



THERMAL ENGINEERING

TED Newsletter No.27 March 1999

特集：マイクロチャンネル内の流動と熱伝達

巻頭言 特集「マイクロチャンネル内の流動と熱伝達」にあたって



芹澤 昭示

京都大学大学院
工学系研究科
教授

何をもちてマイクロチャンネルと定義するのは大変曖昧であるが、一般的には例えば表面張力の影響が現れる数ミリ径以下のチャンネルを呼ぶことが多い。現在はミリスケール、サブミリスケール、ミクロスケール、サブミクロスケールまでが主たる対象である。このような極狭隘流路内の流動と熱伝達は近年例えばLSIやノートパソコンのCPUなど各種電子機器の冷却、マイクロヒートパイプ、冷凍・空調機器、多孔質や極微小亀裂内流れ、宇宙空間での熱放射、純水の製造、超発水性機能材料、マイクロマシン技術、毛細血管内の血液流やトライボロジー等様々な工学分野で関心を集めている。

一般に、通常スケールにおける流動伝熱現象の多くは無次元相関式を用いて表現されているが、これら相関式の無次元数に含まれる長さのスケールが何処まで小さくできるかは明らかになっていない。上述した各種流動・伝熱機器技術の高度化や高機能化を図る上ではマイクロチャンネル内の流動・伝熱現象とその機構、特にスケール効果とその

適用限界を正しく把握し、その特性を的確に解析し、また予測する手法を確立する必要がある。また、流れが单相流でなく、幾つかの異なる相が共存または混在する流れである混相流（蒸発・凝縮・二相流）では流動伝熱機構・特性が混相流の流動様式に大きく依存する上、系の持つ圧縮性・非平衡性・非線形性により極めて複雑な様相を呈する。

通常の機器では単純な直管であるマイクロチャンネルが単独で使用される場合は比較的少なく、並列チャンネル（マルチパス）であったり、蛇行管であったり、あるいは多孔質のように相互に複雑に配列するマイクロチャンネル群から構成される複合流路や、溝付き加工管やウイックのように平行または交叉する多数のマイクロチャンネル群とそれを収容するもう少しスケールの大きな流路から構成される複合流路であったりするが、これらの複合流路等では、それぞれのマイクロチャンネル内混相流れが他のチャンネル内流動と独立ではなく、相互に複雑に影響し合うため、単純にその集合体としての巨視的な流れ場を想定した場合は全く異なる特性を示すと予想される。混相流に限らず、ミクロスケールの現象は一般に、このような単純和では表わせない特性を有している。個別の現象や個別の応用機器を対象としたマイクロチャンネル内の流動や熱伝達に関する基礎研究や応用研究は既に多方面でなされてきているが、それらを総合的・系統的に調査研究し、そこから普遍的原理を探究し、革新的・機能的な流動・伝熱機器に応用する系統的な手法は十分に開発されているとは言い難い。

故土方邦夫先生(当時東京工業大学教授で熱工学部門長)の強い意向もあり,熱工学部門内に研究分科会「マイクロチャンネル内の流動と熱伝達」が設置されたのは,ほぼ2年前の1997年ことである。この研究分科会では,現象に関するスケール効果の把握とスケール効果の応用を2本柱として,マイクロチャンネル内の流動と熱伝達に関連した研究発表,データベースの収集,解決すべき工学的問題点の抽出とその解決を視野に入れた物理現象の解明とモデリング・予測手法の探究,そして工学的応用や新しい展開を目標として活動を行っている。また,昨年の日本伝熱シンポジウムでは西尾茂文先生(東京大学),片岡 勲先生(大阪大学)のお世話で,本研究分科会が中心となってフロンティアフォーラム準備セッションが企画され,2年後の本セッション開催に向けての準備が進められることに

なった。

このたび,熱工学部門広報委員会より特集記事「マイクロチャンネルにおける流動と熱伝達」を企画する旨の連絡を頂き,それぞれの分野で造詣の深い先生方に執筆頂くことになった。今回執筆頂きました先生方は研究分科会の中でも大変活発に活動なさっており,ご多忙にも拘わらず原稿を準備して下さいましたことを深く感謝しております。また,この機会を与えて下さった広報委員会の皆様にも厚く御礼を申し上げます。

今回の特集が1つの契機となって,マイクロチャンネル内の流動と熱伝達にご関心を持つ方が増え,また,種々のご助言や有益な情報をお寄せいただければ,この上なく幸いです。

マイクロメカニズムと熱流動現象



円山 重直

東北大学
流体科学研究所
教授

1. はじめに

半導体デバイスの製造技術が発達し,複雑な形状のマイクロマシンが作れるようになってきた[1]。最近では,マイクロ構造のヒートポンプや熱機関[2],さらに,硬貨大のマイクロガスタービン[3]も計画されている。

マイクロマシンのスケールは,分子動力学におけるスケールに比べて格段に大きく,現象はマクロであると考えることが出来よう。では,巨視的な熱流体機械を小さくしたマイクロマシンの動作が可能であろうか。本稿では,マイクロマシンの熱流動機構を考える。

2. ミクロ構造の伝熱

伝熱の分野では構造を微細化すると伝熱特性が格段に向上する。物体を小さくしていくと,その伝達率は物体長さに反比例して増大し,かつ単位体積当たりの物体の表面積も長さに反比例して増大する。従って,ミクロンオーダーの粒子群から成る多相媒体の単位体積当たり伝熱量は膨大なものとなる。これは物質拡散でも同様である。例えば,氷砂糖は火をつけても燃えないが,ケーキ用粉砂糖を空中に分散させて火をつけると爆発する。

繊維媒体などのミクロ構造の実際の伝熱特性は理想的な

状態からは大きく異なり,高熱負荷を受ける伝熱機器では流体と固体間に大きな温度差を生じる[4]。しかし,マイクロ構造の対流伝熱の卓越性を利用して5mm程度の厚さの断熱層で2000K以上の高温環境からの熱遮断が可能である[5]。また,構造の微細化による伝熱促進は,熱交換器のマイクロフィンや,マイクロヒートパイプ[6]としても用いられている。この様に,われわれは,すでにマイクロ伝熱機構をマクロな伝熱機器に応用してきた。

3. マイクロマシンの熱流動機構

物体のスケールが小さくなるとその伝熱形態は熱伝導支配となり,流動は粘性支配となる。マイクロな系において熱伝達特性が良くなることは,逆にいえば,流体と物体との温度差を大きくするために,膨大な熱流束が必要となることを意味している。つまり,マクロなスケールでは断熱変化として扱えるようなガスタービン内の流れでも,マイクロマシンでは熱伝導による熱損失が無視できない。また,マクロな熱機関からの類推でマイクロマシンを作ると粘性や摩擦の影響が大きいので,効率に問題のある熱機関が出来てしまう可能性がある。

水中の生物は,その大きさによって移動原理が異なっているのは良く知られている。つまり,大型魚では流体または渦を後方に押し出す慣性力で前進するが,微生物は鞭毛を流体中で動かすことによって,蛇のように粘性摩擦力で移動する。精子が大型魚と同様な運動メカニズムで運動すると,エネルギー損失が大きくなり,卵子まで到達できない。バットの羽断面形状は,大型航空機の翼形とは著しく異なるが,低レイノルズ数流れに最適な翼形状に類似している。

このように,物体を構成するスケールが非常に異なる機

器では、巨視的スケールと同じ原理で作動させると成立しないシステムが多い。マイクロマシンを動作させる場合も、マクロな機構とは異なる原理で作動するシステムを考える必要性が出てくると考えられる。著者等は、ペルチェ素子と形状記憶合金を組み合わせた新しい熱電運動素子を提案しているが[7]、これもマイクロマシンに適合した運動機構の一つと考えられる。

参考文献

1. 江刺,他,骨・関節・靭帯,Vol. 10, (1997), pp. 417-423.

2. Ashley, S., ASME, Mechanical Engineering, Vol. 119, No. 10, (1997), pp.78-81.
 3. Ameer, T.A.他, Energy Conversion and Management, Vol. 38, (1997), pp.969-982.
 4. 円山, 機講論, No. 98-1, Vol.6, (1988), pp.502-503.
 5. 円山, 日本航空宇宙学会誌, Vol. 43, No. 495, (1995), pp.257-259.
 6. Peterson, G.P., Applied Mechanics Review, Vol. 49, No. 10, (1996), pp.174-183.
 7. 円山,他,機講論, No. 98-3, Vol.1, (1998), pp.327-328.

マイクロチャネルの応用への期待



西尾 茂文

東京大学
 生産技術研究所
 教授

“マイクロチャネル”については、現在のところ以下のような定義があり得ると考えられる。

(1) 希薄気体効果が顕在化する程度の断面寸法を持ったチャネル： 希薄気体効果は、 $Kn (= \lambda / D) > 0.01$ 程度で顕在化するとされている。ここで、 λ は分子の平均自由行程、 D は流路断面代表寸法である。常温の大気圧空気では、 $\lambda = 0.07 \mu m$ 程度であるから $D < 7 \mu m$ 程度が相当する。

(2) 気液界面の曲率半径以下のチャネル： Cotterは、1984年に“気液界面の平均曲率が流体力学的流路断面寸法の逆数のオーダーを持つもの”としてマイクロヒートパイプの概念を提案した。こうした状況が現れる代表寸法として例えばラプラス長さ $L_p (= (2\sigma / g(\rho_l - \rho_g))^{1/2})$ をとると、大気圧水では $D < 2.5mm$ 程度となる。ここで、 σ は表面張力、 g は重力加速度、 ρ_l, ρ_g は気液の密度差である。

(3) 界線領域での蒸発が顕在化する程度のチャネル： 蒸発メニスカスは、液膜の熱伝導抵抗が支配的な intrinsic meniscus regionと固体面からの影響で蒸気圧の著しく低い thin film regionとにより構成され、その間の interline regionで強度の蒸発が起こると考えられている。この領域の代表長さは $1 \mu m$ オーダーといわれており、この領域が顕在化するとすれば $D < 10 \mu m$ 程度である。

(4) 従来使用されてきた寸法以下のチャネル： 現在では、この意味で“マイクロチャネル”が使用される場合が最も多いと考えられる。明確には定められないが、加工の問題を含めて $D < 1mm$ 程度と考えられる。

さて、ここで発達した管内単相流熱伝達を考えると、通常の流路では熱伝達率 h は D の逆数に比例する。したがって上述の(4)の意味のマイクロチャネル化を施すと、高い熱伝達率が得られることになる。1981年に Tuckerman-Peaseは、この原理に着目し $D \sim 50 \mu m$ 程度のマイクロチャネルヒートシンクを提案している。この効果を利用するとマイクロチャネル熱交換器が構成でき、例えば空調機器の省冷媒化を図ることができるので利点がある。しかし、気体流では、 D をさらに小さくしてゆき(1)の領域に入ると、希薄気体効果により h が $1/D$ に比例する傾向が鈍り、やがて飽和値に到達する。しかし、最近の報告によれば、(1)の領域よりかなり大きな寸法のチャネルにおける気体流でも通常の層流熱伝達解が成立しなくなると同時に、液体流でも同様の傾向が報告されている。マイクロチャネル熱伝達については熱流束や温度の計測が難しく、上述の結果の再確認が望まれる。

一方、マイクロチャネルにおける気液二相流を考える。(2)あるいは(4)の意味のマイクロチャネルではサブクール度は入口近くで解消されるため、CHFは入口サブクール度の関数とならないこと、流動様式は通常チャネルの方法で大凡予測できること、(2)の意味のマイクロチャネルでは気泡は扁平気泡となること、それにより圧力損失に関する二相増倍係数が通常チャネルより低下することなどが報告されている。(3)の意味のマイクロチャネル(マイクログループ)については研究は極めて少ない。

さて、以上では熱伝達に着目してマイクロチャネルを見てきたが、マイクロチャネルは先に述べたように熱輸送管

やマイクロアクチュエータとしても重要である。例えば、(2)の意味のマイクロチャンネルにより閉ループを構成し、このループにある体積割合(封入率)で液体を封入すると、蒸気相は扁平気泡となり蒸気コラムを形成するようになる。この蒸気コラムの生成・凝縮により閉ループ内に振動あるいは循環流が誘起され、熱輸送管(プラグ流型熱輸送管)となる。この熱輸送管は相変化を利用するので作動温度範囲があるが、封入率を100%としてループ内にデバイスを組み込むと小温度差で作動する非相変化型の熱輸送

管(振動制御型熱輸送管)となる。周知のように、冷媒が空気に限定されるnotebook PCにおけるチップ発熱量は急速に増大してきており、heat spreaderおよび細径熱輸送管の開発が必要となっている。後者についてはウイック型ヒートパイプの細径化(miniature heat pipe)が行われているが、細径化に伴う熱輸送限界の低下が問題となり、マイクロチャンネルを利用した高い熱輸送限界を持つヒートパイプの開発が必要である。

狭小流路内の気液二相流の流動と伝熱



三島 嘉一郎

京都大学
原子炉実験所
教授

1. はじめに

小口径円管や狭間隙矩形管内の気液二相流では界面張力の効果が相対的に増大するため、流動伝熱特性が通常口径の流路とは異なる可能性がある。そこで、筆者らは小口径円管内および狭間隙矩形管内の空気-水二相流の流動特性^(1,2)並びに大気圧水の強制流動沸騰における伝熱特性^(3,4)について調べた。以下にその要約を紹介する。

2. 狭小流路内気液二相流の流動特性

摩擦圧損 摩擦圧損をLockhardt-Martinelli法により整理し、相関式としてChisholmの式(5)を用いると、既存のデータと著者らのデータと合わせて、小口径円管(内径0.7~9.1mm)と狭間隙矩形管(間隙0.007~17mm)の摩擦圧損は次式で整理できる⁽¹⁾。

$$\Phi_L^2 = 1 + \frac{C}{X} + \frac{1}{X^2}, C = 21(1 - e^{-0.319d_e}) \quad (1)$$

ここで、 Φ_L^2 : 二相増倍係数, C: Chisholmのパラメータ, X: Lockhardt-Martinelliのパラメータ, d_e : 水力学的等価直径である。従来、Cの値は乱流に対し21としているが、本結果では、狭隘流路では d_e が小さくなるにつれてCの値も小さくなり、流れはより層流に近づくことを示唆している。

ボイド率 通常、ボイド率に対して次のドリフトフラッ

クス相関式が用いられる。

$$v_G = \frac{j_G}{\alpha} = C_0 j + V_{Gj} \quad (2)$$

ここで、 v_G : 気相速度, j_G : 見かけの気相速度, j : 混合流体の体積流束, C_0 : 分布パラメータ, V_{Gj} : ドリフト速度、管断面平均ボイド率である。通常口径の円管では、 C_0 の値として、環状流に対して1.0, 他の流動様式に対して1.2が用いられ、 V_{Gj} は流動様式ごとに異なる式で与えられる⁽⁶⁾。一方、小口径円管では V_{Gj} はゼロとなり、 C_0 の値は管径dに依存し次式で表される⁽¹⁾。

$$v_G = C_0 j, C_0 = 1.2 + 0.510e^{-0.691d} \quad (3)$$

これより管径が5mm程度以下では管径が小さくなるにしたがって C_0 の値は1.2よりも大きくなる。狭間隙矩形管についても同様に V_{Gj} の値はゼロとなり、 C_0 の値は、通常口径の矩形管では1.35であるのに対し、流路間隙が0.1mmより小さい管では1.35より大きくなり⁽²⁾、逆に間隙が5mm程度よりも大きくなると円管と同様1.2に近づく。

3. 狭小流路内大気圧水の強制流動伝熱

限界熱流束(CHF) 管径D=1.0~6.0mm, L/D(加熱長対管径比)=5~680の範囲でCHFに対する管径およびL/Dの影響を調べた⁽³⁾。その結果、低クオリティあるいはサブクール域ではDが小さいほどCHFは大きく、その傾向はL/Dが小さいほど顕著になることが分かった。管径1.0mm, L/D=5の試験部で質量速度19740kg/m²sにおいて158MW/m²という極めて高いCHFが観察された。高クオリティではDの影響は小さい。L/Dの影響については、L/Dが小さいとき、L/Dの増加に伴ってCHFは減少し、L/Dが大きくなると(>25) L/Dの影響は消える。

熱伝達特性 $D=2\sim 6\text{mm}$, $L=4\sim 680\text{mm}$ の円管内の強制流動沸騰流の熱伝達率の測定を行った⁽⁴⁾。実験結果と既存の相関式との比較により、液単相流では予測値とほぼ一致したが、核沸騰熱伝達率については実験データは予測値を下回っていた。これは、小口径管では沸騰気泡が加熱壁に拘束されるため熱伝達が劣化することを示唆する。

4. まとめ

狭小流路における空気 - 水二相流の流動特性および水の強制流動伝熱特性を調べ、通常口径の流路とは特性の異なる点を明らかにした。

る点を明らかにした。

【引用文献】

- (1) Mishima, K. et al., Int. J. Heat Mass Transf., 22 (1996) 703. (2) Mishima, K. et al., Int. J. Heat Mass Transf., 19 (1993) 115. (3) 呉田, 他, 機論(B編), 61 (1995) 4109. (4) 呉田, 他, 機論(B編), 63 (1997) 3706. (5) Chisholm, D., Int. J. Heat Mass Transf., 10 (1967) 1767. (6) Ishii, M., ANL-Report ANL-77-47 (1977).

宇宙，熱流体，マイクロ技術



矢野 歳和

石川島播磨重工業株式会社
技術研究所
宇宙・熱機器開発部

1. はじめに

半導体加工技術などからマイクロマシンの技術が進展してきた。現在、マイクロマシンでは一つの研究分野が形成され、応用研究や先導的研究開発が盛んになっている。大型機械メーカーとも言えどもマイクロ現象の理解と利用、メカニズムの考案などは益々必要となっており、分子レベルの問題にも着手している。ミリがマイクロかはさておき、小さいスケールの熱流体について著者が直接か間接に係わり、あるいは関心を持った項目を以下に述べる。

2. 小スケール伝熱流動の研究開発

宇宙環境での問題の一つに微小重力がある(一般社会では「無重力」の方が通りやすい)。重力が小さくなると流体の表面張力、微小な電磁力などの外力やせん断力の影響が顕著になる。マイクロマシンでは表面張力が支配的となるマランゴニ効果や他の微小な力も議論され、宇宙実験の手法やツールがこの分野に適用できる。

微小重力の宇宙熱流体の分野で、当社は1980年からマランゴニ対流の研究に着手し、日本で初めてスペースシャトルの実験を担当し、国内の先駆けとなった。著者らは1990年からベン型表面張力タンク、勾配電場中の気泡移送、旋回流利用の気液分離、宇宙熱機器の研究開発を実施した。そのほか、電磁プラズマ推進機用ヒートパイプではマ

イクログループ、宇宙用コールドプレートでは微小なオフセットフィンの低レイノズル数の伝熱問題などがあった。

しみ出し冷却は高熱負荷の条件を多孔質材を用いて高温放射を熱的に遮断し、多孔質材の内部を冷媒が通過して冷却する。タービン翼の膜冷却、ロケット先端部の冷却などガスを使用する例をもとに、冷媒に水を用い防災機器や製鉄装置にも適用を試みた。多孔質材は多数のマイクロチャンネルが3次元的に連結していると考えられる。液体を用いた場合はメンテナンス上の問題があり、評価では相変化の取り扱いが難しい。超音速流条件では高速流と内部流れの境界の取り扱いが必要となる。

また、配管の疲労欠陥から高温高压水の漏洩流量の安全評価について、隙間幅 $50\ \mu$, L/D が4程度までの狭い隙間の臨界二相流量を実験的に求めた。

3. マイクロ技術の今後の応用

世の動向から、医療福祉の分野でマイクロマシン技術が発展すると予想される。人工心臓に始まり、介護機器の高性能化とコストダウン、血液造影剤となるマイクロバブルの活用など、医療福祉関連では益々ニーズが高まり、コストダウンが要求され投資も盛んになった。小型タービンやマイクロタービンも実用化が試みられている。

宇宙機器ではバルブやポンプ類で高い信頼性の流体素子が開発できると、人工衛星や宇宙機の小型軽量化も進む。大型機械も発想の転換で応用範囲が広がる。例えば、船舶関係では粘性抵抗減少法は長年検討され、表面形状による乱流剥離の防止、微小気泡吹き出しによる摩擦抵抗低減などがある。実用化にはコストやメンテナンスの問題があるが、表面加工形状で千キロ単位のパイプラインの圧損を軽減し、微小気泡が何百メートル単位の大型船の抵抗を軽減する可能性があることは興味深い。

4. 結 び

わが国のメーカーでは大型機械と言えども常に高機能化、高付加価値化を求められており、通常の技術を維持するだけでは競争力が低下する。コストの問題を克服すれば、マイクロ技術は発想の転換や機器の概念を大きく変更させる

パワーを持っている。特に大型機器へ適用が可能となれば、その効果は非常に大きい。画期的なアイデアを実現し、高い信頼性を持つ流体熱機器が得られると、適用範囲は飛躍的に増大すると期待できる。

熱交換器へのマイクロチャンネル利用技術 (空調機器への応用を中心として)



蛭子 毅

ダイキン工業株式会社
機械技術研究所
主任研究員

1. はじめに

現状の空調及び冷凍機器に用いられている熱交換器あるいはキャピラリチューブの流路径は、それぞれ4～12mm及び1～3mm程度であり、おおよそマイクロチャンネル流路と言うには大きすぎるかもしれない。しかしながら、従来の流路とは特性が大きく異なるとされるマイクロチャンネルは、その優れた伝熱・流動特性を利用することによって、トレンド上にはない性能向上の可能性を有している。特に米国においては、マイクロチャンネルを利用したマイクロ熱交換器やマイクロ燃焼器などのプロトタイプが実際に製作され、その集合体としての機器の革新的な性能やコンパクト化が期待されている。

そこで本稿では、上述したマイクロ熱交換器を中心とした空調用アプリケーションへのマイクロチャンネル技術の進展を紹介する。

2. マイクロ熱交換器

「500円玉サイズのヒートポンプ」への適用を目指したマイクロチャンネル熱交換器が、米国PNL(Pacific Northwest Laboratory)において開発されている。開発された熱交換器を図1⁽¹⁾に示す。熱交換器は、100×100μmの流路によって構成されており、約100W/cm²の熱を処理することができ、10k～35kW/m²Kもの単相熱伝達率が得られることが報告されている。この種の熱交換器はヒートポンプへの応用だけでなく、燃料電池や化学機械への応用も検討されている。

上述した機器に採用されている流路よりは比較的大き

い、セミ・ミリオーダーの流路を用いている熱交換器は既にいくつか実用化されている。特に米国において「マイクロチャンネル熱交換器」と呼ばれることが多いコルゲートフィン型熱交換器はカーエアコンなどに広く応用され、技術進展も進んでいる。この種の熱交換器では、偏平管内をいくつかの流路に分割したものが伝熱管として採用されているが、近年の加工技術の進展により各流路徑を飛躍的に小さく加工することが可能となっている。わが国においてもこの種の熱交換器を対象とした研究は盛んに行われており、流路徑を約500μmまで小さくした場合の伝熱流動特性が報告されており⁽²⁾、マイクロチャンネルに関する知見が実用レベルの領域に近づいてきていると言えよう。

3. マイクロ燃焼器

図2に示すのがPNLにおいて開発されているマイクロ燃焼器である⁽¹⁾。メタンを燃料として、精密な燃焼温度コントロールを行うことによって、NOxを低減することを目的として、マイクロチャンネル流路(放電加工により形成された300×500μm流路)が採用されている。また、燃

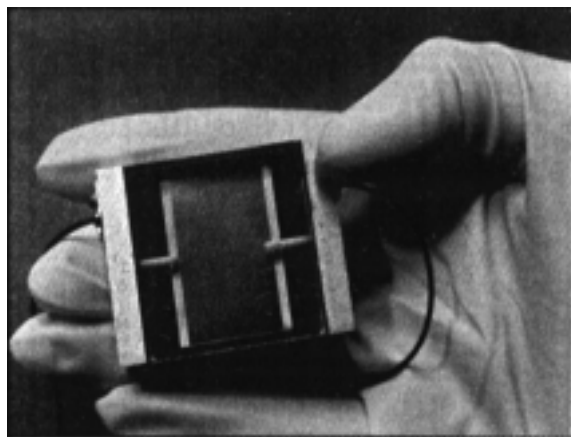


図1 マイクロチャンネル熱交換器⁽¹⁾

焼器の左右にはマイクロチャンネル蒸発器が具備されている。

4. 熱流動集積回路

吸収式冷凍機の革新的な小型化を目指して、一枚のプレート内に蒸発器、凝縮器、吸収器などを組み込んだ熱交換器が日米において公表されている⁽³⁾⁽⁴⁾。これら特許情報では流路寸法は明らかにされていないためマイクロチャンネル技術とは判断できないが、いくつかの機能の異なる流路を同一ステージ上に配置し、コンパクトな部品として機能的な働きを得ようとする、いわば「熱流動集積回路」的な発想に基づくものである。そしてごく最近、マイクロチャンネルを利用した集積熱流動回路による臭化リチウム-水を作動媒体とする吸収式冷凍機が、戦闘服冷却用に実用化された⁽⁵⁾。

これは、マイクロチャンネル技術の産業への応用として、単に現状のものを小さくすることを目的とするだけでなく、集積度を上げることによって新たな機能を産み出す熱流動機器を構成したという点において、空調機器への応用の好例であると考えられる。

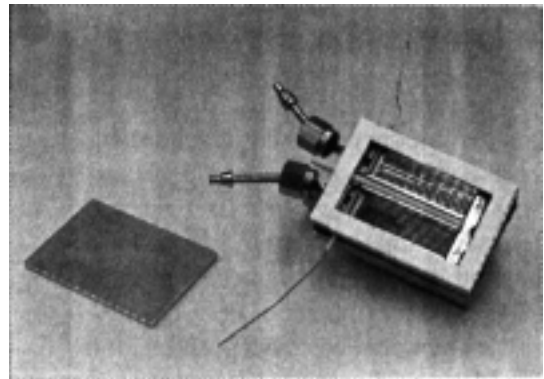


図2 マイクロ燃焼器⁽¹⁾

参考文献

- (1) Chemical Engineering Progress, 1996-4.
- (2) 佐藤・高橋, 機講論No.940-24, (1994), 13-14.
- (3) United State Patent, 4763488, (1988).
- (4) 公開特許公報, 特開平5-264115, (1993).
- (5) Mechanical Engineering, Vol.119, No.7, (1997), 14.

マイクロヒートパイプによるPC冷却



望月 正孝

株式会社フジクラ
エネルギーシステム研究所
エネルギー技術開発部長

近年、パーソナルコンピュータ(PC)のCPUの高性能化に伴い、発熱量の増加は著しく、冷却の問題は益々深刻化しつつある。特に、ノートブック型PCでは、スペース、重量、バッテリーの消耗の制限により、外径3mmのマイクロヒートパイプを利用した冷却方法は、急速に普及した。ヒートパイプの内壁には、毛細管ポンプ作用を生み出すウイックが装着されており、凝縮した液体を蒸発部に環流する働きをする。

ウイックの代表的な構造として、ファイバー、金網、焼結金属、軸方向グループ等があるが、最大熱輸送量、熱抵抗、ヒートパイプの配置等、基礎的な熱特性の他に、ノートブックPCでは、ヒートパイプを平板状につぶしたり曲げたりしてレイアウトされるケースが多いので、これらの点を考慮してヒートパイプを選定することが望まれる。

ファイバーウイック型ヒートパイプは、最大熱輸送量が大きく、トップヒートモードでも作動する。更に、曲げ、つぶしに対しても、ウイックの連続性が保たれるため、ノートブックPC用のヒートパイプには適していると言える。最大熱輸送量は、外径3mmのファイバーウイック型ヒートパイプで、13W程度である。一般的には、ヒートパイプとアルミニウム製放熱板を組み合わせ使用される。CPUの熱は、集熱ブロックを介して、ヒートパイプによりアルミ板に熱拡散され最終的にはキーボードより系外に放熱される。この方式では、CPUと環境温度を基準とする熱抵抗値で、5~8K/Wが得られる。昨今では、CPUの発熱はもとより、HDD、PCMCIA、メモリー等の発熱量も馬鹿にならず、全体では20~25Wもの発熱量がある。そこでヒートパイプとヒートシンク及び小型のファンを組み合わせたRHE(Remote Heat Exchanger)、LCDの裏面に放熱するために、2本のヒートパイプを回転接続したピンジ型ヒートパイプシステムも使われている。両方式とも、熱抵抗は4K/W程度が実現できる。マイクロヒートパイプは、PCの冷却とってなくてはならない重要な役割を担っている。

会 議 報 告 「1998年度熱工学講演会」

1998年度熱工学講演会委員会委員長 長野靖尚

標記講演会が平成10年11月14,15日の2日に亘り名古屋工業大学で開催されました。今回の熱工学講演会は、流体工学部門、バイオエンジニアリング部門の協力と関連諸学会の協賛のもと、熱工学部門が東海支部と合同して企画いたしました。その結果、一般講演に加え、13テーマのオーガナイズドセッション(OS)、8件の基調講演、および展望講演とワークショップそれぞれ1件が設けられました。4室の並列セッションになりましたが、257名の参加登録者のもとで、活発な討論が繰り広げられました。

今回の講演会は、他部門との強力な連携のもとで開催された初めての熱工学講演会と思います。バイオエンジニアリング部門には部門長にオーガナイザーを依頼し、生体における熱・物質移動の最新の成果について討論をしていただきました。流体工学部門は、混相流の流動と伝熱のOSを企画され、多くの熱工学部門会員を交えて丸1日ホットな議論を展開されました。熱工学部門プロパーにおいても、

ダイオキシン対策と次世代廃棄物熱処理技術の開発といった我が国が今直面している諸問題等について最前線の議論が繰り広げられました。また、本講演会と趣旨を同じくする日本学会議主催のセミナー「ダイオキシンの環境汚染とリスク評価」が並催されました。外因性内分泌攪乱物質(環境ホルモン)の恐ろしさにおののくと同時に、我々技術者・研究者の責務を痛感された方は多かったと思います。

CD-ROM論文集も発行いたしました。論文の受付を始め、電子メディアを最大限に利用した講演会であったと思います。ただ、今回はCD-ROM論文集と印刷した論文集の両方を提供しましたが、これについては今後のアセスメントが必要と思います。

講演論文集(CD-ROM付き)はまだ残部があります。ご希望の方は学会事務局(kawasaki@jsme.or.jp)までお申し込み下さい。

広報委員会より(編集後記)

第76期熱工学部門広報委員会委員長 稲葉英男

本27号は第76期担当の熱工学部門ニュー・スレタ - の最終号となります。昨年度より、年間3回発行のニュー・スレタ - の発行を、経費削減の立場からハ・ドコピ - による形式(1件)と学会誌掲載による形式(2件)の2通りで行ってりましたが、皆様のご感想は如何でしょうか。他部門の方より、熱工学部門ニュー・スレタ - に対して好意的な感想等を載せております。学会誌掲載の場合は、原稿締切などの制約を受け、速報性に欠けますが、熱工学部門の活

動が全機械学会会員の目に止まり、熱工学部門登録者の増強に繋がるように思えます。また、学会誌掲載分は、その抜き刷りを著者への贈呈や機械学会事務局の展示コナ - での掲示・配布も行っており、熱工学部門関連情報の発信に供しております。最後に、特集記事内容も好評であり、これも執筆戴いた方々のご尽力の賜物であり、心より感謝申し上げます。

ニューズレターに関するご意見・ご要望等は、日本機械学会熱工学部門広報委員会あてお寄せください。
(社)日本機械学会 〒160-0016 東京都新宿区信濃町35 TEL: 5360-3500(代) FAX: 03-5360-3508
また、一般記事や各種案内等掲載ご希望の方は、広報委員会幹事までご連絡下さい。
〒060-8628 札幌市北区北13条西8丁目 北海道大学大学院工学研究科機械科学専攻
TEL: 011-706-6425 FAX: 011-706-7889 E-Mail: myamada@eng.hokudai.ac.jp

第76期熱工学部門広報委員会

委員長 稲葉英男(岡山大学) 幹事 山田雅彦(北海道大学)

委員 青木秀之(東北大学) 青山繁男(松下冷機(株)) 伊藤正昭((株)日立製作所) 片岡 勲(大阪大学)
小山 繁(九州大学) 松尾篤二(三菱重工(株)) 松本充弘(京都大学) 渡辺 裕((株)東芝)