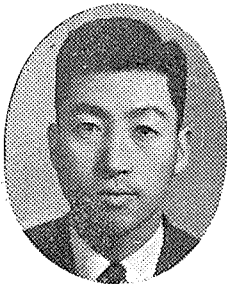


공장 폐수와 處水方法.....	맹	중	재
都市 및 産業公害.....	權	肅	杓
大氣汚染.....	朱	吉	和
騒音 및 振動과 公害.....	車	喆	煥



공장 폐수와 處水方法

국립공업연구소 맹 중 재

1. 서 언

계곡을 흐르는 잔잔하고 맑은 물은 주위의 아름다움을 돋보이게 하며 이른바 풍치지구는 맑은물과 푸른 초목들로 조화되며 이루어진 것이다. 근래 산업이 급격하게 발전하고 인구가 도시로 집중하는 현상과 더불어 각종 사업체와 공장에서 막대한 양의 공장폐수를 각하천에 배출하기 때문에 하천에 흐르는 표류수가 심

하게 오염되는 현상을 초래하기에 이르렀다. 공장에서 배출되는 공장폐수는 공장에서 여러 공정을 거치는 동안 이루어져야 할 수 없는 도시하수와 견주어 다양하고 배수량이 많은 까닭에 도시하수와는 다른 형태의 부하량을 하천에 계속 부여하고 결과적으로 하천의 중요한 기능중의 하나인 하천수의 자정작용(自淨作用, Self Purification)을 마비시켜 회복하기 힘든 하천수의 오염결과를 초래하고 있다. 산업이 발달한 구미 여러나라는 다 함께 하천의 오염으로 어려운 사회문제를 안

고 있다. 미국은 전국적으로 오염으로 인한 하천수의 정수운동을 활발하게 전개하고 있으며 1969년부터 1973년까지 5년간에 무려 260억\$~290억\$를 투자하여 하천의 맑은 물을 되찾으려고 애쓰고 있으며 결과에 대하여 만족스러울 것인가 회의하고 있다. 그리고 많은 미국사람들이 공업화가 발달하였던 1930년 초기에 근본적인 하천오염에 대한 대책을 소홀히 다룬것에 대하여 몹시 후회하고 있다. 일반적으로 하천의 표류수가 심하게 오염되면 주위 환경이 더럽혀질뿐 아니라 농업, 수산업, 그리고 하류에 위치한 공장들이 오염된 수자원을 공업용수로 사용하게 되므로써 각 공장에서 요구하는 수질을 필요량 취수하는데 보다 더 멀리 떨어진 거리에서 그리고 수질을 개질하는 처리 공정이 더욱 복잡하여 지고 시설이 방대하게 되라 결과적으로 처리 비용이 상승함을 피할 수가 없다.

공장폐수와 도시하수는 다 함께 하천 수와 모든 수자원을 오염하는 근원이며 일단 심하게 오염된 수자원은 농업, 수산업 또한 용수산업형의 여러 생산공장에 이루 해어질수 없는 손해를 끼치는 악순환을 유발하기 마련이다. 우리나라는 광공업등의 2차산업이 급격하게 성장하는 즐거움을 누리는 이 시점에서 공업화된 구미 각국의 경험을 토대로 오늘날이야 말로 공장폐수로 말미암은 하천오염을 진지하게 생각하고 다룰때가 되지 않았나 생각하여 봄직하다.

2. 공장 폐수와 공장폐수로 인한 여러가지 장해 현상

2-1 공장폐수의 종류

광공업의 여러사업장과 공장에서 배출되는 공장폐수는 사업장의 제품과 제조 공정에 따라서 배수량과 공장폐수의 수질이 시간에 따른 변동이 심하여 실로 천태만상이다. 그러나 공장폐수는 ① 현탁성 부유물질을 많이 포함하는 폐수, ② 각종 유기화합물을 주로 많이 용존하고 있는 폐수 ③ 유기 화합물이 많이 함유된 폐수와 ④ 유리산, 유리알카리로 인해서 산성 또는 알카리성 공장폐수 ⑤ 가열된 상태로 배수되는 열오염(Termal pollution)배수등 여러형태로 나누어진다.

①은 우리나라의 경우, 제지공장, 피혁공장 등의 유기화학공업, 섬유정련공장, 오염공업폐수, 안료공장과 석탄, 광석 등의 정선공업의 폐수가 이에 속한다. ②는 식품가공업, 양조공업, 섬유업의 전후 처리 및 염색가공업의 공장폐수 ③과 ④는 금속도금공업, 금속표

면의 세정, 무기화학공업 등이 주이고 ⑤는 화력발전소와 대규모 화학공업에서의 냉각순환수가 이에 속한다. 이밖에도 생산으로 인한 염색가공업과 악취를 수반하는 각종 공장 폐수등 종류도 허다하다.

2-2 하천의 자정작용

공장 폐수와 도시하수는 하천수를 오염하며 오염 물질(pollutants)은 유기 화합물이 차지하는 비중이 크다. 하천에 도입된 유기화합물을 주성분으로 하는 오염원은 하천수에 기생, 서식하는 여러가지 미생물군의 작용을 받아서 공기중의 산소를 공급받아 서서히 분해되어 호기성 미생물군에 의하여서는 물과 탄산가스로 그리고 혐기성 미생물군에 의해서 methane, H₂S 가스 등으로 분해된다. 그러므로 하천수에 용존산소가 충분하고 하천수에 도입된 오염원의 부하량이 많지 않으면 하천수의 여러 기능 중의 하나인 자정작용을 영위하며 유기화합물을 분해하는데 소비된 용존 산소를 공기와 재 흡기 되어서 흡수하므로써 맑은 하천수를 유지한다. 그러나 유기화합물들의 오염원이 한계부하량을 넘으면 사하천(死河川, dead river)이라고 불리워져서 하천의 정화기능을 상실하고 도시하수와 공장폐수등 오염된 물을 배수하는 매개체로 전락한다. 하류에 위치하는 하천수의 이용자가 사용하는 물은 상류에서의 공장폐수, 도시하수, 농업관계 용수등으로 여러번 반복 이용되고난 다음의 물을 사용하게 되는것이다. 미국 ohio 강물에 대한 조사는 Mississippi 강에 도달하기까지 평균 7번을 사용되는 결과로 밝혀져 있다. 따라서 자기 정화기능을 상실한 하천수는 하류에서의 이용자에게 더 없는 불편과 손해를 입히며 회복 할 수 없는 오염수질(汚濁水質) 상태를 야기시켜 여러가지 공해문제를 유발하게 마련이다.

2-3 공장폐수가 미치는 공해

방대한 양의 공장폐수는 하천수를 심하게 오염시킬 뿐 아니라 하천수의 자정 작용에 극히 나쁜 영향을 주며 심하면 자정작용의 기능을 마비시키기도 한다. 공장폐수는 또한 공중위생과 생활환경에도 직접 간접으로 여러가지 피해를 주어 공공상수도 수원의 수질기준을 위협하기도 한다. 서울특별시에서 한강하류의 수영장開放을 몇차례 중단하는 조치등은 좋은 예가된다. 특히 농업 관계 용수의 이용율이 많은 우리나라는 농산물에 그리고 임해공업단지의 개발과 함께 수산업에도 또한 많은 공해현상을 유발하기 비롯하였고 피해보상문제등 생소한 사회문제를 차츰 이르고 있다.

2-3(1) 농작물에 주는 영향

공장폐수가 농작물에 미치는 영향은 ① 공장폐수에 용존된 유독성 물질에 의한 식물의 직접적인 피해와 해독성 물질이 토양에 흡수 또는 흡착된 결과 토양성분이 악화되어서 발생하는 간접피해 등으로 집약된다. 농작물에 나쁜 영향을 미치는 공장폐수 중에는 액성이 산성 또는 알칼리성의 폐수 중금속을 많이 함유하고 있는 폐수 일수록 피해가 크다. 그런 반면에 팔프공장 폐수가 수답농작물에 오히려 좋은 현상도 있고 때로는 미량의 합동 아연등의 공장폐수는 미량 비효성분을 공급하는 결과가 되는 경우가 드물게나마 알려졌을 뿐 거의 다 공장폐수로 인한 피해로 알려진 것이 많다. 특히 500 ppm 아연 1,000 ppm 비소 등이 함유된 공장폐수는 대개 농작물에 심한 해독작용을 주며 심지어는 고사(枯死)하기에 이른다. 우리나라의 수답은 산성 토양의 경향이 짙어서 중금속은 응해시키는 경향이 있으므로 더욱 나쁜 영향을 준다.

2-3(2) 수산업에 미치는 영향

공장폐수중에 함유된 유해성분이 수산업에 미치는 영향은 ① 납, 동, 수은 등의 중금속, 시안화합물, 석탄산, 농약 등의 극약물의 PH를 변동시켜주는 산 알카리, 용존산소를 소비시키는 황화수소, 등과 같은 환원성 물질등이 있고 ② 수온에 영향을 미치는 냉각배수 용존산소를 감소시키는 환원성물질, 색상을 나쁘게하는 염료 탁도성분, 등이 어류의 생활환경을 급변시켜서 일으키는 장애가 있다. 탁도와 현탁성 물질로 인해서 어류의 아가미가 막혀 질식에까지 이르는 경우가 있다는 사실이 알려져 있다. ③ 어류에 해독성 물질이 함유된 폐수는 아니나 BOD를 증가시켜주는 Pollutants로 인하여 용존산소를 감소시켜주는 유기화합물 등도 나쁜 영향을 준다. ④ 공장폐수중의 기름냄새가 나는 화합물로 인해서 수산물의 상품가치를 떨어뜨리는 피해 등으로 크게 나눌 수 있다.

3. 공장폐수 처리방법

공장폐수의 조성은 제품의 종류와 제조과정, 공장의 규모에 따라서 수질과 수량에 많은 변동이 뒤따르며 같은 종류의 공장이라 할지라도 공장폐수의 배출 과정과 관련하여에 따라서 또한 공장폐수로 부터 유용한 회수에 대한 배려 유무에 따라서도 판이하게 달라진다. 우선 공장 폐수를 처리하기에 앞서 배출되는 공장폐수

에 대하여 사용하는 원료와 각각의 공정 심지어는 사용한 공업용수의 수질 등에 대하여도 면밀하게 주기적으로 조사할 필요가 있다. 폐수의 양은 시간에 따라서 변동이 있으므로 시간당의 최대유량과 최소유량 공정마다 배출되는 폐수의 수질을 각각 정확하게 파악하여 서로 혼합할 것인가 또는 단독으로 따로 정리하는 것이 편리할 것인가에 대한 면밀한 조사도 뒤따라야 한다. 공장폐수는 또한 방류하는 위치 즉 하천이나 바다냐에 따라서 처리후 방류수의 수질도 고려하여야 한다. 내륙에 위치한 공장에서 배출되는 공장폐수의 수질기준은 하류에서 하천수의 이용율을 참작하여서 결정하는 것이 타당하겠지만 방류수의 수질기준 설정은 현재 우리나라 하천계에서 정확하게 조사 설정된 것이 없어서 기초 조사가 완성되기를 기다려야 할 위치에 놓여 있다. 공해방지법에서 규정한 공장폐수 방류수질 기준이 지금으로서는 유일한 기준이다. 실제로 조성이 다양한 공장폐수는 폐수의 형태에 따라서 여러가지 처리방법을 간단하게는 단일 방법으로 또는 여러가지 처리방법을 다 응용하고 있다.

공장폐수 처리방법은 이를 크게 나누어서 ① 물리적 처리방법 ② 생물화학적 처리방법 ③ 화학적 처리방법으로 분류하며 처리하고자 하는 공장폐수에 대하여 가장 경제적이고 번거롭지 않은 처리방법을 선정하는 것도 참으로 중요하다.

3-1 물리적 처리방법

공장폐수는 물리적 방법으로서 완전한 처리를 기대할 수는 없으나 운전비와 경상유지비를 가장 적은 비용으로 처리할 수 있는 방법이다.

우선 입도가 비교적 큰 현탁성 물질과 부유 고형물은

① Screen으로 분리시켜서 일부를 제거한다.

② 폐수의 표면에 부상한 유지분 Scum류는 표면을 Scraping 하므로써 대부분 액상으로부터 분리 제거할 수 있다. 특히 기름은 유액 분리장치로 일차 분리하고 환경하게 부상할 수 있는 물질은 침강지나 포말분리장치에서 완전히 분리한다.

3-1(1) 자연침강

현탁성 부유물이 많이 함유된 공장폐수는 일단 오랜 시간을 정지시켜서 증력하에서 자연침강시켜 물리적인 방법으로 제거하는것이 중요하다. 이 자연침강법은 공장폐수의 조성이 시간의 경과에 따라서 조성의 변동이 심한 공장폐수인 경우는 생물화학적 처리나 화학적 처

리에 앞서서 조성의 균일화에도 도움이 된다. 팔프공장폐수, 제지공장폐수 광석의, 선별공장폐수, 요업원료, 경선공장 폐수와 같이 장시간 방치하여도 부패하지 않는 조성의 폐수는 체류시간이 오래일수록 침강효과가 크지만 부패성 유기화합물을 주성분으로 하는 공장폐수는 부유물질의 부패, 침강물질의 혐기성, 미생물군에 의한 분해현상으로 인해서 생성된 분해가스 즉 메탄 H₂S 등의 가스가 발생하므로써 침강된 floe 등이 다시 윗부분으로 확산하는 경우가 있으므로 그런 공장폐수는 체류시간을 오래 유지하지 않는 것이 효율이 좋다. 대부분의 현탁성 부유물질과 유기물, 화합물을 자연 침강 법으로 침강 분리가 가능하다. 침강된 Sludge는 Sludge Scraperlink belt 등으로 주기적으로 분리 제거 한다. 비중이 물보다 적은 유지류와 Scum 그리고 기름류는 표면에 부상하므로써 아울러 제거가 손쉽다.

3-1 (2) 침전농축

자연침강법은 광대한 부지면적을 필요하기 때문에 공장대지가 협소한 곳에서는 기계적인 구동장치(驅動裝置)를 장비한 Compact 한 강재 침전장치를 즐겨 사용하는 경향이 있다. 이런 목적으로 사용하는 장치는 대부분 몇개의 Separate Chamber 로 나뉘어 구성되어 있고 공장 폐수를 회전시켜주는 장치가 마련되어 있다. 다음에 흔히 사용하는 장치명칭 만을 열거 한다.

- ① Thickener
- ② Accelerator
- ③ Sludge blanket type forced Ciroulater

3-1 (3) 포말분리(泡沫分離)

현탁성 부유물질을 농축 제거하는 방법으로 계명활성제 소량을 첨가하고 밀 부분에서 공기를 미소한 입자상태로 분산 방출하므로써 적은 기포를 발생시켜 거품위에 현탁성 물질을 무처리 표면에 부상시켜 분리하는 방법이며 실제로 제지공장의 백수에서 섬유소 회수법으로 많이 활용되고 있다.

3-1 (4) 기타물리적 방법

외국에서는 땅속깊은 곳에 폐수를 가압하여 사수 처리하는 경우도 때때로 있다. 특히 방사성 물질을 함유하는 radioactive waste 의 한 처리방법이다. 산간 계곡에 살수하여 흘러내리게 하는 동안 낙엽층과 암석층에서 여과되고 미생물군의 도움으로 분해 정화시키는 방법도 이용하며 광대한 lagoon 을 마련하여 오랫동안 서서히 부패 분해 하기를 기다려 방류하는 경우가 다 물

리적 처리 방법 중의 한 응용법이다. 후술하는 생물화학적 처리 방법은 처리수를 후에 공업용수로 재사용(Waste renovation)하고져 할때 탈취(脫臭), 탈색(脫色)의 목적으로 여러가지 흡착제(吸着劑)에 의한 흡착처리를 하는경우도 드물게 있다.

3-2 생물화학적 처리방법

하천의 중요한 기능중에서 하천수의 지정작용은 하천수에 기생, 서식하는 각종 부패 미생물, 즉 호기성 박테리아와 혐기성 박테리아의 도움이 있어서 비로서 가능하다. 유기 화학물질을 비교적 많이 함유하고 있는 공장 폐수는 공기중의 산소를 충분히 공급하여 용존산소가 공장폐수중에 많이 함유 되어 있으면 호기성 미생물군에 의하여 산화 분해되며 공장폐수중의 DOB 를 유발하는 원인이 되는 유기화학 물질을 물과 그 산화 탄소로 분해 제거한다. 미생물군에 의한 생물화학적 분해과정에서 생성되는 energy 를 이용하여 세로미생물군의 세포질이 생성되며 유기물의 대사가 계속되는 동안 영양원으로서 분해시켜서 공장폐수를 처리 정화 할수 있다. 이 방법을 활성오니법(活性汚泥法, Activated Sludge process)이라고 한다. 반면에 산소가 전혀 공급되지 않는 환경에서도 혐기성(嫌氣性) 미생물군의 도움으로 유기화합물을 발효시켜서 분해 제거처리하는 혐기성 소화법(消化法, Anaerobic digestion Process)등으로 분류하여 생각한다.

3-2 (1) 활성오니법(活性汚泥法, Activated Sludge Process)

활성오니는 공장폐수중의 용해성 유기화합물 뿐 아니라 현탁성 부유물 등을 2 의 표면에 일단 흡착한다. Colloidal 이 흡착기구는 확정된 정질은 구구하여 알려져 있지않으나 활성오니의 gel 상(狀) 구조에 힘 입은 바가 크다는데 공동적이다. 이외에도 정지적인 인력 충돌, 화학반응, 생물작용 등이 관여한다고 이해되고 있다. 이런 현상을 biosorption 이라 불리운다. 활성오니는 폐수와 합쳐져서 10~30 분간이면 거의 biosorption 이 끝나고 흡착된 유기화합물은 폭기과정에서 산소를 공급 받아 호기성 미생물군의 대사의 대상이 되어 분해되며 2산화탄소(CO₂)와 물로 분해 처리된다. 이때 증식된 활성오니는 일부는 반송(返送)되지만 3/4는 건조후에 소각 처리하거나 소화법(消化法)으로 다시 분해처리한다. 활성오니법은 환경에 잘 순응하여 종전에는 거의 불가능 하였던 안전한 유기화합물과 씨안화합물(CN 化合物)도 분해가 가능하다고 알려져 있다. 활

성오니법은 fapered aeration step aeration 등 폭기방법을 개량한 공정을 도입하여 modification 된 여러 운전방법이 효과적으로 이용되기도 하며 완전혼합법 biosorption 과 폭기조작을 분리하는 편법도 흔히 응용되고 있다.

3-2(2) 산수 여상법 (Trickling filter Process)

활성오니법의 일종이나 호기성 미생물군을 여과재(혹은 담체)에 고정, 발육시켜 처리코져 하는 공장폐수를 여과상 표면에 고르게 살포하므로써 공장 폐수와 여과층을 향류(向流)로 올라오는 공기와 접촉시켜 유기화합물을 분해 처리하는 방법이다. 이 방법은 조업이 간편하고 공장폐수중의 BOD 부하(負荷)나 처리 효율을 광범위하게 변화 적용시킬 수 있는 반면에 담체에 부착된 호기성 미생물군의 생물막을 인위적으로 조절하기 힘든 결함이 있다.

3-2-3 혐기성 소화법(嫌氣性 消化法, Anaerobic digestion process)

BOD가 10,000 ppm을 훨씬 넘는 즉 유기화합물이 농후(濃厚)한 공장 폐수를 처리하는데는 혐기성 소화법(嫌氣性 消化法, Anaerobic digestion Process)을 응용 처리한다. BOD 부하가 큰 세모폐수(洗毛廢水)나 양조공업폐수를 일정한 온도로 유지된 밀폐용기에서 산소의 공급을 차단하고 혐기성으로 부패와 발효시켜서 methane을 주성분으로 하는 가스를 발생시켜 분해 처리한다. 본 방법은 활성오니법에서의 잉여 활성오니를 액화 분해시키는 목적으로 많이 이용된다. 또한 본법으로 처리한 공장폐수는 잔류 BOD가 2~3,000 ppm이 남아 있는 경우가 흔히 있으므로 2차적인 활성오니법으로 고급처리함이 좋다.

3-3 화학적 처리방법

화학약품을 이용하여 공장폐수의 액성조성 유동물질을 무해하고 안정한 형태조의 전환 물에 난용성 물질로 화학적인 변화를 이룩하기 위한 처리방법이다. 화학적 처리방법은 약품의 공급량이 과다하면 과잉침가한 약품으로 인한 2차적인 부작용을 주의하여야 한다. 또한 정상 운전유지비가 다른방법과 견주어 많이 필요한 것이 아울러 흠이다.

3-3(1) 응집, 침강, 처리(凝集, 沈降, 處理)

현탁성 부유물이 많은 공장폐수는 단순히 물리적인 자연침강 만으로는 시간이 오래걸리고 또한 불완전하다. 제지공장 폐수 등은 환산반토($Al_2(SO_4)_3, NH_2O$) 등의 응집제를 첨가 응집 침강시켜서 굉장히 맑은 상층액으로 처리한다. 소요되는 설비는 flocculator, 침강지 등이 장치로서 필요하다.

3-3(2) PH 조정(調整)

공장폐수의 액성이 유리산, 유리, 알칼리로 인해서 산성, 알칼리성인 경우가 있다. 액성이 산성인 경우는 값싼 소석회죽을 첨가하여 중화하거나 쥘 Scrap 층을 통과시켜 유리산을 감소시킨다. 알칼리성 일때는 Stack gas 등으로 포함시켜 조절하는 것도 좋은 방법이다.

3-3(3) 산화 및 환원(酸化 還元)

크롬을 함유하는 공장폐수등은 환원제를 첨가하여 Cr^{6+} 을 Cr^{3+} , Cr^{2+} 로 환원시켜 침강하는 Cr의 수산화물을 제거 분리한다. 용존 산소를 회복하기 위해서 U_2 가스로 유기 화합물을 산화함과 아울러 소독작용에도 이용하며 같은 목적으로 Ozone(O_3)도 일부 응용한다. ■

