

2

助成番号0102

放射性ヨウ素廃液処理用陰イオン交換濾紙膜の調製および
その性能評価

Inoue Hiroyoshi* and Kaibara Kozue**

*Radioisotope Institute for Basic and Clinical Medicine, Kurume University School of Medicine, *Department of Chemistry, Faculty of Science, Kyushu University

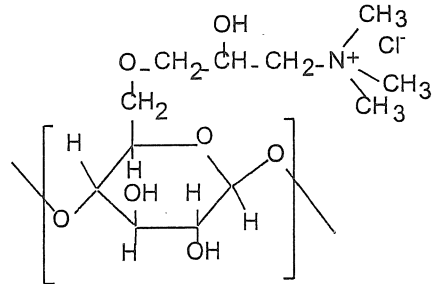
1. はじめに

医療分野での診断および治療、あるいは生物学的基礎研究では放射性ヨウ素が繁用されている。一方、放射性ヨウ素の環境中への排出の際の濃度基準は生体への易移行性並びにその生体毒性から法令上厳しく設定されている。これに対して、これまでこれら放射性廃水を安全かつ効率的に処理する方法が研究されてきたが今だ実用に至っていない。今回、我々は放射性排水を膜処理する構想を立ち上げ、その第一段階として放射性ヨウ素選択透過性を有する陰イオン交換濾紙膜の調製を行ない、その性能を電気化学的に評価した。

2. 実験方法

陰イオン交換濾紙膜は、エポキシプロピルトリメチルアンモニウム基を高交換容量となるように長繊維セルロースに導入し

(右図)、叩解・抄紙後、漉き出しによって調製した。当該濾紙膜のイオン透過特性を明らかにするため濃度濃淡系において膜電位、膜電導度およびイオン流束を測定した。それら測定結果をもとに、イオンの濾紙膜透過に関して、静電的寄与を表す導電性膜透過係数(P)および濾紙膜内の挙動の寄与を表す拡散性膜透過係数(P^0)を算出し、膜透過性を定量的に評価した。



3. 結果および考察

エポキシプロピルトリメチルアンモニウムを用いて交換基を導入した長繊維パルプは、わずかに褐色を帯びたが、イオン交換基導入前の長繊維パルプと同様に均質な濾紙膜を調製することができた。また、調製した濾紙膜は $4.2 \mu\text{mol cm}^{-2}$ と非常に大きなイオン交換容量を示した。当該濾紙膜のイオン流束は既存の濾紙膜より 1 桁小さい、 $10^{-5} \text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 程度の値を示した。 ^{125}I と ^{36}Cl の膜透過を比較すると、濾紙膜中での拡散過程では両者の間に差はないものの、静電的過程、すなわち外液/濾紙膜の分配の過程で ^{125}I は ^{36}Cl に比して約 3.4 倍の優位性を有していることが明らかとなった。

4. 結論

高いイオン交換容量を有する陰イオン交換濾紙膜を用いることによって放射性廃水から放射性ヨウ素を選択的に除去できる可能性があることが示唆された。今後は濾紙膜の含水率の抑制とともに機械的強度の増加が課題となる。

2

助成番号 0102

放射性ヨウ素廃液処理用陰イオン交換濾紙膜の調製およびその性能評価

助成研究者： 井上 浩義 (久留米大学医学部放射性同位元素施設)

共同研究者： 甲斐原 梢 (九州大学大学院理学研究院)

① 研究目的

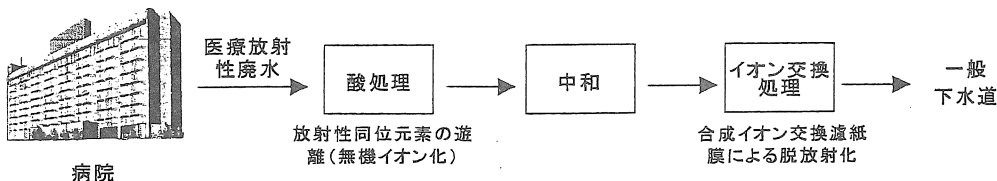
放射性ヨウ素は生物学的基礎研究並びに医療分野での診断および治療に繁用される核種の一つである。一方、放射性ヨウ素の環境中への排出の際の濃度基準は生体への易移行性並びにその生体毒性から法令上厳しく設定されている。この傾向は近年更に強まり、国際放射線防護委員会 (ICRP) の 1990 年勧告を取り入れることによって平成 13 年 4 月 1 日より施行された改正放射線障害防止法および改正医療法施行規則は、放射性ヨウ素の排気中濃度限度を従来 of 5 分の 2 に、排水中濃度限度を従来 of 5 分の 3 にするよう求めている。また、平成 11 年 9 月に発生した茨城県東海村の「JOC」での核臨界事故を受けて、国民の放射性物質に対する懸念は従来以上のものになっており、放射性同位元素使用事業所からの放射性ヨウ素廃液の環境中への排出はますます慎重を期さねばならなくなっている。

これに対して我々は、空間的占有を必要とせず、最終的に放射性可燃物として処分できる陰イオン交換濾紙膜を用いた放射性廃液からの放射性ヨウ素の除去に関する研究を行ってきた。現在まで、濾紙膜内にジメチルアミノエチル基を均質に有する膜を用いて、放射性ヨウ素の濾過型除去 (*RADIOISOTOPES* 49(5), 266-270, 2000) および選択的透過濃縮 (*Appl. Radiat. Isotopes* 52, 1407-1412, 2000 および *Appl. Radiat. Isotopes* 54(4), 595-602, 2001) について研究を行い、陰イオン交換濾紙膜はその電気化学的特性から放射性ヨウ素を濾紙膜に効果的に吸着させ、その結果として共イオンの存在下でも放射性ヨウ素の選択的膜透過が起こることを明らかにした。

我々はこれらの濾紙膜を用いて、特に、医療機関から排出される医療放射性廃水処理工程の開発を最終目標とする (図 1)。現在、本邦では 1,200 余りの医療機関が *in vivo* 検査に放射性医薬品を使用しており、その数は近年わずかではあるが増加し、また、供給される放射性医薬品の量も平成 12 年度で 552TBq と 5 年前に比較して約 13% も増加している (2001 年日本アイソトープ協会調査)。また、今年度、PET 診断の保険適用が拡大されたことから、今後は、多くの医療機関で当該診断が普及し、それに伴って、超短半減期核種の排出も予想される。従って、放射性医薬品投与患者の排泄指導や下水の管理は、急を要する問題となっている。実際に、現状では、この問題に対する対処は必ずしも十分とは言えず、実際、我々の研究では都市下水汚泥中に核医学検査で使用された ^{99m}Tc や ^{67}Ga などの放射性核種が確認されている (*RADIOISOTOPES* 50(3), 343-352, 2001)。

上記研究計画の中で、本研究課題では、濾紙膜内にトリメチルヒドロキシプロピルアミン基 (-OCH₂CH(OH)CH₂N⁺(CH₃)₃Cl⁻) を高密度に導入することによって、陰イオン交換濾紙膜の交換容量を上げ、更に当該濾紙膜の放射性ヨウ素選択透過性を非平衡熱力学に基づいて解析を行うことによって、新規濾紙膜の開発を行うことを目的とする。

図1. 医療放射性廃水処理の概念



② 研究方法

1. 濾紙膜の調製

セルロース単位に強塩基性陰イオン交換基として「エポキシプロピルトリメチルアンモニウム基」(導入方法は *J. Appl. Polym. Sci.* 77, 171-183, 2000 に従った) を導入した長繊維パルプを作成した(図2)。

交換基の導入方法を簡潔に記す。長繊維パルプを室温で2時間水酸化ナトリウム溶液と反応させ、十分に洗浄後、1%酢酸溶液で中和し、再び洗浄した。その後、2日間室温で風乾させた。環流濃縮装置につないだ三つ首フラスコの中に、300mlのジメチルホルムアミド、10mlのトリプロピルアミン、および30gの上記長繊維パルプを入れ、攪拌しながら90℃で1時間加熱した。その後、90℃に保ったまま、全体を攪拌しながらエポキシプロピルトリメチルアンモニウムクロライド(EPTMAC)を滴下した。添加終了後、温度を徐々に120℃まで上げ、1時間反応させた。その後、長繊維パルプをフラスコより取り出し、エタノール/メタノール(50/50 v/v)の混合液、1%(v/v)塩酸溶液、および脱イオン水で十分に洗浄して乾燥させた。長繊維パルプは未反応のEPTMACを取り除くために、エタノールで繰り返しソックスレー抽出し、恒量になるまで80℃で3日間乾燥させた。交換基を導入した長繊維パルプは、線維表面が十分に交わることができるように叩解し、水に分散させた。パルプ懸濁液をナイロンネット(100 mesh)で漉すことによって濾紙膜を成型し、更に、不織布に挟んでローラーで圧力をかけることによって余分な水分を除去した。更に、60℃のホットプレート上で残留した水を除いた。

長繊維パルプはエポキシプロピルトリメチルアンモニウム基を導入することによって、若干褐色を帯びた。図3に当該イオン交換基を導入する前の長繊維パルプで調製した濾紙

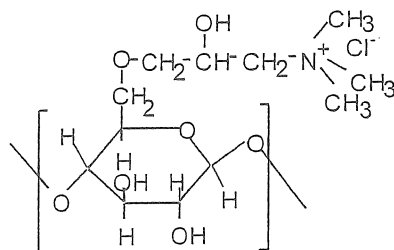


図2. エポキシプロピルトリメチルアンモニウム基を導入したセルロースの化学構造

膜および導入後の長繊維パルプで調製した濾紙膜の写真を示す。イオン交換基を導入した場合であっても通常の長繊維パルプと同様に製膜が可能であった。なお、図3の濾紙膜の顕微鏡写真(100倍)を図4に示すが、両濾紙膜とも十分に線維が絡み合っており、叩解の効果が十分に発揮されていることが明らかとなった。

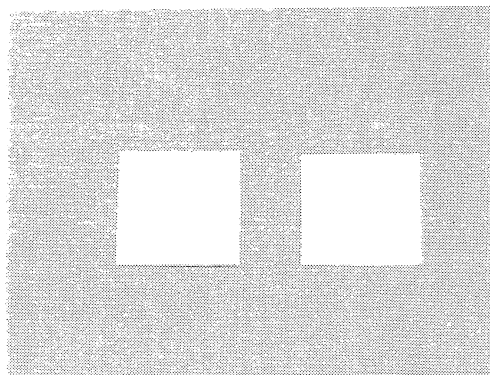


図3. 無処理の長繊維パルプによって調製した濾紙膜(左)およびエポキシプロピルトリメチルアンモニウム基を導入した長繊維パルプによって調製した濾紙膜(右)

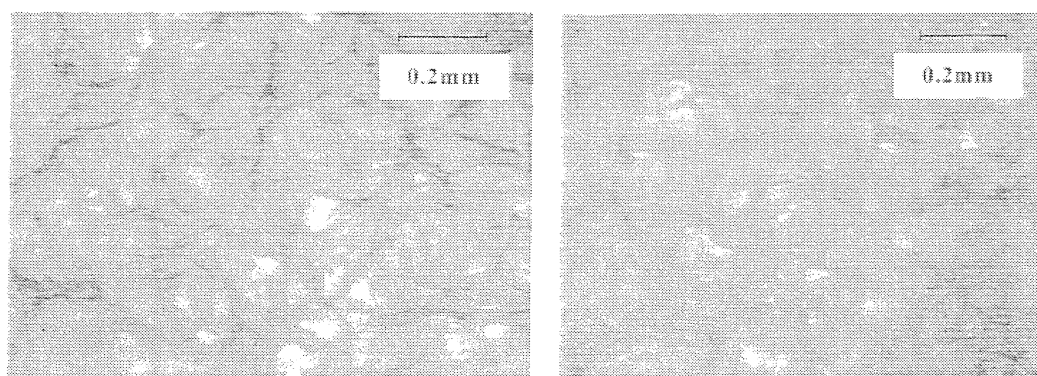


図4. 図3で示した濾紙膜の顕微鏡写真(50倍)。左は無処理の長繊維パルプによって調製した濾紙膜。右はエポキシプロピルトリメチルアンモニウム基を導入した長繊維パルプによって調製した濾紙膜(右)

調製した濾紙膜は、交換容量を測定するため、一定量の濾紙膜を測り取り、袋状のガーゼに入れ、 $1 \text{ mol dm}^{-3} \text{ NaOH}$ に浸漬し、濾紙膜をOH型にした。次にこの濾紙膜片をNaOHの滲出が認められなくなるまで脱イオン水中に入れて攪拌した。次に5% NaCl溶液に入れ、その一部を正確に測り取り、メチルレッド・メチレンブルー混合指示薬を用いて $0.1 \text{ mol dm}^{-3} \text{ HCl}$ で滴定した。

2. 電気化学的測定

今回用いた Na^{125}I 溶液は、 ^{125}I (NaOH 溶液; Amersham-Pharmacia) と非放射性 NaI

(ナカライテスク)とを超純水 ($\geq 17 \text{ M}\Omega$) に溶解することによって調製した. 同様に、 Na^{36}Cl 溶液は、 ^{36}Cl (NaCl 溶液; Amersham-Pharmacia) と非放射性 NaCl (ナカライテスク) を用いて調製した.

調製した濾紙膜を用いた濃淡系での膜電位、膜電導度、およびイオン流束は図5の測定セルを用いて測定した. なお、すべての測定は $25 \pm 1^\circ\text{C}$ で行なった.

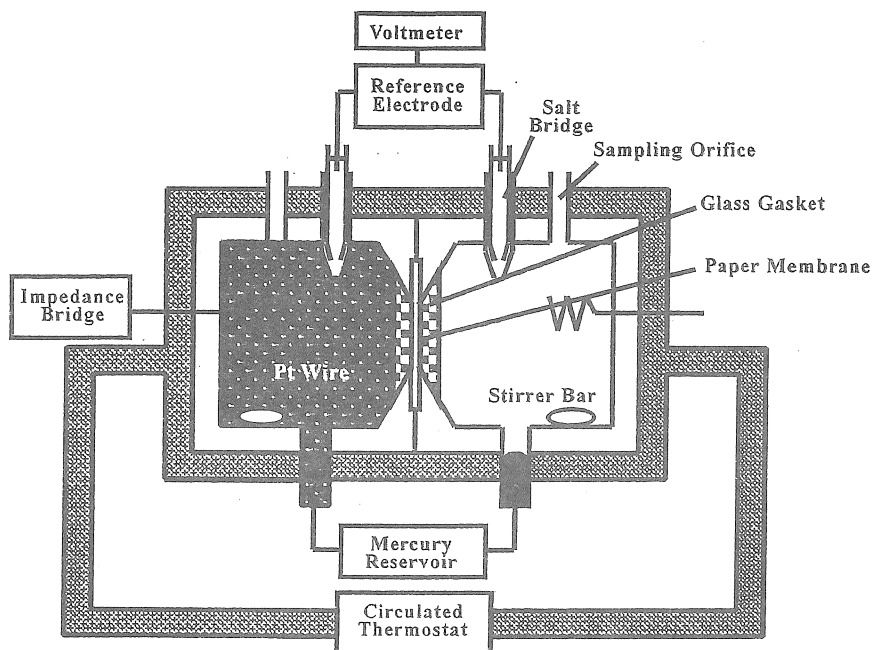


図5. 電気化学的測定用セル

膜電位は Ag/AgI 電極を高入力インピダンス電位計 (Takeda Riken; TR6856) に接続して測定した. 膜電導度は各チャンバーを水銀で満たし電導度電極 (白金線) をインピダンスブリッジ (Yokogawa-Hewlett-Packard; 4255A) に接続して測定した. また、各溶液相は 90 rpm で常時攪拌した.

実験は、以下の Na^{125}I および Na^{36}Cl 濃淡系にて行った.

溶液相 I	濾紙膜相	溶液相 II
Na^{125}I or Na^{36}Cl	陰イオン交換	Na^{125}I or Na^{36}Cl
$1 \times 10^{-3} \sim 1 \times 10^{-1} \text{ mol dm}^{-3}$	濾紙膜	$1 \times 10^{-2} \text{ mol dm}^{-3}$

ヨウ化物イオンの膜流束は ^{125}I の放射カウンターの時間的変化を γ 線シンチレーションカウンタ (Wallac-Berthold; 1470 Wizard) を用いて測定した. 塩化物イオンの膜流束は ^{36}Cl の放射カウンターの時間的変化を液体シンチレーションカウンタ (Beckman; LS6500) を用いて測定した. 対イオンとしての Na イオンの膜流束は全膜電流が零との実験条件の下で

はヨウ化物イオンの膜流束と等しいと推定した。

③ 研究結果

1. 理論

非平衡熱力学に基づく膜透過理論に従えば(例えば, Kimizuka et al., 1983), 膜透過係数行列の各々の因子, $P_{\alpha, \beta}$ (α or $\beta = \text{Na}$ or I) は物質の膜透過における下付文字で表される因子の寄与を定量的に表すことができる. 系①では以下のような行列式で表すことができる.

$$\begin{bmatrix} J_{\text{Na}} \\ J_{\text{HA}} \end{bmatrix} = - \begin{bmatrix} P_{\text{Na,Na}} & P_{\text{Na,HA}} \\ P_{\text{HA,Na}} & P_{\text{HA,HA}} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_{\text{Na}}^{\text{II}} \exp(FV/2RT) - a_{\text{Na}}^{\text{I}} \exp(-FV/2RT) \\ a_{\text{HA}}^{\text{II}} \exp(-FV/2RT) - a_{\text{HA}}^{\text{I}} \exp(FV/2RT) \end{bmatrix} \quad (1)$$

ここで, J は濾紙膜を透過するイオン流束, V は膜電位, a はイオン活量, F はファラデー一定数, R は気体定数, そして T は絶対温度である. 上付の I および II は溶液相の番号を表す. なお, (1) 式では溶媒(水)の流束は無視できるものと仮定している.

Na^+ および $\text{HA}^{\cdot-}$ (I および Cl⁻ を示す) についての電導性膜透過係数, P_{Na} および P_{HA} , は(1) 式の行列因子の関数として膜電位および膜電導度測定の結果から求めることができる:

$$\begin{aligned} P_{\text{Na}} &= P_{\text{Na,Na}} - P_{\text{HA,Na}} \\ &= \frac{t_{\text{Na}} G_m RT}{F^2 (a_{\text{Na}}^{\text{I}} a_{\text{Na}}^{\text{II}})^{1/2}} \frac{[F(V - V_{\text{Na}})/2RT]}{\sinh[F(V - V_{\text{Na}})/2RT]} \end{aligned} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} P_{\text{HA}} &= P_{\text{HA,HA}} - P_{\text{Na,HA}} \\ &= \frac{t_{\text{HA}} G_m RT}{F^2 (a_{\text{HA}}^{\text{I}} a_{\text{HA}}^{\text{II}})^{1/2}} \frac{[-F(V - V_{\text{HA}})/2RT]}{\sinh[-F(V - V_{\text{HA}})/2RT]} \end{aligned} \quad (3)$$

ここで t は輸率そして G_m は膜電導度である. V_{Na} および V_{HA} は Na^+ および $\text{HA}^{\cdot-}$ について Nernst 式から計算された平衡膜電位である.

一方, 濾紙膜を流れる電流が零の場合には, (1) 式は以下のように減縮される.

$$\begin{bmatrix} J_{\text{Na}} \\ J_{\text{HA}} \end{bmatrix}_{I=0} = - \begin{bmatrix} P_{\text{Na}}^0 & 0 \\ 0 & P_{\text{HA}}^0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_{\text{Na}}^{\text{II}} \exp(FV_0/2RT) - a_{\text{Na}}^{\text{I}} \exp(-FV_0/2RT) \\ a_{\text{HA}}^{\text{II}} \exp(-FV_0/2RT) - a_{\text{HA}}^{\text{I}} \exp(FV_0/2RT) \end{bmatrix} \quad (4)$$

ここで, V_0 は膜電流零の場合の膜電位, P_{Na}^0 および P_{HA}^0 はそれぞれ, Na^+ および I^- についての拡散性膜透過係数である. これらの係数はイオン流束および膜電位の測定によって求めることができる.

なお, 解析のための Na^{125}I および Na^{36}Cl 水溶液の活量係数は Robinson & Stokes の係数を用いて Kielland の方法に従って算出した.

2. 膜電位, 膜電導度, およびイオン流束

Na^{125}I および Na^{36}Cl 系ともに膜電位は, 理想的に陰イオン選択性を示す Nernst 対応

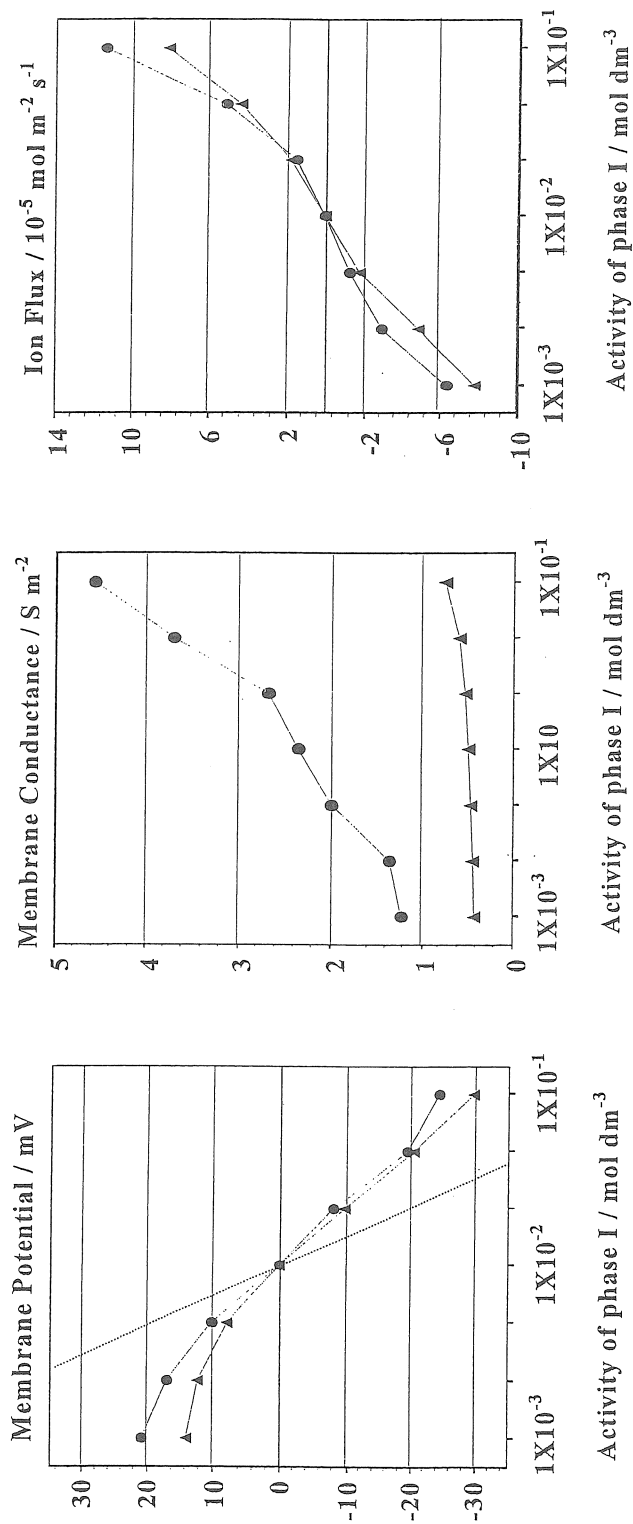


図6. Na²⁵I および Na³⁶Cl 濃淡系における膜電位 (左図)、膜電導度 (中央)、およびイオン流束 (右図)

横軸は、溶液相 I の平均活量を示す。図中の記号●は Na²⁵I 系を、記号▲は Na³⁶Cl 系を示す。

また、膜電位における点線は、Nernst 式によって導かれた値を表す。

から乖離しており、特に I 相側の溶液濃度が小さい範囲では、その乖離度が大きくなる傾向が観察された (図 6 左)。この膜電位データから計算した陰イオン (^{125}I および ^{36}Cl) の見掛けの輸率は Na^{125}I 系では平均 0.73 であり、 Na^{36}Cl では平均 0.72 となり、両者に差はなかった。膜電導度は通常の高分子系イオン交換膜と同様に I 相側の外液濃度の増加に伴って大きくなる外液依存性を示した (図 6 中央)。しかし、 Na^{36}Cl 系ではその増加の程度は小さく、I 相側の外液濃度が $1 \times 10^{-3} \text{ mol dm}^{-3}$ の場合に比べて $1 \times 10^{-1} \text{ mol dm}^{-3}$ では約 2 倍にとどまった。一方、 Na^{125}I 系では、同じ濃度間で約 4 倍の増加となっており、その結果、I 相側の外液濃度が $1 \times 10^{-1} \text{ mol dm}^{-3}$ の時には、膜電導度は Na^{125}I 系は Na^{36}Cl 系の約 8 倍となった。イオン流束は Na^{125}I 系と Na^{36}Cl 系との間にほとんど差はなく、同様の变化を示した (図 6 右)。しかし、本研究で調製した濾紙膜は、単位体積あたりの長繊維パルプ使用量を増加させ、叩解も十分に行ない、濾紙膜の線維密度が大きくなったこと、および四級アンモニウム基を高密度に導入したことから、市販されている濾紙あるいは我々が以前に調製した濾紙膜 (ジエチルアミノ基導入) に比して、イオン流束は $1/10 \sim 1/15$ となった。

3. 導電性膜透過係数および拡散性膜透過係数

上記 2 で計測された膜電位および膜電導度より、理論項の (3) 式を用いて導電性膜透過係数を算出した (図 7)。導電性膜透過係数は Na^{125}I 系および Na^{36}Cl 系ともに I 相側の

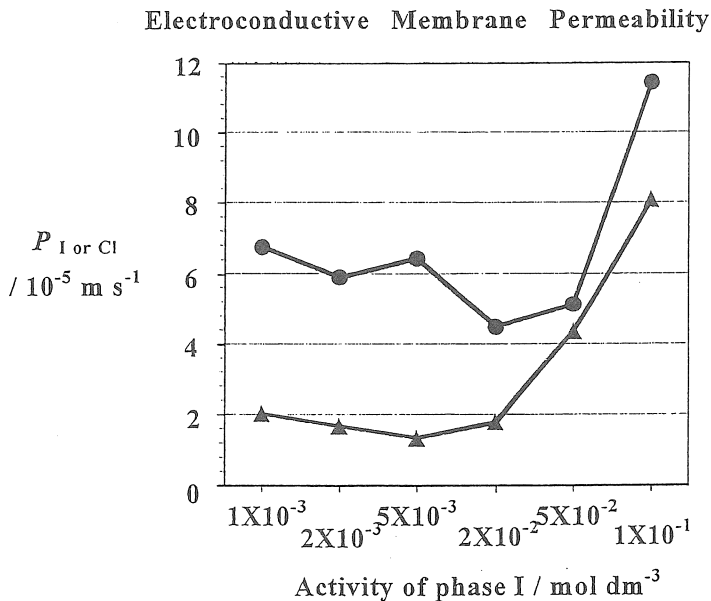


図 7. 導出された導電性膜透過係数

横軸は溶液相 I の平均活量を示す。

図中の記号●および▲は ^{125}I および ^{36}Cl の導電性膜透過係数をそれぞれ示す。

溶液濃度が大きい濃度範囲では次第に大きくなる傾向が見られたが、全濃度範囲を通して ^{125}I の透過性が ^{36}Cl の透過性を上回り、I相側の溶液濃度が $1 \times 10^{-2} \text{ mol dm}^{-3}$ 以下の範囲ではその比は常時3倍を超えており、 ^{125}I に対する高い選択性を有することが明らかとなった。これは、溶液/濾紙膜間の静電的作用によるイオン分配が ^{125}I の方が、 ^{36}Cl よりも大きいことによる。一方、イオンの濾紙膜内での拡散過程を評価するために導出された拡散性膜透過係数は Na^{125}I 系と Na^{36}Cl 系との間に差はなかった(図8)。これは、今回調製した濾紙膜は、通常の高分子イオン交換膜に比して10~50倍ほど大きなイオン流束を有することから、濾紙膜内の拡散過程でのイオン速度に差が現われにくいことに起因するためと思われる。

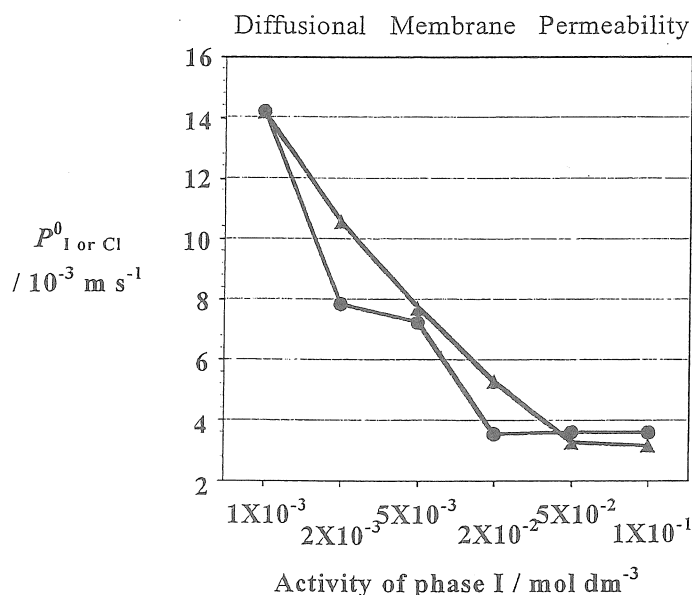


図8. 導出された拡散性膜透過係数

横軸は溶液相Iの平均活量を示す。

図中の記号●および▲は ^{125}I および ^{36}Cl の拡散性膜透過係数をそれぞれ示す。

④ 考察

本研究にて調製したエポキシプロピルトリメチルアンモニウム基導入濾紙膜は、従来我々が調製してきたジエチルアミノエチル基導入濾紙膜あるいはその半分を四級化した濾紙膜に比して、陰イオン選択性が高くなった(見掛けの輸率にして0.1以上)。また、静電的作用によって生ずるイオン選択透過性が ^{125}I に比して ^{36}Cl は約3倍大きいという結果を得た。これは、今回調製したエポキシプロピルトリメチルアンモニウム基導入濾紙膜が種々のイオンが混在した放射性廃水から ^{125}I を選択的に除去する目的のためには良好な特性を有することを示唆したものである。その反面、次項の今後の課題とも密接に関係するが、

濾紙膜という素材の特性上、膜の含水率は高く、高い電荷密度を実現したものの、見掛け上の輸率は理想的な陰イオン選択性を実現できなかった。今後は、接着物質の添加、あるいは架橋等も選択肢に入れて、濾紙膜の含水率低下と機械的強度を上げる必要がある。

⑤ 今後の課題

濾紙膜についての今後の課題は前項に記載したが、放射性廃水処理システムとしての今後の課題は山積している。本報告書には示さなかったが、我々は既に調製した濾紙膜を用いて電気透析システムによる処理を試行しているが、一般的な電気浸透法と同様に、(1) 廃水の前処理の問題、(2) 電力効率の問題、などの他に、(3) 集積させた¹²⁵Iの揮散防止策の問題、(4) システム全体の放射線防護方法の問題など、放射性物質特有の問題も存在する。しかし、これらは技術的に解決し得ない問題ではなく、今後、精力的に研究を重ねていく所存である。

⑥ 文献

Baouab, M. H. V., Gauthier, R., Gauthier, H., Chabert, B., Rammah, M. E. B., 2000.

Immobilization of Residual Dyes onto Ion-Exchanger Cellulosic Materials. *J. Appl. Poly. Sci.* 77, 171-183.

Helferich, F. G., "Ion Exchange" McGraw-Hill, New York (1962).

Inoue, H. 2002. Transport of ¹²⁵I and ³⁶Cl across an anion-exchange paper membrane. *Appl. Radiat. Isotopes* 56, 659-665.

Inoue, H. 2001. Influence of glucose and urea on ¹²⁵I transport across an anion exchange paper membrane. *Appl. Radiat. Isotopes* 54, 595-602.

Inoue, H., Kagoshima, M., 2000. Removal of ¹²⁵I from radioactive experimental waste with anion exchange paper membrane. *Appl. Radiat. Isotopes* 52, 1407-1412.

Inoue, H., Kaibara, K., Ohta, N., Nakabo, S., Fujita, A., Kimizuka, H., 1988. Ion transport across charged ultrafiltration membrane, aqueous metal chloride solution-sulfonate polysulfone membrane system. *Mem. Fac. Sci. Kyushu Univ.* 16, 137-148.

Kaibara, K., Inoue, H., Kimizuka, H., 1987. Multi-ionic potential and membrane permeability

matrix. II. Na^+ - Ca^{2+} bi-ionic system with a cation-exchange membrane and effects of Cl^- on cation transport. *Bull. Chem. Soc. Jpn.* **60**, 3175-3181.

Kaibara, K., Kumagai, K. and Inoue, H.: Study of Ion Transport across Amphoteric Ion-Exchange Membrane. VI. Multi-Ionic Potential, Membrane Permeability, and Ion-Sieve Effect, *Bull. Chem. Soc. Jpn.*, **66**, 77-82, 1993.

井上浩義, 鹿子島眞弓, 2002. トリメチルヒドロキシプロピルアミノ基を有する陰イオン交換濾紙膜による放射性廃液からの ^{125}I の分離. *RADIOISOTOPES* **51**, 19-25.

鹿子島眞弓, 井上浩義, 2000. 濾紙膜を用いた放射性実験廃液からの ^{125}I の濾過型除去. *RADIOISOTOPES* **49**, 266-270.

Kielland, J., 1937. Individual activity coefficients of ions in aqueous solutions. *J. Am. Chem. Soc.* **59**, 1675-1678.

Robinson, RA., Stokes, RH., 1965. "Electrolyte Solutions", Butterworths, London.

Preparation of Anion Exchange Paper Membrane for Treating Radioactive Waste and Evaluation of Ion Transport Characteristics

Inoue Hiroyoshi* and Kaibara Kozue**

*Radioisotope Institute for Basic and Clinical Medicine, Kurume University School of Medicine.

**Department of Chemistry, Faculty of Science, Kyushu University

Summary

The use and disposal of radioactive waste containing ^{125}I is strictly regulated by laws because ^{125}I is readily absorbed into the body and represents a significant health hazard. The regulations are most commonly complied with by storing the radioactive waste appropriately and allowing the material to decay naturally. Many researchers have investigated the possibility of reducing the volume stored material by filtering ^{125}I from general radioactive waste through the use of columns packed with an anion exchange resin or activated charcoal. Although some of these techniques provide high rates of ^{125}I removal, column-based methods are problematic in that the apparatus is typically bulky, the columns require frequent regeneration, and the regeneration process generates new radioactive waste. In the present study, we examine the characteristics of anion exchange paper membrane with high ^{125}I permselectivity using a new type paper membrane, prepared by using an epoxy propyltrimethylammonium group. We systematically analyzed the ionic electrochemical properties of a Na^{125}I or Na^{36}Cl concentration-cell system using the prepared anion exchange membrane on the basis of nonequilibrium thermodynamics.

The electroconductive membrane permeability of ^{125}I , representing the solution/membrane ion distribution due to electrostatic effects, is higher than that for ^{36}Cl in all cases. On the other hand, the diffusional membrane permeability of ^{125}I , representing the migration speed of ions within the membrane phase, is almost same as that for ^{36}Cl . In the paper membrane treated with an epoxy propyltrimethylammonium group, ^{125}I solution/membrane distribution process is effective to separate ^{125}I from radioactive waste that has been contaminated with chloride ion. These findings indicate the potential utility of paper membranes prepared in this way.