

日本冷凍空調学会賞 技術賞

# 空冷式ヒートポンプチラー 『コンパクトキューブ』

Air-Cooled Scroll Compressor Liquid Chiller, 'Compact Cube'

## 1. はじめに

ビルや工場などの冷暖房用熱源には、電気を利用した空冷式ヒートポンプチラーやガスなどの燃料を利用した吸収冷温水機が使用されているが、CO<sub>2</sub>排出量削減、省エネルギー、ランニングコスト低減のため、吸収冷温水機から空冷式ヒートポンプチラーへのリニューアル需要が多数ある。しかし、従来の空冷式ヒートポンプチラーでは、機器設置スペースの制約からリニューアルできない場合があった。

そこで、このようなリニューアル需要に対応するため、省エネルギー性能向上、特に部分負荷効率の向上とユニット設置自由度を拡大するコンパクト化の両立を目的とした新型空冷式ヒートポンプチラー『コンパクトキューブ』を開発した。

## 2. 開発機の概要

図1に開発機の外観を示し、表1には60馬力機の主な仕様を示す。開発機は、冷暖房対応可能なヒートポンプチラーと冷房専用チラーの2タイプあり、また各タイプとも容量は相当馬力で40, 50, 60馬力の3種類あり、シリーズ合計6機種となる。

## 3. 開発機の特長

省エネルギー性能向上とコンパクト化を両立した開発機の技術的特長を以下に示す。

### (1) Vフロー新ユニット形態

図2に示すように、U曲げ細管プレートフィン&チューブ熱交換器を採用し、熱交換器をユニット内に高密度に実装することで伝熱性能の向上を実現した。また、このU曲げ熱交換器の側面に新型プロペラファンを配置し、熱交換器通過気流の均一化と通風抵抗の低減によるファン消費電力の低減を実現した。さらに、ユニット吹出し面にはエアガイドを設け、斜め約60°上方吹出し『Vフロー』を実現し、吹出しおよび吸込み気流の干渉を抑



隅田嘉裕\* Yoshihiro SUMIDA 伊藤拓也\* Takuya ITOU 加藤央平\* Youhei KATOU 氏 仁宏\*\* Yoshihiro UJI 中山 浩\*\*\* Hiroshi NAKAYAMA



図1 開発機の外観

表1 開発機（60馬力機）の主な仕様

タイプ	ヒートポンプ	冷房専用
相当馬力	60	60
形名	MCHV-P1800AE	MCV-P1800AE
冷房能力 (kW)	180	180
冷房消費電力 (kW)	41.9	41.9
冷房COP (-)	4.30	4.30
暖房能力 (kW)	160	-
暖房消費電力 (kW)	41.6	-
暖房COP (-)	3.85	-
冷暖平均COP (-)	4.08	-
外形寸法	高さ (m)	2.45
	幅 (m)	1.95
	奥行 (m)	2.06
設置面積 (m <sup>2</sup> )	4.02	
製品質量 (kg)	1690	1650

\* 試験条件はJIS B 8613に基づく

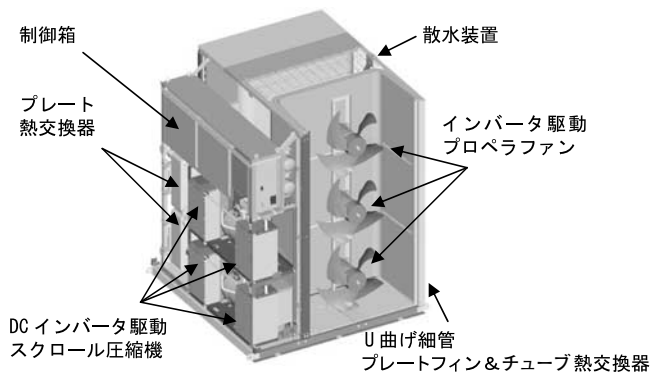


図2 ユニット構造

\* 三菱電機株  
Mitsubishi Electric Corp.  
\*\* 関西電力株  
Kansai Electric Power Co., Inc.  
\*\*\* 中部電力株  
Chubu Electric Power Co., Inc.  
原稿受理 2010年1月29日

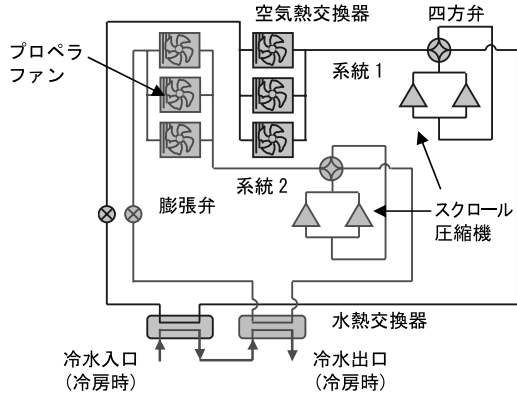


図3 開発機の冷凍サイクル

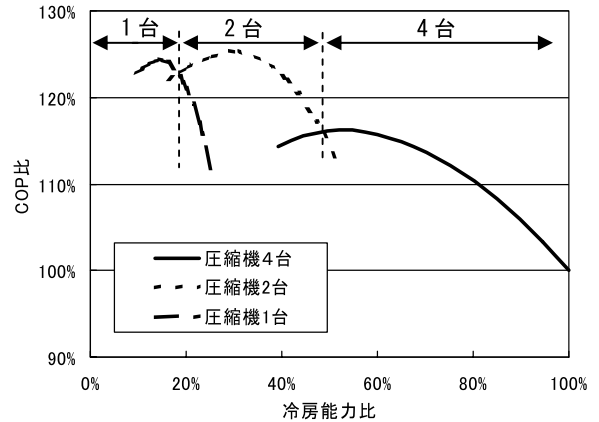


図4 COPMAX制御の概要

制し、複数ユニットの隣接設置時の省スペース化を達成した。

(2) 2蒸発温度冷凍サイクルの採用

開発機では、図3に示すように系統1および系統2の2つの独立した冷媒回路により構成し、系統1と系統2の水熱交換器には直列に冷水あるいは温水を流す構成としている。このサイクルでは、冷房運転時に冷水の上流側である系統1の蒸発温度と下流側である系統2の蒸発温度が異なる『2蒸発温度冷凍サイクル』となる。上流側の系統1の冷水温度は下流側の系統2よりも高いため、系統1の蒸発温度は系統2の蒸発温度よりも高く制御することが可能となる。このため、従来の1蒸発温度冷凍サイクルに対して系統1の蒸発温度が高くなり、高効率な運転が実現できる。

(3) COPMAX制御による部分負荷効率向上

開発機では、図3に示したように4台のインバータ駆動スクロール圧縮機と6台のインバータ駆動プロペラファンを搭載し、この圧縮機およびプロペラファンの運転台数、回転数を負荷に応じて最適に制御するCOPMAX制御を採用した。インバータ駆動スクロール圧縮機のCOPは、定格能力時よりも60%容量時の方が約15%COPが高い特性を持つ。一方、プロペラファンにもCOPが最大となる風量が存在する。これは最適値よりも風量を増加させるとファン消費電力が増加しCOPが低下し、最適値よりも風量を低下させると高圧上昇により圧縮機消費電力が増加するためである（冷房運転時）。

新制御では、これらの圧縮機とファンの特性を考慮し、負荷に応じた最適制御を実施している。図4はこの新制御の概念を示す図であり、横軸に冷房能力比、縦軸にCOP比を示している。冷房能力比100%では4台の圧縮機はすべて定格周波数で運転し、負荷の低下とともに4台の圧縮機の周波数を減少させる。冷房能力比約50%となると圧縮機4台運転よりも2台運転の方がCOPが高くなるため、このポイントで圧縮機運転台数を4台から2台に減少させ、高COP運転を継続する。さらに負荷の減

少とともに2台の圧縮機周波数を減少させ、冷房能力比約20%のポイントで圧縮機運転台数を2台から1台に減少させる。このように、必要な負荷に応じて圧縮機運転台数、圧縮機周波数およびファン回転数を最適に制御し、特に部分負荷時のCOPの大幅な向上を実現した。また、インバータ駆動圧縮機の採用により圧縮機運転周波数を迅速に最適値に制御できるため、冷水入口水温変化や水量変化などの負荷変化時の応答性は、従来の定速スクロール圧縮機搭載ユニットに比べて大幅に改善し、負荷追従性の高いチラーを実現することができた。

4. 環境性・経済性

延床面積12500m<sup>2</sup>の大阪地区の事務所ビルを対象とした試算では、高効率化により既存の吸収冷温水機と比較すると、58%のCO<sub>2</sub>排出量削減、48%の省エネルギー、47%のランニングコスト低減が可能となる結果が得られた。

5. おわりに

セントラル空調用熱源機分野で『インバータ駆動の空冷式ヒートポンプチラー』を普及させたいとの思いから、『コンパクトキューブ』の開発企画を2005年よりスタートした。従来機の延長線上での改良では到達できない開発目標を掲げ、冷媒、圧縮機、空気熱交換器、水熱交換器などのデバイスとサイクル制御、システム制御を従来機から一新し、最新の技術を盛り込んだ製品として開発を進めた。目標が高い分だけ、開発途中では大きな課題に幾度も遭遇したが、共同開発パートナーである電力会社の方々の叱咤激励、社内研究所や関連部門からの技術支援、サポートを得て、『コンパクトキューブ』を2008(平成20)年4月より市場投入することができた。

今後も、同業他社と切磋琢磨しながらヒートポンプの高性能化、高機能化の技術開発を進め、ヒートポンプの普及促進、新分野への展開などを通じて、『低炭素化社会』の実現に貢献していきたい。