

-기술정보-

외부탄소원 공급에 따른 배양조 처리효율 향상연구

Enhancement of Removal Efficiency in a Bio-Reactor by External Carbon Supply

최인식*

Choi in sik*

광주지방공사

1. 서론

경기도 G시에 위치한 G공공하수처리시설은 일최대 시설용량 $Q=25,000\text{m}^3/\text{일}$ 로써 HBR-1공법과 표준활성슬러지공법이 접목되어 복합공정으로 운영되고 있으며, G공공하수처리시설 부지내에는 분뇨처리장이 위치해 있어 분뇨처리장에서 전처리가 이루어진 일 40kℓ의 생분뇨가 G공공하수처리시설의 침사지 및 생물반응조 유입부로 연계처리하여 운영되고 있다. 복합공정으로 운영중인 HBR-1공법은 활성슬러지 포기조 외에 별도의 배양조(지상형 및 수중형 반응기가 병설된 미생물 활성조)가 구비되어 있으며, 최종침전지 침전슬러지의 일부를 배양조에 투입하여 임의성 토양미생물균종으로 활성화시킨 후 다시 포기조 유입부로 일정량을 반송시킴으로써 전 공정의 무취화, 유기물, 질소, 인의 제거효율 상승 및 슬러지의 안정화등 일거양득의 효율성을 공법사는 설명하고 있다. G공공하수처리시설은 분뇨를 연계처리 하는 특성과 하수관로 정비시범사업 진행 등으로 인해 주공정인 미생물처리공정은 항상 높은 유기물부하 상태로 운전되고 있는 반면, HBR-1공법의 배양조 미생물환경은 탄소원이 전혀 없는 빈부하 상태로 운영됨으로써 수처리공정에는 다년간의 스크(갈색거품)이 두텁게 형성되어 고질적인 문제점으로 지적되고 있는 실정이다. 따라서, 현재 발생되고 있는 스크현상과 아울러 고농도 유기물부하현상을 저감하기 위한 방안으로 배양조에 연계처리 분뇨를 투입하여 활용코자하였다.

2. 타당성 검토

1. 한강수계 하수관거정비 시범사업으로 인한 유입하수의 고농도현상과 전처리 분뇨 연계수의 고농도 유기물 부하 및 처리공정내의 스크현상 등 고질적인 문제점을 개

선하고 수처리공정의 안정적인 유지관리를 위한 방안 모색에 따른 현재 운영 중인 배양조의 운영환경을 개선하여 농도부하를 개선해 볼 긍정적 가치가 대두됨.

2. 특수미생물을 이용한 자연정화 처리공법(HBR)은 배양조 내부에 고농도 미생물로 충만되어 있으므로 농도가 높은 유기물질(분뇨)을 투입할 경우 우수한 분해성능을 보일 수 있을 것으로 판단됨.
3. 또한, 공정에서 잔류하는 갈색 스크현상은 유기물 공급이 전혀 없이 24~48시간 간헐포기에 의한 미생물자산화 현상으로써 배양조에서 발생 가능한 것으로 관찰되는바, 적정농도의 유기물질을 공급할 경우 배양조 스크현상 또한 호전적으로 개선 가능할 것으로 판단됨.
4. 상기한 바에서처럼, G공공하수처리시설의 배양조 유기물 공급에 대한 경험적 지식은 인근 유사처리장(HBR공법으로 운영중인 처리장)에 적용가능하며, 개선에 필요한 기초자료 및 공정관리를 위한 참고자료로서 충분한 가치가 있는 것으로 판단되어 배양조에 전처리 분뇨를 투입하여 시행코자함.

3. 연구방법 및 진행과정

3.1. 연구방법

- ㉔ 분뇨처리장에서 배양조(2계열) 유입부까지 분뇨투입설비 및 배관시설 구축
- ㉕ 연속적인 분뇨투입을 위한 시간제어를 통한 송분펌프 자동조건 구축
- ㉖ 배양조 유입/유출펌프 제어를 위한 수위센서 설치
- ㉗ 배양조 최적운영 조건 도출을 위한 적정 분뇨투입양 산정(물질수지)

- 배양조 탄소원 : 전처리 분뇨연계수
- 실험 군 : 2계열 배양조 (- 분뇨투입 O)
- 대 조 군 : 1계열 배양조 (- 분뇨투입 X)
- 연구 기간 : 6개월
- 시험 분석 : 수질오염 공정시험법에 따른 BOD, COD, T-N, T-P 항목에 대해서 분석시험

- 2계열 배양조 유기물(분뇨)투입량
⇒ 20~30kl/일
- 1, 2계열 배양조 슬러지 유입 및 유출량
⇒ 50~100m³/일
- 1, 2계열 배양조 브로워 가동시간
⇒ 14.8시간~16.6시간 가동/일
- 배양조 수중교반기 가동시간
⇒ 9.2시간~7.4시간 가동/일
- 배양조 호기/혐기조건 구축 비율(시간)
⇒ 160~180분(호기)/100~80분(혐기)

3.2. 연구진행 과정

- ㉠ 분뇨처리장 저류조 내부에 배양조 송분용 수중펌프 설치 및 안정적 송분과 펌프의 정밀제어를 위한 컨트롤 시스템 제작·설치.
- ㉡ 분뇨처리장 송분펌프에서 배양조(2계열)까지 송분배관 설치.
- ㉢ 배양조 내부에 적정미생물을 유지할 수 있도록 슬러지 유입유출펌프 제어용 전기계장 설치.
- ㉣ 배양조 유출피트 수위조절을 위한 수위센서 설치.
- ㉤ 배양조 송분 개시 및 운영효율 평가

4. 개선결과

- 1) 배양조 분뇨투입 결과
 - 6개월간 2계열 배양조에 대한 일평균 분뇨투입량은 20.3kl/일이었으며, 연구기간 동안 총 3,661kl(평균 배

Table 1. 포기조 및 배양조 계열별 물질수지

반응조	계열	DO(mg/L)	F/M 비	SRT(day)	HRT(day)	MLSS농도(mg/L)	BOD용적부하(kg · BOD/m ³ · day)
포기조	1계열	1.0~2.0	0.20~0.30	10~20	5.5	2,000~2,500	0.35~0.50
	2계열	1.0~2.0	0.20~0.30	10~20	5.5	2,000~2,500	0.35~0.50
배양조	1계열(대조군)	0.0~1.0	-	1~10	-	5,000~6,000	-
	2계열(실험군)	0.0~1.0	0.05~0.1	10~35	20~35	5,000~6,000	0.20~0.30

Table 2. 분뇨처리장 월 반입량 및 배양조 분뇨투입 처리량 (단위: kl/일)

	5월	6월	7월	8월	9월	10월	합계
분뇨반입량	1,248	1,373	1,231	1,477	1,236	1,282	7,847
배양조	180	505	804	866	625	681	3,661
분뇨투입량 (14.4%)	(36.8%)	(65.3%)	(58.6%)	(50.6%)	(53.1%)	(46.7%)	

※ 측정방법: 배양조 유출구에서 Sampling된 시료는 1시간의 침전과정을 거친 후 상등수를 채취하여 GF/C여과지를 사용하여 여과한 시료에 대해서 BOD, COD, T-N, T-P 실험을 하였다.

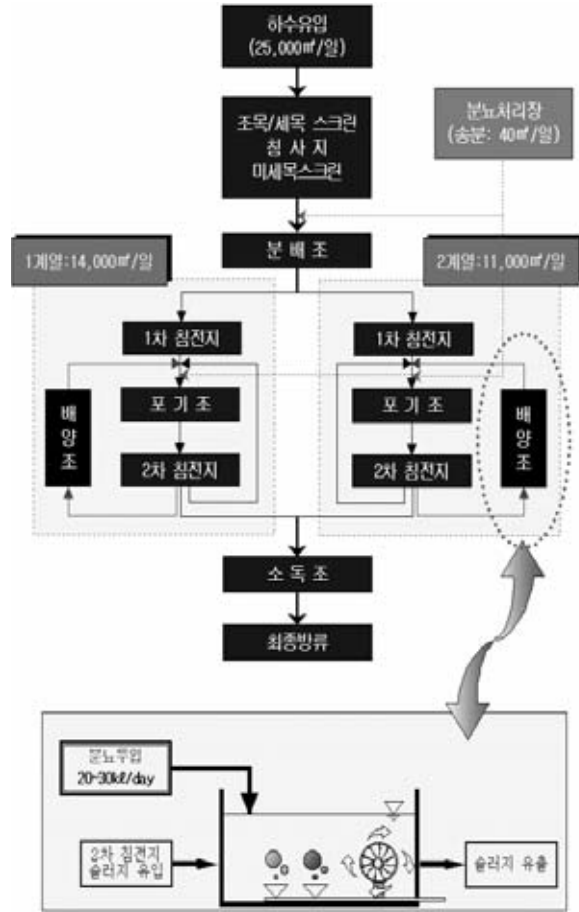


Fig. 1. 수처리 공정도 및 배양조 활용도

입량의 46.7%)의 분뇨를 배양조에 투입 처리함.

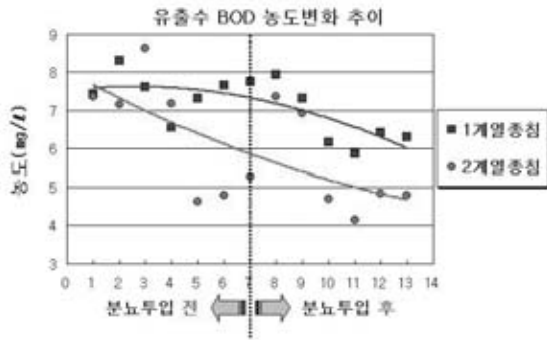
- 따라서, 분뇨반입량의 46.7%를 배양조에 투입한 결과 침사지 및 최초침전지의 유기물농도 부하가 상당히 저감된 것으로 관찰되었으며, 수질관리에 있어서도 양질의 처리수질을 안정적으로 유지할 수 있었다.

Table 3. 배양조 투입 분뇨 농도 및 배양조 유출수 농도 (단위: mg/L)

	BOD	COD	T-N	T-P
배양조 투입 분뇨	6,000~7,000	4,000~6,000	600~700	150~180
배양조 유출수	7.4 (23.7~1.3)	15.2 (21.8~8.0)	10.548 (22.834~1.034)	3.757 (8.772~0.220)

2) 배양조 분뇨투입 전·후에 따른 최종침전지 BOD, T-N, T-P 제거율 비교

BOD 농도 비교



BOD 농도 비교

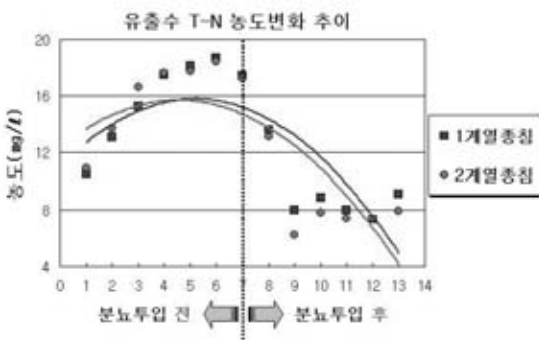
㉑ 1계열 최종침전조 유출수

- 분뇨투입 전
평균 BOD농도: 7.5mg/L(8.6~6.5)
- 분뇨투입 후
평균 BOD농도: 6.7mg/L(7.9~5.9)
→ BOD 제거율 평균 10.7% 증가

㉒ 2계열 최종침전조 유출수

- 분뇨투입 전
평균 BOD농도: 6.4mg/L(8.6~4.6)
- 분뇨투입 후
평균 BOD농도: 5.5mg/L(7.4~4.1)
→ BOD 제거율 평균 14.1% 증가

T-N 농도 비교



T-N 농도 비교

㉑ 1계열 최종침전조 유출수

- 분뇨투입 전
평균 T-N농도: 15.784mg/L(18.668~10.483)
- 분뇨투입 후

평균 T-N농도: 9.146mg/L(13.599~7.323)

→ T-N 제거율 평균 42.1% 증가

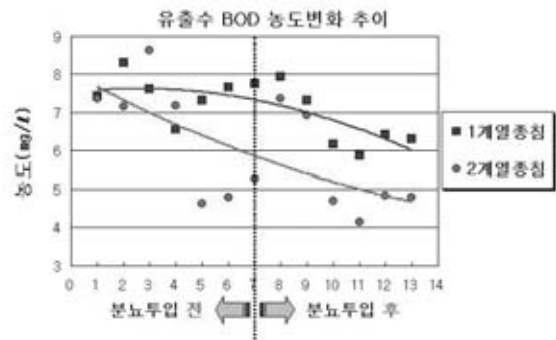
㉒ 2계열 최종침전조 유출수

- 분뇨투입 전
평균 T-N농도: 16.034mg/L(18.394~10.903)
- 분뇨투입 후
평균 T-N농도: 8.303mg/L(13.093~6.213)

→ T-N 제거율 평균 48.2% 증가

※ 고농도 질소제거에 적응된 2계열 배양조 슬러지를 포기조 전단으로 재투입하였기 때문에 2계열 포기조환경은 질산화박테리아의 우점에 의해 질소(T-N)제거효율은 1계열 중침 처리수질 보다 다소 높은 것으로 관찰되었다.

T-P 농도 비교



T-P 농도 비교

㉑ 1계열 최종침전조 유출수

- 분뇨투입 전
평균 T-P농도: 1.078mg/L(1.263~0.881)
- 분뇨투입 후
평균 T-P농도: 1.087mg/L(1.398~0.863)
→ T-P 제거율 평균 0.8% 감소

㉒ 2계열 최종침전조 유출수

- 분뇨투입 전
평균 T-P농도: 0.978mg/L(1.180~0.823)
- 분뇨투입 후
평균 T-P농도: 0.976mg/L(1.269~0.825)
→ T-P 제거율 평균 0.2% 증가

※ 혐기반응조가 없으므로 인 제거효율에는 변화가 없는 것으로 관찰되었다.

5. 기대효과

1. 2계열 배양조(실험군)의 슬러지 침강성이 호전적으로 개선됨.

2. 분뇨연계수의 46.7%를 배양조에 투입함으로써 생물반응조의 고농도 BOD부하를 저감함.
3. 배양조 스킴현상이 호전적으로 개선됨.

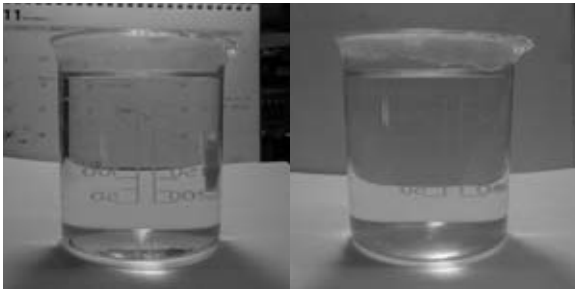


1, 2계열 배양조 슬러지 침강성 비교.

- 1계열배양조 : $SV_{60} = 85\%$
- 2계열배양조 : $SV_{60} = 50\%$

분뇨투입에 따른 2계열 배양조의 슬러지 침강성이 호전적으로 개선됨.

→ 평균 BOD_{6,500mg/L}의 분뇨가 배양조에서 평균 7.4mg



투입된 분뇨가 배양조 미생물에 의해 완벽하게 분해된 모습.

L(유출수)의 분해율을 보임.

- ※ 상기한 그림의 배양조 유출수질은 BOD 2.3mg/L, COD 14.3mg/L, T-N 2.058mg/L, T-P 2.170mg/L로 분석되었으며, 안정적인 처리효율을 보인 것으로 관찰되었다.

6. 결론

- ① 6개월 동안 배양조에 분뇨를 투입해 관찰한 결과, 침사지 및 최초침전지로 연계처리 되는 분뇨의 양이 54.3%로 감량되는 결과를 얻었다.
- ② 감량된 분뇨연계처리수(54.3%)는 '하수차집관거 정비사업'에 의한 유입수질의 고농도 BOD현상을 다소 저감할 수 있었으며, 평균 3.0시간의 짧은 중침 체류시간 조건에서도 양질의 처리수질을 유지할 수 있었다.
- ③ 배양조 가동에서 발생하는 고질적인 스킴현상의 해결



수처리공정에서 잔류하는 스킴현상이 개선됨.
2계열 최종침전조 상부모습

방안으로 배양조 미생물에 분뇨를 투입하여 미생물의 자산화를 방지하였고, 적절한 내부운영조건의 조율을 통해서 스킴현상을 호전적으로 개선할 수 있었다.

- ④ 배양조의 분뇨 처리효율은 99.5%이상 제거되는 것으로 관찰되었으며, 분뇨뿐만 아니라 축산폐수까지도 연계처리가 가능 할 것으로 판단되었다.
- ⑤ 상기 HBR공법이 적용되어 있는 여타처리장에 대해서도 본 연구와 마찬가지로 약간의 부대설비만 구축된다면, 분뇨 또는 축산폐수를 차량운반을 통해서 연계처리가 가능할 것으로 판단되었다.
- ⑥ 그 동안, 2계열 배양조의 분뇨처리량은 반입되는 분뇨의 46.7%의 양을 처리하였기 때문에 1계열 배양조에도 분뇨를 투입할 수 있도록 조치한다면, 분뇨처리장으로 반입되는 분뇨의 전량은 1, 2계열 배양조에서 전량처리가 가능할 것으로 판단된다.
- ⑦ 그러므로, 배양조 분뇨투입 설비를 안정적 영구설비로 보완조치 한다면, 스킴이 발생하는 배양조의 운영방식과 분뇨처리방법이 호전적으로 개선되는 일거양득의 획기적인 방법으로 평가 될 것으로 사료된다.