

개방형 순산소 활성 슬러지 처리공법

—석유화학 고농도 폐수처리 적용사례—

1. 개요

(주)L화학의 석유화학 제품 생산공정에서 발생되는 폐수를 처리하는데는 폐수처리장 A와 B가 동시에 사용되어 왔다. 폐수처리장 A의 설계 처리 능력은 1일 2,500m³이고, B는 1일 1,500m³로서 총 합계 처리 능력은 1일 4,000m³ 규모인 바, 실제 발생된 폐수의 처리현황은 1994년 6월의 월 평균을 기준으로 총계 1일 3,600m³의 폐수를 처리하였다.

기존 폐수처리 시설의 통상 운전에서 생기는 문제는 (1) 고농도의 오염부하와 (2) 수시로 발생하는 충격부하 및 (3) 하절기의 수온 상승으로 인한 용존산소 부족 등으로 기존의 표준 활성 슬러지 처리에 대단한 어려움을 겪고 있었다. 특히 POM 공정에서의 충격부하(COD 변동 범위 1,000-6,000mg/ℓ)로 생물학적 처리 공정에 수시로 심대한 장애를 주고 있었으며, 또 하절기의 수온 상승으로 인하여 용존산소 농도의 유지가 매우 어려웠으므로, 폭기 설비로서 송풍기와 수중 폭기기를 병용하는 등 폭기 설비를 대폭적으로 확충하였음에도 불구하고 용존산소의 농도 유지가 어려워서 이로 인하여 최종 처리 수질이 불안정한 상태였다.

그런데, 생산 공장 가동은 중단할 수가 없는 형편이므로 폐수 처리장을 연속 가동하면서 시설 개량을 하도록 해야하는 점이 커다란 문제점이었다. 그러나 이와같은 제반 여건하에서도 시설 개량이 가능한 개방형 하이테크 순산소 활성 슬러지 처리공법(실용신안 제 80591호)을 채용함으로써 이들 문제를 해결하였다.

즉, 기존 표준 활성슬러지 처리시설을 개방형 하이테크 순산소 활성 슬러지 처리방식으로 개량하여 안정된 처리 능력을 확보하며, 또 폭기조의 처리 능력을 대

폭적으로 증대시킬 수 있는 점을 활용하여, 기존 처리장 A 및 B의 유입수를 통합하여 A 처리장만으로 유입시켜서 처리·운영하고, 처리장 B를 타용도로 활용함으로써 처리 시설의 활용성을 높일 수 있도록 하였다.

특히, 개방형 하이테크 순산소 처리 공정의 반송 슬러지에 순산소를 폭기하여 얻는 특징과 장점으로 (1) 미생물군의 활성과 증식 효과 상승으로, 폭기조 내에서의 유기물 처리 능력이 높아지므로 폭기조 용적이 공기법의 1/3-1/2 정도로 축소 가능하다 (2) 잉여 슬러지 생성량이 공기법 보다 30-45% 감소된다 (3) 슬러지 응집성과 침강성의 대폭적 향상으로 침전조의 처리 능력이 증대된다 (4) 오염물 충격 부하에서도 안전한 처리 수질을 얻을 수 있다 (5) DO가 높아 MLSS 농도를 높게 유지할 수 있어서, 처리 능력이 크게 향상된다 (6) BOD/오니 부하가 높은 경우에도 팽화(BULKING) 현상이 없다 등의 효과를 얻을 수 있다.

2. 순산소 폭기 기술(OXIGENATION TECHNOLOGY)의 역사

생물학적 활성슬러지 처리 공정에서 중요한 핵심이 되는 기술은 폐수 중에 오염되어 있는 유기물질을 분해 처리하는 미생물에게 산소를 공급하는 것이다. 그러나 산소의 공급원으로서 공기중의 21% 산소를 활용하는 기존 공기 폭기 방식에는 한계가 있는 바, 이는 물 속에서의 산소 이동 속도에 한계가 있기 때문이다. 공기 중의 산소를 수중에 공급하는 보편적인 방식으로 산기식 주입, 표면 폭기 또는 수중 폭기의 방식 등이 사용되고 있다. 기체 상태인 공기를 15°C의 순수한 물 속에 용해시키면 산소로서 약 10mg/ℓ 가 녹아 들어간

다. 이 한계를 극복하기 위해서 순산소를 사용한 폐수 처리는 1948년에 생물 침전법(Bioprecipitation)으로 Mr. Pirre, M. Jr에 의해 소개되었다. 이 공정은 Mr. Okun, D.A.에 의해 실험실 규모로 수년간 연구되었으며, 순산소를 사용한 활성 슬러지법에 관한 최초의 논문이 1949년에 “하수 중의 유기물의 생물 응집 시스템”이란 제목으로 발표되었다. Okun의 실험 장치에서는 순산소의 이용효율이 낮아 처리 비용이 높았으나, 반응조의 용적을 축소할 수 있다는 관점에서 많은 연구자의 관심을 불러 일으키게 되었다.

1957년에 Budd와 Lambeth는 “생물학적 하수 처리에 있어서 순산소의 이용”에서 산소 흡수효율은 20-30% 정도로 매우 낮아서 비경제적이었다.

공기 대신에 기체 산소를 물에 주입하는 경우에는 용존산소가 약 40mg/ℓ 정도로 용해되므로 공기에 비해서 4배 이상의 농도를 유지할 수 있게 된다. 그러므로 이렇게 높은 산소 농도를 유지하면 미생물 농도 역시 높게 유지할 수 있게 된다. 미국에서는 1969년 뉴욕 주의 BATAVIA 처리장에서 밀폐형 산소법(UNOX PROCESS)과 공기법을 비교 검토하였다.

이 결과 1971년 미국 연방 수질 관리 위원회가 발표한 내용을 요약해보면,

(1) 산소의 전달 속도가 극히 빠르며, 폭기조 내의 높은 용존산소 LEVEL을 유지할 수 있다.

(2) 동일 용적의 처리 시설에서 처리 능력을 증대시킬 수 있다. 극히 높은 용적부하를 유지할 수 있으며, MLSS는 6,000-8,000mg/ℓ 까지도 유지할 수 있다.

(3) 용존산소 농도가 높고, 높은 미생물 활성이 유지되며 처리 능력이 우수하다.

(4) 잉여 슬러지의 발생량이 공기법에 비하여 상당히 적으며, 슬러지 처리에 필요한 비용이 현저히 절감된다.

(5) 슬러지의 응집 침강성이 극히 우수하고, 활성 슬러지의 SVI치가 30-70 정도이며, 또한 농축성이 좋고 반응 슬러지의 농도는 12,000-18,000mg/ℓ 를 유지할 수 있다.

(6) 산소의 이용 효율은 90% 이상에 달한다.

(7) 산소 발생의 동력 효율이 극히 높다.

상기한 결과등을 바탕으로 하여, 순산소 활성 슬러지 처리법은 산소 이용 효율을 향상시키고 밀폐형 폭기조의 단점등을 해소할 수 있는 형태로 계속 개량된 환경관리인. 1996. 2

어 개방형 순산소 활성 슬러지 공법(SIDE-STREAM PUMPING, MIXFLO, VITOX, VENTOXAL PROCESS 등)이 다양하게 발전되어 왔다. 최근에 비로소 반응 슬러지에 순산소를 공급하는 활성 슬러지 처리 공법이 국내에서 최초로 실용화 되기에 이르게 된 것이다.

3. 순산소 폭기법과 공기 폭기법의 운영인자 비교

항 목	산소폭기법	공기폭기법
폭기조 용존산소농도, (mg/ℓ)	4-10	1-2
폭기 시간(원배수 기준), (h)	1-3	6-8
MLSS 농도, (mg/ℓ)	3,000-4,000	1,500-2,000
MLVSS 농도, (mg/ℓ)	2,400-3,200	1,200-1,600
BOD 용적부하, (kg-BOD/m ³ ·day)	0.9-2.4	0.8
BOD 슬러지부하, (kg-BOD/kg-MLVSS·day)	0.3-0.6	0.2-0.4
반응 슬러지 농도, (mg/ℓ)	12,000-18,000	7,000-9,000
반응 슬러지 비, (%)	20-100	20-30
슬러지 지표, SVI	30-70	100-150
잉여 슬러지 생성량(kg-TSS/kg-계거BOD)	0.5-0.8	0.7-1.0
동력 소비, kwh/m ³ -O ₂ , 용해 및 혼합	0.37-0.49	1.15-1.50
공기 분리	0.54-0.57	—

4. 기존 시설 현황과 개량 설계 기준

4-1. 기존 시설 현황

폐수 처리장 A처리 규모 : 2,500m³/일

폐수 처리장 B처리 규모 : 1,500m³/일

4-2. 개량 설계 기준

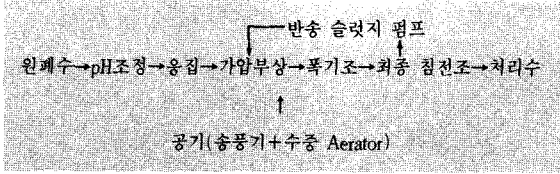
4-2-1. 설계용량 : 폐수 처리량 1일 3,600m³

4-2-2. 수질기준

항 목	폭기조 유입수	처리수	방류기준	'96.1.1 기준
pH			5.6-8.6	
COD(mg/ℓ)	1,100	105	150이하	130이하
BOD(mg/ℓ)	1,000	100	150이하	120이하
SS (mg/ℓ)	100	50	150이하	120이하

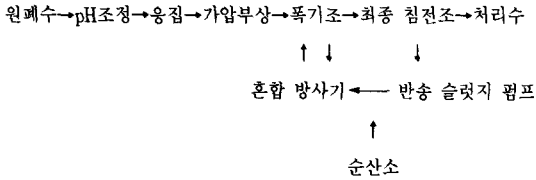
5. 개량 처리 공정 구성

5-1. 기존 공정(공기 주입식 표준 활성 슬러지 처리 공정)



- 원수 COD 농도 : 1,000mg / ℓ [총 COD(kg / 일) - 3,600]
- 처리수 COD 농도 : 105mg / ℓ
- COD-용적부하 : 0.84kg-COD / m³ · 일
- COD-SS부하 : 0.24kg-COD / kg-MLSS · 일
- 폭기조 MLSS : 3,550mg / ℓ
- O₂ 소요량 : 4,400kg / D

5-2. 개량 순산소 공정(개방형 하이테크 순산소 폭기 방식에 의한 생물학적 처리/공정도 P & ID 참조)



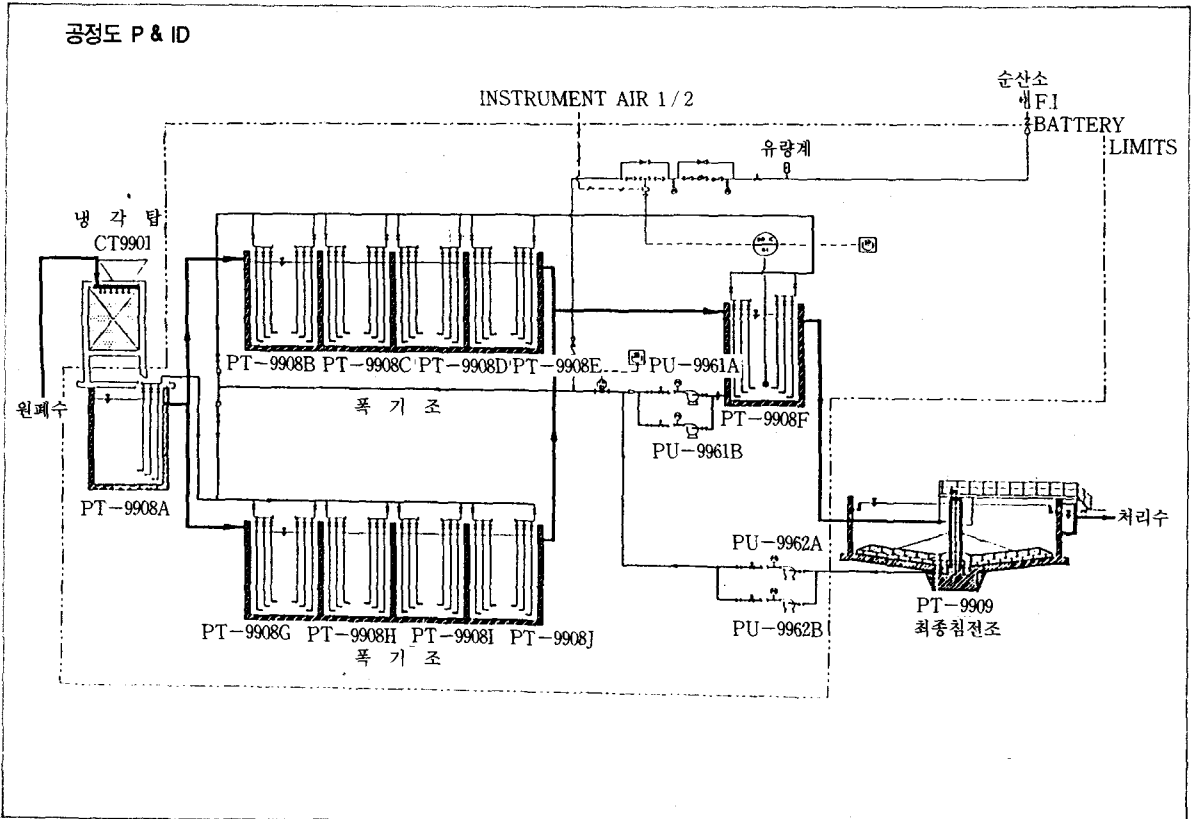
7. 설비 사양(기존 A처리장+개방형 하이테크 순산소 설비)

7-1. 폭기조

- 수 량 : 10조
- 재 질 : 철근 콘크리트
- 규 격 : 9,800^W × 9,800^L × 4,500^H (432.2m³)
- 유효용량 : 4,300m³ (430 × 10조)
- 폭기시간 : 28.7시간
- 부대시설 : -혼합 방사기 [60대]

6. 설계 운영 인자

- 1일 처리량(m³/일) - 3,600
- 재순환율(%) - 100



-DO메터 [0-10PPM×1조]

7-2 2차 침전조

- 수 량 : 1조
- 재 질 : 철근 콘크리트
- 규 격 : $\phi 16,000$
- 용 량 : $502m^3$
- 체류시간 : 4.99시간
- 표면부하 : $17.9m^3/m^2/일$
- 부대시설 : -반송펌프 [$2.50m^3/분 \times 40mH \times 25kw \times 2대(1대 예비)$]
-순환펌프 [$8.84m^3/분 \times 40mH \times 75kw \times 2대(1대 예비)$]

8. 운영 실적 자료의 비교 검토

항 목(단위)	설계치	순산소 공정	기존공정
원폐수 처리량(m^3/D)	3,600	3,520	2,464
총유입 COD(kg/D)	3,600	2,883	2,326
유입수 COD(mg/l)	1,000	819	944
처리수 COD(mg/l)	105	104	134
처리율(%)	89.5	87.3	85.8
용존산소, 폭기조(mg/l)	4.0	5.9	1.3
MLSS, 폭기조(mg/l)	3,550	3,665	3,601
폭기시간(시간)	28.7	29.3	41.8
COD-용적부하($kg-COD/m^3 \cdot D$)	0.84	0.67	0.54
COD-SS부하($kg-COD/kg-SS \cdot D$)	0.24	0.18	0.15
SVI(Sludge Volume Index)	-	89	169
침전조 표면부하($m^3/m^2/D$)	17.9	17.5	12.3

8-1. 운영 결과의 해석

(1) 순산소 공정의 COD-용적 부하는 $0.67kg-COD/m^3 \cdot D$ 이고, 기존 공정의 COD-용적부하는 $0.54kg-COD/m^3 \cdot D$ 으로 24%가 상승되었다. 이것은 폐수 처리장 A와 B의 통합 운영 결과치이다.

(2) COD-SS 부하는 $0.18kg-COD/kg-MLSS \cdot D$ 이었다.

(3) COD 1kg당 산소 공급량은 1.611kg이었다. 이는 설계 기준 산소 요구량 보다 32% 정도 높은 것으로, 그 원인은 첫째, 폭기조의 용존 산소 농도를 너무 높게 $5.9mg/l$ 정도로 유지한 점과 둘째로, 폭기조의 평균 수온이 섭씨 34.5도로 높아서 산소의 용존 효율이 낮았던 때문인 것으로 판단된다.

(4) 폭기조 체류시간은 29.3시간으로, 기존 41.8시간의 70%로 감소되었고, 산소 혼합상태는 양호하였으며, 용존 산소의 농도 조절은 자동으로 용이하게 이루어졌다.

(5) 유입수의 COD 평균값은 $819mg/l$ 이며, 변동 범위가 $638-1,221mg/l$ 까지 컸으며, 수시로 유입수의 수질 상황이 변동되는 상태였다.

(6) 침전지에서의 슬러지 반송량은 유입수를 기준하여 100%를 기준으로 하고 있으나, 반송 슬러지 펌프 흡수정의 수위 조절 문제로 기준치 이하로 운영되었다.

(7) 폭기조내의 용존산소 농도는 평균치 $5.9mg/l$ 로 유지되었으며, 농도의 변화는 산소 주입 유량 설정치를 조정함으로써 용이하게 변동시킬 수 있었다.

(8) 폭기조 미생물의 침전성은 극히 양호하여 SVI는 89.3이였으며, 이는 기존 공정의 SVI값 169의 약 52.8% 값이다. 침전성이 2배 정도 개선되었다. 이 결과로 A 침전지 하나로서 A와 B의 유입 폐수를 통합 처리해도 처리수의 안정된 부유물(SS) 농도를 유지할 수 있다.

9. 개선 효과

(1) 처리 효율 개선

-COD제거율이 기존 처리 공정보다 17-30% 정도 개선되었음.

-침전조의 처리 능력이 42.3% 상승되었음.

-폭기조 처리 능력이 43% 상승되었음.

(2) 전력 절감 : (설비 가동 중단)

- A 처리장 Blower 37Kw× 4대
- 수중 Aerator 11Kw×11대
- 기존 반송 펌프 30Kw× 1대

B 처리장 Blower 37Kw× 3대

(3) 잉여 슬러지 발생량 감소(40% 감소)

(4) 소음 진동 해소

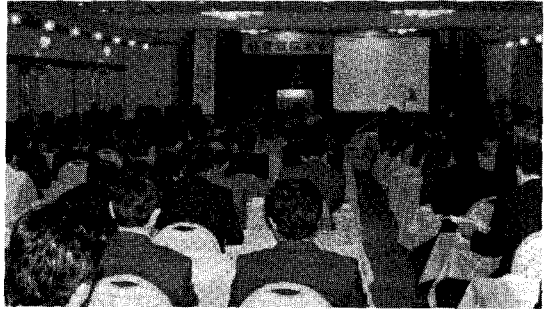
(5) B 처리장($1,500m^3/일$ 규모)은 잉여 설비로서 타용도로 전용 가능.

10. 경제성

10-1. 운전비용 절감

환경업계소식

일본 기업인 대상으로 기업경영과 환경문제 강의



대양바이오·테크(주) 서정원 대표이사(신홍전문대 위생과 겸임교수)는 일본 (사)후쿠오까현 노동기준협회가 개최한 「경영수뇌자 안전위생연수회」에서 한국인으로는 처음으로 「기업경영과 환경문제」에 대한 강의를 하고 귀국했다.

지난 1월 18일 있었던 동 연수회에는 1백25명의 기업인이 참가, 2시간여에 걸친 서 대표이사의 강의를 경청했다.

한편 창사이래 10여년 동안 생물학적 수처리분야의 컨설팅을 주업무로 하고 있는 동사는 1월 24, 25일 일본의 수처리전문회사 관계자를 초빙, 기술자문 및 거래업체에 대한 기술자문 및 지도를 실시하기도 했다.

사무실 이전 안내

환경운동연합

주소: 서울시 종로구 누하동 251번지
전화: (02)735-7000 전송: (02)741-1240

성신정수산업(주)

주소: 서울 영등포구 여의도동 14-26장덕B/D 5층
전화: (02)780-3701 전송: (02)780-0689

아남환경산업(주)

주소: 경북 포항시 남구 대송면 옥명리 200-1
전화: (0562)278-1112(대) 전송: (0562)278-1128

부산수산대학교 해양과학공동연구소

주소: 부산시 남구 대연3동 599-1
전화: (051)620-6290(소장실)
(051)620-6294, 6295(연구원실)
전송: (051)624-5387

- (1) 전력비 절감: $177,404\text{KWH} \times 40\text{원} / \text{KWH} \times 12\text{월} / \text{년} = 85,154,000\text{원} / \text{년}$
- (2) 슬러지 케이크 반출비용 절감: $95.2\text{MT} / \text{월} \times 38,000\text{원} / \text{MT} \times 12\text{월} / \text{년} = 43,411,000$
- (3) 위탁 처리비용 절감: $9,131,000\text{원} / \text{월} \times 12\text{월} / \text{년} = 109,572,000\text{원} / \text{년}$
- (4) 수선 비용 절감: $5,970,000\text{원} / \text{년}$ (94년 기준)
- (5) 약품 비용 절감: $54,000,000\text{원} / \text{년}$
- 계: $298,107,000\text{원} / \text{년}$

10-2. 투자비 절감

- (1) 노후 설비(AERATOR 등) 교체 비용 불필요
: 200,000,000원
- (2) ROOTS BLOWER 방음 설비 불필요
: 120,000,000원
계: 320,000,000원
- (3) B처리장(1,500m³/일 규모)은 잉여 설비로서 타용도로 전용 가능

11. 개방형 순산소 활성 슬러지 처리 공법의 활용 범위

- (1) 생물학적 활성 슬러지 처리 방법을 사용할 수 있는 모든 처리 공정에 경제적인 처리 시스템으로 적용할 수 있다.
- (2) 신설하는 활성 슬러지 처리 공정을 경제적인 부지내에 설치할 수 있다.
- (3) 기존 활성 슬러지 처리 공정의 용량 부족으로 고심하고 있는 경우에 처리 용량을 증가시키는 개량이 대단히 용이하며, 저렴한 비용으로 개량할 수 있다.
- (4) 현재 활성 슬러지 공법을 사용하는 처리장으로서, 배출수 허용기준을 만족시키기 위한 공정 개량은 용이하며, 저렴한 비용으로 할 수 있다.

상담 및 문의전화 (02)596-2211