

店舗・オフィス用薄形横吹き空調機 “スマートエコ”TM

Smart EcoTM Series Compact and Side-Flow Type Air Conditioners for Stores and Offices

奥津 一人

■ OKITSU Kazuto

高坂 元俊

■ KOUZAKA Mototoshi

高田 鉄平

■ TAKADA Teppei

空調機業界は、地球環境保護の観点から、省エネや資源の有効活用が求められている。また、市場からは、今まで以上に快適な空調空間の提供とともに、リニューアル(空調機の更新)に適した商品が求められている。

東芝キャリア(株)は、空調機の主要部品であるコンプレッサとインバータの小型・軽量化を図り、空調機の据付けの自由度を大幅に向上させた。これにより、リニューアル市場に適した商品として、冷房能力22.4 kWと28.0 kWの大能力を持つ店舗・オフィス用空調機“スマートエコTM”を開発した。

Energy saving and effective use of resources have recently come to be demanded in the air-conditioner industry from the viewpoint of global environmental protection. In addition, the market requires products that not only provide comfortable air-conditioned spaces but also allow easy renewal.

Toshiba Carrier Corp. has developed newly designed compressors and inverter units, which are the main components of air conditioners, to make systems more compact and lightweight. Using these technologies, we have commercialized a new type of air conditioner, the Smart EcoTM series, that meets the renewal needs of the market due to its flexibility of installation. The Smart EcoTM series is best suited to stores and offices that require a large cooling capacity of 22.4 kW/28.0 kW.

1 まえがき

近年、市場からは、店舗やオフィスといった大きな空間でも快適な空調空間を要求されている。

地球温暖化防止のための京都議定書が2005年2月に発効され、日本は1990年の温暖化ガス排出量に対して、2008年から2012年の間で6%低減することが目標となっており、空調機業界でも省エネの推進が急務となっている。また、業務用空調機に対しても高効率化が強く求められ、改正省エネ法によるトップランナー方式^(注1)が導入された。このような状況のなか、東芝キャリア(株)は、店舗・オフィス用空調機で業界に先駆けてR410A冷媒を採用し、消費電力量の削減を徹底的に追求した超省エネモデル“スーパーパワーエコTM”，及びイニシャルコストを抑えた、小型で軽量の省エネモデル“スマートエコTM”，という二つのラインアップの製品群を発売してきた。

一方、業務用空調機の市場においては、7～15年前に据え付けられた空調機が累計約800万台あり、この約60%が更新時期にきていると言われており、この割合は今後更に高まることが予想されている。当時据え付けられた空調機の大半は、省エネ性の低い一定速機であり、市場全体の省エ

ネ促進のためには、一定速機からインバータ機へのリニューアルが必要である。

つまり、快適な空調空間を提供し、省エネ性に優れ、リニューアルに適した小型かつ軽量で、更に、既設の配管及び配線が再利用できる空調機が求められている。当社はこれらの課題を解決した22.4 kW(8馬力)クラスと28.0 kW(10馬力)クラスのスマートエコTMを開発した。

2 リニューアルに適した製品の開発

2.1 設置スペースの狭小化(小型・軽量化)

室外機の形態を角形上吹きタイプから薄形横吹きタイプとすることにより、大幅に小型・軽量化し、据付・施工性を改善した。図1に示すように、28.0 kWクラスでは、10年前の当社の一定速機と比較して、室外機容積を約69%低減し、質量も約47%低減した。これにより、室外機を屋上に設置する場合もクレーンを使用することなく据付けが可能となり、工事期間の短縮及び工事費の低減が可能になった。

また、図2に示すように、小型化により10年前の当社の一定速機と比較して設置面積が約半分となった。このため新機種は、郊外型店舗で店の前が駐車場の場合、そのスペースを犠牲にしないで設置することが可能になった。

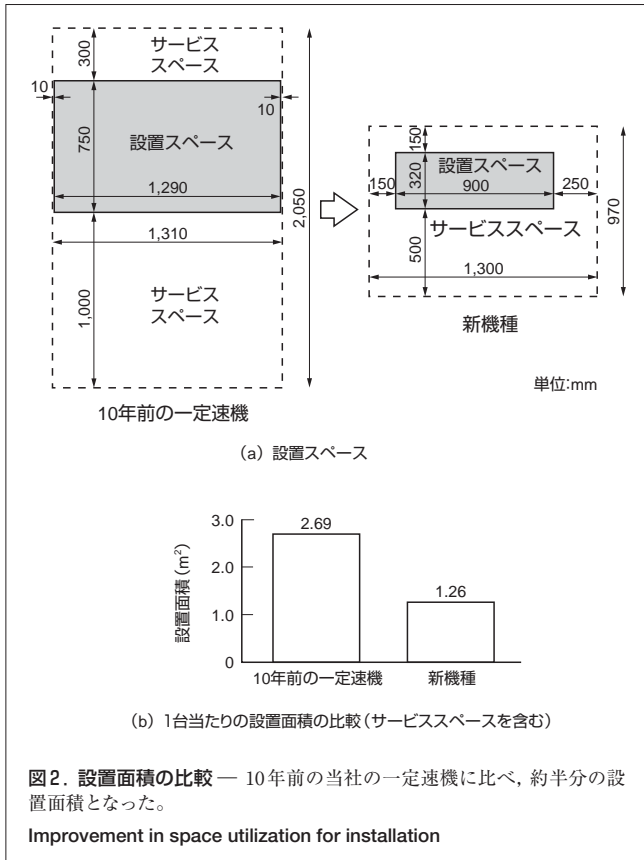
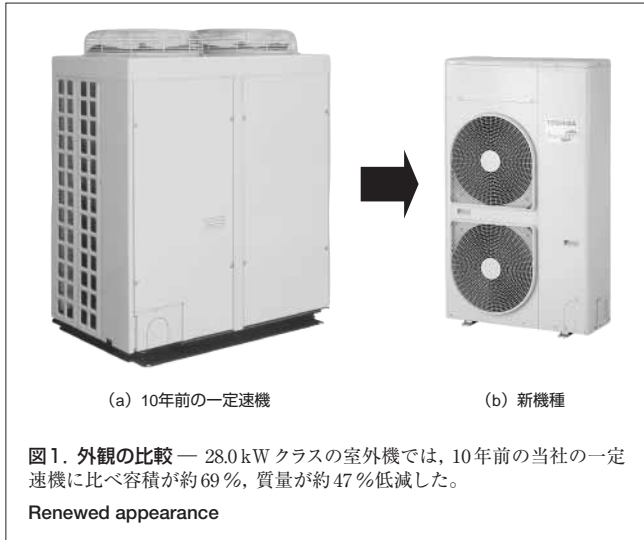
2.2 既設配管・配線の再利用

リニューアル時に、最大70 mまで既設配管の再利用が可

(注1) 新製品の省エネ基準を、現時点で商品化されている製品のうち最も優れている機器の性能以上にすることを考える。

3 高い省エネ性の実現

室外機の小型・軽量化を図った新機種は、(社)日本冷凍空調工業会基準(JR4048)による期間消費電力量(年間の消費電力量の積算値)を試算した結果、**図3**に示すように、10年前の当社の一定速機と比較して、期間消費電力量及び二酸化炭素(CO₂)排出量が約半分となり、年間を通じて高い省エネ性を実現した。



能である。また、既設のリモコン配線及び室内・室外機間の渡り配線も、大部分が再利用可能である。これらを再利用することにより、リニューアル時の工事期間の短縮及び工事費の低減が可能である。また、アキュムレータ(冷媒タンク)を内蔵し、冷媒量の変化に対するサイクル余裕度を増したことにより、チャージレス長さ^(注2)は30mを実現した。

(注2) 長配管接続時の現地追加冷媒が不要な長さをいう。

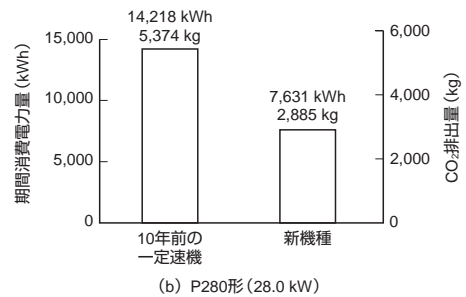
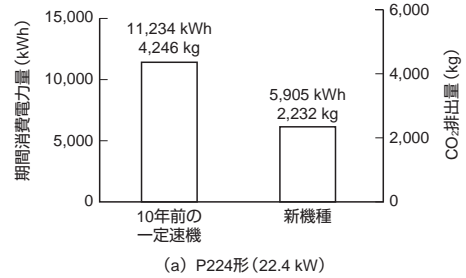


図3. 期間消費電力量及びCO₂排出量の比較 — 期間消費電力量及びCO₂排出量共に、10年前の当社の一定速機に比べ約半分に低減した(天井カセット形4方向吹出し同時ツインタイプの場合)。

Improvement in energy consumption

4 主な新技術

空調機の主要部品であるコンプレッサとインバータを徹底的に小型化したことにより、業界トップクラスの小型・軽量の室外機が実現できた。

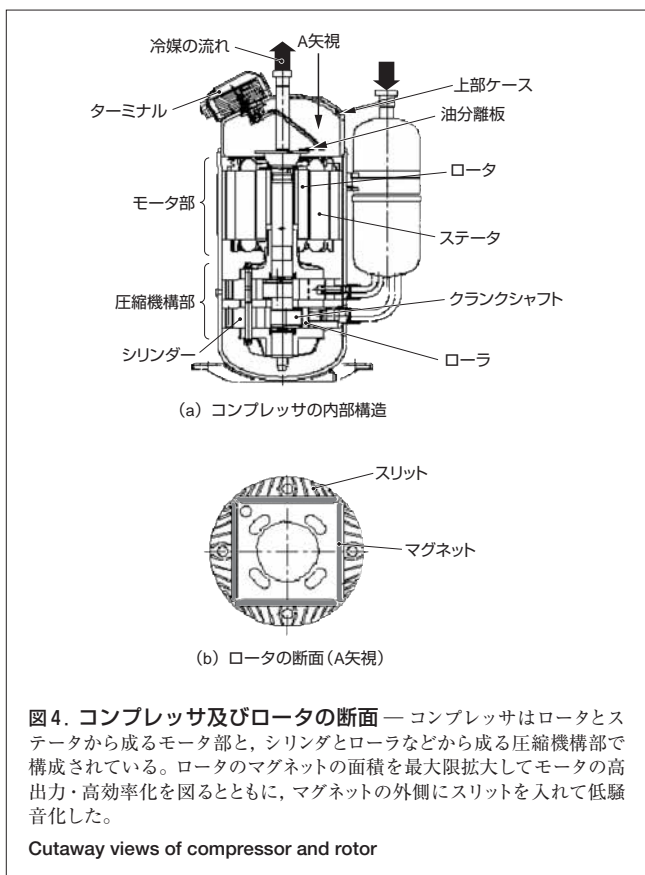
以下に、今回開発した技術について述べる。

4.1 大容量DCツインロータリコンプレッサ

当社は、16.0kW(6馬力)クラスのサイズで、28.0kW用としては業界No.1^(注3)の小型で軽量の高效率コンプレッサを開発した。

図4に示すように、このロータリコンプレッサは、ロータとステータから成るモータ部と、シリンダとローラなどから成る圧縮機構部で構成されている。最大の技術課題は、小型DC(直流)モータの高出力・高効率化であった。今回、希土

(注3) 2006年8月現在、当社調べ。



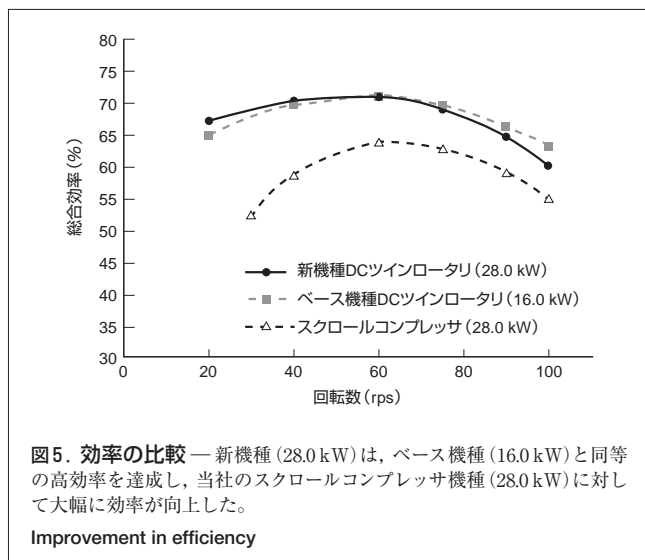
類マグネットの磁力を最大限に引き出す寸法を電磁解析により選定し、マグネットの磁力面積を最大限拡大した最適設計により課題を克服した。また、低騒音化にも配慮して、スリット機構をロータに折り込んだ。

圧縮容積アップについては、16.0 kW用のサイズをベースにしてコンパクト性を維持するため、シリンダの高さ方向の寸法を増やした。また、循環流量が増加するため、吐出ガスの経路を拡大して圧力損失の低減を図った。

今回開発の28.0 kWクラス、ベースの16.0 kWクラス、及び従来の28.0 kWクラスのスクロールコンプレッサとの効率比較を図5に示す。

今回開発の機種は、従来の当社スクロールコンプレッサに対して効率は5～15ポイントと大幅に向上し、コンプレッサの容積で80%減、質量で70%減と大幅に小型・軽量化を実現している。

一方、信頼性に関しては、安定した潤滑を行うためにケース内に適量の油量を確保する必要があるが、ケースから吐き出される油量(吐油量)をコントロールすることが重要である。この開発では、上部ケース空間の容積を増やし、油分離板と吐出管開口端の距離を最適化することにより、28.0 kWクラスでありながら、吐油量は当社比較で16.0 kWクラス以下のレベルを維持することができ、常に最適な油量を確保することができた。

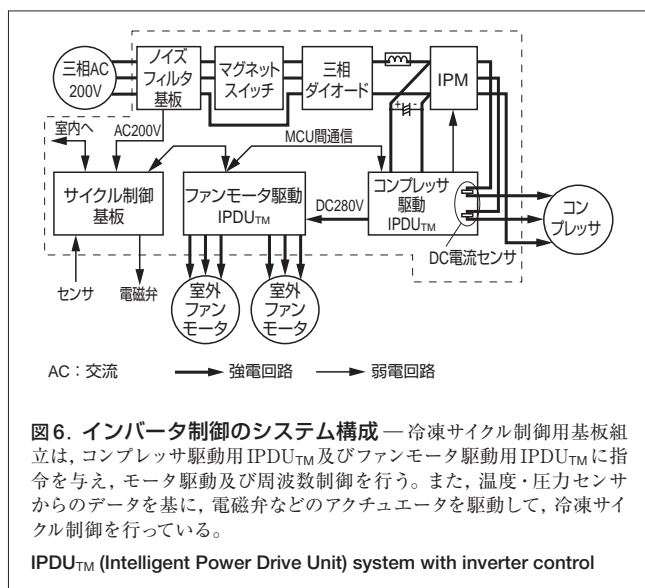


また、28.0 kWクラスでは電流が大きくなるために、ロータリコンプレッサでは初めて、リード線接続ねじ止め式のストラップ仕様のターミナルを採用し、電気安全に対する余裕も確保した。

4.2 小型インバータ

この機種に使用するインバータ制御装置は、基板組立4枚(冷凍サイクル制御、ファンモータ駆動、コンプレッサ駆動、及びノイズフィルタ)や、リアクトル、電解コンデンサ、三相整流ダイオード、IPM (Intelligent Power Module) などの主回路部品を搭載した。その構成を図6に示す。

システムは、冷凍サイクル制御用基板組立が中心となって動作しており、室内機からの運転指令を受けた冷凍サイクル制御用基板組立からコンプレッサ駆動用IPDU™ (Intelligent Power Drive Unit) 及びファンモータ駆動用IPDU™に指令を与え、モータ駆動及び周波数制御を行う。また、温

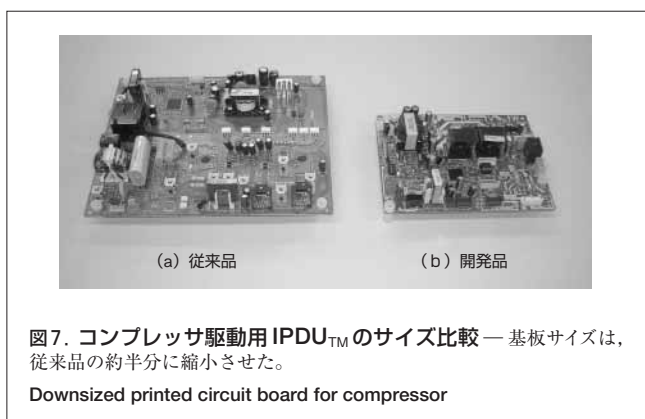


度・圧力センサからのデータを基に、電磁弁などのアクチュエータを駆動して、冷凍サイクル制御を行っている。

これらの部品で構成されるインバータ制御装置を薄形・小型筐体(きょうたい)に搭載するため、以下に述べる開発に注力した。

4.2.1 コンプレッサ駆動用 IPDU_{TM} この機種では、コンプレッサ駆動時の最大電流値が実効値で約40 Aにもなる。従来どおりの設計で基板上に40 Aもの電流を流す場合、幅広のパターンを必要とするため小型化が難しい。このため、低損失の駆動素子75A IPMを新規に採用し、大容量コンプレッサ用IPDU_{TM}を開発した。

IPMでは、コンプレッサへの接続リード線をねじ端子で駆動素子に直接接続する構成となるため、大電流を基板のパターンに流す必要がなくなり、**図7**に示すように、従来品と比較して基板サイズを約1/2に縮小し、小型化した。



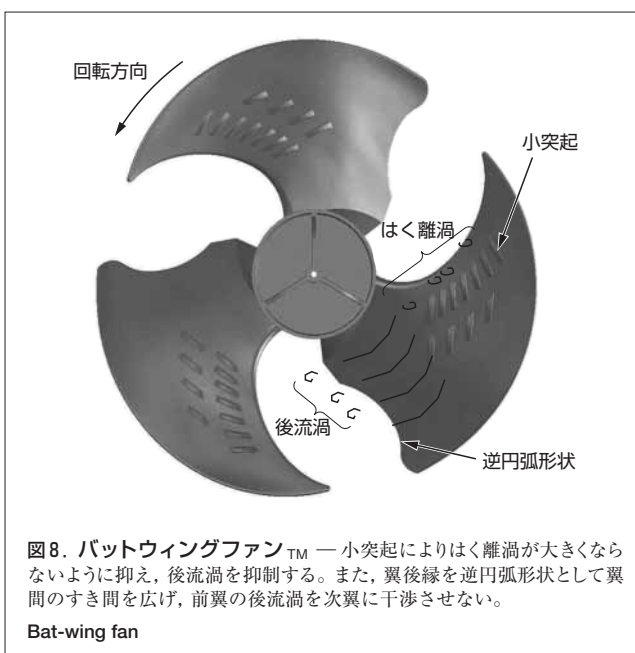
また、モータ駆動にはベクトル制御を採用しているが、この制御に不可欠な電流センサは、大電流検出用にリード線を貫通させて検出するタイプを新規に採用している。

4.2.2 ファンモータ駆動用 IPDU_{TM} この機種では、100 WDC ファンモータを2基同時に駆動することが可能なファンモータ駆動用IPDU_{TM}を開発した。1個のMCU (Micro Control Unit)で2回路のインバータ駆動を実現しており、更に、放熱を強化するためのヒートシンクサイズと筐体構造の変更及び、スムーズなモータ駆動をするための制御の最適化を行った。

4.3 室外プロペラファン

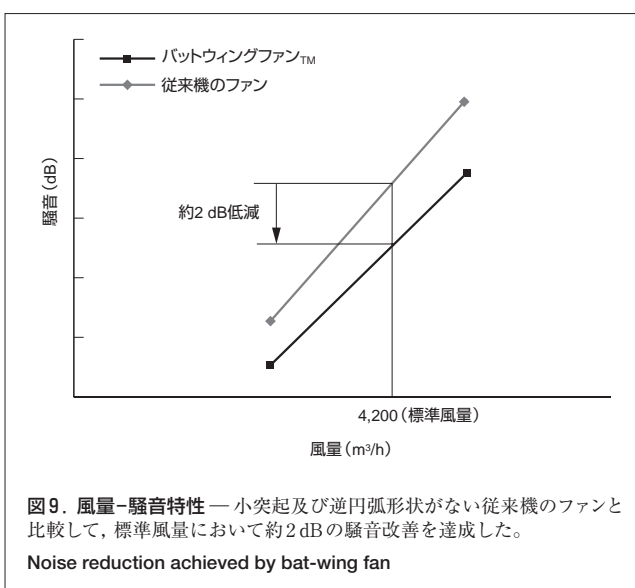
28.0 kW クラスでは、小型の室外機にするために、従来は2列であった熱交換器を3列で設計した。しかし、熱交換器“トリックスエバ”は、3列であるがゆえに通風抵抗が増大し、従来機のファンで同じ風量を確認しようとすると、標準風量比較で騒音値が約2 dB悪化したため、新型のファン開発を行った。

高静圧及び低騒音という課題を解決するため、**図8**に示す



ように、負圧面に小突起を新設し、翼後縁は逆円弧形状とした。小突起には、翼の回転により生じた気流(はく離渦)を小さな渦の流れにして翼表面に沿わせる効果があり、翼後縁に生じる乱流(後流渦)の発生を抑制することができる。また、翼後縁を逆円弧形状として翼間のクリアランスを広くすることで、前翼で生じた後流渦が次翼と干渉しないようにした。

これにより新たに開発したファン“バットウィングファン_{TM}”は、**図9**に示すように、従来機の小突起及び逆円弧形状がないファンと比較して、標準風量において約2 dBの騒音改善を達成し、トリックスエバと組み合わせても従来機と同等の運転音を実現した。これは、10年前の当社の一定速機と比較して、格段に静音性が向上していることになる。



5 新機種による効果

5.1 運転音の低減による快適環境

周辺住民への快適性を考慮し、図10に示すように、年間を通して発生頻度の高い外気温28℃以下での運転時に、運転音が45dB以下になる“自動静音モード”を採用した。また、常に45dB以下で運転する“冷房運転時の夜間低騒音モード”を採用し、環境基本法の夜間住宅地騒音規制値を満足した。

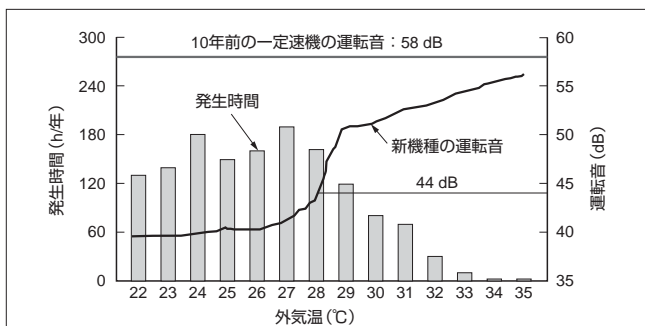


図10. 外気温別の年間発生時間と室外機運転音 一年間を通して発生頻度の高い外気温28℃以下で、運転音45dB以下となっている。グラフはP280形の場合を示している。

Histogram of outdoor temperature and noise level over 1-year period

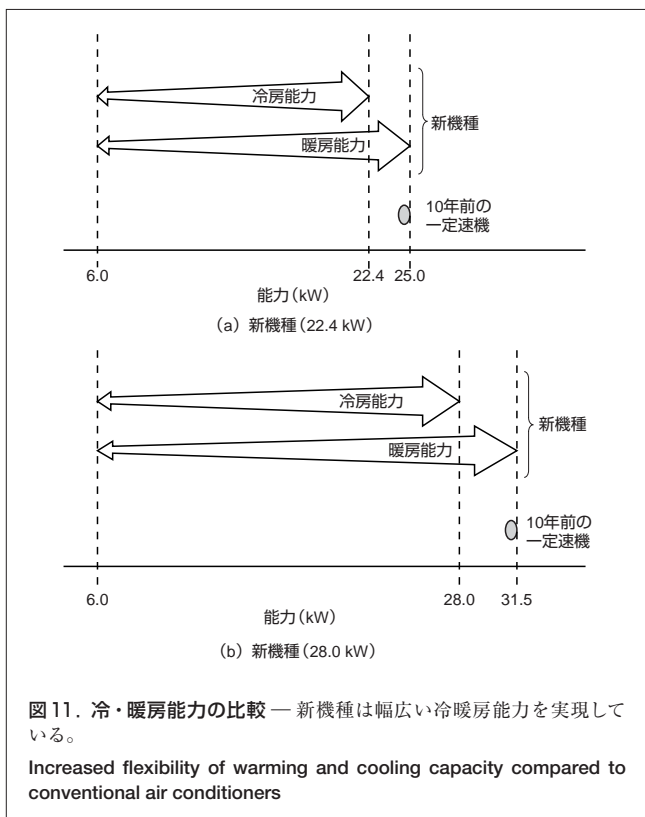


図11. 冷・暖房能力の比較 新機種は幅広い冷暖房能力を実現している。

Increased flexibility of warming and cooling capacity compared to conventional air conditioners

5.2 広い冷暖房能力による快適環境

図11に示すように、中低温域の広い範囲で調整できる冷暖房能力を実現した。これにより、低温域ではコンプレッサのオン/オフ回数を減少させ、年間消費電力量の低減と快適性の向上を実現することができた。また、中温域では温度むらの少ない快適環境を実現することができた。

6 あとがき

今後も、快適性や省エネ性、地球環境への配慮など、これからの空調機に求められる性能をいち早く実現するため、当社の3大コア技術であるR410A冷媒の冷凍サイクル技術、DCツインロータリコンプレッサ技術、及びベクトル制御インバータ技術を更に進化させ、今まで以上にコンパクト性と省エネ性、及び信頼性に優れた製品を社会に提供していきたい。



奥津 一人 OKITSU Kazuto

東芝キャリア(株) 中形空調設計部。主に店舗・オフィス用中形空調機の開発・設計業務に従事。
Toshiba Carrier Corp.



高坂 元俊 KOUZAKA Mototoshi

東芝キャリア(株) コンプレッサ技術部主務。主にDCツインロータリコンプレッサの開発・設計業務に従事。
Toshiba Carrier Corp.



高田 鉄平 TAKADA Teppei

東芝キャリアエンジニアリング(株) 設計部。インバータ制御器の開発・設計業務に従事。
Toshiba Carrier Engineering Co., Ltd.