

## 부패조와 모래트렌치를 이용한 소규모 오수 처리

박영식<sup>†</sup>

대구대학교 보건과학부

## Small Sewage Treatment Using Septic Tank and Sand Trench

Young Seek Park<sup>†</sup>

Division of Health Science, Daegu University

(Received November 20, 2002; Accepted January 22, 2003)

### ABSTRACT

This study was carried out to treat sewage using sand trench combined with septic tank process in rural areas. In order to find optimum parameters, design and operation mode was changed from Run 1 to Run 4. In order to facilitate nitrification and T-P removal, diffuser and iron plate was installed in the 3rd trench of Run 2 period. The septic tank played a role as pre-application process of sand trench system. the removal efficiencies of COD, NH<sub>4</sub>-N, T-P at steady state were 94.6%, 87.9% and 54.5%, respectively. Addition of diffuser and iron plate in the 3rd trench has increased the removal efficiencies of the NH<sub>4</sub>-N and T-P. In this system, denitrification were not occurred because of the high DO.

**Keywords:** Sand trench, Septic tank, COD, Nitrification, T-P removal

### I. 서 론

하수관망이 설치되어 있는 도시지역에서는 생활하수를 하수종말처리장에서 처리하고 있으나, 하수관망이 설치되어 있지 않은 농어촌 지역 등 소규모 취락지역 등에서는 대부분 처리되지 않고 방류되어 인근의 토양, 하천 및 수자원보호구역 등을 오염시키고 있는 실정이다.<sup>1)</sup>

미처리된 생활 오수에 의해 생성되는 주변의 오염을 방지하기 위해서는 생활 오수를 발생현장에서 직접 처리하는 방법이 바람직하다.

하수관로 설비가 없는 농어촌 취락지역, 상수도 보호구역, 국립공원, 학교 등의 지역에서는 기존의 활성슬러지법을 이용하기에는 경제성이나 관리 면에서 부적합한 경우가 많아 시설비가 저렴하고 운전과 관리가 쉬운 공정의 적용이 필요하다.

현재 소규모 지역 및 농어촌 취락지역에 설치되어 있

는 공법으로는 활성슬러지 공법, 생물막 공법, 집축산화법, 토양을 이용한 모관침윤트렌치 등 많은 공법들이 이용되고 있는데, 토양을 이용한 공법은 유기물, 질소 및 인 등의 영양염류를 제거하고 토양으로 환원할 수 있으며, 건설비와 유지비가 저렴한 등의 장점이 있으나 장기간 사용시 막힘(clogging)현상 등이 발생하는 등의 문제점이 있다.<sup>2)</sup>

본 연구에서는 기존 토양트렌치 공법에서 사용되는 도관을 설치하지 않아 시공이 간편하며, 트렌치조를 사양토 대신 모래로 구성하여 막힘 현상이 적게 발생하는 공법으로 개조하기 위한 기초연구를 수행하였다.

### II. 연구방법

#### 1. 실험장치

본 실험에 사용한 토양 반응기는 Fig. 1과 같이 2단으로 구성된 부패조, 3단으로 구성된 트렌치조로 구성되어 있으며, 두께 0.8 cm인 아크릴로 제작하였다. 부패조는 2단으로 구성되어 있으며 1단 부패조는 저류조의 기능을, 2단 부패조는 2-5 cm 크기의 숯을 충전하고 숯의 부상을 방지하기 위하여 상부에 자갈을 충전하였다.

<sup>†</sup>Corresponding author : Division of Health Science, Daegu University  
Tel: 82-53-650-8043, Fax: 82-53-650-8049  
E-mail : ysparkk@daegu.ac.kr

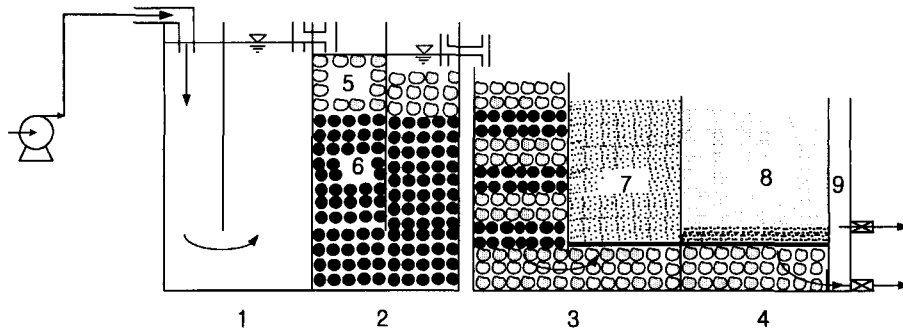


Fig. 1. Schematic diagram of reactor system.

1. 1st septic tank, 2. 2nd septic tank 3. 1st and 2nd trench 4. 3rd trench, 5. Gravel, 6. Charcoal, 7. Coarse sand, 8. Fine sand, 9 : Effluent port

트렌치조의 1단은 자갈과 숯을 5 cm씩 교대로 충전하였으며, 2단은 하부에 자갈을 5 cm 두께로 깔고 1.1~2.1 mm 크기의 굵은 모래를 충전하였으며, 자갈과 모래사이에는 부직포를 깔아 섞이는 것을 방지하였다. 3단은 1.1 mm 이하의 가는 모래로 구성되어 있으며, 가는 모래-굵은 모래-부직포-자갈의 순서대로 충전하였다.

2. 실험방법 및 분석

최적의 설계와 운전조건을 찾기 위하여 부패조와 트렌치의 부피 등을 변화시켜 운전하였으며, Run 1~Run 4까지 수행하였다.

Run 1은 실험장치에서 설명한 바와 같이 2단계로 구성된 부패조와 3단으로 구성된 트렌치를 모두 이용하

였으며, Run 2는 3번째 트렌치조 하부의 굵은 모래와 자갈을 제거하고 가는 모래를 충전하고 부피를 증가시켰다. 또한 질산화를 증가시키기 위하여 하부에서 1/3 지점에 산기관을 설치하고 공기를 5 l/min의 유량으로 공급하였으며, 인의 제거율을 높이기 위하여 상부에 두께가 1 mm이고 1.9×37 cm 크기의 철판을 2개 설치하였다.

Run 3은 2단으로 구성된 부패조의 앞단과 1, 2번째 트렌치조를 제거하여 운전하였으며, Run 4는 탈질을 위해 3번째 트렌치조의 하부를 무산소조로 운전할 수 있도록 제 3 트렌치조에 부착된 유출수 배출 port의 수위를 조절하여 하부에서 1/3되는 지점에서 처리수가 배출되게 하여 2단으로 나누었으며, 각 운전 방법 변화는

Table 1. Operation mode of experiment

|           | 1st septic tank | 2nd septic tank | 1st and 2nd trench (Anoxic) | 3rd trench (Aerobic) | Note  |
|-----------|-----------------|-----------------|-----------------------------|----------------------|---|
| Run 1     |                 |                 |                             |                      |   |
| Volume(L) | 33.6            | 23.4            | 16.3                        | 11.9                 |   |
| HRT(hr)   | 28.6            | 19.9            | 13.9                        | 10.1                 |   |
| Operation | on              | on              | on                          | on                   |   |
| Run 2     |                 |                 |                             |                      |   |
| Volume(L) | 33.6            | 23.4            | 16.3                        | 19.9                 | Iron plate and air diffuser installed in the 3rd trench |
| HRT(hr)   | 22.3            | 15.5            | 10.8                        | 13.2                 |   |
| Operation | on              | on              | on                          | on                   |   |
| Run 3     |                 |                 |                             |                      |   |
| Volume(L) |                 | 23.4            |                             | 19.9                 |   |
| HRT(hr)   | off             | 28.2            | off                         | 24                   |   |
| Operation |                 | on              |                             | on                   |   |
| Run 4     |                 |                 |                             |                      |   |
| Volume(L) |                 | 23.4            |                             | 19.9                 | 3rd trench divided 2 parts(aerobic and anoxic)          |
| HRT(hr)   | off             | 28.2            | off                         | 24                   |   |
| Operation |                 | on              |                             | on                   |   |

Table 1에 나타내었다.

폐수는 합성폐수를 사용하였으며, MLSS 농도가 500 mg/l인 제지공장의 반송슬러지 10 l를 초기에 각 단에 걸쳐 식중하였으며, 운전은 상온에서 운전하였다. 유입수와 각 단처리수의 COD, T-P, NH<sub>4</sub>-N, NO<sub>3</sub>-N 농도를 측정하였으며, Standard Methods에 따라 측정하였다.<sup>3)</sup>

### III. 결과 및 고찰

#### 1. COD 제거

Fig. 2에 유입수와 각 단에서의 유출수 및 최종처리수의 COD 농도를 나타내었다. 운전초기의 부패조에서 COD 농도는 40 mg/l로 나타났으나 20일 부터 20~24 mg/l로 감소되었으며, 30일이 지난 후부터 평균 23 mg/l로 나타났다. Run 2에서 정상상태에서 부패조의 평균 COD 농도는 18 mg/l, Run 3에서는 12 mg/l, Run 4에서는 15 mg/l로 나타나 대부분의 COD가 부패조에서 제거되는 것을 알 수 있었다.<sup>4)</sup> 수중에서 운전되는 제1 트랜치와 제2 트랜치를 거친 유출수는 정상상태에서 Run 1에서는 17 mg/l, Run 2에서는 10 mg/l로 나타났다.

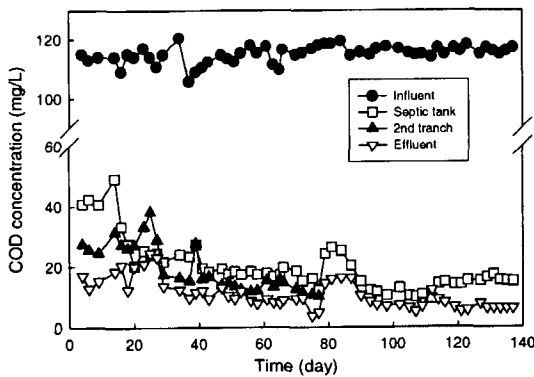


Fig. 2. Variation of influent and effluent COD with time.

Table 2. Variation of DO and temperature with time

|       | 1st septic tank | 2nd septic tank | 1st and 2nd trench | 3rd trench |                  |
|-------|-----------------|-----------------|--------------------|------------|------------------|
|       | DO (mg/l)       | DO (mg/l)       | DO (mg/l)          | DO (mg/l)  | Temperature (°C) |
| Run 1 | 2.4             | 2.1             | 0.9                | 2.4        | 25.8             |
| Run 2 | 1.8             | 1.6             | 0.9                | 6.0        | 25.3             |
| Run 3 |                 | 1.25            |                    | 6.2        | 23.2             |
| Run 4 |                 | 1.45            |                    | 4.6        | 16.2             |

3단계로 이루어진 트랜치조 중 제1, 제2 트랜치조의 COD 제거율은 운전모드에 관계없이 적게 나타나 Run 3에서는 2단 부패조의 1단과 제1, 2 트랜치조를 제거하고 운전하였다.

Run 2에서 Run 3로 운전방법을 바꾸었을 경우 COD가 증가되었다가 감소하는데 이는 부패조에서의 체류시간이 37.8시간에서 28.2시간으로 감소됨에 따른 적용기간이라고 사료되었다. 그리고 Run 3와 부패조의 운전 방법이 같은 Run 4에서 부패조의 COD 증가는 Table 2에 나타난 바와 같이 온도감소(Run 3 ; 21°C 이상 → Run 4 ; 16°C 이상) 때문이라고 사료되었다.

제 3트랜치를 거친 최종 유출수는 정상상태에서 Run 1에서는 12 mg/l, Run 2에서는 9.5 mg/l로 나타났다. 부패조의 체류시간이 감소한 Run 3에서는 16.4 mg/l까지 증가하였다가 정상상태에서는 6.5 mg/l까지 감소하였으며, Run 4에서는 일시적으로 약간 증가하였다가 정상상태에서는 6.4 mg/l를 유지하여 94.6%의 제거율을 보였다.

COD 제거율을 고찰하였을 때 무산소조로 운전되는 부패조와 호기성조로 운전되는 트랜치조만으로도 효과적인 COD의 제거가 가능하다는 것을 알 수 있었다.

#### 2. 질소 제거

Fig. 3에 유입수와 각 단 유출수의 암모니아성 질소 농도를 나타내었다. 운전 개시 후 2단 부패조와 제2 트랜치조 유출수의 NH<sub>4</sub>-N 농도는 각각 12.9~16.5 mg/l와 13.9~16.7 mg/l의 범위에, 최종 유출수의 NH<sub>4</sub>-N 농도는 운전 후 6일째 14.3 mg/l에서 점차 감소하여 정상상태에서는 8.4 mg/l를 나타내어 57.6%의 제거율을 나타내었다.

Run 2로 운전 방법을 변화시킨 후 2단 부패조와 제

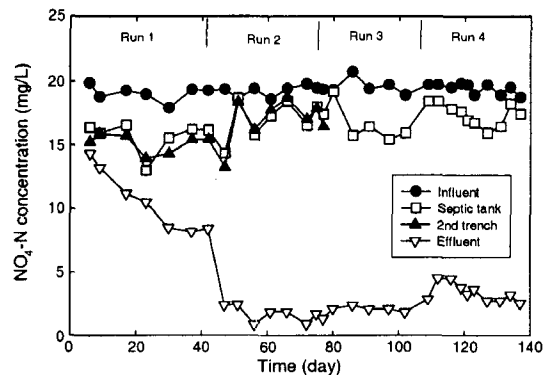


Fig. 3. Variation of influent and effluent NH<sub>4</sub>-N with time.

2 트렌치조 유출수의  $\text{NH}_4\text{-N}$  농도가 증가하여 유입수의 농도와 유사하게 나타났는데, 이는 부패조와 제2 트렌치조에서 내부에서 혐기화가 진행되기 때문인 것으로 사료되었으며, Table 2에서 보듯이 부패조에서의 DO 농도가 감소되었으며, 반응기를 관찰한 결과 부패조와 제1, 2 트렌치조 하부가 검게 변하여 이를 간접적으로 확인할 수 있었다. 그리고 최종 유출수의 경우 Run 2에서부터  $\text{NH}_4\text{-N}$  농도가 급격하게 감소하여 2.4 mg/l까지 감소하여 87.9%의  $\text{NH}_4\text{-N}$  농도 감소를 보였다. 이는 질산화를 촉진시키기 위하여 Run 2에서 제3 트렌치 하부 30% 지점에 산기관을 설치하여 폭기를 시켜주었기 때문이라고 사료되었다.

$\text{NH}_4\text{-N}$  제거의 관점에서 볼 때 부패조와 같은 역할을 수행하는 제1, 2 트렌치조는 필요하지 않은 것으로 나타났다. 부패조와 제1, 2단 트렌치조를 제거한 Run 3에서 부패조와 최종유출수의  $\text{NH}_4\text{-N}$  농도는 Run 2와 유사하게 나타났다. 그러나 제3 트렌치조의 하부를 무산소 영역으로 운전하여 탈질을 유도하기 위한 Run 4의 경우 최종유출수의  $\text{NH}_4\text{-N}$  농도는 4.5 mg/l까지 증가하였다가 정상상태에서 2.8 mg/l까지 감소하였다.

Fig. 4에 최종유출수의  $\text{NO}_3\text{-N}$  농도를 나타내었다. 부패조와 제1, 2 트렌치조에서의 질산성 질소는 전혀 검출되지 않았는데, 이는 호기조로 운전되는 제3트렌치조에서만 질산화가 발생하였다는 것을 의미한다. Fig. 4에서 보듯이  $\text{NO}_3\text{-N}$  농도는 시간이 경과함에 따라 증가하고 30일 경에는 10.5 mg/l의  $\text{NO}_3\text{-N}$  농도를 보여주고 있으며, 제3 트렌치조에 공기를 공급한 Run 2에서는 평균 18.9 mg/l의  $\text{NO}_3\text{-N}$ 를 나타내었다. 부패조와 제1, 2 트렌치조를 제거한 Run 3에서도 유사한 농도를 보여주고 있으나 제3 트렌치조 하부 30%를 수중에서 운전하는 Run 4에서는 최종유출수의  $\text{NO}_3\text{-N}$  농도는 평

균 15.3 mg/l로 나타나 탈질에 이용된 것으로 판단되어 T-N 농도를 측정된 결과 운전 방법에 관계없이 T-N은 제거되지 않았으며, 트렌치조 하부 30% 지점을 수중에서 운전하여 무산소조로 운전되도록 유도한 Run 4에서의 T-N도 1 mg/l 이하의 제거율을 보였다.

부패조와 토양트렌치조를 이용하여 양돈폐수를 처리한 조광명과 서정범<sup>5)</sup>의 연구결과와의 TKN 처리율 35.2%과 비교할 때 본 연구결과에서 T-N이 거의 제거되지 않은 이유는 트렌치조 내부에 토양을 충전하지 않고 모래를 충전하여 토양 내에서 호기성이 충분히 유지될 수 있어 Run 4에서의 최종유출수의 DO 농도는 Table 2에서와 같이 Run 3의 평균 6.2 mg/l에서 4.6 mg/l까지 감소하지만 무산소영역으로 되기에는 부족하기 때문에 탈질로 인한 T-N 제거가 이루어지지 않았다고 사료되었다.

### 3. T-P 제거

Fig. 5에 T-P 유입수와 각 단에서 유출수의 T-P 농도를 나타내었다. 유입수의 T-P 농도 범위는 2.9~3.3 mg/l였으며, 평균 농도는 3.1 mg/l이었다. 부패조의 경우 평균 T-P 농도는 3.39 mg/l로 나타나 유입수보다 0.23 mg/l 높게 나타나 인의 용출이 일어나고 있음을 시사하며, 제1, 2 트렌치조의 경우는 유입수보다 높게 나타나거나 낮게 나타나는 경우가 발생하였는데, 이는 낮은 DO 농도로 인한 인의 용출과 토양으로의 흡착 상호작용 때문에 발생한다고 사료되었다. 호기조로 운전되는 제3 트렌치조를 거친 최종유출수는 운전초기에도 평균 2.2 mg/l를 나타내어 30.3%의 제거율을 나타내었다. COD,  $\text{NH}_4\text{-N}$  및  $\text{NO}_3\text{-N}$ 의 초기 제거 경향과는 다르게 운전 초기에도 T-P가 제거되는 것은 토양으로의 흡착에 의한 것이라고 사료되었다.

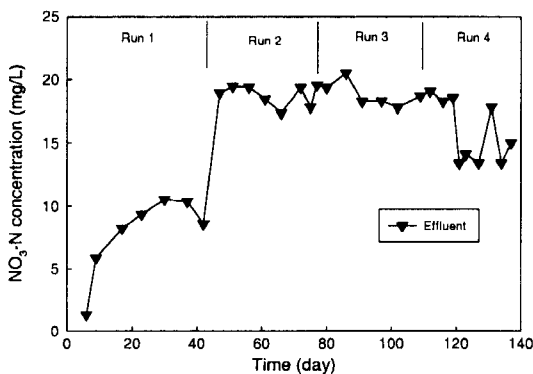


Fig. 4. Variation of influent and effluent  $\text{NO}_3\text{-N}$  with time.

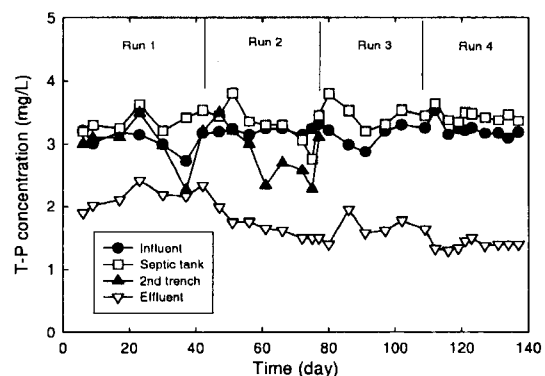


Fig. 5. Variation of influent and effluent T-P with time.

수중에 알루미늄이나 철 등의 금속을 첨가하면, 수중의 올트린산 및 축합인산은 금속과 식 (1), (2)와 같이 반응하여 침전성 난용성 염을 생성하여, 생성된 난용성 염은 침전한다.



Run 2에서는 T-P의 제거율을 높이기 위하여 식 (2)의 원리를 이용하여 상부에 두께가 1 mm이고 1.9 cm × 37 cm 크기의 철판을 2개 설치하였다.

철판을 설치한 결과 최종유출수의 농도가 1.5 mg/l까지 감소하여 54.5%까지 증가하여 철판의 추가로 인한 인 제거율은 24.5%가 증가하는 결과를 얻었다. Run 3에서 최종유출수의 인 농도가 높아져 철판을 세척하였으며, 철판의 세척주기를 1달로 고정하였다. Run 3과 Run 4의 정상상태에서 1.4~1.5 mg/l를 나타내어 철판을 1개월 간격으로 교체하거나 세척할 경우 높은 인 제거율을 얻을 수 있다고 사료되었다. 정영규 등<sup>7)</sup>에 의하면 활성슬러지에 철접촉재를 충전할 경우 COD, 암모니아성 질소 등의 제거율에는 영향을 미치지 않으면서 인 제거율을 높일 수 있으며, 철판 개수가 증가함에 따라 인 제거율도 상승하였다고 보고한 결과와 비교할 때 소규모 오수처리장의 경우도 간단하게 인 제거율을 높일 수 있다고 사료되었다.

#### 4. 유량 변화

토양트렌치 공법에서의 가장 큰 문제점으로 지적되는 것은 토양의 막힘 현상으로 일본의 경우 트렌치를 약 6개월 사용 후 교대한다.<sup>8)</sup> 원종철 등<sup>9)</sup>은 사양토(sandy loam)과 사토(sand)의 두 종류의 토양을 사용하여 토양트렌치에서 처리한 결과 사양토와 사토의 TOC 처리율이 거의 동일하다고 보고하였다. 본 연구에서 사용한 모래도 COD 처리율이 높게 나타나 막힘 현상을 고려할 때 사양토보다는 사토를 사용하는 것이 유리하다고 사료되었다. Fig. 6은 초기의 운전조건에서 Run 2로 바꾼 후 트렌치조에서의 최대 유량변화를 나타낸 것으로 일정 높이까지 물을 채우고 유출구로 배출되는 유출수의 유량을 측정하는 것으로 운전 47일의 14.9 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/day에서 137일일 때 13.8 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/day로 90일의 운전기간동안 7.4%의 유량이 감소하는 것으로 나타났다. 이는 현재 오수의 유량이 0.47 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/day임을 감안할 때 29배 가량 많은 물이 흐를 수 있다는 것을 의미하므로 트렌치조의 운전을 6개월 이상 운전할 수 있다는 것을 의미한다.

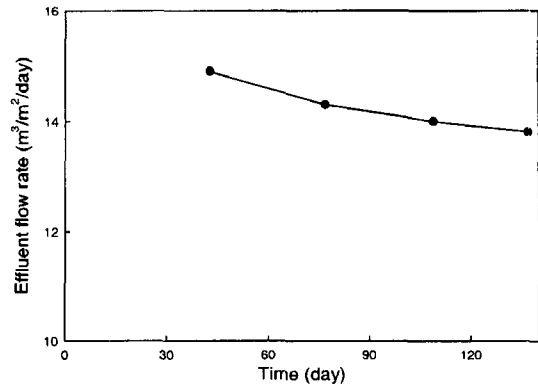


Fig. 6. Variation of effluent flow rate with time.

본 연구에서의 같이 부패조와 트렌치조로 구성되고 트렌치조 내부에 모래를 충전한 경우 토양에 의한 막힘 현상 등을 방지하고 충분한 유기물 제거와 질산화는 이를 수 있으나 탈질을 이루기 위해서는 연구가 더 필요한 것으로 사료되었다.

## IV. 결 론

2단 부패조와 3단 트렌치로 이루어진 모래를 이용한 소규모 오수정화장치의 개발을 위한 기초연구를 수행하였다.

1. 전처리 장치로 트렌치조 앞에 부패조를 설치할 경우 대부분의 COD가 제거되어 트렌치조의 부하를 경감시켜 운전의 안정성이 높아지며 COD 제거율은 정상상태에서 95% 정도로 나타났다.

2. 30일간의 적응기간 이후 암모니아성 질소 제거율은 58% 정도로 나타났으나, 호기조로 운전되는 3단 트렌치조에 폭기를 할 경우 암모니아성 질소제거율은 87.9%에 달하였다.

3. 부패조와 트렌치조로 운전할 경우 대부분의 암모니아성 질소는 질산화되지만 DO 농도가 높기 때문에 탈질은 거의 수행되지 않는 것으로 사료되었다.

4. 총인 제거율은 30% 정도로 나타났으며, 제거율을 높이기 위해 철판을 첨가한 결과 24% 정도의 제거율이 향상되는 것으로 나타났다.

5. 본 연구 결과 부패조와 트렌치조로 구성되고 트렌치조 내부에 모래를 충전한 소규모 오수정화장치를 이용하여 오수를 처리하는 경우 토양에 의한 막힘 현상 등을 방지하고 충분한 유기물 제거와 질산화는 이를 수 있으나 탈질을 이루기 위해서는 연구가 더 필요한 것으로 사료되었다.

## 감사의 글

이 논문은 2003학년도 대구대학교 학술연구지원비에 의한 연구입니다.

## 참고문헌

1. 김병욱, 이해갑, 한동준, 임재명 : 소규모 오수처리를 위한 트렌치 공정의 개선. 대한환경공학회 추계학술대회, 대한환경공학회, 광주, 359-366, 1996.
2. 원종철, 남궁완, 임연택, 윤조희 : 토양트렌치법에 있어서 폐수 주입방식, 유량부하, 및 토성이 유기물 처리효율이 미치는 영향, KSWPRC, 7(3), 176-184, 1991.
3. APH-AWWA-WPCE : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 18th Ed., APHA, Washington D.C., 1992.
4. 김시준, 이용화, 강임석, 이병헌 : 부패조와 토양트렌치 공법에 의한 소규모 지역의 하수처리방안. 한국수처리기술연구회지, 5(2), 29-36, 1997.
5. 조광명, 서정범 : 부패조와 토양트렌치에 의한 소규모 양돈폐수의 처리. J. KSWPRC, 7(3), 152-161, 1991.
6. 김갑수, 김동하, 김주영 : 하수의 고도 처리기술. 동화기술, pp.111, 2000.
7. 정연규, 고광백, 김한수 : 철집촉재를 이용한 영양염류 제거에 관한 연구. 대한상하수도학회, 추계학술대회, 대한상하수도학회, 서울, 20-23, 1995.
8. 洞澤 勇, 土壤處理設計指針, 用手と廢水, 24(6), 37-42, 1984.