

## 나노 콜로이드 용액의 한외여과에서 자연대류 불안정 흐름의 막성능 개선 효과

조윤주, 염경호  
충북대학교 공과대학 화학공학부

### Effect of Natural Convection Instability Flow on Membrane Performance Enhancement in Ultrafiltration of Nano-colloidal solution

Cho Youn-Joo, Youm Kyung-Ho  
School of Chemical Engineering, Chungbuk National University

#### 1. 서론

한외여과는 압력을 추진력으로하여 막세공과 용질간의 크기차에 의해 물질을 분리하는 막분리법으로 분자량 1000이상의 중분자, 거대분자 및 콜로이드성 물질의 분리에 유용하여 수처리, 막생물반응기, 미생물·효소 및 단백질 등을 비롯한 생리활성 물질의 분리정제 등 여러 분야에 활용되고 있다. 이러한 한외여과 실행시 필연적으로 발생하는 문제점이 가역적인 오염인 농도분극(concentration polarization)과 비가역적 오염인 막오염(membrane fouling)이다. 특히 비가역 오염인 막오염은 막세공의 일부분 또는 전체를 막거나 세공의 크기를 작아지게 하여 막의 분리성능과 막투과량을 저하시킴으로서 결국에는 오염된 막을 교체하게 만든다. 즉 막오염은 한외여과, 나아가서는 압력을 추진력으로하는 막분리 공정의 경제성 향상을 위해 시급히 해결해야하는 문제이며 이를 위해 많은 연구들이 추진되었고 현재도 시행되고 있다.

막오염을 억제·제거하기 위한 여러 가지 방법 중 막모듈 내의 흐름특성 개선법이 있으며, 이중 가장 많이 사용되는 것이 모듈내에 난류 촉진물을 삽입하여 용액의 흐름상태를 난류로 유지시키는 방법이다. 그러나 이 방법은 난류촉진물 삽입에 의한 추가적인 압력강하에 의한 동력비의 증가 및 막표면의 손실을 가져올 수 있다는 문제점이 있다. 본 연구는 이 흐름특성 개선법 중에서 자연대류 불안정 흐름을 이용한 막오염의 제어에 대한 것이다.

자연대류 불안정흐름이란 기존에 모듈의 하단에 위치하던 막의 위치를 모

들의 상부로 이동시킴으로서 얻을 수 있고, 이로써 농도분극을 억제시킴으로 막오염의 발생을 원천적으로 제어하는 효과를 가진다.

## 2. 실험

본 실험에서는 Dupont과 Nissan의 크기가 서로 다른 colloidal silica 용액(7 nm, 12 nm, 22 nm, 50 nm, 78 nm)과 분획분자량 10000 Dalton (Millipore Co.)의 Polysulfone 재질의 막을 사용하였다.

막모듈의 증력에 대한 각도의 변화( $0^\circ \rightarrow 30^\circ \rightarrow 60^\circ \rightarrow 90^\circ \rightarrow 120^\circ \rightarrow 150^\circ \rightarrow 180^\circ \rightarrow 0^\circ$ : 각 30 min)에 따른 Flux 변화, TMP(Transmembrane Pressure)변화와 고정된 각도( $0^\circ, 45^\circ, 90^\circ, 135^\circ, 180^\circ$ )에서 short term(2 hr)과 long term(24 hr)에 따른 Flux 변화 등을 Fig.1.의 장치를 이용하여 일정압력과 일정 Flux 조건하에서 수행하였다.

일정압력 조건에서는 TMP를 200 kPa으로 고정시켰고, 일정 Flux 조건시에는 upstream으로 100 kPa의 압력을 일정하게 유지하였다.

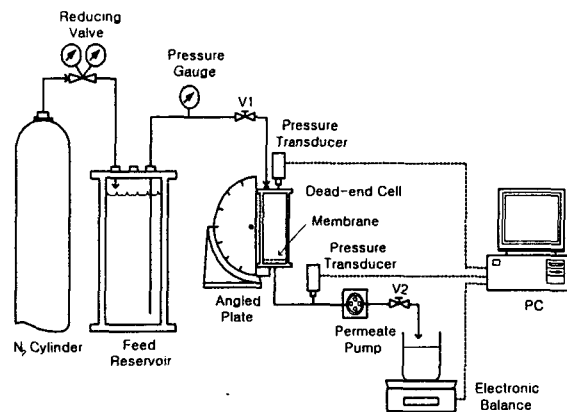


Fig.1. dead-end system

## 3. 결과 및 고찰

실험수행 결과 일정압력하에서는 입자의 크기가 작을수록 자연대류 불안정 흐름의 효과가 뚜렷이 나타남을 알 수 있었고, 입자 크기가 50 nm 이상일 경우에는 그 효과가 거의 나타나지 않음을 알 수 있었다.

일정 Flux의 경우에는 일정압력과는 달리 50 nm 이상의 입자에서도 작은 입자보다는 그 정도가 약하지만 자연대류 불안정 흐름의 효과가 나타남을 알 수 있었다.

### 1) 일정 압력 실험조건

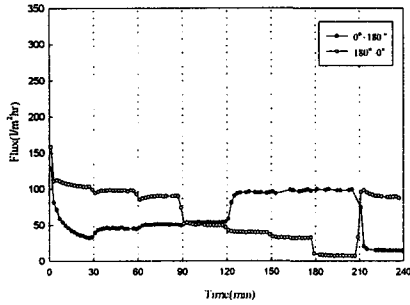


Fig. 2. Permeate Flux vs. Time at angle transformation  
(7nm Coloidal silica, C=1 g/L, T= 20°C, pH=10,  
TMP=200 kPa)

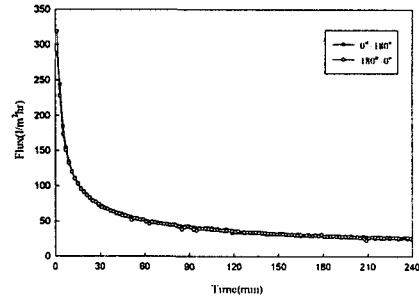


Fig. 3. Permeate Flux vs. Time at angle transformation.  
(78nm Coloidal silica, C=1g/L, T=20°C, pH=9.6,  
TMP=200 kPa)

### 2) 일정 Flux 실험조건

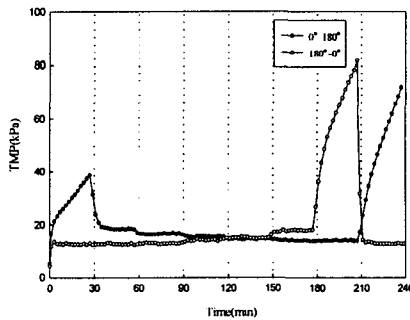


Fig. 4. TMP vs. Time at angle transformation.  
(7nm Coloidal silica, C=1g/L, T=20°C, pH=10  
Flux=20)

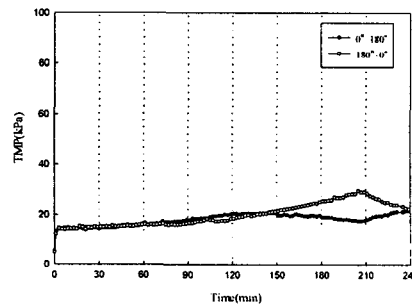


Fig. 5. TMP vs. Time at angle transformation.  
(78nm Coloidal silica, C=1g/L, T=20°C, pH=9.6,  
Flux=20)

## 4. 참고 문헌

- 1) Schweitzer, P.A., "Handbook of Separation Technology for Chemical Engineers", McGraw-Hill, New York(1973)
- 2) Youm, K.H, A.G. Fane and D.E. Wiley, *J. Memb. sci.*, 116(2), 229(1996)
- 3) Fane, A.G. and Fell, C.J..D., *Desalination*, 62, 117(1987)