

# 목편살수여상조를 이용한 축산뇨오수 처리와 목편여재의 물성 및 부착미생물 특성

류 종 원  
상지대학교

## Treatment of Animal Wastewater Using Woodchip Trickling Filter System and Physical and Microbial Characteristics of Wood Chip Media

Ryoo, Jong Won

College of Life Science and Natural Resources, Sangji University

### Summary

Trickling filter has been extensively studied for the domestic wastewater treatment especially for the small scale plants in rural area. The purpose of this research is to survey the physical and microbial characteristics of wood chip media and the removal efficiency of animal wastewater using wood chip trickling filter system. The trickling filtration system comprises a filtration bed packed with wood chip media having a particle dia. of 5~7cm. The method comprises natural air from the bottom of the bed. The system also comprises a control mechanism including a time a constant discharge pump for controlling supply of the wastewater into the bed.

The following conclusions were obtained from the results of this research.

1. The specific surface area of wood chip was  $0.4123 \text{ m}^2/\text{g}$ , pore volume was  $0.0947 \text{ cm}^3/\text{g}$ , density was  $0.49 \text{ g}/\text{cm}^3$ . It has forms of parallelogram and oblong which have numerous small pore space. This wood chip has been good condition for microorganism's habitat, having very larger specific surface area by complex the three dimension structure of cellulose at wood's major ingredients.
2. The total counts of in attached aerobic microbes were ranged from  $10^6$  to  $10^8$  CFU/g, and anaerobes microbial numbers were from  $10^4$  to  $10^7$ . The aerobic microbial numbers appeared to be much more than those of anaerobic microbial numbers.
3. The average efficiency of  $\text{BOD}_5$  and  $\text{COD}_r$  were 74.5% and 51.5%, respectively. The removal efficiency of T-N and T-P were 61.4%, 56.2%, respectively. But SS removal levels remain 19.3%.

**(Key words :** Wood chip, Trickling filter, Attached Microbe, Animal wastewater)

---

본 연구는 2010년도 상지대학교 교내연구비 지원에 의해 이루어진 것임

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

2011년 7월 30일 투고, 2011년 8월 20일 심사완료, 2011년 8월 22일 게재확정

## 서 론

유기성 오폐수를 처리하는 공법 중 생물학적처리방법인 살수여상법은 쇠석 또는 다공질 여재를 겹쳐 쌓아올린 여상 위에 처리하고자 하는 오폐수를 살수시켜 BOD와 SS를 감소시켜 폐수를 처리하는 공법이다. 살수여상법은 BOD와 SS를 안정화 시키며, 조내의 콜로이드상과 용해된 유기물질은 미생물의 성장에 사용될 뿐만 아니라 이산화탄소와 같은 가스와 안정화된 고형물로 변환된다. 또한 미생물이 부착된 슬라임은 미생물의 성장에 따라 점점 두터워지고 무거워지며 일부분이 떨어져나가 유출수와 함께 이송 되어 침전조에서 제거된다.

살수여상의 장점은 침투유량으로 인한 처리시스템에 문제가 야기되지 않는다는 점이다. 그래서 때로는 간이 살수여상을 활성슬러지 전단부에 조합시켜서 후속 활성슬러지공정의 BOD 부하를 완화시키는데에 사용하기도 한다. 더욱이 살수여상으로 용존 BOD를 제거하면 활성슬러지에서 팽화현상을 제어할 수 있는 것으로 알려져 있는데, 이 사실은 많은 오폐수를 처리하는 살수여상-활성슬러지 연계시스템에서 보여지고 있다. 김 등 (2009)은 살수여상 처리는 여재 생물막의 미생물 분포와 활성에 의존하며 살수여상 처리에서 질산화 탈질, 인산제거 특이 미생물의 대사 활성에 영향을 받는다고 보고하였다.

정화용 목편칩 여재를 사용시 0.5 cm 이하의 미세 목편이나 분말을 제거하였기 때문에 물리적인 막힘 현상을 막고 공기순환이 잘 이루어 지는 것이 필요하다. 특히, 정화용 목편칩 여재는 목질 본래의 유기적인 생체조직이 보유하고 있어서 pH 안정성이나 저해물질 그 외의 성분에 대한 완충작용(buffer)이 있어 자연 토양 중에 있는 부식질(humus)과 같이 치환, 흡착 및 이온교환 등의 복잡한

기능을 보유한 세균을 위한 안정된 생활 환경을 형성한다. 본 연구의 정화용 목편칩 여재는 생활 오수뿐 아니라 축산노오수를 정화시키는 여재로 활용하면 장점이 많다. 목편칩에는 죽은 세포의 집합체인 세포내강이나 세포간극 등과 같은 빈 공간이 많기 때문에 목편칩은 미생물의 증식을 위한 좋은 서식공간이 된다. 또한, 정화용 목편칩의 세포벽에는 액체의 이동 통로 역할을 위한 벽공이라고 불리는 작은 구멍들이 많이 있는데 이것은 미생물 서식공간이 될 뿐만 아니라 살수여상시 수분이 점적식으로 이동하는 통로가 된다.

본 연구에서는 살수여상조의 여재로 비표면적 및 표면 거칠기가 크고 여재 자체적으로 보온성을 가진 정화용 목편칩을 여재로 활용하여 저농도 축산 노오수의 처리효율을 높이고, 저동력 사용, 공정의 단순화를 통하여 유지관리비용을 저감코자 하는 목적에 활용하기 위하여 목편칩 살수여상 시스템을 적용하였다. 본 연구는 목편칩 살수여상공법에 의하여 막분리처리 축산노오수의 처리효율과 목재담체의 물성 특성 및 목편담체에 부착된 미생물의 특성을 조사하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 처리 공정 구성

본 현장 연구시스템의 일반적 처리공정도는 Fig. 1과 같다. 현장 연구 살수여상반응조 pilot 장치를 설치하여 축산노오수를 처리하였다. 살수여상조는 직경이 1,200 mm, 높이가 1,200 mm인 탱크관으로 제작하였다. 분뇨의 살수는 101W 펌프를 사용하여 분당 40L를 살수하였다. 충전물질인 여재는 평균크기가 가로 7.5 cm, 세로 5.5 cm, 두께 0.95 cm인 평행사변형 형태이고, 여재층의 총 용적은 2 m<sup>3</sup>이었다. 1일 처리용량은 0.48 m<sup>3</sup>이며, 2단

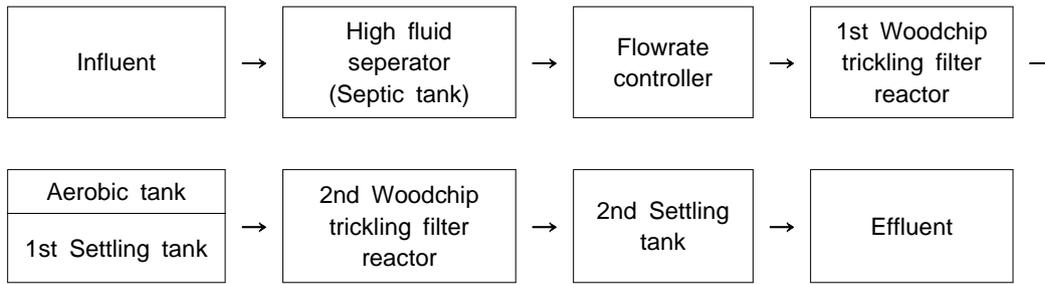


Fig. 1. Treatment process of wood chip trickling system.

살수여상조로 설계하였다. 여상벽에는 시료 채취를 위한 구멍을 20 cm 간격으로 3개 설치하였다.

### 2. 유입 돈분슬러리의 이화학적 성상

본 연구는 양돈농가에서 발생하는 축산뇨오수의 나노여과막 (NF) 처리수를 시험 원수로 활용하였다. 원수의 이화학적 특성을 보면 유기물 농도는 BOD 634 mg/l, COD<sub>cr</sub>는 654 mg/l, SS는 75 mg/l로 막분리에 의하여 SS가 매우 낮은 원수를 시험에 적용하였다. 질소농도의 경우 844 mg/l이었다.

Table 1. Characteristics of used raw pig wastewater

Component	Average
BOD (mg/l)	636
COD <sub>cr</sub> (mg/l)	654
SS (mg/l)	75
T-N (mg/l)	844
T-P (mg/l)	127

### 3. 목편칩 충전

본 연구에서 정화용 여재는 침엽수종 소나무를 사용하였다. 여재의 입경을 작게 할수록 비표면적이 증가하고 이에 비례하여 여과기 내에 보존 할 수 있는 미생물 막의 양이 증가하여 그만큼 처리효율을 높일 수 있다.

그러나 작으면 여과기의 막힘 현상 (clogging) 이 발생하여 처리효율의 저하를 초래할 수 있기 때문에 본 연구에 사용된 목편칩의 평균크기는 가로 5.5 cm, 세로 4.5 cm, 두께 0.6 cm이며, 형태는 평행사변형이며 불규칙한 크기로 가공하여, 목편 표면의 거기를 크게 하여 미생물의 부착·성장을 원활하게 하였다.

### 4. 목편 살수여상조의 목편담체 채취방법

제1 목편 살수여상조와 제2 목편 살수여상조를 3등분하여 외벽에 시료 채취구를 만들었다. 시료채취구에서 목편담체를 채취할 장비는 수평유압식 지게와 채취장비를 이용하였다. 제1, 제2 목편 살수여상조의 상단부는 목편담체를 약 30 cm를 걷어내고 채취하였으며, 중단 및 하단부는 채취공을 이용하여 채취하였다.



Fig. 2. Wood chip of using trickling filter system.

5. 목편담체의 물성특성 시험항목 및 방법

1) 밀도

밀도 측정은 한국표준협회 (KS F 2202-99) 방법으로 하였다.

\* 밀도 = 시험체의 질량 (g) / 질량을 측정할 때의 공시체 부피 (cm<sup>3</sup>)

2) 세공용적 및 비표면적

시험방법은 고체 표면에서 기체의 물리적 흡착을 volumetric method에 의해 측정하였다. Degassing에 의해 전처리한 시료에 액체질소 온도하에서 고순도 질소를 물리적으로 흡착시켜 압력변화로 부터 흡착량을 구하였다. 포화증기압에 대한 상대압력에 따른 흡착량의 변화로 부터 흡착등온선을 구하여 세공크기 분포를 유추하고, 흡착량으로 부터 세공용적을 계산하였다. 또한 BET식을 이용하여 단분자층 흡착량과 고체의 비표면적을 구하였다. 시험기기는 ASAP2405 (Micromeritics, USA)를 이용하였다.

3) S.E.M 측정

주사형전자현미경 (STEREOSCAN 440, LEICA, U.K)을 이용하였으며 시험방법은 시료의 단면을 Gold Coating한 후 진공상태 (4.5×10<sup>-6</sup> Torr)에서 측정하였다.

4) 함수율

함수율 측정(KS F 2202-99)은 절건 상태의 질량은 시험편을 환기가 좋은 건조기 (0~150 ℃, 신강정밀)속에서 100~105℃로 건조하고, 함량에 도달했을 때의 질량으로 표시하였다.

\* 함수율 (%) = (W<sub>1</sub> - W<sub>2</sub>) × 100 / W<sub>2</sub>

W<sub>1</sub> : 건조 전의 질량 (g),

W<sub>2</sub> : 절건 상태의 질량 (g)

6. 목편 부착 미생물 조사 및 분석

목편 생물막 조사를 위한 시료 채취는 목편담체에 부착된 부착미생물의 건조밀도, 단위면적당 부착량, 생물막 두께, 부착미생물의 형상, 함수율을 측정하기 위해 2회에 걸쳐 현장 시료채취를 실시하였다. 목편담체에 부착미생물의 측정은 부착된 미생물의 완전한 탈리를 위하여 알카리 및 초음파 세정에 의한 방법 (Rajan et al, 1990)을 사용하였다.

가) 담체를 5개를 1조하여 3조를 준비한다.

나) 담체를 50 mL Test tube에 담은 후 0.125 NaOH 30 mL를 주입하고 1시간동안 초음파 세정과 가수분해를 병행한다.

다) 초음파 세정 후 세정액은 따로 모으고 다시 증류수를 30 mL 주입하여 30분간 초음파 세정을 2회 한다.

라) 가수분해 세정액과 증류수세정액을 모아 TS를 측정한다.

마) 세정이 완료된 담체는 습윤무게를 측정한다.

바) 담체를 60℃에서 48시간 건조하고 건조무게를 측정한다.

1) 부착미생물의 건조밀도

건조밀도 계산은 박 (2000)의 방법으로 하였다.

- 부착미생물 건조무게 (g) / 생물막두께 (μm)  
\* 담체표면적 (m<sup>2</sup>)

2) 부착미생물의 함수율 계산

- (부착미생물 건조전 미생물량 (g) - 부착미생물의 건조무게 (g)) \* 100 / 부착미생물 건조전 미생물량

3) 생물막 두께

생물막 두께는 박 (2000)의 방법으로 하였다. 여기서 젖은 생물막 밀도 (Θ)는 Park와 Ganzarczyk (1994)에 의해서 제시된 탈리된 미생물의 응집체의 밀도값 1.017 g/cm<sup>3</sup>을 적용하였다.

\* 생물막 두께 ( $\mu\text{m}$ ) :  $1/0$  \* 부착미생물 젖은 무게 (g) / 담체 표면적 ( $\text{m}^2$ )

**4) 담체 단위 면적당 부착미생물량**

\* 담체 단위 면적당 부착미생물량 ( $\text{mg}/\text{cm}^3$ ):  
 부착미생물 건조무게 (g) / 담체표면적( $\text{m}^2$ )  $\times$  1/10

**5) 부착미생물의 호기성균과 혐기성균 균수 측정**

시험방법은 표준평판법으로 하였으며 표준평판균수는 검체중에 존재하는 균수를 표준한천배지내에서 발육할 수 있는 중온세균의 수를 말한다. 이 방법은 보통 검체와 표준한천배지를 패트리접시중에 혼합 응고시켜 배양 후 발생한 세균의 집락수로 부터 검체중의 총균수를 산출하는 방법이다. 부착미생물의 호기성균은 표준평판법에 의한 세균수 측정방법으로 표준한천배지를 사용했다. 부착미생물의 혐기성균은 *Brewers Anaerobic Agar* 를 사용해 *Anaerobic System*으로 시험하였다.

**7. 수질 분석**

각 항목의 분석방법은 폐기물 공정시험법에 따라 분석하였다 (환경부, 2000). pH는 ORION model 420A를 사용하여 이온전극법 (Ionic electronic method)를 사용하여 측정하였다. 또한, T-N (Total Nitrogen)은 spectrophotometric method, T-P (Total Phosphates)는 Ascorbic acid method로 분석하였다. 이온성 원소 ( $\text{NO}_3^-$ : Nitrate Nitrogen,  $\text{PO}_4^-$ : Orthophosphates,  $\text{NH}_4^+$ : ammoniac Nitrogen 분석에는 IC (Dionex model:DX-120)를 사용하였으며, Standard method 4110으로 분석하였다.

**결과 및 고찰**

**1. 목편담체의 물성특성**

목편칩 담체의 물성특성은 표 2와 같이 나타났다. 목편의 압축 강도는 섬유방향으로 기건 상태에서  $34.8 \text{ N}/\text{mm}^2$ 이었고, 비표면적은  $0.4123 \text{ m}^2/\text{g}$ , 세공용적은  $0.0947 \text{ cm}^3/\text{g}$  이었다. 기존 살수여상 오수처리공법에 사용되는 여재인 쇠석이나 프라스틱은 유기물 분해를 위한 미생물 부착이 용이하지 않고 막힘으로 인하여 오수 이동시 편향류가 발생하며 제거능을 발휘하지 못하는 경향이였다. 또한, 쇠석 등 기존 살수여상 여재는 비표면적이 적어 고농도의 미생물 농도를 유지할 수 없으며, 보온성이 낮아 사계절 안정적인 처리가 어렵다. 그러나 침엽수의 일종으로 소나무 (pine)를 목편칩을 담체로 사용한 살수여상 오수처리 장치는 기존에 사용되던 media에 비하여 생물막이 부착할 수 있는 많은 표면을 제공하며 거칠기가 커서 미생물이 다른 담체 (media) 보다도 쉽게 생물막 (biofilm)을 형성할 수 있을 것으로 생각된다.

Table 2. Physical characteristics of wood chip media

Items	Unit	Measurement
Density	$\text{g}/\text{cm}^3$	0.49
Moisture content	%	33.8
Specific surface area	$\text{m}^2/\text{g}$	0.4123

목편칩 살수여상조에 수분함량이 증가하거나 감소할 경우 부후균의 생육환경은 악화되며, 목편의 부후는 일어나지 않는다고 한다 (Powell et al., 2000).

목편칩 가도관을 횡단면에서 관찰하여 보면 그림 3의 전자현미경 SEM 사진과 같이 목편칩 여재의 표면표면이 거칠고 4각형, 5각형, 6각형, 다각형 및 원형 등의 소공극들을 많이 가지고 있는 것을 볼 수 있으며, 이것들은 모양이 일정하지 않을 뿐만 아니라, 방사방향으로 규칙적인 배열을 이루고 있다. 또한, 소공극의 크기는 가로  $150\sim 650 \mu\text{m}$ , 세로  $75\sim 200 \mu\text{m}$ 로서 다양한 크기의 소공극이 있

어 오수 정화시 미생물의 서식장소와 살수여상장치에서 오수의 점적 이동 통로가 된다. 따라서 목편칩 여재는 인공 여재와 상이한 천연 여재가 갖고 있는 장점이다. 이러한 장점 때문에 여재는 목편칩 표면뿐만 아니라 여재 내부까지 오염물의 정화기능을 갖고 있다. 오·폐수를 정화시키기 위한 필요조건은 미생물의 번식 및 활성화이다. 따라서 목편칩에 부착하여 성장하는 미생물의 대사작용과 목편칩의 생흡착(biosorption)작용 등에 의해 유기물과 질소·인 등의 유기성 오염물질의 처리가 우수할 것으로 판단된다.

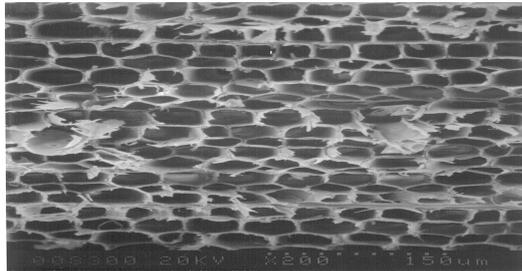


Fig. 3. SEM-photograph of woodchip surface.

2. 목편담체의 부착미생물량

목편담체의 부착미생물의 측정결과는 표 3과 같다. 목편칩 담체의 부착미생물량 측정결과 단위면적당 부착미생물량은 2.75~5.83 mg/cm<sup>3</sup>의 분포를 보였고, 제1 목편칩 살수여상조는 평균 4.01 mg/cm<sup>3</sup>, 제2 목편칩 살수여상조는 평균 5.05 mg/cm<sup>3</sup>로 제2 목편살수여상조에서 많았다. 살수여상 반응기안의 부착된 전체 미생물량은 생물막 공정을 운전하는데 중요한 인자가 되며 이를 위해서 생물막 특성 조사는 생물막 공정을 이해하고 활용하는데 핵심이 된다(Lazarova et al., 1994).

부착미생물의 건조밀도는 제1 목편 살수여상조에서 평균 0.275 g/cm<sup>3</sup>, 제2 목편 살수여상조 평균 0.245 g/cm<sup>3</sup>이었다. 살수여상의 생물막은 환경요인에 의하여 주기적 또는 연속적으로 탈리(slough off)된다. 탈리의 주요원

Table 3. The attached microbial biomass of wood chip media (mg/cm<sup>3</sup>)

Treatment stages	Sample position	1st Measurement	2nd Measurement
1st wood chip filter	upper	5.65	3.33
	middle	4.48	4.35
	under	3.50	2.75
	mean	4.54	3.48
2nd wood chip filter	upper	5.38	5.54
	middle	4.45	5.83
	under	4.18	4.91
	mean	4.67	5.43

인으로 생물막 하부의 혐기성 상태 때문이라고 알려져 있지만, 실제로는 높은 수리학적 부하에 의한 생물막에 대한 폐수의 진단속도, 유기물 부하량에 따른 생물막내에서의 대사속도, 여재의 종류, 유기물질의 종류, 존재하는 영양소의 양, 폐수와 대기온도 및 유기물 또는 수리학적 부하량이 급격히 변하는 충격부하 상태 등이다(Särner, 1980). 주기적이고 연속적인 탈리 현상은 미생물막의 재생을 촉진시키는 장점이 있다. 또한, 급격한

Table 4. The dry density of attached microbial slime in wood chip media (g/cm<sup>3</sup>)

Treatment stages	Sample position	1st Measurement	2nd Measurement
1st wood chip filter	upper	0.39	0.22
	middle	0.21	0.28
	under	0.30	0.24
	mean	0.30	0.25
2nd wood chip filter	upper	0.13	0.22
	middle	0.22	0.30
	under	0.38	0.24
	mean	0.24	0.25

탈리 현상은 살수여상의 2차 침전지에 순간적인 고형물 과부하를 유발하여 유출수의 수질을 악화시키고, 침전지의 운전을 어렵게 하는 단점도 있다 (Hawkes, 1960).

목편담체 부착미생물의 함수율은 제1 목편 살수여상조 평균 74.0%, 제2 목편 살수여상조 평균 75.4%이었다. 생물막은 주로 물로 구성되어 있고, 보고된 바에 따르면 87~99%의 범위 내에 있는 것으로 (Kornegay and Andrews, 1967; Characklis et al., 1981) 보고되었으나 본 목편침의 부착미생물의 함수율은 다소 낮았다.

Table 5. The moisture content in attached microbes slime of wood chip media (%)

Treatment stages	Sample position	1st Measurement	2nd Measurement
1st wood chip filter	upper	61.7	78.2
	middle	79.2	72.7
	under	74.2	78.2
	mean	71.7	76.4
2nd wood chip filter	upper	87.1	77.9
	middle	78.4	70.1
	under	62.6	76.2
	mean	76.0	74.7

### 3. 생물막 두께

목편담체에 부착된 미생물의 생물막 두께는 0.88~4.11  $\mu\text{m}$ 의 분포를 이루고, 제1 목편 살수여상조 평균 0.51~1.62  $\mu\text{m}$ , 제2 목편 살수여상조 평균 2.29~2.88  $\mu\text{m}$ 로 제2 살수여상조의 미생물막 두께가 높았다. 생물막에 의한 오수처리는 오수가 생물막 표면을 통과하면서 용존 유기물은 막내로 확산되어 미생물에 의해 대사되며, 콜로이드상 유기물은 막표면에 흡착된 후 체외효소 (extracellular enzyme)

에 의해 용해되어 이용된다. 막표면 근처의 미생물들은 유기물 농도가 높기 때문에 빠른 성장을 보이나 표면 아래쪽은 유기물이 부족한 상태이다. 용존산소 역시 막내부로 확산되어 호기성 대사에 이용되는 데 생물막이 두꺼워지면 표면에서 산소가 소모되므로 혐기성층은 표면의 호기성층과 여재 표면사이에 생기게 된다 (Revsbech et al., 1989).

생물막이 어느 정도 두꺼워져 유기물이 막내부까지 들어가지 못하면 여재 표면에서 가까운 곳에서 미생물들이 내생호흡 (endogenous respiration)을 하게 되므로 여재 표면의 부착력을 상실하게 된다. 이때 오수가 생물막을 통과하여 매질로 부터 생물막의 탈리 (slough off)가 일어나고 표면에는 즉시 새로운 생물막이 형성된다.

생물막 두께와 밀도에 영향을 주는 다른 요소로는 생물막 내의 미생물 중, 유체 전단 응력과 기질의 흐름 등을 들 수 있다. 사용되는 균집에서 특정 미생물 중의 선택적 부착과 성장은 미생물 밀도에 영향을 줄 수 있다 (Characklis et al., 1981).

Table 6. The thickness of attached microbial slime in wood chip media ( $\mu\text{m}$ )

Treatment stages	Sample positions	1st Measurement	2nd Measurement
1st wood chip filter	upper	0.88	1.54
	middle	2.85	1.69
	under	1.13	1.30
	mean	1.62	1.51
2nd wood chip filter	upper	4.11	2.49
	middle	2.46	2.15
	under	2.06	2.23
	mean	2.88	2.29

Table 7. Total counts of attached microbes in wood chip media (CFU/ml)

Treatment stages	Sample position	Aerorobes	Anerorobes
1st wood chip filter	upper	$5.6 \times 10^8$	$2.5 \times 10^7$
	middle	$2.0 \times 10^6$	$4.1 \times 10^5$
	under	$1.2 \times 10^7$	$4.7 \times 10^4$
	mean	$1.9 \times 10^8$	$8.5 \times 10^6$
2nd wood chip filter	upper	$7.0 \times 10^7$	$1.0 \times 10^6$
	middle	$1.4 \times 10^6$	$1.9 \times 10^5$
	under	$7.4 \times 10^6$	$3.9 \times 10^5$
	mean	$2.6 \times 10^7$	$5.3 \times 10^5$

4. 목편담체의 부착미생물 균수

부착미생물의 호기성균과 혐기성균의 균수 시험 결과는 표 7과 같다.

부착미생물의 균수 측정에서 호기성균은 제1 목편 살수여상조에서 평균  $1.9 \times 10^8$  CFU/ml, 제2 목편 살수여상조에서 평균  $2.6 \times 10^7$  CFU/ml, 혐기성균은 제1 목편 살수여상조 평균  $8.6 \times 10^6$  CFU/ml, 제2 목편 살수여상조 평균  $5.3 \times 10^5$  CFU/ml로 호기성 미생물균의 균수가 혐기성균 보다 많았다.

생물학적 처리시스템에 항균과 흡착작용을 갖는 목편칩 여재를 충전시켜서 사용할 경우 폐수처리과정에서 유용한 부유성 미생물, 토양 미생물과 같은 토착성 미생물 및 부착성 미생물들이 함께 다량으로 어울려서 증식할 수 있는 체계를 구축시켜 줌으로서 폐수처리 효율을 극대화시킬 수 있다.

5. 처리효율

목편살수여상에 의한 저농도 축산뇨수의 처리 가능성을 검토하기 위하여 투입 돈분슬러리 원수와 처리 여과수의 정화효율을 조사하였다. 목편살수여상 처리에 따른 수질의 이화학적 특성은 표 8와 같다. BOD 함량은 원수 636.1에서 처리 후 161.6 mg/ℓ로 낮아졌다. 최종 살수여상 여과수의 BOD<sub>5</sub>는 원수에서 비교하여 74.5% 제거되었다. 목편살수여상시설의 오염물질 제거는 거의 모든 수질 항목에 정화효과가 있었으나 특히 BOD의 처리효율이 높았다. 목편살수여상시설의 BOD의 제거효율이 높은 것은 슬러리에 함유된 BOD 성분이 여과되지 않고 여과상에 잔존되어 분해소멸 처리되었기 때문인 것으로 생각된다. 살수여상 1차 처리에서 COD<sub>Cr</sub>의 함량

Table 8. The average efficiency of animal wastewater

Items	Description			Efficiency (%)
	raw waste water	1st TF	2nd TF	
BOD (mg/ℓ)	636.1	351.2	161.6	74.5
COD <sub>Cr</sub> (mg/ℓ)	654.4	637.3	317.3	51.5
SS (mg/ℓ)	85.9	211.5	69.3	19.3
NO <sub>3</sub> -N (mg/ℓ)	0.1	5.4	10.5	—
NH <sub>4</sub> -N (mg/ℓ)	630.4	295.5	176.3	—
T-N (mg/ℓ)	844.4	439.3	325.5	61.4
T-P (mg/ℓ)	127.7	71.3	55.9	56.2
pH	6.91	8.51	8.49	

이 654.4 mg/ℓ에서 674.4으로 COD 함량이 높아졌는데 목편에 포함된 COD 성분이 1차 살수여상조에서 일시적으로 유출된 것으로 사료되며, 살수여상 2차 처리 후 317.3으로 낮아졌다. CODcr 제거효율은 51.5%로서 BOD<sub>5</sub> 보다 다소 낮았다.

T-N 함량은 처리전 844 mg/ℓ에서 살수여상 처리 후 325.5 mg/ℓ로 낮아졌다. T-P 함량은 처리전 127.7 mg/ℓ에서 살수여상 처리 후 55.9로 낮아졌다. 질소, 인의 제거효율은 각각 61.4%, 56.2%를 나타내었다.

원수(UF 처리수)의 부유물질(Suspended Solid) 농도는 86 mg/ℓ로 매우 낮았으나 1차 살수여상 처리수의 부유물질 농도는 처리 후 211.5 mg/ℓ로 높아졌으나, 2차 살수여상 처리조에서 69.3으로 낮아져 살수여상시설의 부유물질(SS)의 제거효과는 19.3%를 나타내어 처리효율은 높지 않았다.

## 적 요

본 연구는 pilot 목편칩 살수여상 공정을 운전하면서 저농도 축산뇨오수 처리시에 오수 처리 특성과 부착 미생물의 특성에 관하여 연구하였다. 목편 살수여상 처리 효율과 목편담체의 부착미생물을 분석한 결과는 다음과 같다.

1. 목편담체는 표면구조가 거칠고 여러 형태의 공극을 볼 수 있었고, 목편압축강도는 섬유방향으로 기전상태에서 34.8 N/mm<sup>2</sup> 이었고, 비표면적은 0.4123 m<sup>2</sup>/g, 세공용적은 0.0947 cm<sup>3</sup>/g 이었다.

2. 목편담체의 단위면적당 부착미생물량은 1.67~5.43 mg/cm<sup>3</sup>의 분포를 보였고, 제1 목편 살수여상조에서 평균 4.01 mg/cm<sup>3</sup>, 제2 목편 살수여상조에서 평균 5.05 mg/cm<sup>3</sup>로 조사되었다. 부착미생물의 건조밀도는 제1 목편 살수여상조에서 평균 0.275 g/cm<sup>3</sup>, 제2 목편 살수여상조에서 평균 0.245 g/cm<sup>3</sup>이었다. 목편담체

에 부착된 미생물의 생물막 두께는 0.88~4.11 μm의 분포를 이루고, 제1 목편 살수여상조 평균 157 μm, 제2 목편 살수여상조 평균 2.59 μm의 결과를 얻었다.

3. 부착미생물의 균수 측정에서 호기성균은 제1 목편 살수여상조에서 평균 1.9 × 10<sup>8</sup> CFU/ml, 제2 목편 살수여상조에서 평균 2.6 × 10<sup>7</sup> CFU/ml ddjT이며, 혐기성균은 제1 목편 살수여상조에서 평균 8.5 × 10<sup>6</sup> CFU/ml, 제2 목편 살수여상조에서 평균 5.3 × 10<sup>5</sup> CFU/ml로 조사되었다.

4. 살수여상 여과수의 BOD<sub>5</sub>는 원수에서 비교하여 74.5% 제거되었으며 CODcr 제거효율은 51.5%로서 BOD<sub>5</sub> 보다 다소 낮았다. T-N 함량은 처리전 844 mg/ℓ에서 살수여상 처리 후 325.5 mg/ℓ로 낮아졌다. T-P 함량은 처리전 127.7 mg/ℓ에서 살수여상 처리 후 55.9로 낮아졌다. 질소, 인의 제거효율도 각각 61.4%, 56.2%를 나타내었다.

## 인 용 문 헌

1. 김동진, 유익근, 안대회. 2009. 살수여상에서의 질소, 인 제거 미생물 분포 및 질산화 활성 조사. 한국환경과학회지. 18(6): 691-698.
2. 박종웅, 송주석. 2000. 호기성 침지형 생물막 여과장치를 이용한 오수처리. 한국물환경학회지. 16(4):523-532.
3. 환경부. 2000. 폐기물공정시험법.
4. 한국표준협회. KS F 2202, 2206.
5. Characklis, W. G.; M. J. Nimmons; and B. F. Picologl. 1981. J. Heat Transfer Eng., 3, 23.
6. Hawkes, H. 1960. Ecology of Activated Sludge and Bacterial Beds. Waste Treatment (Ed. Tsaac), Pergamon Press.
7. Lazarova, V. and J. Manem. 1994. Advances in biofilm aerobic reactors ensuring

- effective biofilm controls.", *Water Sci. Technol.* 29(10-11):345-354.
8. Kornegay, B. H. and J. F. Andrews. 1967. Characteristics and Kinetics of Fixed-Film Biological Reactors. Final Report, Grant Wp-01181, Federal Water Pollution Control Administration, U.S. GPO, Washington.
9. Park, J. W. and Ganczarczyk, J. J. 1994. Gravity separation of biomass washed-out from an aerated submerged filter. *Environmental Technology*, Vol. 15, pp. 945-955.
10. Powell. M. A.; J. F. Webber; and R. A. Eaton. 2000. Changes in moisture, soluble carbohydrate, and bacterial numbers during water storage of pine. *Forest Products Journal.* 50(3):74-80.
11. Rajan R. V., Jih-Gaw Lin, Bill T. Ray. 1989. Low-Level chemical pretreatment for enhanced sludge solubilization. *Research Journal WPCF.* Vol. 61, 1678-1683.
12. Revsbech, N. P., et al. 1989. Denitrification in a trickling filter biofilm studied by a microsensor for oxygen and nitrous oxide. *Water. Res.* 23(7):867-871.
13. Särner, E. 1980. Plastic Packed Trickling Filters. *Ann Arbor Sci. Michigan.*