

# データセンタ（サーバ ルームおよび電算室） の冷却能力を損なう問 題を回避する方法

ニール・ラスムセン

White Paper #49

**APC**<sup>®</sup>  
Legendary Reliability™

## 要約

データセンタ、サーバールームおよび電算室に冷却システムやラックを設置する際に冷却の問題が発生すると、可用性を損ない、コストを増大させます。これらの問題は回避することが可能ですが、設備管理者やIT管理者がその問題に対する知識が不足している場合、ホットスポットの発生やシステム効率と冷却能力の低下を招くこととなります。冷却システムの問題は、場合により設備管理者やIT管理者の責任であることもありますが、実際には、多くの問題が彼らの管理の及ばないIT機器の不適切な設置により生じています。このホワイトペーパーではこのような典型的な問題を検証し、原理を解説し、影響を数値化し、容易な改善策を示します。

## はじめに

データセンタ、サーバールームおよび電算室には、基本的な設計および構造にさまざまな欠陥があるため、本来の設備が持っている冷却能力を発揮できず、冷気が必要な場所に届かない場合があります。通常、データセンタ、サーバールームおよび電算室は設計値より低い電力密度で運転されているため、この問題はあまり認識されていません。しかし、最近のIT機器は電力密度が増加しており、データセンタが設計限界で運転されるケースが多くなり、冷却が期待通りに行われないデータセンタも増えてきています。

冷却が適切に行われないデータセンタでは、システムの可用性が低下することに加え、多大なコストも発生します。一般的な設計のデータセンタを例にとって説明しましょう。一般的な設計のデータセンタでは、冷却システムの効率を20%以上損なう可能性のある問題を抱えています。ローレンス パークレイ国立研究所とAPCのそれぞれの研究によると、典型的なデータセンタの電力消費割合は、図1のようになっています。図1は、冷却システムで消費される電力と全体のIT負荷で消費される電力との相関関係を示しています。冷却効率の20%の低下は、電力消費全体の8%の増加に換算されます。すなわち、500キロワットのデータセンタを10年間運転すると、約70万ドル（約7千万円）の電力コストが無駄になると換算されるというわけです。しかし、この大きな損失は、ほとんど手間をかけずに回避することができます。

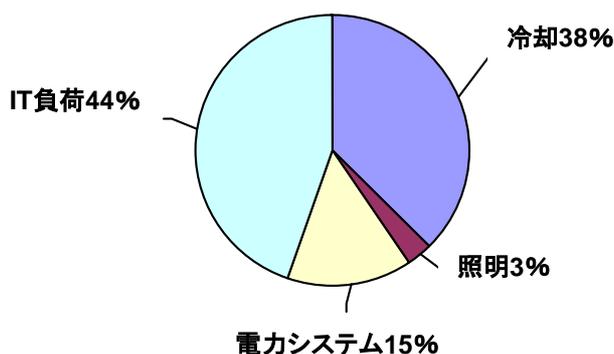


図1- 典型的データセンタの電力消費の内訳

データセンタの冷却システムの局所的な問題はあらゆる原因から起こります。このような問題の原因として冷却システム自体の設計および仕様や完成された冷却システムが対象場所に冷気を供給しているかどうかなどが

挙げられます。本書では、次のような理由から、冷気の供給に関する冷却の問題、およびIT機器の設置に関する設備問題に焦点を当てています。

- 実際的で、実現可能且つ実績のある解決策がある
- 現存のデータセンタでは多くの処置を講ずることができる
- 投資対効果大きい
- 設備管理者およびIT管理者が共に問題解決に貢献できる
- 解決策は施設や地理的条件には無関係である
- 簡単に実施できる方法である

以下、共通の問題を5種類の要因に分け、それぞれを説明します。

- ラック内の空気流
- ラックの配置
- 負荷分布
- 冷却の設定
- 送風および排気口の配置

各カテゴリではいくつかの問題が挙げられており、問題の理論に関する説明と、それがいかに可用性やTCO（総所有コスト）に影響するか、という点に焦点を当てて解説されています。5種類の要因ごとに、表にまとめられています。

多くの方策が記載されていますが、それらを履行すればデータセンタの可用性を大きく改善し、TCOを引き下げることができます。

## 基本的なエアフローの要件

まず、5種類の要因の解説に入る前に、エアフローの基本要件を確認しておきましょう。

ラック内や周辺のエアフローは、冷却性能に影響を与えます。ラックのエアフローを理解する手掛かりは、IT機器に関して以下の基本原則を認識することです。

1. 機器の吸気口に適切な冷気が供給されていること
2. 機器を出入りするエアフローが妨げられていないこと

これに対して、しばしば発生する問題が2つあります。

1. CRAC(精密空調装置)から出される冷気が機器の吸気口に入る前に、高温の排気と混ざり合ってしまう
2. 機器のエアフローが障害物にブロックされてしまう

特に問題があるように見えない運用方法でも、実際には上記2つの問題を引き起こし、さらにその問題を解決するために通常適用される方策が可用性を損ないコストを増大させてしまう、という点を以下に説明します。

## ラック内のエアフロー

ラックは機器を収納するだけのものと考えられがちですが「機器から出る暖められた排気が機器の吸気に戻ってしまわないようにする」、という非常に重要な機能も備えています。排気には若干の圧力が加えられています。そしてこの圧力と吸気側の負圧（吸い込む力）との組み合わせにより、排気が吸気口に再循環してしまう現象が起こります。多くの設備管理者やIT管理者は、機器の中で空気が暖められることにより対流が発生し、それにより暖気が排出されると考えがちですが、実際には機器内部のファンによる強制的な排気の影響の方が大きいのです。ラック内にブランクパネルで仕切りを作り、空気の再循環経路の長さを伸ばすことで、機器が排気を取り込むことを制限することができます。

データセンタの約90%は、ブランクパネルを使用していません。しかし、ほとんどのIT機器の主要メーカーはブランクパネルを使用するように指導しています。結果として起こる再循環の問題により、IT機器の温度は8°C上がります。詳細な説明は、APCのホワイトペーパー No. 44「ブランク・パネルを使ってラックの冷却効率パフォーマンスを改善する」に実験データと共に示されています。ブランクパネルは図2に示されるようにラックのエアフローを変えほとんどのデータセンタで安価に実施できる簡単な方策です。

2A— ブランクパネルがない場合

2B— ブランクパネルがある場合

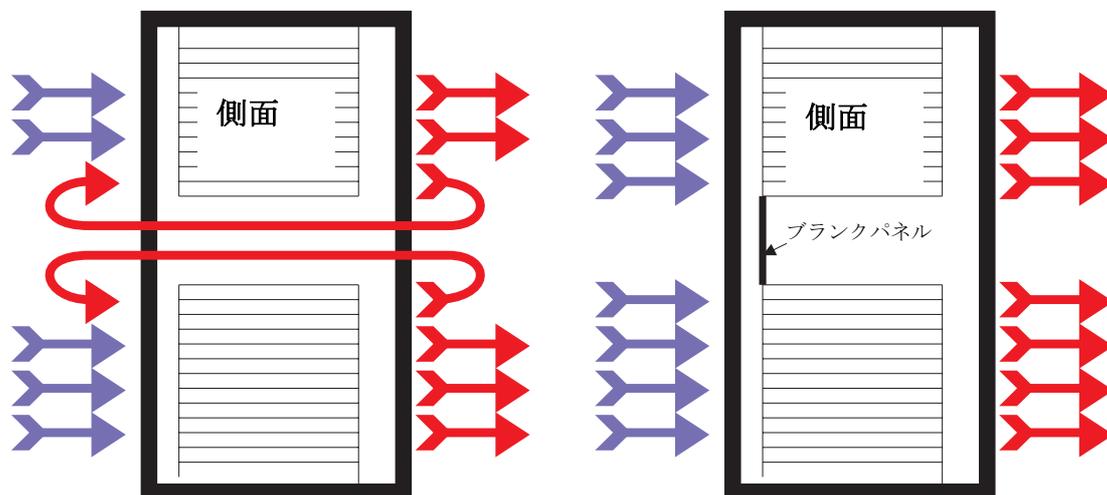


図2- ブランクパネルがない場合の再循環

ブランクパネルを使用していないのと同じような問題を抱えたラックも多くあります。幅の広いラックにレールをはめ込んで使用すると、レールの周りに風の回り込みが起こります。IT機器を搭載するために棚を使う

と、ブランクパネルが使えなくなり、排気が再循環する経路ができてしまいます。標準19インチラックの中には、レールの周りや筐体の上部および下部に、風が回り込む経路が存在するラックもあります。この場合、ブランクパネルの設置により、風の回り込みを防止することはできません。このように多くのラックは高密度のIT環境で効果的に機能するように設計されていません。

ブランクパネルの使用と、風の回り込みを防止するラックの選択は、ホットスポットの温度を下げ、システムの可用性を高めるといった効果があります。さらに、次のような問題を解決することもできます。

### 風の回り込みによるラック内冷却能力低下の影響

風の回り込みが大きいラックシステムでは、ラック内の冷却能力が低下するため、室内のCRAC（精密空調装置）が正常に動作していても障害の発生する確率が高くなり、CRACの保守も難しくなります。ほとんどの場合、複数台のCRACが共通のエアダクトに冷気を供給します。複数台のCRACを使用している場合、障害または保守のために1台のCRACを停止して設備を保守することが可能になります。つまり、残りのCRACで冷却を維持できるのです。

このようなシステムで風の回り込みが起こると次のような障害が発生します。

- 風の回り込みのためにCRACに戻る空気の温度が低くなると、残りのCRACの運転能力が下がり、システムが冷却能力の要件を満たせなくなる
- 風の回り込みの影響を克服するために必要な空気の送り込み速度が速くなると、再循環を増大させ、負荷がかかったときにオーバーヒートさせるため、残りのシステムにより冷却能力を維持できなくなる

### 風の回り込みのTCO（総所有コスト）に対する影響

風の回り込みは、TCOに対して大きな影響を与えます。冷却に関係する最大のライフサイクルコストは、冷却装置とファンを運転するための電力コストです。データセンタに必要な冷却のための電力量は、風の回り込みからの影響は受けません。しかし、冷却システムの効率は著しく悪影響を受けます。風の回り込みが電力コストを増大させてしまうのです。

図3では、再循環の初期症状、つまりホットスポットの発生に対処しようとする試みから典型的に起こる一連の影響が示されています。ホットスポットを解決するのに共通する2つの方法とは、CRACの供給温度を下げることで、そしてCRACの容量を増すこと、あるいはその両方を組み合わせることです。この方法では、図3に表されているような多額のコストが発生します。しかし、本書で記述されている設計と方策によって風の回り込みを制御すると、コストを削減でき、図3に示したような現象も避けることができます。

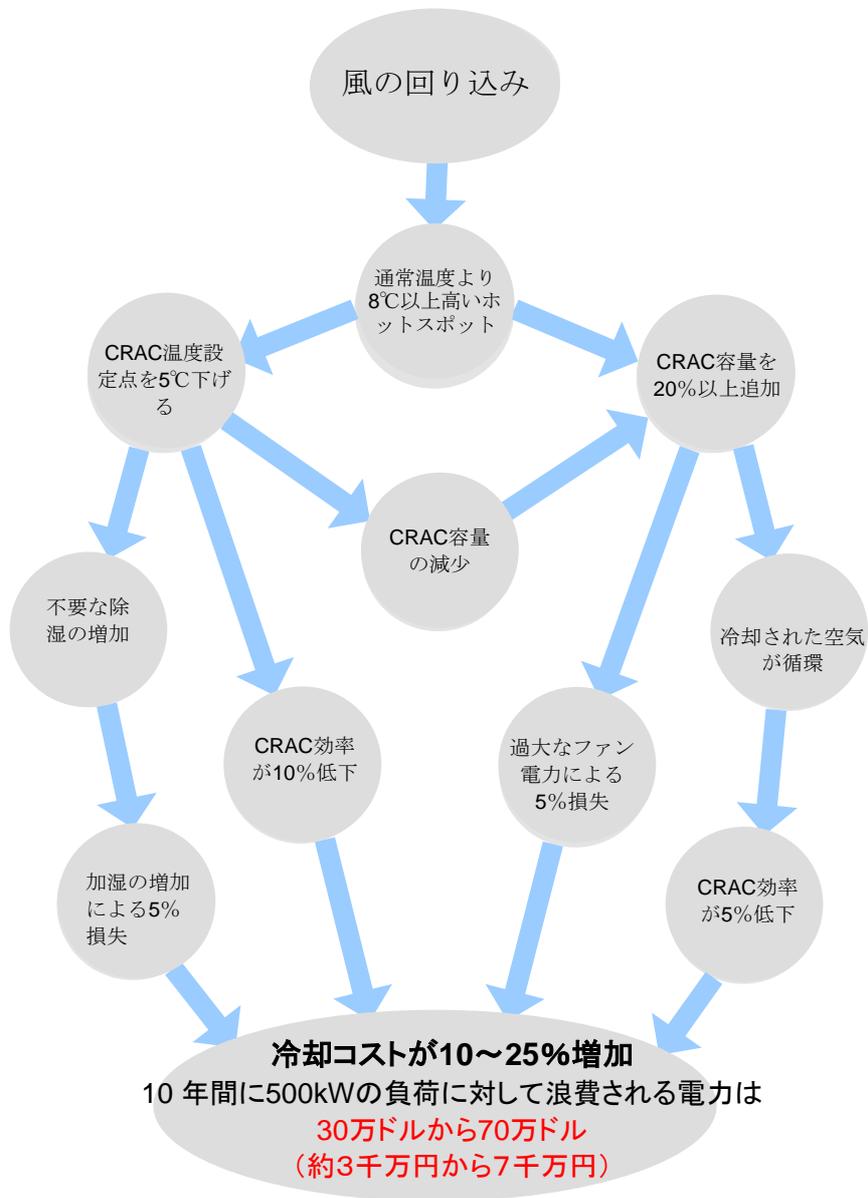


図 3- 風の回り込みがコストを増大させる要因の相関図

エアフローが妨げられると機器に新鮮な空気が送られず、オーバーヒートが発生します。さらに、ラックの前面または背面でエアフローが妨げられると、ブランクパネルの無いラックでは風の回り込みが助長されます。

従って、扉の開口率が高いラックを使用することと、ケーブルがエアフローを遮らないためにラックの背面に十分なスペースをもつラックを使用することが不可欠になります。一部の設備管理者やIT管理者は、スペースの効率的な利用ができると考え奥行きが浅いラックを使用してしまい、結果としてエアフローが妨げられ、冷却された空気をラック内で利用できなくなっています。

表 1- ラックエアフローにおける設計上の問題の概要

設計上の問題	可用性への影響	TCOへの影響	解決策
<ul style="list-style-type: none"> <li>● ブランクパネルなし</li> <li>● 棚に搭載された機器</li> <li>● レールブラシの無い23インチラック</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● ホットスポット（特にラック上部に発生）</li> <li>● 冷却の冗長性の喪失</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 電力コスト</li> <li>● CRAC容量の低下</li> <li>● 加湿器の保守</li> <li>● 水の使用量増加</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● ブランクパネルの使用</li> <li>● 棚を使用しない</li> <li>● レールの外側にスペースを作らない</li> <li>● 幅広ラックのレールの外側にブラシを付ける</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>● ブラシの無いラック下部、開口部</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● ホットスポット（特にラック上部に発生）</li> <li>● フリーアクセスフロア内の静圧損失</li> <li>● 冷却の冗長性の喪失</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● CRACの効率低下</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● ラックの下の電線用開口部にブラシまたはふさぎ板を設置する</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>● ガラスドア</li> <li>● 開口率の低いドア</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● オーバーヒート</li> <li>● ブランクパネルに関連する問題</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● スペース利用効率の低下</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 前後の換気ドアを最大限に利用する</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>● ファントレイおよび天井ファンの使用</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 利点はほとんどなし</li> <li>● 無駄な投資</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 資本の無駄</li> <li>● 電力の無駄</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● ファントレイまたは天井ファンを使用しない</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>● 奥行きが浅いラック</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● ケーブルがオーバーヒートを発生させる</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● スペース利用効率の低下</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● ケーブルがあっても空気が自由に流れるように、十分な奥行きのあるラックを使用する</li> </ul>

上述したようなラックのエアフローを制御する受動的な手段のほかに、ラック式のファンシステムを、ラックの空気供給を制御するために使用するという方法もあります。ラックファンシステムには天井部に設置する方法と、ラック最下部に設置する方法があります。ラック天井部に取り付けファンシステムには、ほとんど利点がありません。しかし、ラック最下部に取り付けて床下の空気をラックの前面に供給しラックの背面から排気を取り除くファンシステムには、ラックのエアフローを改善し、風の回り込みの影響を減らしたり、ラックに収納できる電力容量を向上させるという利点があります。このシステムの詳細については、APCホワイトペーパー No. 46「高密度にサーバを搭載するラックおよびブレードサーバの電力供給と冷却の対策」に述べられています。効率的な補助エアファン装置用に設計されている標準化されたラックは、将来の高密度化に対応することができます。

## ラックの室内配置

前項で述べたように、ラックのエアフローの制御を適切に行うことは効率的な冷却に不可欠ですが、それだけでは不十分です。ラック内で適温且つ適量の空気が利用されるために、室内にラックを正しく配置することが重要です。それはラックへの空気の流れが重要であるからです。

ラックを正しく配置する目的は、風の回り込みを制御することです。すなわち、CRACから排出された空気が機器の吸気口に達する前に、暖められた排気と混ざらないようにすることです。設計の原理は前述のエアフローの要件と同じで、暖められた排気を機器の吸気口から可能な限り分離することです。

この問題の解決策はよく知られています。ラックを並べて、前面/背面を互い違いに方向を入れ替えることで、風の回り込みは低減します。

暖気通路（ホットアイル）と冷気通路（コールドアイル）を互い違いに配置するシステムが効果的であるにもかかわらず、データセンタおよび電算室の約25%がラックを同じ方向に向くように並べているという調査結果が出ています。ラックを同じ方向に並べれば、排気の再循環が起こり、ホットスポットの問題が発生し、システムの運用コストが大きく増大します。コストは設置条件によってさまざまです（図3）。

暖気通路と冷気通路を互い違いに配置するのは効果的な方法ではありますが、単にラックを互い違いに並べるというだけでは完全とは言えません。暖気通路と冷気通路を互い違いに配置する技術を使用している75%のケースのうち、通路に適切に空気が流れるように空気の供給と循環システムを考慮しているのは30%です。

APCの調査では、ラックを同じ方向に向けていて、暖気通路と冷気通路を互い違いに配置する技術を使用していない場所のうち、大多数の理由はデータセンタの見た目を整わせるためであるとしています。もし、この方法によって生じる影響について正しい知識があったなら、このような不適切な配置はなされなかったでしょう。

ラックがすべて同じ方向に向くように配置されたシステムでは、本書に示した多くの方法はほとんど効果がありません。ラックを互い違いに設置することが不可能な場合は、ホットスポットを解決する方法の1つに、ホットスポットが発生しているラックで空気分配ユニットを設置することが有効です。

表2- ラックの配置に起因する問題のまとめ

設計上の問題	可用性への影響	TCO への影響	解決策
<ul style="list-style-type: none"> <li>●同じ方向に向いたラック</li> <li>●暖気通路と冷気通路を互い違いに配置していない</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>●ホットスポット</li> <li>●冷却の冗長性の喪失</li> <li>●冷却能力の喪失</li> <li>●加湿器の故障</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>●電力消費の増加</li> <li>●水使用量の増加</li> <li>●加湿器の保守</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>●暖気通路と冷気通路を互い違いに配置するレイアウトにする</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>●整列していないラック</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>●上記と同じ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>●上記と同じ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>●ラックを整列させる</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>●整列しているがラック間に隙間がある</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>●上記と同じ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>●上記と同じ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>●ラック間にスペースを空けず密接させる</li> </ul>

## 負荷の分散

データセンタ内で電力密度の高い場所が存在すると、データセンタの冷却能力に影響を与えます。高密度の負荷は、高密度・高性能のサーバがラックに詰め込まれる場所に典型的に発生します。この状況は、データセンタ内でホットスポットを引き起こし、管理者は温度設定を変更したり、CRACを追加したりという対策を取ることになります。しかし、このような措置は図3にまとめられているようなコストの増加をもたらします。

これに対して有効な方法として、負荷の分散があります。幸い、光ファイバとイーサネットで作成されるネットワークでは、機器を分散しても悪影響を受けることはありません。一般的に、機器を同じ場所に置きたいという希望は、機器を同じ場所に配置すればより便利だと考えるIT管理者によって考えられることです。しかし、高電力の負荷を同じ場所に配置しようとするIT管理者は、負荷を分散することから生じる可用性の利点およびコスト削減を理解する必要があります。

また、他の方法としては、冷却に関する問題を解決する高電力ラックがあります。高電力ラックに対処するテーマを扱った論考は、APC ホワイトペーパーNo. 46「高密度にサーバを搭載するラックおよびブレードサーバの電力供給と冷却の対策」を参照してください。

表3- 負荷分散の設計上の問題の概要

設計上の問題	可用性への影響	TCO への影響	解決策
<ul style="list-style-type: none"> <li>●負荷の集中</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>●ホットスポット</li> <li>●冷却の冗長性の喪失</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>●電力消費量の増加</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>●可能な限り均等に負荷を分散させる</li> </ul>

## 冷却の設定

CRACの空気温度設定を下げた場合に冷却に対する悪影響がある、という議論があります。CRACからの排出空気の温度が最高になっているとき、空調の性能も最大化します。理想的には、再循環がゼロの場合、CRACの出力温度がIT機器に適した20- 25 °Cになることが求められます。ただし、このような状況は実際には実現しませんし、CRACの排出空気の温度はIT機器の吸気温度より若干低くなります。しかし、本書に示した空気分配を実施すると、CRACの温度設定値を高くすることができます。能力を最大化して性能を最適化するには、望ましい機器吸気温度を維持するのに必要な設定値よりCRACの設定値を低く設定してはいけません。

CRACの温度設定値は空気分散システム的设计によって決まりますが、湿度は任意の値に設定できます。しかし、要求された設定より高い湿度に設定すると、大幅に不利になります。まず、CRACは熱交換器で水分を凝縮させ空気を乾燥させます。乾燥機能はCRACの空気冷却能力を著しく損ないます。さらに悪いことには、空気が乾燥した分、加湿器で水分を空気中に補給しなければなりません。このような状態にある時、典型的なデータセンタでは年間数千リットルの水が無駄になり、更に加湿器が発する熱を冷却しなければならない悪循環に陥り、結果としてCRACの能力を大きく損なうのです。この状況はCRACからの冷気の温度が低いほどより多くの凝縮が起こるため、再循環が存在する場合には更に悪化します。従って、データセンタを必要以上の高い湿度にしないことが大切なのです。

従来型のデータセンタを含む一部のデータセンタでは、高速プリンタがありました。これらのプリンタでは、大きな静電気が発生することがあります。静電気を抑制するために、データセンタでは50%前後の相対湿度に設定するという標準が設定されました。しかし、大型の高速フォームプリンタのないデータセンタでは 35%の相対湿度でも、静電気を抑制できます。45%または50%ではなく35%の相対湿度でデータセンタを運転すると、例えば空気の再循環があった場合にも、水とエネルギーの使用量が大幅に節約できます。

加湿器を備えた複数のCRACをもつデータセンタでは、さらに別の問題が起こります。その一例として、2台のCRACが湿度の制御を無駄に相殺してしまうという状況がよく見られます。これは、2台のCRACに戻る空気に微妙に温度差がある、もしくは2台の湿度センサーの測定値が合致しない場合、CRACが異なる湿度に設定されている場合に起こることがあります。1台のCRACが加湿している一方で、もう1台のCRACが除湿することになります。このような設定方法は大変不経済ですが、データセンタの管理者には十分認識されていません。

CRACの湿度の無駄な相殺という問題は以下の方法で解決することができます。

- A) 集中管理湿度制御
- B) CRAC間の温度制御の調整
- C) CRAC内で1台以上の加湿器の停止
- D) 不感帯の設定

これらの技術にはそれぞれに利点がありますが、本書では詳しくは述べません。問題が発生すると、独立したCRACをもつ典型的なシステムでの問題を改善する方法は、システムが同じ設定に決められ、適切に測定されることを確認してから、ほとんどのCRACで利用されている湿度設定の不感帯を拡大することです。不感帯を +/- 5%に設定することで、多くの問題は解決されます。

表 4- 冷却設定の設計上の問題の概要

設計上の問題	可用性への影響	TCO への影響	解決策
●湿度の設定が高すぎる	●ホットスポット ●冷却の冗長性の喪失	●電力消費の増加 ●水使用量の増加 ●加湿器の保守	●湿度を35- 50%に設定する
●複数のCRACが同じ場所の湿度を制御しようと競合している	●冷却冗長性の喪失 ●冷却能力の喪失	●電力消費の超過 ●水使用量の増加 ●加湿器の保守	●すべての装置を同じ設定にする ●湿度設定値の不感帯を5%に設定する ●集中管理加湿器を使用する ●不要な加湿器を停止する

## 給気口と排気口の配置

ラックのエアフローおよびラックの配置は、冷却性能を最大限に活用するための重要な要素だということは前述の通りです。さらに、冷却能力を最大限に活用するために必要な最後の1つの要因は、送風と戻り空気の通気口の配置です。これらの通気口を不適切に配置すると、CRACの空気が負荷機器に達する前に暖められた排気と混ざってしまう原因になり、図3で示したコストの問題を引き起こします。送風と戻り空気の通気口の配置が悪いケースは多く、暖気通路と冷気通路を互い違いに配置する利点の多くが失われています。

送風口に大切なことは、可能な限り機器の吸気口に近づけて置き、冷気を冷気通路に限定することです。床下の空気分配の場合は、通気口を冷気通路だけに限定するようにします。上部空気分配の場合はフリーアクセスフロア送風システムと同じ効果がありますが、送風口が冷気通路の上部にあり、（横方向に開口した通気口を使用するのではなく）空気がすぐ下の冷気通路に導かれるように設計することが大切です。上部または床下のシステムのどちらでも機器が運転されていない部分の通気口は塞ぎます。さもなければ冷気は低温のままCRACに還流し、除湿を増大し、CRACの性能を低下させてしまうからです。

戻り空気の通気口に大切なことは、可能な限り機器の排気口に近づけて置き、高温空気を暖気通路に閉じ込めることです。場合によっては、天井吊り下げ型プレナムを使い、通気口を暖気通路に整列させることができます。高く、開放された天井部分を使った還気が行われている場合、CRACの通気口を天井部のできるだけ高い位置に配置し、暖気通路に戻り空気の通気口を整列させるダクトを利用して戻り空気を分散させます。暖気通路に大まかに整列したほんのわずかの通気口のあるダクトでも、部屋の側面を使った還気より望ましいものです。

フリーアクセスフロアまたは配管のない小さな部屋では、上吹きまたは下吹きCRACが部屋の隅や壁沿いに置かれていることがよくあります。このような場合は、冷気を冷気通路に送って高温空気の戻りを暖気通路に送ることが難しくなることがあります。しかし、このシステムの性能は次のように改善することができます。

- 上吹きユニットでは、ユニットを暖気通路の端近くに置き、できるだけCRACから離して冷気の通路の上に向けて冷気を導くようなダクトを付けます

- 下吹きユニットでは、ユニットを冷気通路に空気が吹き下りるように向いている冷気通路の端に置き、天井吊り下げ型プレナムの戻りまたは吊り下がったダクトの戻りのどちらかを暖気通路の上にある排気口に付けます

通気口の位置が悪いことが、潜在的な根本原因になっていることが調査結果から明らかになっています。通路で高温と低温の場所があると感じて、これが悪条件であると決めてかかって冷却通気口を暖気通路に向けて動かし、高温の空気戻りを冷気通路にむけて動かすことで修正しようとする設備管理者およびIT管理者がいます。よく設計されたデータセンターが設計通りの性能を発揮する条件とは、高温と低温を分離させることです。設備管理者およびIT管理者は暖気の通路が高温でなければならないことを理解し空気を混ぜない措置を講じることにより、性能を低下させずにシステムのコストの増大を回避することが可能になります。

データセンターを建設する段階で、送風口および排気口の位置を決定することは難しいことはありません。排気システムを設計する前にラックを列ごとに設置し、冷気通路と暖気通路ができるようにすることが重要になります。

表5- 給気口と排気口配置の設計上の問題

設計上の問題	可用性への影響	TCO への影響	解決策
<ul style="list-style-type: none"> <li>●暖気通路の上部に暖気が戻されていない</li> <li>●冷気通路の上部にある空気の戻りと一体になった天井吊下げ型照明</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>●ホットスポット、特にラック上部</li> <li>●冷却冗長性の喪失</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>●電力コスト</li> <li>●CRACの容量低下</li> <li>●加湿器の保守</li> <li>●水使用量の増加</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>●暖気通路の上部に暖気の戻りを配置する</li> <li>●冷気通路の上部には空気の戻りがある照明を使用しない。または戻りを邪魔しない</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>●暖気通路上部の頭上通気口</li> <li>●暖気通路内の多孔床タイル</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>●ホットスポット</li> <li>●冷却冗長性の喪失</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>●電力コスト</li> <li>●CRACの容量低下</li> <li>●加湿器の保守</li> <li>●水使用量の増加</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>●頭上送風では、常に送風口を冷気通路の上部に配置する</li> <li>●フリーアクセスフロアでの送風は、常に送風口を冷気通路の上部に配置する</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>●機器の無い場所に近接した通気床タイル</li> <li>●機器の無い場所の上部に開放した頭上の通気口</li> <li>●コンジット、配線、管用のフリーアクセスフロア内の周辺機器の孔</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>●小さい</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>●電力コスト</li> <li>●CRACの容量低下</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>●負荷のない場所の通気口または開口部を閉める</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>●高い天井部で排気口の高さを低くする</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>●冷却冗長性の損失</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>●電力コスト</li> <li>●CRACの容量低下</li> <li>●加湿器の保守</li> <li>●水使用量の増加</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>●天井吊り下げプレナムを使用するか、空気の戻りを高い位置で集めるようダクトを延長する</li> </ul>

## 問題解決のための対策

このガイドラインに従うと、より可用性が高く、ホットスポットが少なく、費用の掛からないデータセンタにすることができます。記述してある技術の中には、既存のデータセンタで実行できる技術もありますが、既存のシステムでは実行不可能な技術もあります。当然のことながら、最初にその問題を解決することが大切です。APCの調査では、冷却システム設計の問題のほとんどが意図しないもので、設備管理者、IT管理者がデータセンタの性能、可用性、およびコストに関して適切な送風が重要であると理解していればそのような問題は発生する可能性は低かったことを示しています。当事者に重要な要因を効果的に伝える方法の1つは、具体的な対策を提案し、実際に使用することです。

表6- 推奨するデータセンタ設計対策

対策	立証
暖気通路と冷気通路の交互の配置を使用する。	高温の排気および冷気を分離すれば、ホットスポットが減少し、障害許容差を増大し、電力消費を大きく削減します。同じ方向にすべて整列すると、ユニットの前の列からの熱い排気が送り込まれ、その結果オーバーヒートし空調の性能が大きく損なわれるという事実はよく知られています。
ラックの空きスペースにブランクパネルを使用する。	ブランクパネルは機器からの熱い排気を遮断し、機器の吸気への戻りを遮り、ホットスポットを防止し、機器寿命を延ばします。サーバおよび記憶装置メーカーはすべてブランクパネルの使用を規定しています。
ふさぎ板またはブラシをフリーアクセスフロアのラック下の配線口に使用する。	フリーアクセスフロアの送風システムの目的は冷気を機器の吸気口に送り込むことです。この吸気口はラックの前面にあります。ラック下の開放口は機器を經由して冷却システムの性能を低減する機器の排気に冷気を送り込みます。
暖気通路内の温度を変更しない。高温になっていてかまわない。	暖気通路の目的は熱い排気と冷却機器吸気エアを分離することです。この機能を損なうとシステムの設計を危うくし、機器の信頼性を低減し、運営コストが増大します。機器からの排気は当然高温になり、暖気通路はこの高温空気を空調システムに戻すように作られているのです。暖気通路を高温に保つことにより冷気通路の吸気を低温に維持します。
ラックの標準化	ラックは冷却システムの一部として重要な機能を持ち、単に機械的なサポートをしているではありません。ラックの特色としては、排気が機器の吸気に届かないよう遮断し、適切な換気を行い、空気流障害を起こさないケーブルの空間を作り、高密度補助冷却機器がラック基準に入るようにしていることです。
高密度負荷の分散	高電力負荷を一箇所に集中させると、その負荷の運用を危うくし、データセンタの運営費を一般的に増大させます。空気分配システムの障害許容差は、高電力負荷が集中すると、一般的に損なわれます。データセンタ全体の温度および湿度制御は、冷却能力を損ない、冷却コストを増大させるという方法で変更される必要があるかもしれません。

対策の確立は、建設的な議論を起こします。対策を決める以外にラベル等の表示により意図を伝えることができます。暖気通路のラックの背面に貼るラベルの例が図4に示されています。設備管理者やIT管理者は、暖気通路を望ましくない問題または欠陥として見るのがよくあります。このラベル表示でデータセンタの一部の場所が他の場所より高温である理由がわかります。

### ここは暖気通路です

IT機器の可用性を最大化にするために、この通路は意図的に高温になっています。ラックを適切に配置しブランクパネルを使用すると、機器の排気が機器の吸気口に戻るのを遮断します。これにより機器の運転温度は維持され、機器寿命を延ばし、エネルギーを節約します。

図4- 暖気通路のラック背面ラベルの一例

## 結論

エアフローはデータセンタの要素の一つですが、未だ十分に理解されていないため、設備管理者やIT管理者が意図しないままに可用性やコストに悪影響を与えてしまうことがあります。

データセンタの冷却能力の問題は、かつてはデータセンタ内の電力密度が低かったために、それほど深刻な問題ではありませんでした。しかし、近年、電力密度が増加しホットスポットや予期しなかった冷却能力の限界という問題が発生し、冷却システムの容量を再考する必要性が出てきました。

ラックをすべて同じ方向に向けるようにするのは、製品イメージという外観上の理由から決められたことです。しかし、IT管理者などのユーザがエアフローについてより理解を深めた結果、ラックを全て同じ方向に向けるのは誤ったエアフローを導入している管理者と見なされるようになっていきます。

簡単な対策を数多く採用し、それを実行すれば、設備管理者およびIT管理者は冷却に関する問題の発生を回避し、最大の可用性および最適のTCOを実現することができるのです。

## 著者について

ニール・ラスムセンはAmerican Power Conversion社の創設者であり、CTO（最高技術責任者）です。重要なネットワークのための電力、冷却、ラックインフラに世界最大のR&D予算を注ぎ込こんでおり、彼はマサチューセッツ、ミズーリ、ロードアイランド、デンマーク、台湾、アイルランドに主要製品開発センタの運営を担当しています。現在、モジュール化された拡張性のあるデータセンタソリューションの開発を指揮しています。

1981年にAPCを設立するまでは、MIT（マサチューセッツ工科大学）で電子電気工学を専攻し、学士号と修士号を取得しました。卒業論文は、トカマク核融合炉に対する200メガワットの電力供給に関する分析をテーマにしました。1979～1981年までは、MITのリンカーン研究所でフライホイールエネルギー貯蔵システムと太陽光発電システムの研究に携わりました。