

省電力化が進む家庭用ルームエアコン“大清快™”

DAISEIKAI™ Room Air Conditioner with Advanced Energy-Saving Technologies

佐藤 雄彦 北市 昌一郎 井手 伸一

■ SATO Takehiko ■ KITAICHI Shoichiro ■ IDE Shinichi

地球温暖化対策として二酸化炭素 (CO₂) の排出量を削減するために、家庭における空調機使用時の消費電力の低減は重要な課題である。

東芝キャリア (株) は、この課題を解決するために、家庭用ルームエアコン“大清快™”のUDRシリーズを開発した。エアコンの使用時間が増加傾向にある特に小能力域での省エネ性を高めるため、エアコンの心臓部であるコンプレッサに内蔵している二つの圧縮室の稼働状態を負荷に応じて自動可変する機構をもつ“デュアルコンプレッサ”を採用した。これにより、低負荷運転時の消費電力が低減できるとともに、その“見える化”によってユーザーの省エネ行動が喚起できる。

In response to the worldwide demand for the reduction of carbon dioxide (CO₂) emissions, there is a strong need for improvement in energy conservation of room air conditioners in individual homes.

Toshiba Carrier Corporation has developed the DAISEIKAI™ UDR series room air conditioner for home use. The DAISEIKAI™ UDR series features a dual compressor controlled by an automatic cylinder shift control mechanism that realizes a wide capacity control range by switching from two-cylinder drive to single-cylinder drive, providing excellent operating efficiency at low load. The power consumption in low-load operation is reduced to 45 W, which is comparable to that of a room fan.

1 まえがき

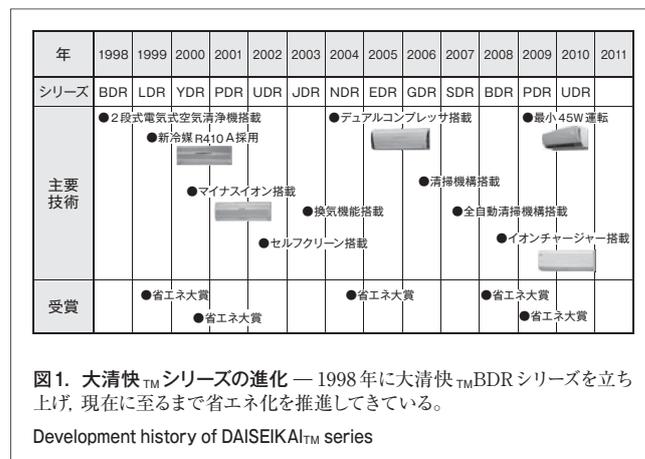
家庭内の電力需要の約1/4を占めるといわれる空調機の消費電力の削減は、家庭からのCO₂排出量を抑制するための重要な課題である。東芝の家庭用ルームエアコン“大清快™”シリーズは、2008年と2009年モデルで2年連続の「省エネ大賞」を受賞しており、今回、この優れた省エネ性を引き出すソフトウェア面を充実させ、よりいっそうの省電力化を実現した2010年モデルのUDRシリーズを開発した。ここでは、この新シリーズの特長について述べる。

2 大清快™シリーズの進化

当社の家庭用ルームエアコン大清快™シリーズの進化のようすを図1に示す。

2008年モデルとして、省エネ性と高い空気清浄能力を実現した大清快™BDRシリーズを開発した。新しく1サクション方式のツインロータリコンプレッサを開発し、当社独自のスマート・プレ・スッチング™回路インバータの採用により、使用頻度の高い運転域での効率を改善した。また、空気清浄ユニットの通風抵抗を大幅に低減したプラズマ イオン チャージャーを開発し、モデルRAS-402BDRで、業界トップ^(注1)の通年エ

(注1) 2007年11月現在、当社調べ。



ネルギー消費効率 (APF: Annual Performance Factor) 6.2 を実現し、2008年に省エネ大賞を受賞した。

2009年モデルのPDRシリーズでは、省エネ性の高いエアコンの普及促進の観点から、買替え需要に対応するため、前年モデルより幅を50 mm 短くして790 mmとした、据付けの制約が少ないコンパクト室内機をラインアップし、2010年の省エネ法達成基準値 (寸法規制区分) をクリアした。新しく開発した“デュアルコンプレッサ”の搭載で、小能力での運転可能領域の拡大と、室温安定時には扇風機並みの最小45 Wの消費電力での空調を可能にした。また、室内機前面パネルに、消費電力や運転開始からの積算電気代などを表示する“エネルギーモニ

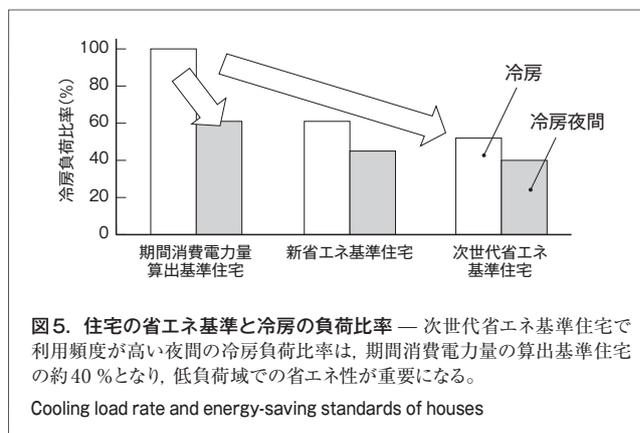
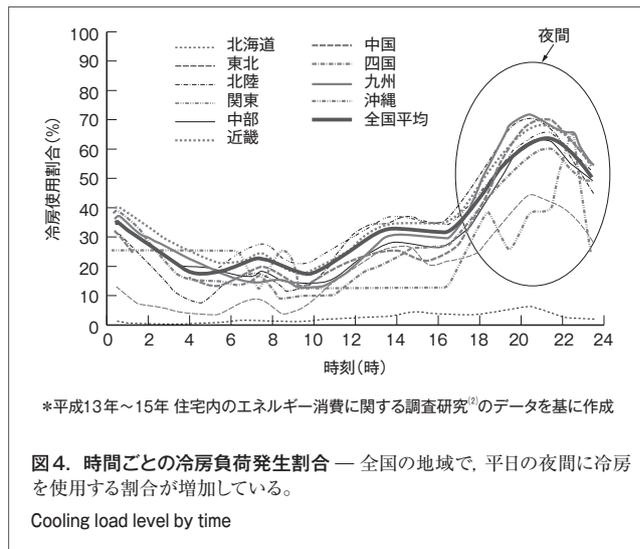
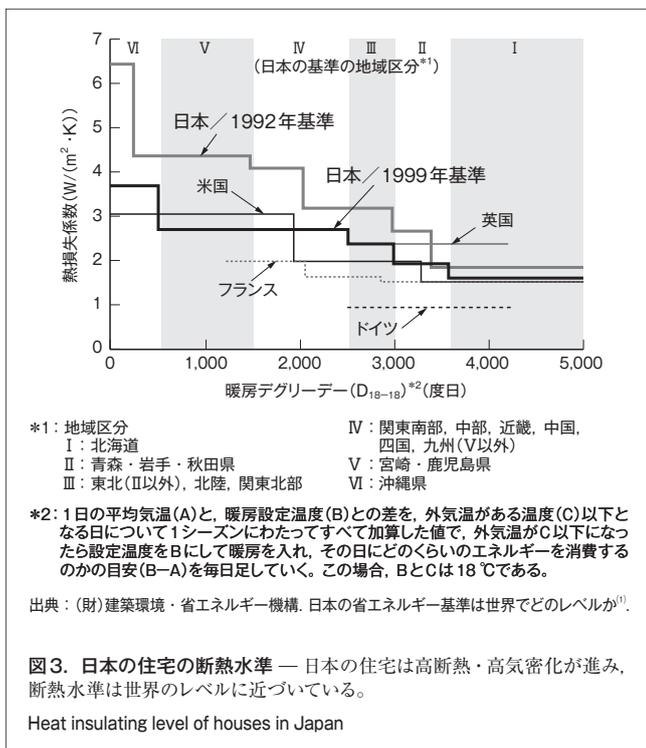


タ”を搭載し、使い方の違いで消費電力がリアルタイムに変化するユーザーが実感できるようにして、省エネ意識の向上と行動の喚起を図った。これらが評価され、大快™シリーズとして2年連続となる2009年に省エネ大賞を受賞した。

2010年モデルとして、大快™の優れた省エネ性を引き出すソフトウェア面を充実させ、より省電力で運転できる“涼風運転”、“いつでもダッシュ運転”、“とくダネリモコン”を搭載したUDRシリーズを開発した。リモコン、室内機、及び室外機を図2に示す。

3 低負荷領域の省エネ性とデュアルコンプレッサ

国土交通省の「住宅基本法 — 住生活基本計画(全国計画)」では、新築住宅の1999年次世代省エネ基準達成率を、2004年の32%から2008年には50%に上昇させることを目指してきた。既に、住宅の高断熱化と高气密化が進み、図3に



示すように、日本の住宅の断熱レベルは世界水準に近づいてきている¹⁾。これにより住宅の空調負荷は大幅に減っており、次世代省エネ基準住宅では、利用頻度が高い夜間の冷房負荷比率は期間消費電力量算出基準住宅の約40%となり、低負荷域での省エネ性の追求が必要とされている。時間ごとの冷房負荷の発生割合を図4に、住宅の省エネ基準と冷房負荷比率を図5に示す。

3.1 デュアルコンプレッサ

前述のように空調負荷が低くなる傾向にあり、空調機の中～小能力域での運転が増大しているため、冷暖房時の消費エネルギーのほとんどを占めるコンプレッサは、より広範囲での効率向上を求められている。小さい能力域では小さい排除容積のコンプレッサ(小容量コンプレッサ)、大きい能力域では大きい排除容積のコンプレッサ(大容量コンプレッサ)が効率面で理想的である。これを両立させるため、当社独自技術である“デュアルコンプレッサ”(図6)の更なる性能向上に取り組んだ。このコンプレッサの特長は、内蔵している二つの圧縮室(以下シリンダと呼ぶ)の運転を負荷に応じて自動可変する機構を備えていることで、高負荷時には2シリンダ、低負荷

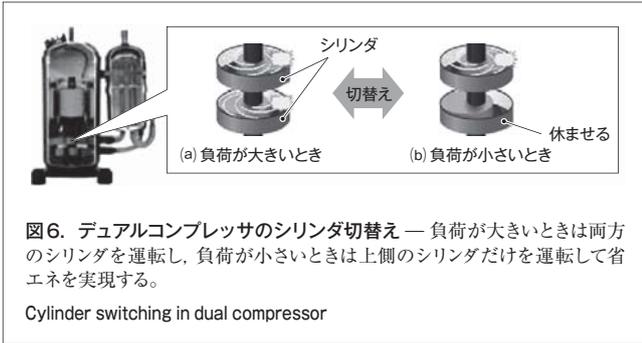


図6. デュアルコンプレッサのシリンダ切替え — 負荷が大きいときは両方のシリンダを運転し、負荷が小さいときは上側のシリンダだけを運転して省エネを実現する。

Cylinder switching in dual compressor

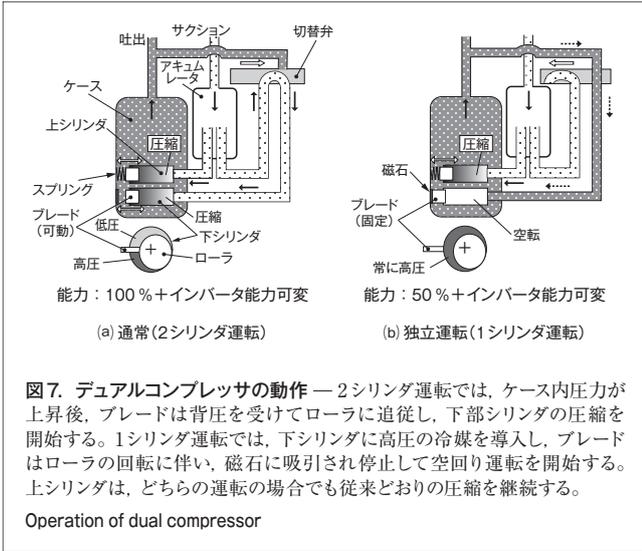


図7. デュアルコンプレッサの動作 — 2シリンダ運転では、ケース内圧力が上昇後、ブレードは背圧を受けてローラに追従し、下部シリンダの圧縮を開始する。1シリンダ運転では、下シリンダに高圧の冷媒を導入し、ブレードはローラの回転に伴い、磁石に吸引され停止して空回り運転を開始する。上シリンダは、どちらの運転の場合でも従来どおりの圧縮を継続する。

Operation of dual compressor

時には1シリンダで圧縮する。この動作機構を図7に示す。今回、低負荷つまり1シリンダだけ運転したときの機械損失及びモータとインバータ損失の低減によって、安定時に最小45Wという扇風機並みの省電力運転を実現した。また、APF向上のため、定格及び中間能力域での効率改善についても、運転切替配管長の短縮、高密度巻き線、及び機械損失低減など最新の技術要素をすべて投じており、これらにより最小能力域から最大能力域までの広い範囲で高効率運転を実現した。

3.2 中間能力以下で運転するときの省エネ性向上

コンプレッサ総合効率と冷房能力ごとの年間冷房負荷発生時間を図8に示す。冷房能力2.8kWに対して1.2kW以下の中間から低負荷領域での冷房負荷発生時間が多く、1シリンダ運転の場合、新デュアルコンプレッサでは従来のデュアルコンプレッサより総合効率が3~5%向上する。

また、室温が設定温度に近づく安定時には更に低負荷域となる。BDRシリーズのツインロータリコンプレッサでは断続運転となるが、UDRシリーズのデュアルコンプレッサでは1シリンダでの低回転数連続運転が可能となり、UDRシリーズの消費電力は平均53Wで、BDRシリーズに対し約44%減少した。これは、近年の住宅の省エネ性向上により、1シリンダ運転が有効となる側へ更にシフトしていくと考えられる。冷房能力2.8kW、

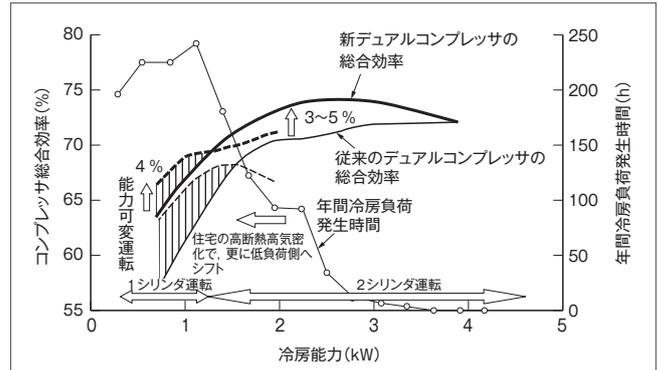


図8. コンプレッサ総合効率と冷房能力ごとの年間冷房負荷発生時間 — 冷房能力2.8kWに対して1.2kW以下の中間から低負荷領域での冷房負荷発生時間が多く、1シリンダ運転の場合、新デュアルコンプレッサでは従来のデュアルコンプレッサより総合効率が3~5%向上する。また、1シリンダの能力可変運転では、新デュアルコンプレッサの総合効率は従来のそれより約4%向上する。

Efficiency of compressor and annual cooling load time by cooling capability

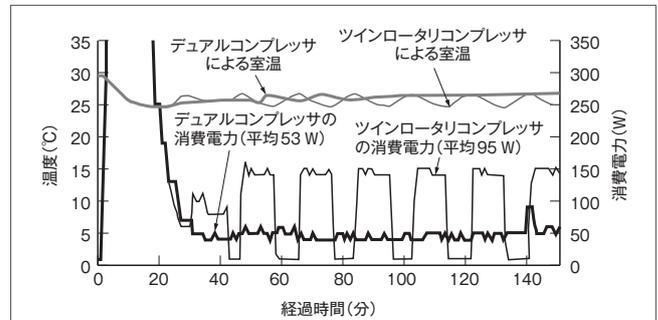
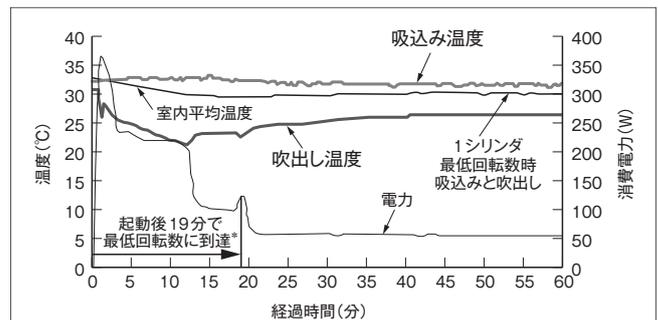


図9. ツインコンプレッサとデュアルコンプレッサの低負荷域での消費電力と運転状態 — 室温が設定温度に近い低負荷域では、ツインロータリコンプレッサは断続運転になるが、デュアルコンプレッサは1シリンダでの連続運転が可能となり、消費電力が約44%減少する。

Operating condition of twin rotary compressor and dual compressor at low load



*涼風運転モードで運転を開始したときは、最初から1シリンダの最低回転数運転ではなく、コンプレッサの保護のため、まず通常運転を行い約19分後に最低回転数の運転に到達する

図10. 涼風運転時の消費電力と運転状態 — 涼風運転を選択すると、運転開始後約20分で安定運転になり、室温33℃より約4~5℃低い温度の風が吹き出される。

Operating condition in "cool breeze operation" mode

10畳の当社環境試験室、外気温度31℃、設定温度27℃という条件下での、冷房の消費電力と運転状態を図9に示す。

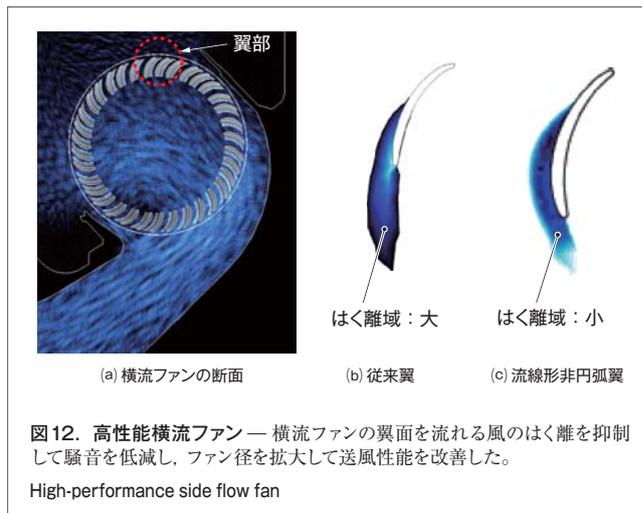
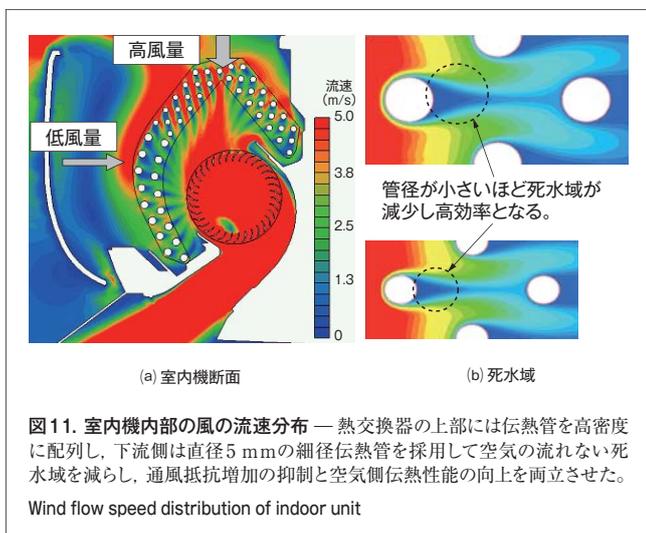
快適性と省エネをいっそう進化させるため、2010年モデルのUDRシリーズでは、低消費電力での運転を選択できる“涼風運転”を新たに搭載した。運転の開始から約20分後に安定運転になり、室温より約4～5℃低い温度の風を吹き出し、涼風感と省エネを両立させている(図10)。

4 省エネ機器を普及拡大させるコンパクト室内機

1998年に販売された全社の商品を対象にした当社の調査によれば、室内機の幅寸法を800mm以下にすれば、同じ場所に90%以上が据付け可能となる。そこで壁や半間に収まる省スペースサイズとなったことで、エアコンの買替え需要のほとんどに対応することができるように、省エネ機器の普及拡大が期待される。これには、新しく開発した熱交換器と送風機の大幅な性能向上が寄与している。

4.1 異径ハイブリッド円弧熱交換器

室内機のコンパクト性と高い熱交換性能を発揮するため、“異径ハイブリッド円弧熱交換器”を開発した。室内機特有の吸込風量分布や冷媒回路に合わせて管径やスリット形状を選定し、管配列を基本から見直して最適化を図った。熱交換器上部は吸込形態から風量が多くなるため、伝熱管を3列化して高密度管配列にする代わりに、下流側2列には直径5mmの細径伝熱管を採用し、空気の流れない死水域を減らしながら通風抵抗増加の抑制と空気側伝熱性能の向上を両立させた。また、下方部については、流入風量はやや少なめとなるため、管列は2列で直径を7mmとし、密なスリット配置にして空気側抵抗と伝熱促進をバランスよく両立させ、管内圧力損失増加の抑制も図った。これらの基本設計の結果、熱交換器の長さが639mmでありながら単体の熱交換効率率は104%となり、従来機種種の690mmに対して小形化すると同時に性能を向上させた(図11)。



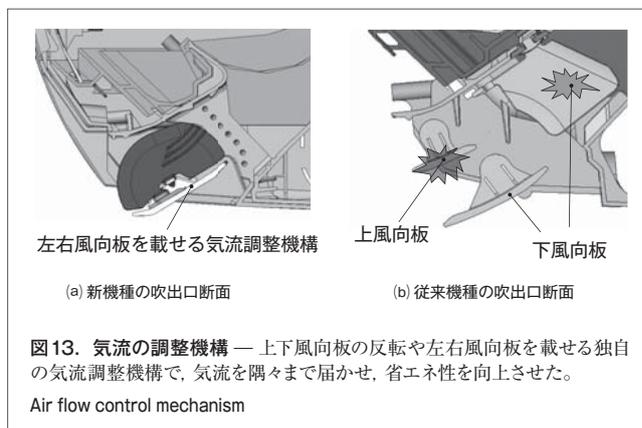
4.2 高性能横流ファン

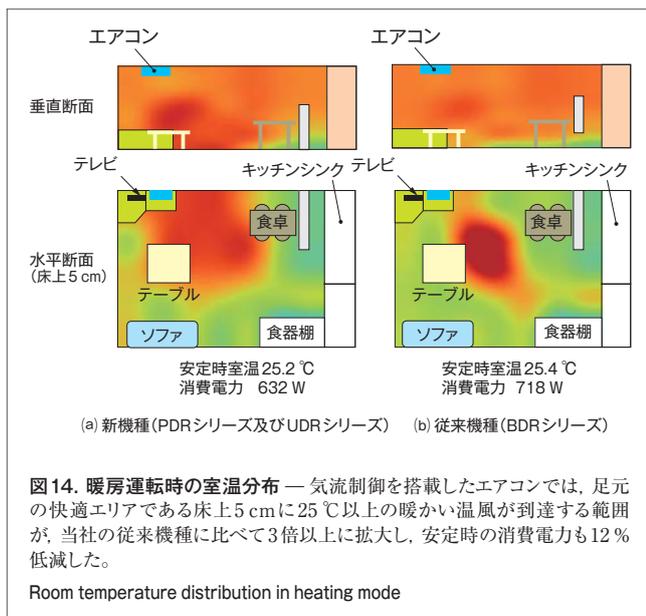
筐体(きょうたい)の幅を790mmに短縮するのに伴い、送風性能の改善のため、ファン径を拡大し翼形状を流線形非円弧翼にした横流ファンを開発した。流線形非円弧翼は、翼面の風の流れを流体シミュレーションによって解析し、最適化を図ったものであり、従来型の翼断面に対して翼面を流れる風のはく離を抑制し、騒音の低減とファン効率の向上を実現した。寸法規定の2010年APF基準値クリア機種と筐体幅が同じ機種に対し、同一風量時で消費電力を約18%、騒音を2.3dB低減した(図12)。

4.3 省エネと適性を両立した気流制御

居室内でのエアコンの据付け位置によらず、気流を隅々まで届かせ、むだなく室内を空調することが省エネ性向上のために重要である。今回、上下風向板を反転させることで、冷房時の水平風向特性に加えて暖房時の下吹き特性を向上させた。また、この上に左右風向板を載せる独自の気流調整機構で、左右風向の可変幅と風量低下を大きく改善した(図13)。

この気流制御機能を搭載したエアコンを部屋の左隅に設置し、温風を右方向へ吹き出す暖房運転を想定したときの、室温分布の比較を図14に示す。冷房能力4.0kWクラス、17.5

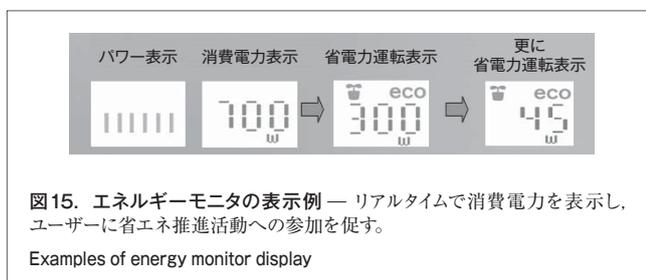




畳の当社環境試験室、外気温度2℃、設定温度25℃という条件で、この比較を実施した。足元の快適エリアである床上5 cmの25℃以上の暖かきの温風到達範囲が、当社の従来機種に比べて3倍以上に拡大し、安定時の消費電力も12%低減した。これは送風損失を低減し、反転風向板の効果も重なって、下吹き特性が改善した結果である。

5 省エネを見える化したエネルギーモニタ

“省エネ見える化”を実現し、ユーザーに省エネ推進活動への参加を促すため、室内機の前面パネル部にエネルギーモニタを搭載し、リアルタイムで消費電力を表示するようにした(図15)。これによりユーザーは、扉やカーテンの開閉など工夫したいで変化する消費電力を見ることで省エネ効果を実感できるので、ユーザー参加型の楽しめるエコ活動をサポートすることができる。



6 エアコンでの暖房

エアコン暖房の普及のために、暖房の不満点である“なかなか温風が出ない”、“出始めの温風が冷たい”という課題の

克服が必要である。デュアルコンプレッサの特長である1シリンダ運転によるヒートポンプを用いた低消費電力の余熱運転を行うことで、低い回転数でコンプレッサを運転させ、室内熱交換器をあらかじめ暖めておく。これにより、室内7℃で室外2℃という条件のとき、約40℃の温風を吹き出すまでの時間を約1分にし、従来機種に比べ1/3に短縮した。

7 あとがき

東芝グループは、環境配慮項目を製品別の環境自主基準として設定し、環境調和型製品 (ECP: Environmentally Conscious Products) の創出を図っている。中でも、主要環境性能が業界トップの製品を“エクセレントECP”として位置づけている。PDRシリーズのうち4機種は、主要環境性能であるAPFが業界トップクラスとして2009年度にエクセレントECPに認定された。

2010年モデルの大清快_{TM}UDRシリーズは、ソフトウェア面を更に充実させて優れた省エネ性を引き出し、より省電力で運転できる“涼風運転”、“いつでもダッシュ運転”、“とくダネリモコン”などの機能を搭載した。今後も、デュアルコンプレッサに代表される当社独自の技術で、大清快_{TM}の更なる進化に注力していく。

文献

- 1) 建築環境・省エネルギー機構. “日本の省エネルギー基準は世界でどのレベルか”. <<http://www.ibec.or.jp/pdf/sjuutaku8.htm>>, (参照 2009-09-11).
- 2) 日本建築学会. “住宅用エネルギー消費と温暖化対策検討委員会”. <<http://tkkankyo.eng.niigata-u.ac.jp/HP/HP/database/index.htm>>, (参照 2009-09-11).
- 3) 関 勇輔, ほか. “低負荷域で高効率を発揮するコンパクトな省エネルームエアコンの開発”. 第43回空気調和・冷凍連合講演会 論文集. 東京, 2009-04. 日本冷凍空調学会, 2009, p.159-162.



佐藤 雄彦 SATO Takehiko

東芝キャリア(株) 技術本部 空調換気設計部長。家庭用ルームエアコンの設計・開発に従事。
Toshiba Carrier Corp.



北市 昌一郎 KITAICHI Shoichiro

東芝キャリア(株) 技術本部 コンプレッサ設計部グループ長。ロータリコンプレッサの設計・開発に従事。日本金属学会会員。
Toshiba Carrier Corp.



井手 伸一 IDE Shinichi

東芝キャリア(株) 技術本部 機能部品設計部長。空調機の機能部品の設計・開発に従事。
Toshiba Carrier Corp.