

## 水中の微量水溶性有機物質の逆浸透法による分離

日大生産工 (院)    ○森田雅之  
 日大総研大学院    中村暁子  
 日大生産工        陶究, 日秋俊彦

### 【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。<sup>1)</sup>

近年、工業排水や家庭排水の多様化こともない、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、水溶液中の塩化ナトリウム(以下 NaCl) (NaCl Mw:58.55)、酢酸ナトリウム(以下酢酸 Na) (CH<sub>3</sub>COONa Mw:82.03)、プロピオン酸ナトリウム(以下プロピオン酸 Na) (C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>COONa Mw:96.06)、エチル硫酸ナトリウム(以下エチル硫酸 Na) (C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OSO<sub>3</sub>Na Mw:148.11) ドデシル硫酸ナトリウム(以下 SDS) (C<sub>12</sub>H<sub>25</sub>OSO<sub>3</sub>Na Mw:288.38)の分離実験を行ったので結果を報告する。

【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。逆浸透セルは平膜式であり、容積は 150 cm<sup>3</sup>、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、10 min 毎に溶液を回収した。

逆浸透膜は Filmtec 社の FT30 シリーズ、ポリアミド系複合膜 SW30HR の平膜膜表面積は 1.77×10<sup>-3</sup> m<sup>2</sup> を用いた。SW30HR はポリアミド活性層(原料 m-フェニレンジアミン)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。なお NaCl+水系において NaCl 除去率 99% の性能を持つ。<sup>2)</sup>

実験は圧力 10 MPa、温度 25 °C、実験時間 50 ~ 90 min、攪拌回転数 450 rpm、溶質濃度は全ての溶質において 3.468×10<sup>-3</sup> mol/l とし、NaCl のみ 0.620 mol/l の濃度でも実験を行った。試薬には大塚化学(株)製塩化ナトリウム(純度 99.5%)、和光純薬(株)製酢酸ナトリウム(純度 98.5%)、和光純薬(株)製プロピオン酸ナトリウム(純度 97.0%)、東京化成工業(株)製エチル硫酸ナトリウム(純度 98.0%)、和光純薬(株)製ドデシル硫酸ナトリウム(純度 95.0%)を用いた。

NaCl 濃度の分析はイオンクロマトグラフ (日本ダイオネクス社, DX-320) を用いて Cl 濃度の定量により行った。一方、酢酸 Na、プロピオン酸 Na、エチル硫酸 Na、SDS 濃度の定量には電気伝導率計 (HORIBA 社 DS-51)を用いた。分析により求めた溶質濃度より、透過流束  $J_v$  [m<sup>3</sup>m<sup>-2</sup>s<sup>-1</sup>]、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。<sup>3)</sup>

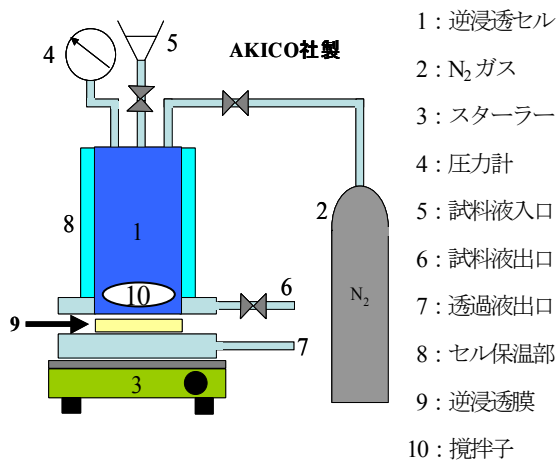


図 1 逆浸透膜試験装置の概略図

### Removal of Dilute Organics from Water by Reverse Osmosis

Masayuki MORITA, Akiko NAKAMURA, Kiwamu SUE and Toshihiko HIAKI

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

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

なお、 $Q$  は透過液流量 [m<sup>3</sup>]、 $A$  は膜面積 [m<sup>2</sup>]、 $t$  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。

10 min 毎に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、経時変化を算出した(図2)。また、透過液と原料液の濃度 (原料液濃度については10 min 毎における濃度の始点と終点の平均値)から式(2)より見かけの溶質除去率  $R_{obs}$  を求め、経時変化を算出した (図3)。

#### 【結果と考察】

図2より  $J_v$  は全ての溶質において時間の経過ともないうちに30 min まで大きく減少し、その後もゆるやかに減少を続けた。また、図3より  $R_{obs}$  は全ての溶質において30 min まで大きく上昇し、その後、安定する傾向が見られた。NaCl系において一度使用した膜を用いて再度実験したところ  $R_{obs}$  の値が実験初期から 0.99 程度であったことから、図2および図3における30 min 前後での  $J_v$  および  $R_{obs}$  の傾向の変化は、高圧条件によって膜が圧密化を起こしたことに起因すると考えている。

有機塩系での実験において溶質の分子量の増加にもないうちに  $J_v$  および  $R_{obs}$  が低下する傾向が見られた。通常、 $R_{obs}$  は分子量の大きい溶質ほど高い値を示すが、溶質分子量の増加により分子形状が巨大化し、膜面に対する接触面積が増加したため、水透過阻害が大きくなり  $R_{obs}$  の減少が起こったと考えられる。

同一温度、圧力で行った NaCl 濃度  $3.468 \times 10^3$  mol/l と 0.620 mol/l の結果を比較したところ、 $J_v$  について全ての時間において約 65 % 低下したが、 $R_{obs}$  について明確な濃度依存性が見られず、 $1.0 \pm 0.5\%$  であった。これにより溶質濃度の増加による浸透圧の増加は  $J_v$  に対しては大きな影響を与えるが、 $R_{obs}$  に対して大きな影響を与えないことがわかった。

また、今回扱った有機塩類よりも分子量の小さい NaCl の  $R_{obs}$  が比較的高い値を示していることから、分子を構成する原子の大きさ、溶媒中での構造さらには膜材質との親和性を考慮する必要があると考えている。

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、分子量および構造、更には膜との親和性の観点から分離能について解析・検討していく予定である。

#### 【謝辞】

本研究は、文部科学省 学術フロンティア推進事業「地球環境調和型新技術開発を目的とする水の高度利用に関する研究」に関する補助金、および、本学の小川泰明氏、川原友美氏、会田桂子氏の協力のもと遂行できました。ここに感謝いたします。

#### 【文献】

- 1)海洋開発技術ハンドブック 朝倉書店 通産省
- 2)森田雅之 中村春彦 佐藤敏幸 中村暁子 陶究 日秋俊彦 分離技術会年会2006技術・研究発表講演要旨集 P103
- 3)膜学実験シリーズ第III巻 人工膜編 共立出版, 木村尚史 中尾真一 大矢晴彦 中川勤

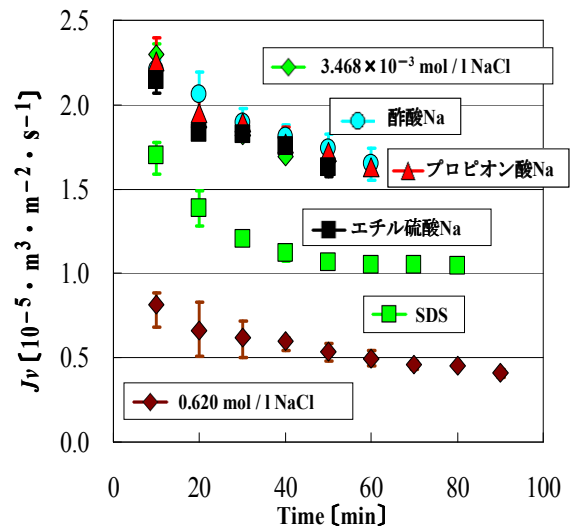


図2  $J_v$  の経時変化

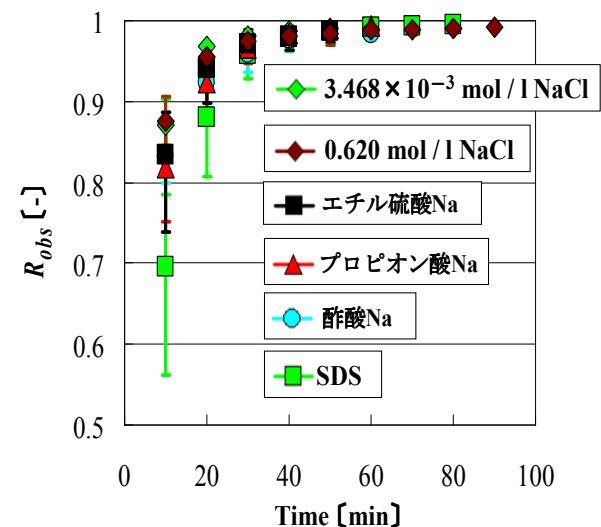


図3  $R_{obs}$  の経時変化