

研究成果報告書

所属機関	職名	氏名
豊橋技術科学大学 大学院工学研究科	助教	西川原 理仁

研究テーマ

サブミクロンスケールの静電気力を利用したポンプ機構の開発

研究報告

1. 研究の背景と目的

電気流体力学(Electrohydrodynamics, EHD)流れは絶縁性流体中の高電界下で生じる流動であり、この現象を利用したポンプを EHD ポンプという。EHD ポンプは一般的なポンプと異なり、ファンなどの機械的可動部が存在しないため、低振動・低騒音であること、省スペース化が比較的容易であること、電気のみで制御できること、機械的故障が生じにくい等の特長を有する。本研究では EHD ポンプのサイズスケールが出力密度などのポンプ特性に及ぼす影響については調査するため、MEMS 技術を用いて相似形状で異なるスケールの平行平板電極を試作し、実験を行った。

2. 研究成果および考察

図1に示すようなポンプを製作した。電極寸法比を統一して電極間距離が $500\ \mu\text{m}$, $50\ \mu\text{m}$, $5\ \mu\text{m}$ の3つのスケールの異なる EHD ポンプを評価した。電極は電子線描画装置を用いてパターンニングした。製作したポンプは図1に示す流体ループの中で発生圧力を計測した。図2に示すように発生圧力による比較では $50\ \mu\text{m(B)}$ のポンプでより高い圧力が発生した。またポンプ $5\ \mu\text{m}$ では発生圧力を得ることはできなかった。クーロン力は電極表面近傍に発生するヘテロチャージ層の大きさに比例するため、1対当たりが発生させることのできるクーロン力は $500\ \mu\text{m(A)}$ のポンプの方が大きくなるが、図2のように単位体積当たりで比較すると電極スケールの小さい $50\ \mu\text{m(B)}$ のポンプの方がより大きなクーロン力が発生していることが分かった。また解析結果より、電極を小型化することで流路体積中に占めるヘテロチャージ層の割合が大きくなるため、体積当たりには生じるクーロン力が増大することが分かった。

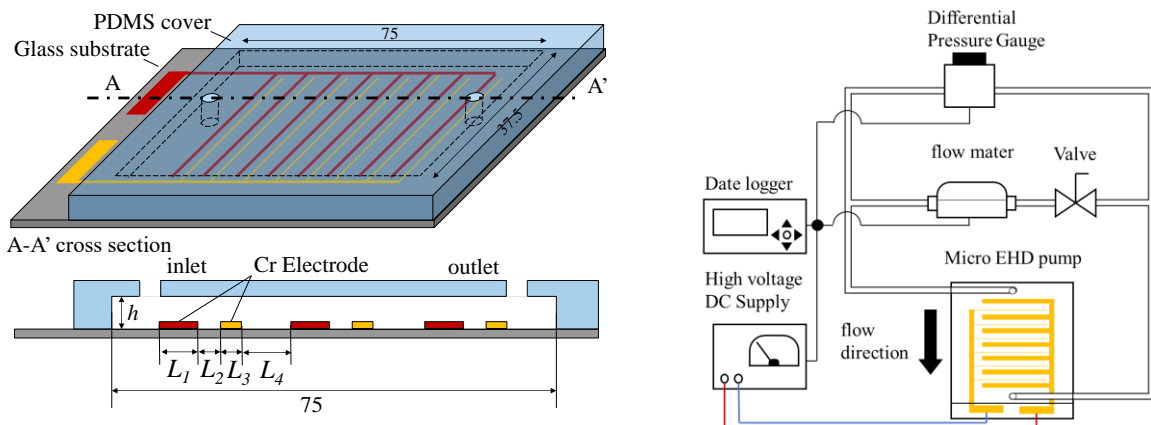


図1 EHDポンプ概要(左)と実験装置概要(右)

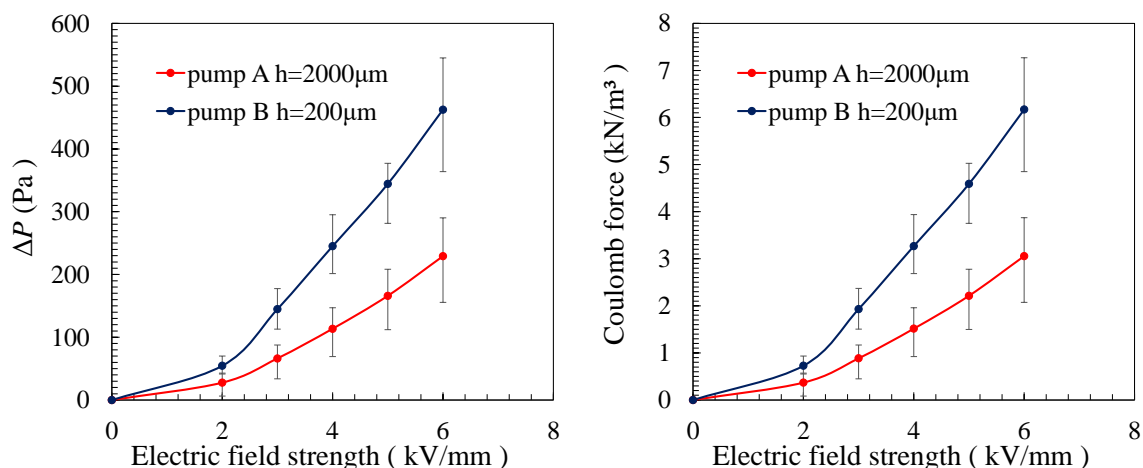


図 2 実験結果（発生圧力（左）と体積あたりのクーロン力（右））

3. 将来展望

500 μm および 50 μm のポンプの結果しか得られていないため、今後は 5 μm およびより小さいスケールのポンプを製作し EHD ポンプ特性にけるスケールの影響を調査していく。小さいスケールでの最適な電極形状などを調査し高性能な EHD ポンプ開発を行い宇宙機熱制御への応用を検討していく予定である。

4. 研究発表

- [1]. M. Nishikawara, S. Naito, H. Yokoyama, and H. Yanada, “Manufacturing and Evaluation of Micro Electrohydrodynamic Pump with Patterned Electrode,” 11th JFPS International Symposium on Fluid Power, Hakodate, Oct., 2021. (発表予定)
- [2]. M. Nishikawara, and J. Yagoobi, “Experimental study of Electrohydrodynamic Conduction Pumping Embedded in Micro-Scale Evaporator,” 55th IEEE Industry Applications Society Annual Meeting, Detroit, Oct., 2020. (発表予定)
- [3]. 内藤駿一, 西川原理仁, 横山 博史, 柳田秀記, “マイクロ EHD ポンプの特性に及ぼす寸法の影響”, 日本設計工学会東海支部令和元年度研究発表講演会, 名古屋, pp. 41-42, 2020 年 3 月 5 日.
- [4]. 内藤駿一, 西川原理仁, 宮北健, 澤田健一郎, 柳田秀記, 横山博史, “マイクロスケール EHD ポンプ特性の解明”, 令和元年度エレクトロニクス先端融合研究所シンポジウム, 豊橋, 2020 年 2 月 26 日.