

호기성 침지형 생물막 여과장치를 이용한 오수처리

박종웅 · 송주석

경산대학교 환경학부

Sewage Treatment using Aerated Submerged Biological Filter(ASBF)

Jong-Woong Park · Ju-seok Song

Faculty of Environmental Science and Engineering, Kyungsan University

Abstract

The purpose of this study was to investigate the effects of the hydraulic retention time(HRT) and organic loading rate(OLR) on microbial characteristics and treatment efficiency in sewage treatment using aerated submerged biological filter(ASBF) reactor. This reactor combines biodegradation of organic substrates by fixed biomass with a physical separation of biomass by filtration in a single reactor. Both simulated wastewater and domestic wastewater were used as feed solutions. The experimental conditions were a temperature of 17 to 27°C, a hydraulic retention time of 1 to 9hr, an organic loading rate of 0.47 to 3.84 kg BOD/m³ · day in ASBF reactor. This equipment could obtain a stable effluent quality in spite of high variation of influent loading rate.

Total biomass concentration, biofilm thickness and biofilm mass increased an exponential function according to the increasing OLR. The relationships between water content and biofilm density were in inverse proportion. The percentage of backwash water to influent flow was almost 9%. The separation efficiency of biomass was the percentage of 91 to 92 in ASBF reactor. The sludge production rates in feed solutions of simulated wastewater and domestic wastewater were 0.14~0.26 kg VSS/kg BODrem, 0.43~0.48 kg VSS/kg BODrem, respectively.

KEYWORDS : Aerated Submerged Biological Filter(ASBF), Removal Efficiency, Attached Biomass Characteristics, Sludge Production

1. 서 론

생물막을 이용한 오·폐수처리 공법으로는 살수여상법, 회전원판법, 고정층 및 유동층 생물막법 그리고 침지여상법으로 대별되며, 조내에 각종 접촉매체를 충전하여 이용한 공법을 통칭하여 접촉산화법으로 명명하고 있다.

이러한 접촉산화법은 단순히 일정량의 접촉매체를 임의적으로 조내에 충전시켜 부상, 고정 또는 유동상태로 단순폭기 시킴으로서 공극폐쇄로 인한 악취발생, 미세플록의 과다 유출로 인한 수질 저하 등의 문제점을 해결하지 못하고 있는 실정이다. 또한 미생물 응집체의 고액 분리를 위한 별도의 침전조 설치 이외에 기존의 2차처리 과정에서 미제거된 부유물질을 제거하기 위하여 모래 등에 의한 여과시설을 추가로 설치해야 하는 실정이다¹⁾.

호기성 생물막 여상법은 기존의 부유미생물을 이용하는 처리 방법에 비해 여러 가지 장점이 있기 때문에 최근에 더욱 더 많은 주목을 받고 있으며, 이에 대한 활발한 연구가 진행된 바 있다.^{2~4)} 특히, Rusten,⁵⁾ Lida와 Teramishi,⁶⁾ Simon과 Tavier,⁷⁾ Hamoda와 Abd-El-bary,⁸⁾ Stensel,⁹⁾ Desbos¹⁰⁾ 그리고 Gonzalez-Martinez 등¹¹⁾은 호기성 생물막 여상법 또는 호기성 침지형 고정막법 (aerated submerged fixed film : ASF_F)을 이용하여 유기성 폐수의 처리 성능에 미치는 영향인자와 제거 메카니즘에 대해 조사한 바 있다. 또한 호기성 생물막 여상법의 일종인 호기성 침지형 생물막 여과장치(aerated submerged biological filter : ASBF)^{1,12)}는 단일조내에서 유기물 제거와 여과를 동시에 행할 수 있는 처리 장치이다. 이 장치는 조내의 수중 상부에 충전된 접촉 매체의 표면에 형성된 생물막과 폐수를 순환 접촉시킴으로써, 오·폐수 중의 유기물을 생화학적 반응에 의한 산화 분해가 이루어지는 생물막 여과 부분과 유기물의 산화분해 과정에서 생성된 미생물 응집체의 고액분리가 행해지는 입상 매체가 충전된 여과부분으로 구성된 수처리 장치이다.

따라서 본 연구에서는 단일조내에서 유기물 제거와 여과를 동시에 행할 수 있는 호기성 침지형 생물막 여과장치를 이용하여 오수처리시 부하율이 처리효율과 미생물 성장에 미치는 영향에 대하여 규명하고자 한다.

2. 실험장치 및 방법

2.1 실험장치

본 실험에 사용된 실험장치는 Fig. 1에 보인 바와 같이 원수조, 원수이송용 정량펌프, 역세정 장치가 부착된 호기성 침지형 생물막 여과조(aerated submerged biological filter : ASBF), 역세정 수조로 구성되어 있다.

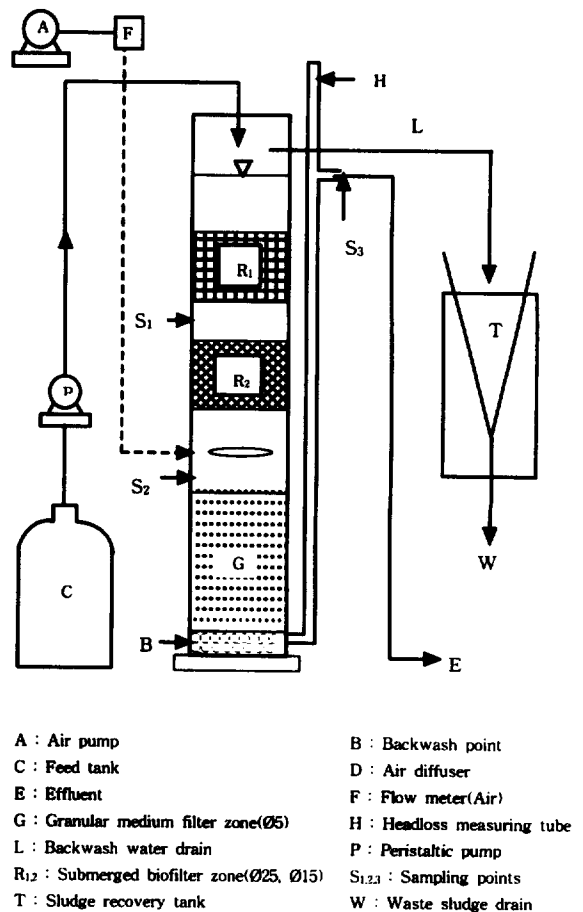


Fig. 1 Schematic diagram of the experimental apparatus.

ASBF조는 투명한 아크릴 원통을 이용하여 생물막 여과부분과 고액분리 여과부분으로 구성된 크기가 서로 다른 2개의 반응조를 하향류로 제작하였다. 반응조 I은 직경 100mm, 높이 1,200mm, 유효용적 8ℓ(생물막 여과부분 : 4ℓ, 고액분리 여과부분 : 4ℓ)이었으며, 반응조 II는 직경 150mm, 높이 1,000mm, 유효용적 16ℓ(생물막 여과부분 : 8ℓ, 고액분리 여과부분 : 8ℓ)이었다.

과부분 : 8ℓ)이었다.

조내에 충전된 매체는 Table 1에 제시된 재료, 크기 및 형상이 서로 다른 3종류를 사용하였다.

Table 1과 같이 매체의 충전방법은 생물막 여과부분의 상단에 Pall ring I과 하단에 Pall ring II를 상부 조용적의 30%씩 60%를 충전하였으며, 하부의 고액분리 여과부분은 직경

Table 1 Characteristics of media

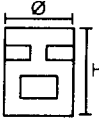

Type of media	Size (mm)	Surface area (cm ² /EA)	Specific surface area (m ² /m ³)	Porosity (%)	Material	Volume and number of packed media		
						reactor I	reactor II	
 Pall ring	I	Φ25 H25	44.10	206	90	Poly ethylene	1.2L 55EA	2.4L 112EA
	II	Φ15 H15	16.05	341	87	Poly ethylene	1.2L 250EA	2.4L 510EA
 Sphere	G	Φ5	0.78	628	47.7	Ceramic	2.4L	4.8L

Table 2 Characteristics of feed solutions

	Item	Range	Average
Simulated wastewater*	pH	-	7.0±0.2
	BOD(mg/L)	-	160
	COD(mg/L)	-	300
Domestic wastewater	pH	6.9-7.1	7.0
	Alkalinity (mg as CaCO ₃ /L)	110-153	134
	BOD(mg/L)	170-202	177
	COD(mg/L)	285-372	329
	SS(mg/L)	148-204	182
	T-N(mg/L)	33-44	37
	NH ₄ ⁺ -N(mg/L)	20-26	22.4
	NO ₃ -N(mg/L)	0.2-0.5	0.3
	T-P(mg/L)	3.1-4.8	4.0
PO ₄ -P(mg/L)	1.5-2.3	2.0	

*Simulated wastewater was a tap water solution of dry milk powder(DMP)
1g DMP=1.075g COD, 1g DMP = 0.568g BOD

5mm인 Ceramic ball과 굵은 모래 및 자갈층을 포함한 하부 조용적의 70%가 되도록 충전하였다.

한편, 본 실험에 사용한 시료는 분유를 수돗물에 용해하여 조제한 인공폐수와 경북 경산시 소재 W아파트 오수정화시설의 유입수를 사용하였으며, 이들 시료의 대표적인 성상은 Table 2과 같다.

2.2 운전방법

ASBF조의 식종은 경북 경산시 소재 W아파트 오수정화시설의 MLSS 농도가 4,000 mg/L 인 폭기조의 활성슬러지를 식종하였다.

식종된 미생물이 매체에 부착 형성이 되도록 회분, 반연속 그리고 연속으로 약 20일간 단계적으로 인공폐수 및 생활오수를 주입한 후, 유출수의 수질이 일정하게 유지될 때를 정상상태로 하여 실험을 진행하였다. 본 장치의 운전 조건은 상온(17~27°C)에서 진행하였으며, 유량을 변화시켜 인공폐수를 주입한 ASBF조(I)에서는 수리학적 체류시간 (hydraulic retention time : HRT)과 유기물부하 (organic loading rate : OLR)를 각각 1,

2, 4, 8hr의 4단계와 0.48~3.84 kg BOD/m³·day로 약 107일간 운전하였고, 생활오수를 주입한 ASBF조(II)에서는 수리학적 체류시간이 3, 6, 9hr의 3단계와 0.47~1.42 kg BOD/m³·day로 약 94일간 운전하였다. 조내의 용존산소 농도는 유량변화에 따른 공기공급량을 변화시켜 ASBF조(I)에서는 4~6mg/L를 유지시켰고, ASBF조(II)에서는 2~3mg/L를 유지시켰으며, 포기에 의한 부착미생물의 탈리현상은 발생되지 않았다.

한편 역세정 주기는 Fig. 1에서 보듯이 손실수두 측정관(H)의 수위가 3~5cm 상승하는 시점에서 시행하였으며, 역세정 방법은 주입공기량의 약 2~3배로 2분간 공기세정을 한 후 공기와 물을 병행하여 3분간 역세정을 실시하였다(Table 3 참조).

2.3 분석방법

시료채취는 1일 1회 채취하여 분석하였고, 시료 채취지점은 Fig. 1에 표시된 생물막 여과층의 상단(S₁)과 하단(S₂) 2개지점 및 입상매체 여과층을 통과한 최종 방류지점(S₃)에서 채취하였다. 조사항목은 공기량, 수온, pH,

Table 3 Operation conditions of the aerated submerged biological filter reactors(I, II)

Reactor	I				II		
Size and effective volume	Ø100×H1200, 8 l (biofilter volume, 4 l)				Ø150×H1000, 16 l (biofilter volume, 8 l)		
Feed solution	Simulated wastewater				Domestic wastewater		
Hydraulic retention time (HRT, hr)	8	4	2	1	9	6	3
Operating period(day)	30-55 (25)	56-75 (19)	76-94 (18)	95-107 (12)	30-49 (19)	50-68 (18)	69-94 (25)
Organic loading rate (kg BOD/m ³ ·day)	0.48	0.96	1.92	3.84	0.47	0.71	1.42
(kg COD/m ³ ·day)	0.9	1.8	3.6	7.2	0.88	1.3	2.63
Backwashing period (day)	5	4	2	1	8	6	3

DO, BOD, COD, SS, T-N, NH₄⁺-N, NO₃-N, NO₂-N, T-P, PO₄-P 및 Alkalinity 이었으며, TKN은 계산에 의해 산정하였다.

측정방법은 환경오염 공정시험법과 Standard Methods¹³⁾에 따라 분석하였다.

한편, 미생물 성장조사는 매체가 충전된 반응조의 중간지점에서 Pall ring을 5개씩 채취하여 매체에 부착된 미생물의 젖은무게와 건조무게를 측정하였다. 조 내의 총미생물 농도는 부유 미생물량과 부착 미생물량을 조 용적으로 나누어 구하였으며, 생물막 두께, 생물막 건조밀도 그리고 매체 단위 면적당 부착된 미생물량은 다음 식으로 산정하였다.¹⁴⁾

$$\text{생물막두께}(\mu\text{m}) = \frac{1}{\rho_f} \frac{\text{부착미생물의 젖은무게}(g)}{\text{매체의 표면적}(m^2)} \quad (1)$$

ρ_f : 젖은 생물막의 밀도(g/cm³)

$$\text{생물막 건조밀도}(mg/cm^3) = \frac{\text{부착미생물의 건조무게}(g)}{\text{생물막 두께}(\mu\text{m}) \times \text{매체 표면적}(m^2)} \times 1000 \quad (2)$$

$$\text{매체 단위면적당 부착미생물량}(mg/cm^2) = \frac{\text{부착미생물의 건조무게}(g)}{\text{매체표면적}(m^2)} \times \frac{1}{10} \quad (3)$$

여기서 젖은 생물막의 밀도는 Park과 Ganczarczyk¹²⁾에 의해 제시된 탈리된 미생물 응집체의 밀도값 1.017 g/cm³을 적용하였다. 그리고 미생물응집체의 건조밀도(ρ_s)는 Park, Zahid와 Ganczarczyk 등^{12,15)}이 제시한 Pycnometer method에 의해 증류수 밀도(ρ_w), 미생물응집체의 건조무게(DS)와 습윤무게(WS)를 측정한 후, 다음의 관계식으로부터 산출하였다.

$$\rho_s = \rho_w / (1 - (WS/DS)) \quad (4)$$

3. 결과 및 고찰

3.1 ASBF조의 각 부위별 성능평가

Fig. 2는 ASBF조의 각 부위별 유기물의 산화분해를 조사하기 위하여, 인공폐수를 주입한 ASBF조(I)의 생물막 여과층의 하단(S₂)과 하부의 입상매체 여과층을 통과한 최종 방류지점(S₃)에서 수리학적 체류시간별 BOD와 COD 농도를 나타내었다.

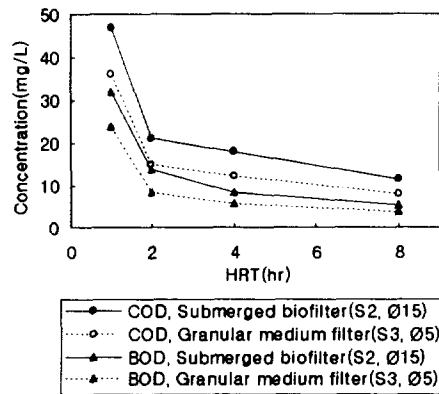


Fig. 2 COD and BOD concentration with HRT at each part of ASBF reactor(I).

Fig. 2에서 보듯이 수리학적 체류시간이 2~8hr에서는 수리학적 체류시간이 짧아질수록 유출수의 수질이 완만하게 저하되었으나, 1hr에서는 높은 유기물부하로 급격한 저하현상을 보였다. ASBF조의 S₂지점과 S₃지점의 BOD와 COD농도를 살펴볼 때, 입상매체 여과층의 고액분리로 인한 BOD와 COD의 제거효과는 각각 1.6~8 mg/L 와 3.5~11 mg/L 향상되었다. 이는 미제거된 유기물이 하단의 입상매체층 표면에 쌓인 미생물 플록층과 입상매체 여과층을 통과하면서, 불용성 유기물은 억류되고 용존성 유기물은 흡착·산화가 된 것으로 사료된다.

Fig. 3은 탈리된 미생물 플록의 조내 각 부위별 농도분포를 살펴보기 위하여 생물막 여과층의 상단(S₁)과 하단(S₂) 그리고 입상매체 여

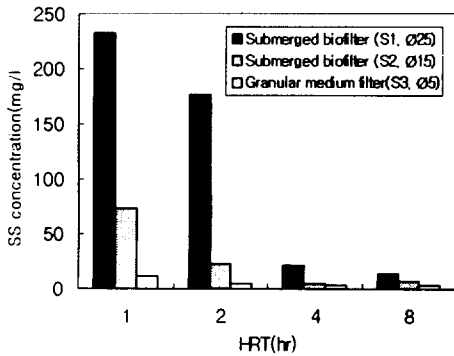


Fig. 3 Variation of SS concentration with HRT at each part of ASBF reactor(I).

과층(S₃)을 통과한 최종 방류지점에서 수리학적 체류시간별 SS농도를 나타내었다. Fig. 3에서 보듯이 수리학적 체류시간이 짧아질수록 유기물 부하의 증가로 탈리된 미생물의 농도는 급격한 증가를 보였다. 특히 수리학적 체류시간 1~2hr인 경우는 S₁ 지점에서 177~233 mg/L이었으나, S₂지점에서는 22~73 mg/L로 70~88% 감소하였으며, S₃지점에서는 4.8~12 mg/L로 전체 고액분리효율이 95~97%이었다.

전반적으로 볼 때 ASBF조의 생물막 여과층 상단과 하단 그리고 하부의 입상매체 여과층의 기능은 각 부위별 탈리된 미생물 플록이 단계적으로 매체층 내부에 포획과 역류를 통한 여과기능으로 높은 고액분리효율을 얻을 수 있었다.

이는 본 장치에서 발생하는 미생물 응집체 (biomass particle aggregates)의 물리적 특성에 대한 Park과 Ganczarczyk¹²⁾의 조사한 결과에 의하면, 조내의 미생물 플록의 입경 크기가 105~2,260µm(평균 580µm)로 활성슬러지 플록보다 2-3배 더 크기 때문에 고액분리가 우수한 것으로 사료된다.

3.2. 부하율이 처리효율에 미치는 영향

3.2.1 유기물 및 탁질 제거

Fig. 4는 수리학적 체류시간별 BOD, COD, SS의 제거효율 관계를 나타내었다.

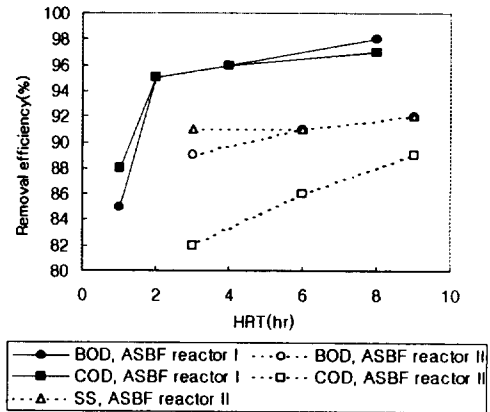


Fig. 4 BOD, COD and SS removal efficiency with HRT in ASBF reactors(I, II)

Fig. 4에서보듯이 인공폐수를 주입한 ASBF조(I)의 HRT 2~8hr, 유기물부하 0.48~1.92 kg BOD/m³·day(0.9~3.6 kg COD/m³·day)범위에서 최종유출수의 BOD 및 COD농도가 3.9~8.5 mg/L, 8.1~15 mg/L로 4배의 부하변동 조건에서도 95%이상의 높은 제거효율을 얻을 수 있었다.

한편, 생활오수를 주입한 ASBF조(II)의 경우는 BOD, COD 및 SS의 제거효율이 각각 89~92%, 82~89% 및 91~92%이었고, 최종유출수의 BOD, COD 및 SS의 농도는 13~20 mg/L, 38~55 mg/L 및 15~17 mg/L로 ASBF조(I)보다 다소 낮은 처리성능을 보였으나, HRT와 유기물부하에 큰 영향을 받지 않고 안정적인 처리수질을 얻을 수 있었다. 이는 ASBF조의 각 부위별 성능평가에서 언급하였듯이, 여재의 크기가 서로 다른 생물막 여과층을 순환·접촉 및 통과하면서 유기물의 산화분해와 탈리된 미생물 플록의 단계별 고액분리가 됨으로서 높은 유기물부하 조건에서도 양호한 처리수질을 얻을 수 있는 것으로 사료된다.

3.2.2 질소 및 인 제거

실험기간 동안 T-N, NH₄⁺-N 및 T-P의 수리학적 체류시간별 평균 제거효율은 Fig. 5에서 보듯이 35~42%, 52~81% 및 28~

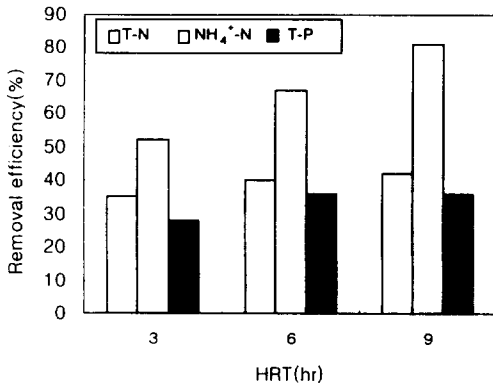


Fig. 5 T-N, NH₄⁺-N and T-P removal efficiency with HRT in ASBF reactor(II).

36%이었고, 유출수의 평균수질은 T-N 21~24 mg/L, NH₄⁺-N 4.2~11 mg/L, T-P 2.5~2.7 mg/L이었다.

수리학적 체류시간이 길어질수록 T-N 및 T-P의 제거효율은 약간씩 상승하였으나, NH₄⁺-N의 경우는 1.6배의 차이를 보였는데,

Table 4. Nitrification efficiency and rate in ASBF reactor (II)

HRT(hr)	3	6	9
Influent TKN loading rate (kg N/m ³ · day)	0.29	0.15	0.10
BOD/TKN ratio	5.0	4.9	4.6
TKN(mg/L)	36.7	37.7	35.7
Inf. NH ₄ ⁺ -N(mg/L)	23.5	22.5	21.3
NO ₃ ⁻ -N(mg/L)	0.27	0.34	0.3
TKN(mg/L)	17.6	11.4	6.5
Eff. NH ₄ ⁺ -N(mg/L)	11	7.3	4.2
NO ₃ ⁻ -N(mg/L)	6.4	11.6	14.5
Nitrification efficiency(%)	17	30	40
Nitrification rate (mg NO ₃ ⁻ -N/g MLVSS · hr)	0.67	0.88	1.17

Note) Nitrification efficiency(%) :

$$\frac{(\text{NO}_3 - \text{N})_{\text{eff}} - (\text{NO}_3 - \text{N})_{\text{inf}}}{(\text{TKN})_{\text{inf}}}$$

이는 Fig. 6 에 나타난 수리학적 체류시간별 전체질소의 물질수지 관계에서 보듯이 수리학적 체류시간이 길어질수록 NH₄⁺-N과 유기질소는 급격히 줄어든 반면 질산화로 인한 NO₃⁻-N이 증가하였기 때문이다.

한편 Table 4에 제시한 TKN부하율 0.10~0.29 kg N/m³ · day이었고, BOD/TKN비가 4.6~5.0인 운전조건에서 질산화 효율과 질산화율을 산정한 결과는 각각 17~40%, 0.67~1.17 mg NO₃⁻-N/g MLVSS · hr로 수리학적 체류시간이 증가할수록 약 2.4배와 1.8배 증가하였다.

3.3 미생물 성장

인공폐수와 생활오수를 이용하여 수리학적 체류시간 1, 2, 4, 8hr와 3, 6, 9hr의 각 운전조건에서 미생물 응집체와 부유·부착 미생물의 대표적인 특성을 Fig. 6, 7, 8에 나타내었다. Pycnometer method¹²⁾에 의해 산출한 조내의 미생물 응집체의 건조밀도는 1.40~1.56 g/cm³으로 인공폐수보다는 무기고형물의 비율이 큰 생활오수를 이용한 경우가 약간 큰 편이었으며, 이들 값은 Park과 Ganczarczyk¹²⁾이 조사한 값과 거의 비슷하였다. Fig. 7에서 보듯이 부유 및 부착된 총 미생물의 농도는 1,313~5,193 mg TSS/L로 유기물부하

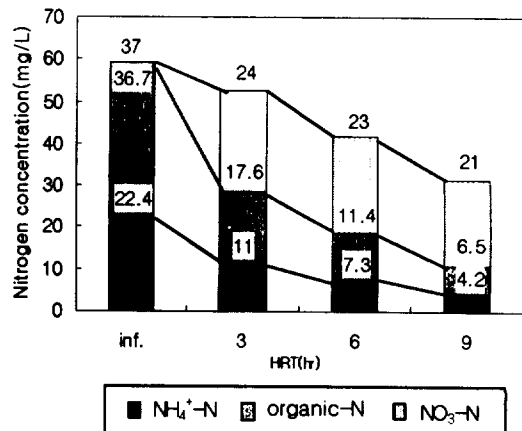


Fig. 6 Mass balance of total nitrogen with HRT in ASBF reactor(II).

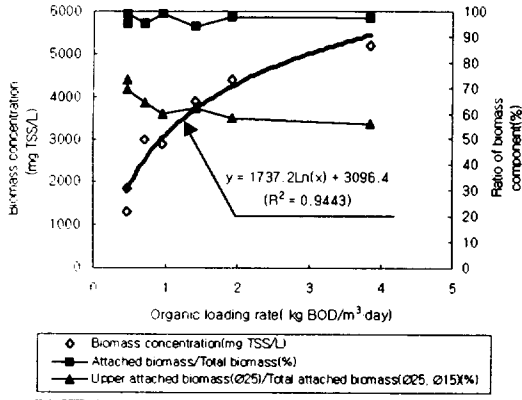


Fig. 7 Biomass concentration and biomass component with organic loading rate in ASBF reactors (I, II).

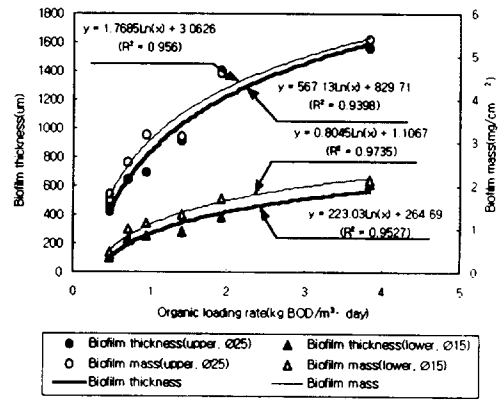


Fig. 9 Biofilm thickness and biofilm mass according to organic loading rate.

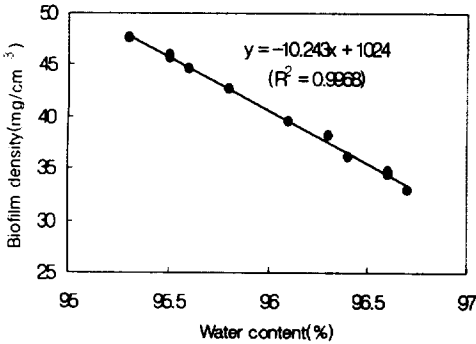


Fig. 8 Relationships between biofilm density and water content.

에 따라 지수함수로 증가하였으며, 총 미생물 중 부착미생물이 차지하는 비율은 94~99%이었다. 총 부착미생물 중 폐수가 유입되는 생물막 여과조의 상단(Ø25mm)부분에 분포하는 부착미생물의 비율이 56~73%로 수리학적 체류 시간이 짧을수록, 유기물 부하율이 커질수록 하단(Ø15mm)에 비율이 증가하였는데, 이는 상단에서 미분해된 유기물이 하단에서 분해가 일어났기 때문이다.

Fig. 8에서 보듯이 매체에 부착된 생물막의 함수율 및 건조밀도는 각각 95.3~96.7%, 32.9~47.6 mg/cm³이었으며, 생물막의 함수율과 건조밀도는 유기물 부하에 상관없이 반비례적인 관계를 이루고 있다.

한편, Fig. 9에 나타난 유기물 부하에 따른 생물막 두께와 매체 단위면적당 부착미생물량의 관계를 살펴보면, 생물막 두께는 상단과 하단이 각각 421~1,560µm(평균 868µm), 102~609µm(평균 279µm)로 유기물 부하에 따라 지수함수로 증가하였으며, 상단이 하단에 비해 약 3.1배 큰 편이었다. 또한 매체 단위면적당 부착미생물량은 상단과 하단이 각각 1.66~5.40 mg/cm²(평균 3.18 mg/cm²), 0.39~2.12 mg/cm²(평균 1.16 mg/cm²)로 생물막 두께의 경우와 마찬가지로 유기물 부하에 따라 지수함수로 증가하였으며, 상단이 하단에 비해 약 2.7배 정도 많았다.

3.4 역세정 및 슬러지 발생량

Table 2의 운전조건에서 제시한 바와같이 수리학적 체류시간별 역세정 주기에 따른 역세정 수량의 비는 수리학적 체류시간 1~6hr에서 약 9%이었으나, 8~9hr에서는 11~13%로 약간 증가하였는데, 이는 처리수량에 비해 상대적으로 역세정 수량이 다소 증가하였기 때문이다.

슬러지 발생량은 제거된 BOD량과 역세정수의 고형물 함유량으로부터 산출하였다.¹⁾

Fig. 10에서 보듯이 인공폐수와 1차 침전없이 생활오수를 직접 주입한 경우의 슬러지 발생량은 각각 0.14~0.26 kg VSS/kg BOD-

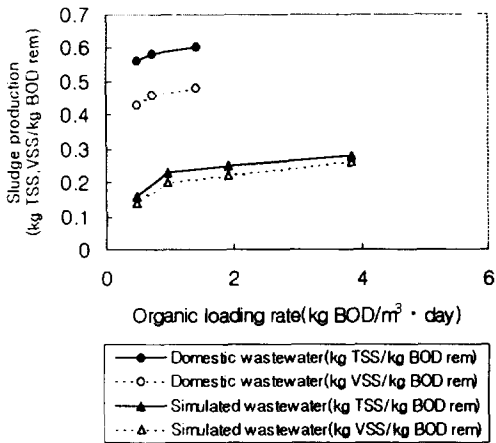


Fig. 10 Sludge production according to organic loading rate.

rem (0.16~0.28 kg TSS/kg BODrem),

0.43~0.48 kg VSS/kg BODrem(0.56~0.60 kg TSS/kg BODrem)로 약 2.4배의 차이를 보였는데, 이는 생활오수중에 미분해성 부유고형물이 슬러지로 전환되었기 때문인 것으로 사료된다. 특히 인공폐수를 주입한 경우 유기물 부하율 0.48~3.84 kg BOD/m² · day에서 슬러지 발생량은 약 1.9배 차이를 보였다.

일반적인 활성슬러지 공정의 슬러지 발생량과 본 실험결과로부터 얻어진 슬러지 발생량을 비교하여 볼 때, 약 절반정도 적은 것은 ASBF조의 각 부위별 성능평가에서 언급한 바와 같이 유기물 부하가 증가할수록 탈리된 미생물이 조내의 각 단계에서 산화분해되어 슬러지 발생량이 감소되었기 때문인 것으로 사료된다.

4. 결 론

호기성 침지형 생물막 여과장치를 이용하여 오수처리시 부하율이 처리효율과 미생물 성장에 미치는 영향에 대하여 조사분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1) ASBF장치는 HRT 1~9hr, 유기물 부하 0.47~3.84 kg BOD/m² · day(0.88~7.2kg COD/m² · day)의 높은 부하변동에도 단일조내에서 단계별로 유기물의 산화와 고액분리가 동시에 이루어져 유기물 부하에 큰 영향을 받지 않고 안정적인 처리수질을 유지하였다.

2) HRT 3~9hr, 유기물 부하 0.47~1.42 kg BOD/m² · day에서 생활오수를 처리한 결과, BOD, COD, SS, T-N, NH₄⁺-N 및 T-P의 제거효율은 각각 89~92%, 82~89%, 91~92%, 35~42%, 52~81% 및 28~36%의 높은 처리성능을 얻을 수 있었다.

3) TKN 부하율이 0.10~0.29 kg N/m² · day, BOD/TKN비가 4.6~5.0인 운전조건에서 질산화 효율과 질산화율은 각각 17~40%, 0.67~1.17 mg NO₃-N/g MLVSS · hr로 HRT의 증가에 따라 약 2.4배와 1.8배 증가 하였다.

4) 총 미생물 농도와 생물막 두께 그리고 단위면적당 부착미생물량은 유기물 부하에 따라 지수함수로 증가하였으며, 생물막의 함수율과 건조밀도는 유기물부하에 상관없이 반비례 관계를 보였다. 총 미생물 중 부착미생물이 차지하는 비율은 94~99%이었으며, 부착미생물 중 상단 부분이 56~73%로 유기물부하가 작을 수록 차지하는 비율이 큰 편이었다.

5) 처리수량에 대한 역세정 수량의 비는 대체적으로 9%이었으며, 슬러지 발생량(kg VSS/kg · BODrem)은 인공폐수와 생활오수에서 각각 0.14~0.26, 0.43~0.48이었다.

사 사

이 논문은 1997년도 경산대학교의 기린연구비에 의하여 연구되었음.

참고 문헌

1. 박종웅, 송영해, 오·폐수의 고도처리를 위한 호기성 침지형 생물막 여과장치의 개발, *대한환경공학회지*, Vol. 20, No. 2, 1389-1396 (1998).
2. 강용태, 현길수, 김정현, ABF 시스템에 의한 하수의 고도처리에 대한 연구, *한국상하수도학회지*, Vol. 5, No. 1, 46-55 (1992).
3. 조광명 외, 충전상 호기성 생물막 공법의 반응속도론에 관한 연구, *대한토목학회지*, Vol. 7, No. 3, 45-53 (1987).
4. 박종웅, 유명진, 고율 호기성 침지형 생물막 공법에서의 미생물 성장과 반응속도론에 관한 연구, *대한환경공학회지*, Vol. 12, No.2, 81-89 (1990).
5. Rusten, B., Wastewater treatment with aerated submerged biological filters, *J. Wat. Pollut. Control Fed.*, Vol. 56, 424-431 (1984).
6. Lida, Y. and Teramishi, A., Nitrogen removal from municipal wastewater by a single submerged filter, *J. Wat. Pollut. Control Fed.*, Vol. 56, 251-258 (1984).
7. Simon, G. M. and Tavier, D., Aerobic submerged biofilm reactor for wastewater treatment, *Water. Res.* Vol. 18, 117-122 (1984).
8. Hamoda, M. F. and Abd-El-bary, M. F., Operating characteristics of the aerated submerged fixed film(ASFF) bioreactor, *Water. Res.* Vol. 21, 939-947 (1987).
9. Stensel, H. D., Brenner, R. C., Lee, K.M., Melcer, H., and Rakness, K. Biological aerated filter evaluation *J. Env. Eng. ASCE*, Vol. 114, 655-671 (1988).
10. Desbos, G., Rogalla, F., Sibony, J., and Bourbigot, M. M., Biofiltration as a compact technique for small wastewater treatment plants, *Water. Sci. Technol.*, Vol. 22, 145-152 (1990).
11. Gonzalez-Martinez, S. and Duque-Luciano, J., Aerobic submerged biofilm reactors for wastewater treatment, *Water Res.*, Vol. 26, 825-833 (1992).
12. Park, J. W. and Ganczarczyk, J. J., Gravity separation of biomass washedout from an aerated submerged filter, *Environmental Technology*, Vol. 15, 945-955 (1994).
13. APHA, AWWA, and WPCF, Standard Method for the Examination of Water and Wastewater, 18th ed., Wahington, D.C. (1992).
14. 박종웅, 강준구, 혐기-호기성여상법에 의한 염색폐수처리, *대한환경공학회지*, Vol. 17, No. 12, 1299-1310 (1995).
15. Zahid, W. M. and Ganczarczyk J. J., Suspended solids in biological filter effluents. *Water Res.*, Vol. 24, 215-220 (1990).