

展 望

平成 27 年度の機能性流体分野の研究活動の動向*

竹村 研治郎**

* 平成 28 年 6 月 6 日原稿受付

** 慶應義塾大学理工学部，〒223-8522 横浜市港北区日吉 3-14-1

1. はじめに

機能性流体とは、電場や磁場の印加によって物理的性質が変化する流体である。特に、機械システムに応用される機能性流体として、電気粘性流体 (ERF)、磁性流体 (CMF)、磁気粘性流体 (MRF)、電界共役流体 (ECF) などが広く研究されているが、近年は電気粘着ゲル (Electro Adhesive Gels, EAG) や交流電気浸透流ポンプなどの研究も行われており、従来の機能性流体の枠組みに囚われない広がりを見せている。

こうした機能性流体や関連技術の利用によって、機械システムには新たな付加価値を提供できる可能性があり、モノ作りの可能性が広がるものと考えられる。本稿では平成 27 年度の機能性流体分野の研究動向を紹介する。

2. 電場応答性の流体

電場応答性の機能性流体は、従来からクラッチやブレークに応用されてきた ERF の研究が活発であった。しかし、平成 27 年度は電圧の印加によって流動する EHD 現象や ECF, EAG など新たなシーズの報告が目立っている。

ECF は電圧の印加によって流動する機能性流体であり、EHD 現象を呈する機能性流体の一種である。岡本らは、ECF に流動を発生させるための電極の新たな構造を提案した¹⁾²⁾。絶縁性スペーサの両側に金属メッシュを配置しただけの簡単な構造であり、接着等の行程なく、小型化にも有利な電極構造である (図 1)。こうした新たな電極構造による流体の流動現象は、築地らによっても検討されている³⁾。また、韓らは自己整合が可能なマイクロ鋳造と電鋳を組み合わせた MEMS プロセス (図 2) を開発し、高アスペクト比な ECF 流動発生のための電極対を開発した⁴⁾。こうした電圧の印加による流動現象の応用として、長瀬らは多関節ロボットへの応用を目指した揺動型 EHD アクチュエータを開発した⁵⁾。また、小林らはバイオエンジニアリング分野における ECF を利用した流体チップ (μ TAS) への応用の可能性を報告した⁶⁾。ECF の旋回流によって液滴を混合する装置を用いて生体由来の発光現象を観察することで、ECF 流動のバイオエンジニアリング分野での利用の可能性を示した。

EAG に関する研究でも新たな報告がある。橋本らは EAG における電極パターンがゲル中の鎖状構造の形成に与える影響を研究した⁷⁾。その結果、電極表面に三角形の微細溝構造を施すことによって、ER 粒子をゲル中に規則的に配置できる (図 3) と述べている。こうした規則的な粒子配置は、EAG 内の粒子の分散性の管理に役立つ新たな知見である。

吉田らは、交流電気浸透を用いたマイクロポンプ (図 4) の開発に取り組んでいる⁸⁾。交流電気浸透は交流電圧を印加したときに電極表面に形成される電気二重層に生じる電極に平行な対流であり、一方向の流れが取り出せれば、マイクロポンプとしての応用が期待できる。吉田らは平板—円筒電極を用いることでこれが達成できることを報告した。

3. 磁場応答性の流体

磁場応答性の機能性流体では、分散粒子のナノ粒子化の検討が進むとともに、加工や研磨に対する報告も活発に行われている。

野間らはナノ粒子を分散した MR 流体を開発し、この流体における粒子クラスターの形成の様子を観察す

ることによって、MR クラッチを構成した際のトルク安定性との関係を議論した⁹⁾。その結果、直径 100 nm 程度の鉄ナノ粒子を分散させたナノ MR 流体では、流体中のクラスターの崩壊と再生が安定して繰り返され、低速回転において安定したトルクを呈するメカニズムを明らかにしている。

西田らは磁気機能性流体を用いた円管内面や平面の精密加工・研磨に取り組んでいる¹⁰⁾¹¹⁾。磁気粘性流体を加工対象面に配置し、永久磁石を持つ回転子で流体を回転させることによって管内面や平面を加工・研磨する。これによって、砥粒分布などを制御しやすくなり、加工性が向上する。

4. おわりに

以上のように、機能性流体を利用した応用研究に留まらず、ナノ粒子を利用した新たな機能性流体の創製も試みられるなど、幅広い研究が展開されている。現在、機能性流体に関する研究はどちらかというところと応用研究が数多いようであるが、機能性流体に見られる現象は物理的にも興味深いため、基礎研究の対象としても今後の展開が期待される。

参考文献

- 1) 岡本拓也, 桜井康雄, 中田毅, 枝村一弥, 新型メッシュ電極 ECF ポンプの提案, 平成 27 年春季フルードパワーシステム講演会講演論文集, p. 64-66 (2015)
- 2) 岡本拓也, 桜井康雄, 中田毅, 枝村一弥, 異なった内径を有する管を組み合わせたメッシュ電極型 ECF ポンプ, 平成 27 年秋季フルードパワーシステム講演会講演論文集, p. 5-7 (2015)
- 3) 築地徹浩, 濱田溪太郎, 清水貴太, 多孔型電極対を用いた EHD ポンプの特性に関する研究, 平成 27 年秋季フルードパワーシステム講演会講演論文集, p. 8-10 (2015)
- 4) 韓冬, 金俊完, 横田眞一, 枝村一弥, 自己整合によるマイクロ鋳型を用いた ECF μ ポンプの提案, 平成 27 年秋季フルードパワーシステム講演会講演論文集, p. 14-16 (2015)
- 5) 長瀬広明, 佐藤洋輔, 寺坂澄孝, 下大川丈晴, 川久保勇次, 三井和幸, 揺動型 EHD アクチュエータの多関節ロボットへの応用に関する基礎的研究, 平成 27 年秋季フルードパワーシステム講演会講演論文集, p. 11-13 (2015)
- 6) 小林紀穂, 飯島佳樹, 竹村研治郎, 横田眞一, 枝村一弥, 電界共役流体の旋回流を用いた液滴混合デバイスによる生体発光, 平成 27 年春季フルードパワーシステム講演会講演論文集, p. 61-63 (2015)
- 7) 橋本和加子, 柿沼康弘, 青山藤詞郎, 安齊秀伸, 桜井宏治, 微細パターンを持つ電極による ER 粒子の鎖状構造制御に関する研究, 平成 27 年春季フルードパワーシステム講演会講演論文集, p. 55-57 (2015)
- 8) 吉田和弘, 渡邊真帆, 金俊完, 巖祥仁, 横田眞一, 平板—円筒電極アレイを用いた交流電気浸透マイクロポンプの開発, 平成 27 年春季フルードパワーシステム講演会講演論文集, p. 67-69 (2015)
- 9) 野間淳一, 上嶋優矢, 戸塚厚, 佐藤忠一郎, 中野政身, ナノ粒子分散 MR 流体のクラスター形成とトルク安定性, 平成 27 年春季フルードパワーシステム講演会講演論文集, p. 52-54 (2015).
- 10) 金谷航葵, 西田均, 山本久嗣, 島田邦雄, 井門康司, 磁気機能性流体を用いた円管内面精密加工におけるせん断応力と流動曲線の関係, 平成 27 年春季フルードパワーシステム講演会講演論文集, p. 79-81 (2015).
- 11) 赤羽里夢, 西田均, 山本久嗣, 島田邦雄, 井門康司, 磁気機能性流体を用いた平面研磨における加工量分布の予測, 平成 27 年春季フルードパワーシステム講演会講演論文集, p. 82-84 (2015).

著者紹介



たけむら けんじろう

竹村 研治郎君

2002 年慶應義塾大学大学院理工学研究科後期博士課程修了。2002 年同大学助手。2003 年から 2008 年東京工業大学助手 (2007 年度より助教)。2008 年慶應義塾大学理工学部専任講師, 2012 年より准教授, 現在に至る。機能性流体, 超音波などの研究に従事。日本フルードパワーシステム学会, 日本機械学会などの会員。博士(工学)。

E-mail: takemura@mech.keio.ac.jp

URL: <http://www.takemura.mech.keio.ac.jp>

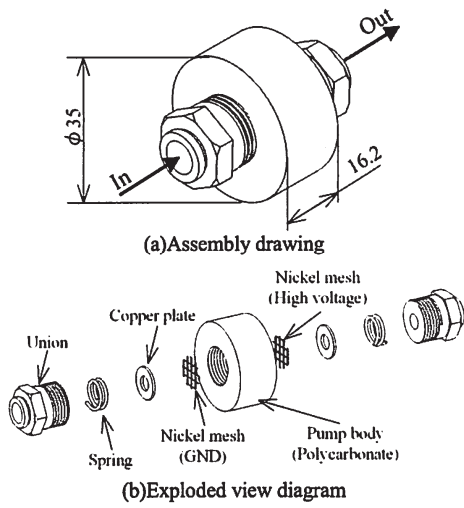


図 1 メッシュ型 ECF ポンプ¹⁾

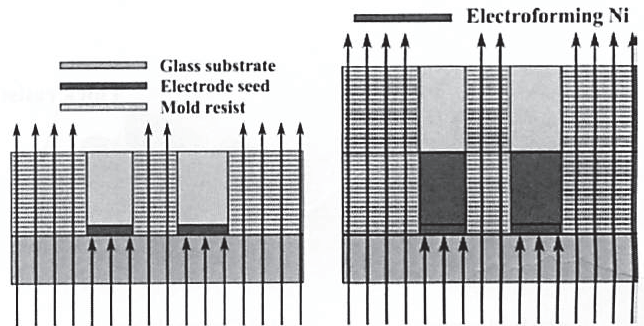


図 2 自己整合 MEMS プロセス⁴⁾

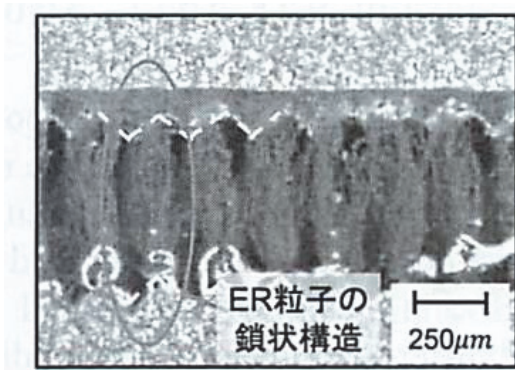


図 3 配列した ER 粒子⁷⁾

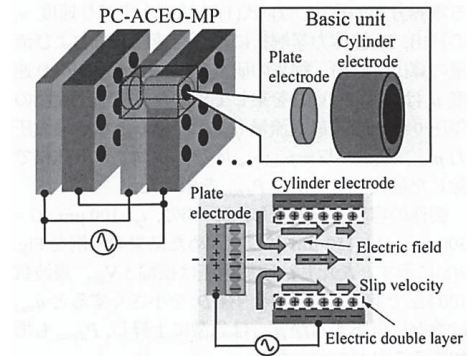


図 4 交流電気浸透ポンプ⁸⁾