

電子機器における省エネルギー冷却技術の研究開発

吉川実

要旨

オフィスに設置されるコンピュータやプロジェクタなどの電子機器の冷却方式に関し、冷却のために使う電力を小さくする省エネルギー冷却技術の研究開発の事例として、液晶プロジェクタでの空冷技術、コンピュータの水冷技術、そして相変化冷却技術をそれぞれ紹介します。

キーワード

●プロジェクタ ●コンピュータ ●空冷 ●水冷 ●相変化冷却

1. はじめに

オフィスにはコンピュータやプロジェクタなどの電子機器が数多く設置されています。これらの電子機器を安定して動作させるためには、機器内部のデバイスなどの発熱部品が、動作保証温度を越えないように冷却設計する必要があります。また電子機器の冷却方式には一般的に、電子機器内部に搭載したファンの送風で冷却する空冷方式と、水などの冷媒をポンプによって循環して冷却する水冷方式に大別されます。更に近年、蒸発と凝縮の相変化によって冷媒をポンプで循環させる相変化冷却方式が研究開発され、実用化にいたっています。

デバイスなどを冷却するためには、上記のファンやポンプなどの冷却部品を駆動させるための電力（以下、冷却電力と略す）を新たに消費することになります。NECシステム実装研究所では、この冷却電力を最も小さくするための研究開発を行っており、本稿では各種冷却方式における省エネルギー冷却技術について論じています。

2. 冷却方式の事例

システム実装研究所で開発した空冷技術と水冷技術、そして相変化冷却技術を、それぞれ事例を交えながら紹介します。

2.1 空冷技術

空冷方式は、冷却部材が低コストであり、メンテナンスが容易なため、多くの電子機器に採用されています。空冷の省

エネルギー冷却技術の事例として、液晶プロジェクタ向けに開発した、「衝突噴流冷却技術」を紹介します。

(1) 液晶プロジェクタの冷却技術

図1に示すような液晶プロジェクタは、R(Red)、G(Green)、B(Blue)の各液晶パネルにランプの光を当てて発色させています。液晶パネルは温度が上がると寿命が低下するため、ファンで液晶パネル面に送風して冷却していますが、従来

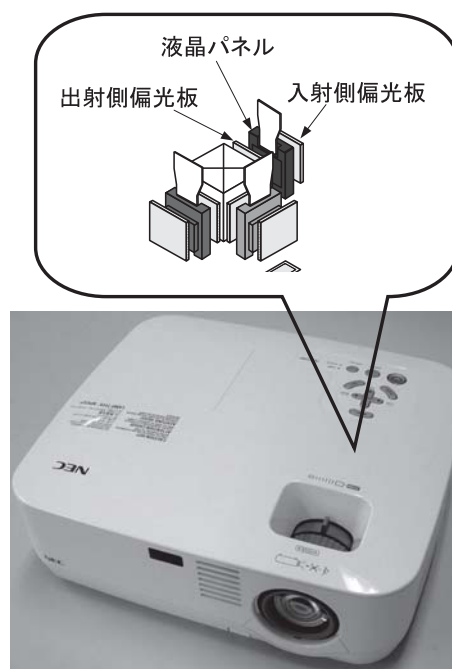


図1 液晶プロジェクタ

はプロジェクタの輝度の向上に合わせて、ファンからの送風速を上げて冷却していました。

(2) 衝突噴流冷却技術

発熱体の表面と、その表面に流れる空気などの流体との間に起こる熱移動の形態を、熱伝達といいます。液晶パネル表面に流す空気の風速を上げれば熱伝達は活発になりますが、ファンの駆動電力も増加してしまいます。そこでシステム実装研究所では、風速を上げずに熱伝達を活発にするため、液晶パネルの上下方向から空気を送風してお互いを衝突させる方法を開発しました。これは発熱体表面上における空気の流れを乱すことで、熱伝達が活発になる効果を狙ったものです。

液晶パネルの片側から送風した従来の冷却方式と冷却性能を比較した結果の一例を、**図2**に示します。同じファン駆動電力で比較した場合、液晶パネルの温度が20%低減するこ

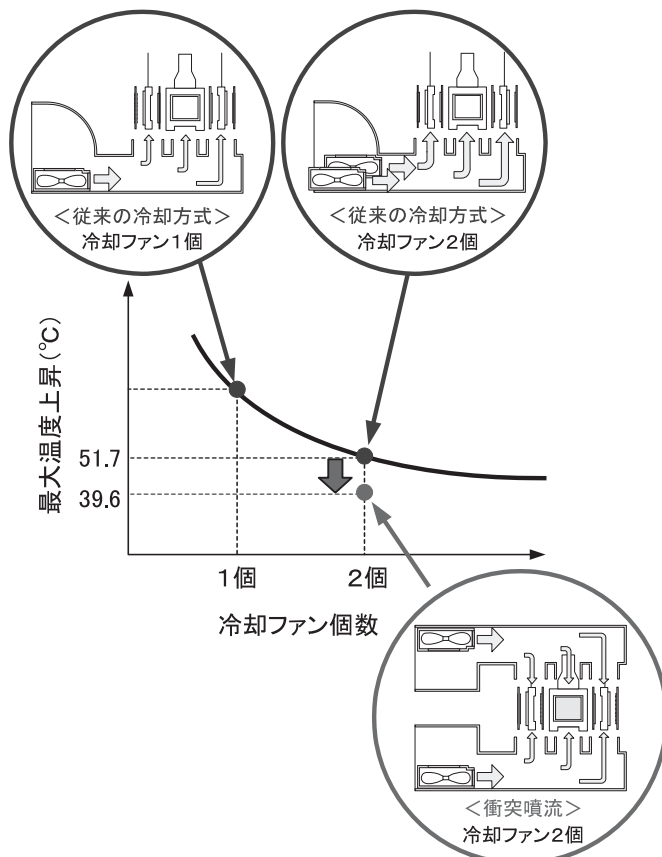


図2 衝突噴流による冷却性能結果

とを確認しました。液晶パネルの温度を合わせた場合の比較では、ファン駆動電力は従来の冷却方式と比較して、約1/2で冷却することができました。また、この衝突噴流冷却技術は、従来の冷却方式のように液晶パネルの風下に向かうにつれて温度が高くなる、といった温度変化を抑えることができます。このため、液晶パネル上の温度分布が原因であるプロジェクタの色ムラが小さくなる、といった効果も付加することができています。

2.2 水冷技術

空冷方式と水冷方式は、デバイスの熱を大気に放出する際、放熱器の放熱面積をどれだけ有効に使えるかに大きな違いがあります。省エネルギーの水冷技術として、水冷モジュールの開発事例を紹介します。

(1) 空冷技術と水冷技術の比較

コンピュータのCPUのように、冷却対象としているデバイスの発熱量が大きくなると、放熱量を増加させるために放熱器であるヒートシンクをデバイスの上に実装して冷却することになります。しかし、空冷の場合はデバイスの発熱量の増加に合わせてヒートシンクを大きくしても、金属の熱伝導による伝熱のロスがあるため、デバイスに近い部分しか効率良く放熱を行うことができません。このため、デバイスの発熱量に見合った放熱量を確保するためには、前述の熱伝達を上げる、つまりファンからの送風速を上げなければなりません。

一方、水冷の場合は熱を運んできた水などの冷媒を放熱器全体に循環させることができるため、放熱器全体の面積を有効に使うことができます。その結果、ファンからの送風速を下げるすることができます。水冷パソコンが静音になるのは、ファンからの送風速が小さくても冷却できるため、ファンをゆっくりと回転させられるからです。

(2) 水冷モジュール

水冷はだまかに、デバイスに接続させて熱を受ける受熱部、運んできた熱を大気へと放熱する放熱部、受熱部と放熱部の間に冷媒を循環させるポンプから構成されます。構成する部品が増えて電子機器への組込みやメンテナンス性が悪化することを防ぐため、システム実装研究所ではこれらの水冷部品を従来の空冷ヒートシンクと同サイズにし、空冷のヒートシンクと組込み互換性を持たせた水冷モジュール

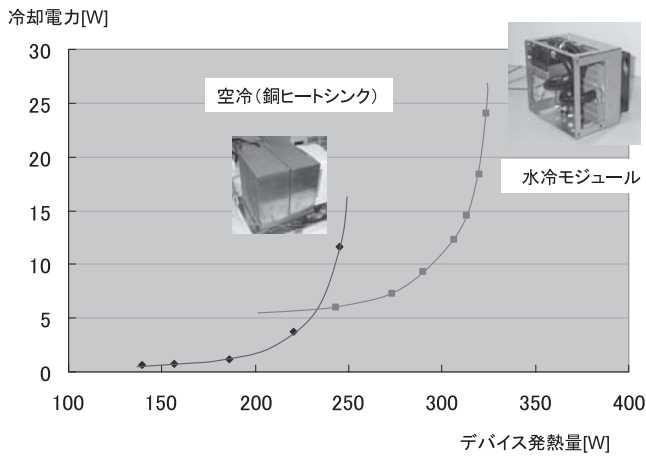


図3 空冷/水冷モジュールの冷却電力比較

を開発しました。一例として、縦・横・高さの寸法を各100mmにした水冷モジュールと、同じサイズで作った空冷用の銅のヒートシンクによる冷却電力の比較結果を図3に示します。

発熱体は一辺が20mmの正方形とし、発熱量を上げていったときに、発熱体の温度が外気から50℃上昇するときに必要な冷却電力を比較しました。冷却電力は、空冷の場合はファン駆動電力ですが、水冷の場合はファンとポンプの駆動電力の和です。本例におけるポンプは4Wです。水冷の場合はこのポンプの駆動電力があるため、デバイスの発熱量が230W以下ならば空冷の方が、それ以上になれば水冷の方がより省エネルギーで冷却することができるという結果になっています。

(3) 電子機器を冷却する空調の送風電力

ここで、電子機器の冷却方式の決定にはオフィスビルの空調電力も含めて考える必要があります。例えば、オフィスビル内にサーバールームがあるとします。通常、サーバールーム内にはサーバを冷却するための専用空調機が設置されていますが、この空調機は設置されるサーバの総電力と同じ程度の電力を消費しています。サーバールーム内の消費電力の内訳を図4に示します。サーバ内のファン駆動電力と、そのファンに冷気を供給している空調機の送風電力は、サーバールームの全消費電力の10%から20%にもなります。サーバが多量の冷気を取り込んで冷却しなければならない冷却方式だと、その分の冷気を空調機が送風しなくてはな

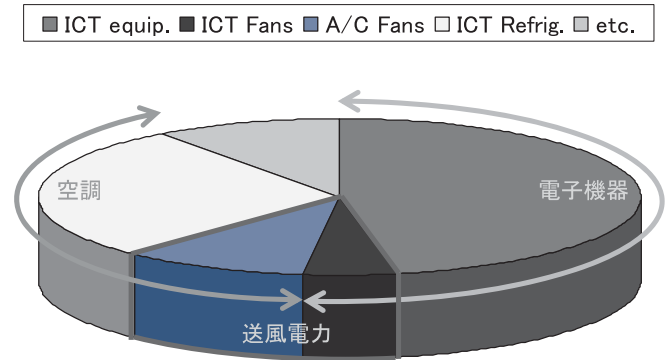


図4 サーバルーム電力内訳

らないため、オフィスビル全体の消費電力は増加します。オフィスに置かれる電子機器の冷却方式は、ビル全体の電力消費も考慮して決定する必要があることが分かります。

2.3 相変化冷却技術

水冷技術はファン駆動電力を小さくすることができますが、ポンプ駆動電力が追加されます。そこで、ポンプで冷媒を循環させることができる相変化冷却技術を紹介します。

(1) 相変化冷却の動作原理

相変化冷却では図5に示すように、水などの冷媒が蒸気に変化した状態の浮力と、液に戻ったときの重力を使って冷媒を循環させることができます。

水冷方式は、受熱部を通過した冷媒がデバイスなど発熱体

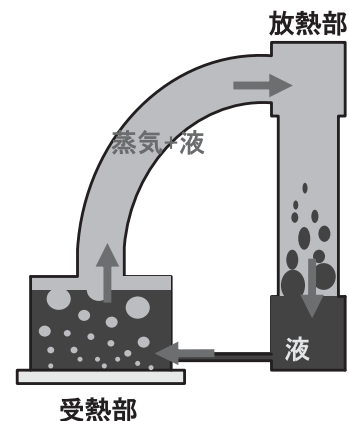


図5 相変化冷却技術の冷媒の動作

の熱量に応じて温度上昇して放熱部へと輸送され、放熱部で元の温度に下げてやることで、大気へと熱を放出します。冷媒が水の場合、100℃の温度変化で418kJ/kgの熱量を移動することができ、これを「顕熱」といいます。一方、相変化冷却方式は、冷媒が液体から蒸気、蒸気から液体に相が変化する際に熱が移動します。同じ水の場合は、2,440kJ/kgの熱をこの相変化で移動させることができ、水冷の何倍もの高効率化が可能となります。これを「潜熱」といいます。

(2) 相変化冷却技術の冷却電力

水冷と相変化冷却の冷却電力を弊社製のワークステーション (Express5800/54Ca) に115WのCPUを搭載して比較しました。相変化冷却モジュールを搭載した様子を写真に示します。

図6に示すように、相変化冷却は冷却能力が大きいので、同じ冷却電力で比較するとCPUの温度を低くすることができます。CPUの温度上昇が大気から30℃になる場合の冷却電力を比較すると、水冷は6.5W、相変化冷却は2.5Wとなりました。図7にその冷却電力の内訳を示します。

相変化冷却はポンプがないため、ポンプの駆動電力1.5Wが削減できるだけでなく、潜熱による熱移動を行うことにより、ファン駆動電力も水冷と比較して1/2まで小さくできていることが分かります。



写真 相変化冷却モジュール組込みの様子

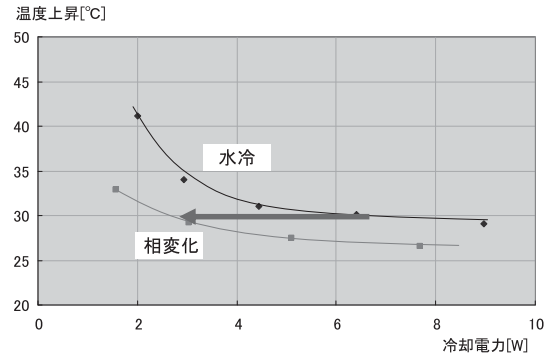


図6 冷却電力比較

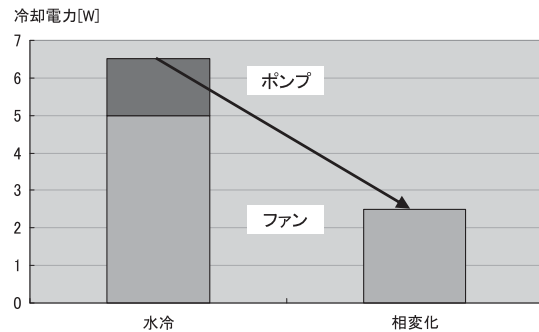


図7 冷却電力内訳

3. おわりに

以上、オフィスに設置されるプロジェクタやコンピュータなどの電子機器の省エネルギー冷却方式を紹介しました。ファン電力が電子機器全体の消費電力に占める割合は数%と小さいものですが、その電子機器を冷却するためにオフィスビルの空調機が消費している電力は、電子機器の冷却効率の良し悪しに直結します。システム実装研究所では、単に電子機器のみに着目するのではなく、電子機器の設置環境まで含めて最適となる省エネルギー冷却技術の研究開発をしています。そして低環境負荷社会の実現に向け、これからもお客様のエネルギー消費を削減できる技術開発を進めてまいります。

執筆者プロフィール

吉川実
システム実装研究所
主任研究員