

Title	A STUDY ON EHD FLOW INDUCED BY RECTIFIED IONS
Author(s)	矢野, 絢子
Citation	大阪大学, 2017, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/67163
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

論文内容の要旨

氏 名 (矢 野 絢 子)

論文題名

A STUDY ON EHD FLOW INDUCED BY RECTIFIED IONS
(整流されたイオンによって誘起される EHD 流れに関する研究)

論文内容の要旨

近年の研究において、液体中で放電することで電氣的に駆動される流れとして EHD 流れが知られている。しかしながら、従来の手法では電氣的に分極した状態を形成するために少なくとも数 10V 以上の印加電圧が必要とされている。本論では比較的低い電圧を印加することによって EHD 流れを駆動する新奇な手法を提案する。

最初に、イオンの輸送経路を分離するため、小さな孔を設けた陰イオン交換膜を用いて流路を設計した。0.1mol/L の NaOH 水溶液を用いて、2.2V の電圧を印加した際に 1mm/s オーダーの陽イオンによって駆動された EHD 流れが観察された。速度応答は過渡的な応答を示しており、急速に立ち上がり徐々にゼロに収束した。流路の両端に距離 3mm となるように挿入されたプローブ電極によって流れ方向に沿った電位差の応答が計測された。バイアス電極に電圧が印加されると、電位差応答はピークを示し、すぐに定常値に減衰した。流路を設けた膜を使用した場合、電位差のピーク値は最大となった。この結果は、我々のデバイスが EHD 流れを駆動するため効果的に陽イオンを流路に集めることを示している。続いて、上で説明したものと同一条件のデバイスに 0.8mA の定常電流を与えたところ、定常電圧を印加した場合と同様に過渡的な EHD 流れが駆動された。さらに、0.1mol/L、0.01mol/L および 0.001mol/L の NaOH 水溶液を用いて EHD 流れの濃度依存性を調べた。速度のピーク値は濃度の増加とともに増加したが、0.001mol/L の NaOH 水溶液の場合、有意な流れは観察されなかった。流路内の流れを可視化すると、一定圧力下で駆動されるポアズイユ流れと同様の速度プロファイルが観察された。マイクロ・ナノスケールの流路でよく観察されるプラグ流のような電気浸透流とは明白に違うことを明らかにした。

結論として、流路を設けたイオン交換膜によって水溶液中に EHD 流れを駆動することに成功した。この手法を用いることで必要な印加電圧が大幅に減少するため、マイクロ・ナノテクノロジーの発展に貢献することが期待される。

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 (矢 野 絢 子)			
	(職)		氏 名
論文審査担当者	主 査	教 授	川野 聡恭
	副 査	教 授	尾方 成信
	副 査	教 授	杉山 和靖
	副 査	准教授	土井 謙太郎

論文審査の結果の要旨

矢野絢子さんは、本研究論文で、水溶液における電気流体力学（EHD）流れの基礎研究に関して実験的にアプローチし、従来では少なくとも数10V以上の印加電圧が必要とされていたところを2V程度の印加電圧で流れの生成に成功した。これにより、これまでは困難とされてきた水系溶媒を用いたEHD流れの生成と流動制御技術の発展が期待される。

EHD流れは、古くより知られるが、従来は液中で放電を起こすことにより液相を帯電させて電氣的に流体を駆動する技術として理解されてきた。一方、液中放電には少なくとも数10kVの印加電圧を必要とするため、溶媒には油等の非水系溶媒を用いることが一般的であり、水の電気分解が生じる水系溶媒には不適であるとされてきた経緯がある。

本論文では、まず、水溶液系でEHD流れを生成するため、イオン電流を整流するアイデアが示されている。イオン交換膜に微小孔を設け、それを流路とする。水溶液としてNaOH水溶液が選ばれ、そこに $1 \times 1\text{m}^2$ 断面の流路を設けた陰イオン交換膜を設置して液相を区切る。2.2Vの電圧を印加すると、水の電気分解によりイオン電流が生成する。この程度の低電圧では、水素と酸素の顕著な気泡の生成は確認されていない。イオン電流は、 Na^+ イオンと OH^- イオンによるものであり、 OH^- イオンは膜全面を通過することができるが、 Na^+ イオンの移動は主に膜中に設けられた流路に集中することが期待され、陽イオンと陰イオンの輸送経路が分離される。この結果、イオン電流に牽引されるEHD流れは、流路内部では、 Na^+ イオンが移動する向きに生成されることが確認された。一方、膜内部の OH^- イオンの移動は、膜内部で生じるとされる電気浸透流の引き金となることが考えられる。しかしながら、流れは過渡的なものであり、定常的な流動を維持するには至っていない。定電圧電源と定電流電源を用いた実験が行われたが、電圧と電流が同程度である場合には、いずれも同様の結果が得られている。さらに、EHD流れとイオン濃度の関係が調べられている。単純には、単位体積当たりのイオンの数が増加するほど、電荷の担体が増えるように考えられるが、それに伴う電気伝導度の向上と流速の関係は明らかではない。そこで、0.1、0.01および0.001mol/LのNaOH水溶液を用いた比較実験が行われた。いずれの溶液に対しても、2.2Vの直流電圧が印加された場合、0.1および0.01mol/Lの濃度ではEHD流れの生成は確認されたが、0.001mol/Lの濃度では顕著な流れは確認されていない。また、0.1mol/Lの濃度の場合、0.01mol/Lのそれに比べて、流速の立ち上がりは早く、さらに短時間のうちに減衰する傾向が明らかにされた。一方、0.01mol/Lの場合は、ピーク速度は前者に比べて小さく、また、緩やかに減衰する。このことから、高濃度の溶液ほど、電圧の印加に対する流路近傍でのイオン濃度変化が顕著となり、その勾配による流動の生成が示唆された。この結果は、従来の液中放電を用いたEHD流れの原理とは異なる新しい知見を与えるものであり、EHD流れのみならず液中における局所的なイオン分布とそれが引き金となる物理化学現象に対する可視化の可能性を示したことに重要な意義がある。

以上の理由より、矢野絢子さんの論文は、研究課題とそれを解決するための手法に独創性があり、学術的にも機械工学の新分野を開拓するものと評価されることから、博士（工学）の学位論文として価値のあるものと認める。