

# 살수여상 활성오니 연계방법에 의한 축산뇨오수 처리

류 종 원

상지대학교

## The Treatment of Animal Wastewater by the Combination of Trickling Filter System and Activated Sludge Process

Ryoo, J. W.

Sangji University, Wonju, Kangwon-Do, 220-702 Korea

### Summary

This experiment was conducted to evaluate combination system of wood chip trickling system and activated sludge process. The results obtained are summarized as follows. The trickling filter system using wood chip was used as a biological pre-treatment system for treating piggery wastewater. At pre-treatment, the removal efficiencies were BOD 91%, CODmn 65%, SS 75%, T-N 73%, T-P 69%. After pretreatment, the removal efficiencies in activated sludge process were BOD 99% CODmn 94.6%, SS 97.8%, T-N 91.1%, TP 91%. This study shows a very stable method with pretreatment of trickling filter using wood chip. These combined treatment system was very useful for piggery wastewater.

(Key words : Animal wastewater, Trickling filter system, Activated sludge process)

### 서 론

스크레파 축사의 경우 분과 뇨가 분리되며 농가에서 통상 분은 퇴비화하여 처리하며 뇨는 규모가 큰 농가에서는 활성오니 처리 시설로 처리하고 있다. 그러나 규모가 작은 축산농가에서는 뇨오수를 경제적으로 처리하지 못하고 있는 실정이다. 축산뇨오수는 BOD, SS가 높은 고농도의 오수이므로 생활오수 처리공법에 의한 정화처리기술은 한계가 있다<sup>1),5)</sup>. 활성오니, 접촉산화 등의 기계 의존형 기술은 설치비와 유지관리비가 많이 소요되며 또한 관리에 전문적인 기술이 필요하다<sup>2),3),4)</sup>.

본 연구는 유지관리비가 적게 소요되고 관리

가 용이한 에너지 절감형 축산뇨오수 처리기술을 개발하기 위하여 목편 살수여상과 활성오니 정화기술을 연계하여 처리하는 기술을 개발하기 위하여 현장 실험을 실시하였다.

### 재료 및 방법

#### 1. 시험농장 개황

본 연구는 2002년 10월부터 2003년 7월까지 실제 축산농가에서 축산분뇨를 처리할 수 있는 실증 플랜트 규모의 처리 시설에서 연구를 실시하였으며 처리효율 분석은 2002년 4월부터 7월까지 4개월간 실시하였다. 본 연구는 충남

Corresponding author : Ryoo, Jong Won. College of Life Science and Natural Resources, Sangji University, Wonju, Korea. 220-702. Tel 82-33-730-0516. E-mail : jwryoo@sangji.ac.kr

병천의 스크레파 축사의 농가에서 수행되었다. 본 연구가 수행된 축산농가의 가축 사육 개황을 보면 평균 2,330~2,500두 사육하고 있었다. 일일 분뇨 배출량은 분 6m<sup>3</sup>, 뇨오수 4m<sup>3</sup>이었다. 본 연구에서는 뇨오수 일일 4m<sup>3</sup>을 처리하는 시험을 수행하였다. 유입수의 특성은 Table 1과 같이 BOD 3,865~10,200mg/l, COD<sub>Mn</sub> 2,834~4,570mg/l이었다.

Table 1. Characteristics of pig wastewater

Components	Excrement	Urine
pH	6.8	8.4 ~ 9.0
BOD (mg/l)	57,600	3,865 ~ 10,200
COD <sub>Mn</sub> (mg/l)	42,024	2,834 ~ 4,570
SS (mg/l)	74,000	1,520 ~ 2,590
T-N (mg/l)	12,956	2,854 ~ 5,695
T-P (mg/l)	2,376	59.5 ~ 103.5

2. 축산뇨오수 처리공정

축산뇨오수 처리 공정은 축산뇨오수 원수의

협잡물을 스크린을 통하여 제거하였다. 스크린을 거친 축산뇨오수를 목편 살수여상에 하루 24회 살수하였다. 목편 살수여상을 거친 뇨오수는 활성오니 처리를 하였다. 활성오니 처리 후 침전과 오존처리를 하였다. 전처리 목편살수여상조의 운전은 유입수량이 1일 4m<sup>3</sup>이며 살수여상 반응조의 유기물 부하량은 Table 2와 같이 0.22kg BOD/m<sup>3</sup> · d으로 하였다. Metcalf & Eddy의 기준에 의하면 유기물 부하량은 중속 살수여상의 운전범위에 있었다. 공기는 분당 우드칩여재 m<sup>3</sup>당 0.25m<sup>3</sup>를 주입하였다.

목편살수여상 처리 용적은 가로, 세로, 높이 각각 11m × 5m × 2.5m로서 152m<sup>3</sup>의 용적을 가지고 있다. 또한 활성오니 처리조의 전체 용적은 가로, 세로, 높이가 각각 11m × 5m × 2.5m로 하여 총 137m<sup>3</sup>의 용적을 가지고 있었으며 이중 평균 유기물 부하량은 0.1BOD/m<sup>3</sup> · d을 이었으며 폭기조의 DO는 2.0ppm정도 유지되었으며 체류시간은 약 8시간을 유지하였다. 폭기조 각각의 용적은 37.5m<sup>3</sup>이었다.

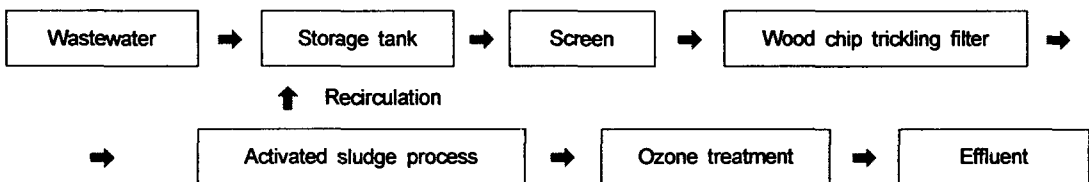


Fig. 1. Treatment process of animal waste water.

Table 2. operating condition of pilot plant

Operating parameter	Unit	Operating condition
Trickling wood filter		
Flow rate	m <sup>3</sup> /day	4
Volume of trickling filter	m <sup>3</sup>	43.5
Organic loading	kg BOD/m <sup>3</sup> · d	0.22
Trickling time	min/d	58
Activated sludge process		
Flow rate	m <sup>3</sup> /day	4
Volume of activated Sludge process	m <sup>3</sup>	70
Organic loading	kg BOD/m <sup>3</sup> · d	0.05 ~ 0.1

수질분석은 현장의 처리시스템에서 공정별로 일정한 시간에 일정량의 시료를 채취하여 Standard methods에 따라 분석하였다. 측정항목들은 환경부 고시 제 99-208호 수질오염 공정시험방법, Standard method(1995)에 따라서 spectrophotometer를 이용하여 측정하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. pH

미생물이 증식 및 대사 반응에 대한 pH의 영향은 매우 크며 생산되는 산물의 종류와 양에도 중요한 영향을 끼친다. Fig. 2는 목편살수여상 처리과정에서의 공정별 pH의 경시적 변화를 측정 날짜별로 나타낸 것이다. 본 실험에 이용된 축산뇨오수 원수는 중성부근의 pH를 유지하여 질산화와 탈질을 위한 미생물 성장에 최적의 조건이었다. 또한 원수보다 목편여과수 및 활성오니수의 pH 값이 높아졌다.

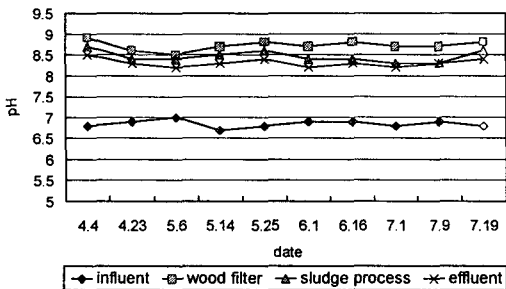


Fig. 2. Changes of pH in the treatment process.

### 2. BOD(Biochemical Oxygen Demand)

실증 plant 정화조의 날짜별 유입수의 BOD 농도는 7,000 ~ 10,000mg/l의 범위를 나타내었다. Fig. 3과 같이 원수의 BOD 값은 날짜별로 큰 차이를 보이고 있다.

원수가 목편살수여상을 거친 후 BOD<sub>5</sub>는 600 ~ 900mg/l를 나타내어 살수여상을 거치면서 수치가 많이 낮아진 것을 알 수 있었다. 활성

오니 처리 후 최종방류수의 BOD 함량은 평균 58mg/l를 나타내어 축산분뇨 방류 법적기준 150mg/l 이하로 처리되어 평균 99.3% 정도 처리효율을 나타내었다.

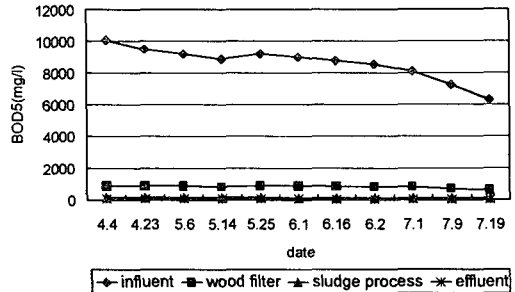


Fig. 3. Changes of BOD<sub>5</sub> in the treatment process.

### 3. COD(Chemical Oxygen Demand)

Fig. 4와 같이 원수에서의 COD<sub>mn</sub>는 3,800 ~ 4,600mg/l이었으며, 목편살수여상을 거친뇨오수의 COD<sub>mn</sub>값은 1,100 ~ 1,600mg/l 범위로 비교적 높은 수치를 나타내어 분해되지 않는 난분해성 유기물이 일부분 정화되지 않는 상태로 여과되었다.

또한, 활성오니를 거쳐 최종 방류수의 COD 값은 190 ~ 240mg/l를 나타내어 평균처리효율이 약 94.3%로서 본 시스템의 경우 COD 처리효율이 BOD 처리효율에 비하여 낮았다. 이는 목편에 있는 리그닌의 분해로 생성된 휴민성의 난분해성 물질이 유출되어서 COD의 수치를 높아진 것도 원인이 되는 것으로 판단되어진다.

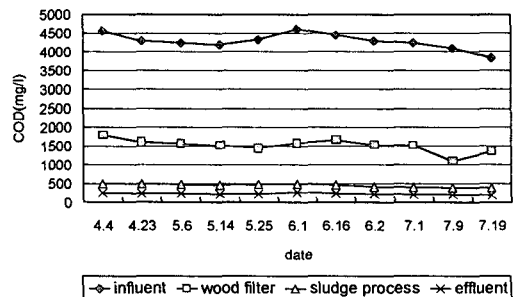


Fig. 4. Changes of COD in the treatment process.

#### 4. SS(Suspended Solid)

원수의 날짜별 SS 농도는 1,700 ~ 2,500mg/l 범위에 있었다. SS와 BOD와 관계를 살펴보면, SS 농도가 높으면 BOD 역시 높은 것을 알 수 있고 이는 부유물질을 분해하기 위한 DO의 소비량이 증가함을 보여준다.

Fig. 5는 본 처리시스템 공정별 계절별 SS의 농도의 변화된 모습을 그래프로 나타낸 것이다. 방류수에서는 SS 함량이 40 ~ 50mg/l 범위를 나타내어 본 처리시스템은 SS 처리에 있어서 50mg/l 이하의 안정처리가 이루어졌다. 최종 방류수의 SS 처리효율은 97.5%로 높은 처리효율을 나타내고 있다.

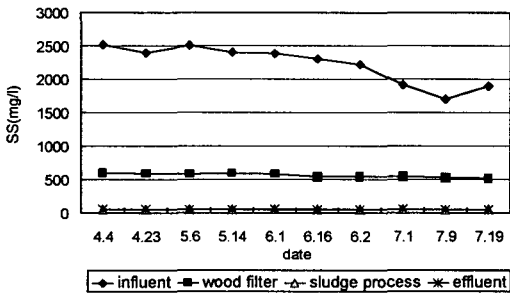


Fig. 5. Changes of suspended solid in the treatment process.

#### 5. 질소(T-N)

Fig. 6은 날짜 및 측정 장소 별 총질소(T-N ; Total Nitrogen)를 나타내고 있다. 질소처리에는 유기성 질소 및 암모니아성 질소가 질산화 과정을 거쳐 질산성 질소로 형태가 변형되어 혐기조건에 탈질되어 공기 중에 휘발하는 과정으로 처리된다. 유입수의 T-N은 3,100 ~ 5,100mg/l 이었으며, 방류수의 T-N은 395mg/l를 나타내어 평균 93.4%의 처리효율을 나타내었다.

#### 6. 총인(T-P)

Fig. 7은 처리 단계별 총인(T-P; Total Phosphorus)의 농도를 나타내고 있다. 원수의 T-P는

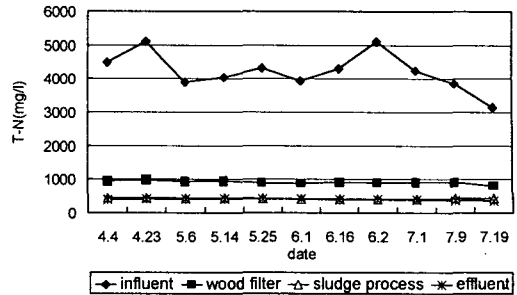


Fig. 6. Changes of T-N in the treatment process.

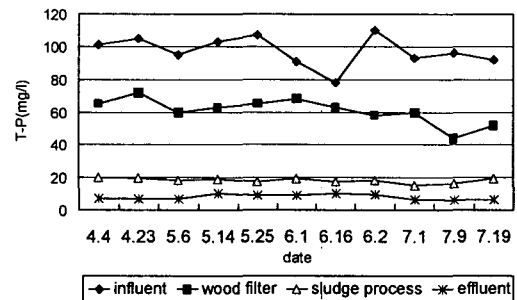


Fig. 7. Changes of T-P in treatment process.

90 ~ 110mg/l 범위에 있었으며, 방류수의 T-P는 10mg/l 이하를 나타내어 평균 92.6%의 처리효율을 나타내었다.

#### 7. 평균 처리효율

축산뇨오수의 처리공정별 BOD 처리효율을 보면 유입수의 농도가 8,622mg/l에서 전처리 목편살수여상조를 거쳐 830mg/l으로 약 90%가 저감되었다. 최종 처리를 거치면서 방류수 수질은 평균 BOD 58.2mg/l를 나타내어 안정적인 BOD 처리가 가능하였다. BOD 처리효율은 99.2%를 나타내어 높은 BOD 제거율을 나타내었다. 원수의 COD<sub>Mn</sub>은 4,291mg/l이며, 살수여상처리 공정을 거친 방류수의 COD<sub>Mn</sub>은 232mg/l 이었다(Table 3).

또 목편칩 살수여상 - 활성오니 연계처리시스템의 COD<sub>Mn</sub> 처리효율은 94.6%를 나타내었다. 최종 방류수의 SS 농도는 100mg/l 이하의 처리가 가능하였다. 특히 살수여상처리에서 체 분

Table 3. Removal efficiency of pig wastewater in the treatment process

Components	Influent	Screen	Wood filter	Sludge process	Effluent	Removal efficiency (%)
pH	6.85	8.68	8.72	8.46	8.31	-
BOD (mg/l)	8,622	7,200	830(91)	136	68.8	99.2
COD <sub>Mn</sub> (mg/l)	4,291	4,100	1,512(65)	554	232	94.6
SS (mg/l)	2,208	1,950	564(75)	55.9	49.5	97.8
T-N (mg/l)	4,223	4,120	1,150(73)	530	395	91.1
T-P (mg/l)	97.4	96.6	30.9(69)	18.1	9.5	91.0

( ): Removal efficiency.

리 효과와 분해에 의한 SS 제거 효율이 높았다. 질소는 일반적으로 유기 질소, 암모니아성 질소(NH<sub>4</sub>), 아질산성 질소(NO<sub>2</sub>), 질산성 질소(NO<sub>3</sub>)로 구분한다. 축산뇨오수 중의 질소는 대부분 NH<sub>4</sub> 형태이었다. 원수 4,223mg/l T-N이 살수여상을 거쳐 1.015mg/l 정도로 저감되었으며 최종 방류수는 395mg/l를 나타내어 평균 처리효율이 93.5%이었다. 또 T-P의 경우 97.4mg/l의 원수가 살수여상을 거치면서 60.9mg/l로 되었으며, 최종 방류수는 8.0mg/l를 나타내어, 평균 처리효율이 91%이었다.

축산뇨오수 정화시설이 대부분 활성오니 시설로 되어 있다. 활성오니 처리 기술의 가장 큰 문제점은 유입수 농도가 높아 많은 량의 물을 가수해야 하는 문제점이 있다. 통상 스크레파 축사에서 발생하는 뇨오수의 BOD 농도가 5,000~10,000mg/l 정도인데 이렇게 높은 유입수를 활성오니 처리기술로 처리하는 것이 불가능하여 유입수의 BOD를 3,000mg/l 이하로 조절하기 위하여 많은 량의 물을 가수해야 한다. 또한 슬러지가 다량 발생하여 슬러지 처리에 많은 노동력과 비용이 소요되고 있다.

그러나 본 살수여상 처리 시스템은 BOD 10,000mg/l의 축산뇨오수를 전처리 살수여상처리를 거치면 1,000mg/l 이하로 처리가 가능하였다. 아울러 슬러지가 전처리 목편살수여상조에서 70% 이상 제거되어 슬러지가 활성오니 대비 90% 이상 적게 발생되어 유지관리가 매우 용이한 장점이 있다.

본 연구의 가동기간 8개월 동안 7개월까지는 막힘 현상이 나타나지 않았으나 가동 7개월부터 막힘 현상이 나타나서 살수여상조에 물이 잠기는 현상이 나타났다. 살수여상 상부 30cm 부위에 부유물질 제거용 망사를 깔아 제거함으로써 정상가동이 가능하였다. 목편살수여상 여재는 반영구적으로 장기간 사용이 가능하였다.

## 적 요

본 연구는 유지관리비가 적게 소요되고 관리가 용이한 에너지절감형 축산뇨오수 처리 기술을 개발하기 위하여 목편 살수여상과 활성오니를 정화기술하는 처리기술을 연구하였다.

1. 스크레파 축사의 축산뇨오수 처리를 위한 목편칩 살수여상 활성오니 연계 시스템을 개발하였다. 처리공정은 축산뇨오수 원수 → 스크린 → 목편칩 살수여상 → 활성오니 → 침전/오존처리 공정으로 처리하였다.

2. 처리결과 축산뇨오수 원수의 BOD 8,620mg/l에서 최종처리수의 BOD는 58mg/l로 처리되었다. 또한 COD<sub>Mn</sub>은 원수 4,290mg/l에서 232mg/l, SS 2,228mg/l에서 49.5mg/l, T-N 4,223mg/l에서 395mg/l, T-P 97.4mg/l에서 8.0mg/l로 처리되었다.

3. SS는 목편살수여상조에서 71.1%가 제거되어 활성오니 처리 대비 슬러지 발생량이 70% 절감되었다.

## 감사의 글

본 연구는 농림부 “농어촌 축산 노오수, 생활 오수의 에너지 절감형 처리 기술개발” 과제의 연구비 지원으로 수행된 연구결과의 일부로서 이에 감사드립니다.

## 인 용 문 헌

1. 한정대, 박치호. 2000, 돈슬러리 혐·호기 발효 증발 시스템 실용성 확립, 농촌진흥청 축산기술연구소.
2. Evans, M. R. 1982, Slurry treatment-why and how farm buildings progress 68:11-14.
3. Evans, M. R. and Baines, S. 1975. Aerobic treatment of piggery waste prior to land treatment a case study. American Society of Agricultural Engineers. pp. 556-559.
4. Harrison, J. R., *et al.* 1987, A Comparison of trickling filter media. JWPCF. VOL. 59, p. 679.
5. Jank, B. E. and Drynam, W. R. 1973. Substrate removal mechanism of trickling filters. Journal of the Environmental Division. ASCE. EE3. 187.
6. Metcalf and Eddy. 1991. Wastewater engineering: treatment, disposal and reuse. 3rd ed. New York: McGraw-Hill.