

エタノールを含むモデル海水の逆浸透法による分離

日大生産工 (院) ○森田 雅之 ・ 中村 春彦
日大総研大学院 中村 暁子
日大生産工 陶 究 ・ 日秋 俊彦

【 1. 緒言 】

都市の発展、人口の増加による淡水の需要が増加している。地球上で我々生命体が飲料水として使用できる淡水は河川、湖、地下水などで地球上における水資源の極めてわずかな量である。

そこで地球上における水資源の約 97.5 % を占める海水を新たな水資源とする海水淡水化プロセスの確立が求められている。既存の海水淡水化手法として主に逆浸透法、蒸発法、電気透析法などが挙げられる。海水淡水化の手法には低コスト、省エネルギー、大量造水処理、低環境負荷が必要とされ、この観点において数ある海水淡水化手法の中でも逆浸透法が主流となっている。¹⁾

近年、工業排水や家庭排水の多様化にともない、塩類だけでなく他の無機物や有機物の混入も問題となっており、海水淡水化において得に有機物に対する分離能力の向上が求められている。

本研究では、逆浸透法による有機物の分離の基礎データを蓄積することを目的として、エタノールを含むモデル海水 (3.5 wt% 塩化ナトリウムのエタノール水溶液) の逆浸透法による分離実験を行った。

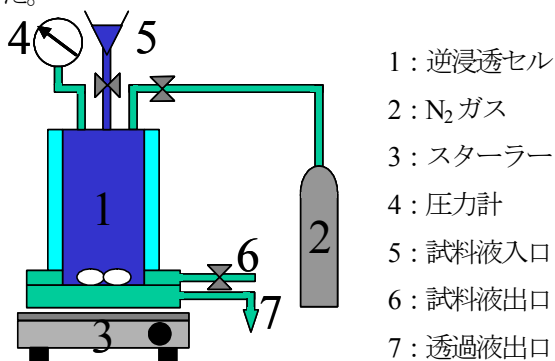


図 1 逆浸透膜試験装置の概略図

【 2. 実験 】

実験には(株)AKICO製の逆浸透膜実験装置を用いた。装置は主に逆浸透セル、セル加圧部、溶液回収部、セル保温部から構成されている。なお逆浸透セルは平膜式であり、容積は 150 cm³、材質は SUS316、設計圧力は 22 MPa、設計温度は 40 °C である。セル内の溶液はマグネチックスターラーにより攪拌が可能である。実験は原料を直接セルに仕込み、窒素ガスで所定圧まで加圧後、一定時間ごとに溶液を回収した。

使用した逆浸透膜は Filmtec 社の FT30 シリーズ、ポリアミド複合膜 SW30HR の平膜である。SW30HR は活性層の厚さ 0.2 μm、ポリスルホン中間層の厚さ 40 μm、ポリエチレン不織布支持層の厚さ 120 μm の三層構造である。NaCl+水系において NaCl 除去率 99 %、エタノール+水系において除去率 70% の性能を持つ。実験に使用した膜表面積は 1.77×10⁻³ m² である。

実験は NaCl + エタノール + 水系において、圧力 5~10MPa、温度 25 °C、実験時間 90 分、エタノール濃度 0.21~2.13 mol/l、NaCl 濃度 0.62 mol/l (3.5wt%) で行った。試薬には大塚化学(株)製塩化ナトリウム (大塚一級)、和光純薬(株)製無水エタノールを用いた。

Cl 濃度の分析にはイオンクロマトグラフ (日本ダイオネクス社, DX-320)、エタノール濃度の分析にはガスクロマトグラフ質量分析装置 (島津製作所, GC-MS QP2010) を用いた。GC-MS は HS オートサンプラ (PerkinElmer 社, TurboMatrix40) で気相成分分析を行った。

分析により求めた NaCl およびエタノール濃度

Separation of NaCl and Ethanol from Simulated Sea Water by Reverse Osmosis

Masayuki MORITA, Haruhiko NAKAMURA,

Akiko NAKAMURA, Kiwamu SUE and Toshihiko HIAKI

より、透過流束 J_v [$\text{m}^3 \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$]、見かけの溶質除去率 R_{obs} [-] より溶質分離能を評価した。なお、 J_v 、 R_{obs} は次の式により算出した。²⁾

$$J_v = \frac{Q}{(A \cdot t)} \quad (1)$$

$$R_{obs} = \frac{C_1 - C_2}{C_1} \quad (2)$$

なお、 Q は透過液流量 [m^3]、 A は膜面積 [m^2]、 t は実験時間 [s]、 C_1 は原料液濃度 [mol/l]、 C_2 は透過液濃度 [mol/l] である。

実験中、90 分間で膜を透過した透過水の体積 Q を測定し、式(1)より透過流束 J_v を求めた。また、透過水と原料溶液の NaCl 濃度 (原料溶液については実験前と実験後の濃度の平均値) を求め、式(2)より見かけの溶質除去率 $R_{obs}(\text{NaCl})$ 、 $R_{obs}(\text{Ethanol})$ を求めた。エタノール濃度に対する透過流速の挙動を図 2 に、 $R_{obs}(\text{Ethanol})$ の挙動を図 3 に、 $R_{obs}(\text{NaCl})$ の挙動を図 4 に示す。

【 3. 結果と考察】

図 2、3 および 4 より、エタノールの濃度の増加とともに J_v 、 $R_{obs}(\text{NaCl})$ 、 $R_{obs}(\text{Ethanol})$ 共に減少する傾向が見られた。また、圧力の上昇とともに J_v 、 $R_{obs}(\text{NaCl})$ 、 $R_{obs}(\text{Ethanol})$ 共に上昇する傾向が見られた。

同一温度、圧力で行った NaCl + 水系 (3.5wt%NaCl 水溶液)での昨年度のデータ³⁾では、 $R_{obs}(\text{NaCl})$ については明確な圧力依存性が見られず 0.996 ± 0.001 であった。一方、 J_v については圧力 5 MPa、7 MPa、10 MPa においてそれぞれ、 3.24×10^{-6} 、 6.53×10^{-6} 、 1.00×10^{-5} であり、本研究のエタノールを添加した系では、 J_v 値が大幅に減少した。また、 $R_{obs}(\text{NaCl})$ に関してはエタノール濃度の増加とともに低下する経過となった。これは、エタノールを混入させたことによる浸透圧の増加により、透過液中の水分子の絶対量の減少したことに起因する。

今後は、他の塩類および有機物を用いて同様の実験を行い、浸透圧、分子サイズおよび構造、更には膜との親和性の視点から分離能について解析・検討していく予定である。

【 4. 参考文献】

- 1) 海洋開発技術ハンドブック 通産省 朝倉書店,
- 2) 膜学実験シリーズ第Ⅲ巻 人工膜編 共立出版株式会社, 木村尚史 中尾真一 大矢晴彦 中川勤
- 3) 日本大学生産工学部卒業論文 2004, 森田雅之

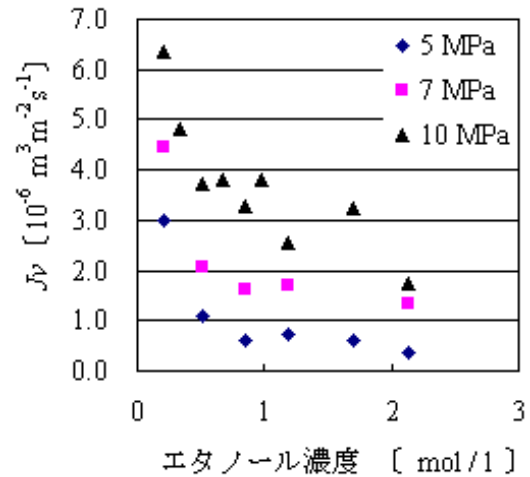


図 2 J_v のエタノール濃度依存性

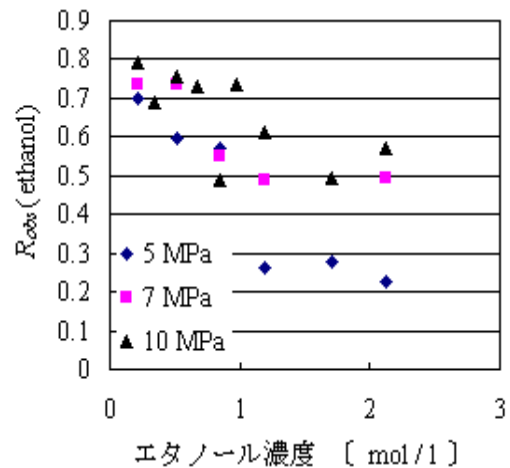


図 3 $R_{obs}(\text{Ethanol})$ のエタノール濃度依存性

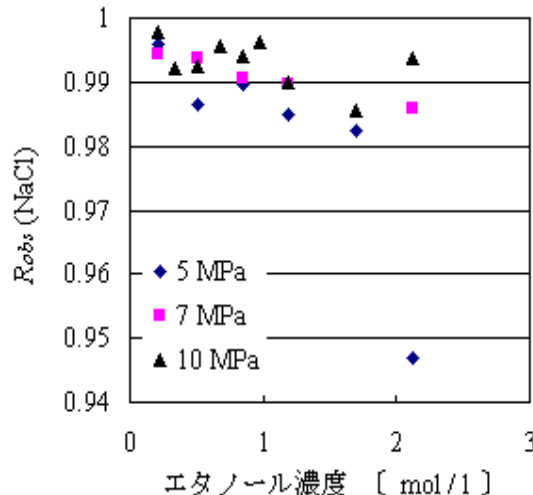


図 4 $R_{obs}(\text{NaCl})$ のエタノール濃度依存性