

미생물 접촉재를 이용한 고농도 유기폐수의 유기물 및 질소·인 제거

김판수, 손한형, 이상호
상명대학교 토목환경공학과
e-mail : psdream99@hotmail.com

Organic Carbon, Nitrogen and Phosphorus Removal in High-concentration Organic Wastewater using the Media attached Microorganism

Pan-Soo Kim, Han-Hyung Son, Sang Ho Lee
Department of Civil & Environment Engineering
Sangmyung University

요 약

본 연구는 하·폐수 중의 유기물뿐만 아니라 질소, 인을 생물학적으로 제거하는 실험을 수행하였다. 공정 내 미생물의 유실을 방지하고 미생물이 고농도 상태로 유지 가능한 부착성장의 한 공법인 RBC에 끈상 나선형 미생물 접촉재를 설치한 반응기를 이용하였다. 원수는 Glucose 1,800 mg/L, NH₄Cl 500 mg/L, KH₂PO₄ 5mg/L를 혼합한 인공폐수를 제조하여 공정에 주입하였고, 그 결과 각각 미생물이 폐수에 적응하는 단계인 Period 1에서는 각 수질 분석 항목의 농도가 점차적으로 감소하는 경향을 보였으며, 정상상태라고 판단한 Period 2에서는 최종적으로 유입수에 대한 유출수의 제거율은 각각 TCOD_{Cr} 94%, BOD 87%, T-N 85%, T-P 89%의 결과를 나타내었다.

1. 서론

현재의 하·폐수처리는 강화된 방류수 수질기준을 만족시키기 위하여 기존의 활성슬러지 공법 대신에 새로운 공법들이 이용되고 있다[1]. 이는 최근 산업의 발달과 도시화에 의한 인구 증가로 인한 도시하수, 산업폐수, 축산폐수 등에 의한 유기물질, 질소 및 인의 오염이 점차적으로 심각해지고 있는데 반해 활성슬러지 공법은 유기물 제거능력은 탁월하나 점차적으로 고농도로 배출되는 질소, 인을 제거하는데 그 효과가 적기 때문에 현재에는 유기물 뿐만 아니라 질소와 인을 동시에 제거할 수 있는 공법의 개발이 활발하게 진행되고 있는 실정이다[2].

또한 강화된 수질기준을 만족시키기 위해서는 현재 운전되고 있는 활성슬러지 공정을 개조 또는 전환을 해야하기 때문에 소요 부지가 적고, 유기물과

질소, 인 제거 효율이 탁월하고 이에 따른 경제성을 확보 할 수 있는 부착성장 공법이 부각되고 있다[3].

부착성장 공법은 고정된 미생물을 하·폐수 내 오염물질 제거에 이용할 경우 원하는 미생물을 우점화 할 수 있고, 이에 따른 높은 효율을 기대할 수 있으며, 공정 내에서 미생물의 유실이 적어 미생물을 고농도로 유지할 수 있다는 장점이 있다[4]. 또한 이러한 부착성장 공법에서는 pH나 온도의 급격한 변화, 높은 부하의 유기물 유입에도 미생물 자체의 완충 작용에 의해 활성이 변하지 않는 장점을 가지고 있다[5].

본 연구는 끈상 나선형 미생물 접촉재를 이용한 공법으로서 회전원판을 매체로 하여 미생물 접촉재를 부착하여 반응조 내 미생물 농도가 항상 고농도로 유지될 수 있도록 구성하였고, 유기물 및 질소 제거 능력이 뛰어나고 생육이 용이한 *Bacillus sp.*를 본 연구의 주 미생물로 이용하였다[6]. 또한 본 연구

에서의 원수는 인공폐수를 제조하여 주입하였다.

2. 시료제조 및 분석방법

실험에 사용한 원수는 인공적으로 제조하였으며, 조성은 Glucose 1,800 mg/L, NH₄Cl 500 mg/L, KH₂PO₄ 5mg/L이다. 인공폐수를 공정의 유입 유량에 따라 제조하여 주입하였고, 본 실험을 위한 *Bacillus sp.*는 우점화가 확인된 'W'시 분뇨처리장 포기조의 MLSS를 식종하여 수행하였다. 분석은 각 공정별로 DO, BOD, SCOD_{Cr}를 측정하였고, 유입수, 유출수에 대하여 TCOD_{Cr}, T-N, T-P를 Standard Method[7]에 의해 분석하였다.

본 실험에서의 시료는 바실러스가 포함되어 있는 Y 분뇨처리장의 건조슬러지를 이용하여 분석하였다. 실험의 정확성을 기하기 위해 Y 분뇨처리장의 슬러지를 3차까지 배양하였다. 액체 배지 제조는 Nutrient Broth 4g을 증류수 500mL에 녹이고, autoclave에서 121°C, 15분 동안 멸균한 다음 건조슬러지를 3g(습중량)/500mL(액체배지+무기염료)에 넣고 바실러스균의 우점화를 위해 80°C에서 10분 동안 stirring 한다. 그런 다음 Shaking Incubator에서 다음 배양조건을 적용하여 1차 농화배양을 하였다.

표 2.1 배양 조건

temp.	37°C
rpm	200rpm
time	24hr
culture media	Nutrient broth + (인삼염인 완충용액, CaCl ₂ , FeCl ₃ , MgSO ₄)

2차 배양은 1차 농화배양액 50mL를 액체배지에 넣고 1차 농화배양과 같은 조건에서 2차 농화배양하였으며 3차 배양은 2차 농화배양액 50mL를 같은 배지 500mL에 넣고 같은 배양 조건으로 3차 농화배양을 실시하였다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 TCOD_{Cr} 제거율 변화

유입수와 유출수의 TCOD_{Cr}농도와 이에 따른 제거율을 그림 3.1에 나타내었다. TCOD_{Cr}은 반응조 내 MLSS를 침강시킨 후 상등액으로 분석하였으며,

그림 3에서와 같이 유입수의 TCOD_{Cr} 농도는 최대 2,476 mg/L, 최소 1,097 mg/L로 평균 2,058 mg/L가 유입되었다. 안정화 기간인 Period 1에서 식종한 *Bacillus sp.*가 인공폐수에 적응을 하는 단계로서 각 단계별 TCOD_{Cr} 농도가 점차적으로 감소하는 결과를 나타내었다. 약 13일 동안의 Period 1의 후반부의 유입 농도 2,320 mg/L에 대한 유출 농도 156 mg/L로써 약 93% 제거율을 보였으며, 이 시점부터 유입 유량을 173 L/d에서 346L/d로 증가시켰고, 내부반송율과 슬러지반송율을 각각 200%, 100%에서 50%, 50%로 감소하였음에도 불구하고 이후 Period 2(33days)동안 유입농도에 대한 유출농도의 제거율이 90%이상 유지되었으며, 최종적으로 Period 2의 평균 유입농도 2,059 mg/L, 평균 유출농도 130 mg/L로 94%의 제거율을 보이고 있다.

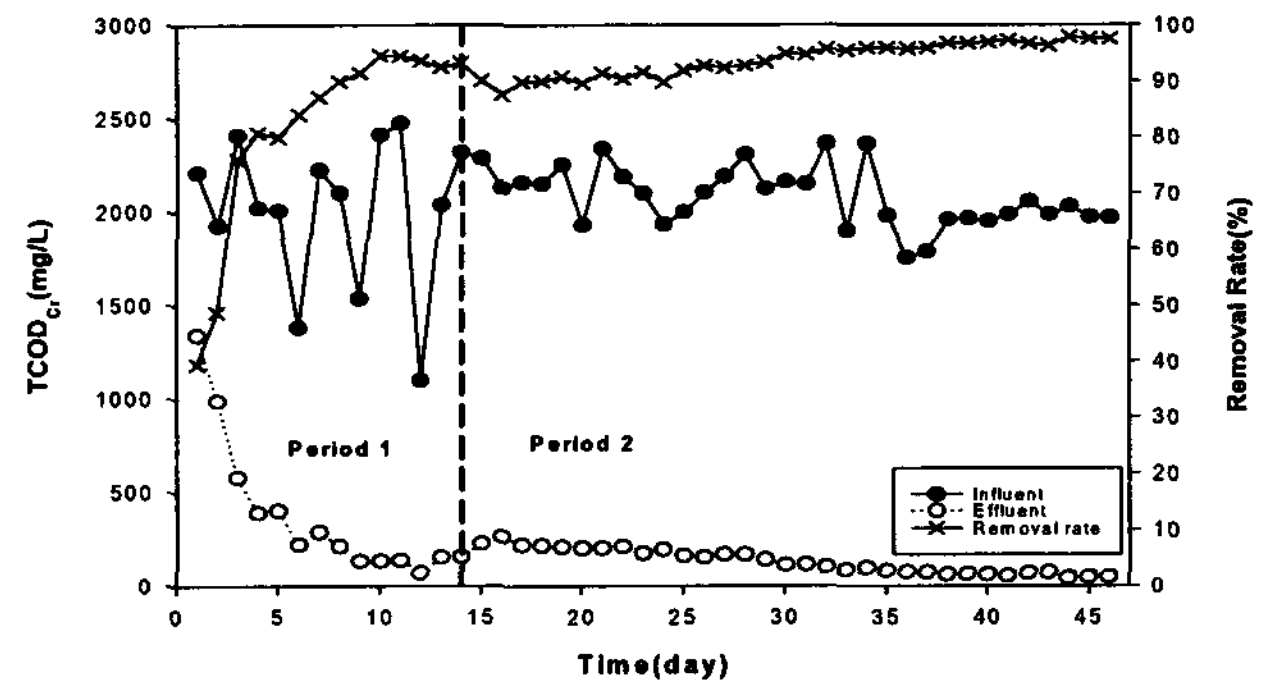


그림 3.1 유입에 대한 유출의 TCOD_{Cr} 농도와 제거율 변화

3.2 각 공정별 BOD, SCOD_{Cr} 제거율 변화

유입수, RBC 유출수, 포기조 1, 2, 3단, 침전조 유출수의 BOD와 SCOD_{Cr} 농도 변화 결과는 그림 3.2와 같다. BOD와, SCOD_{Cr}은 여과지를 이용하여 여과한 시료를 측정하였으며, 유입 BOD, SCOD_{Cr}의 농도는 각각 1,334 mg/L, 2,014 mg/L으로 측정되었다. 유입 SCOD_{Cr} 농도의 경우 인공적으로 제조한 폐수이기 때문에 폐수 내 부유물질 및 불순물이 존재하지 않아 TCOD_{Cr}과 유사한 결과를 나타내었다. 미생물 안정화 단계인 Period 1에서는 각 공정별로 유입농도에 대한 유출농도의 제거율이 점차적으로 감소하는 형태를 보이고 있으며, 정상상태인 Period 2에서의 공정별 결과는, RBC 반응조에서 각 항목의 농도가 급격히 감소하여 유입 BOD농도 1,334 mg/L, 유입 SCOD_{Cr}농도 2,014 mg/L에 대한 평균 유출농도는 각각 172mg/L, 117mg/L로 제거율

87%, 94%의 결과를 나타내고 있다. 각 공정별 농도 변화를 나타낸 그림 3.2의 결과는 유입 농도에 대한 각 공정별 유출 농도가 RBC 공정 이후 포기조 1, 2, 3단까지 유사한 농도를 보이고 있다.

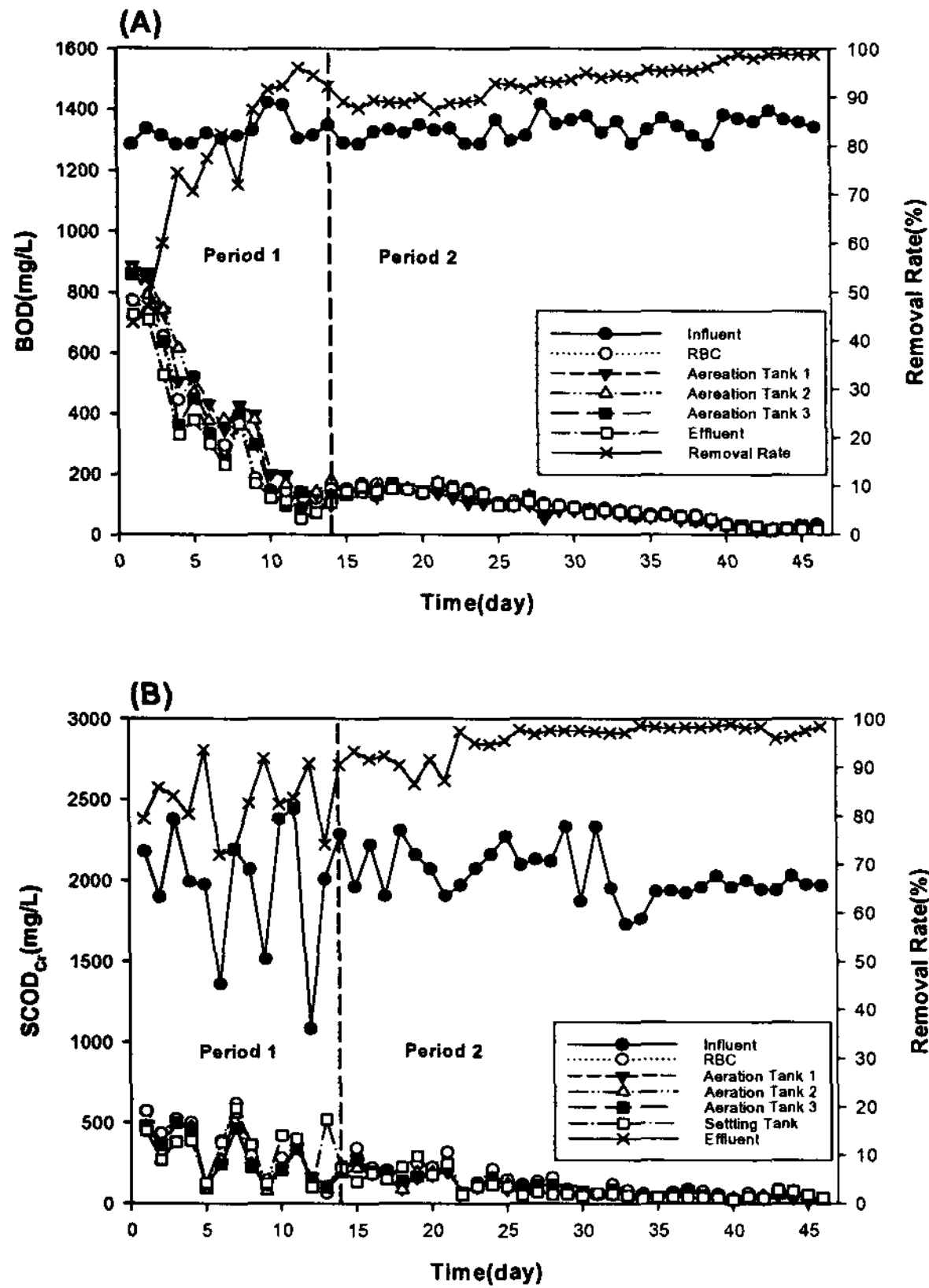


그림 3.2 운전경과일수에 따른 각 공정별 BOD(A), SCODCr(B)의 농도와 제거율 변화

3.3 각 공정별 T-N, T-P의 제거율 변화

유입수, RBC 유출수, 포기조 1, 2, 3단, 침전조 유출수에 대한 농도변화는 그림 3.3과 같이 나타났다. 그림 5에서와 같이 본 실험에서 유입 T-N 농도는 최대 180 mg/L, 최소 143 mg/L로 평균 160 mg/L 값을 보이며, T-P의 경우 유입 최대농도 16.4 mg/L, 최소농도 6.3 mg/L, 평균농도 12.0 mg/L로 측정되었다. T-N의 경우 Period 1~ Period 2기간 동안 점차적으로 감소하는 경향을 보였으며, 총 Period 2 후 24일째 되는 시점부터 제거율이 90% 이상으로 상회하였다. 다른 측정 항목과는 달리 Period 2 기간에서도 T-N의 제거율이 점차적으로 감소하는 경향을 보인 것은 반응기의 운전조건 중 내분반송율이 Period 1의 200%에서 Period 2의 50%로 감소하였기 때문에 발생한 결과라고 판단된다. T-P는 Period 1

에서 점차적으로 감소하였고, Period 2에서 급격히 감소하였다. 최종적으로 정상상태인 Period 2 기간에서 T-N, T-P의 평균 유입 농도에 대한 평균 유출 농도는 각각 24 mg/L, 1.3 mg/L로 T-N 제거율은 85%, T-P 제거율은 89%를 보이고 있다.

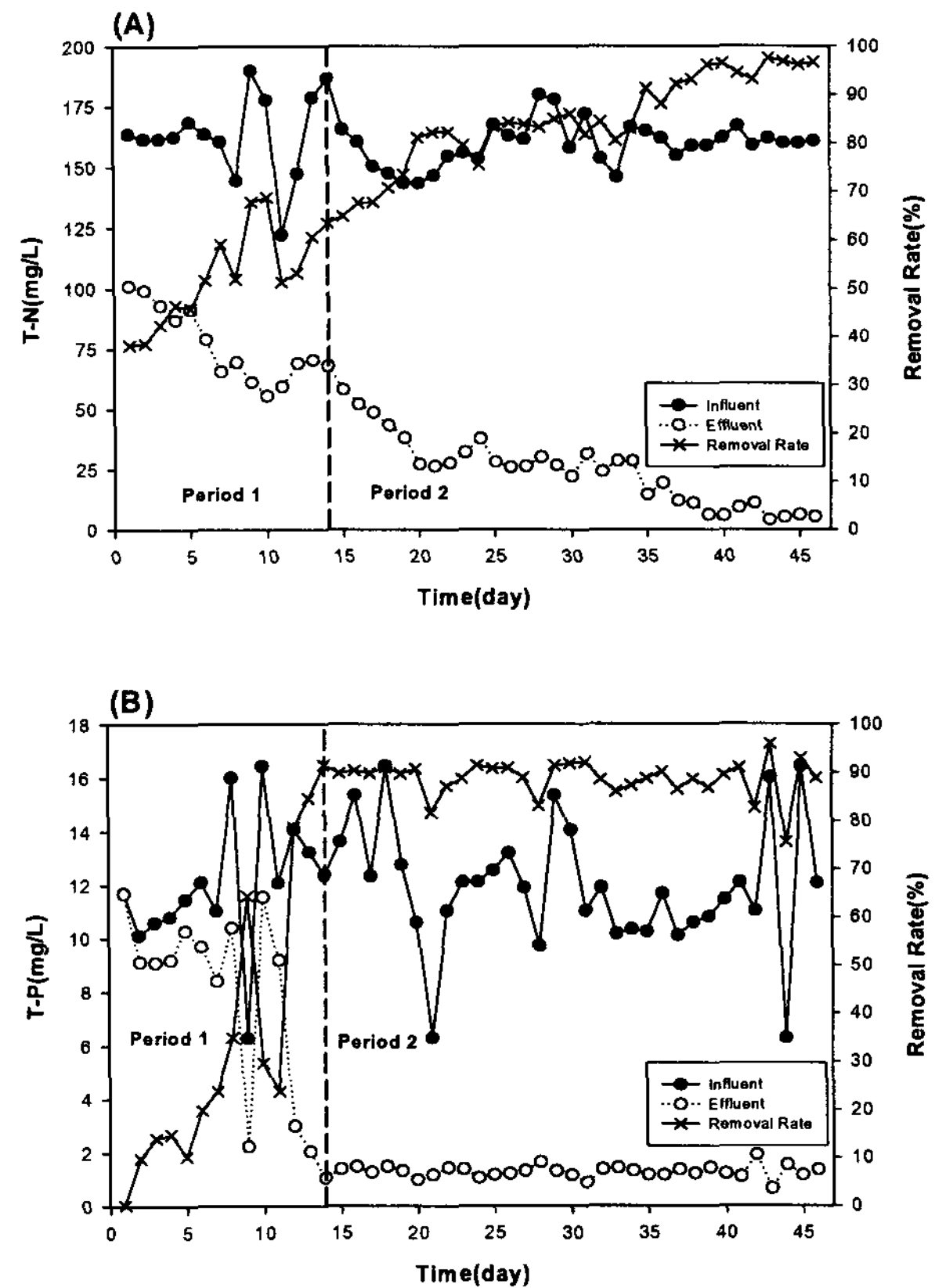


그림 3.3 유입에 대한 유출의 T-N(A), T-P(B) 농도와 제거율 변화

4. 결론

1. 본 실험에서 TCODCr의 농도 변화는 평균 유입 농도 2,320 mg/L, 156 mg/L로 약 94%의 제거율을 나타내었다.
2. 각 공정별로 시료를 분석한 BOD, SCODCr은 각각 평균 1,334 mg/L, 2,014 mg/L의 농도로 유입되었으며, 최종 유출농도는 각각 172 mg/L, 117 mg/L로 제거율 87%, 94%의 결과를 보였다.
3. T-N 분석결과는 유입 T-N 농도 160 mg/L, 유출 T-N 농도 24 mg/L로 제거율 85%를 보였는데, 특히 각 공정별 T-N 농도 변화가 Period 1에서 점차적으로 감소하고, Period 2에서 정상적인 농도를 유지하는 다른 항목과는 달리 실험개시 후 약 35일 시점까지 점차적으로 감소하는 결과

를 보였다. 이는 반응기의 운전조건 중 내부반송율이 Period 1의 200%에서 Period 2의 50%로 감소하였기 때문에 발생한 결과라고 판단된다.

4. T-P 농도 분석 결과는 유입 농도 12.0 mg/L, 유출 농도 1.3 mg/L로 제거율은 89%로 측정되었다. T-P의 유입농도에 대한 유출농도 변화 모습은 TCODCr, BOD, SCODCr과 같은 형상으로 안정화 기간인 Period 1에서 점차적으로 감소하여 Period 2이후에는 최종 제거율과 비슷한 수준을 유지하였다.

5. 참고문헌

- [1] 최명섭, 손인식 “무산소-RBC 공정을 이용한 유기물질 및 질소제거”, 대한환경공학회지, 제26권, 제5호, pp. 514-521, 2004.
- [2] 엄태규, 한동엽, 김부길 “B3 pilot plant를 이용한 고농도 질소부하에서의 고도처리에 관한 연구”, 한국환경과학회지, 제14권, 제8호, pp.771-775, 2005.
- [3] 환경부, 2003, 망상형 회전식 바실러스 접촉장치 (RABC)를 이용한 하수고도처리공법.
- [4] 김응호, 조연제, 박성주, 신광수, 임수빈, 박현주 “회전식 부착 바실러스를 이용한 하수고도처리 공정에서의 총 대장균군 제거 특성”, 한국물환경학회지, 제21권, 제1호, pp.73-78, 2005.
- [5] 엄태규, 한동엽 “ Bacillus sp.를 이용한 SBR의 HRT에 따른 유기물질 및 N,P의 제거특성”, 한국수처리학회지, 제13권, 제3호, pp.21-29, 2005.
- [6] 김영규 ;조덕희 ;이병노, “무산소·호기공정에서 철을 이용한 하수의 질소·인 고도처리기술(FNR Process)”, 환경정보. 제28권 제362호, pp.45-49, 2006.
- [7] APHA, AWWA, WEF “Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater” 18th Ed., APHA, AWWA, WEF, 1992.