

# データセンターの空調電力を削減する 冷却技術

吉川 実 中井 康博 来住野 剛

## 要 旨

地球温暖化を防止するために、環境に与える負荷が小さな社会の実現は急務であり、そのためIT機器の利活用による省エネルギー化、省資源化が期待されています。これに伴い、クラウド化の進展とIT機器のデータセンターへの集約が加速度的に増加しています。本稿では、空調電力増加の課題を解決し、データセンターの効率的な運用を継続する、相変化冷却を用いた高効率な冷却技術の研究開発事例を紹介します。

### Keywords

相変化冷却／熱輸送／局所冷却／空調電力／PUE

## 1. はじめに

ITを活用することで、オンラインショッピングに代表される人とモノの移動の抑制、エコドライブなどの効率的なエネルギー消費、ペーパーレス化などモノの消費の抑制ができるため、あらゆる産業のCO<sub>2</sub>が削減されることが期待されています。

このITの利活用の促進は、さまざまな分野においてクラウド化を進展させ、インターネットに流れる情報量の爆発的な増大と、IT機器を専用の空調設備を持つデータセンターに集約する動きを加速させています。

しかしその一方で、データセンターでは、処理する情報量の増加に伴い、IT機器による発熱量と発熱密度が増加し、冷却に要する空調電力が急増してしまうため、データセンターの効率的な運用が阻害されるという課題があります。

本稿では、この空調電力増加の課題を解決する冷却技術について紹介します。

### データセンターの空調課題

データセンターのエネルギー効率を表す指標の1つにPUE (Power Usage Effectiveness) があります。

これは、空調機などのIT機器以外の付帯設備が消費するエネルギー効率の指標で、図1に示すように、(データセンター全体の消費エネルギー) / (IT機器の消費エネルギー)と表せ、PUE=1が最もエネルギー効率の優れたデータセンターになります。

国内の主なデータセンターのPUEの分布を図2に示します。国内のデータセンターの平均PUEは約1.9であり、データセンターの消費電力の約1/2は、付帯設備が消費している実態があります。

データセンターでは、処理する情報量の増加に伴って、IT機器の処理能力を上げていきます。これは、IT機器に

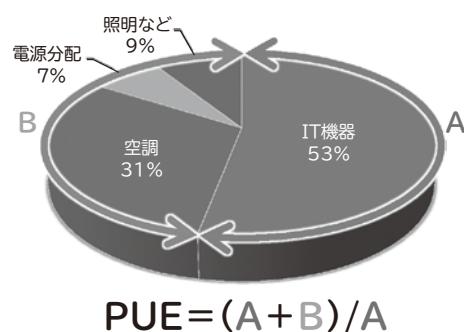


図1 データセンターの消費エネルギー内訳

おけるラックあたりの消費電力が増大することを意味し、実際にデータセンターで扱うIT機器の電力量と床面積の拡大推移をみると、床面積当たりの電力量は年率10%で拡大しており、2025年には現在の2倍以上の電力密度になると予測されます。

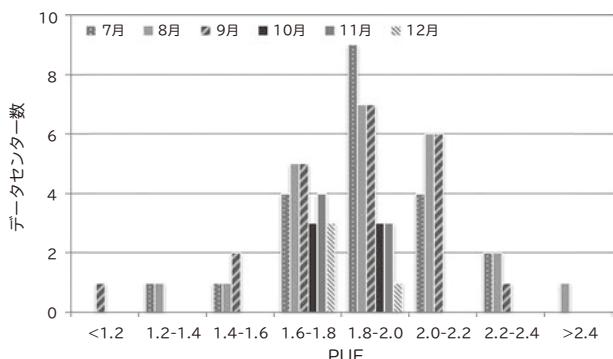


図2 国内データセンターのPUE分布

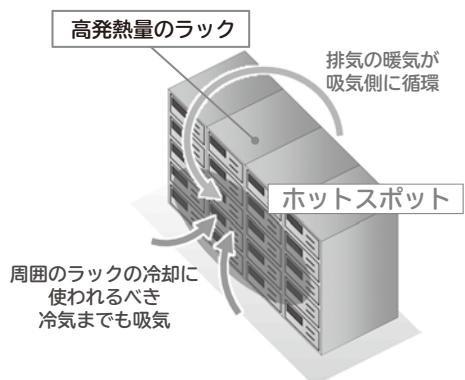


図3 ホットスポットの発生メカニズム

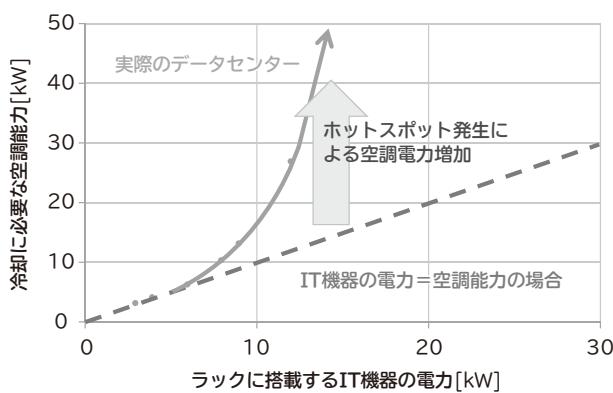


図4 ラック電力量と必要な空調能力

IT機器を搭載するラックの電力量が大きくなると、IT機器を冷却するファン風量も大きくなり、図3に示したように、ラックから排気された暖気を再び吸気する、あるいは本来は周囲のラックの冷却に使われるべき冷気も吸気してしまうことによって、ホットスポットと呼ばれる局所的に高温となるエリアが発生します。

このホットスポットが発生すると、冷却効率が低下し、図4に示したように、本来はIT機器の発熱量（電力）を冷やすだけの空調能力で貰えるところが、IT機器の発熱量を大幅に上回る空調能力を使って冷却しなければならなくなり、空調電力が急増してしまいます。このため多くのデータセンターでは、ラック当たりの電力量の上限を5～10kWと低く制限して運用しています。

## 2. 相変化冷却による局所冷却技術

本冷却技術は、図5に示したように、ラックの排気ドアに受熱部を実装し、ラックからの排気温度を下げることで、ホットスポットを解消する技術です。

本冷却技術では、「相変化冷却」という、冷媒が液相から気相に相変化する際の「潜熱」と呼ばれる熱移動の形態を採っています。潜熱は、空気や水を使って熱移動する「顯熱」と呼ばれる形態と比較し、大幅に熱の搬送にかかる電力を小さくすることができます。受熱部内の冷媒は、IT機器からの排気熱との熱交換で、液相から気相に相変化します。気相となった冷媒は、放熱部まで輸送してから熱を放出し、受熱部で熱交換されなかった残りの熱がラックからサーバ室内へと放出されます。

例えば、IT機器の吸気温度が25°Cで排気温度が35°Cだったとすると、本冷却技術で排気熱の1/2を抜熱すれば、ラックからの排気温度はIT機器の温度上昇の1/2の

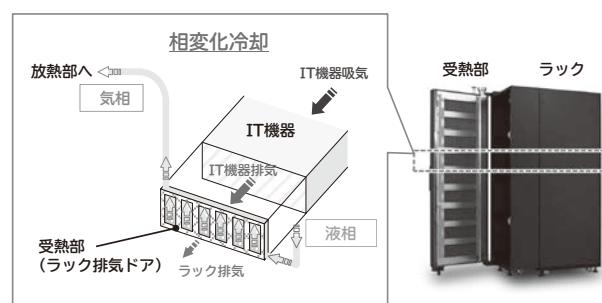


図5 相変化冷却による局所冷却技術

5°Cだけ上昇し、30°Cとなります。空調機は従来、35°Cから25°Cまで、10°Cの温度低減をしなければなりませんでしたが、本冷却技術によって、5°C低減すれば良いことになります。

### 3. 冷媒自然循環技術

流体には、次式で示すエネルギー保存則が成立します。

$$\frac{v^2}{2} + \frac{p}{\rho} + gh = \text{const}$$

$v$ : 速度  
 $p$ : 圧力  
 $\rho$ : 密度  
 $g$ : 重力加速度  
 $h$ : 液柱高さ

左辺第1項は運動エネルギー、第2項は圧力エネルギー、第3項は位置エネルギーとなります。本冷却技術のように冷媒を自然循環させる系では、図6に示したように、 $v$ は発生した気相速度、 $p$ は気相が流れる流路の圧力損失、 $h$ は受熱部と放熱部の重力方向の高さである液柱高さになります。冷媒を重力だけで自然に循環させるためには、気相に変化した冷媒が流れる際に生じる流路の圧力損失に打ち勝つだけの液柱高さを確保する必要があります。

本冷却技術は、多段に分割した受熱部をラックの排気ドアに実装し、IT機器の発熱量に応じた最適流量を各受熱部に供給することで、ラックの排気ドア全面で集熱できるように工夫しました。更に、図7に示すようにラックの上方にタンクを設けて、冷媒を自然循環させるための液柱高さを確保することで、複数のラックを気相管と液相管にそれぞれ1本ずつの配管で接続可能としました。

複数のラックを1本ずつの気相管、液相管の1ペア配管

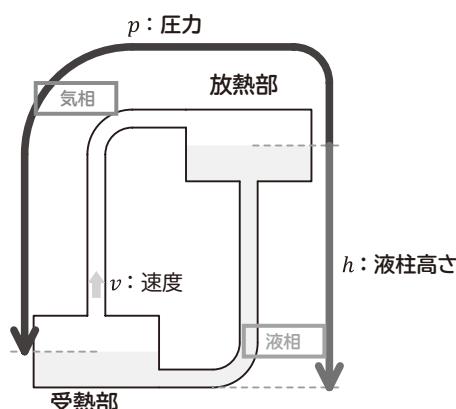


図6 自然循環冷媒系のエネルギー保存

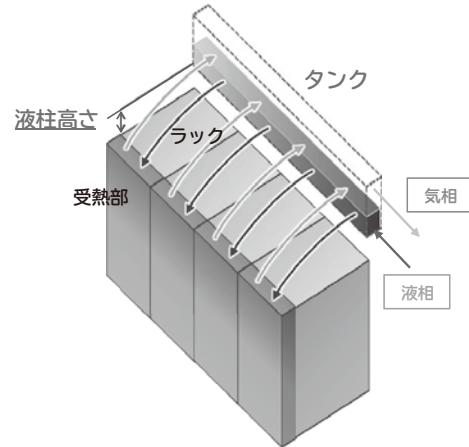
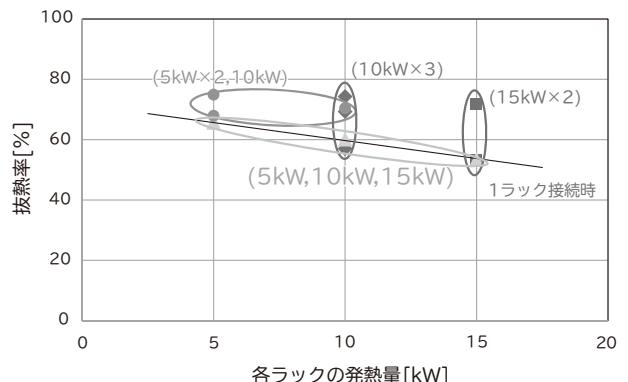


図7 複数ラックの1ペア配管接続



に接続することで、1ラックごとにそれぞれ配管敷設工事を行う場合と比較して、サーバルーム内の配管レイアウトをしやすくし、配管敷設工事を容易にすることができます。また、各ラックで発熱量がばらついても、発熱量に応じた流量の冷媒をタンクから各ラックに自然に供給します。

図8は、1ラックごとに配管接続した場合の発熱量に対する抜熱率と、3ラックを1ペア配管に接続した場合の抜熱率を比較したものです。例として、各ラックの発熱量が、(5kW, 5kW, 10kW)の場合と、(10kW, 10kW, 10kW)の場合、(5kW, 10kW, 15kW)の場合、(15kW, 15kW, 0kW)の場合の4パターンの抜熱率の分布をプロットしています。1ラックごとに配管接続した場合と比較して、同等以上の抜熱性能が得られることが分かります。

この冷媒循環技術により、本冷却システムはラックの発

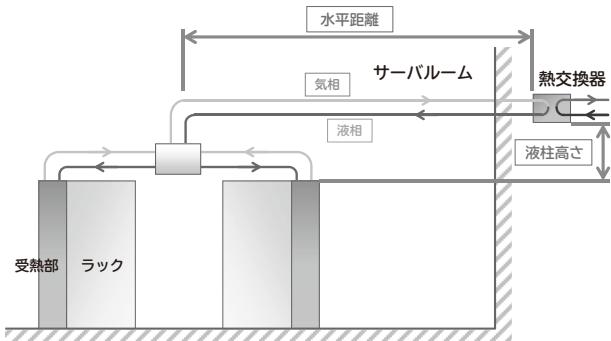


図9 液柱高さと熱輸送距離

熱量がトータル30kWの場合は、図9に示した液柱高さがわずか1mで、最大30mの水平距離を熱輸送できます。

#### 4. むすび

以上、クラウド化の進展によるデータセンターの空調電力増大の課題を解決する、相変化冷却を用いた冷媒自然循環の冷却技術を紹介しました。今後は気温が高く、エネルギーの消費量が急増している新興国などにおいても、本技術を適用していきます。このように冷却技術を通して、低成本でクラウドサービスを提供し、ITを利活用することで地球規模での環境保全ができるよう貢献していきます。

#### 参考文献

- 1) 経済産業省：グリーンITイニシアティブ会議資料
- 2) オープンガバメントコンソーシアム：オープンガバメントクラウド・コンソーシアム2010

#### 執筆者プロフィール

##### 吉川 実

スマートエネルギー研究所  
主幹研究員

##### 中井 康博

ITプラットフォーム事業部  
シニアエキスパート

##### 来住野 剛

ITプラットフォーム事業部  
シニアマネージャー

#### 関連URL

NEC、データセンターの空調電力を最大50%削減する省エネ冷却技術を開発

[http://jpn.nec.com/press/201309/20130903\\_01.html](http://jpn.nec.com/press/201309/20130903_01.html)

NEC、データセンター向けに、空調電力を30%削減する「相変化冷却ユニット」を発売

[http://jpn.nec.com/press/201412/20141204\\_01.html](http://jpn.nec.com/press/201412/20141204_01.html)

# NEC技報のご案内

NEC技報の論文をご覧いただきありがとうございます。  
ご興味がありましたら、関連する他の論文もご一読ください。

NEC技報WEBサイトはこちら

NEC技報(日本語)

NEC Technical Journal(英語)

## Vol.68 No.2 ICTが拓くスマートエネルギーソリューション特集 ～ICTとエネルギーの融合を目指して～

ICTが拓くスマートエネルギーソリューション特集によせて  
NECの目指すスマートエネルギービジョン

### ◇ 特集論文

#### 一般需要家様向けソリューション

データ活用で進化するNECのクラウド型HEMSソリューション  
自律適応制御を用いたHEMSデータ活用ソリューション  
クラウド型EV・PHV充電インフラサービス  
“電気をためて、賢く使う”を実現する小型蓄電システム  
軽量で長寿命を誇る通信機器用リチウムイオン二次電池パックの開発

#### 企業様向けソリューション

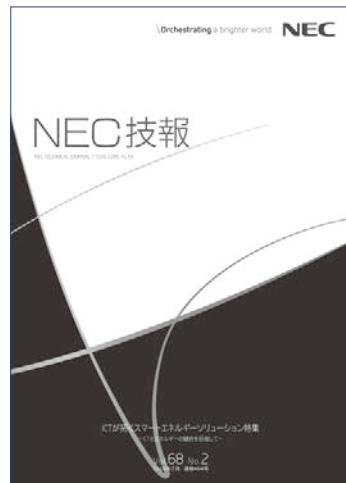
大林組技術研究所に導入したスマート化システムとNEC玉川事業場9号館への展開  
データセンターの空調電力を削減する冷却技術  
玉川スマートエネルギー実証  
携帯電話基地局のエネルギー使用を最適化するEMSソリューション

#### エネルギー事業者様向けソリューション

電力サプライヤーソリューションの中核を担う電力需給管理システムの開発  
インバリアント解析技術(SIAT)を用いた発電所向け故障予兆監視ソリューション  
Situational Intelligenceによるリソース最適化  
分散蓄電池による電力需給調整ソリューション  
クリーン・高信頼性・再生可能な将来を目指した電力グリッド向けエネルギー貯蔵装置の活用  
電力の安定供給を支える系統安定化ソリューション～イタリアENEL様向け系統用蓄電システム～  
スマートメーター通信システム(AMI)における実績

#### 技術開発・標準化

国連CEFACT標準のメソドロジー  
OpenADR(自動デマンドレスポンス)とNECの取り組み  
標準手順を用いた蓄電池遠隔制御の実証  
1つのセンサーで複数機器の消費電力や利用状況を見る化する電力指紋分析技術  
デジタルグリッドが実現するインバランスマネジメントソリューション  
レジリエントなマイクログリッド管理ソリューション  
高エネルギー密度リチウムイオン電池の安全性技術  
NECエナジーデバイスのLIB電極の特長と生産実績



Vol.68 No.2  
(2016年2月)

特集TOP