

2023 年度
創発的研究支援事業 年次報告書

研究担当者	土井 謙太郎
研究機関名	豊橋技術科学大学
所属部署名	大学院工学研究科
役職名	教授
研究課題名	極希薄濃度場におけるイオン種の識別
研究実施期間	2023 年 4 月 1 日～2024 年 3 月 31 日

研究成果の概要

近年、マイクロ・ナノスケールの熱流体計測技術が注目されるなか、極微量のサンプルから液の組成や物性を調べるため、マイクロ・ナノ空間における輸送現象を解明し、新奇な計測手法の開発が必要とされている。本研究では、ナノ流路の特徴である大きな比表面積（体積に対する表面積の割合）を利用してイオン電流を整流し、新しい濃度測定手法を提案するとともに、極希薄濃度におけるイオン種の識別を目的として研究を展開する。

広範囲の濃度測定を実現するため、液中のプロトン濃度の測定を試みた。ガラス管を 3 本束ねて伸長した後、ポリエチレングリコール（PEG 4000）を各ガラス細管の先端に充填し、さらに、対極に pH 1.68 標準液と 10 mM KCl 水溶液、作用極と参照極に 10 mM KCl 水溶液を充填した後に銀塩化銀線を挿入して 3 連管微小ガラス電極とした。これを試料液に挿入し、電流電圧特性を解析した結果、試料液の pH と導電率の間に線形の相関がみられた。これより、試料液として pH 1.68 から pH 10.01 の範囲でプロトン濃度の測定が実現され、微小ガラス電極を用いることにより 1 μ M を下回る濃度においてプロトンの識別が可能であることが示された。

微小ガラス電極を用いた結果をもとに、シリコンウェーハ上に成膜した酸化膜上のナノ流路を用いて濃度測定を試みた。シリコン酸化物表面に 500 \times 500 nm² の断面形状を持つ流路構造を形成し、10 並列流路および 50 並列流路を作製することで安定した希薄濃度の測定が可能となった。1 mM を下回るあたりから流路中のイオン濃度が壁面の電荷の影響を受けはじめ、導電率が塩濃度に依らず一定値に収束する傾向が確かめられた。このような流路構造を用いてプロトン濃度の測定を行ったところ、微小ガラス電極の場合と同様にイオン電流に対する電位差の非対称性が現れ、濃度に対する線形の相関が確認されたことから、pH 1.68 から 10.01 の範囲でプロトンを識別することが可能となった。