

연속 회분식 고온 혐기성 공정의 운전특성 연구

Operational Characteristics of the Anaerobic Sequencing Batch Reactor Process at a Thermophilic Temperature

이종훈* · 정태학** · 장 덕***

Lee, Jong Hoon · Chung, Tai Hak · Chang, Duk

Abstract

An attempt was made to enhance anaerobic treatment efficiency by adopting the anaerobic sequencing batch reactor(ASBR) process at a thermophilic temperature. Operational characteristics of the ASBR process were studied using laboratory scale reactors and concentrated organic wastewater composed of soluble starch and essential nutrients. Effects of fill to react ratio (F/R) were examined in the Phase I experiment, where the equivalent hydraulic retention time(HRT) was maintained at 5 days with the influent COD of 10g/L. A continuous stirred tank reactor(CSTR) was operated in parallel as a reference. Treatment efficiency was higher for the ASBRs because of continuous accumulation of volatile suspended solids(VSS) compared to the CSTR. However, the rate of gas production and organic removal per unit VSS in the ASBRs was much lower than the CSTR. This was caused by reduced methane fermentation due to accumulation of volatile acids(VA), especially for the case of low F/R, during the fill period. When the F/R was high, maximum VA was low and the VA decreased in short period. Consequently, more stable operation was possible with higher F/R. Effects of hydraulic loading rate on the efficiency was studied in the Phase II experiment, where the organic loading rate was elevated to 3333mg/L-d with the F/R of 0.12. Reduction of organic removal along with rapid increase of VA was observed and the stability of reaction was seriously impaired, when the influent COD was doubled. However, operation of the ASBR was quite stable, when the hydraulic loading rate was doubled and a cycle time was adjusted to 12 hour. It is essential to avoid rapid accumulation of VA during the fill period in order to maintain operational stability of the ASBR.

* 서울대학교 대학원, 박사과정

** 서울대학교 도시공학과, 교수

*** 건국대학교 환경공학과, 교수

I. 서 론

혐기성 처리는 유기물을 혐기성 미생물에 의하여 메탄이나 이산화탄소 등으로 전환시키는 폐수 처리법으로 호기성 처리에 비하여 동력 소비가 적고, 에너지원으로 유용한 메탄가스가 생성되며, 슬러지 생산량이 감소하므로 이의 최종처분이 비교적 용이한 점등을 장점으로 꼽을 수 있다. 그러나 이러한 장점에도 불구하고 혐기성 처리법은 여러 가지 문제점을 가지고 있다. 1), 2) 첫째, 운전 초기나 과부하시와 같이 미생물간의 균형유지가 어려운 경우에는 처리시스템이 불안정하게 되어 안정화되는 데 많은 시간이 소요되거나, 처리 자체가 완전히 실패하는 상황으로도 진행된다. 둘째, 현재까지 혐기성 소화에 관한 화학적, 생물학적 지식이 충분하지 못하기 때문에 처리시스템 전반을 정확하게 해석하지 못하고 있다. 셋째, 혐기성균은 pH, 온도, 저해물질, 부하변동 등의 환경조건의 변화에 민감하여 안정한 처리공정의 유지에 상당한 어려움이 따른다. 넷째, 반응속도와 세포포함성이 호기성 공정에 비해 매우 낮아 대용량의 시설이 필요하므로 토지소요량과 건설비용이 과다하다.

혐기성 처리공정에서 반응조내 미생물 체류시간(Solid Retention Time, SRT)을 증대시킴으로써 소요되는 수리학적 체류시간(Hydraulic Retention Time, HRT)을 크게 줄여 반응조 규모를 축소하며 처리 효율을 증가시키기 위한 여러 방법들 중에 단순한 기존의 혐기성 소화조와 동일한 시설로도 운전이 가능한 ASBR(Anaerobic Sequencing Batch Reactor, 혐기성 연속 회분식 반응조) 공정이 시도되고 있다. 3) 연속 회분식 처리공정(SBR)은 단일 반응조에서 유입, 반응, 침전, 배출, 휴지 등의 처리과정이 주기적으로 반복, 진행되는 생물학적 처리 방법으로, 최근에 자동제어설비의 발달로 반응조 운전의 세어가 용이해지면서 일반적인 활성슬러지 처리의 효과적인 대안으로 관심을 끌고 있다. SBR공정은 하나의 반응조에

서 각 단계가 순차적으로 진행되기 때문에 처리 목적에 따라 운전모드에 융통성을 부여할 수 있고, 침전기간에 유체의 흐름이 전혀 없기 때문에 거의 완벽한 고액분리 효과를 기대할 수 있다. 또한 미생물이 접하는 환경이 주기적으로 변하기 때문에 선택적으로 미생물 군을 유지할 수 있고, 운전조작이 간편하며 반응계가 간략한 진동을 장점으로 꼽을 수 있다. 4)

하수슬러지의 혐기성 소화에서 온도의 영향은 이미 1930년대에 보고된 바 있으며, 5) 35°C 근처의 중온영역과 55°C 근처의 고온영역에서 메탄생성균의 활성이 가장 높은 것으로 알려져 있다. 고온소화는 중온소화에 비해 유기물 분해속도가 상승하여 짧은 체류시간으로도 처리가 가능하며 슬러지의 탈수성이 증가하고 여러 가지 병원성 박테리아에 대한 높은 소독효과 등이 장점으로 인정되고 있다. 6) 하지만 고온유지를 위해 에너지공급이 필요한 경우에는 운전비용의 부담이 높기 때문에 고온소화는 주로 유입폐수의 온도가 높은 경우에 적용되고 있다.

본 연구에서는 충분한 농도의 미생물을 반응조 내에서 유지하여 SRT를 높게 유지할 수 있는 SBR공정의 장점과, 고온에서의 빠른 유기물 분해속도와 미생물의 성장속도를 점목시켜 짧은 체류시간에서 높은 유기물 부하가 가능한 고온 연속 회분식 혐기성 처리공정의 실용화를 위해 운전특성을 조사, 연구하였다. 이를 위하여 완전혼합형 반응조(Continuous Stirred Tank Reactor, CSTR)를 대조목적으로 ASBR과 함께 운영하여 처리특성을 비교 분석하였다. ASBR은 동일한 부하조건에서 유입과 반응공정의 시간 비(F/R ratio)를 달리하여 처리효율에 미치는 영향을 평가하였다. 그리고 높은 유기물 부하조건에서 ASBR의 반응특성과 침전효율을 유기물 농도를 증가시키는 경우와 수리학적 부하를 증가시키는 경우에 대하여 병행하여 실험을 수행함으로써 일정한 유기물 부하에서 유기물 농도와 체류시간의 효과를 분리, 규명하고자 시도하였다.

II. 재료 및 방법

1. 실험장치

본 연구에 사용된 혐기성 처리 반응조는 유효용량 5.7L의 아크릴 원통으로 제작하였으며 외부와의 산소유입이 전혀 없도록 밀폐되어 있다. 반응조는 자력을 이용한 교반장치로 혼합시켰으며, 내액의 혼합이 양호하게 이루어지고 미생물 플럭에 진단력을 주지 않는 40~50 rpm으로 운전하였다. Space heater를 이용한 공기가열장치와 fan, 그리고 온도조절장치를 이용하여 반응조가 설치된 밀폐상자 내에서의 온도를 항상 $55 \pm 1^\circ\text{C}$ 를 유지하였다. 가스 발생량과 조성을 분석하기 위하여 평형추가 부착된 부상식 원형통을 설치하여 가스를 포집하고 가스의 용해를 막기 위해 황산을 가한 포화식 염수를 채워넣었다.

2. 실험재료

35°C의 초기 운전시 중량하수처리장의 혐기 소화슬러지를 식종 미생물로 투입하였으며, 35°C의 반응조에 넣고 새로운 환경에 적응하도록 3일간 공회전을 하였다. 그 후 인공기질에 적응시키기 위하여 35°C에서 COD 5g/L, HRT 20일의 부하로 반연속식으로 정기간 운전하여 본실험에 들어가기 전에 반응조 내의 불활성 고형물(inert solids)이 최대한 배제되도록 하였다.

중온영역에서 인공기질에 충분히 적응되었다고 판단된 시점에서 기질유입을 중단하고 온도를 일시에 55°C로 높여 고온소화로 전환시킨 후 순조로운 적응을 위해 5일간 유입수 투입을 중단하였다. 7) 휴지기간이후에는 HRT를 단계 식으로 줄이면서 ASBR방식으로 운전하여 HRT 5일, COD 5g/L의 조건에서 임의정상 상태를 확인하고 본실험을 수행하였다.

본 연구에는 취급과 결과의 해석을 보다 쉽게 하기 위해서 조성이 균일한 인공기질을 사용하였다. 인공기질 중의 탄소원과 영양염류의 조성은 Table 1과 같다. 기질의 COD는 이론치

표 1. 인공기질의 조성.

CHEMICAL	CONCENTRATION(g/L)	
	COD 5g/L	COD 10g/L
SOLUBLE STARCH	5.5	11
NaHCO ₃	5.25	6.3
YEAST EXTRACT	0.274	0.274
PEPTON	0.0112	0.0112
NH ₄ Cl	1.125	2.25
KH ₂ PO ₄	0.25	0.5

로 5g/L 및 10g/L로 하였으며, 질소와 인은 C:N:P가 20:3.3:1이 되도록 조정하였다. 또한 yeast extract와 peptone을 전체 COD에 영향을 미치지 않을 정도로 미량 첨가하였으며, 반응시 pH의 급격한 변화를 막기 위하여 NaHCO₃를 첨가하였다.

3. 실험방법

고온에서 연속 회분식 혐기성 처리공정의 운전특성 조사를 위해 대조 목적으로 하나의 CSTR 반응조를 운영하고, 2개의 반응조에 대해서는 ASBR방식을 적용하면서 기질의 농도와 반응조의 HRT 및 운전모드를 변화시키면서 각 경우에서 반응조의 거동을 조사하였다.

제1단계 실험에서는 두개의 ASBR과 CSTR을 유입 COD 5g/L와 HRT 5일에서 적응시킨후 유입수의 COD 농도를 10g/L로 증가시켜서 유기물 부하율이 2배가 되도록 하였다. 두개의 ASBR은 Table 2의 운전모드에 제시한 바와같이 폐수유입속도를 달리하여 운전하여 F/R을 0.04와 0.12로 유지하였다.

제2단계 실험에서는 먼저 HRT 3일, COD 5g/L로 ASBR방식으로 25일간 운전하고, 이 상태에 적응된 슬러지로 하나는 HRT 3일, COD 10g/L로, 다른 하나는 HRT 1.5일, COD 5g/L로 유기물 부하를 2배로 증가시켜 운전하였다. HRT 1.5일의 반응조는 한주기를 24시간으로 할 경우 한주기에 유입, 유출되는 양이 너무 많아 한 주기를 12시간으로 줄여서 운영

표 2. 운전모드

REACTOR	FILL (Hr)	REACT (Hr)	SETTLE (Hr)	DRAW/IDLE (Hr)	CYCLE TIME (Hr)	F/R	HRT
ASBR1	0.75	18.75	4	0.5	24	0.04	5
ASBR2					5		
ASBR3	2	17.5	4	0.5	24	0.12	3
ASBR4						3	
ASBR5	1	8.5	2	0.5	12	0.12	1.5

하였다. 표 2에 각 ASBR반응조들의 운전모드를 나타냈다. 제2단계 실험의 F/R은 모든 반응조에서 0.12로 고정하였다.

혐기조 운전중 측정항목은 pH, 알칼리도, 휘발산농도, 가스 발생량, 가스조성, COD, TSS, VSS 등이었다. 그리고 ASBR방식으로 운영된 반응조에서는 유출수의 TSS와 VSS를 측정하였다. 모든 실험결과와 분석은 Standard Methods에서 규정한 방법들을 따랐다.⁸⁾

III. 결과 및 토의

1. 폐수 유입속도의 효과

제1단계 실험에서 정상상태로 운전되는 반응조의 미생물이 유기물 부하를 증가시켰을 때 나타내는 운전특성을 조사하였다. 초기조건을 동일하게 설정하기 위하여 적응기간중에 운전되던 반응조들의 슬러지를 혼합 재분배하였고, 5일의 HRT에서 유기물 농도를 COD 5g/L에서 10g/L로 높여 유기물 부하를 2배로 증가시켰다.

가스 발생량은 그림 1에 표시한 바와 같이 ASBR1, ASBR2가 대략 6L 정도로 비슷한 값을 나타내었고, CSTR은 약간 적은 5L 정도였다. 메탄 발생량 역시 가스 발생량과 비슷한 양상을 보였으며 메탄분율은 50% 내외였고 CSTR의 경우 ASBR에 비해 약간 낮았다. 가스 발생량과 메탄 발생량 등에서는 CSTR이 ASBR1, ASBR2에 비하여 낮은 값을 나타내어 ASBR방식이 보다 유리한 것으로 판단된다. 처

리효율의 차이는 일차적으로 미생물 농도의 차이에 기인한다. 미생물량을 반영하는 휘발성부유 고형물(VSS)은 그림 2에 표시한 바와 같이 동일한 초기조건을 부여했음에도 불구하고 ASBR에서 꾸준히 증가하였으나 CSTR에서는 계속적인 유출로 급격하게 감소한 후 차츰 평형상태에 접근하는 양상을 나타냈다. 그러나 VSS의 현저한 차이와는 대조적으로 처리효율에서는 약간의 차이밖에 없었고, 단위 VSS당 처리효율은 오히려 CSTR에서 훨씬 높은 값을 나타내었다. 이것은 ASBR에서 운전특성상 유입기간에 급격하게 소내 유기물 농도가 증가하여 저해가 발생하기때문이라고 생각된다. 유출수의 VSS는 운전초기에는 다소 증가하였지만 침전불량한 미생물의 선택적 유출이 진행됨에

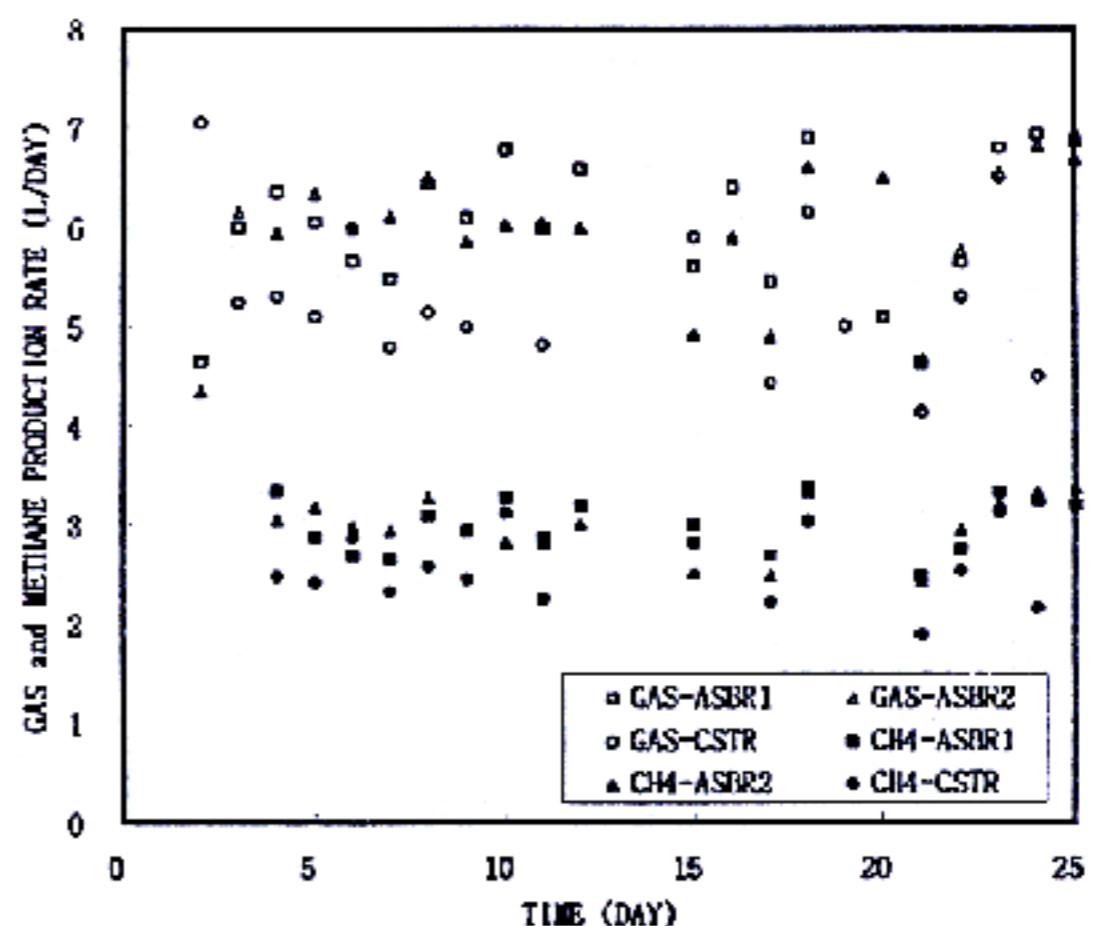


그림 1. Phase I에서의 일일 가스발생량

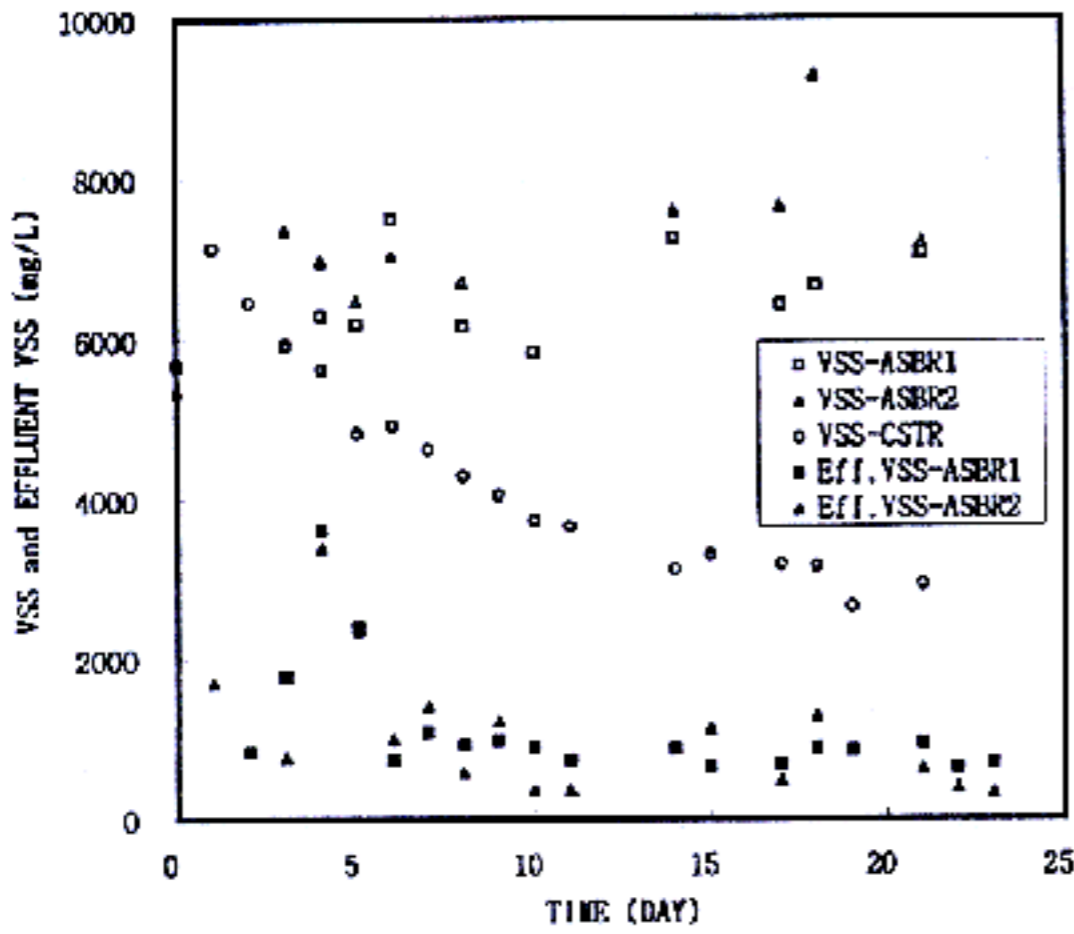


그림 2. Phase I에서의 조내 VSS농도와 유출수중 VSS농도

따라 차츰 침전양호한 VSS가 주를 이루어 안정화되었다.

유입/반응공정 시간비를 달리한 ASBR1과 ASBR2는 가스 발생량과 메탄 발생량에서 별다른 차이를 보이지 않았다. 이러한 결과는 F/R 비에 따라 처리효율에 상당한 차이를 보였던 중온영역에서의 ASBR 연구결과(4,9)와는 다른 양상이다. 고온소화에서는 메탄생성균의 반응속도가 빠르기 때문에 중온소화에 비하여 낮은 F/R 비에서도, 즉 유입속도가 빠른 경우 발생하는 충격에 상대적으로 영향이 작게 나타난 것을 알 수 있다.

그림 3에는 총 휘발산 농도를 pH와 함께 제시하였다. PH는 CSTR에서 상대적으로 다소 낮았지만 모든 반응조에서 휘발산 증가시에도 pH 완충능력이 충분했기 때문에 정상수준을 유지했다. 휘발산은 빠른 속도로 폐수가 유입되는 ASBR1에서 급격하게 증가하였고 약 3일 후에는 최대치를 나타내고 약 5일간 500mg/L 정도에서 머무른 후 8일 후에는 감소추세로 전환되었다. 유입기간이 길어서 보다 느린 속도로 폐수가 유입되는 ASBR2의 휘발산 농도는 3일 후에 최대치에 도달했으나 곧 감소추세로 돌아섰으며 농도수준도 전반적으로 낮아 부하충격흡수능력이 보다 우수한 것으로 나타났다.

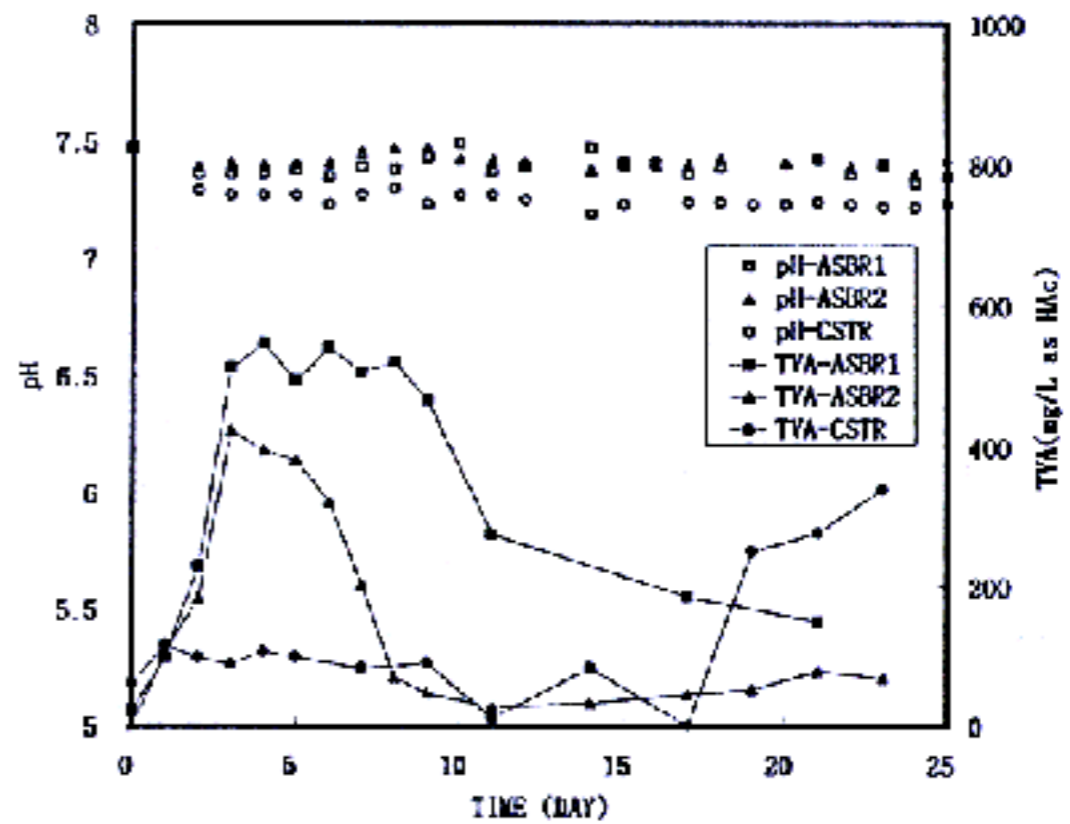


그림 3. Phase I에서의 pH와 TVA의 변화

휘발산의 증가는 산생성균에 의한 유기산의 생성속도에 비해 메탄생성균에 의한 유기산의 메탄 전환속도가 낮기 때문에 나타나며, 반응조내 메탄생성균의 증식에 의해 휘발산 농도는 차츰 감소하여 안정화된다. 반면에 CSTR은 초기에 소폭의 증가를 나타냈으나 계속되는 VSS의 유출로 미생물의 절대량이 부족해지기 때문에 후반에 들어 빠르게 휘발산 농도가 증가하는 양상을 나타냈다.

폐수유입속도에 따른 휘발산의 뚜렷한 변화는 용해성 COD의 변화와 연계시켜 분석할 수 있다. 그림 4에는 각 반응조의 유출수 용해성

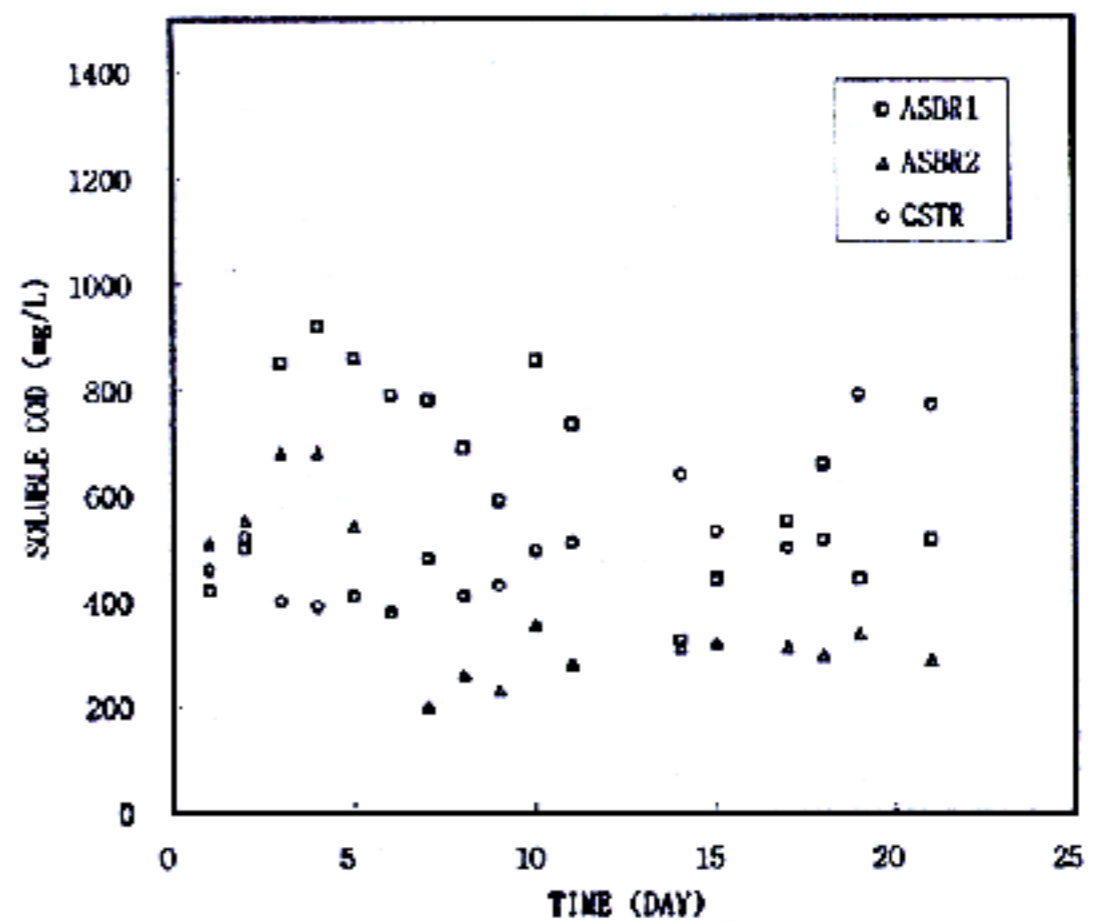


그림 4. Phase I에서의 용해성 COD의 변화

COD가 제시되어 있다. ASBR에서 운전초기의 왕성한 휘발산 생성에 따라 휘발산 농도가 높아지며 메탄생성이 저해받으며 이는 COD의 증가로 나타난다. 이러한 현상은 폐수유입속도가 빠른 ASBR1에서 현저하게 나타났으며 상당기간 지속되어 안정화되는데 장시간이 필요함을 알 수 있다. 반면에 유입기간이 상대적으로 길게 책정된 ASBR2는 COD의 증가수준도 낮을 뿐 아니라 약 1주일 후에는 낮은 수준으로 농도가 감소하고 변화폭도 작아서 쉽게 안정화되었다. 그러나 가장 낮은 속도로 폐수가 유입되는 CSTR의 용해성 COD는 휘발산에 의한 손해가 거의 없는 초기에는 변화가 적었으나, 차츰 VSS의 유실에 의해 휘발산의 증가와 함께 COD 증가가 급격하게 진행되었다. 전체적으로 유기물제거효율은 CSTR보다 ASBR에서 높았으며, ASBR에서는 폐수 유입속도가 느린 경우에 97% 정도의 안정적인 제거효율을 얻었다.

2. 유기물 부하의 효과

ASBR의 실용성은 고율 유기물 부하시 안정적으로 높은 처리효율을 얻을 수 있어야 확보되기 때문에 제2단계 실험에서는 유기물 부하율을 크게 높이고 ASBR의 거동을 조사하였다. 즉 HRT 3일, 유입 COD 5g/L 조건에서 ASBR을 상기간에 걸쳐 운영하고, 유입 유기물 부하율을 2배로 높인 후 ASBR의 운전특성을 분석하였다. ASBR3는 HRT 3일이고 유입 COD가 5g/L인 조건에서 운전하여 COD 부하율을 1,667mg/L-d로 유지하였다. ASBR4는 HRT 3일이고 유입 COD를 두 배로 높여 10g/L로 유기물 농도를 높여 유기물 부하율을 3,333mg/L-d로 상승시켰다. 반면에 ASBR5는 유기물 농도를 5g/L로 유지하며 HRT를 1.5일로 감소시켜 수리학적 부하율을 2배로 함으로써 COD 부하율을 3,333mg/L-d로 상승시켰다. ASBR5는 HRT가 36시간에 불과하여 24시간 주기로는 유입 및 유출량이 너무 많기 때문에 수기를 12시간으로 하여 운전하였으려 F/R 비는 ASBR3과 ASBR4와 마찬가지로 0.12로 고정시켰다.

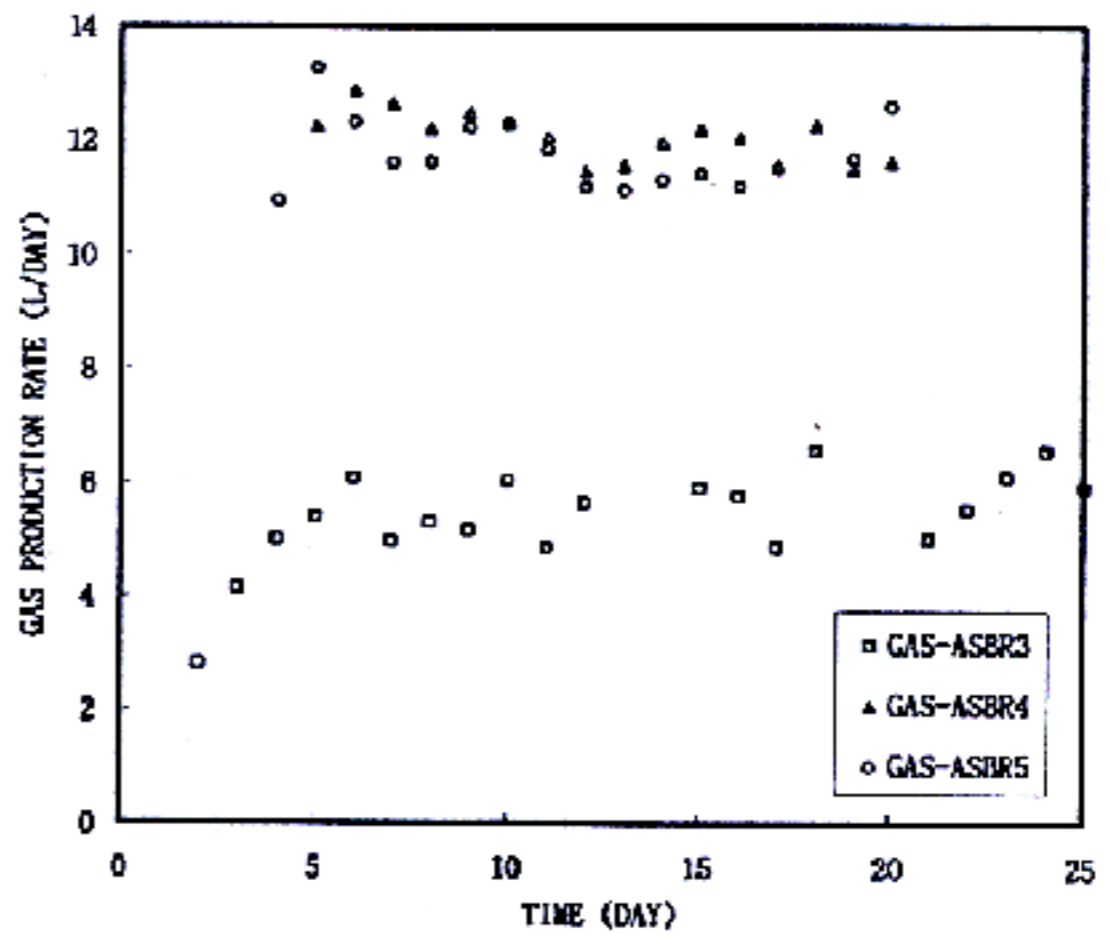


그림 5. Phase I에서의 일일 가스발생량

각 반응조의 가스 발생량을 그림 5에 표시하였고 메탄발생량을 그림 6에 제시하였다. 가스 발생량은 유기물 부하가 2배로 증가한 ASBR4와 ASBR5에서 ASBR3에 비해 2.5배 정도인 것으로 나타났다. 반면에 메탄 발생량은 2배 가량으로 유기물 부하에 비례하는 것으로 나타났다. 따라서 유기물 부하의 증가로 인해 증가하는 가스 발생량의 상당부분은 이산화탄소인 것으로 확인되었다. 산생성균의 증식은 상대적으로 메탄생성균에 비해 활발하여 산생성과 함께 이산화탄소의 발생이 COD 부하율이 증가한

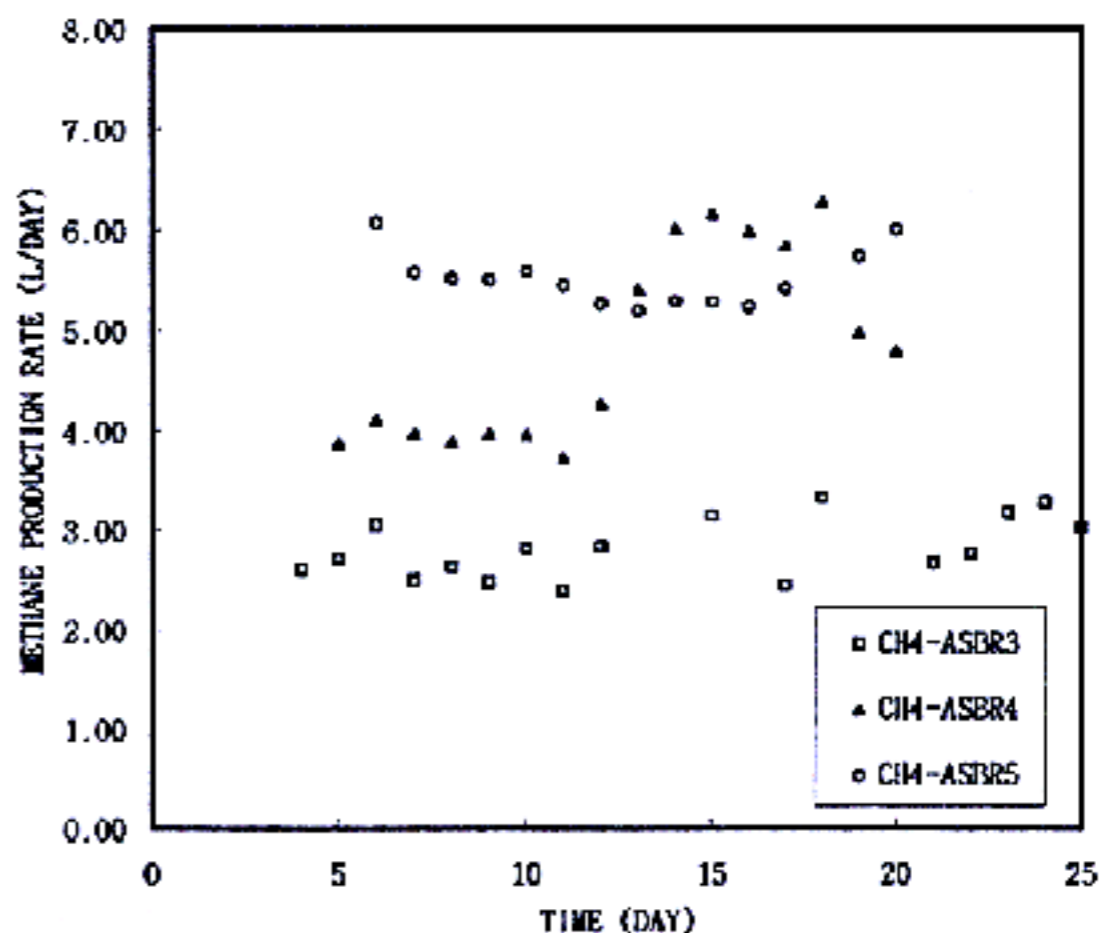


그림 6. Phase II에서의 일일 메탄발생량

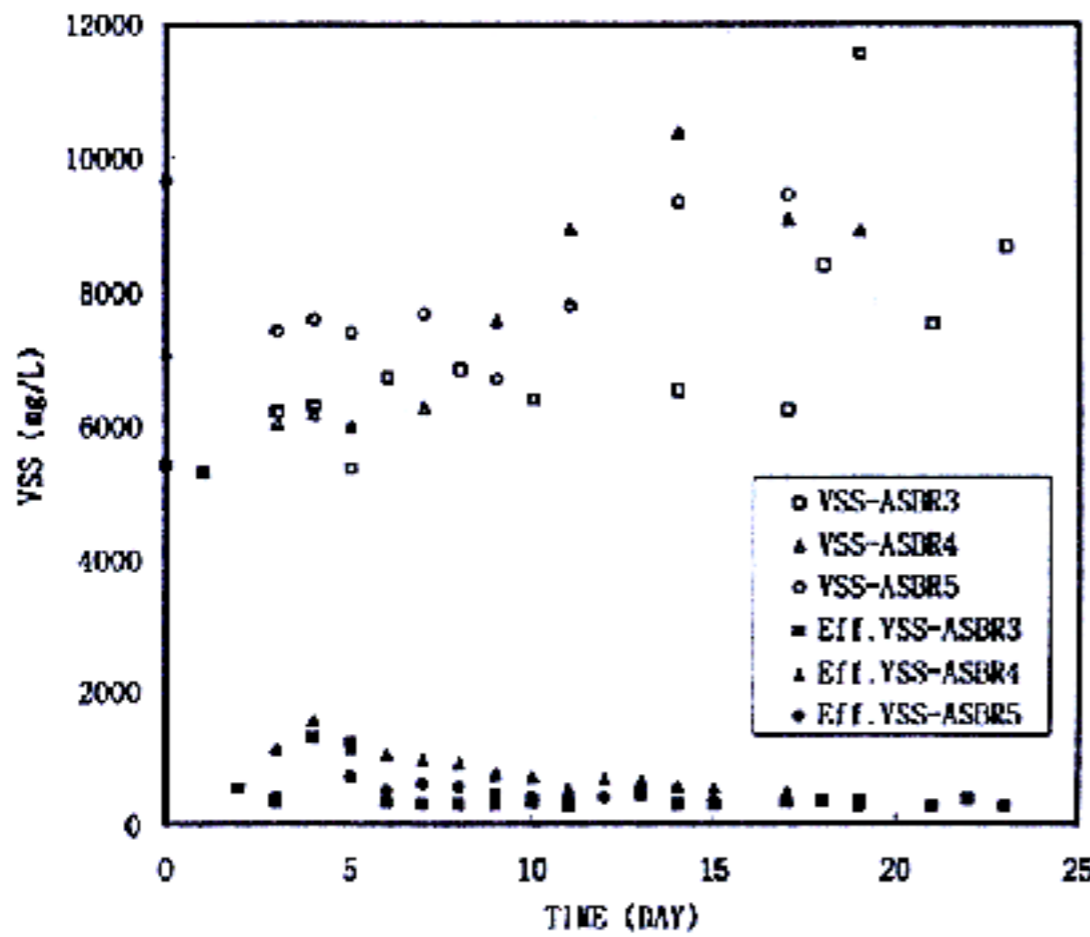


그림 7. Phase I에서의 조내 VSS농도와 유출수중 VSS농도의 변화

반응조에서 현저하게 증가함으로써 메탄분율은 ASBR3에 비해 낮아졌다. ASBR4와 ASBR5의 가스 발생량은 큰 차이가 없었으나 메탄발생량은 유입 COD 농도를 2배로 증가시킨 ASBR4에서 약간 낮은 값을 나타내어 유기물 농도 증가시 메탄생성균에 미치는 저해효과가 무시할 수 없다고 생각된다.

그림 7에는 반응조 VSS와 유출수 VSS를 표시하였다. 모든 반응조에서 VSS가 지속적으로 증가하고 유출수의 VSS는 단기간의 불안정한 상태를 거친 후 침강상이 개선되어 안정화되었다. 특히 ASBR5에서 주어진 침전기간은 2시간이었으나, 30분 안에 침전이 완료되는 우수한 침전성을 나타내었다. 이러한 사실로 보아 ASBR공정에서의 슬러지의 침전성은 유입기질의 농도에 보다 영향을 받으며, 적절한 운전조건 선정을 통하여 향상시킬 수 있는 것으로 판단된다.

ASBR4과 ASBR5는 VSS 농도에서는 거의 차이가 없고, 유기물 부하율과 F/R비도 같으므로, 비유기물 부하율(Specific Organic Loading Rate)은 4.4gCOD/gVSS/day로 대등한 수준이다. 그러나 ASBR4는 한 주기가 24시간이지만, ASBR5는 한 주기가 12시간이므로 하루에 두번의 주기가 반복된다. 그러므로

한주기 내에서 유입 종료시점에서 최대를 나타내는 조내 유기물 농도는 ASBR4가 ASBR5보다 훨씬 높게되어 메탄생성균에 저해를 발생시킨다고 생각된다.

PH와 총 휘발산 농도의 변화를 그림 8에 함께 나타내었다. ASBR1에서는 총 휘발산 농도가 계속 증가하고 pH도 낮아졌다. ASBR5에서는 총 휘발산 농도는 평형을 유지하였고, 저부하인 ASBR3에서는 점차 휘발산이 줄어들면서 안정화되는 양상을 보였다. pH는 ASBR3과 ASBR5에서 모두 일정한 값을 나타내었다. ASBR4에서는 휘발산의 축적이 주입된 pH 완충능력의 한계를 넘어서 pH에 영향을 미치고 있다. ASBR4에서의 급격한 휘발산의 증가를 ASBR5의 결과와 비교해보면, 조내 유기물농도의 최대치가 유입 유기물 부하의 증가에서 오는 충격을 받아들일 때에 결정적인 역할을 한다고 판단된다.¹⁰⁾ 결과적으로 동일한 유기물 부하라 하더라도 유기물 농도가 증가한 경우에는 주기를 짧게하여 수리학적 부하를 증가시킨 경우에 비해 휘발산 증가로 인한 메탄생성균의 저해가 발생하여 운전의 안정성이 깨뜨려져서 처리효율이 저하되고 운전실패로까지 연결될 수 있다고 판단된다. 따라서 유입 COD가 너무 높은 경우에는 처리수 농으로 희석한 후 주기를 짧게하며 수리학적 부하를 증가시켜 처리하는 것이 안정된 처리효율을 얻는데 보다 효과

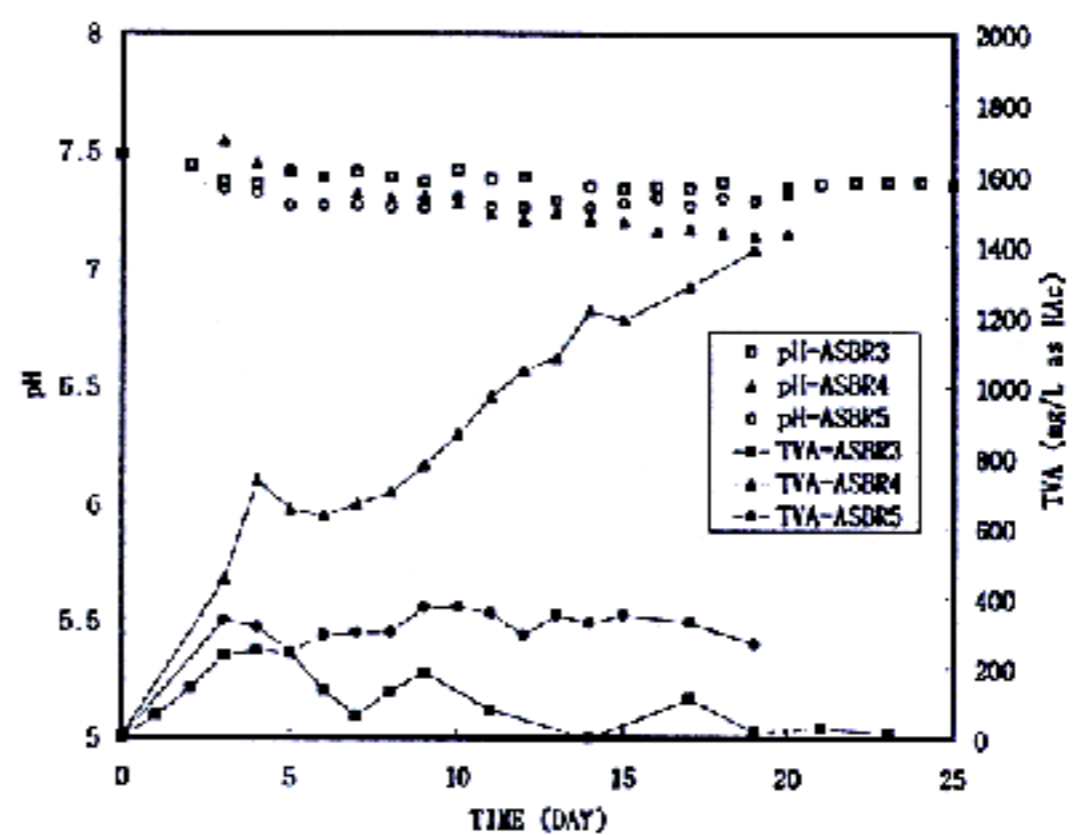


그림 8. Phase II에서의 pH와 TVA의 변화

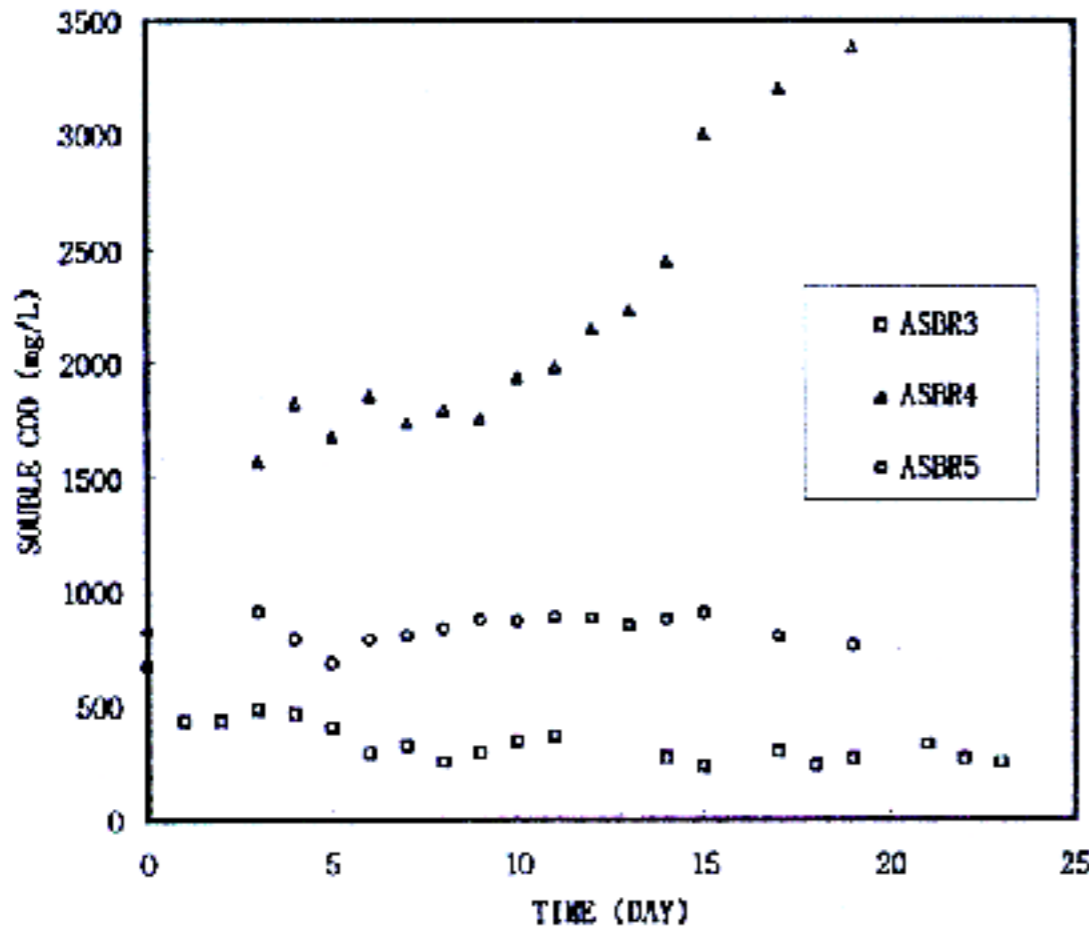


그림 9 Phase I에서의 용해성 COD의 변화

적인 것으로 사료된다. 각 반응조 유출수의 용해성 COD의 변화를 그림 9에 표시하였다. 저부하의 ASBR3과 수리학적 부하의 증가로 유기물 부하를 증가시킨 ASBR5는 각각 94% 및 85%의 안정된 COD 제거효율을 나타냈으나 유기물 농도 증가로 유기물 부하를 증가시킨 ASBR4는 시간이 갈수록 COD가 높아져 운전 실패로 진행되고 있다. COD 변화행태는 휘발산 변화행태와 유사함을 보인다. ASBR4와 ASBR5의 VA 차이는 약 300mg/L로 VA COD는 320mg/L이며 이는 COD차이 약 400-500mg/L의 대부분을 차지한다.

IV. 결 론

본 연구에서는 고온 ASBR 공정의 운전특성을 알아보기 위하여 실험실 반응조를 이용하여 일련의 실험을 수행하였다. 용해성 전분을 사용한 COD 5g/L 및 10g/L의 두 종류의 인공배수와 5일 3일 1.5일의 HRT를 조합하여 유기물 부하를 증가시키면서 유입/반응공정 시간비를 달리한 ASBR반응조들과 대조군인 CSTR에서의 반응특성과 침전특성을 조사, 분석하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 고온소화에서는 중온소화에 비해 반응속도가 빠르고 미생물의 성장속도도 빨라서

3.3gCOD/L/day 정도의 비교적 높은 유기물 부하에서도 안정적인 ASBR의 운전이 가능하였다. 그리고 F/R 비를 변수로 한 ASBR반응조들의 경우 중온소화와는 나르게 처리효율에서 작은 차이만 관찰되었다.

2. ASBR방식의 반응조가 CSTR방식의 반응조에 비하여 메탄생성 등 처리효율의 측면에서 나은 결과를 얻었다. 그러나 ASBR의 경우 휘발성 고형물의 축적은 이루어 졌으나, 단위 휘발성 고형물당 유기물 처리효율은 CSTR이 월등히 높았다. 이것은 ASBR에서 유입기에 급격히 증가하는 조내 유기물 농도로 인해 미생물의 활성이 저하되어 미생물 축적의 효과가 감소되기 때문인 것으로 사료된다.

3. 유기물 부하를 증가시켰을 때 일정기간동안 휘발산 농도의 증가가 관찰되었는데, 유입 유기물 농도에 의해 유기물 부하가 높아진 경우에는 휘발산의 농도가 너무 높아지고 메탄생성균에 저해를 초래하여 처리효율이 낮아지고 운전실패로 진행되었다. 유입 COD가 높은 경우에는 처리수 농도로 희석시킨 후 주기를 짧게하며 수리학적 부하율을 높여 운전하는 것이 보다 효과적이다.

4. ASBR에서는 F/R 비가 큰 경우에 휘발산 증가기간이 짧고 휘발산 농도도 낮았다. F/R 비가 작을 때에는 유입기의 비 유기물 부하율이 더 높아지므로 유기물 부하의 증가에 따른 충격을 더욱 심화시킨다고 생각된다. 그리고 동일한 유기물 부하에서 주기를 짧게하여 한 주기 내에서의 최대 유기물 농도를 낮추었을 때 휘발산 축적의 측면에서 현저하게 안정적인 결과를 나타냈다.

5. 고온 ASBR에서는 침전성이 양호한 VSS가 선택적으로 남게되어 침전특성은 운전을 계속할수록 개선되었다. 그리고 유입 유기물의 농도가 낮을 때 향상된 침전이 이루어졌다.

감사의 글

본 연구는 1993년도 학술진흥재단 자유공모과제의 연구비 지원으로 이루어졌으며 감사의

뜻을 표합니다.

참고문헌

1. Gaudy, C.P.L.Jr. and Lim, H.C, Biological Wastewater Treatment -Theory and Applications, Macel Dekker Inc. New York, 1980.
2. Reynolds, T.D., Unit Operations and Processes in Environmental Engineering, Brooks/Cole Engineering Division, 1982.
3. Dague, R.R., McKinney, R.E. and Pfeffer, J.T., "Anaerobic Activated Sludge", *J. WPCF*, Vol.38, No.2, pp.220-226, 1966
4. Kennedy, K.J. et al., "Performance of Anaerobic Sludge Blanket Sequencing Batch Reactors", *J. WPCF*, Vol.63, pp.75-83, 1991
5. Fair, G.M. and Moore, E.W., "Observation on the Digestion of a Sewage Sludge over a Wide Range of Temperature", *Sewage Works Jour.*, Vol.9, No.1, pp.3-5 (1937)
6. Buhr, H.O and Andrews, "The treatment anaerobic digestion process" *Wat. Res.* 11, pp.129-143, 1977(B)
7. 장 덕, 정태학, "혐기성 소화의 동력학: 중온 및 고온혐기성소화의 비교연구", 대한토목학회논문집, 제7권, 제3호, pp.1-11, 1987
8. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 18th Edition, 1992, APHA, AWWA, WPCF.
9. 최영균, "연속회분식 혐기성공정의 처리효율 평가연구" 대한상하수도학회지, 제9권, 제1호, pp.49-57, 1995
10. Kaiser, S.K., "Initial Studies of the Anaerobic Sequencing Batch Reactor at a Thermophilic Temperature", Master thesis, Iowa State University, 1991