

EHD 流体を利用したポンプに関する研究

○濱田溪太郎*, 中川和之*, 築地徹浩*

Study on Pump Using Electro-hydro-dynamics (EHD) Fluid Flow

Keitaro HAMADA*, Kazuyuki NAKAGAWA*, Tetsuhiro TSUKIJI*

A functional fluid flows by itself when electric fields are applied to the functional fluid. This phenomenon is called EHD (electro hydro dynamics) phenomenon. Using the EHD phenomenon, it is possible to utilize the functional fluid flows to pumps with fewer parts and sliding areas. We produced multi-holes electrode pump. This pump was arranged some cylindrical electrode pair (some holes) on the same electrode plate. The pumps have some feature. First, the structure is simple and processing is easy. Second, we can reverse the one-way flow by replacing the positive electrode with the negative electrode. We used the HFE-7100 (Hydro Fluoro Ether) as functional fluid causing the EHD phenomenon. We measured pressure-flow rate characteristics of the two pumps connected in series when voltage is applied to the multi-holes electrode pump (N7D1W1G1 pump) 2500V and 3000V. And we compared the pressure-flow rate characteristics to those of the cylindrical electrode pair pumps using liquid crystal as the functional fluid measured in the past. Furthermore, we produced new multi-holes electrode pump (N9D1W1G1 pump). We measured pressure-flow rate characteristics of the two pumps connected in series when voltage is applied to the new multi-holes electrode pump (N9D1W1G1 pump) 3000V.

Key Words: Functional Fluid, Electro Hydro Dynamics, Pump

1. はじめに

機能性流体に電場を印加すると機能性流体自らが流動を行う。これは、EHD (Electro Hydro Dynamics) 現象と呼ばれる。本研究では、機能性流体を使用し、EHD 現象を利用した部品点数や摺動部の少ない利点を持つポンプを製作しその圧力-流量特性の比較を行う。過去に当研究室では作動流体に液晶を用いた円筒電極対ポンプを用いた研究が行われてきた。本研究では、作動流体を可視化によって液晶よりも速い流速が得られたハイドロフルオロエーテル (以下 HFE-7100) に変更し同一電極平面上に複数個の円筒電極対を有する多孔型電極対ポンプが製作された。このことにより、ポンプ内で気泡が生じた場合でもポンプが詰まらず流動がストップすることがなくなるものと考えられる。

本研究では、EHD 現象を利用したポンプを試作しその圧力流量特性を測定し、従来のポンプの特性と比較することを目的とする。

2. 多孔型電極対ポンプによる特性実験

円筒電極を応用した多孔型電極 (直径 1mm の穴を 7 つ開けたもの) を製作した。この電極を使用して製作したポンプを N7D1W1G1 (穴の個数 7 個、

穴の直径 1mm, 電極幅 1mm, 電極間距離 1mm) ポンプとする。N7D1W1G1 ポンプの概要を Fig.1 に示す。

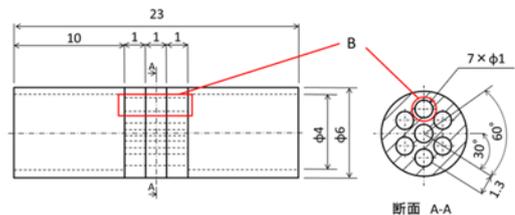


Fig.1 The drawing of a N7D1W1G1 pump

次に、穴の個数を変えた場合、圧力流量特性にどのような変化が生じるかを調査するために、穴が 9 つ直径 1mm、電極幅 1mm、電極間距離 1mm の多孔型電極を製作した。この電極を用いて製作したポンプを N9D1W1G1 ポンプとする。N9D1W1G1 ポンプの概要を Fig.2 に示す。

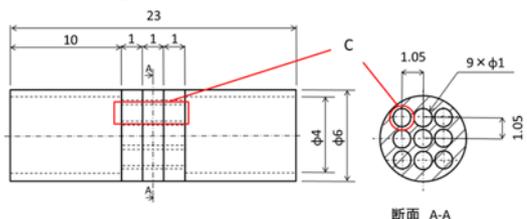


Fig.2 The drawing of a N9D1W1G1 pump

Fig.1 の B の部分および Fig.2 の C の部分の断面

* 上智大学理工学部
(〒102 - 8554 東京都千代田区紀尾井町 7 - 1)
(E-mail: t-tukiji@sophia.ac.jp)
* Sophia University

を切り抜いた模式図を Fig.3 に示す.

多孔型電極を用いたポンプは, Fig.3 の円筒電極対ポンプを複数個, 同一平面上に並べた構造になっており, 穴1つ1つの全周(360°)からの回転流動によって一方向の流動を発生させている.

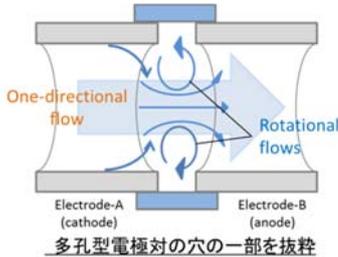


Fig.3 The flow inside a cylindrical electrode

まず, 作動流体を HFE-7100 とした N7D1W1G1 ポンプを 2 つ直列に接続したポンプに電圧を 3000V, 2500V を印加した場合で測定した流量と圧力の関係および過去に行われた作動流体を液晶とする円筒電極対ポンプを 2 つ直列に接続したポンプの流量と圧力の関係¹⁾を Fig.4 に示す.

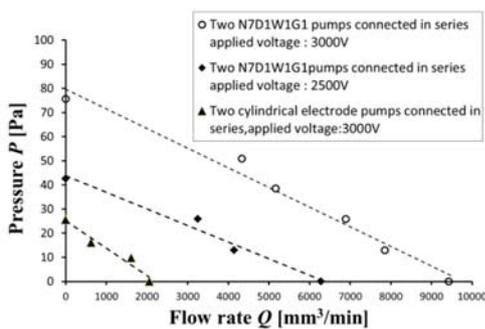


Fig.4 Influence of voltage on pressure

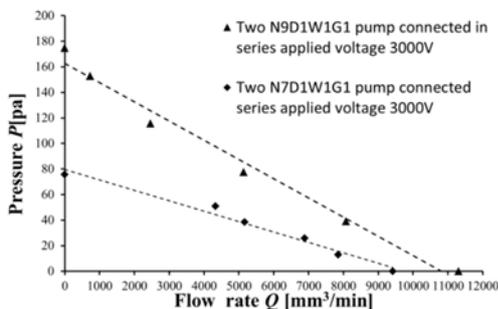


Fig.5 Influence of the number of holes on pressure

Fig.4 から, 多孔型電極対ポンプを 2 つ直列に接続したポンプの圧力-流量特性をグラフに表すとプロットした点はほぼ一直線上になった. また, 同条件で印加電圧を低下させた場合, グラフの近似直線は圧力あるいは流量の減少方向に平行移動した. この

ことから, ポンプに印加する電圧は, ポンプの圧力, 流量に影響するものと考えられる.

また, 液晶を用いた円筒電極対ポンプと HFE-7100 を用いた N7D1W1G1 ポンプでの圧力流量特性を比較すると, 圧力, 流量ともに HFE-7100 を用いた N7D1W1G1 ポンプの方が優れていることが分かった. これは, N7D1W1G1 ポンプの方が, 円筒電極対ポンプに比べて, 回転流動を発生させる全周の長さが長いためであると考えられる. また, 作動流体を液晶から HFE-7100 に変更したことも大きな要因あると考えられる.

次に, 作動流体として HFE-7100 を使用し, 多孔型電極を用いたポンプ N7D1W1G1 ポンプと N9D1W1G1 ポンプの圧力流量特性を 3000V の電圧を印加し調査した. その結果は, Fig.5 にまとめられる.

Fig.5 より, プロットした点はほぼ一直線上に整理することができた. 穴の個数を, 7 個から 9 個に増加した場合, 圧力, 流量共に増加することが分かった. これは, 穴 7 つの場合と 9 つの場合では, 9 つの方が, 電極に対して穴の開いている部分の割合が大きくなり流動の抵抗となる部分が減少したためと考えられる. また, 回転流動を発生させる全周の長さが穴 9 つの方が長くなったため (穴 7 つの場合は, およそ 22mm, 9 つの場合がおよそ 28mm) と考えられる.

3. 結論

1. N7D1W1G1 ポンプにおいて電圧を増加させていった場合, ポンプの流量及び圧力は共に増加し流量-圧力グラフは流量もしくは圧力の増加方向に平行移動する.
2. 作動流体が HFE-7100 である多孔型電極対ポンプは作動流体が液晶である円筒電極対ポンプよりも, 圧力, 流量ともに大きくなる.
3. 穴の個数を 9 つに増やした N9D1W1G1 ポンプの圧力, 流量は N7D1W1G1 ポンプの圧力, 流量よりも増加することが分かった. これは, 穴が増えたために流動抵抗が減ったことと, 回転流動を発生させる部分の長さが長くなったことが大きな要因と考えられる.

参考文献

- 1) Kohei MIYAHARA, Kenta KODAMA, Tetsuhiro TSUKIJI “Pump Using Nematic Liquid Crystalline Flow Under Direct Current Electric Field”, Proceedings of the 2012 ASME International Mechanical Engineering Congress and Exposition Volume 7 : IMECE2012-86480 pp. 1069-1075, 2012