

複雑な流動・輸送現象の解明・予測・制御に向けた新しい流体科学
2021年度採択研究代表者

2022年度
年次報告書

植松 祐輝

九州工業大学 大学院情報工学研究院
准教授

マイクロ・ナノ界面系でのイオン流体科学の創出

研究成果の概要

本研究課題は界面やイオンの関与する複雑な輸送現象を予測、制御する学問を構築することが目的である。本年度得られた主要な研究成果を2つ報告する。1 つ目の研究はナノスケールの流路における水とイオンの非線形輸送係数を計算する解析的理論である¹⁾。この研究ではナノスケールの幅を持った流路にイオンを含んだ水を封入し電圧と圧力を印加したときに発生する溶液の水とイオンの流れという非線形輸送現象に着目した。このような非線形輸送を理解するためには非線形輸送係数を定量的に計算するような理論が必要である。そこで、数値的に非線形輸送を再現する流体力学モデルに対して摂動論を構築し、流量と電流を圧力差と電位差で展開し、3 次のオーダーまでの輸送係数を全て解析的に求めた。本研究成果は水とイオンの関わる輸送現象のなかでも非線形輸送に着目した点で独自性があり、かつ非線形輸送係数を解析的に求めることは、本研究により初めて可能になったことである。今後、膜機能の制御、予測への応用が期待される。

2 つ目の研究は水中に分散したマイクロバブルの気泡径に関するオストワルト熟成に関するものである²⁾。本研究は水に多数のマイクロバブルを分散させたときに個別のマイクロバブルの気泡径がどのように時間的に変化するかを解明することを目的とした。サンプル溶液を薄い長方形のガラスキャピラリーに封入し顕微鏡で1分間隔の画像を取得した。画像内には最大1,000個程度の気泡が存在し、90分間の撮影した画像を解析することにより個別の気泡径の時間変化を得た。気泡径の変化速度(半径速度)は平均的に見れば半径の関数となっており、その値は拡散律速型のオストワルト熟成という現象を示す式でフィッティングパラメータなしで説明できることが分かった。本研究の成果はマイクロバブル水を産業利用する場で気泡径を制御する技術などに応用されることが期待される。

【代表的な原著論文情報】

- 1) Y. Uematsu, “Analytic theory of nonlinearly coupled electrokinetics in nanochannels,” *Phys. Fluids* 34, 122012 (2022).
- 2) S. Inoue, Y. Kimura, and Y. Uematsu, “Ostwald ripening of aqueous microbubble solutions,” *J. Chem. Phys.* 157, 244704 (2022).