



전 병준
(주)프라임텍인터내쇼날
기술영업부장

효율적이고 안정 관리를 위한 산업폐수 처리기술<18>

목차

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. 식품공장의 폐수처리

6. 제철·철강공장의 폐수처리

7. 하수·위생처리장의 폐수처리

8. 특정 오염물질의 처리기술

9. 폐수처리 신기술에 대한 이해

10. 폐수 재활용 기술과 인성관리

4. 위생처리장의 폐수처리

1) 처리개요

일반적으로 생분뇨는 BOD₅ 10,000~13,000ppm, SS농도는 30,000ppm 정도로 구성되어 있으며, 일반 유기성 배수 중에서 오염도가 가장 높은 종류에 속한다.

분뇨처리 방법으로는 소화방식(회석폭기방식, 무회석폭기방식), 화학처리방식, 산화처리방식이 있으며, 국내에서 채택되고 있는 방법은 소화방식과 산화방식으로 양분되어 있는 실정이다.

이들 위생폐수를 처리하는 방식들은 건설비, Running cost, 운전관리 용이성, 처리수의 수질 등을 고려하여 결정되며 최근에는 산화방식이 증가되는 경향에 있다.

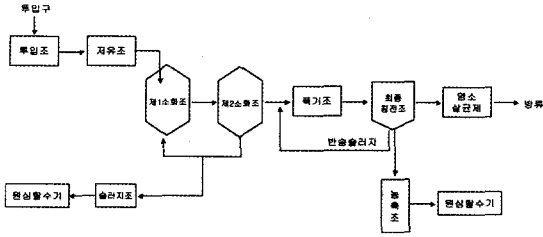
2) 위생폐수 처리방법의 개요

가. 소화처리 방식(혐기성 소화조 처리방법)

미생물에 의한 물질대사는 용존산소가 부족한 상태에서도 일부 혐기성 미생물에 의하여 가능하다. 이러한 혐기성 분해(소화조에서 분해)를 일으키는 처리방법을 혐기성 처리라고 한다.

통상 혐기성 처리방식은 BOD₅ 10,000ppm이상 정도의 고농도 유기폐수에 적합하며, 2단소화로 약 30일 정도의 체류시간을 갖는 것이 일반적이다.

Folw의 구성은 1, 2단 소화공정을 거쳐 나온 탈리액(처리 상등액)을 희석수를 투입하여 활성오니 폭기에 의해 재차 처리한 후 2차 응집침전을 한 후 염소살균하여 방류되도록 구성되어 있다.



< 그림 1. 위생폐수 소화처리 방식 Flow-sheet(희석폭기방식) >

나. 산화처리 방식(활성오니조 처리방식)

호기성 미생물을 이용하여 처리하는 방식으로 미생물의 최적 영양 Balance를 유지시켜 주기 위해서 위생폐수에 청수(통상 청등한 하천수 사용)로 희석하여 하수처리에 적용되는 활성오니 처리방식을 채택한 방법이다.

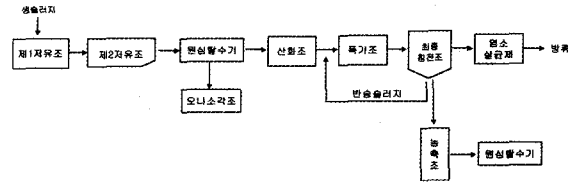
처리 Flow-sheet는 그림 2와 같으며, 희석수로는 청수로 원폐수의 20배량(1단 폭기에 5배 희석 및 2단 폭기에 15배 폭기)을 사용한다.

산화폭기방식은 대용량의 폭기조에서 호기성 미생물이 처리할 수 있는 저농도의(혐기성 처리방법 대비) BOD 농도 하에서 처리하는 방식이므로 대용량의 희석수가 요청되고 설치부지면적 요구 또한 크다.

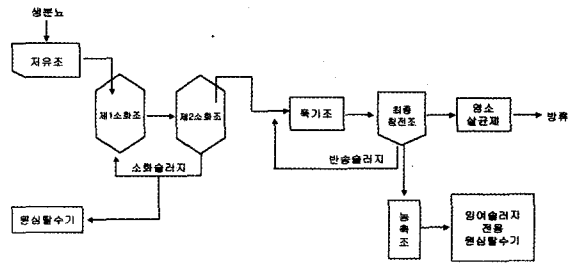
따라서 최종 배출되는 오염원의 농도는 희석수의 사용량에 따라 상당폭 차이를 보이게 되며(물론 미생물에 의한 제거효율에도 좌우되지만 효율이 동일하다고 가정) 결국 하천 오염원을 최대한 제거한다는(총량 규제적 의미)면에서는 불리한 것으로 판단된다.

국내의 경우 산화처리 방식을 이용한 「무희석 산화처리」(세계일보 89년 6월 19일) 방식은 이러한 산화처리 방식의 응용 예라고 생각되나, 실제로 설치된 나주 위생처리장의 경우 처리방식 자체가 대용량 처리에는 부적합(다단식 미

생물 처리에 의한 단계별 처리이므로 소량 처리) 한 것으로 알려져 있는 실정이다.



< 그림 2. 위생폐수 산화처리 방식 Flow-sheet >
출전 : Mitsubishi Heavy Ind. 고속 처리 장치



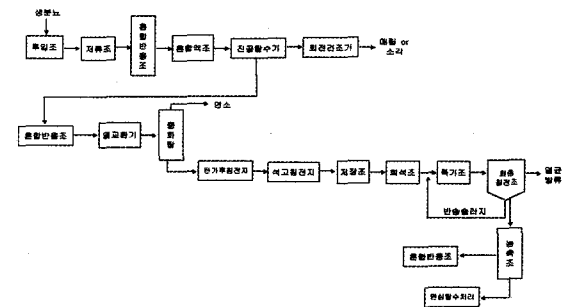
< 그림 3. 위생폐수 소화처리 Flow-sheet<무희석 방식> >

다. 기타 처리방법 - 화학처리 방식

화학처리 방식은 위생폐수에 철염(FeCl₃), 석회(Ca(OH)₂) 등을 넣어 고액 분리(통상 Vacuum filter press 또는 Belt press 이용한 탈수)하여 분리액을 활성오니 처리하는 방법이다.

개략적인 Flow-sheet는 그림 4에 나타내었다.

< 그림 4. 위생폐수의 화학적 처리 Flow-sheet >



3) 혐기성 소화조 처리의 공정 및 문제점 고찰

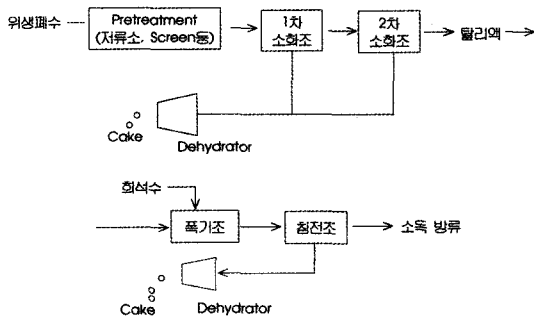
가. 혐기성 소화조처리 방식의 종류

【 표 1. 소화조 처리법의 종류 】

구분	종류	회석촉기 처리	무회석촉기 처리
구성 및 특징		· 소화조 탈리액을 20배 회석하여 활성오니로 재 처리하는 방식 · 비교적 폐수의 체류시간이 적은 경우에 적용	· 소화조 탈리액을 회석하지 않고 활성오니로 처리 · 비교적 고농도의 처리수가 활성오니조에 유입되므로 체류시간은 48시간 이상 소요
적용상의 문제점		· 탈리액의 SS성분이 Colloid상으로 존재하므로 제거가 어렵다. · 회석수에 의해 오염농도가 저하되므로 최종 방류수의 오염물 배출 총량은 회석수 증가시 증가될 수 있다.	· 체류시간이 장시간 요청되므로 대응량 처리가 어렵다. · 부지면적이 넓어야 한다. · 탈리액의 SS성분이 Colloid상으로 존재하므로 제거가 어렵다.

나. 처리공정별 특성 및 폐수성상

공정의 제거효율은 소화조의 체류시간에 주로 좌우되며, 특히 소화 처리후 SS제거 효율은 폭기조의 처리효율과 직결되므로 탈리액의 SS에 대한 효율적 제거가 전체 공정의 효율을 좌우하게 된다.



다. 공정상의 문제점

소화처리 방법이 가장 큰 문제점은 소화조에서 처리된 탈리액이 고농도의 SS성분으로 구성되어 있고, 또한 Colloid

상태인 경우가 많으므로 일반 자연침전 방식은 적용이 어려운 물론 일반적인 Flocculant로도 제거가 어렵다.

따라서 효율적인 SS의 제거가 않된 경우에는 VSS성분이 폭기조로 직접 유입되게 되므로 결과적으로 방류수의 수질을 악화시키게 되거나 회석수의 증가를 초래하게 된다.

4) 소화조 탈리액에 대한 세부 고찰

소화조 탈리액의 일반적인 BOD는 1,500~2,000ppm 정도로 진한 녹갈색을 띠는 성상을 갖는다.

특히 소화중에 발생하는 다량의 Gas는 10,000~15,000ppm의 H₂S Gas를 함유하는 등 부식이나 냄새의 원인이 되며, Scum을 동반하게 된다.

이러한 Scum은 탈리액의 높은 SS농도나 점성에 의하여 상당히 심하게 나타나며 특히 대부분의 경우 탈리액이 Colloid성의 물리적 성격을 띠고 있어 SS의 효율적 제거가 어렵다.

생분뇨 원폐수	소 화 조 (10~30일)	탈 리 액
TDS : 2~3%		TDS : 1~2%
IL : 1.2~1.8%		IL : 0.3~0.6%
BOD(ppm) : 8,000~15,000		BODs(ppm) : 1,500~2,500
COD _{Mn} (ppm) : 3,000~5,000		COD _{Mn} (ppm) : 800~2,000
침수율 : 97~98%		침수율 : 98~99%
VSS/TSS = 60~70%		VSS/TSS = 50~60%

탈리액에 침수로 10~20배 회석하면 외견상 도시하수(BOD₅ = 250ppm, TDS = 500~1,800ppm)와 유사하므로 하수처리에 준하여 처리하는 실정이나, 이러한 처리방법 중 탈리액의 오염 물질원은 용존성 물질보다 현탁성 물질이 거의 대부분이므로 효과적인 부상처리나 침전처리 등이 실현될 경우 폭기조의 처리부담이 급속히 경감될 수 있다.

탈리액의 세부적인 특성은 다음과 같이 요약될 수 있다.

첫째, 현탁성 물질이 BOD, COD 발생원의 대부분을 차지한다.

둘째, 현탁성 물질은 Colloid적인 성격을 띠므로 물리적인 분리방법을 적용하기 어렵다.

셋째, 다량의 Gas(H₂S, Metane등)를 발생시킬 수 있으며, 특히 Acid 물질등을 투입시 폭발적인 Foaming 및 Sucm 현상을 나타내어 일반적인 Coagulant의 투입이 어렵다.

넷째, 현탁성 물질은 비교적 가볍고 자체적으로 발생하는 기포에 의한 영향을 많이 받으므로 분리방법으로는 가압부상법이 침전분리법보다 우세하다.

다섯째, 현탁성 물질의 표면전하는 대단히 높은 Negative charge를 갖고 있다.

- 이러한 높은 음이온성 표면전하에 의하여 Colloid성의 형태로 존재하는 것을 예측할 수 있다.

5) 소화조 탈리액의 효율적인 SS제거 방안 검토

- 탈리액의 높은 음이온성 표면전하를 중화(Zeta 전위의 감소목적)를 위해 하기사항을 검토하였다.

가. Inorganic Coagulant의 적용성 검토

Inorganic Coagulant는 공업용으로 일반적으로 사용되는 Al₂(SO₄)₃ · 12H₂O · PAC(Poly Aluminium Chloride), FeCl₃ 등을 적용해 보았으나, 이들은 모두 Acid성 물질(Solubility가 낮은 물질을 Acid에 녹여 만든 Solution이므로) 투입량의 증가에 비례하여 급격한 발포와 Sludge의 증가가 관찰되었다.

특히 Foaming(발포)의 현상은 폭발적으로 일어나 실제 Plant 운전시에는 적용이 어려울 것으로 판단되었다.

탈리액의 조건	pH : 7.8		Turbidity(degree) : 51,180		
	Conductivity(μs/cm) : 27,500		CODMn(ppm) : 28,000		
Al ₂ (SO ₄) ₃ · xH ₂ O 투입량(ppm)	2,000	4,000	6,000	8,000	10,000
NaOH 투입량	800	1,600	2,400	3,000	4,000
Flocculant 투입량(ppm)	30	70	100	140	180
결과	급격한 발포 처리 불가능 판단				발포량 급격증가

(Remark)

1. PAC, FeCl₃ 등을 사용했을 경우 역시 유사한 상황이 반복됨.
2. NaOH는 Al₂(SO₄)₃ · xH₂O 투입으로 인한 pH 저하 보정용도로 투입함.
3. Flocculant는 Anionic Polymer는 적용자체가 불가능 (Sedimentation 되어 Fish-eye를 형성) 하여 Cationic Polymer 적용함.
4. Flocculant는 Alum (Al₂(SO₄)₃ · xH₂O)에 비례하여 투입함.

TEST 결론	Inorganic Coagulant로는 하전 중화력이 낮아 탈리액 중 SS의 Zeta Potential을 감소시키기가 어려운 것으로 판단됨.
	Inorganic Coagulant의 투입량 증가에 따라 Zeta Potential을 어느정도 감소시키기는 하나 부족하며, Foaming의 급격한 발생으로 실제 분리효과를 기대하기는 어려운 것으로 판단됨.
	Inorganic Coagulant로는 탈리액 처리가 상당히 어려운 것으로 결론됨.

나. Organic Coagulant의 적용성 검토

Organic Coagulant는 무기응결제에 비하여 양이온 밀도가 높기 때문에 이에 의한 탈리액의 SS에 대한 Zeta Potential을 감소시킬 목적으로 검토하였다.

유기응결제로는 AkyI Benzene 및 Allyl염의 4급화물로 알려진 H사 제품을 사용하였으며, Test 결과 비교적 저농도의 투입량으로도 만족할 만한 응집효과를 얻을 수 있었다.

특히, SS 제거율은 거의 100%까지 육박하였으며, COD 제거율 또한 90% 이상의 효과를 얻을 수 있었다.

그러나 이에 소요되는 Chemical(Organic Coagulant & Flocculant)의 량은 일반적인 정상 폐수처리 방법에 비하여 대단히 증가된 양이므로 처리 Cost 증가가 가장 큰 문제가 될 것으로 판단되었다.

탈리액의 구분	울산 위생처리장 탈리액	
탈리액의 조건	pH : 7.8 Conductivity(μs/cm) : 27,500	Turb.(degree) : 51,800 CODMn(ppm) : 28,000
Organic Coagulant 투입량(ppm)	600	1,200
Flocculant 투입량(ppm)	30	60
처리액 외상	Foaming 없음	Foaming 없음
처리수 상태		Turb.(degree) : 267 CODMn(ppm) : 2,000
결과	SS더량 잔존 효과 불량	SS제거율 : 99.5% CODMn(ppm) : 92.9%

(Remark)

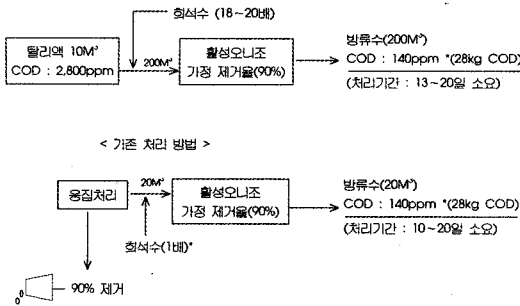
1. Organic Coagulant는 pH 변화를 일으키지 않아 NaOH 사용하지 않았음.
2. Flocculant는 Cationic Polymer를 사용함.

TEST	Organic Coagulant가 탈리액 처리에 적합한 것으로 판단됨. SS가 거의 완전 제거 가능한 것으로 판단됨.
결론	탈리액의 COD 유입물질은 SS가 주체인 것으로 판단됨. (BOD는 측정치 못했으니 비례할 것으로 예측됨) 적용가능성이 대단히 높으나 처리 Cost의 급격한 상승이 예상됨. 희석수는 전혀 사용하지 않거나 2배 이하로 사용하여도 활성오니 처리가 가능한 것으로 판단됨.

6) 탈리액의 Organic Coagulant 적용시의 효율성 및 경제성 고찰

가. 실용적 측면의 고찰

Test 결과에서 언급된 바와 같이 적용가능성은 대단히 높은 것으로 판단되며, 특히 현실적인 위생처리장 입지조건이 희석수 확보에 상당히 어려움을 갖고 있는 점과 실제 최종처리 방류수에 포함되는 오염물의 양을 상당폭 경감시킬 수 있을 것으로 판단되어 향후 총량적인 오염물 제거 측면에서는 고무적인 것으로 판단된다.



< Summary >

동일한 탈리액에서 응집처리 공정 추가시 희석수 18배량 감축 배출 오염물량 90% 감축됨.

단, 적용상 응집처리는 DAF(Dissolved Air Flootation) System 등 가압 부상법이 적합할 것으로 판단되며, 탈수처리는 Belt Press 등이 적합할 것으로 사료된다.

아울러 희석수는 거의 사용하지 않아도 되므로 희석수량

(원 탈리액의 20배량)에 의해 증가된 활성오니조의 규모 또한 대폭 축소될 수 있을 것으로 판단되며, 특히 대량의 위생 폐수 처리에 적용이 가능하다는 점이 특기할 만 하다.

나. 경제적 측면의 고찰

탈리액의 유기응결제 이용한 처리방법은 기술적 측면에서는 상당폭 고무적인 것으로 판단된다. 그러나 실제 처리비용면에서는 Chemical의 사용량이 분뇨 1Ton당 2kg정도가 소요되므로 분뇨 Ton당 처리 Cost는 ₩3,000 이상의 상승 요인을 갖게 되므로 현실적으로는 현재의 수거료 또는 예산으로는 거의 적용이 불가능한 것으로 판단되어 진다.

따라서, 이러한 처리비용의 절감을 위한 방안으로는 탈리액의 응집처리로 발생된 최종 Cake의 유기질 비료로의 재활용 방안을 검토할 수 있다.

일본의 경우 분뇨 처리물을 유기질 비료로 활용하는 곳이 있는 것으로 알려지고 있으며, 국내의 경우 역시 소개되는 실정이다.

다만, 현재까지 검토된 유기응결제의 적용법에 있어 사용되는 Coagulant 및 Flocculant가 잔존 독성이나 기타 비료로 적용됨에 문제가 없어야 하며 이와 함께 탈취공정을 추가하여 악취 등 위생적면의 보완검토가 필요한 것으로 판단된다.

< Summary >

▶ 최종 Cost의 대폭적인 상승 (Chemical 사용 비용)으로 경제성이 낮음.

⇒ 최종 발생 Cake의 유기질 비료 활용성 검토

· Chemical 잔존 독성 검토

(정수용 Cationic Coagulant 검토성 높음)

· 탈취에 의한 Cake의 위생성 증가 필요

· 처리 Cost의 Saving 효과 얻기 위한 Chemical 감축 방안 검토 필요

▶ 희석수의 사용량 감소와 이로 인한 처리장 부지 감축분 및 제반설비 운용비 감축분의 검토 등 제반 경제성의 추가

적 조사 필요

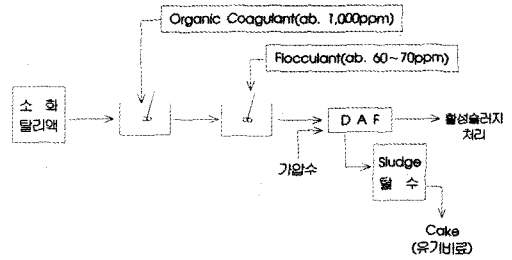
※ 현재의 처리비용(분뇨 수거비용)으로는 적용이 어려우나 향후 총량 규제나 실제적인 처리효율 제저등을 고려시 이에 대한 적용성 검토는 필요한 것으로 판단됨.

7) 결론 및 종합고찰

위생폐수의 처리에 있어 Cationic Coagulant의 적용성은 혐기성 소화조 탈리액에 대해서는 대단히 높은 처리효율을 얻을수 있는 것으로 판단되었으며, 실제 기존의 처리방법에 단순한 응집부상 및 탈수과정만 추가함으로써 대폭적인 처리효율 상승이 가능한 것으로 판단되었다.

그러나 추가적인 Chemical 비용의 상승이 있기 때문에 향후 이에 대체 처리 Cake의 유기질 비료의 활용성 검토등이 필요한 것으로 판단되었다.

유기응결제를 이용한 탈리액 처리공정은 하기와 같이 제안되어 진다.



아울러 최종 Cake의 탈취방법 · 살균 등의 면은 본란에서는 검토되지 못하였으며, 향후 이에 대한 추가적인 보완이 실시된다면 현재의 폐기물인 탈수 Cake를 유기질 비료(국내산 칠레초석을 원료로 수입)로 활용이 가능할 것으로 사료된다. 또한 대용량의 위생처리 방법에 처리장 규모, 처리효율, 처리시간 단축, 오염물의 최종 방류량 등의 축소가 가능하리라고 판단된다.

다음호에 계속...

연합회 홈페이지(www.kemf.or.kr)가 새단장 했습니다.

많은 이용 바랍니다.

www.kemf.or.kr 로 오세요!