

## 유·무기 복합 고분자를 이용한 granule의 활성화 실험

정현성<sup>1,2</sup>, 김용환<sup>1</sup>, 류정용<sup>1</sup>, 송봉근<sup>1</sup>, 이상일<sup>2</sup>

<sup>1</sup>한국화학연구원 응용화학연구부, <sup>2</sup>충북대학교 환경공학과

전화(042) 860-7641, FAX (042) 860-7649

### Abstract

Long time over 6 month was required to form granular sludge, which is critically necessary for UASB reactor. By feeding both high molecular cationic polymer and anionic silica sol to conventional digestion sludge, granular sludge was obtained within 5 minutes. Succession adaptation was performed for granular sludge for 30 days. 80~90% COD removal efficiency was shown with granular sludge, which was comparable with that of typical UASB granular sludge.

### 서 론

고농도 유기성 폐수의 처리는 호기성 생물학적 처리에 비해 혐기성 생물학적 처리를 이용하는 것이 훨씬 경제적이란 것은 이미 잘 알려져 있다. 특히 1970년대 후반에 개발된 UASB(Upflow Anaerobic Sludge Blanket) 공법은 1990년 이전까지 전 세계적으로 이미 100여개 이상의 실규모 시설로서 여러 분야에 널리 적용되어 왔으며, 특히 제지폐수의 혐기성 처리는 1989년도까지 전 세계적으로 16군데 이상에서 실규모 설비로서 설치 운영 중에 있다.<sup>1,2)</sup> 최근 20년 동안 혐기성 소화과정에 대한 복잡한 미생물학적 공정이해와 혐기성 공정 설계의 눈부신 발전은 혐기성 공정에 대한 적용성을 한층 향상시키고 있다.<sup>3)</sup> 이러한 발전은 주로 공정내 우수한 미생물 확보와 더 짧아진 수리학적 체류시간(HRT) 그리고 하수와 같은 저농도 특성 폐수의 경제적인 처리 가능성 등에 관련된 것이다.<sup>4)</sup> UASB 반응기내 종슬러지중의 분산생성물과 용적이 큰 플러는 점차 씻겨 나가게 되어 침강성이 좋은 슬러지가 슬러지 베드에 축적되어 간다. 이 슬러지는 베드부로부터 GSS(Gas-Solids Separator)장치부로 반복 순환하는 과정에서 응집과 침전이 촉진되고, 베드 부내에서의 압밀작용과 생성 gas에 의한 완만한 rolling작용에 의해 점차 치밀한 granule을 형성해 간다. 이러한 granule형성에 요하는 운전기간은 3~4개월 정도로 긴 시간이며 실제 UASB start-up시 심각한 제한요인이 되고 있다.

이에 본 연구의 목적은 유·무기 복합 고분자를 이용하여 혐기미생물의 자기고정화를 촉진시켜 빠른 시간 내에 입상슬러지를 형성하여 여러 가지 입상슬러지의 활성 실험을 통해 보다 나은 폐수 처리를 할 수 있는 방법을 개발하는 것이다.

### 재료 및 방법

실험장치 : 본 실험에서 사용된 BOD병에는 대조군으로 하수 소화 슬러지, 실플랜트의 입상 슬러지와 본 실험에서 만들어진 입상 슬러지에 일정량의 합성폐수 또는 실폐수를 넣어 24시간 간격으로 sCODcr을 측정하여 활성도를 비교해 보았다. 합성폐수는 미생물 성장에 필요한 질소, 인 등 영양염류의 공급을 위하여  $\text{NH}_4\text{Cl}$ 와  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  용액을 제조한 COD : N : P = 100 : 2.5 : 0.5의 비율로 공급하였고 실폐수는 화승제지의 1차 처리되어진 폐수를 COD : N : P = 100 : 2.5 : 0.5의 비율로 맞추어 공급하였다.<sup>5)</sup> 본 실험에서 사용되어진 입상 슬러지(*granule*)는 입상화를 촉진하기 위해 하수 소화 슬러지에 양이온 또는 음이온기를 함유하고 있는 선형 및 비선형 수용성 고분자들을 넣어 200~400rpm으로 4분간 교반시켜 전기적 중화 및 가교결합을 유도하여 실플랜트의 UASB 반응조 입상 슬러지와 비슷한 크기의 슬러지로 변환시켜 충전시켰다.<sup>6)</sup>

분석방법 : 대조군인 하수 소화 슬러지, 실플랜트의 입상 슬러지와 본 실험에서 만들어진 입상 슬러지가 충전되어 있는 BOD병 안의 상등액을 채취하여 초기의 활성도와 함께 24시간 간격으로 일정한 기간동안 활성도를 standard method에 따라 COD 분석장비(DR 2000 Hach Co., USA)를 이용하여 측정하였다. 그리고 pH는 portable pH meter (pH/ ISE/ DO/ ORP/ Conductivity/temp. meter, Orion, model 520A)를 이용하여 측정하였다. 실험에 사용된 BOD병은 37°C 항온조에서 shaking하며 보관하였고 가스 성분은 열전도도 검출기가 장착된 GC (Gas Chromatography, Donam, Korea)를 이용하여 분석하였으며 VFA(Volatile Fatty Acids)는 HPLC(High Performance Liquid Chromatography, Shodex RI-71, Japan)등을 이용하여 측정하였다. 초기 실험 때 사용되어진 슬러지를 반복하여 실험에 사용함으로써 슬러지가 폐수 처리에 적응되어지기까지의 기간을 유추해 보았다.

### 결과 및 고찰

여러 가지의 유·무기 복합 고분자를 이용하여 단시간에 입상 슬러지로 만든 후 하수 소화 슬러지와 실플랜트 입상슬러지의 활성을 측정하여 비교해 봄으로써, 입상 슬러지가 폐수에 적응되어지기까지의 기간을 알아보는 실험이다.

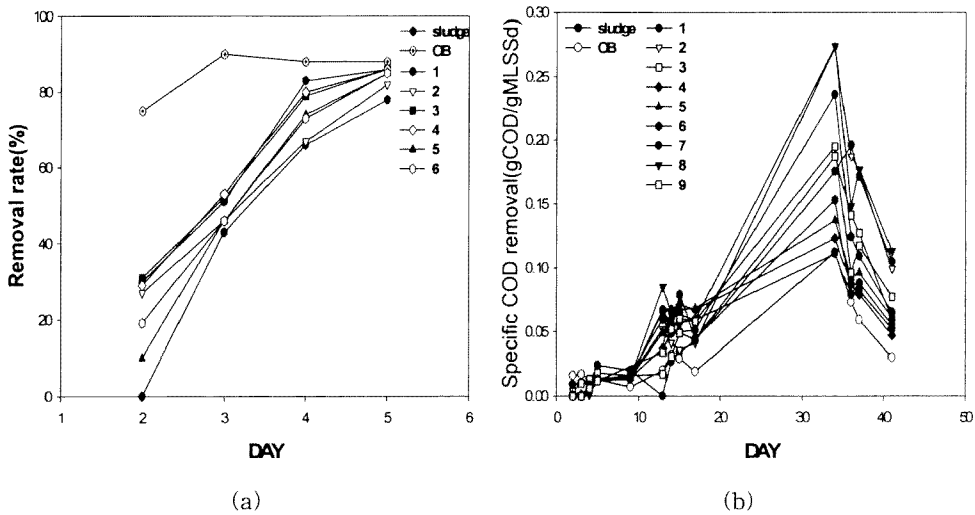


Fig. 1. (a) Expressed various kinds granule's sCODcr removal efficiency by percent.  
 (b) Using organic-inorganic hybrid polymer made UASB granule's activity measurement.

- |  |   |
|--|---|
| <p>* (a) 1; c-PAM<br/>                 2; silica-sol<br/>                 3; c-PAM + silica-sol<br/>                 4; CPA-D + silica-sol<br/>                 5; Percol-57 + silica-sol<br/>                 6; PAM-1 + silica-sol</p> | <p>* (b) 1; c-PAM<br/>                 2; silica-sol<br/>                 3; c-PAM + silica-sol<br/>                 4; CPA-D + silica-sol<br/>                 5; Percol-57 + silica-sol<br/>                 6; CPAD-3 + silica-sol<br/>                 7; CPAD-4 + silica-sol<br/>                 8; DPAD-58 + silica-sol<br/>                 9; DPAD-19 + silica-sol</p> |
|--|---|

Fig. 1.의 (a)는 합성폐수를 사용하여 실험한 COD 제거율을 나타낸 것으로 초기 때 만들어진 입상슬러지의 COD 제거효율은 4~30%정도로 낮은 제거율을 보인 반면에 하수 소화 슬러지는 54%, 실험플랜트의 입상슬러지는 83%의 COD 제거효율을 보였다. 실험을 반복한 결과 본 실험에서 만들어진 입상슬러지 모두 반복되어지는 횟수에 따라 점차적으로 80~90% 이상의 제거효율을 보였다. (b)는 실험수로 바꾸어 지금까지 반복하여 실험한 SMA(Specific Methanogenic Activity) 결과로 8번 입상슬러지와 9, 3번 입상슬러지의 활성이 가장 높게 나타나고 있다.

그 결과, 본 실험에서 만들어진 입상슬러지는 고분자의 조성과 교반이 미생물에게

영향을 미치는 것으로 판단되므로 이에 적응할 수 있는 기간이 필요하다고 사료된다. UASB 반응조 예비 실험을 거쳐야 정확한 적응기간을 알 수 있겠지만 본 실험을 통해볼 때 약 30~40일 정도면 미생물이 충분히 적응할 수 있을 것이라 예측할 수 있겠다.

### 요 약

혐기성 반응조는 침강성이 좋고 활성이 높은 생물을 어떻게 고농도로 반응기내에 축적시키기까지 자연적인 조건에서 6개월이라는 장시간이 요구된다.<sup>7)</sup> 하지만 유·무기 복합 고분자를 이용하여 단기간에 입상슬러지를 형성한 후, Fed-Batch 실험을 통하여 폐수에 대한 입상슬러지의 적응 기간을 알아보았다. 반복 실험의 결과, 30~40일 정도의 적응기간 동안 유·무기 복합 고분자를 이용하여 형성된 입상슬러지는 실플랜트의 입상슬러지와 비슷한 80~90%의 COD제거율을 보였다.

### 참고문헌

1. Lettinga, G., A. M. F. van Velson, S. W. Hobma, W. J de Zeeuw and A. Klapwijk., "Use of the Upflow Sludge Blanket reactor concept for biological wastewater treatment especially for anaerobic treatment.", (1980), *Biotechnol. Bioeng.* 22, 699-734
2. 정승현, 정형숙, 조영개, 정병곤, 양병수., "UASB를 이용한 혐기성 폐수처리시 황산염의 영향."(1996), *J. Korea Solid Wastes Engineering Society* 13(4), 329-338
3. Singh, K. S., Harada, H., and Viraraghavan, T., "Low-strength wastewater Treatment by a UASB Reactor."(1996), 55(96), 187-194
4. 민경석, 안영호, 박소민., "UASB 반응조를 이용한 저농도 폐수의 처리."(2002), *J. of KSEE*, 24(8), 1379-1389
5. 조미선, 김용환, 류정용, 신중호, 송봉근., "고농도 칼슘 함유 폐수의 안정적인 처리를 위한 UASB-CO<sub>2</sub> stripping 시스템 개발."(2001), *대한환경공학회지*, 23(10), 1741-1747.
6. 정현성, 김용환, 류정용, 송봉근, 이상일., "유무기 복합고분자를 이용한 UASB granule 형성 촉진 및 UASB 조기 안정화."(2002), *대한환경공학회 추계학술연구발표회 논문집(I)*, 365-366
7. Adalberto Noyala, Gloria Moreno., "Granule production from raw waste activated sludge."(1994), *J. Wat. Sci. Tech.*, 30(12), 339-346