

## 広い温度範囲で安定的に動作する自励振動ヒートパイプの開発

神奈川大学 工学部 機械工学科 特別助教 三浦正義

高性能な熱輸送デバイスとして自励振動ヒートパイプ (Pulsating Heat Pipe, PHP) が注目される。この PHP は、加熱部と冷却部間の蒸気圧力差を駆動力として、表面張力で流路内に形成された液柱が自励的に振動することで熱輸送を行う。しかし、加熱部-冷却部温度差が小さいとき、十分な蒸気圧力差が得られず、正常に熱輸送できない。そこで、PHP の作動流体として磁性流体を用い、流路内に形成された磁性流体液柱にコイルを用いて磁場を印加することで作動流体を強制的に振動させ、加熱部-冷却部温度差が小さい場合においても、正常に熱輸送できるようになると考えた。本報告では、1 ターン直線流路 PHP を用いて、磁性流体液柱への磁場印加の有無における PHP の熱輸送性能を評価した結果について報告する。

図 1 に実験装置模式図を示す。ガラス管流路 (内径 2 mm, 長さ 190 mm) 両端は、銅ブロックに管継手で固定されている。加熱部ガラス管外壁には、ニクロム線が巻き付けられている。冷却部は、恒温循環水槽より冷却水を流した銅ブロックを押し付けることにより冷却した。ガラス管外壁面には、温度測定のための熱電対が設置されている。断熱部には、流路と同軸にコイルが設置されており、それぞれのコイルには交番方形波電圧 (31 V, 周期 3 s) を印加することにより、磁性流体液柱に交番磁場を印加した。作動流体封入量に関しては、流路内磁性流体の液柱長さが約 80 mm で一定となるようにした。本実験に用いた磁性流体は、水ベース磁性流体 (イチネンケミカルズ W-40) を蒸留水で 40 wt% に希釈したものである。

熱輸送量  $Q$  と加熱部-冷却部温度差  $\Delta T$  の関係を図 2 に示す。 $\Delta T$  が約 25 K より大きい場合では、磁性流体を封入しない場合 (▲印) と比較して磁性流体を封入した場合 (磁場印加なし, ●印) のほうが、同じ  $\Delta T$  に対する熱輸送量が増加している。これは、磁性流体を封入した場合において、磁性流体液柱が自励振動し、熱輸送が促進されたためである。一方、 $\Delta T$  が約 25 K より小さい場合では、磁性流体液柱の自励振動が発生せず、作動流体を挿入しない場合の  $Q$  とおおよそ等しくなる。つぎに磁性流体液柱が自励振動しない場合に、流路断熱部に設置した 2 つのコイルに方形波電圧を交替的に印加し交番磁場を発生させ、磁性流体液柱を強制振動させたときの場合 (■印) について議論する。図 2 から、磁場を印加しない場合 (●印) と比較すると、磁場を印加する場合のほうが、同じ温度差  $\Delta T$  に対する熱輸送量が増加している。このとき、印加交番磁場の周期 3 s と同じ周期で磁性流体液柱は振動した。また、断熱部に設置したコイルに引き込まれた磁性流体液柱は、コイルを通り抜けると液柱中心位置とコイル中心位置が一致する前に停止した。この理由として、作動流体蒸気のガスばねの作用に加えて、流路半径方向の磁場の印加による圧力損失の増大が挙げられる。そして、電圧を印加するコイルが切り替わると、反対側の断熱部に設置したコイルへ同様に液柱は引き寄せられる。このように、交番磁場印加により液柱を強制振動させることで、液柱が自励振動する場合と同様に、液柱往復振動に伴う顕熱輸送が行われるとともに、流路壁に形成された液膜における潜熱輸送が行われ、温度差  $\Delta T$  が小さい場合においても熱輸送が促進されることが確かめられた。

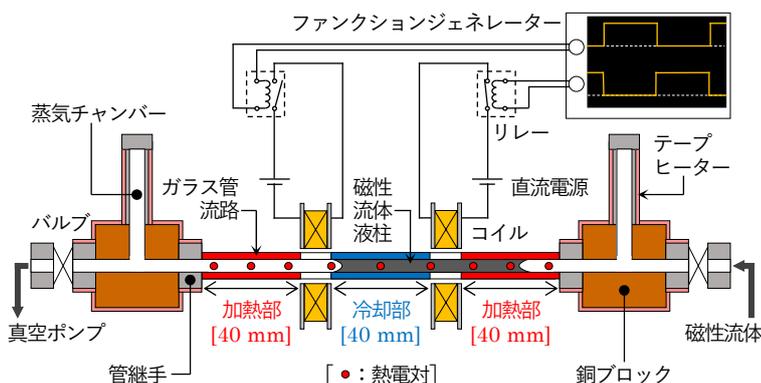


図 1 実験装置。

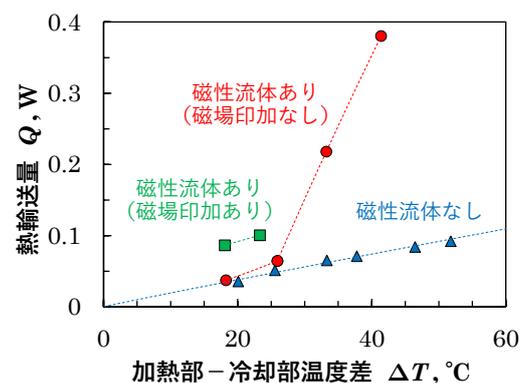


図 2 熱輸送特性。