

PF2) (AO)₂ SBBR에서 포기 시간의 변화에 따른 영양염류 제거 특성

박영식, 정노성^{1*}, 김동석¹

대구대학교 보건과학부, ¹대구가톨릭대학교 환경과학과

1. 서 론

연속 회분식 반응기(sequencing batch reactor, SBR)는 생물학적 처리가 주기에 맞추어 일어나는 형태로서, 비교적 소규모의 하·폐수 처리 공정에 성공적으로 적용되고 있다. SBR에서 각 처리 주기는 유입(fill), 반응(reaction), 슬러지 침전(settle), 처리수의 배출(draw) 등으로 구성되어 있으며, SBR의 가장 큰 장점은 하나의 반응기에서 전체 반응이 연속적으로 유발될 수 있다는 것이다.

본 연구의 주요 목적은 비교적 높은 농도의 유기물이 공급되는 조건에서 SBBR내의 탄소, 질소 및 인의 동시 제거를 유발하기 위한 최적의 운전 조건을 확립하기 위한 것으로서, 비포기-포기-비포기-포기의 4단계를 가지는 (AO)₂ SBBR을 이용하여 전체적인 포기와 비포기 시간을 1:1로 유지한 상태에서 포기 시간의 변화에 따른 유기물, 질소 및 인에 대한 제거 과정을 각 단계별로 조사하였으며, 이를 용존산소(dissolved oxygen, DO) 농도와 pH의 변화와 연계하여 고찰하였다.

2. 연구재료 및 방법

2.1. 실험장치

본 연구에서는 Fig. 1과 같이 3개의 (AO)₂ SBBR을 설치하여 운전하였는데, 크게 비포기-포기-비포기-포기의 4단계 반응으로 구성하였다. 각 반응조는 15X15X25 cm로 제작하여, 유입후 최대 유효 용적을 4 L, 유출 후 최소 용적을 2L로 하였다. 전체 운전 주기는 12시간으로 하여 1일 2주기로 반복 운전하였다.

2.2. 운전조건 및 분석방법

각 공정별 운전조건은 다음과 같다. 1주기는 12시간으로 하였으며, 전체적인 구성은 유입, 1차 비포기, 1차 포기, 2차 비포기, 2차 포기, 침전, 배출 및 휴지기간으로 하였다. 유입에 소요되는 시간은 30분, 배출 및 침전에 소요되는 시간은 각각 30분으로 각 반응기에 관계없이 일정하게 고정하였다. 전체적인 비포기-포기에 소요되는 시간은 10시간 30분이고, 비포기에 5시간 30분을 할당하였고 포기 시간은 5시간이 되도록 하여 비포기와 포기 시간 배분이 약 1:1이 되도록 하였다. 1차 비포기 시간은 2시간, 2차 비포기 시간은 3시간 30분으로 항상 일정하게 유지하였으나, 1차와 2차 포기 시간의 배분을 다르게 설정하여 포기 시간 배분에 따른 영향을 살펴보았다. R1에서는 1차 포기 시간을 2시간, 2차 포기 시간을 3시간으로 하였고, R2에서는 1차 포기 시간과 2차 포기 시간을 각각 1시간과 4시간으로 하여 전반부의 포기 시간을

짧게 하고 후반부의 포기 시간을 길게 하였으며, R3에서는 1, 2차 포기 시간을 각각 3시간과 2시간을 하여 전반부의 포기 시간을 길게 하고 후반의 포기 시간을 짧게 유지하였다.

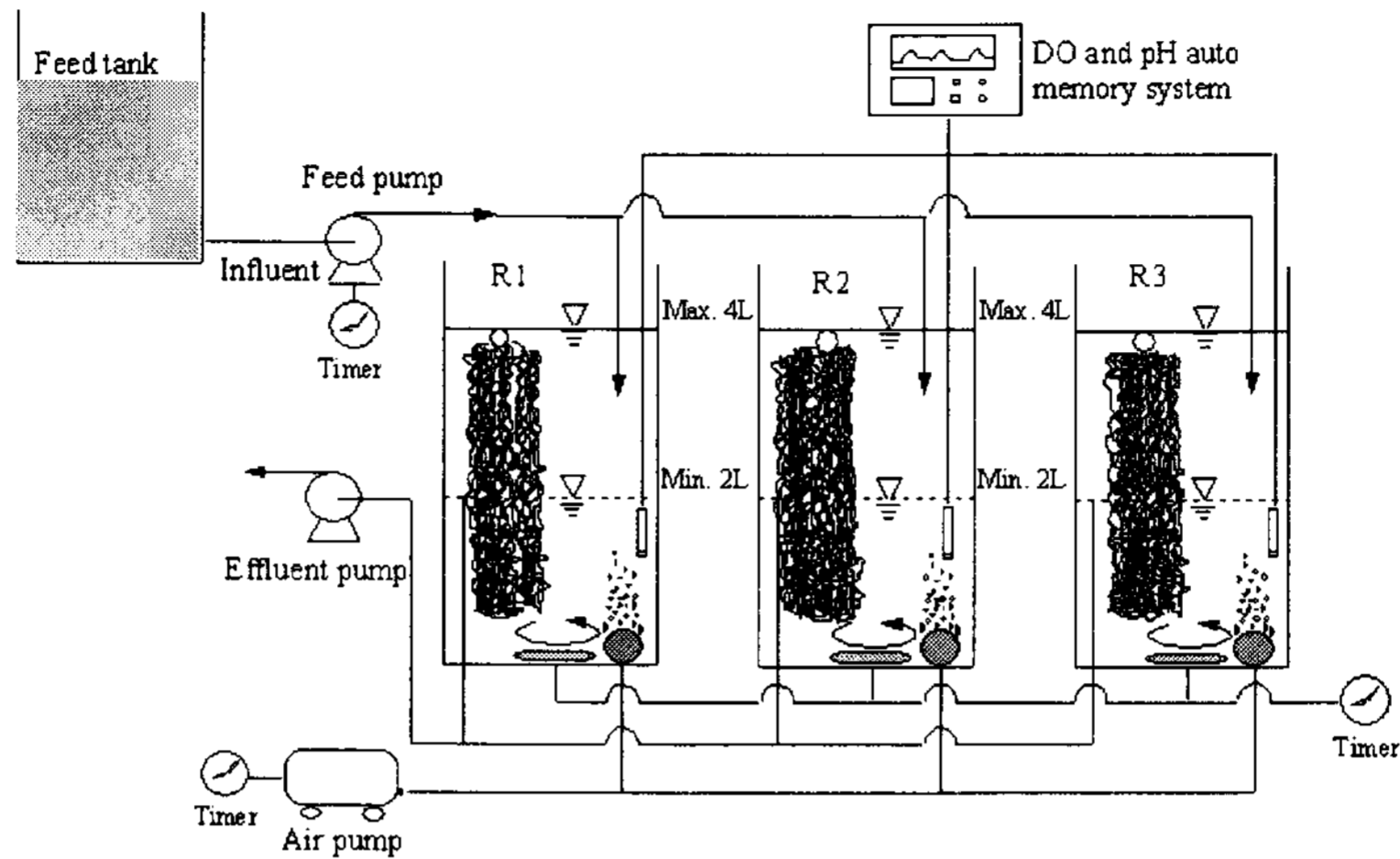


Fig. 1. Schematic diagram of R1, R2 and R3 systems.

3. 결과 및 고찰

3.1. 질소 제거

R1, R2, R3에서 1 cycle에 걸쳐 발생한 질소들(NH_4^+-N , NO_2^--N , NO_3^--N)의 농도 변화와 pH 및 DO 농도 변화를 각각 Fig. 2에 나타내었다.

유입 기간 중 R1과 R2에서는 앞 주기의 마지막 단계인 2차 포기단계에서 발생하여 미처리된 NO_3^--N 로 인하여 2 mg/L와 1.4 mg/L의 NO_3^--N 가 측정되었으며 이는 유입 기간 30분 동안 완전히 제거되었다. 비록 적은 양의 탈질화가 발생하기는 하였으나, 이 단계에서 잔존하는 NO_3^--N 는 그 자체로 인의 방출을 저해할 뿐만 아니라 denitrifiers와 PAOs와의 유기물에 대한 경쟁을 유발시켜 인의 방출을 방해하는 역할을 할 수 있을 것으로 판단된다.

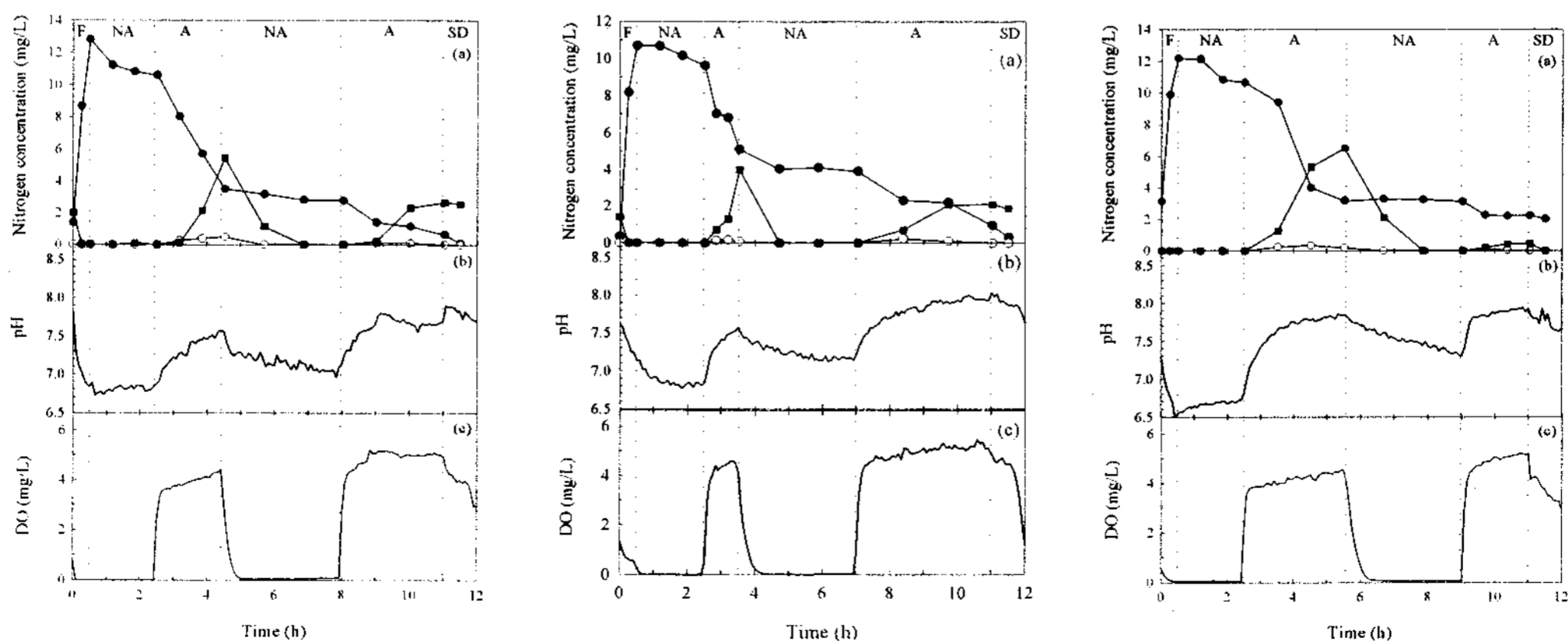


Fig. 2. Typical profiles of (a) nitrogen concentrations [NH_4^+-N (●), NO_2^--N (○), NO_3^--N (■)], (b) pH and (c) DO concentration in R1, R2, R3.

R1과 R2에서는 2차 비포기 기간이 각각 3시간과 4시간으로 길어서 질산화가 비교적 활발하게 발생하였고 그에 따라 상당량의 NO_3^- -N가 미처리된 상태로 반응기 외부로 방출되거나 잔존하여 다음 주기로 넘어갔으나, R3에서는 2차 비포기 기간이 2시간으로 짧게 유지됨으로써 발생하는 NO_3^- -N 농도가 적어 다음 주기에 NO_3^- -N가 잔존하지 않음으로써 탈질화 및 인의 방출에 미치는 영향이 적었던 것으로 예상되었다.

3.2. 인 제거

Fig. 3은 유입 인 농도를 16 mg/L 정도로 일정하게 유지한 상태에서 1주기 동안의 인 농도 변화를 나타낸 것으로, 2시간 동안의 1차 비포기 기간 중 활발한 인의 방출이 관찰되었다. R3에서는 9.4 mg/L의 인이 방출됨으로써 가장 높은 인 방출량을 나타내었으나, R1과는 그다지 큰 차이를 나타내지는 않았다. 그러나 R2에서는 R1과 R3와는 달리 상당히 적은 인 방출량을 나타내었는데, 이는 포기 시간 변화에 따른 영향이 크게 작용하였기 때문인 것으로 판단된다.

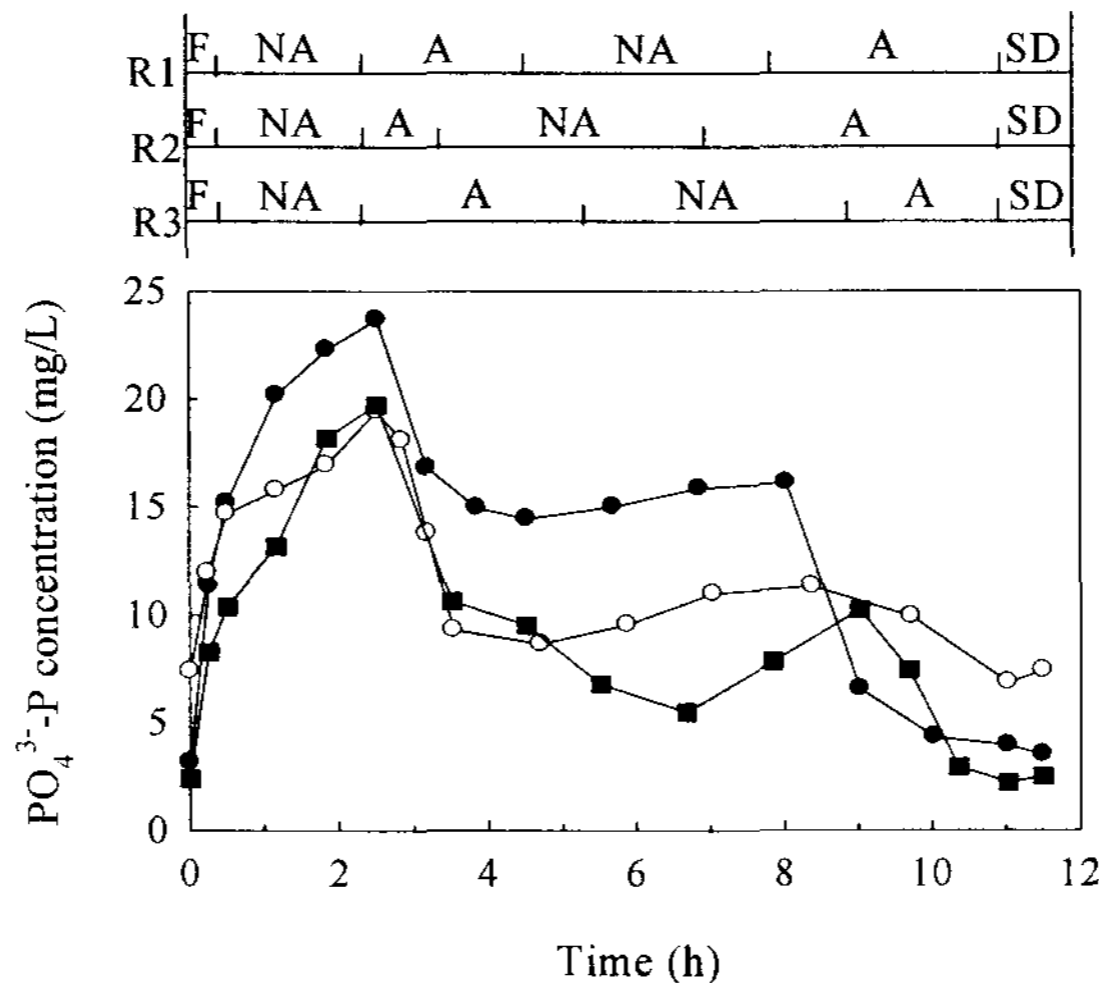


Fig. 3. Typical profiles of PO_4^{3-} -P concentration in R1(●), R2(○), R3(■).

4. 결 론

(AO)₂ SBBR 공정에서 운전주기 변동에 따른 유기물, 질소 및 인의 변화를 조사하여 다음과 같은 결론을 도출할 수 있었다.

1. 포기시간 변동에 따른 TOC 변화는 반응기별로 거의 비슷하였으나, 세부적인 TOC 농도는 운전 조건 및 상태에 따라 약간의 차이를 나타내었다.
2. 운전주기의 변화에 관계없이 SBBR에서는 1차 포기 동안 완전한 질산화는 발생하지 못하였다.
3. 1차 포기 기간 중, 포기 시간이 긴 R3에서 가장 많은 양의 NH_4^+ -N의 제거가 발생하였고, 포기 시간이 가장 짧은 R2에서 NH_4^+ -N의 제거량이 가장 적게 나타났다.
4. R2의 경우는 1차 포기 시간이 너무 짧아 2차 포기가 이루어지지 않았을 경우에는 NH_4^+ -N 제거효율이 매우 저조해지는 문제점을 가지고 있었다.

5. SBBR에서 운전시간에 따른 변화는 질소의 제거보다는 인의 제거에 큰 영향을 미쳤다.
6. 1차 포기시간이 가장 짧은 R2에서 가장 낮은 인 방출량과 인 섭취량을 보였으며, 1차 포기시간과 2차 포기시간을 2:3 또는 3:2로 유지한 R1과 R3에서는 R2에 비해 상당히 높은 인 방출량과 인 섭취량을 보였으며, 인 방출에 있어서는 1차 포기시간이 긴 R3가 다소 유리하였으며, 인 섭취에 있어서는 2차 포기시간이 긴 R1이 약간 유리한 것으로 나타났다.

참 고 문 헌

1. Rusten, B. and Eliassen, H., 1993. Sequencing batch reactors for nutrient removal at small wastewater treatment plants, *Wat. Sci. Tech.*, 28(10), 233-242.
2. Gonzales-Martines, S. and Wilderer, A., 1991. Phosphate removal in a biofilm reactor, *Wat. Sci. Tech.*, 23(7/9), 1405-415.
3. Morgenroth, E. and Wilderer, P.A., 1998. Modeling of enhanced biological phosphorus removal in a sequencing batch biofilm reactor, *Wat. Sci. Tech.*, 39(7), 33-40.
4. Shin, H.S. and Park H.S., 1991. Enhanced nutrient removal in porous biomass carrier sequencing batch reactor (PBCSBR), *Wat. Sci. Tech.*, 23, 719-728.
5. Arnold, E., Bohm, B. and Wilderer, P.A., Application of activated sludge and biofilm sequencing batch reactor technology to treat reject water from sludge dewatering systems: a comparison, *Wat. Sci. Tech.*, 41(1), 115-122.
6. 박민정, 김동석, 2003. SBR을 이용한 소규모 오수처리시설에 관한 연구, *한국환경과학회지*, 12(4), 427-437.
7. Iwai, S. and Kitao, T., 1994. Wastewater treatment with microbial films, Technomic Publishing Co. Inc., Lancaster, Pennsylvania.
8. APHA, AWWA and WPCF, 1985. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 16th ed., Washington D.C., USA, 92-100pp.
9. 박영식, 김동석, 2005. (AO)₂ 연속 회분식 생물막 반응기에서 포기 시간 배분에 따른 유기물 및 질소와 인의 동시 제거에 관한 연구, *한국환경과학회지*, 14(9), 861-871.