

1

助成番号 0001

陰イオン交換濾紙を用いた放射性実験廃液からの放射性ヨウ素の除去

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科)

研究目的

放射性ヨウ素は、生物学的基礎研究なら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が、その環境への排出基準は厳しく、その処理は各放射性同位元素使用事業所において重大な関心事となっている。これに対して、本研究課題では、放射性ヨウ素廃液を簡便かつ効率的に濾過あるいは濃縮処理するための陰イオン交換濾紙膜の調製ならびにその性能評価を非平衡熱力学に基づく現象論方程式を用いて検討することを目的とする。

研究方法

交換基としてトリメチルヒドロキシプロピルアミノ基、ジエチルアミノエチル基あるいはこのジエチルアミノエチル基を一部四級化した交換基を導入したセルロースを濾紙膜保持用の長繊維セルロースと混合し、叩解・抄紙することによって濾紙膜を作成した。調製した濾紙膜の ^{125}I 選択透過特性を明らかにするため Na^{125}I および Na^{36}Cl 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。更に、イオンの選択透過過程をイオンと交換基との静電的作用および濾紙膜内のイオンの拡散作用を定量化するため線形非平衡熱力学に基づく現象論方程式から導電性膜透過係数および拡散性膜透過係数を導出して濾紙膜評価の一助とした。

研究結果

今回調製した濾紙膜は、その交換容量の低さから高い陰イオン選択性を得ることができなかった(見かけの輪率：0.6~0.7)。しかし、一方では、膜電導度およびイオン流束測定から今回調製した濾紙膜はいずれも ^{36}Cl よりも ^{125}I に高い選択性を有することが明らかとなった。この選択的透過性に関して更に詳細に検討するために、上記二種の膜透過係数を導出したところ、 ^{125}I の ^{36}Cl に対する高いイオン選択性を実現するためには、静電的過程に関しては、部分的に四級化したジエチルアミノエチル基を導入した濾紙膜が有利であるという結果が得られた。また、一方で、イオンの拡散過程に関しては、交換基としてトリメチルヒドロキシプロピルアミノ基を導入するのが有利であることも明らかとなった。今後は、濾紙膜内へのイオン交換基の高密度な導入が不可欠であると同時に、使用するセルロースの種類および長さを試用することによって、大量の放射性廃液を安全かつ効率的に処理できる、高いイオン選択性および大きな機械的強度を有する濾紙膜の開発が必要となる。

1

助成番号 0001

陰イオン交換濾紙を用いた放射性実験廃液からの放射性ヨウ素の除去

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科）

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、放射性ヨウ素の排水基準は本年4月1日施行の改正放射線障害防止法でも従来以上に厳しく規制されることとなり、その処理は各放射性同位元素使用事業所において重大な関心事となっている。加えて、1999年9月に発生した茨城県東海村の「JCO」東海事業所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となっており、放射性同位元素使用施設からの放射性廃液の排出には更なる留意が必要となってきた。

現在、放射性ヨウ素廃液に対する処理方法は数種存在するが（NBS 1951）、その中では、物理的減衰を待つ貯蔵法と非放射性水による希釈法を組み合わせる方法が一般的である。しかし、当該方法では大きな貯留スペースを要することから、放射性ヨウ素廃液の貯留体積を減少させる試みとして、陰イオン交換樹脂あるいは活性炭を充填したカラムを用いて放射性ヨウ素を吸着濃縮させる方法が試行され良好な成績を得ている（例えば、Radioisotopes, 27, 98-100 (1978)など）。しかし、これらの方法では当該カラムそのものの安全処理の問題が生じること、並びに、そのようなカラム法では廃液中に共存する物質により、短時間のうちに処理効率が減少し、最終的に、放射性ヨウ素吸着率が低下することなどから実用化には至っていない。

これに対して、我々は、カラムのように空間的な占有を必要とせず、最終的に放射性可燃物処理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い、その電気化学的特性から放射性ヨウ素が膜に効率的に吸着され、その結果として共イオンの存在下でもヨウ化物イオンの選択的透過が起こることを明らかにした（Inoue and Kagoshima, 2000; Kagoshima and Inoue, 2000）。しかし、その一方で、使用した市販陰イオン交換濾紙膜が交換基としてジエチルアミノエチル基を有する弱塩基性陰イオン交換濾紙膜であり、また、その交換容量が小さいことから、濾過型並びに濃縮型の双方において絶対量として十分な放射性ヨウ素の除去が成し得なかった。

本課題においては、各種交換基を濾紙膜内に導入した濾紙膜の開発並びに開発された濾紙膜に対する放射性ヨウ素の選択吸着性あるいは選択透過性の非平衡熱力学を用いた現象論方程式による解析について研究を実施することによって、新規放射性廃液処理用濾紙膜の開発並びにその処理至適条件の検討を行うことを目的とする。

② 研究内容

2.1 濾紙膜の調製

濾紙膜は長繊維無灰パルプと交換基としてトリメチルヒドロキシプロピルアミノ基 ($\cdot\text{OCH}_2\text{CH}(\text{OH})\text{CH}_2\text{N}^+(\text{CH}_3)_3\text{Cl}^-$) を導入した長繊維セルロース (QA52) 並びにジエチルアミノエチル基 ($\cdot\text{O}(\text{CH}_2)_2\text{NH}^+(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{OH}^-$) を導入した長繊維セルロースの乾燥型 (DE23) および膨潤型 (DE53) を用いて濾紙膜を調製した。なお、DE53 はその交換基の半分は四級アンモニウム化している。

濾紙膜の調製は、無灰パルプと QA52、DE23 あるいは DE53 とを所定の割合で混合後(表 1 参照)、叩解し、水に分散させた。均一に分散されていることを確認した後、金属網 (100 mesh) で抄紙し、5 分間静置した。その後、不織布に挟み込み、更にその周りを吸水布で覆い、上から重石をおくことによって脱水した。なお、この工程は 5 分ごとに吸水布を交換し、合計 30 分間実施した。さらに、不織布ごと 90°C のヒートプレートの上に移し、圧着作業を行いながら、1 時間乾燥させた。

表 1 に調製した濾紙膜の種類をイオン交換容量と共にまとめる。更に、調製された濾紙膜の顕微鏡写真を図 1 に示す。

表 1.

名称	セルロースの混合割合 (%)				交換容量 (mEq g ⁻¹)
	QA52	DE23	DE53	無灰 ¹ 率 ²	
QA52(S)	46	—	—	54	0.10
QA52(L)	86	—	—	14	0.20
DE23(S)	—	46	—	54	0.090
DE23(L)	—	86	—	14	0.17
DE53(S)	—	—	15	85	0.090
DE53(L)	—	—	52	48	0.22

<交換容量測定法>

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、1 mol dm⁻³ NaOH に浸し、濾紙膜を OH 型にした。次にこの濾紙膜片を NaOH の漏出が認められなくなるまで脱イオン水中に入れた。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 mol dm⁻³ HCl で滴定した。

2.2 電気化学的測定およびイオンフラックスの測定

今回用いた Na¹²⁵I および Na³⁶Cl 溶液は、¹²⁵I および ³⁶Cl (Amersham-Pharmacia) と非放射性 NaI および NaCl (ナカライテスク) とを超純水 (≥17 MΩ cm⁻¹) にそれぞれ溶解することによって調製した。

濾紙膜の膜電位および膜電導度は図 2 の測定セルを用いて測定した。

図 2 において、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、測定中、各溶液相は 90 rpm で常時攪拌した。

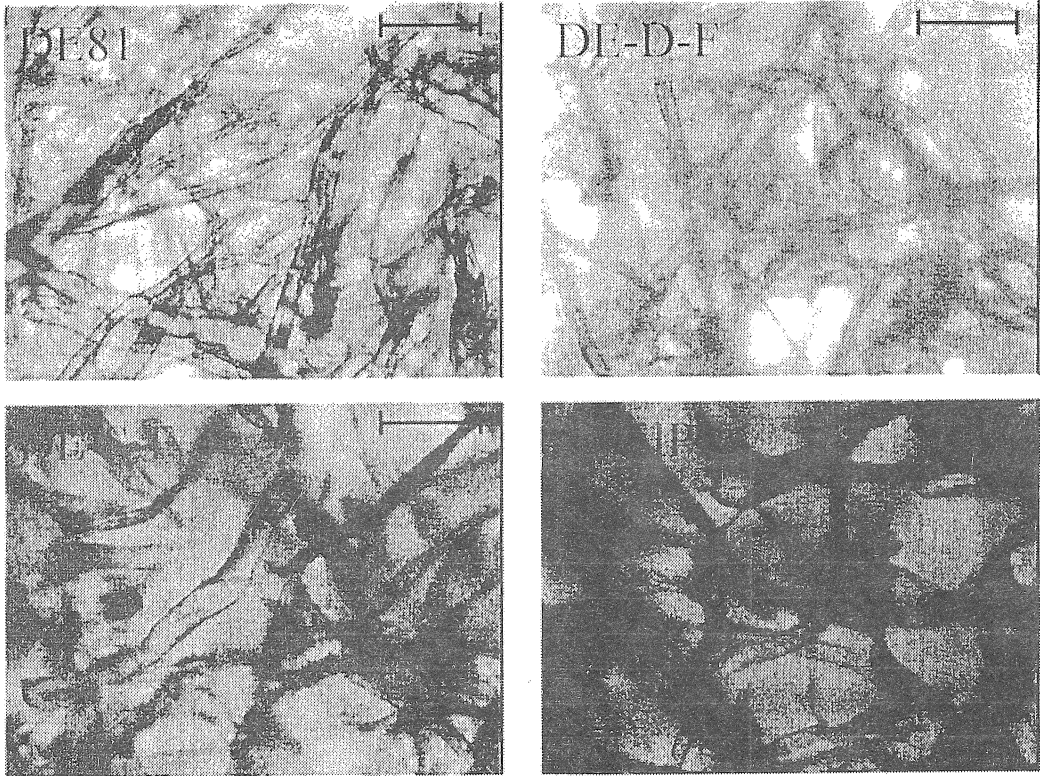


図1. 調製された濾紙膜

DE-D-F, DE-S-F および TMHP-F は表 1 における DE23(S), DE53(S) および QA52(S) を指し、比較のため市販の DE81 も一緒に示した。なお、図中の横棒は 100 μm を表す。

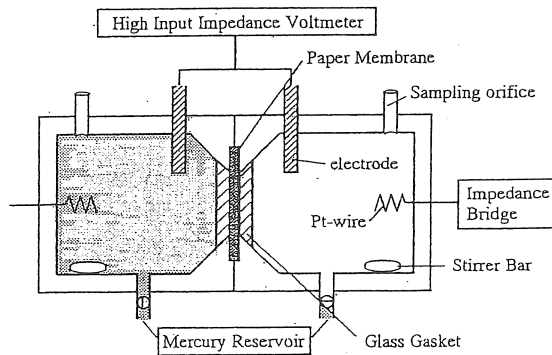


図2. 電気化学的測定用セル

実験は以下の系に於いて行った。

溶液相 I	濾紙膜相	溶液相 II
Na ¹²⁵ I または Na ³⁶ Cl: 3 1.0 ⁻³ ~ 1.0 ⁻¹ mol dm ⁻³		Na ¹²⁵ I または Na ³⁶ Cl: 1.0 ⁻² mol dm ⁻³ に固定

ヨウ化物イオンの膜流束は ¹²⁵I 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; Wizard 1480) を用いて測定した。また、塩化物イオンの膜流束は、³⁶Cl の放射カウンターの時間変化を液体シンチレーションカウンタ (Beckman Coulter; 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あるいは塩化物イオンの膜流束と等しいと仮定した。

③ 研究結果

3.1 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 β = Na or I or Cl) 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。本研究の系では以下のような行列式で表すことができる。

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

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。下付の Na および HA は Na イオンおよび I イオンあるいは Cl イオンを表している。 V_{Na} および V_{HA} は Na⁺ および I あるいは Cl について Nernst 式から計算された平衡膜電位である。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 I についての電導性膜透過係数, P_{Na} および P_I , 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:

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

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

ここで t は輸率そして G_m は膜電導度である。

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。

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

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^- あるいは Cl^- 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。

3. 2 実験結果

今回調製した濾紙膜の $Na^{125}I$ および $Na^{36}Cl$ 濃淡系における膜電位測定結果を図3に示す。各濾紙膜とも陰イオン選択性を示したものの図3中で点線で示す Nernstian Response に比してその勾配は小さく、その陰イオン選択度は小さかった。このことは図4に示す見かけの輸率からも明らかであり、今回調製した濾紙膜では全濃度範囲において約 0.6~0.7 と小さかった。しかし、そのような中でも濾紙膜中の交換容量の増加は直接 ^{125}I あるいは ^{36}Cl の選択性の増加につながった。また、選択性は C_{NaI}^I/C_{NaI}^{II} あるいは $C_{NaCl}^I/C_{NaCl}^{II} > 5$ あるいは C_{NaI}^I/C_{NaI}^{II} あるいは $C_{NaCl}^I/C_{NaCl}^{II} < 1/5$ の濃度範囲では低下する傾向にあり、今回調製した濾紙膜に関しては濃度勾配の小さな場合により有効であることが示唆された。

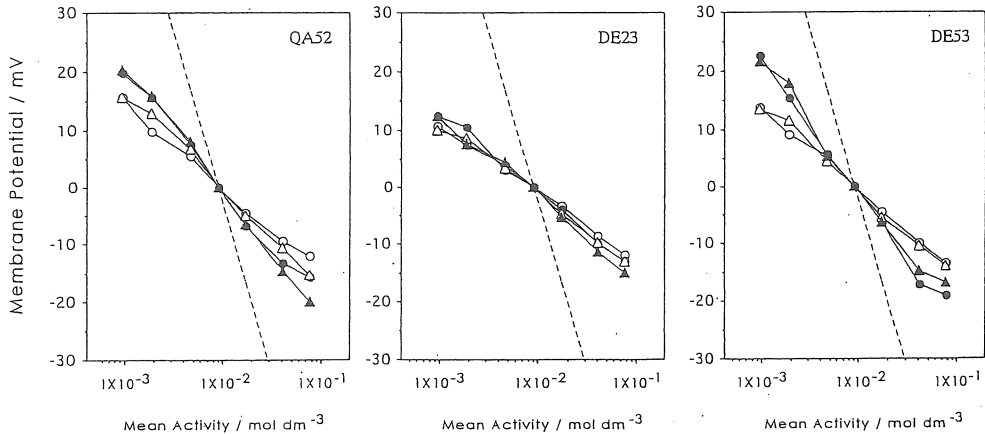


図3. 調製した濾紙膜における $Na^{125}I$ および $Na^{36}Cl$ 濃淡系膜電位

横軸は溶液相 I の平均活量を示す。図中の丸印 (○および●) は $Na^{125}I$ 系における膜電位を示し、三角印 (△および▲) は $Na^{36}Cl$ 系における膜電位を示す。また、中空記号 (○および△) は交換容量の小さい濾紙膜 (表1で(S)として表示) を、そして中充記号 (●および▲) は交換容量の大きな濾紙膜 (表1で(L)として表示) を表す。また、図中の点線は Nernstian Response を示す。

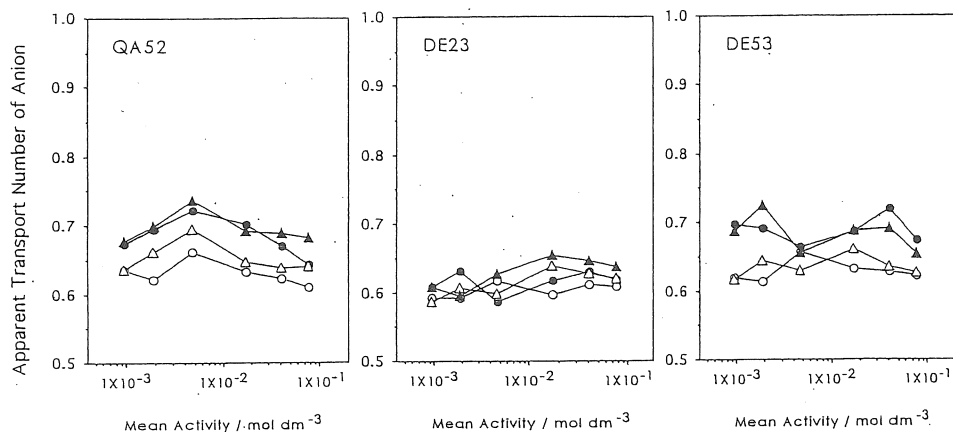


図4. 調製した濾紙膜における ^{125}I および ^{36}Cl の見かけの輸率
 横軸は溶液相 I の平均活量を示す. その他、図中記号等はすべて図3と同じ.

今回調製した濾紙膜については、膜電位では ^{125}I と ^{36}Cl との選択性に大きな差異は観察されなかったが、図5に示す膜電導度に関しては Na^{125}I 系と Na^{36}Cl 系との間には大きな違いが生じた。 Na^{125}I 系および Na^{36}Cl 系ともに、高分子系陰イオン交換膜や両性イオン交換膜と同様に、外部電解質濃度の増加に伴ってその膜電導度が増加した。低濃度域での Na^{125}I 系の膜電導度は Na^{36}Cl 系のその約2倍の値を示し、高濃度域ではその差は4~8倍と更に開いた。溶液電導度を測定すると同一濃度における Na^{125}I 溶液と Na^{36}Cl 溶液との電導度の差はほとんど存在せず、今回の電導度測定の結果は Na^{125}I と Na^{36}Cl との濾紙膜内濃度の差が反映された結果だと思われる。実際、ここにはデータを示していないが、今回電気化学的測定に供した系について濾紙膜内濃度を調べると、水にて溶出される画分 (Donnan 塩に相当) に関しては、 Na^{125}I 系と Na^{36}Cl 系では全濃度範囲 (I 相側濃度: $1 \times 10^{-3} \sim 1 \times 10^{-1} \text{ mol dm}^{-3}$) において両者に差はなかったものの、 $0.5 \text{ mol dm}^{-3} \text{ NaOH}$ で溶出される画分 (交換基に結合したイオン量に相当) に関しては Na^{125}I 系の方が Na^{36}Cl 系より2倍以上多く、膜電導度のデータを裏付けた。また、濾紙膜の種類別にその膜電導度の値を比較してみると QA52 の値が最も小さく、続いて DE23、DE53 と大きくなった。この傾向は I 相側の溶液濃度が高くなればなるほど顕著となった。

しかし、これら濾紙膜に関する電導度データは高分子系陰イオン交換膜に比して10倍近く小さく、また両性イオン交換膜に比しては100倍近く小さかった。このことは濾紙膜のイオン選択性を論ずる上で重要である (Kaibara et al., 1987, 1988)。

^{125}I および ^{36}Cl のイオン流束は今回調製した濾紙膜すべてにおいて大きく、DE81 濾紙膜の2~5倍の大きさを示した (Inoue and Kagoshima, 2000) (図6)。更に、この値は、高分子系の陰イオン交換膜や両性イオン交換膜に比べると10倍~100倍の大きさであり、今回調製した濾紙膜のイオン透過性が大きいことを示している。このイオン流束に関して

も Na^{125}I 系での値が Na^{36}Cl 系よりも常に大きな値となった。膜電導度では Na^{125}I 系と Na^{36}Cl 系との差異が最も小さかった QA52 は高濃度領域で Na^{36}Cl 系に対して Na^{125}I 系のイオン流束が非常に大きなものとなり、QA52 は ^{125}I イオン選択透過性に関して拡散過程での寄与が大きいことが明らかとなった。

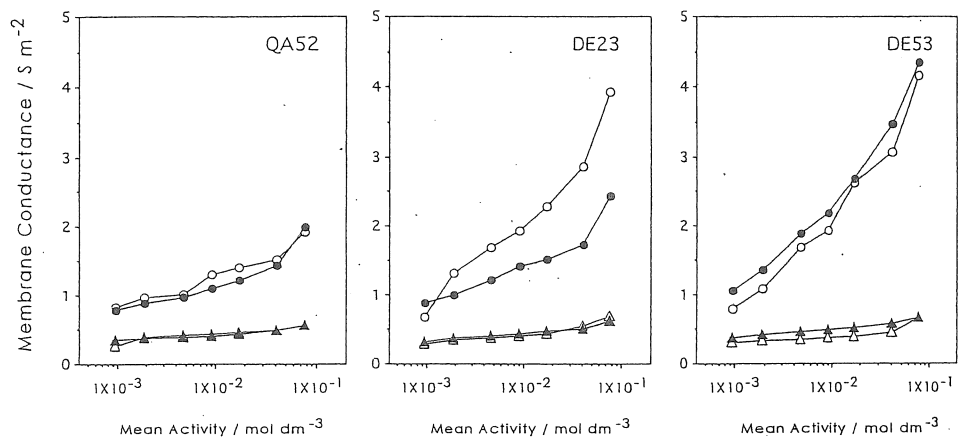


図5. 調製した濾紙膜の膜電導度
横軸は溶液相 I の平均活量を示す。図中の記号等は図3と同じ

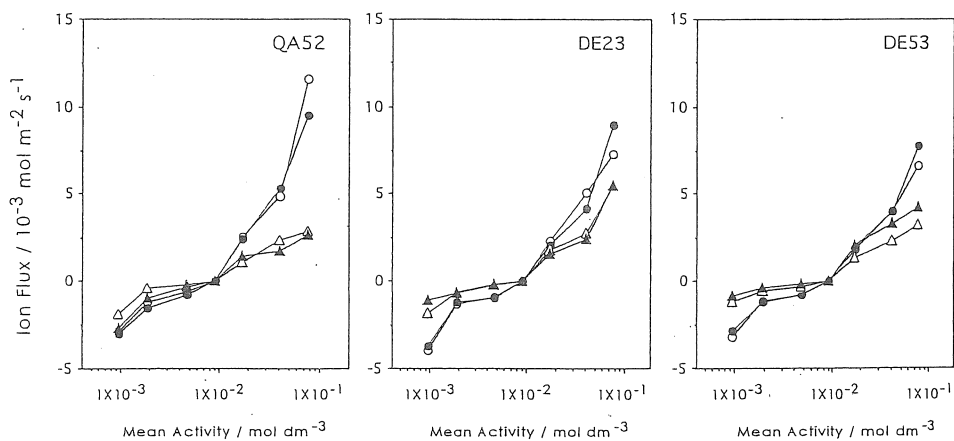


図6. 調製した濾紙膜の ^{125}I および ^{36}Cl のイオン流束
横軸は溶液相 I の平均活量を示す。図中の記号等は図3と同じ。

図3、4および6で示されたデータ並びに式(2)および(3)を用いて今回調製した濾紙膜の導電性膜透過係数を求めた(図7)。各透過係数の値はI相側の溶液濃度の増加とともに減少し、今回調製した濾紙膜は電気的寄与によるイオン選択性に関する限り、低濃度域での使用が有利であることが明らかとなった。また、 ^{125}I と ^{36}Cl との透過性を比較した場合、すべての濾紙膜において ^{125}I の透過性が ^{36}Cl のそれに比して優れており、特に、DE53の場合には全ての濃度域で P/P_{Cl} の値が他の二濾紙膜に比して大きく、電気的に優れた選択性を有することが明らかとなった。

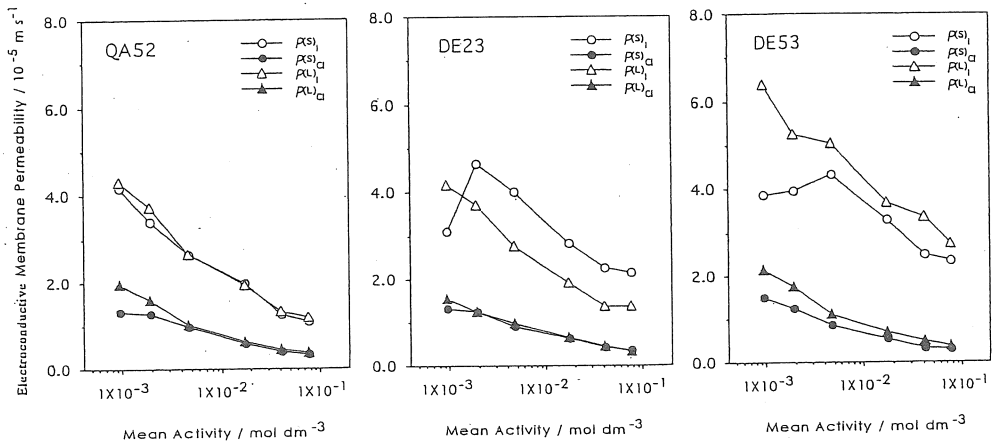


図7. 調製された濾紙膜における導電性膜透過係数

横軸は溶液相Iの平均活量を示す。記号に関しては図中に示す。上付(S)および(L)は表1に示す記号と対応している。

図3および図6で示されたデータおよび式(4)を用いて、今回調製した濾紙膜の拡散性膜透過係数を求めた(図8)。ここでは拡散性透過係数は外部溶液濃度との相関性は全ての場合において見出せなかった。更に、ここではDE23およびDE53に関して ^{125}I と ^{36}Cl の差異はなかった。これに対してQA52はイオン流束の結果から予想されたように ^{125}I の拡散性膜透過係数は ^{36}Cl のそれよりも常に大きな値を示した。

④ 考察

イオンの選択的膜透過を論ずる場合にはイオンとイオン交換基との静電的相互作用並びに膜内のイオンの拡散作用を定量化し、論ずることが重要である。今回調製した濾紙膜に関しては ^{125}I と ^{36}Cl の二種のイオンのみでその評価を行ったが、 ^{125}I の ^{36}Cl に対する高いイオン選択性を実現するためには、静電的過程に関しては、部分的に四級化したジエチルアミノエチル基を導入した濾紙膜が有利であるという結果が示唆された(図6)。一方、イオンの拡散過程に関しては、交換基としてトリメチルヒドロキシプロピルアミノ基を導

入するのが有利であることが示唆された(図7)。また、いずれの場合にせよ、 ^{125}I に対する高い選択性を得るためには、濾紙膜内への四級アンモニウム基の導入が不可欠であることが明らかとなった。また、それら四級アンモニウム基を導入した濾紙膜であっても三級アミン基を高密度に導入した DE81 濾紙膜には陰イオン選択性が及ばなかったことから、交換基の導入密度も ^{125}I の選択透過性にとって重要な因子であることは自明である。

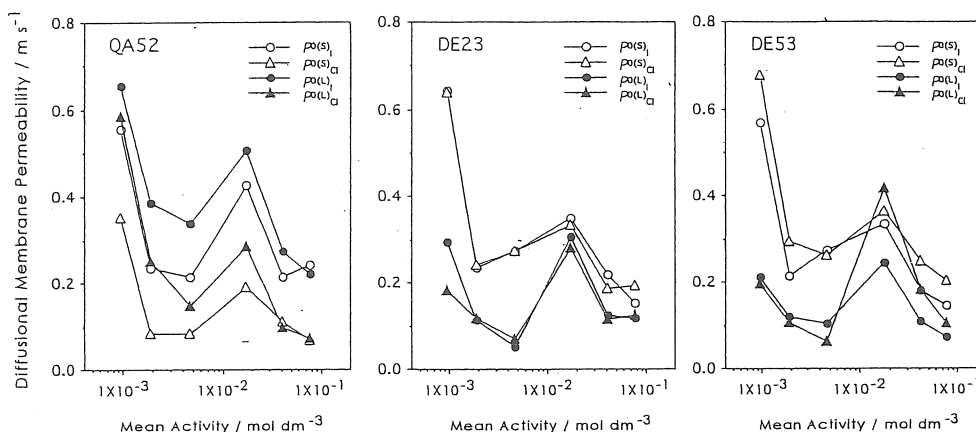


図8. 調製した濾紙膜における拡散性膜透過係数

横軸は溶液相 I の平均活量を示す。記号に関しては図中に示す。上付(S)および(L)は表1に示す記号と対応している。

⑤ 今後の課題

今回調製した濾紙膜について電気化学的測定を行った結果、より高い ^{125}I の高い選択性を得るためには濾紙膜への四級アンモニウム基の高密度な導入が不可欠であることが明らかとなった。その一方で、高分子系イオン交換膜に比して、大きなイオン流束が得られることは大量の放射性廃液を安全かつ効率的に処理する濾紙膜の利点である。今後は、原料として種々の種類および長さのセルロースを用い、四級アンモニウム基を高密度に導入することによって更にイオンの選択透過性を上げ、かつ機械的強度の強い濾紙膜を作成する試みが必要である。

⑥ 参考文献

- ・ Kagoshima M, Inoue H. 2000. Filtration of ^{125}I from radioactive experimental waste with paper membrane. *Radioisotopes* 49, 13-17 (Japanese).
- ・ 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, Inoue H, Tsuruyama S, Kimizuka H. 1988. Study of ion transport across amphoteric ion-exchange membrane. V. Nonequilibrium thermodynamic analyses of ion selectivity. *Bull Chem Soc Jpn* 61, 1517-1525.
 - Kimizuka H, Nagata Y, Kaibara K. 1983. Nonequilibrium thermodynamics of the ion and solvent transports through ion-exchange membrane. *Bull Chem Soc Jpn* 56, 2371-2379.
 - Inoue H, Kagoshima M. 2000. Removal of ^{125}I from radioactive experimental waste with anion exchange paper membrane. *Appl Radiat Isotopes* 52(6), 1407-1412.
 - Inoue H. 2001. Influence of glucose and urea on ^{125}I transport across an anion exchange paper membrane. *Appl Radiat Isotopes* 54, 595-602.
 - Tasaka M, Wada C, Nagasawa M. 1980. Anomalous osmosis and salt concentration dependence of the reflection coefficient in charged membrane. *J Membrane Sci* 6, 171-183.

Removal of ^{125}I from radioactive experimental waste using an anion exchange paper membrane

Hiroyoshi Inoue* and Kozue Kaibara**

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

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

Summary

The removal of ^{125}I from the radioactive iodine waste generated by biological experiments, medical treatment and diagnoses, through the use of an anion exchange paper membrane was investigated in our laboratory. The membrane was created by homogeneously applying diethylaminoethyl or trimethylhydroxypropyl amino group to a paper membrane so as to modify the permselectivity of ^{125}I through the membrane.

The transmembrane potential, membrane conductance, and ion flux were measured to quantitatively evaluate the ^{125}I selective transport performance, which is controlled by the modes of ionic migration within the paper membrane and by the ionic distribution between the membrane and the solution phases.

Phenomenological analyses of the membrane transport processes are performed utilizing linear formulations relating the thermodynamic driving forces to the fluxes across membrane in terms of non-equilibrium thermodynamics. An appropriate set of linear phenomenological equations formulating the coupling of driving forces and fluxes can be derived for the various transport phenomena arising across a membrane.

A cellulose-paper anion exchange membrane was employed in the present experiments. Aqueous solution phases I and II were separated by the paper membrane, where Na^{125}I or Na^{36}Cl in phase I was varied between 1×10^{-3} and 1×10^{-1} mol dm $^{-3}$, and Na^{125}I or Na^{36}Cl in phase II was maintained constant at 10^{-2} mol dm $^{-3}$.

Electroconductive permselectivities of anions were larger than those of cations over the measured concentration range. Notably, the P/P_0 ratio at 10^{-3} mol dm $^{-3}$ phase I increase to 2 - 3. This characteristic appears advantageous for the separation of ^{125}I from radioactive waste that has been contaminated with various anions. The permeabilities of all the diffusional membrane systems tested in this study were almost identical except an anion exchange paper membrane treated with trimethylhydroxypropyl amino group.

As a result, the separation with an anion exchange paper membrane is appropriate to remove ^{125}I from radioactive experimental waste. However, in order to achieve the purpose, it is important to introduce more ion exchange group into paper membrane.