

2023 年度年次報告書

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

2022 年度採択研究代表者

鈴木 龍汰

東京農工大学 大学院グローバルイノベーション研究院
特任助教

化学熱力学を融合した界面流体力学の創成

研究成果の概要

本研究では化学熱力学を融合した界面流体力学の創成を目指し、実験とシミュレーション、理論の協同による分子レベルから流動現象まで考察した化学熱力学と界面流体力学の学際領域における学理構築と部分混和系を用いた流体置換ダイナミクスの完全理解を達成する。計画二年目である本年度は、実験・シミュレーションともにある程度進捗があった。実験にて①多孔質媒質を模倣した実験系を作成し、部分混和系流動実験を行った。成果を要約すると、多孔質媒質での部分混和系流動は液滴形成が流路をふさぐため置換効率としては良くなるというものである。今後、より詳細な実験とモデル化による理論の説明、最終的にはシミュレーションでの実験の再現などを目指していく。また実験にて②部分混和系の一般化を目指して他の系でも流動実験を行った。数値シミュレーションにて、③3成分系部分混和系 VF(viscous fingering)の支配方程式を立案した。またシミュレーションにて④実験と比較するため radial に成長する2成分系部分混和系の基礎をシミュレーションした。また、radial での広がりをも可能とする部分混和系 VF のコードを完成させ、パラメトリックスタディを行った。その結果、相分離の状態(不安定状態のスピノーダル分解型や準安定状態の核形成成長型)によってパターンが異なることを発見した。これは実験を再現・説明できるものであり、これまでの rectilinear での広がりでは観察・再現することができなかったものである。さらに、⑤実験とシミュレーションで流量の大きさが界面相分離に与える影響について議論した。シミュレーションの派生研究として、化学熱力学を考慮した流動現象の理解として、⑥fingering 形成の状態遷移をエントロピー生成速度最大原理に基づいて説明できることを解明し、⑦化学熱力学の視点を導入することでこれまで fingering 形成の開始時間が測定できなかったことを解決した。

【代表的な原著論文情報】

- 1) “Numerical study on the effect of Péclet number on miscible viscous fingering with effective interfacial tension”, Journal of Fluid Mechanics, 965, A22 (2023)
- 2) “Arresting of interfacial phase separation with an imposed flow”, Physical Review Fluids, 9, 024003 (2024)
*selected as “Editors’ Suggestion”
- 3) “Momentum transport of morphological instability in fluid displacement with changes in viscosity”, Physical Chemistry Chemical Physics, 26, 5633-5639 (2024)