

## 농촌지역 폐수의 T-N, T-P제거에 관한 연구

차월석\*, 최형일<sup>1</sup>, 이동병, 강시형, 오동규  
 조선대학교 화학공학과, 조선대학교 환경공학과<sup>1</sup>  
 (wscha@mail.chosun.ac.kr\*)

### A Study on Removal of T-P and T-N from Wastewater of Farm Area

Wol-Suk Cha\*, Hyung-Il Choi<sup>1</sup>, Chun-Bum Lee, Dong-Byung Lee

Si-Hyung Kang, Dong-Gyu Oh

Department of Chemical Engineering, Chosun University, Gwangju 501-759, Korea  
 Division of Environmental Engineering, Chosun University, Gwangju 501-759, Korea<sup>1</sup>  
 (wscha@mail.chosun.ac.kr\*)

#### 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. 생물학적으로 처리하는 방법들로는 A<sup>2</sup>O, SBR, Bardenpho, VIP, MUCT, DNR 등의 공법들이 있으며, 현재 국내에서는 주로 표준활성슬러지 공법을 사용하고 있다. 이 공법은 국내의 하수처리장 172개소 중 102개소를 차지하며, 처리용량 기준으로 전체 하수 처리량의 94.0%를 차지하고 상당량의 질소와 인이 인근 수역으로 방류되고 있다. 또한 표준활성슬러지 공법이 설치되기 위해서는 넓은 면적의 부지가 요구되며, 겨울철에 폐수처리 효율저하 등의 문제점이 발생되고 폐수발생 지점에 설치하여 소규모의 처리 방법에는 문제가 있다[1-3].

이와 같은 당면한 문제를 해결하기 위해 처리설비의 콤팩트화, 소요부지의 최소화, 폐수의 발생지점에서 처리, 폐수처리 속도의 가속화 등을 실현하고 강화된 수질기준에 대비할 수 있는 방법들이 활발히 연구개발이 되고 있으며, 그중 담체를 이용한 생물학적 폐수처리가 주된 관심대상이 되고 있다. 담체를 이용하는 방법으로는 담체 재질, 형태 등에 따라 다양한 방법이 있으며, 유기 고분자인 스펀지와 같은 담체에 미생물을 부착 또는 포괄한 다음 담체를 부유시켜 폐수처리의 효율을 증대시키는 부유식, 넓은 회전판에 미생물을 부착시키는 회전원판식, 섬모를 이용하는 섬모상 생물막법, 세라믹 담체를 처리조에 충전시켜 처리하는 전탈질 생물여과공정 등이 있다[4-7].

따라서 본 연구에서는 생물학적 처리의 문제점을 개선하고 새로운 기준 안에 준하여 농·어촌 등지의 폐수 발생원에서 폐수처리를 할 수 있는 소규모 시스템을 대상으로 연구하고자 한다. 미생물에 친화성이 있는 황토를 담체로 이용하여 폐수의 처리효율을 증가시키고 생물학적 처리에 의존하는 기존의 처리방식과 물리적인 방법을 병용하는 혐기, 호기, 무산소, 인흡착 공정단계(F-STEP PROCESS)인 폐수처리 시스템을 사용하여 방류되는 총질소 및 총인을 줄이고자 한다.

#### 본론

실험실 운전 조건은 아크릴로 제작된 폐수처리용 탑을 유입수 → 혐기조 → 호기조 → 무산소조 → 인흡착조 → 유출수의 순서로 진행되었으며, 혐기조, 호기조, 무산소조는 직경 5-10 mm인 황토볼(소성온도 960 °C)을 직경 9 cm, 높이 65 cm로 충진을 시켰으며, 인 흡착조는 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. 사용된 폐수는 광주광역시 유덕동 하수종말 처리장에서 고품물

이 1차 처리된 폐수를 사용하였으며, 사용된 미생물은 반송 슬러지의 환경조성을 통하여 혐기조, 호기조, 무산소조의 각각의 기능에 따른 미생물을 배양하여 사용하였다. 반응기 내의 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 세척하였다.

과일썩 운전조건은 스테인레스로 제작된 과일썩 플랜트를 사용하여 농촌(전남 화순군 죽청리) 지역의 폐수를 처리하고자 하였다. 본 공정의 기본도는 Fig. 1과 같이 유입수 → 혐기조 → 호기조 → 무산소조 → 인흡착조 → 유출수의 순서로 진행되었으며, 직경 0.3 m, 높이 1.0 m로 충전 시켰으며, 혐기조, 호기조, 무산소조은 직경 5-10 mm인 황토볼(소성온도 960 °C)을, 인 흡착조는 직경 2-5 mm 황토볼(소성온도 860 °C)을 충전시켜 폐수 유입속도 600 mL/min, 실내 온도가 23 - 30 °C, 질산화 탑에 공기를 130 L/min으로 지속적으로 공급하였다.

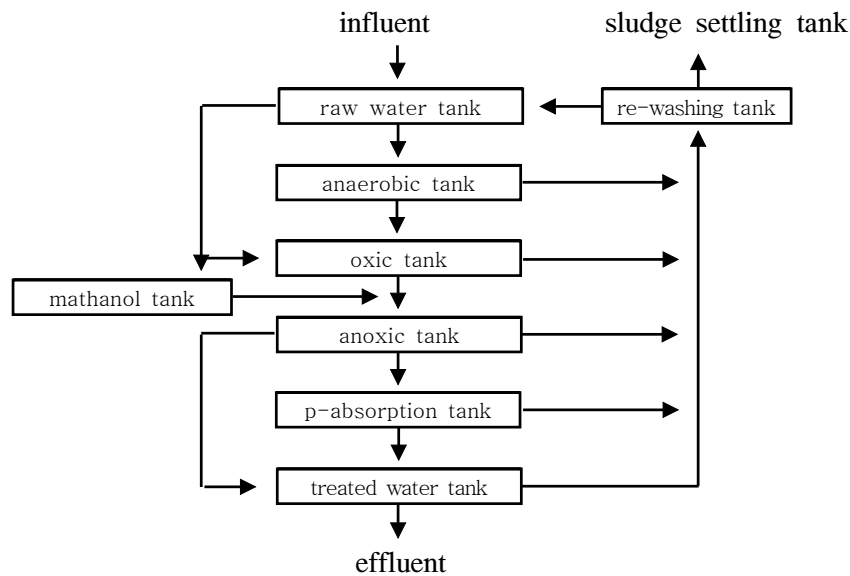


Fig. 1. Processing diagram of F-STEP PROCESS.

### 결과 및 고찰

실험실에서 공정의 배치순서는 흐름도 A ( 유입수 → 혐기조 → 호기조 → 무산소조 → 인흡착탑 → 유출수), 흐름도 B ( 유입수 → 호기조 → 무산소조 → 인흡착조 → 유출수), 흐름도 C ( 유입수 → 혐기조 → 호기조 → 무산소조 → 유출수)순서의 흐름도(B)가 사용되었다. 흐름도 D( 유입수 → 호기조 → 무산소조 → 유출수)의 순서로 폐수의 성상 및 효율에 따라 설계되어 있다. 흐름도 A, B 및 D의 경우는 탈질 과정의 탄소원으로 묽은 메탄올(1.05g/L)을 10mL/min으로 공급하였다. C의 경우는 탈질공정에 폐수를 10mL/min으로 공급하였다. 흐름도 A의 경우에는 전반적으로 공정의 처리효율이 좋지 않을 때 적용되며, 유기물, 질소 및 인 성분이 많아 제거 효율을 높일 필요가 있을 때 사용되었다. 흐름도 B의 경우에는 전반적으로 공정의 처리효율이 좋지 않고 폐수 내에 유기탄소 성분의 함유량이 적을 때 가 적을 때 적용되며, 질소 및 인 제거 효율을 높여야 할 때 사용된다. 흐름도 C의 경우에는 공정이 정상상태에서 처리효율이 좋을 때 사용되며, 유기탄소 성분이 적당하고 질소 및 인성분의 제거 효율을 높여야 할 때 사용된다. 흐름도 D의 경우에는 공정이 정상상태에서 처리효율이 좋을 때 사용되며, 유기탄소 성분이 적당하고 질소 및 인성분의 제거 효율을 높여야 할 때 사용된다. 폐수의 성상은 T-P가 평소에는 3 - 5 ppm, 우기에는 빗물에 의해 2.0 - 3.5 ppm을 보인다. T-N이 평소에는 20 - 35 ppm,

우기에는 빗물에 의해 15-25 ppm이 된다. COD는 평소에는 30-50 ppm, 우기에는 빗물에 의해 15-30 ppm을 보여주고 있으며, 실험결과를 Fig 1에 나타내고 있다.

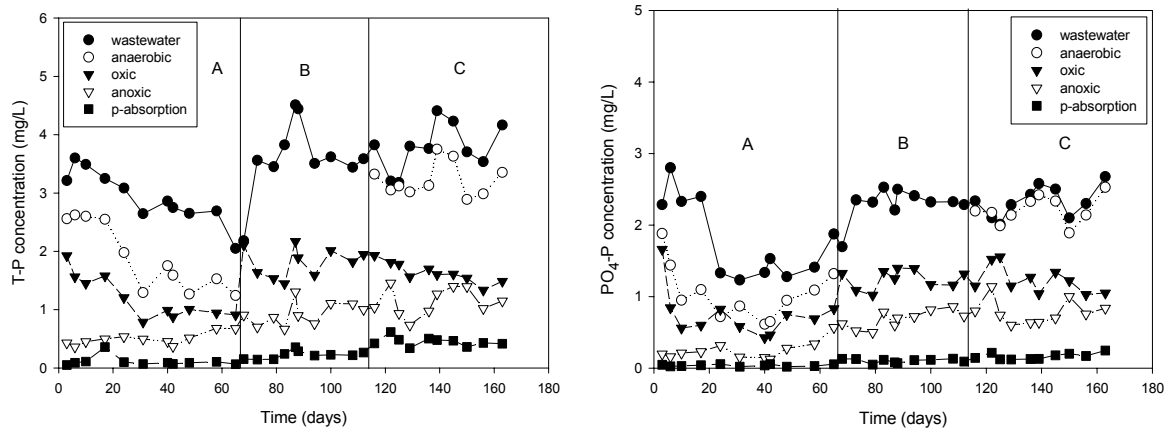


Fig. 2. Variations of T-P and PO<sub>4</sub>-P concentrations by biofilm in the wastewater treatment.

- A: anaerobic→oxic→anoxic(organic source: methanol)→p-absorption
- B: oxalic→anoxic(organic source: methanol)→p-absorption
- C: anaerobic→oxic→anoxic(organic source: wastewater)→p-absorption

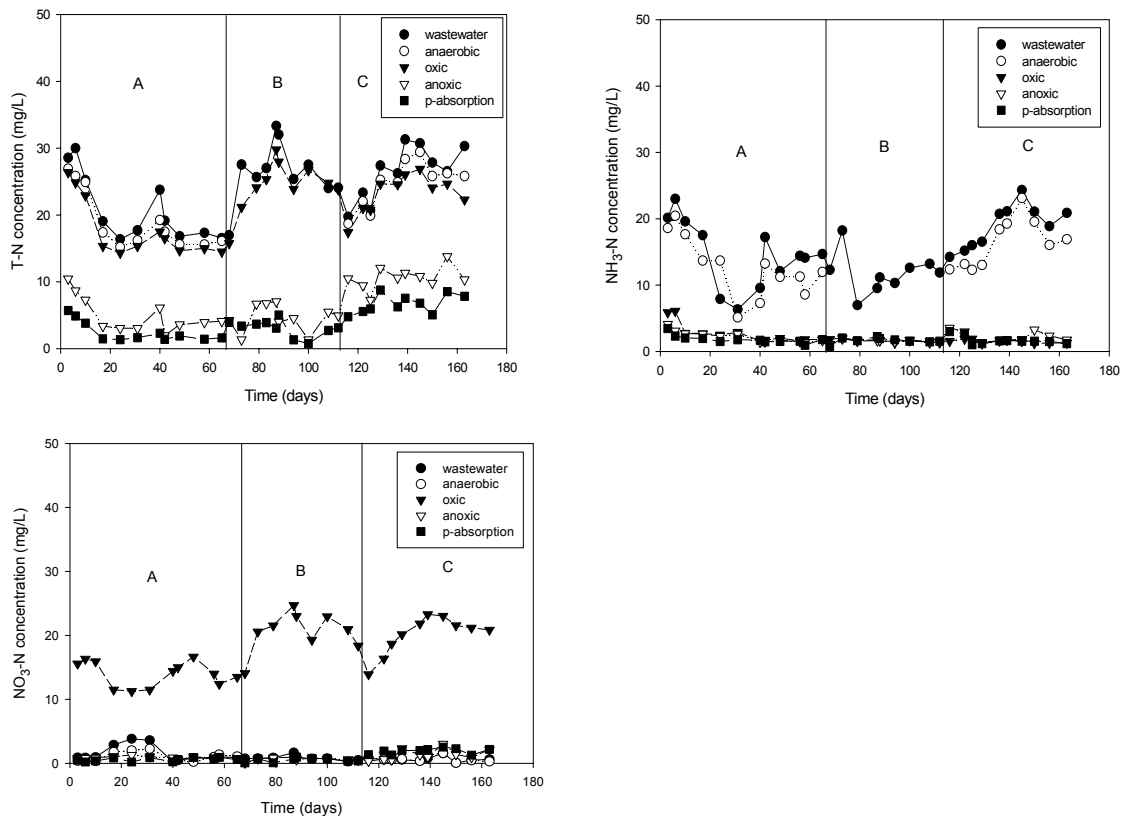


Fig. 3. Variations of T-N, NH<sub>3</sub>-N, and NO<sub>3</sub>-N concentrations by biofilm in the wastewater treatment.

- A: anaerobic→oxic→anoxic(organic source: methanol)→p-absorption
- B: oxalic→anoxic(organic source: methanol)→p-absorption
- C: anaerobic→oxic→anoxic(organic source: wastewater)→p-absorption

흐름도 A의 경우에는 정상상태에서 T-P 0.5ppm이하, T-N 1.0 ppm이하, COD 10ppm 이하의 결과를 보여 주었으며, 흐름도 B에 의한 실험결과 T-P 0.3ppm이하, T-N 5.0 ppm이하, COD 15 ppm 이하의 결과를 보여 주었다. 흐름도 C 흐름도에서는 T-P 0.6ppm이하, T-N 10 ppm이하, COD 15 ppm 이하의 결과를 보여 주었으며, 흐름도 D에서는 T-P 1 ppm, T-N 8 ppm이하, COD 20ppm 이하의 결과를 보여 주었다. BOD는 각 흐름도 A, B, C, D에서 그 결과치가 편차가 컸으며 COD보다 높은 경우에는 6 ppm, 낮은 경우에는 3 ppm 정도의 차이를 보였다. SS는 각 공정에 따라 그다지 큰 차이를 보이고 있지 않으며, 1.0 처리용량 Ton/day으로 계산 할 경우에 5 - 20 g/day 정도를 보이고 있다.

폐수 성상이 T-N ( 7.4 - 16.2 ppm ),  $\text{NO}_3^-$ -N ( 0.8 - 5.6 ppm ), T-P ( 1.1 - 4.0 ppm ),  $\text{PO}_4^-$ -P ( 0.9 - 1.8 ppm), COD ( 10.2 - 30.0 ppm ) 및 BOD ( 22.0 - 50.0 ppm )인 농촌지역에 파일럿 폐수처리 시스템(F-STEP PROCESS)을 설치하여 실제 적용한 결과 폐수처리의 효율은 T-N( 80% ),  $\text{NO}_3^-$ -N ( 96% ), T-P ( 66% ),  $\text{PO}_4^-$ -P ( 78 % ), COD ( 77% ) 및 BOD ( 90% )이었다. 전 공정에 걸쳐 pH 변화 범위는 6.8 - 7.3이었으며, 유출수의 SS는 0.6 - 5.0 mg/L였다.

## 결론

흐름도 A에서는 T-P 0.5ppm이하, T-N 1.0 ppm이하, COD 10ppm 이하였으며, 흐름도 B에서는 T-P 0.3ppm이하, T-N 5.0 ppm이하, COD 15 ppm 이하의 결과를 보여 주었다. 흐름도 C에서는 T-P 0.6ppm이하, T-N 10 ppm이하, COD 15 ppm 이하였으며, 흐름도 D에서는 T-P 1 ppm, T-N 8 ppm이하, COD 20ppm 이하의 결과를 보여 주었다. BOD는 각 흐름도 A, B, C, D에서 COD보다 높은 경우에는 6 ppm, 낮은 경우에는 3 ppm 정도의 차이를 보였다. SS는 각 공정에 따라 그다지 큰 차이를 보이고 있지 않으며, 1.0 처리용량 Ton/day으로 계산 할 경우에 5 - 20 g/day 정도를 보이고 있다. 본 폐수처리 시스템인 F-STEP PROCESS를 농촌지역에 실제 적용하여 실험한 결과 폐수처리 효율은 T-N( 80% ),  $\text{NO}_3^-$ -N ( 96% ), T-P ( 66% ),  $\text{PO}_4^-$ -P ( 78 % ), COD ( 77% ) 및 BOD ( 90% )이었으며, 유출수의 SS는 0.6 - 5.0 mg/L이었다. 이러한 결과치는 특별대책지역 및 잠실수중보권지역의 기준인 T-N 20, T-P 2, COD 40 및 BOD 10 (ppm)이내의 기준에 해당하는 수치의 좋은 결과로 황토볼을 이용한 폐수처리 시스템의 가능성을 보여주고 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. 한국환경산업협회/전국환경관리인연합회, 질소인 처리기술 세미나 발표 자료집, 대전평송수련원, 2001.