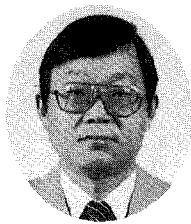


# 산업폐수처리를 위한 혐기성 신공정

## 4.4 고율혐기성 반응조의 비교

전술한 고율 반응조들을 적절한 크기로 비교, 연구한 결과는 없지만, 보유 가능한 미생물의 양과 유입폐수와 미생물간의 접촉정도가 다르기 때문에 각각의 고율 반응조가 달성할 수 있는 최대 부하는 많은 차이가 있다[13]. 또한, 모든 고율 반응조는 각각 독특한 장·단점이 있기 때문에 이들 중에서 어떤 공법을 선택하는 문제는 전적으로 처리하고자 하는 폐수의 특성에 좌우된다. 예를 들어, 용존성 폐수를 대상으로 이들 반응조를 비교하면 일반적으로 Granular UASB>AFB>AEB>Flocculant Sludge UASB 혹은 AF의 순서로 최대 허용부하율이 감소한다. 그러나, 도살장폐수(1,500-2,200mg COD / l, 40-60% insoluble COD) 같은 부분적인 용해성 폐수를 처리하는 경우에는 Flocculant Sludge UASB 반응조가 가장 유리하다.



신항식  
(한국과학기술원 토목공학과 교수)

## 4.5 이상소화(Two-phase Anaerobic Digestion)이론

혐기성소화 시스템의 효율향상과 공정의 안정성 제고를 위한 방법 중에서 미생물 보유량과 흐름 특성 개선을 위한 노력이 고율 혐기성 반응조의 개발을 초래하였다면, 이상소화 이론은 산생성균과

메탄생성균을 공간적으로 분리시켜 시스템의 효율 및 안정성을 향상시키고자 하는 방법이다[21].

전술한 바와 같이 혐기성 분해 반응은 기질의 상태에 따라서 가수분해 및 산생성, 아세트산 생성, 그리고 메탄생성의 연속적인 반응으로 구성되는데, 산생성균과 메탄생성균은 영양물질 요구, 생리학 및 성장과 물질대사 특성, 최적 환경조건, 그리고 환경변화에 대한 민감도 등이 전혀 다른 미생물군이다. 이러한 별개의 두 미생물군을 각각의 최적 조건에 맞는 분리된 공간에서 배양하므로써 전체 시스템의 처리효율과 안정도를 향상시키고자 하는 것이 이상소화 시스템의 기본 이론이다.

이상소화 이론은 1970년대 중반에 Pohland와 Ghosh 등에 의해 제안된 후에, 적용성은 Ghosh에 의해, 산생성단계의 이론은 Cohen에 의해 [22], 그리고 pH의 영향과 산생성물에 의한 저해 등은 Zoetermeyer [23, 24] 등에 의해 많이 연구되었다. 그러나, 그러한 연구는 대부분 간단한 합성폐수에 대한 것이었고, 최근에 와서야 복합폐수에 대한 적용성 및 운전기법 향상에 관한 연구가 진행되고 있다 [26, 27].

## 5. UASB(Upflow Anaerobic Sludge Blanket)반응조

1970년대 중반에 네덜란드의 Wageningen대학의 Lettinga 등에 의해 개발된 반응조로 폐수는 반응조의 하부에서 유입되어 반응조 내부의 슬러지 층을 통과하면서 처리된다(그림 10). 여재가 필요하지 않은 것과 입상슬러지(granular sludge)를 이용하는 점이 중요한 특징이며, 설계에서 가장 중요한 부분은 기체-고체 분리장치(gas-solid separator, GSS)와 유입수 분배장치이다. (10, 28-30).

UASB반응조의 상부에 설치되는 GSS장치는 발생가스와 함께 상승하는 슬러지를 분리, 재침전시키므로써 반응조의 슬러지 보유능에 결정적인 역할을 한다. 유입수 분배장치는 슬러지 베드층에서 발생하기 쉬운 단회로 현상을 방지하고 미생물과 유입폐수간의 접촉율을 향상시키기 위한 필수적인 장치로서, 적절한 유입수 분배장치는 초기 운전기간을 단축시킬 수 있다.

초기 운전 이후에는 침전특성이 양호한 슬러지만이 반응조 내에 보유되어 입상화(granulation)되는데, 입상슬러지는 침전특성 뿐만 아니라 높은 활성을 갖기 때문에 짧은 체류시간에서도 고부하로 운전이 가능하며 높은 처리효율을 얻을 수 있다. 1988년까지 실제 규모 처리장으로 건설된 UASB반응조의 수는 125개 이상이며, 슬러지의 입상화 기작 및 초기 운전기간 단축에 관한 연구도 활발히 진행되고 있다[31, 37].

### 5.1 입상슬러지

미생물의 자기고정화 원리에 의 환경관리인, 1993. 5

해 형성되는 것으로 알려진 입상슬러지의 정확한 형성기작은 아직 정립되지 않았지만, 입상슬러지는 실험실 규모의 반응조 및 실제 처리장에서 다양하게 발견되고 있다. 그림 11에서 보는 바와 같이 입상슬러지의 형성기간 및 형태는 S-electin pressure, Acetic acid농도, 그리고 불활성 유동매질과 같은 환경 및 운전조건에 따라 달라질 수 있으나, 크게 3가지 형태로 분류할 수 있다[31].

A형 입상슬러지는 식종슬러지나 유입기질 내에 존재하는 소량의 불활성 입자 혹은 투여된 불활성 유동매질 표면에 미생물이 부착되어 형성된 미생물막이 성장한

게 되며, 매질표면에 영성하게 부착된 filaments들의 안과 주위에서 미생물이 연속적으로 성장하여 결과적으로 안정하고 compact한 입상슬러지로 성장한다.

B형은 유동매질이 없는 상태에서 순수한 미생물의 자기고정화 원리에 의해 형성된 입상슬러지이며, 이것은 주로 Methanotrix soehngenii로 이루어져 있다. 이는 다시 막대형 filaments미생물로 이루어진 rod granule과 긴 다세포의 filaments미생물로 구성된 filamentous granule로 구분된다.

C형은 Methanosarcina로 이루어진 입상슬러지이며, 이들은 초기 운전기간 동안 반응조에 높은

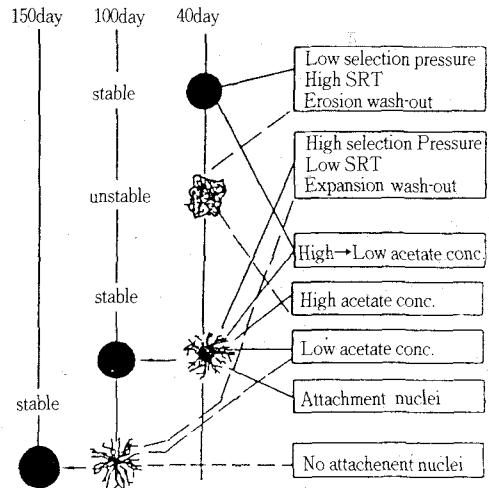


그림 11. Suggested factors governing the granulation of anaerobic sludge

것이다. 유동매질에 부착된 미생물은 뛰어난 침전성을 갖기 때문에 반응조 초기 운전 기간의 슬러지 유실 동안에도 반응조 내에 남

초산농도가 유지될 경우에 형성된다. 이들 미생물은 덩어리(clump)를 형성하지만, 덩어리들의 응집력이 약하기 때문에 형성된 입상

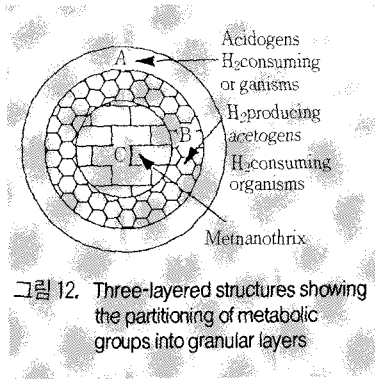


그림 12. Three-layered structures showing the partitioning of metabolic groups into granular layers

슬러지는 불안정하다.

한편, 입상슬러지의 구조적 특성을 연구한 Guot 등의 전자현미경 연구에 의하면 입상슬러지는 그림 12와 같이 크게 3개의 층으로 구성된다[36]. 입상슬러지의 외층은 rods, cocci, 그리고 filaments 등의 매우 불 균질한 미생물군으로 구성되며, 중간층은 주로 rod형 박테리아로 구성된다. 입상슬러지의 핵을 구성하는 내부는 Methanotrix형 미생물로 구성되며, 이 내층에는 가스 및 기질의 전달경로로 추측되는 기공(cavity)이 산재해 있다.

입상슬러지가 형성되기까지의 초기운전이 다소 까다롭고 소요시간도 다소 길지만, 일단 입상슬러지가 형성되면 UASB반응조는 높은 유기부하에서도 양호한 처리효율을 갖는다. 또한, 입상슬러지는 새로운 UASB반응조의 식종물질로서 가장 적합하며, 처리대상 폐수의 성상과 농도가 다른 경우에도 식종물질로 이용이 가능하다. 뿐만 아니라, 입상슬러지의 형태학적 및 생화학적 특성은 기질을 공급하지 않는 상태에서도 장기간 보존이 가능하며, 다시 기질을 공

급할 경우 단시간에 활성을 회복하는 것으로 알려져 있어 계절적 혹은 간헐적으로 운전되는 산업체에서 효과적으로 적용될 수 있을 것으로 기대된다[37].

## 5.2 UASB반응조의 설계

### 5.2.1 반응조 용량

UASB반응조의 용량은 일일최대 COD부하, 최대 유체상승속도, 유입수의 최소농도, 유입수의 농도 및 특성, 허용용적부하, 그리고 요구되는 처리효율 등에 의해 결정된다. 최대허용 유체상승속도는 설계시 종종 유기물부하 대신 중요한 인자로 사용된다. 용존성 폐수인 경우 침전부에서 유체상승속도는 3m/h이하, 부유물질이 포함된 유입수의 경우 1-1.25m/h가 적절하며 다음식에 의해 결정한다.

$$A = \frac{\theta_a Q}{H}$$

여기서,

A=surface area of the reactor(m<sup>2</sup>)

$\theta_a$ =allowable hydraulic retention time(hr)

Q=average flow rate(m<sup>3</sup> hr<sup>-1</sup>)

H=reactor height(m)

이므로 허용 유체상승속도는

$$V_a = H / \theta_a$$

이고, 반응기 부피는 다음과 같다.

$$V_r = \theta_a Q$$

처리대상 폐수가 고농도인 경우에는 침전부의 기체-액체 경계면적이 비교적 작아도 발생가스의 분리에 큰 문제가 없으므로 반응조는 하단에서 상부의 침전부까지 일정한 형태로 설계된다. 그러나,

저농도 폐수의 경우에는 고농도 폐수에 비해 짧은 수리학적 체류시간으로 운전되므로 발생가스와 슬러지의 효과적인 분리를 위해 상부 침전부의 표면적을 가능한 넓게 할 필요가 있다. 따라서 처리대상 폐수의 특성에 따라 원형 소화조와 원형 침전조, 원형 소화조와 직사각형 침전조, 혹은 직사각형 소화조와 직사각형 침전조가 조합되어 사용된다.

한편, 반응조의 용량은 적용되는 유기물 부하에 의해 결정되므로 반응조의 높이가 중요한 설계인자이다. 그러나, 최적높이를 일괄적으로 규정하기가 어렵기 때문에 유체의 상승속도가 설계인자로 이용되며, 입상슬러지의 경우 5-6kg COD/m<sup>3</sup>·day의 부하에서 유체의 상승속도가 1.5-2.0m/hr를 유지하도록 설계하는 것이 바람직하다.

유입수 농도와 용적부하(rv)로부터 반응조의 용량을 결정할 경우에는 다음식에 의해 계산이 가능하다.

$$V_r = \frac{24CQ}{rv}$$

여기서,

$V_r$ =reactor volume(m<sup>3</sup>)

C=influent concentration(kg CO<sub>2</sub>D/m<sup>3</sup>)

Q=average flow rate(m<sup>3</sup>hr<sup>-1</sup>)

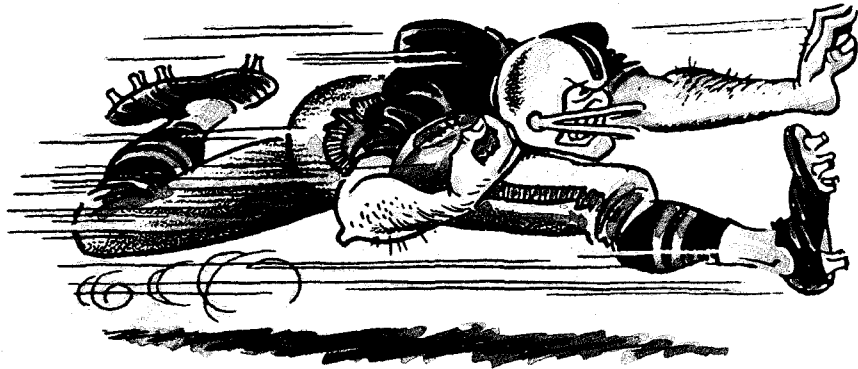
rv=space organic loading(kg COD/m<sup>3</sup>·day)

그림 13은 유입수의 농도와 반응조 용량 간의 관계를, 그리고 그림 14는 용적부하와 임계 유체상승속도에 따른 반응조의 용량 변화를



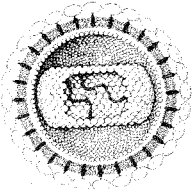
우리가 살고 있는 이 땅은 가중되는 오염  
 으로 인해 날로 황폐해지고 있습니다.  
 더 늦기전에 환경을 보존합시다!  
 지구를 살립니다!

저희들이  
 해결하겠습니다.



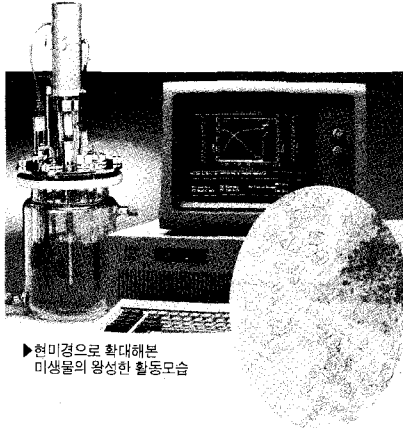
문) 폐수처리용 미생물제제와 슬러지의 COMPOST 화를 위한 기술이 어디 없을까요?  
 답) 鄭水環境技研을 찾으십시오. 鄭水環境의 축적된 기술과 경험이라면 틀림없습니다!

# 생·물·공·학·의·승·리



이론의 실제화에 성공한 생물공학  
 이는 환경오염을 가중시키는 인간의 이기심에  
 맞서 깨끗한 물과 공기를 지키고자 특수한  
 능력을 갖는 「변이 박테리아 제제」를 만드는  
 것이 일반화 되었습니다.  
 폐사에서는 발명특허의 기술로서 폐수처리용  
 미생물제제와 폐기물의 자원화를 위한 고도의  
 SLUDGE COMPOST 화의 실용화기술로  
 생물공학을 이용한 미생물 제제의 제조에  
 당사가 보유하고 있는 국내유일의 다목적  
 미생물 배양장치에 의해 제조함으로써 더 낫은  
 생활 환경을 만들기 위해 최선을 다하고  
 있습니다.

정수환경기원은 폐수처리용 미생물 제제 및  
 폐기물의 COMPOST 에 대한 특허의 기술을  
 갖고 있는 제조업체로서 상기제품에 대한  
 기술적인 면에서 국내외에서 독자적인 자부심을  
 갖고 21세기를 향하고 있습니다.



▶현미경으로 확대해본  
 미생물의 왕성한 활동모습

- 정수환경기원이 진행하는  
 첨단환경오염방지 기술분야
- 발명특허 (제044689호) 폐수처리용미생물제제
  - 발명특허 (제053394호) SLUDGE COMPOST 화
  - 특허출원 (제9052호) 확산분사형노즐
  - 특허출원 (제9491호) 슬러지 분리방법
  - 특허출원 (제10517호) 미생물 탈취제
  - 특허출원 (제11865호) 고농도 난분해성 폐수처리방법
  - 특허출원 (제12151호) 고효율 산기관
  - \* 상표등록 (제185213호) 생물학적 제제외 3건
  - \* 상표등록 (제225951호) 탈취제외 5건
  - \* 상표등록 (제225952호) 생물학적 제제외 3건
  - \* 상표등록 (제229748호) 생물학적 제제외 1건
  - \* 상표등록 (제237856호) 생물학적 제제외 2건

\* 폐사가 제조하고 있는 제품들은 대한민국 특허청이  
 발명을 인정한 제조방법으로서 생물공학을 접목시킨  
 우수한 미생물제제입니다.

<b>VORTIBANK®</b>	<b>Series</b>
<b>BIOSNIP®</b>	

# 어리이와 가정의 달과 같이 드물게의 꽃은 귀엽고, 아름답다



## ◀ 금낭화

〈*Dielytra spectabilis* G. Don.

학설에 의하면 중국이 원산이라고 하지만, 우리나라의 고산지에서 흔히 볼 수 있는 야생식물이었을 가능성이 크다.

양귀비과의 여러해살이 풀인 이 꽃은 유독성 식물이어서 함부로 먹을 수 없다.

화분이나 화단에 심으면 훌륭한 관상초가 되어 봄부터 여름까지 특이한 꽃을 볼 수 있다.

〈등모란〉 〈머누리주머니〉 〈머늘취〉 등으로도 불린다.

## ▶ 금창초

〈*Ajuga decumbens* Thunb.

제주도, 울릉도 및 남부 지방 야지에서 자라는 여러해살이 풀이며, 50cm 정도 자란다. 5~6월에 짙은 자주색 꽃이 피고, 열매는 7월에 익는다. 관상용으로 좋은 풀이며, 산성 토질에서는 분홍색 꽃이 피고, 알칼리성 토질에서는 보라색 계통이 꽃이 핀다.





▲ 붓꽃 (*Iris nertschinskia* Lodd.)

전국의 산이나 들, 냇가, 둑, 산 계곡 등 습기가 있는 초원에서 흔히 볼 수 있으며, 원예 농가에서 심는 붓꽃과의 여러해살이 풀이다.

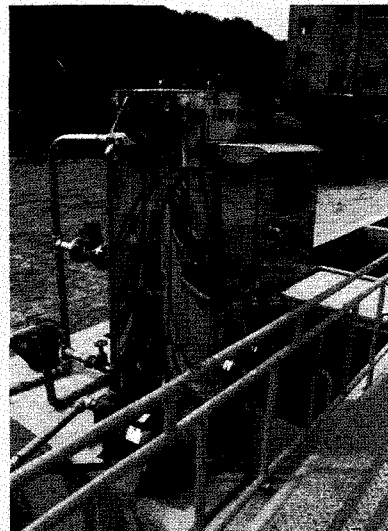
원래는 〈계손〉(수창포) 등으로 불리었으며 〈창포 붓꽃〉으로 불리기도 한다.

붓꽃이 잘 자라는 토질은 화강암계, 반암계, 화강편마암계, 변성퇴적암계, 경상계, 현무암계 등이며 대개는 습기가 있는 곳이면 어디서든 잘 자란다. 주로 분주법(포기 나누기)에 의하여 번식되고 있다.

# 신환경기술

## 바이오 리액터 시스템 - 自然淨化法

점 완전해결!!  
새로운 오·폐수 처리



▲ BIO REACTOR UCS-100형

- 가. 처리수의 BOD, 10ppm이하
- 나. 처리시 거품 소멸 (소포시실 불필요)
- 다. 위생학적 우수한 처리수 확보 (무균·무취)
- 라. 질소·인 제거효율 90%이상
- 마. 처리수의 중수도 재이용 가능
- 바. 탈수오니 부식도화되어 비료로 재이용

### 실적

오수부분 : 리비사이드 호텔, 북한강호텔, 한성골프장 등  
폐수부분 : 염색, 탁주, 식품폐수 등 유기성 폐수

比較項目 處理法	細菌의 種類	代謝物	反應의 種類	處理溫度	處理水中의 大腸菌의 有無	惡臭의 發生	電力消費	容種負荷	發生污泥의 土壤還元
自然淨化法	土壤性通性嫌 氣性細菌·土 壤性好氣性細 菌	有機酸·아미 노酸多糖類等, 휘늘 露出基가 있는 化合物	重縮合을 包含 한 巨大分子化	4~45°C	無	無	小	大	可
標準活性 汚泥法	好氣性細菌 通 性嫌氣性細菌	有機酸·아미 노酸多糖類· 酵素等	酵素分解	7~27°C	有	有	大	小	不可

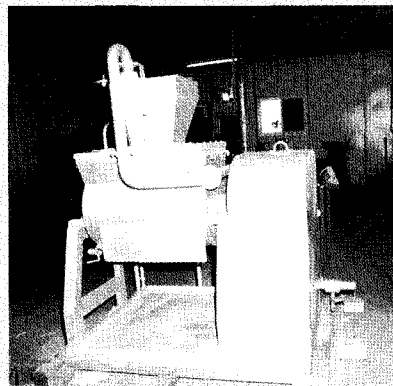
슬러지 처리의 결정판!! 이제 슬러지 처리는 발생과 동시에 자체해결 됩니다.

### 특징

- 가. 유기성 폐기물을 안정화·고형화 후재이용
- 나. 처리시간이 짧다(5분가량)
- 다. 처리비가 적다 : 매립지 처리비용으로 처리가능
- 라. 설치면적이 적다(예 : 폐기물 10Ton처리시 설치면적 10평)
- 마. 처리부분 : 유기성 폐수처리의 탈수오니  
도축폐기물, 육가공폐기물  
수산물 가공 폐기물 등

### 실적

남양주군유기질 비료공장(1990. 4 준공)  
- KIST와 공동설치  
남제주축협유기질 비료공장(1993. 3. 8 준공)



本 社 : 京畿道 安養市 東安區 冠陽2洞 824  
TEL : (0343) 21-5716, 5184  
FAX : (0343) 22-9569  
서울사무소 : TEL : (02) 823-9561 (代)  
FAX : (02) 816-0599

보여준다.

### 5.2.2 유입수 분배장치

반응조 내의 미생물과 유입폐수 간의 접촉을 향상시키고 슬러지 베드층에서 발생가스와 유입폐수에 의한 단화료를 방지하기 위하여 효율적인 유입수 분배장치를 설치하는 것은 필수적이다. 유입수 분배장치는 유기물 부하량, 폐수의 특성, 그리고 미생물 농도 등을 고려하여 설계한다.

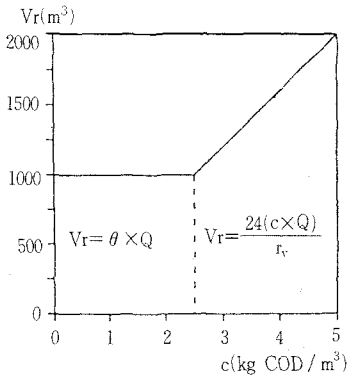


그림 13. Relationship between pollution strength and reactor volume(Assumption:  $\theta = 4\text{h}$ ,  $Q=250\text{m}^3/\text{d}$  and  $rv=15\text{kg COD}/\text{m}^3\cdot\text{d}$ )

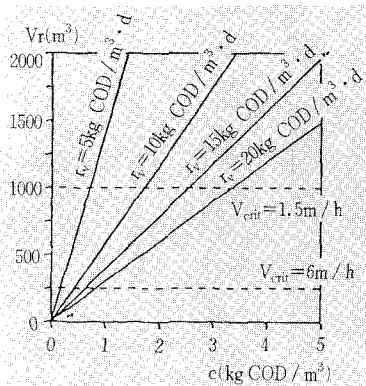


그림 14. Reactor volume at different loading rates and critical upflow velocities (Assumption:  $Q=250\text{m}^3/\text{d}$  and  $Hr=6\text{m}$ )

일반적으로  $1-2\text{kg COD}/\text{m}^3$ 의 유기물 부하로 운전하는 경우에는 반응조 단면적  $5-10\text{m}^2$ 당 1개의 유입수 nozzle이 적당하다. 고농도 폐수를 처리하는 경우에는 가스 발생량에 의해 혼합이 비교적 잘 되기 때문에  $7-10\text{m}^2$ 당 1개의 분배 nozzle을 설치한다. 그러나, 저농도 폐수는 가스발생량이 작아 혼합이 충분하지 않으므로 분배장치의 설계시 상당한 주의를 요하며, 이런 경우에는 적어도  $1-2\text{m}^2$ 당 1개의 분배 nozzle이 필요하다. 한편, Lettinga 등은 반응조 내의 슬러지 상태에 따라 표 2와 같이 feed inlet point를 설치할 것을 제안하였다[39].

표 2. 반응조 단위면적당 요구되는 유입수 분사구수

Type of sludge present	Area per feed inlet point( $\text{m}^2$ )
Dense flocculent sludge ( $>40\text{kg TSS}/\text{m}^3$ )	0.5-1 at loads $<1\text{kg COD}/\text{m}^3\cdot\text{day}$ 1-2 at loads $1-2\text{kg COD}/\text{m}^3\cdot\text{day}$ 2-3 at loads $>2\text{kg COD}/\text{m}^3\cdot\text{day}$
Medium thick flocculent sludge ( $>20-40\text{kg TSS}/\text{m}^3$ )	1-2 at loads $<1-2\text{kg COD}/\text{m}^3\cdot\text{day}$ 2-5 at loads $>3\text{kg COD}/\text{m}^3\cdot\text{day}$
Granular sludge	0.5-1 at loads up to $2\text{kg COD}/\text{m}^3\cdot\text{day}$ 0.5-2 at loads $2-4\text{kg COD}/\text{m}^3\cdot\text{day}$ >2 at loads $>4\text{kg COD}/\text{m}^3\cdot\text{day}$

### 5.2.3 GSS(Gas solid separator) 장치

GSS장치는 UASB반응조에서 가장 중요한 내부장치로서 gas-solid-liquid의 3상 분리를 수행한다.

GSS장치는 매우 간단한 구조로 설계되며, 유출수 웨어 하부로부터 약  $2\text{m}$ 아래의 침전부 내에 설치된다. 이 장치는 발생가스를 효과적으로 분리하는 동시에 반응조 내에 슬러지를 보유하는 데 결정적인 역할을 한다. 가스와 함께 상승하는 슬러지를 효과적으로 반응조 하부로 재침전시키기 위해서 침전부의 표면적은 상승한 가스방울에 의해 잘 혼합되도록 설치되어야 한다. 침전부와 GSS장치 내에 형성된 기체-액체 경계면적이 작을 경우 가스와 슬러지의 효과적인 분리가 어렵고, 결과적으로 상부에 scum층이 형성되어 반응조의 실패 원인이 될 수 있다. 현재까지 GSS장치에 대한 정확한 설계 기준은 없지만, 설계시 다음과 같은 사항을 고려해야 한다.

○효과적인 가스 분리를 위해 적절한 baffle을 GSS장치 사이 밑에 설치한다.

○상승하는 폐수와 함께 침전부로 들어온 슬러지를 다시 소화조로 재침전시키기 위해 경사벽의 각도를 약  $50^\circ$ 로 설치하고, 침전부 내에서 폐수의 상승 속도가  $2\text{m}/\text{h}$ 를 설치하지 않도록 한다.

○침전부의 높이는  $1.5-2\text{m}$ 보다 작지 않도록 한다.

## 5.3 Start-up 및 운전

### 5.3.1 식종슬러지(Seed sludge)

혐기성 소화슬러지를 식종슬러지로 사용하는 경우 Start-up 기간이 장시간(약 3-4개월)소요되며, 이 기간에는 슬러지 유실량이 많으므로 유체의 상승속도를  $0.1-$



1.0m/day 정도로 유지하는 것이 바람직하다. 입상슬러지를 식종슬러지로 사용할 경우, 가능한 비슷한 온도와 폐수에서 형성된 입상슬러지를 반응조 내에 약 30-40% 정도 채우고 초기운전을 시작하면 약 1주일 후에 정상적인 운전이 가능하다. 입상슬러지를 전체 식종양의 약 10% 정도로 투입하는 경우에는 Start-up기간을 약 3주 정도로 단축할 수 있다.

### 5.3.2 초기 유입율

초기운전기간 동안에는 가능한 유입율의 변화가 발생하지 않도록 해야하며, 온도, pH, 그리고 영양물질을 조정하여 유입해야 한다. 이 기간 동안 중요한 사항은 다음과 같다.

○ 유입수의 pH는 적절한 범위에서 일정해야 한다.

○ COD부하의 변화가 일어나지 않도록 한다.

○ 유입수의 TSS는 가능한 낮아야 한다.

○ 영양물질은 필요한 양보다 50% 초과되게 한다.

○ 유입수의 온도를 일정하게 유지하고, 급격한 온도의 변화를 피한다.

### 5.3.3 유입율 증가

유입율 증가를 결정하는 데 있어서 고려할 인자들은 유출수의 pH 및 휘발성 유기산농도, 슬러지 유실량, COD제거율, 그리고 메탄 회수율 등이며, 유출수내 휘발성 유기산 농도가 5meq/l 이하, pH가 6.5이상, COD제거율이 80% 이상, 그리고 과도한 슬러지 유실이 일어나지 않으면, 유입율을 10-25% 정도 증가시킨다. 한편, 정상

적인 운전기간 동안에는 펌프, 혼합기, 유량 및 가스량, 온도, 유입 및 유출수의 분석 등을 일, 주, 월 단위로 구분하여 점검해야 한다.

## 6. 맺음말

혐기성 폐수처리 시스템이 명백한 장점에도 불구하고 호기성처리 시스템에 비하여 폭넓게 사용되지 못한 것은 혐기성 미생물의 느린 증식속도와 혐기성 분해반응에 관한 과학적인 지식의 결여 때문이라고 할 수 있다. 비록, Septic Tank와 슬러지 소화조같은 혐기성 시스템은 오래 전부터 사용되어 왔지만, 폐수를 직접 처리하고자 하는 노력은 최근에 와서야 시도되고 있다. 특히, 산업폐수의 엄격해진 배출수질 기준과 그에 따른 처리비용 증가, 그리고 잠재적인 대체에너지의 회수가능성 등으로 인해 혐기성 폐수처리 시스템에 관한 관심이 고조되고 있다.

혐기성 미생물에 관한 최근의 생화학적 및 미생물학적인 이해의 증진은 혐기성 처리 시스템의 효과적인 운전과 제어를 위한 기초를 제공하고 있으며, 분배장치와 조절 및 제어장치 등에 이용되는 공학적인 기술향상은 혐기성 처리 시스템의 신뢰도 향상을 가져왔다.

오늘날 많은 혐기성 처리 시스템이 전 세계적으로 많은 실험실에서 연구되고 있으나, 몇몇 고율 반응조를 제외하면 실제 처리장 규모의 연구는 부족한 편이다. 따라서 혐기성 처리 시스템의 최적화를 위해서는 더 많은 실제 처리

장 규모의 연구 및 과학적인 접근과 공학적인 접근을 병행한 광범위한 연구가 필요하다고 하겠다.

## 7. 참고문헌

1. Gujer, W. and Zehnder, A.J.B., "Conversion Process In Anaerobic Digestio", Wat. Sci. Tech., 15, 127-167, 1983.
2. Eastman, J. A. and Ferguson, J. F., "Solubilization Of Particulate Organic Carbon During The Acid Phase Of Anaerobic Digestion", J. WPCF, 53, 352-366, 1981.
3. Noike, T., Endo, G., Chang, J. E., Yaguchi, J.I. and Matsumoto, J.I., "Characteristic Of Carbohydrate Degradation And Rate Limiting Step In Anaerobic Digestion", Biotech. Bioeng., 27, 1482-1489, 1985.
4. Sahn, H., "Anaerobic Wastewater Treatment", In: Advances In Biochemical Engineering/ Biotechnology & Fiechter, A.(ed.), pp. 83-115, 1984.
5. Smith, P. H. and Mah, R. A., "Kinetics Of Acetate Metabolism During Sludge Digestion", Appl. Microbiol., 14, 368-371, 1966.
6. Rudd, T. et al. "Comparison Of The Treatment Of A Synthetic Meat Waste By Mesophilic And Thermophilic Anaerobic Fluidized Bed Reactors", Environ. Tech Lett., 6, 209-224, 1985.

7. Anderson, G.K., Donnely, T. and Mckeown, K.J., "Identification And Control Of Inhibition In The Anaerobic Treatment Of Industrial Wastewaters", *Process Biochemistry*, July / August, 28-41, 1982.
8. Parkin, G.F., Speece, R.E., Yang, C.H. and Kocher, W.M., "Response Of Methane Fermentation System To Industrial Toxicants", *J. WPCF.*, 55, 44-53, 1983.
9. Switzenbaum, M.S., Vanderwielen, J. and Hickey, R.F., "The Effect Of Heavy Metals On Methane Production And Hydrogen And Carbon Monoxide Levels During Batch Anaerobic Sludge Digestion", *Wat. Res.*, 23, 207-218, 1989.
10. Hulshoff Pol, L.W. and Lettinga, G., "New Technologies For Anaerobic Wasterwater Treatment", *Wat. Sci. Tech.*, 18, 12, 41-53, 1986.
11. Wilkie, A. and Colleran, E., "Start-up Of Anaerobic Filters Containing Different Support Material Using Pig Slurry Supernatant", *Biotech. Lett.*, 6, 735-740, 1984.
12. van den Berg, L., et al., "Support Materials For Stationary Fixed Film Reactors For High-rate Methanogenic Fermentation", *Biotech. Lett.*, 3, 165-170, 1981.
13. Vigneswaran, S., Balasuriya, B.L.N and Viraraghavan, T., "Anaerobic Wastewater Treatment-Attached Growth and Sludge Blanket Process", *Environmental Sanitation Information Center, Bangkok, Thailand*, August 1988.
14. Jewell, W. J., et al., "Municipal Wastewater Treatment With The Anaerobic Attached Microbial Film Expanded Bed Process", *J.WPCF.*, 53, 482-490, 1981.
15. Hickey, R.F., et al., "Methane Generation From High-strength Industrial Wastes With The Anaerobic Biological Fluidised Bed", *Proceedings Of Biotechnology and Bioengineering Symposium*, 11, 199-413, 1981.
16. Switzenbaum, M.S., "A Comparison Of The Anaerobic Filter And The Anaerobic Expanded / Fluidized bed process", *Wat. Sci. Tech.*, 15, 345-358, 1983.
17. Gorris, et al., "Biofilm Development In Laboratory Methanogenic Fluidized Bed Reactors", *Biotech. Bioeng.*, 33, 687-693, 1989.
18. Guiot, S.R. and van den Berg, L., "Performance Of An Upflow Anaerobis Reactor Combining A Sludge Blanket And A Filter Treating Sugas Waste", *Biotech. Bioeng.*, 27, 800-806, 1985.
19. Killilea, E. and Colleran, E., "Comparison of Fixed-bed And Hybrid Fixed-bed / Sludge Bed Reactors For Anaerobic Digestion Of Cheese Whey", *Proceedings Of The 5th International Symposium On Anaerobic Digestion*, 541-546, 1988.
20. Kennedy, K.J. et al., "Effect Of Oriented Media On Solids Retention In Upflow Sludge Blanket Bilter(UBF) Reactors", *Proceedings Of The 5th Internatonal Symposium On Anaerobic Digestion*, 295-300, 1988.
21. Ghosh, S. and Klass, D.L., "Two-phase Anaerobic Digestion", *Process Biochemistry.*, 13, 15-24, 1978.
22. Cohen, A., Germert, J.M., Zeotemeyer, R.J. and Breure, A.M., "Main Characteristics And Stoichiometric Aspects Of Acidogenesis Of Soluble Carbohydrate Containing Wastewater", *Process Biochemistry*, 19, 228-232, 1984.
23. Zoetemeyer, R.J., Heunel, J.C. and Cohen, A., "pH Influence On Acidogenic Dissimilation Of Glucose In An Anaerobic Digestion", *Wat. Res.*, 16, 303-311, 1982.
24. Zoetemeyer, R.J., Matthijsen, A.J.C.M., Cohen, A. and Boelhouwer, C., "Product Inhibition In The Acid Forming Stage Of The Anaerobic Digestion Process", *Wat. Res.*, 16, 633-639, 1982.

25. Dinopoulou, G., Rudd, T. and Lester, J.N., "Anaerobic Acidogenesis Of A Complex Wastewater: I. The Influence Of Operational Parameter On Reactor Performance", *Biotech. Bioeng.*, 31, 958-968, 1988.
26. Gijzen, H.J., Zwart, K.B., Gelder, P.T. and Vogels, G.D., "High-rate Two-phase Process For The Anaerobic Digestion Of Cellulose, Employing Rumen Microorganisms For An Efficient Acidogenesis", *Biotech. Bioeng.*, 31, 418-425, 1988.
27. Shin, H. S., Bae, B. U. Paik, B. C. and Lee, J. J., "Anaerobic Digestion Of Distillery Wastewater In A Two-phase UASB System", *Wat. Sci. Tech.*, 25, 7, 361-371, 1992.
28. Souza, M. E., "Criteria For The Utilization, Design And Operation Of UASB Reactors", *Wat. Sci. Tech.*, 18, 12, 55-69, 1986.
29. Lettinga, G. and Van velsen, A.F.M., "Use Of The Upflow Anaerobic Sludge Blanket Reactor(UASB) Process Concept For Biological Wastewater Treatment, Especially For Anaerobic Treatment", *Biotech. Bioeng.*, 22, 699-734, 1980.
30. Lettinga, G. and Vinken, J.N., "Feasibility Of The Upflow Anaerobic Sludge Blanket Process For The Treatment Of Low-strength Waste", *Proceeding Of The 35th Purdue Industrial Wastewater Conference*, 625-634, 1980.
31. Colleran, E., "Report On the Technological Aspects Of Granulation", *Proceedings Of The GASMAT Workshop, Lunteren, Netherlands*, 237-240, 1988.
32. Alibhai, K. R. K and Foster, C. F., "Physicochemical And Biological Characteristics Of Sludges Produced In Anaerobic Upflow Sludge Blanket Reactors", *Enzyme Microb. Technol.*, 601-606, 1986.
33. Dolting, J., Griffioen, A., van Neerven, A.R. W. And Zevenhuizen, L.P.T.M., "Chemical And Biological Composition Of Granular Methanogenic Sludge", *Can. J. Microbiol.* 31, 744-750, 1985.
34. Dubourguier, H. C., Prensier, G., and Albagnac, G., "Structure And Microbial Activities Of Granular Sludge", *Proceedings Of The GASMAT Workshop, Lunteren, Netherlands*, 18-33, 1987.
35. Dolting, J., "Granulation In UASB Reactors", *Wat. Sci. Tech.*, 18, 12, 15-25, 1986.
36. Macleod, F. A., Guiot, S. R., and Costerton, J. W., "Layered Structure Of Bacterial Aggregates Produced In An Upflow Anaerobic Sludge Bed And filter Reactor", *Appl. and Environ. Microb.*, 1598-1607, 1990.
37. Wu, W. M., Hu, J.C. and Gu, X.S., "Properties of Granular Sludge In Upflow Anaerobic Sludge Blanket(UASB) Reactors And Its Formation", *In: Anaerobic Digestion 1985*, 339-350, Guangzhou, China, 1985.
38. Foster, C. and John Wase, D. A., "Environmental Biotechnology", John Wiley & Sons, pp. 57-106, 1987.
39. Lettinga, G., Hulshoff Pol, L.W., Koster, I. W., Weigant, W. M., de Zeeuw, W., Rinzema, A., Grin, P.C., Roerema, R.E. and Hobma, S.W., "High Rate Anaerobic Wastewater Treatment Using UASB Reactor Under A Wide Range Of Temperature Conditions", *Biotechnology and Genetic Engineering Reviews*, 2, 153-284, 1984. ◀

**버리는데 연습없고 우리국토 예비없다**