

# 하수처리장 운전방식 개선 우수사례

마광열, 류인호, 류명구, 김경환 \_ 경상북도 의성군 상하수도사업소

## 일반 현황

- 처리시설명 : 의성하수종말처리시설
- 시설용량 : 8,000m<sup>3</sup>/일
- 처리공법 : 혐기-무산소-호기조합법
- 운전방식 개선시기 : 2004년 1월 ~ 2005년 1월

## 운전개선 착안 계기

- 저농도 하수 유입 → 유기탄소원 부족으로 고도처리효율 저하
- 송풍기 ON-OFF 운전으로 호기조 DO 조절 → 호기조 DO의 변화폭이 크고, 전력소비 과다, 송풍기 및 산기관 수명 단축 등
- 밸브 조작에 의한 내부반송률 및 외부반송률 조절 → 전력사용량 과다 및 펌프 수명 단축, 소음 과다
- 2차 침전지 표면에 활성슬러지 자산화에 의한 스킴 형성 → 하수처리에 대한 신뢰감 저하

## 운전개선 (Renovation) 내용

1. 반송슬러지 일부를 1차 침전지로 유입, 1차 슬러지를 분뇨저류조로 유입시켜 분뇨와 혼합 유기산 발효 후 탈질, 탈인을 위한 유기탄소원으로 이용
2. 송풍기 풍량조절장치(인버터) 설치로 호기조의 DO 농도를 일정하게 유지
3. 내부, 외부 반송펌프 유량조절장치(인버터) 설치로 적정 반송률 유지 및 반송슬러지 토출배관 수면 아래로 연장
4. 2차 침전지 스킴 파쇄용 소포노즐 설치 및 부유수생식물 재배로 수질 개선 및 하수처리장 이미지 개선

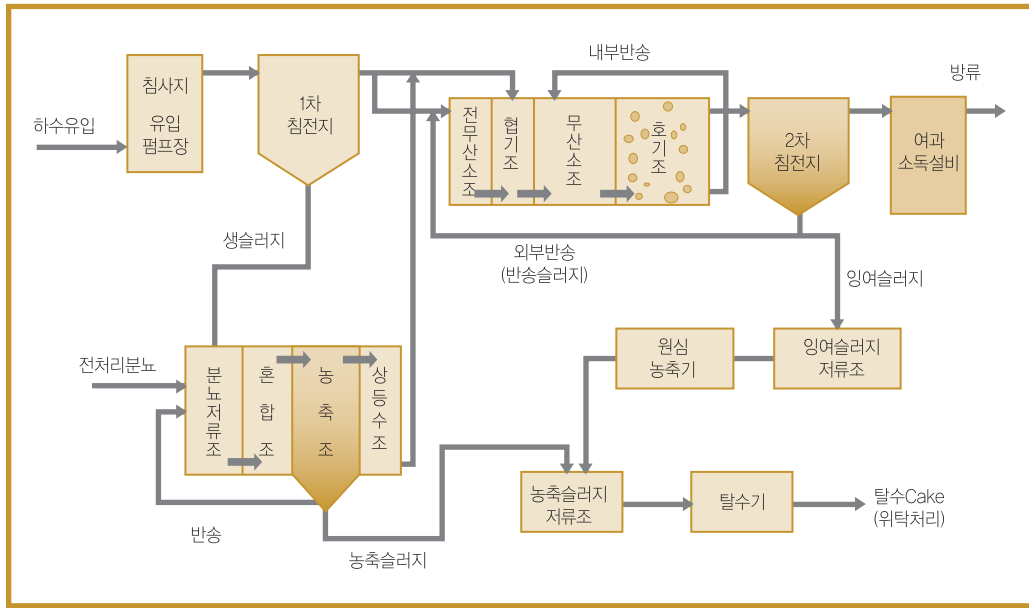


그림 1 하수처리공정도 (개선 전)

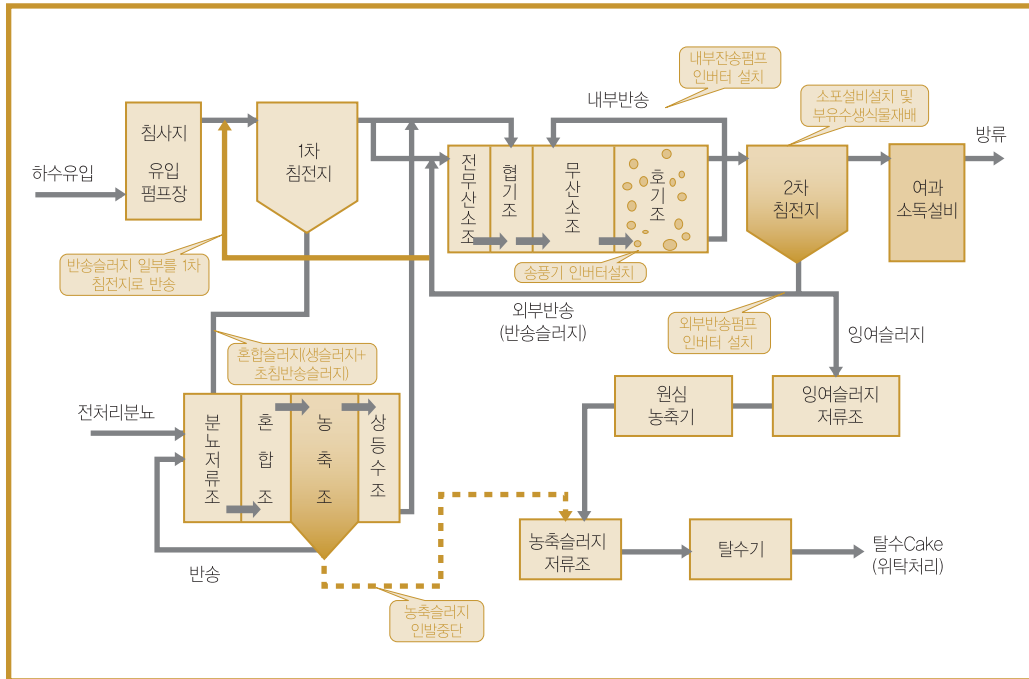


그림 2 하수처리공정도 (개선 후)

**사례 1** 반송슬러지 일부를 1차 침전지로 유입, 1차 슬러지를 분뇨저류조로 유입시켜 분뇨와 혼합 유기산 발효 후 탈질, 탈인을 위한 유기탄소원으로 이용

### 1. 운전개선 원리 및 내용

- ① 외부반송액 일부를 1차 침전지 전단으로 투입 → 유입하수 중 콜로이드성 미세입자와 흡착, 공침을 유도 (투입량 약 50m<sup>3</sup>/일, 슬러지농도 0.8~1.1%, 소형 수중펌프 설치)

- ② 1차 침전지로 유입된 활성슬러지에 의하여 유기물 분해
  - 1차 침전지 유출수의 DO 농도가 저하  
(1차 침전지 유출수의 평균 DO 농도 5mg/l → 2mg/l 로 감소)
  - 생물반응조(혐기조)에서의 혐기조건 양호 → 고도처리효율(인방출) 상승 유도  
(혐기조 내 DO 농도 0.2mg/l → 0.1mg/l 로 감소)
- ③ 1차 침전지에 침전된 활성슬러지와 생슬러지를 분뇨 전처리시설로 이송 (약 25m<sup>3</sup>/일)
  - 분뇨와 혼합하여 5일 정도 체류하면서 유기산분해 과정을 거침  
(유기산농도 약 1,000~3,000mg/l , 활성슬러지의 분해로 탈수슬러지량 감소)
- ④ 농축조에서 농축슬러지를 인발 중지 → 농축슬러지는 분뇨저류조, 혼합조, 농축조를 순환하다가 일부 분해되고, 미분해슬러지는 유기산 발효액과 함께 상등수조를 거쳐 생물반응조로 유입
- ⑤ 생물반응조로 유입된 미분해슬러지는 생물반응조 내의 활성슬러지에 흡착
  - 활성슬러지의 침전성이 양호해지며,
  - 활성슬러지에 흡착된 미분해슬러지 중 유기물 성분은 2차 침전지 내 슬러지층과 전무산소조에서 서서히 분해되어 내생탈질효율을 높여준다.  
(2차 침전지 슬러지층 DO 농도 약 0.2mg/l , 전무산소조 DO 농도 약 0.2mg/l )
- ⑥ 분뇨저류조, 혼합조, 농축조, 상등수조에 생슬러지와 같이 유입된 활성슬러지에 의해 악취 성분이 분해되어 악취농도가 현저하게 저감됨.
- ⑦ 상등수조 월류 수위를 1m 낮추어 분뇨 반입에 여유를 주고(최대 90kl/일 반입), 분뇨 반입이 없는 날에도 안정적으로 생물반응조에 분뇨 공급 → 처리효율 상승 유도

**사례2 송풍기 풍량조절장치(인버터) 설치로 호기조의 DO 농도를 일정하게 유지**

- ① 송풍기 풍량조절장치(인버터) 설치 (2005년 1월)
  - 30kw × 3set , 전기실에 판넬 3면 추가, 설치 및 계장설비 추가 및 중앙 제어, 시스템 수정작업, 소요비용 6,200만원
- ② 중앙제어시스템에 DO 설정값을 입력
  - 송풍기의 구동모터 회전속도 제어 → 송풍량 자동제어 → 호기조의 DO값을 일정하게 유지
  - 활성슬러지의 성장 환경을 안정적으로 유지 → 처리효율 증가 도모

※ 참고로 의성하수처리장의 경우 생물반응조의 DO 농도를 하절기에는 2~3mg/l , 동절기에는 4mg/l 정도로 유지하고 있다.

동절기에는 수온 저하로 질산화효율이 저하되어 2차 처리수 중에 암모니아성 질소가 존재하기 쉬우며, 고도처리수에는 질산화 박테리아가 존재하기 때문에 이들이 용존산소를 이용하여 암모니아를 산화시

키므로 5일 BOD 측정 시에도 측정값을 상승시키는 원인이 된다.

**사례3** 내부, 외부반송펌프 유량조절장치(인버터) 설치로 적정 반송률 유지 및 반송배관 토출구를 수면 아래로 배관 연장

- ① 내부, 외부반송펌프 유량조절장치(인버터) 설치 (2004년 11월)  
내부반송펌프 인버터 11kw × 3set, 외부반송펌프 인버터 15kw × 2set → 전기실에 판넬 3면 추가 설치 및 계장설비 추가, 중앙제어시스템 수정 작업, 소요비용 6,700만원
- ② 중앙제어시스템에 외부반송량 및 내부반송량 값을 수질분석자료를 기초하여 설정값을 입력  
외부반송량 : 유입하수량 순시값 대비 30% 유지, 내부반송량 : 유입하수량 순시값 대비 50~200% 유지  
→ 유입하수량에 따라 반송펌프의 구동모터 회전속도 제어 → 반송량 자동제어 → 활성슬러지의 생장 환경을 안정적으로 유지 → 처리효율 증대효과 도모
- ③ 반송슬러지 배관 토출구가 수면에서 1m 정도 떨어져 있어서 반송슬러지 토출 시 산소 유입으로 DO 상승 및 소음 발생 → 토출배관을 수면 아래까지 연장 → DO 상승률 감소, 낙차가 줄어들어 에너지 소비 감소(약 20% 저감), 소음발생량 저감효과를 봄. (2005년 6월 설치, 약 500만원 소요)

**사례4** 2차 침전지 스킴 파쇄 소포노즐 설치 및 부유수생식물(물상추) 재배로 수질 개선 및 이미지 개선

- ① 2차 침전지에 스킴 파쇄를 위한 살수설비를 설치 (2004년 7월)
  - 2차 침전지 사양 : (20m×H5m×2지)
  - 배관 : 이송배관 : 32A 매설, 분지배관 : 25A Walk-Way 측면에 고정
  - 스프레이 노즐 : (STS FLAT-type 3.9 l /min(at 3kg/cm<sup>2</sup>) × 9EA/1지)
  - 스프레이 용수 공급 : 처리장 내 용수 공급 설비에서 잠용수 공급
  - 스프레이 노즐을 설치하여 부상된 스킴을 파쇄하여 다시 물속으로 가라앉혀 깨끗한 수면을 유지하는 효과를 봄.
- ② 2차 침전지 수면에 부유수생식물인 물상추 재배
  - 2차 침전지에 스킴제거장치의 스킴배출기를 분리시켜 스킴배출기를 통하여 물상추가 제거되지 않도록 조치 후 물상추 재배
  - 물상추의 번식력은 매우 강함. (약 50일 만에 침전지 수면을 덮어버림)
  - 물상추 뿌리에는 미세플록이 흡착되며, 미생물의 접착여재로 이용
- ③ 중침 수면에 부유수생식물인 물상추 재배 → 잉여수초의 수확(8월 100kg/일) → N, P 등 영양염류 제거 → 수질 정화에 기여

※ 참고로 물상추 식물체내 질소, 인 농도는 건조 중량 대비(질소 1.2~4.0%, 인 0.15~1.15%) 정도임.

④ 물상추를 2차 침전지에서 재배함으로써 2차 처리수의 청정 이미지를 상승시키고 하수처리장에 대한 주민의식 제고 효과

## 개선 결과

### 1. 처리수질

구분	BOD	COD	SS	T-N	T-P
유입하수 설계수질	150	140	15	30	4
유입수질(2005.2.1~7.20)	112.5	61.9	122.7	23.441	2.383
방류수질기준	10	40	10	20	2
설계방류수질	10	30	10	20	2
개선전(2003.4.1~12.31)	4.2	7.8	4.3	6.728	0.977
개선중(2004.1.1~2005.1.31)	2.9	6.0	2.2	6.925	0.739
개선후(2005.2.1~7.20)	<b>1.1</b>	<b>5.9</b>	<b>1.2</b>	<b>6.892</b>	<b>0.651</b>
처리효율	99%	90%	99%	71%	73%

주) 1. 유입수질은 분뇨 포함 농도임.  
2. T-N의 경우 전년대비 처리효율이 개선되지 않은 것은 처리장 내에서 내부반송을 대비 질소제거를 실험 및 전무산소조 효율성을 점검하는 실험관개로 처리효율이 개선되지 않은 것으로 판단됨.

### 2. 전력사용량

- 2004년 월평균 전력사용량 : 125,424 kWh/월
- 2005년 1~6월 평균 전력사용량 : 114,675 kWh/월
- 인버터 설치 후 처리장 전체 전력사용량의 약 8.6% 절감

### 3. 슬러지 발생량 저감효과

- 2004년 월평균 슬러지 발생량 : 73.17톤/월
- 2005년 1~6월 평균 슬러지 발생량 : 68.15톤/월
- 운전개선에 의한 슬러지 발생량이 전년도 대비 약 6.8% 감소



개선 전 : 2차 침전지 수면에 스크 발생



개선 후 : 소포설비 설치 및 부유수생식물(물상추, 부레옥잠) 재배



부유수생식물(물상추) 재배 초기



부유수생식물(물상추)이 2차 침전지를 완전히 덮은 모습



2차 침전지 월류웨어 모습



2차 침전지 내 부유수생식물(물상추) 근접 촬영 모습



송풍기 풍량조절장치(인버터) 패널(3대) 설치



외부 및 내부반송슬러지 펌프 반송량 조절장치 (인버터) 설치 (외부 2대, 내부 3대)