

고도처리용 MBR의 막오염 저감을 위한 막분리 침전조에 대한 연구

신동환, 박헌휘, 장인성
호서대학교 환경공학과
e-mail:cis@office.hoseo.ac.kr

Membrane bioreactor immersed in the aerated settler to reduce membrane fouling

Dong Whan Shin, Hun-Hwee Park, In-Soung Chang
Department of Environmental Engineering, Hoseo University

요 약

본 연구에서는 고도처리를 위한 BNR 공정에 사용되는 MBR (Membrane Bioreactor)의 막 오염(membrane fouling)을 저감시키기 위해 분리막을 침지시킨 침전조를 상하로 나누어 상부는 폭기조로, 하부는 침전조의 역할을 수행하게 하는 새로운 형태의 막분리 침전조(aerated settler)의 성능을 평가하였다. 막분리 침전조는 상하로 구분하기 위해서 baffle를 설치하였다. 파일럿 규모($Q=50\text{m}^3/\text{d}$)의 MBR 공정은 실제 오수를 유입수로 사용하였으며 약 6개월간 운전하였다. 탈질을 위하여 막분리 침전조 하부에서 무산소조로 반응되는 반응수의 DO를 크게 줄어들게 함으로써 무산조에서의 탈질효율이 증가되었다. 처리수의 총 TN 제거율은 75%이었다. 또한 막분리침전조 상·하부의 MLSS 농도 차에 의해 상부에 침지된 막 모듈은 기존의 MBR 공정보다 막 오염 저감 효과가 있어서 세정주기가 증가하였다. 운전 개시 후 4개월째 되는 시점에 TMP가 40cmHg에 도달하여 1회 화학적 약품세정만이 필요하였다.

1. 서 론

침지형 MBR 공정은 막 오염을 유발하는 케이크층이 형성되어 막 표면에 부착되므로 유출수의 플럭스가 감소한다[1-2]. MBR 공정에서 막 오염제어 방법으로 많이 사용하는 방식은 막 표면에 직접 과잉공기를 공급하여 케이크층을 제거하는 것이다[3]. 이러한 방법은 폭기조에서 용존산소(DO)의 농도를 충분히 높게 유지시킬 수는 있지만, MBR의 질소 제거를 위한 고도처리 목적으로 운전한다면 호기조의 높은 DO로 인해 무산소조로 반응되었을 경우 탈질이 저하되는 원인이 된다. 이는 탈질 목적으로 호기조에서 무산소조로 반응되는 반응수의 높은 DO 농도가 탈질을 방해하는 저해인자로 작용하기 때문이다. 따라서 본 연구에서는 반응수의 높은 DO 농

도를 감소하기 위해서 폭기조의 하부를 침전조로 운영하면서 DO 안정화를 유도하였다. 즉, 분리막을 침지시킨 폭기조를 상·하부로 나누어 상부는 폭기조로, 하부는 침전조의 역할을 수행하게 하는 새로운 형태의 막분리 침전조(aerated settler)를 제안하여 이의 성능을 평가하고자 하였다. 이러한 장치 구성은 반응수의 DO 감소 효과뿐 아니라, 막분리 침전조 즉, 막이 침지된 폭기조의 상부에서는 미생물 농도가 줄어들어 막오염이 완화될 수 있으며, 막 오염제어를 위해 공급되는 과잉공기의 양도 줄일 수 있어 다기능의 역할을 기대할 수 있게 된다. 따라서 본 연구에서는 파일럿 규모의 BNR-막 분리 침전조를 설치하여 막 오염 및 생물학적 처리효율 등의 성능을 평가하고자 하였다.

2. 실험장치 및 방법

2.1 파일럿 장치 구성과 운전조건

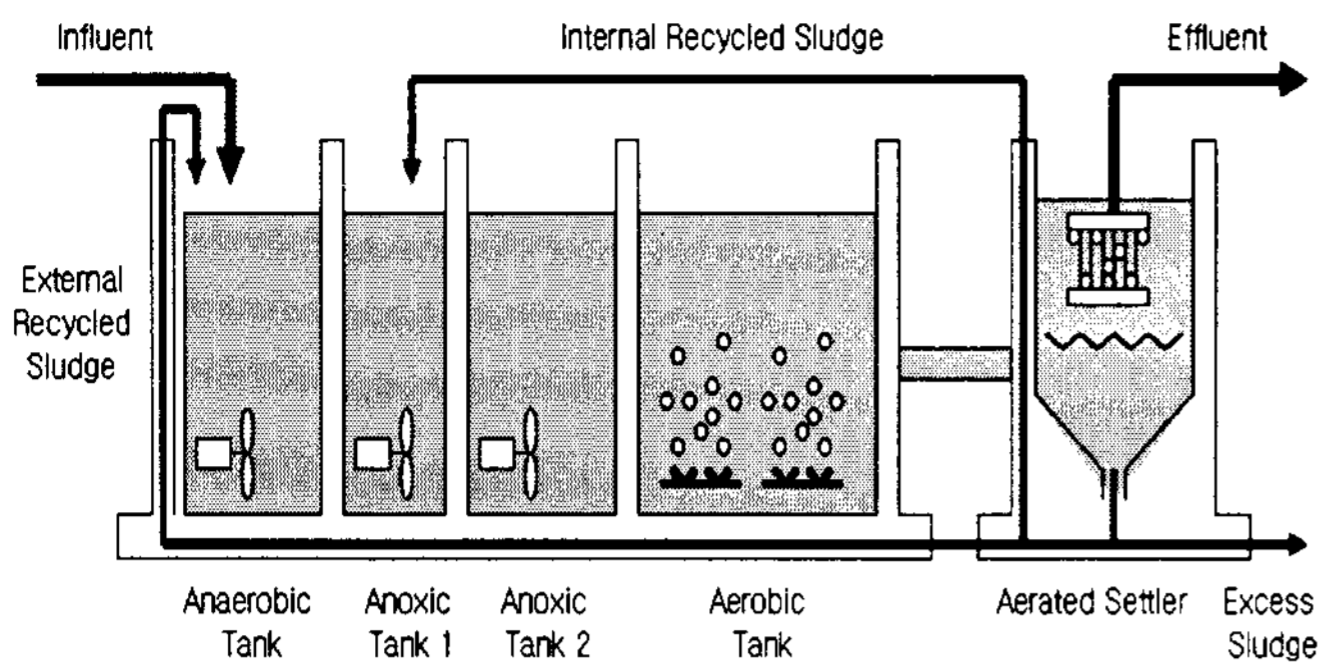


Fig. 1. Schematics of the new configuration of submerged MBR

막분리 침전조를 도입한 BNR-MBR 공정의 모식도는 Fig. 1.과 같다. 처리용량은 $Q = 50\text{m}^3/\text{d}$ 이었고 하수처리장에 유입되는 실제 오수를 유입수로 사용하였다. 사용된 막은 친수성 재질로 개질된 PVDF (polyvinylidene fluoride)이었고, 세공 크기는 $0.4\mu\text{m}$ 이었다 (E&E CO., Korea). 막의 내·외 직경은 각각 $2\text{mm} \cdot 1.8\text{mm}$ 이었다. HRT는 6.1hr이며, 막분리 침전조에서 슬러지 반송은 내부반송과 외부반송으로 구성되었고, SRT는 20~30일로 운전하였다. TMP가 40cmHg에 도달하면 화학 세정을 실시하였다.

2.2 실험분석

유입수 및 유출수의 COD, BOD, NH_4^+-N , NO_2^--N , NO_3^--N , SS 그리고, MLSS는 수질공정 시험법 및 Standard Methods[4]에 의하여 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

유출수의 평균 COD, BOD, SS, T-N, T-P의 제거효율은 각각 88%, 96%, 99%, 75%, 66%를 나타내었고, 유출수의 방류수 수질기준을 모두 만족하였다. TN의 유입수와 유출수의 시간에 따른 농도 변화를 Fig. 2에 나타내었다. 막분리 침전조의 상부 MLSS 농도는 5,970~7,930mg/L인 반면에, 하부의 농도는 8,800~9,300mg/L로 상부와 하부의 슬러지의 농도가 충분히 분리되었음을 알 수 있었다. 또한 상부의 DO는 5.3mg/L이었고, 하부의 DO는 4.2mg/L이었다. 운전 개시 후 4개월째 되는 시점에 TMP가 40 cmHg에 도달하여 1회 화학적 약품 세정만이 필요하였다.

4. 결론

본 공정을 통하여 영양염류인 질소를 제거하기 위한 고도처리는 각 단위공정별 운전조건의 적절한 DO 유지가 매우 중요함을 알 수 있었다. 특히 생물학적으로 질소를 제거하기 위해서는 무산조에서 탈질 반응을 위한 DO의 한계농도인 0.2mg/L 이하로 유지 되어야 하는데, 막 분리 침전조 하부에서 반송된 슬러지의 DO가 낮아서 효과적인 탈질을 유도할 수 있음을 확인하였다. 또한 막분리 침전조 상부의 낮은 MLSS 농도 때문에 막 오염이 저감되는 효과가 발생하므로 막오염 제어 목적으로 공급되는 과도 공기의 양을 줄일 수 있는 가능성을 확인하였다.

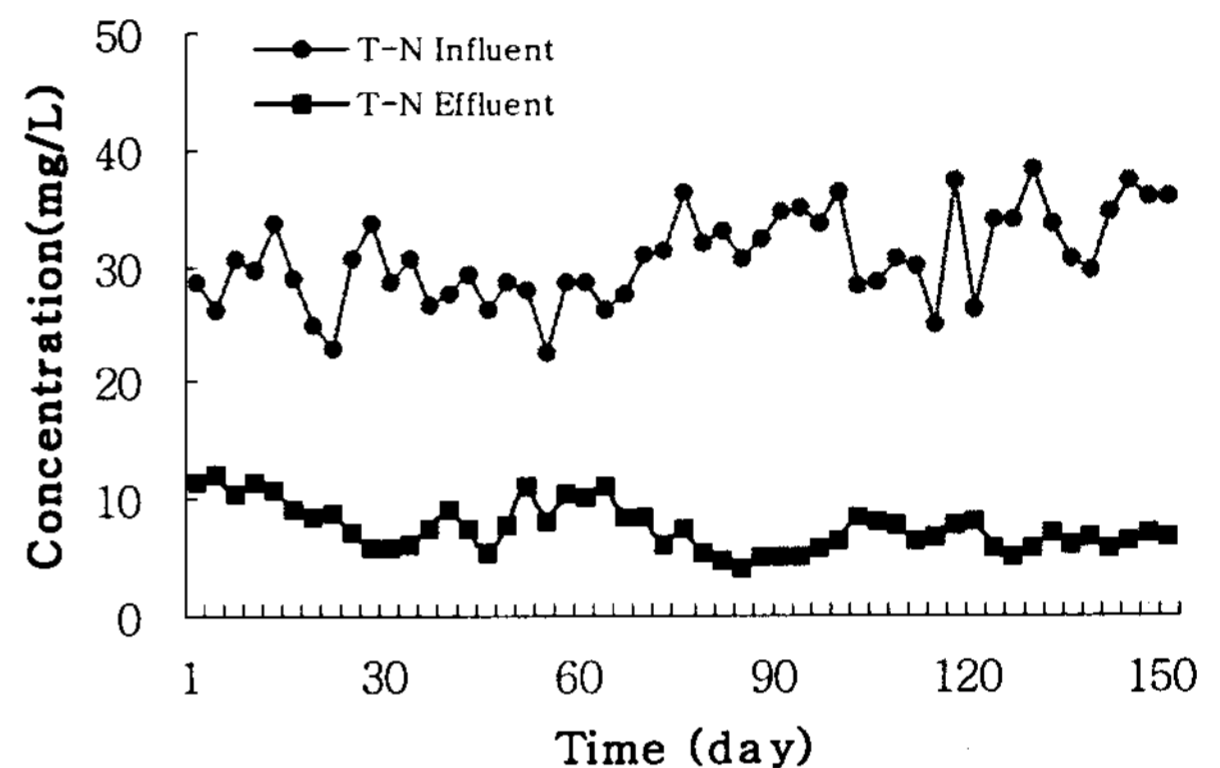


Fig. 2. Influent and effluent TN concentration.

참고문헌

- [1] Chang IS and Lee CH (1998), Membrane filtration characteristics in membrane coupled activated sludge system The effect of physiological states of activated sludge on membrane fouling, *Desalination*, 120(3), 221-233.
- [2] Stephenson T, Judd S, Jefferson B. and Brindle K. (2000) *Membrane bioreactor for wastewater treatment*, IWA Publishing, London
- [3] Chang IS, Simon J. Judd, Air sparging of submerged MBR for municipal wastewater treatment, *Process Biochemistry*, 37 (2002), 915-920
- [4] APHA, AWWA and WEF Standard methods for the examination of water and wastewater, 20th ed., American Public Health Assoc., Washington, D. C., 1988.