

일반강연 II-2

## 관형막에서 자회전 대류촉진체의 효과 및 모듈개발에 관한 연구

황석중, 김종표, 민병렬  
연세대학교 화학공학과Development of New Tubular Membrane Module with  
Self-Rotating RodSeok-Jeong Hwang, Jong-Pyo Kim, Byoung Ryul Min  
Department of Chemical Engineering, Yonsei University

## 1. 서론

막을 이용한 공정은 다른 공정들에 비해 여러 가지 장점에도 불구하고 농도 분극에 의한 생산성 저하와 막오염에 의한 성능 저하 및 수명의 단축이 단점으로 지적된다. 원료 용액을 가압하여 용액으로부터 용질을 분리, 농축할 경우 용질은 분리막 표면에 잔류하게 된다. 일반적으로 용질의 물질 확산계수는 작아서 용질이 막표면에 축적되어 gel 층을 형성할 수 있다. 이와 같은 용질의 축적은 국부적으로 용액의 물리적 성질을 변화시키며 특히 용액의 유동현상에 직접적으로 영향을 주는 점도를 증가시킨다. 또한 삼투압의 증가와 물질 경계층 내에 유체역학적 저항을 증가시키므로 분리 성능을 급격히 저하시킨다. 이러한 농도분극현상은 분리대상 용액의 특성(용질 분자량 및 형태, 용질의 물성), 막의 특성(막의 재질, 세공의 크기 등), 조작조건(압력차, 순환속도, 도입용액 농도) 및 한외여과막 모듈의 형태에 따라 달라지게 되며, 가역적 현상이라 할 수 있다. 반면에 다공성 분리막 내에 세공의 단면적을 감소시키거나 완전히 막음으로서 분리 성능을 감소시키는 막오염 현상은 비가역적이므로 용액 취급 방법 등을 변화시켜 단시간동안 여과 효율을 증가시킬 수는 있지만 다시 원상태로 돌아간다.

본 연구에서는 농도 분극 현상에 의한 성능 저하를 극복할 수 있는 자회전 대류촉진체가 장착된 관형막 모듈을 개발하고, 자회전 대류촉진체가 막의 성능에 미치는 영향을 살펴보고자 한다. 자회전 대류촉진체의 회전수, 공급유량, 회전봉의 두께에 대한 최적의 운전효과를 설정하는데 본 연구의 목적이 있다.

## 2. 실험

Fig. 1 은 본 연구에서 사용된 한외여과 실험장치의 개요를 보인 것이다. 공급탱크는 20L 용량으로 아크릴로 제작하였고 펌프는 원심펌프(procon co-1610, U.S.A.)를 사용하였다. 1/2 inch 스테인레스 316 강관을 액체 이송용 배관으로 하였으며, 공급액이 관형막 모듈로 공급되기 전에 유량계(Tokyo Keiso, max. flow rate 2.5 LPM, Jpan)를 통과하도록 하여 공급유량을 측정하였다. 막 입구부와 출구부에는 각각 압력계(Woojin, 100 $\phi$  dia., max. pressure 6 kgf/cm<sup>2</sup>, Korea)를 설치하여 각각의 압력을 측정하였다. 막을 투과한 투과수는 막 주위를 감싸고 있는 아크릴 관에 모여 아래쪽 배출구를 통해 메스실린더를 거친 후, 다시 공급 탱크로 되돌아간다. 이때, 투과수는 오차범위가 10<sup>-3</sup>g인 전자저울(Ohaus Scale Corp. Item No. JR2KS, USA)로 질량을 측정 후 밀도로 보정하여 투과플럭스를 구하였다. 또한, Tachometer(line TM-2011)를 사용하여 회전봉의 회전수를 측정하였다. 도입용액 및 투과수 중의 PEG 농도는 Differential Refractometer (Waters 410, MILLIPORE. CO.)을 이용하여 측정하였고 오일 에멀전 농도는 탁도계(HACH, 2100N)를 이용하여 측정하였다. Fig. 2는 자회전 대류촉진체를 삽입한 관형막 모듈을 나타낸 그림이다. 대류촉진체의 회전속도에 따른

영향을 알아보기 위해, 일정 압력(1.0 kgf/cm<sup>2</sup>), 일정 공급유량(0.5, 1.0, 1.5 LPM), 일정 대류 촉진체의 두께하에서 0, 200, 400, 600, 800 RPM의 다섯 개의 회전속도 별로 운전 후 50분간 투과플럭스와 투과수의 농도를 측정하였다. 공급유량에 따른 영향을 알아보기 위해 일정 압력(1.0 kgf/cm<sup>2</sup>), 일정 대류 촉진체, 일정한 회전속도 (0, 200, 400, 600, 800 RPM)하에서 공급유량을 0.5, 1.0, 1.5 LPM의 세가지로 달리하여 운전 후 50분간 투과플럭스와 투과수의 농도를 측정하였다. 대류 촉진체의 두께에 따른 영향을 알아보기 위해, 두가지 대류 촉진체(두께 10mm, 7mm)를 장착하여 의와 같은 측정을 하였다.

#### 4. 결 과

자회전 대류 촉진체가 장착된 모듈은 투과 플럭스에서 높은 효율을 얻을 수 있었으며 배제율도 기존 모듈에 비해 높았다. PEG 3000 ppm을 용액으로 한 실험에서는 100% 이상의 투과 플럭스의 향상을 보였다. 농축수의 유량이 작을수록, 대류 촉진체의 회전속도가 클수록, 난류 촉진체에 의한 성능향상이 크게 나타났다. 자회전 대류 촉진체를 장착한 새로운 막모듈은 별도의 동력원이 필요 없으므로 에너지소비를 줄일 수 있을 뿐 아니라, 농도분극현상을 감소시키고, 물질전달계수를 크게 하여 기존의 막모듈에 비해 성능향상을 가져왔다.

#### 참고문헌

1. M. Mulder, "Basic principle of membrane technology", Kluwer Academic Publishers (1991).
2. S. Sourirajan and T. Matsura, "Reverse osmosis/Ultrafiltration process principles", National Reserch Council of canada (1985).
3. X. Zhu, "Colloid fouling of thin film composite and cellulose acetate reverse osmosis membrane" Civil Engineering in University of california (1998).
4. P. Vonk, R. Noordman, J. of Membrane Sci, 130, 249(1997).
5. W. S. Winston Ho, Kamalesh K. Sirkar "Membrane Handbook" (1992)

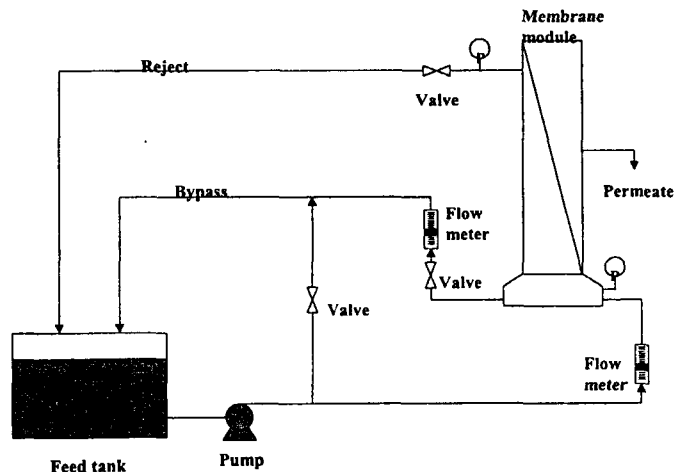


Fig. 1. Schematic diagram of a tubular membrane system

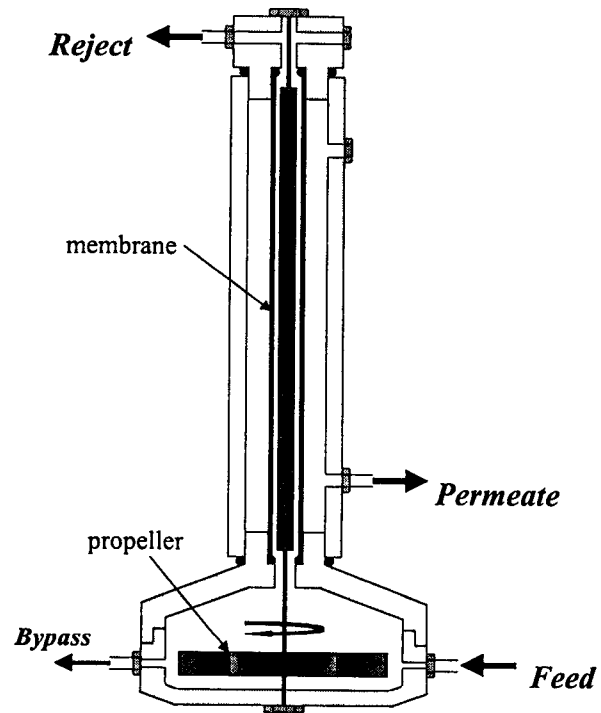


Fig. 2. New tubular membrane module with self-rotating rod