

Silane 화합물이 처리된 해수담수화용 복합막의 제조 및 성능

신 동호 · *김 노원 · 이 용택[†]
경희대학교 화학공학과, 동의대학교 환경공학과*

Preparation and Characteristics of Silane Coated Thin Film Composite Membrane for Seawater Desalination

Dong Ho Shin · *Nowon Kim · Yong Teak Lee[†]

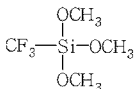
College of Environment and Applied Chemistry
Chemical Engineering & Advanced Materials Engineering, KyungHee University,
*Department of Environmental Engineering, Dongeui University

1. 서론

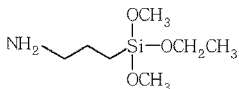
역삼투 분리막을 이용한 막분리 공정을 이용한 수자원의 확보는 에너지 소비량이 상대적으로 적다는 장점으로 지표수, 지하수 및 해수의 담수화 공정에 급속히 적용이 확대되고 있다. 이에 따른 막 제조 기술의 발전, 막 분리 공정의 개선으로 단위 전력당 생산되는 투과수량도 급격히 증가하고 있는 추세이다. 단위 면적 당 투과수량이 높은 역삼투 분리막의 개발 및 높은 회수율의 조수 공정 기술은 에너지 절감 효과뿐만 아니라 분리막을 이용한 담수화 기술의 적용상에 문제점으로 남아있던 전처리 설비비용 및 운전비용을 절감하는 효과도 커서 초기 투자 비용을 절감할 수 있어 경제성이 크게 향상되어왔다. 반면 분리막의 교체 수명에 관한 문제는 아직도 많은 개선이 필요하다. 분리막의 수명은 오염에 의한 막 투과 성능 저하와 열화에 의한 염 제거 성능의 저하로 나눌 수 있다. 오염에 의한 막 투과 성능 저하는 막 표면의 표면 전하 조절, 표면 조도의 조절 등의 방법으로 개선된 기술들이 발표되어지고 있으며 상업화된 결과를 보이고 있다. 그러나 염제거 성능의 저하에 대한 문제점에 관한 연구 성과는 미진한 것이 사실이다. 본 연구에서는 역삼투 분리막의 염 제거 성능 저하가 용액 내 잔류 염소의 고분자 주쇄를 분해하여 일어난다는 결과와 함께 잔류 염소에 의한 성능 저하 영향을 감소시키는 방법으로 실란 화합물을 역삼투막의 표면에서 고착시키는 방법을 도입하였다. 실란 화합물이 역삼투막 표면에 정착되었다는 증거와 이에 따른 역삼투막의 염소에 대한 내구성 향상을 조사하였다.

2. 실험

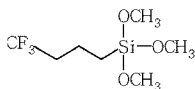
본 연구에 사용한 분리막은 Hydranautics사의 SWC-1 (spiral-wound type) 과 Toray사의 UTC-820 상용막을 사용하였다. 표면개질에 사용한 시약으로는 개질제로 판능기로 말단기에 불소포화 메틸기를 가진 실란 화합물인 **trifluoromethyltrimethoxysilane (TFMTMS, Fluka Co.)**, **trifluoropropyltrimethoxysilane (TFPTMS, Fluka Co.)**, 말단기에 아민기를 가진 **3-aminopropylmethoxydiethoxysilane (APMDES, Fluka Co.)**을 사용하였다. Silane 화합물은 Sol-Gel 방법으로 중합과정을 거쳤으며 반응 개시제로 potassium metabisulfite, potassium persulfate (Sigma Co.)을 막 표면의 -OH 라디칼을 형성시키는데 사용하였다. 막을 수화 건조시키기 위해 propylene glycol (PG, Duksan Pure Chemical Co.)를 사용하였으며 용매로는 methanol (Sigma Co.)를 이용하였다. 내열소성 및 성능 평가에 사용된 인공 해수는 sodium chloride (NaCl, Duksan Pure Chemical)를 사용하였으며, 내열소성 실험에 사용된 공급수는 sodium chloride와 sodium hypochlorite solution (NaOCl, Sigma Co.)의 혼합 용액을 제조하여 사용하였다.



TFMTMS



APMDES



TFPTMS

3. 결과 및 고찰

방향족 polyamide계 복합막은 염소에 의해 polyamide 결합이 분해되어 분리성능이 저하되는 문제점을 가지고 있다. 이 때 잔류 염소가 방향족 polyamide의 분해 반응에 있어 개시제 역할을 하며 amide bond가 분해되어 막의 분리성능을 저하시키고 수명을 단축시킨다는 것을 확인하기 위한 실험을 실시하였다(Fig.1).

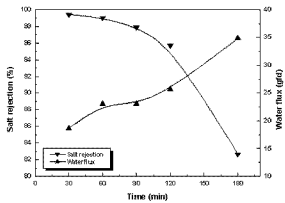


Fig. 1. Effect of chlorine degradation for polyamide membrane. (800 psi, 25 °C, 35,000 ppm NaCl - 2,000 ppm NaOCl)

본 연구에서는 역삼투막의 내염소성 향상을 일으킬 수 있는 Silane 코팅 화합물 선정 실험이 진행되었다. 본 실험의 경우 **TFPTMS**의 내염소성 향상 효과가 가장 큰 것으로 나타났으며 그 결과로 Fig. 2에 제시하였다. **TFPTMS** 및 **APMDES** 역시 내염소성을 향상하는 결과를 가져오나 sol-gel 중합에 따른 역삼투막의 투과 유량 감소가 커서 절대적인 비교를 하기에는 추가 연구가 필요할 것으로 보인다.

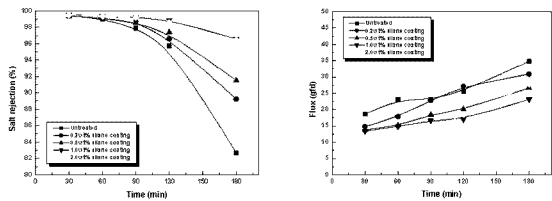


Fig. 2. Effect of concentration of **TFPTMS** on desalination performances (800 psi, 25 °C, 35,000 ppm NaCl - 2,000 ppm NaOCl)

내염소성 향상을 확인한 후 역삼투막의 표면에 실란 화합물의 정착 상태를 조사하기 위한 표면의 구조(SEM), 조도(AFM), 성분 분석(EDX), 표면 전하 상태(Contact Angle) 등을 역으로 추적하는 방법으로 실험이 진행되었다(Fig 3). 본 요약지에는 가장 성능이 우수한 **TFPTMS**의 분석내용을 실었다.

4. 결론

본 연구는 역삼투 분리막의 내염소성 향상을 위한 방법으로 불소관능기, 아민 관능기를 갖는 실란 화합물을 역삼투막의 표면에 정착시키는 방법에 관한 조사이다. 관능기의 종류에 따라 역삼투막의 내염소성 향상은 공통적으로 일어나지만 역삼투막의 실란 처리 전 물성 변화를 최소화하면서 내염소성을 향상시키는데는 실란 코팅제의 선택 및 실험 방법의 최적화에 관한 추가 연구가 필요하다. 특히 본 연구에 사용된 여러 가지 실란 화합물 중 TEPTMS의 경우 역삼투막의 기본 물성을 저하시키지 않고 내염소성을 향상시켰다는 점에서, 또한 후처리 방법으로 내염소성 향상이 가능하다는 것을 밝혔다는 점에서 큰 의의를 갖는다고 할 수 있다.

5. 참고문헌

- 1) G. Julius, H. Seungkwan, E. Menachem, "The search for a chlorine-resistant reverse osmosis membrane", *Desalination*, 95, 325-345 1994
- 2) S. Belfer, Y. Purinson, R. Fainshtein, Y. Radchenko, O. Kedem, "Surface modification of commercial composite polyamide reverse osmosis membranes", *Journal of Membrane Science*, 139, 175-181 1998.
- 3) M. Gamal Khedr, "Development of reverse osmosis desalination membranes composition and configuration : future prospects", *Desalination*, 153, 2002.