

B3 Pilot plant를 이용한 고농도 질소부하에서의 고도처리에 관한 연구

엄태규·한동엽·김부길*
경성대학교 건설환경공학부·동서대학교 건설공학부
(2004년 8월 4일 접수; 2005년 8월 18일 채택)

The study for Biological nutrient removal of High-strength nitrogen loading rate using B3 pilot plant

Tae-Kyu Eom, Dong-Yueb Han and Boo-Gil Kim*

Department of Civil and Environmental Engineering, Kyungsoong University, Busan 608-736, Korea

*Division of Civil Engineering and Architecture, Dongseo University, Busan 617-716, Korea

(Manuscript received 4 August, 2004; accepted 18 August, 2005)

The purpose of this research was to investigate applicative possibility of field. Pilot-scale experiments were conducted, at outdoor temperature, HRT 10hour, IR(Internal Recycle) 150% and used 2.8m³ Reactor. External carbon source was varied 80 to 120 mg/L. When External carbon source and Alkalinity were injected to the B3 pilot plant, the removal efficiencies of COD and BOD were not decreased. Nitrification rate were 5.95, 5.40, 4.08 mgNH₄⁺-N/gSS/d during operation periods and denitrification rate was 3.12mgNO₃⁻-N/gSS/d. When we surveyed the relationship between loading rate of nitrogen and nitrogen removal quantity, this data was 0.949, B3 process will be possible application process of field.

Key Words : B3, Nitrification, Denitrification

1. 서론

도시에서 발생하는 하수는 종래 유기물질과 부유물질의 제거에 그 목적을 두고 처리해 왔으나, 인구증가 및 집중화, 공업지역확산 등으로 인근하천이나 해역이 부영양화가 가속됨으로서 피해가 매년 속출되고 있다. 이러한 부영양화의 원인물질인 질소, 인 등의 영양염류의 처리가 사회적 문제로 대두됨에 따라 많은 처리공정이 개발되고 있다^{1,2)}. 현재 하수처리장 방류수 수질기준이 T-N 60mg/L, T-P 8mg/L로 설정되어 있으나, 조만간 T-N 20mg/L, T-P 2mg/L로 강화시키는 것으로 예상되어 있다. 이러한 예상에 따라 향후 설치될 하수처리장의 공정은 물론, 현재 활성슬러지법으로 운전되고 있는 하수처리장의 시설개선은 불가피하게 되었다. 이러한 추세에

따라 유기물질은 물론, 질소 및 인 등의 영양염류를 동시에 제거할 수 있는 공정의 하나로 신기술로 지정된 B3 공정을 현장 pilot실험을 통하여 주어진 시설에 대해 강화되는 방류수의 수질기준에 도달 가능한지를 검토하고, 현장에의 적용을 위한 기본자료의 도출을 목적으로 하였다^{3,4)}.

2. 실험장치 및 방법

2.1. 실험장치

B3공정의 실험장치는 대상하수를 처리하고 있는 대도시의 J하수처리장에 설치하였으며, 모식도는 Fig. 1과 같다. B3 공정은 한 반응조내를 4실로 구분하여 각각의 운전방법에 의해 *Bacillus* spp.의 활성을 최대화하고 슬러지 반송, 내부반송 등을 통하여 효율적인 유기물질, 질소, 인의 제거가 가능토록 한 것이다.

반응조 1실은 유입하수, 내부순환수 및 *Bacillus* spp.가 최대한 증식할 수 있도록 과폭기 및 선택적 활성제를 주입한다.

Corresponding Author : Tae-Kyu Eom, Department of Civil and Environmental Engineering, Kyungsoong University, Busan 608-736, Korea
Phone: +82-51-620-4732
E-mail: tkeom@star.ks.ac.kr

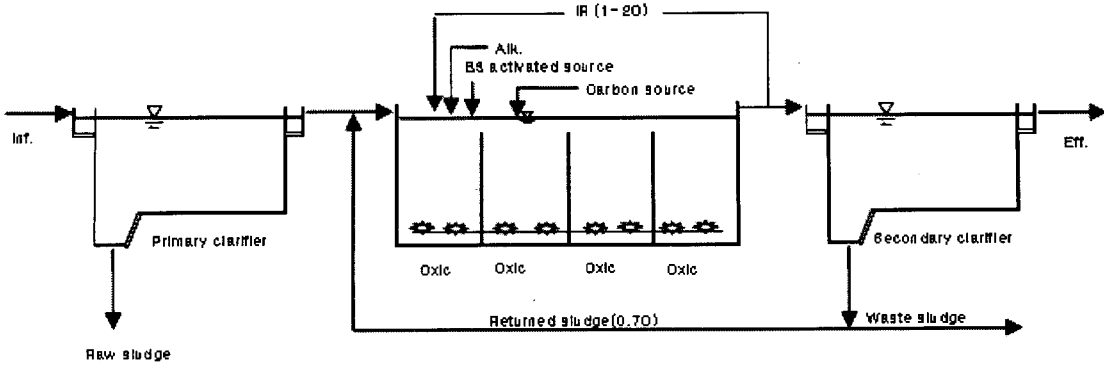


Fig. 1. Schematic diagram of B3 pilot plant.

Table 1. The Characteristics of wastewater

parameters	Influent	
	Range	Average
TBOD	45~111.7	60.5
TCOD _{Cr}	140~283	183.0
TSS	77.9~168.2	123.5
VSS	47.9~100.8	66.6
T-P	1.2~2.0	1.6
PO ₄ ³⁻ -P	0.0~0.4	0.2
T-N	45.0~113.9	78.6
NH ₄ ⁻ -N	39.4~90.8	64.8
NO ₃ ⁻ -N	0.0~0.4	0.1

2일~4일까지는 DO 농도가 0.1~0.5 mg/L로 제어함으로써 잔존 유기물질의 분해, 질산염의 탈질 및 인의 섭취가 일어나게 함으로써 최적의 처리효율을 나타내게 한다. 따라서 기존의 처리방식보다 훨씬 적은 폭기의 조절로 에너지 절감효과도 동시에 일어나게 운전하였다. 본 연구에서 반응조는 1일~4일까지 균등분할하여 1일당 유효용적은 2.8m³이다. J하수처리장의 유입하수는 시간에 따른 농도차를 감안하여 저류조를 설치하였으며, 이 저류조로부터 농도구배를 최소화 하였으며 처리수가 자연유하에 의해 침전지에 유입되도록 설치하였다.

2.2. 시료채취 및 분석

본 연구에 사용한 유입수는 하수처리장의 유입수를 사용하였으며, 유입수의 평균농도 및 분석항목은 Table 1에 나타내었다. 유출수의 경우 시료채취는 일주일에 2회 이상 주기적으로 행하였으며, 채취 후 즉시 수질을 분석함으로써 실험에 대한 오차를 최

Table 2. Operating conditions

parameters	operating conditions		
	Mode 1	Mode 2	Mode 3
HRT (hr)	10	10	10
IR%(Internal Recycle)	150	150	150
RAS (%) (Returned Activated Sludge)	70	70	70
F/M ratio (kgBOD/kgMLSS/d)	0.027	0.027	0.027
Alk. source(CaCO ₃)	110~200	90~120	50~120
Activated source (mg/L)	1.3	1.3	1.3
Carbon source (mg/L)	80~120	80~100	80~100

소화하였다. 실험은 Standard Methods 및 수질오염공정시험법에 따랐다.

2.3. Pilot plant 운전조건

운전인자들을 구간별로 정리하여 Table 2에 나타내었다. 반응조의 용량은 11.2m³이고, 유입유량은 26.9m³/day였다. Mode 1, 2 및 3에서의 잉여슬러지량은 0.4m³/day로 일정하였으며, 잉여슬러지의 농도 역시 10,000mg/L로 Mode 변화에 따른 잉여슬러지의 양 및 농도의 변화는 존재하지 않았다. Mode 1의 경우 알칼리제를 110~120 mg CaCO₃/L를 주입하고 탄소원으로 메탄올(CH₃OH)을 80~120 mg/L 주입하여 질소제거에 관한 연구를 행하였으며, Mode 2에서는 Mode 1에 비해 알칼리제와 탄소원을 낮추었을 때 질소제거 변화에 관해 실험하였다. Mode 3에서는 Mode 2와 비교할 때 알칼리제만을 낮추었을 때의 질소제거변화에 관해 실험하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 유기물제거

Fig. 2 및 3에는 전 운전기간동안의 Mode별 평균

B3 Pilot plant를 이용한 고농도 질소부하에서의 고도처리에 관한 연구

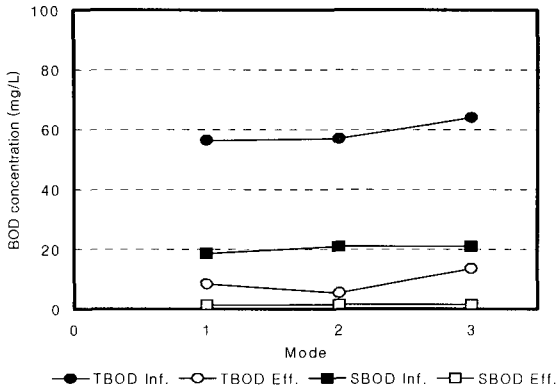


Fig. 2. The variation of BOD concentration according to modes.

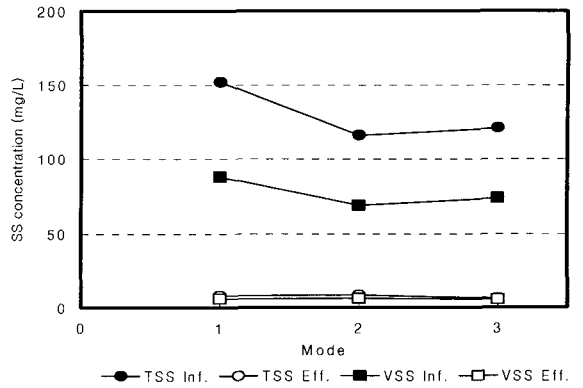


Fig. 4. The variation of SS concentration according to modes.

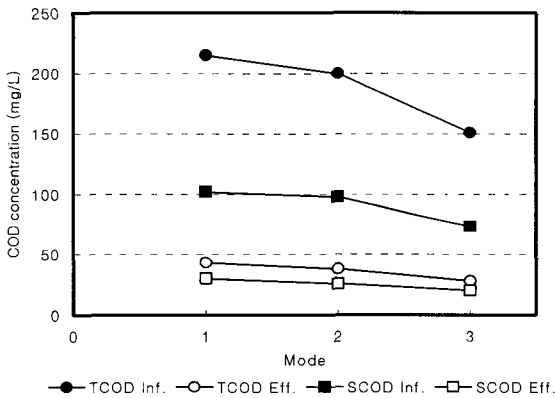


Fig. 3. The variation of COD concentration according to modes.

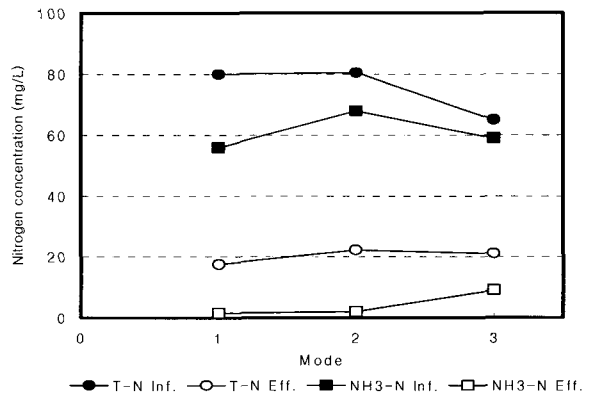


Fig. 5. The variation of T-N and ammonium nitrogen in this study.

유입 및 유출의 BOD 및 COD농도 변화를 나타내었다. TBOD의 경우 평균 78%이상의 제거율을 보이고 있으며, 조건 변화에 큰 영향을 받지 않는 것으로 나타났다. SBOD 역시 TBOD와 유사한 경향을 보였다. TCOD제거율 또한 평균 80%이상의 높은 제거율을 보였으나, 유출수의 농도가 28~44mg/L로 상대적으로 높은 수치를 보였다. 이는 TCOD내의 NBDCOD성분에 의한 결과로 보여지며, 유입수 내에 포함된 공장폐수의 영향으로 보여진다.

Fig. 4에는 본 운전기간동안의 기간별 평균유입 및 유출 SS농도의 변화에 대해 나타내었는데, 유입 SS농도는 A~E구간까지는 1차침전조를 통과한 하수로 116~153mg/L의 농도변화를 보였으며, 제거율은 92%이상의 제거율로서 상당히 높은 효율을 보였다.

3.2. 질산화

Fig. 5에는 본 운전기간동안의 평균유입 T-N 농

도 및 NH_4^+-N 농도의 변화를 나타내었다. 전체 T-N농도에서 NH_4^+-N 농도가 차지하는 비율은 평균 69~90%이고, 나머지는 유기성질소로서 존재하였다. Mode 1, 2 및 3의 평균 T-N의 제거율은 72, 79 및 67%였는데, 탄소원 및 알칼리도 주입량에 따라 다소 변화하였으나 큰 차이는 보이지 않았다. Mode 1, 2 및 3의 유출수 NH_4^+-N 농도는 평균 1.70, 2.09 및 9.06 mg/L로서 알칼리제 주입량이 감소함에 따라 유출수의 NH_4^+-N 농도는 증가하였다. 이는 알칼리도가 질산화의 필요인자임을 나타내는 지표가 된다. Mode 1, 2 및 3의 유출수 질산성질소의 농도는 평균 13.69, 16.48, 10.98 mg/L로 외부탄소원을 줄일수록 감소하는 경향을 보이는데, 이는 탄소원과 관계보다는 상대적으로 질산화율의 저하로 인한 결과로 보여진다. 운전기간중 평균 질산화 속도는 5.95, 5.4, 4.08mg $NH_4^+-N/gSS/d$ 로 나타났으며, Fig. 6에는 질소부하량에 대한 질산화율에 대해 나타내

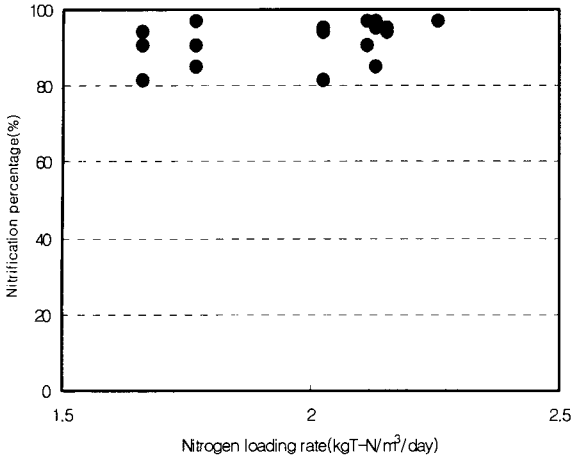


Fig. 6. Distribution of nitrification percentage according to nitrogen loading rate.

었다. 부하율에 따른 질산화율의 차이는 다소 존재하지만 전체적으로 큰 차이없이 83%이상의 높은 효율을 보였다. $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 1mg 당 필요 알칼리도는 약 2.4mg CaCO_3/L 로서 일반적인 활성슬러지 시스템의 7.14 mgCaCO_3/L 보다 굉장히 낮은 알칼리도의 소모를 보였다^{5,6)}.

3.3. 탈질화

Fig. 7에는 유입 및 유출 질산성 질소의 농도에 대해 나타내었는데, 탄소원 및 알칼리제 주입량의 감소 후 급격한 증가를 보였다. 이는 적정 탄소원 및 알칼리제의 주입은 탈질효율을 결정하는 중요한 인자임을 보여주는 지표로 사료된다. 전체적으로 탈질율은 탄소원의 감소 전에는 82.6%이상의 높은 제거율을 보였으나, 탄소원 및 알칼리제의 감소에

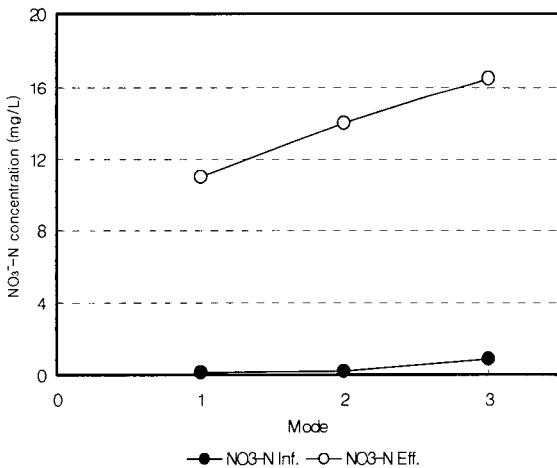


Fig. 7. The variation of $\text{NO}_3^- \text{-N}$ according to modes.

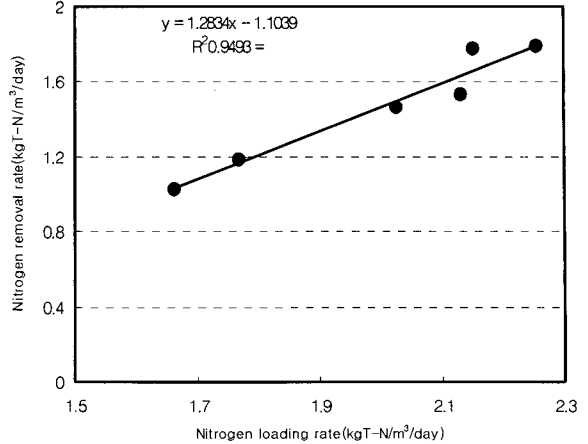


Fig. 8. T-N removal rate according to nitrogen loading rate.

따라 탈질율은 66.9%로 상당히 감소하였다. 따라서 유입원수의 BDCOD의 성분이 상대적으로 적을 때는 탄소원의 주입 및 질산화를 위한 알칼리제의 투입을 고려해야 할 것으로 사료된다. Fig. 8에는 유입질소 부하율과 질소제거량과의 상관관계에 대해 나타내었는데, 상관관계(R^2)가 0.949로 나타남을 볼 때 B3공정의 처리안정성은 충분할 것으로 생각된다. $\text{NO}_3^- \text{-N}$ 1mg 제거당 필요 COD량은 평균 3.1 SCODmg/L 로 나타났으며, 탈질속도는 3.12 $\text{mgNO}_3^- \text{-N/gSS/d}$ 로 다소 높은 수치를 보였다. 이는 유입되는 외부탄소원이 미생물이 이용하기 쉬운 저분자 형태인 CH_3OH 의 메탄올에 의한 영향으로 생각된다.

4. 결론

- 1) B3 공법에서 외부탄소원 및 알칼리제주입은 COD 및 BOD 제거에 큰 영향을 미치지 않았으며, 외부탄소원의 주입에 따른 유기물제거율의 저하는 관찰되지 않았다.
- 2) Mode 1, 2 및 3의 평균 T-N의 제거율은 72, 79 및 67%였는데, 탄소원 및 알칼리도 주입량에 따라 다소 변화하였으나 큰 차이는 보이지 않았으며, Mode 1, 2 및 3의 유출수 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 농도는 평균 1.70, 2.09 및 9.06 mg/L 로서 알칼리제 주입량이 감소함에 따라 유출수의 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 농도는 증가하였다. 운전기간 중 평균 질산화 속도는 5.95, 5.4, 4.08 $\text{mg NH}_4^+\text{-N/gSS/d}$ 로 나타났으며, 알칼리도 소비량은 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 1mg 당 약 2.4mg CaCO_3/L 로 나타났다.
- 3) 전체적으로 탈질율은 탄소원의 감소 전에는 82.6% 이상의 높은 제거율을 보였으나, 탄소원 및 알칼리제의 감소에 따라 탈질율은 66.9%로 상당히 감

소하였다. NO_3^- -N 1mg 제거당 필요 COD량은 평균 3.1 SCODmg/L로 나타났으며, 탈질속도는 3.12 mgNO_3^- -N/gSS/d로 다소 높은 수치를 보였다.

- 4) 유입질소 부하율과 질소제거량과의 상관관계(R^2)가 0.949으로 나타남을 볼 때 B3 공정의 처리안정성은 충분할 것으로 생각된다.

참 고 문 헌

- 1) 김창원, 1996, 활성슬러지 변법에 의한 질소, 인 제거 이론과 실제, 부산대학교 환경기술 산업개발 연구센터 제 1회 산학연협동기술개발 연구 워크샵 하·폐수의 질소·인 제거 신기술, 58.
- 2) 전향배, 신항식, 1995, 생물학적 과잉 인 제거 특성발현 및 영향인자에 대한 연구, 대한 환경공학 회지, J. KSEE., 17(1), 77-84.
- 3) Murakami, K., D. Yukio and A. Hitsura, 1995, Dominant growth *Bacillus* spp. in the aerobic night soil digestion tank and their biochemical characteristics, Japan Water Environment Society, 18(2), 97-108.
- 4) 野北舜介 外, 1984, 生物學的 脫窒素 프로세스의 ための管理基準의實驗的 檢討, 下水道 協會誌, 21(245).
- 5) Randall, C. W., 1984, Nitrite Build-Up in Activated Sludge Resulting from Temperature Effect, J. WPCF., 56, 1039-1044pp.
- 6) Downing, A. L. and J. Scragg, 1958, The Effect of Synthetic Detergents of the Rate of Aeration in Diffused Air in Activated Sludge Plants, Wastewater Treatment J., 7, 102.