

逆浸透膜の脱塩と透過モデルによる解析

日大生産工（院）○中村 春彦

日大生産工 陶 究・辻 智也・日秋 俊彦

1. 結論

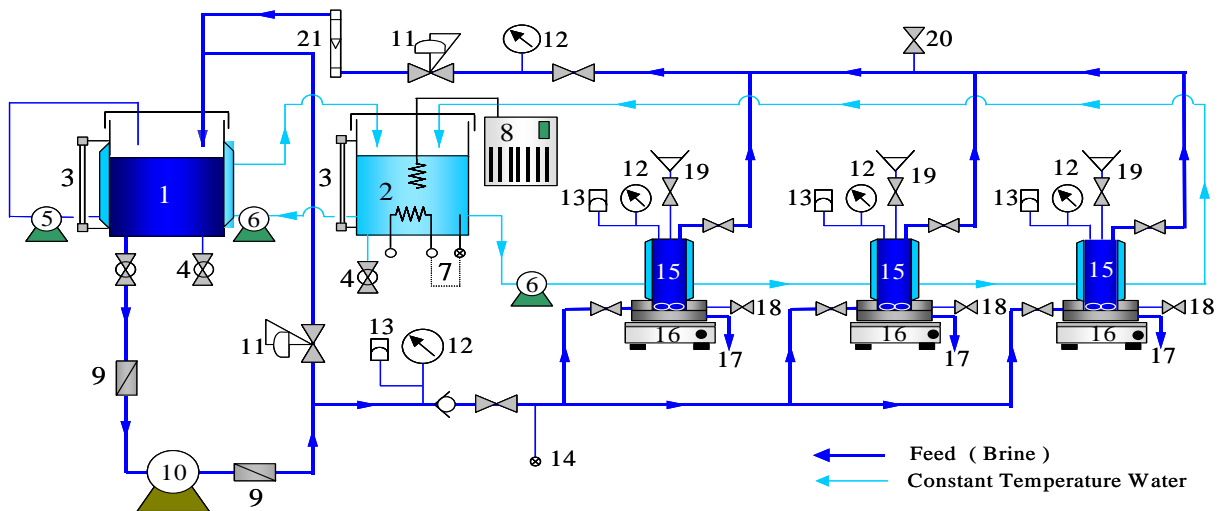
海水の淡水化技術は、蒸発法、電気透析法および逆浸透膜法に大別され、蒸発法が最も多く使われている。蒸発法の利点は大量増水が可能で、海水の品質を問わない点であるが、大きな熱エネルギーを要する欠点がある。これに対して、逆浸透法は省エネルギープロセスであり、単純なプロセスであることから運転も簡単で、有利な淡水化技術として評価される。しかし、塩濃度が極端に高い海水を扱う場合や、大量増水システムの構築には使用する逆浸透膜の開発、システムの最適化が検討事項となる。

本研究は、逆浸透法の大量造水化に向けた高

圧逆浸透膜プロセスの開発を目的とした基礎研究として、モデル海水 3.5 wt%塩化ナトリウム水溶液の脱塩実験を行ったものである。

2. 実験

実験装置の概略図を図 1 に示す。装置は主に原料タンク、高压送液部、3 つの逆浸透セルで構成される。原料タンクは 20 dm³ のタンクが 2 基あり、それぞれ攪拌ポンプにより攪拌される。また、タンクの 1 つは恒温水槽であり、ヒーターと投げ込み式クーラーにより温度調節が行われる。高压送液部は送液ポンプと保圧弁で構成される。本研究で用いた流通式では、原料タンクに試料を仕込み、高压送液部によりセルに試料が加圧、供給



1 : Feed Tank, 2 : Constant Temperature water Tank, 3 : Liquid Level Gauge, 4 : Drain Valve, 5 : Mixing Pump, 6 : Circulation Pump, 7 : Heat Control Unit, 8 : Chiller Unit, 9 : Filter, 10 : Feed Pump, 11 : Back Pressure Regulator, 12 : Pressure Gauge, 13 : Safety Valve, 14 : Temperature Indicator, 15 : Reverse Osmosis Cell, 16 : Magnetic Stirrer, 17 : Permeate Water Outlet, 18 : Feed Sampling Outlet, 19 : Feed Inlet (Batch), 20 : N₂ Gas Inlet, 21 : Flow Indicator

図 1 逆浸透膜試験装置概略図

され、セルに送られる。セルに送られた試料は膜を透過し、膜を透過しない試料は原料タンクに戻され、再び循環される。送液ポンプはプランジャー2連式で最大送液量は $100 \text{ cm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$ である。逆浸透セルは平膜式の実験セルで3基あり、それぞれ異なる膜を用いた実験を同時に行うことが可能である。セルの容積は 150 cm^3 、材質は SUS-316、設計圧力は 22 MPa、設計温度は $40 \text{ }^\circ\text{C}$ である。セル内はマグネチックスターラーにより攪拌が可能である。また、恒温水槽より恒温液がセルの周りに循環され、恒温に保つことが可能である。

研究で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 $0.2 \text{ }\mu\text{m}$ 、ポリスルホン中間層の厚さ $40 \text{ }\mu\text{m}$ 、ポリエチレン不織布支持層の厚さ $120 \text{ }\mu\text{m}$ の三層構造である。

3. 結果及び考察

逆浸透膜試験装置を用いて、透過流束 J_v 、見かけの塩除去率 R_{obs} より膜の評価をおこなった。

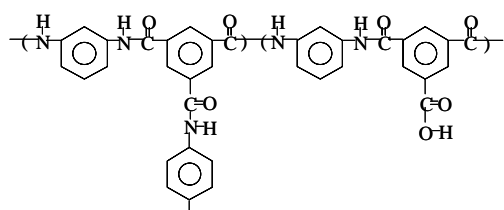


図2 ポリアミドの構造式

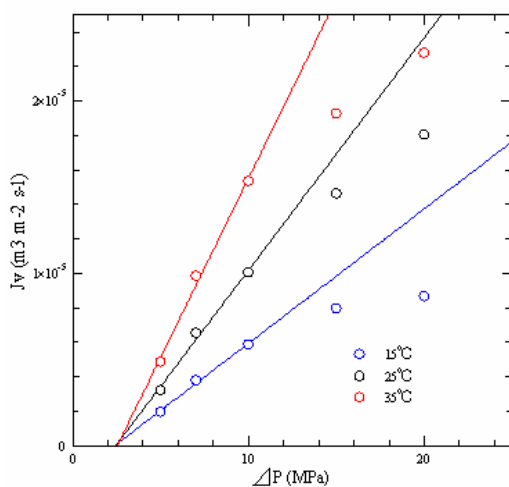


図3 透過流束の圧力依存性

脱塩実験は、標準的なモデル海水として塩濃度 3.5 wt\% (0.6 mol/dm^3) の塩化ナトリウム水溶液を用いて、SW30-HR による脱塩実験を行った。原料水の塩濃度測定には株式会社堀場製作所製の導電率計 DS-51 を使い、あらかじめ作成した検量線より塩濃度の決定を行った。また、透過水の塩濃度測定には日本ダイオネクス社のイオンクロマトグラフ DX-320 を用いた。

図7に $15 \text{ }^\circ\text{C}$ 、 $25 \text{ }^\circ\text{C}$ 、 $35 \text{ }^\circ\text{C}$ におけるモデル海水透過実験から得られた透過流束の圧力依存性を示す。測定結果から透過流束 J_v を算出するには次式を用いた。

$$J_v = Q / (A \cdot t)$$

式中の Q は純水透過体積 [m^3]、 A は膜面積 [m^2]、 t は測定時間 [s] である。いずれの温度においても膜が圧密化することなく脱塩水の透過に適した圧力は 10 MPa であることを示唆している。

図8に見かけの塩除去率 R_{obs} [-] の圧力依存性を示す。

$$R_{obs} = (C_1 - C_2) / C_1$$

C_1 は膜透過前の塩濃度、 C_2 は膜透過後の塩濃度である。見かけの塩除去率は圧力の増加に伴い上昇する傾向が見られ、 10 MPa 以上では透過流速が低下するものの、塩の除去率が僅かに増加することが分かった。これらの結果を踏まえて、透過モデルの構築を行っている。

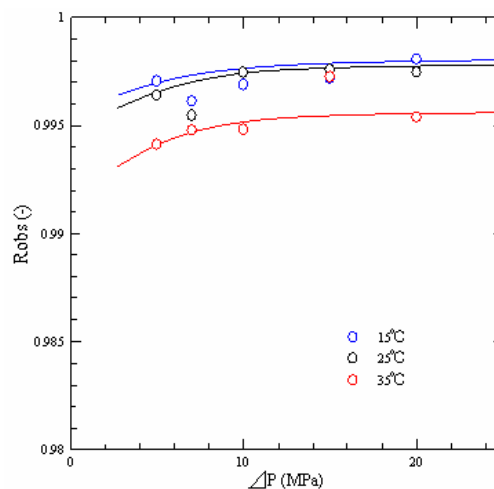


図4 みかけの塩除去率の圧力依存性