

次世代家庭用ルームエアコン Air Quality Conditioner “大清快™”

“Air Quality Conditioner DAISEIKAI” Room Air Conditioners
with High Efficiency and Comfortable Air Stream

清水 克浩

■ SHIMIZU Katsuhiko

竹谷 伸行

■ TAKEYA Nobuyuki

杉崎 智子

■ SUGISAKI Satoko

東芝キャリア(株)は、近年増加している高気密・高断熱住宅や既存の木造住宅など、あらゆる住宅において省エネ性、快適性、空気清浄性を高次元で実現したエアコン Air Quality Conditioner “大清快™” シリーズを商品化した。

省エネ性では、世界初の可変シリンダ機構を採用した“デュアルステージコンプレッサ”を搭載することによって業界 No.1 の省エネ性を実現し、(財)省エネルギーセンターの2003年度の省エネ大賞を受賞した。快適性では、エアコンの風による肌の乾燥を抑制する業界初の“肌ケア機能”を搭載し、女性や赤ちゃんが気にする肌への刺激を抑える新しい空調方式を開発した。空気清浄性では、建築基準法に適合した換気設備として利用できる“新換気ユニット”を搭載し、除菌プラズマ空気清浄器などとの組合せで、安全な空質環境を実現した。

Toshiba Carrier Corporation has recently launched the “Air Quality Conditioner DAISEIKAI” series of room air conditioners on the market, offering greatly enhanced energy-saving and the ability to supply comfortable and healthy air in all types of residences. This series is equipped with a dual-stage compressor that incorporates a variable-cylinder system for the first time in the world, in which one of the two cylinders can be stopped. This new technology has realized the top level of energy-saving in the industry, winning the Energy-Saving Award of the Energy Conservation Center, Japan in fiscal 2003. These air conditioners are equipped with “skin-care mode,” which softens dry skin, as well as a new ventilating unit and a plasma air purifier to eliminate dust particles and contaminated air.

1 まえがき

エアコンの消費電力は家庭内消費電力量の約20%とトップを占め、二酸化炭素排出抑制の意味からも、省エネは市場のニーズであるとともに社会的な要請にもなっている。東芝キャリア(株)は、1993年に業界初の省エネエアコンを商品化して以来、各種技術開発を推進し、1998年には新省エネ法の2004年エネルギー消費効率の目標基準値に選定されるなど、先駆者として業界をリードしてきた。

一方、近年、高気密・高断熱の住宅(以下、省エネ住宅と言う)が増加しており、当社の調べでは、JISで定められた期間消費電力量評価基準の建物断熱性能を超える省エネ住宅の国内構成比が約60%を占めている。これら省エネ住宅に設置されたエアコンは、部屋の断熱性が優れているために、比較的小さな冷暖房能力で運転される頻度が高く、反面、従来あまりエアコンを使用しなかった春秋の季節では、照明や家電製品、人体からの熱が室内に滞留するために、冷房運転する機会が増えている。このように、年間を通じてエアコンの使用頻度が増えているが、運転時間の大半が低い冷暖房能力での使用である。特に省エネ住宅では、エアコンがインバータ能力可変範囲を超えてオン/オフ運転を行うことが多く、“温度変化が激しい”、“除湿できない”、“機器効率が低下”など、快適性や省エネ性の弊害が発生している。

ほかにも、エアコンの使用頻度の増加により、肌がエアコンの風にさらされる時間が増え“肌の乾燥が進む”という問題や、高気密化により建材や家具から発生する化学物質が室内に滞留し、シックハウス症候群やアレルギーに悩む人が増えるなど、健康上の問題も発生している。

当社は、これら住宅事情の変化に起因する問題に対応す



図1. Air Quality Conditioner “大清快™” シリーズ—代表機種 RAS-285NDRの室内機(幅840×奥行198×高さ298 mm)と室外機(幅780×奥行298×高さ550 mm)である。

“Air Quality Conditioner DAISEIKAI” series room air conditioner

るため、次の三つの新機能を搭載する新製品 Air Quality Conditioner “大清快™”シリーズを開発した(図1)。

- (1) 最小能力範囲の拡大と省エネ性を改善する、世界初の可変シリンダ機構付き“デュアルステージコンプレッサ”
- (2) エアコンの風による肌の乾燥を抑制する“肌ケア機能”
- (3) 改正建築基準法適合性能の換気風量を発生する“新換気ユニット”

2 製品概要

Air Quality Conditioner “大清快™”の製品概要について、以下に述べる。

- (1) 新開発のデュアルステージコンプレッサを全9機種(冷房能力2.2~7.1 kW)に搭載し、代表機種の2.8 kWクラスでは、冷暖房の平均エネルギー消費効率が6.27と業界No.1の省エネ性を達成した。可変シリンダ機構の効果により期間消費電力量は、1980年(昭和55年)以降の第一次省エネ基準相当住宅(例:2×4木造住宅、住宅の断熱性能を表す指標のQ値は5 W/m²K(ケルビン))の場合で、11年前のエアコンの1/4となる459 kWhまで低減した。1980年以前の既存木造住宅(Q値は10 W/m²K)の場合でも、1/2の891 kWhまで低減し、業界No.1を達成した。また、最小能力を0.3 kWへ引き下げ、能力可変幅を最大/最小能力比で過年度の18倍から27倍へと大幅に拡大し、連続運転性を高めている。
- (2) 肌がデリケートな女性や赤ちゃんにも安心してエアコンを使うことができる肌ケア機能を採用した。居住域の風速を人が感じない5 cm/s以下にすることで、通常運転に対して肌の水分量を約2ポイント改善し、肌への負担を軽減した。
- (3) 改正建築基準法に適合する換気風量を発生する新換気ユニットを採用した。部屋の空気を2時間に1回入替えが可能な排気能力により、ホルムアルデヒドなどの汚染物質を屋外へ排出する。
- (4) 業界No.1の性能を持つ除菌プラズマ空気清浄機(JEM基準12畳相当^(注1))と、機内を清潔に保つ高速セルフクリーンとマイナスイオンの寿命が2倍となった長持ちイオンチャージャーを採用し、健康と快適性を向上させた。
- (5) “業界No.1の省エネ性”を、省エネ性とは相反する“業界最小の薄型室内筐体(きょうたい)”で実現した。筐体厚さを従来比で38 mm縮小することで、壁からの出っ張り感を抑制した。

上記(1)~(3)について、更に、詳細を以下に述べる。

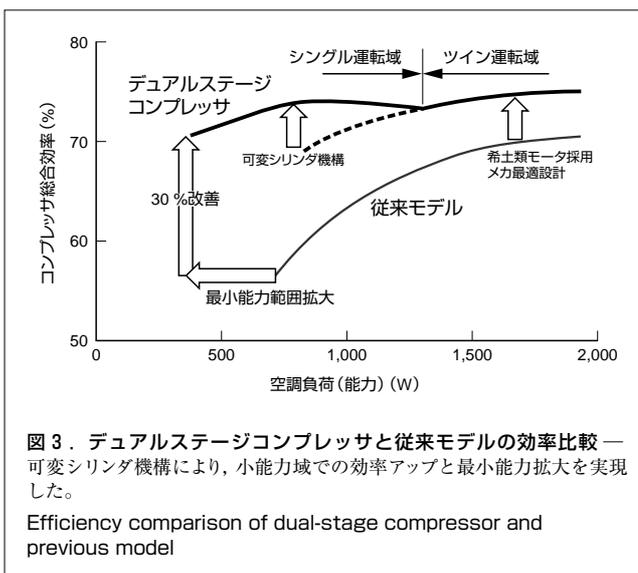
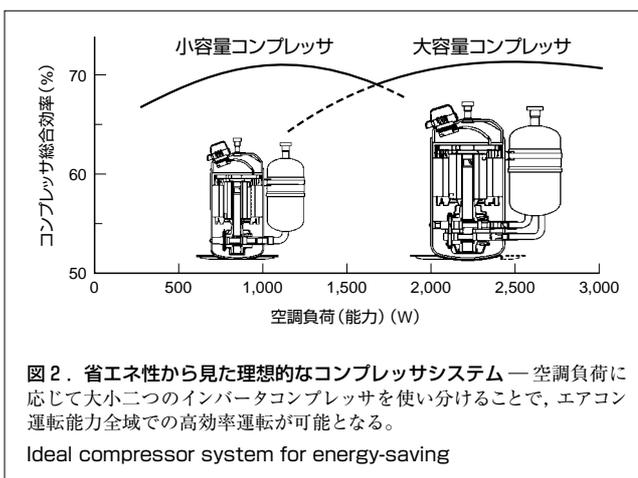
(注1) 家庭用空気清浄機の集じん性能の評価基準(JEM1467日本電機工業会規格)において、12畳相当の集じん性能があることを意味する。

3 省エネ性

3.1 デュアルステージコンプレッサ

既存のコンプレッサ効率は定格能力付近にピークをもち、ほかの領域、特に小能力側(低回転側)の効率が、モータ効率の悪化や圧縮室漏れ損失などの固定損失によって大きく低下する。小能力の発生頻度が高い省エネ住宅や大能力の発生頻度が高い既存木造住宅を含むあらゆる住宅で省エネ性を実現するには、能力可変幅全域での高効率特性が必要であり、図2のように、小容量と大容量のコンプレッサを同一のエアコンに搭載し、効率の良いコンプレッサを選択して切り換えるシステムが理想である。当社は、二つの冷媒圧縮室を持つツインロータリ構造を採用してきたが、この二つの圧縮室を独立する小さな二つのコンプレッサと考え、小能力域で一つの圧縮室(シングル運転:能力50%)、大能力域で二つの圧縮室(ツイン運転:能力100%)の運転に切り換える可変シリンダ機構を開発した。

デュアルステージコンプレッサの効率特性を図3に示す。



従来モデルで効率が大幅に低下する小能力域ではシングル運転に切り換え、回転数を2倍に高速化することで、同一能力域において高いモータ効率での運転とした。その結果、全運転域で高効率な特性を実現でき、従来モデルと比較して、小能力域では効率を最大30%向上させた。また、シングル運転により最小能力範囲が拡大し、効率が最大50%低下する断続運転を避けることが可能となり、実使用での省エネ性と快適性の向上を両立させた。なお、中～大能力域の効率についても、正弦波スリット希土類磁石モータの採用や圧縮排除容積の最適化により、4%向上させた。

3.2 高精度ベクトル制御インバータ

デュアルステージコンプレッサのシングル運転では、インバータ出力が30W以下になる。電球1個以下の超低出力域で効率よく運転させるには、高精度な電流検出が必要となり、電流検出精度の高い3シャント抵抗方式のベクトル制御インバータを開発した。その結果、低出力域でのインバータ効率を10%向上させた。

3.3 2列一体異径室外熱交換器(インナースペーサ付き)

室外熱交換器では、従来の2列分割フィンに2列一体化し通風抵抗を低減した。異径伝熱管により管内外の熱伝達率を最適化し、単位容積当たりの熱交換性能を向上させた。同一熱交換性能時の材料も、アルミニウムを7%、銅を10%削減している。また、冷房過冷却域の銅配管内部にアルミニウムインナースペーサを挿入し、低能力域での管内熱伝達率を向上させ、冷媒量を50g削減した。

3.4 ツインハイフラッシュウイングファン

室外プロペラファンの翼後縁部を逆円弧形状とすることで流れロスを改善し、2翼化により風の整流作用を向上させた。特に、低速域のファン効率を15%向上させ、騒音も1dB低減した。

4 肌ケア機能

省エネ住宅では建物負荷の変化によって冷房使用期間が増え、また、セキュリティの問題で窓を閉める機会が多く、特に、夜間のエアコン使用が増えている。このように、空調された部屋での在室時間が長くなると、空調による乾燥が肌に影響を与えることが心配される。また、春秋には除湿運転の頻度が高まっているが、従来の弱冷房方式では室温が下がって肌寒さを感じ、一方、冷暖房を同時に行うことで室温低下を抑制した再熱除湿方式では、吹き出す風によって肌が乾燥する、電気代が高い、音がうるさいなどの問題がある。

そこで、居住域でのエアコンの風を無感化する気流制御と、デュアルステージコンプレッサによる微細冷媒制御を組み合わせることで、肌の乾燥を防止する肌ケア機能を冷暖房・除湿・快眠運転に採用した。

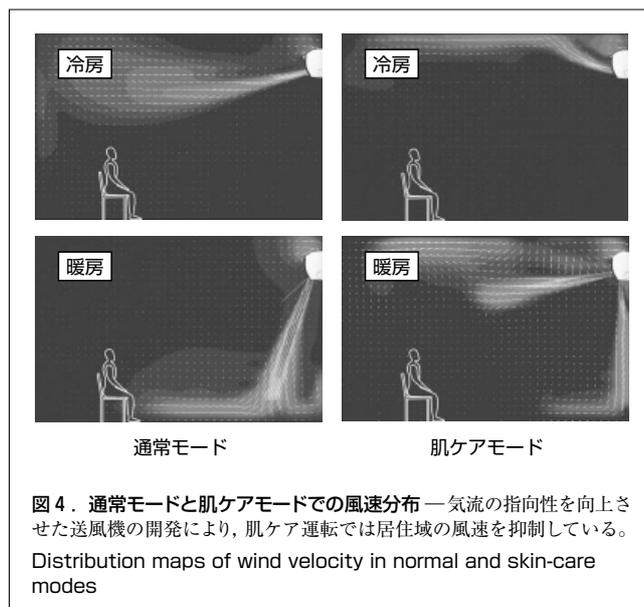


図4. 通常モードと肌ケアモードでの風速分布 — 気流の指向性を向上させた送風機の開発により、肌ケア運転では居住域の風速を抑制している。
Distribution maps of wind velocity in normal and skin-care modes

冷暖房運転時に肌ケアボタンを押すと、図4のように、冷房時は風向を天井吹き、暖房時は天井吹きと下吹きにすることで、居住域の風速を抑制する。居住域に風を送ることなく温度制御するには、熱源である壁面の温度を調整する必要がある。この実現には、水平方向の吹出し角の可変範囲が90°(天井～真下)を超える気流特性が必要であるが、気流の指向性を向上させた送風機の開発によって対応した。

肌ケア除湿運転時には、“結露専用熱交換器”表面にのみ空気中の水分を結露させ、湿気を吸着する除湿方式を採用した。この方式では、風を居住域に吹き出さずに除湿ができる。また、デュアルステージコンプレッサの1シリンダ運転により、吸湿に必要な最小限の能力運転が可能となり、肌寒い季節でも室温を運転開始時の温度以下に下げずに、従来機種における再熱除湿方式の約1/2の消費電力で、同等の除湿能力を発揮する。また、気になる除湿時の運転音は、測定限界の22dBにまで低減している。

肌ケア快眠運転時には、デュアルステージコンプレッサの1シリンダ運転により、省エネ性の高い最小能力付近で連続空調し、設定温度は睡眠時の生体リズム(レム-ノンレムリズムほか)に合わせ、時系列的にシフトする。肌ケア空調で肌の水分量を保ち、睡眠の生体リズムに合わせた室内環境コントロールとの相乗効果で、刺激のない(風なし、音なし、寝冷えなし)快適な寝室環境を実現した。

肌ケア機能の実証試験を行うため、エアコンを使用しない場合、肌ケアモード運転時、及び通常暖房運転時の環境条件にて、洗顔後の肌水分量の測定を行った。エアコンを使用しない場合の肌水分量を基準として、肌ケアモード運転と通常暖房運転の比較検証を行った(図5)。肌ケアモード運転では通常運転に比べ、90分後の肌水分量は約2ポイント高く、

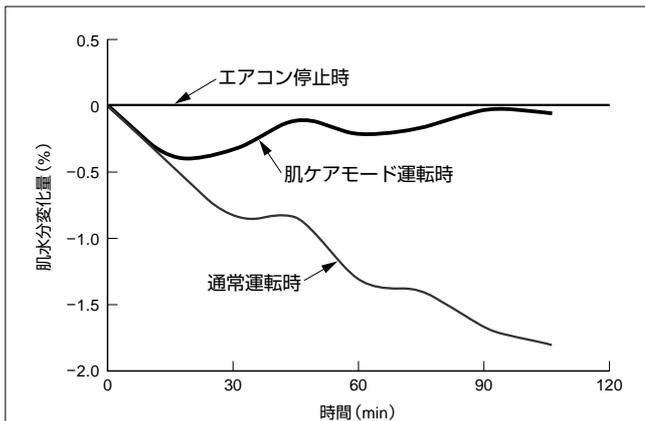


図5. 洗顔後の肌水分量の変化 — 肌ケア運転での肌水分量は、通常運転に対し約2ポイント高い。

Skin moisture ratio in normal and skin-care modes

肌ケア運転は通常運転に比べ肌の乾燥を防止する効果があることが実証された。

5 新換気ユニット

これまでエアコンに搭載されてきた電気集じんやフィルタによる空気浄化方式では、室内空気汚染の一要因となる浮遊性粒子状物質の除去や、室内で発生する臭気物質などの濃度低減には大きな効果を期待できる。しかしながら、在室者の呼吸により発生する二酸化炭素、喫煙によるタバコの煙中の様々な有害物質、また、近年、住宅における空気汚染として深刻な問題となっている建材や家具からの化学物質による汚染(シックハウス)については、これらの機能では除去できなかつたり、十分に除去することが困難なことがある。そこで、従来機種から、このような汚染源の除去に有効な換気機能を搭載した。住宅の換気は、シックハウス問題に対するもっとも有効な対策として位置づけられており、2003年7月に改正施行された建築基準法では、新築住宅に常時、機械換気を行うことを義務づけている。このような背景から、換気機能の性能向上(換気風量のアップ)を図った。

換気運転は、図6に示したように、室内機に搭載された換気ファンユニットで室内の汚れた空気を吸い込み、排気ホースを通じて直接屋外に排出することで行われる。換気ファンには高静圧の遠心ファンを採用し、従来よりも外形を小形化(100 mm角→95 mm角)して室内機の薄型化に寄与しながら、同時に換気ファンモータの出力向上や送風諸元(ケーシング、ノーズ)の改善により、送風性能の向上を図った。また、排気口や排気ホースなどの送風経路について、通風抵抗を低減する改善を行い、静音性や換気部分の設置工事の手間は従来と同等としながら、換気風量を向上させた。

換気性能は最大能力が19 m³/hで、これは、10畳間(天井

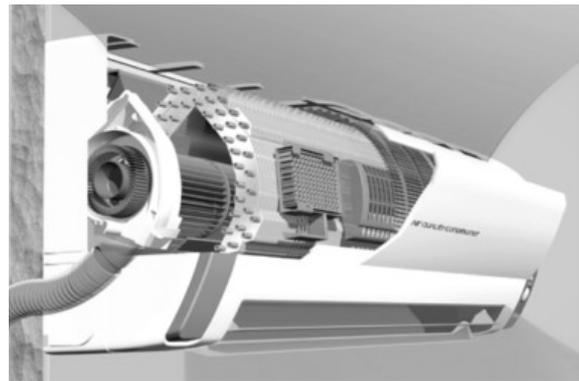


図6. 新換気ユニット — 業界最小の薄型室内筐体に収納されている。
New ventilating unit

高さ2.3 m)の居室の空気を2時間に1回入れ換える(換気回数0.5回/h)能力に相当する。従来機種に対して、およそ30%の性能向上となっている。

6 あとがき

ここまで述べた Air Quality Conditioner “大清快™”は、当社が長年にわたり追求し続けてきた、省エネ性、快適性、空気清浄性を成熟させるとともに、近年の住宅事情の変化によって発生した問題に着目し、これに対応した製品である。新製品で採用した新技術(デュアルステージコンプレッサ、肌ケア機能、新換気ユニット)は、従来から次世代のエアコン“空気質調和機”への進化の足がかりとなるものである。地球環境の問題や住宅・生活環境の変化を見据え、理想のエアコン像を目指して今後の開発を進めていく。

文献

- (1) 小野田泉,ほか. 空調用デュアルステージコンプレッサ. 東芝レビュー. 59, 4, 2004, p.44 - 47.



清水 克浩 SHIMIZU Katsuhiko

東芝キャリア(株)空調設計部主務。ルームエアコンの機能開発・設計に従事。空気調和・衛生工学会会員。
Toshiba Carrier Corp.



竹谷 伸行 TAKEYA Nobuyuki

東芝キャリア(株)空調設計部主務。ルームエアコンの機能開発・設計に従事。日本機械学会, 空気調和・衛生工学会, 計測自動制御学会, 日本伝熱学会会員。
Toshiba Carrier Corp.



杉崎 智子 SUGISAKI Satoko

東芝キャリア(株)機能研究開発センター。空気質の要素技術開発に従事。
Toshiba Carrier Corp.