

研究室紹介

東京農工大学 大学院工学研究院 応用化学部門
工学部 化学物理工学科 / 工学府 化学物理工学専攻
長津研究室 長津雄一郎

1. 研究室の概要

当研究室は、東京農工大学工学部化学物理工学科および大学院工学府化学物理工学専攻の学生を受け入れている。化学物理工学科および化学物理工学専攻の紹介については既報¹⁾を参照されたい。当研究室は、長津が東京農工大学に異動後、2012年度から活動を行っている。2023年度後期の研究室構成メンバーは、長津と鈴木龍汰特任助教、博士前期課程2年2名、1年4名、学部生4名の合計12名である。

当研究室は「化学液体力学研究の創出・推進とその社会実装への挑戦」を掲げている。ここで化学液体力学とは、長津が創った用語であるが、これは反応流と呼ばれる学問分野の一つである。反応流とは、「化学反応を伴う流動の学問」や「化学反応を伴う流体力学」のことである。長津は、反応流を気相反応流と液相反応流に大別し、気相反応流は燃焼と関連して多くの研究例があるが（燃焼学会が存在する）、液相反応流は工業、環境、生体内などの様々な分野で見られるが、その体系化を目指した基礎研究は少ないと考えた。そして、近年「化学液体力学」と称することとした、「気体は有せず液体特有な性質に着目した反応流の研究」を、自身が修士課程学生1年時の1998年から開始し、結果的に現在に至るまで継続して行っている。

2. 研究の内容

2.1 化学液体力学の学理構築への基礎研究

この基礎研究では、流動場として、主として、多孔質媒質内で高粘性流体が低粘性流体に置換されるとき、二流体の界面が流体力学的不安定であり、界面が指状に成長する粘性フィンガリング (Viscous fingering, 以下VFと略記) 現象を用いてきた。実際の実験は、多孔質媒質内の流れのアナロジーである二枚の平行平板間の微小隙間であるヘレ・ショウセルに形成されるVFを対象としている。当研究室では、これまでに、気体は有せず液体特有な性質として、大きな粘度変化を伴う反応流、粘弾性物質を生成する反応流¹²⁾、沈殿反応を伴う反応流、液液界面張力変化を伴う反応流、液液相分離を伴う反応流^{2, 3)}、などの研究に取り組んできた。なおここでは、液液相分離も広い意味で反応と解釈することにする。これらの研究では、化学反応による液液界面領域の流動に関わる流体物性の変化が引き起こすVFパターンの変化を観察することで、化学反応が界面流動に及ぼす影響を実験と数値計算により調べている。また、VF研究ではないが、赤外分光計測などの化学計測を

用いて反応流の現象解明を行う、「分子を診る化学液体力学研究」(長津が命名)⁴⁾も行っている。

2.2 化学液体力学の社会実装を目指した応用研究

VFは、元々、地層に水などの流体を圧入し石油を回収するプロセスで発生し、それが石油の回収効率を減じてしまうことから、科学的な研究対象になった経緯がある。当研究室では、2.1に記した「化学反応を用いてVF流動を変化させる基礎研究」の知見の石油回収分野での社会実装を目指す研究を2013年に開始した。現在までに、粘弾性物質を生成する反応流および沈殿反応を伴う反応流の基礎研究の知見が活かされた、「油水反応界面での粘弾性物質生成を利用した重質油の増進回収法」と、大きな粘度変化を伴う反応流の基礎研究の知見が活かされた「粘度変化を伴う化学反応を利用した新規なポリマー攻法石油増進回収法」と題される2件の発明に至り、それぞれ、PCT国際特許出願を行った。現在、それらの実用化を目指して、更なる研究を進めている。

3. 研究室の特徴

2. で記した研究では、液液界面で生じる化学反応による界面近傍の流体物性の高精度な評価が不可欠である。そのため当研究室では、筆者の知る限り日本の大学研究室では唯一存在する、界面粘弾性測定システムや1 mN/mより小さい低界面張力を測定可能なスピニングドロップ界面張力計を有している。また当研究室は、所属学生に国際共同研究機会を供することを念頭に、国際共同研究を推進している。実際に、研究室創設以降、ブリュッセル自由大学(ベルギー)、インド工科大学ローパー校、国立交通大学(台湾)、エクス・マルセイユ大学(フランス)などとの国際共著論文を出版している。さらに、当研究室は、新しい研究分野である(研究者人口が少ない)からこそ、研究成果を業界トップ(クラス)ジャーナルへ掲載させることを目指している。当研究室の学生が著者となっている直近3年間の論文を参考文献⁵⁻¹²⁾に記す。最後に、化学液体力学研究の普及に努めるべく積極的に所属機関からプレスリリースを行っている。詳細は、当研究室のHPを参照されたい。

参考文献

- 1) 伏見研究室: 化学工学, **87**(8), 31(2023)
- 2) Suzuki, R. X. et al., : *J. Fluid Mech.*, **989**, A11 (2020) (2020年度 日本流体力学学会論文賞受賞)
- 3) Suzuki, R. X. et al., : *Phys. Rev. Fluids*, **4** (10), 104005 (2019) (2020年度 化学工学会 粒子・流体プロセス部会フロンティア賞受賞)
- 4) Ueki, T. et al., : *J. Phys. Chem. B*, **123**(21), 4587-4593 (2019) (2019年度 化学工学会 粒子・流体プロセス部会フロンティア賞受賞)
- 5) Tanaka, R. et al., : *Phys. Rev. Lett.*, **132**(8), 084002 (2024)
- 6) Suzuki, R. X. et al., : *Phys. Rev. Fluids*, **9** (2), 024003 (2024) (selected as Editors' Suggestion)
- 7) Yagi, H. et al., : *J. Rheol.*, **67**(4), 935-947 (2023)
- 8) Deki, F. Y. et al., : *J. Fluid Mech.*, **965**, A22 (2023)
- 9) Iwasaki, K. et al., : *Phys. Chem. Chem. Phys.*, **25** (19)13399-13409 (2023) (selected as HOT Articles 2023)
- 10) Hirano, S. et al., : *Phys. Chem. Chem. Phys.*, **25**(15), 10504-10511 (2023)
- 11) Seya, S. et al., : *J. Fluid Mech.*, **938**, A18 (2022)
- 12) Hirano, S. et al., : *Phys. Rev. Fluids*, **7**(2), 023201 (2022) (2022年度 化学工学会 粒子・流体プロセス部会フロンティア賞受賞)

研究室 web site
<http://web.tuat.ac.jp/~nagatsu/>