

ECF を利用した CPU 液浸冷却システムの開発

桜井康雄*, 高實子正樹**, 中田 毅***, 枝村一弥****

Development of Immersion Cooling System for CPU by ECF

Yasuo SAKURAI*, Masaki TAKAJIKKO**, Takeshi NAKADA***, Kazuya EDAMURA****

This paper deals with development of immersion cooling system for CPU by electro-conjugate fluid(ECF). ECF is one of the functional fluids, which has a remarkable property that a strong jet flow is generated between the electrodes when a high voltage is applied to ECF through a pair of electrodes. Utilizing this strong jet flow, the authors had developed several kinds of ECF-pumps without noise and vibration. Furthermore, by the use of the ECF-pump, a liquid cooling system by ECF had been fabricated and the basic characteristics of the system had been made clear. The liquid cooling system is composed of an ECF-pump, a block to transfer heat into ECF flowing in it, a reserve tank and a radiator with a fan. Therefore, the system is complicated and the pump pressure has to be enough high, because the pressure had to be greater than the resistance of the block and the radiator. On the other hand, ECF is insulating liquid. By focusing on this point, it seems to be possible to develop an immersion cooling system which is used in supercomputers and a personal computer. In this study, an immersion cooling system by both ECF and an ECF-pump is proposed. In this system, it is not necessary that pump pressure is high. The system is produced experimentally and carried out some experiments. In the basis of the experimental results, it makes clear that it is possible to realize such the immersion cooling system by both ECF and an ECF-pump. In addition, it becomes clear that the ECF-pump improves the performance of the system and ECF is effective to adopt as the liquid for such an immersion cooling system.

Key Words : Immersion cooling system, Functional fluid, ECF, Personal computer, CPU

1. 緒言

電界共役流体 (ECF : Electro Conjugate Fluid) は機能性流体の一種であり¹⁾, 電極を用いて直流高電圧を印加すると他の流動現象に比べ非常に強いジェット流が生じるという特長がある. この ECF の強いジェット流を利用することにより, モータや羽根車を必要とせず, そのため摺動部分が無い, 単純な構造で騒音の無い ECF を流動させるためのポンプ (以後, ECF ポンプ) の開発が可能となる.

筆者らは, 上述した ECF の特長を利用し, 単純な構造で騒音の無い ECF ポンプ^{2)~4)}を開発し, これらのポンプを利用した ECF による CPU 液冷システムを試作しその性能について実験的に明らかにしてきた^{2), 3)}. その結果, 50W の CPU であればその温度を通常の動作温度である 50°C~60°C の間に十分保つことが可能であることを示した. しかしながら, そ

のシステムには CPU の熱をその内部を流れる ECF に伝える液冷ジャケットおよび空冷式用のファンに比べ径と回転数は小さいもののファン付きのラジエータが必要となる. そのため, システムの簡素化が課題となっている.

一方, ECF は絶縁性の液体である. この点に注目するとスーパーコンピュータおよび一部のパソコンで実用化されている CPU を直接液体に浸ける液浸冷却システムが開発可能であると推察できる.

そこで, 本研究では, ECF の絶縁性に着目したパソコン用の CPU を対象とした液浸冷却システムの試作の第 1 段階として, ECF に伝わった熱を大気に放熱する液浸システムを試作し, 実験により液浸冷却システムの実現の可能性について検討する.

2. 試作した液浸冷却システム

試作した液浸冷却システムを Fig.1 に示す. 本システムは ECF で CPU を直接冷却するため, CPU を覆ように熱伝導率の低いアクリルケース (t=1mm, W70mm×D80mm×H40mm) をマザーボードに防水性に優れたシリコンボンドで接着した. このケースに入れる ECF の量は 150cm³ とし, ECF には現在最も強いジェット流が発生することが確認されている FF-3EHA2 を使用した. CPU は最大使用温度 105°C の Core i3-540 を用いた

Fig.1 に示すように, CPU から発生した熱は ECF

*足利工業大学工学部創生工学科
(〒326 - 8558 栃木県足利市大前町 268-1)

(E-mail:ysakurai@ashitech.ac.jp)

** (株)ホンダテクノフォート

(〒321-3325 栃木県芳賀郡芳賀町芳賀台 89 番 4)

***東京電機大学情報環境学部情報環境学科

(所在地 〒270 - 1382 千葉県印西市武西学園台 2-1200)

**** (有)新技術マネージメント

(所在地 〒124 - 0023 東京都葛飾区新小岩 2-9-1-306)

* Ashikaga Institute of Technology

** Honda Techno Fort Co., Ltd.

*** Tokyo Denki University

**** New Technology Management Co., Ltd.

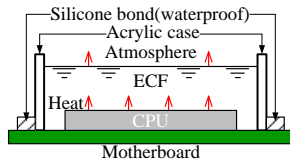


Fig.1 Immersion cooling system by ECF

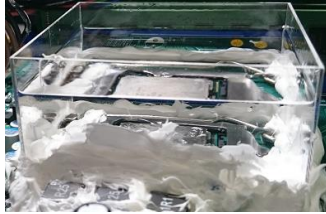


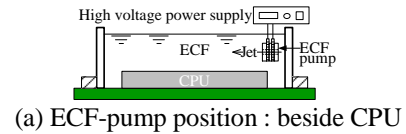
Fig.2 Photo of immersion cooling system by ECF

に直接伝わる。本研究で試作したシステムは開発の第1段階であるため、ECFの自由表面からその熱を大気に捨てるものとした。本研究で試作した液浸冷却システムの写真を Fig.2 に示す。

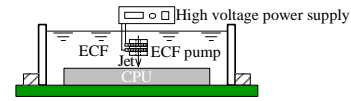
3. 液浸冷却システムの性能試験

実験は、CPU を覆ったアクリルケースに ECF を入れ、CPU にかける負荷率を変化させ実験を行い、その時のクロック周波数、CPU 使用率、マザーボードに取り付けられている温度センサにより計測された CPU の温度を記録した。実験開始時の温度は 40°C で一定になるように調整し、CPU の使用率を安定させるために省電力モードで実験を行った。アクリルケース内にはメッシュ電極⁶⁾形 ECF ポンプ⁴⁾を挿入し、内部の ECF を流動させた状態における実験も実施した。ECF ポンプをアクリルケース内に取り付け簡単に流動を生じさせることができることは、液浸冷却システムに使用する液体として ECF を利用する最大の利点である。ECF ポンプは Fig.3 に示すように、ECF の流動が CPU の面に対して水平方向および垂直方向に発生するよう取り付けられた。ECF ポンプの電極間隔は 2mm とし、印加電圧は 2kV とした。

時刻約 20 秒で CPU 使用率を 50% に上げた場合の実験結果を Fig.4 に示す。この図より CPU 使用率を上げると CPU 温度は約 10 秒間急激に上昇し、その後緩やかに上昇することがわかる。また、時刻 180 秒での CPU 温度は ECF ポンプを入れない場合では 89°C、ECF ポンプを入れて CPU の面に対し水平に ECF を流動させた場合では 83°C、CPU の面に対し垂直に ECF 流動させた場合では 76°C となった。ECF ポンプを入れない場合と ECF ポンプを CPU に対して真上に設置した場合では最大で 13°C の温度差があることがわかる。これは ECF ポンプによりケース内の ECF に流動を生じさせたことにより CPU から ECF に伝わった熱がケース内の ECF 全体に拡散したこと、および、流れにより CPU 上部の伝熱面の温



(a) ECF-pump position : beside CPU



(b) ECF-pump position : above CPU

Fig.3 Immersion cooling system by ECF with ECF-pump

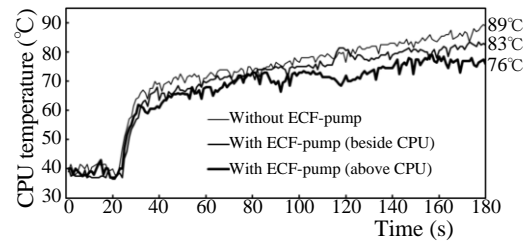


Fig.4 Experimental result(CPU temperature)

度境界層が薄くなり熱伝達率が大きくなったことによるものと考えられる。また、CPU 温度が実験を打ち切る温度 95°C に達するまでの時間は ECF ポンプ無しの場合で約 5 分、ECF ポンプを CPU に対して横に設置した場合は約 10 分、ECF ポンプを CPU に対して真上に設置した場合は約 14 分となった。これらのことより、ECF ポンプを用いてケース内の ECF に流動を起こすことの有効性がわかる。なお、CPU 温度が 95°C まで上昇してしまう理由は、放熱は ECF の自由表面から大気中に行われているだけであることによる。今後の装置の改良により、積極的に放熱を行うことによりこの点については改善可能であるものと考えている。

4. 結言

本研究では、ECF を用いたパソコン用 CPU を対象とした液浸冷却システムの開発を目的として、そのシステムを試作し性能試験を行った。その結果、ECF による液浸冷却システムの実現の可能性および ECF ポンプにより流動を発生させることは CPU の冷却に有効であることを明らかとした。

参考文献

- 1) 例えば、横田眞一、貞本敦史、近藤豊、大坪泰文、枝村一弥：電解共役流体(ECF)を応用したマイクロモータ(ステータ電極(SE)形マイクロモータの提案)、機論 C, 66-642, 627/633(2000)
- 2) 桜井康雄、門井寛人、中田毅、枝村一弥、プリント基板多層形 ECF ポンプの開発と液冷システムへの応用、機論 C, 72-715, 991/996 (2006)
- 3) 桜井康雄、中田毅、枝村一弥、管路形 ECF ポンプの開発と CPU 液冷システムへの応用、機論 B, 75-753, 966/971(2009)
- 4) 桜井康雄、五十嵐友彰、中田毅、枝村一弥：メッシュ電極を用いた ECF ポンプの提案、機論 B, 78-786, 291/299(2012)
- 5) <https://blogs.msdn.microsoft.com/vijaysk/2012/10/26/tools-to-simulate-cpu-memory-disk-load/>
- 6) 中田毅、桜井康雄、枝村一弥、電界共役流体を用いたピストン形リニアアクチュエータの開発、機論 C, 71-706, 2014/2019 (2005)
- 7) 特許 3225016 「リニアモータ」、特許権者：395016615, 有限会社新技術マネジメント