

# 主 論 文 要 旨

報告番号	甲 第 号	氏 名	一柳 満久
主 論 文 題 目 :			
マイクロ流路内速度, イオン濃度およびゼータ電位の複合光学計測			
(内容の要旨)			
<p>従来の大型化学分析機器を超小型化し, 微量液体試料の輸送, 混合および化学反応を可能にしたマイクロ流体デバイスが工業上広く用いられている. この種のデバイスには幅数<math>\mu\text{m}</math> から数百<math>\mu\text{m}</math> の流路が設置されており, 内部の流れは流体の速度, イオン濃度, 流路壁面の電氣的性質(ゼータ電位) などの物理量により支配されている. これらの物理量を同時に計測できれば, 従来では不可能であった空間的な物質輸送が定量化され, 将来的には混合物質の局所拡散制御や化学反応の制御をすることにより, デバイスの性能向上や革新的な付加機能を有することができる. 本研究では, マイクロ流路内の多種の物理量計測のための複合光学計測法の開発を目的とし, 速度およびイオン濃度分布の同時計測法, 並びに電気浸透流速度および壁面ゼータ電位計測法を開発する. これらの計測法により, 水素イオン濃度の異なる二流体混合場の物質輸送の評価, および電気浸透流動場の流動特性を実験的に明らかにした.</p> <p>第 1 章では, 本研究の背景および対象とする流動場の特徴, 従来の研究にて開発された計測法の概要, 並びに本研究の目的を示した.</p> <p>第 2 章では, マイクロ流路内の代表的な流れである静圧駆動流および界面動電現象に関する基礎方程式を示した. また, マイクロ流体デバイスで用いられる流路材質と作製法を記し, 流路材質や溶液の性質の電気浸透流への影響に関する基礎的な知見を述べた.</p> <p>第 3 章では, 本研究で開発した光学計測法について記した. 速度およびイオン濃度分布の同時計測法の確立および深さ方向分解能の向上を目的として, マイクロ粒子画像流速計に共焦点スキャナを組み込み, レーザ誘起蛍光法を併用した新たな計測システムを構築した. さらに, 電気浸透流の流動特性を詳細に明らかにするために, 溶液中のサブミクロン粒子の流動解析を行い, 電気泳動速度, 電気浸透流速度, 並びに壁面ゼータ電位を評価できる計測システムを構築した. 従来では空間平均された速度のみの計測であったのに対し, 本手法を開発したことで二次元計測が実現された.</p> <p>第 4 章では, 速度およびイオン濃度分布の同時計測法を, 水素イオンの混合場および水素イオンの生成や消滅を伴う化学反応場に適用した. 95%包括度不確かさは速度で<math>\pm 3.8\mu\text{m/s}</math>, pH で<math>\pm 0.11</math> を達成した. 数値解析と比較することで計測法の信頼性が示され, 物質輸送方程式に記述される拡散と対流の空間分布が明らかとなった.</p> <p>第 5 章では, 電気浸透流速度および壁面ゼータ電位計測法により, 石英ガラス流路のゼータ電位を算出し経験式と比較したところ良好な一致が得られた. また, 複数の流路材質により形成される非一様なゼータ電位場において速度計測をしたところ, 電気浸透流速度の空間分布を得ることができた.</p> <p>第 6 章では, 3 種の表面改質パターンニングを施した流路内の電気浸透流速度を計測し, 連続の式に代入することで深さ方向の流量を評価した. この結果より, ゼータ電位が変化する流動場では深さ方向の流れが生じ, 三次元流れが発生することが示された.</p> <p>第 7 章では, これまでの各章で得られた知見を総括し, 新たに開発した微小空間に適用可能な複合光学計測法の信頼性および従来の計測法よりも優れた点を示して本論文の結論とした.</p>			