

PG5 SBBR의 최적 여재충진률에 관한 연구

박민정*, 김동석

대구가톨릭대학교 환경과학과

1. 서 론

사회의 급속한 산업화와 인구증가로 인해 생활오수, 공장폐수 등의 증가로 일부 상수원을 포함한 전국의 주요 하천이 오염되고 있다. 특히 오염물질 중에서 가장 많이 배출되는 고농도의 유기물질과 질소 및 인과 같은 영양염류가 하천과 호소에 유입되면 수계 생물상을 변화시켜 생태계 교란을 야기하는 부영양화를 초래한다. 우리나라는 1980년부터 부영양화 현상이 두드러지게 나타나면서 유기물과 질소·인을 고농도로 함유한 공장폐수의 하루 발생량이 2001년 현재 98년보다 115만톤이 증가한 790만톤으로 계속적으로 증가하고 있는 실정이다. 하천과 호소의 부영양화로 인한 수질악화는 적은 양이지만 광범위하고 일상적이며 빈번하게 발생하여 수질생태계에 미치는 영향이 매우 크다.

현재 하·폐수로부터 질소와 인을 동시에 제거하는 방법으로 물리화화학적 처리법과 생물학적인 처리법이 있으며, 그 대표적인 공법으로는 암모니아 탈기법, 선택적 이온교환법, 파과점 염소주입법, 응집탈인법, A_2/O , 5-stage Bardenpho, UCT, VIP, Bio-denipho, SBR 등이 포함되며 현재 다양한 변법이 개발되어 현장에 적용되고 있다. 이들 공정들은 공정의 복잡성 및 이에 따른 고도의 처리 기술이 요구됨은 물론이고 과도한 운영비가 소요되는 것으로 알려져 있다.

최근 하나의 반응기 내에서 혐기, 호기, 무산소 조건을 적절히 변화시켜 경제적이고 효율적인 유기물 및 질소·인의 제거를 위한 연속회분식 반응기를 활용하려는 연구도 진행되고 있다. Arora 등은 미국, 캐나다, 호주에서 설치·운영되고 있는 SBR의 현장을 방문하여 조사한 결과 다양한 처리목적에 맞게 성공적으로 운전되고 있음을 보여준바 있다. 이 보고서에 나타난 자료에 의하면 하나의 반응기 내에서 호기 조건과 무산소 조건을 조성하여 유기물 뿐 아니라 질소 및 인 성분들의 제거가 가능하다는 것을 보여주고 있으며, 또한 외국의 경우 처리시설을 소규모화하고 분산화시키는 경향이 나타나면서 중소도시 등에서 SBR 공정을 많이 실용화하고 있다.

하나의 반응기에서 운전이 가능하기 때문에 반응기 용적을 줄일 수 있을 뿐 아니라, 구조가 단순하여 설비비 및 유지관리비가 적게 소요되는 장점이 있다. 또한 충격부하에 대한 적응력이 좋고, 슬러지 팽화현상이 없으며, 고농도의 MLSS 유지가 가능하다. 무엇보다 모든 단위공정 및 조작을 하나의 반응조에서 시간적으로 배열한 공정으로 포기 또는 교반의 시간 배분을 처리 수량 및 목적에 따라 변화시킬 수 있는 융통성을 가지는 장점이 있다.

처리공정은 부유식 성장(suspended growth)과 부착식 성장(attached growth)으로 나눌 수 있으며, 생물막을 이용한 하-폐수의 처리는 미생물들이 고정상 또는 이동상의 매

질에 부착하여 형성된 생물막(Biofilm)을 이용하여 처리하는 방법이다. 본 연구에서는 기존 하수처리장의 활성슬러지를 이용하여, SBR 운전방식을 고정 생물막에 적용시킨 SBBR 공정방식의 최적 여재충진률을 연구하였다.

2. 실험방법 및 재료

반응조는 3개를 설치하였으며, 실험에 사용된 매디아는 비표면적이 $89\sim 223\text{ m}^2/\text{m}^3$ 인 polyvinylchloride 재질의 그물상 여재로 $5 \times 5 \times 5\text{ cm}$ 의 크기로 잘라서 겉보기 용적으로 반응기 용적의 각각 15%, 25%, 35%가 되도록 충전시켰다.

비포기시 반응기의 혼합을 위해 magnetic stir를 반응기 하부에 설치하여 약 200~250 rpm으로 교반시켰다. 기질공급, 처리수 배출, 포기 및 혼합 등의 조작은 timer를 이용하여 시간대에 따른 제어가 가능하도록 하였으며, 온도는 온도조절기를 반응기 상부에 설치하여 $20 \pm 1^\circ\text{C}$ 로 일정하게 유지하였다. 처리수는 30분간의 침전시간이 지난 다음 정량펌프를 사용하여 배출시켰다.

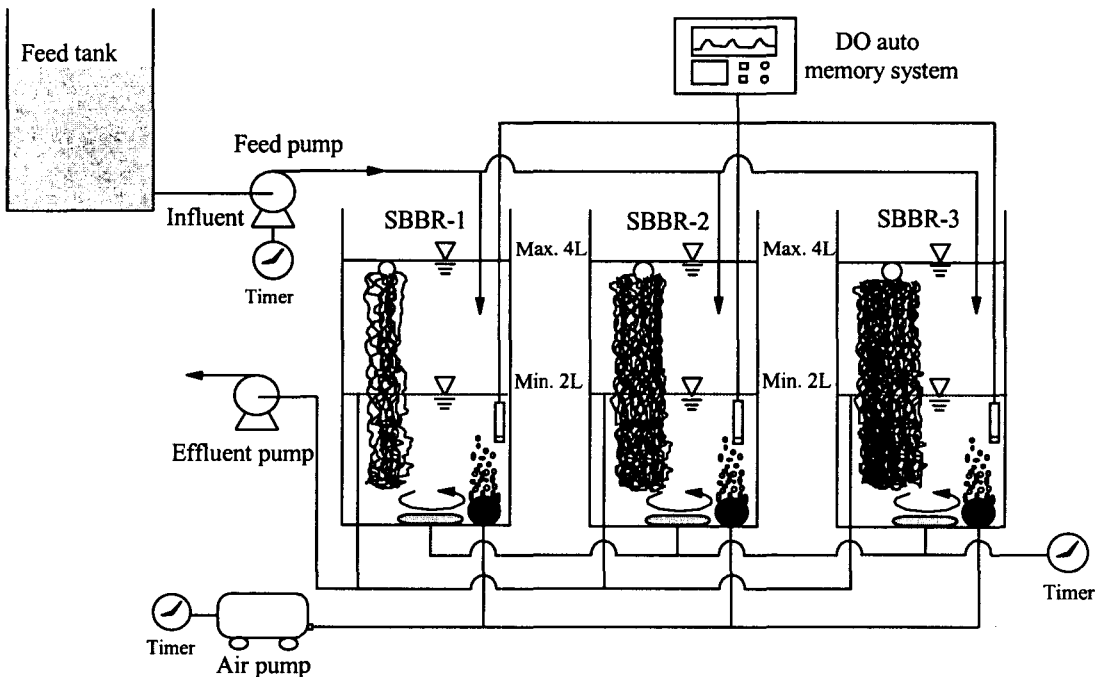


Fig. 1. Schematic diagram of SBBR-1, 2 and 3 system.

3. 결과 및 고찰

3.1. 유기물 제거

유입기간동안 각 반응기에서 동일하게 NO_3^- -N농도가 거의 0 mg NO_3^- -N/L로 감소한 것으로 봤을 때 이 기간의 유기물의 감소는 탈질반응에 이용된 것으로 판단된다.

유입이 끝난 후 1차 비포기기간동안 TOC 제거속도는 SBBR-1, 2, 3 각각 2.76, 3.33,

2.7 mg TOC/L·h의 제거속도로 SBBR-3가 가장 빠른 속도를 보였으며, 전 cycle 동안의 TOC농도 감소의 약 28%, 33%, 27%가 각각 감소하였다.

포기기간동안 TOC의 제거량은 SBBR-1, 2, 3 각각 11.25, 7.5, 10.2 mg/L로 전 cycle 동안의 TOC 제거량의 38%, 25%, 34%로 나타났다. 이 기간의 TOC 소비는 주로 일반 호기성미생물의 생물대사에 의한 것으로 보여진다.

2차 비포기기간동안 TOC의 제거량은 SBBR-1, 2, 3 각각 6.67, 8.0, 6.34 mg/L로 나타났으며, 부족한 유기물조건으로 인해 인 방출은 거의 일어나지 않았다. 반면에 NO_3^- -N는 탈질화 미생물에 의해 탈질반응이 일어나 NO_3^- -N감소가 나타났다.

3.2. 질소 제거

SBBR-1, 2, 3 반응기 모두 유입기간 30분 후 NO_3^- -N의 농도가 거의 0 mg NO_3^- -N/L로 감소하였는데, 이 값은 순수한 회석작용에 의한 NO_3^- -N의 농도값인 1.9, 1.5, 2.8 mg NO_3^- -N/L보다 낮은 값이다. 따라서 유입기간동안 탈질반응이 일어난 것으로 판단되며, 반응기 중 SBBR-3이 유입기간동안 가장 활발한 탈질반응을 나타내었다. 유입기간동안 NO_2^- -N의 변화를 보면 유입수의 NO_2^- -N가 0 mg NO_2^- -N/L로 유입이 되는데, 유입이 완전히 끝난 뒤에도 NO_2^- -N의 농도는 거의 변화가 없다. 1차 비포기기간 초기 1시간 동안에 동화작용에 의한 NH_4^+ -N감소가 일어난 후 다시 NH_4^+ -N의 증가가 일어나게 된다.

포기기간동안 각 반응기의 질산화 반응은 적절히 이루어져 포기시작과 동시에 빠른 NH_4^+ -N의 농도 감소가 일어난다. SBBR-1의 경우 여재충진률이 가장 낮은 15%로 여재와 여재사이의 여유공간이 비교적 많아 생물막의 DO와 유기물의 접촉기회에 있어 유리한 조건이므로 질산화 속도 또한 가장 빠를 것으로 예상했으나 오히려 가장 느린 질산화 속도를 나타내었다.

2차 비포기기간동안의 탈질속도는 SBBR-1, 2, 3 반응기 각각 0.92, 0.99, 0.56 mg NO_3^- -N_{removed}/L·h으로 나타났으며, 여재충진율이 25%인 SBBR-2가 가장 빠른 탈질속도를 보였다.

3.3. 인 제거

1차 비포기기간 동안 인의 방출이 발생하는데 SBBR-1, 2, 3의 인 방출 속도는 SBBR-1, 2, 3 각각 1.14, 2.07, 1.72 mg P/L·h로 SBBR-2가 가장 빠른 속도를 나타냈다. SBBR-2와 3의 경우 전체적으로 초기 1시간 동안 빠른 속도의 인 방출이 나타났으며, 1시간 후에는 완만한 인 방출 속도가 나타났다.

포기기간동안 SBBR-1의 경우 초기 1시간 동안 매우 빠른 인 섭취속도를 나타낸 반면에 SBBR-2와 3의 경우 전체 인 섭취속도에 비해 오히려 더 떨어지는 것으로 나타났다. 포기기간동안 인 방출량은 8.76, 9.27, 9.04 mg이며, 섭취속도는 각각 2.92, 3.1, 3.0 mg P/L·h로 SBBR-2가 가장 빠른 것으로 나타났다.

2차 비포기기간에서 특이한 현상으로 인 방출이 아니라 인 섭취 현상이 반응기 모두

발생하였다. 몇몇 연구자들은 무산소 상태에서 PAO가 인 제거를 위한 전자 수용체로서 nitrate를 이용 가능하다고 발표하고 있다. 이때의 인 섭취속도는 SBBR-1, 2, 3 각각 1.28, 1.69, 1.2 mg P/L · h로 나타났다. SBBR-2가 가장 빠른 인 섭취 속도를 나타내었으며, 무산소 상태에서의 인 섭취속도는 포기상태에서의 인 섭취속도에 비해 낮은 것으로 나타났다.

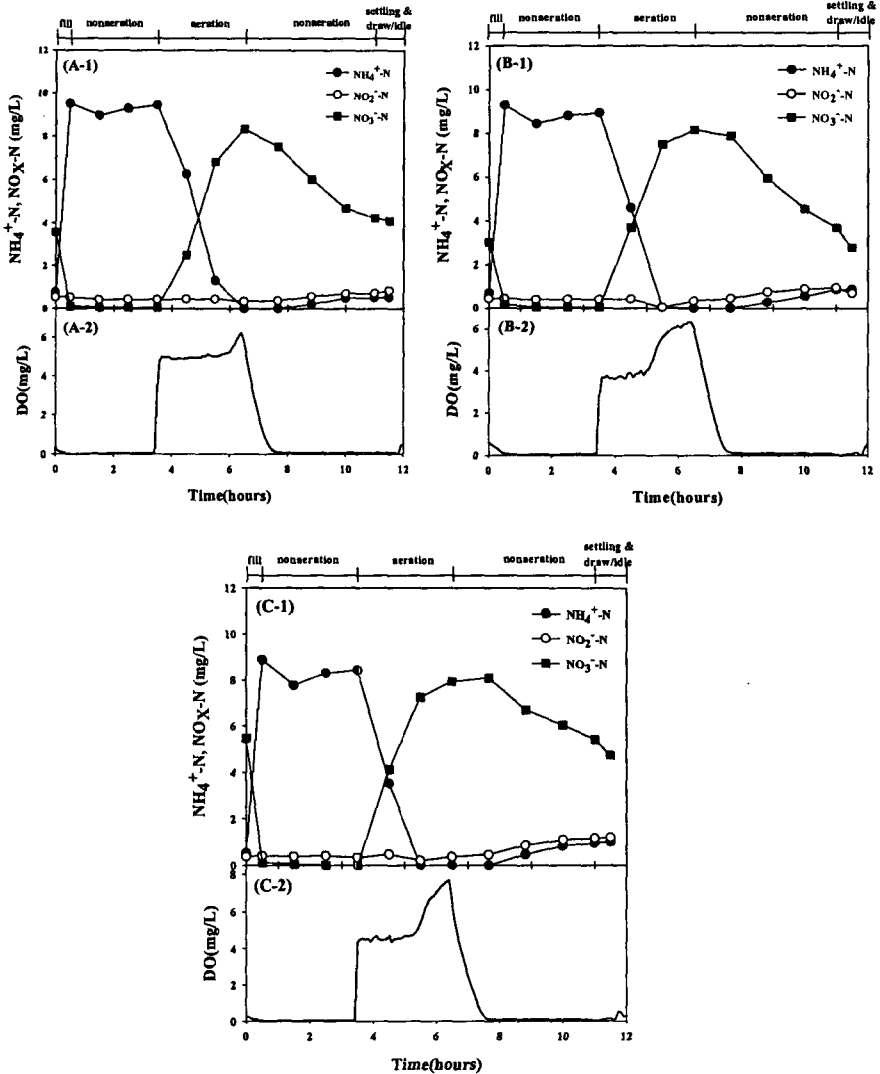


Fig. 2. Typical profiles of $\text{NH}_4^+\text{-N}$, $\text{NO}_2^-\text{-N}$, $\text{NO}_3^-\text{-N}$ and DO concentration in SBBR-1, 2, 3, respectively.

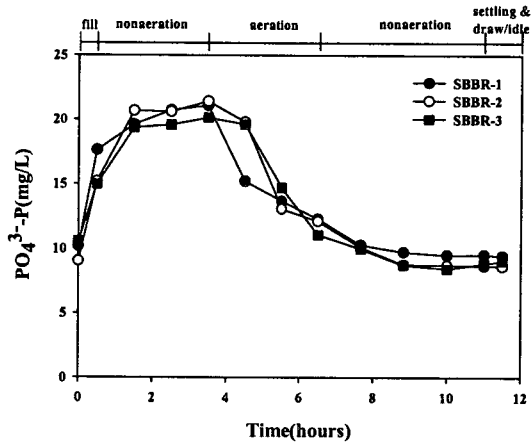


Fig. 3. Typical profiles of $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ concentration in SBBR-1, 2, 3, respectively.

참 고 문 헌

2001, 공장폐수의 발생과 처리, 환경부.

Arora, M. L., Barch, E. F. and M. B. Umphres., 1985, Technology evaluation of sequencing batch reactor, J. WPCF, 57(8), 867~875

Gerber, A., E. S. Mostert, C. T. and de illeirs, R.H., 1986 The effect of acetate and other short-chain carbon compounds on the kinetics of biological nutrient removal, Wat. SA, 12. 7-12.

신항식, 박홍식, 1990, 매디아를 함유한 연속 회분식 반응기를 이용한 폐수처리(I), 대한 환경공학회, 12(3), 73~82,