

Sol-gel법에 의해 표면개질 된 역삼투막의 특성 연구

신동호, 김노원*, 이용택†

경희대학교 환경·응용화학대학 화학공학 및 신소재공학전공

A study on characterization of reverse osmosis membrane by surface modification with sol-gel method

Dong-Ho Shin · Nowon Kim* · Yong Taek Lee†

College of Environment and Applied Chemistry

Chemical Engineering & Advanced Materials Engineering,

Kyung Hee University

Department of Environmental Engineering, Dong-Eui University*

1. 서 론

해수담수화는 지구상에 무한정 존재하는 해수를 갈수의 영향 없이 담수화 하여 물 부족에 대처할 수 있는 방법이기 때문에 절대적인 담수자원이 부족한 지역에서는 유일한 대안으로서 그 필요성이 대두되고 있다. 해수의 담수화방법에는 크게 증발법, 역삼투막법, 전기투석막법, 냉동법 등이 있는데, 증발법과 역삼투막법이 전체 담수화 시설의 90%이상을 차지하고 있다. 특히, 역삼투막법은 가장 에너지 소모량이 작고 상온에서 운전관리가 용이한 장점이 있어 가장 각광받고 있는 기술이다. 여기에 쓰이는 역삼투막의 소재는 개발 초기에 cellulose acetate 및 그 유도체들이 주로 사용되었으나 내약품성, 내열성, 내오염성에서 결함이 많았다. 따라서 최근에는 cellulose계 막들보다 물리적 특성이 우수한 polyamide를 주쇄로 하는 합성 고분자막의 사용이 증가되고 있으며, 복합막의 형태로 제조되어 사용되고 있다. 그러나 polyamide계 등의 합성 고분자막은 우수한 내열성 및 염배제를 99%이상의 분리특성을 가지고 있지만 염소나 오존에 의한 살균소독시 주쇄인 polyamide 결함이 분해되어 분리성능의 저하가 발생하는 문제점을 안고 있다. 이에 본 연구에서는 방향족 polyamide계 복합막이 염소에 쉽게

분해되는 성질을 보완하기 위하여 sol-gel법에 의한 silane coupling제를 사용하여 막의 표면을 개질하여 보았고, 더 나아가 이러한 화학적 처리를 통한 표면개질이 내염소성에 대한 저항뿐만 아니라 염배제율에 있어서도 성능이 얼마나 향상되는지 알아보았다.

2. 실험

본 연구에서는 기존 상용막을 입수하여 염제거율과 투과플럭스로 성능을 측정하고, 이 데이터를 토대로 막의 표면을 개질하여 기존 막과 개질한 막의 성능이 어떻게 달라지는지 알아보았다. 사용된 상용막은 Toray사의 SU 820, Hydranautics사의 SWC-1을 사용하였다. 표면개질에는 분자구조가 비슷하면서도 분자구조에서 주쇄의 길이가 다른 즉, 알킬기의 수가 다른 methyltriethoxysilane, phenyltriethoxysilane, octyltriethoxysilane와 octadecyltrimethoxysilane의 4가지 silane coupling agent를 사용하였다. 개질전에 막의 수화성을 높이기 위해 propylene glycol로 전처리 하였고, 막 표면에 작용기를 부여하기 위해 $K_2S_2O_5$ 와 $K_2S_2O_8$ 로 처리한 후 준비한 coupling agent를 이용하여 sol-gel 법으로 코팅 하였다. 개질한 막은 FE-SEM, AFM, XPS등으로 표면분석을 하였고, 물성평가에서는 NaCl 35000ppm과 NaOCl 2000ppm의 혼합수용액을 제조하여 시간의 변화에 따른 내염소성, 투과플럭스와 염배제율로 개질 전보다 후의 막 성능이 어떻게 향상이 되었는지 분석하였다.

3. 결과 및 토론

3.1. 개질한 막의 표면분석

Fig 1에 개질전과 개질후의 막의 표면형태 사진으로 나타내었다.

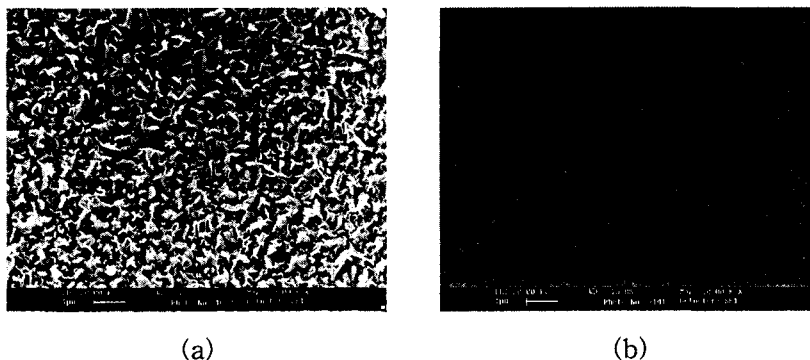


Fig. 1. Membrane surface image (SEM). a; non-coating, b; coating by methyltriethoxysilane

그 결과 표면은 코팅전(a)보다는 표면의 거칠기가 감소하였으며 AFM측정을 통해 이를 확인할 수 있었다. 또한 silane coupling제의 막 표면에서의 화학적 결합 여부를 XPS 분석을 통해 알아본 결과 농도에는 크게 상관없이 methyltriethoxysilane을 사용한 것 보다 octyltriethoxysilane을 사용한 경우 표면에서의 화학적 결합이 더 잘 일어나는 것을 알 수 있었다.

3.2. 개질한 막의 물성평가

전반적인 물성평가 결과 각 silane coupling agent에서 농도가 증가하면 염배제율은 증가하지만 투과플럭스는 다소 감소하는 경향을 나타내었다. Fig 3에 NaCl 35,000 ppm과 NaOCl 2,000 ppm의 혼합용액을 제조하여 표면개질 전(a), 후(b)의 막을 55 kgf/cm²의 압력과 25 °C로 일정하게 유지하면서 시간에 따른 염배제율을 나타내었다. 전체적으로 염배제율은 개질 전 보다 약 99.7%까지 향상이 되었다. methyltriethoxysilane과 octyltriethoxysilane은 비슷한 경향을 나타내지만, phenyltriethoxysilane을 사용한 경우 투과플럭스는 기존의 20~25 gfd 보다 낮은 12~16 gfd의 결과를 보였다. 이는 phenyltriethoxysilane은 분자사슬에 다른 silane coupling agent에는 없는 페닐기가 있기 때문에 염배제율은 다른 coupling agent와 비슷하지만 투과플럭스는 감소하는 경향을 보인 것으로 사료된다. 또한, 알킬기의 수가 적은 methyltriethoxysilane보다는 주쇄의 체인이 더 긴 octyltriethoxysilane, octadecyltrimethoxysilane를 사용하여 개질한 경우 표면에서의 silane coupling agent가 부착력이 더 좋은 결과를 보였다.

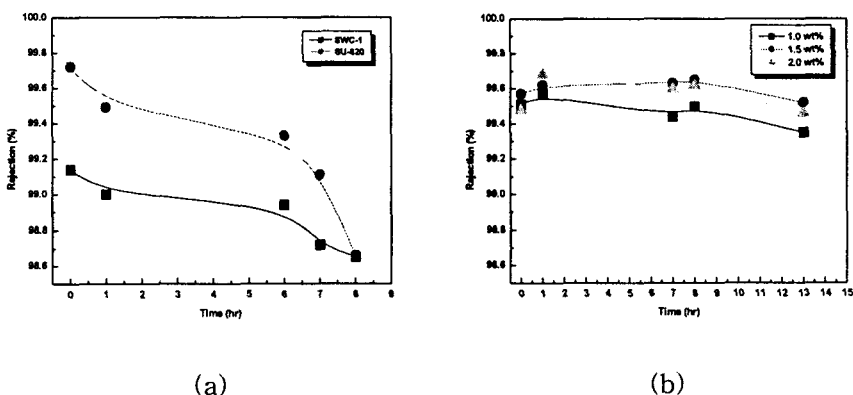


Fig 3. Salt rejection in the permeate vs time. a; non-coating, b; coating by octyltriethoxysilane

4. 참고문헌

- 1) 노시철, Modification of Polymeric Surfaces, Polymer, 10(4), 1986.
- 2) C. Jeffrey Brinker, George W. Scherer , Sol-Gel Science
- 3) S. N. Gaeta, E. Petrocchi, E. Negri, E. Drioli, "Chlorine resistance of polypiperazineamide membranes and modules", Desalination, 83, 1-3, (1991)
- 4) G. Julius, H. Seungkwan, E. Menachem, "The search for a chlorine-resistant reverse osmosis membrane", Desalination, 95, 325-345 (1994)

감사의 글

본 연구는 21세기 프론티어연구개발사업인 수자원의 지속적 확보기술 개발 사업단의 연구비 지원(과제번호4-4-1)에 의해 수행되었습니다.