

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

"Super Module Multi" High-Efficiency Multisystem Air Conditioners for Building Use

佐藤 雄彦 上野 聖隆 笠井 順司

■ SATO Takehiko

■ UENO Kiyotaka

■ KASAI Junji

空調機業界は、地球環境保護及び資源の有効活用(省エネルギー：以下、省エネと略記)が求められ、これらに対応した商品の開発が急務となっている。東芝キャリア(株)は中部電力(株)と共同で、冷房能力14.0kW(5馬力)～135.0kW(48馬力)のビル用マルチエアコンに、HFC系(Hydro Fluoro Carbon)冷媒R410Aの採用と全室外ユニットのインバータコンプレッサを最適に制御できる業界初のAIデュアルインバータシステムの搭載により2007年から施行される改正省エネ法COP(エネルギー消費効率)基準値を大幅にクリアし、業界最高の省エネ性を実現した“スーパーモジュールマルチ™”シリーズを商品化した。

There is an urgent need for the air-conditioner industry to develop products that protect the global environment and effectively use resources. In response to this need, Toshiba Carrier Corp. and Chubu Electric Power Co., Inc. have developed the "Super Module Multi" series of high-efficiency multisystem air conditioners for building use, with cooling capacities ranging from 14 kW to 135 kW. These air conditioners use refrigerant R410A and incorporate a dual-inverter system with artificial intelligence that provides optimal inverter compressor control. The "Super Module Multi" series far exceed the reference coefficient of performance (COP) that will come into effect in 2007 under the revised Energy-Saving Act.

1 まえがき

近年、空調機業界では、地球環境保護のため、従来のHCFC(Hydro Chloro Fluoro Carbon)冷媒からオゾン層を破壊しないHFC系冷媒への転換が進められている。また同時に、地球温暖化防止の観点から、業務用エアコンに対しても改正省エネ法によるトップランナー方式が導入され、高効率化が強く求められている。ビル用マルチエアコンは、業務用エアコンの年間消費電力量の約30%と電力需要の大きな比率を占めているが、省エネ化が遅れている状況にある。

東芝キャリア(株)は、2001年に冷房能力16.0kW(6馬力)クラスまで、業界で初めてHFC新冷媒R410Aを採用し大幅な省エネ性を実現した“スーパーパワーエコ™”シリーズを開発し、省エネルギーセンター主催の省エネ大賞を受賞した。2002年に独自のデュアルインバータシステムの開発により、冷房能力28.0kW(10馬力)までの大容量クラスの業務用エアコン“スーパーパワーエコBIG™”シリーズで2年連続の省エネ大賞を受賞した。2003年にこの技術を中部電力(株)と共同で、14.0kW(5馬力)から135.0kW(48馬力)のビル用マルチエアコンに展開し、大幅な省エネ性を実現した“スーパーモジュールマルチ™”(以下、SMMSと略記)シリーズを商品化し、3年連続で省エネ大賞を受賞した。

2 省エネ技術のポイント

SMMSのシステム構成を図1に示す。SMMSは室外機を最大4台まで組み合わせることにより、冷媒配管1系統で最小5馬力から最大48馬力まで23能力ランクのシステムを構築可能にしたビル用マルチエアコンである。

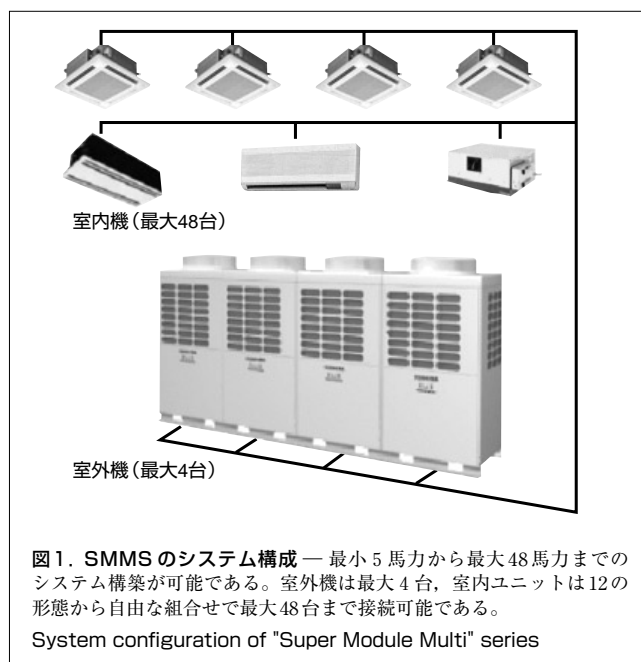


図1. SMMSのシステム構成—最小5馬力から最大48馬力までのシステム構築が可能である。室外機は最大4台、室内ユニットは12の形態から自由な組合せで最大48台まで接続可能である。
System configuration of "Super Module Multi" series

また、室内ユニットは12の形態から自由な組合せで最大48台まで接続可能である。

2.1 R410A冷媒の採用

R410A冷媒は、従来のビル用マルチエアコンに採用しているR407C冷媒に比べ、その冷媒特性から、運転の高効率化、機器のコンパクト化などが図れるというメリットがある(表1)。しかし、R22冷媒に比べ動作圧力が約1.6倍と高く、機器の高耐圧設計が必要になるため、能力が大きいビル用マルチエアコンでは各社ともR407C冷媒を使用してきた。特に、主となる10馬力クラスのコンプレッサは、5馬力クラスより効率が低いうえ、R410A冷媒対応の耐圧設計によりコストアップとなる。そこで、これらの問題を解決するため、当社の5馬力クラス高効率DC(直流)ツインロータリコンプレッサを2台組み合わせることで低コスト化を実現した。

表1. R410AとR407Cの比較とR410Aの特長
Comparison of refrigerants

項目	HFC冷媒		HCFC冷媒	R410Aの特長
	R410A	R407C	R22	
組織	R32/R125 擬似共沸混合冷媒	R32/R125/R134a 非共沸混合冷媒	R22	・組成が管理しやすく、 施工サービスが容易
オゾン破壊係数	0	0	1	
地球温暖化係数	1,730	1,530	1,700	
動作圧力 (R22=100)(%)	160	107	100	・設計圧力が高い
冷凍能力 (R22=100)(%)	147	100	100	・コンプレッサが小さくでき 高効率化が可能
圧力損失 (R22=100)(%)	56	106	100	・機器のコンパクト・ 高効率化が可能 ・配管径が小さくなり 施工が容易

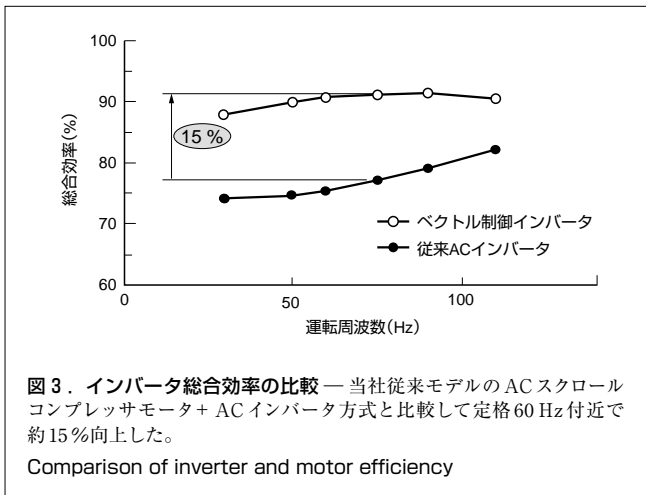
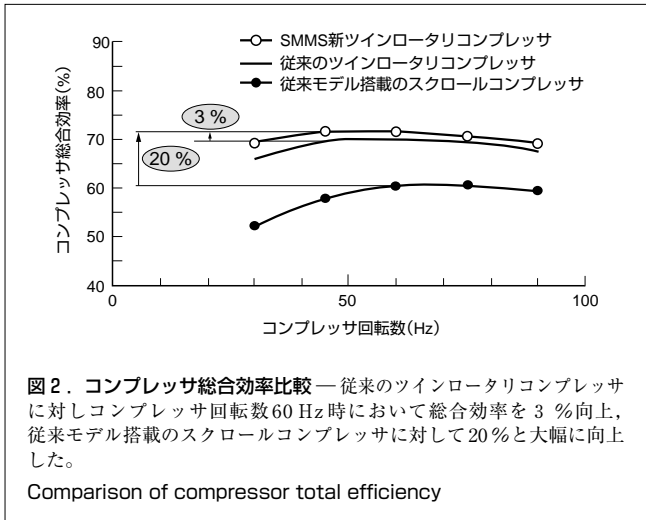
2.2 要素部品の高効率化

2.2.1 新DCツインロータリコンプレッサ

コンプレッサの効率を向上させるため、モータへの分割マグネットロータ(希土類磁石)採用による渦電流損の低減、圧縮機構部の部品精度の向上による圧縮ガス漏れ低減などを折り込んだ。この結果、定格能力において従来のツインロータリコンプレッサに対しコンプレッサ総合効率が3%向上、従来モデル搭載のスクロールコンプレッサに対しては20%と大幅に向上した(図2)。

2.2.2 インバータ総合効率の向上

インバータには、当社が家庭用ルームエアコンから店舗、オフィス用エアコンに展開しているベクトル制御インバータを採用した。今回は低損失IGBT(Insulated Gate Bipolar Transistor)素子の搭載により損失を20%低減、高速演算のRISC(Reduced Instruction Set Computer)の搭載によりインバータ効率が0.6%向上した。これによって、コンプレッサモータとインバータの総合効率は、当社従来モデルのAC(交流)スクロール



コンプレッサモータ+ACインバータ方式と比較して定格60 Hz付近で約15%向上した(図3)。

2.2.3 室外熱交換器

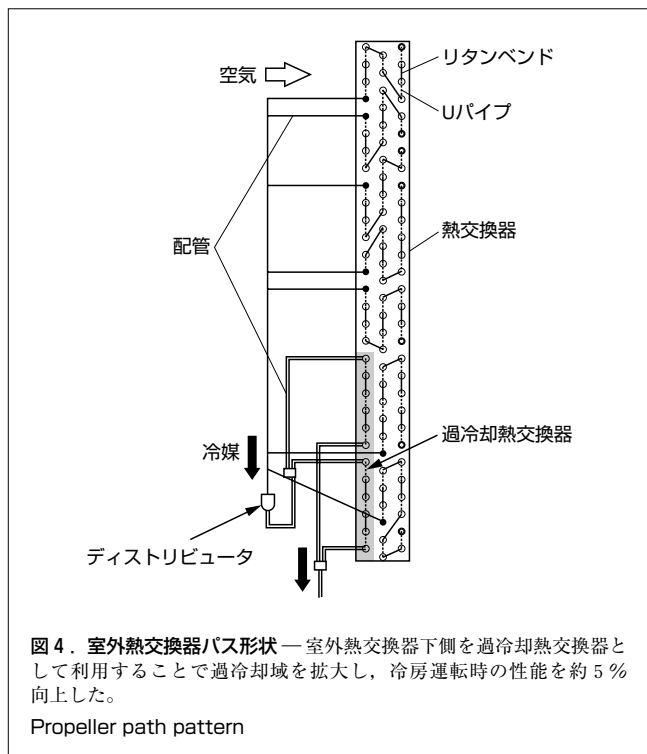
室外熱交換器は伝熱管径をφ9.52 mmからφ8.0 mmに細径化することによりR410A冷媒の高耐圧設計、及び低コスト化を実現した。更に、伝熱管の伝熱性能向上のため、内面に形成されている螺旋(らせん)溝の多条化とリード角を大きくすることより、伝熱面積を

表2. 熱交換器伝熱管仕様比較
Fin tube dimensions

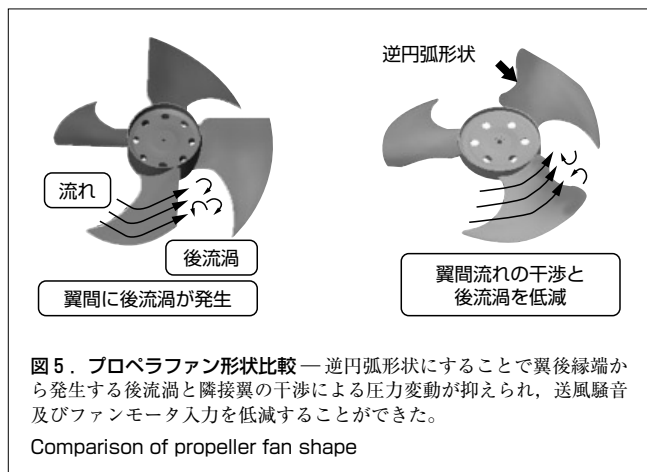
モデル	当社従来マルチ	SMMS
伝熱管溝形状		
リード角 (°)	25	35
パイプ径 (mm)	φ 9.52	φ 8.0
熱伝達率 (同一流量時) (%)	100	129

拡大し熱伝達率が約29%向上した(表2)。

また、室外熱交換器下側を過冷却熱交換器として利用することで過冷却域を拡大し、冷房運転時の性能が約5%向上した(図4)。



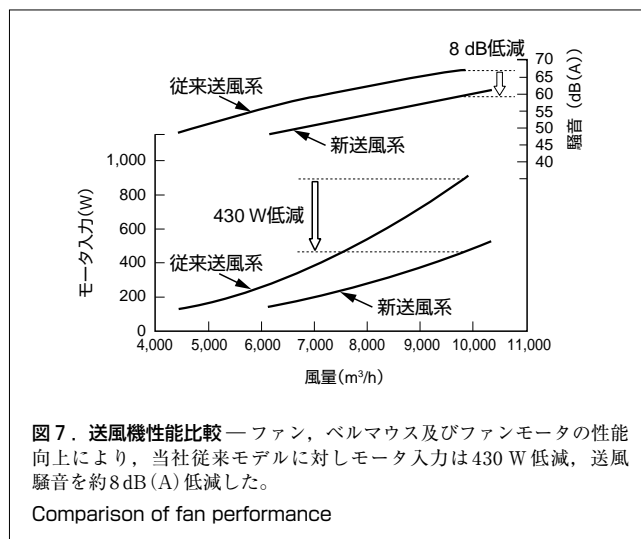
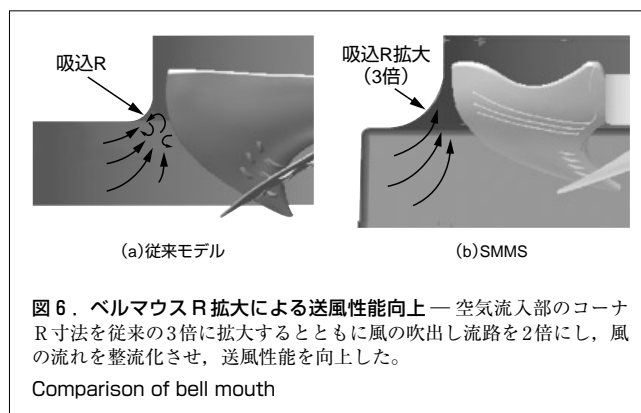
2.2.4 室外送風機の効率向上 省エネ性を向上させるためには、室外ユニットに搭載するプロペラファンの風量アップが重要であり、それに伴うモータ入力増加と送風騒音の上昇を抑えることが重要ポイントである。SMMSで採用した新プロペラファンの翼は、当社従来モデル搭載のファンに比べ外径をφ630mmからφ710mmに13%拡大した。また、図5に示すように、回転中の空気流出部となる翼後縁を逆円弧形状にすることで翼間距離が広がるため、翼後縁



端から発生する後流渦と隣接翼の干渉による圧力変動が抑えられ、送風騒音及びファンモータ入力を低減することができた。

更に、ファン外周側に配置するベルマウスについては、図6に示すように、空気流入部のコーナR寸法を従来の3倍に拡大するとともに風の吹出し流路を2倍にし、風の流れを整流化させ、送風性能を向上させた。

また、ファンを駆動させるモータに、高出力DCモータを採用し、当社従来モデルのAC波数制御モータに対して効率を約20%向上させた。ファン、ベルマウス及びファンモータの性能向上により、当社従来モデルに対しモータ入力は430W低減した。送風騒音も約8dB(A)低減し、大幅な低騒音化を実現した(図7)。



3 AIデュアルインバータシステム

ビル用マルチエアコンは複数台の室外機を組み合わせることで大能力システムにする。一般的には、先頭の親機1台にインバータと一定速コンプレッサを搭載し、その他の子機には一定速コンプレッサ2個を搭載する。このシステムでは、空調

負荷の増減時に一定速コンプレッサの起動・停止によるロスの発生があり、性能悪化要因になっていた。これを、すべての室外機に2個のインバータコンプレッサを搭載するAIデュアルインバータシステムを採用することで解消し、空調負荷増減時のCOP向上を図った。

AIデュアルインバータシステムにより、組み合わせる室外機運転台数、コンプレッサ台数を効率と信頼性の両面で最適なパターンを選択することが可能になった。例えば、室外機2台組合せの20馬力のシステムにおいて、半分以下の要求能力で運転する場合、当社従来モデルでは室外機を1台だけで運転するのに対し、SMMSは室外機を2台運転させる。この運転では、室外機1台運転から比較すると2倍の室外熱交換器を利用するため、COPが向上する(図8)。

この室外熱交換器有効利用制御に加え、室外送風機を負荷に応じたファン回転数に制御し、室内機からの要求能力が小さい場合は、ファン回転数を下げ、ファンモータ入力を低減させることにより、20馬力クラスの冷房中間能力時の

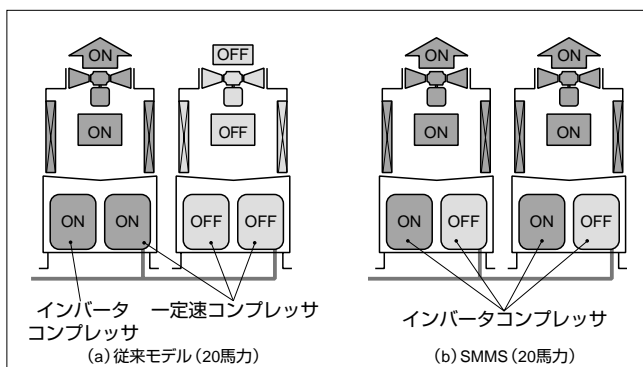


図8 室外熱交換器有効利用制御 — SMMSは室外機を2台運転させるので、室外機1台運転から比較すると2倍の室外熱交換器を利用するため、COPが向上する。

Heat exchanger effective use control

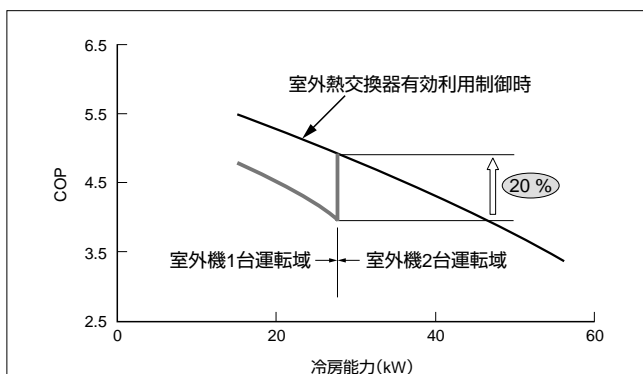


図9 室外熱交換器有効利用制御時 COP 比較 — 室内機からの要求能力が小さい場合は、ファン回転数を下げ、ファンモータ入力を低減させ、20馬力クラスの冷房中間能力時のCOPが約20%向上した。

Comparison of COP using heat exchanger effective use control

COPを約20%向上させることができた(図9)。

4 省エネ性の検証

4.1 COP向上

図10に示すように、当社従来モデルと比較すると10馬力クラスで61%、20馬力クラスで42%のCOP向上を図ることができた。これはSMMS発売時点(2003年10月)でのビル用マルチエアコンCOP他社トップモデルと比較しても、大きく上回るCOPを実現している。

4.2 部分負荷効率の向上

SMMS(10馬力、冷房運転)の空調負荷におけるCOP特性を当社従来モデルと比較してみると、発生時間の多い30~25℃以下の部分において定格COP値に対して特性の

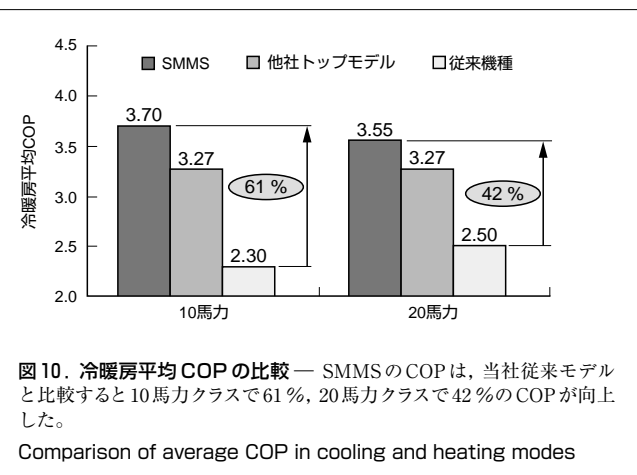


図10 冷暖房平均COPの比較 — SMMSのCOPは、当社従来モデルと比較すると10馬力クラスで61%、20馬力クラスで42%のCOPが向上した。

Comparison of average COP in cooling and heating modes

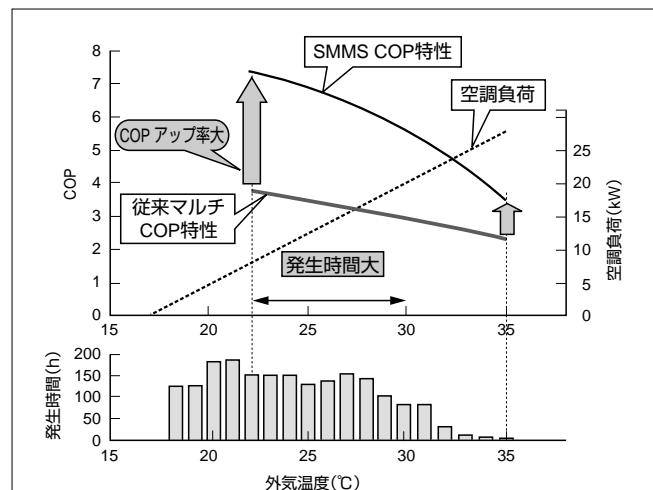
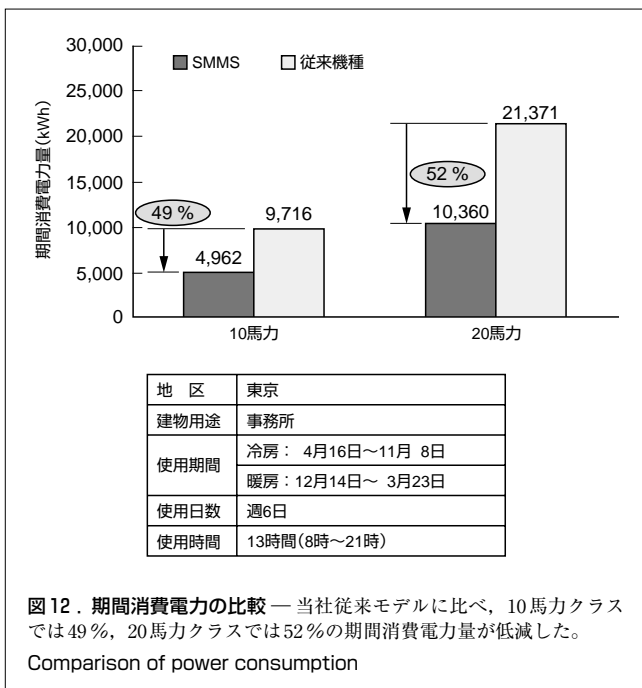


図11 空調負荷に対するCOP特性比較 — SMMSの空調負荷におけるCOP特性は、発生時間の多い30~25℃以下の部分において定格COP値に対して特性のアップ率が大きい。

Comparison of COP characteristics under various air-conditioning loads

アップ率が大きくなっており消費電力の低減に寄与している(図11)。

これを(社)日本冷凍空調工業会基準(JRA4055)による期間消費電力量計算(年間の消費電力量の積算値)で試算した結果、当社従来モデルに比べ、10馬力クラスでは49%、20馬力クラスでは52%の期間消費電力量の低減を達成し(図12)、年間を通じて省エネであることを証明した。特に組合せ機である20馬力システムにおいては、AIデュアルインバータシステム採用によるマルチシステム制御の高効率化、室外熱交換器有効利用制御が有効である。



この省エネ効果は、かりに現在国内で稼働しているビル用マルチエアコンがすべてこの機種に置き換わった場合、発電時に発生する二酸化炭素(CO₂)排出量を210万トン抑制する効果があり、これは京都議定書の削減目標値(約7,600万トン)の2.8%に相当する。

5 あとがき

当社はこの開発により、家庭用ルームエアコンから大能力のビル用マルチエアコンまで、オゾン破壊係数0で高効率のR410A冷媒を展開し、インバータ&グリーンプロジェクトを完成した。今後とも地球環境保護、地球温暖化防止のための省エネ化などのニーズに応えるべく、高効率で高い信頼性を持つ製品を社会に提供していく。

文献

- (1) 服部仁司,ほか. 新冷媒を用いた店舗・オフィス用省エネエアコン. 東芝レビュー . 57 ,12 ,2002 ,p.68 - 71.
- (2) 山根宏昌,ほか.“ B115高効率ビル用マルチエアコンの開発 ”. 平成15年度日本冷凍空調学会学術講演会論文集 . 2003-10, B115, p.1 - 4.



佐藤 雄彦 SATO Takehiko

東芝キャリア(株)空調設計部グループ長。
業務用空調機の製品設計・開発に従事。冷凍空調学会会員。
Toshiba Carrier Corp.



上野 聖隆 UENO Kiyotaka

東芝キャリアエンジニアリング(株)設計部主務。
中形マルチエアコンの開発設計に従事。
Toshiba Carrier Engineering Co.,Ltd.



笠井 順司 KASAI Junji

東芝キャリア(株)エレクトロニクス開発部。
業務用空調機のソフトウェア設計・開発に従事。
Toshiba Carrier Corp.