

우리나라 산업폐수처리장의 현황 조사 분석<1>

목 차

제1장 서론

- 1.1 연구의 배경 및 목적
- 1.2 연구의 범위 및 방법
- 1.3 조사내용

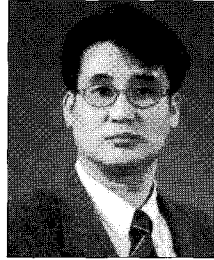
제2장 폐수처리장의 정의 및 처리방법

- 2.1 폐수의 정의
 - 2.1.1 수질 오염 물질
 - 2.1.2 특정수질유해물질
- 2.2 폐수 처리의 역사
- 2.3 폐수 처리의 목적
- 2.4 대표적인 폐수처리 방법
 - 2.4.1 물리적인 공법
 - 2.4.2 화학적인 공법
 - 2.4.3 생물학적인 공법
 - 2.4.4 기타 공법
- 2.5 폐수의 종류에 따른 처리법
- 2.6 폐수처리 System의 선정
- 2.7 슬러지 처리
 - 2.7.1 슬러지 처리 개요
 - 2.7.2 슬러지 처리 방법

제3장 분석 및 고찰

- 3.1 입찰사항
- 3.2 폐수처리장
 - 3.2.1 폐수처리장의 여러 현황
 - 3.2.2 처리장의 환경
 - 3.2.3 자가 측정 장비의 상황
 - 3.2.4 폐수 처리와 수온
- 3.3 환경 관리
 - 3.3.1 수 처리업무에 대한 만족도
 - 3.3.2 직책 및 긴급 정도
 - 3.3.3 근무 체제
- 3.4 폐수처리
 - 3.4.1 폐수 처리 방법
 - 3.4.2 배출 허용 기준에 따른 지역 비율
 - 3.4.3 처리장의 규모
 - 3.4.4 시설 운영과 실제 처리량의 비교
 - 3.4.5 슬러지량과 슬러지처리 방법
 - 3.4.6 폐수 처리의 장애원

제4장 결론



손정일 성원개발(주) 환경관리인, 단국대 산업대학원 석사논문

제1장 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

환경은 우리 인간의 삶과 직결되어 있다. 환경 파괴가 곧 우리 인간 삶의 파괴라고 한다면 정확할지 모르겠지만 맑고 깨끗한 환경은 우리 인간 삶의 원동력이 되는 것이 사실이다.

산업 사회의 환경 문제는 복잡하고 다양하며 또한 원인과 결과가 시간적, 공간적으로 다르게 나타나는 특성이 있을 뿐만 아니라 환경 오염에 의한 피해가 대규모적이고 장기적으로 나타나 이를 회복하기 위해 막대한 비용과 오랜 시간이 소요된다. 따라서 환경 문제를 해결하기 위한 기술의 수요는 여러 분야에서 발생하게 되며 그 어느 것 하나 소홀히 할 수 없는 것이 현실이다. '80년대 들어 환경 보전에 관심을 갖기 시작한 우리 나라도 '90년대 들어서 환경 오염 문제 해결에 많은 노력을 기울이고 있다.

그러나 우리나라 환경관련 기술수준이 각 분야별로 선진국에 비교해서 어느 정도 인가를 객관적이면서도 체계적으로 조사 분석된 자료는 없지만 최근 발표된 자료에 의하며 수질 분야는 선진국 수준의 30~70% 정도 수준에 머무르고 있다고 알려져 있다.[10]

따라서 본 연구는 우리나라 산업 폐수처리장의 수준(정도)을 파악하기 위하여 폐수처리장에 근무하고 있는 사람들의 인적구성과 근로 조건, 처리장과 처리시설의 실태 및 처리장의 규모·공법 등 여러가지 상황들을 조사 분석하였다. 이를 바탕으로 앞으로의 환경오염 문제를 해결하는데 얼마만큼 기여하고 나아가 계속 가속화되는 수질오염의 심각성에 대하여 해결책을 모색해 보고자 하는데 목적이 있다.

1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구는 국내 폐수처리 시설(처리장)에 종사하는 현장 실무자들에(이하 “관리인”이라 한다) 대하여 서신으로 설문 조사를 실시하여 자료를 수집하였다. 회수된 설문조사 자료 중 신뢰성이 있다고 판단되는 자료들은 중심으로 수집 정리하여 그 결과를 분석·고찰하였다.

- 1) 자료수집도구 : 질문지
- 2) 접근방법 : 우편 발송 및 반송
- 3) 모집단 : 전국환경관리인(수 처리분야 현장 실무자)
- 4) 대 상 : 전국 폐수처리장을 대상으로 무작위 표본 추출(1500업체)
- 5) 회수율 : 18.13%(272부)
- 6) 유효 표본 : 214부
- 7) 실시기간(발송기간) : 1997년 4월 21일~1997년 6월 16일

1.3 조사 내용

설문지의 조사 내용은 아래표와 같이 인적사항, 폐수처리장의 상황(실태), 관리인의 상황, 폐수처리 상황 및 폐수처리분야의 실무자로서 여러가지 실무애로사항이나 경험담으로 지적사항 등에 대하여 질문하여 조사하여 분석하였다.

인적사항에 관한 질문	성별, 나이, 전공 분야, 경력, 자격증 종류, 학력 등
폐수처리장의 상황에 관한 질문	업종 형태, 처리장 건설년도, 처리장의 위치, 처리장의 시설상태, 처리장의 환경, 악취비용, 자가측정설의 유무, 측정장비의 현황, 기기의 독립성, 불시검열, 배출허용기준 초과

	적발 여부, 지도 및 점검 받은 사항, 처리장 내의 소득 횡수, 집수 설비 등
관리인의 상황에 관한 질문	현 직종의 만족도, 급여의 만족도, 월평균 급여(상여금 포함), 관련분야 최고 직책, 어디까지 진급, 근무방법, 근무인원, 근무방법에 대한 만족도, 근무자들과의 마찰정도, 환경관련 단체 신뢰도, 수 처리업무의 조직 현황 등
폐수처리 상황에 관한 질문	폐수처리 방법의 상황, 처리공법(생물학적 처리시설의 경우), 배출허용 기준에 따른 지역 비율, 시설 용량과 실제 처리량(생물학적, 물리·화학적 처리), 슬러지(탈수 Cake)량, 슬러지의 처리방법, 처리수의 활용, 가동시간(물리·화학적 처리) 등
실무 경험담 및 지적 상황에 관한 의견	

제2장 폐수처리의 정의 및 처리방법

2.1 폐수의 정의

인류가 생활을 영위하기 위해서는 필연적으로 원료를 사용해 생산품을 얻은 후에는 폐기물(waste)이 발생하는데 이것은 고형 폐기물과 액상폐기물로 분류된다. 상수와 하수는 액상폐기물로서 다시 오수, 우수, 공장 폐수 등으로 구분된다.

폐수는 어떤 집단에 공급된 상수가 각종 용도로 사용된 후 오염되어 방류되는 혼합물로서 이를 처리하지 않을 경우 자연 환경용량을 초과해 심각한 오염 문제를 야기하고 있다. 환경보전법에 의한 폐수의 정의는 물에 액체성 및 고체성의 폐기물이 혼입되어 그대로 사용할 수 없는 물을 말하며 수질오염물질은 수질오염의 요인이 되는 물질이고 특정수질유해물질은 사람의 건강, 재산이나 동·식물의 생육에 직·간접으로 위해를 줄 우려가 있는 물질이라고 했다.⁽⁴⁾

수질오염(water pollution)은 자연계에 유입된 오염물(pollutants)이 침전·여과·확산·분산·산화·미생물 분해 등 스스로 정화할 수 있는 자정능력(self purification)을 할 수 없는 수중에 오염물질이 축적되어 일어나는 현상을 말한다. 수질오염은 상수원·수영장·양식업, 각종 재

질의 부식 등 공중보건, 복지뿐만 아니라 재산상·건강상·정신위생적으로 막대한 피해를 일으킨다.[5]

2.1.1 수질 오염 물질

수질환경보전법 제2조 2항에서는 수질오염물을 29종으로 규정하고 있는데 그것은 구리(동) 및 그 화합물, 납(연) 및 그 화합물, 니켈 및 그 화합물, 대장균군, 망간 및 그 화합물, 비롬화합물, 부유물질, 브롬화합물, 비소 및 그 화합물, 산 및 알칼리류, 색소, 세제류, 세레늄 및 그 화합물, 수은 및 그 화합물, 시안화물, 이연 및 그 화합물, 염소화합물, 유기물질, 유기용제류, 유류(동·식물성 포함), 인 화합물, 주석 및 그 화합물, 질소화합물 철 및 그 화합물, 카드뮴 및 그 화합물, 플루오르(불소)화합물, 페놀류, 황 및 그 화합물 등이다.[4]

2.1.2 특정수질유해물질

수질환경보전법 제2조 2항에서는 특정수질유해물질을 구리(동) 및 그 화합물, 납(연) 및 그 화합물, 비소 및 그 화합물, 수은 및 그 화합물, 시안화물, 유기인화합물, 6가 크롬화합물, 카드뮴 및 그 화합물, 테트라클로로에틸렌, 트리클로로에틸렌페놀류, 폴리크로리네이티드비페닐(PCB) 등 12종이 있다.[4]

2.2 폐수처리의 역사

수질오염에 대한 인류관심사는 고대 로마시대라고 하지만 실제로는 약 100년 정도의 역사를 갖고 있다고 볼 수 있다. 1871년 영국 Birmingham의 살수여상법(trickling filter), 1891년 Waring Jr.의 접촉여상법(contact bed), 1907년 독일 Imhoff Taut의 Imhoff Tank법, 1914년 Manchester Arden Lockett, Fowler 3인에 의해 발명된 활성슬러지법(activated sludge process)으로 가장 처리효율이 좋은 처리방법은 활성슬러지법이다. 그후 1925년부터 계속해 발전되어 재래공법(conventional process)인 활성슬러지법의 단점을 보완한 많은 활성슬러지 변법들이 개발되었다.

하수처리장을 최초로 설치한 나라는 영국으로 1958년 “도시 건축 구역내의 하천은 물의 일반적인 사용에 지장을 초래하지 않을 정도로 청정하게 유지되어야 한다”라고 법으로 규정했으며, 런던시는 1889년 하수를 침전처리만 하다가 1935년 생물학적 처리공법을 실시했다. 또한 1865년에는 하천오염방지왕실위원회를 설치해 수질 보호를 위한 연구 조사를 실시한 결과 1876년 하천오염방지법이 공포되었고 1936년에는 공장 폐수에 관한 조례가 공포되었다.[5]

우리나라에서는 1963년 11월 공해방지법(법률 제1436호)이 제정 공포되어 생활하수·공장 폐수 등을 보건 위생상 위해를 주지 않을 정도로 제거하다가 1977년 12월 31일 환경보전법(법률 제3078호)을 공포한 후 1986년 12월 31일 자로 제4차 개정했으며, 1989년 1월 5일 개정으로 오염물질은 배출허용기준 이하로 배출하도록 규정했다.

한편, 복합적이고 연속적으로 각종 공해가 발생되면서 큰 사회문제로 등장함에 따라 1980년 1월 15일 환경청이 발족되었으며, 특히 제5공화국은 최초로 헌법에 환경권을 도입시켰고 제6공화국은 헌법 제 35조(1988년 2월 20일)에서 “모든 국민은 건강하고 쾌적한 환경에서 생활할 권리를 가지며, 국가와 국민은 환경보전을 위하여 노력하여야 한다”라고 명문화했다. 그리고 1990년 8월 1일 수질환경보전법이 제정되어 오늘에 이르고 있다.[4]

2.3 폐수처리의 목적

폐수 중에 함유된 오염 물질을 분리 및 반응·분해시켜 안정화시키거나 무해한 물질로 감량화 또는 전환시켜 폐수가 하천이나 해면의 오염원이 되지 않도록 처리하는데 그 목적이 있다. 따라서 그 궁극적인 목적은 자연환경과 수자원을 보호함으로써 수질오염의 요인을 제거하는데 있다.

폐수처리는 주로 물리적인 방법을 응용한 단위조작(unit operation)과 화학적 및 생물학적인 방법을 응용해 오염물질을 감소화시키는 단위공정(unit process)이 있다. 이 방법 중 단위조작을 이용해 스크린(screen), 침전

(sedimentation), 부상(floration) 등을 이용한 1차 처리(primary treatment), 폐수중 부유물질과 침강성 고형물을 물리·화학적 및 용해성 유기물을 생물학적으로 처리하는 2차 처리(secondary treatment)가 있고 2차 처리에서 제거되지 않은 질소(N)와 인(P)성분, 기타 미 처리 오염물질을 처리하는 공정을 고도처리(advanced treatment)라 한다.

2.4 대표적인 폐수처리 방법

각종 생산공정에서 발생된 폐수는 다음 공법 중 적합한 방법을 응용해 배출허용기준 이하로 방류해야 하며, 처리수는 그대로 하천에 방류하는 것보다는 폐자원을 재이용·재활용하여 물자를 절약한다는 차원에서 화장실용수·세차용수·잡용수 등으로 활용하는 방법을 강구해야 할 것으로 본다.

2.4.1 물리적인 공법

물리적 힘이 적용되는 처리방법을 물리적 단위조작(physical unit operation)이라 한다. 대부분 이들 방법은 인간의 자연관찰로부터 유도되었기 때문에 폐수처리에 가장 먼저 사용되었다. 물리적 처리방법에는 스크린, 분쇄기, 침사지, 유수분리, 집수조, 혼합, 응집, 침전, 부상, 여과, 탈수, 건조, 증류, 농축 등이 있다.

2.4.2 화학적인 공법

화학약품의 주입이나 또는 화학적 반응에 의하여 오염물질을 제거 또는 변화시키는 처리방법을 화학적 단위공정(chemical unit process)이라 한다. 화학적 처리방법에는 화학적 침강, 중화, 흡착, 살균, 이온교환, 소각 산화, 환원 등이 있다.

2.4.3 생물학적인 공법

생물학적 현상에 의하여 오염물질을 제거하는 방법을 생물학적 단위공정(biological unit process)이라 한다. 생물학적 처리는 주로 폐수내의 유기물을 제거하는데 사용된

다. 생물학적 처리법에는 활성오니법(재래식 활성오니법, 접촉 안정법, 장기폭기법, Kraus법, 점감식폭기법, 단계식폭기법, 심층폭기법, 순산소법, 완전혼합법, Bio-Disc법, 고정상여재법, 여과막법 등) 살수여상법(고율여과상, 저율여과상), RBC(회전원판)법, 산화지법(폭기산화지, 호기성·임의성·혐기성 산화지, 관개법(살수관개, 둔덕-도랑관개) 혐기성 처리법(접촉안정법, 오니소화법, 질소 제거법, 고농도 유기물 소화법)등이 있다.

2.4.4 기타 공법

전기 투석법, 화석법, 염소산 주입법, 감마(gamma) 처리법, 자외선 조사법 등이 있다.

2.5 폐수의 종류에 따른 처리법

폐수 내의 주요 오염물질들과 이들의 제거에 적용되는 단위조작, 공정 방법들은 다음표에 나타내었다.

폐수의 종류(오염물질)	단위조작, 단위공정, 또는 처리방법
부유 고형물	스크린 분리와 분쇄 침사, 침전, 여과 부상분리 고분자 화학물질 첨가 응집/침전 자연적 처리(토양처리)
병원균	염소처리, 하이포염소 처리 브롬화염소(bromine chloride) 오존처리, 자외선(UV) 조사 자연적처리
생물학적 분해가능 유기물	활성슬러지 살수여상 회전생물막 접촉기 라군(ragoon) 간헐적 모래여과 물리-화학적처리 자연적처리
휘발성 유기물	탈기(air stripping) 가스제거(off-gas) 탄소흡착
질소	부유성질 질산화 및 탈질산화법 고정막 질산화 및 탈질산화법

폐수의 종류(오염물질)	단위조작, 단위공정, 또는 처리방법
질소	암모니아 탈기(stipping) 이온 교환 파괴점(break point)염소주입 자연적처리
인	금속염 주입 석회응집/침전 생물학적 인 제거 생물학적 - 화학적 인 제거 자연적처리
난분해성 유기물	탄소 흡착 3차 오존처리 자연적처리
중금속	화학적 침전 이온교환 자연적처리
용존유기고형물	이온교환, 역삼투, 전기투석

2.6 폐수처리 System의 선정

처리장 설계는 환경공학에서 가장 어려운 일 중의 하나이다. 처리공정도의 선정과 분석에는 이론적 지식과 실무경험이 필요하다. 처리공정도란 특정한 처리 목적을 달성하기 위하여 사용되는 단위 조작과 공정의 조합을 도면화한 것이다. 공정도의 예가 그림 2-1에 보이고 있다. 시설물과 부속시설의 설계 및 배치, 그리고 계획과 시방서 작성에 실무경험이 특히 중요하다. 주요 요소로는 시설 소유자의 요구 사항, 과거 경험, 규제기관의 요구기준, 공정분석 및 선정, 기존 시설과의 호환성, 비용, 환경적인 고려 사항, 및 장비, 인력 그리고 에너지와 같은 기타 고려사항 등이 있다.

2.7 슬러지 처리

2.7.1 슬러지 처리 개요

폐수처리과정에서 수중의 부유물질이 분리된 것을 슬러지라고 한다. 슬러지는 수중의 부유물이 중력작용으로 침전한 고형물로서 고형물의 양에 비례하여 훨씬 많은 양의

수분을 함유한다. 이와는 반대로 부력작용에 의해서 표면에 뜬것을 scum이라고 하고 스크린에 걸린 큰 부유물질을 Screenings라고 하는데 이들도 통상 슬러지와 함께 광의적으로 슬러지에 포함시킨다.

폐수처리 과정에서 생긴 슬러지는 오염성분이 많고 부패성이 매우 크며 폐수처리장으로부터 계속적으로 배출되므로 시설 및 운영을 위한 비용이 클 뿐만 아니라 위생상 및 환경보존의 관점에서 볼 때 위험한 잠재력을 지니고 있다.

슬러지는 함수율이 매우 높으므로 그대로 처리하기에는 용적이 너무 크기 때문에 용적의 감소, 즉 수분제거가 일차적으로 고려되어야하며 또한 부패성이 강하므로 그대로 버리는 경우 병원균에 의한 위생적인 잠재적 위험성 외에 악취, 용존산소의 고갈, 미관상의 파괴 및 기타의 해를 주기 때문에 유기물질의 기술적인 제거가 중요하다.

2.7.2 슬러지 처리 방법

슬러지 처리의 기본목표는 안정화, 살균(안전화), 부피감소, 처분의 확실성이며 현재 사용되는 슬러지 처리계통

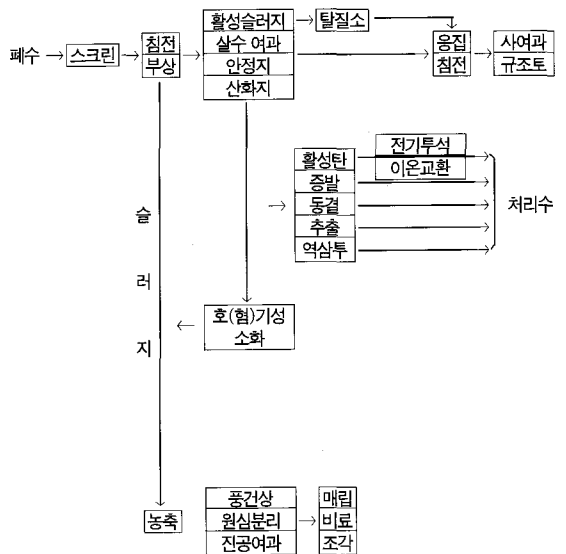


그림 2-1 일반적인 폐수처리 공정도

도에 관한 자료가 그림 2-2에 보이고 있고, 일반적으로 슬러지는 예비조각 → 농축 → 소화(안정화) → 개량 → 살균(안전화) → 탈수 및 건조 → 최종처분 순으로 처리된다.

(1) 슬러지 농축

농축(thickening)은 슬러지 내의 수분을 탈리시켜 수분 함량을 줄이고 상대적으로 고형물 함량을 증가시키는 방법으로 수분을 분리 제거한 만큼 슬러지 용적을 감소시키는데 목적이 있다. 대체적으로 폐수처리장에서 생산되는 슬러지는 수분함량이 높으므로 무선 농축을 시키는 것이 바람직하다.

(2) 슬러지 소화

농축된 슬러지는 그대로 이용될 수도 있으나 통상 더 처리된다. 슬러지 소화(sludge digestion)는 슬러지의 유기물을 제거하고 슬러지량을 감소시키는데 목적이 있다.

(3) 슬러지 개량

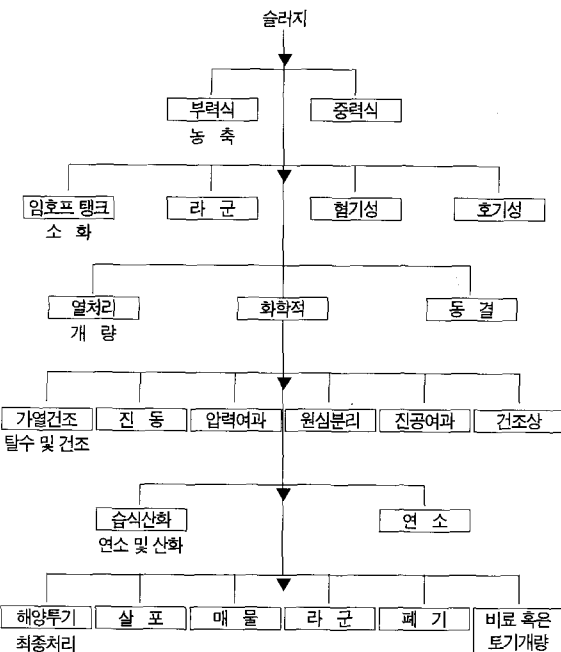


그림 2-2 슬러지처리 계통도

슬러지의 개량(sludge conditioning)은 슬러지를 탈수하기 전의 전처리로 슬러지의 탈수성을 좋게 하기 위해 실시된다. 개량방법에는 여러 가지가 있으나 약품처리와 열처리방법이 가장 많이 사용된다.

(4) 슬러지 탈수

슬러지와 같은 압축성인 것은 중력 탈수가 곤란하므로 일반적인 압력진공압 또는 원심력 등의 고도의 기계력을 이용하여 탈수를 행한다.

(5) 슬러지의 최종처분

물리적, 화학적 혹은 생물학적 처리에 의하여 슬러지가 제거된 고형물은 앞에서 설명된 여러 가지 방법에 의하여 농축 및 안정화된 다음 최종처분을 위하여 부피가 감소된다.

따라서 최종처분이 슬러지의 안정화나 부피감소의 정도를 결정하게 된다. 또한 슬러지의 최종처분에 관한 문제점으로는 슬러지량의 증가, 슬러지 전용처리시설의 부족으로 탈수케이프 처분의 곤란, 매립지의 미확보 등이 시급한 실정으로서 슬러지 처분의 최종처분은 슬러지의 특성 환경에 미치는 영향 등을 고려해야 한다.

슬러지의 처분의 방법으로는 매립, 토양주입(퇴비화), 소각재의 이용, 해양 투기 등의 방법이 있다. 이중 매립 혹은 슬러지의 토양주입은 슬러지 처분에 가장 흔히 사용되는 방법이다. 슬러지의 토양주입은 슬러지 처분방법으로, 또는 나쁜 땅을 개량하는 방법으로, 또는 슬러지 내의 영양소를 이용하는 방법으로 널리 사용되고 있다. 그러나 매립장의 수와 용량이 감소되고 환경과 사회적, 경제적인 요구를 만족시키는 새로운 매립지를 찾기가 점점 어려워지고 있으며 구리(copper)와 같은 일부 성분은 규제 제한 때문에 매립과 토양주입 대신 대부분의 도시에서는 슬러지 소각을 광범위하게 사용하고 있는 실정이다.