

산업단지 주변 대기오염물질 거동에 관한 연구

심재덕, 오영태, 임종성, 엄진균, 류정우, 김동수
인천광역시보건환경연구원 대기보전과

Study on the behavior of air pollutant nearby the Industrial park

Jae Duck Shim, Young Tae Oh, Jong Sung Lim, Jin Gyun Eom, Jung Woo Ryu, Dong Su Kim
Division of Air Research, Incheon Institute of Health and Environment

ABSTRACT

In this study, Investigated emission facilities, prevention facilities and stack facilities about air pollutants emission sites in Incheon metropolitan city. In addition, monthly regional concentration diffusivity of air pollutant nearby industrial park were investigated. SEMS of the National Institute of Environmental Research was used data of air pollutant emission and U.S. Environmental Protection Agency's AERMOD was used atmospheric dispersion modeling system. 2,342 businesses were analyzed. Most of them were identified as manufacturing businesses(1,994 site, 9287 emission facilities installed). In addition, depending on the sector, 1.0 to 145.0 was confirmed that the emission facilities have been installed. 6,119 prevention facility were confirmed to have been installed on entire sector, and Fabric filter(2347), Absorption tower(1167), Adsorber(1113) was found to be frequently used order. In most industries, a fabric filter was used for particulate contamination control purposes. Absorption tower, Adsorber, etc. were installed depending on the nature of the process. Modeling results are as follows: I Domains, the industrial park west side area(business concentrated) and the Industrial park south east area(stack concentrated) showed a high air pollution level. II Domains, the air pollutants are focused on the industrial park and the surrounding area. Domains III, the industrial parks and the North west side area (business concentrated) showed a high air pollution level. As a result of examining the local air pollution level, residential area of I, II, III domain were confirmed mainly low level. However the wide high-concentration diffusion occur on September. The reason for this phenomenon is believed that the highly calm(10.97%) phenomenon prevented the spread of air pollutants.

The data obtained through this study will support Air Quality Inspection and site screen method.

Key Words : air quality, pollutant, modeling, AERMOD, Industrial Park

I. 서론

산업발전 시기의 선두주자 역할을 담당했던 굴뚝산업 사업장은 관련규제기준 강화, 환경인식 향상 등으로 사업장 주변 주민으로부터 지속적인 민원제기 대상이 되고 있다. 인천광역시에는 2011년 말 현재 대기오염물질 배출사업장으로 등록된 사업장은 3617개로 [그림 1]과 같은 산업단지에 약 47%(1684개)가 집중적으로 위치하고 있다¹⁾

대기오염물질 배출사업장은 관련 법 및 규정에 따라 관할행정 부서에 의해서 관리 받고 있으며 보건환경연구원 대기보전과에서는 사업장에서 배출되는 대기오염도검사에 대한 시료 채취 및 분석을 담당하고 있다.

일반적으로 사업장에서 배출되는 대기오염물질에 대한 민원은 민원 제기자가 특정 사업장을 지정하는 경우가 많지만, 사업장 밀집지역에서 불특정 사업장을 대상으로 민원을 제기할 경우 대기오염물질 검사 대상 사업장을 경험적으로 선정하곤 하였다.

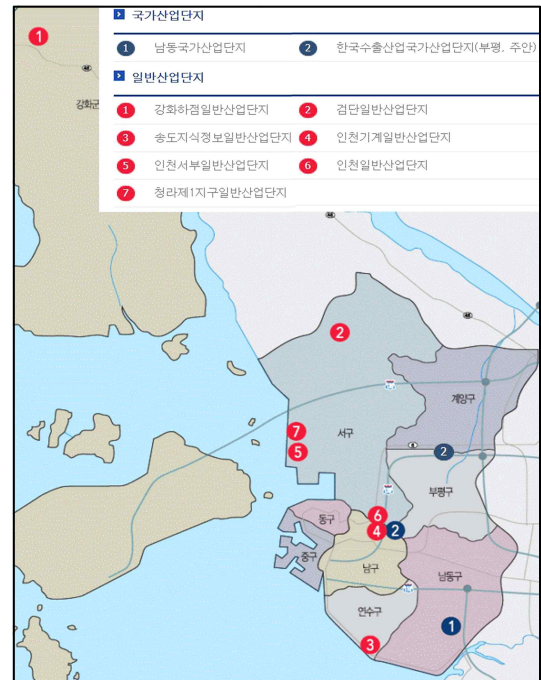
사업장에서 배출되는 대기오염물질 검사는 시료채취자가 사업장 굴뚝시설에 접근하여 시료채취부속 장비(Probe, Sampling Line, Impinger box)를 설치하고 시료채취장치(stack sampler)를 가동하여 굴뚝에서 배출되는 입자 및 가스상 물질을 채취한 후 실험실로 가져와 결과를 산출한다.

사업장 시설에 직접 접근하는 대기오염물질 검사 특성상 시료채취 시 사업장 여건(배출시설 가동여부, 방지시설 및 굴뚝시설 변경 등)에 따라 시료채취자의 안전을 저해하는 요인이 발생할 수 있으며, 이러한 위험요인을 제거하기 위해서는 시료채취 전 사업장에 대한 세부사항 파악이 필수적이다.

이와 같이 사업장 굴뚝시설에서 배출되는 대기오염도 검사는 대기오염물질 배출 사업장 밀집으로 인한 적절한 사업장 관리의 어려움, 현장조건에 따른 위험성 등 해결해야 할 현안 이슈가 존재한다.

이에 본 연구에서는 이러한 문제점을 해소하기 위해 관내 대기오염물질 배출 사업장의 배출시설, 방지시설, 굴뚝시설에 대한 자료를 수집하고 이를 바탕으로 사업장 밀집 지역인 산업단지 및 그 주

변지역을 대상으로 대기확산모델링을 통해 오염물질 확산 특성을 파악하여 대기오염물질 배출사업장 관리의 기초자료를 확보하고자 한다.



[그림 1] 인천광역시에 위치한 산업단지 위치도²⁾

II. 연구방법

대기오염물질 배출 사업장에 설치되어 있는 배출시설, 방지시설, 굴뚝시설을 검토하기 위해 국립환경과학원에서 관리하는 대기배출원 관리시스템 자료를 확보하여 분석하였으며, 사업장 굴뚝시설에서 배출된 대기오염물질이 주변지역으로 확산되는 정도를 파악하기 위해 미국 환경보호청에서 제공하는 대기확산모델링시스템인 AERMOD를 사용하였다.

9개의 산업단지 중 입주 업체수 및 주변 지역 현황을 고려하여 대기확산모델 대상 산업단지를 선정하였으며 자료분석 및 대기확산모델링 수행시간을 고려하여 2012년~2013년에 걸쳐 진행하였다.

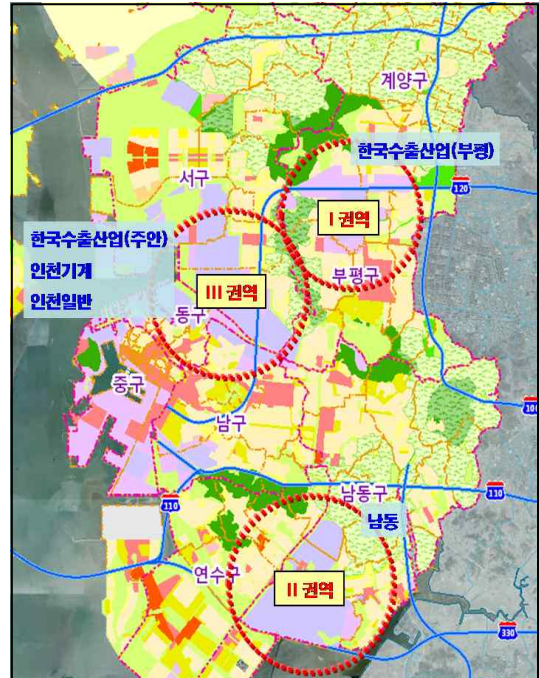
1. 대기확산모델링 대상 산업단지

인천광역시 관내에는 [표 1]과 같이 9개의 산업단지가 위치하고 있다¹⁾. 이들 산업단지 중 입주업체가 많은 남동, 한국수출산업, 인천일반, 인천기

계를 대기확산모델링 대상으로 선정하였다.

주물, 기계 업종이 주를 이루는 인천서부 일반산업단지의 경우 주물업종에 대한 배출허용기준 강화(2010.01.01)에 따라 공정 전체에 대한 입자상 오염물질 방지시설(건축 시설) 설치가 의무화되어 2012년 현재 배출시설에 대한 공정 변경이 다수 발생하였고, 주변 주거지역과의 거리가 500m이상이므로 타 산업단지에 비해 상대적으로 멀리 떨어져 있어 대기확산모델링 대상 산업단지에서 제외하였다.

연구사업 대상 산업단지는 [그림 2]와 같이 위치하고 있으며, 산업단지 밀집지역은 I 한국수출산업(부평지구), II 한국수출산업(주안지구) / 인천일반 / 인천기계, III 남동과 같이 3권역으로 나눌 수 있다.



[그림 2] 연차별 대기확산모델링 대상 산업단지

[표 1] 인천광역시내 위치한 산업단지 현황

산업단지		위치	면적(천㎡)	입주 업체 수	주요 업종
국가 산단	남동*	남동구	9574	5349	기계, 조립, 화학
	한국수출산업* (부평, 주안)	부평구, 남구, 서구	1746	1109	전자, 통신, 화학
일반 산단	인천일반*	서구	1136	308	기계, 조립
	인천서부	서구	938	289	주물, 기계
	인천기계*	남구	350	127	기계, 조립
	송도지식정보	연수구	968	39	전기전자
	검단	서구	2250	20	기계, 조립
	강화하점	강화	59	15	염색, 화학
	청라제1지구	서구	194	14	자동차 제조

* 대기확산모델링 대상 산업단지

2. 대기오염물질 배출 사업장

대기오염물질 배출 사업장 현황 및 사업장 세부 사항 파악 그리고 대기확산모델링 입력자료를 확보하기 위해 대기배출원관리시스템(SEMS : Stack Emission Monitoring System)자료를 활용하였다.

SEMS는 국립환경과학원에서 실시하는 대기배출원조사를 지원하기 위한 시스템으로 1~3종 사업장은 1년, 4~5종 사업장은 4년 주기로 자료가 갱

신되고 있다. SEMS에 포함되어 있는 조사항목은 [표 2]와 같다³⁾.

대기배출원조사는 사업장 종별 조사 주기가 서로 달라 본 연구에서는 1~5종 자료가 모두 포함되어 있는 최신 시기인 2008년 SEMS 자료를 활용하였으며, SEMS자료 중 굴뚝높이, 굴뚝내경, 배출가스량, 유속, 온도, 오염물질 농도는 대기확산모델링의 입력 자료로 사용하였다.

[표 2] SEMS 자료 구분 및 조사항목³⁾

구분		조사항목
사업장 정보	일반현황	사업자등록번호, 사업장명, 허가번호, 지역구분, 행정구역, 대표자명, 업종코드, 대기종별, 업소형태, 연간매출액, 종업원수, 환경관리부서 및 인원
	소재지	본사 및 사업장 주소, 지역구분, 산업단지명, TM좌표, 전화번호
	굴뚝	전체 굴뚝 수, 특별법에서 정한 배출시설 수, CleanSYS 사업장 코드, CleanSYS 굴뚝 수
	환경기술인	환경기술인명, 직위, 자격등급, 연락처, 이메일
	기타	사업장연혁, 사업장변경이력, 사업장메타파일
굴뚝 정보	굴뚝정보	굴뚝종류, 굴뚝이름 및 굴뚝번호, 오염물질 발생량, 굴뚝종별, 측정공 수량, 굴뚝높이 및 내경, 방지시설 가동시간, 가동일수
	배출량	측정일자, 측정방법, 배출가스현황, 오염물질 종류 및 농도, 배출허용기준농도
방지시설 정보	방지시설 정보	방지시설명, 처리물질, 처리용량(설계), 처리용량(실제), 처리효율(설계), 처리효율(실제), 설치년도, 설치비, 운영비
	배출시설 정보	배출시설명, 배출시설구분(연소, 소각, 공정, 저장), 가동시간, 가동일수
배출시설 정보	시설구분에 따른 정보	설치비, 설계용량, 보일러효율 및 용도, 버너제작사 및 종류, 평균 소각량, 소각로형식 및 종류, 소각물질 종류, 로내온도, 설치년도, 공정명, 공정상의 생산품, 저장물질, 저장용량
	사용량 정보	연료사용량, 소각량, 원료사용량, 제품생산량

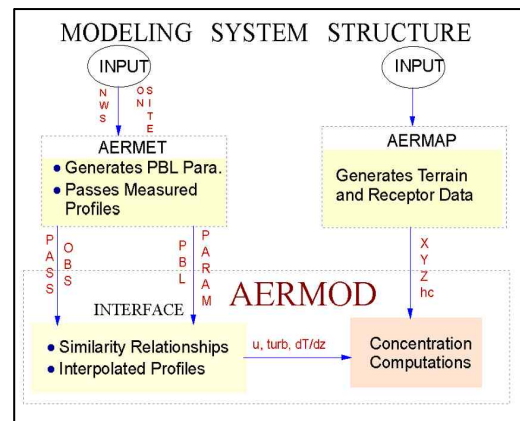
3. 대기확산모델링 시스템

대기확산모델링 시스템은 대상지역의 지형적 특성이나 오염물질의 종류에 따라 수십종이 개발되어 있으며, 이중 가우시안 모델을 이용한 대기 확산모델링 시스템이 널리 사용되고 있다. 본 연구에서는 가우시안 모델을 이용한 대기확산모델링 시스템 중 산업단지와 같이 넓은 면적의 배출원을 대상으로한 연구실적이 많고 사용이 비교적 용이한 AERMOD를 대기확산모델링 시스템으로 선정하였다⁴⁻⁷⁾.

3.1 AERMOD

AERMOD는 미국기상학회와 미국환경보호청(AERMIC: American Meteorological Society /EPA Regulatory Model Improvement Committee)이 단순지형에서의 ISC3모델의 단점과 복합지형의 CTDMPPLUS의 복잡성을 보완하기 위해서 개발한 대기확산모델링 시스템이다. AERMOD의 지형 및 기상자료는 [그림 3]과 같이 지형처리 프로그램인 AERMAP, 기상처리 프로그램인 AERMET을 통해 생성하여야한다⁸⁾. AERMOD는 미국환경보호청 인

터넷 사이트에서 최신 버전을 내려받아 사용하였다⁹⁾.



[그림 3] AERMOD 데이터 처리 흐름도¹⁰⁾

AERMOD는 플룸을 수평방향 플룸과 수직방향 플룸의 모델화한다. 따라서 모든 상황 시 수용체에서 농도는 이들 상태에 따라 예측된다. 평지에서는 두 상태가 동일하지만 높은 지형이 있는 경우 AERMOD에서는 유선 분리고도 개념을 도입하여 예

측 농도는 이들 수평, 수직 방향 플륨의 한계 또는 플륨의 상태를 고려하여 계산한다. AERMOD 모델에서 안정 또는 대류상태 대기에서 농도를 구하는 식은 다음과 같다¹⁰⁾.

$$C_{T,x_r,y_r,z_r} = f \cdot C_{C,s,x_r,y_r,z_r} + (1-f) \cdot C_{C,s,x_r,y_r,z_p}$$

$C_T\{x_r,y_r,z_r\}$: 총 농도
 $C_{C,s}\{x_r,y_r,z_r\}$: 수평 플륨 상태의 기여 분
 (첨자 c와 s는 각각 대류상태와 안정 대기)
 $C_{C,s}\{x_r,y_r,z_p\}$: 지형을 따라가는 상태의 기여 분
 f : 플륨상태에 따른 무게합수
 $\{x_r,y_r,z_r\}$: 수용체 좌표
 z_r : 굴뚝 바닥으로부터 참조 지점까지 높이
 $z_p = z_r - z_t$: 국소 지표 높이에서 수용체 까지 높이
 z_t : 수용체의 지표면 고도

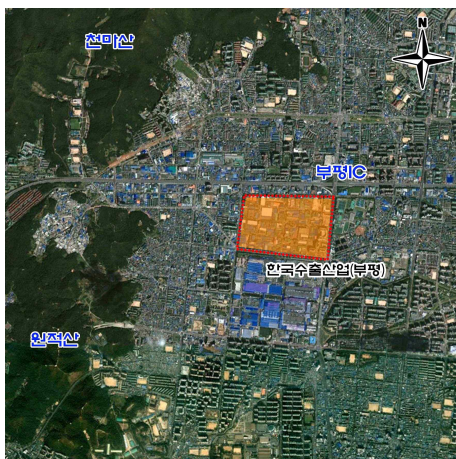
3.2 지형 및 기상

지형자료는 인공위성자료를 WebGIS 인터넷 사이트에서 다운받은 후 가공하여 사용 하였다. WebGIS의 SRTM(Shuttle Radar Topography Mission)자료는 미항공우주국(NASA, National Aeronautics and Space Administration)과 미국가영상지도국(NIMA, National Imagery and Mapping Agency)가 공동으로 제작한 것으로 WebGIS 인터넷 사이트에서는 남위 56° ~ 북위 60° 범위를 90m ×

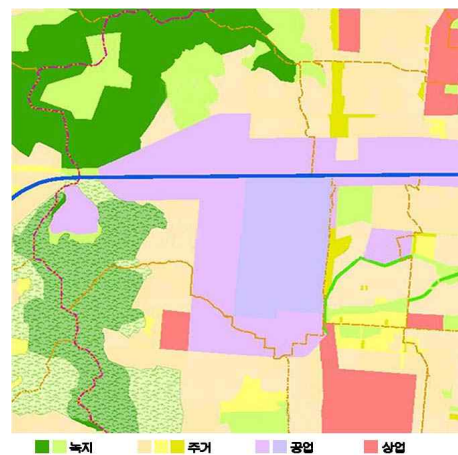
90m 해상도로 위도, 경도 각각 1° 씩의 수치지형모델(DEM, digital elevation model)을 내려받을 수 있다¹¹⁾. 본 연구에서는 WebGIS에서 제공하는 수치지형모델 영역 중 북위 37° 동경 126° 자료를 사용하였다.

기상자료 시점은 AERMOD 입력자료로 활용한 SEMS자료와 같이 2008년 자료를 사용하였으며, 인천기상대 관측자료를 미국 기상청 자료형식인 CD-144형태로 전환한 후 기상처리 프로그램인 AERMET을 통해 AERMOD용 기상자료를 확보하였다.

I 권역은 [그림 4]와 같이 주변지역이 주거지역으로 둘러 쌓여있으며, 원적산과 천마산을 중심으로 녹지지역이 이루어져있다. 상업지구는 다른 용도지역에 비해 상대적으로 적은 면적을 차지하며, 공업지역은 산업단지와 경인고속도로를 중심으로 배치되어있다. II 권역은 산업단지를 중심으로 북서, 동측에 주거지역이 위치하고 있으며, 외곽에 완충녹지가 조성되어있다. III 권역은 제1경인고속도로 가좌IC를 중심으로 3개의 산업단지가 위치하고 있으며, 주변지역으로 공업지역이 넓게 분포하고 있다.



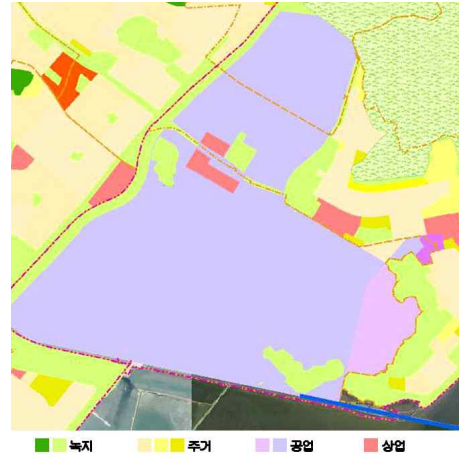
I 권역 지형현황



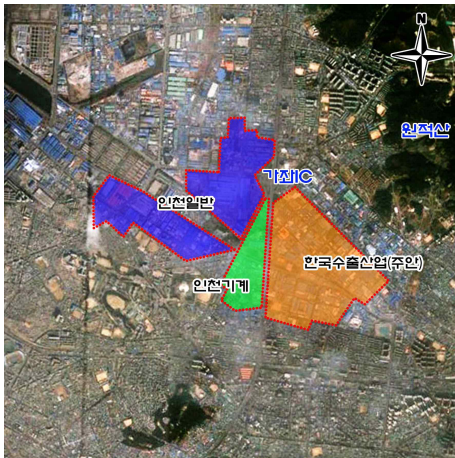
I 권역 용도지역 현황



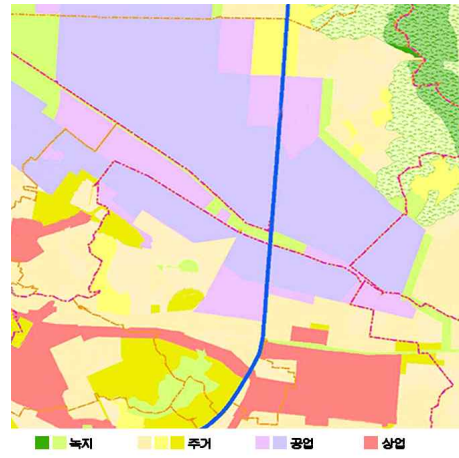
II 권역 지형현황



II 권역 용도지역 현황



III 권역 지형현황



III 권역 용도지역 현황

[그림 4] 모델링 대상지역 현황

III. 결과 및 고찰

1. 대기오염물질 배출 사업장 및 배출시설

SEMS에 입력된 인천광역시 관내 대기오염물질 배출사업장과 배출시설을 [표 3]과 같이 표준산업 분류에 따라 업종별로 분리하여 살펴보았다.

업종별 사업장 분포는 제조업이 1994개로 전체 2342개 사업장중 85.1%로 가장 많은 비율을 차지하고 있는 것으로 조사되었으며, 대기오염물질 발생량 기준으로 설정되는 중에 따른 사업장 분포는 5종 1193개(50.9%), 4종 885개(37.8%), 3종 124(5.3%), 2종 87개(3.7%), 1종 53개(2.3%) 순으로 조사되었다.

인천광역시 관내 위치하는 사업장의 업종은 제조

업에 편중되어있으며, 이들 제조업중 4종, 5종에 해당하는 중소형 사업장이 많은 비중을 차지하는 것으로 확인되었다.

대기오염물질 배출시설은 10211개가 분포하고 있으며, 제조업이 9287개(91.0%)로 가장 많은 비율을 차지하고 있으며, 4종 3058개(30.0%), 5종 2479개(24.3%), 3종 1771개(17.3%), 1종 1678개(16.4%), 2종 1225개(12.0%) 순으로 조사되었다.

대기오염물질 배출시설 분포는 제조업에 집중되어 있으며, 업종별 특성 및 사업장 규모에 따라 여러 종류 및 다수의 배출시설이 설치되어 있는 것으로 확인되었다.

[표 3] 업종별 사업장 및 배출시설 분포

업종명	사업장 개수						배출시설 개수					
	소계	1종	2종	3종	4종	5종	소계	1종	2종	3종	4종	5종
제조업	1994	37	77	110	739	1031	9287	1578	1200	1681	2672	2156
협회 및 단체, 수리 및 기타 개인 서비스업	225			1	109	115	527			3	308	216
하수, 폐기물 처리, 원료재생 및 환경복원업	56	7	4	7	15	23	220	28	13	79	38	62
운수업	15		1		5	9	29		2		11	16
도매 및 소매업	9		1		3	5	21		3		7	11
전기, 가스, 증기 및 수도사업	9	9					72	72				
공공행정, 국방 및 사회보장 행정	7		1	2	3	1	7		1	2	3	1
부동산업 및 임대업	7		3	2	2		14		6	4	4	0
광업	6				3	3	13				7	6
건설업	5				2	3	11				4	7
사업시설관리 및 사업지원 서비스업	5			2	3		5			2	3	0
교육 서비스업	1					1	1					1
보건업 및 사회복지 서비스업	1				1		1				1	0
숙박 및 음식점업	1					1	2				0	2
예술, 스포츠 및 여가관련 서비스업	1					1	1				0	1
합계	2342	53	87	124	885	1193	10211	1678	1225	1771	3058	2479

사업장과 배출시설이 가장 많이 분포하고 있는 제조업에 대한 분석을 위해 [표 4]와 같이 세부 업종별로 분리하여 살펴보았다.

업종별 제조업 사업장 분포는 [표 4]의 금속가공제품 ~ 음료 제조업 순으로 조사되었으며, 종별 분포는 5종 1031개(51.7%), 4종 739개(37.1%), 3종 110개(5.5%), 2종 77개(3.9%), 1종 37개(1.8%)순으로 조사되었다.

제조업 사업장의 대기오염물질 배출시설은 4종 2672개(28.8%), 5종 2156개(23.2%), 3종 1681개(18.1%), 1종 1578개(17.0%), 2종 1200개(12.9%) 순으로 조사되었다.

22개로 분류된 2차 업종구분에 따른 제조업 분포 특성을 살펴본 결과 대부분의 업종에서 4, 5종이 차지하는 비율이 높은 것을 알 수 있으며, [그림 5]와 같이 인천광역시 관내 100개 이상의 사업장이 존재하는 업종의 종별 비율을 살펴본 결과 1차 금속, 화학물질 및 화학제품 제조업을 제외하면, 중소형 사업장인 4~5종 사업장이 업종별 차지하는 비율은 80% 이상임을 확인할 수 있었다.

배출시설은 사업장이 집중되어 있는 금속가공제품 제조업(A)에 2012개로 가장 많이 분포하고 있었으며, 식료품(J, 1228개), 화학물질 및 화학제품(E, 1176개), 1차 금속(D, 973개), 목재 및 나무제품

제조업(B, 744개) 순으로 많은 배출시설이 존재하는 것으로 확인되었다.

대기오염물질 배출시설이 한 사업장에 다수 존재하면 유지·관리에 만전을 기해야 배출시설에서 발생한 대기오염물질이 방지시설을 거쳐 적정 처리된 후 굴뚝으로 최종 배출될 것이다. [표 5]에는 사업장당 보유한 평균 배출시설을 종별로 정리하여 나타내었다.

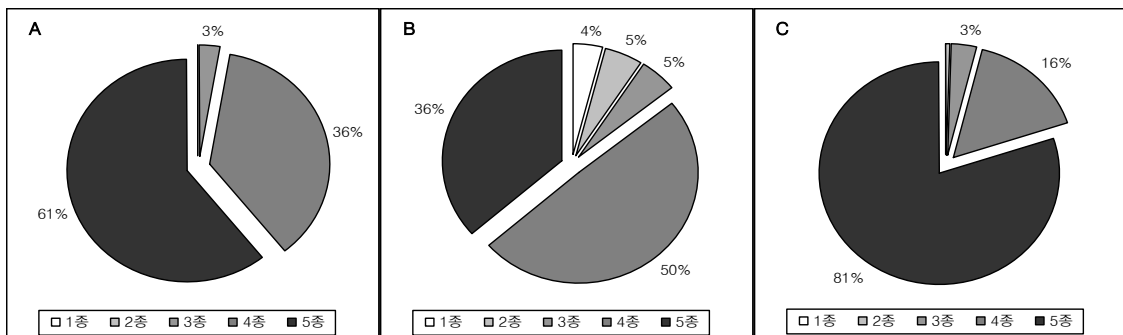
1종 사업장의 경우 8.5~145.0개 범위로 나타났으며, 자동차 및 트레일러(K) 업종이 145.0개로 사업장당 가장 많은 배출시설을 보유하고 있는 것으로 확인되었다. 그 다음으로 고무제품 및 플라스틱제품(F) 79.0개, 식료품(J) 63.1개, 화학물질 및 화학제품(E) 57.8개, 기타 기계 및 장비(H) 55.0개 사업장당 많은 배출시설을 가지는 것으로 확인되었다. 2종 사업장은 2.0~39.6개 범위로 나타났으며, 식료품(J) 39.6개, 기타 기계 및 장비(H) 34.0개, 화학물질 및 화학제품(E) 32.8개 순으로 확인되었으며, 3종 사업장은 1.5~66.0개 범위로 나타났으며, 식료품(J) 37.5개, 화학물질 및 화학제품(E) 25.7개, 전기장비(M) 20.0개 순으로 많은 배출시설을 보유하는 것으로 확인되었다.

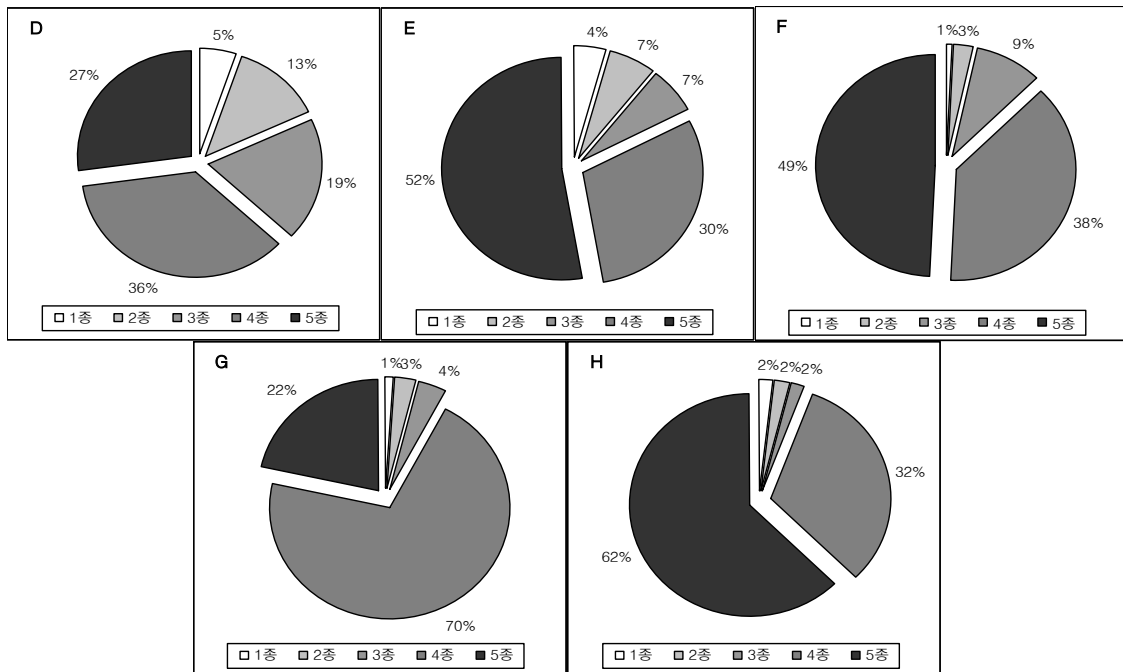
[표 4] 제조업 세부 업종분류에 따른 사업장 및 배출시설 분포

업종명(구분)	사업장 개수						배출시설 개수					
	합계	1종	2종	3종	4종	5종	합계	1종	2종	3종	4종	5종
금속가공제품 제조업(A)	739		1	19	269	450	2012		20	276	785	931
목재 및 나무제품 제조업(B)	176	7	9	9	87	64	744	235	75	82	226	126
전자부품, 컴퓨터, 영상, 음향 및 통신장비 제조업(C)	174		1	6	28	139	529		6	91	108	324
1차 금속 제조업(D)	154	8	20	29	55	42	973	134	213	350	182	94
화학물질 및 화학제품 제조업(E)	138	6	9	9	41	73	1176	347	295	231	121	182
고무제품 및 플라스틱제품 제조업(F)	120	1	3	11	46	59	622	79	44	208	173	118
가구 제조업(G)	102	1	3	4	72	22	294	12	22	40	186	34
기타 기계 및 장비 제조업(H)	101	2	2	2	32	63	397	110	68	9	109	101
비금속 광물제품 제조업(I)	86	2	17	4	34	29	472	17	123	32	232	68
식료품 제조업(J)	51	7	5	6	20	13	1228	442	198	225	318	45
자동차 및 트레일러 제조업(K)	37	1	2	2	15	17	297	145	55	11	60	26
기타 제품 제조업(L)	34		1	2	14	17	129		30	9	64	26
전기장비 제조업(M)	25			2	9	14	105			40	42	23
기타 운송장비 제조업(N)	11	1	1		5	4	58	25	19		7	7
섬유제품 제조업(O)	10		2	1	2	5	31		4	4	7	16
인쇄 및 기록매체 복제업(P)	9				1	8	17				3	14
의료용 물질 및 의약품 제조업(Q)	8		1	2	4	1	59		28	3	24	4
의료, 정밀, 광학기기 및 시계 제조업(R)	7			1	1	5	30			4	20	6
코크스, 연탄 및 석유정제품 제조업(S)	5	1			1	3	39	32			1	6
펄프, 종이 및 종이제품 제조업(T)	4				3	1	5				4	1
가죽, 가방 및 신발 제조업(U)	2			1		1	67			66		1
음료 제조업(V)	1					1	3					3
합계	1994	37	77	110	739	1031	9287	1578	1200	1681	2672	2156

4종 사업장의 경우 1.0~20.0개 범위로 나타났으며, 의료, 정밀, 광학기기 및 시계(R) 20개, 식료품(J) 15.9개에서 많은 배출시설을 보유하는 것으로 확인되었으며, 이 두 업종을 제외하면 모든 제조업 업종에서 7개 미만으로 배출시설을 보유하는

것으로 나타났다. 5종 사업장은 1.0~4.0개 범위였으며, 의료용 물질 및 의약품(Q) 업종에서 4개의 배출시설을 보유하는 것으로 가장 높게 나타났으며, 타 사업장은 그 미만의 배출시설을 보유하는 것으로 확인되었다.





[그림 5] 다수 업종 사업장의 종별 비율

[표 5] 제조업 세부 업종분류에 따른 종별 배출시설/사업장수 비율 분포

업종명	1종	2종	3종	4종	5종
금속가공제품 제조업(A)		20.0	14.5	2.9	2.1
목재 및 나무제품 제조업(B)	33.6	8.3	9.1	2.6	2.0
전자부품, 컴퓨터, 영상, 음향 및 통신장비 제조업(C)		6.0	15.2	3.9	2.3
1차 금속 제조업(D)	16.8	10.7	12.1	3.3	2.2
화학물질 및 화학제품 제조업(E)	57.8	32.8	25.7	3.0	2.5
고무제품 및 플라스틱제품 제조업(F)	79.0	14.7	18.9	3.8	2.0
가구 제조업(G)	12.0	7.3	10.0	2.6	1.5
기타 기계 및 장비 제조업(H)	55.0	34.0	4.5	3.4	1.6
비금속 광물제품 제조업(I)	8.5	7.2	8.0	6.8	2.3
식료품 제조업(J)	63.1	39.6	37.5	15.9	3.5
자동차 및 트레일러 제조업(K)	145.0	27.5	5.5	4.0	1.5
기타 제품 제조업(L)		30.0	4.5	4.6	1.5
전기장비 제조업(M)			20.0	4.7	1.6
기타 운송장비 제조업(N)	25.0	19.0		1.4	1.8
섬유제품 제조업(O)		2.0	4.0	3.5	3.2
인쇄 및 기록매체 복제업(P)				3.0	1.8
의료용 물질 및 의약품 제조업(Q)		28.0	1.5	6.0	4.0
의료, 정밀, 광학기기 및 시계 제조업(R)			4.0	20.0	1.2
코크스, 연탄 및 석유정제품 제조업(S)	32.0			1.0	2.0
펄프, 종이 및 종이제품 제조업(T)				1.3	1.0
가죽, 가방 및 신발 제조업(U)			66.0		1.0
음료 제조업(V)					3.0

전체적으로 대형사업장일수록 대기오염물질 배출 시설이 다수 배치되어 있는 것으로 확인되었으며, 식료품 제조업의 경우 1종~5종 모두 다른 업종에

비해 상대적으로 많은 배출시설이 등록되어 있는 것으로 확인되었다.

2. 대기오염물질 방지시설 및 굴뚝시설

[표 6]에는 제조업 업종 세부분류에 따라 방지시설 및 배출시설 보유현황을 정리하여 나타내었다.

방지시설은 제조업 업종 전체에 6119개가 설치되어 있으며, 종별로는 4종 2017개(33.0%), 5종 1571개(25.6%), 1종 1081개(17.7%), 3종 728개(11.9%), 2종 722개(11.8%) 순으로 많은 방지시설이 설치되어 있는 것으로 나타났다.

굴뚝시설은 5756개가 설치되어 있으며, 4종 1913개(33.2%), 5종 1534개(26.7%), 1종 913개(15.9%), 3종 714개(12.4%), 2종 682개(11.8%) 순인 것으로 확

인되었다.

[그림 6]에는 제조업 업종에 설치되어있는 방지시설의 종류를 구분하여 나타내었다. 가장 많이 사용중인 방지시설은 대기오염물질 중 먼지를 제어할 수 있는 여과집진기(2347개, 38.4%)로 확인되었다. 그 다음으로는 가스상 대기오염물질인 염화수소, 암모니아 등을 제어하는 흡수탑시설(1167개, 19.1%), 휘발성 물질인 벤젠, 톨루엔 등을 제어하는 흡착기시설(1113개, 18.2%)이 설치되어 있는 것으로 나타났다.

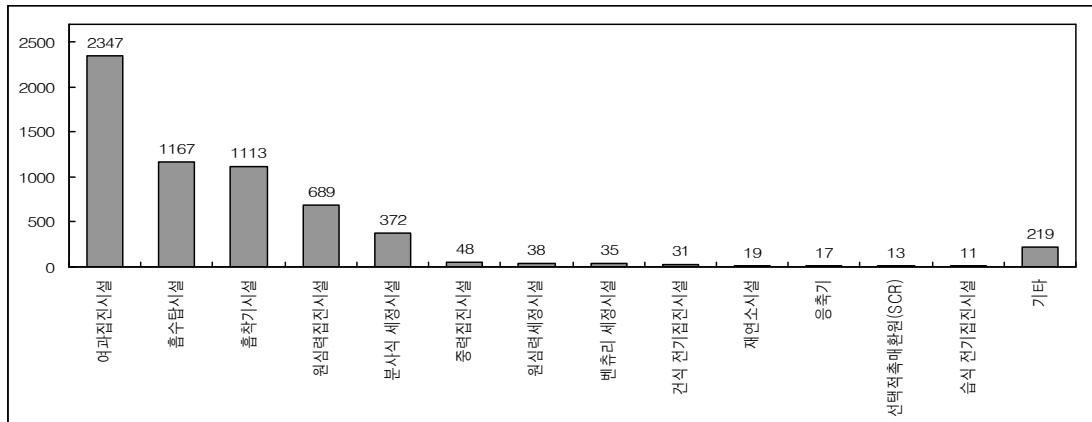
[표 6] 제조업 세부 업종분류에 따른 방지시설 및 굴뚝시설 분포

업종명(구분)	방지시설 개수						굴뚝 개수					
	합계	1종	2종	3종	4종	5종	합계	1종	2종	3종	4종	5종
금속가공제품 제조업(A)	1490		20	99	648	723	1346		20	99	577	650
목재 및 나무제품 제조업(B)	555	229	43	48	149	86	480	168	38	45	149	80
전자부품, 컴퓨터, 영상, 음향 및 통신장비 제조업(C)	296		4	24	92	176	278		4	23	78	173
1차 금속 제조업(D)	606	81	141	164	156	64	648	104	134	185	156	69
화학물질 및 화학제품 제조업(E)	609	171	122	70	115	131	494	98	83	58	111	144
고무제품 및 플라스틱제품 제조업(F)	374	14	38	83	150	89	360	14	26	80	144	96
가구 제조업(G)	265	12	22	29	170	32	246	12	22	29	154	29
기타 기계 및 장비 제조업(H)	316	107	26	8	93	82	319	107	24	8	99	81
비금속 광물제품 제조업(I)	367	11	113	18	175	50	344	5	98	16	166	59
식품 제조업(J)	729	308	135	127	113	46	652	252	133	117	106	44
자동차 및 트레일러 제조업(K)	202	109	25	12	42	14	249	108	51	11	54	25
기타 제품 제조업(L)	76		17	5	39	15	82		17	5	41	19
전기장비 제조업(M)	57			14	24	19	60			14	27	19
기타 운송장비 제조업(N)	48	25	3		11	9	58	24	19		8	7
섬유제품 제조업(O)	25		4	4	7	10	26		4	4	7	11
인쇄 및 기록매체 복제업(P)	16				3	13	16				3	13
의료용 물질 및 의약품 제조업(Q)	32		9	2	20	1	34		9	2	22	1
의료, 정밀, 광학기기 및 시계 제조업(R)	16			5	6	5	16			4	6	6
코크스, 연탄 및 석유정제품 제조업(S)	19	14			2	3	26	21			1	4
펄프, 종이 및 종이제품 제조업(T)	3				2	1	5				4	1
가죽, 가방 및 신발 제조업(U)	17			16		1	15			14		1
음료 제조업(V)	1					1	2					2
합계	6119	1081	722	728	2017	1571	5756	913	682	714	1913	1534

[표 7]에는 제조업 사업장에 설치되어 있는 방지시설을 2차 분류에 따라 종류별로 정리하여 나타내었다. [표 7]의 굵은 글자의 업종(고무제품 및 플라스틱제품, 금속가공제품, 기타 기계 및 장비, 의료·정밀·광학기기 및 시계, 의료용 물질 및 의약품, 인쇄 및 기록매체, 자동차 및 트레일러, 전기장비, 전자부품·컴퓨터·영상·음향 및 통신장비, 코크스·연탄 및 석유정제품 제조업)을 제외하면 대부분

의 업종에서는 입자상 대기오염물질을 제어할 수 있는 방지시설(여과집진시설, 원심력집진시설)이 가장 많이 설치되어 있었으며, 이러한 업종의 주요 관심 대기오염물질은 입자상임을 알 수 있다.

앞에 언급한 고무제품 및 플라스틱제품 제조업 등은 업종 특성 상 입자상 오염물질 보다는 산성 및 휘발성 가스가 공정에서 배출되며 이러한 대기오염물질 제어가 주 관심사임을 알 수 있다.



[그림 6] 제조업 업종에 설치되어 있는 대기오염물질 방지시설(개)

3. 월별 대기확산도

I~III 권역별, 월별 수행한 대기확산모델링 결과를 [그림 7~9]에 나타내었으며, 월별 대기확산도를 [그림 10]의 풍배도와, 권역별 지형을 고려하여 분석하였다.

I 권역의 경우 1~12월까지 확산도에서 공통적으로 산업단지 서측에 위치한 원적산, 천마산에 의한 대기오염물질 확산 저해 현상이 관찰되었으며, 산업단지에서의 농도보다 산업단지 인근 서측에 위치한 사업장 집중 지역과 남측에 위치한 굴뚝시설 집중 지역에서 높은 농도를 나타내는 것으로 확인되었다.

이 두 지역은 굴뚝시설이 집중되어있고, 단위시간당 오염물질 배출량이 많은 공통점이 있으며 특히, 산업단지 서측에 위치한 사업장 집중지역은 천마산과 원적산에 의해 확산이 저해되어 타 지역에 비해 농도가 높게 예측된 것으로 판단된다.

주풍향이 북풍계열일 경우(1~2월, 9~12월) 풍하 방향으로의 대기오염물질 확산이 주를 이루었으며,

주풍향이 여러 방향일 경우(3~8월) 배출원 주변으로의 확산이 우세한 것으로 확인되었다.

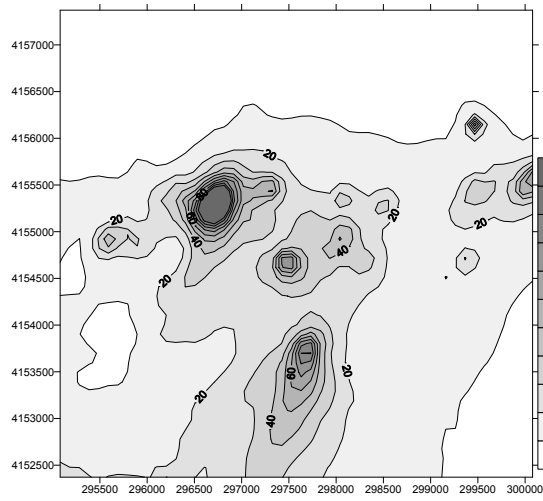
II 권역의 경우 산업단지 내에 사업장이 집중되어 있어, 1~12월 모두 산업단지 내 높은 농도를 나타내는 지역이 넓게 나타나는 것으로 확인되었다. II 권역 주변에는 I 권역과 같이 대기오염물질 확산을 저해할 만한 지형(산)이 존재하지 않아 대기 중으로 배출된 오염물질이 배출원 주변으로의 확산이 주를 이루는 것으로 판단된다. 또한 정온 비율이 높았던 9월(10.97%)과 10월(6.85%)에는 고농도 확산지역이 산업단지 전반으로 확대된 것을 알 수 있다.

III 권역은 북동 측에 위치한 원적산에 의한 대기오염물질 확산저해 특징과 9월, 10월의 고농도 확산지역 확대 현상이 확인되었다. 또한 I 권역과 같이 산업단지 외 공업지역에 위치한 사업장에 의해 주변지역의 고농도 확산이 년 중 지속적으로 관찰되었다.

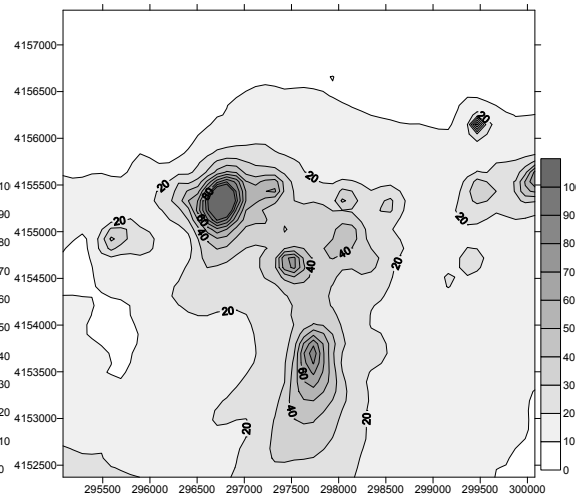
[표 7] 제조업 세부 업종분류에 따른 방지시설 설치 빈도

업종명	방지시설	개수	업종명	방지시설	개수
1차 금속	여과집진시설	420	식료품	여과집진시설	447
	흡수탑시설	67		원심력집진시설	183
	원심력집진시설	37		분사식 세정시설	20
	기타	82		기타	79

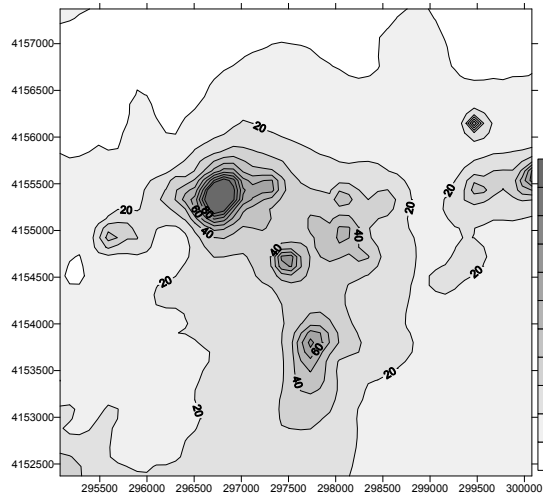
가구	여과집진시설	124	음료	여과집진시설	1
	흡착기시설	95		-	-
	원심력집진시설	27		-	-
	기타	19		기타	-
가죽, 가방 및 신발	여과집진시설	10	의료, 정밀, 광학기기 및 시계	흡착기시설	11
	원심력집진시설	1		흡수탑시설	3
	흡착기시설	1		여과집진시설	2
	기타	5		기타	-
고무제품 및 플라스틱제품	흡착기시설	173	의료용 물질 및 의약품	여과집진시설	25
	여과집진시설	91		분사식 세정시설	3
	원심력집진시설	56		흡수탑시설	2
	기타	54		기타	2
금속가공제품	흡수탑시설	711	인쇄 및 기록매체	흡착기시설	13
	여과집진시설	254		재연소시설	2
	흡착기시설	235		흡수탑시설	1
	기타	290		기타	-
기타 기계 및 장비	흡착기시설	135	자동차 및 트레일러	여과집진시설	69
	여과집진시설	117		흡착기시설	48
	흡수탑시설	27		분사식 세정시설	41
	기타	37		기타	44
기타 운송장비	여과집진시설	22	전기장비	흡착기시설	24
	흡착기시설	18		여과집진시설	17
	원심력집진시설	6		분사식 세정시설	6
	기타	2		기타	10
기타 제품	여과집진시설	35	전자부품, 컴퓨터, 영상, 음향 및 통신장비	흡수탑시설	154
	흡착기시설	28		흡착기시설	67
	원심력집진시설	5		분사식 세정시설	37
	기타	8		기타	38
목재 및 나무제품	여과집진시설	218	코크스, 연탄 및 석유정제품	벤츄리 세정시설	1
	원심력집진시설	190		-	-
	흡착기시설	90		-	-
	기타	57		기타	7
비금속 광물제품	여과집진시설	290	펄프, 종이 및 종이제품	원심력집진시설	2
	원심력집진시설	45		여과집진시설	1
	흡착기시설	12		-	-
	기타	20		기타	-
섬유제품	여과집진시설	9	화학물질 및 화학제품	여과집진시설	182
	원심력집진시설	3		흡착기시설	124
	선택적촉매환원(SCR)	2		흡수탑시설	123
	기타	11		기타	180



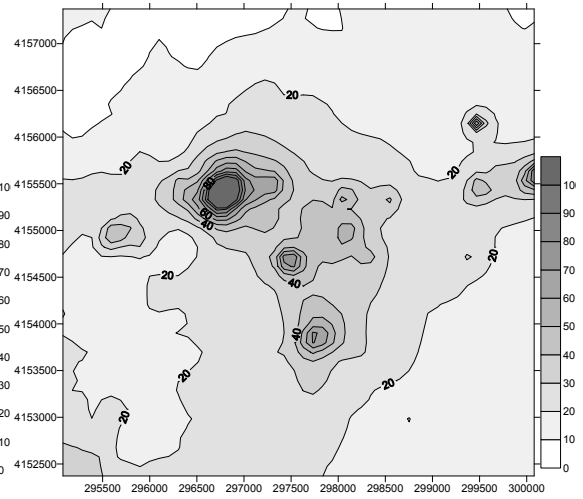
1월



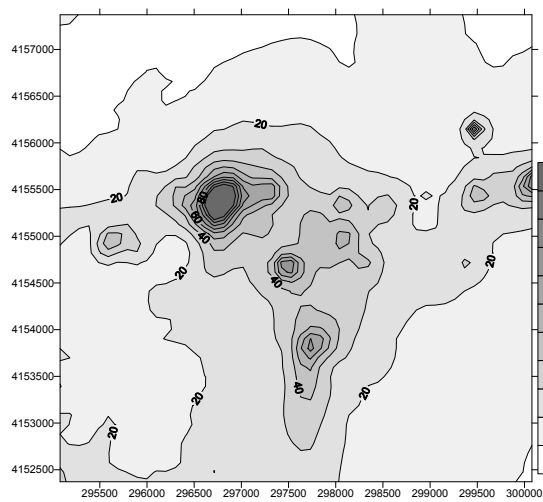
2월



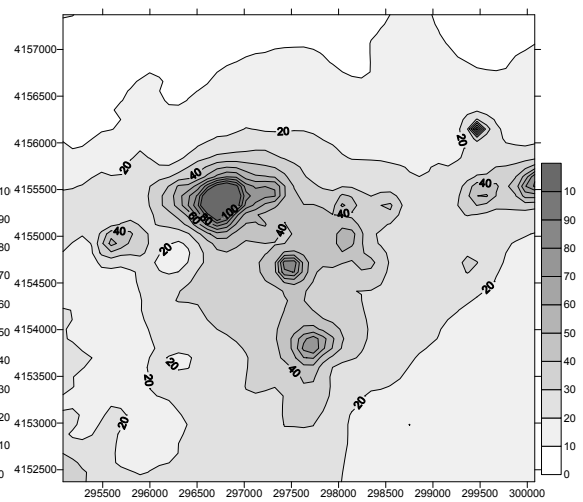
3월



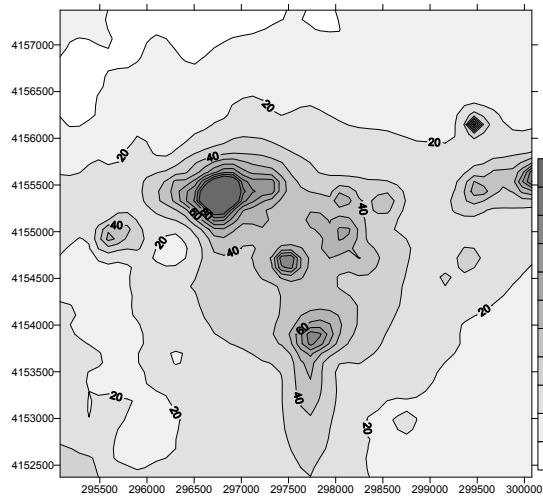
4월



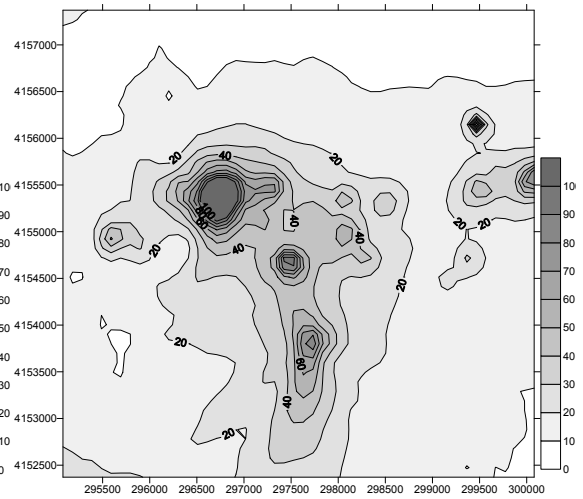
5월



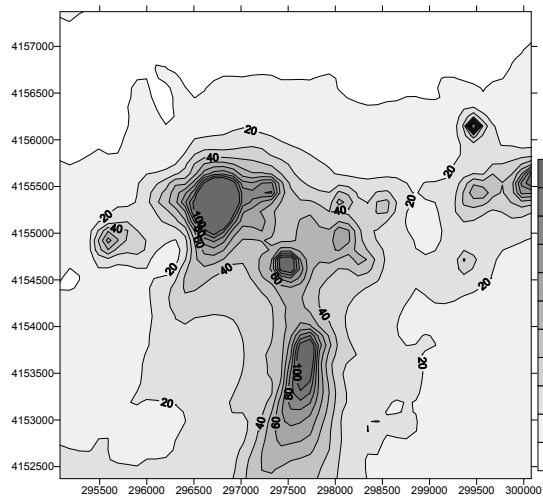
6월



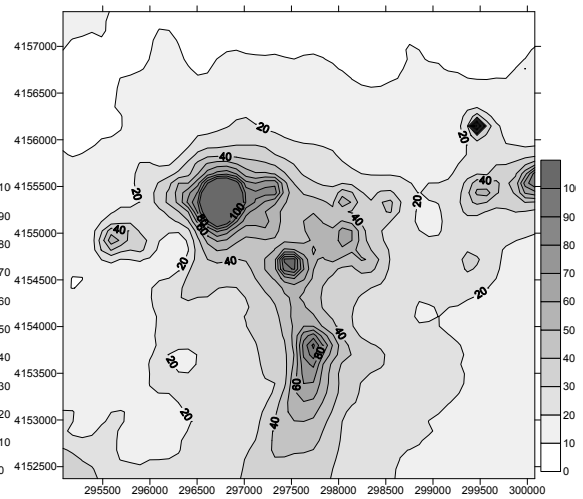
7월



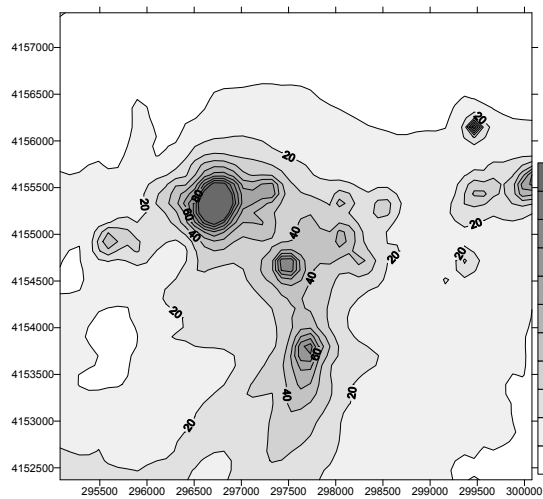
8월



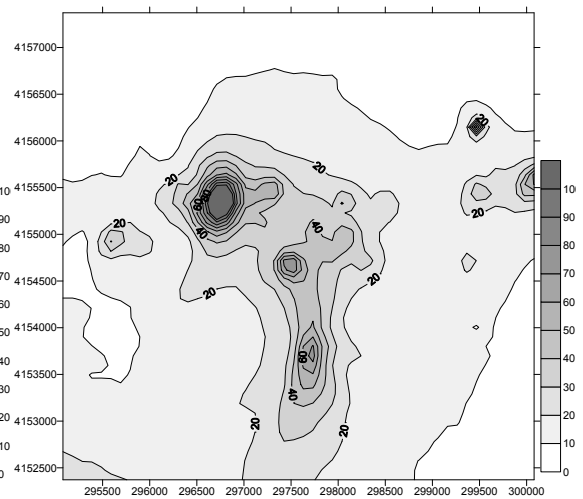
9월



10월

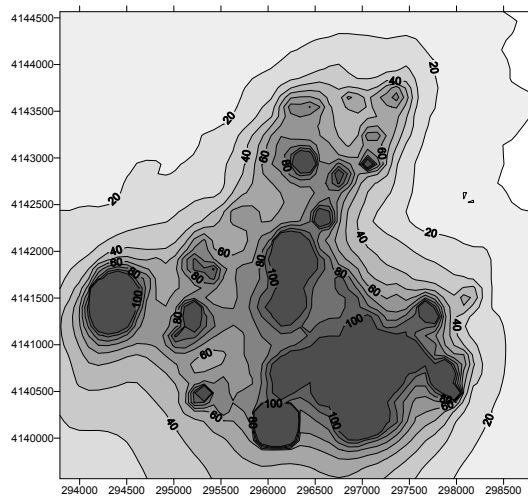


11월

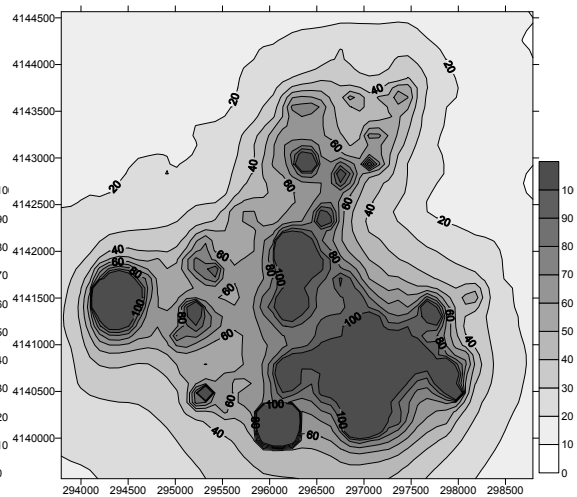


12월

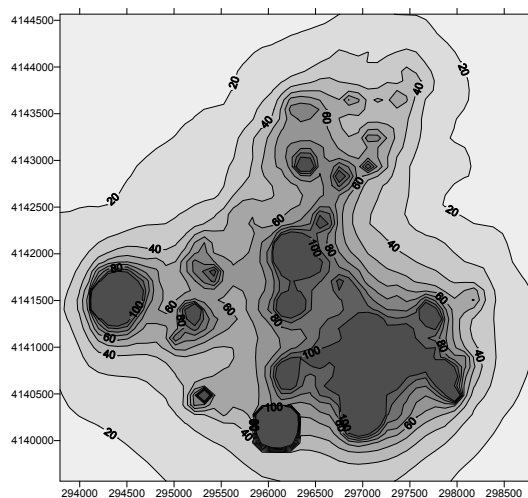
[그림 7] I 권역(한국수출산업(부평)) 월별 대기확산 모델링 결과



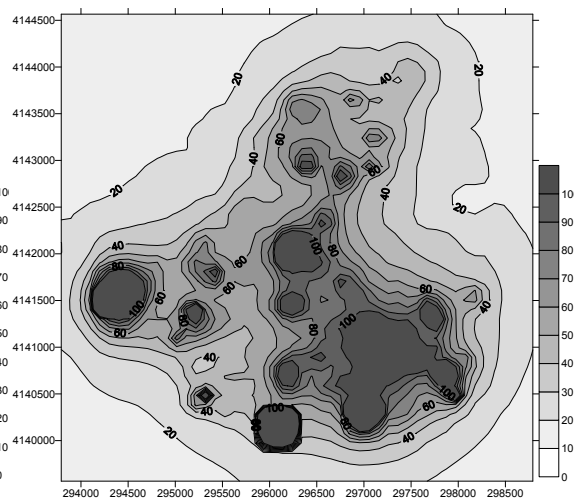
1월



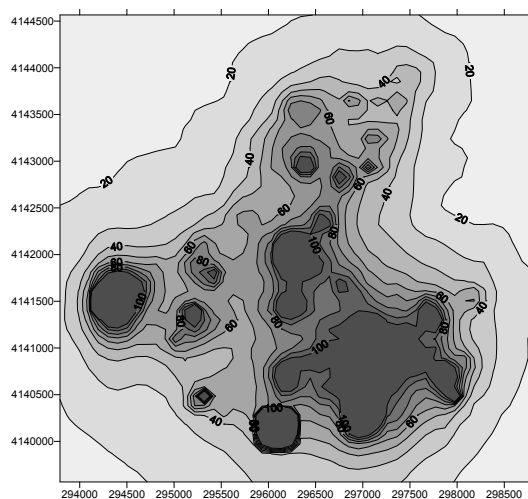
2월



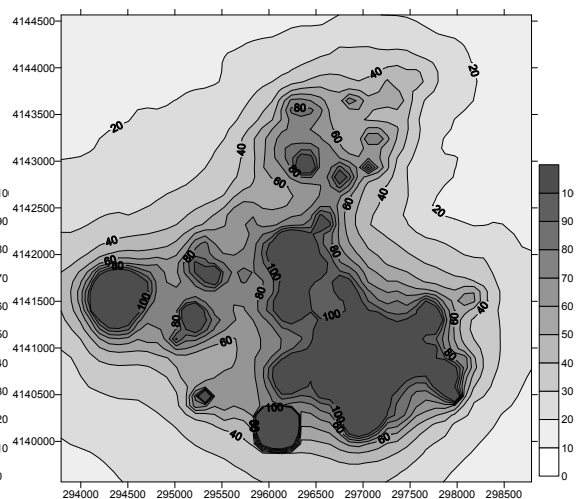
3월



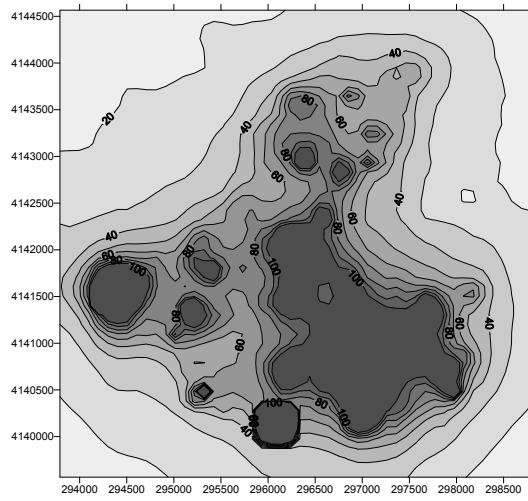
4월



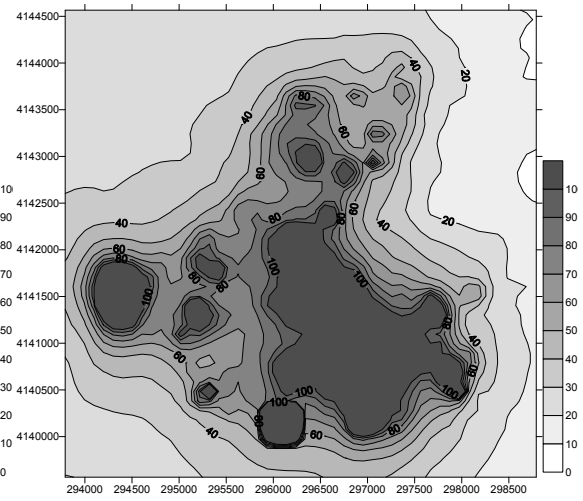
5월



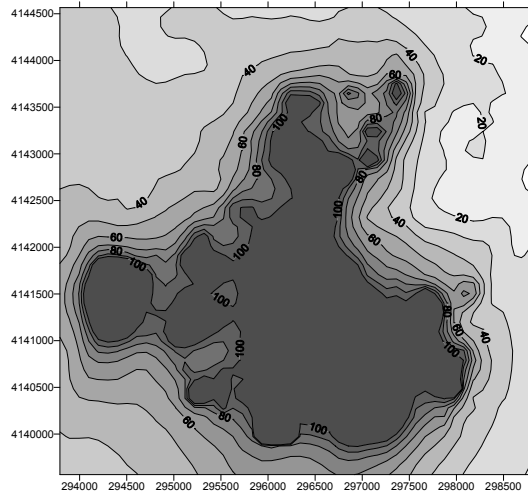
6월



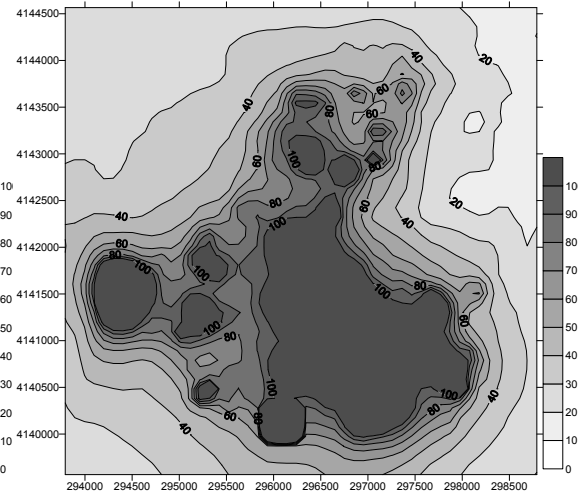
7월



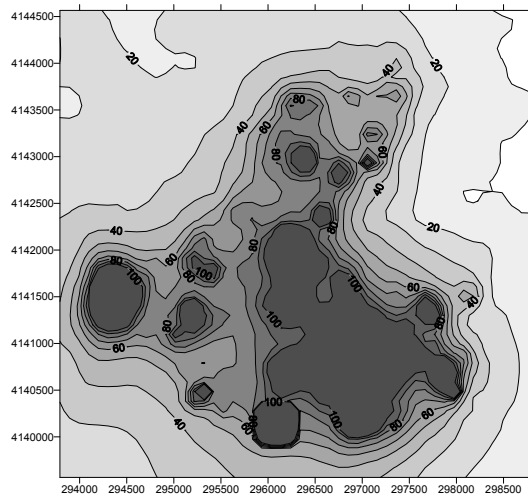
8월



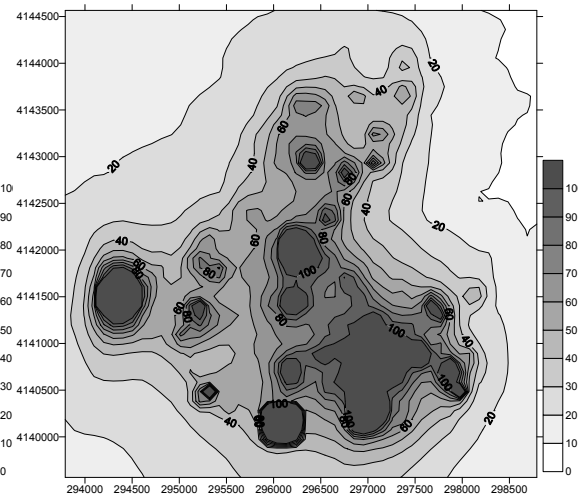
9월



10월

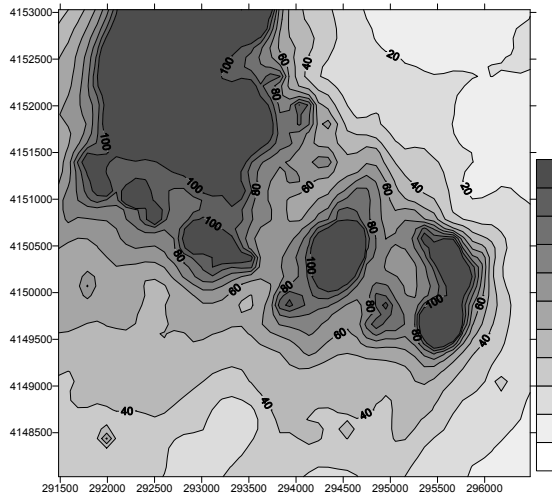


11월

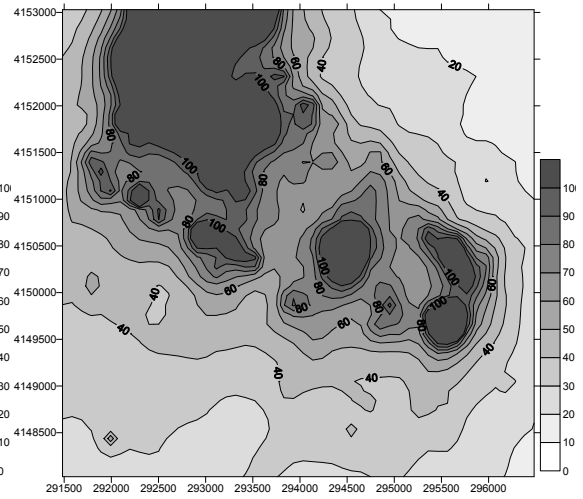


12월

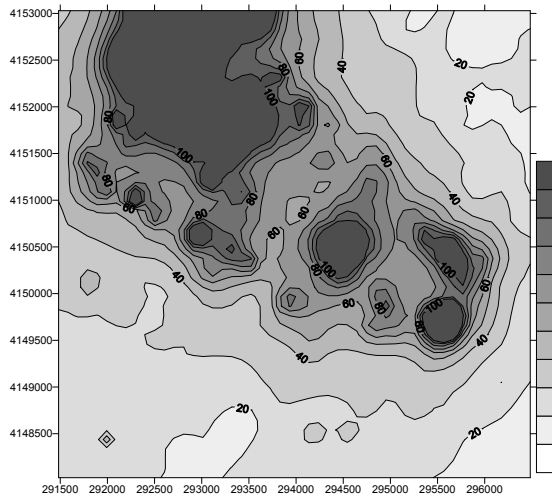
[그림 8] II 권역(남동) 월별 대기확산 모델링 결과



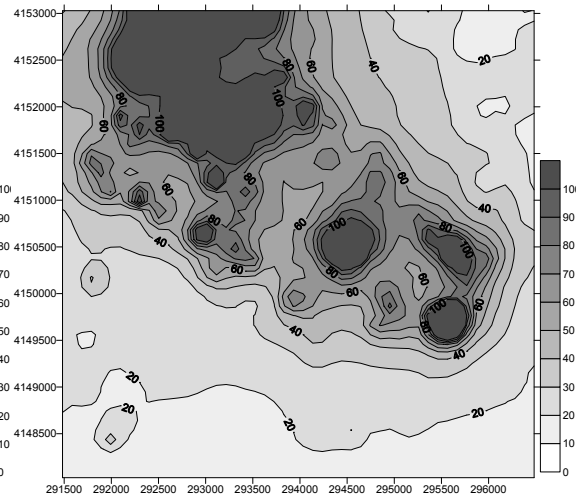
1월



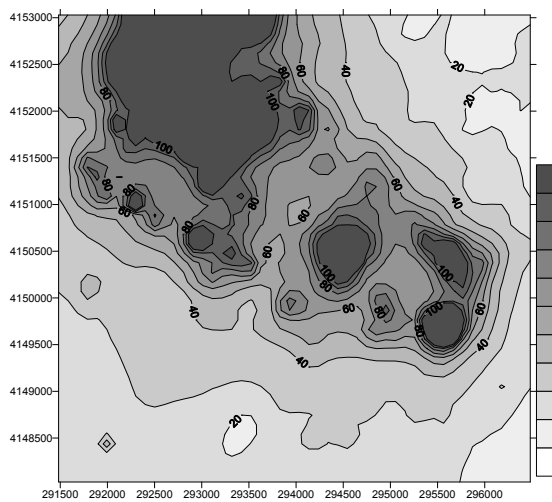
2월



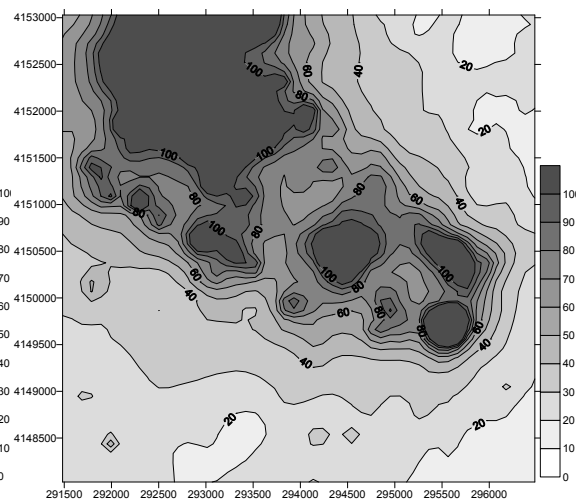
3월



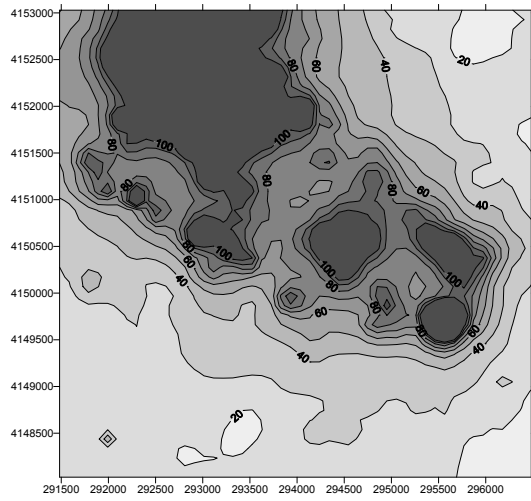
4월



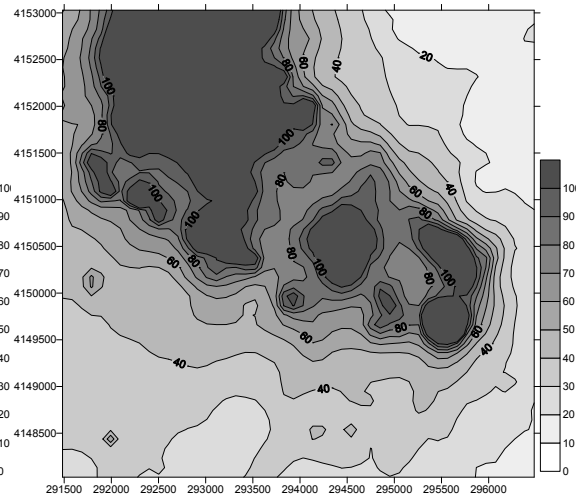
5월



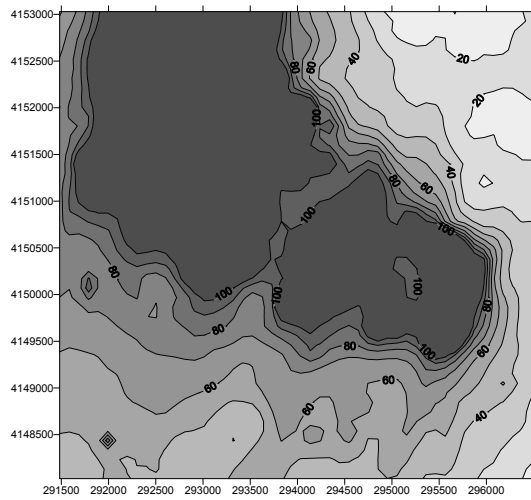
6월



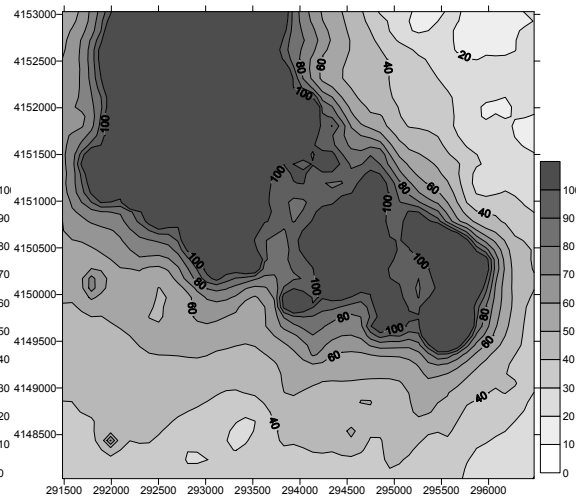
7월



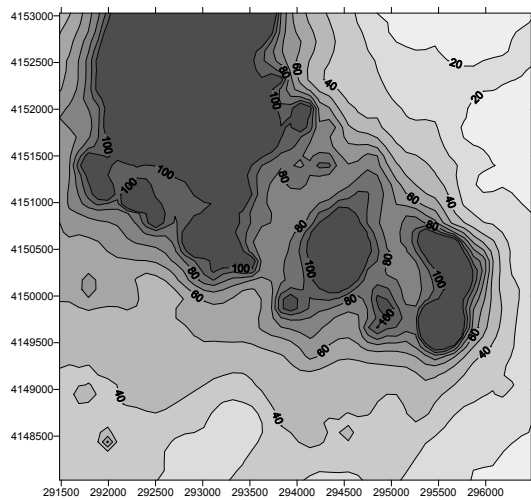
8월



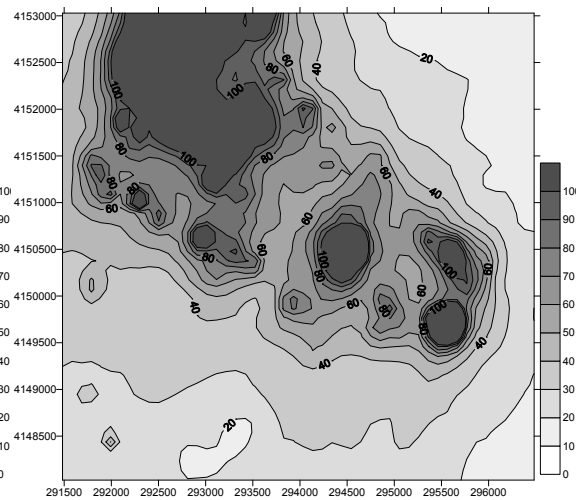
9월



10월

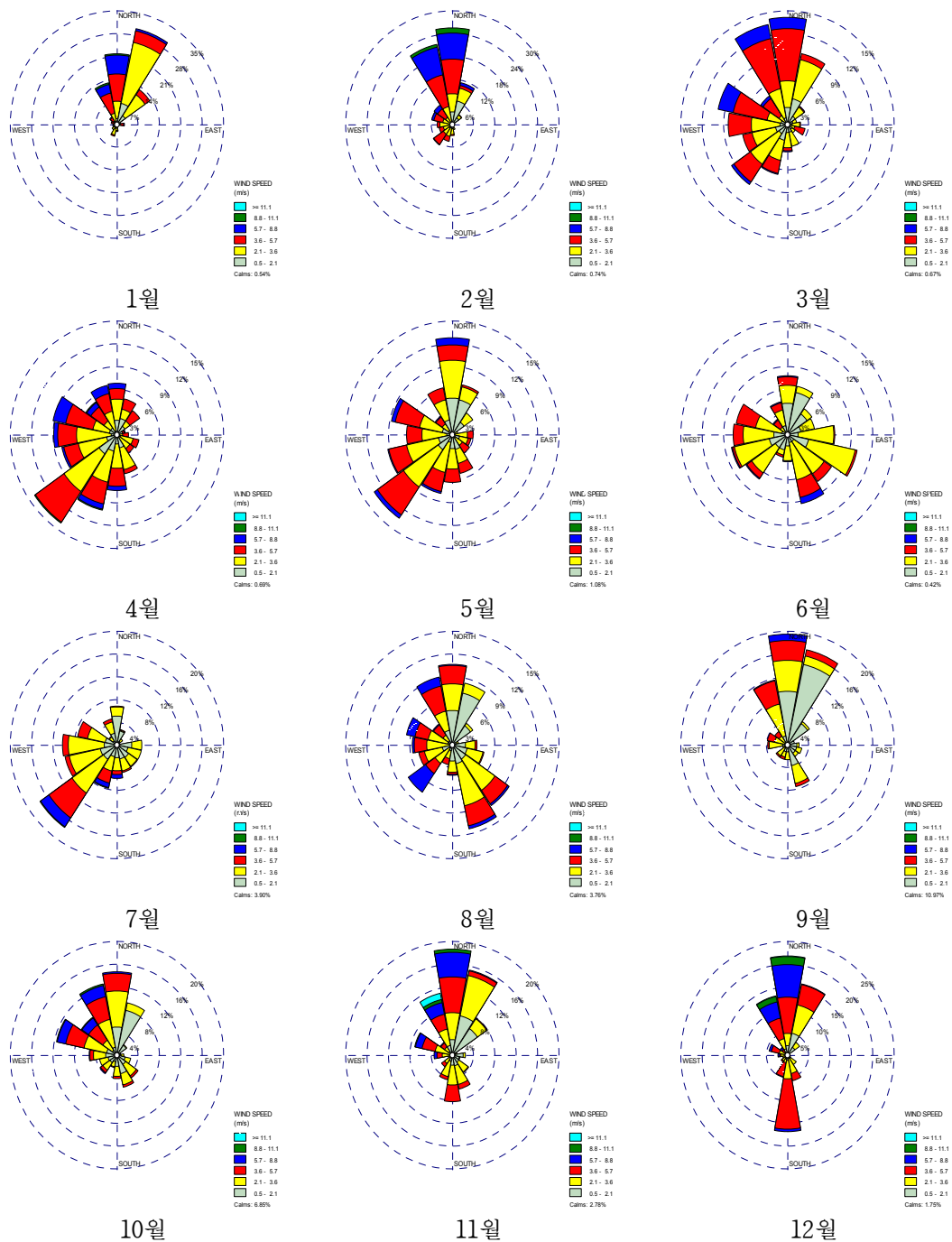


11월



12월

[그림 9] Ⅲ 권역(한국수출산업(주)안, 인천일반, 인천기계)월별 대기확산 모델링 결과



[그림 10] 월별 풍배도

4. 용도지역별 농도

대기확산모델링 확산도를 정량적으로 평가하기 위해 대상권역 주변 지역의 용도지역을 파악한 후 용도지역별 농도를 산출하였으며, 확산도를 저·중·고로 구분하여 살펴보았다. 농도별 기준은 현행 대기환경기준(PM-10 연평균 $50\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이하)과 본원

대기질 평가보고서 2002~2008년의 PM-10과 TSP 비율(약 60%, 44~56%)을 고려하여 모델링 결과가 $80\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이상의 농도를 나타낼 경우를 고농도로 설정하였고, $40\sim 80\mu\text{g}/\text{m}^3$ 을 중농도, $40\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이하를 저농도로 설정하였다.

4.1 I권역(한국수출산업(부평))

I 권역의 용도지역별 평균 농도는 [표 8]과 같이 공업지역($36.7\mu\text{g}/\text{m}^3$), 주거지역($17.7\mu\text{g}/\text{m}^3$), 녹지지역($14.0\mu\text{g}/\text{m}^3$), 상업지역($12.1\mu\text{g}/\text{m}^3$)순으로 확인되었으며, 용도지역별 최대농도는 공업지역 9월($43.5\mu\text{g}/\text{m}^3$), 주거지역 7월($22.6\mu\text{g}/\text{m}^3$), 녹지지역 7월($17.7\mu\text{g}/\text{m}^3$), 상업지역 10월($15.8\mu\text{g}/\text{m}^3$)로 나타났다.

대기확산모델링 대상지역 중 공업지역 주변으로는 주거지역이 연접하여 위치하고 녹지지역, 상업지역은 공업지역과 다소 이격되어 있으며, 주풍향인 북풍의 풍하방향으로는 주로 주거지역이 위치하고 있어 주거지역이 공업지역 다음으로 높은

농도로 예측된 것으로 판단된다.

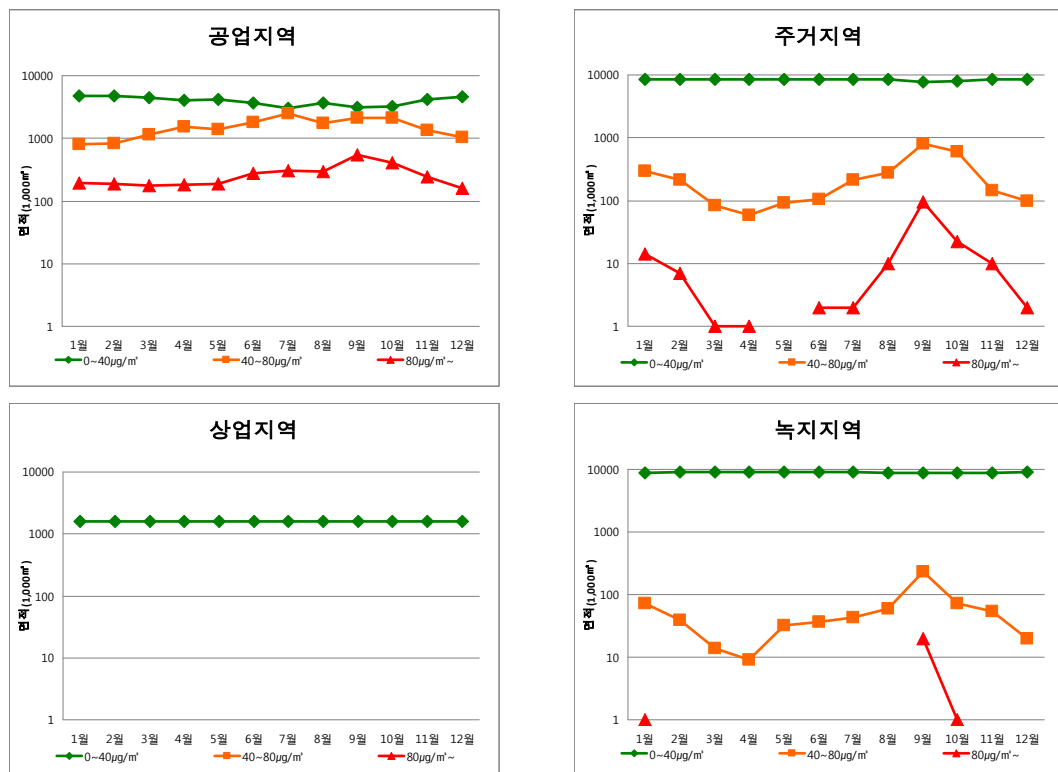
[그림 11]에는 확산도를 농도별로 구분한 확산현황을 나타내었다.

공업지역은 뚜렷한 월별 변화는 보이지 않으나 사업장이 밀집되어있어 고농도 확산이 넓게 분포하고, 주거지역은 1~2월, 8~11월에 고농도 확산이 상대적으로 넓게 나타지만, 대부분 지역은 시기에 구분 없이 저농도 확산인 것으로 확인되었다.

상업지역은 모든 지역이 저농도 확산이며, 녹지지역은 주거지역과 확산 경향이 유사한 것으로 확인되었다.

[표 8] I 권역 용도지역별, 월별 TSP 평균 농도($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

구 분	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	평균
공업지역	29.5	31.0	34.7	37.8	36.7	40.1	43.3	38.1	43.5	42.4	33.5	29.7	36.7
주거지역	15.2	14.9	16.3	19.4	17.5	19.2	22.6	15.9	21.4	21.1	15.3	13.5	17.7
상업지역	11.1	10.1	12.1	12.4	11.9	12.3	13.5	11.3	13.9	15.8	11.0	10.0	12.1
녹지지역	12.8	11.4	13.3	15.6	14.2	16.1	17.7	12.9	15.4	15.2	12.7	10.8	14.0



[그림 11] I 권역 용도지역 및 농도별 확산현황

4.2 II 권역(남동)

[표 9]에는 II 권역의 용도지역별 평균 농도를 나타내었다. II 권역의 용도지역별 연 평균 농도는 공업지역($73.0\mu\text{g}/\text{m}^3$), 상업지역($38.4\mu\text{g}/\text{m}^3$), 녹지지역($30.2\mu\text{g}/\text{m}^3$), 주거지역($26.5\mu\text{g}/\text{m}^3$) 순으로 확인되었으며, 용도지역별 최대농도는 모든 용도지역에서 9월에 출현하였으며, 공업지역 $89.7\mu\text{g}/\text{m}^3$, 상업지역 $53.1\mu\text{g}/\text{m}^3$, 녹지지역 $39.7\mu\text{g}/\text{m}^3$, 주거지역 $36.6\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 산출되었다.

남동국가산업단지의 경우 공업지역을 중심으로 북동 및 북서 측으로 주거지역이 위치하고 있으며, 공업지역과 주거지역 사이에는 완충녹지구간이 존재하여 주거지역의 연 평균 농도가 타 지역에 비해 가장 낮게 산출된 것으로 판단된다.

[그림 12]에는 확산도를 농도별로 구분한 확산현황을 나타내었다.

공업지역은 9월, 10월에 고농도 확산지역이 넓게 분포하며, 특히 9월의 경우 다른 시기에 저농도 확

산을 이루는 지역까지 중·고농도 확산으로 변환되는 것으로 확인되었다.

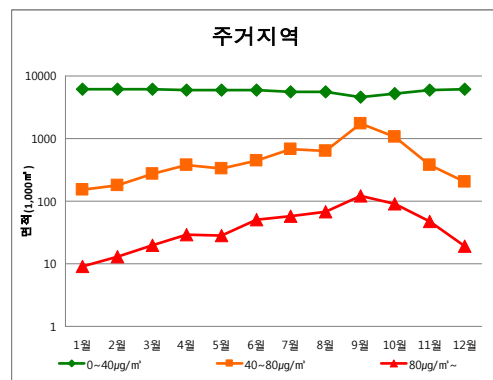
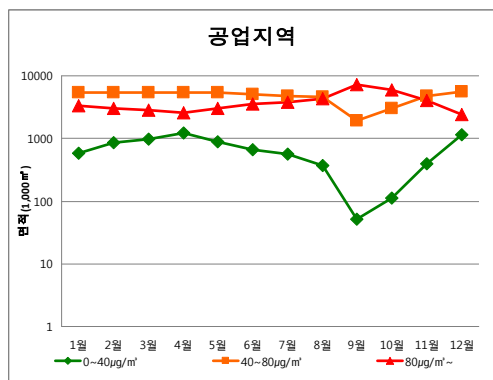
주거지역은 매월 저농도 확산이 주를 이루었으며 중농도, 고농도 확산지역의 경향이 월별로 유사하게 나타났다. 특히 9월에 중·고농도 확산지역이 가장 넓게 분포하는 것으로 확인되었다.

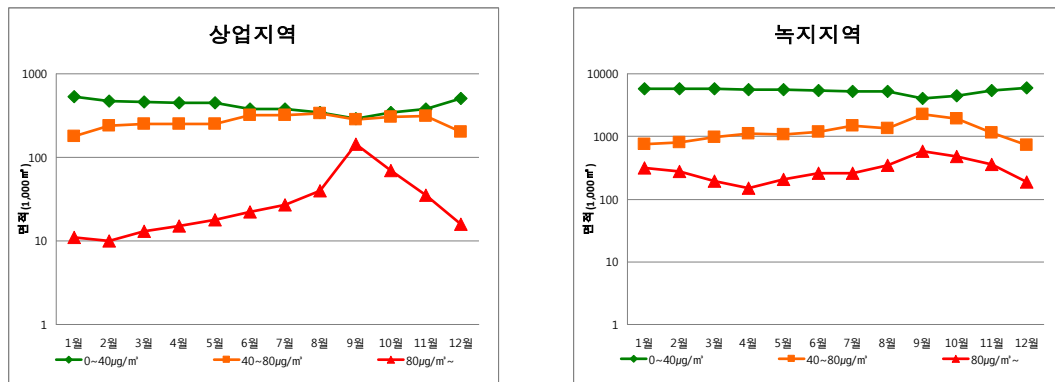
상업지역은 저농도 확산이 주를 이루었으나 9월의 경우 고농도확산 지역이 증가한 것을 알 수 있다. 중농도 확산지역은 연중 일정한 비율로 존재하고 있었으며, 고농도 확산 지역은 1월부터 점차 증가하여 9월을 기점으로 감소하는 것으로 확인되었다.

녹지지역의 농도별 확산은 다른 지역에 비해 변동 폭이 적었으며, 저농도 확산이 주를 이루는 것으로 나타났다. 중·고농도 확산은 5월 이후 유사한 경향을 보이고 있으며, 1월부터 4월 사이의 기간에는 고농도 확산지역이 감소한 만큼 중농도 확산지역이 증가한 것으로 판단된다.

[표 9] II 권역 용도지역별, 월별 TSP 평균 농도($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

구 분	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	평균
공업지역	71.2	68.5	66.7	64.4	68.0	72.5	74.0	76.8	89.7	84.0	76.0	64.3	73.0
주거지역	19.2	21.9	22.3	22.8	23.7	26.6	28.1	31.7	36.6	34.3	28.9	21.9	26.5
상업지역	28.3	30.5	32.6	33.1	34.4	40.8	43.2	44.1	53.1	48.8	41.6	29.8	38.4
녹지지역	25.1	26.3	27.5	27.6	28.4	29.3	34.5	31.6	39.7	38.0	29.8	25.1	30.2





[그림 12] II 권역 용도지역 및 농도별 확산현황

4.3 III 권역(한국수출산업(주)안, 인천일반, 인천기계)

[표 10]에는 III 권역의 용도지역별 평균 농도를 나타내었다. III 권역의 용도지역별 연평균 농도는 공업지역($83.6\mu\text{g}/\text{m}^3$), 주거지역($39.3\mu\text{g}/\text{m}^3$), 녹지지역($30.2\mu\text{g}/\text{m}^3$), 상업지역($35.1\mu\text{g}/\text{m}^3$)순으로 확인되었으며, 용도지역별 최대농도는 II 권역 결과와 같이 모든 용도지역에서 9월에 출현하였으며, 공업지역 $95.6\mu\text{g}/\text{m}^3$, 주거지역 $59.1\mu\text{g}/\text{m}^3$, 상업지역 $57.0\mu\text{g}/\text{m}^3$, 녹지지역 $45.7\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 산출되었다.

III 권역으로 설정한 3개의 산업단지의 경우 공업지역을 중심으로 남측에 주거지역이 공업지역과 연결하여 있고 북동측에 녹지지역에 해당하는 원적산이 연결하여 주거 및 녹지지역의 연평균 농도가 상업지역에 비해 높게 산출된 것으로 판단된다.

[그림 13]에는 확산도를 농도별로 구분한 확산현황을 나타내었다.

공업지역은 3월, 4월, 12월을 제외하면 고농도 확산이 가장 넓게 분포하는 것으로 나타났으며, 9월을 중심으로 고농도 확산이 가장 넓어진 반면, 중·저농도 확산지역은 감소하는 것으로 확인되었다. 특히 저농도 확산의 경우 10월에는 중·고농도 지역으로 변화되는 것으로 나타났다.

주거지역은 중농도, 고농도 확산지역의 경향이 월별로 유사하게 나타났으며, 9월에 중·고농도 확산지역이 가장 넓게 분포하는 것으로 확인되었다.

상업지역은 9월, 10월을 제외하면 저농도 확산이 주를 이루었으며, 9월부터 11월 사이에는 고농도 확산지역이 출현하는 것으로 나타났으며, 9월에는 저농도 확산 지역이 크게 감소한 반면, 중·고농도 지역이 넓게 나타나는 것으로 확인되었다.

녹지지역은 저농도 확산이 주를 이루었으며, 고농도 확산지역은 주거지역과 유사한 경향을 보이는 것으로 나타났다.

[표 10] III 권역 용도지역별, 월별 TSP 평균 농도($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

구 분	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	평균
공업지역	82.5	80.7	78.5	75.5	79.5	82.9	84.2	87.1	95.6	93.9	87.1	75.9	83.6
주거지역	42.1	38.8	33.2	28.9	34.5	34.3	35.9	40.0	59.1	49.1	42.8	33.1	39.3
상업지역	40.0	33.8	30.3	22.2	30.5	29.6	30.5	34.1	57.0	44.9	37.9	30.8	35.1
녹지지역	33.9	33.1	35.5	36.7	36.2	39.1	42.2	36.1	45.7	45.4	37.7	29.8	37.6

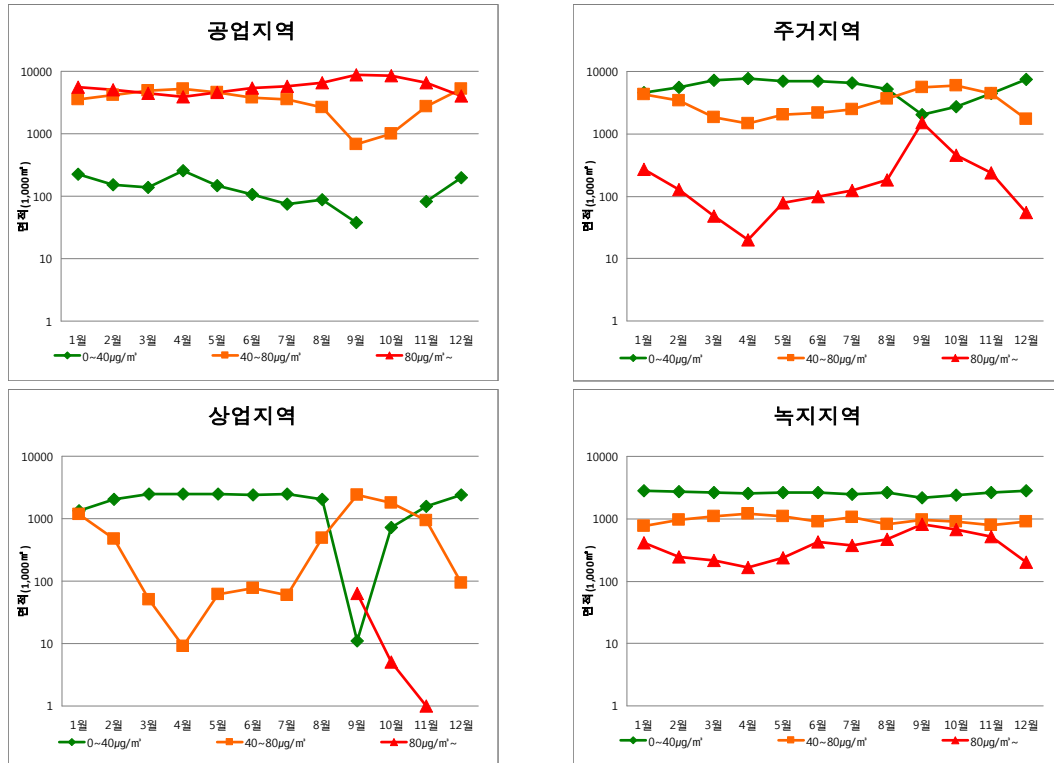
4.4 권역별 주거지역 확산지역 비교

3개 권역으로 분리된 대기확산모델링 대상지역

의 확산도 비교를 위해 권역별 주거지역 확산지역 자료를 분석하였다[그림 14].

Ⅱ 권역의 저농도 확산은 9월을 중심으로 다른 달에 비해 다소 감소한 반면 연중 거의 일정한 면적을 유지하고 있으며, 중·고농도 확산은 저농도

확산 경향과 반대로 9월을 중심으로 다소 증가한 것으로 확인되었다.



[그림 13] Ⅲ 권역 용도지역 및 농도별 확산현황

Ⅲ 권역의 저농도 확산은 Ⅱ 권역에 비해 월별 변동폭이 큰 것으로 확인되었으며, 4월에 최대, 9월에 최소를 나타내고 있다. 중농도 확산지역은 월별 저농도 경향과 역으로 나타나는 것으로 확인되었고, 1월, 9월, 10월, 11월에 비교적 넓은 면적을 나타내고 있다. 고농도 확산 지역은 9월에 다른 달에 비해 큰 폭으로 넓은 면적을 차지하는 것으로 확인되었다.

주거지역의 경우 세 권역 모두 주로 저농도 확산이 가장 넓게 분포하였으며, 권역별 확산경향은 Ⅱ 권역의 경우 저·중·고 농도 확산에서 모두 월별 변화 패턴이 유사하였으며, Ⅲ 권역의 경우 중·고 농도 변화 양상이 유사하며 저농도 월별 변화 패턴과 중농도 월별 변화 패턴이 역인 것을 미루어 보아 9월을 중심으로 저농도 확산지역이 감소 할 때 대부분의 지역이 중농도 확산지역으로 전환된 것으로 판단된다.

4.5 녹지지역 권역별 비교

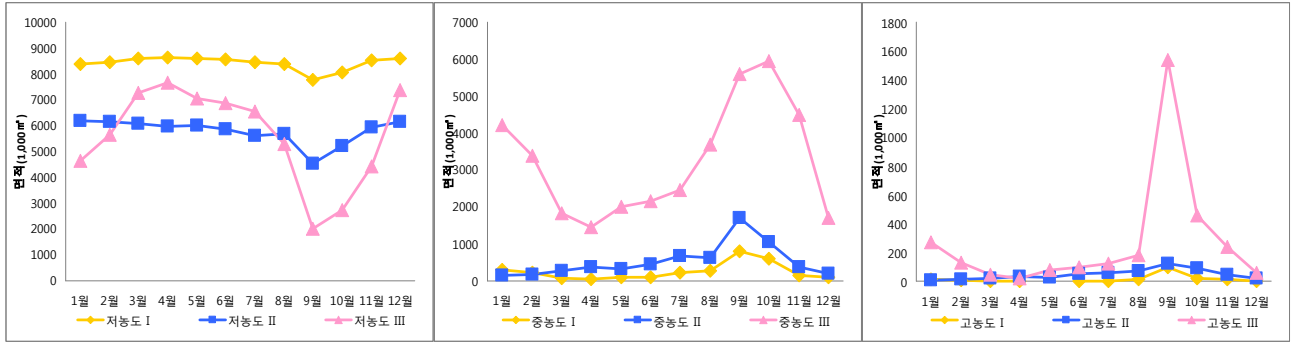
3개 권역으로 분리된 대기확산모델링 대상지역의 확산도 비교를 위해 권역별 녹지지역 확산지역 자료를 분석하였다[그림 15].

Ⅱ·Ⅲ 권역의 저농도 확산은 년 중 큰 변화를 보이지 않으나, 9월 중심으로 다소 감소하는 것으로 나타났다.

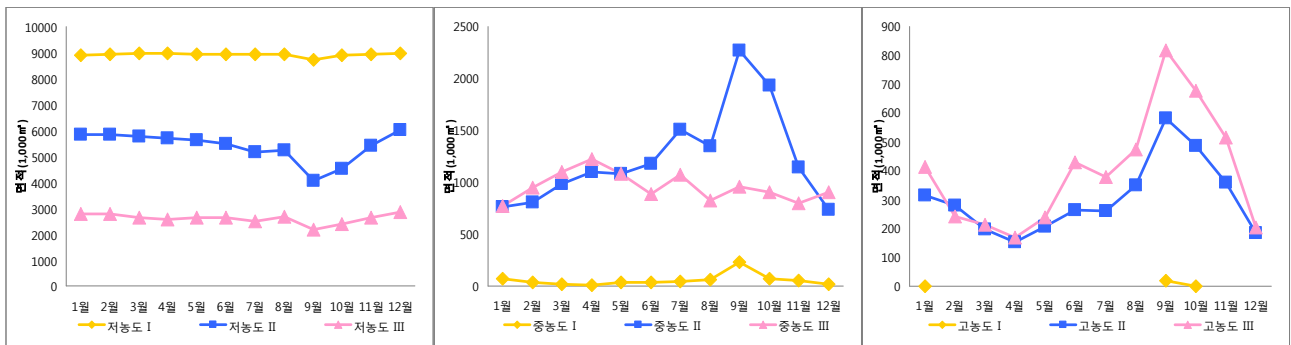
중농도 확산의 경우 Ⅱ·Ⅲ 권역에서 Ⅰ 권역에 비해 다소 높은 값을 나타내고 있으며, Ⅱ 권역의 경우 7~10월에 다른 달에 비해 급격히 증가하는 것을 확인되었다.

고농도 확산의 경우 Ⅱ·Ⅲ 권역에서 4월에 최소, 9월에 최대값을 나타내며 유사한 변화 패턴을 나타내는 것으로 확인되었다.

녹지지역도 주거지역과 같이 세 권역 모두 저농도 확산이 주를 이루었으며, 권역별 확산경향은 저농도에서는 세 권역이 모두 월별 변화 패턴이 유사하였으며, 고농도 확산의 경우 Ⅱ·Ⅲ 권역이 유사한 것으로 확인되었다.



[그림 14] 주거지역 권역·농도별 확산현황



[그림 15] 녹지지역 권역·농도별 확산현황

IV. 결론

인천광역시 관내에 위치한 대기오염물질 배출사업장을 대상으로 대기오염물질 배출시설, 방지시설, 굴뚝시설에 대한 업종별 설치현황을 파악하고 사업장이 밀집되어 있는 산업단지 주변지역에 대한 대기오염물질 월별 확산도와 용도지역별 농도현황을 살펴보았다.

국립환경과학원의 SEMS에 등록되어 있는 자료를 업종별로 분석한 결과 사업장과 배출시설은 제조업 분야에 집중되어 있으며, 일반적으로 대형사업장이 수록 배출시설이 다수 설치되어있는 것으로 확인되었다.

제조업 업종에 설치되어 있는 방지시설은 여과집진기, 흡수탑시설, 흡착기시설이 다수 확인되었고, 업종별 대기오염물질 배출특성에 따라 설치되어 있는 방지시설 종류가 특정지어지는 것을 알 수 있었다.

제조업의 굴뚝시설은 5756개로 확인되었으며, 부분적으로 설치된 굴뚝자동측정기를 고려하지 않는다면, 사업장별 공정, 배출시설 특성을 파악하여 선택적인 대기오염물질 검사가 이루어져야 할

것으로 판단된다.

AERMOD시스템을 통해 대기오염물질 배출시설의 활동도가 최대일 때를 가정한 월별 대기확산도를 살펴본 결과 I 권역의 경우 산업단지 내의 농도보다 서측의 사업장 집중 지역과 남측의 굴뚝시설 집중지역에서 높은 농도를 나타내며, II 권역의 경우 산업단지 및 연접지역으로 확산이 주를 이루었으며, III 권역의 경우 산업단지 내와 북서측에 위치한 사업장 밀집지역을 중심으로 오염물질 확산이 이루어지는 것으로 확인되었다.

월별 확산도와 용도지역을 이용한 용도지역별 농도를 권역별로 살펴본 결과 주거지역의 경우 I, II, III 권역 모두 저농도 확산이 주를 이루었으나, 9월에 고농도 확산이 다른 달에 비해 넓게 출현하는 것으로 확인되었다. 대기확산모델링 변수를 기상조건만 준 점을 고려할 때 다른 달에 비해 높게 출현한 정온(10.97%) 현상에 의해 대기중으로 배출된 오염물질이 주변지역으로의 확산이 저해되었기 때문으로 판단된다.

본 연구에서 파악한 사업장별 배출시설, 방지시설, 굴뚝시설 자료는 대기오염도 검사 시 사업장

사전 파악 자료로 활용하여 원활한 대기오염도검사를 지원할 예정이며, 대기확산모델링 결과는 검사대상 사업장 선정 시 개괄적인 우려 대상 사업장 선정에 활용 할 계획이다.

V. 참고문헌

- 1) 2012. “환경백서” 「인천광역시」
- 2) 한국산업단지공단 e-cluster 인터넷 사이트 (<http://www.e-cluster.net>)
- 3) 강경희, 이종태, 이영아, 권용준, 이미향, 김종춘. 2010. “대기배출원관리시스템(SEMS)을 이용한 2009년도 국가 대기배출원 DB 구축” 「한국대기환경학회 2010 춘계학술대회」 pp. 536-537.
- 4) 이화운, 원경미, 배성정. 1999. “대기확산모델을 사용한 공단주변지역의 대기오염물질농도 예측 및 평가” 「한국환경과학회지 제8권 제4호」 pp. 485~490.
- 5) 박정환. 2007. “AERMOD를 이용한 인천지역의 대기질 예측” 「한국환경기술학회지 제8권 제3호」 pp. 222~232.
- 6) 윤배근, 서종범, 김영식, 최원준, 김윤수, 오광중. 2009. “매립공사 시 비산먼지 발생량 및 AERMOD를 이용한 영향예측에 관한 연구” 「한국환경보건학회지 제35권 제4호」 pp. 304~314.
- 7) 정상진. 2011. “AERMOD 모델을 이용한 산단 지역 악취 배출량 및 주거지역 영향 범위 평가” 「한국대기환경학회지 제27권 제1호」 pp. 87~96.
- 8) 문난경, 이영수, 강영현, 김영하. 2005. “환경영향평가시 대기확산모델의 적용에 관한 연구” 「환경정책평가연구원」
- 9) “Model Change Bulletin(2012.02.29)” 「U.S.EPA」
- 10) Wang, L., D.B. Parker, C.B. Parnell, R.E. Lacey, and B.W. 2004. “AERMOD: description of model formulation” 「U.S.EPA」
- 11) WebGIS 인터넷 사이트(<http://www.webgis.com>)