データセンタ用冷水配管システムの改善

イザベル ロウチョウ

White Paper #131

APC
Legendary Reliability®

要約

冷水は依然として人気の高い冷却媒体です。しかし、配管システムからの水漏れはシステムの可用性を脅かします。高密度コンピュータのために冷水をIT機器への使用が従来以上に必要とされるようになり、信頼性の高い新たな配管方式へのニーズが高まっています。このホワイトペーパーでは、水漏れのリスクを大幅に低減させることで高密度システムの運用を容易にする新しい配管方式を紹介し、その利点を従来の配管システムと比較して説明します。

©2006 American Power Conversion. All rights reserved. 著者からの書面による許可なく、本書のどの部分も、
いかなる形式のシステムへの保存、使用、複製、複写、転送を禁じます。*www.apc.com* 改訂 2006-0

はじめに

データセンタでは従来から、銅管や鋼管のパイプを溶接、ロー付け、またはネジ込みで接合して空調装置へ配管し、分岐させるやり方が一般的です。配管ラインの継手はデータセンタ内の漏水の原因となりうるため、配管は通常フリーアクセスフロアの下に敷設されます。パイプの下に水路となる溝を設けて、漏れた水を流すようにしているケースもあります。空調装置の再配置や増設があまり必要にならない固定化されたデータセンタでは、こうしたやり方でも特に問題はありません。

しかし、最近のようにIT機器の密度が増し、しかも装置の移動、追加、変更が頻繁になると、従来のレイアウトに空調装置を追加しなければならないこともあり、金属製配管の使用にはさまざまな問題が出てきます。空調装置を追加するとなると、新たな配管が必要になり、空調装置の敷設工事時間が長くなり、配管の敷設に伴うダウンタイムが発生します。このため、レイアウトの変更に対応できるもっと柔軟なモジュール式の配管システムが求められるようになりました。

データセンタの最近の傾向はフリーアクセスフロアを使わないやり方です。こうしたやり方を可能にしたのは、空調のためのフリーアクセスフロアを必要としない新しい冷却テクノロジとアーキテクチャです。これによってデータセンタやコンピュータルームのレイアウトの自由度が増し、天井配管がより一般的になります。床下配管と比べて、天井配管からの水漏れはシステムにとってより深刻な問題であり、ダウンタイムも長くなるおそれがあります。水漏れのしない配管システムへのニーズが高まっているのにはこうした背景があります。

データセンタ設計のもう1つの新しい傾向は、ルーム単位で冷却するのではなく、冷却装置をIT機器のラック列（InRow）または個々のラック内に組み込むやり方です。こうすれば、IT機器をより高密度に配置して、電力消費を効率化することが可能になります。これについては、APCホワイトペーパー #130「データセンタのラック単位冷却構成、列単位冷却構成の長所」に詳しく説明されています。このタイプの設計では、空調装置や配管とIT機器が近接します。したがって、このソリューションでも、信頼性の高いモジュール式の配管システムが必要になります。

シームレスでフレキシブルな配管システムを採用すれば、中間の継手を使う必要がなく、水漏れのリスクが小さくなります。また、配管敷設のための時間も短くなり、システムの柔軟性が増します。このホワイトペーパーでは、この新しい配管技術を紹介し、次世代のデータセンタでのその役割を説明します。

©2006 American Power Conversion. All rights reserved. 著者からの書面による許可なく、本書のどの部分も、
いかなる形式のシステムへの保存、使用、複製、複写、転送を禁じます。*www.apc.com* 改訂 2006-0

従来の金属製配管方式の特徴

データセンタにおける従来の配管では、銅管や鋼管のパイプが使われます。最も一般的に使われているのは、スケジュール40の炭素鋼鋼管とタイプL またはM の硬銅管です。金属製配管の場合、曲がり、バルブ、分岐（複数の空調装置への）ごとに、さらには1.8メートルまたは6メートルごとに、配管の使用可能な長さに応じて、ネジ込み、溝付、溶接、ロー付けなどによる継手が必要になります。冷水ユニットから空調装置までの配管に複数の継手が使われるのが普通です。

金属製配管の問題点

ネジ込みまたは溶接の継手はどれも冷水漏れの原因となりえます。水漏れの原因として多いのがねじ込み作業であり、作業時に管壁の50%以上が削り取られ、そのジョイントを弱くします。

パイプの「電解」腐食も水漏れを引き起こします。炭素鋼のパイプが真鍮のバルブに直接に触れる箇所や、炭素鋼のパイプと銅管がつながっている箇所ではこの種の腐食が起こりやすくなります。電解腐食は2つの異種の金属と水が接触した場所で発生し、鋼管の破損を引き起こします。パイプがどのくらい破損するかは、腐食状態に依存します。腐食が進むと、異種の金属が接触しているネジ込み箇所に沈殿物が目に見えるくらいに堆積し、ごく少量の水漏れが発生します。この段階になると、破損は修理不可能であり、パイプの交換が必要です。交換しなければ、腐蝕の進行とともに水漏れは増していきます。

一般的な配管システムでは、異種の金属の接合に誘電絶縁した継手（誘電体）を使用するのが普通です。技術コンサルタントや設計技術者が推奨しているのもこの種の絶縁継手です。しかし、絶縁継手を使用していないケースもまれではなく、使用していてもやり方が誤っているケースもあります。

従来の冷却システムでは、炭素鋼のメイン供給パイプまたは戻りパイプが銅管によって空調装置に分岐している場合が少なくありません。このため、データセンタに複数のコンピュータルーム空調装置（CRAC）がある場合には、複数の誘電絶縁継手が使われます。

あまり頻繁ではないものの、ネジシール材の劣化、ネジ加工の不良、溝付接合部でのガスケットの劣化、パイプや継手の不良、振動、ストレス、不適切な組み立て、設計仕様を超えた過剰な作動圧力なども水漏れの原因になります。

金属製配管システムでは、内壁に鉱物が堆積しやすく、スケールの形成や銅の酸化の原因となって、ついにはパイプのピンホールや水漏れを引き起こします。鉱物の堆積は配管の圧力低下の原因にもなります。配管のエルボーや継手に鉱物が堆積した場合は特にその可能性が大きくなります。これを避けるには、水の処理とメンテナンスを定期的に行い、適切なpH値を保つ必要があります。水の処理はシステムのスタートアップ

©2006 American Power Conversion. All rights reserved. 著者からの書面による許可なく、本書のどの部分も、
いかなる形式のシステムへの保存、使用、複製、複写、転送を禁じます。*www.apc.com* 改訂 2006-0

時と通常の運転時に行います。密閉ループ式の冷水システムでのピンホールの発生はごくまれですが、メンテナンスが不十分だと起こりえます。

冷水システムでは結露も問題です。冷水配管はパイプ外壁での結露を防ぐために通常は断熱されています。しかし、パイプの継手、エルボー、接続部、付属物（バルブ、ストレーナなど）、ゲージ等に付着した水分が断熱効果を台無しにすることがあります。断熱部の亀裂や密閉の不良はデータセンタ内への水分の侵入を許してしまい、水分がパイプの表面を相当の距離に渡って流れることもあります。

空調が十分でない環境でパイプ外壁に発生する結露も腐食の原因になります。パイプを取り巻く環境の湿度が高いと、外部の腐食が早く進みます。極端な場合には、結露によって断熱部が完全に水に浸されるほどになります。データセンタでは湿気がコントロールされているため、パイプ外壁の腐食は通常は発生しません。

データセンタ内での結露や水漏れを防止するために、IT機器や電気機器の保護の強化を訴えるITマネージャや施設エンジニアもいます。しかし、水漏れなどが実際に発生しないと、こうした措置はなかなかとられません。

一箇所で水漏れが発生しただけでも冷却のロスはかなりのものになります。このため、冗長の配管システムを用意するという対策がとられることもあります（この場合、配管コストは倍になります）。あるいは、バックアップとして冷媒直膨式のCRACを設置する方法がとられることもあります。この場合は、冷媒配管の設置が必要です。

金属製パイプの床下配管

冷水配管のルーティングはコンピュータルームのサイズと空調装置の数に応じて変わります。小さいルームでは冷水は大きな1本のメイン供給パイプと戻りパイプ（炭素鋼管または銅管）を流れます。大きなルームでは炭素鋼からなる大きな複数の分岐管方式が使われます。メインヘッダまたは分岐管は銅管を使って各空調装置に分岐されます。**図1**は複数の分岐管を使った金属製パイプの床下配管を示しています。

この方式の場合、床下の水を懸念するオーナーなら、排水路となる溝を設けて冷水配管を電気配線から分離する措置をとります。あるいは、配管の下にドレインパン（排水皿）を用意して、漏水や結露水を受け止めるようにします。溝の幅と深さは溝の中に敷設される配管の径と品質に依存します。さらに、万が一の水漏れに備えて、溝内のさまざまなパイプのための空間距離を用意する必要があります。中規模ないし大規模のデータセンタでは、冷水配管、バルブ、その他の付属物すべてを収納するために溝の深さが1.5メートル（5フィート）になることも珍しくありません。

チラーユニットから各空調装置までの距離は一様でないため、それぞれの空調装置に適量の冷水を送るには、空調装置の水量バランス調整を行って冷却システムを始動する必要があります。システムのバランスを

©2006 American Power Conversion. All rights reserved. **著者からの書面による許可なく、本書のどの部分も、いかなる形式のシステムへの保存、使用、複製、複写、転送を禁じます。***www.apc.com* **改訂** 2006-0

とるには、遮断バルブとバランスバルブを使います。これらのバルブは通常はフリーアクセスフロアの下の分岐パイプに設置されます。これに対し、水量を調節するバルブは空調装置に設置されるのが普通です。遮断バルブとバランスバルブを床下に用意した場合、バルブへのアクセスが容易でなくなり、システムのバランスをとるのに長い時間がかかります。

この種のシステムは一度設計されたら、あとで変更されることはありません。配管の再配置はそう容易ではなく、ルームが稼働状態になってからメインヘッダに配管を追加するのも困難です。

メインの分岐管で水漏れが発生した場合、その分岐から冷水を供給されているCRACすべてに影響するため、平均修理時間（MTTR）は長くなります。この結果、コンピュータルームの温度が急上昇し、IT機器の障害やシャットダウンを引き起こします。

図 1 - 従来の床下冷水配管（複数の継手を使ってさまざまな空調装置へ分岐）

金属製パイプの天井配管

この方式でも、メインヘッダまたは分岐管が各空調装置に分岐することになります。遮断バルブとバランスバルブは分岐パイプの内部、データセンタの外、または空調装置のすぐ上に装備されます。

天井配管の場合、IT機器の上に水漏れしたり水分が結露したりするおそれがあるために、配管が電気機器やIT機器を通過する場所にはドレインパンを用意します。場合によっては、データセンタ内のすべての冷水パイプの下にドレインパンを配置することもあります。この場合、メインヘッダの下には幅の広いドレインパンを用意し、分岐パイプの下には小さめのドレインパンを用意します。こうした方式を採用するのは、各種のパイプ継手の水漏れや結露に備え、配管の下にある電源やIT機器を保護するためです。**図 2** は天井の配管とその下の水漏れ対策用ドレインパンを示しています。

©2006 American Power Conversion. All rights reserved. **著者からの書面による許可なく、本書のどの部分も、いかなる形式のシステムへの保存、使用、複製、複写、転送を禁じます。** *www.apc.com* **改訂** 2006-0

図2 - 天井配管（ラックの上にドレインパンを装備）

バルブが天井の上もしくはデータセンタの外に設置されているため、冷却システムのバランスをとるのはそう容易でありません。このため、各装置を始動してバランスをとるのに時間がかかります。天井の配管から水漏れがあった場合、床上に設定されている機器の上で修復作業を行わなければならず、床や機器に水がかかるおそれがあります。

水漏れ対策としては二重壁配管システムもありますが、実際に使用されるケースは非常にまれです。二重壁が採用されるのは、地域の法規によって義務づけられている場合や、オーナーもしくは設計技術者が指示した場合です。二重壁配管システムでは、水漏れを検知し対処するために外部パイプの中に内部パイプがあります。二重壁配管の設置は非常にコストがかかりますが、配管の下にドレインパンを用意するだけの場合に比べて大きな効果が得られます。**図3** は二重壁配管の断面を示しています。

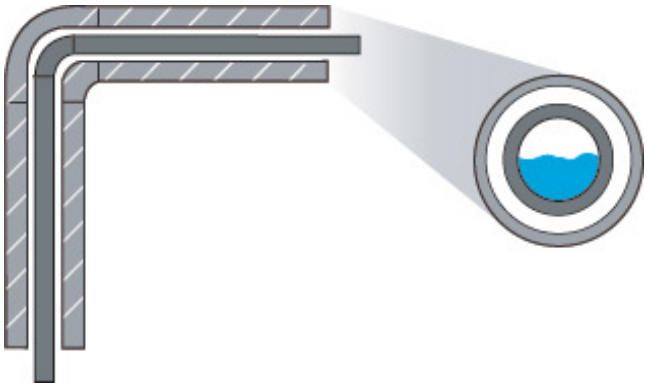

図 3 二重壁配管の断面

©2006 American Power Conversion. All rights reserved. 著者からの書面による許可なく、本書のどの部分も、
いかなる形式のシステムへの保存、使用、複製、複写、転送を禁じます。*www.apc.com* 改訂 2006-0

フレキシブル配管方式

フレキシブル配管を使った最近の配管技術によって、より確実にデータセンタへ冷水を供給することが可能になり、水漏れのリスクも飛躍的に低減しました。この配管方式は、欧州で30年以上に渡って使われているHVACシステムの技術をベースにしています。フレキシブル配管は多層からなる複合管であり、クロスリンク（架橋）されたポリエチレンの内側層と外側層がアルミニウム管を挟んでいます。これによって、パイプをデータセンタ内に自由に配置し、しかも確実に固定することが可能になります。架橋ポリエチレン（PEX）は腐食に強いうえ、その滑らかな内壁と化学特性には軟水や硬水による鉱物の堆積を防止する効果があるため、ピンホールが発生するおそれがなくなります。[1]

金属製配管よりも高い信頼性

フレキシブル配管を利用すれば、冷水の供給源から各CRACへの配管がエルボーや中間の継手を使わなくても可能になります。複数のCRACを使用している場合は、CDU(クーリングディストリビューションユニット)を設置することによって、コンピュータルームの周辺または外部に設置されているメイン配水ヘッダへの接続を可能とします。ヘッダには遮断バルブとバランスバルブが装備されており、ルーム内の各空調装置へ分岐には継手なしのフレキシブルな供給パイプと戻りパイプが使われます。この方式では、データセンタ内で必要になる継手は供給パイプと戻りパイプのそれぞれについて2つずつ（配水ヘッダに1つ、CRACに1つ）に限られます。従来の金属製配管システムでは、各空調装置への分岐の供給パイプと戻りパイプのそれぞれについて10個から20個の継手が必要です（実際に何個必要かは配管の長さに依存します）。これに対し、フレキシブル配管システムでは、継手は1管路について2つだけあり、水漏れのリスクは金属製配管の10%ないし20%にまで低下します。

中間の継手やバルブが必要ないうえ、熱伝導性が銅や鋼管よりも低いこともあり、フレキシブルなPEX管は結露のリスクも大幅に低下させます。結露は一般にパイプの継手、接合部、バルブなど、効果的に断熱するのが困難な箇所で発生します。

フレキシブル配管とCDU方式を組み合わせれば、冷水配管とIT機器の併置や天井配管のルーティングに伴う心配はずっと少なくなります。コンピュータルームの周辺にCDUシステムを設置すれば、同じ場所にすべての遮断バルブとバランスバルブを設置することができ、冷水システム全体のバランス調整に必要な時間が短くなります。常に増設や設置変更のあるデータセンタにとっては、こうしたアプローチは大きなメリットがあります。というのも、フレキシブル配管は簡単に新しい場所に移動でき、したがって空調装置の再配置も簡単だからです。高密度なシステムでは、メインヘッダから新しい空調装置へ配管するだけでCRACの追加が可能です。他の冷水配管をいじる必要はありません。

---

[1] Plastics Pipe Institute™ - High Temperature Division, “The Facts of Cross-Linked Polyethylene (PEX) Pipe Systems”, 12/3/04

©2006 American Power Conversion. All rights reserved. 著者からの書面による許可なく、本書のどの部分も、いかなる形式のシステムへの保存、使用、複製、複写、転送を禁じます。*www.apc.com* 改訂 2006-0

障害発生率は、金属製配管方式に比べて飛躍的に低減します。この種の配管システムの大手メーカーの資料には次のように記載されています[2]。

> 「（このシステムは）欧州では30年に渡って使われており、延べ**40億**フィート以上のパイプがたった1つの事故もなく稼働しています。北米では延べ5億フィートになります。サンプルパイプを1973年以来継続して高温と高圧にさらしていますが、パフォーマンスにはいささかの劣化も見られません。Wirsboやその他の試験所が実施した試験によると、Wirsbo PEX管の寿命は100年を超えます。」

フレキシブルパイプの頭上空間配管

頭上空間配管システムでは、通路を経由して配水ヘッダから各空調装置にフレキシブルパイプをルーティングします。ドレインパンはパイプが電気機器やIT機器を通過する場所だけに用意します。フレキシブルパイプを積み重ねて配管するためのアクセサリも市販されており、頭上空間配管に要するスペースを節約できます。**図4** は頭上空間のフレキシブル配管例を示しています。

フレキシブル配管方式は天井の配管に伴う水漏れや結露のリスクを大幅に低下させます。頭上空間配線あるいはラック列内や頭上空間配管方式の冷却を採用するデータセンタが増えるにつれ、フリーアクセスフロアへのニーズは減り、フリーアクセスフロアに伴うコストも減っています。ラック列（InRow）方式と頭上空間方式の冷却の詳細については、APCホワイトペーパー #132「Comparison of In-Row vs. Overhead Cooling」を参照してください。

[2] Shelter Technology, http://www.sheltertech.com/wirsbo_pex_tubing.htm (accessed Feb 15th, 2006).

©2006 American Power Conversion. All rights reserved. 著者からの書面による許可なく、本書のどの部分も、いかなる形式のシステムへの保存、使用、複製、複写、転送を禁じます。*www.apc.com* 改訂 2006-0

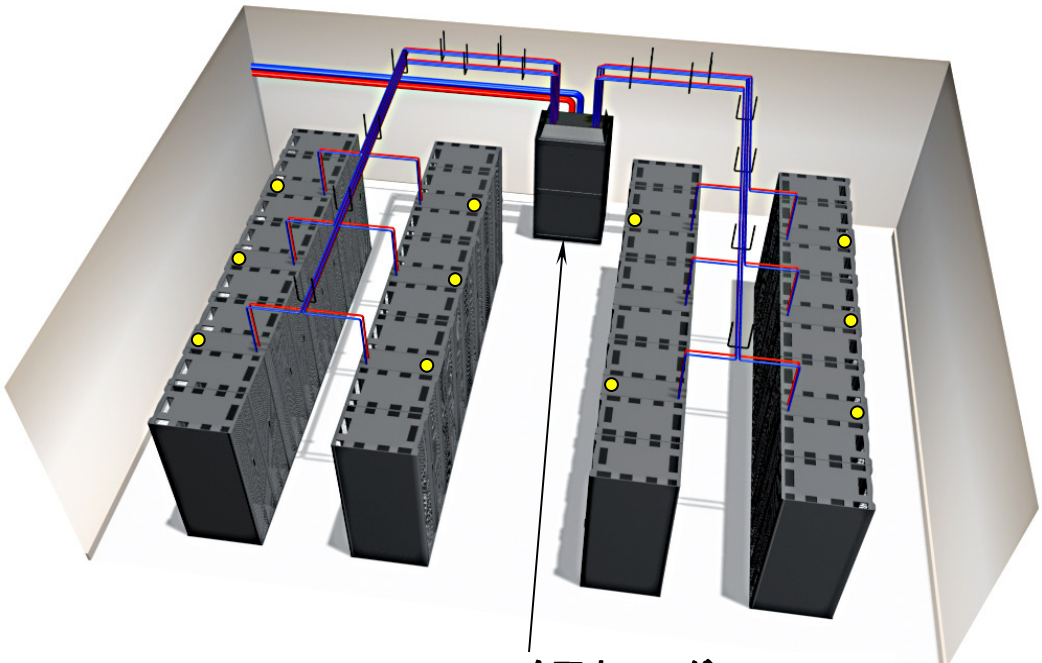

図 4 頭上空間にフレキシブルパイプを配管したデータセンタのレイアウト

フレキシブルパイプの床下配管

フリーアクセスフロアの下に配管したフレキシブルパイプには、配水ヘッダからCRACへ直接につながるという利点があります。空調装置への配管が直線であることから、パイプ距離が短くなります。フレキシブルパイプは最小12インチ（約30.5cm）の高さの床下に配管することができます。また、通常は電源とIT配線の上を通過するだけなので、空調装置への直線の管路にドレインパンは必要ありません。このため、従来の金属製パイプの床下配管に比べて、配管に要するコストと時間が節約できます。**図 5** はフレキシブルパイプの床下配管を示しています。

©2006 American Power Conversion. All rights reserved. 著者からの書面による許可なく、本書のどの部分も、
いかなる形式のシステムへの保存、使用、複製、複写、転送を禁じます。*www.apc.com*　　改訂 2006-0

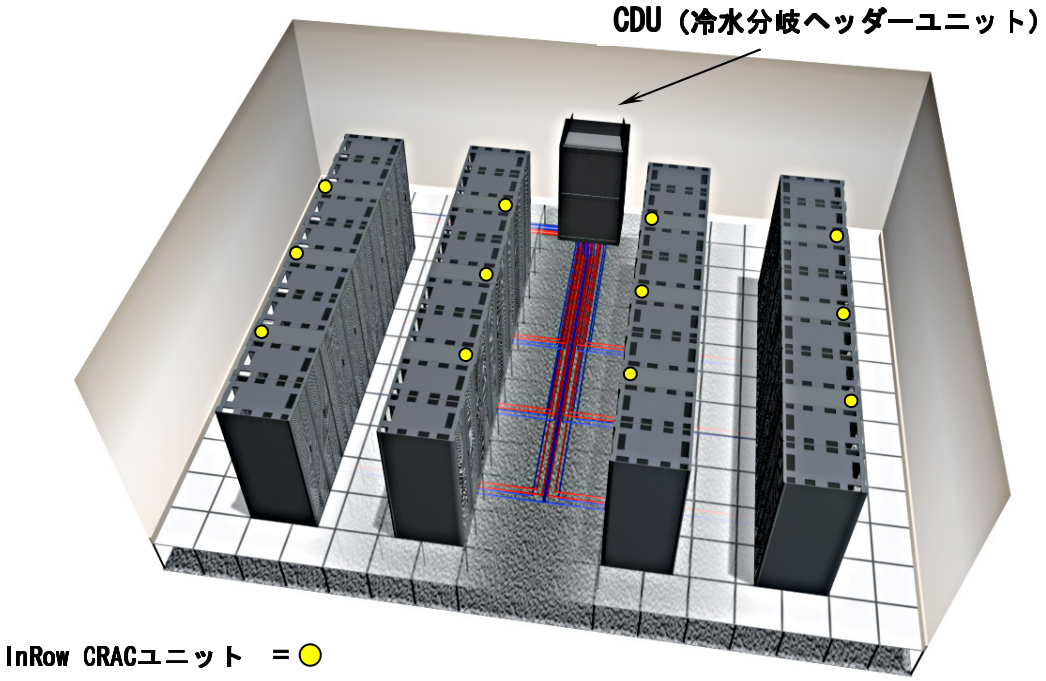

図 5 - 各種の空調装置に分岐するフレキシブルパイプの床下配管

金属製配管とフレキシブル配管の比較

以下では、機械特性、物理特性、迅速性（アジリティ）、可用性（アベイラビリティ）、総所有コスト（TCO）、障害リスクなどについて金属製配管とフレキシブル配管を比較します。

金属製配管とフレキシブル配管の機械・物理特性

表1 は冷水システムに使用する金属製配管とフレキシブル配管の機械・物理特性を比較しています。

©2006 American Power Conversion. All rights reserved. 著者からの書面による許可なく、本書のどの部分も、
いかなる形式のシステムへの保存、使用、複製、複写、転送を禁じます。*www.apc.com*　　改訂 2006-0

表 1 - 金属製配管とフレキシブル配管の物理特性

物理特性	炭素鋼 スケジュール 40	硬銅配管 タイプ “L”	フレキシブル 配管 PEX
パイプ重量：kg/m (呼称サイズ2.54cmのパイプ)	2.49	0.975	0.324
使用可能温度	最大399° C	最大204° C	最大93° C
使用可能圧力 **(メガパスカル)**	19.7 MPa @ 38° C 19.7 MPa @ 93° C	3.41 MPa @ 38° C 2.79 MPa @ 93° C	1.38 MPa @ 23° C 0.689 MPa @ 93° C
継手のタイプ	溶接、ロー付け、 溝付、ネジ込み	はんだ、ロー付け、 溝付、ネジ込み	MultiPressネジ または圧縮継手
サイズの範囲	3.2から660 mm (外径)	6.4から305 mm (外径)	12.7 から50. 8 mm 北米仕様 12.7から609 mm (½” から24”) ASPE仕様[3]
端部の接合	溶接、ロー付け、 ネジ込み	はんだ、ロー付け、 ネジ込み	MultiPressネジ または圧縮
腐食耐性	十分でない（周囲の 相対湿度や水のpH値に 依存する）	極めて良好	優秀
熱伝導性	高い	高い	中程度ないし低い

金属製配管/フレキシブル配管の工事性と可用性

ブレードサーバなどの新しいテクノロジがITの負荷をますます大きくする中、従来の冷却能力では追いつかなくなっています。このため、データセンタでは冷却能力の増強が必要になっています。

金属製配管は将来の拡張に必要な柔軟性を備えていません。既存の空調装置を引き続き稼働させるために、チラーユニットを追加の空調装置へつなぐ新しい配管が必要になります。この場合、冷水システムが配置されているビルの中で配管を変更し、ロー付けやネジ込み式の継手を追加するのは容易でなく、新しい空調装置の追加に伴うコストは大きくなります。空調装置を再配置するだけでも、分岐ヘッダから新しい場所へ延びる新しい金属製パイプが必要になります。このときもロー付けやネジ込み式の継手が数多く必要になります。

一方、フレキシブル配管は工事性と可用性（アベイラビリティ）に優れており、新たな装置の追加が容易です。フレキシブルパイプを利用すれば、継手を使わずに、配水ヘッダをCRACの場所につなぐことができま

[3] “PEX piping for Plumbing” presented at 40th ASPE convention, Oct 2004, Shelter Techonlogy, http://www.plasticpipe.org/media/PEX_ASPE_2004.pdf#search='wirsbo%20pex%20pipe%20sizes (accessed Feb 18th, 2006).

©2006 American Power Conversion. All rights reserved. 著者からの書面による許可なく、本書のどの部分も、
いかなる形式のシステムへの保存、使用、複製、複写、転送を禁じます。*www.apc.com* 改訂 2006-0

す。バランスバルブと遮断バルブはヘッダに設置され、チラーユニットからヘッダへのメイン配管はすでに敷設済みですから、既存の冷水システムのダウンタイムは発生しません。また、配管工事が簡単なため、新しい装置の導入に要する時間も短くなります。

金属製配管の場合、チラーユニットとデータセンタ間の主配管入口または出口に水漏れなどの障害が発生すると、空調装置をすべて停止して修復にあたる必要が出てきます。これには何時間も、あるいは何日もかかります。配水ヘッダを使っても事態は変わりません。というのも、チラーユニットからヘッダへも金属製配管が使われているからです。この金属製配管に障害が発生すると、ヘッダからCRACへの配管をすべて停止しなければなりません。メインパイプから分岐しているいずれかのパイプで水漏れなどの障害が発生した場合、そのパイプを隔離して修復すれば、そのパイプから冷水を供給されている空調装置だけが影響を受けることになります。金属製配管のシステム修復には、障害が発生したパイプにつながっているすべてのCRACを隔離し停止することが必要になります。水漏れの修復は、該当コンポーネントを交換するか、水漏れ箇所で継手を再度ロー付けすることによって行われます。

フレキシブル配管では、配水ヘッダと空調装置をつなぐ配管で障害が発生しても、修復のために停止しなければならないのは1台の空調装置だけであり、他の空調装置の冷却を停止する必要はありません。配水ヘッダの継手またはCRACの継手に水漏れが発生したときは、継手を交換します。ただし、フレキシブル配管自体に水漏れが発生した場合は、そのパイプを取り替えなければなりません。新しいパイプに交換するときは、CDUと空調装置で該当パイプを隔離します。この場合、該当CRACの冷却だけが停止され、他の空調装置の冷却は中断されません。

金属製配管とフレキシブル配管の総所有コスト（TCO）

フレキシブル配管とCDUシステムを使えば、ロー付け配管システムに比べて総所有コストが低下します。
200kWのデータセンタで新しい冷却システムを導入する場合、フレキシブル配管とCDUシステムなら、導入スピードは少なくとも40%アップし、コストはおよそ20%低下します。この導入コストの削減は、中間継手の接合や中間バルブの設置のための作業が必要でなく、冷水システムのバランス調整時間が短いことによります。
データセンタで配水ヘッダにつながる空調装置を1台追加する場合、フレキシブルパイプを使えば、従来のロー付け配管システムに比べて、導入コストは50%以上削減され、導入時間は60%短くなります。

フレキシブル配管を使うと、冷水システムのメンテナンスも簡単かつスピーディになります。バルブの点検はすべて中央の一カ所ですみます。これに対し、床下のシステムでは、バルブはデータセンタのいろいろな場所に設定されています。

冷水パイプの配管のためだけにフリーアクセスフロアを使っているデータセンタの場合、フリーアクセスフロアを廃止して天井の配管システムに変更すれば、導入コストはさらに削減されます。
表2 はデータセンタの冷水配管システムの重要な特性について金属製配管とフレキシブル配管を比較しています。

©2006 American Power Conversion. All rights reserved. **著者からの書面による許可なく、本書のどの部分も、いかなる形式のシステムへの保存、使用、複製、複写、転送を禁じます。** *www.apc.com* **改訂** 2006-0

表2 - 金属製配管とフレキシブル配管の比較

	金属製配管	フレキシブル配管
工事性	数多くの継手が必要なため、導入に時間がかかる。 バランスバルブがフリーアクセスフロアの下または天井タイルの上にあるため、アクセスが容易でない。 増設や再配置のためには再設計と他の装置の停止が必要になる。	導入に要する時間が40%短縮される。 冷水をバランスさせるためのバルブは中央のアクセスしやすい場所に用意されている。 拡張性に優れており、他の装置を停止しなくても、移動、追加、変更、将来の拡張が可能。
可用性	各継手に水漏れの可能性があり、信頼性が低下する。	中間継手の必要がないため水漏れのリスクが大幅に低下し、信頼性が向上する。
MTTR（平均修理時間）	メイン配管で水漏れが発生した場合、水漏れの量に応じて修理に数時間から数日かかる。 データセンタ内の分岐配水管で水漏れが発生した場合、修理に数時間かかり、いくつかの装置を停止しなければならない。	冷水ユニットから集中配水ヘッダへの配管で水漏れが発生した場合、水漏れの量に応じて修理に数時間から数日かかる。 データセンタ内のフレキシブル配管の分岐で水漏れが発生した場合、新しいフレキシブル配管に数時間を要するが、停止しなければならない装置は1台に限られる。
設置	設置コストが高い。システムをバランスさせるための時間がかかり、スタートアップのコストを押し上げる。 ロー付け、ネジ込み、機械式の継手が使用され、中間に遮断バルブとバランスバルブを用意する必要がある。	設置コストは高くない。システムのスタートアップとバランス調整はCDUシステムによって比較的シンプルになっている。 ロー付けジョイント、中間継手、バルブなどを必要としない。
曲がり半径	エルボー継手を使うことによって曲がり半径が小さくなる。	曲げ半径がパイプ外径の少なくとも5倍から7倍になる。
保全性	各ジョイントとバルブでの水漏れと結露の目視点検、腐食しやすい箇所の目視点検。水とグリコールの凝集を測定し検査する。	CDUでバルブの水漏れや結露を目視点検する（すべてのバルブが一箇所にあるので時間がかからない）。水とグリコールの凝集の測定と検査（定期点検）。
水頭損失	曲がりでのエルボーの使用や鉱物の堆積のために減圧が大きくなる。	内部がスムーズで、継手なしで曲がり半径が大きいため、一般的な配管での減圧が小さくなる。
占有空間	床下または頭上空間の配管のため、配管システム用の占有空間は必要ない。	ルーム内のCDUの占有空間が必要。
接続可能距離	複数の金属製パイプを継手でつなぐことができるため、パイプ距離を長くすることができる。	CDUから空調装置への推奨最長距離は46メートル。パイプが長くなると複雑化し、設置が難しくなる。
初期コスト（設置と資材）	金属製パイプは安価だが、ロー付けやネジ込みの作業のために設置コストが高くなるうえ、システムのバランス調整に時間がかかりコストを押し上げる。	PEX配管は高価だが、継手のロー付けやネジ込みが必要なく、CDUシステムのおかげでスタートアップのバランス調整が複雑でないため、設置コストが安くなる。

©2006 American Power Conversion. All rights reserved. 著者からの書面による許可なく、本書のどの部分も、いかなる形式のシステムへの保存、使用、複製、複写、転送を禁じます。*www.apc.com* 改訂 2006-0

	金属製配管	フレキシブル配管
パイプの設置場所	戸外に設置して、日光にさらすことができる。	PEX 管は直接か間接かを問わず日光にさらされない場所に設置し、保管しなければならない。

注：青い影付きの欄はそれぞれの特性でベストパフォーマンスを示します。

金属製配管とフレキシブル配管の障害比較

配管場所、設置タイプ、配管方式などに応じ、冷水システムにはさまざまな障害が発生する可能性があります。**表3** は配管タイプに応じて起こりうる障害を要約しています（青い影付きの欄はそれぞれの障害について耐性のあるほうを表しています）。

表 3 - 金属製配管とフレキシブル配管の障害比較

	金属製配管	フレキシブル配管
ピンホール	尖った物で穴が開く可能性が低い。	尖った物で穴が開く可能性が高い。
単一障害点が他に与える影響	分岐パイプの障害は、その分岐パイプに接続されているすべてのCRACの冷却ロスを引き起こす。	特定配管の障害は1台のCRACの冷却ロスしか引き起こさない。
ジョイントの水漏れ	ジョイントや継手が数多くあるため、電解腐食、ネジシール材の経年劣化、ネジ加工の不良、溝接合部のガスケットの劣化、ネジ継手の不良などによって水漏れの可能性が高くなる。	ジョイント数は少なく（各CRACの配管ごとに2つずつ）、MultiPressのネジ継手でPEX-AL-PEX管をかしめるため、ネジ込みやガスケットの継手よりも接合が強固になる。
地震 / 振動	振動や地震がジョイントや継手での水漏れを引き起こすことがある。	振動や地震によって破損ないし水漏れする可能性は少ない。
踏まれた場合の損傷	ロー付けやネジ込みされた継手が破損して水漏れが発生することがある。	パイプが柔軟なため破損する可能性は少ない。
データセンタ内での結露による断熱部の水滴	複数のバルブ、ストレーナ、継手を完全に断熱するのが困難なため、結露が発生しやすい。小さな亀裂や断熱されてないスペースが結露を引き起こす。	配水システムとCRACの間に中間バルブや継手がないため、結露が起こりにくい。
摩耗 / 切断	外部の摩耗や切断に強い。	外部が摩耗しやすい。PEX管の外側に切り傷がつく可能性がある。
ピンホールおよび鉱物の堆積	水を定期的に処理しないと、ピンホールや鉱物の堆積よる水漏れが発生する。	滑らかな内壁と化学的特性によって、鉱物の堆積が発生しにくい。

注：青い影付きの欄はそれぞれの障害について耐性のあるほうを表しています。

©2006 American Power Conversion. All rights reserved. 著者からの書面による許可なく、本書のどの部分も、いかなる形式のシステムへの保存、使用、複製、複写、転送を禁じます。*www.apc.com* 改訂 2006-0

結論

従来のやり方では冷水システムに金属製配管を使用します。しかし、CDUを設置して、フレキシブルなパイプで各空調装置へ接続すれば、水漏れのリスクが大幅に低下し、システムの信頼性が増します。そのうえ、フレキシブルなパイプシステムなら、万一障害が発生しても、1台のCRACを分離するだけでよく、他の装置の冷却は継続されます。これに対し、金属製配管システムでは、分岐パイプのいずれかに障害が発生したら、複数のCRACを分離する必要が出てきます。このため、十分な冷却が確保されず、データセンタの可用性が脅かされます。

このほか、フレキシブル配管システムを採用することによって、次の3つの理由でデータセンタでの冷水のトラブルが少なくなります。

1. ジョイント数が著しく減少するため、配管システムの障害発生率が大幅に低下します。
2. 配管自体の基本的な信頼性が向上します。
3. 中間の継手や遮断バルブが必要ないため、結露が発生しにくくなります。継手やバルブは冷水システムで最も結露が発生しやすい場所です。

フレキシブル配管は固定床（アクセスフロア無し）のデータセンタを可能にし、ラック列単位やラック単位とした高密度の冷却システムを可能にします。最近の傾向は高密度と固定床に向かっていることから、次世代のデータセンタでは、フレキシブル配管の採用が急速に広がるものと思われます。

著者について

イザベル・ロウチョウ は、American Power Conversion (APC)でコンピュータルーム冷却ソリューションを担当するプロダクトマネージャです。彼女はメカニカルエンジニアとして工業用および家庭用の冷蔵システムと空調システムの分野で10年の経験を積んでいます。さらに、ASHRAE（米国暖房冷房空調技術協会）のメンバーであり、ASHRAEの地域支部で行われるさまざまなプレゼンテーションに関係しています。

©2006 American Power Conversion. All rights reserved. 著者からの書面による許可なく、本書のどの部分も、いかなる形式のシステムへの保存、使用、複製、複写、転送を禁じます。*www.apc.com* 改訂 2006-0