

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™”

Super Flex Modular Chiller High-Efficiency Large-Capacity Heat Pump Chilling Unit Using Refrigerant R410A

ファクター 2.18 (2006 / 2000)

価値ファクター 1.50

環境影響低減ファクター 1.45

室井 邦雄

■ MUROI Kunio

東洋キャリア工業(株)は、東京電力(株)及び東芝キャリア空調システムズ(株)と共同で、大形チラーとしては業界で初めて高効率冷媒 R410Aを採用した、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™”を開発した。この製品は、ユニークな筐体(きょうたい)構造のX(エックス)字形フレームを採用したモジュール連結タイプのチラーである。

また、この製品は、①モジュール化による大容量対応と幅広い能力レンジの実現、②リニューアルに適した搬入及び据付けの容易化と設置自由度の向上、③冷・温熱を取り出せる電気式熱源機(ヒートポンプ)の採用、④部分負荷特性の向上による省エネと二酸化炭素(CO₂)排出量の削減、⑤モジュール設計による低廉化と高効率化の両立、などを主な特長としている。

Toyo Carrier Engineering Co., Ltd. has developed the Super Flex Modular Chiller, a large-capacity heat pump chilling unit employing the highly efficient refrigerant R410A with Tokyo Electric Power Company and Toshiba Carrier Airconditioning Systems Corporation. The new unit has a unique X-frame chassis and is designed to be used in parallel connections to multiply its capacity.

The following five features characterize the new unit: (1) a large and wide range of capacity due to its modular structure, (2) easy moving and flexible installation suitable for renewal work, (3) a dual-mode heat pump system that can supply both hot and chilled water, (4) simultaneous pursuit of energy saving and reduction in CO₂ emissions by high partial-load efficiency, and (5) simultaneous pursuit of lower price and higher efficiency by its modular structure.

1 まえがき

近年、地球環境問題への対策やリニューアル市場の増加などにより、熱源機のいっそうの高効率化、低コスト化、省スペース化が要求されている。このような市場ニーズに応えるため、東芝キャリアグループに所属する東洋キャリア工業(株)は、東京電力(株)及び東芝キャリア空調システムズ(株)と共同で、基本モジュールを組み合わせることにより大容量化させ、省スペース化と施工性の向上を図るとともに、大形チラーとして業界で初めて高効率な新冷媒 R410Aを採用することにより、大幅に高効率化を図った“スーパーフレックス モジュールチラー™”を開発し、2006年10月に発売を開始した。

この製品は、経済産業省主催の2006年度省エネ大賞で経済産業大臣賞を受賞し、また、2006年度東芝グループ環境賞で優秀賞を受賞した。東芝グループでは環境効率指標“ファクターT”の活動を展開しているが、この製品も参加しており、2000年度製品に比べて製品の価値ファクターは1.50、環境影響低減ファクターは1.45となり、この二つを乗じたファクターは2.18の成果を得ている。

ここでは、この製品の主な特長について述べる。

2 開発背景

チラーとは、冷水又は温水を供給して主に一般空調や生産設備に使用される熱源機のことである。今回開発したスーパーフレックス モジュールチラー™は、特に10,000 m³以上の大形空調施設をターゲットとしたもので、競合機種としては、吸収式チラーやターボ冷凍機がある。

この大形空調を取り巻く環境としては、1987年にオゾン層保護の観点から、モントリオール議定書が採択され、フロン搭載のチラー及びターボ冷凍機が伸び悩む一方、急激な経済成長の波に乗り、吸収式がシェアを獲得していった。そのような背景により、吸収式の市場ストックは約1,000万USRT(米国冷凍トン)にも上る。しかし、1997年12月に開催された第3回気候変動枠組条約締約国会議(地球温暖化防止京都会議:COP3)により、温暖化防止の観点からCO₂削減が世界的な課題となり、化石燃料を直接使用する効率の悪い吸収式から、電気式への転換が進んできているのが現状である。(財)ヒートポンプ・蓄熱センターによると、すべての化石燃料熱源機を高効率電気式熱源機へ転換した場合のCO₂削減の可能性は、1億3千万 t-CO₂/年とされている。

今回開発したスーパーフレックス モジュールチラー™は、こ

の吸収式を電気式に置き換えることをターゲットに開発を進めたものである。

3 新製品の概要

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1)（ブライン出口：-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可能である。

モジュール12台を連結させた場合の製品外観を図1に示



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 ^{*3}) 85 kW/95 kW (標準仕様)
	COP ^{*4}	4.8/4.3 (高効率仕様 ^{*3}) 3.6/3.2 (標準仕様)
加熱 ^{*2}	加熱能力	90 kW/100 kW
	COP ^{*4}	3.8/3.5
冷媒	R410A	
寸法	1,000 (幅) × 2,300 (高さ) × 3,000 (奥行き) 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 7℃ DB、6℃ WB の場合を示す。
*3 空気熱交換機に散水した場合を示す。
*4 値が大きいほど省エネ性が高いことを示す。この製品は、基本モジュールを連結した構造であるため、連結台数にかかわらず最大12台でも変わらない性能を確保できる。
DB: Dry-Bulb temperature (乾球温度) WB: Wet-Bulb temperature (湿球温度)

(注1) エチレン グリコールなど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。

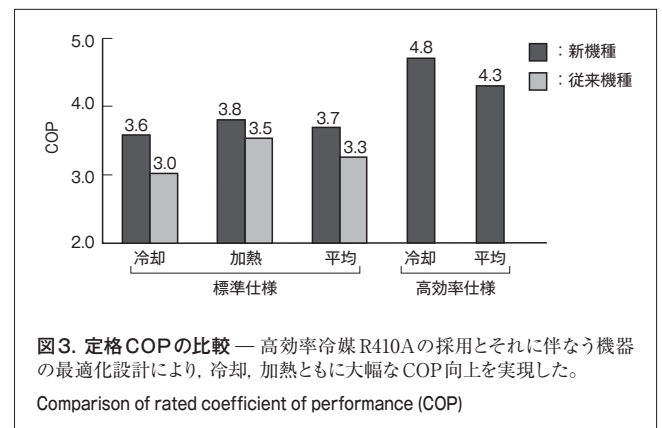
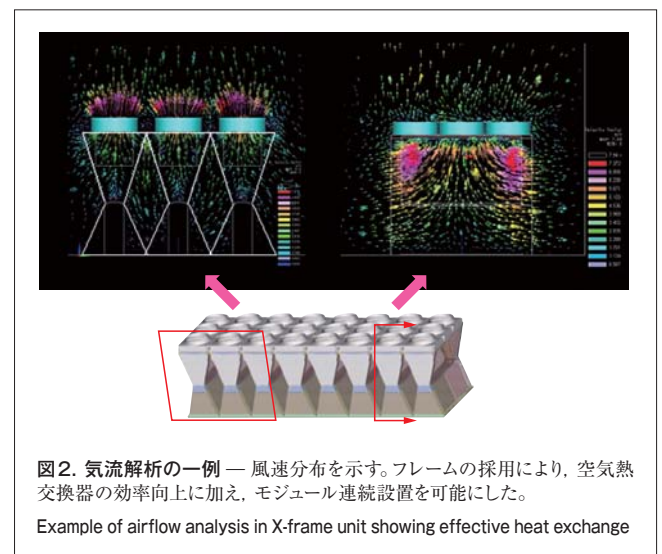
す。筐体に新設計の“X (エックス) フレーム” (意匠登録済み、特許出願中) を採用することで、空気熱交換器の風速分布の改善による高効率化及び、コンパクト化や据付け・施工性の向上を実現した。また、R410A スクロール圧縮機を採用し、新方式のデュアル及びトリプル制御を採用することで、システム全体の部分負荷特性並びに容量制御特性の向上を図った。

モジュール単機の主な仕様を表1に示す。

4 新製品の特長

4.1 定格COPの向上

大形チラーとしては業界で初めて高効率な新冷媒R410Aを採用し、同冷媒に適した空気熱交換器を開発するとともに、気流解析により通風性に優れたユニークな筐体構造のXフレームを開発し、空気熱交換器の効率を向上させた。気流解析の一例を図2に示す。この製品の代表機種 (RUA-TBP3001HNV) 1台と従来機種 (RUA-SB35503H-A) 3台の定格エネルギー消費効率 (COP: Coefficient of Performance) の比較を図3に示す。標準仕様でも冷却COPで20%、加熱



COPで9%、冷暖平均COPで12%の向上を実現した。

また、いっそうの高効率化を目指した仕様として、水の気化熱を効率よく利用した、空気熱交換器への噴霧方式の散水装置を開発した結果、業界トップクラスのエネルギー消費効率となる冷却COPは4.8、冷暖平均COPは4.3を実現した。従来機種に対して、冷却COPで60%、平均COPで30%の向上である。

この製品は、全機種とも、(財)ヒートポンプ・蓄熱センターによる“高効率空調機導入支援事業 補助金制度”の対象製品(COPが3.58以上)である。更に、50 Hzの高効率仕様機は、(財)省エネルギーセンターによる“エネルギー需給構造改革投資促進税制”の対象製品(COPが4.0以上)でもある。

4.2 省エネ性

この製品は、モジュール単機にスクロール圧縮機を3台搭載

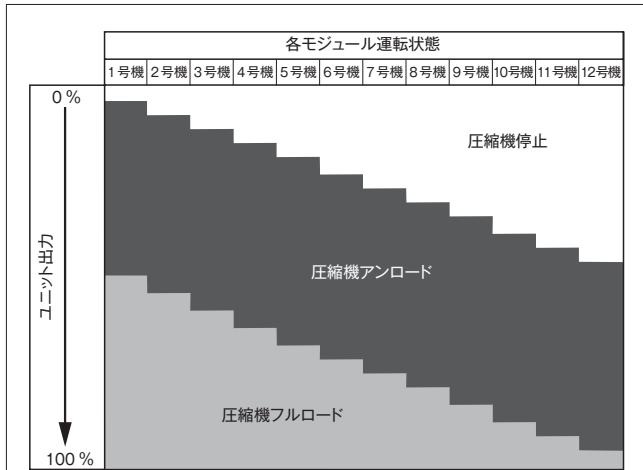


図4. 容量制御パターン(フルロードとアンロードの組合せ)―12台連続の例を示す。部分負荷特性に優れた圧縮機アンロード運転を優先するモジュール群制御を確立した。

Capacity optimization in case of 12 modules operating

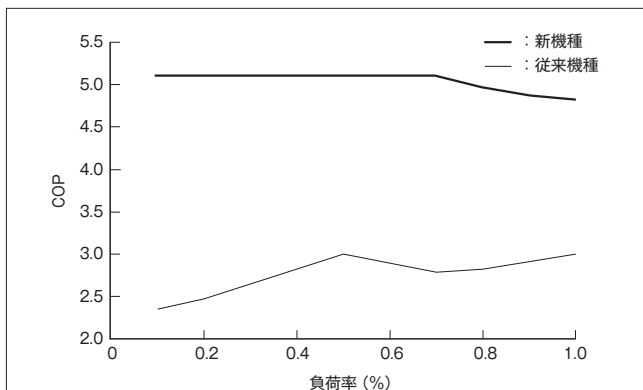


図5. 部分負荷特性(外気温度35℃一定の場合)―定格条件から低負荷運転までの広い範囲で大幅なCOP向上を実現した。

Higher COP attained by partial-load control system compared with conventional control system

しており、負荷変動に合わせて、モジュール運転台数制御に加え、1モジュール当たりの圧縮機を3台運転(フルロード)又は2台運転(アンロード)にする圧縮機台数制御も行う。この製品の場合、ホットガスバイパス方式のアンロード機構を持った従来の圧縮機に見られたようなアンロード時の圧縮機単体の効率低下はなく、アンロード時でも高効率運転を維持できる。また、フルロード時に最適設計された熱交換器は、アンロード時には圧縮機容量に対して大形の熱交換器になるため、部分負荷時において非常に高効率な運転を発揮することができる。

そこで、この製品は、図4及び図5に示すように、部分負荷特性に優れた圧縮機アンロード運転を優先させた圧縮機並列運転技術の開発により、定格運転から低負荷運転までの広い範囲で大幅なCOP向上を図った。一般的な空調システムは、年間を通してみると、チラーの運転状態は低・中負荷で運転している時間が圧倒的に長く、その運転状態で高効率化することが省エネの重要なポイントになる。したがって、部分負荷特性に優れたこの製品は、省エネに適したチラーであると言える。

一方、この製品は、各モジュールに冷温水ポンプを標準搭載しており、インバータを用いた変流量制御により出口水温一定制御を行う。また、負荷変動に応じて圧縮機が停止したモジュールは冷温水ポンプも停止するため、負荷に合わせて非常に少ない流量まで下げることができる。これにより、システムのチラー側(1次側)は搬送動力を大幅に低減し、空調システム全体で省エネできる。

4.3 環境負荷低減

この製品の代表機種(RUA-TBP3001HNV 1台、定格冷却能力950 kW 1台)は、同等の能力を持つガス吸収式冷温水機に比べ、年間CO₂排出量を60%削減できる(図6)。また、前述した市場にストックされている吸収式をすべてこの開発製品に転換した場合、CO₂削減の可能性は約1,700万t-CO₂/年の試算となり、環境負荷低減に優れた製品である。

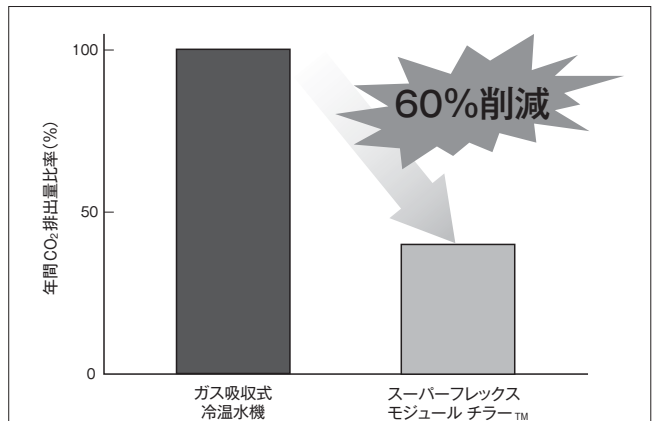


図6. 年間CO₂排出量の比較―定格COPだけでなく、部分負荷特性の向上により、年間CO₂排出量を大幅に削減できる。

Reduction in annual CO₂ emissions compared with conventional unit

ると言える。

4.4 高圧ガス保安法に基づく許可申請不要

モジュール単体が独立した冷媒回路で構成され、単独に据え付けられる法定冷凍能力20t未満の冷凍機のため、大容量システムでも高圧ガス保安法に基づく“届出”及び“許可申請”は不要である。

4.5 施工性改善

据付けは、基本モジュール単位での分割搬入のため、搬入作業の軽減が図れ、施工性を改善できるとともに工事費も軽減できる。また、電源配線キットと水配管キットを準備することで、施工性を向上させ、省力化した。

更に、Xフレームの採用により、ベタ基礎でモジュール間隔わずか30mmでの連続設置を実現し、施工性の改善も実現した。

また、冷温水ポンプを内蔵することにより、据付け工事の削減にも大きく貢献できる。

4.6 保守サービスの自在性

各モジュール単位での停止及びメンテナンス作業が可能で、万一故障が発生しても、故障したモジュールを切り離して自動バックアップ運転を行うため、一体型よりもリスクを小さくできる。更に、経年劣化などによる部品交換や空調負荷増加に伴う機器増設も、基本モジュール単位で行うことができ、更新費用の低減が図れる。

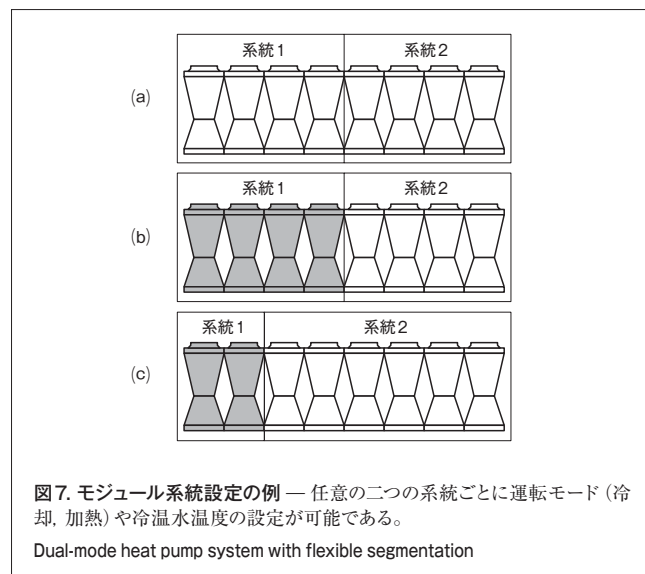
4.7 24時間遠隔監視サービスに対応

遠隔監視用ローカルサーバを設置することで、インターネットを介して、サービスセンターから24時間、チラーの運転状態監視、警報発信、故障診断、報告書作成を行うことができる。これにより、異常発生時における対応時間の短縮化とビル管理費用の削減ができ、結果として、空調設備のライフサイクルコストを低減できる。

4.8 設備設計の自在性

あらかじめ登録した四つの運転パターンを外部信号によって切り替えることで、運転パターンごとに任意の二つの系統に分けることができ、系統ごとに運転モード（冷却、加熱）や冷温水温度を設定することができる。このような運転パターンの変更を行う場合には、水配管の経路を切り替える二方弁などの配管工事や二方弁制御のための計装工事が必要であるが、建物の負荷に合った機種選定によるインシタルコストの削減、及び冷暖同時運転などの柔軟な運転パターンの選択によるランニングコストの削減が可能である。

運転パターン活用例を図7に示す。(a)は、二つの系統が異なる温度で冷却運転する場合で、例えば、系統1は出口温度7℃で外気処理用の冷水を供給し、系統2は出口温度13℃で顕熱冷房用の冷水を供給することにより、顕熱冷房側の熱源機の運転効率が向上し、省エネに貢献できる。この使い方は、半導体工場などのクリーンルームやビル空調で効果を発揮する。(b)と(c)は、系統1が加熱運転、系統2が冷却運転を行う



例で、冬季と中間期に利用される再熱、冷却、加熱負荷の組合せに応じ、最適な冷却加熱比率で効率よく運転させることができる。冷却専用モジュールとヒートポンプモジュールの組合せ台数を変えることにより、要求負荷バランスに柔軟に対応することができ、建物の負荷に合った機種を選定することによりインシタルコストも削減できる。

5 あとがき

ユニークな筐体構造フレームを採用したスーパーフレックスモジュールチラーTMは、大形チラーとしては業界で初めて新冷媒R410Aを採用し、大幅な高効率化を実現した。また、冷温水ポンプの標準装備により、システム全体でのインシタルコスト及びランニングコストの削減に貢献できる。更に、モジュール化により、エンドユーザーや建築設計者、設備設計者の様々な要望に応えられる柔軟さを持つため、新築かリニューアルかを問わず、市場の多様なニーズに対応できるものと期待している。

今後も引き続き、このような製品の開発を通して、環境負荷低減に貢献していく。



室井 邦雄 MUROI Kunio

東洋キヤリア工業(株) 開発技術部。チラー及びパッケージエアコンの開発設計に従事。
Toyo Carrier Engineering Co., Ltd.