

「冷温水式調温調湿空調システム」の開発について

木村工機 株式会社 石田 貴之

1. はじめに

環境省が推奨しているクールビズでは「冷房室内温度を28℃」とあるが、湿度成行き従来の空調方式では、衣服の軽装化だけで快適性を担保することは難しい。そのため生産性や労働意欲といった観点から実施には踏み込まない企業も多い様である。

また、我が国では建物衛生法において、温度、相対湿度、二酸化炭素濃度など6項目の環境衛生管理基準値が設けられており、定期環境測定による適正な維持管理を求めるほか、保健所による立入検査によって衛生環境を良好に保つこととしている。毎年公開されているこれらの立入検査報告では、例年相対湿度の不適率が最も高く、特に暖房期の加湿不足が顕著であることがわかる。

この様な背景の中、近年は湿度管理の必要性が高まり、とりわけ除湿や加湿性能に特化した外調機の採用が増えているほか、公共建築工事における建築設備設計基準においては顕熱と潜熱処理を分離した、ダブルコイル空調システムやデシカント空調システムなどが紹介されている。

しかし、システムの煩雑化に伴うコスト・工期への圧迫や、設計技術者不足といった現実的な課題も存在している。本稿では空調機メーカーからの一つのアプローチとして設備簡略化も伴った調温調湿空調システムを紹介する。

2. システム設計に関わる背景

2.1 オフィスビルにおける外気負荷

地球温暖化に伴い大気中のCO₂濃度は年々上昇

を続け、2015年には世界月平均で400ppmに達したことが報告された。これは産業革命以前の濃度(280ppm程度)と比較すると約43%もの増加である(図1)。この様な環境変化は、今後も建物換気のために必要な設計上の外気量が増加していくことを示唆している。

また、建築側では今後省エネ基準への適合義務やZEB化が推進されることにより、外皮負荷性能の向上が期待される。相対的には空調負荷が低減する中で、外気負荷が占める割合の増加が予測でき、除湿・加湿の重要性が一層高まることとなる。

表1はモデルケースにおける簡易熱負荷計算を行い、設計外気量と建物外皮性能を変化させた場合の外気負荷比率を示したものである。

2.2 室内温熱環境の実態

表2は建築物衛生法による東京都健康安全研究センターの立入検査報告資料の一部である。

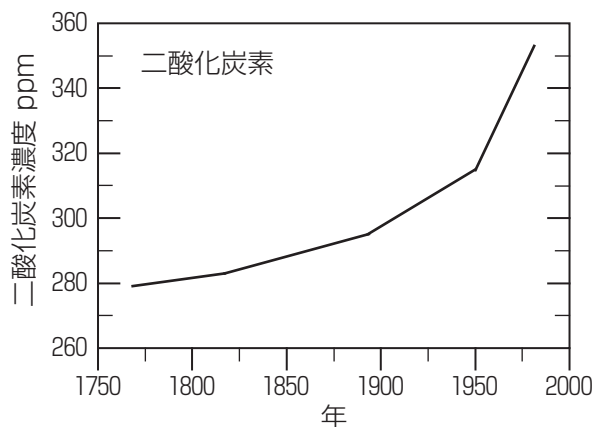


図1 CO₂濃度の経年変化¹⁾

表1 外気負荷比率の変化(参考)

<条件>

- ・建物 : 一般事務所ビル 中間階
- ・容積 : 床面積25m×12m=300m²、高さ3.8m
- ・室内条件 : 26℃ / 50%
- ・外気条件 : 34.6℃ / 53%
- ・照明 : 蛍光灯 20W/m² (Case1)
LED照明 14W/m² (Case2,3)
- ・OA機器 : 10W/m²

Case	居住者 人/m ²	取入 外気量 m ³ /h・人	建物外皮性能				熱負荷			
			外壁 U値 W/m ²	窓システム(ブラインドなし)			室内 kW	外気 kW	合計 kW	外気負荷 比率
				種類	U値 W/m ²	SC				
1	0.15	25	3.0	単板ガラス8mm	6.2	0.9	27.7	11.9	39.6	0.30
2	0.15	30	2.0	複層ガラス 6mm+中空層12mm+6mm	3.0	0.8	22.1	14.3	36.4	0.39
3	0.15	35※1	1.0	Low-E複層ガラス 6mm+中空層12mm+6mm	1.7	0.5	17.6	16.6	34.2	0.49

※1 Case3の取入外気量は、一人あたりのCO₂排出量0.021m³/h、室内CO₂許容濃度0.1%、大気中のCO₂濃度0.04%とした。

例年湿度の不適率は、他の検査項目と比べても格段高いのが実態であるが、湿度不適となる要因としては、外気導入時の処理方法や運用などが適切でないことのほか、加湿に関しては窓側結露への懸念といった建築サイドの理由も存在する様である。

また居住域において不快を感じやすい代表的な環境には、吹出口付近での気流感やドラフト感、上下温度差など、一般的な強制対流空調による不均一な温熱環境が招く要因が多い。特に代謝・体温調節機能の低い女性や高齢者などは体調不良に陥るケースもある。

室内温熱環境の実態からは多くの改善余地も存在し、調湿や結露、気流、温度ムラなど複合的な解決が求められている。

表2 室内空気環境不適率 (H28年度 東京都)²⁾

地域	相対湿度	二酸化炭素
特別区・島しょ地区	24.8%	19.3%
多摩地区	46.7%	37.8%

※ 相対湿度は通年での結果を示し、冬期(暖房期)に限っては“半数程度が不適”として報告されている。

2.3 セントラル方式特有の課題

セントラル方式は多様性があり、質の高いシステムを構築できる一方で、設備が大掛かりで空調機のほか、熱源やポンプ、ダクト・配管・自動制御などの付帯設備といった別々の主体が存在している。そのため、利便性の高いビル用マルチシステムと比較すると設計・施工に関わる時間や費用の負担が大きい。さらには設計技術者不足などにも直面している。

フロン使用量の優位性からも、導入のしやすさや利便性を高めるための努力や工夫も必要と考える。

3. 調温調湿空調システムの概要

開発においては、外気導入に伴い安定した除湿・加湿性能を持たせるほか、室内温熱環境の向上、施工・運用面での取扱いやすさ、システム省エネ性も伴った包括的なシステム構築を目指し、熱源機メーカーにも一部協力を求めた。

主な構成イメージは図2に示し、大局的には熱源エリアと空調エリアの自動制御を、熱源・空調機それぞれに予め備えられた機能として標準搭載し、現場計装工事の簡略化も図っている。

その他特長的なポイントを紹介する。

3.1 調温調湿空調機

(1) 2コイル搭載 一体形構造

空調機には外気と還気を個別に冷熱処理する2つのコイルを搭載し、温湿度調整用の電動二方弁・三方弁なども組込んだ一体形モデルとしている。

冷房運転時の外気側コイル(第1コイル)は、導入外気を13℃まで過冷却除湿する能力を持ち、一般的なオフィスビルにおける室内発生潜熱分も除去することができる。また還気側コイル(第2コイル)では室内還気を16℃吹出程度に顕熱冷却し室内温度の調整を行う。別々に冷却処理された空気は二次側の送風機によって後混合されるため、除湿に伴う過冷却空気を再熱(混合後15℃程度)する効果がある。こちらは後で記述する吹出ユニットの誘引再熱との相乗効果によって、居室空間での結露やドラフト感の解消に繋がる。

機内の配管系統は図3の様な回路構成となっており、機外の配管接続部は冷温水入口と出口各1ヶ所の2管接続構造とすることで空調機周りの配管工事の簡略化を図った。

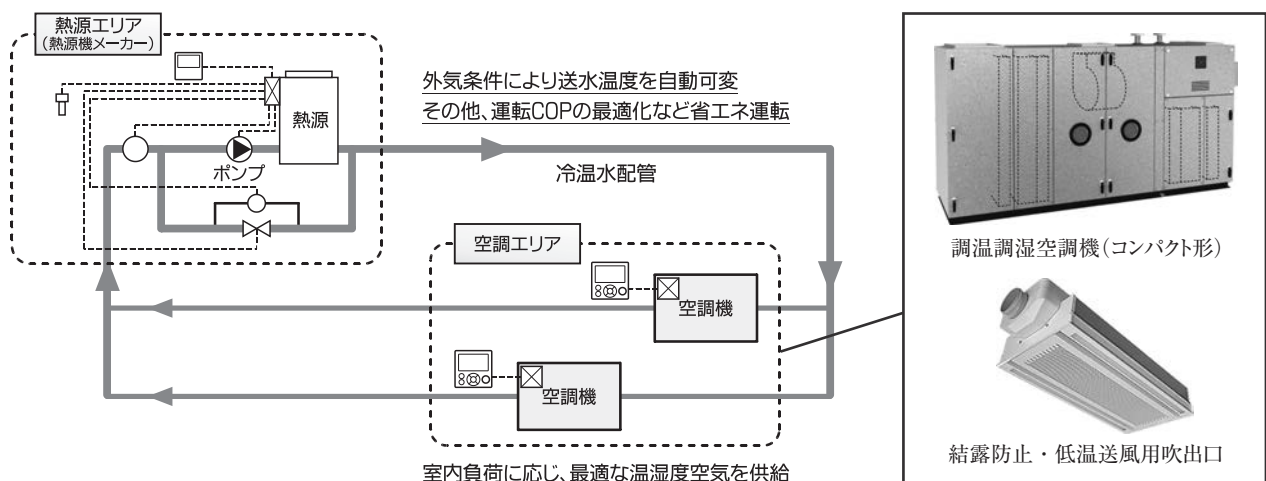


図2 調温調湿空調システムの構成イメージ

また、本空調機では各コイルの配管を直列として連続通水による水大温度差設計を行い、コイル形状に見合った管内流速で熱伝達率の向上と温度差確保などを目的としている。低負荷時はバイパス回路を使用して外気側コイルだけの片側運転となり、二方弁によるカスケード制御により温度と湿度をコンパクトに制御することを可能としている。

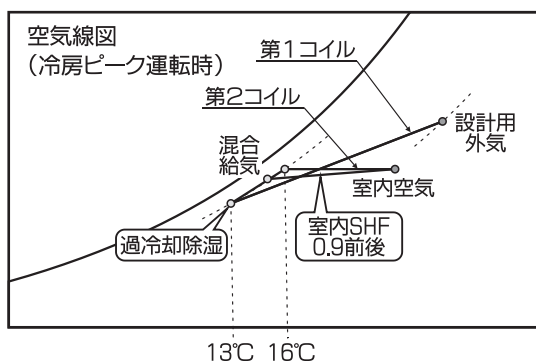
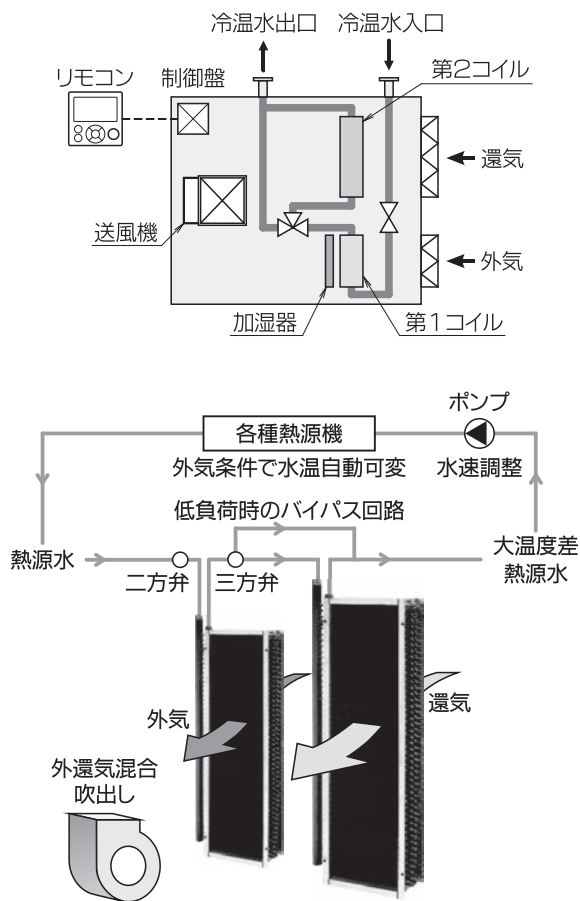


図3 調温調湿空調機の構造

(2) 加湿装置

空調機に組込む加湿器は、気化式または蒸気式より選択することができ、通常外気側コイルの二次側に設置して加湿を行う。特に蒸気式は安定性に優れ、

衛生的で水道代の削減にも繋がるため、自社内開発にて導電制御や過飽和防止制御などを付加した電極式蒸気加湿器をラインアップしている。

また、慢性的な加湿不足の実態に対して、次の様な方式も用意し、少ないエネルギーで通年における湿度確保にも対応した。

① 気化式加湿器連装 (図4)

外気・還気側コイル両方の二次側に飽和効率の低い気化式加湿器を設置し、同時使用または相互切替えによりコンパクトなON-OFF制御が可能である。

通常外気側気化式加湿器をメイン使用するが、送風運転や外気冷房時などは外気温度に左右されない還気側気化式加湿器によって加湿量を確保する。

薄型の加湿器が選定できることで、付随的に空気抵抗や臭気リスクの低減といったメリットもある。

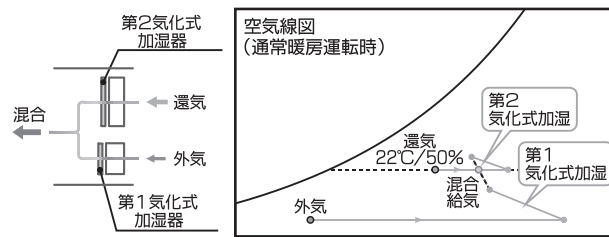


図4 気化式加湿器連装

② ハイブリッド加湿 (図5)

気化式と蒸気式を併用した方式で、還気側コイルの二次側に気化式加湿器を設置している。

気化式では不足する加湿量分だけを蒸気で補い、安定した加湿のほか、敬遠されやすい蒸気方式のエネルギー消費量を低減することができる。

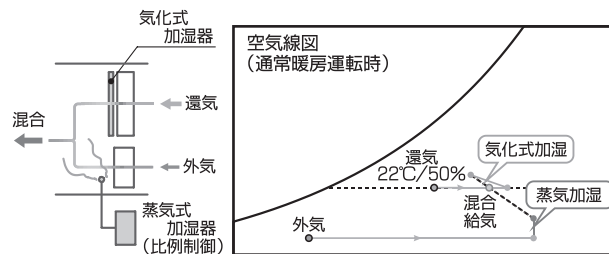


図5 ハイブリッド加湿

(3) 外気の有効活用

導入外気量は、室内CO₂濃度または室内空気とのエンタルピー比較、室内湿度状態によって演算し、空調制御盤から外気・還気ダンパ操作器へ信号出力を行い、省エネ制御を行う。

さらに、冬期温水循環時にも冷房が必要な環境では外気を優先的に導入して外気冷房運転を行う。この際、外気が低温（標準13℃以下設定）となる場合は、二方弁にて温水を通水加熱して冷風感を防止するほか、加湿することもできる。従来の冷水を必要とした4管方式に対し、2管式対応で設備コストが抑えられるよう配慮している。

(4) 自動制御一体化 (図6)

本製品には前述の様に空調自動制御盤を搭載するほか、各種インターフェースやBACnetにも対応した拡張性を備えている。リモコンには大型液晶を採用した専用リモコンによって、省エネ運転設定や温湿度設定、CO₂濃度設定など、エアコン感覚で設定や各種表示が行える様設計している。

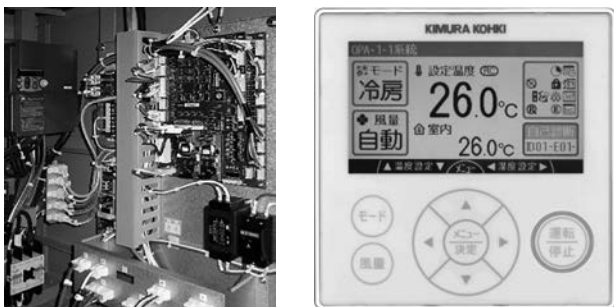


図6 空調制御盤と多機能リモコン

3.2 結露防止・低温送風用吹出口 (図7)

除湿・加湿した空気は相対湿度が高くなり、各部結露対策への配慮が必要となる。

本システムの末端には低温送風用吹出口でもある全空気式放射整流ユニットを配置している。本ユニットでは空調機からの供給空気に対し、室内空気を誘引混合して給気することができ、過冷却除湿による結露を防止すると共に、ドラフト感を抑制する。調温調湿空調機による除湿後の混合温度を15℃とすると本ユニットでの給気温度は約20℃となる。

さらに放射と整流効果を備えており、気流を感じず、室内の温度ムラを解消して良質な温熱環境を形成することに寄与する。

また、冬期暖房時は屋外に面した窓の内面結露が懸念され確実な加湿を敬遠されるケースもあるが、本ユニット導入現場（窓は単板硝子）における調査では50%RH程度の湿度を確保しても顕著な結露は確認されていない。これはペリメータ側の対流が少ないため結露の抑制に繋がっていることも要因とし

て考えられる。

しかしながら、外気温と窓の断熱性能によってはもちろん限界があり、加湿性能の向上に伴って窓システムを断熱強化（複層ガラスなど）も検討されることが望ましい。

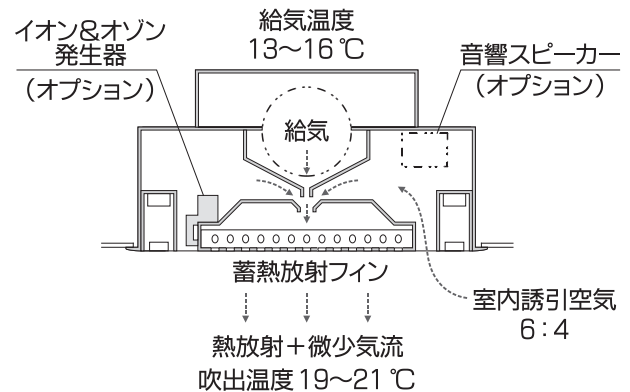


図7 全空気式放射整流ユニットの構造

3.3 熱源側省エネ制御

独立した空調機制御に対し、熱源機側においても台数制御や付帯設備制御の最適化を一体化させた制御システムなども構築されているが、送水温度に関しては基本的に年間で一定水温か、設備管理者の判断によって切替えが行われる。

本システムでは熱源機側の省エネ機能として外気温湿度によって送水温度を自動可変する制御を持たせ、既に熱源機メーカーによって対応している。

送水温度切替え判断は外気温度と外気絶対湿度のみで行い、低負荷時には中温に近づける動作を行うが、空調機側の除湿性能を損なわない様一定のルールを持たせ、さらに現場でのチューニングにも対応できる仕様としてメーカー間で共有を図っている。

4. おわりに

セントラル方式は長年の歴史の中で目立った技術革新が少ないと言われているが、システムの一部を担う空調機メーカーが、機器の機能化を図りそのポジションを広げることで、微力ながら創意工夫による進化をもたらすことができれば幸いである。

〈参考文献〉

- 1) 日本冷凍空調学会便覧(第6版) 冷凍空調応用編, P11
- 2) ビル衛生管理講習会資料, 東京都健康安全研究センター (平成28年度)