

重イオンビームグラフト法で作製したカチオン・アニオン交換膜の 輸送特性評価と海水電気透析への応用

Characterization of transport properties of cation and anion exchange membranes prepared by heavy-ion-track grafting and their application to seawater electrodialysis

*澤田 真一¹, 後藤 光暁², 越川 博¹, 喜多村 茜³, 比嘉 充², 八巻 徹也¹

¹量子科学技術研究開発機構, ²山口大学, ³日本原子力研究開発機構

重イオンビームグラフト法でカチオン交換膜(CEM)とアニオン交換膜(AEM)を作製し、その輸送特性として膜抵抗を評価した。海水電気透析試験では、市販膜の場合と比較し、海水濃縮濃度を高めることができた。

キーワード: 重イオンビームグラフト法、カチオン交換膜(CEM)、アニオン交換膜(AEM)、海水電気透析

1. 緒言

現在の日本では、CEM と AEM を用いた電気透析による海水濃縮工程を経て食塩が生産される。電気透析用 CEM, AEM には、低い膜抵抗と、浸透圧による濃縮室への水透過を抑えることが求められる。そこで本研究では、重イオンビームグラフト法[1]で CEM と AEM を作製し海水電気透析に応用した。本手法では、基材膜の円柱状飛跡のみに荷電基(カチオン、アニオン交換基)を集積させてイオン透過経路を形成できる。基材膜の未改質領域は過度の含水膨潤を防ぎ、水透過を抑制すると期待した。

2. 実験

エチレン・テトラフルオロエチレン共重合体膜(膜厚 25 μm)に対し、 $3.0 \times 10^8 \sim 1.0 \times 10^9$ ions/ cm^2 のフルエンスで 560 MeV ^{129}Xe または 310 MeV ^{84}Kr ビームを照射した。照射膜へのスチレンスルホン酸エチルのグラフト重合と加水分解、およびクロロメチルスチレンのグラフト重合と四級化により、それぞれ CEM と AEM を作製した。膜抵抗は、0.5 mol/L の NaCl 水溶液中にて AC インピーダンス法で測定した。電気透析試験は、透析槽に 0.5 mol/L の NaCl 水溶液(モデル海水)を供給し、30 mA/ cm^2 の定電流を流すことで行った。

3. 結果と考察

照射フルエンスとグラフト重合時間を変えることで、イオン交換容量(IEC) = 0.1~2.1 mmol/g の CEM と AEM を作製した。図 1 に示すように、CEM, AEM とともに、IEC の上昇に伴って含水率が高くなるほど、膜抵抗は急激に低下した。市販 CEM, AEM である Selemion®CSO, ASA [2]と比較すると、同じ含水率でも膜抵抗は遥かに低かった(それぞれ 4 分の 1 と 9 分の 1)。含水膨潤が抑えられた一次元イオン透過経路内に荷電基が高密度で集積されるため、効率的なイオン伝導が生じたからであると考えられる。さらに、膜厚は全て 40 μm 以下であり、CSO(100 μm)、ASA(101 μm)の半分以下に過ぎないことも膜抵抗の低さに寄与する。

膜抵抗が 2.0 Ωcm^2 弱の CEM と AEM を電気透析試験に用いた。透析槽濃縮室からの採取液の NaCl 濃度を図 2 に示す。図中の実線は、数種類の市販膜を用いた既往試験で得られた結果(現状レベル)である[3]。膜抵抗が低いと、水透過が盛んに起きるため NaCl 濃度も低いという傾向が見られる。ところが、イオンビームで今回作製した膜(CEM, AEM と図中で記載)では、現状レベルを上回る濃縮濃度を達成できた。含水膨潤が抑えられたイオン透過経路において、水の浸透圧透過が抑制されたことが原因であると解釈できる。

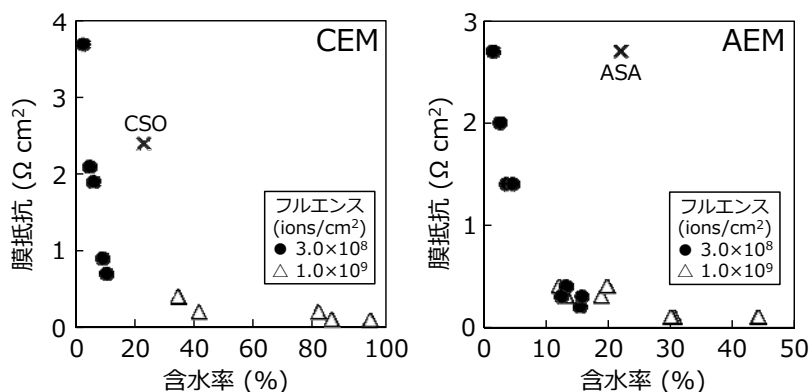


図1 CEMおよびAEMの膜抵抗と含水率の関係

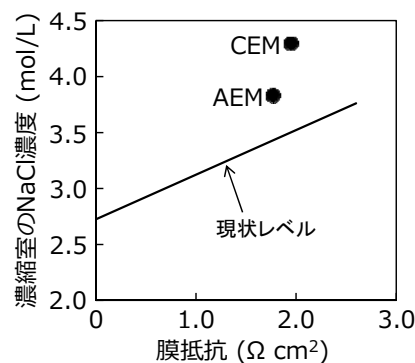


図2 濃縮室のNaCl濃度と膜抵抗の関係

謝辞 本研究は、(財)ソルトサイエンス研究財団の平成 28、29 年度研究助成(No. 1623, 1717)を受けて行われた。

参考文献 [1] T. Yamaki, *J. Power Sources* 195 (2010) 5848-5855. [2] 宮澤ら, *Bull. Soc. Sea Water Sci., Jpn.* 63 (2009) 175-183. [3] 永谷ら, *Bull. Soc. Sea Water Sci., Jpn.* 71 (2017) 300-307.

*Shin-ichi Sawada¹, Mitsuki Goto², Hiroshi Koshikawa¹, Akane Kitamura³, Mitsuru Higa², and Tetsuya Yamaki¹

¹National Institutes for Quantum and Radiological Science and Technology, ²Yamaguchi University,

³Japan Atomic Energy Agency