

침지형 막분리 활성오니법에 있어서 생물 대사 성분이 막투과 유속에 미치는 영향 연구

이동열 · 권택훈 · 정태영 · 차기철
연세대학교 환경공학과

Influence of Soluble Microbial Products on permeate flux in a Submerged Membrane Separation Activated Sludge Process

Dong-Yeol Lee, Taek-Hoon Kwon, Tae-Yong Jong, Gi-Cheol Cha,
Department of Environment engineering, Yonsei University

1. 서 론

막분리 활성오니 공정은 기존의 활성오니 공정과 비교해서 반응조내의 고농도 미생물 유지와 장치의 소규모화 및 슬러지 체류시간의 극대화가 가능하여 질산화를 유도할 수 있고, 낮은 F/M비로 잉여슬러지의 발생량을 적게 할 수 있는 장점¹⁾²⁾을 가지고 있다.

그러나, 막오염 현상으로 인한 막투과 유속의 감소는 투과 유량을 낮출 뿐 아니라, 체류 시간에 변화를 주어 미생물의 세포 성장에 영향을 주게 된다.³⁾ 분리막을 이용한 생물처리에 있어서 MF분리막을 이용할 경우 막오염은 $5\mu\text{m}$ 이상의 분자량이 큰 경우는 막내의 오염원이 아니며, $0.45\mu\text{mg}$ 보다 작은 용융 콜로이드성 물질, 생물 대사 물질과 막면의 부착층 형성에 관여하는 물질 등에 의해서 막오염이 일어난다. 이러한 막표면의 부착물들에는 수백만 이상의 분자량을 가진 고분자 물질인 polysaccharide와 protein이 있으며, 수천 정도의 분자량을 가진 peptide와 금속이온 등이 있다고 보고⁴⁾ 되고 있다.

특히, 막분리 활성오니법에 있어서 반응조 혼합액 중의 용해성 성분이 막투과 유속의 저하에 중대한 영향을 주며, MLSS농도에 대한 영향은 별로 크지 않다고 보고^{5,6)}되고 있다.

생물 대사 과정에서 생성된 용해성 생물 대사 성분(Soluble Microbial

Product, SMP)으로 humic과 fulvic acid, polysaccharides, proteins, fragments of DNA, antibiotics, steroids, enzymes 등 세포의 대사 과정과 용해와 용출로 구성된 여러 가지 형태의 저분자와 고분자 유기 화합물로 되어 있다고 보고되고 있다.⁷⁾

SMP는 유입 기질의 분해에 따라 생성되는 SMP_i 와 이것의 분해로서 생성되는 생분해성을 갖지 않은 최종 대사성분인 SMP_{nd} , 미생물의 내생 호흡에서 유래하는 생분해성을 갖지 않은 대사성분 SMP_e 의 3종류로 분류⁸⁾되며, 기질에 대한 물질 대사로부터 형성되는 UAP(utilization-associated product)와 미생물의 기초 대사로 부터 생성되는 BAP(biomass-associated product)의 총합으로 구성⁹⁾된다. 또한, SMP는 생물 처리에 있어서 최종적으로 난분해성 대사 산물로서 반응조내에 존재한다고 할 수 있다.

막분리 활성오니 공정에서 생성된 생물 대사 성분들 중 막의 분획 분자량 이상의 고분자 화합물은 분리막의 차단 효과로서 계외로 투과되지 못하고 반응조내에 축적되며, 막면에 부착층이 형성되므로써 저분자까지 반응조내에 축적하여 미생물의 활성과 미생물의 대사과정에 영향을 주게 된다고 보고⁸⁾하고 있다.

본 연구는 침적형 막분리 활성오니법에 있어서 생물 반응조 혼합액의 SMP축적이 막투과 유속에 미치는 영향에 대한 기초 연구를 수행하였다.

2. 실험

2.1 실험장치 및 방법

본 실험에 사용한 실험 장치의 공정도는 Fig. 1과 같이 유효 용적이 20L 인 직사각형 모형의 아크릴로 제작하였으며, 실험에 사용한 기질은 반응조 혼합액의 잔존 기질과 SMP를 구분하기 위해 쉽게 분해되는 저분자량의 유기물인 phenol을 주성분으로 하는 단일 탄소원을 연속으로 주입하여 배양하였다. 사용된 분리막은 M사에서 제조한 증공사 막으로서 Table 1에서 실험에 사용된 분리막 사양을 나타냈다.

본 실험은 생물 처리 기간 동안 반응조 혼합액내에 축적된 SMP 농도 따른 막투과 유속을 평가하기 위해 연속 여과 실험으로 구성하여 실험하였다. 분리막 운전이 있어서 막투과 유속은 3.45LMH로 일정하게 유지시켰으며, 연속 흡입하는 방식으로 운전하였다. 유입 기질은 약 480mgTOC/L으로 주입하였으며, 반응조 혼합액의 MLSS농도는 약 9,000mg/L로 일정하게 유지시켜 주었다.

생물 대사 성분의 정량에 관해서는 반응조내 혼합액이 phenol농도

1.0mg/L이하로 완전히 분해되었을 때, 그 혼합액의 TOC 농도를 (0.45 μ m의 membrane filter로 통과한 것) SMP 지표로 사용하였다.

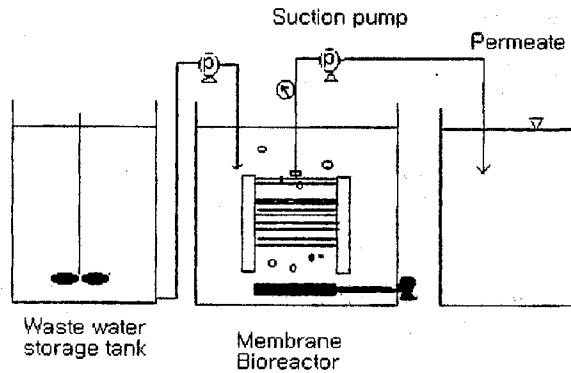


Fig. 1 Schematic diagram of membrane bioreactor

Table. 1 Specification of membranes

Parameters	Specification
Type	Hollow fiber
Material	Polyethylene
Effective area	0.21m ²
Length	13cm
Inside diameter	0.29mm
Outside diameter	0.41mm

3. 결과 및 토론

3.1 축적 SMP농도에 따른 막투과 성능 평가

Fig. 2에 T_{max} 와 반응조 혼합액의 SMP 농도와와의 관계를 나타냈다. 본 실험에 있어서 T_{max} 는 막투과 유속이 일정하게 유지할 수 있을 때까지 운전된 경과 일수로 나타냈다. SMP농도가 약 15mgTOC/L에서는 약 13일간 운전되었지만, 축적 SMP농도가 약 46mgTOC/L로 증가된 시점에서는 약 3일간 운전되어 축적 SMP농도의 증가에 따라서 막투과 유속의 감소에 중요한 영향을 주어 분리막의 운전 기간을 단축시켰다. 따라서, T_{max} 는 SMP 농도와 상관 관계를 가지며 지속적으로 감소하는 경향을 나타냈다.

난분해성 물질의 간접적인 척도인 E_{260} 과 SMP농도와와의 관계를 Fig. 3에

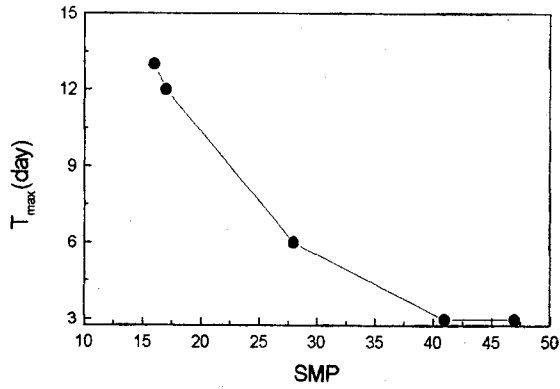


Fig. 2 Relationship between SMP and T_{\max}

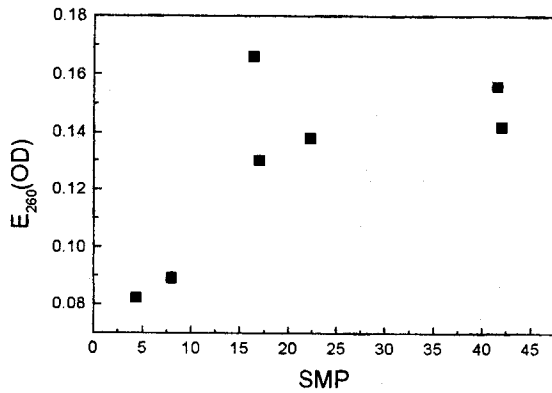


Fig. 3 Relationship between SMP and E_{260}

나타냈다. SMP 축적 농도가 증가할수록 E_{260} 값이 상관 관계를 가지며 증가하는 것으로부터 장시간 체류 동안 생성된 고농도의 생물 대사 물질은 난분해성 물질을 상당량 포함하여 막투과 유속 감소에 중요한 영향을 주는 것으로 사료된다.

4. 참고 문헌

- 1) 上原 勝, “中空糸膜フィルターを用いた高濃度有機廃水処理”, 37(10), 823-828(1995).