

슬러지 탄소원을 주입한 UNR공정의 동절기 질소, 인 처리효율

김영규[†] · 김인배*

용인대학교 환경보건학과 · *한경대학교 환경공학과

The Nitrogen and Phosphorus Removal of UNR Process Using Sludge Carbon Source

Young Gyu, Kim[†] · In Bae, Kim*

Dept. of Environmental Health, Yong-In University

*Dept. of Environmental Engineering, Han-Kyong National University

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate on the removal effect of total nitrogen and phosphorus with municipal wastewater in ultrasonic nutrient removal (UNR) process using ultrasonic sludge carbon source. The removal efficiency for total nitrogen was 44.2% at biological nutrient removal (BNR) process, 50.8% at UNR process. The removal efficiency for total phosphorus was 45.6% at BNR process, 46.2% at UNR process. The removal of nitrogen was effectively influenced by ultrasonic sludge carbon source.

Keywords : UNR process, BNR process, Nitrogen, Phosphorus, Sewage wastewater

I. 서 론

우리 나라에서 운영되고 있는 하수처리장에 유입되는 하수의 BOD 농도가 50~150mg/l 로 낮아 질소 처리를 위한 고도처리시 무산소조의 탈질원이 부족한 문제점이 있다. 대부분의 하수처리장에서 가동되고 있는 활성슬러지 공법은 호기조로만 구성되어 있어 질산화만 이루어지고 탈질이 적어 질소의 처리에는 한계가 있다¹⁾. 따라서 질소, 인을 제거하기 위해 혐기조, 무산소조, 호기조인 A²/O 공법이 사용되고 있으나 유입수의 탄소원이 부족할 경우에는 혐기조에서 대부분의 유기물이 소모되어 무산소조에서 탄소원이 부족하게 된다²⁾. 질소의 제거를 위한 탄소원으로 메탄올등이 제안되고 있으나 운반이 불편하고 비용이 과다하여 최종침전지의 슬러지를 초음파로 파괴하여 탄소원으로 활용하면서 슬러지를 감량하는 방법이 연구되고 있다. 액체 매질에 초음파를 조사할

경우 공동화(cavitation)현상을 일으키며 이때 발생된 공동화 기포(cavitation bubble)는 핵을 형성하고 기포가 성장하여 파괴되면서 생성된 충격파로 발생한 높은 압력의 영향으로 분자간에 충돌이 활발하게 일어나게 함으로써 각종 화학반응에서의 반응율을 증대시킬 수 있는 것으로 알려져 있다³⁾. 본 연구에서는 현재 가동중인 활성슬러지 공정의 체류시간을 유지하면서 포기조를 무산소조, 호기조로 나누어 무산소조에 초음파로 파괴시킨 슬러지 탄소원을 넣은 공정의 질소, 인의 처리효율을 파악하고자 하였다.

II. 연구방법

1. 모형실험장치 및 분석방법

초음파로 조사한 슬러지 탄소원을 무산소조에 주입하여 질소, 인 처리효율을 파악하기 위하여 무산소조, 호기조로 구성된 A/O공정을 사용하였다. 탈질을 유도하기 위하여 호기조에서 무산소조로 내부반송은 1Q, 최종침전지 슬러지의 외부반송은 0.5Q를 유지하였다. 반응조의 용적은 무산소조가 1.26 m³, 폭기조는 1.33 m³으로 체류시간은 각각 2.9, 3.1 시간으로 총

[†]Corresponding author : Dept. of Environmental Health, Yong-in Univ.

Tel : 031-330-2751, Fax : 031-330-2886

E-mail : ygkim11111@hanmail.net

6시간으로 하였다. 두 반응조의 무산소조 그리고 호기성조는 baffle로 분리하였으며 반응조간의 흐름은 자연 유하가 가능하도록 하였다. 무산소조는 완전혼합이 이루어지도록 약 20~40rpm으로 교반을 시켰으며 호기조는 산기관으로 폭기하여 혼합시켜 주었다. 폐기 슬러지를 약 8ℓ의 통에 넣고 슬러지들이 초음파에 잘 조사될 수 있도록 교반하면서 봉 타입의 초음파기로 2시간동안 초음파를 조사한 후 무산소조에 7ml/min으로 주입하였다. 각 반응조의 유입수와 처리수의 T-N, NH₃-N, NO₃-N, T-P, TSS, TCOD_{Mn}는 공해공정시험법⁵⁾으로 분석하였다. 각 반응조의 TBOD₅, T-N, T-P의 용적부하량, TBOD₅, TCOD의 F/M, C/N비(BOD/T-N), MLSS에 대한 슬러지 체류시간(SRT), 수리학적 체류시간(HRT)를 측정하였다.

2. 반응조의 운전조건

질소제거를 위한 탄소원은 가격이 저렴하고 독성이 없고 슬러지발생량이 적고 미생물이 쉽게 이용가

능하고 환경적으로 위험하지 않아야 한다⁶⁾. 슬러지 탄소원은 A/O공정의 최종침전지에서 폐기되는 슬러지를 봉타입의 초음파 발생장치로 120분 조사하여 얻은 1,360mg/ℓ의 SCODcr 농도를 무산소조에 주입하였다. 슬러지 탄소원을 사용하지 않은 생물학적 질소처리 공정(BNR공정)과 슬러지탄소원을 사용한 질소처리 공정(UNR공정)의 BOD 용적부하량은 각각 0.33 kg · BOD/m³ · d이며 T-N 용적부하량은 각각 0.14 kg · T-N/m³ · d, T-P 용적부하량은 각각 0.013 kg · T-P/m³ · d로 나타났다. TCOD_{Mn}의 F/M비는 각각 0.071, 0.046 kg · TCOD_{Mn}/kg · MLSS · d로 BNR 공정의 F/M비가 약간 높게 유지되었다. C/N비는 각각 2.36 kg · BOD/kg · T-N, C/P비는 각각 25.4, 27.5, kg · BOD/kg · T-P로 나타났다. 유출수의 SS를 고려한 전체반응조의 MLSS를 기준으로 한 슬러지 체류시간(SRT)은 각각 20.0일, 23.6일로 나타났으며 수리학적 체류시간(HRT)은 각각 0.25일로 각각 약 6시간으로 유지하였다.

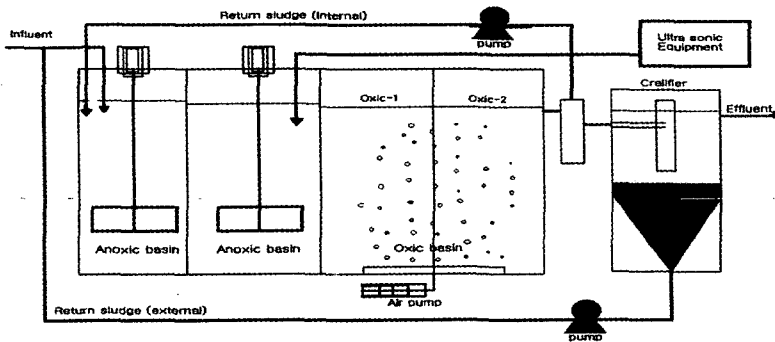


Fig. 1 Schematic of UNR process.

Table 1. Design factor for BNR and UNR process

Process	BNR	UNR
Design factor		
Volumetric BOD loading rate(kg · BOD/m ³ · d)	0.33	0.33
Volumetric T-N loading rate(kg · T-N/m ³ · d)	0.14	0.14
Volumetric T-P loading rate(kg · T-P/m ³ · d)	0.013	0.012
F/M Ratio (kg · TCOD _{Mn} /kg · MLSS · d)	0.071	0.046
C/N Ratio(kg · BOD/kg · T-N)	2.36	2.36
C/P Ratio(BOD/T-P)	25.4	27.5
Sludge Retention Time, SRT(day)	20.0	23.6
Hydraulic Retention Time, HRT(day)	0.25	0.25

III. 결과 및 고찰

1. TCOD_{Mn}

운전기간동안의 TCOD_{Mn}의 제거효율을 보면 초음파에 조사된 슬러지를 무산소조에 주입하지 않은 BNR공정은 Table 2, Fig. 2와 같이 유입수는 65.3mg/l, 처리수는 16.6mg/l로 74.3%, 초음파에 조사된 슬러지를 무산소조에 주입한 UNR공정은 Table 2, Fig. 3과 같이 유입수는 77.0mg/l, 처리수는 15.2mg/l로 78.9%의 처리효율을 나타내고 있어 초음파에 조사된 슬러지를 주입한 UNR공정이 약 4.6%의 높은 처리효율을 나타냈다.

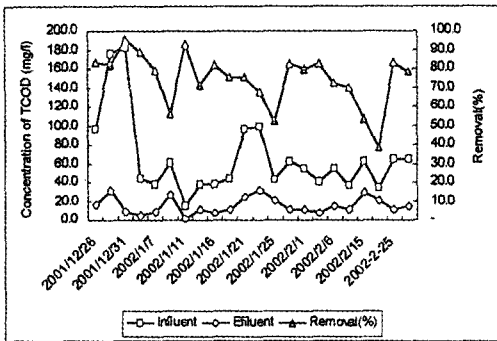


Fig. 2 Variation of TCOD_{Mn} in BNR Process.

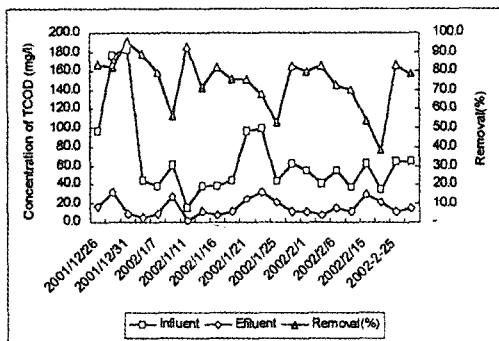


Fig. 3 Variation of TCOD_{Mn} in UNR Process.

2. TSS

운전기간동안의 TSS의 제거효율을 보면 초음파에 조사된 슬러지를 무산소조에 주입하지 않은 BNR공정은 Table 2, Fig. 4와 같이 유입수는 84.1mg/l, 처리수는 7.0mg/l로 91.5%, 초음파에 조사된 슬러지를 무산소조에 주입한 UNR공정은 Table 2, Fig. 5와 같이 유입수는 84.1mg/l, 처리수는 7.2mg/l로 91.1%의 처리효율을 나타냈다.

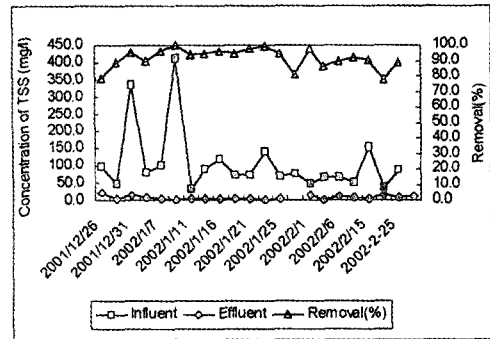


Fig. 4 Variation of TSS in BNR Process.

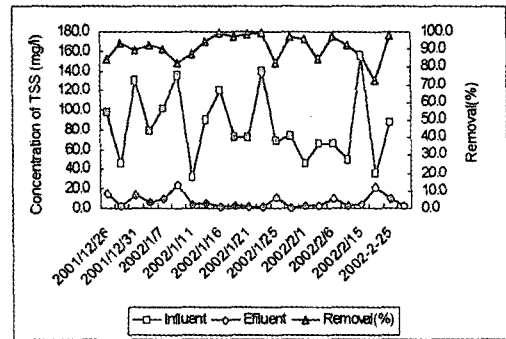


Fig. 5 Variation of TSS in UNR Process.

3. T-P

운전기간동안의 T-P의 제거효율을 보면 초음파에 조사된 슬러지를 무산소조에 주입하지 않은 BNR공정은 Table 2, Fig. 6과 같이 유입수는 3.1mg/l, 처리수는 1.6mg/l로 45.6%, 초음파에 조사된 슬러지를 무산소조에 주입한 UNR공정은 Table 2, Fig. 7과 같이 유입수는 3.1mg/l, 처리수는 1.7mg/l로 46.2%의 처리효율이 나타내 BNR공정이 UNR공정보다 좋은 처리효율을 나타내고 있다.

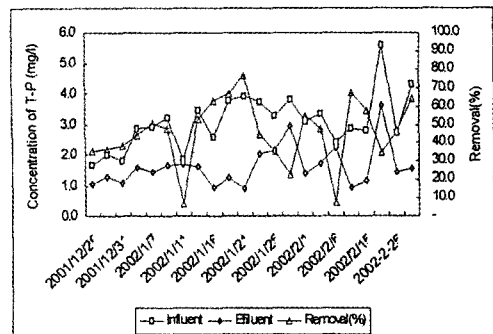


Fig. 6 Variation of T-P in BNR Process.

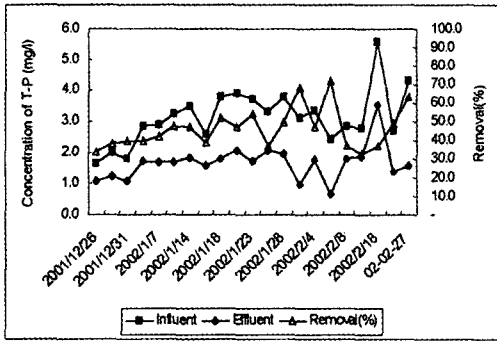


Fig. 7 Variation of T-P in UNR Process.

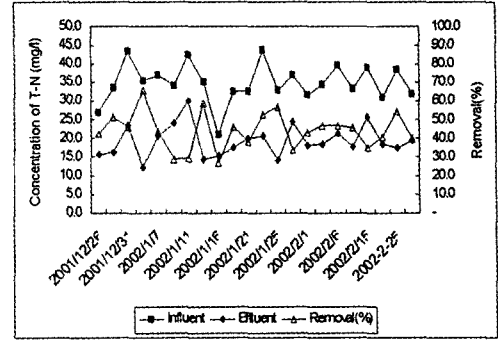


Fig. 8 Variation of T-N in BNR Process.

4. T-N

운전기간동안의 T-N의 제거효율을 보면 초음파에 조사된 슬러지를 무산소조에 주입하지 않은 BNR 공정은 Table 2, Fig. 8과 유입수는 34.8mg/l, 처리수는 19.3mg/l로 44.2%, 초음파에 조사된 슬러지를 무산소조에 주입한 UNR공정은 Table 2, Fig. 9와 같이 유입수는 34.9mg/l, 처리수는 16.9mg/l로 50.8%의 처리효율을 나타냈다. BNR공정 보다 UNR공정이 약 6.6%의 높은 처리효율을 나타내 슬러지 탄소원이 무산소조에서 탈질하는데 필요한 외부탄소원 역할을 한 것으로 사료된다. C/N비가 1.88에서 슬러지 탄소원을 주입한 UNR공정의 질소제거효율은 50.8%로 C/N비가 1에서 연구한 윤등의 연구⁷⁾에서 34~38%의 TIN제거효율을 나타낸 것에 비하면 높은 제거효율을 나타내고 있다.

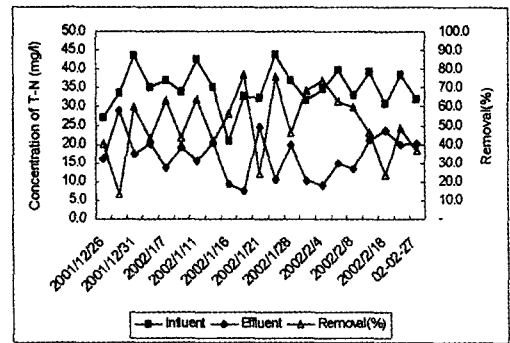


Fig. 9 Variation of T-N in UNR Process.

5. NH₃-N

운전기간동안의 NH₃-N의 제거효율을 보면 초음파에 조사된 슬러지를 무산소조에 주입하지 않은

Table 2. The results of removal efficiency for BNR and UNR process

Process		BNR	UNR
Analysis items			
TCOD _{Mn}	Influent	65.3	65.3
	Effluent	16.6	15.1
	Removal efficiency (%)	74.3	74.4
TSS	Influent	84.1	84.1
	Effluent	7.0	7.2
	Removal efficiency (%)	91.1	91
TP	Influent	3.1	3.1
	Effluent	1.6	1.7
	Removal efficiency (%)	47.4	46.2
TN	Influent	34.8	34.8
	Effluent	19.3	16.9
	Removal efficiency (%)	44.2	50.8
NH ₃ -N	Influent	27.3	27.3
	Effluent	12.0	7.9
	Removal efficiency (%)	57.5	73.7

BNR공정은 Table 2 와 같이 유입수는 27.3mg/ℓ, 처리수는 12.0mg/ℓ 로 57.5%, 초음파에 조사된 슬러지를 무산소조에 주입한 UNR공정은 Table 2 에서와 같이 유입수는 27.3mg/ℓ, 처리수는 7.9mg/ℓ 로 73.7%의 질산화율을 나타냈다. 체류시간이 6시간이면서 유기산을 3.7 ml/min을 주입한 CNR공정에서 87.0%의 질산화율을 나타내 무산소조에 유기산의 주입이 호기조의 질산화를 방해하지 않는다는 연구⁸⁾와 같이 무산소조에 주입한 슬러지 탄소원이 질산화를 방해하지 않는 것으로 나타났다.

IV. 결 론

활성슬러지 공정의 체류시간을 유지하면서 포기조를 무산소조, 호기조로 나누어 무산소조에 초음파 슬러지를 탄소원으로 만들어 넣은 공정의 질소, 인의 처리효율을 평가하여 다음과 같은 결론을 얻었다. 초음파 슬러지를 넣은 UNR공정은 슬러지 탄소원을 넣지 않은 공정보다 TCOD_{Mn}의 제거효율이 약 4.6% 높게 나타났다. 초음파에 조사된 슬러지를 넣은 공정은 슬러지 폐기량을 감소시켜 T-P의 제거효율은 44.2%로 초음파 슬러지 탄소원을 넣지 않은 공정의 50.8%보다 낮게 나타났다. 슬러지 탄소원을 넣은 UNR공정의 T-N 제거효율은 50.8%로 초음파 슬러지 탄소원을 넣지 않은 공정보다 약 6.2%의 높은 처리효율을 나타내 슬러지 탄소원이 무산소조에서 탈질하는데 필요한 외부탄소원 역할을 한 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구는 2001년도 환경부에서 시행한 차세대 환경기술개발사업의 연구비 지원에 의해 수행된 결과의 일부이며 이에 감사의 뜻을 표합니다.

참고문헌

- 1) 김영규 : 장당하수처리장의 실시설계(수질조사 및 모형도 실험). 삼안건설기술공사 1-156, , 1999.
- 2) 양병수, 박남배, 이재관 : 질소 및 인 제거를 위한 기존 폐수처리장 개선방안에 관한 연구. KSWPRC, 6(1), 50-60, 1990.
- 3) 김영규 : 통복하수처리장의 실시설계를 위한 생분해 실험. 동명기술공단 1-128, 1999.
- 4) 모세영 : 수용액속의 난분해성 유기화합물의 초음파분해 반응 속도식. 대한 환경공학회지, 21(2), 326-340, 1998.
- 5) 환경부 : 공해공정시험법. 동화기술 115-189, 1996.
- 6) Choi, E.S., Lee, H.S. and Oa, S.W. : Another carbon source for BNR system. Water science technology, 34(1), 363-369, 1996.
- 7) 윤조희, 이상훈 : A₂O공정을 이용한 고정생물막법에서 C/N비 변화에 따른 유기물과 질소제거 특성. 한국물환경학회지, 15(2), 1038-1045, 1999.
- 8) 김영규, 양익배, 김인배 : CNR공법의 체류시간에 따른 도시하수의 질소제거. 한국환경위생학회지, 26(3), 98-102, 2000.