

일반강연 II-2

막결합형 혐기성 소화조에서 무기성 막오염을 제어하기 위한 투석/제올라이트의 이용에 관한 연구

김준홍, 이정학
서울대학교 응용화학부

Dialysis/Zeolite Adsorption to Control Inorganic Fouling in an Anaerobic Membrane Bioreactor

JunHong Kim, ChungHak Lee

Department of Chemical Technology, College of Engineering,
Seoul National University

1. 서론

생물처리조와 막분리장치를 결합함으로써 폐수처리공정에서 성공적인 고액분리를 달성할 수 있다. 그러나, 막결합형 생물반응기(MBR)의 연속운전에 있어서 지속적인 막 투과 유속의 감소는 MBR 시스템의 확산의 가장 큰 걸림돌로 인식되어지고 있으며 특히 막결합형 혐기성 생물반응기의 경우 미생물의 대사과정에서 다양한 종류의 무기이온이 생성됨에 따라 이로부터 생성된 무기물에 의한 막오염 현상이 중요한 문제로서 제기되었다. 본 연구에서는 막결합형 혐기성 생물반응기에서의 이러한 막오염 현상을 규명하고자 하였으며 제올라이트 등을 이용한 선택적인 이온교환을 통해 무기성 막오염을 제어하고자 하였다.

2. 이론

1) 직렬여과저항모델(Resistance in Series Model)

분리막을 통한 물질이동을 설명하기 위한 모델로서 투과 유속에 영향을 미치는 여러 가지 여과 저항을 합하여 이를 전체 투과저항으로 기술함으로써 투과유속(J)의 막오염정도 및 압력 의존성 등을 설명한다.

$$J = \frac{\Delta P_t}{\eta \cdot R_t} = \frac{\Delta P_t}{\eta \cdot (R_m + R_p + R_f)}$$

2) 투석의 수학적 모델

이온의 제거에는 각 물질의 확산계수, 막경계 양측에서의 각물질의 농도차.

osmotic water current의 유속, 막표면에서의 전단속도, 막 물질의 분배계수 등이 있다. 이러한 인자들을 고려하여 각 이온이 막을 통과하는 물질전달계수를 다음의 수학적 모델식을 이용하여 구한다.

$$N_i = U_o \times C_{ilm} + V \times C_{i, avg}$$

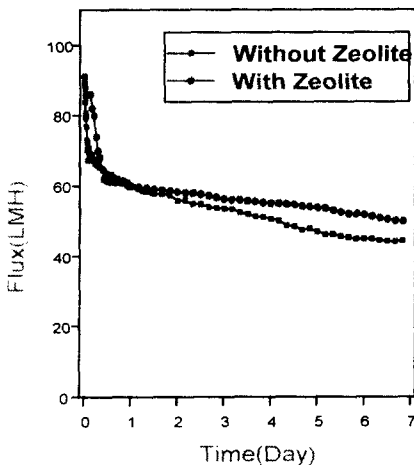
$$U_o = \frac{N_i - V \times C_{i, avg}}{C_{ilm}}$$

3. 실험

헴기성 생물소화조와 MF 모듈을 이용하여 시스템을 구성하였으며 이온제거를 위해 dialyzer와 zeolite 칼럼을 사용하였다. struvite($MgNH_4PO_4 \cdot 6H_2O$)의 침적을 억제하기 위해서는 생물반응기내의 암모늄 이온의 농도를 낮게 유지하여 struvite의 용해도적을 이론적인 포화농도보다 낮게 유지하였다. 무기물에 의한 막의 재질에 따른 영향을 평가하기 위하여 동일한 형태의 관형막을 선정하였으며, 세라믹 막으로는 Zirconia Skin/Carbon Support, 고분자막으로서 PVDF재질의 막과 PP재질의 막을 사용하여 막재질 외에는 동일한 조건에서 실험을 진행하였다.

4. 결과 및 토론

암모늄 이온을 제거하지 않고 시스템을 운전한 결과 생성된 막오염물질 가운데 무기물의 상당량이 struvite($MgNH_4PO_4 \cdot 6H_2O$)로 나타났다.



Resistance ($\times 10^{12} M^{-1}$)	Without Zeolite	With Zeolite
R_m	0.62	0.67
R_c	9.61	9.95
R_{ef}	3.72	3.69
R_{if}	3.20	0.75
R_t	16.53	15.06

Plate & Frame, PVDF, $\Delta P_t = 1bar$
X-Flow velocity : 1.2m/s

struvite와 같은 무기물에 의한 막오염을 평가하기 위해 암모늄이온을 지속

적으로 제거하여 운전한 경우와 막오염 형태를 비교하였다. 막의 재질에 따른 오염특성을 파악하기 위한 실험의 결과 암모늄이온 제거에 따른 struvite 침적 억제에 따른 막투과 유속 향상의 효과가 고분자막에 비해 세라믹 재질의 막에서 월등히 크게 나타났다. 이러한 결과는 struvite와 같은 무기물에 의한 막오염이 세라믹 막에서 보다 많이 일어남을 보여준다.

Unit : $\times 10^{12} M^{-1}$

	Ceramic(Zr/Carbon)		Polymer(PP)	
	With Zeolite	Without Zeolite	With Zeolite	Without Zeolite
R_m	1.33	1.42	0.48	0.45
R_c	5.65	5.16	0.66	0.71
R_f	0.92	4.72	9.80	12.76
R_t	7.9	11.3	10.94	13.92

5.참고문헌

- Chiemchaisri C. and Yamamoto K. (1994) Performance of membrane separation bioreactor at various temperatures for domestic wastewater treatment. *J. Memb. Sci.* **90**, 131-129
- Choo K.-H. and Lee C.-H. (1996) Membrane fouling mechanisms in the membrane coupled anaerobic bioreactor, *Water Res.*, **30**, 1771-1780.
- Kang I.-J., Yoon S.-H., and Lee C.-H., (1997) Comparison of fouling characteristics between inorganic and organic membranes in a membrane coupled anaerobic bioreactor, in preparation.