

질산화 MBR의 운전 특성에 관한 연구

이원식, 임경조, 윤종문, 유익근
울산대학교 공과대학 생명화학공학과
전화 (052) 259-1511, FAX (052) 259-1689

요 약

본 연구는 membrane bioreactor (MBR)을 질산화 위주로 운영하면서 질소폐수 처리 과정에서 나타나는 MBR의 운전특성 및 처리효율을 검토하고, 아울러 경제적인 질소 처리 방법인 아질산화를 유도하기 위한 조건을 탐색하는 것이다. 반응기의 유효부피 8 L, 체류시간을 12시간으로 고정하고 유입폐수 중의 암모니아 농도를 증가시키는 방법으로 암모니아 부하를 2 kg/m³.day까지 증가시켜 보았다. 운전 중반부에 이유를 명확히 알 수 없는 슬러지의 활성 저하 기간을 제외하고는 거의 98% 이상의 질산화 효율을 나타냈으며, 2 kg 이상의 암모니아 부하에서는 효율이 감소하였다. pH 조절, 유입수의 암모니아 농도 및 부하 조절에 의해 MBR 내의 free ammonia (FA) 농도를 변화시켜, FA 저해에 의한 유도한 아질산화는 매우 불안정하게 이루어졌다. 반면에, 공기 공급량을 변화시켜 반응기 내의 DO를 낮추는 방법으로 유도한 아질산 축적은 안정적인 경향을 보여 MBR에서 적절한 운전전략으로 판단된다.

서 론

국내의 수질 환경에서 거론되는 여러 종류의 질소 폐수가 모두 문제이지만, 질소는 특히 농도가 높아질수록 처리에 곤란을 겪게 된다. 그 원인으로는 질산화균의 까다로운 성장조건, 암모니아 농도 증가에 따른 질산화균의 저해, 반응기의 부피 증가, 탈질에 필요한 유기물비와의 불균형 및 외부유기물 비용 등 다양하다. 따라서 일반 하수와 달리 화학 공단, 식품, 피혁 업체, 분뇨 등을 중심으로 한 고농도 질소 배출 산업의 경우 상당한 고민을 안고 있으며 일정 수준 이상의 질소 제거 효율을 얻기 위해서는 용량을 증설하거나 신규 플랜트를 발주해야 하는 상황이다. 본 연구는 슬러지 체류시간 (SRT)의 조절이 자유로워 반응기 부피당 처리용량이 높고, 처리수질이 우수한 장점으로 널리 알려져 있는 MBR을 질산화에 적용하려는 연구이다. 특히 MBR의

고형물 배제능은 질산화균을 효율적으로 반응기 내에 유지시킬 수 있으므로 매우 효율적인 기술이 될 수 있다. 또한 최근 경제적인 질소처리 기술로서 각광받고 있는 아질산화를 MBR과 같이 고농도 부유성장 시스템에서 시도한 사례는 드물었으며 본 연구에서 이를 검토하였다.

실험재료 및 방법

본 연구에 사용된 반응기는 가로 7cm, 세로 25cm, 높이 80cm의 아크릴로 제작된 반응조에 미쓰비시레이온사의 침지형 중공사 막을 설치하였다. 반응조 하부에는 직경 1mm의 구멍이 있는 파이프 형태의 산기관을 설치하여 blower에 의한 공기를 공급하였다. 흡입펌프와 막 모듈 사이에는 압력계를 설치하고, peristaltic pump로 유입수의 유량을 일정하게 유지하였으며, 공기유량은 유량계를 이용하여 5~10 L/min, 흡입펌프의 운전주기는 8분 가동/ 2분 정지로 유지하였다. 실험 중반부 이후 부터는 pH controller에 의해 pH 제어를 시도하였다. 실험에 사용된 유입수는 울산 석유화학 공단내에 위치한 C사의 생물학적 처리공정을 거친 방류수 또는 유기물이 포함되지 않은 암모니아성 질소 합성폐수를 사용하였다. 합성폐수에는 그 외에도 mineral, yeast extr 등을 1~50 mg/l 내외로 미량 첨가하였다. 암모니아, 아질산, 질산 등 각종 질소의 분석은 Standard method에 따라 실시하였는데, 암모니아는 "Phenate Method", "Nessler Method"에 따라 교차 분석하여 평균값을 취했고, 아질산성 질소 및 질산성 질소는 발색법 및 ion chromatography로 분석하였다. 기타 분석은 Standard method 또는 수질공정시험법에 의해 실시하였다.

결과 및 고찰

임의로 제조된 합성폐수를 이용하여 점차적으로 질소부하를 증가시키면서 이에 따른 질산화 특성에 대해 실험을 진행하였다. Fig 1은 MBR의 전체 운전기간 동안 변화된 유입수의 암모니아 농도 및 이에 따른 처리효율 변화를 나타내고 있다. (a)에서 운전 시작 후 230일경 일시적으로 pH가 6.0 이하로 내려가고 온도가 13℃까지 떨어짐으로 인해 질산화율이 급격하게 감소하여 활성을 회복시키기 위하여 pH 7.5와 20℃를 유지시키면 질소 부하를 0.2 kg/m³까지 줄인후 다시 증가시키면서 질산화균의 활성을 회복시켰다. (b)에서 나타난 처리효율과 같이 N-loading 2.0 kg/m³까지 거의 유입 부하를 소화하고 있음을 알 수 있다.

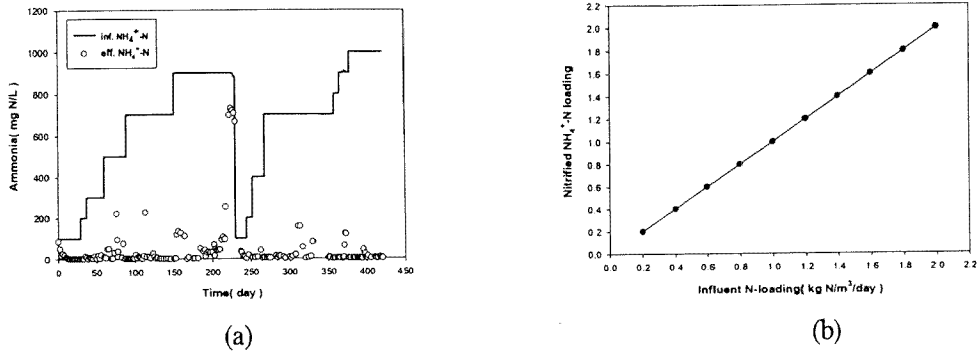


Fig. 1. Time course of nitrification efficiency in nitrification MBR

pH는 질산화 효율을 조절할 수 있는 운전인자 중의 하나로써 문헌상으로는 pH 7.5~8.5 에서 최적의 질산화 효율을 보이며, pH를 6.5 이하로 유지하게 되면 기질인 NH₃-N 농도가 감소하면서 암모니아 산화율이 급격히 저하된다고 알려져 있다. 반면에 pH를 높게, 예를 들어 9.0 이상으로 유지하게 되면 free ammonia (NH₃-N)과 ammonium ion (NH₄⁺-N)과의 평형관계가 free ammonia (FA)로 이동함에 따라, FA에 의한 아질산 산화균 저해로 아질산이 축적되는 현상이 관찰된다고 알려져 있다. 본 연구에서는 1년 이상의 운전 기간중 pH를 6.0 - 9.0 사이로 변화시키고 또한 유입 암모니아 농도를 변화시켜, FA 저해에 의한 아질산 축적을 유도해 보았다. Fig. 2에서와 같이 FA 농도에 따라 아질산 비율이 상승하는 모습이 관찰되었으나 문제는 이와 같은 아질산 축적이 시간에 따라 상당히 불안정했다는 점이다. 따라서 실제 플랜트에서 적용하기에 공정의 안정성에 문제점이 있어 보인다.

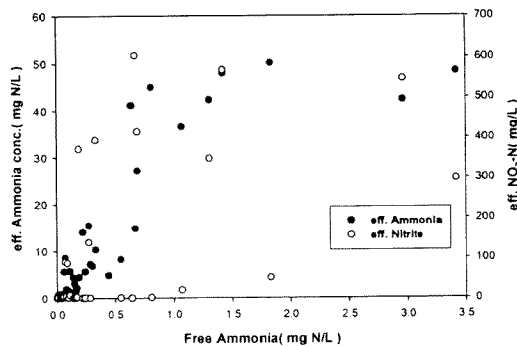


Fig. 2. Effect of free ammonia on nitrification characteristics in MBR

본 연구에서는 공급 공기량 조절에 반응기 내의 DO를 낮출 경우 아질산 축적이 안정적으로 유도된다는 점을 관찰하였다. 또한 반응기 내의 DO가 1 ppm 이하에서도 암모니아 산화율이 감소하지 않았으며, 이는 MBR 내의 질산화균의 농도가 높았기 때문으로 판단된다.

참고문헌

- 1) S.J. Churchouse, Membrane bioreactors for wastewater treatment operating experiences with the Kubota submerged membrane activated sludge process. *Mem. Technol.* 83, 5-9(1997b).
- 2) H. Nagaoka, Nitrogen removal by submerged Membrane separation activated sludge process, *Wat. Sci. Tech.*, Vol. 39, No. 8, 107-114(1999).
- 3) B. Balmelle, K. M. Nguyen, et. al., Study of factors controlling nitrite build-up in biological processes for water nitrification, *Wat. Sci. Tech.*, Vol 26, No. 5-6, 1017-1025(1992).