

폐수배출업소 주요업종별 오염물질 배출분석 및 처리공정 개선에 관한연구

심재덕¹⁾ · 강희규¹⁾ · 임종성¹⁾ · 이정민¹⁾ · 한지은¹⁾ · 서성녀¹⁾ · 허점건¹⁾ · 이영주¹⁾ · 최준석¹⁾ · 김용희¹⁾ · 김정숙²⁾
산업폐수과¹⁾ · 인천지역환경기술개발센터²⁾

A Study on the analysis of effluent depending on facilities and the improvement of treatment process of Wastewater

J.D.Shim¹⁾ · H.K.Kang¹⁾ · J.S.Lim¹⁾ · C.M.Lee¹⁾ · J.E.Han¹⁾ · S.N.Seo¹⁾ · C.S.Choi¹⁾ · Y.H.Kim¹⁾
· J.K.her¹⁾ · Y.J.Lee¹⁾ · J.S.Kim²⁾

Division of Industrial Wastewater¹⁾

Incheon Regional Environmental Technology Development Center²⁾

Abstract

This study was carried out to analyze the treatment status of wastewater from 5 kinds of facilities, which are plating and surface treatment, chemical, printed circuit board making, food making, and washing facility in Incheon, and also to find out the way to improve the treatment process of wastewater through field investigation. the samples of this study were composed of the original wastewater, on processing wastewater, and treated water, and each samples were collected and analyzed 3 times through the year.

The result of analysis showed that first, the level of COD from plating and surface treatment and chemical facility were 71mg/ℓ and 417mg/ℓ, which were much higher than other facilities, and the level of Total nitrogen from plating and surface treatment facility and the level of ABS from washing facility were both 81.5mg/ℓ and 1.51~12.23mg/ℓ, which were exceed the water quality standard.

Second, all of heavy metal level measured satisfied water quality standard,

Third, the concentrations of chloroform and benzene in vocs were ranged from 8.1 to 167.0μg/ℓ and 0.2 to 175.9μg/ℓ respectively. and some of samples through the treatment showed low treatment efficiency in VOCs, that the level of VOCs in treated water was even higher than that of VOCs in original wastewater.

Some problems were revealed through field investigation and analysis of samples. they are like these : the difficulties in treating high level nitrogen, managing the activated sludge process for inconstant wastewater, controlling the ABS in washing facility, uncleanness of facilities, and unpreparedness for chemical accident.

In order to treat high concentration nitrogen and have high efficiency for eliminating nitrogen, using nano iron powder, denitrification microorganism, and selective ion exchange resin will be good methods. and regular microorganism seeding and activation can be helpful to managing the activated sludge process, and also UV or ozone oxidation process in front of activated carbon process will be expected to be efficient way to ABS treatment.

Regular check for pipe line and valve not to be corroded is needed for cleanness in facility and an adequate education system against chemical accident also should be made.

I. 서론

산업 발달로 인하여 다양한 제품의 개발 생산에 따라 각종 오염물질이 산업폐수로 배출되고 있다. 생산 활동에 사용되고 있는 물질은 세계적으로 약 10만 여종, 우리나라에서 39,000여종을 사용하고 있으며, 매년 400여종의 신규물질이 수입 또는 제조되고 있다. 이러한 물질의 사용에 따라 배출되는 주요 수질유해물질만도 수백여 종에 이르는 것으로 추산하고 있어 산업계 폐수처리 문제가 심각한 환경문제로 대두되고 있다. 1963년 공해방지법의 공해안전기준에 의한 폐수의 수질기준이 제정된 이후 폐수관리를 위하여 수질 및 수생태계 보전에 관한 법률상 수질오염물질에 대한 배출허용기준은 82개 업종에서 발생하는 오염물질 중 특정수질유해물질 19개를 포함 총 41개를 설정하여 관리하고 있으며, 2011년부터 퍼클로레이트 및 특정수질유해물질 비스(2-에틸헥실)프탈레이트 등 5개를 포함하여 6개의 수질오염물질을 추가하여 총 47개로 관리 할 예정이지만 이는 유해물질관리 선진국인 미국에서는 126개 수질유해물질을 우선 관리대상 수질오염물질로 규정하고 국가 차원의 배출한계량을 설정하여 관리하고 있는 상황과 비교할 때 우리나라 폐수 배출허용기준 항목은 배출시설에서 배출되는 유해물질 수에 비하여 현저히 적은 편으로 배출허용기준을 통한 목표수질 달성에는 미흡한 점이 많다. 또한 최근 지역별, 규모별로 배출허용기준을 차등 적용하는 등 총량규제의 의미도 어느 정도 도입하였으나 업종별 배출허용기준은 일률적으로 적용되고 있어 폐수배출시설과 폐수처리기술의 특성을 제대로 반영시키지 못하고 있는 실정이다.

최근 산업폐수와 관리에 관한 개선방안연구의 진행 경향을 보면 국내 산업폐수의 배출허용에 관한 기본적인 방향은 세부 분류 체계에 의한 오염물질의 원단위 산정, 폐수 배출시설 분류 체계개선, 일평균치를 기준으로 한 수질기준 정립, 업종별 기준 차별화 등의 방향으로 진행되고 있으며, 궁극적으로 수질기준 항목의 확대, 통합독성, 생물독성 항목 설정, 오염물질별 배출허용기준 차등화 등을 중점적으로 추진할 예정으로 있다. 따라서 본 연구에서는 인천광역시 관내에 소재하는 8,000여개 사업장 중 중소기업으로 폐수 배출업소 중 대부분을 차지하고 있으며, 환경시설 개선에 대한 투자가 어려운 도금, 인쇄회로기판, 화학, 식품, 세차 등 주요 업종을 대상으로 폐수의 원수, 공정별 발생폐수 및 방류수의 수질특성분석을 통하여 발생 폐수에 대한 정확한 정보를 획득 하여, 폐수처리 공정 개선 방안, 대안공정 제시 등의 개선 방안을 제시하고자 한다.

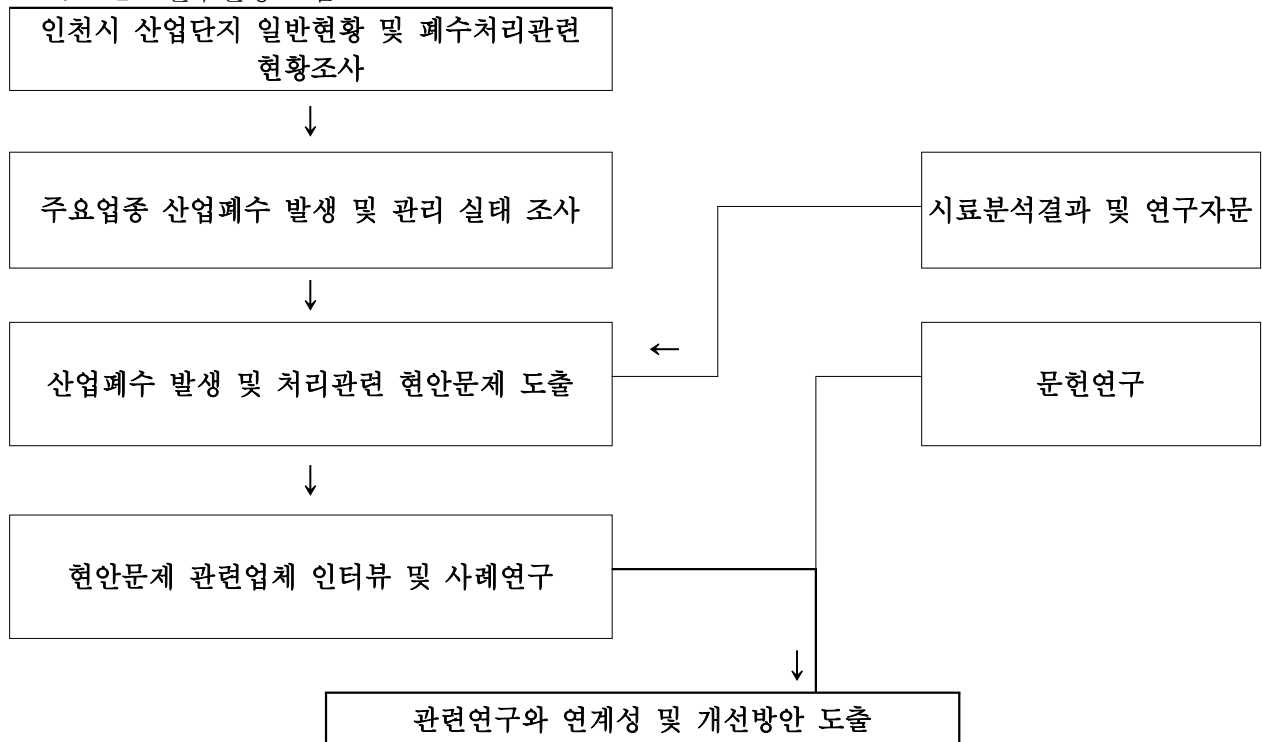
Ⅱ. 조사대상 및 방법

2.1 조사대상

인천지역에 소재하는 8,000여개 사업장중 폐수배출업소는 약 1,700여 개로 거의 모든 업체가 산업단지 내에 입주하여 있으며, 이들의 대부분을 차지하는 업종인 도금 및 표면처리업 4개, 화학업 3개, 인쇄회로기판업 4개, 식품업 3개 사업장에서 발생하는 폐수와 산업단지 내에서의 사업장 수는 적으나 인천광역시 전체적으로 사업장이 많은 세차장 2개 사업장의 배출폐수를 대상으로 하였다.

각 사업장의 폐수처리 관리실태를 조사하기위하여 현장조사를 통하여 개별 사업장의 폐수배출시설 허가증 또는 신고필증 및 폐수처리 담당자에 대한 인터뷰로 폐수발생 공정, 수량, 수질 및 사업장이 가지고 있는 문제점 등에 관한 자료를 수집하였으며, 현장조사 결과와 폐수의 발생현황 및 문제점 파악을 위한 2006년 전후의 최근자료를 활용하여 폐수 채취 대상 업종을 선정하고 주요 업종에서 발생하는 원폐수, 폐수처리 단위공정수 또는 처리과정수, 폐수처리 방류수를 총 3회에 걸쳐 채취하여 수질오염 공정시험방법에 따라 분석하였다. 다음 Table 1-1은 본 과제의 연구진행 흐름도이다.

<표 -1> 연구진행 흐름도



2.2 조사항목 및 방법

본 조사는 각 사업장에 대한 폐수발생 공정, 수량, 수질 및 사업장이 가지고 있는 문제점 등에 관한 현장조사와 발생하는 원폐수, 폐수처리 단위공정수 또는 처리과정수, 폐수 처리 방류수를 총 3회에 걸쳐 채취하여 COD, SS, 총질소, 총인성, Phenol, CN, ABS, N-H, NH₃-N, NO₃-N 및 중금속 Cd 등 10개 항목, 휘발성유기물질(VOCs) 1,1-디클로로에틸렌 등 8개 항목을 포함하여 총 28개 항목을 분석하였다.

분석방법은 COD, SS, 중금속, 및 질소, 인성분 항목은 수질공정시험방법에 따라 COD, SS, N-H는 수분석으로, 질소, 인성분 및 ABS, Phenol, CN은 수질자동분석기, 중금속은 AAS, 휘발성유기물질은 GC-MS를 이용한 Purge & Trap를 사용하여 분석하였다.

<표-2> 도금 및 표면처리시설의 오염물질 부하단위

적용인자	폐수배출량 (m ³ /년)	오염물질량(Kg/년)					
		BOD	COD _{Mn}	COD _{Cr}	SS	T-N	T-P
매출액(백만원/년)	2.521	0.042	0.185	0.608	0.297	0.100	0.034
건평(m ²)	3.967	0.066	0.291	0.956	0.468	0.157	0.053
원료사용량(ton/년)	0.719	0.012	0.053	0.173	0.085	0.029	0.010
제품생산량(ton/년)	0.465	7.784×10 ⁻³	0.034	0.112	0.055	0.018	6.264×10 ⁻³
종업원(명)	587.72	9.84	43.16	141.63	69.27	23.33	7.92

자료 : 국립환경과학원, 「폐수배출시설 세분류 및 오염부하 원단위」 (2006)

Ⅲ. 결과 및 고찰

3.1 주요 업종별 배출폐수 채취 및 분석결과

3.1.1 도금 및 표면처리업

도금시설은 금속표면에 도금을 입히는 산업 활동으로서 국립환경과학원의 폐수배출시설 세분류 및 오염부하 원단위'에 의하면 폐수 발생은 생산 공정의 도금과정에서 주로 발생 하며

주요 오염물질로는 pH, COD, SS이며 폐수처리방법은 물리·화학적 처리로 조사 되었다.

Table-2는 도금시설의 오염물질 부하 원단위를 나타낸 것이며, Table-3은 도금시설의 오염 물질 농도를 나타낸 것이다.

<표-3> 도금 및 표면처리시설의 오염물질 농도

항목	SS	BOD	COD _{Mn}	COD _{Cr}	T-N	T-P
평균(mg/ℓ)	44.6	217.2	567.2	291.2	120.1	22.1

자료 : 국립환경과학원, 「폐수배출시설 세분류 및 오염부하 원단위」(2006)

3.1.1.1 도금 및 표면처리업 폐수처리 현황

폐수배출사업장은 총 440사업장이며, 3종 사업장 2, 4종사업장 12, 5종사업장이 426개소로 대부분의 사업장이 5종 사업장 이었다. 폐수의 처리는 공동처리 192, 자체처리 79, 위탁처리 101, 혼합처리 68개소로 조사되었다.

인천지역 도금 및 표면처리업 발생폐수의 COD는 100~250mg/ℓ로 전국의 일반적인 도금시설 발생폐수의 COD 567mg/ℓ보다 다소 낮은 수준이었다. 폐수 배출량은 소규모 시설은 1~25톤/일, 공동처리 시설에서는 최대 350톤/일로 사업장별 폐수배출량의 차이가 크게 나타났다. 대부분의 폐수에서 질소 성분이 배출되며, 배출량은 사업장별로 최소 20mg/ℓ에서 최대 250mg/ℓ까지 배출되고 있다. 효과적인 총질소의 처리를 위해서는 생물학적 처리공정이 필수적이거나, 사업장의 영세함, 공간의 부족 등의 이유로 질소 성분을 제거하기 위한 생물학적 처리시설 두지 못하고 있으며 고농도의 질소 성분 배출 폐수는 전량 또는 일부를 위탁처리 하는 것으로 나타났다. 그러나 2008년 1월부터 질소의 배출허용 기준이 120mg/ℓ에서 60mg/ℓ로 강화됨에 따라, 대형 공동처리장의 경우 질소 처리를 위한 생물학적 처리시설을 설치하는 사업장이 증가하고 있다. 폐수의 발생은 제품제조 공정 중 산·염기 처리시설, 탈지시설, 반응 및 세척 시설과 발생된 대기 오염물질을 제거하기 위한 폐가스 세정시설에서 주로 발생하고 있다. 자체 처리장의 경우 대부분 산화, 환원, 응집 침전, 중화 후 여과 순으로 처리하고 있으며, 폐수를 분리하지 않고 합류하여 처리하는 공장 중 폐수의 pH가 낮은 공장의 경우 환원 공정을 먼저 적용한 후 산화처리 하는 경우도 있다. 주요 오염 물질은 COD, SS, 광유류, Cu, Fe, Cr, 총질소, 총인 등으로 Table-4와 같이 조사되었다.

<표-4> 도금 및 표면처리업 현황

사업장수 (개소)	440	3종 2개소, 4종 12개소, 5종 426개소
처리법	자체처리 79개소, 공동처리 192개소 위탁처리 101개소, 자체처리+위탁처리 39개소 공동처리+위탁처리 29개소	
처리공법	물리화학적처리 268개소, 생물학적 처리 3개소 위탁처리 101개소, 물리화학적처리+위탁처리 68개소	
폐수 발생량	1~25 톤/일 (5종사업장)	최대 350톤/일 평균 13톤/일
주요 오염물질	COD 100~250 mg/L, pH 3~5 SS 200~300 mg/L, Cu 10 ~20 mg/L Fe 10 ~20 mg/L, Cr 10 ~20 mg/L TN 20 ~250 mg/L, TP 10~200 mg/L N-H 10~20 mg/L	대부분 도금 시설에서 발생함

3.1.1.2 대상 도금 및 표면처리업 폐수처리 실태

대상 도금 및 표면처리업체는 폐수배출량 및 오염물질배출량을 기준으로 선정하였으며 선정된 업체는 총 4곳으로 자체처리 2곳, 공동방지사설 2곳으로 <표-5>과 같다.

<표-5> 대상 도금 및 표면처리업 폐수배출 및 처리

분류	업체 A (자체처리)	업체 B (자체처리)	업체C (공동방지사설)	업체D (공동방지사설)
폐수처리방법	물리, 화학적처리	물리, 화학적처리	물리, 화학적처리	물리, 화학적 및 생물학적처리
폐수발생량	48 m ³ /일	115 m ³ /일	69 m ³ /일	380 m ³ /일
폐수처리능력	95 m ³ /일	180 m ³ /일	100 m ³ /일	400 m ³ /일
주요 오염물질	pH, SS, COD, N-H(광), CN, Cr, Ni	pH, SS, COD, N-H(광), Cu, Cr, T-N	pH, SS, COD, N-H(광), ABS, CN, Ni, Sn, Cl	pH, SS, COD, N-H(광), ABS, Cu, Cr, CN, Ni, Sn, Cl

폐수처리 형태는 A, B업체가 자체처리시설, C, D업체는 공동방지사설을 사용하여 처리를 하고 있었다.

A, B업체의 폐수 발생은 도금공정 과정 및 폐가스, 분진에 의한 대기오염 방지사설인 세정시설에서 발생되었다. 주요 오염물질로는 두 업체 공통으로 pH, SS, COD, 광유류, Cr이 발생되었고, A업체는 Ni, CN이 B업체는 Cu, T-N이 발생되었다. 폐수처리 방법은 중화 후 응집, 침전, 여과과정의 물리화학적 처리만 적용하고 있으며, B업체는 일부 도금시설에서 배출되는 폐수는 전량 위탁처리하고 있었다. B업체의 경우 1, 2차에 채수된 폐수와 3차에 채수된 폐수 원수의 색이 변하였는데 이는 생산품에 따른 도금 방식이 다르기 때문으로 파악되며, 이에 따른

폐수처리 방법의 변화가 필요하다.

C, D업체의 폐수 발생은 도금공정 과정 및 화성처리, 산처리공정, 세정시설에서 폐수가 발생되었다. 주요 오염물질로는 pH, SS, COD, 광유류, 계면활성제, CN, Ni, Sn, Cl, T-N이 공통으로 발생 되었으며, D업체에서는 Cu, Cr도 발생되었다. 폐수처리 방법은 C업체는 환원, 침전, 중화, 산화 등을 거쳐 응집, 침전, 여과, 흡착의 물리화학적 처리만 하며, 일부 도금시설 배출 폐수는 전량 위탁처리 하고 있다. D업체는 입주업체가 다양하여 폐수의 특성별 분리가 힘들어 합류식 관거로 폐수를 수집하여 물리화화적인 처리방식으로 처리후 질소기준을 충족시키기 위하여 생물학적 탈질 시설을 도입하였다. 탈질시설은 일반적인 A^2/O 공법으로 탈질균의 탄소원으로 메탄올을 사용하였으며, 슬리지 반응은 침전조가 아닌 가압 부상조를 이용하여 공간 부족을 해결하였다. 또한 장기간 도금폐수처리에 대한 노하우를 가지고 있어 도금 방식에 따른 폐수 성상 변화에 대응과 적응이 빠를 것으로 판단된다.

3.1.1.3 대상 도금 및 표면처리업 폐수 분석 결과

폐수의 분석은 일반항목으로 COD, SS, N-H, 총질소, 총인, NH_3-N , NO_3-N , CN, Phenol을 분석하였으며, 분석결과는 <표-6>, <표-7>와 같다.

COD 및 SS의 처리효율은 B업체가 약 93% ~96%로 가장 우수하게 처리되고 있으며, A, C업체는 방류수의 COD가 70mg/ℓ 이상으로 상당히 높은 것으로 나타났다. 특히 A업체는 폐수처리공정 중 강산 폐수의 환원 및 Cr처리 과정에서 쓰이는 약품과 반응에서 생기는 침전물에 의한 것으로 파악되었으며, 강산폐수의 경우 환원제 투입시 ORP 테스트를 통해 적정 투입량을 결정하는 것이 바람직하다. 총질소는 D업체의 경우 생물학적 처리시설 추가하여 방류수에서 40mg/ℓ 이하로 안정적으로 처리가 되고 있으나, C업체에서 방류수 수질기준 60mg/ℓ 을 초과하였다. 이는 일부사업장에서 질산성 질소 성분이 폐수처리장으로 유입되는 것으로 판단되며, 생물학적 처리시설이 없어 질산성 질소 성분의 처리가 사실상 어려움으로 배출원 관리에 더욱 주의해야 할 것으로 판단된다.

도금업체의 경우 도금원료의 사용, 세척 등의 공정에서 암모니아 및 질산성 질소의 사용이 불가피 하며, 질소배출허용기준 강화에 따른 업체의 부담이 증가되고 있다. 특히, 소규모 사업장의 경우 질소를 처리하기 위한 시설 투자에 대한 부담이 크기 때문에 시설투자비를 최소로 한 개선방안이 필수적이라 할 수 있다.

<표-6> 도금 및 표면처리업 폐수 일반 항목 분석 결과

구분			분 석 항 목(mg/ℓ)							
			COD	SS	N-H	T-N	T-P	NO ₃ -N	CN	Phenol
1차 폐수결과	도금업 업체A	원수	77	23	2.9	7.8	3.0	0.6	불검출	0.66
		방류수	71	12	3.0	3.5	0.2	0.2	불검출	불검출
	도금업 업체B	원수	161	29	1.7	263.8	120.1	3.0	불검출	불검출
		방류수	11	3	1.7	2.3	0.1	0.8	불검출	불검출
	도금업 업체C	원수	244	176	108.0	146.2	528.4	33.5	49.20	0.04
		방류수	75	9	3.6	81.5	3.9	39.1	불검출	불검출
2차 폐수결과	도금업 업체A	원수	100	38	3.2	14.5	13.0	0.4	불검출	불검출
		방류수	62	8	4.5	3.9	0.1	0.5	불검출	불검출
	도금업 업체B	원수	304	370	15.1	967.9	338.8	49.6	불검출	불검출
		방류수	11	6	3.2	3.7	1.0	0.2	불검출	불검출
	도금업 업체C	원수	155	186	45.6	522.0	1070.3	9.7	32.40	불검출
		방류수	40	44.4	17.6	2.8	0.3	0.5	0.04	불검출

<표-7> 도금 및 표면처리업 공정별 폐수 일반 항목 분석 결과

구분			분 석 항 목(mg/ℓ)							
			COD	SS	N-H	T-N	T-P	NH ₃ -N	NO ₃ -N	CN Phenol
3차 폐수결과	도금업 업체A	원수	54	71	9.7	10.8	1.6	2.6	1.4	불검출 불검출
		A/A계원수	40	9	-	2.5	0.8	-	0.9	불검출 불검출
		환원처리후	248	6	-	6.3	1.6	-	1.7	불검출 불검출
		Cr처리후	573	6	-	1.8	0.10	-	0.2	불검출 불검출
		방류수	61	4	2.4	1.8	0.10	6.4	0.2	불검출 불검출
	도금업 업체B	원수	123	105	1.4	178.0	214.2	1.9	20.9	불검출 불검출
		환원처리후	176	21	-	167.6	176.3	-	3.8	불검출 불검출
		침전처리후	112	30	-	150.3	12.2	-	2.8	불검출 불검출
		알칼리폐수원수	11	2	-	1.9	0.3	-	1.0	불검출 불검출
		알칼리폐수침전처리후	6	3	-	4.0	0.2	-	2.8	불검출 불검출
		방류수	8	2	1.0	5.0	0.3	7.2	1.8	불검출 불검출
	도금업 업체D	원수	136	55	2.1	271.4	26.4	3.1	143.3	10.50 불검출
		환원처리후	176	16	-	255.5	16.7	-	135.2	9.70 불검출
		산화처리후	22	15	-	165.1	15.9	-	133.3	불검출 불검출
		생물학적처리처리후	17	16	-	40.2	3.2	-	38.9	불검출 불검출
		방류수	9	5	1.2	40.5	3.3	1.3	38.5	불검출 불검출

Table-8, Table-9와 같다.

〈표-8〉 도금 및 표면처리업 폐수 중금속 분석 결과

구분			분 석 항 목(mg/ℓ)									
			Cu	Pb	Cd	Mn	Zn	Cr	Cr+6	Fe	As	Hg
1차 폐수결과	도금업 업체A	원수	8.32	0.42	불검출	0.07	0.54	598.62	4.25	11.72	불검출	0.0006
		방류수	0.06	불검출	불검출	불검출	불검출	0.36	0.04	0.17	불검출	불검출
	도금업 업체B	원수	104.80	0.11	불검출	0.02	0.05	157.80	1.73	0.47	불검출	0.0001
		방류수	0.04	불검출	불검출	불검출	불검출	0.04	불검출	0.07	불검출	0.0003
	도금업 업체C	원수	31.90	5.93	불검출	5.67	17.69	17.93	0.37	91.22	불검출	0.0203
		방류수	1.39	불검출	불검출	0.15	0.40	0.06	불검출	36.88	불검출	0.0010
2차 폐수결과	도금업 업체A	원수	6.35	0.71	불검출	0.09	0.69	694.79	58.20	11.28	불검출	0.0002
		방류수	0.05	불검 출	불검출	불검 출	0.04	0.08	불검출	0.14	불검출	불검출
	도금업 업체B	원수	92.7	0.28	불검출	0.02	0.10	309.71	81.64	0.95	불검출	0.0010
		방류수	0.11	불검 출	불검출	불검 출	0.07	0.44	불검출	0.17	불검출	불검출
	도금업 업체C	원수	41.49	3.85	불검출	29.88	26.96	98.49	0.74	628.20	불검출	0.0400
		방류수	0.01	불검 출	불검출	0.01	0.04	불검출	불검출	2.23	불검출	0.0020

〈표-9〉 도금 및 표면처리업 공정별 폐수 중금속 분석 결과

구분			분 석 항 목(mg/ℓ)									
			Cu	Pb	Cd	Mn	Zn	Cr	Cr+6	Fe	As	Hg
3차 폐수결과	도금업 업체A	원수	4.04	0.27	불검출	0.03	0.25	512.80	46.53	4.93	불검출	불검출
		A/A계원수	0.24	불검출	불검출	0.24	4.05	4.05	불검출	55.41	불검출	불검출
		환원처리후	3.45	0.39	불검출	0.06	2.70	53.02	0.19	10.48	불검출	불검출
		Cr처리후	0.12	불검출	불검출	0.01	2.17	0.20	불검출	0.29	불검출	불검출
		방류수	0.16	불검출	불검출	불검출	0.05	0.10	불검출	0.15	불검출	불검출
	도금업 업체B	원수	82.71	0.10	불검출	0.02	0.88	197.20	34.50	1.20	불검출	불검출
		환원처리후	43.24	0.13	불검출	0.03	0.78	278.80	3.52	0.68	불검출	불검출
		침전처리후	0.46	불검출	불검출	불검출	0.03	6.06	0.04	0.12	불검출	불검출
		알칼리폐수 원수	0.01	불검출	불검출	불검출	0.13	0.01	불검출	0.05	불검출	불검출
		알칼리폐수 침전처리후	0.15	불검출	불검출	0.01	0.22	0.31	불검출	0.15	불검출	불검출
		방류수	0.05	불검출	불검출	0.02	0.90	0.10	불검출	0.41	불검출	불검출
	도금업 업체D	원수	5.7	불검출	불검출	0.02	0.80	137.50	57.30	56.20	불검출	불검출
		환원처리후	0.1	불검출	불검출	0.02	0.77	57.30	56.05	15.20	불검출	불검출
		산화처리후	불검출	불검출	불검출	0.01	0.03	0.11	0.15	0.21	불검출	불검출
		생물학적 처리후	불검출	불검출	불검출	불검출	0.02	0.07	0.06	0.12	불검출	불검출
		방류수	불검출	불검출	불검출	불검출	0.02	0.01	0.01	0.07	불검출	불검출

원수에서 Cd, As를 제외 하고 모든 금속이 검출되었으며, 특히 Cr, Fe이 많은 양이 검출되었다. 방류수는 C업체에서 Fe가 초과되는 경우가 있었으나, 폐수처리 과정에서 제거되어 대부분 배출허용기준을 만족시키는 것으로 나타났다.

휘발성 유기화합물 항목은 톨루엔, 클로로포름, 벤젠, TCE, 1,1 디클로에틸렌, 에틸벤젠, m,p-Xylene을 분석하였으며, 분석결과는 Table -10, Fig-1과 같다.

<표-10> 도금 및 표면처리업 폐수 VOCs 분석 결과

구분		분 석 항 목 ($\mu\text{g}/\ell$)							
		클로로포름	벤젠	TCE	톨루엔	1,1 디클로에틸렌	에틸벤젠	m,p-xylene	o-xylene
도금업 업체A	원수	82.0	5.0	21.0	불검출	24.0	불검출	불검출	7.0
	방류수	61.4	2.2	불검출	1.0	불검출	0.5	불검출	불검출
도금업 업체B	원수	141.0	불검출	21.0	불검출	불검출	불검출	불검출	10.0
	방류수	48.9	0.6	불검출	0.5	0.5	불검출	불검출	불검출
도금업 업체C	원수	16.1	432.8	129.1	1.2	10.4	6.5	4.8	4.3
	방류수	54.5	불검출	1.8	불검출	1.7	불검출	불검출	불검출
도금업 업체D	원수	15.1	175.8	120.1	1.1	12.4	6.4	4.5	4.9
	방류수	38.5	불검출	1.5	불검출	1.3	불검출	불검출	불검출

휘발성유기화합물 분석결과 모든 시료에서 클로로포름이 검출되었으며, B업체 원수에서 가장 높은 농도 $141.0\mu\text{g}/\ell$ 로 검출되었고 C업체에서는 원수보다 방류수에서 높게 검출되었다. 벤젠, 톨루엔, 1,1 디클로에틸렌은 A, B업체 원수에서 검출되지 않았으나 방류수에서 검출되었다. 이는 일부 사업장에서 사용되는 유해물질 관리 부실로 인하여 폐수처리과정에서 공정내로 유입될 수도 있다고 판단되며, 관리상의 문제점을 직간접적으로 나타내고 있다.

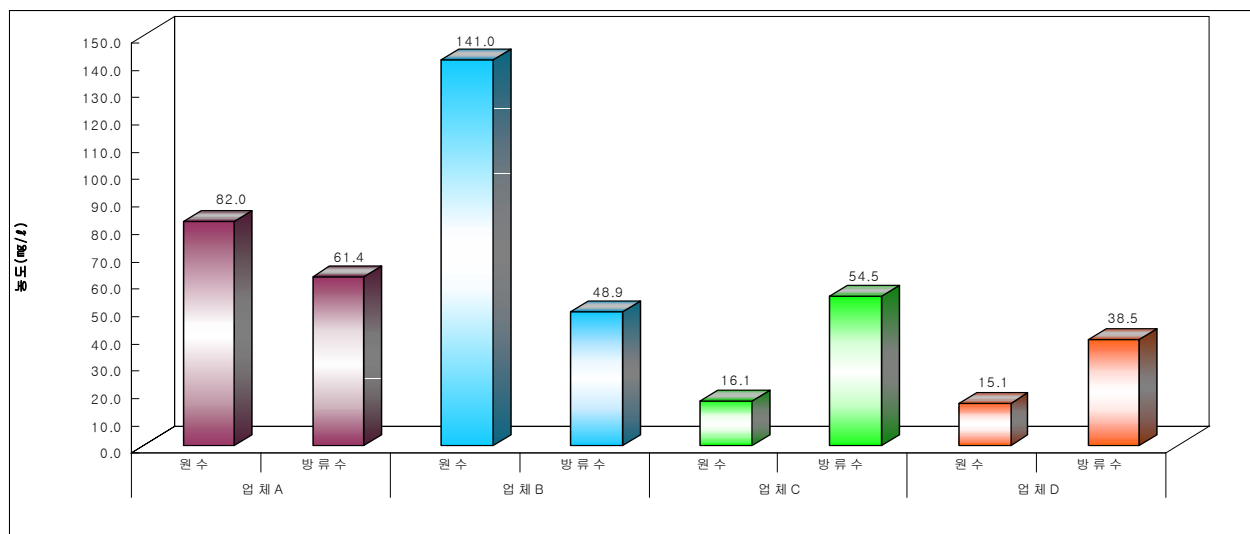


그림 1 도금 및 표면처리업 폐수 VOCs(클로로포름) 분석결과

3.1.2 화학업

화학업 중 향수 및 화장품을 제조하는 산업활동, 미용 또는 안면보호용, 두발용 또는 면도용, 목욕용 조제품과 인체용 탈취제, 탈모제 등을 제조하는 화장품제조업을 대상으로 조사하였다.

국립환경과학원의 ‘폐수배출시설 세분류 및

오염부하 원단위’에 의하면 대부분이 위탁처리를 하고 있으며 그 다음이 자체처리 후 직접 방류하는 것으로 조사되었으며, Table-11은 화장품 제조시설의 오염물질 부하 원단위를 나타낸 것이며, Table-12는 화장품 제조시설의 오염물질 농도를 나타낸 것이다.

<표-11> 화장품 제조시설의 오염물질 부하원단위

적용인자	폐수배출량 (m ³ /년)	오염물질량(Kg/년)					
		BOD	COD _{Mn}	COD _{Cr}	SS	T-N	T-P
매출액(백만원/년)	0.09	0.10	0.04	0.20	0.04	0.002	0.089×10 ⁻³
건평(m ²)	0.39	0.42	0.18	0.84	0.15	0.010	0.377×10 ⁻³
원료사용량(ton/년)	1.58	1.67	0.71	0.71	0.60	0.039	0.002
제품생산량(ton/년)	4.31	4.58	1.94	1.94	1.65	0.105	0.004
종업원(명)	69.83	74.12	31.37	31.37	26.76	1.707	0.067

자료 : 국립환경과학원, 「폐수배출시설 세분류 및 오염부하 원단위」 (2006)

<표-12> 화장품 제조시설의 오염물질 농도

항목	SS	BOD	COD _{Mn}	COD _{Cr}	T-N	T-P
평균(mg/ℓ)	470.8	902.8	398.7	1,974.9	20.757	0.893

자료 : 국립환경과학원, 「폐수배출시설 세분류 및 오염부하 원단위」 (2006)

<표-13> 화학 제조업 폐수처리 현황

사업장수 (개소)	170	4중 7개소, 5중 163개소
처리법	자체처리 40개소, 공동처리 4개소 위탁처리 121개소, 자체처리+위탁처리 5개소	
처리공법	물리화학적처리 30개소, 생물학적처리 9개소 재이용 5개소, 위탁처리 121개소 물리화학적처리+위탁처리 5개소	
폐수 발생량	0.2~20 톤/일 이내 (5중사업장)	최대 350톤/일 평균 9톤/일
주요 오염물질	COD 300~500mg/L, pH 6~8 SS 200~300 mg/L, TN 40mg/L n-H 10~20mg/L	화장품제조업중 일부 BOD 300~1,000mg/L 플라스틱제품제조업중 일부 페놀 10mg/L, ABS 10mg/L

3.1.2.1 화학업 폐수처리 현황

폐수배출사업장은 총 170사업장이며, 4종사업장이 7, 5종사업장이 163개소이다. 폐수의 발생은 5종 사업장을 기준으로 0.2 ~20톤/일 정도를 배출하고 있었으며, Table-13과 같다.

인천시 화학업 발생폐수의 COD는 300~500mg/ℓ 으로 전국의 일반적인 화학업 발생폐수의 COD는 약 400mg/ℓ 로서 비슷한 수준이었으며, 총질소는 40mg/ℓ 로서 전국적인 화학업 발생폐수의 20mg/ℓ 보다 다소 높은 수준이었다.

플라스틱 관련 제품 제조업의 경우 폐가스분진 세정시설, 도장 공정 세정, 고무 및 플라스틱 제조시설, 화학약품 반응시설에서 폐수가 발생하고 있으며, 특히 플라스틱 성형을 위한 반응의 경우 질소와 폐놀 발생하는 사업장도 있다. 주요 오염물질은 COD, SS, 총질소(현상시설이 있는 경우), 광유류, 동물성 유지류 등으로 조사되었다.

화장품제조 및 계면활성제 제조 공정의 경우 제품정제 및 원료혼합, 분리 및 세정과정에서 폐수가 발생하였고, 원료가 에탄올, 유기산 등 유기용매를 많이 사용하기 때문에 일일 폐수배출량 2 톤 이내의 소량발생업체의 경우 위탁처리를 하지만, 5톤 이상의 폐수를 방출하는 경우 생물학적 처리를 통하여 폐수를 처리하고 있는 것으로 나타났다. 주요 오염물질로는 BOD, COD, SS, 광유류, 동물성 유지류, 계면활성제 등으로 조사되었다.

3.1.2.2 대상 화학업 폐수처리 실태

대상 화학업은 화장품제조업을 중심으로 폐수배출량 및 오염물질배출량을 기준으로 선정하였으며 선정된 업체는 총 3곳으로 Table-14와 같다.

<표-14> 대상 화장품제조업 폐수배출 및 처리

분류	업체 A (자체처리)	업체 B (자체처리)	업체C (자체처리)
폐수처리방법	물리, 화학적, 생물학적처리	물리, 화학적, 생물학적처리	물리, 화학적, 생물학적처리
폐수발생량	55 m³/일	20.5 m³/일	17.5 m³/일
폐수처리능력	70 m³/일	40 m³/일	20 m³/일
주요 오염물질	pH, COD, BOD, SS, N-H(동)	pH, COD, BOD, SS, N-H(광)	pH, COD, BOD, SS, N-H(광), ABS

A 업체의 폐수배출은 제품제조과정 중 제품정제, 원료혼합, 분리 및 세정과정에서 폐수가 발생하였으며, 발생폐수는 산화 및 환원, 중화조를 거쳐 가압부상조, 폭기, 침전 후 방류하는 것으로 조사되었다.

B 업체의 폐수배출은 제품제조과정 중 제품제조 및 원료혼합, 냉각 및 포장과정에서 폐수가 발생하였으며, 발생폐수는 중화, 반응, 응집조를 거쳐 가압부상조, 폭기, 침전 후 여과 및 흡착을 거쳐 방류하는 것으로 조사되었다.

C 업체의 폐수배출은 제품제조과정 중 제품제조 및 원료혼합, 충전과정에서 폐수가 발생하였고 발생폐수는 중화, 반응, 응집조를 거쳐 가압부상조, 폭기, 침전, 여과 후 방류하는 것으로 조사되었다.

원료가 글린세린 등의 유기물질을 많이 사용하기 때문에 폐수 중 생물학적으로 처리가 가능한 BOD 성분이 높아 생물학적 처리를 통하여 폐수를 처리하고 있는 것으로 나타났으며, 주요 오염물질은 pH, COD, BOD, SS, 광유류, 계면활성제이다.

3.1.2.3 대상 화학업 폐수 분석 결과

폐수의 분석은 일반항목으로 COD, SS, N-H, 총질소, 총인, NH₃-N, NO₃-N, CN, Phenol,을 분석한 결과는 Table-15, Table-16 Fig-2, Fig-3과 같으며, COD 및 SS의 처리효율은 C 업체의 경우 안정적으로 처리되고 있으나, 원수의 오염농도가 큰 A, B 업체에서 처리수가 방류수 수질기준을 초과하는 것으로 나타났다.

<표-15> 화학업 폐수 일반 항목 분석

구분			분 석 항 목(mg/ℓ)							
			COD	SS	N-H	T-N	T-P	NO ₃ -N	CN	Phenol
1차 폐수결과	화학업 업체A	원수	904	84	1.1	31.6	0.4	0.57	불검출	불검출
		방류수	190	22	0.9	37.6	0.1	0.03	불검출	불검출
	화학업 업체B	원수	1246	153	117.4	106.2	3.1	1.03	0.02	0.80
		방류수	551	196	1.0	65.9	1.0	0.05	불검출	0.29
	화학업 업체C	원수	251	81	25.6	4.4	0.3	0.04	불검출	불검출
		방류수	18	5	1.7	3.4	0.1	0.21	불검출	불검출
2차 폐수결과	화학업 업체A	원수	1325	234	3.4	53.0	2.1	0.04	불검출	0.30
		방류수	89	80	1.4	36.2	0.2	0.03	불검출	불검출
	화학업 업체B	원수	1066	396	3.8	79.0	2.4	0.03	0.01	0.95
		방류수	264	324	0.9	28.5	1.6	0.01	불검출	0.17
	화학업 업체C	원수	535	166	36.0	5.1	0.4	0.11	불검출	불검출
		방류수	25	4.4	2.5	14.4	0.1	0.02	불검출	불검출
3차 폐수결과	화학업 업체A	원수	794	130	467.0	37.9	1.6	0.27	불검출	불검출
		방류수	76	9.2	1.9	32.7	0.0	0.03	불검출	불검출
	화학업 업체B	원수	602	90	43.7	29.4	1.5	0.03	불검출	0.70
		방류수	417	48	110.0	51.8	2.0	0.02	불검출	0.18
	화학업 업체C	원수	384	87	51.5	6.2	0.4	0.68	불검출	불검출
		방류수	19	1	1.6	2.8	0.0	0.01	불검출	불검출

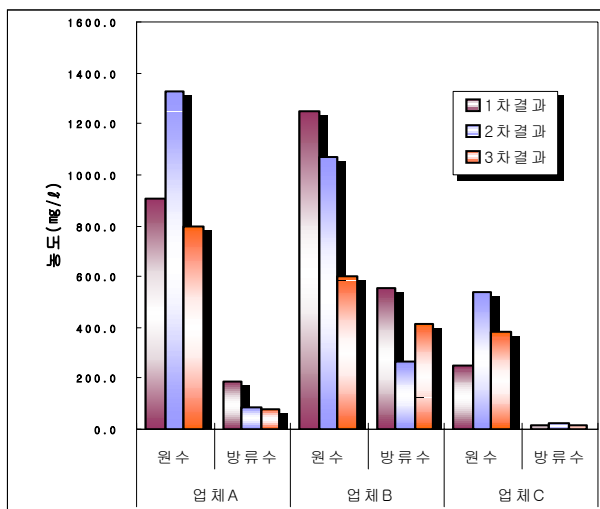


그림 2 화학업 폐수 COD 분석결과

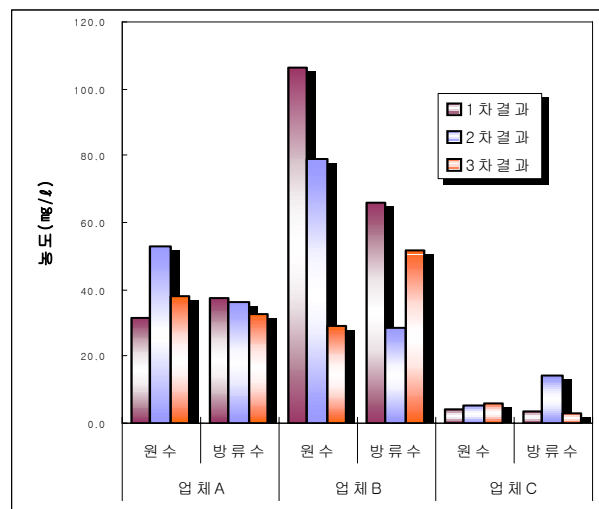


그림 3 화학업 폐수 총질소 분석결과

<표-16> 화학업 공정별 폐수 일반 항목 분석

구분			분 석 항 목(mg/ℓ)							
			COD	SS	N-H	T-N	T-P	NH ₃ -N	NO ₃ -N	Phenol
폐수결과	화학업 업체A	원수	794	130	467.0	37.9	1.6	4.67	0.27	불검출
		산화처리후	603	78	-	46.8	1.3	-	0.14	불검출
		환원처리후	344	20	-	30.1	0.2	-	0.22	불검출
		중화처리후	421	2	-	33.6	0.0	-	0.14	불검출
		가압부상처리후	429	6	-	33.5	0.0	-	0.13	불검출
		방류수	76	9	1.9	32.7	0.0	7.31	0.03	불검출
	화학업 업체B	원수	602	90	43.7	29.4	1.5	5.82	0.03	불검출
		반응처리후	503	32	-	43.8	0.9	-	0.05	불검출
		중화처리후	568	31	-	49.7	1.8	-	0.12	불검출
		응집처리후	451	38	-	40.7	0.4	-	0.04	불검출
		가압부상처리후	430	39	-	38.0	0.3	-	0.04	불검출
		방류수	417	48	110.0	51.8	2.0	6.34	0.02	불검출
	화학업 업체C	원수	384	87	51.5	6.2	0.4	5.74	0.68	불검출
		부상처리후	419	51	-	7.4	0.3	-	0.00	불검출
		생물학적처리후	20	1	-	2.0	0.0	-	0.26	불검출
		방류수	19	1	1.6	2.8	0.0	7.61	0.01	불검출

화장품 제조 등의 원료가 에탄올 및 유기산등의 유기용매를 많이 사용하는 업종은 폐수 의 생물학적 처리가 필수적이며, 자체처리를 하는 경우 대부분이 생물학적 처리를 하고 있다. 그러나 발생하는 폐수량이 적을 경우 폐수처리장 운영시간이 2~3시간에 불과하기 때문에 생물학적

처리조를 안정한 상태로 유지하는 것이 어렵다. B 업체의 경우 처리시간이 2~3시간으로 짧아 생물학적 처리조의 불안정으로 인하여 방류수 COD가 17.6~551mg/ℓ, 질소가 2.8 ~65.9mg/ℓ로 배출허용기준을 초과하는 경우가 발생하는 등 폐수처리에 문제점을 나타냈으며, 후속 공정인 여과 공정에도 영향을 미쳐 전체적으로 폐수 처리에 어려움을 가지고 있는 것으로 판단된다. C 업체의 경우 업체 B 보다는 폐수량이 작지만, 공정을 작게 설계하여, 운영시간을 최대로 늘리고, 주기적인 종균제 및 활성화제의 투입으로 생물학적 처리 공정을 안정적으로 유지시켜, 법규 이내로 폐수를 처리하는 것으로 조사되었다. 따라서 소규모 화학업종 사업장의 경우 처리조의 운영시간을 늘리고 주기적으로 종균제 및 활성화제의 투입 등의 활성슬러지 공정 내 미생물을 활성상태로 유지 시킬 수 있는 방안이 필요하다.

중금속 항목은 Cu, Pb, Cd, Mn, Zn, Cr, Cr⁺⁶, Fe, As, Hg을 분석하였으며 분석결과 Table-17과 같다.

Cu와 Mn, Zn, Fe이 전반적으로 검출되었으나 대부분 미량이었으며, 중금속의 경우 모두 배출허용기준보다 상당히 낮은 농도로 폐수처리에서 특별한 문제가 없는 것으로 판단되다.

휘발성 유기화합물 항목은 클로로포름, 벤젠, TCE, 톨루엔, 1,1 디클로로에틸렌, 에틸벤젠, m,p-xylene, o-xylene을 분석하였으며, 분석결과 Table-18과 같다.

<표-17> 화학업체 폐수 중금속 분석 결과

구분			분 석 항 목(mg/ℓ)									
			Cu	Pb	Cd	Mn	Zn	Cr	Cr+6	Fe	As	Hg
1차 폐수결과	화학업 업체A	원수	0.04	불검출	불검출	0.09	1.32	불검출	불검출	2.57	불검출	불검출
		방류수	0.05	불검출	불검출	0.01	0.11	불검출	불검출	0.19	불검출	불검출
	화학업 업체B	원수	0.16	불검출	불검출	0.03	0.74	0.03	불검출	2.07	불검출	0.0005
		방류수	0.05	불검출	불검출	0.08	0.40	불검출	불검출	5.32	불검출	불검출
	화학업 업체C	원수	0.03	0.05	불검출	0.05	0.19	불검출	불검출	1.80	불검출	불검출
		방류수	0.01	불검출	불검출	0.03	0.04	불검출	불검출	0.56	불검출	불검출
2차 폐수결과	화학업 업체A	원수	0.06	불검출	불검출	0.14	0.52	0.02	불검출	15.97	불검출	불검출
		방류수	0.02	불검출	불검출	0.02	0.04	불검출	불검출	0.21	불검출	불검출
	화학업 업체B	원수	0.12	불검출	불검출	0.02	1.37	불검출	불검출	1.19	불검출	불검출
		방류수	0.07	불검출	불검출	0.04	1.02	불검출	불검출	3.80	불검출	불검출
	화학업 업체C	원수	0.06	불검출	불검출	0.04	0.14	불검출	불검출	2.35	불검출	불검출
		방류수	0.01	불검출	불검출	0.10	0.02	불검출	불검출	0.98	불검출	불검출
3차 폐수결과	화학업 업체A	원수	0.06	불검출	불검출	0.07	1.45	0.01	불검출	2.95	불검출	불검출
		방류수	0.02	불검출	불검출	0.01	0.10	불검출	불검출	0.30	불검출	불검출
	화학업 업체B	원수	0.14	불검출	불검출	0.04	1.66	불검출	불검출	3.14	불검출	불검출
		방류수	0.14	불검출	불검출	0.13	2.23	불검출	불검출	7.24	불검출	불검출
	화학업 업체C	원수	0.04	불검출	불검출	0.13	0.42	0.04	불검출	1.92	불검출	불검출
		방류수	0.01	불검출	불검출	0.04	0.27	불검출	불검출	0.34	불검출	불검출

<표-18> 화학업체 폐수 VOCs 분석 결과

구분		분 석 항 목 ($\mu\text{g}/\ell$)							
		클로로포름	벤젠	TCE	톨루엔	1,1 디클로에틸렌	에틸벤젠	mp-xylene	o-xylene
화학업 업체A	원수	40.0	불검출	불검출	불검출	6.0	불검출	불검출	41.0
	방류수	10.1	불검출	불검출	불검출	0.5	불검출	불검출	불검출
화학업 업체B	원수	65.0	7.0	불검출	7.0	불검출	14.0	불검출	46.0
	방류수	167.0	6.0	불검출	6.0	6.0	불검출	불검출	불검출
화학업 업체C	원수	64.0	11.0	불검출	불검출	12.0	불검출	불검출	22.0
	방류수	44.5	0.4	불검출	불검출	2.2	불검출	불검출	불검출

화학업체의 휘발성 유기화합물 분석결과 클로로포름이 가장 높은 빈도로 검출되었으며, B업체의 방류수에서 가장 큰 농도 $167.0 \mu\text{g}/\ell$ 로 검출되었다. TCE와 m,p-xylene은 모든 업체에서 검출되지 않았다. B 업체의 휘발성 유기화합물 분석결과에서 원수보다 방류수에서 더 높게 검출되거나 비슷한 수준으로 검출되어 다른 업체보다 관리에 허술함을 보이고 있다. 이는 도금업과 마찬가지로 일부 사업장의 경우 폐수처리장 내부 불청결과 허술한 화학물질 관리가 문제가 되는 것이라 판단되며, 이에 대한 대책이 필요하다

3.1.3 인쇄회로기판업

반도체 및 기타 전자부품 제조시설은 광전자를 포함하여 다이오드, 트랜지스터와 유사 반도체 소자, 발광다이오드, 장착된 압전기 결정소자의 제조 및 전자 집적회로와 초소형 조립회로를 제조하는 산업활동으로서 국립환경과학원의 ‘폐수배출시설 세분류 및 오염부하 원단위’에 의하면 폐수는 각 공정간 산세공정 시 발생하며, 주요 오염물질은 pH, COD, SS 등이며 폐수처리방법은 물리·화학적 처리로 조사되었다.

Table-19는 기타 전자부품 제조시설의 오염물질 부하 원단위를 나타낸 것이며, Table-20은 기타 전자부품 제조시설의 오염물질 농도를 나타낸 것이다.

<표-19> 반도체 및 기타 전자부품 제조시설의 오염물질 부하원단위

적용인자	폐수배출량 ($\text{m}^3/\text{년}$)	오염물질량(Kg/년)					
		BOD	COD _{Mn}	COD _{Cr}	SS	T-N	T-P
매출액(백만원/년)	5.937	0.105	0.491	0.887	0.559	0.183	7.410×10^{-3}
건평(m^2)	11.715	0.208	0.970	1.75	1.104	0.361	0.015
원료사용량(ton/년)	3.931	0.070	0.325	0.587	0.370	0.121	4.906×10^{-3}
제품생산량(ton/년)	4.849	0.086	0.401	0.724	0.457	0.149	6.051×10^{-3}
종업원(명)	895.32	15.892	74.12	133.74	84.374	27.57	1.117

자료 : 국립환경과학원, 「폐수배출시설 세분류 및 오염부하 원단위」(2006)

<표-20> 반도체 및 기타 전자부품 제조시설의 오염물질 부하원단위

항목	SS	BOD	COD _{Mn}	COD _{Cr}	T-N	T-P
평균(mg/ℓ)	274.0	48.7	209.1	549.1	41.05	3.318

자료 : 국립환경과학원, 「폐수배출시설 세분류 및 오염부하 원단위」(2006)

3.1.3.1 인쇄회로기판업 폐수처리 현황

총 80사업장이며 3종 사업장 8, 4종사업장 18, 5종사업장이 54개소로 다른 업종에 비하여 규모가 큰 편이다. 폐수의 처리는 자체처리 27, 공동처리 20, 위탁처리는 14, 혼합처리 19개소로 Table-21과 같이 조사되었다.

<표-21> 인쇄회로기판제조업 현황

사업장수 (개소)	80	3종 8개소, 4종 18개소, 5종 54개소
처리법	자체처리 27개소, 공동처리 20개소 위탁처리 14개소, 자체처리+위탁처리 7개소 공동처리+위탁처리 12개소	
처리공법	물리화학적처리 44개소, 생물학적 처리 2개소 위탁처리 14개소, 재이용 1개소 물리화학적처리+위탁처리 19개소	
폐수 발생량	1~50 톤/일 (5종사업장)	최대 250톤/일 평균 49톤/일
주요 오염물질	COD 100~250 mg/L, pH 3~5 SS 200~300 mg/L, Cu 10 ~20 mg/L Fe 10 ~20 mg/L, Cr 10 ~20 mg/L Pb 10~20 mg/L, TN 20 ~50 n-H 10~20 mg/L	대부분 도금 시설에서 발생함

인천지역 인쇄회로기판제조업 발생폐수의 COD는 100~250mg/ℓ로 전국의 일반적인 인쇄회로기판업 발생폐수의 COD 약 209 mg/ℓ와 비슷한 수준이었으며 Cu, Fe, Pb, Cr등이 10~20mg/ℓ 발생하는 것으로 나타났다.

처리공법은 대부분 물리적 처리를 하는 것으로 조사되었으며, 도금과정에서 발생된 질소 처리를 위하여 생물학적 공정을 도입한 사업장은 2개소로 조사되었다. 폐수 발생은 일일 1~50톤 정도를 발생 시키는 것으로 파악되었다. 자체 처리의 경우 주로 중화, 산화, 환원, 알럼 또는 고분자 응집제를 이용한 응집, 침전 후 여과하여 처리하고 있는 것으로 조사되었고, 주요 오염물질은 COD, SS, 광유류, Cu, Fe, Cr 등으로 나타났다.

3.1.3.2 대상 인쇄회로기판업 폐수처리 실태

대상 인쇄회로기판의 업체는 폐수배출량 및 오염물질배출량을 기준으로 선정된 4개 업체 모두 자체처리를 하였으며 Table-22와 같다.

<표-22> 대상 인쇄회로기판업 폐수배출 및 처리

분류	업체 A (자체처리)	업체 B (자체처리)	업체C (자체처리)	업체D (자체처리)
폐수처리방법	물리, 화학적처리	물리, 화학적처리	물리, 화학적처리	물리, 화학적처리
폐수발생량	509 m ³ /일	407 m ³ /일	350 m ³ /일	545 m ³ /일
폐수처리능력	1,440 m ³ /일	450 m ³ /일	400 m ³ /일	748 m ³ /일
주요 오염물질	pH, COD, BOD, SS, N-H(광), Cu, T-N	pH, COD, SS, N-H(광), Ni, Cu, CN, T-N, HCl, Mn	pH, COD, SS, N-H(광), Cu, Pb, T-N	pH, COD, SS, N-H(광), Zn, Cu, CN, Ni, T-N

A 업체의 폐수배출공정은 수세공정 및 도금, 인쇄, 현상공정, 산업시설의 폐가스·세정시설에서 폐수가 발생되었고 주요 오염물질은 pH, COD, BOD, SS, 광유류, Cu, 총질소 등이다. 폐수의 처리는 물리화학적 처리만 적용하고 있으며, 발생폐수는 1,2차 반응조 및 pH조정조를 거쳐 응집 및 침전 후 방류되는 것으로 조사되었다.

B 업체의 폐수배출공정은 표면처리 및 도금, 인쇄, 세척공정, 산업시설의 폐가스·세정시설에서 폐수가 발생되었고 주요 오염물질은 pH, COD, SS, 광유류, Ni, Cu, CN, 총질소, HCl, Mn 등이다. 폐수의 처리는 물리화학적 처리만 적용하고 있으며, 발생폐수는 pH조정조를 거쳐 응집 및 침전, 여과 후 방류되는 것으로 조사되었다.

C 업체의 폐수배출공정은 수세 및 산처리시설, 탈지, 도금시설에서 폐수가 발생하는 것으로 조사되었으며, 일부 산처리시설 및 도금시설에서 발생하는 폐산과 폐알칼리는 위탁처리하는 것으로 조사되었다. 주요 오염물질은 pH, COD, SS, 광유류, Cu, Pb, 총질소 등이다. 폐수의 처리는 물리화학적 처리만 적용하고 있으며, 발생폐수는 Cr 환원조 및 pH 조정조, 침전, CN 산화조를 거쳐 응집 및 침전 후 방류되는 것으로 조사되었다.

D 업체의 폐수배출공정은 수세 및 산처리시설, 탈지, 도금시설에서 폐수가 발생하는 것으로 조사되었다. 주요 오염물질은 pH, COD, SS, 광유류, Zn, Cu, CN, Ni, 총질소 등이다. 폐수의 처리는 물리화학적 처리만 적용하고 있으며, 발생폐수는 1,2차 pH조정조 및 1,2차 산화조를 거쳐 응집 및 침전, 여과 후 방류되는 것으로 조사되었다.

3.1.3.3 대상 인쇄회로기판업 폐수 분석 결과

일반항목으로는 COD, SS, N-H, 총질소, 총인, 질산성 질소를 분석하였으며 분석결과는 Table-23, Table-24와 같다.

처리수의 COD 및 SS는 모두 수질오염물질 배출허용기준을 만족시키는 것으로 나타났다. 그러나 일부 배출허용기준에 근접한 경우도 있었으며, 원수의 COD 농도가 샘플에 따라 Fig-4 와 같이 2배 이상 증가하는 등 변동 폭이 큰 것은 사업장에서 생산하는 주 생산품에 따라 방류수에 영향을 미치는 것으로 보인다. 따라서 생산품 별로 원수의 농도의 가이드라인을 가지고 약품 등의 투입량을 수정하여 폐수처리장을 안정하게 운영하여야 할 것으로 판단된다.

<표-23> 인쇄회로기판업 폐수 일반 항목 분석 결과

구분			분 석 항 목(mg/ℓ)							
			COD	SS	N-H	T-N	T-P	NO ₃ -N	CN	Phenol
1차 폐수결과	업체A	원수	234	22	1.2	21.9	0.4	3.14	불검출	불검출
		방류수	115	10	0.6	13.0	0.1	0.51	불검출	불검출
	업체B	원수	82	26	2.4	35.2	26	6.80	불검출	불검출
		방류수	67	15	1.7	41.3	1.7	7.48	불검출	불검출
	업체C	원수	51	64	2.3	3.8	0.1	0.89	불검출	불검출
		방류수	44	7	1.6	6.7	0.1	0.98	불검출	불검출
	업체D	원수	122	8	1.7	16.8	0.6	1.56	0.03	0.74
		방류수	59	7	2.1	8.4	0.1	2.04	불검출	불검출
2차 폐수결과	업체A	원수	150	27	2.9	24.3	0.3	5.36	불검출	불검출
		방류수	63	6	1.8	12.4	0.0	1.09	불검출	불검출
	업체B	원수	101	41	3.5	36.6	3.3	3.45	불검출	불검출
		방류수	111	9	1.9	39.9	2.3	5.09	불검출	불검출
	업체C	원수	58	11	1.4	3.0	0.1	0.59	불검출	불검출
		방류수	40	3	1.7	3.1	0.0	0.28	불검출	불검출
	업체D	원수	131	134	5.3	16.4	0.6	0.76	불검출	불검출
		방류수	89	3	4.2	11.4	0.1	1.02	불검출	불검출
3차 폐수결과	업체A	원수	151	53	1.8	21.0	0.7	10.50	불검출	불검출
		방류수	99	13	1.0	19.2	0.0	4.74	불검출	불검출
	업체B	원수	62	51	7.4	5.6	0.4	2.01	불검출	불검출
		방류수	39	7	1.4	10.6	1.3	2.35	불검출	불검출
	업체C	원수	62	51	7.4	5.6	0.4	1.66	불검출	불검출
		방류수	88	10	2.3	5.6	0.1	0.44	불검출	불검출
	업체D	원수	221	658	8.5	12.2	11	3.29	0.02	0.12
		방류수	95	0	3.4	10.0	0.0	2.44	불검출	불검출

<표-24> 인쇄회로기판업 공정별 폐수 일반 항목 분석 결과

구분			분 석 항 목(mg/ℓ)								
			COD	SS	N-H	T-N	T-P	NH ₃ -N	NO ₃ -N	CN	Phenol
3차 폐수결과	업체A	원수	151	53	1.8	21.0	0.7	2.56	10.50	불검출	불검출
		반응처리후	79	12	-	16.7	0.1	-	7.82	불검출	불검출
		침전처리후	102	7	-	20.6	0.1	-	6.75	불검출	불검출
		방류수	99	13	1.0	19.2	0.03	7.93	4.74	불검출	불검출
	업체B	원수	64	21	2.7	14.0	1.3	2.31	2.01	불검출	불검출
		응집침전처리후	45	0	-	12.3	1.2	-	2.30	불검출	불검출
		방류수	39	7	1.4	10.6	1.0	7.54	2.35	불검출	불검출
	업체C	원수	62	51	7.4	5.6	0.4	5.60	1.66	불검출	불검출
		환원처리후	62	11	-	5.0	0.1	-	1.52	불검출	불검출
		산화처리후	67	1	-	6.2	0.1	-	1.43	불검출	불검출
		침전처리후	86	6	-	6.2	0.1	-	1.83	불검출	불검출
		방류수	88	10	2.3	5.5	0.1	7.18	0.44	불검출	불검출
	업체D	원수	221	658	8.5	12.2	1.1	6.84	3.29	0.02	0.12
		산화처리후	92	4	-	10.3	0.2	-	3.18	불검출	불검출
		방류수	95	0	3.4	10.0	0.0	6.09	2.44	불검출	불검출

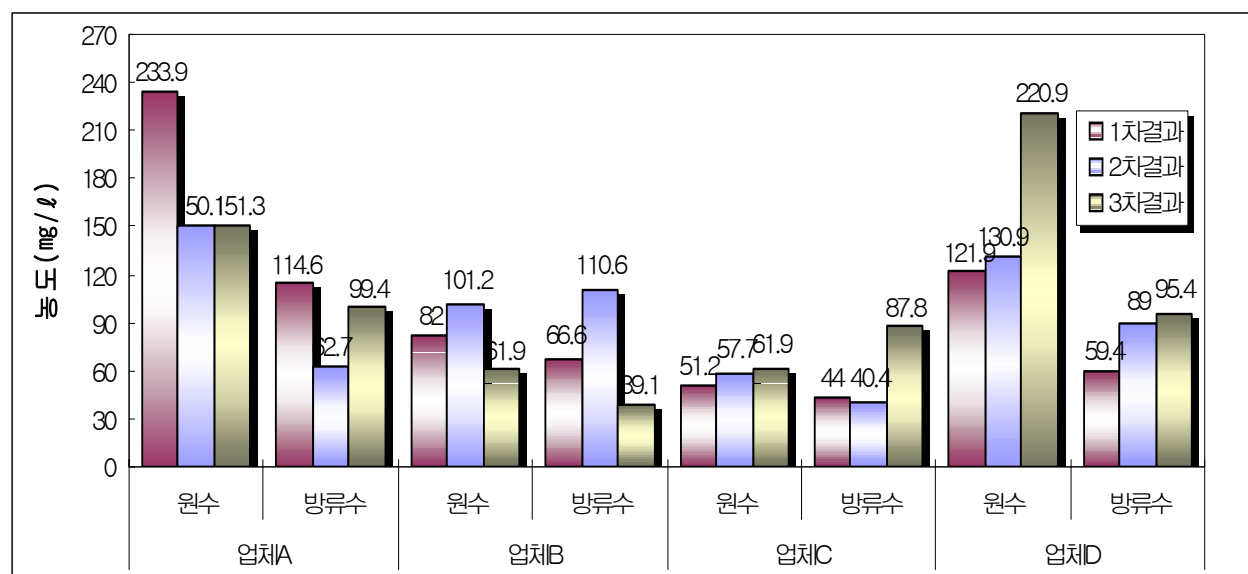


그림 4 인쇄회로기판업 폐수 COD 분석결과

중금속 항목은 Cu, Pb, Cd, Mn, Zn, Cr, Cr⁺⁶, Fe, As, Hg을 분석하였으며 분석결과는 Table-25와 같다.

Cu와 Zn, Fe은 전반적으로 검출되었으며, 일부 항목이 원수에서 고농도이지만 방류수에서는 배출허용기준 이하로 나타났다.

<표-25> 인쇄회로기판업 폐수 중금속 분석 결과

구분			분 석 항 목(mg/ℓ)									
			Cu	Pb	Cd	Mn	Zn	Cr	Cr+6	Fe	As	Hg
1차 폐수결과	업체A	원수	79.21	불검출	불검출	1.60	0.20	불검출	불검출	230.15	불검출	불검출
		방류수	0.14	불검출	불검출	불검출	0.01	불검출	불검출	0.19	불검출	불검출
	업체B	원수	103.95	불검출	불검출	0.08	0.06	0.04	불검출	4.76	불검출	불검출
		방류수	0.46	불검출	불검출	0.02	0.01	불검출	불검출	0.92	불검출	0.0002
	업체C	원수	212.51	불검출	불검출	불검출	0.16	불검출	불검출	0.06	불검출	불검출
		방류수	1.90	불검출	불검출	불검출	0.02	불검출	불검출	0.48	불검출	불검출
	업체D	원수	94.58	불검출	불검출	0.08	0.12	0.01	불검출	6.69	불검출	0.0002
		방류수	0.31	불검출	불검출	0.01	0.01	불검출	불검출	0.22	불검출	불검출
2차 폐수결과	업체A	원수	101.38	불검출	불검출	12.43	0.22	0.03	불검출	234.30	불검출	-
		방류수	0.16	불검출	불검출	0.06	0.01	불검출	불검출	0.372	불검출	0.0001
	업체B	원수	76.08	불검출	불검출	11.42	0.16	0.03	불검출	1.99	불검출	0.0001
		방류수	0.19	불검출	불검출	0.09	0.01	불검출	불검출	1.49	불검출	-
	업체C	원수	25.21	불검출	불검출	0.02	0.12	불검출	불검출	2.36	불검출	불검출
		방류수	0.32	불검출	불검출	0.01	0.05	불검출	불검출	0.71	불검출	불검출
	업체D	원수	131.88	불검출	불검출	0.72	0.19	0.03	불검출	60.89	불검출	불검출
		방류수	0.21	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	0.32	불검출	불검출
3차 폐수결과	업체A	원수	97.10	불검출	불검출	3.42	1.35	0.05	불검출	261.20	불검출	불검출
		방류수	0.54	불검출	불검출	0.02	1.12	0.01	불검출	0.69	불검출	불검출
	업체B	원수	62.43	불검출	불검출	0.19	1.95	0.17	불검출	2.21	불검출	불검출
		방류수	1.30	불검출	불검출	0.07	1.10	불검출	불검출	0.78	불검출	불검출
	업체C	원수	100.00	불검출	불검출	0.08	1.06	0.01	불검출	10.90	불검출	불검출
		방류수	1.49	불검출	불검출	0.01	1.08	불검출	불검출	0.88	불검출	불검출
	업체D	원수	164.00	불검출	불검출	2.86	0.88	0.07	불검출	367.60	불검출	불검출
		방류수	0.89	불검출	불검출	불검출	0.28	불검출	불검출	0.61	불검출	불검출

휘발성 유기화합물 오염항목으로는 클로로포름, 벤젠, TCE, 톨루엔, 1,1 디클로로에틸렌, 에틸 벤젠, m,p-xylene, o-xylene을 분석하였으며, 분석결과는 Table-26과 같다.

인쇄회로기판업의 휘발성 유기화합물 분석결과 클로로포름과, 벤젠이 가장 높은 빈도로 검출되었으며 클로로포름은 모든 업체에서 원수보다 방류수가 더 높게 검출되었다. 이는 도금업과 마찬가지로 일부 사업장의 경우 폐수처리장 내부 불청결과 허술한 화학물질 관리가 문제가 되는 것이라 판단되며, 이에 대한 대책이 필요하다.

<표-26> 인쇄회로기판업 폐수 VOCs 분석 결과

구분		분 석 항 목 ($\mu\text{g}/\ell$)							
		클로로포름	벤젠	TCE	톨루엔	1,1 디클로에틸렌	에틸벤젠	mp-xylene	o-xylene
업체A	원수	4.2	35.1	불검출	불검출	0.6	불검출	불검출	0.4
	방류수	10.9	0.7	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
업체B	원수	8.3	18.7	불검출	불검출	0.5	0.4	불검출	불검출
	방류수	11.7	22.9	불검출	0.6	0.5	0.6	0.4	0.4
업체C	원수	6.6	1.1	불검출	0.7	불검출	0.8	불검출	2.4
	방류수	9.0	1.8	불검출	0.8	1.1	0.5	0.5	0.6
업체D	원수	16.1	9.5	불검출	0.7	1.5	불검출	불검출	0.7
	방류수	27.0	5.5	불검출	2.0	불검출	불검출	불검출	0.4

3.1.4 식품업

식품업은 폐수배출시설 분류중 최종제품(햄, 소시지, 훈제육, 신선육, 순대, 통조림 등) 가공·제조시설, 어묵, 어포 등의 수산식품 가공·제조시설 및 커피 제조시설, 주정제조, 주조시설을 대상으로 하는 산업으로 국립환경과학원의 ‘폐수배출시설 세분류 및 오염부하 원단위’에 의하면 식품 제조시설의 폐수는 주로 원료의 일부분, 세척수, 응축수 또는 냉각수, 생산공정에서 사용된 물, 청소용에 사용된 물로 인하여 발생되었으며, 주요 오염물질은 SS, COD, T-N, T-P 등이며, 폐수처리 방법은 물리·화학·생물학적처리로 조사되었다.

Table-27, Table-28은 최종제품 가공, 제조시설의 오염물질부하 원단위 및 오염물질 농도를 나타낸 것이다.

<표-27> 식품(최종제품) 제조시설의 오염물질 부하원단위

적용인자	폐수배출량(m ³ /년)	오염물질량(Kg/년)					
		BOD	COD _{Mn}	COD _{Cr}	SS	T-N	T-P
매출액(백만원/년)	3.22	3.44	2.40	12.18	2.83	0.290	0.062
건평(m ²)	14.82	15.82	11.03	56.05	13.01	1.337	0.287
원료사용량(ton/년)	10.99	11.72	8.17	41.53	9.64	0.991	0.213
제품생산량(ton/년)	7.41	7.90	5.51	28.01	6.50	0.668	0.144
종업원(명)	1,144.82	1,221.43	851.63	4,328.51	1,004.90	103.232	22.201

자료 : 국립환경과학원, 「폐수배출시설 세분류 및 오염부하 원단위」(2006)

<표-28> 식품(최종제품) 제조시설의 오염물질 농도

항목	SS	BOD	COD _{Mn}	COD _{Cr}	T-N	T-P
평균(mg/ℓ)	567.5	1,298.5	1,026.8	3,000.4	106.977	19.698

자료 : 국립환경과학원, 「폐수배출시설 세분류 및 오염부하 원단위」(2006)

3.1.4.1 식품업 폐수처리 현황

폐수배출사업장은 사업장 수는 총 24사업장으로 1, 2, 3 종사업장이 각 1, 5종 사업장이 18개소로 조사되었다. 처리법으로는 자체처리 11, 공동처리 2, 위탁처리 9, 자체처리와 위탁처리를 병행하는 사업장이 2개소로 조사되었다.

인천시 식품업 발생폐수의 COD는 500~5,000mg/ℓ로 규모에 따라 편차가 크게 나타났으며, 총질소는 30~300mg/ℓ로 COD와 마찬가지로 사업장 규모, 식품의 종류에 따라 오염물질 농도의 차이가 크게 나타났으며 Table-29와 같다.

<표-29> 식품업 현황

사업장수 (개소)	24	1종 1개소, 2종 1개소. 3종 1개소, 4종 3개소, 5종 18개소
처리법	자체처리 11개소, 공동처리 2개소 위탁처리 9개소, 자체처리+위탁처리 2개소	
처리공법	물리화학적처리 1개소, 생물학적처리 12개소 위탁처리 9개소, 생물학적처리+위탁처리 2개소	
폐수 발생량	1~50 톤/일 (5종사업장)	최대 2,000톤/일 평균 350톤/일
주요 오염물질	BOD 500~5,000 mg/L, COD 500~5,000 mg/L pH 6~8, SS 200~1,200 mg/L n-H 10~300 mg/L, TN 30~300 mg/L, TP 10~50 mg/L	

3.1.4.2 대상 식품업 폐수처리 실태

대상 식품업체의 업체는 폐수배출량 및 오염물질배출량을 기준으로 선정하였으며 선정된 업체는 총 3곳이다.

A 업체는 제품 제조, B 업체는 제품 제조 및 연구소, C 업체는 제품 제조 및 혼합과정에서 폐수가 배출되었으며, 오염물질은 pH, COD, SS, 동식물유지류로 같았다.

폐수의 처리 방식은 물리화학적 처리 및 생물학적 처리를 적용하며, 발생폐수는 A 업체 의 경우 반응조 및 응집조를 거쳐 침전, 폭기, B 업체는 pH 조정조 및 혼합반응조를 거쳐 침전 폭기, C 업체는 중화 및 응집조를 거쳐 폭기(생물막), 침전 후 방류되는 것으로 Table-30와 같이 조사되었다.

<표-30> 대상 식품업체 폐수배출 및 처리

분류	업체 A (자체처리)	업체 B (자체처리)	업체C (자체처리)
폐수처리방법	물리, 화학적, 생물학적처리	물리, 화학적, 생물학적처리	물리, 화학적, 생물학적처리
폐수발생량	75 m ³ /일	2,000 m ³ /일	923 m ³ /일
폐수처리능력	96 m ³ /일	2,100 m ³ /일	1800 m ³ /일
주요오염물질	pH, COD, SS, N-H(동)	pH, COD, BOD, SS, N-H(동)	pH, COD, BOD, SS, N-H(동)

3.1.4.3 대상 식품업 폐수 분석 결과

폐수의 분석은 일반항목으로 COD, SS, N-H, 총질소, 총인, 질산성 질소를 분석하였으며 분석 결과는 Table-31, Table-32, Fig-5와 같다.

<표-31> 식품업 폐수 일반 항목 분석 결과

구분			분 석 항 목(mg/ℓ)							
			COD	SS	N-H	T-N	T-P	NO ₃ -N	CN	Phenol
1차 폐수결과	식품업 업체A	원수	124	19	1.0	2.1	0.1	0.76	불검출	불검출
		방류수	40	4	1.7	1.8	0.05	1.00	불검출	불검출
	식품업 업체B	원수	1289	340	2.7	57.8	5.5	0.88	불검출	불검출
		방류수	70	35	1.5	7.9	0.2	0.78	불검출	불검출
	식품업 업체C	원수	4990	456	2.1	49.4	11.5	0.46	불검출	불검출
		방류수	48	49	1.0	17.2	1.6	0.02	불검출	불검출
2차 폐수결과	식품업 업체A	원수	183	30	0.9	3.0	0.4	-	불검출	불검출
		방류수	25	10	1.4	1.5	0.00	1.04	불검출	불검출
	식품업 업체B	원수	1609	634	3.7	67.8	8.5	0.06	불검출	불검출
		방류수	51	16	1.4	14.9	0.04	0.20	불검출	불검출
	식품업 업체C	원수	965	314	2.8	50.9	11.18	0.02	불검출	불검출
		방류수	34	14	2.0	6.6	0.70	불검출	불검출	불검출

<표-32>식품업 공정별 폐수 일반 항목 분석 결과

구분			분 석 항 목(mg/ℓ)								
			COD	SS	N-H	T-N	T-P	NH ₃ -N	NO ₃ -N	CN	Phenol
3차 폐수결과	식품업 업체B	원수	1337	911	410	135.5	50.1	4.71	7.17	불검출	불검출
		중화혼합침전처리후	548	180	31.0	-	22.9	0.59	-	불검출	불검출
		생물학적처리후	71.3	1	9.0	-	5.3	0.07	-	불검출	불검출
		방류수	71.4	2	17.0	1.3	5.5	0.09	6.97	불검출	불검출
	식품업 업체C	원수	2183.6	2940	136.0	0.4	42.2	11.62	5.25	불검출	불검출
		부상처리후	580.8	1674	65.0	-	65.8	13.45	-	불검출	불검출
		방류수	19.2	7	0.4	0.9	32.8	6.63	7.32	불검출	불검출

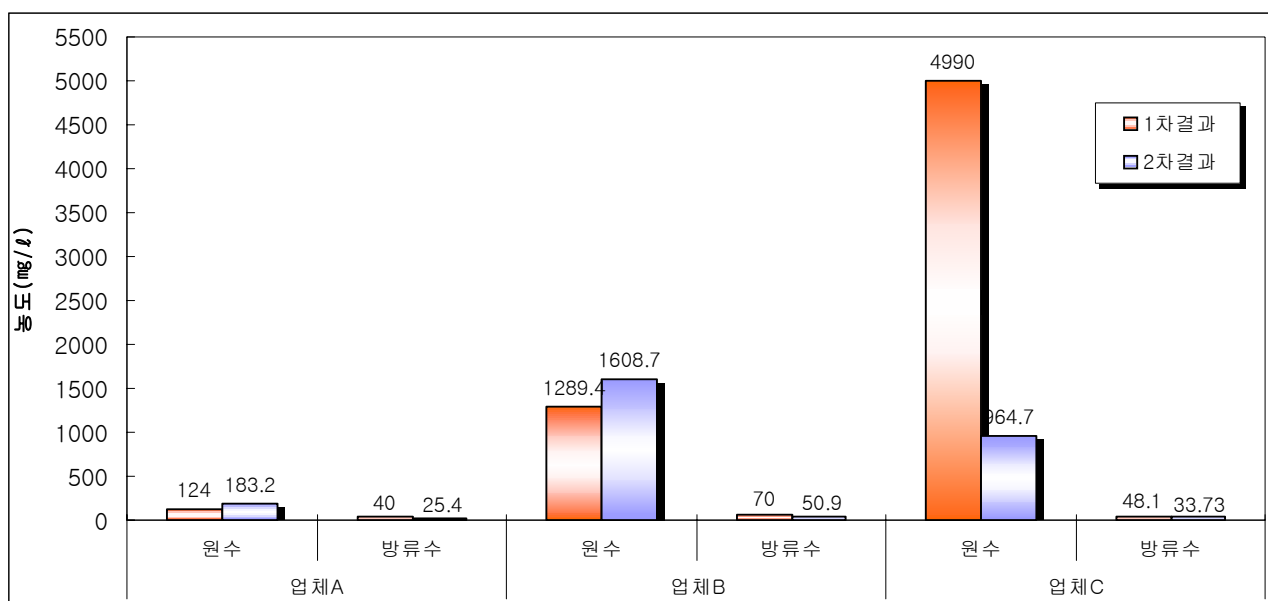


그림 5 식품업 폐수 COD 분석결과

식품업은 식품의 종류에 따라 COD 및 SS의 농도 차이가 크게 나타났으나, 처리수는 배출허용기준 이하로 처리가 가능한 것으로 나타났다. 식품업의 경우 조사된 모든 사업장이 정상적인 폐수처리장 가동과 관리를 통하여 폐수를 처리하는 것으로 판단된다. 특히 B 사업장의 경우 CCTV를 설치하여 폐수 처리 각 공정을 실시간으로 감시 모니터링하고 있었으며, 처리된 폐수를 이용하여 수족관을 운영하는 등 폐수처리 되는 과정을 지속적으로 관찰 감시 하는 것으로 조사되었다.

중금속 항목으로는 Cu, Pb, Cd, Mn, Zn, Cr, Cr⁺⁶, Fe, As, Hg을 분석하였으며 분석결과는 Table-33, Table-34와 같다.

식품업에서는 Cu, Mn, Fe이 검출되었으며 세척수가 폐수량의 대부분을 차지하는 A 업체의 경우 B, C 업체 보다 농도가 작게 검출되었다. Fe이 C 업체 원수에서 13.87mg/ℓ로 높게 나타난 것을 제외 하고는 원수 및 처리수에서 모든 항목이 배출허용기준 이하로 나타났다.

<표-33> 식품업 폐수 중금속 항목 분석 결과

구분			분 석 항 목(mg/ℓ)									
			Cu	Pb	Cd	Mn	Zn	Cr	Cr+6	Fe	As	Hg
1차 폐수결과	업체A	원수	0.04	불검출	불검출	0.07	0.06	불검출	불검출	0.60	불검출	불검출
		방류수	0.02	불검출	불검출	0.05	0.06	불검출	불검출	0.45	불검출	불검출
	업체B	원수	0.27	불검출	불검출	0.34	0.08	0.04	불검출	2.46	불검출	불검출
		방류수	0.02	불검출	불검출	0.13	0.01	불검출	불검출	0.05	불검출	불검출
	업체C	원수	0.02	불검출	불검출	0.10	0.16	불검출	불검출	0.53	불검출	불검출
		방류수	0.01	불검출	불검출	0.14	0.08	불검출	불검출	1.20	불검출	불검출
2차 폐수결과	업체A	원수	0.04	불검출	불검출	0.11	0.12	불검출	불검출	1.94	불검출	불검출
		방류수	0.02	불검출	불검출	0.02	0.04	불검출	불검출	0.21	불검출	불검출
	업체B	원수	0.57	불검출	불검출	0.21	0.073	불검출	불검출	1.99	불검출	-
		방류수	0.06	불검출	불검출	0.01	0.01	불검출	불검출	0.09	불검출	-
	업체C	원수	0.04	불검출	불검출	0.19	0.28	0.03	불검출	13.87	불검출	불검출
		방류수	0.04	불검출	불검출	0.12	0.06	불검출	불검출	0.38	불검출	불검출

<표-34>식품업 공정별 폐수 중금속 분석 결과

구분			분 석 항 목(mg/ℓ)									
			Cu	Pb	Cd	Mn	Zn	Cr	Cr+6	Fe	As	Hg
3차 폐수결과	업체B	원수	0.06	불검출	불검출	0.14	0.70	불검출	불검출	1.18	불검출	불검출
		중화혼합침전처리후	0.02	불검출	불검출	0.11	0.60	불검출	불검출	0.33	불검출	불검출
		생물학적처리후	0.03	불검출	불검출	0.09	0.64	0.11	불검출	0.10	불검출	불검출
		방류수	불검출	불검출	불검출	0.08	0.78	불검출	불검출	0.19	불검출	불검출
	업체C	원수	0.06	불검출	불검출	0.09	0.83	0.05	불검출	2.13	불검출	불검출
		부상처리후	불검출	불검출	불검출	0.42	2.10	불검출	불검출	15.14	불검출	불검출
		방류수	0.01	불검출	불검출	0.01	0.55	불검출	불검출	0.19	불검출	불검출

휘발성유기화합물 항목으로는 클로로포름, 벤젠, TCE, 톨루엔, 1,1 디클로로에틸렌, 에틸벤젠, m,p-xylene, o-xylene을 분석하였으며, 분석결과는 Table-35와 같다.

식품업 대상업체의 휘발성 유기화합물 분석결과 클로로포름이 가장 높은 빈도로 검출되었으며 업체 B에서 가장 높은 농도 142 $\mu\text{g}/\ell$ 로 검출되었다. 식품업의 휘발성 유기화합물의 경우 대부분 처리가 잘 되는 것으로 판단되며 이는 생물학적 처리공정에 의한 것으로 판단되며 생물학적 처리공정 중 생물막이 악취제거기술로서 효과적임이 판명된 이후 타당성 있는 VOC 기술로 부각되고 있다.

<표-35> 식품업 폐수 VOCs 분석 결과

구분		분 석 항 목 ($\mu\text{g}/\ell$)							
		클로로포름	벤젠	TCE	톨루엔	1,1 디클로에틸렌	에틸벤젠	mp-xylene	o-xylene
업체A	원수	77.0	14.0	불검출	7.0	불검출	14.0	불검출	45.0
	방류수	41.6	0.5	불검출	0.7	0.5	0.6	0.6	0.6
업체B	원수	142.0	불검출	불검출	6.0	3.0	10.0	10.0	33.0
	방류수	8.1	0.5	불검출	0.4	1.0	불검출	불검출	불검출
업체C	원수	54.0	불검출	불검출	31.0	5.0	불검출	불검출	8.0
	방류수	13.0	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출

3.1.5 세차 및 세척시설

세차 및 세척시설은 운수장비 수선업체의 세척시설로서 국립환경과학원의 ‘폐수배출시설 세분류 및 오염부하 원단위’에 의하면 폐수발생은 세척과정에서 주로 발생하며 주 오염물질은 pH, COD, SS 등이며 폐수처리는 주로 물리·화학적 처리에 의한 방법으로 처리된다.

Table-36, Table-37은 세차 및 세척시설의 오염물질 부하원단위, 오염물질 농도를 나타낸 것이다.

<표-36>세차 및 세척시설의 오염물질 부하원단위

적용인자	폐수배출량 ($\text{m}^3/\text{년}$)	오염물질량(Kg/년)					
		BOD	COD _{Mn}	COD _{Cr}	SS	T-N	T-P
매출액(백만원/년)	0.568	0.035	0.037	0.206	0.073	9.364×10^{-3}	6.909×10^{-3}
건평(m^2)	0.028	1.741×10^{-3}	1.871×10^{-3}	0.010	3.662×10^{-3}	0.468×10^{-3}	0.345×10^{-3}
원료사용량(ton/년)	0.059	3.634×10^{-3}	3.907×10^{-3}	0.022	7.646×10^{-3}	0.976×10^{-3}	0.720×10^{-3}
제품생산량(ton/년)	0.075	4.601×10^{-3}	4.947×10^{-3}	0.027	0.010	1.236×10^{-3}	0.912×10^{-3}
종업원(명)	40.36	2.48	2.66	14.65	5.21	0.665	0.491

자료 : 국립환경과학원, 「폐수배출시설 세분류 및 오염부하 원단위」(2006)

<표-37> 세차 및 세척시설의 오염물질 농도

항목	SS	BOD	COD _{Mn}	COD _{Cr}	T-N	T-P
평균(mg/ℓ)	76.6	138.9	438.4	94.5	47.891	4.607

자료 : 국립환경과학원, 「폐수배출시설 세분류 및 오염부하 원단위」 (2006)

3.1.5.1 식품업 폐수처리 현황

운송장비업 총 765개 사업장 대부분이 세차 및 세척시설을 갖추고 있고, 독립적인 세차 및 세척시설은 총 3개 사업장으로 조사되었으며, 대형 세척업을 제외하고 주유소 등의 사업장에 세차 및 세척시설이 되어있는 경우 신고 되지 않은 사업장이 대다수인 것으로 파악되었다.

세차 및 세척시설 업종의 배출허용기준 초과 항목은 대부분 음이온계면활성제이며, 2007년, 2008년 지도·점검 결과 음이온계면활성제(ABS)의 배출허용기준 초과 판정은 총 504건중 33건인 것으로 조사 되었다.

3.1.5.2 대상 세차 및 세척시설 폐수처리 실태

대상 세차 및 세척시설은 폐수배출량 및 오염물질배출량을 기준으로 총 2곳을 선정하였다.

폐수배출은 자동식 세차시설에서 용수와 연성세제 폐수가 발생하였다. 주요 오염물질은 pH, COD, SS, 광유류, 계면활성제이다. 폐수의 처리는 물리화학적 처리만 적용하고 있으며, 발생폐수는 침전 및 유수분리, 여과 후 방류되는 것으로 Table-38과 같이 조사되었다.

<표-38> 세차 및 세척업 폐수배출 및 처리

분류	업체 A(자체처리)	업체 B(자체처리)
폐수처리방법	물리, 화학적처리	물리, 화학적처리
폐수발생량	-	18.2 m³/일
폐수처리능력	-	27 m³/일
주요 오염물질	pH, COD, SS, N-H(광), ABS	pH, COD, SS, N-H(광), ABS

3.1.5.3 세차 및 세척업 폐수 분석 결과

일반항목으로는 COD, SS, 광유류, 총질소, 총인, 질산성 질소를 분석하였으며 분석결과는 Table-39와 같다.

세차업은 음이온계면활성제를 제외한 COD 및 SS 등 일반항목 모두 낮게 나타났으며, A 업체 경우 Fig-6과 같이 음이온계면활성제 일부가 배출허용기준 이상으로 검출되었다. B 업체 경우 오존처리로 계면활성제를 처리하여 기준 농도 이하로 배출되며, 일부 폐수를 재활용하기 때문에 원수 사용량도 줄일 수 있는 것으로 판단된다. 따라서 일부 사업장에서 배출기준 이상으로 배출되는 계면활성제에 대한 처리 대책이 필요한 것으로 판단된다.

<표-39> 세차 및 세척업 폐수 일반항목 분석 결과

구분			분 석 항 목(mg/ℓ)								
			COD	SS	N-H	T-N	T-P	NO ₃ -N	ABS	CN	Phenol
1차 폐수결과	업체A	원수	30.4	19.2	2.0	4.668	0.110	0.549	-	불검출	불검출
		방류수	4.8	3.2	0.5	1.891	0.017	0.907	-	불검출	불검출
	업체B	원수	68.9	41.2	2.8	5.945	0.303	1.766	-	불검출	불검출
		방류수	30.4	18.4	2.1	2.800	0.102	0.817	-	불검출	불검출
2차 폐수결과	업체A	원수	60.3	54	5.2	2.876	0.120	0.441	57.5	불검출	불검출
		방류수	35.5	10.8	4.3	1.663	0.085	0.157	7.32	불검출	불검출
	업체B	원수	36.1	20.4	3.7	1.976	0.091	0.431	68.6	불검출	불검출
		방류수	24.95	20.4	3.1	1.587	0.051	0.327	2.52	불검출	불검출
3차 폐수결과	업체A	원수	80	27.2	25.4	2.038	0.123	0.304	160.5	불검출	불검출
		방류수	30.9	3.6	3.7	1.411	0.088	0.027	12.23	불검출	불검출
	업체B	원수	87.4	42.4	30.8	1.816	0.123	0.272	110.6	불검출	불검출
		방류수	35.9	17.2	4.2	1.393	0.087	0.006	1.51	불검출	불검출

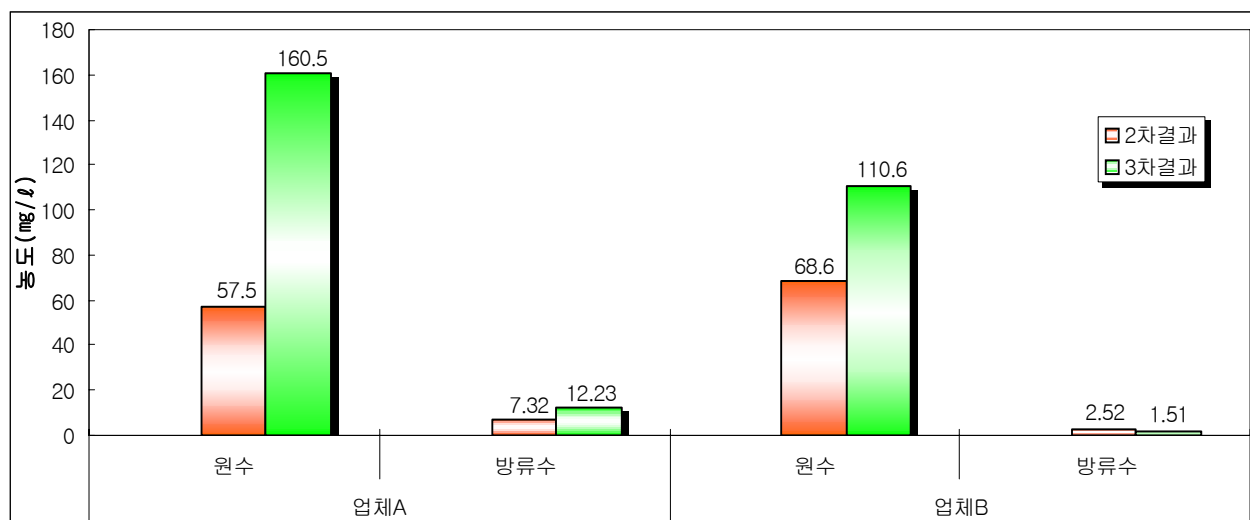


그림 6 세차 및 세척업 폐수 음이온계면활성제 분석결과

중금속 항목으로는 Cu, Pb, Cd, Mn, Zn, Cr, Cr⁺⁶, Fe, As, Hg을 분석하였으며 분석결과는 Table-40과 같다.

휘발성 유기화합물 오염항목으로는 클로로포름, 벤젠, TCE, 톨루엔, 1,1 디클로로에틸렌, 에틸 벤젠, m,p-xylene, o-xylene을 분석하였으며, 분석결과는 Table-41과 같다

세차업의 중금속은 배출허용기준 이하일 뿐만 아니라 처리수나 원수에서 농도의 차이가 나지 않는 미량이 검출되었으며, 휘발성유기화합물 역시 검출되었으나 농도는 높지 않았다.

<표-40> 세차 및 세척업 폐수 중금속 분석 결과

구분			분 석 항 목(mg/ℓ)									
			Cu	Pb	Cd	Mn	Zn	Cr	Cr+6	Fe	As	Hg
1차 폐수결과	업체A	원수	0.06	불검출	불검출	0.11	0.37	불검출	불검출	1.52	불검출	불검출
		방류수	0.09	불검출	불검출	0.01	0.02	불검출	불검출	0.06	불검출	불검출
	업체B	원수	0.17	0.06	불검출	0.18	0.37	불검출	불검출	4.82	불검출	0.0003
		방류수	0.09	불검출	불검출	0.15	0.25	불검출	불검출	2.55	불검출	불검출
2차 폐수결과	업체A	원수	0.09	불검출	불검출	0.17	0.20	불검출	불검출	3.25	불검출	불검출
		방류수	0.07	불검출	불검출	0.16	0.28	불검출	불검출	2.61	불검출	불검출
	업체B	원수	0.11	불검출	불검출	0.25	0.34	불검출	불검출	5.37	불검출	불검출
		방류수	0.05	불검출	불검출	0.17	0.20	불검출	불검출	3.22	불검출	불검출
3차 폐수결과	업체A	원수	0.13	불검출	불검출	0.24	0.89	0.012	불검출	6.34	불검출	불검출
		방류수	0.04	불검출	불검출	0.20	0.47	불검출	불검출	3.01	불검출	불검출
	업체B	원수	0.08	불검출	불검출	0.22	0.90	불검출	불검출	4.25	불검출	불검출
		방류수	0.02	불검출	불검출	0.20	0.82	불검출	불검출	2.72	불검출	불검출

<표-41> 세차 및 세척업 폐수 VOCs 분석 결과

구분		분 석 항 목 (μg/ℓ)							
		클로로포름	벤젠	TCE	톨루엔	1,1 디클로에틸렌	에틸벤젠	m,p-xylene	o-xylene
업체A	원수	8.2	0.5	불검출	0.4	1.0	0.5	불검출	1.8
	방류수	13.7	0.8	불검출	0.4	0.8	불검출	불검출	불검출
업체B	원수	13.2	0.4	불검출	0.4	1.4	불검출	불검출	0.4
	방류수	16.4	0.9	불검출	0.7	2.0	불검출	불검출	불검출

3.2 주요 업종별 폐수처리 문제점 및 개선방안

3.2.1 폐수처리 문제점

3.2.1.1 고농도 질소 처리의 어려움

2008년부터 도금 및 표면처리 시설의 질소 배출 규제 기준이 120 mg/L에서 60 mg/L로 강화됨에 따라 질소 배출에 대한 업체들의 부담이 가중되고 있으며, 도금 폐수의 경우 공정 및 세척과정에서 많은 질소 성분을 사용해야 하기 때문에 더욱 부담이 가중되고 있다. 도금 공정 중 질소화합물의 주요 발생 형태는 박리 또는 아연도금 크로마이트 처리, 화학연마공정에서 사용하는 질산과 산성 아염도금, 무전해 니켈도금, pH조정에 사용되는 암모니아이며, 무기성 질소가 주를 이루고 있는 도금폐수는 화학처리 공정에서 60~70%정도가 제거된다. 일반적으로 원수 질소화합물 중 암모니아성 질소의 농도가 300mg/L이하이면 시안 산화시 차아염산소다에 의해 거의 완벽하게 화학적 탈질이되고 방류수에서 질소는 대부분 질산성 질소의 형태이다. 따라서 도금폐수의 질소함유물 처리시 가장 큰 문제는 질산성 질소의 처리라 할 수 있다. 현재 대형 공동처리 사업장의 경우 일부 생물학적 처리시설의 도입을 통하여, 질소의 배출 기준을 준수하고 있으나, 대부분의 도금 폐수처리 업체의 경우 자체 처리 보다는 공정 중에 질산을 사용하는 공정의 폐수를 분리 차집한 후 위탁처리 하는 방식으로 위탁폐수 증가에 따른 업체의 부담이 증가되고 있어 이를 해결할 수 있는 대안 공정 또는 방법이 필요한 실정이다.

3.2.1.2 활성슬러지 공정유지의 어려움

유기성 성분이 많은 업종의 경우 생물학적 처리가 필수적이며, 일반적으로 폐수처리에 사용하는 생물학적 처리 방법은 활성슬러지 공정을 기본으로 한다. 활성슬러지 공정을 원활하게 운용하기 위해서는 공정 내 호기성 미생물의 활성 상태를 양호하게 유지해야 하며, 이를 위해서는 설계한 용량의 폐수가 정기적으로 유입되는 것이 중요하다. 그러나 폐수 배출이 50톤 미만의 5종 사업장의 경우 폐수의 배출이 일정하지 않아 지속적으로 폐수를 처리하기보다는 폐수를 저장하여 일일 2~3시간 동안 운전하는 경향을 보이고 있다. 이 경우 생물학적 처리 시 미생물의 활성상태를 유지시켜 줄 수 없어 정상적인 운전이 곤란하나, 사업장에 따라 이런 부분에 대한 고려가 없는 것으로 나타났다.

본 연구에서도 화학업종 C 업체의 경우 생물학적 처리 공정의 미생물을 활성 상태를 유지하기 위하여 정기적으로 종균제 및 활성화제를 공급해 주어 일정한 수준이상의 공정효율을 나타냈으나, 비슷한 폐수를 배출하는 B 업체의 경우 생물학적 처리시설의 관리가 부실하여 지속적으로 배출허용기준농도 이상으로 BOD 및 COD를 배출하는 것으로 파악되었다.

또한, 생물학적 처리시설의 경우 미생물의 활성 상태가 좋지 않을 경우 침전지에서 침전효율

이 떨어지는 것으로 판단되며, 침전효율 감소에 따른 후단의 여과 공정에도 영향을 미치기 때문에 이를 해결할 수 있는 방안이 필요하다.

3.2.1.3 계면활성제 관리취약

인천시에서 운수 및 세차업이 가장 많은 업종 중의 하나이며, 세차장 특성상 다량의 세제를 사용하기 때문에 계면 활성제가 초과 배출 되는 경우가 있다. 이는 폐수량이 적고 전문 관리인을 두지 않아도 되기 때문에 폐수처리시설관리가 매우 취약한 것으로 보이며, 이를 해결할 수 있는 공정이 필요할 것으로 판단된다.

3.2.1.4 사업장 청결상태 불량

도금업, 인쇄회로기판제조 및 화합물제조업체 등은 화학물질의 사용이 필수적이나, 사업장 규모가 작은 4, 5종 업소가 대부분으로 내부가 협소하여 공정라인의 청결상태가 취약하였다. 특히 도금, 화학 업종의 경우 사용원료의 보관상태가 좋지 못하였으며, 폐수처리과정에서 사용되고 있는 약품의 보관 상태도 좋지 않아 약품의 주입 탱크와 주입과정에서 화학물질이 일부 유실되는 사업장도 다수 발견되었다. 사업장에서 사용되는 화학물질의 경우 그대로 방출되었을 경우에 환경에 크게 영향을 미칠 수 있는 유독물 및 사고 유발물질 등을 다수 포함하고 있어, 그대로 방치할 경우 큰 사고로 확대될 수도 있기 때문에 그에 맞는 적절한 관리가 필요한 것으로 판단된다.

3.2.1.5 화학물질 사고 발생시 대처 방안 미비

일부 사업장의 경우 사용하는 화학물질에 대한 안전정보가 없을 뿐만 아니라, 사고 발생 시 대처 방안에 대한 부분도 매우 취약한 것으로 조사되었다. 특히 유독 화학물의 가스 등이 인체에 접촉하거나 흡수되게 되면 기침과 눈 따가움 등을 느끼는 등 사업장 종사자의 건강에 큰 영향을 미칠 수 있으며, 사고 후 빠른 시간 내 적절한 조치를 취하지 못하면 더 큰 사고를 발생하게 될 수도 있다.

3.2.2 폐수처리 문제점 개선방안

3.2.2.1 고농도 질소 처리

현재 알려져 있는 질산성 질소의 처리 방법으로는 물리화학적 방법과 생물학적 방법이 있다. 물리화학적 방법으로는, 약품을 이용한 산화 또는 환원처리방법, 전기를 이용한 전기산화 및 전기분해방법, 촉매의 산화 및 환원력을 이용한 촉매반응방법, 활성탄 흡착 등과 같은 물리적 방법, 그리고 상기 방법을 복합한 H_2O_2/UV 법, $H_2O_2/ozon$ 법, $H_2O_2/ozon/UV$ 법 등 다양한 방법이 있다. 그러나 이런 방법들은 비용 면에서는 UV lamp나 오존발생기 등과 같은 부속장치를 필요로 하기 때문에 초기 투자비가 크고 운전비도 상대적으로 높으며, 약품 및 촉매이용방법은 초기투자비는 상대적으로 낮으나 소모품인 약품, 촉매, 전극

판을 사용하므로 유지관리비용이 높다는 단점을 가지고 있으며, 질산성 질소의 경우 환원력이 약하여 일반적인 환원제로는 처리효과를 크기 기대 할 수 없는 단점을 가지고 있다.

최근 지하수의 질산성 질소를 제거하기 위한, 영가철의 강력한 산화력을 이용한 질산성 질소의 처리가 연구되었는데 이는 산성 조건에서 영가철을 이용한 질산성 질소의 환원이 가능하다는 것이다. 일반적으로 도금 폐수의 경우 최종 폐수가 산성일 경우 환원 공정을 이용하여 6가크롬 등의 중금속을 제거한 후, 산화 공정을 통하여 시안, 암모니아 등의 오염물질을 제거하는 공정으로 폐수를 처리하고 있기 때문에, 현재 쓰이는 공정을 그대로 이용하면서, 환원제를 영가철로 대체하는 방법을 사용할 경우 효과적으로 질산성 질소의 처리가 가능할 것으로 판단된다.

이 경우 현재 일반적으로 도금폐수에 사용되고 있는 중아황산나트륨에 비하여 약품비가 증가한다는 단점과 후처리로 암모니아를 다시 처리해 주어야 한다는 단점이 있다. 암모니아성 질소의 경우 농도가 300mg/L이하인 경우 시안 산화시 차아염산소다에 의해 거의 완벽하게 화학적 탈질이 가능하므로 후처리 공정에 의하여 처리가 가능하여, 약품비 증가의 경우 현재 2~5단으로 시행하고 있는 환원공정 중 앞선 2~3단 공정은 기존의 환원제인 중아황산나트륨 등을 사용하여 크롬등의 중금속을 처리하고 후단의 3~5단 공정에만 영가철을 주입하여 질산성 질소를 처리할 경우 영가철의 사용을 최소로 줄일 수 있을 것이라 판단된다. 또한, 기존처리방식으로는 나노 영가철 분말을 사용하지만 만약 넓은 비표면적을 보유한 반응 벽체공법과 메조기공 입자상 실리카에 나노 영가철을 코팅시킨다면 반응시간을 단축하고, 공정효율이 증가될 것으로 판단된다.

생물학적 처리방법은 A^2/O process, A/O process 등 많은 생물학적 질소제거 공정에서 적용하는 암모니아성 질소의 질산화 및 질산화된 질산성질소, 아질산성질소의 탈질이 있으며, 이러한 기존공법에 비해 경제적인 면을 고려한 산소 공급 및 외부 탄소원 공급을 줄일 수 있는 ANAMMOX process 및 SHARON process가 개발되어 있으나, 아직 실용화단계에 이르지 못했다. 현재 가장 일반화되어 있는 질소제거법(A^2/O process, AO process, Bardenpho process)은 현탁활성슬러지를 이용한 순환식 질산화·탈질법이다. 이 방법은 무산소조-혐기조-호기조, 무산소조-호기조, 무산소조-호기조-무산소조-호기조로 이루어지며 폐수를 순환시킴에 의해 무산소조에서는 탈질, 호기조에서는 질산화가 일어나게 한다. 이 방법은 넓은 설치부지가 요구되며 호기조 용량을 크게 해야만 한다. 반응조 용적이 작으면서 안정된 처리수를 얻기 위해서 현탁활성슬러지 대신에 활성슬러지 또는 질산화균이나 탈질균을 고정화한 담체를 충전하거나, 막을 이용하여 질산균 및 탈질균의 체류시간을 증진시키는 방법도 있으며, 이러한 공정의 단점으로는 고정화를 통한 방법의 경우 담체비용이 높다는 것과, 막여과를 이용하는 방법은 장기간 실험을 통한 실증설비가 없는 단점이 있다.

이외에 독립영양미생물을 이용하는 황산화탈질공법이 있는데, 도금폐수와 같이 C/N비가 낮은 폐수에 메탄올과 같은 외부 탄소원 없이 황을 이용하여 황산화탈질미생물에 의해 탈질을 유도하는 독립영양탈질 방법으로 황산화탈질미생물이 여러 종류의 황화합물을 황산염이온으로 산화시키면서 동시에 질산성질소를 질소 가스 형태로 전환시키는 원리를 이용한 것이다. 황산화탈질미생물은 독립영양미생물이므로 외부 탄소원이 필요하지 않아 C/N비가 낮은 폐수에 메탄올 대신 값이 싼 황 입자의 투입으로 경제적이며 처리효율이 안정적이고 운전이 쉬운 효과적인 탈질화를 유도할 수 있다.

여러 질소처리방법 중 사업장의 규모에 따라 적합한 공정을 분류해 보면 3종 사업장 이상의 대규모 사업장의 경우 일반적인 생물학적 질소 제거 공정을 적용하는 것이 적합하고, 중소 규모의 사업장이 모여 공동처리 하는 경우 황산화질산균을 이용한 처리방법, 마지막으로 소규모 사업장 중 자체처리를 하는 경우 최종 방류수를 측관 이송하여 이온교환수지로 처리 하는 방법이 적합한 것으로 판단된다. 이외에도 음이온 교환수지를 이용한 간이 처리 방법이 있을 수 있는데, 도금폐수 최종 처리수 중 일부를 측관 이송하여 연속적으로 순환하여 질산성 질소를 제거하는 방법이 있을 수 있다. 이 경우 질산성질소에 선택성이 높은 이온교환수지를 사용하게 되면 더 높은 제거효율을 기대할 수 있으며, 질소처리공정에 대한 장단점은 Table-42와 같다.

<표-42> 질소처리공정 비교

구분	적용공법		생물학적 탈질 공법		영가철사용	이온교환법
			탈질/호기공정	황탈질공법		
공법특징			미생물을 이용한 생물학적 처리 침전조 이용	황탈질 미생물을 이용한 생물학적 처리	영가철을 이용하여 질산성질소 환원	이온교환수지를 이용한 질산성질소 제거
체류시간(연속주입)			39.2hr(18hr이상)	52.4(24hr이상)	공정개선 필요 없음	이온제거에관한 결과는 있으나, 도금폐수를 대상으로한 실증설비 없음
처리수질(T-N)			25±5mg/L	40±5mg/L		
처리효율			80%이상	70%이상		
운영비용 (원/m ³)	3-11월		300원	250원		
	12-2월		1,000원	1,000원		
최저수온			18℃	18℃		
설치비용 (450m ³ /일)			4억 4천만원	9억 5천만원		
운전형태			11hr가동/13hr 공회전	11hr가동/13hr 공회전	기존 공정과 동일	
단점			넓은 부지 및 운전경험 필요	높은 설치 비용필요	약품비 상승	실증설비가 없음
적용 가능 사업장 규모			3종 이상의 공동 처리장 (처리규모 200톤/일 이상)	4종의 공동 처리장 (1일 처리규모 200톤 ~50톤)	5종 공동처리장 (처리규모 50톤/일 이하)	5종 소규모 자체 처리장 (규모10톤/일 이하)
			중대규모 이상의 공동폐수처리장에 설치 제안	소규모 공동폐수처리장에 설치 제안	소규모 폐수처리장중 최종폐수가 산성일 경우	폐수의 발생이 비정기적인 소규모 사업장에 제안

3.2.2.2 활성슬러지 공정유지

활성슬러지 공정의 경우 공정 내 호기성 미생물의 활성 상태를 양호하게 유지하는 것이 중요한데, 일부 화학업종 중 폐수의 배출량이 적은 경우 폐수처리장 운영시간이 일일 2~3시간에 불과 하게 되고, 따라서 활성슬러지내 미생물의 활성에 문제가 있을 수 있다. 특히 주말 또는 휴일 후 폐수처리장을 재가동하였을 경우 미생물의 활성 문제는 더욱 심각해진다.

이와 같은 문제의 해결방안으로는 정기적인 미생물 종균제와 활성화제의 사용을 권장한다. 미생물 종균제의 경우 폐수의 생물학적 처리용으로 개발된 미생물 제제로 활성슬러지 처리법에 탁월한 효과를 발휘하는 것으로 알려져 있으며, 활성화제의 경우 폐수 처리에 필요한 미생물의 유기 영양원등으로 구성되어 체류시간이 짧은 생물학적 처리 시스템을 적용하여 유기성 폐수를 처리할 경우 제거 효율 향상에 도움이 되기 때문에 소규모 폐수처리장을 운영하여 유기성 폐수를 방출하는 화학업종(특히 화장품 업종)에 도움이 될 것이라 판단된다. 또한, 생물학적 처리시설의 경우 미생물의 활성 상태가 좋지 않을 경우 침전지에서 침전효율이 떨어져 후단의 여과 공정에도 치명적인 영향을 미치는 것으로 판단되기 때문에 정기적인 여과 장치의 점검도 필수라고 판단된다.

3.2.2.3 계면활성제 관리

일반적으로 계면활성제의 처리 방법은 명반을 이용한 응집침전, 세라믹 막을 이용한 여과처리, 활성탄 흡착, 펜톤 산화, UV/오존 산화 등을 들 수 있다. 현재 세차장의 폐수처리과정은 대부분이 활성탄공정을 통하여 여과 공정에서 계면활성제의 처리를 기대하고 있지만, 세차장의 경우 정기적으로 폐수가 배출되기 보다는 계절에 따라 또한 요일에 따라 일과시간에 따라 처리장의 운영에 대한 변동이 심하기 때문에 일시적으로 폐수 처리량이 많아질 경우 활성탄에 의한 효과적인 계면활성제의 처리를 기대할 수 없다.

현재 계면활성제의 처리 공법으로 사용이 가능한 응집침전 및 세라믹 막을 이용한 처리 공정의 경우 처리를 위한 부지 문제 및 관리인의 필요, 시설 투자에 대한 부담 등으로 인하여 투자비용 대비 효과를 보기 힘들다.

따라서 기존의 공정을 그대로 이용하면서 활성탄 여과 전단에 UV 또는 오존 산화 공정을 추가 할 경우 경제적으로 큰 부담 없이 효과적인 계면활성제의 처리를 기대 할 수 있다.

본 연구 대상 사업장인 B 사업장은 현재 오존을 이용한 산화 공정을 통하여 계면활성제의 처리를 하고 있으며, 세차장 폐수의 경우 일부 입자성 물질과 계면활성제를 제거 할 경우 대부분의 오염물질이 제거되기 때문에 처리수중 일정 부분을 재활용하여 사용할 수 있을 것으로 판단된다.

3.2.2.4 사업장 청결상태

화학물질의 유출이 쉽게 파악이 될 수 있도록 유독물의 이송관을 건물 상단에 설치하여 관

의 파손으로 인한 누수 여부를 신속하게 파악하게 하는 것도 방법이라 할 수 있다. 또한 사업장 내부의 청결유지를 위하여 공정별 유해물질의 투입방법을 개선하고 수시로 배관 및 밸브의 부식상태를 점검하도록 한다. 필요에 따라서는 안전밸브를 설치하도록 권고한다.

3.2.2.5 화학물질 사고 발생시 대처 방안

보호 장구 비치 및 사용법 게시를 통하여 안전사고에 대비가 필요한 것으로 판단된다. 또한 유독물 방제교육을 통하여 유독물 유출에 대한 위험성 및 사고 발생 시 대처법 교육을 하는 것이 필수적이다. 그러나 소규모 영세 사업장의 경우 단독으로 방제교육을 실시하는데 어려움이 있으므로 비슷한 유독물 및 화학물질을 사용하는 동종 업종별로 그룹을 지어 실시가 필요할 것으로 판단된다. 사업장 사정상 단체로 실시하는 방제교육도 실시가 힘든 경우 비슷한 우수 사업장의 자료를 통해서라도 반드시 유독물 방제에 대한 정보를 습득하여야 하며, 특히 사업장에서 사용하는 화학물질을 목록화 하는 방안도 필요하다.

IV. 결론

인천시 관내에 소재하는 8,000여개 사업장 중 중소기업체로 환경시설개선 투자가 어려운 도금 및 표면처리업 4곳, 화학업 3곳, 인쇄회로기판업 4곳, 식품업 3곳, 세차업 2곳 등 주요 업종을 대상으로 원수, 공정별 발생폐수 및 방류수에 대하여 일반항목, 중금속, VOCs의 분석을 통하여 발생 폐수에 대한 정확한 분석 및 폐수처리 공정 개선 방안 등을 조사한 결과는 다음과 같다.

1. 도금 및 표면처리업의 주요 오염물질로 pH, SS, COD, 광유류, 계면활성제, CN, Ni, Sn, Cl, T-N, Cu, Cr 등이 발생되었으며, 방류수의 COD가 70mg/ℓ 이상으로 상당히 높고 총질소도 방류수 수질기준 60mg/ℓ 를 초과하는 경우도 있었다. 중금속은 Cr, Fe이 많은 양이 검출되었으나, 배출허용기준을 만족하였고 휘발성유기화합물은 B업체 원수에서 클로로포름이 가장 높은 농도 141.0μg/ℓ 로 검출되었다.

2. 화학업 중 화장품 제조업은 원료가 에탄올 및 유기산등의 유기용매를 많이 사용하기 때문에 원수의 COD농도가 384.2~1325.3mg/ℓ 로 높고 방류수 또한 최대 416.9mg/ℓ 로 방류수 수질기준을 초과하는 것으로 나타났다. 중금속은 미량 검출되었으며, 휘발성유기화합물 중 클로로포름이 167.0μg/ℓ 로 검출되었으나 다른 항목은 검출되지 않았다.

3. 인쇄회로기판업의 경우 COD, SS 및 중금속 배출허용기준을 만족시키는 것으로 나타났으며, 휘발성유기오염물질은 클로로포름이 6.6 ~27.0 μg/ℓ , 벤젠이 1.1~35.1μg/ℓ 검출되었다.

4. 식품업은 식품의 종류에 따라 COD가 124~4990mg/ℓ , SS가 19.2~634mg/ℓ 로 농도 차이가 크게 나타났으나, 처리수는 배출허용기준 이하로 처리하고 있는 것으로 나타났다. 중금속은 원수 및 처리수에서 모든 항목이 배출허용기준 이하로 나타났으며, 휘발성유기화합물은 클로로포름이 원수에서 142 μg/ℓ 로 검출되었다.

5. 세차업은 음이온계면활성제를 제외한 COD 및 SS 등 일반항목 모두 낮게 나타났으며, 음이온계면활성제는 원수 57.5~160.5mg/ℓ , 처리수 1.51~12.23mg/ℓ 로 일부 사업장에서 배출기준 이상으로 배출되었다. 중금속은 배출허용기준 이하일 뿐만 아니라 처리수나 원수에서 농도의

차이가 나지 않는 미량이 검출되었으며, 휘발성유기화합물 역시 검출되었으나 농도는 높지 않았다.

6. 현장조사 및 시료분석 결과 폐수처리의 문제점으로 고농도 질소처리의 어려움, 부하량이 일정하지 않은 유기성 폐수처리시 활성슬러지 공정유지의 어려움, 세차장의 계면활성제 관리 취약, 사업장 불청결 및 화학물질 사고 발생에 대한 대처 방안 미비로 나타났으며, 이에 대한 개선방안으로 고농도 질소처리를 위하여 나노 영가철 분말의 사용, 황산화탈질미생물이용 및 선택적 이온교환수지를 사용하여 질소 제거 효율을 높일 수 있을 것으로 판단되며, 활성슬러지 공정유지를 위하여 정기적인 미생물 종균제와 활성화제의 사용해야 할 것으로 판단된다. 계면활성제 처리를 위하여 활성탄 여과 전단에 UV 또는 오존 산화 공정을 추가 할 경우 경제적으로 큰 부담 없이 효과적인 계면활성제의 처리를 기대 할 수 있으며, 사업장 내부의 청결유지를 위하여 공정별 유해물질의 투입방법을 개선하고 수시로 배관, 밸브의 부식상태 점검 및 화학물질 사고 발생에 대비하여 보호 장구 비치와 사용법 게시하여야 하며, 유독물 방제교육, 유독물 유출에 대한 위험성 및 사고 발생 시 대처법 교육을 해야 할 것으로 판단된다.

참고문헌

1. 국토해양부(2008), 2007년 전국산업단지 통계
2. 경기도보건환경연구원(2005), 도금폐수 중 질소제거 연구
3. 국립환경과학원(2006), 폐수배출시설 세분류 및 오염부하 원단위
4. 국립환경과학원(2008), 유독물 영업자 사고대응 교육
5. 국립환경과학원(2007), 특정수질유해물질 확대지정 및 배출허용기준 설정 연구(6차년도)
6. 김도희(2007), 인천광역시 산업단지별 산업폐수관리실태 및 개선방안, 인천발전연구원
7. 김도희(2007), 등록물규모미만 유독물 사용업체 관리방안연구
8. 한국과학기술원·한국환경정책평가연구원(2003), 산업폐수 관리체계개선 연구
9. 한국과학기술원·한국환경정책평가연구원(2006), 산업폐수 관리체계개선방안 연구
10. 환경부(1998, 1999, 2002, 2004, 2005, 2006, 2007), 공장폐수 발생과 처리
11. 환경부(2002), 세기 산업폐수관리 정책방향에 관한 연구
12. 환경부(2003), 배출시설 등 지도·점검업무 편람
13. 환경부(2003), 산업폐수 관리체계개선 연구 최종보고서
14. 환경부(2006), 산업폐수관리체계 개선방안 연구
15. 환경부(2006), 폐수종말처리시설 설치 및 운영 관리지침 개정안
16. US EPA, Effluent Guidelines(<http://www.epa.gov/OST/guide>)
17. US EPA, Effluent guidelines and standards(40 CFR chapter I subchapter N part 401-471), 2002.
18. US EPA, National Recommended Water quality criteria (EPA-822-R-02-047), 2002.
19. US EPA, Water quality criteria, 1976.
20. US EPA, Water quality criteria, for 1986.