

일반강연 II-1

## 수처리 적용을 위한 UF/MF 중공사막의 투과성능과 오염현상

이주현, 김정학\*, 이용택  
경희대학교 환경응용화학부, SK chemical\*

### Permeation Characteristics and Fouling of UF/MF Hollow Fiber Membranes for Water Treatment

Ju-Hyung Lee, Jeong-Hak Kim\*, YongTaek Lee  
College of Environment and Applied Chemistry, Kyung Hee Univ.  
SK Chemicals\*

#### 1. 서론

최근의 환경변화를 보면, 상수원수의 수질이 점점 나빠지는 반면에 사람들의 복지에 대한 관심이 증대되면서 양질의 먹는물을 요구하게 되었다. 그러나 상수원으로 사용되는 하천이나 지하수의 오염이 더욱 심각해지고 있으며 오염물의 종류도 다양해져 기존의 정수처리 공정의 능력이 한계를 보이고 있다.

본 연구에서는 수계에 존재하는 오염물질 중 탁도와 미생물에 대한 투과성능과 오염현상에 대해 연구하였다. 탁도의 경우 1975년 NIPDWR 이후 심미적 항목에서 건강항목으로 다시 규정되어 미생물학적 기준의 일부로 분류하는데 이는 탁도에 의해 지표되는 입자들이 병원성 미생물의 부착지를 제공함으로써 그들을 소독제로부터 보호하기도 하고, 또한 탁도의 크기가 *Giardia*와 같은 원생동물 이상으로 큰 미생물의 여과에 의한 제거의 간접적인 지표가 된다.

#### 2. 실험방법

본 연구에 사용된 중공사막은 SK Chemicals 社에서 제작된 막으로서 UF막의 경우 SKUF-30(MWCO 30,000), MF막의 경우 SKMF-10(pore size 0.1 $\mu$ m)이다. 실험에 앞서 막 길이와 압력 변화에 따라 수투과량이 어

떠한 경향을 보이는지 알아보았는데, 이는 막 길이와 압력에 따라 압력 손실을 알아보기 위해서이다. 막 길이별 수투과 운전방식 실험은 UF 및 MF 막을 각각 Crossflow(In→Out), Dead-End(Out→In) 방식으로 하여 막의 구조와 수투과량의 관계를 알아보았다. 이러한 실험에서, 효율적인 막길이는 UF와 MF에서 90cm, 운전압력은  $1\text{kg}/\text{cm}^2$ 이었고, 운전 방식은 UF막의 경우 Crossflow(In→Out), MF막의 경우 Dead-End(Out→In)으로 운전 조건을 구할 수 있었다. 이러한 운전 조건에 따라 오염물질에 따른 오염현상과 세정효과를 실험하였다. 오염현상 실험은 우선 입자성(particle) 물질에 따른 오염현상과 세정효과를 알아보았는데, 입자성 물질은 수계에 존재하는 점토(clay)를 물에 용해하여 잘 교반시킨 후 4시간 정도 침전시키고 상등액을 채취하여 탁도 10 FTU로 조절하여 시료로 이용하였다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1 UF막의 길이와 압력에 따른 수투과특성

UF막을 Out→In방식(Dead-end방식)과 In→Out방식(Crossflow방식)으로 운전하여 본 결과를 Fig. 1에 나타내었다. UF막의 유효길이는 30, 60, 90, 120cm 조정하여 길이에 따른 투과성능의 변화를 평가하였다. 또한 압력을 0.5, 1.0, 1.5,  $2.0\text{kg}/\text{cm}^2$ 로 변환시키면서 압력변화시 어떤 투과거동을 나타내는지 평가하였다. 실험결과로부터 Out→In방식보다는 In→Out방식으로 운전할 때 통수량이 훨씬 우수한 것을 알 수 있었다. Out→In방식의 경우 여과된 물이 가는 대롱 사이로 흘러가야하며 또한 다른 부위에서 여과된 물이 수압에 의해서도 압손실의 영향을 받으므로 In→Out방식에 비해 통수량이 적음을 알 수 있었다. Out→In방식에 비해 In→Out방식이 약 3배 정도의 통수량을 보임으로써 압손실에 기인된 통수량이 약 2/3이상 됨으로 알 수 있었다. 즉 UF막의 경우 본연구에서 실험한 중공사막의 구조가 Double skin layer를 가지고 있는 것을 감안할 때 특별한 경우를 제외하고는 In→Out방식의 여과가 유리하리라고 판단된다.

또한 In→Out, Out→In방식 모두 길이가 길어지게 되면 Permeate Flux가 감소함을 알 수 있었다. Out→In방식의 경우 길이가 길어짐에 따라 중공사막 내부의 압손실은 크게 증가함을 알 수 있다. 0.3m의 중공사막에 비해 1.2m의 길이에서는 약 3배 정도의 압손실을 받는 것을 예상할 수 있다. In→Out의 경우에도 길이가 증가함에 따라 이송해주는 Feed의 양이 감소하기 때문에 Flux가 감소하는 것으로 판단된다.

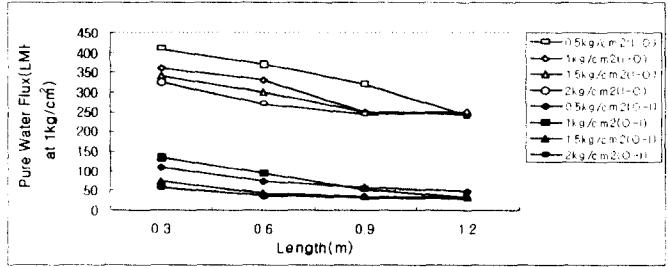


Fig. 1. Pure Water Flux of UF Hollow Fiber Membranes According to The Fiber Length

3.2 MF막의 길이와 압력에 따른 수투과특성

MF막의 경우에도 Out→In방식 및 In→Out방식을 UF막과 마찬가지로 실험하였다. MF막의 경우는 UF와는 달리 막의 외표면에 조밀한 기공이 형성되어 있는 구조를 가지며 막의 내표면은 매우 구멍이 큰 Porous 구조로 되어있다. 따라서 수처리 공정에서는 진흙등의 입자물질이 다량 함유되어 있으므로 In→Out방식으로 운전하면 중공사막의 Pore 내부에 입자가 끼게되어 Back-washing하여도 성능회복이 쉽지가 않다. 따라서 외부 Skin형 MF막의 경우에는 In→Out방식보다 초기 투수량이 적더라도 Out→In방식을 사용하는 것이 효과적이다.

본 실험의 결과로부터 길이에 따른 통수량의 변화를 볼 때 UF와 유사한 경향을 보이며 길이 및 압력에 따른 지하 비율 역시 유사하다. 그러나 실제의 통수량에는 500~1,000LMH 정도로 큰 차이를 보이며 특히 In→Out방식 및 Out→In방식 역시 같은 압력에서 1,000LMH 이상의 차이를 보이기도 하였다. 이는 MF막의 투수량이 UF막보다 훨씬 커서 Out→In방식일 경우 Hollow Fiber의 내부에서의 ΔP 손실에 큰 영향을 주기 때문이다.

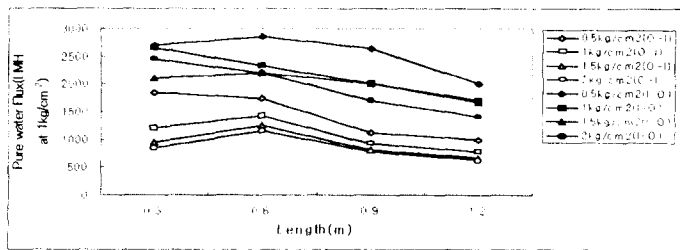


Fig. 2. Pure Water Flux of MF Hollow Fiber Membranes According to The Fiber Length

3.3 입자성 오염물질이 증공사막에 미치는 오염현상

본 실험은 막오염 현상을 알아보기 위해 점토(clay)를 이용하여 UF 및 MF막을 투과하여 막 오염 경향을 알아보았다. UF 및 MF막을 길이 90cm의 막으로 제조하여 압력변화에 따른 수투과성 변화를 측정하여 Fig. 3에 나타내었다. UF막의 경우 오염정도가 작은 반면 MF막의 경우 초기에 큰 폭으로 감소하여 4시간 이후는 비슷한 Flux를 보였다. MF막의 경우에는 시간이 경과됨에 따라 어떠한 압력에서도 유사한 통수량을 나타냄을 알 수 있었다. 이는 Out→In방식의 운전(Dead-end 방식)에 의해 처음부터 어느정도 막의 표면이 오염된 상태에서 운전되기 때문인 것으로 생각된다. 따라서 고투과성을 유지하기 위해서는 적당한 시점에서 입자오염물질의 세정이 요구된다. UF의 경우 통수량이 크게 감소하지 않는 이유는 막표면의 기공이 작고 매끄러워 막표면에서의 유체 선속도를 높여 주었을 때 쉽게 떨어지므로서 안정된 통수량을 유지하기 때문인 것으로 판단된다.

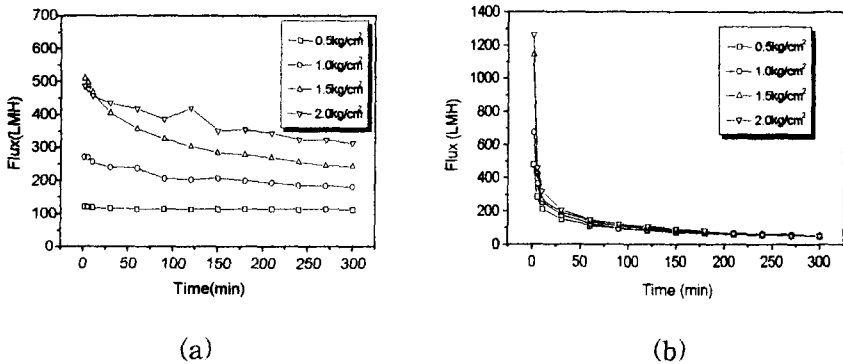


Fig. 3. Flux water of UF/MF Hollow fiber membranes according to pressure. (a) UF mem branes, (b) MF membranes.

4. 참고문헌

1. S. Vigenewaran and Boonthanon and H. Prasanthi, "Fliter backwash water recycling using crossflow microfiltration", *Desalination*, **106**, 31-38 (1996).
2. Yoshihide Kaiya and Yoshikazu Itoh and Kenji fujita and Satoshi Takizawa, "Study on fouling materials in the membrane treatment process for potable water", *Desalination*, **106**, 71-76 (1996).
3. H. Connell and j. Zhu and A. Bassi. "Effect of particle shape on crossflow filtration flux", *J. Membrane Science*, **153**, 121-139 (1999).