

## 4-STEP PROCESS를 이용한 T-N, T-P제거

차월석, 정경훈\*, 이준범, 이동병  
 조선대학교 화학공학과, 조선대학교 환경공학과\*

## A Study on Removal of T-P and T-N by 4-STEP PPROCESS

Wol-Suk Cha, Kyung-Hoon Jung\*, Chun-Bum Lee, Dong-Byung Lee

Department of Chemical Engineering, Chosun University, Kwangju 501-759, Korea  
 Division of Environmental Engineering, Chosun University, Kwangju 501-759, Korea\*

## 서론

폐수처리에서는 물리적, 화학적, 생물학적 방법, 그리고 이들 방법을 병용하여 사용하는 방법들이 있는데 이들 공정의 적당한 배열에 의해 폐수를 보다 효율적으로 처리하는 방법들에 관해 많은 연구가 되고 있다[1-3]. 생물학적으로 처리하는 방법들로는 SBR, A<sup>2</sup>O, Bardenpho, VIP, MUCT, DNR 등의 공법들이 있다. 4단계 Bardenpho는 질산화/탈질화 혼합(단일 슬러지) 공정이다. 생물학적 처리는 유기 탄소원을 요구한다. 유기탄소원은 반응조 미생물에게 꾸준히 공급해 주어야 한다. 그러나 유기탄소원은 일정하지 않으며, 탄소원의 공급이 일정치 않으며, 미생물에 의한 폐수처리 효율성이 저하하게 된다. 이때에는 외부탄소 공급원이 요구되는데 이것은 경제적 손실을 의미한다. 따라서 폐수 내에서 자연적으로 생산되는 탄소원을 이용하여 탄소산화와 질산화/탈질화 과정이 하나의 단위공정에 혼합된 처리공정이 개발되었다. 이러한 공정의 장점은 대부분 이러한 공정들은 총질의 60-80%, 또는 85-95%의 제거율을 보이고 있다. 이러한 혼합처리 공정에서는 폐수내의 탄소와 미생물이 내생호흡에 의한 분해후 미생물 세포내에 남아있는 탄소가 탈질화에 사용된다. 탈질화에는 호기성과 anoxic 단계가 중간 침전 없이 순차적으로 시리즈를 이루어 이용된다. Bardenpho 변법인 5단계 Bardenpho는 인 제거를 강화시키기 위한 공정시스템이며, 이를 위해 혐기성조가 추가 설치되어 있다.

현실적으로 폐수내의 탄소원이 부족할 경우에는 탄소원을 보충해야할 필요성이 제기된다. 따라서 본 공정은 폐수 내에 탄소원이 충분할 경우에는 폐수내의 유기탄소원을 이용하고 부족할 경우에 탄소원을 공급할 수 있는 장치를 마련하여 질소, 인과 같은 영양물질을 제거하고 생물학적 방법 및 인 제거를 목적으로 하는 물리적 방법을 병용하는 시스템을 이루어 보다 적은 부지, 비용절감의 효과 등을 가져 올수 있도록 환경소재를 이용한 담체를 사용하여 질소, 인과 같은 영양물질을 제거하고자 Bardenpho 공법을 근간으로 생물학적 처리를 하고자 한다.

## 본론

## 운전조건

본 공정은 아크릴로 제작된 폐수처리용 탑을 유입수 → 혐기조 → 호기조 → 무산소조 → 인흡착조 → 유출수의 순서로 진행되었으며, 혐기탑, 호기탑, 무산소탑은 직경 5-10 mm인 황토볼(소성온도 960 °C)을 직경 9 cm, 높이 65 cm로 충전시켰으며, 인 흡착탑은 직경 2-5 mm 황토볼(소성온도 860 °C)을 직경 7 cm, 높이 55 cm로 충전시켜 폐수 유입속도 10 mL/min, 실내 온도가 20 - 30 °C, 질산화 탑에 공기를 2 L/min으로 지속적으로 공급하였다. 인공폐수의 조성은 Table 1과 같이 COD 200 ppm, 질소성분 40 ppm, 인성분 5 ppm으로 70일 동안 이었다. 탑내의 세척은 먼저 10 분 동안 공기를 불어넣은 다음 공기와 세척수를 10분 동안 동시에 공급하여 3일마다 세척하였으며, 각 공정을 연결하는 튜브에 생성되는 미생물막을 제거하기 위해 1일 1회 튜브를 세척하였

다. 유입되는 인공폐수의 pH는 7.2 - 7.6을 유지하였다.

Table 1. Media Composition of synthetic wastewater

Reagent	Amount (mg/L)
Glucose	187.5
NH <sub>4</sub> Cl	152.8
KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	22.0
NaHCO <sub>3</sub>	250.0
FeCl <sub>3</sub>	0.225
KCl	4.7
MgSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O	50.0
CaCl <sub>2</sub> ·2H <sub>2</sub> O	10.0

### 결과 및 고찰

유입되는 인공폐수의 인성분 농도는 5 ppm 정도로 유지하였다. 본 공정은 유입수 → 혐기조 → 호기조 → 무산소조 → 인흡착조 → 유출수의 순서로 진행된다.

인성분 제거의 경우에 혐기조에서 총인이 주로 4 ppm이하로 유지되고 있으며, 호기조에서는 초기는 제외하고 1.2 - 1.8 ppm, 무산소조에서는 초기를 제외하고 0.3 - 1.4 ppm, 인 흡착조에서는 0.2 ppm 이하로 방출수내에 인성분을 함유하고 있다. 전체적으로 총인의 96% 정도의 제거율을 보이고 있다. 이러한 경향은 인산염 인의 경우에서도 비슷한 결과를 얻었으며, 인산염인의 제거율은 98%로 보나나온 결과를 보여주고 있다. 이러한 결과치는 하수종말처리장(특별대책지역 및 잠실수중보권지역)의 2 ppm 및 폐수처리시설(농공단지·폐수처리시설 포함)의 8 ppm이내의 기준에 해당하는 수치로 매우 좋은 결과를 보여주고 있다.

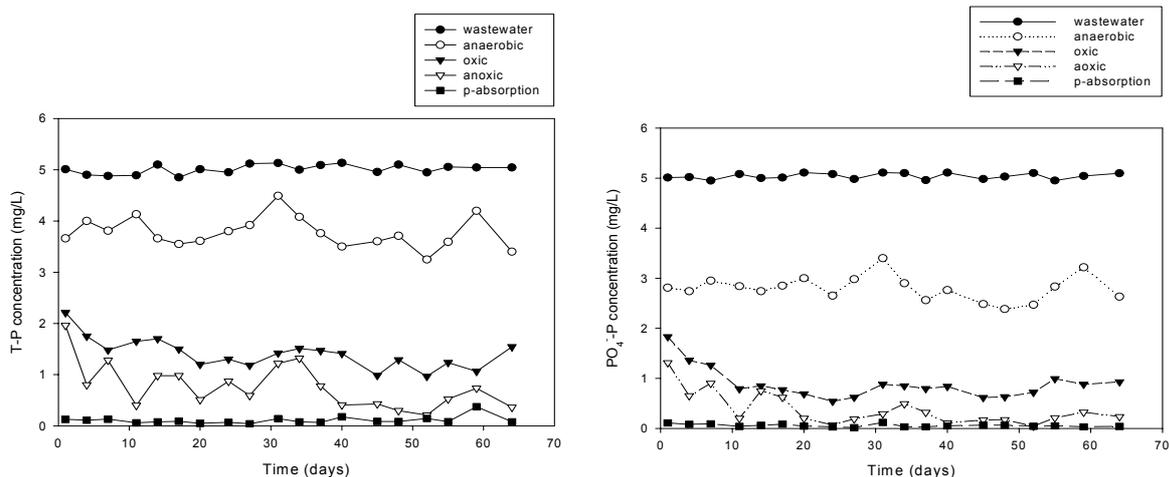


Fig. 1. Variations of T-P and PO<sub>4</sub><sup>-</sup>-P concentrations by biofilm in the synthetic wastewater ( ●: influent, ○: anaerobic, ▼: oxic, ▽: anoxic, ■: effluent).

질소성분 제거의 경우에 유입되는 인공폐수의 질소성분 농도는 40 ppm 정도로 유지하였다. 혐기조에서 질소성분은 총질이 초기를 제외하고 32.0 - 38.0 ppm이 유지되고 있으며, 호기조에서는 초기는 제외하고 3.3 - 3.6 ppm, 무산소조에서는 8.0 - 1.1 ppm,

최종 방류조인 인 흡착조에서 6.0 - 9.0 ppm으로 방출수내에 총질을 보이고 있다. 전체적으로 유입되는 질소 성분의 총질이 86% 정도의 제거율을 보이고 있다. 이러한 결과치는 하수종말처리장(특별대책지역 및 잠실수중보권지역)의 20 ppm 및 폐수처리시설(농공단지·폐수처리시설 포함)의 60 ppm이내의 기준에 해당하는 수치로 상당히 양호한 결과를 보여주고 있다. 암모니아성 질소의 경우에는 혐기조가 33 - 38 ppm 정도를 보이고 있으며, 호기조에서는 0.8 - 1.3 ppm, 무산소조에서는 6 - 8 ppm, 인흡착조에서는 4 - 7 ppm 정도의 암모니아성 질소가 제거되며, 최종 암모니아성 질소의 제거율은 85%의 제거율을 보이고 있다. 질산성 질소의 경우에는 호기조에서 18.0 - 26 ppm을 보이고 있으며, 탈질소가 0.67 - 1.34 ppm, 인흡착조가 0.4 - 1.2 ppm의 농도를 보이고 있다.

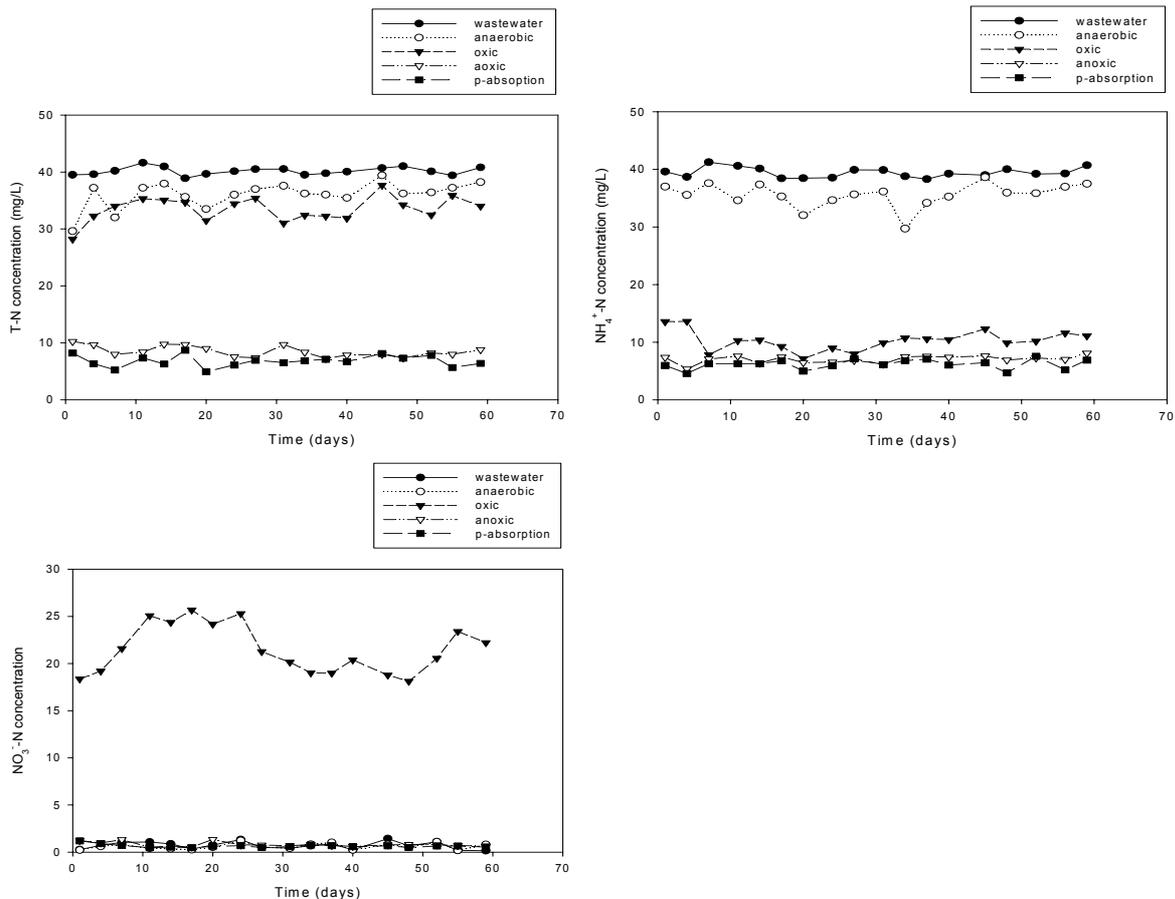


Fig. 2. Variations of T-N,  $\text{NH}_4^+$ -N, and  $\text{NO}_3^-$ -N concentrations by biofilm in the synthetic wastewater (●: influent, ○: anaerobic, ▼: oxic, ▽: anoxic, ■: effluent).

탄소원 제거의 경우에 유입되는 인공폐수의 COD는 134 - 146 ppm 정도로 유지하였다. 혐기조에서 COD는 20.0 - 32.0이 유지되고 있으며, 호기조에서는 14.0 - 24.0, 무산소조에서는 14.0 - 22.0 ppm, 인 흡착조에서는 13.0 - 18.0 ppm으로 방출수내에 COD를 보이고 있다. 전체적으로 유입되는 탄소원의 90% 정도의 제거율을 보이고 있다. 이러한 결과치는 의 하수종말처리장(특별대책지역 및 잠실수중보권지역) 기준 40 ppm 및 폐수처리시설(농공단지·폐수처리시설 포함) 기준의 40 ppm이내의 기준에 해당하는 수치로 상당히 양호한 결과를 보여주고 있다. 측정결과가 일반적 결과와 상이한 결과를 보이는 경우에는 충진탑의 세척은 주기적으로 시행하게 되는데 세 때의 세척 불이행, 전기의

정전, 단수, 시료 채취 방법 및 시간, 잘못된 측정 등 그 밖의 비정상 상태의 운전에 그 원인을 들 수 있다.

각 공정단계에서 유출되는 유출수의 pH는 혐기조가 6.33 - 6.90, 호기조가 4.40 - 5.60, 무산소조가 6.60 - 7.05, 인 흡착조가 6.60 - 7.10으로 양호한 결과를 얻었으나 본 폐수처리 시스템에서는 알칼리도를 조정할 수 있는 시설이 요구될 것이다. 폐수처리 최종 유출수에서 발생하는 SS는 1.0 처리용량 Ton/day으로 계산 할 경우에 3 - 15 g/day 정도를 보이고 있다. 혐기조에서는 6 - 10 mg/L, 호기조에서는 4 - 10 mg/L, 무산소조에서는 유출수가 5 - 8 mg/L 정도를 보여주고 있다. 실험실상에서 폐수처리시스템은 각각의 공정사이에 SS를 필터해 주는 장치가 없다. 실제 폐수처리 시스템에서는 SS를 필터할 장치가 필요하다.

### 결론

본 공정은 유입수 → 혐기조 → 호기조 → 무산소조 → 인흡착조 → 유출수의 순서로 진행시킨 결과는 다음과 같다.

유입되는 인공폐수의 인성분 농도는 5 ppm 정도로 유지하여 실험한 결과 최종 인 흡착조에서는 0.2 ppm 이하로 96% 정도의 제거율을 보이고 있다. 질소성분 농도는 40 ppm에서 최종 방출시에는 6.0 - 9.0 ppm으로 전체적으로 유입되는 질소 성분의 총질이 86% 정도의 제거율을 보이고 있으며, 인공폐수내 COD는 134 - 146 ppm에서 최종 방출시에는 13.0 - 18.0 ppm으로 90% 정도의 제거율을 보이고 있다. 이러한 결과치는 하수종말처리장(특별대책지역 및 잠실수중보권지역) 기준 및 폐수처리시설(농공단지·폐수처리시설 포함) 기준 이내의 기준에 해당하는 수치로 상당히 양호한 결과를 보여주고 있다. 그러나 이러한 결과를 유지하기 위해서는 비정상 상태가 없어야 하며, 비정상 상태에서 정상운전에 이르는 데 요구되는 시간을 줄이는 것이 관건으로 되어 있으며, 향후 이러한 방향으로 보다 연구가 진행되어야 할 필요성이 있다.

### 감사

본 연구는 농림기술개발센터 첨단기술개발사업 연구비(과제명: 생물막 여과공법에 응용 황토(인공토양)를 이용한 총질소, 총인 처리공정기술, 개발연구기간: 2001. 8. 16 - 2002. 8. 15)를 지원 받아 수행한 일부이며, 이에 감사드립니다.

### 참고문헌

1. 한국공업화학회, 환경기술 심포지엄(폐수처리 신기술), 삼척대학교, 2001.
2. 환경관리공단, 제1회 환경신기술발표회, 2001.
3. H. S. Feyen, Today's Wastewater Treatment Technology in Europe and its future Development, The 10th Anniversary International Symposium on Environmental Techniques Development, October 14, 1996, The Weston chosun Beach Hotel.
4. Metcalf & Eddy, Wastewater Engineering, 3rd Edition(1991)
5. 한국과학연구협의회, 농촌소규모 오수처리 효율적 처리방안에 관한 연구(1991).
6. M. L. Arora, F. B. Edwin, and B. U. Margaret, Technology evaluation of sequencing batch reactors, J. WPCF, 57(1985).
7. 한국환경산업회/전국환경관리인연합회, 질소·인 처리기술 세미나 발표 자료집, 대전평송수련원, 2001.