

## ナイロン6を用いる逆浸透膜の研究 (その2)

—膜特性に及ぼす操作条件の影響—

Studies on the Reverse Osmosis Membranes Prepared from Nylon-6

吉田 章一郎\*・井川 学\*・野村 博\*・山辺 武郎\*

Shōichirō YOSHIDA, Manabu IGAWA, Hiroshi NOMURA

and Takeo YAMABE

## はじめに

著者らは、ナイロン6を用いて調製した膜の製膜条件と膜性能との関係について検討し、膜性能を高めるための製膜条件について知見を得た<sup>1)</sup>。

一方、膜を固定したとき、その膜特性は使用条件によって変化することが予想される。本報では、ナイロン膜の特性についてさらに知見をうるため逆浸透用半透膜を前提にした場合に考慮する必要がある諸条件(操作圧力、原液濃度、原液温度、原液のPH)を採り上げ、操作条件の影響について検討した。

## 1. 実験

実験に使用したナイロン膜の調製は前報<sup>1)</sup>と同様に、流延法によって行なった。その製膜条件は次に示すとおりである。

キャスト液：ナイロン6 30%，ギ酸 65%，ホルムアミド 5%。

流延時の膜厚：250 $\mu$

蒸発時間：1分間(90℃) — 1分間(室温)

浸漬時間：水中にて2時間以上。

熱処理：沸騰水中に5分間浸漬。

透過試験の原液には、全て塩化ナトリウム水溶液を使用し、原液濃度による変化を測定するとき以外は0.05mole/lの濃度に固定した。原液のPHは、透過試験中随時塩酸および水酸化ナトリウム水溶液を添加して調整した。原液のPHによる影響を測定するとき以外はPH5.7~6.0で行なった。原液温度による変化を測定するときは、セルの外側にジャケットの付いたバッチ型浸透槽を使用し、恒温槽からの水をジャケットに循環して温度を調整した。その他の実験は、25 $\pm$ 1℃で行なった。操作圧力の影響を試験する場合を除いて、全て100 kg/cm<sup>2</sup>の圧力で透過試験を行なった。

原液および透過液の塩濃度は、電導度測定(LDC電導度モニター、デュアルフローセル付)によって定量した。PH調整のために添加した塩酸および水酸化ナトリウムは、微量のため測定条件では電導度として検出されなかった。したがって、電導度と塩化ナトリウム濃度は対応しているとして濃度を算出した。

膜電位の測定は、ガラス製の二室型セルを使用して行ない。試料膜はセルの中央にセットした。膜で隔てた二室には、各々0.10mole/lおよび0.05mole/lの塩化カリウム水溶液を満たし、各々の新しい溶液をマイクロチューブポンプで膜表面に送り込んだ。膜のセットは、0.10mole/lの溶液側に活性層が接するように行なった。電極には飽和カロメル電極を使用し、0.10mole/l側を陽極、0.05mole/l側を陰極とした。

## 2. 結果と考察

測定結果を、体積流束( $J_v$ )、塩流束( $J_s$ )、塩排除率(R%)について整理し、各々に与える操作圧力、原液濃度、原液温度、原液のPHの影響を、Fig. 1, 2, 3, 5, 6, に示した。 $J_v$ は水の透過速度に対応し、 $J_s$ には、理想的な半透膜に近い場合を除いて拡散による塩の流れと、体積流に伴う塩の流れが含まれる。R%は比率であるから、 $J_v$ と $J_s$ のバランスによって変化する。

## 2.1 操作圧力と原液濃度の影響

Fig. 1に操作圧力との関係、Fig. 2に原液濃度との関係を示した。 $J_v$ は圧力の上昇とともに大きくなり、濃度の増大とともに小さくなる。いずれも有効圧力差の増減による結果であり、濃度の増大は浸透圧差の増加による有効圧力差の減小をもたらす。Fig. 1で、60kg/cm<sup>2</sup>の圧力までは直線関係にあるが、60kg/cm<sup>2</sup>を越えると直線からはずれて傾きが小さくなっている。これは膜の圧密現象によって、水の透過が抑制されるためと思われる。

\*東京大学生産技術研究所 第4部

研究速報

一方、R%は圧力の上昇とともに高くなり、濃度の増大とともに低下する。J<sub>v</sub>の方は、濃度の増大によって増加するが、圧力にはあまり依存していない。しか

し三枚の試料膜のうちR%の低い膜ほど、圧力上昇によるJ<sub>v</sub>の増加がみられる。これは体積流に伴う塩の流れの割合が大きくなるためと推定される。

以上の結果から圧力によるR%の変化は主としてJ<sub>v</sub>に起因し、濃度による変化は主としてJ<sub>s</sub>に起因していることがわかる。また分離効率からみると、圧力は高い方がよく、原液濃度は、食塩水の場合0.10 mole/l以下が適当であろう。

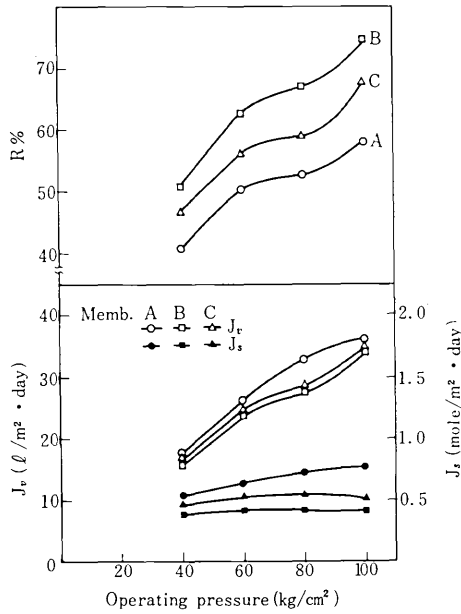


Fig. 1 Effect of operating pressure on membrane performance

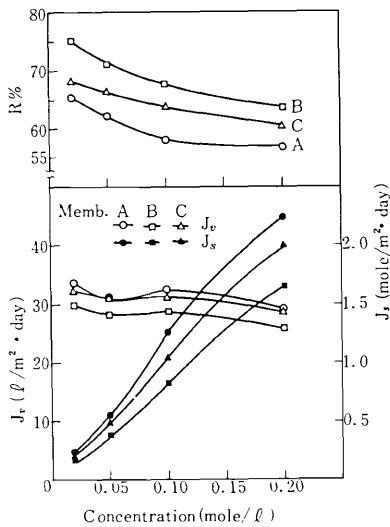


Fig. 2 Variation in membrane performance with concentration of raw solution

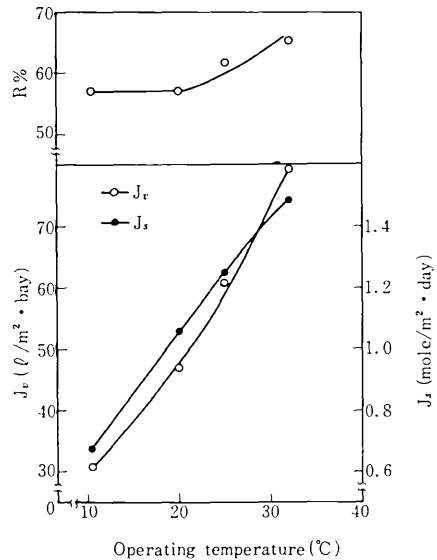


Fig. 3 Effect of operating temperature on membrane performance

研究速報

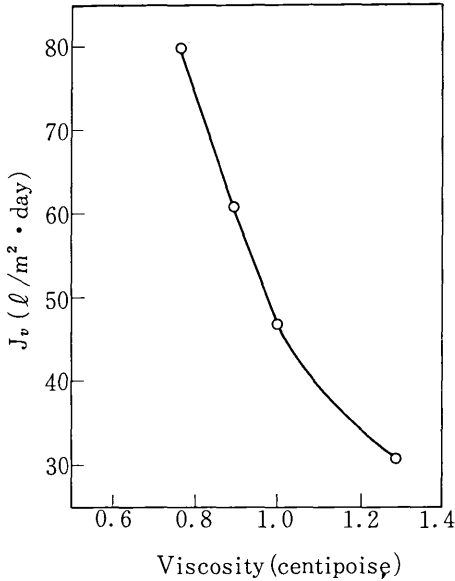


Fig. 4 Relation between volume flux and viscosity of water

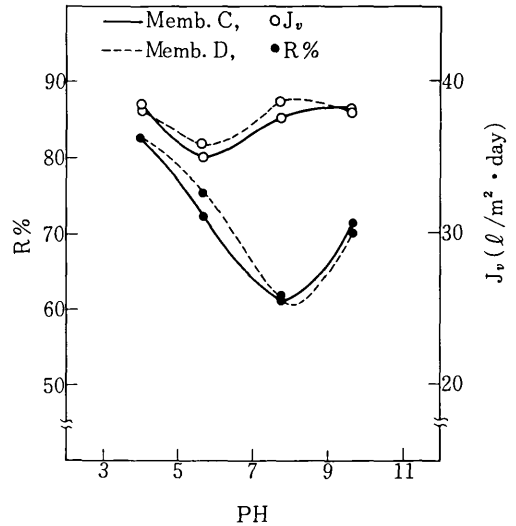


Fig. 5 Variation in salt rejection (R%) and volume flux ( $J_v$ ) with PH of raw solution

%はPH8.0付近に極小点をもつ下に凸な曲線となってPHの依存性は大きく、PH 8.0と4.0の間では約20%の差がある。 $J_s$ との関係 (Fig. 6) をみると、R%の極小点は $J_s$ の極大点に一致し、 $J_v$ の影響は少ない。

一方、膜電位とPHの関係 (Fig. 7) をみると、酸性側、塩基性側で起電力を生じ、PH 8付近を境にして電位の符号が反転している。この挙動は、弱酸性、弱塩基性交換基を持つ両性膜に類似している。<sup>2)</sup>すなわち、電位がプラスの領域 (PH 8以下) で膜がプラスに帯電し、マイナスの領域 (PH 8以上) で膜がマイナスに帯電しており、電位が大きいほど電荷密度が大きいと推定される。ナイロンは、プロトンの受け渡しをする酸アミド結合と、末端に解離性のカルボキシル基とアミノ基を持つ両性体であることから、<sup>3)</sup>このようなPHの依存性は予測できる。PHに対する膜電位と $J_s$ の変化がよく対応していることから、膜の帯電によるドナン排除効果<sup>4)</sup>が塩透過の抑制に働いていると考えられる。しかし、ドナン排除効果が最小と推定できるPH 8付近で、なおR%が60%であることから、ドナン排除効果のみで塩が排除されているとは言えない。

以上の結果を分離効率からみれば、原液は中性溶液よりも、酸性もしくは塩基性溶液の方が有利である。

(1975年1月30日受理)

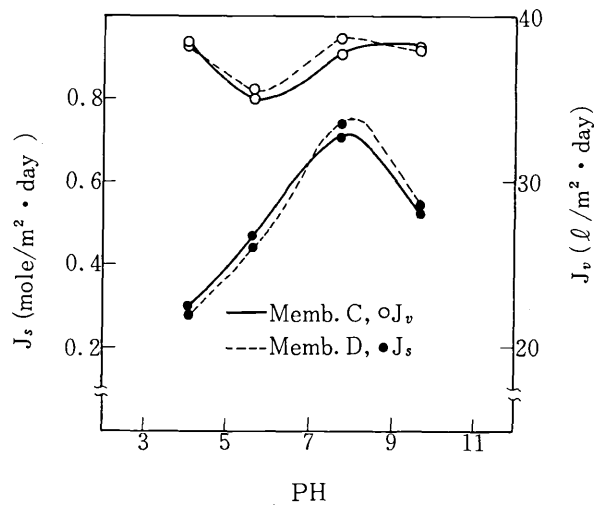


Fig. 6 Variation in salt flux ( $J_s$ ) and volume flux ( $J_v$ ) with PH of raw solution

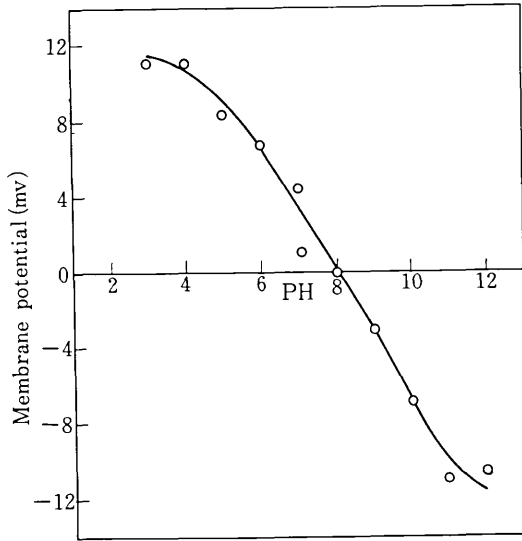


Fig. 7 Variation in the potential of Nylon membrane with PH

参考文献

- 1) 吉田, 山辺 ; 生産研究 第27巻 第1号 30~34 (1975)
- 2) H. Jacobson ; J. Phys. Chem., 66 570 (1962)
- 3) 須沢 ; 工化 第65巻 第12号 2042 (1962)
- 4) 山辺, 妹尾 ; イオン交換樹脂膜 24 技報堂

正誤表(3月号)

頁	段	行	種別	正	誤
122	右	↓24		5. 同調可能光フィルタによるスペクトル分布の測定 <sup>5)7)</sup>	同調可能光フィルタによるスペクトル分布の測定 <sup>5)6)7)</sup>
123	左	↓11		具えた	見えた
"	"	↓15	文献	電子通信学会	電気通信学会
"	右	↓3	"	電子通信学会全国大会	電気通信学会全国大会
"	"	↓18	"	電子通信学会	電子通信会
"	"	↓22	"	電気学会全国大会	電気学会全国下会
138	左	↓13	表1	共分散マトリックス	共分散アトリックス