

기존활성슬러지법으로 운전중인 하수처리장의 탈질·탈인 공정 상용화

Development on the Process for Nitrogen and Phosphorus Removal in Municipal Wastewater Treatment System

주관기관 : (주) 에치투엘, 위탁기관 : 용인대학교

김대명, 양익배, 김수복, 변병걸, 김영규, 권기석, 장덕진, 장성환, 임영택, 홍성민, 홍민

기술개발요약

1999년부터 2001년까지 2년동안 G-7 환경공학기술개발사업의 일환으로 CNR공법을 이용한 하수처리장의 탈질·탈인을 위한 상용화기술개발연구의 결과를 요약하면 다음과 같다. CNR공법은 우리나라의 일반적인 하수성상에서 6시간의 체류시간에서도 운전관리가 원활하면 동절기와 유기물 부하변동에도 질소를 10mg/l, 인을 1mg/l로 제거 할 수 있는 공법이다. CNR공법은 현재 하수처리장의 활성슬러지조내의 용적과 체류시간을 그대로 이용하면서 포기조의 1.2단(활성슬러지조의 1/2)을 혐기조와 무산소조로 변형하여 교반기를 설치하고 내부반송라인을 설치하며 포기조에 섬모상담체를 넣으면 질소와 인을 목표수질로 제거 할 수 있는 경제적이고 유기관리가 용이한 공법이다. 질산화미생물이 섬모상담체에서 주기적으로 탈리되고 질산화시간이 단축되므로 혐기조와 무산소조시간을 증가시키므로 인해 혐기조의 인 용출과 무산소조의 탈질이 용이하다.

제 1장 연구의 필요성 및 배경

본 연구에서는 (주)H2L의 고정상 섬모상담체를 넣은 CNR (Cilium Nutrient Removal)공법으로 유입수의 온도변화에 따라 질소와 인의 처리효율, 설계인자와 운전인자에 미치는 영향을 파악하고자 하였다.

제 2장. 실험재료 및 방법

1. 반응조에 유입하는 하수의 특성과 장치

실험에 사용한 CNR공법의 모형반응조는 50톤/일의 처리용량을 가진 반응조로 혐기조, 무산소조, 호기조로 구성

되고 호기조에 H2L(주)의 섬모상담체를 넣은 CNR 공법에 구리하수처리장의 최초침전지 처리수를 거친 유입원수를 혐기조와 무산소조에 배분하여 넣고 종침조의 외부반송슬러지 0.5Q를 혐기조로 호기조 2단의 내부반송수를 무산소조에 유입하면서 온도별에 따른 질소, 인의 제거효율과 처리특성을 파악하기 위하여 2000년 1월부터 2000년 8월 30일까지 실험을 하였다.

2. 반응조의 운전조건

운전기간동안 유입수의 온도는 6.4℃에서 16.0℃, 유입수의 DO는 1.26 mg/l으로 나타났으며 ORP를 보면 혐기조는 -264.6mV로 거의 혐기화상태를 유지하였으며 무

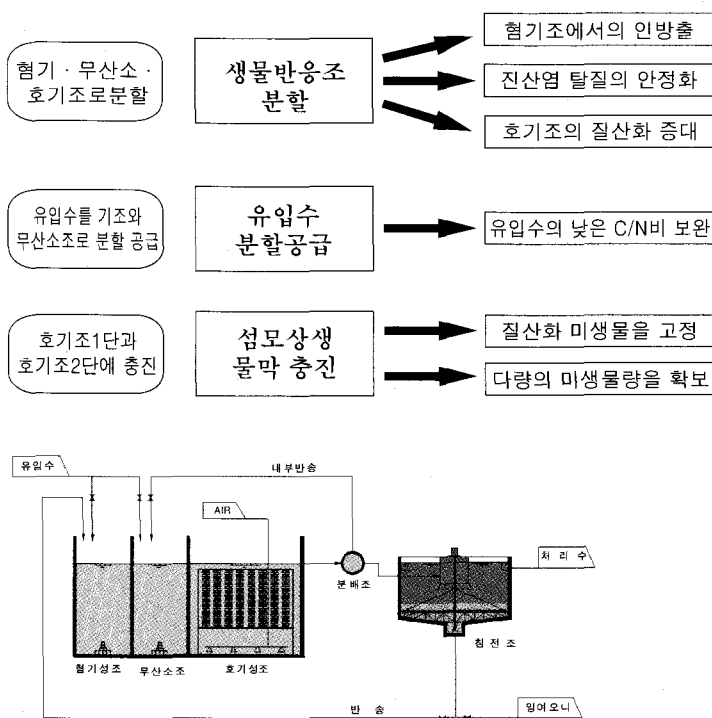


Fig. 5.2 Diagram of CNR process

산소조는 -226.0mV, 호기조 1단과 호기조 2단은 각각 117.5mV, 135.4mV로 유기물산화를 유지하였다. TBOD5 용적부하량은 0.34 kg-BOD/m³.d, T-N의 용적부하량은 0.103 kg-BOD/m³.d, TCODMn/T-N비로 표시한 C/N비는 1.41로 낮게 운전되었으며 F/M(TBOD5/MLSS)비는 0.105로 운전하였으며 수리학적 체류 시간(HRT)은 0.25일로 운전하였다.

제 3장 연구결과

1. 호기조의 질산화

질산화는 온도가 증가함에 따라 증가하며 문헌에 의하면 Table 5.14와 같이 10°C에서는 질산화미생물의 최대비 성장율이 0.10 0.29d⁻¹, 15°C에서는 0.18 0.47d⁻¹, 20°C

에서는 0.26 0.77d⁻¹로 나타났고 호기조 온도와 비질산화율은 비례하였다. 호기조 1단에서의 비질산화율과 SRT의 관계를 보면 SRT가 13.5일에서 최고의 일별 질산화율을 나타냈고 온도가 증가할수록 SRT는 감소하였다. 호기조의 F/M과 일별 제거된 NH₃-N의 관계를 보면 F/M가 증가하면 NH₃-N의 제거량이 증가하는 나타났으며 호기조의 C/N과 일별 제거된 NH₃-N의 관계를 보면 C/N비가 증가하면 NH₃-N의 제거량이 증가하는 나타났으며 운전이 어려웠던 1.5Q의 유입수로 체류시간이 4시간인 경우는 온도가 증가하여도 일별 NH₃-N의 제거량이 감소하나 C/N비가 감소하면 일별 NH₃-N량도 감소하는 것으로 나타나 NH₃-N의 제거는 온도보다는 C/N비의 영향이 더 큰 것으로 나타났다.

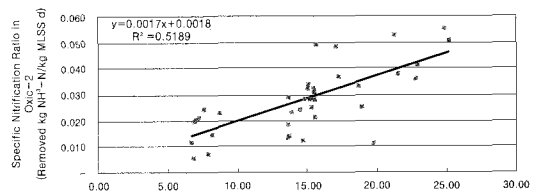


Fig. 5.3 Correlation specific nitrification rate and temp. in oxic-2 basin

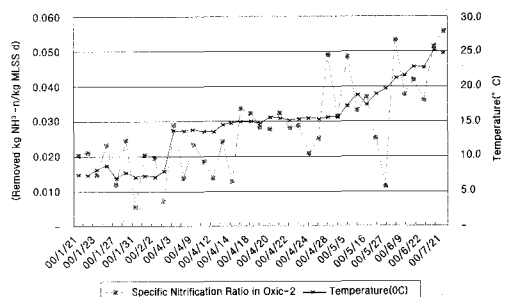


Fig. 5.4 Variation of specific nitrification rate and temp. in oxic-2 basin

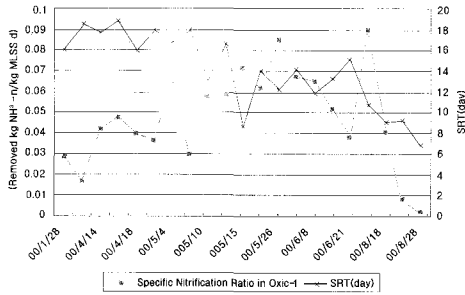


Fig. 5.5 Variation of specific nitrification and SRT in Oxidic basin

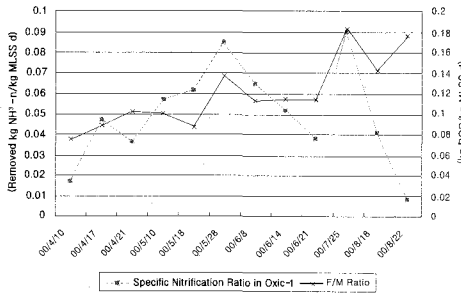


Fig. 5.6 Variation of specific nitrification and C/N ratio in Oxidic basin

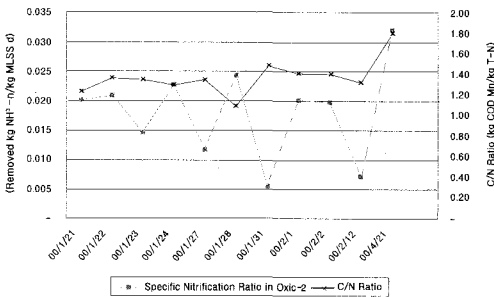
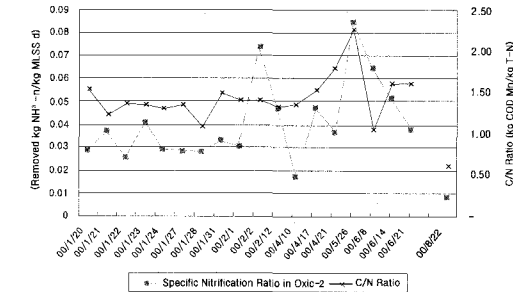


Fig. 5.7 Variation of specific nitrification and C/N ratio in Oxidic basin

2. 무산소조의 탈질화

무산소조에서 온도가 상승함에 따라 MLSS당 제거된 NO₃-N의 양이 증가하는 것으로 나타났다. 무산소조의 용존산소가 낮을수록 비탈질율이 증가하는 것으로 나타나고 있다. F/M 비가 증가하면 탈질율이 증가하는 것을 볼 수 있다.

C/N비가 증가함에 따라 MLSS당 제거된 NO₃-N의 양은 증가하는 것으로 나타났으며 온도가 10℃이하에서 10~20℃로 증가할때는 급격히 증가하고 20~24℃로 증가할때는 완만히 증가하는 것으로 나타났다.

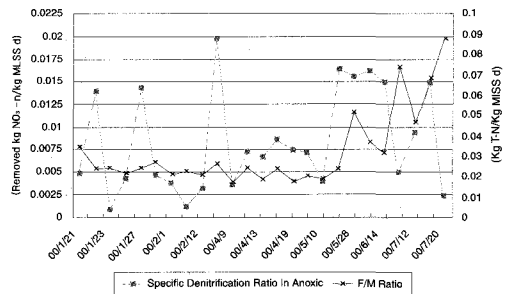
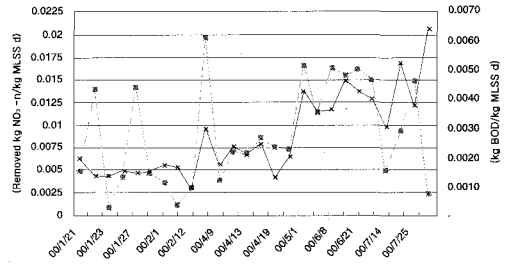


Fig. 5.8 Variation of specific denitrification and F/M ratio in Oxidic basin

3. 혐기조의 인용출

CNR공법의 실험에서 혐기성과 임의성 미생물에 의해 유기물을 PHB 형태로 저장하고 Polyphosphate의 가수분해에 의해 발생하는 에너지를 이용하여 유입수보다 혐기조에서 3~5배의 인이 용출되고 호기조에서는 과잉섭

취하는 현상이 나타나 인을 잘 제거하는 것으로 나타났다.

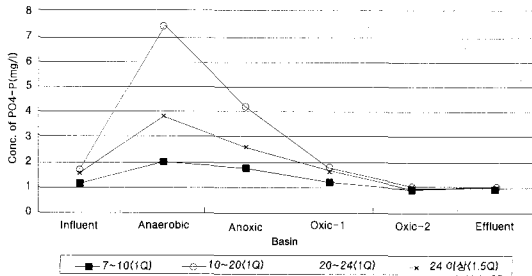


Fig. 5.9 Phosphorus release and uptake of PO₄-P with temperature

혐기조의 DO가 낮을수록 인의 용출현상이 두드러지게 나타나므로 혐기조의 DO를 0.05 0.1mg/l 이하로 낮추는 것이 중요하다. 용존산소가 0.05mg/l 이하로 내려가면서 인의 용출이 0.46kg PO₄-P/d까지 유입수의 5배 정도 용출되는 것으로 나타났다. 생물학적 탈질 반응을 위해 SRT는 길게 운전하는 것이 바람직하다. 그러나 인 제거를 위해서는 SRT를 짧게 운전하여야 한다. 따라서 인과 질소를 동시에 제거하는 공정에서는 동시에 질소와 인의 적정 제거 효율을 보장하는 SRT의 선정이 무엇보다 중요하다. F/M비가 증가함에 따라 10℃ 이하의 온도가 10 20℃로 까지는 인의 용출은 증가하였으나 20℃ 이상에서는 F/M비의 영향이 적은 것으로 나타났다.

4. 호기조의 인 섭취

섬모상 생물막의 외부와 부유성 미생물에 의해서 유기물의 산화 분해와 동시에 인을 3~4배 과잉섭취하여 농축된 상태에서 침전조에서 잉여슬러지로 인출된다. 호기조에 용존산소가 부족하면 인의 과잉흡수가 줄어들고 산소공급이 불충분하면 사상균(filamentous organism)이 번식하게 되어 침전성 및 유출 수질이 악화될 수 있다.

본 조사에서는 인의 섭취와 용존산소는 비례하는 것으로 나타나고 있다.

10℃이하의 온도가 10~20℃로 증가함에 따라 호기조의 SRT가 작을수록 인의 섭취가 증가한 것으로 나타났다. 전체 반응조의 SRT와 인의 섭취와의 관계를 보면 10.8 18.8일까지의 SRT에서는 MLVSS당 섭취되는 PO₄-P의 양은 비슷한 것으로 나타났다.

Temp.	(low< 10℃)	(10 ~ 20℃)	(20 ~ 40℃)	(20 ~ high)
Uptake of PO ₄ -P				
Oxic-1	0.005	0.029	0.02	0.033
Oxic-2	0.001	0.009	0.013	0.001
Oxic	0.006	0.038	0.033	0.034

Table. 5.1 Uptake of kg-PO₄-P/kg-MLSS.d with temperature

5. CNR pilot 공법의 처리효율

1) 유기물의 처리효율

Temperature		(low< 10℃)	(10 ~ 20℃)	(20 ~ 40℃)	(20 ~ high)
TBOD ₅	Influent	64.0	78.9	94.7	64.3
	Effluent	6.0	7.8	5.6	9.1
	Removal%	90.7	90.1	94.1	85.9
T-N	Influent	20.2	20.8	26.5	22.4
	Effluent	8.5	9.7	12.7	12.4
	Removal%	57.9	53.7	52.2	44.4
T-P	Influent	1.5	2.2	2.9	2.4
	Effluent	0.7	0.9	0.8	1.2
	Removal%	53.3	59.1	72.4	50.0

Table 5.2 The removal efficiency of each variables in CNR process

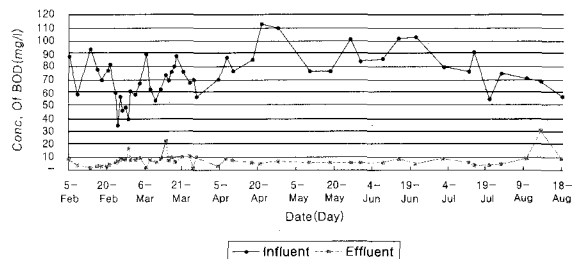


Fig. 2. The removal efficiency and concentration of TBOD₅

2) T-N의 처리효율

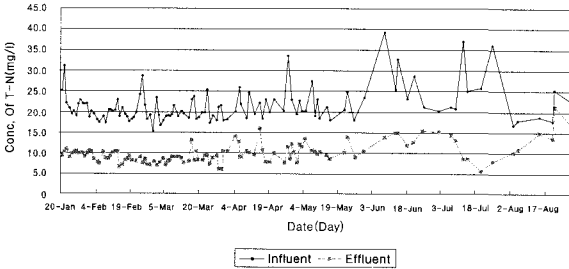


Fig. 2. The removal efficiency end concentration of T-N

3) 총인의 제거효율

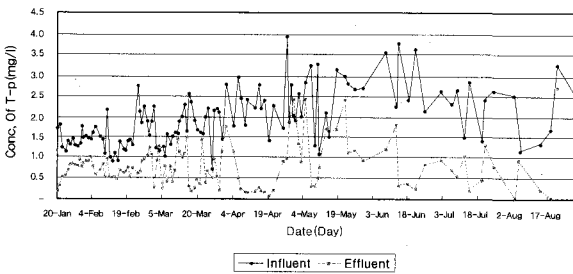


Fig. 5. 11 The removal efficiency end concentration of T-P

6. 담체내의 미생물 부착율

본 실험을 통하여 담체내 생물막 형성시 부착과 탈착을 통한 각 세대의 변화를 볼 수 있다. 아래의 그래프에서 보듯이 생물막의 1세대가 4~5일 경과시 탈착을 하였으며 8~10일의 경과시에 2세대가 다시 탈착을 하고 있음이 보인다. 그러나 10일의 실험기간으로 마지막 구간에서의 탈착이 생물막내의 완전한 세대의 정착후 이루어지는 탈착으로 간주하기에는 무리가 있다. 부착량과 부착율은 상대적으로 폭기량이 많아 교반이 활발한 aerobic 1의 반응조에서 크며 anoxic조에서는 거의 변화가 없음을 보이고 있다. 이 결과로 aerobic 1조의 담체내 생물막이 더 두터울

것으로 추측하며 또한 미생물의 균체량도 그만큼 더 커서 질화가 더 원활이 일어날것으로 생각된다.

7. CNR공법의 자동화 공정제어 시스템

10톤의 Pilot에 MLSS와 DO를 자동화하고 온도와 유입수의 특성, 유량등에 관계없이 일정농도이상의 탈질, 탈인을 시킬 수 있는 수처리 지능 제어시스템을 개발하기 위한 데이터베이스를 구축하고 인공지능 자동화하는데 필요한 계측기의 일정성, 안전성, MLSS와 DO의 자동시스템의 안정성등을 파악하고자 한다. 장당하수처리 장의 자료나 공정제어를 인터넷 전용선이나 전화선, 무선통신으로 조정하여 무인원격자동제어 하도록 하였다.

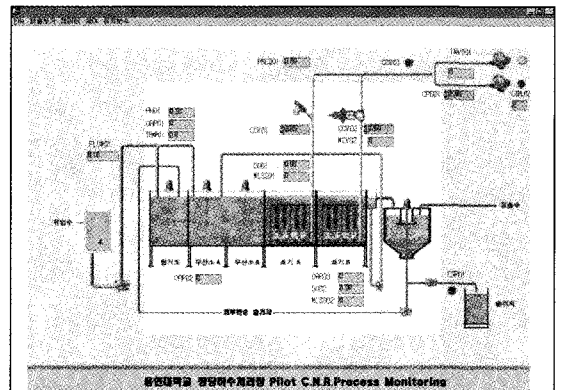


Fig. 6.1 10톤 자동화 설비

제 5장 결론 및 향후전망

일반적인 하수성상에서 6시간의 체류시간에서도 운전관리가 원활하면 동절기와 유기물 부하변동에도 질소를 10mg/l, 인을 1mg/l로 제거 할 수 있었다. 질산화미생물이 섬모상담체에서 주기적으로 탈리되고 질산화시간이 단축되므로 혐기조와 무산소조시간을 증가시키므로 인해 혐기조의 인 용출과 무산소조의 탈질이 용이하다. 호기조 온도와 비질산화율은 비례하였고 SRT가 13.5일에서 최고

의 일별 질산화율을 나타냈다. 무산소조에서 온도가 상승하고 용존산소가 낮을수록 비탈질율이 증가하는 것으로 나타나고 있다. 유입수보다 혐기조에서 3~5배의 인이 용출되고 호기조에서는 과잉섭취하는 현상이 나타나 인을 잘 제거하는 것으로 나타났다. 생물막의 1세대가 4~5일 경과시 탈착을 하였으며 8~10일의 경과시에 2세대가 다시 탈착을 하고 있음이 보인다. 장당하수처리장의 자료나 공정제어를 인터넷 전용선이나 전화선, 무산통신으로 조정하여 무인원격자동제어하도록 하였으며 실측치와 계측치간의 차이를 보정하면 자동제어에 의한 처리수질을 높일 수 있었다.

참여기업소개

기업명	(주) H2L	대표자	양익배
주 소	경기도 안양시 만안구 안양7동 213-26	연락처	전화. 031-445-8990 팩스. 031-445-8998
설립년월일	1989. 11. 20.	주된업종	성모상담체 및 설비 제작
기술보유현황		주요생산제품	
CNR 공법, 폐수처리(곰팡이 이용)		성모상 생물막담체	
홈페이지	blue8990@chollian.net		



신 간 안 내

環境問題와 諸思想



글쓴이: 박길용(朴吉壟)
가 격: 16,000원
펴낸곳: 차산출판사

♠ 주요내용 ♠

- 환경문제의 이해
- 환경문제에 대한 인식
- 환경문제의 본질
- 환경문제에 대한 재접근
- 환경문제와 유가사상
- 동서양의 생명사상과 환경정책