

1. 서론

하수처리장으로 유입되는 유기물 농도가 낮아 (70mg/l 이하) 계절별 포기조 운영 관리에 어려움이 많았으며, 빈부하로 인하여 여름철 최종침전지에서 Pin Floc형상이 일어났다.

Pin Floc발생 억제를 위하여 포기조 내의 DO조정과 포기조 교차운휴 등의 방법을 사용하였지만 물리적인 한계(유입 하수량, 포기조 내 체류시간 등)에 부딪혀 기대했던 성과를 얻을 수 없었다.

Pin Floc 원인 해결방안의 하나로는 유기물 부하량 증가였지만 임의적인 부하량 증가는 많은 시간과 비용이 소요됨에 따라 우리팀에서는 부하량 증가 방안을 모색하던 중 농축조 슬러지를 포기조로 직유입 이라는 새로운 Idea를 도출하였으며, 도입에 따른 적용 가능성 확인을 위하여 Field Test, 운전조건 변화 등의 노력 끝에 포기조 안정적 운전이라는 성과를 얻게 되었다.

포기조 안정화 달성과 함께 또 하나 얻어진 성과물은 Bio-슬러지 발생량

농축 슬러지 포기조 Recycle을 통한 최종 슬러지 처리비 절감 및 안정적인 하수처리 개선사례

글 배용환 _ 울산광역시 회야하수종말처리장



은 유입BOD제거량과 미생물의 운전조건 등에 따라 미생물 증속영향의 Factor값을 구할 수 있었으며, 미생물 운전조건 변화를 통해 슬러지 발생량이 상관관계가 있음을 확인하게 되었다.

동 하수처리 구역은 신항 발전지역으로 제2근린생활시설, 공장증설 등으로 하수 발생량이 증가되고 있으며, 건축물에서 발생하는 오수는 전처리 없이 하수처리장 직유입으로 인한 유기물농도 상승(BOD45.5~56.5mg/l)과 동시에 슬러지 발생량도 점차 증가하는 경향을 보임에 따라 포기조 안정적 운전과 동시에 슬러지 발생량 절감을 위한 테마를 선정 QC 분임조 활동을 전개하게 되었다.

슬러지 발생량 절감의 방안으로 농축 슬러지 일부(약 10%-가변적)를 포기조로 Recycle시켜 자산화를 통한 미생물 먹이화와 Retention Time조정을 통한 슬러지 발생량을 절감시켰으며, 향후 '96의정서(런던협약) 발효에 정에 따른 슬러지 발생량 절감에 조금이나마 보탬이 되었으면 한다.

2. 연구방법

(1) 목표

농축된 슬러지를 포기조로 Recycle시켜 포기조의 안정적 운전과 슬러지 발생량을 감소시킨다.

(2) 운전방식

슬러지 탈수기를 가동하지 않는 날을 기준으로 Morning / Swing / Night 각 Shift당 1시간씩 Pumping을 실시한다(탈수기 가동: 월, 수, 금).

(3) 슬러지 이송용 펌프용량 : 15~18m³/Hr

(4) 일일 농축 슬러지 반송량 : 40~60m³/일

(5) 농축 슬러지 이송에 따른 점검항목

- ① 포기조 내 사상균 발생 및 변화도
- ② 대기온도에 따른 최종침전지 방류수질 Color 변화도
- ③ 포기조 내 MLSS 및 SV30, F/M비, DO소비상태 등 확인
- ④ 농축 슬러지 이송량 변화에 따라 포기조 가동상태(Color, 슬러지 침강상태 등) 확인
- ⑤ 미생물 종의 변화여부 확인
- ⑥ 포기조 내 냄새 발생여부 확인

(6) 운전방법

- ① 포기조 내 MLSS 변화도에 따라 농축 슬러지 이송 또는 Cut → MLSS농도 : 2,500mg/l 이하시 농축 슬러지 유입
- ② 빈부하시 농축 슬러지 이송

(7) 활동내역

① 1차 활동내역

(a) 저류조 농축 슬러지를 포기조로 Recycle

저류조 농축 슬러지를 Portable 수중 Pump를 이용 포기조로 이송 시켰으나, 잦은 Pump의 고장과 저류조 Level변화에 따른 이송의 불안정 등으로 Continuous한 Operation에는 한계가 있어 적용하기엔 인력과 시간 낭비가 있어 적용성이 떨어진다. 약

2개월 동안 Test한 결과 처리수질, 미생물 관리상태, 슬러지 발생량 저감 등의 성과를 보았지만 현장 적용의 문제로 중단했다.

(b) 농축 슬러지 이송 계략도

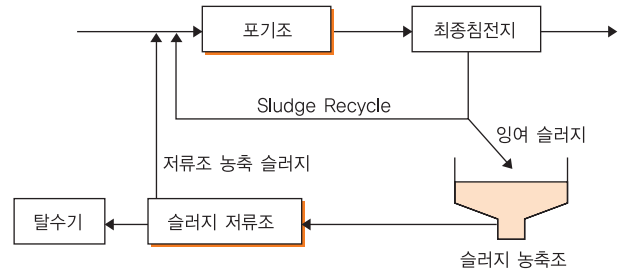


그림 1) 슬러지 이송계략도

② 2차 활동내역

(a) 탈수기 이송용 슬러지 Pump을 이용 농축 슬러지 Recycle 슬러지 저류조에서 탈수기로 이송되는 슬러지 Pump 토출Line 후단 개조를 통해 농축 슬러지를 포기조 전단으로 유입시켰다.

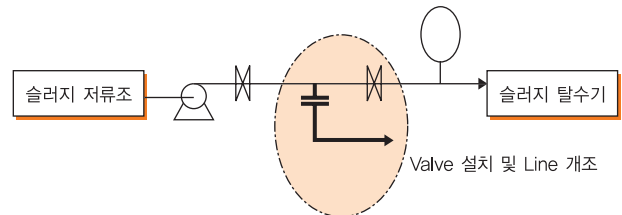


그림 2) Line등 개선부위

(b) 농축슬러지 이송 계략도

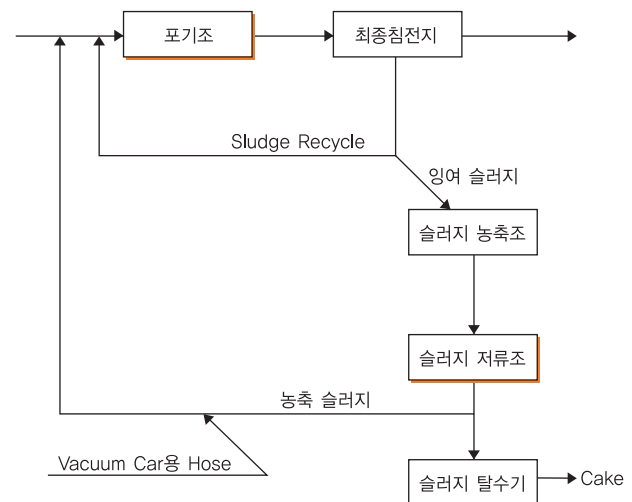


그림 3) 농축슬러지 이송 계략도

③ 활동결과

탈수기 이송용 펌프를 활용한 개선활동을 전개한 결과 Recycle 되는 슬러지량 대비 포기조 내 변동부하를 확인할 수 있어 조건 변화에 따른 포기조로 보내는 슬러지량 조정으로 안정적 포기조 관리 및 슬러지 발생량을 절감시켰다.

④ 개선활동에 따른 시설 투자비

(a) 투자비용: Total 300천원

(b) 주요 투자내용

- 1차 개선활동 : 기존 보유중인 Portable 수중 Pump, Vacuum Car용 Hose 이용
- 2차 개선활동 : 슬러지 펌프 토출 Line 일부 개선과 Valve 및 Adapter구입 기존 Vacuum Car용 Hose 이용

3. 결과 및 고찰

(1) 처리수질의 안정성

① 처리수의 농도가 일정하게 배출된다.

② 년도별 유기물 배출현황

(단위 : mg/l)

항목	2002년도 (분임조활동 전)		2003년도 (분임조활동 후)		비고
	유입수	처리수	유입수	처리수	
	연평균	45.5	3.9	56.5	
연최대	115.7	7.3	69.4	5.2	
연최소	34.5	3.0	52.5	3.2	

* 유입수 수질은 침사지내 Data로 슬러지 반송에 따른 유입 유기물 부하변동에는 영향이 없으며, 2002년말부터 신축 건축물 증가 및 동 건축물에서 발생하는 오수는 전처리 없이 하수처리장 직유입에 따라 2003년도부터 유기물 부하량이 다소상승 됨.

표 1) 년도별 유기물 배출현황

③ Pin Floc발생이 현저히 줄어들었다.

④ 처리수질의 Color가 맑고 일정하게 유지되었다.

(2) 슬러지 발생량 감소

① 2002년 대비 2003년 유기물 부하량은 약 12.2% 증가하였

지만, 슬러지 발생량은 약 7.9%로 증가로 유입 유기물 부하 대비 약 4.3% 절감 효과를 보이고 있다.

년 평균 유기물 부하량(톤/년)			년간 슬러지 발생량 (톤/일)		
2002년	2003년	증감	2002년	2003년	증감
1,618.3	1,815.3	12.2% 증가	4,068.75	4,391.99	7.9%증가

표 2) 유기물 부하량과 슬러지 발생량

② 유기물 제거에 따른 슬러지 발생량

(a) 산출방법

유기물을 미생물이 섭취 및 증식과정에서 슬러지 발생량은

$$Yobs = Y / (1 + Kd \times QC)$$

Yobs = BOD Kg당 미생물 생산량 Kg(슬러지 발생량)

Y = 유기물을 처리하는 종속영양 미생물의 값으로 통상 0.4~0.8의 범위에 있으며, 본 처리장의 경우 종속영양 미생물 값은 0.65임.

Kd = 미생물 사멸률로 통상 0.025~0.075의 범위에 있으나, 회야의 경우 0.05의 값을 나타내고 있음.

QC = 미생물체류시간으로 12 Hr임

(b) 포기조내 BOD 제거량

(톤/년)

2002년도	2003년도	증감량
528,568	616,423	87,855

표 3) 포기조내 BOD 제거량

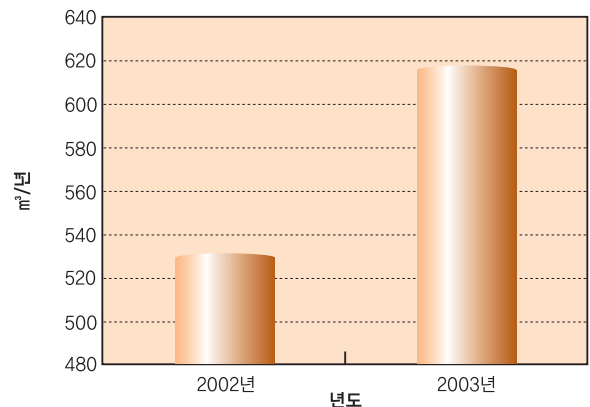


그림 4) 유기물 제거량

(c) 탈수 Cake 함수율 : 81% (Average)

(d) 탈수 Cake 발생현황

2002년(m³/년)		2003년(m³/년)	
실제 발생량	미생물 증식에 따른 발생량	실제 발생량	미생물 증식에 따른 발생량
4,068.75	4,077.4	4,391.99	4,755.13

표 4) 탈수 Cake 발생현황

(e) 미생물 증속영향에 따른 슬러지 발생량

$$\begin{aligned}
 Y_{obs} &= Y / (1 + K_d \times Q_C) \\
 &= 0.65 / (1 + 0.05 \times 12) \\
 &= 0.406 \text{mg-슬러지} / \text{mg BOD}
 \end{aligned}$$

(f) 유기물 제거에 따른 슬러지 발생량

- 2002년도 슬러지 발생량

$$\begin{aligned}
 Y_{obs} \times \text{유기물제거량} \times \text{함수율} \\
 &= 0.406 \text{m}^3 \times 528.568 \text{m}^3/\text{년} \times (100/81) \\
 &= 4,077.4 \text{m}^3/\text{년}
 \end{aligned}$$

- 2003년도 슬러지 발생량

$$\begin{aligned}
 Y_{obs} \times \text{유기물제거량} \times \text{함수율} \\
 &= 0.406 \text{m}^3 \times 616.423 \text{m}^3/\text{년} \times (100/81) \\
 &= 4,755.13 \text{m}^3/\text{년}
 \end{aligned}$$

(3) 2003년도 슬러지 절감량

2003년 유입 BOD농도증가 (45.5→56.5mg/l)에 따라 실제 슬러지 발생량은 증가되었지만 QC분임조 활동을 통한 농축 슬러지 일부를 자산화 등의 과정을 통한 미생물의 먹이화하는 과정에서 발생 슬러지량을 절감시킬 수 있었다.

$$\begin{aligned}
 \text{슬러지 절감량} &= \text{미생물 증식에 따른 발생량} - \text{실제 발생량} \\
 &= 4,755.13 \text{m}^3/\text{년} - 4,391.99 \text{m}^3/\text{년} \\
 &= 363.14 \text{m}^3/\text{년}
 \end{aligned}$$

(4) 최종 슬러지 처리에 따른 절감비용

탈수 Cake은 전량 해양투기를 하고 있으며, 처리비용은 운반비 포함 20,000원/m³의 비용이 소요됐다. 따라서 슬러지 처리에 따른 절감비용은, 363.14m³/년 × 20,000원/m³ =

7,262,800원/년 이다.

(5) 고 찰

'96의정서(런던협약) 발효시 슬러지 해양투기에 대한 엄격기준 마련과 배출농도 규제 항목이 증가 될 것으로 사료된다.

따라서 단순 물리적인 방법으로 발생 슬러지 자산화를 통한 미생물 먹이화는 한계가 있을 것임으로 많은 양의 슬러지 저감을 위해서는 슬러지 자산화시스템 등을 연구 개발해야 할 것으로 판단된다.

금번 연구과제의 시작은 슬러지 발생량 절감에 초점을 둔 것이 아니라 하수처리장의 안정적 운영(배출수의 농도 편차를 줄일 수 있는 방안과 여름철 최종 침전지의 Pin Floc방지 모색)을 하기위한 여러 가지 방안에 대한 토론회와 현장적용 과정에서 농축 슬러지의 Recycle량이 전량 슬러지로 발생되지 않고 투입량 보다 예상 했던 슬러지 발생량(Input = Output)이 적게 발생하는 것을 확인하게 됨에 따라 운전관리의 효율성, 시설개선에 따른 저 투자비용 모색 등의 방법에 대하여 구성원의 합의도출을 이룬 결과라 할 수 있다.

농축 슬러지는 일정기간 혐기성화 과정에서 자체 슬러지 부피 감소를 유도시키는 것으로 활성오니조로 직유입시 사상균발생 등을 고려해야 한다.

또한 포기조 내 미생물수(MLSS) 농도와도 상관관계가 많으므로 지역의 특수성에 맞게 적절한 방안을 찾기 위해서는 여러 사람이 함께하는 토론회와 Test를 많이 해야 한다. ☺