

Air Gap Membrane Distillation을 이용한 NaCl 용액에서의 탈염 연구

곽명화*, 강신경*, 문일식**

* 포항산업과학연구원 환경에너지연구센터

**국립순천대학교 공과대학 화학공학과

Study on Air Gap Membrane Distillation for Desalination of Aqueous NaCl Solution

Moung Hwa Kwak*, Shin Gyung Kang*, Il Shik Moon**

*Environment & Energy Research Center, Research Institute of Science & Technology

**Department of Chemical Engineering, Sunchon National University

1. 서 론

전 세계적인 물부족 현상의 심화로 인해 해수담수화 기술과 함께 분리막 공정에 대한 관심이 날로 높아지고 있다. 최근 해수담수화 공정에 널리 적용되고 있는 Reverse Osmosis (RO) 분리막 공정과 달리 추진 구동역이 압력차가 아닌 막을 경계로 한 유입수와 냉각수의 온도차를 이용하는 Membrane Distillation (MD) 공정에 관한 연구가 새로운 관심을 끌고 있다 [1-5].

일반적으로 친수성 막을 사용하는 RO 공정과 달리 MD 공정에서는 소수성막을 사용함으로써 막표면과 물의 반발작용으로 인해 막오염 현상이 거의 없고, 막표면에 근접한 용액에서 발생된 증기상만 막 기공을 투과하여 응축됨으로 염 제거율이 100 %에 근접한다. 또한 유입수의 화학적 전처리가 필요 없을 뿐 아니라, 에너지원으로 태양열, 지열, 폐열 등을 이용할 수 있어 친환경적이며 경제적인 공정으로 알려져 있다 [1,3,5]. 이와 함께 RO 공정과 병행하여 RO 공정을 이용한 해수담수화 공정에서 발생하는 농축수의 처리에도 적용될 수 있을 것으로 기대되고 있다.

본 연구에서는 MD를 이용한 해수담수화 공정의 기초연구로 다양한 MD 공정 중에서 AGMD (Air Gap Membrane Distillation) 방식을 이용한 NaCl 용액의 탈염 연구를 수행하였으며, MD 공정의 추진 구동력인 유입수와 냉각수부의 온도차 (ΔT), 유입수 및 냉각수의 유속, NaCl 용액의 농도가 투과 플럭스 및 염 제거율에 미치는 영향에 대한 고찰을 수행하였다.

2. 실험

본 연구에서 사용된 AGMD 실험 장치를 Fig. 1에 나타내었다. 실험에 사용된 소수성 막은 기공크기가 $0.2 \mu\text{m}$ 인 PTFE (Polytetrafluoroethylene, Millipore Co. USA) 막을 사용하였다. AGMD 모듈은 크게 NaCl 용액이 유입되는 유입수부와 냉각수가 흐르는 냉각수부 그리고, 분리막을 투과한 증기가 응축되는 투과수 응축부로 구성되어 있다. 또한 유입수부와 냉각수부의 온도를 측정하기 위한 온도 센서가 부착되어 있으며, MD 모듈에 유입되는 NaCl 용액의 온도는 이중 관형 수조와 CW-10G 순환 항온수조 (Jeotech Co. Ltd., Korea)를 이용하여 조절하였다. 유입수와 냉각수의 유속은 Peristaltic Pump (Masterflex, Cole-Parmer, USA)를 이용하여 조절하였으며, 실험에 사용된 NaCl (Dae Jung Chemicals & Metals Co. Ltd. Korea)은 특급시약을 구입하여 초순수를 이용하여 실험농도에 맞게 제조하였다. 염 제거 효율은 NaCl 용액과 투과수의 전기전도도(EC-470L, Istek Co. Ltd, Korea) 측정하여 비교하였다.

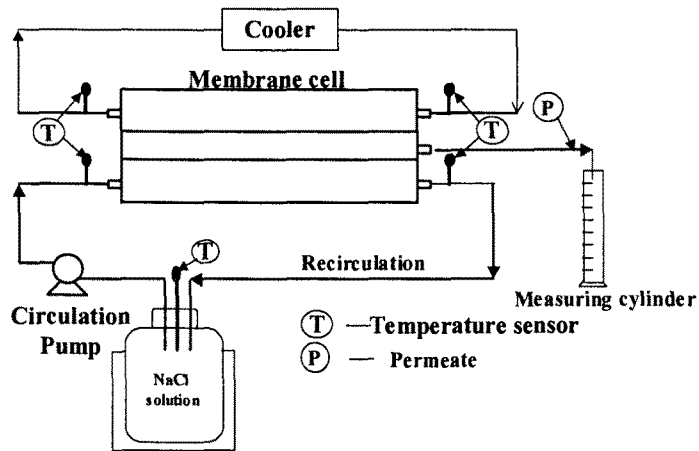


Fig. 1. Schematic Diagram of AGMD System.

3. 결과 및 토론

Fig. 2에 NaCl 용액의 온도변화에 따른 MD 공정의 투과 플럭스 변화를 나타내었다. 유입수의 NaCl 농도가 3.5 %, 냉각수의 온도는 $15 \text{ }^{\circ}\text{C}$, 냉각수 유속은 100 ml/min 이었으며, 유입수의 온도가 40 에서 $80 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 로 증가함에 따라 투과수의 플럭스도 $2.0 \text{ l/m}^2 \cdot \text{hr}$ 에서 $8.3 \text{ l/m}^2 \cdot \text{hr}$ 로 비례하여 증가함으로써 유입수 온도에 큰 영향을 받는 것으로 나타났다. 그러나 투과수질은 유입수의 온도변화에도 불구하고 Fig. 3에 보인바와 같이 큰 영향을 받지 않고 일정하게 유지되는 것으로

나타났다. 주어진 실험 온도범위 내에서의 투과수 전기전도도는 약 $6.3 \mu\text{s}/\text{cm}$ 로 나타났다.

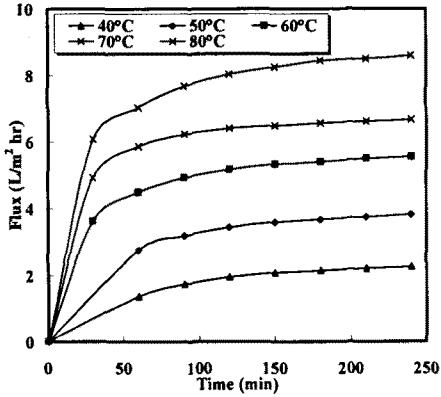


Fig. 2. Effect of feed temp. on the permeate flux.

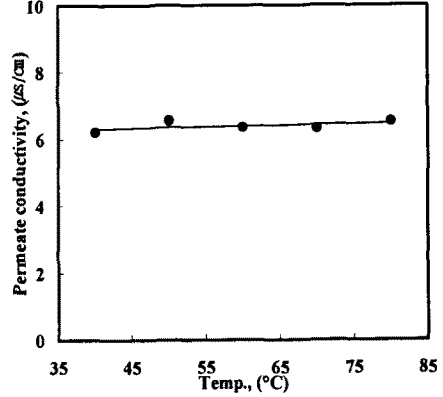


Fig. 3. Effect of feed temp. on the permeate conductivity.

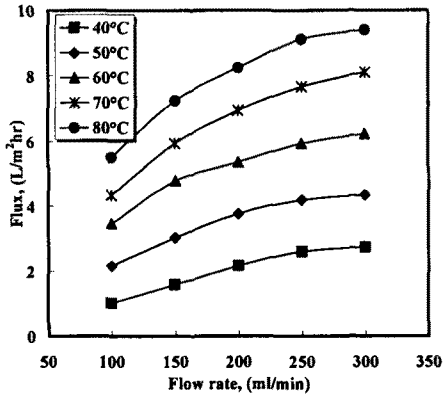


Fig. 4. Effect of feed flow rate on the permeate flux at different feed temperature.

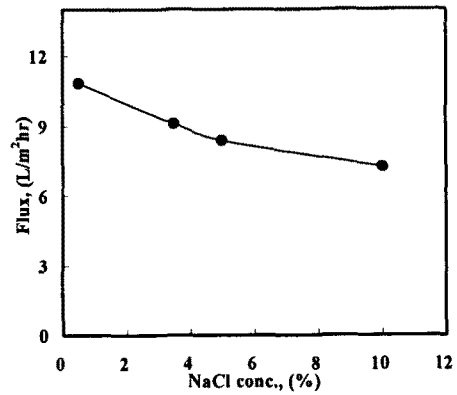


Fig. 5. Effect of NaCl conc. on the permeate flux.

Fig. 4는 유입수의 NaCl 농도가 3.5 %, 냉각수의 온도가 15 °C, 냉각수 유입속도는 100 ml/min일 때 NaCl 용액의 유입속도 변화에 따른 투과 플럭스의 변화를 나타내었다. NaCl 용액의 유입속도가 증가함에 따라 투과 플럭스도 증가하였으나, 유입수의 온도가 높을수록 유입속도 증가에 따른 투과 플럭스의 증가량도

함께 커지는 것으로 나타났다. Fig. 5에 유입수의 NaCl 농도 증가에 따른 투과 플럭스의 변화를 나타내었다. 유입수 온도는 80 °C, 유입속도는 250 ml/min 일때 유입수의 NaCl 농도를 0.5 - 10 %까지 증가시켰다. 투과 플럭스는 유입수의 NaCl 농도 증가에 따라 서서히 감소하여 NaCl 농도가 10 %일 때는 약 $7.3 \text{ l/m}^2 \cdot \text{h}$ 까지 감소하였다. 그러나 유입수의 NaCl 농도증가에 따른 투과수의 전기전도도 변화는 거의 없는 것으로 나타났다.

사 사

본 연구는 건설교통부 플랜트기술고도화사업의 연구비지원(07해수담수B01-04)에 의해 수행되었습니다.

4. 참고문헌

1. J. Koschikowski, M. Wiegghaus, M. Rommel, "Solar thermal-driven desalination plants based on membrane distillation", *Desalination*, 156, 295 (2003).
2. C. Cabassud, D. Wirth, "Membrane distillation for water desalination: how to chose an appropriate membrane?", *Desalination*, 157, 307 (2003).
3. H.E.S. Fath, S.M. Elsherbiny, A.A. Hassan, M. Rommel, M. Wiegghaus, J. Koschikowski and M. Vatansever, "PV and thermally driven small-scale, stand-alon solar desalination system with very low maintenance needs", *Desalination*, 225, 58 (2008).
4. C. Feng, K.C. Khulbe, T. Matsuura, R. Gopal, S. Kaur, S. Ramakrishna, M. Khayet, "Production of drinking water from saline water by air-gap membrane distillation using polyvinylidene fluoride nanofiber membrane", *J. Membr. Sci.*, 311, 1 (2008).
5. A.M. Alklaibi and N. Lior, "Transport analysis of air-gap membrane distillation", *J. Membr. Sci.*, 255, 239 (2005).