

## ラチェット波によるイオン電流駆動の検討

(名大院理<sup>1</sup>、名大物国センター<sup>2</sup>)○小高 真慧<sup>1</sup>、松下 未知雄<sup>1</sup>、阿波賀 邦夫<sup>1,3</sup>

A study of ionic current induced by ratchet wave

(Graduate School of Science, Nagoya Univ.<sup>1</sup>, RCMS<sup>2</sup>)○Masato Odaka<sup>1</sup>, Michio M. Matsushita<sup>1</sup>, Kunio Awaga<sup>1,2</sup>

**[序]** 空間的に反転対称性の崩れたポテンシャルをもつ物質においては、熱運動などの本来ランダムな運動に方向性が生じる場合がある(図1)。ラチェットポテンシャルはその代表例であり、生体中の物質輸送に利用されている<sup>[1]</sup>。ラチェットポテンシャルによる物質輸送には外部からの一方向的なエネルギー供給を必要としないことから、人工的な分子モデルの構築も試みられている。これに対し、本研究では、空間的に平坦な物質中に時間的に反転対称をもたない交流信号(ラチェット波)を加えることで物質輸送を試みた。電解液中のイオンの移動度は加速電場の変位速度に応じて変化するため、ラチェット波を用いて一方向には線形に応答させ、逆方向には追従できない速度で変化させることで、平均的には一方向のイオン電流を得られると考えられる(図2)。今回、ラチェット波として様々な対称性を持つのこぎり波を電解液に入力し、そのときに生じる電圧の変化を観察した。

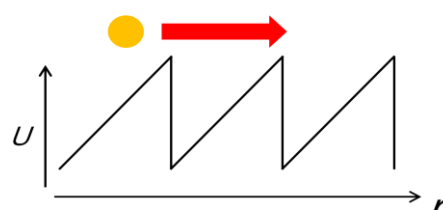


図1 ラチェットポテンシャルの概略

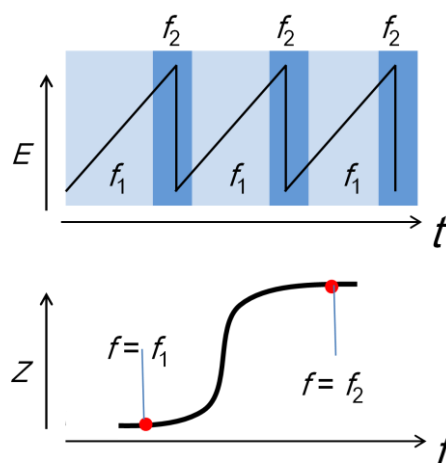


図2 上: のこぎり波の概略  
下: 典型的な電解液のインピーダンスのこぎり波は  $f_1$  と  $f_2$  の周波数を持ち、 $f_1$  ではイオンが追従できるのに対して  $f_2$  では追従できない。

**[実験]** 測定系の概略を図3

に示す。試料としては、tetrabutylammonium bromide (TBAB) の benzonitrile (BN) 溶液を用い、長さ 30 cm、内径 3 mm

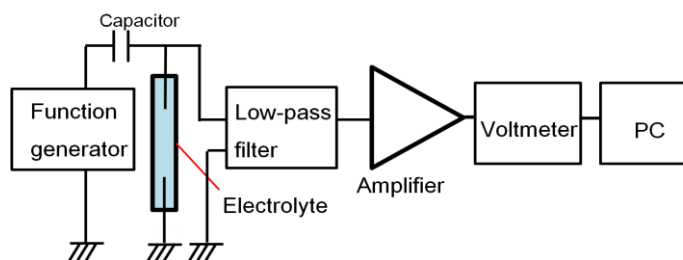


図3 測定系の概略

のシリコン製チューブに充填した。直径 0.5 mm のステンレス線 7 cm をコイル状にまとめたものを電極としてチューブの両端に挿入した。信号発生器で発生させたのこぎり波を、直流をカットするコンデンサーを介して試料に入力し、電極の両端に表れる電圧信号のうち交流成分をローパスフィルタによりカットし、直流成分のみアンプで増幅し、電圧計で記録した。

**[結果と考察]** シリコンチューブに充填した 2 mM TBAB 溶液のインピーダンスの周波数依存性を図 4 に示す。1 Hz から 10 kHz までの周波数領域ではほぼ一定のインピーダンスを示したのに対して、100 kHz 付近でインピーダンスの上昇が見られた。このインピーダンス上昇は、イオンの運動が電場の交替速度に追従できないことを示している。この結果から遅い領域で 10 kHz 以下、速い領域で 100 kHz 以上の周波数を持つのこぎり波を入力することで、一方向へのイオン輸送を誘起できると考えられる。

そこで実際に繰り返し周波数 10 kHz、振幅 5 V ののこぎり波を入力した場合の測定結果を図 5 に示す。左右対称な三角波(50%)から、100%および0%の波形に切り替えた場合に、電圧の下降、および上昇が見られた。これはラチェット波により電解液のチューブ内のイオンの空間分布に偏りが生じたためと考えられる。

電解液に含まれるイオン種、溶媒、印加するのこぎり波の波形、繰り返し周波数などへの依存性について報告する。

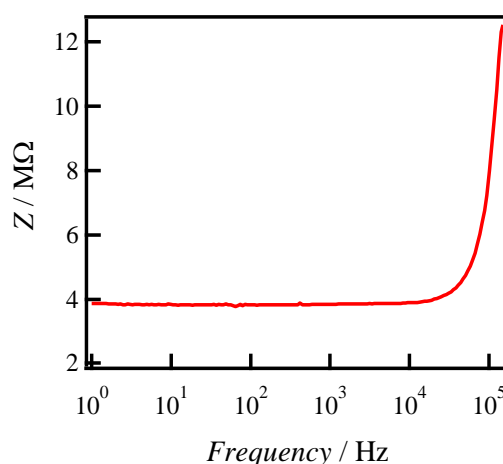


図 4 2 mM TBAB/BN のインピーダンスの周波数依存性

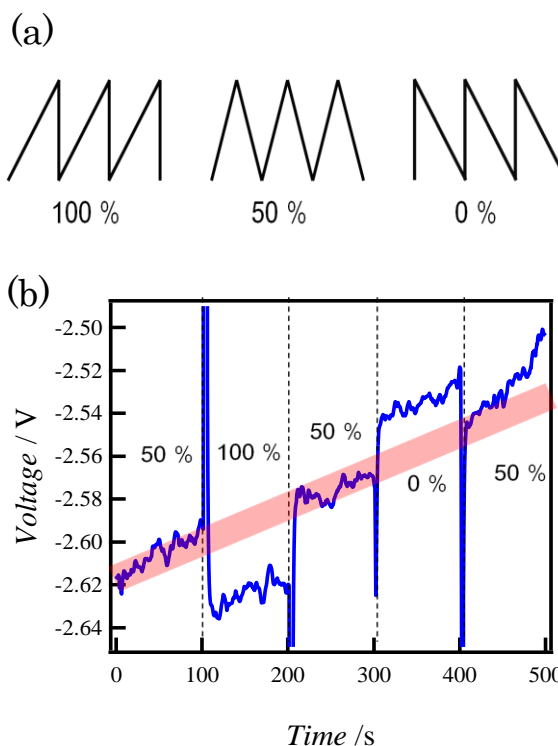


図 5 (a): 印加したのこぎり波の波形 (b): 出力電圧の波形依存性