

생물학적 폐수처리시설에 사용하는 산기장치의 분류별 특성 및 선정방법



이성호

세명대학교 환경공학과 겸임교수

I. 산기장치의 개요 및 일반적 특성

1. 산기장치의 개요

생물학적 폐수처리시설에 유기물 제거에 활동하는 미생물의 주종이 호기 및 혐의성이므로 폭기조에 적절한 용존 산소공급은 매우 중요한 것이다.

통상 산기장치의 사용목적은 두가지로 구분되며 폐수처리분야에 있어서는 주로 산소의 공급 또는 액상교환이며 공히 미생물층의 생식유지를 목적으로 하고 있다.

산기관의 목적을 달성시키기 위해서는 미세화된 기포를 고밀화 분산하므로써 높은 산소흡수 효율을 얻을 수 있으나 단 안정된 가동과 경제성을 추구함에 있어서는 아직 불충분한 점이 많다.

산기관의 생명인 산소공급효율의 향상을 목적으로 연구 개발하여 신기술 신제품이 요구되는 현 시점이기도 하다. 폐수처리의 경우 개개의 폐수에 따라 큰 차이가 발생함으로 기초 기초 데이터를 충분히 고려한 후 산기 장치를 선정하여야 할 것이다.

폐수에 대한 산소용해율은 수심, 온도, 고형물 등의 농도에 따라 크게 달라지고 또 DO(용존산소)치의 설정치에 따라서도 달라지므로 산기장치설치시에는 다각도로 충분한 검토가 필요하다고 본다.

2. 산기관(공기공급장치)의 분류 및 특성

- 1) 다공성 산기관
- 2) Disk Type 산기관

- 3) 공기병용식 AERATOR (1) 수중표기, 교반기형
 - (2) 스크류형
 - (3) 수중체트펌프형

2.1 다공성 산기관의 사양 및 설계조건

- (1) DIFFUSER TYPE : CERAMIC 봉타입
- (2) DIFFUSER의 크기 : · L500mm×φ75 φ50
· L250mm×φ75 φ50
- (3) 사용수심 : 2m~5m(5kg/cm²)
- (4) 산소전달효율 : 수심 4m에서 14%
- (5) 제품재질 : 세라믹, 고밀도 폴리에치렌
SUS304
- (6) 용도 : 산소공급, 폐수처리, 염색폐수 분뇨, 축산, 양어장
- (7) 사용불허 폐수 : 가축폐수, 분탄폐수는 사용불가
- (8) 공기량의 설계범위 : 산소흡수 효율을 높이기 위해서 표준통기량
(산기관 : 100~150 l/min)적용

$$\text{산기관 본수 } N = \frac{Q(\text{총공기량}) \text{ m}^3/\text{min}}{A(\text{표준통기량}) \text{ m}^3/\text{min}}$$

- (9) 산기관 설치사양 : DIFFUSER 취부간격폭 300~600mm
· 취부위치: 폭조기 저면보다 500mm 상단
(부착방향: 헤드파이프에서 90도각)
- (10) 장·단점 비교 : 장점 : 산소이동 효율 양호

단점 : 기기 작동 정지시 폭기조내의 혼합액이 역류
되어 결국에는 막힘을 초래

· 주기적으로 산기관 세척

- (11) 산기관 세척방법 : 가성소다수용액 10%, 50-60℃
에서 4~5시간후 세척

2.2 : DISK TYPE 산기관의 사양 및 설계조건

- (1) DIFFUSER TYPE: CERAMIC DISK
- (2) DIFFUSER의 크기 : $\phi 230 \times 19t$
- (3) 사용수심 : 3~5m
- (4) 산소전달효율 : 수심 4mm에서 8%
- (5) 제품재질 : 세라믹, 알미늄 옥사이드(Al_2O_3)
SUS 304 BOLT, NUT
- (6) 용도 : 산소공급, 폐수처리, 염색, 분뇨, 양어장
- (7) 표준통기량 : 100~120 l / min
- (8) 산기관 설치부착 방향 : 상·하향(수평유지) 설치
- (9) 산기관 설치사양 : 산기관 취부 간격 300~350mm
· 부착방향 (T자형 설치)
- (10) 장·단점 비교 :

- 장점 : ①산기관 역류방지 장치 부착
②유지관리면에서 유리
③고농도 미생물산화 MLSS6000PPPM 사용
가능
④1회 설치로 청소가 필요없음

- 단점 : ①수중에 오래 잠겨 있을 경우 고무가 탄력을 상실
②산소 용해율 면에서는 다소 불리

2.3 : 공기병용식 AERATOR

개요 : 모터로 임펠러와 스크류를 회전시켜 수류를 발생
시키는 방식으로 임펠러(스크류)부에서 수면으로
들어오는 공기와 혼합해 분출하는 장치이다. 이
형식은 수중포기, 교반기형, 스크류형 및 축류펌
프형 등이 있다.

2.3.1 : 수중포기, 교반기형 AFRATOR

1) 구조

수중모터, 축봉쇄장치(Mechanical seal), 임펠러 및 케
이싱으로 구성되어 있다. 공기 공급방식에 따라 다음과
같은 두가지로 분류된다.

(1) 공기 외부 공급형 (표면 AERATOR)

송풍기에서 공급된 공기가 임펠러부근에서 액체와
혼합되어 기계 본체의 주변 전체에서 분출된다.

기체, 액체 혼합류가 기계 본체의 아래쪽에서 분출되
는 구조인데 기중에 따라 위쪽에서 분출되는 형식도
있다.

· 단점 :

- 가) 공기공급이 과다할시 FLOC 전단되어 처리수가
혼탁할 위험이 있음.
- 나) 동절기의 경우 차거운 외기 온도에 의해 폭기조의
수온이 처하될 우려가 있다.

(2) 공기자흡형 (수중 AERATOR)

펌프를 운전할 때 임펠러 바깥 주변부에 발생하는 부
압을 이용해 수면의 흡기관을 통해 공기를 자흡하고
기체, 액체, 혼합류를 기계본체 바깥 주변부로 분출시
키는 형식이다.

2) 기중 선정상 주의점

- (1) 공기 외부 공급형은 다음과 같은 조건에 적당하다.
 - a) 비교적 표면적이 작은 수조의 경우
 - b) 호기교반과 비교적 약한 혐기교반을 번갈아가며
하는 경우
 - c) 송풍기와 접촉해 가압공기를 공급하면 수심 7m이
상의 깊은 탱크에서도 포기할 수 있다.

2.3.2 : 스크류형(SCREW TYPE) AERATOR

1) 구조

이 형식은 구동 모터의 연장축 가장 자리에 스크류를 부
착해 회전시키 수류를 발생시켜 교반하는 장치이다.

스크류는 수면 아래 약 0.3m에서 회전한다.

모터는 커버안에 들어 수면위에 위치한다.

주축은 가운데 공간으로 공간부의 상단은 대기중에 개방

되어 있고 하단은 스크류를 사이에 두고 수중으로 개방되어 있다. 스크류에 의해 수류가 발생하면 스크류 끝부분에 부압이 발생한다.

이 부압을 이용해 가운데 공간축을 통과 수면상의 공기를 자흡시켜 포기, 교반한다.

2) 기중 선정상의 주의점

(1) 탱크형상 : 기체, 액체 혼합류를 발생시키기 위해 주로 산화구 방식용 포기, 교반장치로 사용되는데 일반 용으로도 적용가능하다. 탱크용량에 따라 기중 및 대수를 설정한다.

2.3.3 : 수중제트펌프형 AERATOR

1) 구조

수중 모터와 일체를 이루고 있는 수중제트 펌프형의 일례를 소개한다. 구조는 펌프에서 나오는 압력수를 제트 분출류는 변환하는 노즐과 끝이 가늘어지는 형상의 산기관으로 구성되어 있다.

산기관 외측부의 노즐 끝부분 바로 위에 해당하는 위치에 흡기관이 접속되어 수면위까지 연장되어 있다.

펌프를 운전하며 노즐의 제트 분출류 주위에 부압이 발생한다. 이 부압을 이용해 수면위에서 공기를 자흡, 제트 분출류와 기체, 액체 혼합류를 산기관에서 방출하고 포기 교반하는형태가 이 장치이다.

2) 기중선정상의 주의점

- (1) 폭기조내의 MLSS농도가 높은 경우에는 확산저항 때문에 산소이용의 단위속도가 감소하므로 D.O공급량도 평소보다 증가시켜야 한다.
- (2) 너무 과도한 D.O의 공급은 전단력에 의해 FIOC의 파괴 및 침강성을 악화시켜 최종 처리수를 혼탁하게 하는 원인이 되므로 주의해야 한다.
- (3) 산소의 용해도는 수온, 기압 및 폐수중의 염분농도에 영향을 받아 수온이 높아지는 하절기에는 총괄 산소이전 계수는 커져서 빨리 분산되나 용존효율은 저하된다.
- (4) 동절기에는 D.O확산 속도는 느리나 용존효율은 상

승한다.

- (5) 폭기조의 체류기간에 따라 용존 산소요구량 변화
- (6) 폐수의 유기물 농도 및 성상
- (7) 폭기조의 활성오니농도와 성상에 따른 용존산소 변화
- (8) BOD부하, 활성도, 미생물증식기등의 차이등에 따라 산소 소비가 다르다.
- (9) D.O가 낮으면 SVI가 높아진다
- (10) D.O가 (5-7ppm)정도 높게 유지하면 질산화 작용이 진행되어 침전조에서오니의 부상현상이 일어난다.

II. 폐수처리장의 생물학적 처리 운영특성

1. 생물학적 폐수처리의 기본원칙

폐수중에 들어있는 부유물질이나 용해성 물질 등의 오염 물질을 침전하기 쉬운 스러지로 바꾸어 제거하는 것으로써 그 작용은 폐수중의 유기물을 먹이로 하는 세균 및 원생동물과 같은 미생물에 의한다.

이 생물을 포함한 활성스러지와 폐수와의 혼합액에 공기를 혼입시킴으로써 호기성 환경하에서 미생물의 작용이 활발하게 이루어져 폐수중의 부유물질은 활성스러지에 흡착되고 그 내부의 유기물 및 용해성 물질은 용존산소와 미생물에 의하여 산화 및 동화의 역할을 유효하게 이용하는 기술이 생물학적 폐수처리시설이다.

2. 생물학적 폐수처리의 운전 조건인자

2.1 : 폭기조내 미생물의 활성에 영향을 주는 인자

- 1) P.H : PH6.5~7.5
- 2) 온도 : 18~25℃
- 3) 용존산소 : 1~3ppm
- 4) 영양물질 : BOD : N : P = 100 : 5 : 1
- 5) 생물학적체류기간(SRT) : 6~8시간
- 6) 유기물부하(F/M비) : 0.2~0.5kg BOD/kg

MLSS.Day

7)독성물질

2.1.1 : 용존산소(Dissolved Oxygen)공급 개요

생물학적 폐수처리 시설에서 유기물제거에 활동하는 미생물의 주종이 및 임의성이므로 폭기조직내 적절한 용존 산소공급은 매우 중요한 것이다.

대부분의 미생물은 생존에 산소를 필요로 하나 그 필요 하는 정도에 따라 호기성, 혐기성, 임의성의 3단계로 분류 하는데 생물학적 처리에서 가장 많이 나타나는 미생물은 임의성 세균이다.

1) 미생물생육과 용존산소와의 관계

- 호기성 ① 편성 호기성균 → 절대적 호기성
- ② 통성 호기성균
- 혐기성 ① 통성 혐기성
- ② 편성 혐기성균 → 절대적 혐기성

(1) 용존산소가 부족할 때 출현하는 미생물

산소가 부족되어 폭기조가 혐기성으로 되면 활성오 니는 검어지고 H2냄새가 난다. 이것은 폭기조가 혐 기성으로 진행되어 혐기성균인 유산염 환원세균이 증식해서 그 움직임에 의해 H2S가 생성

가. 지표 미생물의 종류

· Beggitoa : 유황세균의 일종으로 유화수소를 산화해 서 Energy를 얻는다.

크기는 1.8~16μ까지의 사상세균이며 일반적으로 분기한다.

· Metopas : 세포의 크기는 40~300μ이며 출현환경은 폭기조에서 유기물과 오니가 부패하여 유화수소가 발생 할 때 많다.

· 기타 : Spirilluis, Spirostomam

(2) 과잉폭기시에 출현하는 미생물

폭기조에 폭기가 과인이면 활성오니의 응집형성은 가늘며 사방으로 흩어져 보인다.

가) 지표미생물의 종류

· Amoeba radiosa : 구형의 세포에 여러개의 돌기를 갖 고 별모양을 갖는 것이 특징이며 세포의 크기는 14~30μ 이다.

· Vahlkamphia limicolu : 세포의 크기는 25~35μ이고 운동하는 방향의 앞부분은 투명하다.

출현환경은 과폭기후 압도적으로 나타난다.

· 기타 : Sarcodina, Rotatoria

2.1.2 : BOD부하 유리관리 기준

BOD의 부하가 과다, 과소 상태로 자주 변하면 미생물의 활성이 저하되어 유기물 분해율이 감소되므로 유입수의 양과 반송량을 적절히 조절하므로서 항상 일정한 상태를 유지하여야 한다.

1) F/M비(Food/Micro-Organism)

BOD부하(kg BOD/kg NLSS 일) 기준 :0. 2-0. 4

$$BOD부하 = \frac{유입량(m^3/일) \times 유입수 BOD농도(mg/l)}{폭기조용적(m^3) \times MLSS(mg/l)}$$

2)BOD 용적부하 기준 : 0.4~0.8kg BOD/m3일

$$BOD용적부하 = \frac{유입량(m^3/일) \times 유입 BOD(mg/l)}{폭기조용적(m^3)}$$

예) 현장폐수가 폭기조 유입폐수량 4500m3, 유입 BOD 127ppm 폭기조 용적 1500m3, MLSS1500ppm 일 대 F/M비 및 BOD 용적 부하는 얼마인가?

$$A) F/M비 = \frac{4500m^3/D \times 127g/m^3 \times 10^{-10}}{1500m^3 \times 1500g/m^3 \times 10^{-10}} = 0.255kg BOD/kg MLSS \cdot day$$

$$B) BOD용적부하 = \frac{4500m^3/D \times 127g/m^3 \times 10^{-10}}{1500m^3} = 0.380kg BOD/m^3일$$

3. 폭기조에 공기공급장치 용량 선정계산

소요공기량 : 소요공기량은 제거된 BOD량과 오니의 자
기산화에 수반되는 산소소비의 총량으로써 표현한다.

3.1 : 산소요구량의 계산식

$$Q_2 = a \times L_L \times Q + b \times MLVSS \times V$$

O₂ : 산소요구량 (kg/일)

a : BOD제거에 관한 계수

(0.5kg O₂/kg BOD)

L_r : 제거된 BOD (ppm)

Q : 배수량 (m³/일)

b : MLVSS산소 요구량에 관한 계수

(0.07kg O₂/kg MLVSS 일)

MLVSS : (MLSS×0.75)ppm

V : 폭기조 용적 (m³)

3.2 계산조건(예)

유입BOD농도 : 200ppm, 배수량 : 6,000m³/일

폭기조내 MLSS : 2,500ppm, 폭기조용적 : 1,500m³

BOD제거율 : 95%

$$\begin{aligned} 1) O_2(\text{kg/일}) &= (0.5 \times (200 - 10) \text{ g/m}^3 \times 6,000 \text{ m}^3/\text{일} \times 10^{-3} \text{ kg/g}) \\ &+ (0.07 \times (2,500 \times 0.75) \text{ g/m}^3 \times 1,500 \text{ m}^3 \times 10^{-3} \text{ kg/g}) \\ &= 766.8 \text{ kg/O}_2\text{일} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \cdot \text{필요공기량} &= \frac{766.8 \text{ kg/O}_2\text{일}}{0.277 \text{ kg O}_2/\text{m}^3} \\ &= 2,768.2 \text{ m}^3/\text{일 Air} \end{aligned}$$

- * 공기중의 산소는 무게로(0.277kg O₂/m³)
- * BOD 1kg당 공기필요량 (40~60m³)

· 폭기조 수심 5m에서 산기관의 용해율을 약 7% 적용

$$\frac{2,768.2 \text{ m}^3/\text{일 Air}}{0.07} = 39,546 \text{ m}^3/\text{일 Air}$$

$$\frac{39,546 \text{ m}^3/\text{일}}{1,440} = 27.46 \text{ m}^3/\text{분}$$

2) 산기관 필요분수 계산

$$\text{산기관 분수} = \frac{\text{총공기량(m}^3/\text{분)}}{\text{표준공기량(m}^3/\text{분)}}$$

* 다공정산기관 표준통기량 : 100~150 l /분

$$\text{산기관 분수} = \frac{27.46 \text{ m}^3/\text{분}}{120 \text{ l/분} \times 10^{-3}} = 229 \text{ 분}$$

(* 폐수의 경우 예기에 여러가지 안전율 (수온, 모터, 폐수 종류 등)을 고려해주는 것이 좋다.)

3) ROTARY BLOWER 선정사양

필요공기량(27.46m³/분)×안전율(1.3배)=35.7m³/분

* 본 원고는 한국공업화학회 연구논문 발표 자료입니다.

