

京都大学教育研究振興財団助成事業
成 果 報 告 書

2025 年 4 月 24 日

公益財団法人京都大学教育研究振興財団

会 長 藤 洋 作 様

所 属 部 局 工学研究科

職 名 講師

氏 名 殿村 修

助 成 の 種 類	令和6年度 ・ 研究活動推進助成			
申請時の科研費 研究 課 題 名	マイクロ流体システムにおける不安定流動とその制御			
上記以外で助成金 を 充 当 した 研 究 内 容	なし			
助成金充当に関 わる共同研究者	(所属・職名・氏名) なし			
発表学会文献等	(この研究成果を発表した学会・文献等) なし			
成 果 の 概 要	研究内容・研究成果・今後の見通しなどについて、簡略に、A4版・和文で作成し、添付して下さい。(タイトルは「成果の概要／報告者名」)			
会 計 報 告	交付を受けた助成金額	1,500,000	円	
	使用した助成金額	1,500,000	円	
	返納すべき助成金額	0	円	
	助成金の使途内訳	費 目	金 額	
		質量流量計	430,760	
		温度制御器	444,400	
		データ収集装置	55,720	
マイクロデバイス		398,372		
配管・継ぎ手・可視化光源	170,748			
当財団の助成に つ い て	(今回の助成に対する感想、今後の助成に望むこと等お書き下さい。助成事業の参考にさせていただきます。) この度はご支援誠にありがとうございました。 科研費の再挑戦に向けた研究活動を行うにあたり、非常に有り難い助成でした。 本助成事業が継続されることを切に望みます。			

成果の概要／殿村 修

研究内容

マイクロリアクタ (MR) を用いて物質生産を行う場合、反応成績は流動状態に左右される。混じり合わない2流体を MR に供給すると異なる流動状態が観察され、中でもスラグ流は高い相間物質移動性能を示し、注目されている。スラグ流の高い相間物質移動性能はスラグ内部に生じる循環流に由来するが、それはスラグ長さに依存するため、スラグ長さを監視・制御することが重要である。スラグ長さの監視に関する既往研究として、フィード圧力の周期的振動を用いた間接的スラグ長さ推定法が提案されている[1]。一方で、その検証実験において、プロセスが定常状態に至るまでに時間を要することや、時には定常状態に至らないことがあるという課題が指摘されていた。本研究では、これらの課題を不安定流動と呼ぶこととし、スラグ流生成実験システムを構築し、様々な操作条件下で得られる実験データを解析し、不安定流動の原因の追求と最適設計のための流動モデル構築に向けた指針を得ることを目的とした。

研究成果

流動は圧力場によって主に支配されるため、スラグ流における圧力損失の特性を理解する必要がある。スラグ流における圧力損失は、同一の流路、流量条件下であってもスラグ長さなどによって異なるため、レイノルズ数、キャピラリ数、無次元スラグ長さなどを用いた推算式が提案されている。同推算式が本研究の実験系において適用できるのかについて検討した。流体混合部、マイクロ流路、流量制御器、圧力計などから構成されるスラグ流生成実験システムを構築し、様々な操作条件下で得られた実験結果に基づいてスラグ流の摩擦係数をプロットしたところ、推算式よりも大きな摩擦係数が観測された。その原因を調べるためにスラグ流を高速カメラで観察したところ、本実験系におけるスラグの界面形状が推算式に対応するスラグのものと異なること、界面形状の違いはスラグ周りの液膜の有無によることがわかった。液膜の有無がスラグ流の不安定流動を引き起こしているのではないかと考え、検証実験を行った結果、流体混合部から流出した直後のスラグ周りには液膜が存在し、下流へ流れる過程で液膜の消失が起これ、スラグ流が減速もしくは停止することを確認した。即ち、スラグ周りの液膜の有無次第で圧力損失が変動し、不安定流動を招きうることを実験により示した。この他、スラグ数や気液比率なども考慮することが、スラグ流における圧力損失の推算モデル構築にとって重要であることがわかった。

今後の展望

本研究を通して得られた現象・知見をモデル化し、シミュレーション・最適化によってスラグ流の安定生成が可能なマイクロ流体システム的设计を行う。

参考文献

[1] K. Miyabayashi, O. Tonomura and S. Hasebe: Estimation of gas and liquid slug lengths for T- shaped microreactors, Chemical Engineering Journal, 262, 1137-1143 (2015)