

간접포기식 침지여상의 장류 폐수처리특성에 관한 연구

권영호·원찬희·신승원*
서남대학교 환경공학과·전북대학교 환경공학과
(1998년 2월 17일 접수)

A Study on the Characteristics of the Soysauce Wastewater Treatment in Aerobic Submerged Biofilter

Young-Ho Kwon, Chan-Hee Won*, and Seung-Won Shin*

*Dept. of Environ. Eng. Chunbuk National University

Dept. of Environ. Eng. Seonam University

(Manuscript received 17 February 1998)

The Soysauce wastewater removal characteristics of submerged biofilters filled with two filter media respectively were experimentally examined with constant temperature, pH value and variable BOD loading and recirculation ratio.

The decreasing order of BOD removal is Netring(random plastic media), cubic wire meshes(plastic module).

This is mainly due to the media characteristics such as void ratio, specific surface area and media shapes. The BOD removal ratio decreases with increasing BOD₅ volumetric loading rate, and the loading rate for the BOD removal over 85% is lower than 1.5kgBOD₅/m³d for the plastic media of Netring and cubic wire meshes. The BOD₅ removal rate increases with the recirculation ratio, but the rate of increase become smaller as the recirculation ratio increases over 20.

When BOD₅ volumetric loading is 1.5kgBOD₅/m³d, the required recirculation ratio to obtain 85% BOD₅ removal is about 20 for Netring and it was about 30 for cubic wire meshes.

Key words : soysauce, biofilter, recirculation ratio, Netring

1. 서론

일반적으로 장류와 같은 유기성 폐수처리를 위한 생물학적인 처리공법은 크게 Floc상의 현탁미생물을 이용하는 공법과 고정 미생물막을 이용하는 공법으로 크게 나눌 수 있다. Floc상의 현탁미생물을 이용하는 대표적인 방법은 활성슬러지법이나 수은, pH 및 유기물의 부하변동에 약하고 고액분리에서의 bulking 문제 등의 이유로 처리효율 향상에 많은 어려움이 있으며 동력소비가 크다는 등의 단점이 있다. 침지여상법은 반응조 水面下에 Media를 설치하여 Media 표면 및 공극에 미생물막이나 Floc이 형성 되도록 한 후, 여기에 폐수를 접촉시켜 처리하는 방법으로 다음과 같은 일반적인 장점을 갖고 있다. 첫째, 반응조내의 미생물농도를 높일 수 있으며, 용적부하율을 크게하여 운전할 수 있어서 반응조 용적을 줄일 수 있고, F/M비를 낮게 운영할 수 있어서 자산회율을 크게 하여 잉여슬러지 발생량을 줄일 수 있을 뿐 아니라 슬러지가 상당히 농축되어 고액분리가 용이하다. 둘째는 수온, pH, 유기물 등의 부하변동에 강하다. 셋째와 元은 잔자갈을 충전한 간접포기식 침지여상

에 대한 하수처리특성, 양과 권은 Media의 유형별 침지여상의 하수처리 특성을 연구하였고, 또한 梁동은 잔자갈을 충전한 침지여상법의 반응기 특성, 주정폐수 처리 특성을 연구한 바 있다.

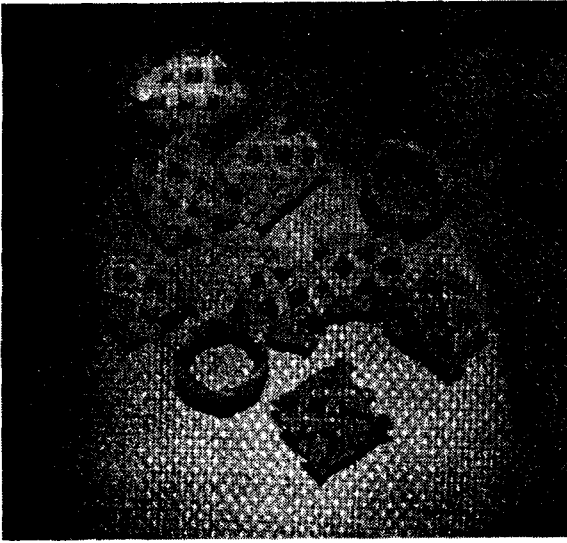
본 연구에서는 경제적인 문제가 제기되는 순산소 공급방식을 배제한 공기에 의한 간접포기식 방식을 도입하고, Media로는 적당한 표면적 및 공극율을 가지고 있어 수류의 흐름이 균등할 수 있으며, 미생물의 부착성이 양호한 것으로 생각되는 Media 2종류(A : Net-ring, B : 입체망)를 채택하는 침지여상을 대상으로 실험하였다.

실험은 수처리 효율에 영향을 미치는 Media 종류, 순환비, 기질부하 등을 변화시키면서 실시 하였으며, 수처리 효율을 지배하는 인과 관계를 규명하고 설계 및 운전 에 필요한 기초자료를 얻고자 하였다.

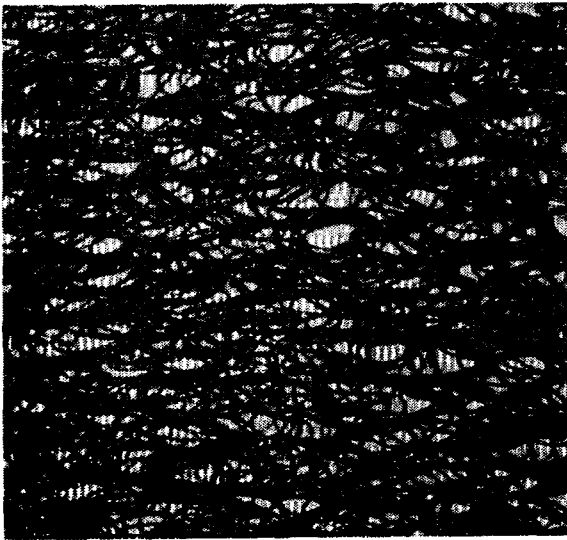
2. 본 연구의 목적 및 범위

2.1 본 연구의 특징

본 연구에서는 경제적인 문제가 제기되는 순산소 공급방식을 배제한 공기에 의한 간접포기식 방식을 도입



(a) Netring(A) 형상



(b) 입체망(B) 형상

Photo 1. Media A, B.

하고, Media로는 적당한 표면적 및 공급율을 가지고 있어 수류의 흐름이 균등할 수 있으며 미생물의 부착성이 양호한 것으로 생각되는 Media 2종류(A : Netring, B : 입체망)를 채택하여, 장류 폐수를 처리할 때 순환비, 기질부하 등을 변화시킬때의 수처리 효과가 Media 종류(특성)에 따라 어떻게 나타나는가를 규명하고 설계 및 운전전에 필요한 기초자료를 얻고자 하였다.

2.2 간접포기 강제순환방식의 채택과 기대되는 기능(효과)

본 연구에서는 그림 1에서 보는바와 같이 Aeration

Tank에서 간접포기된 물 Q_r 와 장류 폐수 Q 를 침지여상 저면으로부터 상향류로 유입시킨 다음, 여상 상부에서 처리수 Q 를 방류하고 Q_r 를 Aeration Tank에 유입시켜 재포기 되도록 하는 간접포기강제순환식을 채택하였다. 이 방식에 의하여 다음과 같은 기능이 기대된다.

- ① BOD부하에 상응하는 산소량의 공급
- ② 기질, 생물막, 산소의 원활한 접촉과 효과적인 생물화학적 반응처리
- ③ 생물막에 대한 수류의 전단작용에 의한 적절한 생물막 두께의 유지와 정상적인 연속운전

2.3 처리효과를 지배하는 인자와 연구항목

위에서 말한 세가지의 기대되는 처리효과를 지배하는 인자들로서는 다음과 같은 것들이 있다고 생각된다.

1) 이 System에 공급되는 산소량은 Aeration Tank에서의 포기능력(Oxygenation Capacity)과 순환비의 함수이며, 포기능력과 순환비가 클수록 공급되는 산소량은 클 것이다.

2) 침지여상내에서의 원활한 접촉과 생물화학적 BOD제거 반응은 산소, 미생물, 기질의 상대적인 량과 접촉의 빈도 등에 주로 좌우되며, 이것들은 BOD 부하율, 포기능력과 순환비, Media의 형상과 수류상황 등의 함수일 것이다.

3) 적절한 생물막 두께와 정상적인 연속운전은 주로 순환비, Media 형상, BOD부하율의 함수로서 어떤 특정 Media에 대해서 그에 적합한 순환비와 BOD부하율을 채택하므로써 가능할 것이다.

이외에도 기본적으로 장류 폐수의 성분, pH, 수온 등이 처리효과를 지배하는 인자이나, 본 연구에서는 원폐수로서 표 3에 표시한 장류 폐수를 사용하고 pH=7.3, 수온=25℃를 유지하고 다음과 같은 항목에 대하여 처리효과에 미치는 영향을 실험하여 규명하였다.

- ① Media 중별(특성)과 처리효과, ② BOD용적부하와 처리효과, ③ 수리학적 체류시간과 처리효과, ④ 순환비와 처리효과

3. 실험

3.1 실험장치

실험장치는 그림 1에서 보는바와 같이 시료공급을 위한 Feeding tank 와 Feeding pump, 생물화학적 반응을 위한 침지여상, 산소공급을 위한 포기장치(Aeration Tank, diffuser, fans) 순환처리를 위한 순환 pump와 순환관, 침전 슬러지 hopper 및 처리수 유출 weir와 유출관들로 구성된다.

침지여상은 높이 100cm, 내경 7.5cm의 아크릴통으로 제작하여 여상 중간부분에 80cm의 높이로 Media를 충전하였다. 또 Media가 충전한 부분은 4단으로 분리될 수 있도록 여상분리 장치를 만들었으며, 여상 저부에는 침전 슬러지 hopper, 인출밸브 및 관을 설치 하였다.

이와같은 실험장치는 2개를 만들어 각 침지여상에 다음과 같은 상이한 2종의 Media를 각각 충전하여 사용하였다. 침지여상에 충전한 Media는 Netring(A형), 입체망(B형)의 두 종류를 채용 했으며 각 Media의 비표면적

간접포기식 침지여상의 장류 폐수처리특성에 관한 연구

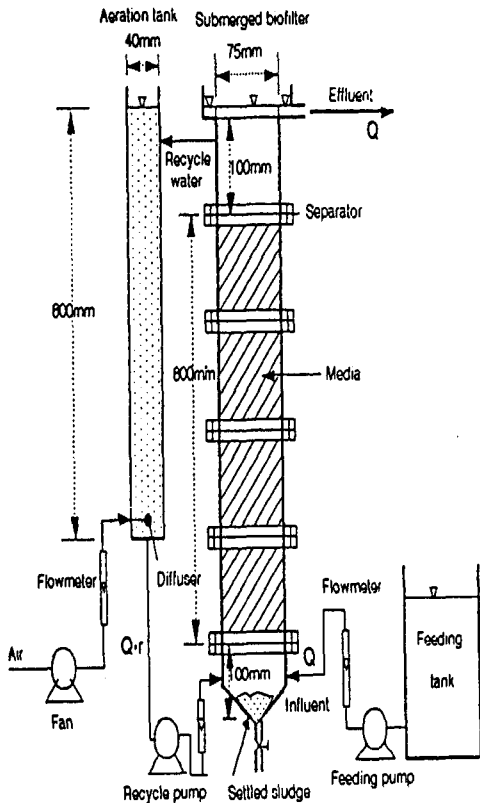


Fig. 1. Experimental Set up.

과 공급비는 표 1과 같고 그 형상은 사진 1과 같다.

Netring는 Polypropyrene제로서 길이 27mm, 직경 20mm의 원통이며 밀도는 0.894g/cm³이고, 입체망은 직경 3mm의 철사를 6mm의 간격으로 엮은 철망을 12mm 간격으로 조립한 것이다.

포기조는 투명 아크릴 판으로 높이 80cm, 내경 4.0cm의 원통으로 제작되었으며, 저부에 산기석을 설치하여 포기 시켰다. 포기조에서 포기된 물은 순환펌프

Table 1. Properties of media A, B

Media	Specific Surface Area (m ² /m ³)	Void ratio (m ³ /m ³)	Method filled
A	206	0.88	random
B	80	0.94	module

Table 2. Concentration of Soysauce Wastewater

ITEM	Concentration
BOD ₅ (mg/l)	320~440
COD _{Mn} (mg/l)	120~180
SS (mg/l)	150~230
T-N (mg/l)	8.4~10.6
T-P (mg/l)	7.2~8.2
pH	7.3~7.4
Temp. (°C)	25~27

(master flex pump(Model, No. 7567-50))에 의해 침지여상의 하부에 유입시켜 필요한 산소를 공급 시켰고, Feeding tank에 저장된 원폐수는 BOD부하율에 따라 정량펌프로 일정량을 주입 하였다.

또 포기조에 공급되는 공기량 및 침지여상에 유입되는 순환수량, 원폐수량을 측정키 위하여 flow meter를 설치하였다.

3.2 시 료

본 실험에 사용한 시료는 장류생산 공정에서 배출되는 폐수로 각 장류생산 공정에서 발생된 폐수를 집수조에 유입, 1차 처리인 화학 응집 침전 처리된 유출수로서 부유물질 농도가 150~230mg/l, BOD₅ 320~440mg/l를 타나내는 고농도 유기성 폐수이며 이 폐수의 수질은 표 2에 나타내었다.

3.3 수처리 실험

먼저 상이한 Media를 충전한 각 실험장치에 대한 원

Table 3. Operational Results of the Biofilter System for Various BOD Loadings with Recirculation Ratio of 20

Media	F/M ratio kg·BOD ₅ /kg·MLVSS·d	BOD loading kg·BOD ₅ /m ³ ·d	BOD(mg/l)			DO (mg/l)		Biomass (ng/l)	Sludge Sloughed off (mg/d)	0.384kg·BOD/kg·MLVSS·d일때 평균 Biomass (kg/m ³)
			Inf.	Eff.	Removal rate	Inf.	Eff.			
A	0.06	0.5	320	30	90.6	8.3	1.1	7,450	312.9	7.568
	0.12	1.0	400	48	88.0	8.4	1.3	7,504	710.0	
	0.18	1.5	440	66	85.0	7.9	1.9	7,588	1,121.5	
	0.24	2.0	360	70	80.6	7.7	2.4	7,620	1,523.2	
	0.30	2.5	400	96	76.0	8.0	2.8	7,680	1,907.7	
B	0.07	0.5	320	33	89.7	8.3	1.2	7,124	332.5	7.248
	0.15	1.0	400	53	86.8	8.6	1.6	7,204	755.7	
	0.24	1.5	440	70	84.1	8.0	2.2	7,248	1,154.7	
	0.29	2.0	360	76	78.9	7.7	2.5	7,311	1,566.0	
	0.36	2.5	400	101	74.8	7.6	2.9	7,354	1,964.9	

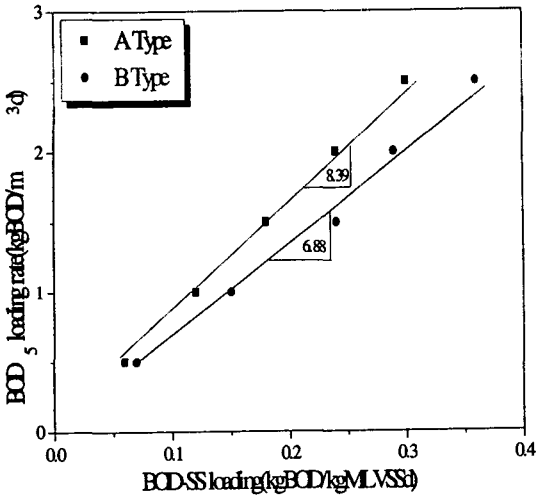


Fig. 2. BOD₅ volume loading versus BOD₅-SS loading.

폐수 주입량(BOD 부하량, F/M비)을 일정하게 하고 순환비를 일정하게 하여 운전하면서 5~8일 경과 후 침지 여상이 정상상태(유출수 BOD 및 SS가 일정)가 되면, 원폐수의 BOD₅, 순환수와 원폐수가 혼합된 여상 유입수의 용존산소 농도, 유출수의 pH, 수온, SS, BOD₅ 및 침지여상내 Biomass량을 측정한다. 순환비를 변화시켜 다시 정상상태가 되면 상기 항목을 다시 측정하였다. 처리중에 자연 탈리된 슬러지는 여상의 하단에 침전하게 되는데, 하단에 설치된 침전슬러지 인출관으로 인출하여 Biomass 탈리량(잉여슬러지 발생량)을 측정하였다.

같은 방법으로 BOD부하량을 변화시켜 실험을 반복하여 각 경우의 수처리효율과 정상적 운전의 가능성 여부를 실험하였다. 위의 실험에 있어 F/M비 결정 및 BOD₅, DO, 침지여상내 Biomass, 순환비의 측정방법은 다음과 같다.

- ① BOD : 원폐수와 여상 유출수의 BOD₅를 Standard Methods에 따라서 측정하였다.
- ② DO : 포기조 유출수와 여상 유출수를 대형 주사기(용량 120cc)로 채취하여 Standard Method의 DO측정법에 의하여 측정하였다.
- ③ 침지여상내 Biomass : 침지여상내 원폐수를 배제하여 배수중의 Biomass를 측정하고, 또한 꺼내어 씻어서 측정한 Biomass와 앞서 측정한 배수중의 Biomass를 측정하여, 침지여상내 Biomass 농도를 산출하였다.
- ④ 순환비 : feeding pump flow meter 와 순환 pump flow meter에 의하여 소정의 순환비가 되도록 조정했다.

4. 실험결과 및 고찰

Media를 충전한 간접포기식 침지여상에 의한 장류폐수처리 실험에서 처리효율 및 잉여슬러지 발생량 등에 영향을 미치는 부하율(BOD₅ 용적부하), 순환비(Qr/Q)

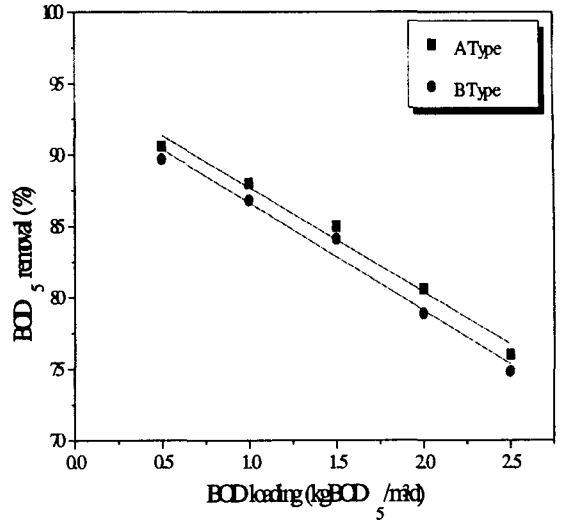


Fig. 3. BOD₅ loading versus BOD₅ Removal rate.

와 BOD₅ 제거율에 대해 살펴보면 다음과 같다.

4.1 BOD 용적부하에 따른 처리효율

순환비를 20으로 일정히 하고, BOD 용적부하를 0.5~2.5kgBOD₅/m³·d로 변화시켰을 때의 처리내역은 표 3과 같다.

표 3에서 BOD₅값은 다음과 같은 식으로 계산한 값이다.

$$\begin{aligned}
 & \text{kg} \cdot \text{BOD}_5 / \text{m}^3 \cdot \text{d} \text{ 값} \\
 & = (384 \text{mg BOD}_5 / \text{l}) (Q M^3 / \text{d}) \\
 & = (0.384 \text{kg} \cdot \text{BOD}_5 / \text{m}^3) (Q M^3 / \text{d}) \\
 & = 0.384 Q \cdot \text{kg} \cdot \text{BOD}_5 / \text{d} \tag{1}
 \end{aligned}$$

침지여상의 BOD부하율은 BOD-SS부하와 BOD용적부하의 두가지로 표시할 수 있을 것이다. BOD 제거가 생물학적 반응임을 감안하면, BOD 부하율을 BOD-SS부하로 표시함이 합리적이거나, 실제의 처리장에 있어 침지여상내 미생물량을 측정하는 것은 매우 어려우므로 일반적으로 BOD용적부하를 통용하고 있다. 저자들은 이와같은 방법이 합리적인가 검토하기 위하여 표 3에 표시된 실험치를 이용하여 BOD-SS부하와 BOD용적부하의 관계를 plot하여 그림 2을 얻었다. 그림에서 BOD-SS부하와 BOD용적부하는 매우 상관성이 높은 일정한 직선으로 표시되고 있다. 따라서 BOD용적부하는 BOD-SS부하와 마찬가지로 합리적인 부하 표시방법이라고 할 수 있다.

또 그림 2에서 Netring과 입체망에 대한 회귀는 직선으로 표시되는데 이는 각 Media의 형상특성에 의한 것으로 Netring과 입체망의 공극비가 각각 0.88과 0.94로 큰 것으로 생각되며, 일반적으로 공극비가 큰 Media의 BOD-SS부하(Ls)와 BOD용적부하(Lv)간에 다음 관계가 성립한다.

$$\begin{aligned}
 & L_s = k L_v \tag{2} \\
 & \text{윗 식에서 } L_s \text{를 } \text{kg} \cdot \text{BOD}_5 / \text{kg} \cdot \text{MLVSS} \cdot \text{d,}
 \end{aligned}$$

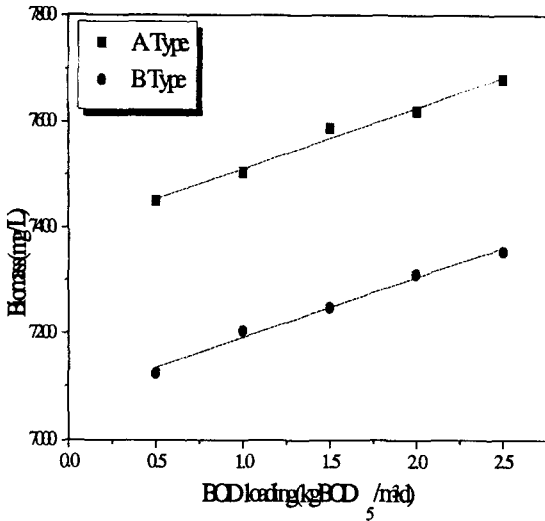


Fig. 4. BOD₅ volume loading versus Biomass concentration.

Lv를 $kg \cdot BOD_5/m^3 \cdot d$ 단위로 표시하면, k값은 Netring과 입체망의 경우 각각 8.39와 6.88이 되었다.

다음에 순환비를 20으로 고정하고 BOD 용적부하를 $0.5 \sim 2.5 kg \cdot BOD_5/m^3 \cdot d$ 로 변화시켰을 때, 각 Media에 대한 BOD 용적부하-BOD 제거율의 관계를 표 3의 실험치를 사용하여 plot하면 그림 3과 같다.

그림 3에서 알 수 있듯이 두가지 Media에 의한 BOD₅ 제거율은 용적부하 약 $1.5 kg \cdot BOD_5/m^3 \cdot d$ 에서 85% 이상을 얻을 수 있고 그 이상으로 부하율이 증가하면 제거율은 감소하였다. 용적부하율 $1.5 kg \cdot BOD_5/m^3 \cdot d$ 를 그림 2에 의하여 BOD-SS부하로 환산하면, Netring이나 입체망의 media에 대하여 약 $0.384 kg \cdot BOD_5/kg \cdot MLVSS \cdot d$ 가 되고, 일반적으로 표준활성슬러지법의 BOD-SS부하와 MLVSS농도는 각각 $0.2 \sim 0.4 kg \cdot BOD_5/kg \cdot MLVSS \cdot d$ 와 $1,500 \sim 3,000 mg/l$ 이다. BOD-SS부하와 MLVSS농도의 중간치를 대표치로 택하면 $0.3 kg \cdot BOD_5/kg \cdot MLVSS \cdot d \times 2.25 kg \cdot MLSS/m^3 = 0.675 kg \cdot BOD_5/m^3 \cdot d$ 의 처리능력이 있고, 한편 침지여상에서 BOD-SS부하 $0.384 kg \cdot BOD_5/kg \cdot MLVSS \cdot d$ (BOD 제거율 약 85%)일때의 BOD₅ 제거능력은 Netring : $0.384 kg \cdot BOD_5/kg \cdot MLVSS \cdot d \times 7.568 kg \cdot MLVSS/m^3 = 2.906 kg \cdot BOD_5/m^3 \cdot d$

입체망 : $0.384 kg \cdot BOD_5/kg \cdot MLVSS \cdot d \times 7.248 kg \cdot MLVSS/m^3 = 2.783 kg \cdot BOD_5/m^3 \cdot d$

가 된다. 따라서 표준활성슬러지법의 평균 BOD제거율은 85~90%로서 여기서 85%라 가정하면 $1 kg \cdot BOD_5/m^3 \cdot d$ 를 처리하는데 요하는 반응조 용적비는 다음과 같다.

표준활성슬러지법 : Netring : 입체망법 = (1/0.

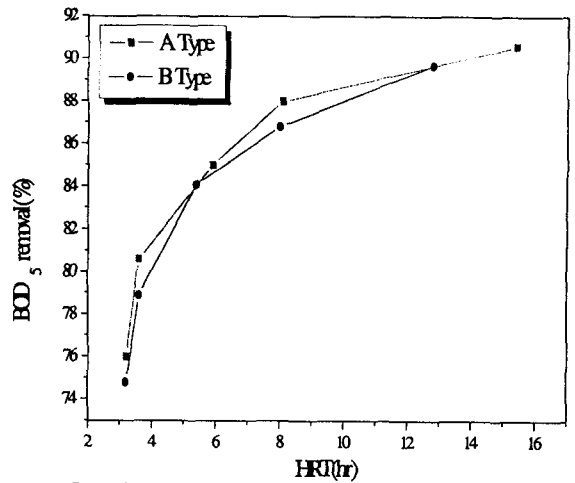


Fig. 5. HRT versus BOD₅ Removal Rate.

675) : (1/2.906) : (1/2.783) = $1.481 m^3 : 0.344 m^3 : 0.359 m^3$ 이며, 침지여상법이 훨씬 반응조 용적이 작음을 알 수 있다.

그림 3에서 전반적으로 BOD제거율은 Netring, 입체망의 순서이다. 이것은 표 3에 표시된 Biomass의 농도의 순서와 동일하다. 즉 같은 BOD용적부하라도 Biomass농도가 높은 Media의 침지여상에서의 BOD제거율이 높으며 이 결과는 이론적으로 보아 합당한 것이다.

그림 4에 BOD₅ 용적부하 변화에 따른 여상내 Biomass 농도와의 관계를 나타냈다.

그림에서 Netring가 입체망과 같이 공극비가 큰 plastic여재의 여상에서는 BOD 용적부하가 증가하면 여상내 Biomass농도도 증가하는 경향을 나타내고 있다.

4.2 수리학적 체류시간 변화에 따른 처리효율

수리학적 체류시간(T)는 침지여상의 유효용적(media를 충전한 용적 V)를 부하유량 Q로 나눈 값이다.

$$T = \frac{V}{Q} \quad (3)$$

침지여상법을 이용한 Media의 종류와 수리학적 체류시간(HRT)의 변화에 따른 BOD₅ 제거율은 그림 5과 같이 나타났다.

그림 5에서 보면 BOD₅ 제거율이 85%가 되는 체류시간(HRT)은 Netring이나 입체망의 경우는 약 5.9hr이다. 그리고 유기물의 제거는 많은 미생물이 침지여상내에 있을 때 더욱 빨리 진행된다.

한편, Media 종류에 따라 BOD₅제거율이 그림 4과 같은 경향을 나타내는 이유는 그림 4에 대하여 고찰한 내용과 동일한 Biomass의 구성(생물막과 부유생물 floc, Media의 비표면적과 공극율의 관계)으로 설명된다.

4.3 순환비 변화에 따른 수처리특성

처리수를 순환하는 이유는 반응조내에 산소공급 및 기질의 전달을 원활히 하여 처리율을 향상시키기 위한

Table 4. Operational Results of Biofilter System for Various Qr/Q

Recir. Ratio	Inf BOD ₅ (mg/ℓ)	BOD ₅ Conc.(mg/ℓ) and Removal Rate(%) in Eff				Effluent and SS _B (mg/ℓ)			
		A		B		A		B	
		mg/ℓ	%	mg/ℓ	%	Eff _{SS}	SS _B	Eff _{SS}	SS _B
10	420	87	79.3	91	78.3	1.0	84.8	1.4	90.1
20	440	66	85.0	70	84.1	1.4	96.2	1.8	102.4
30	430	55	87.2	58	86.5	2.0	101.4	2.6	104.4
40	420	48	88.6	52	87.6	3.8	103.2	4.8	106.1
50	450	45	90.0	48	89.3	7.2	103.4	8.3	106.5

SS_B = Sludge Solid conc. collected in the bottom of the Biofilter

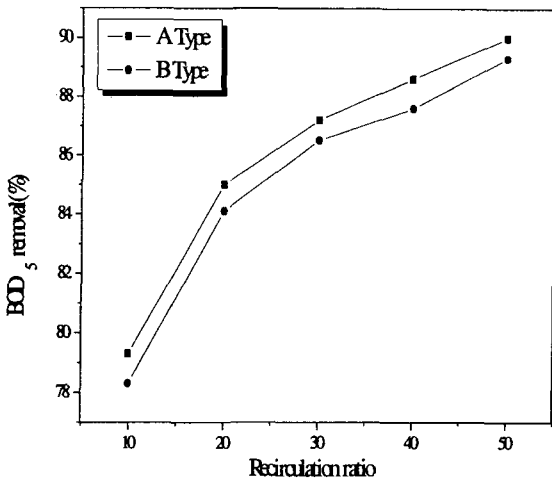


Fig. 6. Recirculation Rate versus BOD₅ Removal Rate.

것이라고 볼 수 있다. 본 연구에서는 수리학적 체류시간을 약 5.9hr이 되도록 한 뒤 순환비는 10, 20, 30, 40, 50으로 변화시키면서 실험을 수행하였으며 이때 유입수의 평균 BOD₅는 432mg/l 고 유량 Q는 1.28 × 10⁷ m³/s이며 BOD 용적부하는 1.5kg · BOD₅/m³ · d이었다. 이 실험을 수행한 결과는 표 4에 표시된 바와 같다. 표 4에서 침전슬러지 SS(mg/l)는 탈리된 슬러지량을 장류폐수 유량으로 나누었을 때 나타낸다.

표 4에서 전반적으로 순환비의 증가와 더불어 유출수의 SS와 침전슬러지량이 증가한다. 이것은 순환비증가와 더불어 여재표면에 부착한 생물막에 대한 전단력이 증가하기 때문이며, 전단된 슬러지는 일부 여재공극 중에서 부유하고 일부는 침강하여 여상하부의 슬러지 Hopper에 저류되며 나머지는 여상을 상승 유출한다.

표 4의 내용을 근거로 순환비와 BOD₅ 제거율의 관계를 도시하면 그림 6과 같다. 이 그림에서 다음과 같은 사실들을 알 수 있다.

일반적으로 동일 BOD 용적부하일 경우, 순환비가 증가할수록 BOD₅ 제거율도 증가한다. 이것은 순환비의 증가와 더불어 산소공급, 폐수와 생물슬러지와와의 접촉촉진 및 여재표면에 형성되는 막두께의 변화 등에 기인한 것이라고 생각할 수 있다. 순환비 증가에 따른 BOD₅ 제거율의 증가는 순환비 20이상에서는 상당히 작아진다.

5. 결 론

Plastic로 된 Netring(비표면적 206m²/m³, 공극비 0.88, random 충전), 입체망(비표면적 80m²/m³, 공극비 0.94, 규칙적 module)을 충전한 침지여상에 장류폐수의 1차 응집침전 유출수를 부하하여 수온 : 25℃, pH : 7.3의 조건 하에서 간접포기 순환방식으로 처리하는 실험을 실시한 결과는 다음과 같다.

1) 동일 BOD₅ 용적부하에 따른 BOD₅ 제거율은 공극비, 비표면적, 형상 등에 따라 여상내의 미생물농도에 좌우되며 제거율 순서는 Netring(비표면적 206m²/m³, 공극비 0.88), 입체망(비표면적 80 m²/m³, 공극비 0.94)의 순서이다.

2) BOD₅ 제거율 85% 이상을 얻기 위해서는 Netring이나 입체망의 plastic 여재의 경우, BOD₅ 용적부하는 1.5kgBOD₅/m³d이었다. 침지여상법의 반응조 용적은 표준활성슬러지법에 비하여 훨씬 작아진다.

3) 동일 BOD₅ 용적부하인 경우, 순환비가 증가하면 BOD₅ 제거율도 증가하는데 그 제거율 증가는 순환비 약 20이상에서는 작아진다. BOD₅ 부하율 1.5kg BOD₅/m³d인 경우 BOD₅ 제거율 85%를 얻기 위한 순환비는 Netring의 경우 약 20, 입체망의 경우 약 30이었다.

감사의 글

이 논문은 전북대학교 부설 도시 및 환경연구소 지원에 의해 이루어졌습니다.

참 고 문 헌

關川泰弘, 石油化學工業廢水への活性汚泥法の適用に関する實驗的研究, 京都大學學位論文, 昭和46年4月.
 권영호, Media의 유형별 침지여상의 하수처리 특성에 관한 연구, 전북대학교 대학원, 박사학위 논문, 1994.
 大森英昭, 浸漬濾床法におけるCOD除去, 用水と廢水, Vol.22, NO. 10, 1980, pp. 1184~1191
 洞尺勇, 生物膜法, 思考社, 1981.
 北尾高嶺, 浸漬濾床用接觸材の基本條件および水質操作件に應じた選擇法, 用水と廢水. Vol. 23, NO. 4, (1981)
 小島貞男, Kコグ狀接觸材の性質と應用, 用水と廢水,

- Vol. 223, NO. 4, 1981, pp. 389~395.
- 順蘇陸日, 生物膜法, 産業用水調査會, 1980
- 양상현, 백종탁 등, 粒狀메디아를 충전한 침지여상법의 반응기특성에 관한 연구, 도시및환경연구, 전북대학교, 제4집(1990)
- 양상현, 오희완, 잔자갈침지여상법에 의한 주정폐수의 처리, 공학연구, 전북대학교, 제23집(1992).
- 원찬희, 잔자갈을 충전한 간접포기식 침지여상의 하수 처리 특성에 관한 연구, 전북대학교 대학원, 박사학위 논문, 1989.
- 조광명, 연속적인 흐름상태에서의여과막활성오니법에 의한 하수처리 대한토목학회지, 제22권 제2호, 1974, pp. 105~113.
- 井出哲夫, 水處理工學, 技報堂出版株式會社, 1980.
- 陳重勇, 撒水濾床における微生物膜の特性に關する研究, 京都大學博士學位論文, 1981.
- 최의소, 고정층을 이용한 활성슬러지 공법, 대한토목학회지, 제22권 제4호, 1974년 12월, pp. 65~71
- 鎬島良宏, 好氣性生物膜濾過法による下水處理, 用水と廢水. Vol. 26. NO. 5, 1984. pp. 504~511.
- Bach, Water wks. and Sewage, 84, 1937, pp. 389
- Bjorn Rusten, "Wastewater treatment with aerated submerged biological filters", JWPCF, Vol. 56, NO. 5, May 1984, pp. 424~431.
- Carman P. C., "Fluid flow through granular bed", Trans. Chem. fugrs., Vol. 15, 1937, pp. 150~165.
- Dupit A. J. E. J., "Studies theoretiques et pratiques surle movement des eaux", 1963.
- Eurgen S., "fluid flow through Packed columns", Chem. engrg. Progress, Vol. 48, NO. 2, 1952, pp. 89~94.
- Heukelekian H. Zvyagintsev., "Slime formation in polluted wat- ers II, Factors affecting Slime growth", Sewage and Industrial Wasters, Vol. 28, NO. 1, 1956. pp. 78~92
- James, C. Young. et. al., "Packed bed reactors for secondary effluent BOD and ammonia removal", JWPCF., Vol. 47, NO. 1, January 1975, pp. 46~56.
- Kozency, "Über kapillare leitung des wassers in boden", stunger Akad. wiss. Abt., III2, Vol. 136, 1927, pp. 276.
- L. D. Benefield et. al., "Biological process design for wastewater treatment", prentice-Hall. Inc., Englewood Cliffs., 1980.
- K. kato. Y. Sekikawa. "Fixed Media Activated Sludge Process for industrial waste Treatment." Proc. 22nd, Indu. Waste confe. Purdue univ. 129. p. 926(1976)
- Larsen D. H. and Dimmick. R. L., Jour. Bact., Vol. 88, 1964, pp. 1380.
- Metcif & Eddy Inc., "Wastewater Engineering : Treatment, Disposal, Reuse", McGraw-Hill Book. Co., 1979.
- Perry L. McCarty, "Nitrification with submerged filters", JWPCF, Vol. 44, NO> 11, 1972, pp. 2086~2102.
- W. W. Eckenfelder Jr., "Develop- ment of design and operational criteria for wastewater treatment", CBI publishing CO. Inc., 1981.
- Zobell C. E., Jour. Bact., Vol. 46, 1943, pp.39