

혐기성 고정 생물막 공정에서 유입 농도의 변화에 따른 기질 전달 현상

이덕환, 김도한, 박영식*, 윤태영**, 송승구

부산대학교 화학공학과, 대구대학교 보건환경과*, 동의대학교 환경공학과**

전화 (051) 510-3082, FAX (051) 512-8563

Abstract

This research discussed about the substrate transport phenomena in anaerobic biofilm. Three anaerobic fixed biofilm reactors were filled with the sludge of anaerobic digester from Suyoung wastewater treatment plant. After 15 days of biofilm formation periods, suspended solids within the reactors were removed, and each fixed biofilm reactor was supplied with synthetic wastewater of different concentration of 8.00 mgTOC/L, 9.76 mgTOC/L and 18.97 mgTOC/L, respectively. The experimental results in conjunction with substrate transfer phenomena indicated that data - thickness, substrate removal rate, At the low influent substrate concentration(reactor 1 : 8.00 mgTOC/L, reactor 2 : 9.76 mgTOC/L), the rate of substrate utilization(k_v), effective diffusivity(D_{eff}) of substrate in biofilm were similar. While k_v and D_{eff} of the high influent substrate concentration(reactor 3 : 18.97 mgTOC/L) were higher than data in the reactors of the low influent substrate concentration.

서론

혐기성 생물막 공정에서, 담체 표면에 형성된 생물막에서 이루어지는 기질 전달 현상은 전체 공정의 총괄적인 기질 소비 속도에 직접적인 영향을 미치며, 벌크 유체의 유동에 영향을 받게 된다. 즉, 혐기성 생물막 공정의 전체적인 처리 효율은 형성된 생물막 자체의 특성과 생물막 안팎의 기질 전달에 의해 영향을 받게 된다. 따라서, 혐기성 고정 생물막 반응기의 효율적인 설계와 운전 을 위해서는 형성된 생물막을 중심으로 발생하는 기질 전달 현상에 대한 이해가 요구된다. 본 연구에서는 유입 기질 농도 변화에 따른 혐기성 생물막의 기질 전달 현상을 고찰하였다.

재료 및 방법

부산광역시 수영 하수처리장의 소화조에서 농축조로 보내지는 혐기성 슬러지를 탈기된 증류수와 1:1로 희석하여 11,900 mg/L로 만든 후 혐기성 고정 생물막 반응기에 15일간 생물막을 부착시킨 후, 부유 슬러지를 제거하고 각 반응기에 각각 8.00 mgTOC/L, 9.76 mgTOC/L, 및 18.97mgTOC/L의 기질 농도를 유입하여 HRT 0.496일로 각각의 반응기에 연속적으로 주입하여 실험하였다. 각 반응기의 유출수 COD를 측정하고, 본 실험에 사용한 혐기성 슬러지의 밀도와 각 반응기의 담체 표면에 부착된 미생물량의 무게를 측정하여 미생물막 두께를

계산 하였다. 추정된 유출수 COD와 미생물막 두께에 의한 기질 제거율과 기질 소비 반응속도 상수(k_v) 그리고 기질 유효 확산 계수(D_{eff})값을 산출하였다.

결과 및 고찰

본 실험에서는 평균적인 고형성분이 5%(v/v) [P. G. Smith and P.Coackley, 1983] 정도인 혐기성 슬러지 floc을 5000rpm에서 원심분리하여 고형성분을 실험에 사용하였고, 그 혐기성 슬러지의 습식밀도는 비중병을 이용하여 측정하였다. 10회 실험 한 슬러지의 습식 평균 밀도는 1.0211 g/cm^3 이었다. 각 반응기에 유입되는 기질농도를 8.00 mgTOC/L, 9.76 mgTOC/L, 및 18.97 mgTOC/L로 달리하여 3개의 반응기에 연속적으로 주입하여 실험하였으며, 시간에 따른 각 반응기의 생물막 두께 변화를 Fig. 1에 나타내었다. 생물막 두께는 반응기 1에서 22.6~26.0 μm , 반응기 2에서 25.0~29.0 μm , 그리고 반응기 3에서 25.0~41.0 μm 를 나타내었다. 저농도의 기질을 연속적으로 주입한 반응기 1과 2의 생물막은 약간의 성장을 보인 반면, 고농도의 기질을 연속적으로 주입한 반응기 3의 생물막은 높은 성장을 나타내었다. 각 반응기의 시간에 따른 기질 제거율을 Fig. 2에 나타내었다. 운전 3일째부터 각 반응기의 기질 제거율은 반응기 1에서 60~65%, 반응기 2에서 65~70%, 반응기 3에서 평균 77%의 기질 제거율을 보였다. 각 반응기의 시간에 따른 기질 소비 속도 상수(k_v)를 Fig. 3에 나타내었다. 반응기 1은 0.87~1.00 mg/L·sec, 반응기 2는 1.00~1.30 mg/L·sec, 반응기 3은 1.80~2.42 mg/L·sec의 값을 나타내었는데, 운전 3일 이후 반응기 1과 2는 비슷한 값의 경향을 보였지만, 반응기 3에서는 보다 높은 값을 나타냈다. Fig. 4는 각 반응기의 시간에 따른 대한 기질 유효 확산 계수(D_{eff})를 나타내었다. 반응기 1은 7.0×10^{-9} ~ 1.0×10^{-8} , 반응기 2는 1.1×10^{-8} ~ 1.4×10^{-8} , 그리고 반응기 3은 2.0×10^{-8} ~ 3.0×10^{-8} 의 값을 나타내었다. 운전 3일 이후, 반응기 1과 2은 약간의 증가 이후 일정한 유효 확산 계수 값을 보였지만 반응기 3은 유효 확산 계수가 크게 증가 하였고 정상 상태의 유효 확산 계수 역시 반응기 1과 2에 비해 크게 높았다. 전체적으로 저농도의 기질을 유입한 두 반응기에서는 비슷한 경향의 기질 전달을 보인 반면, 고농도의 기질을 연속적으로 주입한 반응기에서는 보다 높은 기질 전달 현상을 보였다. 이는 본 실험에 사용된 혐기성 미생물이 고농도의 기질을 유입하였을 때, 더욱 원활하게 성장함에 따라 높은 기질 소비를 나타내었다.

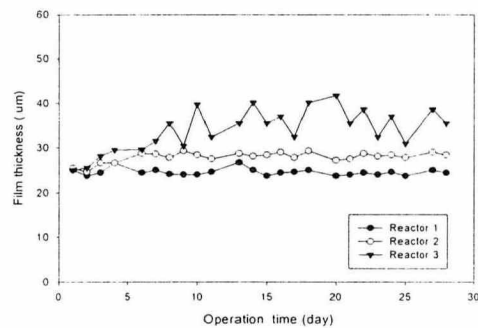


Fig. 1. Variation of the film thickness under continuous operation of each reactor.

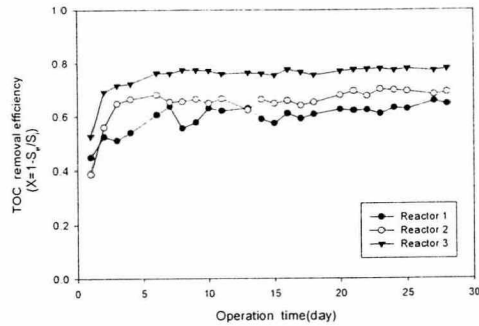
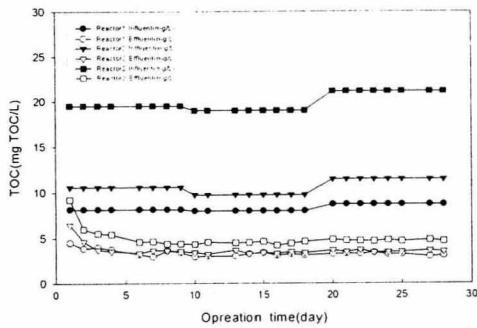


Fig. 2. Variation of influent and effluent TOC and effluent TOC removal efficiency under continuous operation of each reactor.

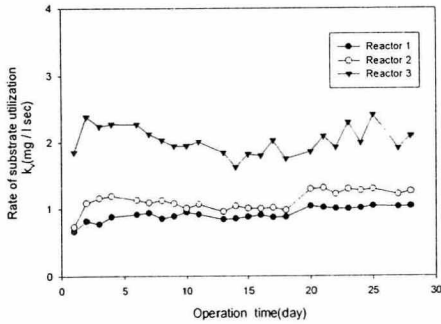


Fig. 3. Apparant rate of substrate utilization under continuous operation of each reactor.

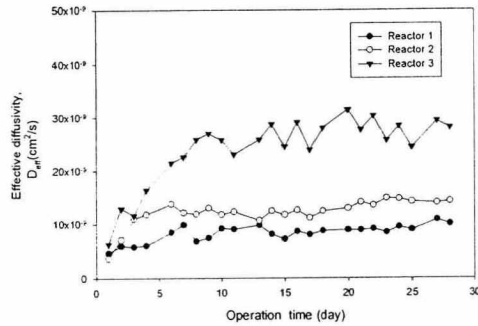


Fig. 4 . Variation of the effective diffusivity under continuous operation of each reactor

요약

부산광역시 수영 하수처리장의 소화조에서 농축조로 보내지는 혐기성 슬러지를 탈기된 증류수와 1:1로 희석하여 11,900 mg/L로 만든 후 혐기성 고정 생물막 반응기에 15일간 생물막을 부착시킨 후, 부유 슬러지를 제거하고 각 반응기에 각각 8.00 mgTOC/L, 9.76 mgTOC/L, 및 18.97mgTOC/L의 기질 농도를 유입하여 HRT 0.496일로 각 반응기에 연속적으로 주입하여 실험하였다. 기질 전달 현상과 관련하여 각 반응기에 대한 실험 결과는, 저농도로 기질이 유입된 반응기 1과 2에서는 생물막 두께 및 기질 제거율, 기질 소비 속도 상수(k_s), 유효 확산 계수(D_{eff})가 비슷하였으나, 고농도로 기질이 유입된 반응기 3에는 저농도로 기질이 유입된 반응기 1과 2 보다 높은 값을 나타내었다. 이는 본 실험에 사용된 혐기성 미생물이 고농도의 기질을 유입하였을 때, 더욱 원활하게 성장함에 따라 높은 기질 소비를 나타내었다.

참고문헌

1. Bird, R .B., Stewart, W. E., Lightfoot, E. W., "Transport phenomena"(1960), Wiley, NewYork
2. Enrique J. LaMotta, "Internal Diffusin and Reaction in Bioloical Films"(1976), Environmental Science & Technolgy, 10(8), 765-769
3. Wanner, O., Guyer, W., "A multispecies biofilm model"(1986), Biotech. Bioeng., 28, 314-328
4. Marcelo Zaiat, "External and internal mass transfer effects in an anaerobic fixed-bed reactor for wastewater treatment"(2000), Process Biochemistry, 35, 943-949