

# 고농도 유기성 산업폐수처리기술 및 실무

(2)



**신상식**  
(한국과학기술원 토목공학과 교수)

## 2.4 혐기성 처리공정 개요

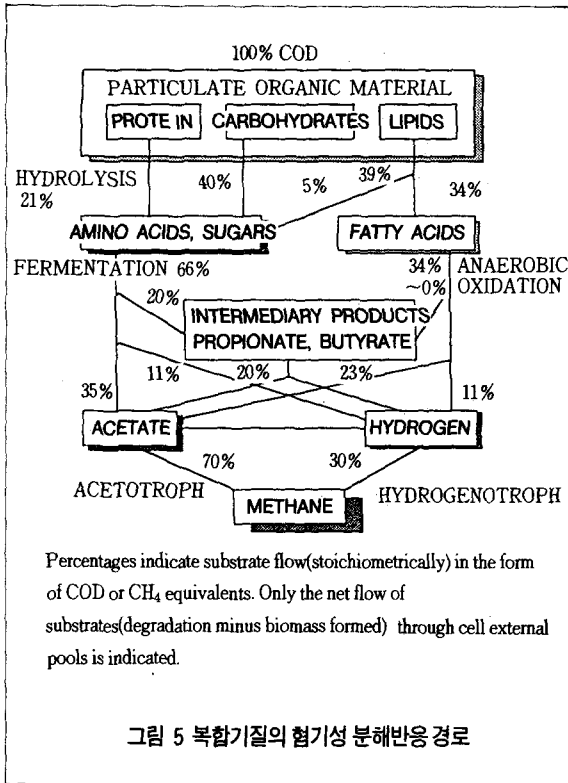
### 2.4.1 혐기성 공정의 원리

혐기성 공정은 생물학적으로 분해 가능한 유기물질이 산소가 없는 상태에서  $CO_2$ 와  $CH_4$ 로 간단히 정의되지만, 실제로는 기질에 따른 반응경로 및 관련 미생물이 정확히 규명되지 않은 복잡한 반응이다. 고형 유기물이 메탄으로 전환되는 혐기성 분해반응은 그림 5와 같이 6단계 과정을 거치지만(Gujer et al., 1983) 일반적으로 가수분해단계, 산형성단계, 메탄 형성단계의 3단계로 이루어진다.

가수분해단계는 다양한 미생물이 분비하는 cellobiase, amylase, protease, lipase 등의 체외효소에 의해 고분자 유기물질이 연쇄적으로 저분자 물질로 가수분해하는 과정이다. 가수분해에 의해 생성된 저분자 유기물질은 발효에 관련된 미생물의 탄소원 및 에너지원으로 이용되며 이 때의 주된 생성물은 VFAs(Volatile fatty acids) 등과 같은 저분자 지방산과 알콜 등이다.

산생성 반응시의 환원 생성물은 소화조내 산생성균의 종류와 pH, HRT, 온도 등의 환경특성에 따라 변화하며, 일부 산생성균은 주로 수소가스를 발생시키며, 아세트산보다 고분자의 휘발산이나 유기물질로부터 아세트산, 탄산가스, 수소가스 및 암모니아를 발생시킨다. 산형성단계의 영향인자로는 pH와 온도 등이 있으며, 최적 pH는 5.7-6.0이며, 중온의 경우 산생성물의 분포가 일정하기 때문에 고부하에서 고온보다 더 안정하다. 산형성균에 관련된 미생물을 산형성균이라 하며 이전에는 통성혐기성균이 주체라고 생각해왔으나, 절대 혐기성균이 우점종을 차지하는 것으로 알려져 있다. 산형성 단계는 무기물에 대해 저해를 받지만, 정인산 1,200mg/L, 암모니아 2,250mg/L, 염소 5,000mg/L, 칼륨 500mg/L, 나트륨 2,300mg/L의 범위내에서 가능하며, 황산염의 경우 140mg/L 이상에서 황환원반응이 일어난다.

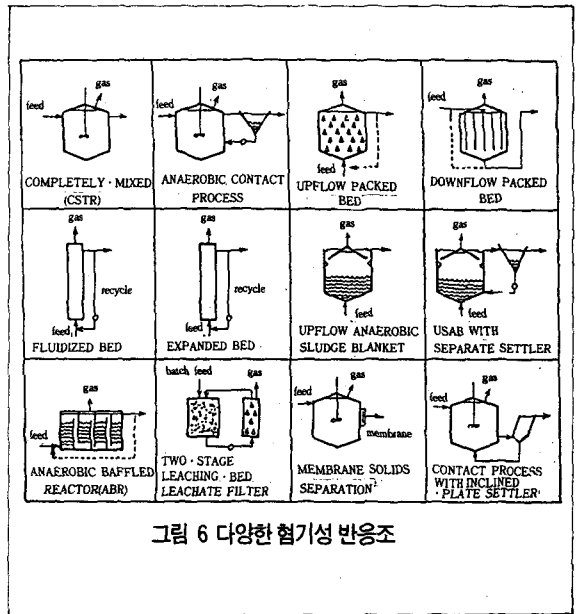
혐기성 반응의 최종단계인 메탄형성단계는 혐기성 분해반응의 최종 산물인 메탄이 생성되는 단계로 아세트산을 이용하는 메탄균과  $H_2$ 를 이용하는 메탄균에 의해 수행되는데, 생성되는 메탄가스의 약 70%는 아세트산에서 30%는  $H_2$ 와  $CO_2$ 에서 발생된다. 메탄균의 최적 pH는 6.8-7.2d이며 최적 C/N비와 N/P비는 각각 350-400, 7이다(Henze et al., 1983; Smith et al., 1966).



#### 2.4.2 고율 혐기성 공정

혐기성소화 원리를 이용한 처리시스템은 약 100년 전 부터 사용되어 왔지만, 메탄 생성균의 느린 증식속도와 낮은 처리효율, 그리고 운전상의 어려움 등으로 인하여 그 이용이 제한적이었다. 그러나 혐기성 소화에 관여하는 미생물에 대한 이해의 증진으로 공정제어 및 최적화 기술이 크게 향상되었으며, 초기운전과 소화조 안정성 제고를 위한 기술의 발전이 크게 증가되었으며 그림 6에서 제시되어 있는 것과 같이 AF(Anaerobic filter), UASB(Upflow anaerobic sludge blanket), FB(Fluidized bed), DSFF(Down stationary fixed film), ABR(Anaerobic baffled reactor) 등의 고율 혐기성 반응조가 개발되었다.

이와 같은 고율 혐기성 반응조는 침전, 매체표면에 미생물 부착, 또는 재순환을 통해 고농도의 미생물을 반응조내에 보유함으로써 짧은 수리학적 체류시간(Hydraulic retention time)에도 불구하고 높은 고형물체류시간(Solid retention time)을 유지함으로써 고농도 유기성 폐수 처리에 효과적이다. 그리고 고율 혐기성 반응조는 미생물과 폐수와의 접촉효율을 향상시킴



로서 액상기질의 미생물로의 확산문제를 극복함과 동시에 기질에 대한 미생물의 적응과 증식을 통해 활성을 향상시킴으로서 기존의 혐기성 반응조에 비해 높은 처리효율을 나타낸다.

#### 1) 미생물 보유 기작

고율 혐기성 반응조내의 미생물은 부착 또는 부유상태로 존재하며 이들의 상대적인 중요도는 아래와 같다.

부착(Attachment) 부유(Suspension)  
 FB>DSFF>AF>AF(Hybrid)>Granular UASB>Flocculent UASB>Contact

위에서 제시된 반응조에서 효율적인 운전을 결정하는 가장 중요한 인자는 액상으로부터 미생물을 효율적으로 분리하여 반응조내에 고농도의 미생물을 보유하는 능력이다. 접촉 반응조를 제외한 혐기성 반응조는 반응조내에서 고액 분리가 일어나며 접촉 반응조는 외부에 설치된 고액분리장치에 의해 미생물을 분리한다. 각각의 반응조에서 효율적으로 미생물을 보유하기 위해서는 반응조의 설계와 운전방법이 중요하며 표 8은 다양한 반응조 설계시 고려사항을 제시하고 있다.

#### 2) 미생물과 유입폐수의 접촉

고율 혐기성 반응조를 이용한 폐수처리시 처리효율의 향상 및 안정성 향상을 위해서는 반응조내에 고농도 미생물을 보유하여야 하며 아울러 유입폐수와 미생

표 8 반응조의 미생물 보유능 향상을 위한 조건

반응기	요 구 사 항	선 행 조 건
Contact	부상, 침전, 여과에 의한 미생물의 분리	만약 미생물 분리에 침전이 적용되면 가스제거가 필요함
DSFF	안정한 미생물막의 형성	적절한 형태와 배열의 support물질
AF	안정한 미생물막의 형성	
Hybrid AF	좋은 침강특성을 지닌 미생물	외부 침전 또는 내부의 패킹 (packing)에 의한 가스 및 고형물의 분리
UASB	좋은 침강특성을 지닌 미생물	효율적인 가스/고형물/액체의 분리
FB/EB	안정한 미생물막의 형성	적절한 support물질이 필요 적절한 유량 분배

표 9 미생물과 폐수의 효율적인 접촉을 위한 요구사항

반응기	요 구 사 항	선 행 조 건
Contact	적절한 혼합	안정한 슬러지 적절한 혼합장치
DSFF	분배목적에 위한 충분한 높이의 반응조	재순환
AF	균등한 유입수 분배 단락류가 없어야 함	유입수 분배장치의 수와 위치 충분한 베드의 혼합 충진된 영역에 유로현상이 없어야 함
UASB	균등한 유입수 분배	유입수 분배장치의 수와 위치 충분한 베드의 혼합
FB/EB	균등한 유입수 분배 충분한 높이의 반응조	유입수 분배장치의 수와 위치 충분한 베드의 혼합 효율적인 재순환

물간의 원활한 접촉이 이루어져야 한다. 유입폐수와 미생물간의 효율적인 접촉을 위해서는 다양한 반응조 설계시 아래의 표 9에서 제시한 사항을 고려하여야 한다.

### 2.4.3 UASB공정

UASB공정은 아래의 그림 7과 같이 폐수가 반응조 하부에서 유입되어 반응조내의 슬러지층을 통과하면서 혐기성 미생물의 대사작용에 의해 유기물이 감소되는 공법이다. 혐기성 작용에 의해 발생하는 가스는 상승하면서 슬러지를 교반시켜 반응조내의 단회로를 방

지하며 발생된 가스에 의해 상승된 슬러지들은 상부에 설치된 기-액 분리장치(Gas solid separator)에 의해 분리가 일어난다. 분리된 슬러지는 반응조 하부에 다시 침전, 축적됨으로서 가스에 의한 슬러지 유실이 방지된다.

혐기성 소화슬러지를 식종한 반응조는 수개월 후에 40-100kg VSS/m<sup>3</sup> 정도의 매우 농축된 슬러지층이 반응조 하부에 형성되며, 침전성이 뛰어나고 미생물의 활성도가 큰 입상슬러지로 구성하게 되며 이러한 입상슬러지는 직경 1-2mm에서 5mm까지 성장하는 경우도 있다(Hulshoff et al., 1983). 슬러지층 위의 블랭킷(Blanket) 층은 슬러지층내의 입상슬러지에 비해 침강속도가 느린 슬러지로 구성되며, 이 부분은 상부로부터 침전되는 슬러지와 슬러지층에서 발생된 가스에 의해 완전혼합이 일어난다.

입상화가 일어나면 높은 유기물부하에서도 좋은 처리효율을 얻을 수 있으나, 입상슬러지의 형성이 긴 단점이 있다. 일반적으로 입상화에는 폐수의 특성, 식종 슬러지, 초기순용기간의 운전조건, 온도, pH, 영양물질 등에 영향을 받으며, ECP(Extracellular polymer), 칼슘, 활성탄, 소량의 입상슬러지 등의 첨가는 입상화를 촉진하는 것으로 알려져 있다(Hulshoff et al., 1983).

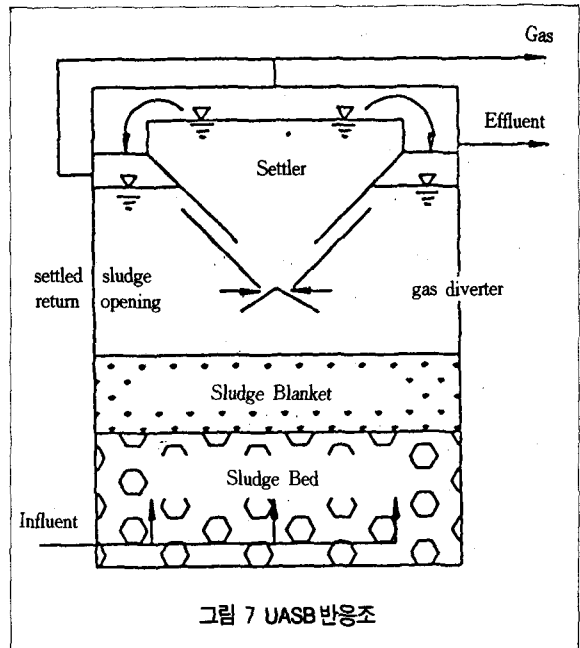


그림 7 UASB 반응조

#### 2.4.4 다양한 폐수처리를 위한 UASB공정의 설계 및 초기운전

일반적으로 고율 혐기성 폐수처리공정은 용해성폐수의 처리에 효과적이다. 현재까지 다양한 종류의 고율 반응조가 개발되었지만, 경제적인 측면에서 UASB반응조가 가장 각광받고 있다. 용해성폐수 처리를 위한 UASB공정의 적용성은 충분히 증명되었으며, 1990년 9월 현재 실규모로 건설된 반응조는 205기에 달한다(표 10). 본 절에서는 용해성(soluble-non-complex)폐수, 고농도 부유고형물을 함유한 폐수, 그리고 가정하수 처리를 위한 UASB반응조와 전, 후처리용 단위공정을 포함한 전체 공정의 설계와 UASB반응조의 초기운전 기술에 대해 고찰하고자 한다.

##### 1) 단순 용해성폐수(non-complex soluble wastewater)

단순 용해성폐수란 심각한 저해물질이나, 거품(foaming) 혹은 스킴(scum) 유발물질을 포함하지 않는 폐수를 가르킨다. 그러나, 거품이나 스킴은 반응조의 운전조건에 따라서도 발생할 수 있으므로 단순 용해성폐수를 정확하게 이해하기 위해서는 반응조가 정상적인 상태로 운전되고 있다는 전제가 필요하다. 따라서 단순 용해성폐수란 독성물질의 함량이 저해농도 이하이며, 거품을 유발하는 단백질이나 지방성분이 한계농도 이하인 폐수를 지칭한다.

##### 2) 복합폐수(complex wastewater)

복합폐수는 불용성물질, 독성 혹은 저해물질, 거품, 녹(scale), 그리고 슬러지부상을 유발하는 물질 등을 함유한 산업폐수를 의미한다. 대부분의 경우 이들 물질로 인한 문제를 해결할 수는 있으나, 이를 위해서는 문제의 원인 뿐만 아니라 혐기성소화 공정과 반응조에 대한 충분한 이해가 필요하다.

비록 UASB 반응조가 구조적으로 간단하고 저렴하지만, 혐기성 분해반응의 미생물학적인 측면과 분해기작은 매우 복잡하다. 최근 20여년 동안 상당한 연구가 진행되었음에도 불구하고 복합폐수의 처리를 위해서는 더 많은 연구가 필요한 실정이다. 복합폐수로 인한 문제점이 다양하고 현재의 지식이 완벽하지 못한 점을 고려하면 복합폐수의 처리를 위한 명확한 지침을 제시하는 것 자체가 불가능하지만, 일반적으로 특정 문제의 해결방안이 복수로 존재하기 때문에 혐기성 처리공법이 무리없이 적용될 수 있다. 다만, 복합 산업 환경관리인. 1994. 10

표 10 1990년 9월 현재 실규모로 건설된 UASB 반응조

폐수	반응조 수	용량(m <sup>3</sup> )
Alcohol	20	52,000
Bakers' yeast	5	9,900
Bakery	2	347
Brewery	30	60,600
Candy	2	350
Canneries	3	2,800
Chemical	2	2,600
Chocolate	1	285
Citric acid	2	6,700
Coffee	2	1,300
Dairy and cheese	6	2,300
Distillery	8	24,000
Domestic sewage	3	3,200
Fermentation	1	750
Fruit juice	3	4,600
Fructose production	1	240
Landfill leachate	6	2,495
Paper and pulp	28	67,197
Pharmaceutical	2	400
Potato processing	27	25,610
Rubber	1	650
Sewage sludge liquor	1	1,000
Slaughterhouse	3	950
Soft drinks	4	1,385
Starch (barley, corn, potato, wheat)	16	33,500
Sugar processing	19	23,100
Vegetable and fruit	3	2,800
Yeast	4	8,550
Total	205	339,609

폐수를 만족스럽게 처리하기 위해서는 발생가능한 문제점에 관한 충분한 이해와 반응조의 적절한 운전, 그리고 공정의 적절한 배치가 필요하다. 기억해야 할 점은 공정배치와 설계가 운전방식과도 관련되므로 특정한 문제의 해결을 위해서는 운전상의 측면도 고려되어야 한다는 점이다.

##### 3) 부분적인 용해성(partially soluble)폐수

폐수에 포함된 불용성물질이나 침전성물질은 고율 혐기성 반응조의 정상적인 운전에 악영향을 미친다. 불용성 부유물질의 영향을 평가하기 위해서는 부유물질의 생분해도나 생분해율, 크기와 표면적, 밀도, 응결성, 그리고 미생물과의 흡착정도 등과 같은 제반 특성이 고려되어야 한다. 비록 정도의 차이는 있지만,

부유물질이 혐기성처리 공정에 영향을 미치는 기작은 대체로 다음과 같다. 먼저, 생분해되지 않는 부유물질이 기계적인 포획이나 물리적인 흡착에 의해 반응조 하부에 축적되면 메탄균의 단위 활성도(specific methanogenic activity, SMA)가 저하된다. 만약 부유물질의 흡착정도가 심하지 않고 침전특성이 입상슬러지의 침전특성과 다르다면 부유물질의 유입으로 인한 슬러지 활성도 저하를 어느 정도 피할 수 있다. 즉, 부유물질이 입상슬러지층과 다른 위치에 축적되도록 상향유속을 조절하므로써 이들의 선택적인 배제가 가능하고, 따라서 입상슬러지층이 이들에 의해 큰 피해를 받지 않으므로 슬러지의 단위 체적당 활성도는 거의 변하지 않는다.

둘째, 부유물질은 부유성 물질로 구성되는 스킴층의 형성을 유발한다. 특히, 부유성 지방성분은 슬러지 부상을 조장한다. 스킴층이 형성되면 기체-고체 분리가 원활하지 않아 활성을 갖는 슬러지가 쉽게 유실되기 때문에 스킴층의 형성이 예상되는 경우에는 스킴 제거장치(skimmer)를 설치하는 것이 바람직하다.

셋째, 부유물질의 표면에 슬러지가 부착되면 쉽게 유실될 뿐만 아니라, 이는 입상슬러지의 형성에 불리하다.

넷째, 입상슬러지로 초기운전되는 경우에도 유입폐수 내의 부유물질은 입상슬러지의 증식율을 저하시키며, 심한 경우 반응조의 안정성에 결정적인 악영향을 미친다. 희석된 1차 및 2차 가정하수 슬러지(약 6-8g TSS/ℓ)와 도축폐수(약 1g TSS/ℓ)에 대한 실험에 의하면 굵고 거친 부유물질은 입상슬러지의 안정성에 심각한 저해를 일으키지 않으나, 입상슬러지가 도축폐수의 콜로이드성 물질에 고부하로 장기간 노출되면 슬러지 활성도는 크게 저하된다(Sayed, 1987).

마지막으로, 입상슬러지층에 부피가 큰(voluminous) 부유물질이 장기간 포획되면 충격부하에 의해 모든 슬러지가 일시에 유실될 수도 있다. 이런 현상은 실험실 뿐만 아니라 실규모 반응조에서도 관찰된 적이 있으며, 이의 방지를 위해서는 부유물질이 포획되어 생성된 응결성 슬러지를 주기적으로 제거해야 한다. 상술한 부유물질의 특성 이외에 부유물질의 농도도 중요하다. 한계농도 이상의 부유물질이 존재하는 경우 U-ASB 반응조 같은 고율 혐기성공정은 부적합하다.

4) 거품과 스킴을 유발하는 물질을 함유한 폐수

**요구되는 총 부유물질(TSS) 제거율이 높은 경우에는 고형물의 안정화를 위해 반응조가 낮은 체적부하로 운전되기 때문에 반응조 내에 보유되는 슬러지 형태(flocculent 슬러지 혹은 입상슬러지)에 따른 차이가 거의 없고, 따라서 입상슬러지형 반응조를 사용하는 것이 무의미하다. 특히, 상온에서 처리하는 경우에는 체류시간을 충분히 길게 하거나, 슬러지 소화조를 UASB 반응조와 연결시켜 슬러지 재순환을 도입하는 방안이 검토될 수 있다.**

단백질이나 지방의 농도가 높은 폐수를 혐기성 공정으로 처리할 때 심각한 거품이 발생하는 경우가 있는데, 이러한 문제는 시스템을 최고 부하의 반 정도로 운전하거나 슬러지와 유입폐수간의 접촉정도를 향상시키므로써 방지할 수 있다. 또한 가스포집부에 분사용 노즐(spray nozzle)을 설치하여 거품을 제거하는 방법도 이용가능하다. 스킴형성을 방지하기 위해서는 유출수 웨어(weir) 전방에 정류벽(baffle)을 설치하고 침전부에 스킴머(skimmer)를 설치하는 방안과 침전부 표면에 분사용 노즐을 설치하는 방안을 고려할 수 있다. 특히, 고농도의 지방을 함유한 폐수를 처리하는 경우에는 슬러지와 유입폐수간의 원만한 접촉이 매우 중요하다.

5) 무기성 침전물을 형성하는 화합물을 함유한 폐수

유입폐수 내에 칼슘이 고농도로 존재하면 탄산칼슘( $\text{CaCO}_3$ )이나 인산칼슘( $\text{CaHPO}_4$ )형태의 침전물이 입상슬러지, 웨어, 그리고 유출수 파이프 등에 형성된다. 이들 무기 침전물의 형성을 방지하기 위해서는 폐수를 유입하기 전에 칼슘의 농도를 낮추어야 하는데, 일반적으로 전형적인 연수화(softening) 공정이 사용될 수 있다. 이때, 중탄산염 농도가 높은 유출수를 재순환하면 연수화공정에 요구되는 생석회(lime,  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ) 사용량을 줄일 수 있다. 황 침전물(metal sulfide)도 혐기성 폐수처리공정에서 자주 발생하며, 마그

내습과 암모니아의 농도가 높은 경우에는 struvite( $MgNH_4PO_4$ )가 형성되기도 한다.

#### 6) 저해 혹은 독성물질을 함유한 폐수

많은 화합물이 메탄형성균에 저해 혹은 독성을 미치는 것으로 알려져 있다. 이와 같은 물질이 유입폐수에 존재하는 경우에는 슬러지가 적용할 수 있도록 충분한 시간을 투자하거나 희석이나 적절한 전처리를 사용하여 독성물질의 농도를 허용농도 이하로 낮추어야 한다.

#### 7) 비복합 단순폐수 처리를 위한 UASB공정

비복합폐수는 산형성된 것과 되지 않은 것 두 종류로 구분된다. 산형성되지 않은 폐수를 처리하는 경우, 전체 공정의 안정성을 위해 메탄형성조(methanogenic reactor) 전방에 분리된 산형성조(acidogenic reactor)를 설치하는 것이 유리한 것은 사실이다. 그러나, 폐수를 완전히 산형성시키는 것 보다 부분적으로 산형성시키는 것이 경제적인 측면과 운전적인 측면에서 바람직한데, 이는 부분적으로 산형성된 폐수를 처리하는 경우에 메탄형성조에서 입상슬러지 성장율이 높기 때문이다.

산형성조를 도입하면 산형성조로부터 유실되는 산형성균이 메탄형성조에 유입되므로 메탄균의 보유와 메탄조의 운전이 악영향을 미칠 수 있고, 바람직한 산형성율인 20-40% 정도는 파이프 라인이나 균등조에서 충분히 일어나므로 전체 공정의 안정성 확보를 위해 상분리(phase separation)를 도입하는 것 보다는 슬러지를 충분히 적용시키고 안전한 부하조건으로 반응조를 운전하는 것이 안정성 확보와 경제적인 측면에서 더 바람직하다고 하겠다.

다만, 분리된 산형성조의 도입으로 특정한 독성물질이나 이롭지 못한 화합물로부터 메탄형성조를 보호할 수 있다면 상분리의 도입은 바람직하다. 이와 유사한 예가 감자전분폐수를 처리하는 경우인데, 감자전분폐수는 산소에 노출되면 심각한 저해물질인 아황산염(sulfite)이 형성된다. 네덜란드에서는 아황산염(sulfite)의 제거와 단백질과 아미노산의 제거를 위해 산형성조를 도입하였다. 그러나, 독성물질을 제거할 수 있는 산형성조의 잠재력에 관한 자료는 현재까지 매우 제한되어 있다.

전술한 바와 혐기성 폐수처리 공정에 포함되는 균등조는 유량과 농도의 균등화라는 본래의 목적 이외에

폐수의부분적인 산형성을 위한 역할도 수행한다. 폐수의 알칼리도가 충분하지 못한 경우 산형성반응에 의한 휘발성 유기산(VFAs)으로 인해 폐수의 pH가 저하될 수 있으므로 알칼리도를 보충할 수 있는 장치가 필요하다. 비록 산형성균이 메탄형성균 보다 pH에 덜 민감하지만, pH 5이하에서는 산형성율이 저하되기 때문이다. 균등조에는 폐수의 특성에 따라 침전장치나 기타 슬러지 분리장치 등이 필요한 경우도 있는데, 이와 같은 장치는 폐수의 농도가 약 10g COD / l 이상일 때 매우 유용하다.

#### 8) 부분적인 용해성 복합폐수의 처리를 위한 UASB공정

부분적인 용해성 복합폐수의 처리에 있어 중요한 사항은 요구되는 부유물질의 제거효율이다. 침전조가 전처리 공정으로 포함되는 경우, 침전된 폐수가 콜로이드 성분을 다량으로 함유하지 않는다면 용해성폐수와 같은 설계기준으로 UASB 반응조를 설계할 수 있다. 표 2-2에는 폐수의 COD와 부유물질 농도에 따라 적용가능한 UASB 반응조의 체적부하율이 정리되어 있다. 전술한 바와 같이 부유물질의 영향이 다양하고, 실규모나 pilot규모의 반응조로부터 얻을 수 있는 정보가 매우 제한되어 있는 점을 고려하면 표 11에서 제시한 자료는 매우 조심스럽게 사용되어야 한다.

요구되는 총 부유물질(total suspended solids, TSS) 제거율이 높은 경우에는 고형물의 안정화를 위해 반응조가 낮은 체적부하로 운전되기 때문에 반응조 내에 보유되는 슬러지 형태(flocculent 슬러지 혹은 입상슬러지)에 따른 차이가 거의 없고, 따라서 입상슬러지형 반응조를 사용하는 것이 무의미하다. 특히, 상온(ambient temperature)에서 처리하는 경우에는 체류시간을 충분히 길게 하거나, 슬러지 소화조를 UASB 반응조와 연결시켜 슬러지 재순환을 도입하는 방안이 검토될 수 있다. 이 방법은 도축폐수 같이 일과시간에만 폐수가 발생하는 경우에 효과적인 것으로 기대된다. 다른 대안으로는 반응조를 두개 설치하여 폐수를 교대로 주입하는 방법이 고려될 수 있다. 상기한 해결책은 특정한 조건에서 덩어리가 형성되는 폐수에도 적용될 수 있는데, 좋은 예가 낙농폐수이다. 낙농폐수는 pH가 6.2이하로 되거나 과부하가 걸리면 단백질이 뭉쳐 덩어리(casein)를 형성하는데, 이 덩어리의 안정화에는 보다 많은 시간이 소요된다.

표 11 폐수의 COD와 부유물질 농도에 따른 체적부하율

폐수의 농도 (mg / ℓ)	불용성 COD 함량(%)	30°C에서 허용부하(kg COD/m <sup>3</sup> ·day)		
		flocculent sludge	granular sludge A <sup>1)</sup> B <sup>2)</sup>	
2000까지	10-30%	2-4	8-12	2-4
	30-60%	2-4	8-14	2-4
	60-100%	*	*	*
2000-6000	10-30%	3-5	12-18	3-5
	30-60%	4-6	12-24	2-6
	60-100%	4-8	*	2-6
6000-9000	10-30%	4-6	15-20	4-6
	30-60%	5-7	15-24	3-7
	60-100%	6-8	*	3-8
9000-18000	10-30%	5-8	15-25	4-6
	30-60%	*	*	3-7
	60-100%	*	*	3-7

A<sup>1)</sup> : little TSS removal, B<sup>2)</sup> : significant TSS removal, \* : 적용불가

UASB 반응조 전방에 침전조가 설치되어 있어 요구되는 TSS제거율이 높지 않은 경우, 입상슬러지형 반응조의 허용부하는 flocculent-형 반응조 보다 훨씬 높다. 일반적으로 유입폐수의 TSS농도가 6-8g / ℓ 이상이면 입상슬러지형 UASB 반응조의 적용이 거의 불가능하기 때문에 전처리단계로 침전조를 설치해야 한다. 침전된 고형물이 생분해 가능하면 별도의 슬러지 소화조를 도입하여 처리할 수 있다. 비용해성 고형물 함량이 15% 이상인 고농도폐수는 전형적인 완전혼합식 소화조로 처리하는 것이 타당하다. 낮은 체적부하로 입상슬러지형 UASB 반응조를 운전할 때는 입상슬러지 층에 고형물이 축적될 가능성이 있으므로 가끔

씩 0.5-1시간 동안 높은 표면부하를 적용시켜 고형물을 입상슬러지로부터 분리해야 한다.

### 9) 후처리

혐기성 처리공정은 폐수 내의 생분해성 유기물만을 제거하므로 허용 방류수질을 만족하기 위해서는 후처리가 필요하다. 암모니아는 질산화(nitrification) 혹은 질산화-탈질산화(nitrification-denitrification) 공정으로 처리할 수 있다. 암모니아 농도가 약 2-3g NH<sub>4</sub><sup>+</sup> / ℓ 이상일 경우에는 암모니아 회수공정의 도입이 고려될 수 있다. 암모니아 이외에 인, 황, 그리고 부유물질 등이 제거대상 물질에 포함된다.

### 10) 잉여슬러지 처분

후처리 공정과 별도로 잉여 슬러지를 처분 혹은 저장할 수 있는 설비와 탈수 및 건조시킬 수 있는 설비가 필요하다. 용해성폐수의 처리에서 생기는 잉여 슬러지는 양이 적기 때문에 슬러지 처분과 관련된 문제는 거의 없다. 특히, 매탄형성조의 잉여 슬러지는 보통 100g TSS / ℓ 이상으로 농축된 상태이기 때문에 양이 매우 작고, 향후 10년간은 새로운 반응조의 식종물질로서 이용가치가 있을 것으로 기대되므로 별 문제가 없다. 그러나, 산형성조로부터 발생하는 잉여 슬러지는 증식율이 높고 부피가 커 양이 많을 뿐만 아니라, 불쾌한 냄새도 띄기 때문에 그 처리가 간혹 문제가 된다.

### 11) 가스 저장 및 정화

발생가스를 이용하기 위해서는 저장시설과 함께 가스 정화시설이 필요한데, 일반적인 제거대상 성분은 황화수소와 습기 등이다. (다음호에 계속)

## 회고

# '95 환경관리인 수첩 제작

본연합회에서는 전국의 회원명단을 비롯, 환경관련기관의 전화번호를 수록할 '95 환경관리인수첩을 제작함에 있어 광고게재를 희망하시는 업체를 모집합니다.

- 발행부수 : 1만권
- 사용기간 : 1년
- 배 포 일 : 94년 12월초
- 광고마감 : 94년 10월 22일
- 연 락 처 : 전국환경관리인 연합회 사무국 (Tel : 837-1964~5)