

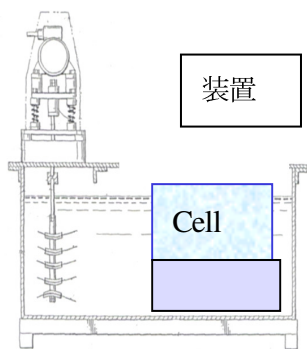
膜におけるイオン輸送に及ぼす高次場の影響に関する研究II

助成研究者 東京工業大学・大学院理工学研究科 谷岡 明彦  
 皆川 美江  
 松本 英俊  
 共同研究者 九州大学・大学院理学研究院 山内 昭  
 東京大学・生産技術研究所 吉田章一郎  
 静岡大学・工学部 須藤 雅夫  
 東海大学・開発工学部 岩本 和敏  
 横浜国立大学・大学院理工学研究科 太田健一郎

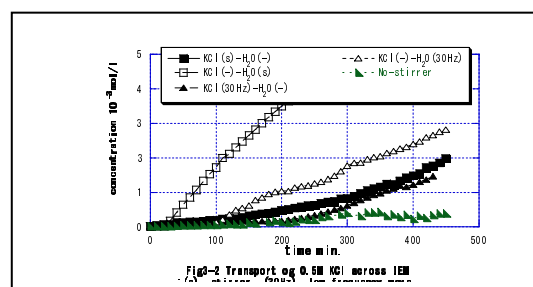
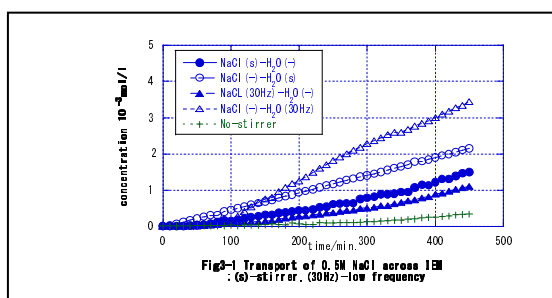
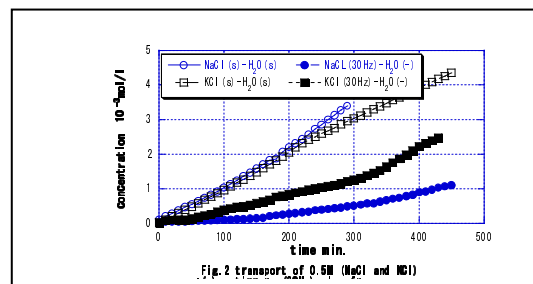
東京工業大学 谷岡 明彦らは前回の助成で低周波振動による物質透過の影響を明らかにし、引き続き低周波振動攪拌による影響を行った。

本研究では物質の種類および攪拌振動方法による透過への影響への検証するために透過物質は塩化ナトリウムおよび塩化カリウムを使用した。今回は市販されているイオン交換膜を使用し、物質輸送の透過実験を行った結果、イオン交換水側への攪拌の方が電解質側攪拌より高い透過を示すことが判明した。この結果から膜界面の濃度により物質輸送が異なることが解明された。なお低周波振動攪拌の透過現象は時間の遅れが生じた。

低周波振動が膜の構造や膜界面に影響を及ぼす一方、電解質への影響をも及ぼしていると推察される。



結果





7

助成番号 0407

## 膜におけるイオン輸送に及ぼす高次場の影響に関する研究

助成研究者	東京工業大学・大学院理工学研究科	谷岡 明彦
		皆川 美江
		松本 英俊
共同研究者	九州大学・大学院理学研究院	山内 昭
	東京大学・生産技術研究所	吉田章一郎
	静岡大学・工学部	須藤 雅夫
	東海大学・開発工学部	岩本 和敏
	横浜国立大学・大学院工学研究科	太田健一郎

## 1. はじめに

膜中のイオン輸送は、膜面に対して法線方向の力によって駆動される。一般的にこの駆動力として浸透圧(濃度差)、電位差、静水圧差が利用される事が多いが、温度差、磁場等についても多く検討されている。これらの駆動力を単独または複数に組み合わせ、膜を介して物質の透過・分離を行うことが出来る。我々は目的とする物質の輸送に直接関係する駆動力を一次的場とよぶことにする。一方このような因果関係の明確な駆動力とは別に理論的にまた多くの実験的事実や経験的に物質の輸送が効果的に行われる様々な[場]が存在する。たとえば最近の理論では膜界面に平行な電場が界面分極の効果を低減し、輸送や分離効果を上昇させたり、流れに直角方向の磁場が分離効率を上昇させるという経験則が報告されている。さらに超音波利用やレーザー光照射による海水の淡水化やジェット噴流による物質分離等など輸送現象を現在の理論だけでは整理できない事実が多く報告されるようになった。我々はこれらの現象を支配する因子を[高次場]と呼ぶ。しかし高次場によりもたらされる現象には事実関係が明確でないものが多く、今後物質・分離をさらに進める上で非常に大きな障害となり始めている。ここでは数種類の高次場に関して研究の中から低周波振動に関する研究を昨年から行なってきた結果、透過物質違いによる透過現象の影響を論じることとした。

## 2. 次場について

イオン(物質)の輸送現象に影響を及ぼす高次場として一般的に考えられるものを次に示す。

## 1) アンフォテリック表面に平行な電場

- 2) 電磁波
- 3) 超音波
- 4) 低周波振動
- 5) レーザー光照射
- 6) ジェット噴流
- 7) 酸化チタン等の反応場
- 8) 微生物による反応場

アンフォテリック表面に平行な電場に印加すると、膜界面で渦電流が生じると去れている。このことは拡散電気二重層の領域を攪拌していることに対応していると去れている。電磁波に関しては影響について不明な点が多くあるが、膜のファウリング解消の可能性、超音波に関しては界面の濃度分極の解消に有効であると考えられている。しかし膜劣化を誘引する可能性が指摘され、低周波振動に関しては多くの研究はなく今後の研究を待たなければならない。レーザー光照射は海水の淡水化に可能性があると考えられているが不明な点が多い。ジェット噴流に関しては泥水から真水を造水する可能性があると考えられている。酸化チタンや微生物等の触媒やバイオを反応場とするものは有機合成と水の分離に大きな可能性を持っている。

これらの高次場を概観すると多くが膜におけるファウリング現象を回避するものである。上記の高次場のなかで低周波振動に関しては最も議論されていない領域である。低周波振動は人工膜におけるイオン、物質の輸送現象だけではなく生体膜から成り立っている人体にも様々な影響を与えていることが近年になり発表されるようになった。

昨年に引き続き低周波振動の影響をイオン、物質の膜透過現象の観点からさらに検討した。

### 3. 低周波振動の効果

#### 3.1 低周波振動による電解質物質の輸送の研究目的

低周波振動は生体のみならず各種機器や材料まで様々な影響を与えているといわれている。これらの影響を回避するために生態系では保護膜を自ら作り電磁波からの影響を防いでいる。

本研究では物質の種類及び攪拌振動方法による透過への影響を検証する。そのために市販されているイオン交換膜を使用し、物質輸送の透過実験により膜界面への影響を解明することへの一端と期待できる。

#### 3.2 実験

##### 3.2.1 試料(膜)

膜として一般市販イオン交換膜を使用した。透過物質は塩化ナトリウム、塩化カリウムを使用した。

膜の含水率,厚さは以下の表に示す。

膜	膜厚 (μm)	含水率 (%)
IEM	200	35

### 3.2.2 装置

#### < 低周波振動装置 >

30 Hz から 50 Hz の周波数の振動を与えることの出来る装置を作製 (日本テクノ社製) し、電解質の透過の実験装置とした。装置の概略は Fig. 1 に示す。

本装置は数枚の平行板を振動させ 30 Hz ~ 50 Hz の周波数を制御できる。

#### < 膜透過実験装置 >

膜を介して左右それぞれのセルからなっているガラス製の透過セルを使用した。本透過セルを低周波振動を行っている水槽中にいれ、低周波の影響が膜面に及ぶようにした。なおセル内の溶液が外部からの振動が一方のセルに伝播されるようなセルを工夫した。

### 3.3.1 膜透過実験

2室透過セルに膜を装着させ、一方のセルに 0.5 M の NaCl 溶液 (KCl 溶液)、もう一方のセルにイオン交換水を入れ、イオン交換水側に透過されてきた電解質の経時変化量を電気伝導度計 (東亜 CM60G) により測定した。

低周波振動攪拌振動による透過実験の比較のためスターラーによる攪拌による透過実験を行い、次の2通りである。

#### a) スターラーによる振動攪拌

両セルを攪拌した場合

片側セルを攪拌した場合 (電解質溶液側及びイオン交換水側)

#### b) 低周波振動による攪拌

電解質溶液側

イオン交換水側

まずはじめに透過実験は全く攪拌しないときの経時変化量を測定した。測定時間は 450 分とした。温度は室温で行った。

## 4. 結果と討論

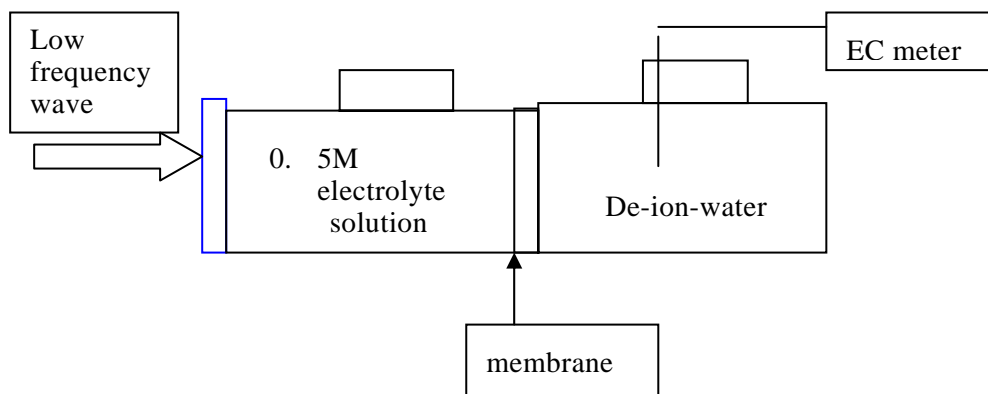
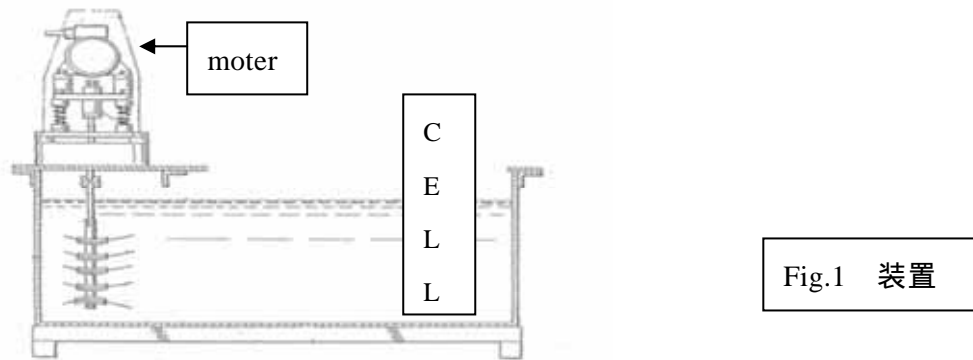
Fig. 2 にイオン交換膜 NaCl、KCl の透過実験の結果を示す。

透過実験は両セルにスターラーで攪拌と電解質側へ 30 Hz 振動を与えた場合である。スターラーによる透過実験は NaCl、KCl とともに大きな差は見られないが低周波振動による

透過においては KCl の方が輸送されやすい結果となった。 Fig. 3 に a)-2 b)-2 の実験条件における NaCl 及び KCl の結果を示す。共に電解質側の攪拌の方がイオン交換水側より低くなっている。

以上の結果から膜界面の濃度により物質輸送が事なることが解明された。なお低周波振動攪拌は透過に時間の遅れが生じた。また電解質の種類により透過の違いが生じた。これは低周波振動が膜の構造や界面または電解質に影響を及ぼしていると考えられる。振動を伝える媒体「水」が膜の界面の濃度分極に影響を与えていると考えられる。

< 装置の概略 >



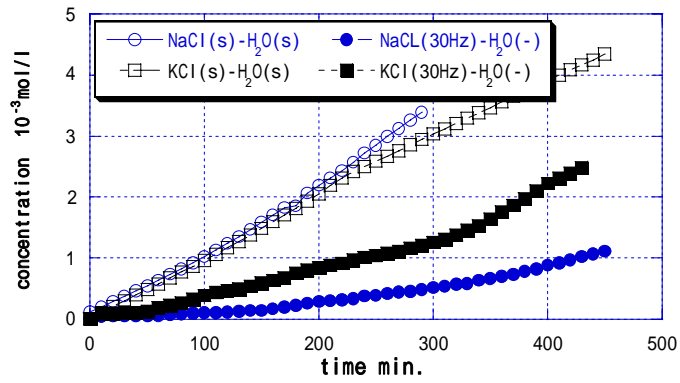


Fig.2 transport of 0.5M (NaCl and KCl)  
;(s)- stirrer, (30Hz)- low frequency wave

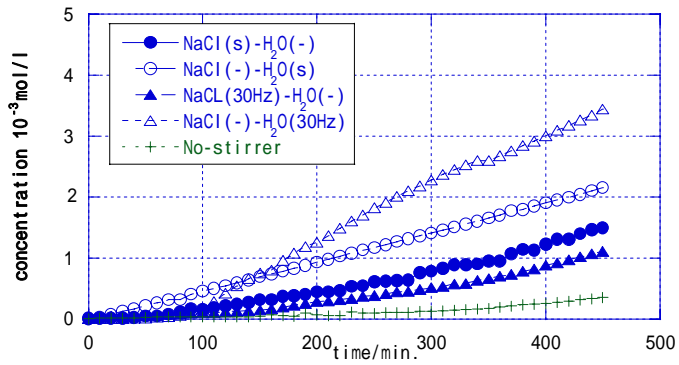


Fig3-1 Transport of 0.5M NaCl across IEM  
;(s)-stirrer,(30Hz)-low frequency

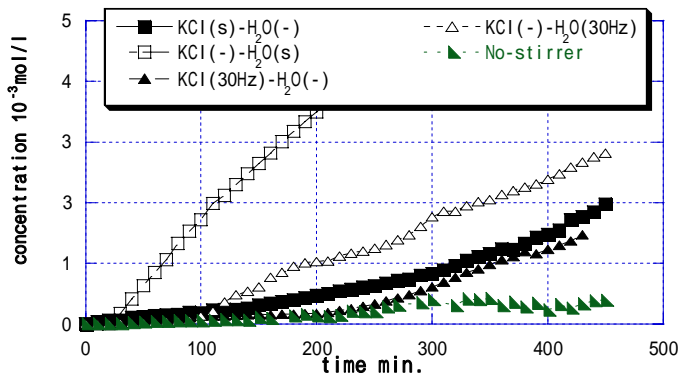


Fig3-2 Transport of 0.5M KCl across IEM  
;(s)- stirrer, (30Hz)- low frequency wave

## Study for Effect of a Higher-order Field on Ionic Transport across a Membrane ( )

Grand-aided researchers: Akihiko Tanioka, Mie Minagawa and Hidetoshi Matumoto  
(Tokyo Institute of Technology)

Collaborators: Akira Yamauchi (Kyushu University), Shoichiro Yoshida (University of Tokyo),  
Masao Sudo (Shizuoka University), Kazutoshi Iwamoto (Tokai University), and  
Kenichiro Oota (Yokohama Nation University)

The higher-order field for membrane transport is considered as the field which is not concerning with the driving force in the membrane transport such as concentration, hydraulic pressure or electric field. The following cases are considered to be higher-order fields.

- 1) Electric field parallel to the amphoteric membrane surface
- 2) Electromagnetic field
- 3) Ultrasonic wave
- 4) Low-frequency wave
- 5) Laser
- 6) Jet flow
- 7) Reaction field by micro-organism

In this research, the effect of low frequency wave was examined. Electrolytes of permeation are sodium chloride and chlorination potassium. The permeation of the electrolyte is tested by using commercial ion exchange membrane under the vibration of this moment. It can be expected to make an influence on surface side of a membrane clear. The transport of electrolyte becomes increase if the deionized water side is stirred.

The delay of the time occurred in the low frequency vibration stirring permeation phenomenon.

The transport phenomenon are affected by species of the electrolyte