

精密空調設備と 一般空調設備の 相違について

White Paper #56

APC[®]
Legendary Reliability™

改訂2

要約

精密な電子機器を最適に動作させるためには、緻密な空調環境が要求されます。一般用空調設備は高精度で且つ高い安定性を要求される環境には不十分で、システムのシャットダウンや部品の故障が発生する恐れがあります。それに対し精密空調設備は温度と湿度とを細かく管理することができ、精密な電子機器が必要とする安定した環境を作り出すことにより、ダウンタイムによる突発的な費用の発生を回避することができます。

精密環境※の定義 – 従来のデータセンタ（サーバールームおよび電 算室）との相違

※(高精度と安定性が要求される環境)

多種多様な機器を収納する精密環境（高精度と安定性が要求される環境）を管理するには、従来のデータセンタやサーバールームおよび電算室以上に精密な環境調整が必要となります。精密環境には次のような適用分野があります。

1. 医療機器室(MRI、CTスキャン)
2. 無塵室（クリーンルーム）
3. 研究室
4. プリンタ/コピー/CADセンタ
5. 精密環境を必要とするデータセンタ（サーバールームおよび電算室）
6. 病院設備(手術室、集中治療室)
7. テレコミュニケーション室(開閉装置室、携帯電話基地局)

精密空調設備の必要性

全ての重要な作業の源となるのが情報処理です。企業の健全性はIT機器の管理方法やそれを取り巻く環境の信頼性に依存しています。IT機器は、不測の集中的な熱負荷を作り出すと同時に温度や湿度に非常に敏感です。温度や湿度が変化すると、破損から完全なシステムダウンまでさまざまな問題が発生します。システムの中断による時間とデータの喪失は、企業にとって重大な損害となります。一般的な空調設備では精密環境で見られる熱負荷の集中に対処できないばかりでなく、適切な温度と湿度の細かい設定ができません。精密空調設備は温度と湿度を精密に調整できるよう設計されています。そして1日24時間連続で稼働させるために必要な年間を通しての高い信頼性、点検の容易性、システムの柔軟性と冗長性を提供します。

温度と湿度の許容範囲

精密環境の円滑な稼働には、温度と湿度の条件を適切に維持することが必要です。その値は、温度は22～24°C、相対湿度(R.H.)は35～50%です。不適切な環境条件は機器を劣化させますが、急激な温度変化も機器の動作にそれと同程度の悪影響を与えます。これは、機器がデータを処理していないときも含めて常に電力を消費しているからです。精密空調設備は、1日24時間1年8,760時間、設定値に対し温度を±0.5°C、湿度を±3～5% R.H.の誤差範囲内で維持します。これに対して、一般的な空調設備では、夏季の外気35°Cと48% R.H.に対して27°Cと50% R.H.に保つように設計されているのみです。通常はそれ程高度な湿度調整機能がなく、また単純な制御機能は温度設定値の許容範囲を維持できず、温度と湿度のぶれを引き起こす可能性があります。

不適切な環境が原因で発生する問題

精密環境が十分に管理されていないと、データの処理や保管に悪影響を与えます。その結果として、データの破損、完全なシステムダウン、故障などさまざまな問題が起こります。

1- 高温と低温環境

高温あるいは低温周囲環境や急激な温度変化がデータの破損またはシステム全体のダウンを引き起こすことがあります。温度むらによって電子チップやその他の電子部品の電氣的・物理的特性が変質し、欠陥動作や故障の原因となります。これらの問題は一時的なものから数日間継続して発生するものまであります。一時的な問題であっても、原因を突き止めて修復するのは容易ではありません。

2- 高湿度

湿度が高くなると、テープや表面の劣化、凝結、腐食、紙の扱い方の問題、金属マイグレーションなどが発生し、部品やボードの故障の原因になります。

3- 低湿度

低湿度は静電気放電の可能性を著しく増加させます。静電気はデータや機器を破損させてしまうことがあります。

精密空調設備と一般空調設備の相違点

1- 顕熱比

熱には、顕熱¹と潜熱²という2つの要素があります。顕熱の除去や付加は、乾球温度の温度変化の原因となります。潜熱は空気中に含まれる水蒸気の増減に関連しています。空調設備の全冷却能力は、除去された顕熱と潜熱の合計で表すことができます。

$$\text{全冷却能力} = \text{顕熱} + \text{潜熱}$$

顕熱比とは、全冷却能力に対する顕熱の割合です。

$$\text{顕熱比(SHR)} = \text{顕熱} \div \text{全冷却能力}$$

高精環境の冷却必要量は、IT機器、照明器具、補助機器、モータなどから発生する顕熱によって大きく左右されます。入室者数が少なく、導入する外気量が限られ、防湿が施工されている場合が多いので、潜熱はほとんどありません。空調設備の要求SHRは0.95か0.99と非常に高顕熱です。精密空調設備は、これらの高顕熱比にも対応できるように設計されています。

¹ 顕熱（けんねつ）：物質の状態を変えずに、温度を変化させるために費やされる熱量。

² 潜熱（せんねつ）：①物質の状態変化のとき、温度の変化を伴わないで吸収または放出される熱量。
②内部に潜んでいる熱。

一般的な空調設備のSHRは0.65～0.70であり、顕熱冷却能力不足・潜熱冷却能力過多になります。さらに過剰な潜熱冷却によって、空気中から必要な水蒸気までも除去されます。つまり、理想的な35～50%の相対湿度幅を維持するには加湿が必要となり、これに多大な電力が消費されることとなります。

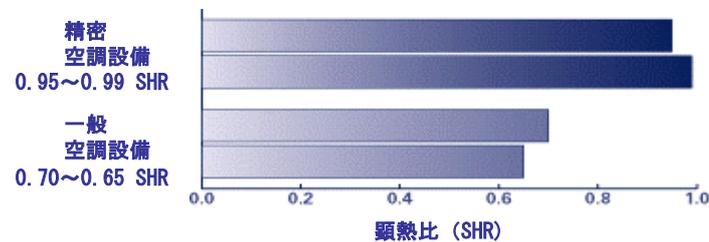


図1 – 顕熱比(SHR)

2- 精密温度・湿度

精密空調設備には精巧で高速のマイクロプロセッサを基にした制御機能が付いています。この制御機能により状況の変化に素早く対応して許容範囲を維持し、安定した環境を提供します。冷却と暖房、加湿、専用の除湿サイクルという複数の機能を備え、全ての温度・湿度調整に必要な操作を実行できます。

一般的な空調設備には基本的な機能のみが搭載され、許容範囲を保持するための迅速な処理は不可能です。安定した精密環境に必須の暖房や加湿・除湿サイクルは通常含まれていませんが、総合システムとしてではなく、「追加機能」として設置可能な場合があります。

3- 空気質

精密空調設備は、1キロワット当たり4.5立方メートル/分 (1秒間に75リットル)以上の高風量で熱を除去しています。この高風量がより多くの空気の流れをつくり、部屋のすみずみまで送風を促し、部分的な加熱の発生を削減します。一般的な高密度サーバは消費電力1キロワット当たり4.5立方メートル/分消費するので、それらの機器の吸気口に同量の冷風を供給することは非常に重要です。なぜならば、冷風の供給がない場合、機器は室内の他の場所から空気を取り入れることになり、吸気口の温度が危険なほど高くなることがあるからです。1キロワット当たりの処理熱量が多い精密空調設備では、より大量の空気がフィルタを通過し、より清潔な環境を作り出します。大部分の精密空調設備は、中・高性能の効率でヒダの深いエアフィルタを使用し、空気のほこりを少なくします。

一般的な空調設備は、1キロワット当たり2.4～3.2立方メートル/分 (1秒間に40～54リットル)という風量で稼働しています。これでは、空気の流動が少なく、室内汚染が高くなります。大部分はひだの無い低効率のフィルタを使用しており、ほこりを十分に除去できません。

4- 稼働時間

精密空調設備は、1年8,760時間連続で稼働するように設計されています。信頼性の高いコンポーネントと冗長性を組み込んだシステムで、ダウンタイムを最小限に抑えます。季節に関わらずどのような外気状態であっても、システムコントロールが室内の空調を一定に保ちます。

一般的な空調設備は夏季のみの使用を想定し、年間に最大1200時間までの稼働に耐えるように設計されていますが、1年を通じて連続の使用は考慮されていません。制御機能や冷却機能も、ダウンタイムの削減や冬季の使用を含めた年間冷房設計ではありません。

設計の基準

1- 負荷密度

機器が集中して配置されている精密環境には、通常オフィスの負荷密度に比べ、5倍の負荷密度がかかる場合があります。このため高密度負荷を処理できるようにシステムを設計しなければなりません。顕熱能力と風量分配は非常に重要です。

負荷密度

オフィス：1平方メートル当たり54～161ワット

精密環境：1平方メートル当たり538～2,153ワット

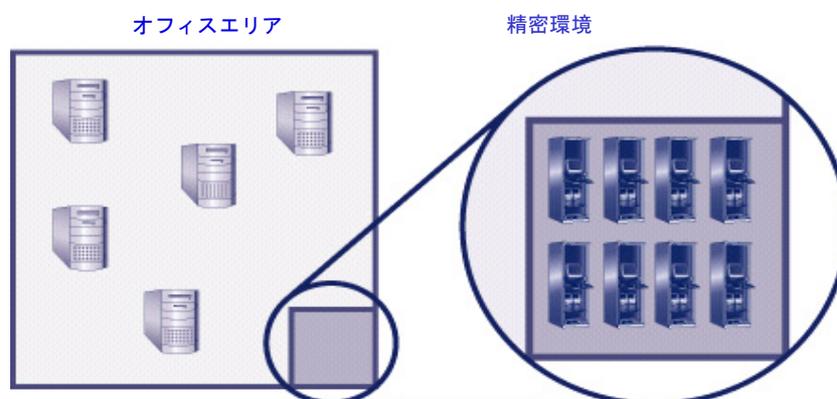


図2 - 負荷密度

2- 温度と湿度

目標値は、温度22～24°C、相対湿度35～50%です。

3- 風量

精密空調設備に装備されている m^3 / kW の高風量は高い顕熱比を引き出します。結果として、空気分配が向上して濾過率が上がります。空気の循環はフリーアクセスフロアの下から機器を介して上昇し、その後で部屋全体に広がるという方法で行われるので、人体に不快感を与えることはありません。

4- 空気質

フィルタが設置されていなければ、風媒のほこりが機器を傷つけることも考えられます。フィルタは中・高効率でヒダの深いものを使用します。フィルタのサイジングも重要です。低風速で稼働しなければなりません。フィルタは定期的に交換します。

5- 防湿

ほぼ全ての建築材料は湿気を通すので、精密環境には防湿効果が追加されます。防湿していない場合、精密環境の湿度は冬季に下がり夏季に上がります。湿度設定値への調整が大変難しくなり、電力費のかかるコンプレッサと除湿装置の稼働時間が増加します。

効果的に防湿するには、天井をポリエチレンのフィルムで覆い、コンクリートの壁にゴム製またはプラスチック製のペンキを塗り、ドアのシールをし、パイプとケーブルの挿入口を密閉します。

6- 外気条件

精密環境は人の出入りが少なく、室内で作業する人のための外気を必要としません。外気の流入を最小限にして、潜熱が室内に入り込まないようにします。1人当たり1分間に5.6立方メートル(1秒間に9.4リットル)を供給できれば、米国の室内空気質(IAQ³)を満たします。

7- 冗長性

空調設備に冗長性を持たせるには、1台のユニットが停止したり、1台もしくはそれ以上の台数のユニットが故障しても必要とされる100%の冷却容量を提供できるように余分な装置を運転します。冗長性を達成するためのコストは、精密環境のダウンタイムによって重みづけられます。

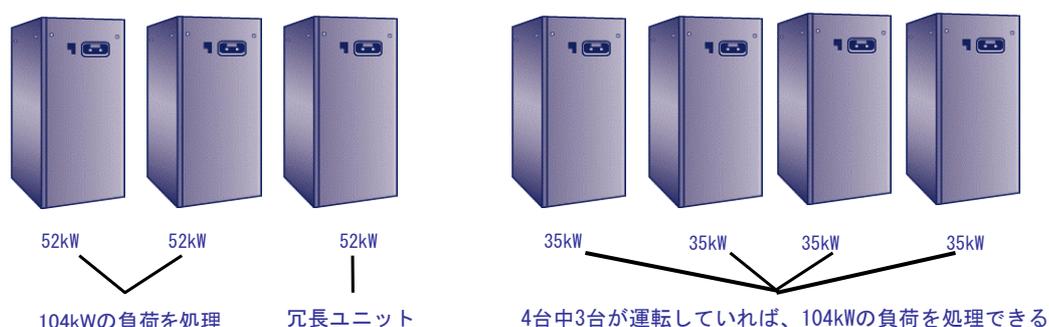


図3 - 冗長性

冗長性について説明します。104キロワットの冷却負荷があるシステムに対して、52キロワットX3台もしくは35キロワットX4台の空調システムを使用すれば、冗長性を提供することができます。運転時間に基づく機器運用のローテーションとそのための自動起動インターフェイスが予備システムを冗長システムに組入れるために必要です。

³ Indoor Air Quality 米国での室内空気の規準値です。これに相当する日本の基準は「建築物における衛生的環境の確保に関する法律」です。

8- セキュリティ

精密環境の機器は空調なしでは稼働を継続できません。空調設備のセキュリティはサーバ等のセキュリティと同様に重要です。冷却用室内ユニットは精密環境内に設置し、IT機器と同じように運用条件を設定します。室外ユニットは、屋根または建物内の管理可能な場所に配置します。

システムの選択要因

1- 負荷の計算

精密環境内の熱負荷は、IT機器、照明器具、室内の作業人員、外気、搬送負荷、太陽、PDU(分電盤)やUPS(無停電電源装置)などの補助機器から発生します。

- 概算として、負荷の計算には1キロワット当たり1.4平方メートルを適用します。より詳しい負荷の計算は、APC ホワイトペーパー #25 『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』を参照してください。

2- 空調システム

a- 空冷式



図4 - 空冷システム

システムの構成

- 冷却システムは室内のユニットと室外の空冷コンデンサユニットにて構成されます。
- 圧縮機は室内または室外ユニットのどちらにも配置できます。保全と管理のため通常、圧縮機は室内ユニットに配置されます。
- 冷媒配管(各圧縮機につき2本)。
- 冷媒配管の設計は非常に重要です。圧力の損失、冷媒速度、冷凍機油の戻り、オイルとラップを考慮した設計でなければなりません。
- 技術の確かな工事業者による設置を推奨します。
- 機器増設の拡張性があります。各システムは個別設定が可能です。

b- 水冷式

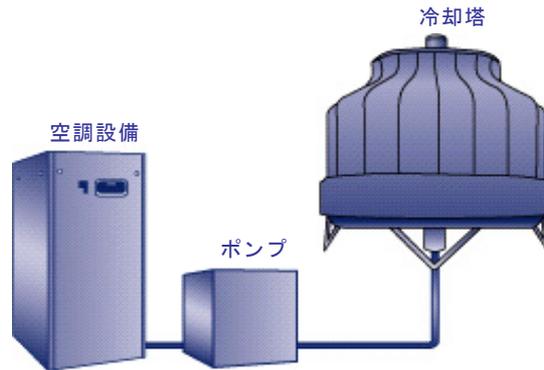


図5 - 水冷システム

システムの構成

- 室内の空調ユニットは、一体型冷凍サイクルです。
- 熱は室内ユニットの熱交換機から冷却水により冷却塔に送られます。その後、冷却水は冷却塔に送り出されて再循環されます。井戸などの水源も利用可能です。
- 冷却塔は冬季運転対策が必要です。
- 冷却塔は冗長性を備えた設計でなければなりません。冗長性がない場合、非常時のバックアップとなる水源を用意します。
- 冷却塔を使用する場合、水処理が必要です。
- 水配管の設計は、冷媒配管に比べて格段に容易です。
- 冷媒は工場で充填およびテストされた状態で搬入されます。

c- グリコール（不凍液）冷却式

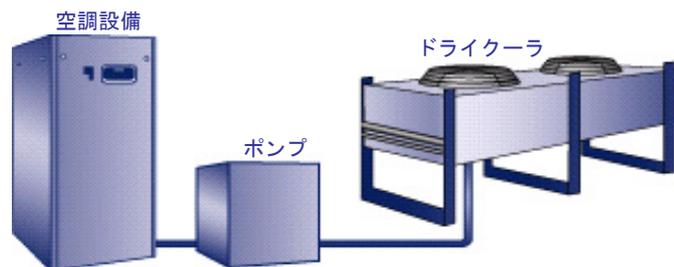


図6 - グリコール冷却システム

システムの構成

- 室内ユニットは水冷システムと類似しています。
- グリコール液が水の代わりに循環します。熱は液体によって室外に移動され、「空冷熱交換機」または「ドライクーラ」に送られます。
- ドライクーラは冷却塔に比べて管理が簡単です。
- 熱回収に適しています。

- 3方式の中で、システムのエネルギー消費効率(E.E.R. : Energy Efficiency Ratio)が最も低いです。
- 複数の室内ユニットを1つの大きなドライクーラとポンプパッケージに連結できますが、その場合は冗長性の必要条件を考慮します。

d- グリコールのフリー冷却式

システムの構成

- グリコール冷却に似ていますが、省エネ式のフリー冷却コイルを含みます。
- 外気温が低下すると冷却グリコール液が補助のフリー冷却コイルを通り、圧縮機を運転せずに冷却能力を確保します。
- 気候によっては運転費を大幅に削減できます。
- 補助コイルは送風機とモータの能力アップを必要とします。
- 室内ユニットに備えられた補助冷却コイルが大きいほど、経費もより節約できます。補助冷却コイルは、通常運転で使用されるDXコイルの前面に設置されていなければなりません。

e- 補助冷水コイル

システムの構成

- 補助冷水熱交換機はDXシステムに完全な冗長性を提供します。
- 緊急時に備えたモジュラーDXバックアップとして、補助冷水熱交換機が利用されます。
- 必要の場合、緊急中央式チラーユニットを支援できるDXシステムです。
- 必要の場合、ユニットは冷水を供給することもできます。例えば、チラーユニットが工場の製造過程や夏季の空調システムに重点的に使用する場合など、DXに切り換えて冷水を供給できます。

f- チラーユニットシステム

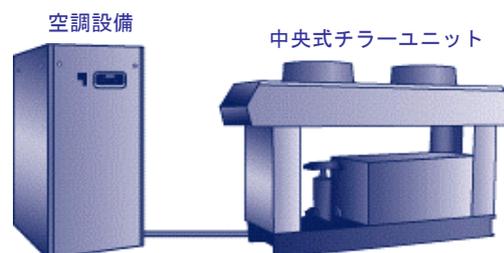


図7- チラーユニットシステム

システムの構成

- 中央式チラーユニットから精密環境内のパッケージユニットに冷水が送られます。冷却システムはチラーユニットの中に組み込まれています。
- 室内の空調設備には、制御機能、冷水コイル、冷水調節弁、送風機、フィルタ、加湿機、再熱機が付属しています。
- 高顕熱比を維持するために水温はできるだけ高くします(8.33°C 以上)。
- 冗長性は中央の冷却設備とポンプパッケージにまで拡張されていなければなりません。
- 中央式チラーユニットは年間冷房が要求されます。
- 地域によっては運転管理員が必要になります。
- 冷水供給温度が相違するので、一般用チラーユニットは使用できません(一般的な空調は冷水供給温度5.6°C、精密環境内の空調は冷水供給温度8.3°C+)。

必要経費

1- 運用費

精密環境の空調設備の経費は、1平方メートル当たりで換算してオフィスや一般的な空調設備の10倍かかります。これは、季節的と年中無休という稼働期間の違いや、熱負荷密度の著しい増加に起因します。しかし、一般用空調設備を精密環境に使用するよりは精密空調設備を使用する方が運用費を低く抑えることができます。

その理由を以下に記します。

- a- フリーアクセスフロア。高い顕熱比は過度の除湿を必要とせず、結果として湿度調整のための加湿運転量が削減されます。
- b- 高いエネルギー消費効率(E.E.R.)。大きなコイルと高風量、そしてヒートポンプ仕様圧縮機を備えたコンピュータグレードシステムには、一般用空調設備に比べてより高い顕熱エネルギー消費効率比があります。
- c- 精密空調設備は1年を通じての稼働に耐えられるように高効率のコンポーネントで設計されています。

チェック項目：

- 前面面積の大きい冷却コイル
- 高効率の送風モータ
- スチームキャニスター加湿機
- ヒートポンプ仕様圧縮機
- 高SHR
- 高制御の除湿サイクル
- 低FLA
- 100,000時間の耐久性
- 長期の保証

2- 保守費

点検や修理に係る最大の経費は、通常精密環境内のダウンタイムです。このため、常に冗長性を念頭に設計します。ダウンタイムを短縮するには、点検や修理時間の即時対応が可能な機能を持つ機器を選択します。

チェック項目：

- a- 冷凍サイクル部品の取り外しの容易性。圧縮機とドライヤは溶接の取り外しなしで可能なこと。
- b- 1次および2次ドレンパン。
- c- 交換容易なキャニスタ加湿機。
- d- 冷凍サイクル構成部品は、機械室に置かれて、気流の邪魔をしない構造。
- e- 送風部分の取り外しの容易性。
- f- 電気配線の色分けと番号付け。
- g- フューズの代わりにモータプロテクタの使用。
- h- 簡単に取り外し可能なサービスパネル。
- i- 稼働時間を基準にしたメンテナンスコール。

結論

精密環境には精密な電子機器が設置され、それらを最適に稼働させるには高精度の環境状態が必要です。精密空調設備はこのような電子機器に適した安定した環境を提供し、多大な経費のかかるシステムシャットダウンやコンポーネントの故障を回避します。