

逆浸透膜による水の浄化システムに関する基礎研究

日大生産工(院) ○中村 春彦
日大生産工 辻 智也、日秋 俊彦

1. 緒言

水は人類のみならず、あらゆる生物の生命活動を営むうえで必要不可欠な物質である。しかし近年、人口の増加や都市の発展などにより水資源の汚染や枯渇などの問題が深刻化している。そこで、新たな水資源の開発や高度な水処理技術の確立が求められている。このような水処理技術の一つとして地球上の水の97%を占める海水を淡水化する技術が注目されている。海水淡水化は既に実用化されており蒸発法や電気透析法などの手法が存在するが、特に逆浸透法は省エネルギー的で造水コストが低いことなどから海水淡水化法の主流とされている。しかし、海水淡水化を広く普及する上で、逆浸透法には大量造水化や油濁海水が処理可能なプロセスの開発などの改良すべき点が数多く残されている。そこで本研究では大量造水や油濁海水が処理可能な逆浸透膜プロセスの開発を目的とし、プロセスの開発の基礎として、高压における既存の膜の透過特性について人工海水を用いて実験を行った。

2. 実験

【装置および膜】本実験には(株)AKICO製の逆浸透膜試験装置を用いた。装置の概略を図1に、逆浸透セルの構造を図2に示す。装置は主に原料タンク、高压送液部、逆浸透セルで構成される。原料タンクに仕込まれた試料は高压送液部のポンプによりセルに送られ、背圧弁により加圧される。セル内で加圧された試料は逆浸透膜を透過し、透過しなかった試料は再び原料タンクに戻る。本装置は3台の逆浸透セルを持ち、流通式、バッチ式の両方で操作が可能である。セルはSUS316製で容積150 cm³、設計温度は最高40℃、設計圧力は最高22 MPaである。膜表面付近はマグネチックスターラーで非接触の状態で見ることが可能である。また、送液ポンプの最大流量は100 cm³・min⁻¹である。

逆浸透膜はFILMTEC(株)製のポリアミド複合膜SW30-HRを用いた。膜は微多孔質ポリスルホンの超薄バリアー層、多孔質ポリスルホンの中間層およびポリエステル不織布の支持層の3層で構成されている。また、7 MPaの耐圧性(メーカー推奨値)を持ち、通常は5 MPaで使用される。膜は図2のように平膜状で用い、耐圧性を持たせるため膜の下にろ紙と焼結板を敷いて使用した。

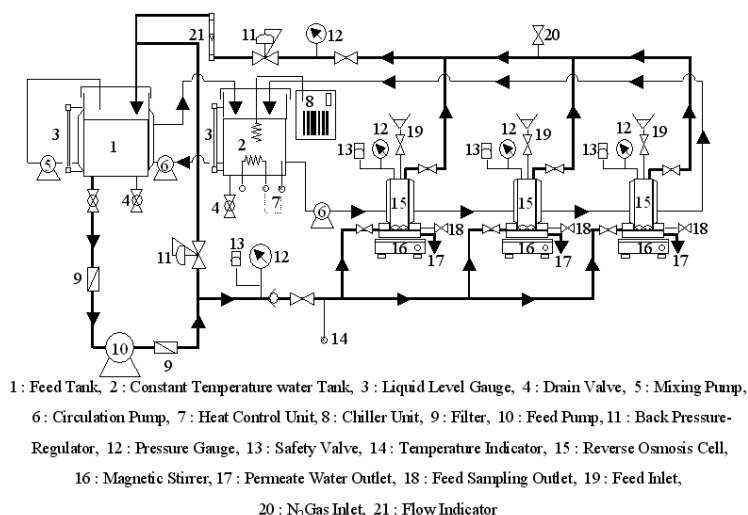


図1 逆浸透膜試験装置

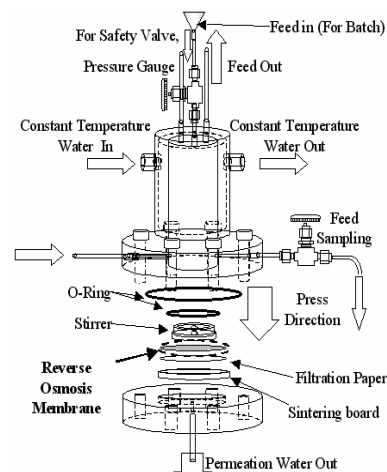


図2 逆浸透セルと膜の配置

Fundamental Study of Water Purification System Using Reverse Osmosis Membrane

Haruhiko NAKAMURA, Tomoya TSUJI and Toshihiko HIAKI

【実験】逆浸透膜に人工海水を一定時間透過させ透過流束と塩除去率を測定する塩水透過実験を行った。流路は流通式で行い、透過水の体積をメスシリンダーを用いて測定し、実験前後の原料水の塩濃度および透過水の塩濃度を導電率計およびイオンクロマトグラフを用いて測定した。透過水の体積 Q [m^3]より(1)式¹⁾を用いて透過流束 J_v [$\text{m}^3 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$]を、実験前後の原料水の塩濃度の平均値 C_1 [$\text{mol} \cdot \text{m}^{-3}$]と、透過水の塩濃度 C_2 [$\text{mol} \cdot \text{m}^{-3}$]より(2)式¹⁾を用いてみかけの除去率 R_{obs} [-]を求めた。

$$J_v = \frac{Q}{At} \quad (1)$$

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

ここで、 A は膜面積 [m^2]、 t は測定時間 [s]である。実験は測定時間60～90 min、温度25℃および35℃、圧力5 MPa～20 MPaの条件で行った。人工海水として3.5 wt%の塩化ナトリウム水溶液を用い、塩化ナトリウムは関東化学(株)製の純度99.5%のものを用いた。導電率計は(株)堀場製作所製のDS-51を、イオンクロマトグラフは日本ダイオネクス(株)製のDX-320を用いた。

3. 結果および考察

温度25℃および35℃、圧力5 MPa～20 MPaの条件で塩水透過実験を行った。透過流束 J_v を図3、みかけの除去率 R_{obs} を図4に示す。透過流束は高圧になるにつれ値は増加していく傾向が見られ、温度は35℃のほうが高い値が得られた。透過流束は(3)式¹⁾で示されるような直線の式で理論的に表すことが可能であり、図3にその直線を示した。

$$J_v = L_p (\Delta P - \sigma \cdot \Delta \pi) \quad (3)$$

ここで、 L_p は純水透過係数 [$\text{m}^3 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{Pa}^{-1}$]、 σ は反発係数 [-]、 $\Delta \pi$ は浸透圧 [Pa]である。しかし実際は高圧領域において直線から外れてくる点が見られた。このような点では膜がつぶれて孔が小さくなり、流束が低下する圧密化現象が起こっていると予想される。

一方、みかけの除去率については5 MPaにおいてやや低い値を示し、10 MPa以上の高圧領域において25℃では99.7%付近、35℃では99.4%付近で一定になる傾向が見られた。除去率の変化は、図4および図5より圧力増加に伴い塩の透過流束 J_s が増加しているにもかかわらず、高圧における除去率が高いことから、塩の透過量でなく純水のみの透過量の割合に

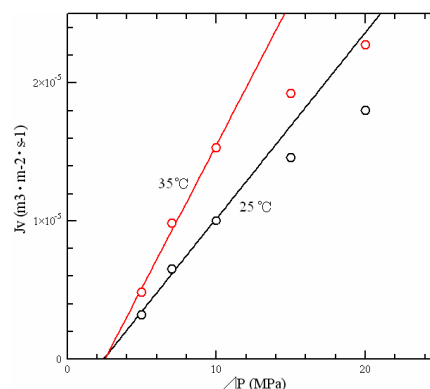


図3 圧力 ΔP に対する透過流束 J_v の変化

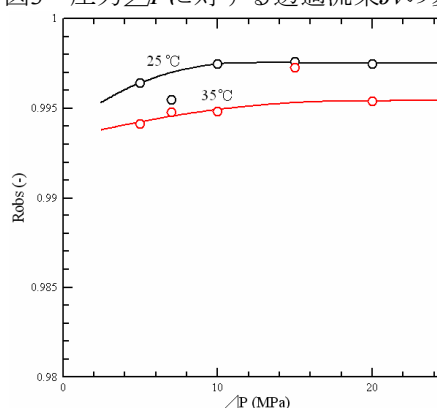


図4 圧力 ΔP に対するみかけの除去率 R_{obs} の変化

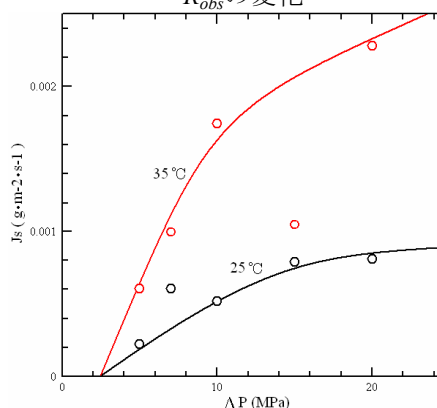


図5 圧力 ΔP に対する塩透過流束 J_s の変化

依存することがわかる。これらの結果より、膜の性能は純水の透過量が重要な要素となることが考えられる。

今後は本実験で得られたデータを基礎として、油濁海水処理を想定した既存の膜の特性変化、透過流束および除去率への影響について追跡していく予定である。

「参考文献」

- 1) 木村尚史, 中尾真一, 大矢晴彦, 仲川勤, 膜学実験シリーズ第Ⅲ巻 人工膜編 共立出版, (1993), p.86～91