顕熱処理コイルを利用した高温冷水活用による省 CO_2 空調システムの開発
（第１報）開発システムの概要

The development of the air-conditioning system to reduce the carbon dioxide (CO_2) emissions by the high temperature level chilled water applied the sensible heat processing coil

正 会 員　○茂 呂　幸 雄（三菱地所設計）　正 会 員　藤 野　健 治（三菱地所設計）
正 会 員　佐 藤　友 昭（三菱地所設計）　正 会 員　平須賀 信 洋（三菱地所設計）
正 会 員　吉 川　信 二（　新晃工業　）　非 会 員　井 川　洋　（　新晃工業　）
非 会 員　谷 口　成 賞（ 東洋製作所 ）　非 会 員　針 谷　清　（　アズビル　）
非 会 員　大 津　宏 治（　アズビル　）　正 会 員　染 谷　博 行（　アズビル　）
非 会 員　笠 原　俊 之（　アズビル　）

Yukio MORO*[1]　Kenji FUJINO*[1]　Tomoaki SATO*[1]　Nobuhiro HIRASUGA*[1]　Shinji YOSHIKAWA*[2]
Hiroshi IKAWA*[2]　Shigeyoshi TANIGUCHI*[3]　Kiyoshi HARIYA*[4]　Kouji Otsu*[4]　Hiroyuki SOMEYA*[4]
Toshiyuki KASAHARA *[4]

*[1] Mitsubishi Jisho Sekkei Inc.　*[2] SINKO INDUSTRIES LTD.
*[3] TOYO ENGINEERING WORKS,LTD.　*[4] Azbil Corporation

Recent years, an air-conditioning system with separation of sensible and latent heat load using high temperature level chilled water has been adopted. On the other hand, securing rentable floor area ratio is important. So, Energy-saving program is not realized easily because of space and cost. In this development, we propose a method of using the high-temperature chilled water without changing the structure or space of existing HVAC system.

1. はじめに

夏期の空調には大きく二つの働きがある。空気の温度を下げることと、調湿を行うことである。現行の空調システムでは、この二つの働きを冷却除湿で必要とする低温度の冷水を用いて同時に行っているが、空気の温度を下げるだけであれば、比較的高い温度の冷水でも行うことが可能である。高い温度の冷水は、低い温度の冷水と比較して非常に高い効率で生成することが可能であり、これを効果的に用いることで大きな省エネルギー効果が期待される。本研究ではこの仕組みに着目した中央式熱源による空調システムの開発を行うことを目的とする。

一方で、現代のオフィスビルではオフィス有効率の確保が重要であり、様々な省エネルギー技術を有する空調機の導入を試みたとしても、スペースやコスト等事業計画等の要件から実現されない例も多い。

そこで本開発では、従来の空調システムとほとんどそのスペースや構成を変えることなく高温冷水を使用する方法を提案するものである。

2. 既往の研究

近本ら[1)]は、還気と外気を 2 つの冷却コイルで個別に処理するデュアルコイル型空調機の性能評価を行っている。還気処理コイルは顕熱のみを処理し、外気処理コイルは顕熱と潜熱の処理ができるよう、それぞれの顕熱負荷・潜熱負荷に適した冷水温度で処理をするシステムである。

3. 開発システムの概要

3.1 空調機の概要

図 - 1 に従来空調機と開発機の概念図､表 - 1 に各コイルの季節別使用方法を示す。通常の空調機では、夏期冷房用として、冷却コイル、冬期暖房用として加熱コイルを備えている。通常のオフィスの空調の運用では湿度の調整に対して、厳密ではないことが多いために除湿再熱を行うことは少ない。よって、夏期には暖房用の加熱コイルは機能していないことが殆どである。

今回開発した空調機は、この加熱コイルを夏期にも活用する。1 つ目のコイルに高い温度の冷水を流し、顕熱処理を行う。その後、2 つ目のコイルには従来と同様な

温度の冷水を流し潜熱処理を行う。このように高温冷水を使用することに因り、熱源効率をあげて省 CO_2 を図る。表記している冷水温度、並びに高温冷水の温度は想定値であり、これが多少上下してもシステムに支障はきたさない。

図 - 2 に従来の空調機の冷却過程空気線図を示す。OA①と RA②が混合された MA③は、冷却コイル部分で顕熱処理と潜熱処理が同時に行われコイル出口④となる。

図 - 3 に開発機の冷却過程空気線図を示す。OA①と RA②が混合された MA③は、まず一つ目のコイルである高温冷水コイル（KC コイル）を通り、顕熱のみが処理されて、絶対湿度一定のまま冷却が行われ、KC コイル出口で④となる。その後、二つ目のコイルである低温冷水コイル（TC コイル）を通り、潜熱処理がなされ、TC コイル出口⑤となる。

図 - 4 に開発した空調機の冬期使用概念図を示す。冬期には、従来開発機とほぼ同様の空調方法となる。冬期のオフィスビルの空調においては、除湿が必要とされる時間は少なく、かつ冷房運転となることが少なくない。そこで、冷房には高温冷水を使用し、熱源効率をあげて省 CO_2 を図る。高温冷水の温度は、冬期の冷房負荷にあわせて調整する。

従来の空調機の選定方法と異なる部分は、コイル選定の方法のみである。1 つ目のコイルは顕熱処理能力により決定する。2 つ目のコイルは加熱能力と潜熱処理能力の大きい方により決定する。

3.2 配管システムの概要

図 - 5 に季節別配管系統概念図を示す。一次ヘッダー以降の配管は従来空調方式と同様、4 管式での計画が可能である。一つ目のコイルにつながる配管を高温冷水系統とし、熱源の系統を分割する。

表 - 1　各コイルの季節別使用方法

		1つ目のコイル	2つ目のコイル
従来	夏期	冷水(5℃)	遊休中
	冬期	冷水(5℃)→冬期冷房対応	温水
開発	夏期	冷水(15℃)→顕熱処理	冷水(5℃)→潜熱処理
	冬期	冷水(5℃)→冬期冷房対応	温水

3.3 熱源システムの概要

高温冷水の生成に適した熱源機器を選定する必要がある。採用する熱源機器に因るが、冷水の取り出し温度を上げると一般的に効率は高くなる傾向がある。図 - 6 にインバーターターボ冷凍機の COP 曲線を示す。インバーターターボ冷凍機[2] の場合、冷却水温度 28℃の時で比較すると、冷水温度 5℃の場合の COP は負荷率 60%の時に最大 6.4、冷水温度 15℃の場合では負荷率 60%の時に最大 10.1 と、約 1.5 倍の熱源効率で運転が可能である。

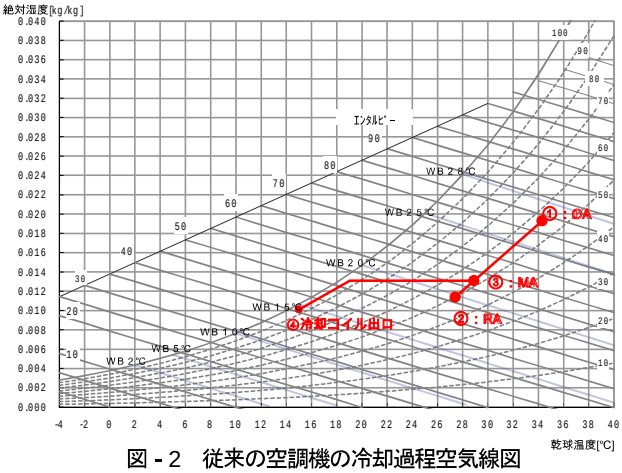


図 - 2　従来の空調機の冷却過程空気線図

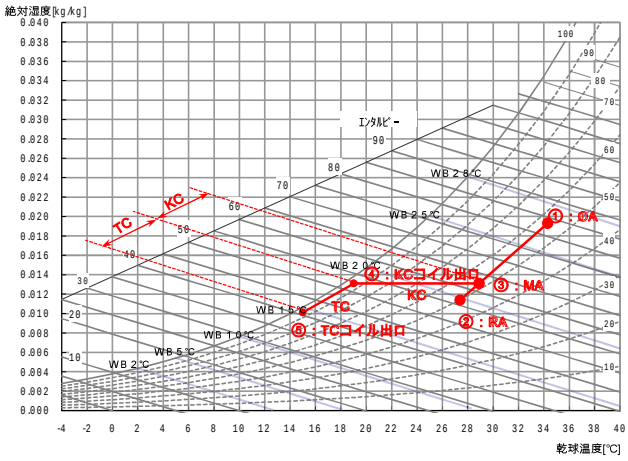


図 - 3　開発機の冷却過程空気線図

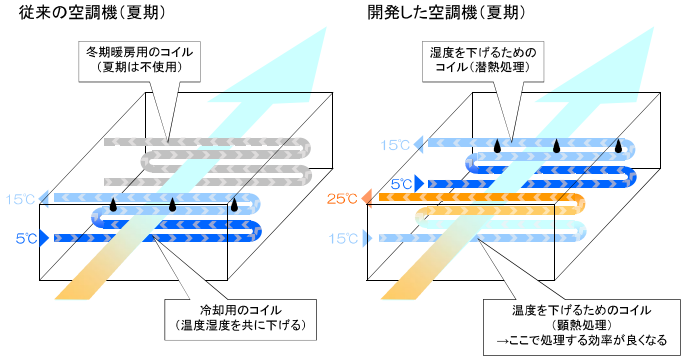


図 - 1　従来空調機と開発機の概念図

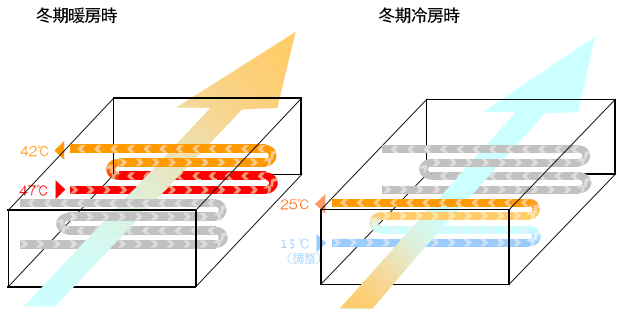


図 - 4　冬期使用概念図

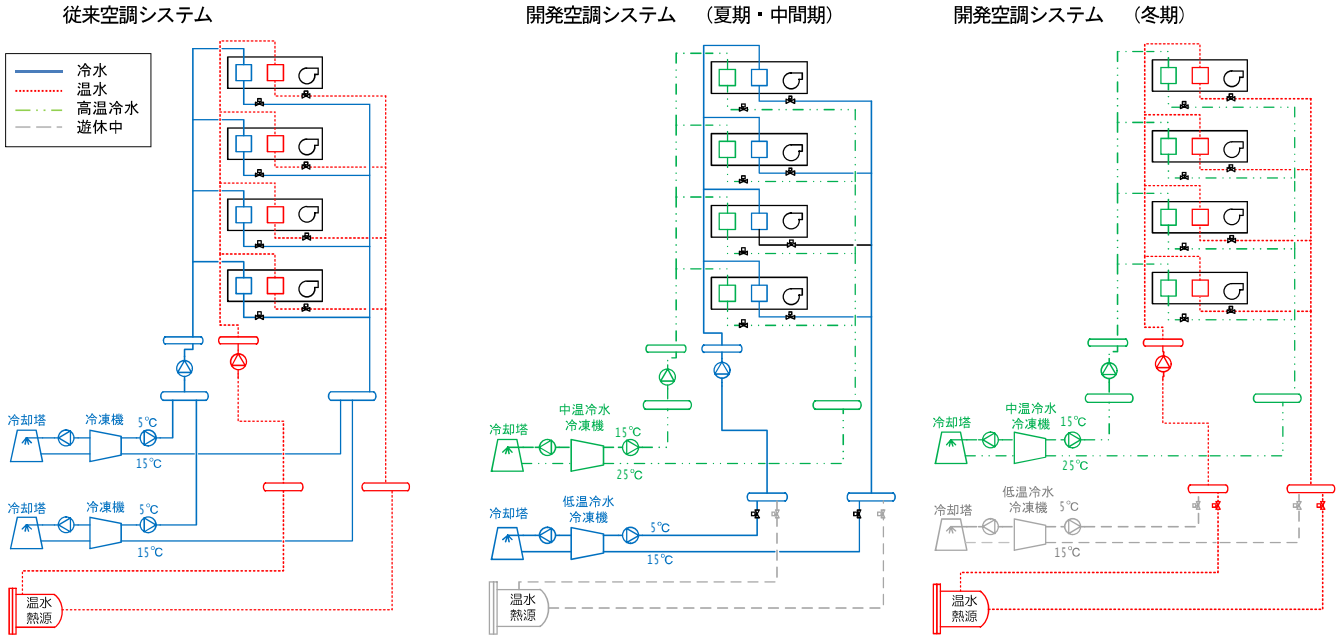


図 - 5　季節別配管系統概念図

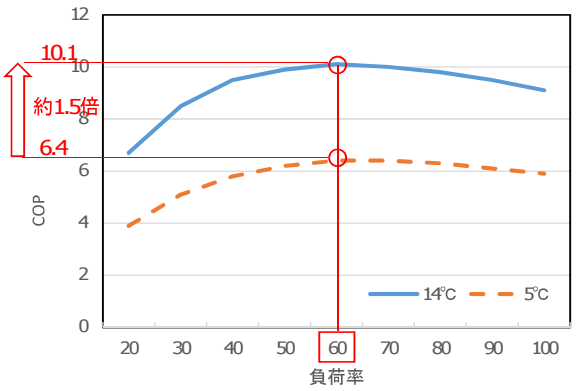
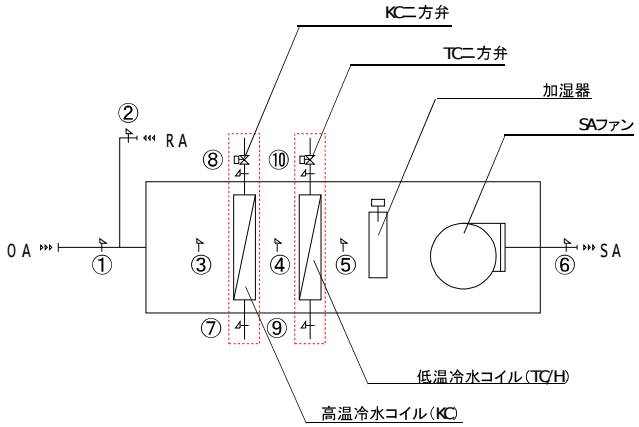


図 - 6　インバーターターボ冷凍機 COP 曲線



図ー7　空調機制御点概要

3.4 空調機制御概要

3.4.1 夏期、中間期の冷水制御方法

二つの温度帯の冷水を使用するにあたり、それぞれ冷水量の制御方法を以下の通り行う。図 - 7 に空調機制御点概要を示す。

夏期並びに中間期の通常冷房時の 2 つのコイルの冷水制御方法に関しては、以下の二つが考えられる。

- 給気温度により、二つのバルブを制御する方法（給気温度制御）
- 一つ目のコイルの出口空気温度で高温冷水の量を制御、給気温度により、二つ目のコイルの冷水量を制御する方法（潜熱顕熱分離制御）

図 - 8 に給気温度制御の制御イメージを示す。給気温度制御では、給気温度⑥により KC 二方弁⑧並びに TC

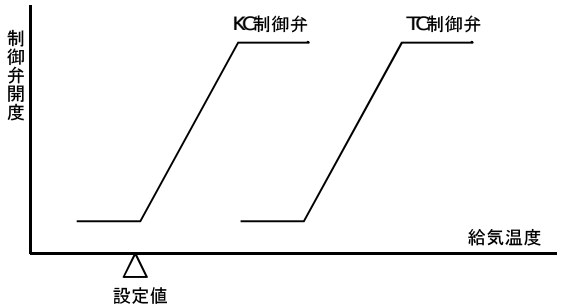


図 - 8　給気温度制御イメージ

二方弁⑩の比例制御を同時に行う。高温冷水の最適使用量を厳密に設定することは困難であるが、計測ポイントが少なくてすみ、弁開度パラメーターの設定のみで対応が可能である。各熱源の容量や機器分割の状況を考慮し

てパラメーターの設定を行う必要があり、高温冷水と低温冷水の処理する負荷の分担割合を決めるため、KC コイルの様々な空気条件下での基本的なデータを得る必要がある。

潜熱顕熱分離制御では、外気・還気混合点③の露点温度を算出し、KC 出口温度設定値を決定する。KC 出口温度④がその設定温度となるよう二方弁⑧の比例制御を行う。二つ目のコイルは給気温度⑥により TC 二方弁⑩の比例制御を行い、空調を行う。

高温冷水、低温冷水それぞれ制御が可能なためその使用量を明確に設定することが可能であるが、通常計測を行わないコイル間の温度を把握する必要がある。

3.4.2 冷水温度差制御

給気温度制御において、基本的な制御方法は、図 - 8 に示す通り、熱源運転効率の良い高温冷水をできるだけ多く使用するため、KC 制御弁⑧を開く。そして、KC 制御弁が全開となったら TC 制御弁⑩を開く。だが、KC コイルに供給される空気温度③が高くない場合、KC 制御弁⑧を全開にして多くの高温冷水を流しても熱交換がなされないことが予想される。そこで、KC コイルの冷水出入口の温度差を一定以上とすることを目的とし、KC コイルの出口温度により、KC の最大流量を小さく変更する制御を行う。これにより、二次ポンプの消費エネルギー量が低減されると予想される。

3.4.3 コイル間の温度を把握する方法

潜熱顕熱分離制御の場合、コイル間の温度の計測が必要であるが、コイル出口直近の空気は一様な状態となっていないことも多い。また、空調機の構成によっても特性が変化することが予想され、制御点としての使用が困難であると考えられる。そこで、コイル間の空気状態を以下の通り予測する制御を行う。

外気と還気の混合空気状態③の演算

［還気風量 = 給気風量の合計 ー 外気風量］を算出し、外気風量／外気エンタルピ①／還気エンタルピ②より算出する。

KC コイル出口空気状態④の演算

［KC 熱量 = KC コイル出入口温度差(水) × 瞬時流量］より算出する。空気線図上で、外気と還気混合空気状態③から KC 熱量分の冷却／除湿した結果を KC コイル出口空気状態とし④として算出する。

3.4.4 湿度維持のための制御

中間期降雨時等の低負荷高湿時には、給気温度が上がる状態での除湿対策が必要である。高温冷水で冷却を行う場合、処理する負荷が同じであったとしても、低温冷水で冷却を行うよりも除湿量が少なくなることが考えられる。これは、低温冷水で空調を行う場合には、給気温度が露点温度に達していなかったとしても、コイルを通過する一部の空気が露点温度以下となり過冷却除湿が行われているためであると考えられる。そこで、還気湿度上昇時(例:65%RH)は KC 二方弁⑧を全閉とし TC 二方弁⑩で冷房運転を行う。

3.4.5 冬期の冷水制御

冬期の冷房負荷対応の為、冬期高温冷水温度を（15℃→12℃など）切り替え対応を行う。

4. 開発機のねらい

4.1 省スペース性

本システムに最適な空調機の選定をしても、その変更点はコイルの列数のみであり、サイズアップはわずかである。

一般的な 500 ㎡程度の事務室の空調機を想定し 105kW の冷却能力、60kW の暖房能力、風量 15400 ㎥/h、を持った空調機を選定[3]する。コイルの見付け面積を 1.5 ㎡とした場合、従来の空調機では、冷却コイル(5℃-15℃)が 6 列、暖房コイルが 2 列である。一方、本システムに最適な空調機の選定を行った場合、KC コイル(15℃-25℃)が 8 列、TC コイルが 4 列となる。これによるサイズアップは、幅 200mm 程度、奥行と高さは以前と同様のサイズで実現可能であり、省スペース性に優れた機器であるといえる。

4.2 リニューアルとの親和性

4.2.1 既存竪配管利用

従来同様 4 管式であるため、シャフト計画は大きな変更をする必要がない。また、空調機で顕熱処理と潜熱処理の負担割合を調整することで、既存竪配管をそのまま使用し、熱源の改修を行うことだけで実現の可能性がある。

4.2.2 既存空調機利用

空調機も 4 管式の機器であれば、二つのコイルに流す冷水温度の調整を行うことで、新たに空調機を更新することなく利用できる可能性があり、熱源、ヘッダー周りの変更のみで対応できる。

また、一段目のコイルに通す高温冷水の熱源機の供給温度を上げることで消費エネルギーを削減するが、能力が不足する場合には、高温運用する熱源の供給温度を、低温運用することで、必要能力を確保することが可能である。

参 考 文 献

1） 近本ら　湿度と輻射の最適制御空調を目指したオフィスビルにおける省エネ性・快適性の検討（その 1）還気と外気を個別に処理するデュアルコイル型空調機の性能評価、日本建築学会学術講演便覧集（東京）2011 年 8 月、pp.75-76

2）三菱重工 AART50I

3） 東洋製作所　インバーター盤・気化式加湿器・電気集塵機組込、全熱交換器なし