

# IT システム向け空調設備の 基礎知識

## ホワイトペーパー #57

改訂 3 版

トニー・エバンス

### >要約

ITシステムの運用を担当するすべての 管理者は、データセンターやネットワークルームにおける空調の仕組みについて理解する必要があります。

このホワイトペーパーでは、データ処理環境における空調システムの標準的な機能について説明します。

ここで示す概念は、IT 管理者が重要な設備の仕様策定、設置、運用を成功させるための基礎となります。

## 目次

セクション名をクリックすると、そのセクションに直接移動します。

はじめに	2
IT 環境における熱の特性	2
冷凍サイクル	3
冷凍サイクルが使用するエネルギー	5
IT 冷却における冷凍サイクルの適用	5
IT 冷却におけるさまざまな冷凍サイクル	7
結論	7
参考資料	8

## はじめに

サーバールームやデータセンターで電力を消費すると、熱が発生し、その熱を取り除く必要が生じます。データセンターやサーバールームの熱対策は、現在のビジネスに極めて重要なIT環境の信頼性を維持する上で不可欠であるにもかかわらず、最も理解されていない領域です。冷却システムが不適切あるいは不十分な場合、IT機器の寿命と可用性が著しく損なわれます。一般的な空調の原理と精密冷却システムの基本的な配置について理解しておくことで、空調ソリューションの仕様策定、運用、保守において、ITと空調の専門家が円滑にコミュニケーションをとれるようになります。

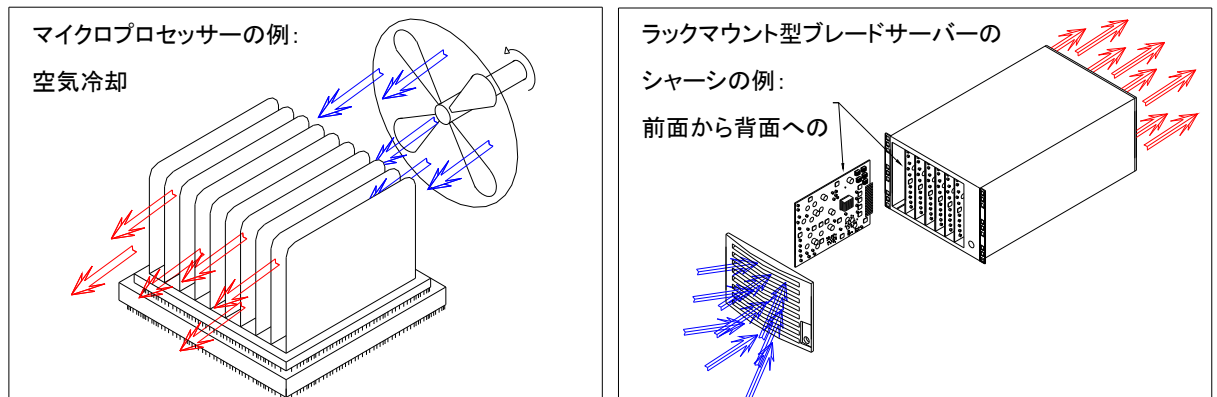
このホワイトペーパーでは、ITの観点から精密冷却システムの基本的な動作原理と主要な構成機器について解説します。また、データセンターやネットワークルームの仕様策定と設計の重要な基礎となる基本概念についても触れています。このホワイトペーパーは、空調や冷却についてさらに高度なトピックを扱ったシュナイダーエレクトリックグループAPCのホワイトペーパー群の導入部分に該当します。空調・冷却に関する個別のテーマについて、さらに理解を深めるための参照先を各ページと巻末で紹介しています。

## IT環境における熱の特性

熱はエネルギーの一形態です。データセンターでは、IT機器が電力を消費することにより、熱が発生します。IT機器を稼働するために消費される電力の99%以上は熱に変換されます。例外はほとんどありません。不要な熱エネルギーを取り除かない限り、IT機器が故障するまで室温は上昇し続けます。サーバーから発生する熱エネルギーの約50%は、マイクロプロセッサから発生します。そのため、プロセッサに十分な気流を当てることが重要であり、通常はプロセッサ用の小型ファンを使用します。通常、サーバーまたはマイクロプロセッサ内蔵のラックマウント型ブレードでは、**図1**のようにシャーシの前面から冷気を取り込んで背面から暖気を排出しています。サーバーの発熱量は増加傾向にあります。1シャーシのブレードサーバーがサーバールームやデータセンターに放出する熱量は4キロワット(kW)にも達する場合があります。これは100ワット電球40個分に匹敵する熱量で、多くの家庭向け調理機器(電子レンジ)が生み出す熱エネルギーの数倍に匹敵します。

図1

マイクロプロセッサ  
およびサーバーの  
冷却気流



熱エネルギーには、1方向(熱い方から冷たい方)にしか流れないというユニークな特性があります。たとえば、暑い室内に冷たい物体を置くと、その物体の温度が低下することはない、必ず熱エネルギーを得て温度が上昇します。私たちが空調装置や冷蔵庫を使用するのはこのためです。これらの装置では、電気エネルギーまたは機械的エネルギーを使用して、ある場所から別の場所に熱エネルギーを「移動」します。この方法では、涼しい場所から温かい場所に熱を移動することも可能です。データセンターの室温が外気温より低い場合でも熱を屋外に排出することは、閉ざされた空間で高性能なコンピューター機器を稼働させるために不可欠な機能です。これを実現している仕組みを理解することが、ITシステム向けの冷却システムの設計と運用を理解するための基礎となります。

## 冷凍サイクル

サーバールームから外気への熱エネルギーの移動は、冷凍サイクルを使って行われます。このプロセスは現在も 100 年以上前と同様です。冷凍サイクルとは、冷媒と呼ばれる液体の気化、圧力変化、液化に関する特性を利用した循環サイクルです。図 2 に、一般的な IT 環境に適用される冷凍サイクルと主要な構成機器を示します。以下で、各プロセスと構成機器を順に説明していきます。

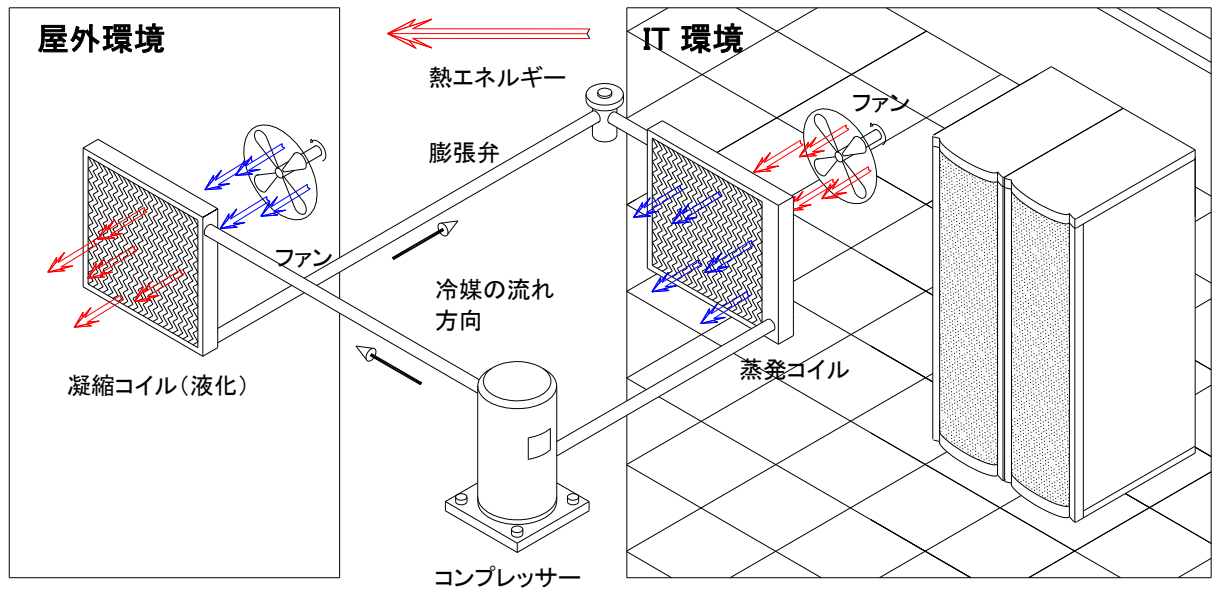


図 2  
冷凍サイクルを使った熱エネルギー除去

### 蒸発(気化)

蒸発は、サーバールームから熱エネルギーを除去するための最初のステップです。蒸発コイルは、自動車のラジエーターと反対に機能します。まず、サーバールームの熱気がファンによって蒸発コイルに取り込まれます。このとき、コイルを構成するパイプには冷たい液体冷媒が供給されています(冷媒の冷却方法はこの後で説明します)。サーバールームの熱気は、冷たい蒸発コイルを通過するときに温度が下がり、冷気となってサーバールームに戻されます。

蒸発コイルの温度は約 7.8° C (46° F) と低温ですが、内部の冷媒は気化、つまり沸騰した状態になっており、液体から気体に変化しています。<sup>注1</sup> 冷媒はサーバールームの熱によって沸騰し、これによって熱エネルギーが冷媒に移動します。この時点で冷媒は細い管の中で低温の気体になっており、この気体の状態でサーバールームの熱エネルギーを移動します。

### 圧縮

図 2 のように、データセンターから発生した熱を奪い沸騰状態になった冷媒は、コンプレッサーに吸い込まれます。コンプレッサーには、以下の 2 つの重要な機能があります。

1. 熱エネルギーを運ぶ冷媒を冷媒配管システム内で循環させます
2. 蒸発コイルからの気体状の冷媒を 200 psi あるいは 1379 kPa<sup>注2</sup> 以上まで圧縮します

<sup>注1</sup> 水が 100° C (212° F) で沸騰することは周知のとおりです。では冷媒はどうして 7.8° C (46° F) で沸騰するのでしょうか？ 物質には、組成と圧力により、それぞれ固有の沸点があります。空調システムは、圧力をきめ細かく制御することで、冷媒が約 7.8° C (46° F) で沸騰するように設計されています。冷却システムは、これと同様の方法を用いて、さらに低温で冷媒を沸騰させます。

<sup>注2</sup> Psi = ポンド毎平方インチ

kPa = キロパスカル

気体には、圧縮すると温度が上昇する基本的な特性があります。このため、コンプレッサーから出てくる気体状の冷媒は、圧縮され 52° C (125° F) 以上の高温になっています。この圧縮による温度上昇こそが、冷媒配管システムにより熱を屋外に排出する仕組みのカギを握っています。

## 凝縮(液化)

圧縮されて高温になった冷媒によって、サーバーラームの熱エネルギーはコンプレッサーを経て凝縮コイルへと移動します。蒸発コイルと同様、このコイルも熱を別の媒体(空気など)に移動します。ただし、蒸発コイルはそこを通過する空気よりも温度が「低い」のに対し、凝縮コイルは空気よりも「高い」温度で作動します。つまり、コイル周辺を流れる空気はコイルによって加熱され、コイル内を流れる高温の気化状態の冷媒は冷却されます。熱は冷媒から空気に移動することになります。通常、空気はファンによって高温のコイルに吹きつけられ、高温になってコイルの反対側から出ていきます。この時点で、サーバーラームの熱エネルギーは屋外に排出されたこととなります。

## 膨張

冷媒は高温高圧の液体として凝縮コイルから配管に流れ込みます。その後、冷媒は蒸発コイルの入口に配置された膨張弁と呼ばれる装置に送り込まれます。この弁には、冷却サイクルにおいて重要な以下の 2 つの主要機能があります。

1. 高圧の冷媒が低圧の蒸発コイルに流れ込む速度を正確に調節し、最適な圧力差を維持して、冷媒がコイルから排出される前にすべて蒸発するようにします
2. 冷媒が膨張弁から蒸発コイルに入るときには、データセンターの熱エネルギーによって再び膨張(沸騰)し、気化することが可能な状態になります

こうして熱は蒸発コイルに吸収され、液化コイルから放出されるという冷却サイクルのプロセスが繰り返されます。空調システムがこのように動作することで、サーバーラームから継続的に熱エネルギーを屋外へ移動させることができるのです。

## 冷媒

空調装置には冷媒と呼ばれる液体が一定量入っています。冷媒は、IT 環境から屋外環境に実際に熱を移動するために使われます。これまで、アンモニアや二酸化炭素、空気、水など、多くの一般的な物質が冷媒として使われてきました。現在のシステムには、主に不燃性で毒性のないフッ素化炭化水素が使用されています。冷媒は、一般に ASHRAE (米国暖房冷凍空調技術協会) の定めた冷媒番号で識別されます。古いシステムには R-12 という冷媒が使われていますが、オゾン層を破壊する環境上の懸念が指摘されたため、今後の使用は禁止されました。現在、IT 環境で最も一般的に使用されている冷媒は R-22 です。さらに 2010 年には、R-22 を使った機器の製造を禁止する法律も制定されています。近い将来、空調機器メーカーは環境問題に対応した R-134a などの代替冷媒を使った機器を製造することになるでしょう。IT 技術者と空調技術者は、環境政策および機器の耐用期間を考慮した空調機器および冷媒の選択を行うことができるよう、お互いに協力していく必要があります。

## 冷凍サイクルが使用するエネルギー

関連するリソース  
APC ホワイトペーパー #25

『データセンター(サーバールームおよび電算室)の総冷却容量の検討』

サーバールームから発生する熱エネルギーを取り除くには電気エネルギーが必要になります。実際に必要な電気エネルギーの量を知るには、まず IT 環境から発生する熱エネルギーの量を調べる必要があります。これが APC ホワイトペーパー #25『データセンター(サーバールームおよび電算室)の総冷却容量の検討』の主題です。サーバールームで消費される電気エネルギーの量は発生する熱エネルギーの量とほぼ同じ、つまり必要な冷却能力とほぼ同じです。このことから、従来の Btu/hr に代わって、精密空調設備を kW 単位で評価することになりました。

サーバールームの冷却に必要な電気エネルギーの量は簡単に測定できます。蒸発コイルと凝縮コイルに空気を循環させるファンは、kW 単位での定格冷却能力のほぼ 5 ~ 10% にあたる電力を必要とします。圧縮装置は、kW 単位で定格冷却能力のほぼ 20 ~ 30% にあたる電力を必要とします。つまり、サーバールームから 1000 ワットの熱エネルギーを除去するには、約 350 ワットの電力を使って空調装置を運転させる必要があることとなります。残念ながら、他の APC ホワイトペーパーで論じた理由により、一般的なサーバールームの空調装置は、それぞれの設計値よりもはるかに低い効率でしか運転しません。一般的に不十分な設計の空調装置を運転するのに必要な実際の電力量は、目的とする冷却能力にほぼ匹敵します。

障害などによる停止が許されないミッションクリティカルな設備での空調効率についての考察は、以下のホワイトペーパーを参照してください(このホワイトペーパーの末尾にある「リソース」にリンクがあります)。

APC ホワイトペーパー #49『データセンター(サーバールームおよび電算室)の冷却性能を損なう問題を回避する方法』

APC ホワイトペーパー #44『ブランクパネルを使ってラックの冷却パフォーマンスを改善』

## IT 冷却における冷凍サイクルの適用

関連するリソース  
APC ホワイトペーパー #56

『精密空調設備と一般空調設備の相違について』

通常、サーバールームやデータセンターは、一般に「高精度冷却システム」と呼ばれる特別な空調機器によって冷却されています。高精度冷却システムは一般的な住宅用または商業用の冷却システムとは異なり、空気の温度および湿度をより厳密に制御することで、IT 機器により正確かつ安定した環境を提供します(精密冷却システムの特長および性能についての詳細は、APC ホワイトペーパー #56『精密空調設備と一般空調設備の相違について』を参照してください)。

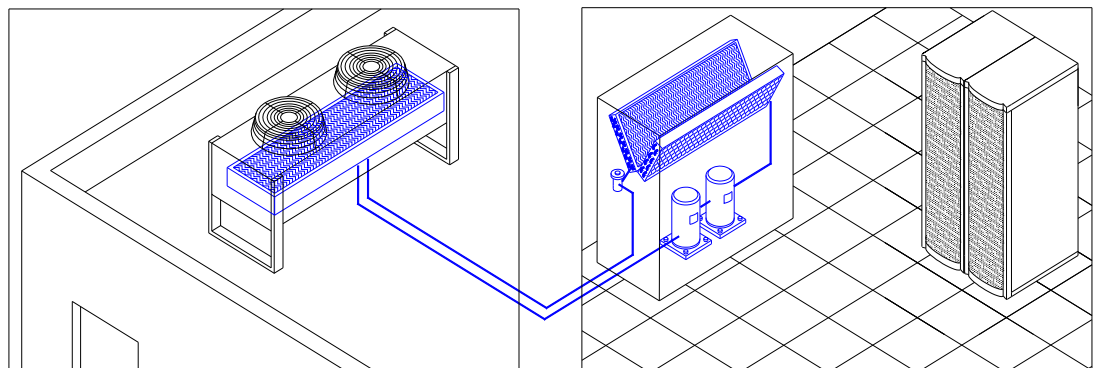


図 3  
一般的な熱除去および排熱装置





関連するリソース

APC ホワイトペーパー  
#59

『The Different Types of Air Conditioning Equipment for IT Environments』(英語版)

## IT 環境内に配置される装置

サーバールームまたはデータセンターにおける高精度空調システムの一般的な構成には、大型の床上設置型電算用パッケージエアコン (CRAC)、電算用エアハンドリングユニット (CRAH)、天井設置型空調機、および「スポットクーラー」と呼ばれるポータブル空調設機などが含まれます。さまざまな熱除去装置についての詳細は、APC ホワイトペーパー #59『The Different Types of Air Conditioning Equipment for IT Environments』(英語版)を参照してください。一般的なサーバールーム空調設備はどれも冷気を出すはずですが、これにさらに入力、出力、接続の要因が関わっており、これらの取扱いを誤ると IT 機器の故障につながるため、IT 技術者はその点もよく理解しておく必要があります。図 3 に示すとおり、1 台の床上設置型電算室空調システムは、通常 35 ~ 150 kW の熱エネルギーを IT 環境から除去します。熱エネルギー 50 kW を除去するように設計されたシステムの入力、出力、および物理的特性は以下のとおりです。

- 毎分 226.5 立方メートル (8000 立方フィート) 以上の空気が、一定の温度および湿度レベルで、データセンターから空調装置に流れ込みます。これはトラクタートレーラー 2 台分の容量を超える量です
- これと同体積の空気が、ユーザーが設定した温度および湿度レベルで空調装置から排出されません
- 空調装置は約 30 kW の三相電気エネルギーを消費します。(この熱エネルギーは空調装置自体によって除去され、IT 環境には追加されません)
- 直径約 25 mm (1 インチ) の 2 本のパイプラインによって、屋外排熱装置との間で冷媒の供給および回収を行います
- 空調装置によって空気から除去された水は、直径 22.2 mm (7/8 インチ) のパイプを使って建物の排水管に送られます。これは凝縮水ラインと呼ばれます
- 空調装置から排出される空気には、建物の飲料水供給経路に接続された直径 6.4 mm (1/4 インチ) のパイプによって水蒸気が加えられ、湿度を制御しています
- 空調装置自体の寸法は、長さ 178 cm、奥行き 89 cm、高さ 193 cm (IT 機器のラック 3 台分に相当) で、重さは 612 kg (1350 ポンド) です。(70 インチ x 35 インチ x 76 インチ)

## IT 環境外に配置される装置

IT 技術者は、通常、サーバールームまたはデータセンター内に設置された電算用パッケージエアコンやエアハンドリングユニットについては熟知しています。しかし、冷却システムの残りの半分、つまり屋外排熱装置については、ほとんどの場合あまり詳しくありません。一部の天井設置型やポータブル型の空調装置を除き、冷却システムには、IT 環境の外側に配置される重要な構成機器が必ず 1 つまたはそれ以上存在します。このような装置の役割は、IT 環境から取り除いた熱を屋外の大気中に送り出すことです。前のセクションで説明した電算用パッケージエアコンには、IT 環境から取り除いた熱を屋外の大気中に放出する空冷復水器と呼ばれる装置が必要です。図 3 に示した電算用パッケージエアコンに対応する空冷復水器の特性の一部を以下に示します。

- 装置の寸法は、長さ 304 cm、高さ 122 cm、幅 122 cm (10 ft x 4 ft x 4 ft)、重さは 408 kg (900 ポンド) です
- 装置には、IT 環境内に配置された電算用パッケージエアコンからの 2 本の冷媒配管が接続されています
- 空冷凝縮器には毎分 566 立方メートル (20,000 立方フィート) 以上の屋外空気が送り込まれ、IT 環境から取り除いた熱エネルギーを除去します
- この装置は、屋外の屋根やコンクリート基礎の上に固定する必要があります
- 空冷凝縮器は約 5 kW の三相電気エネルギーを消費します

## IT 空調における さまざまな 冷却サイクル



『The Different Types of Air Conditioning Equipment for IT Environments』(英語版)

### 結論

前のセクションでは、電算用パッケージエアコン (CRAC) システムおよび関連する排熱設備の構成機器について説明しました。他にもサーバーールームおよびデータセンターに設置する冷却システム構成で、IT 専門家が知っておくべきものがいくつかあります。いずれも冷凍サイクルが使われており、最終的に熱を屋外の大気中に排出します。サーバーールームおよびデータセンターの冷却のさまざまな構成についての詳細は、APC ホワイトペーパー #59『The Different Types of Air Conditioning Equipment for IT Environments』(英語版)を参照してください。

データセンターおよびサーバーールームの冷却システムは、IT 機器によって発生する熱エネルギーを冷凍サイクルによって除去します。空調ソリューションが不適切であったり信頼性に欠けていたりすると、熱によるダウンタイム発生のリスクが増加し、IT用スペースの可用性が損なわれます。IT 技術者は高精度空調のメカニズム、構成機器、および構成方法を熟知することで、空調技術者と効率的に協力しながら、最適な空調ソリューションの仕様を策定できるようになります。



### 著者について

トニー・エバンス は米国ロードアイランド州ウエストキングストンにあるシュナイダーエレクトリックグループ APC のエンジニアです。電力および空調システム設計に 14 年間従事し、ASHRAE (米国暖房冷凍空調学会) の「Technical Committee 9.9 (ミッションクリティカルな施設、テクノロジー空間、および電子機器)」という専門委員会のメンバーです。



## 参考資料

アイコンをクリックすると、直接リソースに移動します。



すべての APC  
ホワイトペーパーを  
見る

[whitepapers.apc.com](http://whitepapers.apc.com)



すべての APC  
TradeOff Tools™ を  
見る

[tools.apc.com](http://tools.apc.com)



『データセンタ(サーバールームおよび電算室)の総冷却容量の検討』

APC ホワイトペーパー #25



『精密空調設備と一般空調設備の相違について』

APC ホワイトペーパー #56



『データセンタ(サーバールームおよび電算室)の冷却性能を損なう問題を回避する方法』

APC ホワイトペーパー #49



『ブランクパネルを使ってラックの冷却パフォーマンスを改善』

APC ホワイトペーパー #44



『The Different Types of Air Conditioning Equipment for IT Environments』(英語版)

APC ホワイトペーパー #59



## お問い合わせ先

このホワイトペーパーの内容についてのご意見やご感想、お問い合わせは以下にお寄せください。

シュナイダーエレクトリックグループ APC  
[Japan.Marketing@apcc.com](mailto:Japan.Marketing@apcc.com)

製品やサービスに関するお問い合わせは、お近くの APC 販売代理店、または下記にお問い合わせください。

[jinfo@apcc.com](mailto:jinfo@apcc.com)  
TEL:03-5931-7500 FAX: 03-3455-2030