

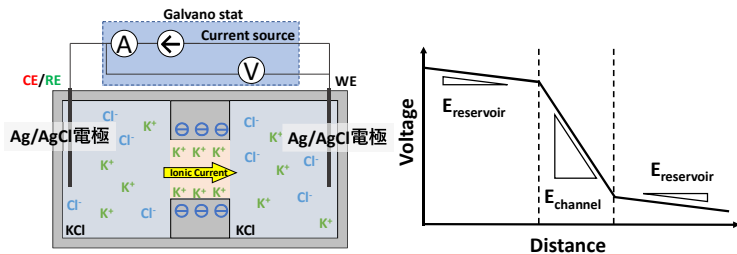
# イオン輸送によるエネルギー変換を実現するための マイクロ・ナノ流路の作製と評価

機械工学系 環境熱流体工学研究室

越智 壮二郎, 愛知 恭太郎, 岡田 大樹, 鍵主 涼太, 杉本 寛人, 中村 慶, 近藤 有馬, 高木 肇志,  
露木 孝俊, 宮國 真太郎, 柿島 秀留, 齋藤 國太郎, 白井 孝典, 六ヶ所 賢太, 岸本 龍典, 〇土井 謙太郎

## 緒言

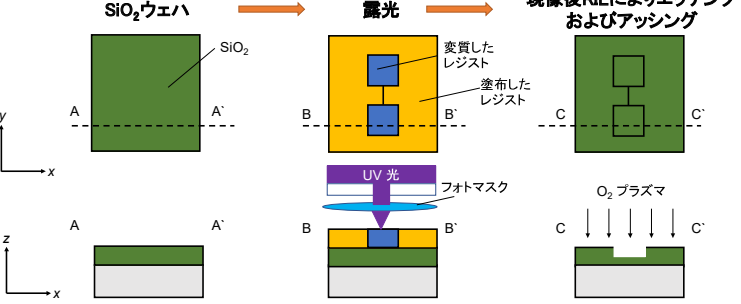
イオン輸送現象(イオン電流)を利用したエネルギーの生成・輸送・貯蔵を可能とするマイクロ・ナノ熱流体デバイスの創製を目的とした基礎研究を行う。本年度は計画の第3年次であり、これまでに提案したナノ流路デバイスの評価を行った。ナノ流路を用いて電解質溶液の電流電圧特性を測定し、導電率および濃度の定量評価を行った。



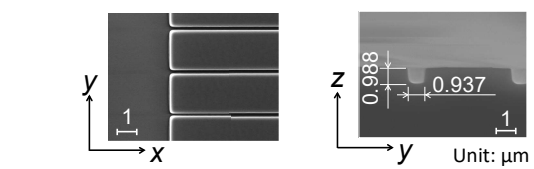
マイクロ・ナノ流路のイオン輸送現象に着目し、5.6 μm~100 nmの電解質溶液の導電率を定量的に評価する。希薄濃度の導電率より、ナノ流路の界面動電現象を考察することで基板表面の性状まで明らかにされる。

## 実験方法および解析手法

### 流路の作製手順

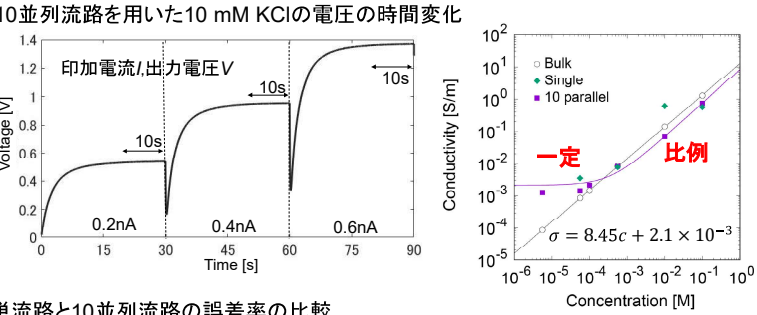


### 10並列流路のSEM像



## ナノ流路を用いたKCl標準液の導電率評価

### 各定電流条件において得られた電位差と流路寸法から導電率を算出



単流路と10並列流路の誤差率の比較

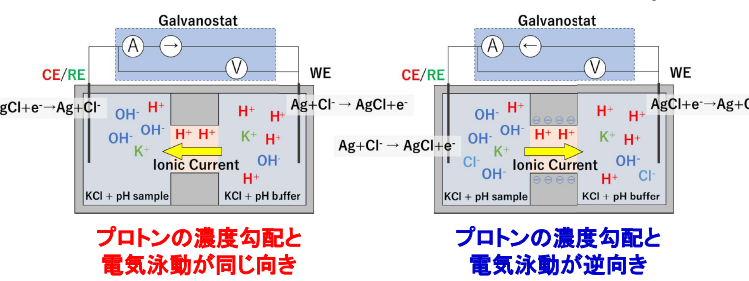
	KCl溶液濃度 [mM]				
誤差率 [%]	100	10	0.56	0.056	0.0056
単流路	-55.6%	+339%	-8.6%	+345%	測定不能
10並列流路	-41%	-50%	-3%	+66.0%	+1369%

10並列流路を用いることによりμMオーダーの低濃度域の測定が可能となった。

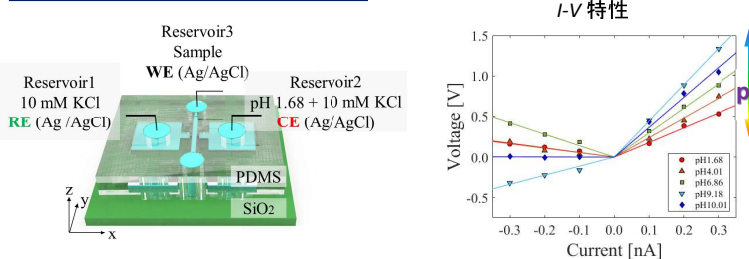
- 実験結果より、56 μmを下回る濃度で導電率が一定となり、流路表面の帯電の影響が顕著になることがわかる。
- 計算結果からも同様の傾向が示された。
- SiO<sub>2</sub>の流路では、導電率の低濃度側の一定値は、 $2.1 \times 10^{-3}$  S/mとなった。
- たとえば、ピエルム長 $\lambda_D = 0.7$  nmを用いると、表面電荷密度 $\rho_S = 2.74 \times 10^{-3}$  C/m<sup>2</sup>が得られる。

## ナノ流路を用いた様々なpH条件における計測

### ナノ流路表面の帯電によるイオン電流の整流作用を用いて試料液のpHを識別



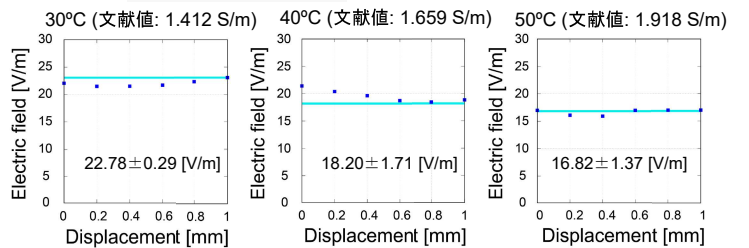
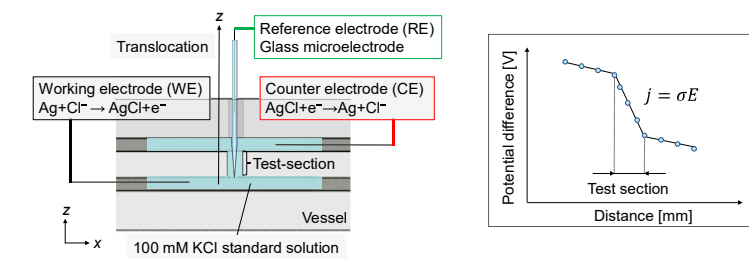
### マイクロ・ナノ流路デバイスと電極配置



- 酸側で水素イオン濃度が反映された結果が得られた。
- アルカリ側で、pH 9.18の試料の応答電圧がpH10.01の試料よりも大きい。
- 強アルカリの試料では導電率が強く影響している？
- ナノ流路のプロトン選択性が支配的な範囲ではpHの識別が可能。

## 微小ガラス電極を用いたKCl標準液の導電率評価

### 走査型微小ガラス電極を用いて容器内に満たされたKCl標準液の導電率を評価



平均導電率 1.385 ± 0.075 S/m (N=3) 誤差率 1.9%	平均導電率 1.764 ± 0.162 S/m (N=2) 誤差率 6.3%	平均導電率 1.851 ± 0.120 S/m (N=3) 誤差率 3.5%
--	--	--

- 温度の上昇に伴って導電率は大きくなる傾向が得られ、文献値とよく一致した。
- 電場分布はほぼ一緒であることが確かめられた。

## 結論および今後の課題

- ナノ流路構造の作製手順を決定し、溶液の電流電圧特性から、イオン電流の支配方程式(非平衡統計力学)に基づいて導電率を評価した。
- 酸化シリコンで作製した流路壁面の帯電による電気特性や整流作用が確認された。
- 今後は、イオン種や微粒子の識別および物性の定量評価手法について検討する。

## 謝辞

本研究を進めるにあたり、EIIIRIS・VBLのスタッフの皆様には、いつもきめ細やかなご指導をいただきましたこと、厚く御礼申し上げます。