

# 폐수 고도처리

::연재

## I. 고도처리

### 1. 하수의 고도처리

활성오니법을 주체로 한 종래의 2차처리로 보기보다는 고도로 정화된 처리수를 얻기 위해 필요한 처리법 전체를 의미하는 용어로 해석되고 있다.

종래에는 2차처리후에 부가되는 주로 물리화학처리의 여러과정을 3차처리라고 총칭해 왔다.

2차처리인 생물학적 처리가 개선되어 고도처리수를 얻는 기술이 일반화됨에 따라 종래의 3차처리법에 2차처리를 개선하여 덧붙인 새로운 고도처리라는 범주가 생겨났다고 볼 수 있다.

- 2차처리시설의 운전방법을 변경하거나 또는 2차처리시설을 개선하여 2차처리 수질향상을 도모한다.

- 2차처리시설 후단에 새로운 처리시설을 부가해 2차처리의 수질향상을 수행한다.
- 새로운 처리법으로 종래의 2차처리 수질이상의 처리수를 얻을 수 있다.

### 2. 도입배경

- 1) 방류수역의 수질환경기준의 달성
- 2) 폐쇄성 수역의 부영양화 방지
- 3) 방류수역의 이용도 향상
- 4) 처리수의 재이용

### 3. 처리방식의 선정

고도처리의 처리방식은 처리대상에 따라 다음의 공정에서 선정한다.

- 1) 잔류 SS 및 잔류 용존유기물 제거공정
- 2) 질산화 공정
- 3) 질소 제거공정
- 4) 인 제거공정
- 5) 질소, 인 제거공정

## II. 질소 및 인의 처리기술

### 1. 생물학적 인·질소제거 공정

구 분		혐기조(anaerobic reactor)	무산소조(anoxic reactor)	호기조(oxic reactor)
		인 방출조	탈질조	질산화조
질 소 제 거	형태	NH <sub>4</sub> -N, Org-N	NH <sub>4</sub> -N, NO <sub>2</sub> -N, NO <sub>3</sub> -N NO <sub>3</sub> -N → N <sub>2</sub> ↑	NH <sub>4</sub> -N → NO <sub>2</sub> -N, → NO <sub>3</sub> -N
	조건	- DO : 0.0mg/L 부근 - 유기물 풍부	- DO : 0.2 mg/L ↓ - 온도 : 25~30℃ - pH : 7.0 ± 0.5 - 유기물 풍부	- DO : 2mg/L 부근 - pH : 7.0 ± 0.5 - 온도 : 중온 - 알칼리도 충분
	특징	-	- 유기물을 소모하여 탈질 수행 - pH 증가(알칼리 생성)	- pH 감소(알칼리 소모)
	방해물질	-	- 탈인에 많은 유기물이 소모 되면 탈질에 필요한 유기물 이 부족	- FA(Free Ammonia) Nitrosomonas : 10~150mg/L Nitrobactor : 0.1~1.0mg/L - FNA(Free Nitrous Acid) Nitrosomonas, Nitrobactor : 0.22~2.8 mg/L
인 제 거	형태	- PO <sub>4</sub> -P 방출 - 유기물을 세포내 PHB로 저장	PO <sub>4</sub> -P 감소	PO <sub>4</sub> -P 과잉섭취 (미생물 건조중량 : 1.5~ 2% → 4~12% 까지 섭취)
	조건	- 온도 : 영향은 둔감 - pH : 6~9 - SRT : 길게 유지 - HRT : 1~2시간 (VFA로 전환 시간) - 유기물 : 풍부	- 방출 발생은 어려움 (NO <sub>x</sub> 의 방해)	- DO : 2.0mg/L 부근
	방해물질	- NO <sub>x</sub> : 탈인균의 인방출 에 유용한 유기물질이 탈 질균에 의해 소모	-	-

#### 1-1. A<sub>2</sub>/O 공법

##### 1-1-1. 처리공정개요

- A/O 공법을 개량하여 질소 및 인을 제거하기 위한 공법
- 반응조는 혐기성조(Anaerobic Tank), 무산소조(Anoxic Tank), 호기성조(Aerobic Tank)로 구성

- 질소제거를 위해 내부반송과 침전지 슬러지 반송으로 구성
- 혐기성조에 인의 방출, 호기성조에서 인의 과잉섭취
- 무산소조 내부반송수의 Nitrate를 탈질



### 1-1-2. 처리효율

- 유기물질 - BOD : 90% 이상, SS : 90% 이상
- 영양염류 - TN : 40~70%, TP : 60%

### 1-1-3. 설계인자

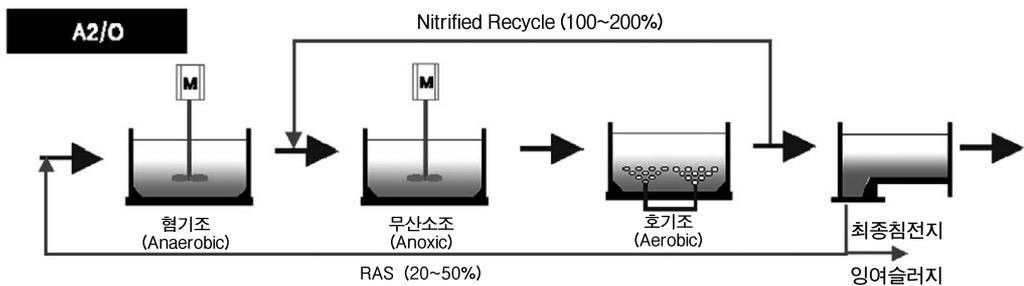
- HRT : 5~8시간(혐기성조 : 0.5~1.0시간, 무산소조 : 0.5~1.0시간, 호기성조 : 3.5~6.0시간)
- SRT : 4~27일
- F/M비 : 0.1~0.3kg BOD/MLVSS/d
- MLSS : 3,000~5,000mg/L
- 슬러지반송율(RAS) : 25~50%

- 내부반송(Nitrifier 반송) : 100~200%

### 1-1-4. 장단점

- 기존하수처리장의 고도처리화시 적용 용이
- 건설비는 표준활성슬러지법과 유사하거나 약간 높은(5~10% ↑)수준임
- 반송슬러지내 질산성질소로 인하여 혐기성조의 인 방출이 억제
- BOD/TN 비가 12이상 요구 (BOD/TN 비가 낮은 국내 하수의 처리에 부적절하며 외부탄소원을 주입)
- 수온 저하시 질소·인 제거효율이 저하

### 1-1-5. 처리공정 모식도(A/O, A2/O)



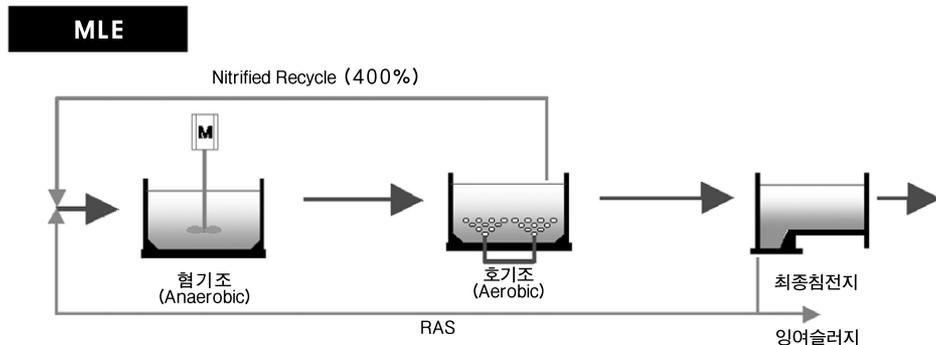
### 1-2. MLE(Modified Ludzack - Ettinger)

#### 1-2-1. 처리공정 개요

- 1962년도에 처음으로 단일 슬러지 질산화 - 탈질공정을 제안

#### 1-2-2. 특징

- 탈질의 에너지원으로는 유입수의 Biodegradable 유기물 이용
- 탈질효율은 침전지에서 반송되는 슬러지와 혼합반응조에서 반송되는 슬러지의 합 (즉, 반송되는 Nitrate 의 총량에 의해 제한된다.)
- 경제적인 내부반송비 4 : 1



1-3. Modified Bardenpho 공법

1-3-1. 처리공정 개요

- 혐기-무산소-호기-무산소-호기조로 구성
- 전단의 혐기-무산소-호기는 질소, 인 및 유기물 제거
- 후단의 무산소조에서는 내생탈질과정을 통하여 탈질
- 후단 호기조에서 폐수내 잔류 질소가스를 제거, 종침에서 인의 용출을 방지

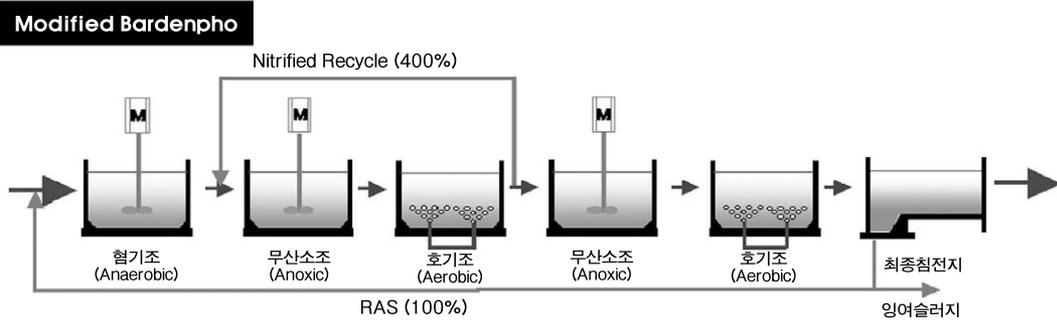
1-3-2. 처리효율

- 유기물질 - BOD : 90% 이상, SS : 85% 이상
- 영양염류 - TN : 90%, TP : 50~90%

1-3-3. 설계인자

- HRT : 10~24시간  
(혐기성조 : 1.0~2.0시간, 무산소조 : 2.0~4.0

1-3-5. 처리공정 모식도



1-4. MUCT(Modified University of Cape Town)공법

1-4-1. 처리공정 개요

- VIP 공법과 유사하나 무산소조가 2조로 구성
- 혐기성조, 2조의 무산소조, 호기성조로 구성
- 탈질을 위한 내부반송과 무산소조에서 혐기성조로의 내부반송 및 침전지 슬러지 반송으로 구성
- 첫 번째 무산소조는 반송슬러지중의 Nitrate를 제거 질산성 질소에 의한 혐기성 지역의 인방출 방해작용을 최소화

시간, 호기성조 : 4.0~12.0시간, 무산소조-2 : 2.0~4.0시간, 호기성조-2 : 0.5~1.0시간

- SRT : 10~40일
- F/M비 : 0.1~0.2kg BOD/MLSS/d
- MLSS : 2,000~4,000mg/L
- 슬러지반송율(RAS) : 100%
- 내부반송 : 400%

1-3-4. 장단점

- 다른 생물학적 질소제거 공법에 비하여 질소제거효율이 높음
- A<sub>2</sub>/O 공법에 비해 긴 체류시간을 사용하므로 유기성 탄산화 능력이 높음
- 저부하 운전 및 긴 체류시간(10~24시간)으로 인하여 건설비 표준활성슬러지법에 비하여 다소 큼
- 유입원수내의 RBD COD의 농도가 낮거나 수온이 저하시 제거효율이 저하

- 두 번째 무산소조는 호기성조의 내부반송수의 Nitrate 탈질역할
- 유입수의 일부 유기물 혐기조에서 혐기성분해에 의하여 분해, 공정의 산소요구량을 감소화

1-4-2. 처리효율

- 유기물질 - BOD : 90% 이상, SS : 90% 이상
- 영양염류 - TN : 50~70%, TP : 70~80%

자료제공 : 환경보전협회 환경연수부  
다음호에 계속...