

공동주거단지 잡배수 내 질소 제거를 위한 BAF공정의 운전특성

김원재*, 박나리*, 미라툴**, 임현만*

*한국건설기술연구원 환경연구본부

**과학기술연합대학원대학교 KICT스쿨 건설환경공학

e-mail: wjkim1@kict.re.kr

Operation Characteristics of BAF Process to Remove Nitrogen in Grey Water from Residential Complex

Weon-Jae Kim*, Na-ri Park*, Miratul Maghfiroh**, Hyun-Man Lim*

*Department of Environmental Research, Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology

**Department of Civil and Environmental Engineering, KICT School, University of Science and Technology

요약

본 논문에서는 공동주거단지 잡배수(grey water)를 대상으로 하여, 유입원수를 응집·부상공정으로 1차처리한 후 잔류하는 T-N 및 NH_3 를 제거하기 위하여 생물학적 처리를 바탕으로 한 저비용, 고효율의 신공정을 개발하고자 하였다. 단일 반응조 내에서 생물처리(유기물, 질소, 인 제거)와 여과공정(고형물질, 바이오매스 제거)을 동시에 수행하는 다단 하향류 생물여과공정을 구성하였다. 반응조 내에 5 - 7 mm 크기의 PVA (poly vinyl alcohol) 소재 정육면체형 다공성, 친수성 담체를 충전하였다. 상단의 질산화부(Aerobic zone)와 하단의 탈질부(Anoxic zone)로 구분하였다. 약 1년간 연속운전한 결과, 평균 $\text{NH}_3\text{-N}$ 34.4 mg/L로 유입된 원수에 대하여 유출수의 $\text{NH}_3\text{-N}$ 농도는 2.1 mg/L(처리효율 93.9%), T-N은 12.6 mg/L로 나타나 안정적 처리효율을 달성하였다.

1. 서론

공동주거단지 잡배수(grey water)를 대상으로 한 분산형 물재생시설에서 유입원수를 응집·부상공정으로 1차처리한 후 잔류하는 T-N 및 NH_3 를 추가로 제거하기 위한 새로운 공정의 개발 필요성이 제기되었다. 이를 위해 생물학적 처리를 바탕으로 한 저비용, 고효율의 질소제거 신공정을 개발하고자 하였다. 이 공정은 하수처리수 재이용공정의 질소고도처리(3차처리), 하수처리시설 반류수 내 고농도 NH_3 의 제거뿐만 아니라 축산폐수와 양어장 순환수 내 NH_3 및 $\text{NO}_3\text{-N}$ 의 제거에도 적용이 가능할 것으로 기대된다. 다양한 원수조건 및 여러 형태의 무기질소원이 혼재되어 있는 경우에도 총질소(T-N)의 제거효율 70% 이상, 최종처리수질 T-N 15 mg/L 이하를 안정적으로 달성하는 것을 목표로 하였다.

2. BAF공정의 기본구성

2.1 BAF공정의 개요

본 연구에서 개발한 BAF (biological aerated filter) 공정의 개요는 다음과 같다. 본 공정은 여재에 미생물을 부착시켜 유

기물질과 질소를 산화(또는 환원)시킨 후 여과시키는 공정으로, 공기를 주입하는 것 외에는 일반적인 모래여과공정과 유사하다. 생물처리와 여과공정이 하나의 반응조에서 이루어지는 특징을 갖는다. 공기주입에 의해 유기물질과 질소를 산화(또는 환원)시키며, 이 과정에서 유입된 고형물질과 생성된 미생물(바이오매스)을 여과한다. 생물처리에서는 여재 표면에 형성된 생물막에 의해 탄소원과 질소가 동시에 제거된다. 일반적으로 상향류(upflow)와 하향류(downflow) 방식이 있으며, 역세척이 필수적이다.

BAF공정의 장점은 다음과 같다. ① 상대적으로 적은 부지가 소요되는데, 생물학적 공정 중 가장 콤팩트하기 때문에 소요부지가 적어 건물 내부 설치도 가능하고, ② 양호한 슬러지 침전특성을 갖고 있고, ③ 조작이 단순하고, ④ 유입수의 부하 변동에 강하고, ⑤ 처리수의 수질이 매우 양호하며, 여과기능이 포함되어 있기 때문에 처리효율이 안정적이다.

한편, BAF공정의 단점은 다음과 같다. ① 유지관리, 제어 및 운전 관련 항목이 많은 다소 복잡한 시스템을 갖고 있고, ② 큰 시설에 적용하기에는 규모의 경제성에 한계가 있으며, ③ 높은 SS 부하로 인한 손실수두의 급증에 취약하다.

2.2 BAF공정의 운전특성

BAF공정에서는 바이오매스의 성장에 의해 생성되거나 유입수로부터 여재 내부에 포획된 고형물질을 주기적으로 제거해 주어야 한다. 대부분 일 단위의 역세척을 실시하는 경우가 많다. 2차처리에 적용할 경우에는 처리수의 BOD와 SS를 10 mg/L 미만으로 안정적으로 유지할 수 있으며, 낮은 유입부하를 적용하면 BOD 제거와 질산화가 동시에 진행된다. NH_3 부하와 DO농도에 따라 $\text{NH}_3\text{-N}$ 농도를 1.0 - 4.0 mg/L까지 안정적으로 처리할 수 있는 것으로 보고되고 있다.

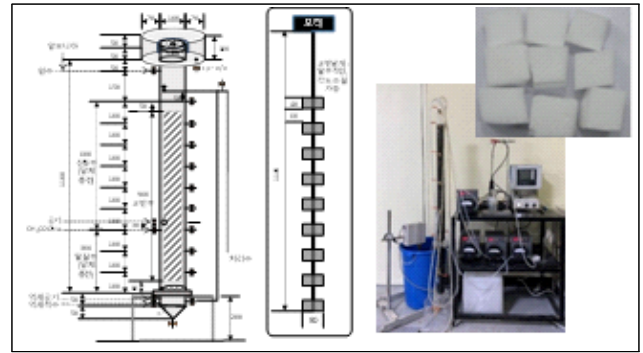
3. BAF공정의 장기연속운전 결과

3.1 BAF공정의 설계 및 운전인자

본 연구에서는 단일 반응조 내에서 생물처리(유기물, 질소, 인 제거)와 여과공정(고형물질, 바이오매스 제거)을 동시에 수행하는 다단 하향류 생물여과공정을 구성하였다. 반응조 내에 5 - 7 mm 크기의 PVA (poly vinyl alcohol) 소재 정육면체형 다공성, 친수성 스폰지형 담체를 충전하였다. 여재 표면에 형성된 생물막에서 공기주입에 의하여 유기물과 질소를 산화시키며, 충전된 여재(담체)는 유입된 고형물질과 생성된 미생물(바이오매스)을 여과한다. 본 공정은 상단의 질산화부(aerobic zone)와 하단의 탈질부(anoxic zone)로 구성하였다. 질산화를 위하여 반응조 상단으로부터 2/3 지점에서 공기를 주입하며, DO 컨트롤러를 이용하여 DO 농도는 2.5 ± 0.1 mg/L로 유지하였다. 하단의 탈질부에는 외부탄소원으로 Sodium acetate (CH_3COONa)를 주입하며, 탈리된 바이오매스를 여과하는 역할을 수행한다. 본 공정의 가장 하부에는 물-공기 동시 주입방식의 역세척설비를 도입하였다. BAF공정의 운전조건은 아래의 표 1과 같다. 본 공정의 개념도 및 전체 모습은 그림 1과 같다.

[표 1] BAF공정의 운전조건

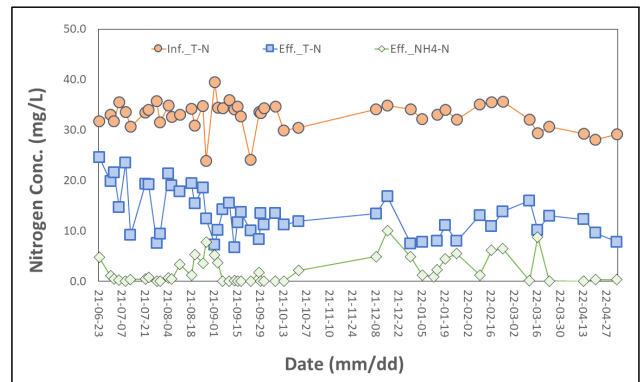
Item	Description
Media	5 - 7 mm cube (PVA)
HRT	3hr
DO	2.5 ± 0.1 mg/L
pH	No adjustment (≥ 7.2)
Alkalinity	200 mg/L as CaCO_3 (using NaHCO_3)
Carbon source	Sodium acetate (CH_3COONa)
Backwashing	1 time per 2 - 3 days
etc.	Trace elements injection



[그림 1] BAF공정의 개념도, 충전된 담체의 형상 및 전체 모습

3.2 장기 연속운전 결과

본 연구에서 약 1년간 연속운전한 BAF공정의 처리효율은 그림 2와 같다.



[그림 2] BAF공정의 연속운전에 따른 질소 성분의 처리효율

4. 결론

공동주거단지 잡배수(grey water)를 대상으로 T-N 및 NH_3 를 제거하기 위한 BAF공정을 제안하였다. 약 1년간 연속운전한 결과, 평균 $\text{NH}_3\text{-N}$ 34.4 mg/L로 유입되는 원수에 대하여 유출수의 $\text{NH}_3\text{-N}$ 농도는 2.1 mg/L(처리효율 93.9%), T-N은 12.6 mg/L의 안정적 처리효율을 달성하였다.

사사

본 연구는 한국건설기술연구원 주요사업(20220081-001)의 연구비 지원으로 수행되었습니다.

참고문헌

- [1] Newman, J., V. Occiano, R. Appleton, H. Melcer, S. Sen, D. Parker, A. Lagnworthy, P. Wong, "Confirming BAF performance for treatment of CEPT effluent on a space constrained site", Proceeding of the WEF 78th ACE, Washington, 2005.
- [2] Mendoza-Espinosa, L., T. Stephenson, "A review of biological aerated filters (BAFs) for wastewater treatment", *Environ. Eng. Sci.*, Vol.16, No.3, pp.201 - 216, 1999.