

# 2006 保健環境研究院報

*Incheon Metropolitan City Institute of Health & Environment*



인천광역시보건환경연구원

<http://ecopia.incheon.go.kr>

2006

# 保健環境研究院報

*Incheon Metropolitan City Institute of Health & Environment*

第十卷



인천광역시보건환경연구원

<http://ecopia.Incheon.go.kr>



# 발 간 사



**인** 천보건환경연구원은 1981년 인천직할시 보건연구소로 첫 발을 내디딘 이래 인천시민의 건강증진과 쾌적한 환경조성을 위해 전염병 예방사업과 농산물 잔류농약검사, 식품검사, 대기와 수질, 그리고 해양 등의 환경실태에 관한 조사·연구 사업을 수행하고 있습니다.

이러한 조사·연구결과물들을 엮어 지역사회 현안문제의 해결과 실효성 있는 정책대안 및 시책 수립을 위해 2년마다 보건환경연구원보를 발간하고 있으며, 올해로 10번째 『보건환경연구원보』를 발간하게 되었습니다. 무엇보다도 『보건환경연구원보』제10권의 발간이 직원 여러분들의 열성으로 이루어낸 성과로 우리들의 소중한 발자취이기에 더욱 깊은 의미를 갖고 있습니다.

인천보건환경연구원은 시민들이 깨끗하고 쾌적한 환경에서 건강하고 행복한 삶을 마음껏 누릴 수 있도록 지역 보건환경의 문제들을 과학적이고 체계적인 조사·연구 및 전문교육업무를 수행하고자 최선을 다하고 있습니다. 이러한 노력의 일환으로 2005년 7월 신청사로 이전하여 최고의 연구공간을 확보하였고, 현대화된 측정장비로 첨단 분석기술을 개발하여 최고수준의 연구기관으로 도약하고자 노력하고 있습니다.

또한 지역의 보건환경 연구뿐만 아니라, 질병관리본부 등 관련 기관과 연계하여 『감염병 지역거점 진단센터 운영』과 같은 각종 국가적인 조사·연구사업에 참여하는 등 보건환경 연구분야의 리더로 발돋움하고 있습니다.

아무쪼록 인천보건환경연구원의 조사·연구결과들이 보건환경 정책 추진의 밑거름이 되어 인천시민의 삶의 질을 한 단계 높이는 귀중한 자료로 활용되기를 바라며 우리들의 새로운 미래를 설계하는 계기가 되기를 바랍니다. 아울러 밤낮으로 조사·연구업무에 매달린 직원 여러분들과 편집위원 여러분의 노고에 뜨거운 격려를 보내며, 앞으로도 더욱 의욕적이고 알찬 연구 활동을 펼쳐 주기를 기대합니다.

인천광역시 보건환경연구원장 김 용 희

# 목 차

## ■ 보건연구부

▶까나리 염장품 추출물 저장 중 품질에 미치는 영향 .....	3
▶과산화수소와 유산이 E. coli O157 : H7, Salmonella enteritidis와 Staphylococcus aureus의 증식 억제에 미치는 영향 .....	13
▶Aspergillus oryzae로부터 분리한 chitosan 복합체에 의한 카드뮴 제거에 관한 연구 .....	21
▶밴댕이 누룩 발효 추출물의 저장중의 품질 변화 .....	26
▶미강 분말 첨가량에 따른 요구르트의 발효 특성 .....	33
▶실험실 감시에 의한 인천 지역에서의 인플루엔자 역학 및 유행양상, 2003/2004~2004/2005 · 44	
▶仁川地域 初等學校 周邊食品의 安全實態 調査研究 .....	52
▶多消費 韓藥材의 有害物質 및 指標成分 調査研究 .....	60
▶식품중 아크릴아마이드 함유량과 산가와의 관계 .....	70
▶인천지역 수산물 안전성 조사연구 .....	78
▶건강기능 식품에 대한 안전성 조사연구 .....	94
▶인천광역시 유통 농산물의 최근 3년간의 잔류농약 실태 조사연구 .....	115

## ■ 환경연구부

▶인천지역 대기 질 변화추세 연구 .....	129
▶인천지역 총 부유분진 중 중금속 변화추세 연구 .....	155
▶인천지역의 강우산도 변화추세 연구 .....	171
▶악취 취약지역의 악취특성 실태조사 II .....	176
▶관내 도장시설의 THC(총탄화수소) 배출특성 실태 조사 .....	185
▶트리메틸아민(TMA)의 고체상미량추출(SPME) 및 저온시료농축(SPT) 분석방법 비교 검토 .....	201
▶약수의 건강성분에 관한 조사연구 .....	212
▶플렉 모니터링 시스템을 이용한 응집플렉 특성 평가 .....	227
▶농경지 토양의 중금속 함유량 조사연구 .....	242



▶ 인천시 토양의 아연, 니켈, 불소에 대한 자연함유량 조사 .....	254
▶ 인천시 도로변 가로수와 토양의 특성조사 .....	264
▶ 인천시 호소의 이화학적 특성 및 조류생태 조사 .....	296
▶ 인천지역 하천의 하상퇴적물 오염도 조사 .....	307
▶ 수탁 폐수의 적정처리 방안에 관한 연구 .....	320
▶ 산업단지지역의 휘발성유기화합물 발생 실태 조사 .....	339

## ■ 가축위생시험소

▶ 인천지역에서 발생한 돼지콜레라의 역학적 특성 .....	359
▶ Distribution of the serum IgG titers to whole cell and leukotoxin of Mannheimia haemolytica A1 in Holstein and Korean indigenous cattle slaughtered in abattoir .....	369
▶ 인천지역 양돈농가의 생산성 향상을 위한 질병 실태조사 .....	376
▶ 인천지역 도축장에서 생산된 돼지고기의 미생물 오염도 조사 .....	388
▶ 액체크로마토그래피-형광검출기를 이용한 닭고기 중 플루오로퀴놀론계 항균물질 정량 분석 및 잔류조사 .....	397
▶ 산란계 농장에서의 생물학적 위해요인과 관리점 분석 .....	407
▶ 액체크로마토그래피를 이용한 벌꿀 중 테트라사이클린계 항생물질의 정량분석 및 잔류 조사 .....	424
▶ Phenotypic characteristics and antimicrobial susceptibility of verotoxin-producing E coli from slaughtered cattle .....	435

## ■ 조사사업

▶ 대기오염 측정망 운영 .....	443
▶ 대기이동차 오염도조사 .....	448
▶ 산성강하물 조사 .....	454
▶ 대기중금속측정망운영 .....	457
▶ 다중이용시설 등의 실내공기질 관리 .....	462
▶ 오존예보제 운영 .....	467
▶ 비산먼지 오염도 조사 .....	471
▶ 환경소음측정망 소음조사 .....	475

▶ 산업단지 지하수의 휘발성유기화합물질 실태조사 .....	478
▶ 공업단지 주변 지하수의 VOCs 실태조사 .....	489
▶ 우결핵 검진 .....	501
▶ Brucella병 검진 .....	504
▶ 주거지역 토양의 기생충란 오염도 조사 .....	507
▶ 구제역 예찰 사업 .....	508
▶ 돼지콜레라 예찰 사업 .....	509
▶ 돼지오제스키병 근절사업 .....	510
▶ 닭뉴캐슬병 근절사업 .....	511
▶ 조류인플루엔자 검색사업 .....	512
▶ 가축질병 병성감정 .....	513
▶ 도축검사 .....	514
▶ 축산가공품검사 .....	518
▶ 식육중 미생물검사 .....	521
▶ 식육중 잔류물질검사 .....	523
▶ 식중독균의 분자유전학적 연구 조사 .....	529
▶ 미경산 및 경산우 판정 .....	532
▶ 애완견 사육 가정의 사육실태 및 의식조사 .....	534





보건환경연구원보 제10권(2006)

# 보건연구부



## **까나리 염당품 추출물 저장 중 품질에 미치는 영향**

이혜정, 공용우, 김종규

### **Quality changes of the extracts of *Ammodytes personatus* salt-fermented during the storage**

Hye Jeong Lee, (Food and nutrition Dept, of Gachon Gil College)

Young Woo Gong, (Incheon Metropolitan City Institute of Health & Environment)

#### **Abstract**

The quality characteristics of the changes of the extracts of *Ammodytes personatus* salt-fermented during the storage were examined at 1 month intervals during 3 months fermentation. To prepare the extracts of *Ammodytes personatus* were added with 17%, 20%, 25% salt respectively and then stored for 3 months at room temperature and then extracted with hot water. As fermentation processed the moisture content and lipid content of the samples were decreased, but the content of crude protein increased gradually as the fermentation progressed. On the other hand ash content, pH showed almost not changed during the fermentation. After 6 months of fermentation, the extracts of *Ammodytes personatus* salt-fermented was rich in free amino acids, such glutamic acid, alanine, lysine, leucine, isoleucine, valine, aspartic acid in that order. As fermentation processed the evaluation of sensory quality of the samples showed that the fish flavor, turbidity, salty, savory odor and overall preferences were similar than those of sauce of *Ammodytes personatus* in the market.

The total cells number was showed a few at 0 day, but after during fermentation, it was not revealed of the samples.

Key words ; the extracts of *Ammodytes personatus* salt-fermented, quality characteristics.



## I. 서 론

까나리(*Ammodytes personatus*)는 냉수성 어류로 우리나라, 일본, 알래스카, 시베리아 연안에 분포하고 있으며, 동해안에서는 10-12월에 자망으로, 남해안과 서해안에서는 4-6월에 낚시망과 개랑 안강망으로 어획되고 있다.<sup>1)</sup> 2001년 통계청의 어종별 어획비율에 의하면 4,803톤으로 273,927톤의 멸치 다음으로 어획량이 많은 어종이나 대부분 양식용 어류의 생사료나 김장용 액젓의 원료로 이용되고 있으며<sup>2,4,5,7,8,9)</sup>, 다른 연구로는 저염 또는 숙성으로 발효시킨 까나리젓갈의 연구와 까나리 맛의 성분인 까나리의 함질소 엑스 성분배에 관한 보고가 있다.<sup>3,10,14,15)</sup>

어장은 중국 고전인 周禮에 醃로 표기되었으며 재료는 생선에 소금과 누룩과 향신료를 넣어 발효시킨 것으로 젓갈, 젓갈 paste, 어간장, 식해로 분류하고, 어장의 기원은 메콩강 유역의 동북 타이와 라오스 지방으로, 베트남의 “Noucmam”, 태국의 Nampla, 필리핀의 Pasti, 등으로, 중국에서는 콩누룩이나, 홍국등으로 발효시켜 “魚路”, 일본에서는 “Shottsuru나 Ishiri”등으로 발전되어 왔다.<sup>11,12)</sup>

우리나라 어간장의 역사는 조선시대의 瑣尾錄(1591-1601)에 “蝦醃一升 醃水 一缸”이란 말이 나오고, 進宴儀軌(1719), 受爵儀軌(1765), 증보산림경제(1766)에 醃水란 말로 굴젓국을 달여 청장처럼 이용하였었고, 한국민속종합보고서(1984년)에서도 전라도의 “멸장”은 봄철에 멸치젓을 담가 달여서 채와 술잎을 깐 시루에 걸려서, 김치, 젓국, 수란, 젓국찌개, 젓국보등의 조미료로 쓰였다고 한다.<sup>11)</sup>

어간장은 어패류의 자가소화 및 미생물의 대사 작용으로 분해 숙성시켜 제조한 발효 조미료로 콩 간장에 비해 유리아미노산과 감칠맛의 글루탐산의 양이 많고, 독특한 풍미가 있으나 고식염, 장기간의 숙성, 유통과정중의 색택의 변화 및 침전물의 생성, 어취등으로 개선점이 있다고 한다.<sup>13,14)</sup>

까나리는 taurine과 histidine이 동종의 작은 생선류인 뱀뱀이나 멸치보다 높아 독특한 맛과 향을 가지고 있고,<sup>15)</sup> 숙성 어간장의 재료로서 *Aspergillus oryzae*의 koji나 발효 촉진을 위해 오징어 내장등을 넣어 발효시킨 결과 맛에서는 우수하였으나 미생물로 세균이 많은 경향이 있었고<sup>14)</sup> 고등어도 α-chymotrypsin으로 분해한 것은 쓴맛과 비린내가 강하여서 양조간장과 혼합하여야 안정성을 유지시킬 수 있음을 보고하였다<sup>13)</sup>. 멸치에 koji를 넣고 발효시킨 것도 아미노산의 생성은 많았으나 진통 공간장과는 맛, 냄새, 색깔 및 종합적인 기호도면에서 1% 유의 수준내에 유의차가 있었음을 보고하였고<sup>16)</sup>, 갈전갱이로 열수추출 엑스분과 자가소화 엑스분의 성분을 비교한 결과 자가소화 엑스분의 유리아미노산의 생성량은 많았으나 맛의 중요 성분인 betaine의 양과 IMP의 양은 추출방법에 따른 함량 차이는 없는 것으로 보고하였다<sup>17,18)</sup>. 정어리간장 엑스분의 제조를 위해 koji와 향신료와 쓴맛 보완을 위해 분리대두 단백질을 첨가한 결과 코오지의 첨가로 Maillard 반응에 의한 갈변현상이 심하였고, 생균수가 분해 직후에는  $3.4 \times 10^6$ /g임을 보고하였다<sup>19)</sup>.

저온중에 저염도로 숙성시킨 경우는 관능검사 결과 72일경에 풍미가 가장 좋았었으나, 시간이 경과하면서 쓴맛 성분의 methionine과 valine의 양이 증가하면서 불쾌한 맛을 낸다고 한다<sup>10,20)</sup>. 그러나 보리새우육을 추출방법을 달리하여 유리아미노산을 분석한 결과, 용매에 따라 아미노산의 총량과 조성 아미노산에 차이가 있었음을 보고하였다<sup>21)</sup>.

일본에서는 생선액젓의 생산은 감소하고 대신 생선의 어육과 내장등을 발효시킨 다양한 어간장의 생산이 증가하고 있으며, 채소 조림, 튀김을 찍어 먹는 간장 대용으로 널리 사용되고 있다고 한다<sup>12)</sup>. 국내에서 시판되고 있는 산분해 간장의 문제점인 lysoalanine과 같은 변성 아미노산의 인체의 독성작용과 발암물질인 monochloropropanediol(MCPD)의 존재로 국민

건강을 위협하고 있어 인체에 보다 안전하며 건강 지향적인 간장 개발이 필요한 실정이다<sup>13,14)</sup>.

간장을 비롯한 장류의 조미료는 건강은 물론, 편리성, 뛰어난 감칠맛의 소재어야 할 것이다. 감칠맛 어장의 제조에는 발효나 추출의 기법이 필수적인 것으로 추정할 수 있는데, 속성발효에는 효소나 간장박등의 발효 촉진제들은 속성발효로 인한 쓴맛과 이취감의 생성을 등<sup>22,23,24)</sup>은 보고하였다. 장기 보존을 위해 시판되고 있는 고염농도의 젓갈류등에서 고농도의 소금은 생선 근육등의 염용해 아미노산의 분해를 저해한다는 이<sup>25)</sup>등의 연구결과를 기초로 본 연구에서는 맛성분의 추출을 위해 젓갈보다는 적은 양의 소금으로 발효, 추출하여 아미노산의 수율이 높은 어간장 제조의 기초 자료로서 염농도별 까나리의 열수 추출물을 제조하여 저장하면서 성분의 변화를 보고하고자 한다.

## II. 실험재료 및 방법

### 1. 실험 재료

실험에 사용된 까나리는 2003년 5월 20일경 백령도 연안에서 어획하여 양육 즉시 아이스박스에 담아 빙장하여 실험실로 운반하여 실험에 사용하였다.

### 2. 까나리 염장 추출물의 제조

실험실에 운반된 까나리를 중량에 대하여 천일염을 17%(w/w), 20%, 25% 첨가하고 잘 혼합하여 플라스틱 속성 용기(20Wx13.5Lx12Hcm)에 1kg씩 넣고 일광 하에서 3개월 동안 숙성시켰다.

실험을 위해서 염지한 시료 50g을 각각의 플라스크에 취하여 증류수 70ml를 가한 후, 끓는 열수 수조 상에서 10분, 20분, 30분 및 40분의 각 시간 간격별로 열수 추출하여 원심분리(5,000rpm,

15min)하고 여기에서 얻은 잔사는 다시 50ml 증류수로 같은 방법으로 열수 추출하는 과정을 2회 반복하여 얻어진 전 상층 액을 250ml로 정용하여 -20℃ 이하의 동결 냉동고에 보관하면서 분석용 시료로 사용하였다. 유리아미노산 표준품은 미국 Sigma사 제품과 그 외의 시약은 특급을 사용하였으며, 실험에 사용한 모든 물은 증류한 탈 이온수를 사용하였다.

### 3. pH

pH는 pH meter(IQ 150pH Meter, USA)를 사용하여 측정하였다.

### 4. 수분

수분은 상압가열건조법으로 측정하였다.

### 5. 조단백질

semi-micro Kjeldahl법(Kjeltec 1030 Auto Analyzer, Tecator, Sweden)으로 측정된 질소량에 질소 계수 6.25를 곱해서 산출하였다.

### 6. 조지방

soxhlet 추출법으로 측정하였다.

### 7. 회분

회분은 건식회화법(AOAC, 1990)으로 측정하였다.

### 8. 유리아미노산

시료 10mL에 70% ethanol 50mL을 넣고 24시간 방치한 후 6,000xg에서 20분간 원심분리한 후 상등액을 취하였다. 상등액에 sulfosalicylic acid 500mg을 첨가하고 3시간 방치한 다음 원심분리하여 상등액을 rotary evaporator에서 농축하였다. 농축된 시료는 탈이온수로 25mL로 정용한 다음 Ultrapac II(Φ0.6cm) Column을 부착한 아미노산 자동분석기 (LKB 4150a, NY



USA)로 분석하였다.

## 9. 총균수

시료를 saline 으로 희석한 총균수 배지(plate count agar, Difco, Lab, USA)에 1ml 씩pouring culture method로 접종한 다음 30℃에서 24-48 시간 배양하여 형성된 집락을 Quebec colony counter로 계수하였다.

## 10. 관능검사

관능검사의 평가 항목은 비린내, 이상한 냄새의 정도, 구수함, 색상의 투명도, 짠맛의 정도, 전체적인 기호도등의 6항목 이었다. 관능검사 채점법 5점척도법으로 더 높을수록 높은 점수를 주도록 평가하였으며 검사하는 동안 관능검사의 평가항목에 대해서 충분히 설명하였다. 관능검사는 가천길대학 식품영양과 학생 10명으로 실시하였다.

## 11. 통계처리

관능검사의 자료를 SAS 통계 모델을 이용하여 평균 및 표준 편차를 구하고 대조군과 세종류의 시료간의 관능적 특성을 비교하기 위해 Duncan's multiple range test로 최소 유의차를 구하였다.

# Ⅲ. 실험결과 및 고찰

## 1. pH

본 시료들의 pH 측정 결과는 table 1과 같이 저장 첫째날 가장 높은 값은 염농도가 17%인 시료 b가 가장 높았고 가장 낮은 값은 염농도가 25%인 시료 c 였다. 본실험의 시료들은 저장중 변화는 모든 시료에서 30일째에 약간 낮아졌으나 저장 기간동안 별변화가 없었다. 조<sup>25)</sup>

등의 시판 까나리 액젓의 5.72와 비교하면 염농도의 차이와 함께 이 시료들은 높은 값을 보였으나 저장중 변화가 없었고, 박<sup>20)</sup>등은 창란젓의 경우 저염농도로 60일간 저장하면서 측정한 pH가 6.43이었으나 그 후로는 큰 변화가 없었다고 했으며, 김<sup>24)</sup>등도 8% 식염 농도의 멸치젓과 조기젓도 저장중에 변화가 없었다고 했는데, 이는 저장중 혐기성균들에 의해 생성된 유기산들 때문이라고 할 수 있다. 또한 새우젓도 발효전에는 8.02였다가 발효 3주에는 7.42정도를 유지하다가 4주에 7.53-7.78로 증가하다가 그 후에는 비슷한 수준을 유지했다고 목<sup>26)</sup>등은 보고하였다. 이에 본 실험의 시료도 저장 첫째 날에는 pH가 8 정도로 목의 결과와 유사했으며, 저장중 변화의 경향도 유사하였다. 그리고 어육은 산성 및 알카리성에서 육자체의 단백질 분해효소가 활성화되어 맛성분의 분해를 보이며 pH7 부근에서 최대 분해율을 보인다는 이<sup>19,22,25)</sup>등의 보고와 본실험의 시료들의 pH도 유사한 경향을 보였다.

Table 1. Changes of pH of 3 kinds of extracts of *Ammodytes personatus* during fermentation at room temperature

sample	storage periods			
	0day	1mths	2mths	3mths
a	8.1	8.0	8.0	7.9
b	8.3	8.2	7.9	8.0
c	7.8	7.6	7.6	7.6

sample a was fermented with 20% salt

sample b was fermented with 17% salt

sample c was fermented with 25% salt

## 2. 수분의 양

본실험 시료의 수분의 양은 table 2와 같이 수분은 식염 첨가로 원료의 71.5%에 비해 20% 정도 감소되었으며 저장 첫째날 수분의 함량이

가장 적은 것은 시료 c, 수분의 함량이 가장 높은 것은 시료 b 이며 저장중의 변화는 저장 2개월 이후에 감소하는 경향을 보였다. 까나리 첫갈의 경우 숙성 2개월에 수분 함량은 68%, 저장 18개월에 65%였었던 조<sup>2,5)</sup>등의 보고와 비교하면 본 실험에서도 c 시료를 제외하고는 첫갈과 유사한 경향을 보였다.

Table 2. Changes of moisture of 3kinds of the extracts of *Ammodytes personatus* during fermentation at room temperature (Unit : %)

samples	storage periods			
	0day	1mth	2mths	3mths
a	66.8	66	65.08	65
b	68.07	68.07	66	59.03
c	59.03	59.03	57.02	57

Refer to the comment in Table 1

### 3. 조단백

본 실험의 시료들의 조단백량은 table 3과 같이 저장 첫째 날 가장 높은 값은 c 시료이고 가장 낮은 값은 b 시료이고 저장중의 변화는 세 시료 모두 숙성기간에 따라 증가하는 경향을 나타냈다. 어류는 수분을 제외하고는 대부분 단백질로, 액젓 품질에 큰 영향을 미치는 합질소 화합물의 증가를 의미하는 것이다.

각종 첫갈류의 조단백의 양은 발효 후 62~82일 사이에 최고에 달하며 4.9~21%에 이르며, 또한 시중의 까나리 액젓의 경우 2개월에 8.8%, 4개월에 9.6%, 6개월에 10.1%, 8개월에 10.5% 정도였다는 정<sup>9)</sup>과 강<sup>10)</sup>등의 보고가 있었고, 정어리엑스분도 저장 기간 동안 조단백의 양이 증가한다는 이<sup>19)</sup>등의 결과들과 본 실험의 시료들도 유사한 경향을 보였다.

Table 3. Changes of crude protein content of the extracts of *Ammodytes personatus* during fermentation at room temperature (Unit : %)

samples	storage period			
	0day	1mths	2mths	3mths
a	14.1	16.4	16.04	16.0
b	13.1	15.01	15.0	15.5
c	14.7	16.2	16.6	15.6

Refer to the comment in Table 1

### 4. 조지방

본실험의 시료들의 조지방량은 저장 첫째날 가장 높은 값은 c 시료, 가장 낮은 값은 b시료로 저장중의 변화는 세시료 거의 비슷한 수준이었다.(table 4) 이는 송<sup>7)</sup>의 시중 까나리 액젓의 0.60%~0.80%과 박<sup>20)</sup>등의 창란젓의 0.7~1.2%에 비하면 매우 높은 편이고, 오<sup>18)</sup>등의 갈전갱이의 2.3%와는 유사한 경향을 보였다. 또한 이<sup>19,22,25)</sup>등의 정어리에 코오지를 넣어 발효시킨 숙성 어간장의 경우에도 생시료는 7.8%였던 것이 1.9%로 감소하여 조지방은 생시료의 5.1%와 비교하면 숙성 기간에 따라 감소되었는데 지방 분해 효소에 의해 오랜 숙성 기간 동안의 분해로 인해 감소된 것으로 보인다.

Table 4. Changes of crude lipid content of the extracts of *Ammodytes personatus* during fermentation at room temperature (Unit : %)

samples	storage period			
	0day	1mth	2mths	3mths
a	2.6	2.6	2.3	2.0
b	2.4	2.4	2.3	2.3
c	2.6	2.9	2.6	2.4

Refer to the comment in Table 1

## 5. 회분

본실험의 시료들의 회분의 양은 저장 첫째날은 b 시료가 가장 낮았고, a, c 시료는 b 시료보다 훨씬 높은 양을 나타냈고, 저장중의 변화는 a, c, 시료는 거의 변화가 없었으나 시료 b는 저장 기간 중 계속적인 증가를 보였다.(table 5) 조<sup>25)</sup>등은 까나리 액젓은 18개월 숙성 동안 22.4-23.2%를 보였고, 김<sup>24)</sup>등의 멸치액젓도 저장기간 동안 17.6-28.6%였다고 하여 본 실험의 결과와 유사한 결과를 보였다. 또한 이<sup>25)</sup>등은 정어리를 코오지로 발효시킬 경우 회분이 4.7%에서 16-17%로 증가하였다고 보고하였고, 박<sup>20)</sup>등의 저식염 창란젓의 경우도 7% 증가하였다는 결과로 회분함량은 식염 첨가로 증가하는 경향을 보였다.

Table 5. Changes of Ash content of the extracts of *Ammodytes personatus* during fermentation at room temperature (Unit : %)

samples	storage periods			
	0day	1mth	2mths	3mths
a	22.3	23.2	22.8	22.6
b	14.5	16.0	16.08	17
c	22.3	22.9	22.7	22.1

Refer to the comment in Table 1

## 6. 총균

본실험의 총균수는 저장 첫째날 시료 중에서 시료 b가 가장 많고, a와 c는 거의 비슷하였고, 저장중에는 균수가 거의 발견되지 않았다.(table 6) 정어리, 까나리, 멸치등을 효소나 코오지로 원료에 첨가하여 발효시키는 경우에는 생균수는  $8.4 \times 10^4$   $10^5$ 이었으나 가열 직후에는  $2.1 \times 10^2$ 으로 감소하는 경향을 보였으나 고온살균은 품질저하의 문제가 있다고 하였다<sup>3,14,19)</sup>. 그러나 본 실험의 시료들은 발효된 것을 열수 추출하여 일

반세균의 수는 감소하여 이<sup>19)</sup>등의 정어리를 열수추출한 어간장을 저장하는 동안에는 생균수의 변화가 없었다는 결과와 유사한 경향을 나타냈다. 젓갈들은 숙성초기에는 호기성 세균이 증가하다가 숙성기간 증가에 따라서는 내염성 및 호기성 균들외에 다른 세균들이 혐기성 조건 및 고식염으로 억제되어 생균수는 일정수준까지 감소하나 젓갈 저장에 관한 연구로는 냉동저장과 -198℃의 액체질소보존법의 활용등 연구 보고가 있으나 확인 실험이 더 필요한 실정이다<sup>28)</sup>.

Table 6. Changes of viable cell counts of the extracts of *Ammodytes personatus* during fermentation at room temperature

samples	storage period(days)			
	0day	1mth	2mths	3mths
a	500	NV	NV	NV
b	570	NV	NV	NV
c	450	NV	NV	NV

Refer to the comment in Table 1

NV; Not detected or less than 30 colonies in a plate 1 ml of sample

## 7. 유리아미노산

본시료들의 유리아미노산의 조성은 table 7과 같다. 유리아미노산 총량은 11,669.2-2,573.3mg/100ml 범위로 소금 함량에 따라 4 배정도의 함량 차이를 보였다.

저장 첫째날의 분석에서는 총아미노산의 양은 시료 a가 가장 높았고, b가 가장 낮았고, 저장 중 모든 시료들은 증가치를 보였다.

조성비가 높은 아미노산으로는 glutamic acid가 가장 많았고, 그 다음으로는 alanine>lysine>leucine>Isoleucine>aspartic acid>threonine>serine의 순으로 이들은 66% 이상의 비율을 차

지하였다.

이는 까나리 액젓의 glutamic acid, alanine, leucine, lysine, valine, aspartic acid등과의 결

과는 유사하나 조<sup>2,5)</sup>등과 강<sup>14)</sup>등의 glutamic acid, isoleucine, histidine, valine, arginine과는 다소 상이한 경향을 보였다.

Table 7. Changes of free amino acid contents of the extracts of Ammodytes personatus during fermentation at room temperature

(Unit : mg%)

Sample amino acid	A				B				C			
	1st	2nd	3rd	4th	1st	2nd	3rd	4th	1st	2nd	3rd	4th
Taurine	216.7	210.0	213.7	276.0	154.4	170.6	182.7	157.8	282.0	271.0	235.0	223.0
Apartic acid	430.0	450.0	400.0	480.2	230.0	398.8	353.8	346.0	209.4	403.9	411.8	369.5
Threonine	200.3	228.5	277.5	460.2	140.2	134.3	86.8	141.0	202.5	229.9	201.2	157.7
Serine	97.9	311.0	243.3	453.2	86	186.0	141	69.2	111.0	194.2	281.3	185.1
Glutamic acid	912.1	855.8	1079.0	1205.2	361.7	660.3	594.0	713.0	549.7	687.0	867.9	799.0
Proline	65.6	23.9	N.D.	N.D.	N.D	N.D.	N.D.	37.7	N.D	N.D	N.D	N.D.
Glycine	245.9	277.5	347.6	311.3	138.2	122.5	152.4	137.7	185.0	122.8	235.7	213.3
Alanine	997.6	867.9	992.3	1168.0	279.0	463.3	558.3	540.5	623.0	765.7	1002.7	807.7
Cystine	227.1	285.2	334.2	244.5	44.0	64.0	N.D.	N.D.	84.0	132.4	253.0	216.9
Valine	623.0	866.9	997.3	1728.0	319.4	362.6	335.0	396.0	356.9	400.1	540.3	553.3
Methionine	188.9	197.1	213.0	239.7	62.3	67.6	84.4	103.1	142.6	144.5	180.0	164.1
Isoleucine	406.9	561.8	567.7	605.0	165.3	206.0	251.0	222.2	307.8	321.8	355.7	346.1
leucine	561.8	567.7	605.0	625.0	165.3	222.2	276.3	307.8	404.2	401.5	458.4	438.2
Tyrosine	33.6	40.4	48.5	55.5	10.0	9.8	11.9	11.6	17.3	18.1	26.9	20.7
Phenylalanine	209.0	229.9	252.1	491.0	30.5	37.1	53.2	98.7	117.9	123.0	193.5	177.0
Histidine	19.7	N.D.	N.D.	N.D.	18.2	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Lysine	800.0	800.6	800.0	848.7	393.3	468.0	520.0	569.2	666.0	748.7	773.1	761.8
Arginine	206.9	219.5	232.5	240.5	44.7	29.4	N.D.	N.D.	36.2	48.5	167.9	51.1
Total	6357.7	6967.1	7627.6	9517.3	2573.3	3694.2	3509.1	3920.7	4295.5	5013.1	6184.4	11669.2

Refer to the comment in Table 1

## 8. 관능검사

관능검사 결과는 table 8과 같이 저장 첫째 주에는 훈탁도와 전체적인 기호도가 까나리 액젓인 대조군과 훈탁도와 전체적인 기호도 항목에서 5%의 유의 수준차를 나타냈고, b, c 시료

는 생선비린내, 좋은 냄새, 훈탁도 그리고 전체적인 기호도 항목에서 5% 범위내의 유의 수준차를 나타냈다 저장 둘째주와 셋째 주에는 a,b,c 모든 시료에서 관능 검사 전 항목에서, 저장 넷째 주에는 훈탁도와 짠맛에서만 5% 이내의 유의 수준차를 나타냈다.

Table 8. Results of sensory evaluation of the extracts of Ammodytes personatus during fermentation at room temperature

	storage periods (1wk)							
	fish flavor	off flavor	fragrant	clearance	turbidity	salty	savory odor	overall perference
a	3.6±0.55 <sup>ab</sup>	3.2±0.44 <sup>b</sup>	2.6±0.55 <sup>ab</sup>	4±0.71 <sup>a</sup>	4.2±0.45	2.4±0.55 <sup>b</sup>	2.6±0.55 <sup>b</sup>	2.8±0.45 <sup>a</sup>
b	4.2±0.45 <sup>b</sup>	3..6±0.55 <sup>c</sup>	2.8±0.45 <sup>a</sup>	3.4±0 <sup>a</sup>	4±0 <sup>b</sup>	2.4±0.45 <sup>b</sup>	2.6±0.55 <sup>a</sup>	2.8±0.45 <sup>a</sup>
c	3.2±0.45 <sup>b</sup>	3.8±0.45 <sup>bc</sup>	4.2±0.45 <sup>b</sup>	3±0.55 <sup>a</sup>	3.8±0.45 <sup>b</sup>	3±0 <sup>a</sup>	2.2±0.45 <sup>ab</sup>	2.8±0.45 <sup>a</sup>
d	1±0 <sup>a</sup>	1±0 <sup>a</sup>	5±0 <sup>c</sup>	4±0 <sup>b</sup>	1±0 <sup>a</sup>	5±0 <sup>b</sup>	4.6±0.55 <sup>b</sup>	3.2±0.45 <sup>a</sup>

Superscript with the same letter in column of each sample are not significantly different( $p<0.05$ )  
Refer to the comment in Table 1

	storage periods (2wks)							
	fish flavor	off flavor	fragrant	clearance	turbidity	salty	savory odor	overall perference
a	3±0 <sup>b</sup>	2.2±0.45 <sup>b</sup>	2.8±0.45 <sup>a</sup>	4±0.71 <sup>a</sup>	3.8±0.84 <sup>b</sup>	2±0 <sup>b</sup>	2.6±0.55 <sup>a</sup>	2.4±0.55 <sup>a</sup>
b	3.±0.45 <sup>b</sup>	3.8±0.45 <sup>b</sup>	3.0±0 <sup>a</sup>	3.8±0.45 <sup>a</sup>	3.6±0.55 <sup>b</sup>	2.8±0.45 <sup>a</sup>	2.6±0.55 <sup>a</sup>	2.6±0.55 <sup>a</sup>
c	2.6±0.55 <sup>b</sup>	2.8±84 <sup>b</sup>	4.8±0.84 <sup>a</sup>	3.6±0.55 <sup>a</sup>	3.4±0.55 <sup>b</sup>	2.8±0.45 <sup>a</sup>	2.4±0.55 <sup>a</sup>	2.4±0.55 <sup>a</sup>
d	1±0 <sup>a</sup>	1±0 <sup>a</sup>	4.1±0 <sup>b</sup>	4±0 <sup>b</sup>	1.5±0 <sup>a</sup>	4..8±045 <sup>b</sup>	4.2±0.55 <sup>b</sup>	4.4±0.55 <sup>b</sup>

Superscript with the same letter in column of each sample are not significantly different( $p<0.05$ )  
Refer to the comment in Table 1

	storage periods (3wks)							
	fish flavor	off flavor	fragrant	clearance	turbidity	salty	savory odor	overall perference
a	2.2±0.45 <sup>b</sup>	2.4±0.89 <sup>a</sup>	2.4±0.55 <sup>a</sup>	3.2±0.84 <sup>ab</sup>	3.0±0.55 <sup>a</sup>	2.6±0.55 <sup>a</sup>	3.04±0.55 <sup>ab</sup>	3.0±0.55
b	2.8±0.45 <sup>a</sup>	3.2±0.45 <sup>a</sup>	2.8±0.44 <sup>a</sup>	3.6±0.89 <sup>a</sup>	2.8±0.45 <sup>a</sup>	2.2±0.45 <sup>a</sup>	3.4±0.55 <sup>ab</sup>	2.6±0.55
c	3±0.55 <sup>a</sup>	1.6±0.55 <sup>a</sup>	4.45±0.45 <sup>a</sup>	3.2±0.84 <sup>ab</sup>	2.8±0.45 <sup>a</sup>	2.2±0.45 <sup>a</sup>	3.8±0.84 <sup>a</sup>	
d	1±0.84 <sup>a</sup>	1.6±0.55 <sup>a</sup>	4.8±0.84 <sup>a</sup>	244±0.55 <sup>b</sup>	1.4±1.14 <sup>a</sup>	3..8±0.45 <sup>b</sup>	4.6±0.55 <sup>b</sup>	

Superscript with the same letter in column of each sample are not significantly different( $p<0.05$ )  
Refer to the comment in Table 1



	storage periods (4wks)							
	fish flavor	off flavor	fragrant	clearance	turbidity	salty	savory order	overall preference
a	2.4±0.55 <sup>ab</sup>	1.4±1.34 <sup>b</sup>	3.4±1.34 <sup>b</sup>	2.0±0.70 <sup>a</sup>	4.6±0.89 <sup>a</sup>	3.2±0.44 <sup>ab</sup>	2.4±0.55 <sup>a</sup>	2.6±0.55 <sup>a</sup>
b	2.2±0.44 <sup>b</sup>	1.6±0.54 <sup>a</sup>	2.4±0.54 <sup>a</sup>	1.6±0.55 <sup>ab</sup>	4.4±0.89 <sup>a</sup>	2.6±0.54 <sup>a</sup>	2.4±0.89 <sup>a</sup>	2.2±0.44 <sup>a</sup>
c	2.0±0.44 <sup>b</sup>	1.4±0.54 <sup>ab</sup>	4.0±0 <sup>ab</sup>	4.6±0.89 <sup>ab</sup>	3.6±0.54 <sup>a</sup>	2.8±0.45 <sup>a</sup>	2.0±0 <sup>a</sup>	2.4±0.54 <sup>a</sup>
d	1±0 <sup>a</sup>	5±0 <sup>a</sup>	5.0±0 <sup>c</sup>	5±0 <sup>b</sup>	1.2±1.78 <sup>a</sup>	4.6±0.55 <sup>b</sup>	3.2±0.45 <sup>b</sup>	3.2±0.45 <sup>b</sup>

Superscript with the same letter in column of each sample are not significantly different(p<0.05)

Refer to the comment in Table 1

## IV. 요 약

까나리를 활용하여 저염도와 맛 성분의 분해가 이뤄감등이 없는 어장 개발의 기초 자료를 얻은 목적으로 백령도에서 어획한 까나리에 17%, 20%, 25%의 소금을 첨가하여 3개월 숙성시킨 후 3개월 저장하면서 각종 성분을 분석 비교, 검토하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

pH는 a,b,c 시료가 7.8-8.1로 저장중 큰 변화가 없었고, 수분의 양은 식염의 첨가로 20%정도 감소하였고, 저장 2 개월 후에는 젓갈과 유사한 수준을 보였다. 조단백의 양은 a,b,c 시료가 13.1-16.6%로 저장기간 중 증가하는 경향을 보였고, 이는 유리아미노산의 총량과도 일치하는 경향을 보였다.

조지방은 생시료의 5.1%에 비하면 2.0-29.9%로 감소하였고, 저장중의 변화는 크지 않았고, 회분의 양은 a,c 시료는 22.1-23.2%로 저장기간 중 변화가 없었으나 b 시료는 회분량이 가장 낮았으며 저장 기간 중에도 계속 증가하는 경향을 보였다.

총균수는 저장 첫째날에 모든 시료에서 약간 발견되었으나 저장 기간 중에는 발견되지 않았다.

유리아미노산의 총량은 c>a>b 시료의 순이었고 아미노산 조성비는 glutamicacid>alanine>

lysine>leucine>Isoleucine의 순서로 다량의 함량을 보였다.

관능검사 결과로는 모든 시료에서 저장 첫째 주에는 혼탁도와 전체적인 기호도 항목에서, 저장 둘째, 셋째 주에는 관능검사 전항목에서, 저장 넷째 주에는 혼탁도, 짠맛, 전체적인 기호도 항목에서 5%의 유의 수준차를 나타냈다.

## 참 고 문 헌

1. 김영혜, 강용주, 류동기, 까나리, *Ammodytes personatus*의 성장, 한국수산학회지, 32(5), 550-555, 1999.
2. 조영제, 임영선, 이근우, 김건배, 최영준, 숙성기간에 따른 까나리 액젓의 성분 변화, 한국수산학회지 32(6), 693-698, 1999.
3. 박정흠, 임치원, 지철일, 멸치 및 까나리 숙성 발효 액화물의 가공 조건, 수진연구 보고, 58, 181-188, 2000.
4. 오광수, 멸치 액젓 및 까나리 액젓의 품질 특성, 한국수산학회지, 32(3), 252-255, 1999.
5. 조영제, 임영선, 이근우, 김건배, 최영준, 시판 까나리 액젓의 품질 조사, 한국수산학회

- 지, 32(5), 612-617, 1999.
6. 박춘규, 멸치, 밴댕이 및 까나리의 함질소 엑스 성분 비교, 한국식품과학회지, 31(6), 1999
7. 송기철, 강창수, 까나리 액젓의 성분 조성 및 품질 지표 성분, 수진연구보고, 58, 134-141, 2000.
8. 이인수, 까나리 액젓의 품질 판정 및 원료 어종 판정에 관한 연구, 부경대학교 대학원 박사학위 논문, 2001.
9. 정용주, 까나리 젓의 숙성에 따른 이화학적 성분 변화, 한서대학교 교육대학원 석사 논문, 1998.
10. 강창수, 저염 까나리 액젓의 제조 및 저장성에 관한 연구, 고려대학교 대학원 박사논문, 1999.
11. 이성우, 아시아속의 한국어장 문화에 관한 연구, 한국식문화학회지 1(4), 371-382, 1986.
12. 石毛直道저, 김상보역, 어장과 식해의 연구, 수학사, 115-253, 1995.
13. 김세권, 박표잠, 김규형, 대구 frame 단백질 가수분해물을 이용한 효소 분해 간장의 제조, 한국식품영양과학회지, 29(4), 635-641, 2000.
14. 김우재, 김상무, 발효촉진제로 숙성 발효한 까나리 어간장의 화학 및 미생물학적 특성, 한국식품과학회지, 35(3), 2003.
15. 박춘규, 멸치, 밴댕이 및 까나리의 함질소 엑스 성분 비교, 한국식품과학회지, 31(6), 1999.
16. 오광수, 저활용 소형 참오징어를 이용한 풍미소재의 가공, 한국식품영양과학회지 29(4), 663-338, 2000.
17. 신석우, 권미애, 장미순, 강태중, 숙성어간장 제조 및 품질 평가, 한국식품과학회지 34(4), 666-672, 2002.
18. 오광수, 김진수, 허종화, 소형갈전갱이를 이용한 풍미소재의 개발, 한국식품과학회지 30(6), 1339-1344, 1998.
19. 이용호, 지승길, 안창범, 기진수, 숙성 정어리 간장 엑스분의 가공 조건 및 정미성분에 관한 연구, 한국수산물학회지 21(1), 57-66, 1988.
20. 박성민, 박찬규, 이근태, 김상무, 저식염 창란젓의 저온 숙성 중 정미 성분의 변화, 한국식품과학회지 30(1), 49-53, 1998.
21. 안미정, 한영실, 변재형, 보리새우육 엑스분의 추출조건과 그 유리아미노산 조성, 한국식품영양과학회지 6(1), 33-40, 1990.
22. 이강호, 정이학, 홍병일, 정병천, 정우진, 민진기, 다시마와 효소처리 고등어육 조미소재의 저장 중 품질 변화, 한국식품영양과학회지 30(5), 888-893, 2001.
23. 오광수, 저활용 소형 참오징어를 이용한 풍미소재의 가공, 한국식품영양과학회, 29(4), 663, 2000
24. 김훈, 이정석, 차용준, 멸치액젓 및 간장 가공 부산물을 이용한 기능성 효소 분해 간장의 제조, 한국식품영양과학회지 31(4), 653-657, 2002.
25. 이상호, 송병권, 정인학, 홍병일, 정병천, 이동호, 다시마와 효소 처리 고등어육을 이용한 조미소재의 제조 조건, 한국식품과학회지 29(1), 77-81, 1997
26. 목철균, 이주연, 송기태, 김선영, 임상빈, 우건조, 염농도를 달리한 새우젓 발효중 이화학적 특성 변화, 한국식품과학회지, 32(1), 187-191, 2000.
27. 김상무, 효소를 이용한 어육 가수분해물 제조, 한국식품과학회지 31(3), 727-733, 1999.
28. 홍연, 김정희, 안병학, 차성관, 젓갈의 숙성 및 저온 저장이 미생물 군수 및 균종에 미치는 영향, 한국식품과학회지, 32(6), 1341-1349, 2000.

**과산화수소와 유산이 *E. coli* O157 : H7,  
*Salmonella enteritidis*와 *Staphylococcus aureus*의  
등식 억제에 미치는 영향**

이제만, 공용우, 오보영, 정승혜, 김혜영, 이미연  
미생물과

**Inactivation of *E. coli* O157 : H7,  
*Salmonella enteritidis* and *Staphylococcus aureus* by  
hydrogen peroxide and lactic acid**

J. M. Lee, Y. W. Gong, B. Y. O, S. H. Jung, H. Y. Kim, M. Y. Lee  
Division of Microbiology

**Abstract**

This study was performed to investigate the inhibitory effect of hydrogen peroxide and lactic acid as food process. So it was performed to investigate inhibitory effect on growth of *E. coli* O157 : H7, *Salmonella enteritidis* and *Staphylococcus aureus* in hydrogen peroxide, lactic acid and the combination of hydrogen peroxide and, lactic acid. Minimum Inhibitory concentration (MIC) of hydrogen peroxide in *E. coli* O157 : H7 was 100 ppm at pH 5.0, 150 ppm at pH 5.5, 100 ppm at PH 6.0, 6.5 and, 7.0, while in *Staph. aureus* 50 ppm at pH 5.5, and 75 ppm at pH 6.0, and 100 ppm at PH 6.5, 7.0. MIC of lactic acid in *E. coli* O157 : H7 was 250 ppm at pH 5.0, 6.0, 6.5, and 7.0, 250 ppm at pH 5.5, and 2000 ppm at more than pH 6.0, while in *Staph. aureus* 1250 ppm at pH 5.0, 5.5, 6.0, and 6.5, and more than 2500 ppm at more than pH 7.0. Due to the effect of pH on *E. coli* O157 : H7, MIC of combined hydrogen peroxide and lactic acid was 75 ppm of hydrogen peroxide with 2500 ppm of lactic acid at pH 6.5, but 75 ppm of hydrogen peroxide with 1250 ppm of lactic acid in *Staph. aureus*. The inhibitory effect of hydrogen peroxide and lactic acid on *E. coli* O157 : H7, *Salmonella enteritidis*, *Staphylococcus aureus* could be confirmed from the result of this experiment. Therefore, it was expected that the food process would be increased or maintained by using Lactic Acid with Hydrogen Peroxide together.

key word : *E. coli* O157 : H7, *Salmonella enteritidis*, *Staphylococcus aureus*, hydrogen peroxide, lactic acid, MIC

## I. 서 론

최근 산업화의 발달 및 도시화로 여러 가지 환경오염 인자에 의해 식품의 오염 가능성이 증가되고 있다. 또한 식품에 대한 새로운 가공기술 적용에 따른 유해물질 생성, 수입식품의 급증 등으로 식품의 안전성에 대한 우려 뿐만 아니라 국민의 의식수준도 빠른 속도로 향상되어 좀 더 안전한 식품에 대한 욕구가 증가하고 있다.

식중독을 유발하는 세균성 식중독의 원인균인 살모넬라균에 의한 감염은 음식이나 물, 기구 등 다양한 전염원에 의해서 사람이나 동물에게 질병을 유발시키고 있으며, 주요 감염증으로는 위장염, 장염, 균혈증, 만성보균 상태 등 다양한 증상을 야기하는 것으로 알려지고 있다. 살모넬라균은 그람 음성균으로 세포외막은 지질로 내막은 다당질로 구성되어 있어 항원으로 작용하게 되는데 이는 살모넬라속의 균을 판정하는 항원으로 이용되고 있다.

병원성대장균중 EHEC(Enterohaemorrhagic E.coli)에 속하는 *E. coli* O157 : H7은 shiga-like 독소를 생성하고 출혈성 대장염, 용혈성 요독증 증후군(HUS)를 일으킨다.

*E. coli* O157 : H7은 1982년 미국의 오레곤주와 미시건주의 패스트푸드 체인점에서 털 익힌 햄버거 패티에서 최초로 발견되어 그 병원성이 보고된 이후 발병 및 실험조사가 진행되었으며 이로 인한 식중독 발생이 세계적으로 문제시되고 있다. 1996년 6월부터 일본 오사카 지역에서의 *E. coli* O157 : H7 감염자수는 1만명에 달했으며, 이중 11명의 사망자가 발생하였다. 우리나라에서도 1994년에 식중독환자에서 *E. coli* O157 : H7을 분리한 바 있으며, 1997년 9월에는 미국 네브라스카주산 냉동쇠고기에서 *E. coli* O157 : H7이 검출되었으며, 주요 소비층이 어린이들인 패스트푸드와 냉동식품의 확대 보급으로 인해 발병 가능성이 충분히 잠재되어 있으므로 이에 대한 철저한 대책이 필요하다.

실정이다.

황색포도상구균은 사람과 동물의 장관내, 피부, 점막 표면 등 자연계에 널리 분포하여 있으며, 식중독 이외에 화농성 염증, 표피박탈성 피부염, toxic shock syndrom 등의 원인이 된다. 이 균에 의한 식중독은 대표적인 독소형 식중독으로 그 단백 독소인 enterotoxin에는 현재 A, B, C(C1, C2), D 및 E형이 있다. 이들 독소는 어느 것이나 열에 강하며 균증식에 의하여 생산된 독소는 100℃ 30분 정도 가열처리로는 거의 무독화되지 않고 섭취한 사람에서 급성(1~6시간, 평균 3시간) 위장장해를 일으킨다. 증상은 심한 구토를 시작으로 반수 이상에서 복통, 설사를 동반하나 발열은 보통 없는 것으로 보고하고 있다.

그리하여 본 연구는 과산화수소와 유산의 단독 및 병용 처리함으로써 *E. coli* O157 : H7, *Salmonella enteritidis*, *Staphylococcus aureus*의 증식억제에 미치는 영향과 새로운 식품처리 공정 개발가능성을 연구하여 소비자에게 보다 안전한 식품을 제공함으로써 국민보건에 기여하고자 한다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 실험 균주

본 실험에 사용한 균주인 *E. coli* O157 : H7은 ATCC 43894를, *Salmonella enteritidis*는 ATCC 13076를, *Staphylococcus aureus*는 ATCC 25923를 사용하였다. 실험 균주는 1% peptone, 37% glycerol에 진하게 부유시킨 다음 -70℃에 동결 보존하면서 사용하였다.

### 2. 과산화수소와 유산 실험용액의 조제

과산화수소의 실험용액은 0.01%, 0.0075%,

0.0005%, 0.0025%, 0.000125%, 0.000625%, 0.0003125%, 0.00015625%로 각각 조제하였으며, 유산의 실험용액은 0.25%, 0.125%, 0.0625%, 0.0312%, 0.0156%, 0.0078%, 0.0039%, 0.00195%로 조제한 후 냉장 보관하여 사용하였다.

### 3. 균주 배양 및 현탁액 조제

-70°C로 보관된 실험 균주를 tryptic soy agar(Difco)에서 35±1°C 24시간 3회 계대 배양하여 순수 배양되었음을 확인하였다. 이 중 전형적인 집락을 따서 멸균 생리식염수에 현탁시켜 McFarland Scale No. 0.5(1% BaCl + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 99.5ml : 1.5×10<sup>9</sup> CFU/ml)에 맞춘 후 이를 100ml에 희석한 액을 표준 균액으로 사용하였다.

### 4. 실험균에 대한 과산화수소와 유산의 최소발육억제농도 실험

과산화수소와 유산을 일정 농도로 조제한 후 각 시험관에 Muller Hinton broth 1.6ml를 분주하였다. 그 다음 tryptic soy agar에 24시간 배양한 전형적인 집락을 백금루프로 따서 멸균 생리식염수에 적당히 희석한 시험균을 McFarland Scale No. 0.5에 탁도를 맞추고, 이 배양액을 다시 100배 희석하여 시험하였다. 희석한 배양액을 0.2ml씩 각 시험관에 접종하여 균 초기농도를 10<sup>6</sup> CFU/ml로 조정하였다. 시험관을 진탕 배양기에 넣고 100rpm으로 37°C에서 48시간 동안 진탕 배양한 후 균의 증식 유무를 세균이 증식하지 않은 최저 발육억제농도를 결정하였다.

### 5. pH 변화에 따른 실험균의 증식 양상 실험

과산화수소와 유산의 단독 및 병용 처리한 시험액을 각각 pH 5.0, 5.5, 6.0, 6.5 및 7.0으로

조제한 Muller Hinton broth에서 37°C에서 72시간 까지 균의 증식 양상을 실험하였다.

## III. 결 과

### 1. *E. coli* O157:H7, *Salmonella enteritidis* 및 *Staphylococcus aureus*에 대한 과산화수소의 최소발육억제농도(MIC)

*E. coli* O157:H7에 대한 과산화수소의 최소 발육억제농도는 pH 5.0에서의 MIC는 100 ppm이었으며, pH 5.5에서는 150 ppm, pH 6.0, 6.5, 7.0에서는 75ppm이었다(Table 1). *Salmonella enteritidis*에 대한 과산화수소의 최소발육억제농도는 75ppm으로 pH의 영향을 받지 않았다(Table 2). *Staphylococcus aureus*에 대한 과산화수소의 최소발육억제농도는 pH 5.5에서의 MIC는 50ppm이었으며, pH 6.0에서는 75ppm, pH 6.5, 7.0에서는 100ppm이었다(Table 3).



Table 1. Minimum inhibitory concentration of hydrogen peroxide in *E. coli* O157 : H7

pH	Conc. of hydrogen peroxide in <i>E. coli</i> O157 : H7(%)							
	0.01	0.0075	0.0050	0.0025	0.00125	0.000625	0.0003125	0.00015625
5.0	—	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++
5.5	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++
6.0	—	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++
6.5	—	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++
7.0	—	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++

Table 2. Minimum inhibitory concentration of hydrogen peroxide in *Salmonella enteritidis*

pH	Conc. of hydrogen peroxide in <i>Salmonella enteritidis</i> (%)							
	0.01	0.0075	0.0050	0.0025	0.00125	0.000625	0.0003125	0.00015625
5.0	—	—	+++	+++	+++	+++	+++	+++
5.5	—	—	+++	+++	+++	+++	+++	+++
6.0	—	—	+++	+++	+++	+++	+++	+++
6.5	—	—	+++	+++	+++	+++	+++	+++
7.0	—	—	+++	+++	+++	+++	+++	+++

Table 3. Minimum inhibitory concentration of hydrogen peroxide in *Staphylococcus aureus*

pH	Conc. of hydrogen peroxide in <i>Staphylococcus aureus</i> (%)							
	0.01	0.0075	0.0050	0.0025	0.00125	0.000625	0.0003125	0.00015625
5.0	—	—	—	—	—	—	—	—
5.5	—	—	—	+++	+++	+++	+++	+++
6.0	—	—	+	+++	+++	+++	+++	+++
6.5	—	+	+++	+++	+++	+++	+++	+++
7.0	—	+	+++	+++	+++	+++	+++	+++

Table 4. Minimum inhibitory concentration of lactic acid in *E. coli* O157 : H7

pH	Conc. of lactic acid in <i>E. coli</i> O157 : H7(%)							
	0.25	0.125	0.0625	0.0312	0.0156	0.0078	0.0039	0.00195
5.0	—	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++
5.5	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++
6.0	—	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++
6.5	—	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++
7.0	—	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++

## 2. *E. coli* O157:H7, *Salmonella enteritidis*, *Staphylococcus aureus*에 대한 유산의 최소발육억제농도

*E. coli* O157:H7에 대한 유산의 최소발육억제농도는 pH 5.0, 6.0, 6.5, 7.0에서의 MIC는 250ppm에서 발육이 억제되었으며, pH 5.5에서는 유산의 최대허용한계인 250ppm에서도 발육이 억제되지 않았다(Table 4). *Salmonella*

*enteritidis*에 대한 유산의 최소발육억제농도는 pH 5.0에서는 125ppm에서 발육이 억제되었으며, pH 5.5, 6.0, 6.5, 7.0에서는 250ppm에서 발육이 억제되었다.(Table 5). *Staphylococcus aureus*에 대한 유산의 최소발육억제농도는 pH 5.0, 5.5, 6.0, 6.5에서의 MIC는 1250ppm이었으며, pH 7.0에서는 2500 ppm이었다(Table 6).

Table 5. Minimum inhibitory concentration of lactic acid in *Salmonella enteritidis*

pH	Conc. of hydrogen peroxide in <i>Salmonella enteritidis</i> (%)							
	0.25	0.125	0.0625	0.0312	0.0156	0.0078	0.0039	0.00195
5.0	–	–	+++	+++	+++	+++	+++	+++
5.5	–	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++
6.0	–	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++
6.5	–	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++
7.0	–	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++

Table 6. Minimum inhibitory concentration of hydrogen peroxide in *Staphylococcus aureus*

pH	Conc. of lactic acid in <i>Staphylococcus aureus</i> (%)							
	0.25	0.125	0.0625	0.0312	0.0156	0.0078	0.0039	0.00195
5.0	–	–	+++	+++	+++	+++	+++	+++
5.5	–	–	+++	+++	+++	+++	+++	+++
6.0	–	–	+++	+++	+++	+++	+++	+++
6.5	–	–	+++	+++	+++	+++	+++	+++
7.0	–	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++

### 3. 과산화수소와 유산의 병용처리시

#### 최소발육억제농도(pH=6.5)

*E. coli* O157 : H7에 대하여 pH 6.5에서 유산과 과산화수소의 농도 0-2500ppm에서 다양한 변화를 나타내었다. 과산화수소 75ppm에서는 유산 2500ppm 첨가하였을 때 억제되었으며, 과산화수소 12.5ppm, 25ppm, 50ppm에서도 유산 2500ppm을 첨가하였을 때 억제되었다(Table 7).

*Salmonella enteritidis*에 대하여 pH 6.5에서 유산과 과산화수소의 농도 0-2500 ppm에서 다

양한 변화를 나타내었다. 과산화수소 75ppm에서는 유산 2500ppm 첨가하였을 때 억제되었으며, 과산화수소 12.5ppm, 25ppm, 50ppm에서는 유산 2500ppm 첨가하였을 때 억제되었다(Table 8).

*Staphylococcus aureus*에 대하여 pH 6.5에서 유산과 과산화수소의 농도 0-2500ppm에서 다양한 변화를 나타내었다. 과산화수소 75ppm에서는 유산 1250ppm 첨가하였을 때 억제되었으며, 과산화수소 75ppm에서는 유산 2500ppm 첨가하였을 때도 억제되었다(Table 9).

Table 7. Minimum inhibitory concentration of combined hydrogen peroxide and lactic acid in *E. coli* O157 : H7 at pH 6.5

Conc. of H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (%)	Conc. of lactic acid(%)					
	0.0	0.0156	0.0312	0.0625	0.125	0.25
0.0	+++	+++	+++	+++	+++	+++
0.00125	+++	+++	+++	+++	+++	-
0.0025	+++	+++	+++	+++	+++	-
0.005	+++	+++	+++	+++	+++	-
0.0075	-	-	-	-	-	-

Table 8. Minimum inhibitory concentration of combined hydrogen peroxide and lactic acid in *Salmonella enteritidis* at pH 6.5

Conc. of H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (%)	Conc. of lactic acid(%)					
	0.0	0.0156	0.0312	0.0625	0.125	0.25
0.0	+++	+++	+++	+++	+++	-
0.00125	+++	+++	+++	+++	+++	-
0.0025	+++	+++	+++	+++	+++	-
0.005	+++	+++	+++	+++	+++	-
0.0075	-	-	-	-	-	-

Table 9. Minimum inhibitory concentration of combined hydrogen peroxide and lactic acid in *Staphylococcus aureus* at pH 6.5

Conc. of H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (%)	Conc. of lactic acid(%)					
	0.0	0.0156	0.0312	0.0625	0.125	0.25
0.0	+++	+++	+++	-	-	-
0.00125	+++	+++	+++	+++	-	-
0.0025	+++	+++	+++	+++	-	-
0.005	+++	+++	+++	-	-	-
0.0075	-	-	-	-	-	-

## IV. 결 론

최근 산업의 발달로 인한 식품의 안전성에 대한 국민의 우려가 증가되고 있으며 특히 식품을 미생물의 증식으로부터 안전하게 보존하기 위한 식품처리공정의 개발이 요구되고 있다.

과산화수소와 유산을 사용하여 그람음성 병원성 식중독 원인균인 *E. coli* O157:H7, *Salmonella enteritidis*와 대표적 그람양성식중독 원인균인 *Staphylococcus aureus*에 대해 실험한 결과는 다음과 같았다.

1. 과산화수소의 최소발육억제농도는 *E. coli* O157:H7에 대해 pH 5.0에서의 MIC는 100ppm이었으며, pH 5.5에서는 150ppm, pH 6.0, 6.5, 7.0에서는 100ppm이었다. *Salmonella enteritidis*는 75ppm으로 pH의 영향을 받지 않았다. *Staphylococcus aureus*는 pH 5.5에서의 MIC는 50ppm이었으며, pH 6.0에서는 75ppm, pH 6.5, 7.0에서는 100ppm이었다.

2. 유산의 최소발육억제농도는 *E. coli* O157:

H7에 대해 pH 5.0, 6.0, 6.5, 7.0에서의 MIC는 250ppm에서 발육이 억제되었으며, pH 5.5에서는 유산의 최대허용한계인 250ppm에서도 발육이 억제되지 않았다. *Salmonella enteritidis*는 pH 5.0에서는 125ppm에서 발육이 억제되었으며, pH 5.5, 6.0, 6.5, 7.0에서는 2500ppm에서 발육이 억제되었다. *Staphylococcus aureus*는 pH 5.0, 5.5, 6.0, 6.5에서의 MIC는 1250ppm이었으며, pH 7.0에서는 2500ppm이었다.

3. *E. coli* O157:H7에 대하여 pH 6.5에서 과산화수소 75ppm에서는 유산 2500ppm 첨가하였을 때 억제되었으며, 과산화수소 12.5ppm, 25ppm, 50ppm에서는 유산 2500ppm을 첨가하였을 때 억제되었다. *Salmonella enteritidis*에서는 과산화수소 75ppm에서는 유산 2500ppm 첨가하였을 때 억제되었으며, 과산화수소 12.5ppm, 25ppm, 50ppm에서는 유산 2500ppm 첨가하였을 때 억제되었다. *Staphylococcus aureus*에서는 과산화수소 75ppm에서는 유산 1250ppm 첨가하였을 때 억제되었으며, 과산화수소 75ppm

에서는 유산 2500ppm 첨가하였을 때 억제되었다.

10. 보건복지부 : 식품첨가물공전. pp. 225-227 (1996).

11. 문범수 : 식품첨가물. 수학자, 서울, pp. 68-91 (1988).

## 참 고 문 헌

1. Michael, P. D. and Vikas, V. P. : Escherichia coli In Food borne bacterial pathogenes. Marcel Dekker, New York, pp. 235-281 (1989).
2. Riley, L.W., Remis, R.S., Helgrerson, S.D., McGee, H.B., Wells, J. G., Davis, B.R., Herbert, R.J., Olcott, E.S., Johnson, L.M., Hargrett, N.T., Blake, P.A. and Cohen, M.L. : Hemorrhagic colitis associated with a rare Escher-ichia coli Serotype. N. Engl. J. Med., 308, 681-685 (1983).
3. 국립보건원 : 감염병발생정보. 5, 2-3(1994).
4. 국립동물검역소 : 동물검역월보. 63, 2(1997).
5. 고주언, 홍종해 : 도체표면의 분변오염과 Verotoxin생성 Escherichia coli O157 : H7 분리 에 관한 연구. 한국식품위생안전성학회지, 12(1), 78-82 (1997).
6. 이용욱, 박석기 : 식품위생미생물 시험법. 신광출판사, pp. 122-124 (1997).
7. Sonnenwirth, A.C. and Jarett, L. : Gradwohl's Clinical La-boratory Methods and Diagnosis. Vol. 2, 8th ed., Mosby Co., p. 1363 (1980).
8. 이승욱 : 통계학의 이해. 자유아카데미, pp. 261-305 (1994).
9. Wang G.H. : Inhibition and inactivation of five species of foodborne pathogens by chitosan. J. Food Prot., 55(11), 916-919 (1992).

## ***Aspergillus oryzae*로부터 분리한 chitosan 복합체에 의한 카드뮴 제거에 관한 연구**

이제만

인천광역시 보건환경연구원

## **A Study on Removal of Cd using Chitosan Complex from *Aspergillus oryzae***

Jea-Mann Lee

Health and Environment Research Institute

### **Abstract**

The removal efficiency of cadmium by chitosan complex isolated from *Aspergillus oryzae* was investigated through laboratory experiments. The results of the study are as follows. The adsorption kinetics of cadmium was reached the adsorption equilibrium in approximately 30 minutes and the removal efficiency was showed 95.8%. The effect of temperature on cadmium adsorption by chitosan complex shows that as the temperature increased, the amount of cadmium adsorption per unit weight of chitosan complex increased. The correlation between amount of cadmium adsorption per unit weight of chitosan complex and temperature was obtained through the coefficient of determination( $R^2$ ).  $R^2$  values was 0.854( $p < 0.05$ ). A linearized Freundlich equation was used to fit the acquired experimental data. As a result, Freundlich constants, the adsorption intensity( $1/n$ ) was 0.5501, and the measure of adsorption( $k$ ) was 2.181. So, it was concluded that adsorption of cadmium by chitosan complex is effective.



## I. 서 론

각종 공장의 폐수로부터 환경에 유입되는 중금속물질은 산업화의 진행과 더불어 해마다 증가하고 있는 실정으로 그 독성으로 인해 인체에 치명적인 해를 입힐 수 있고, 환경 내에 잔류하여 생물 농축현상을 일으켜 공해병을 유발하는 환경오염물질이다<sup>1)</sup>. 그 중 카드뮴 중독은 1858년 은제품을 가공하는 공정 중 cadmium carbonate( $\text{CdCO}_3$ )에 폭로된 근로자들에게 직업성 중독이 최초로 보고된 이래 1963년 일본 Toyama현에서 발생한 Itai-itai 병과 같이 생태계 오염에 의한 카드뮴중독 사건 등 크고 작은 집단 중독사태가 계속되고 있다<sup>2)</sup>. 카드뮴은 산업 활동 과정 중 노출되어서 수질, 토양, 농작물, 어패류 및 인체에 농축되어 다양한 질병을 일으키는데 급성중독으로는 기도, 폐를 손상케 하며, 인후부 통증, 기침, 두통, 어지러움과 구토증 및 호흡곤란을 수반하고, 만성중독으로는 후각이상, 식욕부진, 반복성 설사, 위장장애 및 체중감소 등을 증상을 유발 하는 것으로 보고되고 있다.<sup>3)</sup> 이에 우리나라에서는 대부분의 중금속물질이 환경 중으로 유입되는 것을 규제하는 수질환경기준 및 폐수배출허용기준을 마련하고 있다<sup>4,5)</sup>.

곰팡이 균사체를 끓는 진한 알칼리 용액으로 추출하면 단백질과 알칼리에 녹는 지질 및 glucan을 제거함으로써 직접 chitosan 복합체를 얻을 수 있다. 또한 곰팡이 균사체로부터 분리해 낸 chitosan 복합체가 그 자체로도 폐수에서 높은 응집 효과가 있는 것으로 보고 되고 있는바<sup>6)</sup> 생물 산업에서 이용되고 버려지는 곰팡이 균사체 폐기물로부터 chitosan 복합체를 분리하여 흡착제로 활용 가능성을 검토함으로써 환경보존과 폐기물 재활용 및 폐수처리 비용 절감이 기대되어진다. 현재 국내에서는 곰팡이를 이용하여 의약 및 식품용 제품을 생산하고 있다. 따라서 생물 산업에 이용된 후 버려지는 곰팡이

폐기물인 chitosan 복합체의 잠재적인 원료로서 가능성이 높다.

따라서 본 연구에서는 *A. oryzae*로부터 chitosan 복합체를 분리하였고, 분리된 chitosan 복합체에 의한 카드뮴의 흡착 실험을 실시하여 흡착제로서의 이용 가능성을 검토하기 위한 기초 자료를 제공하는데 그 목적이 있다.

## II. 재료 및 방법

### 1. *A. oryzae*로부터 chitosan 복합체의 분리

*A. oryzae* 균사체 30g을 분해 flask에 넣고 wet cell : solvent의 비율을 1 : 10으로 40%(w/w) NaOH로 120℃에서 1시간 추출하였다. 이를 증류수로 세척액이 중화될 때까지 수세한 후 감압 여과하여 48시간동안 동결 건조시켜 chitosan 복합체를 얻었다<sup>6)</sup>.

### 2. 분리한 chitosan 복합체에 의한 카드뮴의 흡착 제거

#### 2.1 실험재료

본 실험에 사용한 흡착제는 *A. oryzae*로부터 분리한 chitosan 복합체였다. 흡착 실험을 위해 시료를 200 mesh sieve로 거른 후 항온건조기(Precision Scientific Co.)에서 105℃로 항량이 될 때까지 건조시킨 후에 데시케이터에 보관하면서 실험재료로 사용하였다. 실험에 사용한 카드뮴 용액은 일본 Wako Chemical사 원자흡광분석용 표준용액(1,000 ppm)을 사용하였다.

#### 2.2 실험방법

카드뮴의 농도를 약 10ppm으로 희석한 용액 40ml를 100ml의 삼각 flask에 취한 후 chitosan

복합체를 넣고 일정속도로 shaking water bath (D7-SK, 1740S, 동양기계)를 이용하여 시간별 (3분, 5분, 10분, 30분, 60분, 120분), pH별(4.0, 7.0, 9.0), 온도별(30°C, 40°C, 50°C), chitosan 복합체의 주입량별(0.01g, 0.05g, 0.1g, 0.2g, 0.5g) 농도를 측정하였다. 실험에 사용한 기기는 pH 조정을 위한 pH meter(USA, Corning, Model 17)를, 농도정량을 위하여 flame atomic absorption spectrophotometer(AA, Model Spect. 800, Varian, Australia)을 이용하여 분석하였다.

### III. 결과 및 고찰

#### 1. 흡착 반응속도론

반응시간에 따른 카드뮴의 흡착 제거율을 실험하기 위하여 카드뮴의 농도가 약 10 mg/L인 용액 40 ml에 각각 chitosan 복합체 0.1 g을 넣고 반응시간 3분, 5분, 10분, 30분, 60분, 120분으로 변화시키면서 실험한 결과는 Fig. 1과 같다.

Fig. 1에서 보는 바와 같이 카드뮴의 흡착 제거율은 3분에 79.5%, 5분 82.4%, 10분 86.9%, 30분 95.8%, 60분 97.7%, 120분 98.8%로 나타났다. 본 실험 결과 카드뮴의 흡착 제거율은 반응시간이 경과할수록 증가하는 경향으로 나타났으며, 수분내에 쉽게 chitosan 복합체의 흡착 부위에 흡착되어 반응 30분이후부터 흡착평형에 도달하였다. 이러한 실험 결과로부터 흡착시 반응시간에 따른 영향은 약간의 차이가 있으나 chitosan 복합체에 의한 카드뮴의 흡착은 빠르게 진행됨을 알 수 있었다. 이는 부유상태에서 흡착제에 의한 중금속의 흡착이 수분 내지 수 시간 내에 일어난다는 다른 연구 결과들과도 일치하였다<sup>7)</sup>.

#### 2. 등온흡착식

본 실험에서는 카드뮴의 농도가 약 10 mg/L

인 용액에 chitosan 복합체를 투입하여 등온흡착 실험을 행하였다. 실험 결과는 Freundlich 등온흡착 방정식을 적용하였으며 그 식은 다음 (1)과 (2)와 같다.

$$\frac{X}{M} = K C_e^{1/n} \dots\dots\dots (1)$$

여기서 X/M : 단위중량의 흡착제에 흡착된 물질의 양(mg)

Ce : 흡착이 일어난 후 용액 중의 흡착질의 평형 농도(mg)

K, n : 실험에 의해 구해지는 상수

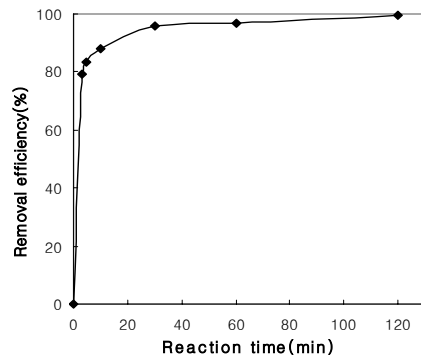


Fig. 1. Adsorption kinetics of cadmium by chitosan complex.

이 식에서 나타난 상수들은 식(2)의 형태로 바꾸어서  $\log(X/M)$ 과  $\log C_e$ 의 대수 graph로부터 구할 수 있다.

$$\log (X/M) = \log K + 1/n \log C_e \dots\dots\dots (2)$$

흡착등온식은 Fig. 2에서 보는 바와 같이 각 plot간에 직선이 얻어져 Freundlich식에 잘 맞는 것을 알 수 있었다. 그리하여 자료치의 분석은 최소자승법(least square regression analysis)으로 처리하여 그 결과를 Freundlich식에 적용시켜 구한 결과는 Table 1과 같다. Table 1에서 보는 바와같이  $1/n$ 은 0.5501,  $k$ 는 2.181로 등온흡착식은  $X/M = 2.181 C_e^{0.55}$ 으로 나타났다.

일반적으로 등온흡착식에서 Freundlich의 흡착상수  $k$  값은 클수록,  $1/n$  값이 0.3~0.7의 범

위 내에 포함되는 경우에는 흡착이 오래 지속되므로 효과적이며, 2이상인 경우에는 흡착이 매우 어렵다고 알려져 있다<sup>8)</sup>. 본 실험에서는 1/n이 0.5501로 이 범위안에 포함되므로 흡착성이 양호한 것으로 평가되어 chitosan 복합체를 카드뮴 제거 흡착제로서의 적용이 가능하다고 할 수 있다.

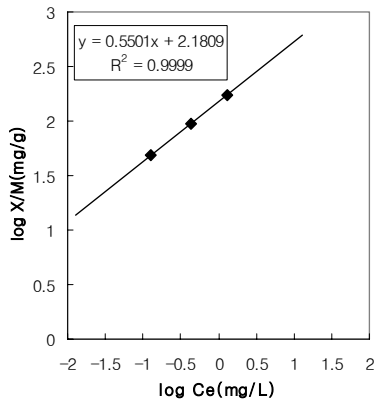


Fig. 2. Freundlich isotherm for adsorption of cadmium on chitosan complex.

Table 1. Parameter for Freundlich isotherms equation of cadmium

Freundlich's equation	Freundlich isotherms		
	1/n	k	r <sup>2</sup>
$X/M=2.181 Ce^{0.55}$	0.5501	2.181	0.9999

### 3. 온도의 역할

반응온도가 chitosan 복합체의 카드뮴 제거 효율에 미치는 영향을 실험한 결과는 30℃에서 95.6%, 40℃에서 97.7%, 50℃에서 98.0%로 나타나 그 영향은 작지만 온도가 증가함에 따라 흡착정도도 증가하는 경향을 보였다. 이는 물리적 흡착의 경우 낮은 온도에서 흡착이 잘 일어난다고 알려진 것과 상반된 결과를 나타내었다. 이는 물리적 흡착뿐 만 아니라 화학적 또는 복합적 mechanism에 의해 흡착 제거율이 달라지

는 것으로 생각 된다<sup>9)</sup>. Fig. 3은 카드뮴의 온도변화에 따른 흡착 제거되는 것의 상관관계를 알아보기 위해 x축에 온도, y축에 단위중량 당 chitosan 복합체에 흡착 제거되는 카드뮴의 양으로 하여 직선의 회귀방정식을 구하였다. 따라서 온도와 카드뮴의 흡착 제거에 대한 상관관계는 5% 유의수준에서  $y = 0.1131x + 92.481$ , 결정계수  $R^2 = 0.854$ 로 상관관계를 나타내어 온도 변화에 따라 카드뮴의 흡착 제거에 영향을 미치는 것으로 확인되었다.

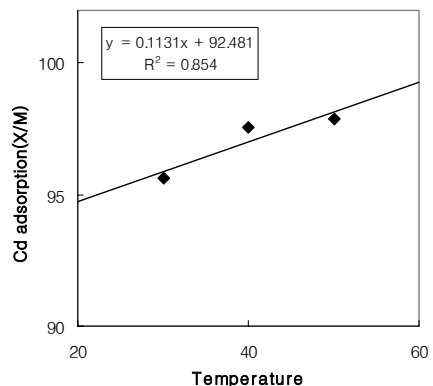


Fig. 3. Effect of temperature on cadmium adsorption by chitosan complex.

### 4. 복합체 주입량에 따른 흡착 경향

chitosan 복합체를 0.01g에서 0.5g를 변화시키면서 초기 농도를 약 10 mg/L로, 수용액의 부피를 40 ml로 고정하여 30분간 반응시켜 카드뮴의 흡착 제거 특성을 Fig. 4에 나타내었다. Fig. 4에서 보는 바와 같이 chitosan 복합체 주입량에 따른 카드뮴의 흡착 제거율을 살펴보면 0.01g은 66.4%, 0.05g은 87.1%, 0.1g은 95.8%, 0.2g은 98.7%, 0.5g은 99.2%로 나타났다. 본 실험 결과 chitosan 복합체 주입량이 증가할수록 제거효율이 증가한다는 이 등<sup>11)</sup>의 보고와 일치하였으며, 주입량을 증가시켜도 흡착효율은 직선적으로 증가하지 않았다. 즉 chitosan 복합체의 증가에 따라 흡착율은 비례하지는 않

지만 일정농도의 용액에 적정한 주입량의 사용이 효과적임을 고려하는데 chitosan 복합체 주입량은 0.1g일 경우도 가장 효율적인 제거 효과를 나타내어 카드뮴의 제거에 적당하다고 할 수 있다.

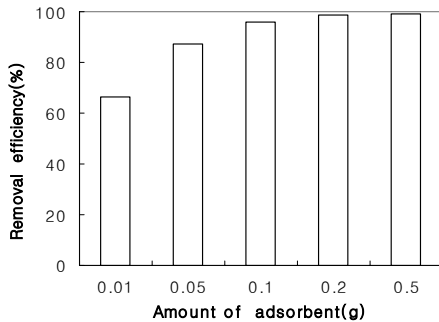


Fig. 4. Removal efficiency of cadmium with the change of adsorbent weight.

## IV. 결 론

본 연구는 *Aspergillus oryzae*로부터 chitosan 복합체를 분리하였고, 분리된 chitosan 복합체에 의한 폐수 중의 카드뮴의 흡착 제거 실험을 실시하여 흡착제로서의 이용 가능성을 검토하기 위한 기초 자료로 삼고자 실시하였다.

1. *A. oryzae*로부터 분리한 chitosan 복합체에 의한 카드뮴의 흡착 반응속도론은 반응시간이 경과할수록 증가하는 경향으로 나타났으며, chitosan 복합체의 흡착 부위에 반응 30분 이후 부터 흡착평형에 도달하였으며, 이때 제거율은 95.8%로 나타났다.
2. 카드뮴의 평형농도(Ce)와 chitosan 복합체 당 카드뮴의 흡착량(X/M)을 Freundlich식에 적용시켜 등온흡착식을 구한 결과  $X/M = 2.181C_e^{0.55}$ 으로 나타났다.
3. 온도에 따른 흡착 양상은 카드뮴은 온도가

증가함에 따라 흡착 제거율이 약간 증가하였다. 온도 변화에 따른 흡착율의 상관관계에서 결정계수  $R^2=0.854$ 로 온도 변화에 따라 카드뮴의 흡착 제거 현상을 잘 설명할 수 있는 것으로 나타났다. 또한 chitosan 복합체 주입량에 따른 흡착 제거율은 양이 증가할수록 증가하는 경향을 나타내고 있다.

## 참 고 문 헌

1. 환경부 : 환경백서. 1999.
2. G. Buell : Some biochemical aspects of cadmium. *Toxicol. J. Occup. Med.* **17** : 189, 1975.
3. G. D. Lewis : Cadmium accumulation in man. *J. Chron. Dis.* **25** : 717. 1972.
4. 환경부 : 환경정책기본법. 법률 4257호. 2000.
5. 환경부 : 수질환경보전법. 법률 3889호. 2000.
6. R. A. A. Muzzarelli, F. Tanfani, G. Scarpini M : Chelating, film forming and coagulating ability of the chitosan-glucan complex from *A. niger* industrial wastes. *Biotech. Bioeng.* **22** : 885-896.1980.
7. 이종은 : 천연 고령토의 폐수 중 납 흡착에 관한 연구. 한국환경위생학회지. **21**(3) : 77-86. 1995.
8. 양병수 : 용수 및 폐수처리, 동화기술, p. 188-211. 1988.
9. 김병화 : 국산제올라이트를 이용한 폐수 중의 중금속 제거에 관한 연구, 한양대학교 석사학위논문, 1987.
10. M. A. Ferro-Garcia et al : Adsorption of zinc, cadmium and copper on activated carbons obtained from agricultural by-products, *Carbon*, **26**(3) : 363-373, 1988.
11. 이한영, 강안수 : 당진산 점토의 중금속 흡착 특성에 관한 연구, 한국환경위생학회지, **26**(1) : 49-54. 2000.

# 밴댕이 누룩 발효 추출물의 저장중의 품질 변화

이혜정, 이제만

## Quality Changes of the Extracts of Nuruk Fermented Big-Eyed Herring during the Storage

Hye-Jeong Lee<sup>\*</sup>, Je Man Lee<sup>\*\*</sup>

### Abstract

The quality changes of nuruk fermented big-eyed herring extracts were examined at 2 weeks interval during the fermentation period for 6 weeks. To prepare the extracts of nuruk fermented big-eyed herring, 10%, 15% and 20% nuruk powder were added to the big eyed herring and 17% salts were added to them respectively. 3 kinds of samples were stored for 6 weeks at room temperature and then extracted with hot water. During the storage, the moisture and lipid contents of all samples were decreased, but the crude protein contents of them were increased gradually. On the other hand, the ash contents and pH of them were showed little changes during the fermentation. The total cell numbers of them were 0-230 cfu/mL at 0 day, but they were not revealed during the fermentation.

---

<sup>\*</sup> Professor, Dept of Food and Nutrition, Gachongil College,

<sup>\*\*</sup> Advanced Researcher, Institute of Health and Environment, Incheon Metropolitan City

## I. 서 론

밴댕이는 학명으로는 *Herklot sichthys Zunasi* (Bleeker)으로 청어목, 청어과에 속하며 일명 Sappa로도 불리우는 생선으로 우리나라의 서·남해, 일본 북해도 이남과 동아시아의 연안이나 가로림만에 6-11월 사이에 출현하며, 최대의 어획량은 10월이고, 산란기는 6-7월이라고 한다. 또한 육지와 섬으로 둘러싸인 천수만에 수온이 상승함에 따라 산란과 섭취를 위해 대량으로 회유하여 오는 어류군중에서 밴댕이가 최우점종을 차지한다고 한다<sup>[1]</sup>.

밴댕이는 육조식이 연약하고, EPA, DHA 등의 불포화 지방산과 단백질, ATP등의 핵산 관련 물질의 함량이 높다. Ethyl butanonate, 3-methyl butyl butanoate등과 독특한 odor value의 향기 성분이 함유되어 있다. 휘발성 향기 성분을 V-SDE/GC/MSD로 분석한 결과 총 78종의 화합물이 검출되었는데, 주로 aldehyde류 12종, 케톤류 10종, 알콜류 20종, 에스테르 10종, 합질소화합물 4종, 합황화합물 7종 등이 동정되었으며, 그 중에서도 methyl thioacetate, dimethyl disulfide, allyl sulfide, methyl trisulfide 함량이 높다. 밴댕이는 자가 효소 활성이 강해 거의 젓갈로 가공하며, 3-4월에 젓을 담그어 멸치젓 대용으로 김치에 사용하고 있으며, 맛이 우수하여 임금에게도 진상하였다고 하나 현재는 강화도의 특산품으로 일부 소비자들만 사용하는 실정이다<sup>[2,3,4]</sup>.

조미료로 사용되고 있는 간장은 6개월 이상 발효 숙성 시킨 양조 간장과 산분해간장 등이 시판되고 있으나, 산분해간장은 lysoalanine과 같은 변성 아미노산의 인체의 독성 작용과 발암 물질인 monochloropropanediol(MCPD)의 존재로 국민건강을 위협하고 있어 인체에 보다 안전하며 건강 지향적인 간장 개발이 필요한 실정이다.

어장 또는 어간장은 어패류를 자가소화효소 및 미생물의 대사작용으로 분해하여 아미노산

의 독특한 맛과 건강 지향적이라는 점에서 우수한 간장 조미료로 대용될 수 있다. 중국의 魚路, 말레이시아의 Bellachan, Budu, 미얀마의 Ngapi, 인도네시아의 Ketjapikan, 인도 및 파키스탄의 Colombocure등의 전통 조미료가 여기에 속하며, 우리나라에는 술과 누룩으로 발효시키는 주국어법(酒麴魚法)과 소금, 곡분, 맥아 및 양념 등으로 발효시키는 식해법(食醃법)등으로 만드는 어간장을 만들었다고 하나 현재에는 염해법으로 만드는 것같이 이 주종으로 계승되어 오고 있다<sup>[5]</sup>.

우리나라의 어간장은 발효기간이 길어 독특한 풍미를 가지고 있으나 장기간의 발효, 유통과정 중의 선택의 변화, 침전물의 생성, 어취등의 문제점이 있어 어간장 고유의 풍미를 유지하면서도 발효기간이 단축되는 방안이 요구되고 있다. 이 등<sup>[6]</sup>은 숙성 정어리 간장 엑스분 제조에서 코오지 10%와 분리 대두 단백질 5%를 첨가하여 제조한 결과, 쓴맛의 감소를 보고하였고, 김<sup>[7]</sup>은 까나리에 발효 촉진제로 코오지, 효소 및 오징어 내장을 사용한 결과 glutamic acid, alanine, valine, leucine, lysine의 함량이 숙성기간의 증가에 비례하였고, 코오지 첨가군이 향기와 맛이 우수하였음을 보고하였으며, 박 등<sup>[8]</sup>은 내장효소를 50℃, 소금농도 10-13%로, 9시간에 예비발효 숙성시킨 후 상온에서 숙성시킨 것이 발효기간을 단축할 수 있었다는 보고를 하였다.

생선 종류에 따라 어간장 제조에는 발효나 추출의 기법이 필수적인 것으로 추정할 수 있는데, 효소나 간장박 등의 발효 촉진제들은 숙성 발효로 인한 쓴맛과 이취감의 생성을 보고하였고, 강 등<sup>[9]</sup>은 무화과를 이용한 숙성 발효 멸치 액젓 제조에서 발효기간 증가에 따라 아미노태 질소와 총 유리아미노산 함량의 증가를 보고하였으나, 무화과의 숙성 정도에 따라 풋냄새를 보고하였다. 따라서 장기 보존을 위해 시판되고 있는 고염도의 소금은 근육등의 염용해 아미노산의 분해를 저해한다는 연구결과를 토대로 단백질 분해효소의 생산력이 있는 누룩으



로 발효시킨 것을 열수 추출하여 아미노산의 수율이 높은 어간장 제조의 기초 자료로서 누룩 농도별 밴당이 열수 추출물을 제조하여 저장하면서 성분 변화를 보고하고자 한다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 실험 재료

실험에 사용된 밴당은 2004년 4월 20일 경 인천의 석모도에서 어획하여 양육 즉시 아이스 박스에 담아 빙장하여 실험실로 운반하여 실험에 사용하였다.

### 2. 밴당이 염장 추출물의 제조

실험실에 운반된 밴당을 중량에 따라 천일염을 17% 넣고, 누룩가루를 10%, 15%, 20%를 각각 첨가하고 잘 혼합하여 플라스틱 숙성 용기(20W x 13.5L x 12H cm)에 1 kg씩 넣고 일광 하에서 1개월 동안 숙성시킨 후 6주간 실온 중에서 보관하면서 2주 간격으로 실험하였다.

누룩을 첨가하여 염지한 시료 50g을 각각의 플라스크에 취하여 증류수 70ml를 가한 후, 끓는 열수 수조 상에서 10분, 20분, 30분 및 40분의 각 시간 간격별로 열수 추출하여 원심 분리(5,000 rpm, 15min)하고 여기에서 얻은 잔사는 다시 50ml 증류수로 같은 방법으로 열수 추출하는 과정을 2 회 반복하여 얻어진 전 상층액을 250ml로 정용하여 -20℃ 이하의 동결 냉동고에서 보관하면서 분석용 시료로 사용하였다.

유리 아미노산 표준품은 미국 Sigma사 제품과 그 외의 시약은 특급을 사용하였으며, 실험에 사용한 모든 물은 증류한 탈 이온수를, 누룩은 강원도 횡성 농협에서 구입하여 사용하였다.

### 3. pH 및 일반성분의 측정

pH는 pH meter(IQ 150pH Meter, USA)로

측정하였고, 수분은 상압 가열건조법으로, 조단백질은 semi-micro Kjeldahl법(Kjeltec 1030 Auto Analyzer, Tecator, Sweden)으로 측정된 질소량에 질소 계수 6.25를 곱해서 산출하였고, 조지방은 Soxhlet 추출법으로, 회분은 건식회화법(AOAC, 1990)으로 측정하였다.

### 4. 휘발성염기질소 함량의 측정

Conway unit을 이용한 미량 확산법으로 측정하였다.

### 5. 총균수

시료를 saline으로 희석한 총균수 배지(plate count agar, Difco, Lab, USA)에 1ml씩 pouring culture method로 접종한 다음 30℃에서 24-48 시간 배양하여 형성된 집락을 Qubec colony counter로 계수하였다.

### 6. K, Ca, Mg, Na 함량의 측정

시료 20g을 천칭하여 비이커에 넣고 진한 질산 20ml를 가한 후 상온에서 방치하여 두었다가 부피가 8-10ml로 줄 때 까지 계속 가열하고 다시 10ml 진한 질산 용액을 가하여 전체 부피가 5ml로 줄 때 까지 가열한 후 냉각시켜 과염소산 용액을 가해 무색이 될 때까지 가열하였다. 이를 여과한 후 증류수로 50ml로 정용하였으며 음이온 방해물 방지하기 위해 1%(w/v) luntanum 용액을 넣어 희석하여 원자흡광광도계(Hitachi Model 208)로 측정하였으며 그 분석 조건은 Table 1과 같다.

Table 1. Analysis condition for minerals of atomic absorption spectrophotometer

condition	minerals			
	K	Mg	Ca	Na
Wave length (nm)	766.5	285	422.7	589
Lamp current(mA)	20	10	10	20
En-Ex slit(mm)	2,2	2,2	2,2	2,2
Air flow rate (l/min)	15	15	15	15
Acetylene flow rate(l/min)	3	3	3	3
Burner height(mm)	25	25	25	25

### III. 결과 및 고찰

#### 1. pH

본 시료들의 pH 측정결과는 Table 2와 같이 저장 첫째 날은 누룩 20% 첨가군이 가장 높았으며, 가장 낮은 군은 누룩 10% 첨가군이었으며, 저장기간에 따른 변화는 누룩 10% 첨가군은 저장 기간 중 pH가 가장 낮았고 누룩 15% 첨가군은 저장 기간 중 가장 높았고 누룩 20% 첨가군은 저장 기간 동안 pH의 변화가 거의 없는 편이었다. 그러나 본 실험의 시료들은 저장 기간이 증가함에 따라 pH도 증가하는 경향을 보였으며, 시판 까나리 액젓의 5.72와 비교하면 누룩 10% 첨가군은 유사한 값으로 보였고, 창란젓의 경우 저염도 농도로 60일간 저장하면서 측정한 pH가 6.43이었으나 그 후로는 큰 변화가 없었다고 하고, 임<sup>[10]</sup>등의 밴댕이 6.3, 구<sup>[11]</sup>의 6.54와 비교하면 누룩 15%와 20% 첨가군은 유사한 수준이었다.

Table 2. pH of 3 kinds of big-eyed herring extracts during the fermentation at room temperature

Sample	Storage period (day)			
	0	1	2	3
BEH10	5.76	5.61	5.81	5.85
BEH15	6.11	6.55	6.54	6.61
BEH20	6.26	6.22	6.31	6.52

BEH10 : big eyed herring fermented with 10% nuruk powder

BEH15 : big eyed herring fermented with 15% nuruk powder

BEH20 : big eyed herring fermented with 20% nuruk powder

#### 2. 수분의 양

본 실험 시료의 수분 양은 Table 3과 같이 수분은 저장 첫째날은 10% 첨가군이 가장 높았고, 20% 첨가군이 가장 낮았으며, 저장 중의 변화는 10% 첨가군은 약간 감소하는 경향을 보였으나, 15%와 20% 첨가군은 약간 증가하는 경향을 보였다.

Table 3. Moisture contents of 3 kinds of big-eyed herring extracts during the fermentation at room temperature (%)

Sample	Storage period (day)			
	0	1	2	3
BEH10	94.7	94.5	94.6	94.2
BEH15	94.3	94.1	94.5	94.6
BEH20	93.4	93.1	93.7	93.3

BEH10 : big eyed herring fermented with 10% nuruk powder

BEH15 : big eyed herring fermented with 15% nuruk powder

BEH20 : big eyed herring fermented with 20% nuruk powder

#### 3. 휘발성염기질소(volatile basic nitrogen, VBN)

본 실험의 시료들의 VBN양은 40~55mg/100g 범위로, 실험 첫째 날 값이 가장 높은 것은 10% 첨가군이었고, 저장중의 변화는 저장 기간이 증가함에 따라 전시료 모두 VBN양이 감소하는 경향을 보였다.

휘발성 염기질소는 보통 다량인 경우에는 악취가 발생하지만 일정량 이하인 경우에는 젓갈 특유의 냄새 형성에 필요한데, 구<sup>[11]</sup>의 밴댕이젓과 주둥치 젓은 각각 252.8mg/100g, 241.9mg/100g이었고, 임<sup>[10]</sup> 등의 밴댕이젓은 21.0mg/100g 수준이었으며, 본 실험의 결과들은 밴댕이 액젓과의 실험치와 유사한 경향을 보였다 (Table 4).

Table 4. Volatile basic nitrogen(VBN) contents of 3 kinds of big-eyed herring extracts during the fermentation at room temperature (mg/100g VBN)

Sample	Storage period (day)			
	0	1	2	3
BEH10	40	42	42	40
BEH15	38	37	36	33
BEH20	37	39	34	32

BEH10 : big eyed herring fermented with 10% nuruk powder

BEH15 : big eyed herring fermented with 15% nuruk powder

BEH20 : big eyed herring fermented with 20% nuruk powder

#### 4. 조지방

본 실험 시료들의 조지방 함량은 실험 첫째 날 가장 높은 양을 보인 것은 20% 첨가군이었으며 가장 낮은 값은 10% 첨가군이였다. 저장 중의 변화는 10% 첨가군은 변화가 없었고, 15%와 20% 첨가군은 저장 기간 증가에 따라 약간 감소하는 경향을 보였는데, 이 등<sup>[12]</sup>의 까나리 추출물에서도 저장 첫째 날은 2.6% 였다가 3개월 후에는 2.0% 또는 시료 처리 방법에 따라 2.4%로 감소하였으며, 구<sup>[11]</sup>의 밴댕이젓의 2.9%와 유사한 경향을 보였다(Table 5).

Table 5. Crude lipid contents of 3 kinds of big-eyed herring extracts during the fermentation at room temperature (%)

Samples	Storages period (day)			
	0	1	2	3
BEH10	2.7	2.6	2.6	2.6
BEH15	2.9	2.86	2.85	2.8
BEH20	2.95	2.94	2.92	2.9

BEH10 : big eyed herring fermented with 10% nuruk powder

BEH15 : big eyed herring fermented with 15% nuruk powder

BEH20 : big eyed herring fermented with 20% nuruk powder

#### 5. 조단백

본 실험의 시료들은 저장 첫째 날의 crude protein 양은 누룩 10% 처리군이 가장 낮았고, 누룩 20% 처리군이 가장 높았다. 저장 기간 증가에 따른 조단백의 양은 증가하는 경향을 보였고, 특히 누룩 20% 첨가군이 가장 많이 증가했으며, 이는 구<sup>[11]</sup>의 11.4%, 주등치젓 9.6%, 조<sup>[12]</sup>등의 까나리 액젓 8.8~11.4%와는 유사한 경향을 보였으나 박 등<sup>[8]</sup>의 까나리 속성 액화물의 16%, 임 등<sup>[10]</sup>의 밴댕이 액젓의 17%보다는 낮은 함량을 나타냈다 (Table 6).

Table 6. Crude protein contents of 3 kinds of big-eyed herring extracts during fermentation at room temperature (%)

Sample	Storages period (day)			
	0	1	2	3
BEH10	12.5	12.8	13.6	15.1
BEH15	12.9	13.86	14.85	15.8
BEH20	12.95	13.94	13.92	15.9

BEH10 : big eyed herring fermented with 10% nuruk powder

BEH15 : big eyed herring fermented with 15% nuruk powder

BEH20 : big eyed herring fermented with 20% nuruk powder

#### 6. 회분

회분의 양이 첫째 날 가장 높은 시료는 10% 누룩 첨가군이었고, 가장 적은 시료는 누룩 20% 첨가군이였다. 저장 하는 동안 회분의 양이 지속적으로 감소하는 경향을 보였는데, 20% 누룩 첨가군이 가장 감소의 폭이 큰 것으로 나타났다. 이는 이<sup>[12]</sup>의 소금만으로 제조한 까나리 염장품이 22.3%, 조<sup>[12]</sup>등의 시중 까나리액젓이 20~24%를 보고하였고, 박<sup>[8]</sup>등의 까나리 속성 액화물의 회분이 25%, 구<sup>[11]</sup>의 밴댕이젓의 회분이 19.4%등과 본 실험의 누룩 20% 첨가군의 회분함량을 비교할 때 낮은 경향을 보였다(Table 7).

Table 7. Ash contents of 3 kinds of big-eyed herring extracts during fermentation at room temperature (%)

Sample	Storage period (day)			
	0	1	2	3
BEH10	20.95	19.6	18.6	18.6
BEH15	20.9	19.86	18.85	18.8
BEH20	15.1	12.6	12.92	12.9

BEH10 : big eyed herring fermented with 10% nuruk powder

BEH15 : big eyed herring fermented with 15% nuruk powder

BEH20 : big eyed herring fermented with 20% nuruk powder

## 7. 총균

본 실험의 시료들의 총균수는 저장 첫째날은 누룩 20% 첨가균은 균이 나타나지 않았고, 10% 첨가균은 시료중 가장 많은 280 cfu/ml이었다.

이<sup>[6]</sup> 등의 정어리를 열수 추출한 어간장을 저장하는 동안 총균수의 변화가 없다는 결과와 유사한 경향을 보였다.

Table 8. Viable cell counts of 3 kinds of big-eyed herring extracts during the fermentation at room temperature

Sample	Storage period (day)			
	0	1	2	3
BEH10	280	NV	NV	NV
BEH15	170	NV	NV	NV
BEH20	0	NV	NV	NV

BEH10 : big eyed herring fermented with 10% nuruk powder

BEH15 : big eyed herring fermented with 15% nuruk powder

BEH20 : big eyed herring fermented with 20% nuruk powder

NV: Not detected or less than 30 colonies in a plate 1 ml of sample

## 8. 무기질의 정량

무기질의 함량은 table 9와 같이 저장 첫째날 K의 함량이 가장 높은 시료는 누룩 20% 첨가균이었으며, 가장 낮은 시료는 10% 첨가균이었다.

저장 첫째날의 칼슘 함량은 누룩 10% 첨가균이 가장 높은 값을 보였고, 가장 낮은 시료는 20% 첨가균이었으며, Mg 함량이 가장 높은 시료도 15% 첨가균이었으며, 가장 낮은 시료는 10% 첨가균이었으며, 세 종류의 시료 모두 저장 기간 중의 무기질 함량의 변화는 없는 경향을 나타냈다.

이 값들은 구<sup>[11]</sup>의 연구에서 밴댕이 생물의 측정치가 Ca이 141.17mg, 주둥치가 199.4mg이고, K의 함량은 269.2mg이었으며, 함량이 높은

무기질은 Ca<K<Mg의 순으로 많았다. 해수어는 해수 중의 무기질을 여러 형태로 흡수하여 그들의 맛에 영향을 준다고 하는데 자숙한 계류의 정미성분에 관한 연구에서 계살에 함유된 대부분의 양이온이 Na와 K이온이며 잉어, 붕어, 미꾸라지, 메기, 뱀장어 및 가물치의 정미성분에도 K이온이 omission test 결과 맛에 크게 영향을 미친다고 하는 구<sup>[11]</sup>의 연구와 비교하면 본 실험에서는 Mg>K>Ca 순으로 함량이 많아 정미성분에 영향을 준다고 추정할 수 있다.

Table 9. Mineral contents of 3 kinds of the extracts of big-eyed herring during fermentation at room temperature

Sample	Storage period (day)											
	0			1			2			3		
	K	Ca	Mg	K	Ca	Mg	K	Ca	Mg	K	Ca	Mg
BEH10	224.9	196.4	287.1	225.7	198.7	286.4	224.6	196.9	286.9	224.8	196.1	284.9
BEH15	296.7	184.8	364.6	297.4	185.6	365.8	297.8	183.7	368.1	296.6	181.7	369.7
BEH20	376.2	179.0	339.5	377.1	178.4	341.4	376.9	176.9	340.9	369.1	176.4	339.6

BEH10 : big eyed herring fermented with 10% nuruk powder

BEH15 : big eyed herring fermented with 15% nuruk powder

BEH20 : big eyed herring fermented with 20% nuruk powder

## IV. 요 약

자가효소의 작용으로 주로 젓으로 가공하는 밴댕이를 간장대용의 조미료로 제조하기 위한 시도로 누룩으로 발효하고 저장중에 발생하는 쓴맛등을 제거하기 위해 열수추출하여 저장하면서 분석한 성분들의 결과는 다음과 같다.

pH는 누룩 10%, 15%, 20% 사용한 모든 시료에서 5.61~6.61로 저장 동안 큰 변화가 없었고, 수분의 양도 모든 시료에서 저장 중에 변화가 없었으며, 조단백의 양생시료 상태에서는 11.4%였는데, 본 실험의 세시료 모두 12.5~15.9%로 저장 기간 동안 증가하는 경향을 보였

고, 이는 생시료의 지방이 2.9%에 비하면, 누룩으로 발효시키고 열수 추출한 세시료도 2.6-2.95% 수준으로 거의 유사한 경향을 보였고, 저장 중 변화가 거의 없는 편이며, 회분의 양은 12.6-20.95%로 저장 동안 약간 감소하는 경향을 보였다.

총균수는 저장 첫째 날에는 10% 누룩 첨가군에서 발견되었으나 저장 기간 동안에는 발견되지 않았다.

휘발성 염기 질소는 32~42mg/100g 범위에 속하며 저장 첫 째날 VBN은 누룩 10% 첨가구가 가장 높았으나 모든 시료에서 저장 중에는 감소하는 경향을 보였다.

무기질은  $Mg > K > Ca$ 의 순으로 함량이 높았으며 저장 기간 중 함량의 변화는 나타나지 않았다.

## 참 고 문 헌

1. 길준우, “천수만 밴댕이의 산란 생태”, 충남대학교 대학원 석사학위 논문, 1984
2. 차용준, 김훈, 장성민, 윤성숙, “Volatile flavor components in salt-fermented Big Eyed Herring on the market”, Bulletin of the Institute for Basic Science. Vol. 10, pp. 183-190, 1998
3. 차용준, 김훈, 장성민, 유영채, “Identification of Aroma-Active components In salt-fermented Big Eyed Herring on the market”, J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 27(6), pp. 1051-1058, 1998
4. 박춘규, “Comparrison of extractive nitrogenous constituents in the raw Anchovy (*Engraulis japonica*), Big Eyed Herring (*Harengula Junasi*), and Northern Sand Lance(*Ammodytes personatus*)”, Korean J. Food Sci. Technol, 31(6), pp. 1458-1464, 1999
5. 장지현, 한국발효식품사, pp. 234-236, 수학사. 1988
6. 이응호, 지승길, 안창범, 김진수, “속성 정어리 간장 엑스분의 가공 조건 및 정미성분에 관한 연구”, 한국수산학회지, 21(1), pp. 57-66, 1988
7. 김상무, “효소를 이용한 어육 가수 분해물 제조”, 한국식품영양과학회, 31(3), pp. 727-733, 1999
8. 박정흠, 임치원, 지청일, “멸치 및 까나리 속성 발효 액화물의 가공 조건”, 수진연구보고, 58, pp. 181-188, 2000
9. 강성근, 윤성원, 김정목, 김선재, 정순택, “무화과를 이용한 속성 발효 멸치 액젓의 품질”, 한국식품영양과학회지, 30(6), pp. 1142-1146, 2001
10. 임영선, 이근우, 김건배, 최영준, 이인수, 조영제, “밴댕이 액젓의 속성 중 성분 변화”, 한국수산학회지, 34(5), pp. 488-492, 2001
11. 구재근, “밴댕이 및 주둥치젓의 품미성분”, 부산수산대학교 대학원 석사학위논문, 1985
12. 이혜정, 공병우, 김종규, “까나리 염장품 추출물 저장중의 품질 변화”, 동아시아 식생활학회지 14(3), pp. 257-264. 2004

# 미강 분말 첨가량에 따른 요구르트의 발효 특성

이혜정\*, 박희옥\*, 이제만\*\*  
가천길대학 식품영양과\*, 인천보건환경연구원\*\*

## Fermentation Properties of Yogurt Added with Rice bran

Hye Jeong Lee\*, Hee Ok Pak\*, Je Man Lee\*\*  
Dept. of Food and Nutrition, Gachon Gil College\*  
Institute of Health and Environment, Incheon Metropolitan City\*\*

### Abstract

The curd yogurt was prepared from skim milk powder added with rice bran. Acid production by lactic acid bacteria in milk containing additive of 1, 2, 4, 6, 8%(w/v) was investigated and quality of curd yogurt was examined. 5 types of rice bran stimulated acid production by lactic acid bacteria more than control. HPLC analysis of organic acids in curd yogurt showed that the amount of lactic acid was markedly increased during the fermentation by *Streptococcus thermophilus* for 24 hours was the viscosity is increased during storage. Addition of rice bran to skim milk slightly reduced sensory property of curd yogurt. Among 5 types of rice bran tested, 2% rice bran added sample was superior to others.

When curd yogurt was kept at 5℃ for 2 weeks, acidity and the number of viable cells of curd yogurt were not changed.

## I. 서 론

미강의 생산량은 연간 35,000톤에 달하며 이 중에서 30% 정도가 미강유 제조에 사용되고 나머지 70%는 사료나 비료등의 물질로 이용되거나 농산 폐기물로 처리되고 있다. 미강의 식품 성분은 단백질이 12~16%, 식이섬유가 20~25%, 가용성 식이 섬유소는 1.8~2.9%, 지방이 16~22% 함유되어 있으며, 지방산 조성은 80% 이상이 triglyceride palmitic, oleic acid 이며, linoleic acid가 전체 지방산 중의 90%를 구성하

는 것으로 보고하였다<sup>1)</sup>. 미강의 가용성 단백질 가수분해물은 혈압상승 관련 효소인 angiotensine converting enzyme의 활성 억제 효과가, 미강의 다당류 성분인 arabinoxylan은 면역 활성이 있음을 보고하였고<sup>2)</sup>, 이<sup>3)</sup>등은 흑진주벼의 미강을 물과 미강의 비율 1 : 20으로 20℃에서 12시간 추출한 추출물의 angiotensine converting enzyme 저해 활성, 혈전용해 활성과 tyrosinase 저해 활성은 물 추출물에서 높았음을 보고하였다. 미강에 함유된 phenolic acid는 321.4~438.4mg/%로 백미 중에는 28.8~51.7mg/%이

고, 총폴리 페놀 함량은 미강이 541~472.6mg/%임에 비해 백미는 30.3~56.9mg/%로 항산화 성분이 백미에 비해 월등히 높은 것으로 보고 하였으며<sup>2)</sup>, 미강을 물과 에탄올로 추출하여 전자공여효과, SOD 유사 활성, 과산화 지질 생성 억제 활성을 측정한 결과 에탄올 추출물이 전자공여 효과 및 과산화지질억제 효과가 크고 물 추출물은 SOD 유사 활성을 나타냈다고 하며<sup>2)</sup>, 고지방식을 섭취한 쥐에게 물과 에탄올 추출물과식이섬유를 투여한 결과, 콜레스테롤 감소 효과와 간장중의 지질 축적을 감소시키는 효과를 보고하였다<sup>2)</sup>. 이는 미강중의 tocotrinols, oryzanols, beta-sitosterol, hemicellulose, beta-glucan의 존재들과 관련성이 있는 것으로 추정되며, 박<sup>4,5)</sup> 등도 도정율 6.4%에서 Tocotrienol의 함량이 최대였고, 도정율 8.0%에서는 tocopherol의 함량이 가장 높은 것으로 보고하였으며, 수용성 섬유소가 혈청 중의 LDL의 콜레스테롤 수준을 저하 시키는 효과도 보고하였다<sup>2)</sup>.

미강의 산업적인 활용으로는 에탄올, 초산 발효를 동일계에서 시행하는 식초 제조법과 버섯의 배지원으로서 검토되었고, 일본에서는 미강의 미생물 발효액을 피부 보습용 화장품 및 입욕제로 이용하는 연구와, 미강을 액화 효소 및 당화 효소로 처리한 후 효모로 발효시켜 얻은 미강 발효 액기스의 제조 방법과 주방세제로의 이용등이 있다<sup>2)</sup>.

식품 가공으로는 미강을 20% 첨가하여 제조한 쿠키와 30% 첨가하여 제조한 Cereal 개발이 보고 되었으나, 대부분 미강이 가지고 있는 화학 조성 성분인 1차 물질에만 집중되어 있으며, 미생물을 이용한 발효와 같이 2차 대사산물 생산에 의한 생리 활성 물질의 대량 생산에 관한 연구로는 *Monascus pilosus*를 생산 균주로 장관 면역계에서 IgA response를 비롯한 장관에서의 생체 방어 기능을 담당하는 Peyer's Patch 세포의 기능을 활성화 시키는 결과를 보고하였으나, 기타 발효에 관한 연구를 찾기가 어려운 실정이다<sup>2)</sup>.

요구르트는 전유 또는 탈지유를 젖산균으로 발효시켜 신맛과 향미를 강화시킨 것으로 원료인 우유 성분 이외에 젖산균에 의한 젖산, peptone, peptide, 혹은 미량 활성 물질과 유효 성분의 생성으로 장 운동이 자극받아, 장내 부패를 억제하고, 간 기능의 향진이나 장내 소화액 분비를 촉진하고 칼슘의 흡수를 개선시키는 효과가 있다.

요구르트 특유의 gel상의 조직은 우유의 casein 이 젖산에 의해 응고하는 성질을 이용한 것으로 조직이 너무 묽거나 유청이 분리되는 경우 점도 증가를 위해 탈지분유나 전지 분유, 버터밀크분말, 유청분말, casein 분말을 첨가하여 충고형분의 함량을 증가시키고, 요구르트의 유고형분 함량은 14~18%로 권장하고 있다<sup>6)</sup>.

유고형분 이외의 성분을 첨가하여 제조한 요구르트로는 쌀<sup>6,7,9,10)</sup>을 비롯한 보리, 밀, 옥수수 등의 곡류<sup>11)</sup>, 팥화미<sup>12)</sup>, 전분<sup>13)</sup>을 첨가하여 제조한 요구르트와 채소류의 고구마와 호박<sup>14)</sup>, 감자<sup>15)</sup>등을 첨가한 연구, 그 외에는 대두<sup>16)</sup>, 두류 단백질<sup>17)</sup>, 두유<sup>18)</sup>, 녹차와 쑥차<sup>19)</sup>, 인삼<sup>20)</sup>등과 과일 및 매실<sup>21)</sup>을 첨가한 연구등이 있으나 미강의 식품 소재로의 활용을 위한 연구로 요구르트를 제조하여 발효 특성과 저장 기간중의 품질 변화등을 고찰하여 적합한 미강 첨가 요구르트의 제조 조건을 고찰하고자 한다.

## II. 재료 및 방법

### 2.1 실험 재료

#### 2.1.1 실험균주

본 실험에서는 동결 건조된 *Streptococcus thermophilus*(Mishawaka, IN46545 USA)를 사용하였다.

#### 2.1.2 원료유

서울 우유사에서 생산 판매하는 탈지분유를

구입하여 요구르트의 원료유로 사용하였다.

### 2.1.3 미강

미강 분말은 농협 하나로 마트에서 판매하는 쌀을 구입하여 도정한 후 균질기(RO-TAP Sieve Shaker, J893)로 표준망체 100mesh로 통과시킨 것을 사용하였다.

### 2.1.4 원재료의 수분 분석

수분함량의 측정은 식품공전<sup>20)</sup>에 따라 105°C 상압건조법으로 분석하였다.

### 2.1.5 요구르트 제조

미강 및 탈지분유의 첨가량을 결정하기 위하여 미강을 각각 0, 1, 2, 4, 6, 8%가 되도록 첨가한 후 탈지분유로 고형분량이 최종 15.4%가 되도록 첨가하여 최종량 100ml이 되도록 준비하였다. 준비된 시료를 92°C 수욕조상에서 10분 동안 가열, 살균하여 동결 건조된 *Streptococcus thermophilus*를 0.0004% 접종한 후 38°C에서 14시간 동안 배양하였다. 배양하는 동안 2시간 간격으로 시료를 채취하여 pH, 산도 측정 및 젖산균 수를 측정하였다. 점도, 관능검사, 유기산 및 색도 측정은 요구르트의 산도가 1%에 도달하였을 때 실시하였다.

## 2.2 요구르트의 분석

### 2.2.1 pH 및 적정 산도 측정

미강 분말 첨가량에 따른 산 생성량은 발효 배양 중 2시간 간격으로 시료 1mL를 취한 후 증류수 29mL로 희석하여 0.01N NaOH로 pH 8.30까지 적정, 환산하였다. 발효 중 pH는 pH

meter(Orion 720A, Japan)을 사용하여 측정하였다.

### 2.2.2 젖산균수 측정

젖산균수 측정은 이<sup>18)</sup>의 방법과 같이 실시하였다. 발효 배양 중 취한 시료를 십진 희석하여 젖산균 배지(BCP plate count agar, Eiken Chemical Co., Ltd.)에 도말하고 37°C에서 48시간 배양 후 colony를 계수하였다.

### 2.2.3 점도

요구르트의 산도가 1.0%에 도달하였을 때 시료를 5°C로 24시간 냉장 한 후 저온에서 8일간 저장하였다. 저온 저장기간 동안 일정 시간 간격으로 시료를 취하여 Brookfield viscometer (model DV-ENO) No. 5 spindle로 60rpm에서 점도를 측정하였다.

### 2.2.4 유기산

유기산 분석은 Saidi와 Warhesen<sup>19)</sup>이 보고한 방법으로 실시하였다. 시료 5g을 채취하여 12% TCA 용액을 1ml 첨가하고 5,000rpm에서 5분간 원심분리 하여 상층액을 회수하였다. 회수된 상층액은 다시 0.2 $\mu$ l membrane filter(Sartorius AG, Germany)로 여과한 후 HPLC system으로 분석하였다. 유기산 분석 column은 NoVa-Pak® C18(3.9×150mm, Waters, USA)를 사용하였으며 온도는 40°C를 유지하였다. 검출은 UV-Vis detector(Varian, Model 310, USA)를 사용하여 210nm에서 측정하였고 이동상 및 유속 조건은 Table 1과 같다. 시험에 사용된 유기산 표준물질은 Sigma-Aldrich Co.,에서 구입하였다.

Table 1. Operating condition for HPLC analysis

	Tartaric acid	Lactic acid	Acetic acid	Isobutyric acid
이동상	0.1M ADP* + PA** (pH2.5)	0.1M ADP* + PA** (pH2.5)	0.1M ADP* + PA** (pH2.5)	0.02M ADP* + PA** (pH2.5)
유 속 (ml/min)	1.5	1.0	1.0	1.0

ADP\* = ammonium dihydrogen phosphate, PA\*\* = phosphoric acid



## 2.2.5 색도

시료의 색도측정은 색차계(Color and color difference meter, Model Konica Minolta Spectrophotometer CM-3500d, Japan)를 사용하여 명도를 L값, 적색도를 a값, 황색도를 b값으로 측정하였다. 이때 표준 백색판의 L, a 및 b값은 각각 22.49, 1.09 및 31.38 이었다.

## 2.2.6 관능검사

요구르트의 pH가 4.5에 도달하였을 때 24 시간 저온 냉각 후 10명의 검사원이 색, 풍미, 맛의 조화, 조직감 및 전체적인 기호도를 5점 평가법으로 실시하였다. 이 때 각각의 평가항목에 대하여 “1 : 대단히 나쁘다, 2 : 나쁘다, 3 : 보통이다, 4 : 좋다, 5 : 대단히 좋다”로 표시하도록 하였다. 관능검사 요원으로는 가천길대학교 식품영양학과생을 대상으로 실시하였다.

## 2.2.7 통계 처리

SAS 8.0을 사용하여 미강 분말 첨가량에 따른 점도 및 관능적인 특성을 비교하였다. 시료 간의 유의적인 차이는 Duncan's multiple range test로 유의 수준 5%( $p<0.05$ )에서 검증하였다.

# Ⅲ. 결과 및 고찰

## 3.1. pH 및 적정산도의 변화

배양 시간에 따른 미강분말 첨가 요구르트의 pH 변화 결과는 Table 2와 같다. Table 2에서 보는 바와 같이 미강을 첨가하지 않은 대조군 시료는 발효 배양 6시간 경과, 미강을 1% 및 2% 첨가한 시료는 배양 4시간 경과 시 pH 4.5에 도달하였다. 배양 8시간 경과 시 미강분말 4%, 6% 첨가 시료는 pH 4.2, 8% 첨가 시료는 pH 4.06으로 미강 4%, 6% 및 8% 첨가한 시료들이 대조군 보다 산 생성 속도가 빠름을 알

수 있었다.

이러한 결과는 쌀 분말 및 탈지분유를 첨가 제조한 요구르트 발효에서 쌀분말을 4% 첨가한 시료는 배양 8시간 이내에 pH 수치가 4.5에 도달함으로써 우유만으로 제조한 대조군에 비해서 쌀 분말 첨가 시 산 생성 속도가 빠르다는 백<sup>2)</sup>의 보고와 쌀, 보리, 밀, 옥수수와 탈지분유를 첨가한 요구르트 제조에서 곡류 첨가군의 pH가 우유만으로 제조한 대조군 보다 다소 낮은 경향을 보인다는 김<sup>7)</sup>등의 보고와 동일하다. 위의 결과로 요구르트 발효에 미강을 첨가하는 것이 젖산균의 산 생성을 촉진시킨다는 것을 알 수 있는데 이는 곡류에 함유된 높은 농도의 무기질과 낮은 농도이긴 하지만 여러 가지 비타민이 젖산균의 생육을 촉진함으로써<sup>22,23)</sup> 대조군보다 산 생성을 높이는 것으로 추측된다.

Table 2. Changes of pH and titratable acidity during fermentation of yogurt added with rice bran and skim milk powder

Samples		Incubation Time(hrs)				
		0	2	4	6	8
pH	control	5.95	5.16	4.67	4.47	4.36
	S1	5.03	4.66	4.49	4.41	4.40
	S2	5.01	4.54	4.45	4.41	4.40
	S3	4.61	4.35	4.33	4.26	4.24
	S4	4.49	4.44	4.31	4.24	4.20
	S5	4.26	4.19	4.18	4.11	4.06
Titratable acidity  (%)	control	0.61	0.78	1.25	1.30	1.35
	S1	0.85	0.91	1.19	1.20	1.22
	S2	0.87	0.89	0.97	1.25	1.53
	S3	1.20	1.39	1.57	1.72	1.83
	S4	1.50	1.64	1.67	1.78	1.83
	S5	1.65	1.72	1.89	1.92	2.06

Control : Dilute to 100ml after adding skim milk powder 15.4g

S1~S5 : Added with rice bran 1,2,4,6,8% and reached in solid 15.4% by skim milk powder

### 3.2 젖산균 수

미강분말 및 탈지분유를 첨가한 후 시료를 발효 배양하는 동안 시간의 경과에 따른 젖산균 수의 변화는 Table 3과 같다. Table 3에서 보는 바와 같이 대조군은 배양 2시간 후 측정 시 젖산균 수가 다소 감소하였다가 4시간 경과 후부터 회복되었다. 미강 분말을 각각 2% 첨가한 시료는 배양 6시간, 4% 첨가 시료는 배양 4시간 경과 시 젖산균 수가 가장 많이 증가하였다. 시료에 따라 배양 4시간부터 6시간 사이에 젖산균이 최대 성장하였고 그 이후는 정체기

로 들어감으로서 균주의 증감은 큰 변화를 보이지 않았다. 백<sup>2)</sup>등은 쌀 분말 6%와 탈지분유 1~2% 첨가한 시료가 8시간 배양 경과시 젖산균이 최대 성장하였다고 보고하였다. 특히 식품공전<sup>20)</sup>에 의하면 신선한 액상 및 호상 요구르트의 젖산균수는 각각  $10^7$ ,  $10^8$  CFU/ml 이상으로 규정하고 있다. 이러한 규정에 대해 본 실험의 결과는 모두 적정치 범위 이상의 생균수를 보였고, 미강 성분이 젖산균 생육을 활성화하는데 영향을 끼친 것으로 생각된다.

Table 3. Changes of viable cell count during fermentation of yogurt added with rice and skim milk powder

(unit : CFU/ml)

Samples	Incubation Time(hrs)				
	0	2	4	6	8
Control	$33 \times 10^{15}$	$30 \times 10^{10}$	$272 \times 10^{13}$	$36 \times 10^{15}$	$37 \times 10^{15}$
S1	$408 \times 10^{14}$	$61 \times 10^{14}$	$49 \times 10^{13}$	$57 \times 10^{11}$	$69 \times 10^{10}$
S2	$398 \times 10^{11}$	$91 \times 10^{12}$	$166 \times 10^{13}$	$92 \times 10^{14}$	$89 \times 10^{11}$
S3	$102 \times 10^{13}$	$67 \times 10^{14}$	$35 \times 10^{15}$	$74 \times 10^{13}$	$96 \times 10^{12}$
S4	$46 \times 10^{14}$	$138 \times 10^{12}$	$185 \times 10^{11}$	$20 \times 10^{11}$	$74 \times 10^{12}$
S5	$87.5 \times 10^{14}$	$77 \times 10^{14}$	$178 \times 10^{11}$	$270 \times 10^{10}$	$138 \times 10^{13}$

Control : Dilute to 100ml after adding skim milk powder 15.4g

S1~S5 : Added with rice bran 1,2,4,6,8% and reached in solid 15.4% by skim milk powder

### 3.3 점도 측정

미강분말과 탈지분유를 첨가한 요구르트의 산도가 1%일때 저온에서 8일간 저장하면서 일정 시간 간격으로 시료를 취하여 점도의 변화를 측정한 결과는 Table 4와 같다. 시료의 점도 변화는 Table 4에서와 같이 초기 점도수치는 대조군이 가장 높고, 미강 1 % 첨가 시료가 다음순으로 높게 나타났다. 점도가 가장 큰 폭으로 증가한 시간은 각각 대조군이 2일, 미강 분말 1% 첨가 시료는 6일, 2%, 4% 첨가 시료는 4일, 6% 첨가 시료는 6일로 나타났다. 저장 기

간에 따라서는 대조군은 저장 첫째 날 가장 점도가 높고 그 후로는 감소하는 경향을 보였으나, 미강 1%, 2%, 4% 첨가 시료는 저장 시간이 경과함에 따라 점도가 증가하는 경향을 보였으며 모든 시료는 5% 수준 내에서 유의차를 보였다.

요구르트의 점도는 고형분 함량이 높을수록 증가한다고 알려져 있는데 이는 본 실험에서의 미강 분말을 첨가한 시료가 대조군보다 높은 점도를 보인 결과와 일치하였다. 엄 등의<sup>9)</sup> 보고에 따르면 전분을 첨가한 요구르트에서 탈지분유 첨가구 및 전분 첨가구의 점도가 높았으며,

김 등은<sup>7)</sup> 탈지분유 첨가구 및 옥수수 첨가구에서 높은 점도를 보이며 발효 6시간 후부터 24시간 까지 유의성 있게 증가하였음을 보고하였다. 고 등의<sup>14)</sup>의 연구 보고에 따르면 우유와 곡류를 이용한 요구르트 제조에서 대조군에 비해 탈지분유 및 곡류 첨가구의 점도가 유의성 있게 높았다. 신 등과<sup>12)</sup> 김의<sup>21)</sup> 연구에서도 감자나 인삼 등을 첨가 시 요구르트의 점도가 증가함을 볼 수 있었으며, 김 등의<sup>8)</sup> 팽화 미분의 첨가량에 따른 연구에서는 첨가량이 증가할수록 점도가 증가함을 보였으나, 첨가량 10%에서는 유동성을 상실 하였다. 요구르트의 조직감은 부드럽고 매끄러운 점성을 지니고 있어 요구르트

gel로부터 유청의 분리가 없는 것이 우수한 제품이라고 알려져 있다. 이때 품질이 우수한 요구르트의 점도가 구체적으로 어느 정도 수준인가를 확실히 말하기는 어려우나 점도가 너무 높거나 너무 낮으면 전반적인 조직감에 좋지 않은 영향을 미치게 된다. 이와 같은 요구르트의 점도에 영향을 미치는 요소로 첨가 물질의 종류와 농도를 들 수 있는데 쌀 분말을 첨가할 경우 고형분 함량의 증가로 대개 점도가 증가하나 본 실험에서는 미강 분말을 6%, 8% 첨가 할 경우 오히려 점도가 낮아졌다. 이는 미강 분말이 casein의 커드 형성에 영향을 미쳐 점도가 낮아지는 것으로 생각된다.

Table 4. Viscosity of yogurt added with rice bran and skim milk powder

Samples	Incubation Time(days)				
	0	2	4	6	8
Control	12.57±0.31 <sup>b</sup>	25.23±3.4 <sup>a</sup>	12.37±0.5 <sup>b1</sup>	14.67±5.26 <sup>b</sup>	15.37±0.5 <sup>b1</sup>
S1	7.03±4.92 <sup>c</sup>	17.3±4.11 <sup>b</sup>	22.67±7.69 <sup>b</sup>	32.3±4.95 <sup>a</sup>	34.77±2.5 <sup>a</sup>
S2	-3.67±0.29 <sup>c</sup>	2.5±0.46 <sup>b</sup>	10.27±1.33 <sup>a</sup>	13.97±4.34 <sup>a</sup>	13.2±0.4 <sup>a</sup>
S3	2.1±4.43 <sup>ab</sup>	-2.33±0.7 <sup>b</sup>	4.4±0.35 <sup>a</sup>	5.47±3.97 <sup>a</sup>	5.6±0.2 <sup>a</sup>
S4	-4.87±1.42 <sup>b</sup>	0.67±0.21 <sup>a</sup>	-5±2.8 <sup>b</sup>	1.53±0.8 <sup>a</sup>	0.97±0.31 <sup>a</sup>
S5	-5.9±2.21 <sup>b</sup>	-6.8±2.37 <sup>b</sup>	-3.93±4.35 <sup>ab</sup>	-0.2±2.88 <sup>a</sup>	-0.1±1.87 <sup>a</sup>

Control : Dilute to 100ml after adding skim milk powder 15.4g

S1~S5 : Added with rice bran 1,2,4,6,8% and reached in solid 15.4% by skim milk powder

\* Samples is prepared from yogurt that has reached 1.0% titratable acidity.

### 3.4 유기산

미강분말과 탈지분유를 첨가한 요구르트의 산도가 1%일 때 유기산을 HPLC로 분석한 결과는 Table 5와 같다. Tartaric acid, lactic acid 및 isobutyric acid 함량은 대조군보다 미강분말 및 탈지분유 첨가 시료에서 높게 나타났다. Tartaric acid는 짙은맛을 내는 유기산으로 대조군 보다 미강 분말을 첨가한 시료에서 많이

생성되었으나 미강 분말 1%, 2% 첨가 시료에서 증가하는 것과는 달리 4%, 6%, 8% 첨가 시료에서는 감소하였다. 이러한 결과는 백 등의<sup>2)</sup> 쌀 분말 첨가량이 증가할수록 tartaric acid 생성량이 감소하였다는 결과와 일치한다. Lactic acid는 대조군 보다 미강 분말을 첨가 시료에서 많이 생성된 결과를 보였으며 8% 첨가시료는 대조군의 1.45배로 가장 높았다. 백<sup>6)</sup>등의 보고에 따르면 24 시간 발효 후 lactic acid는 현미

를 첨가한 요구르트에서 대조군의 18.6배의 함량을 보였고, 백<sup>2)</sup>등의 연구에서도 탈지분유 4% 첨가한 시료가 대조군에 비해 1.16배 높게 나타났다. 이러한 보고에 따르면 미강 분말을 첨가하여 요구르트를 제조 시 요구르트의 향미 성분을 결정하는 주성분인 유기산 중 lactic acid의 생성량이 현저하게 증가하였으며 본 실험 결과에서도 주요한 유기산임을 알 수 있었다. 신선한 우유는 미량의 lactic acid를 함유하고 있으나 요구르트 제조 중 급격하게 증가한다. 이러한 lactic acid는 제품의 보존성을 향상시키

고 상쾌한 신맛을 내면서 유해 미생물의 성장을 억제하는 작용이 있다. 또한 미세한 curd 입자들의 침전에 의한 유단백질의 소화력을 향상 시킴과 아울러 위 내용물의 배설을 촉진하고 칼슘, 인, 철의 이용을 높임과 동시에 위액의 분비를 촉진시키는 등 여러 가지 생리, 생물학적 장점을 가지고 있다. 본 실험의 시료들도 대조군에 비해 lactic acid 함량이 증가하였으므로 위와 같은 효과를 기대할 수 있을 것으로 생각된다.

Table 5. Organic acid contents of yogurt added with rice bran and skim milk powder

(unit : mM)

sample	Tartaric acid	Lactic acid	Isobutyric acid
control	15.012	286.56	-
S-1	22.848	361.68	32.68
S-2	23.28	299.88	6.71
S-3	19.32	326.0	4.91
S-4	21.768	391.2	-
S-5	19.344	415.56	34.07

Control : Dilute to 100ml after adding skim milk powder 15.4g

S1~S5 : Added with rice bran 1,2,4,6,8% and reached in solid 15.4% by skim milk powder

### 3.5 색도

대조군과 비교하여 미강 분말을 첨가한 시료의 색도 변화를 측정된 결과는 Table 6과 같다. 미강 분말을 첨가한 시료들은 명도(L값)에서 전반적으로 낮은 값을 나타내고 있으며 미강 분말 색상이 제품의 색상을 어둡게 함을 육안으로도 식별할 수 있었다. 적색도 정도를 나타내는 a 값은 대조군 보다 상당히 높은 수치를 보였으며, 4%, 6% 첨가 시료에서 평균값이 가장 컸다. 적색도의 정도를 나타내는 b 값은 대

조군에 비해 미강 분말 처리 시료들에서 수치가 낮게 나타났다. 배양 시간에 따른 L, a, b값의 변화를 관찰한 결과, L값은 큰 폭의 변화를 보이지 않고 전반적으로 조금씩 증가하는 경향을 보인 반면, a값 및 b값은 대조군에서 감소 경향을 보였으나, 미강 분말 첨가 시료에서는 조금씩 증가하는 경향을 보였다. 미강 분말 첨가 시료에서 L 값 및 b값은 대조군 보다 작고, a 값은 대조군 보다 높은 수치를 보이는 것은 미강 분말이 탈지분유 보다 어두운 색상을 띠기 때문인 것으로 생각된다.

Table 6. Hunter color values of curd yogurt added with rice bran

samples	Hunter's value														
	L					a					b				
	0	1st	2nd	3rd	4th	0	1st	2nd	3rd	4th	0	1st	2nd	3rd	4th
control	22.4	23.0	27.5	22.7	28.5	1.09	1.0	-0.8	-0.8	-1.0	31.4	31.1	30.3	29.6	29.5
S1	4.2	4.8	8.6	10.3	7.6	7.7	8.7	10.7	10.3	10.9	6.1	7.2	13.1	15.8	11.8
S2	6.1	2.1	3.7	4	4.0	13.3	4.7	7.5	7.8	8.2	10	3.0	5.5	6.0	6.2
S3	6.8	6.6	12.3	9.9	6.2	11.6	12.0	11.0	12.0	11.6	10.4	10.2	19.0	15.5	9.6
S4	4.3	4.9	5.1	5.3	4.6	8.8	10.4	10.3	11.2	9.9	6.3	7.6	7.8	8.1	7.1
S5	4.3	4.1	6.2	2.3	3.6	9.2	9.5	12.1	5.0	7.6	6.6	6.5	9.7	3.0	5.34

Control : Dilute to 100ml after adding skim milk powder 15.4g

S1~S5 : Added with rice bran 1,2,4,6,8% and reached in solid 15.4% by skim milk powder

### 3.6 관능검사

미강 분말 첨가량을 상이하게 제조한 각각의 요구르트에 대한 관능검사 결과는 Table 7과 같으며 관능검사 각 항목에 대하여 미강 분말 첨가 시료와 대조군, 혹은 분말 첨가량에 따른 시료 간에 유의차를 보였다. 색 검사 항목에서는 2% 첨가 시료의 선호도가 가장 높았고, 다음으로 8%, 4%, 6% 첨가 시료 순으로 나타났다. 풍미는 2% 첨가구가 유의적으로 높았으며 8%, 6%, 4% 첨가구의 순으로 선호도를 보임으로써 미강 분말 첨가의 긍정적 영향을 보였다.

반면 fragrance는 대조군이 가장 높은 선호도를 보였고 미강분말과 탈지분유의 첨가비율이 높아질수록 부정적인 반응으로 나타났다. 조직감에 있어서는 1% 첨가 시료가 가장 높은 선호도를 보였으며 대조군이 다음으로 높게 나타났고, 이 후 첨가비율이 높아질수록 선호도가 떨어지는 것으로 나타났다. 본 실험에서는 전체적인 기호도가 fragrance의 선호도 경향과 유사하게 나타남으로서 전체적인 기호도는 fragrance에 가장 많은 영향을 받는 것으로 생각된다.

Table 7. Sensory scores of the yogurt added with rice bran

samples	Organoleptic factor				
	color	flavor	fragrance	texture	overall preference
control	1±0 <sup>d</sup>	1.6±1.26 <sup>c</sup>	3.5±0.97 <sup>a</sup>	4±0 <sup>b</sup>	4.9±0.32 <sup>a</sup>
s-1	2.2±0.42 <sup>c</sup>	2.1±1.1 <sup>c</sup>	3.1±0.57 <sup>ab</sup>	4.8±0.42 <sup>a</sup>	3.2±0.92 <sup>b</sup>
s-2	3.9±0.74 <sup>a</sup>	4.4±0.84 <sup>a</sup>	2.4±1.51 <sup>b</sup>	2.9±0.32 <sup>c</sup>	2.2±1.32 <sup>c</sup>
s-3	2.8±0.79 <sup>b</sup>	3±0 <sup>b</sup>	1.3±0.67 <sup>c</sup>	2.1±0.57 <sup>d</sup>	1.9±0.74 <sup>cd</sup>
s-4	2.8±0.63 <sup>b</sup>	3.3±1.16 <sup>b</sup>	2.2±0.92 <sup>b</sup>	1.5±0.53 <sup>e</sup>	1.4±0.52 <sup>d</sup>
s-5	3.2±0.79 <sup>b</sup>	3.9±0.88 <sup>ab</sup>	2.5±0.71 <sup>b</sup>	1.2±0.42 <sup>e</sup>	1.6±0.52 <sup>cd</sup>

Control : Dilute to 100ml after adding skim milk powder 15.4g

S1~S5 : Added with rice bran 1,2,4,6,8% and reached in solid 15.4% by skim milk powder

### 3.7 미강 분말 요구르트의 저장성

제조된 요구르트는 저온 유통과정을 거치므로 유통 기간 중 품질 변화 유무를 관찰하기 위하여 24시간 발효시킨 요구르트를 5℃ 냉장 상태를 12일 동안 유지하면서 일정 시간 간격으로 pH, 산도 및 생균수 등을 조사하였으며 결과는 Table 8과 같다. 12일간 저온 저장 하였을 때 생균수 변화는 보이지 않은 반면 pH값은 최대 0.2 정도 감소하고, 산도는 최대 0.38% 증가 하였다. 산도의 증가는 저장 중 젖산균의 지속적 대사활동에 의한 산량이 증가에 의한 것으로 보인다. 또한 저장 기간 동안 유산균 수는

신<sup>12)</sup>등의 호상 요구르트의 성분 규격으로 유산균수는  $1.0 \times 10^8$  CFU/ml 이상 유지해야 한다는 보고와 같이 본 실험 결과에서도 그 이상의 높은 유산균수를 유지하였다. 이런 결과는 백<sup>6)</sup>등의 결과에서 15일간 저장하는 동안 생균수의 변화는 거의 없는 반면 쌀 분말 첨가 시료의 산도는 증가를 보였고, pH는 다소 감소한다는 보고와 동일하며, 그 외 김<sup>13)</sup>의 대두단백질 첨가 요구르트, 신<sup>10)</sup>의 고구마나 호박 첨가한 요구르트 및 고<sup>14)</sup>의 두유에 유제품을 첨가한 대두 요구르트의 연구에서도 유사한 경향을 볼 수 있다.

Table 8. Changes in quality of yogurt added with rice bran during storage at 5℃

Groups		Period of storage (days)				
		0	3	6	9	12
pH	Control	4.22	4.18	4.18	4.08	4.14
	S1	4.45	4.35	4.30	4.24	4.24
	S2	4.35	4.32	4.28	4.27	4.31
	S3	4.13	4.06	4.04	4.06	4.04
	S4	4.13	4.09	4.07	4.07	4.06
	S5	3.97	3.96	3.91	3.94	3.93
Titratable acidity (%)	Control	1.40	1.45	1.50	1.57	1.77
	S1	1.23	1.29	1.31	1.45	1.52
	S2	1.58	1.59	1.62	1.72	1.87
	S3	1.87	1.89	2.02	2.05	2.25
	S4	1.83	1.95	2.07	2.29	2.31
	S5	2.09	2.14	2.19	2.26	2.35
Viable cell counts (CFU)	Control	$1.0 \times 10^8$	$3.1 \times 10^{10}$	$4.9 \times 10^{10}$	$5.0 \times 10^{10}$	$5.4 \times 10^{10}$
	S1	$1.2 \times 10^9$	$3.0 \times 10^8$	$3.0 \times 10^{10}$	$3.1 \times 10^{10}$	$9.6 \times 10^9$
	S2	$3.1 \times 10^9$	$4.5 \times 10^{10}$	$4.8 \times 10^{10}$	$6.0 \times 10^9$	$6.8 \times 10^{10}$
	S3	$3.4 \times 10^{11}$	$5.5 \times 10^8$	$5.4 \times 10^9$	$6.9 \times 10^8$	$7.6 \times 10^{10}$
	S4	$1.5 \times 10^{10}$	$2.3 \times 10^8$	$3.4 \times 10^9$	$5.1 \times 10^{10}$	$5.5 \times 10^{10}$
	S5	$2.0 \times 10^9$	$3.8 \times 10^9$	$4.9 \times 10^{10}$	$5.3 \times 10^8$	$6.2 \times 10^{10}$

Control : Dilute to 100ml after adding skim milk powder 15.4g

S1~S5 : Added with rice bran 1,2,4,6,8% and reached in solid 15.4% by skim milk powder

## IV. 요 약

본 연구는 상업용 균주인 *Streptococcus thermophilus*를 이용하여 탈지분유 및 미강을 첨가한 요구르트를 배양하는 동안 일정 시간 간격으로 pH, 산도, 젖산균 수, 점도 및 유기산의 조성과 관능성을 측정하였다. 산도가 1% 일 때 냉장 상태에서 저장성과 색도, 점도의 변화를 측정한 후 최적의 기질로 사용할 수 있는 미강 분말 첨가량을 선정하였다. 대조균은 탈지분유로 pH 4.5에 배양 6시간 경과 시 도달한 반면 미강을 첨가한 시료는 첨가량에 관계 없이 4시간 경과 시 도달하였다. 산도는 대조균이 배양 4 시간째에 적정 산도에 도달하였으나 미강 분말 1%, 4% 첨가 시료는 배양 4 시간, 4%, 6%, 8% 첨가 시료는 배양 초기부터 적정 산도를 초과하였다. 또한 젖산균의 수는 대조균에서 배양 8 시간 경과 시 최대로 성장한 반면 2% 첨가 시료에서는 6 시간, 4% 첨가 시료에서는 4 시간 경과 시 최대로 성장하였다. 초기 점도는 대조균이 가장 높았으며 미강 첨가 시에는 1% 첨가 시료에서 가장 높은 수치를 보였다. 장기간에 따른 점도 변화를 관찰한 결과 대조균은 실험 2일째 가장 높게 나타났으며 시간이 경과 할수록 점차적으로 낮은 수치를 보였다. 미강을 첨가한 시료들은 시간이 경과함에 따라 점차적으로 증가하였으나 미강의 첨가가 높은 6%, 8% 첨가 시료는 점도 형성이 낮은 것으로 나타났다. 유기산 분석 시 대조균 보다 미강 첨가시료에서 lactic acid의 함량이 증가함을 보였고 색도 측정에서 L 값, a, b 값 또한 증가하는 경향을 보였다. 관능검사에서 전체적인 기호도는 대조균에 비해 다소 낮은 값을 보였으나, 미강 2% 첨가 시료에서 색, 향 및 향목에 대해 높은 값을 보였다. 미강을 식용자원으로 활용하기 위한 연구의 일환으로 요구르트 제조에 미강을 첨가하여 실험한 결과 요구르트의 주요 항목인 lactic acid의 생성 능력 등은 우수하였으나, 관능성이 다소 저조함으로 균주

를 달리한 연구 개발이 요구된다.

## 참 고 문 헌

1. 한국식품개발연구원, 미강을 활용한 건강 편의 식품의 개발 연구, 1995.
2. 백승희, 배형철, 남명수, 쌀분말 첨가량에 따른 요구르트의 발효특성, 동물자원지 46(4), 667-676, 2004.
3. 고영태, 우유와 쌀을 이용한 요구르트의 제조에 관한 연구, 2006.
4. 김성란, 안지윤, 이현유, 하태열, 품종 및 온도별 백미와 미강의 특성 및 페놀산 함량, 한국식품과학회지 36(6), 930-936, 2004.
5. Chulkyoon Mok, Jinsuk Han, Young Jin Kim, Namsoo Kim, Dae Young Kwon and Young Jung Nam, Lactic acid fermentation of rice and quality improvement by amylolytic enzyme treatment during fermentation, Korean J. Food Sci. Technol. 23(6), 739-744, 1991.
6. 백지혜, 고영태, 쌀의 저장 기간이 쌀 첨가 요구르트의 품질에 미치는 영향, 한국식품과학회지 24(5), 470-476, 1992.
7. 김경희, 고영태, 우유와 곡류를 이용한 요구르트의 제조, 한국식품과학회지 25(20), 130-135, 1993.
8. 김문숙, 안은숙, 신동화, 팥화미의 첨가가 요구르트 특성에 미치는 영향, 한국식품과학회지 25(3), 258-263, 1993.
9. 엄성신, 유지창, 고영태, 전분의 첨가가 호산 요구르트에서 젖산균의 산생성과 요구르트의 품질에 미치는 영향, 한국식품과학회지 25(6), 747-752, 1993.
10. 신용서, 이갑상, 김동한, 고구마와 호박을 첨가한 요구르트 제조에 관한 연구, 한국식품과학회지 25(6), 666-671, 1993.

11. 차성관, 최병권, 김길환, 대두 요구르트 제조에 의한 대두의 품종 별 비교, 한국식품과학회지 22(3), 357-362, 1990.
12. 신용서, 성현주, 김동한, 이갑상, 감자를 첨가한 요구르트의 제조와 특성, 한국식품과학회지 26(3), 266-271, 1994.
13. 김혜정, 고영태, 우유와 대두 단백질을 이용한 요구르트의 제조에 관한 연구, 한국식품과학회지 22(6), 700-706, 1990.
14. 고영태, 두유에 첨가된 유제품이 젖산균의 산생성과 대두 요구르트의 품질에 미치는 영향, 한국식품과학회지 22(2), 183-191, 1990.
15. 방병호, 박흥현, 녹차와 쑥차를 첨가한 요구르트의 제조와 품질 특성, 한국식품영양과학회지, 29(5), 2000.
16. 이인선, 백기엽, 배양 인삼 요구르트의 제조 및 품질 특성, 한국식품과학회지, 35(2), 235-241, 2003.
17. 이은희, 남은숙, 박신인, 매실을 첨가한 호상 요구르트의 품질 특성, 한국식품과학회지 23(3), 419-424, 2002.
18. 이신구. 1983. 우유 및 유제품 검사. 선진문화사. 서울
19. Saidi, B. and Warthesen, J.J. 1989. Analysis and stability of orotic acid in milk. J.dairy Sci. 72 : 2900-2905.
20. 식품공전. 1994. 한국식품공업협회. 서울.
21. 김중우. 1996. 인삼을 첨가 제조한 액상 요구르트의 특성에 관한 연구. 충남대학교 농업과학연구. 23 : 219-226.
22. 농촌진흥청 농촌 영양개선 연수원. 1991. 식품성분표.P210
23. 김경희, 고영태. 1993. 우유와 곡류를 이용한 요구르트의 제조. 한국식품과학회지. 25 : 130-135.



# 실험실 감시에 의한 인천 지역에서 인플루엔자 역학 및 유행양상, 2003/2004~2004/2005

이미연, 공용우, 오보영, 정승혜, 김혜영, 이제만  
인천보건환경연구원

## Epidemiological analysis of influenza by laboratory surveillance in Incheon, 2003/2004~2004/2005

Mi-yeon lee, young-woo Gong, Bo-yong Oh, Seung-hye Jung, Hye-young kim, Jea-Mann lee  
Incheon Institute of Health & Environment

### Abstract

**Background** : Influenza is a common respiratory disease with a high contagiousness every winter season. Influenza virus has the high possibility of appearing of new virus types due to an antigen variation.

Therefore, we intended to analyze the influenza epidemiology by laboratory surveillance in Incheon during 2003/2004 and 2004/2005 seasons and to apply into the control and prevention of influenza in Korea.

**Method** : The specimens were inoculated to MDCK cells and infected cells were observed for cytopathic effect (CPE). Culture supernatants were confirmed by multiplex RT-PCR that could be simultaneously differentiate type and subtype of influenza virus.

**Results** : The first virus was isolated at week 47 (3th week on November) in 2003 during 2003/2004 and at week 43 (4th week on October) in 2004 during 2004/2005 in which it was about 4 weeks earlier than 2003/2004 season. A total of 532 specimens were tested for influenza virus during the 2003/2004 season. 330 (62.0%) viruses were isolated, of which 161 (48.8%) were A/H3N2, 1 (0.3%) was A/H1N1, and 168 (50.9%) were B. During 2004/2005 season, 457 specimens were tested and 278 (60.8%) were to be positive. Of 278 viruses, 232 (83.5%) were A/H3N2, 5 (1.8%) were A/H1N1, and 38 (13.7%) were B. The incidence of influenza was the highest in the childhood aged from 7 to 19 in both seasons.

**Conclusions** : By the laboratory influenza surveillance system in Incheon during 2003/2004 and 2004/2005 seasons, it was found that positive rates of virus isolation were high (more than 60%) and predominant strain was influenza A/H3N2 subtype.

Key words : Influenza virus, Influenza Like Illness, Epidemiology, Culture.

## I. 서론

인플루엔자 바이러스는 *Orthomyxovirus* 과에 속하는 단쇄, 나선형 RNA 바이러스로 핵산의 구성에 따라 A, B, C형으로 분류된다. A형 인플루엔자 바이러스는 표면항원인 hemagglutinin (HA)과 neuraminidase (NA)에 의해서 아형(subtype)이 결정되는데 HA는 바이러스를 체 세포에 부착시키는 역할을 하며 15가지 아형(H1-H15)이 있고[1], NA는 인플루엔자 표면항원인 동시에 새로 합성된 바이러스를 세포 밖으로 방출하는데 중요한 역할을 하며 9가지 아형(N1-N9)이 있다[2]. 이중 세 가지 HA (H1, H2, H3)와 두 가지 NA (N1, N2)가 주로 사람에서 발생하는 인플루엔자 유행 및 대유행을 초래하게 된다[3]. B형 인플루엔자는 A형 보다 경미한 증상을 나타내며, 주로 아이들에서 발생을 하고, A형보다 항원변화가 적고, 면역학적으로 안정적이고, 오직 사람에게만 감염된다. C형 인플루엔자는 대부분 증상이 없고 사람에서 감염된 예가 거의 없으며 유행과도 연관이 없다[4]. 인플루엔자 바이러스 감염 시 소아와 고령층에서 높은 감염률을 보이며, 심장질환, 만성 폐질환, 악성 종양, 당뇨병, 만성 신장 질환 등을 가진 사람은 치명적인 호흡기 합병증으로 사망하기도 한다[5]. 인플루엔자 바이러스는 항원변이라는 독특한 특징을 가지고 있어, 새로운 유행형이 나타날 때는 기존에 알려진 것보다 훨씬 높은 사망률을 야기 할 수 있다[6]. 1997년과 1999년 홍콩에서 A/H5N1형 및 A/H9N2형에 의한 조류 독감 발생 후 유전자 분석결과 인간 인플루엔자 바이러스와의 재조합 없이 조류 바이러스로부터 직접 감염된 것이 밝혀짐으로써 신종 인플루엔자 바이러스 유행에 대한 경각심을 불러 일으켰다[7]. 질병 진단 기술의 발전과 예방의학에 대한 높아진 관심 및 인플루엔자의 주기적 산발적 대유행에 대한 경각심 고조는 인플루엔자에 대한 더욱 폭넓은 이해와 지식을 전달해주었을 뿐만 아니라 이를 보다

대중적인 문제로 인식하게 했다[8]. 본 연구는 2003/2004, 2004/2005 인플루엔자 표본감시 절기에 인천시내 보건소 및 소아과, 병의원에 내원한 인플루엔자 의사 환자를 대상으로 인플루엔자 바이러스 분리과 아형분석을 통해 주별, 연령별 발생추이를 조사하고 유행양상을 분석하였다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 연구대상

2003/2004~2004/2005 유행 절기인 10월부터 다음해 5월까지 인천 지역 1개 보건소 및 7개 민간의료기관에 내원한 38℃ 이상의 갑작스러운 발열과 더불어 기침 또는 인후통을 보이는 인플루엔자 의사 환자(ILI : influenza like illness)에게서 2003/2004 유행기 532건, 2004/2005 유행기 457건의 총 989검체를 채취하였다.

### 2. 방법

#### 1) 검체채취 및 처리

인플루엔자 의사 환자의 인후부를 멸균된 면봉으로 도말하여 바이러스 수송용 배지(VTM, Becton, Dickinson & Com. Maryland, USA)에 넣은 후, 냉장 운반하여 바이러스 분리 후 아형 분석을 실시하였다. 인플루엔자 바이러스에 감수성이 높은 Madin-Darby Canine Kidney(MDCK) 세포주를 질병관리본부 호흡기바이러스과에서 분양받아 5% fetal bovine serum(FBS, JRH, USA)이 첨가된 Minimum Essential Medium(MEM, JBI, WEIGENE, USA)을 이용하여 5% CO<sub>2</sub>, 37℃조건에서 배양하였다.

#### 2) 바이러스 분리

바이러스 수송배지에서 면봉을 제거한 후 penicillin

5 U/mL, streptomycin 5  $\mu$ g/mL 및 nystatin 100  $\mu$ g/mL (Gibco, USA)을 각 100 uL씩 첨가하여 잘 혼합한 후 15분 간격으로 흔들여 주면서 4℃에서 1시간 동안 반응하였다. 이를 3,000rpm으로 4℃에서 20분간 원심 분리한 후 MDCK 세포주가 단층으로 형성된 24-well 조직배양접시에 상층 액 200 uL를 duplicate로 접종하고 5% CO<sub>2</sub> 34℃의 조건으로 10일간 배양하였다. 세포병변효과(cytopathic effect : CPE)가 관찰되면 이를 수확하여 바이러스 유무 및 아형분리에 사용하였다.

### 3) RNA 분리

세포병변효과를 보인 배양액을 ZR-Viral RNA Kit (ZYMO Research, Orange ca, USA) 또는 Trizol reagent (MRC, Molecular Research Center Inc. Ohio, USA)를 이용하여 RNA를 분리하였다. 즉 배양액 150 uL에 Viral RNA Buffer를 450 uL 넣어 섞은 후 그 혼합물을 Zymo-spin column (ZYMO Research, Orange ca, USA)에 옮겨 15-60초 간 10,000× g 로 원심 분리한 후 상층액은 버린다. Wash buffer 300 uL를 Zymo-spin column에 넣어 15-60초 간 10,000× g로 2회 세척 후, RNase 제거증류

수 20 uL에 녹여 추출하였다. 추출한 RNA는 -70℃에 보관하면서 cDNA합성을 위한 주형으로 사용하였다.

### 4) Reverse transcription-polymerase chain reaction (RT-PCR)

반응조건은 RNA 6uL에 10pM specific primer 1uL, RNase inhibitor 40U/uL 0.5uL, dNTP 10mM 1uL, MMLV reverse transcriptase 200 U/uL 0.5uL와 5×RT buffer 4uL를 넣어 최종부피가 20uL가 되도록 조정한 후, 37℃ 10분, 42℃ 60분, 94℃ 3분에서 반응시켰다.

### 5) PCR

A/H3N2, A/H1N1 및 B형의 HA 유전자에 대해 특이적으로 제작된 6종류의 시발체 (Table. 1) 및 Taq polymerase를 이용하였고 PCR 반응 조건은 94℃에서 5분 동안 변성한 후, 94℃ 1분, 60℃ 1분, 72℃ 1분간 35회 반복하고, 마지막으로 72℃에서 10분간 반응시켰다. 증폭된 PCR product는 1 % agarose gel을 이용하여 전기영동하고 자동영상분석기로 판독(Bio-rad, California, USA)하였다(Table 1) (Fig. 1).

Table 1. Sequence of primers used for typing and subtyping of Influenza viruses

Subtype	Primer	Sequence(5' → 3')	Product size (bp)
HA(A/H1)	AH1 BF	ATAGGCTACCATGCGAACAA	944
	AH1 BR	CTTAGTCCTGTAACCATCCT	
HA(A/H3)	AH3 BF	AGCAAAGCTTTCAGCAACTG	591
	AH3 BR	GCTTCCATTGGAGTGATGC	
HA(B)	BHA BF	CATTTTGCAAATCTCAAAGC	767
	BHA BR	TGGAGGCAATCTGCTTCACC	

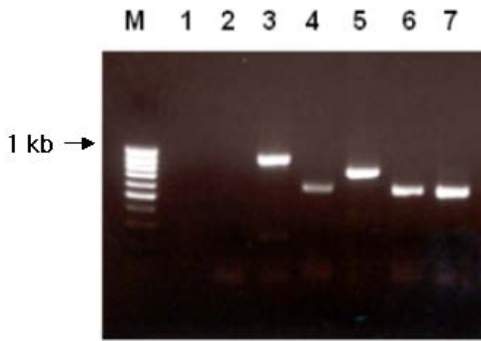


Fig. 13. Detection and subtyping of influenza virus from clinical specimen by multiplex RT-PCR. M, 100 bp size marker; lanes 1 to 2, negative control; lanes 3 to 5, influenza virus positive control (A/H1N1, A/H3N2, B);lanes 6 to 7, A/H3N2 isolates

### Ⅲ. 결 과

#### 1. 인플루엔자 의사환자 보고수

조사기간 동안 2003/2004 절기 532건, 2004/2005 절기 457건의 인플루엔자 의사환자 보고가 있었다(Fig. 2). 2003/2004 절기에는 2003년 47주(11월 세째 주)에 처음 보고되었고, 2003년 49주(12월 1째 주)부터 증가하기 시작하여, 2004년 11주(3월 2째 주)부터 2004년 18주(5월 1째

주)까지 7주간 유행하였으며 유행의 정점은 2004년 12주(3월 세째 주)였다. 2004/2005 절기에는 2004년 43주(10월 4째 주)를 시작으로 2005년 2주(1월 2째 주)부터 2005년 6주(2월 1째 주)까지 증가하였고, 2005년 13주(3월 4째 주)부터 2005년 18주(5월 1째 주)까지 한 번 더 증가하는 양상을 보였다(Fig. 2).

#### 2. 아형별 바이러스 분리 현황

2003/2004 절기 532건의 의사 환자 검체를 분석한 결과, 330건(62.0%)이 바이러스분리 양성으로 확인되었는데, 아형별 분석을 보면 A/H3N2형 161주(48.8%), A/H1N1형 1주(0.3%), B형은 168주(50.9%)이었다. 2004/2005 절기에는 457건의 의사환자 검체를 분석하여 278건(60.8%)에서 바이러스가 분리 되었으며, 분리된 바이러스는 A/H3N2형 232주 (83.5%), A/H1N1형 5주 (1.8%), B형은 38주(13.7%)이었다(Table 2).

#### 3. 인플루엔자 바이러스의 시기별 분리 현황

의사 환자 발병일 기준으로 시기별 분리현황을 보면 2003/2004 절기에는 2003년 47주(11월 3째 주)에 A/H1N1이 처음 분리되었고, 2003년

Table 2. Types and Number of influenza virus isolated, 2003/2005

Season	Specimen	isolated (positive rate)	A		B	First isolation
			H1N1	H3N2		
2003/2004	532	330(62.0%)	1	161	168	week 47, 2003
2004/2005	457	278(60.8%)	5	232	41	week 44, 2004
Total	989	608(61.5%)	6	393	209	

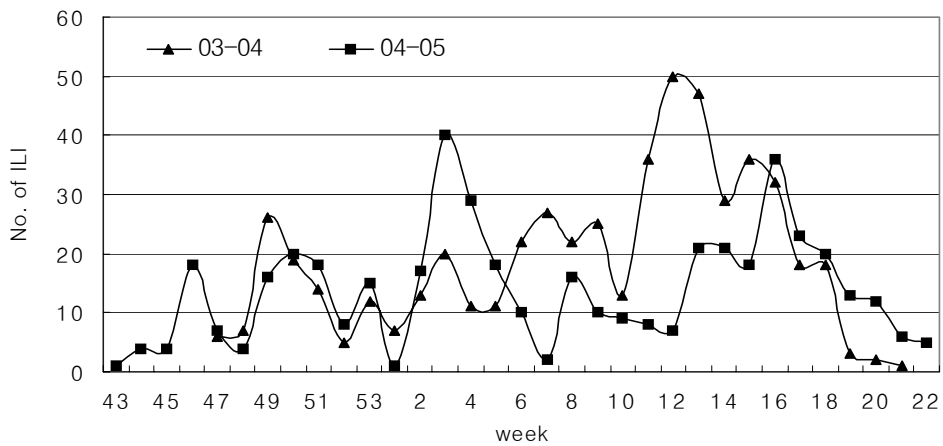


Fig. 2. Number of influenza like illness reported during the 2003/2004

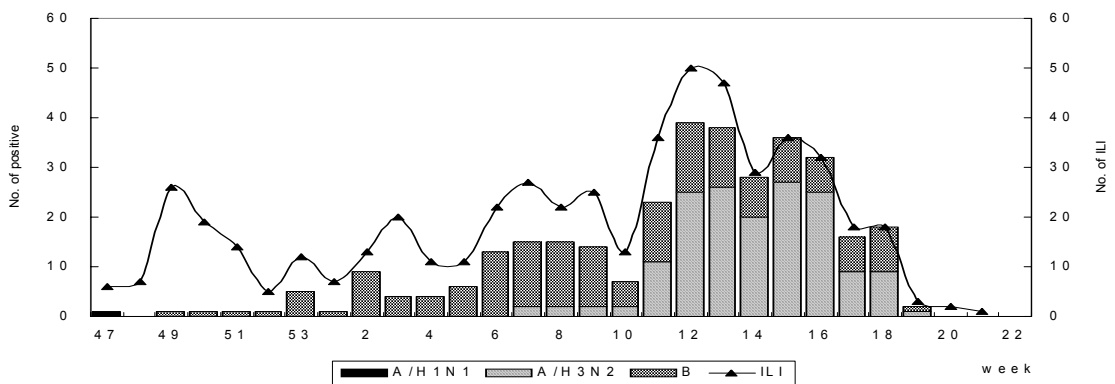


Fig. 3. Number of influenza like illness reported and influenza subtypes isolated during 2003/2004 season

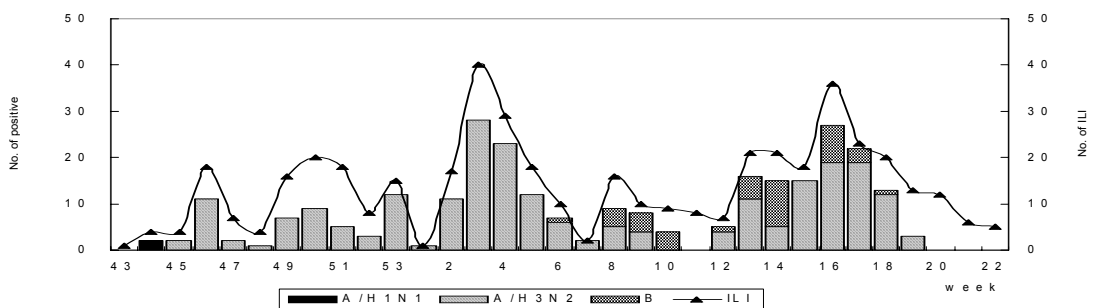


Fig. 4 . Number of influenza like illness reported and influenza subtypes isolated during 2004/2005 season

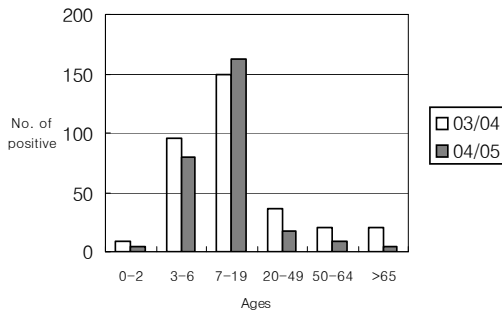


Fig. 5. Number of influenza virus isolated during 2003/2005season by age groups

49주(12월 1째 주)에 B형이 분리되기 시작하여 2004년 6주(2월 2째 주)까지 유행하였으며, 2004년 7주(2월 3째 주)부터 A/H3N2형도 같이 분리되었다. B형은 2003년 53주(12월 4째 주)부터 2004년 18주(5월 1째 주)까지 꾸준히 분리되었고, 2004년 7주(2월 3째 주)에 A/H3N2형이 분리된 이후 2004년 12주(3월 둘째 주)부터 5주간 유행하였으며, 2004년 12주(3월 3째 주)부터는 A/H3N2가 B형에 비해 우세하였다(Fig. 3). 2004/2005 절기에는 2004년 44주(10월 5째 주)에 처음 A/H1N1이 처음 분리되었고, 2004년 45주(11월 1째 주)에 A/H3N2형이 분리되기 시작하여 2005년 3주(1월 3째 주)에 정점을 이루었다. 주로 B형 바이러스가 먼저 분리된 2003/2004 절기와 달리 2004/2005 절기에는 A/H3N2형이 주로 분리되어 2005년 2주(1월 2째 주)부터 2005년 6주(2월 1째 주)까지 큰 발생을 보였으며, 2005년 6주(2월 1째 주)부터 B형도 같이 분리되기 시작하여 2005년 12주(3월 3째 주)부터 2005년 18주(5월 1째 주)까지 또 한 번의 발생양상을 보였다. 두 절기 동안 인천지역에서는 A/H3N2형과 B형 바이러스가 동시에 분리되었다(Fig. 3)(Fig. 4).

#### 4. 인플루엔자 바이러스의 연령별 분리 현황

두 유행기에 인플루엔자 바이러스가 분리되

었던 608명 환자의 연령별 분포를 보면, 2세 이하의 영 유아 12명 (2.0%), 3-6세 학령전기 소아 176명(28.9%), 7-19세의 학령기 312명 (51.3%), 20-49세 성인층 54명 (8.9%), 50-64세 장년층 28명(4.6%), 65세 이상 노년층은 26명 (4.3%)으로 학령기에서 가장 높은 양성률을 보였다(Fig. 5).

## IV. 고 찰

질병관리본부에서는 1997년부터 70-83명의 표본감시 의사를 중심으로 인플루엔자 표본감시체도를 도입하였으며, 2000년에는 전염병예방법 개정으로 인플루엔자를 제3군 법정전염병으로 지정하고 2000년 9월부터 전국적인 표본감시체계를 구축하였다. 2003년 10월에는 보고체계를 개편하여 환례 정의·서식·EDI보고프로그램을 개발하여 인터넷기반 보고체계, 환례 정의 및 서식을 단순화 하였다[9-10]. 이러한 인플루엔자 표본감시 체계와 법적 기반을 바탕으로, 2003/2004 절기와 2004/2005 절기 동안 인천지역의 보건소와 소아과 및 병·의원이 참여하는 실험실 감시에 의한 인플루엔자 의사환자 및 아형별 분리 현황을 분석하였다. 2003/2004 절기 인플루엔자 의사환자 발생 대비 바이러스 분리 현황은 유행시점 초기에는 약간의 차이를 보이나, 그 이후에는 바이러스 분리율이 높아 유사한 흐름을 보였고, 2004/2005 절기에는 초반과 후반에 두 번의 현저한 발생을 보였으며, 두 절기 모두 3월~4월 의사 환자 및 바이러스 분리가 많이 발생됨을 볼 수 있었다. 우리나라에서는 1990년부터 1998년까지 influenza virus가 A형은 매년, B형은 2년 주기의 유행이 나타나는 것으로 알려 있다[11]. 2002/2003 절기에는 A/H3N2에 의한 유행이었는데[9], 이번 연구에서는 2003/2004 절기에 B형이 전 기간에 걸쳐 꾸준히 유행하였으며, 중반부터 A/H3N2형도

비슷한 양상으로 유행하였고, 2004/2005절기에는 A/H3N2형이 주로 분리되다 후반부터 B형도 같이 발생하는 양상을 보여 본 연구에서는 두 절기 모두 A/H3N2형과 B형이 동시에 발생함을 알 수 있었다. 연령별 분리 현황을 보면 평균 감염률은 10~20%로 추산되나 두 절기 모두 7~19세 사이의 학령기층에서 51.3%의 높은 양성률을 보였으며 유행기 특정군이나 특정 연령층에서는 40~50%에 이르기기도 한다는 외국의 논문과도 일치하였다[12]. 인플루엔자 표본감시의 목적은 국가 인플루엔자 관리대책 수립을 위한 기초 자료를 확보하고, 예방백신의 효과 분석과 백신 생산을 위한 자료로 활용하는 것이다. 이는 환자가 가장 먼저 내원하는 일차 진료기관인 병·의원과 실험실의 연계 하에, 각 지역뿐 아니라 중앙부서 차원의 자료 수집으로 인플루엔자 의사환자의 발생 경향을 감시하여, 유행을 조기에 파악하고 유행 주를 분리하여 주요 항원의 특성을 파악함으로써 새로운 바이러스의 출현을 예측 할 수도 있을 것이다. 인플루엔자 감시체계를 보다 활성화 하려면 지역별 인플루엔자 실험실 표본감시 참여기관의 편차를 줄일 수 있는 노력과 동시에 표본감시에 참여하는 병·의원에 동기를 부여 할 수 있도록 중앙부서 차원의 지원이 요청된다. 최근에 Respiratory syncytial virus 등 다양한 호흡기 바이러스 검출에 여러 개의 서로 다른 primer를 이용하여 한 개의 시험관 내에서 역전사 중합효소반응을 한꺼번에 수행할 수 있는 single-step single-tube multiplex RT-PCR 진단법이 도입되어, 호흡기 바이러스집단 발생 시 이러한 검사법의 도입으로 원인 바이러스의 신속한 진단이 가능해졌다[13-15]. 인플루엔자 표본감시체계 도입 이후 인천지역에서 2004년 10월 26일(44주) 국내 첫 A/New Caledonia/20/99 (H1N1) 바이러스를 분리하여 전국에 인플루엔자 주의보를 발령하였다. 본 연구의 결과는 지역 및 국가 인플루엔자 대유행에 대비한 지속적인 감시와 향후 발전 방안 모색을 위한 자료로 활용될

수 있으리라 생각된다.

## V. 요 약

인플루엔자는 주로 겨울철에 유행하는 전염성이 높은 바이러스성 호흡기 질환이다. 인플루엔자 바이러스는 주요 항원 변이로 인해 매년 새로운 바이러스가 출현할 가능성이 크다. 국내에서는 1997년에 인플루엔자 감시망이 구축되었고 2000년에는 전국적인 감시망으로 확대되어 발생 추이를 조사하고 있다. 이에 본 연구에서는 인천 지역에서 2003/2004~2004/2005 유행절기 동안 실험실 감시에 의해 확인된 인플루엔자 유행 양상을 조사하여 방역 대책 자료로 활용하고자 하였다. 인플루엔자 바이러스를 분리하기 위해 2003/2004~2004/2005 유행절기인 10월부터 다음해 5월까지 인천 지역 1개 보건소 및 7개 민간의료기관에 내원한 인플루엔자 유사 환자로부터 인후 도찰물 등의 호흡기 검체를 채취하였다. 이후 Madin-Darby Canine Kidney(MDCK) 세포에 접종하여 세포병변을 관찰한 후 RT-PCR 방법에 의해 확인하였다. 인플루엔자 바이러스가 처음 분리된 시기는, 2003/2004 절기에는 2003년 47주(11월 셋째 주)에, 2004/2005 절기에는 2004년 43주(10월 4째 주)로서, 2004/05 절기에는 지난 절기보다 약 4주 빠르게 유행이 시작된 것으로 확인되었다. 인플루엔자 바이러스 분리 결과 2003/2004 절기에는 총 532건의 검체 중 330검체 (62.0%)에서 확인되었으며, 분리주 중 A/H3N2형은 161주(48.8%), A/H1N1형은 1주(0.3%), B형이 168주(50.9%)였다. 2004/2005 절기에는 총 457건의 검체 중 278검체에서 (60.8%) 바이러스가 분리되었고, 이중 A/H3N2형은 232주(83.5%), A/H1N1형은 5주(1.8%), B형은 38주(13.7%)이었다. 연령별로는 두 절기 모두 7~19세의 학령기층에서 높은 발생 분포를 보였다. 인천 지역에서의 인

플루엔자 실험실 감시 결과 2003/20004 및 2004/2005 절기 모두 60% 이상의 높은 양성율을 보였으며 A/H3N2형에 의한 유행이 우세한 것으로 나타났다. 향후 참여 의료기관 참여를 증가시키는 등의 방안을 통해 전국적인 방역대책 수립과 호흡기질환 감시체계 구축 기반 자료로 활용하는 것이 가능하리라 본다.

## 참 고 문 헌

1. Kida H, Shortridge KF, Webster RG. Origin of the hemagglutinin gene of H3N2 influenza viruses from pigs in China. *Virology* 1988;162 : 160-6.
2. Wilson IA, Cox NJ. Structural basis of Immune recognition of influenza by the polymerase chain reaction. *J Virol Methods* 1990;33 : 165-89.
3. Wiely DC and Skehel TT. The structure and function of the hemagglutinin membrane glycoprotein of influenza virus. *Ann Rev Biochem* 1987;56 : 365-94.
4. Gubrevia LV, Kaiser L, Hayden FG. Influenza virus neuraminidase inhibitors. *Lancet* 2000;355(9206) : 827-35.
5. Glezen WP. Influenza surveillance in urban area. *Can J Infect Dis* 1993;4 : 272-274.
6. Stuart-Harris CN, Schild G, Oxford JS. The epidemiology of influenza. In *Influenza. The Virues and the Disease* 1985;2 : 118-256. London Edward Arnold
7. Webster RG, Bean WJ, Gorman OT, Chamber TM, Kawaoka Y. Evolution and ecology of influenza A virus. *Microbiol Rev* 1992;56 : 152-79.
8. Peter A, Patriarca and Nancy J. Cox. Influenza Pandemic Preparedness Plan for the United States. *J Infect Dis* 1997;176 : S4-7.
9. korea Center for Disease Control & Prevention 2003 ~ 2004 Influenza management 2003.
10. korea Center for Disease Control & Prevention 2004~2005 Influenza management 2004.
11. Nah SY, Park SE, Park JY, Lee HJ. Epidemiology of Influenza Virus over 8 Years(1990~1998) in Seoul, Korea. *Korean J Infect Dis.* 1999;31 : 210-6.
12. Monto AS and Kioumehrf F. The Tecumseh study of respiratory illness. *Am J Epidemiol.* 1993;102 : 553-3.
13. Zambon MC, Ellis JS, Sadler CJ, Fleming DM. The use of multiplex PCR for typing and subtyping influenza viruses in a sentinel surveillance scheme in the UK. *Options for the Control of Influenza III.* Elsevier; Amsterdam, 1996 : 607-14.
14. Park SW, Kwon TK, Kim ES, Woo YD, Kim YS, Kim YK. Rapid Detection and Identification of Human Respiratory Syncytial Virus, Human Parainfluenza Virus Type 1,2 and 3 by single-tube Multiplex Reverse Transcription Polymerase Chain Reaction. *J Bacteriol Virol* 2002;32(2) : 203-9.
15. Shin GC, Park C, Lee JY, Na BK, Park JW, KANG C, et al. Development of Multiplex Reverse Transcription Polymerase Chain Reaction for Detection and Typing of Parainfluenza Viruses. *J Bacteriol Virol* 2001;31(2) : 199-206.
16. Hwang YO, Seo BT, Choi BH. Analysis of Isolation and Subtyping of Influenza Virus in Seoul, during 1999~2003. *J Bacteriol Virol* 2004;34(1) : 67-74.
17. Hwang YO, Lee JI, Seo BT. Analysis of Influenza Virus Isolates in Seoul During 2003/2004 Season. *J Kor Soc Microbiol* 2005;41(1) : 53-9.



# 仁川地域 初等學校 周邊食品의 安全實態 調査研究

조남규, 허명제, 문백수, 최은정  
약품분석과

## A Study on Saltery Evaluation of Foods Distributed in Elementary School Area

N.K.JO, M.J.HE, B.S.MOON  
Division of Pharmaceutical Analysis

### Abstract

This study was investigated to monitor sanitary conditions of foods distributed in elementary school area. Foods distributed in elementary school area were examined for microbial pollution level, chemical preservatives, tar colors and heavy metals contamination. The results were as follows : The maximum contents of bacteria (heterotropic plant count) in elementary school area were isolated 200,000(CFU/ml) and detected 88.9% in dried fishes, but total coliform was not isolated in all 150 samples. Out of 150 samples, chemical preservatives were detected in 4 samples, the detection rate being 2.7%. Tar colors were detected 83 samples of 150 samples. The detected rates of Pb and Cd were 51.4 and 29.2%.

### I. 서 론

학동기는 신체적, 생리적 변화로 활동량이 증가되고 급격한 성숙이 이루어지며 심리적으로도 자아의식의 발달과 가치관이 형성되는 중요한 시기으로써, 개인의 일생을 통해 볼 때도 식품 소비의 중요성이 특히 강조되는 시기이다<sup>1-2)</sup>. Boney 등<sup>3)</sup>은 성장기 아동은 신체적으로나 정신적으로 발육이 왕성한 시기에 있으므로 이때의 영양 상태는 청소년기뿐 아니라 성인이 되어서도 영향을 미친다고 하였다.

특히 초등학교 주변 식품에 대한 안전성면에서 여러 가지 문제점이 지적되고 있는 실정이

다. 식품을 제조, 판매하는 업체가 어린이 안전에 대한 인식이 부족하고 적극적인 시정 및 개선 조치가 뒤따르지 않아 이러한 문제가 근절되지 못하고 있다<sup>4)</sup>. 한국소비자보호원의 조사결과 캔디 및 초콜릿류 중 캔디 1종에서 황색4호를 표시하지 않고 사용한 것으로 나타났으며, PVC용기 2종에서 내분비계 장애물질인 DEHP가 검출되었고, 엿류 4종에서는 천식환자 등에게 민감한 반응을 일으키는 이산화황이 검출되었으며, 건포류 12종 중 4종에서 대장균 군이 검출되었다고 보고한 바 있다<sup>5)</sup>.

따라서 본 연구는 위해요소에 대한 저항력이 약한 초등학생들이 주로 섭취하는 학교주변 식

품의 위생 상태를 조사하기 위해 학교주변에서 판매되고 있는 식품을 수거하여 미생물 오염도와 보존료, 타르색소 및 중금속물질인 납과 카드뮴 성분을 분석하였다. 이는 초등학교 주변 식품에 대한 안전성 확보 측면에서 제품의 안전 및 품질관리 강화를 위한 기초 자료로 활용하고자 하였다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 실험재료

2004년 2월부터 11월까지 인천광역시 초등학교 주변에서 유통되고 있는 건과류, 건포류, 껌, 빙과류, 면류, 음료수, 초콜릿류, 캔디류 및 기타식품, 그리고 식품용기를 실험재료로 사용하였다.

### 2. 실험방법

#### 2.1 미생물검사

시험에 사용되는 검체의 균질화를 위하여 균질기(stomacher)를 이용하여 멸균생리식염수와 혼합하여 균질화한 것을 검액으로 사용하였고, 세균수 및 대장균군의 측정은 식품공전의 미생물시험법에 따라 시험하였다.

#### 2.2 타르색소 검사

검체를 가능한 한 작게 부수고 초코렛 등은 탈지 후 5배량의 온탕을 가하여 잘 저어 녹여 색소추출액으로 하고, 식품공전 착색료시험법에 따라 시험하였다.

#### 2.3 보존료 검사

검체를 잘게 부순 후 메탄올을 10배량 가하여 1시간 초음파추출 후 여과하여 Liquid chromatograph를 이용하여 Table 1의 조건으로 보존료

를 측정하였다.

Table 1. HPLC condition for the determination of chemical preservative

Solvent delivery system	Varian ProStar 230 ternary gradient pump
Detector	Varian ProStar 310 UV/VIS Detector
Injection module	Varian ProStar 410 Autosampler
Mobile phase	Acetonitrile : pH5.0 0.05M Ammonium acetate (20 : 80, vol. %)
Data system	Star LC workstation Ver. 5.52
Column	Chromolith Performance RP18e(100×4.6mm)
Flow rate	3.0ml/min
Injection volume	20 $\mu$ l
Wavelength	240nm

#### 2.4 중금속 검사

식품공전의 유해성금속시험법 건식회화법에 따라 식품의 시험용액을 조제하였고, 식품용기는 기구 및 용기·포장의 기준·규격 합성수지제 시험방법에 따라 조제하여 AA-GTA로 Table 2. 조건에 따라 시험하였다.

## III. 결과 및 고찰

### 1. 미생물 오염도

초등학교 주변에서 유통되고 있는 건과류, 건포류, 껌, 빙과류, 면류, 음료수, 초콜릿류, 캔디류 및 기타식품을 대상으로 미생물 오염도를 분석한 결과는 Table 3과 같다. Table 3에서 보는 바와 같이 세균수의 경우 검출율이 가장

높은 시료는 건포류로 9건 중 8건에서 검출되 (CFU/ml)의 오염도를 나타내었다. 어 88.9%의 검출율을 보였으며 최고 200,000

Table 2. The operating condition of atomic absorption spectrophotometer.

Classification	Pb			Cd		
Instrument type	Furnace-GTA 100			Furnace-GTA 100		
Calibration mode	Standard addition			Standard addition		
Measurement mode	Peak height			Peak height		
Wavelength	283.3nm			228.8nm		
Slit width	0.5nm			0.5nm		
Lamp current	7.0mA			4.0mA		
Background correction	BC ON			BC ON		
Modifier	Pd 1000mg/l			Pd 1000mg/l		
Step	Temp. (°C)	Time (sec)	Flow (ml/min)	Temp. (°C)	Time (sec)	Flow (ml/min)
1	150	5.0	3.0	75	5.0	3.0
2	210	50.0	3.0	90	60.0	3.0
3	260	10.0	3.0	600	10.0	3.0
4	600	15.0	3.0	600	2.0	0.0
5	600	2.0	3.0	S	2100	0.9
6	2500	1.5	0.0	R	2100	2.0
7	2500	1.0	0.0	R	2400	1.3
8	2500	2.0	0.0	S		
9	40	12.3	3.0			

건포류는 섭취 전 가열하여 판매되는 제품이지만 장기보관 시 세균증식으로 인한 부패 및 식중독 우려가 있어 보관에 주의를 요한다.

그 다음은 초콜릿류로 9건 중 3건이 검출되었으며, 건과류는 14건 중 3건이 검출되었고, 빙과류는 10건 중 1건에서 기준규격인 3,000(CFU/ml)을 4배 초과한 12,000(CFU/ml)이 검출되어 제조 및 유통관리에 문제점을 드러냈다. 특히 중국제품인 요술스프레이에서는 식중독을 일으킬 수 있는 양인 1,000,000(CFU/ml)가 함유되어 있어 오염의 심각성을 나타냈다. 그 외 껌, 면류, 음료수에서는 전혀 검출되지 않았다. 또

한 대장균군의 오염도를 조사한 결과 모든 시료에서 검출되지 않았다.

## 2. 식품첨가물 사용실태

보존료 사용실태를 조사한 결과는 Table 4와 같다. 건포류 9건 중 4건에서 소르빈산이 74~142ppm으로 검출되었는데, 오징어다리가 2건, 양념포가 2건이었으며, 기준규격인 1,000ppm 이하였다. 그 외의 시료에서는 검출되지 않았다.

타르색소 사용 실태를 조사한 결과는 Table 5와 같다. 시료 150건 중 55.3%에서 색소를 사

용한 것으로 나타났으며 가장 많이 사용한 시료는 과자류로 캔디, 초콜릿, 껌, 건과류 등이었다. 또한 1종의 색소만 사용한 시료는 41건으로 가장 많았고, 2종을 사용한 시료는 12건, 3종을 사용한 시료는 17건으로 나타났으며, 4

종 이상을 사용하는 시료도 13건으로 나타나서 2종 이상 사용한 시료가 전체 색소 사용 시료 중 50.6%를 차지하여 어린이의 호기심을 유발하는 색소를 과다하게 사용하고 있는 것으로 나타났다.

Table 3. Bacterial contamination of food distributed in elementary school area

Samples	Cases Examined	Bacteria (heterotropic plate count)			Total Coliform	
		Cases detected	Detection rate (%)	Detection range	Cases detected	Detection rate (%)
Dried Confectionery	14	3	21.4	0~220	0	0
Dried Fish	9	8	88.9	0~2×10 <sup>5</sup>	0	0
Gum	6	0	0	0	0	0
Ice cream	10	1	10	0~12×10 <sup>3</sup>	0	0
Noodles	3	0	0	0	0	0
Beverage	9	0	0	0	0	0
Chocolate	9	3	33.3	0~17×10 <sup>3</sup>	0	0
Candy	84	3	3.6	0~60	0	0
The Others	6	0	0	10~1×10 <sup>6</sup>	0	0
Total	150	18	12.0	0~1×10 <sup>6</sup>	0	0

Table 4. Comparison of chemical preservatives in food distributed in elementary school area

Samples	Cases Examined	Cases Detected	Detection Rate(%)
Dried Confectionery	14	0	0
Dried Fish	9	4	44.4
Gum	6	0	0
Ice cream	10	0	0
Noodles	3	0	0
Beverage	9	0	0
Chocolate	9	0	0
Candy	84	0	0
The Others	6	0	0
Total	150	4	2.7

Table 5. Comparison of tar colors in food distributed in elementary school area

Samples	Cases Examined	Cases Detected	Detection Rate(%)
Dried Confectionery	14	6	42.9
Dried Fish	9	0	0
Gum	6	4	66.7
Ice cream	10	1	10.0
Noodles	3	0	0
Beverage	9	1	11.1
Chocolate	9	5	55.6
Candy	84	63	75.0
The Others	6	3	50.0
Total	150	83	55.3

Table 6. Comparison of Pb in food distributed in school area

Survey Food	Cases Examined	Cases Detected	Detection Rate(%)	Content (ppm)
Dried Confectionary	14	11	78.6	N.D~1.4
Dried Fish	9	4	44.4	N.D~1.3
Gum	6	5	83.3	N.D~1.7
Ices	10	0	0	ND
Noodles	3	0	0	ND
Beverage	9	0	0	ND
Chocolate	9	4	44.4	N.D~1.2
Candy	84	50	59.5	N.D~1.6
The Others	6	0	0	ND
Total	150	74	49.3	ND~1.4

Table 7. Comparison of Cd in food distributed in school area

Survey Food	Cases Examined	Cases Detected	Detection Rate(%)	Content (ppm)
Dried Confectionary	14	6	42.9	N.D~0.07
Dried Fish	9	6	66.7	N.D~0.78
Gum	6	3	50.0	N.D~0.04
Ices	10	0	0	ND
Noodles	3	1	33.3	N.D~0.02
Beverage	9	0	0	ND
Chocolate	9	0	0	ND
Candy	84	26	31.0	N.D~0.06
The Others	6	0	0	ND
Total	150	42	28.0	ND~0.78

Table 8. Comparison of Pb, Cd in food container distributed in school area

Survey Food container	Cases Examined	Pb	Cd
		Content(ppm)	Content(ppm)
Dried Confectionary	14	0.8~320.9	0.01~1.42
Dried Fish	9	ND~184.9	ND~0.15
Gum	6	0.05~4.4	ND~0.01
Noodles	3	0.03~10.4	ND~0.04
Chocolate	9	ND~15.3	ND~0.03
Candy	84	ND~639.1	ND~0.18
The Others	6	0.07~2.8	ND~0.01
Total	131	ND~639.1	ND~1.42

### 3. 중금속 오염도

납중독을 유발할 수 있는 제품은 어린이들의 크레파스, 납 함유 유약을 바른 도기류, 연관을 통한 음료수 등이 있는데 병리적 영향으로는 중추신경계, 골수, 신장에서 현저하게 나타나며, 어린이의 납중독에 의한 뇌질환은 가장 심각한 것으로 뇌부종, 내피 세포 손상, 신경퇴화, 떨림, 정신박약을 일으키고 25%는 사망한다고 보고한바 있다<sup>6)</sup>. 카드뮴 오염으로 인한 대표적인 중독 사건은 1961년 일본에서 이타이이타이병이 집단 발생한 예이다. 20여년에 걸쳐 258명이 중독되고, 128명이 사망하였는데<sup>6)</sup> 특히 중년 여성에게 다발하였으며, 신장장애, 골연화증으로 인한 심한 요통과 관절통, 보행이상, 빈혈 등의 증상이 나타났다<sup>7)</sup>.

Table 6, 7은 식품 중 유해중금속인 납, 카드뮴의 검출율과 오염도를 조사한 결과이다. 납은 Table 6에서 보는 바와 같이 총 150건 중 74건으로 49.3% 검출되었다. 대상 식품으로 보면 껌은 총 6건 중 5건으로 83.3% 검출로 최고 1.7ppm까지 검출되었다. 그 다음으로 건과류로 총 14건 중 11건으로 78.6% 검출로 최고 1.4ppm, 캔디류는 총 84건 중 50건으로 최고 1.6ppm, 건포류와 초콜릿류는 44.4%로 최고 1.3ppm과 1.2ppm 각각 검출되었다.

카드뮴은 Table 7에서 보는 바와 같이 총 150건 중 42건으로 28.0%의 검출율을 나타내었다. 대상 식품별로 보면 건포류인 경우 총 9건 중 6건으로 66.7% 검출로 최고 0.78ppm 검출되었으며, 껌은 총 6건 중 3건으로 50% 검출로 최고 0.04ppm, 건과류는 총 14건 6건으로 0.07ppm, 면류는 3건 중 1건으로 최고 0.02ppm, 캔디류는 84건 중 26건으로 최고 0.06ppm까지 검출되었다. 반면 병과류와 음료수, 초콜릿류는 검출되지 않았다.

Table 8은 식품용기를 대상으로 131건을 제철 시험한 결과 납의 경우 기준규격인 100ppm을 초과한 검사건수는 총 7건으로 건과류 용기 2건, 캔디류 용기 4건, 건포류 용기 1건 이었다.

이중 국내산이 3건, 외국산이 4건 이었으며 홍콩에서 제조한 용기에서는 무려 6.4배나 초과한 639.1ppm 검출되었다. 카드뮴의 경우는 기준규격 이하로 적합하였다

## IV. 결 론

본 연구는 위해요소에 대한 저항력이 약한 초등학생들이 주로 섭취하는 학교주변 식품의 위생 상태를 조사하기 위해 학교주변에서 판매되고 있는 식품 등을 수거하여 미생물 오염도와, 보존료, 타르색소, 유해중금속인 납과 카드뮴 성분을 분석한 결과 다음과 같다.

1. 세균수 검출율이 가장 높은 식품은 건포류로 총 9건 중 8건으로 88.9%로 최고 20,000(CFU/ml)의 오염도를 나타내었다. 그 다음은 초콜릿류로 9건 중 3건으로 33.0%의 검출율로 최고 17,000(CFU/ml), 건과류는 14건 중 3건으로 21.4%의 검출율로 최고 220(CFU/ml), 병과류는 10건 중 1건으로 10%의 검출율로 최고 12,000(CFU/ml), 캔디류는 84건 중 3건으로 3.6%의 검출율로 최고 60(CFU/ml)으로 나타난 반면 껌, 면류, 음료수에서는 한건도 검출되지 않았다. 또한 대장균군의 오염도를 조사한 결과 전 제품에서 검출되지 않았다.
2. 보존료 소르빈산 사용실태는 전체 대상식품 150건 중 4건으로 2.7%의 검출율을 나타내고 있다. 대상식품별로 보면 건포류에서 9건 중 4건으로 44.4%의 검출율을 보인 반면 나머지 식품에서는 한건도 검출되지 않았다. 타르색소 사용 실태는 전체 대상식품 150건 중 83건에서 검출되었으며, 이중 가장 높은 식품은 캔디류에서 84건중 63건으로 75%이었으며 그 다음으로 껌이 6건 중 4건으로

66.7%, 초콜릿류 경우 9건 중 5건으로 55.6%, 건과류는 14건 중 6건으로 42.9%, 음료류는 9건 중 1건으로 11.1%, 병과류는 10건 중 1건으로 10.6%이었고, 건포류와 면류에서는 검출되지 않았다.

3. 식품에서 납의 검출은 총 150건 중 74건으로 49.3%의 검출율을 나타내었고, 대상 식품별로 보면 껌은 6건 중 5건에서 ND~1.7ppm이 검출되었다. 그 다음으로 건과류로 14건 중 11건에서 ND~1.4ppm, 캔디류는 ND~1.6ppm, 초콜릿류는 1.2ppm으로 각각 검출되었다.

식품에서 카드뮴은 총 150건 중 42건으로 28.0%의 검출율을 나타내었다. 대상 식품별로 보면 건포류인 경우 9건 중 6건에서 ND~0.78ppm 검출되었으며, 껌은 6건 중 3건에서 ND~0.04ppm, 건과류는 14건 중 6건에서 ND~0.07ppm, 면류는 0.02ppm, 캔디류는 84건 중 26건에서 ND~0.06ppm까지 검출되었다. 반면 병과류와 음료수, 초콜릿류는 검출되지 않았다.

4. 식품용기 총 131건 중 재질시험에서 납은 ND~639.1ppm 검출되었으며, 기준 100ppm을 초과한 것이 7건으로 건과류 용기 2건, 캔디 용기 4건, 건포류 용기 1건이었다. 이중 국내산은 3건, 외국산은 4건 이었다. 카드뮴은 ND~1.42ppm 범위였으며 기준인 100ppm 이하였다.

## 참 고 문 헌

1. 이기완, 명춘옥, 박영심, 남혜원, 김은정 : 특수영양학, 신광출판사, 1997.
2. 김숙희, 유춘희, 김선희, 이상선, 강명희, 장남수 : 가족영양학, 신광출판사, 1994.
3. Boyne A. W. I. and Leitch I : Secular changes in the height of british adult, Nutr. Abstr. Rev. 24 : 225, 1954.
4. 장문익, 김영립, 문귀립, 오현숙, 김지엄, 정정순, 이문홍, 안경아, 이미경, 임정현, 김대옥, 김은정 : 초·중·고 주변 노변식품의 안전성에 대한 모니터링, 식품
5. 소비자보호원 : 초등학교 주변 식품의 안전실태, 2002. 6
6. 이정훈, 강창수, 오현근, 윤미숙, 김석영 : 식품위생학, 백산출판사, 2002
7. 남철현, 이명선, 황인경, 김성기 : 환경보건학 연구, 계축문화사, 2003
8. 의약품안전청연구보고서 제6권, 148-154, 2002



# 多消費 韓藥材의 有害物質 및 指標成分 調査研究

조남규, 이규성, 주광식, 김지형, 황익화  
약품분석과

N.K.JO, M.J.HE, B.S.MOON, G.S.Lee, G.S.Joo, G.H.Kim, I.H.Hwang.  
Division of Pharmaceutical Analysis

## Abstract

This Study was performed to investigate the contents of heavy metals(Cd, Pb, As, Hg) and status of pesticide residues in 63 species in commercial herbal medicines in Incheon.

1. The most samples were lower average amounts of heavy metals(Cd, Pb, As, Hg). But, Asiasari Radix, Saussureae Radix, Dipsaci Radix, Eucommiae Cortex in imported samples and Rubi Fructus of domestic samples exceeded cadmium.
2. The total amounts of heavy metals were the most highest in herbal medicines originated the bark of tree, and were low in order leaves, roots, fruits, flowers, seeds.
3. The pesticide residues were revealed Cyanidine, ingredients of herbicide in imported Eriobotrya japonica Cortex.
4. Index ingredients of Glycyrrhizae Radix, Armeniacae Semen, Paeoniae Radix, Coptidis Rhizoma, Pueraria thunbergiana bentam Radix meet standard requirements because of coming up to regulation standards of herbal medicine.

## I. 서 론

지난 30여 년간의 산업화 과정으로 한국경제는 몰라보게 성장하여 생활수준이 안정되었으며 이에 따라 건강에 관한 관심이 커지게 되었다.

산업의 고도화 과정에서 발생하는 환경오염 물질중 카드뮴, 납, 수은, 비소등은 토양에서 축적성이 높기 때문에 토양을 오염시키며<sup>1-3)</sup> 오염된 토양에서 생산된 한약재를 장기간 복용시

인체 내 축적가능성과 섭취량에 대한 논란이 있다.<sup>4-5)</sup>

우리나라는 예전부터 질병치료 및 예방에 한약재를 선호하여 이용하였으며, 또한 요즘은 한약재를 이용한 건강기능식품 등의 개발 및 판매가 증가하고 있는 관계로 그 수요도 증가하고 있는 실정이다.

특히 한약재는 치료목적 외에 보약의 목적으로 노약자 및 어린이들의 복용이 증가함에 따

라 한약재 중에 함유되어 있는 중금속은 배설되지 않고 축적되어 급·만성독성을 야기함에 따라 유해물질로 FAO/WHO에서는 수은, 납, 카드뮴, 비소를 모니터링 오염물질로 지정하고 있으며, 개별중금속 기준을 설정하여 관리하고 있다.<sup>6-7)</sup> 우리나라도 2006년 4월부터 개별기준 및 총중금속 기준이 마련되어 제도적으로 관리하게 되었다.<sup>8)</sup>

본 연구는 유통되고 있는 한약재중 수입산과 국내산을 대상으로 모니터링을 실시하여 앞으로 시행될 중금속허용기준과 비교하였다.

또한 잔류농약 및 지표물질 분포에 대해서도 조사하였다.

## II. 시험재료 및 방법

### 2.1 시험재료

본시험에 사용된 재료는 인천에서 유통되는 수입산 54종, 국내산 9종 총 63종을 한약재 판매상 및 시장, 임산물공판장등에서 구입하여 시험재료로 하였다.

### 2.2 시약 및 기기

#### 가. 시약

- ① 중금속 표준용액  
Pb. Cd. As. Hg.(Japan. Kanto chemical co.)
- ② 잔류농약표준액 :  
BHC, DDT, Aldrin, dieldrin, Endrin, Dicofol, Captan, Captafol, Folpet, Chlorobenzilate, Tetradifon, Endosulfan, Chlorothalonil, EPN, Diazinon, Dimethoate, Malathion, Parathion, Fenitrothion, Penthoate, Methidathion, Chlorpyrifos, Dichlorvos, Azinphos-methyl, Omethoate,

Pirimiphos-methyl, Chlorfenvinphos, Ethion, Phosalone, Phosmet, Carbofenthion, Isoprothiolane, Iprobenfos, Chlorfenapyr, Tebufenozide, Tebufenpyrad, Teflubenzuron, Fenazaquin, Pyridaben, Fipronil, Fenobucarb Dimethylvinphos, Dimethomorph, Acetamiprid등 44종

#### ③ 지표물질 :

감초의 Glycyrrhizin, 작약 Paeoniflorin, 황련 Berberin-HCl, 행인 Amygdarin, 갈근 Furerarin을 사용하였다.

#### ④ 중금속 분해시약

HNO<sub>3</sub>(유해물질측정용), H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>(특급30%)

#### ⑤ 잔류농약추출시약 : MeOH(○○○)

#### ⑥ 지표물질추출시약 : MeOH(○○○)

#### 나. 기기

- ① 중금속 중 Pb. Cd. As. Cu. Zn은 Atomic Absorption Spectrophotometer(Varian AA-800), Hg는 Mercury analyzer(Nippon Instrument)을 사용하였다.
- ② 잔류농약을 추출, 농축, 정제를 위해 Accelerated Solvent Extractor(ASE 300. Dionex), Turbo VapII, Rapid Trace SPE를 사용하였고 분석을 위해 GC-ECD. NPD. MSD(GC6890, ALS7683, MSD5973)를 사용하였다.
- ③ 지표물질 추출을 위해 Accelerated Solvent Extractor(ASE 300. Dionex)를 사용하였고 지표물질 분석을 위해 HPLC(Dionex)를 사용하였다.

### 2.3 중금속시험법

#### 가. 시험용액 조제

한약재를 105℃에서 3시간동안 통풍 건조시킨 후 데시케이터 안에서 냉각한 다음 유발로 분쇄한 검체 1.0g±10%를 정밀히 달아 microwave vessel에 넣고 물 5ml, 질산(HNO<sub>3</sub>) 10ml 및 과

산화수소(H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) 5ml를 첨가하여 뚜껑을 덮은 후 24시간 방치한 다음 Table 1과 같은 조건으로 분해하고 다시 질산(HNO<sub>3</sub>) 5ml가하여 2차 분해한 후 총량을 25ml한 다음 여과하여 여액을 시험용액으로 하였다.

Table 1. The operating condition of microwave

step	temperature	time
1 step	50℃	3min
2 step	90℃	8min
3 step	130℃	13min
4 step	180℃	18min

수은분석을 위해 건조 분쇄한 검체 100 $\mu$ g  $\pm$ 10%를 정밀히 달아 additive M, B시약으로 덮은 다음 Mercury analyzer를 이용하였다.

#### 나. 표준용액 조제

표준용액 : 중금속 표준원액(1,000ppm)으로 Pb는 1.0, 2.0, 3.0, 4.0ppm. Cd는 0.25, 0.5, 0.75, 1.0ppm. As는 25, 50, 75 $\mu$ g/kg. Hg는 50, 100, 150 $\mu$ g/kg. 으로 조제하여 검량선을 작성하였다.

#### 다. 분석조건

중금속 분석을 위한 원자흡광광도계와 수은 분석기의 조건은 Table 2와 같다.

Table 2. The operating condition of AA.

Metal	Wave lamp	Condition
Pb	217nm	slit width 1.0mA slit width 0.5mA slit width 0.5R
Cd	228.8nm	
As	193.7nm	
Hg	Combustion gold amalgamation	M+S+M+B+M

## 2.4 잔류농약시험법

### 가. 시험용액조제

한약재를 적당한 크기로 절단하거나 율발에 분쇄한 다음 검체 10g $\pm$ 10%를 정밀히 달아 추

출, 농축, 정제한 후 acetone을 가하여 총량 2ml하여 시험용액으로 하였다.

#### 1) 추출

Pressure : 1500psi

Heat : 5min

Static : 5min

Flush% : 60vol.

Purge : 60sec

Cycles : 1

Sol. A : Hexane 50%

Sol. B : Acetone 50%

#### 2) 농축

Temp. : 40℃

Pressure : 45psi N<sub>2</sub>

#### 3) 정제

	step	Source	Output	Vol	ml/min	Liquid sense
1	Condition	Hex	Waste1	5	20	NO
2	Add to Mixer	Hex	Mixer	4	30	NO
3	Add to Mixer	Ace	Mixer	1	3	NO
4	Mix Reagents	Mixer	Mixer	2.5	30	NO
5	Condition	Mixer	Waste1	5	2	NO
6	Load	Sample	Fract1	3	12	NO
7	Add to Mixer	Hex	Mixer	4	30	NO
8	Add to Mixer	Acc	Mixer	1	30	NO
9	Mix Reagents	Mixer	Mixer	2.5	30	NO
10	Add to Sample	Mixer	Cannula	5	20	NO
11	Load	Sample	Fract1	5	12	NO
12	Load	Sample	Fract1	2	20	NO
13	Add to Mixer	Hex	Mixer	4	30	NO
14	Add to Mixer	Acc	Mixer	1	30	NO
15	Mix Reagents	Mixer	Mixer	2.5	30	NO
16	Collect	Mixer	Fract1	5	12	NO
17	Purge Cannula	Ace	Cannula	5	30	NO
18	Purge Cannula	Hex	Cannula	5	30	NO

## 나. 표준용액조제

표준용액은  $\delta$ -BHC, Aldrin, Endrin, DDT를 대상으로 0.1~5ppm정도의 범위가 되도록 조제하여 사용하였다.

## 다. 분석조건

식품중 농약잔류시험법<sup>9)</sup>에 의거 동시 다성분 분석법으로 분석 후 의심피크는 GC/MSD로 최종 확인하였다. 사용기기의 분석조건은 Table 3과 같다.

Table 3. The operating condition of GC/ECD, GC/NPD

Group	Paramaters	Condition
ECD	Mdel	VARIAN CP3800
	Carrier gas	N <sub>2</sub>
	Inj. temp.	250
	Det temp.	270
	Oven program	
	-Initial temp.	100
	-Rate	10°C/min
	-1step (Final temp.-Rate)	100°C2min→10°C/min
	-2step (Final temp.-Rate)	→270°C7min
	Column	CP-SIL 5CB 30m×0.32mm×0.25mm
NPD	Mdel	VARIAN CP3800
	Carrier gas	N <sub>2</sub>
	Inj. temp.	270
	Det temp.	290
	Oven program	
	-Initial temp.	120
	-Rate	10°C/min
	-1step (Final temp.-Rate)	120°C2min→10°C/min
	-2step (Final temp.-Rate)	→290°C2min
	Column	CP-SIL 8CB 30m×0.25mm×0.25mm

## 2.5 지표물질시험법

### 가. 시험용액조제

한약재를 유발로 분쇄한 후 의약품등 기준 및 시험방법 제2개정<sup>10)</sup>, 일반시험법, 4.생약시험법, 2).함량시험법에 따라 시험하였다.

### 나. 표준용액조제

표준액인 글리시리진산 30.0mg, 아미그달린 10.0mg, 페오니플로린10.0mg, 염화베르베린 10.0

mg, 푸에라린 50.0mg을 각각 50ml메스플라스크에 넣고 메탄올로 녹여 50ml로하여 표준용액으로 하였다.

### 다. 분석조건

지표물질 분석을 위하여 HPLC의 분석과장, 칼럼, 이동상의 조건은 Table 4와 같다

Table 4. The operating condition of HPLC

subject	Det.	Column	Mobil phase
Puerarine	254nm	Zorbax Eclipse XDB-C18	MeOH : H <sub>2</sub> O=25 : 75
Glycyrrhizin	254nm	"	ACN : Acetic acid(1→15)=2 : 3
Paeconiflorin	230nm	"	ACN : H <sub>2</sub> O=1 : 5
Amigdaline	214nm	"	MeOH : H <sub>2</sub> O=20 : 80
Berberine+HCl	345nm	"	ACN : H <sub>2</sub> O(1 : 1) 120ml NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> (1.56g)+Sodium Lauryl Sulfate(1.7g) add

## III. 결과 및 고찰

본 조사에 사용된 한약제는 인천에서 유통되는 수입산 54종과 국내산 9종 총 63종을 대상으로 뿌리를 원료로 하는 한약제 29종(수입산 27종, 국내산 2종), 과실부위를 원료로 하는 한약제 15종(수입산 11종, 국내산 4종), 전초 또는 잎을 원료로 하는 한약제 6종(수입산 5종, 국내산 1종), 나무껍질을 이용한 한약제 5종(수입산 4종, 국내산 1종), 종자를 원료로 하는 한약제 3종(수입산 2종, 국내산 1종), 꽃을 이용한 한약제 2종을 비롯하여 복령과 소목, 용안육으로 조사결과는 Table 5와 같다.

### 3.1 카드뮴(Cd)

조사대상 전체 카드뮴의 평균함량 및 표준편차는  $0.077 \pm 0.137 \text{ mg/kg}$ 으로 이는 고<sup>11)</sup>등의 연구결과와 비슷하였다. 이중 가장 높게 농도를 보인 것은 수입산 세인으로  $0.69 \text{ mg/kg}$ 이었으며, 국

내산으로는 복분자 0.41mg/kg이었다. 그밖에 수입산에서 목향 0.46mg/kg, 속단 0.4mg/kg, 두충 0.37mg/kg으로 한약재 허용기준<sup>8)</sup>인 0.3mg/kg을 초과하였다.

Fig 1는 원료를 사용하는 부위별을 나타낸 것으로 나무껍질을 사용하는 한약재가 0.142 ±0.154

mg/kg으로 가장 높았으며, 다음은 뿌리를 사용하는 한약재 0.102±0.17mg/kg, 과실 및 종자를 이용하는 한약재에서 약 0.07mg/kg정도 검출되었고 꽃을 사용하는 한약재는 검출되지 않았다. 복령, 소목, 용안육은 검출되지 않았다.

Table 5. Content of As, Cd, Pb and Hg in herbal medicines

	name	As	Cd	Pb	Hg
Radix (imports)	<i>Pueraria thunbergiana bentam Radix</i>	0.002	0.00	0.00	9.36
	<i>Glycyrrhizae Radix</i>	0.000	0.00	0.00	7.30
	<i>Osterici Radix</i>	0.000	0.00	0.00	21.57
	<i>Angelicae Radix</i>	0.000	0.18	0.00	31.39
	<i>Platycodi Radix</i>	0.000	0.00	0.00	9.72
	<i>Salviae Miltiorrhizae Radix</i>	0.000	0.00	0.00	8.03
	<i>Angelicae Gigantis Radix</i>	0.000	0.30	0.00	9.47
	<i>Saussureae Radix</i>	0.058	0.46	2.60	5.48
	<i>Saposhnikoviae Radix</i>	0.001	0.09	0.05	18.30
	<i>Cynanchi Wilfordii Radix</i>	0.018	0.00	0.00	4.92
	<i>Paeoniae Radix</i>	0.003	0.00	0.10	8.27
	<i>Angelicae Dahuricae Radix</i>	0.000	0.02	0.00	11.61
	<i>Asiasari Radix</i>	0.000	0.69	1.67	46.38
	<i>Dipsaci Radix</i>	0.030	0.40	0.00	11.61
	<i>Bupleuri Radix</i>	0.000	0.00	0.03	12.10
	<i>Achyranthis Radix</i>	0.001	0.02	0.20	1.97
	<i>Polygalae Radix</i>	0.000	0.02	0.00	10.20
Rhizoma (imports)	<i>Zingiberis Rhizoma</i>	0.000	0.00	0.00	21.35
	<i>Rhei Rhizoma</i>	0.000	0.00	0.00	5.00
	<i>Sinomeni Cauliser Rhizoma</i>	0.006	0.04	1.02	7.91
	<i>Atractylodis Alba Rhizoma</i>	0.404	0.24	2.87	15.57
	<i>Dioscoreae Rhizoma</i>	0.000	0.00	0.00	9.93
	<i>Acori Graminei Rhizoma</i>	0.000	0.00	0.00	11.72
	<i>Cimicifugae Rhizoma</i>	0.000	0.00	0.16	5.96
Tuber (imports)	<i>Liriope Tuber</i>	0.222	0.02	0.00	17.63
	<i>Swertia japonica</i>	0.007	0.25	0.78	23.91
	<i>Pinelliae Tuber</i>	0.276	0.10	0.67	23.12
Radix (domestics)	<i>Cynanchi Wilfordii Radix</i>	0.001	0.07	0.08	1.57
	<i>Ginseng Radix</i>	0.000	0.07	0.09	0.00
Flos (imports)	<i>Chrysanthemi Flos</i>	0.011	0.00	0.00	9.46
	<i>Magnoliae Flos</i>	0.001	0.00	0.41	18.84

	name	As	Cd	Pb	Hg
Fructus (imports)	<i>Lycii Fructus</i>	0.000	0.00	0.00	9.37
	<i>Viticis Fructus</i>	0.000	0.10	0.10	12.32
	<i>Chaenomeles Fructus</i>	0.000	0.00	0.00	12.26
	<i>Rubi Fructus</i>	0.000	0.08	0.47	10.97
	<i>Amomi Fructus</i>	0.000	0.00	0.07	11.04
	<i>Corni Fructus</i>	0.000	0.02	0.99	9.20
	<i>Zanthoxylum schinifolium Fructus</i>	0.000	0.00	0.18	8.20
	<i>Foeniculi Fructus</i>	0.000	0.00	0.00	7.42
	<i>Forsythiae Fructus</i>	0.000	0.01	0.31	14.01
	<i>Schisandrae Fructus</i>	0.000	0.00	0.21	5.41
	<i>Zizyphi Fructus</i>	0.000	0.00	0.00	5.26
Fructus (domestics)	<i>Lycii Fructus</i>	0.000	0.34	0.12	0.11
	<i>Schisandrae Fructus</i>	0.000	0.11	0.19	1.69
	<i>Rubi Fructus</i>	0.000	0.41	0.21	1.50
	<i>Corni Fructus</i>	0.002	0.09	0.18	1.61
Semen (imports)	<i>Cassiae Semen</i>	0.000	0.00	0.00	3.34
	<i>Trichosanthis Semen</i>	0.000	0.00	0.00	5.18
Semen (domestics)	<i>Cuscutae Semen</i>	0.000	0.22	0.35	0.61
Herba (imports)	<i>Ephedrae Herba</i>	0.000	0.06	0.30	41.01
	<i>Menthae Herba</i>	0.000	0.04	1.10	31.42
	<i>Dendrobii Herba</i>	0.000	0.00	0.56	10.35
	<i>Cistanchis Herba</i>	0.000	0.04	0.86	0.00
	<i>Leonuri Herba</i>	0.001	0.04	0.50	0.00
Herba (domestics)	<i>Epimedii Herba</i>	0.297	0.20	0.17	1.59
Cortex (imports)	<i>Cinnamomi Cortex</i>	0.000	0.00	0.00	23.00
	<i>Eucommiae Cortex</i>	0.001	0.37	1.94	17.19
	<i>Moutan Radicis Cortex</i>	0.066	0.00	0.00	10.21
	<i>Eriobotrya japonica Cortex</i>	0.107	0.16	1.63	96.32
Cortex (domestics)	<i>Eucommiae Cortex</i>	0.043	0.18	0.19	0.00
Others (imports)	<i>Hoelen</i>	0.083	0.00	0.00	23.92
	<i>Caesalpiniae Lignum</i>	0.000	0.00	0.00	4.85
	<i>Longanae Arillus</i>	0.003	0.00	0.34	2.79
Average		0.026	0.077	0.352	12.46

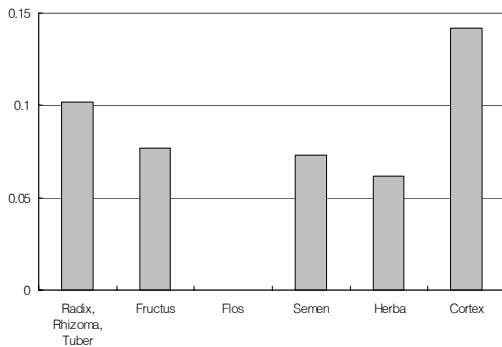


Fig 1. Comparison of Cd in herbal medicines by parts used

### 3.2 납(Pb)

조사대상 전체 납 평균함량 및 표준편차는  $0.351 \pm 0.617 \text{ mg/kg}$ 으로 고<sup>11)</sup>등의 결과와 유사하였으며 이중 최고치를 나타낸 것은 수입산 백출로  $2.87 \text{ mg/kg}$ 이었고 그 외 목향  $2.60 \text{ mg/kg}$ , 두충  $1.94 \text{ mg/kg}$ , 세인과 비파엽은 약  $1.6 \text{ mg/kg}$ 정도로 나타났다. 국내산으로는 토사자가  $0.61 \text{ mg/kg}$ 로 낮은 농도를 보였다.

한약재 허용기준<sup>8)</sup>  $5.0 \text{ mg/kg}$ 과 비교해 볼 때 훨씬 낮은 농도를 나타냈다.

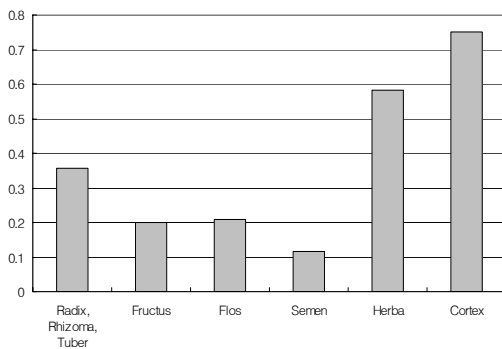


Fig 2. Comparison of Pb in herbal medicines by parts used

Fig 2는 원료를 사용하는 부위별로 나타낸 것으로 나무껍질을 사용하는 한약재가  $0.751 \pm 0.952 \text{ mg/kg}$ , 잎을 이용하는 한약재  $0.58 \pm 0.349 \text{ mg/kg}$ ,

뿌리를 사용하는 한약재  $0.357 \pm 0.764 \text{ mg/kg}$ , 그 외 꽃, 과실, 열매 순으로 검출되었다.

복령, 소목은 검출되지 않았으며, 용안육은  $0.34 \text{ mg/kg}$ 로 조사대상 전체 평균함량과 비슷하였다.

### 3.3 비소(As)

조사대상 전체 비소 평균함량 및 표준편차는  $0.026 \pm 0.077 \text{ mg/kg}$ 으로 고<sup>11)</sup>등의 결과와 같았다. 가장 높은 함량을 보인 것은 수입산 백출로  $0.404 \text{ mg/kg}$  이었으며, 그 외 맥문동, 반하 등이 각각  $0.222 \text{ mg/kg}$ ,  $0.276 \text{ mg/kg}$ 로 비교적 높게 나타났다. 국내산 음양곽에서  $0.298 \text{ mg/kg}$ 이 검출되었다. 수입산과 국내산 모두 한약재 허용기준<sup>8)</sup>인  $3.0 \text{ mg/kg}$ 이하였다.

Fig 3은 원료로 사용하는 부위별로 살펴보면 나무껍질을 사용하는 한약재에서  $0.043 \pm 0.045 \text{ mg/kg}$ 으로 가장 높게 나타났으며, 그 다음은 뿌리를 사용하는 한약재  $0.035 \pm 0.096 \text{ mg/kg}$  검출되었고 과실 및 종자를 사용하는 한약재에서는 검출되지 않았다.

소목은 검출되지 않았으나, 용안육은  $0.003 \text{ mg/kg}$ , 복령  $0.083 \text{ mg/kg}$  검출되었다.

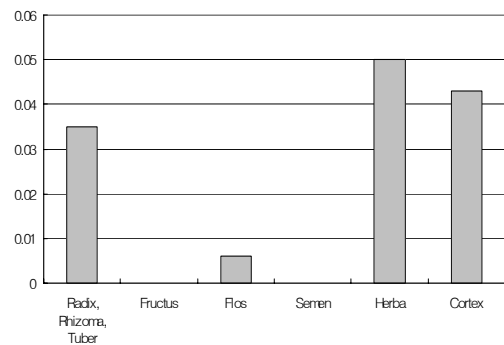


Fig 3. Comparison of As in herbal medicines by parts used

### 3.4. 수은

조사대상 전체 수은 평균함량 및 표준편차는  $12.46 \pm 14.39 \mu\text{g}/\text{kg}$ 으로 고<sup>11)</sup>등의 결과와 유사하였으며, 수입산 비파엽이 가장 높은  $96.32 \mu\text{g}/\text{kg}$  검출되었고 국내산 모든 제품에서  $1.7 \mu\text{g}/\text{kg}$ 이하로 매우 낮게 검출되었다.

본 연구와 한약재 허용기준<sup>8)</sup>인  $200 \mu\text{g}/\text{kg}$ 과 비교하면 훨씬 낮은 농도로 검출되었다.

Fig 4는 원료로 사용하는 부위별로 살펴보면 나무껍질  $29.34 \pm 38.408 \mu\text{g}/\text{kg}$ 으로 가장 높았으며, 그 다음은 꽃, 뿌리, 잎, 뿌리, 과실, 종자를 원료로 사용하는 한약재 순으로 낮게 검출되었다.

복령은 검출되지 않았으나, 소목  $0.61 \mu\text{g}/\text{kg}$ , 용안육은  $1.59 \mu\text{g}/\text{kg}$ 검출되었다.

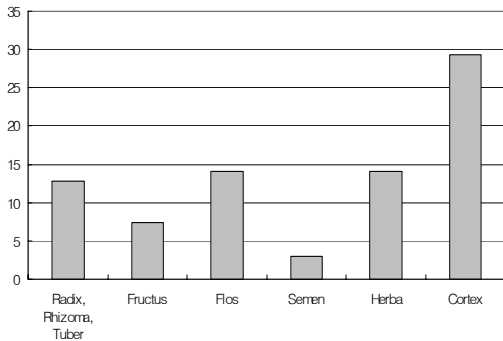


Fig 4. Comparison of Hg in herbal medicines by parts used

### 3.5 유해중금속 총량

급성 또는 만성중독을 일으킬 수 있는 대표적인 중금속중 카드뮴, 납, 비소, 수은을 대상으로 총량을 조사한 결과 Table 6과 같다.

Table 6. Content of heavy metals in herbal medicines by parts used.

	Radix Rhizoma Tuber	Fructus	Flos	Semen	Herba	Cortex
Total	0.507	0.285	0.23	0.193	0.709	0.965
Cd	0.102	0.077	0	0.073	0.062	0.142
Pb	0.357	0.201	0.21	0.117	0.583	0.751
As	0.035	0	0.006	0	0.05	0.043
Hg	0.013	0.007	0.014	0.003	0.014	0.029

중금속 총량은 나무껍질을 원료로 사용하는 한약재  $0.965 \text{mg}/\text{kg}$ 로 많았으며, 다음은 잎  $0.709 \text{mg}/\text{kg}$ 가 검출되었고, 뿌리, 과실, 꽃, 종자 순이었다.

Fig 5는 한약재별 검출된 중금속 비율을 나타낸 것으로 모든 조사대상에서 납 검출이 높았는데 꽃에서 91.3%, 잎 82.2%, 나무껍질 77.8% 뿌리와 과실이 약70%정도, 종자가 60.6%로 대부분을 차지하였다.

유해중금속의 주요염원은 납과 카드뮴으로 평균 90%를 차지하였다.

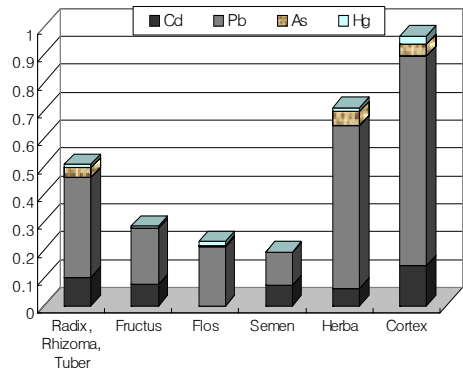


Fig 5. Comparison of heavy metals in herbal medicines by parts used

### 3.6 잔류농약검사

수입산 54종과 국내산9종 총 63종을 동시다 성분 분석법을 이용하여 검사한 결과 수입산 비파엽에서만 제초제 성분인 Cyanaxine이 검출되었다.

서울시 자료를 보면 국내산이 수입산보다 검출률이 높았으며, Phenthoate, EPN<sup>12)</sup>과 Tolclofos methyl, Procymidone<sup>13)</sup>등이 검출되어 검출률 4.8%~5.9%<sup>13,12)</sup>로 나타내었다.

### 3.7 지표물질조사

한방 및 건강원에서 가장 널리 사용되고 있는 감초, 행인, 작약, 황련, 갈근을 대상으로 지표성분을 조사한 결과 Table 7과 같다.



Table7. Content of natural products in herbal medicines by parts used.

Name	Natural products	Detection limit	
		Domestics	Imports
Glycyrrhizae Radix	Glycyrrhizin	2.85~7.52	2.70~6.85
Armeniacaee Semen	Amygdarin	3.62~7.51	3.01~5.12
Paeoniae Radix	Paeoniflorin	2.15~3.64	2.10~3.44
Coptidis Rhizoma	Berberin-HCl	4.40~11.88	4.45~12.72
Pueraria thunbergiana Bentam	Fuerarin	3.21~12.51	3.05~6.85

지표성분 Glycyrrhizin, Paeoniflorin, Berberin-HCl은 국내산과 수입산에서 농도의 차이가 없었으며 의약품등의 기준 2.5%, 2.0%, 4.2%와 비교해 보면 기준이상으로 품질에 있어서 이상이 없었다. 이는 이 등<sup>14)</sup>의 연구결과와 비슷하였다.

Amygdarin, Fuerarin을 국내산과 수입산을 비교해 보면 최고의 농도에서 약간의 차이를 보였며, 이 또한 기준이상으로 품질에 있어서 이상이 없었다. 그러나 이 등<sup>14)</sup>의 연구결과보다 높은 함량을 보였다.

## IV. 결 론

인천지역에서 유통되는 한약재를 중심으로 안전성에서 문제시 되는 유해중금속과 잔류되는 농약성분을 측정하였으며, 한방이나 건강원 등에서 주로 많이 사용되는 감초, 행인, 작약, 황련, 갈근을 대상으로 지표성분을 조사한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 검사대상 한약재중 중금속별 평균함량 및 표준편차가 카드뮴  $0.077 \pm 0.137 \text{mg/kg}$ , 납  $0.351 \pm 0.617 \text{mg/kg}$ , 비소  $0.026 \pm 0.077 \text{mg/kg}$ . 수은  $12.46$

$\pm 14.39 \mu\text{g/kg}$ 으로 중금속허용기준<sup>8)</sup>이하였으나, 수입산에서 세인, 목향, 속단, 두충이 국내산에서는 복분자가 카드뮴기준을 초과하여 관리가 필요하였다.

2. 총 유해중금속 함량은 나무껍질을 원료로 사용하는 한약재가 가장 높았으며, 다음은 잎, 뿌리, 과실, 꽃, 종자순으로 낮았다.
3. 잔류농약은 수입산 비파엽에서 제초제 성분인 Cyanaxine가 검출되었다.
4. 감초, 행인, 작약, 황련, 갈근에 대한 지표성분은 생약재 기준보다 높았기 때문에 지표성분만을 대상으로 판단할 때 이상이 없었다.

## 참 고 문 헌

1. Massaro, E.J, Handbook of human toxicology, pp149-188, Boca Raton Press, New York, (1990)
2. Rhee, J. S., A Study on the Content of Heavy Metal in Domestic of Foreign Oriental Medicine by means of Quantitative Analytical Method, M.S. Thesis, Dept. of oriental Medicine, Kyung Hee University, Seoul, Korea. (1995).
3. Park, C.Y., A Study on the Heavy Metal and Residual Pesticide in Oriental Medicine, M.S. Thesis, Dept. of Environmental Science, Han Yang University, Seoul. Korea. (1987)
4. 보건복지부, 생약재(한약재) 품질표준화를 위한 기초연구(Ⅱ)(생약 중의 유해중금속 및 잔류농약오염도 조사연구) 보고서, (1993)
5. 보건복지부, 생약재(한약재) 품질표준화를 위한 기초연구(Ⅰ)(생약 중의 유해중금속 및 잔류농약오염도 조사연구) 보고서, (1994)

6. 澤村良二, 田昭 초울진철, 식품위생학, 동화 기술, 서울, (1997)
7. Joint FAO/WHO Codex Alimentarius Commission. Contaminant, FAO/WHO. 1-33, (1984)
8. 식품의약품안전청고시 제2005-62호, 약등의 중금속허용기준 및 시험방법개정, (2005)
9. 식품공전(별책), 식품의약품안전청 (2005)
10. 식품의약품안전청, 의약품등 기준 및 시험 방법 제2개정, 식품의약품안전청, (1998)
11. S.K. Ko, H.J.Seung, Y.M.Song, I.S.Yu, S.M.Choi, and H.G.Kang, Contents of Heavy Metals of Commercial Herbal Medicines in Seoul Area. Report of S.I.H.E 39 : 31-43, 2003
12. Y.M.Song, N.H.Kim, H.G.Kang, S.K. Ko, H.S.Kim, and I.S.Yu, Monitoring of Pesticide Residues in Commercial Herbal Medicines. Report of S.I.H.E 39 : 44-45, 2003
13. S.K. Ko, H.J.Seung, Y.J.Hong, I.S.Yu, and H.G.Kang, Monitoring(Ⅱ) of Pesticide Residues in Commercial Herbal Medicines. Report of S.I.H.E 40 : 231-241, 2004
14. J.M.Lee, M.J.Hur, J.Y.Song, S.Y.Kim, J.M.GO and J.W.Lee, A Study on the Indicative Contents of Domestic and Imported Crude Drugs., Report of I.I.H.E, 7 : 43-53, 1999

# 식품등 아크릴아마이드 함유량과 산가와의 관계

이길봉, 이승환, 권문주, 김명희, 이규성, 오세홍, 남화정,  
전중섭, 김혜영, 유금란, 황익화, 박인호, 고종명  
식품분석과

## A Study on the Contents of Acrylamide in food and relationship between acrylamide and acid value

Gil-Bong Lee, Seung-Hwan Lee, Mun-Ju Kwun, Myoung-Hee Kim, Ge-Heung Oh, Hwa-Jung Nam, Jong-Sup Jeon, Hye-Young Kim, Gum-Lan Yu, Ui-Hwa Hwang, In-Ho Park, Jong-Myoung Go  
Division of Food Analysis

### Abstract

As eating habits and food service industry develop more and more, there is an issue that acrylamide, cancer-inducing material, was found in the french fries at the fast food store. and then international organization as WHO has been coping with making up professional group.

The study about the toxicity through the food is continuing, but the permissible concentration has not been established so far.

This study is performed about monitoring of acrylamide in the market place and about the relation between the contents of acrylamide and the acid value of oil.

Various levels of acrylamide contents are detected from the most food originated from starch, but are not detected from spring water and soft drink.

The survey of relation between the contents of acrylamide in food, there is no relation between acid value and acrylamide contents.

Study about the other sorts of oil will be performed, because only the soybean oil among edible oil is used in this experiment. also, it has to be carried out reciprocal reaction among the several chemical characters of oil.

## I. 서 론

식생활 수준의 향상과 더불어 외식문화가 발달하고 있는 가운데 패스트푸드점에서 흔히 볼 수 있는 프렌치프라이에서 발암물질인 아크릴아마이드가 검출되었다는 2002년 4월 스웨덴 국립식품청의 발표는 일반소비자나 학계로부터 많은 관심을 불러 일으켰다.

이 발표이후 각국은 유통되고 있는 식품에서의 아크릴아마이드의 분포를 조사했으며 WHO에서는 전문가그룹을 조직해서 식품으로 기인한 아크릴아마이드의 독성을 연구하기 시작했다.

여기서 우리가 주목할 점은 아크릴아마이드가 위와 같은 프렌치프라이에만 존재하는게 아니라 전분을 주원료로 하는 식품인 빵, 과자, 시리얼, 비스킷 그리고 커피에까지 분포한다는 것이다.

아크릴아마이드의 독성은 터널작업장내의 노동자들의 흡입독성에 관한 역학조사에서 처음으로 나타났으나 식품을 통한 아크릴아마이드의 영향은 아직 연구중에 있으며 초기의 동물 실험에서는 튀긴음식을 많이 먹은 쥐가 아크릴아마이드의 혈액내 존재가 높았다는 결과가 있었으나,<sup>1)</sup> Claudio et al의 연구에서는 굽거나 튀긴음식의 섭취와 암발생과는 상관관계가 나타나지 않았다는 보고를 하고 있다.<sup>2)</sup>

아크릴아마이드가 보건학적으로 중요한 이유는 국제암연구기관인 IARC (International Agency for Research on Cancer)에서 class 2A, 즉 “사람에게 발암가능성이 있음”이라 분류하였기 때문이나, 아직까지 확실한 연구결과는 없는 실정이다. 아크릴아마이드는 동물실험에서 유전독성과 생식독성이 있는 발암물질로 밝혀졌고, 인체에는 말초신경에 병변을 일으킨다고 알려져 있으나 인체에 대한 독성학적 평가는 호흡이나 피부로 흡수된 결과로 산출된 것이며 식품을 통한 노출은 최근에 와서 알려졌으며 더 많은

연구가 요구되고 있는 실정이다.

아크릴아마이드( $\text{CH}_2\text{CHCONH}_2$ )는 무색·무취의 결정형 물질로서 분자량은 71.09, 비점은  $84.5^\circ\text{C}$ 이며 아크릴로니트릴의 수화과정에서 형성이 되며, 물, 에탄올, 메탄올, 아세톤 등에 용해되며, 토양과 지하수에 대하여 이동성이 강하다.<sup>4)</sup> 아크릴아마이드는 산업분야에서의 용도를 보면 폴리아크릴아마이드로 중합이 되어서 페수처리, 시멘트 바인더, 제련, 도로 포장시에 사용이 되며 화장품에도 쓰여 진다. 그리고 실험실에서는 PAGE(polyacrylamide gel)라는 이름으로 DNA를 분리하는 전기영동에도 쓰여 지고 있다.

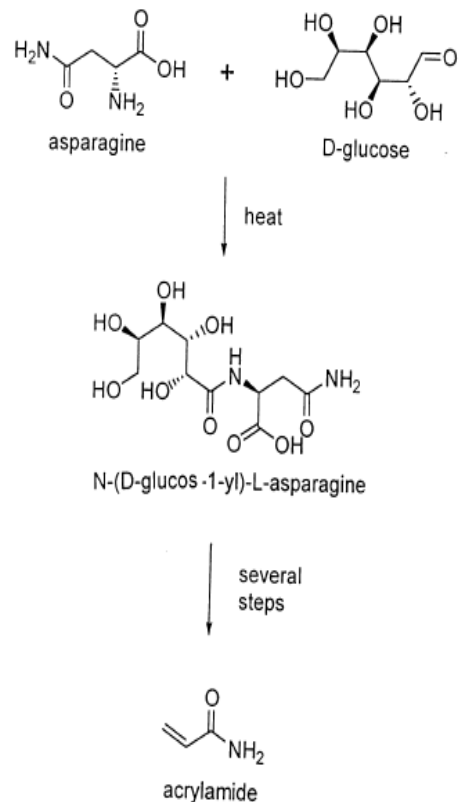


Figure 1. Acrylamide Formation. <sup>4)</sup>

식품에서 아크릴아마이드생성은 감자와 같이 탄수화물이 많은 식품을 고온으로 튀기거나 조리하는 과정에서 아스파라긴산과 반응하여 생성되는 물질로서 반응은 Figure 1과 같으며 조리온도와 시간이 중요한 변수가 된다.<sup>5)</sup>

일반적으로 튀김이라는 조리과정에 사용되는 기름이 재이용되는 실정을 감안하여 유지를 오랫동안 저장하면 유리지방산이 생겨 산값(acid value)이 높아지고 불쾌한 냄새가 나고 맛이 떨어지는 현상에 착안하여 조리용 기름의 산가 변화에 따른 아크릴아마이드의 생성량에 관한 연구는 없는 실정이다.

이에 본 연구의 목적은 여러 가지 식품을 대상으로 아크릴아마이드의 분포를 확인하고 외국식품과 차이를 살펴보고, 가정과 식품접객업소와 유사한 조건으로 냉동감자를 튀김으로서 산가와 아크릴아마이드의 생성량을 조사하여 아크릴아마이드로부터 안전한 식품을 섭취하는 정보를 얻고자 하였다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 재료

2003년 1월부터 12월까지 인천시내에서 유통 중인 전분을 주된 재료로 조리된 식품인 감자칩, 프렌치프라이, 고구마과자, 시리얼, 비스킷, 쌀과자, 건빵, 일반과자, 라면 등 9가지 식품군과 아크릴아마이드가 환경중 거동이 용이하다는 사실 하에 청량음료, 생수 등 2가지 식품을 대상으로 총 160건을 조사하였으며, 산가와와의 관계를 보기 위한 실험에서는 냉동감자를 사용하였다.

### 2. 실험기기 및 시약

본 실험에 사용한 High Performance Liquid

Chromatography는 Varian Prostar LC(U.S.A)를 사용하였다. High speed refrigerated centrifuge(Mega 17 R, Hanil Science Industrial, Korea), Homogenizer(PH 91, SMT company, Japan)는 재료전처리를 위하여 사용되어졌다.

감자를 튀기기 위한 식용유는 Soybean oil(Cheil Jedang Co., Korea)를 사용하였다. Standard solution은 Acrylamide(AccuStandard Inc, USA)를 구입하였다. Millex-LCR 25mm 0.45 $\mu$ m hydrophilic PTFE filter(Milipore, USA)는 cleaning filter로 사용하였다. 추출용카트리지는 strata-x-c 33 $\mu$ m Cation Mixed-Mode Polymer(Phenomenex, USA)를 사용하였다. LC용 칼럼은 phenomenex사의 Synergi 4 $\mu$ m Polar-RP 80A(Phenomenex, U.S.A)를 사용하였다. LC분석을 위하여 HPLC grade water(Waters, U.S.A)를 사용하였다.

### 3. 실험방법

유통중인 식품의 실험의 전처리 과정은 검체 10g을 취하여 증류수를 가하여 200ml로 맞추고 호모게나이저로 분쇄한 후 9000rpm, 30분간 원심분리를 시킨 후 상층액을 취해 SPE cartridge를 이용하여 유출액을 HPLC로 분석하였다. 산가와와의 관계를 보기 위한 실험은 두 가지로 구분되어진다. 첫 번째는 일반적으로 가정이나 업소에서 행해지는 것처럼 4일 동안 시간차를 두고 튀김조리를 하는 방법(이하 Round 1로 칭한다)과 두 번째는 튀김과정을 하루 동안 연속적으로 튀김조리를 하는 방법(이하 Round 2로 칭한다)이다. 이런 과정을 통해 산가를 변화를 시키면서 아크릴아마이드와 관계를 보았다. 튀김과정의 온도는 180℃에서 5분간 행하여졌는데, 이 과정은 160℃이상에서 조리한 감자에서 아크릴아마이드가 2000ppb 이상의 아크릴아마이드가 분석된 연구<sup>6)</sup>와 일반적으로 식품회사에서 추천하는 조리법을 따른 것이다. 위의 조리과정을 거친 감자튀김은 전처

리가 되어 분석에 이용되었다.

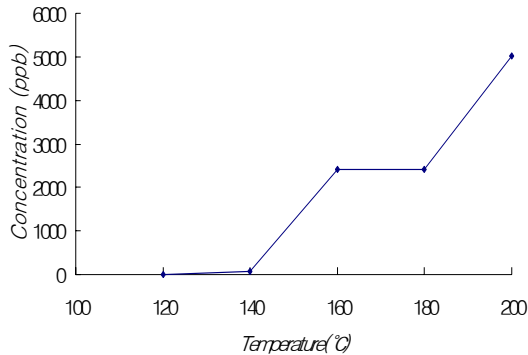


Figure 2. Relationship of frying temperature and acrylamide formation. <sup>6)</sup>

LC분석방법은 Table 1과 같으며 시료전처리 방법은 Figure 3과 같다.

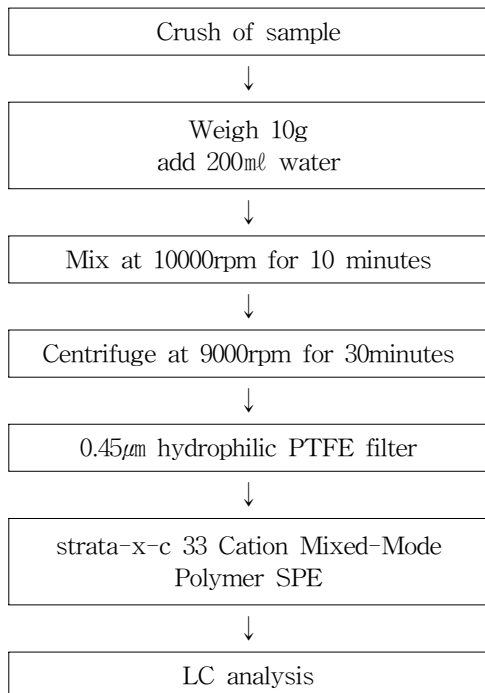


Figure 3. Extraction of Sample

Table 1. LC Experimental condition

LC	Varian Prostar LC
Column	Synergi 4µm Polar-RP 80A
Mobile Phase	100% water
Column Flow rate	1ml/m
Injection volume	20µl
Wavelength	210nm

### III. 결과 및 고찰

#### 1. 유통중인 식품의 아크릴아마이드의 함량

식품은 물, 탄수화물, 지방, 그리고 단백질 등 여러 가지 영양성분으로 구성되어 있으며 사람에게 중요한 에너지원이다. 식품이 가열되면 이들 구성성분을 반응물로 해서 수많은 화학 반응들이 일어난다. 결과적으로 여러 다른 새로운 화합물들을 형성하는데 이들 화합물들이 식품의 색, 풍미, 조직감 등에 크게 기여하게 된다. 식품의 구성 성분들과 화학반응들이 다양한 관계로 가열식품 중의 아크릴아마이드 생성기작을 연구하는 것은 매우 어려운 작업이라고 판단되어 왔다. 영국, 스위스, 그리고 캐나다의 식품화학자들이 아크릴아마이드의 생성기작의 연구 결과를 제시하였는데 이 연구진 모두는 아크릴아마이드는 메일라드 반응의 산물이라는 의견을 제시하였다. 메일라드 반응은 탄수화물과 단백질의 구성성분인 아미노산이 가열반응으로 갈색의 색소를 형성하는 것인데, 가열식품의 향과 맛을 결정하는데 중요한 역할을 담당한다.<sup>7)</sup> 메일라드반응<sup>5)</sup>은 Figure 4와 같다.

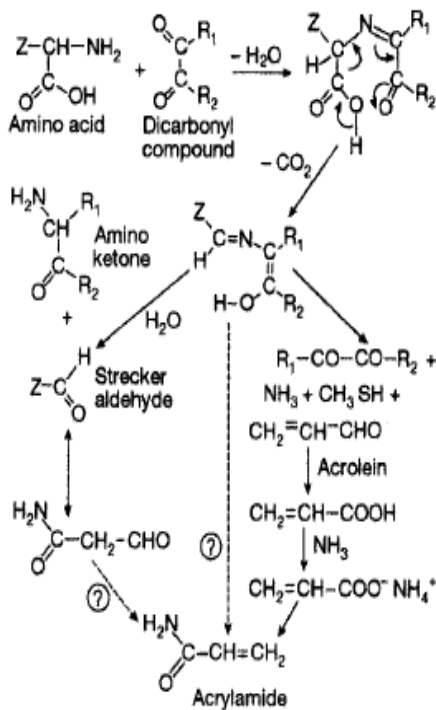


Figure 4. Maillard reactions, <sup>5)</sup>

유통중인 식품의 아크릴아마이드의 함량에 대한 조사결과는 Table 2와 같았다. 폐수처리와 환경중의 이동의 가능성<sup>4)</sup>이 있는 아크릴아마이드의 청량음료와 생수에서의 조사에서는 불검출이었다. 아크릴아마이드의 함량이 제일 큰 식품종류는 비스킷이었으며, 맨 처음 이슈화가 되었던 프렌치프라이는 282~4013의 범위를 나타냈고 외국과의 결과와 비슷하였다. 외국에는 없는 건빵은 546~1152, 강냉이는 492~765의 범위를 나타냈다. 라면에서의 검출은 H.ono et al의 연구와 같이 여러 식품 중 인스턴트 라면류의 아크릴아마이드의 함유량은 적은편이지만 라면의 가공방식에 따라서도 큰 차이가 있으므로 더 많은 연구가 필요하다.<sup>10)</sup>

Table 2. Detection levels of acrylamide in various foods in Incheon ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )

Food/Product Group	Acrylamide levels
Chips, potato	442 ~ 945
French fries	282 ~ 4013
Rice snacks	123 ~ 485
Cereals	394 ~ 1468
Biscuits	3912 ~ 4972
Hardtack	546 ~ 1152
Baked corns	492 ~ 765
Baked rices	291 ~ 658
Noodles	152 ~ 388
Snacks	658 ~ 2173
Soft drinks	N.D *
Spring water	N.D

\* N.D : Not Detected

Table 3은 2002년에 발표된 FAO/WHO에서 여러 나라의 아크릴아마이드의 분석결과이다. 같은 식품이라도 매우 다양한 농도의 아크릴아마이드가 검출되고 있는 것으로 조사된 바 있다. 이는 샘플링이나 시료준비 과정에 따라서 많은 오차가 발생할 수 있을 것으로 생각된다.<sup>7)</sup>

Table 3. Detection levels of acrylamide in various foods and food product groups from Norway, Sweden, Switzerland, the United Kingdom and the United States of America (FAO/WHO, 2002)

Food/Product Group	Acrylamide levels( $\mu\text{g/kg}$ )			
	Mean	Median	Minimum – Maximum	Number of samples
Crisps, potato/sweet potato	1312	1343	170–2287	38
Chips, potato	537	330	<50–3500	39
Batter based products	36	36	<30–42	2
Bakery products	112	<50	<50–450	19
Biscuits, crackers, toast, bread crisps	423	142	<30–3200	58
Breakfast cereal	298	150	<30–1346	29
Crisps, corn	218	167	34–416	7
Bread, soft	50	30	<30–162	41
Fish and seafood products, crumbed, battered	35	35	30–39	4
Poultry or game, crumbed, battered	52	52	39–64	2
Instant malt drinks	50	50	<50–70	3
Chocolate powder	75	75	<50–100	2
Coffee powder	200	200	170–230	3
Beer	<30	<30	<30	1

## 2. 산가와 아크릴아마이드 생성량과의 관계

Round 1과 2에 의한 산가변화와 아크릴아마이드의 생성량은 Table 5와 같았다.

계속 튀긴 식용유의 산가는 점진적으로 변하지만 시간차를 두고 조리를 한 경우에는 3일째, 아래의 그림 Figure 5에서는 7번째에서 산가의 급격한 상승이 관찰되었다. 일반적으로 식품공전에서 규정하고 있는 산가는 0.2이하라고 규정

되어 있으므로 실험결과에서 나온 산가의 범위는 정상이라고 하겠다.

아크릴아마이드의 생성에 영향을 주는 변수에는 전구체, pH, 수분, 다른 성분 같은 식품고유의 조성과 조리온도나 조리시간 같은 조건에 영향을 받는다.<sup>8)</sup> 그러나 Table 4에서 보는 것처럼 산가가 증가할수록 아크릴아마이드 생성량은 어떤 특별한 관계는 없으며, Round 1, 2 모두 5회의 튀김과정에서 아크릴아마이드의 생성량이 증가하였다.

Table 4. Detection levels of acrylamide and acid value in Round 1, Round 2

Numbers of frying	Round 1		Round 2	
	acid value	Acrylamide levels	acid value	Acrylamide levels
1	0.030	1860	0.025	1390
2	0.032	2634	0.058	1920
3	0.037	1608	0.067	1176
4	0.039	1185	0.084	846
5	0.040	3078	0.098	4014
6	0.050	861	0.100	1368
7	0.084	1506	0.113	372
8	0.095	252	0.118	420
9	0.099	588	0.119	480
10	0.117	270	0.126	564

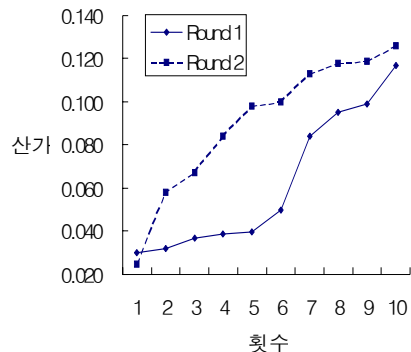


Figure 5. 냉동감자 튀긴 횟수에 따른 산가의 변화



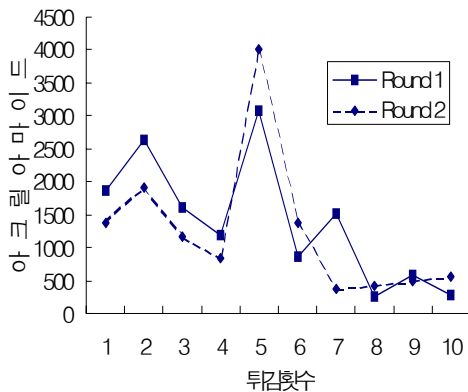


Figure 6. 튀김횟수에 따른 아크릴아마이드의 생성량 변화

산가와 아크릴아마이드와의 생성량의 관계를 본 분포도 Figure 7을 보면 두 산가와 아크릴아마이드 상호간의 상관성이 없음을 관찰할 수 있다. 결정계수는 0.2123으로 산가가 아크릴아마이드의 생성량을 설명해주기 힘들며, 이 두 사이의 상관관계는 -0.4942로서 두 변수간의 관련성이 없다.

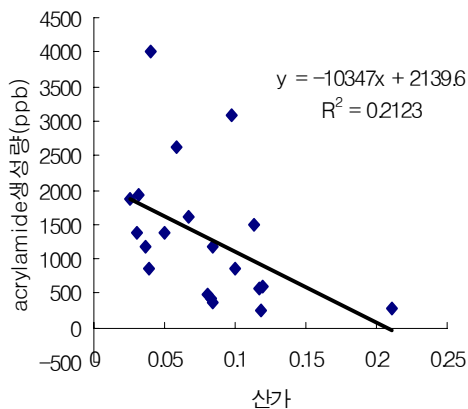


Figure 7. 산가와 아크릴아마이드 생성량과 상관관계

## IV. 결 론

시중에 유통중인 전분을 원료로 하는 식품과 청량음료, 생수에 대한 아크릴아마이드 함유량 조사결과 다음과 같은 결과를 얻었다.

생성량은 감자칩류 442~945, 프렌치프라이 282~4013, 비스킷 3912~4972 으로 분석이 되었으며, 본 연구결과와 최고 함유량을 가진 식품은 비스킷이었으며 최저 함유량을 가진 식품은 라면이었다.

아크릴아마이드가 지하수나 토양으로 거동이 용이한 물리화학적 경향을 입증하고자 했던 생수에 대한 분석결과는 불검출로 나타났으며 청량음료도 불검출이었다.

이번 연구에 포함된 식품류 외에도 전분을 주원료로 사용한 식품은 많이 있기 때문에 독성에 대한 연구결과와 보조를 맞춰서 함유량에 관한 사전조사가 수행되어야 하겠다.

냉동감자를 실험실에서 직접 튀기면서 산가와 아크릴아마이드의 생성량을 관찰한 결과는 다음과 같았다.

1. 산가가 증가하면서 아크릴아마이드의 생성량도 증가할 것이라는 예측과는 전혀 다르게 산가의 증가와 아크릴아마이드와의 변화와는 상관관계가 없었다.
2. 실험실에서 튀김이라는 조리과정을 거치면서 얻은 분석결과를 보면 아크릴아마이드의 생성량은 유지의 상태와 관계없이 5회째 튀기는 과정에서 높게 나타났다. 이는 아크릴아마이드가 산가와 관계가 있기 보다는 유지의 다른 성분과 감자와 관련이 있을 것이며, 이는 더 연구가 필요하다. 그리고 아크릴아마이드의 식품안전성에 관해서는 튀김조리에 쓰는 기름은 1회만 사용하고 교환하는 것이 최적의 방법이나 4회까지는 사용해도 무방하리라 생각되며, 본 연구에 사용한 유지는 콩기름이었으므로 다양한 식용유를 통한 보다 심도 깊은 연구가 요망된다.

## 국 문 요 약

식생활 수준의 향상과 더불어 다양한 외식산업의 발전이 도래한 가운데 흔히 접할 수 있는 패스트푸드점에서의 프렌치프라이에서 발암물질인 아크릴아마이드가 검출되었다는 보고는 전세계적으로 이슈화가 되었고, WHO 등 국제기구에서는 전문가그룹을 소집하는 등 대응하고 있다.

아직까지 아크릴아마이드의 식품을 통한 독성에 관한 연구는 진행 중에 있으며, 허용농도 등이 설정되어지지 않은 상황이다.

이번 연구는 유통중인 식품에서 아크릴아마이드에 함유량에 대한 조사와 산가와의 관계를 보기위해서 수행되어졌다. 전분을 주원료로 한 대부분의 식품에서 아크릴아마이드가 다양한 수준으로 검출되었으며, 생수와 청량음료는 검출되지 않았다.

산가와 아크릴아마이드 생성량을 관찰한 실험에서는 산가와 아크릴아마이드의 생성량 사이에는 특별한 상관관계가 없다고 밝혀졌으며 튀기는 횟수는 4회까지는 가능하리라 사려 된다. 본 연구에서는 식용유중 콩기름을 주로 사용하였으므로 다른 유지와의 관계를 관찰하는 연구가 더 수행되어져야 하고 유지자체의 여러 화학적 특성과의 관계의 연구 수행이 필요하다고 하겠다.

in food background information & research findings press briefing 17. may, 2002

4. Mendel Friedman, Chemistry, Biochemistry, and safety of acrylamide. A review. J. Agr. Food Chem, 2003, 51, 4504-4526.
5. Mottram et al., Acrylamide is formed in the Maillard reaction. *Nature*, 2002, 419, 448-449.
6. 박재영, 국내 가열식품 중의 아크릴아마이드 모니터링, 이화여자대학교 식품영양학과 석사 학위 논문, 2003
7. 이광근, 가열식품중의 Acrylamide, Food Engineering Progress, 2003, Vol. 7, No. 2, pp. 65-72.
8. Lauren jackson, Formation of acrylamide, FDA, 2003.
9. H. ono et al, Analysis of acrylamide by LC-MS/MS and GC-MS in processed Japanese foods, Food Additives and Contaminants, 2003, Vol. 20, No.3. 215-220.

## 참 고 문 헌

1. E. Tareke et al., Acrylamide : A Cooking Carcinogen?, Chem. Res. Toxicol. 2000, 13, 517-522.
2. Claudio et al., Fried potatoes and human cancer, Int. J. Cancer, 2003, 105, 558-560.
3. Food standards agency study of acrylamide

# **인천지역 수산물의 안전성 조사연구**

이길봉, 김명희, 이승환, 이규성, 윤가리, 황익화  
식품분석과

## **A study on safety of sea foods in Incheon**

G. B. Lee, M. H. Kim, S. H. Lee, K. S. Lee, G. L. Yun, E. H. Hwang  
Food analysis division

### **Abstract**

The residues of antimicrobials [Tetracyclines(OTC, TC, CTC, DC), Oxolinic acid, Fluoroquinolones (OF, NOR, CF, ENRO) and Ampicillin] existing in the farmed fishes were analyzed by High Performance Liquid Chromatography, the state of contamination on heavy metals of those, Lead and Mercury, was evaluated by using AA and mercury automatic analyzer.

OTC was detected in 10 samples, the ranges were 0.06~0.15ppm in six samples of Flatfishes, 0.08ppm and 0.07ppm in two samples of Black rockfishes, 0.06ppm in one sample of Croaker and 0.07ppm in one sample Swellfish, respectively. There was not detected in Sea Bass. The detection rate of Flatfish flounder is 30%.

The synthetic antibiotics, such as Oxolinic acid, were detected 0.05ppm in one sample of Sea Bass, 0.17ppm in one sample of Croaker, 0.05ppm and 0.04ppm in two samples of Swellfish, respectively. Whereas, there were not detected in Flatfish and Black rockfish.

TC, CTC, DC, Fluoroquinolones(OF, NOR, CF, ENRO) and Ampicillin were not detected in all samples.

## I. 서 론

식생활의 변화와 건강에 대한 높은 관심으로 고급식품에 대한 요구가 급증하고 건강식품으로 알려진 수산물의 수요는 증가하고 있으나 어획량은 점점 감소하고 있는 상황에서 자연 및 민물 어류의 양식업이 산업화, 다양화 되어 대량 공급이 행해지고 있다.<sup>1)</sup> 이러한 집약적인 어류양식으로 인한 질병의 예방과 치료를 위해 2003년 기준으로 150여 품목에 이르는 많은 의약품이 판매되고 있지만,<sup>2)</sup> 국내 양식어류에서 항균성 약제의 안전성을 확보하기 위한 체계적인 관리가 이루어지지 않고 있는 실정이다. 따라서 이들 항균제 잔류가 국민 보건상 문제시 될 수 있다는 판단 하에 잔류물질 허용기준을 고시하여 규제하고 있다.<sup>3)</sup>

우리나라의 식품위생법중 수산물의 항생물질 잔류허용기준은 어류 및 갑각류중 옥시테트라사이클린(0.2ppm이하)과 뱀장어에서 옥소린산(불검출)만이 설정되어 있었고, 최근에 어류 및 갑각류에 대해 스피라마이신(0.2ppm이하)과 클로람페니콜(불검출)의 기준이 추가로 설정되었다.<sup>3)</sup> 이러한 항생제가 수산물에 대해서 보다 합목적적 사용 및 규제방법을 확립하고, 수산용 약품의 체계적인 관리를 위하여 항균물질 잔류분석방법 및 잔류허용한계를 설정해야 된다고 사료된다. 또한 급속한 산업화와 도시발달로 인해 대기, 수질, 토양 등이 오염됨에 따라 식품 중 중금속 오염 우려는 날로 증대되고 있으며, 이러한 오염물질을 함유한 산업폐수와 도시하수는 연안으로 유입되어 해수 및 수산물을 오염시켜 최종 소비자인 인간의 건강을 위협하고 있다.

어류의 중금속 오염은 포획, 가공, 포장 등 과정에서 일어나기도 하나, 대부분 수질오염이 심한 지역에서 포획된 어류에서 많이 나타난다.<sup>4~7)</sup> 이러한 중금속 중 납, 수은 등은 자연적

으로 식품에 함유된 것이 아니고, 영양학적으로도 무의미하다.<sup>8)</sup> 또한 동식물 및 인간에 축적독성을 유발하여 심각한 부작용을 유발시킨다.<sup>9)</sup> 따라서 이러한 환경오염에 의해 중금속이 함유된 어류의 섭취 시 건강에 미치는 위해성에 대해 많은 관심이 모아지고 있다.

이에 본 연구에서는 인천지역에서 유통중인 양식어류 5종을 대상으로 어류양식장에서 양식어의 질병 치료 및 예방을 목적으로 가장 빈번히 상용하고 있는 테트라사이클린계(4종), 옥소린산, 플루오로퀴놀론계(4종) 및 암피실린의 잔류정도와 중금속 오염도를 알아보기 위해 납 및 수은의 함유량 조사를 실시하였다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 시료의 채취

인천 연안에서 양식되어 유통되는 어류의 항균물질 잔류량과 중금속 오염정도를 알아보기 위해, 가장 많이 유통되는 넙치, 우럭, 농어, 점성어, 복어 등을 5회에 걸쳐 각각 20건씩 채취하였다. 탈피 후 필렛을 뜯 어육을 잘게 마쇄하여 실험관에 담아 -20℃의 냉동실에 보관한 후 실험시 실온에서 해동하여 사용 하였다. 검사대상 항균물질은 어류 양식장에서 가장 빈번하게 사용하는 항균제, 테트라사이클린계 4종[oxytetracycline(OTC), tetracycline(TC), chlortetracycline(CTC), doxycycline(DC)], 플루오로퀴놀론계 4종[ofloxacin(OF), norfloxacin(NOR), ciprofloxacin(CF), enrofloxacin(ENRO)], oxolinic acid 그리고 ampicillin의 잔류량을 검사하였고, 중금속은 수산물 기준규격이 설정된 납(Pb)과 수은(Hg)을 분석하였다.

## 2. 표준품 및 시약

항균제 분석에 사용된 oxytetracycline, tetracycline, chlortetracycline, doxycycline, ofloxacin, norfloxacin, oxolinic acid 및 ampicilline은 Sigma사(USA) 제품을, ciprofloxacin와 enrofloxacin은 Fluka사(USA) 제품을 사용하였고, 실험에 사용된 methanol, hexane, methylene chloride, acetonitrile 및 water는 HPLC grade (Merck, Germany)를 Oxalic acid와 EDTA 등은 특급 이상을 사용하였다. 중금속 분석에 사용된 납 및 수은은 원자흡광분석용 표준원액(Waco Pure Chemical Industry Ltd.)을 사용하였으며, 다른 시약은 유해중금속분석용을 사용하였다.

## 3. 실험기구

실험기구는 Glass mortar and pestle, Glass column(10ml syringe, 15×95mm), 원심분리기(VS-5000, Msion®), 농축증발기(Turbovap® LV, Zymark), Ultrasonic bath(1510R -DTH, Branson), Yellow pipet tip 및 Arodisc(0.45μm) 등이 사용되었다.

## 4. 항균제 잔류량 분석방법

### (1) 표준용액 조제

테트라사이클린계 표준품 4종과 플루오로퀴놀론계 표준품 4종을 각각 10mg씩을 정밀히 취하여 100ml 갈색 용량플라스크에 넣고, methanol 10ml에 잘 녹인 다음 증류수로 표시선 까지 채워 잘 혼합하여 이 액(100μg/ml)을 표준원액(stock solution)으로 하였다.

옥소린산 표준품 10mg을 정밀히 취하여 100ml 갈색 용량플라스크에 넣고, methanol 10ml, 1N-NaOH 2ml 넣어 잘 녹인 다음 증류수로 표시선 까지 채워 잘 혼합하여 이 액(100μg/ml)을 표준원액(stock solution)으로 하였다.

암피실린 표준품 10mg을 정밀히 취하여 100ml 갈색 용량플라스크에 넣고, 증류수 20ml에 잘 녹인 다음 증류수로 표시선 까지 채워 잘 혼합하여 이 액(100μg/ml)을 표준원액(stock solution)으로 하였다.

각 표준원액 10ml씩을 각각의 100ml 갈색 용량플라스크에 넣고 이동상으로 표시선 까지 채워 잘 혼합하여 표준용액(10μg/ml)으로 사용하였다. 표준용액은 매 실험시마다 조제하여 사용하였다.

### (2) HPLC 이동상 및 유도체화시약 조제

테트라사이클린 분석시 이동상은 0.01M oxalic acid 750ml, acetonitrile 150ml 그리고 methanol 100ml를, 옥소린산 분석 이동상은 0.01M oxalic acid 600ml, acetonitrile 300ml 그리고 methanol 100ml를, 각각 잘 혼합하여 여과(Millipore, 0.45 μm)후 사용하였다.

플루오로퀴놀론 분석 이동상 용매는 1L 증류수에 triethylamine과 phosphoric acid 0.4%가 되도록 첨가시킨 용액, methanol 및 acetonitrile의 혼합액(800 : 100 : 100, v/v/v)을 여과후 사용하였다.

암피실린 분석을 위한 이동상 용매는 0.1M phosphate buffer(containing 0.0157M thiosulfate) 750ml와 acetonitrile 250ml를 잘 혼합하여 여과후 사용하였다. 또한 유도체화 시약 I은 benzoic anhydride 2.260g을 50ml 용량플라스크에 취하고 증류수로 녹여 표시선까지 채웠고, 시약 II는 50ml용량플라스크에 1,2,4-triazole 6.905g을 취하여 증류수 30ml를 가하여 녹이고, 여기에 26mM HgCl<sub>2</sub> 5ml를 가하여 섞은 후 5M NaOH로 pH 9.0±0.05로 조정하고 표시선 까지 증류수로 채워 만들었다.

### (3) 표준 검량선의 작성 및 계산

표준용액(10μg/ml)을 테트라사이클린은 2.0, 1.0, 0.5, 0.2μg/ml으로, 옥소린산 및 플루오로퀴

놀론은 0.5, 0.2, 0.1,  $0.05\mu\text{g}/\text{ml}$ 이 되도록 각각의 이동상으로 희석하였다. 그리고 암피실린 표준용액( $10\mu\text{g}/\text{ml}$ )은 이동상을 가해 4.0, 2.0, 1.0,  $0.5\mu\text{g}/\text{ml}$ 으로 희석한 후, 희석 표준용액  $0.5\text{ml}$ 씩을  $15\text{ml}$  스크류캡 시험관에 취하고, 유도체화 시약 I을  $75\mu\text{l}$  넣고 뚜껑을 닫아 30초간 잘 혼합한 후 실온에 10분간 방치한 다음, 유도체화 시약 II를  $425\mu\text{l}$  가하여 뚜껑을 닫고 60초간 흔든다. 이것을  $65^\circ\text{C}$ 에서 30분간 가열하여 반응시킨 후 즉시 실온으로 식힌 다음,  $0.45\mu\text{m}$  Acrodisc로 여과하여 표준용액으로 하였다. 각각의 4개의 희석된 표준용액을  $50\mu\text{l}$ 씩 주입하여 얻은 액체 크로마토그래피 크로마토그램에서 각 성분에 대한 농도별 평균면적을 구하여 X축을 농도, Y축을 면적으로 하여 표준곡선을 작성하였다.

시험용액 분석에서 얻은 크로마토그램으로부터 각 성분에 대하여 머무름 시간이 일치되는 각각의 피크에 대한 평균면적을 구한 다음 표준곡선 좌표의 Y축에 동일한 값을 표시하고 이 값과 표준곡선상 만나는 점에서 수직으로 X축과 만나는 점이 시료용액의 농도를 나타내었다. 이 농도에 시험용액의 희석배수를 곱하고 시료 무게로 나누어 최종 시료 중 각 성분의 농도를 산출하였다.

#### (4) 시료의 전처리

테트라사이클린, 옥소린산 및 플루오로퀴놀론은  $\text{C}_{18}$  분말 2g이 담긴 유발에 시료 1g씩을 정밀하게 취하여 각각 Fig. 1, 2, 3에 따라 실험하였다. 마지막 용출액은 적정온도에서 건조시킨 후 이동상 1ml 넣고 10분간 초음파를 가하여 완전히 용해시켰다. 이를 원심분리( $5,000\text{rpm}$ , 10min) 하여 상층액을  $0.45\mu\text{m}$  Acrodisc로 여과하여 시험용액으로 사용하였다.

암피실린은 시료 5g씩을 정밀하게 취하여 50ml 원심관에 넣고 Fig. 4에 따라 실험하여 마지막 용출액을  $40^\circ\text{C}$ 에서 건조시킨 후 phosphate

buffer(pH9.0)  $0.5\text{ml}$ 를 가하여 녹인다. 이액  $0.5\text{ml}$ 에 위의 암피실린 표준용액의 유도체화 과정과 동일하게 조작하여 시험용액으로 하였다.

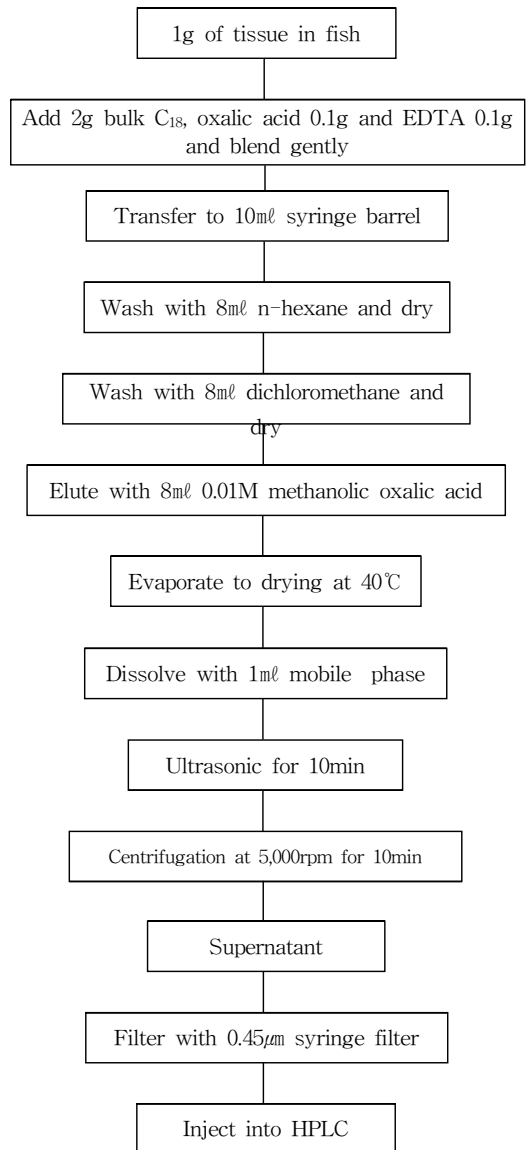


Fig. 1. The sample preparation scheme of tetracyclines in fish muscle.

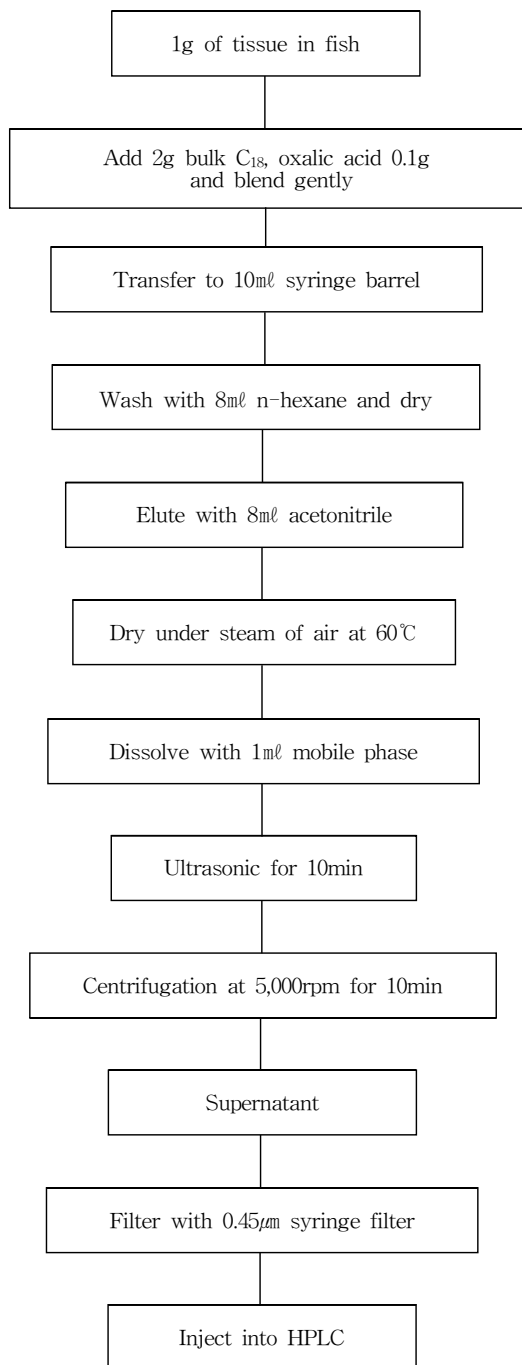


Fig. 2. The sample preparation scheme of oxolinic acid in fish muscle.

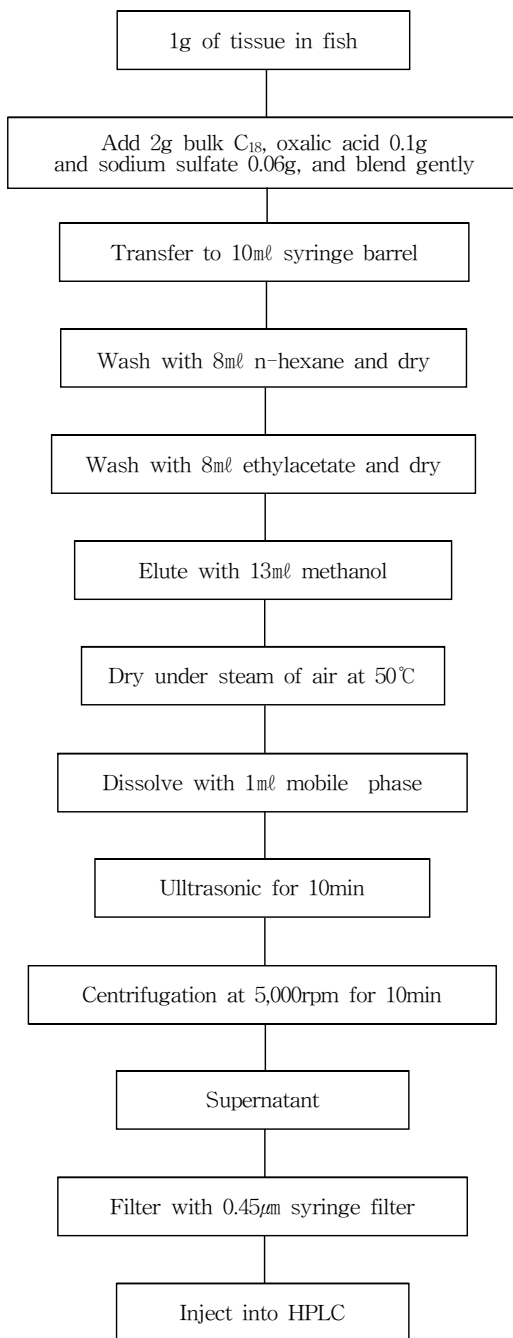


Fig. 3. The sample preparation scheme of fluoroquinolones in fish muscle.

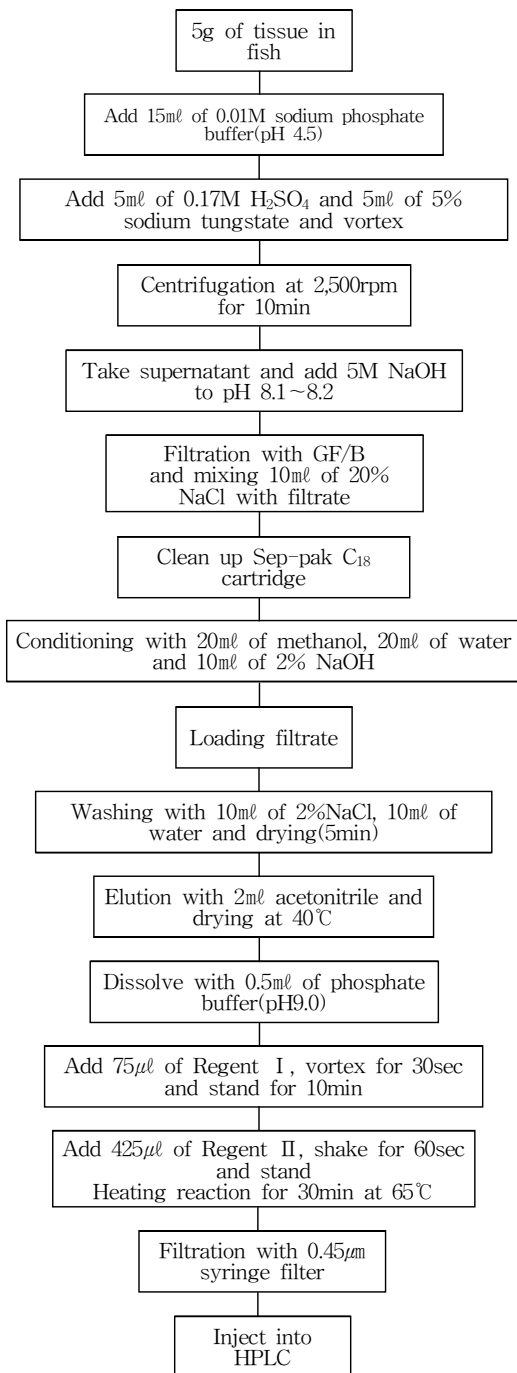


Fig. 4. The sample preparation scheme of ampicillin in fish muscle.

## (5) HPLC 분석

어체에 잔류하는 미량의 항균물질을 정량하기 위한 액체크로마토그래피(HPLC, Varian ProStar, USA)의 측정조건은 Table 1과 같다.

Table 1. Operation conditions of HPLC for antimicrobials residues analysis.

Classification	Condition			
	Tetracyclines	Oxolinic acid	Fluoroquinolones	Ampicillin
Column	4.6×250mm(C <sub>18</sub> , 5µm, Omnispher 5)			
Mobile phase	0.01M oxalic acid : acetonitrile : methanol (750 : 150 : 100, v/v/v)	0.01M oxalic acid : acetonitrile : methanol (600 : 300 : 100, v/v/v)	water† : acetonitrile : methanol (800 : 100 : 100, v/v/v)	0.1M phosphate buffer containing 0.0157M thiosulfate : acetonitrile (750 : 250, v/v)
Temperature	room temperature			
Flow rate	1.0ml/min			0.7ml/min
Detector	UV λ = 360nm	FL λ = EX 327nm λ = EM 369nm	FL λ = EX 278nm λ = EM 456nm	UV λ = 325nm
Injection volume	50µl(auto sampler)			
Run time	20min			10min

† containing 0.4%-phosphoric acid and 0.4%-triethylamine

## 5. 중금속 분석방법

### (1) 납(Pb)분석

시료 약 2g을 분해플라스크에 정밀히 달아 물 50ml, 질산 20ml를 넣어 혼합하여 24시간 방치한 다음 가열하여 분해하였다. 질산을 5ml씩 추가하면서 계속 가열하여 내용물이 미황색 혹은 무색이 되었을 때 분해가 완료된 것으로 하였다. 물을 가해 일정량으로 하여 시험용액으로 하고 공시험용액에 대하여도 같은 조작을 하여 시험용액을 보정하였다.

Pb 표준원액(1000ppm)을 0.2%질산을 가해 최종농도를 1.0µg/ml으로 표준액을 만들었다. 원자흡광광도계(Varian spectra AA 880, USA)에



서 3단계로 회석하여 분석되었으며, 측정조건은 Table 2와 같다.

Table 2. The operating condition of AAS and mercury analyzer.

Element	Classification	Condition
Pb	Measurement mode	Integration
	Lamp	UltraAA Pb
	Lamp current(mA)	10
	Wave length(nm)	283.3
	Slit width(nm)	0.5
	Nebulaizer uptake rate(ml/min)	5.0
Hg	Heating Mode	Mode 2
	Heating time / degree	4min / 800℃
	Meas Mode	high(0~1000)
	Purge time / degree	2min / 600℃
	Carrier Gas	Purified dry air
	Flow rate	5.0ml/min
	Detection limit	1ng
	Additive	* M+S+M+B+M

\* M : Sodium carbonate anhydrous : Calcium hydroxide =1 : 1(w/w)  
B : Aluminium oxide anhydrous  
S : Solid sample

## (2) 수은(Hg)분석

Hg 표준원액(1000ppm)을 0.001% L-시스테인용액으로 최종농도 5ng/ml, 10ng/ml, 15ng/ml으로 회석하여 사용하였다. Mercury analyzer(MA-2, Nippon Instrument Co., JAPAN) 를 이용, Table 2의 조건에 따라 시료 약 0.1g을 취하여 첨가제  $M(Na_2CO_3+Ca(OH)_2)$ 이 들어진 boat에 넣고 첨가제 M과  $B(Al_2O_3)$  그리고 M을 순서대로 첨가하여 가열기화금아말감법(Combustion gold amalgamation method)<sup>10)</sup>으로 분석하였다.

# Ⅲ. 결 과

## 1. 항균제

양식어류 5종(넙치, 우럭, 농어, 점성어, 복어)

중 항균물질인 테트라사이클린계 4종(OTC, TC, CTC, DC), 암피실린과 합성항균제인 옥소린산, 플루오로퀴놀론계 4종(OF, NOR, CF, ENRO) 등의 잔류량을 분석한 결과는 Table 3과 같다.

Table 3. Analysis results of residual antimicrobials in the five farmed finfish.

(Unit : ppm)

Sample	Tetracycline				Oxolinic acid	Fluoroquinolone				Ampicillin
	OTC	TC	CTC	DC		OF	NOR	CF	ENRO	
Flatfish (20)†	0.15									
	0.14									
	0.11									
	0.08	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	0.07									
	0.06									
Black rockfish (20)	[6]‡									
	0.08									
Sea Bass (20)	0.07	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	[2]									
Croaker (20)	0.06									
	[1]									
Swellfish (20)	0.07									
	[1]									
Total (100)	ND~				ND~					
	0.15	-	-	-	0.17	-	-	-	-	-
	[10]				[4]					

† Number of samples tested

‡ Number of samples whose antimicrobial residues were detected.

테트라사이클린계 4종의 표준곡선은 Fig. 5에 나타냈으며, 표준액과 시험시료의 크로마토그램은 Fig. 6에 나타내었고, 옥소린산은 Fig. 7과 Fig. 8에, 플루오로퀴놀론계 4종은 Fig. 9와 Fig. 10, 암피실린은 Fig. 11과 Fig. 12에 각각 나타내었다.

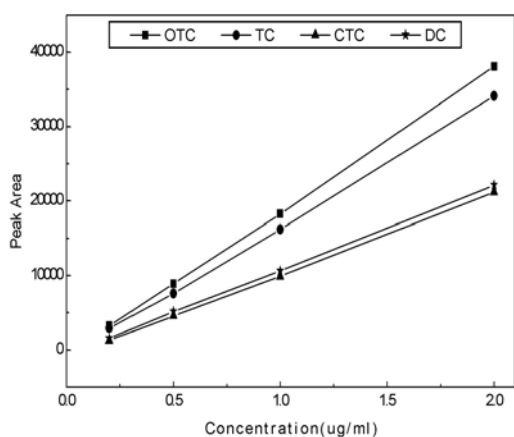


Fig. 5. Standard calibration curves of four tetracyclines ( $r^2=0.999$ ).

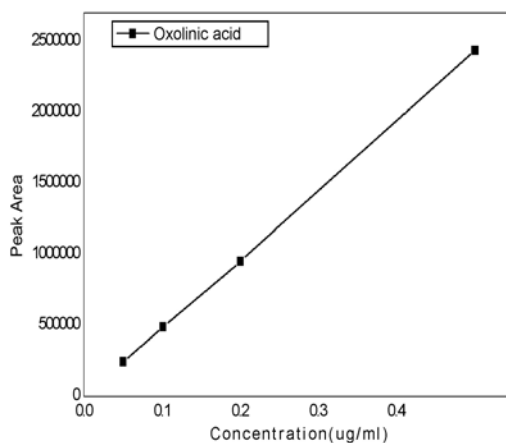


Fig. 7. Standard calibration curve of oxolinic acid ( $r^2=0.999$ ).

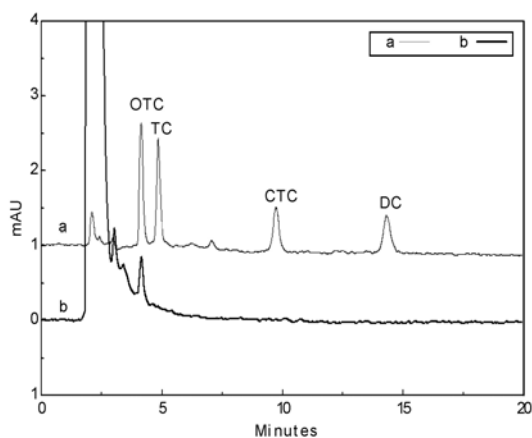


Fig. 6. HPLC chromatograms of tetracyclines(a) and fish muscle extract(b).

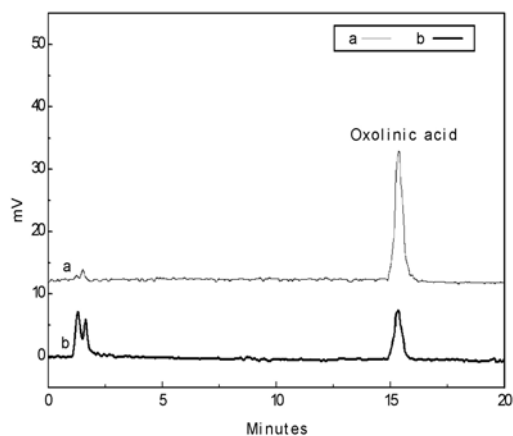


Fig. 8. HPLC chromatograms of oxolinic acid(a) and fish muscle extract(b).

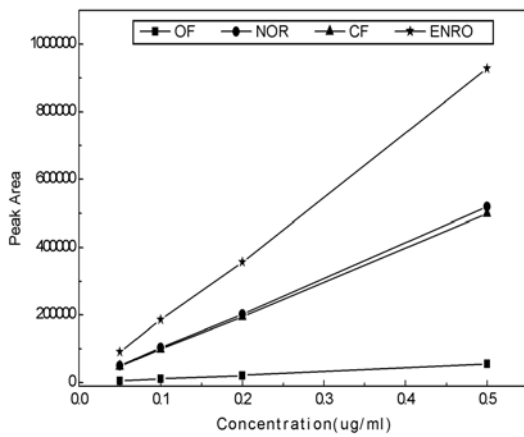


Fig. 9. Standard calibration curves of four fluoroquinolones( $r^2=0.999$ ).

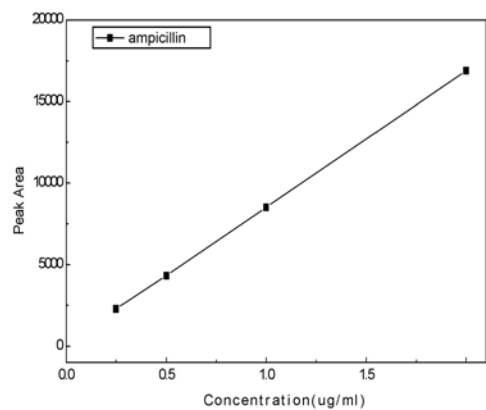


Fig. 11. Standard calibration curve of ampicillin ( $r^2=0.999$ ).

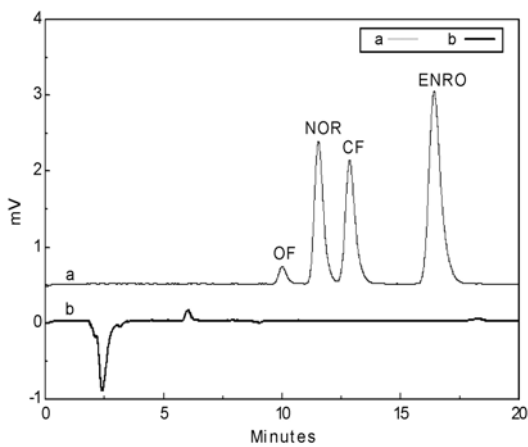


Fig. 10. HPLC chromatograms of fluoroquinolones (a) and fish muscle extract(b).

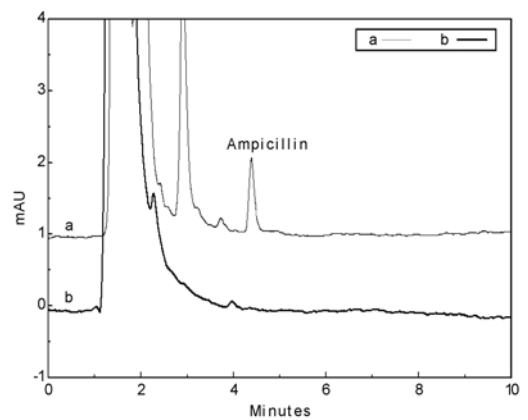


Fig. 12. HPLC chromatograms of ampicillin(a) and fish muscle extract(b).

테트라사이클린계, 옥소린산, 플루오로퀴놀론계, 암피실린 등의 항균물질에 대한 HPLC 크로마토그램은 Fig. 6, 8, 10, 12에서 보는 바와 같이 분리도가 양호하였으며, 표준액 0.05~2.0ppm의 농도로 조제한 항균제 표준물질을 측정 후 농도 대 평균피크 면적비를 이용하여 표준곡선을 작성한 결과 Table 4와 같이 4가지 계열 모두에서 상관관계가 0.999 이상의 양호한 직선성을 나타내었다.

Table 4. Calibration equation of four tetracycline, oxolinic acid, four fluoroquinone and ampicillin from standard solution.

Compound	Correlation coefficient( $r^2$ )	Linear regression equation
Oxytetracycline	0.9998	$y = 19358x - 773.51$
Tetracycline	0.9995	$y = 17433x - 911.40$
Chlortetracycline	0.9998	$y = 11071x - 1003.03$
Doxycycline	0.9998	$y = 11384x - 661.06$
Oxolinic acid	0.9998	$y = 4882651x - 5802.81$
Ofloxacin	0.9996	$y = 112789x - 370.46$
Norfloxacin	0.9998	$y = 1041837x - 2216.93$
Ciprofloxacin	0.9999	$y = 1003612x - 2770.44$
Enrofloxacin	0.9999	$y = 1860267x - 4790.75$
Ampicillin	0.9999	$y = 8114.6x + 301.52$

넙치는 주로 육상에서 수조식으로 양식되고 있으며 연간 2만여톤이 생산되고 있는 우리나라 대표적인 양식품종이다.<sup>11)</sup> 넙치에 대한 항균제의 잔류량은 옥시테트라사이클린이 0.15ppm, 0.14ppm, 0.11ppm, 0.08ppm, 0.07ppm 및 0.06ppm으로 평균 0.031ppm 검출되었고, 20건 중 30%인 6건이 검출되었다. 이는 ND~0.307ppm(평균 0.038ppm), 22%의 검출률을 나타낸 다른 연구자의 결과<sup>12)</sup>보다 낮은 수치였고 기준

치인 0.2ppm을 초과하는 시료는 없었다. 테트라사이클린, 클로로테트라사이클린, 독시사이클린, 옥소린산, 오픈록사신, 노플록사신, 시프로플록사신, 엔로플록사신 및 암피실린 등은 전혀 검출되지 않았다.

우럭은 옥시테트라사이클린이 0.08ppm, 0.07ppm으로 평균 0.008ppm이 검출되었고, 20건 중 2건으로 10%의 검출률을 나타내었으며 기준을 초과한 시료는 없었다. 또한 나머지 항균제는 검출되지 않았다. ND~0.295ppm(평균 0.023ppm)으로 검출률 32%를 나타낸 다른 연구치<sup>12)</sup>보다 낮은 결과를 보였다.

농어는 20건 중 1건에서만 옥소린산이 0.05ppm이 검출되었고 나머지 항균제는 전혀 검출되지 않았다.

점성어와 복어는 옥시테트라사이클린이 0.06ppm과 0.07ppm으로 각각 1건씩 검출되었고, 합성항균제인 옥소린산 잔류량은 점성어가 0.17ppm으로 1건, 복어는 0.05ppm과 0.04ppm으로 2건이 검출되었으며, 나머지 항균제는 검출되지 않았다.

테트라사이클린계 항균제중 허용기준이 설정되어 있는 옥시테트라사이클린은 전체 분석시료 100건 중 넙치 6건, 우럭 2건, 점성어 1건 및 복어 1건 등 10건에서 검출되었고, 농어를 제외한 모든 어종에서 광범위하게 사용되는 항균제임을 알 수 있었다. 잔류량은 ND~0.15ppm(평균 0.009ppm)으로 기준(0.2ppm)이내로 비교적 안전한 것으로 보인다.

옥소린산은 식품공전상 뱀장어에만 잠정허용기준이 불검출로 정해져 있으나, 농어, 점성어, 복어 등에서 검출되어 다른 어류에서도 기준 설정 및 관리가 필요한 것으로 사료된다.

플루오로퀴놀론계 4종(OF, NOR, CF, ENRO)과 암피실린은 검사대상 모든 시료에서 검출되지 않았으나 소, 돼지, 닭 등 가금류에는 그 기준이 설정<sup>3)</sup>되어 있다.

## 2. 중금속

인천지역에 유통되고 있는 양식어류 5종 등에 함유된, 납 및 수은의 유해중금속 함유량을 Table 5에 나타내었다.

Table 5. The contents of Pb and Hg in the five farmed finfish.

(Unit : ppm)

Sample	No.	Pb	Hg
Flatfish	20	0.124~0.998 (0.437)	0.008~0.145 (0.038)
Black rockfish	20	0.098~0.519 (0.251)	0.021~0.090 (0.043)
Sea Bass	20	0.102~0.472 (0.259)	0.022~0.129 (0.054)
Croaker	20	0.092~0.395 (0.218)	0.001~0.127 (0.048)
Swellfish	20	0.001~0.436 (0.221)	0.020~0.071 (0.045)
Total	100	0.001~0.998 (0.277)	0.001~0.145 (0.046)

The values express min~max(mean) of data.

납(Pb)은 넙치가 0.124~0.998(평균 0.437), 우럭이 0.098~0.519(평균 0.251), 농어가 0.102~0.472(평균 0.259), 점성어가 0.079~0.436(평균 0.233), 복어가 0.092~0.395(평균 0.218)ppm이 검출되었다. 납 함량평균치는 넙치가 가장 높았고, 그 다음으로 농어, 우럭, 복어, 점성어 순이었다.

수은(Hg)은 넙치가 0.008~0.145(평균 0.038), 우럭이 0.021~0.090(평균 0.043) 농어가 0.022~0.129(평균 0.054), 점성어가 0.020~0.071(평균 0.045) 복어가 0.027~0.127 (평균 0.050)ppm 검출되었다. 수은 함량평균치는 농어가 가장 높게 검출되었고, 그 다음으로 점성어, 복어, 우럭, 넙치 순이었다.

납과 수은의 어류에서 검출상관성은 넙치에서  $r^2 = 0.1989$ , 우럭  $r^2 = 0.1598$ , 농어  $r^2 = 0.0256$ , 점성어  $r^2 = 0.1894$ , 복어  $r^2 = -0.0510$ 이며 전체시

료에선  $r^2 = 0.0214$ 로 서로 어떤 연관성도 나타나지 않았다.

## IV. 고 찰

### 1. 항균제

최근 우리나라의 어류 양식장에서는 약 20여종의 항균성 약제가 주로 사용되고 있는데 그중 옥소린산과 테트라사이클린계의 약제가 가장 빈번히 사용되고 있다.<sup>13)</sup> 국립수산물과학원에서 2003년 자체 조사한 수산용 항균제 판매현황<sup>2)</sup>을 보면 17가지 성분의 항생제가 단일 또는 복합제로 150여 품목이 판매되는 것으로 파악되었다(Table 6).

Table 6. Amount of sold antibacterials for aquaculture in 2003.

Antibacterials	Sales(Won)	Products
Sulfa제	16,938,000	4
Oxytetracycline HCl	2,721,647,000	28
Erythromycin	724,589,000	14
Florfenicol	501,161,000	22
Ampicillin	607,654,000	11
Amoxacillin	403,867,000	8
Clindamycin	125,594,000	5
Doxycycline	54,156,000	4
Thiamphenicol	9,717,000	3
Oxolinic acid	350,753,000	13
Flumequine	127,734,000	13
Norfloxacin	21,913,000	3
Cifloxacin	370,947,000	5
Pefloxacin	55746,000	2
Nifurstyrene sodium	253,424,000	4
Sulfa+Erythromycin +Trimethoprim	562,459,000	12
Total	6,908,299,000	151

어류 양식산업에서 항균성 약제의 사용은 각종 질병 발생시 치료뿐만 아니라 예방의 목적으로 사료와 함께 경구 투여제로 사용되고 있다.<sup>14)</sup> 이는 양식어류의 생산성 증대에 대단히

큰 공헌을 하였으나 무분별한 사용으로 인한 수산식품의 잔류로 소비자의 건강을 위협하는 문제점도 발생하고 있다. 따라서 이들 양식어류의 안전성 및 품질관리에 대한 국민의 관심과 기대욕구는 상승하는 반면 잔류허용기준 설정은 그를 따라가지 못하고 있다.

테트라사이클린계 항균물질은 poly 구조이며 세균에 선택적인 독성을 나타내 많은 그람양성 및 음성균, Rickettsiae, Mycoplasmae 및 Chlamydiae 등에 광범위하게 효과를 낸다<sup>15)</sup>. 또한 일정량 이상 섭취할 경우 성장발육 저해, 골격형성 부진, 면역능력 감소 그리고 피부발진 및 발열 등 알레르기 반응이 나타나는 등 건강에 직접적으로 영향을 끼치게 된다.

본 연구의 결과치가 국립수산물보다 낮게 나타난 것은 후자는 시료를 양어장에서 직접 채취한 것이고 본 조사에서는 시중에 유통되고 있는 시료를 채취한 것으로, 경시변화에 따른 분해가 일어난 것으로 판단되어진다. 그러므로 휴약기간 준수가 필요하다고 사료된다.

옥소린산은 퀴놀론계 항균물질로 다른 항생제의 간섭작용 없이 어류의 복합감염에 독특한 항균효과를 낸다.<sup>13)</sup> 특히 뱀장어의 지느러미부식증이나 아가미부식증, 잉어는 에로모나스감염증, 송어의 비브리오증 등의 세균성 질병치료제로 사용되며, 식품을 조리하는 가열조건에도 거의 영향을 받지 않을 정도로 안정한 것으로 보고되고 있다.<sup>16)</sup>

옥소린산은 본 조사에서 4%가 검출되어 이미 양식어류에 사용되는 것으로 판단되며 기준이 설정되어 있는 뱀장어 이외의 양식어류에 대해서도 기준 및 규격 설정이 필요하다고 사료된다.

또한 퀴놀론계 항균제중 플루오로퀴놀론계는 기존의 퀴놀론계보다 낮은 농도로도 뛰어난 감수성을 가지는 더욱 광범위한 항생물질로 그람양성균까지도 항균력을 발휘하며, Aeromonas

salmonicida에 감염된 연어의 치료에도 효과가 큰 것으로 보고되었다.<sup>17)</sup>

페니실린에 각종 화합물을 첨가하여 반합성한 암피실린은 항균범위가 넓은 제제로 그람양성 및 황색포도상구균에 민감하게 작용하며, 여러 종류의 그람음성 간균에도 효과가 있다.<sup>15)</sup>

이러한 항균성 물질이 일정량 이상 잔류하는 식품을 장기간에 걸쳐 섭취할 시에는 내성으로 인해 임상용 약제의 효과를 기대 할 수 없는 극단적인 상황도 예상 된다.<sup>18, 19)</sup>

항생제의 오남용으로 인한 부작용이 알려지면서 우리나라를 비롯하여 선진국 대부분의 나라에서는 양식어를 대상으로 많은 연구가 진행되고 있으며,<sup>20, 21)</sup> 수산물을 포함한 일반 식품에서의 항생제 함량에 대하여 엄격한 기준을 법으로 정하여 직접적으로 규제를 하고 있다.

항균제 분석법으로는 bioassay method<sup>22~25)</sup>, TLC법<sup>22)</sup>, HPLC법<sup>22, 23, 26~28)</sup>, ELISA법, GC법<sup>22, 23)</sup>, 방사성 동위원소 수용체시험법<sup>29)</sup>이 소개되고 있으며, 우리나라 공인검사법은 미생물학적 검사법과 형광검출기를 이용한 HPLC법<sup>22, 23)</sup>이 이용되고 있다. 최근에는 동일 조작으로 다성분을 분석할 수 있는 시험방법의 개발이 시도되고 있는데, 시료의 추출과정이 간단하고 빠르게 전처리 할 수 있는 CharmII kit<sup>30)</sup>는 감도가 뛰어나고 단기간 내 6가지 계열을 검출할 수 있는 장점이 있으나 정성정량이 어려우며 시약의 가격이 비싸 일상검사에 사용하기 어려운 단점이 있으나, MSPD(Matrix Solid Phase Dispersion)<sup>31, 32)</sup>은 C<sub>18</sub>을 조직내로 분산시켜 시료와 표면적을 넓혀 전 시료가 추출과정에 노출되도록 반 건조상태로 한 후 유기용매로 직접 추출하는 방법으로 시료의 양이 제한되는 단점이 있으나 시료의 추출과정이 간단하고 빠르게 전처리 할 수 있어 본 연구에서 항균물질의 정량분석법으로 이용하였다.

## 2. 중금속

납은 무거운 원소들 중 가장 흔한 것으로서 지표 kg당 13mg 정도를 차지한다. 납은 자연 상태에서 몇 가지 안정된 동위원소들로 존재하는데 208Pb, 206Pb, 207Pb, 204Pb 의 순으로 풍부하며, 융점이 327℃인 부드러운 금속이다. 또한 광석에는 황화물, 산화물, 탄산 화합물로서 평균 3~8% 함유되어 있다.

산업활동 이후에 1차적으로는 대기 중으로 납 입자의 배출과 납 함유 폐수에 의한 물의 오염이 이루어졌고, 2차적으로는 인위적으로 납이 농축된 도로나 생활필수품을 통해서 직접적으로 오염되었다. 또한 토양, 식물, 식품을 거쳐서 간접적으로 경구 혹은 기도로 인체에 섭취되는 일이 거듭되었다.<sup>33)</sup>

식품은 예로부터 사람의 납 섭취의 커다란 공급원이 되었다. 일상의 식품을 분석하면 평균 0.2~수 ppm의 납이 검출된다. 이것은 식품이 취해진 환경의 납 오염도와 관계되며, 특히 일찍이 사용된 납 함유 농약으로 인한 토양오염이나 자동차의 배기가스에 의한 오염이 중요하다. 또한 도자기나 그릇을 만들 때 쓰이는 안연료(鉛顔料)등이 산성 또는 알칼리성 식품으로 인해 납이 용출되어 식품을 오염시키기도 한다.<sup>33)</sup>

본 연구에서는 0.001~0.998(평균 0.277)ppm으로 다른 연구자들의 보고치 0.005~0.148(평균 0.03)<sup>34)</sup>와 0.01~1.34(평균 0.47)ppm<sup>35)</sup> 사이의 값으로 국내산 양식어류의 납함유량은 오염된 수준이 아닌 것으로 사료된다

모든 식품 중에는 미량이지만 수은이 함유되어 있다. 이는 반드시 인위적으로 유래되는 것은 아니지만 그 영향을 고려하여야 한다. 식품 중에는 어패류, 특히 다랑어류에 많이 함유되어 있다. 일반적으로 하천의 물고기는 0.1~0.4ppm, 연안의 물고기는 0.01~0.3ppm인 것에 비하여 인위적 오염이 적은 원양의 육식성

다랑어 등은 0.3~2.0 ppm의 수은을 함유하며, 또 일부 심해어(深海魚)도 0.3~0.8ppm의 수은을 함유하는 것으로 나타났다.<sup>36)</sup> 이러한 고농도 수은 함유어는 미생물이나 조(藻), 물벼룩으로부터 시작되는 먹이사슬의 최종단계 동물로서, 먹이사슬을 통한 생물학적 농축이 일어나고 있다고 생각되며, 농축량은 수중 수은 농도의 3,000배에 달하는 것이다. 또한, 주목하여야 할 것은 가장 독성이 높은 유기 메틸수은이 총 수은량의 80~100%를 차지하고 있다는 것이다.<sup>37)</sup> 수은의 공기중 농도는 2~10 ng/m<sup>3</sup>이다. 환경 중으로 배출되는 수은은 무기수은인 데 반해, 많은 식품(주로 물고기 등의 동물성식품) 중 총 수은의 50~100%가 메틸수은임을 볼 때 무기수은은 자연계에서 메틸화되는 것이 확실하다. 저토(底土) 중의 미생물(혐기성의 Clostridium cochlearium 등)뿐만 아니라 호기성의 빨간빵곰팡이나 활성 슬러지에서 수은의 메틸화를 볼 수 있다. 동물에서는 주로 다랑어나 방어에서 나타나고 있다.<sup>38)</sup> 또한 19세기의 시료 분석에서도 거의 같은 정도의 수은이 검출되고 있는데, 이는 어류의 수은오염이 자연발생적인 것임을 나타내고 있다.<sup>37)</sup>

본 연구에서는 0.001~0.145(평균 0.046)ppm 다른 연구자들의 보고치 0.010~0.439(평균 0.076)<sup>35)</sup>와 0.03~3.21(평균 0.93)ppm<sup>34)</sup> 사이의 값으로 국내산 양식어류의 납함량은 오염된 수준이 아닌 것으로 사료된다.

## V. 결 론

인천관내에서 유통되는 수산물중 넙치, 우럭, 농어, 점성어, 복어 등 양식어류 100건에 대해 테트라사이클린계(4종), 플로오로퀴놀론계(4종), 옥소린산 및 암피실린 등 4가지 계열의 항균물질 잔류량을 HPLC를 이용하여 분석하였고, 중

금속중 납(pb)과 수은(Hg)의 오염정도를 원자 흡광광도계(AA)와 수은분석기를 이용하여 분석하였다.

테트라사이클린계 항균제는 10건의 시료에서 옥시테트라사이클린(OTC)이 검출되었으며, 테트라사이클린(TC), 클로로테트라사이클린(CTC), 독시사이클린(DC)은 검출되지 않았다. 옥시테트라사이클린이 검출된 10건에는 넙치가 0.06~0.15ppm으로 6건, 우럭은 0.08ppm과 0.07ppm 2건, 점성어 0.06ppm 1건, 복어 0.07ppm 1건이 있으며 농어에선 전혀 검출되지 않았다. 따라서 넙치는 20건 중 6건에서 OTC가 검출되어 비교적 높은 검출률을 보였고 농어를 제외한 모든 어종에서 검출되어 광범위하게 사용되는 항균제임을 알 수 있다. 또한 수산물중 테트라사이클린계 항균제 허용기준은 옥시테트라사이클린만이 정해져 있고 그 기준은 0.2ppm으로 검출범위가 ND~0.15ppm(평균 0.009ppm)이므로 비교적 안전한 것으로 보인다.

옥소린산은 농어 1건에서 0.05ppm, 점성어 1건에서 0.17ppm, 복어 2건에서 0.05ppm과 0.04ppm이 검출되어 기준 설정 및 관리가 필요하다고 사료된다

플루오로퀴놀론계(4종)과 암피실린은 검사대상 모든 시료에서 검출되지 않았다.

중금속 중 납(Pb)은 넙치가 0.124~0.998(평균 0.437), 우럭이 0.098~0.519(평균 0.251), 농어가 0.102~0.472(평균 0.259), 점성어가 0.092~0.395(평균 0.218), 복어가 0.001~0.436(평균 0.221)ppm이었으며, 전체 분석시료는 0.001~0.998(평균 0.277)ppm으로 기준인 2.0ppm이하로 검출되었다.

수은(Hg)은 넙치가 0.008~0.145(평균 0.038), 우럭이 0.021~0.090(평균 0.043) 농어가 0.022~0.129(평균 0.054), 점성어가 0.001~0.127(평균 0.048) 복어가 0.020~0.071(평균 0.045)ppm이었으며, 전체 분석시료는 0.001~0.145(평균 0.046)

ppm으로 기준인 0.5ppm이하로 검출되었다.

## 참 고 문 헌

1. 하대식, 김종수, 김곤섭 : MSPD와 HPLC를 이용한 어류의 잔류살파제와 테트라사이클린계 항생물질의 동시분석. 한국식품위생안전성학회지, 12(2), pp.117~124, 1997
2. 식품의약품안전청. 수산물 항생제 관리시스템 구축 최종보고서, 2004.
3. 식품안전청고시, 제2004-18호, 2004.
4. 최석영, 식품오염, 울산대학교 출판부, 1994.
5. National Food Authorit. the 1992 Australian Market Basket Survery : A total diet survey of pesticides and contaminants. 1992.
6. 이서래, 식품의 안전성 연구. 이화여자대학교 출판부. 1993.
7. UNEP/FAO/WHO : Assessment of dietary intakes of chemical contamination, 1992.
8. Conor Reilly : Metal contamination of food, 1st edition, Elsevier science publish Ltd., 1980.
9. Conor Reilly : Metal contamination of food. 3rd edition, Blackwell Science publish Ltd, 2002.
10. KFDA, 1999 Food Code, 1999.
11. 해양수산부 2003. 2003 해양수산물통계연보, pp.148~167
12. 국립수산물과학원, 수산물항생제관리시스템 구축. pp.110, 2002.
13. 정현도, 전세규; 항균제 사용과 세균성 어류 질병의 치료. *J. Fish Pathol.*, 5, pp.37~48, 1992.
14. 이종옥, 소유섭 등; 식품중 항생제 잔류량 모니터링, *The Annual Report of KFDA*, 7, pp.704~709, 2003.
15. 홍사석, 이우주의 약리학 강의, 선일문화사,



- 1990.
16. 김경호, 송미란, 최남선 등 : 시판중인 뱀장어종의 oxolinic acid 잔류량과 가열에 의한 변화, 한국식품위생안전성학회지, 13, pp.14~19, 1998.
17. Markward, M.N. and G.W. Klontz, A method to eliminate the symptomatic carrier state of *Aeromonas salmonicida* in salmonids. *J. Fish Dis.*, 12, pp.317, 1998.
18. 吐山豊秋, 動物薬の使用實態と食品残留, 食衛誌, 39(1), pp.6~11, 1998.
19. 이연희, 항균제 내성의 제문제, 미생물과 산업, 24(1), pp.3~9, 1998.
20. Ellingsen, O.F., B. Midttum, A. Rogstad, C. Syvertsen and O.B. Samuelsen. Dosage regime experiments with oxooinic acid and flumequine in Atlantic salmon(*Salmo salar* L) held in seawater. *Aquaculture*, 209, pp.19~34, 2002.
21. Horie, M., H. Takegami K. Toya and H. Nakazawa, Determination of macro antibiotic in meat & fish by liquid chromatography electrospray mass spectrometry. *Analytica Chimica Acta*, 492, pp.187~197, 2003.
22. 박종명, 축산식품중 잔류물질 검사법, 도서출판 상록, pp.66~67, 1991.
23. 한국식품가공협회. 식품공전, 2002.
24. 조병훈, 진남섭, 손성완 등 : EEC-4 plate test의 식육중 항균물질 검출감도와 항균물질 계열별 검출능의 비교조사. 한국식품위생안전성학회지 11(4), pp.307~313, 1996.
25. 손성완, 조병훈, 진남섭 등 : 식육중 잔류 항균물질의 검출을 위한 *Bacillus megaterium* 디스크 검사 키트개발, 한국식품위생안전성학회지 11(4), pp.315~321, 1996.
26. 조태행, 이광식 등 : 테트라사이클린계 항생물질의 분석기법 개발 및 잔류물질에 관한 조사. 한국수의공중보건학회지 17(3), pp.321~328, 1993.
27. 송성옥, 조명행, 신광순 등 : HPLC를 이용한 식육류의 잔류 테트라사이클린계 항생물질의 동시분석법. 한국수의공중보건학회지 18(4), pp.343~352, 1994.
28. 강환구, 손성완, 조병훈 등 : 시료고체상 분산 전처리법을 이용한 식육중 테트라사이클린 동시정량분석, 대한수의학회지 16(3), pp.541~550, 1996.
29. Charm SE., Microbial receptor as say for rapid detection and identification of seven families of antibacterial drugs in milk. *J Assoc Off Anal Chem.*, 71, pp.304~316, 1980.
30. Charm SE., Microbial receptor as say for rapid detection and identification of seven families of antibacterial drugs in milk. *J Assoc. Off. Anal Chem.*, 73(6) pp.304, 1980.
31. Long A.R., Hsieh L.C., Malbrough M.s., Short C.R., and Barker S. A. : Matrix solid phase dispersion(MSPD) isolation and liquid chromatographic determination of oxytetracycline, tetracycline, chlortetracycline in milk, *J. Assoc. Off. Anal. Chem.*, 73(3), pp.379~384. 1990.
32. Baker S. A., Long A.R., and Short C.R., : Isolation of drug residues from tissues by solid phase dispersion, *J. Chromatogr.*, 475, pp.353~361, 1989.
33. Waldrom, H.A. : Lead. Metals in the Environment(Waldron, H.A. ed.), pp.155,

- Academic Press, 1980.
34. 이종옥, 김미혜 등 ; 식품중 미량금속  
모니터링(어류에 대하여), The Annual  
Report of KFDA, 7, pp.98~103, 2003.
  35. Meehye Kim\*, Jung Soo Kim, You Sub  
Sho, So-Young Chung and Jong Ok Lee  
Department of Food Evaluation, Korea  
Food and Drug Administration, The  
Study on Heavy Metal Contents in  
Various Foods, KOREAN J. FOOD SCI.  
TECHNOL. 35(4), pp. 561~567, 2003.
  36. 日本 日本公衆衛生協會 :  
環境汚染レポート水銀.水俣病  
NO.22,23,26,37,40 1973~1977.
  37. Miller, M.W., et al. : Mercury, Mercurials and  
Mercaptans. C.C. Thomas, Springfield, 1973.
  38. D'Igri, F.M. : The Environmental Mercury  
Problem. CRC Press, Cleveland, 1972

# 건강기능 식품에 대한 안전성 조사연구

이길봉, 황원무, 김명희, 정지열, 윤가리, 김선희, 송성민  
식품분석과

## A study on safety of Health functional foods.

G. B. Lee, W. M. Hwang, M. H. Kim, J. Y. Jeung, G. L. Yun, S. H. Kim, S. M. Song.  
Food analysis division

### Abstract

Rapid economic growth has brought affluence of life, and this improvement of living standard has become a factor to increase an interest in individual health. Such interest in individual health has sharply increased the number of people intending to enhance or maintain their health by taking foods or drugs in particular and further caused development and sale of health functional foods to grow rapidly. However, if standards and specifications as provided in the laws related to health functional foods are examined, it can be known that standards of heavy metals, including cadmium, lead, mercury and others which may inflict serious harm on a person, are not available. So, tests were conducted in order to get basic data on standards and specifications of health & functional foods.

Tests were conducted on total 101 kinds of health functional foods which were distributed in the territory under our control during the period of January to December 2005. Among them, 89 kinds were local products and 12 kinds were imported products. Test items were 6 kinds of heavy metals, such as lead, cadmium, mercury, copper, zinc and manganese and total 5 kinds of bacteria, i.e., common bacteria, coliform group and E. coli as indicator organism, and Bacillus cereus and Clostridium perfringens as bacteria causing food poisoning. Also, test items included 6 kinds of preservatives, such as sorbic acid, benzoic acid, DHA, ethyl paraben, propyl paraben and butyl paraben.

As a result of conducting tests on 6 kinds of heavy metals, cadmium, which was known as a heavy metal causing a critical harm to a person, was detected from the glucosamine products by 1.52ppm in average, mercury was detected from cereal products by 0.004ppm in average, and lead was detected from chlorella foods by 3.48ppm in average.

Bacteria were detected from 3 cereal products, and common bacteria were detected by about  $4.8 \times 10^5$ cfu/g in average. E. Coli and Coliform group were detected from 2 products and 4 products, respectively. All of those products were flour meal products. Any of 6 kinds of preservatives was not detected from all the products.

The test results show that harmful heavy metals were detected from almost all the products even though their amount was very small. However, in the Food Sanitation Law and the Health Functional Foods Law, which are related to heavy metals contained in foods, only the standards of lead contained in a few number of products, among harmful heavy metals, are specified, while standards of other harmful heavy metals are not available.

As a result of conducting tests, concentrations of heavy metals detected from products were in the low range, but considering that tests were not conducted on all of the health functional foods on the market, it is necessary to conduct tests on a wider range of products and relevant laws and regulations for production and control of safe and hygienic foods which people can eat without anxiety should be enacted in haste. It is thought that these test results will be available as basic data for enactment of relevant laws and regulations for production and control of safer and more hygienic foods in the future.

## I. 서 론

산업혁명 이후 전 세계적으로 공업화 산업화가 급격히 추진되면서 개인의 삶의 질이나 깨끗한 환경보다는 산업의 발달과 경제 발달이 우선시 되어왔다 그 결과 경제는 급속도로 발달하였고 소득 수준 또한 급격히 높아졌다. 경제발전은 생활의 풍요를 가져왔으나 급속한 공업화로 인하여 산업 폐수와 매연 등이 발생하였고, 이로 인하여 대기오염과 수질 및 토양오염 등의 부작용을 초래하였다.<sup>1,2)</sup> 이들 오염물질은 환경오염뿐만 아니라 우리가 섭취하는 공기와 식품을 오염시키는데 특히 중금속의 경우 산업이 발달하면 할수록 더욱 그 사용량이 증가한다. 납, 수은, 카드뮴 등의 중금속은 영양학적으로는 무의미하지만<sup>3)</sup> 생명체에 매우 유해하고 미량으로도 커다란 독성을 유발한다. 또한 생명체에 축적되어 먹이 사슬을 따라 농축되어 그 피해가 더욱 심각하게 나타나고 있다.<sup>5,6,7)</sup>

이처럼 공업화 산업화에 의한 경제발전은 급속한 소득증대와 환경의 오염이라는 양면성을 갖게 되었다. 대기, 토양, 수질의 오염 즉 환경의 오염은 우리의 식생활을 위협하게 되었고, 이에 따라 보다 안전하고 위생적인 식품에 대

한 선호 또한 증가시키게 되었다. 경제발전은 생활수준의 향상과 영양상태의 개선, 보건의료시책 등에 의해 평균수명이 크게 신장되어 고령화 사회를 급속도로 앞당겼으나, 각종 성인병의 증가가 나타나게 되어 개인 스스로 매일 매일의 건강관리 특히 적당한 식생활과 균형 잡힌 영양의 섭취, 적당한 운동 등을 요구하게 되었다. 개개인의 건강에 대한 관심은 특히 식품이나 의약품의 섭취를 통하여 건강을 증진시키거나 유지하려는 사람의 수요를 급증시켰으며, 이와 같은 의식구조의 변화는 식품을 통해 건강의 유지와 증진에 효과가 있거나 그렇다고 기대되는 식품 즉 건강기능식품의 개발과 판매 또한 급속도로 성장시켰다.<sup>8,9)</sup>

그러나 건강기능식품은 식품과 의약품의 중간위치에 있어 많은 문제점을 갖고 있는 실정이다. 즉 원료가 식품으로 사용된 경험이 있는 것인가? 특정 성분과 결합하여 인체에 대한 안전성이 확보된 것인가? 사용량이 인체에 무해한 것인가? 과잉섭취에 따른 문제점은 없는 것인지, 기타 다른 안전성은 확보된 것인지, 약사법관련문제에 저촉되는 않은지, 부당·과대 표시인지, 가격은 적당한지, 판매상과 판매과정상에 문제가 없는지 등에 대한 명확한 규정이 없

으며, 식품으로서 위생 및 안정성에 대한 정확한 규정이 확립되지 않은 상태이다.<sup>10)</sup>

특히 이들 건강기능식품들 중 일부는 음성적인 기능성을 나타내며 위해성이 높은 약품이나 성분을 사용·제조하여 소비자를 현혹시켜 구매를 유도하고 이로 인해 부작용을 유발하여 사회문제로 대두되는 경우도 있었다.<sup>11,12)</sup>

이런 여러 부작용이 발생하면서 세계 각국에서는 건강관련식품의 기능성·안전성 확보를 위해 관련법규를 제정하였고, 우리나라도 2004년 3월 22일부터 본격적으로 건강기능식품법을 시행하게 되었다. 그러나 기준설정 품목보다 미설정 품목이 더 많으며 기준도 몇몇 제품에서 납과 보존료 등의 기준 및 규격이 제정되어 있는 실정이다.<sup>13)</sup>

의식구조의 변화와 노령인구의 급증 소득의 증대로 건강기능식품의 수요는 점점 증가하고 있고 제품의 종류 또한 날로 증가하고 있는 실정이나 관련법이 미비한 현 상황에서 본 조사는 관내에서 유통되는 건강기능식품에 대하여 2005년 1월부터 12월중 국내산 89건과 수입산 12건 총 101건을 대상으로 관련법 기준 및 규격제정을 위한 기초 자료를 얻고자 본 실험을 실시하였다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 공시재료

관내에서 유통되는 건강기능식품 등에 대하여 2005년 1월부터 12월 사이에 국내산 89건, 수입산 12건을 검사하였는데 제품별 유형을 살펴보면 다음과 같다. 인삼제품류 8건, 키토산류 4건, 유산균제품류 8건, 영양보충식품류 40건, 글루코사민제품류 4건, 클로렐라제품 9건, 프로폴리스제품 4건, 다시마류 4건, 선식제품 11건, 기타 9건으로 총 101건을 검사 하였다. 이처럼

다양한 종류의 제품류에 대하여 유해중금속으로 알려진 납, 카드뮴, 수은, 구리, 아연, 망간으로 6항목의 중금속 검사와 위생적으로 문제시되는 지표세균으로 알려진 일반세균수, 대장균수, 대장균수 등 3종과 식중독 균으로 알려진 *Bacillus. cereus*, *Clostridium perfringens* 등 2종의 식중독균을 검사하여 총 5종의 세균에 대하여 검사하였다. 또한 보존료검사를 실시하였는데, 보존료는 sorbic acid, benzoic acid, DHA, ethyl paraben, propyl paraben, butyl paraben 등 6종을 검사하였다.

### 2. 분석방법

#### 1) 중금속(Cd, Pb, Cu, Zn, Mn)분석방법

##### 가) 표준액

중금속의 표준용액은 원자흡광 분석용(kanto chemical co., inc, 1,000 ppm) 표준원액을 0.5N 질산으로 희석하여 사용하였다.

##### 나) 시료분석

중금속은 식품공전 일반시험법 건식분해법에 따라 검체 5~20g을 취하여 탄화시킨 다음 500℃에서 회화한 후 0.5N 질산을 가하여 녹이고 여과한 액을 시험용액으로 하여 원자흡광광도계(Spectra AA 880, Varian, USA)로 분석하였다.

Table 1. AAS operating conditions for the analysis

Condition	Cd	Pb	Cu	Zn	Mn
Analysis type	Flame	Flame	Flame	Flame	Flame
Wavelength (nm)	228.8	217.0	324.7	213.9	279.5
Lamp current(mA)	4mA	5mA	4mA	5mA	5mA
UltraAA Lamp	×	○	×	×	×
Background	D <sub>2</sub>	D <sub>2</sub>	D <sub>2</sub>	D <sub>2</sub>	D <sub>2</sub>
Gas type	Air/Acetylene	Air/Acetylene	Air/Acetylene	Air/Acetylene	Air/Acetylene

## 2) 수은(Hg)분석

Hg 표준원액(1000ppm)을 0.001% L-시스테인용액으로 최종농도 5ng/ml, 10ng/ml, 15ng/ml으로 희석하여 사용하였다. Mercury analyzer(MA-2, Nippon Instrument Co., JAPAN)를 이용, Table 2의 조건에 따라 시료 약 0.1g을 취하여 첨가제  $M(Na_2CO_3+Ca(OH)_2)$ 이 넣어진 boat에 넣고 첨가제 M과  $B(Al_2O_3)$  그리고 M을 순서대로 첨가하여 가열기화금아말감법(Combustion gold amalgamation method)으로 분석하였다.

Table 2. The operating condition of mercury analyzer.

Element	Classification	Condition
Hg	Heating Mode	Mode 2
	Heating time / degree	4min / 800℃
	Meas Mode	high(0~1000)
	Purge time / degree	2min / 600℃
	Carrier Gas	Purified dry air
	Flow rate	5.0ml/min
	Detection limit	1ng
	Additive	* M+S+M+B+M

\* M : Sodium carbonate anhydrous : Calcium hydroxide = 1 : 1(w/w)

B : Aluminium oxide anhydrous

S : Solid sample

## 3) 보존료 분석방법

### 가) 표준액의 조제

소르빈산, 안식향산, 테히드로초산, 파라옥시안식향산 에틸, 파라옥시안식향산 프로필, 파라옥시안식향산 부틸 각각 200mg 씩을 정확히 취하여 100ml 메스플라스크에 옮기고 아세톤을 가해 녹인 후 이액 1ml, 5ml, 10ml씩을 20ml 메스플라스크에 각각 취해 아세톤을 가해 채운다(100, 500, 1000mg/ℓ 해당량)

### 나) 시험용액의 조제

검체 50g씩을 정확히 취해 물 100ml를 가해 잘 섞은 후 10% 수산화나트륨 또는 10% 염산으로 중화하고 이를 1000ml 환저플라스크에 옮

기고 이에 15% 주석산용액 5ml와 염화나트륨 약 80g 및 실리콘수지 1~2방울을 가한 후 전량을 물로 200ml로 한다. 이를 수증기 증류기에 연결하여 증류한 여액 500ml를 받는다.

위의 여액 500ml를 분액 깔대기에 넣고 염화나트륨 10g, 10% 염산 5ml 가하여 에테르 40ml 씩으로 3회 추출하여 에테르 추출액을 합하여 소량의 물로 씻고 에테르 층을 취한다. 무수황산나트륨을 엷은 여과지를 통과시킨 후 구데루나다니쉬 농축기에서 에테르를 날려 보낸 후 아세톤 5ml에 녹여 시험용액으로 한다.

Table 3. Gas chromatography conditions for the analysis

Instruments	Agilent Technologies 6890N (FID)
Column	HP-5 Phenyl Methyl Siloxane (30m × 320μm × 0.25μm)
Oven	150℃(2min)
	10℃/min℃
	220℃(1min)
Injector Temp.	220℃
Detector Temp.	230℃

### 다) 검량선작성 및 정량

표준용액 1μl씩을 상기 조건에 따라 가스크로마토그래피에 주입하여 얻어진 피크의 면적으로부터 검량선을 작성하고 시험용액 1μl씩을 상기 조건에 따라 측정, 검량선과 비교하여 시료중의 보존료의 함량을 계산하였다.

## 4) 미생물 검출방법

### 가) 시험용액조제

채취된 검체의 일정량(10~25g)을 멸균된 가위와 칼 등으로 잘게 자른 후 멸균생리식염수(100~250ml)를 가해 균질을 이용해서 가능한 한 저온으로 균질화 한다.

#### 나) 지표세균검사방법

##### A. 세균수

시험용액 1ml와 각 단계 희석액 1ml씩을 멸균 페트리접시 2매 이상씩에 무균적으로 취하여 약 43~45°로 유지한 표준한천배지 약 15ml를 무균적으로 분주하여 검체와 배지를 잘 섞고 냉각 응고시킨다. 특히 확산집락의 발생을 억제하기 위하여 다시 표준한천배지 3~5ml를 가하여 중첩시킨다. 냉각 응고시킨 페트리접시는 거꾸로 하여 35±1°에서 24~48시간 배양한다.

##### B. 대장균

시험용액 1ml를 3개의 EC 배지에 접종하고 44.5±0.2°에서 24±2시간 배양한다. 이 때에 가스발생을 인정한 발효관은 추정시험 양성으로 하고 가스발생이 인정되지 않을 때에는 추정시험 음성으로 한다. 추정시험이 양성일 때에는 해당 EC발효관으로부터 1백금이를 EMB 평판배지에 희선점종하여 35±1°에서 24±2시간 배양한 후 전형적 집락을 취하여 유당부이온발효관 및 보통한천사면배지에 각각 이식한다. 유당부이온발효관에 접종한 것은 35±1°에서 48±3시간 배양하고 보통한천사면배지에 접종한 것은 35±1°에서 24±2시간 배양한다. 유당부이온발효관에서 가스발생을 인정하였을 때에는 이에 해당하는 보통한천사면배지에서 배양된 집락을 취하여 그람염색을 실시하고 검경후 그람음성, 무아포성 간균을 확인한 후 생화학 시험을 실시하여 대장균 양성으로 판정한다.

##### C. 대장균군

시험용액 10ml를 2배농도의 유당배지에, 시험용액 1ml 및 0.1ml를 2개이상의 유당배지에 각각 3개 이상씩 가한다. 추정시험 유당배지를 가한 발효관에 검체를 넣어 35±1°에서 48±3시간 동안 배양하여 가스 발생이 있으면 대장균군의 존재가 추정된다. 시험에 사용하는 발효관은 듀람(Duram)발효관으로서 희석액을 가하여 유당배지의 농도가 되도록 한다. 즉, 검액을 10, 1,

0.1ml씩 점종하여 35±1°에서 24±2시간 배양하여 발효관 내에 가스가 발생하면 추정시험 양성이고 만약 24±2시간내에 가스가 발생하지 아니하였을 때에는 더 배양을 계속하여 48±3시간까지 관찰한다. 이 때까지 가스가 발생하지 않았을 때에는 추정시험 음성이고 가스발생이 있을 때에는 추정시험 양성이며 다음의 확정시험을 실시한다. 확정시험 추정시험에서 가스발생이 있는 발효관으로부터 BGLB배지(배지 3)에 이식하여 35±1°에서 48±3시간 동안 배양하였을 때에 가스발생을 보인 BGLB배지로부터 EMB 한천평판배지에 분리배양한다. 평판배양의 경우에는 35±1°에서 24±2시간 배양 후 전형적인 집락이 발생되면 확정시험 양성으로 한다. BGLB배지에서 35±1°로 48±3시간 동안 배양하였을 때 배지의 색이 갈색으로 되었을 때에는 완전시험을 하지 않으면 안된다. 완전시험 대장균군의 존재를 완전히 증명하기 위하여 위의 평판상의 집락이 그람음성, 무아포성의 간균임을 확인하고, 유당을 분해하여 가스의 발생 여부를 재확인 한다. 확정시험 때 EMB 평판배지상에서 전형적인 집락을 인정하였을 때에는 1개 또는 비전형적인 집락일 경우에는 2개이상을 따서 각각 유당부이온발효관과 보통한천사면배지에 이식하여 35±1°에서 48±3시간동안 배양한다. 이때 가스를 발생한 발효관에 해당되는 한천사면 배지의 집락에 대하여 그람염색을 실시하였을 때에 그람음성, 무아포성 간균이 증명되면 완전시험은 양성이며 대장균군 양성으로 판정한다.

#### 다) 식중독균검사방법

##### A. *Bacillus cereus*

검체 25g 또는 25ml를 취하여 225ml의 인산완충희석액에 가하여 균질화한 검액을 MYP 한천배지에 점종하여 30°에서 24시간 배양한다. 배양후 혼탁한 환을 갖는 분홍색 집락을 선별한다. 이 때 명확하지 않을 경우 24시간 더 배양하여 관찰한다. 확인시험 MYP 한천배지에서

전형적인 집락을 선별하여 보통 한천배지에 접종하고 30°에서 24시간 배양한다. 배양후 그람염색을 실시하여 포자를 갖는 그람양성, 긴 형태의 간균으로 확인된 균은 운동성, nitrate환원, VP,  $\beta$ -hemolysis 등의 생화학시험을 실시한다.

### B. *Clostridium perfringens*

검액 1ml를 cooked meat medium의 배지 아래부분에 접종하여 37°에서 18~24시간 혐기배양한다. TSC agar에 증균배양액을 접종하여 35°에서 18~24시간 혐기배양한 결과 분리 배지상에서 직경 2~4mm의 불투명한 환을 가지는 황회색 집락은 확인시험을 실시한다. 확인시험 분리배양된 평판배지상의 집락을 Blood agar plate에 옮겨 37°에서 18~24시간 혐기배양한 후 그람염색을 실시한다. 또 동시에 Blood agar plate에서 37°, 18~24시간 호기배양하여 균의 비발육을 확인한다. 그람양성간균으로 확인된 집락은 glucose, lactose, inositol, raffinose를 1% 가한 4종의 GAM 당분해용 반유동배지에 옮겨 37°에서 3일간 배양후 BTB MR지시약(시액 4)을 가해서 붉은 색으로 변하는 것을 양성으로 판정한다. 운동성은 GAM 당분해용 반유동배지에서 37°에서 1~2일간 배양하여 운동성의 유무를 관찰한다. Glucose, lactose, inositol과 raffinose를 분해하며 운동성이 없는 것을 확인하면 lecithinase 억제시험을 실시한다.

품에서 11건을 검사하여 10건(90.9%)이 검출되었으며, 평균 검출량이 0.06ppm으로 가장 낮게 나타났다. 납의 경우는 클로렐라제품에서 9건을 검사하여 5건(55.5%)검출되었으며, 평균 검출량이 3.48ppm으로 가장 높게 나타났으며, 인삼제품에서 8건을 검사하여 7건(87.5%)이 검출되었으며, 평균 검출량이 0.07ppm으로 가장 낮게 나타났다. 구리의 경우는 영양보충용 제품에서 40건을 검사하여 40건(100%)모두 검출되었으며, 평균 검출량이 0.75ppm으로 가장 높게 나타났으며, 키토산제품에서 4건을 검사하여 4건(100%)이 검출되었으며, 평균 검출량이 0.38 ppm으로 가장 낮게 나타났다. 아연에 대한 검사결과 다시마제품에서 4건을 검사하여 4건(100%)검출되었으며, 평균 검출량이 71.95ppm으로 가장 높게 나타났으며, 키토산제품에서 4건을 검사하여 4건(100%)이 검출되었으며, 평균 검출량이 0.43ppm으로 가장 낮게 나타났다. 망간의 경우는 유산균 제품에서 8건을 검사하여 8건(100%)검출되었으며, 평균 검출량이 2.09ppm으로 가장 높게 나타났으며, 키토산제품에서 4건을 검사하여 4건(100%)이 검출되었으며, 평균 검출량이 1.200ppm으로 가장 낮게 나타났다. 수은의 경우는 전식제품에서 11건을 검사하여 11건(100%)모두 검출되었으며, 평균 검출량이 0.004ppm으로 가장 높게 나타났으며, 클로렐라제품에서 9건을 검사하여 7건(77.7%)이 검출되었으며, 평균 검출량이 0.001ppm으로 가장 낮게 나타났다(Table 4).

## Ⅲ. 결 과

### 1. 제품유형에 따른 중금속 (6종) 검출 결과

국내에 유통 중인 101건의 건강기능식품류에 대하여 카드뮴, 납, 구리 등 중금속에 대하여 검사하였다. 제품유형별로 검사한 결과 카드뮴에 대한 검사결과 글루코사민제품에서 4건을 검사하여 4건(100%)검출되었으며, 평균 검출량이 1.52ppm으로 가장 높게 나타났으며, 전식제

### 2. 제품유형에 따른 보존료 및 미생물검사 결과

보존료검사결과 101건 모든 검체에서 보존료 6종이 모두 불검출 되었으며, 세균검사결과 전식제품에서 대장균 2건, 대장균군 4건, *Bacillus cereus* 1건, *Clostridium perfringens* 1건, 일반세균은 3건에서 평균세균수  $4.8 \times 10^5$  정도가 검출되었다(Table 5).



Table 4. Results of detecting heavy metals (6 kinds) by product types. (contents : ppm)

Product types	No. of samples examined	result of examined											
		Cd		Pb		Cu		Zn		Mn		Hg	
		No. of detected (%)	Result of detected (average)	No. of detected (%)	Result of detected (average)	No. of detected (%)	Result of detected (average)	No. of detected (%)	Result of detected (average)	No. of detected (%)	Result of detected (average)	No. of detected (%)	Result of detected (average)
Ginseng	8	5 (62.5)	0.06~ 2.01 (0.87)	7 (87.5)	0.06~ 0.09 (0.07)	8 (100.0)	0.05~ 1.05 (0.56)	8 (100.0)	0.24~ 40.60 (13.55)	8 (100.0)	0.04~ 87.50 (1.26)	7 (87.5)	0.0010~ 0.0050 (0.0027)
Chitosan	4	4(100.0)	0.34~ 2.00 (1.32)	3 (75.0)	0.01~ 1.40 (0.87)	4 (100.0)	0.09~ 0.64 (0.38)	4 (100.0)	0.12~ 0.67 (0.43)	4 (100.0)	0.67~ 2.34 (1.20)	3 (75.0)	0.0011~ 0.0036 (0.0026)
Fermented milk products	8	6(75.0)	0.07~ 1.24 (0.42)	8 (100.0)	0.39~ 11.06 (3.48)	8 (100.0)	0.05~ 1.02 (0.45)	8 (100.0)	0.39~ 57.02 (30.70)	8 (100.0)	0.05~ 4.20 (2.09)	4 (50.0)	0.0001~ 0.0020 (0.0020)
Dietary supplements	40	31(77.5)	0.001~ 2.05 (0.67)	39 (97.5)	0.03~ 6.49 (0.66)	40 (100.0)	0.06~ 1.25 (0.75)	40 (100.0)	0.25~ 135.20 (24.75)	40 (100.0)	0.11~ 4.20 (1.20)	38 (95.0)	0.0001~ 0.0047 (0.0024)
Glucosamine	4	3(75.0)	0.85~ 2.01 (1.52)	3 (75.0)	0.03~ 0.49 (0.18)	4 (100.0.0)	0.09~ 0.91 (0.47)	4 (100.0)	0.67~ 54.02 (19.50)	4 (100.0)	0.67~ 2.34 (1.56)	4 (100.0)	0.0007~ 0.0036 (0.0020)
Chlorella	9	4(44.4)	0.10~ 0.40 (0.25)	5 (55.5)	0.03~ 16.96 (3.48)	9 (100.0)	0.25~ 1.02 (0.69)	9 (100.0)	0.12~ 86.29 (24.80)	9 (100.0)	0.67~ 3.66 (1.87)	7 (77.7)	0.0001~ 0.0041 (0.0010)
Propolis	4	3(75.0)	0.07~ 1.81 (0.67)	4 (100.0)	0.09~ 0.66 (0.47)	4 (100.0)	0.37~ 0.77 (0.58)	4 (100.0)	10.57~ 52.41 (30.87)	4 (100.0)	0.06~ 0.25 (0.17)	3 (75.0)	0.0004~ 0.0037 (0.0020)
Sea tangle	4	4(100.0)	0.06~ 1.37 (0.68)	4 (100.0)	0.48~ 1.02 (0.67)	4 (100.0)	0.57~ 1.07 (0.58)	4 (100.0)	45.35~ 95.36 (71.95)	4 (100.0)	0.66~ 2.19 (1.153)	4 (100.0)	0.0012~ 0.0035 (0.0020)
Cereal	11	10(90.9)	0.01~ 0.12 (0.06)	10 (90.9)	0.20~ 2.67 (0.70)	11 (100.0)	0.24~ 1.19 (0.67)	11 (100.0)	5.48~ 59.14 (22.14)	11 (100.0)	0.29~ 1.07 (0.61)	11 (100.0)	0.0020~ 0.0049 (0.0040)
miscellane-ous	9	9(100.0)	0.15~ 0.93 (0.61)	9 (100.0)	0.06~ 7.56 (1.14)	9(100.0)	0.06~ 1.14 (0.59)	9 (100.0)	1.06~ 55.24 (21.36)	9 (100.0)	0.07~ 0.93 (0.47)	7 (77.7)	0.0003~ 0.0037 (0.0012)
Total	101	79 (78.2)	0.01~ 2.05 (0.62)	90 (89.1)	0.01~ 16.96 (1.07)	101 (100.0)	0.05~ 1.25 (0.64)	101 (100.0)	0.12~ 135.20 (24.70)	101 (100.0)	0.04~ 87.5 (1.17)	88 (87.1)	0.0001~ 0.0050 (0.0024)

Table 5. Results of conducting tests on preservatives and microbes by product types.

Product types	No. of samples examined	Result of examination						
		No. of detected(CFU/g)					Preservation	
		E. coli	Coliform	Aerobic plate count	<i>Bacillus. cereus</i>	<i>Clostridium perfringens</i>		sorbic acid etc*
Ginseng	8	0	0	0	0	0	0	ND
Chitosan	4	0	0	0	0	0	0	ND
Fermented milk products	8	0	0	0	0	0	0	ND
Dietary supplements	40	0	0	0	0	0	0	ND
Glucosamine	4	0	0	0	0	0	0	ND
Chlorella	9	0	0	0	0	0	0	ND
Propolis	4	0	0	0	0	0	0	ND
Sea tangle	4	0	0	0	0	0	0	ND
Cereal	11	2	4	4	3 (4.8×10 <sup>5</sup> )	1	1	ND
Miscella-neous	13	0	0	0	0	0	0	ND
Total	81	2	4	4	3	1	1	ND

\* : sorbic acid, benzoic acid, DHA, ethyl paraben, propyl paraben, butyl paraben, ND : Not detected

Table 6. Comparison of results of detecting heavy metals between local products and imported products.

(contents : ppm)

Result of examination													
Origin	No. of samples examined	Cd		Pb		Cu		Zn		Mn		Hg	
		No. of detected (%)	Result of detected (average)	No. of detected (%)	Result of detected (average)	No. of detected (%)	Result of detected (average)	No. of detected (%)	Result of detected (average)	No. of detected (%)	Result of detected (average)	No. of detected (%)	Result of detected (average)
Imported products	12	10 (83.3)	0.02~ 2.05 (0.91)	12 (100.0)	0.01~ 1.30 (0.33)	12 (100.0)	0.33~ 1.14 (0.80)	12 (100.0)	0.27~ 70.20 (21.42)	12 (100.0)	0.06~ 4.02 (1.34)	10 (83.3)	0.0003~ 0.0046 (0.0020)
Local products	89	69 (77.5)	0.01~ 2.01 (0.58)	78 (87.6)	0.03~ 16.96 (1.15)	89 (100.0)	0.05~ 1.25 (0.62)	89 (100.0)	0.12~ 135.20 (25.14)	89 (100.0)	0.04~ 87.5 (1.16)	78 (100.0)	0.0001~ 0.0050 (0.0025)
Total	101	79 (78.2)	0.01~ 2.05 (0.62)	90 (89.1)	0.01~ 16.96 (1.07)	101 (100.0)	0.05~ 1.25 (0.64)	101 (100.0)	0.12~ 135.20 (24.70)	101 (100.0)	0.04~ 87.5 (1.17)	88 (87.1)	0.0001~ 0.0050 (0.0024)

Table 7. Comparison of results of detecting heavy metals from each product by places of origin.

(contents : ppm)

Places of origin	Origin	No. of samples examined	Result of examination																							
			Cd				Pb				Cu				Zn				Mn				Hg			
			No. of detected (%)	Result of detected (average)	No. of detected (%)	Result of detected (average)	No. of detected (%)	Result of detected (average)	No. of detected (%)	Result of detected (average)	No. of detected (%)	Result of detected (average)	No. of detected (%)	Result of detected (average)	No. of detected (%)	Result of detected (average)	No. of detected (%)	Result of detected (average)	No. of detected (%)	Result of detected (average)	No. of detected (%)	Result of detected (average)				
Chitosan	Canada	1	1 (100.0)	0.34 (0.34)	1 (100.0)	0.01 (0.01)	1 (100.0)	0.33 (0.33)	1 (100.0)	0.66 (0.66)	1 (100.0)	0.67 (0.67)	ND	ND												
	Internal	3	3 (100.0)	0.99~ 2.00 (1.65)	3 (100.0)	1.20~ 1.40 (1.30)	3 (100.0)	0.09~ 0.64 (1.40)	3 (100.0)	0.12~ 0.67 (0.43)	3 (100.0)	0.77~ 2.34 (1.38)	3 (100.0)	0.0011~ 0.0036 (0.0026)												
	Canada	2	2 (100.0)	0.03~ 0.43 (0.23)	2 (100.0)	0.09~ 0.15 (0.12)	2 (100.0)	0.67~ 1.09 (0.88)	2 (100.0)	5.16~ 17.34 (11.25)	2 (100.0)	0.28~ 4.02 (2.15)	2 (100.0)	0.0016~ 0.0019 (0.0018)												
	America	4	2 (50.0)	0.02~ 1.22 (0.62)	4 (100.0)	0.03~ 1.30 (0.64)	4 (100.0)	0.49~ 1.05 (0.80)	4 (100.0)	12.05~ 61.33 (31.92)	4 (100.0)	0.65~ 3.04 (1.53)	4 (100.0)	0.0001~ 0.0024 (0.0015)												
Dietary supplements	Australia	1	1 (100.0)	1.57 (1.57)	1 (100.0)	0.12 (0.12)	1 (100.0)	0.66 (0.66)	1 (100.0)	24.04 (24.04)	1 (100.0)	1.37 (1.37)	1 (100.0)	0.0029 (0.0029)												
	Denmark	1	1 (100.0)	1.33 (1.33)	1 (100.0)	0.04 (0.04)	1 (100.0)	1.14 (1.14)	1 (100.0)	70.20 (70.20)	1 (100.0)	1.99 (1.99)	1 (100.0)	0.0046 (0.0046)												
	Finland	1	1 (100.0)	2.05 (2.05)	1 (100.0)	0.11 (0.11)	1 (100.0)	0.85 (0.85)	1 (100.0)	0.27 (0.27)	1 (100.0)	0.67 (0.67)	1 (100.0)	0.0024 (0.0024)												
	Interna	31	24 (77.4)	0.01~ 1.95 (0.59)	30 (96.7)	0.03~ 6.49 (0.76)	31 (100.0)	0.06~ 1.25 (0.72)	31 (100.0)	0.25~ 135.20 (24.05)	31 (100.0)	0.11~ 4.20 (1.08)	29 (93.5)	0.0004~ 0.0047 (0.0025)												
Propolis	Australia	1	1 (100.0)	1.81 (1.81)	1 (100.0)	0.09 (0.09)	1 (100.0)	0.64 (0.64)	1 (100.0)	10.57 (10.57)	1 (100.0)	0.06 (0.06)	ND	ND												
	Interna	3	2 (66.7)	0.07~ 0.15 (0.11)	3 (100.0)	0.51~ 0.66 (0.60)	3 (100.0)	0.37~ 0.77 (0.56)	3 (100.0)	16.24~ 52.41 (37.64)	3 (100.0)	0.15~ 0.25 (0.21)	3 (100.0)	0.0004~ 0.0037 (0.0023)												
Miscella- neous	Australia	1	1 (100.0)	0.29 (0.29)	1 (100.0)	0.79 (0.79)	1 (100.0)	1.02 (1.02)	1 (100.0)	1.06 (1.06)	1 (100.0)	0.97 (0.97)	1 (100.0)	0.0003 (0.0003)												
	Interna	8	8 (100.0)	0.15~ 0.97 (0.66)	8 (100.0)	0.06~ 7.56 (1.19)	8 (100.0)	0.06~ 1.14 (0.54)	8 (100.0)	55.24 (23.90)	8 (100.0)	0.07~ 0.87 (0.42)	6 (75.0)	0.0001~ 0.0037 (0.0014)												
Total	Foreign	12	10 (83.3)	0.02~ 2.05 (0.91)	12 (100.0)	0.01~ 1.30 (0.33)	12 (100.0)	0.33~ 1.14 (0.80)	12 (100.0)	0.27~ 70.20 (21.42)	12 (100.0)	0.06~ 4.02 (1.34)	10 (83.3)	0.0003~ 0.0046 (0.0020)												
	Interna	45	37 (82.2)	0.01~ 2.00 (0.66)	43 (95.5)	0.03~ 7.56 (0.84)	45 (100.0)	0.06~ 1.25 (0.66)	45 (100.0)	135.20 (23.35)	45 (100.0)	0.07~ 4.20 (0.93)	41 (91.1)	0.0001~ 0.0047 (0.0024)												

Table 8. Comparison of lead detection rates between products for which the lead standard is established and products for which the lead standard is not established, among health functional foods.

(contents : ppm)				
Lead standard	Health functional foods	No. of samples examined	No. of detected(%)	Result of detected (average)
Established	Calcium	11	11(100.0)	0.03~0.85(0.43)
	Chitosan	4	3(75.0)	0.01~1.40(0.87)
	Propolis	4	4(100.0)	0.09~0.66(0.48)
	Sub total	19	18(94.7)	0.01~1.40(0.51)
Not established	Ginseng	8	7(87.5)	0.06~0.09(0.07)
	Fermented milk products	8	8(100.0)	0.39~11.06(3.48)
	Glucosamine	4	3(75.0)	0.03~0.49(0.19)
	Chlorella	9	5(56.0)	0.03~16.96(3.49)
Total	Dietary supplements	29	28(97.0)	0.03~6.49(0.75)
	Sub total	58	51(87.9)	0.03~16.96(1.32)
	Total	77	69(89.6)	0.01~16.96(1.11)

### 3. 국내산 제품과 수입산 제품의 중금속 검출결과 비교

카드뮴과 구리의 경우 국내산 제품의 검출량이 0.58ppm, 0.62ppm으로 수입산 제품 0.91ppm, 0.80ppm보다 낮게 나타났으며, 그 외 납, 아연, 망간, 수은등은 국내산제품이 수입산 제품보다 검출량이 높게 나타났으며, 특히 납의경우는 수입산 제품인 0.33ppm에 비해 국내산 제품은 1.36ppm으로 높게 나타났다.

검출률을 살펴보면 국내산 제품의 경우 카드뮴과 수은의 경우는 83.3%의 검출률을 보였고 나머지는 100%모두 검출되었으며, 수입산 제품의 경우는 카드뮴과 납, 수은의 경우는 77.5%, 87.6%, 87.6%의 검출률을 보였고 나머지는 100% 검출되었다(Table 6).

### 4. 원산지에 따른 제품별 중금속 검출결과 비교

비슷한 종류의 제품이 국내산과 수입산으로 비교된 제품중에서는 카드뮴과 납의 경우 검출량이 핀란드산인 영양보충용제품에서 2.05ppm, 국내산인 키토산제품에서 1.30ppm으로 가장 높게 나타났으며, 가장 낮게 나타난 제품은 국내산인 프로폴리스 제품에서 0.11ppm과 캐나다산인 키토산제품에서는 0.01ppm으로 가장 낮게 나타났다.

구리와 아연의 검사결과 국내산인 키토산제품에서 1.40ppm, 국내산인 프로폴리스제품에서 37.64ppm으로 가장 높게 나타났으며, 가장 낮게 나타난 제품은 캐나다산인 키토산제품에서 0.33ppm, 핀란드산인 영양보충용 제품에서 0.27ppm으로 가장 낮게 나타났다.

망간과 수은의 검사결과 캐나다산인 영양보충용제품에서 2.15ppm, 덴마크산인 영양보충용 제품에서 0.0046 ppm으로 가장 높게 나타났으며, 가장 낮게 나타난 제품은 호주산인 프로폴

리스제품에서 0.06ppm, 호주산인 로얄제리(기타 식품)제품등에서 0.0003ppm으로 가장 낮게 나타났다(Table 7).

### 5. 건강기능식품중 기준설정품목과 기준미설정 품목의 납검출률 결과 비교

기준설정제품의 경우 키토산제품이 0.87ppm으로 가장 높게 나타났고, 0.43ppm이 검출된 칼슘제품의 납 검출률이 가장 낮게 나타났다.

기준미설정제품의 경우 클로렐라제품이 3.49ppm으로 가장 높게 나타났으며, 인삼제품의 검출률이 0.07ppm으로 가장 낮게 나타났다(Table 8).

### 6. 영양보충식품의 유형에 따른 중금속(6종) 검출결과 비교

영양보충식품중 카드뮴과 납, 구리의 검사결과를 살펴보면 아미노산보충용제품이 1.37ppm, 비타민보충용제품 0.96ppm, 칼슘보충용제품과 철분보충용제품이 0.82ppm으로 가장 높게 나타났으며, 가장 낮게 검출된 제품은 철분보충용제품이 0.11ppm, 아미노산보충용제품이 0.19ppm, 단백질보충용제품등 기타제품이 0.61ppm으로 가장 낮게 검출되었다.

아연, 망간, 수은의 검사결과를 살펴보면 식이 섬유보충용제품등 기타제품이 29.76ppm, 비타민보충용제품이 1.30ppm, 단백질보충용제품등 기타제품이 0.0036ppm으로 가장 높게 나타났으며, 가장 낮게 검출된 제품은 아미노산보충용제품이 6.45ppm, 아미노산보충용제품이 0.37ppm, 철분보충용제품이 0.0007ppm으로 가장 낮게 검출되었다(Table 9).

### 7. 농산물제품의 유형에 따른 중금속(6종) 검출 결과 비교

농산물제품의 카드뮴과 납, 구리의 검사결과를

살펴보면 인삼제품이 0.87ppm, 0.07ppm, 0.56ppm으로 나타났고, 곡류제품이 0.07ppm, 0.71ppm, 0.67ppm으로 나타나 카드뮴의 경우는 인삼제품의 검출량이 높았으며, 납의 경우는 곡류제품의 검출량이 높았다. 아연, 망간, 수은의 검사결과를 살펴보면 인삼제품이 13.55ppm, 1.26ppm, 0.0027ppm으로 나타났고, 곡류제품이 22.14ppm, 0.61ppm, 0.0036ppm으로 나타나 수은의 검출량이 곡류제품이 인삼제품에 비해 높게 나타났다. 또한 인삼제품중 제품유형에 따라 비교해보면 카드뮴의 검출량은 절편과 차의 경우가 1.04ppm, 1.05ppm으로 캡셀이나 정제의 제품 0.57ppm, 0.67ppm 보다 높게 나타났다. 곡류제품의 경우에는 납의 검출률에서 선식제품이 0.52ppm으로 미수가루제품의 1.20ppm보다 낮게 나타났다(Table 10).

으며, 납과 수은은 75.0%의 검출률을 보였다. (Table 11)

## 8. 수산물제품의 유형에 따른 중금속(6종) 검출결과 비교

수산물제품의 카드뮴과 납, 구리의 검사결과를 살펴보면 키토산제품 1.32ppm, 클로렐라제품 3.48ppm, 클로렐라제품 0.69ppm으로 가장 높게 나타났으며, 가장 낮게 검출된 제품은 클로렐라제품 0.25ppm, 다시마제품 0.67ppm, 키토산제품 0.37ppm으로 나타났다.

아연, 망간, 수은의 검사결과를 살펴보면 다시마제품 71.95ppm, 클로렐라 1.86ppm, 다시마제품과 키토산제품이 0.002ppm으로 높게 나타났고, 키토산제품 0.43ppm, 다시마제품 1.15ppm, 클로렐라제품이 0.0013ppm으로 낮게 나타났다.

검출률을 살펴보면 클로렐라제품의 경우 구리, 아연, 망간의 경우는 100%모두 검출되었으며, 카드뮴은 44.4%, 납은 55.5% 수은의 경우는 77.8% 검출되었다. 다시마제품의 경우는 중금속 6종이 모두 100% 검출되었고, 키토산제품은 카드뮴과 구리, 아연, 망간에서 100% 검출되었

Table 9. Comparison of results of detecting heavy metals (6 kinds) by types of supplemental nutrition foods.

(contents : ppm)

Supplemental nutrition foods	No. of samples examined	result of examined											
		Cd		Pb		Cu		Zn		Mn		Hg	
		No. of detected (%)	Result of detected (average)	No. of detected (%)	Result of detected (average)	No. of detected (%)	Result of detected (average)	No. of detected (%)	Result of detected (average)	No. of detected (%)	Result of detected (average)	No. of detected (%)	Result of detected (average)
Vitamin	19	14(73.6)	0.01~ 2.05 (0.96)	0.03~ 6.49 (0.96)	19(100.0)	0.06~ 1.23 (0.76)	19(100.0)	0.27~ 103.25 (28.51)	0.11~ 4.02 (1.30)	17(89.4)	0.0001~ 0.0046 (0.0022)		
Calcium	11	11(100.0)	0.02~ 1.44 (0.34)	0.03~ 0.85 (0.43)	11(100.0)	0.14~ 1.25 (0.82)	11(100.0)	0.76~ 55.06 (16.11)	0.54~ 2.77 (1.23)	11(100.0)	0.0006~ 0.0045 (0.0024)		
Amino-acid	2	1(50.0)	1.37 (1.37)	0.11~ 0.26 (0.19)	2(100.0)	0.19~ 1.22 (0.71)	2(100.0)	0.25~ 12.64 (6.45)	0.29~ 0.44 (0.37)	2(100.0)	0.0024~ 0.0033 (0.0029)		
Iron contend	2	2(100.0)	0.10~ 0.12 (0.11)	0.55~ 0.59 (0.57)	2(100.0)	0.67~ 0.97 (0.82)	2(100.0)	12.50~ 67.25 (39.88)	0.73~ 0.77 (0.75)	2(100.0)	0.0006~ 0.0007 (0.0007)		
Miscellaneous	6	3(50.0)	0.03~ 1.79 (0.66)	0.08~ 0.80 (0.27)	5(83.0)	0.08~ 1.07 (0.61)	6(100.0)	0.27~ 135.20 (29.76)	0.28~ 4.20 (1.24)	6(100.0)	0.0019~ 0.0047 (0.0036)		
Total	40	31(77.5)	0.01~ 2.05 (0.67)	0.03~ 6.49 (0.66)	39(97.5)	0.06~ 1.25 (0.75)	40(100.0)	0.25~ 135.20 (24.75)	0.11~ 4.20 (1.20)	38(95.0)	0.0001~ 0.0047 (0.0024)		



Table 10. Comparison of results of detecting heavy metals (6 kinds) by types of agricultural products.

(contents : ppm)

Agricultural products	No. of samples examined	result of examined											
		Cd		Pb		Cu		Zn		Mn		Hg	
		No. of detected (%)	Result of detected (average)	No. of detected (%)	Result of detected (average)	No. of detected (%)	Result of detected (average)	No. of detected (%)	Result of detected (average)	No. of detected (%)	Result of detected (average)	No. of detected (%)	Result of detected (average)
Tea	3	2(66.7)	0.06~ 2.01 (1.04)	3(100.0)	0.06~ 0.08 (0.07)	3(100.0)	0.15~ 1.05 (0.46)	3(100.0)	0.94~ 20.64 (11.74)	3(100.0)	0.63~ 4.09 (2.28)	2(66.7)	0.0007~ 0.0047 (0.0027)
Slice	2	1(50.0)	1.05 (1.05)	2(100.0)	0.07~ 0.09 (0.08)	2(100.0)	0.77~ 1.02(0.89)	2(100.0)	12.64~ 40.41 (26.53)	2(100.0)	0.04~ 0.09 (0.07)	2(100.0)	0.0010~ 0.0034 (0.0022)
Capsule	2	1(50.0)	0.57 (0.57)	1(50.0)	0.06 (0.06)	2(100.0)	0.24~ 1.05 (0.65)	2(100.0)	0.24~ 0.66 (0.45)	2(100.0)	0.24~ 0.54 (0.39)	2(100.0)	0.0021~ 0.0050 (0.0036)
Tablet	1	1(100)	0.67 (0.67)	1(100.0)	0.07 (0.07)	1(100.0)	0.05 (0.05)	1(100.0)	19.22 (19.22)	1(100.0)	2.36 (2.36)	1(100.0)	0.0017 (0.0017)
Sub total	8	5(62.5)	0.06~ 2.01 (0.87)	7(87.5)	0.06~ 0.09 (0.07)	8(100.0)	0.05~ 1.05 (0.56)	8(100.0)	0.24~ 40.41 (13.55)	8(100.0)	0.04~ 4.09 (1.26)	7(87.5)	0.0007~ 0.0050 (0.0027)
Sunsig*	8	7(87.5)	0.01~ 0.12 (0.06)	7(87.5)	0.20~ 1.05 (0.52)	8(100.0)	0.34~ 1.19 (0.69)	8(100.0)	5.48~ 59.14 (21.51)	8(100.0)	0.29~ 1.07 (0.56)	8(100.0)	0.0020~ 0.0049 (0.0037)
Cereal	3	3(100.0)	0.02~ 0.10 (0.07)	3(100.0)	0.26~ 2.67 (1.20)	3(100.0)	0.24~ 0.97 (0.61)	3(100.0)	6.25~ 52.61 (23.82)	3(100.0)	0.37~ 0.99 (0.76)	3(100.0)	0.0026~ 0.0041 (0.0034)
Sub total	11	10(90.9)	0.01~ 0.12 (0.07)	10(90.9)	0.20~ 2.67 (0.71)	11(100.0)	0.24~ 1.19 (0.67)	11(100.0)	5.48~ 59.14 (22.14)	11(100.0)	0.29~ 1.07 (0.61)	11(100.0)	0.0020~ 0.0049 (0.0036)
Total	19	15(78.9)	0.01~ 2.01 (0.33)	17(89.4)	0.06~ 2.67 (0.46)	19(100.0)	0.05~ 1.19 (0.63)	19(100.0)	0.24~ 59.14 (18.52)	19(100.0)	0.04~ 4.09 (0.89)	18(94.7)	0.0007~ 0.0050 (0.0032)

\* : powder of cereal(7kinds) and vegetables

\*\* : powder of cereal(25-30 kind) and vegetables

Table 11. Comparison of results of detecting heavy metals (6 kinds) by types of fishery products.

(contents : ppm)

Fishery products	No. of samples examined	result of examined											
		Cd		Pb		Cu		Zn		Mn		Hg	
		No. of detected (%)	Result of detected (average)	No. of detected (%)	Result of detected (average)	No. of detected (%)	Result of detected (average)	No. of detected (%)	Result of detected (average)	No. of detected (%)	Result of detected (average)	No. of detected (%)	Result of detected (average)
Tablet	6	3 (50.0)	0.10~ 0.15 (0.21)	4 (66.7)	0.03~ 16.96 (4.33)	6 (100.0)	0.25~ 1.02 (0.66)	6 (100.0)	0.12~ 86.29 (25.92)	6 (100.0)	1.64~ 3.66 (2.29)	4 (66.7)	0.0001~ 0.0041 (0.0013)
Chlorella Powder	3	1 (33.3)	0.35	1 (33.3)	0.08	3 (100.0)	0.64~ 0.86 (0.73)	3 (100.0)	6.97~ 52.00 (22.66)	3 (100.0)	0.67~ 1.34 (1.02)	3 (100.0)	0.0005~ 0.0019 (0.0013)
Sub total	9	4 (44.4)	0.10~ 0.35 (0.25)	5 (55.5)	0.03~ 16.96 (3.48)	9 (100.0)	0.25~ 1.02 (0.69)	9 (100.0)	0.12~ 52.00 (24.83)	9 (100.0)	0.67~ 3.66 (1.86)	7 (77.8)	0.0001~ 0.0041 (0.0013)
Tablet	3	3 (100.0)	0.06~ 1.37 (0.50)	3 (100.0)	0.48~ 1.02 (0.68)	3 (100.0)	0.55~ 1.07 (0.76)	3 (100.0)	45.35~ 95.36 (65.45)	3 (100.0)	0.66~ 2.19 (1.19)	3 (100.0)	0.0012~ 0.0022 (0.0016)
Sea tangle Powder	1	1 (100.0)	1.24	1 (100.0)	0.66	1 (100.0)	0.07	1 (100.0)	91.44	1 (100.0)	1.03	1 (100.0)	0.0035
Sub total	4	4 (100.0)	0.06~ 1.37 (0.68)	4 (100.0)	0.48~ 1.02 (0.67)	4 (100.0)	0.07~ 1.07 (0.58)	4 (100.0)	45.35~ 95.36 (71.95)	4 (100.0)	0.66~ 2.19 (1.15)	4 (100.0)	0.0012~ 0.0035 (0.002)
Capsule	3	3 (100.0)	0.99~ 2.00 (1.65)	2 (66.7)	1.20~ 1.40 (1.30)	3 (100.0)	0.09~ 0.64 (0.39)	3 (100.0)	0.12~ 0.67 (0.353)	3 (100.0)	0.77~ 2.34 (1.37)	3 (100.0)	0.0011~ 0.0036 (0.003)
Chitosan Tablet	1	1 (100.0)	0.34	1 (100.0)	0.01	1 (100.0)	0.33	1 (100.0)	0.66	1 (100.0)	0.67	ND	ND
Sub total	4	4 (100.0)	0.34~ 2.00 (1.32)	3 (75.0)	0.01~ 1.40 (0.87)	4 (100.0)	0.09~ 0.64 (0.37)	4 (100.0)	0.12~ 0.67 (0.43)	4 (100.0)	0.67~ 2.34 (1.20)	3 (75.0)	0.0011~ 0.0036 (0.003)
Total	17	12 (70.6)	0.06~ 2.00 (0.75)	12 (70.6)	0.01~ 16.96 (1.88)	17 (100.0)	0.07~ 1.07 (0.59)	17 (100.0)	0.12~ 95.36 (30.18)	17 (100.0)	0.66~ 3.66 (1.54)	14 (82.4)	0.0001~ 0.0041 (0.002)

ND : Not detected

## IV. 고 찰

중금속이란 화학적으로 비중이 4.0이상의 무거운 금속(수은·납·카드뮴 등)을 말한다. 이들 중금속은 체내에 미량으로 꼭 필요한 성분으로 작용을 하지만 수은 등과 같은 몇몇 중금속은 체내에 축적되면 미량으로서도 독성을 유발하여 치명적으로 생명에 위협을 가하기도 한다. 국외의 경우 1972년부터 FAO/WHO 합동 식품첨가물 및 오염물질위원회에서 수은, 납, 카드뮴을 식품오염물질로 제기하였으며, 1974년부터는 세계 각국의 식품에 함유된 중금속 등 오염물질 함량에 대한 자료를 수집, 평가하고 식품 내 오염물질의 국제적 표준작업을 위해 Codex 식품규격위원회에 제보를 제공하고 있다.<sup>14-16)</sup>

우리나라도 1985년부터 농산물, 수산물 등 여러 가지 식품 중 미량금속 함량에 대한 모니터링 작업을 수행하고 있는 실정이다.<sup>17,18)</sup>

본 연구의 결과를 보면 수산제품 중 키토산제품은 카드뮴, 납, 수은, 구리, 아연, 망간의 평균 검출량은 1.32ppm, 0.87ppm, 0.003ppm, 0.37ppm, 0.43ppm, 1.20ppm이며, 다시마제품의 카드뮴, 납, 수은, 구리, 아연, 망간의 평균 검출량은 0.68ppm, 0.67ppm, 0.002ppm, 0.58ppm, 71.95ppm, 1.15ppm으로 나타났다. 클로렐라제품은 카드뮴, 납, 수은, 구리, 아연, 망간의 평균 검출량은 0.25ppm, 3.48ppm, 0.001ppm, 0.69ppm, 24.80ppm, 1.87ppm이 검출되었다. 본 자료를 통해 카드뮴의 경우 키토산제품이 가장 높게 검출되었으며, 이는 지금까지 조사 보고 된 자료에 의하면 카드뮴은 수산물에서 높은 검출률을 보인 것과 일맥상통한다.<sup>19)</sup> 카드뮴은 김 등<sup>20)</sup>의 경우는 0.073ppm과 0.13ppm이고, 송 등<sup>19)</sup>은 0.51ppm, 어류에서 이 등<sup>21)</sup>은 0.03ppm, 김 등<sup>22)</sup>은 0.01-0.06ppm을 보여 본 조사가 높게 나타났다. 납의 경우는 키토산제품이 평균 검출률이 6.32ppm으로 가장 높게 검출되었는데 김 등<sup>20)</sup>의 경우는 0.36ppm

이고 이 등<sup>21)</sup>은 0.05ppm, 김 등<sup>22)</sup>은 0.32ppm으로 이들보다 다소 높게 검출되었으나 건강기능식품에 관한 법률에서 규정하는 2-5ppm과는 상당한 차이를 보이고 있었다. 수은의 경우는 키토산 제품이 0.0026ppm으로 김 등<sup>20)</sup>의 경우는 0.001ppm이 보다는 높았으나 이 등<sup>21)</sup>은 0.1ppm이고, 김 등<sup>22)</sup>은 0.08ppm이 검출되어 상기 조사자들 보다는 매우 낮게 검출되었다. 어패류에서 중금속 함량이 높은 것은 납·카드뮴·수은 등이 생물체에 섭취되어 먹이 사슬을 통해 점점 더 농축되고, 대사되지 않고 체내에 축적되기 때문으로 사료 된다.

인삼 및 인삼제품류의 경우 인삼에 대한 대한약전의 중금속 규격만이 30ppm 이하로 설정되어 있고, 식품에서 사용 중인 인삼류에 대한 중금속 규격은 설정되어 있지 않은 실정이다.

인삼제품의 경우는 카드뮴, 납, 수은, 구리, 아연, 망간의 평균 검출량은 0.87ppm, 0.07ppm, 0.0027ppm, 0.56ppm, 13.55ppm, 1.26ppm이었다. 허 등<sup>23)</sup>의 경우 카드뮴은 0.01ppm, 납은 0.01ppm, 수은은 0.001ppm 등을 나타내 본 조사가 다소 높은 검출률을 보였다. 김<sup>24)</sup>의 보고서와 같이 중금속의 잔류는 인삼을 재배하는 환경과 밀접한 관계가 있다는 보고가 있다. 관내에 유통 중인 인삼제품의 재배지 확인이 어려운 상황에서 그 추정은 불가능한 것으로 사료 된다.

유산균제품의 경우 카드뮴, 납, 수은, 구리, 아연, 망간의 평균 검출량은 0.42ppm, 3.48ppm, 0.002ppm, 0.45ppm, 30.70ppm, 2.09ppm으로 나타났다.

영양보충용제품은 카드뮴, 납, 수은, 구리, 아연, 망간의 평균 검출량은 0.67ppm, 0.66ppm, 0.0024ppm, 0.75ppm, 24.75ppm, 1.20ppm이었다.

영양보충용제품이란 일상의 생활에서 필요로 하는 비타민이나 아미노산류 또는 지방산 등을 첨가하여 만든 기능성 식품으로 소비자의 관심이 날로 증가하는 추세이다.<sup>25)</sup> 그러나 본 조사

에서 각각의 중금속은 검출되나 그 허용 한계나 규정이 없는 실정이다.

글루코사민제품은 카드뮴, 납, 수은, 구리, 아연, 망간의 평균 검출량은 1.52ppm, 0.18ppm, 0.002ppm, 0.47ppm, 19.50ppm, 1.56ppm이 검출되었다.

프로폴리스제품은 카드뮴, 납, 수은, 구리, 아연, 망간의 평균 검출량은 0.67ppm, 0.47ppm, 0.002ppm, 0.58ppm, 30.87ppm, 0.17ppm이 검출되었다. 이는 김 등<sup>22)</sup>이 납은 4.96ppm이고 수은은 0.013ppm으로 본 검사보다 다소 높게 검출되었다.

선식제품은 카드뮴, 납, 수은, 구리, 아연, 망간의 평균 검출량은 0.06ppm, 0.70ppm, 0.004ppm, 0.67ppm, 22.14ppm, 0.61ppm이 검출되었고 수은의 검출량이 다른 제품류에 비해 높았다. 이 등<sup>21)</sup>은 곡류중 카드뮴은 0.02ppm, 납은 0.07ppm, 수은은 0.001ppm, 구리 2ppm, 망간 5ppm, 아연 8ppm이 검출되었다는 보고가 있다. 이 등<sup>26)</sup>의 보고에 의하면 곡류에서 카드뮴이 0.068ppm이 검출되어 상기 조사자들에 비해 다소 높게 검출되었다. 이 등<sup>26)</sup>이 곡류를 통한 중금속의 주간섭취량을 측정한 결과 수은은 0.6%, 납은 9.0%, 카드뮴, 6.6%을 섭취한다고 보고 했듯이 우리의 생활에서 자주 접하는 식품을 통한 섭취량을 생각한다면 개별량은 미량이나 인체 축적량은 상당할 것으로 사료된다. 특히 농작물중의 중금속 함량은 토양으로부터의 흡수와 대기로부터의 침전에 영향을 받는다. 이와 같이 각 조사자마다 다소 차이가 나는 것은 원료의 차이로 사료 된다<sup>27)</sup>.

원산지에 따른 중금속 검출 정도를 찾아보면 각 중금속의 검출량에는 국내산과 수입산의 커다란 차이를 보이지 않았으나 납의 경우 국내산이 다소 높게 검출되었으나 평균 1.15ppm으로 허용한계인 2~5ppm보다 낮게 검출되었다.

건강기능식품중 기준설정제품과 기준미설정

제품의 납의 검출량을 비교해 보았으나 별다른 차이를 발견할 수 없었다.

이처럼 우리몸에 독성을 유발하는 미량의 중금속들은 식품을 통해 계속 섭취되고 축적되어 결국 대사장애나 기형태아의 생성, 성인병유발 등 국민건강 측면에서 그 위해성이 커다란 논란으로 인식 되고 있다.<sup>28)</sup>

식품의 보존을 오래 할수 있도록 사용하고 있는 보존료를 조사한 결과 모든 제품에서 불검출되었다.

위생상의 지표 세균으로 일반세균수, 대장균군수, 대장균을 검사한 결과 선식류에서 3건이 검출되었고  $4.8 \times 10^5$ cfu/g 가 검출되었다. 이는 세균 발육에서 수분 함량이 가장 문제인데 곡류자체에 수분을 다량 포함하고 있어서 일반세균이 발육 할 수 있는 조건을 만들어 준 것 같다. 또한 식중독 균으로 *Bacillus. cereus*, *Clostridium perfringens*는 선식 제품에서 각 1건씩 검출되었다.

경제 발전에 의한 소득의 증대는 의식구조의 개선으로 이어져 개인의 건강한 삶과 수준 높은 생활을 추구하는 욕구를 낳게 되었으며, 이로 인해 식품이나 의약품을 통해 건강을 증진시키거나 유지하려는 사람의 수요를 급증시켰다. 이런 가운데 건강에 도움이 된다는 막연한 믿음과 간편한 방법으로 우리 신체가 필요로 하는 영양성분을 섭취할 수 있다는 건강기능식품은 더욱더 발전하고 그 종류도 날로 증가할 것이다. 실험 결과를 보면 거의 대부분의 제품에서 유해 중금속이 미량이지만 검출되고 있다. 그러나 관련 법규인 식품위생법과 건강기능식품법에서는 소수의 제품에서 유해 중금속 중 납에 대한 기준만 명시되어 있을 뿐 다른 유해 중금속에 대한 기준이 없는 실정이다.

실험결과 제품에 대한 중금속 검출 농도는 매우 낮은 범위였으나, 시판되고 있는 모든 건강기능식품에 대한 검사가 아닌 점을 감안한다

면 좀더 폭넓고 광범위한 검사가 필요하며, 앞으로 국민들이 안심하고 먹을 수 있는 안전하고 위생적인 식품이 생산과 관리를 위한 관련 법규의 보완이 시급한 실정이다. 본 실험 결과는 앞으로 좀더 안전하고 위생적인 제품의 생산과 관리를 위한 관련법 보완을 위한 기초 자료로 활용 될 수 있을 것으로 사료된다.

## V. 결 론

급속한 경제발전은 생활의 풍요를 가져왔으며, 이러한 생활수준의 향상은 개개인의 건강에 대한 관심을 증가시키는 요인이 되었다. 개개인의 건강에 대한 관심은 특히 식품이나 의약품의 섭취를 통해 건강을 증진시키거나 유지하려는 사람의 수요를 급증시켰으며, 건강기능식품의 개발과 판매 또한 급속도로 성장시켰다. 그러나 이러한 건강기능식품의 관련법 기준 및 규격을 살펴보면 인체에 심각한 위해를 발생시킬 수 있는 카드뮴, 납, 수은 등 중금속에 대한 기준이 미미한 실정이다. 이에 건강기능식품 등의 기준 및 규격에 대한 기초 자료를 얻고자 실험을 실시하였다.

2005년도 1월부터 12월중 관내에 유통 중인 건강기능식품 등 총 101건을 대상으로 검사하였는데, 국내산이 89건, 수입산이 12건으로 납, 카드뮴, 수은, 구리, 아연, 망간 등 6항목의 중금속과 지표세균으로 일반세균, 대장균군, 대장균을, 식중독균으로 바실러스 시리우스, 클로스트리디움 퍼프린젠스를 검사하여 총 5종의 세균을 검사하였다. 또한 보존료로 sorbic acid, benzoic acid, DHA, ethyl paraben, propyl paraben, butyl paraben 등 6종을 검사하였다.

중금속 6종 검사결과 인체에 치명적으로 알려진 카드뮴은 글루코사민제품에서 평균1.52ppm

이 검출 되었고, 수은은 선식제품에서 평균 0.004ppm, 납은 클로렐라제품에서 평균 3.48ppm 이 검출되었다.

세균은 선식제품에서 3건이 검출되었는데  $4.8 \times 10^5$ cfu/g 정도의 일반세균이 평균적으로 검출되었다. 대장균과 대장균군은 각각 2건, 4건이 검출되었는데 모두 선식제품에서 검출되었고, 보존료는 6종 모두 모든 제품에서 검출 되지 않았다.

실험 결과를 보면 거의 대부분의 제품에서 유해 중금속이 미량이지만 검출되고 있다. 그러나 관련 법규인 식품위생법과 건강기능식품법에서는 소수의 제품에서 유해 중금속중 납에 대한 기준만 명시되어 있을 뿐 다른 유해 중금속에 대한 기준이 없는 실정이다.

실험결과 제품에 대한 중금속 검출 농도는 매우 낮은 범위였으나, 시판되고 있는 모든 건강기능식품에 대한 검사가 아닌 점을 감안한다면 좀더 폭넓고 광범위한 검사가 필요하며, 앞으로 국민들이 안심하고 먹을 수 있는 안전하고 위생적인 식품이 생산과 관리를 위한 관련 법규의 보완이 시급한 실정이다. 본 실험 결과는 앞으로 좀더 안전하고 위생적인 제품의 생산과 관리를 위한 관련법 보완의 기초 자료로 활용 될 수 있을 것으로 사료된다.

## 참 고 논 문

1. S.J. Lee, M. J. Kim. Heavy metal exclusion and neutralize a poison of green tea. oolong tea, black tea from korea. Food Science and Industry. 28, 17-28. 1995.
2. Settle DM, Patterson CC. Lead in Albocoro, Guide to lesd poluution. Americans Science. 207. 1167. 1980

3. Conor Reilly, Metal contamination of food. 1nd edition. Elsevier science publishers LTD. London, 1980
4. Conor Reilly, Metal contamination of food. 2nd edition. Elsevier science publishers LTD. London, 1991
5. 이두호 외 6인, 인간환경론, 나남출판사, 327, 1993
6. Conor Reilly, Metal contamination of food. 3rd edition. Elsevier science publishers LTD. London, 2002
7. 이순재, 김미자, 윤현호, 한국산 녹차, 우롱차 및 홍삼음료의 중금속 제거 및 해독작용, 식품과학과 산업, 28,17-28, 1995.
8. Morreale, S.L. and Schwartz, N.E., Helping Americans eat right. Developing practical and actionable public nutrition education messages based on the ADA Surver of America Dietary Habits. J. Am. Diet. Assoc., 47, 263,1995.
9. Menrad, K., Market and marketing of functional food in Europe. J. Food Engineering, 52, 181-188, 2003
10. 식품공전, 식품의약품안전청, 2004.
11. Nakadai A., Inagaki H., Minami M., Takahashi H., Namme R., Ohsawa M., Ikegami S., Determination of the optical purity of N-nitrosufenfluramine found in the chinese slimming diet. Yakugaku Zasshi, 123(9), 805-809, 2003.
12. Compendiam of Asian Patent Medicines. California, California Departmenet of Health Services, California, 1999.
13. 건강기능식품의 기준 및 규격, 고시2004-70 호, 식품의약품안전청, 2004.
14. UNEP/FAO/WHO, Assessment of diefary intakes of chemical contamination, 1992.
15. WHO, Guidelines for the study of dietary intakes of chemical contaminants, 1985.
16. UNEP/FAO/WHO, The Contamination of Food, UNEP. Nairobi, 1992.
17. Sho, Y. S., Chung, S. Y., Kim, M. and Hong, M. K., Trace metal contents in fishes and shellfishes and their safetyu evaluations, J, Korean Soc. Food Sci. Nutr, 29, 549-554, 2000.
18. 정소영, 김미혜, 소유섭, 원경풍, 홍무기, 우리나라 채소류 중 미량 금속 함량 및 안전성 평가, 한국식품영양학회지, 30(1), 32-36, 2001.
19. Sho, Y. S., Kim, J., Chung, S. Y., Kim, M. and Hong, M. K., Trace metal contents in fishes and shellfishes and their safety evaluations, J. Kor. Soc Food Sci. Nutr, 29, 549-554, 2000.
20. 김미혜, 정소영, 소유섭, 김명철, 김창민, 칼슘, 키토산, 프로폴리스 건강보조식품중 중금속 모니터링을 통한 납기준 제정, Korean. J. Food Sci. Technol., 33(5), 525-528, 2001.
21. 이종옥, 김미혜, 소유섭, 허수정, 박성국, 정소영, 강민철, 김은정, 이경석, 식품 중 미량 금속 모니터링, The Annual Report of KFDA, 7, 98-103, 2003.
22. 김미혜, 김정수, 소유섭, 정소영, 이종옥, 여러 가지 식품 중 중금속 함량에 관한 연구, Korean J. Food Sci. Technol., 35(4), 561-567, 2003.
23. 허수정, 김미혜, 박성국, 이종옥, 인삼 및 인삼제품류의 중금속 함량, Korean J. Food Sci. Technol., 37(3), 329-333, 2005.
24. 김정호, 경북 상주의 인삼 재배환경 중 유기염소계 농약 및 중금속의 잔류, J. Environ, Toxicol., 19(2), 183-189, 2004.

25. 송병춘, 김미경, 미취학 아동의 비타민 · 무기질 보충제 복용 양상에 관한 연구, 한국영양학회, 31(6), 1066-1075, 1998.
26. 이효민, 임철주, 윤은경, 김종욱, 최시내, 김효민, 한지연, 김부영, 식품중 카드뮴의 위해성평가, The Annual Report of KFDA., 4(4), 67-77, 2000.
27. 하영득, 이인선, 영지버섯중의 중금속 함량, J. Korean Soc, Food Nutr., 19(2), 187-193, 1990.
28. 권기성, 김미혜, 박희라, 허수정, 김광진, 염태경, 김수연, 최광식, 중금속의 인체모니터링. The Annual Report of KFDA., 8(2), 1788-1796, 2004.

# 인천광역시 유통 농산물의 최근 3년간의 잔류농약 실태 조사연구

전중섭\*·권문주·오세홍·남화정·김혜영  
농산물검사소

## A Survey on the Pesticide Residues of Commercial Agricultural Products in Incheon on recent 3 years

Jong-sup Jeon\*, Moon-joo Kwon, Se-Heung O, Hwa-jung Nam, Hye-young Kim  
Department of Agricultural Products Inspection

### ABSTRACT

This survey was carried out to investigate the pesticide residues in Commercial agricultural products in Incheon from 2003 to 2005. A total 10,431 samples was analyzed. The violation rate of total collected samples from 2003 to 2005 was 1.3%, 0.9%, and 1.2%, respectively. The violation rate of Agricultural Wholesale Market and Wholesale Mart from 2003 to 2005 was 1.3%, 0.9%, 1.1%, and 1.5%, 0.5%, and 3.6.% respectively. Over the 70% of violated agricultural producing region of total violation in 2003, 2004 were Kyounggi and Incheon. The violation rate of total violation of Kyounggi and Incheon in 2005 was 25.6% and 23.3%, respectively. On recent 3 years, the most frequently violated commodity was crown daisy. The number of kinds of pesticides detected from 2003 to 2005 was 12, 17 and 32, respectively. The pesticides detected and violated every year from 2003 to 2005 were Chlorothalonil, Chlorpyrifos, Diazinon, Endosulfan, Procymidone. The detection and violation of Chlorpyrifos and Diazinon had a decreasing tendency. But, Chlorothalonil, Endosulfan, Procymidone had an increasing detection tendency.

Key words : Pesticide residues, Agricultural products, Incheon

## I. 서 론

우리나라 농약관리법에 따르면 “농약이라 함은 농작물(수목 및 농·임산물을 포함)을 해하는 균·곤충·응애·선충·바이러스·잡초 기

타 동·식물의 방제에 사용하는 살균제·살충제·제초제 기타 약제와 농작물의 생리기능을 증진하거나 억제하는데 사용하는 약제를 말한다.”라고 명기되어 있다.<sup>1,2)</sup> 현대농업에서의 농약의 사용은 농업생산력의 증대를 가져와 적은



노동력과 경비로 양질의 농산물을 생산할 수 있게 해주었다. 그리고 인구의 증가로 인한 식량난 해소를 위해서도 농약의 사용은 불가피한 실정이다.<sup>3,4)</sup> 그러나 이런 농약의 이로온 점에도 불구하고 농산물에 잔류하는 농약은 대부분이 발암물질과 유해물질로 구분되어 있다.

이에 농산물의 농약 잔류를 줄여야 한다는데 전 세계적으로 인식을 같이 하고 있으며, 미국, 일본, EU 를 비롯해서 여러 국가에서는 매년 잔류농약 모니터링을 실시하고 있다.<sup>4)</sup>

국내에 등록되어 사용 중에 있는 농약의 종류는 1970년에 148종에 불과하였으나, 1999년에는 876종, 2004년에는 1,152종으로 계속 증가되고 있는 추세다.<sup>5)</sup> 우리나라에서는 1968년 잔류농약모니터링을 처음으로 실시하였고, 그 후 1988년에는 농산물에 대해 17항목의 농약 잔류허용기준을 고시하였다. 그리고 해마다 사용되는 농약의 종류가 증가되고 있는 상황에서 잔류허용기준 대상 농약의 신설 및 농산물확대를 통하여,<sup>4)</sup> 2005년 6월 1일 현재 370종의 농약이 검사대상으로 지정되어있다.

최근 웰빙이라는 새로운 유행의 영향으로 농산물 소비가 증가하고 있지만 수입 농산물을 비롯하여 국내산 농산물의 잔류농약에 대한 안전성에 대해서 소비자들이 불안감을 떨칠 수 없는 것도 사실이다.<sup>6)</sup> 이에 우리나라에서도 식품의약품안전청 및 각 시·도 보건환경연구원이 식품위생법에 근거하여 유통농산물의 잔류농약검사를 통하여 안전한 농산물의 공급에 최선을 다하고 있다. 또한 농산물품질관리법의 “농림부장관 또는 시·도지사는 저장단계 또는 출하되어 거래되기 전단계의 농산물에 대하여 안전성조사를 한 결과 식품위생법 등 관계법령에 의한 잔류허용기준등을 초과하는 때에는 당해 농산물의 저장 또는 운반하는 자등에게 그 초과사실과 함께 당해 농산물의 출하연기·용도전환·폐기등 처리방법을 서면으로 고지하여야 한다.”는 조항에 의거하여 농림부에서는 안전한 농산물 생산에 주력하고 있다.<sup>7)</sup>

이에 인천광역시에서는 보건환경연구원이 주축이 되어 농산물안전성관리 제 규정에 근거하여 인천광역시에 소재한 삼산농산물도매시장 및 구월농축산물도매시장에서 농산물의 경매전 잔류농약 검사와 대형마트 등의 유통농산물의 잔류농약 검사를 실시하고 있다.

이에 본 조사에서는 식품공전상의 동시다성분 분석법 중 Gas Chromatography로 분석가능한 농약을 중심으로, 2003년부터 2005년 까지 최근 3년 동안의 인천광역시에 유통된 농산물의 잔류농약의 부적합 경향을 파악하여, 농산물안전성관리의 기초자료를 제공하여 시민의 건강증진에 기여하고자 한다.

## II. 재료 및 방법

### 검사대상 시료

2003년부터 2005년까지 인천광역시 삼산농산물도매시장 및 구월농축산물도매시장 등 2곳과 대형마트 등에서 10,431건의 농산물을 수거하여 검사하였다. 자세한 수거현황은 Table 1과 같다.

### 표준품 및 시약

잔류농약 분석용 표준품은 Dr. Ehrenstorfer GmbH(Germany)를 구입하여 사용하였으며, 추출용매인 Acetonitrile과 정제과정에 필요한 Hexane 및 Acetone은 J.T Baker(U.S.A)를 사용하였다. NaCl은 Junsei(Japan)제품을 사용하였다. 그 외 시약은 HPLC급 시약을 사용하였다. 시료 전처리 중 정제과정에는 Strata FL-PR Florisil(1000mg/6ml, Phenomenex, U.S.A)가 사용되었다.

### 분석기기

분석기기는 GC/MSD(Gas Chromatography/

Mass Selective Detector)는 Hewlett-Packard (USA)사의 HP 6890 Series GC에 연결된 5973 Mass Selective Detector를 사용하여 농약성분을 확인하였다.

GC-ECD(Gas Chromatography-Electron Capture Detector)는 Chrompack(Netherland)사의 CP-9003와 Agilent(USA)사의 6890N 등 2대를 사용하여 유기염소계 등의 농약성분을 분석하였으며, GC-NPD(Gas Chromatography-Nitrogen Phosphorus Detector)는 Chrompack(Nether-

land)사의 CP-9001과 Agilent(USA)사의 6890N 등 2대를 사용하여 유기인계 등의 농약성분을 분석하였다.

기기분석조건은 Table 2,3과 같다.

## 전처리 방법

전처리는 식품공전의 제7. 일반시험법의 9. 식품 중 농약잔류시험법 83)을 이용하였다.<sup>8)</sup>

Table 1. The list of agricultural products analyzed by year

Group	2003(%)	2004(%)	2005(%)
<b>Leafy vegetables</b>	2,841 (87.7)	2920 (84.9)	3307 (88.1)
Chard	163	148	189
Perill Leaves	170	193	189
Korean Cabbage	241	93	155
Korean Lettuce	585	701	890
Spinach	355	292	365
Crown Daisy	355	248	331
Marsh Mallow	110	100	56
Young Radish	261	268	344
chicory	131	85	136
Others	470	792	652
<b>Stalk and stem vegetables</b>	318 (9.8)	370 (10.8)	227 (6.1)
<b>Fruiting vegetables</b>	26 (0.8)	59 (1.7)	131 (3.5)
<b>Citrus fruits</b>	11 (0.3)	21 (0.6)	11 (0.3)
<b>Root and tuber vegetables</b>	4 (0.1)	21 (0.6)	11 (0.3)
<b>Mushrooms</b>	15 (0.5)	9 (0.3)	2 (0.1)
<b>Others</b>	23 (0.7)	41 (1.2)	63 (1.7)
<b>Total</b>	3,238 (100.0)	3,441 (100.0)	3,752 (100.0)

Table 2. Operating condition of GC

Instrument	GC-ECD		GC-NPD	
	CP-9003	6890N	CP-9001	6890N
Column	CP-sil 5CB 30m×0.32mm×0.25 $\mu$ m	CP-sil 5CB 30m×0.32mm×0.25 $\mu$ m	CP-sil 8CB 30m×0.25mm×0.25 $\mu$ m	CP-sil 8CB 30m×0.32mm×0.25 $\mu$ m
Carrier Gas Flow	1.0mL/m	1.0mL/m	1.0mL/m	1.0mL/m
Injector Temp.	250℃	250℃	270℃	270℃
Detector Temp.	270℃	270℃	290℃	290℃
Oven Temp.	100℃(2m)-10℃/m-	100℃(2m)-10℃/m-	120℃(2m)-10℃/m-	120℃(2m)-10℃/m-
	150℃(2m)-10℃/m-	180℃(5m)-10℃/m-	160℃(2m)-10℃/m-	160℃(2m)-10℃/m-
	180℃(1m)-10℃/m-	220℃(3m)-10℃/m-	200℃(8m)-10℃/m-	200℃(8m)-10℃/m-
	200℃(1m)-10℃/m-	240℃(2m)-10℃/m-	280℃(12m)	280℃(12m)
	250℃(17m)	260℃(10m)		

Table 3. Operating condition of GC-MSD

HP-6890 GC interfaced to HP 5973 MSD	
Column	HP-5ms 30m×0.25mm×0.25 $\mu$ m
Column Flow	1.0mL/m He constant flow
Injector	Autoinjector with splitless mode
Injector Temp.	260℃
Interface Temp.	280℃
Oven Temp.	100℃(2m)-10℃/m-280℃(15m)
Scan range	50~550amu
MS source temp.	230℃
MS quad. temp.	150℃

### Ⅲ. 결과 및 고찰

#### 부적합 현황

2003년부터 2005년까지의 전체수거건수에 대한 부적합건수의 비율은 각각 1.3%([43/3238]\*100), 0.9%, 1.2%였다. 2003년도 부적합비율은 1.3%로서 서울특별시의 2003년도 부적합비율인 1.4%와 유사한 경향을 나타냈다.<sup>9)</sup> 반면, 2004년도 부적합비율은 0.9%로서 서울특별시 강북지역의 1.7%와 광주광역시의 3.9%와는 차이를 보였다.<sup>4,9)</sup> 2005년의 부적합비율은 1.2%로서 농림부 국립농산물품질관리원의 안전성조사 결과인 1.1%와 유사했다.<sup>9)</sup> 시장형태별 부적합 현황은 Table 4에 정리하였다. 도매시장의 2003년부터 2005년까지의 부적합 비율은 1.3%, 0.9%, 1.1%로서

2004년도에는 감소하였다가 2005년도에는 전년에 비해 0.2% 증가하였다. 대형마트의 2003년부터 2005년까지의 부적합 비율은 1.5%, 0.5%, 3.6%를 나타냈으면 2005년도에는 전년도에 비해 약 7배가 증가하였다.

#### 부적합 생산지별 현황

2003년부터 2005년까지 부적합 생산지를 살펴보면 경기도, 서울특별시, 인천광역시, 제주도는 3년 연속으로 부적합 소재지로 나타났다. 서울시와 인천시의 부적합 농산물은 다양한 반면, 제주도는 부적합 농산물이 모두 취나물이었다. 행정구역상으로 3년 연속 부적합이 나타나지 않은 지역은 강원도, 경상북도, 대전광역시, 대구광역시, 부산광역시로 나타났다. 부적합 생산지별 현황은 Table 5와 같다.

Table 4. Market distribution of violations by year

Market	2003		2004		2005	
	Number of violations (%)	Number of collected samples(%)	Number of violations (%)	Number of collected samples(%)	Number of violations (%)	Number of collected samples(%)
Agricultural Wholesale Market	35 (1.3) <sup>1)</sup>	2721	27 (0.9)	2873	40 (1.1)	3642
wholesale mart	8 (1.5)	517	3 (0.5)	568	4 (3.6)	110
Total	43(1.3)	3238	30(0.9)	3441	44(1.2)	3752

<sup>1)</sup> : Ratio of violations to collected samples([35/2721]\*100)

부적합 생산지별 현황을 살펴보면 2003년에는 경기도가 37.2%로 가장 높은 비율을 차지하였고 인천시가 27.9%로 그 다음 순이었다. 2004년도는 인천시가 43.3% 가장 높은 비율이었고, 경기도가 40%로 나타났다. 경기도의 부적합 비율이 높은 경향은 경기도가 인천과 근접하여 출하 용이성이 있다고 사료된다.

2004년에는 전년도에는 나타나지 않은 경남이 새로 추가 되었고, 광주시, 전라남도, 전라북도, 충청남도는 전년도의 부적합 생산지에서 제외되었다. 2004년도 서울시 가락시장의 농약 잔류조사에서는 경기도가 가장 많은 부적합이 나타났다. 그러나 가락시장의 부적합 소재지 중에서 인천시가 포함되지 않은 것은 본조사와의 차이였다.<sup>11)</sup> 이는 인천근교에서 재배한 농산물이 거의 대부분 인천에서 소비되어 타 지역으로의 출하가 제한적이어서 이런 차이가 발생했다고 사료된다.

2003년과 2004년도에는 경기도와 인천시에서 생산한 부적합 농산물이 전체 부적합농산물의 70%이상을 차지하였으나, 2005년도에는 경기도와 인천시가 각각 25.6%와 23.3%로 나타났으며, 다양한 지역에서 새롭게 부적합이 발생하였다.

경기도와 인천시의 부적합 비율이 낮아지는 이유는 인천시를 비롯한 수도권에서의 농산물안전성 검사강화로 생산농민들의 농약사용이 안전

한 방향으로 이뤄졌음에 기인한다고 사료된다.

## 농산물별 부적합 농약항목

2003년부터 2005년까지 부적합이 가장 많았던 농산물은 쑥갓으로 23건의 부적합이 발생하였으며 취나물, 참나물, 상추가 각각 15건의 부적합이 발생하였고, 고춧잎은 13건의 부적합이 발생하였다. 엽채류와 엽경채류를 제외하고 부적합이 나온 농산물은 고추 한 품목이었다. 이는 엽채류와 엽경채류가 수거건수의 90%이상을 차지하고 나머지 농산물은 상대적으로 적은 수거품목에 해당되기 때문이라고 사료된다.

쑥갓은 총 7종류의 농약이 부적합을 나타냈으며, 그 중 가장 빈번히 부적합을 나타낸 농약은 Diazinon이었다. Diazinon은 1952년에 개발된 약제로서 질소를 함유한 유기인계로서 주로 접촉 및 식독작용에 의하여 살충효과를 보이며 비교적 독성이 낮고 적용범위가 넓다.<sup>2,12)</sup> 또 쑥갓에서는Chlorpyrifos가 총 3번의 부적합을 나타냈다. Chlorpyrifos는 우리나라에서 “그로포, 명사수, 더스반”이라는 상품명으로 잘 알려진 농약으로 1965년에 개발된 유기인계 살충제이며 적용범위가 넓어 과수 및 채소의 각종 해충 방제에 효과적이다. 그리고 독성이 강한 극물로 취급하고 있다.<sup>2,13)</sup> 따라서 잔류허용기준은 다른 종류의 농약보다 낮은 편이다.

Table 5. Regional distribution of violations by year

Region	2003	2004	2005
	Number of violations(%)	Number of violations(%)	Number of violations(%)
Kyunggi	16 (37.2)	12 (40.0)	11 (25.6)
Kyungnam	-	1 (3.3)	1 (2.3)
Gwangju	-	-	1 (2.3)
Seoul	2 (4.7)	1 (3.3)	2 (4.7)
Woolsan	-	-	1 (2.3)
Incheon	12 (27.9)	13 (43.3)	10 (23.3)
Chunnam	2 (4.7)	-	4 (9.3)
Chunbuk	5 (11.6)	1 (3.3)	3 (7.0)
Cheju	1 (2.3)	2 (6.7)	2 (4.7)
Choongnam	5 (11.6)	-	6 (14.0)
Choongbuk	-	-	2 (4.7)
Total	43 (100)	30 (100)	43 (100)

취나물에서는 Chlorpyrifos, Dichlorvos 및 Fenitrothion등이 부적합을 나타냈다. Dichlorvos는 DDVP라고 잘 알려져 있으며, 이 약제의 혼증제는 온실과 비닐하우스 내의 진딧물류·응애류의 방제와 창고에서 저장물의 해충방제에 사용된다. Fenitrothion은 Parathion과 같이 광범위한 해충에 유효하다.<sup>2)</sup>

참나물에서는 Chlorpyrifos, Procymidone 등이 부적합을 나타냈다. Procymidone은 살균제로서 균사의 신장생육을 특이하게 강력히 저해

하는 작용을 지니고 있다.<sup>2)</sup>

상추는 Chlorpyrifos, Procymidone 등이 부적합을 나타냈다. 이 두 농약 중 Chlorpyrifos는 잔류허용기준을 226배 초과하였다.

특이한 점은 쑥갓을 제외하고, 나머지 취나물, 참나물, 상추, 고춧잎에서 가장 많은 부적합을 나타낸 농약은 Chlorpyrifos였다는 점이다. 이는 해당 농약에 대한 잔류허용기준이 낮은 데 기인한다고 사료된다. 검체별 부적합항목은 Table 6과 같다.

Table 6. The list of agricultural products and pesticides violated on recent 3 years

Commodity (Number of violation)	Pesticide	Range (mg/kg)	MRL value (mg/kg)	Number of violation
Bracken(1)	Acetochlor	0.75	0.02	1
Pepper(1)	Chlorothalonil	1.50	1.00	1
Fresh pepper leaves(13)	Chlorothalonil	13.20	5.00	1
	Chlorpyrifos	0.09~1.33	0.01	5
	Endosulfan	1.40	1.00	1
	EPN	0.85	0.10	1
	Fluquinconazole	5.00	0.10	1
	Kresoxim-methyl	0.40	0.10	1
	Myclobutanil	3.90	1.00	1
	Procymidone	116.10	5.00	1
	Profenofos	3.70	2.00	1
Chard(6)	Carbofuran	0.30	0.10	1
	Diazinon	0.65~3.7	0.10	2
	Endosulfan	3.50	1.00	1
	Procymidone	8.3~17.1	5.00	2
Perilla leaves(8)	Diazinon	0.36~4.35	0.10	2
	Endosulfan	3.70	1.00	1
	EPN	0.60	0.10	1
	Ethoprophos	0.18	0.02	1
	Phenthoate	0.39	0.05	1
	Procymidone	11.3~12.0	10.00	2
Korean cabbage(1)	Diazinon	0.20	0.10	1
Leek(3)	Chlorpyrifos	0.076~0.130	0.01	2
	Iprodione	4.90	0.10	1
Birumnamul(1)	Chlorpyrifos	0.45	0.21	1
Korean lettuce(15)	Chlorpyrifos	0.1~2.26	0.01	3
	Diazinon	0.3~0.5	0.10	2
	Endosulfan	1.90	1.00	1
	Ethoprophos	0.19	0.02	1
	Fenarimol	0.63	0.05	1
	Folpet	12.20	2.00	1
	Kresoxim-methyl	0.60	0.10	1
	Procymidone	9.04~12.1	5.00	3

Table 6. continued

Commodity (Number of violation)	Pesticide	Range (mg/kg)	MRL value (mg/kg)	Number of violation
Celery(2)	Triflumizole	1.40~5.40	1.00	2
	Chlorpyrifos	0.50	0.05	1
	Diazinon	2.24	0.50	1
Spinach(7)	Chlorothalonil	8.10	5.00	1
	Chlorpyrifos	0.118~0.75	0.01	4
	EPN	4.40	0.10	1
	Vinclozolin	2.50	1.00	1
Shinsuncho(1)	Procymidone	8.30	5.00	1
Crown daisy(23)	Chlorpyrifos	0.109~0.570	0.01	3
	Diazinon	0.20~1.80	0.10	14
	Dichlorvos	1.0~1.1	0.10	2
	Endosulfan	4.30	1.00	1
	Ethoprophos	0.18	0.02	1
	Fenarimol	0.26	0.05	1
	Procymidone	21.90	5.00	1
Marsh Mallow(1)	Endosulfan	3.60	1.00	1
Ulgari(5)	Chlorothalonil	29.00	5.00	1
	Diazinon	0.2~0.5	0.10	2
	Procymidone	13.40	5.00	1
Young Radish(3)	Chlorpyrifos	0.12	0.01	1
	Diazinon	0.50	0.10	1
	EPN	1.80	0.10	1
Juckgyerja(1)	Diazinon	0.29	0.10	1
Chammnamul(15)	Chlorpyrifos	0.05~0.44	0.01	4
	Endosulfan	1.80	1.00	1
	Flutolanil	1.70	1.00	1
	Methidathion	1.70	0.20	1
	Phorate	4.70	0.10	1
	Procymidone	8.1~34.0	5.00	6
	Vinclozolin	2.90	1.00	1
Chinese vegetable(1)	Chlorpyrifos	0.22	0.01	1
Chwinamul(15)	Chlorothalonil	46.56	5.00	1
	Chlorpyrifos	0.07~1.23	0.01	7
	Dichlorvos	0.27~0.4	0.10	2
	Fenitrothion	0.8~1.1	0.20	2
	Fluquinconazole	0.30	0.20	1
	Kresoxim-methyl	0.80	0.10	1
	Parathion	1.40	0.30	1
Chicory(2)	Chlorpyrifos	0.05	0.01	1
	Pyrazophos	12.10	0.10	1
Welsh onion(6)	Bifenthrin	0.30	0.10	1
	Chlorfenapyr	0.2~1.1	0.10	2
	Chlorpyrifos	0.05	0.01	1
	Endosulfan	3.50	1.00	1
	Fludioxonil	1.00	0.20	1

## 년도별 검출 및 부적합 농약

검출 농약의 종류는 2003년부터 2005년까지 각각 12개, 17개, 32개로 증가하는 추세였다. 또한 부적합 농약의 종류도 11개, 13개, 20개로 증가하는 추세였다. 조사 기간 중 매년 검출이 되고 부적합이었던 농약은 Chlorothalonil, Chlorpyrifos, Diazinon, Endosulfan, Procymidone 등이었다.

Chlorpyrifos와 Diazinon은 검출과 부적합이 감소하는 경향을 나타냈다. 그러나 Chlorothalonil, Endosulfan, Procymidone은 2005년도에는 검출이 증가하는 경향을 나타내고 있다. 연도별 검출 및 부적합 농약 항목을 Table 7에 요약 정리 하였다.

2004년의 검출 농약의 종류는 12개로 광주광역시 검출 농약 종류인 21개에 비해서 적은 경향을 나타냈다. 반면 2005년도의 부적합 농약의 종류는 인천광역시가 13개를 나타냈고, 광주광역시는 6개를 나타냈다.<sup>4)</sup> Chlorpyrifos의 경우에는 해를 거듭할수록 검출과 부적합이 감소하고 있는 경향인데 이는 농림부에서 생산농민들에게 지속적으로 이 농약을 엽채류에 사용을 자제하라는 것을 여러 차례 당부하였기에 부적합이 줄어든 것으로 사료된다.<sup>10)</sup>

이들 중 특이한 사항은 Endosulfan, Procymidone은 2005년의 검출수가 2004년도에 비해서 약 4배 이상이 증가하였다는 점이다. 2005년도의 이 두 농약의 검출건수에 대한 부적합건수의 비를 보면 각각 11.6%([5/43]\*100)와 6.5%([8/124]\*100)를 나타내고 있다. 즉 검출건수에 비해서 부적합의 건수가 적음을 의미한다. 이는 이 농약들이 농가에서 많이 사용되어지지만, 잔류허용기준은 다른 농약보다 높아서 이런 결과가 나타났다고 사료된다. 조사 기간 중 농약의 검출건수에 대한 부적합건수의 비의 변화경향을 Figure 1에 나타냈다. Chlorpyrifos의 경우에는 검출건수에 대한 부적합수의 비가 2003년부터 2005년까지 각각 78.9%, 80.0%, 87.5%로 증

가하는 경향을 나타내고 있다. 이는 상대적으로 이 농약이 다른 농약보다 잔류허용기준이 낮고 다른 농약보다 재배과정에서 많이 사용되는 까닭일 것이다.

위의 5가지 농약에 대한 일부농산물에 대한 잔류허용기준은 Table 8과 같다. 한편 현재 식품공전의 잔류허용기준 적용시에 해당농산물의 기준이 설정되어 있지 아니한 경우의 잠정기준은 첫째, CODEX 기준을 적용, 둘째, CODEX에 기준이 없는 경우 유사한 농산물의 최저기준 적용, 셋째, 앞의 두 경우에 적용되지 아니한 경우, 검출된 농약은 우리나라 농약 잔류허용기준 중 해당 농약의 최저기준을 적용한다고 되어있다.<sup>14)</sup> 부적합 농약의 일부는 농약사용지침에 의하지 않고 사용하여 농약 잔류허용기준이 없는 농산물에서 검출이 되어 생산자들의 주의가 요망되어 진다. 특히 고춧잎의 경우에는 Chlorpyrifos가 고추에 적용 가능한 농약이지만 고춧잎에서 부적합이 많이 발생하고 있는 실정이다. 이는 고춧잎에 대한 Chlorpyrifos의 잔류허용기준이 따로 정하여지지 않아 기타 채소류 기준인 0.01ppm을 적용하므로 나타난 결과다. 그리고 생산농민들이 고추 재배시에 사용한 Chlorpyrifos가 잔류된 고춧잎을 부주의하게 출하하기 때문이라고 사료된다. 따라서 생산자들은 농약사용지침을 철저히 준수하여 재배하여야 할 것이다.

최근 3년 동안의 인천광역시에 유통된 농산물의 잔류농약 검사를 보면 부적합 수준은 다른 시와 유사한 경향을 보이고 있다. 그러나 잔류농약 검사의 특성상 모든 농산물을 검사할 수도 없는 실정이다. 이에 유관기관은 효율적인 잔류농약검사방안을 검토하여야 할 것이다. 많은 연구에 의하면 농산물에 잔류하는 농약은 조리 및 섭취 전에 충분히 세척해주면 농약의 상당량이 제거 된다고 한다. 이에 시민들은 막연히 농산물이 잔류농약에 오염되어 있다는 불안감을 버리고 적극적으로 대응해야 할 것이다.

그리고 생산농민들은 안전한 농산물 생산을 위하여 해당농산물에 적용 가능한 농약만을 사용

하고, 또한 농약사용지침을 준수하여 재배하여야 할 것이다.

Table 7. The list of pesticides detected and violated

Pesticides	2003		2004		2005	
	Number of detection	Number of violation	Number of detection	Number of violation	Number of detection	Number of violation
Acetochlor	1	1	—	—	—	—
Bifenthrin	—	—	—	—	2	1
Carbofuran	—	—	1	1	—	—
Chlorfenapyr	—	—	—	—	10	2
<b>Chlorothalonil</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>9</b>	<b>2</b>
<b>Chlorpyrifos</b>	<b>19</b>	<b>15</b>	<b>15</b>	<b>12</b>	<b>8</b>	<b>7</b>
Chlorthalonil	—	—	3	1	9	—
Dichlofluanid	—	—	1	—	1	—
<b>Diazinon</b>	<b>18</b>	<b>15</b>	<b>13</b>	<b>7</b>	<b>13</b>	<b>5</b>
Dichlorvos	—	—	2	2	2	2
Diethofencarb	—	—	—	—	1	—
Dicofol	—	—	1	—	—	—
Diphenylame	—	—	—	—	1	—
<b>Endosulfan</b>	<b>5</b>	<b>2</b>	<b>9</b>	<b>1</b>	<b>43</b>	<b>5</b>
EPN	2	2	—	—	2	2
Ethoprophos	1	1	—	—	2	2
Fenarimol	1	1	1	1	2	—
Fenitrothion	1	1	1	1	—	—
Fludioxonil	—	—	—	—	3	1
Fluquinconazole	—	—	—	—	2	2
Flutolanil	—	—	—	—	2	1
Folpet	—	—	1	1	—	—
Hexaconazole	—	—	—	—	2	—
Imazalil	—	—	1	—	—	—
Iprodione	—	—	—	—	3	1
Isoprothiolane	—	—	—	—	6	—
Kresoxim-Methyl	—	—	—	—	7	3
Mepanipyrim	—	—	—	—	1	—
Methidathion	—	—	1	1	1	—
Myclobutanil	—	—	—	—	2	1
Parathion	—	—	1	—	3	1
Pendimethalin	—	—	—	—	2	—
Phenthoate	—	—	—	—	4	1
Phorate	—	—	—	—	1	1
<b>Procymidone</b>	<b>20</b>	<b>5</b>	<b>32</b>	<b>3</b>	<b>124</b>	<b>8</b>
Profenofos	1	1	—	—	—	—
Pyrazophos	—	—	1	1	—	—
Pyridaben	—	—	—	—	1	—
Triflumizole	—	—	—	—	4	2
Vinclozolin	1	—	1	1	5	—
Zoxamide	—	—	—	—	1	—
Sum of kinds of pesticide	12	11	17	13	32	20



Table 8. The MRLs of some commodities

Commodity	Chlorothalonil	Chlorpyrifos	Diazinon	Endosulfan	Procymidone
Spinach	—	0.01	0.1	1.0	—
Korean cabbage	5.0	1.0	0.1	2.0	—
Cabbage	5.0	0.5	0.1	1.0	—
Lettuce	5.0	0.1	0.1	1.0	5.0
Perilla leaves	—	1.0	—	—	10.0
Other vegetables	—	0.01	—	—	—
Pepper	5.0	0.5	0.5	1.0	5.0
Carrot	1.0	0.5	0.5	0.2	—

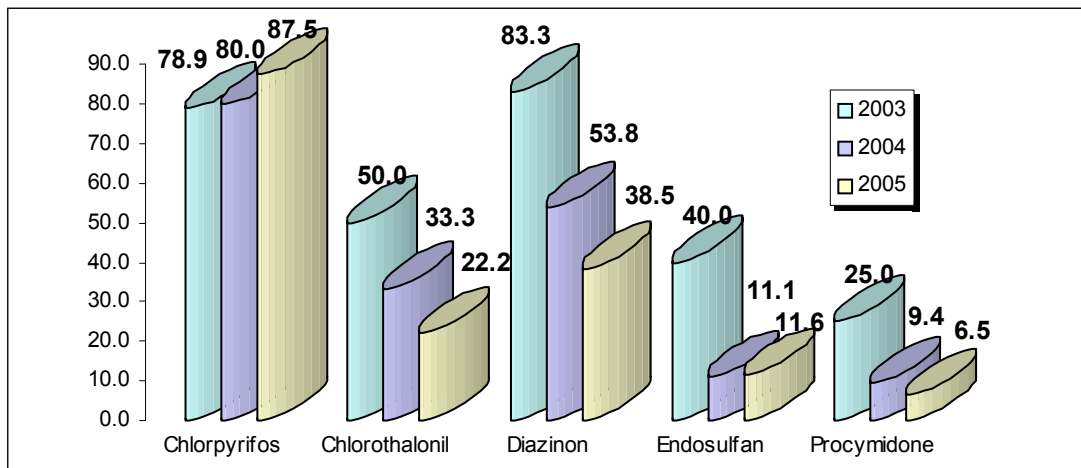


Figure 1. Yearly change of ratio of violation to detection

## 요 약

2003년부터 2005년까지의 인천광역시에서 유통되고 있는 농산물 총 10,431건의 잔류농약검사를 실시한 결과, 전체수거건수에 대한 부적합 비율은 2003년, 2004년, 2005년에 각각 1.3%, 0.9%, 1.2%를 나타냈다. 2003년부터 2005년까지의 도매시장의 부적합 비율은 각각 1.3%, 0.9%, 1.1%를 나타냈으며, 대형마트는 각각 1.5%, 0.5%, 3.6%를 나타냈다.

생산지별 부적합 현황은 2003년과 2004년에는 경기도와 인천시가 전체의 70%이상을 나타

냈으나 2005년도에는 경기도와 인천시가 각각 25.6%와 23.3%를 나타냈다. 2005년도에는 광주, 울산, 충북이 새롭게 나타났다.

최근 3년 동안 부적합이 가장 많이 발생한 농산물은 쑥갓으로 총 23건이었으며, 취나물, 참나물, 상추가 각각 15건, 고춧잎이 13건이었다. 쑥갓 중에 가장 많은 부적합을 나타낸 농약은 Diazinon으로 총23건의 부적합 중 7건을 차지하였다. 취나물, 참나물, 상추, 고춧잎에서 가장 많은 부적합을 나타낸 농약은 Chlorpyrifos였다.

검출된 농약의 종류는 2003년부터 2005년까지

지 각각 12개, 17개, 32개로 증가하는 추세였고 부적합 농약의 종류도 11개, 13개, 20개로 증가하는 추세였다. 2003년부터 2005년까지 매년 검출되고 부적합이었던 농약은 Chlorothalonil, Chlorpyrifos, Diazinon, Endosulfan, Procymidone 등이었다. Chlorpyrifos와 Diazinon은 검출과 부적합이 해가 갈수록 감소하는 경향을 나타냈다. 그러나 Chlorothalonil, Endosulfan, Procymidone은 2005년도에는 검출만 증가하는 경향을 나타내고 있다.

- 환경연구원보, 제40호, 117-126 (2004)
12. 정영호 외 5인 : 최신농약학, 시그마프레스, (2000)
  13. 농약공업협회 : 농약사용지침서 (2004)
  14. 식품의약품안전청 : 식품의 농약 잔류허용기준 (2005)

## 참 고 문 헌

1. 법제처 : 농약관리법, 제2조(정의)
2. 양환승 외 2인 : 최신농약학, 향문사, (1998)
3. Walter J. Krol, Terri L. Arsenault, Harry M. Pylypiw, Jr., and Mary Incorvia Mattina : Reduction of Pesticide residues on Produce by Rinsing. J. Agri. Food Chem. 48, 4666 -4670 (2000)
4. 김종필 외 5인 : 광주지역 유통 농산물의 농약 잔류실태 조사연구, 한국식품위생안전학회, 20(3), 165-174 (2005)
5. 농림부 : 농약안전사용 실무교육 (2005)
6. 채갑용 외 25인 : 식품의 농약 잔류실태조사 및 안전성 평가 연구, 식품의약품안전청연구보고서, 제8-2권, 1960-1968 (2004)
7. 법제처 : 농산물품질관리법, 제14조(안전성조사 결과에 대한 조치)
8. 식품의약품안전청 : 식품공전(별책), 제7일반시험법 : 263-269 (2005)
9. 김연천 외 20인 : 시중 유통농산물 중의 농약 잔류실태 연구(XI), 서울특별시 보건환경연구원보, 제 39호, 152-162 (2003)
10. 농림부 : 2005년 농산물 안전성 조사결과
11. 이상미 외 13인 : 서울시 강북지역 유통농산물 중의 농약잔류실태조사, 서울특별시 보건

보건환경연구원보 제10권(2006)

# 환경연구부



# 인천지역 대기 질 변화추세 연구

방기인, 이충대, 전미희, 최종규, 이정민, 신문기, 이흥식, 엄태선, 유덕열, 이종철, 심재덕, 최춘석, 김용희  
환경조사과

## A Study on Trend of Air Quality in Incheon

K.I.Bang, C.D.Lee, M.H.Jeon, J.K.Choi, C.M.Lee, M.K.Shin, H.S.Lee, T.S.Um, D.Y.Yu, J.C.Lee, J.D.Shim, C.S.Choi, Y.H.Kim  
Division of environmental research

### Abstract

The emissions of major air pollutants in Incheon metropolitan are increasing 126% in TSP, 52% in NO<sub>x</sub>, 296% in VOCs from 1990 to 2001. However, decreasing 66% in SO<sub>2</sub>, 18% in CO. After using low-level sulfur diesel fuel, desulfurization system, clean fuels such as LNG & LPG, and three-way catalytic converter system, from 1995 to 2004, the concentration of SO<sub>2</sub> and CO are also decreasing 67%, 50% respectively. But the increase of traffic and industrialization made the concentration of NO<sub>2</sub> and O<sub>3</sub> increase 12% and 11% respectively. The concentration of PM<sub>10</sub> had different pattern with other pollutants. PM<sub>10</sub> has been decreased 25% last 10 years. however, because of increase of diesel-fueled cars which emit a lot of pollutants and their substances that react complicatedly in the atmosphere, it started to increase again since 2002. Compared with 7 metropolitans in air quality in 2004, Incheon was ranked base in PM<sub>10</sub> level, and middle in NO<sub>2</sub> and O<sub>3</sub> level. but ranked almost top in SO<sub>2</sub> and CO level because of ceaseless efforts in air policy.

On the basis of meteorological information and daily-based pollutant data in Incheon, Estimation of air pollution source was carried out using receptor model and correlation analysis between pollutant and meteorological factor. Air pollution source influencing on air quality were located in inside and outside of Incheon where we think air quality was really bad.

In the correlation analysis between air pollutants and meteorological factors, PM<sub>10</sub> is in a reciprocal proportion to visibility, direct to CO, and O<sub>3</sub> is in a direct proportion to temperature, reciprocal to NO<sub>2</sub>

## I. 서 론

오늘날 인구증가, 급속한 산업발달 및 교통량 증가 그리고 생활수준의 향상에 따른 많은 양의

오염물질이 대기로 방출됨으로써 심각한 대기오염 현상을 야기시켜, 이로 인한 인간의 직·간접적인 피해 상황에 대한 관심이 고조됨과 동시에 이에 대한 적절한 통제 및 관리방안의 모색에

노력이 경주되어지고 있다(이승묵 등 2000년).

인천은 1991년 9월부터 청정연료 등의 사용에 관한 고시에 의거 업무용 시설 및 공동주택에 대하여 청정연료인 LNG 및 경유 사용을 점차적으로 의무화하기 시작하였고, 1997년 7월 대기환경규제지역으로 지정된 이후 고체연료 사용 규제, 저공해 자동차 보급 등 각종 대기오염 저감정책을 추진하고 있다. 이로 인해 아황산가스, 일산화탄소는 개선되는 추세이나, 자동차의 급속한 증가 및 산업활동의 증가에 따라 이산화질소, 미세먼지 오존 오염도는 증가추세에 있다.

현재 공업단지(7개소), 인천항, 수도권 매립지, 인천국제공항 등의 대규모 오염 발생원과 각종 개발사업 등으로 대기환경 여건이 불리하며, 인천지역 내에 주 오염원인 공단지역이 주거지역과 혼재되어 지역주민의 체감환경 오염도를 가중시키고 있다. 특히 오염원이 남동공단, 인천항 등과 같이 연안지역에 위치하고 있고, 해륙풍과 같은 국지풍과 관련하여 복잡한 대기 흐름이 나타나고 있는 신흥, 만석, 송의, 송도와 같은 연안지역의 대기오염도가 높게 측정되고 있다.

맑고 깨끗한 대기환경을 유지하여 시민의 건강을 보호하고, 아울러 대기오염으로 인한 환경상의 위해를 예방하기 위해서는 오염발생원의 과학적 관리와 도시대기오염의 생성 메커니즘을 규명하는 것이 무엇보다도 중요하다.

따라서 본 연구는 관내 도시대기측정망의 미세먼지, 아황산가스, 오존, 이산화질소, 일산화탄소 등의 주요 대기오염물질의 시간적, 공간적 특성을 분석·평가하여 인천의 대기오염 실태를 파악하고 대기질 개선대책 수립에 필요한 기초자료를 확보하기 위하여 수행되었다.

## II. 조사지역 및 방법

### 2.1 조사 지역

본 조사 연구는 관내에 설치된 도시대기측정

망을 중심으로 실시하였다. Tabel 1은 2004년 말 기준 인천의 도시대기측정망의 설치현황으로 주거지역 4개소, 상업 지역 4개소, 공업지역 2개소, 농림지역 1개소 등 총 11개 측정소로 구성되어 있으며, 주로 관공서 옥상에 설치되어 있다.

Table 1. Air quality monitoring site in Incheon, 2004.

군,구	명칭	소재지	설치 년도	용도
중 구	신흥	신흥동 3가 7 조달청 본관	1995	상 업
동 구	만석	만석동 18-3 동구보건소	1991	준공업
남 구	송의	송의1동 129-1 동사무소	1993	주 거
남동구	구월	구월1동 1214-5 동사무소	1994	상 업
	논현	논현동 445 남동공단	1996	공 업
부평구	부평	부평4동 440-1 부평동초등학교	1993	상 업
계양구	계양	장기동 76-1 계양1동사무소	1992	주 거
서 구	연희	연희 2동 서구청 본관	1992	상 업
	석남	석남 2동 573 동사무소	1997	주 거
	검단	마정동 665 검단출장소	2003	주 거
강화군	송해	송해면 송정리 357-2 면사무소	1997	농 립

### 2.2 조사 방법

1995년부터 2004년까지 10년 동안의 도시대기측정망에서 생성된 주요 대기오염물질(SO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub>, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, CO) 및 기상자료를 중심으로 조사하였으며, 통계자료의 신뢰성 제고를 위하여 통계처리시 대상기간 중 75% 이상의 측정(통계)자료가 확보된 경우에만 유효자료로 인정하였다. 각 오염물질의 측정방법은 Table 2와 같다.

Table 2. Official analytical method of criteria pollutants

측정항목	측 정 방 법
SO <sub>2</sub>	자외선형광법 (Pulse U.V Fluorescence Method)
CO	비분산적외선법 (Non-Dispersive Infrared Method)
NO <sub>2</sub>	화학발광법 (Chemiluminescent Method)
O <sub>3</sub>	자외선광도법 (U.V Photometric Method)
PM <sub>10</sub>	베타선흡수법 (β-Ray Absorption Method), 테이퍼 소자 진동법(TEOM, Tapered element oscillating microbalance)
기상	풍향, 풍속, 기온, 습도 등

### Ⅲ. 측정결과 및 고찰

#### 3.1 미세먼지(PM<sub>10</sub>)

미세먼지는 주로 산업, 운송, 주거활동 등에 의한 연소나 기타 공정으로부터 직접 배출되는 1차 먼지(primary particle)와, 황산염, 질산염과 같이 대기 중에서 가스상 오염물질로 인해 생성된 2차 먼지(secondary particle) 등이 있다. 황산염은 발전소 및 산업시설에서 배출된 아황산가스에 의해 생성되며, 질산염은 발전소, 도로오염원, 연소시설 등에서 배출된 질소산화물에 의해 형성된다. 일반적으로 1차 먼지는 조대먼지(coarse particles), 2차 먼지는 미세먼지(fine particles)로 구성되며, 먼지의 화학조성은 연중시기, 지역, 기상에 따라 좌우된다(US EPA).

##### 3.1.1 TSP 배출량 현황

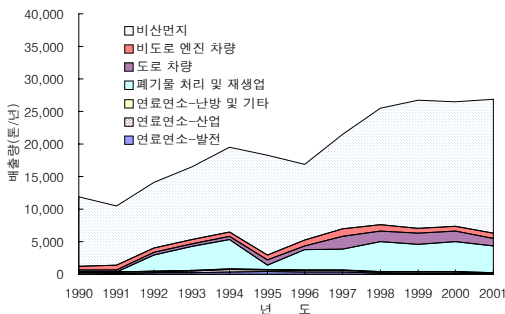


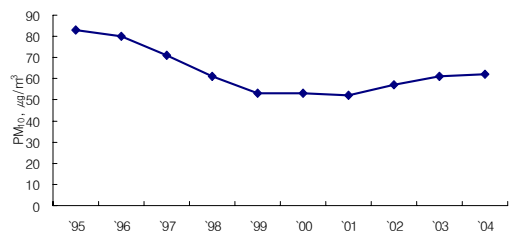
Fig. 1. TSP emissions, 1990~2001.

연도별 TSP 배출량은 추이는 Fig. 1과 같다. 1990년부터 1999년까지 TSP 배출량이 매년 평균 10.5% 증가하다가, 1999년부터 2001년까지 연간 약 26,000톤 수준으로 크게 변화가 없는 것으로 나타났다. 2001년 연간 TSP 배출량은 26,867톤으로 1990년 대비 126% 증가하였으며, 전국대비 2.8%로 대구(2.7%) 및 대전(2.6%)지역의 배출량과 유사한 것으로 조사되었다.

##### 3.1.2 연도별 PM<sub>10</sub> 농도

도시대기측정소 11개소의 연평균 PM<sub>10</sub> 농도

를 이용하여, 1995년부터 2004년까지의 10년간 PM<sub>10</sub> 농도 추이를 Fig. 2와 같이 나타내었다. 지난 10년간 오염도는 83 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 에서 62 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 25% 정도 감소한 것으로 조사되었다. 연도별 증감추이를 살펴보면 1995년부터 1999년까지 평균 11%씩 감소하다가, 이후부터 3년간(1999년~2001년) 거의 변화가 없었으나, 경유차량의 증가 및 가스상 오염물질의 반응에 의해 생성된 2차 먼지의 영향으로 2002년부터 다시 증가하는 추이를 나타내고 있다.



1995~2004 : 25% decrease

Fig. 2. Trend in PM<sub>10</sub> annual mean concentration, 1995~2004.

과거 10년간 오염도 평가 시 1995년에 연평균 83 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 가장 높은 PM<sub>10</sub> 농도를 보였으며 2001년 52 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 가장 양호한 대기 질을 나타낸 것으로 조사되었다. 2004년 PM<sub>10</sub> 오염도는 62 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 전년(2003년 61 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )과 비교 시 다소 증가하였으며, 과거 3년(2001~2003년) 평균농도(57 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )에 비해 증가하는 추세이다.

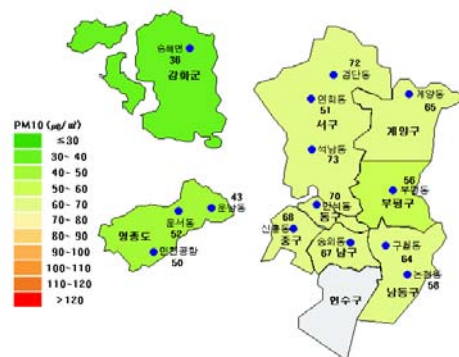


Fig. 3. PM<sub>10</sub> Annual mean concentration by region, 2004.

2004년 PM<sub>10</sub>의 측정지점별 오염순위를 살펴 보면 석남·검단 > 만석 > 신흥 > 송의 > 계양 > 구월 > 논현 > 부평 > 운서 > 연희 > 인천공항 > 운남 > 송해 순으로 석남, 검단, 만석, 신흥, 송의, 계양, 구월지역이 인천지역 연간환경기준( $60\mu\text{g}/\text{m}^3 \cdot \text{년}$ )을 초과하였다(Fig. 3).

농림지역인 송해(강화군)와 인천국제공항공사에서 운영 중인 영종도(운서, 운남, 인천공항)지역 측정소를 제외한 농도범위는  $52 \sim 73\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 나타났으며, 인천지역 연간환경기준의 87~122% 수준이었다.

### 3.1.3 계절 및 월별 PM10 농도

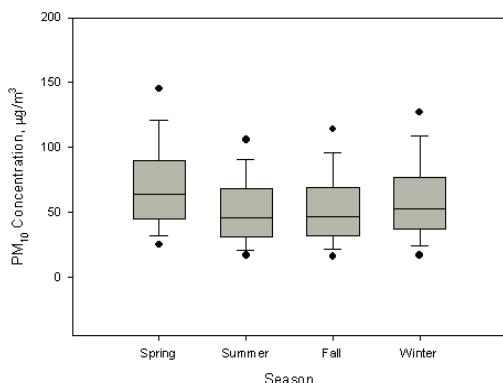


Fig. 4. Seasonal variation of PM<sub>10</sub> concentration, based on daily arithmetic average, 2002-2004.

2002년부터 2004년까지의 일평균 자료를 이용하여 계절별 PM<sub>10</sub> 농도분포를 Fig. 4와 같이 나타내었다. 본문의 Box 그래프는 아래로부터 5-, 10-, 25-, median, 75-, 90-, 95-percentile을 나타낸 것이다. 강우량이 적은 봄과 겨울철의 PM<sub>10</sub> 오염도가 높게 분석되었으며, 특히 봄에는 황사의 영향으로 평균 및 표준편차가 타 기간에 비해 높게 나타났다. 여름과 가을철에는 장마와 태풍영향으로 강수의 세정효과(Wash out)에 따른 자정작용에 의해 오염도가 낮게 나타난 것으로 판단된다. 계절별 오염순위를 살펴보면 봄( $75\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) > 겨울( $61\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) > 가을( $54\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) > 여름( $52\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) 순으로 평가되었다.

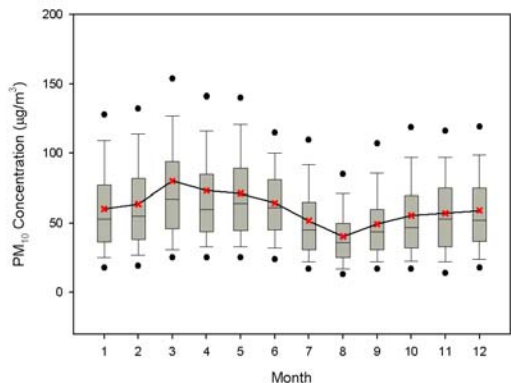


Fig. 5. Monthly variation of PM<sub>10</sub> concentration, based on daily arithmetic average, 2002-2004.

2002-2004년 일평균 자료의 월별 PM<sub>10</sub> 농도 분포를 Fig. 5로 나타내었다. 월별 PM<sub>10</sub> 농도는 황사의 영향으로 3월이 평균  $80\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 표준편차가 68.9로서 상대적으로 높은 농도와 큰 편차를 보였으며, 다른 달에 비해 평균 32% 높은 오염도를 보였다. 반대로 8월은 하절기 강수의 집중으로 인해 평균보다 33% 낮게 측정되었으며 가장 양호한 대기 질을 보인 것으로 나타났다. 1~6월 기간에는 인천지역 대기환경기준인  $60\mu\text{g}/\text{m}^3 \cdot \text{년}$ 을 초과한 것으로 나타났다.

### 3.1.4 요일 및 시간대별 PM10농도

PM<sub>10</sub> 농도의 주간 경향을 살펴보면, 금요일이 평균  $65\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 주간평균( $60\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) 대비 8% 높은 농도를 보였으며, 반대로 일요일이  $53\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 주간평균 대비 12% 낮은 오염도를 보였다. 오염순위는 금요일( $65\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) > 목요일( $63\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) > 화·수요일( $62\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) > 월요일( $58\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) > 토요일( $57\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) > 일요일( $53\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) 순으로 조사되었다(Fig.6).

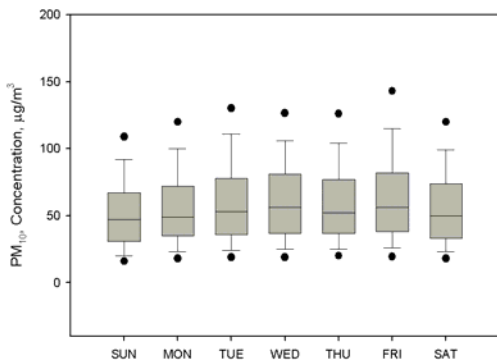


Fig. 6. Daily variation of PM<sub>10</sub> concentration, based on daily arithmetic average, 2002-2004.

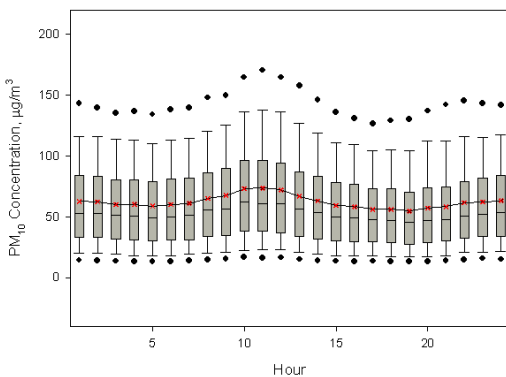


Fig. 7. Trend in hourly PM<sub>10</sub> concentration, 2004.

2004년 1월부터 12월까지의 관내 11개 도시 대기측정망의 시간평균 자료를 이용하여 시간대별 PM<sub>10</sub> 농도분포를 Fig. 7에 나타내었다. 55~74 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 의 시간평균 농도를 보이고 있으며, 가장 높은 농도를 보인 시간대는 오전 10~12시에 72~74 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 가장 낮은 농도를 보인 시간대는 17시~19시로 55~56 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 조사되었다.

### 3.2 아황산가스(SO<sub>2</sub>)

아황산가스(SO<sub>2</sub>)는 황산화물(SO<sub>x</sub>)의 가장 대표적인 대기오염물질이다. 주로 석탄과 석유

를 황을 함유한 연료를 연소할 때 발생하며, 금속 용융과 석유정제, 황산제조와 같은 여러 산업공정에서 발생한다. 고농도의 아황산가스는 대규모의 공업단지 인근에서 관측되고 있다. 아황산가스는 질소산화물과 같이 산성강하물(acidic deposition)의 주요 전구물질로 작용하여 토양의 산성화와 호수, 하천에 생태학적으로 해로운 영향을 미치게 되므로 환경적으로 중요한 오염물질로 평가받고 있다.

또한 PM<sub>2.5</sub>(aerosols)의 주요 전구물질로서 인체 건강과 후생에 밀접한 영향을 미치고 있으며, 가시거리(visibility) 악화뿐만 아니라 건축자재, 종이, 금속과 같은 물질의 부식에 영향을 주고 있다.

#### 3.2.1 SO<sub>2</sub> 배출량 현황

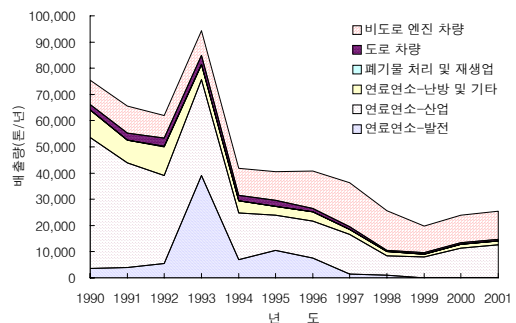


Fig. 8. SO<sub>2</sub> emissions, 1990-2001.

연도별 SO<sub>2</sub> 배출량은 추이는 Fig. 8과 같다. 2001년 인천지역 배출량은 25,479ton/년으로 1990년에 비해 약 66% 감소하였으나, 1999년에 비해 29% 증가한 것으로 나타났다. 1990년부터 2001년까지의 아황산가스 배출량은 감소하는 추세를 보이고 있으며 이것은 저유황유와 LNG 등의 청정연료의 사용량 증가에 기인한 것으로 나타났다. 특히 난방에서 석탄부문 배출량이 크게 감소하였다. 인천지역의 2001년 연간 SO<sub>2</sub> 배출량은 전국(824,024ton/년)대비 3.1%로 전북(3.3%)지역의 배출량과 유사한 것으로 조사되었다.



### 3.2.2 연도별 SO<sub>2</sub> 농도

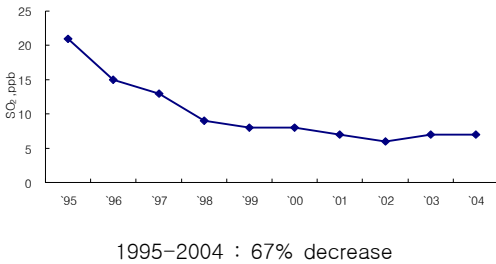


Fig. 9. Trend in SO<sub>2</sub> annual mean concentration, 1995-2004.

도시대기측정소 11개소의 연평균 SO<sub>2</sub> 농도를 이용하여, 1995년부터 2004년까지의 10년간 PM<sub>10</sub> 농도 추이를 Fig. 9와 같이 나타내었다. 지난 10년간 오염도는 21ppb에서 7ppb로 67% 감소하였으며, 연도별 증감추이를 살펴보면 매년 꾸준히 감소하여 2001년부터는 연평균 6~7ppb로 안정화 단계에 접어든 것으로 분석되었다. 인천시는 1991년 9월 1일부터 청정연료 등의 사용에 관한고시에 의거 업무용 시설(영업용 및 공공용 포함) 및 공동주택에 대하여 청정연료인 LNG 및 경유 사용을 점차적으로 의무화하기 시작하였다. 그 결과 1993년 0.021ppm으로 WHO 권고기준(0.015~0.023ppm)을 처음 달성하였고 초저황 경유 및 LNG 등 청정연료의 지속적인 공급으로 오염수준이 지속적으로 감소추세에 있으며, 1996년 이후 오염도는 WHO 권고기준 이하로 낮아졌다.

2004년 SO<sub>2</sub>의 측정지점별 오염순위를 살펴보면 만석 > 송의 > 신흥 > 석남 > 연회 > 계양 > 부평 > 구월 > 논현 > 김단 > 운서 > 운남 > 인천공항 > 송해 순으로 모든 측정소에서 인천지역 연간환경기준(0.015ppm/년)을 초과하지 않은 것으로 나타났다. 농림지역(강화군 송해)과 인천국제공항공사에서 운영중인 영종도(운서, 운남, 인천공항)지역 측정소를 제외한 농도 범위는 5~13ppb로 나타났으며, 인천지역 연간환경기준의 36~87% 수준으로 조사되었다

(Fig. 10).

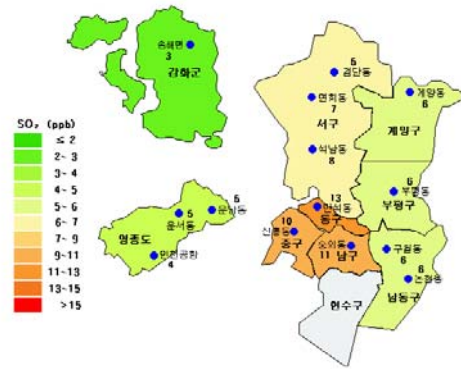


Fig. 10. SO<sub>2</sub> Annual mean concentration by region, 2004.

### 3.2.3 계절 및 월별 SO<sub>2</sub> 농도

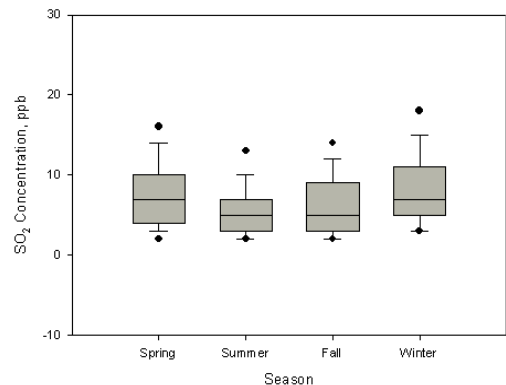


Fig. 11. Seasonal variation of SO<sub>2</sub> concentration, based on daily arithmetic average, 2002-2004.

2002년부터 2004년까지의 일평균자료를 이용하여 계절별, 월별 SO<sub>2</sub> 농도를 Fig. 11과 같이 나타내었다. 봄과 겨울철의 SO<sub>2</sub> 농도가 7.5~8.5ppb로 높게 분석되었으며, 여름과 가을철의 오염도는 5.6~6.5ppb로 상대적으로 낮게 나타났다. 이러한 계절별 차이를 보이는 요인은 난방에 관련된 SO<sub>2</sub> 배출량이 여름철에 비해 겨울철에 5배 이상 높고, 여름과 가을철의 강수의 세정효과에 의해 오염도가 낮게 나타난 것으로

판단된다. 계절별 오염순위를 살펴보면 겨울(8.7ppb) > 봄(7.5ppb) > 가을(6.5ppb) > 여름(5.6ppb) 순으로 평가되었다.

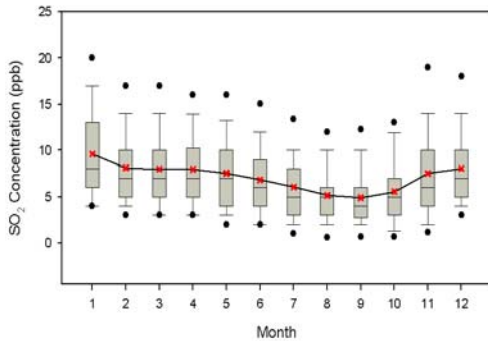


Fig. 12. Monthly variation of SO<sub>2</sub> concentration, based on daily arithmetic average, 2002~2004.

2002~2004년 SO<sub>2</sub> 일평균 자료의 월별 분포를 Fig. 12로 나타내었다. 월별 SO<sub>2</sub> 농도는 동절기 난방의 영향으로 1월이 평균 9ppb, 표준편차 5.6으로 상대적으로 높은 농도와 큰 분산을 보였으며, 다른 달에 비해 평균 35% 높은 오염도를 보였다. 반대로 8월, 9월은 하절기 강수의 세정으로 인해 평균보다 27~31% 낮게 측정되었으며 가장 양호한 아황산가스 대기질을 보인 것으로 나타났다. 1~3월, 11~12월이 8~10ppb로 연평균 7ppb 보다 상대적으로 오염도가 높은 것으로 평가되었다.

### 3.2.4 요일 및 시간대별 SO<sub>2</sub> 농도

SO<sub>2</sub> 농도의 주간 경향을 살펴보면, 일요일(6ppb)을 제외하고 주중에는 약 7ppb로 거의 일정한 것으로 나타났다. 수요일이 평균 7.3ppb로 조금 높은 편이었으나 큰 차이는 없었다. 요일별 오염순위는 수요일(7.3ppb) > 화·금요일(7.2ppb) > 목요일(7.1ppb) > 월·토요일(6.9ppb) > 일요일(6.3ppb) 순으로 조사되었다(Fig. 13).

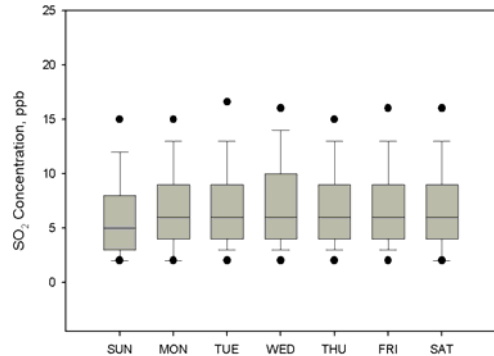


Fig. 13. Daily variation of SO<sub>2</sub> concentration, based on daily arithmetic average, 2002~2004.

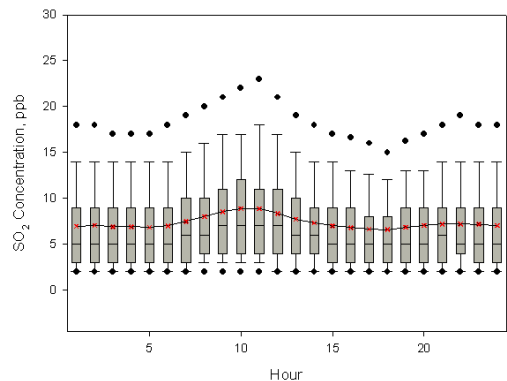


Fig. 14. Trend in hourly SO<sub>2</sub> concentration, 2004.

2004년 1월부터 12월까지의 관내 11개 도시 대기 측정망의 시간평균 자료를 이용하여 시간대별 SO<sub>2</sub> 농도분포를 Fig. 14에 나타내었다. 6.6~8.9ppb의 시간평균 농도를 보이고 있으며, 가장 높은 농도를 보인 시간대는 오전 9시~11시에 8.5~8.9ppb, 가장 낮은 농도를 보인 시간대는 16시~18시에 6.6~6.8ppb로 조사되었다.

## 3.3 이산화질소(NO<sub>2</sub>)

이산화질소는 적갈색의 반응성이 높은 가스상 물질로서 대기 중에서는 일산화질소(NO)의 산화를 통해 형성된다. 일산화질소(NO), 이산화

질소( $\text{NO}_2$ )를 포함한 다양한 형태의 질소산화물( $\text{NO}_x$ )은 휘발성유기화합물(VOCs)과 복잡한 광화학반응에 의해 대기중 오존을 형성하는 주요한 역할을 하고 있다. 자연적 요인과, 인위적 요인에 의해 다양한  $\text{NO}_x$  화합물과  $\text{NO}_x$ 의 변이생성물이 생성되는데, 인위적인 질소산화물은 환경에 미치는 영향이 가장 크다고 할 수 있다. 인위적인  $\text{NO}_x$  배출원 중 가장 큰 비중을 차지하고 있는 부문은 내연기관과 발전소와 같은 고온의 연소공정이다. 연소에 의해 생성된 질소산화물중 약 95%는  $\text{NO}$ 로 환경중에 배출되고 빠르게  $\text{NO}_2$ 로 전환된다. 자연적 요인은 번개와 토양내의 생물 및 무생물에 의한 생성, 그리고 성층권 공기의 관입(stratospheric intrusions)이 있으며 생태계 질소순환 측면에서 중요하다(US EPA).

### 3.3.1 $\text{NO}_x$ 배출량 현황

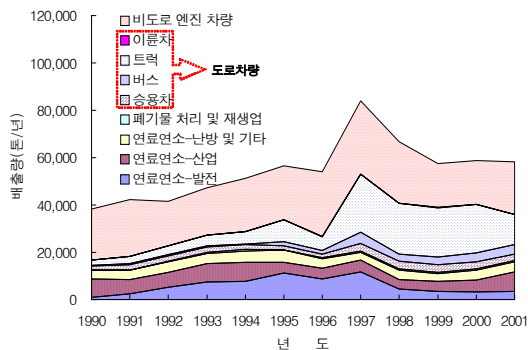
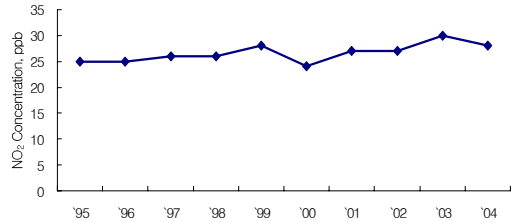


Fig. 15.  $\text{NO}_x$  emissions, 1990~2001.

연도별  $\text{NO}_x$  배출량은 추이는 Fig. 15와 같다. 2001년 인천지역 배출량은 58,231ton/년으로 1990년에 비해 약 52% 증가하였으며, 2000년에 비해 478ton 감소한 것으로 나타났다.  $\text{NO}_x$  배출량은 1997년 84,123ton/년을 기점으로 감소하다가 2001년 58,000ton 수준을 유지하고 있다. 특히 난방에서 석탄부문 배출량이 크게 감소하였다. 인천지역의 2001년 연간  $\text{NO}_x$  배출량은 전국(1,285,713ton/년)대비 4.2%로 전북(4.5%)지

역의 배출량과 유사한 것으로 조사되었다.

### 3.3.2 연도별 $\text{NO}_2$ 농도



1995~2004 : 12% increase

Fig. 18. Trend in  $\text{NO}_2$  annual mean concentration, 1995~2004.

관내 대기오염측정망의 연평균  $\text{NO}_2$  농도추이를 Fig. 18과 같이 나타내었다. 지난 1995~2004년 10년간 25에서 28ppb로 12% 증가한 것으로 조사되었다. 2004년에는 전년(30ppb) 보다 2ppb 감소하여 28ppb로 기록되었다.

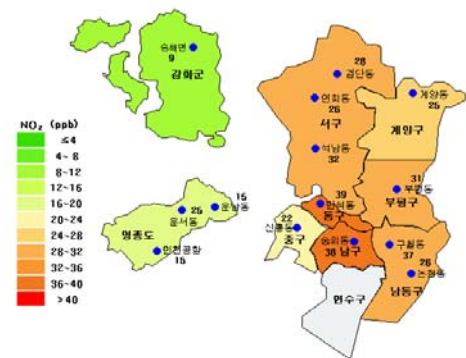


Fig. 19.  $\text{NO}_2$  Annual mean concentration by region, 2004.

2004년  $\text{NO}_2$ 의 측정지점별 오염순위를 살펴보면 만석 > 송의 > 구월 > 석남 > 부평 > 검단 > 연희·논현 > 계양·운서 > 신흥 > 인천공항·운남 > 송해 순으로 인천지역 연간환경기준(40ppb/년)을 초과한 곳은 없는 것으로 조사되었다. 농림지역인 송해(강화군)와 인천국제공항공사에서 운영중인 영종도(운서, 운남, 인천공항)지역을 제외한 농도범위는 22~39ppb로

나타났으며, 인천지역 연간환경기준의 55~98% 수준으로 나타났다.

### 3.3.3 계절 및 월별 NO<sub>2</sub> 농도

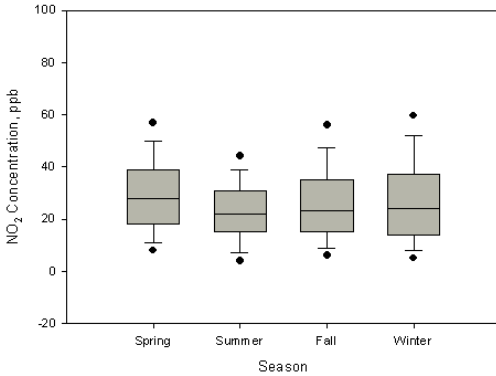


Fig. 20. Seasonal variation of NO<sub>2</sub> concentration, based on daily arithmetic average, 2002~2004.

2002년부터 2004년까지의 일평균자료를 이용하여 계절별 NO<sub>2</sub> 농도 분포를 Fig. 20에 나타내었다. 봄이 평균 30ppb로 가장 높은 농도를 보였으며 여름이 23ppb로 가장 낮은 오염도를 보였으며, 가을과 겨울은 각각 26, 27ppb로 큰 차이를 보이지 않았다. 겨울철은 표준편차 17.4로 평균보다 16% 높은 분산을 보인 것으로 나타나 상대적으로 타 계절에 비해 일평균 농도의 차이가 큰 것으로 조사되었다. 계절별 농도는 봄(30ppb) > 겨울(27ppb) > 가을(26ppb) > 여름(23ppb) 순으로 나타났다.

관내 11개 측정소의 3년(2002~2004년)간 NO<sub>2</sub> 일평균 자료의 월별 분포를 Fig. 19로 나타내었다. 월별 표준편차는 1월 17.9, 2월 18.6로 연중 분산이 가장 큰 것으로 나타났으며, 7월과 8월이 각각 9.5, 11.0으로 상대적으로 낮은 분산을 보였다. 월별 NO<sub>2</sub> 농도 변화추이는 강수가 집중되는 하절기(7월, 8월, 9월)를 제외하고 과거 3년 월평균 농도가 28~33ppb로 월별로 큰 차이를 보이지 않는 것으로 나타났다. 이것은 NO<sub>2</sub>의 주 배출원이 발전, 산업, 난방이 아니라 연중 활동도(activity)가 일정한 도로오염원의 영향이

큰 것으로 판단된다. 3년평균 NO<sub>2</sub>의 월 최고농도는 5월이 33ppb로 평균(29ppb)대비 14% 높게 측정되었으며, 8월은 21ppb로 3년 평균농도에 비해 오염도가 28% 낮은 것으로 조사되어 대기질이 가장 양호한 달로 조사되었다.

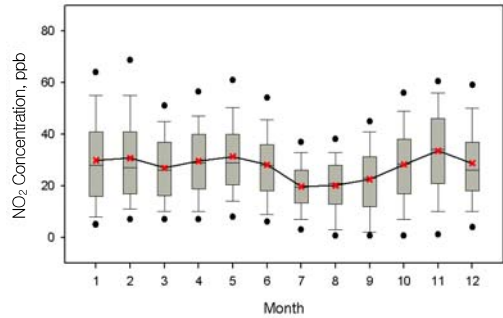


Fig. 22. Monthly variation of NO<sub>2</sub> concentration, based on daily arithmetic average, 2002~2004.

### 3.3.4 요일 및 시간대별 NO<sub>2</sub> 농도

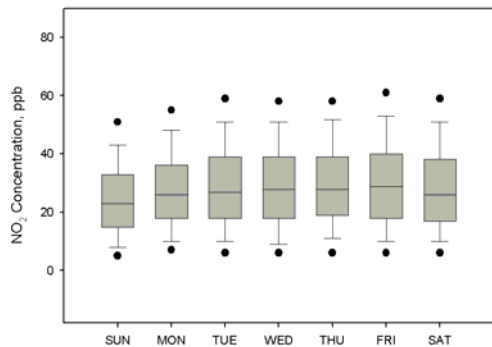


Fig. 23. Daily variation of NO<sub>2</sub> concentration, based on daily arithmetic average, 2002~2004.

NO<sub>2</sub> 농도의 주간 경향은 Fig. 23과 같다. PM<sub>10</sub> 농도 분포와 유사하게 분석되었다. 목요일 및 금요일이 평균 30ppb로 주간평균(29ppb) 대비 6% 높게 나타나 가장 높은 오염도를 보이고 있으며, 반대로 일요일이 25ppb로 주간평균 대비 17% 낮은 것으로 나타나 가장 낮은 농도로 분석되었다. 오염순위는 목요일·금요일(30ppb) > 화요일·수요일·토요일(29ppb) > 월요일(28ppb) > 일요일(25ppb) 순으로 조사되었다.

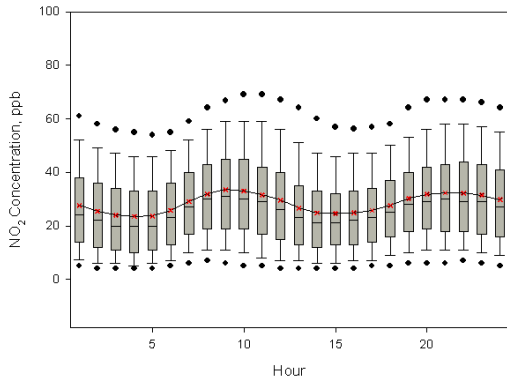


Fig. 24. Trend in hourly NO<sub>2</sub> concentration, 2004.

2004년 11개 도시대기 측정망 시간평균 자료를 이용하여 시간대별 NO<sub>2</sub> 농도분포를 살펴보면 Fig. 24과 같다. 가장 높은 농도를 보인 시간대는 8시~11시의 평균 농도는 31~34ppb로 일중 가장 높게 측정되었으며, 다음으로 20시~22시 구간이 32ppb로 두 번째로 높은 농도를 보였다. 가장 낮은 농도를 보인 시간대는 새벽 3시~5시로 22~23ppb로 농도를 보이고 있으며, 14시~16시 구간도 24ppb로 비교적 낮은 농도를 보였다. 이것은 도로오염원의 NO<sub>2</sub> 오염기여도가 가장 큰 것을 나타내고 있으며 출퇴근 시간대의 교통량이 가장 높은 인자로 작용한 것으로 추측된다.

### 3.4 오존(O<sub>3</sub>)

오존은 대기 중에서 온도가 높고 강한 일광(sunlight)이 있을 때 휘발성유기화합물(VOCs)과 질소산화물(NO<sub>x</sub>)에 의해 생성되며, 여름철에 가장 높은 농도를 나타낸다. VOCs의 인위적인 배출원은 최근 석유화학공업의 발달과 용매 및 연료 사용의 증가로 인해 자동차, 화학공장, 정유정제, 도로포장, 도장산업, 인쇄, 세탁소, 주유소과 같은 인위적인 배출시설에서 발생한다. 전 지구적인 규모에서 볼 때, 삼림은 대기중으로 유입되는 자연적 VOCs의 주요 배출원이다. 우리나라의 경우, 산림과 농경지가 각각

전국토의 65%와 20%를 차지하고 있어 자연적 VOCs의 주요 배출원일 것으로 추정된다. 이와 같이 식물에서 발생하는 탄화수소화합물로는 이소프린(isoprene), 모노터어핀(monoterpene) 등과 같은 휘발성 올레핀계열의 화합물질들이 있다.

#### 3.4.1 VOCs 배출량 현황

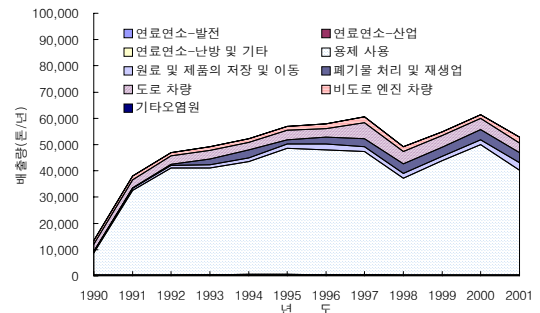
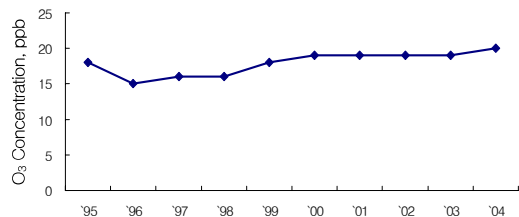


Fig. 26. VOCs emissions, 1990~2001.

연도별 VOCs 배출량의 추이는 Fig. 26와 같다. 2001년 인천지역 배출량은 52,843ton/년으로 1990년에 비해 약 296% 증가하였으며, 2000년에 비해 8,584ton 감소한 것으로 나타났다. VOCs 배출량은 1990년부터 1997년 까지 꾸준히 증가하다가 1998년 IMF 외환위기의 영향으로 전년 대비 19% 감소하였고, 2000년에 평상시 배출량을 회복하였다. 인천지역의 2001년 연간 VOCs 배출량은 전국(456,881ton/년)대비 6.0%로 경북(6.5%), 전남(6.2%)지역의 배출량과 유사한 것으로 조사되었다.

#### 3.4.2 연도별 O<sub>3</sub> 농도



1995~2004 : 11% increase

Fig. 28. Trend in O<sub>3</sub> annual mean concentration, 1995~2004.

Fig. 28 1995~2004년 O<sub>3</sub> 농도 추이를 보면, 2004년 오존농도는 20ppb로 1995년(18ppb)에 비해 11% 증가한 것으로 조사되었다. 1996~1998년은 평균 16ppb로 가장 낮은 오존농도를 보였으며, 이후 증가하여 2000년부터는 19~20 ppb 농도를 유지하는 것으로 나타났다.

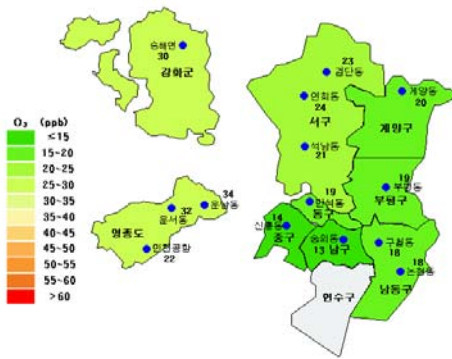


Fig. 30. O<sub>3</sub> Annual mean concentration by region, 2004.

2004년 O<sub>3</sub>의 측정지점별 오염순위를 살펴보면 운남 > 운서 > 송해 > 검단·연희 > 인천공항 > 석남 > 계양 > 부평·만석 > 구월·논현 > 신항 > 송의 순이었고, 농도범위는 13~34ppb로 환경기준(60ppb/8시간)의 22%~57% 수준이었다.

### 3.4.3 계절 및 월별 O<sub>3</sub> 농도

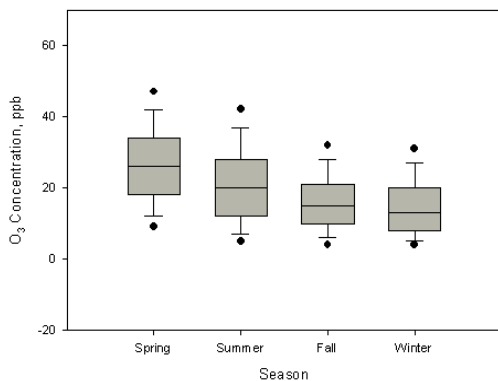


Fig. 31. Seasonal variation of O<sub>3</sub> concentration, based on daily arithmetic average, 2002~2004.

일평균 자료를 이용하여 계절별 농도 분포를 Fig. 31와 같이 분석하였다. 봄철이 평균 26ppb로 가장 높은 농도를 보였으며, 여름(21ppb), 가을(16ppb), 겨울(15ppb)순으로 조사되었다. 봄과 여름철의 표준편차는 각각 11.7, 11.3으로 가을·겨울철의 표준편차 8.6 보다 높게 분석되어 상대적으로 고농도의 오존이 발생하기 쉬운 계절로 판단된다.

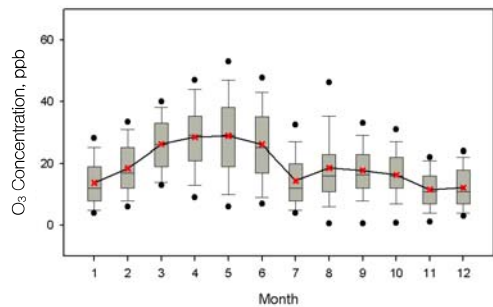


Fig. 32. Monthly variation of O<sub>3</sub> concentration, based on daily arithmetic average, 2002~2004.

2002~2004년 일평균 자료의 월별 O<sub>3</sub> 농도분포를 Fig. 32과 같이 나타내었다. 월별 O<sub>3</sub> 농도의 분포는 봄과 여름철(4월~6월)이 월평균 26~29ppb로 3년 월평균 보다 34~50% 높게 분석되었으며, 표준편차는 11.2~13.7로 상대적으로 높은 분산을 보였다. 8월은 월평균 농도에서는 18ppb로 연평균 농도에 비해 농도가 낮으나, 표준편차 12.3으로 평균대비 30% 높은 분산을 보여 고농도 O<sub>3</sub> 발생 빈도가 높은 것으로 분석된다. 11월과 12월은 평균 12~13ppb로 O<sub>3</sub> 농도가 가장 낮은 것으로 조사되었다.

### 3.4.4 요일 및 시간대별 O<sub>3</sub> 농도

일평균 O<sub>3</sub> 농도의 주간 분포는 Fig. 27과 같다. 일요일이 21ppb로 주중 비교적 높은 농도를 보였으며, 금요일이 18ppb로 평균대비 10% 낮은 경향을 보였다. 표준편차는 10.4~11.8의 범위를 보여 요일별로 큰 차이는 없었다. 오염순위는 일(21ppb) > 화·수·목(20ppb) > 월·토(19ppb) > 금요일(18ppb) 순으로 조사되었다.



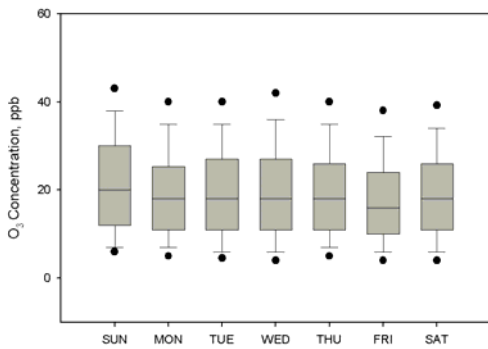


Fig. 33. Daily variation of O<sub>3</sub> concentration, based on daily arithmetic average, 2002-2004.

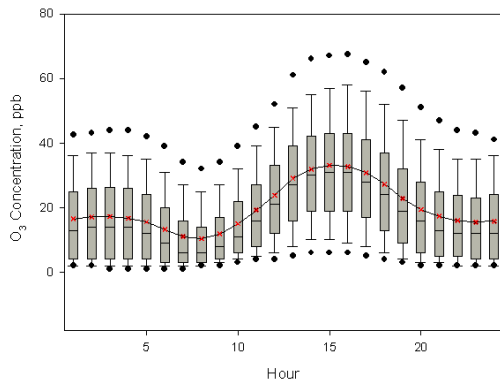


Fig. 34. Trend in hourly O<sub>3</sub> concentration, 2004.

2004년 각 측정소별 시간자료를 이용하여 일간 농도분포 및 추이를 Fig. 34과 같이 나타내었다. 전체측정소 평균 10~33ppb의 시간평균 농도 범위를 보이고 있으며, 최고농도를 기록하는 시간대는 15~16시로서 33ppb의 시간평균농도로 분석되었다. 최저농도는 8시에 평균 10ppb로 일변화 추이가 매우 뚜렷한 것으로 나타났다.

### 3.4.5 오존주의보 발령 현황

1995년 오존경보제가 도입된 이후 수도권 지역의 오존주의보 발령일수 및 횟수는 점차 증가하고 있으며 2004년에는 102회로 발령 횟수가 급격히 증가하였다. 관내 발령일수 현황을 살펴보면 1996년 8월 중남부지역(논현)에 처음

으로 발령되기 시작하여 2003년 까지 1.9일 2.6회의 빈도를 보이다가 2004년에 7일 10회로 급증하였다.

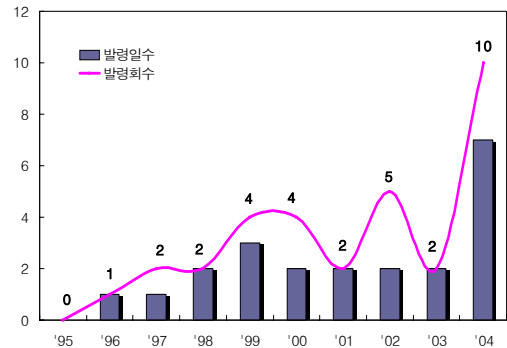


Fig. 35. 관내 오존주의보 발령 현황, 1995~2004

2004년도 인천시(8개구, 11개소)의 오존주의보 발령은 잦은 강우로 인해 전년도보다 20일 낮은 6월 2일 서부지역에서 첫 주의보가 발령되었고, 9월 4일 동·서부 지역을 마지막으로 총 7일 10회 발령 되었다. 6월 말부터 7월말까지는 장마 전선의 영향으로 기온이 평년수준을 유지하여 고농도의 오존이 발생하지 않았다. 2004년 최고 농도는 6월 4일 15시 동부 부평에서 0.152ppm으로 측정되었다. 2004년 오존주의보 발령지역의 빈도를 분석한 결과 동부 4, 서부 4, 중남부 2회로 동부, 서부의 발령횟수가 전체의 80%를 차지하였다.

Table 3. 인천시 오존주의보 발령현황, 2004

발령일	발령지역	측정소	최고농도(ppm/hr)
6.2	서 부	연희	0.123
		검단	0.120
6.4	서 부	검단	0.145
		연희	0.127
	동 부	계양	0.128
		부평	0.152
6.11	서 부	연희	0.120
6.16	동 부	부평	0.129
8.10	동 부	부평	0.132
	중남부	논현	0.127
8.12	중남부	논현	0.123
9.4	서 부	석남	0.123
	동 부	부평	0.120

### 3.5 일산화탄소(CO)

일산화탄소(CO)는 무색, 무취, 무미의 기체로서, 연료중 탄소의 불완전연소로 형성된다. 자동차는 가장 주요한 일산화탄소 배출원으로 전국적으로 86%, 인천에서 68%(비도로 오염원 포함시 92%)의 배출기여도를 나타내고 있으며, 고농도의 일산화탄소 오염도는 교통체증이 심한 도심에서 많이 일어나고 있다. 이외의 인위적 배출원으로는 발전, 산업공정, 비도로오염원(선박, 건설기계, 농기계)등이 있으며, 자연적 배출원으로는 산불이 있다.

#### 3.5.1 CO 배출량 현황

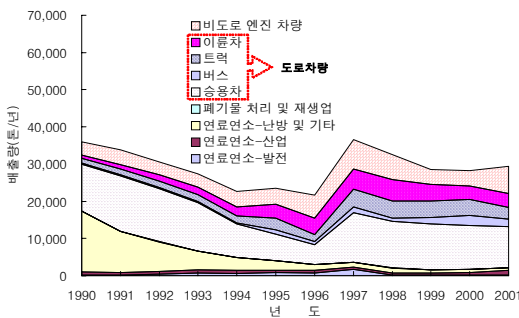


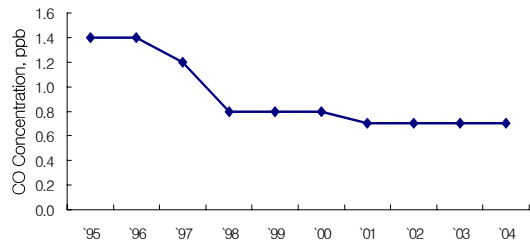
Fig. 38. CO emissions, 1990-2001.

연도별 CO 배출량은 추이는 Fig. 38과 같다. 2001년 인천지역 배출량은 29,422ton/년으로 1990년에 비해 약 18% 감소하였으며, 2000년에 비해 1,214ton 증가한 것으로 나타났다. CO 배출량은 1990년부터 1994년까지 지속적으로 감소하다가, 1997년도에 전년대비 70% 배출량이 증가하여 최고치를 보였고, 이후 감소하여 28,000~29,000ton/년 수준을 유지하고 있다. 인천지역의 2001년 연간 CO 배출량은 전국(753,707ton/년)대비 3.9%였으며, 서울 15.0%, 경기 13.8%로 수도권이 전국배출량의 32.7%를 차지하고 있는 것으로 조사되었다.

#### 3.5.2 연도별 CO 농도

지난 10년간 CO 농도는 1.4ppm에서 0.7ppm

으로 50% 감소하였다. 연도별 감소추이를 살펴보면 1995~1996년은 1.4ppm으로 유사하였고, 1997년, 1998년에는 전년대비 각각 14%, 33%의 큰 농도감소가 있었다. 1999년 이후로 2004년까지 점진적으로 오염도가 감소하여 2001년부터는 0.7ppm으로 안정화 단계에 이른 것으로 판단된다(Fig. 31).



1995-2004 : 50% decrease  
Fig. 39. Trend in CO annual mean concentration, 1995-2004.

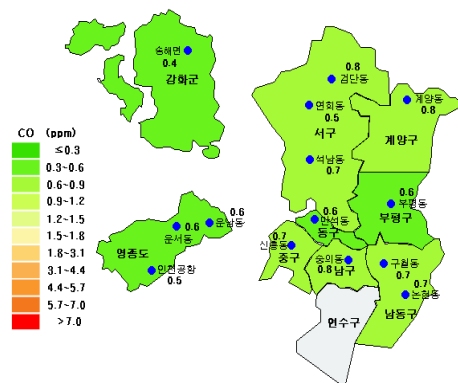


Fig. 40. CO Annual mean concentration by region, 2004.

2004년 CO의 측정지점별 오염순위를 살펴보면 계양·송의·검단 > 석남·신흥·구월·논현 > 만석·부평·운서·운남 > 인천공항·연희 > 송해 순으로 나타났다.



### 3.5.3 계절 및 월별 CO 농도

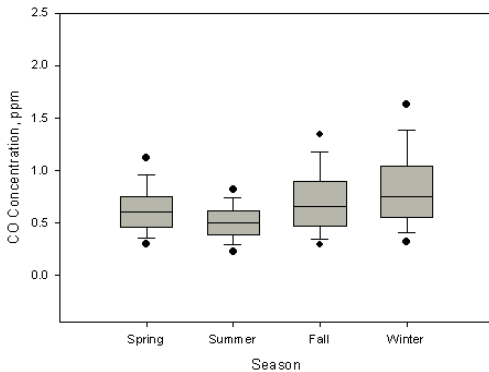


Fig. 41. Seasonal variation of CO concentration, based on daily arithmetic average, 2002-2004.

일평균 자료를 이용하여 계절별 CO 농도 분포를 Fig. 41으로 나타내었다. 여름철의 오염도 분포는 표준편차 0.19로 겨울철 0.44보다 낮고 안정된 분산을 보였으며, 반대로 겨울철은 타 계절에 비해 높은 오염도가 측정되는 것으로 분석되어진다. 계절별 오염순위는 겨울(0.84ppm) > 가을(0.71ppm) > 봄(0.64ppm) > 여름(0.51ppm) 순으로 조사되었다.

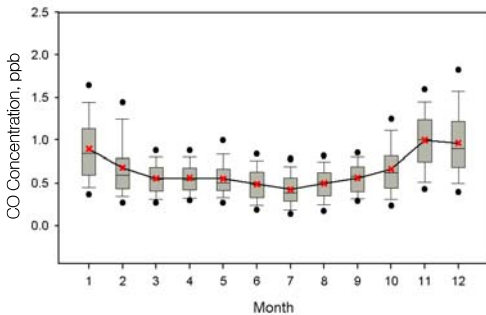


Fig. 44. Monthly variation of CO concentration, based on daily arithmetic average, 2002-2004.

2002-2004년 일평균 자료의 월별 CO 농도 분포를 Fig. 44와 같이 나타내었다. 일평균자료에 근거한 월별 농도분포를 살펴보면 가을·겨울철 기온 하강으로 인해 난방연료의 소비가 증가하기 시작하여 11월~2월 0.8~0.9ppm으로

최고농도 도달 후 점차 감소하여 장마철인 7월에 최소치를 보이는 추이를 보이고 있다. 10월~익년 2월까지 표준편차는 0.33~0.44로 분석되어 평균(0.27)보다 높은 분산을 보였다. 월별 평균 농도는 0.5~0.9ppm의 범위를 보이는 것으로 조사되었다.

### 3.5.4 요일 및 시간대별 CO농도

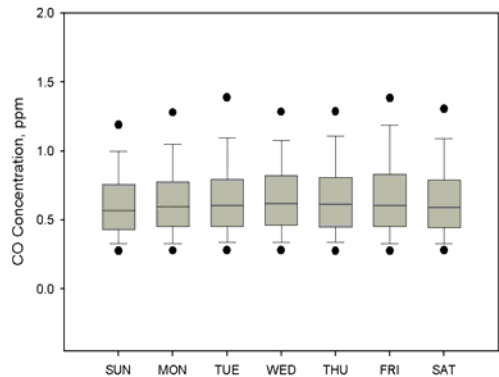


Fig. 45. Daily variation of CO concentration, based on daily arithmetic average, 2002-2004.

CO 농도의 주간 분포를 살펴보면, 일요일(0.63ppm)을 제외한 모든 요일에서 0.66~0.69ppm으로 거의 일정하게 나타나고, 표준편차는 주중 0.32~0.36의 범위를 보여, 오염도에 있어서 요일별로 큰 차이는 없는 것으로 조사되었다.

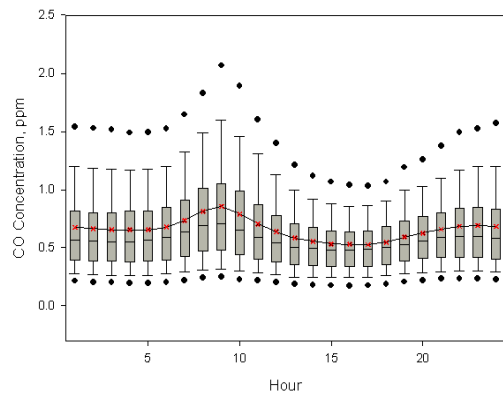


Fig. 46. Trend in hourly CO concentration, 2004.

시간대별 CO 농도 분포를 Fig. 46과 같이 살펴보았다. 0.5~0.9ppm의 농도 범위를 보이고 있으며, 최고 농도는 08시~10시에 평균 0.8~0.9ppm, 최저농도는 15시~17시에 0.5ppm으로 조사되었다.

### 3.6 환경기준 초과현황

#### 3.6.1 연간 환경기준 초과현황

10년간 측정소별 연간 국가대기환경기준 초과현황을 살펴보면, SO<sub>2</sub>의 경우 1995년 1개소에서 초과하였으나 이후 2004년까지 초과된 측정소는 없는 것으로 조사되었다. NO<sub>2</sub>는 전측정소에서 대기환경기준(0.05ppm/년) 이내였다.

반면 PM<sub>10</sub>은 1995년부터 2001년까지 초과 측정소는 1개소였으나 2002년부터 2004년까지 매년 2개소 초과 측정소가 발생하였으며 최근 3년간 초과율은 18.2~20.0% 범위였다.

#### 3.6.2 단기 환경기준 초과현황

지난 3년간(2002~2004년) 인천지역의 단기 환경기준 초과 현황은 Fig. 37~39와 같다. CO, SO<sub>2</sub>의 경우 기준 초과는 발생하지 않았다.

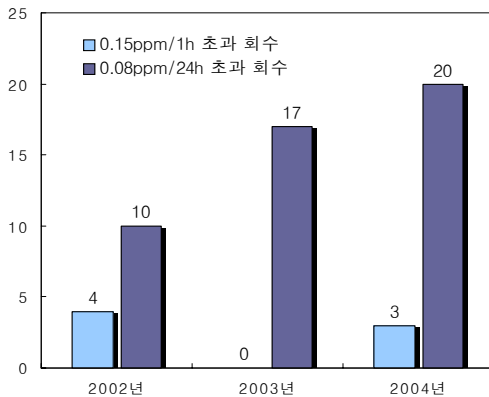


Fig. 47. The number of NO<sub>2</sub> levels above national Standard, 2002~2004.

관내 전체 측정소에서의 NO<sub>2</sub> 1시간 기준 초과회수는 연간 전체 약 93,500건의 시간측정자

료 중 5회 미만으로 나타났으나, 24시간 초과 기준은 연간 약 3,900건의 측정자료 중 10~20회의 초과회수가 발생하고 있으며 점차 증가하는 추세로 나타났다. NO<sub>2</sub>의 24시간 기준치 초과회수를 측정소별로 살펴보면 남구 송의 측정소에서 3년간 총 22회 발생하여 전체발생회수의 47%로 가장 높은 빈도를 보였으며 3년간 지속적으로 증가하는 추세이다. 이외에 석남·만석·부평·구월 측정소에서 꾸준히 초과회수가 발생하고 있다(Fig. 47).

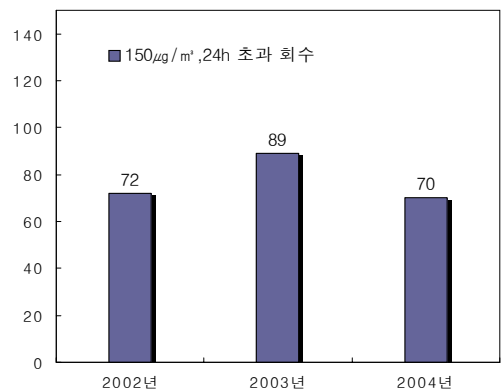


Fig. 48. The number of PM<sub>10</sub> levels above national Standard, 2002~2004.

PM<sub>10</sub> 연도별 단기환경기준 초과회수를 분석한 결과, 연간 약 3,900건의 일 측정자료 중 2003년이 89회로 가장 많이 초과하였으며, 2004년은 전년대비 19회 감소하였다. PM<sub>10</sub>은 2004년 기준 송해면을 제외한 전측정소에서 24시간 평균농도가 150µg/m³을 초과하였다. 특히 서구 석남지역의 기준초과 회수가 과거에 비해 급격히 증가하였다. 반면 송해, 구월은 감소하는 경향을 보였으며, 이외에 전년(2003년) 대비 기준 초과회수가 감소한 측정소는 연희, 계양, 신흥, 논현으로 나타났다(Fig. 48).

관내 전체 측정소에서 1시간 기준치 O<sub>3</sub> 농도 초과회수는 점진적으로 증가하여 2004년 109회(초과율: 0.12%) 초과하였으며, 8시간 환경기준은 2003년 258회(초과율 0.39%)로 가장 많이 초과하였고, 2004년은 전년대비 41회 감소하였다.

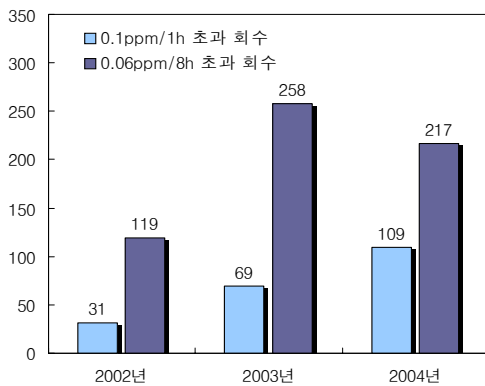


Fig. 49. The number of O<sub>3</sub> levels above national Standard, 2002-2004.

8시간 환경기준(0.06ppm)의 측정소별 기준초과 회수를 분석한 결과, 도서지역인 송해를 비롯한 연희, 석남, 검단, 계양, 부평 등 서구, 계양구, 부평구에서 높은 빈도를 보였다.

Table 4의 2004년 단기 환경기준 초과현황을 살펴보면 다음과 같다.

2004년 SO<sub>2</sub>와 CO의 단기 환경기준 초과는 없는 것으로 나타났다. NO<sub>2</sub>의 경우 1시간 평균치 3회, 24시간 평균치 20회 초과하였다. 이중 남구 송의 측정소의 초과회수가 시간평균치의 67%, 24시간 평균치의 50%로 가장 높은 빈도

를 보였으며, 겨울철에 높은 초과율을 보여 동절기 난방에 의한 영향으로 판단된다. PM<sub>10</sub>의 24시간 평균치는 연간 70회 초과 하였으며 서구 석남 측정소가 전체 초과회수의 21%로 가장 높은 빈도를 보였으며 검단 10회, 연희 7회로 주로 서구 지역이 고농도의 미세먼지에 취약한 것으로 나타났다. 농림지역인 송해를 제외하고 평균이하의 초과회수를 보인 측정소는 부평, 논현, 계양, 만석, 구월로 조사되었다. O<sub>3</sub>의 경우 1시간 평균치는 109회, 8시간 평균치는 217회 초과하였다. 측정소별 1시간 기준 초과회수를 살펴보면 연희(26회), 석남(19회), 부평(17회), 검단(14회)지역이 전체 초과회수의 70%의 비율을 나타내어 서구 및 부평구 지역이 오존주의보 발령 가능성이 가장 높은 것으로 분석되었으며, 반면 신흥·만석·구월측정소가 2004년 1회씩 초과하여 가장 빈도가 낮은 것으로 나타났다. 8시간 평균치 초과는 송해 측정소에서 42회로 가장 높은 빈도를 보인 반면 1시간 평균치 초과가 8회로 나타나 일평균 농도는 높지만 고농도의 오존발생 빈도는 상대적으로 낮은 도서지역의 특성을 말해준다.

Table 4. Comparison of counts with criteria pollutants levels above the national Standard, 2004

구분	SO <sub>2</sub>		NO <sub>2</sub>		PM <sub>10</sub>	O <sub>3</sub>		CO	
환경 기준	0.15 ppm/1h	0.05 ppm/24h	0.15 ppm/1h	0.08 ppm/24h	150 $\mu$ g/m <sup>3</sup> /24h	0.1 ppm/1h	0.06 ppm/8h	25 ppm/1h	9 ppm/8h
신흥	0	0	0	0	8	1	0	0	0
만석	0	0	1	2	5	1	8	0	0
구월	0	0	0	3	6	1	15	0	0
송의	0	0	2*	10*	8	2	5	0	0
부평	0	0	0	3	3	17	21	0	0
연희	0	0	0	0	7	26*	34	0	0
석남	0	0	0	2	15*	19	26	0	0
계양	0	0	0	0	5	10	21	0	0
논현	0	0	0	0	3	10	12	0	0
송해	0	0	0	0	0	8	42*	0	0
검단	0	0	0	0	10	14	33	0	0
합계	0	0	3	20	70	109	217	0	0

주) \*는 항목별 최고치

### 3.7 대기오염과 기상인자 간 통계분석

#### 3.7.1 대기오염과 기상인자 간 상관분석

가. 2002년

2002년도 인천시 전체 측정소에서의 대기오염물질 및 기상자료간의 항목별 전체적인 상관

계수(R)는 -0.455~0.904의 범위이며, 세부적으로 CO의 경우는 -0.313~0.536까지의 상관계수 범위를 보였고, 그 중 NO<sub>2</sub>와 0.536으로 대기오염물질 중에 최고의 R값을 보였으며, 기상인자 중 가시거리와 -0.19로 가장 높은 음의 상관관계를 보였다.

Table 5. Correlation between air pollutants and meteorological factors in 2002

(p<0.05)

	CO	SO <sub>2</sub>	O <sub>3</sub>	NO <sub>2</sub>	PM <sub>10</sub>	wind speed	temperature	humidity	visibility
CO	1.000	.372	-.313	.536	.209	-.013	.001	.051	-.190
SO <sub>2</sub>		1.000	-.063	.284	.108	-.005	-.003	-.028	-.245
O <sub>3</sub>			1.000	-.354	-.041	.020	-.001	-.231	.099
NO <sub>2</sub>				1.000	.178	-.014	-.004	-.020	-.227
PM <sub>10</sub>					1.000	-.002	.002	-.053	-.169
wind speed						1.000	.904	-.142	.191
temperature							1.000	.172	-.214
humidity								1.000	-.455
visibility									1.000

Table 6. Correlation between air pollutants and meteorological factors in 2003

(p<0.05)

	CO	SO <sub>2</sub>	O <sub>3</sub>	NO <sub>2</sub>	PM <sub>10</sub>	wind speed	temperature	humidity	visibility
CO	1.000	.303	-.269	.374	.323	-.137	-.215	.047	-.353
SO <sub>2</sub>		1.000	-.060	.362	.243	-.036	-.094	-.050	-.296
O <sub>3</sub>			1.000	-.344	-.024	.287	.219	-.290	.069
NO <sub>2</sub>				1.000	.314	-.136	-.039	-.034	-.316
PM <sub>10</sub>					1.000	-.070	.029	-.005	-.364
wind speed						1.000	-.008	-.183	.321
temperature							1.000	.162	-.152
humidity								1.000	-.584
visibility									1.000

Table 7. Correlation between air pollutants and meteorological factors in 2004

(p<0.05)

	CO	SO <sub>2</sub>	O <sub>3</sub>	NO <sub>2</sub>	PM <sub>10</sub>	wind speed	temperature	humidity	visibility
CO	1.000	.289	-.291	.472	.311	-.222	-.255	.036	-.297
SO <sub>2</sub>		1.000	-.035	.213	.221	-.008	-.076	-.051	-.243
O <sub>3</sub>			1.000	-.355	-.049	.351	.159	-.171	.163
NO <sub>2</sub>				1.000	.370	-.210	-.029	-.042	-.253
PM <sub>10</sub>					1.000	-.030	-.024	-.021	-.364
wind speed						1.000	.015	-.103	.165
temperature							1.000	.120	-.073
humidity								1.000	-.604
visibility									1.000

#### 나. 2003년

2003년도 인천시 전체 측정소에서의 대기오염 물질 및 기상자료간의 항목별 상관관계수(R)는 -0.584~0.374의 범위이며, 세부적으로 CO의 경우는 -0.353~0.374까지의 상관관계수를 보였고, 그 중 NO<sub>2</sub>와 0.374로 대기오염물질 중에 최고의 R값을 보였으며, 기상인자와는 가시거리에서 -0.353로 가장 높은 음의 상관관계를 보였다.

#### 다. 2004년

2004년도 인천시 전체 측정소에서의 대기오염물질 및 기상자료간의 항목별 상관관계수(R)는 -0.604~0.472의 범위이며, 세부적으로 CO의 경우는 -0.297~0.472까지의 상관관계수를 보였고, 그 중 NO<sub>2</sub>와 0.472로 대기오염물질 중에 최고의 R값을 보였으며 기상인자와는 가시거리에서 -0.297로 가장 높은 음의 상관관계를 보였다.

대기오염 고정측정소들에 대해서 각각의 대기오염물질 및 기상 항목별 상관관계를 살펴보면, 전체적으로 항목별로는 PM<sub>10</sub>의 경우에 있어 주로 NO<sub>2</sub> 및 CO와는 다른 항목보다 높은 약 0.1~0.4의 상관관계를 나타내었고 온도 및 O<sub>3</sub>과는 상관성이 낮지만 주로 음의 상관관계를 보였으며, NO<sub>2</sub>의 경우, 일산화탄소와 주로 강한 양의 상관관계(0.34~0.635)를 보였고, 오존과는 -0.463~-0.151의 음의 상관관계를 보이고, 기상인자 중 풍속과 주로 음의 상관관계(-0.434~0.004)를 보임. O<sub>3</sub>의 경우, 온도와 양의 상관관계(0.008~0.255)를, 습도와는 주로 음의 상관관계(-0.313~-0.110)를 보였고, NO<sub>2</sub>와는 -0.463~-0.151로 음의 상관관계를 보여, 주로 온도가 높고 습도가 낮은 상태에서 오염도가 증가하는 것으로 나타났다.

### 3.7.2 대기오염과 기상인자 간 회귀분석

#### 가. 2002년

CO=1.039-0.124WS-0.0142TMP-0.0123VB(WS:풍속, TMP:온도, HUM:습도, VB:가시거리)

식의 유의성 및 유효성이 있고(P<0.05), 결정

계수(R<sup>2</sup>)는 0.243이며, 목적변수를 설명하는데 있어서 공헌도가 높은 것은 온도임.

SO<sub>2</sub>=0.0086-0.001WS-0.00004HUM-0.00014VB

식의 유의성 및 유효성이 있고(P<0.05), 결정계수(R<sup>2</sup>)는 0.139이며, 목적변수를 설명하는데 있어서 공헌도가 높은 것은 가시거리임.

O<sub>3</sub>=0.018+0.003WS+0.00027TMP-0.00014HUM

식의 유의성 및 유효성이 있고(P<0.05), 결정계수(R<sup>2</sup>)는 0.204이며, 목적변수를 설명하는데 있어서 공헌도가 높은 것은 온도임.

NO<sub>2</sub>=0.063-0.009WS-0.00002HUM-0.00007VB

식의 유의성 및 유효성이 있고(P<0.05), 결정계수(R<sup>2</sup>)는 0.201이며, 목적변수를 설명하는데 있어서 공헌도가 높은 것은 풍속임.

PM<sub>10</sub>=158.2+4.95WS-0.413TMP-1.08HUM-3.34VB

식의 유의성 및 유효성이 있고(P<0.05), 결정계수(R<sup>2</sup>)는 0.084이며, 목적변수를 설명하는데 있어서 공헌도가 높은 것은 가시거리임.

각각의 목적변수인 대기오염물질들을 예측하거나 설명하는데 공헌도가 높은 계수들은 온도와 가시거리로 나타남.

#### 나. 2003년

CO=1.532-0.139WS-0.0155TMP-0.0123VB

식의 유의성 및 유효성이 있고(P<0.05), 결정계수(R<sup>2</sup>)는 0.345이며, 목적변수를 설명하는데 있어서 공헌도가 높은 것은 가시거리임.

SO<sub>2</sub>=-0.016-0.0012WS-0.00007TMP-0.00008HUM-0.00005VB

식의 유의성 및 유효성이 있고(P<0.05), 결정계수(R<sup>2</sup>)는 0.236이며, 목적변수를 설명하는데 있어서 공헌도가 높은 것은 가시거리임.

O<sub>3</sub>=-0.032+0.007WS+0.0004TMP-0.0003HUM-0.0009VB

식의 유의성 및 유효성이 있고(P<0.05), 결정계수(R<sup>2</sup>)는 0.321이며, 목적변수를 설명하는데 있어서 공헌도가 높은 것은 온도임.

NO<sub>2</sub>=0.086-0.0095WS-0.00017TMP-0.0004HUM-0.002VB

식의 유의성 및 유효성이 있고( $P<0.05$ ), 결정 계수( $R^2$ )는 0.345이며, 목적변수를 설명하는데 있어서 공헌도가 높은 것은 가시거리임.

$$PM_{10}=184.01-0.404TMP-1.261HUM-7.56VB$$

식의 유의성 및 유효성이 있고( $P<0.05$ ), 결정 계수( $R^2$ )는 0.345이며, 목적변수를 설명하는데 있어서 공헌도가 높은 것은 가시거리임.

각각의 목적변수인 대기오염물질들을 예측하거나 설명하는데 공헌도가 높은 계수는 주로 가시거리로 나타남.

다. 2004년

$$CO=1.5-0.158WS-0.015TMP-0.0005HUM-0.034VB$$

식의 유의성 및 유효성이 있고( $P<0.05$ ), 결정 계수( $R^2$ )는 0.324이며, 목적변수를 설명하는데 있어서 공헌도가 높은 것은 온도임.

$$SO_2=0.015-0.0008WS-0.00007TMP-0.00008HUM-0.0004VB$$

식의 유의성 및 유효성이 있고( $P<0.05$ ), 결정 계수( $R^2$ )는 0.193이며, 목적변수를 설명하는데 있어서 공헌도가 높은 것은 가시거리임.

$$O_3=0.018+0.012WS+0.00045TMP-0.0002HUM-0.00018VB$$

식의 유의성 및 유효성이 있고( $P<0.05$ ), 결정 계수( $R^2$ )는 0.397이며, 목적변수를 설명하는데 있어서 공헌도가 높은 것은 온도임.

$$NO_2=0.066-0.005WS-0.00003TMP-0.0003HUM-0.00015VB$$

식의 유의성 및 유효성이 있고( $P<0.05$ ), 결정 계수( $R^2$ )는 0.148이며, 목적변수를 설명하는데 있어서 공헌도가 높은 것은 가시거리임.

$$PM_{10}=153.6+1.29WS+0.376TMP-1.037HUM-5.02VB$$

식의 유의성 및 유효성이 있고( $P<0.05$ ), 결정 계수( $R^2$ )는 0.306이며, 목적변수를 설명하는데 있어서 공헌도가 높은 것은 가시거리임.

각각의 목적변수인 대기오염물질들을 예측하거나 설명하는데 공헌도가 높은 계수는 주로 가시거리로 나타남.

## IV. 오염원 추정/평가

오염원과 수용점간의 정성적이고 정량적인 관계를 파악하기 위해서 수용점에서 측정된 자료를 이용하여 기여오염원에 대한 정보를 파악하고 있다. 오염원과 수용점간의 관계규명을 위해 이용되고 있는 방법은 FA(factor analysis), CMB(chemical mass balance), PSCF(potential source contribution function)등의 RM(receptor model)이 있다. 지금까지 사용된 FA나 CMB 등을 이용하여 수용점에 영향을 미치는 오염원군과 양적인 기여도를 알 수 있으나, 오염원을 추정하기 위해서는 적합한 모델이 필요하다. 이를 위해 최근 PSCF(Potential Source Contribution Function) 및 RTWC(Residence time weighted concentration)모델과 같은 수용모델(receptor model)을 이용하여 수용지점에서의 화학적 특성과 배출원의 화학적 특성에 대한 자료를 바탕으로 수용지점에 영향을 미치는 배출원을 추적하고 기여도를 산출함으로써 오염원에 대한 추정을 하는 방법이 많이 이용되고 있다. 현재 이 분야의 연구는 선행연구자들에 의해 지역적인 규모에서 검증되어 Pb 등의 중금속(이승묵 등, 2003), PCBs(Hsu 등, 2001),  $PM_{10}$ (Polissar 등, 2001) 등 오염원이 불확실한 물질들에 대해 다양하게 적용되어지고 있으나, 국내에 대한 적용은 미미한 실정이다. 따라서, 인천의 3지점에 대한 PSCF 모델을 수행하여 오염원의 위치를 추정하고 실측농도의 분포를 비교함으로써 오염원에 대한 정보를 제공하고자 하였다.

### 4.1 이론적 배경

PSCF 모델은 Ashbaugh 등(1985)과 Malm 등(1986)에 의해 개발 되었다. 이 모델은 일종의 확률 기여함수를 이용하는 모델로 대상지역에 영향을 미치는 오염물질의 이동 경로를 공기 덩어리의 역 궤도를 계산하고, 이 역 궤도들 중 대상지역에서 높은 농도를 나타내는 역 궤도를 전체 궤도에 대하여 계산하여 높은 확률을 나타

내는 지역을 오염물질의 발생원으로 간주하는 것이다. 공기덩어리의 역 궤도는 미국의 NOAA에서 제공하는 HYSPLIT 4 모델을 사용하여 계산한다. PSCF 모델의 결과는 Arcview software를 이용하여 대상지역을 포함한 주변지역에 대하여 오염원의 위치를 지도위에 보다 가시적으로 나타내어 효과적으로 오염원 위치를 추정 할 수 있게 된다. 이와 같은 PSCF 모델은 여러 가지 공간적 규모에 대하여 오염원의 발생 지역을 찾아내는데 효과적으로 사용되었다(Gao 외, 1996; Cheng 외 1995).

## 4.2 조사 방법

Table 8. Information on the emission source

구분	산업단지	기호	시설명
①	남동국가산업단지	㉠	청라 소각장
②	주안국가산업단지	㉡	통진 소각장
③	부평국가산업단지	㉢	시화폐기물소각장
④	청라지방산업단지	㉣	평촌폐기물소각장
⑤	서부지방산업단지	㉤	중동 소각장
⑥	인천지방산업단지	1	제1경인고속도로
⑦	기계지방산업단지	2	제2경인고속도로
⑧	하점지방산업단지	3	외곽순환고속도로
⑨	시화국가산업단지	4	인천공항고속도로
⑩	반월국가산업단지	5	중봉로
⑪	탄현국가산업단지		
⑫	부천공업단지		
⑬	양촌산업단지		

인천시 주변에 위치하고 있는 오염원에 대한 조사 결과는 Table 8, Fig. 40에 나타내었다. 그림에서 보듯이 주요 산업단지 및 공업지대가 13개소 위치하고 있으며, 이중에서 시화와 남동 국가산업단지가 큰 규모이다. 소각시설은 청라 소각장을 포함하여 5개소, 기타 오염원은 인천항 등 4개소 정도로 분류 할 수 있다. 현재 대기오염의 주요인을 평가되고 있는 주요도로망은 4개의 고속도로와 중봉로를 포함 시내 주요도로가 산재해 있다. 위와 같이 도심지에 많은 산업단지와 도로망 등 오염원이 산재해 있어 환경적으로 매우 불리한 여건에 직면해 있다.

Table 9. The criterion of concentration profile

구분	PM <sub>10</sub>	CO	SO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>
75%	76	0.793	0.008	0.044
80%	85	0.856	0.009	0.047
90%	108	1.075	0.011	0.055

인천지역의 오염원 가능지역을 살펴보기 위해 이용한 서는 PSCF모델의 경우 국지적 규모를 감안하여 지역을 0.01°×0.01°(약 0.8km×1km)의 격자로 나누어 사용하였다. PSCF 모델에서는 결과 값 산정 시, Table 9에서 보는 바와 같이 고농도 분류는 측정된 농도 값의 평균값과 75, 80, 90%의 농도 값을 적절히 사용하였다.

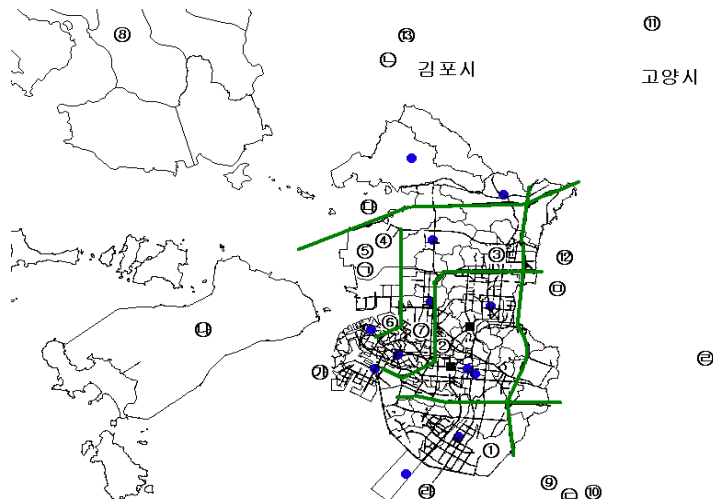


Fig. 50. Information on the geographical characteristics in Incheon including the emission sources

### 4.3 분석결과

#### 4.3.1 PM<sub>10</sub>

먼지의 발생원에 대한 오염원 추정결과는 Fig. 41에 보는 바와 같다. 현재까지 알려진 바에 의하면, 주로 이동오염원(차량운행, 타이어마모)에서 발생하는 먼지의 배출량이 70%이상으로 가장 많이 차지하고 있으며, 다음으로는 폐기물처리 부문에 의해서 15% 발생되는 것으로 추산되고 있다.(자료: CAPSS, 환경부, 2001)

PM<sub>10</sub> 오염원에 대한 분석결과 부평동지역의 오염원은 교통량이 많은 고양시 일산구 주변과 외곽순환고속도로, 원당~부평 주변지역과 같은 이동오염원에서, 공업지역으로는 안산 시화·반월공단과 같이 산업시설이 밀집된 지역을 포함하고 있었다. 또한 구월동은 주로 북쪽방향으로 고양시와 김포시 누산리 일대, 가좌동~석남동 일대, 시내 교통 정체구간이 오염원으로 추정된다. 석남동은 주로 해안지역으로 선박 운항이나 영종도 인천국제공항, 안산 시화·반월공단 일대, 남동공단 주변의 도로 및 산업시설이 오염원으로 평가되었다.

주로 PM<sub>10</sub>의 오염원은 이동오염원의 기여도가 큰 것으로 판단되며, 지역적으로는 북동부지역에 오염가능지역이 위치하는 것으로 나타났다. 또한 지역에 따라 해양오염원에 의한 영향도 일정부분 차지하고 있는 것으로 나타났다.

#### 4.3.2 NO<sub>2</sub>

NO<sub>2</sub>의 주요오염원은 비도로 오염원(주로 선박)에 의한 배출량이 38%로 가장 많이 차지하고 있으며, 다음으로는 도로오염원이 34%로 배출량이크는 것으로 나타났다. Fig. 42에 나타난 오염원의 추정결과도 이와 맥락을 같이하고 있다.

부평동은 고양 일산주변, 외곽순환고속도로와 경인고속도로 일대의 이동오염원과 안산 시화·반월공단 주변의 산업시설과 도로망에서 오염가능성을 보였다. 구월동의 오염가능지역은 광범위한 지역에 균질하게 분포하고 있다. 석남동

지역은 안산 시화·반월공단, 북부지역의 김포나 일산 지역 도로망 그리고 외곽순환고속도로 등이 주요한 오염원으로 평가되었다.

주로 NO<sub>2</sub>의 오염원은 PM<sub>10</sub>과 오염원의 특성이나 위치가 비슷한 것으로 판단된다. 구월동은 해양배출원에 의한 영향이 있는 것으로 나타났다.

#### 4.3.3 CO

CO는 '90년 이후 자동차의 급격한 증가에 따라 도로 오염원(주로 승용차)에 의한 배출량이 68%로 가장 높은 비율을 차지하고 있으며, 다음으로 비도로 오염원(주로 선박)이 24%로 뒤를 이었다.

부평동에 영향을 주는 오염원은 김포 장기리, 율생리 일대와 파주 교하지역, 고양시 주변, 외곽순환고속도로, 안산 시화·반월공단, 인천항 주변이 있는 것으로 판단되었다. 이외에도 부천 오정구일대와 외곽순환고속도로 등이 오염원으로 분석되었다. 구월동 지역 또한 부평동의 오염원과 비슷한 것으로 나타났으며, 이외에도 남동공단과 수도권매립지주변도 오염가능지역으로 추정되었다. 석남동은 강화읍 일대, 계산동, 안산 시화·반월공단일대가 오염원으로 판단되었다(Fig. 43).

#### 4.3.4 SO<sub>2</sub>

1990년대 이후 청정연료 사용으로 인하여 크게 감소하는 추세이며, 인천의 2001년 연간 SO<sub>2</sub> 배출량은 전국(824,024ton/년)대비 3.1%였고, 산업부문 연료연소에 의한 배출량이 12,572ton/년(50%)으로 가장 많이 차지하고 있으며, 다음으로는 비도로 오염원(주로 선박)이 10,808ton/년(42%)으로 뒤를 이었다.

지역별로는 Fig. 44에서 보듯이 부평동지역이 남동공단과 시화·반월공단, 인천항주변(남항, 북항)에서 선박의 물류운송 및 연료연소, 주변에 저유소 등이 위치하여 오염가능성이 높은 것으로 나타났다. 또한 구월동은 소각장과 공장이 위치하고 있는 김포 통진 지역과 고양



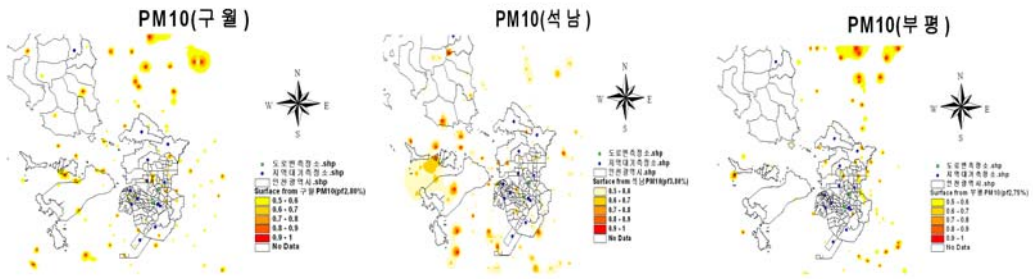


Fig. 41. PSCF result for  $PM_{10}$  with 24hr backward trajectory in local scale

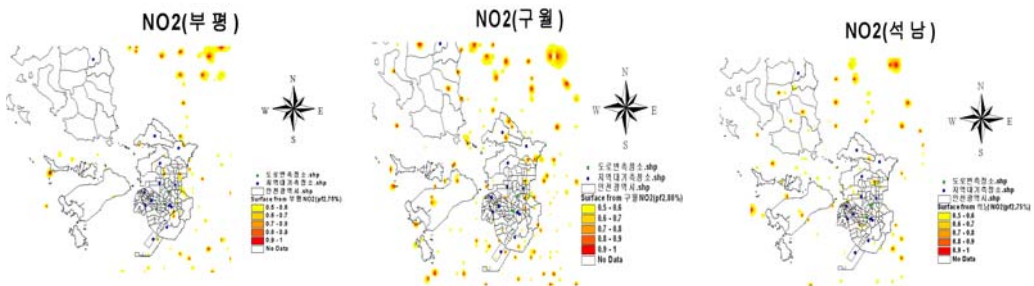


Fig. 42. PSCF result for NO<sub>2</sub> with 24hr backward trajectory in local scale

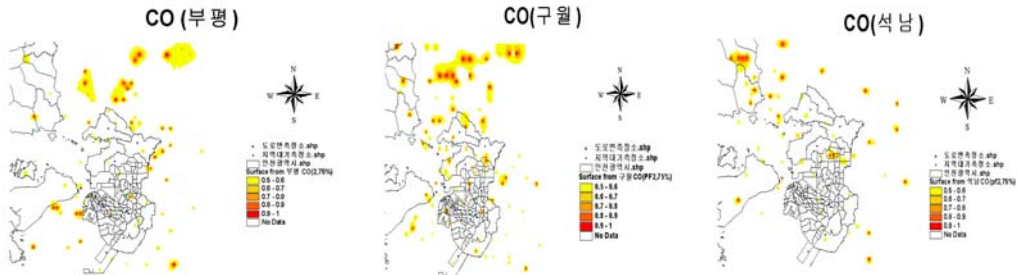


Fig. 43. PSCF result for CO with 24hr backward trajectory in local scale

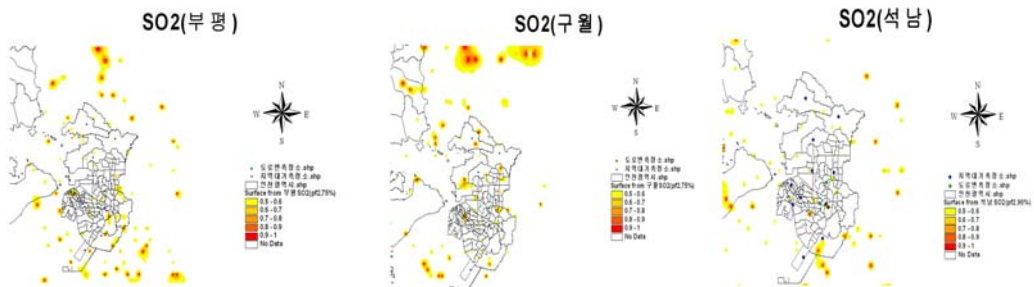


Fig. 44. PSCF result for SO<sub>2</sub> with 24hr backward trajectory in local scale

~과주일대가, 석남동은 남동공단과 시화·반월공단과. 광명시 일대의 소각 및 난방시설 등이 각각 오염가능지역으로 추정된다.

SO<sub>2</sub>의 오염원은 주로 난방 및 소각시설에 의한 영향이 큰 것으로 나타났으며, 선박에 의한 영향도 일정부분 오염도를 높이는 원인으로 분석 되었다.

## V. 결 론

1995년부터 2004년까지 10년 동안 관내 11개 소의 도시대기측정망에서 측정된 주요 대기오염물질(SO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub>, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, CO) 농도의 시간적, 공간적 특성과 기상과의 상관관계는 다음과 같다.

1. 대기오염물질의 배출량은 1990~2001년 동안 TSP 126%, NO<sub>x</sub> 52%, VOCs 296% 증가한 반면, SO<sub>2</sub> -66%, CO -18% 가량 감소하였다. 지난 10년(1995~2004년) 간의 인천의 주요 대기오염물질 농도추이를 살펴본 결과, 초저황 경유 및 LNG 등 청정연료의 지속적인 공급확대 등에 따라 SO<sub>2</sub> 67%(21→7ppb), CO 50%(1.4→0.7ppm)의 농도감소가 있었다. 반면 교통량 증가, 산업화로 인해 NO<sub>2</sub> 12%(25→28ppb), O<sub>3</sub> 11%(18→20ppb) 점진적인 농도 증가가 있었으며, PM<sub>10</sub>의 경우 10년간 25%(83→62 $\mu$ g/m<sup>3</sup>)의 농도 감소가 있었지만, 경유차량의 증가 및 가스상 오염물질의 반응에 의해 생성된 2차 먼지의 영향으로 2002년부터 다시 증가하는 추이를 나타내고 있다.
2. 2002~2004년 기간 동안 각 대기오염물질의 계절별 농도 변화를 살펴보면, PM<sub>10</sub>은 봄(75 $\mu$ g/m<sup>3</sup>) > 겨울(61 $\mu$ g/m<sup>3</sup>) > 가을(54 $\mu$ g/m<sup>3</sup>) > 여름(52 $\mu$ g/m<sup>3</sup>) 순으로 봄철 황사와 하절기 강우의 세정작용(Wash Out)의 영향을 받았

으며, SO<sub>2</sub>는 겨울(8.7ppb) > 봄(7.5ppb) > 가을(6.5ppb) > 여름(5.6ppb), NO<sub>2</sub>는 봄(30ppb) > 겨울(27ppb) > 가을(26ppb) > 여름(23ppb), CO는 겨울(0.84ppm) > 가을(0.71ppm) > 봄(0.64ppm) > 여름(0.51ppm) 순으로 SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, CO 오염물질은 겨울철 난방과 하절기 세정작용의 차이로 나타났으며, O<sub>3</sub>은 봄(26ppb) > 여름(21ppb) > 가을(16ppb) > 겨울(15ppb)로 일사량과 평균온도가 가장 중요한 인자로 작용하였다.

3. 2002~2004년 주요 대기오염물질의 월별 변화를 살펴보면 다음과 같다. PM<sub>10</sub> 농도는 황사의 영향으로 3월이 평균 80 $\mu$ g/m<sup>3</sup>, 표준편차가 68.9로서 상대적으로 높은 농도와 큰 편차를 보였으며, 평균 32% 높게 측정되었다. SO<sub>2</sub> 농도는 동절기 난방의 영향으로 1월이 평균 9ppb, 표준편차 5.6으로 상대적으로 높은 농도와 큰 분산을 보였으며, 평균 35% 높은 오염도를 나타내었다. NO<sub>2</sub>의 월 최고농도는 5월이 33ppb로 평균(29ppb)대비 14% 높게 측정되었다. O<sub>3</sub> 농도는 봄과 여름철(4월~6월)이 월평균 26~29ppb로 3년 월평균보다 34~50% 높게 분석되었으며, 표준편차는 11.2~13.7로 상대적으로 높은 분산을 보였다. 8월은 월평균 농도에서는 18ppb로 연평균 농도에 비해 농도가 낮으나, 표준편차 12.3으로 평균대비 30% 높은 분산을 보여 고농도 O<sub>3</sub> 발생 빈도가 높은 것으로 분석된다. CO는 가을·겨울철 기온 하강으로 인해 난방연료의 소비가 증가하기 시작하여 11월~2월 0.8~0.9ppm으로 최고농도 도달 후 점차 감소하여 장마철인 7월에 최소치를 보이는 추이를 나타내었다.
4. 2002~2004년 주요 대기오염물질의 요일별 변화를 살펴보면 다음과 같다. PM<sub>10</sub> 농도의 주간 경향은 금요일이 평균 65 $\mu$ g/m<sup>3</sup>으로 주간평균(60 $\mu$ g/m<sup>3</sup>) 대비 8% 높은 농도를 보

였으며, 반대로 일요일이  $53\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 주간평균 대비 12% 낮은 오염도를 보였다. 오염순위는 금요일( $65\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) > 목요일( $63\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) > 화·수요일( $62\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) > 월요일( $58\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) > 토요일( $57\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) > 일요일( $53\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) 순으로 조사되었다.  $\text{SO}_2$  농도의 주간 변화는 일요일(6ppb)을 제외하고 주중에는 약 7ppb로 거의 일정한 것으로 나타났다. 요일별 오염순위는 수요일(7.3ppb) > 화·금요일 (7.2ppb) > 목요일(7.1ppb) > 월·토요일(6.9ppb) > 일요일(6.3ppb) 순으로 조사되었다.  $\text{NO}_2$  농도의 주간 경향은 목요일 및 금요일이 평균 30ppb로 주간평균(29ppb) 대비 6% 높게 나타나 가장 높은 오염도를 보이고 있으며, 반대로 일요일이 25ppb로 주간평균 대비 17% 낮게 분석되었다. 오염순위는 목요일·금요일(30ppb) > 화요일·수요일·토요일(29ppb) > 월요일(28ppb) > 일요일(25ppb) 순으로 조사되었다. 일평균  $\text{O}_3$  농도의 주간 경향은 일요일이 21ppb로 주중 비교적 높은 농도를 보였으며, 금요일이 18ppb로 평균대비 10% 낮은 경향을 보였다. 오염순위는 일(21ppb) > 화·수·목(20ppb) > 월·토(19ppb) > 금요일(18ppb) 순으로 조사되었다. CO 농도의 주간 분포를 살펴보면, 일요일(0.63ppm)을 제외한 모든 요일에서 0.66~0.69ppm으로 거의 일정하게 나타나고, 표준편차는 주중 0.32~0.36의 범위를 보여, 오염도에 있어서 요일별로 큰 차이는 없는 것으로 조사되었다.

5. 2004년 도시대기측정망의 시간평균 자료를 이용하여 각 오염물질의 일간 농도변화를 살펴보았다.  $\text{PM}_{10}$ 은  $55\sim 74\mu\text{g}/\text{m}^3$ 의 농도를 보이고 있으며, 최고농도는 오전 10~12시  $72\sim 74\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 최저농도는 17시~19시  $55\sim 56\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 조사되었다.  $\text{SO}_2$ 는 6.6~8.9ppb의 농도를 보이고 있으며, 최고농도는 오전 9시~11시에 8.5~8.9ppb, 최저농도는 16시~18시

에 6.6~6.8ppb로 조사되었다.  $\text{NO}_2$ 의 최고농도는 8시~11시 31~34ppb, 최저농도는 3시~5시로 22~23ppb로 조사되었다.  $\text{O}_3$ 은 10~33ppb 범위를 보이고 있으며, 최고농도는 15~16시 33ppb, 최저농도는 8시 10ppb로 일변화 추이가 매우 뚜렷한 것으로 나타났다. CO는 0.5~0.9ppm의 범위를 보이고 있으며, 최고농도 08시~10시에 0.8~0.9ppm, 최저농도 15시~17시 0.5ppm으로 조사되었다.

6. 관내 오존주의보 연간 발령현황은 1996년 처음으로 발령되기 시작하여 2003년 까지 1.9일 2.6회의 빈도를 보이다가 2004년에 7일 10회로 급증하였다. 2004년 오존주의보 발령지역의 빈도를 분석한 결과 동부 4, 서부 4, 중남부 2회로 동부, 서부의 발령횟수가 전체의 80%를 차지하였고, 2004년  $\text{O}_3$  최고농도는 6월 4일 15시 동부 부평에서 0.152ppm으로 기록되었다.
7.  $\text{PM}_{10}$  연간 국가대기환경기준 초과현황을 살펴보면, 1995년부터 2001년까지 초과 측정소는 1개소였으나 2002년부터 2004년까지 매년 2개소씩 초과 측정소가 발생하였다. 석남, 검단, 만석, 신흥, 송의, 계양, 구월 등 고농도 미세먼지 발생지역에 적절한 관리가 필요한 것으로 평가된다.

2002~2004년 단기 환경기준 초과현황을 살펴보면 다음과 같다.  $\text{NO}_2$  1시간 기준 초과회수는 연간 전체 약 93,500건의 시간측정자료 중 5회 미만으로 나타났으나, 24시간 초과기준은 연간 약 3,900건의 측정자료 중 10~20회의 초과회수가 발생하고 있으며 점차 증가하는 추세로 나타났다.

$\text{PM}_{10}$  초과회수를 분석한 결과, 연간 약 3,900건의 일 측정자료 중 2003년이 89회로 가장 많이 초과하였으며, 2004년은 전년대비 19회 감소하였다. 1시간 기준치  $\text{O}_3$  농도 초과 회수는 점진적으로 증가 하여 2004년 109

회(초과율 : 0.12%) 초과하였으며, 8시간 환경기준은 2003년 258회(초과율 0.39%)로 가장 많이 초과하였고, 2004년은 전년대비 41회 감소하였다. 8시간 환경기준(0.06ppm)의 측정소별 기준초과 회수를 분석한 결과, 도서지역인 송해를 비롯한 연희, 석남, 검단, 계양, 부평 등 서구, 계양구, 부평구에서 높은 빈도를 보였다.

8. 인천시 전체 측정소에서의 대기오염물질 및 기상자료간의 항목별 전체적인 상관관계수(R)는 2002~2004년도 각각 -0.455~0.904, -0.584~0.374, -0.604~0.472의 범위이며, 최고의 상관관계수 값도 각각 2002년에 CO가 NO<sub>2</sub>와 0.536으로 기상인자 중 가시거리와 -0.19로 가장 높은 양과 음의 상관관계를 보였고, 2003년에 CO가 NO<sub>2</sub>와 0.374로, 가시거리와 -0.353로 가장 높은 양과 음의 상관관계를 보였으며, 2004년도에 CO는 NO<sub>2</sub>와 0.472로, 가시거리와 -0.297로 가장 높은 양과 음의 상관관계를 보였다. 대기오염 고정측정소들에 대해서 각각의 대기오염물질 및 기상 항목별 상관관계를 살펴보면, 전체적으로 항목별로는 PM<sub>10</sub>의 경우에 있어 주로 NO<sub>2</sub> 및 CO와는 다른 항목보다 높은 약 0.1~0.4의 상관관계를 나타내었고 온도 및 O<sub>3</sub>과는 상관성이 낮지만 주로 음의 상관관계를 보였으며, NO<sub>2</sub>의 경우, 일산화탄소와 주로 강한 양의 상관관계(0.34~0.635)를 보였고, 오존과는 -0.463~-0.151의 음의 상관관계를 보이고, 기상인자 중 풍속과 주로 음의 상관관계(-0.434~0.004)를 보임. O<sub>3</sub>의 경우, 온도와 양의 상관관계(0.008~0.255)를, 습도와는 주로 음의 상관관계(-0.313~-0.110)를 보였고, NO<sub>2</sub>와는 -0.463~-0.151로 음의 상관관계를 보여, 주로 온도가 높고 습도가 낮은 상태에서 오염도가 증가하는 것으로 나타났다. 2002~2004년도 인천시 기상에 따른 대기오염물질의 회귀분석결과 각각의 목적변수인

대기오염물질들을 예측하거나 설명하는데 가장 공헌도가 높은 계수는 가시거리로 분석되었다.

9. 인천시의 주요오염물질로 평가되고 있는 PM<sub>10</sub>, NO<sub>2</sub> 등의 오염가능지역은 주로 북서부에 위치하고 있으며, 이동오염원에 의한 영향이 큰 것으로 분석되었다. 또한 안산 시화·반월공단과 남동공단과 주변의 화물차량의 통행에 의해 영향을 받고 있는 것으로 나타났다. CO는 또한 이동오염원의 영향이 큰 것으로 나타났다으며, 선박에 의한 영향도 분석되었다. SO<sub>2</sub>는 감소추세에 있으나 공단과 인천항의 선박 등에 의한 기여도가 큰 것으로 판단된다. 인천지역 측정소 11곳 와 경기도 17곳의 대기오염도를 도식화를 통해 분석한 결과, 실측농도가 높은 지역 과 수용체 모델을 통해 추정된 오염원의 위치가 대체적으로 일치하는 것으로 나타났다.

## 참 고 문 헌

1. 경기도보건환경연구원, 경기도 대기오염평가 보고서, 2004
2. 국립환경연구원, 연도별 대기오염 배출량 산정 및 변화 추세 분석, 2004
3. 김무식 외 8인, 환경위생학, 동화기술, 2000
4. 김복영 외 7인, 농업환경화학, 동화기술. 1989
5. 김지현, 서울시 대기중 미세먼지(PM<sub>2.5</sub>)의 오염원 위치파악을 위한 Hybrid 수용원 모델의 적용. 서울대 논문(2004)
6. 대기환경학회, 대기환경과 휘발성유기화합물질, 1998
7. 울산광역시보건환경연구원, 발생원 및 기상 에 근거한 울산지역의 대기질 분포 특성 평가, 2004
8. 이승묵 황사시 서울시 대기 중 중금속 건식

- 침적의 오염원 위치 파악을 위한 Hybrid Receptor Model의 적용, 한국대기환경학회 추계학술대회 논문집, 273~276.
9. 이승훈, 대기오염원 위치확인을 위한 PSCF 모형의적용, 대한환경공학회 2004 춘계학술 연구발표회, p 573~578.
10. 이용미, 서울시 대기 중 총 가스상 수은의 농도와 수용원 모델을 이용한 오염원 가능 지역 위치 파악. 서울대 논문(2004)
11. 인천광역시, 인천의 사회지표, 2004
12. 인천광역시, 인천환경 대기질 개선 실천계획
13. 인천광역시, 환경백서, 2004
14. 정문식 외 3인, 환경화학, 신평문화사, 1994
15. 정장표, 국지적인 규모에서의 PSCF 모형의 적용, 대한환경공학회 2003 추계학술 연구 발표회, p 555~590.
16. 환경부, 대기환경연보, 2004
17. 환경부, 미세먼지 저감대책 추진현황 및 정책방향, 2001
18. 환경부, 수도권 대기질개선 특별대책, 2002
19. 환경부, 오존(O3)오염저감대책, 2005.
20. 환경부, 오존오염의 현황과 대응방안, 2001
21. 환경부, 환경자료집, 1999
22. Ashbaugh, L.L., Malm, W.C., Sadeh, W.Z., Aresidence time probability analysis of sulfur concentrations at Grand Canyon National Park. Atmospheric Environ. 19, 1263-1270, (1985).
23. Gao.N.,Cheng MD.,Hopke P.K.,1993.Potential Source Contribution Function Analysis and Source Apportionment of Sulfur Species Measured at Rubidoux CA during the Southern California Air Quality Study, 1987.Analytica Chimica Acta 277 369~380
24. Hsu Y.K., Holsen,T.M. and Hopke, P.K. (2003) Comparision of Hybrid Receptor Models to Locate PCB Sources in Chicago, Atmospheric Environment, vol.37, no. 4,pp. 545~562
25. Polissar,A.V.,Hopke,P.K.,Harris,J.M.,2001.Source Regions for Atmospheric Aerosol Measured at Barrow,Alaska. Environmental Science Technology, 35, 4214~4226
26. US EPA, National Air Quality and Emissions Trends Report, 2003
27. US EPA, Particle Pollution Report, 2003
28. 환경부 [www.me.go.kr](http://www.me.go.kr)
29. U.S.EPA [www.epa.gov](http://www.epa.gov)
30. U.S.ARL NOAA [www.arl.noaa.gov](http://www.arl.noaa.gov)

# 인천지역 중 부유분진 등 중금속 변화추세 연구

방기인, 이충대, 전미희, 최종규, 이정민, 신문기, 이홍식, 엄태선, 유덕렬, 이종철, 심재덕, 최춘석, 김용희  
환경조사과

## A Study on the Trend of Heavy Metal included in TSP in Incheon

K.I.Bang, C.D.LEE, M.H.Jeon, J.K.Choi, C.M.Lee, M.K.Shin, H.S.Lee, T.S.Um, D.Y.Yu, J.C.Lee, J.D.Shim, C.S.Choi, Y.H.Kim  
Division of environmental research

### Abstract

This study was carried out to evaluate the data acquired from heavy metal monitoring sites in Incheon for the past 10years. The trend of heavy metal concentration in monitoring sites in Incheon has been changed like V-shaped pattern. It had been decreased till 1998, since then it started to increase. Depending on metallic elements, the results were different; Ni and Pb had been decreased about 81%(0.094 → 0.018 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), 42%(0.243 → 0.141 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) from 1994 to 2004, respectively. Whereas, Fe, Cd, Mn, Cu, Cr had been increased about 50%(1.926 → 2.885 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), 33%(0.006 → 0.008 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), 14%(0.105 → 0.120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), 13%(0.203 → 0.229 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), 10%(0.021 → 0.023 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), respectively. Especially, Cd exceeds WHO guide line(0.005 $\mu\text{g}/\text{m}^3 \cdot \text{year}$ ) for the most time.

The study showed TSP concentration during the yellow sand period from 2002 to 2004 was 3.2 times higher than that of other period. The increase of some metallic compounds (i.e. Fe for 280%, Mn for 270%, Al for 250%) were also observed for the yellow sand period.

## I. 서 론

우리나라에 있어서 대기오염의 주요한 원인을 살펴보면 인구증가 및 산업발전에 따른 연료사용량의 증가와 자동차 보유대수의 증가를 들 수 있으며 또한, 사회 경제적 측면에서 1990년대 중반기에 들어서면서 시행된 지방자치화로 인해 난개발 및 각종 사회·경제적 환경의 팽창양상을 나타내고 있는 점을 지적 할

수 있다.

특히, 본 연구 대상인 인천광역시의 경우 인구증가율은 1995년 경기도 강화군과 옹진군 그리고 김포군의 일부가 편입되었고, 2006년 1월 현재 인천의 인구는 261만명으로 10년전보다 (240만)보다 약 8.8%정도 증가하였으며, 자동차 등록현황은 1999년 593,380대에서 2005년말 현재 793,901대로 5년간 34%로 증가한 것으로 나타났다.

대기 중의 부유물질은 다양한 자연적·인위적 배출원으로부터 발생한다. 이러한 부유먼지의 배출량은 지구적 규모로 볼 때  $20 \times 10^9 \text{ton}$ 이고 이중에서 자연적인 배출원으로부터 발생하는 먼지의 양은 약 80%정도를 차지한다. 비록 인위적인 발생원의 기여도는 20%보다 작지만 이러한 부분이 문제시되는 이유는 대부분의 인위적인 배출원이 도시지역에 집중되어 있기 때문이다.

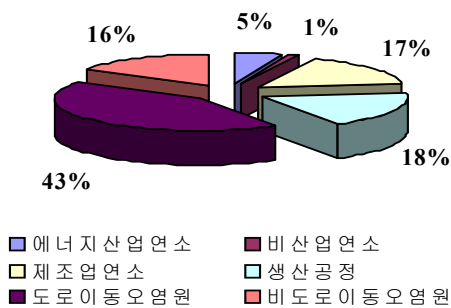


Fig. 1. Percent of TSP emission source in Incheon, 2003.

인천시의 TSP의 배출량은 99년도 2,128ton에서 2003년도 3,689ton으로 70%이상 배출량이 증

가하였으며, 시도별 인천의 배출량의 기여도는 5.7%로 높지는 크지는 않은 편 이었다. 또한 주요 배출원은 Fig.1에서 보듯이 도로이동오염원이 43%(1,574ton)로 가장 높은 비중을 차지하고 있었으며, 이중에서 화물차(965ton)의 배출량이 가장 많은 것으로 나타났다. 상기자료에서 보듯이 먼지의 배출량이 급증하고 있고, 인구 및 자동차의 증가로 인하여 먼지농도의 증가가 예측된다.

본 연구에서는 과거 10년간 TSP와 중금속 농도 자료를 이용하여 연도별, 계절별, 지역별 농도변화 및 먼지와 중금속간 상관성을 비교·분석하고 평가하였다. 이를 통하여 인천지역의 TSP와 중금속 농도의 분포특성을 연구하는데 기초 자료로 활용하고자 하였다.

Table 1. Heavy metal monitoring sites in Incheon

군,구	명칭	소재지	용도
남구	송의	송의1동 129-1 동사무소	주거
남동구	논현	논현동 445 남동공단	공업
부평구	부평	부평4동 440-1 부평동초등학교	상업

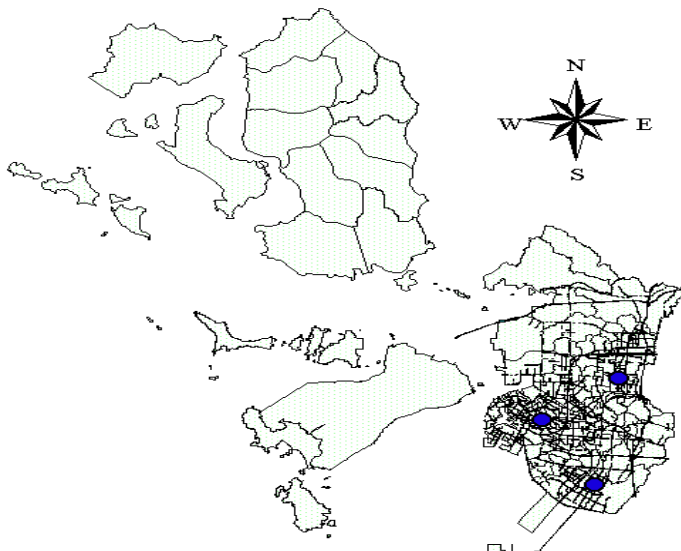


Fig. 2. The location of heavy metal monitoring sites in Incheon

## II. 실험방법

### 2.1 측정방법

1996년부터 2004년까지 10년간 중금속측정망에서 조사된 자료를 중심으로 분석하였다. 총 부유분진 및 분진 중의 중금속성분 조성을 알아보기 위하여 상기 3곳의 측정소에 매월 둘째 주 4일간 시료를 포집하였다. 계절에 따른 부유분진의 농도를 살펴보기 위해 봄은 3~5월, 여름은 6~8월, 가을은 9~11월, 겨울은 12~2월로 각각 분류하였다. 포집필터는 Glass microfiber filter (8×10inch, Whatman사)를 이용하였으며, 시료포집 전후에 항온, 항습상태의 데시케이터내에서 48시간이상 보관하였다. 시료포집은 1.2~1.7m<sup>3</sup>/min 유량의 하이볼륨에어샘플러 (Anderson사)를 이용하였고, 분기별 manometer로 유량을 보정하였다. 측정기로 포집한 시료는 항온, 항습데시케이터에서 24시간이상 보관한 후 0.01mg 까지 측정이 가능한 전자저울을 이용하여 여지의 무게를 측정하고 질량농도를 분석하였다. 또한 황사기간 중에는 매일 조사하였으며, 황사종료 7일 후 비교조사도 또한 실시하였다. 부유분진에 흡착되어 있는 중금속성분을 추출하기 위해 대기공정시험법에 준한 질산, 염산 혼합액을 이용한 초음파 추출법을 이용하였다. 시료를 포집한 여과지를 100ml 비이커에 넣고 1.03M 질산과 2.23M 염산을 1:1로 혼합하여 30ml를 가한후 sealing film 으로 비이커를 밀봉하고 초음파 추출기로 끓는 물에 시료가 잠길 정도로 채운후 28 KHZ 의 초음파 추출기로 2시간동안 추출하였다. 초음파 처리가 끝난 후 비이커에 여과지를 꺼내어 식힌 후 깔대기를 이용하여 비이커 속의 시료를 여과하고, 증류수로 여과지를 세척하여 최종액량이 50ml가 되도록 하였다. 전처리 후 AA(Atomic Absorption spectrometer, Varian사)로 먼지에 부착되어 있는 중금속 성분을 분석하였다.

## III. 결과 및 고찰

### 3.1 일반적 특성

아래 Table 2 는 '91년부터 5년 단위로 연간 중금속농도 변화를 정리한 자료이다. 대부분의 중금속(Cd, Cu, Fe, Mn, Ni)등은 '98년도까지는 감소하다가 다시 증가하는 V자 형태의 증감 추이를 나타내고 있다. 거의 대부분 중금속은 산업시설에서의 배출이 큰 비중을 차지하고 있는데, 우리나라의 경우 '91년 이후 '97~'98년까지 경기침체가 가속화 돼 가동업체수가 감소하다가, 이후 경기가 활성화 되어 제조업체(조립금속, 기계관련 업종)의 수가 증가하고 있는 것으로 나타났다. 따라서 중금속의 농도가 이러한 경향성을 보이고 있는 것으로 판단된다.

Table 2. Trend in metallic element in Incheon at five-year interval, 1991~2004. (unit :  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

년 도	Pb	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni
91~92	0.411	0.014	0.016	0.264	2.482	0.107	0.032
97~98	0.148	0.006	0.012	0.162	1.569	0.081	0.011
03~04	0.131	0.009	0.018	0.268	2.659	0.106	0.018
91~04	0.202	0.008	0.015	0.226	2.036	0.099	0.025

### 3.2 TSP(총 부유먼지)

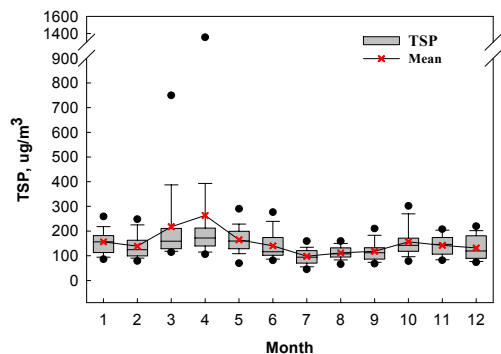


Fig. 3. Monthly variation of TSP, 2002~2004



10년간 먼지농도에 대한 자료를 구하는데 어려움 있어 측정망의 지자체 이관이후 '02년~'04년 월별 TSP 농도변화를 Fig.3과 같이 나타내었다. TSP의 3년간 평균농도는  $153\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이었으며, 월별로는 각각 1, 3, 4, 5, 10월에 이 수준을 초과하였다. 이기간 동안  $\text{PM}_{10}$ 은 3년 평균농도가  $67\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 TSP의 44%정도 수준이었다. TSP의 3년간 월평균 최고농도는 4월에  $263\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 조사되었고, 이때  $\text{PM}_{10}$ 농도 또한 월평균 최고농도( $113\mu\text{g}/\text{m}^3$ )였다. 3월과 4월에 미세먼지의 농도 변동 폭이 상당히 큰 것으로 관측되었으며, 이 것은 황사기간 동안 먼지의 증가하여 나타난 현상으로 판단된다.

### 3.3 Pb(납)

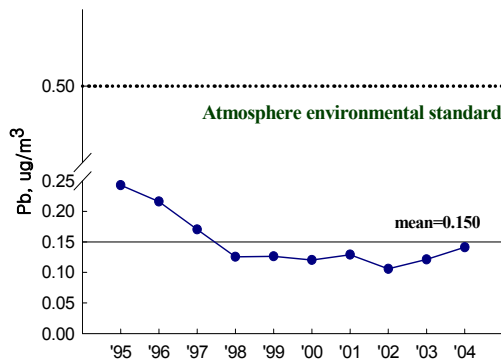


Fig. 4. Annual concentration of Pb, 1995~2004

Fig.4에 보듯이 10년간 Pb 농도변화 추이를 살펴본 결과, 평균농도는  $0.150\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 대기환경기준인  $0.5\mu\text{g}/\text{m}^3$ 을 만족하였다. 또한 '95년에서 '04년도까지 Pb는 약 42%( $0.243 \rightarrow 0.141\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) 감소하였다. '95년에서 '98년까지는 48%정도 감소하다가 이후부터 3년간('99년~'01년)은 거의 변화가 없는 것으로 나타났다. '02년부터 최근 3년간은 Pb의 농도가 33%정도 증가하는 것으로 나타났다.

Table 3. Annual concentration of Pb by monitoring site, 1995~2004 (unit :  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

구 분	측정소 별			평균
	부평	송의	논현	
95년	0.229	0.256	-	0.243
96년	0.216	0.216	-	0.216
97년	0.182	0.158	-	0.170
98년	0.106	0.145	-	0.126
99년	0.133	0.120	-	0.126
00년	0.123	0.118	-	0.120
01년	0.119	0.139	-	0.129
02년	0.095	0.095	0.127	0.106
03년	0.109	0.120	0.136	0.121
04년	0.134	0.139	0.151	0.141
10 평균	0.145	0.151	-	0.150
02~04년	0.113	0.118	0.138	0.123

측정소별 연평균 Pb 농도변화는 Table 3에 정리한 바와 같다. 지점별로 10년간 평균농도는 송의동( $0.151$ ) > 부평동( $0.145\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) 순이었으며, '02년 공단지역인 논현동 지점의 추가 이후 '02~'04년간 평균농도는 논현동( $0.138$ ) > 송의동( $0.118$ ) > 부평동( $0.113\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) 순으로 나타났다. '01년 이후 Pb농도가 다시 증가하였고, 논현동 지점의 추가로 증가율이 더 높아진 것으로 나타났다.

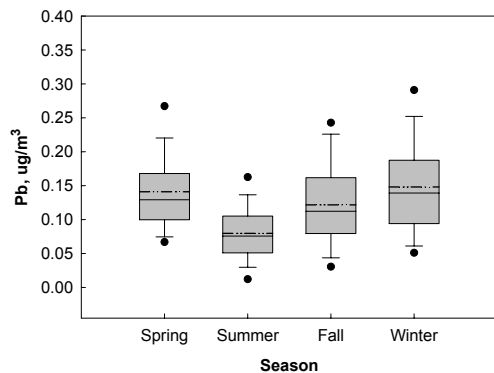


Fig. 5. Seasonal variation of Pb, 2002~2004

최근 3년간 일평균자료를 이용하여 계절별 Pb의 농도분포를 Fig. 5에 나타내었다. 계절별로는 대기가 안정된 겨울철과 황사·먼지날림의

영향이 주된 봄철에 상대적으로 농도가 높았고, 확산이 원활히 이루어지고 강수의 영향이 큰 여름철은 낮은 편 이었다. 측정치별 변동 폭은 겨울철과 가을철에 큰 편 이었으며, 여름철이 작은 것으로 나타났다. 계절별 오염순위는 겨울 > 봄 > 가을 > 여름 순으로 평가되었다.

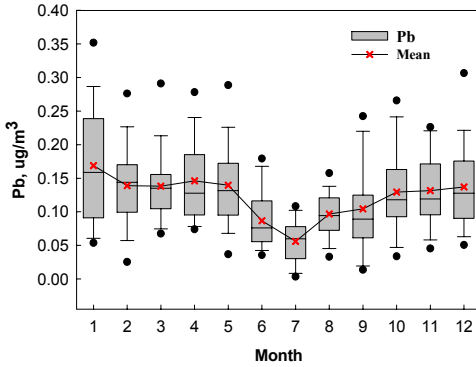


Fig. 6. Monthly variation of Pb, 2002~2004

Fig. 6 에 정리한 월별 Pb 농도는 대기안정도가 큰 1월에 평균  $0.169\mu\text{g}/\text{m}^3$  (표준편차 0.139)으로 높았고, 장마철인 7월에는 평균  $0.056\mu\text{g}/\text{m}^3$  (표준편차 0.035)으로 가장 낮았다. 연도별 월자료 분석결과 '03년 1월에는 월평균 농도가  $0.215\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 높게 측정되었으며, 일 최고농도는 '03년 1월 10일 논현동 지점에서  $0.370\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 조사되었다.

### 3.4 Cd (카드뮴)

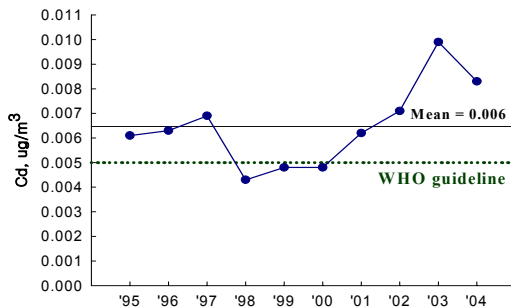


Fig. 7. Annual concentration of Cd, 1995~2004

인체 유해도가 높은 것으로 알려진 Cd은 10년간 평균농도가  $0.006\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이었고, '98~'00년을 제외하고 모두 WHO 권고기준  $0.005\mu\text{g}/\text{m}^3$ 을 초과하고 있는 것으로 나타났다. 또한 '95년에서 '04년까지 10년간 오염도는 약 33%( $0.006 \rightarrow 0.008\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) 증가한 것으로 조사되었다. 연도별로는 '03년도  $0.010\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 WHO 권고기준의 2배를 상회하는 높은 농도였고, '98년  $0.004\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 가장 낮은 수준 이었다. '04년 현재, 연평균농도가  $0.008\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 전년대비 20%가량 감소하였으며, 과거 3년간 평균농도( $0.008\mu\text{g}/\text{m}^3$ )와는 비슷한 수준이었다.

Table 4. Annual concentration of Cd by monitoring site, 1995~2004 (unit :  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

구 분	측정소 별			평균
	부평	송의	논현	
95년	0.006	0.006	-	0.006
96년	0.006	0.006	-	0.006
97년	0.007	0.007	-	0.007
98년	0.004	0.005	-	0.004
99년	0.005	0.004	-	0.005
00년	0.005	0.004	-	0.005
01년	0.005	0.007	-	0.006
02년	0.006	0.005	0.011	0.007
03년	0.008	0.008	0.014	0.010
04년	0.005	0.006	0.014	0.008
10년평균	0.006	0.006	-	0.006
02~04년	0.006	0.006	0.013	0.008

측정소별 연평균 Cd의 농도는 Table 4에 정리한 바와 같다. 지점별로 10년간 평균농도는 송의동과 부평동이  $0.006\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 비슷하였으며, '02년 논현동 지점 추가이후 3년간 평균농도는 논현동 지점이  $0.013\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 송의동과 부평동( $0.006\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) 지점보다 약 2배 정도 높은 것으로 나타났다. '95년 대비 '04년의 농도는 송의동에서는 차이가 거의 없고, 부평동에서는 약 17%가 감소한 것으로 조사되었다. '02년에서 '04년까지 연평균 농도는, 논현동에서 27%, 송의동에서 20%가 증가한 반면, 부평동 지점은 17% 감소하였다.

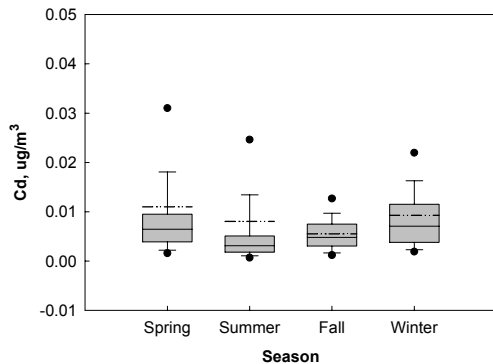


Fig. 8. Seasonal variation of Cd, 2002~2004

'02~'04년까지의 일 평균자료를 이용하여 계절별 Cd의 농도분포를 Fig.8에 나타내었다. 주로 봄철 Cd 농도가  $0.011\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 높았고, 가을철은  $0.005\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 상대적으로 낮은 편이었다. 측정치별 변동 폭은 봄철이 컸으며 가을철이 낮은 것으로 나타났다. 계절별 오염순위는 봄 > 겨울 > 여름 > 가을 순으로 평가되었다.

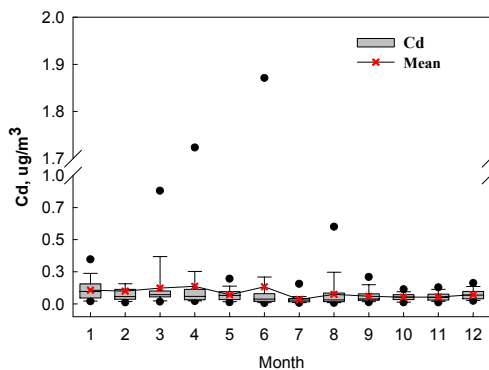


Fig. 9. Monthly variation of Cd, 2002~2004

최근 3년간 월별 Cd 농도분포는 Fig. 9에서 보듯이 4월에 평균  $0.014\mu\text{g}/\text{m}^3$ (표준편차 0.036)으로 가장 높았다. 주로 전반기(5월 제외)에 Cd 농도가  $0.010\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이상으로 WHO 권고기준( $0.005\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) 비교 2배 가량 높은 것으로 나타났다. 연도별로 월평균 농도는 '03년 3월과 '04

년 4월에 각각  $0.023\mu\text{g}/\text{m}^3$ 과  $0.027\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 높았으며, 일 최고농도는 '04년 4월 09일 논현동 지점에서  $0.241\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 조사되었다.

### 3.5 Cr (크롬)

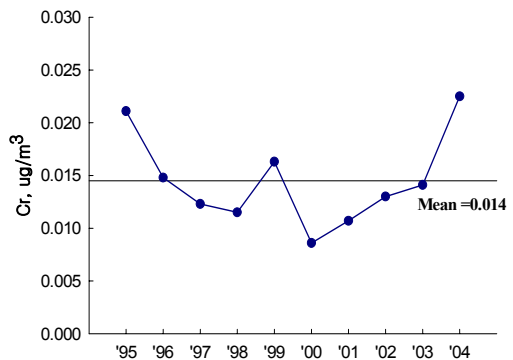


Fig. 10. Annual concentration of Cr, 1995~2004

과거 10년간 Cr의 평균농도는  $0.014\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이었으며, '95, '96, '99, '04년에 각각 이 수준보다 높은 것으로 조사되었다. '95년( $0.021\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) 대비 '04년의 Cr농도는  $0.023\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 약 10%가 증가한 것으로 조사되었다. 연도별 증감추이를 살펴보면, '00년까지 59%정도 감소하였다가, '00년 이후 '04년까지 162 %정도가 증가하여 오염도가 다시 증가하는 것으로 나타났다. 연도별로는 '04년에 연평균  $0.023\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 가장 높았으며, '00년  $0.009\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 가장 낮은 수준이었다. '04년 현재 연평균 Cr농도는 전년대비 60%가량 증가하였고, 과거 3년 평균농도( $0.017\mu\text{g}/\text{m}^3$ )와 비교해서도 높은 수준이었다.

측정소별 연평균 Cr 농도변화는 Table 5에 정리한 바와 같다. 지점별로 10년간 평균농도는 송의동과 부평동이 각각  $0.014\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 비슷한 수준이었으며, '02년 공단지역인 논현지점 추가 이후 '02~'04년 평균농도는 논현동( $0.019\mu\text{g}/\text{m}^3$ )이 송의동과 부평동( $0.015\mu\text{g}/\text{m}^3$ )지점보다 약간 높게 조사되었다. '95년 대비 '04년 농도 증감은 두 지점(송의동, 부평동 지점)이 평균

4%정도 감소하였다. '02년 대비 '04년에는 3지점 모두 70%이상의 높은 증가율을 나타내고 있다.

Table 5. Annual concentration of Cr by monitoring site, 1995~2004 (unit :  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

구 분	측정소 별			평균
	부평	송의	논현	
95년	0.021	0.021	-	0.021
96년	0.013	0.016	-	0.015
97년	0.013	0.011	-	0.012
98년	0.014	0.010	-	0.012
99년	0.015	0.017	-	0.016
00년	0.009	0.008	-	0.009
01년	0.011	0.010	-	0.011
02년	0.012	0.012	0.015	0.013
03년	0.013	0.014	0.016	0.014
04년	0.020	0.020	0.027	0.023
10년평균	0.014	0.014	-	0.014
02~04년	0.015	0.015	0.019	0.017

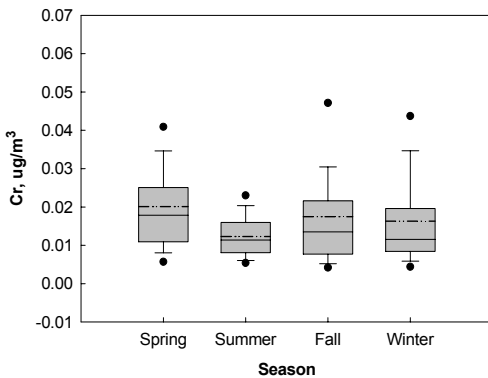


Fig. 11. Seasonal variation of Cr, 2002~2004

Fig.11 에 나타난 바와 같이 계절별 Cr농도분포는 주로 봄철에 평균농도가  $0.020\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 타 계절과 비교하여 높았고, 여름철은  $0.012\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 낮은 편 이었다. 측정치별 변동 폭은 가을철과 겨울철이 컸으며, 여름철이 낮은 것으로 나타났다. 계절별 오염순위를 살펴보면 봄 > 가을 > 겨울 > 여름 순으로 평가되었다.

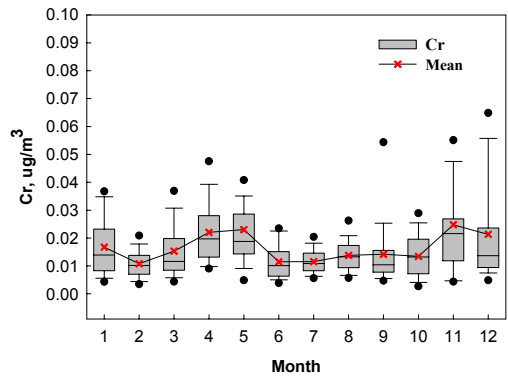


Fig. 12. Monthly variation of Cr, 2002~2004

최근 3년간 월별 Cr 농도분포를 Fig.12 에 나타내었다. 평균농도는 11월이  $0.025\mu\text{g}/\text{m}^3$ (표준편차 0.023)으로 최고치였다. 또한 4, 5, 11, 12월에 각각 3년 평균농도( $0.017\mu\text{g}/\text{m}^3$ )를 초과하는 것으로 나타났다. 반면, 2월과 6월에는 평균  $0.011\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 낮았다. 연도별로는 '04년 11과 12월에 월평균 농도가 각각 0.037 및  $0.038\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 높게 측정 되었으며, 일 최고농도는 '04년 11월 9일 송의동 지점에서  $0.146\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 조사되었다.

### 3.6 Cu (구리)

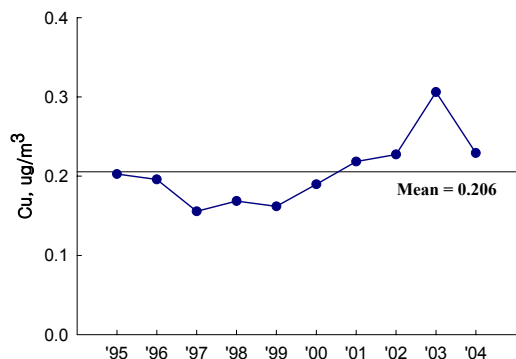


Fig. 13. Annual concentration of Cu, 1995~2004

Fig.13에 나타난 바와 같이 10년간 Cu의 평균농도는  $0.206\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이었으며, '01 이후에 이 수

준을 초과 하였다. '95년( $0.203\mu\text{g}/\text{m}^3$ )과 비교하여 '04년에는 Cu농도가  $0.229\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 약 13% 증가한 것으로 조사되었다. 연도별로는 '99년까지 20%정도 감소하다가, 이후 다시 증가하여 '03년까지 89%가량 증가하였다.

Table 6. Annual concentration of Cu by monitoring site, 1995~2004 (unit :  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

구 분	측정소 별			평 균
	부평	송의	논현	
95년	0.288	0.117	-	0.203
96년	0.254	0.138	-	0.196
97년	0.182	0.129	-	0.156
98년	0.204	0.134	-	0.169
99년	0.191	0.133	-	0.162
00년	0.238	0.141	-	0.190
01년	0.218	0.219	-	0.218
02년	0.218	0.137	0.327	0.227
03년	0.310	0.177	0.431	0.306
04년	0.256	0.174	0.258	0.229
10년 평균	0.236	0.150	-	0.206
02~04년	0.261	0.163	0.339	0.254

측정소별 연평균 Cu 농도변화는 Table 6.에 정리한 바와 같다. 지점별 10년간 평균농도는 부평동  $0.236\mu\text{g}/\text{m}^3$  > 송의동  $0.150\mu\text{g}/\text{m}^3$  순이었으며, '02년 공단지역인 논현동 지점 추가 이후 '02~'04년 동안 평균농도는 논현동( $0.339\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) > 부평동( $0.261\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) > 송의동( $0.163\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) 지점 순으로 조사되었다. '95년 대비 '04년의 농도증감은 부평동에 11% 감소, 송의동은 49% 증가하였다. '02~'04년간 평균농도는 부평과 송의동 지점에서 각각 17, 27% 증가하였으나, 논현동 지점은 오히려 21%정도 감소한 것으로 나타났다.

'02~'04년까지 일평균 자료를 이용하여 계절별 Cu의 농도분포를 Fig.14에 나타내었다. 주로 가을철에 평균 Cu농도가  $0.308\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 가장 높았고, 여름철은  $0.217\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 낮은 편이었다. 계절별 오염순위를 살펴보면 가을 > 겨울 > 봄 > 여름 순으로 평가되었다.

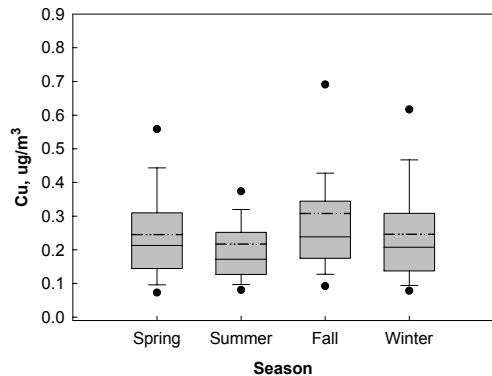


Fig. 14. Seasonal variation of Cu, 2002~2004

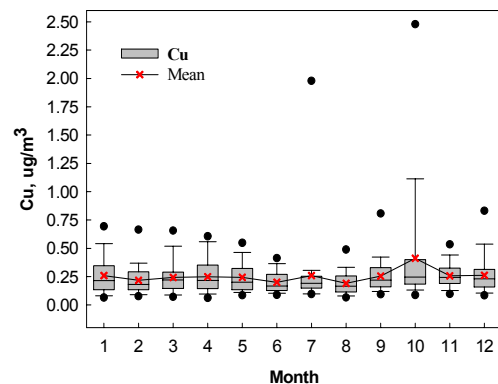


Fig. 15. Monthly variation of Cu, 2002~2004

'02~'04년간 월별 Cu농도는 Fig.15에서 보듯이 10월에  $0.412\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 월평균 최고농도였고, 표준편차가 0.505로 변동폭이 큰 편이었다. 또한 가을~겨울사이에 '02~'04년간 평균값  $0.254\mu\text{g}/\text{m}^3$ 을 상회하는 높은 농도였다. 연도별로는 '03년 10월에 월평균 농도가 각각  $0.652\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 높게 측정 되었으며, 일 최고농도는 '03년 10월 6일 논현동 지점에서  $2.764\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 조사되었다.

### 3.7 Fe (철)

연평균 Fe농도를 이용하여 10년간 농도변화 추이를 Fig. 16에 나타내었다.

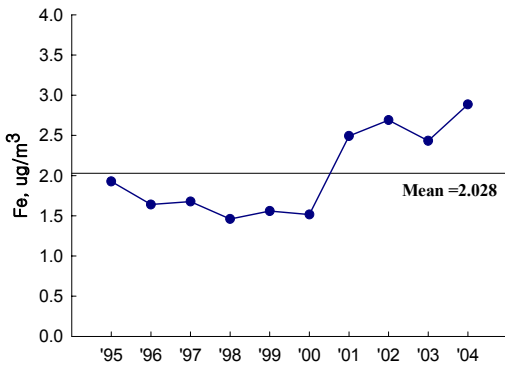


Fig. 16. Annual concentration of Fe, 1995~2004

Fe의 10년 평균농도는  $2.028\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이었고, '00년 이후 크게 증가하여 '01년 이후에는 이 수준을 초과 하는 것으로 나타났다. 지난 10년간 오염도는 약 50% 증가( $1.926 \rightarrow 2.885\mu\text{g}/\text{m}^3$ )한 것으로 조사되었다. 연도별 증감추이를 살펴보면 '00년까지 21%감소하다가, '01년에 전년대비 약 64%( $1.515 \rightarrow 2.492\mu\text{g}/\text{m}^3$ )의 급격히 농도가 증가하였다. 이후 '04년까지 16%정도 증가 하였다. 연도별로는 '04년에 연평균 농도가  $2.885\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 가장 높았고, '98년에  $1.461\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 가장 낮은 수준이었다. '04년 현재는 전년과 비교하여 19%가량 증가하였으며, 과거 3년간 평균농도( $2.669\mu\text{g}/\text{m}^3$ )와 비교하여서도 높은 편이었다.

Table 7. Annual concentration of Fe by monitoring site, 1995~2004 (unit :  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

구 분	측정소 별			평 균
	부평	송의	논현	
95년	1.993	1.860	-	1.926
96년	1.737	1.543	-	1.640
97년	1.809	1.545	-	1.677
98년	1.420	1.501	-	1.461
99년	1.566	1.551	-	1.559
00년	1.550	1.480	-	1.515
01년	2.449	2.534	-	2.492
02년	2.599	2.683	2.788	2.690
03년	2.149	2.539	2.608	2.432
04년	2.848	2.637	3.170	2.885
10년 평균	2.012	1.987	-	2.028
02~04년	2.532	2.619	2.855	2.669

측정소별 연평균 Fe의 농도변화는 Table 7에 정리한 바와 같다. 지점별로 10년간 평균농도는 부평동  $2.012\mu\text{g}/\text{m}^3 >$  송의동  $1.987\mu\text{g}/\text{m}^3$  순 이었다. '02년 공단지역인 논현동 지점 추가 이후 '02~'04년 동안 평균농도는 논현동( $2.855\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) > 송의동( $2.619\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) > 부평동( $2.532\mu\text{g}/\text{m}^3$ )지점 순으로 조사되었다. '95년 대비 '04년 농도증감은 부평동과 송의동에서 40%이상 증가하는 경향을 보였다.

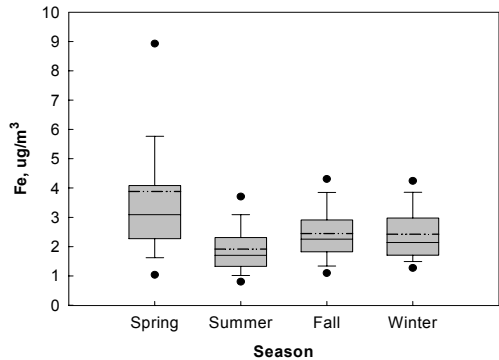


Fig. 17. Seasonal variation of Fe, 2002~2004

'02~'04년까지의 일평균 자료를 이용하여 계절별 Fe 농도분포를 Fig.17에 나타내었다. 계절별로는 봄철 Fe 농도가  $3.884\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 가장 높았고, 여름철은  $1.914\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 낮은 편 이었다. 계절별 오염순위는 봄 > 가을 > 겨울 > 여름 순이었다.

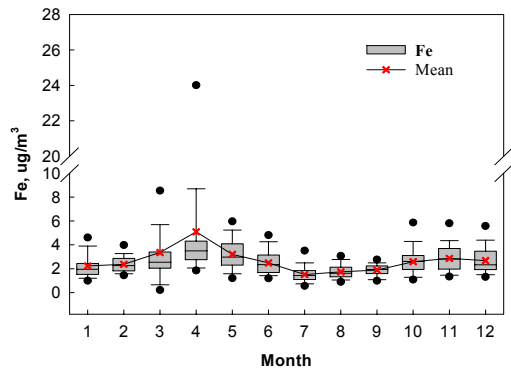


Fig. 18. Monthly variation of Fe, 2002~2004

'02년~'04년간 월별 Fe농도분포를 조사한 결과, 4월에 평균농도가  $5.089\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 최고값이었으며, 3, 4, 5, 11, 12월에 각각 3년간 평균농도( $2.669\mu\text{g}/\text{m}^3$ )를 상회하는 것으로 나타났다. 연도별 조사결과, '02년 4월에 월평균 농도가  $9.003\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 높게 측정되었고, 일 최고농도는 황사기간인 '02년 4월 8일 부평동 지점에서  $26.647\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 관찰되었다. 이외에도 '04년 3월 10일에도 일부 측정지점에서  $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ 을 초과하는 고농도 사례가 조사되었다.

### 3.8 Mn (망간)

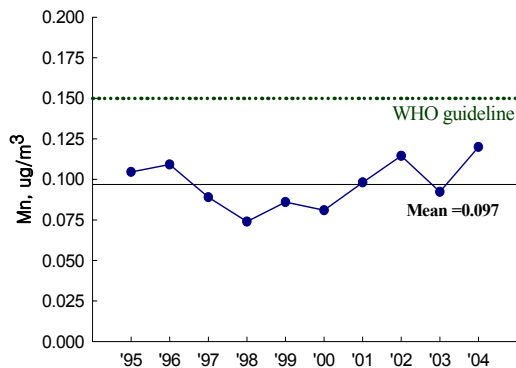


Fig. 19. Annual concentration of Mn, 1995~2004

10년간 Mn의 평균농도 변화를 조사한 결과 (Fig.19), 평균농도는  $0.097\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 WHO 권고기준인  $0.150\mu\text{g}/\text{m}^3$ 의 2/3 수준 이었다. 지난 10년간 오염도는 약 14% ( $0.105 \rightarrow 0.120\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) 증가한 것으로 조사되었다. 연도별 증감추이는 '98년까지 29%정도 감소하다가, '99년 이후 '04년까지 48%정도 증가 하였다. 연도별로는 '04년에 연평균이  $0.120\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 가장 높은 농도였고, '98년에  $0.075\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 가장 낮은 수준이었다. '04년 현재, 전년대비 30%가량 증가하였으며, 과거 3년간 평균농도 ( $0.109\mu\text{g}/\text{m}^3$ )에 비교하여서도 약간 높은수준 이었다.

Table 8. Annual concentration of Mn by monitoring site, 1995~2004 (unit :  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

구 분	측정소 별			인천
	부평	송의	논현	
95년	0.112	0.097	-	0.105
96년	0.120	0.098	-	0.109
97년	0.092	0.086	-	0.089
98년	0.066	0.082	-	0.074
99년	0.077	0.095	-	0.086
00년	0.078	0.084	-	0.081
01년	0.093	0.104	-	0.098
02년	0.101	0.131	0.112	0.115
03년	0.073	0.110	0.094	0.092
04년	0.105	0.133	0.121	0.120
10년 평균	0.092	0.102	-	0.097
02~04년	0.093	0.124	0.109	0.109

측정소별로는 10년간 평균 Mn농도가 송의동 ( $0.102\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) > 부평동 ( $0.092\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) 순 이었고, '02년 논현동지점 추가 이후, '02~'04년 동안 평균농도는 송의동( $0.124\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) > 논현동( $0.109\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) > 부평동( $0.093\mu\text{g}/\text{m}^3$ )지점 순으로 조사되었다. '95년 대비 '04년 농도는 부평동에서 6% 감소한 반면, 송의동은 38% 증가 하였다. '02년부터 '04년까지 지점별로는 각각 논현동 지점이 8%, 부평동 지점이 4%, 송의동 지점이 2% 정도 각각 증가하였다.

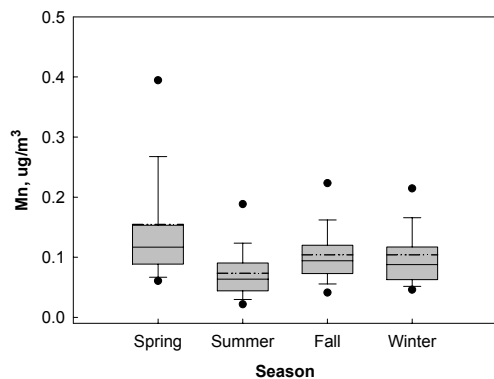


Fig. 20. Seasonal variation of Mn, 2002~2004

'02~'04년까지의 일평균 자료를 이용하여 계절별 Mn의 농도분포는 Fig.20에 나타내었다.

계절별로 봄철에 평균 Mn농도가  $0.155 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 가장 높은 편이었으며, WHO 권고기준인  $0.150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 을 초과하는 것으로 나타났다. 여름철은  $0.073 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 낮은 편이었다. 계절별 오염 순위는 봄 > 가을 > 겨울 > 여름 순이었다.

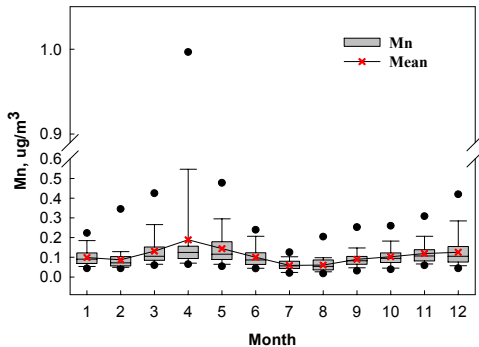


Fig. 21. Monthly variation of Mn, 2002~2004

Fig.21에서 보듯이 '02년~'04년간 월별 Mn농도분포는 4월에  $0.189 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 최고농도였고, 이때 WHO 권고기준인  $0.150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 을 초과하였다. 또한 3, 4, 5, 11, 12월에 3년간 평균( $0.109 \mu\text{g}/\text{m}^3$ )보다 높은 것으로 조사되었다. 연도별로는 황사기간이 포함된 '02년 4월에 월평균 농도가 각각  $0.341 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 높게 측정되었고, 일 최고농도는 '02년 4월 8일 부평동 지점에서  $0.998 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 조사되었다.

### 3.9 Ni(니켈)

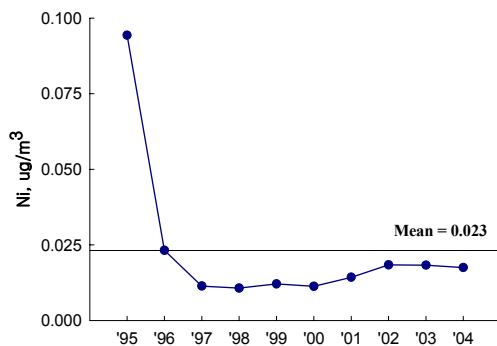


Fig. 22. Annual concentration of Ni, 1995~2004

Fig. 22에서 보듯이, Ni은 10년간 평균농도가  $0.023 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 이었으며, '95년도에는 이 수준을 4배 이상 초과 하였다. 지난 10년간 오염도는 약 81%( $0.094 \rightarrow 0.018 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) 가량 감소하였다. 연도별 증감추이는 '98년까지 88%정도 감소하다가, '00년 이후 '04년 까지 55%가량 증가 하였다. 연도별로는 '95년에 연평균농도가  $0.094 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 가장 높았고, '97~'00년에  $0.011 \sim 0.012 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 낮은 수준 이었다. '04년 현재, 전년대비 거의 차가 없었으며, 과거 3년 평균농도( $0.018 \mu\text{g}/\text{m}^3$ )와도 거의 비슷한 수준 이었다.

Table 9. Annual concentration of Ni by monitoring site, 1995~2004 (unit :  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

구 분	측정소 별			인천
	부평	송의	논현	
95년	0.018	0.171	-	0.094
96년	0.023	0.023	-	0.023
97년	0.011	0.012	-	0.011
98년	0.011	0.010	-	0.011
99년	0.012	0.012	-	0.012
00년	0.010	0.013	-	0.011
01년	0.013	0.016	-	0.014
02년	0.015	0.017	0.024	0.018
03년	0.013	0.017	0.025	0.018
04년	0.014	0.017	0.021	0.018
10년 평균	0.014	0.031	-	0.023
02~04년	0.014	0.017	0.023	0.018

측정소별 연평균 Ni의 농도변화는 Table 9에 정리한 바와 같다. 지점별로 10년간 평균농도는 송의동 지점에서  $0.031 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로, 부평동  $0.014 \mu\text{g}/\text{m}^3$  보다 높았다. '02년 논현동 지점 추가 이후 '02~'04년간 평균농도는 논현동( $0.023 \mu\text{g}/\text{m}^3$ )지점이 가장 높은 편이었고, 송의동( $0.017 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) > 부평동( $0.014 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) 순 이었다. '95년 대비 '04년의 농도증감은 송의동은 90%, 부평동은 22% 감소하는 것으로 조사되었다. '02년부터 '04년까지 지점별로는 논현동 지점에서 약 13%, 부평에서 약 7% 정도 감소하였고, 송의동 지점은 거의 차가 없는 것으로 나타났다.



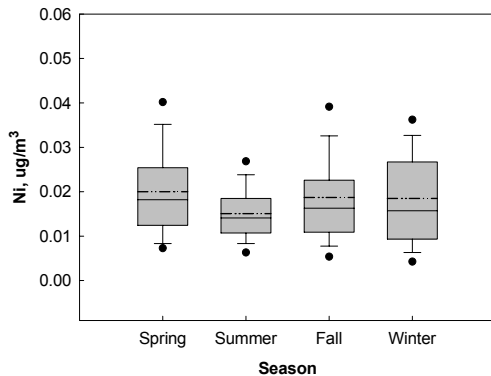


Fig. 23. Seasonal variation of Ni, 2002~2004

'02~'04년까지의 일평균 자료를 이용하여 계절별 니켈 농도분포를 Fig.23에 나타내었다. 주로 봄철 평균 니켈농도가  $0.020\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 가장 높았고, 여름철은  $0.015\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 낮은 편이었다. 계절별 오염순위를 살펴보면 봄 > 가을 > 겨울 > 여름 순으로 평가되었다.

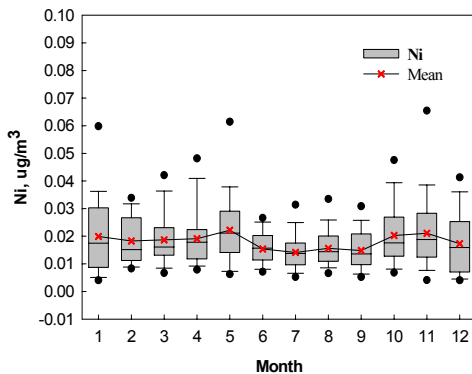


Fig. 24. Monthly variation of Ni, 2002~2004

'02~'04년간 월별 Ni 농도분포는 Fig.24에 나타내었다. 3년간 월별 평균농도를 분석한 결과 5월에  $0.022\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 최고농도였으며, 주로 봄철(3, 4, 5월)과 겨울(12, 1, 2월)에 3년간 평균 농도( $0.018\mu\text{g}/\text{m}^3$ )를 초과하는 것으로 나타났다. 연도별로는 2003년 11월에 월평균 농도가  $0.026\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 높게 측정되었으며, 일 최고농도는

2003년 11월 18일 논현동 지점에서  $0.073\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 조사되었다.

### 3.10 중금속 성분과 기상인자간 상관분석

'02~'04년까지 중금속측정망을 조사하면서 수집한 일 자료와 시료채취 시 기상인자를 이용하여 대기 중 부유분진에 함유된 각 중금속농도와 TSP,  $\text{PM}_{10}$ , 기상요인(온도, 기압, 상대습도, 풍속, 시정거리)간의 상관성을 분석하여 Table 10, 11, 12에 각각 나타내었다.

중금속측정망 3곳에서 기상요인과 TSP 간의 상관성을 분석한 결과, 논현동 측정소에서  $\text{PM}_{10}$ 과 시정거리(-0.51)간에 음의 상관성( $P<0.005$ )을 보인것 외에, 먼지와 기상요인 간에는 별다른 상관성을 보이지 않았다.

부평동측정소에서 TSP와  $\text{PM}_{10}$ 내 중금속 성분 간 상관성을 분석한 결과, TSP는 Fe(0.97), Mn(0.94), Ni(0.56), Cr(0.42)간에 양의 상관성( $P<0.01$ )을 보였다.  $\text{PM}_{10}$ 은 Mn(0.74), Fe(0.71), Ni(0.41)간에 양의 상관성( $P<0.01$ )을 보였다. 송의동 측정소의 분석결과 TSP는 Fe(0.92), Mn(0.72), Ni(0.40)간에 양의 상관성( $P<0.01$ )을 보였다.  $\text{PM}_{10}$ 은 Fe(0.74), Mn(0.57)과 양의 상관성( $P<0.01$ )을 보였다. 논현동 측정소의 분석결과, TSP는 Fe(0.93), Mn(0.93)과 양의 상관성( $P<0.01$ )을 보였다.  $\text{PM}_{10}$ 은 Fe(0.61), Mn(0.61)과 양의 상관성( $P<0.01$ )을 보였다.

Table 10. The Correlation among TSP, metallic elements, and related factors in Bu-Pyoung, 2002~2004

부평	TSP	PM <sub>10</sub>	Pb	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	온도	기압	습도	풍속	시정
TSP	1.00	0.74**	0.30**	0.11	0.42**	0.03	0.97**	0.94**	0.56**	-0.11	-0.01	-0.06	0.23**	-0.27**
PM <sub>10</sub>		1.00	0.16*	0.08	0.25**	-0.02	0.71**	0.74**	0.41**	-0.08	0.04	-0.04	0.19**	-0.35**
Pb			1.00	0.32**	0.33**	0.08	0.27**	0.34**	0.63**	-0.22**	0.22**	0.01	-0.09	-0.22**
Cd				1.00	0.07	0.01	0.08	0.11	0.26**	-0.16*	0.18*	0.01	0.04	-0.08
Cr					1.00	0.02	0.46**	0.43**	0.39**	0.04	-0.09	-0.09	0.07	-0.16*
Cu						1.00	0.00	0.03	0.10	0.09	-0.08	0.12	-0.14	-0.17*
Fe							1.00	0.95**	0.55**	-0.11	-0.02	-0.12	0.26**	-0.19**
Mn								1.00	0.62**	-0.08	-0.04	-0.03	0.23**	-0.21*
Ni									1.00	0.00	0.02	0.10	-0.03	-0.19*
온도										1.00	-0.80**	0.54**	-0.32**	-0.31**
기압											1.00	-0.57**	-0.04	0.29**
습도												1.00	-0.19*	-0.50**
풍속													1.00	0.11
시정														1.00

Table 11. The Correlation among TSP, metallic elements, and related factors in Seung-Yi, 2002~2004

승의	TSP	PM <sub>10</sub>	Pb	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	온도	기압	습도	풍속	시정
TSP	1.00	0.77**	0.16*	0.08	0.26**	0.07	0.92**	0.72**	0.40**	-0.09	-0.02	-0.03	0.19*	-0.28**
PM <sub>10</sub>		1.00	0.14	0.07	0.25**	0.03	0.74**	0.57**	0.37**	-0.06	0.02	-0.08	0.14	-0.40
Pb			1.00	0.50**	0.31**	0.57**	0.18**	0.22**	0.48**	-0.29**	0.34**	-0.10	-0.27**	-0.13
Cd				1.00	0.15	0.41	0.08	0.07	0.31	-0.15	0.24	-0.07	-0.22	-0.11
Cr					1.00	0.46*	0.37**	0.32	0.60**	-0.04*	0.16**	-0.15	-0.16**	-0.14
Cu						1.00	0.11	0.15*	0.43**	-0.18*	0.30**	-0.09	-0.32**	-0.09
Fe							1.00	0.78**	0.45**	-0.11	0.01	-0.15	0.19*	-0.17*
Mn								1.00	0.40**	-0.14	0.11	-0.12	0.10	-0.11
Ni									1.00	-0.05	0.19*	0.02	-0.20**	-0.19*
온도										1.00	-0.79**	0.54**	-0.32**	-0.31**
기압											1.00	-0.58**	-0.04	0.28**
습도												1.00	-0.19*	-0.50**
풍속													1.00	0.11
시정														1.00

Table 12. The Correlation among TSP, metallic elements, and related factors in Non-Hyun, 2002~2004

논현	TSP	PM <sub>10</sub>	Pb	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	온도	기압	습도	풍속	시정
TSP	1.00	0.66**	0.25**	0.01	0.33**	0.02	0.93**	0.93**	0.31**	-0.14	0.03	-0.10	0.24**	-0.26**
PM <sub>10</sub>		1.00	0.25**	0.03	0.23**	0.10	0.61**	0.61**	0.25**	0.02	0.03	0.07	-0.08	-0.51**
Pb			1.00	0.15	0.40**	0.25**	0.19*	0.28**	0.36**	-0.35**	0.41**	-0.11	-0.07	-0.20**
Cd				1.00	0.05	-0.01	0.01	0.01	-0.03	-0.02	-0.07	-0.01	0.02	-0.07
Cr					1.00	0.00	0.45**	0.49**	0.52**	-0.12	0.17*	-0.22**	-0.02	-0.02
Cu						1.00	-0.05	-0.01	0.10	-0.03	0.21**	0.00	-0.28**	-0.07
Fe							1.00	0.95**	0.37**	-0.14	0.04	-0.21**	0.27**	-0.18**
Mn								1.00	0.37**	-0.21**	0.11	-0.22**	0.23**	-0.16**
Ni									1.00	-0.20**	0.25**	-0.21**	-0.06	0.01
온도										1.00	-0.79**	0.56	-0.32**	-0.31**
기압											1.00	-0.58**	-0.03	0.28**
습도												1.00	-0.21	-0.52**
풍속													1.00	0.12
시정														1.00

### 3.11 황사 특성 평가



Fig. 25. Source of yellow sand event in Incheon (NOAA HYSPLIT MODEL), 2002~2004

인천시의 '02~'04년간 황사발생시 먼지의 이동 경로를 조사한 결과는 Fig.25에 나타내었다. 위 그림은 HYSPLIT MODEL을 이용하여 황사발생 기간동안 96시간 이전까지 시간단위 공기의 흐름을 역으로 추적한 결과이다. 위 결과에서 보듯이 황사기간 먼지의 이동경로는 주로 타클라마칸 사막, 고비 및 내몽고지역에서 발생하여 우리나라에 영향을 미치는 것으로 나타났으며, 키얼친 사지일대의 먼지도 영향을 준 것으로 나타났다. '02년도에는 황사현상이 심하여  $PM_{10}$ 이 최고  $998\mu g/m^3$ 로 나타났다[Fig.26].

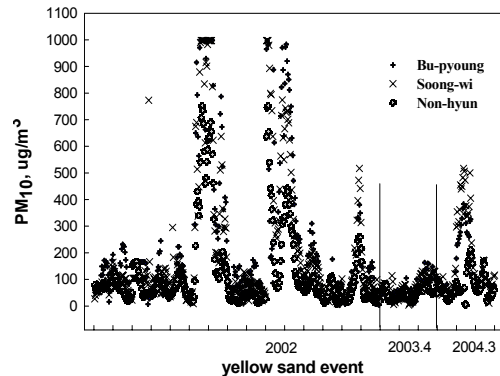


Fig. 26.  $PM_{10}$  variation During yellow sand episode in Incheon, 2002~2004.

황사기간 동안 먼지 및 중금속농도의 변화추이는 Fig.27에 나타내었다. 황사기간 총 15회 발생 하였으며 '02년도 11차례를 제외하면 '03~'04년은 각 두 차례로 영향이 적은 편이었다. TSP는  $405\mu g/m^3$ 으로 비황사시보다 3.2배 정도 높게 조사되었고 '03년 3월에 최대  $2,435\mu g/m^3$ 으로 비황사시 보다 19배 높은 수준 이었다. 대기환경기준물질인 Pb는  $0.119\mu g/m^3$ 로 환경기준을 초과하지 않는 수준이었으며, 황사 시에도 별달리 증가하지 않는 것으로 나타났다. 황사시 Fe, Mn, Al 같은 토양에 많이 함유된 성분이 증가하였다.

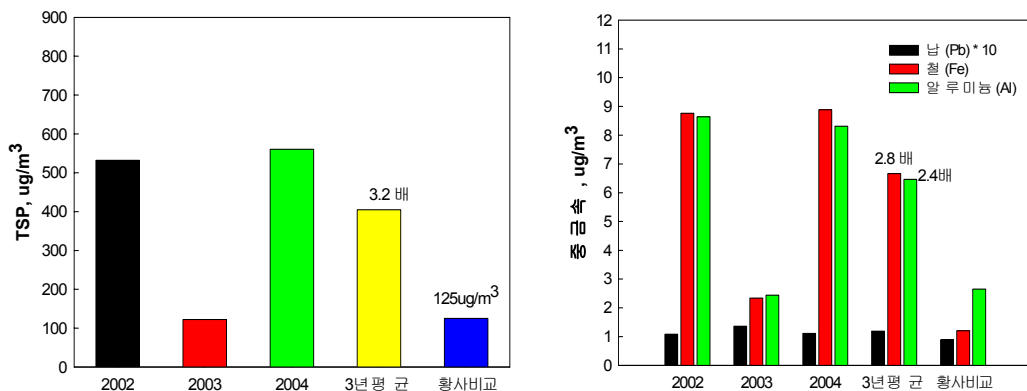


Fig. 27. Yearly concentration of TSP and metallic element during yellow sand event in Incheon, 2002~2004

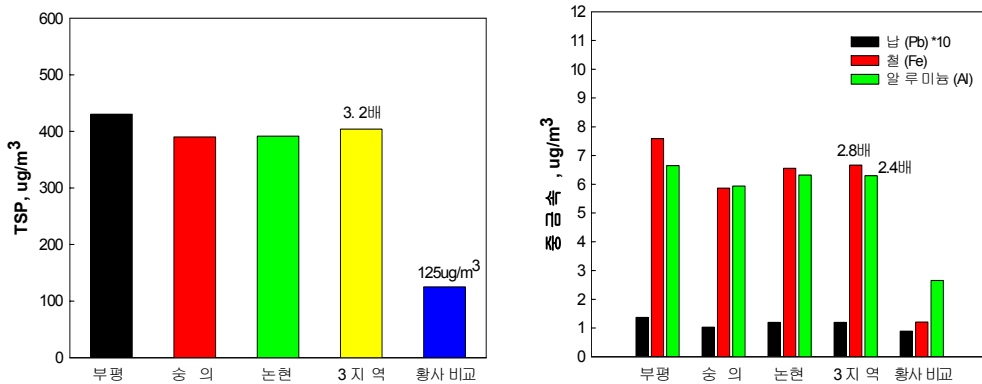


Fig. 28. Regional concentration of TSP and metallic element during yellow sand event in Incheon, 2002~2004

Fe의 경우 황사기간 동안  $6.663\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 2.8배, Mn은  $0.231\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 2.7배, Al은  $6.465\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 2.4배로, 각각 2배 이상의 높은 수준을 나타냈으며 최고 높을 때는 비황사시 보다 15배 이상 높은 것으로 조사되었다. 반면 Cd ( $0.005\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), Cr ( $0.020\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), Cu ( $0.214\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), Ni (3년 평균,  $0.018\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) 등은 황사기간 동안 별다른 변화를 보이지 않았다.

황사기간 동안 지역별 먼지 및 중금속 농도 변화는 Fig.28에 나타내었다. 먼지 및 중금속은 지역별로 큰 차이는 없었지만, 부평동측정소에 여러 항목에 있어 대체적으로 높게 조사되었다. TSP는 부평지역이  $430\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 황사시보다 3.4배 정도 높게 조사되었다. 황사기간 동안 증가하는 것으로 나타난 Fe, Mn, Al 도 또한 부평에서 각각 7.589, 0.244,  $6.647\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 비황사시보다 2.5~3배 정도 높은 수준이었다.

$\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), 납은 42%( $0.243 \rightarrow 0.141\mu\text{g}/\text{m}^3$ )의 농도 감소가 있었다. 반면 철은 약 50%( $1.926 \rightarrow 2.885\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), 카드뮴은 33%( $0.006 \rightarrow 0.008\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), 망간은 14%( $0.105 \rightarrow 0.120\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), 구리는 13%( $0.203 \rightarrow 0.229\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), 크롬은 10%( $0.021 \rightarrow 0.023\mu\text{g}/\text{m}^3$ )의 농도 증가가 있는 것으로 조사되었다. 특히 카드뮴은 대부분의 기간 동안 WHO권고기준( $0.005\mu\text{g}/\text{m}^3 \cdot \text{년}$ )을 초과하였으며, 철의 경우 2000년 이후 높은 증가추세를 보이고 있다. 또한 망간과 구리 또한 증가율이 10%를 상회하고 있어 이에 대한 적절한 관리가 요구된다. 또한 각 측정소에서 TSP, 중금속 및 기상인자간 상관성을 분석한 결과 TSP는 Fe, Mn, Ni 등 주로 지각 구성성분과 양의 상관성을 보였다.

'02~'04년간 황사기간 동안 자료를 분석한 결과, TSP의 평균농도는  $405\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 비황사시보다 3.2배 정도 높게 조사되었고, 기타중금속으로 Fe의 경우 황사기간 동안  $6.663\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 2.8배, Mn은  $0.231\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 2.7배, Al은  $6.465\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 2.4배로, 각각 2배 이상의 높은 수준을 나타냈으며 최고 높을 때는 비황사시보다 15배 이상 높은 것으로 조사되었다. 반면 Cd( $0.005\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), Cr( $0.020\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), Cu( $0.214\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), Ni(3년 평균,  $0.018\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) 등은 황사기간 동안 별다른 변화를 보이지 않았다.

## IV. 결 론

중금속측정망 10년간 변화추이는 V자 형태로 98년까지 감소하다가 이후 다시 증가하는 경향을 보였다. 항목별로 니켈은 81%( $0.094 \rightarrow 0.018$

## V. 참고문헌

1. 환경부, 대기환경연보 자료 2002~2004
2. 환경위해성평가 및 관리기술 연구보고서, 연세대학교 환경공해연구소(1997) p121 ~214
3. 최여진, 서울시 대기관측망을 중심으로 부유분진 기준농도 초과자료를 이용한 시공간적 경향성 비교연구, 대한지적과학회(24권), 2003, No3, p190~204.
4. 이찬형, 대구지역 총 부유분진 중 중금속, 한국환경위생학회, 2003, (제29권), No1, 67 ~ 73
5. 최성우, 다변량 통계분석법을 이요한 대구지역 부유분진의 오염원 기여도 추정, 한국환경위생학회,2000, (제26권), No 4, 1~8.
6. 박홍재, 공단지역에서 대기중 총 부유분진의 입자크기 분포와 화학적 성분에 관한 분석과 연구, 1993, 한국환경과학회지, p201~206
7. 김성천, 대기 부유분진의 입경별 특성에 관한 연구, 한국환경위생학회, 2000, (제26권), No2, 108~115.
8. 1999년 1월 황사 발생시 부산지역의 부유분진 특성, 한국환경과학회지, 2002, 제11권, No 10, 1081~1087.
9. 배강우, 2003년 태안지역에서의 황사 부유분진의 미생물학적 동정과 금속성분 및 농도
10. 박동욱, 산업독성학, 한국방송통신대학교 출판부, 2000, 131~177.
11. 김오식 저, 산업독성학, 동화기술, 233~247.

# 인천지역의 강우산도 변화추세 연구

방기인, 이충대, 전미희, 최종규, 이정민, 신문기, 이흥식, 엄태선, 유덕열, 이종철, 심재덕, 최춘석, 김용희  
환경조사과

## A Study on the Acidity trends of Rainwater sampled in Incheon

K.I.Bang, C.D.Lee, M.H.Jeon, J.K.Choi, C.M.Lee, M.K.Shin, H.S.Lee, T.S.Um, D.Y.Yu, J.C.Lee, J.D.Shim, C.S.Choi, Y.H.Kim  
Division of envrionmental research

### Abstract

This study was conducted to investigate the temporal, spatial trends and occurrence frequency distribution of pH values. Precipitation samples were collected at 5 sites in Incheon by using Acid Rain Monitor(RM-8300 AQUA CONTROL Co., JAPAN) from 1995 to 2004. As a result, the annual average values of volume-weighted pH by region were in the range of 4.0 to 5.7 and the average value of pH for 10 years was measured to 4.6. The most satisfactory site for the acidity of precipitation was Unseo-Dong where the average value of pH for 10 years was represented 4.9, and other sites were measured 4.7 for Jangki-Dong, 4.7 for Galsan-Dong, Gwan-Dong, Guwol-Dong.

The acidity of precipitation was the lowest at pH 5.3~5.5 from February to April when the rainfall intensity is low and alkali-soil particles neutralizing the acidity of precipitation like soil dust or yellow sand are abundant. Whereas, the acidity of precipitation was highest at pH 4.6~4.7 from July to September when rainfall intensity is high, which cause lack of alkalinity ion neutralizing acidity in the air.

Monthly average of acidity of precipitation by pH was in the wide range of 3.6 to 8.1. Acid precipitation under pH 5.6 constitute 76.8% of total precipitation frequency respectively. The precipitation ranged from pH 4.5 to 5.0 constitute 29.0% in the total precipitation, which is highest in the precipitation frequency.

## I. 서 론

산성강하물(acid deposition)은 대기 중에서 지표로 유입되는 산성물질을 지칭하는 폭넓은 용어로서 습성과 건성 강하물로 분류된다. 습성강하물(wet deposition)은 산성 비, 눈, 안개 등이 있으며 지표수에 유입됨에 따라 다양한 동·식물

에 영향을 주게 된다. 건성강하물(dry deposition)은 산성 가스(acidic gases), 먼지 등이 있으며, 바람에 의해 빌딩, 자동차, 주거지, 나무 등에 이동하게 된다. 건성강하물은 비에 의해 세정이 되어, 다시 지표수로 흘러들고 산성비의 산도를 증가시킨다. 이러한 영향으로 강우 자체보다 산도를 높게 한다. 또한 탁월풍(prevaling winds)에

의해 건성 및 습성 강하물이 장거리 이동함에 따라 국가간 경계가 사라지고 있다.

인천의 경우 초 저유황경유 및 LNG 등의 청정연료의 공급확대로 인해 아황산가스 배출량은 급격히 감소하였으나, 교통량과 연료사용량의 증가로 인해 이산화질소 배출량이 꾸준히 증가하고 있으며, 인접국인 중국의 산업화로 인해 오염물질이 계속 유입됨에 따라 산성강하물에 노출될 가능성이 높은 것으로 판단된다.

본 연구는 1995년부터 2004년 까지 인천의 5개 지역에서 채취한 강수에 대한 pH를 연도별, 월별, 지역별에 따른 변화추이를 조사하고, 계절별 강수빈도를 분석하여 산성비에 대한 특성을 파악하고자 한다.

## II. 조사지역 및 방법

### 2.1 조사 지역

인천지역 내 남동구 구월동 등 5개 지점에서, 측정된 산성강하물 자료 중 강우산도를 중심으로 하여 조사하였으며 조사에 이용된 산성강하물 측정지점은 Table 1.과 같다. 중구 운서동은 녹지지역으로 인위적인 오염원이 거의 없으며 주위환경이 농촌형이고, 계양구 장기동은 주거지역이지만 도시형이 아닌 농촌형이다. 부평구 갈산동은 준공업지역으로 주위에 공장이 많으며, 경인 고속도로가 지나고 있다. 남동구 구월동은 주거지역으로 종합병원이 인접하여 있고 아파트, 빌라 등이 밀집되어 있다.

Table 1. Location of Sampling Sites

Site	Longitude	Latitude	Classification of area
Bupyeong-Gu Galsan-Dong	126°43'33.289"	37°31'79.740"	semi-industrial
Jung-Gu Unseo-Dong	126°30'54.197"	37°29'57.229"	green
Jung-Gu Gwan-Dong	126°37'42.409"	37°28'41.525"	commercial
Namdong-Gu Guwol-Dong	126°42'60.451"	37°27'18.669"	residential
Gyeyang-Gu Jangki-Dong	126°44' 5.515"	37°34'63.851"	residential

### 2.2 조사 방법

5개 지역에서 Acid Rain Monitor(RM-8300 AQUA CONTROL Co., JAPAN)를 이용하여 pH, 강수량, 전기전도도를 비가 내릴 때 실시간으로 자동 측정하였다. 각 산성강하물 측정소에 내린 강수의 pH로부터 계산된 수소이온농도를 강수량을 고려한 가중평균으로 평균 pH를 구하였으며, 사용된 계산식은 다음과 같다.

$[H^+]$ : 강수 가중평균

$$\overline{pH_w} = -\log([H^+]) = -\log\left[\frac{\sum_{i=1}^n ([H_i^+] \times w_i)}{\sum_{i=1}^n w_i}\right]$$

여기서,  $H^+$ 는 수소이온농도,  $w_i$  강수량,  $n$ 은 시료의 개수를 나타낸다.

## III. 측정결과 및 고찰

### 3.1 연도별 강우산도

Table 2. Annual mean values of pH for 5 sites, 1995~2004

year	Galsan	Unseo	Gwan	Guwol	Jangki	mean
'95	4.8	5.4	4.7	4.6	5.0	4.7
'96	4.9	4.9	4.9	5.0	4.8	4.9
'97	4.4	4.4	4.7	4.5	4.0	4.4
'98	4.4	4.9	4.7	4.4	4.9	4.6
'99	4.9	5.0	4.7	4.7	4.9	4.8
'00	4.2	5.0	4.9	5.0	5.0	4.7
'01	4.6	4.8	4.4	4.3	4.9	4.5
'02	4.5	5.1	4.7	4.6	4.7	4.7
'03	4.2	5.1	4.0	4.2	4.5	4.2
'04	4.5	5.7	4.9	4.4	4.8	4.7
mean	4.5	4.9	4.5	4.5	4.7	4.6

5개 측정지점에서 측정한 강수의 연평균 pH는 4.0~5.7의 범위를 보이고 있으며, 인천지역의 10년간 평균 pH는 4.6으로 조사되었다. 강우산도가 가장 양호한 지역은 운서동으로 지난 10년간 평균 pH가 4.9로 측정되었으며, 장기동(pH 4.7), 갈산동·관동·구월동(pH 4.5) 순으로 나타났다. 지난 10년간 중구 운서동을 제외한 전 측정소에서 점차적으로 pH가 낮아지는 추이를 보이고 있다.

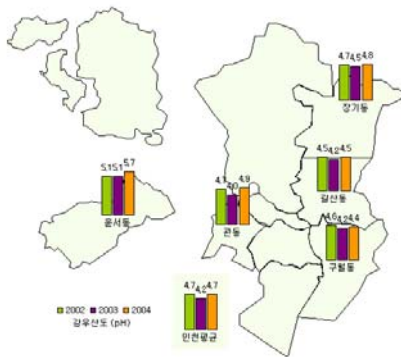


Fig. 1. Yearly variation of pH by region, 2002~2004.  
주) 2004년은 7월까지의 강우산도.

최근 3년간 강우산도를 살펴보면 Fig. 1과 같다. 강우산도가 가장 양호한 지역은 운서동으로 지난 3년간(2002년~2004년 7월) 평균 pH가 5.2로 측정되었으며, 계양동(pH 4.6), 관동·

구월동(pH 4.4), 갈산동(pH 4.3) 순으로 나타났다. 2004년 인천시 평균 강우산도는 pH 4.7로 2002년과 동일하였고, 2003년(pH 4.2)보다 pH 0.5 증가하였다.

### 3.2 월별 강우산도

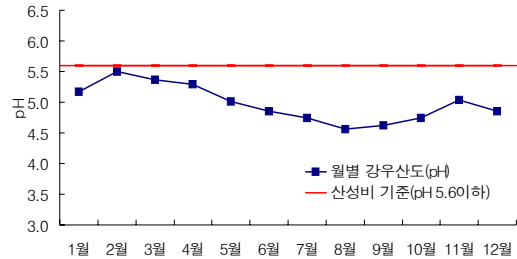


Fig. 2. Monthly variation of pH based on arithmetic average, 1995~2004.

강우산도의 월 변화(1995년~2004년 7월 평균 강우산도를 산술평균함)를 Fig. 2, Table 3과 같이 나타내었다. 강우량이 적고, 토양먼지나 황사와 같은 강우산도를 중화시키는 알칼리성 토양입자가 풍부한 2~4월이 pH 5.3~5.5로 가장 낮은 산도를 보였다. 반면 7~9월은 연중 강수량이 집중되고 강우강도가 높아 대기중의 산도를 중화시키는 알칼리성 이온이 부족하여 pH 4.6~4.7로 연중 가장 높은 산도를 보였다.

Table 3. Monthly mean variation of pH, 1995~2004

month	'95	'96	'97	'98	'99	'00	'01	'02	'03	'04	mean
1	6.5	5.5	4.4	6.4	4.6	4.3	5.8	4.2	4.8	5.2	4.5(5.2)
2	6.6	-	5.6	4.6	-	-	5.4	6.8	5.1	4.4	4.8(5.5)
3	4.8	4.9	4.9	4.8	4.8	7.2	6.4	5.5	5.2	5.5	4.9(5.4)
4	5.2	5.3	4.8	4.8	5.2	5.4	7.9	4.5	4.5	5.3	4.8(5.3)
5	5.5	4.9	4.0	4.8	5.0	5.0	6.0	5.7	4.1	5.1	4.4(5.0)
6	5.0	4.9	4.8	5.3	4.7	4.8	4.7	5.0	4.2	5.1	4.8(4.9)
7	4.4	4.9	4.8	4.8	5.0	5.2	4.4	4.9	4.2	4.6	4.6(4.7)
8	4.8	4.4	4.3	4.4	4.7	4.6	4.9	4.7	4.3		4.6(4.6)
9	4.9	4.4	4.6	4.6	5.1	5.4	4.0	4.6	4.0		4.5(4.6)
10	5.2	4.9	5.1	4.5	4.5	5.0	4.7	4.5	4.3		4.6(4.7)
11	5.6	5.3	4.9	5.1	5.0	5.6	4.9	4.2	4.7		5.0(5.0)
12	-	5.4	4.1	-	4.8	4.2	4.9	6.1	4.5		4.4(4.9)

\* the monthly mean values of volume-weighted pH,  
( ) is monthly arithmetic mean



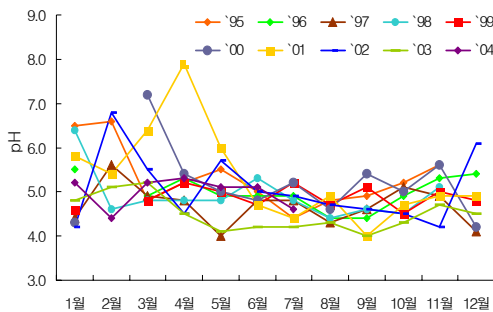


Fig. 3. Monthly mean variation of pH in Incheon, 1995~2004.

1998년 1월은 연중 강우량의 0.1%로 건조하며 대기중에 먼지가 많아 pH를 증가시켰고, 2000년 3월 및 2001년 3, 4, 5월은 황사에 의한 영향으로 pH를 증가시키는 요인이 되었다. 2002년 2, 12월은 강수량이 적어 pH를 증가시키는 요인이 되었고, 황사현상이 심했던 2001년에 비하여 황사일수가 적은 관계로 황사의 영향을 적게 받아 pH가 낮은 경향이 뚜렷하였다(Fig. 3).

봄철에는 중국의 산업단지에서 발생하는 오염물질과, 황사현상으로 인한 알칼리성 토양입자 등이 편서풍을 타고 장거리 이동하여 국내에 비나 눈으로 내려 장마기간에 비해 pH의 변화가 큰 것으로 판단된다. 반면 여름과 가을에는 비구름의 원천이 태평양 상공에서 생성되어 이동하여 장마나 태풍으로 강우가 집중되고 강우량이 많아 대기중의 오염물질이 세정(wash out)되어 강우산도의 변화가 크지 않았다.

### 3.3 강우발생빈도

지난 10년간(1995년~2004년 7월) 내린 강수의 월평균 강우산도를 pH 구간별로 분석한 결과 3.6~8.1의 광범위한 강우산도를 보이고 있다. pH 5.6 이하의 산성비는 371회 측정되었으며 전체 강우회수의 76.8%를 보였고, pH 6.0 이상의 강우는 16.1%를 차지하고 있는 것으로 조사되었다. pH 4.5~5.0의 범위가 전체 강우회수의 29.0%를 차지하여 가장 높은 빈도를 보였다(Fig. 4).

또한 강수의 pH 구간별 누적 강우량을 살펴보면 pH 4.5~5.0 구간이 지난 10년 전체 누적 강우량의 41.9%인 것으로 조사되었다.

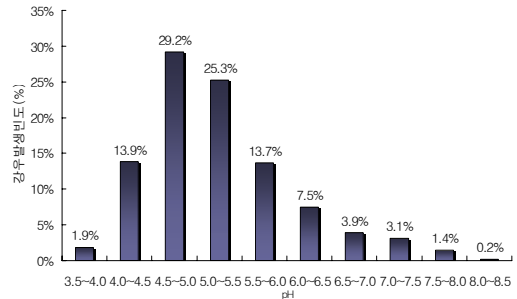


Fig. 4. Frequency distribution of classified pH values, based on monthly mean, 1995~2004.

강수의 계절별 pH 발생빈도를 보면, 봄철에 pH 6.0 이상의 강수가 많이 나타나고 있으며 발생빈도 분포의 폭이 다른 계절에 비하여 매우 넓게 나타나고 있는데, 이것은 주로 매년 봄철에 발생하는 황사현상에 의한 것으로 알칼리성의 토양입자가 강수에 유입되어 강수의 산성도가 낮아지기 때문인 것으로 판단된다. 또한 겨울철에 강수의 산성도가 비교적 높은 강수가 많이 발생하는데, 이것은 겨울철에 난방을 위한 화석연료의 사용 등 강수의 산성도가 증가시키는 배출량이 증가하기 때문인 것으로 추정된다. (국립환경연구원, 2001) 인천지역의 지난 10년간 및 계절별 강수의 pH 발생빈도는 Fig. 5~8과 같다.

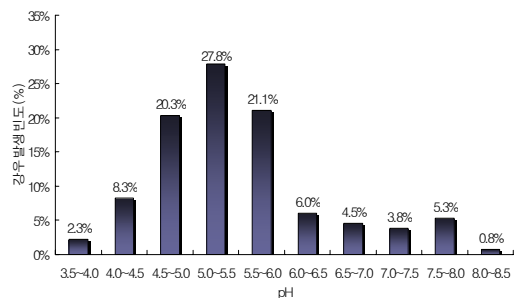


Fig. 5. Frequency distribution of classified pH values, in spring, based on monthly mean, 1995~2004

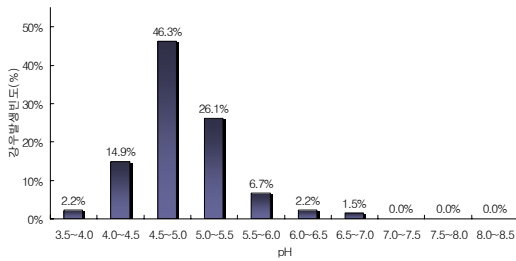


Fig. 6. Frequency distribution of classified pH values, in summer, based on monthly mean, 1995~2004

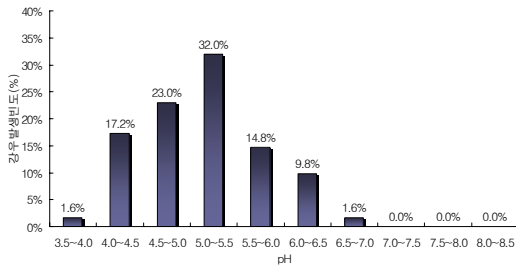


Fig. 7. Frequency distribution of classified pH values, in fall, based on monthly mean, 1995~2004

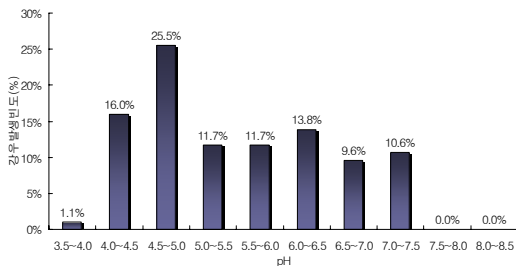


Fig. 8. Frequency distribution of classified pH values, in winter, based on monthly mean, 1995~2004

## IV. 결 론

1995년부터 2004년 까지 인천의 5개 지역에서 채취한 강우에 대한 pH를 연도별, 월별, 지역별에 따른 변화추이를 조사하고, 계절별 강우빈도를 분석한 결과는 다음과 같다.

1. 강우산도가 가장 양호한 지역은 운서동(Unseo-Dong)으로 지난 10년간 평균 pH가 4.9로 측

정되었으며, 장기동(Jangki-Dong)(pH 4.7), 갈산동(Galsan-Dong) · 관동(Gwan-Dong) · 구월동(Guwol-Dong)(pH 4.5) 순으로 나타났다.

2. 2004년 인천시 평균 강우산도는 pH 4.7로 2002년과 동일하였고, 2003년(pH 4.2)보다 pH 0.5 증가하였다.
3. 강우산도의 월 변화(1995년~2004년 7월 평균 강우산도를 산술평균함)는 2~4월이 pH 5.3~5.5로 가장 낮은 산도를 보였고, 7~9월은 pH 4.6~4.7로 연중 가장 높은 산도를 보였다.
4. 월평균 강우산도를 pH 구간별로 분석한 결과 3.6~8.1의 광범위한 강우산도를 보이고 있다. pH 5.6 이하의 산성비는 전체 강우횟수의 76.8%를 보였고, pH 4.5~5.0의 범위가 전체 강우횟수의 29.0%를 차지하여 가장 높은 빈도를 보였다.

## V. 참고문헌

1. 강공언, 오인교, 김희강, 익산지역 강수의 계절별 산성도와 화학성상, 한국대기환경학회지 1999, 15(4). 393~402.
2. 국립환경연구원, (1991~1993), 대기오염과 산성비에 의한 피해조사 및 평가에 관한 연구
3. 국립환경연구원, (2001), 한반도 산성강하물 평가와 영향조사(III)
4. 권우택 7인, (1996), 산성비 조사법, 동화기술
5. 응배 외, (1986), 서울시 산성원인물질에 관한 연구, 한국대기보전학회지 제2권 제2호
6. 환경부, (2004), 대기환경연보.
7. [www.epa.gov/acidrain](http://www.epa.gov/acidrain)

# 악취 취약지역의 악취특성 실태조사 II

—VOCs 및 황화합물을 중심으로—

김경태, 제갈대성, 최준호, 임종성, 김현기, 현진용  
대기보전과

## The investigation on the characteristics of Malodor in frequently occurring area

K.T.KIM, D.S.JAEGAL, J.H.CHOI, J.S.IM, H.G.KIM, J.Y.HYUN  
Air Conservation Division

### Abstract

To find out the main cause of malodor in Incheon, 21 items of VOCs(Volatile Organic Compounds) and 6 items of sulfur compounds were investigated from 6 fiduciary wastewater treatment facilities, 4 chemical plants, 3 waste matter disposal facilities, 3 paint manufacturing facilities, and 5 food and feed factories.

To reduce the causing substance of malodor, it is recommended to 1)use raw material producing low environmental pollution, 2)develop technic emitting low air pollution, 3)seal processes producing pollution matter, 4)install an effective and proper pollution control facility, and 5)maintain and manage pollution control facilities properly.

## I. 서 론

산업과 과학의 발달로 우리의 생활수준은 과거에 비해 크게 향상되었으나 이러한 물질문명의 발전으로 인한 다양한 환경오염물질 배출은 사람의 건강과 재산에 큰 피해를 끼치는 등 부정적인 문제도 야기시켰다. '97년 인천·시화지역에서의 대규모 악취오염사고의 발생과 같이 대도시와 공단지역에서는 자동차의 증가와 산업활동으로 인한 악취로 인해 생활불편을 호소하는 사례가 최근에 크게 증가하고 있다. 악취 오염원은 과거에도 가축의 사육이나 분뇨처리

과정 등에서 발생되어 생활주변에 다양하게 존재하여 왔지만 큰 문제로 여겨지지 않았다. 그러나 근래에는 도장 및 정유시설, 화학제품 제조시설, 폐수수탁 처리시설, 폐기물 처리시설, 매립지를 비롯한 환경기초시설 등 다양한 산업시설에서 배출되는 악취로 인하여 주민들의 불쾌감은 물론 건강에 대한 영향까지도 우려하는 수준까지 대두되었다. 휘발성유기화합물질<sup>1)</sup>은 그 자체로 직접적으로 인체에 유해하기도 하며, 대기 중에서 질소산화물의 광분해 반응에 관여하여 광화학스모그를 유발시키는 등 환경적 피해가 다양하다고 하겠다.

악취는 다른 오염원에 비해 발생원이 다양하고 감각오염의 특성으로 인해 기기에 의한 측정정보보다 후각에 의한 측정이 중요 시 되는데 오염의 특성상 주민의 민원으로 제기되는 경우가 많아 측정분석 및 판정의 과학화와 객관성 확보가 중요하다 하겠다.

따라서 본 조사에서는 인천광역시 악취유발물질 배출업소 중 폐수수탁 처리시설, 화학제품 제조시설, 폐기물 처리시설, 페인트 제조 및 도장시설, 식품 및 사료제조관련 시설 등에서 배출되는 악취유발물질 중 휘발성유기화합물 및 황화합물 성분을 중심으로 분석하여 악취판정의 객관성 확보와 측정분석의 과학화로 악취원인물질을 규명, 쾌적한 생활환경을 조성하는데 그 목적이 있다.

## II. 문헌고찰

### 2.1 악취와 휘발성유기화합물질의 정의

#### 2.1.1 악취의 정의

대기환경보전법 제2조에 의하면 악취란<sup>2)</sup> 황화수소, 메르캅탄류, 아민류 기타 자극성 있는 기체상 물질이 사람의 후각을 자극하여 불쾌감과 혐오감을 주는 냄새로 정의하고 있는 바, 악취는 사람에게 특정 냄새 자체로 심리적·정신적 피해를 주는 감각공해의 한 형태이다.

악취는 배출원과 발생물질의 종류가 다양하고 여러 가지 물질이 복합적으로 작용하며 생활환경과 사람의 심리상태에 따라 오염도에 대한 인식이 달라지는 특성이 있어 냄새를 감지하고 이에 대한 쾌·불쾌도를 인식하는데 있어 사람마다 느끼는 정도가 다르므로 대기 중의 악취오염도를 단순히 농도만으로 표기하기에는 어려운 점이 있다.

#### 2.1.2 휘발성유기화합물질의 정의

휘발성유기화합물질은<sup>3)</sup> 일반적으로 증기압이 높아 대기 중으로 쉽게 증발하고 대기 중에서 질소산화물과 공존 시 태양광의 작용을 받아 광화학 반응을 일으켜 오존 및 PAN 등 광화학산화성물질을 생성시켜 광화학스모그를 유발하는 물질을 총칭한다.

우리나라의 경우 휘발성유기화합물질<sup>2)</sup>이라 함은 탄화수소류 중 석유화학제품, 유기용제 기타 물질로써 환경부장관이 관계 중앙행정기관의 장과 합의하여 고시하는 물질을 말한다.

### 2.2 악취와 휘발성유기화합물질의 특성

#### 2.2.1 악취의 특성

##### 가. 악취 인식에 대한 특성

일정한 냄새를 악취로 인식하는 데에는 지역적인 특성, 생활수준 등 사회·문화적인 특성과 성별·연령·건강상태 등 개인적인 특성이 중요하게 작용하고 동일물질에 대한 후각기관의 반응도 개인별로 느끼는 차이가 있으며, 동일인의 경우에서도 냄새를 맡는 빈도에 따라서도 차이가 있다.

따라서 예민한 사람과 둔감한 사람이 느끼는 정도가 냄새에 따라 10배 이상의 차이가 나기도 하며 단기적으로 좋은 냄새로 인식되어도 장기적으로 노출되면 악취로 여길 수도 있다.

##### 나. 악취의 발생원

자연발생적인 것은<sup>4)</sup> 미생물에 의한 유기물의 분해 또는 그 물질 자체가 가지는 고유한 냄새 등으로 종류와 양이 대단히 많은 것으로 알려져 있으나 넓은 지역에서 저농도로 발생하므로 악취를 느끼지 못하는 경우가 대부분이다. 그러나 하천이나 하수구 등에서 일부 국지적으로 악취를 유발하는 경우도 있다.

인위적인 발생원으로는 축사시설, 사료·비료제조, 음·식료품제조, 화학·섬유·피혁·도장 등의 제조시설, 도축장, 쓰레기·폐수·분뇨처리시설 등과 쓰레기 집하장, 개인주택 등이 있다.

악취는 주로 물질의 발효·부패에 따른 분해가스의 배출과 휘발성유기화합물질 등 악취를 유발하는 화학물질의 누출, 물질의 불완전연소에 따른 소각가스 등에서 발생하는 경우가 많다.

다. 악취의 세기와 농도와의 관계

악취의 세기와 대기 중의 악취물질의 농도 사이에는 대체로 다음과 같은 대수관계가 성립하는데 이를 Weber-Fechner 법칙<sup>4)</sup>이라 한다.

$$I = k \cdot \log C + b$$

I : 냄새(악취)의 세기

k : 악취물질별 상수

C : 악취물질의 농도

b : 상수(무취농도의 가상대수치)

이는 악취물질의 농도가 감소하여도 악취의 세기는 농도의 대수에 비례하기 때문에 농도 감소에 상응하는 양만큼의 세기로 감소하지 않음을 뜻하며,  $k$ 값은 물질에 따라서 다르기 때문에 동일한 농도감소에서도 물질별로 체감되는 악취세기는 다를 수 있음을 의미한다.

라. 악취의 소멸, 은폐와 변조

악취는<sup>4)</sup> 다른 물질의 영향으로 세기가 커지거나 소멸될 수 있는데 다음과 같이 중화, 독립, 상가, 상승 등의 성격을 띌 수 있다.

독립 ---  $I_{AB} = k \cdot \log(C_A \text{ 또는 } C_B)$

중화 ---  $I_{AB} < k \cdot \log(C_A \text{ 또는 } C_B)$

상가 ---  $I_{AB} = k \cdot \log(C_A + C_B)$

상승 ---  $I_{AB} > k \cdot \log(C_A + C_B)$

※  $I_{AB}$ (악취강도),  $k$ (상수),  $C_A \cdot C_B$ (악취물질농도)

악취의 이러한 성격을 이용한 것 중의 하나가 탈취제 또는 방향제의 활용이다. 즉 대기 중에 존재하는 악취물질의 농도를 저감하지 않고도 탈취제 또는 방향제를 살포하여 악취를 없애거나 은폐하는 방법이라고 할 수 있다.

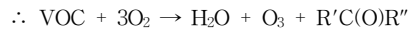
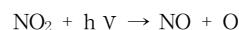
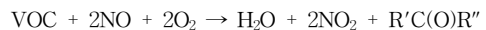
복합성분에 의한 악취의 경우 농도와 악취세기의 관계는 단독성분에 의한 경우에 비해 상당한 차이를 나타내는데, 변화율과 상승, 상승

의 효과는 성분간의 조합과 구성비에 영향을 크게 받는다. 이에 따라, 개별물질로는 악취기준 이내인 경우라도 악취가 감지될 수 있으며, 반대로 특정물질의 농도가 악취를 유발할 수 있는 농도라도 다른 물질의 영향으로 악취가 감지되지 않을 수 있다. 이러한 점이 악취오염이 단순히 농도로만 규제하기 어려운 면을 설명하여 준다.

## 2.2.2 휘발성유기화합물질의 특성

가. 유해성

고농도 휘발성유기화합물질에 노출시<sup>6)</sup> 마취작용, 현기증, 마비 및 사망 등 급성장애를 일으키며 광화학 반응을 통한 스모그의 원인이 되고, 대기 중에서 질소산화물과 같이 존재하여 OH 라디칼과 반응, 오존을 생성시켜 지구 온난화의 원인이 되기도 한다.



나. 배출원

자연적 배출원은<sup>3)</sup> 크게 3가지로 분류할 수 있는데 ① 습지 등의 혐기성 조건하에서 박테리아의 분해를 통해서 메탄이 생성되는 경우, ②수목류에서 이소프렌(isoprene), 테르펜(terpene) 등이 배출되는 경우, ③ 초지에서 에스테르와 케톤 등이 배출되는 경우이다. 이들은 대기화학반응 등을 통해서 지구환경에 상당한 영향력을 끼칠 수 있으며 또한 산림은 대기 중으로 유입되는 자연적인 배출원의 대부분을 차지한다.

인위적인 배출원은 자동차에 의한 이동 배출원, 대형 배출원인 용제의 제조 및 사용공정, 도장시설 등 고정 배출원 및 인간 활동과 밀접한 관계가 있는 주유소, 세탁소, 정비소 등 소형배출시설과 건물의 도장, 아스팔트 포장 등이 해당되는데 이는 주로 대도시에 분포되어 있음을 알 수 있다.

## III. 실험

### 3.1 조사내용

조사대상으로는 관내 악취중점관리대상 사업장 중 폐수수탁 처리시설 A환경 등 6개소, 화학 제품 제조업 G화학 등 4개소, 폐기물 처리시설 K산업 등 3개소, 페인트 제조·도장시설 N화학 등 3개소, 식품·사료제조 관련시설 Q(주) 등 5개소 등 총 5개 업종 21개소를 선정하여 최종 배출구에서 시료를 채취, 분석하였다.

각 업종별 주 생산 공정에 대한 주요 방지사설을 Fig. 1~ Fig. 5로 나타냈다.

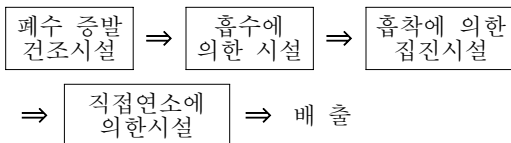


Fig. 1. Wastewater consignment treatment facilities

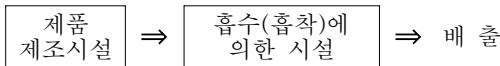


Fig. 2. Chemical manufacturing facilities

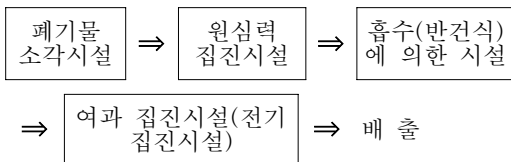


Fig. 3. Waste products treatment facilities

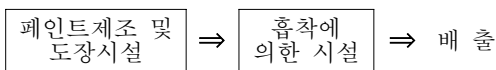


Fig. 4. Paint manufacturing and coating facilities

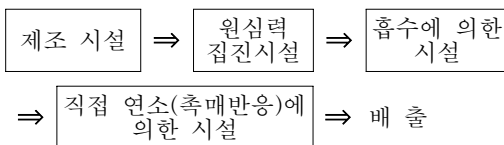


Fig. 5. Food and forage manufacturing facilities

### 3.2 실험항목

악취 유발물질 중 휘발성유기화합물질(VOCs)의 에틸렌, 프로판, 1-부텐, 부탄, 펜탄, 1-펜텐, 이소-펜탄, 이소-프렌, 디클로로메탄, 헥산, 클로로포름, 1,2-디클로로에탄, 벤젠, 사염화탄소, 헵탄, 톨루엔, 에틸벤젠, m,p-자일렌, 스티렌, o-자일렌, 1,2,4-트리메틸벤젠 및 황화합물인 황화수소, 메틸메르캅탄, 에틸메르캅탄, 황화디메틸, 이황화탄소, 이황화디메틸 등 27개 항목에 대해 조사 분석을 하였다.

### 3.3 시료채취 및 분석방법

#### 3.3.1 시료채취

본 실험의 시료 채취과정을 Fig. 6에 간략히 나타냈다.

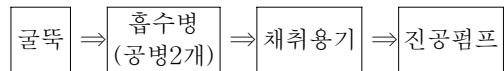


Fig. 6. Schematic diagram of sampling

시료채취는 펌프에 의한 영향을 방지하기 위하여 가스상 물질이 펌프를 통과하지 않고 채취할 수 있는 진공펌프(VP-18D)를 이용하여 배출구에서 수분제거를 위한 흡수병(공병)을 통과후 시료채취 전용 봉지(Tedlar Bag) 5L에 채취 후 즉시 밀봉하여 직사광선을 피해 그늘에 보관하였다. 시료채취 전 시료채취 봉지는 고순도 질소(99.999%)로 수 차례 세정하고 봉지의 내부가 무취상태임을 확인한 후 사용하였다.

시료채취 후 가능한 한 빨리 실험실로 운반하여, 테들라백의 시료일정량을 자동연속주입시스템의 열탈착장치(Turbo Matrix Thermal Desorbers)를 이용하여 GC로 분석하였다.

#### 3.3.2 분석방법

테들라 백에 채취된 악취 시료는 Air Sampler가 설치된 자동 열탈착 장치(TD : Perkin Elmer)의 내부에 Cold Trap 저온 농축관으로 통과시켜

시료를 저온농축/고온탈착을 유도한 후, GC내부의 컬럼으로 자동 주입되어 FID 및 FPD로 검출하는 분석시스템을 이용하였다. 열탈착기에 사용한 저온 농축관은 액체질소에 의해 -80℃에서 황화합물의 냉각농축이 이루어지도록 하였으며, 시료분리를 위한 컬럼으로는 ZB-1을 사용하였다. 분석에 설정된 기기 조건은 다음과 같다.

Table 1. Analytical condition of GC and TD

GC-FPD, FID (Chrompack, CP-9001)	TD(thermal desorbers : Perkin Elmer)
<p>▶ column : ZB-1 (60m×0.32mm, 3.0μm)</p> <p>▶ oven temp. : 40℃(4분)→4℃/분 상승 →100℃(1분)→10℃/분 상승 → 250℃(5분)</p> <p>▶ Carrier Gas : N<sub>2</sub></p>	<p>▶ Oven temp : 350℃</p> <p>▶ Desorb time : 1 min</p> <p>▶ Trap hold time : 5min</p> <p>▶ Trap high temp : 350℃</p> <p>▶ Trap low temp : -80℃</p> <p>▶ Transfer line temp : 200℃</p>

## IV. 결과 및 고찰

### 4.1 표준물질의 분리

#### 4.1.1 표준물질의 분석조건

표준가스는 MESSER사 및 RiGAS에서 제조한 혼합가스로 각각의 농도가 약 10ppm으로 VOC는 0.5ppm 황화합물은 0.2~1.0ppm농도로 테트라 백에 희석 후, 자동온라인주입시스템에 의하여 3.3.2 분석방법의 Table 1의 조건에 의하여 분석하였다.

#### 4.1.2 표준물질 검출특성

악취성분 중 휘발성유기화합물 및 황 화합물질 표준가스의 검출특성은 Fig. 7 및 Fig. 8과 같다.

'02년도 분석에서 흡착튜브를 사용할 경우 비점이 낮은 유기화합물의 흡착능력이 현저하게 낮게 조사되었으며, 특히 황 화합물질 중 황화수소의 경우 튜브흡착방법에 의한 정량 검사가

불가능한 것으로 나타났다. 따라서 본 실험에서는 시료를 희석하는 과정에서 발생하는 오차를 줄이고 시료의 양을 쉽게 조절할 수 있으며, 액화질소 공급장치를 이용함으로써 트랩의 온도를 -80℃로 낮출 수 있어 H<sub>2</sub>S(비점 -60.7℃)의 분석이 가능한 Air Sampler의 온라인방법을 이용하여 GC-FPD, FID로 분석하였다.

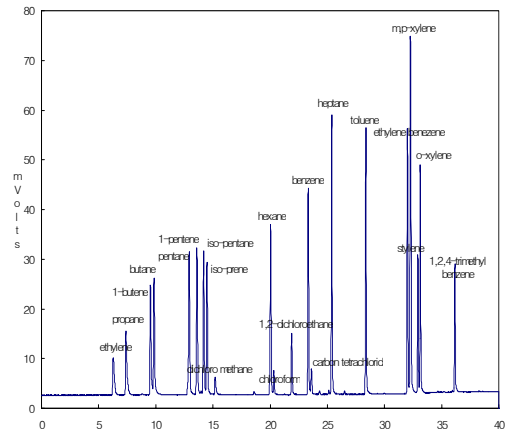


Fig. 7. Chromatogram of VOCs standard gases

### 4.2 각 시설별 악취유발물질 분석 결과

#### 4.2.1 폐수수탁 처리시설

폐수수탁 처리시설은 여러 종류의 난분해성 폐수를 물리적·화학적 방법으로 전처리 후 직접 혹은 간접가열에 의하여 폐수를 증발 농축할 때 발생된 증기를 흡수, 응축, 고온산화 등에 의한 방법으로 악취물질을 제거하는 형태로 구성되어 있다.

Table 2에 나타난 바와 같이 에틸렌 등 C<sub>5</sub>이하 저급탄화수소 성분이 모든 시설에서 평균 0.75~29.28ppm 검출되었는데 이는 연소 후 발생하는 중질유 분해 가스물질인 것으로 판단된다. 헥산, 톨루엔, 자일렌(o,m,p-)은 모든 폐수수탁 처리시설에서 평균 미량에서 최대 각각 0.25, 4.50, 0.31ppm검출되었으며, 벤젠, 디클로로메탄, 사염화탄소 등의 용제류도 각각 최대 9.44, 8.81, 2.39ppm으로 또한 휘기물질인 황화수소 및 이황화탄소 등도 5.76, 17.24ppm정도로 많은 양이 배

출되고 있었다.

같은 공정을 가진 서로 다른 시설에서도 서로 상이한 결과를 나타내고 있는데 이는 다양한 폐수의 성상에 의해 분석결과가 매우 다를 수 있음을 보여주고 있다. 폐수에는 용제류 등의 다양한 VOCs 등의 물질이 함유되어 있어 처리 후에도 상당량이 배출되고 있음을 알 수 있다. 또한 분석된 성분 이외에도 미지의 물질이 다량 검출되어 이들 물질에 대한 계속적인 원인물질 규명이 필요하다고 판단된다.

폐수수탁 처리시설의 대부분은 악취를 제거하기 위하여 고온산화(직접연소) 방법으로 처리되며 연료로 정제유 중유 등을 사용하고 있으며 2차 오염이 우려되므로, 현재의 시설로서 악취 배출을 저감하기 위해서는 규정된 연소실 온도(850℃)유지 확보 등 완전연소를 위한 최적의 체류시간 등의 적절한 운영이 필요하다고 판단된다.

Table 2. Detection level and limit for wastewater consignment treatment facilities and chemical manufacturing facilities

성분	폐수수탁처리시설						화학제품제조시설			
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
C5이하 저급탄화수소	◎	☆	★	☆	☆	★	☆	◎	◎	◎
디클로로메탄		☆		☆	☆	☆				☆
헥산	◎	◎	◎	◎	◎	◎			◎	◎
클로로포름			◎	◎	◎	◎				☆
1,2-디클로로에탄					◎	◎		◎	◎	◎
벤젠		◎	☆	☆	◎	☆		◎	◎	★
사염화탄소	◎	◎	☆		☆	☆			☆	◎
헵탄	◎	◎		◎	◎	◎	◎		◎	◎
톨루엔	◎	◎	◎	◎	☆	☆	◎	◎	◎	◎
에틸벤젠		◎	◎	◎	◎	◎	◎		◎	◎
m,p-자일렌	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
스티렌				◎		◎			◎	◎
o-자일렌	◎	◎	◎	◎	◎	◎	☆	◎	◎	◎
1,2,4-트리메틸벤젠				◎			☆		◎	◎
황화수소		☆	◎	☆	◎	◎				
메틸메르캅탄						◎	☆	◎		
에틸메르캅탄										
황화메틸					◎					
이황화탄소	◎	★		◎	◎	◎	★	◎		◎
이황화메틸							☆			

◎: 1.0ppm이하, ☆ 1~10ppm, ★ 10ppm이상

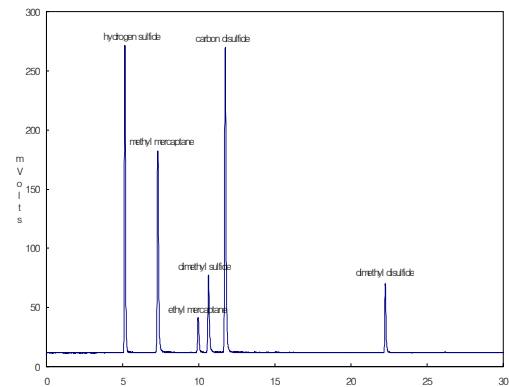


Fig. 8. Chromatogram of Sulfur Compounds

#### 4.2.2 화학제품 제조시설

화학제품제조시설의 배출구에서는 디클로로메탄, 클로로포름, 벤젠, 사염화탄소, 톨루엔, (o,m,p)-자일렌 등이 평균 미량에서 최대 각각 3.23, 2.38, 433.03, 1.48, 0.98, 3.90ppm 정도 검출되었는데 각 시설마다 아주 상이한 분석결과를 보였으며, 검출된 성분도 매우 다양하다. 이는 생산하는 제품에 따라 원료나 부원료가 전혀 다르기 때문이며, 검출된 성분의 일부 물질들은 화학반응으로 생성된 것으로 판단된다.

G시설의 경우 황화합물 중 이황화탄소가 평균 473.6ppm, J시설의 벤젠은 433.0ppm으로 아주 상당한 양 검출되었는데 이것은 공정에서 원료가 과잉으로 사용하고 있기 때문으로 판단되며, 비효율적으로 과잉의 원료가 배출되어 오염물질이 되므로 공정개선이 요구되어 진다.

화학제품 제조시설의 경우 배출시설에서 많은 양의 휘발성유기화합물질을 원료와 용제로 사용하고 있으나 방지시설은 대부분 흡수에 의한 시설만 설치되어 있어, 악취문제를 유발시킬 우려가 상당히 높은 바, 흡착탑이나 직접연소에 의한 시설 등을 설치하여 악취유발물질을 감소시키도록 유도하는 것이 필요하다.

#### 4.2.3 폐기물처리시설

중형이상(400kg/h)의 소각시설에 의해 폐기물을 중간 처리하는 시설로서 방지시설은 원심력



집진, 세정식집진(반건식, 습식, 벤츨리)후 여과 집진시설 혹은 전기집진시설 등에 의한 3차 시설 까지 설치되어 있었다.

Table 3에 나타난 바와 같이 톨루엔, 자일렌 등이 모든 소각시설에서 소량 검출되었으나, 그 외 VOCs 및 황화물 성분은 미량으로 대체로 양호한 결과를 보였다. 이는 폐기물 소각시설에서의 연소실 출구온도가 높아(약 1,000℃ 전후) 연소실에서 폐기물이 태워짐과 동시에 악취유발 물질이 소각되며, 세정식집진시설이 2~3차 설치되어 있어 소각로에서 소각되지 않은 일부 미량의 유발물질을 제거하는 것으로 판단된다.

따라서 폐기물 처리시설에서는 규정된 소각로 내 체류시간(1초 이상, 단 처리능력 100톤/일 이상의 시설은 2초 이상)과 규정된 온도(소각 시설 850℃, 고온 열분해시설 1,100℃ 이상)의 준수와 아울러 성상이 다른 폐기물은 부식 및 파손되지 않는 용기에 분리 보관하며, 보관장소는 빗물 지표수 등의 유입·유출이 되지 않도록 하고, 가급적 밀폐된 시설에서 보관하는 등의 보관 시설의 철저한 관리가 가장 큰 악취 저감방법이라고 사료된다.

#### 4.2.4 페인트제조 및 도장시설

Table 3에 나타난 바와 같이 페인트제조 및 도장시설에서는 주로 헥산, 벤젠, 톨루엔, 에틸벤젠, 자일렌이 평균적으로 최대 각각 0.72, 2.02, 48.61, 5.73, 12.87ppm 검출되었으며, 황화합물은 검출되지 않았다. 특히 도장시설의 일부에서는 톨루엔이 다량 검출된 바, 이는 도장시 도료에 첨가된 용제류 성분에 기인한 것으로 판단된다.

2005년부터 도장시설에 대한 총탄화수소 항목으로 신규 배출허용기준이 적용되기 때문에 톨루엔 등의 휘발성유기화합물질 저감에 철저한 준비가 필요하다.

주요 방지시설로는 직접연소에 의한 시설, 촉매산화에 의한 시설, 세정시설 및 활성탄 흡착법에 의한 시설 등이 있는데, 조사대상 도장시

설의 방지시설로는 주로 활성탄 흡착탑이 설치되어 있었다. 비교적 효과적으로 휘발성유기화합물질의 배출을 저감시키기 위해서는 도장방법, 도장설비, 도장기기 등을 개량·개선하여 도료의 도착효율을 향상시켜 도료사용량을 줄이는 방법으로 도장기술을 개선하고, 유기용제 함유율이 낮은 저공해 도료(수용성 도료, 하이솔리드 도료, 분체도료 등)를 사용하여 휘발성유기화합물질의 배출을 억제하며, 도료와 유기용제 저장시설의 VOCs 외부유출 차단, 도장시설에서 고효율 분무장치 이용 등 도장공정의 개선과 방지시설의 철저한 운영이 악취발생을 저감시키는 방법이라 하겠다.

#### 4.2.5 식품 및 사료 제조시설

Table 3에 나타난 바와 같이 식품제조 2개 및 사료제조 3개 시설에서는 헥산, 벤젠, 톨루엔이 공통적으로 최대 각각 1.97, 5.57, 0.26ppm 검출되었으며, 조사대상 5개 업종 중 황화수소 2.74ppm, 메틸메르캅탄 2.16, 에틸메르캅탄 0.004, 황화메틸 0.05, 이황화탄소 0.002, 이황화메틸 0.04ppm 등 황화합물 6종 모두 검출되었다. 사료제조시설은 생선 내장을 원료로 하여 제품을 만드는 공정을 가지고 있어 이 원료가 하절기 고온 다습으로 인하여 부패되면서 발생하는 것으로 판단되며, 식품시설에서 헥산과 벤젠이 검출된 것은 이들이 추출공정 등에서 사용되고 있었으며, 사료제조 시설에서는 식품시설에서 사용하고 남은 부산물을 원료로 사료를 제조하기 때문인 것으로 판단된다.

따라서 식품제조 시설에서는 용제의 회수율을 높여 오염도 방지하고 제조 원가도 절약하는 방안을 고려하여야 할 것으로 판단되며, T시설의 경우 보관시설을 확충하고 원료반입시간을 최대한 단축하여 부패를 방지한다면 양질의 제품생산뿐만 악취 저감에도 기여할 것으로 사료된다.

Table 3. Detection level and limit for waste products treatment facilities, paint manufacturing and coating facilities and food and forage manufacturing facilities.

성분	업종	폐기물처리시설			페인트제조 및 도장시설			식품·사료제조				
		K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U
C5이하 저급탄화수소		◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	☆	◎	◎	◎
디클로로메탄		◎		◎								
헥산		◎			◎	◎	◎	◎	◎	◎	☆	
클로로포름					◎							
1,2-디클로로에탄						☆				◎	☆	
벤젠		◎		◎	☆	☆		☆	◎	◎	◎	
사염화탄소						☆		◎			◎	
헵탄						◎		◎				
톨루엔		◎	◎	◎	★	★	☆	◎	◎	◎	◎	◎
에틸벤젠					☆	☆	◎	◎				
m,p-자일렌		◎	◎	◎	☆	☆	☆	◎	◎	◎		
스티렌						◎	◎	◎				
o-자일렌			◎	◎	☆	☆	◎	◎		◎		◎
1,2,4-트리메틸벤젠			◎		◎	☆		◎		◎		◎
황화수소		◎						☆				
메틸메르캅탄								◎			☆	
에틸메르캅탄								◎				
황화메틸								◎			◎	
이황화탄소											◎	
이황화메틸											☆	

◎: 1.0ppm이하, ☆ 1~10ppm, ★ 10ppm이상

## V. 결 론

관내 악취중점관리대상 사업장 중 악취 원인물질 규명을 위한 기초조사로서 폐수수탁 처리시설 6개 시설, 화학제품 제조시설 4개 시설, 폐기물 처리시설 3개 시설, 페인트제조 및 도장시설 3개 시설, 식품 및 사료제조 관련시설 5개 시설 등 총 5종 21개 시설에 대해, 휘발성유기화합물질 21종 및 황화합물 6종에 대하여 악취유

발물질의 실태조사 3회 실시 결과 다음과 같다.

1. '02년 악취의 원인물질 조사를 위해 분석방법 검토결과 흡착튜브를 사용할 경우 비점이 낮은 유기화합물의 흡착능력이 현저하게 낮게 조사된 바, 흡착튜브를 이용하는 것보다 직접온라인시스템(T/D)이 효과적임에 따라, 배출구에서 시료를 채취하여 악취성분을 분석한 결과 검사대상 모든 시설에서 특히 정제유 등을 연소하는 폐수수탁 처리시설에서 에틸렌 등 C<sub>5</sub>저급탄화수소이하 성분 다량 검출되었다.
2. 폐수수탁 처리시설에서는 에틸렌 등 C<sub>5</sub>이하 저급탄화수소와 함께 디클로로메탄, 헥산, 벤젠, 톨루엔, 자일렌 등의 용제류 및 황화수소 이황화탄소가 주로 검출되었으며 기타 VOCs 등의 물질이 처리 후에도 다양하게 배출되고 있으므로, 고온산화(직접연소)에 의한 시설을 개선(피 산화물의 최적의 체류시간 유지)하고 연료(정제유 등)를 교체하여 증발 가스의 대기배출을 최대한 억제시켜야 한다.
3. 화학제품 제조시설에서는 각 시설마다 다양한 종류의 성분들이 검출되었는데, 특히 일부 시설에서 이황화탄소 및 벤젠 등이 상당한 양 검출되는데 이는 제조공정에서 사용하는 원료의 과잉으로 판단되어 공정개선이 요구되어지며, 또한 방지시설로서 흡수에 의한 시설만을 설치하여 악취유발물질을 효과적으로 저감시키지 못하는 바, 배출가스 특성에 맞는 선택적 후처리시설(흡착탑이나 연소에 의한 시설 등)을 설치하여 적극적으로 악취유발물질의 배출저감의 필요성이 대두된다.
4. 폐기물처리시설 중 소각에서는 비교적 소량의 톨루엔, 자일렌 등이 검출되었는데 이는 악취 유발물질이 소각로의 고온에서 연소된 것으로 사료되는데, 소각시설 및 방지시설을 철저하게 유지·관리한다면 타 시설에 비해

악취 저감에 크게 기여하리라 판단된다.

5. 페인트 제조 및 도장시설의 경우 일부 톨루엔의 농도가 50ppm 정도로 다량검출 되는바 이는 도료에 첨가된 유기 용제에 함유된 성분으로서, '05년 1월 1일 이후 신규 배출허용기준 적용에 따른 새로운 적정 방지시설 개선이 시급히 요구된다.
6. 식품 및 사료제조 관련시설에서는 황화합물 6종이 모두 검출되었으며, 헥산, 벤젠, 톨루엔이 소량 검출되어 식품제조 공정에서 헥산 등의 용제류 회수율을 높여, 식품제조의 원가 절약 및 이 부산물을 이용하여 사료를 만드는 시설에서의 2차 오염을 저감시켜야 하며, 특히 사료제조 시설에서는 원료의 보관 시설 확충 및 반입시간 단축으로 부패방지에 최선을 다해 악취유발물질의 배출을 최소화 하여야 하겠다.

이상의 결과로부터, 각 배출시설에서의 악취 유발물질의 저감을 위해서는 저공해 원료의 사용, 저공해 기술개발 및 배출공정의 밀폐 등의 공정개선과 배출시설에 적합한 방지시설을 설치하여야 하고, 설치된 방지시설을 적정하게 효율적으로 유지·관리하는 것이 악취유발물질의 배출을 최소화 할 수 있음을 알 수 있었다.

## 참 고 문 헌

1. 백성옥, 김영민. 도시지역에서의 실내·외 주변공기 중 휘발성유기화합물의 농도측정에 관한 연구. 대한환경공학회지 vol 18 p181~197 (1996)
2. 환경관계법규. 대기편 (1998). 홍문각
3. 김소영. 휘발성유기화합물의 주요 배출원별 배출특성에 관한 연구. 건국대 (1998)
4. 환경부. 악취배출시설 관리업무 편람.(1999)
5. 악취관리방안에 관한 연구, 양성봉, 환경부, (1998) p5
6. 환경부. 대기환경규제지역 휘발성유기화합물질 배출시설 규제업무편람.(1999)
7. 정일진 등. 환경기초시설에서의 악취유발물질 실태조사, 인천보건환경연구원보 (1997)
8. 한진석. 대기중 VOCs의 측정과 주요 배출원의 배출 특성, 한국대기보전학회 측정분석분과회 기술강습회 1~9 (1998)
9. Yan Wang T.R., Alan P.J., Richard S.J. Use of Tedlar Bags in VOC Testing and Storage : Evidence of significant VOC Losses, Environ. Sci. Technol., 30, 3115~3117 (1996)
10. 일본환경청 환경보전부 조사실, 화학물질분석법 개발 조사보고서, (1983~1986) 일본환경협회
11. 최명준 외 2. 분석화학, 동화기술 (1988)

# 관내 도장시설의 THC(총탄화수소) 배출특성 실태 조사

김경태, 제갈대성, 최준호, 임중성, 김현기, 이명진, 현진용  
대기보전과

## Characteristics of the THC emission from painting facilities

K.T.KIM, D.S.JAEGAL, J.H.CHOI, J.S.IM, H.G.KIM, M.J.LEE, J.Y.HYUN  
Air Conservation Division

### Abstract

Painting and drying facilities were investigated to find out the actual conditions of operation and the point at issue, to devise counterplan for decreasing the THC(Total Hydro Carbon).

First, painting particulate has the characteristics of accumulation and adhesion to other surface, therefore it is required to properly operate the painting facilities, to more use the environmentally friendly paints, and to increase public relation of necessity of pollution reduction.

Second, pollution prevention method can be selected by the paint usage related with a raw material size, continuity of process, and operation time.

Third, the economical and operational efficiency of pollution prevention facility can be increased by regular replacement of activated carbon.

Fourth, the measuring results were greatly different by the condition of operation, non-operation of painting facility as well as inflow of outside air to the pollution prevention system, therefore these conditions should be considered when calculating the efficiency of prevention system.

## I. 개 요

우리나라는 여천·울산 등 석유화학단지 뿐 만 아니라 수도권과 같은 주거밀집지역 및 산업단지 등 대도시지역에서도 오존농도 증가 및 악취문제 유발 등 휘발성유기화합물질(Volatile Organic Compounds : VOCs)로 인한 대기오염이 날로 증가하는 추세이다.

휘발성유기화합물질은 국제적으로 통일된 정

의나 대상물질의 범주가 마련되어 있지 않으나, US EPA에서는 VOCs가 대기중에서 태양광선에 의해 질소산화물(NOx)과 광화학적 산화반응을 하여 지표면의 오존농도를 증가<sup>1)</sup>시켜 스모그현상을 일으키는 유기화합물<sup>2)</sup>로 총칭하고 있으며, 우리나라는 대기환경보전법 제2조8의2에 “탄화수소류 중 석유화학제품·유기용제 그 밖의 물질로서 환경부장관이 관계 중앙행정기관의 장과 협의하여 고시하는 것을 말한다.”라고 정의, 벤젠, 부타디엔,

휘발유 등 37개 물질 및 제품으로 고시, 규제 대상으로 하고 있으며 이들 배출시설에 대한 설치신고 및 방지시설 설치 등 휘발성유기화합물에 대한 규제가 대기환경보전법 제28조의2,3 조항에 별도로 언급(2002년 12월 26일)된 바 있다.

이와 같이 환경 및 건강에 영향을 초래하는 휘발성유기화합물은 정부에서 대기질 관리의 주요정책수단으로 이용되고 있으며, 유해대기오염물질 저감 정책의 일환으로 2005년 1월 1일부터 대기환경보전법 제8조제1항, 시행규칙12조(배출허용기준) 별표8에 의거, 대기오염물질의 배출허용기준 항목에 도장시설(건조시설 포함)에 대해 총탄화수소(THC) 규제가 신규 적용케 되었던 바, 시행에 앞서 우리 원에서는 군·구에서 선정된 인천시 관내 사업장을 대상으로 관리현황, THC 배출실태 및 억제방안 등에 대한 기초자료를 제공하고자 본 조사를 실시하였다.

## II. VOCs(휘발성유기화합물질)의 규제 및 인체에 미치는 영향

### 2.1 주요 배출원별 VOCs 연간 배출량

휘발성유기화합물질은 다양한 배출원에서 배출되는데 유기용제 사용분야가 전 배출량의 57%를 차지하여 가장 큰 배출원이 되고 있으며, 자동차 등 도로·비도로 이동오염원에서 발생하는 비율이 그 뒤를 이어 19%를 차지하고 있다.<sup>2)</sup>

Table 1. Annual Emission of VOCs by Sources(2000 year)

구 분	계	에너지 산업 연소	비 산 업 연 소	제조업 연 소	생 산 공 정	에너지 수송 및 저장	유기 용 제 사 용	도로 이동오염원	비도로 이동오염원	폐기물 처리
배출량 (천톤/년)	673	4	3	2	100	27	38	107	17	32
	100%	0.6	0.4	0.3	14.8	4.0	56.6	16.0	2.5	4.8

## 2.2 VOCs(휘발성유기화합물질) 및 THC 규제 현황

### 2.2.1 VOCs 규제 현황

VOCs를 규제하는 지역은 특별대책지역과 대기환경규제지역으로 대별할 수 있으며 관리 대상 등이 약간 다르다.

특별대책지역인 여수산단지역은 1996년에 규제를 시작하였으며 울산·미포 산단지역은 1997년에 규제를 하였다. 대기환경규제지역(대기환경개선실천계획이 고시된 지역으로 2003년 12월 현재, 서울시, 인천시, 경기도 15개시, 부산, 대구)은 1999년에 일정규모 이상의 VOCs 배출시설에 대해 밀폐, 국소배기장치 및 방지시설 등 적절한 방지·억제시설 설치 등의 조치를 하도록 하고 있다.

앞서 기술한 국내 VOCs 관련, 법규정 발전 과정과 함께 규제대상 시설 및 업종을 아래 표에 기술하였다.

Table 2. The transition of domestic regulations for VOCs<sup>3)</sup>

추진 일정	주요 내용
1995. 12	대기환경보전법 개정안에 VOCs규제 근거조항 신설 (수도권지역의 오존오염 저감 목적)
1996. 10	여천공단 대기보전특별대책지역 지정 및 종합대책 고시 - 석유화학공단지역의 특성을 고려한 47개물질 고시
1997. 7	울산·미포 및 온산공단 VOCs 배출저감을 위한 종합대책 고시 - 여천공단과 동일한 47개물질 고시
1997. 7	대기환경규제지역 지정고시(서울, 인천, 경기도 15개 시) - 1999년부터 VOCs 배출시설에 대한 규제 실시 규정
1998. 5	VOCs 규제제품 및 물질 선정 고시 - 32품목(29개 물질, 3개 제품)고시 (대기환경규제지역, 특별대책지역)
1998. 7	VOCs 규제제품 및 물질 개정 고시 - 31품목((28개 물질, 3개 제품)고시
1999. 10	VOCs의 정의 규정 개정, RVP에 준한 규정을 삭제 - 앞으로는 환경부장관이 고시하는 물질로 정의
2001. 1	특별대책지역의 VOCs의 배출시설 종류 및 규모 고시
2001. 3	벤젠, 부타디엔, 휘발유 등 37개 물질 및 제품을 규제 대상으로 고시

Table 3. A type of industry of regulation by an areas

구 분	지 역	규제업종	근거법령
대기환경 규제지역	서울, 인천, 경기15개시, 부산, 대구	석유화학정제업, 자유소, 세탁시설, 주유소·출하시설, 유기용제 및 페인 트제조업, 자동차 제조업, 선박 및 대형철구조물제조 업, 기타제조업, 폐기물보관·처리시 설, 자동차정비시설	대기환경보전법 시행령 제39조제2항, 환경부고시 제1999-45호
특별대책 지 역	울산, 미포산단, 여천산단	위 10개업종 + 1차금속산업, 보관 및 창고업	대기환경보전법 시행령 제39조제2항, 환경부고시 제2000-165호

## 2.2.2 THC 규제 현황

도장시설의 VOCs 규제는 THC(Total Hydrocarbon)를 기준농도로 배출가스량이 10,000m<sup>3</sup>/hr 이상 시 50ppm, 10,000m<sup>3</sup>/hr 미만시 100ppm 기준으로 전 도장(건조)시설에 적용 예정이었으나(입법예고 2000.10.30, 시행일 2005. 1. 1), 저농도 다량 배출시설인 자동차제작사는 도장시설에서 배출되는 탄화수소의 효율적인 관리를 위하여 EU식 배출량 규제방식으로 개선(환경부공고 제2004-135호 ; 입법예고(2004.10.16)), 농도 규제방식에서 제외되었으며, 서울시에선 '04년 4.1일부터 도장(건조포함)시설에 대한 THC(총탄화수소) 규제를 선 시행하고 있는 바, 서울특별시대기오염물질배출허용기준 조례('03.6.30 제4119호)에 의거, 서울특별시환경기본조례 제15조제1항의 규정에 의한 대기오염물질의 배출허용기준과 이의 배출을 억제·방지하기 위한 시설의 설치기준을 정함.

### (첨부 5. 서울특별시대기오염물질배출허용기준조례)

#### ☞ THC(Total Hydrocarbon ; 총탄화수소)

탄화수소의 주성분은 알칸(Alkane)인데 이 중에서도 메탄(CH<sub>4</sub>)이 거의 대부분을 차지하며 총탄화수소의 거의 반을 점유하고 그 이외의 주요 물질로는 아세틸렌방향족 등이 있다.

특히 탄화수소중에서 메탄은 매우 낮은 광화학 작용력을 가지고 있기 때문에 탄화수소의 농도 측정시에 흔히 메탄계와 비메탄계의 탄화수소로 구별하여 측정하며, 대기환경보전법 배출허용기준의 규제는 메탄계 탄화수소로 규정하고 있다.

## 2.3 VOCs 특징 및 인체영향<sup>4)</sup>

### 2.3.1 VOCs 특징

- 물질자체가 직접적으로 인체에 유해(방향족 또는 할로젠족 탄화수소)

방향족 탄화수소 : 벤젠, 톨루엔, 자일렌 등  
할로젠 탄화수소 : Cl, F를 포함한 탄화수소

- 인체에 대한 유해성은 크지 않으나 광화학 반응을 통하여 스모그 발생의 원인이 됨.(지방족 탄화수소류, 특히 올레핀계)

- 지표면 부근에서 오존의 생성에 관여, 결과적으로 지구온난화에 간접적으로 기여

- 성층권 오존층 파괴원인 물질(프레온)

- 반응성이 약하여 장기간 대기중에 체류하여 환경에 누적되거나 축적되어 인간을 포함한 자연생태계에 영향을 미침(PCB)

### 2.3.2 VOCs 인체영향(특이독성)

- 벤젠 : 조혈기능 장애(범혈구 감소증, 재생불량성 빈혈)

- 할로젠화 탄화수소(CCl<sub>4</sub>, CHCl<sub>3</sub> 등) : 간독성, 신독성, 심장독성(부정맥, 돌연사), 동물에서 발암성

- 염화비닐 : 근골격계 장애, 간독성, 발암(간맥관육종)

- 메탄올 : 시력상실, 대사성 산증

- 포름알데히드 : 흡입하였을 때 또는 피부 점막에 접촉하였을 때 유해한 작용을 나타낸다. 알레르기성 피부염, 폐기능 저하, 동물에서 발암성

- 이황화탄소 : 뇌병증, 말초신경병증, 관상동맥성 심장병, 시력장애, 청력손상, 생식기능 장애, 간독성, 신독성

- 노르말 헥산 : 말초신경 장애
- 아세트알데히드( $\text{CH}_3\text{CHO}$ ) : 특히 기상에 있어서 인체에 대하여 국소적 자극 작용이 있어, 그 증기는 눈, 코, 목구멍 및 호흡기관을 자극 한다.
- 자일렌 : 피부에 접촉 및 흡입시 피부염, 두통, 현기증 등을 일으킬 수 있으며, 중추신경장애 등 유발
- 톨루엔 : 흡입시 유해, 피부염, 기관지염, 두통, 현기증 등을 일으킬 수 있으며, 중독시 중추신경계 장애 등 유발
- 메틸에틸케톤 : 눈, 피부, 호흡기를 자극하며, 만성노출시 중추신경계 이상을 일으킬 수 있음.

### Ⅲ. 배출업소 현황 및 기준

#### 3.1 대상 사업장

인천시 관내 도장(건조포함)시설 647개소<sup>5)</sup> 중, 구 선정 71개 사업장에 대해 업종별, 생산규모별, 방지시설별 등을 감안, 64개소를 선정 측정·분석하게 되었으며, 이 중 방지시설은 특이사항을 나타내지 않아 선정기준에 큰 도움이 되지 못하였다.

전체	중구	동구	남구	연수구	남동구	부평구	계양구	서구	공단
647	46	32	45	3	34	61	28	143	256
64(9)	6(2)	7	5	-	7(4)	12(1)	9	18(2)	-

- ※ 1. “( )”는 해당시설이 없거나 사업장 폐쇄 및 측정거부 업체  
 2. 남동, 부평구 “( )”중 3건은 방지시설 전·후단의 효율을 측정함.

#### 3.2 배출허용기준

- 도장(건조포함)시설에 총탄화수소(THC로서)
- ▶ 시간당 배출가스량이 10,000m<sup>3</sup> 이상인 시설 : 50ppm 이하
  - ▶ 시간당 배출가스량이 10,000m<sup>3</sup> 미만인 시설 : 100ppm 이하

### Ⅳ. 측정방법 및 장비

#### 4.1 측정방법

##### ▶ 대기오염공정시험방법<sup>6)</sup>

연속공정인 경우 15분 동안 연속 측정하고, 공정이나 작업주기가 15분 이하인 경우에는 작업시간 동안 측정한다.(측정시간 동안 15초 이하의 간격으로 측정결과를 저장하여 평균 측정결과를 나타낸다)

##### ▶ 실태조사

생산공정의 연속·비연속 모두 3분(초당 데이터 취합 후)씩 3회 측정 평균값을 결과값으로 하였음.

※ 앞서 실시된 조사 시기(7월)보다 공정시험방법 개정이 지연되어(10월) 일관된 측정치를 유지코자 상기 방법으로 측정.

#### 4.2 측정장비

Thermo Electron Corporation-TVA-1000B  
 Portable THC Analyzer  
 (이중검출장치인 FID, PID 검출기)

### V. 조사 내용

대상 사업장의 업종별 구분은 피 도장재료의 유형에 따라 자동차정비 등 8개로 분류하였으며, 자동차정비 17개(23.3%), 자동차제조 7개(9.6%), 목재 및 가구 9개(12.3%), 금속제품 22개(30.1%), 대형구조물 2개(2.7%), 플라스틱제품 4개(5.5%), 가죽제품 2개(2.7%), 수용성도료 2개(2.7%), 기타(측정거부 등) 8개(10.9%) 총 73개 시설을 대상으로 THC(총탄화수소)의 농도현황을 조사하였으며, 업종(유형)별 THC 평균농도는 금속제품 도장(314.9ppm) > 목재및가구 도장(238.3ppm)순으로 나타났으며 가죽 및 수용성도료 도장(47.4~50.6ppm)이 가장 낮게

나타난 바, 업종별 관리실태 및 도장방식·방지시설 유형에 따른 상세한 THC 평균농도(첨부 1)는 아래에 기술하였다.

(첨부 1. 업종별 도장방식 및 방지시설 유형에 따른 분류 및 THC 평균농도)

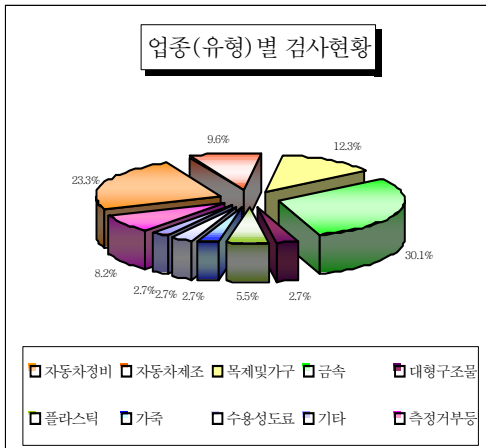


Fig. 1. The distribution of type of industry (in inspections)

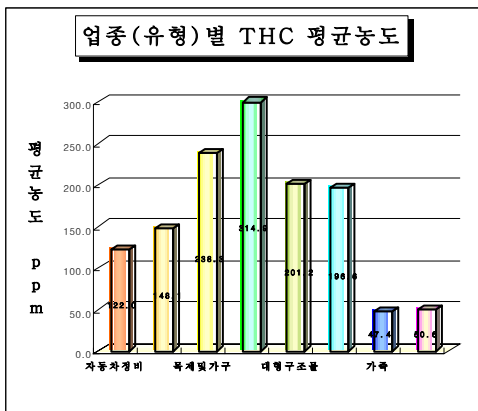


Fig. 2. Average concentration of THC by type of industry

## 5.1 자동차 정비 도장

자동차 보수에 사용되는 Booth는 대부분 푸시풀형으로(지상 1.5m에서 평균 풍속이 0.2~0.5m/s) 열풍건조 작업이 가능한 형태로 되어있으며, 소결형 도료를 이용, 에어스프레일로 도장하는 시설이다.<sup>7)</sup>

상부 외부공기 강제유입, 하부 오염공기 강제배기의 형태로 방지시설은 하부 Pre-Filter를 거쳐 Carbon Filter로 유입 배출되는 형태를 취한다.

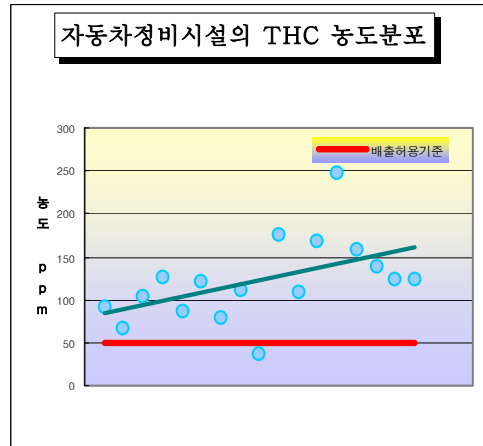


Fig. 3. The distribution of THC Conc. in painting of automobile service industry

대부분의 자동차 정비공장들이 유사하듯이 전단의 Filter 및 Carbon Filter(방지시설) 관리가 소홀하며, 배기 덕트관 내에 페인트 분진의 오염도가 심각한 수준으로 나타났다. 도장에 따른 THC(총탄화수소) 농도범위는 37.5~247.7ppm 으로 평균농도 122.0ppm으로 조사되었다. 측정 최저값을 나타낸 도장(건조)시설은 신설된 Booth로 그 사용횟수 및 덕트관내 페인트 분진의 오염도가 미미한 시설이며, 최고, 최저 농도의 차가 큰 이유는

첫째; 도장작업의 연속성과 비연속의 차,  
둘째; 방지시설 부위의 외기유입 정도,  
셋째; 오염된 공기의 방지시설 밀(흡)착도 등을 들 수 있다.

방지시설로 이어지는 덕트관 및 방지시설 오염 누적도가 THC 측정결과에 기여도가 크다고 볼 수 있으나, 도료와 용제의 혼합비율이 측정값에 가장 큰 변화 요인으로 작용함을 알 수 있다.

G사의 자동차정비공장은 후단의 Carbon Filter 대신에 입상활성탄을 충전시켜 THC 저감을 유도하였다. G사 평균 측정농도는 입상활성탄 78.8ppm



(2개월 사용), 다른 정비공장(Carbon Filter 사용) 127.8ppm으로 약 49.1ppm 경감 되었으며, 동 측정 결과에 만족 못하고 활성탄 교체 및 오염된 공기의 방지시설 밀(흡)착도를 개선한 후 자체 측정결과 약 45ppm으로 42.9% 저감효과를 나타냈다고 한다.

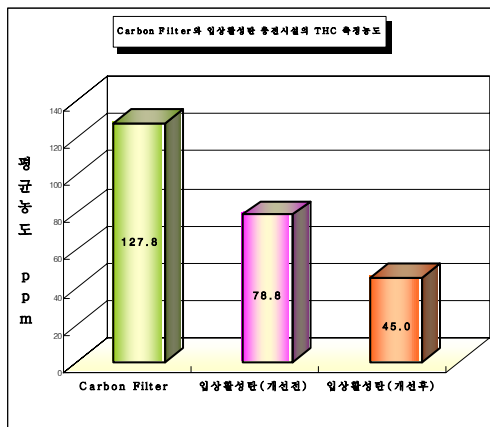


Fig. 4. The residual THC concentration after treatment with carbon filter or granular activated carbon

## 5.2 자동차 및 동 부품제조 도장

자동차 외부도장의 목적은 차체를 구성하고 있는 금속재료에 도료 피막으로 내식성과 내후성을 부여하고, 여기에 플라스틱 부품을 포함하여 미관, 즉 조화가 이루어지는 색채와 표면의 감촉성이 양호한 마무리를 하는데 있다.

승용차 도장공정은 도장 전처리(탈지,화성처리)→전착도장→언더코트(우레탄계)→중간칠(에폭실계)→마무리칠(멜라민 알키드 수지계, 아크릴 멜라민계)의 순서로 이뤄지며, 연속도장 공정으로 피도장 재료의 Booth 내 인입시 초기 인력에 의한 도장과 사람이 머니퐁레이터(manipulator)를 움직여 보임으로써 그 작업의 순서, 위치 및 기타의 정보를 기억시켜 작업을 실시하는 플레이백 로봇에 의한 도장으로 운영되어진다.<sup>7)</sup>

조사된 사업장은 두 종류의 승용차를 각각 전처리에서 마무리 칠까지 하나의 라인으로 구성된 시설로, 방지시설은 세정식집진시설, 건조

시설은 직접연소에 의한 시설(RTO)로 이루어져 있다. 평균측정농도는 148.1ppm으로 도장 1, 2공장의 THC 측정농도는 각각 151.2ppm, 99.1ppm으로 나타났으며, 공정의 흐름상 소형보다는 중형차 생산에 따른 도장 Delay Time이 길며, Repair(비연속) 부분이 포함된 도장라인이 적은 측정 농도값을 나타내었다.

이외 자동차 도장의 상도 처리 부분이 도료의 VOC weight%가 높아 194ppm을, 차 하부에 돌 등이 될 때를 방지하기 위한 Hardchip 공정에서 11.5ppm, VOC weight 3.5%인 PVC Under coater 라인이 6.7ppm으로 각각 조사되었다.

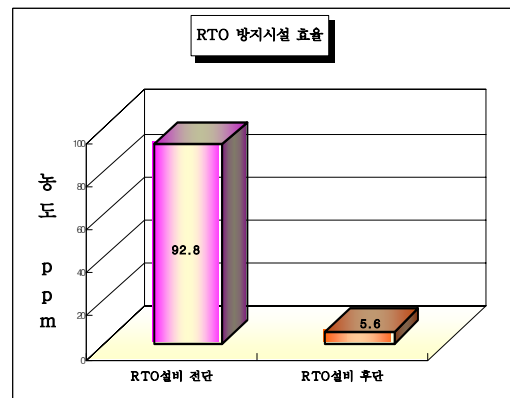


Fig. 5. The removal efficiency of THC by RTO process

직접연소에 의한 시설(RTO) 설비의 전·후단의 농도를 살펴본 건조시설은 전단에서 92.8ppm, 후단에서 5.6ppm으로 94%의 THC(총탄화수소) 제거효율을 나타내었다.

## 5.3 목재가구 도장

목재의 도장은 본래 목재가 가진 자연미를 유지하면서 목 질감을 강조하는 등 목재의 종류 및 재질에 따라 그 도장방식이 여러 가지로 구성 되어나, 대부분 가구제품의 도장으로 래커계 혹은 폴리우레탄 수지계로 2액형 경화성 도료를 연속도포 및 에어스프레, 에어리스 도장하는 시설이다.<sup>7)</sup>

도장 방식 및 방지사설 유형에 따라 3가지 형태로 구분하면,

- ① 비연속 공정의 여과 및 흡착에 의한 시설 (건식)인 경우 평균농도 217.7ppm,
- ② 세정식집진 및 흡착에 의한 시설(습식) 213.9ppm,
- ③ UV 착색도료와 경화성 첨가제를 사용, 합판의 표면을 롤 켄베어 벨트를 통한 연속 도포 공정(건식)에서 410.7ppm(작업장 내: 약 120ppm)으로 각각 조사되었다.

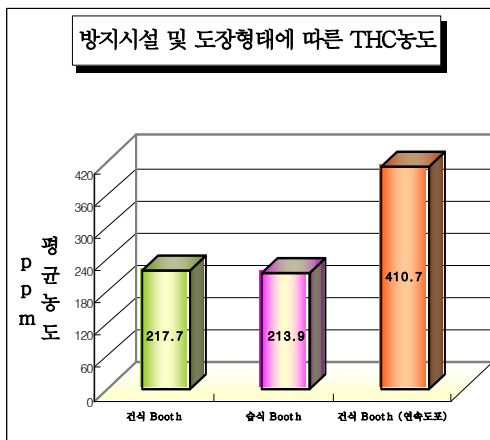


Fig. 6. The variation of residual THC by treatment process and painting type in wood furniture painting

비연속 공정의 방지사설 건식과 습식 농도분포에서 건식 방지사설의 THC 측정농도가 부분적으로 낮은 경향을 나타내는 곳이 있었는데, 낮은 이유는 1인 도장작업에 비해 Booth의 크기가 다소 크며, 이에 따른 희석공기의 유입 가능성을 들 수 있다.

현재 조사된 목재가구 도장시설의 대부분은 활성탄 교체주기가 이미 오래된 것으로 판단되며, 도장 Booth 내 페인트 분진의 축적 형태로 보아 운영·관리 상태 또한 상당히 미흡한 것으로 사료된다.

## 5.4 금속제품 도장

시설 규모의 대·중·소를 떠나 중기부품을

도장하는 대형시설에서 소규모 가전제품 부품 등을 도장하는 기타 피막처리업종까지 피도장 재료의 금속성 여부에 따라 전체를 금속제품 도장으로 구분하였다.

주요 품목으로 철강제, 배관, 가정 가전제품 부품, 중기, 알루미늄제, 주물 및 다이캐스팅 제품 등 여러 종류의 금속성 제품을 소결형 도료로 에어스프레이, 에어리스로 도장하는 시설이 이에 해당되며,<sup>7)</sup> 도장방식 및 방지사설 유형에 따라 5가지 형태로 아래와 같이 구분, THC 조사결과를 보면,

- ▶ 연속 도장공정⇒도장로봇(습식) : 183.5ppm  
⇒자동도장(기계:습식) : 671.7ppm  
⇒인력도장(수동:습식) : 364.1ppm
- ▶ 비연속도장공정  
⇒인력도장(수동:습식) : 107.6ppm  
⇒인력도장(수동:건식) : 735.8ppm

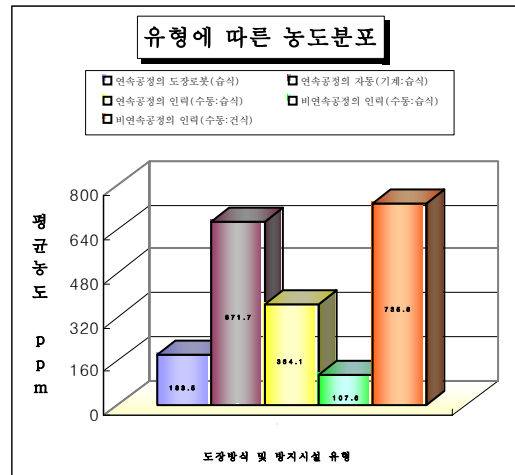


Fig. 7. The variation of residual THC by treatment process and painting type in metal painting

☞ 연속·비연속 도장공정 모두 세정식(습식) 방지사설 이후 흡착에 의한(입자상활성탄) 시설이 설치되어 있으며, 비연속 도장 공정의 인력 도장(수동:건식)은 전단의 Filter와 흡착에 의한(입자상활성탄)시설로만 이루어 짐.

이의 H사의 철제배관 1본(3EA씩 투여)을 바니쉬 계통의 투명 페인트로 분사 도포 후 다시 2차 공기로 불어주는 공정(건식)에서 7,257.7ppm(작업장 내 200~300ppm 수준)의 가장 높은 THC 측정값을, D사의 단일 건조시설(건식)에서 59.4ppm을 나타내었다.

일반적으로 구별된 8개의 업종(유형) 중 금속제품 도장이 도료의 사용량이 가장 많으며, 이에 따른 방지시설 역시 통상의 세정식집진+흡착(입자상활성탄)에 의한 시설로 이루어져 있으나, 제진 이후 배출되는 THC의 양 또한 높은 농도 범위를 나타내었다.

유형에 따른 THC 배출 순위는, 비연속 공정 인력(수동:건식) > 연속공정자동(기계:습식) > 연속공정 인력(수동:습식) > 연속공정 도장로봇(습식) > 비연속공정 인력(수동:습식) 순으로 건식 방지시설만으로는 THC 제거에 미흡한 것으로 나타났다.

☞ 금속제품 표면 도장시설 중, 기존 방지시설과 달리 THC 저감 목적으로 신규 설치된 K사에 대해, 해당 방지시설의 전·후단 농도를 측정·분석하였다.

해당 방지시설은 세정식집진시설 이후 THC 제거장치(Pre-Filter+반도체촉매+저온플라즈마)로서, 세정식집진시설 이후 THC제거 장치 전·후로 각각 측정하였다.

비연속 작업에 따른 측정값의 변화 폭을 줄이기 위해 일정 간격을 유지하며 임의적으로 도료를 일정 분사, 방지시설 주위의 외기 흡입(희석)도를 차단시킨 후 측정, THC제거장치 전단(평균농도 702.5ppm), 후단(624.0ppm)으로, 제거효율 11.2%를 나타냈다.

동 시설의 설계 제작사는 자동차정비공장의 도장(건조) Booth 제작 업체로 설계 시 오염물질의 농도 및 배출특성에 따른 효율 적용에 문제가 있었던 것으로 사료됨.(대풍량 고농도의 특성)

## 5.5 대형 구조물 도장

대형구조물의 형틀 등을 상온 경화용 우레탄 및 에폭시 수지계 도료를 이용, 에어리스로 도장하는 시설로,<sup>7)</sup> 전체 도장시설 용적이 대형(2,142m<sup>3</sup>, 5,292m<sup>3</sup>)인데 비해 1인 도장작업의 형태를 취하며, 이에 따른 희석공기 유입이 비교적 많은 형태를 나타냄. 방지시설은 전단의 Filter와 흡착(입상활성탄)에 의한 시설로 이루어져 있으나 활성탄 사용주기 등 관리측면에선 비교적 미약한 수준, 2개사의 측정 평균 농도는 201.2ppm으로 나타났다.

## 5.6 플라스틱 제품 도장

전자제품 등의 열가소형 플라스틱제품을 아크릴계 도료로 에어리스 도장하는 시설로, 도료의 분사 입자가 작고 1, 2차 자동 도장에 이어 건조(실온~70℃ 이하)시키는 연속공정 형태를 취한다.<sup>7)</sup>

피도장 재료와 도장 Booth는 크지 않으나 연속도장에 따른 전체 도료의 사용량은 비교적 많으며, 도장의 방식 및 방지시설 유형에 따라 3가지 형태로 구분하면

- ① 일반 자동차정비공장의 도장(건조)시설과 동일한 비연속 공정의 인력(수동 : 건식) 144.3ppm,
- ② 소형가전 기계류의 연속공정 자동(기계 : 건식) 258.2ppm,
- ③ 정수기 본체류 등의 비연속 인력(수동 : 습식) 125.7ppm으로 조사되었다.

앞서 보듯이 공정의 연속성과 자동(기계)에 의한 도장시설이 작업의 Interval이 적고 도료의 연속 분사로 THC(총탄화수소)의 측정값이 비교적 높은 추세를 나타냈다.

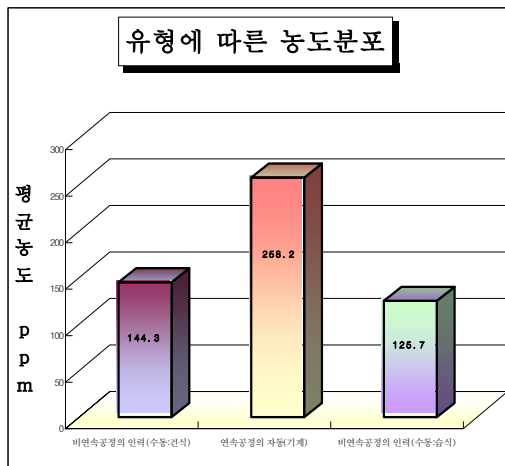


Fig. 8. The variation of residual THC by treatment process and painting type in plastic painting

## 5.7 가죽 제품 도장

일반적으로 도료는 소재에 잘 침투·밀착되어 표면의 경도를 어느 정도 유지하도록 만들어지나, 피혁의 도장은 이와 반대로 소재에 도료를 침투시키지 않고 튼튼한 피막을 형성케 하는 특성이 있다.<sup>7)</sup>

조사된 K1사는 바탕염색 된 가죽에 초벌칠 →중간칠 →마무리 도장이 끝난 반제품을 가지고 신발을 제조하는 공정으로, 도장은 완제품의 마무리 단계에 한하며, 피혁용의 용제형 도료를 이용, 에어스프레이로 소량 도장하는 (수동·건식)시설로 측정평균 농도는 47.4ppm을 나타내었다.

소형의 여러 도장 및 건조시설이 하나의 방지 시설에 연결되어 있고, 작업공정의 특성상 비연속이며 각각의 도장시설이 동시 가동되는 형태를 취하지 않으므로 측정값은 배출허용기준이내를 나타냈으나 동시 다발적 가동상태라면 이 또한 허용기준치를 초과할 것으로 사료된다.

## 5.8 수용성 도료 도장

수용성 도료는 대기환경오염의 개선과, 물을 사용함으로써 안전위생 및 화재예방에도 바람

직한 형태이다.

수계도료는 물가용형, 물분산형으로 크게 구분되며,<sup>7)</sup> 조사된 D1사업장은 물가용형 수용성 도료(Water soluble paint)로 냉장고용 콤프레샤를 제작 도장하는 업체로 실제 도장은 수용성 도료에 Deeping → 건조하는 연속공정을 취한다.

측정값은 50.6ppm으로 배출허용기준을 0.6ppm 초과하였으나, 동 시설의 규모 및 형태상, THC 측정농도는 용제형 도료에 비해 상당량 저감 발생되는 것으로 사료된다.

이외, 무용제형 도료의 일종이며 도막 형성의 요소를 분말 형태로 공기를 매체로 하여 피도장물 표면에 도장·가열함으로써 분말입자를 용융시켜 균일하고 연속된 도막을 형성시키는 방식의 분체 도장시설<sup>7)</sup>에서 7.0ppm을, 수성도료 중에 침지된 피도장물을 양극 또는 음극으로 하여 대극사이에 직류전류를 흐르게 함으로써 피도장물을 전기적으로 도장하는 전착도장시설(방지시설 면제대상) 도장 조에서 5.0~7.0ppm을, 주방용 후라이팬 등의 외부 분체, 내부 테프론 코팅하는 업체에서 3.8ppm의 THC 농도를 각각 나타냈다.

## Ⅵ. 결 론

본 실태조사는 도장(건조)시설 운영실태 및 문제점 도출, 대책수립 등 다양한 각도에서 다뤄져야 할 사항으로 특히 운영실태 및 문제점으로 THC 규제에 대한 2000년 10월30일 입법 예고에도 불구하고 대다수의 사업장이 방지시설 신규설비 투자가 이뤄지지 않고 있다.(기준 초과 84%).

이러한 문제와 함께 THC 저감을 위해 앞으로 다뤄져야 할 필요사항에 대해 기술코자 한다.

첫째 ; 도장시설 운영(작업)자의 친환경 교육

및 홍보의 필요성이다.

조사대상의 대다수가 4, 5종에 편중되고, 환경전문(담)관리자가 없는 상황으로 배출 및 방지시설(다트관 포함)에 페인트 분진의 특성상 분진이 누적 침착에 따른 유지관리 확행으로 오염도 감소 및 유기용제 함량이 적은 친환경 페인트(수성·분체도료) 사용비율 제고, 도착율이 높고 VOCs 배출이 적은 신 도장기술(전착, 분체도장 등)의 확보 및 보급 필요성에 대한 이해의 폭을 넓힐 수 있는 교육 및 홍보가 필요하다.

☞ 환경부는 2004년 1월13일, 국내 페인트 시장의 70% 이상을 점유하는 금강고려화학(고려페인트) 등 6개 제조사와 VOCs 저감을 위해 페인트 포함 유기 용제 함량을 줄이는 자발적 협약을 체결, 2005년말까지 2003년 평균 유기용제 함량의 20%를 줄이기로 합의.

둘째 ; 조사대상을 피도장물의 재료에 따라 8가지 유형으로 구분하였으나 THC 저감을 위해 각각의 시설에 따른 도장 특성을 면밀히 검토할 필요성이 있다.(첨부 2. 방지기술의 선택시 고려사항)

어떠한 도장 형태든 도료의 사용량은 피재료의 크기, 도막필요 요건, 공정의 (비)연속성, 운전(가동)시간 등에 좌우되며, 이는 오염물질의 발생량과 면밀한 관계가 있다. 이러한 과정의 세심한 접근이 필요하며, 이를 기초로 해당시설의 적절한 방지시설을 선정할 수 있을 것이다.

기존에 설비된 대기오염방지 기술과는 달리 VOCs 제어(방지)설비는 아직 연구개발 단계에 있는 것으로 첨부에 VOCs 방지시설별 제어특성에 대해 기술하였다.(첨부 3. VOCs 방지시설별 제어특성)

이외에 THC 규제시행과 함께 전자빔을 이용한 방법, 흡착연소촉매산화, 흡착촉매산화기술, 광촉매, 바이오필터 농축촉매산화기술, 반도체 촉매 + 저온플라즈마, 다단계흡착 등 여러 종류의 제거기술들이 앞다투어 경쟁하고 있으나<sup>8)</sup>인

천 시내 도장시설은 아직 설비투자가 이뤄지지 않고 있으며, 효율적 측면에서 계속적 연구개발의 필요성을 안고 있는 것으로 사료된다.

셋째 ; 방지시설의 설치 및 유지관리에 따른 경제성과 효율성 고려이다.

소형 도장시설에서 제어효과가 높은 직접 연소에 의한 시설(RTO)은 초기투자비 및 저농도에 따른 보조연료 투입 등으로 설치·유지비 측면에서 불합리하며, 흔히 사용되는 활성탄 흡착시설의 활성탄 주기적 교체 불이행에 따른 효율 저감 등 환경에 대한 전문지식이 없는 다수의 소규모 사업장에서의 방지시설 관리 측면에 문제가 발생할 수밖에 없다.

넷째 ; 도장시설 운영자 및 지도점검, 검사기관의 법규제 적용의 합리성 검토이다.

대기환경보전법상 THC 배출허용규제기준과 측정방법, 시행시기 등이 규정되어 있으나, 소규모 영세 임대공장에서 신규 방지시설 설치에 따른 초기시설비 부담 부분과, THC항목의 측정 특(이)성으로 작업시와 비작업시의 측정값 변화폭이 상당히 커 작업조건의 임의 조정때문에 따른 방지시설의 효율과 무관한 실측정치 감소 문제, 배출시설→방지시설로 이어지는 부분에서 일부 외부공기의 유입 정도에 따라 측정농도 값에 그 영향(희석)을 미치는 바, 이를 인정할 수 있는 범위의 문제 등이 상존한다는 것이다.

2005년 1.1부터 시행되는 도장(건조포한)시설의 THC(총탄화수소) 규제와 관련하여, 관내 사업장을 대상으로 조사한 내용을 앞에서 기술하였다.

THC 저감을 위해 현재 운영(유지)되고 있는 세정 및 흡착에 의한 시설의 단독 사용 시, 비극성이며 휘발성이 강한 VOCs(휘발성유기화합물)의 제어능력이 부족할 것으로 사료되며, 고농도 배기가스에 의한 활성탄 흡착능력 조기손실(활성탄의 주기적 교체 불이행에 따른 효율

저감) 부분을 감안할 때, 동 규제를 선 시행(2004. 4. 1부터)하고 있는 서울시의 대기오염물질배출허용기준조례, 휘발성유기화합물 방지시설 설치기준 중『활성탄 등에 의한 흡착시설』에 흡착제 재생시설 설치를 규정, 이는 관리 및 지도·감독 측면과 당해 사업장의 관리 편의성을 고려한 조치로 볼 수 있겠다.(첨부 5. 서울특별시 대기오염물질 배출허용기준 조례 중, 휘발성유기화합물 방지시설 설치기준

## Ⅶ. 참고문헌

1. Babara, Z., C.J. John, H. Gregory, W.G. Alan, and R.P. William(1996), Volatile Organic Compounds up C20 Emitted from Motor Vehicle ; Measurement Methods, Atmos. Environ., 30(12), 2269-2286
2. 2004 환경백서, 환경부, 2004.
3. VOCs 배출억제·방지시설의 저감효율 및 농도기준 설정 등에 관한 연구, 환경부, 2001.
4. 대기환경규제지역 휘발성유기화합물질 배출시설 규제 업무편람, 환경부, 1999.
5. 인천시청 환경보전과,(2002. 12. 31 현재).
6. 환경부고시 제2004-156호 : 대기오염공정시험방법개정, 2004.10.18.
7. 도장기술핸드북, 일본도장기술협회, 현영창 도서출판 세화, 1995. 4.
8. 도장시설에서의 VOCs 배출 저감을 위한 세미나, 국립환경연구원, 2001. 6.
9. VOCs 방지시설 설계지침, 환경부, 2004.
10. 유해 대기오염물질 규제에 관한 국내 대응 방안 연구, 한국환경정책평가연구원, 한화진, 1994.12.

첨부 1. 업종별 도장방식 및 방지시설 유형에 따른 분류 및 THC 평균농도

업종(유형)별	방지시설 및 도장유형에 따른 분류	측정 평균농도 (ppm)	비 고
자동차정비 도장	푸시폴형 Booth	122.0	Pre & Carbon Filter
	푸시폴형 Booth	78.8	입자상활성탄
자동차 및 동 부품제조 도장	주 도장공정	148.1	초벌에서 마무리칠까지
	Hardchip 공정	11.5	차하부 충격방지
	PVC Under coater	6.7	도료는 위와 유사함.
	직접연소에의한시설(RTO 전단)	92.8	건조시설(건식)
	(RTO 후단)	5.6	건조시설(건식)
목재가구 도장	여과 + 흡착에 의한 시설	217.7	비연속(건식)
	세정식 + 흡착에 의한 시설	213.9	비연속(습식)
	합판 도포	410.7	연속(건식) ⇒ 작업장내 120ppm
금속제품 도장	도장로봇	183.5	연속(습식)
	자동도장	671.7	연속(기계:습식)
	인력도장	364.1	연속(수동:습식)
	인력도장	107.6	비연속(수동:습식)
	인력도장	735.8	비연속(수동:건식)
	철재배관 도포	7,257.7	연속(건식) ⇒작업장내 250ppm
	단일 건조시설	59.4	건조시설만 연결됨
대형 구조물 도장	도장용적 대형	201.2	비연속(건식)
플라스틱제품 도장	인력도장	144.3	비연속(수동:건식) 푸시폴형 Booth
	자동도장	258.2	연속(기계:건식)
	인력도장	125.7	비연속(수동:습식)
가죽제품 도장	소형도장 + 건조시설(다수)	47.4	비연속(수동:건식)
수용성 도료 도장	Deeping 도장 + 건조시설	50.6	연속
기 타	분체도장	7.0	연속(수동:건식)
	전착도장(방지시설면제)	6.0	연속(도장조에서 측정)
	후라이팬 내부 코팅, 외부 분체	3.8	연속(수동:건식)

※ “수동” : 사람이 직접 도장, “습식” : 세정식집진시설 有, “건식” : 세정식집진시설 無.

## 첨부 2. 방지기술의 선택시 고려사항<sup>9)</sup>

- VOC의 회수 및 처리기술은 처리방법에 따라 장·단점이 있어 수요자의 여건에 따라 여러 사항을 면밀히 검토한 후에 선택하여야 한다.
- 방지기술 선택 시 아래 사항들을 고려하여 규제법규를 준수하면서도 총 비용이 가장 저렴한 방지기술을 선정하여야 한다.
  - 배출가스의 조성 및 농도
  - 함유된 유기화합물질의 특성(폭발한계, 응축성, 용해성, 흡착성 등)
  - 배출가스 내 수분 및 먼지 함유량
  - 배출량(최대·평균·최소유량 등), 온도, 압력, 습도
  - 산재된 각 오염배출원의 형태(점, 면, 선오염원, 공정, 불특정 등)
  - 오염물질의 종류(분진, 염소화합물, 고분자 탄화수소 등)
  - 연간 운영시간(가동시간, 가동율, 부하율 등)
  - 장치의 위치(실내, 실외, 지표고도, 지붕, 여유공간 등)
  - 보조연료 또는 에너지 비용
  - 각종 Utility(수도, 전기, 스팀, 배관, 관거, 구조물) 이용가능 여부
  - 기존의 대기오염 방지기설 설치·운영 사항(종류, 규모, 내용연수)
  - 공정변경, 물질대체, 용제사용량 감축, 저공해도로 사용, 회수시설 설치
  - 경제성(즉, 초기투자비 및 연간 운전비)

또한 여러 가지 신기술(플라즈마, 코로나, 광촉매, 자외선, 막분리 등)과 자원(열, 원료, 재료 등)의 재생 및 회수기술이 현재 개발 중이거나 상용화되고 있으므로 이에 대한 적용여부도 고려한다.

이외에도 공정변경, 물질대체, 밀폐기술 등의 방법을 적용하면 VOC 발생량을 상당량 줄일 수 있고 방지기설의 설치 및 운영비용도 줄일 수 있다.



### 첨부 3. 방지시설별 제어 특성<sup>10)</sup>

제어 기술	안정성	오염물질 특성	오염원 특성	제어 특성
열소각	니트로글리세린(Nitro-glycerin)과 같은 많은 폭발성 화합물은 급속히 가열될 때 매우 불안정해진다.	여러 다양한 화합물을 처리할 수 있다.	어떤 구조물에서도 쉽게 적용할 수 있다.	매우 높은 처리효율을 가지고 있다. 다양한 유형의 소각로(재생식 열소각 등)를 사용, 비용을 절감시키고 전체 효율을 증가시킬 수 있다.
흡착	흡착시 폭발물질의 농축이 일어나며 이는 매우 유해하다.	다양한 화합물을 처리할 수 있다.	어떤 구조물에서도 쉽게 적용할 수 있다.	높은 포집효율을 가지고 있다. 여러 형태의 미디어(활성탄, silica 등)를 이용, 비용을 절감하고 효율을 증가시킬 수 있다.
흡수	폭발물질을 중성화시킬 수 있는 흡수액을 폭발물질에 따라 선택해야 한다.	특정 화합물 유형에 맞는 흡수제를 사용해야 하고, 배출물의 조성 변화를 쉽게 처리하기 어렵다.	어떤 구조물에서도 쉽게 적용할 수 있다. 흡수제로부터 배출되는 폐수 처리 장치가 필요하다.	포집효율이 높으나 생성되는 폐수에 폭발성물질이 포함될 수 있으므로 적절히 처리되어야 한다.
응축	니트로글리세린(Nitro-glycerin)과 같은 폭발성 화합물은 응축 시키면 안 된다.	제습과정이 필요하며, 끓는점이 낮은 화합물은 처리하기 어렵다.	추가적인 응축장치가 필요하다.	특정 화합물에 대해서는 포집 효율이 높다. 응축 시스템은 초기비용이 많이 든다.
생물여과	미생물에 의해 포집된 폭발성화합물질을 쉽게 처리할 수 있다.	많은 유량을 처리하기 힘들다.	어떤 구조물에서도 쉽게 적용할 수 있다.	화합물질의 유형에 따라 높은 처리 효율을 보일 수 있다.
촉매소각	반응시간과 유속에 따라 촉매층에서 폭발성화합물의 농축이 일어날 수 있다.	많은 유량을 처리하기 힘들다. 또한 촉매판에 독성을 미쳐서 효율을 떨어뜨린다.	어떤 구조물에서도 쉽게 적용할 수 있다.	화합물질의 유형에 따라 높은 파괴 효율을 보일 수 있다.
광촉매산화	저온에서 폭발성 화합물질을 파괴할 수 있다. 체류시간이 짧고 낮은 온도에서 운전 되므로 폭발의 위험을 줄일 수 있다.	많은 유량을 처리하기 힘들다.	어떤 구조물에서도 쉽게 적용할 수 있다.	매우 높은 처리효율을 나타내며, 전체 비용이 비교적 적게 든다.

## 첨부 4. 규제대상인 휘발성유기화합물(37종)

	제품 및 물질명		분 자 식
1	아세트알데히드	Acetaldehyde	$\text{CH}_3\text{CHO}$
2	아세틸렌	Acetylene	$\text{C}_2\text{H}_2$
3	아세틸렌 디클로라이드	Acetylene Dichloride	$\text{C}_2\text{H}_2\text{Cl}_2$
4	아크롤레인	Acrolein	$\text{C}_3\text{H}_4\text{O}$
5	아크릴로니트릴	Acrylonitrile	$\text{C}_3\text{H}_3\text{N}$
6	벤젠	Benzene	$\text{C}_6\text{H}_6$
7	1,3-부타디엔	1,3-Butadiene	$\text{C}_4\text{H}_6$
8	부탄	Butane	$\text{C}_4\text{H}_{10}$
9	1-부텐	1-Butene	$\text{C}_4\text{H}_8[\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CHCH}_2]$
	2-부텐	2-Butene	$\text{C}_4\text{H}_8[\text{CH}_3(\text{CH})_2\text{CH}_3]$
10	사염화탄소	Carbon Tetrachloride	$\text{CCl}_4$
11	클로로포름	Chloroform	$\text{CHCl}_3$
12	사이클로헥산	Cyclohexane	$\text{C}_6\text{H}_{12}$
13	1, 2-디클로로에탄	1,2-Dichloroethane	$\text{C}_2\text{H}_4\text{Cl}_2[\text{Cl}(\text{CH}_2)_2 \text{Cl}]$
14	디에틸아민	Diethylamine	$\text{C}_4\text{H}_{11}\text{N}[(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{NH}]$
15	디메틸아민	Dimethylamine	$\text{C}_2\text{H}_7\text{N}$
16	에틸렌	Ethylene	$\text{C}_2\text{H}_4$
17	포름알데히드	Formaldehyde	$\text{HCHO}$
18	n-헥산	n-Hexane	$\text{C}_6\text{H}_{14}$
19	이소프로필 알콜	Isopropyl Alcohol	$\text{C}_3\text{H}_8\text{O}[(\text{CH}_3)\text{CHOHCH}_3]$
20	메탄올	Methanol	$\text{CH}_3\text{OH}$
21	메틸에틸케톤	Methyl Ethyl Ketone	$\text{C}_4\text{H}_8\text{O}[\text{CH}_3\text{COCH}_2\text{CH}_3]$
22	메틸렌클로라이드	Methylene Chloride	$\text{CH}_2\text{Cl}_2$
23	엠티비이(MTBE)	Methyl Tertiary Butyl Ether	$\text{CH}_3\text{OC}(\text{CH}_3)_2\text{CH}_3$
24	프로필렌	Propylene	$\text{C}_3\text{H}_6$
25	프로필렌옥사이드	Propylene Oxide	$\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$
26	1, 1, 1-트리클로로에탄	1,1,1-Trichloroethane	$\text{C}_2\text{H}_3\text{Cl}_3$
27	트리클로로에틸렌	Trichloroethylene	$\text{C}_2\text{H}_2\text{Cl}_3$
28	휘발유	Gasoline	-
29	납사	Naphtha	-
30	원유	Crude Oil	-
31	아세트산(초산)	Acetic Acid	$\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$
32	에틸벤젠	Ethylbenzene	$\text{C}_8\text{H}_{10}$
33	니트로벤젠	Nitrobenzene	$\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2$
34	톨루엔	Toluene	$\text{C}_7\text{H}_8$
35	테트라클로로에틸렌	Tetrachloroethylene	$\text{C}_2\text{Cl}_4$
36	자일렌(o-, m-, p- 포함)	Xylene	$\text{C}_8\text{H}_{10}$
37	스틸렌	Styrene	$\text{C}_8\text{H}_8$

## 첨부 5. 서울특별시대기오염물질배출허용기준조례

1999.03.20 조례 제3581호 (제정)

2003.06.30 조례 제4119호 (전문개정)

**제 1 조 (목적)** 이 조례는 대기환경보전법 제8조제3항·제28조의2제5항 및 서울특별시환경기본조례 제15조제1항의 규정에 의하여 대기오염물질의 배출 허용기준과 이의 배출을 억제·방지하기 위한 시설의 설치기준을 정하여 대기오염을 줄이고 쾌적한 생활환경 조성에 기여함을 그 목적으로 한다.

**제 2 조 (배출허용기준)** 서울특별시 대기오염물질의 배출허용기준은 별표 1과 같다.

**제 3 조 (방지시설설치기준)** 서울특별시 휘발성유기화합물의 배출을 억제하기 위한 방지시설의 설치기준은 별표 2와 같다.

### 부 칙 (2003.06.30)

- ①(시행일) 이 조례는 공포한 날부터 시행한다.
- ②(적용례) 이 조례 시행 당시 설치되어 가동중인 시설과 허가를 받거나 신고를 하고 설치중에 있는 시설은 별표 1 제2호의 탄화수소(THC) 배출허용기준을 2004년 4월 1일부터 적용한다.
- ③(경과조치) 별표 2에 해당하는 시설로서 이 조례 시행 당시 설치되어 가동중인 시설과 허가를 받거나 신고를 하고 설치중에 있는 시설은 2004년 3월 31일까지 별표 2의 기준에 맞는 방지시설을 설치하여야 한다.

### [별표 2]

#### 휘발성유기화합물 방지시설 설치기준(제3조관련)

대 상 시 설		방 지 시 설 설 치 기 준
구분(업종)	배출시설 규모	
자 동 차 정비시설	용적5㎥ 이상 또는 3마력 이상의 도장시설 (건조시설포함)	<p>1. 방지시설은 다음과 같은 시설을 설치한다.</p> <p>가. 활성탄 등에 의한 흡착시설 단, 흡착제의 휘발성유기화합물 흡착능이 한계에 도달하면 흡착된 고농도의 휘발성 유기화합물을 탈착·회수하여 처리하는 흡착제 재생시설을 설치하여야 한다.</p> <p>나. 생물학적 처리시설</p> <p>다. 열 또는 촉매 산화반응시설</p> <p>라. 저온응축 또는 흡수시설</p> <p>마. 가목 내지 라목과 동등하거나 그 이상의 방지효율을 가진 시설</p> <p>2. 방지시설의 제거효율은 다음과 같다.</p> <p>가. 배출가스량 10,000 ㎥/시간 이상 : 70%이상</p> <p>나. 배출가스량 10,000 ㎥/시간 미만 : 85%이상</p>

# 트리메틸아민(TMA)의 고체상미량추출(SPME) 및 저온시료농축(SPT) 분석방법 비교 검토

김경태, 곽완순, 제갈대성, 최준호, 김기문, 전남수, 이주형, 이명진, 현진용  
대기보전과

## Comparison of Analytical Method of SPME-Capillary-GC/NPD and SPT-Capillary-GC/NPD for Trimethylamine

K.T.Kim, W.S.Kwack, D.S.Jekal, J.H.Choi, K.M.Kim, N.S.Jun, J.H.Lee, M.J.Lee, J.Y.Hyun  
Air Conservation Division

### ABSTRACT

This study was conducted to identify the difference between conventional official method of SPME-Capillary-GC/NPD and new method of SPT-Capillary-GC/NPD for trimethylamine(TMA) analysis. Gaseous TMA was directly analyzed without pretreatment due to Sample Preconcentration Trap(SPT) in this method. TMA was sampled with tedlar bag and adsorption of TMA took place in the tedlar bag during transportation to the laboratory. But either bag heating system in analysis or sampling with canister could be complement to disadvantage of adsorption of the tedlar bag. SPME method gave a good linearity of  $r^2=0.992$  and reproducibility of Relative Standard Deviation(RSD) 4.5 % in the range of 1~20  $\mu\text{g/L}$ . Minimum detection limit(MDL) was 0.16 ppb( $\mu\text{mol/mol}$ ) in SPME method. The new(SPT) method also showed a reliable results ; Coefficient of linearity and RSD of reproducibility were 0.999( $r^2$ ) and below 3% in the range of 2.5~10 ppb respectively and MDL was 0.47 ppb. Data of SPT method using tedlar bag was higher than that of SPME method for ambient TMA analysis. Therefore, it is difficult to use SPT-Capillary-GC/NPD method for TMA analysis as a official method in current state. But if SPT method were improved by additional study, it would be used officially as an analytical method for TMA.

### I. 서 론

아민류는 식물과 동물, 특히 어류의 부패과정에서 발생된다. 트리메틸아민(Trimethylamine, TMA)은 상온에서 무색이나 자극성이 강해 저농도에서도 심한 악취를 유발하며 인체의 눈이나

피부, 호흡기에 영향을 미치는 것으로 알려져 있다. 현재 우리나라에서도 TMA는 악취방지법상 악취규제물질중의 하나이며, 기타 지역 0.005 ppm, 공업지역 0.02ppm으로 배출허용기준을 규정하고 있다. TMA는 강염기로 흡착성이 매우 크고 불안정하지만 산(acid)이나 물에 쉽게 흡

수되는 특성을 가지고 있다. 그래서 공정시험방법에서는 테트라 백과 같이 기체상으로 직접 채취하는 방법을 사용하기 보다는 황산을 이용한 산성여과지법이나 산성용액법과 같은 간접 채취방법을 사용하도록 명시하고 있다. 그러나 악취는 풍향이나 풍속등 기상에 따라 국지적·순간적으로 발생·소멸하는 특성을 가지고 있기 때문에 여지 준비에 오랜 시간이 소요되고 사용시마다 여지를 준비해야 하는 산성여과지법은 이러한 상황을 대처하는데 한계가 있으며 기동성에서나 편리성에서 테트라 백의 장점을 간과할 수 없다. 이렇게 채취된 시료는 알칼리 분해 후 저온농축 시키거나 고체상 미량 추출법(Solid Phase Microextraction, SPME)을 이용해 시료를 다시 농축시킨 후 분석을 실시한다<sup>1)</sup>. 그러나 저온농축법은 시료보관 및 분석과정이 어렵고 복잡하며, SPME법은 분석과정에서 시료의 손실이 발생할 가능성이 높고 알칼리 분해 과정에서 파이버의 손상이 일어날 가능성이 높아 높은 숙련도를 요구하는 문제점이 있다.

이에 본 연구에서는 시료를 테트라 백으로 채취하고, 가스상 TMA를 저온농축장치인 SPT(Sample Preconcentration Trap)를 이용하여 농축시킨 후 모세관 컬럼이 장착된 GC/NPD에 적용하여 분석하고자 하며 이를 공정시험방법인 SPME-모세관 컬럼 GC/NPD법과 비교하고자 한다.

## II. 실험 방법

### 1. TMA의 특성

트리메틸아민은 특유한 악취가 있는 무색의 기체로써 동·식물의 부패과정에서 발생한다. 저농도에서는 생선냄새가 나며, 고농도에서는 암모니아와 유사한 냄새가 난다. 상온에서는 기체이며 끓는점은 2.9℃이다. 또한 흡습성이 강

해 물이나 알코올, 벤젠, 톨루엔, 자일렌, 에틸벤젠, 클로로포름에 쉽게 흡수되는 특징을 가지고 있다. 일반적으로 TMA는 염화암모늄을 포름알데히드와 가열해서 제조하거나, 베타인을 함유한 사탕, 무 증류과정에서 얻는다<sup>2)</sup>.

Table 1. Characteristics of Trimethylamine

Trimethylamine	
Formula	(CH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> N
Molecular weight	59.11 g/mol
Melting point	-117.1℃
Boiling point	2.9℃
Density	0.67g/ml (0℃)
Strong base	pK <sub>b</sub> 4.13 (25℃)

## 2. 표준 시료의 제조 및 분석 기기

### 2.1 표준가스

Rigas社의 TMA 표준가스(9.9ppm)를 사용하였으며, gas tight syringe를 이용하여 테트라 백(SK inc.)에 원하는 농도로 조제하였다.

### 2.2 표준용액

#### 2.2.1 고농도 표준용액 제조

45% 트리메틸아민 수용액(ACROS Organics社)을 10배 희석한 후 이 중 10ml를 취하여 메틸레드 및 브로모 크레졸 그린 지시약을 넣고 0.1M 염산으로 적정하여 원액중의 TMA 농도를 산출하였다.

$$Conc.(%) = \frac{V_{Cl} \times N \times f \times M \times D}{V} \times 1000$$

..... (식 1)

여기서,

V<sub>Cl</sub> : 적정에 소비된 0.1M 염산부피 (ml)

N : 0.1M 염산 (mol/L)

f : 0.1M 염산의 역가 (factor)

V : 적정에 사용하기 위해 희석된

TMA 용액의 부피(ml)

M : TMA 분자량 (59.11g/mol)

D : 회석배율

### 2.2.2 저농도 표준용액 제조

고농도 표준용액을 1M 염산을 이용해 수  
mg/L까지 회석 한 후 0.1M 염산을 이용해 저농  
도 표준용액을 제조하였다.

### 2.2.3 표준용액에서 가스 상 TMA 농도 계산

검량선에서 구한 표준용액 농도( $\mu\text{g/L}$ )는 다  
음 식에 의해 가스 상 농도로 변환된다.

$$C = \frac{m}{V_s} \times \frac{24.46}{M} \dots\dots\dots (\text{식 } 2)$$

여기서,

C : 대기 중 TMA 농도(ppb;nmol/mol)

m : 검량선에 의해 계산된 TMA 양(ng)

Vs : 표준상태(25℃, 1기압)로 환산한  
대기시료의 양(L)

M : TMA 분자량(59.11 g/mol)

$$V_s = Q \times t \times \frac{298}{273 + T} \times \frac{P}{760} \dots\dots (\text{식 } 3)$$

여기서,

Vs : 표준상태로 환산한 대기시료의 양(L)

Q : 채취한 대기시료의 흡입속도(L/분)

T : 시료 채취 시 온도(℃)

P : 시료 채취 시 압력(mmHg)

$$m = Cx \times Vx \dots\dots\dots (\text{식 } 4)$$

여기서,

m : 검량선에서 계산된 TMA 양(ng)

Cx : 검량선에서 계산된 TMA 농도( $\mu\text{g/L}$ )

Vx : 시료 채취용액의 전체부피(mL)

## 2.3 분석 기기

### 2.3.1 온도계

테트라 백의 온도는 OMEGA ENGINEERING社  
의 OMEGASCOPE™(Model No. OS2101)를 이용  
하여 측정하였다.

### 2.3.2 GC/NPD

GC는 VARIAN社의 CP-3800을 이용하였으며,  
detector는 Nitrogen Phosphorus Detector (NPD)  
를 사용하였다.

## 3. 시료 전처리 및 분석 조건

### 3.1 SPME-모세관 컬럼 GC/NPD법

20ml 用 바이알에 TMA 표준용액 4ml를 넣  
고 PTFE/Silicone 재질의 격막이 있는 마개로 밀  
봉한 후 50% NaOH 수용액 5ml를 주사기로 주입  
하였다. 시료와 NaOH 수용액이 담긴 바이알을  
초음파 세척기에 넣고 20분간 반응시킨 후 상  
층부(headspace) 기체층에 SPME 파이버를 15  
분간 노출시켰다. SPME 파이버를 250℃로 가열  
된 GC 주입구에 주입한 후 3분간 탈착 시켜  
GC 분석을 실시하였으며, 분석조건은 Table 2.  
와 같다.

Table 2 . Analytical Conditions of SPME-GC/NPD  
for TMA analysis

Instrument	Component	Condition
SPME	Fiber	75 $\mu\text{m}$ Carboxen/PDMS
	Adsorption	15min
	Desorption	3min
GC/NPD	Column	CP-Volamine 60m $\times$ 0.32mm
	Column flow	2.0ml/min
	Oven	100℃(10min)
	Injector	250℃(split ratio 5:1)
	NPD detector	250℃

### 3.2 SPT-모세관 컬럼 GC/NPD법

SPT(Sample Preconcentration Trap)는 가스  
상의 시료를 저온 농축하기 위한 장치이다. SPT  
내부는 glass bead 또는 흡착제로 충전되어 있  
으며, LN<sub>2</sub>나 LCO<sub>2</sub>를 이용하여 trap(Volume $\approx$   
400ml) 내부 온도를 저온으로 유지시켜 시료를  
농축하게 된다. 시료 농축 후 trap은 40℃/sec

정도의 빠른 속도로 가온된 후 GC 모세관컬럼에 주입되어 분석되어진다. SPT는 전처리과정에서 발생될 수 있는 시료 손실의 가능성을 없앨 수 있고 분석 과정이 간단하고 분석 시간이 단축될 수 있는 장점이 있다.

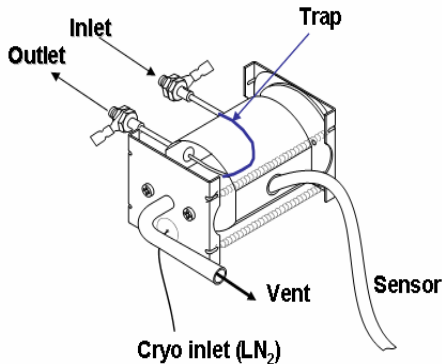


Fig. 1. Schematic diagram of SPT

분석시 가스 상 TMA는 SPT trap이 LN<sub>2</sub>로 저온으로 유지된 후 4분동안 농축되게 하였다. 이 때 온도는 -150℃로 하였는데 이는 TMA의 어는점이 약 -117℃로써 -140℃ 이하에서는 TMA가 완전히 농축되지 않고 일부가 유실되기 때문이다<sup>4)</sup>. 이렇게 농축된 시료는 trap이 40℃/sec 정도의 빠른 속도로 가온되면서 탈착되어 GC 모세관컬럼에 주입되어 분석되어진다. 분석조건은 Table 3.과 같다.

Table 3. Analytical Conditions of SPT-GC/NPD for TMA analysis

Instrument	Component	Condition
SPT	Type	glass bead (LN <sub>2</sub> )
	Temp.	-150℃
	Time	4min
GC/NPD	Column	CP-Volamine 60m × 0.32mm
	Column flow	2.0ml/min
	Oven	50℃(7min)→ 10℃/min(5min)→ 20℃/min(6min)→ 220℃(9min)
	Injector	240℃(split ratio 5:1)
	NPD detector	250℃

### III. 결과 및 고찰

#### 1. SPT 회수율 시험

SPT-모세관 컬럼 GC/NPD법을 적용하기 위해서는 SPT에서 시료의 농축이 효과적으로 수행되어야 하며 이를 평가하기 위해 회수율 시험을 실시하였다. 회수율 시험을 위해 공시료 가스(고순도 질소)를 SPT 시료도입관에 연결하였으며, 공시료 가스를 100ml/min의 속도로 4분간 농축시키는 중(Dynamic flow 상태)에 gas tight syringe를 이용하여 TMA 표준가스를 서서히 주입(Line injection)하였다. 이를 GC injector에 바로 주입한 경우(Direct injection)와 비교하였으며 시료는 각각 TMA 표준가스 10ppm, 0.4ml를 주입하였다. Peak area의 경우 direct injection은 54832, line injection은 52241였으며 회수율이 95.3%로 매우 높은 것으로 확인되었다. 이러한 결과는 SPT에서 일부 시료의 손실이 일어나지만 대부분의 시료가 농축 된다는 것을 나타낸다. 회수율 시험 결과 SPT를 이용한 가스 상 TMA 분석은 유효한 것으로 판단된다.

Table 4. Results of Recovery on SPT-GC/NPD

Case	Peak area
Direct injection	54832
Line injection	52241
Recovery	95.3%

#### 2. 테드라 백의 흡착/탈착 시험

가스 상 시료채취 시 캐니스터나 시료채취 주머니를 사용할 수 있다. 일반적으로 TMA는 흡착성이 매우 크고 불안정하기 때문에 공정시험법에서는 가스 상 시료채취방법을 사용하지 않고 있다. 그러나 일반적으로 약취시료 채취는 준비가 간단하고 편리한 시료채취주머니, 특히 테드라 백을 많이 사용하고 있다. 본 연구에서는 테드라 백을 시료채취방법으로 사용하기 위해 테드라 백에서의 흡착정도를 살펴보고 분석시 안정성이나 회수율을 높이는 방안을 검토하였다.

## 2.1 SPT 시료도입관 흡착/탈착 시험

테드라 백을 이용한 분석 시 SPT 전단부인 시료 도입관에서 가장 먼저 시료의 흡착이 일어날 수 있다. 본 연구에서는 시료도입관의 가운을 통해 탈착을 유도하였으며, 흡착정도를 확인하기 위해 시료도입관 가운 유/무에 따른 영향을 살펴보았다. 시료채취는 테드라 백으로 10ppb 표준가스를 제조한 후 100ml/min 유속으로 4min (400ml) 동안 실시하였다. 분석 결과, 시료도입관을 가운하지 않은 경우 peak area는 약 14,700이었고, 40℃로 가운을 실시한 경우에는 peak area가 16,000으로 증가하였다. 이는 시료도입관에서 일부 시료의 흡착이 일어나고 가운에 의해 흡착된 시료의 탈착 되었다는 것을 나타낸다. 따라서 시료도입관에서의 시료흡착을 줄이기 위해서는 가운시스템이 필요하며 시료도입관의 길이는 가능한 한 짧게 유지해야 할 것으로 판단된다.

## 2.2 테드라 백의 흡착 시험

테드라 백에 10ppb 표준가스를 제조하여 400ml를 채취한 후 SPT-모세관 컬럼 GC/NPD법으로 분석하여 경과시간에 따른 peak area 변화를 살펴보았다. 경과시간은 0에서 144hr까지 조절하였다. TMA가 일반적으로 불안정하기 때문에 테드라 백에서 농도변화가 클 것이라는 예상과 달리 0hr에서 144hr까지 경과시간에 따른 농도변화는 거의 없었다. 흡착시험 결과 TMA가 테드라 백 내에서 비교적 안정적이라는 것을 확인하였다.

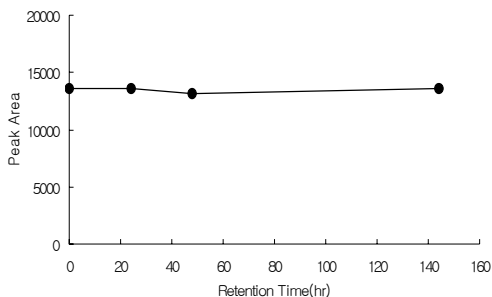


Fig. 2. Variation of Peak Area by Retention Time

시료가 주입된 절대량으로 살펴볼 때 테드라 -백의 흡착 시험과 회수를 시험에 주입된 TMA량은 4nl로 동일하다. 그러나 Fig. 2.와 Table 4.의 결과를 비교해 보면 peak area가 54832 (direct injection)에서 약 14,000 정도로 크게 감소한 것을 확인할 수 있으며, 이는 TMA가 테드라 백에 상당량 흡착된다는 것을 나타낸다. 또한 peak area가 초기(0hr)부터 크게 감소하였기 때문에 시료도입과 동시에 테드라 -백에 빠르게 흡착 된다는 것을 알 수 있다. 따라서 시료채취방법으로 테드라 백을 이용할 경우 분석 시 흡착된 TMA를 탈착하기 위한 방안이 필요하다고 판단된다.

## 2.3 테드라 백의 흡착시 수분의 영향

테드라 백 흡착시험과 동일한 조건으로 표준가스 제조 및 시료채취를 실시하였다. 테드라 -백에 주입될 수분의 양은 이상기체 상태 방정식( $PV=nRT$ )과 온도에 따른 수증기압을 적용해 산정하였다. 상대습도는 3차 증류수를 이용해 0%에서 100%까지 단계적으로 조절하였으며, 결과를 Fig. 3.에 나타내었다. 상대습도 0%에서는 peak area가 약 14,000 정도였으며, 상대습도 100%에서는 약 2,500 이었다. 테드라 백 내의 상대습도, 즉 수분의 양이 증가함에 따라 peak area가 단계적으로 감소하는 반비례 관계를 나타내었으며, 이는 TMA가 물에 흡수는 경향이 크기 때문인 것으로 판단된다.

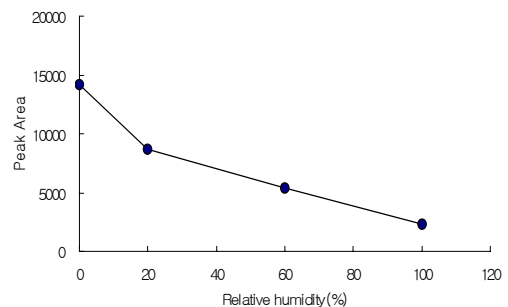


Fig. 3. Effect of Relative Humidity on Tedlar Bag



## 2.4 테드라 백의 탈착 시험

테드라 백을 가온시켜 탈착을 유도하였으며 온도에 따른 peak area 변화를 살펴보았다.



Fig. 4. Before Tedlar bag and Line heating on SPT-GC/NPD

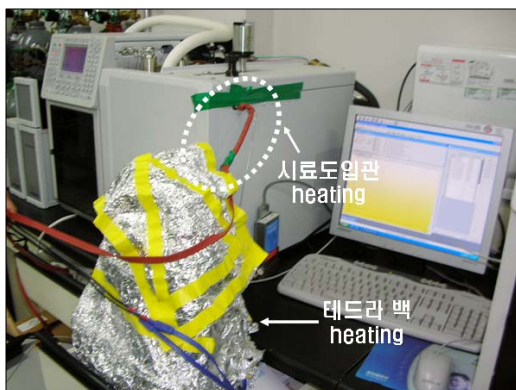


Fig. 5. After Tedlar bag and Line heating on SPT-GC/NPD

가온을 위해서 열선이나 열 밴드를 이용하였으며, 테드라 백의 온도는 20℃에서 70℃까지 단계적으로 조절하였고, 시료채취량은 10ppb, 400ml로 하였다. 이 때 시료도입관은 40℃로 일정하게 유지하였다. 측정결과, peak area는 약 16,000(at 20℃)에서 26,000(at 70℃)까지 단계적으로 증가하였으며, 온도와 peak area는 정비례 관계를 나타내었다. Direct injection (Table 4.)을 기준으로 한 회수율은 30%에서 50%로 약 20% 증가한 수치를 보였다.

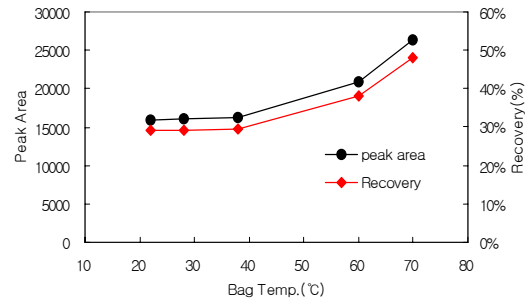


Fig. 6. Variation of Peak Area and Recovery by Bag Temp.

가온시스템에 의한 온도증가가 분석에 항상 긍정적인 영향만을 미친 것은 아니었다. 백의 온도를 60℃ 이내로 유지한 경우에는 거의 없었으나 70℃로 유지한 대부분의 결과에서 peak가 분리되는 현상이 발생하여 오히려 분석에 역효과를 나타내었기 때문이다. 따라서 테드라 -백을 가온시켜 분석을 수행할 경우에는 백의 온도를 60℃ 이하로 유지하는 것이 적절할 것으로 판단된다. 가온시스템의 적용은 백 내의 조건을 일정하게 유지시킴으로써 분석 시 재현성을 높이고 탈착을 유도하여 회수율을 향상시킬 수 있는 장점이 있다고 사료된다.

탈착실험 결과, 테드라 백을 가온시켜 온도를 상승시킬 경우 탈착을 완전하게 유도할 수는 없었으나 상당부분 개선이 가능하다는 것을 확인할 수 있었고, 분석 시 백의 가온 뿐만 아니라 SPT 시료도입관의 가온도 필요하며 시료도입관의 길이는 가능한 한 짧게 유지해야 할 것으로 보인다.

## 3. 직선성 비교

공정시험법에서 직선성은 1~20μg/L 범위에서  $r^2=0.98$  이상이어야 한다고 규정하고 있다<sup>1)</sup>.

### 3.1 SPME-GC/NPD법

TMA 표준용액에 대한 직선성 결과는 Fig. 7.과 같다. TMA 표준용액을 1.87, 3.7, 18.7μg/L

로 조제하여 측정한 결과, retention time(RT) 5.52min에서 peak area는 각각 9268, 20637, 77139이었다. 또한  $r^2=0.992$ 로써 공정시험방법 내부정도관리범위  $r^2=0.98$ 을 충분히 만족하고 있었다.

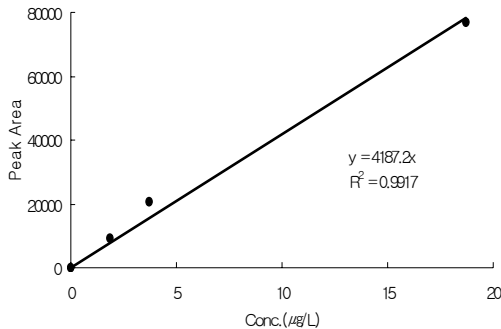


Fig. 7. Calibration Curve of TMA by SPME-GC/NPD

### 3.2 SPT-GC/NPD법

직선성의 경우 공정시험법에서는 액체상 TMA에 한해 규정하고 있으며, 가스상 TMA에 대해서는 규정하고 있지 않다. 일반적으로 직선성 작성 농도 범위는 기타 지역 기준치 정도의 농도이다. 따라서 본 연구에서는 기타지역 기준농도인 5ppb를 기준으로 살펴보았다. TMA 표준가스는 테트라 백을 이용해 20ppb로 조제하였고, 농도변화는 유량을 조절하여 시료채취량을 달리하는 방법으로 하였다. 분석 시 열선을 이용해 테트라 백 온도는 60℃, 시료도입관은 40℃로 유지하였다. 2.5ppb, 5ppb, 10ppb에서의 시료채취량은 20ppb를 기준으로 각각 50ml, 100ml, 200ml이다. SPT 분석결과, RT는 11.59min이었으며, 2.5ppb, 5ppb, 10ppb에서의 peak area는 각각 4847, 10744, 20870이었다.  $R^2$ 는 0.999로써 직선성이 매우 우수한 것으로 나타났으며, 공정시험법 기준( $r^2=0.98$  이상)을 충분히 만족하였다.

SPME-GC/NPD법과 SPT-GC/NPD법 모두  $r^2=0.99$  이상으로 직선성이 매우 우수하였다.

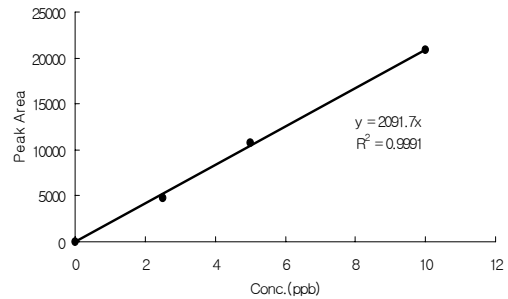


Fig. 8. Calibration Curve of TMA by SPT-GC/NPD

## 4. 재현성 비교

재현성은 5μg/L 수준에서 상대표준편차(RSD%) 10% 이내로 규정하고 있으며, 3회 반복 분석 후 크로마토그램의 peak area와 retention time에 대해 재현성을 확인하도록 하고 있다<sup>1)</sup>.

### 4.1 SPME-GC/NPD법

트리메틸아민 표준용액 3.7μg/L을 SPME 파이버에 농축한 후 GC/NPD로 3회 분석하여 peak area와 RT에 대한 재현성을 확인하였다. 측정 결과는 Table 5.에 나타내었는데, peak area는 RSD 4.50%이었으며, RT는 RSD 0.32%로 재현성이 좋은 것으로 확인되었다.

Table 5. Reproducibility of TMA on SPME-GC/NPD

Run	Peak area	RT(min)
1	20637	5.529
2	22525	5.521
3	21228	5.555
Average	21463	5.535
RSD %	4.50%	0.32%

### 4.2 SPT-GC/NPD법

테트라 백과 SPT를 이용한 재현성 시험은 직선성 시험과 동일한 전처리 조건에서 실시하였다. 재현성의 경우 공정시험법에서 가스 상

TMA에 대한 규정이 없으므로 직선성에서 측정 한 2.5ppb, 5ppb, 10ppb등 3가지 농도에 대해 3회 반복 분석 후 peak area와 RT에 대한 재현성을 확인하였다. Peak area의 경우 2.5ppb, 5ppb, 10ppb에서의 RSD %는 각각 1.6%, 3.0%, 0.5%였고, RT는 모든 농도에서 RSD 0%를 나타내는 등 재현성이 매우 좋은 것으로 확인되었다. 이러한 수치는 공정시험법상의 RSD % 기준(10%)에 적합한 결과이다.

SPME-GC/NPD법과 SPT-GC/NPD법 모두 RSD 10%이하로 재현성이 매우 우수하였다.

Table 6. Reproducibility of TMA on SPT-GC/NPD

2.5ppb	Run	Peak area	RT(min)
	1	5749	11.587
	2	5748	11.591
	3	5591	11.593
	Average	5696	11.590
	RSD %	1.6%	0.0%
5ppb	Run	Peak area	RT(min)
	1	10744	11.579
	2	10861	11.580
	3	11355	11.582
	Average	10987	11.580
	RSD %	3.0%	0.0%
10ppb	Run	Peak area	RT(min)
	1	20870	11.587
	2	20884	11.587
	3	21045	11.588
	Average	20933	11.587
	RSD %	0.5%	0.0%

## 5. 최소검출한계 비교

최소검출한계는 7번 반복 분석 후 이 농도값을 바탕으로 하여 얻은 표준편차에 3.14를 곱하여 산정하도록 하고 있다. 공정시험법상 최소검출한계는 0.5ppb 이하이며 가스 상에 한해 규정

하고 있다<sup>1)</sup>.

### 5.1 SPME-GC/NPD법

TMA 표준용액 4.5µg/L을 조제한 후 SPME를 이용해 7회 분석을 실시하였으며 이에 대한 결과를 Table 7.에 나타내었다. 결과치는(식 2), (식 3), (식 4)를 이용해 가스 상 TMA 농도로 환산하였으며, 이 때 시료채취부피는 50L, 표준상태(25℃, 1기압), 시료채취용액(황산)은 20ml로 가정하였다. 측정 결과, 7회 분석치의 표준편차는 0.051이었으며, 최소검출한계는 0.16ppb로써 공정시험법 기준을 만족하는 우수한 결과를 나타내었다.

Table 7. Minimum Detection Limit of TMA on SPME-GC/NPD

Run	Conc.(ppb)
1	0.716
2	0.719
3	0.659
4	0.720
5	0.671
6	0.775
7	0.802
Standard Deviation	0.051
MDL	0.16

### 5.2 SPT-GC/NPD법

최소검출한계는 2.5ppb에서의 측정치로 산정하였으며, 농도조제는 10ppb TMA 표준가스를 이용해 시료채취량을 조절하는 방법으로 하였다. 7회 반복 분석치의 평균은 2.55ppb였으며, 최소검출한계는 0.47ppb이었다. 이러한 수치는 공정시험법을 만족하나 현재 시험법인 SPME-GC/NPD법에 비해서는 높은 것으로 나타났다.

Table 8. Minimum Detection Limit of TMA on  
SPT-GC/NPD

Run	Peak area	Conc.(ppb)
1	5749	2.693
2	5748	2.692
3	5591	2.619
4	5645	2.644
5	5118	2.397
6	5201	2.436
7	5008	2.346
Average	5437	2.547
Standard Deviation	317	0.148
MDL	-	0.47

## 6. 악취배출원 분석결과

현장 시료를 대상으로 SPME-GC/NPD법과 SPT-GC/NPD법 간의 분석결과치에 대한 비교를 실시하였다. 대상시설은 관내에 위치한 하수처리장 1개소와 일반적으로 트리메틸아민이 많이 발생하는 곳인 생선내장 처리공장(사료공장) 1개소, 도축처리공장 1개소를 선정하였다. 하수처리장의 경우 폭기조에서 시료를 채취하였고, 생선내장 처리공장의 경우 반제품 야적장 및 원료 저장소에서, 도축처리공장의 경우 폐수처리장 및 계류장에서 시료를 채취하였다. 시료채취는 테드라 백과 황산용액(임핀저법)을 이용하였으며 시료채취조건은 Table 9.와 같다.

Table 9. Conditions of Sampling on TMA

	Volume (L)	Temp. (°C)	Pressure (mmHg)
하수처리장(폭기조)	50	1.7	770
도축공장	폐수처리장	50	11.5
	계류장	50	4.5
생선공장	반제품 야적장	50	12.0
	원료 저장소	20	11.2

측정결과는 Table 10.에 나타내었는데, 하수처리장에 비해 도축처리공장과 생선내장 처리공장에서 높은 농도로 검출되었다. 도축처리공장의 경우 폐수처리장보다는 계류장에서 높게 나왔으며, 이는 계류장에 있는 분뇨의 부패에 의한 것으로 판단된다. 생선내장 처리공장의 경우 원료저장소에서 높게 검출되었으며, 원료 저장과정에서의 부패 및 침출수의 발생 그리고 실내에 위치하고 있어 반제품 야적장에 비해 환기가 원활하지 않았기 때문으로 판단된다.

Table 10. Results of Analysis by SPT-GC/NPD and  
SPME-GC/NPD

		Conc.(ppb)	
		SPT-GC/NPD	SPME-GC/NPD
하수처리장(폭기조)		0	0.12
도축공장	폐수처리장	2.38	0.44
	계류장	2.36	1.68
생선공장	반제품 야적장	0.35	0.14
	원료 저장소	39.89	16.66

두 방법을 비교해 보면, 하수처리장 폭기조를 제외한 모든 시료 분석에서 SPME-GC/NPD법보다 SPT-GC/NPD법이 2~6배 정도 더 높은 농도로 검출되는 경향을 보였다. 이에 대한 원인은 SPT법에서 검량선 작성을 위해 사용한 테드라 백내의 TMA 농도가 고농도여서 흡착되는 양이 많았고, 현장시료는 저농도이기 때문에 흡착되는 양이 적어 peak area가 상대적으로 컸다는 가능성을 생각해 볼 수 있다. 그러나 이러한 점은 가능성이며 농도가 높게 검출되는 명확한 결론을 내리기 어려웠다. 향후 대상시설과 분석횟수를 늘려 이에 대한 추가적인 연구가 필요하다고 판단된다.

## 7. 문제점 및 토의

테트라 백을 이용한 SPT-GC/NPD법은 전처리과정 없이 시료를 기체상으로 바로 분석할 수 있어 분석이 간단하고 분석과정에서 일어날 수 있는 시료의 손실 가능성을 배제할 수 있다는 장점이 있으나 시료채취과정에서 백에서의 흡착이 발생하여 분석 시 회수율의 감소를 가져오는 단점이 있었다. 그러나 이러한 단점은 캐니스터를 이용한 시료채취나 분석 시 가온시스템의 적용으로 상당부분 개선이 가능하다고 판단된다.

SPT-GC/NPD법의 경우 표준가스를 대상으로 하는 실험실 조건에서는 직선성과 재현성이 우수하여 공정시험법 기준을 충족하였으나 현장시료에 대한 측정치가 현행 공정시험법인 SPME-GC/NPD법보다 2~6배 정도 높게 검출되는 문제점을 나타내었다.

따라서, 현 단계에서는 테트라 백을 이용한 SPT-GC/NPD법을 분석방법으로 적용하기에는 어렵다고 판단되며, 향후 위와 같은 문제점이 보완된다면 TMA의 분석방법으로도 사용할 수 있으리라 사료된다.

## IV. 결 론

트리메틸아민의 고체상미량추출(SPME) 및 저온시료농축(SPT) 분석방법 비교 실험 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. SPT를 이용한 저온시료농축방법의 회수율이 95.3%로써 매우 우수하였으므로 SPT를 이용한 가스 상 TMA의 분석은 가능하다고 판단된다.
2. 시료채취 시의 테트라 백과 분석 시 SPT 시료 도입관에서 TMA의 흡착이 일어나는 것으로 나타났으며, 가온시스템을 적용할 경우 백 및 시료 도입관이 가온되어 흡착된 TMA

의 탈착이 상당부분 가능하였으나 완전한 탈착은 불가능하였다. 그리고 백 내에서 수분의 양과 흡착되는 양은 정비례 관계인 것으로 확인되었다.

3. SPME-GC/NPD법의 경우 직선성은 1~20μg/L 범위에서 상관계수( $r^2$ )는 0.992, 재현성은 3.7μg/L에서 peak area 및 RT의 RSD가 각각 4.5%, 0.32%였고, 최소검출한계는 0.16ppb로 우수한 결과를 나타내었다.
4. SPT-GC/NPD법의 경우 직선성은 2.5~10ppb 범위에서 상관계수( $r^2$ ) 0.999, 재현성은 peak area, RT 모두 RSD 3.0%이하였으며, 최소검출한계는 0.47ppb로 공정시험방법의 기준을 만족하고 있다.
5. 현장시료 비교 분석결과, SPME-GC/NPD법보다 SPT-GC/NPD법에서 2~6배 정도 더 높은 농도로 검출되는 문제점을 나타내었다.
6. SPT-GC/NPD법의 경우 표준가스를 대상으로 하는 실험실 조건에서는 직선성과 재현성이 우수하였으나 현장시료에 대한 측정치가 현행 공정시험법인 SPME-GC/NPD법보다 높게 검출되기 때문에 현 단계에서는 분석방법으로 적용하기 어렵다.
7. 향후 테트라 백 내에서의 흡착문제와 현장시료에 대한 검증이 보완된다면 SPT-GC /NPD법을 TMA의 분석방법으로 사용할 수 있다고 판단된다.

## V. 참고문헌

1. 국립환경과학원, 악취공정시험방법, (국립환경과학원고시 제2005-4호), 2005
2. The MERCK INDEX thirteenth edition, MERCK & CO., INC, pp 9781, 2001
3. 전의찬, 이성호, 사재환, 박종호, 생활폐기물 매립장에서 발생하는 트리메틸아민의 분석 및 배출 특성, 2003 추계학술대회 논문집, 한

- 국대기환경학회, pp 349~350, 2003
4. 전의찬, 사재환, 박종호, Cryo Trap를 이용한 대기 중 트리메틸아민 분석, 2004 추계 학술대회 논문집, pp 312~313, 2004
  5. 허귀석, 유연미, 김용두, SPME-Capillary /GC-NPD에 의한 공기 중 극미량 트리메틸아민 악취측정법 개발, 한국냄새환경학회지, 3. 2, pp 99~108, 2004
  6. 최성우, 안상영, 악취 오염 개론, 동화기술, 2005
  7. Consuelo C. P., Rosa H. H., Pilar C. F., Selective determination of trimethylamine in air by liquid chromatography, Journal of Chromatography A, Volume 1042, pp 219~223, 2004
  8. Jacek N., Anna J., Bogdan Z., Determination of volatile aliphatic amines in air by solid-phase microextraction coupled with gas chromatography with flame ionization detection, Journal of Chromatography A, Volume 1016, pp 1~9, 2003
  9. Y. C. Chien, S. N. Uang, C. T. Kuo, T. S. Shin, J. F. Jen, Analytical method for monitoring airborne trimethylamine using solid phase micro-extraction and gas chromatography-flame ionization detection, Analytica Chimica Acta, Volume 419, pp 73~79, 2000
  10. Graham A. Mills, Valerie Walker, Hyekal Mughal, Quantitative determination of trimethylamine in urine by solid-phase microextraction and gas chromatographymass spectrometry, Journal of Chromatography B : Biomedical Sciences and Applications, Volume 723, pp 281~285, 1999

# 약수의 건강성분에 관한 토사연구

이 영, 민왕기, 이정자, 김오목, 이병옥, 민성은, 정유진  
수질보전과

## A study on the natural mineral water concerned with health

Y.LEE, W.G.MIN, J.J.LEE, O.M.KIM, B.O.LEE, S.E.MIN, Y.J.JUNG  
Division of Water Quality Conservation

### Abstract

This study was carried out to evaluate the natural mineral water(Yaksu) concerned with health. In order to investigate the safety of water and get the value of mineral balance index, we analyzed 46 items of drinking water quality standard and main minerals for 75 samples of natural mineral water in Incheon.

In the 62.7% of natural mineral water(47 of 75 samples), microorganism(total colony and coliform) items were detected but the other items were acceptable for drinking water standard.

In case of mineral contents, the level of Ca, which is good for health as high, was 7.61mg/L by average. Compared with other water type, such as mineral water(22.62mg/L) and tap water(18.41mg/L), the level of Ca in natural mineral water was low. In all types of water, the level of Na was detected in similar level(Natural mineral water : 5.53mg/L, Mineral water : 6.91mg/L, Tap water : 4.91mg/L).

We could perform the grouping of water using the value of mineral balance index(K index, O index), which was calculated from the contents of minerals. In 75 samples of natural mineral water, 38 samples(50.7%) were III group(Delicious water). The other samples were categorized in the order of IV group(water free from identification with any group, 28), I group(Healthy and delicious water, 5) and II group(Healthy water, 4).

## I. 서 론

약수란 오염되지 않은 자연 그대로의 물로, 산소가 충분히 녹아있고 미네랄 및 중탄산 등 각종 성분이 적당량 들어있는 깨끗하고 시원한 용

천수를 말한다. 대부분의 약수들은 갈라진 바위 틈이나 땅속으로 스며든 빗물에 각종 광물질이 용해되어 흐르다가 암반층을 만나면 그곳에 모여서 지하수 표면을 형성하고, 흙과 암석사이의 미세한 틈사이의 모세관 작용으로 지표로 다시

솟아나는 것이 일반적이다. 하지만 현재 대도시 중 자연녹지 지역의 등산로나 공원등에 분포하고 있는 자연샘을 일반인 사이에서는 약수라고 지칭하고 있으며, 이 약수의 행정적 명칭은 먹는물 공동시설이라 한다.

먹는물 공동시설의 정의는 다수인에게 먹는 물을 공급할 목적으로 개발하였거나 자연히 형성된 약수터, 샘터 및 우물 등을 말하며 먹는물 공동시설중 이용인구가 50인 이상으로 구청장이 지정한 시설을 말한다.

약수터에 대한 수질관리는 1990년부터 “약수터 위생관리지침”에 의하여 1일 평균 50인 이상 이용하는 시설에 수질검사를 실시하여 위생관리를 실시하여왔다. 특히 주변 야산이나 녹지 지역에 위치하고 있는 웅달샘 물을 많은 사람들이 약수라고 이용하게 됨에 따라 위생적인 관리가 필요하게 되었고 특히, 이러한 웅달샘의 관리소홀과 주변환경의 불량으로 각종 미생물 오염에 노출되고 있는 것으로 밝혀져 시설관리 및 수질검사의 필요성이 더욱 커지고 있는 실정이다. 이런 현실에서 인구증가와 산업발전에 따른 오염물질 배출량이 증가하여 자연환경의 훼손으로 인한 생태계의 변화로 지하수 오염을 증가 시키고 있어 환경에 중요한 문제를 일으키고 있는 반면, 우리의 삶에 질에 대한 욕구는 증가하여 특히 질 좋은 먹는물을 찾고자 하는 노력이 커지는 등 인간의 생활과 생존에 없어서는 안 될 물에 대한 관심이 고조되고 있는 실정이다. 또한 상수도 수질의 안전성에 대한 문제가 제기됨으로써 시민들이 수돗물에 대한 불신이 높아져 지하수 개발을 통한 먹는샘물의 보급확대 등 등산로, 근린공원등에 위치한 약수터등 먹는물이 공동시설을 이용하는 인구가 증가하여 약수터의 수질 안전성 확보가 중요한 문제로 대두되고 있다.

본 연구의 목적은 인천시에 분포되어있는 먹는물 공동시설을 대상으로 먹는물 수질기준에 따른 수질실태의 평가와 함께 건강에 유익한 주요미네랄 성분에 대하여 맛있고 건강한 물에

대한 지표를 설정하여 먹는물로써의 새로운 평가 방법을 제시하고 약수의 효용성 증대와 물에 대한 인식전환을 꾀하여 시민들의 건강에 기여하고자 하는데 있다.

## II. 재료 및 방법

### 2.1 조사대상 및 기간

인천지역에서 군·구에서 관리하고 있는 먹는물 공동시설 69개소와 동부공원사업소에서 관리하는 6개소를 포함한 총 75개소와 약수의 건강성분에 대한 비교분석을 위하여 국내시장 중 대리점, 대형유통업소등에서 시판되고 있는 수원지가 각기 다른 먹는샘물 제품수 23종, 인천시 3개 정수장의 수돗물정수 및 전국 유명 약수터 5개소(조정, 개인, 오진, 오색, 달기약수)를 선정하여 조사하였다. 채수기간을 보면 약수 75개 지점은 2005년 9월에 채수하여 분석하였고, 먹는샘물 23종은 2005년 4월에 수거된 시료를 분석하였다. 또한 인천시 3개 정수장에 대한 수돗물 및 전국 3개 유명약수는 10월에 채수하여 조사하였다.

Table 1에는 본 조사에서 조사대상으로 선정한 약수터 현황을 나타내었다.

### 2.2 분석항목 및 방법

먹는물 수질기준 46항목은 먹는물공정시험법에 준하여 분석하였고, 미네랄 성분(Ca, Mg, Na, K, SiO<sub>2</sub>)은 일본상수시험방법에 준하여 분석하였다<sup>4)</sup>. 먹는물 수질기준 항목 중 주요 항목과 미네랄 분석에 사용된 방법과 기기는 Table 2와 같다.



Table 1. Sampling location of natural mineral water in Incheon area

구 분	번호	약수터명	소 재 지	구 분	번호	약수터명	소 재 지
강화군	Y-1	남 산	강화읍 신문리 산 14-1	부평구	Y-39	철 마	산곡1동 138
	Y-2	오 읍	강화읍 대산리 산 129-1		Y-40	선 포	산곡동 37-1
	Y-3	찬 우 물	선원면 창리 산 125		Y-41	용 포	부평2동 산 2-2
	Y-4	하 우	양도면 삼흥리 산 105		Y-42	백 조	일신동 64-1
	Y-5	은 수 물	강화읍 관청리 944-1		Y-43	부 령	부평2동 산 54-1
	Y-6	선 학 골	강화읍 남산리 944-1		Y-44	매 곡	산곡동 산 146-1
	Y-7	마 니 산	화도면 상방리 863-2		Y-45	산 봉	산곡동 산 98
계양구	Y-8	효 성	효성1동 산 39	서 구	Y-46	석 천	산곡1동 179
	Y-9	계 양	계산2동 산 52		Y-47	불로(서구)	불로동 산59-1
	Y-10	한 구 명	방축동 산 47		Y-48	검 암	검암동 71-3
	Y-11	산 성	방축동 산 83-41		Y-49	동 우	가정2동 산 9-2
	Y-12	두 구 명 1	방축동 산 83		Y-50	가 정	가정3동 산 143
	Y-13	두 구 명 2	방축동 산 83		Y-51	석 남 2	석남3동 산 7
	Y-14	다 남	다남동 산65-1		Y-52	석 남 3	석남3동 산 12
남 구	Y-15	스 승	학익동 산 27	연수구	Y-53	천 마	가좌3동 산 14
	Y-16	학 천	학익동 산 92-1		Y-54	가 현	마전동 산 49
	Y-17	인 학	학익동 산 68-2		Y-55	태 정	대곡동 산 193
	Y-18	연 경 산	학익동 산 68-2		Y-56	허 암	검암동
	Y-19	광 장	학익동 산 68-2		Y-57	호 불 사	옥련동 산 65-2
	Y-20	문 학	문학동 산 17-2		Y-58	병 풍 바 위	청학동 산 51
	Y-21	할아버지	학익동 산 68-2		Y-59	포 망 골	청학동 산 55-20
남동구	Y-22	할 머 니	학익동 산 68-2		Y-60	팔 각 정	청학동 산 22기
	Y-23	오 봉 1	도림동 산 48-1	동 부 공 원 사업소	Y-61	선 학	선학동 산 44-4
	Y-24	오 봉 2	도림동 산 48-1		Y-62	청 학 사	청학동 산 22
	Y-25	오 등	서창동 산 2-1		Y-63	베 겿 골	선학동 71-1
	Y-26	바 가 지	만수2동 산 1-2		Y-64	산 우 물	동춘동 189번지
	Y-27	감 로 천 1	만수2동 산 1-2		Y-65	뱀 사 골 1	청학동 산 58-1
	Y-28	감 로 천 2	만수2동 산 1-2		Y-66	범 바 위	청학동 산 44-4
	Y-29	은 행	만수3동 산 2-2		Y-67	오 부 자	청학동 산 55-4
	Y-30	불 로	만수3동 산 2-2		Y-68	청 우	청학동 산 38
	Y-31	범아가리	논현동 산66번지		Y-69	흥 룬 사	동춘동 산 14
	Y-32	약 사 사	간석3동 산 3번지		Y-70	관 모	장수동 산89
	Y-33	귀 성	장수동 제9공수여단		Y-71	거 수 골	장수동 산85
	Y-34	만 월 산	간석3동 산 27-1		Y-72	아 카 시 아	장수동 243
	Y-35	송 수 천	만수2동 산 1-2		Y-73	밤 골	장수동 산78
	Y-36	천 한	논현동 산 33번지		Y-74	외 곡	장수동 207
부평구	Y-37	양 묘	청천동 152-1		Y-75	양 묘	장수동 203
	Y-38	청 천	청천1동 55-110				

Table 2. Analysis items and instruments

Items	Analytical method	Instrument
Ca, Na, K, Mg,	ICP/MS	ICP/MS(Agilent 7500i)
SiO <sub>2</sub>	UV Spectrometer	UV (Varian Cary 300)
F <sup>-</sup> , Cl <sup>-</sup> , NO <sub>3</sub> -N, SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Ion Chromatography	I.C (Metrohm)

### Ⅲ. 결과 및 고찰

본 조사연구를 통하여 중점적으로 검토하고자 한 내용은 먹는물 공동시설의 수질기준에 따른 적합여부를 조사하여 수질의 안전성을 평가하고, 약수중에 인체에 이로운 건강성분을 평가하기 위하여 주요 미네랄 성분인 Ca, Mg, Na, K, SiO<sub>2</sub>에 대한 함유량을 조사하였고, 먹는샘물, 수돗물 정수 및 전국 5개 유명약수의 분석도 병행하여 비교 분석하여 약수에서 섭취 가능한 미네랄의 양을 추정하고 맛있고 건강한 물의 지표지수를 통한 물에 대한 평가를 나타내고자 한다.

#### 3.1 약수의 주요항목에 대한 결과 및 안전성 평가

인천 관내 약수터에 대한 먹는물 수질검사 46항목을 분석하여 주요항목에 대한 분석과 수질기준 적합여부를 조사하였고, 주요 항목에 대한 검사결과를 Table 3에 나타내었다.

본 연구의 조사결과를 보면 총 75개 지점에서 부적합한 지점은 47개 지점으로 62.7%의 높은 부적합율을 보였다. 이는 강수량이 집중되는 7월에서 9월 사이가 오염원의 유입이 많아 현저하게 높은 부적합율을 나타내는 기간으로 2005년 전체 부적합율인 43.4%와 비교하여 높은 수치를 나타내었다. 부적합 항목을 보면 전체 초과지점에서 미생물 오염인 일반세균, 대장균군에 항목에 제한되어 있으며, 일반세균의 기준인 100CFU/ml 이하를 초과한 것은 전체 조사건수 75건중에 7건으로 나타났고, 대장균군군

에 의한 부적합이 총 47건으로 전체 부적합지점 모두 총대장균군에서 양성으로 검출되었다. 그 중 분원성대장균군이 검출된 지점도 13개 지점으로 약수터 관리소홀과 주변환경의 청결 부족으로 각종 미생물 오염에 노출되고 있는 것으로 밝혀져 시설관리 및 수질검사의 필요성이 더욱 필요한 실정이다.

약수터의 주요 오염원인인 대장균군은 사람이나 포유동물의 대장속에 살고 있는 세균으로, 물속에 대장균군이 검출된다는 것은 사람의 분뇨나 포유동물의 배설물을 통해서 유입되는 것이 일반적이다. 일반세균은 자신의 번식을 위해 탄소원으로 유기 화합물을 이용하는 종속영양세균의 일부로서 사람의 체온과 비슷한 35℃에서 생장하는 세균을 총칭한다. 대부분의 먹는물공동시설로 되어있는 약수터는 자연녹지 지역에 분포하므로 인위적인 특별한 오염원이 존재하지 않는다. 따라서 대장균을 비롯한 세균류에 의한 오염의 원인은 시설주변에 서식하는 야생짐승들의 배설물의 유입을 고려할 수 있다. 먹는물 공동시설의 대부분이 인적이 드문 산지에 분포하므로 여러 종류의 야생동물들이 서식할 수 있는 자연환경을 갖추고 있다. 아울러 시설의 대부분은 등산로를 따라 분포하는 자연샘이거나 심도가 얇은 우물로 형태로 순환주기가 짧은 천부지하수이다. 즉, 강수가 지하로 침투한 후 토양층과 풍화대를 거쳐 암반 심부까지 긴 유동경로를 가지지 않고 얇은 심도를 거친후 지표면을 통해 다시 솟아나므로 만약 지표부에 오염물의 존재한다면 그것의 유입이 매우 쉽게 진행될 것이다. 특히 강수량이 집중되는 장마기간에는 지표부의 오염물이 보다 빠른 속도로 유입될 수 있을 것이다.

Table 3. The results of natural mineral water contents analysis in each sites (1)

	일반 세균	총 대장균군	분 원 성 대장균군	NH <sub>4</sub> -N	NO <sub>3</sub> -N	KMnO <sub>4</sub> 소비량	증 발 잔류물	경도	pH	F <sup>-</sup>
기준	100	불 검 출	불 검 출	0.5	10	10	500	300	5.8 -8.5	1.5
Y-1	0	불 검 출	불 검 출	ND	0.6	1.1	40	15	6.1	ND
Y-2	27	불 검 출	불 검 출	ND	1.3	1.0	62	21	6.1	ND
Y-3	20	불 검 출	불 검 출	ND	1.2	0.9	77	17	6.3	ND
Y-4	0	불 검 출	불 검 출	ND	1.0	0.6	75	17	6.4	ND
Y-5	0	불 검 출	불 검 출	ND	1.7	0.8	82	29	6.2	ND
Y-6	34	불 검 출	불 검 출	ND	1.6	1.3	74	16	5.9	ND
Y-7	24	불 검 출	불 검 출	0.1	0.7	0.8	56	17	5.8	ND
Y-8	23	검 출	불 검 출	ND	1.5	1.2	76	22	6.3	ND
Y-9	30	검 출	불 검 출	ND	0.9	0.8	54	12	6.4	ND
Y-10	21	검 출	불 검 출	ND	0.7	0.7	90	19	6.2	ND
Y-11	23	검 출	불 검 출	ND	1.4	1.7	55	14	6.5	ND
Y-12	20	검 출	불 검 출	ND	1.2	1.1	70	34	6.2	ND
Y-13	25	검 출	불 검 출	ND	1.6	1.3	73	34	6	ND
Y-14	22	검 출	불 검 출	ND	1.3	1.8	53	13	5.8	ND
Y-15	3	불 검 출	불 검 출	ND	6.4	0.8	136	47	6.2	ND
Y-16	28	검 출	불 검 출	ND	3.6	0.9	98	27	6	ND
Y-17	23	검 출	불 검 출	ND	3.3	0.7	136	56	6	ND
Y-18	13	불 검 출	불 검 출	ND	5.5	1	114	33	6	ND
Y-19	160	검 출	불 검 출	ND	4.1	1.2	145	64	6.3	ND
Y-20	330	검 출	불 검 출	0.27	5.3	1.2	157	40	6.3	ND
Y-21	10	불 검 출	불 검 출	ND	4.5	1.2	132	48	5.9	0.2
Y-22	2000	검 출	불 검 출	ND	5.0	1.3	145	48	6.1	ND
Y-23	30	검 출	검 출	0.03	0.4	0.5	58	22	6.8	ND
Y-24	3	불 검 출	불 검 출	ND	0.5	0.6	52	15	6.3	ND
Y-25	0	불 검 출	불 검 출	ND	3.4	1.2	93	34	6.4	ND
Y-26	290	검 출	검 출	0.01	2.4	0.8	81	22	6.1	ND
Y-27	20	검 출	검 출	ND	1.8	1.0	80	18	6	ND
Y-28	25	검 출	검 출	ND	2.3	1.1	80	16	6.3	ND
Y-29	25	검 출	검 출	ND	3.4	1.3	101	24	6.3	ND
Y-30	32	검 출	검 출	ND	4.7	1.3	93	25	6	ND
Y-31	21	검 출	검 출	ND	5.3	1.2	94	46	6.1	ND
Y-32	21	불 검 출	불 검 출	ND	1.7	1.5	106	36	6.4	ND
Y-33	2	불 검 출	불 검 출	ND	3.6	1.2	110	39	6.2	ND
Y-34	22	검 출	검 출	0.02	0.9	1.1	66	19	5.8	ND
Y-35	28	검 출	검 출	ND	2.7	1.0	85	14	6.5	ND
Y-36	32	검 출	검 출	ND	5.1	1.4	124	30	6.1	ND
Y-37	30	검 출	불 검 출	0.03	3.1	0.9	54	39	5.9	ND

Table 3. The results of natural mineral water contents analysis in each sites (2)

	일반 세균	총 대장균군	분 원 성 대장균군	NH <sub>4</sub> -N	NO <sub>3</sub> -N	KMnO <sub>4</sub> 소비량	증 발 잔류물	경도	pH	F <sup>-</sup>
기준	100	불 검 출	불 검 출	0.5	10	10	500	300	5.8 -8.5	1.5
Y-38	21	검 출	불 검 출	0.04	2.6	1.2	94	46	6.4	0.6
Y-39	0	불 검 출	불 검 출	0.09	3.4	1.1	67	42	6	ND
Y-40	21	검 출	불 검 출	ND	0.5	0.8	123	83	7.9	ND
Y-41	23	검 출	불 검 출	0.01	6.1	1.1	115	50	5.9	ND
Y-42	57	검 출	검 출	0.23	1.9	1.3	89	29	6.1	ND
Y-43	26	검 출	검 출	0.01	3.6	1.2	172	72	6.6	ND
Y-44	23	검 출	불 검 출	ND	2.2	1.3	109	36	5.8	ND
Y-45	30	검 출	불 검 출	ND	2.5	1.3	138	34	5.9	ND
Y-46	26	검 출	불 검 출	ND	3.9	1.2	178	68	6.1	ND
Y-47	14	불 검 출	불 검 출	ND	0.3	1.2	312	17	6.2	ND
Y-48	0	불 검 출	불 검 출	ND	6.7	1.4	142	54	6.6	ND
Y-49	11	검 출	불 검 출	ND	1.3	0.7	79	23	6.3	ND
Y-50	0	불 검 출	불 검 출	ND	4.2	0.4	115	21	6.3	ND
Y-51	12	검 출	불 검 출	ND	2.9	1.5	109	38	6.4	ND
Y-52	0	불 검 출	불 검 출	ND	3.9	0.9	105	31	5.9	ND
Y-53	4	불 검 출	불 검 출	ND	2.0	0.8	84	23	6.3	ND
Y-54	10	불 검 출	불 검 출	ND	2.7	0.5	100	30	6.5	ND
Y-55	25	검 출	불 검 출	ND	1.2	1.4	61	17	5.9	ND
Y-56	23	검 출	불 검 출	0.01	5.6	1.2	125	41	6.2	ND
Y-57	75	검 출	불 검 출	ND	1.7	1.0	334	28	6.3	ND
Y-58	210	검 출	불 검 출	ND	2.5	1.1	150	39	6.1	ND
Y-59	33	검 출	불 검 출	ND	4.3	1.5	91	35	6	ND
Y-60	0	불 검 출	불 검 출	0.03	5.4	1.3	109	32	6.2	ND
Y-61	31	검 출	불 검 출	ND	3.7	1.3	92	16	6.2	ND
Y-62	36	검 출	불 검 출	0.03	7.6	1.3	191	82	6.4	ND
Y-63	21	검 출	불 검 출	ND	4.3	1.3	156	52	6.2	ND
Y-64	20	검 출	불 검 출	ND	6.7	1.0	182	55	6	ND
Y-65	21	검 출	불 검 출	ND	6.6	1.2	143	42	5.8	ND
Y-66	0	불 검 출	불 검 출	ND	1.2	1.0	131	50	6.5	ND
Y-67	0	불 검 출	불 검 출	0.01	1.3	1.3	73	36	5.9	ND
Y-68	0	불 검 출	불 검 출	0.05	3.6	1.2	125	66	6.4	ND
Y-69	200	검 출	불 검 출	ND	5.7	1.3	209	42	6.2	ND
Y-70	0	불 검 출	불 검 출	ND	2.3	1.1	115	41	6.5	ND
Y-71	18	검 출	검 출	ND	3.7	0.8	99	21	5.9	ND
Y-72	54	불 검 출	불 검 출	ND	0.9	1.3	184	91	7.1	0.7
Y-73	13	검 출	불 검 출	ND	1.9	1.0	79	20	6	0.1
Y-74	220	검 출	불 검 출	ND	3.5	1.0	202	72	6.3	ND
Y-75	0	불 검 출	불 검 출	ND	2.7	1.3	247	78	5.8	ND

먹는물의 수질기준에서 건강상 유해영향 무기물질로 분류되는  $F^-$ ,  $NH_4-N$ ,  $NO_3-N$ 는 각각 1.5mg/l, 0.5mg/l, 10mg/l이하가 요구되며, 조사대상 약수는 이 요구 조건을 모두 만족하였다. 이번 조사결과 약수의 불소 검사결과는 Y-72 (0.7mg/l) > Y-38 (0.6mg/l) > Y-21 (0.2mg/l) > Y-73 (0.1mg/l) 인 4곳에서 먹는물 기준에 적합한 수치로 검출되었으며, 나머지 지점 모두 불검출되었다. 불소는 영구치가 형성되는 성장기인 9세 이하의 어린이가 1mg/l 이상 함유한 물을 마시면 치아의 표층질을 찌르는 병인 반상치가 발생하지만 1mg/l 정도 함유한 물을 항상 마시면 오히려 충치예방 효과가 있는 것으로 알려져 있다. 또한 약수터에서 논이나 밭의 부식토, 비료, 분뇨등에서 나오는 유기물에 의해 검출되는  $NH_4-N$ 는 Y-20지점에서 0.27mg/l, Y-42 지점에서 0.23mg/l로 검출되었으며, 나머지 지점은 불검출~0.1mg/l 이하로 검출되었다.

수중의  $NO_3-N$ 은 대부분이 동물성 유기물질이 세균에 의한 산화분해에 의해  $NH_4-N \rightarrow NO_2-N$ 를 경과하여 생성되는 최종 분해산물로서 비료의 사용, 동·식물의 부패, 생활하수등 유기물 오염의 정도를 나타내는 중요한 물질이다. 본 연구의 조사결과에서는 0.3~7.6mg/l(평균 3.0 mg/l)로 나타났으며, Y-62, Y-64, Y-65, Y-69 지점에서 높게 검출되었고 이는 약수 주변의 등산객 등 사람의 왕래가 빈번한 지역으로 생활오염으로 인하여 알은 지표수 형태의 약수터에 오염원이 유입된 것으로 보인다.  $NO_3-N$ 는 만 1세 이하의 유아가 10mg/l 이상 함유한 물을 마시면 청색증과 호흡곤란 등을 일으킨다는 임상적인 보고가 있다.

먹는물의 수질기준에서 심미적 영향물질로 취급하고 있는 pH, 증발잔류물, 경도,  $KMnO_4$  소비량의 먹는물 기준과 검사결과를 살펴보면 조사대상 약수의 pH는 5.8~7.9(평균 6.2)을 보였고 이는 먹는물의 pH 수질기준인 5.8~8.5에 모두 만족하였다. 증발잔류물과 경도는 각각 40~334mg/l(평균 113mg/l)와 12~91mg/l(평균

36 mg/l)로 검출되었고 먹는물의 수질기준인 각각 500mg/l와 300mg/l 이하에 모두 만족하였다.

경도는 증발잔류물 중에서 미네랄성분인 Ca와 Mg의 양을  $CaCO_3$ 로 환산한 양으로서, 그 양이 너무 크면 물맛에 영향을 주고 설사를 일으키는 것으로 알려져 있으며, 일본의 보건후생성에서 맛있는 물의 조건으로 10~100 mg/l를 권장하고 있고 실험약수 모두 맛있는 물의 조건에 해당되었다. 미국의 캘리포니아 미네랄 맛연구(The California Mineral Taste Study, CMTS)에서는 물맛과 증발잔류물과의 관계에 대한 연구에서 80 mg/l이하인 경우는 물맛이 극히 좋고, 81~450 mg/l에서는 좋으며, 451~760 mg/l는 보통, 761~1,020 mg/l는 나쁘며, 1,021 mg/l이상은 마시기 역겹다고 보고한 바 있다. 실험약수 모두 CMTS에서 물맛이 좋음에 해당되었고 일본의 보건후생성에서 맛있는 물의 권장조건인 30~200 mg/l에도 Y-47, Y-57, Y-69, Y-74, Y-75 지점을 제외하고 모두 해당되었다<sup>10)</sup>.

먹는물 수질기준에서 심미적 영향물질로 취급되는  $KMnO_4$  소비량은 물 속의 산화되기 쉬운 물질에 의하여 소비되는 과망간산칼륨의 양으로서, 그 양이 너무 크면 물맛에 영향을 주고 수인성질병을 일으키는 것으로 알려져 있다. 일본의 보건후생성에서 맛있는 물의 조건으로 3 mg/l이하로 권장하고 있고, 실험약수의 검사결과는 0.4~1.8 mg/l(평균 1.1 mg/l)로 모두 3 mg/l 이하로 맛있는 물의 조건에 해당되었다.

현재 인천의 경우 관내 약수터에 대한 수질 검사는 각 자치단체가 시설 및 수질을 관리하고 있는 약수터에 대해 매월 1회 미생물 항목 등 7개 항목을 검사하고 년 1회 먹는물 수질기준 46항목과 여시니아균 등 세균성미질, 장티푸스항목을 검사한다. 이에 따라 먹는물 적합 또는 부적합을 판정하여 음용가능 여부를 시설앞에 고시하고 있는 정도이다. 약수터 시설의 주된 오염항목인 대장균군 등 세균류에 의한 오염을 방지하기 위해서는 시설주변에 야생동물의 출입을 제한할 수 있는 방호벽이 설치되어

야 할 것이며, 시설주변의 청결상태를 유지하여야 할 것이다. 아울러 장마철이나 강수가 집중되는 기간에는 음용수로 사용을 제한하여 건강에 위해되는 일이 없어야 하며 약수는 공원, 녹지대 등 인위적인 오염이 없는 지역에서 산출되는 중요한 지하수 자원의 일종으로 법적검사를 통한 안전성의 확보가 지속적으로 유지되어야 할 것이다.

### 3.2 미네랄 성분함량 및 수질특성

수중의 미네랄 성분은 세포분열을 활성화하여 세포를 성장시켜 주며, 적정량이 함유되었을 때 물맛을 좋게 하고 따라서 건강에 도움을 줄 수 있다. 우리 인체에 필요한 필수 금속은 하루 약 1.5g 정도이며, 인체의 구성 원소를 존재비에 따라 1일 100mg 이상 요구되는 미네랄은 칼슘, 마그네슘, 나트륨, 칼륨, 인 등이며, 그 이하로 요구되는 미량원소는 철, 망간, 아연, 구리, 규소 등이 있다. 필수금속이 생체에 있어서 필수적인 까닭은 지구상에 원시 단백질이 합성되어 현재의 생물에까지 진화해 온 과정에서 생물체와 접촉되었고 그 자극으로 생체가 진화하였으며, 또한 그 금속을 잘 이용할 수 있게 된 결과라고 할 수 있다. 미네랄과 미량원소는 매우 적은양이지만 물맛에 영향을 주고 이들 무기물질들은 인체 구성에 있어 미네랄 3%, 미량원소 0.5% 밖에 차지하지 않지만 생명현상에 작용하는 필수원소 역할을 하며 특수한 경우 일시에 많은 양을 섭취했을 때 또는 특별한 질병을 앓고 있는 사람이 특정의 미네랄을 많이 섭취할 경우 또 다른 질병을 유발하거나 악화시킬 수도 있다.

약수터별 각 주요 미네랄 성분의 함량과 기타 조사대상의 평균 미네랄 함량수치를 Table 4에 나타내었다.

#### 3.2.1 칼슘(Ca)

체내 칼슘은 체중의 1.5%~2.0%를 차지하고 있으며 불용성염의 형태와 가용성이온의 형태

로 존재한다. 미네랄 중에서 가장 중요한 성분인 칼슘의 약 99%는 주로 calcium phosphate [ $\text{Ca}(\text{PO}_4)_2$ ]로서 골격의 세포간질에 존재하는데 이는 뼈조직을 형성, 유지하는 역할을 하며 나머지 1%는 체액에 존재하는데 이것은 비록 소량이지만 효소의 활성화, 혈액응고, 심장과 신경조직의 활성화, 근육수축 등에 필수적 역할을 한다. 약수의 Ca 함량범위는 0.31~45.77mg/l(평균 7.61mg/l)이었으며, 먹는샘물 2.74~74.46mg/l(평균 22.62mg/l)보다 함유량이 적은 것으로 나타났다. 지점 Y-61, Y-62, Y-68, Y-72, Y-74, Y-75에서는 25.92~45.77mg/l으로 먹는샘물 평균농도 22.62mg/l 보다 칼슘 함유량이 풍부한 것으로 나타났다. 또한 수돗물 정수에 대한 Ca 함량범위는 14.01~21.64mg/l(평균 18.41mg/l)로 약수의 평균값 7.61mg/l 와 비교하여 높은 수치를 보였다.

#### 3.2.2 마그네슘(Mg)

마그네슘은 동물체내에서 매우 중요한 역할을 하는 광물질들 중의 하나로 60%는 뼈속에 나머지 40%는 세포중의 체액중에 녹아서 존재한다. 마그네슘은 골격을 구성하는 성분으로 근육 중에서는 수축에 관여하고 신경중의 Mg은 뇌나 신경흥분을 억제하는 역할을 하고 있으며, Ca의 체내흡수와 이용에 영향을 끼친다. 또한 우리가 일상 음식에서 얻고 있는 단백질, 지질, 당질을 분해하거나 몸속에서 필요한 성분으로 변화시킬 때의 효소에 대해서도 그 활성을 유지하기 위해 중요한 역할을 하고 있다. 이번 분석 결과 Mg의 함량범위는 0.04~4.68mg/l(평균 1.09mg/l)이며, 먹는샘물 0.94~22.42mg/l(평균 5.08mg/l)과 비교하여 적은 함유량을 보이고, 전 지점에서 먹는샘물 평균값보다 적은 값을 나타내었다. 수돗물 정수에 대한 Mg 함량범위는 2.57~3.27 mg/l(평균 2.99mg/l)로 약수평균보다 높은 수치를 보였다.

#### 3.2.3 나트륨(Na)

나트륨은 많은 무기물에 존재하며 기본적인

Table 4. The results of mineral contents in natural mineral water and other type of water

No.	Ca	Mg	Na	K	SiO <sub>2</sub>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	No.	Ca	Mg	Na	K	SiO <sub>2</sub>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
Y-1	2.05	0.51	4.22	0.68	10.93	5	Y-41	4.99	0.88	1.83	1.22	19.23	17
Y-2	4.51	1.23	5.17	0.87	17.63	3	Y-42	1.73	0.30	1.11	0.59	20.99	10
Y-3	5.31	0.79	7.57	0.49	19.94	4	Y-43	1.16	0.51	3.26	1.46	19.45	10
Y-4	5.13	0.68	8.12	0.56	22.68	4	Y-44	3.90	0.97	4.59	1.63	26.29	16
Y-5	7.56	1.99	6.90	1.83	19.76	2	Y-45	3.84	0.64	3.16	0.20	18.08	13
Y-6	4.92	1.12	6.71	1.28	16.41	5	Y-46	7.46	0.98	2.95	0.37	18.51	12
Y-7	5.75	0.65	5.11	0.57	12.48	5	Y-47	3.89	2.08	4.53	1.57	11.90	4
Y-8	4.49	1.47	6.82	1.06	17.90	14	Y-48	13.43	1.83	7.74	0.31	17.00	5
Y-9	3.10	0.88	3.97	0.26	14.58	12	Y-49	6.21	1.13	3.77	0.32	12.64	8
Y-10	4.23	1.27	4.26	0.09	20.38	9	Y-50	5.06	0.85	11.65	0.42	16.61	8
Y-11	0.83	0.05	0.05	0.010	13.39	8	Y-51	10.78	1.70	7.09	0.23	14.98	11
Y-12	6.47	1.40	6.19	0.55	17.15	4	Y-52	5.77	1.88	6.54	1.13	16.05	8
Y-13	1.01	0.10	0.18	0.02	17.52	6	Y-53	4.52	1.27	3.14	0.53	10.67	10
Y-14	0.31	0.04	0.05	0.05	13.91	7	Y-54	5.98	1.87	4.49	0.44	14.19	11
Y-15	3.16	0.28	0.69	0.17	15.48	21	Y-55	3.36	0.66	2.39	0.40	8.89	3
Y-16	1.20	0.09	0.46	0.03	10.34	12	Y-56	12.89	2.16	10.81	0.58	20.73	12
Y-17	3.70	0.27	0.60	0.19	13.93	25	Y-57	6.86	1.29	9.53	1.01	25.55	12
Y-18	2.20	0.15	0.60	0.07	15.04	12	Y-58	6.89	1.47	10.00	1.07	25.02	9
Y-19	3.76	0.27	0.50	0.18	19.38	22	Y-59	10.55	1.92	9.31	0.96	23.87	13
Y-20	2.08	0.13	0.70	0.09	17.66	21	Y-60	13.21	1.91	12.59	0.94	25.48	17
Y-21	1.96	0.15	0.44	0.01	18.78	15	Y-61	37.57	4.00	17.89	1.44	26.10	14
Y-22	2.62	0.15	0.38	0.08	13.10	15	Y-62	37.86	4.11	17.70	1.47	22.93	29
Y-23	1.24	0.23	0.08	0.04	19.64	2	Y-63	13.07	2.49	14.13	1.64	37.21	14
Y-24	1.01	0.24	0.32	0.01	20.61	2	Y-64	14.15	1.88	14.89	1.02	31.89	13
Y-25	3.59	0.57	0.87	0.28	18.56	4	Y-65	8.90	1.74	11.61	0.72	22.01	11
Y-26	1.23	0.04	0.37	0.01	24.04	6	Y-66	13.93	1.60	10.62	1.22	21.73	18
Y-27	1.25	0.33	0.94	0.93	17.88	14	Y-67	6.92	1.44	9.84	0.56	24.76	19
Y-28	0.89	0.11	0.27	0.39	24.11	11	Y-68	25.92	4.68	9.49	1.07	23.01	23
Y-29	1.44	0.30	0.71	0.64	20.82	14	Y-69	12.54	2.26	13.81	1.20	28.76	19
Y-30	1.69	0.56	0.94	0.55	17.59	12	Y-70	12.98	1.08	10.92	0.38	25.91	36
Y-31	1.54	0.15	0.75	0.15	23.95	4	Y-71	5.90	0.85	11.41	0.42	16.40	10
Y-32	2.86	0.39	0.64	0.47	17.42	11	Y-72	45.77	1.99	16.73	0.78	24.64	12
Y-33	3.61	0.43	1.36	0.30	37.57	7	Y-73	4.02	0.61	7.45	0.29	17.96	7
Y-34	0.70	0.19	0.004	0.23	15.34	11	Y-74	34.09	3.02	16.21	1.57	20.42	36
Y-35	0.71	0.12	0.30	0.31	18.81	10	Y-75	31.15	4.16	20.61	0.98	21.07	36
Y-36	3.29	0.29	1.10	0.15	25.30	5	초정약수	36.55	4.43	19.21	2.53	30.80	22
Y-37	2.94	0.55	1.57	0.46	18.18	11	개인약수	66.64	25.67	18.72	3.50	55.84	10
Y-38	10.28	0.56	3.51	0.36	25.48	14	오전약수	55.37	21.03	21.01	5.79	48.84	21
Y-39	4.57	0.66	3.19	1.32	23.19	14	오색약수	42.38	1.71	29.50	10.54	53.40	15
Y-40	14.14	0.54	4.67	0.08	23.78	7	달기약수	50.08	4.71	21.10	6.21	53.88	24
먹는 샘물 n=23 (평균)	2.74 ~ 74.46 (22.62)	0.94 ~ 22.42 (5.08)	1.39 ~ 15.89 (6.91)	0.39 ~ 2.38 (0.97)	5.08 ~ 31.24 (17.13)	3 ~ 29 (11)	수돗물 정수 n=6 (평균)	14.01 ~ 21.64 (18.41)	2.57 ~ 3.27 (2.99)	4.34 ~ 5.21 (4.91)	1.85 ~ 2.68 (2.24)	4.85 ~ 6.85 (6.12)	8 ~ 10 (9)

로 NaCl의 형태로 존재한다. 대부분의 나라에서는 물속에서 나트륨 함량이 20mg/l이하이지만 어떤 나라에서는 250mg/l 이상의 나트륨을 함유하기도 한다. 이는 자연에 널리 분포되어진 가장 풍부한 알칼리 원소로서 수질에서는 Na의 용해도가 크기 때문에 해안이나 지역의 지질학적인 조건 등에 따라 크게 차이가 난다. 나트륨이 인체에 미치는 영향은 체액의 pH, 체액량 조절 및 근육이나 신경의 흥분작용 조절역할이다. 인체는 Na농도를 효과적으로 조절하는 효능이 있기 때문에 심하게 중독될 위험은 없으며, 칼륨과의 균형을 고려하여 K과 Na의 이상적인 비율은 2:1 정도 적정량 섭취하는 것이 필요하며, 과량 섭취시에는 장내 수분흡수를 방해하고 신장의 배설기능을 저하시키기도 한다.

분석결과 약수의 Na 함량범위는 0.004~20.61mg/l(평균 5.53mg/l)이며, 해안에 근접한 연수구 지역 약수터에서 높은 수치를 보였다. 먹는 샘물은 1.39~15.89mg/l(평균 6.91mg/l)로 약수와 근접한 수치를 보였고 수돗물정수의 함량은 4.34~5.21(평균 4.91mg/l)로 비교적 낮은 수치를 보였다.

### 3.2.4 칼륨(K)

칼륨도 나트륨과 같이 체조직에 이온형태로 존재하고 신경조직과 세포질 내에 특히 많이 함유되어 있으며, 보통 세포내에서 Na와 K의 비율을 1:10으로 유지하고 있다. 세포내의 K은 많은 생물학적 반응의 촉매제로서 이용되는데, 에너지 발생과 글리코겐 및 단백질의 합성에 관여하며, 세포내에서 삼투압의 조절 및 근육이나 신경의 작용을 조절하는 것 외에 Na과 균형을 맞추어 혈압을 고르게 하여 고혈압을 예방하는 작용이 있다. 1일 필요량은 2~4g으로 Na과의 균형을 적절히 유지하여 섭취하는 것이 필요하다.

이번 조사 결과 약수의 K 함량범위는 0.009~1.83mg/l(평균 0.61mg/l)로 나타났으며, 먹는 샘물은 0.39~2.38mg/l(평균 0.97mg/l)로 다소

높은 수치를 보였고, 수돗물 정수는 1.85~2.68mg/l(평균 2.24mg/l)로 가장 높은 결과를 나타내었다.

### 3.2.5 규소(Si)

규소는 지구상에서 산소 다음으로 널리 분포되어 있는 원소로서 토양, 식물, 대기, 수중에 널리 분포되어 있고 석영은 지구 표면에서 가장 흔한 광물질 중의 하나이다. 또한 탄소와 화학적으로 비슷한 성질을 가지며, 자연의 Si는 주로  $\text{SiO}_2$ 이나  $\text{H}_2\text{SiO}_3$  또는  $\text{Si}(\text{OH})_4$ 형태로도 많이 존재한다. Si는 Ca과의 결합으로 골격의 석회화에 중요한 요소로 본 실험에서는  $\text{SiO}_2$ 의 농도를 측정하였다.

$\text{SiO}_2$ 의 함량범위는 8.89~37.57mg/l(평균 19.75mg/l)로 나타났으며, 먹는샘물에서의 함량범위는 5.08~31.24mg/l(평균 17.13mg/l), 수돗물 정수는 4.85~6.85mg/l(평균 6.12mg/l)로서 약수보다 적은 함량은 나타내었다.

### 3.2.6 황산이온 ( $\text{SO}_4^{2-}$ )

황산염류 대부분은 물에 잘 녹지만 납, 바륨, 스트론튬의 황산염류와 같이 녹지 않는 것도 있다. 신선한 물에 들어있는  $\text{SO}_4^{2-}$ 의 농도는 매우 낮다. 황산염은 인체의 장을 통해서는 잘 흡수되지 않지만 피부와 접촉하게 되면 피부에 탄력성을 주는 역할을 하고 피부질환에도 효험이 있다. 농도 1000mg/l 이상의 황산마그네슘은 인간에게 하제(purgative)로서 작용하지만, 이 농도 이하면 생리적으로 무해하다.

약수의  $\text{SO}_4^{2-}$ 의 함량범위는 2~36mg/l(평균 12 mg/l)로, 먹는샘물 3~29mg/l(평균 11mg/l), 수돗물 정수 8~10mg/l(평균 9mg/l)와 비교하여 근사한 수치를 나타내었다.

## 3.3 약수에서 섭취가능한 미네랄의 양

조사대상에 대하여 인체에 필요한 미네랄 양을 조사하였다.

일일 수분 필요량은 사람에 따라 차이가 있



Table 5. Contribution of minerals and trace elements nutrition for human in natural mineral water and other type of water

Element	RDA* (mg)	Natural Mineral water (Incheon)		Mineral water		Tap water		Natural Mineral water (National)	
		Amount (mg)	Percent (%)	Amount (mg)	Percent (%)	Amount (mg)	Percent (%)	Amount (mg)	Percent (%)
Ca	800	19.02	2.38	56.55	7.07	46.03	5.75	125.5	15.69
Mg	350	2.74	0.78	12.70	3.63	7.48	2.14	38.05	10.87
Na	1100 ~3300	13.84	0.42~1.26	17.28	0.52~1.57	12.28	0.37~1.12	54.78	1.66~4.98
K	1875 ~5600	1.53	0.03~0.08	2.43	0.04~0.13	5.60	0.10~0.30	14.30	0.26~0.76

\* Required Daily Allowance

으나, 하루 2,500kcal를 섭취하는 성인의 경우 2,500mL 정도가 필요하다. 수분의 공급원으로는 식품에 함유되어 취할 수 있는 수분으로 600~1,200 mL, 식품의 대사산물로 생성되는 수분으로서 200~300 mL, 음료수 등 마시는 물로서 500~1,500mL를 섭취한다고 알려져 있다. 인체에 요구되는 미네랄의 하루 권장량은 미국 국립과학아카데미(National Academy of Science, NAS)의 일일 섭취허용량을 기준으로 하였으며<sup>9)</sup>, 일일 섭취 음용수의 양은 2.5L로 기준하였다. 약수, 먹는샘물, 수돗물, 5개 유명약수에 존재하는 미네랄 함유량의 평균값을 이용하여 계산한 결과를 Table 5에 나타내었다.

약수의 평균 섭취 가능한 미네랄의 양은 Ca 2.38%, Mg 0.78%, Na 0.42~1.26%, K 0.03~0.08% 이며, 국내시판 먹는 샘물 23종의 평균 섭취 가능한 미네랄의 양 Ca 7.07%, Mg 3.63%, Na 0.52~1.57%, K 0.04~0.13%인 결과와 수돗물 정수의 Ca 5.75%, Mg 2.14%, Na 0.37~1.12%, K 0.10~0.30%와 비교할 때 실험약수로부터 섭취하는 미네랄의 양이 적음을 알 수 있다. 그러나 전국 5개 유명약수의 평균 미네랄 함량을 일일 섭취량을 2.5L로 가정하여 계산된 결과에서 Ca 15.69%, Mg 10.87%, Na 1.66~4.98%, K 0.26~0.763%로 시판샘물이나 수돗물에 비하여 비교적 많은 미네랄을 섭취할 수 있는 것으로 나타났다.

따라서, 본 실험약수나 기타 음용수로부터 섭취하는 미네랄의 양은 하루 권장량(RDA)와 비교하면 극히 적은 부분을 차지하고, 음용수보다는 음식물에서 섭취하는 미네랄이 중요할 것으로 사료된다.

### 3.4 맛있고 건강한 물의 미네랄 지표

인간이 일생동안 섭취하는 음용수는 대량으로서 그것을 장기간에 걸쳐 지속적으로 섭취하게 되면 그것에 함유되어 있는 성분이 체내의 각 기관에 미치는 영향도 무시할 수 없는 것이다. 물은 그 속에 용존하는 미네랄류의 함량에 크게 영향을 받으며, 비율에 따라서도 맛의 차이가 큰 것으로 알려져 있다.

물과 건강과의 관계에 대한 연구로 일본의 하시모토는 ‘맛있고 건강한 물의 미네랄 balance 지표’라는 글에서 건강한 물, 맛있는 물의 지표에 대해서 다음과 같이 제시하였다<sup>8)</sup>.

일본 각 지역별 뇌졸중 사망률과 그 지역 상수원인 하천의 화학성분 사이에서 통계학적으로 의미있는 상관관계가 있으며, 장수지역 음료수 중 Na, K, Mg, Ca의 함량 및 조성의 차가 통계학적 상관관계가 있다는 것을 바탕으로 뇌졸중 사망률 최저값을 나타내는 Ca-Na 값은 0.26 meq/l이고, Ca은 클수록, Na은 작을수록 건강한 물이라고 하는 점에서 K index =

Table 6. The values of mineral balance index in Natural mineral water and Mineral water

Group	Sample	No.	K index	O index	Group	Sample	No.	K index	O index
I	약수 (n=5)	Y-33	31.21	5.09	III		Y-42	0.77	2.26
		Y-38	7.22	2.48			Y-43	-1.68	2.10
		Y-40	10.08	5.04			Y-46	-0.05	2.86
		Y-47	6.70	4.51			Y-48	2.93	2.10
		Y-59	22.01	3.62			Y-49	-5.07	2.50
	먹는샘물 (n=18)	S-1	11.51	3.18			Y-50	4.61	2.05
		S-2	14.84	2.81			Y-51	0.08	2.32
		S-6	17.62	3.07			Y-54	1.28	3.46
		S-7	6.05	4.54			Y-55	-1.42	2.52
		S-8	21.52	2.28			Y-56	-1.81	3.15
		S-9	7.83	5.26			Y-57	2.45	2.37
		S-10	10.34	2.93			Y-58	2.26	2.10
		S-11	69.39	2.64			Y-61	0.78	3.15
		S-12	9.60	2.47			Y-62	1.20	3.16
		S-13	22.76	2.46			Y-63	2.43	5.58
		S-14	18.09	3.06			Y-64	0.26	2.03
		S-15	25.58	3.48			Y-66	-1.20	2.48
		S-16	10.26	2.12			Y-68	4.89	2.03
		S-18	7.94	3.58			Y-71	2.33	5.43
		S-20	10.52	2.35			Y-73	3.49	2.42
		S-21	11.91	4.32		먹는샘물	S-5	-1.58	5.99
		S-22	17.11	4.11			Y-8	-1.44	1.52
		S-23	17.12	3.81	IV	약수 (n=28)	Y-9	-0.36	1.39
II	약수 (n=4)	Y-35	19.99	1.44			Y-11	0.79	1.77
		Y-36	13.22	1.32			Y-14	2.56	0.88
		Y-60	22.46	1.88			Y-15	0.79	0.96
		Y-75	17.67	1.81			Y-16	3.18	0.71
	먹는샘물 (n=4)	S-3	32.65	1.38			Y-17	1.68	1.43
		S-4	15.47	1.74			Y-18	3.32	1.05
		S-17	18.06	1.03			Y-19	1.47	0.94
		S-19	7.23	1.02			Y-20	1.58	1.37
III	약수 (n=38)	Y-1	-1.62	2.48			Y-25	0.43	1.40
		Y-2	0.01	5.39			Y-27	0.83	1.60
		Y-3	-1.28	5.38			Y-28	0.87	1.58
		Y-4	-1.94	6.06			Y-30	2.30	1.82
		Y-5	1.56	7.30			Y-31	3.48	1.06
		Y-6	-0.92	3.69			Y-37	1.58	1.87
		Y-7	1.31	3.33			Y-39	1.80	1.98
		Y-10	0.53	2.41			Y-41	3.41	1.42
		Y-12	1.09	4.48			Y-44	-0.09	1.88
		Y-13	0.85	3.04			Y-45	1.09	1.62
		Y-21	1.18	9.38			Y-52	1.79	1.40
		Y-22	0.72	9.66			Y-53	2.07	1.60
		Y-23	2.84	4.91			Y-65	0.69	1.45
		Y-24	0.91	4.18			Y-67	4.69	1.88
		Y-26	0.66	2.28			Y-69	0.45	1.96
		Y-29	0.88	6.18			Y-70	-1.64	1.58
		Y-32	-4.03	2.09			Y-72	2.29	1.04
		Y-34	-2.47	2.93			Y-74	0.53	2.00

Ca-0.87Na $\geq$ 5.2이면 건강한 물임을 보였다. 또한 일본 전국의 대표적 음료수, 광천수의 관능 시험에서 Ca, K, SiO<sub>2</sub>가 맛을 좋게 하고 Mg, SO<sub>4</sub>가 맛을 나쁘게 하는 인자임을 밝힌 후, 맛있는 물의 지표 O index로서 (Ca+K+SiO<sub>2</sub>)/(Mg+SO<sub>4</sub>)를 제안하고 이 지표를 다수의 음료수, 광천수에 적용하여 맛있는 물과 그렇지 않은 물의 경계로서 O index = (Ca+K+SiO<sub>2</sub>)/(Mg+SO<sub>4</sub>) $\geq$ 2.0 임을 제시하였다.

이 두가지 지표를 4그룹으로 분류해 보면

- I. K $\geq$ 5.2, O $\geq$ 2.0 : 맛있고 건강한 물
- II. K $\geq$ 5.2, O<2.0 : 건강한 물
- III. K<5.2, O $\geq$ 2.0 : 맛있는 물
- IV. K<5.2, O<2.0 : 어느쪽에도 속하지 않는 물이라고 분류할 수 있다, 여기에 분석한 75개

약수 및 23개 먹는샘물을 대상으로 얻어진 분석결과를 K index와 O index에 적용하여 Table 6에 나타내었다.

실험약수중 I 그룹에 속하는 맛있고 건강한 물은 총 5개소(6.7%)로 Y-33이 가장 높은 지수를 나타내었고, II 그룹에 속하는 건강한 물은 총 4개소(5.3%), III 그룹에 속하는 맛있는 물은 총 38개소(50.7%), IV 그룹에 속하는 어느 쪽에도 속하지 않는 물은 총 28개소(37.3%)로 나타났다. 위와 같이 23종의 먹는샘물도 지표지수를 적용해 보면 I 그룹이 총 18개(78.3%), II 그룹이 총 4개(17.4%), III 그룹이 총 1개(4.3%) 이고, IV 그룹에 해당하는 샘물은 없었으며 이를 Fig. 1에 나타내었다. 이 결과로 건강에 좋은 물의 지표인 K index와 맛있는 물의 지표인 O index

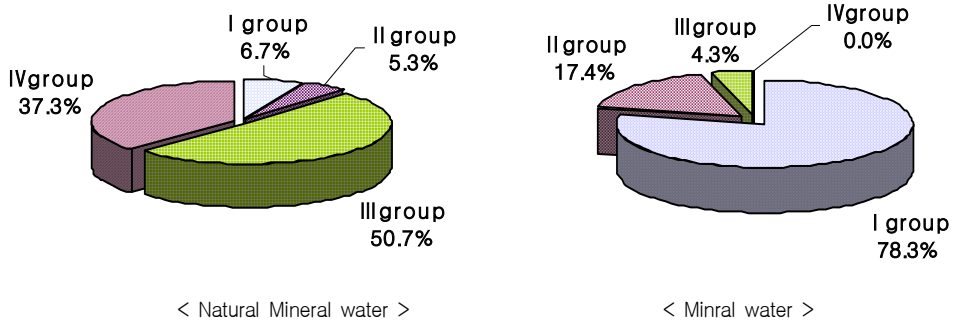


Fig. 1. Group Distribution of Natural mineral water and Mineral water

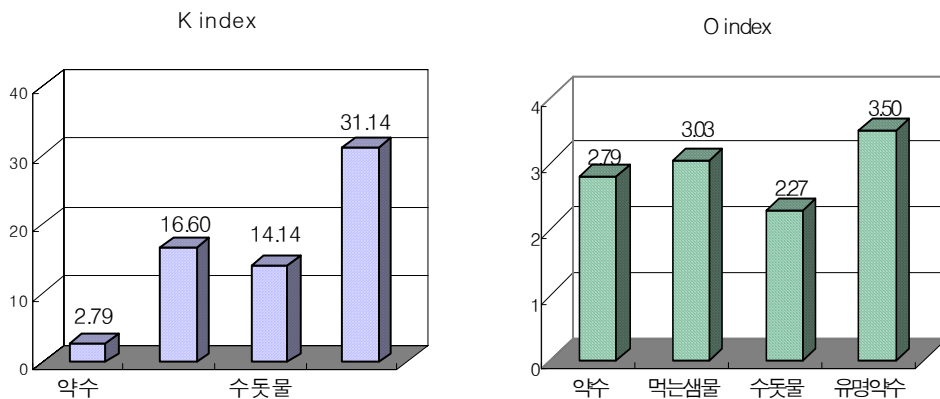


Fig. 2. K, O index of each samples

를 인천지역 약수에 적용하면 건강에 좋은 약수가 12%, 맛있는 약수가 57.3%를 차지하는 것을 알 수 있었고, K index의 전체평균값은 2.79로 경계값인 5.2보다 낮은 값을 보이고, O index는 2.79로 경계값인 2보다 큰 수치를 보여 건강한 물보다는 맛있는 물의 조건을 갖추었다고 볼 수 있다. 먹는샘물의 경우 건강에 좋은 물이 95.7%, 맛있는 물이 82.6%의 결과로 나타나 약수보다 높은 값을 보이며, K index의 전체평균값은 16.6, O index의 전체평균값은 3.03으로 두가지 물의 조건을 모두 충족시키는 값을 나타내었다.

또한 수돗물 정수의 전체 평균값으로 K index와 O index를 적용한 결과 K index 14.14, O index 2.27로 높은 값을 보여 건강하고 맛있는 물의 조건을 만족시키는 결과를 보여주었으며, 강원도 개인약수는 K index 50.35, O index 3.53, 경북 오전약수는 K index 37.09, O index 2.62, 충북 초정약수는 K index 19.84, O index 2.64, 강원도 오색약수는 K index 16.72, O index 6.36, 달기약수 K index 31.72, O index 2.33의 결과를 보여 두가지 지표를 모두 만족하는 것으로 나타났고, 이 결과를 Fig. 2에 비교해 보았다.

## IV. 결 론

본 조사연구는 인천지역 75지점의 약수터에 대하여 먹는물 수질기준에 따른 적합여부를 조사하여 수질의 안전성을 평가하였고, 약수중 인체에 이로운 건강성분을 평가하기 위하여 주요 미네랄 성분인 Ca, Mg, Na, K, SiO<sub>2</sub>에 대한 함유량을 조사하였다. 먹는샘물, 수돗물 정수 및 전국 5개 유명약수의 분석도 병행하여 비교 분석하여 약수에서 섭취 가능한 미네랄의 양을 추정하고 맛있고 건강한 물의 지표지수를 통한 물에 대한 평가를 나타내보았다.

1. 인천 관내 약수터에 대한 먹는물 수질기준 46항목을 분석하여 음용수 적합여부를 조사한 결과, 총 75개 지점에서 부적합한 지점은 47개 지점으로 62.7%의 부적합율을 보였고, 부적합 항목은 일반세균, 대장균군으로 미생물에 의한 오염이 심각한 실정이다.
2. 조사대상 약수와 먹는샘물, 수돗물의 미네랄 함량을 비교해보면 Ca과 Mg의 평균값은 각각 먹는샘물(22.62, 5.08mg/l) > 수돗물(18.41 2.99mg/l) > 약수(7.61, 1.09mg/l) 순으로 나타났으며, Na은 먹는샘물(6.91mg/l) > 약수(5.53 mg/l) > 수돗물(4.91mg/l) 순으로, K은 수돗물(2.24mg/l) > 먹는샘물(0.97mg/l) > 약수(0.61mg/l) 순으로 나타났다.
3. 미국 국립과학아카데미(NAS)의 일일 섭취허용량과 섭취 음용수의 양을 2.5L를 기준으로 계산한 결과 실험약수의 평균 섭취 가능한 미네랄의 양은 Ca 2.38%, Mg 0.78%, Na 0.42~1.26%, K 0.03~0.08%로 실험약수로부터 섭취하는 미네랄의 양이 적음을 알 수 있었다.
4. 건강에 좋은 물의 지표인 K index와 맛있는 물의 지표인 O index를 실험약수에 적용한 결과 {Ⅲ그룹} 맛있는물 38개소(50.7%) > {Ⅳ그룹} 어느 쪽에도 속하지 않는물 28개소(37.3%) > {Ⅰ그룹} 맛있고 건강한물 5개소(6.7%) > {Ⅱ그룹} 건강한 물 4개소(5.3%) 순으로 나타났고, 또한 23종의 먹는샘물을 적용하면 Ⅰ그룹이 총 18개(78.3%), Ⅱ그룹이 총 4개(17.4%), Ⅲ그룹이 총 1개(4.3%)이고 Ⅳ그룹에 해당하는 샘물은 없었다.

## V. 참고문헌

1. 안승구 외 2명 : 해설 먹는물의 수질관리, 동화기술
2. 환경부 : 먹는물의 수질기준 및 검사등에 관

한 규칙, 환경부령 제 95호

3. 日本衛生學會 : 衛生試驗法 註解, 金原出版社, 東京, 1995
4. 日本水道協會 : 上水道試驗方法(1985)
5. 하종규 : 비타민, 鑛物質營養學, 향문사, 511-523, 1985
6. 정찬호외 2 : 대전지역 자연샘물 및 공동우물의 수질 및 수리화학적 특성, 자원환경지질학회, 제35권
7. 이남례외 2 : 먹는샘물중의 건강과 맛에 영향을 미치는 화학성분의 분석, 한국분석과학회지, 10권
8. 橋本獎, おいしく健康な水のミネラルバランス指標, 化學と生物, 26(1), 65~68(1998)
9. Safe Drinking Water Committee, Drinking Water and Health, National Academy Press : Washington D.C. 3, P373(1980)
10. Brubold, W.H. and Daniels, J.I., Standard for Mineral Contents in Drinking Water, J. AWWA, 82, 1990

# 플록 모니터링 시스템을 이용한 응집플록 특성 평가

이정자\*  
수질보전과

## Investigation of Floc Properties using Flocculation Monitoring System in Water Treatment System

J.J.Lee\*  
Division of Water Quality Conservation

### Abstract

This study was conducted in an attempt to evaluate the floc growth characteristics from multiple dimensions and find the optimal flocculation condition using the information on the floc growth and destruction, provided by the flocculation monitoring system. By doing so, this study intended to obtain information on the irregular structure of the floc, calculating the fractal dimension values of the floc using optic-technological data.

The cohesive factors taken into consideration for this study include the dose of coagulants, its basicity, turbidity of the water used for mixed coagulants, and agitation strength.

The items of examination in terms of evaluating the growth characteristics of the floc included the flocculation index (FI) (in particular, FI<sub>max</sub>), the flocculation velocity, V<sub>f</sub>, and the re-cohesiveness (FI<sub>max\_ref</sub>, V<sub>ref</sub>, Turb<sub>res</sub>). The correlation between these items and the cohesive factors and their effects on the water quality were evaluated with the residual turbidity (Turb<sub>res</sub>) as the standard.

The samples used for this study are made up of the kaolin solution for comparison with raw water supplied by the water service. The coagulants used include PACS, PAC, PIN, PAS, and Alum. The summarized results of this study are as follows :

The coagulation efficiency evaluation based on coagulant dose showed that the FI<sub>max</sub> and V<sub>f</sub> increase in proportion to the coagulant dose unless excessively dose. The residual turbidity, on the other hand, decreased in the same condition. However, overdose of the coagulants caused sweep coagulation, decreasing the coagulation efficiency.

Although reflocculation efficiency(FI<sub>max\_ref</sub>, V<sub>ref</sub>) also increased to a degree in proportion to the dose of coagulants, it soon dropped under excessive dose, even lower than when the coagulants were not sufficiently injected.

The more the dose of the coagulants, the smaller the fluctuation range of FI<sub>max</sub> became, making the floc sizes consistent and reliable. The FI fluctuation range was also smaller before

the floc destruction than after it.

The floc strength test using PAS and PIN showed that the longer it takes to destroy the floc, the worse the reflocculation velocity of  $V_{ref}$ ,  $F_{max\_ref}$ , and the floc size restorability. On the other hand, the residual turbidity increased in the same condition. The recovery coefficient of floc size was generally higher in PAS as it reached 60~70%, while it reached only 40%~50% in PIN.

There was much correlation between the FI values and the residual turbidity. The higher the FI value, the lower the residual turbidity. Thus, when the FI value reached its maximum, the residual turbidity reached its minimum. This indicates that the evaluation of the flocculation efficiency based on the floc monitoring using the FI values is indeed a valid measure to reduce turbidity in water quality.

Continuous monitoring of the FI values allowed for observation of the floc growth status in the coagulation reactor. It enables quick and accurate counteraction to the rapid change in raw water quality. Thus, it could be converged with raw water quality warning security devices as well to prevent water related accidents and dangers.

The data gained from monitoring the FI values indeed provided detailed information on the growth and destruction of the floc. Such information can be used further to determine the optimum dosage of the coagulants and the optimum coagulation conditions. In addition, more studies should be conducted with focus on possibility of applying the information for the automatic coagulant dose.

## I. 서 론

물속에 분산된 현탁 입자들을 효율적으로 응집시키기 위하여 적절한 응집제의 선정, 최적 응집조건도출 및 응집과정에서 생성되는 플록의 분석방법 등에 대해 많은 연구가 진행되고 있다.<sup>1)</sup>

그 중에서 응집제의 최적 주입량(optimum coagulant dose)을 결정하는 것은 응집의 영향을 분석하는 데 가장 기본이다. 응집제 주입량의 과다, 과소로 인해 응집반응이 크게 변하기 때문이다.<sup>2,3,4)</sup>

최적 응집제 주입량을 결정하기 위한 방법들은 탁도 측정법, Zeta Meter법, SCD법 등에 기초하고 있다. 그 중에 탁도 측정법은 간편하지만, 플록의 형성 및 성장속도에 대한 특성을 잘 설명할 수가 없다. 보다 좋은 수질을 위해 응집

플록의 생성과 성장에 대한 깊은 이해가 실제 수처리 현장에서 요구된다.<sup>5)</sup>

본 연구에서는 응집과정 모니터링 방법 중에서 흐름통과 광학기술로 개발된 플록성장 모니터링 장치를 이용하였는데, 그 원리는 흐르고 있는 시료를 통해 투과되는 빛의 강도 변동을 측정하는 것으로, 이 변동신호는 입자의 수와 크기에 관계되며 플록의 형성과 성장 및 파괴를 실시간으로 모니터링 함으로써 Jar-test보다 신속하고 상세한 정보를 제공하여 응집공정 운영에 대해 깊은 통찰력을 갖게 해 준다.

이러한 자료를 이용하여 응집공정을 보다 과학적으로 평가함으로써 최적의 응집조건을 도출하여 응집효율을 향상시키고, 갑작스런 수질 변화에 능동적으로 대처하며, 응집제 중단과 같은 사고 등에 대해서도 신속히 대처할 수 있도록 하고자 하는 것이 본 연구의 목적이다.

## II. 실험방법

### 2.1 실험장치

본 연구에는 Flocculation Analyzer(이하 FA)로 Gregory와 Nelson에 의해 개발된 iPDA (intelligent Photometric Dispersion Analyzer, EcoNovel Co. Ltd.)를 사용하였는데, FA의 구성은 Fig. 2.1과 같다.

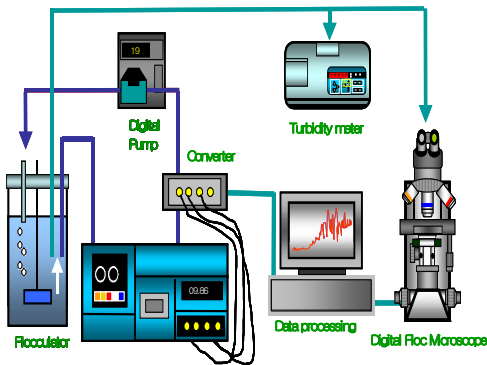


Fig. 2.1 Schematic of Experimental sets

1L Jar 내에서 응집반응이 진행되는 동안 시료는 정량펌프에 의하여 15~20ml/min의 유속으로 마이크로 튜브( $\phi$  3mm, PE tube)를 통해 FA의 검출기로 이동되어 측정되고, 측정된 샘플은 순환펌프(Masterflex L/S)에 의해 응집 반응기로 순환되며, 데이터는 컴퓨터에 저장된다. 시료가 튜브로 흐르는 동안에 플럭의 파괴를 막기 위해 siphon 式으로 플럭 시료를 펌핑하였다.

이 장치는 광센서를 이용한 광학기술에 근거하는데, 투과된 빛이 입자에 의해 차단됨으로써 감소하는 빛의 양을 측정한다. 플럭의 크기 변화를 연속적으로 모니터링 하여, 응집현상과 응집특성을 평가할 수 있다.

시료가 광센서 튜브를 통과할 때, 투과광의 세기가 평균값을 중심으로 변하는 것을 이용하며, 시료를 투과한 빛의 세기를 광다이오드 검

출기에서 검출하여 전기적인 신호로 바꾸어서 결과 값을 나타낸다. 이 때 측정되는 값은 DC, RMS, Ratio(RMS/DC)인데, Ratio는 응집지수 즉 FI(Flocculation Index)를 나타낸다. FI 값은 플럭의 성장을 나타내는 간접적인 지표로 플럭이 커지면 증가하게 된다.

### 2.2 실험방법 및 재료

Kaolin 조제수와 상수 원수를 취해 소형 응집 반응기에 넣고 시료를 교반시키면서 응집제를 주입한 후, 순환펌프로 순환시키면서 FA에 통과시켜 플럭성장 변화를 분석하였다.

시료를 교반시키면서 약 50초 후에 응집제를 주입하고, 300rpm으로 1분간 급속교반한 후, 40rpm으로 약 15분간 완속교반을 하였다. 플럭이 더 이상 성장하지 않을 때, 300rpm으로 30초간 재교반을 하여 플럭을 파괴한 후, 다시 40rpm으로 완속교반을 하여 플럭의 재응집성을 관찰하였다.

응집제 주입량을 달리하면서 주입량에 따른 플럭성장 특성을 플럭 모니터링 시스템의 FI 값을 통해 평가하였다.

플럭성장 특성으로 검토한 내용은 플럭성장지수 최대치  $FI_{max}$ 와 플럭성장속도  $V_f$ , 재응집성 등으로, 이들과 응집인자와의 상관성을 분석하고, 수질에 미치는 영향을 잔류 탁도( $Turb_{res}$ )를 기준으로 평가하였다.

#### (1) 현탁액

현탁액으로 상수 원수와 Kaolin 조제수를 사용하였다. 조제수는 Kaolin을 수돗물로 희석하여 원수 A, B와 동일한 탁도로 조제하여 자연수와 원수의 플럭성장 특성을 비교하였다.

실험에 사용된 A, B 원수 및 Kaolin 조제수 (6.1 NTU)의 조성은 Table 2.1과 같다.



Table 2.1 The contents of suspension (unit : mg/l)

Parameters	raw water A	raw water B	Kaolin sol.
pH	7.6	7.7	7.7
Turbidity (NTU)	1.3	6.1	6.1
Residual Chlorine	0.0	0.0	0.0
Alkalinity	41.0	35.0	33.0
Zeta Potential (mV)	-585.0	-508.0	-496.0
KMnO <sub>4</sub> consumption	3.8	3.8	4.0

## (2) 응집제

본 연구에 사용한 응집제는 아래와 같고, 응집제의 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 함량은 Table 2.2와 같다.

- PAC (Poly Aluminium Chloride: [Al<sub>2</sub>(OH)<sub>n</sub>Cl<sub>6-n</sub>]
- PACS (Poly Aluminium Chloride Silicate)  
: [Al<sub>a</sub>(OH)<sub>b</sub>(Cl)<sub>c</sub>(Si)<sub>d</sub>]
- PAS (Poly Aluminium Sulfate)  
: [Al<sub>2</sub>(OH)<sub>n</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3-n/2</sub>]<sub>m</sub>
- Alum (Aluminium sulfate) : Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>·18H<sub>2</sub>O
- PIN (Poly Iron Nitrate) : Fe(NO<sub>3</sub>)<sub>x</sub>(OH)<sub>y</sub>
- Ferric Chloride : FeCl<sub>3</sub> · 6H<sub>2</sub>O

Table 2.2 Coagulants used in this study

Coagulant	PACS	PAC	PAS	Alum	PIN
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	17	11	7.5	8.1	10.6 (Fe)

## (3) 수질분석 기기

본 연구에 사용한 분석기기는 Table 2.3과 같다.

Table 2.3 Analytical Instruments

Parameters	Instruments
pH	pH meter (550A, Thermo Orion Co., USA)
Turbidity	Turbidimeter (2100A, HACH, Germany)
Zeta potential	PCD03 (Mutek Analytic GmbH, Germany)
Particles	Particle Counter (SBSS, PAMAS, Germany)

# Ⅲ. 결과 및 고찰

본 연구에서는 응집제 주입량에 따른 플럭 크기지수의 최대치 FI<sub>max</sub>와 플럭 성장속도 V<sub>f</sub>를 살펴보고, 플럭을 파괴한 후에 재응집 반응을 시켜서 재응집속도, V<sub>ref</sub>와 재응집 플럭크기 최대치, FI<sub>max\_ref</sub>를 분석하여 수처리에 미치는 영향을 평가하였다. 그 평가기준은 반응 후의 잔류 탁도, Turb<sub>res</sub>로 하였다.

응집제는 PACS, PAC, PIN, PAS, Alum 등을 사용하였고, 각 응집제 주입량에 따른 FI 값의 변화를 모니터링한 후, 응집제 주입량과 FI<sub>max</sub>와의 상관관계를 구하였다. 그리고 응집제 주입량에 따른 FI<sub>max</sub>과 응집속도 V<sub>f</sub>, 잔류 탁도 Turb<sub>res</sub> 값을 통하여 플럭의 성장특성을 평가하였다.

플럭이 최고치까지 성장한 시점에서 플럭을 파괴한 후 재교반을 통해 플럭을 재응집 하였다. 재응집 후의 플럭 최대치 FI<sub>max\_ref</sub>, 재응집속도 V<sub>ref</sub> 및 잔류 탁도 Turb<sub>res</sub> 값을 통해 재응집성을 평가하였다. 이러한 결과를 통해서 궁극적으로 최적의 응집제 주입량을 결정하고 효율적인 응집공정을 운영하고자 하는 것이다.

## 3.1 응집제 주입량에 따른 플럭성장 모니터링

응집제 PACS, PAC, PIN, PAS, Alum을 사용하여, 각 응집제 주입량에 따른 FI 값의 변화

를 모니터링 하였다(Fig. 3.1).

Fig. 3.1 (a)는 1.3 NTU의 A 원수에 PACS 주입량을 6~12ppm으로 변화시키면서 플럭의 성장과 파괴 후 재응집성을 관찰한 것이다.

응집반응 후 약 100초가 지나면서 플럭이 성장하기 시작하였는데, FI 값은 8ppm과 10ppm에서 높고, 6ppm과 12ppm에서는 이보다 낮은 값을 나타내어, 8ppm과 10ppm에서 플럭성장이 더 잘 일어났다는 것을 알 수 있었다. 반응시간에 따른 FI 값의 변화인 플럭의 성장속도를 비교해 봐도 8ppm과 10ppm에서 더 빠른 것으로 나타났다. 그런데, 12ppm을 주입했을 때 FI 값이 8ppm과 10ppm보다 낮아지는 경향은 응집제 과잉 주입으로 인하여 sweep coagulation이 일어났기 때문으로 사료된다.

재응집성을 관찰하기 위해 300rpm에서 급속 재교반을 하였다. 그림에서처럼 FI 값이 감소했다가 다시 어느 정도 회복되는 것을 볼 수 있었다. 재응집 속도와 플럭 크기는 10ppm에서 가장 좋았고, 12ppm에서 가장 낮아서, sweep coagulation에 의해 형성된 플럭의 재응집성이 상대적으로 약한 것으로 나타났다. 본 실험에서는 10ppm을 주입하는 것이 플럭 성장속도와 재응집성이 양호한 결과를 나타내었다.

Fig. 3.1 (b)는 A 원수에 PAC를 10~20ppm 주입하였을 경우에 FI 값이 변화하는 경향을 관찰한 것이다. 10ppm에서는 FI 값이 낮게 나타났고, 14~20ppm까지는 거의 비슷한 경향을 나타내었다. 그리고 재응집 경향을 관찰한 결과, 초기 FI 값의 60% 정도가 회복되었다.

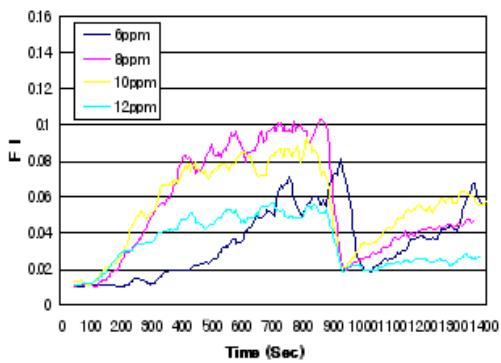
FI 값과  $V_f$  및 재응집성을 종합적으로 비교했을 때, 17ppm 주입 시에 가장 좋은 응집효과를 나타내었다. 이때의 Al 농도( $9.01 \times 10^{-4}$  mole of Al)는 PACS 10ppm을 주입했을 때와 동일한 농도이다.

Fig. 3.1 (c)는 10 NTU Kaolin 조제수에 PAS 주입농도를 달리하여 FI 값이 변화하는 경향을 관찰한 것이다. PAS  $[\text{Al}_2(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_2]$  는 Alum을 중합시킨 것으로 실제 현장에서는 적

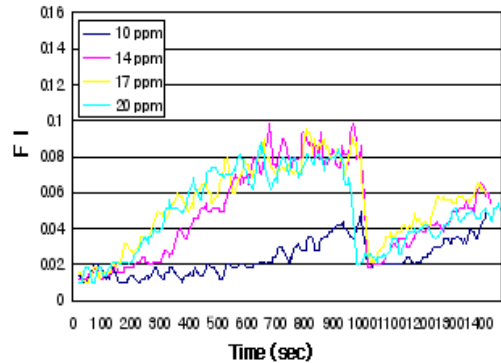
용되지 않고 있다.<sup>6)</sup> 본 연구에서는  $\text{OH}/\text{Al} = 1.2$ (염기도 40%)인 응집제의 플럭성장 특성을 분석하였다. 초기 플럭 성장속도는 농도별로 차이가 났지만, 응집시간이 경과할수록 응집제 주입농도와 상관없이 FI 값이 비슷해졌다.

Fig. 3.1 (d)는 10 NTU의 Kaolin 조제수에 Alum을 15, 25, 35ppm 주입하여 FI 값이 변화하는 경향을 도기한 것이다. 응집제 주입량에 따라서 응집플럭의 성장속도가 다르게 나타났다. 그러나 300초가 지나면 플럭의 크기는 유사한 경향을 보였다.

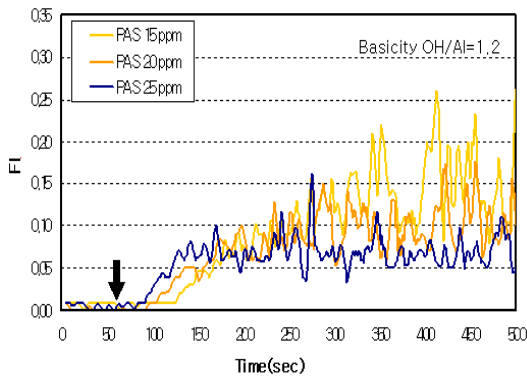
Fig. 3.1 (e)는 6.3 NTU의 원수에 철응집제 PIN [Poly Iron Nitrate,  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_x(\text{OH})_y$ ] 을 사용하여, PIN 주입량에 따른 FI 값의 변화를 모니터링 한 것으로, 10ppm에서는 FI 값이 0.03~0.05 정도로 플럭이 거의 성장하지 않았다. 20ppm에서는 초기 급속교반에서는 플럭이 거의 성장하지 않았으나 완속교반시에 플럭이 성장하기 시작하였다. 30ppm에서는 플럭 성장속도가 20ppm보다 빨랐으나, 플럭이 최대 성장하였을 때 FI 값은 20ppm과 비슷하였다. 40ppm에서 플럭의 성장속도가 가장 빨랐고, FI 값도 가장 높게 나타났다. 한편, 50ppm에서 40ppm보다 FI 값이 감소한 것은 응집제 과잉 주입으로 응집효율이 떨어진 것으로 판단된다.



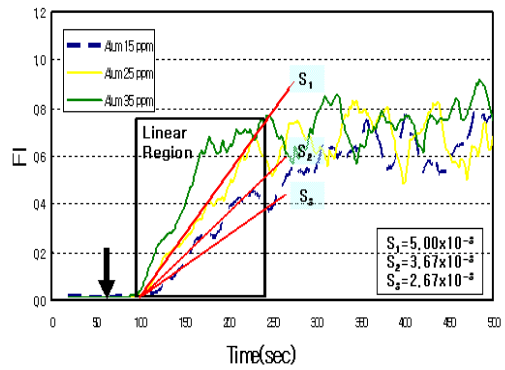
(a) Raw water 1.3 NTU by PACS  
(300rpm,1min/ 40rpm,15min/ 300rpm,30sec/ 40rpm)



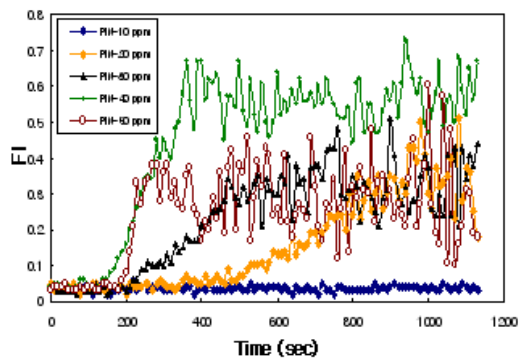
(b) Raw water 1.3 NTU by PAC  
(300rpm,1min/ 40rpm,15min/ 300rpm,30sec/ 40rpm)



(c) Kaolin 10 NTU by PAS  
(300rpm,1min/ 40rpm,10min)



(d) Kaolin 10 NTU by Alum  
(300rpm,1min/ 40rpm,10min)



(e) Raw water 6.3 NTU by PIN (300rpm,1min/ 45rpm,15min)

Fig. 3.1 Floc growth at different coagulant dose

### 3.2 응집제 주입량과 $FI_{max}$ 의 상관성 평가

플럭성장을 모니터링한 결과를 토대로, 응집제 주입량과  $FI_{max}$ 의 관계를 구하였다.

응집제 주입량과  $FI$ 의 그래프적인 경향을 예측하기 위해 선형, 로그, 다항식, 거듭제곱, 지수, 이동평균 등 다양한 방법으로 회귀 분석하여 본 결과, 다항식 회귀분석이 가장 적합한 결과를 보였다.

Fig. 3.2 (a)는 PACS 주입량과  $FI_{max}$  사이의 상관성을 나타낸 것이다. PACS 주입량과  $FI_{max}$ 의 관계를 다항식 회귀분석 한 결과, R 제곱 값이 0.999로 나타났으며, PACS 주입량( $x$ )과  $FI_{max}(Y)$  사이에는 「 $Y = -0.0152x^2 + 0.0677x + 0.0288$ 」의 관계식이 성립하였다. 이 관계식을 이용하여 PACS 주입량에 따른  $FI_{max}$  값을 예측할 수 있다.

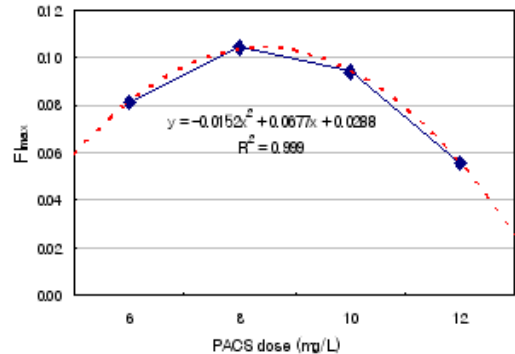
Fig. 3.2 (b)는 PAC 주입량과  $FI_{max}$  사이의 상관성을 나타낸 것이다. PAC 주입량과  $FI_{max}$ 의 관계를 다항식 회귀분석을 한 결과, R 제곱 값이 0.951로 나타났으며, PAC 주입량( $x$ )과  $FI_{max}(Y)$  사이에는 「 $Y = -0.0143x^2 + 0.0813x - 0.0132$ 」의 관계식이 성립하였다. 이 관계식을 이용하면 동일 응집조건에서 PAC 주입량에 따른  $FI_{max}$  값을 예측할 수 있다.

Fig. 3.2 (c)는 PAS 주입량과  $FI_{max}$  사이의 상관성을 나타낸 것으로, PAS 주입량과  $FI_{max}$ 의 관계를 다항식 회귀분석 한 결과 R 제곱 값은 0.805로 나타났으며, PAS 주입량( $x$ )과  $FI_{max}(Y)$  사이에는 「 $Y = -0.0675x^2 + 0.3665x - 0.2825$ 」의 관계식이 성립하였다.

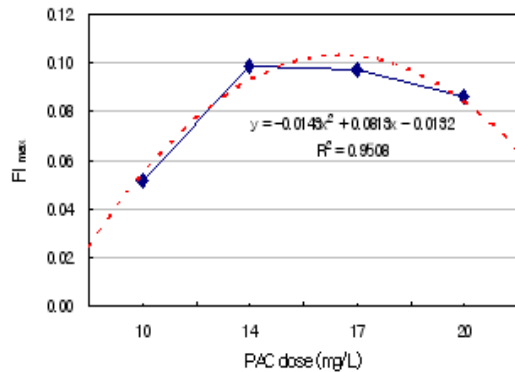
Fig. 3.2 (d)는 Kaolin 10 NTU에서 Alum 주입량과  $FI_{max}$  사이의 상관성을 나타낸 것으로, 다항식 회귀분석 결과, R 제곱 값은 0.946으로 나타났으며, Alum 주입량( $x$ )과  $FI_{max}(Y)$  사이에는 「 $Y = -0.175x^2 + 1.153x - 0.940$ 」의 관계식이 성립하였다.

Fig. 3.2 (e)는 원수 6.3 NTU에서 PIN 주입량과  $FI_{max}$  사이의 상관성을 나타낸 것이다. PIN 주입량과  $FI_{max}$ 의 관계를 다항식 회귀분석

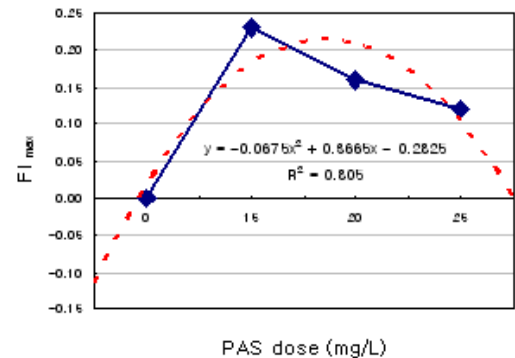
한 결과, R 제곱 값이 0.957로 나타났으며, PIN 주입량( $x$ )과  $FI_{max}(Y)$  사이에는 「 $Y = -0.0586x^2 + 0.4924x - 0.386$ 」의 관계식이 성립하였다. 이 관계식을 이용하여 PIN 주입량에 따른  $FI_{max}$  값을 예측할 수 있다.



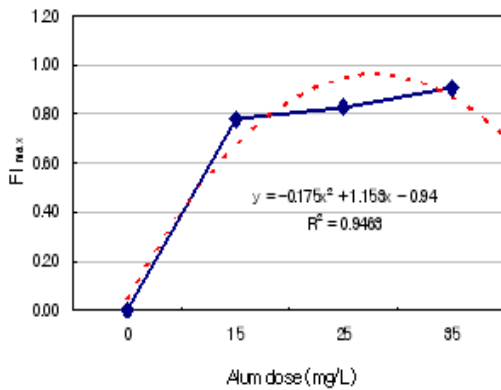
(a) Raw water 1.3 NTU by PACS



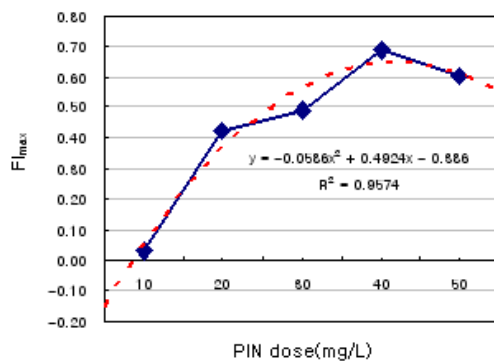
(b) Raw water 1.3 NTU by PAC



(c) 10 NTU Kaolin by PAS



(d) 10 NTU Kaolin by Alum



(e) Raw water 6.3 NTU by PIN

Fig. 3.2  $FI_{max}$  vs Coagulant dose

### 3.3 응집제 주입량에 따른 플럭성장 평가

응집제 주입량이 FI와 플럭 성장속도에 미치는 영향을 평가함으로써 응집처리 효율을 증대시킬 수 있는 최적 응집제 주입량을 구하고자 하였다.

응집제 주입량에 따른 수처리 효율 평가를 위해 FI와 플럭 성장속도에 미치는 영향을 평가하고, 각 응집제 주입율에 따른  $FI_{max}$ 과  $V_f$ 를 비교하여 보았다. 처리수의 수질평가는 반응 후의 잔류 탁도를 기준으로 하였으며,  $FI_{max}$ 는 본 장치의 data를 10구간 이동평균으로 정리한 FI값에서 상위 5%의 평균값으로 하였다.

#### (1) PACS 주입량에 따른 플럭성장 평가

PACS 응집제 주입율에 따른  $FI_{max}$ 과  $V_f$  및  $Turb_{res}$ 를 비교한 결과를 Table 3.1 (a)와 Fig. 3.3 (a)에 나타내었다. 응집제 주입량에 따라 플럭의 성장도 각기 다른 양상을 보였다.

PACS 주입량에 따른 플럭 성장속도,  $V_f$ 를 계산한 결과, 8ppm에서  $21.21 \times 10^{-5}(\text{sec}^{-1})$ , 10ppm에서  $20.00 \times 10^{-5}(\text{sec}^{-1})$ 으로 가장 빨랐고, 그 다음이 12ppm, 6ppm 순으로 나타났다. 특히 6ppm에서는  $5.16 \times 10^{-5}(\text{sec}^{-1})$ 으로 플럭 성장속도가 가장 느렸다.

$FI_{max}$ 는 8ppm에서  $10.00 \times 10^{-2}$ , 10ppm에서  $8.15 \times 10^{-2}$ , 다음으로 6ppm, 12ppm 순으로  $V_f$ 와 같은 순서를 보였다. 그런데, 잔류 탁도를 비교해 보면, 10ppm에서 최저치를 나타냈고, 8ppm, 6ppm, 12ppm 순으로 낮은 탁도를 보였다. 주입률 10ppm에서 플럭이 좀 더 조밀해서 침강성이 좋아진 것으로 사료된다. 한편, 12ppm에서 탁도 증가폭이 컸는데, 이것은 응집제 과잉주입으로 sweep coagulation이 일어나 응집제 효율이 떨어진 것으로 판단된다.<sup>5,7)</sup>

Table 3.1 (a)  $FI_{max}$ ,  $V_f$  &  $Turb_{res}$  vs PACS dose

PAC dose (mg/l)	$FI_{max}$ ( $\times 10^{-2}$ )	$V_f$ ( $\times 10^{-5}, \text{sec}^{-1}$ )	$Turb_{res}$ ( $\times 10^{-2}, \text{NTU}$ )
6	7.20	5.16	7.50
8	10.00	21.21	5.80
10	8.50	20.00	5.10
12	5.80	10.00	8.20

#### (2) PAC 주입량에 따른 플럭성장 평가

PAC 주입량에 따른  $FI_{max}$ 과  $V_f$ 를 비교하고, 처리수의 수질평가는 잔류 탁도  $Turb_{res}$ 를 기준으로 하였다. 그 결과를 Table 3.1 (b)와 Fig. 3.3 (b)에 나타내었다.

그림에서 보면, 잔류 탁도는  $V_f$ ,  $FI_{max}$ 와 상관

성을 가지고 있는 것으로 나타났다. PAC 주입량에 따른 플럭 성장속도  $V_f$ 를 비교해 보면, 17ppm에서  $16.25 \times 10^{-5}(\text{sec}^{-1})$ 으로 가장 빨랐고, 20ppm, 14ppm, 10ppm 순으로 나타났다. 특히 10ppm에서는  $3.40 \times 10^{-5}(\text{sec}^{-1})$ 으로 플럭 성장속도가 아주 느렸다. 플럭 크기지수  $FI_{\max}$ 는 17ppm에서  $9.50 \times 10^{-2}$ 으로 가장 컸고, 그 다음이 14ppm, 20ppm, 10ppm 순으로 나타났다. 그런데, 잔류 탁도  $Turb_{\text{res}}$ 를 비교해 보면, 17ppm에서 최저치를 나타냈고, 14ppm, 20ppm, 10ppm 순으로 낮은 탁도를 보여서, 최대 플럭 크기의 순서대로 양호한 수질을 나타냈다.

Table 3.1 (b)  $FI_{\max}$ ,  $V_f$  &  $Turb_{\text{res}}$  vs PAC dose

PAC dose (mg/ℓ)	$FI_{\max}$ ( $\times 10^{-2}$ )	$V_f$ ( $\times 10^{-5}, \text{sec}^{-1}$ )	$Turb_{\text{res}}$ ( $\times 10^{-2}, \text{NTU}$ )
10	4.30	3.40	8.90
14	9.10	13.00	6.10
17	9.50	16.25	5.70
20	8.10	14.13	7.70

### (3) PAS 주입량에 따른 플럭성장 평가

PAS 주입량에 따른  $FI_{\max}$ 과  $V_f$ 를 계산하고, 처리수의 수질평가는 잔류 탁도를 기준으로 하였다. 그 결과를 Table 3.1 (c)와 Fig. 3.3 (c)에 나타내었다. 그림에서 보면, 잔류 탁도는  $FI_{\max}$ ,  $V_f$ 와 깊은 연관성을 가지고 있는 것으로 나타났다.

PAS 주입량에 따른 플럭 성장속도  $V_f$ 는 주입량 25ppm에서  $10.0 \times 10^{-4}(\text{sec}^{-1})$ 으로 가장 빨랐고, 20ppm, 15ppm 순으로 응집제 주입량이 많을수록 빠른 것으로 나타났다.

그리고 플럭 크기지수  $FI_{\max}$ 는 15ppm, 20ppm, 25ppm 순으로 높게 나타났고, 잔류 탁도값도 15ppm에서 2.05로 최저치를 나타냈으며,  $FI_{\max}$ 의 크기 순으로 낮은 탁도값을 나타냈다.

결론적으로 PAS에서 탁도는  $FI_{\max}$ 의 순으로

$FI_{\max}$ 가 최대일 때 탁도가 최저치의 양호한 수질을 나타냈고, 플럭 성장속도  $V_f$ 는 응집제 주입량에 비례하여 증가하였다.

Table 3.1 (c)  $FI_{\max}$ ,  $V_f$  &  $Turb_{\text{res}}$  vs PAS dose

PAS dose (mg/ℓ)	$FI_{\max}$ ( $\times 10^{-1}$ )	$V_f$ ( $\times 10^{-4}, \text{sec}^{-1}$ )	$Turb_{\text{res}}$ (NTU)
15	2.30	8.57	2.05
20	1.60	9.23	2.11
25	1.20	10.00	2.27

### (4) Alum 주입량에 따른 플럭성장 평가

Alum 주입량에 따른  $FI_{\max}$ 과 플럭 성장속도,  $V_f$ 를 비교하고, 처리수의 수질평가는 잔류 탁도를 기준으로 하여, 그 결과를 Table 3.1 (d)와 Fig. 3.3 (d)에 나타내었다.

그림에 나타난 것처럼, 탁도는 재응집 속도와도 상관성을 가지지만,  $FI_{\max}$ 와 더 높은 반비례적인 상관성을 가지고 있는 것을 알 수 있다.

Alum 주입량에 따른 플럭 성장속도  $V_f$ 를 비교해 보면, 35ppm에서  $5.00 \times 10^{-3}(\text{sec}^{-1})$ 으로 가장 빨랐으며, 그 다음이 25ppm, 15ppm 순으로 나타났다.

플럭 크기지수,  $FI_{\max}$ 는  $V_f$ 와 같이 35ppm에서 0.91로 최대치를 나타냈으며, 그 다음이 25ppm, 15ppm 순으로 나타났다.

잔류 탁도를 비교해 보면, 35ppm에서 최저치를 나타냈고, 그 다음이 25ppm, 15ppm 순으로 낮은 탁도를 보여서,  $FI_{\max}$ 와  $V_f$ 의 순서대로 양호한 수질을 나타내었다.

Table 3.1 (d)  $FI_{\max}$ ,  $V_f$  &  $Turb_{\text{res}}$  vs Alum dose

Alum dose (mg/ℓ)	$FI_{\max}$	$V_f$ ( $\times 10^{-3}, \text{sec}^{-1}$ )	$Turb_{\text{res}}$ (NTU)
15	0.78	2.67	2.12
25	0.83	3.67	2.01
35	0.91	5.00	1.90

### (5) PIN 주입률에 따른 플럭성장 평가

PIN 주입량이  $FI_{max}$ 과 플럭 성장속도,  $V_f$ 에 미치는 영향을 평가함으로써 응집처리 효율을 증대시킬 수 있는 최적 응집제 주입률을 구하고자 하였다.

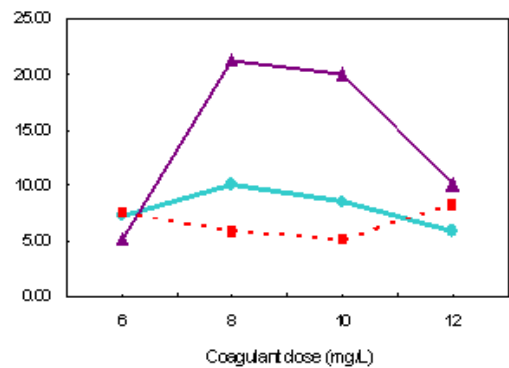
먼저, 각 응집제 주입율에 따른  $FI_{max}$ 과  $V_f$ 를 비교하고, 처리수의 수질평가는 잔류 탁도( $Turb_{res}$ )를 기준으로 하였다. 그 결과를 Table 3.1 (e)와 Fig. 3.3 (e)에 나타내었다.

$FI_{max}$ 은 40ppm에서 0.73으로 가장 컸고, 그 다음이 50ppm이며, 20ppm과 30ppm에서는 비슷하였고, 10ppm에서는 플럭이 거의 성장하지 않았다. 응집제 주입률에 따라 플럭 성장속도도 다른 양상을 보였는데,  $V_f$ 를 비교해 보면, 40ppm에서  $4.71 \times 10^{-4} (sec^{-1})$  으로 가장 빨랐으며, 30ppm, 50ppm, 20ppm 순으로 나타났는데, 30~50ppm 사이에 차이는 적었다.

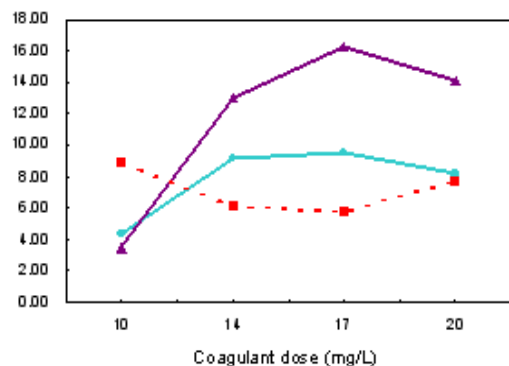
그런데, 응집제 주입 후(150초 후)부터 급속 교반(300rpm, 15분) 사이에 플럭 성장속도,  $V_{f,rapid}$ 를 비교해 보면 큰 차이를 보였다. 이 영역에서는 50ppm으로 과량의 응집제를 주입한 경우에 플럭 성장속도가  $16.43 \times 10^{-4} (sec^{-1})$  으로 아주 빨라서 평균 플럭 성장속도의 4배 정도나 되었다. 그런데, 20ppm으로 소량의 응집제를 주입한 경우에는  $0.71 \times 10^{-4} (sec^{-1})$  으로 플럭 성장속도가 아주 느렸다. 이것은 완속교반에서 응집제 주입률에 따른 플럭 성장속도와는 전혀 다른 경향을 보였다. 그래서 응집제를 과량 주입한 경우에는 초기 급속교반이 플럭성장에 큰 영향을 미친다는 것을 알 수 있었다.<sup>8,9,10)</sup>  $FI_{max}$ 과  $V_f$ ,  $Turb_{res}$ 를 비교해 볼 때 40ppm 주입률이 최적치라고 할 수 있다. 본 실험에서 50ppm을 주입한 경우, 40ppm을 주입했을 때보다 응집효율이 떨어진 것은 sweeping coagulation 때문인 것으로 판단된다.<sup>11)</sup>

Table 3.1 (e)  $FI_{max}$ ,  $V_f$  &  $Turb_{res}$  vs PIN dose

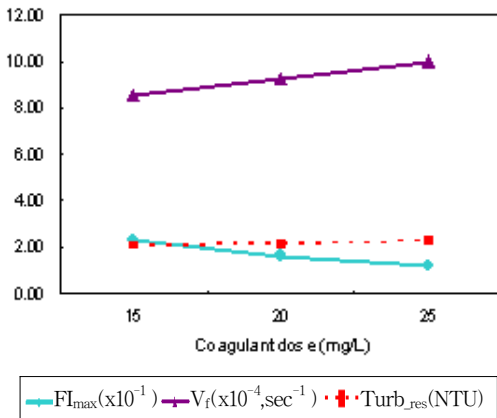
PIN dose (mg/l)	$FI_{max}$ ( $\times 10^{-1}$ )	$V_f$ ( $\times 10^{-4}$ , $sec^{-1}$ )	$V_{f,rapid}$ ( $\times 10^{-4}$ , $sec^{-1}$ )	$Turb_{res}$ ( $\times 10^{-1}$ , NTU)
10	0.6	0.04	2.14	35.90
20	5.0	3.61	0.71	9.65
30	5.1	4.54	2.14	7.15
40	7.3	4.71	6.43	5.80
50	6.7	4.24	16.43	6.70



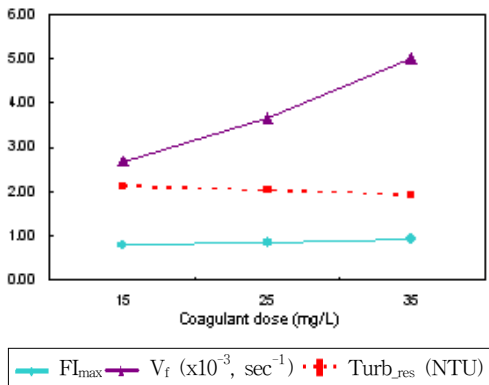
(a) Raw water 1.3 NTU by PACS



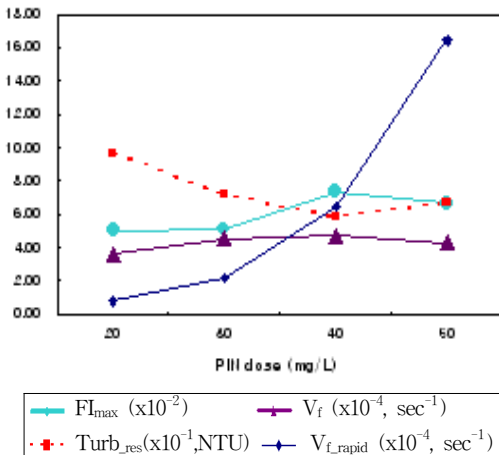
(b) Raw water 1.3 NTU by PAC



(c) Kaolin 10 NTU by PAS



(d) Kaolin 10 NTU by Alum



(e) Raw water 6.3 NTU by PIN

Fig. 3.3  $FI_{max}$ ,  $V_f$  &  $Turb_{res}$  vs Coagulant dose

### 3.4 응집제 주입량에 따른 재응집성 평가

PACS와 PAC를 사용하여 응집제 주입량에 따라 형성된 플럭을 300rpm으로 30초간 파괴한 후, 다시 45rpm으로 완속교반을 하여 플럭의 재응집성을 관찰하였다. 그 결과를 Table 3.2와 Fig. 3.5에 나타내었다.

#### (1) PACS 처리

Table 3.2 (a)와 Fig. 3.4 (a)는 PACS 응집제 주입량에 따른 플럭의 재응집속도  $V_{ref}$ 와 재응집 후의 플럭 크기지수  $FI_{max\_ref}$ 를 나타낸 것이다.

재응집 속도  $V_{ref}$ 는 10ppm에서  $10.0 \times 10^{-5} (sec^{-1})$ 으로 가장 빨랐고, 그 다음이 6ppm, 8ppm 순이며, 12ppm에서  $1.00 \times 10^{-5} (sec^{-1})$ 으로 가장 느렸다. sweep coagulation에 의해 형성된 플럭이 재응집 속도가 더 느린 것으로 나타났다.

재응집 후의 플럭 크기지수  $FI_{max\_ref}$ 를 보면, 10ppm에서  $FI_{max\_ref}$ 가 최고치를 나타냈으며, 재응집 후의 잔류 탁도도 10ppm에서 최저치를 나타내어 처리 수질 면에서도 양호한 결과를 얻었다. 10ppm 주입시에 재응집성이 가장 좋았다.

재응집 후에 플럭 크기지수의 회복율을 구해 본 결과, 약 47%~78% 정도로 양호한 결과를 나타냈다. 회복율은 6ppm에서 77.8%로 최고였으나  $FI_{max\_ref}$ 가 안정되지 않은 값으로, 실질적인 최고 회복율은 10ppm에서 69.4%를 나타냈으며,  $FI_{max\_ref}$ 가 안정된 값을 나타냈고, 재응집 후 잔류 탁도도 가장 낮은 값을 나타냈다. 그리고 12ppm에서 46.6%의 최저 회복율을 나타냈다.

위의 결과를 종합해 보면, A 원수를 PACS로 처리했을 때 플럭을 파괴하기 전에 관찰된 결과에서,  $FI_{max}$ 과  $V_f$ 가 모두 8ppm에서 가장 높은 수치를 보이면서도 탁도는 10ppm에서 최저치를 보여 응집 효율평가에 혼돈이 왔었으나, 플럭의 재응집성을 평가해 본 결과, 10ppm에서 재응집 속도와 재응집 후 플럭 크기지수 및 잔



류 탁도 회복율이 높다는 것을 확인 할 수 있었다. 그래서 10ppm에서는 플럭을 파괴한 후에 관찰된 결과로, 플럭의 강도나 밀도가 다른 주입률보다 높기 때문에 처리수 탁도가 양호했다고 판단된다. 이상의 결과로 볼 때, 응집플럭 형성에 대한 평가를 위해서는  $FI_{max}$ 와  $V_f$  외에 플럭의 강도, 밀도, 재응집성에 대한 평가 등이 수반되어서 다각도로 플럭을 평가하는 것이 중요하다.

재응집 실험에서 잔류 탁도는  $V_{ref}$ 보다  $FI_{max\_ref}$ 와 더 높은 상관성을 가졌다. 즉, 탁도와  $FI_{max\_ref}$ 는 반비례 관계가 성립되어서  $FI_{max\_ref}$  최고치일 때 잔류 탁도가 최저치의 양호한 수질을 나타내었다.

본 실험에서 PACS의 최적 주입률은 10ppm이며, 최적 응집제 주입률에 의해 형성된 플럭이 가장 양호한 수질을 나타냈으며, 재응집성도 양호하다는 결론을 얻었다.

## (2) PAC 처리

Table 3.2 (b)와 Fig. 3.4 (b)는 PAC 주입률에 따른 플럭의 재응집 속도,  $V_{ref}$ 와 재응집 후의 플럭 크기지수,  $FI_{max\_ref}$ 를 나타낸 것이다.

그림에서 보듯이, 응집제 주입률에 따라  $V_{ref}$ 와  $FI_{max\_ref}$ 도 각기 다른 양상을 보였다. 먼저, 재응집 속도  $V_{ref}$ 는 응집제 주입량 17ppm까지 주입량에 비례하여 증가하다가 20ppm에서 최저치로 감소하는 경향을 보였다. 17ppm에서  $9.80 \times 10^{-5} (sec^{-1})$ 으로 가장 빨랐고, 20ppm에서  $6.30 \times 10^{-5} (sec^{-1})$ 으로 가장 느렸다. PACS로 처리한 경우와 마찬가지로 응집제가 과잉 주입되었을 때 재응집 속도가 가장 느렸다. 역시 sweep coagulation에 의해 형성된 플럭이 재응집 속도가 느리다는 것을 알 수 있었다.

재응집 후의 플럭 크기지수  $FI_{max\_ref}$ 를 보면, 플럭 파괴 전에 플럭 크기지수가 가장 높았던 17ppm에서 재응집 후에도  $FI_{max\_ref}$ 가 최고치를 나타냈다.

재응집 후의 잔류 탁도는 플럭 파괴 전에 탁

도가 가장 낮았던 17ppm에서 최저치를 나타내어 처리수의 수질 면에서도 가장 양호한 결과를 얻었다.

그런데, 10ppm을 주입한 경우에는 플럭을 파괴하여 재응집한 플럭이 플럭 파괴 전의  $FI_{max}$ 보다 높은 값을 나타냈으며, 탁도도 오히려 회복되는 결과를 나타냈다.

PAC의 경우, 체거름 응집의 경우를 제외하고는 재응집률이 상당히 높은 결과를 보였다. 플럭 크기지수를 기준으로 계산한 재응집률은 약 63~110% 범위로 나타나 대체로 양호한 결과를 보였다.

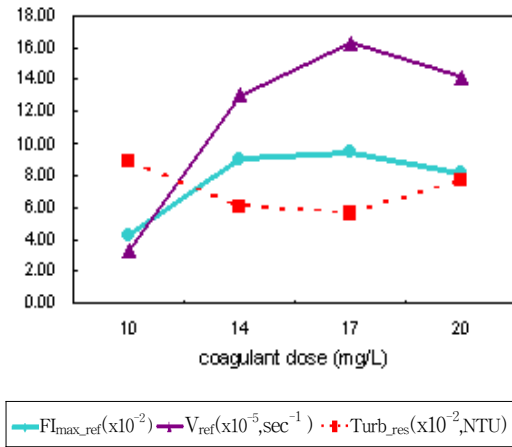
결론적으로, A 원수를 PAC로 처리했을 때, 플럭 크기지수가 최고치를 나타낸 17ppm에서 가장 낮은 탁도치를 나타냈고, 재응집성 실험에서는  $FI_{max\_ref}$ 와  $V_{ref}$  모두 최고치를 나타낸 17ppm에서 탁도가 가장 낮았다. 본 실험에서 PAC의 최적 주입률은 17ppm으로,  $FI_{max}$ 가 최고치를 나타낸 응집제 주입률에서 형성된 플럭이 가장 양호한 수질을 나타냈으며, 플럭파괴 후에도 재응집성이 양호하다는 결론을 얻었다.

Table 3.2 (a)  $FI_{max\_ref}$ ,  $V_{ref}$  &  $Turb_{res}$  vs Coagulant dose

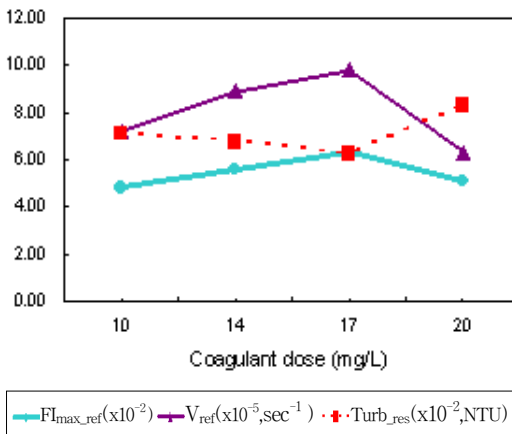
PACS dose (mg/l)	$FI_{max\_ref}$ ( $\times 10^{-2}$ )	$V_{ref}$ ( $\times 10^{-5}$ , $sec^{-1}$ )	$Turb_{res}$ ( $\times 10^{-2}$ , NTU)	Recovery of $FI_{max}$ (%)
6	5.60	6.66	7.70	77.8
8	4.80	5.75	6.81	48.0
10	5.90	10.0	5.63	69.4
12	2.70	1.00	9.15	46.6

Table 3.2 (b)  $FI_{max\_ref}$ ,  $V_{ref}$  &  $Turb_{res}$  vs Coagulant dose

PAC dose (mg/l)	$FI_{max\_ref}$ ( $\times 10^{-2}$ )	$V_{ref}$ ( $\times 10^{-5}$ , $sec^{-1}$ )	$Turb_{res}$ ( $\times 10^{-2}$ , NTU)	Recovery of $FI_{max}$ (%)
10	4.80	7.20	7.10	111.6
14	5.60	8.90	6.80	61.5
17	6.30	9.80	6.30	66.3
20	5.10	6.30	8.30	63.0



(a) Raw water 1.3 NTU by PACS



(b) Raw water 1.3 NTU by PAC

Fig. 3.4  $FI_{max\_ref}$ ,  $V_{ref}$  &  $Turb_{res}$  vs Coagulant dose

이와 같이 응집제의 최적 주입농도가 존재하는 이유는, 대개의 입자들이 “-” 전하(간혹 “+” 전하를 띠기도 함)를 띠고 있으며, 전하의 세기는 다르다. 같은 전하를 띤 입자사이에 그러한 반발의 힘을 줄이지 않으면 입자간 상호인력이 생길 수 없다. 그래서 물속에서 입자 표면퍼텐셜(zeta potential,  $\xi$ )값이 이론적으로 “0”이 되면 응집이 일어난다.<sup>5,12,13)</sup>

입자표면의 계면전위는 고정층과 확산층으로 구성된 전기 이중층의 개념으로 볼 수 있다.

Fig. 3.5에 나타난 것처럼 응집제를 넣어주면 이중층(DLT: Double Layer Thickness)이 계속 줄어들어 입자간 상호인력이 작용하여 입자사이가 가까워져서 응집이 일어나게 된다.<sup>14,15,16)</sup>

그러나, 과량의  $Al^{3+}$  혹은  $Fe^{3+}$ 가  $Al(OH)_3$  또는  $Fe(OH)_3$ 를 형성하면 응집 메커니즘은 sweeping에 의한 경로를 거친다.<sup>5,7)</sup> 기본 원리는 금속 수산화물의 생성에 의한 응집으로 현탁 입자와 생성된  $Al(OH)_3$  사이에 인력의 힘이 작용하는 것이다. 이때 작용하는 인력은 전하 중화에 의한 인력보다 아주 약하다. 물리 화학적 개념에서 보면 일종의 흡착(adsorption)에 가까운 현상이다.<sup>2)</sup> 그러나 결국 응집제 손실이 많아서 응집효율을 떨어뜨리게 된다. sweep coagulation이 일어나면 흡착 중화효과가 극도로 저하되므로 교반강도를 증가시켜야 한다.<sup>5)</sup>

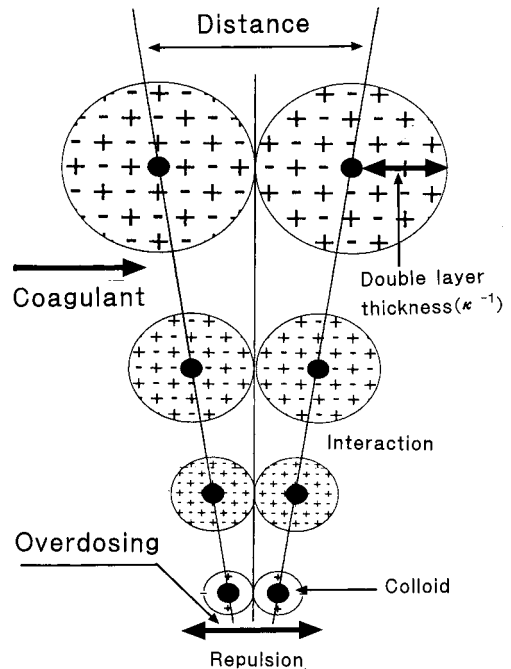


Fig. 3.5 Coagulation mechanism showing the interaction energy between two particles<sup>5)</sup>

## IV. 결 론

응집제 주입량에 따른 응집효율을 분석한 결과, 응집제 과잉 주입 이하에서는 주입량에 비례하여  $FI_{max}$ ,  $V_f$ 가 증가하고, 잔류 탁도는 낮아졌다. 그러나, 과잉 주입 시에는 sweep coagulation 이 일어나 응집효율이 떨어졌다.

응집제 주입량과 FI의 상관관계는 다항식 회귀분석이 가장 적합한 결과를 보였다.

응집제 주입량( $x$ )과  $FI_{max}(Y)$ 의 관계를 다항식 회귀분석 한 결과, R 제곱 값이 0.999~0.805로 나타났으며, 이 관계식을 이용하여 동일 조건에서 응집제 주입량에 따른  $FI_{max}$  값을 예측할 수 있다.

재응집성( $FI_{max\_ref}$ ,  $V_{ref}$ )은 응집제 주입량에 비례하여 증가하였으나, 과잉 주입 시에는 응집제 부족시보다 재응집성이 떨어지는 경향을 보였다.  $FI_{max}$ 의 변동 폭은 응집제 주입량이 증가할수록 작아져 플럭의 크기가 균일하고 안정적이었으며, 플럭과괴 전보다 파괴 후 재응집시에 변동 폭이 적었다.

FI 값과 잔류 탁도는 높은 상관성을 나타내었는데, FI 값이 증가할수록 잔류 탁도가 낮아져 FI 값이 최대치일 때 잔류 탁도가 최저치를 나타냈다. 따라서 FI 값에 의한 플럭 모니터링을 통해 응집효율을 평가하는 것이 탁도 제거 측면에서도 타당하다는 것을 확인할 수 있었다.

FI 값의 모니터링 자료로 플럭의 성장과 파괴에 관하여 상세한 정보를 얻었으며, 이러한 자료를 통해서 응집제의 최적 주입량과 최적 응집조건을 결정할 수 있었다. 따라서 응집제 자동 주입조절장치와의 접목도 가능한 향후 연구과제이다.

플럭 모니터링 장치로 FI 값을 연속 모니터링 함으로써, 응집지에서 플럭성장 상태를 실시간 온라인으로 감시할 수 있기 때문에 원수수질의 급변화시에 신속하고 정확하게 대처할 수 있으며, 수질사고 경보장치로의 응용도 가능한 향후 연구과제이다.

## V. 참고문헌

1. Gregory J. and Chung H. J., "Continuous monitoring of floc properties in stirred suspensions", J. of SRT-Aqua., 44(3), pp.125~131 (1995)
2. Ho-Jin Chung, Soo-Uook Song, "A study on the characteristic properties of flocculation factors", J. of KTSWT, 8(1), pp.9~18 (2000)
3. Tambo, N. and Watanabe, Y., "Physical aspect of flocculation process-1 : Fundamental treatise", Water Research, 13, pp.429~439 (1979)
4. Gregory J. and Chung H. J., "On-line measurements of floc properties by an improved turbidity fluctuation technique", Optimal Dosing of Coagulants and Flocculants, 10, 101~115 (1994)
5. 곽종운, "물리화학적 수처리 원리와 응용", 지샘, pp.129~190, 598~602 (1998)
6. 이정자, 이만호, 김영범, 곽종운, "응집제의 염기도가 응집에 미치는 영향", 대한환경공학회, 추계학술연구발표회 논문집 (2004)
7. 郭鍾雲, "淨水用 無機凝集劑의 凝集理論과 最近 開發動向", 水道, 67, pp.91~105 (1994)
8. van de Hulst, "Light scattering by small particles", John Willey and Sons Inc., New York (1957)
9. Matsui Y., Ohto T., Tambo N., and Zaitsu Y., "Dual wavelength photometric dispersion analyzer of coagulation and flocculation", Wat. Sci. Tech. 27. pp.153~165 (1993)
10. Jung H., "On-line Measurements of Floc Properties by an Improved Turbidity Fluctuation Technique", Optimal Dosing of Coagulants and Flocculants, 10, pp.101~115 (1994)
11. 이정자, 이철희, 이진희, 김영범, "Nitrate계

무기고분자 철응집제의 플럭성장 특성”,  
대한환경공학회 춘계학술연구발표회논문  
집 (2005)

12. Gregory, J., "Fundamentals of flocculation",  
Critical Reviews in Environmental Control,  
19(3), pp.185~230 (1989)
13. "Physicochemical Process for water  
quality control", John Wiley & Sons, Inc.  
(1976)
14. Rogen, J. M., "A statistical description of  
coagulation", Journal of Colloid Interface  
Science, 99, pp.9~19 (1984)
15. Ives, K. J. and Bhole, A. G., "Theory of  
flocculation for continuous flow system",  
J. of Environmental Engineering Division,  
ASCE, 99, pp.17~34 (1973)
16. Kawamura, S., "Hydraulic Scale Model  
Simulation of the Sedimentation Process",  
AWWA, 73(7), pp.372~379 (1981)

# 농경지 토양의 중금속 함유량 토사연구

이창근, 박완순, 추완중, 김미자, 전남수, 한지은  
토양환경과

## A Study on the heavy metals contents of agricultural soils

C.K.LEE, W.S. KWAK, W.J.CHU, M.J.KIM, N.S.JEON, J.E.HAN  
Division of soil environment

### ABSTRACT

Heavy metals contents of farm lands within the area of Incheon metropolitan city were investigated for making the best use of formulation counterplan data to decrease in heavy metals pollution level of farm lands soil in the future.

Findings on this investigation, contents of heavy metals in rice fields, farm and fruit farm soil samples were much less than Soil Pollutant Standard based on the Soil Environment Conservation Act. And in comparison with contents of heavy metals in rice fields conducted by the National Institute of Environmental Research, the concentrations of cadmium, copper, and lead in soil samples were remarkably high. But concentrations of arsenic, mercury were very low.

1. The concentration distributions of heavy metals in farm lands soil were as follow: 0.010~0.832 mg/kg(cadmium), non detection~44.406mg/kg(copper), non detection~54.762mg/kg(lead), non detection~4.076mg/kg(chrome), 0.005~0.185mg/kg(arsenic), 0.001~0.143mg/kg(mercury).
2. When heavy metal concentrations of surface soil samples affected adversely the growth of crops were investigated by soil uses, concentrations of copper(9.986mg/kg), lead(15.310mg/kg), arsenic(0.069mg/kg)-for rice fields, cadmium(0.285mg/kg)-for farm, cadmium(0.283mg/kg), chrome(0.907mg/kg)-for fruit farm were highly detected. And heavy metal concentrations of surface soil sample were higher than ones of subsoil.
3. Gyeyang-gu, Namdong-gu and Seo-gu of which industries are active showed similar tendency and heavy metal concentrations of soil samples from Ganghwa were very low.

### I. 서 론

토양은 농산물을 생산하는 기본배지로서 건전하고 비옥한 토양이 농산물 생산에 필수적인

조건이나 근년에는 각종 오염물질에 의해 토양이 점차 오염되어 가고 있다.

토양오염의 원인이 되는 물질로는 유기물, 무기염류, 중금속류, 농약 등이 있지만 이들 물질

중 유기물은 토양 내에 존재하는 미생물에 의해서 분해되고 무기염류는 식물에 흡수되거나 용탈 유실되어 감소되므로 토양에 남아 있는 것은 많지 않다. 토양은 오염물질을 여과, 완충 및 자연 조절을 통해 환경오염원을 스스로 정화할 수 있는 기능을 가지고 있으나 환경 오염물질 중 중금속류는 타 오염물질과는 달리 난분해성으로 토양에 부하될 경우 동식물의 생장을 저해한다. 카드뮴, 구리, 아연, 납, 비소 등의 중금속류는 일단 토양에 유입되면 분해되지 않기 때문에 인위적으로 제거시키지 않는 한 거의 영구적으로 잔존하며, 이들로 오염된 농경지에서 농작물을 재배한다면 사람에게 유해한 농산물을 생산하게 된다.

토양오염을 일으키는 요인은 생활, 산업, 광산의 각종 폐수, 농약 및 비료성분 유출 등으로 인한 질소, 인산, 각종 중금속류들이 토양오염의 주원인이 된다.

비료 중의 미량원소 함유량을 보면 Table 1. 과 같다.

토양 중 각종 성분 에 의한 농작물의 피해는 As, Cr, Mo, Ni, Pb, Se, Sr, V, Zn등은 식물의 세포에 직접적인 해를 끼치고, As, Cu, Mn 등

과 같은 원소들은 식물의 생육에서 다른 영양소의 결핍을 유발하는 작용을 한다. 식품이나 사료를 유해하게 하는 것은 As, Cd, Hg, Mo, V 등이다. <sup>1),2),3)</sup>

이번 조사를 통해 인천시 관내의 농경지 중금속 함유량을 파악함으로써 향후 농경지 토양의 중금속 오염 저감을 위한 대책 수립 자료로 활용될 수 있을 것이다.

## II. 시료 채취 및 실험 방법

### (1) 시료 채취

인천은 대도시로 주거지역, 상업지역, 공업지역 등이 많아 농경지가 타 지역에 비해 적은 편이다. 그래서 비교적 농경지가 많은 강화군, 서구, 계양구, 남동구 지역을 대상으로 논, 밭, 과수원에 대해 각각 4개소씩(2개소씩 5월, 11월 채취) 표토, 심토(50cm 깊이) 토양 총 96개를 채취하였다.

Table 1. Trace elements contents in fertilizer

(단위 : ppm)

비 료	자료점수	비 소	카드뮴	구 리	납	아 연
질소질비료	109	1.0	0.1	1.6	3.1	3.4
과인산석회	29	66.8	7.4	17.5	15.7	129.0
중과인산	6	18.4	23.3	75.0	13.4	307.0
고토과인산	5	31.4	12.2	37.3	5.9	237.0
용성인비	21	4.8	2.7	11.3	7.7	152.0
소성인비	3	0.1	5.8	35.4	4.0	289.0
기타인비	11	9.1	10.6	21.9	6.9	167.0
칼륨비료	28	0.3	0.4	6.6	1.5	3.8
유기질비료	151	1.5	0.8	24.0	5.1	135.0
제1종복합비료	168	50.1	6.8	13.5	7.7	87.5
제2종복합비료	5	9.7	3.9	11.1	8.4	58.6
기타복합	15	2.6	1.1	5.0	1.8	21.3
석회질비료	88	1.8	2.9	10.7	22.0	57.0
케이산질비료	41	1.1	1.0	42.3	4.4	55.3
고토비료	28	2.8	2.5	26.3	9.3	491.0
망간질비료	9	3.5	0.3	35.3	20.4	63.9
액체비료	14	2.3	0.8	461.0	1.6	561.0
특수비료	32	11.1	1.0	80.4	40.3	342.0

## (2) 실험방법

### ① Cd, Cu, Pb, Cr, As 분석

토양오염공정시험방법에 따라 원자흡광광도계를 이용해서 분석하였다. 전처리 방법은 다음과 같다.

· Cd, Cu, Pb, Cr 전처리 : 채취한 시료를 직사광선이 닿지 않는 장소에서 통풍이 잘 되게 해쳐놓고 풍건시킨 다음, 나무망치로 분쇄하여 눈금간격 2mm 표준체(8메쉬)에 통과한 시료 10g을 정밀하게 취하여 100ml 삼각플라스크에 넣고 염산용액(0.1N) 50ml를 넣는다. 항온수평 진탕기(100회/분, 진폭10cm)를 사용하여 30℃를 유지하면서 1시간 진탕한 다음 거름종이 5B를

사용하여 여과한다. 여액을 원자흡광광도계를 사용하여 분석한다.

· As 전처리 : 염산용액(1N) 50ml를 넣어 위의 Cd, Cu, Pb, Cr 전처리 방법과 동일하게 여액을 준비한다. 비화수소발생장치를 원자 흡광광도계에 연결하여 분석 한다.

### ② Hg 분석

수은분석기를 이용하여 분석하였다.

## (3) 측정기기

- ① 원자흡광광도계 : Spectra AA-400 / Varian
- ② 수은분석기 : MA-1 Mercury Atomizer, MD-1, Mercury SP / NIPPON INSTRUMENTS

Table 2. Sampling sites

지역	주 소	지점	지역	주 소	지점
강 화 군	불은면 삼성리 809-1 일대	논	서 구	백석동 51-93	논
	"	밭		백석동 147 일대	밭
	"	과수원		"	과수원
	화도면 사거리 309 일대	논		검단동 377 일대	논
	"	밭		"	밭
	"	과수원		검단동 386	과수원
	하점면 창후리 사대말 일대	논		연희동 428-10 일대	논
	"	밭		"	밭
	"	과수원		"	과수원
	송해면 삼거리 일대	논		금곡동 323	논
	"	밭		금곡동 384	밭
	"	과수원		금곡동 512	과수원
강 영 군	남촌동 474	논	계 양 군	오류동 145	논
	남촌동 102 일대	밭		오류동 150	밭
	"	과수원		오류동 153	과수원
	논현동(소래) 340 일대	논		계산동 232	논
	"	밭		계산동 233	밭
	논현동(소래) 166	과수원		계산동 243	과수원
	장수동 110 일대	논		독실동(바랫벌) 88 일대	논
	"	밭		"	밭
	장수동 121-2	과수원		"	과수원
	운연동 142 일대	논		독실동 73 일대	논
	"	밭		"	밭
	"	과수원		"	과수원

### Ⅲ. 토양오염기준 및 중금속 개요

#### (1) 토양오염기준

토양환경보전법에서는 오염의 정도가 사람의 건강과 동식물의 생육에 지장을 초래할 우려가 있어 토지의 이용이나 시설의 설치 등에 규제조치가 필요한 정도의 오염상태를 대책기준으로 정하고 토양오염개선사업, 토지의 이용 또는 시설의 설치를 제한할 수 있도록 하였다. 또한 대책기준농도의 40%로 더 이상의 오염이 진행되는 것을 예방하기 위한 오염수준을 우려기준으로 정하였다.

토양환경보전법에 의한 우리나라의 토양오염기준은 Table 3과 같으며, 각 국의 농경지오염대책기준 비교표는 Table 4와 같다.

Table 3. Korea soil environmental standards

(단위 : mg/kg)

물 질	가지역		나지역	
	우려기준	대책기준	우려기준	대책기준
카드뮴	1.5	4	12	30
구리	50	125	200	500
비소	6	15	20	50
수은	4	10	16	40
납	100	300	400	1000
6가크롬	4	10	12	30
아연	300	700	800	2000
니켈	40	100	160	400
볼소	400	800	800	2000
유기인화합물	10	-	30	-
폴리클로리네이티드비페닐	-	-	12	30
시안	2	5	120	300
페놀	4	10	20	50
유류 (동식물성 제외) - BTEX - TPH	-	-	80 2000	200 5000
트리클로로에틸렌	8	20	40	100
테트라클로로에틸렌	4	10	24	60

☞ 1. 가지역:지적법에 의한 지목이 전·답·대·과수원·목장·용지·임야·학교용지·하천·도용지·공원·체육용지(수목·잔디 식생지에 한한다.)·유원지·종교용지 및 사적지인 지역

2. 나지역:지적법에 의한 지목이 공장용지·도로·철도

용지 및 집중지인 지역

3. 다음 각목의 1에 해당하는 경우에는 지목 구분없이 나지역의 토양오염기준을 적용한다.

가. 특정토양오염유발시설이 설치된 경우

나. 가지역에서 폴리클로리네이티드비페닐 또는 유류에 의한 토양오염사고가 발생한 경우

다. 가지역을 제외한 지역에서 토양오염 사고가 발생한 경우

Table 4. Farm land pollution measures level

(단위 : mg/kg)

국가	구리	납	비소	수은	크롬
한국	125	300	15	10	10
일본	125	400	15	0.5	-
대만	100	120	60	20	16
EU	200	100	60	10	-
독일	100	300	40	2	-
캐나다	150	375	20	0.8	8

#### (2) 중금속 개요

##### ① 수 은(Hg)

자연계에 광범위하게 분포되어 있는 수은은 오래전부터 화장품, 의약품, 도료등에 사용되어 온 금속으로서 수은계 농약 사용이 토양오염의 원인이 될 수 있다.

Hg의 독성은 화합물의 종류에 따라서 다른데 방향족 수은이나 또는 alcoxyalkyl -Hg는 독성이 낮고, 무기염의 Hg와 금속 Hg는 이보다 높으며 alkyl-Hg화합물은 매우 위험하다. 인체에 대한 유독성은 생식선 자극과 돌연변이를 유발시켜 콜레스테롤의 대사를 방해한다.

##### ② 납(Pb)

인체에 유해한 축적독성이 강한 미량금속 중 대표적인 납은 자연계에 널리 분포되어 있으며, 자동차공장이나 축전지를 생산하는 곳에서 사용되고 있으며, 안료, 자동차의 anti-knocking 제, 납땀관 등에 널리 사용되고 있다. 산업에의 다양한 이용성으로 인해 항상 주목되어지는 금속으로서 신경, 평활근의 장애와 적혈구 중의 헤모글로빈을 감소시켜 빈혈을 유발하는 금속으로 알려져 있다. 식물체내에서 Pb는  $PbCO_3$ 나



Pb<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>의 형태로 존재하는 비교적 불용성의 화합물로 된다. 사람이 납을 다량 섭취하게 되면 간장, 신장, 뼈 등에 쌓여 독성을 나타내는데 구토, 혈변, 사지마비, 혼수 등을 일으킨다.

### ③ 카드뮴(Cd)

주로 40세 이상의 여성에게 요통, 골절, 골다공증 등을 유발하는 것으로 알려져 있는 카드뮴은 아연, 구리, 납의 제련 시 생기는 폐수와 염료, 플라스틱공장 및 전지, 농약(살균제), 농작물의 재배 시 사용하는 비료에서 오염되는 것으로 알려져 있다. 토양 중에 잔류되는 비료는 특히 카드뮴 오염의 원인이 되는데 인산비료에는 상당량의 카드뮴이 함유되어 있다. 일반적으로 카드뮴과 아연은 지구화학적인 관계로 이 두 원소의 비는 거의 일정하며, 토양 중에서 구리 및 니켈 등과 같이 유기물 질과 결합하여 강한 복합물질을 형성한다. 카드뮴 중독은 전형적인 콩팥에 미치는 영향으로 단백뇨, 당뇨증 및 아미노산뇨증 등과 관계가 있다.

### ④ 비 소(As)

전통적으로 인간생활에 밀접하게 연관되어 있는 비소는 지구상에 존재하는 식물, 동물조직에 다양하게 존재되어 있으며, 무기비소 화합물은 제초제, 살균제, 살충제에 함유되어 있다 자연 중에 존재하는 비소는 -3, 0, +3, +5가로 알려져 있으나, 일반적으로 많이 존재하는 형태는 5가이며 토양이 환원 시 생성되는 As<sup>+3</sup>는 산화상태의 As<sup>+5</sup>에 비하여 용해도가 4~10배 더 높고 독성도 As<sup>+3</sup>가 As<sup>+5</sup>보다 더 크다. 인체에 대한 영향으로는 구토, 구내의 건조함, 연하곤란, 콜레라 같은 설사를 일으켜 뇌, 척추, 중추신경계의 장애를 일으킨다.

### ⑤ 구리(Cu)

모든 금속중 고대로부터 인간에 의해 가장 많이 이용되고 있는 금속중의 하나로서 전세계에 걸쳐 지각에 폭넓게 분포되어 있으며, 영양적 측면에서 티로시나제, 시토크롬 산화효소, 슈퍼옥사이드 디스뮤타제 등의 필수성분이나

과량 섭취 시는 구토, 저혈압, 흑토증 등을 일으킨다고 알려져 있다. 구리는 미량요소로서 중요시 되어왔고, 황산구리는 농약성분으로 과수에서 주로 사용되어 왔으며, 돼지나 소의 사료 첨가제로서도 사용되어 왔다. 그러나 토양 중에 그 함량이 많을 때에는 미량요소의 한계를 넘어 식물에 해작용을 끼치게 된다.

### ⑥ 크롬(Cr)

크롬은 금속크롬과 크롬산으로서 부식방지제로 널리 사용되고 있으며, 잉크나 염료 및 피혁공장 등에서 사용된다. 크롬은 Cr<sup>+3</sup> 보다 Cr<sup>+6</sup> 가 더 작물의 생육에 장애를 초래한다. 크롬에 의한 식물생육의 억제 및 인축에 끼치는 해작용 등에 대해서는 자세히 밝혀져 있지 않지만 크롬산염에 중독되면 암을 유발하고, 피부손상과 간장장애를 일으킨다.<sup>1),3),4)</sup>

## IV. 결과 및 고찰

논, 밭, 과수원에 대한 심토, 표토의 전체 중금속 분석 결과는 Table 6과 같다. 농경지 토양 전체 평균(논, 밭, 과수원 평균)은 Table 5와 같으며 토양환경보전법에 의한 토양오염우려기준에 훨씬 못 미치는 농도였다. 또한 2003년도에 인천지역의 토양오염우려지역에 대해 실시한 토양오염실태조사와 비교할 때 비소는 토양오염우려지역과 농경지 토양이 비슷한 농도를 나타냈으나, 그 외의 중금속 항목에서는 토양오염실태조사 결과의 약 50% 정도로 나타났다.

Table 5. Mean concentrations of heavy metals in agricultural solids (단위 : mg/kg)

	카드뮴	구리	납	크롬	비소	수은
토양오염우려기준	1.5	50	100	4*	6	4
토양오염실태조사	0.412	16.878	17.173	불검출*	0.034	0.039
농경지 토양	0.225	6.888	8.817	0.634	0.039	0.017

\* : 6가크롬

Table 6. Heavy metal contents of agricultural soils

(단위:mg/kg)

번호	주 소	지 점	Cd	Cu	Pb	Cr	As	Hg
1	북 이 면	논-심	0.120	5.533	8.394	0.738	0.023	0.020
2		논-표	0.164	12.305	1.742	0.597	0.025	0.025
3		밭-심	0.065	2.051	1.629	0.312	0.013	0.017
4		밭-표	0.050	2.609	4.846	0.494	0.006	0.015
5		과수원-심	0.175	0.250	0.420	0.455	0.019	0.021
6		과수원-표	0.272	6.346	1.105	1.382	0.029	0.017
7	화 노 면	논-심	0.060	2.332	0.593	0.857	0.027	0.006
8		논-표	0.134	3.923	1.900	0.762	0.045	0.013
9		밭-심	0.119	0.961	0.258	0.273	0.035	0.012
10		밭-표	0.292	3.451	0.371	0.870	0.034	0.021
11		과수원-심	0.176	불검출	불검출	0.141	0.020	0.014
12		과수원-표	0.256	2.087	1.114	0.542	0.038	0.016
13	하 점 면	논-심	0.125	3.425	0.790	0.215	0.185	0.006
14		논-표	0.156	5.853	3.942	0.317	0.081	0.029
15		밭-심	0.052	2.151	1.130	0.258	0.031	0.006
16		밭-표	0.100	3.183	2.859	0.274	0.052	0.007
17		과수원-심	0.100	4.068	0.641	0.240	0.047	0.010
18		과수원-표	0.253	4.441	3.558	0.274	0.057	0.017
19	송 해 면	논-심	0.060	3.396	4.138	불검출	0.012	0.010
20		논-표	0.101	6.819	6.205	0.279	0.051	0.013
21		밭-심	0.105	8.352	2.237	0.261	0.023	0.005
22		밭-표	0.195	4.251	1.668	0.330	0.031	0.006
23		과수원-심	0.115	4.755	2.110	0.190	0.031	0.015
24		과수원-표	0.140	4.796	3.557	0.200	0.032	0.010
25	고 촌 면	논-심	0.359	11.556	14.336	0.941	0.029	0.040
26		논-표	0.389	12.296	14.435	0.907	0.028	0.030
27		밭-심	0.090	3.616	3.521	0.060	0.007	0.017
28		밭-표	0.140	2.320	5.319	0.165	0.010	0.023
29		과수원-심	0.174	2.731	1.844	0.563	0.012	0.010
30		과수원-표	0.717	1.524	0.510	1.085	0.021	0.143
31	노 현 면	논-심	0.295	13.655	16.165	0.875	0.049	0.032
32		논-표	0.318	14.606	16.944	0.851	0.037	0.027
33		밭-심	0.183	5.790	5.284	0.411	0.018	0.014
34		밭-표	0.180	7.767	8.536	0.349	0.027	0.016
35		과수원-심	0.074	3.336	4.967	0.397	0.014	0.011
36		과수원-표	0.238	7.666	7.269	2.246	0.051	0.031
37	장 수 면	논-심	0.112	2.710	3.112	0.056	0.017	0.003
38		논-표	0.179	8.504	10.494	0.289	0.109	0.005
39		밭-심	0.181	3.339	2.643	0.078	0.028	0.002
40		밭-표	0.325	5.091	5.274	0.804	0.055	0.006
41		과수원-심	0.197	0.500	1.551	불검출	0.016	0.001
42		과수원-표	0.832	3.207	3.031	불검출	0.037	0.003
43	어 면 면	논-심	0.355	5.293	13.280	0.209	0.038	0.018
44		논-표	0.433	10.721	22.975	0.537	0.135	0.008
45		밭-심	0.296	8.202	7.270	0.932	0.053	0.004
46		밭-표	0.321	7.742	6.300	0.826	0.050	0.005
47		과수원-심	0.119	4.138	5.118	0.872	0.042	0.004
48		과수원-표	0.273	9.651	6.812	4.074	0.047	0.007

번호	주 소	지 점	Cd	Cu	Pb	Cr	As	Hg
49	백석동	논-심	0.215	11.035	18.974	0.925	0.043	0.006
50		논-표	0.398	15.422	18.304	0.806	0.047	0.025
51		밭-심	0.225	5.440	7.157	0.205	0.010	0.016
52		밭-표	0.307	7.125	8.467	0.281	0.008	0.024
53		과수원-심	0.086	3.584	18.716	0.030	0.005	0.026
54		과수원-표	0.075	6.264	23.936	0.164	0.012	0.031
55	건안동	논-심	0.175	7.558	12.398	0.954	0.039	0.016
56		논-표	0.208	8.218	16.867	0.823	0.048	0.021
57		밭-심	0.100	4.754	11.978	0.440	0.009	0.017
58		밭-표	0.226	10.068	20.005	2.627	0.012	0.023
59		과수원-심	0.200	8.953	6.238	0.569	0.014	0.019
60		과수원-표	0.284	11.907	9.377	0.524	0.025	0.026
61	연희동	논-심	0.125	4.022	6.787	0.332	0.086	0.005
62		논-표	0.267	7.963	10.960	0.413	0.132	0.006
63		밭-심	0.148	4.285	5.323	0.168	0.028	0.009
64		밭-표	0.233	7.370	4.766	1.955	0.030	0.005
65		과수원-심	0.070	1.777	2.804	불검출	0.011	0.003
66		과수원-표	0.150	3.288	4.105	불검출	0.014	0.010
67	기곡동	논-심	0.324	1.612	3.204	0.145	0.075	0.003
68		논-표	0.159	5.143	7.320	0.353	0.109	0.017
69		밭-심	0.120	4.432	2.993	불검출	0.019	0.004
70		밭-표	0.315	13.385	2.388	0.410	0.055	0.009
71		과수원-심	0.203	6.388	2.665	0.512	0.044	0.003
72		과수원-표	0.250	8.014	6.383	1.171	0.066	0.004
73	어룡동	논-심	0.388	13.619	24.304	0.965	0.056	0.108
74		논-표	0.370	15.428	22.555	0.805	0.061	0.054
75		밭-심	0.322	5.257	0.694	0.486	0.012	0.007
76		밭-표	0.462	0.864	0.119	불검출	0.009	0.015
77		과수원-심	0.155	13.662	21.070	1.158	0.018	0.010
78		과수원-표	0.194	8.204	18.841	1.555	0.038	0.027
79	계산동	논-심	0.269	8.727	12.107	0.612	0.036	0.070
80		논-표	0.284	12.109	21.559	0.534	0.028	0.043
81		밭-심	0.380	44.406	25.810	4.076	0.020	0.012
82		밭-표	0.406	29.960	12.762	0.654	0.011	0.022
83		과수원-심	0.184	2.411	0.807	0.184	0.007	0.009
84		과수원-표	0.255	14.218	5.474	0.850	0.017	0.015
85	독실동 (바랫벌)	논-심	0.060	1.728	5.224	불검출	0.018	0.005
86		논-표	0.236	8.677	13.999	0.602	0.064	0.006
87		밭-심	0.148	5.495	10.384	0.301	0.048	0.007
88		밭-표	0.194	9.555	9.779	0.382	0.029	0.007
89		과수원-심	0.140	4.287	6.513	0.206	0.037	0.010
90		과수원-표	0.149	5.406	8.739	0.342	0.055	0.007
91	독실동	논-심	0.268	4.762	26.984	0.169	0.074	0.006
92		논-표	0.358	11.784	54.762	4.066	0.106	0.006
93		밭-심	0.264	4.515	15.402	0.274	0.046	0.004
94		밭-표	0.816	6.097	5.067	0.965	0.067	0.007
95		과수원-심	0.100	1.976	16.812	불검출	0.020	0.005
96		과수원-표	0.188	6.825	32.310	0.106	0.047	0.008

## (1) 항목별 중금속 분포

항목별 중금속 분포를 그림으로 나타내면 Fig. 1과 같다.

최대 검출농도는 카드뮴은 남동구 장수동(과수원-표토) 0.832mg/kg, 계양구 독실동(밭-표토) 0.816mg/kg, 남동구 남촌동(과수원-표토) 0.717mg/kg이었으며, 구리는 44.406mg/kg(계양구 계산동 밭-심토), 납은 54.762mg/kg(계양구 독실동 논-표토)이었다. 크롬은 4.076mg/kg(계양구 계산동 밭-심토), 4.074mg/kg(남동구 운연동 과수원-표토), 4.066mg/kg(계양구 독실동 논-표토), 비소는 0.185mg/kg(강화군 하점면 논-심토), 수은은 0.143mg/kg(남동구 남촌동 과수원-표토)으로 대부분 표토에서 많이 검출되었다.

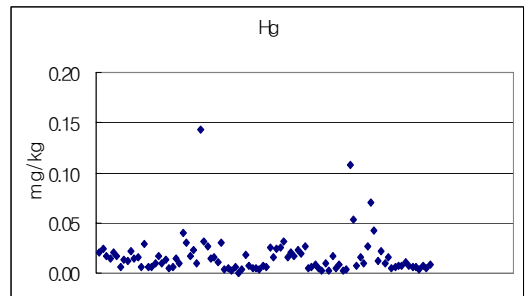
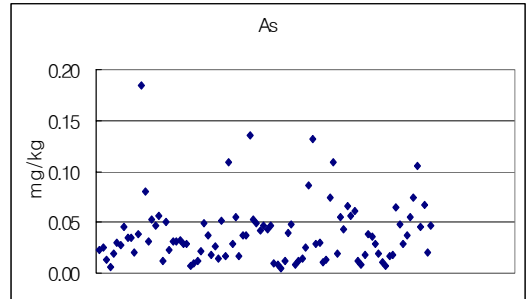
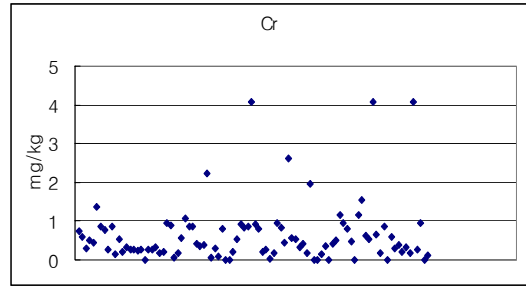
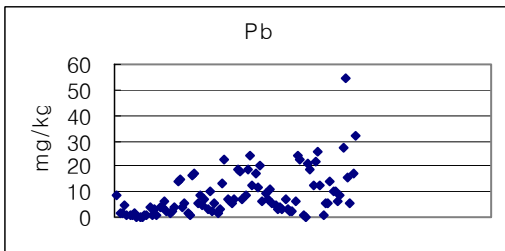
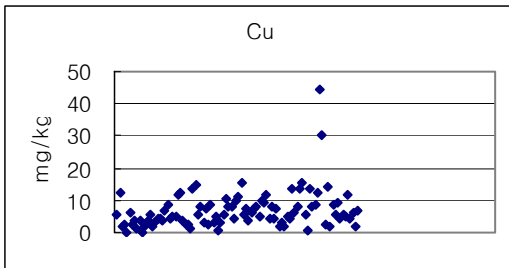
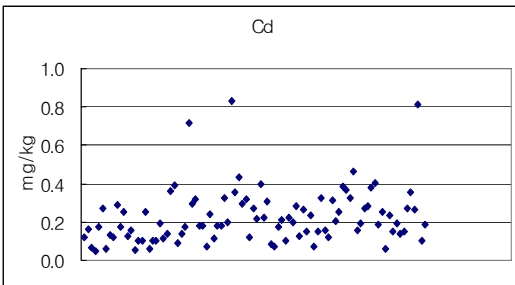


Fig. 1. Distribution of heavy metals

## (2) 토지 용도별 중금속 분포

토지용도별 중금속 평균농도는 Table 7과 같으며, 그림으로 나타내면 Fig. 2와 같다. 카드뮴, 크롬의 경우 논, 밭, 과수원 전체 농경지 토양에서 비슷한 농도를 나타냈으나, 그 외 중금속의 경우는 논 토양이 밭, 과수원 토양보다 높게 나타났다. 특히 납, 비소의 경우 논 토양이 다른 용도의 토양의 2배정도로 높았다. 전반적으로 논, 밭, 과수원 순으로 중금속이 높게 검출되었다. 이는 토양 특성상 물 가뭄농음 형식이 강한 논, 밭, 과수원 순으로 중금속 농축에 의해 높게 나타난 것으로 보인다.

Table 7. Mean concentrations of heavy metals with land use

(단위 : mg/kg)

	카드뮴	구리	납	크롬	비소	수은
논	0.233	8.148	12.992	0.654	0.060	0.021
밭	0.230	7.309	6.320	0.623	0.028	0.011
과수원	0.212	5.208	7.137	0.626	0.030	0.017

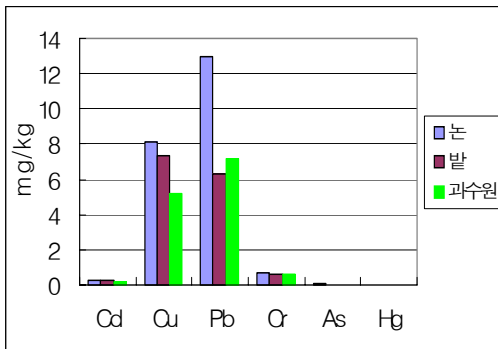


Fig. 2. Distribution of heavy metals with land use

표토를 기준으로 한 인천지역 토지용도별 중금속 평균농도는 Table 8과 같다.

논, 밭, 과수원 토양의 경우 국립환경연구원('87~'88년도) 등에서 실시한 중금속 자연함량과 비교할 때, 채취지점이 달라 단순비교 할 수는 없으나 카드뮴, 구리, 납은 상당히 높게 나타났다고, 비소, 수은은 미량 검출되었다. <sup>5),6),7),8)</sup>

Table 8. Mean concentrations of heavy metals with land use

(단 위 : mg/kg)

	카드뮴	구리	납	크롬	비소	수은
자연함유량 - 논 (국립환경연구원)	0.135	3.995	5.375	0.493	0.560	0.085
논(표토)	0.260	9.986	15.310	0.809	0.069	0.021

(단위 : mg/kg)

	카드뮴	구리	납	크롬	비소	수은
과수원	0.216	3.59	1.18	0.63	-	-
과수원(표토)	0.283	6.490	8.508	0.907	0.037	0.023

(단위 : mg/kg)

		카드뮴	구리	납	크롬	비소	수은
밭 토 양	보리	0.159	4.00	5.49	0.28	0.61	0.089
	콩	0.149	2.05	2.23	0.27	0.26	0.086
	옥수수	0.160	2.15	3.34	0.29	0.43	0.091
	채소	0.128	3.78	1.93	0.57	-	-
	평 균	0.149	2.995	3.248	0.353	0.433	0.089
밭(표토)		0.285	7.552	6.158	0.712	0.030	0.013

### (3) 토양 깊이별 중금속 분포

토양 깊이에 따른 용도별 중금속 평균농도는 Table 9와 같으며 그림으로 나타내면 Fig. 3과 같다.

논 심토는 남동구에서 카드뮴(0.280mg/kg), 구리(8.304mg/kg), 계양구에서 납(17.155mg/kg)이 높게 나타났으며, 논 표토는 계양구에서 구리(12.000mg/kg), 납(28.219mg/kg), 크롬(1.502mg/kg)이 높게 나타났다.

밭 심토의 경우 계양구에서 중금속 전체 항목이 높게 나타났으며, 밭 표토의 경우 계양구에서 카드뮴(0.469mg/kg), 구리(11.619mg/kg), 서구에서 납(8.906mg/kg), 크롬(1.319mg/kg)이 높게 검출되었다.

과수원 심토의 경우 계양구에서 납(11.300mg/kg)이 높게 검출되었으나, 전 지역에서 비슷한 분포를 나타냈다. 과수원 표토는 남동구에서 카드뮴(0.515mg/kg), 크롬(1.851mg/kg)이 높게 나타났다으며, 계양구에서 구리(8.663mg/kg), 납(16.341mg/kg)이 높게 검출되었다.

토양 깊이별로 볼 때, 전반적으로 외부적인 오염 요인이 많이 작용할 수 있는 표토의 중금속 농도가 높았다.

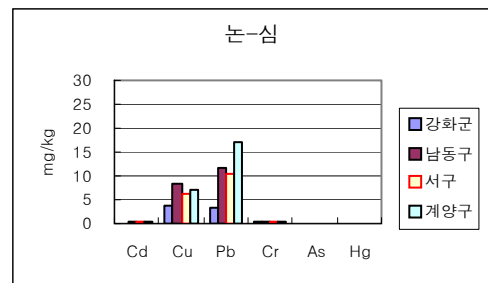
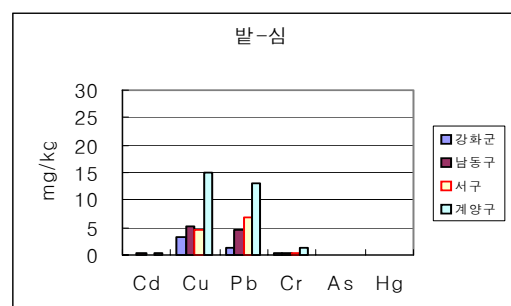
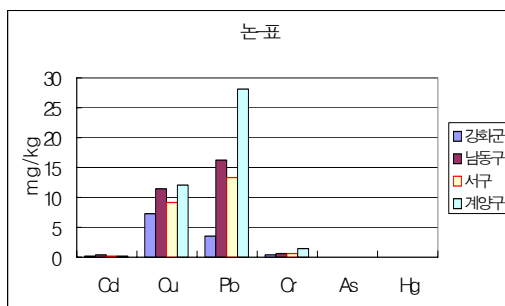


Table 9. Concentrations of heavy metals in soils with depth

(단위 : mg/kg)

깊이	지역	항목					
		Cd	Cu	Pb	Cr	As	Hg
논-심	강화군	0.091	3.671	3.479	0.453	0.062	0.011
	남동구	0.280	8.304	11.723	0.520	0.033	0.023
	서 구	0.210	6.057	10.341	0.589	0.061	0.007
	계양구	0.246	7.209	17.155	0.436	0.046	0.047
논-표	강화군	0.139	7.225	3.447	0.489	0.050	0.020
	남동구	0.330	11.532	16.212	0.646	0.077	0.017
	서 구	0.258	9.187	13.363	0.599	0.084	0.018
	계양구	0.312	12.000	28.219	1.502	0.065	0.027
밭-심	강화군	0.085	3.379	1.313	0.276	0.025	0.010
	남동구	0.188	5.236	4.679	0.370	0.026	0.009
	서 구	0.148	4.728	6.863	0.203	0.016	0.011
	계양구	0.278	14.918	13.072	1.284	0.031	0.007
밭-표	강화군	0.159	3.374	2.436	0.492	0.031	0.012
	남동구	0.241	5.730	6.357	0.536	0.035	0.012
	서 구	0.270	9.487	8.906	1.319	0.026	0.015
	계양구	0.469	11.619	6.932	0.500	0.029	0.013
과-심	강화군	0.142	2.268	0.793	0.257	0.029	0.015
	남동구	0.141	2.676	3.370	0.458	0.021	0.006
	서 구	0.140	5.176	7.606	0.278	0.018	0.013
	계양구	0.145	5.584	11.300	0.387	0.021	0.009
과-표	강화군	0.230	4.418	2.333	0.599	0.039	0.015
	남동구	0.515	5.512	4.406	1.851	0.039	0.046
	서 구	0.190	7.368	10.950	0.465	0.029	0.018
	계양구	0.196	8.663	16.341	0.713	0.039	0.014



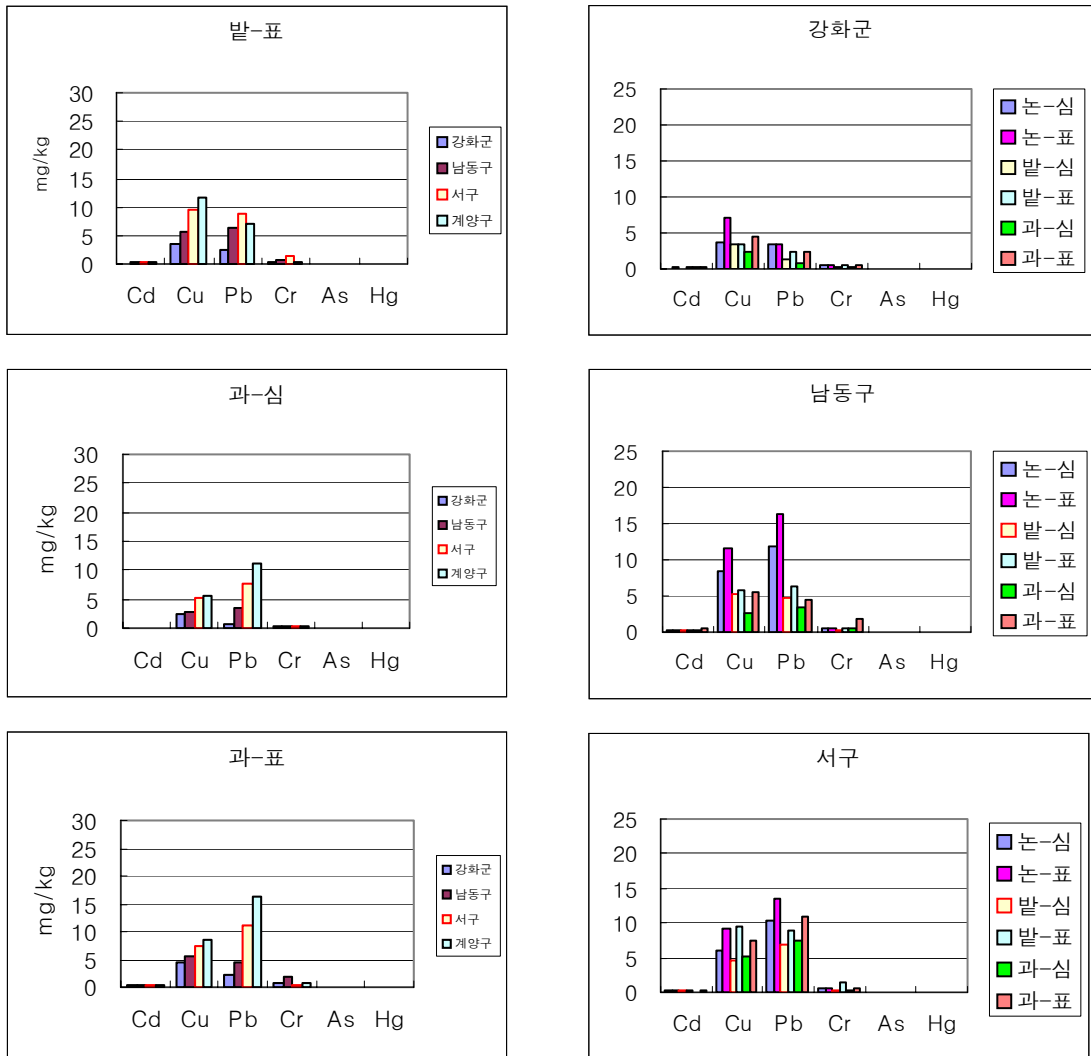


Fig. 3. Distribution of heavy metals in soils with depth

#### (4) 지역별 중금속 분포

강화군은 논 표토에서 다른 용도의 토지보다 중금속 농도가 다소 높았으며, 남동구는 논 표토, 논 심토에서 높았다. 서구의 경우 논 표토의 납 농도(13.363mg/kg)가 높았으며, 계양구 또한 논 표토에서 납 농도(28.219mg/kg)가 높게 검출되었다. 전반적으로 볼 때, 산업활동이 많은 계양구, 남동구, 서구가 비슷한 경향을 보였으며, 강화군 토양의 중금속 농도가 매우 낮았다.

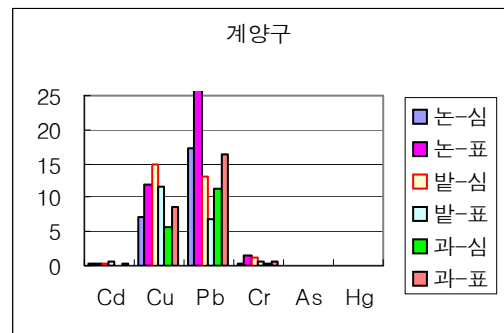


Fig. 4. Distribution of heavy metals with regions

## V. 결 론

논, 밭, 과수원에 대한 중금속 분석결과 토양 환경보전법에 의한 토양오염우려기준에 훨씬 못 미치는 농도였으며, 국립환경연구원에서 실시한 중금속 자연함량(논토양)과 비교할 때, 채취지점이 달라 단순비교 할 수는 없으나 카드뮴, 구리, 납은 상당히 높게 나타났고, 비소, 수은은 미량 검출되었다. 농경지 토양의 중금속 분포도의 차이는 공장, 도로에 따른 교통량등 산업적인 요인과, 사용하는 비료, 농약 등의 종류에 크게 영향을 받는 것으로 생각된다.

1. 농경지 토양의 중금속 항목별 분포를 보면 카드뮴 0.050~0.832mg/kg, 구리 불검출~44.406mg/kg, 납 불검출~54.762mg/kg, 크롬 불검출~4.076mg/kg, 비소 0.005~0.185mg/kg, 수은 0.001~0.143mg/kg의 분포를 보였다.
2. 토지용도별 중금속 농도는 카드뮴, 크롬의 경우 논, 밭, 과수원 전체 농경지 토양에서 비슷한 농도를 나타냈으나, 그 외 중금속의 경우는 논 토양이 밭, 과수원 토양보다 높게 나타났다. 특히 납, 비소의 경우 논 토양이 다른 용도의 토양의 2배정도로 높았다. 전반적으로 논, 밭, 과수원 순으로 중금속이 높게 검출되었으며, 토양 깊이별로 볼 때, 전반적으로 외부적인 오염 요인이 많이 작용할 수 있는 표토의 중금속 농도가 높았다.
3. 강화군은 논 표토에서 다른 용도의 토지보다 중금속 농도가 다소 높았으며, 남동구는 논 표토, 논 심토에서 높았다. 서구의 경우 논 표토의 납농도(13.363mg/kg)가 높았으며, 계양구 또한 논 표토에서 납 농도(28.219mg/kg)가 높게 검출되었다.
4. 전반적으로 볼 때, 도심지역으로 인구가 밀집되어 있고 산업활동이 활발하며 교통량이 많은 계양구, 남동구, 서구가 높은 중금속 농

도를 보였으며, 이들 지역에 비해 오염물질을 배출하는 공장, 교통량이 적은 강화군 토양의 중금속 농도가 낮게 나타났다.

## VI. 참 고 문 헌

1. 하호성등, “우리나라 지속농업을 위한 토양 환경의 문제점과 개선방향”
2. 안열, “토양오염 현황 과 처리 대책”, 한국농공학회지 제40권 제2호, 1998
3. 김승재, “중금속에 의한 토양오염 현황에 관한 연구”, 1999
4. 원경례등, “식품중의 미량금속에 관한 조사 연구”, 식품의약품안전본부 연보 제1권, 1996
5. 유홍일등, “우리나라 논 토양 및 현미 중 중금속 자연함유량에 관한 조사연구”, 국립환경연구원, 1988
6. 김복영등, “한국 밭 토양 및 곡물 중 중금속 자연함유량에 관한 조사연구”, 한국토양비료학회지, 1989
7. 김복영등, “채소작물과 그 재배 토양 중 중금속 자연함유량에 관한 조사연구”, 한국토양비료학회지, 1992
8. 김복영등, “우리나라 논 토양 중 중금속 자연함량”, 한국토양비료학회지, 1995



# 인천시 토양의 아연, 니켈, 불소에 대한 자연함유량 조사

이창근, 박완순, 추완중, 김미자, 전남수, 한지은  
토양환경과

## A Study on the heavy metals contents of agricultural soils

C.K.LEE, W.S. KWAK, W.J.CHU, M.J.KIM, N.S.JEON, J.E.HAN  
Division of soil environment

### ABSTRACT

This investigation was carried out to know the natural contents of zinc, nickel and fluoride in soil of Incheon. The sample collecting sites were as follows: Jung-gu(6 sites), Nam-gu(4 sites), Bupyeong-gu(9 sites), Seo-gu(8 sites), Yeonsu-gu(7 sites), Gyeyang-gu(3 sites), Ganghwa-gun(9 sites), Ongjin-gun(15 sites),total 65 sites.

The mean concentrations(the minimum concentration~the maximum concentration) of zinc, nickel, fluoride were 56.356mg/kg(27.577~197.473mg/kg), 10.773mg/kg(4.222~28.720mg/kg), 167.737mg/kg(non detection~338.454mg/kg),respectively. And the soil of Incheon gradually comes to acid soil. The concentrations of zinc, nickel, fluoride significantly varied according to the sample collecting region. In case of fluoride, especially, the contents of some sites were nearly similar to Soil Pollutant Standard. So considering a local soil characteristics, it is necessary to decide suitable standard concentration .

## I. 서 론

공기, 물과 더불어 토양은 인간을 포함한 생물의 생존에 필요한 중요한 환경요인 중 하나이다. 토양은 단순히 인간활동의 기반을 제공하는 것뿐만 아니라 유해물질의 여과, 흡착, 분해 또는 변환시켜 정화작용을 하여 지하수 오염을 방지하고, 먹이사슬을 통해 유해물질이 전달되지 않도록 하는 등 토양의 기능은 매우 다양하다.

그러나 산업의 발달로 토양이 유해화학물질 오염되고, 대기 및 수질오염과 더불어 비료의 사용, 산성비 등의 영향으로 산성화가 초래되며 도시화와 산업화로 인해 토양의 표면이 밀폐되는 등 토양훼손이 심화됨에 따라 토양의 기능

을 상실해가고 있다<sup>1)</sup>.

토양오염은 그 특성상 수질이나 대기 등과는 달리 오랜 시간동안 진행되어 오다가 서서히 나타난다<sup>2)</sup>. 때문에 우리나라에서는 토양오염에 대한 사회적인 인식이 그다지 높지 않다. 그러나 선진 국가들의 경우 토양오염으로 인한 자연 생태계 파괴와 인체에 대한 피해가 속출하면서 토양을 재생이 불가능한 자원으로 인식하기 시작하였다. 또한 토양오염은 농업, 수산업 및 식품업 등 여러 분야에 관련되어 피해가 광범위하게 나타난다.

따라서 토양의 오염에 대하여서는 사전에 오염을 예방하는 것을 원칙으로 삼고 있으며 이미 오염된 토양을 복원하기 위해서는 많은 경

비가 소요되므로 토양오염은 거의 영구적인 환경오염 문제로 대두되고 있다<sup>1)</sup>.

그러나 아직은 수질 및 대기오염에 비해 우리나라에서 토양오염에 대한 관심은 미비하고, 관련법도 1995년도에 와서야 제정되었으며, 토양오염에 대한 과학적인 자료가 부족하여 법에 제시된 오염기준의 설정에 대해 많은 논란이 뒤따르고 있는 실정이다. 우리나라는 중금속을 분석하기 위해 표준분석방법으로 산가용성법을 채택하고 있다. 이것은 토양 입자표면에 존재하고 있는 중금속에 산을 가하여 용출시켜 이때의 농도를 측정하는 것을 말한다. 반면 외국의 경우는 전함량 분석법을 사용하고 있는데, 이것은 토양입자에 존재하고 있는 모든 오염물질을 추출하여 분석하는 방법이다. 그래서 우리나라와 외국의 중금속 오염 수준여부를 비교, 분석하는 것은 사실상 어렵다.

따라서 본 조사에서는 현재 토양 중 전함량 분석법으로 규정된 아연, 니켈, 불소의 인천시 관내 자연함유량을 조사하여 지역적 특성에 맞는 토양 오염기준 제정에 대한 자료로 활용하고자 한다.

## II. 시료채취 및 실험방법

### 2.1 시료채취

우리 인천은 대도시로 주거지역, 상업지역, 공업지역 등 생활환경이 다양하여 토양의 오염요인이 많아 비교적 이들의 영향을 받지 않을 것으로 판단되는 임야, 농경지, 공원 등에서 시료를 채취하였으며, 심토(깊이 50cm)토양을 대상지역을 대표할 수 있는 토양시료를 채취하기 위해 토양오염공정시험방법<sup>3)</sup>에 준하여 모종삽과 삽을 사용하였고, 시료채취지점은 중구 6개소, 남구 4개소, 부평구 4개소, 남동구 9개소, 서구 8개소, 연수구 7개소, 계양구 3개소, 강화군 9개소, 옹진군 15개소 등 총 65개소를 선정, 채취하였다. 채취한 시료는 폴리에틸렌 봉지에 담아, 채취장소, 채취시간, 채취자 등을 기재하여

분석실로 운반하였으며 각 채취지점은 Table 1과 같다. 각각의 채취지점에서 채취한 토양시료를 균일한 두께로 하여 직사광선이 닿지 않는 장소에서 통풍이 잘 되도록 해쳐 놓고 토양 건조실에서 풍건시킨 다음 나무망치로 분쇄하였다.

### 2.2 실험방법

#### 2.2.1 pH

조제한 분석용 시료 5g을 달아 50ml 비이커에 취하고 증류수 25ml를 넣어 때때로 유리막대로 저어주면서 1시간 방치 시킨 후 pH meter (SA-720 : orion)를 이용하여 측정하였다.

#### 2.2.2 아연, 니켈

건조한 토양을 눈금간격 0.15mm의 표준체(100메쉬)로 체걸음한 것을 분석용 시료로 했다. 시료의 전처리는 Gerhardt 사의 아연, 니켈 전처리 장치를 사용하였다. 시료 약 3g을 취하여 250ml 반응용기에 넣고 약 0.5~1ml의 물로 시료를 적신 후 염산 21ml를 첨가하면서 잘 섞은 다음 질산 7ml를 가하여 잘 저어준다. 흡수용기에 질산(0.5M) 15ml를 붓고 흡수용기와 환류냉각관을 반응용기에 연결시킨 후 상온에서 2시간 이상 정치 시켜 토양내의 유기물이 천천히 산화되도록 한다. 정치 후 반응혼합물의 온도를 서서히 올려 환류조건에 도달하도록 하고 2시간 동안 그 상태를 유지시킨다. Whatman No. 40 여과지로 100ml 용량플라스크에 여과하고 물로 표선까지 채워 검액으로 사용하였다. 전처리한 시료는 Autosampler, 시료주입장치(SIPS)가 장착된 원자흡광광도계(varian 280 FS)로 분석하였으며 분석조건은 Table 2.와 같다.

Table 2. Operating condition of atomic absorption spectrometer

분석 항목	파장 (nm)	Lamp Current(mA)	사용 연료 및 유량
아연	213.9	5.0	Air-Acetylene (13.5ml/min, 2ml/min)
니켈	232.0	4.0	Air-Acetylene (13.5ml/min, 2ml/min)

Table 1. Sampling sites

채취 지점	주 소	지 목
중구 - 1	북성동 3가 1번지 (자유공원)	공 원
- 2	북성동 산2-1	공 원
- 3	용유도 왕산해수욕장 부근	임 야
- 4	무의도 하나개해수욕장 부근	임 야
- 5	영종도 운서동	임 야
- 6	영종도 운서동 15통 신도시 부근	임 야
남구 - 1	주안 4동 주안도서관 뒤	공 원
- 2	관교동 산 46(인천향교 뒤)	임 야
- 3	학익 1동 산68-2(문학체육공원)	공 원
- 4	용현 1동 132-49(수봉공원)	공 원
부평구 - 1	부평 3동 17(함봉산)	임 야
- 2	산곡 1동 산141-5(백련사 부근)	임 야
- 3	갈산 1동 124-10(부평정수사업소 내)	임 야
- 4	부평 6동 산12-1(경찰종합학교 뒤)	임 야
남동구 - 1	만수 3동 산6-2(엘림기도원 부근)	임 야
- 2	간석 3동 산15-1(약사사 부근)	임 야
- 3	남촌동 1-2(노르웨이숲 부근)	임 야
- 4	수산동 산34-4(수산정수장 뒤)	임 야
- 5	구월 4동 산1-14(성리초교 뒤)	임 야
- 6	운연동 산41-3(용문사 부근)	임 야
- 7	장수동 253(인천대공원 내)	공 원
- 8	논현동 산77	임 야
- 9	논현동 남동 제1공원	공 원
서구 - 1	가정동 꾸러기 농장	임 야
- 2	시천동 166-1	임 야
- 3	당하동 독정마을회관 부근	임 야
- 4	원당동 창신초교 부근	임 야
- 5	불로동 신명아파트 앞	임 야
- 6	오류동 224	임 야
- 7	백석동 145	임 야
- 8	양묘사업소 부근	임 야
연수구 - 1	선학동 산61-4	임 야
- 2	연수동 580(연수배수지 공원)	공 원
- 3	청학동 산55(홍익부패 뒤)	임 야
- 4	동춘동 산58-1(박문초교 뒤)	임 야
- 5	동춘동 산14-40(흥륜사 부근)	임 야
- 6	옥련동 산22(송도고 부근)	임 야
- 7	옥련동 산32-1(시립사격장 부근)	임 야

채취 지점	주 소	용 도
계양구 - 1	금성동 부평이씨 선영 부근	임 야
- 2	박촌동 아주A.P.T 뒤	임 야
- 3	갈현동 96-2	임 야
강화도 - 1	석모도	임 야
- 2	삼산면 면사무소 앞	논
- 3	삼산면 능내리 452-1	임 야
- 4	삼산면 능내리	밭
- 5	화도면 상방2리 능상교 앞	논
- 6	길상면 동검도 입구	임 야
- 7	내가면 고려산 내려현	임 야
- 8	내가 저수지 부근	논
- 9	교동면 농업기계 대여점 부근	논
옹진군 - 1	모도	
- 2	신도	
- 3	시도	
- 4	연평도	
- 5	선재도	
- 6	소이작도	
- 7	굴업도	
- 8	백령도	
- 9	대이작도	
- 10	영흥도	
- 11	백야도	
- 12	덕적도	
- 13	울도	
- 14	장봉도	
- 15	자월도	

### 2.2.3 불소

건조한 토양을 막자사발에 갈아 0.075mm (200 메쉬)의 표준체로 체걸음한 토양시료를 105℃의 건조기에서 항량이 될 때까지 건조시킨 후 1g을 정확하게 취한 후 50ml 용량의 니켈도가니에 넣고 산화칼슘(생석회) 분말 5g을 가하고, 완전 혼합하여 500℃의 전기로에서 5시간 회화한 다음 2시간동안 800℃까지 온도를 높이면서 가열한 후 방냉한다.

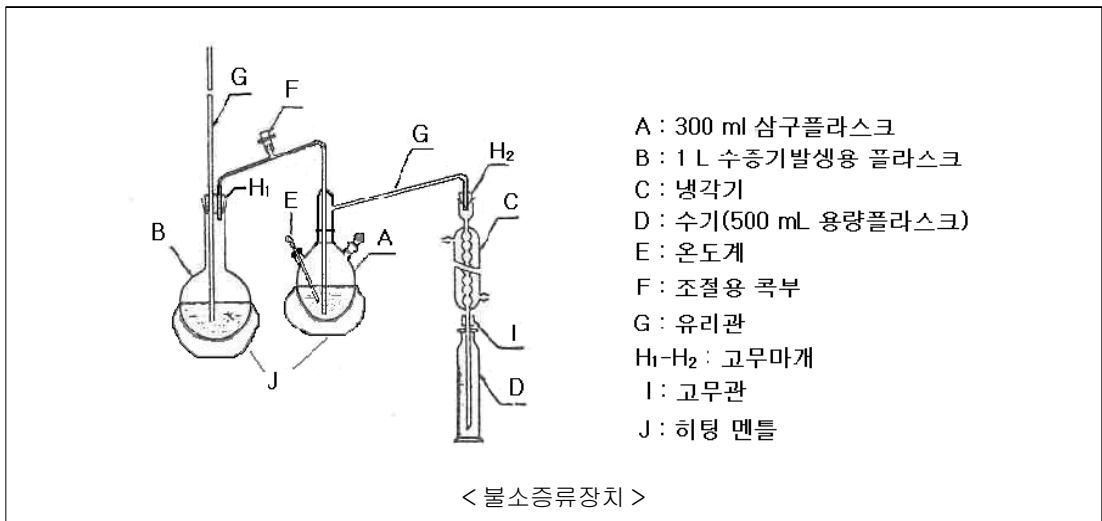
회화된 내용물을 증류수 25ml 와 70% 과염

소산 50ml로 씻어 삼구플라스크에 옮기고 가열하여 삼구플라스크안의 액온이 128℃가 되었을 때, 증류플라스크로부터 수증기를 통하기 시작하여 증류온도가 135±2℃로 유지 되도록 하고 매분 5~6ml의 유출속도로 증류한다.

전처리한 시료 50ml를 100ml 용량플라스크에 취하여 산(酸) Zirconyl- SPANDS 혼합액 10ml를 가하고, 잘 혼합한다. 이 용액의 일부를 10mm흡수셀에 옮겨 검액으로 하고, 따로 산화칼슘(생석회) 분말 5g을 취하여 시료의 전처리방법과

시험방법에 따라 시험하여 바탕시험액으로 하였다. 바탕시험액을 대조액으로 하여 570nm에

서 UV(Shimadzu, UV-260)를 사용하여 분석하였다.



### Ⅲ. 결과 및 고찰

#### 3.1 토양오염에 관한 기준

토양오염이 선진국에서 점차 문제화되고, 또한 국내에서도 토양오염 사례가 일어나면서 우리나라에서도 1995년도에 처음으로 토양관련법이 제정되었다.

이를 계기로 전국적인 규모의 토양오염 조사(토양측정망 및 실태조사)와 더불어 폐기물 매립지, 군사시설, 산업단지를 위주로 한 주변 오염토양에 대한 관리도 이루어졌다. 그러나 이와 같은 조사는 토양오염물질 및 정화를 적극적으로 유도하는데 효과적이지 않아 현실에 맞는 토양오염관리를 위해 2002년 토양환경보전법을 개정 공포하였다<sup>4)</sup>. 그러나 아직도 선진외국에 비해 오염물질의 종류나 개연성 그리고 인력부분에서 부족한 실정이다.

현재 우리나라의 토양오염기준은 크게 토양오염 우려기준과 대책기준으로 나뉘어져 있으며 토양오염물질은 지적법에 의한 지목에 따라

가지역과 나지역으로 분류되어 있다.

사용기준<sup>5)</sup>에 따라 오염의 정도가 사람의 건강과 동식물의 생육장애를 초래할 우려가 있어 토지이용의 중지, 시설 설치 등의 규제조치가 필요한 정도의 오염상태를 토양오염 대책기준으로 정하고, 대책기준의 약 40% 정도로 더 이상의 오염이 심화되는 것을 예방하기 위한 수준을 토양오염 우려기준으로 구분하여 설정하였다. 토양오염의 우려기준 및 대책기준 중 아연, 니켈, 불소의 기준은 Table 3.과 같다.

Table 3. Soil pollution concern level and measure level.  
(단위:mg/kg)

항 목	우려 기준		대책 기준	
	가 지역	나 지역	가 지역	나 지역
아 연	300	800	700	2000
니 켈	40	160	100	400
불 소	400	800	800	2000

비고: 1. 가지역 : 지적법에 의한 지목이 전·답·대·과수원·목장용지·임야·학교용지·하천·수도용지·공원·체육용지(수목·잔디식생지에 한한다)·유원지·종교용지 및 사적지인 지역

2. 나지역 : 지적법에 의한 지목이 공장용지· 도로· 철도용지 및 잡종지
3. 다음 각목의 1에 해당하는 경우에는 지목 구분에 관계없이 나지역의 토양오염 우려기준을 적용한다.
  - 가. 특정 토양오염 유발시설이 설치된 경우
  - 나. 가지역에서 폴리클로로네이티드비 페닐 또는 유류에 의한 토양오염사고가 발생한 경우
  - 다. 가지역을 제외한 지역에서 토양오염사고가 발생한 경우

### 3.2 우리나라 토양오염기준의 문제점<sup>2)</sup>

독일 등의 선진국에서는 토지의 이용 및 사용목적에 따라 대상지역이 세분화되어 있다. 그래서 토양이 오염되었다고 하더라도 토지 이용별 기준이 독립적으로 설정되어 있기 때문에 복원 및 오염처리가 유연하게 진행될 수 있다.

우리나라는 지적법에 의한 지목에 따라 비교적 지역 구분을 명확하게 하였지만 이 지역구분도 장소 및 위치의 특이성에 따른 오염여부를 단정 짓기 어렵다. 특히 배경농도인 각 지역의 자연함유량에 대한 고려는 전무한 실정이다. 토지의 이용목적에 따라 인체 및 생태계에 나타나는 영향은 다르기 때문에 지역의 위치에 따른 구분과 지리학적 영향 및 도시화의 정도에 따라 지역별 요구되는 농도수준이 좌우된다. 그래서 우리나라도 지역의 특성에 맞게 과학적인 방법으로 적합한 농도를 설정하여야 할 것이다.

Table 4. Natural contents in soils of Incheon  
(단위:mg/kg)

시료채취지점	pH	아 연	니 켈	불 소
중 구-1	4.4	56.442	14.885	202.282
-2	3.8	49.535	10.572	144.623
-3	5.1	31.325	5.732	202.723
-4	4.8	60.947	6.261	245.029
-5	4.4	42.483	14.361	193.832
-6	4.5	35.773	11.347	131.215
남 구-1	4.4	29.922	6.749	197.598
-2	4.1	51.082	4.792	170.803

시료채취지점	pH	아 연	니 켈	불 소
-3	4.4	55.003	7.810	224.491
-4	6.2	40.407	4.889	207.731
부평구-1	3.9	43.991	5.832	174.200
-2	4.2	48.772	9.388	169.110
-3	4.0	39.455	6.593	0.000
-4	4.1	50.613	9.024	205.614
남동구-1	4.3	45.933	5.891	234.632
-2	4.1	43.214	5.352	179.136
-3	4.1	109.749	8.027	322.094
-4	4.2	197.473	4.222	29.394
-5	4.4	60.990	9.373	239.083
-6	4.2	110.860	4.720	148.820
-7	4.1	46.052	5.919	179.316
-8	4.2	52.326	10.365	123.124
-9	4.5	47.410	16.502	169.449
서 구-1	4.4	116.248	12.373	338.454
-2	4.5	86.216	15.878	181.818
-3	4.1	42.580	14.637	177.416
-4	4.0	47.733	16.366	221.576
-5	4.2	56.325	15.884	134.245
-6	5.0	56.542	14.269	214.982
-7	4.5	133.611	10.216	146.276
-8	4.1	57.952	16.486	332.884
연수구-1	3.9	47.121	8.392	124.738
-2	4.3	44.578	7.917	176.910
-3	4.4	38.242	5.686	124.788
-4	4.4	27.577	5.615	85.011
-5	4.4	57.977	12.692	128.832
-6	4.0	56.157	14.721	299.911
-7	4.1	64.649	8.998	298.998
계양구-1	4.7	42.545	8.376	134.250
-2	4.0	67.993	7.999	32.920
-3	4.0	77.238	22.572	124.076

시료채취 지 점	pH	아 연	니 켈	불 소
강화군-1	4.3	28.143	8.460	161.669
-2	7.0	37.927	10.480	234.564
-3	4.2	53.250	18.870	112.476
-4	5.0	43.370	22.167	220.681
-5	6.2	36.792	11.487	217.128
-6	4.7	76.085	15.383	157.449
-7	4.5	54.277	25.740	306.127
-8	6.2	40.660	13.598	306.966
-9	6.4	28.294	10.319	152.687
웅진군-1	5.2	37.460	6.893	110.566
-2	5.9	69.719	28.720	263.161
-3	5.5	42.567	10.941	124.454
-4	6.7	48.440	8.956	94.627
-5	5.4	42.836	7.958	80.798
-6	5.4	38.286	10.089	140.945
-7	5.0	35.652	6.897	175.261
-8	5.1	43.102	7.294	121.436
-9	5.0	42.166	12.915	86.750
-10	5.4	35.853	8.797	57.093
-11	5.2	40.078	8.016	46.877
-12	5.4	100.606	8.861	37.938
-13	5.4	83.153	6.586	41.862
-14	5.2	64.989	8.399	147.566
-15	5.6	68.418	14.749	131.437

임야의 경우 2001년 인천광역시 보건환경연구원 폐기물분석과에서 조사한 산림토양의 pH 값 4.6 보다는 약간 낮게 조사되었으며<sup>6)</sup>, 인천 도시지역의 산림 토양이 산성화되고 있는 것은 도시화의 진행과 함께 여러 가지 대기오염물질이나 산성강하물의 유입이 섬지역보다 많기 때문으로 판단된다.

마찬가지로 웅진군 섬지역의 pH가 5.4로 산림이나 공원보다 높게 나타난 것도 이 지역이 청정지역으로 산성강하물의 유입이 적기때문으로 사료된다.

Table 5. Hydrogen ion concentration(pH) with land use

	임야	섬	공원	논	밭	전 체
평 균	4.3	5.4	4.6	6.4	5.0	4.7
최 대	5.1	6.7	6.2	7.0	5.0	7.0
최 소	3.9	5.0	3.8	6.2	5.0	3.8

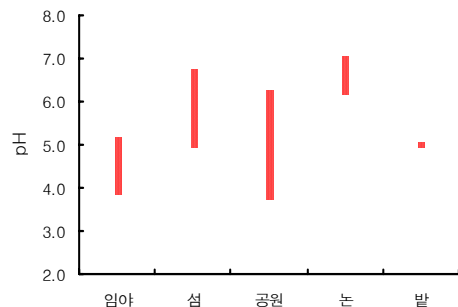


Fig. 1. Hydrogen ion concentration(pH) with land use

### 3.3 항목별 조사결과

#### 3.3.1 pH

토지용도별 pH의 분포를 Table 5. 와 Fig 1. 에 나타냈다. 용도별 pH는 임야 4.3(3.9~5.1), 공원 4.6(3.8~6.2), 섬 5.4(5.0~6.7), 논 6.4(6.2~7.0)을 보였고, 밭은 5.0으로 조사되었으나 채취지점 수가 1개소뿐 이었으므로 대표성의 의미는 없다.

산림과 공원지역 모두 김<sup>7)</sup> 등이 조사한 서울시 일원 녹지지역의 pH 4.69 보다 약간 낮은 수치를 보였는데, 이는 그동안 토양의 산성화가 진행된 것이라고 여겨진다. 논 지역이 타 지역 보다 상당히 높은 수치를 보였는데 이는 농작물이 산성보다는 중성이나, 알칼리성 부근에서 잘 자라기 때문에 유기성 퇴비, 석회질비료 등을 살포한 것이 원인일 것이다.

### 3.3.2 아연

Table 6.에는 군, 구별 아연의 자연함유량 조사결과를, Table 7.은 2003년 토양측정망 중 임야부분만을 발췌한 결과를, Fig. 2는 이들 전체의 현황을 나타냈다.

Table 6.과 Fig. 2에 나타낸 바와 같이 인천 지역 전체의 아연 자연함유량은 56.356mg/kg (27.577~197.473mg/kg)으로 가지역 우려기준 대비 18.8%(9.2~65.8%)로 조사되어 비교적 낮은 조사결과를 보였으나, 최대값 197.473mg/kg은 가지역 기준의 65.8%에 이르렀다.

또한 Table 7.은 2003년도 토양측정망 조사결과 중 이번 우리조사와 비슷한 조건인 임야에 대한 결과만을 발췌한 것으로 여기에서도 전주청의 25.276mg/kg과 금강청의 96.836mg/kg은 거의

Table 6. Natural contents of zinc

(단위:mg/kg)

군 구	중 구	남 구	부평구	남동구	서 구
평 균	46.084	44.104	45.708	79.334	74.651
최 대	60.947	55.003	50.613	197.473	133.611
최 소	31.325	29.922	39.455	43.214	42.580
군 구	연수구	계양구	강화군	옹진군	전 체
평 균	48.043	62.592	44.311	52.889	56.356
최 대	64.649	77.238	76.085	100.606	197.473
최 소	27.577	42.545	28.143	35.652	27.577

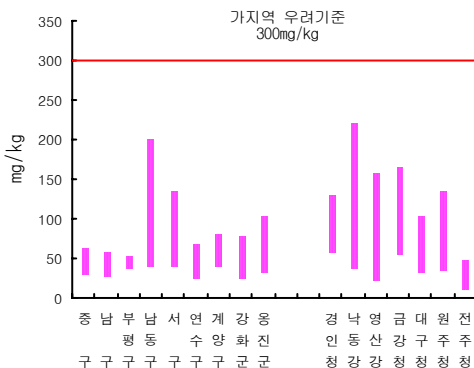


Fig. 2. Natural contents of zinc

Table 7. Results of soil pollution measurement network investigation. (2003)

지역청	경인청	낙동강청	영산강청	금강청
평 균	84.330	84.258	75.420	96.836
최 대	127.675	218.000	154.870	163.170
최 소	59.444	40.467	24.400	56.743
지역청	대구청	원주청	전주청	전 체
평 균	57.009	96.493	25.276	76.838
최 대	99.440	131.887	44.600	218.000
최 소	33.760	37.180	12.300	12.300

2003년 토양측정망 조사결과, 환경부(2004)

4배 가까운 차이를 보이고 있으며, 낙동강청의 최대값은 218.000mg/kg으로 조사되어 기준대비 72.7%를 보였다. 본 조사를 위한 시료채취지점은 주변에 오염원이 없는 청정지역이며 토양오염 가능성이 없는 곳으로 토양을 이루고 있는 물질들이 자연적 구성요소로 판단되는 바, 아연의 조사결과 값의 범위가 27.577~197.473mg/kg으로 넓은 범위로 나타나고 있는데, 이는 확실적인 기준설정에 대한 문제점을 보여주고 있는 바, 자연함유량 조사를 더욱 과학적이고 체계적으로 하여 각 지역의 실정과 특색에 맞도록 기준을 재정비하여야 할 것으로 판단된다.

### 3.3.3 니켈

Table 8.과 Fig 3.에서 보여주는 바와 같이 인천지역 니켈의 자연함유량은 10.773mg/kg으로 조사되어 가지역 우려기준 대비 26.9%를 보였으나, 최대의 28.720mg/kg은 71.8%를 보였다.

Table 8. Natural contents of nickel

(단위:mg/kg)

군 구	중 구	남 구	부평구	남동구	서 구
평 균	10.526	6.060	7.709	7.819	14.514
최 대	14.885	7.810	9.388	16.502	16.486
최 소	5.732	4.792	5.832	4.222	10.216
군 구	연수구	계양구	강화군	옹진군	전 체
평 균	9.146	12.982	15.167	10.405	10.773
최 대	14.721	22.572	25.740	28.720	28.720
최 소	5.615	7.999	8.460	6.586	4.222



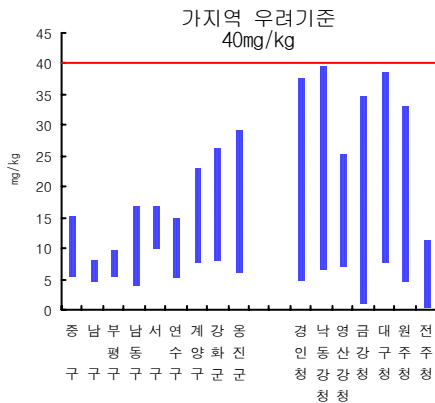


Fig 3. Natural contents of nickel

Table 9.는 2003년도 토양측정망 조사결과 중 임야에 대한 조사결과로만 도출한 자료이며 전체 평균은 16.783mg/kg으로 조사되었으나, 경인청의 29.148mg/kg과 전주청의 6.020mg/kg은 5배 정도의 차이를 보여 이 또한 확실적인 기준설정에 대한 논란을 야기할 수 있을 것으로 판단된다.

특히 낙동강청, 대구청 등의 최대값은 각각 39.267, 38.330mg/kg으로 조사되어 기준과 거의 비슷한 결과를 보여 반드시 해결해야만 하는 과제라고 사료된다.

Table 9. Results of soil pollution measurement network investigation. (2003)

(단위 : mg/kg)

지역청	경인청	낙동강청	영산강청	금강청
평 균	29.148	20.025	12.882	11.094
최 대	37.073	39.267	24.830	34.444
최 소	5.044	6.933	7.370	1.200
지역청	대구청	원주청	전주청	전체
평 균	17.782	15.913	6.020	16.783
최 대	38.330	32.667	10.900	39.267
최 소	7.933	4.833	0.800	0.800

☞ 2003년 토양측정망 조사결과, 환경부(2004)

### 3.3.4 불소

Table 10.과 Fig 4.에 나타난 바와 같이 인천 지역 불소의 자연함유량은 167.737mg/kg으로

Table 10. Natural contents of fluorine

(단위 : mg/kg)

군 구	중 구	남 구	부평구	남동구	서 구
평 균	186.617	200.156	137.231	180.561	218.457
최 대	245.029	224.491	205.614	322.094	338.454
최 소	131.215	170.803	불검출	29.394	134.245
군 구	연수구	계양구	강화군	옹진군	전 체
평 균	177.027	97.082	207.749	110.718	167.737
최 대	299.911	134.250	306.966	263.161	338.454
최 소	85.011	32.920	112.476	37.938	불검출

조사되었으며, 남동구(322.094mg/kg), 서구(338.454mg/kg) 등의 최대값은 가지역 우려기준 80% 정도의 수준을 보이고 있다. 오염이 되지 않았다고 판단되는 조사지역으로 선정된 9개 구,군의 최대값들이 대부분 200mg/kg 이상으로, 가지역 우려기준 400mg/kg 의 50% 이상으로 조사되어 오염기준에 비하여 높은 비율로 나타나고 있었다.

또한 오<sup>4)</sup> 등에 의하면 서울시 한강이남 지역의 임야 조사결과 불소 평균농도가 282mg/kg으로 나타났다고 보고하였으며, 동작구 임야 473mg/kg, 금천구 임야 561mg/kg, 송파구 임야 395mg/kg으로 조사되어 가지역 우려기준을

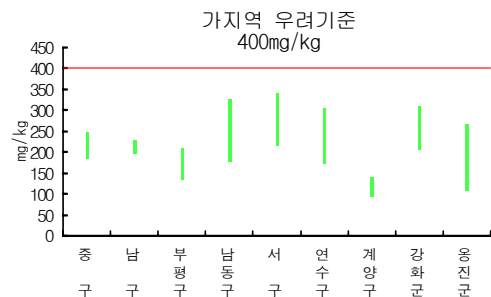


Fig 4. Natural contents of fluorine

초과하거나, 기준과 거의 비슷한 조사결과를 보여 지역적 특성을 고려하지 않은 현재의 불소 기준에 의문을 제기하고 있다.

## IV. 결 론

인천시 관내 중구 6개소, 남구 4개소, 부평구 9개소, 서구 8개소, 연수구 7개소, 계양구 3개소, 강화군 9개소, 옹진군 15개소 등 총 65개소에 대한 아연, 니켈, 불소에 대한 자연함유량을 조사한 결과 각 구, 군별로 편차가 상당히 있었다는 것을 알 수 있었다.

1. pH 조사결과에서 인천지역의 토양도 산성강하물과 도시화의 영향으로 조금씩 산성화되어 가고 있다는 것을 알 수 있었다.
2. 아연은 인천시 전체 평균 56.356mg/kg으로 조사되어 가지역 우려기준 대비 18.8%을 보였으며, 군 구별 조사결과 최대 남동구 79.234mg/kg, 최소 남구 44.104mg/kg을 보여 약 1.8배의 차이를 나타냈고, 시 전체 최고 197.473mg/kg은 최소 27.577mg/kg 보다 약 7.2배 높게 조사되었다.
3. 니켈은 인천시 전체 평균 10.773mg/kg으로 조사되어 기준대비 26.9%을 보였으며, 군 구별 조사결과 최대 강화군 15.167mg/kg, 최소 남구 6.060mg/kg을 보여 약 2.5배의 차이를 나타냈으며, 시 전체 최고는 28.720mg/kg으로 최소 4.222mg/kg 보다 6.8배 정도 높게 조사되었다.
4. 불소는 인천시 전체 평균 167.737mg/kg으로 조사되어 가지역 우려기준 대비 41.9%을 보였으며, 군 구별 조사결과 최대 강화군 207.749mg/kg, 최소 계양구 97.082mg/kg을 보여 약 2.1배의 차이를 나타냈고, 시 전체 최고 338.454mg/kg로 조사된 반면 최소는 불검출로 지역적으로 큰 편차를 보였다.
5. 조사한 항목의 군 구별 평균값도 많은 차이를 보이고 있으며, 특히 불소의 경우 조사한 몇몇 지역에서는 기준과 비슷한 결과 값을 보이고 있다.

이상의 결과로부터 아연, 니켈, 불소의 자연함유량이 각 구,군별로 큰 차이가 있음을 알 수 있었고, 토양측정망 결과에서도 각 지역청별로 많은 차이가 있음을 나타냈다. 따라서 우리나라도 자연함유량 등 지역의 특성에 맞게 과학적인 방법으로 적합한 기준농도를 설정하는 것이 필요하다 하겠다.

## V. 참고문헌

1. 안영희, 김인수 등. 토양환경의 오염과 정화, 구미서관 (2004)
2. 김 경숙. 우리나라 토양 오염기준의 평가분석 및 발전방안에 관한 연구, 연세대학교 대학원 환경학과
3. 토양오염공정시험방법 1999, 환경부
4. 오현정, 이재영. 서울 한강이남 지역의 용도별 토양중금속 및 불소 오염평가 한국지하수 토양환경학회지 Vol 8, No 4, PP68~73(2003)
5. 환경부. 토양환경보전업무편람 (1996)
6. 인천보건환경연구원. 산림토양의 중금속 함유량 및 산성도 조사(I,II) (2001)
7. 김홍제 등. 서울시 일원의 토양오염도조사 Kor. J. Environ. Toxicol. Vol 4. No 5. 1~2 27~34 1989
8. 환경부. 2003년도 토양측정망 및 실태조사결과 (2004)
9. 유연환 등. 인천과 강화지역 산림토양의 화학적성질 비교. 월간임업정보 제74호 PP37~40
10. 국립환경연구원. 토양오염공정시험방법 제개정내용 교육자료 (2002)

# 인천시 도로변 가로수와 토양의 특성조사

노재일, 추완중, 강희규, 김미자, 한지은, 최춘석  
토양환경과

## A Survey on the Characteristics in Soil and Plants of Roadside in Incheon City

J.I.Ro, W.J.Chu, H.G.Gang, M.J.KIM, J.E.Han, C.S.CHOI  
Soil Environment Division

### Abstract

This study was carried out to investigate the accumulation, distribution of heavy metals and the correlation of heavy metals and physicochemical in soil samples from 88 sites top soil, subsoil and leaves samples of street trees along the major roadsides of Incheon. The samples were air-dried, passed through 2mm sieves and analyzed to determine grades according to soil contamination official examination method and cultivation plant analysis method: the contents of heavy metals(Cd, Pb, Cu, Mn, Hg, As, Fe, Ni, Zn,  $Cr^{6+}$ ) and physicochemical relation items(cation exchange capacity, pH, organic matter, total nitrogen, EC, Moisture).

The summary results are as follows :

1. Cd, Cu, Pb contents of soil samples around bad condition trees were less higher than that of soil samples around good condition trees, and Fe contents of leaves from good condition trees were relatively low.
2. The incidence frequency of bad condition trees was higher in soil contaminated with heavy metals(except for Pb). CEC of soil samples around good condition trees was low.
3. The average hydrogen ion concentration(pH) was around neutral and weak alkaline(top soil: 7.98, sub soil: 8.11). A correlation coefficient of pH and CEC was 0.43. The hydrogen ion concentration(pH) is closely related to positive ion dissolution and electrolyte transport.
4. The total nitrogen contents and organic matters of soil samples around good condition trees were high, but were much lower than that of cultivated land soil. So it needs to improve the growth environment of street trees by periodical soil fertilizing,

### I. 서 론

최근 육상환경에 있어서 생물지표(biotic indicator)로서 식물지표가 많이 사용되고 있으며 이들 지표에 관계하는 것으로는 수목의 지

엽 고사, 이상낙엽 등에 의한 쇠퇴 등을 들 수 있다. 그 원인으로 도심지의 대기오염 및 토양 오염으로 인하여 많은 중금속을 흡수하게 되어 생육에 직·간접으로 크게 영향을 미치리라고 생각된다. 대기오염의 경우 식물의 잎의 기공으

로부터 흡수된 유해 gas는 식물의 생육에 불가결한 광합성작용을 저해하고 효소작용 등의 각종 대사의 저해, 체내성분의 분해, 결합 등을 일으켜 세포나 조직을 침해한다. 토양오염의 경우 많은 중금속을 흡수하게 되어 생육에 직접 피해를 받을 뿐 아니라 중금속이 체내에 축적되어 악영향을 주는 경우가 많다. 중금속 오염원으로 납(Pb), 카드뮴(Cd), 철(Fe), 망간(Mn), 구리(Cu), 등을 들 수 있으며 중금속물질의 농도는 대기오염과 교통량, 지하수오염으로 인한 토양오염 등과 관계가 있다.<sup>1)</sup>

Pb는 교통량이 많은 도심 대기 중에 상당량 함유되어 있어 도로변의 토양이나 식물체에 많이 축적된다.<sup>2)</sup> 축적결과 기공의 활동이 억제되어 백화현상이 나타나며 초기 낙엽 현상을 일으키는 식물도 있고, 발아도 저하된다.<sup>3)</sup> Cd는 아철광에 많이 함유되어 있고 자동차타이어, 건전지, 페인트, 안료, 플라스틱 및 안정화제의 용도로 이용되고 도로 주행 시 자동차 타이어 마찰 또는 마모 등으로 인하여 도로 주변으로 배출되어 환경을 오염시키는 것으로 알려져 있다.

Cu의 함량은 적지만 어떤 식물이나 널리 존재하며, 각종 효소의 보조성분이 된다.

Zn은 탄산탈수소효소(carbonic anhydrase)의 작용을 돕고, glucose가 인산화될 때 필요한 촉매계의 일부분으로서의 역할을 하며, auxin의 전구물질인 tryptophan의 합성을 돕는다. 또한 Zn은 식물 체내에서 생리적 기능에는 필수적인 요소인 반면에 이들이 과잉 축적되면 유해하다.<sup>4)</sup>

가로수의 중금속 함량과 대기오염과의 관계는 최근 활발히 연구되고 있고<sup>5)</sup>, 식물체가 받는 피해 정도와 내성, 가로수를 지표수로 활용하는 방법, 수목에 의한 유해 물질의 흡수로 오염도를 완화시키는 방안, 토양의 중금속 함량에 대한 식물의 중금속 함량과 각 항목간의 관계 등을 밝힌 바 있다. 그 외에도 Pb, S, Cd 등의 오염물질이 식물에 미치는 영향에 대한 보고도 있다.<sup>6)</sup> 지금까지의 토양과 농작물의 중금속 오염에 대한 연구는 미국에서 고속도로 주변 토

양 중의 납(Pb)함량 조사를 시작으로 토양과 작물의 중금속오염에 관한조사, 토양과 쌀의 중금속 오염에 관한조사 등이 본격화 되고 있다.<sup>7)</sup> 그러나 식물의 생육관계와 생육에 미치는 영양성장, 개화, 결실 등에 이르기까지 중금속과 식물에 미치는 영향을 구체적으로 추적하고 결론을 낸 보고는 이제 초기 단계이다. 가로수의 중금속함량과 대기오염과의 관계에 대하여 몇몇 연구가 진행되고 있고, 식물체가 받는 정도와 내성, 가로수를 지표수로 활용하는 방법, 수목에 의한 유해 물질의 흡수로 오염도를 완화시키는 방안, 토양의 중금속 함량에 대한 식물의 중금속 함량과 각 항목간의 관계 등을 연구한 결과가 보고 되어 있다.<sup>8),9)</sup> 본 연구에서는 관내 강화군을 포함한 9개 군·구 지역의 주요도로변 및 휴식공간(녹지공간), 공원 등의 토양과 가로수에 대하여 관계와 특성을 조사하였다. 우리나라 가로수와 공원수중에서 대표적인 버즘나무(*Platanus orientalis*)와 은행나무(*Ginkgo biloba*)를 택하여 수목성장상태와 중금속함량과 이화학적인 계수와의 상관관계를 도출하여 도시 자연생태보전향상에 적절한 대응자료를 수립하고, 토양의 중금속이 식물의 생태에 미치는 영향 등 물리화학적 기초자료의 확보를 목적으로 하였으며, 궁극적으로 시민들의 최우선 희망인 도심의 오염원을 식물을 통하여 정화하고, 쾌적한 푸른 휴식공간을 제공하여 시민의 삶의 질을 향상시킬 수 있는 '푸른인천만들기'에 기여하고자 하였다.

## II. 실험방법

### 2.1 시료 채취지점 및 채취방법

Table 1과 같이 9개 군·구에서 중금속 축적가능성이 높은 공업지역, 교통혼잡지역, 공단도로주변지역과 상대적으로 오염원이 적은 공원지역으로 구분하여, 중구 6, 동구 7, 남구 12, 남동구 13, 부평구 10, 계양구 9, 서구 12, 연수

구 12, 강화군 8개 지점 등 89개 지점의 토양과 가로수를 대상으로 선정하였다. 가로수는 총 9종으로 대표적 가로수종인 은행나무(49%)가 가장 많이 차지하였고, 버즘나무(플라타너스, 18%), 느티나무(14%), 벚나무(9%)를 주종으로 선정하였으며, 버드나무(2.3%), 소나무(2.3%), 소사나무(1%), 측백나무(1%) 등을 소수종으로 선정하여, 생육이 가장 왕성하고 나뭇잎이 풍부한 초여름

## 2.2.2 시료의 전처리

(1) 토양 : 각각의 채취지점에서 채취한 시료는 범람제 트레이에 균일한 두께로 직사광선이 닿지 않는 장소에서 통풍이 잘되도록 펼쳐 놓고 풍건시킨 다음, 0.15mm 표준체로 체가름하여 분석용 시료로 사용하였다.

(2) 나뭇잎 : 토양과 같이 풍건시킨 다음, 막자사발을 사용하여 분쇄한 후 2mm 표준체로 체

Table 1. Sampling sites, kinds of samples collected soils and trees

District	site	tree species
Jung-gu	Jungbu police station etc(6)	Lg(3), Lp(2), Lpr(1)
Dong-gu	INI steel front etc (7)	Lg(5), Lp(1) Lz(1)
Nam-gu	Kyungin region korea food & administration etc(12)	Lg(8), Lp(3), Lc(1)
Namdong-gu	Incheon grand park etc(13)	Lg(3), Lp(3), Lz(3), Lpr(4)
Bupyeong-gu	GM daewoo frond etc(10)	Lg(8), Lp(2)
Gyeyang-gu	Gyaeyan distric office front etc(9)	Lg(4), Lp(3), Lz(2)
Seo-gu	Seogu distric office front etc(12)	Lg(6), Lz(5), Lcu(1)
Yeonsu-gu	Yeonsugu office front etc(12)	Lg(3), La(1), Lpr(2), Lp(2), Lz(1), Ls(1), Lc(2)
Ganghwa-gun	Ganghwa town front etc(8)	Lg(3), Lp(1), La(2), Lpr(1), Ls(1)

\*Lg: Ginkgo biloba \* Lpr: prunus serrulata var \*Lc: Cephalataxus koreana  
 \*Lp: Platanus orientalis \* La: Acer palmatum \*Lca: Carpinus turczaninowii  
 \*Lz: Zelkova serrata \* Ls: Salix babylonics \*Lth: Thuja orientalis  
 ( ) sampling site number and tree leaves sampling number

에 수고 1.5m 위치의 도로측 수관 중심부의 가지 끝에서 5~10엽씩 채취하였으며, 수목 주변의 토양은 표토와 심토로 구분하여 채취하였다.

가름한 후 분석용 시료로 사용하였다.

## 2.2.3 분석

(1) 토양

① Pb, Cu, Cd, Cr<sup>6+</sup>, Fe, Mn

분석용 시료 5g을 정밀하게 취하여 100ml 삼각플라스크에 넣고 0.1N 염산용액 25ml를 넣은 후, 항온 수평진탕기를 사용하여 30℃를 유지하면서 1시간 동안 진탕한 다음, 5B여과지로 여과하여 원자흡광광도계(Varian, 280FS)를 사용하여 분석하였다.

② As

분석용 시료 5g을 정밀하게 취하여 100ml 삼각플라스크에 넣고 1N 염산용액 25ml를 넣은 후, 항온 수평진탕기를 사용하여 30℃를 유지하면서 30분 동안 진탕한 다음, 5B여과지로 여과

## 2.2 실험방법

### 2.2.1 시료채취 및 보관

(1) 토양 : 표토는 표면의 잡초나 유기물 등 이물질 층을 제거한 후 0~15cm 깊이에서, 심토는 같은 장소의 30~50cm 깊이에서 토양채취기로 채취하여 갈색 유리병과 폴리에틸렌 봉지에 넣어 실험실로 운반하여 시료로 사용하였다.

(2) 나뭇잎 : 토양을 채취한 장소의 나뭇잎을 채취하여 폴리에틸렌 봉지에 넣어 실험실로 운반하여 시료로 사용하였다.

하여 원자흡광광도계(Varian, 280FS)를 사용하여 분석하였다.

### ③ Zn, Ni

시료 3g을 정확하게 반응용기에 넣고 염산 21ml와 질산 7ml를 첨가한 후, 25℃에서 2시간동안, 47℃에서 2시간동안 유기물을 분해(Gerhardt, kjeldathem EBL type)하여 여과지로 여과한 여액을 100ml로 맞추어 원자흡광광도계(Varian, 280FS)를 사용하여 분석하였다.

### ④ 염농도

토양 5g을 정밀하게 취하여 100ml 삼각플라스크에 넣고 증류수 25ml를 넣은 후, 5분간 진탕한 다음 5B 여과지로 여과한 여액을 염농도 측정기(Orion, Model-140)를 사용하여 측정하였다.

### ⑤ 총질소

토양 1g을 정밀하게 취한 후, 황산 10ml와 분해촉진제(3.5g  $K_2SO_4$ , 3.5mg Se)를 넣은 다음, 400℃에서 6시간 동안 유기물을 분해(Gerhardt, kjeldathem EBL type)한 후, 총질소 분석기(Foss tecator, 2300kjeltac analyzer unit)를 사용하여 분석하였다.

### ⑥ 가용성 인

시료 5g을 정밀하게 취하여 100ml 삼각플라스크에 넣고 침출액(Lancaster 추출액) 20ml를 가하여 10분간 진탕한 후, 2번 여과지로 여과한 여액을 Lancaster법에 따라 UV(Shimadzu, uv-260)를 사용하여 분석하였다.

### ⑦ 양이온치환용량

100ml 삼각플라스크에 시료 5g을 정밀하게 취하고 1N HOAc용액 50ml를 가한 후, 30분간 진탕한 다음 브라운법에 따라 수소이온농도를 정확하게 측정하였다.

### ⑧ 유기물함량

TOC(Total Organic Carbon) Analyzer(TOC-V CPH, Shimadzu)를 이용하여 분석하였다. 유발로 분쇄시킨 시료 0.1g을 각각 정확하게 무게를 달아 TC(Total Carbon)와 IC(Inorganic Carbon)를 측정한 후, TC와 IC의

차이로부터 유기물함량을 구하였다.

### ⑨ pH

분석용 시료 5g을 정확하게 달아 50ml 비이커에 취해 증류수 25ml를 넣어 때때로 저어주면서 1시간 방치 후, pH미터(Orion 720 A+)를 이용하여 측정하였다.

### (2)나뭇잎

분석용 시료 1g을 정확하게 취하고 여기에 황산 5ml, 질산 20ml를 첨가하여 70℃에서 30분, 220℃에서 1시간, 320℃에서 2시간, 400℃에서 4시간 동안 유기물을 분해(Gerhardt, kjeldathem EBL type)한 후, 5B여과지로 여과하여 증류수로 50ml를 맞춘 후, 원자흡광광도계(Varian, 280FS)로 중금속을 분석하였다.

## Ⅲ. 결과 및 고찰

### 3.1 지점별 토양의 특성

#### (1) 수분

인천시내 토양의 수분함량은 Table 2의 결과와 같다. 수분함량의 범위는 최저 서구 표토의 7.03%에서 최고 남동구 심토 14.58%로 차이는 7.55%이었다. 이러한 수분함량의 차이는 토양의 토성, 토양가비중과 관련을 갖고 있으며, 양분공급의 매체로서 토양의 전반적인 물리화학적 특성을 결정한다. 토양수분은 자연적으로 수종의 분포를 유도한다. 영양분이 많은 토양이라도 물 없이는 비생산림지가 되며, 사토라도 수분이 많으면 생산림지로 변화한다.<sup>14)</sup> 강우량이 많고 강우분포가 편중되어 있지 않은 열대림은 그 좋은 예이며, 여름에 가뭄이 갖고 심하면 산림은 초지나 초원으로 변한다. 수분은 대부분의 토양과 식물이 제 기능을 발휘하는데 필수적이며 특히 세포증식, 세포막간 분자의 이동, 식물의 동화작용과 밀접한 관계가 있다.

수분은 식물영양의 이동매체, 용매, 산소원, 토양온도나 공기의 완충물, 그리고 토양 내 독

성물질을 희석하는 역할을 한다.

인천 토양은 전 지역평균이 11.99%로 사질토양과 습성토양의 중간정도의 수분을 함유하고 있다. 특히 서구의 수분함량이 가장 적은 7.03%이고, 남동구가 14.59%로 높았다. 전반적으로 남동구, 연수구가 높은 반면 서구나 남구의 토양수분함량이 낮았다. 이러한 토양수분은

대부분의 도시림이 산성 강하물 또는 차량 및 대기가스로 인하여 산성화가 가속화되고 있다는 서울시의 많은 연구 결과와는 달리 인천의 도심 내부의 도로 주변 토양에서 중성에 가까운 결과를 나타냈다. 이와 같이 도심내부 도로 주변 토양의 pH가 도시림 토양의 pH 보다 높게 나타난 것은 제설용으로 살포되고 있는

Table 2. Physicochemical properties of the soil used in study

District	site	pH	Avail-P (mg/kg)	O.M.(%)	CEC	TN(mg/kg)	EC(mS/cm)	Moisture (%)
Jung-gu	Topsoil	7.9	22.294	3.5	18.106	897.55	0.104	11.42
	Subsoil	8.1	49.036	2.755	14.498	929.2	0.152	9.38
Dong-gu	Topsoil	8.3	51.513	3.54	25.839	973.05	0.102	9.82
	Subsoil	8.4	16.874	4.48	23.254	1006.55	0.147	12.19
Nam-gu	Topsoil	8.0	61.545	2.275	10.736	508.9	0.101	7.12
	Subsoil	8.4	22.018	2.585	14.245	610.6	0.142	9.84
Namdong-gu	Topsoil	7.9	22.294	3.5	18.106	897.55	0.104	11.7
	Subsoil	7.7	16.782	2.19	12.089	942.35	0.091	14.58
Bupyeong-gu	Topsoil	7.6	64.095	2.37	17.314	766.4	0.142	8.98
	Subsoil	8.2	21.363	3.91	15.994	1175.7	0.309	10.77
Gyeyang-gu	Topsoil	8.3	39.891	1.295	13.156	569.5	0.103	8.12
	Subsoil	8.5	21.944	0	12.210	730.7	0.134	11.58
Seo-gu	Topsoil	8.1	45.110	3.06	11.825	1385.7	0.087	7.03
	Subsoil	8.5	21.928	2.33	15.279	758.6	0.146	10.39
Yeonsu-gu	Topsoil	8.3	19.285	3.89	15.730	1286.7	0.164	13.30
	Subsoil	8.2	15.031	0	16.302	985	0.168	14.27
Ganghwa-gun	Topsoil	7.7	28.867	3.410	9.877	1509.7	0.126	13.6
	Subsoil	7.9	20.827	3.62	8.800	1554.6	0.114	14.57

\* CEC : cation exchange capacity (Cmol<sup>+</sup>/kg)

\* OM : organic matter(%)

토양의 배수와 각종 유무기물의 전해, 삼투작용을 담당한 중요한 역할을 하고 있다. 서울시 교외지역의 도로변 토양오염에 관한 연구에서 측정된 서울시 도로변의 토양수분은 평균이 19.54%로 토양수분은 서울시 2배정도로 높았다.<sup>15)</sup> 이것은 인천의 지역적인특성인 간척지 및 매립토양부분이 상당히 반영된 것으로 판단된다.

## (2) pH

조사지점의 평균산도(pH)는 표토가 7.98, 심토가 8.11로 나타났다. 인천지역의 pH는 중성부근이 많았다. 서울시의 pH 5.02~5.07 보다는 상당한 토질의 차이를 나타내고 있다. 이러한 결과는

CaCl<sub>2</sub>나 산성우에 의해서 콘크리트로부터 용해되어 흘러나오는 알칼리 성분 때문으로도 추정해 볼 수도 있다. pH가 중성보다 높은 값을 나타내면 미량원소의 용해도가 떨어져 식물의 생육에는 이롭지 못하다. 특히 Fe, Mn, Zn, Cu 등이 결핍되기 쉬워진다.

## (3) 양이온 치환용량

양이온 치환용량(cation exchange capacity : CEC)은 토양의 교질작용에 의하여 양이온, 즉 질소, 칼륨, 마그네슘, 칼슘, 인 같은 양분을 흡착해 식물이 이용할 수 있도록 하는 흡착능력을 말하는 것으로 양이온 치환용량이 크면

토양이 비옥하다고 할 수 있으나, 양이온이 치환할 수 있는 자리에 수소이온이 차지하고 있다면 양이온 치환용량이 클지라도 실제로 비옥하지 않기 때문에, 잠재적 비옥도를 측정할 때 사용한다.

양이온 치환용량은 동구>부평구>중구>연수구>남동구>서구>계양구>남구>강화군 순으로 조사되었으며, 조사대상의 표토는 9.277~25.839Cmol<sup>+</sup>/kg, 심토는 8.800~23.254Cmol<sup>+</sup>/kg으로 나타났다.

Table 3에서는 생육 상태별로 양호목(good), 보통목(ordinary), 불량목(bad)으로 분류하여 평균 농도별로 비교하여 보았다. 양호목의 CEC가 다소 낮았고 불량목의 CEC가 높은 경향을 보였는데 이는 CEC가 토양의 비옥도를 나타내는 절대적 척도가 될 수 없음을 알 수 있었으며, 매립토양의 특성으로 치환성 염기류 특히 Na와 Ca, K, Mg 등이 높게 나타나는데, 동구에서 CEC의 조사값이 높게 나타난 것은 매립으로 형성된 동구의 지형적 특성이라 판단된다.

Table 3. Pysicochemical contents in soils following growth conditions

Site	Good			Ordinary			Badness		
	CEC	OM	EC	CEC	OM	EC	CEC	OM	EC
Top-soil	13.142	2.964	0.109	14.967	3.060	0.115	14.967	3.060	0.093
Sub-soil	12.936	1.817	0.138	12.936	1.817	0.138	14.546	1.986	0.179

\*plant condition glade : good, ordinary, badness

\* CEC : cation exchange capacity (Cmol<sup>+</sup>/kg)

\* OM : organic matter(%)

#### (4) 유기물 함량

가로수 주변 토양의 심토, 표토의 유기물 함량은 전지역 평균값이 2.71%이고, 이 값은 서울시 도로변 토양의 유기물 함량 2.42%, 우리나라 밭 토양 평균 1.9% 보다 높은 수준이었다.

이 중 동구의 심토 토양이 4.48%로 가장 높

았고, 서구, 연수구의 심토 순으로 높았다.

#### (5) 유효인산

유효인산의 평균 함량은 표토, 심토 각 각 39.433, 22.867mg/kg으로 조사되었다. 우리나라 미경작지의 평균 함량인 5.6mg/kg 보다 훨씬 높은 수치이지만 서울시의 78.78, 60.65mg/kg 보다는 현저하게 낮고, 우리나라 밭토양 평균 함량인 216mg/kg 보다 아주 낮은 수치이다. 물론 작물의 특성상 기준이 가변적일 수 있지만 균형 잡힌 수목의 성장을 위해서는 인산질 비료의 사용 등으로 가로수 식재 시 빈약토양에 보강해 줄 필요도 있다.

#### (6) 총질소

유기질의 주요 구성성분인 질소는 식물의 영양분이 되고 수분과 공기의 균형을 좋은 상태로 만들므로 토양개량과 영양분을 유지하는 역할을 한다. 수목의 영양상태는 엽내 영양분으로 판단하는데, 수목의 생장에 가장 관계있는 질소는 낙엽활엽수(1.87~3.80%)>상록활엽수(1.28~2.79%)>침엽수(0.99~2.14%)의 순이다. 이것은 인천의 가로수종을 낙엽활엽수로 볼 때 상당한량의 질소가 필요한 것으로 파악된다. 조사토양 표토의 평균은 1138.91mg/kg이고, 심토는 669.17mg/kg으로 표토가 2배정도 높았다. 이것은 도로변의 복토나 낙엽 분해 등으로 표토부분이 높은 것으로 보인다. 수목의 생육상태별로 보면 심토에서 양호목(671,72mg/kg) > 보통목(665.514mg/kg) > 불량목(657.750mg/kg)으로 양호목 토양에서 높았고, 불량목 토양에서 상대적으로 낮은 경향을 보였다. 따라서 가로수 식재시 반드시 질소의 보충을 해주어야 할 것으로 사료된다.

### 3.2 지점별 토양의 중금속농도 비교

#### (1) Cd

Cd의 지역별 심토, 표토, 잎의 분포는 Table 4와 같다. 도시환경에서 Cd의 배출원은 자동차



타이어의 마모, 인산비료, 각종 장식산업, 그리고 카드뮴은 다른 중금속에 비해 유기물과의 결합력이 작으며, 산도변화에 의해 토양내 존재형

고 산업용, 가정용 쓰레기의 소각 등에서 온다. 예로 영국 런던 북부 쓰레기 소각장 주위에

Table 4. Heavy metal concentration comparison in leaves and soils

(Mean, mg/kg)

District	site	heavy metal					
		Cd	Pd	Cr <sup>6+</sup>	Fe	Mn	Cu
Jung-gu	top soil	0.220	27.616	ND	165.459	228.515	15.887
	sub soil	0.080	8.233	ND	18.777	75.170	13.788
	leaves	0.870	2.991	ND	403.630	30.628	6.107
Dong-gu	top soil	0.329	91.960	ND	79.744	211.759	59.075
	sub soil	0.390	7.818	ND	0.000	49.045	10.949
	leaves	0.897	4.245	ND	691.249	37.478	7.170
Nam-gu	top soil	0.143	8.399	ND	55.499	116.530	12.973
	sub soil	0.120	0.000	ND	0.314	0.281	0.080
	leaves	0.426	1.772	ND	244.672	19.366	7.114
Namdong-gu	top soil	0.210	4.377	ND	31.904	216.498	7.854
	sub soil	0.120	8.233	ND	18.778	75.170	13.788
	leaves	0.345	1.289	ND	225.858	20.954	8.979
Bupyeong-gu	top soil	0.180	1.706	ND	3.618	71.694	6.070
	sub soil	0.129	0.086	ND	0.000	1.042	0.087
	leaves	0.423	0.970	ND	101.394	19.432	5.015
Gyeyang-gu	top soil	0.238	8.673	ND	94.331	163.028	131.791
	sub soil	0.113	0.025	ND	0.000	0.598	0.171
	leaves	0.501	1.476	ND	190.560	15.708	7.413
Seo-gu	top soil	0.221	11.145	ND	48.799	188.161	58.924
	sub soil	0.053	0.020	ND	0.341	1.091	0.020
	leaves	1.003	0.378	ND	196.454	22.290	7.930
Yeonsu-gu	top soil	0.202	7.159	ND	34.542	197.838	39.812
	sub soil	0.055	1.199	ND	13.359	121.330	5.458
	leaves	0.748	0.150	ND	142.487	15.067	5.787
Ganghwa-gun	top soil	0.078	4.241	ND	26.739	24.068	2.377
	sub soil	0.157	0.182	ND	0.000	0.221	0.050
	leaves	0.448	1.142	ND	173.906	25.532	6.345

ND : none detected

서는 굴뚝으로부터 0.2km 이내의 지표토양에서 Cd이 12배 정도 부하된 연구사례도 있으며, 토양환경에 따라 매우 다양한 형태로 존재한다. 흔한 형태로는 CdS가 있는데 수산화물을 형성 하거나 암모니아(Cd(NH<sub>3</sub>)<sub>6</sub><sup>4+</sup>)와 결합하기도 한

태가 크게 영향을 받는다. 특히 산성토양에서는 수용성이나 치환성의 비율이 높아져서 토양 내 이동이 자유로워진다.

Cd은 서울시 일원 녹지지역에서 0.01~0.13mg/kg (평균 0.06mg/kg)으로 조사된 바 있

고, 경기도 일원의 비오염지역에서 0.12mg/kg, 도로변에서 0.14mg/kg으로 조사된 바 있다.

Table 5. Average Concentration in soils and plants of heavy metals

Site	Good			Ordinary			Badness		
	Pb	Cd	Cu	Pb	Cd	Cu	Pb	Cd	Cu
top-soil	10.542	0.247	15.103	26.499	0.229	36.061	10.2	0.283	19.525
sub-soil	2.414	0.126	3.612	1.844	0.121	10.937	2.587	0.119	8.338
leaves	1.799	0.562	7.980	1.97	0.482	8.925	1.543	0.932	8.73

\*plant condition grades : good, ordinary, badness

Table 5에서와 같이 본 조사지점들의 표토와 심토의 Cd 농도는 표토가 2배 정도 높은 것으로 나타났고, 심토는 경기도 일원의 비오염지역과 비슷한 농도로 조사되었으나 표토는 서울의 녹지지역이나 경기도 조사지역 보다 높게 나타나고 있다. 특히 동구지역의 심토가 0.39mg/kg으로 높게 나타났으며, Table 5와 같이 양호목과 불량목 지점에서의 분포경향도 높은 유의성을 보이고 있다.

양호목 지점과 불량목 지점에서의 분포경향도 높은 유의성을 보이고 있다.

## (2) Pb

자동차에서 발생하는 중금속 성분 중 Antiknock 제로 사용되고 있는 납과 자동차의 타이어 및 부품의 합금 등에 사용되는 구리는 도로의 노후상태와 관련이 크며, 납성분은 가솔린 연료에 첨가된 4-에틸납, 4-메틸납이 주된 원인이다. 차량으로부터 배출된 납은 주로 가용성인 Pb halide(PbBrCl, PbCl<sub>2</sub>, PbBr<sub>2</sub>)의 형태인데, 토양 내에 존재하는 음이온, 즉 SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>등과 결합하여 불용성의 염을 형성한다. 또 납은 유기물이나 점토에 흡착하거나 Fe/Mn 산화물과 결합하여 토양 내 이동이 크게 억제된다. 서울시 녹지지역에서 2.46~10.43mg/kg(평균 7.34 mg/kg), 경기도 일원에서 비오염지역에서 5.33mg

/kg, 도로변에 7.896mg/kg으로 조사됐고, 인천지역과 비교하면 인천지역의 심토에서는 0~8.233mg/kg까지 조사되어 비슷한 분포를 보였으며, 중구와 남동구에서 다소 높았고, 남구(ND)와 서구(0.02mg/kg)에서는 거의 검출되지 않아 검출 편차가 컸다. 표토에서도 지역적 위치에 따라 많은 편차를 보이고 있다. 동구는 표토가 91.96mg/kg, 중구는 27.619mg/kg으로 높았다. 이 수치는 토양환경보전법상의 가지역 우려기준인 100mg/kg 보다 낮은 수치이나 서울근교도시립의 평균농도보다는 상당히 높은 수치를 보이고 있다. 이러한 현상은 이 지점 부근에 대규모 제철공장 등이 위치하고 있기 때문인 것으로 판단된다.

## (3) Cu

Cu의 구별 분포상황은 Table 4에 나타냈다. Cu의 오염원은 채광 및 채련활동, 판금 및 제강 등의 금속산업 활동, 가정쓰레기의 소각, 비료나 살균제의 살포 등이 있다.

본 조사지점들의 군·구별 평균 Cu의 농도는 0.020~131.791mg/kg으로 나지역 토양오염기준의 우려기준(200mg/kg)을 만족하였으나, 계양구의 경우 타 군·구에 비해 비교적 높은 결과를 나타냈다. 이 지역 조사지점들은 공업지역과 도로밀집지역으로 장기간 오염이 축적되었을 것으로 추측된다. 이 지역의 은행나무의 외관에 의한 생육상태도 양호한 수준이 되지 못했다. 이는 인천대공원지역의 평균과 청정지역인 강화지역의 2.702mg/kg과 비교가 된다. 인천대공원지역과 강화지역의 수목상태는 양호한 것으로 조사되었는데 이로써 토양오염과 수목생장과 상관관계를 유추할 수 있다. 이 지역의 가로수목은 식목시 복토 및 배양토를 섞는 등, 시비의 중요성도 고려되고 있다.

## (4) Mn, Fe

철과 망간은 인체유해도가 낮고 토양에도 상당량의 자연함유량을 함유하고 있다<sup>17)</sup>. 토양 중 Mn과 Fe의 자연함유량은 Mn : 850(100~4000)

mg/kg, Fe : 38000(7000-550000)mg/kg으로 범위가 매우 넓다. 서울시 도로변 식재식물의 성장에 미치는 중금속영양에 관한 연구에서 Mn의 함량은 잎에서 242mg/kg으로 최고치를 나타내고, 은행나무에서 45mg/kg, Fe은 버즘나무에서 833mg/kg, 은행나무 잎에서 500mg/kg, 국화에 1488mg/kg로 나타났다. 인천의 은행나무에서 Mn은 15mg/kg부터 최고 37mg/kg으로 상대적으로 낮은 수치를 나타내고 있고, 성장상태는 양호했다. Fe은 101mg/kg에서 동구의 691mg/kg로 서울지역의 종로 가로수변보다 낮은 값을 보이고 있다.

### 3.3 토양과 식목성장상태별 상관성 검토

#### (1) 전체수종에 관한 상관성검토

인천관내의 은행나무, 프라타너스(버즘나무), 느티나무, 뽕나무, 단풍나무, 수양버들, 소나무, 소사나무, 측백나무 잎과 토양과의 상관성을 검토했다.

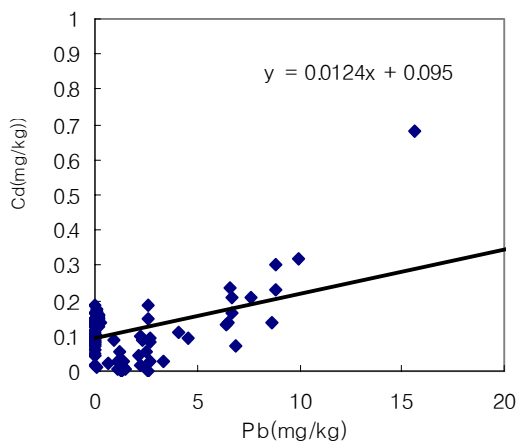


Fig. 1. Correlation of Pb and Cd in subsoils.

Fig. 1에서는 Pb과 Cd과의 상관성을 검토한 그림이다. 불량목에서 중금속간에는 양의 상관을 보이고 있다. 즉 Pb과 Cd의 함량이 높은 표토의 불량목에서  $r=0.549$ 이었고 심토에서의 상관계수는 0.634이었으며, p-value가 0.01이하로

매우 높은 유의성을 보이고 있다. Fig. 2는 표토의 Mn과 Fe간의 상관계수그림이다.  $r=0.527$ , 심토의 상관계수(Fig. 3)는 0.612, p-value 0.01이하로 상관관계가 높았다.

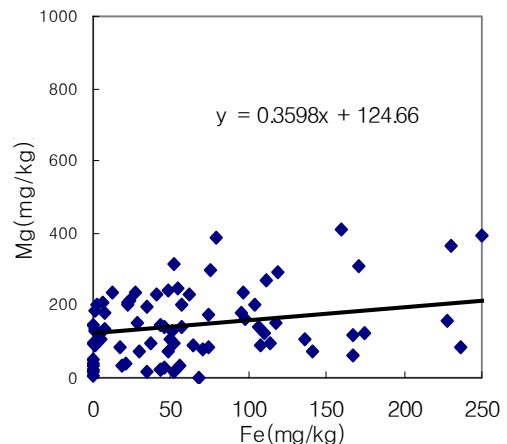


Fig. 2. Correlation of Mn and Fe in topsoils.

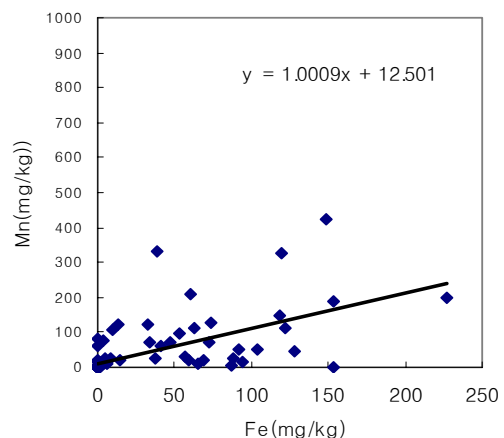


Fig. 3. Correlation of Mn and Fe in subsoil.

Fig. 4는 심토와 표토간의 Hg함량의 상관도 비교그림이다.  $r=0.526$ 으로 상당한 양의 관계를 보여주고 있다. 이 그림에서 수은이 표토와 심토간의 물질이동이 양호하다는 것을 알 수 있다.

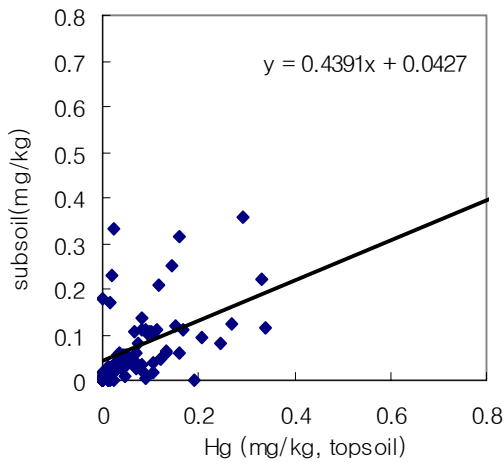


Fig. 4. Correlation of Hg in subsoil and topsoils

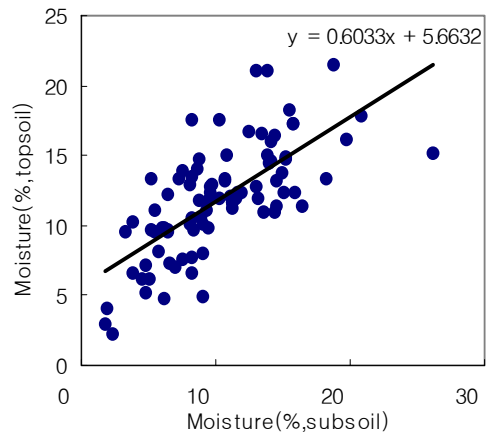


Fig. 6. Correlation of Moisture in subsoil and topsoils

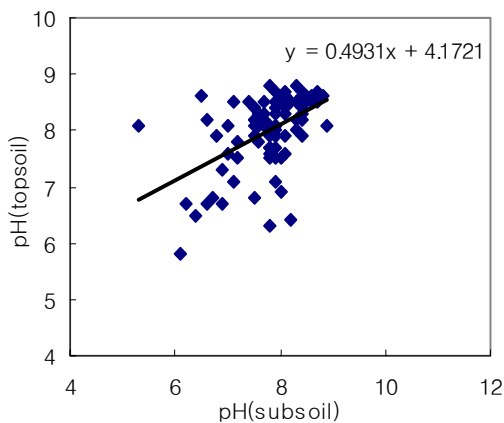


Fig. 5. Correlation of pH in subsoil and topsoils

Fig. 5에서는 표토와 심토간의 pH의 관계를 비교하였다. 표토와 심토간의 산도의 상호이전 및 교류는 밀접한 관계를 보이고 있다( $r=0.494$ ). 또한 심토의 pH는 양이온치환용량과 0.427의 상관계수를 보여 상호간 물질이동에 중요한 역할관계를 보인다. 심토의 pH는 수분과는 음의상관( $r=-0.376$ )을 보이고 있다.

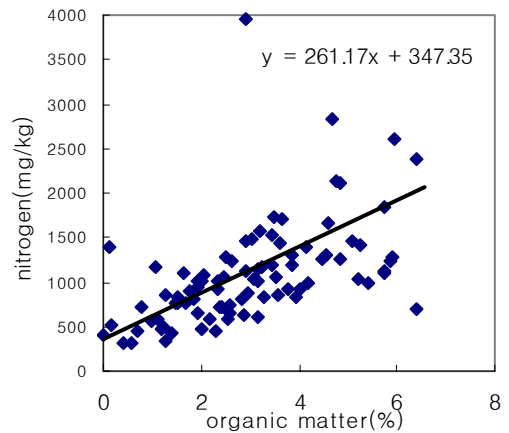


Fig. 7. Correlation of Nitrogen and Organic matter in subsoil

Fig. 7의 심토의 총 질소함량과 유기물과는 양의 상관관계를 보였으며( $r=0.542$ ), 염농도와 질소와의 관계는  $r=0.440$ 로 p-value를 고려할 때 유의성이 있었다. 표 6은 SPSS 통계프로그램을 활용한 변수간 유의 관계를 R과 P-value를 활용하여 중금속상호간의 유의관계를 나타내었다. 불량목, 보통목, 우량목 상호간의 관계에서 몇 가지 유의한 결과를 나타내었다. 보통목의 Cu

와 Cd과의 관계(0.761), Fe과 Pb(0.597), Fe과 Cd과의 관계(0.602) 등과, 불량목의 조건으로 Fe과 Pb이 양의 상관(0.848)으로 높은 유의성을 보였다.

### 3.4 고 찰

가로수를 생육 형질에 따라 수간이 곧고 형질이 양호한 수목을 양호목(good), 중간정도를 보통목(ordinary), 수간이 비틀리고 잎 수가 현저히 적은 성장이 불량한 기형목을 불량목(badness)으로 분류했다. 이번 조사에서 Pb, Cd, Cu, Mn

의 함유량은 표토>잎>심토 순으로 중금속 축적의 양이 축적량의 위치에 따라 차이가 많아지는 경향을 나타냈다. 중금속 축적은 가로변의 대기 및 자동차의 매연에 기인한 오염축적으로 판단된다. 카드뮴의 경우도 같은 경향을 보인다.

서울시 녹지지역에서 카드뮴의 농도가 0.01~0.13mg/kg(평균 0.06mg/kg)으로 조사됐고, 경기도 일원의 비오염 지역에서 0.12 mg/kg, 도로변에서 0.137 mg/kg으로 보고 되었다. 인천시와 비교하면 식목의 불량목지역이 0.201mg/kg

Table 6. Statistic coefficiency following growth conditions(heavy metal)

sector		good					ordinary					bad				
		Pb	Cd	Cu	Fe	Mn	Pb	Cd	Cu	Fe	Mn	Pb	Cd	Cu	Fe	Mn
good	Pb	1														
	Cd	-0.140	1													
	Cu	0.060	-0.169	1												
	Fe	0.290 (*)	0.150	0.116	1											
	Mn	-0.119	0.274 (*)	0.093	0.200	1										
ordinary	Pb	0.519	0.051	-0.100	-0.312	-0.217	1									
	Cd	0.274	0.063	0.065	-0.336	-0.402	0.351	1								
	Cu	0.040	0.030	0.472	0.042	-0.025	0.102	0.761 (**)	1							
	Fe	0.570 (*)	-0.323	0.036	-0.010	-0.125	0.597 (*)	0.602 (*)	0.415	1						
	Mn	0.159	-0.429	-0.091	-0.165	-0.318	0.278	0.519	0.270	0.755 (**)	1					
bad	Pb	-0.228	0.392	0.149	-0.333	-0.199	0.325	0.372	0.593	0.013	-0.107	1				
	Cd	-0.126	0.246	-0.279	0.268	-0.212	0.376	0.174	0.176	0.093	0.319	0.549	1			
	Cu	-0.419	0.434	0.515	0.517	0.494	-0.592	-0.083	0.254	-0.530	-0.311	0.074	0.237	1		
	Fe	-0.350	0.474	0.104	-0.094	0.049	0.014	0.319	0.525	-0.250	-0.255	0.848 (**)	0.506	0.433	1	
	Mn	-0.177	-0.582	-0.201	-0.196	-0.117	-0.104	-0.422	-0.148	-0.291	-0.029	0.204	0.421	0.000	0.113	1

\* :  $p < 0.05$ , \*\* :  $p < 0.01$

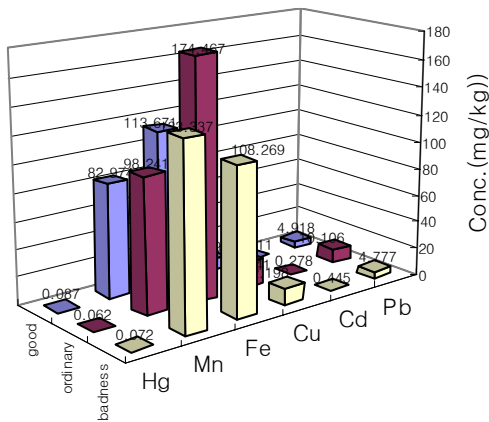


Fig. 8. Heavy metal comparison in growth conditions

으로 높게 조사됐다. 양호목에서는 이 보다 다소 낮은 0.187mg/kg으로 불량목의 토양에서 유해중금속함량이 높은 경향을 보이고 있다. 구리는 다른 중금속보다 유기물과의 결합력이 커서 토양 내에서의 이동성이 작다. 구리는 서울시 일원 녹지지역에서 1.58~6.84 mg/kg (평균 3.79 mg/kg)으로 조사된 바 있고, 경기도 일원 비오염지역에서 4.28 mg/kg, 도로변에서 7.613 mg/kg으로 조사된 바 있다. 인천의 불량목 지점이 13.832 mg/kg이었고, 양호목 지점은 평균 9.37 mg/kg으로 낮았다. 토양의 구리 농도가 낮은 쪽에서 양호목이 많이 발생하는 경향은 카드뮴과 비슷한 경향을 보이고 있다. 인천의 도로변이 경기도, 서울 보다 높았으며, 불량목 지점의 토양의 중금속함량이 높은 경향을 보이고 있다. 납의 경우는 서울시 일원 녹지지역 2.46~10.43 mg/kg, 경기도 일원 비오염지역 5.33 mg/kg, 도로변에서 7.896 mg/kg으로 조사됐다. 인천은 양호목 주변의 토양은 6.48 mg/kg으로 경기도 도로변 보다 다소 낮았다. 보통목과 불량목의 토양은 14.172, 10.200 mg/kg으로 보통목의 농도 편차가 컸다. 그러나 잎의 함량은 1.543~1.970 mg/kg 으로 토양편차보다 작았다. 납은 줄기로의 이동이 원활하지 않은 것으로 보이며, 이러한 이유는 토양 내에 존재하는 음이온 즉,  $SO_4^{2-}$ ,  $PO_4^{3-}$ ,  $CO_3^{2-}$  등과

결합하여 불용성염을 형성하기 때문이다. 또 납은 유기물이나 점토에 흡착되거나 Fe/Mn 산화물과 결합하여 토양 내 이동이 크게 억제되어 잎에서의 축적이 일정량의 수준으로 제한되는 것으로 추정된다. 철은 양호목의 표토에서 96.900 mg/kg, 보통목 196.91mg/kg, 불량목 87.011 mg/kg 으로 보통목 토양의 철의 함량이 양호목이나 불량목의 토양보다 높게 나타나고 있었다. 심토 역시 27.693, 39.725, 15.622mg/kg으로 보통목, 양호목, 불량목 순으로 나타났다. 잎의 철의 함량은 216.419, 286.765, 222.173mg/kg으로 보통목의 잎에서 철의 함량이 가장 높았다. 이것은 토양의 중금속함량이 많은 곳은 흡수량도 많아 표토의 철성분을 상당량 세포를 통하여 잎으로 이동시켜 축적되는 것으로 조사되었다.

망간의 경우를 보면, 비슷한 상관을 나타내고 있다. 양호목에서의 표토 부분이 138.753mg/kg, 보통목 233.42mg/kg, 불량목 237.859mg/kg으로 보통목, 불량목 토양에서 많은 것으로 조사되었으며, 심토는 불량목 부분이 가장 높은 72.714mg/kg을 보이고 있다. 여기서 생육된 가로수의 잎은 71.190, 35.131, 89.437mg/kg으로 불량목에서 망간의 함량이 가장 높았다. 중금속에서 이러한 현상을 종합하면 납을 제외한 대부분의 중금속이 토양에 축적된 정도가 심할수록 불량목의 발생빈도가 높다는 것을 유추할 수 있었다.

양호목 토양의 표토, 심토에서 CEC(양이온치환용량) 범위는 Fig. 9에 표시했다. 13.142~14.967Cmol<sup>+</sup>/kg)범 위로 비슷한 토양성질을 가지고 있고 양호목 토양과 불량목 토양과는 큰 유의성을 발견하지 못했다. 오히려 불량목 토양에서 양이온치환용량의 수치가 더 높았다.

심토에서도 양호목 토양이 오히려 낮은 값을 보이고 있다. 이러한 조사는 서울시의 교외지역의 도로변 토양오염조사에서도 조사지점이 도로에서 멀어질수록 CEC함량이 감소하는 추세를 나타내었다. 따라서 양호목은 CEC외에 토양에서 수치가 낮았다.

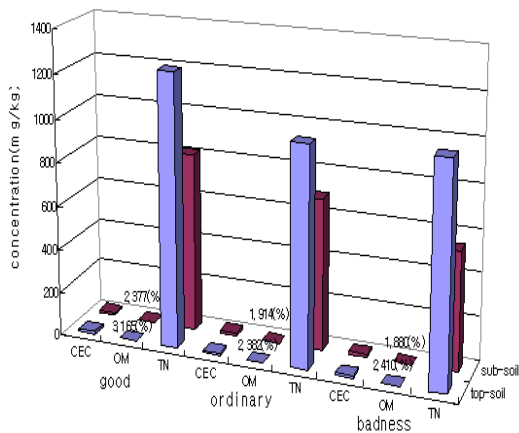


Fig. 9. Average Physicochemical concentration in soil of various species trees

유기물함량과 염농도, 수분함량은 낮은 상관관계를 보이고 있다. 그밖에 상관성이 높은 것은 성장의 주요구성요소인 질소이다. 질소를 비교하면 양호목 토양은 1163.822 mg/kg이었고 불량목 토양에서는 1155.050 mg/kg으로 다소 낮았다. 이러한 경향은 심토에서도 같게 나타나고 있었다.

질소 함유량을 은행나무군 만으로 볼 때 양호목과 불량목의 표토는 1248 : 1013, 심토는 818.214 : 542.229로 현저한 차이를 보인다. 가용성인의 경우 오히려 반대의 경향을 보이고 있다. 표토부분 41.866 : 71.606, 심토 12.004 : 55.024로 불량목의 토양에서 훨씬 높았다. 인은 성장인자 중 제한요소로 일정량 이상이면 더 이상 생육에 영향을 미치지않는 요소로 추정할 수 있다.

## IV. 결 론

인천관내 9개 군·구 총 89개소를 선정하여 도로변과 공원녹지지역의 토양 및 가로수 잎의 중금속오염과 이화학적 요소와의 관계를 검토하여 토양오염 요인이 가로수에 미치는 영향을 검토하였다. 중금속 성분은 Cd, Pb, Cu, Fe,

Mn, Cr<sup>6+</sup>, As, Hg 등 총 8개항목과 양이온치환용량, 유기물함량, 염농도, 수분, pH, 총질소, 가용성인 등 이화학적 성분 7개 항목에 대하여 분석을 하였다. 은행나무, 벚나무 플라타너스, 느티나무, 측백나무 등 9종의 가로수에 대한 나뭇잎에 대한 성분과 토양과의 관계를 비교한 결과는 다음과 같다.

1. 표토 토양의 중금속함량은 망간>철>구리>납>카드뮴>수은 순으로 그 평균값은 각각 164.780, 141.52, 18.89, 13.014, 0.248, 0.083mg/kg이었고, 심토도 함량은 낮았지만 같은 경향을 보였다. 나뭇잎은 철이 가장 높았고 다음이 망간이었다.

2. 수목의 중요한 성장지표의 하나인 수분은 전 지역평균이 11.99%로 사질토양과 습성토양의 중간정도의 함량을 보이고 있고, 서구가 가장 낮은 7.03%, 남동구가 14.59%로 함유량이 높았다.

3. 각 조사지점의 평균 토양산도는 표토가 7.98, 심토가 8.11으로 중성에서 약 알칼리성을 보이고 있었다. SPSS 통계프로그램을 이용한 상관관계(산점도 회귀직선)를 분석한 결과 식물의 생육에는 현재 까지 큰 영향이 없는 것으로 판단된다. 다만 pH와 양이온치환용량과의 상관관계수가 0.43으로 유의성을 보이고 있었으며, pH가 토양중금속의 축적과정에서 가장 중요한 요인으로 작용하여, 즉 양이온의 용해와 전해질 이동에 밀접한 관계가 있는 것으로 판단된다. 표토와 심토간의 수분은 r=0.697로 상당한 유의성을 보였다.

4. 상관도 분석에서 표토 납은 표토 망간(0.432), 심토 카드뮴(0.466)과 통계적으로 유의성이 높았고, 표토 카드뮴은 심토 카드뮴(0.449), 심토 납(0.493)과 유의성이 있었으며, 표토 구리는 표토 납, 표토망간과, 표토 망간은 표토 철, 심토 납은 심토 카드뮴, 심토 카드뮴은 표토 카드뮴과 유의성이 있었다.

5. 화학적요인 중 양이온치환용량은 동구>부평구>중구>연수구>남동구>서구>계양구>

납구>강화군 순이었다. 강화는 표토, 심토 9.877, 8.800Cmol<sup>+</sup>/kg으로 가장 낮은 중부식토의 토양성질을 보이고 있으며, 동구가 25.839Cmol<sup>+</sup>/kg으로 가장 높았다. 총질소도 같은 경향을 보여 강화군이 1554.6mg/kg으로 가장 높았고, 부평구의 표토가 낮은 569.5mg/kg이었다.

6. 불량목 토양에서 카드뮴, 구리 납의 함량이 다소 높은 경향을 보이고 있었다. 양호목 토양에서는 위의 유해중금속함량이 낮았다. 철의 함량은 양호목의 잎에 축적된 양이 비교적 작았다.

7. 납을 제외한 대부분의 중금속이 축적된 토양에서 불량목의 발생빈도가 높았다. 양이온치 환용량은 양호목 쪽이 낮은 수치를 보이고 있고 질소분은 양호목 토양에서 높은 유의성을 보였다.

## V. 참고문헌

1. Cook, C.M.K, S.P. Sgardelis, J.D. Pantis and T. Lanaras, Concentration of Pb, Zn and Cu in Tanaxacum spp. in relation to urban pollution, J. Bull. Environ. Contam. Toxicol, 53: 204-210, 1994.
2. 김병우, 도로변 식재식물의 성장에 미치는 Cadmium 및 Lead의 영향에 관한 연구, 동국대학교 대학원 박사학위논문, pp.1-20, 1984.
3. 성민웅, 진주시 가로수의 납(Pb) 오염에 관하여, 한국환경농학회지, 19:107-110, 1976.
4. 광병화 · 임경빈 · 손용용 · 김용우, 식물생리학, 향문사, pp.72-95, 1972.
5. 박기학, 교통량 과밀 도로주변의 토양과 로수, 대기중 Pb, Cu, Zn 중금속 농도와 그 상관성에 관한 연구, 한국환경위생학회지, 18: 19:-25, 1992.
6. 김병우, 도로변 식재식물의 성장에 미치는 LEAD 및 CADMIUM의 영향에 관한 연구, 동국대학교박사학위논문, pp.1-20, 1984.
7. Nelson, D.W. and Sommers, L.E., In Total cabon, organic carbon, and organic matter, Page, A.L.(ed.) Methods of soil analysis. Part 2. 2nd ed. Agronomy 9:961-1110.
8. 이석준 · 김장익, 도로변에 인접한 농경지 토양 및 작물체 중의 납오염: 제 2보 경작지 토양 중의 납 함량과 작물체 중 납 함량과의 관계, 한국환경농학회지, 10:138-148, 1991.
9. Albasel, N. and A. Cottenie., Heavy metal contamination near major highways, industrial and urban areas in Belgian, Grassland. Water, Air, and Soil Pollution 24: 103-109, 1985.
10. 작물분석위원회편, 재배식물분측정법, 양현당, pp.59-63, 1975.
11. Walkeley, A., A critical examination of a rapid method for determinating organic carbon in soils; effects of variations in digestion conditions and of inorganic soil constituents, 63:251-263, 1947.
12. Brady, N.C. and R.R.Weil. Elements of the Nature and Properties of Soils, pp. 260-263, 1999.
13. Summer, M. E. and Sparks, D. L., In Cation exchange capacity and exchange coefficients, Sparks, D. L. al.(ed.) Methods of soil analysis part 3; chemical methods. SSSA book series 5. SSSA and ASA Madison. WI., 1996.
14. 이천용, 산림환경토양학, 보성출판사, pp. 77-88, 1998.
15. 박선엽, 서울시 교외지역의 도로변 토양오염에 관한 연구, 지리학총론 제24호, pp. 33-46, 1994.
16. 작물분석법위원회편, 재배식물 분석측정법, 양현당, 1983.
17. Bowen, H.J.M., Trace elements in Biochemistry, Academic Press, New York, pp.39, 1983.
18. 농업과학기술원, 토양 및 식물체 분석법, 2000.



## 부 록

### 2005년 연구사업 결과(표토 중금속)

시료 번호	Pb	Cd	Cu	As	Cr +6	Zn	Ni	Fe	Mn	Hg	식재 수종	생육 상태
	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg		목측
1	0.943	0.180	56.456	0.044	0.000	188.831	7.830	296.780	270.339	0.0000	느티나무	양호
2	0.277	0.262	1.642	0.054	0.000	266.967	13.787	0.762	133.706	0.1905	느티나무	보통
3	7.840	0.130	5.716	0.033	0.000	41.057	7.347	106.475	139.947	0.0000	벚꽃나무	양호
4	8.531	0.125	4.351	0.020	0.000	62.660	7.925	282.922	331.779	0.0000	은행나무	보통
5	5.786	0.179	6.521	0.056	0.000	66.148	9.478	61.425	232.612	0.0000	은행나무	양호
6	5.568	0.115	14.967	0.027	0.000	62.013	14.328	108.277	87.809	0.0000	느티나무	양호
7	8.316	0.090	5.644	0.017	0.000	24.476	5.828	228.293	157.494	0.0000	플라타너스	양호
8	35.156	5.798	6.092	0.103	0.000	102.151	5.928	7.094	178.717	0.0000	벚꽃나무	양호
9	2.967	0.420	9.186	0.044	0.000	158.921	10.001	2.382	200.383	0.2449	은행나무	양호
10	0.705	0.115	1.129	0.014	0.000	23.086	0.732	136.540	107.384	0.0014	벚꽃나무	양호
11	6.395	0.205	19.140	0.024	0.000	38.196	5.295	103.678	201.205	0.0117	벚나무	양호
12	1.125	0.410	2.344	0.025	0.000	48.139	3.032	95.766	179.520	0.0085	단풍나무	불량
13	0.080	0.015	0.045	0.059	0.000	53.024	4.043	0.000	20.259	0.0115	플라타너스	양호
14	2.180	0.030	3.081	0.010	0.000	19.018	1.599	140.943	70.315	0.0065	수왕버들	양호
15	2.934	0.114	6.689	0.020	0.000	33.241	10.492	74.726	84.726	0.0108	느티나무	양호
16	14.817	0.150	18.219	0.037	0.000	33.368	3.922	355.865	165.405	0.0230	플라타너스	양호
17	2.958	0.125	6.766	0.022	0.000	25.271	2.231	170.390	307.992	0.0517	은행나무	불량
18	3.587	0.144	5.300	0.039	0.000	26.754	4.259	271.136	256.820	0.0084	은행나무	양호
19	30.940	0.354	70.559	0.048	0.000	109.777	5.489	858.940	536.916	0.0480	소나무	보통
20	57.399	0.430	29.825	0.052	0.000	3.745	9.182	609.528	492.958	0.0900	소나무	보통
21	6.260	0.085	15.563	0.044	0.000	51.953	5.562	281.522	384.944	0.0120	벚나무	양호
22	7.159	0.202	39.812	0.036	0.000	68.980	7.354	34.542	197.838	0.0664	은행나무	양호
23	27.978	0.614	96.957	0.028	0.000	90.660	11.234	301.987	276.803	0.0804	플라타너스	보통
24	2.309	0.080	8.472	0.011	0.000	40.453	7.464	236.094	86.225	0.0245	벚나무	양호
25	0.000	0.282	5.830	0.037	0.000	84.806	24.863	0.000	145.627	0.0830	플라타너스	보통
26	30.024	0.394	31.774	0.074	0.000	91.667	8.109	96.097	238.102	0.1686	은행나무	양호
27	18.222	0.343	5.325	0.028	0.000	66.554	5.150	41.109	229.922	0.2714	은행나무	양호
28	15.877	0.025	7.141	0.052	0.000	51.835	3.624	113.506	96.051	0.0422	벚나무	양호
29	22.232	0.278	53.010	0.031	0.000	183.861	14.823	75.278	298.409	0.1050	플라타너스	양호
30	25.208	0.224	29.448	0.022	0.000	127.489	10.974	110.993	268.114	0.0667	플라타너스	보통

시료 번호	Pb	Cd	Cu	As	Cr +6	Zn	Ni	Fe	Mn	Hg	식재 수종	생육 상태
	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg		목측
31	0.000	0.045	0.448	0.061	0.000	40.855	2.497	1034.781	218.927	0.0197	은행나무	양호
32	183.920	0.566	117.827	0.061	0.000	243.155	14.456	159.488	407.838	0.1187	은행나무	양호
33	0.000	0.091	0.323	0.119	0.000	116.433	11.983	0.000	15.680	0.1438	은행나무	양호
34	0.000	0.055	0.329	0.048	0.000	125.950	13.161	0.000	32.987	0.3393	플라타너스	양호
35	5.788	0.161	9.877	0.023	0.000	65.708	6.661	54.299	247.898	0.0896	은행나무	양호
36	5.423	0.154	12.632	0.112	0.000	70.252	4.889	51.387	92.710	0.1530	은행나무	불량
37	10.547	0.572	43.108	0.040	0.000	108.201	8.364	229.964	367.936	0.0806	은행나무	불량
38	11.450	0.204	6.543	0.074	0.000	96.805	5.890	97.768	161.867	0.1024	느티나무	양호
39	23.643	0.459	48.568	0.036	0.000	90.392	15.963	52.100	313.232	0.1145	은행나무	불량
40	46.249	0.334	47.633	0.029	0.000	105.423	11.865	249.557	395.189	0.0973	느티나무	불량
41	0.928	0.394	16.976	0.047	0.000	100.133	7.628	6.373	209.262	0.0708	은행나무	불량
42	0.171	0.232	3.575	0.068	0.000	137.065	6.614	0.796	94.823	0.1222	은행나무	불량
43	7.421	0.730	11.573	0.059	0.000	112.048	23.896	79.028	385.819	0.1216	촉백나무	양호
44	0.651	0.149	0.825	0.028	0.000	98.434	0.101	12.317	234.244	0.0502	느티나무	불량
45	8.369	0.325	22.832	0.030	0.000	97.389	8.526	22.784	202.196	0.0339	은행나무	양호
46	10.306	0.000	12.827	0.026	0.000	59.602	4.390	1.457	183.684	0.0274	은행나무	불량
47	1.434	0.383	7.749	0.033	0.000	102.729	7.646	1.643	127.026	0.0640	느티나무	양호
48	6.312	0.000	2.156	0.025	0.000	33.097	60.379	43.421	143.827	0.0247	느티나무	양호
49	14.460	0.116	95.015	0.027	0.000	83.830	5.733	74.815	174.125	0.0462	은행나무	양호
50	4.809	0.050	1.933	0.014	0.000	35.619	9.030	292.448	142.143	0.0235	느티나무	양호
51	0.000	0.085	0.240	0.049	0.000	58.471	5.092	0.275	96.278	0.1046	은행나무	양호
52	17.130	0.237	34.551	0.046	0.000	155.454	7.708	23.927	212.548	0.1328	플라타너스	양호
53	0.709	0.155	0.359	0.071	0.000	114.756	6.322	0.319	38.530	0.1614	은행나무	보통
54	26.413	0.330	35.442	0.047	0.000	116.218	7.388	119.330	294.034	0.0692	은행나무	양호
55	15.159	0.180	17.610	0.047	0.000	82.900	0.732	56.598	140.167	0.1053	플라타너스	양호
56	30.392	0.210	29.446	0.052	0.000	87.502	4.693	56.757	204.640	0.2082	플라타너스	양호
57	9.326	0.134	14.998	0.065	0.000	57.822	4.092	109.984	121.439	0.0809	은행나무	양호
58	0.795	0.110	0.385	0.071	0.000	172.155	9.404	0.020	52.189	1.4726	은행나무	양호
59	7.062	0.111	9.536	0.069	0.000	62.928	1.830	64.927	90.791	0.0105	은행나무	양호
60	3.845	0.081	7.680	0.034	0.000	44.446	6.254	48.183	243.896	0.0472	은행나무	보통

시료 번호	Pb	Cd	Cu	As	Cr +6	Zn	Ni	Fe	Mn	Hg	식재 수종	생육 상태
	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg		목측
60-1	9.736	0.175	16.410	0.059	0.000	62.067	5.327	46.072	142.269	0.0722	은행나무	양호
61	5.544	0.119	9.162	0.026	0.000	38.272	8.627	36.981	96.738	0.0446	소사나무	양호
62	4.749	0.125	2.953	0.016	0.000	40.357	2.166	173.947	124.682	0.0231	플라타너스	양호
63	175.875	0.265	30.181	0.038	0.000	69.660	6.066	329.168	260.278	0.0764	은행나무	보통
64	0.842	0.090	0.100	0.033	0.000	38.509	1.334	0.000	7.258	0.0961	은행나무	양호
65	2.570	0.270	13.240	0.082	0.000	53.790	6.888	7.235	136.130	0.3308	은행나무	양호
66	8.100	0.085	4.951	0.010	0.000	17.874	5.700	166.471	64.561	0.0314	은행나무	양호
67	7.988	0.160	8.482	0.059	0.000	58.846	8.205	70.007	80.746	0.1314	은행나무	양호
68	0.504	0.097	11.318	0.039	0.000	147.968	5.757	0.764	88.094	0.2942	플라타너스	양호
69	22.612	0.035	3.254	0.036	0.000	62.330	5.517	28.333	150.257	0.0391	은행나무	보통
70	6.507	0.040	4.205	0.019	0.000	46.792	7.810	118.119	152.609	0.0169	은행나무	보통
71	6.685	0.184	16.232	0.043	0.000	63.246	4.333	29.124	70.792	0.0383	은행나무	양호
72	10.619	0.305	219.973	0.016	0.000	182.529	17.965	21.849	210.157	0.0456	은행나무	보통
73	24.806	0.180	41.519	0.021	0.000	63.393	5.438	50.046	109.402	0.0233	플라타너스	양호
74	6.726	0.170	43.608	0.032	0.000	137.546	17.622	166.812	115.899	0.0456	은행나무	양호
75	5.422	0.119	7.235	0.034	0.000	39.496	8.548	50.906	127.367	0.0145	느티나무	양호
76	0.480	0.035	0.594	0.141	0.000	33.172	2.102	45.660	26.244	0.0000	은행나무	보통
77	5.472	0.140	9.319	0.055	0.000	84.469	5.561	48.040	71.894	0.0251	플라타너스	양호
78	3.376	0.126	15.775	0.058	0.000	130.108	7.058	4.903	104.001	0.1596	플라타너스	양호
79	8.688	0.079	12.095	0.036	0.000	72.725	13.232	56.014	34.719	0.0000	느티나무	양호
80	6.761	0.292	9.567	0.060	0.000	134.519	7.816	27.772	233.485	0.0126	은행나무	양호
81	4.839	0.115	6.717	0.067	0.000	66.561	6.744	20.757	38.826	0.0000	플라타너스	양호
82	2.061	0.000	1.421	0.036	0.000	23.816	7.950	43.082	22.797	0.0000	단풍나무	양호
83	5.122	0.030	3.506	0.053	0.000	44.404	4.628	52.126	17.936	0.0000	벚나무	양호
84	6.770	0.120	3.313	0.023	0.000	130.360	6.027	34.826	16.879	0.0000	은행나무	양호
85	1.712	0.035	1.441	0.031	0.000	24.373	6.269	18.652	31.257	0.0187	은행나무	양호
86	1.450	0.000	1.743	0.015	0.000	25.238	8.033	43.778	21.315	0.0008	은행나무	양호
87	3.804	0.040	2.240	0.026	0.000	19.569	10.312	68.545	0.717	0.0000	수왕버들	양호
88	1.928	0.060	1.237	0.015	0.000	49.373	5.682	17.588	83.844	0.0000	단풍나무	양호
평균	13.014	0.248	18.897	0.043	0.000	79.576	8.132	111.521	164.780	0.083	-	-

## 2005년 연구사업 결과(표토 이화학)

시료 번호	표수분함량	pH	총질소	가용성인	식재수종	생육상태
	%		mg/kg	mg/kg		목측
1	8.09	8.2	844.7	23.298	느티나무	양호
2	13.77	7.7	1409.0	16.173	느티나무	보통
3	14.08	6.8	1079.1	14.790	벚꽃나무	양호
4	13.84	7.8	560.6	7.874	은행나무	보통
5	15.17	7.2	1454.0	18.683	은행나무	양호
6	8.32	7.0	1090.3	167.581	느티나무	양호
7	13.07	7.5	574.4	9.028	플라타너스	양호
8	15.43	8.3	894.3	20.240	벚꽃나무	양호
9	10.89	7.8	2111.6	12.585	은행나무	양호
10	4.52	7.5	305.3	32.501	벚꽃나무	양호
11	15.06	7.5	1288.8	26.634	벚나무	양호
12	15.70	8.4	458.9	9.774	단풍나무	불량
13	6.23	7.6	707.9	8.193	플라타너스	양호
14	11.10	7.0	489.2	13.110	수양버들	양호
15	12.43	6.4	860.3	20.001	느티나무	양호
16	10.24	7.9	818.1	11.653	플라타너스	양호
17	18.71	7.5	1000.7	20.229	은행나무	불량
18	13.91	6.9	932.6	11.771	은행나무	양호
19	18.2	8.4	1467.0	10.282	소나무	보통
20	14.55	8.2	1298.0	7.077	소나무	보통
21	8.76	8.7	516.0	122.249	벚나무	양호
22	14.89	8.3	1286.7	19.285	은행나무	양호
23	14.49	8.1	1385.7	11.292	플라타너스	보통
24	15.93	8.6	1003.8	10.1	벚나무	양호
25	26.15	8.5	1122.5	10.177	플라타너스	보통
26	8.61	8	998.4	19.979	은행나무	양호
27	19.73	6.1	2608.3	33.132	은행나무	양호
28	13.54	5.3	1670.1	17.667	벚나무	양호
29	8.98	8.1	997.7	58.403	플라타너스	양호
30	14.45	8.3	1246.2	17.628	플라타너스	보통

시료 번호	표수분함량	pH	총질소	가용성인	식재수종	생육상태
	%		mg/kg	mg/kg		목록
31	3.26	7.8	796.7	24.608	은행나무	양호
32	7.47	7.9	1027.2	92.803	은행나무	양호
33	8.25	8.6	918.9	10.222	은행나무	양호
34	8.27	8.4	1111.3	41.928	플라타너스	양호
35	9.65	7.6	1122.8	43.316	은행나무	양호
36	9.62	7.1	1158.2	59.460	은행나무	불량
37	9.08	7.1	1843.0	30.017	은행나무	불량
38	16.38	7.7	1243.9	38.417	느티나무	양호
39	4.79	7.8	1192.2	19.060	은행나무	불량
40	6.94	8.4	628.2	24.860	느티나무	불량
41	6.00	7.9	882.8	129.050	은행나무	불량
42	6.48	7.7	800.8	182.630	은행나무	불량
43	6.39	7.6	2380.3	40.419	측백나무	양호
44	9.50	7.8	2825.8	228.253	느티나무	불량
45	3.89	8.3	1060.0	78.219	은행나무	양호
46	5.74	8.5	759.9	12.725	은행나무	불량
47	5.46	8.1	917.5	237.260	느티나무	양호
48	8.28	7.9	1312.9	29.290	느티나무	양호
49	8.92	7.9	1711.4	12.001	은행나무	양호
50	11.96	7.5	312.2	9.187	느티나무	양호
51	8.17	7.9	1477.9	94.19	은행나무	양호
52	3.77	8.1	820.9	21.766	플라타너스	양호
53	5.19	8.4	692.1	36.468	은행나무	보통
54	9.49	6.9	1255.8	115.719	은행나무	양호
55	6.19	8.4	591.6	15.409	플라타너스	양호
56	5.24	8	924.0	29.005	플라타너스	양호
57	8.26	6.2	839.3	53.737	은행나무	양호
58	9.07	8.4	1022.7	13.503	은행나무	양호
59	6.57	8.1	420.5	35.370	은행나무	양호
60	11.28	7.9	653.8	28.892	은행나무	보통

시료 번호	표수분함량	pH	총질소	가용성인	식재수종	생육상태
	%		mg/kg	mg/kg		목록
60-1	5.11	7.9	597.3	87.720	은행나무	양호
61	9.79	6.5	1006.9	54.562	소사나무	양호
62	11.44	7.4	468.0	14.5	플라타너스	양호
63	4.82	8.1	447.5	8.576	은행나무	보통
64	15.21	8.9	339.9	9.009	은행나무	양호
65	9.26	6.6	1192.9	119.180	은행나무	양호
66	8.75	7.9	712.9	10.213	은행나무	양호
67	7.31	8	3962.0	22.354	은행나무	양호
68	15.72	7.2	6067.8	253.696	플라타너스	양호
69	1.72	7.9	586.8	15.838	은행나무	보통
70	7.54	7.9	1168.8	9.476	은행나무	보통
71	8.06	7.5	769.2	107.785	은행나무	양호
72	6.39	7.9	727.7	67.014	은행나무	보통
73	10.24	8	1135.7	13.091	플라타너스	양호
74	1.88	8.7	411.3	12.768	은행나무	양호
75	13.08	7.6	1527.7	29.062	느티나무	양호
76	5.45	8.8	1398.3	12.450	은행나무	보통
77	2.29	7.8	750.5	33.606	플라타너스	양호
78	11.29	8.1	1269.2	24.739	플라타너스	양호
79	10.75	7.8	1015.7	8.562	느티나무	양호
80	11.67	7.8	2141.4	37.571	은행나무	양호
81	10.67	8.4	644.1	33.544	플라타너스	양호
82	13.14	6.6	822.0	11.592	단풍나무	양호
83	11.22	8	1045.3	23.241	벚나무	양호
84	14.45	7.9	1448.5	43.883	은행나무	양호
85	13.42	7.5	1570.9	13.85	은행나무	양호
86	14.06	6.7	758.8	11.922	은행나무	양호
87	11.22	7.7	465.5	16.295	수양버들	양호
88	20.87	7.9	1725.5	21.289	단풍나무	양호
평균	10.283	7.758	1138.909	41.534	-	-

2005년 연구사업 결과(심토 중금속)

시료 번호	Pb	Cd	Cu	As	Cr+6	Zn	Ni	Fe	Mn	Hg	식재수종	생육 상태
	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg		목측
1	0.906	0.086	3.724	0.036	0.000	58.786	11.730	94.457	15.048	0.0000	느티나무	양호
2	4.583	0.095	5.283	0.041	0.000	69.461	4.895	8.737	26.195	0.0000	느티나무	보통
3	6.900	0.070	3.686	0.051	0.000	49.828	9.126	73.128	128.667	0.0000	벚꽃나무	양호
4	2.187	0.100	1.932	0.009	0.000	45.158	6.323	127.569	47.977	0.0000	은행나무	보통
5	2.724	0.030	2.939	0.059	0.000	64.865	10.650	86.700	6.835	0.0000	은행나무	양호
6	1.432	0.010	5.888	0.017	0.000	36.198	18.185	73.010	72.298	0.0000	느티나무	양호
7	2.597	0.000	3.358	0.013	0.000	25.321	4.858	53.507	96.732	0.0000	플라타너스	양호
8	23.580	0.495	3.067	0.088	0.000	80.735	6.528	10.051	108.154	0.0000	벚꽃나무	양호
9	8.629	0.135	12.092	0.024	0.000	73.611	8.212	68.475	21.603	0.0794	은행나무	양호
10	2.546	0.055	0.774	0.022	0.000	17.675	1.036	118.493	148.373	0.0094	벚꽃나무	양호
11	1.106	0.005	2.421	0.016	0.000	24.306	4.428	121.723	111.535	0.0012	벚나무	양호
12	0.000	0.015	0.000	0.039	0.000	24.594	2.426	0.265	63.475	0.0164	단풍나무	불량
13	3.338	0.030	7.601	0.022	0.000	29.195	5.420	227.137	197.508	0.0088	플라타너스	양호
14	1.261	0.000	2.637	0.012	0.000	27.687	1.597	153.445	1.944	0.0071	수양버들	양호
15	1.469	0.005	2.872	0.017	0.000	31.444	10.836	57.058	29.855	0.0062	느티나무	양호
16	2.193	0.015	3.994	0.025	0.000	22.687	1.999	87.853	24.382	0.0196	플라타너스	양호
17	0.076	0.010	2.275	0.016	0.000	30.870	2.062	40.733	62.697	0.0507	은행나무	불량
18	0.626	0.020	1.997	0.032	0.000	21.845	4.562	91.321	48.595	0.0086	은행나무	양호
19	2.184	0.045	6.279	0.034	0.000	43.644	5.418	64.700	8.657	0.0102	소나무	보통
20	1.372	0.030	2.425	0.028	0.000	39.162	4.023	59.396	19.055	0.0031	소나무	보통
21	1.132	0.025	4.261	0.039	0.000	42.419	4.488	62.222	114.219	0.0314	벚나무	양호
22	1.199	0.055	5.458	0.035	0.000	32.916	5.012	13.359	121.330	0.1064	은행나무	양호
23	6.620	0.234	33.287	0.034	0.000	52.144	11.095	153.186	187.609	0.0203	플라타너스	보통
24	6.661	0.164	67.433	0.012	0.000	92.875	9.214	119.591	327.794	0.0186	벚나무	양호
25	6.402	0.130	97.183	0.013	0.000	100.703	11.755	104.460	49.337	0.0344	플라타너스	보통
26	7.591	0.210	10.131	0.078	0.000	85.337	5.596	33.855	71.905	0.1089	은행나무	양호
27	2.682	0.095	1.903	0.011	0.000	35.144	4.330	14.515	22.252	0.1246	은행나무	양호
28	33.232	0.310	3.743	0.035	0.000	140.295	4.126	47.017	69.428	0.0559	벚나무	양호
29	2.699	0.084	11.105	0.018	0.000	69.592	17.381	32.567	123.191	0.0370	플라타너스	양호
30	2.353	0.090	5.954	0.017	0.000	70.636	5.900	37.686	23.676	0.0364	플라타너스	보통

시료 번호	Pb	Cd	Cu	As	Cr+6	Zn	Ni	Fe	Mn	Hg	식재수종	생육 상태
	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg		목측
31	8.874	0.303	17.445	0.045	0.000	45.491	2.993	3.700	78.434	0.2286	은행나무	양호
32	15.639	0.679	21.702	0.077	0.000	94.838	11.222	0.000	80.871	0.2100	은행나무	양호
33	0.000	0.100	0.195	0.036	0.000	69.238	9.667	0.000	17.219	0.2521	은행나무	양호
34	2.592	0.149	10.335	0.038	0.000	75.922	4.662	1.115	15.758	0.1158	플라타너스	양호
35	0.000	0.080	3.125	0.023	0.000	56.023	5.320	0.204	18.326	0.1090	은행나무	양호
36	0.000	0.075	4.207	0.063	0.000	52.439	4.918	4.640	27.247	0.1189	은행나무	불량
37	0.000	0.089	7.216	0.047	0.000	85.560	7.753	0.040	4.944	0.1104	은행나무	불량
38	4.102	0.110	6.614	0.080	0.000	130.465	5.765	2.996	6.156	0.1068	느티나무	양호
39	9.985	0.317	26.652	0.038	0.000	87.758	9.921	3.620	7.989	0.1103	은행나무	불량
40	6.544	0.140	24.544	0.026	0.000	99.256	8.972	6.065	11.092	0.1004	느티나무	불량
41	0.000	0.094	6.049	0.030	0.000	48.064	6.752	1.009	5.209	0.0265	은행나무	불량
42	6.677	0.210	9.368	0.031	0.000	71.780	8.349	60.933	208.003	0.0470	은행나무	불량
43	8.861	0.230	11.279	0.021	0.000	70.495	25.450	148.855	424.184	0.0459	측백나무	양호
44	2.566	0.186	3.023	0.026	0.000	72.201	10.110	38.763	333.223	0.0536	느티나무	불량
45	0.040	0.045	0.000	0.028	0.000	79.319	7.419	0.682	0.209	0.0585	은행나무	양호
46	0.020	0.050	0.050	0.034	0.000	54.441	3.398	0.155	3.264	0.0283	은행나무	불량
47	0.000	0.045	0.075	0.024	0.000	39.923	5.494	0.080	1.619	0.0391	느티나무	양호
48	0.000	0.060	0.085	0.020	0.000	37.759	3.559	0.080	1.971	0.0159	느티나무	양호
49	0.000	0.060	0.040	0.031	0.000	57.460	6.791	0.000	1.935	0.0478	은행나무	양호
50	0.000	0.070	0.060	0.013	0.000	33.124	8.988	0.000	1.848	0.0252	느티나무	양호
51	0.000	0.075	0.045	0.029	0.000	34.172	4.093	0.000	1.726	0.0175	은행나무	양호
52	0.000	0.070	0.000	0.043	0.000	85.308	8.131	0.045	2.117	0.0600	플라타너스	양호
53	0.000	0.085	0.000	0.069	0.000	74.691	5.164	0.000	0.764	0.3130	은행나무	보통
54	0.000	0.085	0.055	0.025	0.000	72.016	3.231	0.135	2.347	0.0382	은행나무	양호
55	0.000	0.090	0.050	0.065	0.000	52.989	4.394	0.505	1.004	0.1032	플라타너스	양호
56	0.054	0.099	0.159	0.055	0.000	62.741	3.994	0.030	0.545	0.0923	플라타너스	양호
57	0.000	0.106	0.156	0.046	0.000	58.753	3.027	0.247	1.471	0.1374	은행나무	양호
58	0.000	0.117	0.066	0.052	0.000	65.013	5.093	0.000	0.324	0.6913	은행나무	양호
59	0.000	0.110	0.115	0.032	0.000	54.427	3.557	0.627	0.522	0.9730	은행나무	양호
60	0.000	0.130	0.045	0.025	0.000	40.677	4.897	0.000	0.446	0.0563	은행나무	보통



시료 번호	Pb	Cd	Cu	As	Cr+6	Zn	Ni	Fe	Mn	Hg	식재수종	생육 상태
	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg		목측
60-1	0.000	0.130	0.045	0.042	0.000	53.757	8.649	0.000	0.040	0.0575	은행나무	양호
61	0.000	0.124	0.000	0.045	0.000	37.846	4.519	0.538	1.399	0.0334	소사나무	양호
62	0.000	0.140	0.045	0.025	0.000	48.032	2.260	0.714	0.719	0.0324	플라타너스	양호
63	0.000	0.135	0.050	0.083	0.000	37.825	2.431	0.420	0.690	0.0803	은행나무	보통
64	0.000	0.132	0.081	0.022	0.000	42.028	2.652	0.000	2.059	0.1070	은행나무	양호
65	0.171	0.126	0.096	0.041	0.000	67.551	10.089	0.000	0.025	0.2215	은행나무	양호
66	0.243	0.137	0.170	0.062	0.000	31.666	4.721	0.000	0.744	0.0539	은행나무	양호
67	0.131	0.131	0.096	0.033	0.000	23.762	2.800	0.000	0.338	0.0630	은행나무	양호
68	0.035	0.139	0.194	0.029	0.000	56.260	9.742	0.000	0.820	0.3569	플라타너스	양호
69	0.000	0.166	0.211	0.044	0.000	51.489	5.703	0.000	0.683	0.0266	은행나무	보통
70	0.000	0.145	0.160	0.050	0.000	48.546	14.274	0.000	0.532	0.1702	은행나무	보통
71	0.080	0.150	0.155	0.013	0.000	35.308	5.393	0.000	0.774	0.0359	은행나무	양호
72	0.050	0.145	0.206	0.011	0.000	210.177	37.510	0.000	0.522	0.0432	은행나무	보통
73	0.000	0.151	0.126	0.015	0.000	123.151	7.860	0.000	0.629	0.3311	플라타너스	양호
74	0.080	0.160	0.135	0.016	0.000	52.517	8.268	0.000	0.673	0.0296	은행나무	양호
75	0.000	0.150	0.115	0.047	0.000	31.657	7.631	0.000	0.864	0.0000	느티나무	양호
76	0.070	0.170	0.105	0.019	0.000	57.888	10.333	0.000	0.249	0.0000	은행나무	보통
77	0.075	0.166	0.075	0.039	0.000	19.635	2.549	0.000	0.025	0.0000	플라타너스	양호
78	0.109	0.164	0.124	0.074	0.000	67.091	6.642	0.000	0.243	0.0590	플라타너스	양호
79	0.000	0.185	0.110	0.012	0.000	56.671	12.028	0.000	0.574	0.0183	느티나무	양호
80	0.090	0.174	0.115	0.036	0.000	73.006	9.394	0.000	0.593	0.0000	은행나무	양호
81	0.131	0.162	0.147	0.046	0.000	30.786	9.574	0.000	0.632	0.1800	플라타너스	양호
82	0.161	0.146	0.010	0.034	0.000	20.615	8.293	0.000	0.000	0.0000	단풍나무	양호
83	0.129	0.154	0.050	0.042	0.000	21.173	6.113	0.000	0.721	0.0000	벚나무	양호
84	0.194	0.159	0.045	0.047	0.000	68.802	5.272	0.000	0.000	0.0000	은행나무	양호
85	0.169	0.154	0.055	0.028	0.000	26.960	6.932	0.000	0.442	0.0308	은행나무	양호
86	0.146	0.146	0.030	0.014	0.000	41.359	8.027	0.000	0.342	0.0000	은행나무	양호
87	0.164	0.159	0.035	0.036	0.000	41.092	6.015	0.000	0.667	0.0000	수양버들	양호
88	0.109	0.139	0.050	0.009	0.000	44.315	7.903	0.000	0.178	0.0000	단풍나무	양호
평균	2.343	0.124	5.295	0.035	0.000	56.432	7.190	28.229	40.756	0.079	-	-

## 2005년 연구사업 결과(심토 이화학)

시료 번호	심양이온 치환용량	유기물 함 량	염농도	수분함량	pH	총질소	가용성인	식재수종	생육 상태
	Cmol/kg	%	mS/cm	%		mg/kg	mg/kg		목측
1	12.980	1.19	0.059	10.15	6.4	693.7	103.037	느티나무	양호
2	18.722	1.22	0.180	14.99	8.2	1297.1	21.357	느티나무	보통
3	12.826	1.12	0.105	14.54	7.9	595.6	14.024	벚꽃나무	양호
4	8.030	0.48	0.095	21.06	6.3	293.1	14.365	은행나무	보통
5	10.714	1.49	0.076	14.83	7.5	658.4	16.830	은행나무	양호
6	11.528	1.05	0.077	9.76	7.6	474.8	42.215	느티나무	양호
7	17.842	1.36	0.186	21.01	7.9	671.0	13.566	플라타너스	양호
8	17.138	1.29	0.115	18.30	8	740.3	42.514	벚꽃나무	양호
9	13.464	2.89	0.106	14.96	7.9	1226.3	16.733	은행나무	양호
10	9.416	0.54	0.078	6.25	8.4	280.9	16.828	벚꽃나무	양호
11	11.990	0.54	0.072	12.29	8.4	236.0	18.257	벚나무	양호
12	26.092	1.03	0.183	17.31	8.6	531.3	13.779	단풍나무	불량
13	10.736	1.41	0.055	9.81	7.8	578.2	18.215	플라타너스	양호
14	13.112	1.24	0.107	12.05	8.1	451.9	14.160	수양버들	양호
15	9.262	0.88	0.064	16.78	6.5	649.4	24.125	느티나무	양호
16	12.232	0.00	0.102	12.00	8.1	452.2	16.238	플라타너스	양호
17	12.540	0.88	0.149	21.50	8.1	406.4	24.947	은행나무	불량
18	9.680	1.12	0.061	14.42	7.3	549.8	15.130	은행나무	양호
19	14.432	1.82	0.097	13.31	7.9	625.7	133.556	소나무	보통
20	10.054	0.95	0.115	13.20	8.5	431.2	24.658	소나무	보통
21	14.938	1.00	0.153	14.76	8.7	395.7	17.849	벚나무	양호
22	16.302	0.00	0.168	13.81	8.2	985.0	15.031	은행나무	양호
23	12.562	1.69	0.082	11.36	8.6	571.1	17.953	플라타너스	보통
24	16.676	1.97	0.113	12.29	8.6	452.7	14.101	벚나무	양호
25	17.160	2.28	0.142	15.14	8.5	501.0	14.097	플라타너스	보통
26	15.004	3.14	0.185	14.01	8.6	665.5	15.137	은행나무	양호
27	7.282	0.02	0.062	16.22	5.8	1048.1	13.447	은행나무	양호
28	12.100	2.39	0.133	10.89	8.1	447.6	21.226	벚나무	양호
29	11.924	2.59	0.242	4.86	7.9	722.9	24.698	플라타너스	양호
30	12.144	2.16	0.171	11.02	8.8	365.8	15.767	플라타너스	보통

시료 번호	심양이온 치환용량	유기물 함 량	염농도	수분함량	pH	총질소	가용성인	식재수종	생육 상태
	Cmol/kg	%	mS/cm	%		mg/kg	mg/kg		목적
31	13.992	3.48	0.119	9.61	7.6	992.9	82.934	은행나무	양호
32	23.496	5.38	0.121	13.85	8.3	1260.8	18.330	은행나무	양호
33	23.012	3.58	0.173	10.52	8.5	752.3	15.417	은행나무	양호
34	17.248	2.37	0.241	13.42	8.3	487.1	62.527	플라타너스	양호
35	17.446	2.73	0.172	12.38	8.1	859.1	20.763	은행나무	양호
36	12.364	2.72	0.130	12.74	8.5	529.0	17.404	은행나무	불량
37	16.478	1.78	0.248	10.11	7.1	764.2	225.390	은행나무	불량
38	14.718	1.92	0.128	11.38	8.5	402.8	27.277	느티나무	양호
39	11.594	1.89	0.325	7.11	7.7	554.8	32.088	은행나무	불량
40	15.378	2.52	0.191	6.97	8.5	459.1	17.790	느티나무	불량
41	12.276	2.75	0.125	9.90	7.9	682.3	48.451	은행나무	불량
42	14.432	1.69	0.147	9.59	8.3	554.6	20.812	은행나무	불량
43	12.496	0.01	0.193	12.27	8.1	537.3	15.890	측백나무	양호
44	15.422	3.15	0.166	9.79	7.7	1791.5	114.342	느티나무	불량
45	19.492	2.37	0.143	10.31	8.5	799.5	26.845	은행나무	양호
46	8.888	1.46	0.130	8.20	8.6	304.3	16.076	은행나무	불량
47	8.030	2.22	0.064	11.15	7.6	664.5	45.929	느티나무	양호
48	12.584	1.14	0.123	7.72	8.7	254.2	14.235	느티나무	양호
49	11.066	2.29	0.150	10.49	8.5	717.7	17.010	은행나무	양호
50	6.600	0.61	0.085	12.37	8.2	157.4	17.041	느티나무	양호
51	7.766	1.53	0.359	6.60	7.7	622.5	62.968	은행나무	양호
52	13.596	2.23	0.112	6.58	8.6	332.4	21.166	플라타너스	양호
53	14.498	3.52	0.153	13.35	8.2	871.2	42.106	은행나무	보통
54	4.730	1.96	0.067	11.86	6.7	460.8	35.801	은행나무	양호
55	8.580	1.51	0.095	4.72	8.7	207.2	20.952	플라타너스	양호
56	15.268	2.30	0.146	9.69	8.5	406.9	18.840	플라타너스	양호
57	9.372	1.62	0.197	17.51	6.7	449.3	288.746	은행나무	양호
58	12.914	3.55	0.258	8.04	8.5	532.8	53.966	은행나무	양호
59	18.590	2.26	0.138	7.33	8.7	452.9	16.086	은행나무	양호
60	11.704	2.18	0.243	11.28	7.9	581.6	17.314	은행나무	보통

시료 번호	심양이온 치환용량	유기물 함 량	염농도	수분함량	pH	총질소	가용성인	식재수종	생육 상태
	Cmol/kg	%	mS/cm	%		mg/kg	mg/kg		목적
60-1	9.900	2.91	0.146	6.19	8.1	768.3	44.035	은행나무	양호
61	13.244	2.73	0.130	12.87	8.6	727.3	18.098	소사나무	양호
62	11.066	2.84	0.136	11.96	8.5	688.8	18.488	플라타너스	양호
63	17.028	2.41	0.145	5.18	8.4	1167.4	45.319	은행나무	보통
64	9.746	3.80	0.127	14.78	8.1	937.1	19.922	은행나무	양호
65	22.242	4.02	0.491	11.08	8.2	1414.3	22.803	은행나무	양호
66	7.304	3.00	0.083	11.76	7.1	246.8	71.974	은행나무	양호
67	7.568	0.77	0.094	13.32	8.6	1010.1	16.711	은행나무	양호
68	9.504	3.27	0.159	17.27	7.8	482.4	25.869	플라타너스	양호
69	15.686	2.14	0.138	2.93	8.5	676.6	17.536	은행나무	보통
70	11.770	1.30	0.073	7.63	7.5	311.7	219.126	은행나무	보통
71	6.424	0.94	0.116	12.89	8.2	472.9	23.373	은행나무	양호
72	10.560	2.36	0.196	9.73	8.4	1424.1	17.713	은행나무	보통
73	10.098	3.77	0.073	17.61	6.9	507.4	60.339	플라타너스	양호
74	12.210	0.00	0.134	4.03	8.5	730.7	21.944	은행나무	양호
75	9.438	1.73	0.134	12.79	8.3	344.0	58.980	느티나무	양호
76	6.754	0.92	0.098	9.62	8.6	199.6	18.021	은행나무	보통
77	10.208	0.69	0.101	2.19	8.8	749.3	29.489	플라타너스	양호
78	8.866	2.88	0.094	11.70	8.3	190.8	29.091	플라타너스	양호
79	2.772	0.61	0.050	13.18	7.5	1181.7	20.810	느티나무	양호
80	10.912	3.14	0.106	12.38	8.1	524.0	21.994	은행나무	양호
81	9.482	2.79	0.123	13.36	8.4	627.8	41.264	플라타너스	양호
82	1.694	1.21	0.061	11.91	6.7	1037.0	14.3	단풍나무	양호
83	5.170	2.09	0.072	11.61	7.5	1144.1	24.772	벚나무	양호
84	9.438	3.04	0.103	16.42	8	2211.0	23.9	은행나무	양호
85	8.162	4.23	0.124	16.60	6.8	898.1	17.753	은행나무	양호
86	3.256	1.29	0.057	15.95	6.8	663.0	18.4	은행나무	양호
87	8.470	2.43	0.099	11.70	8.1	1016.2	15.446	수양버들	양호
88	8.140	2.12	0.081	17.78	7.9	762.3	19.431	단풍나무	양호
평균	12.135	1.954	0.135	11.867	7.998	669.174	36.015	-	-

2005년 연구사업 결과(나뭇잎 중금속)

시료번호	Pb	Cd	Cu	Cr+6	Fe	Mn	식재 수종	생육 상태
	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg		목측
1	1.528	0.000	7.442	불검출	170.675	74.667	느티나무	양호
2	1.437	0.198	7.284	불검출	226.363	48.067	느티나무	보통
3	1.942	0.149	10.558	불검출	289.841	143.177	벚꽃나무	양호
4	1.037	0.198	3.261	불검출	228.288	15.562	은행나무	보통
5	0.499	0.249	3.84	불검출	194.314	25.436	은행나무	양호
6	13.926	0.298	4.526	불검출	110.813	29.941	느티나무	양호
7	0.677	0.338	9.585	불검출	144.057	20.467	플라타너스	양호
8	2.078	0.387	8.217	불검출	216.82	191.203	벚꽃나무	양호
9	5.098	0.441	14.118	불검출	257.402	16.471	은행나무	양호
10	1.591	0.482	12.102	불검출	827	464.302	벚꽃나무	양호
11	1.191	0.496	7.397	불검출	110.157	42.345	벚나무	양호
12	1.453	1.052	9.07	불검출	195.931	489.018	단풍나무	불량
13	0.000	0.498	11.213	불검출	116.366	76.099	플라타너스	양호
14	3.761	0.602	5.767	불검출	184.284	59.874	수양버들	양호
15	1.591	0.646	4.226	불검출	90.493	24.413	느티나무	양호
16	0.507	0.659	9.028	불검출	189.44	38.091	플라타너스	양호
17	0.000	0.598	1.993	불검출	116.442	35.775	은행나무	불량
18	1.545	0.598	2.143	불검출	163.593	27.216	은행나무	양호
19	2.473	0.618	4.851	불검출	565.245	93.551	소나무	보통
20	4.073	0.646	5.066	불검출	568.955	44.104	소나무	보통
21	1.718	0.687	8.196	불검출	310.512	32.097	벚나무	양호
22	0.150	0.748	5.787	불검출	142.487	15.067	은행나무	양호
23	0.000	0.813	15.133	불검출	134.623	37.477	플라타너스	보통
24	0.292	0.78	8.043	불검출	140.148	189.578	벚나무	양호
25	3.325	0.831	19.898	불검출	423.433	35.299	플라타너스	보통
26	4.477	0.886	6.396	불검출	466.810	32.868	은행나무	양호
27	1.695	0.848	6.532	불검출	190.118	28.72	은행나무	양호
28	0.000	0.840	3.953	불검출	127.248	37.557	벚나무	양호
29	3.603	0.913	9.033	불검출	210.190	72.922	플라타너스	양호
30	2.460	0.904	24.046	불검출	635.236	64.408	플라타너스	보통

시료번호	Pb	Cd	Cu	Cr+6	Fe	Mn	식재 수종	생육 상태
	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg		목적
31	1.505	0.853	5.818	불검출	340.455	28.388	은행나무	양호
32	6.985	0.941	8.521	불검출	1042.042	46.567	은행나무	양호
33	2.786	0.880	6.111	불검출	553.664	29.087	은행나무	양호
34	0.897	0.947	9.718	불검출	149.507	48.340	플라타너스	양호
35	0.149	0.942	4.712	불검출	202.827	24.107	은행나무	양호
36	0.298	0.993	3.971	불검출	155.946	15.039	은행나무	불량
37	0.000	0.901	2.754	불검출	131.310	18.379	은행나무	불량
38	0.000	0.967	5.650	불검출	164.614	36.140	느티나무	양호
39	1.229	0.885	15.880	불검출	290.167	21.829	은행나무	불량
40	4.116	0.992	7.836	불검출	353.997	61.595	느티나무	불량
41	2.778	0.943	8.582	불검출	219.615	18.256	은행나무	불량
42	0.050	0.893	18.063	불검출	215.462	21.884	은행나무	불량
43	2.576	1.040	8.026	불검출	210.464	101.417	측백나무	양호
44	3.911	1.067	8.126	불검출	350.076	183.850	느티나무	불량
45	0.606	1.010	7.270	불검출	240.155	27.413	은행나무	양호
46	1.597	0.998	11.029	불검출	192.784	28.745	은행나무	불량
47	0.300	1.052	4.808	불검출	226.212	110.076	느티나무	양호
48	0.150	1.048	8.584	불검출	250.823	106.198	느티나무	양호
49	0.149	0.995	8.459	불검출	152.752	17.166	은행나무	양호
50	0.903	0.050	7.526	불검출	266.483	50.176	느티나무	양호
51	1.374	0.098	6.135	불검출	240.037	35.434	은행나무	양호
52	1.711	0.101	12.886	불검출	208.396	47.518	플라타너스	양호
53	0.795	0.149	7.104	불검출	212.519	17.288	은행나무	보통
54	3.462	0.148	8.604	불검출	403.966	36.445	은행나무	양호
55	1.060	0.252	8.376	불검출	123.373	45.716	플라타너스	양호
56	0.995	0.249	11.239	불검출	151.383	65.596	플라타너스	양호
57	4.493	0.349	7.688	불검출	282.776	21.568	은행나무	양호
58	1.247	0.299	6.484	불검출	142.658	18.755	은행나무	양호
59	2.232	0.347	7.937	불검출	295.565	21.133	은행나무	양호
60	2.646	0.349	6.291	불검출	197.204	17.624	은행나무	보통

시료번호	Pb	Cd	Cu	Cr+6	Fe	Mn	식재 수종	생육 상태
	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg		목록
60-1	1.311	0.504	8.723	불검출	193.778	17.598	은행나무	양호
61	1.335	0.346	7.418	불검출	115.430	44.065	소사나무	양호
62	5.660	0.354	11.977	불검출	125.531	23.196	플라타너스	양호
63	2.420	0.353	4.738	불검출	153.745	26.616	은행나무	보통
64	1.097	0.449	3.940	불검출	116.459	13.865	은행나무	양호
65	0.842	0.396	6.089	불검출	86.328	24.998	은행나무	양호
66	2.630	0.397	6.153	불검출	141.957	13.645	은행나무	양호
67	1.650	0.350	6.149	불검출	197.730	24.648	은행나무	양호
68	1.259	0.453	28.413	불검출	200.453	27.053	플라타너스	양호
69	1.745	0.349	6.978	불검출	160.602	28.013	은행나무	보통
70	1.387	0.446	4.656	불검출	144.577	26.399	은행나무	보통
71	3.159	0.451	8.322	불검출	207.811	20.756	은행나무	양호
72	2.952	0.500	8.656	불검출	179.626	21.565	은행나무	보통
73	3.099	0.500	11.896	불검출	168.549	43.037	플라타너스	양호
74	0.000	0.498	6.169	불검출	161.493	9.851	은행나무	양호
75	0.902	0.501	6.211	불검출	121.156	26.946	느티나무	양호
76	0.892	0.397	6.989	불검출	184.297	15.862	은행나무	보통
77	0.843	0.446	11.207	불검출	145.592	45.671	플라타너스	양호
78	3.542	0.599	14.066	불검출	216.381	196.778	플라타너스	양호
79	0.553	0.503	7.941	불검출	105.348	51.568	느티나무	양호
80	1.048	0.449	3.493	불검출	167.648	18.960	은행나무	양호
81	0.202	0.454	8.875	불검출	102.068	22.844	플라타너스	양호
82	0.000	0.754	8.446	불검출	214.580	310.012	단풍나무	양호
83	1.049	0.450	9.544	불검출	219.568	173.346	벚나무	양호
84	1.529	0.444	6.461	불검출	115.369	21.555	은행나무	양호
85	0.754	0.452	6.229	불검출	232.442	29.489	은행나무	양호
86	0.701	0.501	4.907	불검출	118.928	18.127	은행나무	양호
87	0.000	1.212	5.453	불검출	142.886	643.203	수양버들	양호
88	2.298	0.949	7.943	불검출	148.816	246.356	단풍나무	양호
평균	1.798	0.591	8.213	-	228.131	67.568	-	-

## 시료채취지점

번 호	주 소	비 고
1	남동구 남촌동 817번지 제2경인고속도로와 전채울 삼거리 사이	
2	간석3동 농협부근	
3	만수4동 남동정수사업소 부근	
4	수산동 제2경인고속도로와 담방마을 사이	
5	인천광역시 교육청 옆 중앙공원길	
6	인주로 인향스포렉스 부근	
7	남동구청 사거리 만수초등학교 앞	
8	남촌동 풍림아파트 앞	
9	남동로 올리브백화점 부근 한방병원 앞	
10	인천대공원 야외음악당 앞	
11	연수구 원인재 앞	
12	동춘사거리 동막역사거리 사이	
13	연수우체국	
14	비류길 설악추어탕 앞	
15	연수구청 앞	
16	동춘소방서 앞	
17	동막공원	
18	용당공원	
19	승기하수처리장 앞	
20	아암도 해상공원 앞	
21	아암로 아비송모텔 앞	
22	송도유원지 동문주차장 앞	
23	남동구 공단 제2유수지 희성금속 앞	
24	공단 제2공원	
25	남동로 금호특수상 앞(공단주유소)	
26	중 구 중부경찰서 앞	
27	자유공원 정상	
28	월미도 다운타운 앞	
29	축항로 인향주유소 앞	
30	국립수산물검사소 앞	
31	카톨릭회관 앞	



번 호	주 소	비 고
32	동 구 아이앤아이스틸 앞	
33	화수동 대우중공업 앞	
34	송림오거리 복음의원 앞	
35	동인천역 부근 원예농협 앞	
36	화도진길 세강정형외과 앞	
37	염전길 가구단지사거리 (주)화영산업 앞	
38	화도진 공원	
39	서 구 코오롱유화 앞	
40	중봉로 삼화철강 앞	
41	가정로 기아서비스 앞	
42	진주아파트 정문 앞	
43	신동방 앞	
44	중봉로 원창교	
45	서구청 앞(서곶길)	
46	아나지길 공용의청사 앞	
47	서곶길 백석초교 앞	
48	빈정내 사거리(경명로)	
49	봉수대길 대림통상금구공장 앞	
50	검단로 한길주유소 앞	
51	남 구 인천대길 선화여상 앞	
52	경인로 제물포역 부근 한일은행 앞	
53	용현사거리 인천택시 앞	
54	아암로 국민은행 앞	
55	인하대 앞(장미아파트)	
56	도화초등학교사거리 새마을금고 앞	
57	주안역 경인지방식약청 앞	
58	미추홀길 새마을금고 앞	
59	석암사거리 농협	
60	승기사거리 여성병원 앞	
61	용일사거리 동양웨딩홀	
61-1	문학경기장 사거리	

번 호	주 소	비 고
62	부평구 부평삼거리역	
63	산곡동 현대아파트	
64	현대백화점 맞은편	
65	마장사거리	
66	대우자동차 정문	
67	부평시장 로터리	
68	부개사거리	
69	문화의거리 앞	
70	십정동 소방서 앞	
71	장제로 한빛교회 앞	
72	계양구 효성사거리 효성2동 사무소 앞	
73	삼성홈플러스(작전동)	
74	아나지길 대신아트빌라(작전동)	
75	계양구청 앞	
76	장제로 청소년회관(계양2동)	
77	계산역	
78	계산장로교회	
79	오류동 오류주유소 앞	
80	장기사거리	
81	강화군 강화읍사무소 앞	
82	하점면 지석묘 앞	
83	내가면 내가초등학교 부근	
84	양도면 양도초등학교 부근	
85	불은면 삼성초등학교 앞	
86	불은면 오두둔대 앞	
87	불은면 두운제분소 앞	
88	화도면 마니산 부근	

# 인천시 호소의 이화학적 특성 및 조류생태 조사

곽영주, 박종수, 전용성, 강희규, 김현주, 박진영, 이준규  
해양조사과

## Characteristics of Physical and Chemical water quality and Algal Bloom in Reservoirs in Incheon

Y.J.GWARK, J.S.PARK, H.K.KANG, H.J.KIM, J.K.LEE  
Division of Marine research

### Abstract

This study aimed to analyze the relationship between algal bloom patterns and hydrological, limnological water quality data collected from four major agricultural reservoirs in Kangwha, Incheon.

Chlorophyll-a was high in summer season but low in winter season. The mean concentration of Chlorophyll-a in Gogu was 32.3mg/m<sup>3</sup>, 48.1mg/m<sup>3</sup> of Koryu, 38.6mg/m<sup>3</sup> of Samsan, and 7.1mg/m<sup>3</sup> of Kiljung. TSI of Kiljung was in 50~55, but those of three other reservoirs were over 55. Therefore, Kiljung was in mesotrophic state, but others were in eutrophic state based on the U.S EPA, OECD criteria, and TSI.

The correlation between chlorophyll-a and water quality items(BOD, COD, TP) were 0.65, 0.69, and 0.66 respectively. That means algal bloom is closely related with organic matter in water in reservoir. Also, phosphorus was identified as a limiting factor for algal bloom in reservoir.

Seventeen species of phytoplankton were detected in Gogu and Samsan, but 19 in Koryu, 13 in Kiljung. Green algae(*cenedesmus sp*, *Chlamydomonas sp.*) was a dominant species as 64.7%, 63.2%, 76.5%, and 61.5% in Gogu, Koryu, Samsan, and Kiljung respectively.

The number of phytoplankton species was plentiful in summer season. Diatom was dominant in winter season, but green algae was dominant in summer season.

Key words : limnological water quality, Chlorophyll-a, TSI(trophic State Index), phytoplankton, green algae, dominant species, diatom

## I. 서 론

남한에서 다섯 번째로 큰 섬인 강화는 조수

간만의 차가 크고 썰물 때에는 넓은 갯벌이 육지로 변하기 때문에 굴곡이 큰 해안을 막아 땅을 넓힐 수 있는 좋은 입지 조건을 갖게 되어

일찍부터 간사지 개간이 발달 할 수 있었다. 하지만, 섬이라는 물이 부족할 수 밖에 없는 지형학적 위치의 어려움을 극복하고자 조선 고종 43년(1256)에 설치한 선원면의 출포방죽을 필두로 현재 42개에 이르는 방죽을 만들어 빗물을 저장하여 농업용수로 사용하고 있다.

이처럼 중요한 수자원으로 이용되고 있는 강화군 내 인공호에 대한 연구는 매년 분기별로 조사되고 있으나 수질조사만 이루어지고 생물상에 대한 조사는 전무한 실정이다.

식물플랑크톤은 수중생태계의 기초가 되는 1차생산자로서, 전체 생태계의 구조 변화 및 발전 방향을 결정지를 뿐만 아니라, 수질 환경 변화에도 민감하게 반응하여, 어떤 단일 생물군보다도 수 환경 변화의 지표성에 있어 중요하게 활용되고 있다<sup>1)</sup>. 그러므로 특정 수역의 현재는 물론 장래의 수 환경 변화 양상을 파악하기 위해서는 당연히 식물플랑크톤의 면밀한 조사가 요구되며, 중요한 수자원으로 이용되고 있는 강화도내 저수지에 대한 장기적 생태계 보전 및 수질 변화의 원활한 관리를 위해서는 식물성플랑크톤의 조사는 더욱 더 중요하리라 생각된다.

본 연구는 인천시 강화도에 산재하는 농업용수로 사용되는 고구, 고려, 삼산, 길정저수지에 대한 계절별 수질과 수중 생태계의 1차 생산구조를 담당하고 있는 식물성플랑크톤의 현존량과 클로로필 a양, 식물플랑크톤의 동정, 계절적 천이, 우점조류, 수질 오염도와 상호 연관성을 조사하여 각 저수지의 생태학적 특성을 파악하고, 장기적으로 수질개선과 담수생태계를 관리하는 근거자료를 제공하고자 한다.

## II. 실험방법

### 2.1 조사지점 및 조사기간

본 연구의 조사대상인 강화도 지도를 Fig. 1에 나타내었다. 현재 강화도에는 42개의 크고



Fig. 197. A map of the sampling stations

작은 저수지가 건설되어 주변 농업용수로 활용되고 있으며 이들 저수지 중 저수지 유역면적, 유효저수량, 주변 농경지 수해면적, 위치 등을 고려하여 강화 본 섬에 위치한 고려저수지(②), 길정저수지(④)와 교동도의 고구저수지(①), 석모도에 위치한 삼산저수지(③) 네 곳을 선정하였다.

본 연구의 조사기간은 2003년 1월부터 2004년 12월까지이며 매 분기마다 조사하였다.

### 2.2 조사방법

매 조사시 수온과 용존산소(DO)는 YSI 58, 전기전도도(EC)는 Orion 140, pH는 Orion 240A 휴대용 현장 측정기기를 이용하였고 투명도는 지름 30cm의 흰색 원판으로 제작한 Secchi disc로 현장에서 측정하였다. 조사지점에서 표층수를 채수하여 냉장보관상태를 유지하며 실험실로 운반하여 일부 시료는 식물플랑크톤 조사를 위해 Lugol solution으로 고정하였고, 나머지 시료는 BOD, COD, 영양염류, 클로로필 a를 분석하였다. 식물플랑크톤의 분석을 위하여 고정된 시료를 식물플랑크톤의 양에 따라 농축하거나 그대로 사용하였으며 시료 1mL를 Sedgwich-Rafter counting plankton chamber에 넣고 위상차현미경(Leica사 DMIL)을 이용하여  $\times 100$ 배율하에서 개체수를 계수하였으

며  $\times 500 \sim \times 1,000$ 배율 하에서 동정을 하였다.

클로로필 a의 양은 시료 100~500mL를 직경 47mm의 Glass fiber filter(Whatman, GF/C)로 여과한 후 수질오염공정시험법에 따라 측정하였다. 한편, 호소수의 수질분석 중 총질소와 총인은 Bran+Luebbe사 AACS-Ⅲ를 이용하여 분석하였으며 그 외 측정항목은 수질오염공정시험법에 따라 분석하였고 식물플랑크톤의 종의 동종은 한국동식물도감(담수조류편)<sup>2)</sup>의 분류체에 따라 동정하였다.

## 2.3 부영양화도 평가

부영양화도 평가는 부영양화도 지수(trophic State Index; TSI)는 Carlson<sup>3)</sup>에 의해 계산하였으며 계산공식은 다음과 같다.

$$TSI(SD) = 10 \left( 6 - \frac{\ln(SD)}{\ln 2} \right)$$

$$TSI(Chl) = 10 \left( 6 - \frac{2.04 - 0.68 \ln(Chl)}{\ln 2} \right)$$

$$TSI(TP) = 10 \left( 6 - \frac{\ln(48/TP)}{\ln 2} \right)$$

여기에서 SD는 투명도 수심(m), Chl은 엽록소 a 농도(mg/m<sup>3</sup>) 그리고 TP는 총인농도(mgP/m<sup>3</sup>)이다.

## 2.4 통계분석

조사기간동안 클로로필 a와 수질 항목간의

상호관계는 Pearson's correlation analysis를 이용하여 분석하였으며, 통계적 유의성은  $P < 0.05$ 을 기준으로 하였다.(SPSS 10.0)

## Ⅲ. 결과 및 고찰

Table 1은 조사기간 동안 호소별 이화학적 성상을 나타내었다. 조사 지점의 물리 화학적 특성 중 수온은 생장의 시작과 개체군의 크기를 결정하며 계절적 주기성에 주요한 역할을 담당하는 환경요소인데<sup>4)</sup>, 각 호수별 평균 수온은 고구저수지에서는 2.7~27.0, 고려저수지 2.4~27.6, 삼산저수지 4.1~28.8, 길정저수지 2.0~27.2℃로 측정되었다. 모든 측정지점에서 계절에 따른 수온의 변화가 뚜렷하게 관측되었다(Fig. 2).

전 조사기간을 통한 pH 변화는 고구저수지에서는 7.1~8.9, 고려저수지 7.1~9.1, 삼산저수지 7.1~9.8, 길정저수지 7.0~8.5의 값이 측정되었으며(Fig. 3) 식물성플랑크톤의 발생이 적은 길정저수지의 최대 pH가 8.5로 다른 저수지보다 작은 값이 측정되었는데 이는 다른 저수지보다 식물성 플랑크톤의 현존량이 적어 여름철 pH의 상승이 적었던 것으로 판단된다. 모든 저수지가 겨울철에서 여름철로의 계절적 변화와 함께 pH가 상승하게 된 원인은 수온의 상승으로 수중에 녹아있는 CO<sub>2</sub>농도는 낮아지고 식물성플랑크

Table 1. The average values of water quality items in lakes

	pH	Temp	DO	BOD	COD	SS	TN	TP	Chl-a
고구	7.1~8.9 (7.9)	2.7~27.0 (18.2)	10.0~11.9 (10.5)	1.7~4.6 (3.2)	4.9~10.1 (7.9)	3.3~15.5 (10.0)	0.526~2.496 (0.979)	0.014~0.085 (0.049)	11.8~56.2 (32.3)
고려	7.1~9.1 (7.9)	2.4~27.6 (19.0)	9.2~12.8 (10.5)	2.0~3.9 (3.2)	3.2~10.7 (7.1)	5.5~17.0 (9.0)	0.450~1.200 (0.753)	0.014~0.132 (0.051)	14.9~94.1 (48.1)
삼산	7.1~9.8 (8.1)	4.1~28.8 (19.9)	10.0~12.7 (10.9)	1.3~8.3 (3.5)	5.0~34.8 (12.7)	1.5~33.0 (13.4)	0.643~5.293 (1.745)	0.029~0.279 (0.074)	16.2~58.8 (38.6)
길정	7.0~8.5 (7.7)	2.0~27.2 (18.1)	7.7~12.5 (10.2)	0.8~2.5 (1.7)	2.2~9.6 (6.0)	0.5~23.5 (5.3)	0.516~1.772 (0.516)	0.008~0.078 (0.034)	1.5~13.9 (7.1)

톤의 왕성한 활동에 의한 광합성 작용으로 인한  $\text{CO}_2$  소비에 기인한 것으로 판단된다<sup>5)</sup>. 조사 기간 동안 용존 산소농도 변화는 고구저수지 10.0~11.9, 고려저수지 9.2~12.8, 삼산저수지 10.0~12.7, 길정저수지 7.7~9.5mg/L로서(Fig. 4) 조사기간 내에 겨울철이 다른 계절보다 용존 산소량이 높게 측정되었는데 이는 겨울철 수온이 낮아져 기체 용해도가 증가하여 높은 용존 산소 값을 나타낸 것으로 판단된다<sup>6)</sup>.

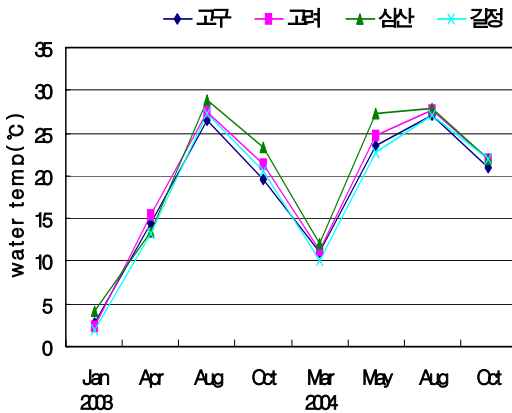


Fig. 2. Temperature variation of the research period

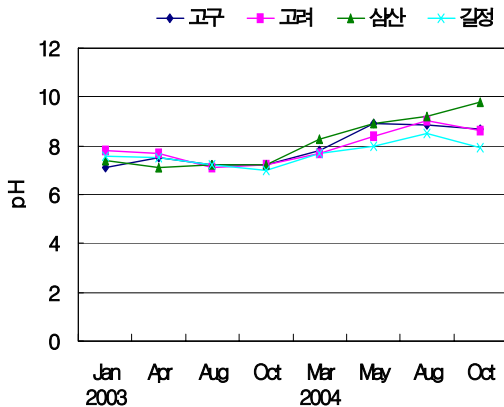


Fig. 3. pH variation of the research period

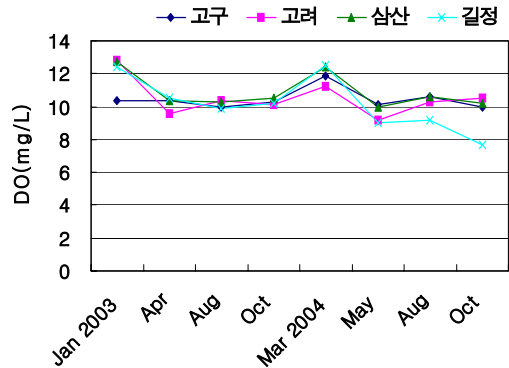


Fig. 4. DO variation of the research period

수질오염이 적고 조류발생이 적은 길정저수지는 여름철이 겨울철보다 낮은 용존산소가 측정되었으나 기타 저수지는 수질오염에 의한 용존산소 소비와 함께 여름철 조류의 광합성 작용에 의해 수중 용존산소가 증가하여 큰 차이 없이 일정한 용존산소량을 나타내었다.

생물화학적 산소요구량(BOD)은 고구저수지 1.7~4.6mg/L, 고려저수지 2.0~3.9mg/L, 삼산저수지 1.3~8.3mg/L, 길정저수지 0.8~2.5mg/L의 변화를 보였으며, 비교적 여름철이 겨울철보다 더 높은 값이 측정되었다(Fig. 5).

조사 지점의 호소는 농업용수와 낚시터로 사용되고 있는데 여름철에 농업활동 및 낚시행위로 인한 외부오염물질의 유입에 의한 영향으로 추정된다.

또 다른 유기오염지표인 화학적 산소요구량(COD)은 호소나 해역의 수질기준을 나타낼 때 사용되는데 본 조사에서는 BOD와 비슷한 경향을 나타내었다. 삼산저수지가 5.0~34.8(12.7) mg/L로 가장 높은 값이 측정되었고 길정저수지가 2.2~9.6(6.3)mg/L로 가장 낮은 값이 측정되었다(Fig. 6).

일반적으로 얕은 수심의 호소는 쉽게 부영양화가 이루어진다. 이는 호소의 저질층으로부터 용출되는 오염물질이 바람에 의해 수직적으로 혼합되어 조류가 번성을 가져오기 때문이다<sup>7)</sup>. 삼산저수지의 경우 수심이 6m로 다른 저수지보

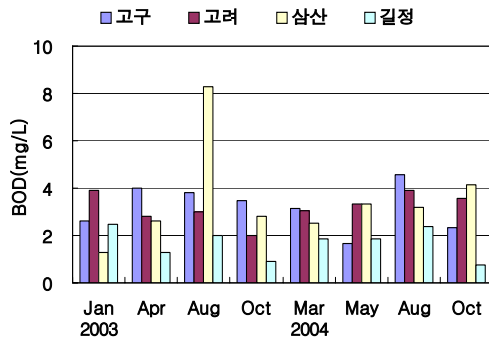


Fig. 5. BOD variation of the research period

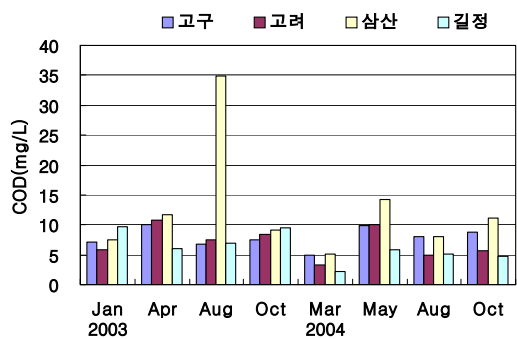


Fig. 6. COD variation of the research period

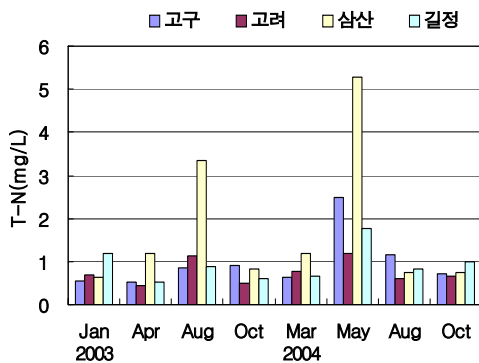


Fig. 7. TN variation of the research period

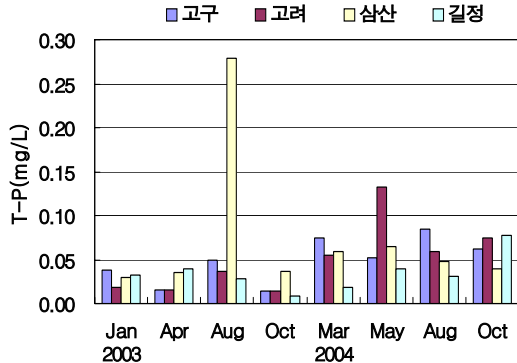


Fig. 8. TP variation of the research period

다 알아 쉽게 부영양화되며 이로 인하여 수질의 악화를 가져오고 있는 것으로 판단된다. 호소 수질환경기준에 농업용수 대상인 IV등급의 화학적산소요구량(COD)기준은 8mg/L이하로 삼산저수지를 제외한 모든 저수지는 적합한 수치를 나타내었다.

호소내 영양염류 중 총질소(TN)의 조사기간 동안 평균치는 고구저수지 0.979mg/L, 고려저수지 0.753mg/L, 삼산저수지 1.745mg/L, 길정저수지 0.934mg/L로 삼산저수지의 총질소 농도가 타 저수지보다 월등히 높았다(Fig. 7).

각 저수지별 평균 총인(TP)농도는 고구저수지 0.049mg/L, 고려저수지 0.051mg/L, 삼산저수지 0.074mg/L, 길정저수지 0.034mg/L로 측정되었는데(Fig. 8) 총질소와 마찬가지로 삼산저수지의 오염도가 가장 높게 측정되었다. 이는

COD 측정결과와 마찬가지로 수심이 얇은 삼산저수지의 내부 오염부하에 기인한 것으로 생각된다.

조사지역 저수지의 수질오염도는 길정저수지가 가장 적었으며, 그 다음이 고구, 고려, 삼산 순이었다. 각 조사 지점의 N/P비를 비교하면 고구, 고려, 삼산, 길정저수지 각각 20, 15, 24, 28로 상대적으로 인 농도가 낮게 측정되었다. 대부분의 국내 호수들도 질소농도에 비해 인 농도가 상대적으로 낮아 N/P 무계비가 높은 수준에 있으므로 인이 일반적으로 호수에서 식물 플랑크톤 성장을 좌우하는 조류증식의 제한 인자로 작용하고 있으며 호수 수질의 부영양화에 중요한 역할을 하는 것으로 알려져 있다.

본 조사기간 동안 클로로필 a농도의 변화는 고구저수지 11.8~56.2(32.3)mg/m<sup>3</sup>, 고려저수지

14.9~94.1(48.1)mg/m<sup>3</sup>, 삼산저수지 16.2~58.8(38.6)mg/m<sup>3</sup>, 길정저수지 1.5~13.9(7.1)mg/m<sup>3</sup>의 값을 나타내었다.

클로로필 a농도의 월변동을 살펴보면 규조류 증식기인 3~4월과 남조류 증식기인 7~9월에 높은데 반해 본 조사대상지와 같은 호소형 호소는 3~4월에 영양염 고갈로 인해 조류의 발생도가 높지 않아 클로로필 a의 농도가 낮은 것으로 보고되고 있다(Fig. 9).

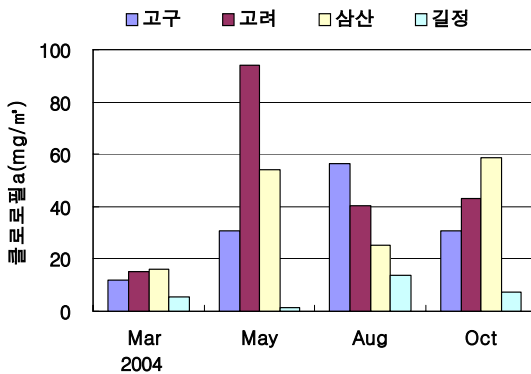


Fig. 9. Chlorophyll-a variation of the research period

Table 2는 연구기간동안 조사된 클로로필 a 농도, 수질자료를 이용하여 호소 내 식물플랑크톤 발생에 영향을 미치는 수질인자의 상관도를 Pearson 상관계수를 이용하여 상관 분석한 결과이다.

호소 내 전체 조류량을 표현하는 클로로필 a 농도와 수질과의 상관관계를 보면 클로로필 a 농도는 화학적산소요구량(COD), 생물화학적산소요구량(BOD), 총인(TP)과 높은 양의 상관관계를

나타내어, 조사대상의 호소에서 수질오염도가 높을수록 클로로필 a의 양이 증가함을 보여주고 있다. 또한 영양염류와의 상관관계를 보면 총질소보다 총인이 더 높은 양의 상관관계를 보여주는데 식물플랑크톤의 성장제한인자로 질소보다 인이 작용하고 있음을 알 수 있다.

클로로필 a와 BOD, COD간의 높은 양의 상관관계는 호소내 유기물 함량에서 조류에 의한 1차 생산력 즉 조류에 의한 내부생산이 유의한 비중을 차지하고 있음을 보여주고 있다. 또한, 클로로필 a와 호소 수심과의 관계를 살펴보면 수심이 가장 깊은 길정 저수지보다는 수심이 얕은 삼산, 고려저수지에서 클로로필 a의 농도가 컸다. 일본에서의 조사결과를 보면 호소의 수심이 얕아짐에 따라 클로로필 a의 농도는 지수적으로 증가하며 호소의 클로로필 a 농도가 12mg/m<sup>3</sup> 이상인 호소를 부영양호라 한다면 일본의 경우 평균 수심 약 8m 이하이면 호소가 부영양화될 소지가 있다고 본다<sup>9)</sup>. 우리나라의 경우 Hwang<sup>10)</sup> 등은 우리 나라의 저수지를 대상으로 하여 물리적인 인자가 호소의 수질에 미치는 영향을 분석한 결과 유역으로부터 동일한 인 부하가 발생한다 할지라도 수심이 얕을수록 높은 클로로필 a 농도를 나타낸다고 하였다.

클로로필 a 농도를 이용하여 부영양화도를 나타내기 위한 여러가지 방법이 제시되는데 OECD<sup>11)</sup>에서는 클로로필 a 농도가 25mg/m<sup>3</sup> 이상이면 부영양화단계로 분류하고 있다. 또한 U.S. EPA<sup>12)</sup>에서는 10mg/m<sup>3</sup>보다 높으면 부영양

Table 2. Correlation between environmental factors and chlorophyll a concentration in lakes

	Chl-a	pH	Temp	DO	BOD	COD	SS	TN	TP	N/P
R	1.000	0.573*	0.486	-0.177	0.646**	0.692**	0.082	0.217	0.660**	-0.065
Chl-a										
N	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16

\* : P < 0.05, \*\* : P < 0.01, R: Pearson correlation coefficient, N : the number of data



단계로 분류하고 있다. 한편, Carlson(1977)은 투명도를 기본으로 적용하며, 여기에 투명도(SD)와 Chl-a 농도와 의 상관관계, Chl-a와 총인 농도(TP)와 의 상관관계를 연결지어 SD, Chl-a, TP를 사용하여 부영양화도를 정량적으로 나타낼 수 있는 부영양화도 지수(TSI)를 개발하였다.

Tabel 3은 조사기간동안 4개 저수지에서 측정한 총인농도, 엽록소 a 농도 평균치와 각각에 대한 Carlson의 TSI를 계산한 후 비교한 것이다. 일반적으로 부영양화와 빈영양화의 경계는 TSI 50~55에 해당하는데 길정저수지를 제외한 모든 저수지에서는 부영양화의 수질을 보이고 있다.

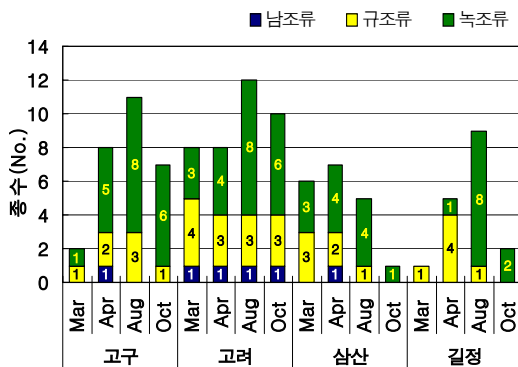


Fig. 10. Seasonal variation of phytoplankton species number in Lakes

이는 고구, 고려, 삼산 저수지의 수심이 얇고 생성연도가 오래되어 대부분 깊은 유기물 퇴적층을 가지는 공통점인 특성을 지니기 때문으로 판단된다. 국내 호소의 부영양화 실태를 살펴보면 빈영양호는 없으며 모두 중영양호 내지 부영양호의 수질을 보이고 있다. 소양호의 부영양화도지수(TSI)는 1981년 38이었는데 1990년경에는 50으로 증가하였으며, 팔당호는 1987~1988년에 TSI가 48이었으나 근래에는 63으로 증가하였고 의암호는 1981년 44였으나 52로 증가하였다. TSI가 10증가하면 엽록소 농도는 약 2.5배 증가하므로 대부분 호소에서 2배이상 증가하며 부영양화 되었거나 단계로 접어들고 있음을 보여주고 있다<sup>13)</sup>.

호소별 조류 분포를 살펴보면 Fig. 10과 같이 고구저수지는 총17종 중 남조류 1종, 규조류 3종, 녹조류 13종이 관찰되었고 고려저수지는 총 19종 중 남조류 2종, 규조류 5종, 녹조류 12종이 검출되었고 삼산저수지는 총 17종 중 남조류 1종, 규조류 5종, 녹조류 11종이 관찰되었고 길정저수지는 총 13종 중 규조류 5종, 녹조류 8종이 검출되었다.

우리나라는 온대기후이기 때문에 계절별로 우점 식물플랑크톤의 천이현상이 일어나고 있다. 전 시기로 볼 때 규조류는 봄철에 우점도가 높았으며, 여름철과 가을철에는 녹조류의 우점도가 높았으며 남조류는 본 조사지점에서는 어느

Table 3. Average of TP Concentrations, Chlorophyll-a Concentrations and Transparencies within the Parenthesis are Trophic State Indices in lakes and Trophic State Criteria by Forberg and Ryding

		고 구	고 려	삼 산	길 정	부영양화			
						빈영양	중영양	부영양	과영양
투명도(SD)	m	1.1	1.2	0.9	2.0	< 4.0	2.5~4.0	1.0~2.5	> 1.0
	TSI	59	57	62	50	-	-	-	-
클로로필 a	mg/m <sup>3</sup>	32.3	48.1	38.6	7.1	< 3.0	3~7	7~40	> 40
	TSI	65	69	66	50	-	-	-	-
총인(TP)	mg/m <sup>3</sup>	49.0	51.0	74.0	34.0	< 15	15~25	25~100	> 100
	TSI	60	61	66	55	-	-	-	-

시기에도 우점되지 못하였다. 이는 하천형 호소인 팔당호와 비교하여 큰 차이를 보이는데 팔당호에서는 겨울과 초봄에 규조류가 우점하고 봄에 녹조류 및 편모조류가 일시 우점하며 초여름부터 가을까지는 남조류 그리고 겨울에 다시 규조류로 우점조류가 바뀌는 천이현상을 일으키는 것으로 보고되었다<sup>14)</sup>. 또한, 녹조현상을 일으키는 원인 조류종은 대개 10여 속으로 *Scenedesmus* sp., *Chlamydomonas* sp. 등의 녹조류, *Microcystis* sp., *Chroococcus* sp. 등의 남조류, *Cyclotella* sp., *Asterionella* sp. 등의 규조류, *Euglena* sp. 등의 편모충류가 알려져 있으나 이중에서도 남조류인 *Microcystis* sp., *Anabaena* sp. 등이 가장 빈번하게 녹조현상을 일으키는 것으로 알려져 있다<sup>15)</sup>. 국내에서도 최근 들어 일부 오염이 심한 호소에서 남조류의 대량발생이 보고 되고 있다<sup>14)</sup>. 하지만 이번 조사 대상 저수지에서는 녹조현상을 일으키는 대표적인 남조류는 검출되지 않았고 녹조류인 *Scenedesmus* sp., *Chlamydomonas* sp. 이 검출되어 녹조류가 여름철 녹조현상을 일으키는 주요 종으로 판단된다.

호소별 조류발생분포를 살펴보면 고구저수지에서 관찰된 17종 중 남조류 1종, 규조류 3종, 녹조류 13종이며 전체 규조류 중에서 우점도가 높은 *Synedra* sp.은 거의 전 시기동안 발생하였으나 주로 봄과 초여름철에 발생량이 가장 높았으며 측정시기별로 살펴보면 3월에는 *Synedra* sp.와 *Closterium* sp. 두 종만이 관찰되다가 수온이 상승되는 5월에는 점차 녹조류의 개체와 종이 증가되면서 총 8종이 관찰되었으며 녹조류인 *Pediastrum* sp.와 *Scenedesmus* sp.이 규조류인 *Synedra* sp.과 함께 우점하였다. 이 때 *Merismopedia* sp.의 남조류가 관찰되었다.

클로로필 a의 농도가 가장 높았던 8월엔 총 11종이 검출되었고 녹조류에선 *Chlamydomonas* sp.와 *Cosmarium* sp.가 우점하였으며 규조류에선 *Melosira* sp.와 *Navicula* sp.가 우

점 하였다. 수온이 감소하고 일조량이 감소하는 10월엔 관찰된 종의 수가 7종으로 줄어들었으며 특히 규조류가 급격하게 감소하였다. 규조류는 *Melosira* sp. 1종만이 검출되었고 녹조류는 6종이 검출되었으며, 이 중 *Chlamydomonas* sp.가 우점하였다. 상기에서 언급한 녹조를 일으키는 10여 속 중에 여름철에 녹조류 *Scenedesmus* sp.,과 *Chlamydomonas* sp. 이 검출되었다. 하지만, 가장 빈번하게 녹조를 일으키는 남조류는 조사기간 동안 거의 검출되지 않았다.

고려저수지는 조사기간 중에 남조류 2종, 규조류 5종, 녹조류 12종 등 총 19종이 검출되었으며 규조류 *Synedra* sp.가 조사기간 동안 관찰되었다. 일반적으로 규조류는 냉수성 조류로 수온이 낮은 시기에 주로 발생하는 것으로 알려져 있으나 본 고려저수지에는 여름철을 포함한 전시기에 발생하는 것으로 조사되었다. 이는 팔당호의 조사결과와 비슷한 유형을 나타내고 있다<sup>16)</sup>. 3월에는 남조류 1종, 규조류 4종, 녹조류 3종이 관찰되었고 규조류 *Synedra* sp.가 우점하였다. 5월에는 총 8종이 관찰되었고 남조류는 *Phorimidium* sp.가 사라지고 *Merismopedia* sp.가 검출되었다. 규조류에선 *Melosira* sp.와 *Synedra* sp., 녹조류에선 *Ankistrodesmus* sp.과 *Scenedesmus* sp.가 우점하였다. 8월에는 12종이 관찰되었으며 남조류 1종, 규조류 3종, 녹조류 8종이며 *Carteria* sp., *Cosmarium* sp.등 5월에 관찰되지 않던 녹조류가 검출되는 등 녹조류의 개체수가 증가하였다. 10월에는 전체 조류의 종과 개체수가 감소하였으며 녹조류가 우세하며 규조류의 *Synedra* sp.와 녹조류의 *Sphaerocystis* sp.가 우점하였다.

수질오염이 가장 심한 삼산저수지는 조사기간 중에 총 17종이 검출되었으며 조류 분포를 살펴보면 남조류 1종, 규조류 5종, 녹조류 11종이다. 남조류는 5월에만 검출되었으며 수온이 증가하는 하절기엔 녹조류의 종수와 개체수가 증가하였다. 일반적으로 남조류는 수온이 20℃ 이상인 여름철부터 초가을까지 우점하는 것으

로 알려져 있으나<sup>17)</sup> 본 측정지점에서는 수온이 높은 여름철에도 거의 관찰되지 않았으며 이는 모든 조사지점에서 같은 양상을 나타내었다.

측정시기별로 발생 조류를 살펴보면 3월에는 관찰된 총 6종의 조류 중 규조류 3종, 녹조류 3종이며 규조류에선 *Synedra sp.*과 *Melosira sp.*이 우점하였다. 5월에는 총 7종의 조류가 관찰되었으며 규조류에서 남조류의 개체수가 더 크게 증가하였고 *Lyngbya sp.* 남조류가 관찰되었다. 우점조류는 남조류 *Lyngbya sp.*와 녹조류 *Scenedesmus sp.*였다. 8월들어 지속적인 일조량과 수온이 증가하면서 녹조류의 종수와 개체수가 증가하였다. *Melosira sp.*를 제외하고는 모두 녹조류가 관찰되었다. 녹조류의 *Carteria sp.*가 우점하였다. 10월에는 조류가 거의 검출되지 않았는데 녹조류의 *Dictyosphaerium sp.*만이 소수 관찰되었다.

조사 대상 중 수질오염이 가장 적게 나타난 길정저수지에서 검출된 총 조류수는 13종으로 규조류 5종, 녹조류 8종이었다. 전체적으로 다른 저수지보다 조류 종수와 개체수가 적게 관찰되었으며 조사기간동안 봄철엔 규조류가 여름철엔 녹조류가 우점화되는 경향을 보여주었다. 시기별로 살펴보면 3월에는 규조류 *Achnanthes sp.*만이 관찰되었고 5월에도 관찰된 5종 중 녹조류 *Scenedesmus sp.*를 제외한 4종이 모두 규조류였으며 규조류 중 *Asterionella sp.*와 *Nitzschia sp.*이 우점하였다. 8월엔 다른 저수지와 같은 양상으로 규조류가 감소하고 녹조류가 증가하였다. 녹조류 *Carteria sp.*와 *Chlamydomonas sp.*가 우점하였다. 10월엔 삼산 저수지와 비슷하게 수종과 개체수가 급감하여 녹조류 2종만이 검출되었다.

전체 조사지역에서 봄철에는 규조류가 우점화되는 경향을 보였고 수온이 상승하는 여름철과 가을철에는 녹조류가 우점화하였다. 팔당호 등 하천형 인공저수지에서 여름철에 우점화하는 남조류는 거의 발견되지 않았다. 여름철에서 가을철로 접어들면서 식물성 플랑크톤의 종의

다양성과 개체수가 현격하게 줄어드는 경향을 보여주었다.

## IV. 결 론

강화도의 주변 농경지에 농업용수로 이용되는 네 개 호소수의 수질은 삼산저수지를 제외하고는 농업용수기준에 적합한 것으로 측정되었다. 하지만 길정저수지를 제외한 다른 저수지의 수질오염은 호소수질기준 농업용수 기준에 거의 근접하였거나 이미 초과된 수치를 보이며 이는 모든 저수지에서 행해지는 유료낙시터 사업으로 인하여 갈수록 호소의 수질이 악화되어 가고 있어 전면적인 유료낙시 수익사업에 대한 재정비가 필요한 실정이다.

클로로필 a농도는 수온이 상승하고 일조량이 증가하는 여름철이 겨울철보다 높게 측정되었다. 조사기간 동안 클로로필 a농도의 평균치는 고구저수지 32.3mg/m<sup>3</sup>, 고려저수지 48.1mg/m<sup>3</sup>, 삼산저수지 38.6mg/m<sup>3</sup>, 길정저수지 7.1mg/m<sup>3</sup>의 값을 나타내어 고구, 고려, 삼산 저수지는 U.S. EPA와 OECD에서 제시한 기준보다 높아 부영양단계로 분류되고 길정저수지는 중영양단계로 분류되었다.

또한, 부영양화도지수(TSI)에서도 고구, 고려, 삼산저수지 모두 투명도와 클로로필 a, 총인에 대해 50~55범위를 넘어 부영양화단계에 있음을 보여주었고 길정저수지만이 50~55 범위로 아직 부영양화단계에 접어들지 않았음을 보여주었다.

클로로필 a와 수질항목간의 상관관계를 살펴보면 수온보다는 BOD, COD, T-P와 유의한 상관관계를 보여주어 식물플랑크톤에 의한 1차 생산력이 호소 내 유기물 함량에 유의한 비중을 차지하고 있음을 보여주었다.

부영양화 현상을 일으키는 식물플랑크톤의 현존량을 알기 위한 가장 실용적인 방법은 식물의 광합성에서 가장 기본적인 역할을 하고

있는 클로로필 a의 양을 측정하는 것이다. 그러나 우리 나라 농업용수 수질기준에는 클로로필 a농도에 대한 규제가 없기 때문에 부영양화도를 판단하고, 이에 근거하여 수질개선 방안을 찾아야 할 것이다.

조사 기간동안 조사 대상 호소에서 검출된 식물플랑크톤의 종수는 고구저수지 17종, 고려저수지 19종, 삼산저수지 17종, 길정저수지 13종이 출현하였으면 저수지별로 출현종의 분포를 살펴보면 고구저수지는 남조류가 5.9%, 규조류 29.4%, 녹조류 64.7%였으며, 고려저수지는 남조류가 10.5%, 규조류 26.3%, 녹조류 63.2%이며, 삼산저수지는 남조류 5.9%, 규조류 17.6%, 녹조류 76.5%, 길정저수지는 남조류 0%, 규조류 38.5%, 녹조류 61.5%로 대부분 녹조류가 가장 많이 출현하였다.

기온이 낮은 동절기보다 수온이 상승하는 하절기에 더 많은 종이 출현하였고 고려저수지는 냉수성 조류로 알려진 규조류가 여름철을 포함한 거의 전시기에 발생하는 것으로 조사되었으며 전반적으로 수온이 낮은 동절기엔 규조류가 우점화 되다가 하절기에는 녹조류의 우점화가 관찰되었다. 한편, 본 조사기간에 모든 저수지에서 남조류가 거의 관찰되지 않았다.

네 개 호소에서 녹조현상을 일으키는 대표적인 남조류인 *Microcystis sp.*,와 *Anabaena sp.* 등이 검출되지 않았고 *Scenedesmus sp.*, 와 *Chlamydomonas sp.* 등 녹조류만이 검출되어 여름철 녹조현상을 일으키는 주요 종은 녹조류로 판단된다.

## V. 참고문헌

1. Lund, H.C. and J.W. Lund. 1996. Freshwater Algae-Their microscopic world explored. Biopress Ltd, Bristol. 360pp
2. 정영호, 1968. 한국 동식물 도감 제 9권 담수 조류편, 아카데미출판사
3. Bailey-Watts, A.E., 1974. The algae plankton of Loch leven, Kinross. *Proc. R.S.E.(B)*, 9 : 135~156
4. Reynolds, C.S., 1973b. The seasonal periodicity of planktonic diatoms in a shallow eutrophic lake. *Freshwat. Biol.*, 3 : 89~110
5. Reynolds, C.S., 1984a. Phytoplankton periodicity: Interactions of form, function and environmental variability. *Freshwat. Biol.*, 14 : 111~142
6. Wetzel, R.G., 1983. Limnology. 2nd ed. Saunders Coll. Publ., New York, pp. 767.
7. Ministry of Environment (2001) A study on development of lake environment survey method in Korea, Seoul, Korea, p.31
8. Heinle D. R. (1969) Effects of elevate temperature on zooplankton. *Chesapeake Sci.* 10, pp.196~209
9. The Korean society of environmental engineering (1999) Water quality management in Lakes, Seoul, Korea, Pungnam, p.21, p.54~55, p.189, p.349
10. Hwang, S.J., Jeon, J. H., Ham, J. H. and Kim, H. S. (2002) Effect of physical characteristics on a nutrient - Chlorophyll Relationship in Korean Reservoirs, *Journal of the Korean Society of Agricultural Engineers*, 44(7), 64~73
11. Anon. 1982. Eutrophication of Waters Monitoring, Assessment and Control. Organisation for Economic Cooperation and Development. Paris
12. U.S. Environmental Protection Agency Water Quality Criteria Research of the U.S.Environmental Protection Agency Proceedings of an EPA Sponsore Symposium, EPA-600(3-76-079), 185(1976)

13. 김범철, 2004, 경기도 6개 호소 생물상조사, 경기도보건환경연구원 pp.35
14. 박혜경, 천세억, 박승익, 이문호, 유재(1992) 국내 주요 댐 호에 있어서의 계절별 조류 중 천이. *한국수질보전학회지*. 9(3):150-158
15. Okino, T. (1973) Studie on the blooming of *Microcystis aeruginosa*. *Jap.J. Bot.* 20. pp.381-402
16. 박혜경, 정원화 (2003) 팔당호의 장기간 식물플랑크톤 발생 추이. *한국물환경학회지*. 19(6) : 673 - 684
17. Stockner, J. G. and K. S. Shotreed, (1988) Response of *Anabaena* and *Synechococcus* to manipulation of nitrogen:phosphorus ratios in a lake fertilization experiment. *Limnol. Oceanogr.* 33:1348-1361

# 인천지역 하천의 하상퇴적물 오염도 조사

곽영주, 박종수, 전용성, 임종성, 김현기, 박진영  
해양조사과

## Heavy Metals and Nutrients Contamination in the Sediments of Streams in Incheon Area

Y.J.GWARK, J.S.PARK, Y.S.JEN, J.S.LIM, H.K.KIM, C.Y.PARK  
Marine research division, Incheon Health & Environment Institute

### Abstract

Fractional composition of heavy metals, nutrients(T-N, T-P), and contamination level of organic matter in sediments of streams in Incheon area were investigated.

COD, TOC, LOI of Namdong reservoir sediment are the highest among other 13 stream sediments, but those of Jangsu stream sediment are the lowest.

The status of humic substances in sediments of most streams are polyhumic except Jangmansu, Ildo, and Namdong. Also, the conditions of the organic substance in Seungki stream sediment are all polyhumic.

From the sequential extraction of Seungki stream sediments, the leaching probabilities of Fe and As in sediments are relatively low because of the high ratio of residual fraction, but if the circumstance of sediment is changed to anaerobic or low pH, Mn, Zn, Cu, Pb, and Hg have the high possibility of leaching due to high percentage of exchangeable, reducible fraction.

The pollution level of Seungki stream sediment was the highest in the midstream, but lowest in the upper stream. The possible reason is the wastewater from the Namdong industrial complex.

Key words : sediment, TOC(Total Organic Carbon), LOI(Loss On Ignition), sequential extraction

## I. 서 론

하천에 유입되는 생활하수와 각종 산업폐수의 양이 인구의 도시 집중화와 산업화로 인해 증가함에 따라 하천의 오염이 가중되고 있다.

최근 각종 시민단체와 공공기관의 환경에 대

한 인식변화로 인해 하천 살리기 운동, 자연형 하천 공사 및 생태하천 등 많은 노력이 진행되고 있다. 그러나 이러한 노력과 수자원에 대한 인위적인 오염행위가 중지된 후에도 수질의 개선이 즉시 나타나지 않는 이유는 수질을 오염시키는 물질의 많은 부분이 용존상태에서 입자

상태의 물질로 변하거나 또는 입자상태의 물질에 흡착되어 장기간에 걸쳐 수체의 바닥에 퇴적되었다가 수층의 환경변화나 퇴적물내에서의 물리적, 화학적 조건의 변화에 따라 퇴적물내의 유기물 분해, 중금속의 용출 등으로 오염물질이 다시 상부의 수층으로 이동하기 때문이다. 따라서 하천수질을 개선하기 위해서는 외부에서 하천으로 유입되는 오염원과 하천내부의 하상퇴적물에 대한 관리가 필요하다.

하상퇴적물 내의 중금속은 하천수에 비해 시간적인 변화가 적으며 그 함량도 높아 과거 또는 현재에 오염원이 존재하는 지역에서 중금속에 의한 지속적인 환경영향을 평가하는데 보다 적절한 지구화학적 매개체이다(Thornton, 1983). 일반적으로 중금속류는 수환경에서 퇴적물 입자에 흡착, 침전되어 수층에서 제거되는 경우가 많지만 퇴적층 내에서 유기물의 분해, 저서생물의 활동 등에 의한 pH나 전기적 평형의 변화에 의해 퇴적입자로부터 탈착, 용해, 이온교환, 가수분해, 미생물의 활동 등에 의해 간극수로 이동하게 되며 이와 같이 간극수로 이동한 다음 확산, 난류, 가스발생 등에 의해 상부 수층으로 이동하게 되어 수질을 악화시킬 수 있다.

하천의 부영양화에 직접적인 영향을 미치는 영양염류인 질소와 인 성분은 하상퇴적물에서 용출되어 수층으로 전이되므로 퇴적물내의 농도를 파악할 필요가 있다.

본 연구에서는 1단계로 인천지역의 10개 하천과 3개 유수지 하상퇴적물을 채취하여 각 하천별 퇴적물의 종합적인 오염도 현황을 파악하고, 2단계로 하천 살리기 운동이 전개되고 있는 승기천을 대상으로 승기천으로 유입되는 13개의 하수배수구 및 지류천 합류지점 주변의 하상 퇴적물을 채취하여 퇴적물의 부식화도와 퇴적물 내 물리, 화학적 변화에 민감하게 반응하는 중금속의 존재형태별 함량 등을 파악함으로써 퇴적물에 의한 수질오염의 가능성 평가하여 효율적인 하천관리 및 하천 살리기를 위한 기초 자료로 삼고자 한다.

## II. 시료채취 및 연구방법

### 2.1 연구대상지역 및 시료채취

시료채취는 2005년 3월과 5월에 13개 하천과 유수지(Fig 1.)에서 2차에 걸쳐 채취하였으며, 승기천 정밀조사를 위한 시료는 7월에 승기천의 13개 지점에서 하상퇴적물을 Hand Corer Sampler (Wildco)을 이용하여 지점별 상(표층 -5cm), 중(15-20cm), 하(30-35cm)로 깊이별로 분류하여 채취하였다.

### 2.2 분석항목 및 분석방법

가) 화학적 산소 요구량(COD) : 해양환경공정시험방법 중의 해저퇴적물 편의 화학적산소요구량(KMnO<sub>4</sub>)법으로 실험하였다.

나) 강열감량(Loss on Ignition) : 풍건한 시료를 전기회화로에서 550℃에서 2시간 가열한 후 가열하기 전과의 무게차이로 결정하였다.

다) 총질소(Total-N) : 식품공전의 총질소 중의 세미마이크로 킬달 정량법으로 실험하였다.

라) 총인(Total-P) : 日本衛生試驗法(日本藥學回便)의 環境試驗法 중 低質試驗法 중 총인(몰리브덴산법) 정량법으로 실험하였다.

마) 총유기탄소량(TOC) : SHIMADZU사의 SSM-500A를 이용하여 분석하였다.

바) 중금속의 존재형태별 함량 분석

하상퇴적물 내의 중금속원소의 존재형태를 규명하기 위해 BCR (European Community Bureau of Reference, 1993)에서 제안한 SM&T (Standards Measurements and Testing Programme) Method로 연속추출분석(Sequential Extraction)을 실시하였으며, AA280FS(VARIAN) 장비를 이용하여 분석하였다.

사) 퇴적물의 부식화도

Hakanson(1983)의 방법인 질소와 강열감량의 비로서 비교하여 추정하였다.



Fig. 1. The location of streams in Incheon area.

### Ⅲ. 결과 및 고찰

#### 3.1 하상퇴적물의 유기물오염도 및 부식화도

인천지역 각 하천의 하상퇴적물과 승기천의

유기물 함량을 간접적으로 나타내주는 COD, 강열감량 및 총유기탄소의 농도와 저질의 환경 변화시 수층으로 용출될 수 있는 영양물질인 총질소와 총인의 조사결과를 Table 1, 2에 나타냈다.

하상퇴적물의 유기물함량을 나타내는 COD,

Table 1. Characteristics of sediments in streams in Incheon

Site \ Item	COD (mg/kg)	LOI (%)	TOC (mg/kg)	T-N (%)	T-P (mg/kg)	Humic level (LOI/T-N)
Gongchon	6220	3.0	5544	0.040	93.0	74
Simgok	6058	3.9	5058	0.022	104.3	206
Jangsu	2719	1.9	6087	0.035	135.3	56
Songhyun	26641	6.8	28483	0.175	104.7	40
Seungki	6474	3.2	14412	0.065	827.3	50
Hakic	13618	5.2	18140	0.167	857.3	37
Gulpo	26262	6.3	33013	0.284	436.7	26
Jangmansu	12570	3.1	20246	0.455	185.3	8
Senhyoung	7525	3.2	7532	0.092	268.7	39
Naega	13407	3.1	9255	0.096	256.3	32
Namdong	26308	9.3	77302	0.544	163.7	17
Ildo	3599	2.1	2913	0.033	239.0	6
Cheongla	11808	4.5	11258	0.095	335.3	56



Table 2. Characteristics of sediments in Seungki stream in Incheon

Site \ Item	COD (mg/kg)	LOI (%)	TOC (mg/kg)	T-N (%)	T-P (mg/kg)	Humic level (LOI/T-N)
S-1	14295	3.5	9629	0.017	290.3	217
S-2	11348	3.5	10664	0.017	431.7	208
S-3	11446	3.6	10086	0.019	5452.3	199
S-4	11261	2.8	10882	0.026	363.0	140
S-5	10518	3.5	9764	0.029	191.0	126
S-6	4909	4.8	3496	0.033	882.0	147
S-7	19020	5.9	9902	0.046	316.0	134
S-8	34840	10.3	40853	0.197	437.7	53
S-9	28548	8.3	46808	0.175	393.0	53
S-10	7140	3.2	2140	0.029	579.7	114
S-11	19546	5.4	9608	0.038	491.0	161
S-12	14899	4.5	11183	0.031	89.0	260
S-13	11701	5.3	2571	0.023	417.3	312
Average	15344	5.0	13661	0.052	794.9	163

TOC, LOI는 퇴적물의 간접적인 오염지표로 이용될 수 있는데, 분석결과 승기천이 유입되는 남동유수지가 가장 높은 수치를 보였으며 다음으로 주변의 생활하수 및 오수가 유입되는 굴포천, 송현천이 높았으나, 장수천과 일도유수지의 하상 퇴적물이 가장 낮은 값을 나타냈다(Fig 2).

하상퇴적물의 영양염류인 T-N이 T-P보다 평균 7배 정도 높았으며, T-N은 남동유수지, 장만

수천이 높았고, T-P는 승기천과 학익천이 다른 하천보다 크게 높았으며, 특이하게 승기천 하상 퇴적물의 경우는 T-P가 T-N보다 높게 나타났다(Fig 3). 이는 주변의 대규모 인구밀집지역인 연수구의 생활하수가 유입되기 때문으로 사료된다.

승기천 집중조사의 경우 S-8(남동대교 상), S-9(남동대교 하) 지점이 COD, TOC, LOI가 다

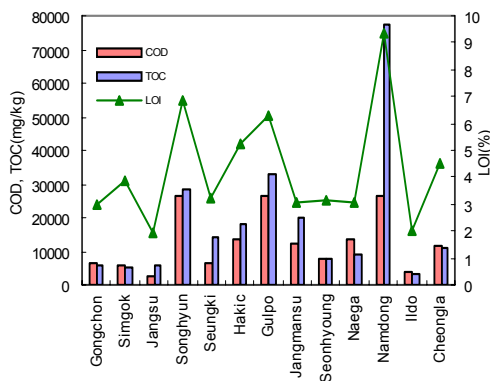


Fig 2. COD, TOC, LOI of sediments in streams in Incheon.

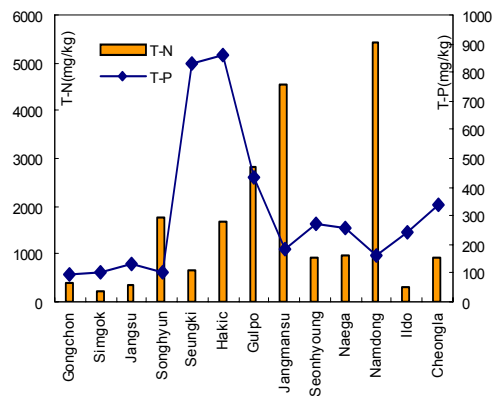


Fig 3. T-N, T-P of sediments in streams in Incheon.

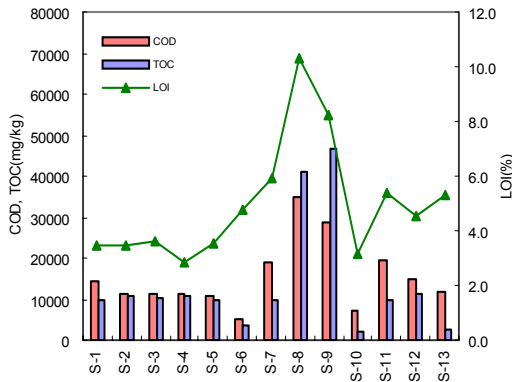


Fig 4. COD, TOC, LOI of sediments in Seungki stream.

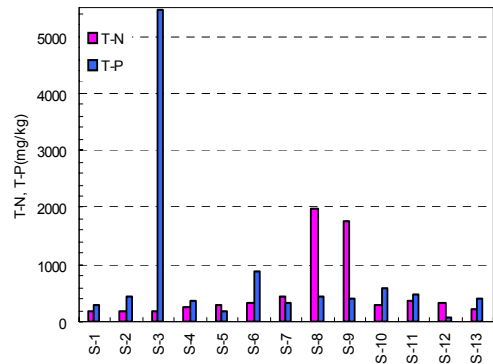


Fig 5. T-N, T-P of sediments in Seungki stream.

른 지점들보다 높았으며, 이는 이 지점부근에 공단배수가 유입되거나, 유속이 느려 수체의 정체로 오염물질이 장기간 퇴적된 원인으로 보인다 (Fig 4).

T-N, T-P의 경우 다른 하천의 하상퇴적물과 달리 승기천은 13개 지점의 T-N, T-P의 평균치가 각각 523과 795mg/kg으로 T-P가 높았으며, 특히 S-3지점은 T-P가 5452mg/kg으로 가장 높아 특이한 결과값을 나타냈다(Fig 5).

퇴적물의 분해정도를 파악하기 위하여 Hakanson

(1983)은 강열감량(LOI)와 총질소(Total-N)의 비로서 부식화도를 구하였는데 인천지역 하천의 퇴적물의 부식화도는 장만수천, 일도 및 남동유수지를 제외하고는 전 하천에서 Polyhumic으로 나타나 유기물의 분해가 거의 완료된 상태로 존재함을 알수 있었다(Fig 6). 또한 승기천의 13개 전 지점의 상, 중, 하층의 퇴적물도 Polyhumic 상태로 나타났다(Fig 7).

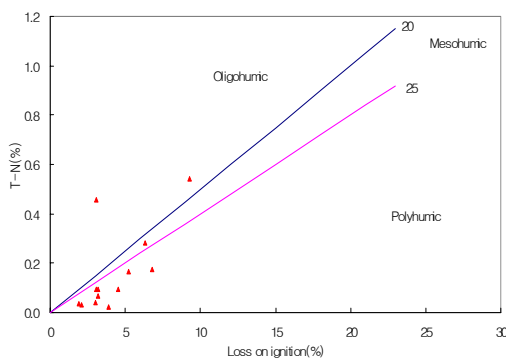


Fig 6. Assessment of humic level with T-N & LOI in sediments in streams.

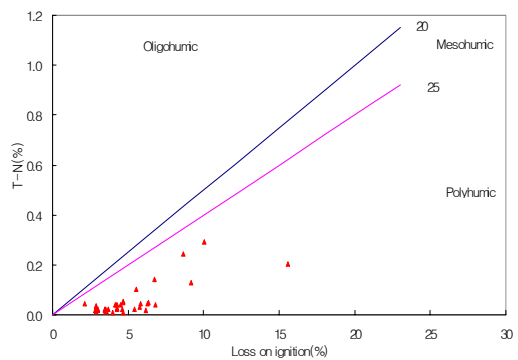


Fig 7. Assessment of humic level with T-N & LOI in sediments in Seungki stream.

Table 3. Correlation coefficient of elements in sediments

	COD	LOI	Hg	Pb	Cd	Cu	Zn	As	Cr	T-N	T-P	TOC
COD	1.00	0.90	0.75	0.77	0.36	0.85	0.93	-0.05	0.91	0.89	-0.17	0.89
LOI		1.00	0.74	0.85	0.23	0.88	0.93	-0.04	0.92	0.92	-0.18	0.82
Hg			1.00	0.84	0.32	0.66	0.84	-0.35	0.83	0.66	-0.22	0.65
Pb				1.00	-0.01	0.65	0.86	0.05	0.89	0.68	-0.25	0.59
Cd					1.00	0.42	0.21	-0.54	0.19	0.34	0.21	0.42
Cu						1.00	0.83	-0.33	0.84	0.85	-0.14	0.73
Zn							1.00	-0.05	0.97	0.90	-0.22	0.84
As								1.00	-0.04	-0.05	-0.14	-0.02
Cr									1.00	0.85	-0.25	0.75
T-N										1.00	-0.16	0.95
T-P											1.00	-0.10
TOC												1.00

### 3.2 하상퇴적물 원소들 간의 상관관계

승기천 하상퇴적물의 유기물 함유량의 지표인 COD, TOC, LOI 등과 각 중금속 원소간의 상관계수를 구한 결과를 Table 3에 나타내었다. COD와 LOI, COD와 TOC, TOC와 LOI의 상관계수는 0.90, 0.89, 0.82로 유의한 양의 상관관계를 나타냈다. T-N과 TOC는 0.95로 높은 상관성을 보였으나, T-N과 T-P는 -0.16으로 상관도가 낮았다.

Cd, As, T-P는 다른 항목들과의 상관계수가 낮아 상관성을 보이지 않았으나 Hg, Pb, Cu, Zn 및 Cr은 COD, LOI, TOC 등과 유의한 양의 상관성을 보였다. 또한 중금속 원소들 간에서도 Hg-Pb-Cu-Zn-Cr은 서로간 유의한 양의 상관성을 나타냈다.

### 3.3 하상퇴적물의 지구화학적 특성

하상퇴적물은 오랜 기간 동안의 하천변화의 기록을 내포하고 있으므로, 하천에 대한 좋은 정보를 제공한다. 오염된 하상퇴적물은 하천 수질과 하천 생태계(어류, 저서생물)에 악영향을 미치기 때문에 미국과 캐나다(온타리오주)의 퇴적물 환경준거치(Sediment Quality Criteria)

와 비교함으로써 퇴적물에 존재하는 유기물, 영양염류 및 중금속의 오염정도와 생물학적 피해가능성을 파악해 보았다.

따라서 미국 환경보호청(USEPA)과 캐나다 OME(Ontario Ministry of the Environment)에서 제시한 퇴적물에 함유된 유기물, 영양염류와 중금속의 오염정도를 Table 4에 나타내었다.

이는 1) 영향을 주지 않는 수준(비오염, NFL), 2) 약간 영향을 주는 수준(중간 오염, LEL), 3) 심각한 영향을 주는 수준(심한 오염, SEL)으로 분리하여 퇴적물 오염예방, 정화 및 처리를 포함하는 관리 책정선을 제시하였다(이창희 등, 1998, 2000; Persaud *et al.*, 1993).

LOI(강열감량)기준으로 볼때 인천지역의 13개 하천중 송현, 학익, 굴포천의 하상퇴적물은 중간오염 수준에 있었으며, 남동유수지는 심각한 영향을 주는 오염 수준을 넘어서 있는 상태에 있는 것으로 조사되었다(Fig 8).

TP는 승기천과 학익천이 중간오염 수준에 있는 것으로 조사되었고, 기타 하천은 현재까지는 영향을 주지 않는 수준에 있는 상태로 조사되어 오염 예방 대책을 수립하여야 할 상태이다(Fig 9).

Table 4. Sediment quality criteria proposed by the OME, USEPA

Item	No Effect Level (NFL)	Lowest Effect Level (LEL)	Severe Effect Level (SEL)
As (mg/kg)*	—	6	33
Cd (mg/kg)*	—	0.6	10
Cr (mg/kg)*	—	26	110
Cu (mg/kg)*	—	16	110
Fe (%)*	—	2	4
Pb (mg/kg)*	—	31	250
Mn (mg/kg)*	—	460	1100
Hg (mg/kg)*	—	0.2	2
Zn (mg/kg)*	—	120	820
TOC (%)*	—	1	10
TKN (mg/kg)*	—	550	4800
TP (mg/kg)*	—	660	2000
Volatile Solids (%)**	<5	5~8	>8
COD (mg/kg)**	<40,000	40,000~80,000	>80,000

\* 캐나다 온타리오주 환경부의 금속, 영양염 퇴적물 환경기준

\*\* 미국 오대호 담수퇴적물 오염분류를 위한 지역환경보호청의 기준

— 데이터가 불충분하거나 적절한 방법이 없음

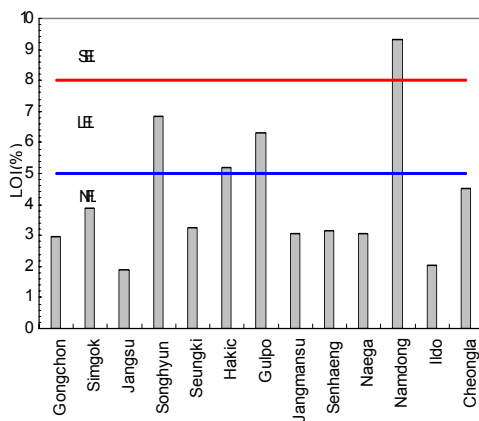


Fig 8. LOI of sediments in streams in Incheon.

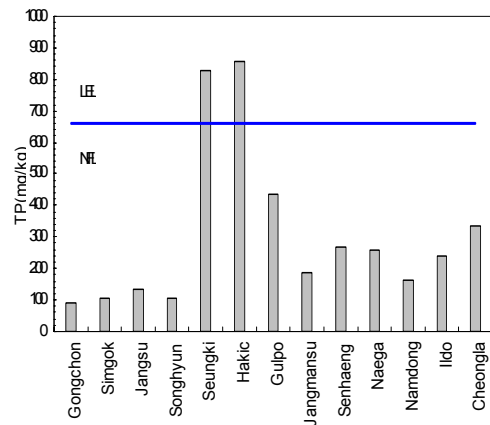


Fig 9. TP of sediments in streams in Incheon.

승기천 13개 지점의 정밀조사 결과 LOI는 S-8, S-9에서 심각한 영향을 주는 수준을 넘어섰고, 전체 평균치는 중간오염단계가 시작되는 수준에 있으며, 총인의 경우 S-3 지점은 심각한 오염치 기준을 2.7배 넘어서는 5452.3 mg/kg으로 원인에 대한 정밀 조사가 필요하며, 전 지점들의 평균은 중간오염단계에 있는 것으로 파악되었다(Fig 10, 11).

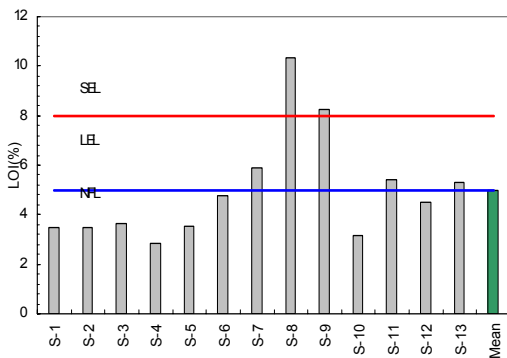


Fig 10. LOI of sediments in Seungki stream.

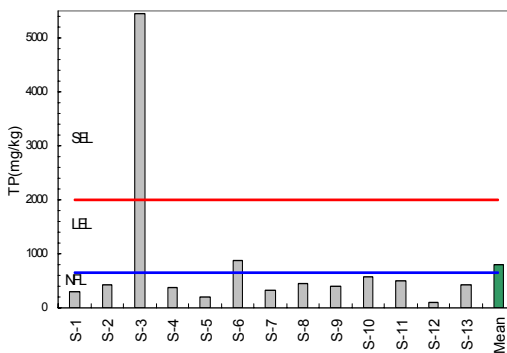


Fig 11. TP of sediments in Seungki stream.

### 3.4 하상퇴적물 내 중금속원소의 존재형태

승기천 내 하상퇴적물의 중금속원소의 존재 형태를 규명하기 위해 BCR의 SM&T (Standards Measurements and Testing Program) Method에 의해 연속추출분석 (Sequential

Extraction) 을 실시하였으며, step 1은 이온교환형태(exchangeable and acid soluble phase)로 존재하는 함량을 의미로 환경변화에 의해 쉽게 수층으로 유출될 수 있는 상태에 있는 것을 의미하고, step 2는 철/망간 산화물 형태(Easily reducible phase), step 3은 유기물과 황화물 형태(Oxidizable phase), 그리고 step 4는 잔류형태(Residue phase)로 존재하는 것을 의미한다.

승기천 13개 지점의 하상 퇴적물 중 각 중금속(Mn, Fe, Cu, Zn, Cr, Pb, Hg, As)의 존재형태별 평균 농도와 함량 분포를 Table 5, 6에 나타내었다.

Mn, Cu, Zn은 현재의 자연환경에서 물-퇴적물 경계면에서 수층으로 재용출이 가능한 존재형태인 Exchangeable fraction이 총량의 51, 38, 42%로 높았다. 즉 모래로부터 기인하였다 기보다는 공장폐수에서 기인한 중금속이 퇴적물의 표면에 흡착된 형태로 존재하고 있어 승기천 주변에 산재한 많은 공장들의 영향을 받은 것으로 사료된다.

#### 1) Mn

승기천 하상퇴적물에 함유된 총 Mn의 함량(step1부터 step4까지 포함)은 평균 365mg/kg으로, 정점 S-7에서 최고 842mg/kg, 정점 S-2에서 최저 229mg/kg를 나타냈고, 존재 형태에서는 Exchangeable fraction은 정점 S-7에서 493mg/kg 가장 높았으며, 모든 지점에서 Exchangeable fraction의 범위가 38~62%로 외부에서 기인된 영향으로 사료되며, 수환경에 용출가능성이 있어 잠재적 위험 가능성이 있다(Figure 12).

#### 2) Fe

승기천 하상퇴적물에 존재하는 Fe의 농도(step1부터 step4까지 포함)는 평균 14951 mg/kg이고, 정점 S-7에서 최고 20969mg/kg, 정점 S-2에서 최저 11042mg/kg를 나타냈고,

존재 형태별로는 Exchangeable, Reducible, Oxidizable, Residue fraction이 각각 3, 18, 13, 66%로 일반적으로 자연적인 수환경에서 용출될 가능성이 매우 낮은 형태인 Residue fraction이 가장 높았다. Exchangeable fraction은 정점 8이 877mg/kg으로 가장 높고, 정점 S-7에서 247mg/kg로 가장 낮았으며, 전지점에서 1~5%로 외부에서 유입된 영향보다는 모체에서 기인된 영향이 큰 것으로 사료된다(Fig. 12).

### 3) Cu

하상퇴적물 중 Cu의 농도(step1부터 step4까지 포함)는 평균 144mg/kg이고, 정점 S-8에서 최고 1127mg/kg, 정점 S-1에서 최저 4mg/kg를 나타냈다. 지점별 함유량의 편차가 다른 항

목보다 크며, 정점 S-7부터 S-13까지의 구간에서 Exchangeable fraction이 23~63%로 외부유입에 의한 영향이 크며, 특히 정점 S-8은 상류 지점인 S-1 보다 267배나 높은 함유량을 보여 인위적인 영향을 받은 것으로 사료된다. 이는 대전지역 하상퇴적물의 중금속오염과 같은 양상으로 공장폐수에 기인한 중금속이 퇴적물의 표면에 흡착된 상태로 존재하고 있다(김경웅과 이현구, 1996). Reducible fraction은 최저 0에서 최고 21mg/kg을 나타냈고, Oxidizable, Residue fraction의 경우 모두 정점 S-8에서 각각 574, 86mg/kg으로 가장 높은 함유량을 나타냈다. 구간별로 보면 중하류 구간이 S-8부터 S-12까지의 구간이 비교적 높은 농도를 보였다(Fig. 12).

Table 5. Fractions concentration of various heavy metals in stream sediment by sequential extraction (mg/kg)

	Step 1	Step 2	Step 3	Step 4	Total
Mn	185.9	96.6	27.6	55.2	365.3
Fe	526.1	2862.2	2059.5	10798.4	16246.2
Cu	55.4	10.6	65.9	12.5	144.4
Zn	114.6	79.5	29.3	50.9	274.2
Cr	0.2	3.5	15.2	7.3	26.2
Pb	1.2	17.0	12.3	3.4	33.9
Hg	0.033	0.038	0.038	0.041	0.149
As	0.061	0.098	0.056	0.512	0.726

Table 6. Fractions percent of various heavy metals in stream sediment by sequential extraction

	Step 1	Step 2	Step 3	Step 4	Total
Mn	51%	26%	8%	15%	100%
Fe	3%	18%	13%	66%	100%
Cu	38%	7%	46%	9%	100%
Zn	42%	29%	11%	19%	100%
Cr	1%	13%	58%	28%	100%
Pb	3%	50%	36%	10%	100%
Hg	22%	25%	25%	27%	100%
As	8%	13%	8%	70%	100%

#### 4) Zn

승기천 하상퇴적물에 존재하는 Zn의 농도(step1부터 step4까지 포함)는 평균 274mg/kg이고, 정점 S-8에서 최고 707mg/kg, 승기천의 최상류 지점인 S-1에서 최저 81mg/kg를 나타냈고, 존재 형태별로는 Exchangeable fraction이 S-7과 S-8에서 74, 64%로 가장 높았으며, 상류구간인 S-1부터 S-6까지는 0~12%로 낮았다(Fig 12).

#### 5) Cr

승기천 하상퇴적물에 존재하는 총 Cr의 농도(step1부터 step4까지 포함)는 평균 19mg/kg이고, 정점 S-8에서 최고 68mg/kg, 승기천의 최상류 지점인 S-1에서 최저 1mg/kg를 나타냈고, 존재 형태별로는 Exchangeable fraction에서 S-7과 S-8에서 만 0.7, 1.5mg/kg로 검출되었고, 나머지 지점들에서는 검출되지 않았으며, 전체 함량 중 평균 0.3%로 다른 중금속 항목들 보다 Exchangeable fraction이 적게 나타났다. 대부분의 Cr이 Oxidizable 상태로 존재하며 평균 함량이 52%로 나타났다(Fig 13).

#### 6) Pb

승기천 하상퇴적물에 존재하는 Pb의 농도(step1부터 step4까지 포함)는 평균 30mg/kg이고, 정점 S-5에서 최고 56mg/kg, 승기천의 최상류 지점인 S-1에서 최저 19mg/kg를 나타냈고, 존재 형태별로는 수층으로 재 용출될 수 있는 Exchangeable fraction은 승기천의 하류 구간인 S-10과 S-12, 13에서 각각 4.4, 1.9, 1.6으로 높게 나타났으며, 전 지점의 평균 Exchangeable fraction 존재비는 4%로 비교적 낮았고, Reducible, Oxidizable fraction이 각각 51, 35%로 합계 86%로 대부분을 차지해서 혐기성 환경이 되면 Pb이 용출될 가능성이 높다(Fig 13).

#### 7) Hg

승기천 하상퇴적물에 존재하는 Hg의 농도

(step1부터 step4까지 포함)는 평균 0.182mg/kg이고, 정점 S-6에서 최고 203mg/kg, 승기천의 최상류 지점인 S-1에서 최저 0.149mg/kg를 나타내어 지점별 Hg 함량의 편차가 적었다. 존재 형태별로는 Exchangeable, Reducible, Oxidizable, Residue fraction이 각각 18, 27, 27, 27%로 비교적 균일하게 분포되어 있었다(Fig 13).

#### 8) As

승기천 하상퇴적물에 존재하는 As의 농도(step1부터 step4까지 포함)는 평균 0.700mg/kg이고, 정점 S-11에서 최고 1.520mg/kg, S-12에서 최저 0.429mg/kg를 나타냈다. 존재 형태별로는 Exchangeable, Reducible, Oxidizable, Residue fraction이 각각 9, 15, 8, 67%로 일반적으로 자연적인 수환경에서 용출될 가능성이 매우 낮은 형태인 Residue fraction이 가장 높았다(Fig 13).

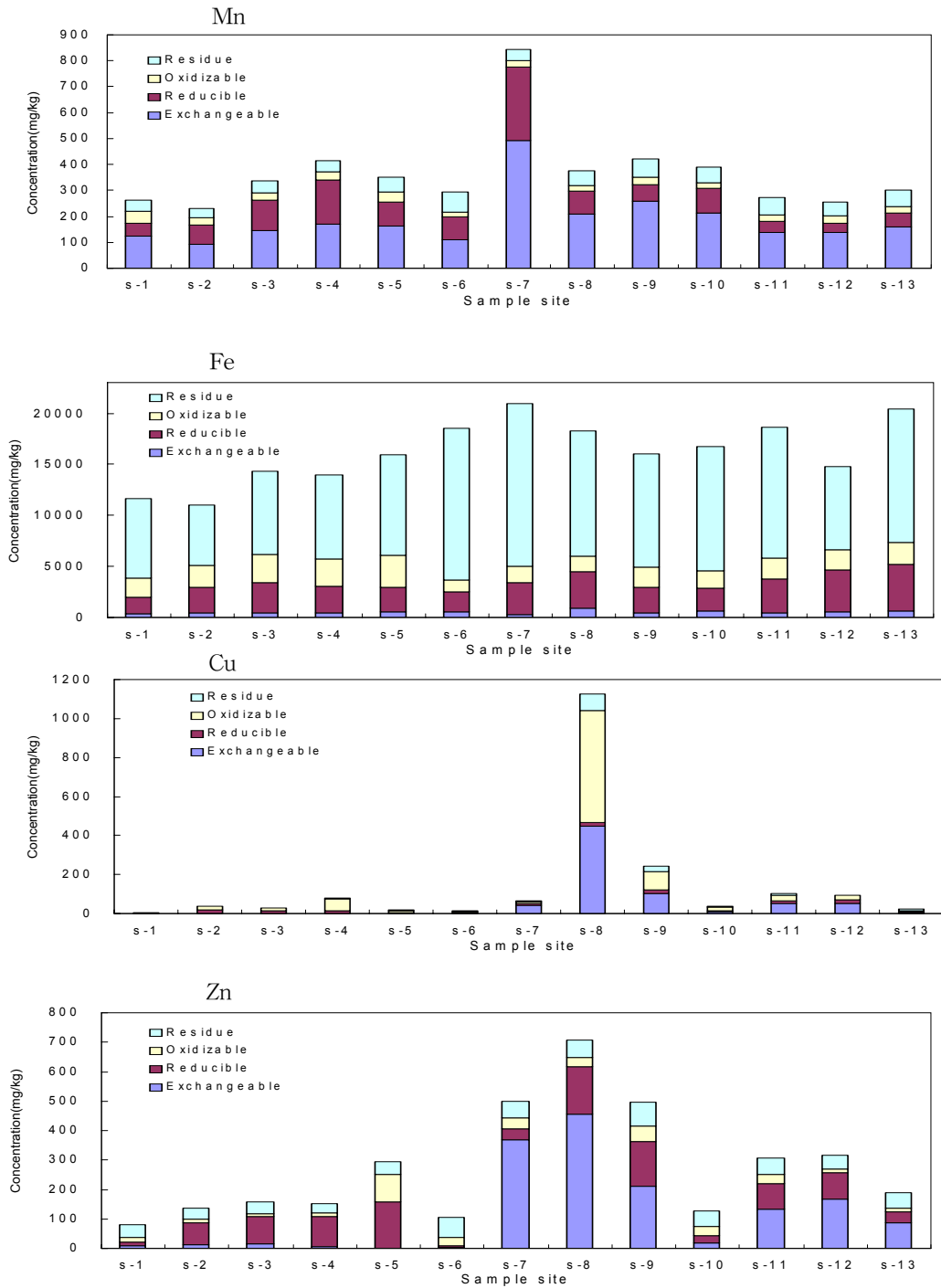


Fig 12. Partitions of sequential extracted Mn, Fe, Cu, Zn concentrations of stream sediments in Seungki stream.



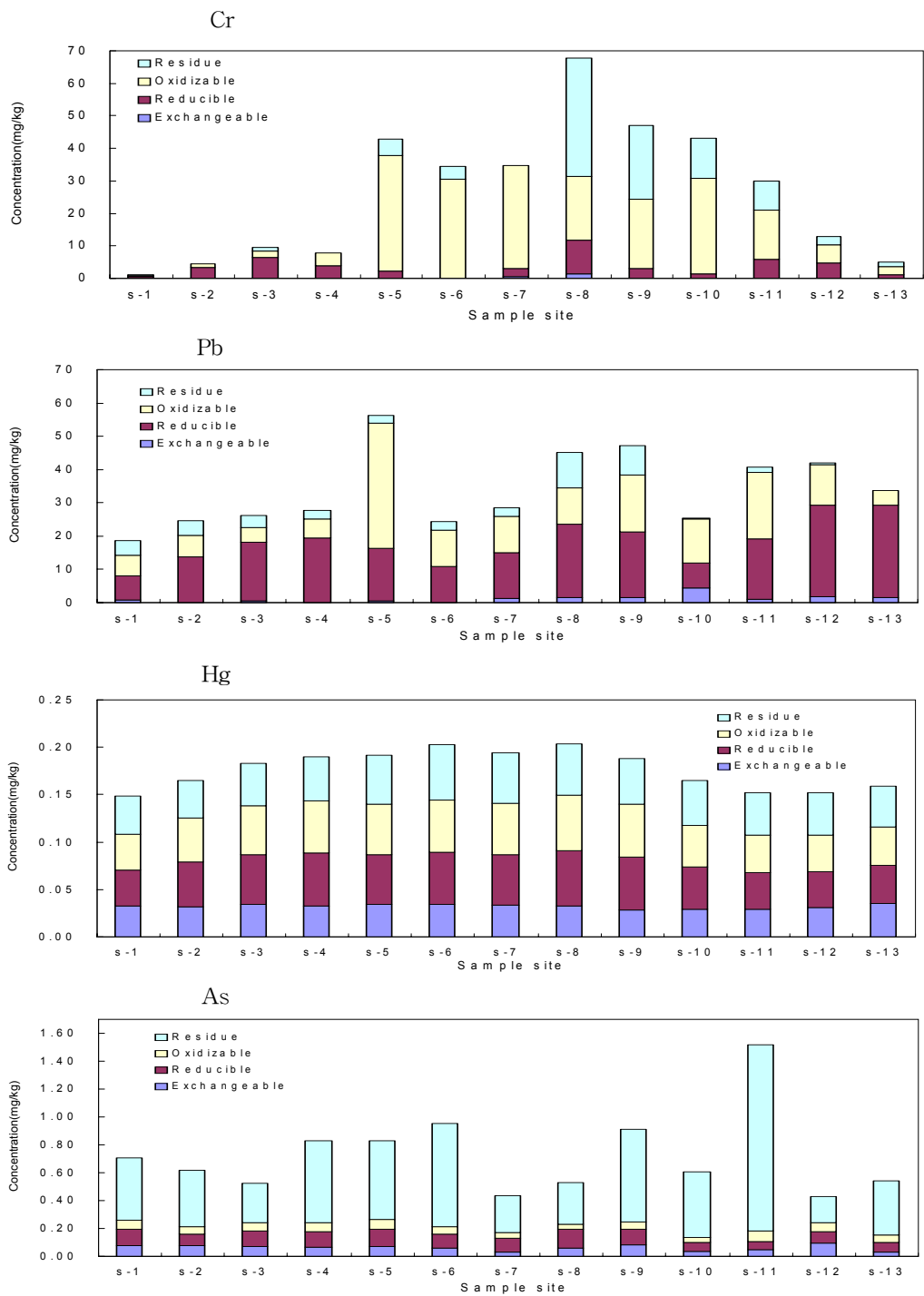


Fig 13. Partitions of sequential extracted Cr, Pb, Hg, As concentrations of stream sediments in Seungki stream.

### III. 결 론

본 연구는 1단계로 인천지역 10개 하천과 3개 유수지의 퇴적물, 2단계로 승기천 정밀조사를 위해 상류부터 하류로 13개 지점의 하상퇴적물을 채취하여 퇴적물의 부식화도, 유기물 함량, 영양염류 및 중금속의 존재형태별 함량 등을 조사한 결과는 다음과 같다.

1. 하상퇴적물의 COD, TOC, LOI는 승기천의 하천수가 최종적으로 유입되어 저류되는 남동유수지가 가장 높은 수치를 보였으며, 다음으로 생활하수가 많이 유입되는 굴포천, 송현천이 높았으나, 장수천의 하상퇴적물이 가장 낮은 값을 나타냈다.

2. 영양염류중 T-N은 남동유수지, 장만수천이 높았고, T-P는 승기천과 학익천이 다른 하천보다 크게 높았다.

3. 퇴적물의 부식화도는 장만수천, 일도 및 남동유수지를 제외하고는 전 하천에서 Polyhumic으로 나타났고, 또한 승기천 13개 전 지점의 상, 중, 하층의 퇴적물도 Polyhumic 상태 유기물의 분해가 거의 완료된 상태로 존재함을 알 수 있었다.

4. COD와 LOI, COD와 TOC, TOC와 LOI의 상관계수는 0.90, 0.89, 0.82로 유의한 양의 상관관계를 나타냈다. T-N과 TOC는 0.95로 높은 상관성을 보였으나, T-N과 T-P는 -0.16으로 상관도가 낮았다.

5. Hg, Pb, Cu, Zn 및 Cr은 COD, LOI, TOC 등과 유의한 양의 상관성을 보였다. 또한 중금속 원소들 간에서도 Hg-Pb-Cu-Zn-Cr은 서로 간 유의한 양의 상관성을 나타냈다.

6. 승기천의 하상퇴적물의 중금속 중 Mn, Zn, Cu, Pb, Hg은 수환경 변화에 민감한 Exchangeable, Reducible fraction이 많은 부분을 차지하였으며, Cr은 대부분이 Oxidizable 상태로, Fe, As는 일반적으로 자연적인 수환경에서 용출될 가능성이 매우 낮은 형태인 Residue

fraction이 가장 높았다.

7. 승기천의 하상퇴적물 오염도는 남동공단이 인접한 중류지역이 가장 높고, 다음으로 하류지역이 높았고, 상류지역은 비교적 낮았다.

### IV. 참고 문헌

1. 김경웅, 이현구, 1996, 대전지역 하천수 및 하상퇴적물에서의 중금속오염, 한국자원공학회지, vol, 33, p. 266-273.
2. 식품의약품안전청, 식품공전, 제7.일반시험법, 1.일반성분시험법, 3)질소화합물
3. 이창희, 김은정, 1998, 호소 및 하천 오염퇴적물 관리방안, 한국환경정책·평가연구원, KEI/ 1998 기본과제 연구보고서, p. 27, 37.
4. 이창희, 유혜진, 2000, 수저퇴적물 환경기준 개발에 관한 연구, 한국환경정책·평가연구원, KEI/2000 연구보고서, p. 29-118.
5. 일본약학회편, 1995, 衛生試験法・註解, 金原出版株式會社, p. 1195.
6. Hakanson, L. and M. Jansson, 1983. Principles of lake sedimentology. Springer-Verlag, Berlin, p. 316.
7. Thornton, I. 1983. Applied Environmental Geochemistry, Academic Press, 501.

# 누락 폐수의 적정처리 방안에 관한 연구

하현섭<sup>1)</sup>·허점건<sup>1)</sup>·김현주<sup>1)</sup>·박은경<sup>1)</sup>·이영주<sup>1)</sup>·김창균<sup>2)</sup>  
산업폐수과<sup>1)</sup>·인하대 환경공학과, 인천지역환경기술개발센터용역 공동연구사업<sup>2)</sup>

## A Study on The appropriate treatment Plan of Trust Wastewater

H.S.Ha<sup>1)</sup>·J.K.her<sup>1)</sup>·H.J.Kim<sup>1)</sup>·E.K.Park<sup>1)</sup>·Y.J.Lee<sup>1)</sup>·C.k.Kim<sup>2)</sup>  
Division of Industrial Water<sup>1)</sup>

Inha Univ Environment Department, Cooperation investigation with Incheon Regional  
Environmental Technology Development Center<sup>2)</sup>

### Abstract

The optimum coagulation condition of raw wastewater, the efficiency and malodor from each wastewater treatment process in four wastewater treatment facilities and one direct incineration facility in Incheon were investigated.

The floc made by a chemical coagulation in the process of neutralization of wastewater was precipitated and removed from wastewater. In case of low concentration and general wastewater, organic matter and suspended solids were removed by simple coagulation and precipitation. The treatment efficiency of wastewater from photographic industry with high concentration of nitric acid and phosphorus was increased by Fenton process.

In case of fiduciary wastewater treatment facility, the CODcr of condensed wastewater after the decompression condensation process was 940.9 ~ 4,260.1mg/ℓ. But in case of recycling system, CODcr was 69.6 ~ 808.6mg/ℓ. The CODcr of discharging water was 15.7 ~ 167.9mg/ℓ.

The ammonia concentration was the highest among the 15 malodor items analyzed from each wastewater treatment process. Also trimethylamine, toluene, and m, p, o-xylene were detected but were in the under the detection limit.

## I. 서 론

현재 인천 지역에서 수탁 처리되고 있는 폐수는 2005년 기준으로 34 개 위탁 처리업체에 의하여 약 22만 톤이 처리되고 있으며, 폐수의 특성은 도금, 중금속, 실험실, 폐산, 폐알칼리, 염색, 피혁, 사진, 인쇄, 관망세척 폐수 등 매우 다양한 조성 및 특성을 나타내고 있다. 이 가운데 약 53%에 해당하는 11.6톤의 폐수가 그 특성이 명확히 밝혀지지 않은 불특정 혼합 폐수이다. 특히 염색, 도금, 피혁 폐수 및 불특정 혼합 폐수의 경우 일반적인 화학 응집, 감압증류, 비점분리, 생물학적 처리 및 활성탄 흡착 등의 방법으로 효율적으로 처리하려고 노력하고 있다.

처리 공정 중 무방류 방식 및 소각 방식의 경우 처리 과정에서 발생하는 멸균탄류, 암모니아, 각 휘발성 유기물질(VOCs) 등이 대기로 방출되어 2차적인 오염 문제 및 심각한 악취 발생원으로 작용하고 있다. 따라서 본 연구에서는 대표적인 사업장의 저장시설 및 처리시설의 운영 관리 실태와 공정별 진단을 통하여 악취발생을 최소화할 수 있는 복합적인 공정 구성과 제도적 개선 대책을 제안하고자 한다.

인천시의 악취 민원 건수는 해마다 감소하고 있으나 타 시·도와 비교하여 볼 때 여전히 전국 최고의 수준을 기록하고 있다. 특히 인천 서구 지역은 대부분의 수탁처리업체가 집중되어 있어 항상 악취 발생에 취약한 지역으로 알려져 있다. 따라서 이러한 악취 문제를 해결하기 위하여 1998년 인천시는 악취종합대책 수립을 위한 기초 조사를 수행하였고, 2000년 환경부는 인천 서구지역에 대한 상세 악취 조사를 실시하였다. 2003년 인천시 지역환경연구센터는 인천지역특성을 고려한 배출시설별 오염물질 발생 및 처리방안에 대한 연구를 통하여 악취의 주요 배출원인 수탁폐수의 특성 및 처리 방안에 대한 조사를 실시하였다. 한편 2004년에는 동 센터를 통하여 인천 서구지역 악취 배출원

조사 및 저감 방안 연구를 수행하여 서구지역에 위치한 수탁폐수처리업체로 인한 악취 발생의 문제점 및 해결 방안을 심도 있게 조사하였다. 이와 더불어 2005년에는 인천지역환경연구센터에서 지원하는 환경흡타터 제도의 일환으로 인천시 서구 소재 H업체의 공정이 악취를 저감할 수 있는 공정으로 개선되도록 지원하였다. 이와 같은 일련의 과업을 통하여 현재 인천시 지역의 악취 민원이 감소하고 있는 실정이다. 그러나 여전히 폐수처리 설비의 운영 관리 및 시설의 고장, 고부하 처리, 보관상의 문제 및 시설의 노후화로 악취 발생이 문제가 되고 있는 실정이다. 이와 더불어 매우 다양한 특성을 나타내는 불특정 복합 폐수가 인천시 소재 수탁처리업체에 위탁되어 처리되고 있으나 34 개 업체별 처리 공정이 다양하고 복잡하여 폐수 특성별로 처리 공정을 표준화하기 어려운 실정이다. 따라서 본 연구는 수탁폐수처리 설비로부터 발생하는 악취문제를 최소화하는 동시에 다양한 특성을 나타내는 폐수를 효율적으로 처리할 수 있는 최적의 방안을 도출하고자 한다. 이와 동시에 처리 시설의 효율적인 관리 및 운영을 통한 악취 저감을 위한 제도적인 개선 사항을 제시하고자 한다.

## II. 실험방법

### 2.1 연구대상 업체 선정

인천지역에는 총 34개의 폐수처리업체가 운영 중에 있으며 전국 발생 폐수 중 약 44%를 처리하고 있다. 사진폐수 등 폐수 중 유용한 금, 은 등 유용한 물질을 회수하는 재이용 업체가 15개, 폐산 및 폐알칼리 등 악성 폐수를 처리하는 수탁폐수처리업체가 4개 그리고 수탁 및 재이용을 동시에 운용하고 있는 업체가 15개소에 달하고 있다. 먼저 과거 문헌 조사 및 현지답사 등을 통하여 5개의 연구대상 업체를 선정하였다.

즉, 가장 효율적으로 재이용 및 수탁폐수처리를 수행하고 있는 업체를 5개 선정하였다. 이와 더불어 과거로부터 계속 악취 문제의 발생 소지로 논란이 되어 왔던 직접 증발 농축 공정을 운영하고 있는 업체를 비교 대상 업소로 선정하였다. 인천 지역 전체 수탁폐수처리 업체에 대한 업종, 운영실태, 폐수처리방법, 주요 오염물질 및 운영상의 문제점을 간략히 다음과 같이 정리하였다.

우선 현황을 살펴보면 대부분 과거 공장 설립 시 건설된 시설을 기준으로 운영되고 있어 부지가 협소하다. 시설의 증축 및 개선을 위한 부지 내 여유 면적이 협소하여 적절한 공정의 배치나 증설할 수 있는 공간이 부족한 문제가 있다. 한편 직접가열에 의한 악취 발생 문제는 이미 알려져 있는 문제이지만 실제로 현재 심각하게 문제가 되고 있는 것은 업체에 따라서 감압증발농축 + 생물학적 시설 혹은 직접가열 + 증발농축 + 생물학적 시설 그리고 고온산화 + 증발농축 + 비점분리기 + 역삼투막 공정으로 증설 및 개선하더라도 각 공정의 처리 단계에서 악취가 발생하고 있다. 특히 슬러지 건조기 및 농축기 그리고 원폐수의 저장시설에서 악취가 여전히 발생하고 있다.

재이용 폐수 업체의 경우 15개 업체 중 한 개의 업체를 제외하고 모두 고온산화 처리를 하고 있어 악취 문제가 발생되고 있다. 특히 왕수(염산:질산)에 의한 유가금속의 용해과정 중 고온 반응 조건에 의하여 산성가스가 발생한다. 이는 황성탄 및 스크리버에 의하여 제거되도록 설계되어 있으나 효율적으로 처리되지 못하고 대기 중으로 방출되어 악취문제를 야기하고 있다. 나머지 유일하게 단 한 개의 업체만이 감압 증발 농축 시설을 운영하여 이와 같은 산성가스에 의한 악취발생 문제를 방지하고 있다.

## 2.2 시험방법

### 2.2.1 공정별 처리효율

처리시설별 5개 사업장에 대한 원수 및 처리

공정별 처리수에 대하여 3회 79건에 대하여 COD(Mn), (Cr)법, BOD, SS를 수질오염공정시험방법에 준하여 시험하였다.

### 2.2.2 전처리 응집 조건 실험

#### 2.2.2.1 일반응집 조건

5개 사업장 원수 15건에 대하여 pH를 일정하게 조정한 후  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 를 이용하여  $\text{Fe}^{2+}$  농도를 순차적으로 주입하고 고분자 응집제( $1\text{mg}/\ell$ )를 가하여 Jar Test를 실시하였다.

#### 2.2.2.2 펜톤산화

펜톤산화에 적합한 pH로 조정한 후  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 를 이용하여  $\text{Fe}^{2+}$  농도와  $\text{H}_2\text{O}_2$ 의 농도를 5:1의 비율로 순차적으로 1시간 반응시킨 후 5N NaOH를 이용하여 pH를 7로 중화시킨 후 고분자 응집제( $1\text{mg}/\ell$ )를 주입하여 완속 교반조건에서 10분간 혼합하였다.

### 2.2.3 공정별 악취 검사

5개 사업장에 대하여 2차에 걸쳐 15개 항목 16건을 대기오염공정시험방법에 준하여 실시하였다.

## Ⅲ. 결과 및 고찰

### 3.1 폐수처리 공정 진단

2005년 10월 11월 12월 모두 3차례에 걸쳐 연구 대상 업체의 주요 공정별 시료의  $\text{COD}_{\text{Mn}}$ ,  $\text{COD}_{\text{Cr}}$ , BOD, SS 등을 분석하여 각 공정의 적정 처리 여부를 조사하고자 하였다.

업체에서 관리하고 있는 원폐수의 분류상 저농도와 고농도의  $\text{COD}_{\text{Cr}}$ 을 분석해 보면 저농도로 분류된 산, 알칼리, 일반계 폐수의 농도가 고농도의 그 것보다 매우 높게 나타났다. 한편 화학응집 후 생물학적 폐수 처리 장으로 유입되는 처리수의  $\text{COD}_{\text{Cr}}$ 은  $1,000 \text{ mg}/\ell$  이하가 되어야 미생물에 의하여 효율적으로 처리될 수

있다. 그러나 3회에 걸쳐 측정된  $COD_{Cr}$ 은 모두  $1,000mg/\ell$  이상으로 나타났다. 3차 조사 시 생물학적 처리 후 농도는  $3,040mg/\ell$ 로 나타나 처리수의 농도가 비이상적으로 높았다. 이는 결국 흡착 여과 시설에 높은 부하를 주게 되어 흡착 여재의 조기 교환, 여과지 폐색, 여과지 수리학적 부하의 급작스런 증가를 초래한다. 동시에 처리수의 수질 저하를 유발한다.

폐수의 생물학적 처리 가능성을 진단하기 위하여  $BOD/COD_{Cr}$ 비를 결정하였다. 통상 그 비가 0.5이상일 경우 생물학적으로 용이하게 처리 가능하다고 판단할 수 있다. 1~3차에 걸친 조사 결과 그 비는 0.55~1.32로 매우 높게 나타나서 생물학적 공정으로 충분히 처리 가능함을 알 수 있었다. SS의 경우 저농도와 고농도의 구분이 불분명한 것으로 나타났다. 고농도의 경우

최대  $9,511mg/\ell$ 까지 측정된 반면 저농도의 경우 최대  $2,284mg/\ell$ 로 분석되어 저농도와 고농도의 폐수 분류 방식에 문제가 있는 것으로 나타났다. 즉 저농도와 고농도의 분류에 따라 업체에 따라서는 처리 공정이 변경된다. 주로 저농도의 경우 폐수처리 공정에 따라 처리되지만 고농도의 경우 고온 산화방식에 의하여 처리되어 악취 발생의 원인이 될 수 있다. 따라서 원폐수의 정확한 분류가 폐수 수집 및 저장 단계에서 선행되어야 한다.

H사의 경우 감압 농축 후 연계되는 저비점 분리 공정의 처리 효율이 매우 낮게 나타났는데, 이는 감압농축 후 응축수의  $COD_{Cr}$ 가 상대적으로 높을 경우 완충작용을 하는 공정으로 응축수의  $COD_{Cr}$ 가 낮아 생긴 원인으로 생각된다.

Table 1. The analytic results of wastewater composition by process in S company.

(단위:  $mg/\ell$ )

구분 항목	시점명	원 수 (저농도)			원 수 (고농도)	화학처리 (저농도)	응축수 (저농도)	응축수 (고농도)	응축수	화학 처리	생물 처리	방류 수
		산	알칼리	일반	혼합	응집 침전	감압 농축	감압 농축	혼합	응집 침전	폭기	여과
COD (Cr)	1차	28,679.3	21,335.3	36,525.2	38,671.6	12,408.0	940.9	3,619.0	2,543.6	1,173.6	90.3	55.2
	2차	19,439.2	20,266.4	31,433.6	16,647.4	5,583.6	2,013.7	3,794.8	3,650.0	2,026.6	128.6	47.6
	3차	32,260.8	20,597.3	1,792.3	19,646.0	8,023.8	2,771.1	4,260.1	4,260.1	3,654.2	3,040.0	75.3
	평균	26,793.1	20,733	23,250.4	24,988.4	8,671.8	1,908.6	3,891.3	3,484.6	2,284.8	1,086.3	59.4
COD (Mn)	1차	4,897.1	7,146.9	1,516.0	7,040.0	4,460.0	736.0	1,208.0	904.0	724.0	45.3	26.3
	2차	5,213.3	9,440.0	7,560.0	7,900.0	3,013.3	950.0	1,795.0	1,920.0	1,388.0	63.3	22.0
	3차	6,213.3	7,200.0	696.0	8,660.0	3,220.0	1,448.0	1,805.0	1,300.0	1,280.8	1,260.0	31.4
	평균	5,441.2	7,929.0	3,257.3	7,866.7	3,564.3	1,044.7	1,602.7	1,374.7	1,130.7	456.2	26.6
BOD	1차	1,859.2	5,843.0	3,500.7	7,566.2	2,507.2	1,297.2	2,315.2	1,804.2	1,144.2	127.5	8.7
	2차	3,331.7	4,391.5	3,047.0	5,426.0	2,204.2	1,460.5	2,162.2	2,018.2	1,534.3	17.8	3.9
	3차	1,262.6	6,065.0	3,414.7	3,826.1	3,191.9	1,923.7	2,315.9	2,381.9	2,022.5	2,068.1	3.7
	평균	2,151.2	5,433.2	3,320.8	5,606.1	2,634.4	1,560.5	2,264.4	2,068.1	1,567.0	737.8	5.4
SS	1차	8,862.1	3,367.1	3,703.8	1,535.0	580.0	3.6	26.0	35.0	29.0	24.0	11.6
	2차	9,511.4	2,561.1	15,180.0	1,896.0	256.0	18.0	17.6	7.5	23.2	20.2	16.4
	3차	22,326.7	3,600.0	2,252.0	2,284.2	148.1	1.5	22.4	27.6	27.1	62.5	31.6
	평균	13,566.7	3,176.1	7,045.3	1,905.1	328.0	7.7	22.0	23.4	26.4	35.6	19.9

Table 2. The analytic results of wastewater composition by process in H company

(단위: mg/l)

구분 항목	시설명	원 수						화학 처리	응축수	저비점	방류수
		산	알칼리	실험실	현상	일반	도금	응집 침전	감압 농축	저비점 분리	RO
COD (Cr)	1차	18,692.7	20,515.7	3,843.9	24,147.1	16,328.4	13,254.6	10,719.1	2,336.8	2,078.3	49.3
	2차	10,174.6	16,833.5	5,704.2	116,221.6	35,517.9	12,242.6	11,642.8	2,494.0	2,672.9	68.0
	3차	29,641.3	44,393.1	4,797.8	67,554.7	20,886.8	23,626.9	20,762.7	1,127.1	1,207.7	167.9
	평균	19,502.9	27,247.4	4,782.0	69,307.8	24,244.4	16,374.7	14,374.9	1,986.0	1,986.3	95.1
COD (Mn)	1차	9,468.5	1,137.5	1,324.8	17,020.0	7,974.2	6,635.0	5,506.7	720.0	690.0	12.3
	2차	5,186.7	8,940.0	3,544.0	49,866.7	12,314.3	5,546.7	5,360.0	752.0	882.0	29.1
	3차	11,028.6	22,266.7	1,880.0	41,120.0	12,857.1	10,857.1	8,280.0	313.3	314.7	29.7
	평균	8,561.3	10,781.4	2,249.6	36,002.2	1,1048.5	7,679.6	6,382.2	595.1	628.9	23.7
BOD	1차	6,684.1	5,931.2	1,469.3	6,647.1	17,590.7	5,876.0	6,451.4	1,416.5	1,290.5	8.4
	2차	1,620.5	2,091.7	1,540.9	7,917.4	20,241.7	6,071.7	6,800.5	1,482.0	1,818.0	35.0
	3차	14,352.9	16,445.8	1,233.6	5,255.8	8,532.9	6,425.0	11,412.9	463.7	724.5	23.3
	평균	7,552.5	8,156.2	1,414.6	6,606.8	15,455.1	6,124.2	8,221.6	1,120.7	1,277.7	22.2
SS	1차	8,560.5	5,364.7	3,852.8	980.0	2,365.6	6,536.4	265.0	0.4	2.0	8.5
	2차	3,433.3	360.0	193.3	240.0	902.5	337.5	132.5	2.0	0.8	4.9
	3차	212.0	9,900.0	333.3	97.6	448.0	68.0	34.0	1.6	0.8	0.8
	평균	4,068.6	5,208.2	1,459.8	439.2	1,238.7	2,314.0	143.8	1.3	1.2	4.7

Table 3. The analytic results of wastewater composition by process in W company

(단위: mg/l)

구분 항목	시설명	원 수			화학처리	고온산화
		도금	중금속	일반	응집침전	직접연소
COD (Cr)	1차	-	92,139.5	196,553.3	13,959.0	
	2차	-	-	-	-	
	3차	-	-	221,965.3	98.0	
	평균		92,139.5	209,259.3	7,028.5	
COD (Mn)	1차	-	13,159.4	28,540.6	9,320.0	
	2차	-	-	-	-	
	3차	-	-	25,750.0	60.4	
	평균		13,159.4	27,145.3	4,690.2	
BOD	1차	-	11,281.0	55,423.0	1,866.2	
	2차	-	-	-	-	
	3차	-	-	53,528.9	38.3	
	평균		11,281.0	54,476.0	952.3	
SS	1차	-	303.2	603.4	286.7	
	2차	-	-	-	-	
	3차	-	-	5,494.7	15.4	
	평균		303.2	3,049.1	151.1	

Table 4. The analytic results of wastewater composition by process in W company

(단위: mg/ℓ)

항목	구분 시설명	원 수			화학처리	증발농축
		일반금속	산	기타	응집침전	간접가열
COD (Cr)	1차	2,154.5	2,392.6	4,138.5	16,750.8	
	2차	3,956.8	4,439.3	16,171.8	3,753.4	
	3차	—	—	2,357.5	1,923.2	
	평균	3,055.7	3,416.0	7,555.9	7,475.8	
COD (Mn)	1차	1458.0	1,252.0	1,521.3	5,853.3	
	2차	1,980.0	2,180.0	5,026.7	1,742.2	
	3차	—	—	1,436.0	918.0	
	평균	1,719.0	1,716.0	2,661.3	2,837.8	
BOD	1차	241.2	213.1	460.1	3,048.6	
	2차	201.1	157.8	1,018.5	1,192.4	
	3차	—	—	—	372.4	
	평균	221.2	185.5	739.3	1537.8	
SS	1차	182.2	201.2	666.6	396.0	
	2차	274.0	3,570.0	8,145.0	25.3	
	3차	—	—	800.0	30.0	
	평균	228.1	1,885.6	3,203.9	150.4	

Table 5. The analytic results of wastewater composition by process in B company

(단위: mg/ℓ)

항목	구분 시설명	원 수	화학처리	응축수	방류수
		금, 은 세척	응집침전	증발농축	응집침전
COD (Cr)	1차	2,088.7	1,227.0	808.6	30.7
	2차	1,056.7	1,134.8	190.4	15.7
	3차	617.8	835.5	69.6	56.6
	평균	1254.4	1065.8	356.2	34.3
COD (Mn)	1차	910.0	493.3	183.6	18.7
	2차	450.0	629.3	85.2	8.3
	3차	337.0	537.3	49.5	16.8
	평균	565.7	553.3	106.1	14.6
BOD	1차	—	38.6	227.9	18.5
	2차	—	55.8	63.2	3.9
	3차	—	78.2	43.1	12.6
	평균	—	57.5	111.4	11.7
SS	1차	18.7	9,153.3	2.8	3.6
	2차	17.6	3,300.0	5.2	6.2
	3차	33.7	1,885.4	3.5	14.0
	평균	23.3	4,779.6	3.8	7.9



W 환경의 경우 직접 연소에 의하여 폐수를 처리하는 업체이다. 일반 폐수로 분류되는 원폐수의 COD<sub>Cr</sub>농도가 앞서 설명한 두개의 수탁폐수 처리 업체 보다 매우 높은 221,965 mg/ℓ에 달하는 것으로 나타났다. 즉 원폐수의 농도가 과도하게 높을 경우 위와 같은 직접 연소에 의한 방법 밖에 처리 수단이 없음을 간접적으로 판단할 수 있다. 주지하는 바와 같이 직접 연소는 매우 다량의 높은 농도의 악취 물질을 발생시키는 것으로 알려져 있다. 따라서 향후 그 처리공정을 앞서 예를 든 2개의 수탁폐수 처리 업체와 유사하게 변경해 갈 경우 이와 같은 고농도의 폐수 처리에 대한 적절한 처리 방안을 마련해야 할 것이다. 한 가지 대안으로서 일정 농도 이상을 나타내는 폐수를 위탁하여 처리하는 것을 제도적으로 금지하여야 할 것이다. 혹은 비이상적으로 고농도의 폐수를 처리하고자 할 경우 감독기관의 허가를 얻어 해당 폐수에 대한 최적 처리 조건을 먼저 도출 한 후 그 폐수를 수탁하여 처리하도록 하여야 한다.

W사의 경우 1차 조사 시 응집 침전 후 조사 항목의 각 농도가 모두 원수보다 높은 것으로 나타났다. 2, 3차 조사 시 응집 침전 처리 후 조사 항목의 농도가 저하되었다. 응집 침전 처리수는 곧바로 간접 가열 방식에 의하여 증발 처리된 후 스크러버를 거쳐 처리되어 대기 중으로 방출되었다. 당 업체의 경우 각 공정이 전체적으로 하우징 되어 밀폐되어 운전되고 있었으며 각 해당 공정 또한 밀폐형으로 운전되었다. 이와 같은 밀폐 운전을 하더라도 발생하는 악취는 하우징 내에 설치되어 있는 다공성판을 통하여 방출되는 탈취제에 의하여 제거되었다. 조사 대상 업체 중 가장 양호하게 악취 저감을 위한 처리 공정의 운영 및 조치를 취하고 있는 것으로 나타났다.

대부분의 재이용 업체가 발생하는 폐수를 직접 연소에 의하여 처리하고 있다. 그러나 B사의 경우 발생하는 폐수를 감압 증류에 의하여 처리 한 후 그 응축수를 다시 응집 침전하여

처리함으로써 악취 발생을 저감하는 공법을 채택하고 있다. 따라서 근본적인 악취 발생 방지를 위해서는 현재 재이용 업체에서 통상적으로 적용하고 있는 폐수의 직접 연소 방식을 통한 처리를 제한하고, 대신 증발 농축 후 응집 침전에 의하여 처리하는 방식으로 변경하여야 할 것이다.

## 3.2 전처리(응집) 조건 실험

### 3.2.1 H사 산성폐수와 알칼리성폐수의 혼합

H사 산성폐수의 pH는 1.13이고 알칼리성폐수의 pH는 10.93으로 이것을 1:11의 비율로 혼합하여 pH를 7.17로 중화시킨 후, FeSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O를 이용하여 Fe<sup>2+</sup>의 농도를 순차적으로 주입하고 고분자 응집제를 1 mg/ℓ을 가하여 Jar test를 실시하였다. Jar test는 급속교반 5분, 완속교반 15분, 침전 30분으로 실시되었으며 침전 후에 상등수를 채취하였다. 각 응집제 주입 조건에 따른 상등수의 COD<sub>Mn</sub>의 분석결과는 다음과 같다.

Fig. 1.에 나타낸 바와 같이 Fe<sup>2+</sup>의 농도가 5,000 mg/ℓ 이상일 경우 해당 폐수가 최적으로 제거되었으며, 이 때 COD<sub>Mn</sub>, COD<sub>Cr</sub>, BOD 및 SS 농도는 Table 6.과 같다. 실제 폐수처리 시설에서 응집 공정의 운영은 조업자의 자율적인 선택에 따라 응집 조건이 결정되어 매우 비효율적인 것으로 판단되었다. 따라서 폐수의 특성별 최적 응집 조건의 결정은 응집 처리 후 뒤따르는 후단의 공정에 미치는 부하 감소 및 악취 저감을 위한 효율적인 공정의 운영을 위하여 반드시 선행되어야 한다.

Table 6. The analytic results of treated water of acid and alkalic wastewater by appropriate treatment condition in H company.

(단위: mg/ℓ)

	COD <sub>Mn</sub>	COD <sub>Cr</sub>	BOD	SS
초기조건	8,627	16,278	2,052	616
최적조건	6,920	12,769	1,682	430
제거율(%)	20	22	18	30

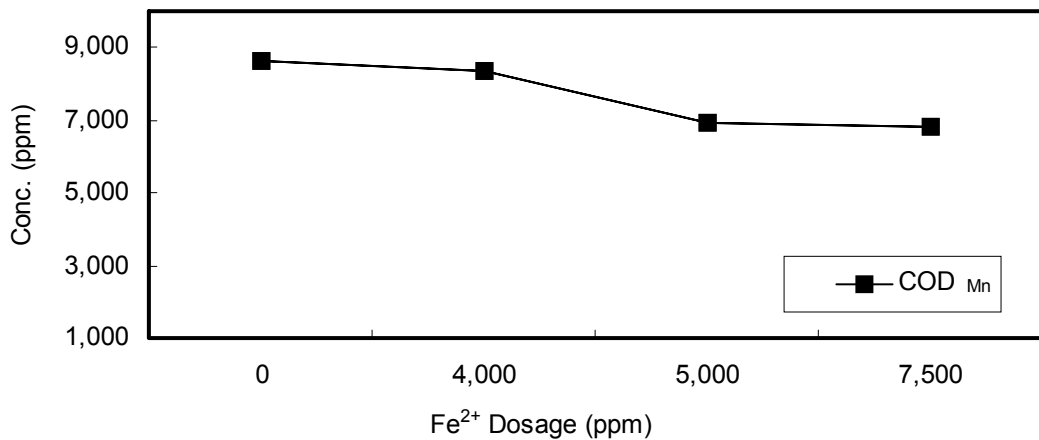


Fig. 1. The experimental results of cohesion sedimentation after neutralization of acid and alkalic wastewater in H company.

### 3.2.2 H사 기타 일반폐수

pH가 5.54 인 폐수에 별도의 pH 조절 없이  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 를 이용하여  $\text{Fe}^{2+}$ 의 농도를 순차적으로 주입하고 고분자 응집제를 1 mg/ℓ 가하여 Jar test를 실시하였다. Jar test는 급속교반 5분, 완속교반 15분, 침전 30분으로 실시되었으며 침전 후에 상등수를 채취하여  $\text{COD}_{\text{Mn}}$ 를

분석하여 최적 응집 조건을 결정하였다.

Fig. 2.에 나타낸 바와 같이  $\text{Fe}^{2+}$ 의 농도가 3,000 mg/ℓ 이상에서 가장 낮은  $\text{COD}_{\text{Mn}}$  농도가 측정되어 해당 폐수의 최적 응집 조건임을 알 수 있었으며, 주어진 최적조건에 따른  $\text{COD}_{\text{Mn}}$ ,  $\text{COD}_{\text{Cr}}$ , BOD 및 SS의 농도를 Table 7.과 같이 분석하였다.

Table 7. The analytic results of treated water of common wastewater by appropriate cohesion sedimentation condition in H company.

(단위: mg/ℓ)

	$\text{COD}_{\text{Mn}}$	$\text{COD}_{\text{Cr}}$	BOD	SS
초기조건	12,314	35,518	20,242	903
최적조건	8,860	25,538	15,878	600
제거율(%)	28	28	22	34

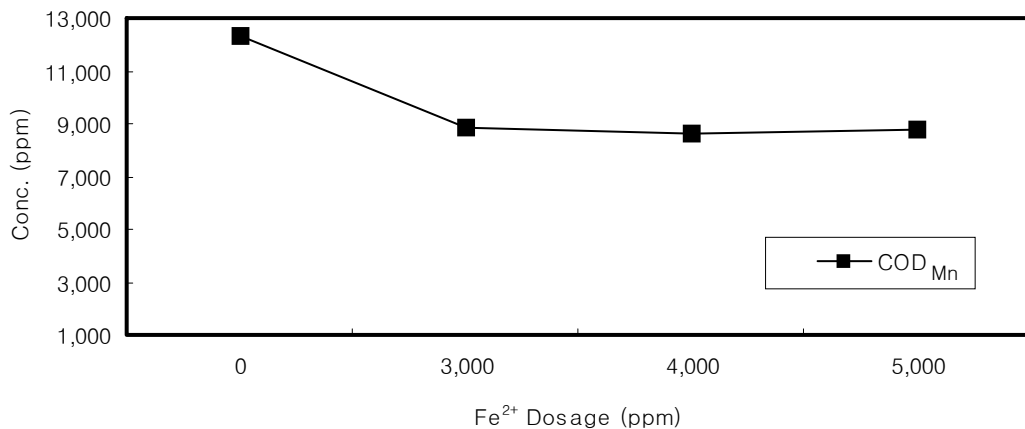


Fig. 2. The experimental results of cohesion sedimentation of common wastewater in H company.

### 3.2.3 H사 사진현상 폐수

#### 3.2.3.1 $\text{Fe}^{2+}$ 와 고분자 응집제를 이용한 응집

H사 사진 현상 폐수는 유기물의 농도가 매우 높은 폐수로써 pH는 7.24이다. 이 폐수에 별도의 pH 조절 없이  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 를 이용하여  $\text{Fe}^{2+}$ 의 농도를 3,000 mg/ℓ에서 30,000 mg/ℓ 까지 순차적으로 주입하고 고분자 응집제 1mg/ℓ을 넣어 Jar test를 실시하였으나 flocc이 생성되지 않았다.

로서 펜톤산화물을 위한 적정 pH 3~5의 범위에서 벗어난다. 따라서 pH를 이 범위로 조절하기 위하여 pH 1.13인 H사의 산성폐수를 이용하였다. H사의 산성폐수와 현상폐수를 1:2의 비율로 혼합할 경우 pH는 3.56으로 펜톤산화에 적합한 조건으로 조정하였다. pH를 조절한 후  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 를 이용하여  $\text{Fe}^{2+}$ 의 농도와  $\text{H}_2\text{O}_2$ 의 농도를 5:1의 비율로 순차적으로 주입하면서 1시간 동안 반응시키고, 반응 종료 후 산성 처리수를

Table 8. The analytic results of wastewater taken photograph developing process in H company.

(단위: mg/ℓ)

	$\text{COD}_{\text{Mn}}$	$\text{COD}_{\text{Cr}}$	BOD	SS
초기조건	49,867	116,222	7,917	240

#### 3.2.3.2 펜톤산화

단순 응집 침전에 의한 오염물질의 제거 효과가 미미하여 고농도 유기물의 고효율 산화 제거에 매우 우수한 것으로 알려진 펜톤산화 공정을 이용하여 H사 현상폐수를 산화 처리하는 실험을 수행하였다. H사 현상폐수의 pH는 7.24

5N NaOH를 이용하여 pH를 7로 중화시킨 후에 1mg/ℓ의 고분자응집제를 주입하여 완속 교반조건에서 10분간 혼합하였다. 혼합이 끝난 후에 30분간 침전시키고 상등수를 채취하여  $\text{COD}_{\text{Mn}}$ 의를 분석하여 최적 펜톤산화 조건을 결정하였다.

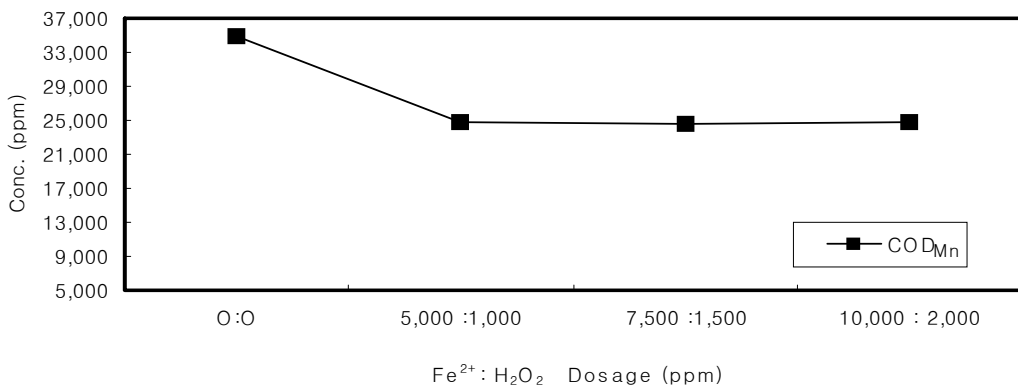


Fig. 3. The experimental results of penton oxidation of wastewater taken photograph developing process in H company

Table 9. The analytic results of treated water of wastewater taken photograph developing process by appropriate penton oxidization condition in H company

(단위: mg/ℓ)

	COD <sub>Mn</sub>	COD <sub>Cr</sub>	BOD	SS
초기조건	34,973	80,873	5,818	1,304
최적조건	24,733	52,498	4,168	830
제거율(%)	29	35	28	36

Fig. 3.에 나타낸 바와 같이  $\text{Fe}^{2+} : \text{H}_2\text{O}_2$ 의 농도가 5,000 : 1,000 mg/ℓ에서 최적산화 조건이 관찰되었으며, 해당 최적 펜톤산화 조건에 따른 처리수 중 COD<sub>Mn</sub>, COD<sub>Cr</sub>, BOD 및 SS의 농도를 Table 9.와 같이 분석하였다.

펜톤산화를 실시한 결과 폐수의 색이 진한 갈색에서 황색으로 변화하여 색도가 약간 감소하는 동시에 오염물질 제거 효율이 단순 응집 조건 보다 향상되었으나, 최적조건에서 슬러지가 과량으로 발생되었다. 즉 2L의 Jar test기에 1L의 폐수를 이용하여 펜톤산화를 실시한 결과 폐수용량 대비 약 70%에 해당하는 많은 양의 슬러지가 발생하였다.

BOD/COD<sub>Mn</sub>은 초기조건과 최적조건에서 0.17로 동일하였고, BOD/COD<sub>Cr</sub>은 0.07에서 0.08로 증가하였으나 그 차이는 미미하였다. 따라서 사진 폐수의 응집 혹은 펜톤산화 이후 생성된 처리수는 생물학적으로 처리가 불가능함을 알 수 있었다.

### 3.2.4 S사 고농도 폐수

S사의 원폐수 pH는 6.19 이었으며, 별도의 pH 조절 없이  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 를 이용하여  $\text{Fe}^{2+}$ 의 농도를 3,000 mg/ℓ에서 20,000 mg/ℓ까지 순차적으로 주입하고 고분자 응집제를 1mg/ℓ을 넣어 Jar test를 실시하였으나 floc이 생성되지 않았다.

Table 10. The analytic results of high concentrated wastewater in S company

(단위: mg/ℓ)

	COD <sub>Mn</sub>	COD <sub>Cr</sub>	BOD	SS
초기조건	7,900	16,647	5,426	

### 3.2.5 S사 저농도 응집침전 처리수

S사의 응집침전 공정을 거쳐 생성된 처리수는 pH가 6.21 이었으므로 별도의 pH 조절 없이  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 를 이용하여  $\text{Fe}^{2+}$ 의 농도를 순차적으로 주입하고 고분자 응집제를 1 mg/ℓ을 가하여 Jar test를 실시하였다. Jar test는 급속 교반 5분, 완속교반 15분, 침전 30분으로 실시되었으며 침전 후에 상등수를 채취하여  $\text{COD}_{\text{Mn}}$ 을 분석하여 최적 응집조건을 결정하였다.

Fig. 4.에 나타난 바와 같이  $\text{Fe}^{2+}$ 의 농도가 7,000 mg/ℓ에서 가장 낮은  $\text{COD}_{\text{Mn}}$ 농도가 검출되었으며 해당 실험 조건을 최적 응집 조건으로 결정하였다. 주어진 최적조건에서  $\text{COD}_{\text{Mn}}$ ,  $\text{COD}_{\text{Cr}}$ , BOD 및 SS 농도를 표와 같이 측정하였다. 고농도 폐수와는 달리 저농도의 경우 최적 응집 조건을 용이하게 결정할 수 있었다.

Table 11. The analytic results of treated water of low concentrated wastewater by appropriate cohesion sedimentation condition in S company

(단위: mg/ℓ)

	$\text{COD}_{\text{Mn}}$	$\text{COD}_{\text{Cr}}$	BOD	SS
초기조건	3,013	5,584	2,204	256
최적조건	2,320	3,977	1,744	210
제거율(%)	23	29	21	18

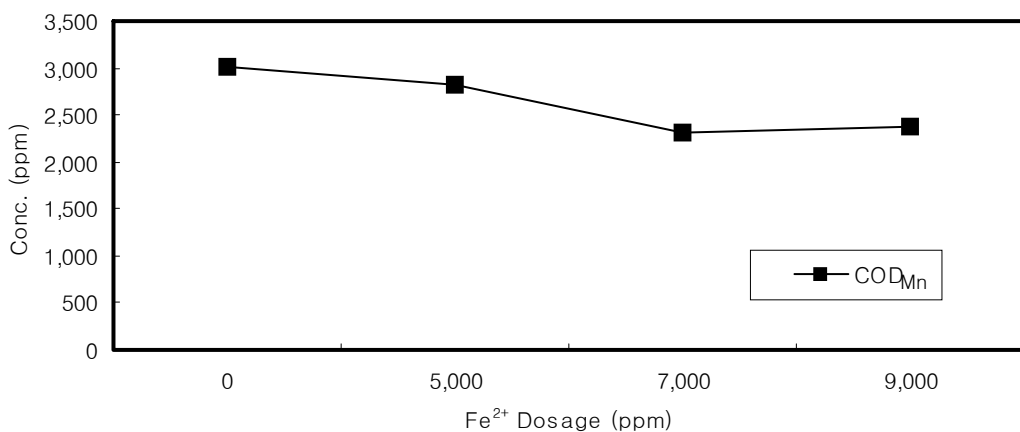


Fig. 4. The experimental results of cohesion sedimentation of low concentrated wastewater treated chemical in S company

### 3.2.6 S사 기타 일반폐수

S사에 기타 일반 폐수로 분류되어 수집된 원 폐수의 pH가 6.16으로 측정되었다. 최적 응집 침전 조건을 결정하기 위하여 폐수에  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 를 이용하여  $\text{Fe}^{2+}$ 의 농도를 순차적으로 주입하고 고분자 응집제  $1\text{mg}/\ell$ 을 가하여 Jar test를 실시하였다. Jar test는 급속교반 5분, 완속 교반 15분, 침전 30분으로 실시되었으며 침전 후에 상등수를 채취하였다. 상등수의  $\text{COD}_{\text{Mn}}$ 의 분석 결과는 다음과 같다.

Fig. 5.에 나타낸 바와 같이  $\text{Fe}^{2+}$ 의 농도가  $250\text{ mg}/\ell$  이상에서 가장 낮은 농도의  $\text{COD}_{\text{Mn}}$ 농

도가 측정되었으며, 주어진 최적조건에서  $\text{COD}_{\text{Mn}}$ ,  $\text{COD}_{\text{Cr}}$ , BOD 및 SS 농도를 Table 12.와 같이 측정하였다.

다른 수탁폐수업체의 폐수와 달리 S사 기타 일반 폐수의 응집 침전 처리 경우 SS의 제거율이 약 93%이상으로 나타났는데, 이는 Table 12.에서와 같이 원폐수의 성상 중 SS가  $15,180\text{ mg}/\ell$ 으로 고농도로 함유되어 있어 부유물질들이 응집의 핵으로 작용하여 응집이 더욱 원활하게 이루어 졌기 때문으로 판단되었다.

Table 12. The analytic results of treated water of common wastewater by appropriate cohesion sedimentation condition in S company.

(단위:  $\text{mg}/\ell$ )

	$\text{COD}_{\text{Mn}}$	$\text{COD}_{\text{Cr}}$	BOD	SS
초기조건	7,560	31,434	3,047	15,180
최적조건	6,235	24,692	2,521	1,050
제거율(%)	18	21	17	93

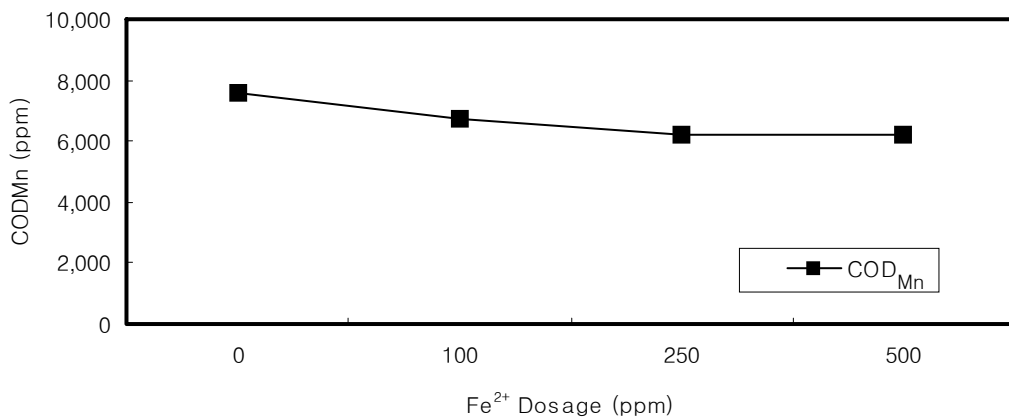


Fig. 5. The experimental results of cohesion sedimentation of common wastewater in S company

### 3.2.7 B사 폐수

B사 폐수는 폐수 중 함유된 유가 금속을 분리한 후 발생되는 폐수로서 pH가 0.57인 강한 산성폐수이다. 따라서 별도의 pH 조절 없이 펜톤산화 실험을 수행하였으며, 반응 후 산성 처리수를 다량의 NaOH의 강알칼리용액으로 중화하였으나 처리수의 pH는 여전히 강한 산성을 나타내어 처리가 불가능하였다.

5.46이었으며, 폐수를 응집침전 처리하기 위하여  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 를 이용하여  $\text{Fe}^{2+}$ 의 농도를 1,000 mg/ℓ에서 20,000 mg/ℓ까지 순차적으로 주입하고 고분자 응집제를 1mg/ℓ을 가하여 Jar test를 실시하였으나 flocc이 생성되지 않았다.

### 3.2.11 W환경 도금폐수

pH가 8.41인 W환경 도금 폐수에  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 를 이용하여  $\text{Fe}^{2+}$ 의 농도를 1,000 mg/ℓ에

Table 13. The analytic results of wastewater composition in B company.

(단위: mg/ℓ)

	COD <sub>Mn</sub>	COD <sub>Cr</sub>	BOD	SS
초기조건	450	1,057	ND	18

### 3.2.8 W사 금속폐수

pH가 1.48인 강한 산성폐수로서 별도의 pH 조절 없이 펜톤산화를 실시하였으며 반응이후에 다량의 NaOH의 강알칼리용액으로 중화를 하였으나 여전히 처리수는 중화되지 않고 강한 산성을 나타내었다. 원수의 폐수 조성은 Table 14와 같다.

서 20,000 mg/ℓ까지 순차적으로 주입하고 고분자 응집제를 1 mg/ℓ을 가하여 Jar test를 실시하였으나 flocc이 생성되지 않았다.

결론적으로 수탁폐수 중 산성 및 알칼리 폐수의 단순혼합에 의한 중화 반응은 화학적 응집 작용에 의한 플러를 생성시켜 침전 제거시킬 수 있음을 확인하였다. 따라서 기존 수탁폐수 처리의 가장 기본적으로 이용되는 응집침전

Table 14. The analytic results of metal wastewater composition in W company

(단위: mg/ℓ)

	COD <sub>Mn</sub>	COD <sub>Cr</sub>	BOD	SS
초기조건	1,980	3,957	201	274

### 3.2.9 W환경 AIA계 폐수

pH가 6.38인 W환경에 수집된 AIA계 폐수에  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 를 이용하여  $\text{Fe}^{2+}$ 의 농도를 1,000 mg/ℓ에서 20,000 mg/ℓ까지 순차적으로 주입하고 고분자 응집제를 1mg/ℓ을 가하여 Jar test를 실시하였으나 flocc이 생성되지 않았다.

처리 공정에서 각 업체에 수탁되는 산 및 알칼리 폐수를 적정 비율로 혼합하여 이용할 경우 중화에 소요되는약품 비용을 절감할 수 있음을 확인하였다. 한편 업체에 관계없이 저농도 및 기타 일반 폐수의 경우 단순 응집 침전에 의하여 함유된 유기물 및 현탁 고형성분을 제거할 수 있음을 확인하였다. 그러나 고농도 중금속, AIA계, 금속도금 및 제이용 업체 발생 강산성 폐수 등은 효율적으로 응집침전 제거시

### 3.2.10 W환경 기타 중금속계 폐수

W환경에 수탁된 기타 중금속계 폐수의 pH가



킬 수가 없었다. 고농도의 질소 및 인을 함유한 사진계 폐수는 단순응집 침전에 의하여 제거되지 않았으나 펜톤산화 반응을 적용한 경우 오염물질이 응집 침전되어 처리 효율이 향상됨을 확인하였다. 그러나 슬러지의 발생이 과도하게 증가하는 것이 관찰되었다.

### 3.3 악취발생 특성

조사 대상 업체별, 공정별 악취 발생 현황 조사는 폐수처리 현황 조사의 2, 3차 일정과 동일한 일정으로 수행하였다. 모두 15개의 악취 항목을 분석하였는데 이 가운데 암모니아 농도가 가장 높게 나타났다. 한편 트라이메틸아민, 톨루엔, m, p, o-xylene 등이 조사 대상 공정별로 모두 검출되었다.

Table 15. The analytic results of a bed smell of investigation companies (first investigation).

<div style="text-align: right;">검 체 명</div> <div style="text-align: left;">채취일</div> <div style="text-align: center;">항목 및 공업지역기준(ppm)</div>			H사 증발 농축조	H사 화학 침전조	S사 감압 농축조	S사 생물학적 포기조	B사 작업장	B사 폐수 처리장	W사
			11.14	11.14	11.16	11.16	11.17	11.17	11.17
1	암모니아	2 이하	1.181	0.896	0.876	1.209	0.976	0.738	0.662
2	메틸머captan	0.004 이하	0.00036	0.00018	불검출	불검출	0.00002	불검출	불검출
3	황화수소	0.06 이하	0.00065	0.00080	0.00290	0.00237	0.00068	불검출	불검출
4	다이메틸설파이드	0.05 이하	0.00027	불검출	0.00231	불검출	0.00003	불검출	불검출
5	다이메틸다이스설파이드	0.03 이하	0.00023	불검출	불검출	불검출	0.00003	불검출	0.00004
6	트라이메틸아민	0.02 이하	0.00025	0.00015	0.00017	0.00016	0.00013	0.00011	0.00021
7	아세트알데하이드	0.1 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
8	스타이렌	0.8 이하	불검출	0.0013	0.0019	불검출	불검출	0.0003	불검출
9	프로피온알데하이드	0.1 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
10	뷰티르알데하이드	0.1 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
11	n-발레르알데하이드	0.02 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
12	i-발레르알데하이드	0.006 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
13	톨루엔	-	0.0599	0.0352	0.0505	0.0706	0.0151	0.0130	0.1159
14	m,p - 자일렌	-	0.0066	0.0017	0.0020	0.0033	0.0019	0.0009	0.0125
15	o - 자일렌	-	0.0082	0.0013	0.0008	0.0022	0.0007	0.0012	0.0082

Table 16. The analytic results of a bed smell of investigation companies (second investigation)

항목 및 공업지역기준(ppm)	검체명 채취일	H사 증발 농축조	H사 화학 침전조	S사 감압 농축조	S사 생물학적포 기조	B사 작업장	B사 폐수 처리장	W사	W환경 직화	W환경 집수조
		12.7	12.7	12.7	12.7	12.8	12.8	12.7	12.7	12.7
암모니아	2 이하	1.819	1.676	2.421	1.311	1.120	0.796	0.721	0.810	0.813
메틸머captan	0.004 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	0.00005	0.00046
황화수소	0.06 이하	0.00031	불검출	0.00295	0.00252	불검출	불검출	불검출	0.00046	불검출
다이메틸 설파이드	0.05 이하	0.00206	0.00073	0.00445	0.00124	불검출	불검출	불검출	0.00074	0.00106
다이메틸 다이설파이드	0.03 이하	0.00009	불검출	0.00020	0.00020	불검출	불검출	불검출	불검출	0.00013
트라이메틸아민	0.02 이하	0.00014	0.00023	0.00014	0.00015	0.00015	0.00023	0.00017	0.00017	0.00014
아세트 알데하이드	0.1 이하									
스타이렌	0.8 이하	불검출	0.0027	0.0024	0.0003	0.0004	0.0009	0.2786	0.0380	0.0457
프로피온 알데하이드	0.1 이하									
뷰티르 알데하이드	0.1 이하									
n-발레르 알데하이드	0.02 이하									
i-발레르 알데하이드	0.006 이하									
톨루엔	-	0.0343	0.0209	0.0443	0.0578	0.0238	0.0184	0.0315	0.2351	0.1772
m,p - 자일렌	-	0.0119	0.0033	0.0033	0.0038	0.0026	0.0015	0.0042	0.0261	0.0193
o - 자일렌	-	0.0068	0.0019	0.0045	0.0020	0.0013	0.0018	0.0030	0.0179	0.0108

1차 조사 시 암모니아 농도는 조사 대상 공정 중 S사 폭기조에서 가장 높은 약 1.2ppm이 검출되었다. 폭기조 처리의 전단계인 감압 농축조에선 오히려 이보다 낮은 0.88 ppm의 암모니아가 측정되었다. 즉 감압 농축조에서 생성된 암모니아를 포함하는 응축수가 연이어 생물학적 공정에 의하여 처리되므로 감압농축조로부터 생성된 암모니아 농도가 생물학적 공정에서 측정된 농도보다 높아야 한다. 그러나 이와

같이 생물학적 처리 공정에서 그 농도가 높은 이유는 암모니아의 고농도 유입으로 인하여 미생물의 활성 저하가 발생되어 암모니아가 효율적으로 처리되지 못하였기 때문으로 판단된다. 한편 생물학적 공정의 미생물 호흡을 위해 유입되는 압축공기에 의하여 폐수 중 암모니아는 대기 중으로 탈기되어 비산 제거된다. 한편 증발(감압)농축, 응집침전, 재이용 폐수 등 각 공정에서도 암모니아를 비롯한 기타 여러 가지의

악취 유발 물질이 발생되어 대기 중으로 방출되고 있음을 알 수 있었다.

따라서 폐수 처리 및 직접연소 등의 공정으로 운전되고 있는 모든 폐수처리 업체는 부지내 설치된 각 공정을 밀폐식으로 개선하여 악취 물질의 발생을 억제하여야 한다.

2차 조사의 경우에도 모두 15개 항목의 악취 성분을 조사 대상 업체별, 대표적인 공정별로 분석하였다. 모두 9개 공정에 대하여 조사하였으며 이 중 5개 공정으로부터 암모니아 농도가 1ppm이상 농도를 나타냈다. 1차 조사 시 모두 7개 공정에 대하여 조사하였는데 이 때는 단지 2개 공정에서 암모니아 농도가 1ppm이상 나타났다. 특히 밀폐형으로 운전되고 있는 S사의 감압농축조에서 조사대상 공정 중 가장 높은 2.4 ppm의 암모니아 농도를 나타내었다. 그 밖에 1차 조사와 마찬가지로 트라이메틸아민, 톨루엔, m, p, o xylene이 전 조사 공정에서 검출되었다. 그러나 모두 공업지역 기준치 보다 낮은 농도를 나타내었다. 2차 조사에서도 결국 각 공정의 밀폐운전의 필요성을 또 한번 확연하게 인식하는 계기가 되었다.

W사의 경우 조사 대상 업체 중 가장 양호한 밀폐형 운전, 즉 각 공정을 밀폐하고 부지 내 전 공정을 전체적으로 밀폐하는 하우징 시설을 운영하고 있다. 이와 더불어 하우징 시설 내에는 각 공정으로부터 배출된 악취물질을 제거하는 다공성 판을 이용한 탈취 시설을 운영하고 있다. 그럼에도 불구하고 1, 2차 조사에서 모두 암모니아, 트라이메틸아민, 톨루엔, m, p, o xylene 등이 고르게 검출되고 있다. 따라서 향후 근본적인 악취 저감을 위하여 현존하는 폐수 처리업체의 시설 및 각 공정의 개선 시 보다 효율적인 밀폐방식 및 탈취 방안에 대한 연구가 선행되어야 할 것이다.

### 3.4 수탁폐수의 적정처리 방안

과거 및 본 연구과제에서 도출된 수탁 폐수 처리 과정에서 발생하는 악취 저감을 위한 적정처리 방안 및 대책을 단계별로 정리하면 다음과 같다.

#### 3.4.1 처리 공정 관리

A. 폐수의 저장 및 처리 공정의 밀폐화 혹은 지하화 시설로 개축

B. 부지내 공정의 하우징화 및 하우징 내 공정별 발생 악취 제거 설비 도입

C. 원폐수 종류별 산 및 알칼리 폐수의 혼합 중화 처리 의무화 (중화제 및 응집제 소요 약품비 절감, 시설 용량 절감)

D. 원폐수 종류별 펜톤산화 처리 적용

E. 수탁 폐수의 종류별 분류의 정확도 제고 (일반계, 폐산, 폐알칼리, 중금속, 저농도 및 고농도) → 경우에 따라 저농도 폐수의 오염물질 농도가 고농도로 분류된 폐수의 오염물질 농도보다 높게 나타남 → 처리 시설 고부하 유발 → 악취 발생

F. 일정 농도 이상의 수탁 폐수 처리 금지 → 일정농도 이상 폐수는 직접 연소방법만이 유일한 처리법 → 악취 발생

G. 응집 침전 처리수 및 감압 농축수의 BOD/COD<sub>Cr</sub> 비가 0.5 이상일 경우 생물학적 처리 권장 (역삼투막 혹은 활성탄 공정과 비교 경제성 높음)

H. 동일 공정이 업체별로 상이하게 명명되어 있어 업체별 공정의 운영 효율 비교 및 평가가 어려움. 또한 감독관청의 운영관리가 비효율적으로 이루어짐 → 명칭의 통일적인 정리 필요

### 3.4.2 공정의 구성

수탁 폐수처리 시 악취 저감을 위한 가장 효율적인 공정은 중화응집침전-TVRR 증발 농축-진공건조-탈기시설-흡착-생물학적처리 및 고온 산화-증발농축-비점분리기-역삼투막 등으로 구성됨을 알 수 있었다. 한편 BOD/COD<sub>Cr</sub> 비율에 따라 해당 폐수를 비점분리보다 더 효율적이며 경제적인 생물학적 처리 공정으로 변경하는 것이 타당하다고 판단된다. 재이용 업체의 경우 유가금속 회수 후 발생 폐수를 감압 응축 공정으로 처리하도록 시설 개선을 유도하여 폐산 가스에 의한 악취 발생을 저감하도록 한다. 한편 각 처리 공정의 개선 및 신설시 공정을 구성하는 재질을 내부식성 및 내산화성 재질을 선정하도록 한다. 이와 같은 목적으로 선정되어야 할 최적의 각 공정별 재질은 다음과 같다. 최적의 재질 선정은 시설의 조기 노후화, 부식 및 장애 등을 최소화시켜 악취 발생을 저감시킬 수 있다.

- A. 중화, 응집, 침전 시설: SUS 316L
- B. 증발농축시설: SUS 316L, Titanium
- C. 탈기시설: SUS304
- D. 흡착시설: SS41+Epoxy 3PRY
- E. 생물학적 처리시설: SS41+Epoxy 3PRY
- F. Pump: SUS316, Hastelloy, Alloy

### 3.4.3 공정 운전의 최적화

수탁 폐수의 처리 공정 운영 시 다음과 같은 각 공정별 최적 운전 조건을 반드시 유지하도록 하여야 한다. 이와 같은 최적 운전 조건을 벗어날 경우 부적절한 공정의 운전으로 인하여 연이은 공정에 과부하를 발생시키거나 부적절한 처리 및 설비의 고장을 일으켜 악취 발생을 유발한다.

- A. 원수저장조: 밀폐형 덮개 및 유량계 설치
- B. 증발 농축기: 압력은 -520~600 mmHg(100 kg/hr 농축 조건), 온도는 1단 75~95°C, 2단 65~75°C

- 세정 : 15% NaOH 용액 또는 H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> 용액으로 1~2시간 순환 세정
- 운전 : 5% TS농도를 30~35%까지 농축 (Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, NaCl 과포화 농축 방지)
- 응축수 및 농축액량을 확인하기 위한 유량계 혹은 수위계 설치

C. 진공건조: 압력은 -450~640mmHg, 온도는 60~80°C 유지

D. 열교환기: vertical type 강제 순환식의 경우 순환유속을 2~3m/sec로 유지하여 관 내벽 스케일 방지 및 유지관리 용이

E. 탈기장치: 상부 100°C, 하부 95°C로 유지

F. 활성슬러지: BOD:N:P=100:3:0.5, DO 1.5~3 mg/ℓ, MLSS 7000mg/ℓ, SVI 80~120mg/ℓ, 반송률 150%, F/M 0.03, COD<sub>Cr</sub> 1000mg/ℓ 이하 유지

### 3.4.4 제도적인 개선

A. 폐수 수탁 시 자율적인 수탁 비용 책정은 업체별 과잉 경쟁으로 저가 수주를 초래하여 부적절한 처리 혹은 직접 연소 처리 가능성 증대 → 악취발생 심화, 따라서 수탁 비용의 폐수 종류별 단가를 업체별 경제적인 처리를 기준으로 최소-최대의 가격 범위 설정 필요

B. 수탁폐수 발생 업체의 관련 자료 목록 및 관리 의무화 (정기적 제출 의무화)

C. 폐수 종류별 처리 업체 분류에 따른 폐수 처리 및 관리 집단화

D. 악취 물질의 TMS 관리 체계 구축

E. 업체별, 처리 공정별 유량계 설치 의무화 (수주량 대비 처리량 일치 여부 판단 → 무단 방류 및 소각 처리 방지 → 악취 발생 최소화)

F. 일정 농도 이상의 고농도 폐수는 수탁금

지. 만약 수탁 시 최적 처리 공정 도출 후 감독 기관의 허가를 취득한 후 수탁처리 하도록 함.

## IV. 연구결과

총 34개의 위탁 처리 업체가 인천 서구 및 남동 공단 지역에 산재해 있으며 업종별로 살펴보면 수탁폐수 4개소, 재이용 15개소, 수탁 및 재이용 15개소가 있다. 전국에서 발생하는 위탁 폐수량 중 약 44%를 인천 지역 소재 업체에서 처리하고 있으며 평균 가동률은 약 53%에 달하고 있다. 처리 대상 폐수 중 약 48%가 정확한 발생원이 규명되지 않은 혼합폐수로 구성되어 있다.

처리 공정 중 화학응집 침전-감압증류-비점 분리-역삼투-활성탄처리, 화학응집침전-감압증류-소각-흡수, 응집침전-감압증류-비점분리-활성슬러지 등의 복합 공정의 경우 폐수처리가 매우 효율적으로 이루어지고 있으며 법적 기준도 만족시키고 있다.

그러나 응집침전-직접 연소의 경우 연소 가스의 직접 대기 방출로 인한 악취 문제가 발생되고 있다. 즉 복합 처리의 경우 처리 비용이 20,000-30,000원/톤이 소요되나 직접 연소의 경우 액 중 직화식은 70,000-80,000원/톤, 액상소각로는 100,000-120,000원/톤의 비용이 소요되어 복합처리의 경우가 최대 1/6의 경제적 절감 효과가 있다.

폐수처리 시설의 효율적인 운용을 위한 제도상의 관리 개선 방안은 폐수 특성별 처리 업체의 지정, 폐수 처리시설의 지하화 혹은 밀폐, 폐수처리시설 발생 악취물질 제거를 위한 탈취 시설, 업체별 설비용량 이상 폐수 위탁처리 제한, 과도한 최소 단가 수주를 제한하기 위한 가격 연동제, 업체별 처리 공정별 유량계 설치 및 유량 기록 의무화, 업체별 악취모니터링 시스템 구축 등에 집중되어야 한다. 한편 충분한 재원이 확보된다면 대상 폐수 종류별 처리 업체를

집단화하여 본 사업을 계속적으로 영위하는 동시에 산업의 발달에 따라 새로운 종류의 난처리성 폐수가 발생되면 그에 따른 공정의 연구 개발이 선행되어 관련업체가 효율적으로 대처하도록 기술적, 재정적 지원이 뒤따라야 한다.

## V. 참고문헌

1. 조석연, 황용우, 황상순, 인천서구지역 악취 배출원조사 및 저감방안 연구, 인천지역환경 기술개발센터, 2003.
2. 세화엔스텍, 불특정 혼합폐수의 고도정화를 위한 복합처리시스템의 개발, 환경부, 2004.
3. 여운호, 박찬진, 박성복, 인천지역 특성을 고려한 배출시설별 오염물질 발생 및 처리방안 연구, 인천지역환경기술개발센터, 2004.
4. 인천지역환경기술개발센터, 감압식 증발 농축시설을 이용한 수탁폐수처리, 제3회 환경홈닥터 workshop, 2004년 기업환경기술지원 사업 평가 및 사례 발표, 2005.1.27~28. 충북 보은 속리산 Lake Hills 호텔

# 산업단지지역의 휘발성유기화합물 발생 실태 조사

하현섭, 허점건, 최상인, 이병옥, 이현주, 최춘석  
공단환경과

## A study on the content of volatile organic compounds in industrial area of Incheon Metropolitan City

H.S.Ha, J.K.Her, S.I.Choi, B.O.Lee, H.J.Lee, C.S.Choi  
Division of Industry Environment

### Abstract

The National Capital region including Incheon city was appointed as the Air Quality Regulated Region, so we researched the amount of VOCs(volatile organic compounds) in each industrial area to decide emission control which can help health promotion of Incheon citizens by control of secondary contamination precursor.

The result is as follows which we researched 7 national or local industrial areas in incheon and SeoKmo-island Samsan-myeon Ganghwa-gun incheon as contrast in once a daytime once at night.

Among the average VOCs in 7 industrial areas, 3 items over 20 ppb were 49.29 ppb in Toluene, 44.50 ppb in n-heptane, 25.98 ppb in m, p-xylene. 5 items were between 10.23 and 13.03 ppb, and 12 items including 1-butene were below 10 ppb.

The result of measuring 20 items of Tvoc(Total volatile organic compound) per each was follows. From the highest, Bupyeong industrial area 16.97 ppb, local industrial area 12.91 ppb, machine industrial area 12.10 ppb, Juan industrial area 10.51 ppb, Namdong No.1 area 9.16 ppb, Namdong No. 2 area 7.73 ppb, Western industrial area 6.94 ppb. the results are 3.20~7.82 times higher than 2.1 7 ppb of Seokmo-island.

In view of the results so far VOCs per each industrial are. items over 20 ppb were Toluene, m, p-xylene, n-heptane, 1,2,4-trimethylbenzene, 2,2,4-trimethylpentane. Bupyeong, Juan, Machine, Local industrial areas shows the highest Tvoc night and day in the third period, Namdong and Western area in fourth period.

## I. 서 론

현대의 도시인은 생활속에 직·간접적으로 다양한 종류의 화학물질 및 유해가스 등에 노출되어 생활하고 있으며, 그 결과 인체와 지구 환경 및 지구 생태계에 미치는 영향에 대한 관심이 증대되고 있다.

특히 최근 몇 년 사이에 우리 사회는 악취, 휘발성유기화합물 관련 대기오염물질로 인한 피해로 인하여 여러 가지의 지역적 분쟁이 기업과 주민 등 다양한 형태로 일어나고 있다.

또한 공업지역이 아닌 대도시에서는 여름에는 오존농도가 높아져 오존 경보가 자주 발생하고 있어 시민들은 오염된 공기를 마시고 있다는 피해의식이 더욱 커가고 있는 실정이다<sup>1)</sup>.

특히 최근 들어 여름이면 서울을 비롯한 대도시 대기에서 오존 농도가 늘어나면서 오존을 생성하는 물질에 대한 사람들의 관심이 집중되고 있다. 이러한 오존을 생성하는 전구물질로 알려진 휘발성유기화합물(Volatile organic compounds)은 1950년대부터 LA를 포함한 선진국의 대도시를 중심으로 심각한 대기오염물질로 알려졌으며, 특히 대기 중의 질소산화물과 함께 광화학 반응에 참여하여 인체 및 동·식물에 유해한 오존 등 2차 오염물질인 광화학산화물을 형성하는 전구물질로 작용하고 있다<sup>2)</sup>.

휘발성유기화합물질은 자연적 또는 인위적인 발생경로를 거쳐 대기 중으로 배출되는데 여러 가지 복잡한 경로를 거치며 다양한 방식으로 지구의 환경생태계에 영향을 미치는 것으로 알려지고 있다. 예를 들면 지표면에서 발견되는 휘발성유기화합물은 광화학반응에 참여하여 오존의 생성에 기여하지만, 반대로 성층권에서 발견되는 일부 휘발성유기화합물들은 오존층의 파괴에도 깊이 관여하는 것으로 알려지고 있다(Rowland, 1997).

이러한 휘발성유기화합물은 탄화수소류와 할로젠화탄화수소, 질소나 황함유 탄화수소 등으로 상온·상압에서 기체상태로 존재하는 모든

유기성물질을 통칭하는 의미로 사용되고 있으며(WHO, 1989), 대부분 화학공장 및 제약공장 그리고 용매 및 세정제를 사용하는 일반 산업체에서 광범위하게 배출되고 있으나, 이 중에서도 비교적 많은 양의 휘발성유기화합물을 배출하는 공정은 건조공정, 도장 및 플라스틱 관련 공정, 유기화합물 제조 공정 등이다.

이들 물질들은 강한 자외선과 반응하면 오존과 같은 산화성 2차 오염물질을 생성하게 되고, 산업근로현장에서의 직업병시비, 중독문제, 인체유해성 등에 대한 논란 등 사회적 문제를 야기하고 있다<sup>3)</sup>.

따라서 본 연구는 오존 등 광화학물질을 생성하는데 주요한 전구물질로 작용하는 휘발성유기화합물의 농도를 인천의 국가 및 지방산업단지별로 조사하여 인천 대기질 개선을 위한 기초자료 활용을 목적으로 실시하였다.

## II. 실험방법

### 2.1 시료채취 방법

일반적인 환경기준시험에 의한 시료채취는 대상지역의 발생원 분포, 기상조건 및 지리적, 사회적 조건을 고려하여 인구비례에 의한 방법, TM좌표에 의한 방법, 중심점에 의한 동심원을 이용하는 방법, 대상지역의 오염정도에 따라 공식을 이용하는 방법 및 기타방법에 준하여 시료를 채취한다<sup>4)</sup>.

본 조사에서는 Versatile Pump(VP-18D)를 사용하여 지상 1.5 ~ 2m 높이에서 Tedla-bag 10ℓ에 시료를 채취하였다.

### 2.2 시료채취 지점선정 및 채취방법

인천은 지역적 특성상 공장 등의 산업시설이 많아 휘발성유기화합물 발생 사업장의 수가 많으므로 이들에 의한 오염도가 높을 것으로 사

료된다.

이에 3개 국가산업단지 및 4개 지방산업단지를 중심으로 휘발성유기화합물 발생 사업장이 집결된 지역의 각 1개 지점과 대조군으로 휘발성유기화합물 발생 사업장이 없는 강화군 삼산면 석모도 1개 지점 등 총 8개 지점을 선정하

여 분기별 1회 지점별로 주·야간 시료를 채취하였으며, 채취지점은 Fig. 1에 표시하였다.

시료는 Tedlar-bag 10ℓ에 채취하여 채취일자, 지점 등을 기재하여 직사광선을 받지 않도록 차광 봉투에 보관하여 운반하였다.

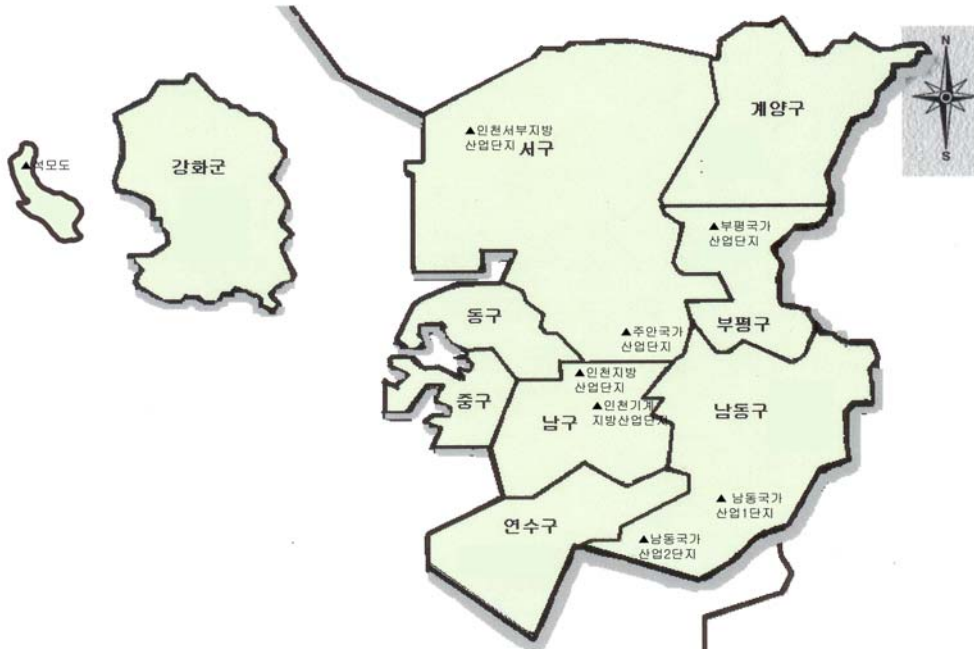


Fig. 1. Map of sampling site

Table 1. Location of sampling site by industrial area.

Industrial area	Sampling site
Namdong Industrial area 1	남동구 남동공단 14BL 주변
Namdong Industrial area 2	남동구 남동공단 124BL 주변
Bupyeong Industrial area	부평구 청천2동 414-3 번지 주변
Juan Industrial area	서구 가좌동 539-2 번지 주변
Local Industrial area	남구 도화동 825 번지 주변
Machine Industrial area	남구 도화동 707 번지 주변
Western Industrial area	서구 경서동 363-165 번지 주변
Seokmo-island	하리저수지 부근



## 2.3 실험항목

대기환경보전법의 시행령에 설정된 휘발성유기화합물 37종<sup>5)</sup> 중 1-butene 등 11개 항목과 대기환경규제지역지정에 따른 실천계획작성지침에<sup>6)</sup> 의한 휘발성유기화합물 측정항목 및 오존 생성전구물질로 작용할 수 있는 휘발성유기화합물 등 총 20개 항목에 대하여 분석하였다.

## 2.4 시료보관 및 분석방법

### 2.4.1 시료보관

채취한 시료는 직사광선이 받지 않도록 차광용기에 보관하여 48시간 이내에 분석하였다.

### 2.4.2 분석방법

대표적인 오존 전구물질로 작용하는 20개의 휘발성유기화합물질에 대하여 Tedlar-bag에 채집한 시료는 열탈착장치(Perkin Elmer, Turbo Matrix ATD)가 장착된 GC/MS(Perkin Elmer, Autosystem XL, TurboMass Gold)를 사용하여 분석하였다.

ATD 및 GC/MS의 분석조건은 Table 2.와 같고, 표준품은 1ppm 오존전구물질 표준물질 중 20개 항목을 선정하여 5, 10, 20ppb를 조정하여 검량선을 작성하였으며, 검량선의 직선성은  $r^2$ 케어값이 0.999 이상을 나타내었다.

Table 2. Analysis condition of ATD and GC/MS

Method	Analysis condition
ATD	Absorption flow : 15ml/min Absorption time : 40min(total volume 600ml) Trap temp : -30℃ ~ 300℃ Trap type : Air monitoring trap Trap hold time : 5min Outlet split : 3ml/min
GC	Column : ZB-1 capillary column(60m*0.32mm*3 $\mu$ m) Carrier gas : He, 1.5ml/min Injector temp. : 250℃ Oven temp program : 45℃(10min)-5℃/min- 150℃(1min)-5℃/min-200℃(10min) ( total time: 52min)
MS	Interface temp. : 250℃ Ion source temp : 200℃ Electron Ionization : 70eV Mass range : Scan, m/z 35 to m/z 350

### Ⅲ. 결과 및 고찰

인천시를 포함한 수도권지역이 대기환경규제 지역으로 지정됨에 따라 휘발성유기화합물질의 발생 실태를 위한 인천지역 국가 및 지방산업 단지에 대한 실태조사 결과 다음과 같다.

#### 3.1 산업단지지역의 휘발성유기화합

##### 물질 측정 결과

##### 3.1.1 산업단지 평균 휘발성유기화합물질 측정 결과

인천시내 국가 및 지방산업단지 7개소를 대상으로 분기별 1회 지점별로 주·야간에 걸쳐 휘발성유기화합물을 측정한 결과 Table 3.과

같다.

Fig. 2.에서 보는 바와 같이 Toluene이 평균 49.29 ppb로 가장 높게 나타났고, n-heptane 평균 44.50 ppb, m, p-xylene 25.98 ppb로 3개 항목이 상대적으로 높게 나타났고, n-butane, 2,2,4-trimethylpentane, Ethylbenzene, Styrene, 1,2,4-triethylbenzene 등 5개 항목은 10.23 ~ 13.03 ppb로 나타났고, 나머지 1-butene 등 12개 항목은 10 ppb 이하로 나타났다.

대조군으로 선정된 강화도 삼산면 석모도의 경우 n-hexane이 최소 0.37 ppb에서 Toluene이 최대 4.75 ppb로 나타나 산업단지지역과 상당한 차이를 보이며, 또한 20개 측정 항목 Tvoc는 산업단지지역이 평균 218.2 ppb, 석모도가 43.42 ppb로 석모도에 비해 산업단지지역이 5.03배 높게 나타났다.

Table 3. The comparison of mean concentration of VOCs in industrial area (unit : ppb)

VOCs	Industrial area			Seokmo	Total mean
	mean	minimum	maximum	mean	
1-butene	4.03	0.0	46.68	1.54	3.71
n-butane	10.23	0.0	64.92	1.96	9.20
isopentane	5.12	0.0	25.76	4.72	5.07
1-pentene	0.92	0.0	8.678	0.76	0.90
n-pentene	2.71	0.0	24.85	1.93	2.62
isoprene	0.78	0.0	2.97	0.61	0.76
2-methylpentane	2.65	0.0	20.69	1.38	2.49
3-methylpentane	3.78	0.0	18.27	4.14	3.83
n-hexane	6.00	0.0	45.96	0.37	5.29
benzene	2.31	0.0	8.40	1.27	2.18
cyclohexane	2.71	0.0	10.72	2.02	2.62
2,3-dimethylpentane	2.13	0.0	20.27	1.40	2.04
2,2,4-trimethylpentane	10.19	0.0	289.18	2.07	9.18
n-heptane	44.50	0.0	820.49	3.26	39.34
toluene	49.29	5.145	261.44	4.75	43.72
ethylbenzene	11.23	0.417	48.47	1.57	9.93
m, p-xylene	25.98	1.376	115.46	3.80	23.21
styrene	13.03	1.040	84.09	2.68	11.73
o-xylene	9.02	0.420	54.51	1.52	8.08
1,2,4-trimethylbenzene	11.59	0.543	59.693	1.67	10.35
Tvoc	218.2	8.941	2,031.501	43.42	196.25

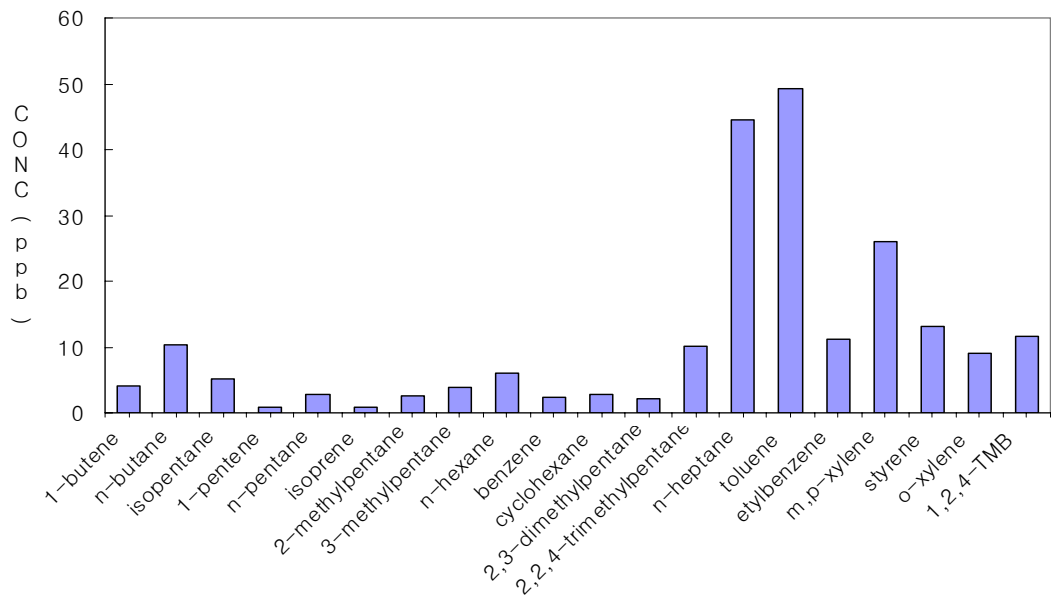


Fig. 2. The mean concentration of VOCs in industrial area

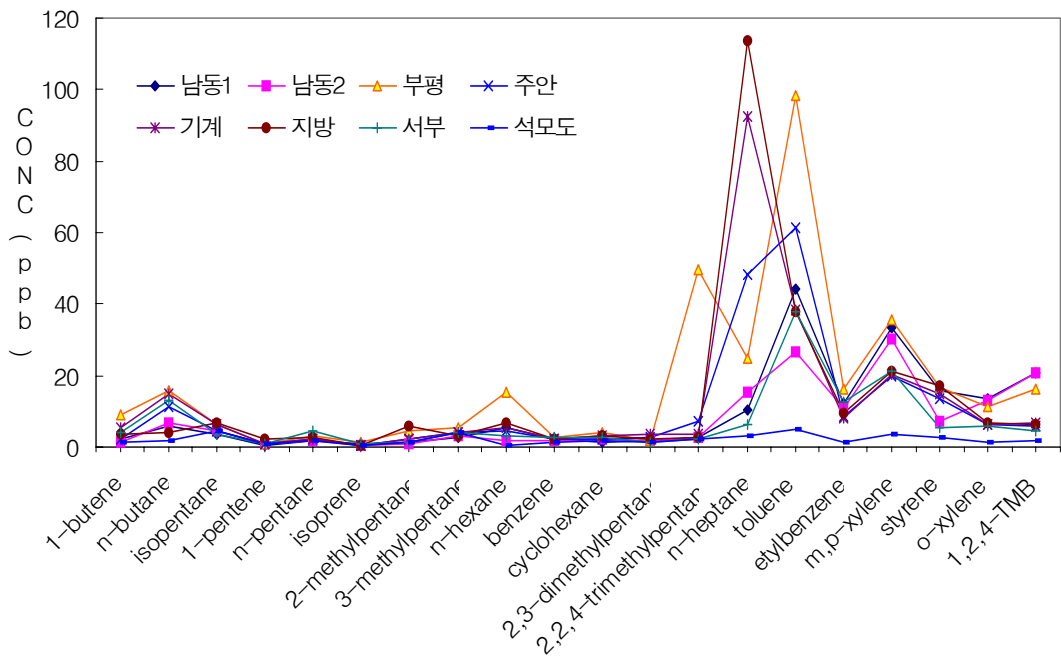


Fig. 3. The mean concentration of VOCs by industrial area

### 3.1.2 산업단지별 평균 휘발성유기화합물 질 측정 결과

산업단지 평균 휘발성유기화합물질 농도가 가장 높은 Toluene은 남동산업2단지에서 최소 26.57 ppb, 부평산업단지에서 최대 98.42 ppb로 나타났고, n-heptane의 경우 서부산업단지에서 최소 6.51 ppb, 지방산업단지에서 최대 113.71 ppb로 산업단지별 차이가 많이 나타났다.

m, p-xylene은 주안산업단지에서 최소 19.72 ppb, 부평공단에서 최대 35.85 ppb, Styrene은 5.39ppb(서부)~17.14ppb(지방), n-butane은 3.86

ppb(지방)~15.83ppb(부평), Ethylbenzene은 8.7ppb(기계)~12.62ppb(서부), 1,2,4-trimethylbenzene은 4.53ppb(서부)~20.94ppb(남동2), 2,2,4-trimethyl pentane은 2.37ppb(서부)~49.68ppb(부평)로 나타났으며, 나머지 1-butene 등 12개 항목은 10 ppb 이하로 나타났다.

또한 측정 20개 항목의 Tvoc는 138.89ppb(서부)~339.49ppb(부평)로, 대조군 강화도 삼산면 석모도 Tvoc 43.42 ppb에 비해 최소 3.20~7.82배 높게 나타났다.

Table 4. The comparison of mean concentration of VOCs by Industrial area (unit : ppb).

VOCs	Industrial area								Seokmo mean	Total mean
	Namdong1 mean	Namdong2 mean	Bupyeong mean	Juan mean	Machine mean	Western mean	Local mean	mean		
1-butene	2.24	1.57	8.97	2.15	5.26	4.19	3.80	4.03	1.54	3.71
n-butane	5.67	6.91	15.83	11.12	15.01	13.23	3.86	10.23	1.96	9.20
isopentane	3.74	4.30	6.45	4.42	6.46	3.59	6.85	5.12	4.72	5.07
1-pentene	0.66	0.70	0.86	0.69	0.73	0.76	2.04	0.92	0.76	0.90
n-pentene	1.99	1.76	3.29	2.39	2.26	4.68	2.63	2.71	1.93	2.62
isoprene	1.05	0.61	1.13	0.63	0.58	0.81	0.64	0.78	0.61	0.76
2-methylpentane	1.26	0.86	4.66	2.23	2.47	1.35	5.72	2.65	1.38	2.49
3-methylpentane	2.72	3.22	5.38	3.95	4.11	3.86	3.22	3.78	4.14	3.83
n-hexane	5.47	1.73	15.41	4.53	5.22	2.94	6.68	6.00	0.37	5.29
benzene	2.08	1.75	2.76	2.28	2.36	2.61	2.34	2.31	1.27	2.18
cyclohexane	1.54	2.13	3.99	2.42	3.03	2.88	2.95	2.71	2.02	2.62
2,3-dimethylpentane	1.63	1.72	1.77	2.70	3.54	1.41	2.16	2.13	1.40	2.04
2,2,4-trimethylpentane	2.80	2.88	49.68	7.31	3.41	2.37	2.88	10.19	2.07	9.18
n-heptane	10.33	15.39	24.76	48.09	92.69	6.51	113.71	44.50	3.26	39.34
toluene	44.41	26.57	98.42	61.53	38.34	37.85	37.88	49.29	4.75	43.72
ethylbenzene	12.24	10.96	16.12	8.39	8.17	12.62	9.39	11.13	1.57	9.93
m, p-xylene	33.24	30.29	35.85	19.72	20.35	21.27	21.14	25.98	3.80	23.21
styrene	15.85	7.26	16.89	13.73	14.92	5.39	17.14	13.03	2.68	11.73
o-xylene	13.48	13.11	11.06	6.29	6.23	6.04	6.91	9.02	1.52	8.08
1,2,4-trimethylbenzene	20.74	20.94	16.21	5.69	6.81	4.53	6.19	11.59	1.67	10.35
Tvoc	183.14	154.66	339.49	210.26	241.95	138.89	258.13	218.1	43.42	196.25

## 3.2 산업단지 분기별 휘발성유기화합물질 측정 결과

### 3.2.1 남동국가산업단지 VOCs 측정 결과

남동국가산업단지는 수도권내 이전 대상 중소기업에 용지제공 목적으로 조성된 조립금속 업종 중심 산업단지로 인천 서남쪽 지점의 인천광역시 남동구 논현동, 남촌동, 고잔동 일원에 조성된 산업단지로 1단계(1985 2.19~1989.2.29, 남동공단1단지) 및 2단계(1986 ~ 1992.6, 남동공단2단지)에 걸쳐 조성되었다.

1단지 측정지점은 화학단지가 조성된 남동공단 14BL 주변에서 시료를 채취하였으며, 분기별 1회 주·야간 측정한 결과 Table 5.와 같다.

상대적으로 평균 20ppb이상 높게 측정된 Toluene, m, p-xylene, 1,2,4-trimethylbenzene 중 Toluene은 전체평균 44.41 ppb, 주간 평균 46.52 ppb, 야간평균 42.31 ppb로 주간이 야간보다 높게 나타났으며, 주간에는 4/4분기에 92.71 ppb, 야간에는 4/4분기에 72.64 ppb로 가장 높게 나타났다.

Table 5. The concentration of VOCs in Namdong1 Industrial area by three months (unit : ppb).

VOCs	Daytime					Night					Total mean
	1/4	2/4	3/4	4/4	mean	1/4	2/4	3/4	4/4	mean	
1-butene	1.256	3.483	2.94	3.51	2.80	1.909	2.191	2.44	0.16	1.68	2.24
n-butane	1.462	4.596	0.0	14.33	5.10	4.832	3.152	2.55	14.47	6.25	5.67
isopentane	5.160	0.242	4.62	4.39	3.60	5.361	0.214	4.32	5.62	3.88	3.74
1-pentene	0.0	0.171	1.32	1.31	0.70	0.0	0.181	1.13	1.17	0.62	0.66
n-pentene	0.658	0.0	3.53	3.21	1.85	1.028	0.683	3.48	3.36	2.14	1.99
isoprene	1.948	0.763	1.06	1.33	1.28	0.931	0.349	0.99	0.99	0.81	1.05
2-methylpentane	0.0	1.106	1.48	1.63	1.05	0.531	1.648	2.16	1.55	1.47	1.26
3-methylpentane	0.528	0.0	4.94	6.50	2.99	0.509	0.0	4.44	4.83	2.44	2.72
n-hexane	2.829	8.495	4.44	0.91	4.17	1.295	22.759	1.98	1.02	6.76	5.47
benzene	0.648	1.990	2.33	4.04	2.25	0.846	1.007	2.23	3.52	1.90	2.08
cyclohexane	0.0	0.601	3.91	3.91	2.11	0.0	0.016	3.88	0.0	0.97	1.54
2,3-dimethylpentane	0.551	0.0	4.27	2.70	1.88	0.0	0.0	2.76	2.75	1.38	1.63
2,2,4-trimethylpentane	0.0	0.0	5.36	4.64	2.50	0.0	0.0	4.11	8.31	3.11	2.80
n-heptane	0.371	0.0	56.30	6.43	15.78	0.326	0.0	9.46	9.74	4.88	10.33
toluene	20.112	62.210	11.05	92.71	46.52	13.552	71.028	12.01	72.64	42.31	44.41
ethylbenzene	3.832	8.393	7.92	32.93	13.27	1.714	7.463	6.87	28.78	11.21	12.24
m, p-xylene	10.205	15.872	18.70	99.12	35.97	3.763	12.956	17.03	88.26	30.50	33.24
styrene	11.727	31.276	3.82	15.24	15.52	17.359	31.166	3.67	12.54	16.18	15.85
o-xylene	4.823	5.492	5.91	45.59	15.45	1.063	3.933	5.45	35.60	11.51	13.48
1,2,4-trimethylbenzene	53.844	5.303	2.86	40.40	25.60	23.586	3.149	2.48	34.33	15.89	20.74
Tvoc	119.954	149.993	146.76	384.83	200.39	78.605	161.895	93.44	329.64	165.89	183.14

또한 m, p-xylene은 전체평균 33.24ppb, 주간평균 35.97ppb, 야간평균 30.50ppb로 역시 주간이 높게 나타났으며, 주간에는 4/4분기에 99.12ppb, 야간에는 4/4분기에 88.26ppb로 가장 높게 나타났다.

1,2,4-trimethylbenzene은 전체평균 20.74ppb, 주간평균 25.60ppb, 야간평균 15.89ppb로 주간이 높게 나타났으며, 주간에는 1/4분기에 53.84ppb, 야간에는 4/4분기에 34.33ppb로 가장 높게 나타났다.

평균 10~20ppb로 측정된 항목 중 n-heptane은 전체평균 10.33ppb, 주간평균 15.78ppb, 야간평균 4.88ppb로 2/4분기 주·야간에는 불검출되었으나, 3/4분기에 56.30ppb로 가장 높게 나타났다.

Ethylbenzene은 전체평균 12.24ppb, 주간평균 13.27ppb, 야간평균 11.21ppb로 1/4분기 야간에 1.714ppb에서 4/4분기 주간에 최대 32.93ppb로

나타났다.

Styrene은 전체평균 15.85ppb, 주간평균 15.52ppb, 야간평균 16.18ppb로 3/4분기 야간에 최소 3.67ppb에서 2/4분기 주간에 최대 31.276ppb로 나타났다.

o-xylene은 전체평균 13.48ppb, 주간평균 25.60ppb, 야간평균 15.89ppb로 1/4분기 야간에 최소 1.063ppb, 4/4분기 주간에 최대 45.59ppb로 나타났다.

1-butene 등 13개 항목은 평균 10ppb 이하로 나타났으며, 측정항목 Tvoc는 전체평균 183.14ppb, 주간평균 200.39ppb, 야간평균 165.89ppb로 4/4분기 주간에 384.83ppb, 야간에 329.64ppb로 가장 높게 나타났다.

남동2단지 측정지점은 도금시설이 밀집된 124BL 주변에서 시료를 채취하였으며, 측정결과는 Table 6.과 같다.

Table 6. The concentration of VOCs in Namdong2 Industrial area by three months (unit : ppb).

VOCs	Daytime					Night					Total mean
	1/4	2/4	3/4	4/4	mean	1/4	2/4	3/4	4/4	mean	
1-butene	1.204	0.518	0.0	4.98	1.68	1.222	1.078	2.99	0.58	1.47	1.57
n-butane	1.229	0.0	3.45	22.47	6.79	1.263	2.259	0.0	24.58	7.03	6.91
isopentane	4.578	0.219	4.57	7.04	4.10	4.615	0.240	5.56	7.58	4.50	4.30
1-pentene	0.0	0.170	1.13	1.33	0.66	0.0	0.171	1.27	1.52	0.74	0.70
n-pentene	0.0	0.164	2.96	3.40	1.63	0.610	0.173	3.46	3.35	1.90	1.76
isoprene	0.0	0.272	0.95	1.03	0.56	0.0	0.185	1.19	1.23	0.65	0.61
2-methylpentane	0.0	0.153	1.94	1.48	0.89	0.0	0.344	1.46	1.49	0.82	0.86
3-methylpentane	0.0	0.0	4.57	5.00	2.39	1.632	0.0	5.49	9.09	4.05	3.22
n-hexane	1.073	1.276	3.43	4.11	2.47	0.850	0.0	2.34	0.73	0.98	1.73
benzene	0.628	0.071	2.50	4.17	1.84	0.599	0.0	2.24	3.81	1.66	1.75
cyclohexane	0.0	0.297	3.93	4.13	2.09	0.0	0.0	4.06	4.59	2.16	2.13
2,3-dimethylpentane	0.0	0.0	5.30	2.91	2.05	0.0	0.0	2.69	2.83	1.38	1.72
2,2,4-trimethylpentane	0.0	0.0	4.06	14.89	4.74	0.0	0.0	4.07	0.0	1.02	2.88
n-heptane	0.0	0.0	83.47	17.41	25.22	0.345	0.0	15.62	6.25	5.55	15.39
toluene	11.389	6.318	7.66	97.76	30.78	5.145	7.091	10.03	67.18	22.36	26.57
ethylbenzene	2.949	1.545	8.44	40.00	13.23	1.161	0.848	8.00	24.70	8.68	10.96
m, p-xylene	7.598	6.186	18.47	115.46	36.93	3.143	3.776	17.99	69.66	23.64	30.29
styrene	5.261	3.758	3.57	19.23	7.95	5.754	5.304	3.50	11.70	6.56	7.26
o-xylene	3.756	1.694	6.14	54.51	16.52	1.137	1.177	6.02	30.41	9.69	13.11
1,2,4-trimethylbenzene	59.693	0.866	3.04	50.82	28.60	21.206	0.624	3.01	28.30	13.29	20.94
Tvoc	40.665	24.641	169.54	425.31	162.52	28.476	24.646	100.98	275.28	104.84	133.72

평균 20ppb이상 높게 측정된 항목은 m, p-xylene, Toluene, 1,2,4-trimethylbenzene 순으로 나타났으며, m, p-xylene은 전체평균 30.29ppb, 주간평균 36.93ppb, 야간평균 23.64ppb로 4/4분기 주간에 115.46ppb로 가장 높았고, Toluene은 전체평균 26.57ppb, 주간평균 30.78ppb, 야간평균 22.36ppb로 4/4분기 주간에 97.76ppb로 가장 높았고, 1,2,4-trimethylbenzene은 전체평균 20.94ppb, 주간평균 28.60ppb, 야간평균 13.29ppb로 1/4분기 주간에 59.693ppb로 가장 높게 나타났다.

평균 10~20ppb로 측정된 VOCs 항목은 n-heptane, o-xylene, Ethylbenzene순으로 나타났으며, n-heptane은 전체평균 15.39ppb, 주간평균 25.22ppb, 야간평균 5.55ppb로 3/4분기 주간에 83.47ppb로 가장 높았고, o-xylene은 전체평균 13.11ppb로 4/4분기 주간에 54.51ppb로 가장

높았으며, Ethylbenzene은 전체평균 10.96ppb로 4/4분기 주간에 40.00ppb로 가장 높았다.

1-butene 등 14개 항목은 평균 10ppb이하로 나타났으며, 측정항목 Tvoc는 전체평균 154.66ppb, 주간평균 191.126ppb, 야간평균 118.13ppb로 나타났으며, 4/4분기에 주간 472.13ppb, 야간 199.58ppb로 타 분기에 비해 비교적 높게 나타났다.

### 3.2.2 부평국가산업단지 VOCs 측정 결과

부평국가산업단지는 60년대 후반 수출진흥 목적으로 조성되었고, 현재는 악기, 식품, 전자 등 경공업 중심의 산업단지로 인천광역시 부평구 청천동 일원에 조성된 산업단지이다.

부평국가산업단지내 측정지점은 부평구 청천2동 414-3 번지 주변에서 측정하였으며, 결과는 Table 7.과 같다.

Table 7. The concentration of VOCs in Bupyeong Industrial area by three months (unit : ppb)

VOCs	Daytime					Night					Total mean
	1/4	2/4	3/4	4/4	mean	1/4	2/4	3/4	4/4	mean	
1-butene	0.944	0.666	13.78	5.12	5.13	1.909	2.671	46.68	0.0	12.82	8.97
n-butane	3.630	0.723	36.29	23.09	15.93	4.832	11.095	39.83	7.16	15.73	15.83
isopentane	3.688	0.543	4.56	5.22	3.50	5.361	0.0	25.76	6.49	9.40	6.45
1-pentene	0.384	0.171	1.32	1.17	0.76	0.0	0.172	2.15	1.48	0.95	0.86
n-pentene	0.321	0.202	3.17	3.23	1.73	1.028	0.0	12.37	6.01	4.85	3.29
isoprene	0.0	0.303	1.44	1.31	0.76	0.931	0.949	2.97	1.10	1.49	1.13
2-methylpentane	0.0	0.0	11.04	4.40	3.86	0.531	3.157	16.67	1.46	5.45	4.66
3-methylpentane	0.273	0.0	18.27	9.75	7.07	0.509	0.0	6.25	8.01	3.69	5.38
n-hexane	2.107	0.122	45.96	8.23	14.10	1.295	41.803	23.00	0.74	16.71	15.41
benzene	0.523	0.0	4.16	2.92	1.90	0.846	1.986	8.40	3.22	3.61	2.76
cyclohexane	0.0	0.0	10.58	6.71	4.32	0.0	0.012	10.72	3.90	3.66	3.99
2,3-dimethylpentane	0.0	0.0	2.89	2.71	1.40	0.0	0.586	5.08	2.86	2.13	1.77
2,2,4-trimethylpentane	0.0	0.0	289.18	4.91	73.52	0.0	0.0	91.93	11.45	25.84	49.68
n-heptane	0.0	0.0	95.60	14.63	27.56	0.326	0.0	80.78	6.75	21.96	24.76
toluene	7.249	5.860	173.56	31.78	54.61	13.552	259.110	261.44	34.79	142.22	98.42
ethylbenzene	1.728	0.471	37.96	7.42	11.89	1.714	25.570	48.47	5.63	20.35	16.12
m, p-xylene	4.963	1.376	94.76	19.27	30.09	3.763	40.368	108.41	13.87	41.60	35.85
styrene	3.255	1.040	36.61	10.65	12.89	17.359	8.343	52.24	5.65	20.90	16.89
o-xylene	2.084	0.420	29.99	6.02	9.63	1.063	11.755	32.27	4.85	12.48	11.06
1,2,4-trimethylbenzene	41.056	0.543	26.80	2.65	17.76	23.586	4.334	27.85	2.83	14.65	16.21
Tvoc	32.149	13.897	914.12	172.54	280.65	56.019	409.577	878.42	129.42	365.84	323.28

평균 20ppb 이상 높게 나타난 항목은 Toluene 98.42ppb, 2,2,4-trimethylpentane 49.68ppb, m, p-xylene 35.85ppb, n-heptane 24.76ppb순으로 나타났으며, 특히 타 산업단지에 비해 Toluene 이 높게 검출되었으며, 특히 3/4분기 야간에 261.44ppb, 2/4분기 야간에 259.110ppb로 야간에 높게 나타났다.

평균 10~20ppb로 측정된 항목은 Styrene 16.89 ppb, 1,2,4-trimethylbenzene 16.21 ppb, Ethylbenzene 16.12 ppb, n-butane 15.83 ppb, n-hexane 15.83 ppb 등으로 이중 Ethylbenzene 이 3/4분기 야간에 48.47 ppb로 가장 높게 나타났다.

1-butene 등 10개 항목은 10 ppb 이하로 1-

pentene(0.86 ppb), isoprene(1.13 ppb), 2,3-dimethylpentane(1.77 ppb) 등은 소량 검출되었으며, Tvoc는 평균 339.49 ppb로 산업단지중 가장 높게 나타났으며, 3/4분기 주간에 937.92 ppb 로 가장 높게 나타났다.

### 3.2.3 주안국가산업단지 VOCs 측정 결과

주안국가산업단지는 60년 후반에 조성되었으며, 현재 식품, 전자 등 경공업 중심의 산업단지로 인천광역시 서구 가좌동, 남구 주안동 일원에 조성된 산업단지이다.

주안국가산업단지내 측정 지점은 서구 가좌동 539-2 번지 주변에서 측정하였으며, 측정 결과는 Table 8.과 같다.

Table 8. The concentration of VOCs in Juan Industrial area by three months (unit : ppb)

VOCs	Daytime					Night					Total mean
	1/4	2/4	3/4	4/4	mean	1/4	2/4	3/4	4/4	mean	
1-butene	0.925	1.414	7.02	1.15	2.63	0.902	1.789	3.97	0.0	1.67	2.15
n-butane	1.321	2.708	25.52	23.32	13.22	10.393	6.001	10.70	9.03	9.03	11.12
isopentane	4.496	2.451	4.59	4.78	4.08	5.842	3.687	4.36	5.17	4.76	4.42
1-pentene	0.0	0.295	1.16	1.41	0.72	0.0	0.242	1.21	1.20	0.66	0.69
n-pentene	0.0	1.511	3.00	3.74	2.06	0.0	2.981	2.99	4.90	2.72	2.39
isoprene	0.0	0.777	0.95	1.07	0.70	0.0	0.395	0.93	0.94	0.57	0.63
2-methylpentane	0.0	0.583	4.79	5.08	2.61	0.614	1.459	2.80	2.53	1.85	2.23
3-methylpentane	1.465	0.0	8.14	6.91	4.13	0.858	0.0	6.01	8.22	3.77	3.95
n-hexane	0.940	2.141	9.71	7.42	5.05	3.306	3.833	5.48	3.43	4.01	4.53
benzene	0.547	0.501	4.14	3.64	2.21	1.079	1.939	3.77	2.63	2.35	2.28
cyclohexane	0.0	0.0	6.89	3.88	2.69	0.0	0.766	3.87	3.96	2.15	2.42
2,3-dimethylpentane	0.0	0.0	12.73	2.75	3.87	0.0	0.264	3.15	2.71	1.53	2.70
2,2,4-trimethylpentane	0.520	0.0	5.06	4.34	2.48	0.250	4.932	11.31	32.03	12.13	7.31
n-heptane	0.276	0.0	353.86	4.74	89.72	0.284	0.0	21.15	4.40	6.46	48.09
toluene	18.421	30.617	180.62	33.85	65.88	50.239	62.289	80.54	35.65	57.18	61.53
ethylbenzene	3.576	4.742	18.03	8.21	8.64	3.817	8.816	15.54	4.42	8.15	8.39
m, p-xylene	6.286	9.61	47.07	20.92	20.97	5.189	18.82	38.54	11.36	18.48	19.72
styrene	2.471	13.266	49.42	9.61	18.69	2.478	5.453	21.99	5.18	8.78	13.73
o-xylene	1.489	3.052	15.37	6.80	6.68	1.562	5.307	12.65	4.11	5.91	6.29
1,2,4-trimethylbenzene	10.644	2.318	9.72	4.27	6.74	4.020	3.584	7.91	3.09	4.65	5.69
Tvoc	43.733	75.668	761.07	157.62	257.03	87.813	130.973	253.96	145.87	152.16	204.57



Table 8.에서 보는 바와 같이 평균 20 ppb 이상 측정된 항목은 Toluene 61.53 ppb, n-heptane 48.09 ppb으로 Toluene이 3/4분기 주간에 180.62 ppb 나타났다.

평균 10~20 ppb로 검출된 VOCs는 m, p-xylene 19.72 ppb, Syrene 3.73 ppb, n-butane 11.12 ppb로 3/4분기 주간에 Styrene이 49.42 ppb로 가장 높게 나타났다.

1-butene 등 15개 항목은 10 ppb 이하로 나타났다으며, 1-pentene 0.69 ppb, Isoprene 1.07 ppb는 미량 검출되었으며, 평균 Tvoc는 210.26 ppb로 1/4분기 주간에 최소 53.377 ppb, 3/4분기 주간에 최대 767.79 ppb로 나타났다.

### 3.2.4 인천기계지방산업단지 VOCs 측정 결과

인천기계지방산업단지는 인천 도심권에 산재

한 중소기업형 기계공장을 집단화하기 위해 조성된 산업단지로 인천광역시 남구 도화동 744-2 번지 일대에 조성되었다.

측정 지점은 남구 도화동 707 번지 주변에서 측정하였으며 결과는 Table 9.와 같다.

평균 20 ppb 이상 높게 검출된 항목은 n-heptane 92.69 ppb, Toluene 38.34 ppb, m, p-xylene 20.35 ppb로 타 산업단지에 비해 n-heptane이 상대적으로 높게 검출되었으며, 2/4분기 주간·야간에는 검출되지 않았으나, 3/4분기 주간에 693.16 ppb로 매우 높게 검출되었다.

평균 VOCs 농도 10~20 ppb는 n-butane 15.01 ppb, Styrene 14.92 ppb으로 n-butane은 4/4분기 주간에 64.92 ppb, Styrene은 3/4분기 주간에 66.01 ppb로 가장 높게 검출되었다.

Table 9. The concentration of VOCs in Machine Industrial area by three months (unit : ppb)

VOCs	Daytime					Night					Total mean
	1/4	2/4	3/4	4/4	mean	1/4	2/4	3/4	4/4	mean	
1-butene	1.017	2.153	8.30	11.42	5.72	1.751	2.920	5.13	9.42	4.81	5.26
n-butane	3.380	0.0	0.0	64.92	17.07	9.104	7.621	0.0	35.06	12.95	15.01
isopentane	5.485	0.287	4.60	4.54	3.73	6.348	6.691	9.72	13.99	9.19	6.46
1-pentene	0.0	0.171	1.65	1.30	0.78	0.0	0.177	1.15	1.43	0.69	0.73
n-pentene	0.753	0.0	3.01	3.33	1.77	0.661	3.976	3.03	3.34	2.75	2.26
isoprene	0.0	0.394	1.01	1.08	0.62	0.0	0.179	0.94	1.07	0.55	0.58
2-methylpentane	0.529	0.179	5.90	3.06	2.42	1.023	1.352	4.28	3.47	2.53	2.47
3-methylpentane	0.775	0.0	7.78	8.21	4.19	0.843	0.0	4.31	10.97	4.03	4.11
n-hexane	2.482	1.369	9.58	5.85	4.82	1.692	2.920	2.54	15.35	5.63	5.22
benzene	1.267	0.173	4.87	3.11	2.36	1.531	0.893	4.02	3.03	2.37	2.36
cyclohexane	0.282	0.0	8.03	5.25	3.39	0.0	1.360	4.01	5.28	2.66	3.03
2,3-dimethylpentane	0.0	0.0	20.27	2.68	5.74	0.0	0.0	2.71	2.67	1.35	3.54
2,2,4-trimethylpentane	1.183	1.328	8.46	4.08	3.76	0.0	0.0	5.68	6.55	3.06	3.41
n-heptane	0.506	0.0	693.16	3.98	174.41	0.464	0.0	34.86	8.53	10.96	92.69
toluene	17.639	34.671	46.49	38.05	34.21	7.004	34.493	82.23	46.14	42.47	38.34
ethylbenzene	3.805	6.260	19.22	7.18	9.12	2.292	6.379	14.24	5.95	7.22	8.17
m, p-xylene	5.945	21.552	49.83	18.12	23.86	3.696	13.41	35.24	14.99	16.83	20.35
styrene	6.029	4.706	66.01	6.38	20.78	3.118	3.139	24.24	5.73	9.06	14.92
o-xylene	1.844	4.845	16.47	5.62	7.19	0.850	3.410	11.59	5.20	5.26	6.23
1,2,4-trimethylbenzene	20.697	1.318	10.29	2.82	8.78	8.080	1.450	6.43	3.37	4.83	6.81
Tvoc	53.921	80.088	977.64	202.16	325.94	41.377	90.92	252.92	202.17	144.37	235.14

1-butene 등 15개 항목은 10 ppb이하로 검출되었으며, 1-pentene 0.73 ppb, Isoprene 0.58 ppb로 미량 검출되었으며, 평균 Tvoc 241.95 ppb로 3/4분기 주간에 984.93 ppb로 가장 높게 검출되었다.

### 3.2.5 인천지방산업단지 VOCs 측정 결과

인천지방산업단지는 개별입지 자생단지로서 폐염전지대 개발을 통해 인천광역시 남구 도화동, 서구 가좌동 일원에 조성된 지방산업단지이다.

측정 지점은 남구 도화동 825 번지 주변에서 시료를 채취하였으며, 결과는 Table 10.과 같다.

평균 20 ppb 이상 높게 측정된 항목은 n-

heptane 113.71 ppb, Toluene 37.88 ppb, m, p-xylene 21.14 ppb로 특히 n-heptane은 공단 중 가장 높게 검출되었으며, 3/4분기 주간에 820.49 ppb 까지 검출되었다.

평균 VOCs 농도 10~20 ppb로 측정된 항목은 Styrene으로 평균 17.14 ppb로 3/4분기 주간에 84.09 ppb로 가장 높게 검출되었다.

1-butene 등 16개 항목은 10 ppb 이하로 검출되었으며 Isoprene은 0.6 ppb로 미량 검출되었으며, Tvoc는 평균 258.13 ppb로 2/4분기 주간에 최소 20.898 ppb, 3/4분기 주간에 최대 1,239.83 ppb 검출되었다.

Table 10. The concentration of VOCs in Local Industrial area by three months (unit : ppb)

VOCs	Daytime					Night					Total mean
	1/4	2/4	3/4	4/4	mean	1/4	2/4	3/4	4/4	mean	
1-butene	0.768	0.884	18.11	0.31	5.02	0.779	0.944	8.37	0.25	2.59	3.80
n-butane	2.071	2.319	0.0	0.0	1.10	1.939	0.824	0.0	23.69	6.61	3.86
isopentane	4.795	1.869	10.80	6.29	5.94	5.530	4.259	14.98	6.28	7.76	6.85
1-pentene	8.678	0.171	1.56	1.33	2.93	1.323	0.171	1.46	1.65	1.15	2.04
n-pentene	1.110	1.049	0.0	3.18	1.33	0.835	2.467	8.57	3.85	3.93	2.63
isoprene	0.0	0.179	1.62	1.02	0.70	0.0	0.194	1.09	0.98	0.57	0.64
2-methylpentane	0.429	0.295	19.31	2.68	5.68	0.370	0.523	20.69	1.49	5.77	5.72
3-methylpentane	0.513	0.0	6.03	6.48	3.26	0.411	0.0	5.95	6.35	3.18	3.22
n-hexane	1.482	0.518	25.92	4.93	8.21	3.055	0.788	13.05	3.66	5.14	6.68
benzene	0.635	0.0	6.83	2.80	2.57	0.978	0.180	4.74	2.58	2.12	2.34
cyclohexane	0.180	0.0	10.66	3.83	3.67	0.0	0.0	5.04	3.86	2.23	2.95
2,3-dimethylpentane	0.0	0.0	7.60	2.74	2.59	0.0	0.0	4.25	2.71	1.74	2.16
2,2,4-trimethylpentane	0.395	0.0	7.08	4.30	2.94	0.0	0.0	5.13	6.17	2.83	2.88
n-heptane	1.102	0.0	820.49	14.83	209.11	0.0	0.0	61.38	11.85	18.31	113.71
toluene	15.696	6.942	85.44	32.08	35.04	5.352	11.272	111.92	34.37	40.73	37.88
ethylbenzene	5.093	0.859	28.56	6.57	10.27	2.821	1.434	25.39	4.36	8.50	9.39
m, p-xylene	8.028	2.438	70.21	16.23	24.23	3.897	3.312	53.52	11.50	18.06	21.14
styrene	5.795	1.972	84.09	6.69	24.64	2.710	1.870	29.07	4.90	9.64	17.14
o-xylene	3.105	0.728	22.71	5.03	7.89	0.995	0.977	17.67	4.05	5.92	6.91
1,2,4-trimethylbenzene	15.346	0.675	12.81	2.08	7.73	5.969	0.778	9.09	2.79	4.66	6.19
Tvoc	60.875	22.223	1,230.02	125.32	357.12	31.995	31.215	395.27	138.55	146.78	251.94

### 3.2.6 인천서부지방산업단지 VOCs 측정 결과

인천서부지방산업단지는 수도권내 산재된 주물업체 및 관련기업을 이전 집단화하여 기업의 육성발전 및 도시환경을 개선하기 위하여 인천광역시 서구 경서동 689 번지 일대 조성된 지방산업단지이다.

측정 지점은 서구 경서동 363-165 번지 주변에서 측정하였으며 결과는 Table 11.과 같다.

평균 VOCs 농도가 20 ppb 이상 검출된 항목은 Toluene 37.85 ppb, m, p-xylene 21.27 ppb로 Toluene이 3/4분기 야간에 125.79 ppb로 가장 높게 나타났으며, 타 산업단지에 비해 낮게

검출되었다.

평균 VOCs 10 ~ 20 ppb로 검출된 항목은 n-butane 13.23 ppb, Ethylbenzene 12.62 ppb로 n-butane이 3/4분기 야간에 63.43 ppb로 가장 높게 검출되었다.

1-butene 등 16개 항목은 10 ppb 이하로 검출되었으며, Isoprene 0.81 ppb, 2-methylpentane 1.35 ppb, 2,3-dimethylpentane 1.41 ppb은 미량 검출되었다.

Tvoc 평균 138.89 ppb로 2/4분기 주간에 최소 60.754 ppb, 3/4분기 야간에 420.75 ppb 검출되었으며, 산업단지 중 가장 낮게 검출되었다.

Table 11. The concentration of VOCs in Western Industrial area by three months (unit : ppb)

VOCs	Daytime					Night					Total mean
	1/4	2/4	3/4	4/4	mean	1/4	2/4	3/4	4/4	mean	
1-butene	1.232	2.653	1.28	7.69	3.21	0.762	1.406	13.93	4.55	5.16	4.19
n-butane	3.631	0.0	2.94	22.19	7.19	1.045	1.163	63.43	11.48	19.28	13.23
isopentane	4.518	0.809	4.40	4.50	3.56	4.026	1.016	4.85	4.60	3.62	3.59
1-pentene	0.0	0.176	1.22	1.30	0.67	0.0	0.247	1.77	1.35	0.84	0.76
n-pentene	1.299	0.192	3.02	3.62	2.03	0.0	0.703	24.85	3.76	7.33	4.68
isoprene	0.0	0.518	0.98	1.15	0.66	0.0	0.463	2.43	0.97	0.97	0.81
2-methylpentane	0.0	0.154	1.46	4.13	1.44	0.0	0.364	3.03	1.63	1.26	1.35
3-methylpentane	0.0	0.0	7.42	12.64	5.01	0.0	0.0	4.74	6.06	2.70	3.86
n-hexane	1.567	0.867	0.67	3.30	1.60	0.756	1.834	13.80	0.75	4.29	2.94
benzene	2.839	0.623	2.08	3.90	2.36	2.218	1.780	4.47	2.95	2.85	2.61
cyclohexane	0.0	0.0	3.84	4.12	1.99	0.0	1.166	10.12	3.82	3.78	2.88
2,3-dimethylpentane	0.339	0.0	2.75	2.70	1.45	0.0	0.0	2.77	2.73	1.38	1.41
2,2,4-trimethylpentane	0.0	0.0	4.18	4.74	2.23	0.0	0.0	5.34	4.69	2.51	2.37
n-heptane	1.795	0.0	5.10	16.96	5.96	0.347	0.0	20.65	7.25	7.06	6.51
toluene	27.102	22.183	9.87	28.05	21.80	12.711	39.846	125.79	37.26	53.90	37.85
ethylbenzene	39.751	6.088	6.15	5.57	14.39	13.407	4.207	18.62	7.18	10.85	12.62
m, p-xylene	33.056	11.348	15.11	11.80	17.83	25.480	9.420	49.04	14.90	24.71	21.27
styrene	1.904	8.642	3.65	3.36	4.39	3.088	6.932	9.75	5.79	6.39	5.39
o-xylene	7.356	3.483	4.91	4.18	4.98	5.432	3.115	14.81	5.02	7.09	6.04
1,2,4-trimethylbenzene	10.403	3.018	2.01	2.11	4.39	4.152	3.890	8.56	2.10	4.68	4.53
Tvoc	127.389	59.736	84.03	149.9	102.75	70.272	75.662	397.19	130.74	165.97	134.36

### 3.2.7 석모도 VOCs 측정 결과

석모도는 인천광역시 강화군 삼산면에 위치하고 VOCs 유발 사업장이 없는 섬으로 산업단지지역과 대조군으로 주간에만 측정하였다.

Table 12.에서 보는바와 같이 측정항목 20개 전항목이 10 ppb 이하로 검출되었으며 이중 Toluene이 평균 4.75 ppb로 3/4분기에 6.35ppb

로 가장 높게 나타났으며, 1-pentene 0.76 Isoprene 0.61 ppb, n-hexane 0.37 ppb이 미량 검출되었다.

Tvoc는 평균 43.42 ppb로 1/4분기에 최소 11.656 ppb에서 3/4분기 최대 73.13 ppb로 검출되었으며, 산업단지지역에 비해 3.20 ~ 7.82배 낮게 나타났다.

Table 12. The concentration of VOCs in Seokmo-island by three months (unit : ppb)

VOCs	1/4	2/4	3/4	4/4	mean
1-butene	0.550	1.083	4.51	0.0	1.54
n-butane	0.0	0.0	2.59	5.24	1.96
isopentane	2.835	0.253	11.18	4.63	4.72
1-pentene	0.0	0.170	1.61	1.24	0.76
n-pentene	0.502	0.177	3.22	3.84	1.93
isoprene	0.0	0.211	1.15	1.06	0.61
2-methylpentane	0.0	0.123	1.66	3.74	1.38
3-methylpentane	0.0	0.0	6.51	10.05	4.14
n-hexane	0.0	0.0	0.77	0.71	0.37
benzene	0.0	0.0	2.88	2.20	1.27
cyclohexane	0.0	0.0	4.16	3.94	2.02
2,3-dimethylpentane	0.0	0.0	2.73	2.87	1.40
2,2,4-trimethylpentane	0.0	0.0	4.18	4.10	2.07
n-heptane	0.0	0.0	4.47	8.57	3.26
toluene	2.560	4.985	6.35	5.12	4.75
ethylbenzene	0.610	1.371	2.23	2.06	1.57
m, p-xylene	1.690	3.23	5.30	4.99	3.80
styrene	1.248	3.355	3.08	3.02	2.68
o-xylene	0.326	1.140	2.39	2.23	1.52
1,2,4-trimethylbenzene	1.335	1.061	2.16	2.13	1.67
Tvoc	11.321	18.098	73.97	73.61	41.75

## IV. 결 론

인천광역시 7개 국가 및 지방산업단지에 대한 휘발성유기화합물질의 발생 실태조사를 분기별 1회 지점별로 주·야간에 실시한 결과 다음과 같다.

1. 7개 산업단지 VOCs 측정결과 평균 20ppb 이상 높게 검출된 항목은 Toluene 49.29 ppb,

n-heptane 44.50 ppb, m, p-xylene 25.98 ppb로 3개 항목이 상대적으로 높게 검출되었고, n-butane, Styrene, 2,2,4-trimethylpentane, Ethylbenzene, 1,2,4-trimethylbenzene 등 5개 항목은 10.23~13.03 ppb 검출되었으며, 1-butene 등 12개 항목은 10 ppb 이하로 검출되었다.

2. 대조군으로 선정된 강화군 삼산면 석모도의 경우 n-hexane이 최소 0.37 ppb에서 Toluene

이 최대 4.75 ppb 검출되어, 산업단지와 상당한 차이를 나타내며, 또한 20개 측정항목 Tvoc는 산업단지가 평균 218.2 ppb로 석모도 평균 43.42 ppb에 비해 5.03배 높게 검출되었다.

3. 산업단지별 평균 VOCs가 20 ppb 이상 높게 검출된 항목 중 가장 높은 Toluene은 7개 산업단지에서 모두 높게 검출되었으며, 특히 부평산업단지에서 98.42 ppb 검출되었으며, m, p-xylene의 경우 역시 7개 산업단지에서 최소 19.72 (주안) ~ 최대 35.85 ppb (부평) 검출되었으며, n-heptane은 4개 산업단지 (부평·주안·기계·지방)에서 24.76 (부평) ~ 113.71 ppb (지방), 1,2,4-trimethylbenzene은 남동1·2단지에서 각각 20.74 ppb, 20.94 ppb, 2,2,4-trimethylpentane은 부평산업단지에서 49.68 ppb 검출되었다.

4. 산업단지별 평균 VOCs가 10 ~ 20 ppb 검출된 항목 중 n-butane은 4개 산업단지(부평·주안·기계·서부)에서 11.12(주안) ~ 15.83 ppb (부평), Styrene은 5개 산업단지 (남동1,2·부평·주안·기계·지방)에서 13.73 (주안) ~ 17.14 ppb (지방), Ethylbenzene은 4개 산업단지 (남동1,2·부평·서부)에서 10.96 (남동2) ~ 16.12 ppb (부평), o-xylene은 3개 산업단지 (남동1,2·부평)에서 11.06 (남동2) ~ 13.48 ppb (남동1), n-heptane은 남동1,2단지에서 10.33 ppb, 15.39 ppb, n-hexane은 부평산업단지에서 15.41 ppb 검출되었으며, 1-butene 등 11개 항목은 10 ppb 이하로 검출되었다.

5. 산업단지별 측정 20개 항목 Tvoc는 산업단지 평균 218.2 ppb로 검출되었고, 부평산업단지에서 339.49 ppb로 가장 높았으며, 지방산업단지 258.13 ppb, 기계산업단지 241.95 ppb, 주안산업단지 210.26 ppb, 남동1단지 183.14 ppb, 남동2단지 154.66 ppb, 서부산업단지 138.89 ppb 순이었으며, 석모도 Tvoc 43.42 ppb에 비

해 3.20 ~ 7.82배 높게 검출되었다.

6. 남동국가산업단지의 분기별 VOCs 측정 결과 평균 20 ppb 이상 높게 검출된 항목 중 Toluene은 44.41 ppb (1단지), 26.57 ppb(2단지), m, p-xylene은 33.24 ppb (1단지), 30.29 ppb (2단지), 1,2,4-trimethylbenzene은 20.74 ppb (1단지), 20.94 ppb (2단지) 검출되었으며, 20개 Tvoc는 남동1단지 평균 183.14 ppb로 4/4분기 주·야간에 각각 384.83 ppb, 329.64 ppb, 남동2단지 평균 154.66 ppb로 4/4분기 주·야간에 각각 472.13 ppb, 299.58 ppb로 가장 높게 검출되었다.

7. 부평국가산업단지의 분기별 VOCs 측정 결과 평균 20 ppb 이상 높게 검출된 VOCs는 Toluene 98.42 ppb, 2,2,4-trimethylpentane 49.68 ppb, m, p-xylene 35.85 ppb, n-heptane 24.76 ppb 검출되었으며, Tvoc는 평균 339.49 ppb로 3/4분기 주·야간에 각각 937.92 ppb, 903.27 ppb로 가장 높게 검출되었다.

8. 주안국가산업단지의 분기별 VOCs 측정 결과 평균 20 ppb 이상 높게 검출된 VOCs는 Toluene 61.53 ppb, n-heptane 48.09 ppb 검출되었으며, Tvoc는 평균 210.26 ppb로 3/4분기 주·야간에 각각 767.79 ppb, 258.87 ppb로 가장 높게 검출되었다.

9. 인천기계지방산업단지의 분기별 VOCs 측정 결과 n-heptane 92.69 ppb, Toluene 38.34 ppb, m, p-xylene 20.35 ppb로 높게 검출되었으며, Tvoc는 평균 241.95 ppb로 3/4분기 주·야간에 각각 984.93 ppb, 256.35 ppb로 가장 높게 검출되었다.

10. 인천지방산업단지의 분기별 VOCs 측정 결과 평균 20 ppb 이상 높게 검출된 VOCs는 n-heptane 113.71 ppb, Toluene 37.88 ppb, m,

p-xylene 21.14 ppb로, 특히 n-heptane은 산업단지 중 가장 높게 검출되었으며, Tvoc는 평균 258.13 ppb로 3/4분기 주·야간에 각각 1,239.83 ppb, 401.36 ppb로 가장 높게 검출되었다.

11. 인천서부지방산업단지의 분기별 VOCs 측정 결과 20 ppb 이상 높게 검출된 VOCs는 Toluene 37.85 ppb, m, p-xylene 21.27 ppb로 타 산업단지에 비해 낮게 검출되었으며, Tvoc는 평균 138.89 ppb로 4/4분기 주간에 148.01 ppb, 3/4분기 야간에 402.75 ppb로 가장 높게 검출되었다.

12. 강화군 삼산면 석모도의 분기별 VOCs 측정 결과 20개 전 항목 VOCs가 10 ppb 이하로 검출되었으며, 이중 Toluene이 평균 4.75 ppb로 가장 높게 검출되었고, Tvoc는 평균 43.42 ppb로 3/4분기에 73.13 ppb로 가장 높게 나타났다.

## V. 참고문헌

- 허귀석, “대기 중 휘발성유기화합물의 분석”, 한국표준과학연구원
- 김소연, 한진석, 김희강, “휘발성유기화합물의 주요 배출원의 배출물질 구성비에 관한 연구”, 한국대기환경학회지 제 17권 제3호 pp 233 ~ pp 240(2001)
- 신창섭, 김기환, 원정일 “PCB 제조 공정에서 발생하는 VOC를 처리하기 위한 흡착제의 흡착특성”, 한국대기환경학회지 제 17권 제1호 pp 67 ~ pp 74(2001)
- 환경부, 대기오염공정시험방법 (환경부 고시 제 2004-156호) (2004)
- 환경부, 휘발성유기화합물질의 규격제품 및 물질
- 환경부, 환경부예규 제 98-178호 (1998)
- 김종화, “활성탄소섬유 충전층에서 휘발성유기물질의 흡착 및 탈착 특성”, 연세대학교 (1998)
- 김한수, 박영성, 김종원, “활성탄소섬유를 이용한 휘발성유기화합물(VOCs-BTX)의 흡착 특성”, 한국대기환경학회지 제15권 제6호 pp 805 ~ pp 812(1999)
- 신창섭, 김기환, 강영구, “활성탄소섬유가 충전된 유기가스용 방독마스크 정화통의 흡착 특성”, 한국산업안전학회지 제15권 제2호 pp 84 ~ pp 91(2000)
- 이행자, 최광재, 정영언, 송진언, “임성활성탄에 의한 BTX 및 할로젠화알칸의 기상흡착특성”, 동아대학교 (1993)
- 김현욱, “남동공단에서 발생하는 VOC 및 악취성 화합물의 배출원 및 실태조사를 통한 저감방안 도출”, 인천지역환경기술개발센터, 2004년도 최종발표 및 평가회 자료집 pp 225 ~ pp 252 (2004)
- 여운호, “인천국제공항 전용 고속도로 환경오염원 실태조사”, 인천지역환경기술개발센터, 2004년도 최종발표 및 평가회 자료집 pp 255 ~ pp 282 (2004)
- 배성욱, 김영민, “도시지역에서의 실내의 주변 공기 중 휘발성유기화합물의 농도 측정 에 관한 연구”, 대한환경공학회지 제18권 제2호 pp 181 ~ pp 197(1996)
- WHO, “Indoor Air Quality : Organic Pollutants”, Euro Reports and Studies, No.111.(1989)
- Eiden, U. and E. U. Schlunder, “Inert Gas Desorption Single Organic Vapours from Activated Carbon”, Chemical Engineering and Processing, 31, pp 63 ~ pp 75 (1992)
- Brocco, D, R. Fratarcangeli, L. Lepore, M. Petricca, and I. Ventrone, “Determination of aromatic hydrocarbons in urban air Environment, 31 pp 557 ~ pp 566 (1997)

보건환경연구원보 제10권(2006)

# 가축위생시험소



## 인천지역에서 발생한 돼지콜레라의 역학적 특성

권효정, 변재원, 이정구, 김경호, 박은정, 이성모, 이정인, 황현순  
가축위생시험소

## Characteristics of outbreak for the classical swine fever(CSF) at Incheon metropolitan area in 2002

Hyo-Jung Kwon, Jae-Won Byun, Jung-Goo Lee, Kyoung-Ho Kim,  
Eun-Jeong Park, Sung-Mo Lee, Jung-In Lee, Hyeon-Sun Hwang

Veterinary faculty of Incheon Metropolitan Public Health & Environmental Research Institute

### Abstract

The aim of this survey was to investigate the characteristics of outbreak farm determined as the classical swine fever(CSF) at Gangwha-gun and Seo-gu, Incheon metropolitan area from October 7 to November 25 in 2002. Sixty pigs in six different farms were confirmed to the CSF and a total of 9,106 pigs containing 3,194 related epidemiologically was slaughtered to stop spreading of the disease.

Clinical signs of pigs diagnosed with the CSF were high fever, anorexia, depression, paralysis of hindlimbs, cyanosis, etc and gross lesions were typically represented with hemorrhage of submandibular and superficial lymph node, infarction of spleen, and petechial(ecchymotic) hemorrhage of kidney and skin. But some outbreak farms had not shown remarkable symptoms, so they were confused with other bacterial diseases. White blood cell(WBC) counts, the classical swine fever virus(CSFV) antigen and antibody enzyme linked immunosorbent assay(ELISA) and reverse transcriptase polymerase chain reaction(RT-PCR) results about six farms indicated that total 60 pigs were infected with the CSFV. Although the origin and pathway of the CSFV were not clear, but the transmissions between farms were mainly through indirect contact such as the movement of farm personal and vehicles from outbreak farm.

**Key words** : Classical swine fever(CSF), Hog cholera(HC), Outbreak



## I. 서 론

돼지콜레라(classical swine fever : CSF, hog cholera : HC)는 높은 발병 및 폐사를 보이는 전염성이 높은 바이러스 질병으로 국제수역사무국(Office International des Epizooties : OIE)에서 A급으로 분류하고 있고 국내에서도 가축전염병예방법에서 제1종 가축전염병으로 분류되어 있는 해외악성전염병이다<sup>1~3)</sup>.

원인체는 Flaviviridae의 Pestivirus속에 속하는 RNA 바이러스로<sup>1)</sup> 세균에 의해 발생하는 사람 콜레라와는 다른 virus성 질병으로 돼지 이외의 동물에서는 발병하지 않으며 원인체인 콜레라 바이러스(classical swine fever virus : CSFV, hog cholera virus: HCV)는 산성 및 열에 저항성이 있어 비교적 열에 안정하여 56℃에서 60분, 60℃에서는 10분 후에 사멸되고, pH 5~10에서는 안정되나 pH 3 이하에서는 파괴된다<sup>4~5)</sup>.

돼지콜레라의 일반적인 전파는 감염돈의 직접적인 접촉에 의한 경우로 바이러스는 감염돈의 분뇨, 비즙 및 눈물 등을 통해서 배설되며 돼지콜레라 바이러스에 오염된 사료나 깔짚에 의해서도 쉽게 감염이 일어난다<sup>5)</sup>. 돼지콜레라는 급성형과 만성형으로 구분할 수 있다. 급성형에서는 고열을 동반하며 돼지끼리 한쪽으로 몰려 포개져 누워 있고 결막염, 피부발적, 보행장애 및 후구마비 증상을 나타내며 부검 시 임프절, 피부, 방광점막 및 폐 등을 비롯한 장기 내 점상 또한 반상출혈 및 경색증이 관찰된다<sup>6)</sup>. 만성형은 외관상 일시적인 호전을 보이다가 식욕 감소, 침울, 설사, 체온상승이 다시 나타나 폐사로 진행되며 맹·결장 부위에 단추형 궤양이 특징적으로 관찰된다<sup>6~8)</sup>.

미국에서 기원된 것으로 알려져 있는 돼지콜레라는 1810년 Franklin Tenn이 최초로 보고<sup>9~10)</sup>한 이후 전 세계적으로 많은 국가에서 지속적

으로 발생이 보고되고 있으며 2000년에도 영국<sup>11)</sup>, 이탈리아<sup>12)</sup>, 콜롬비아, 독일, 룩셈부르크, 오스트리아<sup>13~14)</sup> 등에서 돼지콜레라가 발생하여 많은 국가들이 방역에 많은 노력을 기울이고 있는 실정이다. 우리나라에서 최초 발생은 1908년 Tokisige가 한국에서 가축전염병 발생을 조사·보고<sup>15)</sup>한 것으로 1946년까지는 주로 함경남·북도 및 평안남·북도 등 주로 북한 지역에서 발생하는 것으로 보고되었다. 남한에서는 1947년 공식적으로 처음 발생이 확인<sup>15)</sup>되었으나 1952년부터 가토화 약독 바이러스 생백신(ROVAC)을 사용함에 따라 돼지 콜레라 발생을 혁신적으로 줄일 수 있었으며 이후 1967년보다 안전하고 면역원성이 우수한 LOM백신이 도입되어 방역에 사용됨에 따라 돼지콜레라의 발생은 현저하게 감소하였다. 최근에는 범국가적인 돼지콜레라 근절정책을 수립하고 이에 따라 1997년부터 전국적인 예방접종 사업을 집중적으로 실시함에 따라 1999년 경기도 용인에 마지막 발생이 보고<sup>16)</sup>된 이후, 지난 2001년 12월 1일 전국적인 전면 예방접종 중지를 실시하기 전까지 2년 이상 돼지 콜레라 비발생 상태를 유지할 수 있었다<sup>17)</sup>. 그러나 청정화 선언 후 2002년 4월 강원도 철원을 시작으로 돼지콜레라가 다시 발생하기 시작하여 전국적으로 급속히 확산됨으로써 양돈 농가에 심각한 경제적 피해가 발생하였다. 이에 본 연구에서는 2002년 9월에서 11월 사이 인천 지역에서 발생한 6건의 돼지콜레라를 대상으로 하여 예방접종 중단 후 지속적으로 발생하고 있는 돼지콜레라의 발생 양상을 파악하고 사후 조치 및 방역 등의 자료를 제공함으로써 돼지콜레라의 조기근절 및 청정화를 위한 기초 자료로 활용하고자 하였다.

## II. 재료 및 방법

### 2.1 역학조사

돼지콜레라가 발생한 양돈장의 농장주로부터 돈사 내 병력 등을 청취하고 농장 전돈방에 대하여 임상증상을 관찰한 후 폐사축 및 의심축에 대하여 부검을 실시하였다.

### 2.2 실험실검사

#### 2.2.1 공시재료

2002년 10월부터 11월까지 인천 강화 및 서구에서 돼지콜레라가 발생한 6개 양돈장을 방문하여 채취한 혈액을 대상으로 하였다.

#### 2.2.2 백혈구수 측정

가라앉지 않도록 잘 섞은 혈액을 1% HCl 용액에 20배 희석하여 적혈구를 용혈시킨 후 희석된 혈액을 counting chamber에 넣고 계수하여 백혈구 감소증 여부를 판단하였다.

#### 2.2.3 항체검사(Antibody test)

혈중 내 항체가 측정을 위하여 효소면역흡착시험법(enzyme linked immunosorbent assay, ELISA)을 이용하였다. 채취한 전혈을 1,500×g에서 20분간 원심하여 분리된 혈청을 가검 샘플로 사용하였으며 시판중인 CSFV antibody ELISA kit(JENO, Korea)를 이용하여 표준검사 방법에 준하여 검사를 실시하였다<sup>18)</sup>. 또한 항체 검사 결과 S/P ratio가 0.3인 개체의 혈청을 1/2,000로 희석하여 고역가 항체검사를 실시한 후 야외바이러스 감염에 따른 항체 형성 유무를 판단하였다.

#### 2.2.4 항원검사(Antigen test)

HCV 항원검사를 위해 시판중인 CSFV antigen ELISA kit(JENO, Korea)를 이용하여 표준검사방법에 준하여 검사를 실시하였다<sup>18)</sup>.

#### 2.2.5 분자생물학적인 검사 (Reversetranscriptase polymerase chain reaction ; RT-PCR)

혈중 돼지콜레라 바이러스를 검출하기 위해 RT-PCR을 실시하였다. 먼저 전혈에서 분리한 buffy coat를 300 $\mu$ l 정도 취한 후 QIAgen RNase mini kit(QIAgen, Germany)를 이용하여 RNA를 추출하였다. 돼지콜레라 바이러스의 5'NCR부분의 cDNA를 합성하기 위하여 추출된 RNA에 5×onestep RT-PCR buffer, dNTP mix, onestep RT-PCR enzyme mix, RNase-free water 및 5'NCR primer를 첨가하고 automated thermal cycler(DNA thermal cycler 9600, Perkin Elmer Co, USA)로 RT-PCR을 실시하였다<sup>18)</sup>. PCR이 끝난 후 1% agarose gel에서 30분간 전기영동하여 증폭된 DNA 절편(421bp)을 확인한 후 양성인 경우 증폭된 NCR 유전자를 *Xho* I 제한효소로 2시간 동안 처리하여 2개의 band(298bp 및 123bp)로 분획되면 야외주로 최종 판정하였다.

## III. 결 과

2002년 인천 강화 및 서구에서 발생한 돼지콜레라의 발생 현황은 Table 1과 같다.

발생 A, B, C, D농장의 임상증상 및 부검소견을 관찰한 결과 발생 돈사 내 돼지들이 한곳에 웅크리고 포개져 있었으며 고열, 식욕저하, 설사, 후구마비, 편도·신장·방광·폐의 출혈, 비장의 종대·경색 등이 관찰되었다(Table 2). 또한 A농장의 경우 결막염 소견을 보이며 안구가 충혈되어 있었고 B, C농장도 맹·결장내 단추양 궤양이 관찰되어 농장 별로 약간의 차이가 있었으나 전형적인 돼지콜레라의 증상을 보였다. 그러나 E 및 F농장은 식욕 저하, 피부 반점, 임프절의 종대·출혈 등(Table 2)만이 관찰되고 돼지콜레라의 뚜렷한 임상증상이나 부검소견이 관찰되지 않았다.

Table 1. Epidemiological survey for periodical outbreaks of classical swine fever at Incheon metropolitan area in 2002

Farm	Date of notification	Area	No of breeding	Outbreak ages (days)	No of outbreak(%)	No of death(%)
A	Oct 7	Kangwha-Gun Hwado-Myon	1,326	110-120	30(2.3)	3(0.2)
B	Oct 13	Kangwha-Gun Kilsang-Myon	1,374	130	40(2.9)	3(0.2)
C	Oct 14	Kangwha-Gun Kangwha-Up	153	35	15(9.8)	10(6.5)
D	Nov 1	Kangwha-Gun Kangwha-Up	371	60-90	9(2.4)	-
E	Nov 14	Seo-Gu Oryu-Dong	1,160	120-150	5(0.4)	-
F	Nov 25	Kangwha-Gun Kangwha-Up	1,544	240	2(0.1)	-

Table 2. Comparison of clinical signs and gross lesions of pig in the notification farms

Classification	Items	Farm					
		A	B	C	D	E	F
Clinical signs	High fever	+	+	+	+	-	-
	Pigs lying upon each other	+	+	+	+	-	-
	Anorexia	+	+	+	+	+	+
	Depression	+	+	+	+	-	-
	Diarrhea	+	+	+	+	-	-
	Conjunctivitis	+	-	-	-	-	-
	Patch within skin	-	+	+	+	+	-
	Cyanosis	-	+	+	+	-	-
	Incoordination and ataxia	+	+	+	-	-	+
	Paralysis of hindquarters	+	+	+	+	-	+
Gross lesions	One or more dead pigs	+	+	+	-	-	-
	Swollen, edematous and hemorrhagic lymph node	+	+	+	-	+	+
	Splenic infarction and enlargement	+	+	+	+	-	-
	Petechial and ecchymotic hemorrhages in internal organs	+	+	+	+	-	+
	Button ulcers of cecum and colon	-	+	+	-	-	-

임상증상을 보이는 환축, 의심축 및 정상 동거돈에 대한 백혈구수, CSFV antigen과 antibody ELISA 및 RT-PCR 결과 A, B, C, D 농장은 50%이상에서 백혈구 감소증이 나타났으나 (Table 3), 정상돈에서도 백혈구 감소증이 나타났고 뚜렷한 임상증상을 보이는 환축에서도 정상수치의 백혈구가 관찰되었다. E농장은 피부반점의 증상을 보이는 의심축 5두와 정상 동거돈 5두를 검사한 결과 의심축 4두에서 백혈구 감소증이 나타났고 F농장의 경우 보행장애를

보이는 의심축 6두, 정상돈 5두에 대한 검사결과 의심축 1두에서 백혈구 감소증이 관찰되었다 (Table 3).

돼지콜레라에 대한 항체 형성을 조사한 결과 A, E농장은 검사 전두수가 혈중 항체를 보유하고 있지 않은 것으로 나타났으며 D를 제외한 3개의 농장도 낮은 항체 양성률을 보였다 (Table 4). 그러나 항체 양성을 나타낸 개체가 고역가 항체검사에서는 음성으로 판정되어 예방접종에 의한 항체형성으로 판단되었다.

Table 3. Distribution of white blood cell(WBC) count in the notification farms

Farm	No of sample	No of WBC(%)					
		≤1*	<1-3*	<3-5*	<5-7*	<7-9*	≥9*
A	10	-	-	1(10)	5(50)	4(40)	-
B	35	-	3 (8)	13(37)	9(26)	2 (6)	8(23)
C	15	2(13)	4(27)	2(13)	1 (7)	3(20)	3(20)
D	14	-	2(14)	2(14)	1 (8)	2(14)	7(50)
E	10	-	-	1(10)	1(10)	2(20)	6(60)
F	11	-	-	-	-	1 (9)	10(91)
Total	95	2 (2)	9 (9)	19(20)	17(18)	14(15)	34(36)

\* : × 1,000cell/mm<sup>3</sup>

Table 4. Result of classical swine fever antibody test for blood samples collected in the notification farms

Farm	No of sample	ELISA(%)		ELISA*(%)	
		Positive	Negative	Positive	Negative
A	10	-	10(100)	-	10(100)
B	35	14(40)	21 (60)	-	35(100)
C	15	5(33)	10 (67)	-	15(100)
D	14	9(64)	5 (36)	-	14(100)
E	10	-	10(100)	-	10(100)
F	11	1 (9)	10 (91)	-	11(100)
Total	95	29(31)	66 (69)	-	95(100)

\* : with serum diluted in 1/2,000

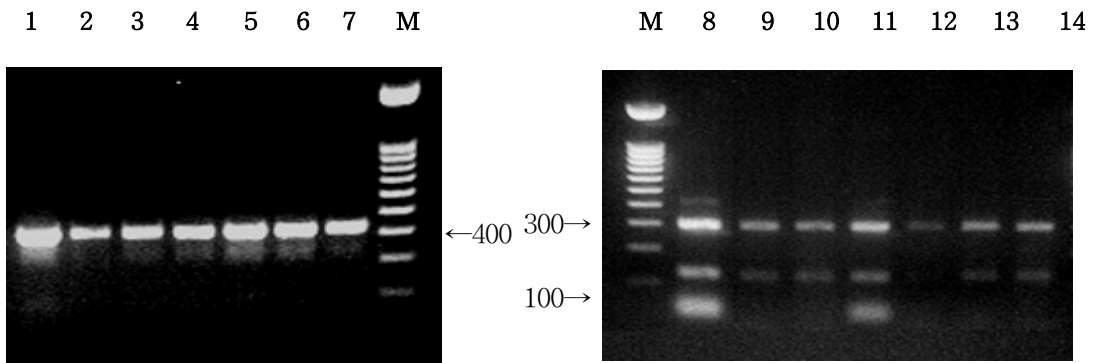


Fig 1. Results of agarose gel electrophoresis

M : 100bp ladder

Lane 1 to 7: RT-PCR result for detection of CSFV from blood samples.

1: Positive control, 2: Farm A, 3: Farm B, 4: Farm C, 5: Farm D, 6: Farm E, 7: Farm F,

Lane 8 to 14: Result of restriction enzyme treatment

8: Positive control, 9: Farm A, 10: Farm B, 11: Farm C, 12: Farm D, 13: Farm E, 14: Farm F

CSFV antigen 검사 결과 A, B, C, D농장은 ELISA에서 의양성 또는 음성인 개체가 RT-PCR검사에서 양성으로 나타나 두 검사 결과에 차이를 보였으며 각각 10두, 20두, 15두, 9두가

야외바이러스에 감염된 것으로 나타났다. E, F농장은 각각 의심축 5두, 1두가 야외바이러스에 감염된 것으로 나타났다(Table 5, Fig 1).

Table 5. Result of classical swine fever antigen test for blood samples collected in the notification farms

Farm	No of sample	ELISA(%)			PCR(%)	
		Positive	Suspect	Negative	Positive	Negative
A	10	6(60)	2(20)	2(20)	10(100)	-
B	35	8(23)	4(11)	23(66)	20 (57)	15(43)
C	15	4(27)	1 (7)	10(29)	15(100)	-
D	14	8(57)	1 (7)	5(36)	9 (64)	5(36)
E	10	5(50)	-	5(50)	5 (50)	5(50)
F	11	1 (9)	-	10(91)	1 (9)	10(91)
Total	95	32(34)	8 (8)	55(58)	60 (63)	35(37)

돼지콜레라 확산을 방지하기 위하여 발생 농가와 위험지역(3km이내)·경계지역(10km이내)내에 사육되고 있는 돼지 전두수에 대한 임상 관찰을 실시한 후 혈액을 채취하여 항원·항체 검사를 신속히 실시하였다(Table 6). 또한 해당

농가 및 역학적으로 관련된 농가에 대하여 살 처분을 실시하였으며(Table 7) 농장내 공지를 사용하여 매몰한 후 생식회 등으로 돈사 및 농장 주변에 대한 철저한 소독을 실시하였다.

Table 6. Status of inspection within protection zone and surveillance zone

Farm	Protection zone(3km radius)		Surveillance zone(10km radius)	
	No of farm	No of pig	No of farm	No of pig
A	20	11,150	104	38,160
B	1	217	96	34,274
C	17	3,540	86	42,151
D	17	3,540	86	42,151
E	5	4,258	16	8,826
F	17	3,540	86	42,151
Total	77	26,245	474	207,713

Table 7. Status of slaughter according to the classical swine fever outbreak

Farm	No of slaughter(No of farm)			Date of slaughter	
	Outbreak farm	Preventive slaughter farm	Subtotal	Outbreak farm	Preventive slaughter farm
A	1,323(1)	13(2)	1,336 (3)	Oct 9	Oct 10
B	1,371(1)	2,874(3)	4,245 (4)	Oct 14	Oct 14~15
C	143(1)	307(1)	450 (2)	Oct 15	Oct 16
D	371(1)	—	371 (1)	Nov 2	—
E	1,160(1)	—	1,160 (1)	Nov 17	—
F	1,544(1)	—	1,544 (1)	Nov 27	—
Total	5,912(6)		3,194(6)	9,106(12)	

## IV. 고 찰

돼지콜레라는 대부분의 양돈 선진국에서도 예방 접종 중단에 따른 청정국 선언 후에도 발생하고 있으며 영국의 경우 1966년 돼지콜레라를 근절하였으나 2000년 11월, 16건이 발생하여 75,000두를 살처분 하였고<sup>11)</sup> 네덜란드의 경우 1980년대에 돼지콜레라를 근절하였으나 1997년 2월부터 1998

년 4월까지 429건이 발생하여 11,000,000두를 살처분 하였다<sup>19~21)</sup>. 국내에서도 청정화 선언 후 돼지콜레라가 산발적으로 발생하고 있어 양돈 농가에 심각한 경제적 피해를 주고 있다.

인천 지역에서 발생한 6건의 돼지콜레라에 대한 발생양상을 살펴보면, 최초 발생한 A농장의 경우 강화 마니산 근처에 위치하고 있어 평소 외부인의 출입이 빈번히 이루어지고 있었으

며 지난 2002년 8월 초지대교 개통이후 농장 주위의 교통량이 급격히 증가하여 바이러스의 외부 침입이 용이했던 것으로 나타났다. 2차로 발생한 B농장은 A농장과 직선거리로 6km 가량 떨어져 있어 A농장에서 발생한 이후 경계지역으로 설정되어 이동제한 조치를 취하고 있었으나 발생 농장 C, D 및 F농장은 A, B농장과는 동북쪽으로 20km이상 떨어져 있는 곳이었다. 이러한 지리적 여건과 검역원의 역학 분석 결과에 따르면 최초 발생 전에 이미 3~4개의 농장(A, B, C, D)이 돼지콜레라에 감염되어 있었고 5차 발생 농가부터는 기 오염된 농장에서 전파된 것으로 나타났으며 사람·차량·물품에 의한 간접접촉에 의해 돼지콜레라가 확산된 것으로 조사되었으나<sup>22)</sup> 돼지콜레라 바이러스의 유입원 및 유입경로 등에 대한 정확한 규명은 이루어지지 않았다.

발생 A, B, C, D농장의 임상증상 및 부검소견을 관찰한 결과 2002년 4월 강원도 철원에서 발생한 돼지콜레라와 유사한 증상<sup>23~24)</sup>을 보였으나 발생 E 및 F농장은 뚜렷한 증상이 없어 처음 신고 접수 시 돈단독 등의 다른 세균성 질병으로 판단하여 초기에 신속한 차단 방역에 어려움이 있었다. 이런 결과로 볼 때 임상증상만으로 돼지콜레라 감염 여부를 판단하지 말고 정상돈, 의심 및 환축에 대한 부검 및 채혈을 실시한 후 신속히 실험실 검사를 실시하여 야외 돼지콜레라 바이러스 감염 여부를 확인하는 것이 바람직한 것으로 사료된다. 특히 인천의 경우 가축 밀집지역인 강화군이 인천시 도심(가축위생시험소 소재지)에서 먼 거리에 있고 수시로 전염병 발생 신고로 초기 신속한 차단 방역에 어려움이 있으므로 처음 신고 농장 방문 시, 우선 이동 제한, 출입자 통제 등을 실시하여 오염 물질이나 의심축이 다른 곳으로 이동하는 것을 차단한 후 최종 진단 여부에 따라 신속한 초동 방역을 실시하여야겠다.

금번 2002년도 강원도 철원, 인천 강화군, 서구 및 경기도 김포, 이천에서 발생한 돼지콜레라 바이

러스에 대한 검역원의 유전자 분석 결과에 따르면 그 유전형이 Type 2로 분류되어 과거 국내에서 분리된 바이러스인 Type 3과는 유전형이 모두 다른 것으로 밝혀졌다<sup>18, 22)</sup>. Type 2는 동북아에서 유행하고 있는 돼지콜레라 바이러스와 유사하다는 점을 고려하여 볼 때 철원 및 인천·경기 일부지역에서 발생한 돼지콜레라는 동북아 등 외국에서 유입되었을 것으로 추정하고 있으며, 기존 국내에 잠복하고 있던 바이러스가 재발할 가능성은 거의 희박한 것으로 판단하고 있다. 특히 2002년 10월에서 11월, 2달 동안 6개의 농장에서 돼지콜레라가 산발적으로 발생한 인천은 동북아에 가장 가까운 곳에 위치하고 있으며, 가축 방역에 취약한 북한과 중국의 인접 지역으로, 인천공항과 항만을 통해 빈번한 물적, 인적 교류가 활발해 지고 있는 실정으로 돼지콜레라뿐만 아니라 해외 악성가축전염병인 구제역, 광우병, 돼지오세스키병 등의 지속적인 발생이 예상되고 있다. 그러나 이러한 지리적인 특성을 가진 지역임에도 불구하고 인천 관내 돼지콜레라 발생 농장의 경우 사료차량, 가축수송차량, 약품차량 등 외부 차량의 출입이 빈번함에도 소독설비 설치, 소독실시 및 소독실시 기록부 작성·보관이 제대로 이루어지지 않고 있어, 외부에서 유입된 질병의 전파가 상당히 용이했던 것으로 추정하고 있다. 또한 농장 내 의심축 발견 시에도 신속히 신고를 하지 않고, 다른 질병으로 생각하고 자가치료를 시도하다 치료가 되지 않을 때 의심축으로 신고하는 등 초기 차단 방역에 어려움을 주었다. 이에 따라 돼지콜레라에 대한 농가 교육과 홍보가 지속적으로 이루어져야 하며 돼지콜레라의 근절을 위해서는 주기적인 철저한 소독과 함께 농가의 자율적인 차단방역을 통해 사전에 질병예방을 위한 노력을 아끼지 말아야겠다. 또한 의심축 발생 시 즉시 각 시·도 시험소 등 관련기관에 신고 후 가축의 이동 등을 자제하여 다른 농장으로의 전파를 신속히 차단하는 것이 중요하다.

## V. 결 론

예방 접종 중단이후 산발적으로 발생하고 있는 돼지콜레라의 발생 양상을 파악하고 효율적인 방역대책을 수립하고자 2002년 9월에서 11월 사이 인천 강화 및 서구에서 발생한 6건의 돼지콜레라를 대상으로 발생 양상 및 역학 조사를 실시하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 인천 강화 및 서구 내 6개 농장에서 발생한 돼지콜레라로 발생 농장을 포함하여 총 12 농가내 9,106두가 살처분 되었다.
2. 발생 A, B, C, D농장은 전형적인 돼지콜레라의 증상을 보였으나 발생 E, F농장은 뚜렷한 임상증상이나 부검소견이 나타나지 않아 돈단독 등 다른 세균성 질병으로 판단하여 초기 신속한 차단 방역에 어려움이 있었다.
3. 6개 발생 농장에 대한 백혈구 수치, CSFV antigen, antibody ELISA test 및 RT-PCR을 실시한 결과 60두가 야외 바이러스에 감염된 것으로 확인되었다.
4. 돼지콜레라가 최초로 발생보고 되기 이전에 이미 3~4개의 농장(A, B, C, D)이 돼지콜레라에 감염되어 있었고 5차 발생 농가부터는 기 오염된 농장에서 간접접촉에 의해 전파된 것으로 추정되었다. 그러나 추후 역학 조사에서는 발생 원인과 유입 경로 등을 파악하기 위해 보다 철저한 조사가 이루어져야겠다.

## 참 고 문 헌

1. Allen DL, Barbara ES, William LM, et al. 1992. Hog cholera, In: *Disease of swine*. 7th ed. Iowa State Univ. Press Ame, USA : 274~285.
2. Jones TC, Hunt RD. 1983. Hog cholera, In: *Veterinary pathology*. 5th ed. Lea &

- Febiger, Philadelphia : 412~420.
3. 우영제. 1997. 임상증상으로 본 돼지질병. 양돈연구 : 359~368.
4. Ressang AA. 1973. Studies on the pathogenesis of hog cholera, I. Demonstration of hog cholera virus subsequent to oral exposure. *Zentralbl Veterinarmed B* 20(4) : 256-271.
5. Van Oirschot JT, Terpstra C. 1989. Hog cholera virus, In: *Virus Infections of Porcines*. Elsevier Science Publishers. New York : 113~130.
6. Moennig V, Floegel NG, Greiser-Wilke I. 2003. Clinical signs and epidemiology of classical swine fever: a review of new knowledge. *Vet J* 165(1) : 11~20.
7. Mengeling WL, Packer RA. 1969. Pathogenesis of chronic hog cholera: host response, *Am J Vet Res* 30(3) : 409-417.
8. Cheville NF, Mengling WL. 1969. The pathogenesis of chronic hog cholera (swine fever). Histologic, immunofluorescent, and electron microscopic studies. *Lab Invest* 2(3) : 261~274.
9. Hanson RP. 1957. Origin of hog cholera. *JAVMA* 131 : 211~218.
10. Cole CG, Henley RR, Dale CN, et al. 1962. History of hog cholera research in the US Department of Agriculture 1884~1960. *Agriculture Information Bulletin* No. 241, USDA, Washington DC.
11. Sharpe K, Gibbens J, Morris H, et al. 2001. Epidemiology of the 2000 CSF outbreak in East Anglia: preliminary findings. *Vet Rec* 148(3) : 91.
12. Biagetti M, Greiser-Wilke I, Rutili D. 2001. Molecular epidemiology of classical swine fever in Italy. *Vet Microbiol* 83(3) : 205~215.
13. Laddomada A. 2000. Incidence and control



- of CSF in wild boar in Europe. *Vet Microbiol* 73(2-3) : 121~130.
14. Artois M, Depner KR, Guberti V, et al. 2002. Classical swine fever(hog cholera) in wild boar in Europe. *Rev Sci Tech* 21(2) : 287~303.
15. 송재영. 2001. 국내분리 돼지콜레라 바이러스의 분자생물학적 특성과 유전자 재조합 E2 단백질의 항원성에 관한 연구. 건국대학교 박사학위논문.
16. 가축전염병 발생월보. 1999. 국립수의과학검역원 홈페이지.
17. 박종우. 2001. 주요가축전염병 통계. 수의과학검역정보(13) : 71-73.
18. 돼지콜레라 정밀검사법. 2003. 국립수의과학검역원 질병연구부 바이러스과. 발간등록번호 11-1380644-000033-01.
19. Stegeman A, Elbers AR, Bouma A, et al. 1999. Transmission of classical swine fever virus within herds during the 1997-1998 epidemic in the Netherlands. *Prev Vet Med* 42(3-4) : 201~218.
20. Henneken M, Stegeman JA, Elbers AR, et al. 2000. Transmission of classical swine fever virus by artificial insemination during the 1997-1998 epidemic in the Netherlands: a descriptive epidemiological study. *Vet Q* 22(4) : 228~233.
21. Stegeman A, Elbers A, de Smit H, et al. 2000. The 1997-1998 epidemic of classical swine fever in the Netherlands. *Vet Microbiol* 73(2-3) : 183~196.
22. 위성환. 2003. 2002년도 발생 돼지콜레라 역학조사 개요. 수의과학검역정보 19 : 53~55.
23. 진영화. 2003. 2002년 돼지콜레라 철원분리주의 병원성 시험결과(1). 수의과학검역정보 19 : 56~58.
24. 차상호. 2003. 2002년 돼지콜레라 철원분리주의 병원성 시험결과(2). 수의과학검역정보 19 : 59~61.

## Distribution of the serum IgG titers to whole cell and leukotoxin of *Mannheimia haemolytica* A1 in Holstein and Korean indigenous cattle slaughtered in abattoir

Jae-Won Byun, Kyung-Ho Kim, Sung-Mo Lee, Jung-In Lee, Hyun-Soon Hwang, Yong-Hee Kim

Veterinary faculty of Incheon Metropolitan Public Health & Environmental Research Institute

### Abstracts

A total of 419 slaughtered cattle were used to investigate the serum IgG titers to the *Mannheimia haemolytica* A1 whole cell and leukotoxin recognized with important virulence factor in bacterial pathogenesis. Data obtained in this study were represented with average absorbance $\pm$ standard deviation. Serum IgG titers were detected with the ranges from 0.1 to 0.5 at 490nm. Whole cell titers were higher than leukotoxin antibody on the whole. Antibody titers of slaughtered cattle between races, ages have no significant difference but gradual decrease under aging in dairy cow for whole cell(decline mean titer from 0.29 to 0.27 according to age) was undertaken. Holstein bulls shipped from Seoul province had a significantly lower IgG titer than those from another ones( $p<0.05$ ).

**Key words :** *Mannheimia haemolytica*, Antibody titers, Leukotoxin

### I. Introduction

*Mannheimia haemolytica* A1 is an opportunistic bacterial pathogen associated with shipping fever and enzootic pneumonia<sup>1,2)</sup>. In association with stress conditions such as virus infection, change of temperature, shipping or change of feed, *M. haemolytica* can cause an acute fibronecrotizing pleuropneumonia and subsequent death<sup>3-6)</sup>. Therefore, economical loss is very high. This bacteria produce several virulence factors; leukotoxin(LKT), capsular polysacchride(CP), and lipopolysacchride (LPS). These antigens play major roles of

bacterial pathogenesis and are used as vaccine candidates to prevent the disease<sup>7-11)</sup>.

Of virulence factors, LKT, pore forming cytolysin, has a biological effect only ruminant leukocytes, for example, alveolar macrophage and induce influx burst of neutrophil and impair pulmonary defence mechanism<sup>5,7,11-13)</sup>. It has been recognized that CP is resistant to phagocytes and complement lysis<sup>7-9)</sup>. LPS enhance cytolysis and inflammatory cytokine induction and show endotoxic activity in a similar manner of other gram negative bacteria<sup>10,14)</sup>. With infectious conditions, optimal level of IgG to important

virulence factors is more essential to protect the disease and also maintained for a given period of time in serum. Accordingly, Intensity of serum antibody for these antigens could be indicate the infection status and infer the protective potential for individuals. In order to examination of the serum IgG titers, indirect enzyme linked immunosorbent assay(ELISA) was used in this study. ELISA method is widely used to detect the specific antigen and antibody in unknown samples<sup>9,15-17)</sup>. The objectives in this study were to detect the serum IgG level to whole cell and leukotoxin of *M haemolytica* A1 and compare the serum IgG titers which were distributed by slaughter ages, sex and shipping area in holstein and korean indigenous cattle.

## II. Materials and Methods

### 2.1 Animals

Three hundred sixty five Holstein and Korean indigenous cattle of fifty four shipped from Seoul, Incheon, Kyoungki, Chungnam, Chungbuk and Gyeongbuk province were slaughtered from July to August in abattoir. Blood was obtained from jugular vein after death immediately and incubated for 3hrs to separate serum. After centrifuge at 3,000×g for 10min, supernatant was stored at -60°C deep freezer until assay. Cattle was assorted by the ages, sex and race according to slaughter applications. The approximate age of dairy cow were estimated with the number of a milk(deciduous) teeth.

### 2.2 Antigens preparation

*Mannheimia haemolytica* A1 was grown in

tryptic soy broth(Difco, USA) for overnight. Culture broth was inoculated into RPMI-1640 medium(Sigma chemicals, USA) and further incubated for 6hrs to logarithmic phase. Whole bacteria was counted with standard plate count technique and added formaldehyde to be 0.3% concentration and incubated overnight. Bacterial cell was collected by centrifugation at 6,000×g for 30min and washed 3 times with phosphate buffered saline(pH 7.2). Whole cell antigen was stored at 4°C until use. Culture supernatant was filtered by 0.2µm millipore(Milli-Q, USA) and precipitated with ammonium sulfate. Sediment was dialyzed with against pyrogen-free distilled water and stored at -20°C. Protein concentration was determined by a commercial protein assay kit(BCA kit, PIERCE, France).

### 2.3 Indirect ELISA

Antibodies of the IgG binding the whole cell and leukotoxin were assayed using an indirect ELISA. All reagents were adjusted by separate checkerboard titrations. Leukotoxin and whole cell were coated to well of 96 well plate, 20µg and 4.5×10<sup>8</sup>CFU respectively per well in 100µl 0.06M carbonate buffer(pH 9.6) for 2hrs at 37°C. Following a wash step, plates were blocked for 1hr with 2% gelatin solution in phosphate buffered saline containing 0.05% Tween 20(PBST) and used as a wash solution in later step. After washing, 100µl of bovine serum diluted with 1 : 2 was reacted with antigen for 1 hr at 37°C. Following a wash step, bound antibodies were detected using mouse monoclonal antibody to bovine IgG(Sigma, USA) 1:1000, incubating 37°C for 1hr. Following wash, the mouse monoclonal

antibody was detected using an horseradish peroxidase conjugated goat-antimouse IgG, 1 : 2500 for 1 hr incubation at 37°C. After washing, enzyme activity was assayed using SigmaFAST® tablet(O-phenylenediamine, OPD). Negative control serum was kindly gifted from bacterial division of National Veterinary Quarantine Service(NVQS). Optical density was detected at 490 nm. Antibody level was expressed as optical density of test serum minus the optical density of negative control.

## 2.4 Statistics

Statistical analysis was used to analyze mean titer differences between ages, sex or race by F-test. With the ANOVA(Analysis of Variances) model, the differences were determined with level of antibody titers according to shipping area. Student t-test was used to determine the difference of means between provinces.

## III. Results

### 3.1 Antibody response to *M. haemolytica* whole cell

In case of comparison of the antibody levels between sex and race, holstein cattle were detected with a mean OD<sub>490</sub> value of  $0.28 \pm 0.07$ (female),  $0.29 \pm 0.06$ (male) and  $0.3 \pm 0.04$ (male),  $0.3 \pm 0.05$ (female) in Korean indigenous cattle(Table 1). In holstein cow, IgG titers were gradually declined with the range from  $0.29 \pm 0.07$  to  $0.27 \pm 0.07$  follow increasing age(Table 2). In regional IgG distribution of holstein bulls, cattle shipped from Seoul area had significantly lower IgG titer than those from other provinces(Table 3). For regional differences of Korean indigenous cattle, the cattle from Incheon were  $0.31 \pm 0.04$ , represented with the most high titer than  $0.30 \pm 0.05$  of Gyeongbuk and  $0.28 \pm 0.04$  of Kyoungki province(Table 4).

Table 1. Comparison of the serum antibody titers between Holstein and Korean indigenous cattle

Race	Sex	No of cattle	Absorbance(Mean±SD)	
			Whole cell	Leukotoxin
Holstein	Female	192	$0.28 \pm 0.07$	$0.26 \pm 0.06$
Holstein	Male	173	$0.29 \pm 0.06$	$0.26 \pm 0.06$
Korean indigenous cattle	Female	31	$0.30 \pm 0.04$	$0.26 \pm 0.04$
Korean indigenous cattle	Male	23	$0.30 \pm 0.05$	$0.30 \pm 0.05$

### 3.2 Antibody response to *M. haemolytica* leukotoxin

Holstein cow and bull have shown a same titer a mean OD<sub>490</sub> value of  $0.26 \pm 0.06$ . Korean indigenous female and male cattle were detected with  $0.26 \pm 0.04$ ,  $0.30 \pm 0.05$  respectively (Table 1). In accordance with the ages, antileukotoxin titers were reduced from

2 to 4 years old but slightly increased in 5 years cow. In survey of holstein bulls, the cattle shipped from Seoul area had a significantly lower IgG titer than those from other provinces (Table 3). For regional differences of Korean indigenous cattle, Kyoungki was  $0.25 \pm 0.02$ , showing lower than  $0.28 \pm 0.05$  of Incheon and  $0.28 \pm 0.01$  of Gyeongbuk provinces (Table 4).

Table 2. Serum antibody distribution of dairy cow according to ages

Ages (year)	No of cattle	Absorbance(Mean±SD)	
		Whole cell	Leukotoxin
2~3	36	$0.29 \pm 0.07$	$0.26 \pm 0.05$
3~4	46	$0.28 \pm 0.06$	$0.25 \pm 0.06$
>5	110	$0.27 \pm 0.07$	$0.26 \pm 0.05$

Table 3. Regional antibody titers of Holstein bulls to whole cell and leukotoxin

Province	No of cattle	Absorbance(Mean±SD)	
		Whole cell	Leukotoxin
Kyoungki	59	$0.31 \pm 0.06$	$0.28 \pm 0.05$
Chungnam	14	$0.29 \pm 0.05$	$0.24 \pm 0.05$
Chungbuk	20	$0.29 \pm 0.08$	$0.25 \pm 0.07$
Incheon	40	$0.29 \pm 0.06$	$0.26 \pm 0.05$
Seoul	20	$0.25 \pm 0.07^*$	$0.22 \pm 0.07^*$
Gyeongbuk	20	$0.27 \pm 0.06$	$0.24 \pm 0.05$

\* : Significantly lower( $p < 0.05$ ) than mean titers of other provinces

Table 4. Distribution of regional antibody levels for Korean indigenous cattle

Provinces	No of cattle	Absorbance(Mean±SD)	
		Whole cell	Leukotoxin
Gyeongbuk	24	$0.30 \pm 0.05$	$0.28 \pm 0.05$
Incheon(Kangwha-gun)	15	$0.31 \pm 0.04$	$0.28 \pm 0.01$
Kyoungki	15	$0.28 \pm 0.04$	$0.25 \pm 0.02$

## IV. Discussion

Pneumonic pasteurellosis is a well known disease of ruminants worldwide<sup>5,6)</sup>. It has been implicated that *Mannheimia haemolytica* cause of fibrinous pneumonia, called as enzootic pneumonia in young calves and shipping fever in feedlot cattle<sup>1,2,18)</sup>. A lot of efforts to prevent and reduce the outbreak of disease have been made a trial by many researchers<sup>8,16-19)</sup>. Especially, induction of the serum antibody to leukotoxin(LKT), lipopolysaccharide(LPS) and capsular polysaccharide (CP) would be contribute to reduce the symptoms and prolong the time of outbreak<sup>9,15-17,19,20)</sup>. Therefore, the detection of serum IgG of farm cattle could predict the preventive capability against the infection. In our experiment, serum IgG titers to whole cell(WC) and leukotoxin(LKT) were detected in Holstein and Korean indigenous cattle shipped in abattoir to find out whether the differences were between ages, sex or area. In comparison of Holstein and Korean indigenous cattle, there was not significant differences but antibody titers of Korean indigenous cattle were generally higher than those of Holstein. Confer et al<sup>15)</sup> hypothesis that the variation of antibody degree could be varied by the outbred and ages of cattle. For the detection of antibody to dairy cow in accordance with aging, antibody titers to WC were reduced following ages but, in case of LK, the cow of above five year were slightly increased rather than those of 2 ~ 3 year cattle. Although simple comparison without consideration of different area or rearing circumstance and so on was carried out, IgG titers to both WC and LKT in dairy cow shipped to abattoirs generally were shown to

incline antibody reduction follow as aging. In preliminary study, we examined about the lung consolidation used by method of Brogden et al<sup>8)</sup> to know whether there was relation between lung lesion and antibody titer but no relation to slaughtered cattle(data not shown). Reeve-Johnson<sup>21)</sup> showed that the clinical scores of the calves were correlated with the extent with of lung consolidation. Frank<sup>1)</sup> and Frank et al<sup>3)</sup> indicated that healthy cattle can carry *P. haemolytica* at undetectable levels for long periods of time and isolation rates of *P. haemolytica* were few at the farm but markedly increased at feed yard. Also, Hodgins and Shewen<sup>9,17)</sup> indicated that antibody titer was naturally increased in dairy cattle on the fall season which is changing the climate. In Korea, Holstein bull was generally slaughtered within two years old for the purpose of meat production. With the infection of pneumonia, the reduction of growth rate and feed coefficient cause a economical damage at the farm. Our results showed that the Holstein bulls from Seoul area had a significantly lower antibody titers than those shipped from the other provinces to both antigens. In a similar to Holstein bull, Korean indigenous cattle showed a regional difference for antibody titer but not significant. This results could probably be attributed by the geographical characteristics of which the farm located in Seoul were generally small and difficult to contact with another ones. If these cattle were infected with *M. haemolytica*, respiratory tract disease could have developed with serious symptoms in animals. Frank et al<sup>16)</sup> demonstrated that respiratory tract disease was significantly related to the farm of origin and was

inversely related to the *P. haemolytica* serum titers at the farm. Vaccination could also reduce the frequency of colonization of upper respiratory tract by *P. haemolytica*. In our experiment, we detected the IgG titer to WC and LKT from the Holstein and Korean indigenous cattle slaughtered in abattoirs and realized that differences of antibody levels between the regions were significant but not in the sex and race.

## References

1. Frank GH. 1988. When *Pasteurella haemolytica* colonizes the nasal passages of cattle. *Vet Med Symp* : 1060-1064.
2. Frank GH. 1989. Pasteurellosis in cattle. In Adlam C, Rutter JM(ed). *Pasteurella and pasteurellosis* academic press, London, United Kingdom : 197-222.
3. Frank GH, Briggs RE, Raymond WL, et al. 1996. Respiratory tract disease and mucosal colonization by *Pasteurella haemolytica* in transported cattle. *AJVR* 57(9) : 1317-1320.
4. Srinand S, Ames TR, Werdin RE, et al. 1996. Evaluation of three experimental subunit vaccines against pneumonic pasteurellosis in cattle. *Vaccine* 14(2) : 147-154.
5. Whiteley LO, Maheswaran SK, Weiss DJ, et al. 1992. *Pasteurella haemolytica* A1 and bovine respiratory disease : Pathogenesis. *J Vet Int Med* 6 : 11-22.
6. Yoo HS. 1995. Effects of *Pasteurella haemolytica* A1 lipopolysaccharide and leukotoxin on bovine alveolar macrophages. Ph.D. thesis in Minnesota University : 5-49.
7. Adlam C. 1989. The structure, function and properties of cellular and extracellular components of *pasteurella haemolytica*. In Adlam C, Rutter JM(ed). *Pasteurella and pasteurellosis* academic press, London, United Kingdom : 75-92.
8. Brogden KA, Debey B, Audibert F, et al. 1995. Protection of ruminants by *Pasteurella haemolytica* A1 capsular polysaccharide vaccines containing muramyl dipeptide analogs. *Vaccine* 13 : 1677-1684.
9. Hodgins DC, Shewen PE. 1996. Preparturient vaccination to enhance passive immunity to the capsular polysaccharide of *Pasteurella haemolytica* A1. *Vet Immunol Immunopathol* 50 : 67-77.
10. Lafleur R, Malazdrewich C, Jeyaseelan S, et al. 2001. Lipopolysaccharide enhances cytolysis and inflammatory cytokine induction in bovine alveolar macrophages exposed to *Pasteurella(Mannheimia) haemolytica* leukotoxin. *Microbial Pathogenesis* 30 : 347-357.
11. Narayanan SK, Nagaraja TG, Chengappa MM, et al. 2002. Leukotoxins of Gram negative bacteria. *Vet Microbiol* 84 : 337-356.
12. Jeyaseelan S, Kannan MS, Hsuan SL, et al. 2001. *Pasteurella(Mannheimia) haemolytica* leukotoxin-induced cytolysis of bovine leukocytes : Role of arachidonic acid and its regulation. *Microbial Pathogenesis* 30 : 59-69.
13. Sun Y, Clinkenbeard KD. 1998. Serum-free culture of *Pasteurella haemolytica* optimized for leukotoxin production. *AJVR* 59(7) : 851-855.
14. Reggie YCL. 2001. Genetic analysis of virulence factors of *Mannheimia (Pasteurella) haemolytica* A1. *Vet Microbiol* 83 : 23-25.
15. Confer AW, Fulton RW, Clinkenbeard

- KD, et al. 1998. Duration of serum antibody responses following vaccination and revaccination of cattle with non-living commercial *Pasteurella haemolytica* vaccines. *Vaccine* 16(20) : 1962-1970.
16. Frank GH, Briggs RE, Duff GC, et al. 2002. Effects of vaccination prior to transit and administration of florfenicol at time of arrival in a feedlot on the health of transported calves and detection of *Mannheimia haemolytica* in nasal secretions. *AJVR* 63(2) : 251-256.
17. Hodgins DC, Shewen PE. 1998. Serologic responses of young colostrum fed dairy calves to antigens of *Pasteurella haemolytica* A1. *Vaccine* 16(20) : 2018-2025.
18. Jim K, Guichon T, Shaw G. 1988. Protecting feedlot calves from pneumonic pasteurellosis. *Vet Med Symp* : 1084-1087.
19. Brennan RE, Corsciet RE, Paulson DB. 1998. Antibody responses to *Pasteurella haemolytica* 1:A and three of its outer membrane proteins in serum, nasal secretions and bronchoalveolar lavage fluid from calves. *AJVR* 59(6) : 727-732.
20. Roth JA. 1988. How cattle defend themselves against *Pasteurella haemolytica* pneumonia. *Vet Med Symp* : 1067-1072.
21. Reeve-Johnson L. 2001. Relationships between clinical and pathological signs of disease in calves infected with *Mannheimia(pasteurella) haemolytica* type A1. *Vet Rec* 149 : 549-552.



## 인천지역 양돈농가의 생산성 향상을 위한 질병 실태조사

황원무, 박진수, 이정구, 이성모, 황현순  
가축위생시험소 시험검사실

### Survey on the endemic disease to improve production of pig farm in Incheon area

Won-Moo Hwang, Jin-Soo Park, Jung-Goo Lee, Sung-Mo Lee, Hyun-soon Hwang

Veterinary faculty of Incheon Metropolitan Public Health & Environmental Research Institute

#### Abstract

This experiment was executed to control effectively endemic disease of swine farms in Incheon metropolitan city. Mainly using PigMon program which had been developed by the College of Veterinary Medicine in the University of Minnesota (USA), we examined lesions of gastric ulcer and interstitial nephritis additionally. 446 heads of pigs shipped from 5 farms in Incheon to a slaughterhouse from June in 2003 to May in 2004 were examined. Infection rates by farms were obtained as follows;

1. Pneumonia was varied from 34.6% to 74.1% and pneumonic score was 1.47~7.06. As for atrophic rhinitis, four farms were 100% and one farm was 89.5% and rhinitis score was 1.3~3.2.

2. The infection rate of pericarditis and peritonitis was 1.0~3.9% and liver white spots, papular dermatitis were observed in pigs of 9.8~29.7%, 16.7~51.4% respectively.

3. The outbreak rates of interstitial nephritis, lesions of ileal thickening and gastric ulcer were 15.4~24.1%, 7.7~13.5%, and 62.7%~86.2% respectively.

**Key words** : Pigs, Endemic disease, PigMon program

## I. 서 론

국내 양돈 산업은 1990년대 약 400만두 정도 사육되고 있었으나 2003년도에는 900만두로 2배 이상 그 사육두수가 급증하였다<sup>1)</sup>. 이는 사회·경제적 발달과 식습관의 변화로 육류의 소비 증가에 힘입은 것으로 사료된다. 국내외 여건으

로 대규모의 기업형 양돈농가의 출현을 가져왔으며 이들 기업형 양돈장의 경우 생산성적 향상을 위해서는 시설의 현대화, 계열화가 바람직하지만 시설보완에는 상당한 경제적인 부담으로 작용하였다. 이 때문에 생산성의 향상과 생산원가 절감을 위해 다두 밀집 사육이 불가피하게 되었다. 하지만 제한된 공간에서 사육

된 돼지들의 경우에는 만성 소모성 질환으로 돼지의 발육이 나빠지고 출하시기가 늦어져 경제적 손실이 발생된다<sup>2-4)</sup>. 이런 국내의 열악한 사육환경은 만성 소모성 질환 중에서 특히 호흡기 질병의 발생이 급증한 원인으로 작용되었다<sup>4)</sup>. 이들 호흡기 질병의 경우 국내 연구진들의 연구 자료에 의하면 임 등<sup>5)</sup>은 호흡기 질병인 마이코플라즈마성 폐렴이 750두 가운데 465두 62.0%가 감염되었고, 김 등<sup>6)</sup>은 544두 중 415두 76.3%가 감염되었다고 보고하였다. 이외에도 주로 포유기간 동안 모돈에 의해 감염되는 위축성 비염과, 톱밥돈사 등에 의한 회충란 발육, 늑막염, 구진성 피부염 등 많은 질병이 발생되고 있다. 육성 비육돈에 감염되는 대부분의 질병들은 불현성 감염 또는 만성으로 진행되어 농가가 인지하지 못하는 사이에 생산성 저하는 물론 사료 효율 저하 등 경제적 수익성에 많은 피해를 주고 있다<sup>7-9)</sup>.

이들 질병의 피해를 감안한다면 발병 후 치료보다는 예방이 선행되어야 한다. 이것을 인지한 경영자들은 예방의 목적으로 그동안 항생제나 사료첨가제, 백신접종 등을 사용하여 번식성적의 향상은 물론 사료 효율 증가 등 생산성 향상을 피해 적지 않은 효과를 거두었다<sup>10-13)</sup>. 그러나 항생제나 합성항균제의 남용으로 내성균이 증가하였으며, 이들 질병들의 다양한 발생 원인과 병원체들의 특성 등을 고려한다면 예방적 차원에서 사용되던 각종 항균제나 사료첨가제, 백신 등의 사용은 매우 제한적인 방제효과만을 기대할 수 있었다<sup>14-16)</sup>.

또한 간혹 항생제나 합성항균제의 오·남용으로 장관 내 정상 세균총에 균형을 깨뜨려 비정상 세균총들이 과다하게 증식하여 장염을 유발하는 등의 부작용도 나타났다<sup>17)</sup>.

특히 국내·외적으로 항생물질·합성항균제 등의 사용 제한과 잔류 규제 등이 강화되었으며, 내성 등의 문제로 지금까지 사용했던 약물요법으로는 철저한 질병 예방이 어려워졌다<sup>10)</sup>. 이러한 여건과 부작용을 감안한다면 보다 철저한 예방과 차단 방역을 위한 새로운 대안이 필

요한 시점이 도래한 것이다. 돼지는 집단적이며 대규모로 사육되기 때문에 치료는 의미가 없고 철저한 예방과 차단방역을 실시하여야 한다. 이러한 차단방역을 실시하기 위해서는 각 농장별로 질병을 검사하고 파악하는 것이 중요하다. 이런 질병에 대한 검사자료를 바탕으로 각 농장에 맞는 관리프로그램을 작성하여 돈군을 관리하여야 한다.

본 연구는 관내 양돈 농가의 질병 오염정도 및 상재 질병의 상태들을 파악하여 이러한 돈군 관리프로그램을 만들기 위한 기초 자료를 얻고자 실시하였다.

## II. 재료 및 방법

### 2.1 공시재료

2003년 6월부터 2004년 5월 사이에 도축장에 출하한 인천지역 5개 양돈장의 돼지 446두를 대상으로 검사하였다. 검사방법으로 선진국에서 사용해온 방법인 Slaughter check 방법을 적용하기로 했다. 이 방법은 돼지의 병변을 체계적으로 조사하여 돈군의 질병을 예찰하고 감시하고자 외국에서 사용해왔는데 그 중에서 미국 미네소타 대학에서 개발한 도체검사법인 PigMon program<sup>18)</sup>을 위주로 검사하였고, 위궤양 병변과 신장 병변을 추가하여 실시하였다.

### 2.2 검사방법

출하되는 도축돈을 도축장의 도축공정에 차질이 생기지 않도록 최대한 노력하면서 시진과 축진을 위주로 하여 검사하였으며 검사항목과 검사방법에 대한 요약은 PigMon check list에 대한 Table 1과 위궤양은 병변형성에 따라 Grade 0에서 Grade 3으로 신장 병변은 간질성 신염에 의한 피막하의 white spots은 정상 Grade 0, 10개미만은 Grade 1, 10개 이상은 Grade 2로 등급을 매기고 renal cysts와 perirenal fibrosis의 유무를 검사하였다.

### 2.2.1 폐병변 검사

유행성 폐렴(enzootic pneumonia : *Mycoplasma induced pneumonia*)의 병변은 병변의 정도와 진행성 병변 또는 만성 병변을 구분하였다. 폐 병변의 정도는 좌우 침엽, 좌우 심장엽, 중간엽은 각각 10%의 비중을 두었으며, 좌우 횡격막엽은 각각 25%씩 배점하여 폐전체에 대한 병변 부위를 환산하여 기록하였다<sup>7-8)</sup>. 예컨대 좌 침엽의 반에 폐렴 병변이 있고 좌우 심장엽의 40%에 병변이 있는 반면 기타 폐엽은 정상이었다면 이 폐 전체의 병변지수(percentage of

lung with pneumonia)는 13%로 환산하였다. 폐를 검사할 때는 반드시 폐의 앞뒤면(dorsal & ventral aspects)을 검사하고 촉진으로 병변부를 확인하였다. 흉막폐렴의 병변은 유행성 폐렴의 검사항목에 포함시키지 않고 별도로 흉막 폐렴의 유무와 병변부의 위치를 표시하였다.

폐병변 검사를 포함하여 검사대상 병변 9종의 Grading system은 Table 1에 요약되어 있는 바와 같다.

Table 1. Summary of slaughter check grading systems used in the present study

Conditions(Lesions) Monitored	Severity Scored
Atrophic Rhinitis	Grade 0~5
<i>Mycoplasma Pneumonia</i> *	%(Active, Chronic)
Pleuritis	P1, P2 ; N1, N2
Pericarditis	Positive, Negative
Peritonitis	Positive, Negative
Pleuropneumonia	Positive, Negative
Liver White Spots	Grade 0~2
Ileal Thickening	Positive, Negative
Papular Dermatitis	Grade 0~3

\* Enzootic Pneumonia(*Mycoplasma induced pneumonia*)

### 2.2.2 위축성 비염

도축공정 중 목부위를 절단하면 절단된 목의 개체식별이 불가능하므로 내장병변 검사성적과 위축성 비염 병변 검사성적을 개체별로 일치시키기 위하여 각별한 주의를 기울였다. 차례대로 머리부분을 받아 표시하였으며 검사할 내장(폐, 간, 장 등)도 별도로 수거하여 동일 번호순으로 정리하였다. 위축성 비염의 병변은 돼지 코(snout)를 골절톱으로 제2앞어금니(premolar teeth) 부위에서 수직으로 자른 후

비갑개골 위축상태를 Runnels의 검사 및 병변 판정요령<sup>19)</sup>에 따라 검사하고 판정하였다(Table 2).

### 2.2.3 심낭염

일반적으로 폐와 같이 수거하여 검사하였다. 심낭염 병변은 심낭에 섬유소 유착 및 폐와 유착되어 있는 등 비교적 쉽게 육안적으로 판독이 가능하였다. 심낭염의 정도는 표시하지 않고 유무만을 기록하였다.

### 2.2.4 복막염

내장적출 후 내장을 별도로 수거하여 검사하였다. 장과 복막, 장간막에 섬유소가 이상다량 출현하여 있거나 유착되어 있으므로 비교적 쉽게 육안적으로 관찰할 수 있었다. 복막염 병소도 정도는 표시하지 않고 유무만을 기록하였다.

내장을 별도로 수거하여 도축장의 사정에 따라 간을 별도로 분리하거나 분리하지 않은 채 검사대에서 검사하였다. 간의 앞뒤 면을 주의 깊게 살피면서 특징적인 Liver white spots를 관찰하였다. Liver white spot이 없는 정상간은 Grade 0, Liver white spot이 10개 미만이면(<10) Grade 1, 10개 이상이면 Grade 2로 판정하였다.

### 2.2.5 간 회충반점

Table 2. Grading system for evaluation of snouts

Grade	Description
0	<u>Normal</u> – The turbinates fill the nasal cavity and the septum is symmetrically positioned and straight.
1	<u>Slight Localized Changes</u> – Slight atrophy or abnormal morphology confined to the ventral scrolls of the ventral turbinate.
2	<u>Mild Atrophy</u> – Obvious, but not extensive atrophy of one or both ventral scrolls with dorsal scrolls essentially normal or with slight degenerative changes.
3	<u>Moderate Changes</u> – Moderate to marked atrophy of ventral scrolls, usually with some involvement of the dorsal scrolls.
4	<u>Marked Changes</u> – Marked atrophy of ventral and dorsal scrolls. Fibrous replacement of ventral scrolls.
5	<u>Severe Changes</u> – Complete loss of dorsal and ventral scrolls (unbranched vestiges only) of ventral turbinates on both sides and loss and/or degenerative changes of the dorsal turbinates.

### 2.2.6 구진성 피부염

구진성 피부염 병변은 탈모와 남은 털 태우기(scalding) 과정이 끝난 후 내장적출을 하기 전에 관찰하여야 하나 각 도축장의 도축공정의 차이 때문에 일률적으로 할 수 없어 도축장의 사정에 따라 수행하였다. 경우에 따라서는 내장적출 후에 수행하는 것이 도축흐름의 방해없이 수행할 수 있었다. 내장 검사성적과 일치시키기 위해서는 개체식별에 각별한 주의를 하지 않으면 안되었다. 구진성 피부염 병변은 Pointon 등의 방법<sup>20)</sup>에 준하여 Grade 0, 1, 2, 3으로 구분하여 판정하였다.

### 2.2.7 회장염 병변

별도로 수거한 내장을 검사대에서 회장 말단부의 외견검사와 더불어 장간막을 육안적으로 검사하고, 회장 말단부 20~30cm 부위를 엄지와 집게 손가락으로 단단히 훑으면서 촉감으로 비후를 감지하였다. 이를 위해서 수십 차례 반복하여 정상 회장과 병변이 인정되는 회장 말단부를 확인한 후에 검사에 임하였다.

### 2.2.8 위궤양 지수

위궤양검사는 양돈국가에 따라 도체검사에 포함시키지 않는 경향이 있으나 사료성분, 사

양관리 및 사육환경에 따른 스트레스와 밀접한 관련이 있어 검사를 실시하였다. 주로 식도구 점막을 대상으로 하며 위의 대만부를 따라 절개하여 위 내용물을 제거하고 물로 세척

한 다음에 병변을 관찰하였다. 병변은 부전각화증(parakeratosis), 과각화증(hyperkeratosis), 미란(erosion), 궤양(ulcer) 및 섬유화(fibrosis)를 관찰하여 등급을 판정하였다(Table 3).

Table 3. Scoring system of pars oesophagea of stomach

Severity	Description
Grade 0	Normal white pars oesophagea
Grade 1	Parakeratosis
Grade 2	Small erosions at junction with glandular mucosa
Grade 3	Ulceration of pars oesophagea possibly with granulation tissue or cicatrization

### 2.2.9 신장병변

신장병변은 간질성 신염(interstitial nephritis)과 신장주위의 섬유화(fibrosis)를 검사한다. 간질성 신염은 신장실질에 분포된 한 개 이상의 0.1~1cm의 부정형 white foci로 관찰하는데, 이것은 *Leptospira interrogans* serovar *pomona*의 감염에 의한 것으로 병변은 감염 4개월 후까지 지속되고 육안적으로 관찰시 지나치기가 쉽다. 신장 병변의 관찰시 신장의 피막을 벗겨야 하며 이때 사람에게 감염위험이 있으므로 주의해야 한다. 신장주위의 섬유화는 성돈에서 *S. dentatus* 감염시 나타나는데 이 기생충은 9개월 정도의 긴 잠복기를 가져 신장으로 이행되기 전 간에서 발현될 수도 있다. 병변은 요관과 신장주위조직의 피낭에 존재한다. 신장에서의 낭(cysts)은 대부분 retention cysts로 유전적인 질병으로 알려져 있다.

### 3.1 폐병변

상기 5개의 실험 양돈장에서 출하돈의 폐렴 병변은 A농장에서는 폐병변은 유행성 폐렴이 26.9%, 홍막폐렴이 0%, 홍막염이 7.7%로 34.6%의 발생률을, B농장의 폐병변은 유행성 폐렴이 58.6%, 홍막폐렴이 5.2%, 홍막염이 10.3%로 74.1%의 발생률을 보였다. C농장의 폐병변은 유행성 폐렴이 56.8%, 홍막폐렴이 5.4%, 홍막염이 10.8%로 73.0%, D농장과 E농장의 폐병변은 유행성 폐렴이 41.2%와 31.3%, 홍막폐렴이 3.9%와 2.0%, 홍막염이 15.7%와 6.9%로 60.8%와 40.2%의 발생률을 보였으며, A농장과 E농장은 폐병변이 B농장, C농장과 D농장에 비하여 낮게 관찰되었다. 평균 폐병변 지수는 A농장이 1.46, B농장이 7.06, C농장이 5.30, D농장이 3.43, E농장이 1.56으로 B농장과 C농장에서 심한 폐병변을 보였으며 A농장, D농장과 E농장에서는 가벼운 정도의 폐병변을 보였다(Table 4).

## Ⅲ. 결 과

Table 4. Incidence of pneumonia lesions in slaughter pigs

Farms	No of pigs examined	Pneumonia lesions				Mean pneumonic score
		Total(%)	Enzootic pneumonia(%)	Pleuropneumonia (%)	Pleuritis (%)	
A	52	18(34.6)	14(26.9)	0(0.0)	4 (7.7)	1.46
B	116	86(74.1)	68(58.6)	6(5.2)	12(10.3)	7.06
C	74	54(73.0)	42(56.8)	4(5.4)	8(10.8)	5.30
D	102	62(60.8)	42(41.2)	4(3.9)	16(15.7)	3.43
E	102	41(40.2)	32(31.3)	2(2.0)	7( 6.9)	1.56
Total	446	261(58.5)	198(44.4)	16(3.6)	47(10.5)	—

### 3.2 위축성 비염

위축성 비염은 돼지 코를 제2어금니 부위를 절개하여 비갑개골 위축상태를 Runnels의 병변 판정요령에 따라 검사하였다<sup>19)</sup>. A농장에서는 병변 정도에 따라 1이 42.9%, 2가 42.9%, 3이 14.2%로 100.0%의 발생률과 1.7의 평균 위축성비염지수를 보였고, B농장에서는 2가 20.0%, 3이 50.0%, 4가 20.0%, 5가 10.0%로 100.0%의 발생률과 3.2의 평균 위축성비염지수를 보였고, C농장에서는 병변 정도에 따라

1이 50.0%, 2가 50.0%로 100.0%의 발생률을 보였으나 1.5의 평균 위축성비염지수를 보였고, D농장에서는 1이 30.0%, 2가 30.0%, 3이 20.0%, 4가 20.0%의 발생률로 2.3의 평균 위축성 비염지수를 보였다. E농장의 경우 유일하게 0이 10.5%, 1이 47.4%, 2가 42.1%로 89.5%발생률과 1.3%의 비염지수를 보였다. 위의 경과 B농장과 D농장의 비염지수가 높게 검출되었고 나머지 3농장은 비슷한 비염지수를 보였다(Table 5).

Table 5. Incidence of atrophic rhinitis lesions in slaughter pigs

Farms	No of pigs examined	No of atrophic rhinitis (%)						Mean rhinitis score
		0	1	2	3	4	5	
A	14	0( 0.0)	6(42.9)	6(42.9)	2(14.2)	0( 0.0)	0( 0.0)	1.7
B	20	0( 0.0)	0( 0.0)	4(20.0)	10(50.0)	4(20.0)	2(10.0)	3.2
C	16	0( 0.0)	8(50.0)	8(50.0)	0( 0.0)	0( 0.0)	0( 0.0)	1.5
D	20	0( 0.0)	6(30.0)	6(30.0)	4(20.0)	4(20.0)	0( 0.0)	2.3
E	19	2(10.5)	9(47.4)	8(42.1)	0( 0.0)	0( 0.0)	0( 0.0)	1.3
Total	89	2( 2.2)	29(32.6)	32(36.0)	16(18.0)	8( 9.0)	2( 2.2)	—

### 3.3 심낭염

일반적으로 폐와 함께 관찰이 가능하였으며 심낭에 섬유소 유착과 폐와 유착되는 병변을 관찰하였으며 관찰 유무만을 기록하였다. A농장, B농장, C농장에서는 2예(3.8%), 4예(3.4%), 2예(2.7%)에서 관찰되었으며, D농장과 E농장에서는 각각 4예(3.9%)를 관찰하였다(Table 6).

### 3.4 복막염

내장 적출부에서 장의 장막면과 복막, 장절간에 섬유소와 유착을 관찰하여 섬유소성 복막염의 유무만을 관찰하였던 바, E농장에서 1예(1.0%)를 관찰하였다(Table 6).

Table 6. Incidence of pericarditis and peritonitis in slaughter pigs

Farms	No of pigs examined	No of pericarditis(%)	No of peritonitis (%)
A	52	2(3.8)	0(0.0)
B	116	4(3.4)	0(0.0)
C	74	2(2.7)	0(0.0)
D	102	4(3.9)	0(0.0)
E	102	4(3.9)	1(1.0)
Total	446	16(3.6)	1(0.2)

### 3.5 간회충반점

간의 장막면에 산재하여 있는 유백색의 milk spots를 관찰하여 1반점 수를 10개로 기준으로 하여 등급을 결정하였다. A농장에서는 병변 등급 1에서만 15.4%의 발생률과 0.15의 평균 병변지수를 보였고, B농장에서는 1에서 20.7%와 2에서 1.7%의 발생률로 0.24의 평균 병변지수를 보였다. C농장에서는 병변 등급 1

에서만 29.7%의 발생률과 0.30의 평균 병변지수를 보였으며, D농장에서는 1에서만 13.7%, 평균 병변지수는 0.14를 보였고, E농장은 1에서 9.8%를 보였다. 이 결과 유일하게 B농장은 2에서도 간병변 소견을 보였으며, B농장과 C농장에서 3개의 농장보다 높은 병변률을 보였지만 5개 농장 모두 경미한 회충감염 소견을 보였다(Table 7).

Table 7. Incidence of liver white spots lesions in slaughter pigs

Farms	No of pigs examined	No of liver white spots(%)			Mean liver white spot score
		0	1	2	
A	52	44(84.6)	8(15.4)	0(0.0)	0.15
B	116	90(77.6)	24(20.7)	2(1.7)	0.24
C	74	52(70.3)	22(29.7)	0(0.0)	0.30
D	102	88(86.3)	14(13.7)	0(0.0)	0.14
E	102	92(90.2)	10( 9.8)	0(0.0)	0.10
Total	446	366(82.1)	78(17.5)	2(0.4)	—

### 3.6 구진성 피부염

병변은 4개 등급으로 구분하여 판정하였다. A농장에서는 1이 21.2%, 2가 1.9%로 23.1%의 발생률을 보였고, B농장에서는 1이 39.7%, 2가 5.1%, 3이 1.7%로 46.5%의 발생률을 보였다. C농장에서는 1에서 48.6%, 2에서 2.7%로

51.4%의 발생률을 보였으며, D농장에서는 1에서 35.3%, 2에서 4.9%로 40.2%의 발생률을 보였으며, E농장에선 유일하게 1에서 16.7%의 발생률을 보였다. 5개의 농장중 A와 E농장이 낮은 발생률을 보였다(Table 8).

Table 8. Incidence of papular dermatitis lesions in slaughter pigs

Farms	No of pigs examined	No of papular dermatitis (%)			
		0	1	2	3
A	52	40(76.9)	11(21.2)	1(1.9)	0(0.0)
B	116	62(53.5)	46(39.7)	6(5.1)	2(1.7)
C	74	36(48.6)	36(48.6)	2(2.7)	0(0.0)
D	102	61(59.8)	36(35.3)	5(4.9)	0(0.0)
E	102	85(83.3)	17(16.7)	0(0.0)	0(0.0)
Total	446	284(63.7)	146(32.7)	14(3.1)	2(0.4)

### 3.7 회장염 병변

회장 말단부와 더불어 장간막 림프절을 함께 검사하였다. A농장과 B농장에서는 각각 7.7%

와 12.1%의 발생률을 보였고 C농장과 D농장에서는 각각 13.5%와 7.8%, E농장은 9.8%의 발생률을 보였다(Table 9).

Table 9. Incidence of ileal thickening lesions in slaughter pigs

Farms	No of pigs examined	No of ileal thickening (%)	
		Normal	Ileal thickening
A	52	48(92.3)	4( 7.7)
B	116	102(87.9)	14(12.1)
C	74	64(86.5)	10(13.5)
D	102	94(92.2)	8( 7.8)
E	102	92(90.2)	10( 9.8)
Total	446	400(89.7)	46(10.3)

### 3.8 위궤양 병변

사료성분과 스트레스에 의한 요인에 발생되는 위궤양은 위의 대만부를 따라 절개한 다음 내용물을 제거한 후 관찰하였다. A농장에서는 병변 등급에 따라 1이 48.0%, 2가 15.4%으로

63.4%의 발생률을 보였고, B농장에서는 1이 65.5%, 2가 20.7%으로 86.2%의 발생률을 보였다. C농장에서는 1이 64.9%로 64.9%의 발생률을 보였고, D농장에서는 1이 49.0%, 2가 13.7%로 62.7%의 발생률을 보였다. E농장의



경우 1이 52.9%, 2가 8.8%, 3이 1.0%로 62.7%의 발생률을 보였다. 유일하게 E농장에서 3의 병변을 보였으며 5개 농장 중 B농장이 가장

높은 병변을 보였으며, 나머지 4농장은 유사한 발생률을 보였다 (Table 10).

Table 10. Incidence of gastric ulcer lesions in slaughter pigs

Farms	No of pigs examined	No of gastric ulcer lesions(%)			
		0	1	2	3
A	52	19(36.6)	25(48.0)	8(15.4)	0(0.0)
B	116	16(13.8)	76(65.5)	24(20.7)	0(0.0)
C	74	26(35.1)	48(64.9)	0( 0.0)	0(0.0)
D	102	38(37.3)	50(49.0)	14(13.7)	0(0.0)
E	102	38(37.3)	54(52.9)	9( 8.8)	1(1.0)
Total	446	137(30.7)	253(56.7)	55(12.3)	1(0.2)

### 3.9 신장병변

신장병변은 간질성 신염소견인 피막하에 white spots을 관찰하여 반점 10개를 기준으로 등급을 결정하였고 만성소견인 섬유화 및 신낭의 유무를 관찰하였다. A농장에서는 간질성 신염소견이 1이 15.4%로 15.4%의 발생률과 0.30의 평균 병변지수를 보였고, B농장에서는 1이 22.4%, 2가 1.7%로 24.1%의 발생률과 0.25의 평균 병변지수를 보였다. C농장에

서는 1이 13.5%, 2가 2.7%로 16.2%의 발생률과 0.17의 평균 병변지수를 보였으며, D농장은 1이 21.6%로 21.6%의 발생률과 0.17의 평균 병변지수를 보였으며, E농장은 1이 20.6%, 2가 1.0%로 21.6%의 발생률을 보였다. 위 결과로 간질성 신염소견은 B농장이 가장 높게 발생하였으나 5농가 모두 유사한 발생경향을 보였다. 5개의 실험 양돈장에서는 신장 섬유화와 신낭은 관찰할 수가 없었다(Table 11).

Table 11. Incidence of interstitial nephritis lesions in slaughter pigs

Farms	No of pigs examined	No of interstitial nephritis(white spot)*				Renal fibrosis	Renal cyst
		0	1	2	Mean lesion score		
A	52	44(84.6)	8(15.4)	0(0.0)	0.30	0(0.0)	0(0.0)
B	116	88(75.9)	26(22.4)	2(1.7)	0.25	0(0.0)	0(0.0)
C	74	62(83.8)	10(13.5)	2(2.7)	0.17	0(0.0)	0(0.0)
D	102	80(78.4)	22(21.6)	0(0.0)	0.17	0(0.0)	0(0.0)
E	102	80(78.4)	21(20.6)	1(1.0)	0.21	0(0.0)	0(0.0)
Total	446	354(79.4)	87(19.5)	5(1.1)	-	0(0.0)	0(0.0)

\* (%)

## IV. 고 찰

국내 양돈 업계는 경제 발전과 더불어 생활 수준의 향상으로 육류의 소비증가로 비약적인 발전을 거듭해왔다. 그러나 국제적인 무역 협정인 WTO의 발족으로 수입 자유화로 인해 세계의 시장경제의 원리에 직면하게 되었으며 국내에서는 구제역과 돼지 콜레라 등의 질병이 발생됨으로 육류에 대한 소비자 신뢰도에 큰 영향을 미쳤다.

이런 국내·외적인 악조건에서 보다 안전하고 위생적인 축산물의 생산은 모든 축산인들의 과제로 등장하였다. 특히 돈육 생산에 있어 질병으로 인한 피해는 농가의 생산비 증가로 이어지고 증가된 생산비는 소비자의 부담으로 넘겨져 육류에 대한 가격 경쟁력은 물론 품질 경쟁력까지 하락시키는 요인으로 작용하였다.

이에 본 연구에서는 관내 양돈농가의 상재 질병을 알아보고자 미국 미네소타 대학에서 개발한 Pigmon program에서 제시한 9개 항목에 위궤양과 신장 병변을 추가하여 조사하였다. 먼저 폐렴 발생은 34.6~74.1%로 다양하였는데, 특히 B농장이 심하게 조사되었다. 일반적으로 폐렴 양성률은 농장별로 상당한 차이가 있다는데, 국내외 보고<sup>6-7, 21-25)</sup>를 보면 23.5~76.3%로 나타나 이를 잘 설명해준다. 폐병변 정도의 차이는 생산성과 밀접한 관련이 있다고 알려져 있다. 폐렴을 예방하기 위한 중요한 사육방법으로 all in/all out 실시, 돈사시설의 청정화, 정기적인 소독, 돈사환경의 안정적 유지 등이 중요한 사양관리인데 이것은 Clark 등<sup>26)</sup>의 보고에서도 잘 알 수 있다.

위축성 비염의 경우 A~D농장은 100%, E농장은 89.6%의 발생률을 보였는데 김 등<sup>27)</sup>은 100% 발생률을 보여 본 조사와 유사하였고, 장 등<sup>28-29)</sup>의 경우는 44.9~48.0%의 발생률을 보여 상당한 차이를 보였다. 비염지수는 1.3~3.2로 나타났는데 이것은 Straw 등<sup>30)</sup> 조사결과인 0.6~3.0과 유사하였으며, 폐 병변 지수가 가장

높았던 B농장이 3.2로 아주 심한 상태였다. 이러한 결과를 볼 때 인천지역 및 국내 양돈농가에 위축성비염이 상당히 문제가 되고 있음을 알 수 있었다.

심낭염과 복막염의 발생률은 배 등<sup>31)</sup>의 제주 지역 검사 결과인 복막염 2.8%, 심낭염 7.6%보다 낮은 경향을 보였다.

회충의 감염을 알아보기 위한 간회충 반점검사는 9.8~29.7%로 나타났는데, 톱밥돈사인 경우 더 문제가 되는 것으로 조사되었다. 이것은 장 등의 보고<sup>32)</sup>에서도 발효 톱밥돈사에서 총란과 자충이 70.0% 검출되어 톱밥돈사가 돼지의 기생충 감염에 중요한 역할을 하는 것을 알 수 있었다.

구진성 피부염의 경우 개체별 감염이 16.7~51.3%로 조사되었는데, 이러한 구진성 피부염을 일으키는 돼지옴(*Sarcoptes scabiea* var. *suis*)은 감염시 모든 한마리에서 1년에 84~115 \$의 손실과 자돈에서 5.5~12.5%의 증체율 감소, 10~15일의 출하일수 지연이 나타난다는 보고<sup>33-35)</sup>를 볼 때 양돈농가에 상당한 손실이 있을 것으로 추정되었다.

기타 검사 결과, 배 등<sup>31)</sup>은 위궤양 32.7%, 회장 비후는 2.0%로 본 결과 보다 낮았고, 신장 병변은 27.5%로 본 결과 보다 높은 발생률을 보였는데, 농장별 발생률은 0~73.3%로 아주 다양하였다.

이상과 같이 본 조사와 국내외 자료를 통해 양돈 농가의 여러 가지 상재성 질병에 대한 문제점이 나타났다. 그러나 앞으로 이러한 결과를 양돈농가에 적용하기 위해서는 미흡한 부분이 많아 더 많은 연구, 조사가 이루어져야 할 것으로 사료된다. 이러한 연구가 지속적으로 이루어져 생산자들이 출하되는 자기 돼지의 위생상태를 눈으로 확인함으로써 농장의 위생상태를 스스로 개선할 수 있도록 유도할 수 있을 것이다. 또한 상재 질병의 치료로 사료효율 및 증체율 향상, 약제 사용절감 등 생산원가를 줄여 생산성 향상을 이룰 수 있으며 청정한 돈육을 생산할 수 있을 것이다.

## V. 결 론

2003년 6월부터 2004년 5월 사이에 도축장에 출하된 인천지역 5개 양돈장의 돼지 446두를 대상으로 상재성 질병 상태를 파악하고자 본 실험을 실시하였다. 검사방법은 미국 미네소타 대학교 수의과대학에서 개발한 도체검사법인 PigMon program을 위주로 검사하였고, 위궤양 병변과 신장 병변을 추가하여 실시하였다. 질병의 농장별 발병률은 다음과 같았다.

1. 폐렴 발생의 경우는 34.6~74.1%로 다양하게 나타났으며, 폐렴지수는 1.46~7.06이었다. 위축성비염은 4개 농장이 100%, 1개 농장이 89.5%로 조사되었는데, 비염지수가 1.3~3.2로 나타났다.
2. 심낭염과 복막염은 1.0~3.9%의 발병률을 보였고, 간 회충반점은 9.8~29.7%, 구진성 피부염은 16.7~51.4%로 조사되었다.
3. 회장 병변 및 위궤양 병변은 7.7~13.5%, 62.7~86.2%로 나타났고, 간질성신염은 15.4~24.1%의 발병률을 보였다.

## 참 고 문 헌

1. 농림부. 2003. 가축통계 자료.
2. 박용복. 1984. 돼지 호흡기 전염병. *J Korean Vet Med Assoc* 20(10) : 594-599.
3. 예재길. 1994. 한국에서 발생한 돼지의 세균성 질병 조사. *한국임상수의학회지* 11(2) : 169-178.
4. 이석규, 한정희, 정현규. 1999. 계절에 따른 출하돈에서의 폐렴관찰. *대한수의학회지* 39(1) : 85-89.
5. 임영택, 석호봉. 2002. 도축돈의 마이코플라즈마성 폐렴에 관한 연구 1. 육안적 폐병변과 dot-ELISA에 의한 계절별 조사. *대한수의학회지* 42(2) : 219-224.
6. 김경희, 장영술, 조민희 등. 1999. 도축돈의 폐렴병변 분포조사 및 폐렴병소로부터 호기성균의 분리 동정. *한국가축위생학회지* 22(2) : 121-128.
7. Straw BE, Backstrom L. 1986. Examination of swine of slaughter. Findings at slaughter and their significance. *Compend Contin Educ Pract Vet* 8 : 106-112.
8. Pointon AM, Mercy AR, Backstrom L, et al. 1992. Disease surveillance at slaughter. In: Disease of swine. 7th ed. Iowa State University Press, Ames : 968-987.
9. Pavies P, Moore MJ, Pointon AM. 1991. Seasonality of swine sarcotic mange in South Australia. *Aust Vet J* 68 : 390-392.
10. 권영방, 이원형, 이완규 등. 2000. Chlortetracycline(CTC)의 사료첨가가 돼지의 생산성과 호흡기 병변에 미치는 영향. *대한수의학회지* 40(2) : 345-360.
11. 지영철, 로승, 한정희 등. 2000. 돼지 위축성 비염백신의 효과에 관한 연구. *대한수의학회지* 40(4) : 707-717.
12. 김봉환. 1982. 자돈의 병원성 대장균증에 관한 연구. *대한수의사회지* 22(2) : 155-159.
13. Wongnarkpet RS, Morris DU. 1999. Field efficacy of a combined use of *Mycoplasma hyopneumonia* and *Actinobacillus pleuropneumoniae* vaccine in growing pigs. *Prevent Vet Med* 39 : 13-24.
14. Curtis SE, Backstrom L. 1992. Housing and environmental Influences on production. In : Diseases of swine. 7th ed. Iowa State University Press, Ames : 884-900.
15. Saif LS, Wesley RD. 1992. Transmissible gastroenteritis. In: Diseases of swine. 7th ed. Iowa State University Press, Ames : 362-389.
16. 윤순식, 황의경, 진영화 등. 1993. 자돈 설사증의 병리학적 연구. *농업과학논문집* 35 : 590-594.
17. Liebler EM, Pohlenz JF, Whipp SC. 1992.

- Digestive System*. In: Diseases of swine. 7th ed. Iowa State University Press, Ames : 12-20.
18. University of Minnesota. 1996. Pigmon slaughter inspection procedures manual.
19. Runnels LJ. 1982. Infection atrophic rhinitis of swine. *Vet Clin North Am Large Anim Pract* 2 : 301-319.
20. Pointon AM, Mercy AR, Backstrom L, et al. 1992. *Disease surveillance at slaughter*. In: Disease of swine. 7th. Ed Leman et al. Iowa State University Press : 968-987.
21. 이정아, 김성국, 조옥순 등. 1997. 돼지의 호흡기질병 감염상황 조사. *한국가축위생학회지* 20(1) : 27-35.
22. 박원현, 최문희, 최원정 등. 1995. 강원남부 지역 출하돈에 대한 유행성 폐렴 분포조사. *한국가축위생학회지* 18(2) : 103-112.
23. Murihead CW. 1979. Respiratory of pigs. *Br Vet J* 135 : 497.
24. Gois M, Kuksa F, Sisak F. 1980. Microbiological finding in the lung slaughter pigs. *IPVS* : 214.
25. 임영택, 석호봉. 2002. 도축돈의 마이코플라즈마성 폐렴에 관한 연구. *대한수의학회지* 44(2) : 229-224.
26. Clark LK, Scheidt AB, Armstrong CH, et al. 1991. The effect of all in/all out management on pig farm a herd with enzootic pneumonia. *Vet Med* : 946-951.
27. 김봉환, 탁연빈, 조길재 등. 1991. 돼지 전염성 위축성 비염의 임상학적 및 세균학적 연구. *대한수의학회지* 31(4) : 457-469.
28. 장희경, 김봉환. 1988. 영남지방 돼지의 *Bordetella bronchiseptica* 감염상황 및 분리균의 생화학적 특성. *대한수의학회지* 28(1) : 75-81.
29. 장희경, 김봉환. 1988. 영남지방 돼지에서 분리한 *Bordetella bronchiseptica* 억제 감수성. *대한수의학회지* 28(1) : 85-87.
30. Straw BE, Deway CE, Marrero CE. 1994. Findings from slaughter checks of swine during a four year period. *Compend Contic Educ Pract Vet Food Animal* 1994(Feb) : 245-251.
31. 배중희, 김기석, 이경갑 등. 2000. 제주 양돈 산업 생산성 증대를 위한 질병관리 특성화 연구. *농림부 최종연구보고서* : 12-32
32. 장두환, 노재욱, 강두원. 1991. 발효톱밥돈사에 대한 내부 기생충조사. *대한수의학회지* 31(4) : 509-513.
33. Arends JJ, Stanislaw CM, Gerdon D. 1990. Effects of sarcoptic mange on lactating swine and growing pigs. *J Anim Sci* 68 : 1495-1499.
34. Alva-Valdes R, Wallace DH, Foster AG, et al. 1986. The effects of sarcoptic mange on the productivity of confined pigs. *Vet Med* 81 : 258-260.
35. Gaafar SM, Arends JJ, Hogg A, et al. 1986. An integrated program using Taktic control mange in swine. *J Agri Entomol* 3(4) : 374-381.

## 인천지역 도축장에서 생산된 돼지고기의 미생물 오염도 조사

황원무, 권효정, 박은정, 이성모, 황현순  
가축위생시험소 시험검사실

### Survey on the contamination of microorganisms in pork from slaughterhouse in Incheon area

Won-Moo Hwang, Hyo-Jung Kwon, Eun-Jeong Park, Sung-Mo Lee, Hyun-soon Hwang  
Veterinary faculty of Incheon Metropolitan Public Health & Environmental Research Institute

#### Abstract

For measuring general bacterial count and *Escherichia coli* count, the standard plate count was used to conduct a test on 113 cases of pork carcass surfaces from slaughterhouses in Incheon area from January to February 2003. And *Salmonella* spp, *Staphylococcus aureus* and *Listeria monocytogenes* was used to conduct a test on 68 cases of pork carcass surfaces and 76 cases of feces, that is to say, a total of 144 cases. The results were obtained as follows:

In the case of general bacterial count, 29 cases(25.7%) were in the range of 100~999 and 62 cases(54.9%) were in the range of 1,000~9,999 and 22 cases(19.4%) were in the range of 10,000~99,999. Meanwhile as regards *E. coli* count, 22 cases(19.4%) were in the range of 1~9 and 69 cases(61.2%) were in the range of 10~99 and 22 cases(19.4%) were in the range of 100~999.

On 68 cases of pork carcass surfaces, 7 strains(10.2%) of *Salmonella* spp, and 12 strains(17.6%) of *S. aureus* were detected and 27 strains(39.7%) of *L. monocytogenes*, respectively. As for the detected *Salmonella* spp, 6 strains of the B group, 3 strains of *S. enterica* subsp *salamae* and 2 strains of *S. typhimurium* were detected, respectively.

On 76 cases of feces, 14 strains(18.4%) of *Salmonella* spp, and 15 strains(19.7%) of *L. monocytogenes* and 14 strains(18.4%) of *S. aureus* were detected respectively. As for the detected *Salmonella* spp, 6 strains of the B group, 4 strains of *S. derby* and 8 strains of the C group, 5 strains of *S. rissen* were detected, respectively.

All of 42 strains of *L. monocytogenes* were type 1. As a result of conducting a toxin test on the detected *S. aureus*, all of 26 strains were found to be non-toxin.

**Key words** : Pork, *S. typhimurium*, *Staphylococcus aureus*, *Listeria monocytogenes*

## I. 서 론

국내 경제 발전은 국민들의 소득증대를 가져왔으며 이는 의식주에 많은 변화를 초래하였다. 특히 지금까지의 식생활은 대부분 채식 위주의 것이었으나 서구문화의 유입으로 육류 위주의 서구화가 급속도로 진행되고 있다. 이는 농림부에서 발표한 내용을 보면 잘 알 수 있다. 우리 국민들이 주식으로 생각해온 쌀의 소비량을 보면 1989년에는 1인당 연간 쌀 소비량이 121.4kg에서 2002년에는 87.0kg으로 28.3%나 감소한 반면, 육류의 경우에는 1989년 1인당 연간 육류 소비량이 22.5kg에서 2002년에는 33.5kg으로 48.8% 이상이 증가하였다<sup>1)</sup>. 이는 식생활이 서구화되고 맞벌이 가정이 늘면서 외식업이 급속도로 진행되었고, 각종 인스턴트식품이 급증한 결과로 추정된다. 이와 같이 급증하는 육류 소비량은 국내 생산증가는 물론 수입육에 대한 수입증가를 초래하였다. 농림부의 발표에 의하면 돈육의 수입량은 1991년 17,667M/T에서 1998년 55,722M/T이고 국내 생산량은 1991년에 498,867M/T에서 1998년 732,698M/T으로 증가되었고 2002년 현재 세계 9위의 육류 수입국이 되었다<sup>1)</sup>.

국제적으로는 UR협상의 타결로 수입·수출의 무한 경쟁시대가 도입되었으며 SPS협정에 의해 국제 교류 시 각 수출입품에 대한 국제 규격이 설정되었다. 이 협정에 의해 위생적이고 보다 안전한 제품에 대한 요구 또한 급부상하였다. 이는 국제교역 시 자국의 교역상품의 보호뿐만 아니라 국민들의 건강상의 목적으로 교역상대 국가간의 규제가 한층 더 강화되었다<sup>2-3)</sup>. 이런 상황에서 국제적으로 광우병 파동과 구제역 발생으로 육류에 대한 공포가 전세계적으로 확산되었고, 금년에는 그동안 가금에서만 발생하던 가금인플루엔자가 인수공통 질병으로 새롭게 알려 졌으며, 치료가 어려워 공포의 대상으로 급부상하였다. 국내에서도 돼지콜레라와 가금인플루엔자 발생으로 보다 안전하고 위

생적인 육류의 생산에 높은 관심을 갖게 되었다. 이러한 상황들을 살펴볼 때 식육에 대한 안전성이 확보되지 못할 경우 국내 축산 산업의 붕괴는 물론 경제적으로도 커다란 타격을 줄 것이다.

미국과 같이 선진국에서도 연간 세균성 식중독 환자가 650~3,300만 명이고 이들 중 약 9,000명이 사망하는 것으로 보고되고 있다<sup>4)</sup>. 이는 현대 의학 및 식품위생의 발달에도 불구하고 전세계적으로 오염된 식품으로 인한 피해가 급증하는 예이다. 국내 식중독 발생 현황을 보면 1995년에는 55건 1,584명에서 2001년에는 93건 6,406명으로 증가했는데, 원인식품으로는 육류 및 가공품이 24.8%로 많은 비율을 차지했으며, 주된 원인균으로 *Salmonella* spp, *Staphylococcus aureus*로 나타났는데 한 예로 1995년에는 살모넬라균 56.9%, 포도상구균 28%로 규명되었다. 이외의 *Listeria monocytogenes*, *Camphylobacter jejuni/coli*, *Clostridium perfringens* 등도 주된 식중독 원인균으로 알려져 있다<sup>4~7)</sup>. 이처럼 세균성 식중독은 보건 위생학상 매우 중요한 요인이며, 이로 인한 경제적 피해 또한 간과할 사항은 아니다.

위의 사례처럼 안전하고 위생적인 식품의 공급은 국민 건강과 경제발전에 매우 중요한 위치를 차지하며, 그 중에서도 육류에 대한 안전성 확보가 가장 중요하다. 이런 안전성의 확보는 사육단계에서부터 시작하여 도축단계는 물론 유통단계까지 철저하게 위해 요소를 파악하여 시정하고 관리될 때 이루어질 수 있으며 보다 위생적이고 안전한 육류가 공급될 것이다. 사육·도축·유통 중에서도 도축단계에서의 미생물학적 위해는 공중보건학상 매우 중요한 위치를 차지한다.

도축작업과정에서 미생물학적 위해는 주로 내장 적출 등에 의한 장내병원성 미생물에 의한 도체오염이다<sup>8,9)</sup>.

이에 도축된 돼지 도체에서 오염 지표 미생물인 일반세균수와 대장균수를 조사하고 또한 도체와 분변에서 *Salmonella*속 균과 *L. monocytogenes*,

*S aureus* 등 식중독 원인균을 검사하여 육류 생산 시 그 오염정도를 살펴 위생적이고 안전한 식육을 생산하기 위한 기초자료를 얻고자 본 실험을 실시하였다.

## II. 재료 및 방법

### 2.1 시료채취

인천광역시에서 2003년 1월부터 2월까지 출하된 돼지 도체 113건에 대해 일반세균수, 대장균수를 검사하였고, 돼지의 도체 68건과 분변 76건은 *Salmonella* spp, *S aureus*, *L monocytogenes*에 대한 검사를 실시하였다.

돼지도체에서 검체 채취는 Swab법을 사용하였다. 도체 오염이 가장 많을 것으로 생각되는 흉부와 경부를 CultureSwab Plus(BBL, USA)을 이용하여 10×10cm씩 약 100cm<sup>2</sup>의 면적을 채취하였고, 분변은 내장 적출실에서 CultureSwab Plus(BBL, USA)을 이용하여 직접 회맹부의 분변을 채취하여 휴대용 ice box에 5℃를 유지하여 24시간 내로 실험실로 운반하여 실험하였다.

### 2.2 실험방법

#### 2.2.1 일반세균수 및 대장균수

검사방법은 축산물의 가공기준 및 성분규격(국립수의과학검역원 고시 제2000-20호, 2001.1.4) 중 제3 축산물시험방법, 9. 미생물검사법에 의하여 실시하였다.

#### 2.2.2 *Salmonella* spp

Tetrathionate broth와 Rappaport broth를 각각 37℃와 42℃에 24시간 증균 배양하였고, 각각의 증균액을 선택배지인 Rambach agar에 접종 37℃ 24시간 배양후 의심되는 유사집락을 취하여 Gram 염색, TSI 및 Urea agar에서 37℃ 24시간 배양하여 예비동정후 생화학 실험을 실시하였다. *Salmonella* spp로 확인된 균주

는 O antiserum poly A, B, C, D, E 및 F, G (Difco)<sup>10)</sup>로 혈청군을 결정한 후 편모항원은 Spicer-Edwards rapid H antigen 동정 방법<sup>11)</sup>에 준하여 Motility GI medium (Difco)에서 37℃에서 18-20시간 4번 계대하여 배양균이 운동성을 충분히 증가시킨 후 Antigenic formulas of the *Salmonella* serovars<sup>12)</sup>에 준하여 Phase I을 결정하였다. 그 후 동일한 방법으로 Phase II를 결정하였으며, 아종을 결정하였다.

#### 2.2.3 *L monocytogenes*

University of Vermont Modified (UVM)에서 30℃ 48시간 증균배양후 선택배지인 Oxford agar에 접종 30℃ 48시간 배양 후 의심 집락을 모두 취하여 Lovett 등<sup>13)</sup>의 방법에 따라 Gram 염색, Catalase, β-용혈성, CAMP test, 당분해 시험 등 생화학 성상이 *L monocytogenes*로 분리된 균을 Listeria O antiserum(Difco) poly, type 1 및 4로 혈청형을 분류하였다.

#### 2.2.4 *S aureus*

Staphylococcus enrichment broth에서 37℃ 24시간 배양 후 선택배지인 Baird-parker agar에 접종하여 37℃ 24시간 배양 후 검은색의 유사 집락을 취하여, Gram 염색, catalase, β-용혈성, coagulase test 등 생화학 검사 후 *S aureus*균을 확정된 경우 Reversed passive latex agglutination test (SET-RPLA test kit, Oxoid) 법을 이용하여 장독소를 검출하였다<sup>14)</sup>.

위의 3종에 대한 균주 확인 방법은 FDA의 Bacteriological Analytical Manual<sup>15)</sup>을 활용하였다.

#### 2.2.5 Polymerase Chain Reaction (PCR)을 이용한 *S typhimurium* 최종 확인시험

순수 분리한 분리주를 Rambach agar에 접종하여 37℃에서 18시간 배양한 후 하나의 집락을 선택하여 1×TE buffer 200μl에 부유시켜 vortex를 이용하여 잘 섞어주었다. 부유액이 들어있는 튜브를 끓는 물에서 5~7분간 가열한

후 12,000rpm에서 2분간 원심시켜 상층액을 DNA template로 사용하였다.

본 실험에 사용한 primer와 PCR 조건은 Soumet 등<sup>16)</sup>의 방법에 준하여 실시하였다. PCR premix(Bioneer, Korea)에 각각의 primer 1 $\mu$ l와 추출된 DNA template 2 $\mu$ l를 넣어 총 20  $\mu$ l가 되도록 한 후 94℃에서 30초, 55℃ 1분, 72℃ 30초 과정을 총 30cycle을 실시하였다. PCR이 끝난 후 1% Agarose gel에서 30분간 전기 영동하여 증폭된 DNA 절편을 확인하였다.

### Ⅲ. 결 과

인천지역 도축장에서 출하된 돼지의 돼지도 체 113건에 대한 일반세균수, 대장균수를 검사한 결과 Table 1과 같이 나타났다.

일반세균수는 100~999 범위 29건(25.7%), 1,000~9,999 범위 62건(54.9%), 10,000~99,999 범위는 22건(19.4%)으로 조사되었고, 대장균수는 1~9 범위가 22건(19.4%), 10~99 범위 69건(61.2%), 100~999 범위 22건(19.4%)으로 조사되었다(Table 1).

Table 1. Distribution of aerobic plate count bacteria and *E. coli* in carcass surfaces collected from slaughterhouse

Item	No of samples tested	Range (cfu/cm <sup>2</sup> )				
		<10 <sup>1</sup>	10 <sup>1</sup> ~<10 <sup>2</sup>	10 <sup>2</sup> ~<10 <sup>3</sup>	10 <sup>3</sup> ~<10 <sup>4</sup>	10 <sup>4</sup> ~<10 <sup>5</sup>
Aerobic plate count bacteria	113	—	—	29 (25.7)*	62 (54.9)	22 (19.4)
<i>E. coli</i>	113	22 (19.4)	69 (61.2)	22 (19.4)	—	—

\* (%)

*Salmonella* spp, *S. aureus*, *L. monocytogenes* 등 3가지 세균에 대한 검출별 분리 현황을 보면, 분변 76건 중 *Salmonella* spp는 14주로 18.4%, *L. monocytogenes*는 15주로 19.7%, *S. aureus*는 14주로 18.4%가 검출되었다. 도체표면은 68건중 *Salmonella* spp는 7주로 10.2%, *L. monocytogenes*는 27주로 39.7%, *S. aureus*는 12주 17.6%가 검출되었다(Table 2).

각각의 균에 대한 혈청형을 살펴보면 *Salmonella* spp는 B group이 11주로 가장 많았고, 다음이 C<sub>1</sub> group이 검출되었다. 본 실험에서는 B group과 C<sub>1</sub> group만 검출되는데, 분변에서는 14주 검출된 중 C<sub>1</sub> group 8주, B group이 6주였다. 도체표면에서는 7주가 검출되었는데 B group이 6주, C<sub>1</sub> group이 1주였

다. *L. monocytogenes*는 42주 모두 type 1이 검출되었다. *S. aureus*는 26주가 검출되었고, 모두 장독소가 없는 비병원성 이었다(Table 3).

분리된 *Salmonella* spp의 아종을 살펴보면 *S. rissen*과 *S. enterica subsp. salamae*가 각각 5주(23.8%)로 가장 많이 검출되었고, *S. derby*로 4주(19.1%), *S. typhimurium*으로 2주(9.5%)순으로 검출되었다. 분리율을 살펴보면 분변에서는 *S. rissen*이 5주, *S. derby*가 4주, *S. enterica subsp. salamae*가 2주가 분리되었고, 3주가 untypable으로 총 14주가 검출되었다. 도체표면에서 검출된 7주는 *S. enterica subsp. salamae*가 3주, *S. typhimurium*이 2주, untypable 2주 등으로 검출되었다(Table 4).



Table 2. Prevalence of selected microorganisms in feces and carcass surfaces collected from slaughterhouse

Kind of sample Microorganisms	Feces (N=76)	Carcass surfaces (N=68)	Total (N=144)
<i>Salmonella</i> spp	14(18.4)	7(10.2)	21(14.6)
<i>Listeria monocytogenes</i>	15(19.7)	27(39.7)	42(29.2)
<i>Staphylococcus aureus</i>	14(18.4)	12(17.6)	26(18.1)

(%), N = Number of sample

Table 3. Serotypes of selected microorganisms in feces and carcass surfaces from slaughterhouse

Microorganisms	Number of isolates (serovar)		
	Feces (n=76)	Carcass surfaces (n=68)	Total (n=144)
<i>Salmonella</i> spp	8(C <sub>1</sub> )*, 6(B)*	1 (C <sub>1</sub> ), 6 (B)	9 (C <sub>1</sub> ), 11 (B)
<i>Listeria monocytogenes</i>	15 (type 1)**	27 (type 1)	42( type 1)
<i>Staphylococcus aureus</i>	14 (ND)***	12 (ND)	26 (ND)

\*: *Salmonella* O antiserum poly C<sub>1</sub>, B group, \*\*: *L. monocytogenes* serotype 1 and 4,

\*\*\*: *Staphylococcus* enterotoxin no detected

Table 4. The isolation of *Salmonella* subsp from feces and carcass surfaces from slaughterhouse

Item	Sero group	Feces (n=76)	Carcass surfaces (n=68)	Total (n=144)
<i>S. rissen</i>	C <sub>1</sub>	5	–	5 (23.8)
Untypable	C <sub>1</sub>	3	1	4 (19.0)
<i>S. derby</i>	B	4	–	4 (19.1)
<i>S. typhimurium</i>	B	–	2	2 ( 9.5)
<i>S. enterica subsp salamae</i>	B	2	3	5 (23.8)
Untypable	B	–	1	1 ( 4.8)
No of positive sample		14	7	21

N = Number of sample, (%)

#### 분리된 *S. typhimurium*에 대한 PCR 결과

PCR 기법을 이용하여 검출된 *S. typhimurium* 2개의 분리주를 대상으로 DNA를 추출하여 확인한 결과 전기 영동상에서 Fig 1과 같은 620 bp 크기의 특징적인 양성 증폭산물을 확인하였다.

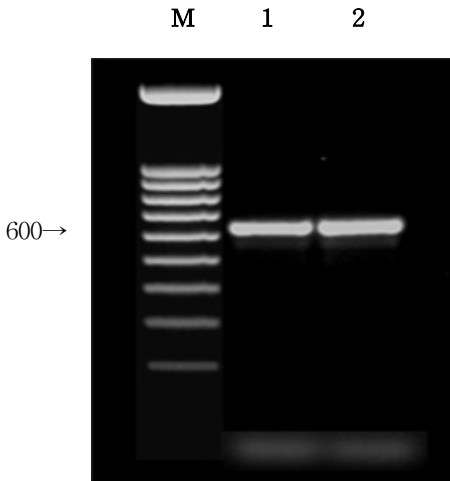


Fig 1. Result of agarose gel electrophoresis  
Lane M : 100bp ladder,  
Lane 1~2 : *S. typhimurium*

## IV. 고 찰

식생활의 서구화로 육류의 소비량은 지속적으로 급증하였고, 국민들의 의식수준도 선진국 수준으로 변화되어 가고 있다. 하지만 아직도 식육생산에 대한 생물학적 규제는 매우 미미한 실정이었다. 이에 정부는 보다 안전하고 위생적인 육류의 생산을 위해 일정 규모 이상의 도축을 하는 도축장에 대하여 HACCP를 단계적 적용하여 2003년 7월 전면 실시하게 되었다. 이에 본 실험은 HACCP 적용 도축장에서 육류 생산 시 그 오염 정도를 살펴보고자 하였다.

도체표면 검사결과 일반세균수  $10^{3-4}$  이 54.9%, 대장균수  $10^2$  미만은 80.6%로 HACCP

적용전인 변 등<sup>17)</sup>의 결과보다 위생 상태가 좋았으나, 일본 수출 작업장인 김 등<sup>18)</sup>과 HACCP 적용 후인 나 등<sup>19)</sup>보다는 위생 상태가 낮았다.

건강하게 사육되는 돼지의 분변에서 살모넬라균 분리에 대한 국내외 자료를 보면 1.6~48.0% 검출되어<sup>20~26)</sup> 다양한 결과를 보였는데, 이는 사육농가의 위생 상태나 사육환경 등의 차이에 의한 것으로 추정된다.

도체의 경우 10.2%인 본 조사보다 홍 등<sup>27)</sup> 및 정 등<sup>28)</sup>이 20.9~21.6%로 높은 분리율을 보였고, 강 등<sup>29)</sup>은 시판 돼지고기에서 2.1%를 검출하여 상당한 차이를 보였다. 김 등<sup>30)</sup>은 사료 중 *Salmonella*속 균을 13.7%나 분리하였는데 이는 검체 채취한 시기나 사육 상태, HACCP 적용 여부에 따른 작업 공정 등의 차이로 인하여 검출률에 많은 차이가 있는 것으로 추정된다.

분리된 *Salmonella* 속균은 B group이 가장 많은 비중을 차지하였는데, 이는 김<sup>31)</sup>의 조사보고와 같았으며, Bosworth 등<sup>32)</sup>, Davies 등<sup>33)</sup>, Jayarao 등<sup>26)</sup>은 *S. derby*가 가장 많이 분리되었으나 본 실험에서는 *S. enterica subsp. salamae*가 가장 많이 분리되었다.

*L. monocytogenes*는 유산, 뇌수막염, 패혈증 등을 유발하는 인수공통전염병원균으로, 토양, 물 등 자연계에서 널리 분포하며, 사람과 동물의 정상 분변에서도 분리되는 균이다. 이차림 리스테리아균은 우리 환경 내에 상재균이지만 식품 등을 통한 인체 감염 시 치명적인 질병으로 사망의 원인이 될 수 있다<sup>34~37)</sup>.

국내외 보고를 살펴보면 돼지의 장내용물에서 *L. monocytogenes*를 0~5.9% 분리율<sup>38~40)</sup>로 이들 보고는 본 조사에서 19.7%보다 상당히 낮은 분리율을 보였다. 도체의 경우 *L. monocytogenes*는 0.65%~10.5%<sup>27,41,42)</sup>로 본 조사에서 39.7%보다 낮은 분리율을 보였으나, Fanber 등<sup>34)</sup>과 Wong 등<sup>43)</sup>은 94.7%, 58.8%로 높은 검출률을 보고하였다. 이렇게 전반적으로 분변보다 도체에서 더 많은 검출률을 보였는데, 이것은 해체 후 도체에서 8%이던 것이 출하직

후 도체에서 14%가 분리된 허 등<sup>44)</sup>의 보고와도 일맥상통한다. 이것은 도축 과정 중에 기구, 세척용수, 작업자의 손등을 통한 2차 오염이 되는 것으로 추측된다.

*L. monocytogenes* 42주의 혈청형은 모두 type 1 이었는데, 채 등<sup>42)</sup>과 허 등<sup>44)</sup> 역시 동정된 균주가 모두 type 1 이라고 보고하였고, Farbar 등<sup>45)</sup>은 80%이상이 type 1에 속한다고 발표하여 본 결과와 유사한 경향을 보였다.

*S. aureus*는 계육과 돈육, 동물의 체표 및 비강 등에서 높은 분포를 나타내고, 건강인의 손과 비강 등에서 흔히 분리되어 식육 처리 과정에서 오염 가능성이 높아<sup>46, 47)</sup>, 환경오염의 척도로도 이용되기도 한다. *S. aureus*는 분변에서 18.4%, 도체표면에서 17.6%의 분리율을 보였는데, 강 등<sup>29, 48)</sup>의 보고와 유사한 양상을 보였다.

앞에서 조사한 내용과 같이 도체의 위생수준이 많이 개선되었으나, 아직 많은 미생물학적 위해요소를 갖고 있는 것도 사실이다. 이러한 사실은 HACCP 적용 이후라도 지속적인 검사로 사후관리가 이루어져야 안전한 식육을 생산할 수 있다는 것을 반증한 것으로, 향후 지속적인 검사와 공정에 대한 정확한 분석에 의한 시설보완 등의 사후 조치가 이루어져야 할 것이다.

또한 국내 대부분의 도축장 작업이 주로 종업원의 수작업으로 이루어지는 현실을 생각해 보면 안전한 식육의 생산은 종업원의 숙련도와 위생의식이 좌우하는데, 이를 위해서는 정기적인 위생교육과 직업의식의 강화 교육이 필요하여, 작업장의 환경 개선, 작업조건 개선, 복지조건 향상으로 종업원 스스로가 위생에 대한 긍지를 갖도록 해야 할 것으로 사료된다. 지속적이고 체계적으로 위해요소를 분석하여 안전하고 위생적인 고품질의 식육을 생산할 때 시민 모두 신뢰하고 찾을 수 있으며 이런 신뢰를 바탕으로 우리 축산 식품의 국제 경쟁력도 상승될 것이다.

## V. 결 론

인천지역 도축장에서 출하된 돼지의 도체 및 분변을 검사하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

도체 113건을 검사하여 일반세균수는 100~999 범위 29건(25.7%), 1000~9,999범위 62건(54.9%), 10,000~99,999범위는 22건(19.4%)으로 조사되었고, 대장균수는 1~9 범위가 22건(19.4%), 10~99범위 69건(61.2%), 100~999범위 22건(19.4%)으로 조사되었다.

도체 68건을 검사하여 *Salmonella* spp는 7주 10.2%, *L. monocytogenes*는 27주 39.7%, *S. aureus*는 12주 17.6%의 검출율을 보였다. 검출된 *Salmonella* spp는 7주로 B group 이 6주 검출되어 *S. enterica* subsp *salamae*가 3주, *S. typhimurium*이 2주 검출률을 보였고, 1주가 untypable으로 나타났다.

분변 76건을 검사하여 *Salmonella* spp는 14주 18.4%, *L. monocytogenes*는 15주 19.7%, *S. aureus*는 14주 18.4%의 검출률을 보였다. 검출된 *Salmonella* spp는 14주로 B group 이 6주 검출되어 *S. derby*가 4주, *S. enterica* subsp *salamae*가 2주였고, C group 8주가 검출되어 5주가 *S. rissen*, 2주가 untypable으로 나타났다.

*L. monocytogenes* 42주 모두 type 1 이었고, *S. aureus*에 대한 독소검사결과 26주 모두 비독소로 나타났다.

## 참 고 문 헌

1. 농림부. 2004. 농림자료실.
2. 송인상. 1994. UR협상 타결과 Codex의 앞으로 역할에 대한 이해. 식품공업 123 : 11~44.
3. Joint FAO/WHO codex Alimentarius Commission. 1993. Codex Guidelines for Application of the Hazard Analysis Critical Control Point (HACCP) System. WHO/FNU/FOS 93. 3.

4. 박석기. 1998. 제1주제: 세균성 식중독의 최근동향, 한국식품위생안전성학회학술세미나 5.22 : 1-16.
5. 식품의약품안전청. 2002. 식중독 예방관리대책.
6. Gill CO, Harris LM. 1984. Hamburgers and broiler chickens as potential sources of human *Campylobacter enteritis*. *J food Potec* 47 : 96-99.
7. 김경호, 고종명, 정혜윤. 1999. 인천지역에서 발생한 설사환자 가검물 중 식중독균인 *Salmonella* spp분리에 관한 연구(1992-1997). *한국가축위생학회지* 22 : 213-220.
8. ICMSF. 1988. *HACCP in microbiological safety and quality*. Blackwell Sci Pub. London : 176-178.
9. 이용옥, 홍중해. 1986. *Campylobacter*장염에 대한 식품위생학적인 고찰. *한국식품위생학회지* 1 (1) : 57-66.
10. Difco Laboratories. 1977. *Serological Identification of Salmonella*. Detroit Michigan USA.
11. Ewing WH. 1986. *Edwards and Ewing's Identification of Enterobacteriaceae*. 4ed. Elsevier Science Publishing Co Inc : 181-318.
12. Popff MY, LeMinor L. 1997. Antigenic formulas of the salmonella serovars. *Inst Pasteur* : 17-43.
13. Lovett J. 1988. Isolation and enumeration of *Listeria monocytogenes*. *Food Technol. Overview* : 165-168.
14. Park CE, Szabo R. 1986. Evaluation of the reversed passive latex agglutination(RPLA) test kits for detection of *Staphylococcus enterotoxin* A, B, C and in food. *Can J Microbiol* 32(9) : 723-727.
15. Food and Drug Administration. 1995. *Bacteriological Analytical Manual AOAC International*. 8th ed. Gaithersburg : 4.01-10.13.
16. Soumet C, Ermel G, Rose N, et al. 1999. Evaluation of a multiplex PCR assay for simultaneous identification of *Salmonella* sp, *Salmonella enteritidis* and *Salmonella typhimurium* from environmental swabs of poultry houses. *Lett Appl Microbiol* 28(2) : 113-117.
17. 변정옥, 모의원, 문호관 등. 2000. 소 돼지 도체 표면의 미생물학적 고찰. *한국가축위생학회지* 23(2) : 105-112.
18. 김은주, 강원명, 정경주 등. 2000. 도축공정중 식육의 미생물오염도 실태조사. *한국가축위생학회지* 23(4) : 361-366.
19. 나인택, 임홍규, 조미영 등. 2002. 소와 돼지 도체표면의 미생물 오염도 및 병원성 미생물 검색. *한국가축위생학회지* 25(1) : 9-14.
20. 강신명, 최성민, 김은정 등. 1994. 돼지분변에서 분리한 살모넬라속균의 생물형질학적 특성 및 항균제 감수성. *한국수의공중보건학회지* 18(1) : 15-22.
21. 탁연빈, 전도기. 1979. 동물에 있어서의 *Salmonella* 분포. *중앙의학* 20 : 259.
22. 최원필, 이희석, 여상건 등. 1988. 소, 돼지에서 분리한 *Salmonella* 유래 R plasmid의 유전학적 및 분자생물학적 특성에 관한 연구. *대한수의학회지* 28 : 331-337.
23. 김규태, 정병열, 김봉환. 2003. 경북지역 가축에서 분리한 *Salmonella*속 균의 혈청분포 및 약제 감수성. *한국수의공중보건학회지* 27(1) : 47-52.
24. Alier A, Mafu R, Higgins M, et al. 1989. The Incidence of *Salmonella*, *Campylobacter*, and *Yersinia enterocolitica* in swine carcasses and the slaughterhouse Environment. *J Food Prot* 52(9) : 642-645.
25. Haddock RL. 1970. Efficacy of examining rectal swabs to detect swine *Salmonella* carriers. *Am J Vet Res* 31 : 1509.
26. Jayarao BM, Biro G, Kovacs S, et al. 1989. Prevalence of *Salmonella* serotypes in pigs and evaluation of a rapid, presumptive test for detection of *Salmonella* in pig feces. *Acta Vet Hung* 37 : 399-444.

27. 홍종해, 이경환, 이성모. 2002. 소규모 돼지 도축공정에서 도체 오염 미생물의 변화. *한국가축위생학회지* 25(1) : 31-37.
28. 정병철. 2000. 도계장내 도계공정에서 *Salmonella* spp의 발생 및 분포, 전남대학교 석사학위 논문.
29. 강호조, 김용환, 석주명 등. 1999. 시판 냉장, 냉동 및 포장육 중 식중독 균의 분포 및 혈청형. *J Food Hyg Safety* 14(4) : 327-332.
30. 김기석, 남궁선, 모인필. 1984. 국내 시판사료의 미생물 오염에 관한 연구. *한국수의공중보건학회지* 8(1) : 33-37.
31. 김규태. 1999. 도축돈의 장간막림프절에서 분리한 *Salmonella*속 균의 생물화학적 특성 및 혈청형. 경북대학교 수의학석사논문.
32. Bosworth B, Stabel T. 1998. *Alimentary disease and bacteria after weaning*. Proc 15th IPVS Congress. Birmingham England 1 : 63-70.
33. Davies PR, Bovee FG, Funk JA, et al. 1998. Isolation of *Salmonella* serotypes from feces of pigs raised in a multiplesite production system. *JAVMA* 212(12) : 1925-1929.
34. Farber JM, Peterkin PI. 1991. *Listeria monocytogenes*, a foodborne pathogen. *Microbiol Rev* 55(3) : 476-511.
35. Weis J, Seeliger HPR. 1975. Incidence of *Listeria monocytogenes* in nature. *Appl Microbiol* 3 : 29-32.
36. Grif K, Hein I, Wagner M. 2001. Prevalence and characterization of *Listeria monocytogenes* in the feces of healthy Austrians. *Wien Klin Wochenschr* 113 : 737-742.
37. Fleming DW, Cochi SL, MacDonald KL, et al. 1985. Pasteurized milk as a vehicle of infection in an outbreak of listeriosis. *New Eng J Med* 312(7) : 404-407.
38. 정병열, 임현숙, 김봉환. 2003. 가축의 장내 용물에서 *Listeria*속균의 분포도 조사. *한국수의공중보건학회지* 27(1) : 41-46.
39. Weber A, Potel J, Schafer-Schmidt R et al. 1995. Studies on the occurrence of *Listeria monocytogenes* in fecal samples of domestic and companion animals. *Zentralbl Hyg Umweltmed* 198(2) : 117-123.
40. Iida T, Kanzaki M, Maruyama T, et al. 1991. Prevalence of *Listeria monocytogenes* in intestinal contents of healthy animals in Japan. *J Vet Med Sci* 53(5) : 873-875.
41. 홍종해 안상철. 1998. 돈육가공 작업환경에서 *Listeria monocytogenes*의 분리와 혈청형 분포조사. *한국식품위생안전성학회지* 13(4) : 425-429.
42. 채희선, 김두환, 김규현 등. 2003. 소와 돼지 도체에서 *Listeria monocytogenes*의 분리 및 PCR 검출 방법에 관한 연구. *한국가축위생학회지* 26(2) : 105-111.
43. Wong AC, Chao WL, Lee SJ. 1990. Incidence and characterization of *Listeria monocytogenes* in foods available in Taiwan. *Appl Environ Microbiol* 56 : 3101-3104.
44. 허정호, 손성기, 이주홍 등. 1997. 도축처리 단계별 도체 및 환경재료에서 *Listeria monocytogenes*의 분리. *한국가축위생학회지* 20(1) : 69-78.
45. Farber JH, Sanders GW, Johnston MA. 1985. A survey of various foods for the presence of *Listeria* species. *J Food Prot* 52 : 456-458.
46. 김창민, 강윤숙, 윤선경 등. 2002. 김밥중 황색포도상구균의 분포조사. *한국식품위생안전성학회지* 17(1) : 31-35.
47. 강호조, 손원근. 1991. 환자 및 건강인 유래 *Staphylococcus aureus*의 특징과 enterotoxin 산생성. *한국식품위생학회지* 6(2):89-93.
48. 강호조, 최홍근, 손원근. 1991. 가축유래 *Staphylococcus aureus*의 enterotoxin 산생과 plasmid profile에 관한 연구Ⅱ. 분리주의 enterotoxin 산생. *한국수의공중보건학회지* 15(1) : 7-12.

## 액체크로마토그래피-형광검출기를 이용한 닭고기 중 플루오로퀴놀론계 항균물질 농량분석 및 잔류조사

박은정, 임지훈, 이성모  
가축위생시험소 시험검사실

## Determination and survey of fluoroquinolones residue in chicken muscle by HPLC with fluorescence detector

Eun-Jeong Park, Ji-Huen Lim, Sung-Mo Lee  
Veterinary faculty of Incheon Metropolitan Public Health & Environmental Research Institute

### Abstract

Ofloxacin, norfloxacin, ciprofloxacin, and enrofloxacin in chicken muscle were separated by liquid extraction and determined with high performance liquid chromatography (HPLC) with fluorescence detector. Analysis was carried out using following conditions; C18 column (250×4.6 mm i.d. 5  $\mu$ m particle size), mobile phase composed of D.W. (containing 0.4% triethylamine and phosphoric acid): methanol : acetonitrile (800:100:100, v/v/v), isocratic pump at a flow rate of 1.0 ml/min and 50  $\mu$ l of injection volume, fluorescence detector with EX. 278 nm/ EM. 456 nm. The calibration curves of four fluoroquinolones showed linearity ( $r^2 \geq 0.999$ ) at concentration range of 0.025–0.6  $\mu$ g/ml. The recoveries in fortified chicken muscle represented more than 80% with low coefficient of variation (<10%) for concentration range of four fluoroquinolones. The detection limits for ofloxacin, norfloxacin, ciprofloxacin, and enrofloxacin were 23.5, 3.4, 3.0 and 2.5 ng/g in chicken muscle, respectively. We also monitored fluoroquinolones residue in muscle of chickens (broiler 1,227, Korean native chicken 219, laying chicken 77) using EEC-4-plate screening and HPLC confirmation methods. Ten(broiler 5, Korean native chicken 5) out of the fifteen samples which were positively detected by EEC-plate screening method from 1,523 chicken meat were confirmed with ciprofloxacin and enrofloxacin by HPLC. The ranges of residual concentration were 0–0.12 ppm for ciprofloxacin and 0.01–6.79 ppm for enrofloxacin. In conclusion, our method could be applied effectively to determine four fluoroquinolones residues in chicken meat, and further survey for fluoroquinolones residue in chicken meat are needed for more effective control of fluoroquinolones used in livestock.

**Key words** : Fluoroquinolone, HPLC, Enrofloxacin, Ciprofloxacin, Chicken muscle

## I. 서 론

플루오로퀴놀론계 항균물질은 항생물질, 설과제 다음으로 개발된 화학요법제로서 그람양성세균, 그람음성세균, *Mycoplasma spp.*, *Salmonella spp.*, *Shigella spp.*, *Camphylobacter spp.*, *Enterobacteriaceae*, *Streptococcus pneumoniae* 등 다양한 미생물에 강한 항균력을 가지고 있어 사람과 수의 분야에서 많이 사용되고 있으며, 본 계통의 약제는 세균에서 DNA의 복제가 저해되어 사멸되는 작용기전을 갖고 있어 설과제,  $\beta$ -락탐계, 아미노글리코사이드계 및 테트라사이클린계 등 항균물질에 내성을 가진 균주에도 효과가 있는 것으로 보고되어 있다<sup>1,2,3)</sup>. 그러나 최근 들어 미국에서는 플루오로퀴놀론계 저항성 *Salmonella* 속 균<sup>4)</sup>과 *Campylobacter* 속 균<sup>5)</sup>이 검출되는 등, 축산물 내 본 약물의 잔류로 인한 약제 내성이 문제가 되어 미국<sup>6)</sup>, 캐나다<sup>7)</sup>, 유럽<sup>8)</sup>, 일본<sup>9)</sup> 등에서 규제가 강화되고 있는 실정이다. 국내에서는 ofloxacin, norfloxacin, ciprofloxacin, enrofloxacin, danofloxacin, cef-floxacin, pefloxacin, orbifloxacin 등이 가축 및 수산용으로 판매되고 있으며<sup>10)</sup>, enrofloxacin은 산란계에서 사용을 금지하고 있다. Danofloxacin, enrofloxacin 등에 대하여는 사용 동물에 대해 휴약 기간을 설정하고 있으나 기타 약제는 휴약 기간이 설정되어 있지 않다<sup>11)</sup>. 또한, 국내에는 식육에 대한 잔류허용 기준 및 공인 시험법이 없으며, 현재 danofloxacin, enrofloxacin에 대해서 잔류 허용기준과 시험법을 신설, 입안 예고 중에 있다<sup>12)</sup>. 잔류시험법으로는 국내외에서 Microbiological assay<sup>13)</sup>, Immunoassay<sup>13)</sup>, Thin layer chromatography(TLC)<sup>14)</sup>, High performance liquid chromatography(HPLC)<sup>7,15,16)</sup>, High performance liquid chromatography - Mass spectrometry (HPLC-MS)<sup>17)</sup> 등의 다양한 방법이 보고되고 있다. 전처리법으로는 시료 고체상 추출법<sup>18)</sup>과 액상 추출법<sup>19)</sup> 등이 있는데 액상 추출법은 유기용매의 사용량이 고체상 추출법에 비해 많다는 단점이 있으나 많은 양의

시료를 사용할 수 있다는 장점이 있어 낮은 수준의 잔류조사를 수행하거나 정확한 검사를 위해서 선호되는 방법이다. 본 연구에서는 국내외에서 보고된 플루오로퀴놀론 합성항균제에 대한 검사법<sup>7,15-17,19-31)</sup>을 토대로 액상추출법과 형광검출기를 이용한 액체크로마토그래피를 사용하여 국내에서 식육 내 잔류 가능성이 높은 ofloxacin, norfloxacin, ciprofloxacin, enrofloxacin을 동시 정량 분석하는 방법을 개발하고 2003년 인천 관내에서 도축한 닭고기중의 플루오로퀴놀론 합성항균제 잔류실태를 조사하고자 하였다.

## II. 재료 및 방법

### 2.1 표준품 및 시약

플루오로퀴놀론계 표준품은 ofloxacin(OF, Sigma), norfloxacin(NOR, Sigma), ciprofloxacin(CF, Fluka), enrofloxacin(ENRO, Fluka)을 사용하였고, ethyl acetate, methanol, acetonitrile은 LC급 이상을 사용하였으며 oxalic acid, triethylamine, phosphoric acid 등은 특급 시약급으로 사용하였다.

### 2.2 표준용액 조제

플루오로퀴놀론계 표준품 각각을 10 mg씩 취하여 100 ml 갈색 용량 플라스크에 넣고 methanol에 완전히 녹인 다음 100  $\mu\text{g}/\text{ml}$  농도로 만들어 표준원액(stock solution)으로 하였다. 표준원액을 이동상 용매로 희석하여 10  $\mu\text{g}/\text{ml}$  농도로 만들어 표준용액으로 사용하였다. 표준용액은 냉장 보관하면서 14일간 사용하였다.

### 2.3 표준곡선 작성

플루오로퀴놀론계 표준용액(10  $\mu\text{g}/\text{ml}$ )을 100 ml 갈색 용량 플라스크에 6, 3, 2, 1, 0.5, 0.25 ml씩 취하고 이동상으로 채워 0.6, 0.3, 0.2, 0.1, 0.05, 0.025  $\mu\text{g}/\text{ml}$ 으로 희석하였다. 6개 농도의

희석된 표준용액을 50  $\mu\text{l}$ 씩 주입하여 얻은 크로마토그램에서 각각의 플루오로퀴놀론계 약물에 대한 농도별 평균면적을 구하여 X축을 농도, Y축을 면적으로 하여 표준곡선을 작성하였다.

## 2.4 분석조건

HPLC는 형광검출기가 장착된 액체크로마토그래피(Spectra system FL2000 TSP, USA)를 이용하였으며 컬럼은 Symmetry C<sub>18</sub>(250×4.6 mm id, 5  $\mu\text{m}$ , Waters)를 그리고 주입량은 50  $\mu\text{l}$ 로 하였다. 이동상 용매는 1L 증류수에 triethylamine과 phosphoric acid이 0.4%가 되도록 첨가시킨 용액, methanol 및 acetonitrile을

800 : 100 : 100 (v/v/v)이 되도록 혼합한 후, 0.45  $\mu\text{m}$  필터로 여과하여 사용하였으며, 검출파장은 형광검출기의 여기파장 278 nm, 측정파장 456 nm에서 유속은 1.0 ml/min.으로 측정하였다.

## 2.5 닭고기중 플루오로퀴놀론계 항균물질 추출 · 정제

시료 1.0 g을 칭량하여 50 ml 원심튜브에 취한 후 Fig. 1. 술식에 따라 처리하여 이동상 1 ml을 가한 뒤 초음파 세척기에서 10분간 방치하여 완전히 용해시킨 후, 원심분리(10,000 rpm, 10 mins.)하여 상층액을 0.45  $\mu\text{m}$  syringe filter로 여과하여 시험용액으로 사용하였다.

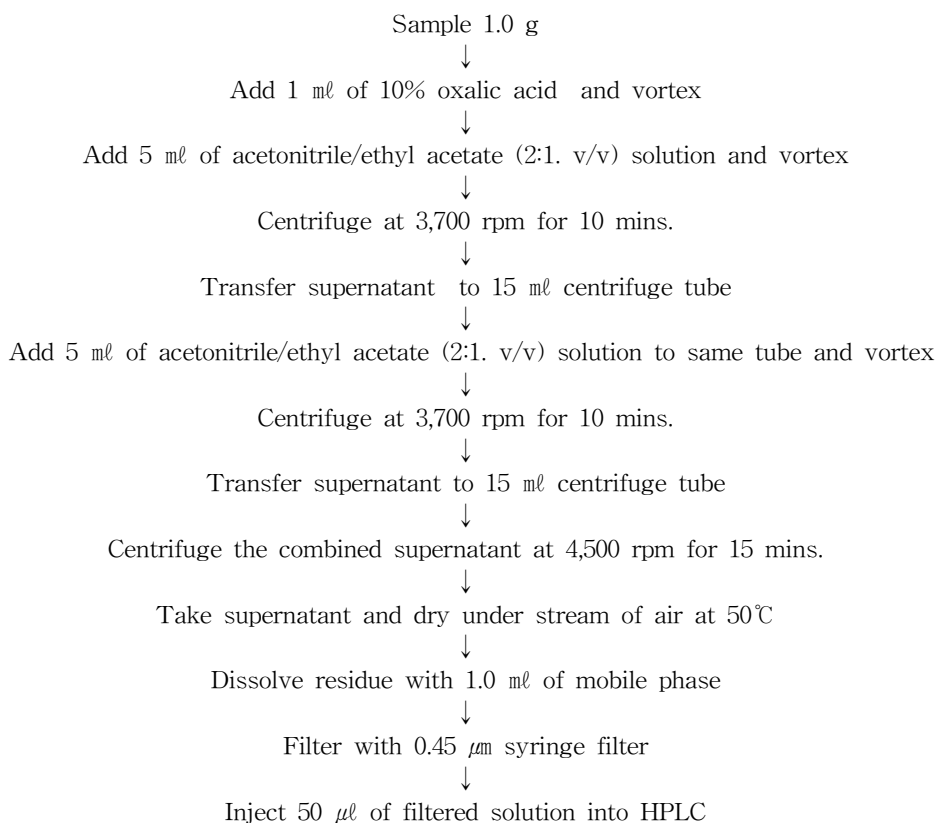


Fig. 1. Flow chart of sample preparation of fluoroquinolones in chicken muscle



## 2.6 잔류조사 시료

2003년 1월부터 12월까지 인천지역 닭도축장에서 도계된 닭고기 1,523수를 EEC-4-plate법(축산물의 가공기준 및 성분규격 : 국립수의과학고시 제2002-3호)으로 검사하여 양성 반응을 보인 닭고기를 -20℃의 냉동실에 보관한 후 시험에 공시하였다.

# Ⅲ. 결과 및 고찰

## 3.1 표준곡선 작성

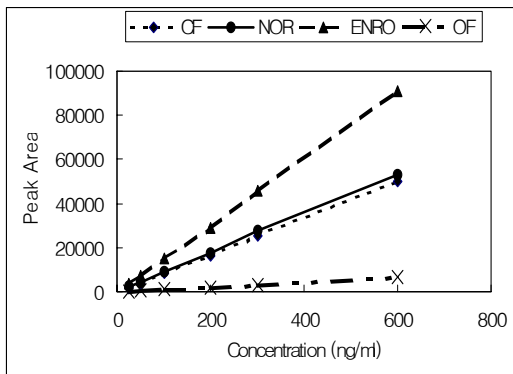


Fig. 2. Standard calibration curves of four fluoroquinolones( $y^2>0.999$ ).

OF : Ofloxacin

NOR : Norfloxacin

CF : Ciprofloxacin

ENRO : Enrofloxacin

4종(OF, NOR, CF, ENRO)의 플루오로퀴놀론

항균물질 표준 혼합용액을 이동상으로 각각 25~600 ng/ml이 되도록 제조한 후 HPLC에 주입하여 형광검출기로 측정한 후 농도 대 평균 피크 면적비를 이용하여 표준곡선을 작성한 결과 4종 모두에서 상관계수가 0.999이상의 양호한 직선성을 나타내었다(Fig. 2.).

## 3.2 HPLC 크로마토그램 및 첨가한 닭고기에서의 회수율

플루오로퀴놀론계 합성항균제 4종의 표준품에 대한 분석 조건하에서 HPLC 크로마토그램은 분리도가 양호하였다(Fig. 3a). 또한 혼합표준용액을 50 ng/g의 농도가 되도록 닭고기에 첨가하여 앞에서 기술한 추출법으로 전처리하여 분석하였을 때 각각의 플루오로퀴놀론 항균물질 피크에서 방해피크 없는 깨끗한 크로마토그램을 얻었다(Fig. 3b). 분리도가 양호한 결과는 다른 연구자들의 보고<sup>15,16,20,21)</sup>에서와 동일하게 이동상에 triethylamine을 첨가함으로써 peak tailing을 일으키는 아미노기를 차단함으로써 얻을 수 있는 것으로 사료되며 시료전처리 방법 및 기기분석 조건은 닭고기 중 4종의 플루오로퀴놀론계 항균물질을 분석하는데 적합한 것으로 판단된다.

플루오로퀴놀론계 합성항균물질이 잔류되지 않은 닭고기를 선별하여 0.05~0.2 µg/g의 농도로 첨가한 후 회수율을 측정된 결과 ofloxacin 92.0~95.4%, norfloxacin 84.2~87.3%, ciprofloxacin 78.3~82.2%, enrofloxacin 91.3~95.3%로 나타났고, 실험실내 평균 변이계수(CV)는 2.7~9.4%이었다 (Table 1).

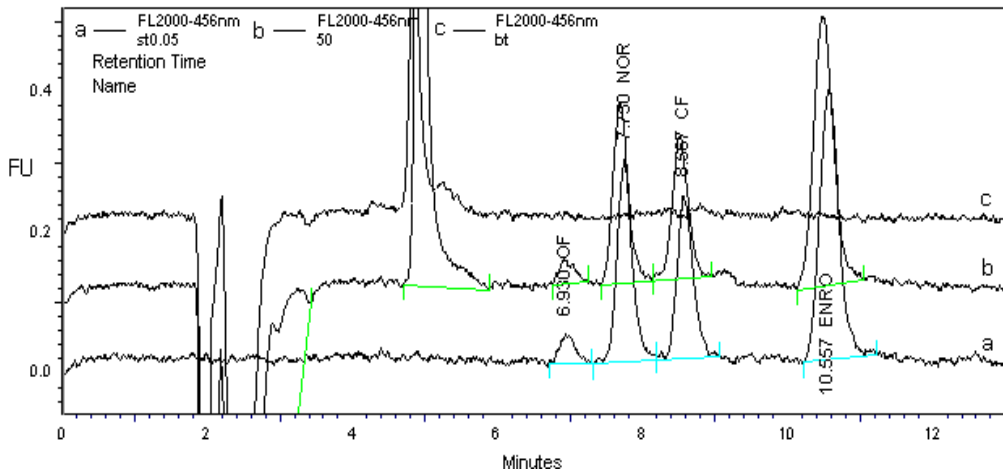


Fig. 3. Chromatograms of four fluoroquinolone.

a ; 50 ng/ml of four fluoroquinolone standards

b ; chicken muscle fortified with 50ng/g of four fluoroquinolones

c ; blank chicken muscle

플루오로퀴놀론계 항균물질에 대한 회수율은 실험자 마다 다르게 보고되었는데, 서 등<sup>16)</sup>, Schneider와 Donoghue<sup>22)</sup>의 보고에서는 norfloxacin이 enrofloxacin 보다 낮은 회수율을 보였으나, Gigoso 등<sup>23)</sup>의 보고에서는 반대로 norfloxacin의 회수율이 enrofloxacin보다 높게 보고되었다. 본 시험에서는 enrofloxacin의 회수율이 norfloxacin보다 높아 전자의 보고와 유사하였다. 본 조사의 전체적인 회수율에 있어서

는 Schneider와 Donoghue<sup>22)</sup>, Gorla 등<sup>24)</sup>, Andrzej 등<sup>25)</sup>의 보고에 비해서는 다소 낮은 회수율을 보였으나 강 등<sup>15)</sup>, Lim 등<sup>17)</sup>, Maraschiello 등<sup>21)</sup>, Immanuel 등<sup>26)</sup>, Roybal 등<sup>27)</sup>의 조사와는 유사한 결과를 나타내었으며, CODEX에서 정한 권장 회수율(10~100 ppb일 경우 70~110%, 100 ppb 이상 80~110%)을 모두 만족하였다.

Table 1. Recoveries and coefficient variation of four fluoroquinolones in spiked chicken muscles

Fluoroquinolones	Recovery rate (% , mean±SD, n=6)				Coefficient of variation(%)			
	0.05 µg/g	0.1 µg/g	0.2 µg/g	Mean	0.05 µg/g	0.1 µg/g	0.2 µg/g	Mean
Ofloxacin	92.0±9.3	94.7±10.2	95.4±7.3	94.0±8.9	10.1	10.7	7.6	9.4
Norfloxacin	87.3±3.7	84.2±0.8	85.5±2.6	85.7±2.4	4.3	0.9	3.0	2.7
Ciprofloxacin	78.3±4.5	82.2±2.3	81.8±2.3	80.8±3.0	5.7	2.8	2.8	3.8
Enrofloxacin	95.3±2.7	91.3±1.9	92.1±3.8	92.9±2.8	2.9	2.0	4.1	3.0

### 3.3 검출한계 및 정량한계

닭고기에서 플루오로퀴놀론계 4종 약물에 대한 동시분석에 있어 검출한계와 정량한계는 각각 ofloxacin 23.5 ppb, 35.3 ppb, norfloxacin 3.4 ppb, 5.1 ppb, ciprofloxacin 3.0 ppb, 4.5 ppb, enrofloxacin 2.5 ppb, 3.8 ppb 이었다(Table 2).

이러한 결과는 강 등<sup>15)</sup>, Gorla 등<sup>24)</sup>, Wright 등<sup>28)</sup>, Maya 등<sup>29)</sup>의 보고 보다 검출한계와 정량한계가 낮은 수준이었으며 Lim 등<sup>17)</sup>, Schneider와 Donoghue<sup>22)</sup>, Gigosos 등<sup>23)</sup>, Andrzej 등<sup>25)</sup>, Tyczkowska 등<sup>30)</sup>이 보고한 1~5 ppb와는 유사한 결과를 보였으며 서 등<sup>16)</sup>이 보고한 1 ppb 이하의 검출한계 보다는 높은

수준이었다. Ofloxacin은 다른 약제에 비해 검출한계와 정량한계가 높게 나타났는데, Maraschiello 등<sup>21)</sup>은 닭고기에서 검출한계를 25 ppb, 정량한계를 50 ppb로 보고하였으며, Rose 등<sup>31)</sup>은 ofloxacin 검출한계를 50 ppb, norfloxacin, ciprofloxacin, enrofloxacin은 각각 10 ppb로 보고하고 있다. 이와 같은 검출한계 및 정량한계의 차이는 시료, 분석 대상물질과 전처리법, 검출기 종류 및 파장, 이동상 용매 등 분석조건의 차이에 따른 것으로 사료되며, 본 시험결과는 닭고기 중에서 플루오로퀴놀론계 항균물질의 잔류조사를 위해 적용할 수 있는 방법으로 판단된다.

Table 2. Limit of detection(LOD) and Limit of quantification(LOQ) of four fluoroquinolones in chicken muscles

Fluoroquinolones	LOD( $\mu\text{g/kg}$ )	LOQ( $\mu\text{g/kg}$ )
Ofloxacin	23.5	35.3
Norfloxacin	3.4	5.1
Ciprofloxacin	3.0	4.5
Enrofloxacin	2.5	3.8

LOD = Blank determination + 3 \* SD

LOQ = Blank determination + 6 \* SD

N= 20

### 3.4 닭고기중 잔류조사

인천지역에서 2003년도에 도축된 1,523수의 닭고기 [육계 1,227수, 토종닭 219수(오골계 6수 포함), 산란노계 77수]를 EEC-4-plate법(축산물의 가공기준 및 성분규격 : 국립수의과학검역원고시 제2002-3호)으로 검사한 결과 양성반응을 보인 닭고기는 육계 10, 토종닭 5수였으며 이를 HPLC로 정밀 검사한 결과 육계 5수에서 ciprofloxacin은 불검출~0.04 ppm, enrofloxacin 0.01~0.69 ppm 수준으로 검출되었으며, 토종닭 5수에서 ciprofloxacin은 0.02~0.12 ppm, enrofloxacin 0.36~6.79 ppm 수준으로 검

출되었다(Table 3). 외국의 닭고기 중 잔류 기준은 미국<sup>6)</sup>이 enrofloxacin에 대한 허용기준이 0.3 ppm이며, 유럽<sup>8)</sup>에서는 ciprofloxacin과 enrofloxacin의 합에 대하여 0.1 ppm으로 정하고 있다. 본 조사 결과, 유럽 기준인 0.1 ppm이상의 위반율은 육계 3건(0.2%), 토종닭 5건(2.3%)으로 총 8건(0.5%)이었다(Table 3). 이는 2003년 6월까지 국내 식육 중 잔류물질 허용기준 평균 위반율<sup>32)</sup> 0.24% 보다 다소 높은 결과를 보였다. 가축에서 플루오로퀴놀론계 약물 중 enrofloxacin이 ciprofloxacin으로 대사 되는 것으로 보고되고 있다. 그러나, 축종별로 enro-

floxacin이 ciprofloxacin으로 대사 되는 양이 달라, 양에서는 55% (Mengozzi 등<sup>33)</sup>), 개에서는 43% (Kung 등<sup>20)</sup>), 젖소에서는 35% (Kaartinen 등<sup>34)</sup>), 닭과 오리에서 10% 미만(Garcia 등<sup>35)</sup>과 Intorre 등<sup>36)</sup>)으로 대사 된다고 보고하였다. 본 조사에서 enrofloxacin은 다량 검출된 반면 ciprofloxacin은 불검출 이거나 소량 검출되었는데 이는 Garcia 등<sup>35)</sup>과 Intorre 등<sup>36)</sup>의 조사와 일치하여 enrofloxacin이 체내에서 ciprofloxacin으로 소량 대사 되어진 것으로 약물의 투여시점, 투여방법 및 투여일수에 따라 대사 되는 양의 차이가 발생할 수 있을 것으로 사료된다.

국내에서 플루오로퀴놀론계 약물의 사용이 많아져 식육 위생에 있어 내성균의 발현 등 공중

보건상 위해 발생 등 큰 문제가 발생할 수 있으나 최근 이러한 약제에 대한 잔류허용기준 대하여 입안예고<sup>12)</sup> 중에 있어 국내에서도 식육의 안전성 확보에 기여하리라 생각되며 무엇보다도 농가에서 약제의 사용 시 휴약 기간의 준수가 필요하다고 사료된다. 또한 본 시험에서 확인된 액상 추출법 및 액체크로마토그래피법은 닭고기내 잔류가능성이 높은 플루오로퀴놀론 합성항균제 중 ofloxacin, norfloxacin, ciprofloxacin, enrofloxacin을 빠른 시간 내 동시에 분석하기 위한 효과적 분석법으로서 다양한 종류의 축산식품 분석에도 많이 활용될 수 있을 것으로 사료된다.

Table 3. Residues of fluoroquinolones in chicken muscles at Incheon slaughterhouses

Items		Broiler (N=1,227)	*Korean native chickens (N=219)	Laying chicken (N=77)	Total (N=1,523)
EEC-4-plate method		10 (0.8)	5 (2.3)	0 (0)	15 (1.0)
HPLC		5 (0.4)	5 (3.7)	0 (0)	10 (0.7)
Concentration (ppm)	ciprofloxacin	N. D. ~ 0.04	0.02 ~ 0.12	—	N. D. ~ 0.12
	enrofloxacin	0.01 ~ 0.69	0.36 ~ 6.79	—	0.01 ~ 6.79
Sum of ciprofloxacin and enrofloxacin (ppm)	< 0.1	2	—	—	2
	≥ 0.1	3(0.2)	5(2.3)	—	8(0.5)

\* Korean native chickens : Korean native chicken, Ogol chicken

Data is represented as number of detected sample and detection rate (%).

N.D. = Not Detected, N = Number of chickens

## IV. 국문요약

1. 닭고기에서 4종의 플루오로퀴놀론계 합성항균제(ofloxacin, norfloxacin, ciprofloxacin, enrofloxacin)를 액상추출법으로 추출하여

형광검출기와 HPLC를 이용하여 동시 정량 분석하는 방법을 확립하였으며 분석조건으로서 컬럼은 Symmetry C<sub>18</sub>(250×4.6 mm id, 5 μm), 이동상은 0.4% triethylamine 및 0.4% phosphoric acid 수용액, methanol 및

acetonitrile 혼합용액(800:100:100, v/v/v)을 사용하였으며, 형광검출기는 여기파장 278 nm, 측정파장 456 nm으로 그리고 유속은 1.0 ml/min., 주입량은 50  $\mu$ l로 하였다. 확립된 분석조건으로 측정 한 ofloxacin, norfloxacin, ciprofloxacin, enrofloxacin 표준품의 표준곡선식에서 모두 상관계수 0.999이상의 양호한 직선성을 보였으며 첨가한 닭고기의 크로마토그램에서도 각각의 물질별 분리시간대에 방해 피크 없이 양호한 분리도를 나타내었다.

0.05~0.2  $\mu$ g/g 첨가한 시료에서 평균 회수율은 ofloxacin 92.0~95.4%, norfloxacin 84.2~87.3%, ciprofloxacin 78.3~82.2%, enrofloxacin 91.3~95.3%이었으며 변이계수(CV)는 2.7~9.4% 이었다.

4종의 동시분석법의 검출한계 및 정량한계는 각각 ofloxacin 23.5 ppb, 35.3 ppb, norfloxacin 3.4 ppb, 5.1 ppb, ciprofloxacin 3.0 ppb, 4.5 ppb, enrofloxacin 2.5 ppb, 3.8 ppb 수준이었다.

2. 인천 지역에서 도축한 닭고기 총 1,523수를 EEC-4-plate법으로 검사한 결과 양성반응을 보인 닭고기는 15수(육계 10, 토종닭 5)였으며 HPLC를 이용한 정밀검사결과 육계 5수에서 ciprofloxacin이 불검출~0.04 ppm, enrofloxacin이 0.01~0.69 ppm수준으로 검출되었으며, 토종닭 5수에서는 ciprofloxacin이 0.02~0.12 ppm, enrofloxacin이 0.36~6.79 ppm수준으로 검출되었다.

## 참 고 문 헌

1. Hooper, D.C. and Wolfson, J.S. : Minireview The fluoroquinolone ; Pharmacology, clinical use and toxicities in human. *Antimicrob Agents Chemother*, 28(5), 716-721 (1985).
2. Vancutsem, P.M., Bablish, J.G. and Schwark, W.S. : The quinolone antimicrobials ; Structure, antimicrobial activity, pharmacokinetics, clinical use in domestic animal and toxicity. *Cornell Vet.*, 80, 173-186 (1990).
3. Mitsuyama, J. : Structures of existing and new quinolones and relationship to bactericidal activity against *Streptococcus pneumoniae*. *J. Anti. Chem.*, 44, 201-207 (1999).
4. Herikstad, H., Hayes, P., Mokhtar, M., Fracaro, M.L., Threlfall, E.J. and Angulo, F.J. : Emerging quinolone-resistant *Salmonella* in the United States. *Emerging Infect. Dis.*, 3, 371-372 (1997).
5. Smith, K.E., Besser, J.M., Hedberg, C.W., Leano, F.T., Bender, J.B., Wicklund, J.H., Johnson, B.P., Moore, K.A. and Osterholm, M.T. : Quinolone-resistant *Campylobacter jejuni* infections in Minnesota, 1992-1998. *The New Engl. J. Med.*, 340(20), 1525-1532 (1999).
6. FDA Approved animal drug products : NADA 140-828. 21 *CFR* 520.813 (2003).
7. Barry, C. : The analytical testing followed by laboratory services division of agriculture Canada for veterinary drug residues in eggs. In proceedings of the euroresidues II conference on residues of veterinary drugs in food, *Veldhoven*, The Netherlands, 3-5 May, 170-175 (1993).
8. The European agency for the evaluation of medical products : Veterinary medicines and inspections, Committee for veterinary medical products, Enrofloxacin, Summary report(5). *EMEA/MRL/820/02-Final* (2002).
9. Horie, H., Saito, K., Nose, N. and Nakazawa, H. : Simultaneous determination of be nofloxacin, danofloxacin, enrofloxacin, and ofloxacin in chicken tissues by HPLC. *J. Chrom. B*, 653, 69-76 (1994).
10. 사단법인 한국동물약품협회 : 동물용의약

- 품등 편람. (2001).
11. 국립수의과학검역원 : 동물용 의약품의 안전 사용기준. 국립수의과학검역원고시 제 2003-4호 (2003).
12. 식품의약품안전청 : 식품의 기준 및 규격중 개정(안) 입안예고. 식약청 공고 2003-108호 (2003).
13. Suhren, G., Hammer, P. and Heesch, W. : Detection of residues of quinolones in milk. In proceedings of the euroresidue III conference on residues of veterinary drugs in food, *Veldhoven*, The Netherlands, 6-8 May, 917-921 (1996).
14. Juhel, G.M. and Abjeun, J.P. : Screening of quinolones residues in pig muscle by planer chromatography. *Chromatographia*, 47(12), 101-104 (1998).
15. 강환구, 손성완, 이혜숙, 김재학, 조명행 : 시료고체상분산 전처리법과 액체크로마토그래피를 이용한 돈육중 enrofloxacin 및 ciprofloxacin 분석. *대한수의학회지*, 37, 195-202 (1997).
16. 서계원, 이재일, 이채용, 김은선, 이정치 : MSPD법과 HPLC를 이용한 계란내 플루오로퀴놀론계 항균물질의 동시 다성분 정량 분석. *한국수의공중보건학회지*, 26(4), 269-281 (2002).
17. Lim, J., Park, B. and Yun, H. : Sensitive liquid chromatographic - mass spectrometric assay for norfloxacin in poultry tissue. *J. Chrom. B*, 772, 185-189 (2002).
18. Horie, M., Saito, K., Nose, N. and Nakazawa, H. : Determination of enrofloxacin in meat & fish by high - performance liquid chromatography. *J. FHS*, 34(4), 289-293 (1994).
19. Guyonnet, J., Pacaud, M., Richard, M., Doisi, A., Spavone, F. and Hellings, P. : Routine determination of flumequine in kidney tissue of pig using automated liquid chromatography. *J. Chrom. B*, 679, 177-184 (1996).
20. Kung, K.L., Riond, J.L. and Wanner, M. : Pharmacokinetics of enrofloxacin and its metabolite ciprofloxacin after intravenous and oral administration of enrofloxacin in dog. *J. Vet. Pharmacol. Ther.*, 16, 462-468 (1993).
21. Maraschiello, C., Cusido, E., Abellan, M. and Vilageliu, J. : Validation of an analytical procedure for the determination of the fluoroquinolone ofloxacin in chicken tissues. *J. Chrom. B*, 754, 311-318 (2001).
22. Schneider, M.J. and Donoghue, D.J. : Multi-residue determination of fluoroquinolones in eggs. *J. AOAC Int.* 83(6), 1306-1312 (2000).
23. Gigoso, P.G., Revesado, P.R., Cadahia, O., Fente, C.A., Vazquez, B.I., Franco, C.M. and Cepeda, A. : Determination of quinolones in animal tissues and eggs by high performance liquid chromatography with photodiode-array detection. *J. Chrom. A*, 871, 31-36 (2000).
24. Gorla, N., Chiostri, E., Ugnia, L., Weyers, A., Giacomelli, N., Davicino, R. and Ovando, H.G. : HPLC residues of enrofloxacin and ciprofloxacin in eggs of laying hens. *Int. J. Antimicrob. Agents*, 8, 253-256 (1997).
25. Andrzej, P., Jan, Z., Stanislaw, S., Jolanta, N. and Richard, E. : Determination of fluoroquinolone residues in animal tissues by liquid chromatography. *Biomed. Chromatogr.*, 13, 279-285 (1999).
26. Immanuel, C. and Hemanth Kumar, A.K. : Simple and rapid high - performance liquid chromatography method for determination of ofloxacin concentrations in plasma and urine. *J. Chrom. B*, 760, 91-95 (2001).
27. Roybal, J.E., Pfenning, A.P., Turnipseed, S.B., Walker, C.C. and Hurlbut, J.A. :

- Determination of four fluroquinolones in milk by liquid chromatography. *J. AOAC Int.*, 80(5), 982-987 (1997).
28. Wright, D.H., Herman, V.K., Konstantinides, F.N. and Rotschafer, J.C. : Determination of quinolone antibiotics in growth media by reversed-phase high-performance liquid chromatography. *J. Chrom. B*, 709, 97-104 (1998).
29. Maya, M.T., Goncalves, N.J., Silva, N.B. and Morais, J.A. : Simple high-performance liquid chromatographic assay for the determination of ciprofloxacin in human with ultraviolet detection. *J. Chrom. B*, 755, 305-309 (2001).
30. Tyczkowska, K.L., Voyksner, R.D., Anderson, K.L. and Papich, M.G. : Simultaneous determination of enrofloxacin and its primary metabolite ciprofloxacin in bovine milk and plasma by ion - pairing liquid chromatography. *J. Chrom. B Biomed Appl.*, 658(2), 341-348 (1994).
31. Rose, M.D., Bygrave, J. and Stubbings, G. W. : Extension of multi-residue methodology to include the determination of quinolones in food. *Analyst*, 123(12), 2789-2796 (1998).
32. 김용상 : 도축장의 HACCP 의무적용 현황 및 향후 관리방안(II). *대한수의사회지*, 40(1), 82-88 (2004).
33. Mengozzi, G., Intorre, L., Bertini, S. and Soldani, G. : Pharmacokinetics of enrofloxacin and its metabolite, ciprofloxacin after intravenous and intramuscular administration in sheep. *Am. J. Vet. Res.*, 57, 1040-1043 (1996).
34. Kaartinen, L., Salonen, M., Alli, L. and Pyorala, S. : Pharmacokinetics of enrofloxacin after single intravenous and intramuscular and subcutaneous injection in lactating cows. *J. Vet. pharma. and Ther.*, 9, 254-263 (1995).
35. Garcia, O.H., Gorla, N., Luders, C., Poloni, G., Errecalde, C., Prieto, G. and Puelles, I. : Comparative pharmacokinetics of enrofloxacin and ciprofloxacin in chickens. *J. Vet. pharma. and Ther.*, 22, 209-212 (1999).
36. Intorre, L., Mengozzi, G., Bertini, S., Begliacca, M., Lichetti, E. and Soldani, G. : The plasma kinetics and tissue distribution of enrofloxacin and its metabolite, ciprofloxacin in the Muscovy Duck. *Vet. Res. Communications*, 21, 127-136 (1997).

## 산란계 농장에서의 생물학적 위해요인과 관리점 분석

이성모, 변재원, 이정구, 김경호, 박진수, 최진영  
가축위생시험소 시험검사실

## Analysis of biological hazards and control points in layer houses

Sung-Mo Lee, Jae-Won Byun, Jung-Goo Lee, Kyoung-Ho Kim, Jin-Soo Park, Jin-Young Choi

Veterinary faculty of Incheon Metropolitan Public Health & Environmental Research Institute

### Abstract

An egg has been considered as one of the most important food sources because of its nutritional superiority and reasonable price. With the complexity of egg flow system from production to consumption in Korea, preventive measures for egg safety have been required. Therefore, our study was carried out to analyze hazards for the egg under farm level and develop preventive measures with a purpose of obtaining egg safety. To analyze biological hazards, microbial contamination of egg(normal, dirty and cracked), water, feed, manure and equipments associated with laying were investigated. One isolate of *Salmonella enteritidis* and *S. bardo* were detected from the manure and dirty egg shell respectively. The sanitary conditions in the farm were surveyed by questionnaires. Confirmation of vaccination for purchasing chicks and establishment of sanitary guidances for water and type of water suppliers ought to be preceded. Feed supplier systems including feed tanks, feed pipes and hoppers were known that their contamination might give it a chance to infect individuals and egg content and shell. The safe and rapid disposal of dead chickens and rodent were reported as more crucial factors to prevent infectious disease and manage good sanitation. Egg selector and collecting belt should be kept properly not to be contaminated from egg fluids and feces. It should be also considered that regular gathering of eggs, removal of dirty or cracked ones, storage under refrigeration and the use of disposable egg tray were continuously fulfilled. Conclusively, Our results suggested that HACCP-based system for providing fresh and safe eggs to consumers should be applied to the farm.

**Key words** : egg, biological hazards, control point, HACCP



## I. 서 론

산란계 농장에서의 과학적이고 체계적인 위생관리는 안전한 계란생산을 위한 필수적인 사항이다. 특히 과거로부터 계란을 날로 먹는 식습관이 있는 국내 소비자에게 위생적인 계란생산은 건강과 직결되는 매우 중요한 사항인 것이다.

국내에서 보고된 식중독의 경우 오염된 계란과 관련된 발생이 지속적으로 보고되고 있으며 [3, 19, 20], 미국에서는 살모넬라 오염에 의한 식중독 발생이 근래 들어 증가하고 있고 이와 관련하여 영국, 독일, 미국의 계란과 난가공품의 살모넬라 오염수준이 26%, 50%, 30%로 높은 것으로 보고되었다[34, 35, 47, 84].

그 동안 국내에서 계란은 축산물가공처리법이나 식품위생법 어디에도 적용 받지 않아 위생관리의 사각지대에 놓여 있었다. 다행히 2002년부터 축산물가공처리법에 적용대상 품목으로 포함되면서 비로소 위생관리의 근거가 마련되었고[4, 12, 21, 26], 특히 2002년 7월 발효된 제조물책임법으로 소비자들의 축산식품에 대한 관심이 높아졌고, 안전성 확보 요구가 더욱 강해지고 있다.

세계 각국의 위생 관리실태를 보면, 미국은 종계장과 양계장에서 National Poultry Improvement Plan(NPIP), Salmonella Enteritidis Pilot Project(SEPP), The Pennsylvania Egg Quality Assurance Program (PEQAP)을 실시하고 있다 [39, 42, 66, 84]. 영국에서는 계란산업협회(The British Egg Industry Council : BEIC)에 의해 Lion Quality Scheme을 1998년부터 실시하여 계란의 품질 향상에 크게 기여하고 있으며, 호주 역시 계란 생산시 HACCP 적용을 준비하고 있다[6, 7]. 일본에서는 1997년 10월부터는 산란계 농장에서 민간주도의 HACCP를 실시하고 있으며, 농림수산성에서 부화장 등 양계시설의 위생지침과 채란 농장의 살모넬라 위생지침을 제정하여 실시하고 있다 [84-87] .

계란의 안전성 확보를 위한 관리방법은 다른 식품에서와 마찬가지로 국제식품규격위원회(Codex)의 권고사항인 HACCP 개념 도입에 의한 농장관리가 거의 유일한 해결책이라고 할 수 있다. 그러나 외부와 차단된 작업장과 달리 농장은 환경에 노출되는 장소이므로 HACCP 원칙을 그대로 적용하고 준수하기란 어렵다. 따라서 농장내 발생 가능한 위해요인을 분석하고 위해 발생을 사전에 차단하는 예방적 관리체계를 갖추는 것이 타당할 것이다. 일부 국내에서도 도입되고 있는 Good Agricultural Practices (GAP) 방법이 그것이다. 이미 Codex에서도 농작물 재배에 이러한 방식을 채택하였고, 국내에서도 2006년까지 농작물 뿐 아니라 가축사육에 까지 확대 적용을 목표로 계획하고 있다[13].

계란의 위해성이 부각된다면 계란소비는 감소할 수 밖에 없어 축산농가의 심각한 피해가 예상된다. 시판 계란의 경우 제품의 특성상 대부분의 소비자 불만 사항은 생산농장에 그 원인이 귀속될 것으로 판단되므로, 생산농가는 좀 더 적극적인 자세로 소비자 불만을 해소시키는 방안을 모색하고 실천하여야 하겠다.

본 연구는 HACCP 개념 적용에 요구되는 위해 관리점을 파악하기 위하여 계란 생산에 관련된 산란계 농장의 실태를 파악하고 위해요인을 분석하여 위생관리에 필요한 자료를 제공하고자 한다.

## II. 재료 및 방법

### 2.1 계란 생산 단계별 미생물학적 조사

경인지역에 소재하는 8개 산란계 농장을 대상으로 2002년 6월에서 8월까지 농가별 2회에 걸쳐 방문하였으며, 농가 선정은 규모별로 사육수수 10,000수 이하 3농가, 10,001~30,000수 3농가, 30,001수 이상 2농가로 하였다.

### 2.1.1 산란계 농장 환경시료 및 계란 채취

시료는 농장 음용수(원수), 니플수, 사료, 분변 및 계란 보관장소에 보관중인 계란(정상란, 오염란, 깨진 계란)을 채취하였으며, 집란벨트, 중량선별기 및 계란 보관장소의 바닥에 대한 도말시료는 10×10cm씩 약 100cm<sup>2</sup>의 면적을 CultureSwab Plus(BBL, USA)를 이용하여 채취하였다. 채취된 시료는 Ice box에 보관하여 실험실로 운반한 후 24시간 이내에 실험을 실시하였다.

### 2.1.2 일반세균수와 대장균군 검사

각각의 시료를 멸균 생리식염수로 10배 단계 희석 한 후 일반세균의 경우 Plate count agar(Difco Co. USA)를 사용하여 37℃에서 48시간 배양한 다음 집락수를 계수하였다. 대장균군은 일반세균수와 동일한 방법으로 시료를 희석 한 후, Desoxycholate lactose agar(Difco)에서 37℃, 24시간 배양하였다.

### 2.1.3 살모넬라균 분리동정

사료중의 살모넬라균 분리는 사료공정서 [10]에 의하여 실시하였으며 계분을 제외한 시료는 다음의 방법으로 실험하였다.

시료를 무균적으로 취하여 0.9% 멸균 식염수에 1:9의 비율로 균질화(희석) 시킨 시료 1ml를 Selenite cystine broth (Difco)에 37℃에서 18~24시간 증균 배양하였으며, 분리배지는 Salmonella & Shigella (SS) agar (Difco), Rambach agar(RA), MacConkey agar (Difco)를 이용하였고, 살모넬라균으로 의심되는 집락을 선택, IMViC(Indole, Methyl red, Voges - Proskauer, and Citrate) test, API 20E (Bio Merieux Ind. France)을 이용하여 생화학 시험을 실시하였다. 최종적으로 Salmonella O항원(Difco)과 H항원(Difco)을 사용하여 동정하였다.

### 2.1.4 계분의 살모넬라균 분리동정

시료 1g과 Buffered Peptone 9ml(Difco)를 균질화하여 1차 증균 배양후, 배양액 100μl를 Rappaport Vassiliadis 10 broth(Difco) 9ml에 2차 증균후 선택배지로 Rambach agar(Merck, Germany)에 배양, 살모넬라로 의심되는 집락을 선택, IMViC test, API 20E(Bio Merieux Ind)를 이용해 생화학 검사를 하였다[62]. 최종적으로 Salmonella O항원(Difco)과 H항원(Difco)을 사용하여 동정하였다.

## 2.2 산란계 농장 설문 조사

### 2.2.1 조사대상 및 자료수집

본 조사는 2002년 4월부터 6월까지 약 90일간 전국을 대상으로 설문지 조사를 실시하였다. 설문지 작성은 선행연구[8, 39, 50, 53, 54, 59, 74, 84]를 참고하였고, 설문지 구성의 타당성을 전문가의 자문을 구한 후 사전 설문조사를 실시하여 최종적으로 확정하였다. 설문조사 방법은 자기 기입식으로 하고 문항 해석이 불가능할 경우 조사요원이 기입하도록 하였다. 조사요원은 각 지역별 방역요원(1명), 개업수의사(1명), 사료회사(2개사), 동물약품회사(2개사)를 대상으로 전화번호부, 매출액 등을 참고로 하여 임의 선정하였다.

### 2.2.2 분석방법

조사대상 농가 선정은 사육규모별 농가수와 지역별 농가수의 비율을 고려하여 수집된 220호 농가의 자료를 무작위수를 생성하여 층화표본추출(stratified sampling)하여 최종적으로 204농가를 선정하였다. 산란계 농장의 위생실태에 관한 특성을 알아보고자, 사육수수(10,000수 이하, 10,001~30,000, 30,001 이상), 경영방식(자영, 위탁사육) 및 운영경력(5년 미만, 5~

10년, 10~20년, 20년 이상) 등으로 분류하였으며, 또한 조사된 항목을 산란계 농장의 사양관리, 계란의 보관 및 집란처리, 판매와 위생 및 질병관리 등으로 구분하여, 사육수수에 따른 조사항목간의 상관관계를 분석하였다. 조사항목간의 상관관계는 범주별 분할표(Contingency Table)를 구성한 후, 그 통계적 유의성을 검토하기 위하여 카이제곱 검정( $\chi^2$ -test)을 수행하였다. 일부 도수의 크기가 작아 카이제곱 검정을 적용할 수 없는 경우는, Fisher의 정확한 검정을 이용하여 유의성 검정을 하였다. 수질검사 횟수, 집란 횟수 등 순서적으로 이루어진 변수들은 경향분석을 실시하였으며, 다중 응답변수인 계란 판매처는 다중 응답 교차분석을 실시하였다. 자료분석 프로그램은 SPSS 10.0 한글통계 패키지를 이용하였다[28, 36, 72].

### Ⅲ. 결 과

#### 3.1 계란 생산 단계별 미생물 오염도 조사

##### 3.1.1 산란계 농장 환경시료의 미생물 오염도

음용수(원수)에서 일반세균수는 log값으로

환산하면 평균  $1.4 \pm 0.9 \text{cfu/ml}$  이었으며, 닭에게 급수관을 통해 전해지는 음용수는  $2.7 \pm 1.7 \text{cfu/ml}$ 이었다. 대장균군은 원수와 음용수가 각각  $0.5 \pm 0.8 \text{cfu/ml}$  와  $1.3 \pm 1.6 \text{cfu/ml}$  수준이었다(Table 1). 닭에게 급여되고 있는 사료에 대한 검사 결과 일반세균수는  $5.1 \pm 1.2 \text{cfu/g}$ , 대장균군은  $2.6 \pm 1.7 \text{cfu/g}$ 으로 높은 오염도를 나타내었다. 계분의 오염도는 일반세균수  $8.7 \pm 1.2 \text{cfu/g}$ , 대장균군  $7.8 \pm 1.2 \text{cfu/g}$ 으로 높게 나타났으며, 계사의 환경시료 중 계란의 중량을 선별하는 선란기의 오염도는 일반세균수  $4.5 \pm 2.0 \text{cfu/cm}^2$ , 대장균군  $2.6 \pm 1.9 \text{cfu/cm}^2$ 으로 농가별 차이가 컸다. 계사에서 계란을 선란실로 이송해 주는 이송벨트의 오염도는 일반세균수  $4.1 \pm 1.4 \text{cfu/cm}^2$ , 대장균군  $2.3 \pm 1.7 \text{cfu/cm}^2$ 으로 높은 수준을 보였다. 계란을 선별·보관하는 창고 바닥은 일반세균수  $5.7 \pm 1.8 \text{cfu/cm}^2$ , 대장균군  $3.7 \pm 1.8 \text{cfu/cm}^2$ 이었으며, 계분에서 1건의 *S. enteritidis*가 검출되었다.

##### 3.1.2 계란의 미생물 오염도

시각적으로 이물오염이나 난각이 깨지지 않은 계란을 정상란으로 판정하여 난각과 내용물에 대하여 검사한 결과, 난각은 일반세균수  $3.3 \pm 1.6 \text{cfu/ml}$ , 대장균군  $0.8 \pm 1.2 \text{cfu/ml}$ 이었으며, 난내용물은 일반세균수  $1.0 \pm 1.1 \text{cfu/ml}$ , 대장균군  $0.2 \pm 0.4 \text{cfu/ml}$ 이었다(Table 2)

**Table 1.** Contamination of selected microorganisms from water, feed, manure and layer house environmental samples

Sampling point	Water source	Drinking water	Feed	Layer manure	Egg grader	Egg collecting belt	Egg room floor
Microorganism	N=16	N=32	N=32	N=32	N=32	N=20	N=32
Aerobic plate count (Log <sub>10</sub> Mean±SD)	1.4±0.9	2.7±1.7	5.1±1.2	8.7±1.2	4.5±2.0	4.1±1.4	5.7±1.8
Coliform group (Log <sub>10</sub> Mean±SD)	0.5±0.8	1.3±1.6	2.6±1.7	7.8±1.2	2.6±1.9	2.3±1.7	3.7±1.8
<i>Salmonella</i>	Negative	16	32	31	32	20	32
<i>spp.</i>	Positive	-	-	1*	-	-	-

\* *Salmonella* D serogroup(*S. enteritidis*)

계란의 외부에 분변, 난내용물, 혈액 등이 오염된 계란을 오염란으로 판정하였으며, 이들의 난각은 일반세균수  $4.8 \pm 2.0 \text{cfu/ml}$ , 대장균군  $2.6 \pm 1.9 \text{cfu/ml}$ 이었으며, 난내용물은 일반세균수  $1.9 \pm 1.1 \text{cfu/ml}$ , 대장균군  $0.3 \pm 0.7 \text{cfu/ml}$ 이었다. 오염란의 난각 오염도는 정상란에 비해 상당히 높았으나, 난내용물은 큰 차이를 보이지 않았

다. 계란의 난각이 깨져 함몰되거나 금이 간 계란을 파란으로 구분하여 검사한 결과 난각은 일반세균수  $4.4 \pm 1.7 \text{cfu/ml}$ , 대장균군  $2.0 \pm 1.7 \text{cfu/ml}$ 이었으며, 난내용물은 일반세균수  $3.2 \pm 2.4 \text{cfu/ml}$ , 대장균군  $1.2 \pm 1.6 \text{cfu/ml}$ 으로 조사되었다. 오염란의 난각에서는 1건의 *S. bardo*가 검출되었다.

**Table 2.** Contamination of selected microorganisms from normal, dirty and cracked eggs

Microorganism	Eggs	Normal egg		Dirty egg		Cracked egg	
		Shell (N=32)	Content (N=32)	Shell (N=34)	Content (N=34)	Shell (N=30)	Content (N=30)
Aerobic plate count (Log <sub>10</sub> Mean±SD)		3.3±1.6	1.0±1.1	4.8±2.0	1.9±1.1	4.4±1.7	3.2±2.4
Coliform group (Log <sub>10</sub> Mean±SD)		0.8±1.2	0.2±0.4	2.6±1.9	0.3±0.7	2.0±1.7	1.2±1.6
<i>Salmonella</i> <i>spp.</i>	Negative	32	32	33	34	30	30
	Positive	–	–	1*	–	–	–

\* *Salmonella* C<sub>2</sub> serogroup(*S. bardo*)

**Table 3.** General characteristics of the subject of investigation according to farm size

Items	Farm size *						Total	
	≤10,000		≤30,000		>30,000		N	%
	N	%	N	%	N	%		
Area								
Kyoungki	25	29.8	26	33.8	15	34.9	66	32.4
Choongchung	11	13.1	19	24.7	6	14.0	36	17.6
Kyongsang	29	34.5	17	22.1	12	27.9	58	28.4
Chunla	7	8.3	5	6.5	9	20.9	21	10.3
Kangwon	12	14.3	10	13.0	1	2.3	23	11.3
Total	84	100.0	77	100.0	43	100.0	204	100.0
Forms of management								
self	81	96.4	77	100.0	39	90.7	197	96.6
contract	3	3.6	—	—	4	9.3	7	3.4
Total	84	100.0	77	100.0	43	100.0	204	100.0
Management career								
< 5 years	12	14.3	16	20.8	5	11.6	33	16.2
≤ 10 years	20	23.8	28	36.4	16	37.2	64	31.4
≤ 20 years	33	39.3	18	23.4	12	27.9	63	30.9
> 20 years	19	22.6	15	19.5	10	23.3	44	21.6
Total	84	100.0	77	100.0	43	100.0	204	100.0

\* Number of layer

## 3.2 산란계 농장 설문조사

### 3.2.1 조사대상자의 일반적 특성

조사대상 204호 농가의 사육규모는 산란계 10,000수 이하 84호(41.2%)로 가장 많았고, 10,001 ~ 30,000수 사육농가가 77호(37.7%), 30,001수 이상 43호(21.1%)순이었다. 조사지역은 경기(인천 포함)가 66농가(32.4%), 경상(대구, 울산, 부산 포함) 58농가(28.4%), 충청(대전 포함) 36농가(17.6%), 강원 23농가(11.3%), 전라(광주 포함) 21농가(10.3%) 순이었다. 농장경영 방식은 자영 197호(96.6%), 위탁사육 7호(3.4%)로 자영이 대부분을 차지하였다. 농장 운영경력은 5~10년이 64농가(31.4%), 11~20년 63호(30.9%), 21년 이상 44호(21.6%), 5년 미만 33호(16.2%)순이었다(Table 3).

### 3.2.2 농장의 사양관리 및 계란의 집란·보관·판매 실태

산란계 농장의 계분 처리방법은 발효 및 비료화 28.6%, 건조장 28.1%, 자연건조 24.1%순으로 나타났으며, 영세농가(10,000수 이하 사육)에서는 자연건조 비율이 높았다( $p<0.0001$ ). 급수형태는 98.0%가 지하수로 42.0%는 수질검사를 실시하지 않았으며, 1일중 계란 집란 횟수는 1회 56.4%, 2~3회 39.2%, 4회 이상 4.4%이었다(Table 4).

계란의 보관장소로는 계사나 선별장소 28.4%, 일반창고 28.4%, 서늘하고 통풍이 되는 창고 37.7% 등 실온에서 보관하고 있었으며, 단지 5.4%만이 저란실에 보관하고 있었다. 저온 냉장보관은 하절기에 국한하여 일부 농가에서만 실시하고 있었다. 난좌는 농가의 50.0%가 재사용하고 있어 난좌에 의한 미생물 오염이 우려되었다.

난각의 수세는 난각 표면의 오염을 제거할 목적으로 실시하는데 본 조사에서는 9.0%가 실시하고 있었으나, 일부에서 하절기에는 계란의

품질 저하를 우려하여 난각 세척을 실시하지 않았다.

농가의 6.4%는 난각에 유통기한 등의 표기를 하고 있었다. 농가의 77.0%는 파란을 판매하고 있었으며, 파란 발생시 매일 판매하는 농가는 22.9%이었다.

계란의 판매처로는 유통상인이 77.7%로 가장 많았으며, 대형매장과 군납, 조합 등으로 직관이 22.3%를 차지하였다. 계란의 판매횟수는 주 1회 13.4%, 주 2회 44.1%이었으며, 계란 운반 차량은 화물차가 76.5%이었다(Table 5).

### 3.2.3 농장의 위생 및 질병관리 실태

농장에 외래 병원체 유입을 억제하기 위하여 실시하는 농장차량 및 외부인 출입통제, 농장입구 소독조 설치, 농장 출입차량 소독, 계사 출입시 작업복 및 장화소독 등의 실시 여부를 조사한 결과, 57.4~76.5%가 실시하지 않는 것으로 나타났으며, 특히 사육규모가 작은 농가일수록 위생관리가 부실한 것으로 조사되었다(Table 6).

계사의 청소 및 소독횟수는 주 1회 이상 정기적으로 실시하는 경우가 각각 56.4%, 55.3%이었으나, 부정기적으로 하거나 실시하지 않는 경우도 43.6~44.7%로 상당수 있었으며, 사육규모가 10,000수 이하의 농가에서 청소 및 소독횟수가 전체 평균 보다 낮았다. 또한 구충·구서횟수는 월 1회 이상 22.7%, 년 2회 26.1%이었으며, 부정기적인 실시 혹은 실시하지 않는 경우가 51.3%이었다. 농장에서 질병 전염원으로 가장 문제되는 죽은 닭(사계) 처리방법은 매몰 및 소각 35.1%, 쓰레기 처리 21.8%, 개사료 이용 43.1%로 조사되었으며, 사계 처리 간격은 매일 처리가 63.1%이었으나, 2~3일 27.1%, 5일 이상 또는 부정기적인 처리가 9.9%이었다. 농가의 95.0~95.6%는 병아리(중추) 구입시 예방접종 확인 및 사육시 예방접종 프로그램을 실시하는 것으로 나타났다.

**Table 4.** Attitude of egg gathering, cleaning, keeping and water supply according to farm size

Items	Farm size*						Total		$\chi^2$ $p$	Linear trend
	≤10,000		≤30,000		>30,000					
	N	%	N	%	N	%	N	%		
Manure removal										
natural drying	25	30.1	16	20.8	8	18.6	49	24.1	<0.0001	-
house	22	26.5	4	5.2	3	7.0	29	14.3		
drying room	19	22.9	22	28.6	16	37.2	57	28.1		
fermentation & manure	16	19.3	28	36.4	14	32.6	58	28.6		
merchandize	1	1.2	7	9.1	2	4.7	10	4.9		
Total	83	100.0	77	100.0	43	100.0	203	100.0		
Frequency of water test										
no	46	56.1	28	37.3	10	23.3	84	42.0	20.321	$p<0.0001$
once per 2 ~ 3 years	14	17.1	8	10.7	5	11.6	27	13.5	0.002	
once per year	16	19.5	26	34.7	20	46.5	62	31.0		
once per 6 months	6	7.3	13	17.3	8	18.6	27	13.5		
Total	82	100.0	75	100.0	43	100.0	200	100.0		
Water supply										
ground water	82	97.6	75	97.4	43	100.0	200	98.0	0.684 <sup>1)</sup>	-
waterworks	2	2.4	2	2.6	-	-	4	2.0		
Total	84	100.0	77	100.0	43	100.0	204	100.0		
Frequency of egg gathering										
once per day	48	57.1	39	50.6	28	65.1	115	56.4	0.261 <sup>1)</sup>	$p=0.788$
twice per day	23	27.4	23	29.9	11	25.6	57	27.9		
third per day	12	14.3	9	11.7	2	4.7	23	11.3		
over fourth per day	1	1.2	6	7.8	2	4.7	9	4.4		
Total	84	100.0	77	100.0	43	100.0	204	100.0		
Holding room of eggs										
poultry house	34	40.5	19	24.7	5	11.6	58	28.4	0.013 <sup>1)</sup>	-
storehouse	24	28.6	22	28.6	12	27.9	58	28.4		
storehouse(draft)	23	27.4	31	40.3	23	53.5	77	37.7		
cooling room	3	3.6	5	6.5	3	7.0	11	5.4		
Total	84	100.0	77	100.0	43	100.0	204	100.0		
Reuse of egg tray										
yes	52	61.9	33	42.9	17	39.5	102	50.0	8.217 0.016	-
no	32	38.1	44	57.1	26	60.5	102	50.0		
Total	84	100.0	77	100.0	43	100.0	204	100.0		
Washing eggs										
yes	-	-	6	7.9	3	7.3	9	4.5	<0.013 <sup>1)</sup>	-
no	81	96.4	68	89.5	34	82.9	183	91.0		
the others <sup>2)</sup>	3	3.6	2	2.6	4	9.8	9	4.5		
Total	84	100.0	76	100.0	41	100.0	201	100.0		
Eggshell labelling										
yes	1	1.2	5	6.5	7	16.3	13	6.4	0.005 <sup>1)</sup>	-
no	83	98.8	72	93.5	36	83.7	191	93.6		
Total	84	100.0	77	100.0	43	100.0	204	100.0		
Cracked eggs ;										
selling frequency										
once per week	20	27.8	9	17.3	5	15.2	34	21.7	0.053 <sup>1)</sup>	$p=0.096$
twice per week	17	23.6	18	34.6	6	18.2	41	26.1		
third to fourth per week	14	19.4	17	32.7	9	27.3	40	25.5		
daily	16	22.2	8	15.4	12	36.4	36	22.9		
irregular	5	6.9	-	-	1	3.0	6	3.8		
Total	72	100.0	52	100.0	33	100.0	157	100.0		
handling										
selling	72	85.7	52	67.5	33	76.7	157	77.0	0.032 <sup>1)</sup>	-
discard	9	10.7	23	29.9	8	18.6	40	19.6		
the others <sup>3)</sup>	3	3.6	2	2.6	2	4.7	7	3.4		
Total	84	100.0	77	100.0	43	100.0	204	100.0		

\* Number of layer, <sup>1)</sup> Fisher's exact test,

<sup>2)</sup> Washing eggs except in summer. <sup>3)</sup> Egg breaking, no reply, etc.

**Table 5.** Attitude of egg marketing according to farm size

Items	Farm size *						Total		$\chi^2$ $p$	Linear trend
	≤10,000		≤30,000		>30,000					
	N	%	N	%	N	%	N	%		
**Outlet of eggs										
merchant	89	84.8	76	78.4	34	63.0	199	77.7	-	-
grading & packaging center	-	-	3	3.1	4	7.4	7	2.7		
large store	11	10.5	15	15.5	8	14.8	34	13.3		
army & cooperative	5	4.8	3	3.1	8	14.8	16	6.3		
Total	105	100.0	97	100.0	54	100.0	256	100.0		
Frequency of eggs marketing										
once per week	14	16.7	8	10.7	5	11.6	27	13.4	35.030 <0.0001	$p<0.0001$
twice per week	45	53.6	31	41.3	13	30.2	89	44.1		
third to fourth per week	17	20.2	28	37.3	6	14.0	51	25.2		
daily	8	9.5	8	10.7	19	44.2	35	17.3		
Total	84	100.0	75	100.0	43	100.0	202	100.0		
Transportation vehicles										
refrigerated truck	1	1.2	5	6.5	2	4.7	8	3.9	0.012 <sup>1)</sup>	-
tower truck	11	13.1	14	18.2	15	34.9	40	19.6		
cargo truck	72	85.7	58	75.3	26	60.5	156	76.5		
Total	84	100.0	77	100.0	43	100.0	204	100.0		

\* Number of layer, \*\* Multiple response crosstabulation.

<sup>1)</sup> Fisher's exact test.

## IV. 고 찰

물은 가축의 생명을 유지하는데 있어 중요한 요소 중의 하나이다. 그러나 현재 농가는 축산분뇨와 산업폐수 등 환경오염이 심해짐에 따라 양질의 물을 공급받기가 점차 어려워지는 실정이다. 다행히 본 조사대상 농장의 수질은 경기지역 농가 음용수 조사 결과[16, 23]에 비해 양호하였으나, 주변시설의 신·개축 등 환경변화에 따라 항상 수질오염의 우려가 존재하고 있었다. 현재 국내에는 목장수의 수질기준이 없으나 환경오염의 영향으로 수질저하가 우려되므로 국내 실정에 적합한 목장수 수질기준 설정이 필요한 것으로 판단된다. 국내의 먹는 물 수질기준[27]과 외국의 권장기준[37, 40, 80]을 참고로 적절한 권장기준 설정부터 시작하는 것

이 타당할 것으로 사료된다.

이번 조사에서는 원수 및 급수기 물에서 많은 오염이 나타났는데, Rho 등[64]의 국내 양돈장 조사결과와 Tablante 등[74]의 결과와 일치하고 있다. 그러므로 각 농장에서는 정기적인 원수 및 급수기의 물 검사를 실시해야 하며, 이와 함께 급수탱크와 급수관에서 노후관 및 필터 교체, 염소소독, 분변 및 사체에 의한 지하수 오염방지, 지하수 폐관정 메움 등의 조치가 필요한 것으로 사료된다.

급수기 형태도 오염과 관련되는데 케이지에 부착된 홈통형은 물의 손실이 많고 청소하기 어려우며 오염원의 수평감염 위험성이 니플형이나 컵형 급수기에 비해 높다. 니플형 급수기는 수압이 높을 경우 물이 사료통에 떨어져 사료를 오염시키거나 썩게 할 수 있으며 겨울철에는 얼어서 작동되지 않는 문제점도 있다[15].

**Table 6.** Attitude of sanitary control according to farm size

Items	Farm size*						Total		$\chi^2$ $p$	Linear trend
	≤10,000		≤30,000		>30,000					
	N	%	N	%	N	%	N	%		
Visitors & vehicles allowed to enter farm										
yes	54	64.3	47	61.0	16	37.2	117	57.4	9.212	–
no	30	35.7	30	39.0	27	62.8	87	42.6		
Total	84	100.0	77	100.0	43	100.0	204	100.0	0.010	
Footbaths used										
yes	25	29.8	20	26.0	20	46.5	65	31.9	5.651	–
no	59	70.2	57	74.0	23	53.5	139	68.1		
Total	84	100.0	77	100.0	43	100.0	204	100.0	0.059	
Vehicles disinfected before entry										
yes	12	14.3	19	24.7	17	39.5	48	23.5	10.167	–
no	72	85.7	58	75.3	26	60.5	156	76.5		
Total	84	100.0	77	100.0	43	100.0	204	100.0	0.006	
Boots & clothes disinfected before entry										
yes	23	27.4	32	41.6	26	60.5	81	39.7	13.181	–
no	61	72.6	45	58.4	17	39.5	123	60.3		
Total	84	100.0	77	100.0	43	100.0	204	100.0	0.001	
Frequency of cleaning of poultry house										
over third per week	11	13.1	34	44.2	24	55.8	69	33.8	<0.0001 <sup>1)</sup>	$p<0.0001$
once to twice per week	18	21.4	21	27.3	7	16.3	46	22.6		
irregular	47	56.0	19	24.7	12	27.9	78	38.2		
no	8	9.5	3	3.9	–	–	11	5.4		
Total	84	100.0	77	100.0	43	100.0	204	100.0		
Frequency of disinfection of poultry house										
over third per week	5	6.0	12	15.6	10	23.3	27	13.2	23.605	$p<0.0001$
twice per week	8	9.5	18	23.4	7	16.3	33	16.1		
once per week	19	22.6	23	29.9	11	25.6	53	26.0		
irregular	48	57.1	23	29.9	15	34.9	86	42.2		
no	4	4.8	1	1.3	–	–	5	2.5	0.003	
Total	84	100.0	77	100.0	43	100.0	204	100.0		
Frequency of rodent & pest control										
over once per month	20	23.8	16	20.8	10	23.8	46	22.7	0.806 <sup>1)</sup>	$p=0.448$
twice per year	24	28.6	21	27.3	8	19.0	53	26.1		
irregular	38	45.2	39	50.6	22	52.4	99	48.8		
no	2	2.4	1	1.3	2	4.8	5	2.5		
Total	84	100.0	77	100.0	42	100.0	203	100.0		
Handling of dead chicken										
burying	10	12.0	16	20.8	6	14.3	32	15.8	0.007 <sup>1)</sup>	–
incineration	9	10.8	16	20.8	14	33.3	39	19.3		
refuse treatment	16	19.3	17	22.1	11	26.2	44	21.8		
use for dog feed	48	57.8	28	36.4	11	26.2	87	43.1		
Total	83	100.0	77	100.0	42	100.0	202	100.0		
Handling interval of dead chicken										
daily	53	63.1	47	61.0	28	66.7	128	63.1	0.029 <sup>1)</sup>	$p=0.186$
2 ~ 3 days	23	27.4	19	24.7	13	31.0	55	27.1		
over 5 days	3	3.6	11	14.3	1	2.4	15	7.4		
irregular	5	6.0	–	–	–	–	5	2.5		
Total	84	100.0	77	100.0	42	100.0	203	100.0		
Vaccination before chick purchase										
yes	83	98.8	71	92.2	41	95.3	195	95.6	0.097 <sup>1)</sup>	–
no	1	1.2	6	7.8	2	4.7	9	4.4		
Total	84	100.0	77	100.0	43	100.0	204	100.0		
Vaccine program										
yes	78	92.9	72	97.3	40	95.2	190	95.0	0.443 <sup>1)</sup>	–
no	6	7.1	2	2.7	2	4.8	10	5.0		
Total	84	100.0	74	100.0	42	100.0	200	100.0		

\* Number of layer, <sup>1)</sup> Fisher's exact test.



본 조사 결과 양계장에서 급여중인 사료에서는 살모넬라균이 검출되지 않았으나 일반세균 및 대장균군의 오염은 다른 연구자의 보고에 비하여 다소 높아, 급여중인 사료가 미생물 오염에 노출되고 있음을 확인할 수 있었다[1, 22]. 급여중인 사료의 오염은 쥐 또는 곤충에 의하여 사료탱크, 이송관, 호퍼 등 급이시설 오염이나 사료를 보관하는 장소 등에 주로 발생하며 이에 대한 예방이 무엇보다 필요한 것으로 정리되고 있다[30, 67]. 미국에서는 쥐와 곤충에 의한 사료 및 급수 오염 및 질병 전파 실태를 조사하였으며, 쥐에서 분리한 살모넬라균과 농장의 환경시료와 동일한 파지형을 확인하였다[61, 67]. 최근에는 사료에 대한 법령이 개정[9, 11]되어 사료의 안전성 확보에 관한 사항이 강화되었다. 즉, 유해물질 및 동물용 의약품의 범위 및 허용기준과 질병의 원인이 되는 병원체 오염(살모넬라 D 그룹)등에 대하여 규정하고 있다.

계란은 계사의 선란기, 집란벨트 등을 통하여 이송되므로 이 부분에서 오염이 전파되는 것으로 알려져 있다[55, 60]. 그러나 이에 대한 국내의 오염실태는 거의 조사되지 않은 상태인데, 본 조사 결과 선란기와 집란벨트의 일반세균과 대장균군의 오염수준은 일본의 경우와 유사한 결과를 보여 미생물 오염의 주요 위해요인으로 확인할 수 있었다[84, 86]. 그러나 살모넬라균은 차이를 보여 본 조사에서는 검출되지 않았다. 이러한 분리를 저하는 조사지역 및 시기, 품종, 사육환경, 계절 및 조사방법 등의 차이로 보여지며, 향후 검사시 고려할 사항으로 판단되었다[31]. 집란벨트의 청소 및 소독법으로는 집란벨트를 벗겨내고 쌓인 먼지나 계란 찌꺼기 등을 청소한 후 소독하거나 65℃ 이상의 탕조나 소독약 속에 담그는 방법이 제안되고 있다[84].

계분은 산란과정에서 난각을 오염시키므로 계분의 위생적 처리 역시 중요한 관리 사항이다[49, 61]. 본 조사에서 계분의 일반세균수와 대장균군은 각각  $8.7 \pm 1.2 \text{cfu/g}$  및  $7.8 \pm 1.2 \text{cfu/g}$ 로 변[18]의 연구와 일치하였다. 국내 가축 분변에

서의 살모넬라균 분리율은 한우에서 8.5%[2], 젖소에서 1.1%[25], 비육우와 젖소에서 1.2%[24], 비둘기에서 5.1%[17] 등이 보고되었는데, 본 조사에서는 1균주 만이 분리되었는데, 이는 검사시료가 적고, 수분이 많은 계분은 암모니아 발생이 많아 살모넬라균의 성장을 억제하거나[39], 장내용물은 각종 장내 세균총이 많이 있어 살모넬라균의 선택 증균이 어렵기 때문인 것으로 판단되었다.

계란 집란 횟수는 난각의 오염 및 파란율과 상관관계가 있어 집란 횟수는 최소 하루에 2회 이상을 권장되고 있으나[38], 본 연구에서는 단지 43.6%만이 2회 이상 집란 하는 것으로 조사되었다. 집란 횟수를 늘리면 오·파란율이 감소된다는 보고도 있다[73, 84]. 파란 발생은 물과 사료의 미네랄 부족, 계사설비, 질병발생, 생독백신 접종 등 여러 요인과도 관련되는 것으로 알려져 있다[32, 33, 38, 45, 46, 52, 65, 78, 82]. 본 조사에서 파란은 냉장 보관하여 매일 처리하여야 하나, 일일 처리 비율이 22.9%로 매우 낮아 미생물 오염의 우려가 높았다. 국내에서 오·파란의 주요 판매처로는 음식점과 영세 계란 가공업소로 집단 식중독 발생 등의 우려가 있으므로 파란 관리는 매우 중요한 위해요인으로 관리되어야 할 것이다.

난좌에는 종이 난좌와 플라스틱 난좌가 있는데 플라스틱 난좌에 비해 종이 난좌는 온·습도 조절과 완충작용 등이 있어 계란이 깨지는 것을 방지하며 난좌 재사용으로 인한 미생물 오염을 방지하기 위해 1회용 종이 난좌 사용이 권장되고 있다[8, 69]. 본 조사에서는 설문 농가의 50.0%가 난좌를 재 사용하는 것으로 나타나 1회용 난좌 사용이 더욱 권장되어야 할 것으로 판단되었다.

계란의 보관 온도와 저장 기간, 운반 차량의 온도는 계란의 품질에 밀접한 영향이 있다. 계란의 보관 장소로는 본 조사에서 단지 5.4%만이 저란실에 보관하고 있었으며 계란 운반 차량은 온도 관리가 되지 않는 화물차가 76.5%이었다. 그러나 미국에서는 농장내 저장 온도와

수송온도를 각각 15℃와 7℃이내를 권장하고 있다[38, 43, 73].

계란의 판매횟수는 주 1회 13.4%, 주 2회 44.1%이었으며, 계란의 판매처로는 유통상인이 77.7%로 가장 많았다. 일본에서는 GP 유통 비율이 80%를 차지하고 있으며, 최소 주 2회 이상 계란의 판매를 권장하고 있다[84].

본 조사에서는 계사의 청소 및 소독횟수는 주 1회 이상 정기적으로 실시하는 경우가 각각 56.4%, 55.3%이었으나, 계사의 청소와 소독 공정은 미국 등에서는 CCP로 중점 관리하는 공정으로 산란계 농장에서는 *S. enteritidis* 예방 등에서 무엇보다도 중요하다[39].

외래 병원체 유입을 억제하기 위하여 실시하는 차단 방역은 57.4~76.5%의 농장에서 제대로 실시하지 않고 있어 근본적인 방역조치가 매우 취약한 것으로 나타났다. 발판 소독조나 차량 소독조는 발이나 차바퀴가 충분히 잠길 수 있도록 설치되어야 하며 주 2~3회 소독약을 교환 하여야한다. 소독약을 주기적으로 교환하지 않을 경우 오히려 전염원이 될 가능성이 있기 때문이다[74, 77]. 죽은 닭은 소각, 매물, 랜더링, 혼합비료를 만들거나 쓰레기 처리장으로 보내는 등 적절하게 처리하여야 하나 43.1%의 농장에서는 개사료로 이용하거나 계사 주변에 방치하였다. 사계처리가 미흡한 농장의 약 75%에서는 전염성기관지염이 재발하는 것으로 알려져 있어[74], 폐사계의 안전하고 신속한 처리는 환경오염 및 질병전파의 예방을 위해서 매우 중요한 사항임을 확인할 수 있었다.

본 조사에서 병아리 구입시 예방접종 실시여부의 확인은 대체로 잘 지키고 있으나, 여전히 4.4%의 농장은 확인을 제대로 않고 있었다. 미국에서는 초생추 구입을 CCP로 관리하고 있으며, 닭 입주시 *S. enteritidis*의 정기검사와 부화장에 *S. enteritidis*가 없다는 증명서를 요구하고 있다. 따라서 산란계 농장에 병아리를

공급받는 경우 믿을 수 있는 종계장이나 부화장에서 분양 받도록 지속적으로 엄격한 관리가 이루어져야 하겠다[29, 39, 43, 83].

이상의 시험성과적과 관련 문헌을 이용하여 산란계 농장의 위해 요인별로 병아리(중추)구입, 원수와 급수기 오염, 사료오염, 계사의 청소 및 소독, 계란의 집란, 계란 선별(세척) 및 포장, 보관 및 출하 등으로 구분하여 양계장 위해 요인관리 총괄표를 작성하였다(Table 7).

## V. 결 론

산란계 농장에서의 위해요인을 분석하여 예방적 관리방안을 제시하고자 농장의 미생물 오염수준과 농장의 위생관리 실태를 분석 조사하였다. 위해관리 사항으로는 병아리 구입시 예방접종 여부 확인, 급수기 형태에 따른 위생관리 지침 마련, 목장수의 권장 수질기준 설정, 사료오염 예방을 위한 사료탱크, 이송관, 호퍼 등 급이시설과 사료 보관장소의 구충·구서 관리가 요구되었다. 폐사계의 안전하고 신속한 처리는 환경오염 및 질병전파의 예방을 위해서 매우 중요한 관리사항으로 알려져 있고, 선란기와 이송벨트는 계란오염 확산의 주요 원인이므로 수시로 벨트의 작동 상태를 관찰하여 계란 누출액이나 분변오염이 없도록 관리되어야 하겠다. 계란 집란 횟수 관리가 필요하며 오·파란을 분류하고 저온 보관하여 판매하여야 하며, 난좌에 의한 세균오염이 우려되므로 1회용 난좌 사용이 권장되고 있다. 이러한 지적사항들은 농장의 시설 및 기구는 물론 작업과정 등에 따라서 차이가 있지만, HACCP 개념의 융통성 있는 적용 혹은 선행요건프로그램의 적용만으로도 안전성 관리 효과는 매우 커질 것으로 기대된다.

Table 7. Control points of layer houses

Hazards	Control points	Preventative measures	Results	References
Purchasing of chick	•Vaccination •Assorting and flocking	•from <i>S. enteritidis</i> negative breeder flocks •from biosecurity companies	•Vaccination : 95.6% •Vaccine program : 95.0%	[39],[43],[54]
Contamination of •water •water systems	•Water sources •Water test	•Sanitize water •Maintain water systems properly •Close abandoned well •Prevent influx of contaminated water	•Aerobes : $\leq 10^{2-3}$ cfu/ml •Coliform : $\leq 10^{1-2}$ cfu/ml •No water test : 42.0% •Ground water : 98.0%	[15],[37], [40],[66], [74],[80]
Insects & Rodents	•Eradication of vermins	•Control of insects and rodents	•Contamination of feed – Aerobes : $\leq 10^{5-6}$ cfu/g – Coliform : $\leq 10^3$ cfu/g – Salmonella spp. : -/32	[44],[68],[77]
Feed	Drinker	•Putrid & wet feed •Daily check of drinkers	"	[15]
	Feed	•Salmonella free feed •Use of pellet, crumble, organic acid, polysaccharide, competitive exclusion etc.	"	[10],[50],[56], [58],[59],[60], [70],[71],[87]
Floor & wall	•Clean and disinfect	•Clean & disinfect	•Aerobes : $\leq 10^6$ cfu/cm <sup>2</sup> •Coliform : $\leq 10^4$ cfu/cm <sup>2</sup>	[39],[42], [57],[84]
People	•Visitors •Wear clean suits	•Establish biosecurity standards •Set up dress and disinfect room	•Visitors & vehicles not allowance : 42.6% •Footbaths used : 31.9% •Suits disinfected before entry : 39.7%	[14],[76], [77],[84]
Vehicles	•Parking outside •Disinfection of vehicles	•Restrict all vehicles entering and leaving farm •Vehicles – wash(clean & disinfect) – monitor disinfectant bath	• Vehicles disinfected before entry : 23.5%	[14],[77],[84]
Clean and disinfect poultry house	Dust	•Clean and disinfect •Diminish the dust amounts	•Frequency of cleaning & disinfecting(over once a week) : 55.3~56.4%	[14],[41],[81]
	Dead chicken	•Daily handling –burying, incineration, rendering, refuse treatment, etc •Hygienic disposal	•Use for dog feed : 43.1% •Handling interval(daily) : 63.1%	[74],[84]
Insects & rodents	•Inspection for rodents •Control of insects and rodents	•Control of vermins (exclusion of habitat and prevention of invasion)	•Rodent & pest control (over once a month: 22.7%	[39],[48], [57],[63]
Layer manure	•Clean and disinfect (over once a week)	•Hygienic handling of manure	•Layer manure Aerobes : $\leq 10^9$ cfu/g Coliform : $\leq 10^8$ cfu/g Salmonella spp. ( <i>S. enteritidis</i> ) : 1/32 •Manure removal Natural drying : 24.1% Drying room : 28.1% Fermentation : 28.6%	[49],[61],[84]

Table 7. Continued

Hazards		Control points	Preventative measures	Results	References
Egg gathering	Egg collecting belt	•Dirty, cracked and soft shelled egg •Check of collection belt	•Clean & disinfect of egg collecting belt •Frequent gathering (over twice a day)	•Aerobes : $\leq 10^{4-5}$ cfu/cm <sup>2</sup> •Coliform: $\leq 10^{2-3}$ cfu/cm <sup>2</sup>	[55],[60],[78],[79],[84]
	Staffs and equipments	•Use of disposable glove after washing •Disinfect egg gathering equipments	•Wash & disinfect	"	[76],[84]
Egg grading, cleaning and packing	Workroom	•Clean and disinfect at end-of job	•Clean & disinfect	•Aerobes : $\leq 10^6$ cfu/cm <sup>2</sup> •Coliform : $\leq 10^4$ cfu/cm <sup>2</sup>	[39],[84]
	Egg grader	•Clean and disinfect at end-of job	•Clean & disinfect	•Aerobes : $\leq 10^{4-5}$ cfu/cm <sup>2</sup> •Coliform: $\leq 10^{2-3}$ cfu/cm <sup>2</sup>	[55],[60],[84],[86]
	Washing water	•Concentration of Sodium hypochlorite	•Over 150ppm	•No wash eggs : 91.0%	[5],[38],[51],[56],[84],[86]
		•Regular exchange of washing water	•Every 2 hours		
		•Temperature of washing water (43 ~ 56℃)	•At least 10℃ and at most 28℃ higher than egg temperature		
	Egg tray	•Drying after washing immediately	•Grading and washing of abnormal egg	•Reuse of tray : 50.0%	[38]
		•Use of disposable tray	•Use of fiber flats or cases(egg tray)		
Holding and marketing	Holding room	•Temperature of holding room	•Monitor temperature and draft (cool temperature and avoid sunlight)	•Cooling room : 5.4%	[38],[51],[84]
	Egg marketing	•Separated holding & loading of eggs •First-in first-out	•Selling - over twice a week	•Frequency of egg marketing (over twice a week): 86.6%	[38],[73]
	Egg shell and content	•Cracked egg - refrigeration, daily marketing •Gathering over twice a day	•Daily check - management of gathering, poultry house, equipment •Frequent egg gathering	•Dirty egg(shell) Aerobes : $\leq 10^5$ cfu/ml Coliform : $\leq 10^3$ cfu/ml Salmonella spp. : 1/34	[32],[46],[51],[55],[65],[73],[75],[78],[79],[82],[84]
				•Cracked egg(content) Aerobes : $10^4$ cfu/ml Coliform : $\leq 10^2$ cfu/ml	
				•Selling of cracked eggs : 77.0% Selling frequency(daily): 22.9%	
	Temperature of vehicles	•Confirmed operating of refrigerator •Check temperature (below 15℃)	•Transport vehicle (clean, disinfect and temperature control)	•Frequency of gathering (over twice a day) : 43.6%	[43],[73]
				•Transportation vehicle (refrigerated truck) : 3.9%	

## 참 고 문 헌

1. 姜鎬祚, 姜正夫, 朴武鉉. 國內市販 飼料에 대한 衛生學의 研究 1報, 微生物學의 汚染實態와 大腸菌의 藥劑耐性. 한국수의공중보건학회지. 1982, 6, 85-93.
2. 강호조, 손원근. 한우 사육장내 *Salmonella* 속균의 존재 관련요인 분석. 한국수의공중보건학회지. 1999, 23, 121-126.
3. 국립보건원. 우리나라의 집단식중독 발생동향. 감염병발생정보. 1998, 9, 89-92.
4. 국립수의과학검역원. 국립수의과학검역원 고시 제2001-10호; 축산물의 표시기준 개정. 국립수의과학검역원, 안양 2001.
5. 국립수의과학검역원. 국립수의과학검역원 고시 제2002-3호; 축산물의 가공기준 및 성분규격. 국립수의과학검역원, 안양 2002.
6. 김영환. 무한경쟁시대 양계산업의 활로모색 (위생계란 생산을 위한 HACCP 적용). 2001 한국가금학회 춘계산학협동 심포지움 Proceedings. 2001b, 63-93.
7. 김용상. 국내 도축장에서 HACCP 제도의 효율적 적용방안에 관한 연구. 서울대학교박사학위논문. 2001.
8. 김정주, 문상호, 안상돈. 양계(성공적인 경영기법). 농민신문사. 서울. 1999.
9. 농림부. 사료검사요령. 농림부고시 제2002-10호. 농림부, 과천 2002.
10. 농림부. 사료공정서. 농림부고시 제2002-6호. 농림부, 과천 2002.
11. 농림부. 사료관리법. 농림부, 과천 2001.
12. 농림부. 축산물 가공처리법 중 개정법률안. 농림부, 과천 2001.
13. 농림부. 우수농산물관리제도(GAP) 해설집. 농림부, 과천 2003.
14. 농림수산부. 종계장 위생관리요령. 농림수산부 고시 제1994-12호. 농림수산부, 과천 1994.
15. 농촌진흥청. 양계(닭의 관리 기구). pp. 113-126, 농촌진흥청, 수원 1990.
16. 문진산, 주이석, 임숙경, 장금찬, 김종염, 표수일, 사혁, 김태훈, 박용호. 안전하고 위생적인 우유생산을 위한 HACCP 시스템 적용에 관한 연구Ⅱ. 목장용수의 위생화학적 조사. 한국수의공중보건학회지. 1999, 23, 165-170.
17. 朴魯燦, 崔源弼, 李熙碩. 비둘기와 水生鳥類에서 分離한 *Salmonella*屬菌의 血清型 및 生物型. 대한수의학회지. 1990, 30, 193-201.
18. 변재원. 가축의 장내세균총 검색 및 생균제용 균주개발에 관한 연구. 충북대학교 석사학위논문. 1996.
19. 식품의약품안전청. 식중독 발생현황 통계. 식품의약품안전청, 서울 2000.
20. 식품의약품안전청. 식중독 예방대책. 식품의약품안전청, 서울 2001.
21. 식품의약품안전청. 식품의약품안전청고시 제2002-22호; 식품의 기준 및 규격 중 개정. 식품의약품안전청, 서울 2002.
22. 우용구, 이희수, 이영주, 강민수, 김봉환, 김재학. 우리나라의 가금과 환경에서 분리한 *Salmonella* species의 특성. 대한수의학회지. 2000, 40, 505-514.
23. 은길수, 오명호, 김홍집, 천광석, 정운익. 경기도내 농장수에 대한 세균학적 및 이화학적 조사. 한국수의공중보건학회지. 1993, 17, 381-387.
24. 鄭錫贊, 崔源弼. 牛 由來의 *Salmonella*屬菌에 대하여. 대한수의학회지. 1986, 26, 79-85.
25. 崔源弼, 李熙碩, 呂相建, 李憲俊, 蔡太喆. 牛, 豚에서 分離한 *Salmonella* 由來 R plasmid의 遺傳學的 및 分子生物學的 性狀에 관한 研究 : I. 乳牛에서 *Salmonella* 屬菌의 分布狀況 및 藥劑耐性. 대한수의학회지. 1988, 28, 331-337.
26. 축산물등급판정소. 축산물등급판정소 공고 제2001-1호; 계란 등급판정 기준 및 방법. 축산물등급판정소, 군포 2001.
27. 환경부. 먹는물 수질기준 및 검사등에 관한 규칙 중 개정령. 환경부, 과천 2002.

28. **Agresti, A.** Categorical data analysis. Wiley, New York, 1990.
29. **Arts, H. and Meyerhof, R.** *Salmonella* control in hatcheries. World Poult. 2000, **16**, 45-47.
30. **Aziz, T.** Principles of rodent control in poultry houses. World Poult. 2000, **16**, 39-40.
31. **Bailey, J. S., Stern, N. J., Cox, N. A. and Line, J. W.** Detecting *salmonella* and *campylobacter*. Broiler Industry/December. 1994, 24-32.
32. **Balnave, D., Yoselewitz, I. and Dixon, R.** Increased incidence of egg shell defects from minerals in drinking water. pp. 29-36, The University of Sydney, Sydney, 1988.
33. **Bruerton, K.** Using mineral proteinates to improve shell quality. Asian Poult. Magazine-September/October. 2000, 44-48.
34. **CDC.** Outbreaks of *Salmonella* serotype *enteritidis* infection associated with consumption of raw shell eggs-United States, 1994-1995. MMWR Morb. Mortal. Wkly. Rep. 1996, **30**, 737-742.
35. **CDC.** Outbreaks of *Salmonella* serotype *enteritidis* infection associated with eating raw or undercooked shell eggs-United States, 1996-1998. MMWR Morb. Mortal. Wkly. Rep. 2000, **4**, 73-79.
36. **Cochran, W.** Sampling techniques. 3rd ed. Wiley, New York, 1991.
37. **Counotte, G.** Understanding the quality of drinking water. World Poult. 2000, **16**, 34-40.
38. **Coutts, J. A. and Wilson, G. C.** Egg quality handbook. Queensland Department of Primary Industries, 1990, 28-29.
39. **Davison, S. A., Dunn, P. A., Henzler, D. J., Knabel, S. J., Patterson, P. H. and Schwartz, J. H.** Preharvest HACCP in the Table Egg Industry. State University, Pennsylvania, 1997.
40. **Donald, J.** Water requirements for broiler production. Poult. Digest. 2000, **59**, 12-18.
41. **Engelbrecht, H. and Berendt, H.** The eggs of *Enterobius vermicularis* in room dust. I. Methods. Angew. Parasitol. 1991, **32**, 15-19.
42. **FDA-USDA.** On-farm and packer/processor programs to reduce the risk of SE in eggs. The egg safety national standards group, FDA-USDA, Washington D.C. 2000.
43. **FDA-USDA.** Current thinking papers on national standards for egg safety. FDA-USDA, Washington D.C. 2000.
44. **Garaleviciene, D., Pettersson, H., Augonyte, G., Elwinger, K. and Lindberg, J. E.** Effects of mould and toxin contaminated barley on laying hens performance and health. Arch. Tierernahr. 2001, **55**, 25-42.
45. **Gomez-Basauri, J.** Neglected minerals improve eggshell quality. World Poult. 1998, **14**, 16-17.
46. **Harms, R. H.** Factors affecting egg shell quality. Proceedings 1987 Georgia nutrition conference for the feed industry, 1987, 77-87.
47. **Henson, S.** Estimating the incidence of food-borne *Salmonella* and the effectiveness of alternative control measures using the Delphi method. Int. J. Food Microbiol. 1997, **15**, 195-204.
48. **Henzler, D. J. and Opitz, H. M.** The role of mice in the epizootiology of *Salmonella enteritidis* infection on chicken layer farms. Avian Dis. 1992, **36**, 625-631.
49. **Henzler, D. J., Kradel, D. C. and Sischo, W. M.** Management and environmental risk factors for *Salmonella enteritidis* contamination of eggs. Am. J. Vet. Res. 1998, **59**, 824-829.

50. **Hinton, M.** Organic acids for control of *Salmonella*. World Poult. 1996, **12**, 33-35.
51. **Hunton, P.** Key factors in controlling *Salmonella enteritidis* and other microbial contaminants in eggs. World Poult. 1997, **13**, 36-37.
52. **Hunton, P.** Inventor Arch McKinlay cares for egg quality. World Poult. 1999, **15**, 46-48.
53. **International hatchery practice.** Effective management of biosecurity. Int. Hatch. Pract. 1999, **14**, 22-23.
54. **Johnson, T. M.** Foodborne pathogen concerns from a production point of view. Poult. Digest. 2000, **59**, 12-18.
55. **Jones, F. T., Rives, D. V. and Carey, J. B.** *Salmonella* contamination in commercial eggs and an egg production facility. Poult. Sci. 1995, **74**, 753-757.
56. **Knape, K. D., Carey, J. B. and Ricke, S. C.** Response of foodborne *Salmonella* spp. marker strains inoculated on egg shell surfaces to disinfectants in a commercial egg washer. J. Environ. Sci. Health B. 2001, **36**, 219-227.
57. **Matsumoto, A., Miyama, M. and Murakami, S.** Comparison of *Salmonella* isolation rates in different types of egg-layer hen houses in Chiba, Japan. Avian Dis. 2001, **45**, 195-200.
58. **Mcleroy, S. G. and Thompson, J.** The relationship between feed and salmonella contamination. World Poult. Special '99, 1999, 17-19.
59. **Mulder, R. W. A. W.** Probiotics and competitive exclusion microflora against *Salmonella*. World Poult. 1996, **12**, 30-32.
60. **Murase, T., Senjyu, K., Maeda, T., Tanaka, M., Sakae, H., Matsumoto, Y., Kaneda, Y., Ito, T. and Otsuki, K.** Monitoring of chicken houses and an attached egg-processing facility in a laying farm for salmonella contamination between 1994 and 1998. J. Food Prot. 2001, **64**, 1912-1916.
61. **Mutalib, A., McDonough, P., Shin, S., Patten, V. and Lein, D.** *Salmonella enteritidis* in commercial layer farms in New York state; environmental survey results and significance of available monitoring tests. J. Vet. Diagn. Invest. 1992, **4**, 416-418.
62. **Nielsen, B., Baggesen, D. L., Lind, P., Feld, N. and Wingstrand, A.** Serological surveillance of *Salmonella* infections in swine herds by use of an indirect LPS ELISA. Proceedings of the 14th IPVS Congress. 1996, 169.
63. **Putz, B.** Flies on the poultry farm. International poultry production. 2000, **8**, 11-15.
64. **Rho, M. J., Chung, M. S., Lee, J. H. and Park, J.** Monitoring of microbial hazards at farms, slaughterhouses and processing lines of swine in Korea. J. Food Prot. 2001, **64**, 1388-1391.
65. **Richards, G.** Designer diets and management for optimum egg shell quality. World Poult. 1998, **14**, 45-46.
66. **Salmonella Enteritidis Risk Assessment Team.** *Salmonella enteritidis* Risk Assessment : Shell Eggs and Egg Products. The Food Safety and Inspection Service, Final Report, 1998.
67. **Salah, H. M. and Esmail.** Rodents and poultry. World Poult. 1998, **14**, 64-65.
68. **Sasipreeyajan, J., Jerngklinchan, J., Koowatananukul, C. and Saitanu, K.** Prevalence of salmonellae in broiler, layer and breeder flocks in Thailand. Trop. Animal Health Prod. 1996, **28**, 174-180.
69. **Seydim, A. C. and Dawson, P. L.** Pac-

- kaging effects on shell egg breakage rates during simulated transportation. Poult. Sci. 1999, **78**, 148-151.
70. **Shirota, K., Katoh, H., Murase, T., Ito, T. and Otsuki, K.** *Salmonella* contamination in commercial layer feed in Japan. J. Vet. Med. Sci. 2000, **62**, 789-791.
71. **Shirota, K., Katoh, H., Murase, T., Ito, T. and Otsuki, K.** Monitoring of layer feed and eggs for *Salmonella* in eastern Japan between 1993 and 1998. J. Food Prot. 2001, **64**, 734-737.
72. **SPSS Inc.** SPSS for Windows, User's Guide, SPSS Inc. Chicago, 1997.
73. **Stadelman, W. J. and Cotterill, O. J.** Egg Science and Technology. 4th ed. The Haworth Press, 1995.
74. **Tablante, N. L., Myint, M. S., Johnson, Y. J., Rhodes, K., Colby, M. and Hohenhaus, G.** A survey of biosecurity practices as risk factors affecting broiler performance on the Delmarva Peninsula. Avian Dis. 2002, **46**, 730-734.
75. **Todd, E. C.** Risk assessment of use of cracked eggs in Canada. Int. J. Food. Microbiol. 1996, **30**, 125-143.
76. **Troller, J. A.** Sanitation in food processing. 2nd ed. Academic Press, New York, 1993.
77. **USDA.** Table-egg layer management survey. 2000.
78. **Van Niekerk, Th. G. C. M. and Reuvekamp, B. F. J.** Egg-saver and frequent running of egg belt supports egg quality. World Poul. 2000, **16**, 32-33.
79. **Wall, H. and Tauson, R.** Egg quality in furnished cages for laying hens-effects of crack reduction measures and hybrid. Poult. Sci. 2002, **81**, 340-348.
80. **Wallner-Pendleton, E. and Scheideler, S. E.** Water quality basics for the poultry producer. Poult. Digest. 1995, **54**, 10-14.
81. **Wray, C. and Davies, R. H.** Environmental challenges: contamination by dust, insects and pests. World Poul. Special '99, 1999, 13-15.
82. **Yoselewitz, I. and Balnave, D.** Egg shell quality responses of pullets given saline drinking water at different ages. Br. Poult. Sci. 1989, **30**, 715-718.
83. **Zhang-Barber, L., Turner, A. K. and Barrow, P. A.** Vaccination for control of *Salmonella* in poultry. Vaccine. 1999, **17**, 2538-2545.
84. **鶏病研究會.** 鶏卵・鶏肉のサルモネラ全書-安全な鶏卵・鶏肉の生産・流通 のためのサルモネラ対策. (株)日本畜産振興會. 1999.
85. **鶏の研究 編集部.** 鶏卵賞味期限表示の現況と問題点 : 日付表示マニュアル案を作成. 鶏の研究, 1998, **73**, 37-41.
86. **今西隆和, 甲斐久敏, 河野富男, 植原一嘉, 山中 平, 杉浦嘉宏, 北瀬照代, 長谷 篤, 中村寛海, 春木孝祐.** 鶏卵取扱い施設(GPセンサー等) の 細菌汚染実態調査について. 食品衛生研究. 1999, **49**, 97-103.
87. **岩城 寛.** 採卵農場における鶏卵の安全性対策 : 現場での実践例からみるHACCP対応. 鶏の研究, 1998, **73**, 44-47.



## 액체크로마토그래피를 이용한 벌꿀 등 테트라사이클린계 항생물질의 정량분석 및 잔류조사

이성모, 박은정, 홍지영, 김정임, 이정구  
가축위생시험소 시험검사실

## Determination and survey of tetracyclines residue in honey by high performance liquid chromatography

Sung-Mo Lee, Eun-Jeong Park, Jee-Young Hong, Jung-Im Kim, Jung-Goo Lee  
Veterinary faculty of Incheon Metropolitan Public Health & Environmental Research Institute

### Abstract

Oxytetracycline, tetracycline, chlortetracycline and doxycycline in honey were separated by solid phase extraction (SPE) and determined with high performance liquid chromatography (HPLC) with UV/Visible detector. Analysis was carried out using following conditions; XTerra C<sub>8</sub> column (3.9 × 150 mm i.d. 5 μm), mobile phase composed of 0.01 M oxalic acid : methanol : acetonitrile (820 : 80 : 100, v/v/v), isocratic pump at a flow rate of 0.9 ml/min. and 50 μl of injection volume, UV/Visible detector with wavelength of 360 nm. The calibration curves of four tetracyclines showed linearity ( $r^2 > 0.999$ ) at concentration range of 100 ~ 1,000 ng/ml. The recoveries in fortified honey represented more than 70 % with low coefficient of variation (< 10 %) for concentration range of four tetracyclines. The detection limits for oxytetracycline, tetracycline, chlortetracycline and doxycycline were 13.8, 14.6, 26.2 and 24.9 ng/g in acacia honey, respectively. We also monitored tetracyclines residue in domestic honey [n = 38, acacia (20), wild flower (18)] and foreign honey [n = 22, legally distributed (13), illegally distributed (9)] using modified Charm II screening and HPLC confirmation methods. Seven of the 60 samples (11.7%) were suspect positive using modified Charm II screening test. Chlortetracycline residue was found in one foreign honey (illegally distributed) tested at concentrations of 0.22 ppm.

Conclusively, for more effective control of tetracyclines used in beekeeping should be further survey for residues in honey and also national guidelines (maximum residue limit : MRL) and methods should be obligatory.

**Key words** : Tetracyclines, HPLC, Honey

## I. 서론

꿀벌은 각종 식물과 농작물에 화분을 매개하여 품질과 수확량을 향상시키고 자연 생태계를 보호하는 역할을 한다. 또한 양봉은 다른 분야에 비해 경영비가 적게 들고 봉군관리에 노력이 적게 들어 농가의 부업 또는 전업으로 경영이 가능하고 고소득을 얻을 수 있어 예로부터 많은 사람들이 꿀벌을 사육해 왔다. 양봉 생산물인 벌꿀과 로얄제리, 화분 등은 최고의 영양 식품이며 봉침액이나 프로폴리스는 의약품으로 활용되고 있다<sup>1)</sup>. 그러나 꿀벌은 군집생활을 하기 때문에 각종 질병으로 인한 피해가 발생하여 이의 예방 및 치료를 위해 항생제를 사용하고 있으며 과다하게 사용할 경우 최종 산물인 벌꿀에 약제가 잔류되어 인체에 위해를 초래할 우려가 있다.

국내외에서 발생하는 꿀벌의 주요 질병으로는 부저병, 노제마병, 백목병 등으로 테트라사이클린계 약제는 양봉에 있어 세균성 질병인 부저병 치료 목적으로 사용되고 있으며 호주, 캐나다 등의 국가에서는 옥시테트라사이클린에 대한 잔류허용기준 (maximum residue limit : MRL)을 설정하여 관리하고 있다<sup>2,3)</sup>. 그러나 EU에서는 사용을 금지하고 있으며 벌꿀에 대한 MRL이 설정되어 있지 않으나 벨지움 등 일부 국가에서 자체 실행 한계 (action limits)를 설정 운영하고 있다<sup>4-6)</sup>. 국내에서는 꿀벌의 부저병 치료를 위해 테트라사이클린계 항생물질을 허용하고 있으나 벌꿀 중 테트라사이클린계 항생물질의 잔류허용기준 및 공인된 잔류분석법이 없는 실정이다<sup>7,8)</sup>.

국내 꿀 생산량은 2000년 41,000호 16,509톤으로 세계 생산량의 1.3%로 20위를 기록하고 있으며 수입량은 2000년 296,342kg, 2003년 중국, 미국 등 16개국에서 671,237 kg으로 점차 증가하고 있으며 외국 여행중 동남아 등지(태국, 중국 등)에서 구입하여 휴대하고 국내 반입된 꿀도 상당량에 이르고 있는 것으로 추정된

다. 이와 같이 국제간 교역과 외국여행의 증가로 벌꿀의 항생물질 오염 등의 안전성 문제가 우려되고 있다<sup>1,9)</sup>.

국내외에서 벌꿀의 잔류시험법으로는 스크리닝법으로 microbiological assay<sup>10)</sup>, immunoassay<sup>11-15)</sup>, thin layer chromatography (TLC)<sup>16)</sup> 등이 있으며, 정량법으로는 high performance liquid chromatography (HPLC)<sup>16-23)</sup>, capillary high performance liquid chromatography<sup>24)</sup>, high performance liquid chromatography - mass spectrometry (HPLC-MS)<sup>25-27)</sup> 등의 다양한 방법이 보고되고 있다. 또한 시료 전처리법으로는 고체상추출법 (solid phase extraction : SPE), 액상추출법 (liquid-liquid extraction), 시료고체상 분산처리법 (matrix solid phase dispersion : MSPD) 등이 있는데, 이중 SPE 법은 카티리지를 이용, 시료의 정제 및 세척과정을 거쳐 적합한 용출용매로 원하는 물질을 추출하는 방법으로 간편하고 효율이 좋아 널리 사용된다<sup>17,18,20,22,23,28)</sup>.

본 연구는 벌꿀에 대한 테트라사이클린계 약제의 잔류분석법을 조사하고 인천지역에 유통되는 벌꿀을 대상으로 항생물질 잔류실태를 확인하였다.

## II. 재료 및 방법

### 2.1 시험 재료

2004년 2~5월까지 인천 관내 백화점, 할인매장에서 구입한 국내산 벌꿀 38건 (아카시아 꿀 20, 잡화 꿀 18)과 인천지역 백화점과 인터넷 쇼핑몰에서 구입한 외국산 꿀 13건, 국외 여행자에 의해 불법 유통되는 외국산 꿀 9건 등 총 60건 (Table 1)을 변형된 Charm II 법<sup>13)</sup>으로 count per minute (CPM)값을 측정하여 양성 반응을 보인 벌꿀을 HPLC로 시험하였다.

Table 1. Sample size of the experiment

Item	Domestic honey (n = 38)		Foreign honey (n = 22)		Total
	Acacia	Wild flower	Legally distributed	Illegally distributed	
No. of tested	20	18	13	9	60
%	33.3	30.0	21.7	15.0	100.0

## 2.2 변형된 Charm II 법을 이용한 간이정성 검사

### 2.2.1 기기

미생물 수용체를 이용한 Charm II #7600 system (Charm Science Co., USA)을 사용하였다.

### 2.2.2 시약

Charm Science Co. (USA)의 MSU multi-antimicrobial concentrate standard, Tissue performance negative concentrate, MSU extraction buffer, M<sub>2</sub> buffer, Optifluor 및 tetracycline계 kit를 사용하였다.

### 2.2.3 시료의 전처리

Charm Sciences Inc.에서 제공한 시험법에 따라 아래와 같이 시험하였다. 요약하면, 벌꿀 1 ml와 MSU extraction buffer 9 ml를 50 ml 원심튜브에 취하여 혼합하고 M<sub>2</sub> buffer 이용하여 pH가 7.5가 되도록 조정하였다. 이어서 흰색 정제시약을 빈 시험관에 넣고 증류수 300 µl를 가하여 약 10초 동안 교반한 후 시료추출액 5 ml를 가하고, orange tablet을 넣은 후 약 15초간 교반하였고, 35℃ 5분간 정치하였다. 그 후 3,300 rpm에서 5분간 원심분리하고 상층액을 제거하고 증류수 300 µl를 넣어 10초간 교반하였다. 측정액 3 ml를 첨가한 후 시험관의 뚜껑을 덮고 혼합한 다음, 1분간 측정하여 CPM (count per minute) 수치를 기록하였다.

Positive값 설정은 Charm Sciences Inc.에서 제공한 시험법 중 양성대조시료를 아래와 같이 변형하여 시험하였다.

① 음성표준물질 (negative control) : MSU extraction buffer로 Tissue performance negative concentrate를 희석시킨 후 잘 섞었다.

② 양성표준물질 (positive control) : MSU extraction buffer로 MSU multi-antimicrobial concentrate standard를 희석시킨 후 잘 섞었다.

③ 완충액 (buffers) : MSU extraction buffer 및 M<sub>2</sub> buffer는 각 부착된 라벨지시에 따라 희석하여 완충액을 조제하였다.

④ 음성대조시료의 준비 (negative control for performance monitoring) : ①에서 조제한 negative control 2 ml에 MSU extraction buffer 6 ml를 넣어 균일하게 혼합한 후 사용하였다.

⑤ 양성대조시료의 준비 (positive control for performance monitoring) : ②에서 조제한 positive control 0.3 ml에 negative control 6 ml를 혼합하여 희석하였다. 희석액 2 ml와 MSU extraction buffer 15 ml를 넣어 혼합한 다음, 사용 할 때에는 실온에 도달되도록 하였다.

⑥ Charm II #7600 system으로 positive control-tetracyclines 값을 측정하여 양성 값에 20%를 더한 값을 control point (CP)값으로 하였고, 이때 CP값보다 낮으면 양성, CP값보다 높으면 음성으로 하였다.

## 2.3 시험조작 및 판정

## 2.4 HPLC를 이용한 정밀정량검사

### 2.4.1 기기

전처리에 이용된 기기로는 Vacuum manifold (Supelco), Vacuum pump (Savante)를 사용하고 자외선검출기가 장착된 액체크로마토그래피 (Spectra system UV4000, TSP, USA)를 이용하였다.

### 2.4.2 표준품 및 시약

테트라사이클린계 표준품 oxytetracycline (OTC), tetracycline (TC), chlortetracycline (CTC) 및 doxycycline (DC)은 Sigma사(USA) 제품을 사용하였고, 분석에 사용된 methanol, acetonitrile 및 증류수는 HPLC급을, Na<sub>2</sub>EDTA, anhydrous sodium phosphate dibasic, citric acid monohydrate, oxalic acid 등 시험에 사용된 모든 시약은 특급 이상의 수준을 사용하였다.

### 2.4.3 Solid phase extraction (SPE) cartridge

Sep-Pak tC<sub>18</sub> (500 mg, Waters Co.)과 Baker-bond SPE (COOH) (500 mg, J.T. Baker Co.)를 사용하였다.

### 2.4.4 0.1M Na<sub>2</sub>EDTA-McIlvaine buffer

Sodium phosphate, dibasic 28.4 g을 증류수에 녹여 1 l로 하고, citric acid 21.0 g을 증류수에 녹여 1 l로 하였다. Anhydrous sodium phosphate, dibasic 용액 625 ml와 citric acid 용액 1 l를 혼합한 후 0.1N NaOH 또는 0.1N HCl를 가하여 pH 4.0 ± 0.05로 조정하고 이 용액 1.625 l에 Na<sub>2</sub>EDTA 60.5 g을 가하여 녹였으며, 용액은 매주 만들어 사용하였다.

### 2.4.5 표준용액 조제

테트라사이클린계 표준품 10 mg을 각각 취하여 100 ml 갈색 용량 플라스크에 넣고 methanol에 완전히 녹인 다음 100 µg/ml 농도로 만들어 표준원액 (stock solution)으로 하였다. 또 표준원

액을 이동상 용매로 희석하여 10 µg/ml 농도로 만들어 표준용액으로 하였으며, 이들 표준용액은 냉장보관하면서 14일간 사용하였다.

### 2.4.6 표준곡선 작성

테트라사이클린계 표준용액 (10 µg/ml)을 100 ml 갈색 용량 플라스크에 10, 5, 3, 2, 1 ml씩 취하고 이동상으로 표시선까지 채워 1.0, 0.5, 0.3, 0.2, 0.1 µg/ml로 희석하였다. 6개 농도의 희석된 표준용액을 50 µl씩 주입하여 얻은 크로마토그램에서 각각의 테트라사이클린계 항생물질에 대한 농도별 평균면적을 구하여 X축을 농도, Y축을 면적으로 하여 표준곡선을 작성하였다.

### 2.4.7 시료의 전처리

벌꿀 5.0 g을 칭량하여 50 ml 원심튜브에 넣고 0.1 M Na<sub>2</sub>EDTA - McIlvaine buffer 20 ml에 녹여서 균질화한 후 methanol, 증류수, 포화 Na<sub>2</sub>EDTA 용액 10 ml씩으로 미리 활성화 시킨 Sep-Pak tC<sub>18</sub>에 통과시키고, Sep-Pak tC<sub>18</sub>을 증류수로 세정한 후 진공상태에서 5분간 건조하고 methanol 10 ml로 용출하였다. 이 용출액을 Bakerbond SPE (COOH)를 통과시킨 후 methanol 10 ml로 세정하고 0.01M oxalic acid와 acetonitrile 혼합용액 (4:1) 5 ml로 용출하고 0.45 µm acrodisc로 여과하여 HPLC용 시험용액으로 사용하였다 (Fig 1).

### 2.4.8 분석조건

XTerra C<sub>8</sub> (Waters, 3.9 × 150 mm id, 5 µm) 컬럼을 사용하였고 이동상 용매는 0.01M oxalic acid, methanol, acetonitrile의 혼합용액 (820:80:100, v/v/v)을 Whatman 0.45 µm 필터로 여과하여 사용하였으며, 검출파장은 자외부 360 nm, 유속은 0.9 ml/min.으로 측정하였다.

이동상은 oxalic acid 1.26 g을 증류수 1 l에 녹인 후 이 용액 820 ml와 methanol 80 ml, acetonitrile 100 ml를 잘 혼합한 다음 용매 여

과 장치 (Millipore, 0.45  $\mu$ m membrane filter)로 여과하여 이동상으로 사용하였다.

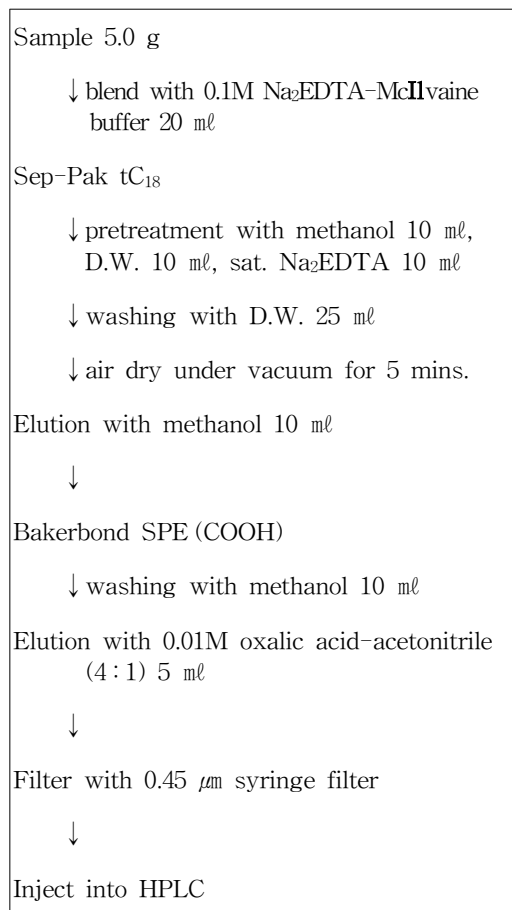


Fig 1. Flow chart of sample preparation of tetracyclines in honey

### Ⅲ. 결과 및 고찰

#### 3.1 HPLC의 표준곡선

표준용액을 각각 100~1,000 ng/ml의 농도범위에서 HPLC에 주입하여 자외선검출기로 측정하였을 때 OTC, TC, CTC, DC 4종 모두에서 상관계수 0.999 이상의 양호한 직선성을 나타내었다 (Fig 2).

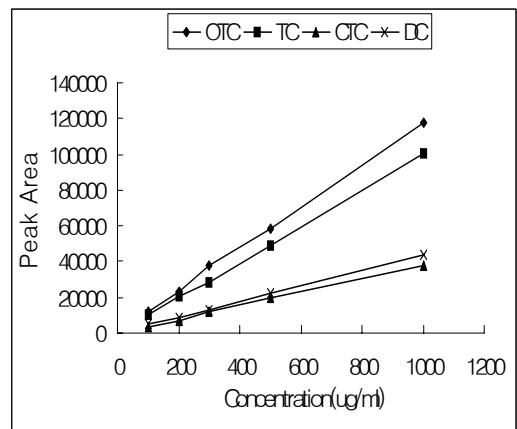


Fig 2. Standard calibration curves of four tetracyclines ( $\gamma^2 > 0.999$ )

OTC : oxytetracycline  
TC : tetracycline  
CTC : chlortetracycline  
DC : doxycycline

#### 3.2 HPLC 크로마토그램과 벌꿀의 회수율

테트라사이클린계 항생물질 4종에 대한 HPLC 크로마토그램은 Fig 3에서 보는 바와 같았다. 4종 혼합표준용액을 500 ng/g의 농도로 아카시아꿀 및 잡화꿀에 첨가하여 추출, 정제하여 HPLC로 분석하였을 때 음성시료와 첨가시료 사이에 표준용액과 동일한 분리도를 나타냄을 확인할 수 있었다 (Fig 3 및 4).

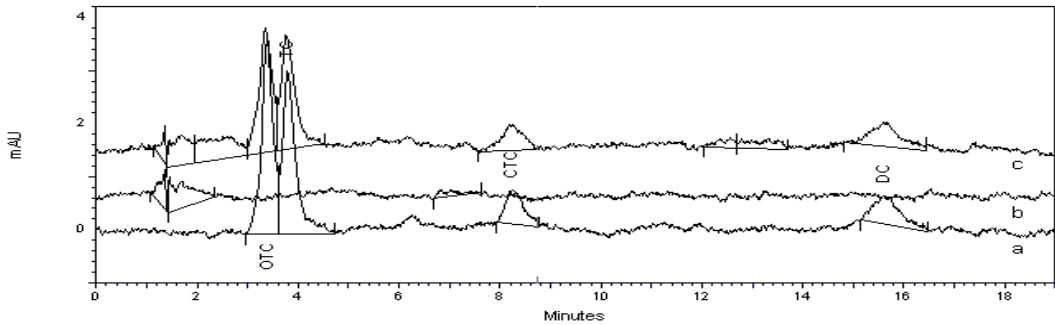


Fig 3. Chromatograms of four tetracyclines.

a: 500 ng/g of four tetracyclines standard, b: blank acacia honey, c: acacia honey fortified with 500 ng/g of four tetracyclines. (OTC : oxytetracycline, TC : tetracycline, CTC : chlortetracycline, DC : doxycycline)

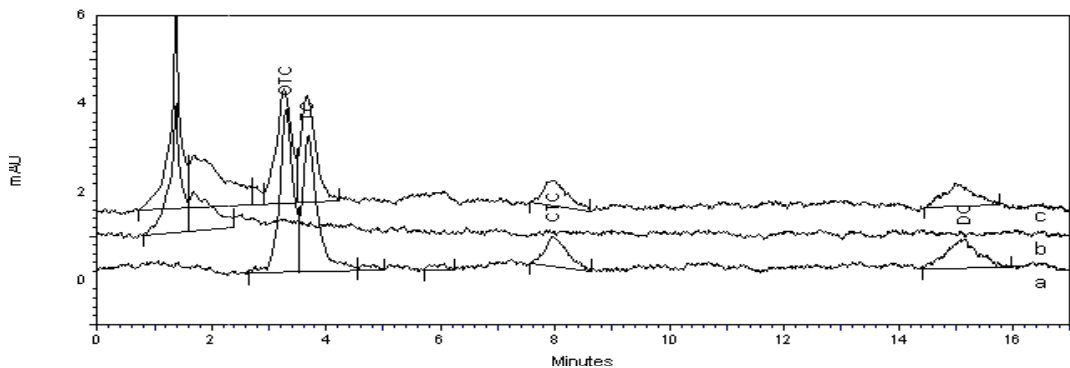


Fig 4. Chromatograms of four tetracyclines.

a: 500 ng/g of four tetracyclines standard, b: blank wild flower honey, c: wild flower honey fortified with 500 ng/g of four tetracyclines. (OTC : oxytetracycline, TC: tetracycline, CTC : chlortetracycline, DC : doxycycline)

정확도 및 정밀도를 확인하기 위하여 CharmII 법을 실시하여 테트라사이클린계 항생물질이 잔류되지 않은 것으로 확인된 아카시아꿀과 잡화꿀을 선별하여 0.1~0.5  $\mu\text{g/g}$ 의 농도로 첨가한 후 회수율을 측정한 결과 아카시아꿀에서 OTC 71.4~81.1%, TC 71.2~85.3%, CTC 71.8~83.7%, DC 72.0~85.0%로 나타났고 실험실내 평균 변이계수(CV)는 4.3~6.6%이었다

(Table 2). 잡화꿀에서 OTC 73.8~86.5%, TC 76.6~89.0%, CTC 73.8~84.8%, DC 73.2~85.6%로 나타났고 실험실내 평균 변이계수(CV)는 3.2~4.9% 범위였다 (Table 3).

이와 같은 결과는 Codex의 권장범위가 회수율로서 100 ppb이상일 경우 80~110%인 점과 Oka 등<sup>16)</sup>의 회수율 83.7~99.6%(CV 0.9~4.3), 구 등<sup>20)</sup>이 벌꿀에서 0.5  $\mu\text{g/g}$ 의 농도로 첨가한

후 자외선 검출기로 측정된 결과 평균 회수율이 아카시아꿀 86.8~99.5%, 잡화꿀 76.8~97.4%등을 감안할 때 다소 낮은 회수율을 보였으나, 김<sup>22)</sup>의 보고는 0.1~1.0 µg/g의 농도로 첨가한 후 회수율이 OTC 78.09~87.1%, TC 74.18~88.11%, CTC 68.4~80.23%, DC 62.77~

79.44%로 본 조사와 유사한 결과를 보였다. 이와 같이 회수율의 차이는 벌꿀의 종류, 분석 대상물질 및 전처리법, 검출기의 종류, 업무자의 숙련도 등의 여러 원인에 따른 결과로 사료된다. 따라서 보다 좋은 회수율을 얻기 위해서는 좀 더 연구가 필요할 것으로 판단되었다.

Table 2. Recoveries and coefficient of variation of four tetracyclines in spiked acacia honey

Tetracyclines	Recovery rate (% , mean±S.D., n=5)				Coefficient of variation (%)			
	0.1 µg/g	0.3 µg/g	0.5 µg/g	Mean	0.1 µg/g	0.3 µg/g	0.5 µg/g	Mean
Oxytetracycline	71.4±6.6	81.1±3.8	75.3±3.6	75.9±4.7	9.3	4.7	4.8	6.3
Tetracycline	71.2±4.5	85.3±2.6	79.9±4.0	78.8±3.7	6.4	3.0	5.0	4.8
Chlortetracycline	71.8±3.6	83.7±2.6	78.8±3.6	78.1±3.3	5.1	3.1	4.6	4.3
Doxycycline	72.0±6.7	85.0±5.5	82.4±3.4	79.8±5.2	9.3	6.4	4.1	6.6

Table 3. Recoveries and coefficient of variation of four tetracyclines in spiked wild flower honey

Tetracyclines	Recovery rate(% , mean±S.D., n=5)				Coefficient of variation(%)			
	0.1 µg/g	0.3 µg/g	0.5 µg/g	Mean	0.1 µg/g	0.3 µg/g	0.5 µg/g	Mean
Oxytetracycline	73.8±2.2	81.5±3.9	86.5±1.7	80.6±2.6	2.9	4.8	2.0	3.2
Tetracycline	76.6±1.7	83.9±5.5	89.0±5.2	83.2±4.1	2.2	6.5	5.9	4.9
Chlortetracycline	73.8±3.5	81.7±3.2	84.8±3.5	80.1±3.4	4.7	3.9	4.1	4.2
Doxycycline	73.2±3.6	83.0±3.3	85.6±1.6	80.6±2.8	4.9	4.0	1.9	3.6

### 3.3 검출한계 및 정량한계

벌꿀에서 테트라사이클린계 항생물질 4종에 대한 검출한계와 정량한계는 아카시아꿀에서 각각 OTC 13.8 ppb, 22.1 ppb, TC 14.6 ppb, 23.4 ppb, CTC 26.2 ppb, 51.9 ppb, DC 24.9 ppb, 49.3 ppb, 잡화꿀에서 각각 OTC 14.3 ppb, 22.9 ppb, TC 15.2 ppb, 24.3 ppb, CTC

26.9 ppb, 53.3 ppb, DC 25.2 ppb, 49.9 ppb수준으로 정량할 수 있었다 (Table 4). 구 등<sup>20)</sup>의 조사에서 자외선검출기를 이용한 분석법의 검출한계는 OTC와 TC는 0.01 ppm, CTC와 DC는 0.02 ppm이었고, 형광검출기를 이용한 분석에서는 OTC와 TC는 0.01 ppm, CTC와 DC는 0.05 ppm이었다. 또한 Vinas 등<sup>17)</sup>은 15~30ppb, Oka 등<sup>18)</sup>은 OTC, TC 20 ppb, CTC, DC 50 ppb으로 보고하였다.

검출한계는 검사방법에 따라 다양하여 스크리닝법으로 이용되는 TLC<sup>16)</sup>는 0.1 ppm 수준이나 정량법으로 capillary HPLC법<sup>24)</sup>은 HPLC법보다 100배 이상 높은 감도(0.5 ppb)를 보이며, LC/MS법은 1~4 ppb로 보고되고 있다<sup>26)</sup>. 이와

같이 검출한계와 정량한계의 차이는 검사방법과 벌꿀의 종류, 분석 대상물질, 전처리법, 검출기 종류 및 파장, 이동상 용매 등 분석 조건의 차이에 따른 것으로 판단되며 본 시험결과는 국내외 조사와 유사한 결과를 보였다<sup>17,18,20)</sup>.

Table 4. Limit of detection(LOD) and limit of quantification(LOQ) of four tetracyclines in acacia and wild flower honey

Tetracyclines	Acacia honey		Wild flower honey	
	LOD* ( $\mu\text{g/kg}$ )	LOQ** ( $\mu\text{g/kg}$ )	LOD ( $\mu\text{g/kg}$ )	LOQ ( $\mu\text{g/kg}$ )
Oxytetracycline	13.8	22.1	14.3	22.9
Tetracycline	14.6	23.4	15.2	24.3
Chlortetracycline	26.2	51.9	26.9	53.3
Doxycycline	24.9	49.3	25.2	49.9

LOD\* : Blank determination + 3\*SD, LOQ\*\* : Blank determination + 6\*SD, N=20

### 3.4 벌꿀 중 테트라사이클린계 약제잔류

인천 관내 백화점, 할인매장 및 인터넷 쇼핑몰에서 구입한 벌꿀 총 60개를 변형된 Charm II 법으로 스크리닝 검사한 결과 양성반응을 보인 벌꿀은 아카시아꿀 1, 잡화꿀 4, 외국산꿀 2

개이었고 HPLC로 정량검사 결과 국내산 잡화꿀 1개에서 OTC 0.02 ppm, 불법유통 되는 외국산꿀 1종에서 CTC 0.22 ppm으로 검출되었다 (Table 5). 그러나 검출된 국내산 잡화꿀은 정량한계 22.9 ppb 이하이었다.

Table 5. Residues of tetracyclines in domestic and foreign honey

Items	Domestic honey		Foreign honey		Total (n = 60)
	Acacia (n = 20)	Wild flower (n = 18)	Legally distributed (n = 13)	Illegally distributed (n = 9)	
Screening method*	1(1.7)	4(6.7)	1(1.7)	1(1.7)	7(11.7)
HPLC	—	1(1.7)	—	1(1.7)	2(3.4)
Concentration of tetracyclines					
oxytetracycline(ppm)	—	0.02	—	—	
chlortetracycline(ppm)	—	—	—	0.22	

\* Modified Charm II method, n=number of honey

Data is represented as number of detected sample and detection rate(%)



EU(2001)에서 동물약품 잔류 양성률을 조사한 결과 어류 1%, 식육 0.13~0.56%이었으나 벌꿀에서는 5.3%로 높은 비율을 보이고 있다<sup>29)</sup>. 또한 벌꿀 중 테트라사이클린계 항생물질 검출율은 2002년 영국에서 5%로 OTC 37 ppb, TC 73 ppb 수준이 검출되었으며<sup>30)</sup>, 2000년 캐나다에서 자체 양봉농가를 대상으로 검사 결과 총 131농가 중 2농가에서 20 ppb가 초과되어 검출되었고<sup>3)</sup>, Heering 등<sup>12)</sup>은 1998년 유럽, 아시아, 대양주, 미주 등이 원산지인 꿀에서 12%(50 ppb이상)의 검출보고를 하는 등 많은 국가에서 검출되고 있다<sup>4,5,14,15,31)</sup>.

국내 조사결과는 한국소비자보호원<sup>32)</sup>, 전<sup>21)</sup>, 구 등<sup>20)</sup>의 조사에서는 검출되지 않았으나 김<sup>22)</sup>의 1996년 보고에 따르면 광주광역시에서 유통되는 꿀 50건 중 총 16건이 검출(OTC 0.09~4.0 ppm 9건, CTC 0.1~2.0 ppm 7건) 되었다. 이와 같이 보고자에 따른 조사 결과의 차이는 검사 방법과 공시시료 수거 장소 및 시기 등의 차이와 테트라사이클린계 항생물질이 열과 빛에 불안정해 고온에서 오래 보관시 소실되기 때문으로 사료 된다<sup>23)</sup>. 그러므로 국내에서도 벌꿀 중에 항생제 오염이 우려되고 있으며 특히 외국에서 불법 반입되는 벌꿀의 안전성이 문제점으로 대두되고 있다. 최근 동물약품의 오·남용으로 인해 식품산업 전반에 사회문제가 되고 있어 천연산물인 양봉산물에서 항생제 잔류문제가 발생하지 않도록 양봉가들은 투약농도 및 휴약기간 등을 준수해야하며 생산자 단체에서는 시장 출하전에 사전 검사를 하여야 할 것이다<sup>6,7)</sup>.

본 실험에서 이용한 CharmⅡ법은 HPLC 정량한계 및 위양성(false positive) 등을 고려하여 양성대조시료(Positive Control)의 농도를 변경하여 실험하였다. CharmⅡ법은 검사시간이 20분 이내로 신속한 결과를 얻을 수 있으나 위양성 등 비특이성이 발생되어 간이검사법으로 사용되며 반드시 HPLC법 등의 정량법에 의한 최종 검사가 필요하다<sup>4,14,15)</sup>. 그리고 이와 같이 벌꿀 중 잔류가능성이 높은 테트라사이클린계 항생물질 중 OTC, TC, CTC, DC를 방해피크

없이 동시에 분석하기 위해 SPE cartridge 정제 등 전처리법, 검출기 종류 및 파장, 이동상 용매 등 분석 조건에 대한 보다 많은 연구가 이루어져야 하며 벌꿀에 대한 항생물질 잔류허용기준 및 검사법의 제정이 필요하다 하겠다.

## IV. 결 론

벌꿀 중 테트라사이클린계 항생물질 4종(oxytetracycline, tetracycline, chlortetracycline, doxycycline)에 대하여 Sep-pak cartridge를 이용한 시료의 정제, 추출과정을 거쳐 자외선검출기가 장착된 액체크로마토그래피로 동시분석을 실시하였다. 컬럼은 XTerra C<sub>8</sub> (Waters, 3.9×150 mm id, 5 μm), 이동상 용매는 0.01M oxalic acid, methanol, acetonitrile의 혼합용액(820:80:100, v/v/v), 검출파장은 360 nm, 유속 0.9 ml/min.으로 측정하였을 때 모두에서 상관계수 0.999 이상의 직선성을 나타내었다.

0.1~0.5 μg/g으로 첨가한 벌꿀의 평균회수율은 아카시아꿀에서 oxytetracycline 71.4~81.1%, tetracycline 71.2~85.3%, chlortetracycline 71.8~83.7%, doxycycline 72.0~85.0%이었고 실험실내 평균 변이계수(CV)는 4.3~6.6%이었으며, 잡화꿀에서는 다소 높은 회수율을 보였다. 검출한계 및 정량한계는 아카시아꿀에서 각각 oxytetracycline 13.8 ppb, 22.1 ppb, tetracycline 14.6 ppb, 23.4 ppb, chlortetracycline 26.2 ppb, 51.9 ppb, doxycycline 24.9 ppb, 49.3 ppb이었으며 잡화꿀에서는 아카시아꿀과 유사한 결과를 보였다.

인천 지역에서 유통되는 국내산 벌꿀 38건(아카시아꿀 20, 잡화꿀 18)과 인천지역 백화점과 인터넷쇼핑몰에서 구입한 외국산 꿀 13건, 국외 여행자에 의해 불법 유통되는 외국산 꿀 9건 등 총 60건을 변형된 CharmⅡ법과 HPLC 검사 결과 불법유통되는 외국산 1종에서 chlortetracycline 0.22 ppm이 검출되었다.

## 참 고 문 헌

1. 농협중앙회. 2003. 꿀벌사육시설과 관리 (국내외 양봉산업의 현황과 전망). 대한인쇄사, 서울 : 7-32.
2. McKee B. 2003. Prevention of residues in honey : a future perspective. *APIACTA* 38 : 173-177.
3. Kendall J, Noot D, Ehmann M. 2003. Surveillance of selected antimicrobial residues in the 2000 Alberta honey crop. *Animal Health Forum* 8(4) : 6.
4. Reybroeck W. 2003. Residues of antibiotics and sulphonamides in honey on the Belgian market. *APIACTA* 38 : 23-30.
5. Sabatini AG, Carpana E, Serra G, et al. 2003. Presence of acaricides and antibiotics in samples of Italian honey. *APIACTA* 38 : 46-49.
6. Mutinelli F. 2003. Practical application of antibacterial drugs for the control of honey bee diseases. *APIACTA* 38 : 149-155.
7. 사단법인 한국동물약품협회. 2001. 동물용 의약품등 편람. 성남 : 995-1141.
8. 한국식품공업협회. 2001. 식품공전. 문영사, 서울 : 461-466.
9. 식품의약품안전청. 2004. 수입식품등 검사연보.
10. Khismatoullin R, Kuzyaev R, Lyapunov Y, et al. 2003. Modification of microbiological detection method of tetracycline in honey. *APIACTA* 38 : 246-248.
11. Ferguson JP, Baxter GA, McEvoy JD, et al. 2002. Detection of streptomycin and dihydrostreptomycin residues in milk, honey and meat samples using an optical biosensor. *Analyst* 127(7) : 951-956.
12. Heering W, Usleber E, Dietrich R, et al. 1998. Immunochemical screening for antimicrobial drug residues in commercial honey. *Analyst* 123(12) : 2759-2762.
13. Charm Sciences Inc. 2004. CharmII test for antimicrobial drugs in honey ; Beta lactams, Tetracyclines, and Chloamphenicols operator's manual. 1-13.
14. Salter R. 2003. CharmII system - comprehensive residue analysis system for honey. *APIACTA* 38 : 198-206.
15. Morlot M, Beaune P. 2003. An experience with CharmII system. *APIACTA* 38 : 226-234.
16. Oka H, Ikai Y, Kawamura N, et al. 1987. Improvement of chemical analysis of antibiotics (XII. Simultaneous analysis of seven tetracyclines in honey). *J Chromatogr* 400 : 253-261.
17. Vinas P, Balsalobre N, Lopez-Erroz C, et al. 2004. Liquid chromatography with ultra violet absorbance detection for the analysis of tetracycline residues in honey. *J Chromatogr A* 1022(1-2) : 125-129.
18. Oka H, Ikai Y, Kawamura N, et al. 1987. Improvement of chemical analysis of antibiotics (IX. A simple method for residual tetracyclines analysis in honey using a tandem cartridge clean-up system). *J Chromatogr* 389(2) : 417-426.
19. Galeano D, Guiberteau C, Salinas F. 1990. Rapid determination of sulfathiazole, oxytetracycline and tetracycline in honey by high-performance liquid chromatography. *Anal Lett* 23 : 607-616.
20. 구용의, 강민철, 이선화 등. 2000. 벌꿀제품에 있어서 잔류항생물질에 관한 조사연구. 식품의약품안전청연구보고서 4 : 78-89.
21. 전상수. 1990. 벌꿀중의 잔류항생물질 및 propionic acid 분석에 관한 조사연구. 인제대학교보건대학원 석사학위논문.
22. 김진아. 1996. 벌꿀중의 sulfonamide제와

- tetracycline제의 잔류수준 분석에 관한 연구. 전남대학교대학원 석사학위논문.
23. 김재길, 손재형, 이수한. 1993. Tetracycline류 항생제의 온도에 따른 벌꿀내 잔류성에 관한 연구. 한국양봉학회지 8(2) : 133-139.
  24. Huang HN, Chen TB, Chen RM, et al. 1999. Detection of residual antibiotics in honey by capillary high performance liquid chromatography. *Se Pu* 17(6) : 588- 589.
  25. Oka H, Ito Y, Ikai Y, et al. 1998. Mass spectrometric analysis of tetracycline antibiotics in foods. *J Chromatogr A* 812 (1-2) : 309-319.
  26. Nakazawa H, Ino S, Kato K, et al. 1999. Simultaneous determination of residual tetracyclines in foods by high-performance liquid chromatography with atmospheric pressure chemical ionization tandem mass spectrometry. *J Chromatogr B Biomed Sci Appl* 732(1) : 55-64.
  27. Kaufmann A, Roth S, Ryser B, et al. 2002. Quantitative LC/MS-MS determination of sulfonamides and some other antibiotics in honey. *J AOAC Int* 85(4) : 853-860.
  28. Bogdanov S. 2003. Current status of analytical methods for the detection of residues in bee products. *APIACTA* 38 : 190-197.
  29. Institut for Fødevaresikkerhed og Ernæring. 2002. Veterinære lægemiddelrester i fødevarer 2001 - resultater fra den danske kontrol med veterinære lægemiddelrester. 8.
  30. Veterinary Residues and Committee. 2003. Annual report on surveillance for veterinary residues in food in the UK, 2002. 28-31.
  31. Pineiro MScAP. 2003. Residues control in Cuban honey. *APIACTA* 38 : 58-62.
  32. 한국소비자보호원. 2002. 벌꿀의 안전성 실태조사. 한국소비자보호원 연구보고서.

## Phenotypic characteristics and antimicrobial susceptibility of verotoxin-producing *E coli* from slaughtered cattle

Jae-Won Byun, Kyoung-Ho Kim, Sung-Mo Lee, Hyun-Soon Hwang

Veterinary faculty of Incheon Metropolitan Public Health & Environmental Research Institute

### Abstract

Ten isolates of Verotoxin-producing *Escherichia coli* (VTEC) were detected in slaughtered cattle and investigated their phenotypic characteristics and antimicrobial susceptibility. None of the isolates was positive for *eae* gene. Only one isolate was positive for *uidA* gene. Eight out of ten isolates of VTEC were originated from broker's cattle. Thus microbiological monitoring for broker farms should be performed to minimize VTEC contamination. In the antimicrobial susceptibility test, all the isolates were highly resistant to bacitracin and lincomycin whilst they are susceptible to apramycin and neomycin.

**Key words :** VTEC, Antimicrobial susceptibility test, Slaughtered cattle

### I . Introduction

Verotoxin-producing *Escherichia coli* (VT : Shiga-like toxin) is responsible for the human gastrointestinal disorders such as diarrhea and haemolytic colitis (HC), which was firstly reported from a patient ingesting uncooked ground beef in USA<sup>1)</sup>. Although *E. coli* O157:H7 is the best known Shiga-like toxin producing *Escherichia coli* (STEC), non-O157 STEC serotypes (eg, O111, O26) have caused haemolytic colitis in human<sup>2-4)</sup>. The most frequently implicated vector for O157-related *E coli* outbreaks is associated

with ground beef and bovine-derived products have been linked to approximately 75% of outbreaks<sup>5)</sup>. It has been widely accepted that ruminants are natural reservoirs of STEC. Approximately, 30% of all cattle could be a carrier animal.

There are several virulence factors produced by STEC such as verotoxin (VT), intimin, haemolysin, iron transport protein and lipopolysaccharide<sup>3, 6, 7)</sup>. Among these factors, intimin is a 97 kDa outer membrane protein to adhere on the intestinal mucosa and was associated with an attaching and effacing lesion. The *eae* gene was homologous in human isolates but less in cattle.

Accordingly, *eae* gene could be better indicator for the pathogenic STEC than the strain only producing verotoxin. A slaughter house is the first step of bovine food production and infectious agents control. Therefore, data on the prevalence and concentration of STEC in slaughtered animals are critical to control pathogens via a critical point control program. The aims of study were to determine the incidence of STEC in slaughtered cattle and survey their antimicrobial resistance.

## II. Materials and Methods

### 2.1 Isolation of STEC

This study was carried out from March to November in 2004 at a slaughter house implicating HACCP located in Incheon city. Two hundred and eighty samples of bovine feces were examined by a modified Fukushima's method<sup>8, 9)</sup>. Briefly, ten grams of stool samples were treated with 0.125N HCl-0.5% NaCl solution (20 ml) and incubated for 2 hours at 37°C after homogenizing for 1-2 min. Then, 20 µl of suspension was plated onto sorbitol MacConkey (sMaC) agar (Difco, USA) using a sterile glass stick. The colony of pink and colorless was transferred onto eosin methylene blue (EMB) agar (Merck, Germany). The distinctive colonies of *E. coli* showing metallic green sheen were selected and stored at -70°C for further study. API 20E strip (Biomerieux, France)

was used to compare the carbohydrate fermentation and biochemical characteristics of the isolates with positive control *E. coli* O157:H7 strain.

### 2.2 PCR assay for VT and minimal inhibition concentration (MIC) determination

Multiplex PCR method<sup>10)</sup> was carried out to detect an ability of producing Shiga-like toxin (VT I, VT II), intimin (*eae*) and *uidA*. Briefly, the isolates were cultured in mEC broth (Difco, USA) for 18 hrs at 37°C and centrifuged for 5 min at 7,000 rpm. The sediment was suspended with TE buffer and boiled for 10 min. Following a centrifugation, the supernatant was used as templates. The oligonucleotide primers were listed in Table 1. The samples were amplified for 35 cycles and each cycle consisted of 1 min at 94°C, 1 min at 60°C and 1 min at 72°C. The PCR products were separated by electrophoresis in 1% agarose gels and stained with ethidium bromide. MIC was determined by a micro-dilution method with Muller-Hinton broth using sterile 96 well plates. The MIC was determined with the lowest concentration of antimicrobial agent that suppresses visible bacterial growth. Reference strain of *E. coli* ATCC 25922 was included as an internal control. The antimicrobial agents were selected as follows: apramycin, neomycin, chlorotetracycline, oxytetracycline, tylosin, cephalothin, nalidixic acid and sulfadiazine.

Table 1. The oligonucleotide sequence of primers

Primers	Nucleotide sequence	Target	PCR product (bp)
LP30	5'-GAGTTAATGTGGTGGCGAAGG-3'	VT I	348
LP31	5'-CACCAGACAATGTAACCGCTG-3'		
LP43	5'-ATCCTATTCCCGGGAGTTTACG-3'		
LP44	5'-GCGTCATCGTATACACAGGAGC-3'	VT II	584
PT2	5'-GCGAAACTGTGGAATTGGG-3'		
PT3	5'-TGATGCTCCATCACTTCCTG-3'	<i>uid A</i>	252
AE19	5'-CAGGTCGTCGTGTCTGCTAAA-3'	<i>eae A</i>	1,087
AE20	5'-TCAGCGTGGTTGGATCAACCT-3'		

### III. Results

We examined biochemical properties and genotypes of *E. coli* isolated from 280 cattle feces. Firstly, the feces were screened by acid treatment and PCR assay for the detection of VT toxin. Ten isolates (3.6%) out of 280 isolates were shown VT gene in PCR test (Table 2). One isolate was negative for sorbitol fermentation and has a *uidA*

gene. Nine of 10 isolates contained VT I gene. No isolate was positive for *eaeA* gene. Eight of 10 isolates were originated from broker farm cattle. Minimal inhibition concentration (MIC) of isolates was determined by a broth dilution method (Table 3). The isolates were highly resistant to bacitracin and lincomycin, but were susceptible to apramycin and neomycin.

Table 2. Phenotypic characteristics of STEC isolates from slaughtered cattle

Strains	Acid tolerance	Sorbitol fermentation	PCR gene				Origin of cattle
			<i>uidA</i>	VT I	VT II	<i>eaeA</i>	
IC0401	+	+	-	-	+	-	farm
IC0405	+	-	+	+	-	-	"
IC0407	+	+	-	+	-	-	broker
IC0408	+	+	-	+	-	-	"
IC0409	+	+	-	+	-	-	"
IC04010	+	+	-	+	-	-	"
IC04011	+	+	-	+	+	-	"
IC04012	+	+	-	+	-	-	"
IC04013	+	+	-	+	+	-	"
IC04014	+	+	-	+	+	-	"

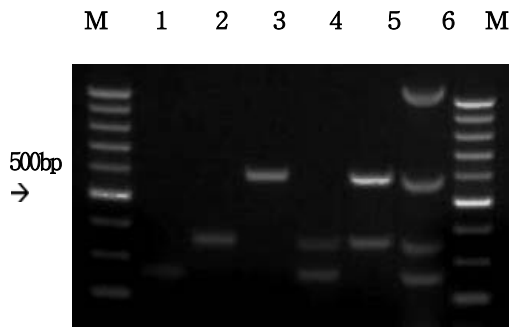


Fig 1. Result of agarose gel electrophoresis.  
Lane M : 100 bp ladder, Lane 1-5 :  
Isolates obtained from slaughtered cattle,  
Lane 6 : *E. coli* 0157:H7

Table 3. MIC determination of the VTEC isolates from slaughtered cattle

Strains	Antimicrobials( $\mu\text{g}/\text{mg}$ )							
	APR*	BA	LINCO	NEO	CTC	OTC	SUL	TYL
IC0401	10	1280	1280	2.5	160	1280	640	640
IC0405	5	640	1280	5	2.5	80	80	1280
IC0407	2.5	160	80	5	2.5	5	40	80
IC0408	10	640	1280	2.5	2.5	2.5	40	320
IC0409	5	640	1280	2.5	2.5	2.5	40	320
IC04010	10	640	1280	2.5	2.5	2.5	80	320
IC04011	5	640	640	2.5	2.5	20	20	160
IC04012	2.5	320	640	2.5	2.5	2.5	640	160
IC04013	2.5	640	640	2.5	2.5	2.5	1280	160
IC04014	2.5	640	640	2.5	10	40	1280	320

\*: APR: apramycin, BA: bacitracin, LINCO: lincomycin, NEO: neomycin,  
CTC: chlorotetracycline, OTC: oxytetracycline, SUL: sulfadiazine, TYL: tylosin.

## IV. Discussion

VTEC O157:H7 food poisoning in human has been associated with contaminated beef products. Cattle have been identified as a

principle reservoir of O157 and other VTEC. In this study, we determined the incidence of VTEC in slaughtered cattle and survey anti-microbial resistance. We employed an acid-shock step to foster the ability of selection

and detection of VTEC. This method confirmed that *E. coli* including VTEC has resistance to HCl and HCl treatment is effective for selection of *E. coli* from other gram-negative bacteria<sup>8,9)</sup>. In this study, all VT-positive organisms isolated from cattle were identified as *E. coli* on the basis of biochemical properties. Therefore, VT-PCR positive fecal samples were defined as VTEC positive. Ten isolates (3.6%) out of 280 cattle were positive. Although all the isolates recovered in our study were not *E. coli* O157:H7, the positive rate of VT-producing *E. coli* was slightly higher than that of Kim et al<sup>11)</sup> but less than that of Jung et al<sup>10)</sup>. Moreover recent reports revealed that the rate of *E. coli* O157:H7 infection in slaughtered cattle represented 1.3–28% in USA, 16.1%–16.6% in Italy, 10.6% in Netherland, 4.0%–4.7% in England, 0.2% in France and 1.6–8.1% in Japan<sup>2,9)</sup>. It is also known that VTEC incidence is seasonal<sup>12)</sup>. The possible causes of low incidence in this study were that the pattern of shedding VTEC is affected by diet, age and seasonal condition. Eight of 10 isolates recovered in this study were originated from broker's cattle. These results support that the broker farms have been consistently contaminated with feces containing VTEC shed from previously infected cattle. Bryne et al<sup>13)</sup> reported that downer cattle have much higher prevalence of VTEC than healthy cattle. In many cases brokers purchase downer or unhealthy cattle and raise them in their farms in Korea. Therefore, monitoring for these farms should be considered to minimize VTEC contamination. In antimicrobial susceptibility test, all the selected antimicrobial reagents have been used as feed additives in the field. Nine of 10 iso-

lates were resistant to bacitracin and lincomycin, but susceptible to apramycin, neomycin, chlorotetracycline and oxytetracycline. Sulfadiazine and tylosin show intermediate resistance. Studies about antibiotic resistance in USA showed that all isolates were resistant to tilmicosin and most isolates were susceptible to trimethoprim/ sulfamethoxazole and ciprofloxacin<sup>14, 15)</sup>. In Japan<sup>16)</sup> antibiotic resistant patterns were observed to ampicillin, fosfomycin, kanamycin and vancomycin. Our study shows that the prevalence of VTEC was much lower than that of other countries. However, VTEC contamination in slaughter processing could have a possibility to cause food poisoning. Therefore, more strict HACCP program should be applied to slaughter houses and meat processing plants. Continuous monitoring and surveillance program for microbial contamination at the slaughtering level should be performed to minimize the risk of outbreak of food-borne pathogens. Further studies are required to determine O and H antigen and to confirm O157 or non-O157(O111, O26) VTEC via cytotoxic test in vero cell.

## Reference

1. Hancock DD, Besser TE, Rice DH, et al. 1998. Multiple sources of *Escherichia coli* O157 in feedlots and dairy farms in the northernwest USA. *Pre Vet Med* 35: 11–19.
2. Shinagawa K, Kanehira M, Omoe K, et al. 2000. Frequency of Shiga toxin-producing *Escherichia coli* in cattle at a breeding farm and at a slaughterhouse in Japan. *Vet Microbiol* 76: 305–309.
3. Zoonotic non-O157 Shiga toxin-producing



- Escherichia coli* (STEC). 1998. Report of a WHO scientific working group meeting. WHO/CSR/APH/98.8/ <http://www.who.int/emc> for information.
4. Hiramatsue R, Matsumoto M, Miwa Y, et al. 2002. Characterization of Shiga toxin-producing *Escherichia coli* O26 strains and establishment of selective isolation media for these strains. *J Clin Microbiol* 40:922-925.
5. Callaway TR, Elder RO, Keen JE, et al. 2003. Forage feeding to reduce preharvest *E. coli* populations in cattle, a review. *J Dairy Sci* 86:852-860.
6. Caprioli A, Morabito S, Brugere H, et al. 2005. Enterohaemorrhagic *Escherichia coli*: Emerging issues on virulence and modes of transmission. *Vet Res* 36:289-311.
7. Griffin PM, Mead PS. 1998. *Escherichia coli* O157:H7. *Lancet* 352:1207-1212.
8. Fukushima H, Hoshina K, Gomyoda M. 2000. Selective isolation of eae-positive strains of Shiga toxin-producing *Escherichia coli*. *J Clin Microbiol* 38:1684-1687.
9. Fukushima H and Seki R. 2004. High numbers of Shiga toxin-producing *Escherichia coli* found in bovine feces collected at slaughter in Japan. *FEMS Microbiol Lett* 238:189-197.
10. Jung BY, Jung SC, Park HJ, et al. 2000. Characteristics of verotoxin non-producing *Escherichia coli* O157 and verotoxin-producing *E. coli* isolated from healthy cattle. *Korean J Vet Res* 40:525-531.
11. Kim JY, Kim SH, Kwon NH, et al. 2005. Isolation and identification of *Escherichia coli* O157:H7 using different detection methods and molecular determination by multiplex PCR and RAPD. *J Vet Sci* 6:7-19.
12. Russell JB, Diez-Gonzalez F, Jarvis GN. 2000. Effects of diet shifts on *Escherichia coli* in cattle ; Symposium farm health and safety. *J Dairy Sci* 83:863-873.
13. Byrne CM, Erol I, Call JE, et al. 2003. Characterization of *Escherichia coli* O157:H7 from downer and healthy dairy cattle in the upper midwest region of the united states. *Appl Environ Microbiol* 69:4683-4688.
14. Anderson AD, Nelson JM, Rossiter S, et al. 2003. Public health consequences of use of antimicrobial agents in food animals in the united states. *Microbial Drug Resistance* 9:373-379.
15. Galland JC, Hyatt DR, Crupper SS, et al. 2001. Prevalence, antibiotic susceptibility and diversity of *Escherichia coli* O157:H7 isolates from longitudinal study of beef cattle feedlot. *Appl Environ Microbiol* 67:1619-1627.
16. Tsuboi I, Ida H, Yoshikawa E, et al. 1998. Antibiotic susceptibility of enterohemorrhagic *Escherichia coli* O157:H7 isolated from an outbreak in Japan in 1996. *Antimicrob Agents Chemother* 42:431-432.



**조/사/사/업**



## 대기오염 측정망 운영

### □ 대기오염측정망 설치 현황

인천의 대기 질을 감시하고, 대기오염 경향을 파악하기 위한 기초 자료를 생성하기 위하여 지역대기 측정망 12개소를 비롯해서 도로변 2, 가시거리 2, 산성강하물 5, 중금속 3개소, 대기이동측정차량 1대 등 총 25개 측정망을 보유 운영 중에 있다.

도시대기 측정망은 주요 대기오염물질(SO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub>, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, CO) 및 기상자료를 연속 측정하여 인천시의 대기 질 농도를 파악하고, 환경기준 달성 여부를 판정하고 있으며, 도로변 측정망은 자동차 통행량과 유동인구가 많은 도로변의 대기 질을 파악하고 있다. 시정거리 측정망은 도시 대기의 시정거리를 측정하여 체감 오염도를 파악하고, 산성강하물 측정망은 대기 중 오염물질의 강우·강설 등에 의한 오염물질의 습성 침착량을, 대기 중금속 측정망은 도시지역과 공단 지역에서의 중금속에 의한 오염실태를 파악하는데 목적이 있다.

#### ○ 도시대기 측정망

군,구	명칭	소재지	설치년도	용도
중구	신흥	신흥동 3가 7 조달청 본관	1995	상업
동구	만석	만석동 18-3 동구보건소	1991	준공업
남구	송의	송의1동 129-1 동사무소	1993	주거
남동구	구월	구월1동 1214-5 동사무소	1994	상업
	논현	논현동 445 남동공단	1996	공업
부평구	부평	부평4동 440-1 부평동초등학교	1993	상업
계양구	계양	장기동 76-1 계양1동사무소	1992	주거
연수구	송도	동춘동 994 송도 테크노파크	2005	준주거
서구	연희	연희 2동 서구청 본관	1992	상업
	석남	석남 2동 573 동사무소	1997	주거
	검단	마정동 665 검단출장소	2003	주거
강화군	송해	송해면 송정리 357-2 면사무소	1997	농림

#### ○ 도로변 측정망

구 별	명 칭	소 재 지	설치년도
남 구	석바위	주안 6동 석바위삼거리	1996
부평구	신 촌	부평 3동 신촌오거리	1991

#### ○ 가시거리 측정망

구 별	명 칭	소 재 지	설치년도
남동구	시청	인천광역시청 옥상	2002
부평구	부평	부평동초등학교 옥상	2002

#### ○ 기타 측정망

측정망	총 개소	비고
중금속	3개소	송의, 부평, 논현
산성우	5개소	송해, 송도, 만석, 연희, 계양
이동차	1개	

2003년부터 2005년까지의 도시대기측정망에서 측정된 주요 대기오염물질(SO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub>, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, CO) 및 기상자료를 중심으로 조사하였으며, 통계자료의 신뢰성 제고를 위하여 통계처리시 대상기간 중 75% 이상의 측정(통계)자료가 확보된 경우에만 유효자료로 인정하였다.

#### ○ 일반대기오염물질 측정방법

측정항목	측정방법
SO <sub>2</sub>	자외선형광법 (Pulse U.V Fluorescence Method)
CO	비분산적외선법 (Non-Dispersive Infrared Method)
NO <sub>2</sub>	화학발광법 (Chemiluminescent Method)
O <sub>3</sub>	자외선광도법 (U.V Photometric Method)
PM <sub>10</sub>	베타선흡수법 (β-Ray Absorption Method), 테이퍼 소자 진동법 (TEOM, Tapered element oscillating microbalance)
기상	풍향, 풍속, 기온, 습도 등

## □ 대기환경오염도 개황

측정항목	PM <sub>10</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	SO <sub>2</sub> (ppb)	NO <sub>2</sub> (ppb)	O <sub>3</sub> (ppb)	CO (ppm)
인천지역 환경기준	60/년	15/년	40/년	60/8시간	7/8시간
'04년	62 (59)	7 (7)	28 (26)	20 (22)	0.66 (0.64)
'05년	63 (60)	7 (7)	25 (24)	22 (25)	0.64 (0.62)
'02년~'04년 평균	61 (58)	7 (6)	29 (27)	20 (22)	0.68 (0.66)

주) ( ) : 인천국제공항공사 포함 자료

○ 도시대기측정망 12개소(만석, 연희, 계양, 신흥, 논현, 석남, 송해, 부평, 구월, 송도, 송의, 검단지역)와 영종도 인천국제공항 대기질 측정소 3개소(인천공항, 운서, 운남)의 2005년 평균 오염도는 미세먼지  $60\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 아황산가스 7ppb, 이산화질소 24ppb, 오존 25ppb, 일산화탄소  $0.62\text{ppm}$ 으로 조사되었다. 미세먼지를 비롯하여 모든 가스상 오염물질 농도가 인천지역 환경기준 이내였다.

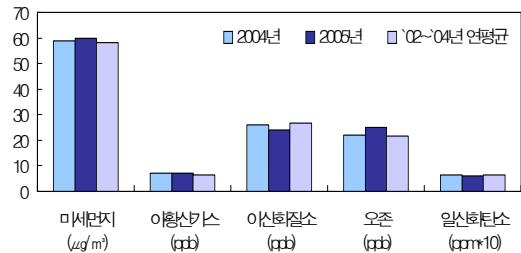
○ 미세먼지, 아황산가스, 이산화질소는 연간 환경기준이며, 오존과 일산화탄소는 8시간 환경기준으로서, 환경기준 대비 항목별 월평균 농도 수준은 미세먼지 100%, 아황산가스 47%, 이산화질소 60%, 오존 42%, 일산화탄소 9%로 나타났다. 미세먼지는 인천지역대기환경기준  $60\mu\text{g}/\text{m}^3$ ·년과 동일하였으며, 전년(2004년)과 비교하여  $1\mu\text{g}/\text{m}^3$  증가하였다.

○ 금년 대기 오염도를 '02년~'04년 연평균(이하 과거 3년 연평균)과 비교하면, 미세먼지  $2\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 아황산가스 1ppb, 오존 3ppb 증가하였다. 이산화질소는 3ppb 감소하였고, 일산화탄소는 변화가 거의 없는 것으로 나타났다.

○ 인천국제공항공사에서 운영하고 있는 영종도지역 3개소의 측정 자료를 평가에 추가함.

## □ 오염물질별 대기오염실태

○ 오염물질별 대기오염도



○ 미세먼지(PM<sub>10</sub>)의 연평균 농도범위는  $42\sim 77\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 평균농도는  $60\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 연간환경기준( $60\mu\text{g}/\text{m}^3$ )의 100%로 나타났다. 오염도는 전년( $59\mu\text{g}/\text{m}^3$ )보다 1, 과거 3년 연평균보다  $2\mu\text{g}/\text{m}^3$  증가하였다. 서구 검단( $77\mu\text{g}/\text{m}^3$ )를 비롯하여 송도, 구월, 송의, 만석, 석남, 신흥에서 인천지역 연간환경기준( $60\mu\text{g}/\text{m}^3$ )을 초과하였다.

○ 아황산가스(SO<sub>2</sub>)의 측정소별 연평균 농도 범위는 3~13ppb 범위에 있었으며, 평균농도는 7ppb로 연간환경기준(15ppb/년)의 47%로 나타났다. 오염도는 전년과 동일하였으며, 과거 3년 연평균보다 1ppb 증가하였다. 송의 13, 만석·신흥 10ppb로 아황산가스 오염도가 높았으며, 송해는 3ppb로 비교적 낮게 측정되었다.

○ 이산화질소(NO<sub>2</sub>) 연평균 농도범위는 8~35ppb, 전체 평균농도는 24ppb로 연간환경기준(40ppb)의 60%로 나타났으며, 오염도는 전년보다 2ppb, 과거 3년 연평균보다 3ppb 감소하였다. 2005년 평균농도(24ppb)보다 높게 나타난 지역은 만석 35, 송의 32, 석남 31, 구월 30, 연희 26, 검단·논현 25ppb로 조사되었다.

○ 연평균 오존(O<sub>3</sub>) 오염도 분포범위는 17~34ppb, 전체 평균농도는 25ppb로 나타났다. 전년 및 과거 3년 연평균보다 3ppb 증가하였다. 평균농도 보다 오염도가 높은 지역은 운서·운남·인천공항 34, 송해 31, 송도 30ppb로 조사되었다.

○ 일산화탄소(CO)의 연평균 농도범위는 0.41~0.92ppm, 전체 평균 농도는 0.62ppm으로 전년 및 과거 3년 연평균과 비교 시 변화가 거의 없는 것으로 나타났다. 평균농도(0.62ppm) 보다 오염도가 높은 지역은 계양 0.92, 송의 0.81, 만석·논현 0.71, 석남 0.65, 검단 0.63ppm으로 조사되었다.

○ 연간 대기환경 현황, 2005년

항목		PM10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	SO2 (ppb)	NO2 (ppb)	O3 (ppb)	CO (ppm)
측정소						
지역 대기 측정 망	만석	68	10	35*	20	0.71
	연희	60	7	26	23	0.55
	계양	55	5	24	19	0.92*
	신흥	67	10	24	17	0.61
	논현	49	5	25	19	0.71
	석남	68	7	31	23	0.65
	송해	42	3	8	31	0.41
	검단	77*	6	25	24	0.63
	송도	70	7	21	30	0.48
	부평	58	6	24	20	0.54
	구월	70	6	30	21	0.62
	송의	69	13*	32	20	0.81
	평균	63	7	25	22	0.64
영중 도 인천 국제 공항	운서	53	5	20	34*	0.6
	운남	44	5	16	34*	0.5
	공항	51	5	17	34*	0.6
	평균	49	5	18	34	0.57
전체 평균		60	7	24	25	0.62

주) \* : 항목별 최대치

○ 2005년 각 오염물질의 농도가 가장 높게 측정된 지역은, 미세먼지는 서구 검단( $77\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), 아황산가스는 남구 송의(13ppb), 이산화질소는 동구 만석(35ppb), 일산화탄소는 계양구 계양(0.92ppm), 오존은 중구 운서·운남·인천공항(34ppb)으로 측정되었다.

## □ 월별 대기오염도 변화

○ 대기오염물질 월평균농도 변화, 2005년

구 분	PM10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	SO2 (ppb)	NO2 (ppb)	O3 (ppb)	CO (ppm)
1월	61	9*	25	19	0.87*
2월	47	7	22	25	0.71
3월	62	7	22	32	0.61
4월	81*	7	27	33	0.54
5월	62	6	26	35*	0.52
6월	69	6	21	31	0.53
7월	68	6	18	23	0.51
8월	46	5	17	21	0.50
9월	47	5	23	20	0.57
10월	62	7	31*	20	0.70
11월	70	8	29	18	0.70
12월	49	7	24	16	0.72

주) \* : 항목별 최대치

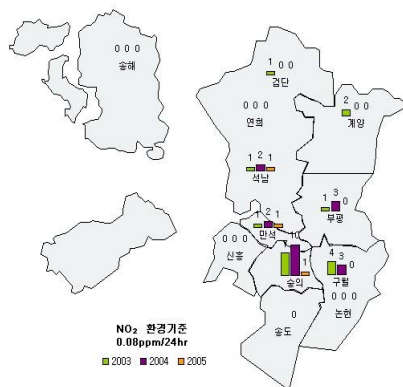
○ 미세먼지는 황사의 영향으로 4월이  $81\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 연평균 대비 34% 높게 측정되었다. 11월에는 안개와 함께 대기가 정체하여  $70\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 16% 높게 측정되었다. 반면 강우가 집중되었던 8월·9월에는  $46\sim 47\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 평균보다 22~24% 낮게 측정되어 가장 양호한 대기 질을 보인 것으로 조사되었다. 연중 2월, 8월, 9월, 12월을 제외한 8개월은 인천지역 연간대기환경기준( $60\mu\text{g}/\text{m}^3 \cdot \text{년}$ )을 초과하였다.

○ 아황산가스는 동절기 난방의 영향으로 1월이 평균 9ppb로 평균(7ppb)보다 33% 높은 농도를 보였다. 반대로 8~9월(5ppb)은 하절기 강수의 영향으로 23% 낮게 측정되었다.

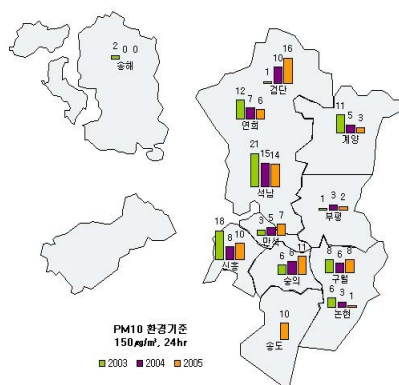
○ 이산화질소의 월평균 농도는 17~31ppb 범위를 보이고 있다. 8월이 17ppb로 평균(24ppb)에 비해 30% 낮게 측정되어 연중 가장 양호하였고, 10월이 31ppb로 29% 높게 측정되었다. 이산화질소는 주 배출원이 연중활동도(activity)가 일정한 도로오염원의 영향이 크기

○ 오존은 일사량이 높고, 강우의 발생이 적은 5월이 35ppb로 연평균 대비 43% 높았고, 반면 12월이 16ppb로 -36% 낮게 측정되어 가장 낮았다. 장마와 태풍의 영향을 많이 받은 8월의 월평균 농도는 21ppb로 측정되어 평균(24ppb)보다 낮았다. 그러나 1시간 대기환경기준(0.1ppm/hr)을 37회 초과하여 연간초과(2005년 83회)대비 45%로 나타났으며, 고농도 오존오염이 발생 위험이 높은 것으로 조사되었다.

## □ 환경기준 초과현황

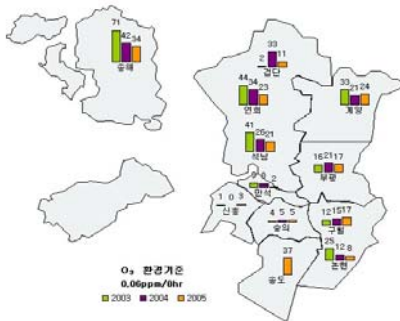
○ NO<sub>2</sub> 단기 환경기준 초과현황, 2003~2005

1시간 기준 초과회수는 연간 전체 약 십만여건의 시간측정자료 중 4회 미만으로 나타났다. 24시간 초과 기준은 연간 약 4,300건의 측정자료 중 3~20회의 초과회수가 발생하고 있고, 2005년 급격히 감소하였다. 이산화질소의 24시간 기준치 초과회수를 측정소별로 살펴보면 남구 송의 측정소에서 2004년 10회에서 2005년 1회로 크게 감소하였으며, 이외에 검단·계양·석남·만석·부평·구월 측정소에서 꾸준히 초과 횟수가 감소하고 있다.

○ PM<sub>10</sub> 단기 환경기준 초과현황, 2003~2005

— 446 —

○ O<sub>3</sub> 단기 환경기준 초과현황, 2003~2005



○ 관내 전체 측정소에서 1시간 기준치 오존 농도 초과 횟수는 2005년 83회(초과율 : 0.08%) 초과하였으며, 8시간 환경기준은 2003년 258회(초과율 0.39%)로 가장 많이 초과하였고, 2005년은 전년대비 15회 감소하였다. 8시간 환경기준(0.06ppm)의 측정소별 기준초과 회수의 3년간 변화를 분석한 결과, 송해, 연회등 대부분의 지역에서 감소하는 경향을 보였으나, 구월 지역이 점차 증가하였다. 2005년 신설된 연수구 송도지역의 초과회수가 37회로 관내 최고로 기록되어 향후 꾸준한 관심이 필요하다.

○ 단기 환경기준 초과현황, 2005

구분	SO <sub>2</sub>		NO <sub>2</sub>		PM <sub>10</sub>	O <sub>3</sub>		CO	
환경 기준	0.15 ppm/1h	0.05 ppm/24h	0.15 ppm/1h	0.08 ppm/24h	150 $\mu$ g/m <sup>3</sup> /24h	0.1 ppm/1h	0.06 ppm/8h	25 ppm/1h	9 ppm/8h
신흥	0	0	0	0	10	0	3	0	0
만석	0	0	0	1	7	2	2	0	0
구월	0	0	0	0	8	9	17	0	0
송의	0	0	0	1	11	5	5	0	0
부평	0	0	0	0	2	17*	17	0	0
연회	0	0	0	0	6	8	23	0	0
석남	0	0	0	1	14	8	21	0	0
계양	0	0	0	0	3	10	24	0	0
논현	0	0	0	0	1	3	8	0	0
송해	0	0	0	0	0	1	34	0	0
검단	0	0	0	0	16*	4	11	0	0
송도	0	0	0	0	10	16	37*	0	0
합계	0	0	0	3	88	83	202	0	0

주) \* : 항목별 최대치

○ 2005년 아황산가스와 일산화탄소의 단기 환경기준 초과는 없는 것으로 나타났다. 이산화질소의 경우 1시간 평균치 0회, 24시간 평균치 3회 초과하였다. 초과지역은 만석(83ppb, 4월 1일), 송의(84ppb, 10월 25일), 석남(87ppb, 10월 27일)으로 대기가 안정하고, 확산이 불리한 조건으로 인해 오염도가 상승하였다. 미세먼지의 24시간 평균치는 연간 88회 초과 하였으며 서구 검단 측정소가 전체 초과회수의 18%(16회)로 가장 높은 빈도를 보였으며 석남 14회로 주로 서구 지역이 고농도 미세먼지에 취약한 것으로 나타났다. 오존의 경우 1시간 평균치는 83회, 8시간 평균치는 202회 초과하였다. 측정소별 1시간 기준 초과회수를 살펴보면 부평 17회(20%), 송도 16회(19%), 계양 10회(12%), 구월 9회(11%)순으로 높게 나타났으며, 반면 신흥·송해·만석측정소가 2회 미만으로 초과하여 가장 빈도가 낮은 것으로 나타났다.



# 대기이동차 오염도조사

## □ 목 적

- 환경오염(우려)지역에 대한 정기·수시검사
- 대기환경오염정확도 설치여부를 위한 사전조사
- 대기환경정책수립을 위한 기초자료 제공
- 기타 민원발생시

## □ 항목 및 방법

- 항목 : 환경기준설정 5개 항목 등
- 방법
  - 이동측정차량에 설치되어 있는 대기오염물질 측정기기 이용
  - 대기오염(환경기준) 공정시험방법에 의해 24시간 이상 연속측정

## □ 기간 및 실적

- 2003년 : 수도권매립지 등 27개 지점 총 71회
- 2004년 : 수도권매립지 등 21개 지점 총 96회
- 2005년 : 수도권매립지 등 17개 지점 총 90회

## □ 2003년 측정지점 : 총 27개 지점

- 중 구(4) : 라이프비치아파트, 연안아파트, 풍림아파트, 파라다이스호텔
- 동 구(1) : 영풍아파트
- 연수구(2) : 연수 풍림아파트, 동춘 풍림아파트
- 남 구(1) : 인주초등학교
- 부평구(2) : 금호아파트, 충성아파트
- 남동구(4) : 논현초등학교, 논현·고잔 동사무소, 봉신주식회사, 보건환경연구원
- 서 구(12) : 마전동 탑스빌, 월드아파트, 가좌환경사업소, 수도권매립지, 북인천톨게이트, 청라소각장, 당하동 탑스빌, 백석동 (주)우성, 동아아파트, 경서동 매립지, 가좌하수처리장, 수도권매립지 입구 (주)서강
- 기 타(1) : 강화군 하점면 부근리

## □ 2004년 측정지점 : 총 21개 지점

- 중 구(2) : 연안아파트, 파라다이스호텔
- 동 구(2) : 영풍아파트, 동구보건소
- 연수구(4) : 풍림아파트, 부수지 공원, 송도 테크노파크 및 시험동
- 남동구(4) : 중소기업청, 한국화약, 논현 호구포빌라, 송기 근린공원
- 서 구(8) : 수도권매립지, 경서동매립지, 서부공단, 북인천 인터체인지, 청라소각장, 공촌하수처리장, 서구청, 검단출장소
- 계양구(1) : 계양1동사무소

## □ 2005년 측정지점 : 총 17개 지점

- 중 구(2) : 파라다이스호텔, 연안아파트
- 동 구(3) : 영풍아파트, 솔빛주공2차아파트, 해양경찰서 화수출장소
- 연수구(1) : 부수지 공원
- 남동구(3) : 한국화약, 논현온빛건설, 송기 근린공원
- 서 구(5) : 수도권매립지, 경서동매립지, 북인천인터체인지, 공촌 하수처리장, 불로동 월드아파트,
- 계양구(1) : 계양도서관
- 남 구(1) : 문학경기장
- 기 타(1) : 충남연기군 농업기반공사

## □ 결 과

○ 대기이동측정차량을 이용한 환경오염 및 오염이 우려되는 27~17개 지점들을 2003~2005년 동안 측정한 결과, 2003년의 경우, 총 71회 측정하였으며, 항목 중 미세먼지(PM<sub>10</sub>)의 경우, 중구 연안아파트(1월, 158.3 $\mu$ g/m<sup>3</sup>, 4월, 258.9 $\mu$ g/m<sup>3</sup>), 중구 파라다이스 호텔(3월, 122.9 $\mu$ g/m<sup>3</sup>), 남동구 논현·고잔동사무소(2월, 141.1 $\mu$ g/m<sup>3</sup>), 남동구 (주)봉신 (6월, 123.3 $\mu$ g/m<sup>3</sup>, 12월, 125.4 $\mu$ g/m<sup>3</sup>), 서구 수도권 매립지(2월, 139.4 $\mu$ g/m<sup>3</sup>), 서구 가좌



하수처리장(9월,  $122.7\mu\text{g}/\text{m}^3$ )등이 인천지역 환경 기준( $120\mu\text{g}/\text{m}^3$ )을 초과하였음.

○ 이산화질소 경우, 중구 연안아파트(4월, 77ppb)와 동구 영풍아파트(11월, 82ppb) 그리고 인천시 보건환경연구원(9월 3차례: 76, 71, 80 ppb)등 3지점에서 총 5회에 걸쳐 인천시 지역 환경기준인 70ppb를 초과하였음.

○ 단기환경기준 대비 항목별 오염수준은 미세먼지의 경우 16~216%, 아황산가스 5~90%, 일산화탄소 1.4~30 %, 오존 0~148%, 이산화질소 0 ~ 114%로 볼 때, 상대적으로 다른 항목보다도 먼지의 오염수준이 높은 것으로 나타남.

○ 오존의 경우 기온과 밀접한 상관관계가 있으며, 연중 1~10회의 측정을 통한 자료로서 단순히 비교평가하기에는 곤란하다고 판단되어지만 인천시환경기준인 60ppb에는 총 5회에 걸쳐 초과함.

○ 2004년의 경우, 총 96회 측정하였으며, 항목 중 미세먼지의 경우 서구 수도권매립지(1월,  $123\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 10월,  $173\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 12월,  $149\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), 중구 연안아파트(10월,  $178\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), 중구파라다이스 호텔(12월,  $137\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), 서구 서부공단(5월,  $170\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), 서구 북인천인터체인지(12월,  $130\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), 계양구 계양1동 사무소(4월,  $148\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), 동구 보건소(6월,  $122\mu\text{g}/\text{m}^3$ )등등 8지점에서 총10회에 걸쳐 인천지역 단기환경기준( $120\mu\text{g}/\text{m}^3$ )을 초과하였음.

○ 이산화질소 경우 중구 파라다이스 호텔(12월, 92ppb)등 2지점에서 총 2회에 걸쳐 인천지역 단기환경기준인 70ppb를 초과하였다.

○ 단기환경기준 대비 항목별 오염수준은 미세먼지의 경우 8~148%, 아황산가스 3~ 55%, 일산화탄소 6~54%, 오존 10~113%, 이산화질소 10~131%로 볼 때, 상대적으로 다른 항목보다도 먼지의 오염수준이 높은 편임.

○ 이산화질소의 경우 중구 파라다이스 호텔에서 단기 환경기준으로 볼 때, 최고농도를 보였고, 인천시 단기환경기준(70ppb)의 131% 수준임.

○ 오존의 경우 인천시환경기준인 60ppb에는

총 3회에 걸쳐 초과함.

○ 2005년의 경우, 총 90회 측정하였으며, 항목 중 미세먼지의 경우, 서구 수도권매립지(11월 - $134\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), 중구 해양경찰청 화수출장소(10월 -160,  $131\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) 등 2지점에서 총 3회에 걸쳐 인천지역 단기환경기준( $120\mu\text{g}/\text{m}^3/24\text{hr}$ )을 초과하였음.

○ 단기환경기준 대비 항목별 오염수준은 미세먼지의 경우 22~133%, 아황산가스 5~65%, 이산화질소 13~89%, 일산화탄소 6~43%, 오존 3~95%로 볼 때, 상대적으로 미세먼지의 오염도가 높은 편임.

#### <최근 3년간 인천시 단기환경기준 초과내용>

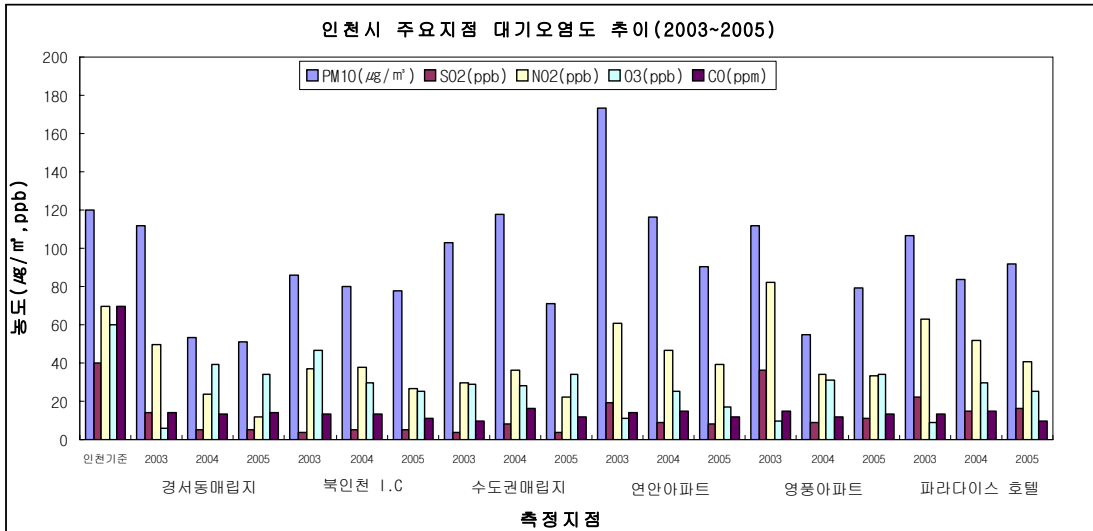
연도	측정 회수	기준 초과회수	초과항목 및 초과회수
2003년	71회	18회	PM <sub>10</sub> (8), NO <sub>2</sub> (5), O <sub>3</sub> (5)
2004년	96회	15회	PM <sub>10</sub> (10), NO <sub>2</sub> (2), O <sub>3</sub> (3)
2005년	90회	3회	PM <sub>10</sub> (3)

○ 2003~2005년도 주요 환경오염(우려)지점들의 대기환경오염도를 살펴보면, 연중 1~10회의 측정을 통해 산출된 자료로서 그 지점을 단순히 비교하기에는 한계가 있지만, 날씨의 영향을 크게 받는 오존과 오염도 수준이 기준의 30%미만인 일산화탄소를 제외하면, 전반적으로 대기오염도가 줄어드는 경향이 있지만 일부지점에서는 지속적인 모니터링을 통한 관리가 필요한 지점도 보였다.

경서동매립지의 경우, 일산화탄소와 오존을 제외한 미세먼지와 아황산가스, 그리고 이산화질소에서 3년 동안 54%, 64%, 그리고 76%가 각각 줄어들었다.

○ 북인천인터체인지의 경우, 3년 동안 큰 차이를 보이지 않는 비슷한 수준이었으며 미세먼지와 이산화질소에서 약 9%와 27% point가

<인천시 주요지점의 항목별 대기오염도 추이(2003~2005)>



※ 일산화탄소(CO)는 그림의 1/10이 실제 값임.

량 줄어들었다.

○ 수도권매립지의 경우, 04년도에 오존을 제외한 모든 항목에서 peak를 보이다가 05년도 줄어들기 시작하였는데, 미세먼지와 아황산가스, 그리고 이산화질소는 04년보다 05년도에 39%, 50%, 39% 줄어들었고, 그 외 오염물질은 비슷한 수준을 보임.

○ 연안아파트의 경우, 미세먼지와 아황산가스, 이산화질소에서 뚜렷한 변화를 보였는데, 미세먼지는 3년 동안 점차 줄어들어 05년의 경우 03년 보다 48% 가량 줄어들었지만 여전히 인천시 단기환경기준의 75%수준으로 높은 편이며, 아황산가스의 경우 19→8ppb로 50%이상 줄어드는 추세이며, 이산화질소는 36% 가량 줄어들었지만, 인천시 기준의 56% 수준으로 타지점 보다 높은 상태로 대규모 물류이동시스템에 따라 부두에 정박하여 작업하는 선박과 대형차량이 발생시키는 배기가스와 먼지 등의 복합적인 영향이 동시에 대기오염원으로 작용한다고 보여짐.

○ 영풍아파트의 경우, 03년과 04, 05년 간에 뚜렷한 차이를 보이고 있는데, 항목별로 보면,

미세먼지의 경우, 03년도는 인천시 단기환경기준의 93% 수준이었다가 04, 05년도에는 46~66% 수준으로 일정한 경향을 보였고, 아황산가스도 03년도는 인천시 기준의 90%에서 04, 05년도에는 23~28%수준으로 낮아졌으며, 이산화질소의 경우도, 03년에 기준의 117%에서 04, 05년에는 47~49%수준으로 낮아짐.

○ 파라다이스호텔의 경우, 항목마다 차이가 있긴 하지만 전반적으로 줄어드는 패턴을 보였는데, 미세먼지는 기준의 83~70%, 아황산가스는 38~55% 수준을 유지하였지만, 이산화질소는 03년에 기준의 90%에서 점차 줄어들어 05년 59% 까지 낮아졌다.

○ 2003~2005년 동안 인천시 주요지점에서의 대기오염물질과 기상인자 사이의 주요한 상관계수(R)를 살펴보면, 이산화질소와 오존은 -0.2~-0.6사이의 강한 음의 상관계수를, 일산화탄소와 이산화질소 사이에는 0.4~0.5의 상관계수를, 이산화질소와 아황산가스 사이에는 0.4~0.6의 상관계수를 보였으며, 미세먼지와 이산화질소 사이에는 0.3~0.7의 강한 양의 상관관계를 보였으며, 일산화탄소와 기온과는 -0.1~-0.5, 오존과 기온 사이에는 0.1~0.4의 상관계수를 보였다.

○ 구체적으로 지역별로 살펴보면, 경서동매립지에서 대기오염물질과 기상인자와의 전체적인 상관계수는 -0.681~0.605의 범위이며, 대기오염물질간 상관계수는 이산화질소와 오존이 -0.681로 강한 음의 상관관계가 있고, 오염물질과 기상과의 상관성은 오존과 풍속과 0.605로 가장 높은 상관계수를 보였다.

○ 북인천 인터체인지에서는 전체적으로 -0.709~0.667의 상관성을 보였고, 오염물질간에는 미세먼지와 이산화질소가 0.667로 가장 높은 상관성을 보였고, 오염물질과 기상인자사이에는 오존과 풍속이 0.439로 가장 높은 상관성을 보였다.

○ 수도권매립지에서는 전체적으로 -0.534~0.677의 상관성을 보였고, 오염물질간에는 미세먼지와 이산화질소사이 0.677로 가장 높은 양의 상관계수를, 오염물질과 기상인자간에는 오존과 습도가 -0.534로 가장 높은 음의 상관계수를 보였다.

○ 연안아파트에서는 전체적으로 -0.649~0.727의 상관계수를 보였고, 오염물질간에는 미세먼지와 이산화질소가 0.727로 강한 양의 상관관계를 보였고, 오염물질과 기상인자간에는 오존과 풍속사이 0.387의 상관계수로 가장 높았다.

○ 영풍아파트에서는 전체적으로 -0.67~0.683의 상관계수를 나타내었고, 오염물질간에는 이산화질소와 아황산가스사이 0.683으로 가장 강한 양의 상관관계를 보였고, 오염물질과 기상인자간에는 일산화탄소와 기온 및 오존과 기온사이 각각 -0.562와 0.457로 가장 높은 상관관계를 나타내었다.

○ 파라다이스호텔에서는 전체적으로 -0.587~0.59의 상관계수를 보였고, 오염물질간에는 미세먼지와 이산화질소사이의 상관계수가 0.59로 가장 높았고, 이어 이산화질소와 아황산가스 사이에 0.579의 상관관계를 보였으며, 오염물질과 기상인자간에는 일산화탄소와 온도사이 -0.494로 가장 높은 상관계수를 보였다.

○ 각 오염물질 항목 및 기상인자간의 상관성

에 있어서, 오존과 이산화질소의 관계는 오존의 광화학 반응시 이산화질소와의 상쇄되는 부분으로 인한 결과로 주로 강한 음의 상관관계를 보였고, 미세먼지와 이산화질소와의 관계는 자동차 등의 내연기관에서의 불완전연소로 인한 오염물질의 대기 중 배출과 차량 등의 통행으로 인한 도로에서의 미세먼지의 재비산으로 인해 서로 뚜렷한 상관성을 형성하는 것으로 보이며, 아황산가스와 이산화질소의 경우도 선박이나 화물차 등의 디젤엔진 내연기관에서 발생되어 뚜렷한 상관성을 보이며, 오존과 풍속의 경우는 오존의 발생시 어느 정도의 임계점을 축으로 peak를 보이는데 이 임계점을 중심으로 양의 상관관계를 나타내며, 일산화탄소와 기온과의 관계에서는 겨울철처럼 기온이 낮을 경우에 난방이나 내연기관의 불완전연소로 인해 일산화탄소의 발생량이 증가하는 경향으로 인해 강한 음의 상관관계를 보였다.

<경서동매립지의 항목별 상관관계(2003~2005)>

	NO <sub>2</sub>	O <sub>3</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	PM <sub>10</sub>	습도	풍속	기온
NO <sub>2</sub>	1							
O <sub>3</sub>	-0.681	1						
SO <sub>2</sub>	0.565	-0.262	1					
CO	0.350	-0.480	0.204	1				
PM <sub>10</sub>	0.496	-0.387	0.375	0.493	1			
습도	0.358	-0.516	-0.002	0.355	0.206	1		
풍속	-0.443	0.605	-0.074	-0.280	-0.231	-0.658	1	
기온	0.139	0.162	0.095	-0.159	0.087	0.069	-0.105	1

(p<0.05)

<북인천 IC의 항목별 상관관계(2003~2005)>

	NO <sub>2</sub>	O <sub>3</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	PM <sub>10</sub>	습도	풍속	기온
NO <sub>2</sub>	1							
O <sub>3</sub>	-0.517	1						
SO <sub>2</sub>	0.515	-0.360	1					
CO	0.476	-0.365	-0.037	1				
PM <sub>10</sub>	0.667	-0.508	0.348	0.641	1			
습도	0.031	-0.423	-0.019	0.224	0.075	1		
풍속	-0.251	0.439	-0.266	-0.208	-0.199	-0.709	1	
기온	0.089	0.244	0.070	-0.229	-0.221	0.108	0.011	1

(p<0.05)

<수도권매립지의 항목별 상관관계(2003~2005)>

	NO <sub>2</sub>	O <sub>3</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	PM <sub>10</sub>	습도	풍속	기온
NO <sub>2</sub>	1							
O <sub>3</sub>	-0.370	1						
SO <sub>2</sub>	0.437	-0.011	1					
CO	0.448	-0.192	0.074	1				
PM <sub>10</sub>	0.677	-0.178	0.276	0.526	1			
습도	0.093	-0.534	-0.236	0.219	0.069	1		
풍속	-0.185	0.483	0.162	-0.180	-0.075	-0.740	1	
기온	-0.077	0.314	-0.122	-0.379	-0.042	-0.216	0.237	1

(p<0.05)

<연안아파트의 항목별 상관관계(2003~2005)>

	NO <sub>2</sub>	O <sub>3</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	PM <sub>10</sub>	습도	풍속	기온
NO <sub>2</sub>	1							
O <sub>3</sub>	-0.239	1						
SO <sub>2</sub>	0.463	-0.383	1					
CO	0.512	-0.249	0.463	1				
PM <sub>10</sub>	0.727	-0.073	0.291	0.430	1			
습도	-0.282	-0.145	-0.300	-0.085	-0.327	1		
풍속	0.233	0.387	0.011	-0.096	0.385	-0.649	1	
기온	0.091	0.096	-0.180	-0.203	0.211	0.439	-0.079	1

(p<0.05)

<파라다이스호텔의 항목별 상관관계(2003~2005)>

	NO <sub>2</sub>	O <sub>3</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	PM <sub>10</sub>	습도	풍속	기온
NO <sub>2</sub>	1							
O <sub>3</sub>	-0.526	1						
SO <sub>2</sub>	0.579	-0.237	1					
CO	0.490	-0.309	0.016	1				
PM <sub>10</sub>	0.590	-0.157	0.444	0.348	1			
습도	0.004	-0.453	0.104	-0.095	-0.141	1		
풍속	-0.374	0.461	-0.327	-0.048	0.072	-0.587	1	
기온	0.203	0.041	0.238	-0.494	0.066	0.140	-0.314	1

(p<0.05)

<영풍아파트의 항목별 상관관계(2003~2005)>

	NO <sub>2</sub>	O <sub>3</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	PM <sub>10</sub>	습도	풍속	기온
NO <sub>2</sub>	1							
O <sub>3</sub>	-0.670	1						
SO <sub>2</sub>	0.683	-0.375	1					
CO	0.450	-0.591	0.345	1				
PM <sub>10</sub>	0.348	-0.259	0.514	0.382	1			
습도	-0.178	0.182	-0.147	-0.219	0.141	1		
풍속	-0.336	0.227	-0.156	-0.178	-0.258	-0.585	1	
기온	-0.085	0.457	0.121	-0.562	0.024	0.254	-0.065	1

(p<0.05)

○ 주요 측정지점 중 수도권매립지와 연안아파트의 2003~2005년 항목별 기상인자와의 회귀분석 결과를 살펴보면, 수도권매립지의 경우, 미세먼지에서 식의 유의성을 찾아 볼 수 없는 경우(p>0.05)를 제외하고 항목별로 다음과 같은 결과를 얻을 수 있다.

SO<sub>2</sub>=10-0.08HUM+0.01WS-0.1TMP(R<sup>2</sup>=0.087)이며 변수 중 기온이 아황산가스를 설명하는데 있어 가장 공헌도가 높음.(P<0.05)

NO<sub>2</sub>=39-0.1HUM-4WS-0.08TMP(R<sup>2</sup>=0.040)이며 변수 중 풍속이 이산화질소를 설명하는데 있어 가장 공헌도가 높음.(P<0.01)

CO=0.911+0.005HUM+0.01WS-0.08TMP(R<sup>2</sup>=0.040)이며 변수 중 기온이 이산화질소를 설명하는데 있어 가장 공헌도가 높음.(P<0.05)

O<sub>3</sub>=45-0.5HUM+0.3WS+0.5TMP(R<sup>2</sup>=0.338)이며 변수 중 기온이 오존을 설명하는데 있어 가장 공헌도가 높음.(P<0.05)

○ 연안아파트의 경우 항목별 회귀분석의 결과는 다음과 같다.

PM<sub>10</sub>=220.27-2.26HUM+22.03WS+4.33TMP(R<sup>2</sup>=0.276)이며 변수 중 습도가 미세먼지를 설명하는데 있어 가장 공헌도가 높음.(P<0.01)

SO<sub>2</sub>=30-0.3HUM-4WS+0.03TMP(R<sup>2</sup>=0.149)이며 변수 중 습도가 아황산가스를 설명하는데 있어

가장 공헌도가 높음.( $P<0.01$ )

$NO_2=70-0.4HUM-0.3WS+0.5TMP(R^2=0.137)$ 이

며 변수 중 습도가 이산화질소를 설명하는데 있

어 가장 공헌도가 높음.( $P<0.01$ )

$CO=1.6-0.004HUM-0.15WS-0.009TMP(R^2=0.064$

)이며 변수 중 풍속이 일산화탄소를 설명하는데

있어 가장 공헌도가 높음.( $P<0.05$ )

$O_3=50-0.08HUM+8WS+0.09TMP(R^2=0.174)$ 이며

변수 중 풍속이 오존을 설명하는데 있어 가장

공헌도가 높음.( $P<0.01$ )

※ HUM : 습도, WS : 풍속, TMP : 기온

## 산성강하물 조사

### □ 조사지점

○ 2004년 7월 까지 남동구 구월동 등 변경 전 측정소에서 산성강하물을 측정하였으나, 과거 10년 동안 측정하여 충분한 데이터를 확보하였다고 판단되며, 향후 지역대기측정망과 연계하는 온라인 시스템 구축을 위하여 산성우측정기의 설치지점을 변경하였다. 변경된 측정소의 주변현황을 살펴보면 다음과 같다. 강화 송해면은 농림지역으로 인위적인 오염원이 거의 없으며 주위환경이 농촌형이고, 계양구 계양동은 주거지역으로 매립지도로가 인접해 있다. 서구 연희동은 상업지역으로 교통량이 많으며, 연수구 송도는 준주거지역으로 신도시 개발이 진행되고 있다. 동구 만석동은 준공업지역으로 대형철강업체 및 중·소규모의 공장이 인접해 있다.

#### ○ 산성강하물 측정망 위치변경 전·후

측 정 망 위 치			
변 경 전	용도 지역	변 경 후	용도 지역
남동구 구월동 보건환경연구원	상업	송도 신도시 테크노파크	준주거
중구 관동 중구청	상업	서구 연희동 서구청	상업
계양구 계양1동 동사무소	주거	변동없음	주거
부평구 갈산동 수질연구실	준공업	동구 만석동 동구보건소	준공업
중구 운서동 과학고등학교	녹지	강화군 송해면 송해면사무소	농림

### □ 조사방법

산성우 자동측정기를 이용 상시측정

○ 강우산도(pH), 전기전도도, 강수량

○ 이온성물질 분포조사( $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{NH}_4^+$ )

○ 각 산성강하물 측정소에 내린 강수의 pH로부터 계산된 수소이온농도를 강수량을 고려한 가중평균으로 평균 pH를 구하였으며, 사용된 계산식은 다음과 같다.

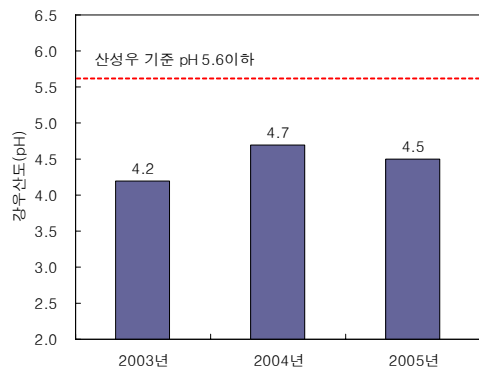
-  $[\text{H}^+]$  강수 가중평균

$$\overline{\text{pH}}_w = -\log([\text{H}^+]) = -\log\left[\frac{\sum_{i=1}^n ([\text{H}^+]_i \times w_i)}{\sum_{i=1}^n w_i}\right]$$

여기서,  $\text{H}^+$ 는 수소이온농도,  $w_i$  강수량,  $n$ 은 시료의 개수를 나타낸다.

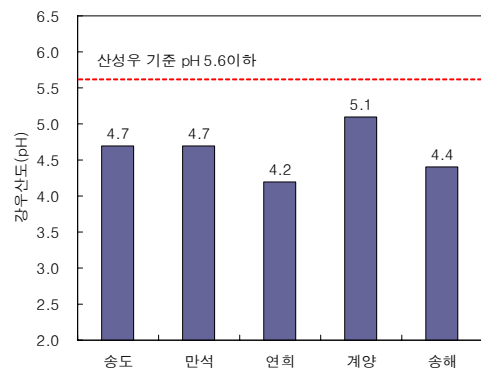
### □ 조사결과 및 분석

#### ○ 연도별 강우산도, 2003~2005



○ 2005년 강우산도는 pH 4.5로 2003년(pH 4.2)대비 0.3 높게, 2004년(pH 4.7) 대비 0.2 낮게 측정되었다. 3년 동안의 평균 pH는 4.5로 조사되었다. 2003~2005년간 연간 강우특성은 산성우로 평가되었다.

#### ○ 측정소별 강우산도, 2005

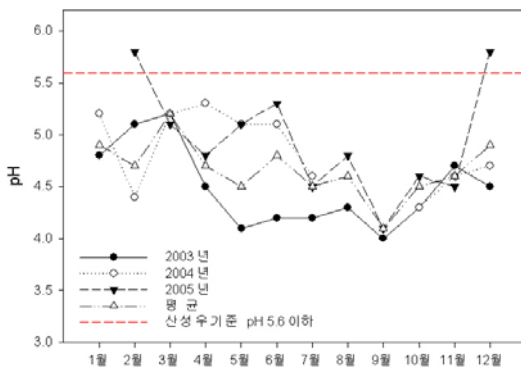


○ 측정지점별 강우산도의 연평균치는 서구 연희동 4.2 < 강화 송해면 4.4 < 송도 신도시, 동구 만석동 4.7 < 계양구 계양동 5.1로 조사되었다. 지역적으로는 주거지역인 계양구 계양동 지역이 가장 높은 수치를 보였으며, 교통량이 많고 상업지역인 서구 연희동 지역이 가장 낮은 pH 수치를 나타내었다.

○ 월평균 강우산도, 2003~2005. (단위: pH)

구분	2003년	2004년	2005년	평균
1월	4.8	5.2	-	4.9
2월	5.1	4.4	5.8	4.7
3월	5.2	5.2	5.1	5.2
4월	4.5	5.3	4.8	4.7
5월	4.1	5.1	5.1	4.5
6월	4.2	5.1	5.3	4.8
7월	4.2	4.6	4.5	4.5
8월	4.3	-	4.8	4.6
9월	4.0	-	4.1	4.1
10월	4.3	4.3	4.6	4.5
11월	4.7	4.6	4.5	4.6
12월	4.5	4.7	5.8	4.9

○ 월평균 강우산도, 2003~2005



○ 봄철에는 중국의 산업단지에서 발생하는 오염물질과, 황사현상으로 인한 알칼리성 토양입자 등이 편서풍을 타고 장거리 이동하여 국내에 비나 눈으로 내려 장마기간에 비해 pH의 변화가 큰 것으로 판단된다. 반면 여름과 가을에는 비구름의 원천이 태평양 상공에서 생성되고, 장마나 태풍으로 많은 강우량이 집중됨에 따라 대기 중의 오염

물질이 세정(wash out)되어 강우산도가 비교적 높게 측정되었다. 인천지역의 월평균 강우산도를 살펴보면 최근 3년(2003~2005년)간 pH 4.1~5.8의 범위를 보이고 있으며, 강우량이 많은 9월이 평균(강우량 가중평균) pH 4.1로 가장 높았고, 반면 3월이 5.2로 가장 낮은 산도를 보였다.

○ 측정소별 월평균 강우산도, 2005년 (단위: pH)

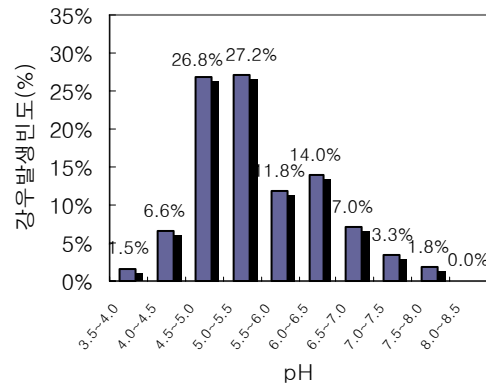
월	송도	만석	연희	계양	송해	평균
1	-	-	-	-	-	-
2	6.2	6.4	6.4	5.3	5.6	5.8
3	5.5	5.1	5.5	5.0	4.6	5.1
4	4.7	4.9	4.8	4.7	4.9	4.8
5	5.2	5.0	5.1	5.0	5.3	5.1
6	6.0	5.1	4.8	5.9	5.3	5.3
7	5.4	4.8	4.6	5.2	4.2	4.5
8	4.9	4.9	4.6	5.2	5.0	4.8
9	4.4	4.5	3.8	5.0	4.2	4.1
10	4.5	4.5	4.5	5.0	4.8	4.6
11	4.6	4.6	4.3	4.8	4.6	4.5
12	6.0	6.4	5.2	6.2	5.9	5.8

주) 강우량을 감안한 가중평균 강우산도(pH),

-: 측정기 이상 및 강우량 부족으로 자료 없음.

○ 5개 측정소에서 조사된 인천지역의 월별 산성강도 평균값은 pH 4.1~5.8의 범위로 측정되었으며 2월과 12월을 제외하고 pH 5.6이하의 산성비가 내린 것으로 조사되었다. 연중 2, 12월의 강우 pH가 5.8로 가장 높았고 이는 월평균 강우량이 타월에 비해 현저히 낮기 때문이다.

○ pH 구간별 강우발생 빈도, 2005년



○ 2005년도 산성강하물 측정망에 내린 1mm 이상 강우 및 강설에 대한 산성도를 조사한 결과 3.4~7.8의 광범위한 강우산도를 보이고 있다. pH 5.6 이하의 산성우는 186회 측정되었으며 전체 강우횟수의 68.4%를 보였고, 특히 pH 4.0 이상의 강우는 1.5%를 차지하고 있는 것으로 조사되었다. pH 5.0~5.5의 범위가 전체 강우횟수의 27.2%를 차지하여 가장 높은 빈도를 보였다

○ 5개 지역에서 채취한 시료를 분석한 결과 이온성분의 연평균 농도는  $\text{Cl}^-$  2.672mg/ℓ,  $\text{NO}_3^-$  3.102mg/ℓ,  $\text{SO}_4^{2-}$  5.057mg/ℓ,  $\text{Ca}^{2+}$  1.206mg/ℓ,  $\text{Mg}^{2+}$  0.561mg/ℓ,  $\text{Na}^+$  0.864mg/ℓ,  $\text{K}^+$  0.281mg/ℓ,  $\text{NH}_4^+$  0.954mg/ℓ 으로 조사되었다.

○ 이온들의 침적량 순위는 여름 > 가을 > 봄>겨울로 나타났으며, 산성도가 낮고 강우량이 가장 적은 겨울과 봄이 다른 계절에 비해 음이온과 양이온의 침적량이 낮았다. 대부분의 이온성분 침적량이 여름철에 가장 높게 나타나는데, 이것은 여름철 강수의 집중현상으로 인해 습성강하물 침적량이 총량적으로 증가하였기 때문이다.



# 대기중금속측정망운영

## □ 개 요(Introduction)

현대사회에 산업이 발달하면서 여러가지 산업활동의 증가, 교통과 연소과정에 의해서 다양한 오염물질의 영향이 심각해지고 있다. 특히 인천시는 PM<sub>10</sub>과 NO<sub>2</sub>의 오염수준이 우리나라 타 지역보다 비교적 높은 것으로 조사·발표되고 있어 심각성이 대두되고 있다. 총 부유먼지는 금속, 수용성 성분을 비롯하여 탄소입자, 유기탄소 및 기타 유기물질 등으로 복잡하게 이루어져 있다. 이들 중 미세입자는 태양광을 산란, 흡수시켜 시정감소의 주요 원인물질로 작용하고, 호흡을 통하여 인체의 기관지 및 폐에 흡입되어 천식과 폐암을 유발하기도 한다. 이들을 흡입시 인체에 건강장애를 초래하고 가스상 물질과 상승작용으로 장시간 폭로 시 기관지염, 천식, 심장질환자의 증상을 악화시킨다.

Table 1. Major Source of heavy metal

Major Source	
Ni	Residual oil combustion
Ca	Crustal material(Also smelter, incinator)
Fe	Crustal material (Also smelter, incinator, Steel blast furnace)
V	Residual oil combustion
Al	Crustal material
Si	Crustal material (Also coal-fired boiler)
Pb	Vehicle exhaust
Br	Vehicle exhaust
Mn	Steel blast furnace, ferro manganese
Cu	Smelter
Ti	Crustal material
Zn	Municipal incinerator (also smelters, zinc oxide kiln)

※ Adapted from U.S. EPA, 1998; Watson et al, 1998; chow,1995; speciate

중금속 주요발생원 및 대기환경기준을 Table 1과 같이 정리하였다. 주요 배출원은 점오염원

으로공단지역이나 소각시설, 자동차, 항만 등을 들 수 있다. 인천시의 경우 3개 국가산업단지(논현, 주안, 부평), 6개 지방 산업단지, 항만, 제철소, 소각장 산재해 있으며, 해안기후의 전형적인 고온다습한 특성으로 잦은 연무, 박무현상이 발생하여 중금속 농도가 높은 수준을 보이고 있다.

2000년 대기오염측정망기본계획에 의거 국가(경인지방환경관리청)에서 관리하던 대기오염측정망 중 중금속측정망운동을 지자체에서 이관 받아 대기질관리에 책임을 강화하는 한편 대기 중의 중금속 오염물질의 발생원을 추정하기 위한 기초자료 및 그 방지대책을 세우는데 자료를 제공하고자(2005.1.1부로 경인지방환경관리청에서 하던 업무가 수도권 대기환경청으로 업무이관) 3년간 조사한 총부유분진과 중금속농도의 변화 추세 및 경향을 분석하였다.

(대기환경보전법 제3조 및 동법 시행규칙 제9조)

## □ 실험방법(Experiment)

본 조사 연구는 관내에 설치된 중금속측정망의 조사결과를 분석하였다. Tabel 2는 2005년 말 기준 인천의 중금속측정망의 설치현황으로, 현재 총 3개소가 운영 중에 있다. (주거지역 1개소, 상업지역 1, 공업지역 1)

Table 2. Heavy metal monitoring site in Incheon

군,구	명칭	소 재 지	용도
남구	송의	송의1동 129-1 동사무소	주거
남동구	논현	논현동 445 남동공단	공업
부평구	부평	부평4동 440-1 부평동초등학교	상업

2003년부터 2005년까지 3년간 중금속측정망에서 조사된 자료를 중심으로 분석하였다. 총 부유분진 및 분진 중의 중금속성분 조성을 알아보기 위하여 상기 3곳의 측정소에 매월 둘째 주 4일간 시료를 포집하였다. 계절에 따른 부유분진

의 농도를 살펴보기 위해 봄은 3~5월, 여름은 6~8월, 가을은 9~11월, 겨울은 12~2월 로 분류하였다. 포집필터는 Glass microfiber filter (8×10inch, Whatman사)를 이용하였으며, 시료 포집 전후에 항온, 항습상태의 데시케이터내에서 48시간이상 보관하였다. 시료포집은 1.2~1.7 m<sup>3</sup>/min 유량의 하이볼륨에어샘플러(Anderson사)를 이용하였고, 분기별로 브리쉬교환시 manometer로 유량을 보정하였다. 측정기로 포집한 시료는 항온, 항습데시케이터에서 24시간이상 보관한 후 0.01mg 까지 측정이 가능한 전자저울을 이용하여 여과지의 무게를 측정하고 질량 농도를 분석하였다. 또한 황사기간 중에는 매일 조사하였으며, 황사발생종료 7일 후 비교조사도 또한 실시하였다. 부유분진에 흡착되어 있는 중금속성분을 추출하기 위해 대기공정시험법에 준한 질산, 염산 혼합액을 이용한 초음파 추출법을 이용하였다. 시료를 포집한 여과지를 100ml 비이커에 넣고 1.03M 질산과 2.23M 염산을 1:1로 혼합하여 30ml를 가한후 sealing film 으로 비이커를 밀봉하고 초음파 추출기로 끓는 물에 시료가 잠길 정도로 채운후 28 KHZ 의 초음파 추출기로 2시간동안 추출하였다. 초음파 처리가 끝난 후 비이커에 여과지를 꺼내어 식힌 후 깔대기를 이용하여 비이커 속의 시료를 여과하고, 증류수로 여과지를 세척하여 최종액량이 50ml 가 되도록 하였다.

전처리 후 AA(Atomic Absorption spectro

meter, Varian사)로 먼지에 부착되어 있는 중금속 성분을 분석하였다.

## □ 실험결과(Results)

### 1. 연도 및 계절별 중금속 농도

인천시 3개 측정지점을 중심으로 2003~2005년까지 3년간 측정지점별로 약 12개월의 기간동안 TSP에 결합된 금속성분의 농도를 관측하였다. 전체적으로 '05년에는 거의 모든 항목에 있어 감소추세에 있는 것으로 조사되었다. Table 3과 Fig. 1 은 연도별 및 계절별 중금속 농도를 조사한 결과이다. 일반적으로 Fe과 같은 주요지각의 구성성분이 가장 높은 편이었고, 각 성분의 평균 농도별로 비교한 결과 Fe > Cu > Pb > Mn > Cr > Ni > Cd 순 이었다.

계절별(3개월 평균)로 중금속농도를 분석한 결과, TSP, Fe, Mn, Cd 등 지각의 주요구성 성분은 각각 181, 3.124, 0.124, 0.010  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 황사의 발생과 먼지날림 등 토양의 재비산에 의한 영향이 큰 봄철에 높은 농도였고, Pb, Ni 등 산업화 과정에서 배출되는 인위적인 오염물질은 각각 0.141, 0.018  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 주로 겨울철에 높은 편이었다. 조사항목 중 유일하게 환경기준이 설정되어 있는 Pb의 경우 05년 농도가 0.091 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 감소하였으며, 3년간 평균농도가 0.118 $\mu\text{g}/\text{m}^3$  로 인천시 대기환경기준(0.5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 3개월 평균)의 약 1/4 수준이었다.

Table 3. Yearly and seasonal trend of heavy metal in Incheon

(unit :  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

구분	연도별 농도				계절별 농도			
	2003	2004	2005	평균	봄	여름	가을	겨울
TSP	146	161	122	143	181	117	133	134
Pb	0.121	0.141	0.091	0.118	0.139	0.079	0.112	0.141
Cd	0.010	0.008	0.004	0.007	0.010	0.006	0.005	0.008
Cr	0.014	0.022	0.015	0.017	0.019	0.014	0.019	0.018
Cu	0.306	0.229	0.183	0.239	0.230	0.208	0.269	0.251
Fe	2.432	2.885	2.256	2.524	3.124	1.893	2.747	2.333
Mn	0.092	0.120	0.086	0.099	0.124	0.073	0.098	0.102
Ni	0.018	0.018	0.013	0.016	0.015	0.014	0.017	0.018

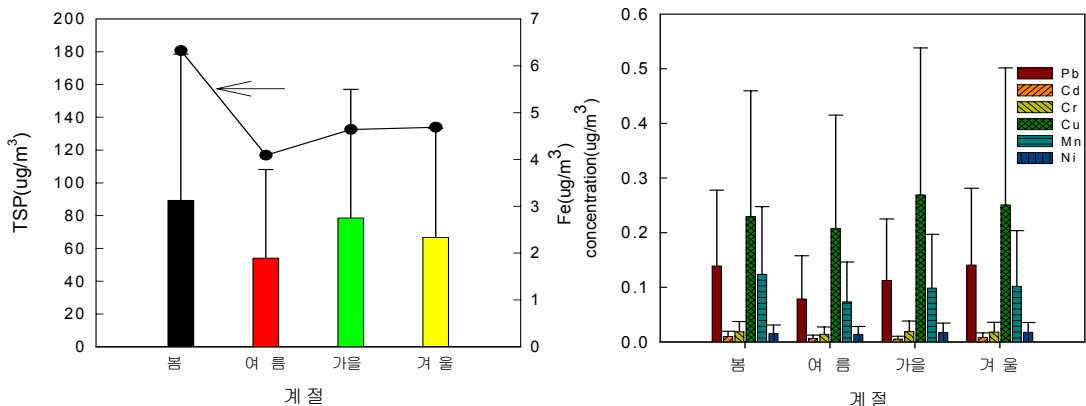


Fig. 1. Seasonal variation of TSP and metallic element, 2003~2005.

## 2. 측정지점별 중금속 농도

2005년 대기 중 중금속농도는 전체적으로 30%(27~35%)정도의 평균 감소한 것으로 나타났으며, Cr이 55%로 가장 높은 감소율을 보였다. 지역적으로는 Mn과 Cu를 제외한 모든 중금속 항목이 공업지역인 논현동 지점에서 다른 조사지점에 비해 높게 나타났으며, 특히 Cd은 타지점 보다 1.2~1.7배, Cr은 1.4~1.7배 정도 높게 나타났다. 주거지역인 송의동과 상업지역인 부평동의 중금속 농도는 송의동 지점이 전반적으로 1.1~1.4배 높게 나타났고, Cr은 오히려 부평동지점이 약 1.4배 높게 조사되었다.

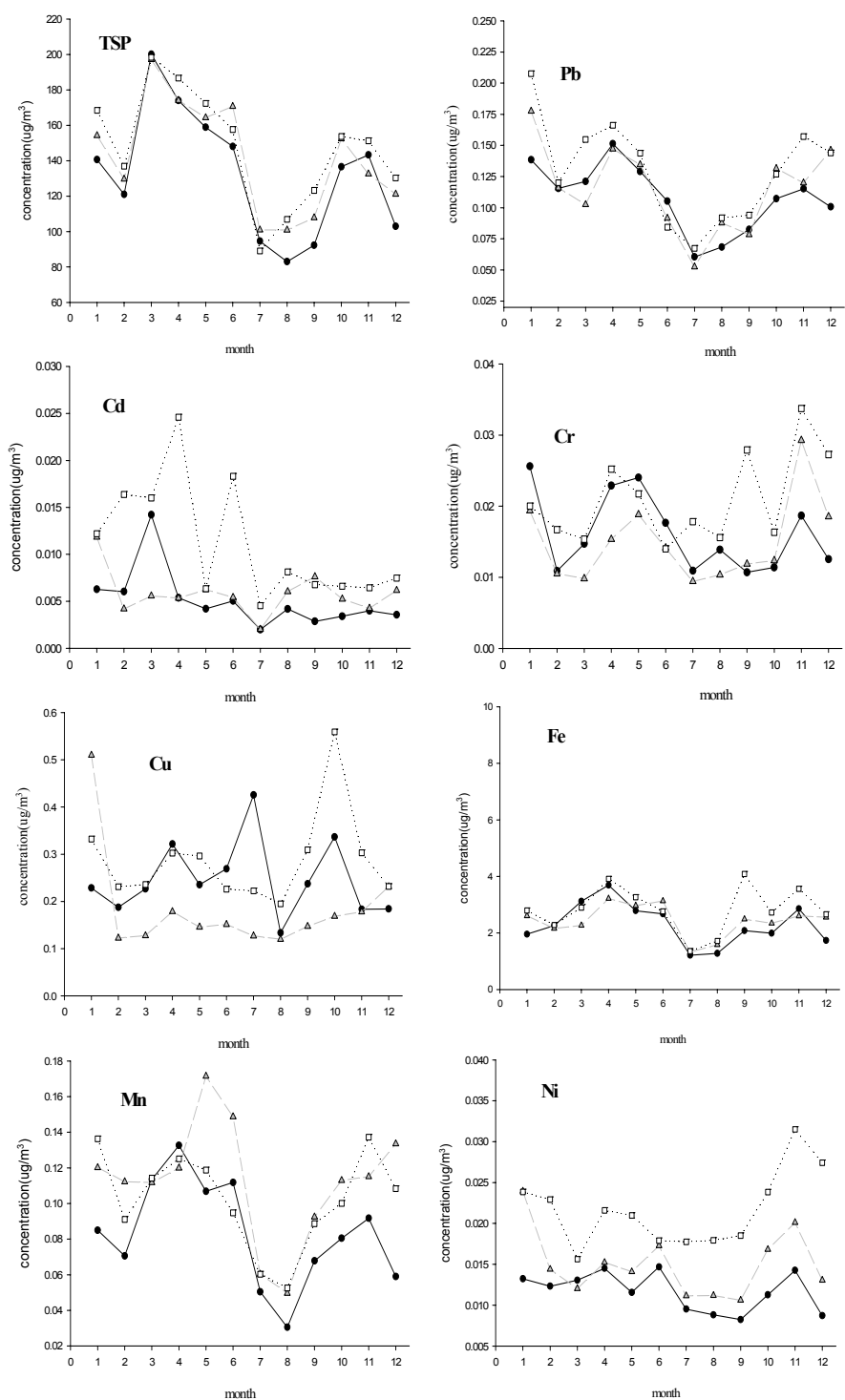
## 3. 월별 중금속 농도

'03~'05년간 월별 평균 중금속 농도분포를 조사한 결과는 다음에 제시된 Fig. 2와 같다. 조사결과 TSP는 3월에 높은 농도를 보였으며, 3월 부평동에서 월평균 농도가  $200\mu\text{g}/\text{m}^3$ (황사)으로 피크값을 나타냈다. Pb 농도는 주로 1, 4, 11월에 고농도였으며, 1월에 논현동 지점에서 월평균 최고농도( $0.208\mu\text{g}/\text{m}^3$ )를 보였다. 유해성 중금속 중 Cd은 부평, 송의 논현 등 3지점에서 WHO권고기준( $0.005\mu\text{g}/\text{m}^3 \cdot \text{year}$ )을 초과하였고, 특히 논현지점이 다른 두지점보다 2배 이상 높게 조사되었다. 또한 Mn은 대부분이 WHO권고기준( $0.150\mu\text{g}/\text{m}^3 \cdot \text{year}$ )이내였으나, 송의동의

Table 4. Regional Trend of heavy metal in Incheon, 2003~2005.

(unit :  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

구분	조사지점	납 (Pb)	카드뮴 (Cd)	크롬 (Cr)	구리 (Cu)	철 (Fe)	망간 (Mn)	니켈 (Ni)
2003년	부평동초등학교	0.109	0.008	0.013	0.310	2.149	0.073	0.013
	송의1동사무소	0.120	0.008	0.014	0.177	2.539	0.011	0.017
	논현동	0.136	0.014	0.016	0.431	2.608	0.094	0.025
	평 균	0.121	0.010	0.014	0.306	2.432	0.092	0.018
2004년	부평동초등학교	0.134	0.005	0.020	0.256	2.848	0.105	0.014
	송의1동사무소	0.139	0.006	0.020	0.174	2.637	0.133	0.017
	논현동	0.151	0.014	0.027	0.258	3.170	0.121	0.021
	평 균	0.141	0.008	0.022	0.229	2.885	0.120	0.018
2005년	부평동초등학교	0.081	0.003	0.015	0.176	1.911	0.071	0.008
	송의1동사무소	0.088	0.004	0.011	0.200( $\Delta$ )	2.128	0.094	0.010
	논현동	0.103	0.005	0.020	0.171	2.729	0.091	0.019
	평 균	0.091	0.004	0.015	0.183	2.256	0.086	0.013



(□, △, ◆ : 2003, 2004, and 2005 respectively)

Fig. 2. monthly distribution of Heavy metal in Incheon, 2003~2005.

5월 평균값이  $0.171\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 기준을 초과한 것으로 나타났다. 하지만 이는 연 평균값이 기준이므로 비교하여 평가 하는 데는 무리가 있다. 토양함유 금속인 Fe과 Cu 항목은 전반적으로 일정한 농도를 보이고 있으나, Fe은 논현동의 9월, Cu는 송의동의 1월과 부평 7월, 논현 9월에 각각 높은 농도를 보이고 있다. 이는 주변오염원에서 영향을 받았을 가능성이 있으며, 원인규명을 위해 좀 더 세부적인 분석과 평가가 요구된다. 이외에 미량원소인 Ni은 겨울철에 높은 농도를 보였으며, 11월에  $0.032\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 최고농도였다.

#### 4. 황사기간 분석결과

2003~2005년의 기간동안 황사 시 먼지 및 중금속농도의 변화추이는 Table 5.에 나타내었다. 2005년 황사는 총 9회 발생 하였으며 2003, 2004년도는 각 2회, 2005년도는 5차례(4회 측정)를 발생하여 예년 수준인 것으로 조사되었다. 황사기간 동안 TSP는  $340\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 비황사시보다 2.4배 정도 높게 조사되었고 2003년 3월에 최대  $2435\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 비황사시 보다 19배 높은 수준이었다. 대기환경기준물질인 Pb은  $0.131\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 환경기준을 초과하지 않는 수준이었으며, 황사시에도 별달리 증가하지 않는 것으로 나타났다. 황사 시 Fe, Mn, Al 같은 토양에 많이 함유된 성분이 증가하는 것으로 나타났다. Fe의 경우 황사기간 동안  $6.215\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 2.5배, Mn은  $0.177\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 1.8배, Al은  $4.003\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 각각 1.9배 이상의 높은 수준을 나타냈다. 반면 Cd( $0.004$ ),

Cr( $0.024$ ), Cu( $0.213$ ), Ni은(3년 평균,  $0.017\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) 등은 황사기간 동안 별다른 변화를 보이지 않았다.

#### □ 고 찰 (Discussion)

인천시 관내 중금속측정망에 대하여 최근 3년간 기본측정계획에 의거 540건, 황사 24건, 황사비교 2건등 총 566건에 달하는 TSP시료 채취 및 분석이 이루어졌다. 점검결과, 2005년 대기 중 중금속농도는 전체적으로 30%(27~35%) 평균 정도 감소한 것으로 나타났다. 하지만 일부 Cd, Mn 같은 중금속은 부분적으로 WHO권고기준을 초과한 것으로 나타났고, 타시도 비교 시 에도 아직까지 높은 수준이었다. 따라서 적절한 원인규명과 대책이 수립이 요구된다.

#### □ 참고문헌(Reference)

1. 대기환경연보. 2003년 환경부
2. 대기환경연보. 2004년 환경부
3. 대기환경연보. 2005년 환경부
4. 김성연외 4명, 서울시 일부지역의 대기 중 미세먼지에 관한 연구, 환경보건학회지, 2005, (31), 301~308.
5. 김영성, 대기 중 잔류성 유기오염물질과 중금속 특성과 현황, 한국대기환경학회지, (19), 2003, 113~132.

Table 5. Trend of heavy metal during yellow sand episode, 2003~2005

(unit:  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

황사기간	TSP	Pb	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Ca	Mg	Al
2003	122	0.136	0.002	0.011	0.283	2.339	0.078	0.011	0.748	1.576	2.442
2004	560	0.111	0.007	0.027	0.166	8.887	0.269	0.016	9.181	4.015	8.313
2005	336	0.147	0.003	0.033	0.189	7.418	0.183	0.024	2.577	3.341	1.253
3년 평균	340	0.131	0.004	0.024	0.213	6.215	0.177	0.017	4.169	2.977	4.003
비 황사기간	143	0.118	0.007	0.017	0.239	2.524	0.099	0.016	3.767	2.034	2.095
황사/ 비황사	2.4	1.1	0.6	1.4	0.9	2.5	1.8	1.1	1.1	1.5	1.9

## 다중이용시설 등의 실내공기질 관리

### □ 개 요(Introduction)

최근 사람들이 하루 중 85%이상을 실내에서 생활하는 것으로 보고되는 등 실내에서 생활하는 시간이 많아졌으나, 건축물의 기밀화 및 환기부족, 최근에는 복합화학물질들을 사용한 건축자재의 보급이 증가함에 따라 실내공기오염이 심화되고 있다. 실내오염은 외부의 오염된 공기가 실내로 유입되거나 실내에서의 개인활동 및 건축자재에서 발생하는 것으로 나눌 수 있는데 주 오염물질로는 미세먼지(PM<sub>10</sub>), 휘발성유기화합물(VOCs), 포름알데히드(HCHO) 등이다. 선진국에서 보고한바와 같이 이러한 오염물질은 건물병증후군 (Sick Building Syndrome) 및 화학물질과민증 (Multi Chemical Sensitivity)을 유발시켜 인간에게 신체적 정신적으로 유해한 영향을 끼치는 것으로 보고하고 있다.



Fig. 1. The influence of indoor air pollution

이에 환경부에서는 2003년 5월 실내공기질의 합리적인 관리를 위해 기존의 지하생활공간공기질관리법을 다중이용시설등의 실내공기질관리법으로 대폭 개정하여 공포하였으며, 2004년 5월 30일부터 시행되었다(2005.12.30 개정). 실내공기

질관리법에는 기존의 지하역사, 지하도 상가뿐만 아니라 많은 사람들이 이용하는 도서관, 박물관, 대합실, 의료기관, 대규모점포 등 총 17개 시설군으로 대상시설을 확대하였으며, 신축공동주택에 대해서는 실내오염물질 중 포름알데히드와 5종의 휘발성유기화합물에 대해 권고기준을 설정하고 주민 입주 전에 오염도를 측정하여 공고하도록 되어있다.

이에 근거하여 인천시 관내 다중이용시설에 대한 실내공기질 측정하고, 법령 준수 여부를 철저히 지도·점검하여 시설을 이용하는 국민의 건강보호 및 환경상 위해요인 예방하고자 하고자 하였다. [※ 다중이용시설등의 실내공기질 관리법] 제정('03.5.29),시행('04.5.30),개정('05.12.30)]

### 다중이용시설 현황

인천시 관내 다중이용시설은 Table 1과 2에서 보는 바와 같이 2005년 현재 14개 시설군, 268 개소이며, 대상시설 별로는 대규모 점포와 실내주차장이 각각 60개소로 가장 많았고, 그 다음으로 찜질방 53개소, 의료시설 35개소, 지하역사 21개소 순 이었다. 각구별로는 남동, 부평, 연수구등 도심지내에 주로 많은 수의 시설이 위치하고 있다.

Table 1. The present condition of public facilities in Incheon

구 분	시 설	구 분	시 설
지하역사	21	철도역사대합실	3
지하도상가	13	대규모점포	60
여객터미널	1	보육시설	0
공항여객터미널	1	노인시설	2
항만대합실	2	장례예식장	2
도서관	8	찜질방	53
박물관	0	산후조리원	7
미술관	0		
의료기관	35		
실내주차장	60	계	268

Table 2. The present condition of public facilities by administrative district in Incheon

중구	동구	남구	연수	남동	부평
20	8	27	45	49	47
계양	서구	강화	옹진	경제특구	계
35	28	4	0	5	268

## □ 실험 방법(Experiment)

본 조사는 2005년도 인천시 관내 다중이용시설 268개소 중 40개소(15%)에 대하여 유지기준 항목인 PM<sub>10</sub>, CO<sub>2</sub>, HCHO, CO, 부유세균 등 5개 항목을 각 대상시설의 대표지점 2곳 이상 선정하여 측정하였다. 각 대상물질의 측정은 실내공기질 공정시험방법에 준한 방법으로 측정하였고, 이 측정결과를 통하여 다중이용시설에서의 실내공기질을 관리대책 및 관련연구의 기초자료로 활용하고자 할 수 있을 것으로 기대된다.

## □ 점검결과(Results)

조사대상 시설군은 총 14개 시설군이었으며, Table 3은 시설군 별로 평균값을 이용하여 다중이용시설의 평균값을 계산한 결과이다. 조사결과, 평균농도는 미세먼지가 39 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , CO<sub>2</sub> 580ppm, HCHO 58 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , CO 1.3ppm로 대부분의 시설에서 기준이내 인 것으로 나타났다. 또한 이 중 조사대상 총 40개소의 5%인 2개소(지하상가)에서 HCHO와 CO<sub>2</sub> 등 2개 항목이 초과하였으며, 초과시설의 HCHO 농도는 기준의 2.8~3배를 초과하였고, CO<sub>2</sub>는 1.3~1.4배 수준인 것으로 조사되었다.

Table 3. Summary of indoor air quality

구분	평균	최대	최소	기준	비고
PM <sub>10</sub>	39	111	14	150	5%초과
CO <sub>2</sub>	580	1376	425	1000	5%초과
HCHO	58	358	14	120	-
CO	1.3	4.8	0.2	10	-

※ 위 값은 각각 시설군별 측정값을 기준으로 계산

Table 4에서 정리된 시설군별 실내오염물질 농도는 시설의 특성에 따라 차이를 보였다. PM<sub>10</sub>은 항만대합실과 실내주차장에서 시설노후 및 차량에 의해 높았으며, CO<sub>2</sub>와 CO는 지하상가, 항만대합실, 산후조리원 등 환기시설의 용량이 부적합한 곳에서 높은 편이었다. 또한 최근 복합 화학물질 등 건축자재에 많이 이용되고 있는 HCHO는 각종 섬유 및 제품을 판매하고 있으며, 유동인구가 많은 지하도상가에서 높게 나타났다.

Table 4. Concentration of indoor air quality by facilities

대상시설 군	PM <sub>10</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	CO <sub>2</sub> (ppm)	HCHO ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	CO (ppm)	세균 (CFU/ $\text{m}^3$ )
지하역사	46	428	38	1.2	-
지하도상가	44	726	121	1.0	-
자동차터미널	20	531	39	1.5	-
공항여객터미널	23	513	75	0.4	-
항만 대합실	111	783	33	1.0	-
도서관	18	689	49	1.4	-
의료기관	46	522	67	0.6	518
실내주차장	51	498	73	3.7	-
철도역 대합실	20	574	51	1.7	-
대규모점포	35	520	56	0.9	-
노인전문 병원	43	499	37	0.3	235
장례식장	20	597	70	1.0	-
찜질방	44	508	58	1.5	-
산후조리원	28	729	39	1.7	737

### 1. PM<sub>10</sub>

PM<sub>10</sub>은 항만시설 중 대합실이 111 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 최고농도였고, 실내주차장이 51 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 다음으로 높았으며, 지하역사와 의료기관이 46 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 지하도상가 44 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 노인전문요양시설 43 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 찜질방 41 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 시설군별 평균농도 39 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 보다 높은 수준으로 조사되었다. 이 결과는 한양대에서 조사한 수도권지역의 지하역사, 대규모점포, 찜질방, 보육시설 등 10개 시설(총30개 지점)의 평균미세먼지농도 55 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 보다 약간 낮은 수준이다. PM<sub>10</sub> 중 지하역사의 조사결과는 46 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이었고 유지기준을 초과하는 시설은 없었다. '03년 지방환경청 조사결과인 서울(6개소)



125.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 부산(15개소) 101.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 대구(8개소) 111.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$  보다 낮은 수준이었다.

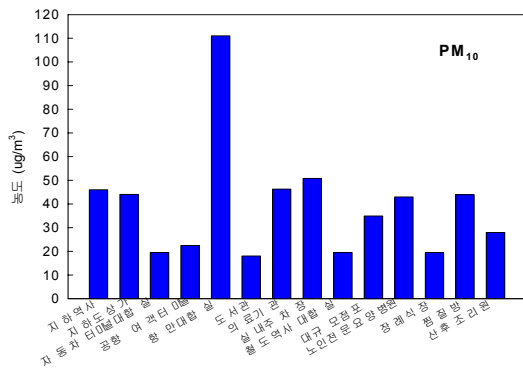


Fig. 2. PM<sub>10</sub> concentration of indoor air

## 2. CO<sub>2</sub>

실내에서 CO<sub>2</sub>는 사람의 호흡과 연료의 연소에 의해 주로 발생되고 인체에 미치는 영향으로서의 중요성보다는 실내공기오염의 지표로 활용되고 있다. 대상시설의 실내 CO<sub>2</sub> 농도는 대부분이 지하공기질 기준의 절반수준인 500ppm이상 이었고, 향만대합실에서 783ppm으로 최고농도였다. 이외에도 산후조리원이 729 ppm, 지하도상가 726ppm, 도서관 689ppm, 장례식장 597ppm으로 시설군별 평균농도(580ppm)보다 높은 것으로 조사되었다. (\* 측정지점 최고농도는 중앙로 지하상가에서 1376ppm에서 기준의 1.4배 초과)

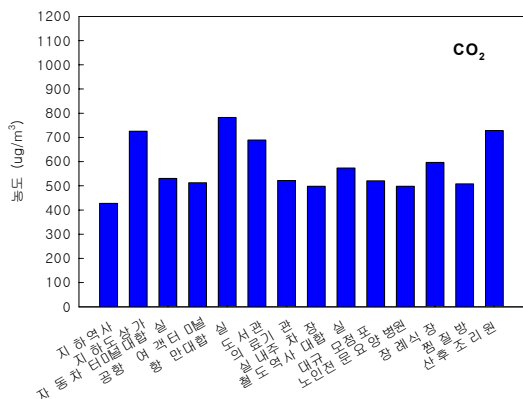


Fig. 3. CO<sub>2</sub> concentration of indoor air

## 3. HCHO

포름알데히드는 주로 실외보다는 실내에서 농도가 높으며, 냄새가 있는 무색의 기체로 물에 잘 녹는 수용성 물질이다. 주로 피혁, 합성수지 제조시, 접착제 등에 많이 사용되며, 주로 일반 주택 및 공공건물에 사용되는 단열재 등의 건축 자재, 실내 가구의 칠, 난방연료의 연소과정, 흡연, 생활용품, 접착제, 의약품에서 배출된다. 실내에서 포름알데히드의 농도는 주로 신축아파트와 의류상가 등에서 고농도로 조사되며, 온도와 습도가 높은 상황에서 오염정도가 심해진다. 인체의 영향으로 포름알데히드는 발암성을 가지고 있으며, 눈, 코, 목 등을 자극하고 장시간에 노출된 경우는 기침, 설사, 구토 등을 유발한다. 포름알데히드는 지하도상가에서 121 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 최고농도였고, 공항터미널에서 75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 실내주차장 73 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 장례식장 70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$  등 시설군별 평균값 64 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 보다 높은 것으로 나타났다. 지하상가의 경우는 특히, 의류매장과 가죽제품을 취급하는 곳이 많아 포름알데히드의 발생이 많은 것으로 판단된다. 이 것은 한양대에서 조사한 수도권지역의 지하역사, 대규모점포, 찜질방, 보육시설 등 10개 시설(총30개 지점)의 평균 포름알데히드 농도 43 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 보다 높은 것으로 나타났다.

(\* 최고농도는 중앙로지하상가에서 358 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 기준의 3.5배 초과)

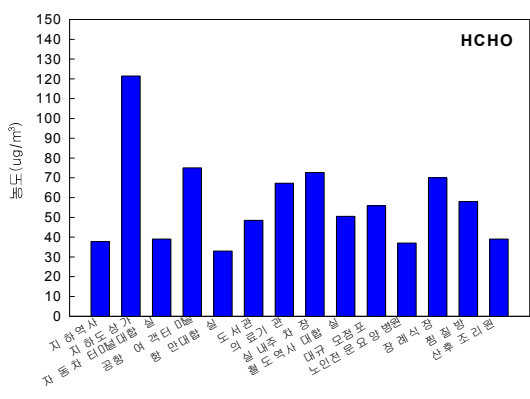


Fig. 4. HCHO concentration of indoor air





이후 인천관내 268개의 다중이용시설 중에서 40개 시설에 대하여 지도 점검을 실시하였다. 점검결과 다행하게도 대부분의 시설은 실내공기질의 유지기준이내인 것으로 조사되었다. 하지만, 일부시설에서는 HCHO 와 CO<sub>2</sub> 등 2개 항목이 초과하였으며, 초과 시설의 HCHO 농도 2.8~3배, CO<sub>2</sub> 는 1.3~1.4배 정도 기준을 상회하는 것으로 나타났다. 부유세균 또한 산후조리원에서 유지기준에 근접하는 시설이 조사되는 등 취약시설에 대한 실내공기의 주기적인 점검 및 관리에 대한 노력이 요구된다.

## □ 참고문헌(Reference)

1. 전국신축공동주택 실내공기질 실태조사. 2004년 국립환경연구원
2. 실내공간 공기오염 특성에 관한 연구(2002), 환경부
3. 실내공기질 관리방안에 관한 연구(1999), 환경부
4. 2005년도 한국실내환경학회 연차 학술대회 및 정기총회 논문집(2005년), 한국실내환경학회
5. 다중이용시설 등의 실내공기질 관리법(2006. 01.01), 환경부
5. 다중이용시설내 공기중 바이오에어로졸 농도 분포 특성에 관한 연구(2004), 13, 215~222, 한국환경과학회지

## 오존예보제 운영

### □ 개 요(Introduction)

과거 우리나라의 도시지역에서는 석유·석탄과 같은 화석연료를 사용하는 과정에서 생성되는 SO<sub>2</sub>, CO 등 1차 오염물질에 의해 대기가 주로 오염되었으나, 이들 오염물질을 저감시키기 위해 저황유의 사용확대, 고체연료의 사용금지, 청정연료의 사용 의무화 등 연료의 규제제도와 배출허용기준의 적용 등 대기질 개선정책을 추진한 결과 환경기준의 달성 등 정책효과가 드러나고 있다. 하지만 자동차의 보급과 화학산업의 고도화에 따른 각종 화학물질의 사용증가로 오염물질의 배출이 증가되었고, 대기오염의 양상은 광화학스모그, 미세먼지, 휘발성유기화합물질 등이 증가하는 선진국형으로 빠르게 변화하고 있다. 오존은 대기 중에 배출된 NO<sub>x</sub>와 휘발성유기화합물(VOCs) 등이 자외선과 광화학 반응을 일으켜 생성된 PAN, 알데하이드, Acrolein 등의 광화학 옥시단트의 일종으로 2차 오염물질에 속한다. 전구물질인 휘발성유기화합물은 자동차, 화학공장, 정유공장과 같은 산업시설과 자연적 생성 등 다양한 배출원에서 발생한다. 오존은 주로 높은 온도, 일사량, 낮은 상대습도, 저풍속에서 발생하여 인체에 나쁜 영향을 주는 것으로 보고되고

있다.

현재 국내의 대기환경 기준으로 1시간 0.1 ppm, 8시간 0.06ppm 이하가 규정돼 있다. 0.1~0.3ppm 농도의 오존에 1시간 노출되면 호흡기가 자극받는 것은 물론, 기침 등의 현상이 나타나며 0.3~0.5ppm에 2시간 노출되면 운동 중 폐기능이 감소할 수 있다.

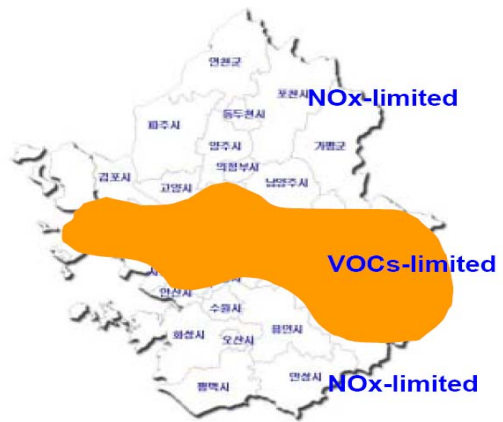


Fig. 2. The sensitivity of related pollutant at Higher Ozone level in the national capital region.

기존의 연구보고서에 따르면, 인천시의 경우

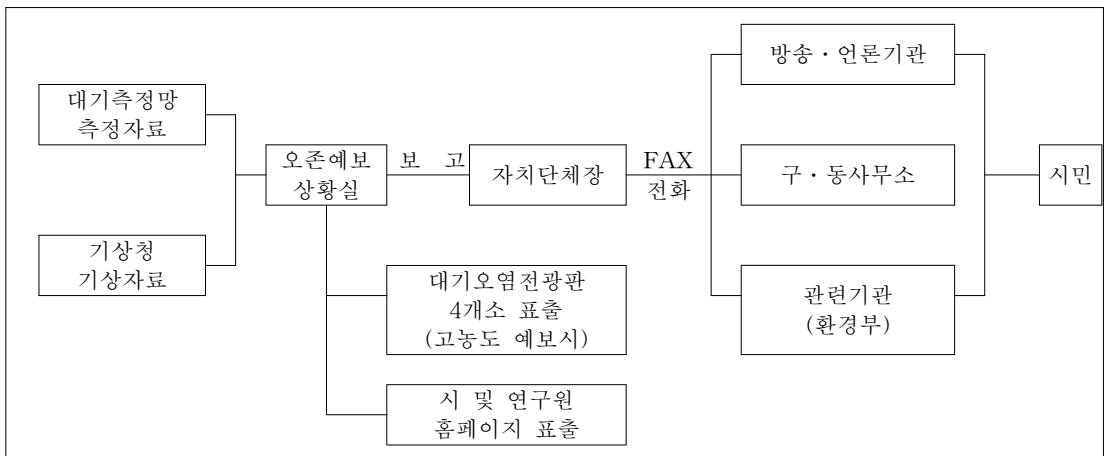


Fig. 1. The flowchart of Ozone forecast system in Incheon.

Fig.2에서 보듯이 오존의 증가에 영향을 미치는 주요한 원인으로 휘발성유기화합물로 알려져 있다. 고농도의 오존은 인간의 건강 및 식물의 성장에 영향을 주는 것으로 나타났다.

이러한 오존의 영향에 대한 예방책 및 대시민 홍보효과를 위하여 오존경보제와 오존예보제를 실시하고 있다. 오존예보제는 아래 Fig.1에서 보는바와 같이 측정소에서 수신된 주요 대기오염도와 기상자료(지상 및 상층), 내일의 기상예보자료를 이용하여 『2000년 오존예보모델식』을 활용하여 익일의 오존농도를 미리 예측하고 관련기관 및 시민에게 오존주의보의 발생가능성을 시민에게 홍보하고 있다. 본 조사는 최근 '03년부터 '05년까지 최근 3년간 오존예보제의 결과를 분석함으로써 향후 오존예보제를 운영하는데 있어 기초자료를 제공하고자 한다.

## □ 내 용

오존예보제의 예보기간은 오존의 농도가 증가하기 쉬운 매년 5월초부터 9월말 까지 오존경보제와 동일한 기간에 실시하고 있다. 인천의 오존예보제 실시지역은 아래 Table 1에서 보듯이 3개권역 8개구 11개 측정소에서 실시하고 있다.

Table 1. Site of Ozone forecast system in operation.

구분	행 정 구 역	대기고정 측정소명
중·남부 지역	중구, 남구, 연수구, 남동구	신흥동, 송의동, 구월동, 논현동, 송도
서부지역	동구, 서구	만석동, 연희동, 석남동, 검단
동부지역	부평구, 계양구	부평동, 계양동

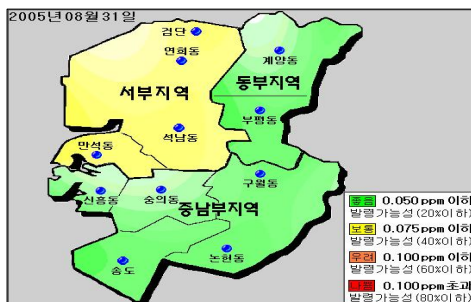


Fig. 3. The district of Ozone forecast in operation.

오존예보는 오존예보시스템 중에서 『'00년 오존예보 개선식』의 모델식을 활용하여 실시하고 있으며, 오존예보결과 표출방식 및 예보기준은 Table.2와 같이 오존경보 발령권역인 3개 권역으로 구분하여 인천광역시 홈페이지 보건환경연구원 부분에 4등급 색상 및 오존주의보 발생가능성을 확률표시하고 있다.

Table 2. Classification of Ozone forecast level

구 분	예 보 기 준
Green Color(좋음)	0.05ppm 이하 (주의보 발생가능성 20%이하)
Yellow Color(보통)	0.051~0.075ppm 이하 (주의보 발생가능성 20~40%)
Orange Color(우려)	0.076~0.100ppm 이하 (주의보 발생가능성 40~60%)
Red Color(나쁨)	0.100ppm 초과 (주의보 발생가능성 60~80%)

## □ 예보결과(Results)

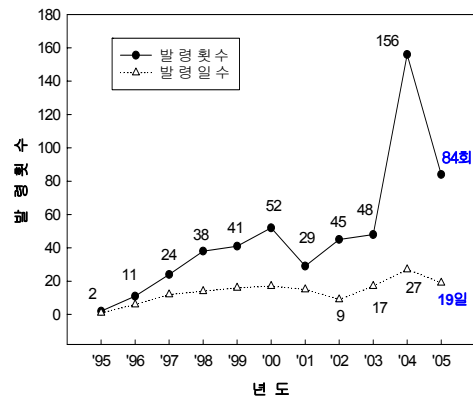


Fig. 4. Yearly mean occurrence of Ozone warning

전국적으로 과거 10년간 오존주의보 발령내용은 Fig.4와 같다. 오존주의보는 '95년도에는 2일(2회)로 거의 발령되지 않았으나, 지속적으로 증가하다가 '01년이후 증가 높은 증가추세에 있으며, 05년 19일(84회)로 높은 수준으로 나타났다.

Table 3. Regional summary of Ozone warning condition

연도	'00	'01	'02	'03	'04	'05
계	17(52)	15(29)	9(45)	17(48)	27(156)	19(84)
인천	2(4)	2(2)	2(4)	2(2)	6(8)	4(7)
서울	8(16)	4(5)	1(1)	2(2)	5(9)	5(17)
부산	3(3)	1(2)	2(2)	2(5)	2(3)	2(2)
대구	-	-	-	4(7)	5(9)	1(1)
울산	-	3(3)	-	2(4)	6(7)	3(3)
경기	12(29)	11(17)	7(38)	8(23)	14(83)	9(39)
전남	-	-	-	3(4)	9(15)	6(8)

지역별 오존주의보 발령현황은 Table 3과 같다. 일반적으로 주의보 발령은 경기, 서울, 전남, 인천 순으로 주로 수도권지역에서 오존농도가 높았던 것으로 조사되었다. 인천시의 경우 '03년 5월 13일, '04년 6월 2일, '05년 5월29일 첫 오존주의보가 발령되었으며, '03년 이후 3년간 평균 주의보 발령은 4일간 5회 이었다. '05년에는 5일간 7회 발령되었다.

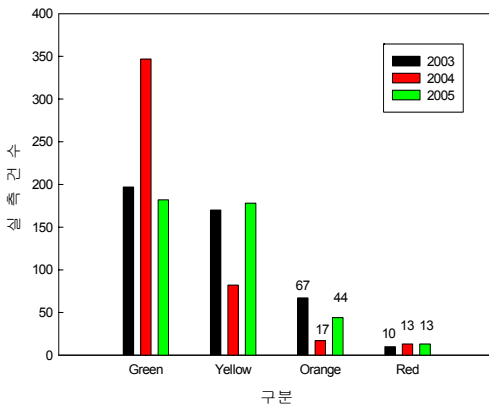


Fig. 5. Result of Ozone forecast, 2003~2005

최근 3년간 오존예보제 실시결과 예보등급별 실측건수는 Fig.5와 같이 나타내었다. 예보등급별로는 Green(0.051ppm이하)에서 평균 242건(182~347건)으로 높은 편 이었고, 다음으로 Yellow(0.051~0.075ppm)에서는 143건(82~178건)이었다. 오존농도가 비교적 높은 편인 Orange(0.075~0.100ppm)의 범위에서는 평균 43건(17~67건), Red(0.100ppm이상)에서는 평균 12건(10~

13건)으로 낮은 편이었다. 연도별로 오존예보 결과를 살펴본 결과는 아래와 같다.

Table 4. Result of Ozone forecast in 2003

구분	실측(예측)건수				
	중·남부	서부	동부	합계	적중율
Green	75(79)	60(72)	62(81)	197(232)	45%
Yellow	58(38)	54(51)	58(46)	170(135)	
Orange	12(25)	28(20)	27(17)	67(62)	
Red	3(6)	6(5)	1(4)	10(15)	

'03년 오존예보 결과는 Table.4와 같다. 분석 결과, Green에서의 실측(예보)건수가 197(232)건으로 가장 많았으며 다음으로 Yellow 170(135) > Orange 67(62) > Red 10(15) 순으로 나타났다. 오존예보의 적중률은 45%로 다소 낮은 수준이었다.

Table 5. Result of Ozone forecast in 2004

구분	실측(예측)건수				
	중·남부	서부	동부	합계	적중율
Green	119(89)	112(78)	116(80)	347(247)	60%
Yellow	23(46)	31(52)	28(47)	82(145)	
Orange	7(15)	3(15)	7(19)	17(49)	
Red	4(3)	7(8)	2(7)	13(18)	

'04년 오존예보 결과는 Table.5와 같다. 분석 결과, Green에서의 실측(예보)건수는 347(247)건으로 가장 높았으며, 다음으로 Yellow 82(145) > Orange 17(49) > Red 13(18) 순으로 나타났다. 오존예보의 적중률은 전년 45% 대비 15%가량 높아진 것으로 나타났다.

Table 6. Result of Ozone forecast in 2005

구분	실측(예측)건수				
	중·남부	서부	동부	합계	적중율
Green	54(78)	61(83)	67(87)	182(248)	58%
Yellow	63(48)	59(44)	56(40)	178(132)	
Orange	18(12)	15(10)	11(10)	44(32)	
Red	4(1)	4(2)	5(2)	13(5)	

'05년 오존예보 결과는 Table 6과 같다. 분석 결과, 전년도와 비슷하게 Green에서의 실측(예보)건수는 182(248)건으로 높았으며, 다음으로 Yellow 178(132) > Red 44(32) > Orange 13(5) 순으로 나타났다. 오존예보의 적중율은 58%로 예년과 비슷한 수준이었다.

이와 같이, 오존예보를 시행하면서 나타난 예보농도와 실측농도 차이에 대한 주요원인은 첫째, 예보식의 변수 중, 예보최고기온과 최저기온과의 차가 포함되어 있어 예보기온에 따른 오존예측농도의 변화 폭이 커졌으며, 둘째 오존의 생성과정에서 대기 중 오존 전구물질이 존재하고 전일 혹은 당일에 흐리고 비가 온 후, 날씨가 맑아지면서 기온의 상승과 저기압골 등의 영향으로 오존농도가 상승하여 오존예측농도의 적중률이 낮아지는 현상이 나타나기도 하였다. 셋째, 오존농도가 높아질수록 고농도식과 저농도식의 구분적용이 모호하며 이에 따른 예측농도의 변화폭이 크게 나타나는 것이 오존예보의 적중률을 낮추는 요인으로 평가된다.

## □ 고찰 (Discussion)

전국적으로 과거 10년간 오존주의보는 95년도에는 2일(2회)로 거의 발령되지 않았으나, 지속적으로 증가하다가 '01년 이후 높은 증가추세에 있으며, '05년 19일(84회)로 높은 수준으로 나타났다. 지역별로는 경기, 서울, 전남, 인천 순으로 주로 수도권지역에서 오존농도가 높았던 것으로 조사되었다. 인천시의 경우 '03년 이후 3년간 평균 주의보 발령은 4일간 5회 였으며, '05년에는 5일간 7회 발령으로 전년도보다 적은 수준으로 조사되었다.

실측결과, 예보등급별로는 Green 범위에서는 평균 242건(182~347건)으로 이상의 높은 편이었고, 다음으로 Yellow 143건(82~178건) > Orange 43건(17~67건) > Red 12건(10~13건) 순으로 Orange 이상인 날이 약 13% 인 것으로 조사되었다. 오존예보 적중률은 '03년도 45%, '04년도 60%, '05년도 58%의 적중률을 보였다.

예보시 고농도시 예측 값과 차이가 생기는 경우가 발생하는데, 이러한 원인은 예측시 정확도가 높은 것으로 알려진 상층기상자료 수신에 제한, 명일 일기예측의 오차 발생등 예보제 운영과정에서 고농도 예보시 적중률이 낮아지는 몇가지 제한점이 있었다.

이에 따라, 향후 각 지역의 도시대기측정소 데이터를 기초로 측정망 자료의 활용 부분을 점차 확대함으로써, 해당지역의 예측 정확도를 높이는 모델식의 보완작업과 전문인력에 대한 교육이 등 오존예보제의 효과적 운영을 위한 노력이 요구된다.

## □ 참고문헌 (Reference)

1. 오존경보제 운영개선 방안(경기개발연구원, 2000).
2. 오인보, 김유근, 황미경, 수도권지역의 오존오염 패턴과 기상특성(2005), p357~365, 한국대기환경학회지.
3. 유은철, 박옥연, 부산지역 오존 및 이산화질소 농도의 공간분포해석에 따른 대기오염측정망 배치연구(2004), p583~591, 한국대기환경학회지.
4. 오인보, 김유근, 황미경, 연안도시지역의 해풍지역이 오존분포 특성에 미치는 영향(2004), p345~360, 한국대기환경학회지.

# 비산먼지 오염도 조사

## □ 개 요

2003~2005년간 먼지저감 종합대책과 관련하여 정기적인 비산먼지를 조사하고 원인을 분석함으로써 쾌적한 도시환경 조성과 시민의 삶의 질 향상 기여하고 자 함.

## □ 조사방법

비산먼지의 오염도를 조사는 아래 Table 1에 나타난 바와 같이 총 8개 지점에 대하여 실시하였고, 분석용 여지는 분석전후 24시간 이상 건조하여 칭량 후 사용하였다. 시료채취시 지점별로 대표점 1곳을 선정하여 High Volume Air Sampler (SAUV-1H, Wedding Associates사)를 사용하여 24시간 동안 유량 1.2~1.6 m<sup>3</sup>/h범위에서 시료를 채취하였다.

Table 1. TSP monitoring site in Incheon.

지 역	측정지점
중 구	파라다이스호텔, 연안아파트
동 구	송현 3동 사무소
연수구	송도신도시 홍보관
서 구	수도권매립지, 검단출장소, 창신초등학교, 검단 2동사무소

## □ 결 과

### 1. 일반현황

Table 2. Result of TSP concentration, 2003~2005

지 역	2003	2004	2005	2005년도			
				1/4	2/4	3/4	4/4
파라다이스호텔	167.2	214.0	127.3	116	139		
연안아파트	195.5	187.4	151.9	121	183		
송현3동사무소	133.9	152.5	131.9	140	124		
송도홍보관	145.8	158.9	94.0	86	103		
수도권매립지	165.7	142.0	141.3	125	158		
검단출장소	-	125.9	96.3	100	92		
검단2동사무소	-	108.2	92.5	83	102		
창신초등학교	-	159.4	114.1	126	102		
영흥화력발전소	72.6	86.0	-				
경서동사무소	147.0	-	-				
평 균	159.2	156.0	118.7	112	125		

※ 영흥화력발전소는 반기별 1회 측정, 평균계산시 제외

비산먼지 저감 종합대책에 대한 먼지 조사결과, 지점별 연평균 농도분포는 2003년 159.2 $\mu$ g/m<sup>3</sup>, 2004년 156.0 $\mu$ g/m<sup>3</sup>, 2005년 118.7 $\mu$ g/m<sup>3</sup>으로 연평균오염도는 감소 추세를 보이고 있다. 2005년 지점별로는 연안아파트가 가장 높았으며, 수도권매립지> 송현3동사무소> 파라다이스호텔> 창신초등학교> 검단출장소> 송도신도시홍보관> 검단 2동사무소 순으로 나타났다.

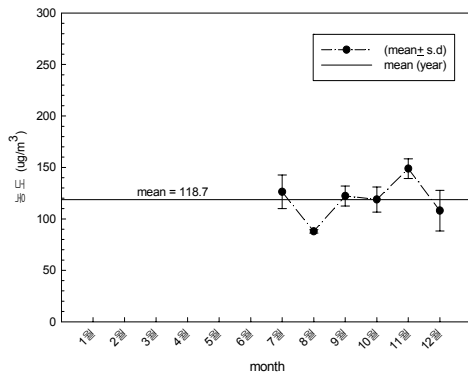
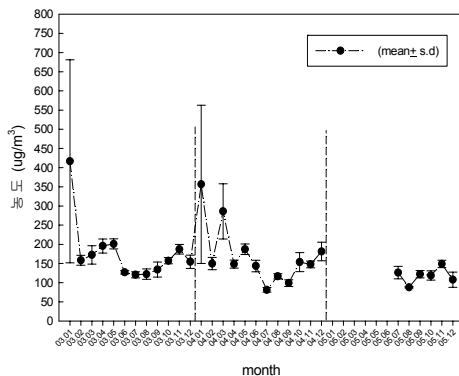


Fig. 1. Monthly distribution of TSP concentration in Incheon, 2003~2005.

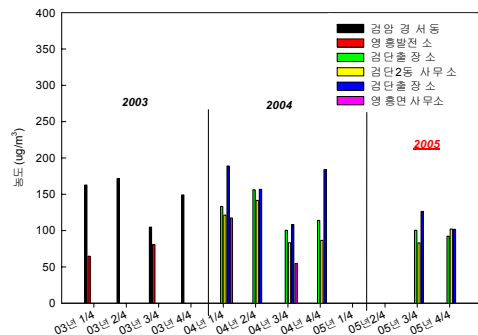
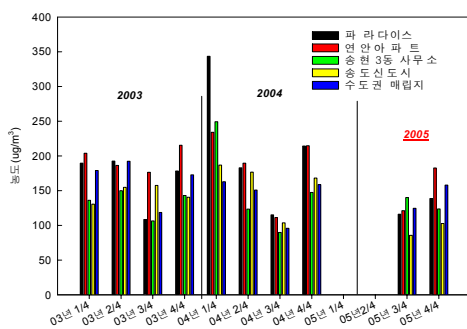


Fig. 2. Regional TSP concentration in a quarter of a year in Incheon, 2003~2005.

## 2. 분기별 농도

최근 3년간 분기별 비산먼지 농도조사 결과, Fig.2에서 보듯이 전체적으로  $55 \sim 343 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 의 농도범위에서 변화를 보이고 있으며, 전체적으로 연안아파트 > 파라다이스호텔 등에서 3년 평균  $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 를 상회하는 높은 비산먼지 농도를 나타내었다.

이중에서 연안아파트는 3년 동안 꾸준히 높은 비산먼지 수준이었고, 2005년에 가장 높은 농도를 보였다. 또한 검단 2동사무소는 측정지점 중 가장 수치가 낮은 지역으로, 2005년도에는  $92.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 의 농도로 낮게 측정되었다.

## 3. 지점별 조사결과

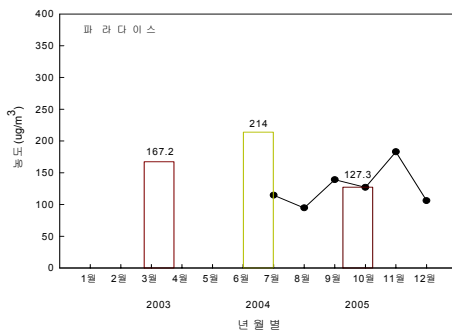


Fig. 3. Yearly and monthly concentration at Paradise hotel.

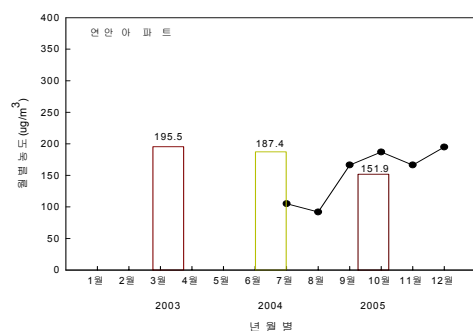


Fig. 4. Yearly and monthly concentration at Yeon-An APT.

### - 파라다이스 호텔

인천항내 고철 및 사료하역시 발생하는 비산먼지와 대형운반차량의 빈번한 통행으로 월별 분포는 2003년  $167.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , 2004년  $214.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , 2005년  $127.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 전년도에 비해 많이 감소하였음

### - 연안 아파트

모래부두의 인접하고 있으며, 대형 운반차량 빈번하여 도로먼지의 재비산 영향이 큰 지점으로 12월에 최고농도( $194.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ )를 보였다. 연평균농도는 2003년  $195.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , 2004년  $187.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , 2005년  $151.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 전년도에 비해 감소함.



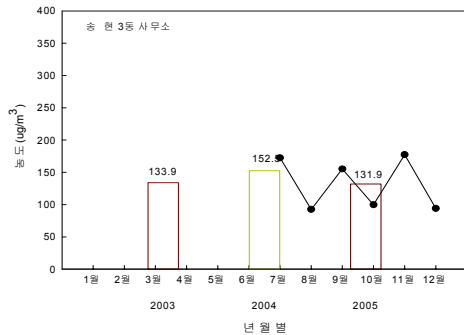


Fig. 5. Yearly and monthly concentration at Song-Hyun 3 dong office.

- 송현3동사무소

INI 및 동국제강 등의 주변지역으로 대형차량의 통행이 빈번한 지점으로 11월에 최고농도(177.3μg/m³)였고, 11월을 제외하고는 전체적으로 150 μg/m³ 내외에서 큰 변화가 없었다. 연도별로는 2003년 133.9μg/m³, 2004년 152.5μg/m³, 2005년 131.9μg/m³로 조사되었고, 재개발 사업 추진에 따라 공사가 진행중인 지역이다.

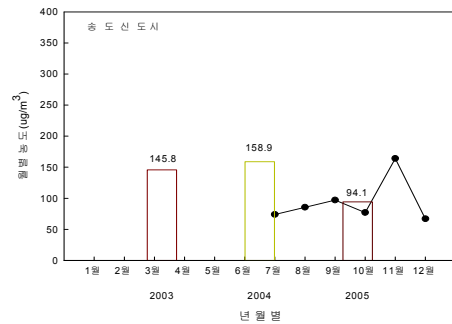


Fig. 6. Yearly and monthly concentration at Song-Do new town.

- 송도신도시홍보관

송도신도시 홍보관의 주변건설현장에서 건설이 활발하게 진행되고 있으며, 11월 최고농도 164.0μg/m³를 보였고, 7, 8, 9, 10, 12월 등 5개월간 100μg/m³을 이하의 비산먼지가 조사되었다. 2003년 145.8μg/m³, 2004년 158.9μg/m³ 2005년 94.0μg/m³으로 전년 대비 감소하였음.

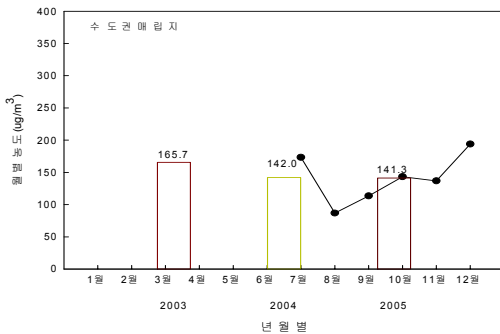


Fig. 7. Yearly and monthly concentration at National Caption Area landfill.

- 수도권 매립지

매립지내 쓰레기 수송차량 및 대형차량의 빈번한 이동으로 악취 및 비산먼지의 발생이 높은 지역으로 12월 겨울철에 높은 비산먼지 수준을 보이고 있으며, 연도별로는 2003년 165.7 μg/m³, 2004년 142.0μg/m³, 2005년 141.3μg/m³으로 전년과 같은 수준으로 측정됨.

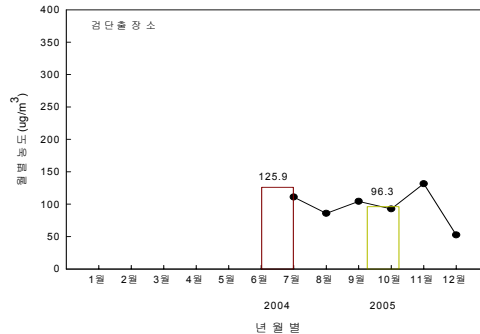


Fig. 8. Yearly and monthly concentration at Gum-Dan office.

- 검단출장소

택지개발 및 도로개설공사로 인한 다량의 토사운반 및 공사관련 차량통행에 의한 비산먼지가 발생하는 지점으로 2004년도 처음으로 조사 시 평균농도가 125.9μg/m³으로 비교적 낮은 수준으로 조사되었고, 2005년 96.3μg/m³으로 더욱 감소함.

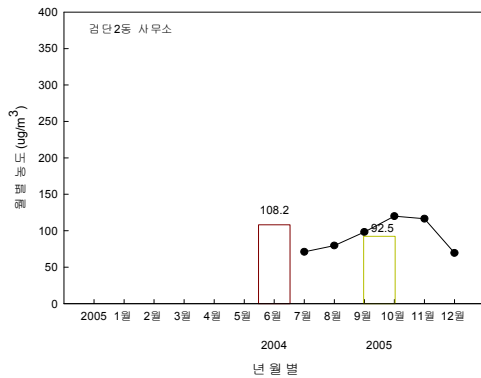


Fig. 9. Yearly and monthly concentration at Gum-Dan 2dong office.

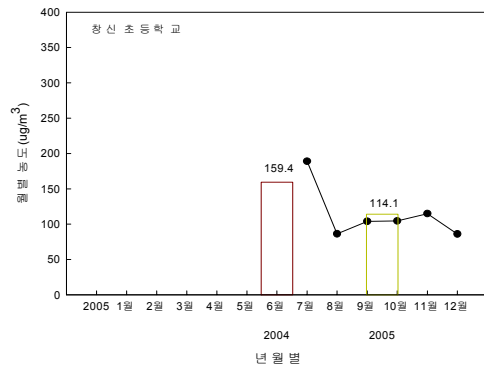


Fig. 10. Yearly and monthly concentration at Chang-Shin elementary school.

#### - 검단2동 사무소

경제자유구역 청라지구에 속한지역으로 최근 아파트 신축 및 개발이 빈번하고, 차량 통행에 의한 비산먼지 발생이 우려되는 지역으로 2004년 평균  $108.2\mu\text{g}/\text{m}^3$  처음 조사되었다. 2005년에는 평균  $92.5\mu\text{g}/\text{m}^3$  수준으로 비산먼지 농도가 감소하였음

#### - 창신초등학교

최근 택지개발 및 도로개설공사로 인한 다량의 토사운반 및 공사관련 차량 통행에 의한 비산먼지 발생이 우려되는 지역으로 2004년 평균  $159.4\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 조사되었고, 2005년 평균  $114.1\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 전년도 비해 낮게 측정 되었다.

## □ 고 찰(Discussion)

쾌적한 도시환경조성과 시민의 삶의 질 향상을 목표로 비산먼지 오염도조사는 94년 5개 지점을 시작으로 하여, 최대 14개 지점까지 운영되어 오다가 '03~'05년간 8개 지점으로 축소하여 시행하였다.

최근 3년간 관내 8개 지점에 대한 조사결과와는 다음과 같다. 3년간 평균 비산먼지 농도는  $140.6\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이었으며, 연안아파트가  $178.3\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 높았고 파라다이스호텔, 수도권매립지등에서 평균 농도를 각각 초과하는 것으로 조사되었다. 연도별 평균 비산먼지 농도는 2003년  $159.2\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 2004년  $156.0\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 2005년  $118.7\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 최근 오염도는 '03년보다 25% 감소 추세를 보였다. 지점별로는 연안아파트, 수도권매립지, 송현3동 사무소, 파라다이스호텔등 주로 구도심권에서

높은 수준을 보이는 것으로 조사되어 이지역의 비산먼지에 발생원에 대한 지속적인 점검 및 관리가 필요한 것으로 판단된다. 지점별 월별 비산먼지의 변화는 상기그림과 표에 지점별 특성과 함께 기술하였다.

## □ 참고문헌(Reference)

1. '98 업무실적 및 분석(환경분야)
2. 정우용, 대기오염·소음·진동·공정시험방법 2002, p. 407~413.
3. 2005년 대기질 평가보고서(2005), 인천광역시 보건환경연구원.

# 환경소음특정망 노음도사

## □ 근 거

- 소음·진동규제법 제3조(상시측정)
- 소음·진동규제법시행규칙 제5조  
(측정망 설치계획의 결정·고시)
- 환경소음측정망설치운영  
(인천광역시 고시 제95-273호 '95.12.29)

## □ 조사기간

2005년 3월~12월  
(매분기별 마지막 달, 4회/년)

## □ 대 상

- 국토의 계획 및 이용에 관한 법률에 의한 용도지역별 9개 지역 45개 지점
  - “가”지역 : 녹지, 종합병원, 학교지역  
(3지역, 15지점)
  - “나”지역 : 일반주거, 준주거지역  
(2지역, 10지점)
  - “다”지역 : 상업, 준공업지역  
(2지역, 10지점)
  - “라”지역 : 일반공업지역①, 일반공업지역②  
(2지역, 10지점)

## □ 조사방법

- 측정위치
  - 일반지역 : 반경 3.5m 이내에 장애물이 없는 곳으로 지면 1.2~1.5m에서 측정
  - 도로변지역 : 건물에서 도로측으로 1m 떨어진 지점
- 측정횟수 및 시각
  - 낮시간대(09:00, 12:00, 16:00, 20:00) 4회
  - 밤시간대(23:00, 01:00) 2회
- 측정방법
  - 샘플주기를 1초 이내로 하여 5분 이상 측정하며 매 분기별 측정

## □ 조사결과

- 지역별 소음도 조사결과

(단위 : dB(A))

지역구분	적용대상지역	환경기준		조사결과	
		낮	밤	낮	밤
일반지역	“가”지역	50	40	56	50
	“나”지역	55	45	53	48
	“다”지역	65	55	60	55
	“라”지역	70	65	63	56
도로변지역	“가” 및 “나” 지역	65	55	65	60
	“다”지역	70	60	72	67
	“라”지역	75	70	75	68

- 환경소음도 조사결과 지역별 연간 평균 소음도는 일반지역 중 “가”지역의 경우 낮·밤 시간대에, “나”지역은 밤 시간대에 환경기준을 초과하였으며, 도로변지역의 경우 낮 시간대에는 “다”지역, 밤 시간대에는 “가” 및 “나”지역, “다”지역에서 환경기준을 초과 하였다.

- 일반지역 중 정온을 요하는 “가”지역, “나”지역은 차량통행 및 유동인가 증가 등 기타 소음 발생원에 노출되어 있어서 미약한 소음에도 환경기준을 유지할 수 없는 실정이며, 특히 밤 시간대에 환경기준을 만족시키기에는 매우 어려운 상태인 것으로 나타났다.

- 분기별 소음도 조사결과

(단위 : dB(A))

지역구분	적용대상지역 (환경기준:낮/밤)	1분기		2분기		3분기		4분기	
		낮	밤	낮	밤	낮	밤	낮	밤
일반지역	“가”지역 (50/40)	56	50	56	49	57	50	56	50
	“나”지역 (55/45)	54	47	52	48	53	48	52	47
	“다”지역 (65/55)	60	54	59	55	60	55	61	55
	“라”지역 (70/65)	62	55	63	55	63	56	63	56
도로변지역	“가”및“나”지역(55/55)	65	59	64	60	64	60	65	61
	“다”지역 (70/60)	73	68	72	69	71	66	71	66
	“라”지역 (75/70)	76	68	74	67	75	69	75	69

- 일반지역 중 “가”지역의 낮 시간대 및 밤 시간대는 매 분기 환경기준을 초과하였고, “나”지역은 밤 시간대에 매분기 환경기준을 초과했으며, “다”지역 및 “라”지역은 낮 시간대·밤 시간대 모두 환경기준을 만족하였다.

- 도로변지역 중 “가”및“나”지역의 낮 시간대는 환경기준이내였으나, 밤 시간대는 모두 환경기준을 초과하였고, “다”지역은 낮·밤 시간대 모두 환경기준을 초과하였으며, “라”지역은 1분기 낮 시간대만 기준을 초과하였을 뿐 그 외는 모두 환경기준이내로 조사되었다.

#### ○ 2005년 용도지역별 소음도 현황

(단위 : dB(A))

지역구분	적 용 대 상 지 역 (환경기준 : 낮/밤)		측 정 지 역	측정 소음도		
				낮	밤	
일	“가”지역 (50/40)	녹 지 지 역	연수구 옥련동	52	47	
		전용주거지역	-	-	-	
		종합병원지역	남동구 구월1동	63	58	
		학 교 지 역	계양구 계산1동	54	46	
반	“나”지역 (55/45)	평 균		56	50	
		일반주거지역	연수구 동춘2동	55	48	
		준 주 거 지 역	부평구 부평동	51	48	
		평 균		53	48	
지	“다”지역 (65/55)	상 업 지 역	남동구 간석1동	59	56	
		준 공 업 지 역	남 구 학익1동	60	53	
		평 균		60	55	
		역	“라”지역 (70/65)	일반공업지역①	동 구 만 석 동	63
일반공업지역②	서 구 가 좌 동			62	57	
평 균				63	56	
도 로 변 지 역	“가” 및 “나”지역 (65/55)			녹 지 지 역	연수구 옥련동	56
		전용주거지역	-	-	-	
		종합병원지역	남동구 구월1동	69	65	
		학 교 지 역	계양구 계산1동	65	60	
		일반주거지역	연수구 동춘2동	68	63	
		준 주 거 지 역	부평구 부평동	65	61	
	“다”지역 (70/60)	평 균		65	60	
		상 업 지 역	남동구 간석1동	73	68	
		준 공 업 지 역	남 구 학익1동	70	67	
		평 균		72	67	
		“라”지역 (75/70)	일반공업지역①	동 구 만 석 동	74	66
			일반공업지역②	서 구 가 좌 동	76	70
평 균		75	68			

- 일반지역 중 “가”지역은 낮·밤 시간대에 모두 환경기준을 초과하였으며, 종합병원은 낮·밤

시간대 각각 13, 18dB(A) 정도 높게, 녹지 및 학교 지역은 2~7dB(A) 환경기준을 초과하여 정온한 환경을 유지하기 위한 대책이 필요하며, “나” 및 “다”지역의 주거·상업지역의 낮 시간대는 환경기준 이내였으나 밤 시간대는 1~3dB(A)정도 환경기준을 초과하였다. “다” 및 “라”지역의 공업지역은 낮·밤 시간대 모두 환경기준을 만족하였다.

- 도로변 지역 중 “가” 및 “나”지역의 녹지지역은 낮·밤 시간대 모두, 학교 및 준 주거지역은 낮 시간대 기준에 근접하게 환경기준 이내였으나, 종합병원 및 일반주거지역은 낮 시간대 3~4dB(A), 밤 시간대는 8~10dB(A), 학교 및 준주거지역은 밤 시간대에 5~6dB(A) 정도 높게 환경기준을 초과하여 저소음노면포장 및 교통소음규제지역지정 등의 소음저감 대책이 필요했다.

#### ○ 최근 3년간 소음도 현황

(단위 : dB(A))

지역구분	적용대상지역	환경기준		'05년		'04년		'03년	
		낮	밤	낮	밤	낮	밤	낮	밤
일반지역	“가”지역	50	40	56	50	55	49	56	51
	“나”지역	55	45	53	48	54	49	55	51
	“다”지역	65	55	60	55	61	56	63	58
	“라”지역	70	65	63	56	58	53	60	54
도로변지역	“가”및“나”지역	65	55	65	60	65	58	65	59
	“다”지역	70	60	72	67	70	64	71	66
	“라”지역	75	70	75	68	74	65	76	66

- 최근 3년간 지역별 소음도 변화추이를 보면 일반지역 중 “나” 및 “다”지역은 감소하며, “라”지역은 큰폭으로 증가하는 경향을 보이며, 도로변지역의 낮시간대는 비슷하나 밤시간대의 소음도는 증가하는 추세를 보였다.

- 일반지역 중 “가”지역(녹지·병원·학교지역은) 낮, 밤 시간대에 비슷하며, “나”지역(일반·준주거지역) 및 “다”지역(상업·준 공업 지역)은 감소(1~3dB(A))하는 경향을 보이고 있으나, “라”지역(일반공업지역)은 큰폭으로 증가(2~

5dB(A))하는 추세를 나타내고 있다.

2003년부터 2005년까지 환경소음도 조사결과 정온을 요하는 일반지역의 “가”지역인 녹지지역, 병원지역, 학교지역은 낮, 밤 시간대에 모두 환경기준을 초과하였다 “나”지역의 경우는 낮 시간대에 2003년부터 2005년도까지 연도별로 1dB(A) 정도씩 감소되어 모두 환경기준을 만족하였으나 밤 시간대에는 1~2dB(A)씩 감소하는 경향을 보이고는 있으나 최근 3년 동안 모두 환경기준을 초과하였다. “다”지역의 경우 낮 시간대에는 조사년도 모두 환경기준이내였으며, 밤 시간대 경우 과거 2년간은 환경기준을 초과하였고 2005년도는 2003년도에 비해 3dB(A) 감소하여 환경기준이내였다. “라”지역(일반공업지역)은 큰폭으로 증가(2~5dB(A))하는 추세를 나타내고 있으나 낮, 밤 시간대에 3년 모두 환경기준 이내로 조사되었다.

- 도로변지역의 경우 소음도가 증가하는(1~4dB(A))경향을 보이고 있으며, “가” 및 “나”지역은 3년 동안 낮 시간대에는 모두 환경기준이내였으나, 밤 시간대에는 모두 환경기준을 초과하였고, “다”지역은 2004년도 낮에만 환경기준 이내로 나타났으며 그 외는 낮·밤 시간대 모두 환경기준을 초과하였다. “라”지역의 경우 2003년도 낮 시간대에만 환경기준을 초과하였으며, 2004년도 및 2005년도 2년간은 모두 환경기준 이내로 조사되었다.

## □ 저감방안

정온을 요하는 일반지역의 “가”지역은 낮, 밤시간대 모두 환경기준을 초과하고, “나”지역은 밤시간대에만 환경기준이 초과되었으며, 도로변 지역의 소음도는 증가하는 추세로 “가”및“나”지역은 밤시간대에 “다”지역은 낮·밤시간대 모두 환경기준을 초과하고 있어 이에 대한 저감방안이 요구된다.

○ 환경소음의 발생원은 교통소음의 영향이 크므로 교통소음규제지역을 지정 고시하여 속도제한, 대형차 우회 유도 등 규제지역 관리 강화가 필요하며, 소음기 불법개조 차량·오토바이 등 집중단속 철설하다

○ 도로변에 인접하여 공동주택을 건설하는 경우 공동주택 소음도 기준 및 공동주택배치 규정의 강화와 도로에서 충분한 이격거리가 확보되어야 한다

○ 민원 발생이 빈번한 지역을 중심으로 저소음포장도로, 방음벽 및 방음터널을 시급히 확충해야한다.

○ 생활환경의 정확한 실태를 파악하고 측정 자료를 확보하기 위해 24시간 소음을 측정할 수 있는 자동측정기 설치가 필요하다.

# 산업단지 지하수의 휘발성유기화합물질 실태조사

김경태, 민왕기, 이주형, 김오목, 이영주, 민성은  
수질보전과

## An investigation on groundwater contamination by VOCs in the industrial complex

K.T.KIM, W.G.MIN, J.H.LEE, O.M.KIM, Y.J.LEE, S.E.MIN  
Division of Water Quality Conservation

### Abstract

According to the data 「National Groundwater Monitoring Network Investigation」, the level of VOCs(TCE, PCE), artificial contaminants, in industrial complex is two times higher than that of other site. Therefore, we investigated contamination by VOCs(TCE, PCE) for the groundwater and the combined water from discharged wastewater in Namdong and Nam-gu(Juan, Dohwa-dong) industrial complex.

The groundwater samples were taken at 24 sites(Namdong-gu ; 17sites, Nam-gu ; 7 sites) and their types of use were domestic and industrial-groundwater. TCE, PCE were detected as 34%(16 of 47samples) and the level of 8 samples were higher than the groundwater standard level.

The combined water from discharged wastewater in Namdong industrial complex and influent/discharged water in Seung-gi sewage treatment plant were collected. In 4.1% samples of the combined water from discharged wastewater, the level of TCE and PCE was higher than wastewater standard level. In Seung-gi sewage treatment plant, TCE was detected in influent but not detected in discharged water.

Comparing to data, the detection rate of TCE, PCE in industrial complex is 5.5 times higher than other sites in Incheon. In case of exceed rate, the level of industrial complex in Incheon is higher than other sites in Incheon and national industrial complex by 7.4 times and 1.8 times respectively.

## I. 서 론

지하수자원의 합리적 보전 및 관리·이용을 위해 1993년 12월 10일 지하수법이 제정, 공포된 이후 '97년 제1차 개정(1월) 및 수질보전을 위해 “지하수

의수질보전등에관한규칙”이 2003년 6월 18일 개정·공포 시행되었다.

전국 지하수 이용량은 건설교통부의 자료에 의하면 2001년말 기준, 1,109,885공(孔), 3,209.8백만 m<sup>3</sup>/년으로서 인천시의 연간 이용량은 8,148공, 44.0백만m<sup>3</sup>/년이며, 이 중 생활용수 6,514공, 21.7백만m<sup>3</sup>/년, 공업용수 250공 1.6백만m<sup>3</sup>/년, 농업용

수 1,030공 17.2백만m<sup>3</sup>/년, 기타용수 354공, 3.5백만m<sup>3</sup>/년으로 이용량의 비율은 생활(49.3%), 농업(39.1%), 기타(7.9%), 공업(3.7%)용수 순이었다.

특히, 중구(21.8백만m<sup>3</sup>/년) 및 용진군(8.5백만m<sup>3</sup>/년), 강화군(3.4백만m<sup>3</sup>/년) 등 3개 군·구는 관내의 상당부분이 도서지역에 위치, 상수도 보급률이 낮아 연간 33.7백만m<sup>3</sup>(톤)의 지하수 이용률을 보여 인천시 전역 지하수 사용량의 76.4%를 차지하고 있는 실정이며 이러한 지역적 특수성으로 인해 서울, 부산을 제외한 5대 광역시 중 지하수 이용률이 가장 높은 지역이기도 하다.<sup>1)</sup>

우리가 늘 가까이 접하고 있으면서 자칫 소홀하기 쉬운 것이 물과 공기임은 두말할 것도 없거니와 그 중 지하수는 상수도의 높은 보급률로 인한 대체효과로 인해 오염의 심각성 또는 오염문제에 대한 체감도가 공기에 비하면 낮다고 볼 수 있으나 어느 것 하나 그 중요성을 저울질 할 수 없을 것이다.

이에 정부는 전국적인 지하수수질 현황과 수질변화 추세를 정기적으로 파악, 지하수 수질보전정책 수립을 위한 기초 자료를 확보코자 환경부 주관, 전국 지하수오염도 평가사업인 『지하수 수질측정망조사』에서 (지방)환경청은 오염우려지역(781개 지점)을, 시·도는 일반지역(1,240개 지점)을 대상으로 연 2회 실시하고 있다.

조사결과<sup>2)3)</sup> 전국 지하수의 연도별 기준초과율이 오염우려지역(2001년 6.8%, 2002년 5.7%), 일반지역(2001년 3.7%, 2002년 2.4%)으로서 산업단지 등 오염우려지역이 일반지역에 비해 수질기준 초과율이 2배를 상회하며, 기준초과 항목으로 산업분야의 대표적 용제인 TCE(트리클로로에틸렌) 및 PCE(테트라클로로에틸렌)가, 2001년도의 경우 전국 공단지역 지하수 기준초과 40건 중 33건으로 82.5%를 차지, 지하수 수질기준 항목 중 산업활동 등에 의한 인위적 오염을 판단할 수 있는 휘발성유기화합물질(VOCs) 중 TCE, PCE의 인천시 관내 산업단지 내의 지하

수에 대한 오염도 실태조사에 이르게 되었다.

## 1.1 TCE, PCE 개요

### 1.1.1 TCE 및 PCE 관리현황

TCE, PCE는 '92.12.15 우리나라 먹는물수질 기준 항목에 추가되었으며, '94년 7월 추가된 벤젠 등(BTEX)과 함께 먹는물 검사항목에 포함된 대표적인 휘발성유기화합물로서 특히 전자의 2개항목(TCE, PCE)은 유기염소계 용제로서 다른 유기용제보다 값이 저렴하고 용해력과 세정력이 우수하며 인화성이 없으므로 석유계 용제를 대체하여 반도체나 자동차 또는 섬유공업의 세정제로부터 잉크, 도료, 접착제 및 드라이클리닝 등의 일반용제나 화학공업의 추출용제 등으로 널리 이용되고 있다. 그러나 이들 물질은 유(누)출사고 발생시 점성과 표면장력이 물보다 작아 물에 비해 토양 침투력이 용이한 반면 비중이 물보다 커서(TCE 1.46, PCE 1.62) 지하수오염 가능성이 크다는 것이다.<sup>4)</sup>

이러한 광범위한 사용용도와 함께 취급·관리 부주의에 의한 유(누)출이 커 토양오염(1차적)과 함께 지하수오염(2차적)을 방지코자 『유해화학물질관리법』에 의해 “테트라클로로에틸렌및트리클로로에틸렌에대한관리기준”이 환경부고시 제2000-63호(2000. 6. 9)로 제정, 유해화학물질로 분류·관리하게 되었다.

### 1.1.2 인체에 대한 영향

TCE는 IARC(International Agency for Research on Cancer)에서 “Group 2A”(인간에게 발암 우려)로 분류되어 있으며 눈, 피부에 자극성을 지녔고 저농도(10~20ppm) 노출시 두통, 현기증, 졸음현상을 보이고 고농도(200~300ppm)에서는 착시, 구토, 가슴통증, 호흡곤란 증상을 유발할 수 있고, PCE는 비발암성이나 일정 수준이상 노출될 경우 신경계 억제효과 및 신장과 간장에 손상을 입힐 수 있다.

Table 1. Acute toxicity level of TCE, PCE<sup>5)</sup>

구 분	경 구(LD50)mg/kg (Rat)	경 피(LD50)mg/kg (mouse)	흡 입(LC50)mg/hr/m <sup>3</sup> (Rat/mouse)
TCE	5,650	16	8,450/4
PCE	2,629	65	34,200/8

### 1.1.3 용도 및 환경(대기, 수계, 토양) 배출량

#### 1.1.3.1 용도

○ TCE : 금속의 탈지세정제, 건조제 및 드라이클리닝 용제, 일반용제, 도료의 신너 및 박리제, 영화필름의 클리너, 냉매, 알코올의 탈수증유첨가제, 마취(진정)제, 살충(살균)제, 연막제, 유기합성 중간체 등

○ PCE : 드라이클리닝 용제, 천연 및 합성섬유 세정제, 금속의 탈지세정제, 일반용제, 페인트 박리제, 구충제 및 유기합성 중간체 등

이들 물질은 다른 유기용제보다 값이 저렴하고 용해력과 세정력이 우수하며 인화성이 없으

므로 석유계 용제를 대체하여 그 용처가 다양한 바, '98년도 수입된 대표적 유기용제류 Benzene 등 12종 중 Xylene(1,356천톤), Benzene(165천톤), Ethanol(100천톤)에 이어 TCE(9.8천톤), Buthanol(9천톤), PCE(4.5천톤) 순으로 4, 6위를 차지하고 있다.<sup>6)7)</sup>

#### 1.1.3.2 환경(대기, 수계, 토양) 배출량

본 자료는 환경부의 『화학물질 배출량조사제도(TRI : Toxics Release Inventory)』에 근거, “2000년도 화학물질배출량 조사결과”(2002. 8월)로서, 환경으로 배출되거나 재활용, 처리 등을 위하여 사업장 밖으로 이동된 화학물질의 종류와 양을 조사한 것이며 모든 화학물질의 배출량

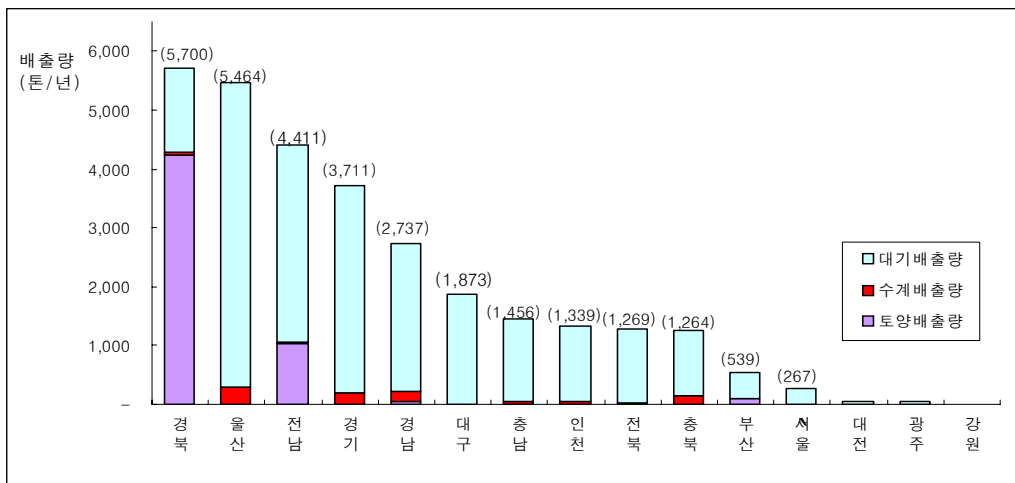


Fig. 1. Discharge amount of Chemical Substances (by region, 2000)



조사가 아닌 일부 업체(취급량이 조사기준인 연간 50톤 미달 업체 제외 등)를 조사한 것이다.<sup>8)</sup>

#### 1) 지역별 업체수 및 배출특성

- ① 조사대상은 18개 업종 529업체로서 환경배출량은 경북, 울산, 전남(인천은 15개 시도 중 8위) 순으로 많으며 조사업체 대부분(72.6%)이 공단지역에 위치, 총 배출량의 86.3%가 공단에서 배출되며
- ② 인천의 경우, 배출량의 99.9%가 공단에서 배출됨.

#### 2) 물질별 배출량

- ① 환경배출 화학물질 수는 64종, 총 배출량은 30.1톤(취급량 대비 0.05%)이며, 전체 배출량의 78.8%는 대기, 18%는 토양, 나머지 3.2%는 수계로 배출되었다.
- ② 가장 많이 배출된 물질은 톨루엔이며, 매체별로는 대기는 톨루엔, 토양은 아연화합물, 수계는 암모니아가 가장 많이 배출된 물질인 것으로 나타났다.
- ③ TCE는 전국단위 배출량 상위 10개 물질

중 8위로서(배출량 1.159톤/년) 총 배출량(30,143톤/년)의 3.8%를 차지하며, 인천지역 배출량 1,339톤/년(전국대비 4.4%) 중 184톤/년(13.7%)이 TCE로 조사되었다.

## II. 조사 개요

### 2.1 조사대상 및 기간

#### 2.1.1 조사대상

2002. 10월 현재, 인천시 관내 산업단지 총면적(16,225,881㎡)의 85%인 남동산업단지 및 그와 인접하면서 도심의 주거·상업지역과 인접한 주안공단에 대해 산업단지 총면적의 94% 및 총업소수(1,813개소)의 88%를 차지하는 남동 및 남구(주안·도화동) 2개 산업단지를 대상으로 지하수 및 그 영향권 내의 오염원으로 인한 주변 노출인자인 폐수배출업소의 하천 유입 방류수 등을 선정하였다.

특히 환경요인에 의해 주변 오염원의 영향을 받을 수 있는 하천으로 승기천을 선정케 된 것

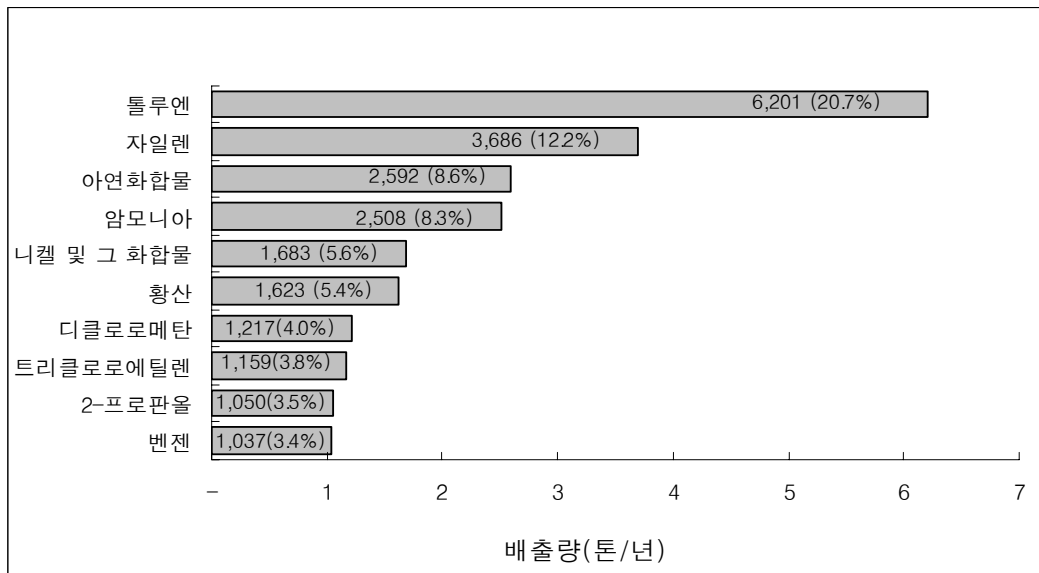


Fig. 2. Discharge amount of Chemical Substance (by item, 2000)

은 유역의 상류부가 남구 주안동이 위치하고 하류부에는 남동공업단지가 위치해 있는 지리적 특성 때문이다. 세부내역은 다음과 같다.

- 지하수법에 의해 신고된 지하수(생활 및 공업용수 각 12개소 총 24개소, 47건)
- 남동공단 방류, 승기하수처리장 이송, 사업장 폐수방류 합류수(7개소, 49건)
- 남동공단 방류, 승기하수처리장으로의 유입·방류수(2개소, 4건)
- 남동공단 주변역사내 지하수(5개소, 15건)

### 2.1.2 조사기간

공단지역내 지하수의 경우 상·하반기 2차례 채취검사를 실시한 바, 이는 상반기(건기) 및 하반기(우기) 채수시점에 따라 TCE, PCE의 검출률 및 검출농도차를 보인 지난(1999년~2002년) 연구조사 결과에 기인한다고 하겠다. 시료채취기간은 5월~11월(총 7월)이며 이를 세분하면 아래와 같다.

- 지하수 - 1차(상반기, 5월), 2차(하반기, 9월)
- 폐수방류 합류수 - 7월~11월(7회)
- 하수처리장 유입·방류수 - 8월~9월(2회)

## 2.2 조사방법

### 2.2.1 시료채취 등

지하수는 산업단지가 위치해 있는 관할구로부터 지하수법에 의해 신고된 지하수의 위치 및 사용용도(생활·공업용수) 등 현황파악 및 현지조사·채수가 이뤄졌고 하수처리장으로의 폐수 배출시설 사업장의 폐수방류 합류수 및 하수처리장 유입·방류수, 역사내 지하수는 관계기관의 채수협조로 실시하게 되었다.

### 2.2.2 실험방법

TCE, PCE 분석은 Purge & Trap(Tekmar DOHRMANN)으로 전처리하여 GC(Verian CP-3800)로 분석하였으며, 분석조건은 <표. 2>와

Table 2. Analysis condition of GC

○ Purge & Trap	
- Purge Time	11min
- Desorb Preheat Temp.	220℃
- Desorb Time	4min
- Desorb Temp.	225℃
○ Gas Chromatography	
- Detector Temp.	200℃
- Injector Temp.	180℃
- Oven Temp.	40℃(5min) → 10℃/(min) → 160℃
- Column flow	10psi
- Column	DB-624 (30m×0.32mm×1.8μm)
- Detector	Detector : ECD

같다.

## Ⅲ. 결과 및 고찰

### 3.1 산업단지 지하수 분포 및 사용용도 현황

남구(주안·도화동) 및 남동산업단지 내 지하수법에 의해 신고된 지하수는 2003. 5월 현재 24개소로서 남구·남동구 전지역 소재 지하수(675개소)의 3.6%이며 이를 인천 전역 대비 용도별 사용현황으로부터 인천 전역의 음용수(1,450개소, 15.7%) 및 생활·공업용수(6,186개소, 66.9%)와 비교할 때 공단 내 조사대상은 지역특성상 음용수는 없었고 모두가 생활·공업용수였다.

### 3.2 TCE, PCE 검사결과 및 고찰

#### 3.2.1 지하수의 TCE, PCE

산업단지내 지하수는 상·하반기(5월, 9월) 2

Table 3. Distribution and use-type of groundwater in industrial complex

(2002.12.31)

구 분	용도별 분류(개소)					산업단지내 신고 및 조사대상
	계	음용수	생활용수	공업용수	어업용수	
인천시 전역	9,247	1,450	5,943	243	1,611	(24개소)
남 구	403	5	392	3	3	7개소(생활: 6, 공업:1)
남동구	272	1	210	43	18	17개소(생활: 6, 공업:11)

차에 걸쳐 채수하였으며 신고사항과는 달리 5개소가 관정폐쇄, 폐쇄신고 후 폐공조치로 인한 미사용 및 지하수 개발·이용자의 변경 등 실제 신고내용과 상이하여 채수지점 선정에 따른 현황 파악이 곤란하였으며 조사 또는 발견치 못한 일부 지하수는 미신고 사용 지하수일 가능성도 컸으나 인력 및 시간부족으로 충분한 조사가 이뤄지지 못하였다.

산업단지 내 조사대상 지하수 및 인천시 전역 지하수, 전국 산업단지 지하수 대비 TCE, PCE 검사결과는 <표. 4> ~ <표. 6> 과 같다.

<표. 4>로부터 다음(1.~3.)과 같은 사항을 분석할 수 있었다.

1. 조사대상 산업단지 지하수의 TCE, PCE 검출률은 34.0%(16/47)로서 항목별 TCE 34.0%(16/47), PCE 4.3%(2/47)로 TCE 검출률이 높았으며 검출농도 범위(TCE 불검출~0.250mg/ℓ, PCE 불검출~0.002mg/ℓ) 및 평균 검출농도(TCE 0.020mg/ℓ, PCE 불검출)에 있어서도 단연 TCE가 높게 나타났다.
2. 지하수 용도(생활·공업)별 기준초과율은 17.0%(8/47)로서 기준(생활용수: TCE 0.03, PCE 0.01mg/ℓ 이하, 공업용수: TCE 0.06, PCE 0.02mg/ℓ 이하)초과는 생활용수 4건(0.031~0.102mg/ℓ), 공업용수 4건(0.064~0.250mg/ℓ) 총 8건으로 모두 TCE가 기준을 초과했다.
3. 산업단지 지하수 채수시기는 5월 및 9월 2회

로서 TCE, PCE 검출률(1회차 39.1%, 2회차 37.5%), 용도별 기준초과율(1회차 21.7%, 2회차 12.5%) 및 검출농도 범위(1회차 불검출~0.250mg/ℓ, 2회차 불검출~0.064mg/ℓ), 평균 검출농도(1회차 0.015mg/ℓ, 2회차 0.005mg/ℓ) 모두 1회차(상반기, 5월)인 전기에서 높게 나타났다.

4. <표. 5>의 인천 전역 지하수 TCE 및 PCE 검사는 지하수법에 의한 정기 민원수질검사 결과(검사기관 : 연구원 및 수질연구실)로 동일개소에 대한 재검사 또는 부분 항목검사 등의 중복검사 가능성을 배제한 결과치로 연평균 검출률은 6.2%, 용도별 기준초과율은 2.3%로 조사되었다.

5. <표. 6>는 상기 내용을 기초로 환경부 주관 전국 지하수의 “2001, 2002년도 지하수수질측정망 운영결과”로부터 전국 산업단지의 TCE, PCE의 기준초과율을 접목한 검사결과로 조사대상 산업단지 지하수 TCE, PCE는 인천시 전역 지하수에 비해 검출률 5.5배, 용도별 기준초과율 7.4배 높았으며 전국 산업단지 지하수의 기준초과율에 비해 1.8배 높은 것으로 조사되었다.

물론 인천을 포함 타 시·도 총괄, 오염우려 지역 중 전국 산업단지 지하수수질검사(지방환경청 추정) 및 일반지역 지하수수질검사(시·도 보건환경연구원 추정)의 검사대상이 본 실태조사와 같이 대상지역 지하수를 전수검사한 것이 아닌 표본적 검사로서, 전국 지하수수질측정망

Table 4. Analytical results of groundwater in industrial complex

(단위 : mg/ℓ)

구 분	시료명	1 차		2 차		비 고
		TCE	PCE	TCE	PCE	
남동 산업단지	N-1	ND	ND	ND	ND	※ 채취일 1차 : 2003.5.22~5.24 2차 : 2003.9.17~9.19  생활(공업)용수 수질기준: TCE 0.03(0.06)이하 PCE 0.01(0.02)이하
	N-2-1	ND	ND	ND	ND	
	N-2-2	-	-	ND	ND	
	N-3	ND	ND	ND	ND	
	N-4	0.045	ND	0.024	ND	
	N-5	<b>0.102</b>	ND	<b>0.032</b>	ND	
	N-6	<b>0.090</b>	ND	0.037	ND	
	N-7	ND	ND	ND	ND	
	N-8	ND	ND	ND	ND	
	N-9	<b>0.130</b>	ND	0.017	ND	
	N-10	ND	ND	ND	ND	
	N-11	ND	ND	ND	ND	
	N-12	ND	ND	ND	ND	
	N-13	ND	ND	ND	ND	
	N-14	ND	ND	ND	ND	
	N-16	ND	ND	ND	ND	
	N-18	ND	ND	ND	ND	
남구 (주안,도화동) 산업단지	J-1	ND	ND	ND	ND	
	J-2	0.013	ND	0.007	ND	
	J-3	ND	ND	ND	ND	
	J-4	0.009	ND	0.015	ND	
	J-7	<b>0.072</b>	0.001	<b>0.031</b>	0.002	
	J-8	ND	ND	ND	ND	
	J-9	<b>0.250</b>	ND	<b>0.064</b>	ND	

☞ 지하수의 용도별 분류 : 생활용수(N-2-1, 2-2, 5, 13, 14, 16, J-1, 2, 3, 4, 7, 8)  
공업용수(N-1, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 18, J-9)

Table 5. Analysis status of TCE and PCE in Incheon groundwater

2001년도			2002년도		
검사건수	검출건수	부적건수	검사건수	검출건수	부적건수
682	44(6.5%)	12(1.8%)	591	34(5.8%)	16(2.7%)

※ 검사기관 : 인천광역시상수도사업본부 수질연구실, 인천광역시보건환경연구원

Table 6. The results of TCE and PCE analysis  
(National industrial complex - Incheon industrial complex - Incheon wide)

구 분	전국 산업단지 기준초과율	인천 산업단지 조사지역 (2003년도)		인천시 전역	
		기준초과율	검출률	기준초과율	검출률
2001년도	9.3%	17.0%	34.0%	1.8%	6.5%
2002년도	9.9%			2.7%	5.8%

조사 결과상의 인천시 지하수의 2001, 2002년도 TCE, PCE 기준이 초과된 개소는 없다. 즉 전국 지하수오염도 평가의 대표성이 결여되었다고 볼 수 있겠다.

그러나, 인천시의 요청으로 건설부의 『지하수관리 기본계획』<sup>9)</sup>에 “정밀 지하수조사”가 2004년도부터 2년에 걸쳐 인천시를 대상으로 계획되어 인천시 지하수의 개발·이용 및 보전·관리에 크게 활용되는 계기가 될 것이다.

### 3.2.2 폐수방류 합류수 및 하수처리장 유입·방류수의 TCE, PCE

조사대상 산업단지 내 지하수에 영향을 미칠 수 있는 영향권의 오염원으로서 폐수배출사업장에 대한 조사를 실시코자, 『배출업소지도·점검요령』(환경부)에 의거, TCE, PCE 항목 주요 측정대상시설인 산업용 화학물제조시설(유기화학물, 안료 및 착색), 조립금속제품, 기계 및 장비제조시설(도금 등) 및 폐수처리시설(폐수수탁 및 재이용) 등에 대해 사업장폐수 방류수를 채수코자 하였으나 지도·점검기관과의 업무협조가 원활치 못하고 일부 업체만 검사시 대표성이 결여될 수 있다고 판단하여 상기시설이 많이 위치해 있으면서 공단폐수 방류수의 대표성을 가진 승기하수처리장으로서의 폐수방류 합류수(7개소) 및 남동공단 주변 역사 지하수, 하수처리장 최종 유입·방류수에 대해 계통적인 검사를 실시하였다.

남동공단 주변 역인 동막, 동촌, 원인재, 신연수, 선학역의 지하수량은 계속적으로 유량이 적고 침수기간이 길어서 검사결과 자료로서 의미가 없었다.

<표. 7>과 같이 폐수방류 합류수, 하수처리장 유입·유출수에 대한 채수 검사한 결과,

1. 7월~11월까지 7차례 검사된 폐수방류 합류수(수질기준 : TCE 0.3mg/ℓ 이하, PCE 0.1mg/ℓ 이하)는 TCE(불검출~0.350mg/ℓ, 평균 0.061mg/ℓ), PCE(불검출~0.076mg/ℓ, 평균 0.002mg/ℓ)로서 TCE에 의한 방류수 수질기준을 2개소가 초과(기준초과율 4.1%)하였다.
2. 하수처리장 유입수는 TCE(0.006~0.035mg/ℓ, 평균 0.021mg/ℓ), PCE(불검출)이며, 방류수는 TCE, PCE 모두 불검출로서 이들 물질은 휘발성이 강하기 때문에 유하시간 경과 및 처리과정에서 상당량 휘발·제거된 것으로 보인다.
3. 폐수방류수 합류수의 경우, TCE, PCE 검출률이 53.1%(TCE 81.6%, PCE 24.5%)로서 지하수(34.0%)에 비해 높은 바, 이는 남동공단 소재 사업장이 도금, 인쇄회로기판, 폐수처리, 도장 및 기타피막처리, 유기화합물 취급업종 등 TCE, PCE 배출 주요업종이 많이 분포되어 있는 요인이라 할 수 있겠으며,
4. 폐수방류수 합류수 7차 검사에서 초기(1차 7월분) 7개소 중 2개소가 기준초과되어 폐수 방류수 처리에 문제점을 제기, 11월(7차) 까지 지속적인 검사를 실시하였으나 이후 주목 할 만한 검사치(기준초과치)가 발견되지 않았다.

Table 7. Analytical results of discharged water in Namdong industrial complex and influent/discharged water in sewage treatment plant

채취 일자	시료명	TCE(mg/ℓ)	PCE(mg/ℓ)	비 고	채취 일자	시료명	TCE(mg/ℓ)	PCE(mg/ℓ)	비 고
7/10	A	0.164	N.D		9/25	A	0.039	N.D	
	B	0.048	N.D			B	0.012	N.D	
	C	0.057	N.D			C	0.056	N.D	
	D	0.035	N.D			D	0.010	N.D	
	E	0.350	N.D	기준초과		E	N.D	N.D	
	F	N.D	N.D			F	N.D	N.D	
	G	0.338	N.D	기준초과		G	0.162	N.D	
8/7	처리장 유입수	0.0063	N.D		10/2	A	0.044	0.004	
	처리장 방류수	N.D	N.D			B	0.108	N.D	
						C	N.D	N.D	
8/28	A	0.030	N.D			D	0.036	N.D	
	B	0.006	N.D			E	0.003	N.D	
	C	0.050	0.002			F	N.D	N.D	
	D	0.010	N.D			G	0.002	N.D	
	E	0.011	N.D		11/2	A	0.020	0.002	
	F	0.081	0.002			B	0.105	0.024	
	G	0.022	N.D			C	0.014	0.001	
9/4	A	0.029	N.D			D	0.009	N.D	
	B	0.223	0.002			E	N.D	N.D	
	C	0.025	N.D			F	0.133	0.001	
	D	0.253	0.002			G	0.087	0.076	
	E	0.004	N.D		11/20	A	0.054	0.002	
	F	N.D	N.D			B	0.080	N.D	
	G	0.145	N.D			C	0.003	N.D	
	처리장 유입수	0.035	N.D			D	N.D	N.D	
	처리장 방류수	N.D	N.D			E	N.D	N.D	
						F	0.056	N.D	
						G	0.078	0.002	

☞ 시료 A, B(공단내 폐수방류수 등의 하수처리장 이송 펌프실)  
 시료 C~G(공단내 폐수방류수 등의 하수처리장 이송 맨홀 합류지점)  
 폐수방류수 수질기준(TCE : 0.3mg/ℓ 이하, PCE : 0.1mg/ℓ 이하 기준)  
 하수처리장 유입수, 방류수 : 수질기준 없음

#### 4.1 결론

1. 조사대상 지하수 28개소중 관정폐쇄, 폐쇄신고 후 폐공조치로 실제 조사대상은 24개소이었으며, 지하수 개발·이용자의 변경 등 실제 신고내용과 상이 및 미신고 지하수의 사용 가능성 등 지하수 관리체계가 미흡한 것

## Ⅳ. 결론 및 대책

으로 조사되었다.

2. 조사대상 지하수 24개소는 산업단지 지역특성상 음용수는 없었으며 각각 12개소가 생활 및 공업용수(생활·공업용수 100%)로 사용되고 있었고, 2002년 12월 현재 인천시 전역 지하수(9,247개소) 중의 생활·공업용수(67%)에 비해 높게 나타났다.
3. 인천시 산업단지 조사대상 지하수 TCE, PCE 검출률 34.0% 및 용도(생활·공업용수)별 기준초과율 17.0%이었다.
4. 전국 산업단지 지하수의 TCE, PCE 기준초과율은 2001년(9.3%), 2002년(9.9%)으로 평균치는 9.6%이었다.
5. 인천 전역 지하수의 TCE, PCE 검출률 및 용도(생활·공업용수)별 기준초과율
  - 검출률 : 2001년(6.5%), 2002년(5.8%), 연 평균치(6.2%)
  - 기준초과율 : 2001년(1.8%), 2002년(2.7%), 연 평균치(2.3%)
6. 위 결과로부터 조사대상 인천시 산업단지 내 지하수 TCE, PCE 검사결과는 인천시 전역 지하수에 비해 검출률은 5.5배, 기준 초과율은 7.4배 높았으며,
7. 전국 지하수오염도 평가사업인 『지하수 수질측정망조사』(환경부 주관; 연 2회 검사)에서의 2001, 2002년 전국 산업단지 지하수 TCE, PCE 평균 기준 초과율에 비해 1.8배 높은 것으로 조사되었다.

## 4.2 대책

“산업단지 지하수의 휘발성유기화합물질 실태조사” 결과에 따라 인천시의 지하수자원 보전과 확보를 위해 다음과 같은 인천시의 지하수 보전 대책이 필요할 것이라 생각된다.

1. 환경부가 주관, 연 2회 동일 장소에서 조사되고 있는 전국 『지하수 수질측정망』의 자료에 의하면 인천시의 오염우려지역 중 산업단지 지하수 조사대상에는 TCE, PCE 기준초과 항목이 없는 바, 특히 오염우려지역에 대

해서는 “전국 지하수오염도 평가사업”의 취지에 부합되도록 매년 동일장소 조사방법을 지양, 산업단지 내 전 지하수를 대상으로 연간 순차적 조사가 이뤄져 실질적인 지하수오염도 평가사업이 되어야 할 것이다.

2. 양질의 지하수질보전 및 지하수량을 확보코자 전문적·과학적인 지하수 관리체계를 필요로 하나, 지하수 전담조직 미비, 비전문성 및 다른 업무와 함께 지하수업무를 담당하여 지하수관리 부실을 초래하는 바, 시 및 일선 군·구에 지하수 전담조직(원)을 설치하여야 할 것이다.

건설교통부 『지하수관리 기본계획』(2002.12) 자료에 의하면 2001년 현재, 지자체 지하수 전담조직 설치현황은 아래와 같다.

- 시·도 : 서울, 대전, 경기, 강원, 충북, 충남, 제주
- 시·군·구 : 서울특별시(종로구 등 19개 구), 경남(마산시), 경기(수원시)

3. 인천지역에 대한 지질 및 지하수위 분포상태, 대수층의 수리적 특성, 수질과 산출특성을 종합적으로 분석·수록한 수문지질도를 작성, 인천시 지하수의 개발·이용 및 보전·관리에 활용하여야 할 것이다. 건설교통부는 1998년도에 수문지질도 제작 및 관리지침을 마련, 2001년까지 23개 지역에 대한 조사를 완료, 10개 지역은 조사중이며 이는 관계 중앙행정기관의 장이나 시·도지사의 요청이 있는 지역은 다른 지역에 우선하여 조사를 실시토록 한 바, 인천시도 2004년부터 2년 동안 건교부에서 총사업비 11억4천500만원을 투입, 조사계획이 있는 것으로 알고 있다.

4. 지하수의 우수 및 오·하수 유입을 방지하여 양질의 수자원을 보전·확보코자 지하수 이용량이 많은 일선 군·구에 “휴대용 공내 환영기”의 도입을 권장한다. 이것은 이미 일선 지방신문을 기조로 2002년 2월 환경부 후원, 「세계 물의날 기념 제6회 물관리 심포지엄」에서 각 시·도 지하수 담당자 교육과정에 소개된 바 있는 기기로서, 지하수 관정 내

부 관찰 및 촬영·녹화도 가능하며 지하수량 확보를 위해 케이싱에 구멍을 내는 부설시공의 차단 및 지하수 관정의 노후에 따른 관의 부식, 절리에 의한 외부 유입수의 관측을 가능케 하여 지하수 오염의 사전·사후관리가 가능할 것이다.

## V. 참고문헌

1. 2002년도 지하수조사연보(건설교통부)
2. 2001년도 지하수수질측정망 운영결과(환경부)
3. 2002년도 지하수수질측정망 운영결과(환경부)
4. 地下水汚染論(地下水問題研究會 編, 김학명·이상호·탁성제·한재석 共譯)
5. Registry of Toxic Effects of Chemical Substances, EPA, NTP, EC, IARC(1998)
6. 유기염소계용제의 환경오염도조사, 국립환경연구원(1991)
7. 석유화학공업통계, 한국석유화학공업협회(1999)
8. 화학물질배출량 조사결과(1999 - 2000), 환경부(2000. 8)
9. 지하수관리 기본계획, 건설교통부(2002.12)



# 공업단지 주변 지하수의 VOCs 실태조사

이영, 민왕기, 이주형, 김오목, 이영주, 민성은, 정유진  
수질보전과

## An investigation on groundwater contamination by VOCs in the surrounding area of industrial complex

Y.LEE, W.G.MIN, J.H.LEE, O.M.KIM, Y.J.LEE, S.E.MIN, Y.J.JUNG  
Division of Water Quality Conservation

### Abstract

In 2003, we carried out an investigation on groundwater contamination by VOCs in the industrial complex and obtained the result that the level of TCE and PCE in industrial complex is higher than that of other sites in Incheon. From that result, we concerned that the contaminated groundwater in industrial complex could affect the surrounding area. Therefore, we conducted an investigation on the groundwater in surrounding area of industrial complex.

The 52 samples of groundwater were taken at 5 regions(Bupyeong-gu : Chongchon, Kalsan, Sangog-dong, Gyeyang-gu : Hyoseong, Jakjeon-dong) in surrounding area of Bupyeong National industrial complex, where has high possibility of groundwater contamination by TCE and PCE according to the previous groundwater data of Incheon and the groundwater monitoring network data of the Ministry of Environment.

In the samples of Chongchon and Hyoseong-dong, the level of TCE and PCE in the groundwater was higher than groundwater standard level(31% and 36% of samples, respectively). In case of other sites, TCE and PCE was detected within groundwater standard level or not detected.

We could conclude that these results were caused by the fact that Chongchon and Hyoseong-dong were close to Bupyeong industrial complex, compared with other sites and previous and current industrial activities also affected groundwater quality.

## I. 서론

인천시는 강화, 옹진군을 제외하면 모두 도시 내에 속하고 공업단지 등 주변 환경에 의한 오염 가능성도 높다. 그럼에도 불구하고 수돗물에 대한 불신감으로 상당수의 시민이 막연히 지하

수가 수돗물에 비해 더 좋으리라고 생각하고 수질검사도 하지 않은 지하수를 먹는물로 사용하는 경우가 많다.

특히, 지하수법에 의해 생활용수로 신고된 경우에도 먹는물로 사용하고 있는 경우가 많은 바, 부적합 생활용수에 대한 먹는물 금지 표기와 아

올러 신고내용의 변경(생활용수→음용수) 등 인천시민의 보건향상을 위하여 먹는물 및 생활용수에 대한 재정비가 절실히 요구된다고 하겠다.

따라서 지하수 수질검사를 통한 적합여부를 확인 후 사용토록 하는 홍보 및 지도가 절실한 실정이다. 지하수 수질검사결과 TCE, PCE에 의한 부적합의 경우 TCE, PCE 물질은 자연오염원이 없고, 인위적인 오염에 의한 것으로 이들 항목에 의한 오염은 곧 지하수가 인위적인 유해물질에 의해 오염되고 있음을 반증하고 있다.

2003년도에 산업단지내 위치해 있는 지하수를 대상으로 “산업단지 지하수의 휘발성유기화합물질 실태조사”를 실시한 바, 조사대상 지하수 24개소의 용도별 사용실태는 산업단지 지역특성상 음용수는 없었으며 각각 12개소가 생활 및 공업용수(생활·공업용수 100%)로 사용되고 있었고, 2002년 12월 현재 인천시 전역 지하수(9,247개소) 중의 다른 생활·공업용수(67%)에 비해 TCE, PCE가 높게 나타났다.

지하수에서 TCE, PCE의 검출률 및 부적률이 높은 것은 이들 지하수를 사용하는 목적과 지점이 생산활동과 관계되는 지역에 기인되는 것으로 예상되는데, 장래 이 오염된 지하수가 주변지역으로 전파됨으로서 산업단지 주변의 지하수까지 오염시킬 가능성도 있다고 예상되어 본 조사사업을 실시하게 되었다.

## 1.1 TCE, PCE 개요

### 1.1.1 TCE 및 PCE 관리현황

TCE, PCE 항목은 '92.12.15 우리나라 먹는물 수질기준 항목에 추가되었으며, '94년 7월 추가

된 벤젠 등(BTEX)과 함께 먹는물 검사항목에 포함된 대표적인 휘발성유기화합물로서 특히 전자의 2개 항목(TCE, PCE)은 유기염소계 용제로서 다른 유기용제보다 값이 저렴하고 용해력과 세정력이 우수하며 인화성이 없으므로 석유계 용제를 대체하여 반도체나 자동차 또는 섬유공업의 세정제로부터 잉크, 도료, 접착제 및 드라이클리닝 등의 일반용제나 화학공업의 추출용제 등으로 널리 이용되고 있다. 그러나 이들 물질은 유(누)출사고 발생시 점성과 표면장력이 물보다 작아 물에 비해 토양 침투력이 용이하고 비중이 물보다 커서(TCE 1.46, PCE 1.62) 지하수오염 가능성이 크다.<sup>4)</sup>

이러한 광범위한 사용용도와 함께 취급·관리 부주의에 의한 유(누)출이 커 토양오염(1차적)과 함께 지하수오염(2차적)을 방지코자 『유해화학물질관리법』에 의해 “테트라클로로에틸렌및트리클로로에틸렌에대한관리기준”이 환경부고시 제2000-63호(2000. 6. 9)로 제정, 유해화학물질로 분류·관리하게 되었다.

### 1.1.2 인체에 대한 영향

TCE는 IARC(International Agency for Research on Cancer)에서 “Group 2A”(인간에게 발암 우려)로 분류되어 있으며 눈, 피부에 자극성을 지녔고 저농도(10~20ppm) 노출시 두통, 현기증, 졸음현상을 보이고 고농도(200~300 ppm)에서는 착시, 구토, 가슴통증, 호흡곤란 증상을 유발할 수 있고, PCE는 비발암성이나 일정 수준이상 노출될 경우 신경계 억제효과 및 신장과 간장에 손상을 입힐 수 있다.

Table 1. Acute toxicity level of TCE, PCE<sup>5)</sup>

구 분	경구(LD50)mg/kg (Rat)	경 피(LD50)mg/kg (mouse)	흡입(LC50)mg/hr/m <sup>3</sup> (Rat/mouse)
TCE	5,650	16	8,450/4
PCE	2,629	65	34,200/8

### 1.1.3 용도 및 환경(대기, 수계, 토양) 배출량

#### 1.1.3.1 용도

- TCE : 금속의 탈지세정제, 건조제 및 드라이클리닝 용제, 일반용제, 도료의 신너 및 박리제, 영화필름의 클리너, 냉매, 알코올의 탈수증유첨가제, 마취(진정)제, 살충(살균)제, 연막제, 유기합성 중간체 등
  - PCE : 드라이클리닝 용제, 천연 및 합성섬유 세정제, 금속의 탈지세정제, 일반용제, 페인트 박리제, 구충제 및 유기합성 중간체 등
- 이들 물질은 다른 유기용제보다 값이 저렴하고 용해력과 세정력이 우수하며 인화성이 없으므로 석유계 용제를 대체하여 그 용처가 다양한 바, '98년도 수입된 대표적 유기용제류 Ben-zene 등 12종 중 Xylene(1,356천톤), Benzene(165천톤), Ethanol(100천톤)에 이어 TCE(9.8천톤), Buthanol(9천톤), PCE(4.5천톤) 순으로 4, 6위를 차지하고 있다.<sup>6)7)</sup>

#### 1.1.3.2 환경(대기, 수계, 토양) 배출량

본 자료는 환경부의 『화학물질 배출량조사제도(TRI : Toxics Release Inventory)』에 근거, “2000년도 화학물질배출량 조사결과”(2002. 8월)

로서, 환경으로 배출되거나 재활용, 처리 등을 위하여 사업장 밖으로 이동된 화학물질의 종류와 양을 조사한 것이며 모든 화학물질의 배출량 조사가 아닌 일부 업체(취급량이 조사기준인 연간 50톤 미달 업체 제외 등)를 조사한 것이다.<sup>8)</sup>

##### 1) 지역별 업체수 및 배출특성

- ① 조사대상은 18개 업종 529업체로서 환경배출량은 경북, 울산, 전남(인천은 15개 시도 중 8위) 순으로 많으며 조사업체 대부분(72.6%)이 공단지역에 위치, 총 배출량의 86.3%가 공단에서 배출되며
- ② 인천의 경우, 배출량의 99.9%가 공단에서 배출됨.

##### 2) 물질별 배출량

- ① 환경배출 화학물질 수는 64종, 총 배출량은 30.1톤(취급량 대비 0.05%)이며, 전체 배출량의 78.8%는 대기, 18%는 토양, 나머지 3.2%는 수계로 배출되었다.
- ② 가장 많이 배출된 물질은 톨루엔이며, 매체별로는 대기는 톨루엔, 토양은 아연화합물, 수계는 암모니아가 가장 많이 배출된 것으로 나타났다.
- ③ TCE는 전국단위 배출량 상위 10개 물질

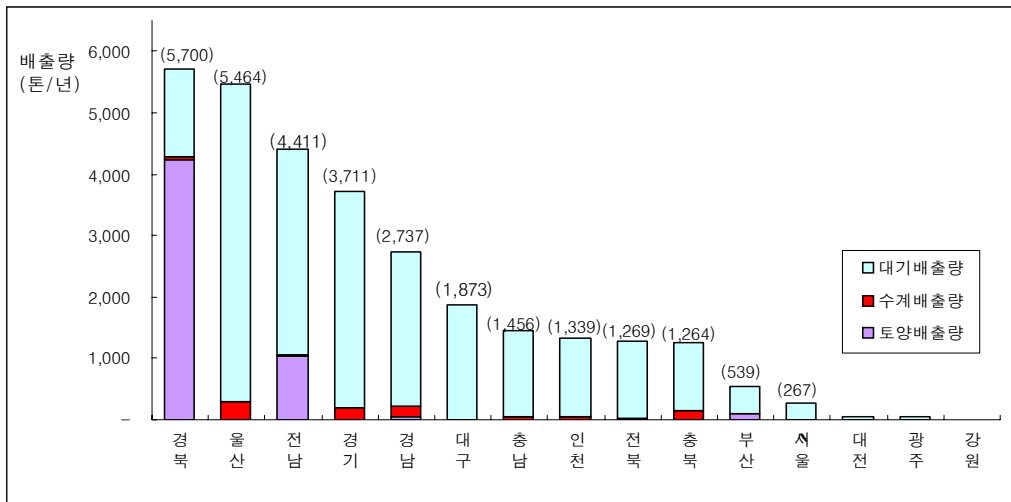


Fig. 1. Discharge amount of Chemical Substances (by region, 2000)

중 8위로서(배출량 1,159톤/년) 총 배출량 (30,143톤/년)의 3.8%를 차지하며, 인천지역 배출량 1,339톤/년(전국대비 4.4%) 중 184톤/년(13.7%)이 TCE로 조사되었다.

## 1.2 TCE, PCE에 오염된 지하수 처리 방법

지하수는 특성상 한번 오염되고 나면 원상으로 회복시키는데 많은 비용과 시간이 소요되므로 오염방지를 위한 사전관리가 가장 중요하며, 특히 TCE, PCE는 휘발성이 커서 대기에 확산되어 지표수 중에는 비교적 적으나 이들 화합물을 함유하는 폐수가 불법으로 방류되면 지하로 유입되어 지하수를 오염시키며 이들 화합물질은 화학적으로 안정하여 장기간 지하수에 존재할 수 있다.

TCE, PCE에 오염된 지하수의 처리방법에는 공기살포(Air sparging)방법이 있는데 오염된 대수층을 통해서 공기를 주입하는 기술로서, 주입된 공기는 휘발화 작용에 의해서 지하의 살포기에 의해서 만들어진 토양 칼럼을 통해서 수직 수평적으로 공급되며 주입된 공기에 의해 오염

된 공기방울이 불포화대로 올라오게 하는데 지하수와 토양의 접촉부에서 높은 공기 이동력을 얻기 위해서 사용되며 공기살포로 지하수에서 보다 많은 오염물질을 떼어내기 위해서 사용된다. 이 방법은 중~장기간이 소요되며 대기중으로 TCE, PCE가 방출되기 전에 활성탄 흡착처리 또는 생물처리가 추가적으로 필요하다.

## II. 조사 개요

### 2.1 조사대상 및 기간

#### 2.1.1 조사대상

2003년 “산업단지 지하수의 휘발성유기화합물질 실태조사” 대상지역 주변의 지하수를 대상으로 연계하여 실태조사를 하고자 하였으나 남동공단 주변은 도로 및 하천 등으로 이격되어 있고 그 주변에 대단위 아파트가 자리잡고 있어 대상 지하수가 적고, 남구 주안공단 주변은 각종 공장 및 상가·주거지역이 혼재하여 지역 구

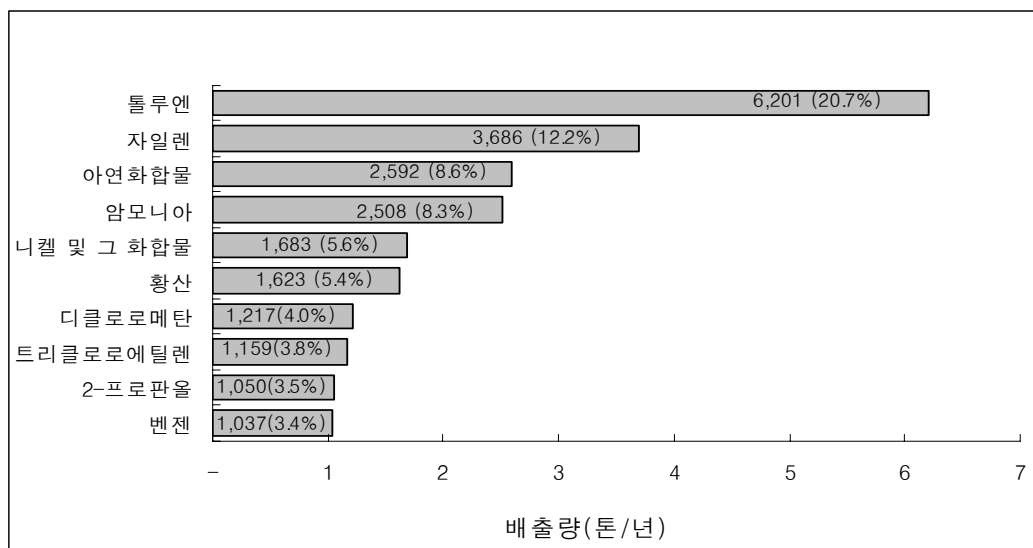


Fig. 2. Discharge amount of Chemical Substance (by item, 2000)

분이 어려워 대상지역으로 적당치 않았다.

현재 인천시내 지하수에 대한 수질검사는 부평구, 계양구의 지하수는 상수도사업본부 수질연구실에서 실시하고, 그 외지역의 지하수는 보건환경연구원에서 검사를 실시하고 있다. 두 기관이 지하수법 제정(1994년 8월) 이후 지하수 수질검사를 실시하며, 업무보고 및 조사사업 자료 등 관련자료와 환경부에서 매년 상·하반기로 실시하는 2001~2003년 지하수 수질측정망 운영결과를 바탕으로 조사 대상지역을 선정하였다.<sup>1)2)3)</sup>

인천보건환경연구원과 인천상수도사업본부 수질연구실의 자료를 바탕으로 지하수에서 TCE, PCE가 많이 검출되는 지역으로 선정한 곳은 부평국가산업단지 주변의 부평구 청천동과 계양구 효성동이며, 청천동은 산업단지 서쪽에 인접해 있고 과거 지하수 검사시 TCE, PCE 검출빈도가 높았으며, 효성동은 산업단지 북쪽 인접지역으로 이곳도 과거 지하수 검사시 TCE, PCE 검출빈도가 높았으며, 특히 계양구 효성2동은 2001년 민방위비상급수에서 TCE가 높게 검출되어 언론에 보도된 지역이다. 또한 이지역은 환경부에서 2001년부터 3년간 지하수 수질측정망을 운영한 결과 지방환경청에서 조사하는 오염우려지역중 TCE, PCE 검출빈도가 인천에서 높은 곳이기도 하다.

따라서 본 실태조사에서는 그림 3과 같이 부평국가산업단지를 중심으로 부평구 청천동과 북쪽의 계양구 효성동을 중점적으로 조사하고, 부평국가산업단지 주변의 부평구 갈산동 산곡동과 계양구 작전동에 대해서 조사하였다.

## 2.1.2 조사기간

해당지역 관할 구청의 신고된 지하수를 대상으로 6월부터 12월까지 3차례 채수검사를 실시하고, TCE, PCE 용도별 초과지점에 대해서는 수질개선 등의 기간을 고려하여 일정기간 후 재검사를 실시하였다. 강우 등으로 지하수 수질에 영향을 미칠수 있는 기간에는 조사를 실시하지 않았다.

## 2.2 조사방법

### 2.2.1 시료채취 등

지하수는 대상지역의 관할구로부터 지하수법에 의해 신고된 지하수의 위치 및 사용용도(생활·공업용수) 등 현황을 파악한 후 대상 지하수를 선정하고 지하수 사용자와 사전 채수협조를 협의한 후 현장에서 사용실태 등을 파악하여 채수를 하였다. 채수를 위하여 전화로 사전에 채수 협조를 요청하는 과정에서, 지하수를 사용



Fig. 3. Sampling sites

하지 않거나, 채수시간을 맞출 수 없어 협조가 잘 이루어지 않는 경우도 있었고, 검사결과중 개인적 자료는 공개하지 않는다고 설명하여도 채수검사를 거부하는 경우가 상당히 많았다.

현행 지하수 관련법상 지하수는 사용자의 신청에 의하여 수질검사를 하게 되어 있고, 지도 단속의 성격으로 채수하기도 어려워 채수가 곤란한 경우가 많았다.

채수를 거부하는 이유는 음용수로 사용하지 않으면 지하수 수질과 상관없이 사용에 전혀 문제가 없는데 부적합 결과시 행정적 제재가 따르고 피해가 발생한다고 생각하기 때문이었다. 실제로 대상지점중 음용수의 용도는 없었고 과거 지하수 정기검사시 수질기준초과로 인해 수질개선 비용이 발생하였거나 수질개선도 되지 않아 폐쇄된 경우도 많았다고 한다.

Table 2. Analysis condition of GC

○ Purge & Trap	
- Purge Time	11min
- Desorb Preheat Temp.	220℃
- Desorb Time	4min
- Desorb Temp.	225℃
○ Gas Chromatography	
- Detector Temp.	200℃
- Injector Temp.	180℃
- Oven Temp.	40℃(5min) → 10℃/(min) → 160℃
- Column flow	10psi
- Column	DB-624 (30m×0.32mm×1.8μm)
- Detector	Detector : ECD

## 2.2.2 실험방법

TCE, PCE 분석은 Purge & Trap(Tekmar DOHRMANN)으로 전처리하여 GC(Verian CP-3800)로 분석하였으며, 분석조건은 <표. 2>와 같다.

## Ⅲ. 결과 및 고찰

### 3.1 대상지역의 지하수 및 사용용도 현황

대상지역인 부평구 및 계양구의 지하수 이용 현황은 <표. 3>과 같으며, 부평구 계양구의 지하수 사용 용도중 공업용수의 용도비율이 높아 인천시 전체 대비 부평구는 25.3%, 계양구

Table 3. Distribution and use-type of groundwater in the surrounding area of industrial complex

(2003. 12. 31)

구 분	용도별 분류(개소)					비 고
	계	음용수	생활용수	공업용수	농·어업용수	
인천시 전역	9,549	1,760	6,011	245	1,443	
부평구	862	161	636	62	3	
계양구	1,813	1,029	627	84	73	

34.3%로 전체의 59.6%로 공업용수의 비중이 높

았으며, 본 조사대상 52개 지점중 공업용수가 18개, 생활용수 34개 지점으로 공업용수에 대한 검사 비중도 높았다.

## 3.2 TCE, PCE 검사결과 및 고찰

### 3.2.1 1차 채수 검사결과

공업지역 주변 지하수중 오염 가능성이 높을 것으로 예상된 부평구 청천동과 계양구 효성동을

Table 4. Analytical results of groundwater in the surrounding area of industrial complex (Chongchon, Hyoseong-dong)

(Unit : mg/ℓ)

구 분	시료명	용도	1 차		재검사	
			TCE	PCE	TCE	PCE
부평구 (청천동 16개소)	P-1	생활	ND	ND	-	-
	P-2	생활	0.005	ND	-	-
	P-3	공업	ND	ND	-	-
	P-4	공업	<b>0.106</b>	0.012	<b>0.134</b>	0.018
	P-5	생활	ND	0.001	-	-
	P-6	공업	<b>0.090</b>	<b>0.023</b>	<b>0.072</b>	ND
	P-7	공업	<b>0.074</b>	ND	<b>0.092</b>	<b>0.021</b>
	P-8	공업	ND	ND	-	-
	P-9	공업	0.033	0.004	-	-
	P-10	생활	<b>0.054</b>	ND	<b>0.057</b>	ND
	P-11	공업	ND	ND	-	-
	P-12	공업	<b>0.207</b>	<b>0.021</b>	<b>0.207</b>	<b>0.020</b>
	P-13	공업	ND	ND	-	-
	P-14	공업	ND	ND	-	-
	P-15	생활	ND	ND	-	-
	P-16	공업	<b>0.126</b>	ND	ND	ND
계양구 (효성동 11개소)	G-1	생활	ND	ND	-	-
	G-2	생활	ND	ND	-	-
	G-3	생활	ND	ND	-	-
	G-4	생활	ND	ND	-	-
	G-5	생활	<b>0.139</b>	ND	<b>0.138</b>	ND
	G-6	생활	ND	ND	-	-
	G-7	생활	<b>0.032</b>	<b>0.030</b>	<b>0.054</b>	<b>0.059</b>
	G-8	공업	ND	ND	-	-
	G-9	생활	ND	0.007	-	-
	G-10	생활	ND	<b>0.017</b>	ND	<b>0.014</b>
	G-11	공업	<b>0.174</b>	0.003	<b>0.191</b>	0.004

대상으로 사전 채수협조를 받아 6월에 27개소에 대해 채수 후 TCE, PCE에 대한 검사를 하였다.

채수전 사용자와의 면담과정에서도 해당 지역의 지하수에서 TCE, PCE가 검출되었거나 검출되고 있다는 것을 대부분 알고 있었다.

검사결과 <표 4>와 같이 부평구 청천동 16개 지점(생활용수 5개소, 공업용수 11개소)중 용도별 TCE, PCE 부적합은 6개소(생활용수 1개소, 공업용수 5개소), 계양구 효성동 11개 지점(생활용수 9개소, 공업용수 2개소)중 용도별 TCE, PCE 부적합은 4개소(생활용수 3개소, 공업용수 1개소)로 부적합율이 높았으며, 전체 27개소중 TCE 또는 PCE가 검출된 지점이 14개소이며, 용도별 부적합 10개소중 3개소는 TCE, PCE가 모두 부적합, TCE만 부적합 6개소, PCE만 부적합 1개소로 나타났다.

검사결과 용도별 부적합 10개 지점에 대해 검사결과 및 음용금지, 수질개선 등의 조치가 필요하다는 안내 후 수질개선 등의 조치기간을 고려하여 8월에 부적합 지점에 대한 재검사를 실시하였다.

검사결과 <표 4>의 재검사 결과와 같이 TCE, PCE 용도별 기준으로 10개 지점중 9개지점이 부적합하였으며, 부평구 1개 지점에서만 적합한 결과를 보였다.

<그림 4>의 부평구 청천동의 채수지점 및 재검사 부적합 지점과 같이 청천동의 부적합 지점은 부평국가산업단지내와 근거리 지점이었으며, 계양구 효성동의 부적합 3개 지점은 <그림 5>와 같이 부평국가산업단지와 접한 경인고속도로를 따라 근거리 지점에서 나타났다.

1차 검사 및 재검사를 통하여 부평구 청천동의 지하수는 TCE, PCE에 의해 16개소중 5개소(생활용수 1개소, 공업용수 4개소)가 용도별 기준으로 31% 부적합을 보였고, 계양구 효성동 지하수는 TCE, PCE에 의해 11개소중 4개소(생활용수 3개소, 공업용수 1개소)가 용도별 기준으로 36% 부적합을 보였다.

부적합 지점이 많은 청천동과 효성동은 부평



Fig. 4. Sampling sites in Chongchon-dong

국가산업단지와 인접해 있으며, 해당지역에서 산업체가 이전되어 줄어들기는 하였지만 과거나 현재의 생산활동에 원인이 있는 것으로 판단되며, 현재도 지하수가 계속적으로 오염되는지의 여부는 알 수 없었다.

### 3.2.2 2차 채수 검사결과

2차 검사 대상지역은 <그림 6>과 같이 부평 국가산업단지 동쪽의 갈산동과 남쪽의 산곡동으로 선정하였고, 계양구는 효성동 동쪽의 작전동을 선정 조사하였다.

1차 검사방법과 같이 사전에 채수협조를 의뢰한 다음 11개소를 현장채수하여 TCE, PCE를 검사하였다.

2차검사 결과는 <표 5>와 같았으며 부평구 6개지점(산곡동 2개소, 갈산동 4개소)은 생활용수 4개지점, 공업용수 2개지점이었으며 갈산동의 공업용수 1개지점에서만 TCE가 검출되었으나 공업용수의 TCE 기준을 초과하지는 않았다. 효성동 작전동의 5개 지점은 모두 생활용수이었으며, 2개 지점에서 생활용수 수질기준을 초과하였다. 2차검사 결과 용도별 TCE, PCE 기준 초과한 계양구 작전동의 2개소에 대하여 재검사



Table 5. Analytical results of groundwater in the surrounding area  
of industrial complex (Sangog, Kalsan, Jakjeon-dong)

(Unit : mg/ℓ)

구 분	시료명	용도	2 차		재 검사	
			TCE	PCE	TCE	PCE
부평구 6개소 (산곡2,갈산4)	P-17	생활	ND	ND		
	P-18	공업	ND	ND		
	P-19	생활	ND	ND		
	P-20	생활	ND	ND		
	P-21	생활	ND	ND		
	P-22	공업	0.044	ND		
계양구 5개소 (작전 5)	G-12	생활	ND	ND		
	G-13	생활	<b>0.045</b>	ND	<b>0.168</b>	ND
	G-14	생활	ND	ND		
	G-15	생활	0.006	<b>0.016</b>	ND	ND
	G-16	생활	ND	ND		



Fig. 5. Sampling sites in Hyoseong-dong

를 실시한 결과 <표 5>의 재검사 결과와 같이 재검사 결과 부평구 갈산동과 계양구 작전동은 1개소가 TCE 기준을 초과하였다. 2차 검사 및 검사대상이 4개소, 5개소로 적기는 하였지만

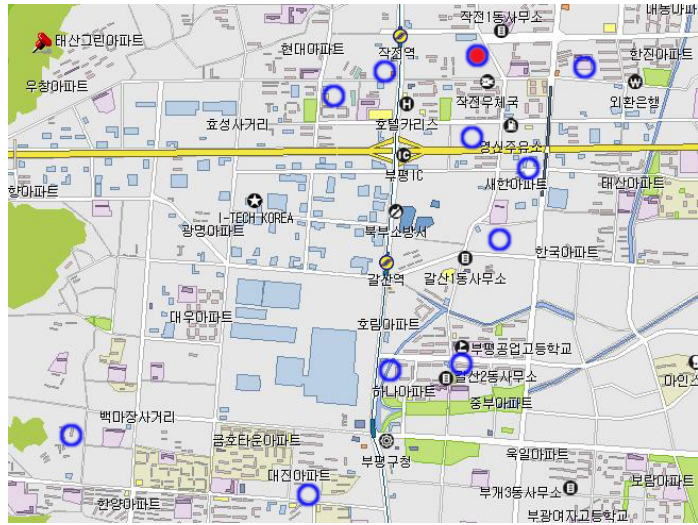


Fig. 6. Sampling sites in Kalsan, Sangog and Jakjeon-dong

Table 6. Analytical results of groundwater in the surrounding area of industrial complex (Sangog-dong)

(Unit : mg/ℓ)

구 분	시료명	용도	3 차	
			TCE	PCE
부평구 14개소 (산곡동 14)	P-23	생활	ND	ND
	P-24	생활	ND	ND
	P-25	공업	ND	ND
	P-26	생활	ND	ND
	P-27	생활	ND	ND
	P-28	생활	ND	ND
	P-29	생활	ND	ND
	P-30	생활	ND	ND
	P-31	공업	ND	ND
	P-32	생활	ND	ND
	P-33	생활	ND	ND
	P-34	생활	ND	ND
	P-35	생활	ND	ND
	P-36	공업	ND	ND



## V. 참고문헌

1. 2001년도 지하수수질측정망 운영결과(환경부)
2. 2002년도 지하수수질측정망 운영결과(환경부)
3. 2003년도 지하수수질측정망 운영결과(환경부)
4. 地下水汚染論(地下水問題研究會 編, 김학명 · 이상호 · 탁성제 · 한재석 共譯)
5. Registry of Toxic Effects of Chemical Substances, EPA, NTP, EC, IARC(1998)
6. 유기염소계용제의 환경오염도조사, 국립환경연구원(1991)
7. 석유화학공업통계, 한국석유화학공업협회(1999)
8. 화학물질배출량 조사결과(1999 - 2000), 환경부(2000. 8)

# 우결핵 검진

## 사 업 과

### □ 개 요

우결핵은 1865년 Jean Antoin Villemin 의 실험으로 사람에서 소, 토끼와 같은 동물에게 옮겨 갈 수 있는 인수공통전염병이라는 것을 증명하였고 17년후 1882년 Robert Koch에 의하여 결핵균이 순수 분리되었다. 1896년 Koch는 결핵균을 진단할 수 있는 Old tuberculin을 개발하여 결핵균에 감염된 사람과 동물을 검색하는 방법을 발견하여, 결핵의 진단 및 관리를 할 수 있게 되었으며, 그 해 Lehmann과 Neumann이 Mycobacterium속명을 제시하였다.

Mycobacterium은 Slowly growing mycobacteria가 약 12종, Rapidly growing mycobacteria가 약 25종, 그 외 약 13종 정도이며 병원성 세균은 M. tuberculosis, M. bovis, M. avium, M. ulcerans, M. lepra, M. paratuberculosis, M. lepraemurium과 병을 일으킬 수 있는 M. kansasii, M. scrofulaceum, M. intracellulare등이 알려져 있고 그 외 비병원성 균으로 분리되고 있다.

소 피하에 KOT를 접종하는 방법은 1891년 구미에서 처음으로 시작하여 오랜 기간 동안 우결핵 관리를 위한 수단으로 사용되어 왔다. 그 후 1908년 불란서의 Mantoux에 의하여 KOT접종을 피내법으로 개발, 소의 미근 추벽부에 Tuberculin을 접종하는 것이 가장 좋은 방법이라 하였다. 또한 KOT는 glycerin과 육즙에 함유된 단백질, 탄소원인 포도당, mineral, salts등이 함유되어 있어서 우결핵 진단시 비 특이 반응이 많이 출현하는 문제점이 제시되었다. 1934년 Dorset는 결핵균이 증식하는데 필요한 질소원으로서 육즙 대신에 asparagine을 사용하므로 KOT보다 이중 단백질 적으면서 역가가 높은 즉 glycerinated broth 대신 합성배지를 사용하여 생산하는 heat concentrated synthetic medium(HCSM) tuberculin을 개발하였다.

그러나 이 HCSM tuberculin도 가열에 의한 농축 과정에서 일부의 결핵 단백질이 변성되므로 비특이성 양성 반응에 의한 문제점이 대두되고, 이것을 보완하려고 1950년 Siebert는 KOT나 HCSM tuberculin 생산시 가열 처리로 인한 단백질을 trichloroacetic acid로 순수 처리하여 tuberculo-protein을 얻었고 이를 purified protein derivative(PPD) tuberculin이라 하였다.

우리나라에서는 1931년부터 1960년까지 KOT에 의한 열반응법 및 피내반응법으로 우결핵을 검진하여 오다가 1961년 HCSM tuberculin 피내 반응법으로 바뀌었고 1974년 PPD를 개발, 1975년부터 1차검진은 HCSM으로 2차검진은 PPD로 사용 하다가 1995년 후 PPD 단독으로 사용하고 있다.

### □ 검사대상 및 방법

#### 1. 검사기간

2003년 1월부터 2005년 12월까지 1년 단위로 실시하였다.

#### 2. 검사대상

관내에서 사육하고 있는 12개월령 이상의 유우 전두수를 대상으로 하였다.

#### 3. 검사방법

검사 대상우는 주사 전후에 접종부위인 미근 추벽부 두께를 측정한 후 알콜솜으로 소독하고 PPD를 피내 접종하였다.

#### 4. 재검사

튜버크린 피내반응검사결과 양성으로 판정

된 소의 동거우 및 의양성으로 판정된 소에 대하여는 판정일로부터 60일 내지 90일 이내에 재검사를 실시하였다.

## 5. 판정기준

양성은 주사후 48시간에서 72시간안에 종창차 5mm이상, 의양성은 종창차 3mm~5mm미만, 음성은 3mm미만으로 하였다.

## □ 결 과

표 1. 우결핵 검사 결과('03년~'05년)

년도	검사 두수	양성두수	
		양성	비율(%)
2003	5,067	1	0.02
2004	4,520	9	0.20
2005	4,435	1	0.02
계	14,022	11	0.08

표 2. 군·구별 우결핵병 검진현황 및 양성 발생 현황('03년~'05년)

군·구	2003		2004		2005	
	농가 수	두수	농가 수	두수	농가 수	두수
계	138(1)	5,067(1)	118(4)	4,520(9)	106(1)	4,435(1)
남동	14(-)	412(-)	12(-)	415(-)	9(1)	456(1)
연수	4(-)	75(-)	4(-)	80(-)	2(-)	29(-)
서	15(1)	546(1)	7(-)	225(-)	6(-)	258(-)
계양	41(-)	1,380(-)	36(3)	1,497(5)	30(2)	1,084(-)
강화	64(-)	2,654(-)	59(1)	2,303(4)	57(1)	2,608(-)

( ) 양성 농가(두)수

표 3. 10년간 우결핵 발생 현황 전국비교

년 도	인천		전국	
	농가수	양성 두수	농가수	양성 두수
계	47	190	1,869	6,774
1996	3	3	140	453
1997	8	30	122	266
1998	11	31	169	577
1999	5	24	242	989
2000	9	70	185	532
2001	1	2	216	978
2002	4	19	259	1,277
2003	1	1	236	864
2004	4	9	135	417
2005	1	1	165	421

표 4. 인천지역 우결핵 발생현황('03년~'05년)

목장명	소 재 지	2003	2004	2005	비고
6농가		(1)	(4)	(1)	
수하나	서구 공촌동	5.16	-	-	
인호수	계양구 갈현동	-	6.9	-	
한영	계양구 방축동	-	6.11	-	
용림	계양구 다남동	-	6.18	-	
태승	강화군 불은면 삼동암리	-	11.4	-	
신남촌	남동구 남촌동	-	-	5.12	

( ) 발생 농가수

## □ 요 약

- 3년간 14,022두 검진하여 양성 11(0.08%)두를 살처분하였다.
- '05년은 '03년 대비 검진두수가 약 12%

감소하였는데 도시화에 따른 사육환경 악화로 인한 사육농가의 자진폐업 및 구역개발이 원인으로 판단된다

3. 근래 남동구, 연수구, 서구의 착유 농가의 감소가 눈에 띄게 두드러지며 계양구 및 강화군의 착유 농가가 인천지역 착유농가의 80% 이상을 차지하고 있다.
4. '05년 결핵병 양성우 신규 발생농가가 1농가 1두로 '04년도 4농가 9두에 비해 발생빈도가 현저히 줄었으며 이는 젖소입식에 대한 농가홍보 및 지도가 잘 이루어진 결과로 사료되며 또한 우결핵병의 조기 검진과 살처분 그리고 차단방역이 효과적으로 이루어진 것으로 판단된다.
5. 사육농가 사육두수가 최대인 강화지역은 타 지역에 비해서 우결핵에 대한 안전지대로 판단되는데 이것은 사육형태(자가생산)과 지역적 특성이 원인이다.
6. 지난 10년간 관내 우결핵병 발생 양상은 1996년 이후 증가세를 보이던 양상이 2000년을 기점으로 뚜렷이 감소세를 보이며

산발적인 발생 양상을 보이고 있으나 우결핵병 발생현황에서 보듯이 관내지역은 이병의 상재지역으로 판단되며 근절을 위해서는 철저한 방역과 정기 검진 및 살처분 그리고 사양법에 대한 농가 교육 및 홍보가 철저하게 이루어져야 하겠다.

7. 외부로부터 소의 입식이 없는 상태에서 우결핵병이 발생하는 것을 보면 이병의 근절이 매우 어려우며 군의 특성상 오랜 기간 동안의 주의와 역학조사 방법 개발 등 철저한 방역이 필요됨을 알 수 있다.
8. '05년도 결핵병 양성우 발생농가가 1농가(신규)로 발생이 적었지만 향후에도 미발생농장에 대한 확실한 검진과 방역으로 결핵병 발생방지를 위한 노력이 요구된다.

## □ 조치사항

우결핵 양성우는 전두수 살처분하여 소각 또는 매몰하였으며, 양성목장에 대한 추적 조사와 더불어 우결핵 양성우 동거가축은 60일 내지 90일 이내에 2차에 걸친 재검사를 실시하였다.

# Brucella병 검진

## 사 업 과

### □ 개 요

부루세라병은 병원체가 Br. abortus, Br. canis, Br. melitensis, Br. neotomae, Br. ovis, Br. suis 등으로 분리되며 동물과 사람에게 질병을 일으키는 균이며 전세계적으로 발생하고 있다.

Brucella균속을 제일 먼저 분리한 사람은 1887년 David Bruce 였으며 10년후 Fredrick Bang이 유산된 송아지에서 Brucella균을 분리하여 Br. abortus라 명명하였다.

우리나라는 처음 1956년 부루세라병을 검사하고 38두 양성우가 나타났으며 그 후 잦아져 44년간 검사, 양성우를 색출 살처분하였으나 균 특성상 근절하지 못하였다.

### □ Brucella균의 특성

표 1. Brucella균과 그 성질

균 종	숙 주		Biotype	특 성
	제 1 차	제 2 차		
Br. abortus	소	말, 양, 개, 사람, 사슴, 낙타	1-9	CO <sub>2</sub> H <sub>2</sub> S
Br. suis	돼지, 순록	개, 산토끼, 설치류, 사람	1-4	H <sub>2</sub> S
Br. melitensis	양, 산양	소, 사람	1-3	R 또는 M
Br. canis	개	사람	-	coloney
Br. ovis	양	-	-	CO <sub>2</sub> , R. coloney
Br. neotomae	쥐	-	-	-

표 2. Brucella균의 저항성

조 건	생존기간	비 고
원유	2일~1개월	
저온살균	15분	· 일반
유산태아	수개월	소독
사체	44일	약에
고기	12개월	쉽게
사료	5개월	소독
흙	30일~7개월	됨
분뇨	25일~1년	· 우유
물	57일	저온
직사광선	5시간	살균
우사내	4개월	법에
퇴비(깔집)	5개월	소독
		됨

\* 국립수의과학검역원 자료

### □ 검사대상 및 방법

#### 1. 검사기간

2003년 1월부터 2005년 12월까지 1년 단위로 실시하였다.

#### 2. 검사대상

가. 관내 집유장에 납유하는 목장원유를 대상으로 1차 MRT(milk ring test)를 실시하고 양성반응을 보인 목장을 방문하여 소개체별 전두수의 혈액을 채취한 후 혈청을 분리하여 로즈벡갈 검사 및 TUBE 검사를 실시하였다.

나. 2004년 5월 1일부터 시행된 “부루세라병 검진우 가축시장 거래제 시행지침”에 의거 관내 소 사육농가에서 가축시장에 출하하는 1세이상 한육우 암소와 도축장에 출하하는 한육우 암소 및 자연종부용 수소를 검사하였다.



### 3. 검사방법 및 절차

#### 가. MRT

개체 또는 우군에서 착유한 집합우유(1-50두분)에서 시료를 채취하여 냉장소 4℃에서 48-72시간 숙성시킨 다음 실온에서 45-60분간 방치한 우유 1ml와 Milk ring 진단용 진단액 0.03ml를 시험관에 혼합, 37.5℃ 항온기에서 45-60분간 감작한 후 판정하였다.

#### 나. 로즈벡갈법

- (1) MRT 검사 양성 및 의양성 목장에 대하여 개체별 채혈 검사
- (2) 목장에서 유·사산 등 부루세라병 증상으로 의심되는 우군에 대하여 개체별 채혈검사
- (3) 양성 및 의양성축 동거우 개체별 채혈검사
- (4) 가검혈청 0.03ml과 동량의 로즈벡갈 진단액을 유리관 위에 떨어뜨린 다음 충분히 혼합하여 실온에서 4분간 작용시킨 후 응집유무 판정

#### 다. TUBE법

- (1) 가검혈청 0.08ml, 0.04ml, 0.02ml, 0.01ml, 0.005ml에 1:100으로 희석한 시험관용 진단액 2ml씩 혼합하여 희석수 1:25, 1:50, 1:100, 1:200, 1:400으로 되게 하여 37.5℃ 부란기내에서 48시간 동안 작용시킨후 판정

#### 라. 한·육우 부루세라 검사

- (1) 검사대상 가축의 소유자는 출하일 최소 14일 이전에 해당 군·구에 부루세라병 검사 신청
- (2) 군·구는 검사시료를 채취하여 본 원으로 실험실검사 의뢰
- (3) 검사 실시후 검사결과를 군·구에 통보하고 부루세라병 검사증명서를 해당 농가로 송부
- (4) 검사는 로즈벡갈법 및 TUBE법을 이용

#### 마. 재검진

양성 판정우와 동거한 소 또는 양성 판정 우로부터 병균이 오염될 우려가 있는 환경 하에 사육된 소에 대하여는 양성 판정일로 부터 30일~60일 사이에 이내에 재검사

### □ 결 과

#### 1. 지역별 MRT검사 결과('03년~'05년)

년도	검 사 현 황			양 성 내 역		
	계	음성	양성	계	인천	관외
2003	3,027	3,024 (99.9%)	3 (0.1%)	3	1	2
2004	3,003	2,994 (99.7%)	9 (0.3%)	9	2	7
2005	703	703 (100%)	- (0%)	-	-	-
계	6,733	6,721	12	12	3	9

#### 2. 로즈벡갈 검사 결과('03년~'05년)

년도	검사현황			양 성 내 역		
	계	젖소	한·육우	계	젖소	한·육우
2003	312	312 (100%)	- (0%)	24	24	-
2004	1,282	828 (64.6%)	454 (35.4%)	24	22	2
2005	3,163	309 (9.8%)	2,854 (90.2%)	15	-	15
계	4,757	1,449	3,308	63	46	17

#### 3. 2005년도 군·구별 한육우 검사결과

군·구	검사현황		양성우 발생현황	
	농가	두수	농가	두수
중구	19	84	-	-
남동구	43	349	3	7
연수구	6	25	-	-
계양구	48	406	1	2
서구	26	187	1	2
강화군	301	1,798	4	4
옹진군	3	5	-	-
계	446	2,854	9	15

표 3. 연도별 부루세라병 발생현황

가) 2003년 부루세라병 발생농장

목장명	소재지	발생일자	발생두수	비고
대운	계양구 방축동	3.20	13(4)	신규
선들	계양구 방축동	4.14	9	
낙인	계양구 방축동	5.9	2	
계	3농가			24(4)두

( ) 의양성우

나) 2004년 부루세라 발생현황

목장명	소재지	발생일자	발생두수	비고
큰턱골	계양구 오류동	4.19	11(2)	신규
두밀	서구 대곡동	5.12	4	"
진영	연수구 연수동	9.2	5	"
불은	강화군 불은면 두운리	11.15	2	"
계	4농가			22(2)두

( ) 양성우로부터 출산된 송아지

다) 2005년 부루세라 발생현황

목장명	소재지	발생일자	발생두수	비고
조광	서구 당하동	5.6	2(1)	신규
-	강화군 불은면 두운리	6.3	1	"
-	강화군 강화읍 갑곶리	6.3	1	"
-	남동구 남촌동	7.5	1	"
서윤호	강화군 불은면 두운리	7.8	1	"
-	남동구 남촌동	10.14	4	"
수산	남동구 수산동	9.12	2	"
다생	강화군 불은면 두운리	9.14	1	"
-	계양구 갈현동	11.23	2	"
계	9			15(1)두

( ) 양성우로부터 출산된 송아지

표 4. 최근 5년간 부루세라병 발생 현황

현황	계	2001	2002	2003	2004	2005
목장수	32	6	9	3	5	9
발생두수	202	64	77	24	22	15

## □ 요약

1. 3년간 6,733건 MRT검사 결과 양성인 12 (0.2%)건으로 나타났고 관내 3(0.04%)건, 관외 9(0.13%)건 이었다.
2. 1,449건의 로즈벡검 결과 양성인 46 (3.2%)건 이었다.
3. '04년부터 시작된 한·육우 부루세라 검사 결과 '04년에 2두를 시작으로 '05년엔 15두가 발생하였는데 '05년 부루세라병 발생은 한·육우에서만 발생하였다.
4. 농장별 신규발생상황을 보면 '03년에 신규 1농가, '04년도 및 '05년도는 발생농가 전체가 신규로 발생하였다.
5. '03년부터 '05년까지 부루세라병 양성우 68 두(송아지 3두 및 의양성우 4두 포함)를 살처분 조치하였다.
6. '05년 부루세라병 발생상황을 보면 그 동안 계양구 특정지역 젖소사육농가에서 동시다발적으로 발생하던 기존 양상과는 달리 한·육우에서만 부루세라병이 발생되었다.

## □ 결론

부루세라병은 농가에 막대한 경제적 손해를 입힐 뿐만 아니라 사람에게도 질병을 일으키는 인수공통전염병으로 농가소득과 시민건강을 위해서도 철저한 방역이 이루어져 조기 근절이 필요하다.

우리 시에서 부루세라병 발생은 전체적인 발생 지역은 감소되었으나 한·육우 검사가 시작되어 부루세라병이 꾸준히 발생하고 있으므로 지속적인 검진·검색으로 양성축 살처분, 조기 도태 권고 등 지속적인 방역이 필요하다.

# 두거지역 토양의 기생충란 오염도 조사

## 사 업 과

### □ 개 요

어린이들이 많이 모이는 놀이터나 공원 등의 토양이 기생충에 감염된 개나 고양이들의 분변으로 인해 오염되었을 경우 토양과 자주 접하게 되는 어린이들의 체내로 기생충란이 유입되어 유충체내이행 증 등의 질병을 일으킬 수 있으며 분변에 들어있는 살모넬라균 등 각종 병원성 세균들 또한 어린이들의 건강에 문제를 야기할 수 있다.

본 조사는 아파트, 공원, 유치원의 어린이 놀이터의 토양과 아파트 단지 내 방치분변, 유기견 및 실내사육견의 분변을 검사하여 기생충란 분포 및 오염실태를 파악하고 검사결과를 비교 분석하여 시민보건위생에 기여하고 공중보건 연구자료로 활용하고자 실시하였다.

### □ 조사방법

#### 1. 조사기간

2004년 1월부터 2005년 10월까지 22개월 동안 본 조사를 실시하였다.

#### 2. 조사대상

군·구별 500세대 이상 아파트 놀이터, 주거지역 인근 소공원, 유치원 놀이터의 토양(모래)과 개분변(애완견, 유기견, 아파트 주변 방치분변) 등을 대상으로 하였다.

#### 3. 조사방법

부유법(포화식염수법)과 침전법 및 도말검사를 병행하여 실시하였으며 각종 기생충학 서적 및 도감을 참고로 실시하였다.

### □ 결 과

표 1. 토양(모래)에서 기생충란 검출 현황

구분	계	아파트 놀이터	공원	유치원 놀이터
검사건수	593	468	109	16
검출수	9	5	4	0
검출율(%)	1.52	1.07	3.67	0.00

표 2. 개 분변에서의 기생충란 검출 현황

구분	계	애완견	유기견	아파트 방치분변
검사건수	274	17	155	102
검출수	19	0	14	5
검출율(%)	6.93	0.00	9.03	4.90

### □ 요 약

#### 1. 모래에서 기생충란 검출결과(표 1)

아파트놀이터, 공원, 유치원놀이터의 모래 등 총 593건을 검사한 결과 9건의 기생충란이 검출되어 1.52%의 검출율을 보였다.

#### 2. 개 분변에서의 기생충란 검출결과(표 2)

애완견과 유기견의 분변, 아파트 단지 내 방치분변 등 총 274건을 검사한 결과 19건의 기생충란이 검출되어 6.93%의 검출율을 보였다.

3. 모래에서 검출된 기생충란 9건 중 *Toxocara canis*(개회충) 4건, *Toxocaris leonina*(사자회충) 3건, *Strongyloides spp.*(분선충) 2건이 검출되었다.

4. 개 분변에서 검출된 기생충란 중 유기견의 분변에서는 일부개체 중복감염결과를 포함하여 22건의 기생충란이 검출되었는데 *Ancylostoma caninum*(개구충) 8건, *Toxocara canis* 7건, *Trichuris vulpis*(개편충) 4건, *Isospora spp.*(포자충) 2건, *Taenia spp.*(조충류) 1건이 검출되었고 아파트 방치 분변에서는 *Strongyloides spp.* 3건, *Trichuris vulpis* 1건, 미분리된 충란 1건이 검출되었다.

### □ 조치사항

1. 기생충란의 검출 현황을 군·구에 통보하여 군·구로 하여금 해당 아파트관리사무소와 공원의 오염된 장소는 깨끗한 모래 등으로 교체하거나 증기소독, 오존수 소독, 화염소독토록 권고하였다.

2. 애완동물 분변의 위생적 처리 및 기생충 구제 철저, 감염예방을 위한 손을 깨끗이 씻는 등의 개인위생관리를 홍보하였다.

# 구제역 예찰 사업

## 사 업 과

### □ 개 요

구제역이란 소, 돼지, 양, 염소, 사슴 및 야생 반추류 등과 같이 발굽이 둘로 갈라진 우제류 동물에서 발생하는 급성 전염병으로 국제수역사무국(OIE)에서 A급으로 분류한 15종의 질병 중에서도 첫째가는 악성가축전염병이다. 우리나라에서는 2000년 3월 경기도 파주 젖소농가에서 구제역이 66년만에 발생한 이후 2002년 재발생(4개 지역 16건)한 바 있으나 철저한 방역대책 추진으로 조속히 근절시켜 현재까지는 청정화 지역을 유지하고 있는 상태이다. 본 사업은 지속적인 혈청검사를 통하여 질병의 재발 방지 및 청정상태를 유지함으로써 질병발생시의 막대한 경제적 손실을 사전에 봉쇄하여 안전한 축산물 생산에 기여함으로써 국민보건향상에 기여하고자 실시하였다.

### ○ 2002년 국내 발생현황

구분	발생건수 (발생지역)	발생두수	살처분두수
돼지	15(4)	662	96,990
소	1(1)	1	151
계	16(4)	663	97,141

### □ 검사방법

1. 검사기간 : 2003. 1. ~ 2005. 12.

#### 2. 검사대상

관내 소·염소·돼지 사육농가 및 도축장에서 무작위 선정

#### 3. 검사 방법

가. 예찰방법

농장예찰(통계예찰)과 도축장 예찰로 구분하여 실시

#### 나. 검사방법

1) 농장예찰 : 반기별 연2회 관내 소·돼지·염소농가서 무작위 표본 추출 후 개체별 혈청검사(ELISA)

2) 도축장 예찰 : 매월 관내 도축장서 무작위 표본 추출 후 혈청검사(간이항원진단키트)

#### 다. 조치 요령

1) 양성 의심 혈청 및 양성 혈청은 즉시 검역원으로 송부

2) 양성 발생시 구제역긴급행동지침에 의거 조치

### □ 결 과

유형 \ 실적	2003년		2004년		2005년	
	계획	실적	계획	실적	계획	실적
농가예찰	116	132	124	136	112	120
도축장예찰	1,424	1,644	1,837	2,187	1,823	2,022
계	1,540	1,776	1,961	2,323	1,935	2,142

\* 전두수 음성

### □ 요 약

구제역에 대한 혈청예찰은 2003년부터 현재까지 전 두수 음성으로 재발생의 우려는 적으나 완전한 발생 종식을 위하여 지속적인 검사를 실시할 계획이다.

# 돼지콜레라 예찰 사업

## 사 업 과

### □ 개 요

돼지콜레라는 고열·식욕결핍·설사나 변비·피부청색증 및 뒷다리를 잘못 쓰거나 비틀거리는 증상을 나타내며 한번 발생하면 치료방법이 없고 감염된 돼지는 전부 죽게 되는 돼지 질병 중 가장 무서운 질병으로서 국제수역사무국(OIE)에서 A급으로 분류하고 있고 가축전염병 예방법에서도 제1종 가축전염병으로 여기는 악성전염병으로 국내에서는 2002년도 관내 강화지역에서 재발생 함으로써 막대한 경제적 피해를 끼치기도 하였다. 본 사업은 예방접종 실시여부를 조사하여 예방접종 100% 실시를 유도함으로써 질병발생 및 확산을 방지하고 혈청검사를 통한 면역항체가 조사와 질병 감염 여부, 조기 검색 및 질병 동향을 파악하여 완전한 청정화를 이루도록 실시하였다.

#### ○ 국내 연도별 발생현황

구분	발생건수 (발생지역)	발생두수	폐사두수
'05년	0(0)	0	0
'04년	9(8)	781	135
'03년	72(27)	5,866	1,890
'02년	13(5)	1,089	152
'01년	0(0)	0	0
'00년	0(0)	0	0

### □ 검사방법

1. 검사기간 : 2003. 1. ~ 2005. 12.

2. 조사대상

관내 전 양돈농가 및 도축장

3. 검사방법 및 조치요령

가. 예찰방법

농장예찰(통계예찰)과 도축장 예찰로 구분하여 항원, 항체검사 실시

#### 나. 검사방법

- 항체검사 : 검사결과를 해당 군·구로 통보하고 검사 결과 양성두수가 검사두수의 80% 미만인 경우는 과태료 부과
- 항원검사 : 항원검사 결과 돼지콜레라 바이러스에 감염된 것으로 확인되면 즉시 시 및 수의과학검역원에 보고하고 의심축 격리, 사람·사료·장비·차량의 출입 통제 등의 방역 조치를 취함

### □ 결 과

#### ○ 검사결과

실적 유형	2003년		2004년		2005년	
	계획	실적	계획	실적	계획	실적
항체검사	9,200	11,652	9,200	9,299	9,200	9,295
항원검사	3,070	3,995	3,070	3,144	3,070	3,098
항체양성률	76.7%		97.3%		97.1%	

#### ○ 항체양성율 80%미만농가 현황

구분	2003년	2004년	2005년
농가수	73	7	6

### □ 요 약

돼지콜레라 혈청 예찰은 항체 양성율이 2003년에 76.7%에서 2004년, 2005년 각각 97.3% 및 97.1%로 현저히 높아졌으며 항체양성율 80% 미만의 농가에 대하여 돼지콜레라 예방접종 관련 과태료 부과 지침에 의거 과태료 부과조치(2003년 19농가, 2004년 7농가, 2005년 5농가)를 취하여 항체양성율 100%를 유도 하였다.

# 돼지오제스키병 근절사업

## 사 업 과

### □ 개 요

돼지오제스키병은 주로 돼지에서 발생하는 질병으로 감염된 모돈은 주로 유산을 일으키며 새끼돼지는 폐사율이 높은 제2종 법정 전염병으로서 질병의 근절기반 조성을 위한 혈청검사 실시로 감염농장의 확인 및 감염·항체양성 돼지의 살처분·도태를 실시하고 있다.

### ○ 최근 5년간 국내 발생 현황

구분	'05년	'04년	'03년	'02년	'01년
발생건수	90	93	115	223	591
발생두수	3,912	2,826	684	3,016	9,780

### □ 검사방법

1. 검사기간 : 2003. 1. ~ 2005. 12.

2. 검사대상

관내 50두 규모이상 전 양돈농가 및 종돈장

3. 실시방법 및 조치요령

- 종돈장 : 매년 12월말까지 다음해 검사계획을 수립, 관내 종돈장과 관련기관에 통보하며, 종모돈·중빈돈 등 번식돈군은 반기별 1회이상, 후보모돈 등은 분기별 1회이상 검사 실시
- 양돈장 : 가축위생방역본부 방역요원이 양돈장을 방문하여 채혈 후 가축위생시험소에 시료 송부하여 검사 실시
- 검사결과 항체 양성돈이 발생했을 경우 “돼지오제스키병 방역실시요령”에 규정된 긴급방역조치 실시

- 항체양성 발생농장에 대하여는 사육 모돈·종돈 전두수를 검사하고 자돈과 육성돈에 대하여도 검사하여 도축장 조기 출하 조치
- 항체양성 모돈 등을 도태 권고기간내 도축장 출하시 도태장려금 지급

### □ 결 과

#### ○ 검사 결과

구분	2003년		2004년		2005년	
	계획	실적	계획	실적	계획	실적
검사두수	5,000	5,511	4,700	4,967	2,000	2,520

\* 전두수 음성

#### ○ 사업장별 검사 결과

년도	사육장	계	모돈	중용돈	후보돈	비육돈
'03	종돈장	262	99	37	78	48
	양돈장	5,249	2,394	-	-	2,855
'04	종돈장	327	228	82	15	2
	양돈장	4,640	4,118	522	-	-
'05	종돈장	434	193	130	-	111
	양돈장	2,086	1,639	447	-	-

### □ 요 약

돼지 오제스키병은 매년 발생이 지속되고 있어 오제스키병 청정지역인 인천에도 발생이 우려되므로 이에 질병발생동향을 파악하고 질병 유입을 방지하기 위하여 지속적인 혈청검사를 실시하고 아울러 농가에 대한 차단 방역 홍보 및 교육을 강화할 예정이다.

# 닭뉴캐슬병 근절사업

## 사 업 과

### □ 개 요

뉴캐슬병은 닭, 꿩, 메추리 등에 발생하는 급성전염병으로 소화기, 호흡기 및 신경증상을 일으키며 예방접종을 하지 않은 닭에 감염시 100% 폐사를 한다. 전세계적으로 발생하며 국내에서는 연중 발생(늦가을부터 봄까지 가장 많이 발생)하는 질병이다.

현재 단계별 근절 프로그램이 추진 중이며 이에 혈청검사를 실시중이다.

### ○ 지역별 국내 발생 현황

지역	2002년	2003년	2004년	2005년
서울	-	1	-	-
부산	-	-	-	-
대구	-	-	-	-
인천	-	-	1(강화군)	-
광주	-	1	1	2
대전	-	-	-	-
울산	-	-	-	-
경기	8	5	6	1
강원	2	-	1	1
충북	8	2	2	2
충남	8	9	4	1
전북	10	10	5	1
전남	46	17	3	4
경북	2	3	1	-
경남	4	2	3	4
제주	-	-	1	2
계	88	50	28	18

### ○ 단계별 근절 기본 목표

1단계('01~'02) : 예방접종 강화로 발생 최소화

2단계('03~'04) : 발생 최소화 정착 및 예방접종두수 감축

3단계('05이후) : 차단방역 및 검사강화로 비발생국 전환

### □ 검사방법

1. 검사기간 : 2003. 1. ~ 2005. 12.

### 2. 검사대상

관내 산란계 사육농가는 계군별 20~30수 이상씩 년 1회 이상, 닭 도축장 출하농가당 30수 이상

### 3. 검사방법 및 조치요령

가. 농장채혈은 가축위생방역본부, 닭도축장 채혈은 해당업소 자체 검사원이 실시하여 검사 의뢰

- 농장 및 닭도축장에 대하여 계군별로 10,000수 미만일 경우 최소 20수 이상, 10,000수 이상일 경우 30수 이상 채혈 검사

나. 육계는 ELISA, 산란계는 HI 검사

다. 예방접종 여부 확인검사에 따른 철저한 과태료 조치

- 혈청검사 결과 항체가 없는 농장을 방문, 접종여부 확인 후 증빙자료(예방약 수불대장, 접종대장, 예방약 空瓶 등)가 없을 경우 최소 300만원 이상, 최고 500만원까지 과태료 처분

### □ 결 과

구분	농 장			도축장		
	검사수	양성수	양성율	검사수	양성수	양성율
'03	1,900	1,895	99.7	5,334	5,281	99.0
'04	1,285	1,274	99.1	3,988	3,705	92.9
'05	559	556	99.5	4,560	4,179	91.6

### □ 요 약

1. 관내 농장 검사 결과 도축장 출하된 타 시도 검사결과보다 높은 양성율을 보여 예방접종상태가 양호함을 알수 있다.
2. 연도별 발생 현황을 보면 점차 감소 추세지만 2004년에 관내 강화군에서 질병 발생농가가 1농가 출현함으로서 보다 지속적인 예방 및 혈청검사가 요구시 된다.

# 조류인플루엔자 검색사업

## 사 업 과

### □ 개 요

조류인플루엔자는 전파가 빠르고 병원성이 다양하며 닭, 칠면조, 야생조류 등 여러 종류의 조류에 감염된다. 주로 닭과 칠면조에 피해를 주는 급성 바이러스성 전염병으로 오리는 감염되더라도 임상증상이 잘 나타나지 않는다.

원인체는 바이러스이며 병원성에 따라 고병원성 조류인플루엔자, 저병원성 조류인플루엔자, 비병원성 조류인플루엔자로 구분되며 고병원성 조류인플루엔자(HPAI: Highly Pathogenic Avian Influenza)는 국내에서는 제1종 가축 전염병으로 분류하고 있다.

고병원성 조류인플루엔자가 발생 한 경우에는 우리나라를 포함하여 전세계의 대부분 국가들이 살처분 하고 있으며 발생국가에서는 양계산물을 수출 할 수 없다.

국내발생(고병원성) 현황은 2003년 12월 충북 음성 최초 발생 이후 2004년 4월까지 7개 시·군에서 총 19건 발생하였다.

관내발생은 2004년 5월 1개 농장(강화)에서 저병원성인플루엔자가 발생하여 700수를 매몰하였다.

### □ 검사방법

1. 검사기간 : 2004. 1. ~ 2005. 12.

2. 조사대상

관내 농장 중 무작위로 선별하여 채혈한 후 혈청분리 검사

3. 검사방법 및 조치요령

가. 항체검사

혈구응집억제(HI)검사법과 면역확산법(AGP)을 병행하여 실시

나. 항원검사

간이진단키트 사용

다. 조치사항

혈청검사 결과 양성 및 의양성으로 판정시

수의과학검역원에 바이러스 분리 의뢰 후 고병원성 조류인플루엔자로 판정시 살처분 및 방역 조치

### □ 결 과

#### ○ 항체 검사 실적

년도	검사 건수 (%)	검사결과		검사 방법	양성 판정 항체가
		양성(%)	음성(%)		
'05년	340(85.0)	5(1.5)	335(98.5)	HI	3배
	545(136.3)	11(2.0)	534(98.0)	AGP	
'04년	397(99.3)	80(20.2)	317(79.8)	HI	3배
	579(144.8)	32(5.5)	547(94.5)	AGP	

#### ○ 항원 및 기타 검사 실적

- 고병원성 가금인플루엔자 발생관련 혈청검사로 '03. 12. ~ '04. 01.까지 7농가(중구1, 남동구1, 계양1, 강화3, 서구1)에 대해 긴급임상 관찰 및 혈청검사를 실시한 결과 전수수 음성으로 판정되었다.
- 2004년에 인천대공원 조류검사(평2, 백한2, 금계1, 원앙1, 앵무새1, 타조1, 오리1, 칠면조1) 및 관내 28개소 106수 항원검사 결과 전수수 음성으로 판정되었다.
- 2005년에 강화군 철새도래지 친환경 오리 사육농가 오리 40수 및 중구 영종도 철새도래지 인근 닭 사육농가 10농가 예찰 및 검사 결과 전수수 음성으로 판정되었다.
- 국립수의과학검역원 연계 사업으로 강화도 철새도래지 철새 분변 채취 검사('04년 100건, '05년 100건) 결과 전건수 음성으로 판정되었다.

### □ 요 약

1. 항체검사 결과는 양성율이 점차 낮아지고 있으며 전국평균 양성율(HI:9.4%, AGP:0.8%)과 비교시 비교적 양호하게 나타났다
2. 항원 및 기타검사는 전건 음성으로 나타났다.



# 가축질병병성감정

## 사 업 과

### □ 개 요

축주가 의뢰한 가축 및 야생조수류에 대하여 역학조사, 임상검사, 혈액검사, 세균검사, 병리조직검사, 동물접종시험 등에 의하여 가축질병의 원인의 진단을 통해서 질병의 확산을 방지하고 가축전염병으로 판명될 경우 긴급방역조치를 취하고 일반 질병 시 치료지침을 제시함으로써 양축농가의 소득증대 및 시민보건향상에 기여하고자 실시하였다.

### □ 검사 및 조사방법

#### 1. 검사기간

2003년 1월부터 2005년 12월까지 실시하였다.

#### 2. 검사대상

인천 관내 농장주가 시험소에 직접 방문하여 의뢰한 가축 및 가검물, 이동이 금지되거나 법정전염병으로 의심되는 가축에 대하여는 농장에 출장하여 채취한 가검물을 대상으로 검사하였다.

#### 3. 검사요령

시료채취 요령 및 검사사항은 가축질병병성감정실시요령(농림부훈령제955호, '98. 08. 31)에 의거하여 실시하였다.

### □ 결 과

년도	축종 실적 (건)	축종별				
		소	돼지	닭	개	기타
2003	60	32	10	8	5	6
2004	63	43	6	3	7	3
2005	60	28	5	12	5	10

### □ 요 약

1. 병성감정 의뢰된 총 182건을 축종별로 보면 소 103건(56.6%), 닭 23건(12.5%), 돼지 21건(11.4%), 기타 19건(10.3%), 개 17건(9.2%)으로 소 의뢰 건수가 가장 많았다.

2. 병성감정 결과를 보면 소의 경우 유방염이 43건으로 소 전체 의뢰건수 103건 중 41.7%를 차지하였다. 돼지의 경우는 의뢰건수 21건 중 대장균성 설사증 의뢰가 11건(52.4%)으로 가장 많았다.

닭의 경우는 2004년부터 고병원성 조류인플루엔자 영향으로 조류인플루엔자에 대한 의뢰가 급증(2005년 전체12건중 6건으로 50%)하였으며, 기타 공작, 오리, 사슴, 제비, 비둘기, 청둥오리, 토끼 등이 의뢰되었다.

3. 법정전염병은 닭에서 '04년도에 닭뉴캐슬병(제1종) 및 저병원성 조류인플루엔자(제2종)가 강화지역에서 동시 발생하여 긴급방역조치가 실시되었다.

### □ 조치사항

1. 가축전염병이 아닌 경우 병성감정 실시결과를 축주에게 통보하여 필요한 방역조치를 취하도록 하고 사양관리를 지도하였다.

2. 가축전염병으로 판명시에는 발생신고, 검사 등 실시, 소독실시, 가축의 격리 및 이동제한, 출입자 통제, 사체매몰 등 신속한 긴급방역조치를 취하였다.

# 도축 검사

## 시험검사실

### □ 개 요

최근 미국산 수입쇠고기의 광우병 파동 및 구제역, 돼지콜레라, 고병원성 조류인플루엔자 등의 발생으로 인하여 소비자의 식품안전성, 특히 축산물에 대한 인식이 고조되고 있는 실정이다. 또한 WTO체제의 출범에 따라 국가간의 식품 교역시 국제적으로 공인된 규격과 기준을 적용해야 함에 따라 각 작업장 규모별로 HACCP 적용의 의무화되었다. 이러한 제도가 효율성을 갖고 지속적으로 운용되어 식육의 안전성과 소비자의 신뢰를 확보하기 위해서 현재의 도축검사는 도축되는 가축에 대한 육안적인 검사뿐만 아니라 해체검사, 지육의 미생물검사 및 항생제잔류물질검사, 작업장의 위생도 검사 등의 다양한 검사를 실시하여 식육의 안전성을 높이는 방향으로 검사업무를 실시하고 있다.

### □ 검사방법

#### 1. 검사 대상

2003년부터 2005년까지 관내 도축장 및 닭 도축장으로 출하된 소, 돼지, 염소 및 닭

#### 2. 생체검사 (도축하는 가축의 검사기준)

- 가. 도축장 안의 계류장에서 가축을 일정기간 계류 후 생체검사장에서 실시
- 나. 검사대상 가축이 도축검사신청서에 기재된 가축인지의 여부를 확인
- 다. 개체별 검사
  - 1) 가축의 자세 · 거동 · 영양상태 · 호흡상태 관찰

2) 피부와 털의 상태 확인

3) 필요한 경우 맥박, 체온 측정 및 안검·비강·구강·항문·생식기·직장검사 실시

라. 검사 결과 이상이 있는 가축

격리장에 일정시간 계류 후 재검사하여 도축 허용 여부 결정

#### 3. 해체검사 (식육의 검사기준)

가. 검사방법 : 각 기관별, 부위별로 절개검사

나. 폐기 기준 및 부위 : 대상 질병별 지육 일부 또는 전체 폐기

#### 4. 실험실검사

가. 병리·조직학적 검사

나. 미생물학적 검사

다. 이화학적 검사

#### 5. 식육의 합격 표시

가. 방법 : 시·도별 검인부호 및 규격에 따라 스탬프식 검인으로 표시

1) 삼성식품 : 인천 01

2) 강화도축장 : 인천 02

3) 백령도축장 : 인천 03

나. 표시부위 : 지육어깨·등·가슴·배·앞다리·뒷다리·머리·꼬리의 표면

다. 축종별 검인 색소

1) 한우 - 적색

2) 육우 - 녹색

3) 젖소·돼지·염소 - 청색

#### 6. 닭 도축 : 자체검사원이 검사 후 결과 보고

## □ 결 과

표 1. 축종별 도축검사

(단위 : 두)

구분	계			연 도 별 결 과					
				합 격			불합격		
	'03	'04	'05	'03	'04	'05	'03	'04	'05
계	422,505	398,383	342,423	422,424	398,276	342,353	81	107	70
소	13,114	9,459	10,347	13,080	9,452	10,338	34	7	9
돼지	408,752	388,777	331,475	408,705	388,677	331,414	47	100	61
염소	639	147	601	639	147	601	-	-	-

표 2. 작업장별 도축 현황

(단위 : 두)

구분	계			삼성식품(주)			강화현대*			웅진(백령)		
	'03	'04	'05	'03	'04	'05	'03	'04	'05	'03	'04	'05
계	422,505	398,383	342,423	417,322	397,166	341,325	3,660	-	-	1,523	1,217	1,098
소	13,114	9,459	10,347	12,869	9,412	10,305	204	-	-	41	47	42
돼지	408,752	388,777	331,475	403,814	387,607	330,419	3,456	-	-	1,482	1,170	1,056
염소	639	147	601	639	147	601	-	-	-	-	-	-

\* : 2003년 7월 1일부로 휴(폐)업

표 3. 소 품종별 도축 현황

(단위 : 두)

작업장	계			한 우			육 우			유 우			수입소		
	'03	'04	'05	'03	'04	'05	'03	'04	'05	'03	'04	'05	'03	'04	'05
계	13,114	9,459	10,347	1,830	1,375	1,814	7,627	4,816	2,822	3,657	3,132	5,498	-	136	213
삼성식품(주)	12,869	9,412	10,305	1,603	1,328	1,772	7,609	4,816	2,822	3,657	3,132	5,498	-	136	213
강화현대식품	204	-	-	186	-	-	18	-	-	-	-	-	-	-	-
웅진도축장	41	47	42	41	47	42	-	-	-	-	-	-	-	-	-

표 4. 축종별 질병 및 기생충 출현 현황

(단위 : 건, kg)

연도	축종	병 별							기생충			폐기량 (kg)
		계	소화기	호흡기	순환기	생식기	기타		계	간질충	기타	
'03	계	12,974	7,970	4,755	139	12	98		40	-	40	67,659
	소	3,651	3,345	179	97	7	23		-	-	-	30,534
	돼지	9,323	4,625	4,576	42	5	75		40	-	40	7,125
'04	계	24,451	12,731	11,507	148	20	45		-	-	-	65,670
	소	2,572	2,276	139	130	20	7		-	-	-	24,104
	돼지	21,879	10,455	11,368	18	-	38		-	-	-	41,566
'05	계	33,504	16,024	17,041	126	116	197		-	-	-	75,967
	소	1,512	1,066	136	126	116	68		-	-	-	17,073
	돼지	31,992	14,958	16,905	-	-	129		-	-	-	58,894

표 5. 축종별 불합격내역

(단위 : 두)

축종	불합격내역											
	계			잔류물질			생체검사			해체검사		
	'03	'04	'05	'03	04	'05	'03	'04	'05	'03	'04	'05
계	81	107	70	11	-	5	2	43	-	68	64	65
소	34	7	9	11	-	5	2	1	-	21	6	4
돼지	47	100	61	-	-	-	-	42	-	47	58	61

표 6. 닭 도축 및 병변별 현황

(단위 : 수, kg)

연도	도계장	검사수수	불합격 수수	불합격현황						폐기량 (kg)
				계	소화	호흡	순환	생식	기타	
'03	인천식품	3,842,331	1,907	1,907	140	1,008	682	77	-	2,858
	우인산업	7,873,690	8,833	8,833	2,050	2,105	2,063	-	2,615	8,833
	계	11,716,021	10,740	10,740	2,190	3,113	2,745	77	2,615	11,691
'04	인천식품	3,417,387	1,820	1,820	136	959	661	64	-	2,388
	우인산업*	1,913,986	2,224	2,224	560	585	580	-	499	2,525
	계	5,331,373	4,044	4,044	696	1,544	1,241	64	499	4,913
'05	인천식품	6,073,914	1,050	1,050	388	650	12	-	-	1,650
	우인산업*	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	계	6,073,914	1,050	1,050	8	650	12	-	-	1,650

\* : 2004년 6월 7일 휴(폐)업

## □ 요 약

- 2003년부터 2005년까지 축종별 도축내역을 살펴보면, 소는 2003년에 13,114두, 2004년 9,459두, 2005년 10,347두를 도축하여 2005년도에는 전년 대비 도축두수가 888두 증가하였는데, 이는 비상장부분인 이용도축수의 증가에 기인한 것으로 판단된다. 돼지는 2003년 408,752두, 2004년 388,777두, 2005년 331,475두로 해마다 감소하는 경향을 보이는데 이는 만성 소모성 및 전염성 질환의 유행으로 인한 산자수 감소와 2004년 여름 10년만의 폭염 영향으로 많은 수의 모돈이 폐사하여 전체적인 돼지 사육두수가 줄었기 때문이라 판단된다.
- 작업장별 도축 실적은 삼성식품에서 2003년 417,322두, 2004년 397,166두, 2005년

341,325두를 도축하였고, 강화도축장에서 2003년 6월까지 3,660두를 도축하고 7월 1일부로 폐업신고를 하였다, 백령, 웅진 도축장에서 2003년 1,523두, 2004년 1,217두, 2005년 1,098두를 도축하였다.

- 소 품종별 도축현황을 살펴보면 한우는 2003년도에 1,830두가 도축되었고, 2004년도에는 455두 감소하여 1,375두가 도축되었으며, 2005년도에는 전년도에 비해 439두가 증가하여 1,814두가 도축되었다. 이는 2005년 광우병 파동으로 인해 한우육의 선호도가 상승함에 따라 한우의 출하두수가 일시적으로 증가한 것에 기인한 것으로 판단된다. 육우는 2003년 7,627두, 2004년 4,816두, 2005년 2,822두로 해마다 감소하는 경향을 보였다. 유우는 2003년 3,657두, 2004년 3,132두, 2005년 5,498두가 도축되었는데,

2005년도에 유우의 도축두수가 큰 폭으로 상승한 것은 납품용으로 도축된 노령우 젖소 도축의 증가에 기인한 것이라 판단된다. 수입소 도축은 2005년도에 213두로 전년도 136두 대비 63.8% 증가하였다.

4. 축종별 질병출현 결과를 보면 소의 경우 2003년도에 3,651건, 2004년도에 2,572건, 2005년도에 1,512건으로 매년 질병 출현율이 점차 감소하는 경향을 보였다. 병변별로는 소화기와 호흡기 질병으로 인한 폐기가 가장 많았는데 소화기 질병이 2003년에는 3,345건으로 전체 병변의 91.6%이었으나 2004년에는 2,276건(88.5%), 2005년도에는 1,066건(70.5%)으로 감소하였고, 반면에 호흡기 질병은 2003년 179건(4.9%), 2004년 139건(5.4%), 2005년 136건(9.0%)으로 매년 증가하는 추세를 보였다. 또한 2005년도에 생식기 질병으로 인한 폐기가 116건으로 2004년 20건에 비해 6배 가까이 증가하였는데 이는 노령우 젖소가 많이 도축되었기 때문이라 생각된다. 돼지의 경우에는 해마다 도축두수가 감소하였음에도 불구하고 지육의 부분폐기 건수는 2003년 9,323건, 2004년 21,879건, 2005년 31,992건으로 큰 폭으로 증가하는 경향을 보였다. 부분폐기 사유로는 돼지 역시 소화기와 호흡기 질병이 주된 이유였으며 2003년도에는 두 질병으로 인한 불합격 건수가 비슷한 비율을 보였으나 2004년, 2005년에는 호흡기질병으로 인한 부분폐기 건수가 증가하는 추세를 보였는데, 이는 사양관리 소홀 및 만성적인 호흡기질병 차단방역 미흡으로 인해 질병의 근절이 어려웠기 때문이라 생각된다.

5. 축종별 불합격 현황은, 소의 경우 2003년도에는 34두가 불합격되었는데 이 중 잔류물질 위반이 11건, 생체검사 결과 2건, 해체검사 결과 21건이 불합격되었고, 2004년도에는 생체검사 결과 1건, 해체검사 결과 6건으로 총 7건이 불합격되었다. 2005년도에는 잔류물질위반으로 5두, 해체검사 결과 패혈증으로 4두가 불합격되었으며 매년 해체검사 결과 불합격건수는 감소하였다. 돼지는 2003년 47두, 2004년 100두, 2005년 61두가 불합격되었다.

6. 닭 도축은 자체검사원이 검사한 후 보고한 실적을 결과로 나타내었다. 2003년도에는 총 11,716,021수가 도축되었으나 2004년도에는 2003년 12월~2004년 3월까지 유행한 가금인플루엔자의 영향으로 소비가 둔화되어 도축수수가 5,331,373수로 감소하였다. 그러나 2005년에는 광우병과동으로 인한 쇠고기의 대체 수요로 닭고기의 소비가 조금이나마 늘어남에 따라 전년도보다 742,541수가 증가한 6,073,914수가 도축되었다. 병변별 불합격 현황을 살펴보면 호흡기 질병으로 인한 불합격 건수가 가장 많았는데 2003년도에는 3,113건으로 전체 병변의 29.0%, 2004년에는 1,544건(38.2%), 2005년에는 650건 (61.9%)으로 매년 증가하는 경향을 보였다. 소화기 질병으로 인한 불합격 내역은 2003년도에 2,190건(20.4%), 2004년도에 696건(17.2%), 2005년도에 388건(37.0%) 이었고, 순환기질병으로 인한 불합격 내역은 2003년도에 2,745건(25.6%), 2004년도에 1,241건(30.7%), 2005년도에는 12건(1.1%)의 결과를 보였다.

# 축산가공품 검사

## 시험 검사 실

### □ 개 요

소득 수준이 향상되면서 축산물 안전성에 관한 관심이 높아지고 점차 고품질의 안전 축산물에 대한 소비자의 요구가 증대되고 식생활의 간편화 및 핵가족화로 축산물가공품의 수요가 날로 증가하고 있다. 따라서 축산물의 원료 관리, 처리·가공 및 유통의 각 단계에서 발생할 수 있는 위해요소를 분석하여 축산물의 안전성 제고를 통해 품질 경쟁력을 향상시키기 위해 본 조사를 실시하였다.

### □ 검사방법

#### 1. 검사기간

2003년 1월부터 2005년 12월까지 실시하였다.

#### 2. 검사대상

식육, 식용란, 식육가공품, 유가공품, 알가공품 등을 대상으로 하였다.

#### 3. 검사방법

축산물가공처리법, 축산물의 가공기준 및 성분규격에 의거하여 관능검사, 이화학적검사, 미생물학적검사 등을 실시하였다.

### □ 요 약

1. 3년간 축산가공품 검사 의뢰건수는 2003년 1,193건 중 민원 905건, 관원 288건이었고 2004년 1,593건 중 민원 1,187건, 관원 406건이었으며 2005년 1,265건 중 민원 831건, 관원 434건이었다(표 1. 2. 3).

2. 민원검사에서 품목별 검사 의뢰는 2003년에 의뢰된 햄류 등 8품목 중 분쇄가공품 277건,

양념육류 214건, 포장육 167건, 기타 순이었고 2004년은 햄류 등 11품목 중 양념육류 454건, 분쇄가공품 315건, 포장육 204건, 기타 순으로 의뢰되었으며 2005년은 햄류 등 9품목 중 양념육류 383건, 포장육 280건, 분쇄가공품 151건, 기타 순으로 의뢰되었다. 2003년에 비해 2004년과 2005년에는 양념육류가 가장 많이 의뢰되었는데 이는 식생활의 간편화로 인해 양념육류의 소비가 증가되고 있기 때문으로 사료된다(표 2).

3. 관원검사에서 품목별 검사 의뢰는 2003년은 우유류 등 18품목 중 유가공품 25건, 식육가공품 216건, 식육 47건이었고 2004년은 우유류 등 14품목 중 유가공품 39건, 식육가공품 367건이었으며 2005년은 우유류 등 19품목 중 유가공품 22건, 식육가공품 364건, 식육 48건이었다(표 3).

4. 부적합 내역을 보면 민원은 2003년 식육가공품 4건에서 대장균군이 검출되었고, 2004년은 식육가공품에서 표기사항위반 3건, 보존료(sorbic acid) 검출 2건이었으며 2005년은 모두 적합이었다(표 2). 관원은 2003년 식육가공품 1건이 표기사항 위반이었고 2004년, 2005년은 모두 적합이었다(표 3).

### □ 조치사항

1. 검사 결과에 대해서는 해당 업소에 결과를 통보하였다.

2. 부적합 제품은 유통 중지, 자진회수명령, 시정 지시 및 과태료를 부과하여 특별 관리를 통해 위해요소를 중점 관리토록 하였다.

## □ 결 과

표 1. 3년간 축산가공품 검사 의뢰 건수

유형 \ 실적	2003년			2004년			2005년		
	실적	적합	부적합	실적	적합	부적합	실적	적합	부적합
유가공품	25	25	-	39	39	-	32	32	-
식육가공품	1,116	1,111	5	1,546	1,541	5	1,188	1,188	-
알가공품	5	5	-	8	8	-	7	7	-
식육	47	47	-	-	-	-	48	48	-
계	1,193	1,188	5	1,593	1,588	5	1,265	1,265	-

표 2. 품목별 검사내역 (만원)

검사대상품목		2003년			부적합 내역	2004년			부적합 내역	2005년			부적합 내역
		검사 건수	적합	부적합		검사 건수	적합	부적합		검사 건수	적합	부적합	
합 계		905	901	4		1,187	1,182	5		831	831	-	
식 육 가 공 품	소 계	900	896	4		1,179	1,174	5		824	824	-	
	햄 류	37	37	-		94	91	3	표기사 항위반	4	4	-	
	소시지류	66	65	1	대장 균균	44	44	-					
	건조저장육류					21	21	-		5	5	-	
	양념육류	214	214	-		454	454	-		383	383	-	
	포 장 육	167	167	-		204	204	-		280	280	-	
	분쇄가공육제품	277	277	-		315	313	2	보존료 검출	151	151	-	
	갈비가공품	91	91	-						1	1	-	
	기타식육가공품	48	45	3	대장 균균	47	47	-					
알 가 공 품	소 계	5	5	-		8	8	-		7	7	-	
	전 란 액	5	5	-		4	4	-		5	5	-	
	난 황 액					1	1	-		1	1	-	
	난 백 액					1	1	-		1	1	-	
	알가열성형제품					2	2	-					

표 3. 품목별 검사내역 (관원)

검사대상품목		2003년			부적합 내역	2004년			부적합 내역	2005년			부적합 내역
		검사 건수	적 합	부적합		검사 건수	적 합	부적합		검사 건수	적 합	부적합	
합 계		288	287	1		406	406	-		434	434	-	
유 가 공 품	소 계	25	25	-		39	39	-		22	22	-	
	우 유 류	8	8	-		9	9	-		5	5	-	
	저지방우유류					1	1	-					
	가공유류					4	4	-		1	1	-	
	발효유류	8	8	-		10	10	-		6	6	-	
	유크림류									2	2	-	
	농축유류					1	1	-					
	버 터 류	4	4	-		3	3	-		2	2	-	
	자연치즈	1	1	-		1	1	-					
	가공치즈	4	4	-		10	10	-		6	6	-	
식 육 가 공 품	소 계	216	215	1		367	367	-		364	364	-	
	햄 류	21	20	1	표기사 항위반	20	20	-		20	20	-	
	소시지류	9	9	-		16	16	-		22	22	-	
	베이컨류	1	1	-				-		1	1	-	
	건조저장육류	3	3	-		9	9	-		12	12	-	
	양념육류	43	43	-		49	49	-		65	65	-	
	포 장 육	85	85	-		220	220	-		214	214	-	
	분쇄가공육제품	47	47	-		53	53	-		28	28	-	
	갈비가공품									1	1	-	
	기타식육가공품									1	1	-	
	식육추출가공품	3	3	-									
	식용우지	2	2	-									
	식용돈지	2	2	-									
식 육	소 계	47	47	-						48	48	-	
	쇠 고 기	25	25	-						31	31	-	
	돼지고기	19	19	-						11	11	-	
	닭 고 기	3	3	-						5	5	-	
	기 타									1	1	-	



# 식육통 미생물검사

## 시 험 검 사 실

### □ 개 요

도축장에서 생축에 대한 도살 과정 중 내장 파열 및 취급자의 부주의 등으로 출하 전 분변 유래 미생물이 식육에 오염원으로 가장 크게 작용 할 수 있다.

따라서 본 검사를 통해 도축장의 위생관리 수준 파악과 병원성 미생물의 오염을 감소시킬 목적으로 쇠고기와 돼지고기 닭고기에 대하여 지표세균인 일반세균과 대장균수 및 살모넬라균 등 병원성세균의 오염상태를 조사하였다. 조사 결과는 도축장 위생 관리에 활용하여 시민에게 안전한 식육을 공급하고자 하였다.

### □ 검사방법

#### 1. 검사기간

2003년 1월부터 2005년 12월까지 검사물량은 월별로 균등 배분하여 검사를 실시하였다.

#### 2. 검사대상

가. 인천 소재 3개 도축장(삼성식품, 인천식품, 우인산업)에서 예냉실에 보관중인 소, 돼지 및 닭의 식육을 대상으로 검사하였다.

나. 모니터링검사(소, 돼지, 닭)

'03, '05년 : 병원성세균(살모넬라균)

지표세균 (일반세균, 대장균수)

'04년 : 병원성세균(살모넬라균)

다. 탐색조사(병원성세균)

소 - *E. coli* O157:H7, *L. monocytogenes*, *S. aureus*

돼지, 닭 - *L. monocytogenes*, *S. aureus*

### 3. 검사방법

농림부 및 국립수의과학검역원고시의 검사방법에 준하여 실시하였다.

### □ 결 과

연도 별	실적 (건)	검출 건수	검사내역			
			모니터링검사 검사건수	검출 건수	탐색조사 검사건수	검출 건수
2003	1,963	4	1,811	4	152	-
2004	1,256	2	1,088	2	168	-
2005	2,297	-	2,103	-	194	-

\* 닭도축장(우인산업) : 2004년 6월 7일 휴(폐)업

### □ 요 약

1. 2003년 검사결과는 모니터링검사 1,811건을 검사하여 소, 돼지 및 닭의 경우 지표세균에서는 전 시료에서 기준치 이내이었고, 닭 시료에서만 살모넬라가 4건(0.22%) 검출되었다.

탐색조사에서는 소, 돼지 및 닭 시료 152건을 검사하여 병원성세균인 *E. coli* O157:H7, *L. monocytogenes* 및 *S. aureus*가 전 검사 시료에서 검출되지 않았다.

2. 2004년 검사결과는 모니터링검사 1,088건을 검사하여 소에서는 살모넬라균이 검출되지 않았으나 돼지 1건(0.09%), 닭 1건(0.09%)에서 살모넬라균이 검출되었다.

탐색조사에서는 소, 돼지 및 닭 시료 168건을 검사하여 병원성세균인 *E. coli* O157:H7, *L. monocytogenes* 및 *S. aureus*등이 모든 검사 시료에서 검출되지 않았다.

3. 2005년에는 총 2,297건 중 모니터링검사 2,103건 검사결과 지표세균은 기준치 이내이었

고, 탐색조사에서는 검사시료 194건 모두에서 병원성 세균이 검출되지 않았다.

4. 안전성이 확보된 식육 생산을 위해 대상 도축장에서는 위해요소중점관리 기준에 의거 SSOP 및 CCP 등을 작업장 현장 상황에 따라 기준을 설정 운영하고, 작업자에 대한 지속적인 위생교육을 실시하며 감독기관에서는 철저한 지도감독이 이루어져야 할 것이다.

## □ 조치사항

식육중미생물 검사결과는 매월 시 및 국립수의과학검역원에 제출하고 해당 작업장에는 검사결과를 제공하여 도축장 위생관리에 활용토록 조치하였다.

# 식육동 잔류물질검사

## 시 험 검 사 실

### □ 개 요

가축사육형태의 집단화로 동물약품 사용량이 증가하여 식육중의 유해물질 잔류가능성이 증가함에 따라 식육의 안전성에 대한 문제가 지속적으로 대두되고 있다. 이에 따라 시민들의 식육 안전성에 대한 관심과 요구가 증대되고 있다. 따라서 본 원에서는 유해성물질의 잔류경향 분석 및 효율적인 잔류방지계도를 통해 식육의 안전성을 확보하여, 시민보건을 향상하고자 본 조사를 실시하였다.

### □ 검사방법

#### 1. 검사기간

2003년 1월부터 2005년 12월까지 실시하였다.

#### 2. 검사대상

관내 도축장(삼성식품) 및 닭도축장(인천식품, 우인산업)에서 채취한 식육(소, 돼지, 염소, 닭)

가. 모니터링검사(도축후지육잔류조사) - 식육중의 유해물질 잔류실태를 파악하고 유해물질 잔류가축의 추후 출하 방지를 목적으로 검사시료는 무작위로 선정하여 검사하였다.

나. 규제검사 - 잔류위반농가 및 간이정성검사 양성농가의 출하축과 긴급도살가축, 화농, 주사자국이 있는 가축 등 약제 잔류 가능성이 높은 가축에 대하여 검사하였다.

#### 3. 검사방법

모니터링 및 규제검사에서 EEC 4-plate법으로 간이정성검사를 실시하고 양성으로 판정된 시료에 대하여 CharmⅡ법으로 약제계

열을 추정하였다.

추정된 약제계열에 대해 HPLC, LC/MS, GC, GC/MS 등을 사용하여 정밀정량검사를 실시하였으며, 모니터링 검사에서는 간이정성검사의 양성시료 외에도 일정량의 시료에 대하여 정밀정량검사를 실시하였다.

### 4. 검사항목

가. 모니터링검사

구분	2003년	2004년	2005년
항생물질	20종	23종	23종
합성항균제	19종	26종	26종
농약	32종	29종	29종
호르몬	2종	2종	2종
계	73종	80종	80종

2003년 총 73종에서 2004년 총 80종으로 확대되었으며, 2006년에도 합성항균제 3종을 추가할 계획으로 검사항목을 지속적으로 확대하고 있다.

나. 규제검사

CharmⅡ법을 통해 추정된 약제계열에 대하여 정밀정량검사를 실시하였으며, 2005년 3월 관련법규가 개정됨에 따라 이후, 퀴놀론계 합성항균제 엔로플록사신 항목에 대하여서도 정밀정량검사를 실시하고 있다. 또한 잔류위반농가의 출하축의 경우, 잔류위반농가 지정 당시의 위반물질에 대하여도 검사하였다.

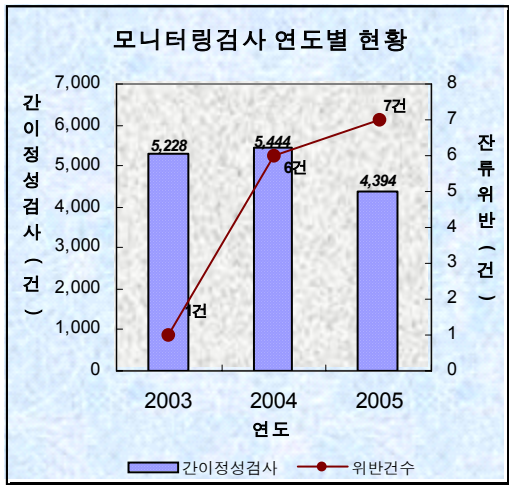
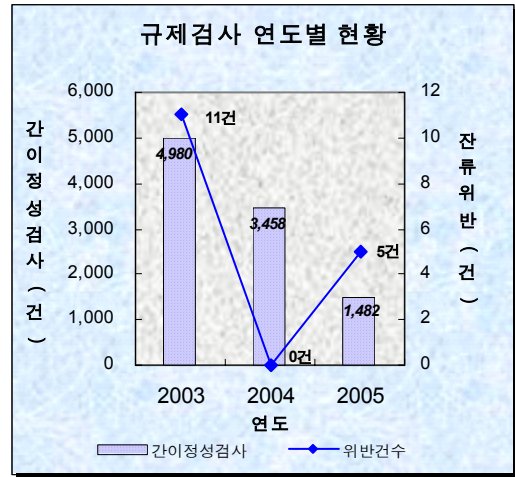
## □ 결 과

### 1. 모니터링검사 현황

단위 (건)

연도	연간 실적	위반율 (%)	모니터링검사 (도축후지육잔류조사)		
			간이 정성	정밀 정량	허용기준 초과
2003	5,525	0.02	5,228	297	1
2004	5,764	0.11	5,444	320	6
2005	4,735	0.16	4,394	341	7

허용기준초과(잔류위반) 총 14건 위반율 평균 0.10%



### 3. 연도별 잔류위반현황(종합)

연도	간이정성검사건수 (모니터링 및 규제검사)	허용기준 초과	위반율 (%)
2003	10,208	12	0.12
2004	8,902	6	0.07
2005	5,876	12	0.21
누계	24,986	30	0.12

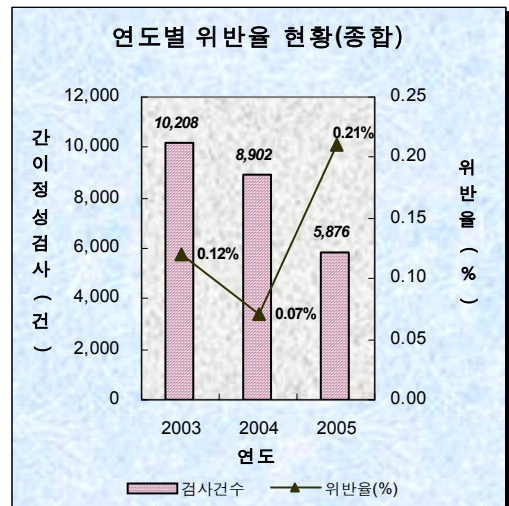
허용기준초과(잔류위반) 총 30건 위반율 평균 0.12%

### 2. 규제검사 현황

단위 (건)

연도	연간 실적	위반율 (%)	규제검사		
			간이 정성	정밀 정량	허용기준 초과
2003	5,014	0.69	4,980	34	11
2004	3,471	0.00	3,458	13	0
2005	1,502	0.34	1,482	20	5

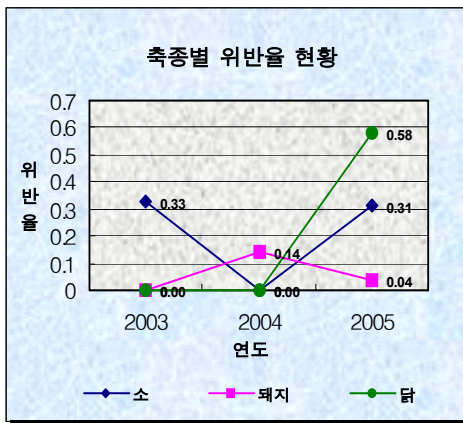
허용기준초과(잔류위반) 총 16건 위반율 평균 0.34%



#### 4. 축종별 잔류위반현황

단위 (건)

연도 \ 축종	2003년	2004년	2005년	누계 (%)
소	12	-	5	17(56.7)
돼지	-	6	1	7(23.3)
닭	-	-	6	6(20.0)
계	12	6	12	30(100.0)

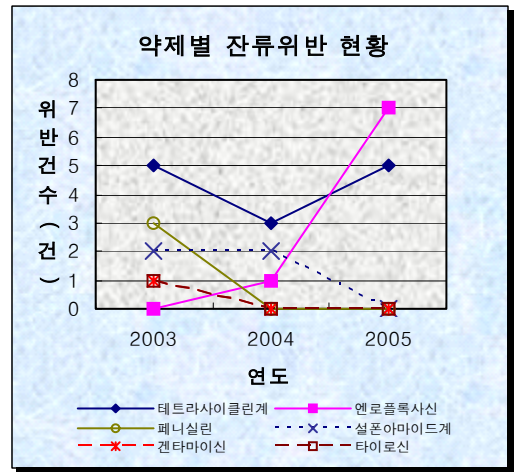


#### 5. 약제별 잔류위반 현황

단위 (건)

약제별 \ 축종	소	돼지	닭	계 (비율 %)
테트라사이클린계	9	4	-	13(44.3)
엔로플록사신	1	1	6	8(26.7)
설펜아미드계	2	2	-	4(13.0)
페니실린	3	-	-	3(10.0)
겐타마이신	1	-	-	1(3.0)
타이로신	1	-	-	1(3.0)
누 계	17	7	6	30(100.0)

※2003~2005년 누계



#### □ 요약

1. 모니터링검사는 2003년 5,228건 검사하여 잔류위반 1건으로 위반율은 0.02%이었으며, 2004년에는 5,444건 검사하여 잔류위반 6건으로, 위반율은 0.11%, 2005년에는 4,394건을 검사하여, 잔류위반 7건, 위반율은 0.16%이었다.

위반건수 및 위반율이 매년 소폭 증가하는 추세이며, 2004년 중 관내 닭도축장 1개소(우인산업)의 영업중단으로 2005년의 검사 건수는 다소 감소하였다.

2. 규제검사는 2003년 4,980건 검사하여 잔류위반 11건으로 위반율은 0.69%이었으며, 2004년에는 3,458건 검사, 잔류위반은 없었다. 2005년에는 1,482건을 검사하여, 잔류위반 5건으로 0.34%의 위반율을 나타냈다.

2003년에는 규제검사를 대폭 강화하여 실시하였다(※2002년 소 265건→ 2003년 소 3,060건, 돼지 1,920건). 규제검사의 대상이 되는 잔류가능성이 높은 가축 외에까지 확대하여 실시함에 따라 높은 검사건수와 위반율을 보였다가 2004년에는 위반율이 급감하였다. 2004년 이후에는 위반율이 감소함에 따라 점차 검사 대상을 압축하여 주사, 화농 자국이 있는 등의 잔류가능성이 높은 가축, 즉 실제 규제검사의 대상이 되는 가축을 선별하여 검사하고

있다. 이에 따라 연간 검사건수는 2003년 이후 감소하는 추세를 보이고 있다.

또한 2005년 잔류위반율이 다소 증가한 것은 이용도축으로 도축 의뢰된 소 중 주로 젖소에서 잔류위반율이 증가한 것이 그 원인으로 사료된다.

3. 모니터링검사 및 규제검사의 실적을 종합하여 보면 2003년에는 총 10,208건 검사하여 잔류위반 12건, 위반율은 0.12%였으며, 2004년에는 총 8,902건 검사하여 잔류위반 6건, 위반율은 0.07%, 2005년에는 총 5,876건을 검사하여 잔류위반 12건, 위반율은 0.21%이었다.

2005년에는 잔류위반율이 다소 증가하였는데, 이는 2004년 10월 관련법규의 개정으로 퀴놀론계 합성항균제의 규제대상 축종에 가금류가 추가되어, 모니터링 검사에서의 닭의 잔류위반율이 급증한 것과 규제검사의 위반율이 전년도에 비해 증가한 것이 원인으로 사료된다.

또한 2004년 이후 규제검사의 선별적인 실시와 2004년 관내 닭도축장 중 1개소(우인산업)의 영업 중단으로 닭의 검사건수가 감소함에 따라 간이정성검사의 연간실적이 다소 감소하였다.

4. 축종별 잔류위반현황을 보면 2003~2005년 3년간 잔류위반 총 30건 중 소 17건(57%), 돼지고기 7건(23%), 닭고기 6건(20%)이었다.

소의 경우 잔류위반율이 2003년은 0.33%이었으며, 2004년에는 위반이 없었고, 2005년에는 0.31%의 위반율을 보였다. 소의 잔류위반 17건 중 16건이 규제검사에 의한 것으로 소의 위반율의 변동원인은 규제검사 위반율의 변동원인과 동일하다고 사료된다.

돼지의 경우 위반율이 2003년에는 0.0%, 2004년 0.14%, 2005년에는 0.04%로 두드러지는 변동은 보이지 않았다.

닭의 경우 2003년 및 2004년에는 잔류위반이 한 건도 없었으나, 2005년의 잔류위반율은 0.58%로 나타나 전체 축종 중 가장 높은 위반율을 보였다. 이는 모니터링 및 규제검사

종합실적에서 언급했던 바와 같이 현재 양계농가에서 많이 사용되고 있는 퀴놀론계 합성항균제인 엔로플록사신의 규제대상 축종에 가금류가 추가됨(2004년 10월말)에 따른 것으로 2005년 닭의 잔류위반 6건의 위반물질이 모두 엔로플록사신이었다.

5. 위반 약제별 분포를 보면, 테트라사이클린계열의 약제가 총 13건으로 44.3%, 엔로플록사신이 8건으로 26.7%, 설폰아마이드계열의 약제가 4건으로 13.0%, 페니실린이 3건으로 10.0%, 겐타마이신과 타이로신이 각 1건으로 각각 3.0%의 비율을 차지하였다.

참고로 44.3%로 가장 많은 비중을 차지한 테트라사이클린계열의 약제는 주로 옥시테트라사이클린과 클로르테트라사이클린이었다. 또한 잔류원인조사 결과, 소의 경우 주사제 투여 후 휴약기간을 준수하지 않아 약물이 잔류한 경우가 많았으며, 돼지에서는 출하전 후기사료 미급여로 인하여 사료에 첨가한 항생제가 잔류하게 된 경우가 많았다.

두번째로 많은 비율(26.7%)을 차지한 엔로플록사신의 경우 잔류허용기준이 소와 돼지는 2004년 3월, 닭은 2004년 10월에 설정되어 2003년에는 검사가 실시되지 않았음에도 불구하고 높은 검출율을 보였다. 이를 통해 퀴놀론제제가 현재 양계농가에서 많이 사용되고 있음을 알 수 있으며, 향후에도 잔류위반약제의 많은 비율을 차지할 것으로 예상된다.

## □ 조치사항

1. 간이정성양성농가내역과 양성시료의 정밀정량검사 결과 및 잔류위반농가의 내역은 국립수의과학검역원과 전국 시·도 축산물위생검사기관, 해당농가에 통보하여 식육중잔류물질검사요령(농림부고시 제2005-17호)에 의한 규제검사 및 잔류원인조사 등이 이뤄질 수 있도록 조치하였다.

2. 식육중잔류물질검사요령에 의한 잔류위

반농가의 관리는 농가의 소재지에 따라 구분하여 실시하며, 2003년~2005년 3년간의 농가 소재지별 잔류위반농가 현황은 다음과 같다.

구분	2003년	2004년	2005년
관내	5	1	3
관외	7	5	9
계	12	6	12

관내 잔류위반농가는 검사요령의 개정 전까지는 해당농가를 3개월간 잔류위반농가로 지정하고, 약제사용실태 등 잔류원인을 조사하였으며, 사양관리, 동물용의약품안전사용기준 등의 잔류예방요령에 대한 홍보 및 계도를 실시하였다.

2005년 3월부터는 개정된 요령에 따라 6개월간 잔류위반농가로 지정하였으며, 농가별 담당공무원을 지정하여 원인조사 및 농가지도를 실시하였다. 또한 잔류원인조사결과는 관찰구청으로 통보하여 과태료 처분 등의 조치가 이뤄질 수 있도록 하였으며, 2005년, 3건의 관내 잔류위반농가는 관련법(약사법 제79조)의 위반에 따른 과태료가 처분되었다.

## □ 향후 전망 및 추진방향

### 1. 검사항목의 지속적인 확대

#### 가. 모니터링 검사

2003년에는 총 73종의 항목에 대하여 검사하였으며, 2004년에는 항생물질 3개 항목, 합성항균제 7개 항목이 신설되고 농약중에서는 3개 항목이 삭제되어 총 80종으로 7개 항목이 늘어났으며, 2006년에는 합성항균제중 기생충구제제 3개 항목이 추가되어 총 83종에 대하여 검사가 실시될 예정이다.

#### 나. 규제검사

CharmⅡ 법을 통해 추정된 약제계열 외에도 2005년 3월 이후 식육중잔류물질검사요

령의 개정에 따라 퀴놀론계 합성항균제 엔로플록사신 항목에 대하여서도 정밀정량검사를 실시하고 있다.

### 2. 정밀정량검사의 확대

단위 (건)				
	2003년	2004년	2005년	2006년
계획	276	307	320	595
실적	297	320	341	-

위와 같이 매년 정밀정량검사를 지속적으로 확대하여 실시하였으며, 2006년에는 검사물량은 전년도에 1.8배 이상으로 대폭 강화될 예정이다.

### 3. 농가관리의 강화

잔류위반농가의 관리는 농림부고시 '식육중잔류물질검사요령'에 의하여 실시하고 있다.

2005년 3월 동요령이 개정(농림부고시 제2005-17호)되어 규제검사의 대상이 확대되고, 농가에 대한 관리가 대폭 강화되어 추진되고 있으며 주요개정내용은 다음과 같다.

#### 식육중잔류물질검사요령 개정내용 요약

(농림부고시 제2005-17호, 2005.3.2)

구분	개정 전	개정 후
규제검사 대상확대	잔류위반농가출하축, 긴급도살가축, 화농, 주사자국 등이 있는 잔류위반가능성이 높은 가축	좌동
	신설	간이정성검사 양성농가의 출하가축 (정밀검사완료시까지)

구분	개정전	개정후
잔류위반 지정기간 연장	검사완료일로부터 3개월간	검사완료일로부터 <u>6개월간</u>
	규제검사 결과 3회 연속 음성으로 해당농가의 요구가 있을 경우	좌동
잔류위반 지정해제 조건강화	신설	잔류위반농가로 지정될 당시의 출하 두수 이상 출하하여 검사한 경우에 한해 검사횟수 산정됨  또한 해제요구 시, 잔류위반지정당시의 동거축이 모두 출하되어야함
농가의 출하관리 강화	잔류위반농가에 대한 원인조사 및 출하관리	농가별 담당공무원 지정 잔류위반 원인조사 및 <u>간이정성양성농가</u> 에 대한 출하관리 실시
과태료 처분기준 강화	잔류위반 지정기간 중 재위반시 100만원 이하	원인조사결과 <u>관련법 위반시</u> 100만원이하 (재위반여부와무관)

## □ 문제점 및 잔류예방대책

### 1. 검사물량 및 항목의 지속적 증가

최근 항생제 오·남용으로 인한 내성균의 출현이 사회적 문제로 대두되면서 사람

이 직접 섭취하는 축산물의 동물용의약품 잔류문제에 대한 사회적 관심이 높아짐에 따라 잔류물질 검사와 양축농가에 대한 관리 및 규제가 강화되고 있다.

식육중 잔류물질의 검사물량 및 항목은 식육중 잔류물질검사요령에 의거, 농림부의 연간계획에 따라 실시하고 있다.

2003년~2005년 3년간 모니터링검사의 정밀정량 검사항목은 총 73종에서 80종으로 확대되었으며 2006년부터는 총 83종으로 추가 확대될 예정이며, 검사물량 또한 2005년 320건(계획량)에서 2006년은 595건으로 대폭 확대 될 예정이다.

그러나 위와 같이 검사물량과 항목은 지속적으로 확대되고 있는 것에 반해 검사인력의 증원은 이루어지지 않고 있는 실정이다. 따라서 보다 철저하고 신속한 검사와 효율적이고 실제적인 농가관리를 위하여 검사인력의 확충과 선진검사기술의 습득을 위한 교육기회의 확대가 절실히 요구된다.

구 분	현재인원	적정인원
간이정성검사	1	2
정밀정량검사	1	2

### 2. 농가관리를 통한 사전예방

양축농가를 대상으로 동물용의약품의 안전사용기준, 잔류예방대책, 식육중 잔류물질검사에 대한 홍보 및 교육을 실시하고, 출하하는 가축의 잔류위반을 예방하기 위해 농장의 출하예정 가축의 오줌이나 혈청의 검사를 통해 잔류위반 여부를 예측하는 출하 전 생체 잔류검사가 강화되어야 할 것이다.



# 식중독균의 분자유전학적 연구 토사

## 시 험 검 사 실

### □ 개 요

관내 작업장 및 목장에서 작업한 소, 돼지, 닭과 원유를 대상으로 식중독 균주인 *Salmonella* spp., *S. aureus*을 검출, 분리하여 오염 실태를 파악하고, molecular typing을 이용하여 분리된 균주간의 유전적 차이를 분석하여 역학적인 근원을 밝혀 안전하고 위생적인 축산물의 생산을 도모하고자 하였다.

### □ 실험 및 방법

#### 1. 실험기간

2005년 1월부터 12월까지 본 검사를 실시하였다.

#### 2. 실험대상 및 항목

식육중 미생물검사 1,127건 및 유방염검사 613건을 대상으로 식중독균주(*Salmonella* spp., *S. aureus*)를 분리한 결과 원유에서 *S. aureus* 균주 29건을 검출, 분리하여 항생제 감수성 검사, enterotoxin 형태 검출 및 PFGE(Plused field gel electrophoresis) 패턴을 조사하였다.

#### 3. 실험방법

위에서 동정된 분리 균주는 Brain heart infusion broth(BHI, Difco, USA)에 접종하여 18시간 배양한 후 10% glycerol을 첨가하여 실험에 사용하기 전까지 -70℃에 보관하였다.

##### 1) 항생제 감수성 검사

분리균에 대한 항생제 감수성 검사는 표준 평판디스크확산법으로 실시하였다. 사용된 디스크는 Sensi-Disc(BBL, USA)로 Amoxicillin

/Clavulanic acid(AmC), Ampicillin(AM), Amikacin(AN), Cephalothin(CF), Ciprofloxacin(CIP), Erythromycin(E), Gentamicin(GM), Kanamycin(K), Norfloxacin(NOR), Streptomycin(S), Sulfamethoxazole/Clavulamic acid(SXT), Tetracycline(TE) 등 12종의 항생제를 사용하였으며, 최종 판독은 37℃에서 18시간 배양한 후 억제대의 직경을 측정하였다.

##### 2) enterotoxin 형태 검출

순수 분리한 분리주를 BHI broth에 접종하여 37℃에서 18시간 배양한 후 7,000rpm에서 5분간 원심분리하여 침전물을 Tris-EDTA buffer 200μl에 부유시켜 vortex를 이용하여 잘 섞어주었다. 부유액이 들어있는 튜브를 100℃에서 5~7분간 가열한 후 10분간 얼음에 방치하고 7,000rpm에서 2분간 원심시켜 상층액을 DNA template로 사용하였다. 본 실험에 사용한 primer와 PCR 조건은 PCR premix(Bioneer, Korea)에 primer 1μl와 추출된 DNA template 2μl를 넣어 총 20μl가 되도록 한 후 94℃에서 30초, 50℃에서 30초, 72℃에서 30초 과정을 총 30cycle을 실시하였다. PCR이 끝난 후 1% agarose gel에서 30분간 전기영동하여 증폭된 DNA 절편을 확인하였다.

##### 3) PFGE(Plused field gel electrophoresis) 패턴 조사

혈액배지에서 자란 세균 집락중 독립 colony를 취하여 5ml BHI broth에 접종하여 37℃에서 24시간 배양한 후 7,000rpm에서 20분간 원심분리하여 침전된 균을 0.5ml TEEN buffer(0.01M Tris-Hcl, 0.01M EDTA, 0.01M EGTA, 1M NaCl)에 부유시켰다. 세균 부유액을 2% chromosomal agarose(Bio-Rad, USA)와 동량으로 섞은 후 mold의 well에 넣어 plug를 만들었다. plug를

1mg/ml의 lysozyme이 함유된 lysis buffer(0.06M Tris-Hcl, 0.1M EDTA, 1M Nacl, 0.5% Brij, 0.2% Deoxycholate, 0.5% Sarkosyl)에 넣어 37℃에서 24시간 lysis 시킨 후 proteinase K용액(0.5mg proteinase K/ml, 0.25M EDTA, 0.02M EGTA, 1% sarkosyl)에 넣고 50℃ 수욕조에서 24시간 반응시켰다. plug를 enzyme buffer solution (Promega, USA)에 넣고 Sma I 15unit로 25℃에

서 4시간 처리한 후 1% PFGE agarose(Bio-rad, USA) gel에 로딩하여 14℃를 유지하면서 CHEF-MAPPER(Bio-rad, USA)를 이용하여 20시간 전기영동하였다. 영동후 겔은 Ethidium bromide(EtBr, GibcoBRL, USA)로 염색하여 자외선하에서 관찰한 후 unweighted pair group method of analysis (UPGMA) 프로그램을 이용하여 DNA band의 유사성을 분석하였다.

## □ 결 과

표 1. *S. aureus* 분리 균주의 항생제 감수성 검사 결과

항생제감수성 건수 / 검사건수											
AmC	AM	AN	CF	CIP	E	GM	K	NOR	S	SXT	TE
3/29 (10%)	5/29 (17%)	17/29 (59%)	6/29 (21%)	27/29 (93%)	23/29 (79%)	11/29 (38%)	13/29 (45%)	27/29 (93%)	17/29 (59%)	3/29 (10%)	22/29 (76%)

Amoxicillin/Clavulanic acid(AmC), Ampicillin(AM), Amikacin(AN), Cephalothin(CF), Ciprofloxacin(CIP), Erythromycin(E), Gentamicin(GM), Kanamycin(K), Norfloxacin(NOR), Streptomycin(S), Sulfamethoxazole/Clavulamic acid(SXT), Tetracycline(TE)

표 2. *S. aureus* 분리 균주의 enterotoxin 형태 검출

농가	Enterotoxin type									
	A		B		C		D		E	
	a/b*	%	a/b*	%	a/b*	%	a/b*	%	a/b*	%
1	-/ 3	-	-/ 3	-	-/ 3	-	-/ 3	-	-/ 3	-
2	-/ 2	-	/ 2	-	-/ 2	-	-/ 2	-	-/ 2	-
3	-/ 1	-	-/ 1	-	-/ 1	-	-/ 1	-	-/ 1	-
4	-/10	-	-/10	-	3/10	30	6/10	60	-/10	-
5	-/ 2	-	1/ 2	50	-/ 2	-	-/ 2	-	-/ 2	-
6	-/ 2	-	-/ 2	-	-/ 2	-	-/ 2	-	-/ 2	-
7	-/ 3	-	-/ 3	-	-/ 3	-	-/ 3	-	-/ 3	-
8	-/ 6	-	-/ 6	-	-/ 6	-	-/ 6	-	-/ 6	-
Total	-/29	-	1/29	3.4	3/29	10.3	6/29	20.7	-/29	-

\* a/b\*: 검출건수/검사건수

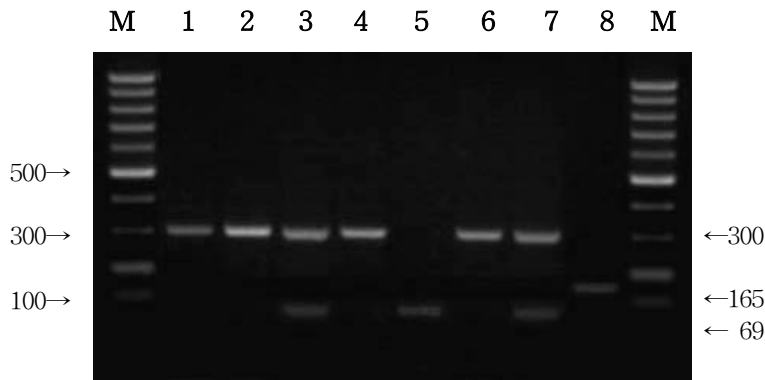


그림 1. Single reaction multiplex PCR을 이용한 *S. aureus*의 enterotoxin 생산 균주 확인  
(Lane M : 100bp ladder, Lane 1,2,4,6 : Enterotoxin D producer, Lane 5 : Enterotoxin C producer,  
Lane 3,7 : Enterotoxin C & D producer, Lane 8 : Enterotoxin B producer)

### 3. PFGE 패턴

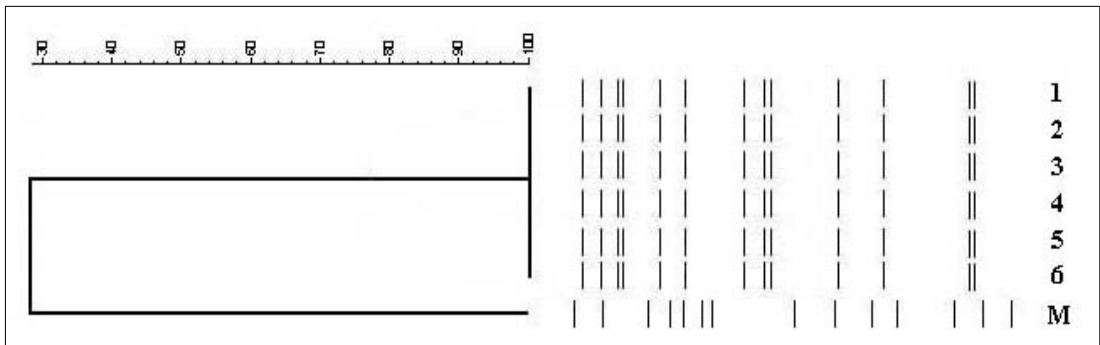


그림 2. A농가에서 분리된 *S. aureus* 6균주의 PFGE 패턴 분석  
(1-3번 : 우유, 4번 : 유두, 5-6번 : 착유기, M : Marker)

### □ 요약

1. 인천지역내 작업장 및 목장에서 소, 돼지, 닭 및 원유에서 식중독균을 분리한 결과 원유에서 8농가 29건의 *S. aureus*균이 검출되었다.
2. 항생제 감수성 검사 결과 Ciprofloxacin, Norfloxacin 등에 주로 감수성을 보였다.
3. 목장 원유에서 분리된 *S. aureus*균 29주중에서 8주에서 장독소(enterotoxin)를 생산하였으나 식중독과 밀접한 관련이 있는 enterotoxin A 생산 균주는 없었다.

4. 유전자분석법(PGFE)으로 검사하여 젖소에서 유방염을 일으키는 전염원이 착유기 등으로 확인되었다.

### □ 조치사항

1. 검사결과는 해당목장과 집유장에 통보하고 사양관리를 지도하였다.
2. 농가에서 사양관리시 주요 점검사항(세척 및 소독)으로 농가지도에 활용하였다.

# 미경산 및 경산우 판정

## Discrimination of a nulliparous and a pluriparous cow

### 시 험 검 사 실

#### □ 개 요

육우라 함은 간략하게 말하면 순수하게 고기를 얻으려고 기르는 소로써 정의 되어질 수 있다.

육우의 종류로는 육용종으로써 헤어포드, 샤로레 및 앵거스 등이 있고 유용종인 홀스타인 품종의 수소 그리고 이들 품종간의 교잡에 의해서 생산된 교잡종으로 구분 할 수 있다.

우유를 생산할 목적으로 사육되어지고 있는 유용종 중 홀스타인 저지종 및 건지종 등의 암컷들 중 불임증 등의 이유로 새끼를 낳지 못하고 젖을 짜 수 없어 도태시키는 젖소도 육우로 인정되고 있다.

국내축산물 작업장에서 육우의 합격표시로 축산물가공처리법 제16조 및 동법 시행규칙 제23조 별표8에 규정하고 있으며, 그중 젖을 짜려고 기르는 젖소 중에서 새끼를 낳지 않은 암소도 육우로 규정하고 있다.

하지만 축산물작업장 현장에서 축산물 검사관마다 젖소 암컷에 대한 육우판정 적용기준의 범위가 달라 이에 대한 민원 발생이 높은 실정이다. 따라서 본 연구조사에서는 생체 검사에서 각륜상태, 유치갯수 및 유방상태 등의 항목과 해체검사에서 자궁의 형태, 이분도체에 대한 경추의 연골상태 및 골반각(치골결합에서 제1미추까지)의 항목을 미경산우와 경산우에 대하

여 비교 제시하고자 하였다.

#### □ 판정기준

##### 1. 판정대상 및 합격표시

가. 인천 관내 삼성식품(주) 도축장에서 도축 신청된 젖소 암컷을 대상으로 실시

나. 판정결과 표시

(1) 육우 : 녹색

(2) 젖소 : 청색

##### 2. 검사항목

가. 생체검사 항목 : 각륜 상태, 유치 갯수 및 유방상태

나. 해체검사 항목 : 자궁형태, 골반각 및 경추의 연골상태

#### □ 검사방법

##### 1. 생체검사

가. 유치갯수(milk teeth)

(1) 8개 : 1년생 (2) 6개 : 18~24개월령

(3) 4개 : 24~30개월령 (4) 2개 : 36개월령

나. 유방상태(udder)

(1) 크기에 따라 대, 중, 소로 구분

(2) 젖꼭지의 크기 및 주름 상태 및 유선의 발달유무 관찰

다. 각륜검사(뿔의 나이테 검사)

##### 2. 해체검사

표 1. 미경산우와 경산우의 비교

구 분	판정기준					
	유치갯수	유방상태	자궁형태	골반각	연골상태	각 른
미경산우	5개 이상	소형(유선미발달)	소형,기형 및 없음	25cm미만	연골있음	없음
경산우	5개 미만	중형이상(유선발달)	중형이상	25cm이상	연골없음	있음
비 고	유방 및 자궁의 판정기준은 사람에 따라 차이가 발생할 수 있음					

가. 자궁형태(uterus)

자궁의 해부학적 소견 관찰

나. 연골검사

골화 진행정도 관찰

다. 골반각 검사

치골결합에서 제1미추까지의 간격

## □ 검사결과

미경산우와 경산우의 비교 결과는 표1과 같다.

## □ 요약

삼성식품(주) 도축장에서 도축되어 지고 있는 젖소 암컷중 새끼를 낳지 않은 유용우에 대한 고기의 판정에 대하여 미경산우와 경산우의 검사기준 항목을 설정하여 실시한 결과 다음과 같은 결과를 얻었다.

**1. 각륜상태** : 미경산우는 각륜이 없으며, 경산우는 각륜이 존재하였다.

**2. 유치갯수** : 미경산우는 18~24개월령으로 유치 갯수는 5개 이상이었으며, 경산우는 24~30

개월령 이상으로 유치 갯수는 5개 미만이었다.

**3. 유방상태** : 미경산우는 유방은 소형이었으며, 유선이 발달하지 않았다. 경산우는 유선발달이 잘된 중 대형 이상이었다.

**4. 자궁형태** : 미경산우는 새끼를 낳지 않은 전형적인 해부학적 소견을 보이며, 자궁결손 또는 기형자궁 등이 존재 하였으며, 경산우의 자궁은 미경산 자궁에 비해 크기도 크고 자궁체주름 및 임신과 관련 자궁소구가 잘 관찰되었다.

**5. 연골상태** : 미경산우는 흉추의 가시돌기가 붉고 연골은 골화가 시작되고 요추골은 골화가 진행되고 있으나 초자연골이 확인되며, 천추는 각 뼈들의 구분이 명확하고 연골은 흔적만 남아있었다.

**6. 골반각** : 미경산우의 경우는 치골결합부터 제1요추까지의 거리가 평균  $23\pm 2\text{cm}$  이었으나 경산우의 경우는 25cm이상 이었다. 수소의 골반각은 평균  $21\pm 1\text{cm}$  범위였다.

이상과 같이 미경산우와 경산우에 대한 판정은 위의 항목을 종합적으로 이용하여 기준을 설정하여야 할 것이다.

# 애완견 사육 가정의 사육실태 및 의식조사

## 시 험 검 사 실

### □ 개 요

삶의 질 향상과 생활양식 등의 변화로 애완동물을 키우는 가정이 점차 늘어나고 있으나 애완동물 사육에 대한 정보나 그로 인한 위해 정보의 습득이 상대적으로 부족하여 개회충증 등 동물질병의 인체감염 우려가 증가하고 있다. 이에 본원에서는 2004년 1월부터 2005년 10월까지 인천관내 어린이 놀이터·공원의 토양, 아파트 단지 내 방치된 분변, 유기견의 분변 등을 대상으로 기생충 오염도를 조사하였고 그 결과 3.23%의 양성율을 보였다. 또한 애완동물의 사육 여건 변화에 따라 농림부에서는 2005년 10월 동물보호법 개정안을 제출하였는데 여기에는 반려동물과 동반 외출시 인식표와 목줄을 부착하고 배변 봉투를 휴대하는 등 사육자의 관리의무를 강화하여 인수공통 질병 예방 등 공중보건 향상에 기여할 수 있는 내용이 포함되어 있다. 이러한 동물보호법의 개정 및 기생충 오염도 조사와 연계하여 경인지역 애완동물 사육가정의 애완동물 사육실태 및 의식에 관한 특성을 알아보고 차후 역학적 분석을 위한 기초 자료로 활용하고자 본 조사를 실시하였다.

### □ 조사방법

1. 조사기간 : 2005년 9월~11월

2. 조사대상 및 방법

경인지역에 거주하는 500명을 대상으로 설문조사를 실시하였고 이 중 애완동물을 사육한 경험이 있거나 현재 사육하고 있다는 답변 178(35.6%)부를 이용하였다.

3. 조사항목

설문지 작성은 전문가의 자문을 구하여, 조사대상자의 일반적인 특성, 애완동물 사육 및 위생관리 실태, 애완동물 사육에 대한 인식도 등으로 세부항목을 구분하여 조사하였다.

### □ 결 과

#### 1. 조사대상자의 일반적인 특성

항 목		건수	비율(%)
거 주 지	인천	128	71.9
	서울	23	12.9
	경기	27	15.2
	계	178	100.0
성 별	여성	120	67.4
	남성	58	32.6
	계	178	100.0
연 령	10대	72	40.5
	20대	65	36.5
	30대 이상	41	23.0
	계	178	100.0
주거형태	단독주택	38	21.3
	공동주택	140	78.7
	계	178	100.0

#### 2. 애완동물 사육 실태

가. 애완동물 사육 현황

항 목		건수	비율(%)
사육여부	현재 사육 중	100	56.2
	과거 사육 경험	78	43.8
	계	178	100.0
애완견 나이	1년 미만	41	23.0
	1-2년	42	23.6
	2-3년	39	21.9
	3-10년	38	21.4
	10년 이상	7	3.9
	무응답	11	6.2
	계	178	100.0
애완견 사육기간	1년 미만	41	23.0
	1-2년	38	21.4
	2-3년	36	20.2
	3-10년	46	25.8
	10년 이상	17	9.6
	계	178	100.0
애완견 사육장소	실내	134	75.3
	실외	32	18.0
	실내·외	12	6.7
	계	178	100.0

나. 애완견과 동반하여 외출하는 장소 및 횟수

항 목		건수	비율(%)
외출 장소 (복수응답)	집 주위	107	39.2
	공원	80	29.3
	학교 운동장	28	10.3
	어린이 놀이터	27	9.9
	산	26	9.5
	쇼핑 장소	4	1.5
	음식점	1	0.4
	계	273	100.0
외출 횟수	주 2회 이상	57	32.0
	주 1회	49	27.6
	월 1회	37	20.8
	외출하지 않음	35	19.6
	또는 무응답		
	계	178	100.0

다. 애완견과의 접촉 여부 및 접촉 방법

항 목		건수	비율(%)
접촉 여부	접촉한다	173	97.2
	접촉하지 않음	5	2.8
	계	178	100.0
접촉 방법 (복수응답)	만져주기	150	32.1
	안아주기	141	30.1
	같이 자기	84	17.9
	입맞추기	56	12.0
	음식물 나눠먹기	37	7.9
	계	468	100.0

### 3. 애완견의 위생관리 실태

가. 일반적인 애완견 관리

항 목		건수	비율(%)
급여 먹이의 종류	동물사료	26	14.6
	동물사료+사람음식	106	59.6
	사람음식	46	25.8
	계	178	100.0
구충제 투여 횟수	1-2개월에 1회	46	25.8
	3-6개월에 1회	80	44.9
	1-2년에 1회	29	16.3
	투여하지 않는다	8	4.5
	잘 모름	15	8.4
	계	178	100.0

나. 애완견 배변 처리 실태 및 사체 처리 방법

항 목		건수	비율(%)
배설물 소독 여부	소독한다	80	44.9
	소독하지 않음	98	55.1
	계	178	100.0
산책 중 애완견 배변시 처리 방법	모른 척하거나 그대로 둔다	45	25.3
	휴지,비닐로 처리	102	57.3
	경험이 없어 모름	31	17.4
	계	178	100.0
애완견 폐사시 사체처리 방법	동물병원에 의뢰	69	38.8
	쓰레기 처리	4	2.2
	매몰	91	51.1
	모르겠다	14	7.9
	계	178	100.0

### 4. 애완견 사육에 대한 의식 조사

가. 애완견 사육 시 느끼는 장·단점

항 목		건수	비율(%)
장점 (복수 응답)	가족의 위안거리	110	30.1
	심심하지 않다	98	26.9
	가족간 대화 많아짐	55	15.1
	아이의 정서 순화	48	13.2
	집을 지켜줌	48	13.2
	기타	6	1.6
	계	365	100.0
단점 (복수 응답)	털과 냄새	77	39.9
	치료비등 사육비 과다	42	21.8
	배설물 치우기	40	20.7
	이웃집의 항의	19	9.9
	죽은 애완견 처리	6	3.1
	사람에게 질병 전파	5	2.6
	없거나 모름	4	2.1
	계	193	100.0

## 나. 애완견 사육에 대한 시민의 인식

항 목	건수	비율(%)
애완견에서 사람으로 질병 전파	알고 있다 모른다 계	159 89.3 19 10.7 178 100.0
인수공통 질병정보를 들은 곳 (복수응답)	언론매체 동물병원, 애견센터 가족친지 듣지 못했다 계	152 77.2 23 11.7 18 9.1 4 2.0 197 100.0
공동주택 에서 애완견 사육	키워도 좋다 이웃의 허가후 키워도 좋다 키우면 안된다 계	74 41.6 94 52.8 10 5.6 178 100.0
국가에서의 애완견 관리	체계적 관리필요 현행과 같이 관심 없다 계	162 91.0 10 5.6 6 3.4 178 100.0

## □ 요 약

### 1. 조사대상자의 일반적인 특성

인천지역에 거주하는 응답자가 71.9%로 가장 많은 비율을 차지하였고 성별로는 여성이 67.4%, 연령별로는 10대가 40.5%, 20대가 36.5%, 30대 이상이 23.0%의 분포를 나타내었다. 주거형태별로는 공동주택 거주자가 78.7%이었다.

### 2. 애완견 사육 실태

현재 애완견을 사육한다는 응답자는 전체의 56.2%였고 애완견의 나이는 3년 미만이 68.5%로 가장 많았다. 애완견의 사육 기간 또한 3년 미만이 64.6%로 대부분 짧은 기간 애완견을 기른 것으로 조사되었다.

사육하는 애완견의 75.3%가 실내에서 사람과 같이 생활하는 것으로 나타났으며, 전체 응답자의 97.2%가 애완견과 접촉한다는 답변을 하였는데 접촉 방법은 만져주기 32.1%, 안아주기 30.1%, 같이 자기 17.9%, 입맞추기 12.0% 순이었다.

애완견과 동반하여 외출하는 횟수는 주 2회 이상이 전체 응답의 32%로 가장 많았고, 외출 장소로는 집 주위가 39.2%, 공원이 29.3%, 학교 운동장 10.3%, 어린이 놀이터 9.9% 순이었다. 공공장소로서는 공원에 가장 많이 가는 것으로 나타났으며 어린이 놀이터보다 약 3배 많은 응답을 보였는데, 이는 시험소에서 실시한 ‘주거지역 토양의 기생충 오염도 조사’ 결과 공원에서의 기생충 검출율이 3.67%로 어린이 놀이터 검출율 1.07%보다 약 3배 높은 수치를 보인 것과 관련이 있는 것으로 생각된다.

현재 이러한 공중 보건상의 문제로 인하여 도시공원에 애완견과 함께 출입할 때는 애완견에게 목줄을 착용하고, 배설물 수거 등이 이루어질 수 있을 때만 출입하도록 조건부로 허용하는 ‘도시공원의 애완동물출입 관련규정(도시공원 및 녹지 등에 관한 법률 제 49조)’을 개정하여 시행(2005. 10. 1) 중에 있다.

### 3. 애완견의 위생관리 실태

애완견에게 동물 사료만 급여하는 경우는 전체의 14.6%에 불과하였고, 사람음식과 동물사료를 함께 섞어 주는 경우가 59.6%, 사람음식만을 급여하는 경우가 25.8%였다. 사람음식을 먹일 경우에는 영양의 균형과 면역기능이 떨어져 소화기 질환, 피부질환을 일으키고 특히 피부질환은 어린이에게 전염될 가능성이 있다.

애완견 구충제 투여는 월 1회로 권장하고 있는데, 조사 결과 3~6개월에 한 번 투여한다는 대답이 전체의 44.9%로 가장 많았고, 1-2개월에 1회 투여한다는 대답이 25.8%, 투여하지 않거나 잘 모른다는 답변도 12.9%로 구충제 투여에 대한 지식이 미흡한 것으로 나타났다.

또한 집에서 애완견의 배설물을 처리할 때 소독하지 않는다는 답변이 55.1%였으며 산책 중에 애완견이 배변을 한다면 모른 척하



거나 그대로 현장에 두고 온다는 답변이 25.3%로 사육자들의 애완견 사육에 대한 위생 관념이 저조한 것으로 나타났다.

사육 중이던 애완견이 폐사할 경우 사체 처리방법에 대한 질문에 38.8%가 동물병원에 의뢰한다고 하였고, 2.2%가 쓰레기 처리, 51.1%가 매몰하겠다는 답변을 하였다. 현재 폐기물관리법상 동물병원이 아닌 가정 등에서 죽은 반려동물의 사체는 생활폐기물로 수거하여야 하나 본 조사 결과처럼 몰래 매몰하는 경우가 많아 지하수 오염 등의 우려가 있어 동물보호법 개정안에 반려동물장묘업 신설을 추진하고 있다.

#### 4. 애완견 사육에 대한 의식 조사

애완견을 키울 때 느끼는 좋은 점으로 가족의 위안거리가 된다는 답변이 30.1%로 가장 많았고 심심하지 않아서 26.9%, 가족 간에 대화가 많아짐 15.1%, 아이의 정서 순화 13.2%, 집을 지켜줌 13.2% 순으로 나타났다.

애완견을 키울 때 가장 어려운 점으로는 털과 냄새 39.9%, 치료비 등 사육비 과다 21.8%, 배설물 치우기 20.7%, 이웃집의 항의 9.9% 순으로 나타났다.

예방접종이나 기생충 구충을 하지 않았을

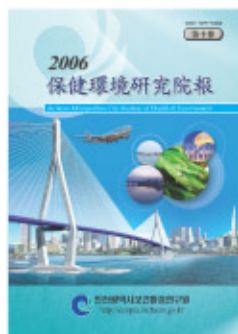
경우 애완견으로부터 사람에게 질병이 전파될 수 있다는 사실을 알고 있는지에 대한 질문에는 89.3%가 알고 있으며 주로 언론매체를 통하여 정보를 접한다고 답하였고, 10.7%는 모른다고 하여 언론 매체나 인터넷을 통한 지속적인 정보 제공이 요구된다.

공동주택에서의 애완견 사육 여부에 관한 질문에서는 키워도 좋다는 의견이 41.6%, 키워선 안된다 또는 이웃의 허가가 있을 경우에는 괜찮다는 조건부 답변이 58.4%를 차지하였다.

국가의 체계적인 애완견 관리가 필요하다고 생각하는지에 대한 질문에 그렇다는 답변이 91.0%로 현재 시행되고 있는 동물보호법의 미비점 개선 및 현실적인 사육 여건에 맞는 제도의 도입이 필요하다고 보여 진다.

#### □ 조치사항

1. 2006년도 제1차 가축전염병지역예찰협의회에 교육 자료로 활용
2. 반사회보에 게재하여 애완동물의 위생적 관리를 위한 정보 제공 및 홍보 자료로 활용
3. 추진 중인 동물보호법 개정안이 현재의 사육 여건에 맞는 법령이 될 수 있도록 건의



## 保健環境研究院報 - 第十卷

발행일 : 2006. 8

발행인 : 김 용 희

발행지 : 인천광역시보건환경연구원

인천광역시 중구 신흥동 2가 18-4

TEL : (032)440-5597

FAX : (032)440-5429

인쇄처 : 대신인쇄사 (Tel.032-885-6191)

비매품