

혐기성 생물막 반응기의 기질 농도 변화에 따른 생물막 부착 특성 관찰

이승란, 이덕환, 김도한, 박영식*, 송승구
부산대학교 화학공학과, 서봉리사이클(주)*
전화 (051) 512-3082, FAX (051) 512-8563

Abstract

The anaerobic continuous reactor, which was filled with a sludge of anaerobic digestion from Sooyoung sewage treatment plant, was supplied with synthetic wastewater of various concentration. After changing to substrate concentration, this research indicated that attached biomass was kept constant after attachment 23 days.

In SEM photographs, shape and structure of biofilm could be observed, but bacteria species and methanogens were not identified.

A large number of methanogenic bacteria were showed on the surface of PE substratum by fluorescence under 480nm of radiation.

서론

기존의 생물학적 처리는 폐수 속에 부유상태로 존재하는 미생물이 용존 유기물을 대사과정에 필요한 기질로 이용하여 CO₂와 H₂O의 분해 산물로 생산함으로써 오염 물질을 제거하지만 부유미생물의 체류시간이 제한적이기 때문에 처리 효율이 낮고 폐슬러지가 발생하므로 슬러지 폐기에 관한 문제가 따른다. 이러한 문제점을 해결하기 위한 방안으로 미생물을 부착시킨 담체를 반응기에 투입하여 미생물 체류시간 농도를 증가시키고 처리효율을 향상시키는 생물막 공법이 개발되어 고농도, 대용량 폐수 처리에 사용되고 있다.

본 연구에서는 혐기성 생물막 반응기의 연속운전을 통하여 기질의 농도 변화에 따른 생물막 부착 특성을 고찰하고, 기질 농도 변화에 따른 미생물의 거동을 광학현미경, SEM, 형광현미경을 이용하여 관찰해 보았다.

재료 및 방법

부산광역시 수영 하수처리장의 소화조에서 농축조로 보내지는 혐기성 슬러지를 탈기된 증류수와 1:1로 희석하여 26,900mg/L로 만든 후 혐기성 연속식 반응기에 주입하고 완전 혼합상태가 되도록 9일 동안 순환시킨 후 합성폐수의 농도를

1,880mg/L에서 10,000mg/L로 변화시키면서 HRT를 4.9일로 하여 공급하였다. 혐기성 연속 반응기에 담체를 고정물질에 장착시킨 후 시간에 따라 담체를 떼어내어 담체 표면적당 미생물 부착량을 측정하였다. 반응기에서 제거한 담체를 10mL 증류수에 담귀 부착된 미생물을 초음파를 이용하여 35℃에서 90분간 탈착시킨 후 진공 여과시켜 생물막 부착량을 구하였다.

미생물이 부착된 담체를 증류수로 2회 세척한 후 광학현미경을 이용하여 배율 40배로 관찰하였고, 또한 담체를 증류수에 2회 세척한 후 25% glutaraldehyde에서 2시간 동안 탈수하고 60℃에서 2시간 동안 건조한 후 PT coating을 하고 SEM으로 30000배율 촬영하였다.

PE담체에 부착된 미생물 중 메탄생성균을 규명하기 위해 형광현미경(Cnfocal)에서 담체에 부착된 미생물을 35℃에서 90분간 초음파를 이용하여 탈착시켜 슬라이드 글라스 위에 떨어뜨린 후 green filter를 이용하여 파장 480nm인 argon laser를 쬐어 배율 100배로 촬영한 후 화상분석기를 이용하여 화상을 조정하였다.

결과 및 고찰

다른 연구자들의 연구 보고에 따르면 시간에 따라 생물막 두께가 증가하는 경향을 보이다가 그 두께가 충분히 두꺼워지면 더 이상 증가하지 않는다고 하였다 (LaMotta, E. J. 등(1976)). 기질 농도의 변화량에 따른 담체 표면적당 생물막 부착량 변화를 나타낸 Fig. 1를 보면 부착 23일 이후에 그 양이 거의 일정해지는 경향을 나타냄을 알 수 있었다. 이는 생물막의 두께가 시간에 따라 그 양이 충분히 두꺼워진 이후에는 기질의 농도 변화에도 두께가 더 이상 증가하지 않음을 알 수 있었다.

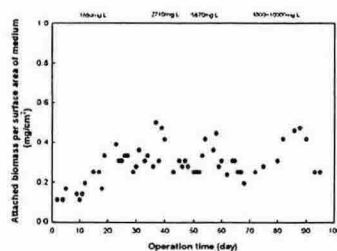


Fig. 1. Weight of attached biomass per surface area of media under continuous operation.

Fig. 2에 기질의 농도 변화에 따른 생물막 부착 실험 전후에 촬영된 광학 현미경 사진을 나타내었다. Fig. 2 (a)는 부착 실험 3일 후의 담체 표면 사진이며, 부착 실험이 계속 진행됨에 따라 담체 표면사진 Fig. 2 (b)~(e)에서 관찰된 바와 같이 점차 미생물 부착이 증가하여 담체 표면을 대부분 덮게되고, 23일 이후 미생물의 부착이 거의 비슷함을 관찰 할 수 있었다.



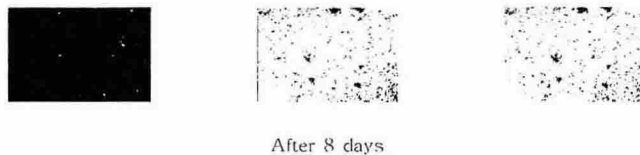
(a)After 3 days (b)After 8 days (c)After 23 days (d) After 35 days (e)After 60 days
 Fig. 2. Optical micrographs of attached bacteria on the surface of PE support media.

Fig. 3에 폴리에틸렌 담체 표면에 부착된 미생물에 대해 시간에 따라 30000배로 확대 촬영한 SEM 사진을 나타내었다. 30000배로 촬영한 SEM 사진 결과 *Methanosarcina*와 비슷한 구형의 미생물들은 조금씩 관찰되었으나 문헌에서 보고된 rod모양의 *Methanotherx*, *Methanotherx-lile bacilli*, *Methanosaeta*, *Methanobacterium* 등의 미생물을 발견할 수 없었다.



(a)After 3 days (b)After 8 days (c)After 23 days (d) After 35 days (e)After 60 days
 Fig. 3. SEM photographs of bacteria attached on the surface of PE support media.
 (X 30000)

PE 담체에 부착된 미생물을 SEM사진을 통한 관찰만으로는 각각의 종을 규명하기 어려웠기 때문에 형광현미경의 관찰을 통해 메탄 생성균의 부착여부를 규명하였다. Fig. 4(a)는 담체에 부착된 미생물을 광학 현미경에서 100배로 촬영한 사진이다. Fig. 4(b)는 담체에 부착된 미생물을 같은 위치에 대해 green filter(48nm)를 사용하여 100배로 촬영한 사진인데 green filter 파장의 빛을 받게 되면 auto-fluorescence에 의해 메탄 생성균들이 녹색으로 나타남을 관찰할 수 있었다. Fig. 4(c)는 각각의 (a)와 (b)를 합성하여 촬영한 사진으로 녹색과 회색이 겹치는 부분은 혐기성 미생물 중에서 메탄 생성균이 있는 부분을 나타내고 있다. Fig. 4에 나타나듯이 메탄 생성균이 시간이 증가됨에 따라 일정하게 증가됨을 볼 수 있었고, 23일 이후엔 농도 변화엔 큰 영향이 없이 일정함을 알 수 있었다.



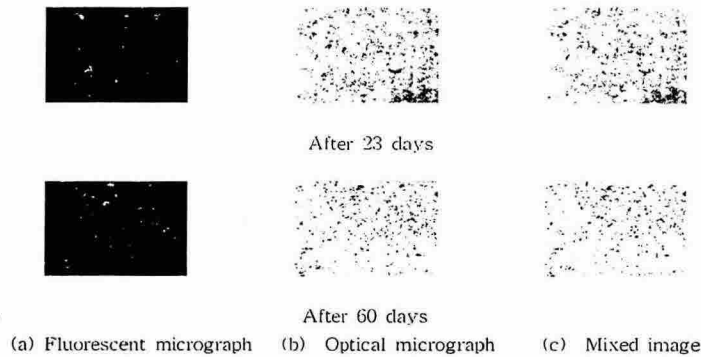


Fig. 4. Optical and fluorescent micrographs of anaerobic biomass attached on PE support media.

요약

수영 하수처리장의 소화조에서 농축조로 보내지는 혐기성 슬러지를 탈기된 증류수와 1:1로 희석한 후 연속식 반응기에 주입한 후 합성폐수의 농도를 변화시켜 공급한 결과, 담체 표면적당 생물막 부착량은 23일 이후에 그 양이 일정해지는 경향을 나타냄을 알 수 있었다. SEM 사진에 의해서는 미생물 형태를 명확히 파악할 수 없고 특히 메탄 형성 미생물의 존재를 규명하기 어려워 형광현미경을 이용하였다. 형광현미경에 의한 담체에 부착된 미생물의 관찰 결과 메탄생성균을 확인할 수 있었고, 시간이 증가됨에 따라 일정하게 증가됨을 볼 수 있었고, 23일 이후엔 농도 변화엔 큰 영향이 없이 일정함을 알 수 있었다.

참고문헌

1. Kennedy, K. J., Hamoda, M. F., Guiot, S. G., "Anaerobic treatment of leachate using fixed film and sludge bed system"(1988), Journal WPCF, 60(9).
2. Meraz, M., Monroy, O., Noyola, A., and Ilangovan, K., "Studies on the Dynamics of Immobilization of Anaerobic Bacteria on a Plastic Support"(1995), Wat. Sci. tech., 32(8), 243~250.
3. Verrier, D., Mortier, B., and Albagnac, G., "Initial Adhesion of Methanogenic Bacteria to Polymer"(1987), Biotech. Letters, 9(10), 735~740.