

일반강연 Ⅲ-3

**막분리 활성슬러지 공정에서 호기-무산소 조건 변화에
따른 유기물 분해 특성 및 용해성 생물대사산물이
막투과유속에 미치는 영향**

황명구, 차기철, 정태영
연세대학교 환경공학과

**Influence of Soluble Microbial Products to Flux and
Characteristic of Organic Degestion at the Oxic-Anoxic
Cycle In Membrane Bio-Reactor**

Hwang, Myoung Goo, Cha, Gi Cheol, Chung, Tae Young
Department of Environmental Engineering, Yon Sei University

1. 서론

최근들어 폐수처리분야에서 전력소비, 부지면적의 축소, 시설의 간소화 등의 이유로 폭기조에 막모듈을 직접 침지한 방식의 침지형 막분리 생물반응공정(Submerged Membrane Bioreactor, SMBR)이 각광받고 있다. 그러나 SMBR 공정의 가장 큰 문제점의 하나는 미생물의 대사성분(soluble microbial product, SMP) 혹은 미생물 세포의 축적 등 생물학적 현상에 기인한 막오염(bio-fouling)이며, 이로인한 투과압력의 상승과 투과유속(fulx)의 감소이다¹⁾. 여기서 SMP는 humic·fulvic acid, proteins, steroid, enzyme, antibiotic, polysaccharides 등으로 구성되어 있으며, 폐수 중의 유기오염물질을 H₂O와 CO₂와 같은 해롭지 않은 최종 생성물로 전환하는 과정에서 미생물에 의해 부과적으로 생성되는 대사산물의 총칭이다.²⁾

SMBR공정에서 SMP는 막 공경의 폐색을 유발하고, 막면 gel층 형성에 기여하여 막 투과유속의 저하에 직접적인 원인이 되는 동시에 분획분자량 이상의 물질들의 반응조내 축적은 혼합액의 점도를 증가시켜 결국, 막의 여과저항을 증가시킨다고 보도되고 있다³⁾.

본 연구는 MBR 공정의 운전기간 연장을 위한 중요한 지표인 SMP 농도의 감소를 목적으로 간헐포기방식을 채택하여 탄소원이 부족한 내생호흡 단계와 무산소 조건하에서의 탈질과정에서 생물분해성 SMP과 생물난분해성 SMP의 특성을 고찰하고, 서로다른 호기-무산소조건하에서의 유기물 분해 및 질소제거에 대해 알아보고자 한다.

2. 실험 장치 및 방법

Fig. 1에 본 연구에 사용된 실험장치를 나타냈다. 기질은 단일 탄소원 및 질소원으로 쉽게 분해되는 저분자량의 유기물인 phenol(600mg/L)과 NH₄Cl(320mg/L)을 첨가한 인공기질을 사용하였으며, 생물 대사 성분의 정량은 반응조내 phenol농도가 1.0mg/l 이하로 분해 되었을때의 반응조 혼합액 TOC 농도(1.2 μm GF/C로 여과후 0.45 μm의 membrane filter를 통과한 것)를 생물 대사 성분의 지표로 사용하였다.

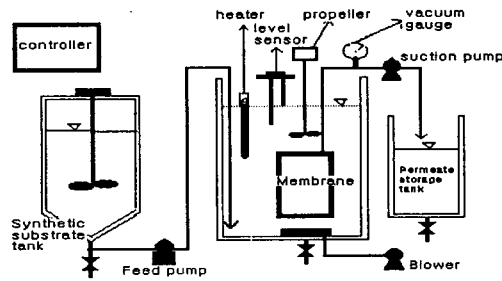


Fig.1 Schematic diagram of membrane bioreactor

실험에 사용한 분리막은 Y사에서 제작된 유효면적 0.1m², 공경 0.4 μm, Polyethylene재질의 MF 평막을 사용하였다. 운전조건은 반응조내 TOC 유입부하를 0.9g/L/day로 하고, 막투과 유속을 10LMH으로 유지하여 HRT를 12시간으로 고정하였다. 송기량은 각각의 실험 모두 13L/min을 유지시켰으며, 여과 와 포기 주기의 시간적 변화를 주어 각각의 oxic과 anoxic상태변화를 주었다. 표 1에 각기 운전의 조건을 나타냈다.

Table. 1 Experimental conditions

Factor		Run1	Run2	Run3
HRT		12		
Reactor Volume (L)		12		
MLSS & MLVSS (mg/L)		12000 & 9500		
Intermittent (min)	oxic	30	30	60
	anoxic	30	60	60
Air (LPM)		13		
Temperature (°C)		25±1		
Flux(LHM)		10		
TOC loading rate(g/L/day)		0.9		

3. 결과 및 고찰

Fig. 2(a)에 각각의 실험에 대한 시간에 따른 막투과 유속과 흡입 압력의 변화를 나타냈다. 포기/비포기 60분 사이클로 운전된 Run 3의 운전기간이 56일로 다른 실험에 비해 가장 높게 나타났고, Run 2의 경우, 포기기간에 만 투과수를 흡입하는 운전조건으로 인해 실질적인 흡입시간에 대한 투과량이 많아져 고부하로 인하여 전체 실험중 가장 짧은 운전기간을 나타냈다. 전체적으로 압력이 100mmHg이상부터는 급격히 상승하는 것을 확인할 수 있었다

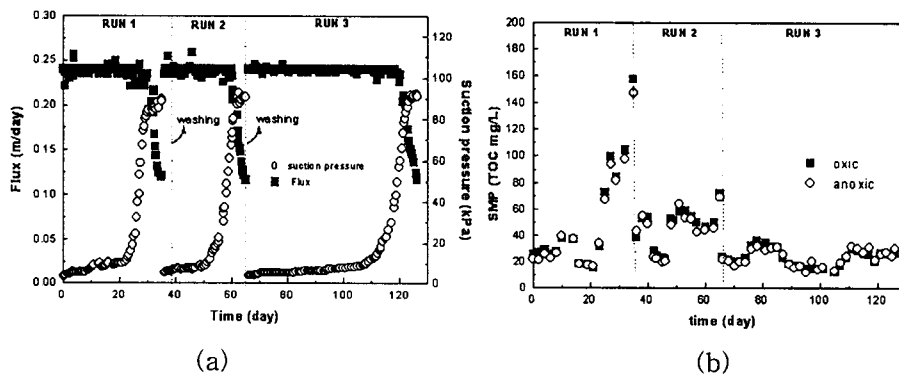


Fig. 2 Variation of (a) Flux and Suction pressure, (b) SMP concentration

Fig. 2(b)에 시간에 따른 SMP농도의 변화를 나타냈다. Run 1의 경우 막의 흡입압력이 급격히 증가하기 시작한 시점부터 반응조내 축적되는 현상을 보이는 반면 Run 3의 경우 운전전반에 걸쳐 서서히 감소하는 추세로 일정하게 유지되는 경향을 보이고 있다.

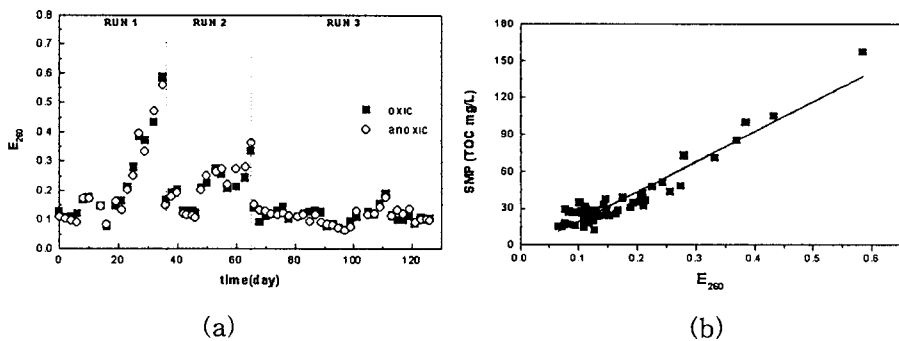


Fig. 3. (a)Variation of E260 and (b)Relationship with SMP

Fig. 3에 시간에 따른 E₂₆₀변화와 SMP와 상관관계(b)를 나타냈다. E₂₆₀은 발현성의 고분자 유기물질인 생물 난분해성 성분은 자외선 흡광도인 260nm에서 비발현성의 생물 이분해성 성분과 분류가 가능한 특성⁴⁾을 이용한 것으로써 Fig. 6.에서 나타낸 것과 같이 E₂₆₀은 운전개시 후 SMP의 농도변화와 일치하게 변화하는 것을 확인할 수 있었다.

Fig. 4.에 각각의 실험에 대한 점도의 변화를 나타냈다. Run 1과 Run 2의 의 경우 운전말기 SMP 성분의 반응조 축적과 함께 점도도 상승하는 것을 보이고 있으나 Run 3의 경우는 점도 상승 현상을 보이고 있지 않다.

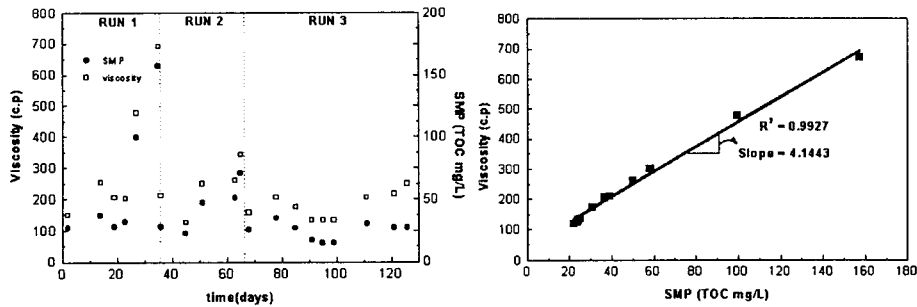


Fig. 4. (a)Variation of Viscosity, (b)Relationship with SMP

Fig. 4(b).에서 볼 수 있듯 점도와 SMP 사이의 상관관계는 매우 밀접하게 나타났고, 바꾸어 말해 반응조내 SMP 축적은 점도 증가를 야기시켜 막의 여과저항의 상승을 주도한다는 보고와 일치한다.

4. 참고 문헌

- 1) H.Nagaoka, S.Yamamishi, A.Miya.(1998). "Modeling of Biofouling by Extracellular Polymers in a Membrane Separation Activated Sludge System", Wat. Sci. Tech., 38(4-5), pp497-504.
- 2) V.J.Boero, A.R.Bowers, W.W.Eckenfelder, Jr.(1996)."Molecular weight distribution of soluble microbial products in biological systems," Wat. Sci. Tech., 34(5-6), pp241~248.
- 3) H. Nagaoka.(1999)."Nitrogen rimoval by submerged membrane separation activated sludge process,"Wat.Sci.Tech., 39(8), pp107~114
- 4) De Silva, D.G.V.Urbain, V.Abeyasinghe, D.H. and Rittman, B.E.(1998) "Advaned analysis of membrane bioreactor performance with aerobic-anoxic cycling", Wat.Sci.Tech. 38(4-5), pp.505