

효율적이고 안정 관리를 위한 산업폐수 처리기술 <마지막회>



전 병 준

(주)프라임텍인터네셔널
기술영업본부 이사

목 차

1. 산업폐수 처리를 위한 기초 개념

- (1) 현탁 입자의 제거방법
- (2) 슬러지의 침전 부상처리
- (3) 용해성 물질의 제거방법
- (4) 저농도 유기물의 제거방법
- (5) 무기성 오염물의 제거방법

2. 석유화학 공장의 폐수처리

- (1) 정유공장의 폐수처리
- (2) 일반 석유화학 공장의 폐수처리

3. 제지·펄프공장의 폐수처리

4. 합섬·염색공장의 폐수처리

5. 식물공장의 폐수처리

6. 제철·철강공장의 폐수처리

7. 이수·위생처리장의 폐수처리

8. 특정 오염물질의 처리기술

9. 폐수처리 신기술에 대한 이해

10. 폐수 재활용기술과 안정관리

8. 산업폐수의 재활용을 위한 주요 사항

가. 처리공법별 주요 고려사항

전술한 바와도 같이 산업폐수를 Reuse하는 것은 대단히 어려운 것이고 이를 재활용하기 위해서는 처리공법의 결정에 앞서 여러 가지 오염원에 대한 파악과 처리방법의 검토가 선행되어야 한다. 또한 처리공법이 최종적으로 선택되어 채택된 이후에도 장기적인 안정운전을 위해서는 처리공법에 따라 안정운전을 위해 고려해야 할 사항들이 존재한다. 본란에서는 지금까지의 산업폐수처리의 기술연재를 마무리하면서 폐수 재활용을 위해 일반적으로 사용되는 설비공법별의 문제점과 주의사항을 다루고자 한다.

이들 재활용을 위해 사용되는 대부분의 처리공법들은 크게 물리적인 처리와 생물학적 처리의 기존의 방법들을 개선한 정도에 그치는 것이 일반적이나, 감압증발법/Microfilter/RO막처리/오존산화처리 등을 이용하는 정도가 보다 강화된 수준의 용해성분을 제거하기 위한 방법에 해당될 수 있을 것이다.

또한, 연속운전을 실시하다 보면 폐수처리의 상황에 따라 재활용설비에 대한 부하량이 변화될 수 있으므로 이러한 부분을 고려하여 처리수의 오염도가 상승한 경우

《 표 10-19. Reuse 용도별 시스템 구성의 예 》

용 도	제거대상	시스템 구성
잡 용 수	· 유기물 · 색도 및 취기 · 현탁오염물	방류수 → 살균처리 → 활성탄흡착 → Micro filter → 세척 및 잡용수 (필요시 자외선 살균)
야 적 장 Spray water	· 현탁 오염물 · 색도 및 취기	방류수 → Sand filter → 활성탄흡착
Boiler 급수	· 용존염류 및 유기물 · 이온	방류수 → 역상류식 Sand filter → Micro filter → Ultra filter → RO → Ion 교환수지
공 업 용 수	· 유기물 · 이온	방류수 → Sand filter → 활성탄흡착 → Micro filter → RO
	· 기타 방법	감압증발법 → Sand filter → 활성탄흡착 방류수 → Sand filter → 오존산화 → 활성탄흡착

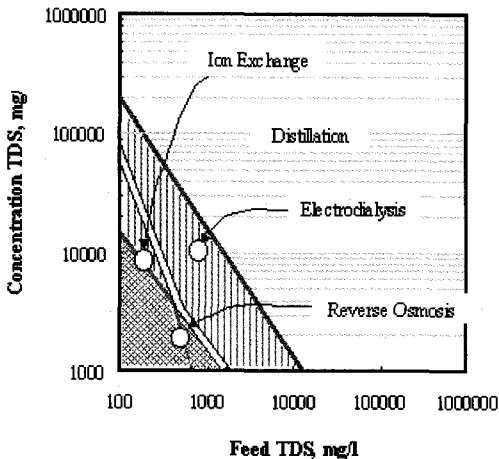
에는 재활용설비의 처리수량을 일시적으로 감소시켜 운전하는 것도 바람직할 수 있다.

우선적으로 수중의 이온을 제거하기 위해 사용되는 RO설비나 이온교환설비의 경우에서도 이러한 장기적

인 안정처리영역을 벗어나는 1차 처리수가 공급될 경우에는 하기의 표를 고려하여 처리수량을 결정하는 것도 가능할 것이다.

나. Membrane 및 Filter 처리시 고려사항

[그림10-15. 이온제거 방법별 보급수 이온농도의 관계]



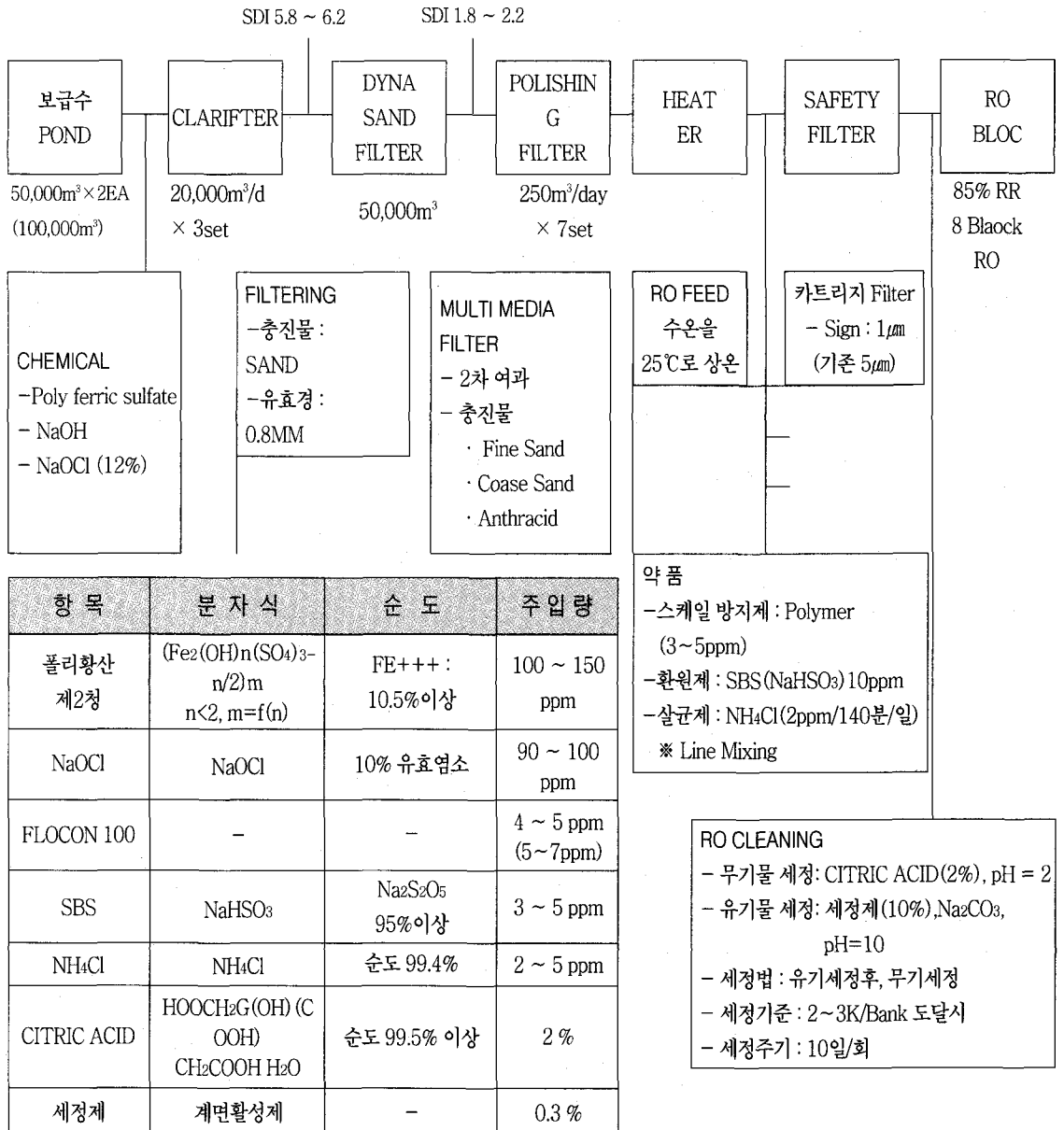
[그림10-15]에 나타낸 바와 같이 Membrane이나 이온교환을 이용하여 수중의 이온성분을 제거하여 공업용수로 재활용할 경우, 수중의 염류농도가 과도할 경우에는 장기적인 운전이 어려울 수 있다. 이는 수중에 존재하는 제거대상물의 농도가 높게 되면, 처리설비의 부하가 증가되기 때문으로서, 가장 기본적인 사항에 해당된다.

이는 Membrane처리와 같은 처리방법이 갖는 가장 큰 단점에 해당되는 Pore(공극)의 폐쇄문제가 전처리를 통해 일반적인 오염물(SS등)은 모두 제거되었다고 하더라도 TDS에 의해 일반적으로 지배되기 때문이다. 통상적으로 TDS에 의해 처리가 처리공법별 가능한 허용농도를 규정할 수도 있으나, 가급적이면 안정적인 운

전을 위해서는 낮은 농도에서 운전될 수 있도록 전처리를 위해 사용되는 Chemical의 사용량이나 처리공법을 유연하게 운전하는 것이 바람직하다.
또한 Membrane처리를 통해 폐수를 재활용할 경우에

는 반드시 전처리에서 살균처리의 강화가 필요하며, 이는 다년간의 수처리 경험상 가장 일반적으로 장애를 일으키는 원인중 하나가 바로 미생물에 의한 설비의 장애 현상으로 조사되기 때문이다.

【 그림 10-16. RO설비를 이용하여 고염류수 공업용수를 생산하는 Flow 예】



살균처리에 있어서도 기존의 “산화처리+환원제처리” 방식보다는 안정적이고 지속적인 처리가 가능한 비산화성 살균제를 미량이나 연속주입하는 방식이 안정관리를 위해서는 바람직한 것으로 사료된다.

RO막은 오염도가 증가하면 주기적인 세정을 통하여 막표면에 부착된 오염물을 제거하여 연속운전이 가능하도록 복구하는 작업이 필요하다.

일반적으로 RO막의 세정은 가동초기운전 상태에 비하여

- 생산수량이 15% 감소하거나 염투과율이 15%이상 상승하는 경우
- 차압 발생이 초기대비 15% 상승한 경우
- 운용 입력이 초기대비 15% 상승한 경우

에 실시하는 것이 일반적이며, 세정방법은 물리적 세정(운전 중 수시로 실시)과 화학적 세정(유기물세정과 무기물세정)으로 진행되는 것이 일반적이다.

이와 함께 장기간에 걸쳐 휴지를 할 경우에는 단/장기간의 휴지방식에 따라 보관하는 것이 미생물에 의한 막손상을 방지하는 방법이다.

다. 증발농축을 이용한 재활용 처리시 고려사항

일반적으로 증발농축에 의한 재활용방법은 에너지비

용이 높기 때문에 감압을 실시하여 증발온도를 감소시키는 방법을 채용하는 것이 일반적이었다.

그러나, 이러한 시도에도 불구하고 증발에 의해 유발되는 염류의 농축에 의한 스케일의 발생이나 열효율의 저하문제는 연속적인 운전을 방해하는 주요한 원인이 되므로 이러한 스케일의 부착이나 농축에 의한 염의 석출방지를 위한 노력이 증발농축에서는 반드시 예방되어야 할 과제였다.

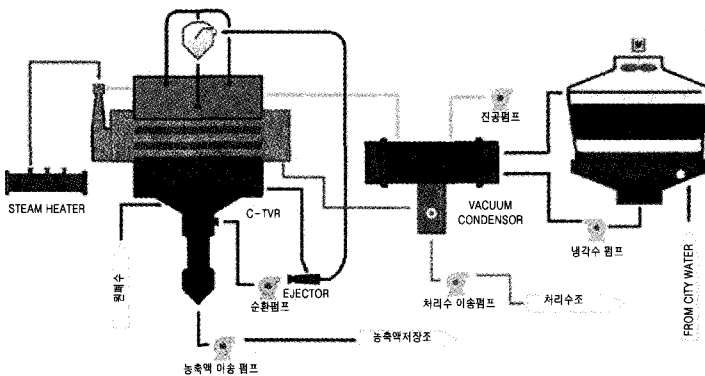
최근에는 기존의 감압증발법을 개선한 설비들이 소개되고 있는 실정이므로 그 예를 나타내었다.

상기에 나타낸 세정식 감압증발 시스템은 증발관에 증기이젝터(STEAM EJECTOR)를 이용한 예로 저농도 용 폐수의 증발에 이용되는 단순형의 작동원리에 대한 예이다.

이는 기존의 단점을 보완하기 위해 진공펌프(Vacuum Pump)에 의하여 증발기의 내부가 낮은 압력을 낮추고 증발기 내부에 일정량의 원수가 채워지면 순환펌프(Circulation Pump)가 가동되어 증발기 내부의 액을 강제 순환시키도록 구성하였다. 또한, 순환액은 상부에 장착된 특수한 노즐(Nozzle)을 통하여 전열관(Tube)의 상부에 고르게 살포되고 농축기로부터 증발된 증기가 Tube의 외부에 얇은 막상으로 흘러내리는 순환수(Circulation Water)와 열교환하여 응축되고, Tube외측의 순환수중의 일부는 증발하게 하여 열효율을 높이게 하였다.

이와 같은 과정이 진공상태에서 연속적으로 이루어짐에 따라, 원수중의 용존물질은 요구농도까지 농축된 후 계외로 배출되고 증발된 증기는 잠열을 재이용하다 응축, 배출됨으로써 실제 보충되는 열량은 원수를 계내의 온도까지 올리는 열량과 계내에서

【 그림 10-17. 기존의 감압증발법을 개선한 세정식 TVR system의 예】



증발 및 응축이 일어날 수 있는 최소 온도차를 줄 수 있는 열량이면 충분하다.

이와 함께 폐수속에 녹아있는 염류는 장치의 부식이나 수명을 단축시키는 결과를 초래함은 물론 그 자체가 BPR(Boiling Point Rise)을 유도하여 폐수의 증발시 끓는점을 상승시킴으로써 에너지 효율을 저하시킨다. 또한 원액의 고농축으로 인하여 수분은 증발하고 잔류물은 결국 결정화되어 증발관에 막대한 Scale을 형성함으로써 장치의 성능을 저하시킨다.

이같은 단점을 보완하여 수직형 가열기의 Tube Side로 폐수를 빠른속도로 통과시키면서 가열하여 별도의 증발관에서 자기증발(Flash Evaporator)시킴으로써 폐수중의 염을 결정화시키는 제염장치와 자동 세정장치를 부착한 것이 가장 큰 특징으로 언급될 수 있다.

자동세정장치는 순환되는 폐수와 함께 세정용 Ball을 순환시켜 Tube에 살포함으로써 Ball이 Tube군의 사이를 자유낙하 하며 미세한 충격과 함께 Scale의 부착을 방해하고 이미 부착된 Scale을 제거하기도 한다. 또한 뿌려진 폐수가 Tube표면에 얇은 막상으로 흘러내리므로 제거된 Scale을 신속히 하부로 배출하여 재부착을 방지하는 Mechanism으로 증발기의 최대단점인 Scale의 부착을 억제하여 장치의 성능을 지속적으로 유지시키며, 고형물 분리장치가 부착되어 있어 고농도 유기폐수에도 적합도록 개선하였다.

그러나, 개선된 설비라고 하더라도 기존의 고형물석출의 단점을 완전히 예방하기는 불가능하므로 운전시에는 안전도를 고려하여 부하량을 조절하는 노력이 필요하다.

라. 생물막법을 이용한 고도처리 및 재활용시 고려사항

생물막 처리시스템은 통상 고정상 생물반응기(Fixed Film Bioreactor)로서, 그 구조는 담체로 충전된 돌이상의 밀폐된 반응실이 있어, 그 하부로는 산기관을 통하

여 적절히 산소가 공급되고, 반응실 다음에 침전실이 있어서 오니의 침전이 이루어지고 일부는 반송되면서, 미생물 증식 및 활동의 최적조건이 유지되어 기질의 산화 및 소화가 왕성하게 이루어지도록 설계된 것이 일반적이다.

특히 생물막법은 미생물이 담체에 고정되어 기존 활성슬러지법보다 수삽배의 농도로 유지되는 것을 전제로 구성되므로, 안정적으로 관리시에는 유기물제거 효율이 좋고 처리수온이나 부하변동에 강하며, 활성슬러지법의 단점인 슬러지 팽화, 부상등의 문제점이 발생하지 않고, 담체에 고정된 생물막의 결과 내부에서는 각기 호기성 및 혐기성 소화가 동시에 일어나므로 여러 가지 장점을 갖을 수 있다.

그러나, 생물막조는 일반적으로 합성수지계의 담체로 충전되어 있으나, 장기간의 운전과정을 통하여 미생물이 과도하게 번식하거나 미생물 고정층의 표면에 이물질이 부수적으로 부착하는 경우 등 담체들의 공극이 폐쇄되거나, 반대로 담체에 미생물의 부착이 제대로 부착되지 않을 경우에는 높은 처리효과를 기대할 수 없게 된다.

특히 산업폐수의 경우에는 유기물 농도가 높은 축산폐수나 하수, 오수와는 다른 미생물의 생육제해인자가 내포될 수 있어 간헐적이라도 미생물에 영향성을 미치고 이로 인하여 장기적인 연속운전이 어려울 수 있으므로 생물막조를 운영할 경우에는 주기적인 담체의 미생물 부착상태와 처리상황을 관찰하고 조절하는 것이 중요하다.

마. 안정운전을 위한 관리자를 위한 제언

용폐수처리에 있어 안정적인 관리를 위해서는 무엇보다 먼저 높은 처리 효율을 얻기 위한 지속적인 관심과 장기간에 걸친 개선의 노력이 어떠한 이윤보다도 값진 것일 수 있다.

이는 산업폐수 처리라는 것이 다양한 오염물의 혼합체를 대상으로하여 불확실성의 단점을 경험과 실기로써 극복하는 과정일지도 모르기 때문이다.

이처럼 많은 부분에서 연속적인 폐수처리라는 것이 부분적으로는 정확한 성분이나 구성요소를 확인하기 이전에도 경험을 바탕으로 우선적인 처리를 실시해야만 하는 것이 현실이기 때문이다.

따라서, 장기간에 걸친 다양한 경험들을 Data화 하여 관련기록으로 보유한다면 장기적으로는 안정관리를 위한 기반의 조성과 함께 Trouble-Shooting의 방법을 마련하는 기틀이 될 것으로 사료된다. 이는 장기간의 경험들이 객관적인 Data나 경향을 알 수 있는 지표의 형태로 가공되었을 때 비로소 보다 높은 가치를 얻을 수 있고 후임자나 후배들에게 유용한 살아있는 자료로서 그 가치를 더할 수 있을 것이기 때문이다.



최신 수처리기술 세미나 및 상담회 참가업체 모집

회 고

연합회는 회원들의 업무효율과 깨끗한 환경오염물질 처리를 위해 아래와 같이 세미나 및 상담회를 개최하고자 하오니 신기술보유업체의 많은 참석 바랍니다.

아 래

- 목 적 : 폐수배출시설에 대한 관심고조에 따라 배출업소의 방지시설 추가설치 및 개선이 요구되는 바 수처리기술 보유업체와 배출업체간의 정보교류의 장을 마련, 수처리기술발전과 더불어 깨끗한 환경보전에 기여하고자 함
- 주 최 : 한국환경기술인연합회, 지역환경기술개발센터
- 후 원 : 환경부
- 장 소 : 경기도 안산, 대전충남, 부산
- 일 시 : 2003년 3월 말경
- 세미나 및 상담회 주요내용
 - 수처리관련 정책 및 법해설
 - 질소인처리및 최신 수처리기술 : 6개업체
 - 수처리관련 약품(촉매 포함) : 3개업체
 - 수질측정장비 등 : 2개업체
- 참 가 비 : 회당 100만원(자료집, 상담장(이젤 등 일체) 기타 준비물등이 지원됩니다.)
- 접 수 마 감 : 2003년 3월 10일까지 10개업체 선착접수
- 자세한 문의 : (02)852-2291

* 세미나 및 상담회 일정은 변경 조정될 수도 있습니다 *