

低炭素社会の実現に貢献する 高効率ヒートポンプモジュールチラー

High-Efficiency Large-Capacity Heat Pump Modular Chilling Units Contributing to Realization of Low-Carbon Society

政本 努 立石 章夫 室井 邦雄

■ MASAMOTO Tsutomu

■ TATEISHI Akio

■ MUROI Kunio

東芝キャリア(株)は、東京電力(株)と共同で、大形チラーとしては業界で初めて^(注1)HFC(ハイドロフルオロカーボン)冷媒R410Aを採用した、高効率大形空冷式ヒートポンプチラー(熱源機)“スーパーフレックス モジュールチラー™”を2006年に開発した。その後、“水冷式スーパーフレックス モジュールチラー™”を2007年に、大容量かつ省スペース仕様である“スーパーフレックス モジュールチラー™ Vタイプ”を2008年に、更に、蓄熱時高効率運転を実現した“スーパーフレックス モジュールチラー™ 氷蓄熱システム”を2009年にそれぞれ製品化した。

大形空調市場では従来、燃焼式熱源機が主流であったが、当社は、低炭素社会の実現に向けて、ヒートポンプの技術を軸に高効率な電気式ヒートポンプチラーの開発を推進している。

Toshiba Carrier Corporation and The Tokyo Electric Power Company, Inc. developed the Super Flex Modular Chiller, a large-capacity heat pump chilling unit employing the highly efficient refrigerant R410A, in 2006. Since then, we have developed and launched the water-cooled Super Flex Modular Chiller in 2007, the Super Flex Modular Chiller Type V with large-capacity and space-saving features in 2008, and the Super Flex Modular Chiller with ice thermal storage in 2009.

With the aim of realizing a low-carbon society, we are promoting the development of high-efficiency electric heat pump chillers based on our heat pump technology as a replacement for conventional combustion-type heat source equipment in the market for large-scale air-conditioners.

1 まえがき

セントラル空調方式を採用しているビルや工場など大規模施設の熱源機としては、電気式のビル用マルチエアコン、ヒートポンプチラー、及びターボ冷凍機のほか、吸収式冷温水発生機、ボイラーなどの燃焼式冷暖房機といった様々な機器が使用されている。

空調機器を取り巻く環境として、オゾン層保護の観点からモントリオール議定書が1987年に採択され、フロン搭載のチラー及びターボ冷凍機が伸び悩む一方で、急激な経済成長の波に乗り、吸収式冷温水発生機が多く採用された。このような背景により、吸収式冷温水発生機の市場ストックは約1,000万USRT(米国冷凍トン)にも上ると推測される。しかし、1997年の地球温暖化防止京都議定書で、温暖化防止の観点から二酸化炭素(CO₂)削減が世界的な課題となり、化石燃料を直接使用する燃焼式熱源機から効率の良い電気式熱源機への転換が近年急速に進んでいる。(財)ヒートポンプ・蓄熱センターによると、すべての燃焼式熱源機を高効率な電気式熱源機へ転換した場合のCO₂削減の潜在量は、1億3千万t-CO₂/年であると試算されており⁽¹⁾、ヒートポンプ技術への期待がますます高まっている。

ここでは、これまでの開発経緯と、水冷式や省スペース仕様、及び氷蓄熱システムへの適用などについて述べる。

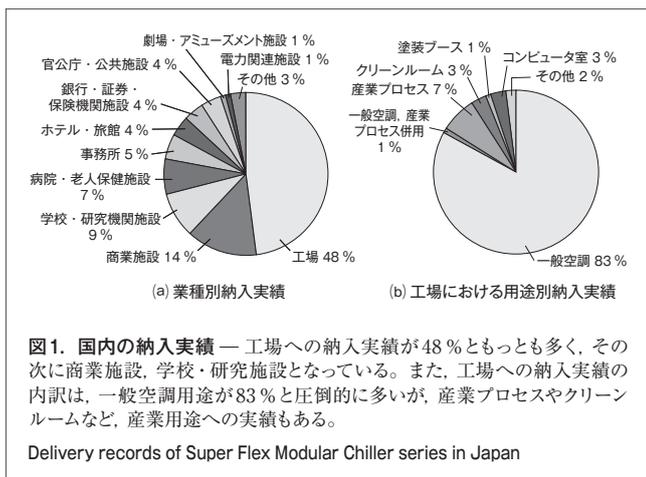
2 モジュール型チラーの開発経緯

東芝キャリア(株)は、前述のような市場のニーズに応えるため、東京電力(株)と共同で超省エネタイプの空冷式ヒートポンプチラー“スーパーフレックス モジュールチラー™”を2006年に開発して、経済産業省主催の平成18年度の省エネ大賞において、経済産業大臣賞を受賞し、多くのユーザーに納入している。

一般空調としての電気式熱源機は空冷式のほかに水冷式の需要も多く、2007年に、水冷式スーパーフレックス モジュールチラー™を製品化した。2008年に、更なる省スペース化を実現したスーパーフレックス モジュールチラー™ Vタイプを製品化するとともに、2009年には夜間電力を有効に利用した氷蓄熱システムを製品化した。

スーパーフレックス モジュールチラー™は、様々な市場ニーズに適用が可能で、それぞれの組合せによるシステム全体での最適化を実現することができ、そのバリエーションの拡充を進めることにより、国内累計で6,000台の納入実績となった。これによりCO₂は、吸収式冷温水発生機からの入替を想定した場合、実に30万トンの削減量が見込めることになる(当社試算)。

(注1) 2006年10月時点、当社調べ。



またヒートポンプは、一般の対人空調用のほか、産業用としての利用拡大も進んでいる（図1）。

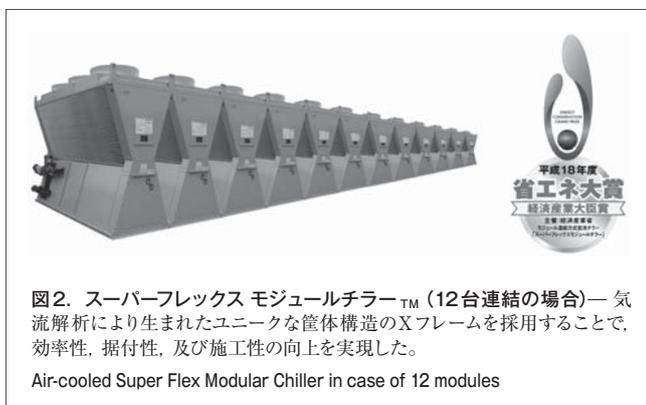
3 モジュール型チラーの製品と適用

3.1 空冷式スーパーフレックス モジュールチラー™

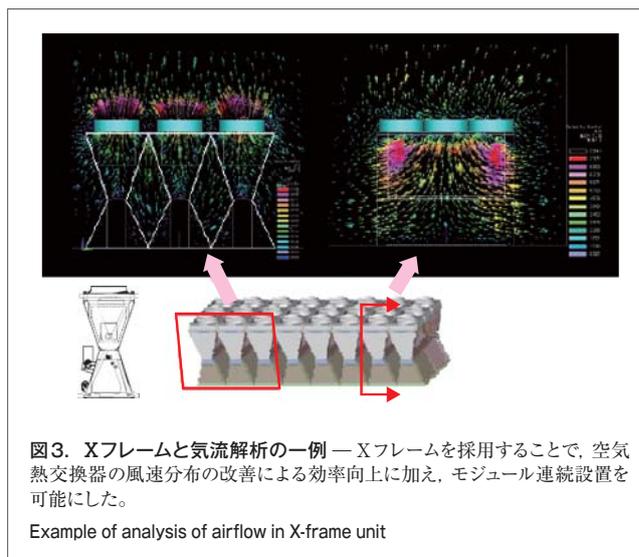
基本モジュール（公称30冷凍トン）を3台から12台まで組み合わせ合わせた90～360冷凍トンの冷却専用機及びヒートポンプと、それぞれの高効率仕様機（散水装置付き）を用意し、計40機種を取りそろえた。このほかに、ブライン仕様^(注2)（出口温度-15℃）、耐塩害・重塩害仕様、ヒートマシン仕様、各官庁対応仕様などにも対応できる。

モジュールを連結設置させた場合の製品外観を図2に示す。気流解析により生まれたユニークな管体（きょうたい）構造Xフレーム（意匠登録済み、特許出願中）を採用することで、空気熱交換器の風速分布の改善による高効率化、コンパクト化、及び据付け・施工性の向上を実現した（図3）。

また、R410A定速スクロールコンプレッサを3台並列運転して、一つの冷凍サイクルとして構成することにより、個々のコン



(注2) エチレン グリコールなどの不凍液を冷水の中に混ぜることにより、-15℃程度までの冷水を作り出せるようにしたチラーの仕様。



プレッサの性能を低下させることなく、全体性能を0, 33, 67, 100%それぞれで運転することが可能である。このモジュール単体のアンロード運転（67%：コンプレッサ2台運転）をモジュールグループの中で優先的に行って高い部分負荷運転を行うとともに、冷温水ポンプを内蔵し、冷温水変流量方式を標準装備して、搬送動力の低減を図ることにより、空調システム全体の最適化を実現している（図4）。

モジュール単機を主な仕様を表1に示す。

大形チラーとして初めて高効率な新冷媒 R410Aを採用し、この冷媒に適した空気熱交換器を開発するなど、機器の最適化を図ることにより、高効率化を実現した。この製品の代表機種 RUA-TBP3002NV 1台の定格成績係数（COP）は、従来機種 RUA-SB35503H-A 3台と比べて、冷却COPで20%、加熱COPで9%、冷暖平均COPで12%の向上を実現している。

また、更なる高効率化を目指すため空気熱交換器に水噴霧方式を採用し、気化熱を効率良く利用した散水装置を開発することにより、冷却COPが4.8、冷暖平均COPが4.3の業界トップクラスのエネルギー消費効率を実現した。従来機種に対して、冷却COPで60%、平均COPで30%の向上に相当する。

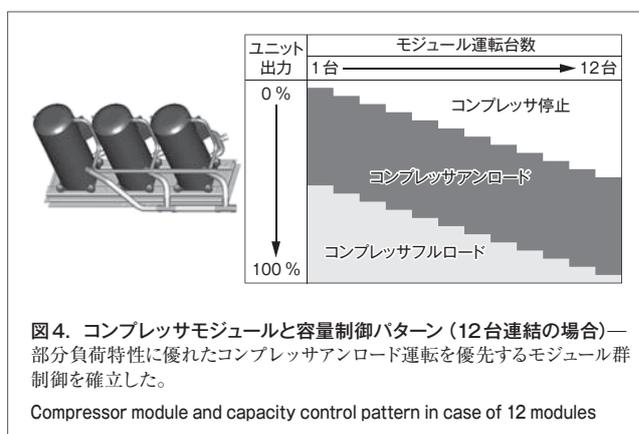


表1. モジュール単機の仕様 (50/60 Hz)

Specifications of single module

項目		仕様
冷却*1	冷却能力	95 kW/106 kW (高効率仕様*4) 85 kW/95 kW (標準仕様)
	COP*3	4.8/4.3 (高効率仕様*4) 3.6/3.2 (標準仕様)
加熱*2	加熱能力	90 kW/100 kW
	COP*3	3.8/3.5
冷媒		R410A
寸法		1,000 (幅) × 2,300 (高さ) × 3,000 (奥行) mm
製品質量		1,060 kg

*1: 冷水入口温度 14℃, 冷水出口温度 7℃, 外気温度 35℃ の場合を示す。
*2: 温水入口温度 38℃, 温水出口温度 45℃, 外気温度は乾球温度で 7℃, 湿球温度で 6℃ の場合を示す。
*3: 冷却能力又は加熱能力/消費電力。値が大きいかほど省エネ性が高いことを示す。
*4: 空気熱交換器に散水した場合を示す。



図6. 水冷式冷却専用のスーパーフレックス モジュールチラー™ (4台連結の場合) — 既設製品の入替をターゲットとし、11人乗りのエレベーターで搬入可能なモジュール構造とした。

Water-cooled Super Flex Modular Chiller in case of 4 modules

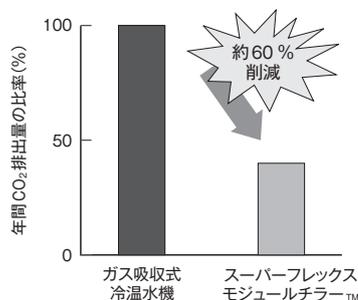


図5. 年間CO₂排出量の比較 (当社試算) — 定格COPだけでなく、部分負荷特性の向上により、年間CO₂排出量を約60%削減できる。

Comparison of annual carbon dioxide emissions

この製品の代表機種 RUA-TBP3602HNV (定格冷却能力 1,020 kW) 1台と同等の能力を持つガス吸収式冷温水発生機からリニューアルした場合、図5に示すように、ガス吸収式に対して年間CO₂排出量を約60%削減できる (当社試算)。

そのほかの特長を以下に示す。

- (1) 高圧ガス保安法に基づく届出と許可申請が不要
- (2) 大形機器でありながら、施工性を改善 電源電線のキット化及び分割搬入が可能
- (3) リスク分散を実現 モジュールごとに独立してメンテナンスが可能で、自動バックアップ運転も実施

3.2 水冷仕様のラインアップ

水冷式スーパーフレックス モジュールチラー™ は、モジュール1台が30馬力の水冷式冷却専用のモジュール型チラーである (図6)。水冷式チラーは主に建物内に設置されるため、11人乗りのエレベーターで搬入可能なモジュール構造化や、電源電線のモジュール化など施工性の改善により、既設製品との入替え作業を容易にした。

空冷式スーパーフレックス モジュールチラー™ と同一のコンプレッサモジュールを使用し、新冷媒 R410A の採用や、モジュール

連結方式による部分負荷特性の最適化など空冷機技術の取込みにより、高効率化を実現させた。期間成績係数は、当社従来製品から56%向上させ、7.5 (50 Hz) を実現したが、これは年間のCO₂排出量も33%低減できる (当社試算)。また、この製品は既設製品との入替えをターゲットとしており、冷水ポンプは別置としている。

3.3 省スペース設置への対応

空冷・水冷式スーパーフレックス モジュールは、30馬力のモジュールであるが、リニューアル物件ではいっそうの省スペースが望まれる場合がある。これに対応するためモジュールチラー (Vタイプ) は、30馬力のモジュールと同一筐体で、約1.5倍の能力を持つ50馬力相当を実現した。30馬力のモジュールは10馬力コンプレッサを3台搭載しているが、Vタイプは15馬力のスクロールコンプレッサを3台搭載し、水熱交換器の性能アップを図っている。

空冷機については、散水機を標準装備し空気熱交換器仕様を従来と同一にしている。従来、外気温度で散水の有無を決定し、散水機のノズル噴霧位置、個数、及び供給水圧を調整していたが、Vタイプは設定した外気温度以上で、かつモジュールが100%運転を行っている場合だけ散水する仕様とした。冷房負荷率の高い場合だけ効率的な散水を行うことにより、冷却性能を向上させ、単位能力当たりの水量を従来製品に比べ84%低減している。

3.4 氷蓄熱システムへの適用

空冷式スーパーフレックス モジュールチラー™ は、氷蓄熱システムへも適用している (図7)。このシステムは、専用の氷蓄熱槽及び小形制御ユニットをパッケージ化した100馬力相当の冷却能力を持つ。単一システムで使用するほか、大規模な建物では空調負荷に応じて、複数セットでの使用やほかの非蓄熱方式の電気式ヒートポンプ空調機との併用ができる (図8)。これにより、電力の夜間移行による受電設備の抑制及び、大幅なCO₂排出量とランニングコストの低減が可能となる。

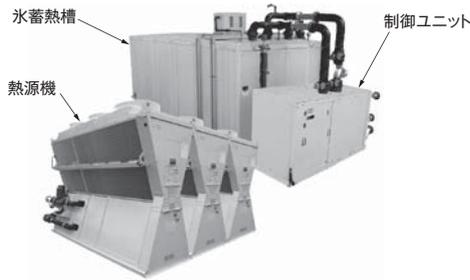


図7. 氷蓄熱システム — スーパーフレックス モジュールチラー™と専用の氷蓄熱槽及び小形制御ユニットをパッケージ化した冷却能力100馬力相当の氷蓄熱システムである。

Super Flex Modular Chiller with ice thermal storage

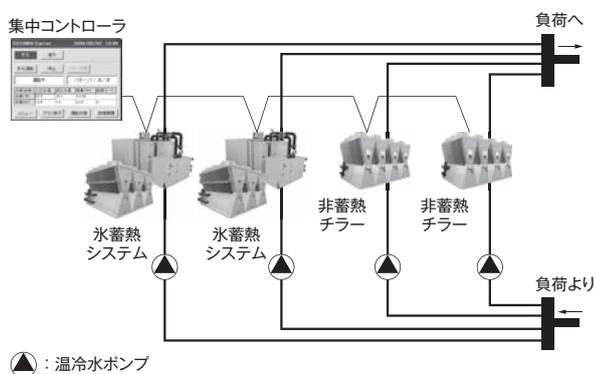


図8. グループ運転制御例 — 大規模な建物には、複数の氷蓄熱システムと非蓄熱方式のスーパーフレックス モジュールチラー™を併用し、集中コントローラでグループ運転制御する。

Example of group control of Super Flex Modular Chillers with and without ice thermal storage

3.5 遠隔監視サービスへの対応

すべてのモジュールチラーシリーズは、遠隔監視用ローカルサーバを設置することにより、インターネットを介してサービスセンターで、24時間常時、チラーの運転状態監視、警報発信、故障診断、及び報告書の作成を行うことができる。これにより、異常発生時の対応時間短縮や、ビル管理費用の削減を実現し、結果として空調設備ライフサイクルコストを低減できる。

4 環境への配慮

東芝グループでは、環境配慮項目を製品別環境自主基準として設定し、環境調和型製品 (ECP) の創出を図っている。中でも、主要環境性能が業界トップの製品を“エクセレントECP”として位置づけている。スーパーフレックス モジュールチラー™全シリーズは、主要環境性能である期間成績係数が6.7 (空冷式: 50 Hz) で業界トップクラスであることから、2009年度にエクセレントECPに認定された。

また、省エネ性の評価から、CO₂量の削減に大きく貢献できることが認められ、平成18年度の省エネ大賞において、経済産業大臣賞を受賞している。

5 あとがき

ヒートポンプ技術は、従来の空調機器としての熱源機から、更に幅広い用途への適用が期待されている。一般空調では、低外気冷房時のいっそうの高効率化、寒冷地での有効利用、及び顕熱潜熱分離空調への中間水温供給が期待される。産業用途では、蒸気利用に代わる高温水の取出しや熱回収技術などへの応用が期待される。そのほか、井水、河川など未利用エネルギーの利用などに拡大するものと考えられる。

当社は、次世代チラーへの開発の大きなアイテムとして、心臓部となるR410A冷媒では世界最大容量であるDC (直流) ツインインバータコンプレッサを開発中である。これまで開発してきたロータリコンプレッサの高効率化技術及び製造技術を生かし、更なる高効率化と高信頼性を実現し、期待される新たな領域へチャレンジしていく。

今後も、ヒートポンプモジュールチラーの幅広い運転範囲を利用して、効率良い運転と熱回収を更に高め、また、氷蓄熱システムにおいて、時間軸を考慮した蓄熱などの熱並行技術にも対応できる熱源機の開発とシステム最適化を更に進め、低炭素社会の実現に貢献していく。

文 献

- (1) 財団法人ヒートポンプ・蓄熱センター. 「ヒートポンプ普及によるCO₂排出削減見通し」の公表について. <http://www.hptcj.or.jp/chikunetu_lib/whatsnew_bn/topics068.html>. (参照2009-09-28).
- (2) 室井邦雄. 新冷媒R410A採用高効率大形空冷ヒートポンプチラー“スーパーフレックスモジュールチラー™”. 東芝レビュー. 62, 6, 2007, p.28-31.



政本 努 MASAMOTO Tsutomu

東芝キャリア(株) 技術本部 業務用空調第二設計部長。
業務用空調機の設計に従事。
Toshiba Carrier Corp.



立石 章夫 TATEISHI Akio

東芝キャリア(株) 技術本部 業務用空調第二設計部グループ長。チラーの設計に従事。
Toshiba Carrier Corp.



室井 邦雄 MUROI Kunio

東芝キャリア(株) 技術本部 業務用空調第二設計部主務。
チラーの設計に従事。
Toshiba Carrier Corp.