

광합성 미생물을 이용한 SBR공법에서의 질소, 인 동시제거에 관한 연구

김영호 · 김성철 · 이광현 · 주현종
경기대학교 환경공학과

The Study on Nitrogen and Phosphorus Removal Using Photosynthetic Bacteria in SBR Process

Yung-Ho Kim, Sung-Chul Kim, Kwang-Hyun Lee, Hyun-Jong Joo,
Kyonggi Univ. Department of Environmental Engineering

Abstract

Most of sewage treatment plants in Korea is operated for the removal of organic material. Because of low C/N ratio of domestic wastewater it is very difficult to remove nitrogen and phosphorus from wastewater. Therefore C/N ratio is key factor for the removed of nitrogen and phosphorus. PSB(photosynthetic bacteria) can remove the nutrient materials, so this study is focused on PSB characterization of nutrient removal. PSB is possible to remove nitrogen, phosphorus in anaerobic and aerobic condition. This study try to find out condition of the PSB in SBR reactor, Batch reactor. It consists of three Mode. Mode 1, 2 is to apply activated sludge process and Mode 3 is that seeded PSB in the activated sludge process. As a result of SBR process, Mode 1, 2 which was activated sludge process showed 79~90%, 66~90% of SCODcr, 94.67~95.89%, 95.76~98.56% of TKN, and Mode 3 has 84~92% of SCODcr, 95.39~99.52% of TKN removal efficiency, respectively. When comparison with Mode 1, 2 and 3, most of nitrogen and phosphorus is removed at the anaerobic condition in Mode 3. but Mode 1, 2 has just revealed activated sludge process characterization. It would because of characterization of PSB.

key word : SBR, Photosynthetic bacteria, Nitrogen Removal, Phosphorus Removal

I. 서론

근대의 급격한 산업화, 도시화로 인하여 자연환경과 생활환경은 더 이상 방치할 수 없을 정도로 오염이 가중되고 있으며 특히 수질오염의 경우 인간의 삶에 질에 있어 큰 영향을 미치고 있다. 수질

오염은 대부분이 인간의 경제활동이나 주거생활에서 발생하는 것으로 인간과 밀접한 관계를 가지고 있고 오염물은 국내 하천과 해역을 오염시키는 주요원인이 되고 있으며 이에 대한 부적절한 대처와 환경인식의 부재로 인한 수계 오염은 가속화 되고 있다. 질소와 인과 같은 영양염류는 생태계 구성에

있어 필수 영양 성분으로 중요한 물질이나 과다 유입에 의한 부영양화는 수질에 지속적으로 영향을 미치며 악화시키고 있다.

질소 및 인의 영양염류 제거를 위한 방법에는 물리적 처리, 화학적 처리, 생물학적 처리 방법이 있고 물리·화학적 처리는 부적절한 운전 방법으로 인한 화학약품과 응집제의 과다 투여로 인하여 슬러지가 과다 발생시키고 또 이를 처리하기 위한 경제적 손실이 따르는 문제점이 있다. 반면에 생물학적 처리는 안정적이고 효율적으로 다량의 오염 물질을 처리 할 수 있어 선호되고 있다. 현재 국내 하수 처리공법으로는 활성슬러지법, 장기포기법, 산화구, 회전원판법, 혐기호기법 등으로 이루어져 있으며 영양염류를 제거하기 위한 고도처리 공법이 절대적으로 부족한 실정이다.

국내 수질오염의 주요원인으로는 분리식 하수관거의 저조한 보급률에 인한 하수 처리장의 유입 유기물 농도의 저하, 계절별 온도차에 따른 운전 방식 및 기술 부족 등으로 요약할 수 있고 이러한 문제점을 개선하기 위하여 국내 하수 성상에 맞는 하수처리기술이 개발되어 왔다. 그러나 국내 하수는 대부분 낮은 C/N비를 가지고 있어 유기물을 탄소원으로 이용하는 고도처리 공법에는 적용이 쉽지 않으며 이를 해결하기 위해서는 해외 공법을 무분별하게 도입하는 것 보다 실험실 반응기의 운영을 바탕으로 Pilot 규모의 플랜트를 설계 운영함으로써 도입하고자 하는 하수에 적합한 방법을 도출해 낼 수 있을 것으로 기대된다.

광합성 박테리아 *Rhodospirillanceae*에 속하는 홍색비황 광합성 박테리아(phototrophic purple nonsulfur bacteria)들은 기초연구로 광합성, 질소 고정 그리고 수소가스 발생등의 생리학적 연구에 많이 사용되고 있다.^{6, 15)} 또한 응용분야로는 폐수 처리를 할 수 있고¹⁷⁾, 수소 발생능을 산업적으로 이용할 수 있으며, 또한 단백질 함량이 높아 수산양식어의 사료와 양계의 산란율을 증가시키는 축산사료로서의 이용 및 유기비료로 이용될 수 있다.

광합성 박테리아는 인간에 의해 오염된 환경에서도 성장할 수 있다. 광합성 박테리아는 광합성, 발효, 유기호흡, 화학합성 등 다양한 방법으로 살아갈 수 있으며 유기물 분해능도 높고, 특히 혐기,

암소에서 성장시 nitrate, nitrous oxide, dimethyl sulfoxide, 혹은 trimethylamine-N-oxide 등을 전자수용체로 이용할 수 있다. 광합성 박테리아는 유기물 농도가 높은 일반하수 뿐만아니라 다양한 산업폐수의 자연 정화과정에서도 중요한 역할을 한다.^{10, 11, 12)}

II. 재료 및 방법

1. 실험 재료

유입수는 미생물 성장에 필수적인 유기물 및 무기물 등을 알맞은 비율 BOD : N : P = 100 : 5 : 1로 합성폐수를 제조하였다. 합성폐수는 SCOD_{cr} 300 mg/L, TKN 15 mg/L, T-P 5 mg/L로 유입하였다. 각각의 유기물과 무기물은 유입 조성에 알맞게 표준용액을 조제하여 사용하였으며 Table 1과 같다.

실험장치는 Fig. 1과 같이 혐기, 무산소, 호기 시간 구성을 가진 20 L의 Sequencing Batch Reactor(SBR) 반응기로 구성하였다. 산기장치를 부착하여 호기시간에는 DO를 공급하고 혐기, 무산소 시간에는 Off 되도록 조정하였다. 유입수는 펌프를 이용하여 유량에 맞게 조절하였고 PLC를 이용하여 자동 유입부터 유출까지의 모든 단계를 자동화하여 운전하였다.

유입수의 부패를 방지하기 위하여 냉장고내에 80L의 유입수조를 설치하여 0~5℃로 유지시켰고 정량펌프를 이용하여 유입시간에 유입하였다. 유입

Table 1. Chemical Composition of Synthetic Wastewater

Compound	Stock Concentration g/6L	Final Concentration	Synthetic Water(mg/L)
Glucose	225	4000 mg/L as SCOD _{cr}	260~322 as SCOD _{cr}
NH ₄ Cl	138.1	6000 mg/L as N	15.4~20.5 as NH ₃ -N
KH ₂ PO ₄	131.7	5000 mg/L as P	2.1~3.2 as PO ₄ ³⁻ -P
Na ₂ HCO ₃	25g/80L	250mg/L as CaCO ₃	230~260 as CaCO ₃

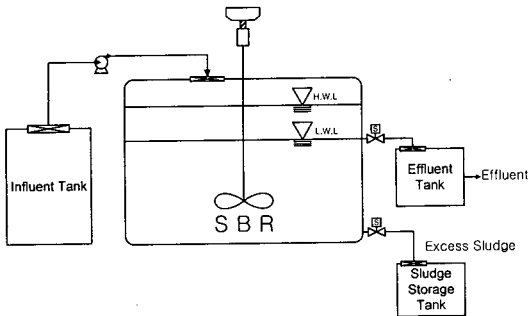


Fig. 1. Schematic of SBR process

시간 전후의 과도한 온도의 저하를 방지하기 위하여 항온계를 설치하였으며 온도계와 판넬을 설치하여 실시간으로 온도를 확인 할 수 있도록 하였다. 광합성 박테리아의 우점화에 영향을 미치는 빛(light) 조건을 만족시키기 위하여 PLC와 연결하여 혐기와 무산소 시간에만 반응기 상단에 설치된 백열전구(2000~3000 lux)가 on-off되도록 조절하였다.

2. 실험 방법

실험에 사용된 광합성 박테리아는 *Rhodospseudomonas blastica*, *Rhodocyclus gelatinosus*, *Rhodocyclus tenuis*, *Rhodobacter capsulatus*, *Rhodospseudomonas rutila*로 판명된 것으로서(3) 영하 75℃에 보관된 균주를 이용하였다. 27S 배지(Table 2)를 이용하여 광합성 박테리아를 10 mL 셀, 500 mL 그리고 10L의 큰 용기로 점증적으로 배양하였다. 실험에 사용된 슬러지는 K시 하수처리장의 활성 슬러지로서 MLSS 농도 3500 mg/L로 맞추어 SBR 반응기에 순응 시켰다.

실험은 세가지 Mode로 실시하였다. Mode 1, 2의 경우는 일반적인 SBR 반응기의 특성을 알아보기 위하여 순응 시킨 슬러지를 이용하여 운전하였다. Mode 3는 광합성 박테리아의 우점화에 따른 실험을 실시하기 위한 것으로, 슬러지에 광합성 박테리아를 1g(wet weight 기준)/L를 넣어 반응기의 변화를 관찰하였다. 광합성 박테리아가 안정적으로 슬러지에 침착할 수 있도록 광합성 박테리아를 계

Table 2. Composition of 27S medium

Yeast extract	1.0g
Disodium succinate hexahydrate	1.0g
Absolute ethanol	0.5ml
Ferric citrate solution(0.5%)	1.0ml
KH ₂ PO ₄	0.5g
MgSO ₄ · 7H ₂ O	0.4g
NaCl	0.4g
NH ₄ Cl	0.4g
CaCl ₂ · 2H ₂ O	0.05g
Trace element solution SL-6	1.0ml
Adjust to pH	6.8(±0.2)
Distilled Water	1000ml
H ₃ BO ₃	0.2g
MnSO ₄ · 4H ₂ O	0.21g
Na ₂ MnO ₄ · 2H ₂ O	0.075g
ZnSO ₄ · 7H ₂ O	0.024g
Ca(NO ₃) ₂ · 3H ₂ O	0.004g
Distilled Water	1000ml

속하여 보충하여 주었다.

Mode 1과 2의 경우 질산화를 유도하기 위하여 포기시간 내에 용존산소 농도는 1.5~2.0 mg/L를 유지하였다. Mode 1의 슬러지 체류시간(SRT)은 5~17day였고, 평균 SRT는 11day였다. Mode 2의 슬러지 체류시간(SRT)은 8~15day, 평균 SRT는 12day였고 잉여 슬러지는 반응기에서 직접 폐기하여 반응기 내 MLSS를 일정하게 유지하였다. Mode 1, 2의 수리학적 체류시간(HRT)은 8시간으로 하였으며 Fig. 2에 Mode 1, 2, 3의 HRT와 운전 Cycle을 나타내었다.

Mode 1과 Mode 2는 순응된 슬러지를 SBR 공법으로 운전하였다. Mode 2는 Mode 1에서의 질소

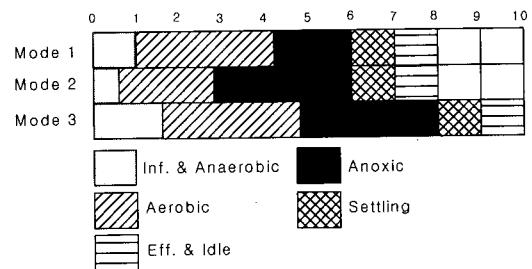


Fig. 2. SBR operational cycle.

제거율을 향상시키기 위하여 무산소 시간을 Mode 1의 1.8배로 늘이고 포기시간을 0.5배로 줄여서 운전하였다. 유입수 중 유기물의 주성분이 미생물에 의한 분해가 잘 되는 글루코스로 구성되어 있기 때문에 인의 방출에 의한 유기물의 흡수가 빠른 것으로 판단되어 혐기시간을 2.63배로 줄여 운전하였다.

광합성 박테리아를 우점화한 Mode 3 경우의 슬러지 체류시간은 25 day였으며, 잉여 슬러지는 포기시간에서 직접 폐기하여 반응기 내 MLSS를 일정하게 유지하여 주었다. 반응기는 각 반응조건이 원활하게 유지되도록 하기 위해 충분히 운전하여 안정시킨 후 실험을 실시하였다.

Mode 3의 수리학적 체류시간(HRT)은 10시간으로 하여 Mode 1, 2와의 차이를 두었다. 이러한 이유는 계속적인 광합성 박테리아의 반응기 투입에 대한 분석 및 관찰 후 광합성 박테리아의 우점화에 필요한 수리학적 체류 시간을 늘려 시스템에서 wash-out 되지 않도록 충분한 시간을 주기 위함이다.

III. 결과 및 고찰

1. 유기물 제거 특성

Mode 1, Mode 2는 순운동 활성 슬러지를 이용하여 SBR 반응기를 운전하였고 광합성 박테리아의 우점화를 가진 슬러지와 비교를 하기 위한 실험이었다. 실험 기간의 온도는 20~25°C, DO 농도는 포기시간에서 1.5~2.5mg/L를 유지하였다. 유기물 제거 특성 연구를 위하여 각 반응시간의 농도 및 유입수, 유출수를 분석하였다.

Mode 1, 2, 3의 유입수 SCOD_{cr}은 각각 278~316mg/L, 216~322mg/L, 260~340mg/L로 나타났으며, 제거 효율은 78.71~90.07%, 65.6~89.26%, 83.7~97.07%로 나타났다.

Mode 1, 2, 3의 평균 F/M 비는 0.294~0.373, 0.255~0.375, 0.153~0.268mg SCOD_{cr}/mg MLVSS·day로 나타났으며, 각각의 MLSS, MLVSS 평균 농도는 Mode 1 : 3700, 3125 mg/L, Mode 2 :

3650, 2970 mg/L, Mode 3 : 4100, 3750 mg/L를 보였으며, MLVSS/MLSS비는 각각 84.47%, 81.35%, 91.5%로 나타났다. Mode 3의 MLVSS/MLSS 비가 높은 이유는 광합성 박테리아에 의한 MLVSS 농도의 증가로 인한 것으로 판단된다.

Fig. 3은 유입, 유출수의 유기물을 분석하여 나타낸 것이다. Mode 1, Mode 2와 Mode 3에서의 COD_{cr}의 제거효율을 비교해 보면 광합성 박테리아의 우점화를 거친 슬러지가 조금 더 안정적으로 유기물을 제거하는 것으로 나타났다.

2. 질소 제거 특성

일반적으로 혐기, 무산소, 호기를 가지고 있는 SBR 반응기에서의 질소 제거는 질산화와 탈질산화의 2단계에 거쳐 이루어진다. Mode 1, 2에서는 이와 같은 일반적인 SBR 반응기의 특징으로 운전하였고 무산소에서는 탈질산화를 호기에서는 질산화를 유도하여 질소의 제거 특성을 살펴 보았다.

Fig. 4에서와 같이 Mode 1, 2에서 유출수의 암모니아성 질소는 각각 평균 0.86 mg/L, 0.46 mg/L, 제거율은 94.67~95.89%, 95.76~98.56% 평균 95.42%, 96.27%로 나타났다. Mode 2의 경우 탈질산화에 대한 충분한 시간을 확보 하기 위하여 무산소 시간을 늘려 실험한 결과 Mode 1에서보다 유출수의 질산성 질소의 농도가 2.5~3.5 mg/L만큼 더 제거되었다. 그러나, Fig. 5에서와 같이

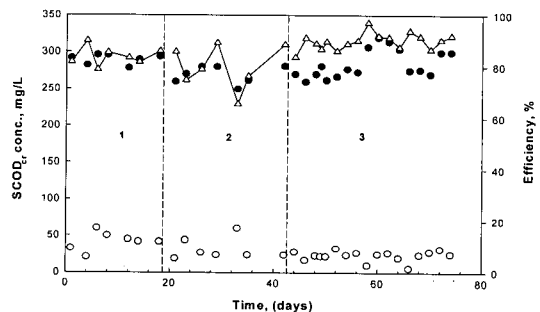


Fig. 3. SCOD_{cr} concentrations at Influent, Effluent and R.E.
(● : Influent , ○ : Effluent , △ : Efficiency)

Mode 1, 2의 무산소 시간에서 탈질산화에 필요한 탄소원의 부족(SCOD_{cr} 26~35mg/L)으로 총 질소 제거 효율이 Mode 3에 비해 크게 떨어지는 것을 볼 수 있었으며, 대부분 NO_x-N 형태로 유출되었다.

그리고, 광합성 박테리아를 투입한 Mode 3의 경우에는 유출수 암모니아성 질소 평균 0.38mg/L, 95.39~99.52%, 평균 97.79%의 암모니아성 질소 제거 효율을 얻을 수 있었다.

질산성 질소 농도를 나타낸 Fig. 5를 보면 Mode 1, 2에서는 질산성 질소 농도가 8~10 mg/L로 유출되었으나, Mode 3에서는 광합성 박테리아의 접종 이후 유출수의 질산성 질소의 농도가 점점 감소하여 1.5 mg/L이하까지 떨어지는 것을 확인할 수 있었다.

Mode 1, 2의 경우는 탈질산화를 위한 탄소원의

부족이 원인이며, 이는 SBR 공정의 혐기와 포기 시간에 대부분의 유기물이 소모되었기 때문이다. 반면에 Mode 3의 경우는 광합성 미물의 작용 때문에 유출수의 질산성 질소의 농도가 낮게 유지된 것으로 판단된다.

실험에 사용된 광합성 박테리아는 5가지 종이 혼합되어 있고 각각의 종은 빛(Light), 용존 산소, 유기물 등의 영향을 받는 것으로 밝혀진 바 있다.³⁾ 따라서, 위의 실험결과에서 혐기에서 암모니아의 제거, 포기에서 질산성 질소의 제거 경향은 각 종의 우점화 조건에 따라 명처 혐기(Light-Anaerobic), 암처 호기(Dark-Aerobic)의 영향을 받은 것으로 사료된다.

이러한 광합성 박테리아의 기작 때문에 Mode 1, 2와 3의 유출수의 질산성 질소 농도의 차이를 나타내는 것이라고 판단된다.

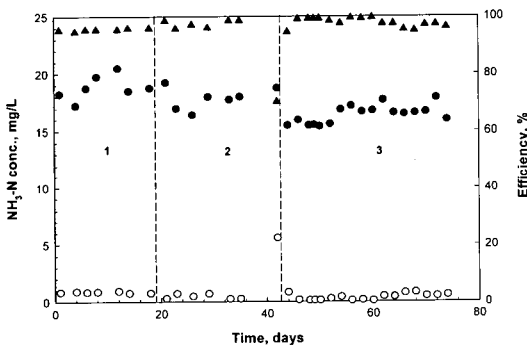


Fig. 4. NH₃-N concentrations at Influent, Effluent and R. E.
(● : Influent , ○ : Effluent , ▲ : R. E.)

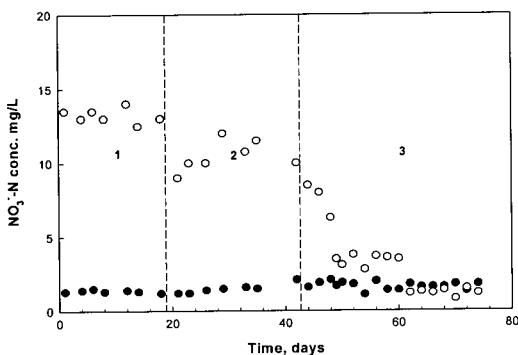


Fig. 5. NO₃⁻-N concentrations at Influent and Effluent(● : Influent , ○ : Effluent)

3. 인 제거 특성

자연계에서 인은 질소와 같이 미생물에 의한 산화, 환원의 과정을 거쳐 대기중에 질소가스의 형태로 방출되지 않으므로 방출, 흡수 과정을 거쳐 인을 제거할 수 있다. 일반적으로 인 제거에 알려진 방법으로는 혐기 상태에서 이용 가능한 유기물에 농도에 따라 인의 방출, 즉 PHB(Poly 2-hydroxy butyrate) 합성을 통하여 유기물을 미생물 내에 축적하고 인을 방출하며 호기조건에서는 체내에 합성된 PHB를 이용하여 용해성 인을 과다 흡수하는 과정을 거쳐 미생물에 인을 축적하는 방법으로 인의 제거가 이루어진다.

Fig. 6에 Mode 1, 2, 3의 유입, 유출에 따른 용해성 인을 나타내었다. Mode 1, 2와 3에서는 거의 동일한 인이 유입 되었고 광합성 박테리아를 투입한 Mode 3에서의 인 제거가 안정적으로 제거되는 것을 볼 수 있는데 이것은 광합성 박테리아의 과다흡수에 의한 것으로 볼 수 있다.

Fig. 7은 광합성 박테리아의 특성을 가장 뚜렷하게 나타낼 수 있는 그래프이다. 혐기의 인 농도의 평균값을 나타낸 것으로서 Mode 1과 Mode 2에서 각각 4.46 mg/L, 14.71 mg/L, Mode 3의 0.31

mg/L보다 앞선 두 모드에서 더 많은 인 방출이 일어난 것으로 나타났고 이 결과, 쉽게 분해되는 유기물(Glucose)을 이용한 결과로 사료되며 Mode 3에서는 상대적으로 굉장히 낮은 값이 유지된 것으로 보아 앞서 언급한 바와 같이 광합성 박테리아의 슬러지에 순응에 의한 생합성 반응으로 인한 혐기상태에서의 인 제거가 이루어진 것으로 사료된다.

4. 회분식 실험 결과

첫 번째로 Mode 1, 2의 슬러지를 평가하기 위한 회분식 실험은 질산화, 탈질산화의 실험을 실시하였고, 두 번째로 Mode 3에서 운전된 슬러지를 평가하기 위한 실험을 실시하였으며 그 조건

은 빛의 유무에 따라 명치(Light), 암치(No-light)로 나누었고 산소 공급 유무에 따라 호기, 혐기로 나누어 각 4가지 조건의 회분식 실험을 실시하였다.

Mode 1, 2 슬러지의 회분식 실험은 질산화, 탈질산화 반응을 가지고 질소제거를 유도하였고 인을 제거하기 위해서 혐기성 인 방출, 호기성 인 흡수 제거 원리를 이용하여 실험을 실시 하였으며, 실험 결과 일반적인 슬러지 특성을 관찰 할 수 있었다. 그러나 Mode 1, 2의 슬러지를 이용한 회분식 실험과는 달리 광합성 박테리아를 우점화 시킨 Mode 3 슬러지의 회분식 실험에서는 혐기성 및 호기성 암모니아성 질소, 인의 제거 그리고 질산성 질소 제거 등의 제거능을 가지고 있는 것으로 나타났다.

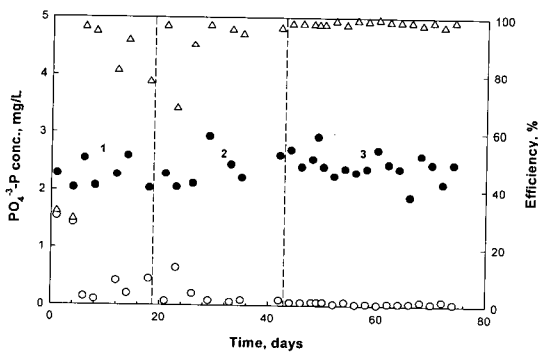


Fig. 6. PO_4^{3-} -P concentrations at Influent, Effluent and Efficiency (● : Influent, ○ : Effluent, △ : Efficiency)

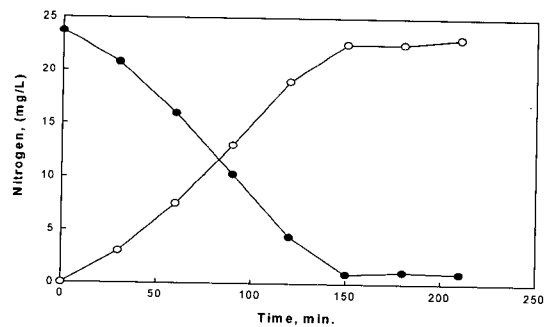


Fig. 8. Batch test for Nitrification (● : NH_3 -N, ○ : NO_3^- -N)

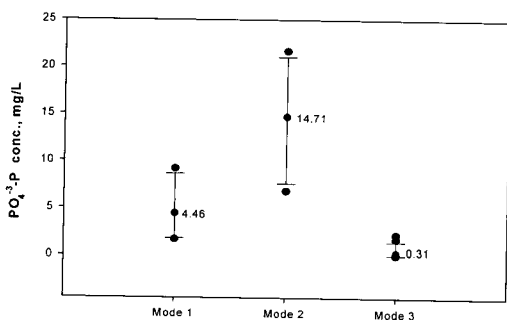


Fig. 7. Average PO_4^{3-} -P concentrations with errors bars at the anaerobic condition's sampling point of each mode

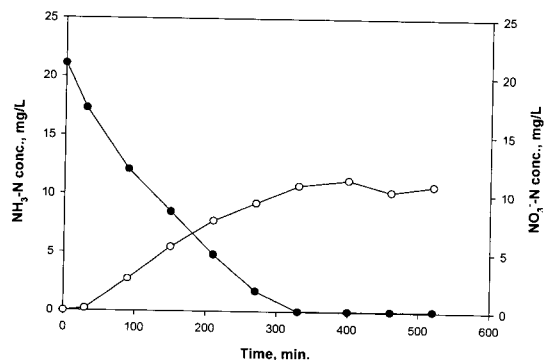


Fig. 9. Nitrogen removal profile in Light Aerobic condition (● : NH_3 -N, ○ : NO_3^- -N)

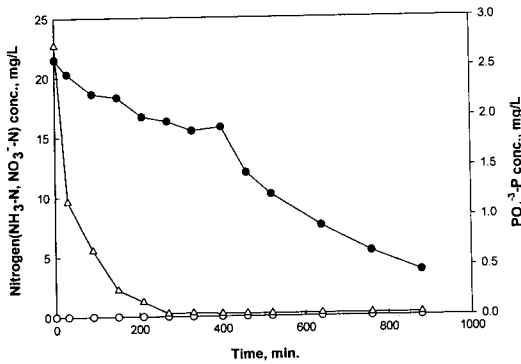


Fig. 10. Nitrogen and PO_4^{-3} -P profile in Light Anaerobic condition
 (● : NH_3 -N, ○ : NO_3^{-} -N, △ : PO_4^{-3} -P)

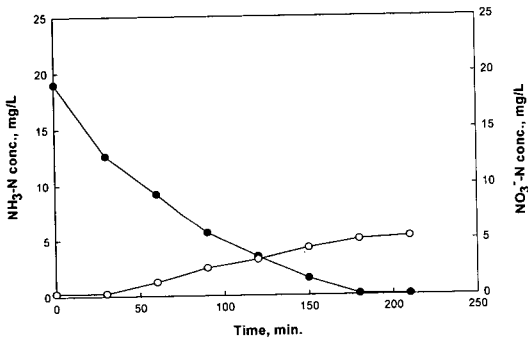


Fig. 11. Nitrogen removal profile in No light aeration condition
 (● : NH_3 -N, ○ : NO_3^{-} -N)

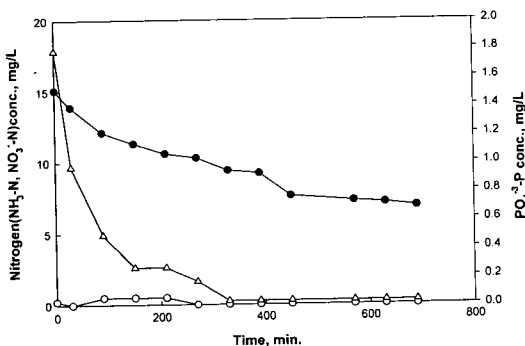


Fig. 12. Nitrogen removal PO_4^{-3} -P profile in No light Anaerobic condition
 (● : NH_3 -N, ○ : NO_3^{-} -N, △ : PO_4^{-3})

명처-호기 조건(Fig. 9)에서는 실험 시작 이후 300분만에 99.84%의 암모니아성 질소가 제거 되었고 50.95%의 암모니아성 질소가 질산성 질소로 산화되었으며 나머지 49.05%는 질산성 질소로의 산화 과정을 거치지 않은 점으로, 광합성 박테리아에 의한 동화 작용일 것으로 사료된다.

Mode 1과 2의 슬러지를 이용한 150분 만에 96.2%가 제거된 Fig. 8의 회분식 실험과 비교하면 질산화로 인한 암모니아성 질소가 1 mg 제거 될 때, 질산성 질소가 대략적으로 1 : 1로 생성되는 것을 볼 수 있었다.

명처-혐기 조건(Fig. 10)에서는 명처-호기 조건(Fig. 9)보다 암모니아성 질소 제거에 3배 가까운 900분 이상의 시간이 필요로 하였고, 82.56%의 암모니아성 질소 제거가 실험 시작 이후 900분 만에 가능하였다.

명처-호기 조건에서는, 호기 조건의 영향으로 질산화에 의한 암모니아성 질소 농도의 감소에 따라 질산성 질소로의 전환이 일부 일어나는 것으로서 자가영양 미생물이 암모니아성 질소에 대한 질산화 반응에 관여한 것으로 사료된다. 그러나 명처-혐기조건은 질산화를 유도하여 제거할 수 있는 호기조건을 만족시키지 않았음에도 불구하고 혐기조건에서 광원에 의한 광합성 반응으로 암모니아성 질소의 제거가 이루어졌다.

암처-호기(No-light-Aerobic)를 나타낸 Fig. 11은 암모니아성 질소와 질산성 질소의 제거를 보이고 있다. 암처-호기 조건에서 실험시작 후 약 180분만에 99.74%의 암모니아성 질소가 제거 되었고 300분만에 암모니아성 질소가 제거된 명처-호기와 비교하면 2배정도 더 빠른 반응 속도를 보였고 암모니아성 질소의 산화에 따른 질산성 질소의 축적도 1 : 0.5 비율보다 낮은 1 : 0.25로 나타났다.

SBR 반응기 Mode 3의 운전 결과, 암모니아성 질소가 제거됨에 따라 질산성 질소의 농도가 1.5mg/L이하로, Mode 1, 2(8~10 mg/L)에 비해 낮게 유출되는 경향을 확인할 수 있었고, 회분식 실험 결과에서는 같은 호기조건에서 명처 보다 암처가 암모니아성 질소 제거와 질산성 질소 제거에 더 효율적인 것으로 나타났다.

암처-혐기(No-light-Anaerobic)의 경우 Fig. 12

에 나타낸 바와 같다. 암모니아성 질소를 투입한 후 700분에 6.85 mg/L가 남아 54.64%의 제거율을 나타내어 시간에 따라 암모니아성 질소가 감소되는 것을 볼수 있었고, 용해성 인은 150분만에 85.37%가 제거 되었다.

Fig. 12는 Fig. 10에서 300분만에 99.84%의 암모니아성 질소가 제거된 것과 비교하면 같은 혐기조건에서 빛의 유무에 따라 제거율에 차이를 가지고 있고, 혐기성 상태에서는 암쳐보다 명처가 질산성 질소 및 용해성 인의 제거가 2배정도 빠르게 나타났다.

IV. 결 론

회분식 실험 결과 광합성 박테리아를 이용한 폐수처리에서 암모니아성 질소를 질산화 과정을 거치지 않고 제거가 가능함으로 질산성 질소를 탈질산화 시키기 위한 유기물의 첨가가 필요 없다. 따라서 탈질산화에 중요한 요소인 C/N비의 영향을 적게 받으므로 영양염류 제거에 효율적인 것으로 사료된다.

기존의 활성슬러지를 이용한 고도처리와 광합성 박테리아를 적용시킨 슬러지를 운전하여 혐기시간의 암모니아성 질소 제거, 포기시간의 질산화로 인한 질산성 질소의 축적 감소, 혐기시간의 용해성 인 감소 그리고 MLVSS/MLSS 비의 증가 등 일 반적인 고도처리 공법의 슬러지에서는 관찰할 수 없는 현상을 발견하였고 이것은 광합성 박테리아의 생합성 반응(동화반응)과 생산반응(이화반응)에 의한 것으로 사료된다.

고도처리가 필요한 처리장 또는 낮은 C/N비에 의해서 탈질이 잘 이루어지지 않는 처리장에서 광합성 박테리아를 활용한다면 보다 안정적인 질소, 인 제거를 확보 할 수 있을 것으로 판단된다.

감사의 말씀

본 과제는 2003년 경기대학교 교내과제에 의해 지원되었고 이에 감사드립니다.

참 고 문 헌

1. 서인석, 김병균, 이원호, 전항배, 이상일. 간헐 폭기 활성슬러지시스템에서 C/N비가 질소제거 효율에 미치는 영향. *대한환경공학회 춘계학술대회 논문집*. G-18. pp. 549~552. 1997.
2. 이재우, 송창수, 정태학. C/N비의 조절을 통한 질소제거효율향상에 관한 연구. *대한환경공학회 춘계학술대회 논문집*. G-28, pp. 756~759. 1997.
3. 이진용, 한국산 광합성 균주를 이용한 하·폐수의 질소제거에 관한 연구. *경기대학교 석사학위논문*. 2002.
4. Akira Hiraishi, Jia-Liang Shi and Hiroshi Kitamura. Effects of Organic Nutrient Strength on the Purple Nonsulfur Bacterial Content and Metabolic Activity of Photosynthetic Sludge for Wastewater Treatment. *Journal of Fermentation and Bioengineering*, 68(4) pp. 269-276. 1989.
5. Akira Hiraishi, Keigo Muramatsu and Katuso urata. Characterzation of New Denitrifying Rhodobacter Strains Isolated from Photosynthetic Sludge for Wastewater Treatment. *Journal of Fementation and Bioengineering*, 79(1), pp. 39~44. 1995.
6. Brune, D. C. and Truper, H. G. 1986. Noncyclic electron transport in chromatophores from hotolithotrophically grown *Rhodobacter sulfidophilus*, *Arch Microbiol.* 145, pp. 295~301. 1986
7. Ingo Schmidt, Olav Sliemers, Markus Schmid, Eberhard Bock, John Fuerst, J. Gijs Kuenen, Mike S.M. Jetten, and Marc Strous, New concepts of microbial treatment processes for the nitrogen removal in wastewater, *FEMS Microbio. reviews* 772, pp. 1~12. 2003.
8. Ju-Sheng Huang, Charn-gwo Jih and Tso-Jen Sung, Performance Enhancement of Suspended-Growth Reactors With Phototrophs, *Journal of Environmental engineering*, pp. 50 1~507. 1999.

9. Joong Kyun Kim, Bum-Kyu Lee, Sang-Hee Kim and Jung-Hye Moon, 1999. Characterization of denitrifying photosynthetic bacteria isolated from photosynthetic sludge, *Aquacultural Eng.* 19, pp. 179~193. 1999.
10. Michiharu Kobayashi, Waste Remediation and Treatment Using Anoxygenic Phototrophic Bacteria, *Anoxygenic Photosynthetic bacteria*, pp. 1269-1282. 1995.
11. Michiharu Kobayashi and Mohammad Z. Haque. Contribution to nitrogen fixation and soil fertility by photosynthetic bacteria, *Plant and Soil*, Special Volume, pp. 443~456. 1971.
12. Michiharu Kobayashi, Treatment of industrial waste solutions and production of useful by-products using a photosynthetic bacterial method, *Water Res.* 7, pp. 1219~1224. 1973.
13. Michiharu Kobayashi and Shin-ichiro Kurata. The mass culture and cell utilization of photosynthetic bacteria, *Biochemistry*, September. 1978.
14. Myung Gyu Lee and Michiharu Kobayashi, Deodorization of Swine Sewage by Addition of a Phototrophic Bacterium, *Rhodospseudomonas capsulata*, *Soil Sci. Plant Nutr.*, 38(4), pp. 767~770. 1992.
15. Nieth, K. F. and G. Drews, The protein patterns of intracytoplasmic membranes and reaction center particles isolated from *Rhodospseudomonas capsulata*, *Arch. Microbiol.*, 96, pp. 161~174. 1974.
16. Obaja, D. Mace, S. Costa, J. Sans C. and Mata-Alvarez, J. Nitrification, denitrification and biological phosphorus removal in piggery wastewater using a sequencing batch reactor, *Bioresouce Technology*, 87, pp. 103~111. 2003.
17. Siefert, E., Irgens, R. L. and Pfennig, N. Phototrophic purple and green bacteria in a sewage treatment plant. *Appl Environ. Microbiol.* 35, pp. 38~44. 1978.
18. U.S.EPA, *Process design manual for nitrogen control*, 1993
19. U.S.EPA, *Process design manual for phosphorus removal*. 1987
20. Varga, A. R. and Stehelin, L. A. Membrane adhesion in photosynthetic bacterial membranes. Light harvesting complex(LHC) appears to be the main adhesion factor, *Arch. Microbiol.*, 141, pp. 290~296. 1985.