

UASB 반응조에서 상향유속에 따른 높이별 반응생성물의 거동특성

이현모 · 윤종호* · 정용현**

동의공업대학 환경공업과 · 신성대학 환경공업과* · 大阪大學 環境工學科**

Upflow Velocity Effects on Behavior of Reaction Products in UASB Reactor

Heon-Mo Lee · Jong-Ho Youn* · Yong-Hyun Chung**

Department of Environmental Engineering, Donggeui Institute of Technology, Pusan, Korea

*Department of Environmental Engineering, Sinsung College, Chung Nam, Korea**

*Department of Environmental Engineering, University of Osaka, Japan***

Abstract

To investigate the behavior of reaction products with the reactor heights by the change of upflow velocity, a typical real height UASB reactor was built and experiment was conducted. The flow in the reactor by the upflow velocity was flug flow at low upflow velocity but the flow was completely mixed flow at high upflow velocity. Therefore, the concentration of pH, alkalinity and volatile acid was not so different with reactor heights at high upflow velocity. And comoparing with low upflow velocity, the distribution of microorganisms with reactor heights did not show big different at high upflow velocity. The removal efficiency of organic compounds depended on the distribution of microorganisms and it was low at high upflow velocity. It is concluded that the operation of reactor with proper upflow velocity to improve contact with organic compounds and microorganisms is recommended.

I. 서 론

UASB 반응조의 효율을 증대시키기 위해서는 반응조 하부에 침강성이 우수한 입상 슬러지를 만들어 활성이 높은 슬러지를 반응조내에 다량 보유시키는 일이며 유입 폐수와 미생물간의 좋은 접촉 기회를 부여하는 것이다. Henze and Harremes 등¹⁾은 유기물과 미생물간의 접촉효율면에 있어서는 혐기성 여상을 비롯한 고정상 반응조 및

UASB 반응조가 유동층 반응조 또는 팽윤층 반응조에 비해 상대적으로 훨씬 낮은 것으로 보고하였다. UASB 반응조의 경우 생성된 입상슬러지가 반응조 하부에 축적되어 밀도가 큰 슬러지층을 이루게되면 유기물 분해시 생성된 소화가스가 두꺼운 슬러지층을 빠져나가지 못하여 사영역(dead zone)을 형성하거나 제한된 통로만으로 가스가 분출됨으로 인하여 반응조내에서 단회로(short circuiting) 현상이 일어나 유기물 제거효율이 감소하게 되며 또한 축적되었던 가스가 일시적으로 분출

되는 경우 슬러지층이 기체-액체-고체 분리기에 까지 상승하는 문제를 일으킬 수 있다. 따라서 UASB 반응조의 효율을 극대화시키기 위해서는 슬러지층의 유동화를 촉진시키며, 폐수에 의한 단 회로 현상을 줄이기 위한 방법이 요구된다. 단회 로 현상을 줄이고 슬러지와 폐수와의 접촉효율을 좋 게 하기 위한 설계상의 방법으로는 유입수 분배 장치의 개선 등이 있으며 운전상의 방법으로는 유 출수 반송에 의한 일정 상향유속을 유지시키므로 가능할 수 있다. Lettinga 등²⁾은 반응조내 혼합의 필요성은 슬러지층의 유동화 정도에 따라 좌우되 며, 만약 반응조 하부에 슬러지가 단단히 차여 생 성가스의 유출이 방해되어 슬러지층사이에 포획될 경우 가스부상에 의해 슬러지층이 기체-액체-고 체 분리기까지 상승하여 효율적인 고, 액, 기체 분 리에 문제점이 제기되어 반응조내의 유동화가 필 요하다고 하였다. 이러한 이유에서 반응조내 일정 상향유속은 슬러지층의 확장을 유도하며 슬러지층 의 유동화로 인하여 슬러지와 폐수간의 접촉효율 이 증진되고 미생물의 이용도를 높혀 처리효율의 향상을 가져올 것으로 기대되나 일정 이상의 높은 상향유속은 입상슬러지의 물리적 특성에 영향을 미칠 것으로 생각되고, 적절한 상향유속이 필요시 되며 여러 상향유속에서의 반응물이 반응조내에서 어떻게 분포되는지를 평가하는 것이 바람직하다.

따라서 본 연구에서는 UASB 반응조에서 상향 유속이 반응조 높이별 반응생성물의 거동 특성에 미치는 영향을 평가하고자 한다.

II. 실험장치 및 방법

1. 실험장치

본 연구에 사용한 실험장치는 전형적인 UASB 반응조형태로 Fig. 1.에서 보는바와 같이 아크릴 원통을 이용하여 4개를 제작하였으며, 반응조 본 체의 규격은 내경 6.4 cm, 높이 400 cm로서 유효용 량은 11.45L였다. 또한 반응조 하부에서 부상하는 분산형태의 미생물과 입상형태의 슬러지가 반응조 로부터 유실되는 것을 막아주고 생성된 소화가스를 포집하기 위해 아크릴판을 이용하여 본체 상부

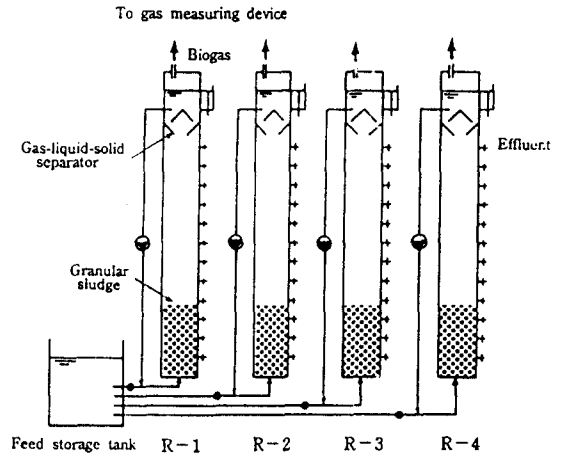


Fig. 1. Schematic diagram of experimental units.

에 사각형의 고체-액체-기체 분리장치를 설치하 였다. 소화가스는 반응조 상부를 통하여 가스측정 장치로 보내어 발생하는 가스량을 연속적으로 측 정될 수 있도록 계획하였다. 유출수가 유출되는 부분에는 역사이폰 형식의 관을 설치하여 반응조 내로의 공기유입을 방지하였다.

2. 실험방법

본 실험에 사용된 식종슬러지는 실제 UASB 공 법으로 식품공장폐수를 처리하고 있는 신폴렌트의 소화조 하부에서 채취한 입상슬러지를 사용하였다. 초기 반응조에 주입한 식종슬러지량은 142.6gVSS 로써 동일량의 미생물을 4개의 반응조에 식종하였 으며 이때 부유물질농도는 12.45gVSS/L이었다. 반응조에 주입한 입상슬러지의 크기 분포는 지름 2.0 mm 이상이 전체의 0.46%를 차지하였고, 0.84 ~2.0 mm의 것은 70.4%로 가장 많은 부분을 차지 하였다. 0.42~0.84 mm의 범위내 슬러지는 23.0%, 0.42 mm 이하의 슬러지는 약 6.1%를 차지하였다. 유입폐수는 미량유량조절펌프를 사용하여 반응조 내에 상향류식으로 주입하도록 하였으며 유출수 반송을 위하여 순환펌프를 반응조 상단에 부착하여 반응조내 원하는 상향유속이 이루어지도록 계획하였다. 반응조는 35°C로 유지되는 항온실에 두 어 항상 일정한 온도가 유지되도록 한상태에서 반 응조를 운전하였다. 각 반응조에 식종슬러지를 식

Table 1. Operation mode of each reactor

Description	Unit	R-1	R-2	R-3	R-4
Upflow velocity	m/hr	1	10	20	30
Influent COD	mg/L	3,000	3,000	3,000	3,000
HRT	hr	24~3	24~3	24~3	24~3
Recirculation ratio		0.7~5.6	8.3~66.3	16.9~134.7	35.8~286.6
Volumetric loading rate	kg COD/m ³ -d	3.2~22.7	3.3~22.1	3.2~22.2	3.0~22.2

종시킨후 초기 유기물 과부하에 의한 충격을 피하기 위하여 수리학적 체류시간(HRT)을 4일로 하여 3,000 mgCOD/l의 인공합성폐수를 상향류 형태로 반응조에 유입시켰다. 유입수가 반응조에 다 채워진 상태에서 각 반응조 공히 HRT를 1일로 하여 운전하였으며 각 반응조에서 유출되는 유출수를 반송펌프를 이용하여 64.4 L/day로 상향류식으로 유입시켜 반응조내 상향유속을 Table 1에 제시된 바와 같이 4개의 반응조 R-1, R-2, R-3 및 R-4 반응조의 상향유속을 각각 1, 10, 20 및 30 m/hr로 조절하여 운전하였으며 각 상향유속에서 HRT를 24, 12, 6 및 3시간으로 단계적으로 감소시키면서 운전하여 상향유속 변화 및 HRT 감소에 따른 반응조 높이별 반응생성물의 거동특성을 평가하였다. 운전기간동안 각 반응조의 운전조건은 Table 1과 같다.

3. 시료의 조제 및 분석방법

3.1 합성폐수의 조제

본 실험에 사용한 폐수는 인조합성폐수로서 당(sucrose)과 탈지분유(Nonfat dry milk)를 탄소 원료로 하여 수돗물에 용해시켜 실험하고자 하는 농도로 맞추어 사용하였다. 반응조내 적절한 알카

Table 2. Composition of the synthetic wastewater (based on 1,000 mg COD/L)

constituents	content	remarks
Sucrose(C ₁₂ H ₂₂ O ₁₁)	1.5 g	Carbon source
Nonfat dry milk	1.5 g	Carbon source
NaHCO ₃	4.4 g	Buffer alkalinity
Tap water	to 1 L	

리도를 유지시켜주기 위하여 NaHCO₃를 2,000~3,000 mg/L이 되게 유입수중에 첨가시켰다. 미생물의 성장에 필요한 영양염과 미소 원소는 따로 첨가하지 않았다. 실험에 사용된 합성폐수의 조성은 Table 2.와 같다.

Table 3. Analytical methods and instrument

Item	Unit	Method and Instrument
COD	mg/L	Potassium Dichromate Open Reflux Method
TSS	mg/L	Total Suspended Solids, Dried at 103-105°C
VSS	mg/L	Volatile Suspended Solids, Dried at 103-105°C
Alkalinity	mg/L	Acid-Base Titration Method
Volatile Acid	mg/L	Acid-Base Titration Method Gas Chromatographic Method (Hewlett-Packard, HP-5890 series II)

Table 4. Operating condition of gas chromatography

Column	HP-1 capillary	
Gas flow rate	carrier : nitrogen	40 psi
	hydrogen	60 psi
	air	
Split ratio	100 : 1	
Temperature	column	100°C(3mm)
	rate	5°C/min to 150°C
	injection	190°C
	detector(FID)	220°C
Sensitivity	attenuation	1
Sample injection	1 μl	

3.2 시료채취 및 분석

상향유속 변화에 따른 각 반응조 높이별 반응물 거동특성을 평가하기 위한 분석항목중 COD는 유입수에 대해서 TCOD를 분석하였으며, 유출수에 대해서는 유리섬유여과지(GF/C, Whatman Co, Ltd.)로 여과한 시료를 사용하여 SCOD로 분석하였다. 또한 반응조의 운전상태를 평가하기 위하여 유출수에 대해 pH, 휘발성산(VA), 총알카리도(TA)를 분석하였다. 또한 반응조내 높이에 따른 운전 특성을 평가하기 위하여 pH, VA, TA, 휘발성부유물질(VSS)을 반응조 하단부터 10, 30, 70, 120, 170, 220, 190 및 360 cm되는 높이에서 시료를 채취하여 분석하였다. 본 실험의 분석절차는 Standard Method³⁾에 따라 실험하였으며 이에 사용한 분석항목 및 방법은 Table 3.과 같다.

소화가스의 발생량은 자동으로 기록될 수 있는 장비를 이용하여 연속적으로 기록되도록 하였다. 또한 소화가스중의 acetic acid, propionic acid, butyric acid, valeric acid 및 caproic acid의 분석은 가스크로마토그래프(Hewlett-Packard, HP-5890 series II)로 측정하였다. 가스크로마토그래프의 운전조건은 Table 4.와 같다.

III. 결과 및 고찰

1. 반응조내 화학적 특성

혐기성 처리시 반응조내 pH, TA 및 VA는 반응조내의 반응상태를 나타내는 중요한 지표가되며 이들의 변화를 통하여 반응조의 운전상태를 평가할 수 있다. 본 실험에서의 소화조내 화학적 인자에 대한 자료는 Table 5.와 같다.

전 운전 기간을 통하여 pH의 경우 안정된 값을 나타내었다. 특히 UASB 반응조에 있어서 대부분의 기질이 제거되는 반응조 하부 슬러지층에서의 pH 변화는 중요한 의미를 가진다. 이를 평가하기 위해 상향유속 및 HRT 변화에 따른 반응조 높이별 pH 특성을 평가하였으며 그 결과를 Fig. 2.에 도시하였다.

Fig. 2.에서 알 수 있는 바와같이 반응조 상부와 하부층에서의 pH값의 차이는 약 0.06-0.25의 범위를 나타냈으며 상향유속이 클수록 그 차이는

적게 나타났다. 이러한 현상은 낮은 유속에서는 반응조의 유체흐름 형태가 plug flow 형태에 가까우며 높은 상향유속에서는 유체의 흐름이 완전혼합의 형태로 나타나기 때문인 것으로 생각된다.

알카리도는 반응조내 pH강하에 대한 완충능력을 나타내는 것으로 전과정을 통하여 2,104-3,010 mg/L의 범위로 일반적인 혐기성 소화조내의 허용치인 1,000-5,000 mg/L 이내에 들고 있어 반응조내의 완충능력은 충분했던 것으로 생각된다. 반응조 높이에 따른 알카리도의 변화를 Fig. 3.에 나타내었다. 알카리도 역시 반응조 하부에서 다소 낮았으며 높은 상향유속에서 그 차이는 적게 나타나고 있어 pH결과와 비슷한 경향을 보였다. 이러한 현상에 대한 이유는 유기물의 분해과정에서 생성된 유기산(프로피온산, 뷰틸산, 아세트산) 등이 메탄형성 박테리아에 의해 최종 산물인 CH₄ 및 CO₂로 분해되면서 유기산과 결합하고 있던 알카리 이온의 방출로 유출수내에 형성된 알카리도를 재반송시키므로서 알카리도의 변화가 미미한 것으로 생각되며 이러한 현상은 낮은 상향유속에 비해 높은 상향유속으로 운전되는 반응조에서 나타났다. 이는 Young and Yang⁴⁾은 혐기성 여상 반응조에 있어서 유출수 반송은 폐수농도가 8,000-12,000mg COD/L를 초과할 때 소요 알카리도를 감소시키고 농축된 생물학적 고형물 층을 통해 폐수분배를 좀더 균일하게 유입시키며 반응조내의 유기산농도를 감소시키려 할 때 유용하게 쓰인다고 제안하고 있으며 COD 8,000 mg/L 이하의 농도를 갖는 폐수에 대해서는 유출수 반송이 필요하지는 않지만 반송을 할 경우 알카리도나 영양소의 절감을 이룰 수 있다고 보고한 연구결과와 비슷한 결과를 나타내었다.

혐기성 소화조의 조절 인자로서 사용되는 휘발성산/알카리도 비는 0.8 이상이 되면 pH강하에 의한 메탄생성 억제가 일어나 운전이 실패하게 되고 그 비가 0.3-0.4 이상이 되면 조절해줄 필요가 있으며, 이런 조절은 늦어도 그 비가 0.5 이상일 때 시작해야하는 것으로 보고하고 있다⁵⁾. 본 연구에서는 그 비가 R-1, R-2, R-3 및 R-4 반응조에서 전운전기간동안 각각 0.034-0.181, 0.016-0.141, 0.016-0.238 및 0.024-0.451로 나타나 운전기간 동안 휘발성산과 알카리도에 의한 메탄생성 억제 영

향은 없었던 것으로 추정된다. Fig. 4는 높이별 휘발성산(VA)의 농도를 나타낸 것으로 그림에서 보는 바와 같이 10m/hr이상의 높은 상향유속에서 높이별 휘발성산 농도 값은 일정하게 나타나 높은 상향유속에서 반응조내 흐름 형태가 완전혼합에 가깝다는 것을 알 수 있다. 반면 1m/hr의 상향류속으로 운전되는 반응조 R-1의 경우 반응조 하부로 갈수록 휘발성산 값이 높게 나타났으며 반응조 높이가 70cm 이상에서 일정하게 나타나고 있어 슬

러지층이 형성되어 있는 하부에서는 완전혼합을 일으킬 정도의 상향유속이 작용되지 못하므로 해서 압출류(plug flow)형태로 나타난 것으로 생각되며 반응조내 상향유속이 증가함에 따라 반응조 높이별 VA농도값은 일정한 수치를 나타내었다. 동일 상향유속에서 HRT감소에 따라 휘발성산의 농도가 증가하였고, 동일 HRT에서 상향유속이 높아짐에 따라 휘발성산의 농도 역시 증가하였다.

Table 5. Chemical characteristics of effluent

Reactor NO.	Uv. (m/hr)	HRT (hrs)	loading rate (kgCOD/m ³ -day)	pH	TA (mg/l as CaCO ₃)	VA (mg/l as HAc)	VA*/TA**
R-1	1			6.82-7.15 (7.02)	2,104-2,510 (2,385)	43.0-130.0 (81.4)	0.034
R-2	10	24	3.18	6.98-7.07 (7.02)	2,451-2,650 (2,528)	37.5-50.6 (43.5)	0.017
R-3	20			6.98-7.08 (7.02)	2,320-2,560 (2,472)	35.0-55.0 (42.7)	0.017
R-4	30			6.97-7.09 (7.03)	2,438-2,653 (2,532)	40.0-120.0 (60.1)	0.024
R-1	1			6.92-7.20 (7.04)	2,410-2,912 (2,619)	50.0-170.0 (99.0)	0.038
R-2	10	12	5.93	6.90-7.16 (7.04)	2,400-2,938 (2,623)	35.0-50.0 (41.3)	0.016
R-3	20			6.90-7.20 (7.05)	2,514-2,938 (2,670)	35.0-55.5 (42.0)	0.016
R-4	30			6.88-7.15 (7.02)	2,430-2,912 (2,595)	50.0-455.0 (202.8)	0.078
R-1	1			6.83-6.95 (6.88)	2,320-2,900 (2,624)	165.0-280.0 (236.0)	0.090
R-2	10	6	12.08	6.90-7.00 (6.94)	2,435-2,945 (2,650)	130.0-215.0 (172.0)	0.065
R-3	20			6.82-7.00 (6.88)	2,450-3,010 (2,639)	205.0-339.0 (276.0)	0.105
R-4	30			6.74-6.85 (6.80)	2,430-2,840 (2,613)	565.0-750.0 (693.2)	0.265
R-1	1			6.80-6.90 (6.84)	2,310-2,650 (2,433)	405.0-493.0 (439.7)	0.181
R-2	10	3	24.33	6.80-6.95 (6.85)	2,280-2,520 (2,444)	315.0-355.0 (345.0)	0.141
R-3	20			6.80-6.85 (6.82)	2,240-2,600 (2,450)	495.0-693.0 (584.3)	0.238
R-4	30			6.70-6.84 (6.74)	2,340-2,640 (2,503)	1,050.0-1,280.0 (1129.6)	0.451

* VA:volatile acid as HAc ** TA:total alkalinity as CaCO₃ (): Average

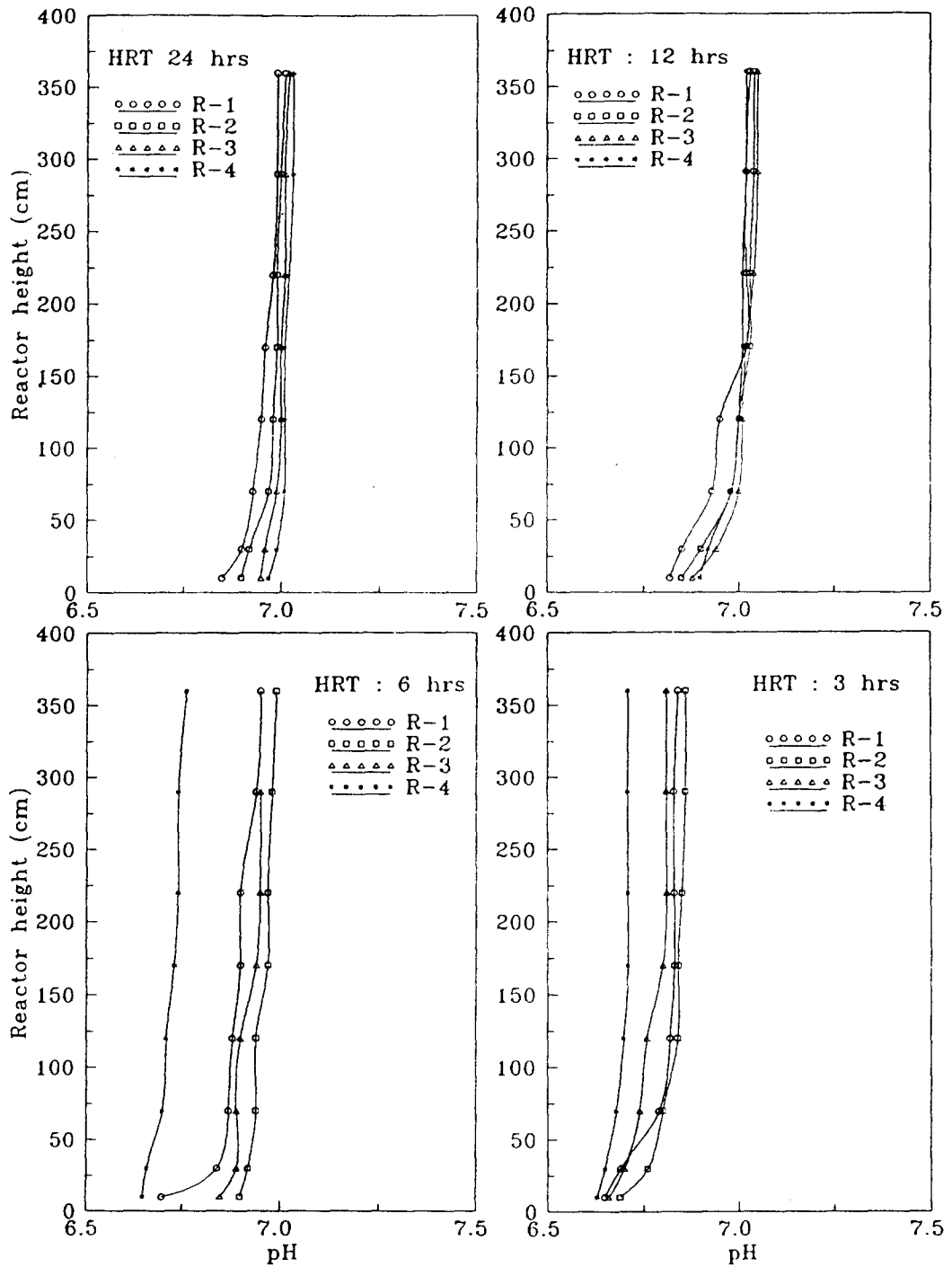


Fig. 2. Variations of pH along reactor height.

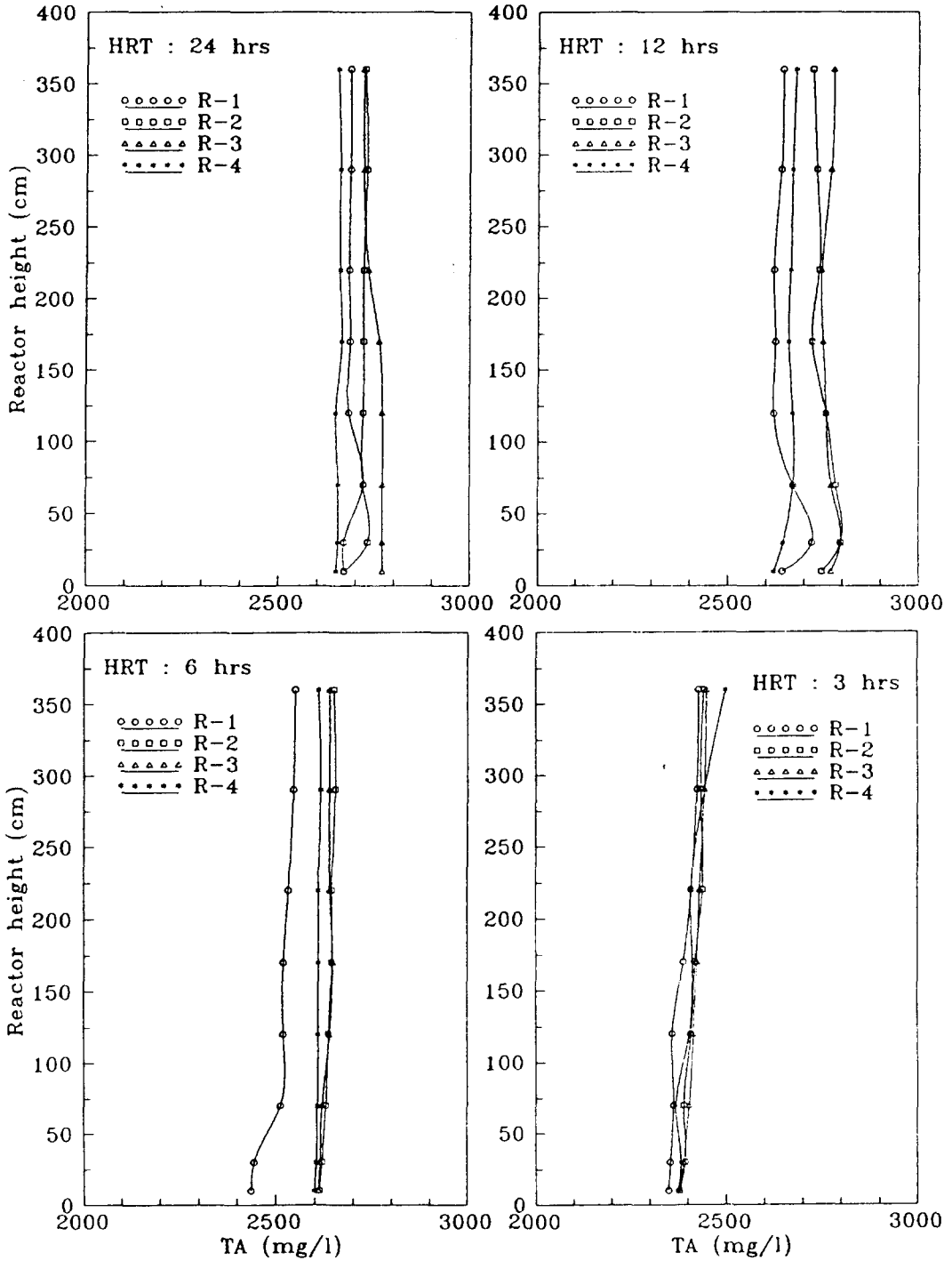


Fig. 3. Variations of TA along reactor height.

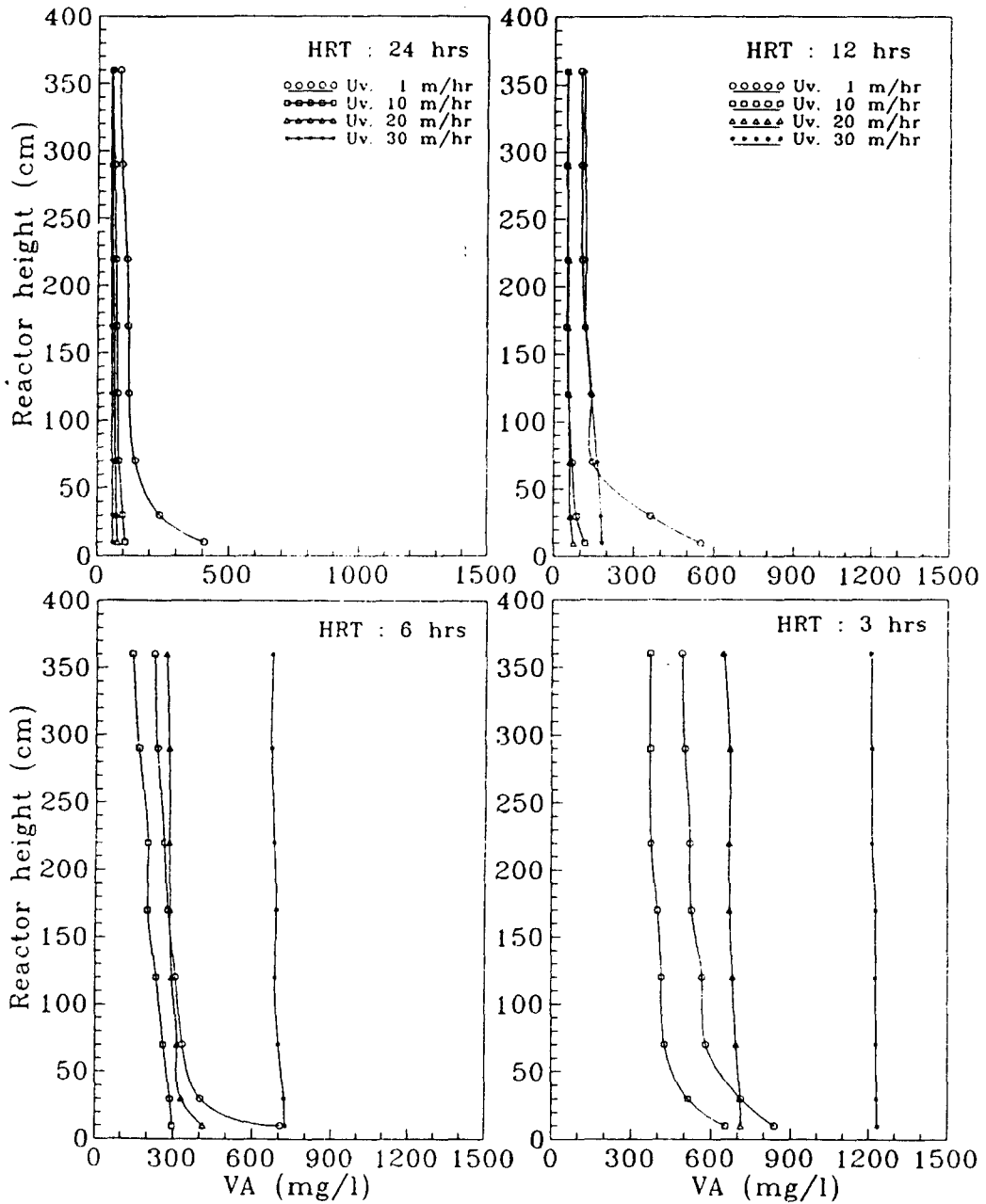


Fig. 4. Variations of VA along reactor height.

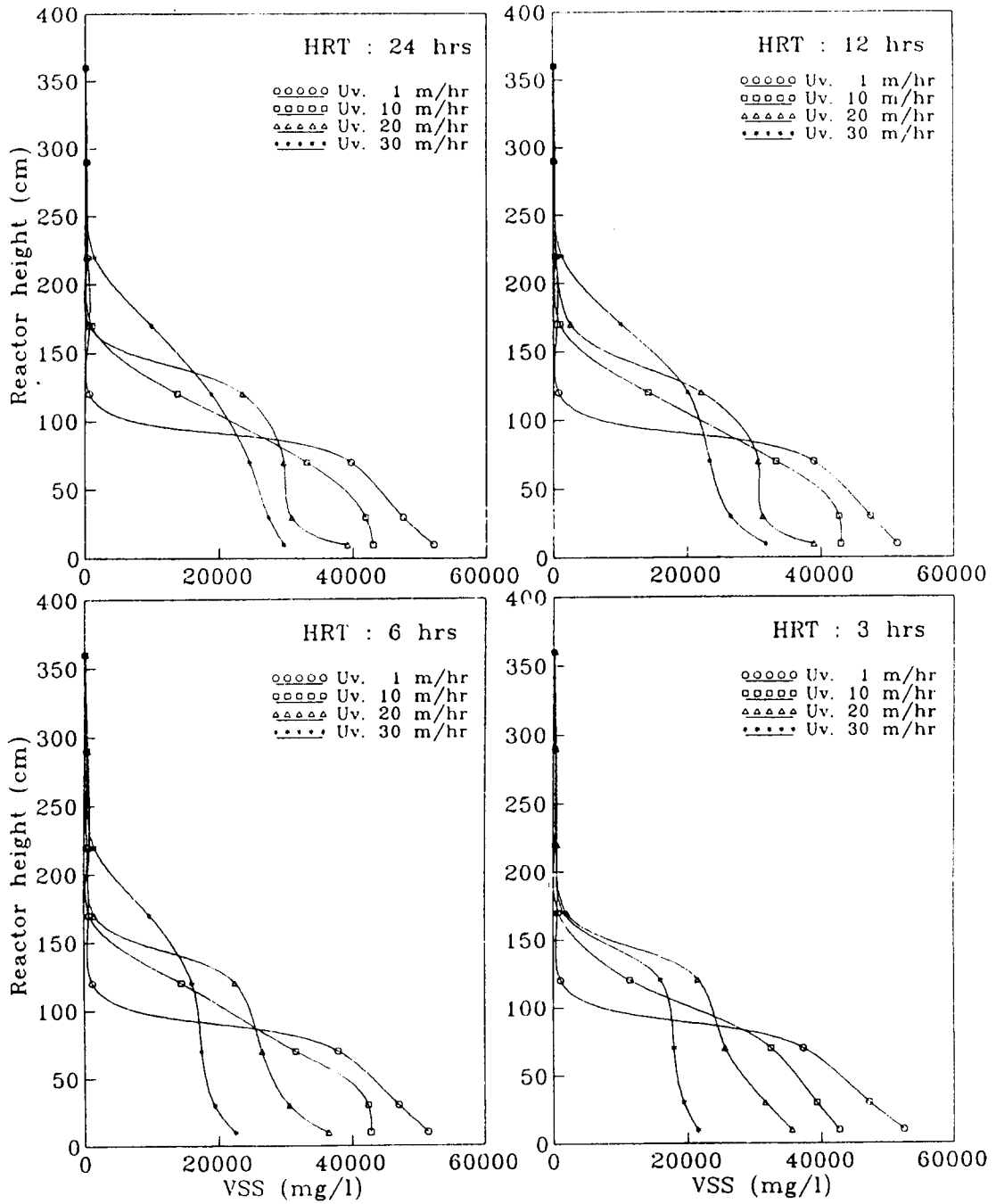


Fig. 5. Variations of VSS concentration along reactor height.

2. 유출수 중의 TSS 및 VSS

상향유속 및 HRT변화에 따라 반응조내에서 반응조 높이별 미생물분포 양상이 어떻게 변화하는지를 검토하기 위하여 일정 높이(10, 30, 70, 120, 170, 220, 190 및 360 cm)에서 미생물을 채취 농도분포특성을 평가하였다. Fig. 5는 각 HRT에서 상향유속에 따른 VSS 농도의 수직적분포를 나타낸 것이다.

그림에서 보는 바와 같이 동일 HRT에서 상향유속이 클수록 슬러지층의 확장이 높게 일어나고 있음을 알 수 있으며 HRT가 감소함에 따라 상향유속 30 m/hr로 운전된 R-4 반응조의 경우 VSS량이 점차 감소하는 경향을 보였다. 각 HRT 및 상향유속변화에 따라 반응조 전체에 차지하는 미생물량에 대한 일정 높이에서 미생물이 차지하는 양의 백분율을 Table 6.에 나타내었다.

Table 6.에 나타낸 바와 같이 HRT 24시간에서 상향유속 1 m/hr인 R-1 반응조의 경우 낮은 높이인 0-50 cm에서 미생물량 전체의 65.0%를 차지한 반면 30 m/hr인 R-4 반응조의 경우 36.3%를 차지하여 낮은 상향유속에서는 반응조 하부에 미생물량이 높은 반면 상향유속이 높아질수록 상부층으

로 미생물이 옮겨가고 있음을 알 수 있다. 또한 HRT를 감소시킨 결과 HRT 3시간에서 R-1 반응조의 경우 64.2%, R-4 반응조의 경우 36.2%를 차지하여 HRT감소가 반응조내 미생물량의 변화에 영향을 미치지 못하는 것으로 나타났다. 이러한 이유는 상향유속에 필요한 반송량에 비해 HRT감소에 따른 유량이 작은 결과로 해석할 수 있다. 한편 반응조 150-360 cm에서 측정된 결과 HRT 24시간에서 R-1 반응조의 경우 1.4%, R-4 반응조에서 13.0%로 나타났고 HRT 3시간의 경우 각각 1.9% 및 7.3%를 나타내어 R-1의 경우 증가하나 R-4 반응조의 경우 오히려 감소하는 경향을 보였다. 이러한 현상은 R-4 반응조의 경우 높은 상향유속에 기인하여 시간이 지남에 따라 입자가 전단력에 의해 파쇄됨으로 인하여 유실된 결과로 판단된다. 이는 Pipyn and Verstraete⁶⁾ 등이 유출수 반송에 의한 수리학적 부하율(반응조 수평단위 면적당)은 반응조내 상향유속을 증가시켜 그 결과 슬러지층의 과도한 팽창으로 인한 슬러지 유실을 가져올 수 있다고 보고하였고 또한 김 등⁷⁾은 2상 유동상 생물막 실험에서 반응조내 상향유속의 증가는 전단력을 증가시켜 생물막 두께를 감소시키고 그 결과 반응조내 미생물량을 감소시킨다는 연구 결과와 잘 일치하는 것으로 나타났다. 이러한 현상은 높은 상향유속에 의한 전단력등으로 슬러지의 파쇄를 야기시켜 많은 슬러지가 유실된 것으로 판단되며 이러한 결과는 기질제거효율에 적지 않은 영향을 줄 것으로 생각된다.

Table 6. Percentage(%) of biomass along height at each HRT

Reactor NO.	HRT (hrs)	Height(cm)			
		0-50	50-100	100-150	150-360
R-1	24	65.0	32.4	1.2	1.4
R-2		50.9	34.6	13.1	1.4
R-3		43.0	36.2	19.2	1.6
R-4		36.3	29.1	21.6	13.0
R-1	12	63.5	32.7	1.3	2.5
R-2		50.5	33.9	13.8	1.8
R-3		37.8	34.7	21.9	5.6
R-4		34.2	28.4	23.1	14.3
R-1	6	63.8	33.0	1.3	1.9
R-2		50.2	34.6	13.6	1.6
R-3		41.2	33.6	21.4	3.8
R-4		31.8	28.1	24.3	15.8
R-1	3	64.2	32.6	1.3	1.9
R-2		51.4	36.6	10.1	1.9
R-3		41.7	32.2	22.3	3.8
R-4		36.2	31.9	24.6	7.3

3. 유기물 제거

상향유속 및 HRT 변화에 따라 반응조 높이별 유기물 농도가 어떻게 변화되는지를 평가하였다. Fig. 6.은 반응조 높이별 COD 농도분포를 나타낸 것으로 그림에서 보는바와 같이 높은 상향유속에서 높이에 따른 유기물 농도 값의 차이는 미미하게 나타났다. 이는 높은 상향유속에서 미생물이 반응조 하부와 상부에 큰차이를 두지 않고 반응조 전체에 분포되기 때문인 것으로 판단된다. 또한 대부분의 유기물이 반응조 하부에서 제거되고 있으며 HRT 감소에 따라 높은 상향유속에서 제거효율이 감소함을 알 수 있다. 이는 높은 상향유속

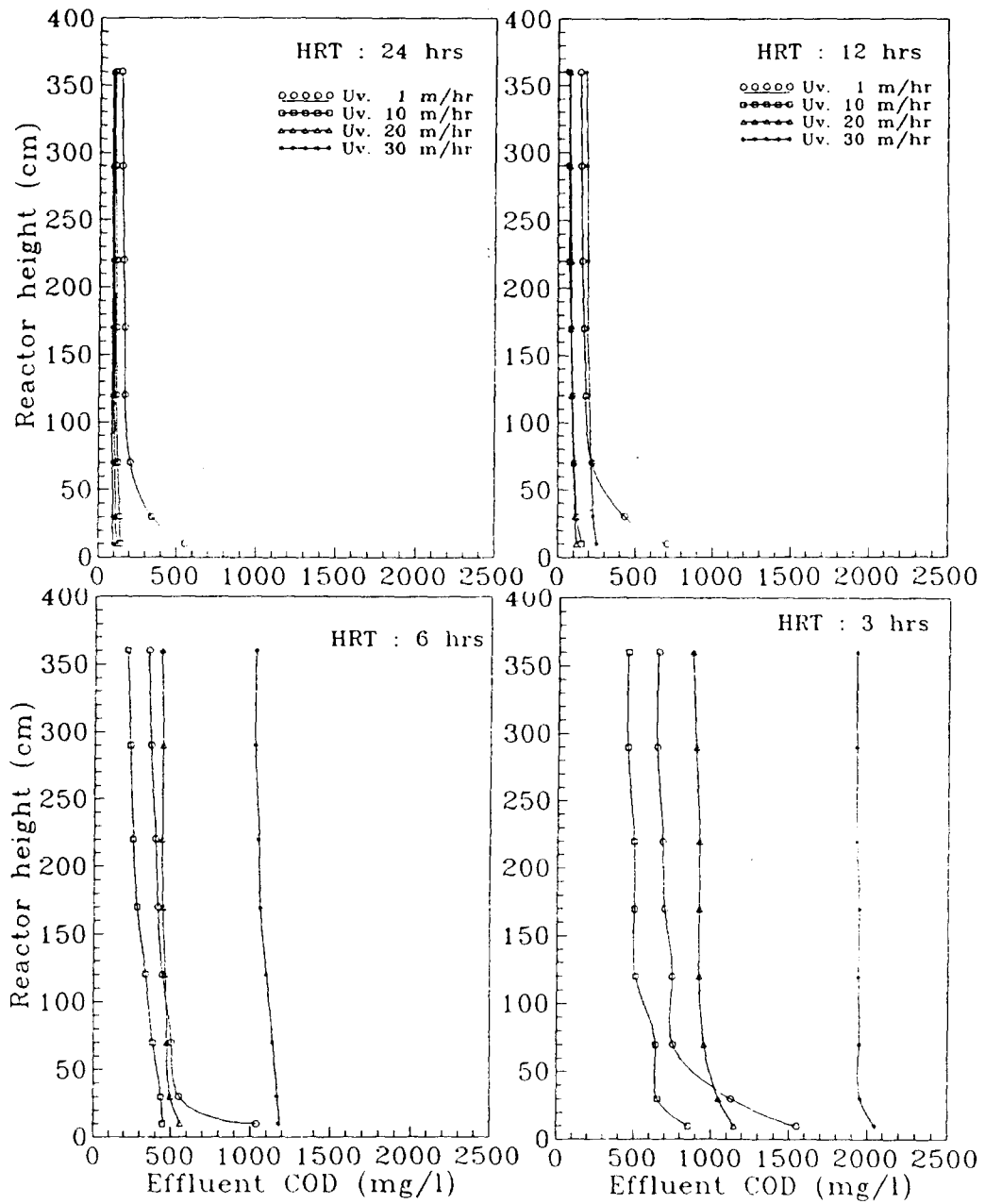


Fig. 6. Variations of COD concentration along reactor height.

에서 입상슬러지 파쇄현상에 기인되어 결국 반응조내의 미생물량을 감소시키는 결과를 가져와 유기물 제거효율을 감소시키는 것으로 판단된다. Lettinga 등²⁾은 UASB 반응조에서 유기물 제거의 대부분이 반응조 하부에서 일어난다고 보고하였다. 결국 반응조 하부에서 유기물의 상당량이 제거된다고 볼 때 높은 상향유속은 바람직한 방법이 아니라고 판단되며 미생물과 유기물간의 접촉효율을 고려한 적정 상향유속으로의 운전이 바람직할 것으로 생각된다. 이러한 결과는 휘발성산 농도변화 및 VSS의 농도 분포의 결과와도 일치한다.

IV. 결 론

상향유속의 변화로 인해 반응조 높이별 반응생성물의 거동 특성을 조사하기 위하여 실규모 높이의 전형적인 UASB 반응조를 제작하여 실험을 수행한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 상향유속에 기인한 반응조내 흐름 형태는 낮은 상향유속에서 flug flow이며 높은 상향유속에서는 완전혼합형태로 나타났다. 결국 높은 상향유속에서 반응조 높이별 pH, 알칼리도, VA농도 차이가 크지 않았다.
2. 낮은 상향유속에 비해 높은 상향유속에서 운전된 경우 반응조 높이별 미생물의 분포양상은 반응조 높이에 따라 큰 차이를 보이지 않았다.
3. 유기물제거효율은 미생물 분포 양상에 기인하여 높은 상향유속에서 낮게 나타났으며 유기물과 미생물간의 접촉효율 향상을 고려한

적정 상향유속으로의 반응조 운전이 바람직할 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

1. Henze, M. and P. Harremoes : Anaerobic treatment of wastewater in fixed film reactor, a literature review, *Water Science and Techn.*, 15. 1-101, 1983.
2. Lettinga G. : Roersma R. and Grin D., Anaerobic treatment of raw domestic sewage at ambient temperatures using a granular bed UASB reactor, *Biotechnol. Bioengng*, 25, 1701-1723, 1983.
3. APHA, AWWA, WPCF. : Standard methods for the examination of water and wastewater, *APHA, AWWA, WPCF*, 18thed, 1992.
4. Young, J.C. and B.S. Yang : Design considerations for full-scale anaerobic filters, *JWPCF*, Vol. 61, No. 9, 1576-1587, 1989.
5. WPCF : Anaerobic sludge digestion, MOP-16, WPCF, 1977.
6. Pipyn, P., and Verstraete, W. : A pilot scale anaerobic upflow reactor treating distillery wastewaters, *Biotech Letters*, 1, 495-500, 1979.
7. 김창원, 장희재 : 2상호기성 생물막 유동층 반응기에서 공탑상향유속이 생물막특성에 미치는 영향, *J. of KESS*, Vol. 14, No. 1, 23-30, 1992.