

快適性と省エネを両立させた 大規模オフィス空間のベストマッチ空調システム

Air-Conditioning Systems Optimized for Large-Scale Office Spaces Providing Comfort and High Energy Efficiency

飯島 信一

■ IJIMA Shinichi

東芝キャリア(株)は、東芝が開所した最先端の環境配慮型オフィスビル“スマートコミュニティセンター”の基本計画段階から参画し、大規模オフィス空間での空調において快適性と省エネの両立を図るため、室外機のバルコニーへの設置を想定した実験や、室内床吹出し方式による温熱分布のシミュレーションなどに取り組んできた。

その結果、外気処理用には高効率で部分負荷特性の高いヒートポンプ熱源機“ユニバーサルスマートX™”によるセントラル空調システムを採用し、外気導入には床吹出し方式を採用した。また、室内空調用にはマルチ空調システム“スーパーモジュールマルチi™”による個別分散空調を採用し、室内負荷に対応した。これらを組み合わせた空調システムにより、快適性と省エネ性を兼ね備えたオフィス空間を実現した。

To achieve a balance between comfortable air conditioning and energy saving for large-scale office spaces, Toshiba Carrier Corporation has been engaged in the development of air-conditioning systems for building use through experiments on balcony-installed outdoor units and simulations of indoor temperature distribution for floor airflow design, in cooperation with users at the initial stage of development.

We have supplied air-conditioning systems optimized for an advanced environmentally friendly office building called the Smart Community Center by combining central and individual air-conditioning systems. For the central air-conditioning system, we adopted the Universal Smart X™ (USX™) heat pump unit with high energy efficiency and excellent partial-load efficiency as well as a floor airflow design to introduce fresh air into the building. For the individual air-conditioning systems, we adopted the SMMS-i™ multi-split air-conditioning system, which has high responsiveness to cooling and heating loads, as a variable refrigerant flow (VRF) system to air-condition multiple spaces individually. By installing outdoor units and fresh air intake systems on each floor, we achieved a unique air-conditioning system offering comfort and high energy efficiency.

1 まえがき

近年、地球温暖化対策が叫ばれるなか、東芝が川崎駅前に開所した“スマートコミュニティセンター”は、“快適性と省エネ性の両立”を目指した最先端の環境配慮型オフィスビルであり、また、首都圏で最大級のフロア面積を持つ施設である。

ここでは、空調の視点から快適なオフィス空間を提供する設備として、セントラル空調方式で採用されるモジュール型チャラーと個別空調方式で採用されるビル用マルチ空調システムを併用した、“ベストマッチ空調システム”について、概要及び、快適性と省エネを両立させるための取組みを述べる。

2 熱源空調システムの概要

執務スペースの熱源空調システムは電気式熱源機であるチャラーとマルチから構成される。外気負荷処理用としては、潜熱主体に空冷式ヒートポンプモジュールチャラー“ユニバーサルスマートX™”(USX™)を熱源にし、空調側は外気処理空調機(以下、外調機と略記)を使い気流が下から上に向かう床吹出し方式を採用した。

また、室内負荷処理用としてはビル用マルチ空調システム

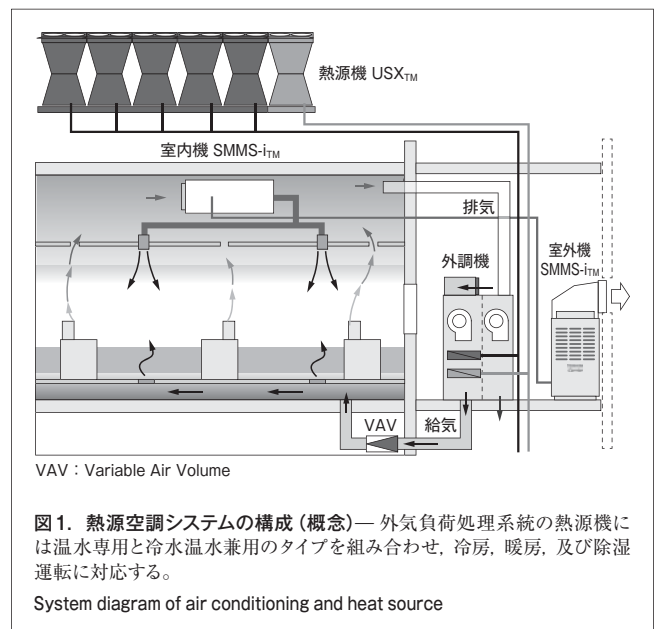


図1. 熱源空調システムの構成(概念)―外気負荷処理系統の熱源機には温水専用と冷水温水兼用のタイプを組み合わせ、冷房、暖房、及び除湿運転に対応する。

System diagram of air conditioning and heat source

“スーパーモジュールマルチi™”(SMMS-i™)を採用し、OA機器などの発熱負荷や照明などの顕熱を主体に、ゾーンごとの個別空調を行うようにした。

熱源空調システムの構成を図1に示す。

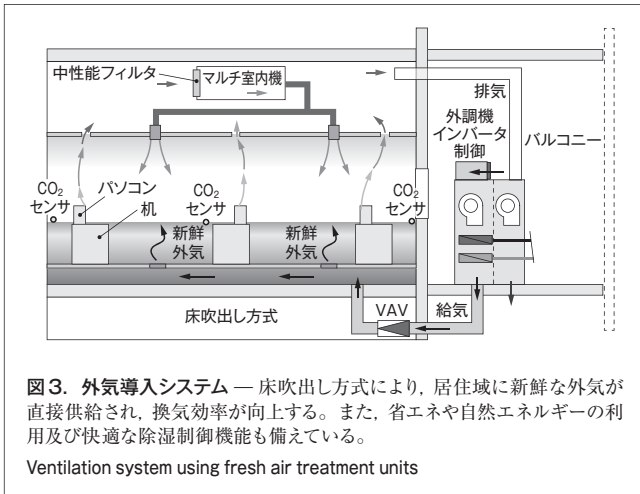
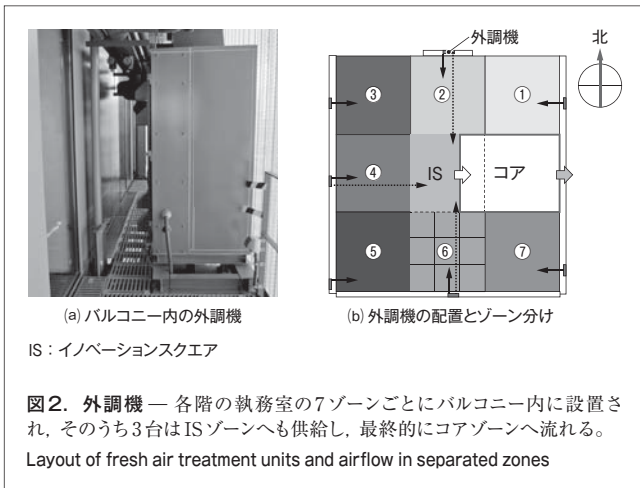
3 快適性と省エネ性を両立させるための取組み

3.1 外気導入システム（一般執務室系統）

外気導入は、基準階の執務室を7分割し、ゾーンごとに各階のバルコニーに設置された外調機により行われる（図2）。また、共有ゾーン（インベーションスクエアとコア）は北、南、西の3ゾーンの外調機が受け持っている。ここで外気処理された空気は床吹出口から供給され、発熱による上昇気流とともに天井面から排気される。この床吹き出し方式の採用により、居住域に新鮮な外気が直接供給され換気効率を上げている（図3）。

また、負荷を低減するために二つの省エネアイテムを盛り込んだ。一つは外気取入れ制御であり、冷暖房をしなくてもよい時期に、外気温湿度を考慮しながら取り入れて自然エネルギーを有効利用している。もう一つは、在室者の数に合わせて室内の二酸化炭素（CO₂）濃度を許容範囲内に抑え、換気量を制御して外気負荷と外調機の搬送動力の低減を図っている。

一方、雨季などの多湿時には、外調機で除湿しながら温度は室内条件を保持する冷却除湿再熱制御を行い、快適性も考慮した。



3.2 ゾーンごとの個別空調

各階は7ゾーン（1ゾーンは27×27 m）の執務空間と共用ゾーンに分かれ、更に、各ゾーンは九つのブロック（9×9 m）で構成されている。

室内負荷を受け持つSMMS-i_{TM}は、外壁面に接しているゾーンと内部ゾーンの系統に分けて、外壁側に発生する冷暖房運転と内部のOA機器などの発熱を処理する冷房運転に対応している。また、四隅のゾーンには2面の外壁を空調するため冷暖同時マルチを配置し、それぞれの負荷に対応してむだのない快適な空調を実現した。これらの空調のゾーニングを図4に示す。

3.3 効率的な機器配置

機器の能力を最大限に引き出すための工夫をしている。まず、マルチ空調システムの室内外間の配管長をできるだけ抑えるために、同一階のバルコニーに室外機を配置して配管ロスを最小化し、効率の良い運転をサポートするようにした。

次に、室外機の排熱状態を送風実験（図5）及び气流解析により確認し、排熱の影響を考慮した上下階での段違い配置（図6）の参考にした。

外調機においても、各ゾーンでの発停運転やCO₂制御の省エネ運転ができるようバルコニーに設置し、更に、ダクト長の最小化も行い、ランニングコストとイニシャルコストの両面を考慮して配置した。

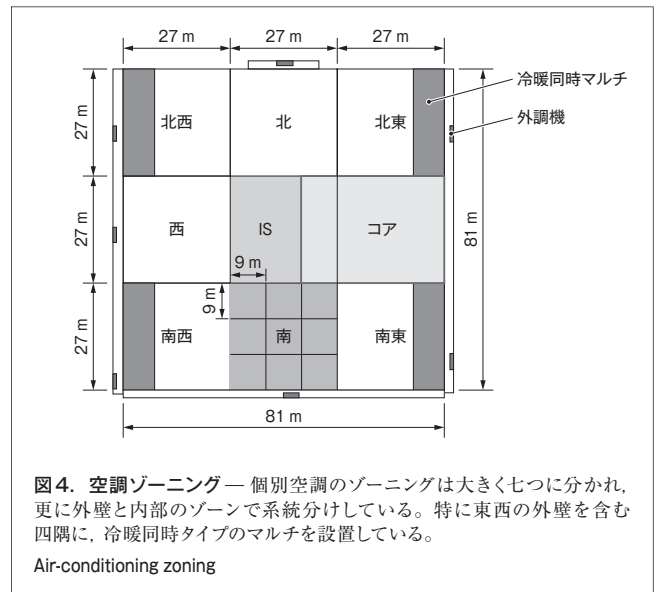
3.4 効果的な吹出口類の配置

气流解析により室内の温度分布を予想し、吹出口の配置の確認を行った（図7）。

3.5 高効率機器

3.5.1 熱源機器（USX_{TM}） 外調機熱源として部分負荷性能に優れているUSX_{TM}を採用し、消費電力を削減した。

(1) 製品概要 一般空調から対物空調まで、多種多様な用途に利用できる空冷式ヒートポンプ熱源機であり、この





(a) モックアップ



(b) 室外機の送風実験風景

No.	確認項目	計測器	評価基準
1	到達距離	風速計	ルーバ形状による影響がないこと
2	風量	風速計	ルーバ形状による影響がないこと
3	ショートサーキット	—	ルーバ形状による影響がないこと
4	風切り音	騒音計	異常音の発生がないこと
5	振動	振動計	有害振動の発生がないこと
6	ダクト静圧測定	静圧計	30 Pa以下

(d) 測定項目

- (1) 被試験機 : マルチ室外機
- (2) ルーバタイプ : 1タイプ
(1: 有孔折板タイプ)
- (3) 実機運転状態 : 送風運転で風速評価
- (4) 評価内容 : 確認項目を3タイプのルーバで評価を行う

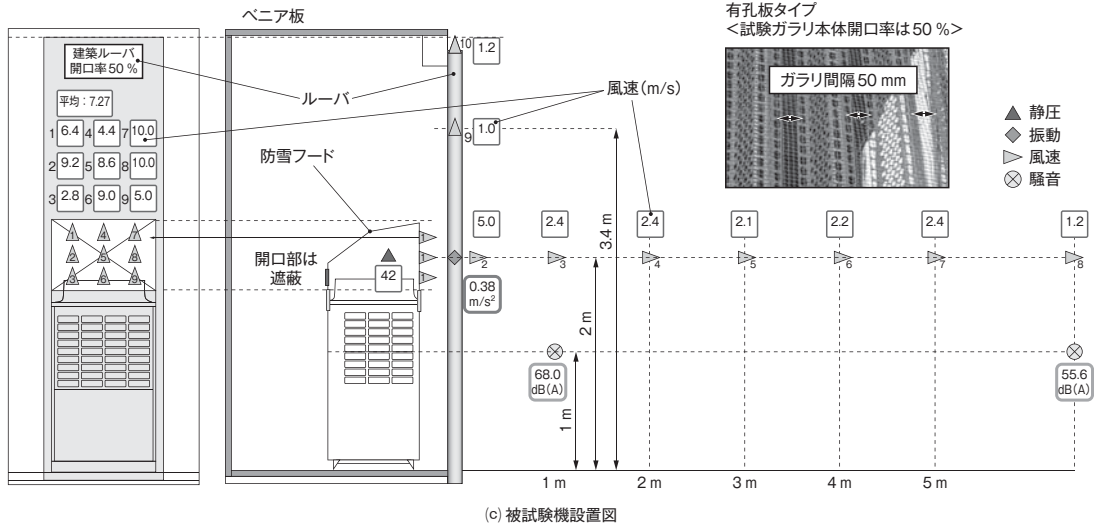
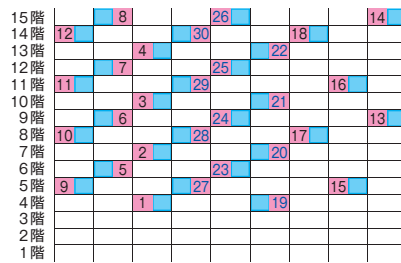
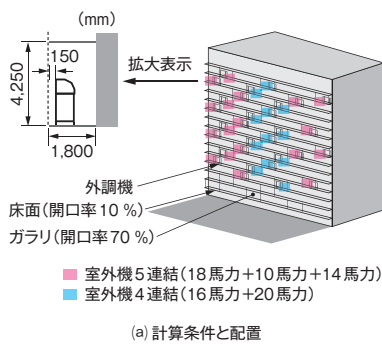


図5. 室外機の送風実験 — バルコニーに設置する防雪フード付き室外機前面の各開口率における空気の流れを、モックアップを作成し測定した。
Outdoor unit airflow experiment



(b) マルチ室外機の正面配置

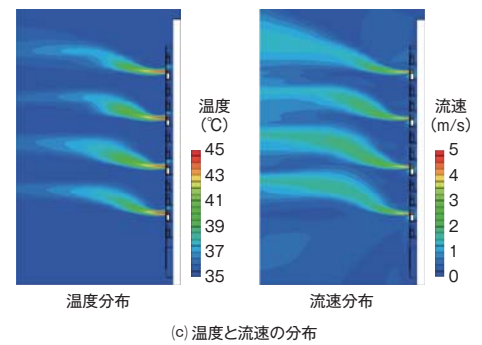


図6. バルコニー設置室外機の気流予想 — 基本計画時に室外機の排熱の影響を気流解析で予想した。解析条件は、外気温35℃、無風、前面開口率70%、及び床面開口率10%である。
Results of analysis of airflow distribution of outdoor unit installed on balcony

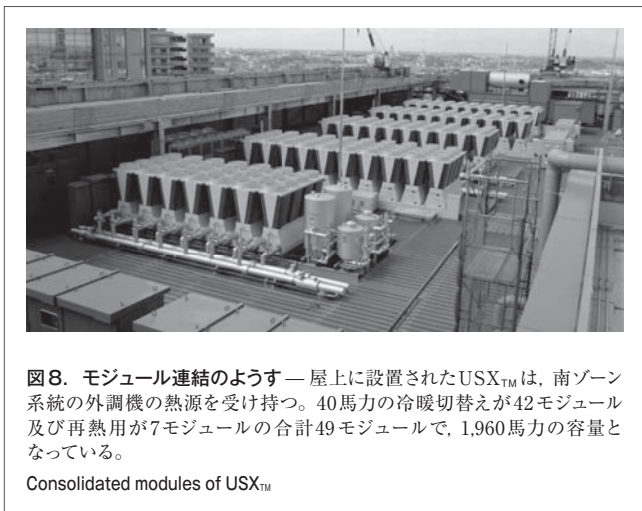
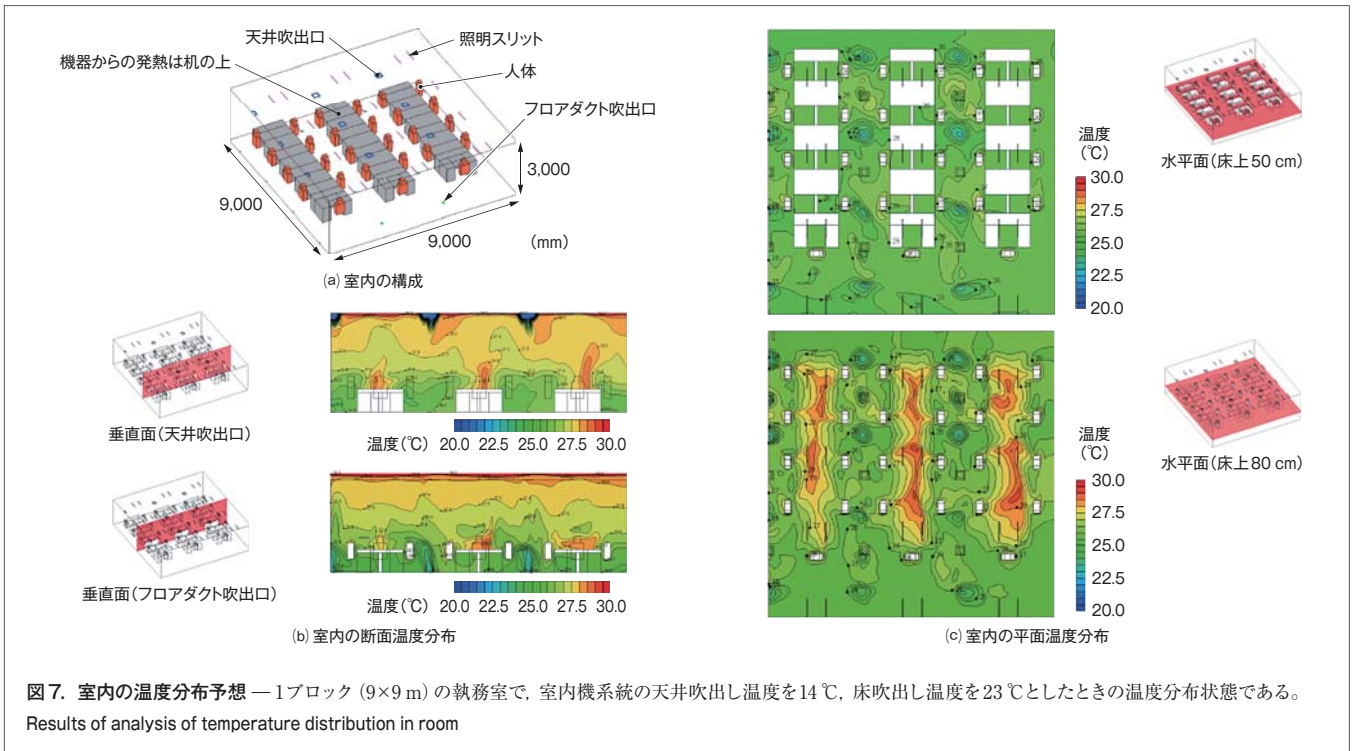
製品の単体のチラーユニット(モジュール)は、30、40、及び50馬力の3タイプに冷却専用と冷却・加熱兼用をそろえている。更に、高効率仕様、加熱専用(ヒートマシン)仕様、及び不凍液(ブライン)仕様などに対応している。

屋上に設置されたモジュールの連結のようすを図8に、また、モジュール単機的主要仕様を表1に示す。

(2) モジュールの基本構造 この製品は、1モジュールが大容量のインバータロータリ圧縮機を4台搭載している。

各圧縮機に対して空気熱交換器やDC(直流)モータ搭載の送風機と組み合わせ、四つの独立した冷媒回路を構成している(図9)。また、水熱交換器(プレート式)を2台直列に接続することで、最大16℃までの大温度差運転を可能にしている。更に、内蔵のインバータポンプは、変流量に対応して搬送動力を低減させるもので、独自の省エネ技術である。

(3) 部分負荷性能の向上 この製品に搭載しているロー



タリ圧縮機は、運転条件に応じて吐出圧力が変化するため、過剰な圧縮は行われず(図10)。更に、インバータ制御することで、高い部分負荷性能を生かした運転が可能である。

これらの特長を生かし、今回の熱源機には大温度差送水(ΔT = 10℃)方式を採用した。これにより、熱源機の運転効率向上、水量の抑制による搬送動力削減、更に単式ポンプ方式の変流量制御による搬送動力削減が実現でき、消費電力の削減を後押ししている。

また、配管系では、外調機の効率的な配置に対応した立て管系統に、末端の差圧をチェックして最小の圧でも運転可能な送水圧力制御を行うことで、信頼性あるシステムを構築した。

表1. モジュール単機の仕様

Specifications of single module

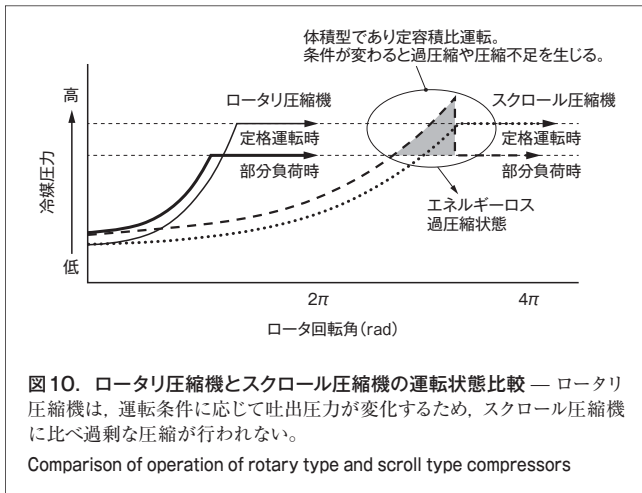
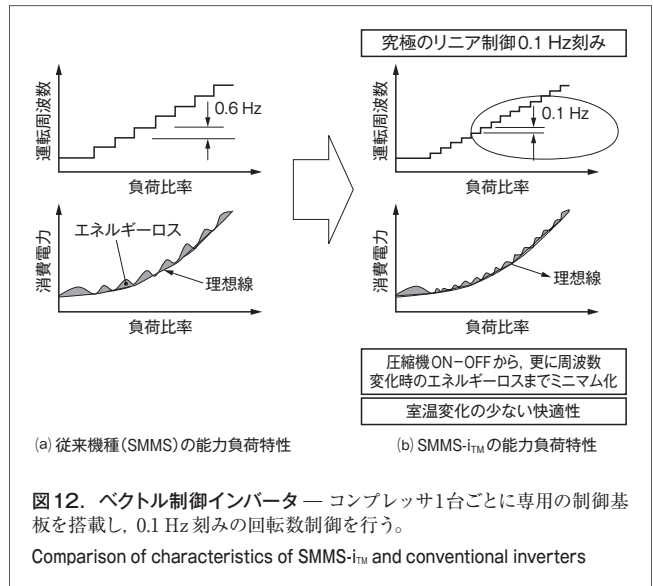
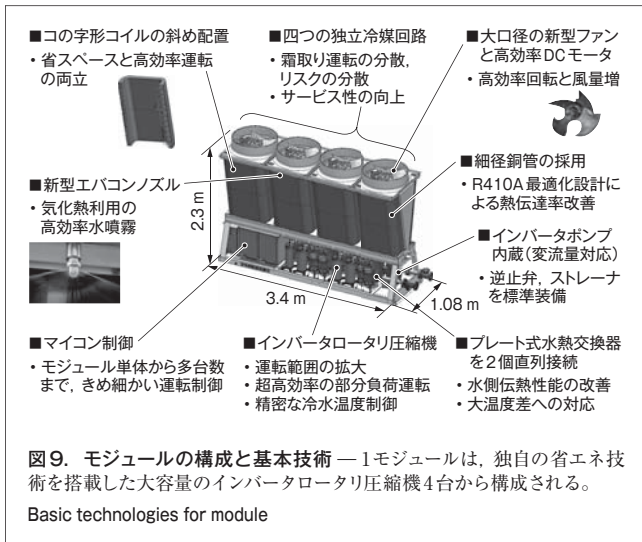
項目	仕様						
	30馬力		40馬力		50馬力		
	標準	高COP*4	標準	高COP*4	標準	高COP*4	
冷房*1	冷却能力 (kW)	85		118		150	
	COP*3	3.97	6.30	3.54	5.62	3.07	4.78
	IPLV	7.47	7.50	7.18	7.21	6.98	7.00
暖房*2	加熱能力 (kW)	85		118		150	
	COP*3	3.94		3.72		3.41	
冷却加熱平均COP*3	3.96	5.12	3.63	4.67	3.24	4.10	
冷媒	R410A		R410A		R410A		
寸法(高さ×幅×奥行)(mm)	2,300×1,080×3,400		2,300×1,080×3,400		2,300×1,080×3,400		
製品質量 (kg)	1,340	1,350	1,340	1,350	1,375	1,385	
高圧ガス保安法に基づく手続き	不要		不要		不要		
冷凍保安責任者	不要		不要		不要		

COP: Coefficient of Performance IPLV: Integrated Part Load Value

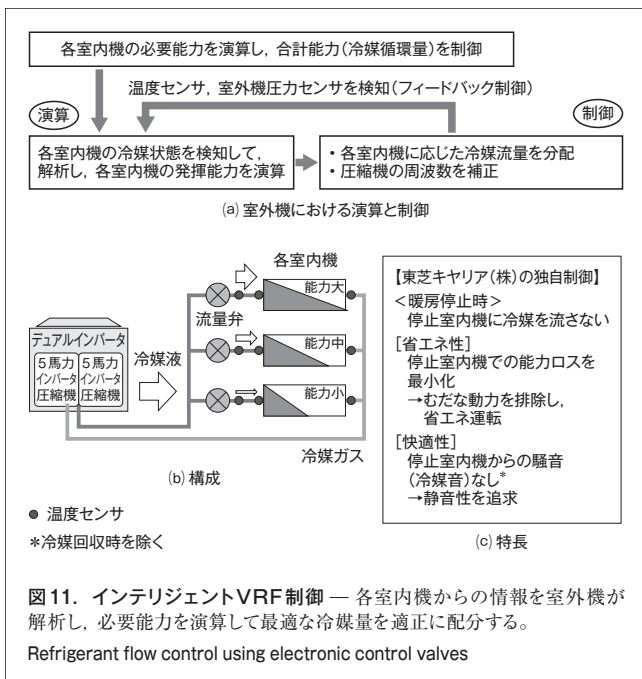
- *1: 冷水入口温度14℃、冷水出口温度7℃、外気温度35℃の場合
- *2: 温水入口温度38℃、温水出口温度45℃、外気温度は乾球温度で7℃、湿球温度で6℃の場合
- *3: (冷却能力又は加熱能力)/消費電力。値が大きいほど省エネ性が高いことを示す
- *4: 空気熱交換器に散水した場合

3.5.2 マルチシステム (SMMS-i™) 室内負荷熱源として部分負荷性能に優れたSMMS-i™を採用し、消費電力を削減した。

(1) 製品概要 室外機は、全てインバータ駆動の圧縮機(8~12馬力:2台, 14~16馬力:3台)で構成されている。室外機を最大4台まで組み合わせることで48馬力までそろえており、冷暖切替え、冷暖同時、氷蓄熱、及び更新用に対応している。



- (2) 部分負荷性能の向上
- (a) DC ツインロータリ 搭載された圧縮機は、モータ効率の改善、冷媒圧縮経路の形状改良、及び部品の高精度化により、中間能力で優れた性能を発揮する。
- (b) インテリジェントVRF制御(適正冷媒制御) 各室内機の使用状況のデータを用いて、冷媒循環量を適正化し、エネルギーロスを最小限に抑えた(図11)。
- (c) ベクトル制御インバータ 圧縮機1台ごとに専用制御基板で、0.1 Hz刻みの回転数制御を行う(図12)。これらにより、全ての負荷をもっとも効率の良い30~80%で運転するよう、稼働台数を増減させて効率を上げた。



4 あとがき

テーマとしている“快適性と省エネ性の両立”は、空調システム単体で実現するのは難しいと感じている。今回のシステムは、外気と室内負荷を分けた顕熱、潜熱分離空調とすることで再熱量を削減し、また、高効率機器の採用で省エネ性を向上させ、かつ個別制御と除湿制御により快適性も向上させた。使用されているUSX™とSMMS-iTMは共に部分負荷性能の優れた機器で、快適性と省エネ性のベストポイントに対応することを期待している。

飯島 信一 IJIMA Shinichi
東芝キャリア(株) システム技術部 熱源機技術担当専事。
空調システムの提案業務に従事。空気調和・衛生工学会、建築設備技術者協会会員。
Toshiba Carrier Corp.