

정밀여과막의 공경크기에 따른 막간차압의 거동

이원석, 전재홍, 조영수*, 정건용*, 민병렬**
(주) 코레드 부설연구소, 산업대학교 화학공학과*, 연세대학교 화학공학과**

Behavior of TMP according to membrane pore size

Wonseok Lee, Jea-Hong Jeon, YoungSu Cho*, Kun Yong Chung*,
Byoung-Ryul Min
R&D center of KOREd Co., Ltd., SNUT, Dept. of Chemical
Engineering*, Department of Chemical Engineering, Yonsei University*

1. 서론

산업이 발전하고 생활수준이 높아감에 따라 물 수요량이 급격하게 증가하고 있으며 이에 따라 앓○된 수자원의 확보가 중요 관심사로 떠오르고 있다.

특히 물의 효과적인 이용과 물 공급의 안정성 확보의 측면에서 사용된 물의 전부 또는 일부를 고도처리하여 다시 사용하는 재활용 시스템에 대한 연구 및 응용이 점차 증가하고 있다.

폐수 및 하수처리 공정에서 가장 광범위하게 사용되고 있는 활성슬러지 고도처리 공법에 막분리 공정을 도입한 막 결합형 활성슬러지 고도처리 공정에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있으며 앞으로의 발전 가능성 및 그 잠재성이 크다고 할 수 있다.

막 결합형 고도처리 공정이 앞으로 풀어야할 과제는 기존 생물학적 고도처리공정과 분리막 공정의 결합에 있어서의 문제점 해결과 기존의 막분리공정이 지니고 있는 운전기술 및 경험의 축적과 막오염 등이다.

2. 이론

막결합형 활성슬러지 공법에서 막오염을 유발하는 인자들을 크게 세가지로 구분하면 다음과 같다. 첫째, 분리막 자체의 영향으로서 분리막의 재질, 세공의 크기, 소수성 또는 친수성의 정도, 막표면의 전하량, 모듈의 형태

등이 있고, 둘째, 분리막 운전조건의 변화로서 막투과 압력, 운전 온도, 막면 유속, 세척 방법 등이 있다. 마지막으로 여과 대상물질의 상태로서 여과 대상물의 농도, 전하량, 입도분포, 여과액의 이온세기 등이 있다.

보통 분리막을 이용한 분리 기술에서 막표면에 용매의 흡착은 확산과 동력학적인 힘이 수반되며, 이러한 부착의 종류에는 deposition, adhesion 그리고 adsorption으로 분류된다. 모든 막표면의 부착 영향은 확산에 의한 물질이동, 전기적인 인력, 화학적 결합에 의한 결과이며, 막표면에서 콜로이드성 물질의 여과시 표면인력을 용착이 중요한 역할을 하며 주 막오염의 원인이 된다.[1] 물 속의 콜로이드성 물질은 주로 작은 크기와 높은 표면적을 갖고 있으며, 대개 폐수내에는 용융성 고형물이 69%, 콜로이드성 고형물이 6%, 분자량이 매우 큰 콜로이드성 고형물이 11%, 침전성 고형물이 14% 정도의 분포를 갖고 있다. 이 중 유기물인 경우 단백질, 탄수화물, 지방, 기름 그리고 여러 종류의 합성세제 등이 있다.[1] 또한 박테리아, 미생물의 플록, 바이러스 등과 같은 콜로이드성 물질들도 존재하여 막오염원으로 작용한다.

활성슬러지에 있어서 미생물의 활성도나 특성에 따라 막표면의 부착성능이 달라지며, 막오염에 영향을 받는다. 활성슬러지의 플록입자는 1~600 μm 의 입자 분포를 갖고 있으며, 대부분은 50 μm 이상의 입자들로 존재한다. 플록의 크기는 슬러지의 체류시간, 유기물의 부하량 등에 영향을 받으며, 체류시간과 유기물 부하량이 증가할수록 플록의 크기는 증가하며, 슬러지의 체류시간이 감소할수록 플록의 크기는 감소하는 것으로 보고 되고 있다.[2] 정밀여과막의 경우 5 μm 이상의 아주 분자량이 큰 경우는 막내의 오염원이 아니며, 0.45 μm 보다 작은 용융 콜로이드성 물질이 막오염의 주요인자로 밝혀져 있다. 이러한 것들에는 휴믹산, 단백질, 탄수화물 그리고 탄닌과 같은 것들이 포함된다.

최근 활성슬러지 중의 용해성 성분이 막오염의 저하에 크게 관여하지 않고 있으며, MLSS농도가 막투과 유속의 저하에 미치는 영향은 그다지 크지 않다고 보고되고 있다.[3] 이에 대해 막결합형 활성슬러지 공법에 있어서 포기조내의 용해성 대사산물의 특성을 밝히는 것이 중요하다. Nishimura 등은 한외여과막을 생물학적 처리와 조합시 현탁성분이 없이 양호한 처리 수질이 얻어지지만, 고분자 유기물질인 생물 난분해성 대사산물이 축적되어 TOC의 증가와 고분자량의 용해성 유기성분의 축적이 일어나고, 이러한 대사 성분이 활성슬러지의 산소소비를 1/4정도까지 저하시킨다고 보고하고 있다.[4]

3. 실험

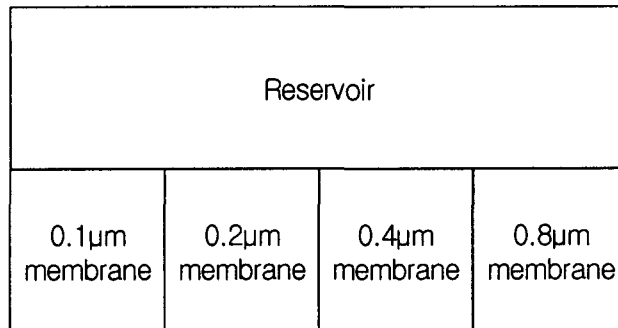
생물반응과정을 통해 생성되는 SMP 중 $0.45\mu\text{m}$ 보다 작은 용해성 성분이 막오염의 주 원인이라 규정하고, 여과에 사용되는 막의 pore size 별로 반응조내의 그 농축도를 알아보기 위한 실험을 실행하였다.

① 반응기의 제작

우선 각 각 $0.1\mu\text{m}$, $0.2\mu\text{m}$, $0.4\mu\text{m}$, $0.8\mu\text{m}$ 의 pore size를 갖는 같은 PES 재질의 microfiltration membrane을 제작하여 같은 크기의 침지형 평막 모듈로 제작하였다.

그 후 아래 그림과 같은 형태의 반응조를 제작하여 각각의 반응조에 서로 다른 pore size를 갖는 membrane을 삽입하였다.

대상원수는 reservoir로 유입되어 1차적으로 생물학적 처리를 거치며, 서로 다른 막이 삽입되어 있는 각 반응조로 분주된다. 각 반응조에서 서로 다른 pore size의 막으로써 미생물을 비롯한 여러 성분들이 배제되고 각각의 반응조의 활성 슬러지는 서로 다른 구성성분이 존재할 것으로 예상하였다.



② 처리수의 수질 측정

각 반응조에 서로 다른 pore size의 침지형 평막이 삽입되어 있으므로 그 처리수의 수질이 얼마나 다른지를 알아볼 필요가 있어, 처리수의 BOD, COD_{Cr} , SS 등을 측정하였다.

또한 각 반응조의 MLSS 농도변화를 측정하였으며, 점도를 측정하였다.

③ 분자량 분석

정밀여과막을 투과한 처리수에 남아있는 콜로이드성 성분의 분자량과, 각각의 반응조의 물을 취수하여 그 상등수의 콜로이드성 성분의 분자량을 GPC를 이용하여 측정하였다.

④ 막간 차압의 기록

각각의 반응조에서 작용되는 막간차압을 주기적으로 기록함으로써 반응조내 콜로이드성 성분의 농축도와 막간차압의 상관관계를 알아보려고 했다.

4. 결과 및 토론

막간차압이 약 -35cmHg 까지 상승하는 시간이 각 반응조마다 달랐으며, 막간차압이 오르는 경향도 다소 다르게 나타났다.

아직까지 반응조내 MLSS와 점도의 차이는 그다지 큰 차이를 보이고 있지 않으며, 운전기간이 증가함에 따라 점차 달라질 것으로 예상된다.

반응조내 상등수의 분자량 분석 결과 큰 차이를 보이고 있지 않으나 같은 모양의 분포도에서 pore size의 크기에 따라 분포 곡선이 아주 약간씩 shift됨을 관찰할 수 있었다.

5. 참고 문헌

1. Mulder, M., Basic principal of membrane technology, kluwer Academic Publishers
2. Barbusiniski K., and Koscielniak H., 1995, *Influence of substrate loading intensity on floc size in activated sludge process*, Wat. Res., ; 1703~1710
3. Boreo, V. J., et al, 1991, *Soluble microbial product formation in biological systems*, Water science and Technology, 23 ; 1067~1076
4. K. Nishimur, K. Kawamur, Y. Ogata, M. Arano, and Y. Magara., *Dissolved organic matters in aeration tank of activated sludge process with ultra membrane filtration.*