

ビル用マルチエアコン “スーパーモジュール マルチ冷暖フレックス™” シリーズ

"Super Heat Recovery Multisystem" Air Conditioners for Building Use

木口 行雄

■KIGUCHI Yukio

前澤 光宣

■MAEZAWA Mitsunobu

山田 好博

■YAMADA Yoshihiro

業務用エアコンの省エネルギー（以下、省エネと略記）化が求められるなか、東芝キャリア（株）は中部電力（株）と共同で、電力需要の比率の大きいビル用マルチエアコンの分野向けに、業界初のAIデュアルインバータシステムとHFC（HydroFluoroCarbon）系冷媒R410Aを採用した“スーパーモジュールマルチ™”を開発（2003年10月発売）し、省エネルギーセンター主催の省エネ大賞を受賞した。今回、ビル用マルチエアコンの潜在的なニーズとして多い、「各室内機ごとに冷房と暖房を自由に切り替えたい」を実現するため、“スーパーモジュールマルチ™”をベースに業界トップクラスのエネルギー消費効率（COP）を達成した、冷暖房同時運転可能な“冷暖フレックス”シリーズを商品化（2004年6月発売）した。

There is a great need to develop multisystem air conditioners for buildings, because air conditioners for business use account for a considerable share of overall power demand. Toshiba Carrier Corp. and Chubu Electric Power Co., Inc. were awarded the Energy-Saving Prize in 2003 by the Energy Conservation Center for developing the "Super Module Multi" air conditioners that use hydrofluorocarbon R410A as the refrigerant and incorporate a dual-inverter system.

We have now introduced the "Super Heat Recovery Multisystem" series of air conditioners for building use that can provide cooling and heating functions at the same time.

1 まえがき

近年、空調機業界では地球環境保護のため、オゾン層を破壊しないHFC系冷媒への切替えが進められている。また地球温暖化の観点から、高効率エアコンが強く求められており、東芝キャリア（株）はビル用マルチエアコン“スーパーモジュールマルチ™”（以下、S-MMSと略記）を商品化することにより、これを達成した。しかしながら、このシステムは各室内機を同一の運転モード（冷房あるいは暖房）でしか運転できないため、室内機ごとに冷房と暖房を自由に切り替えたい、という要望を満足することができなかった。特に、季節の中間期における昼夜での冷房・暖房の切替え、OAルームや機械室などでの年間冷房やペリメータ空調^(注1)などの特殊な使用用途を考慮した場合、冷暖房同時運転可能なマルチシステムは、ビル空調において必須のものである。

当社は、省エネ大賞を受賞したS-MMSをベースに、冷暖房同時運転可能な“冷暖フレックス”シリーズを開発し、業界トップのエネルギー消費効率（COP）3.83（8馬力機種）を達成した。また、S-MMSと同様に冷媒配管設置をライン分岐方式（1系統の室外機から各室内機ごとに配管を自由に分岐する方式）とすることで、配管自由度を大きく向上させること

(注1) 温度変化の大きい、主に窓際など部屋の周囲を対象にした空調。

ができた。これにより、9階建てビルでも冷媒配管1系統で対応でき、横並びに長い空間や広い会場などにも設置可能なマルチシステムとすることができた。

2 機器構成

冷暖フレックスのシステム構成を図1に示す。室外機は8～12馬力、室内機は0.8～6馬力までを自由に組み合わせることができる。通常、室内機近傍に切替ユニットを配置する。

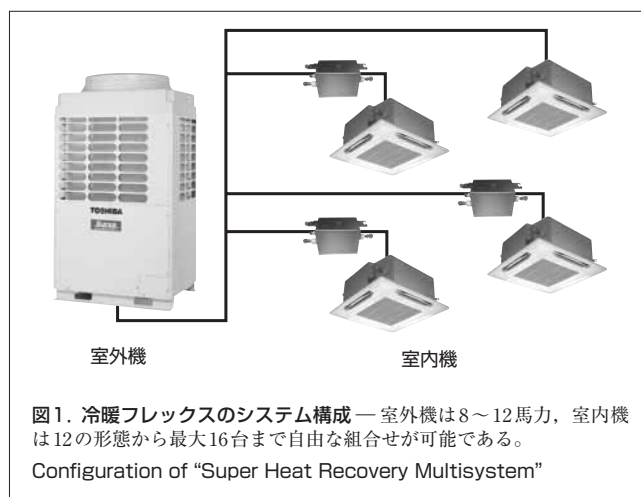


図1. 冷暖フレックスのシステム構成 — 室外機は8～12馬力、室内機は12の形態から最大16台まで自由な組み合わせが可能である。
Configuration of "Super Heat Recovery Multisystem"

また切替ユニットを使用しない場合は、室内機を冷房専用機として使用できる。

室外機には図2に示すように、2個の高効率DC(直流)ツインロータリコンプレッサを最適に制御する業界初のAIデュアルインバータシステムやHFC系冷媒(R410A)をはじめとする、S-MMSの省エネ技術を踏襲することで、高COP化を実現した。

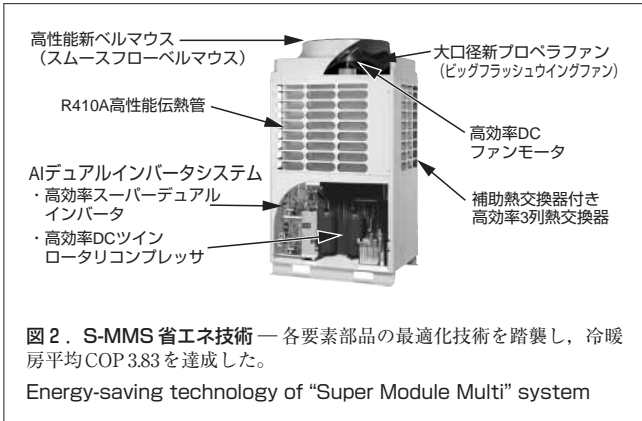


図2 S-MMS 省エネ技術 — 各要素部品の最適化技術を踏襲し、冷暖房平均COP 3.83を達成した。
Energy-saving technology of "Super Module Multi" system

3 S-MMSと冷暖フレックスのシステム比較

S-MMSは接続配管が2本のため、吸込ガス管は冷房時は低圧に、暖房時は高圧になる。したがって、システム全体が同一の運転モードになる。これに対して冷暖フレックスは、暖房専用の吐出ガス管、冷房専用の吸込ガス管、及び双方兼用の液管の3本配管方式のため、冷房と暖房を自由に選択することができる。例えば表1のように、季節の中間期などの昼間は冷房負荷、夜は暖房負荷が発生するような部屋でも自由に運転モードを選択できる。

表1. 運転モードの比較
Comparison of operating modes

	運転モード				S-MMS	冷暖フレックス
	A室	B室	C室	D室		
朝	冷房	暖房	暖房	暖房	冷暖房同時運転不可	冷暖房同時 運転可能
昼	冷房	冷房	冷房	冷房	冷房モード	
夕方	冷房	暖房	暖房	冷房	冷暖房同時運転不可	
夜	暖房	暖房	暖房	暖房	暖房モード	

4 冷暖フレックスにおける熱回収運転

通常ヒートポンプ方式であるS-MMSでは、室内吸熱量の総和が室外機からの排熱量に等しくなる(図3)。つまり、冷房時は室内機から吸熱し室外機から排熱、暖房時は室外機からの吸熱を各室内機より排熱することになる。

それに対し冷暖フレックスでは図4に示すように、室外か

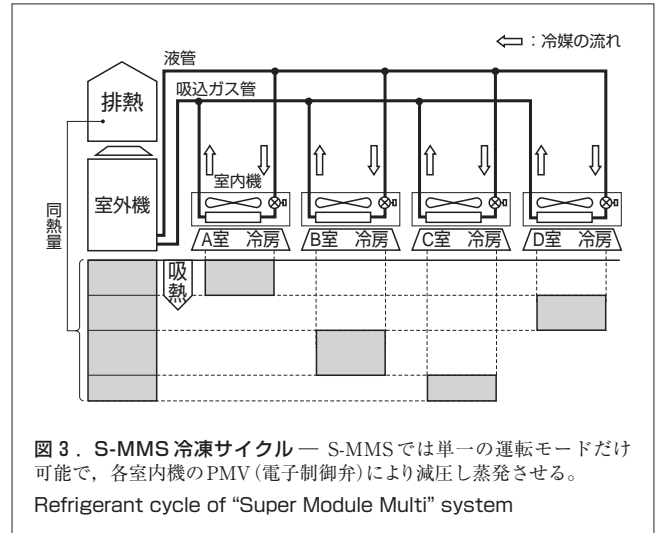


図3 S-MMS 冷凍サイクル — S-MMSでは単一の運転モードだけで可能で、各室内機のPMV(電子制御弁)により減圧し蒸発させる。
Refrigerant cycle of "Super Module Multi" system

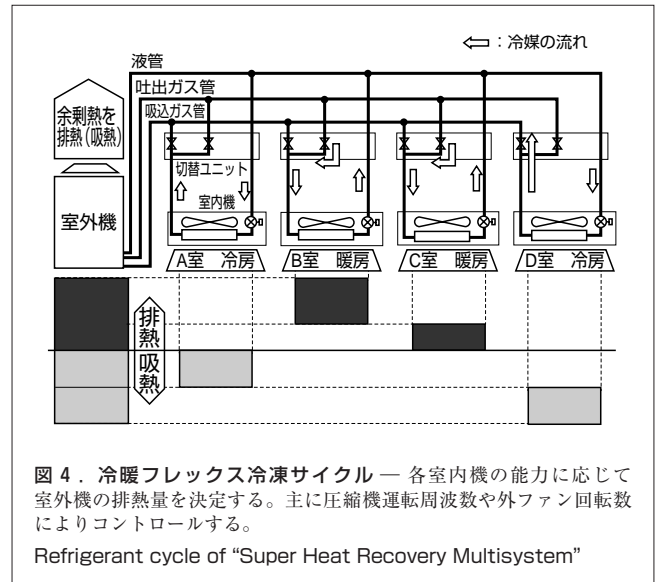


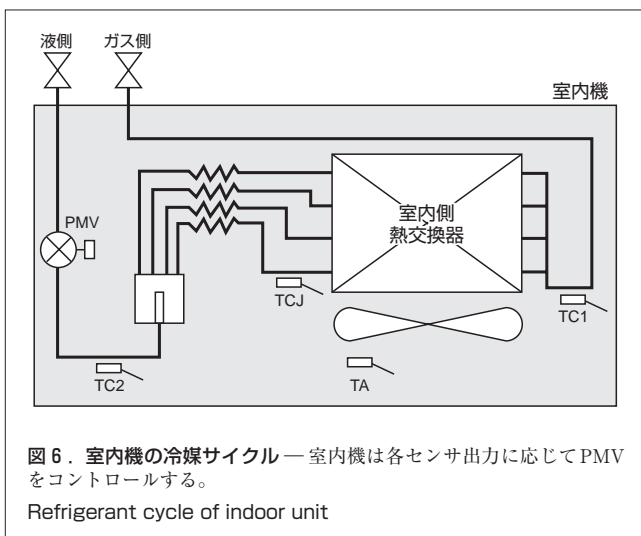
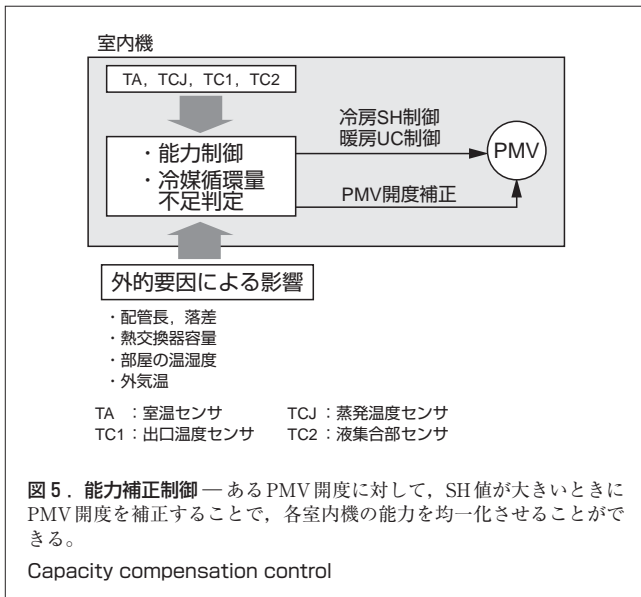
図4 冷暖フレックス冷凍サイクル — 各室内機的能力に応じて室外機の排熱量を決定する。主に圧縮機運転周波数や外ファン回転数によりコントロールする。
Refrigerant cycle of "Super Heat Recovery Multisystem"

らの吐出ガスをB室とC室の暖房室内凝縮器で凝縮し排熱させる。その後、凝縮された液冷媒は液管に合流し、A室とD室へ分配され、それぞれの冷房室内蒸発器で減圧し蒸発させることで熱回収を行う。各室内機の冷房能力合計と暖房能力合計が等しいときは、室外機からの熱の出入りはゼロである。システムとして見た場合、蒸発器からの吸熱量と、凝縮器からの排熱量は必ず等しくなるので、室内機の吸熱量と排熱量を常に監視しながら室外機の排熱(吸熱)量を決定する。つまり、熱量が余るときには室外機を凝縮器として排熱し、不足ならば蒸発器に切り替えて吸熱することで、熱量バランスを保っている。この熱量バランスが崩れたときには、システム異常高圧による機器停止や、高低圧落込みによる冷凍サイクル不形成などの重大な支障をきたすことにもなるが、次に述べる分流制御を活用することでこれを防ぐことができ、室外への排熱(吸熱)量を最小限に抑えることを可能にした。

5 最適冷媒分流通制

ライン分岐方式を実現するためにS-MMS開発時に確立した最適冷媒分流通制(各室内機による分散制御方式)では、それぞれの室内機が能力制御を行うと同時に、自ユニットの冷媒循環量判定をもとに能力補正制御を行う(図5)。これは室内機据付け状態(配管長, 高落差など), 室内機容量や熱交換器の大きさ, 部屋や外気の温湿度条件などにより冷媒の流れやすさが変化するためである。

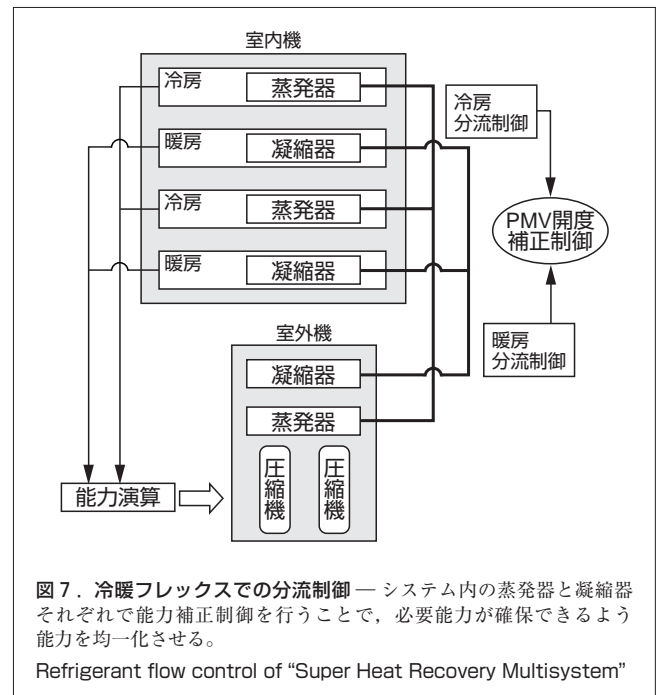
室内機は通常能力制御中には、冷房モードではSH(スーパーヒート: 過熱度)制御, 暖房モードではUC(アンダークール: 過冷却度)制御によりPMV(Pulse Motor Valve: 電子制御弁)開度で冷媒循環量をコントロールする。しかし, ある一定値以上のPMV開度にもかかわらずSH値(UC値)が過大のときには, 冷媒循環量判定を行い, 不足時はプラス側に,



過剰時はマイナス側に室内PMV開度を補正する。冷房運転時は蒸発器側, 暖房運転時は凝縮器側の冷媒循環量判定を行うことで、適正な冷媒分配が可能となる(図6)。

冷暖フレックスでは、冷房運転と暖房運転が混在するため、システム上に蒸発器と凝縮器が複数存在する。そこで、S-MMSでの分流通制を応用し、蒸発器側と凝縮器側のそれぞれで分流通制を行うことで、冷房・暖房にかかわらず最適な分流通制を行うことができる。

更に分流通制を室外機の蒸発器と凝縮器まで含めることで、外気への排熱(吸熱)を最小限に抑え、もっとも効率の良い熱回収運転を可能とした(図7)。



6 新室外送風機モータ駆動用制御器

冷暖フレックスにおいては、各室内ユニットの冷媒循環量を管理するうえで、圧力コントロールが非常に重要な要素である。今回は室外ファンによる圧力一定制御を採用した。概念を図8に示す。

冷暖房が混在している運転モードにおいて、まず目標とする高圧圧力を主に暖房室内機側の必要能力によって決定する。システムの排熱量が不足してきて圧力が上昇してきたときは、室外ファンの回転数を上げ、室外機からの排熱量を増やす。吸熱量が不足しているときは、逆に室外ファンの回転数を下げ、圧力落ち込みによるサイクル不成立を回避する。そのため、室外送風機の低回転領域の拡大による風量低減が必須であり、業界初のモジュール型ファン用IPDU™を開発した(図9)。

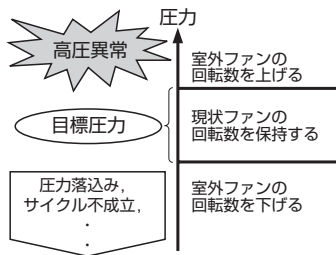


図8. 高圧圧力一定制御 — 室外ファンコントロールにより、異常圧力による機器停止や圧力落込みによる冷凍サイクル不形成を防止する。
Constant high-pressure control

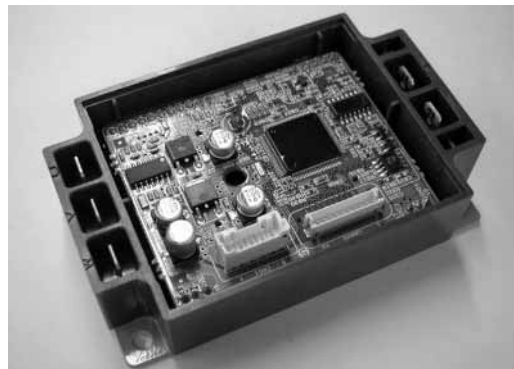


図10. インバータモジュール外観 — 95 mm (幅) × 61 mm (奥行き) × 22 mm (高さ), 質量145 gの小型化を実現している。
External view of inverter module

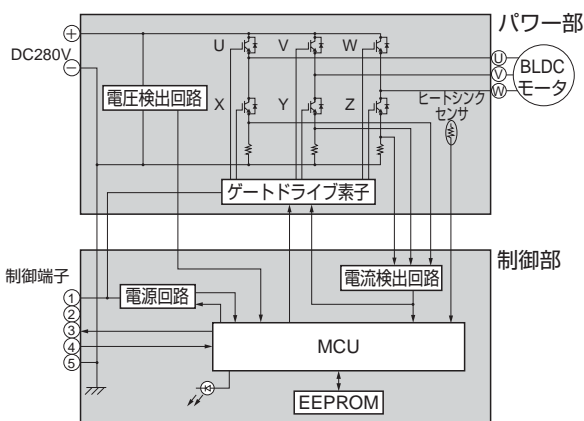
7 あとがき

年々、省エネに対するユーザーの要望が強まるなか、熱回収というビル用空調機独自のシステムを開発できたことの意義は非常に大きい。

当社は、今後とも多様化する空調ニーズに応えると同時に、地球温暖化防止に配慮した省エネ化技術を持つ製品を社会に提供していく。

文献

- (1) 佐藤雄彦,ほか. 高効率ビル用マルチエアコン「スーパーモジュールマルチ」シリーズ. 東芝レビュー. 59, 5, 2004, p49 - 53.



BLDC : Brush-Less Direct Current
MCU : Micro Control Unit
EEPROM : Electrically Erasable and Programmable ROM

図9. モジュール型ファン用IPDU™ブロック図 — 回路を制御部とパワー部で構成しており、2枚をケース内に収納しモジュール化している。

Block diagram of inverter module

そのIPDU™には、ルームエアコンで開発したセンサレスベクトル制御を採用した。これにより最低回転数を従来よりも37%低減させることができ、外気温が-5℃時でも圧力一定制御が可能となった。また、ベクトル制御の採用により有風などの外乱による影響を防止することができ、従来よりも有風時における起動時間の短縮を実現し、制御性を向上させることができた。

ハードウェアについても、モジュール構造にすることで、小型(体積比1/3:当社同能力インバータ比)となり、耐塵(たいじん)性及び取付け性が向上した(図10)。



木口 行雄 KIGUCHI Yukio

東芝キャリア(株)空調設計部主務。
中形マルチエアコンの開発設計に従事。冷凍空調学会会員。
Toshiba Carrier Corp.



前澤 光宣 MAEZAWA Mitsunobu

東芝キャリア(株)空調設計部。
業務用空調機の製品設計に従事。
Toshiba Carrier Corp.



山田 好博 YAMADA Yoshihiro

東芝キャリアエンジニアリング(株)設計部主務。
インバータのソフトウェア設計・開発に従事。
Toshiba Carrier Engineering Co.,Ltd.