

省エネ性向上と運転時の室外温度範囲拡大を実現した国内店舗・オフィス用エアコン“ウルトラパワーエコシリーズ”

"Ultra Power Eco Series" Air Conditioners for Retail Stores and Office Buildings in Japanese Market with Enhanced Energy Efficiency and Operating Temperature Range

中野 秀一 青藤 誠哉 我科 賢二

■ NAKANO Hidekazu ■ SEITO Masaya ■ GAJINA Kenji

東芝キャリア(株)は、国内向け店舗・オフィス用エアコンとして、「エネルギーの使用の合理化等に関する法律」(省エネ法)の2015年基準値を大きく上回る業界トップクラスの省エネ性を実現するとともに、冷暖房時の運転可能室外温度範囲を大幅に拡大(冷房時室外温度上限52℃、暖房時室外温度下限-27℃)した、“ウルトラパワーエコシリーズ”を開発した。冷媒には、現在主に採用されているR410AよりもGWP(地球温暖化係数)の小さいR32を採用した。また、天井カセット形4方向吹出しタイプの室内ユニットも、フルモデルチェンジにより省エネ性を向上させるとともに、天井パネルの厚さを業界最薄^(注1)の30mmとし、直線と直角線で構成したデザインを採用することで快適な空調空間を実現した。

Toshiba Carrier Corporation has developed and released the "Ultra Power Eco series" air conditioners for retail stores and office buildings in the Japanese market. The Ultra Power Eco series achieves industry-leading levels of energy-saving performance significantly exceeding the target values specified by the Revised Energy Saving Law enforced from fiscal year 2015. In addition, the operating temperature range of the outdoor units has been expanded to a maximum outdoor temperature of 52°C for cooling and a minimum outdoor temperature of -27°C for heating. As a countermeasure against global warming, the models in this series utilize R32, a new refrigerant that has a lower global warming potential (GWP) compared with the conventional R410A refrigerant. The indoor unit of the Ultra Power Eco series is equipped with a newly designed 4-way cassette type ceiling panel that is 30 mm thick, the thinnest in the industry, and employs a straight and perpendicular line design. This contributes to energy saving and a comfortable indoor environment.

1 まえがき

地球環境保護の観点から、低炭素社会の実現に向けた省エネが最優先で取り組むべき課題となるなかで、ヒートポンプは重要な再生可能エネルギー利用技術の一つとして位置づけられ、空調用途に限らず給湯・産業用熱源などに用途が拡大している。その一方で近年は、酷暑や猛暑、また厳冬や寒波など、例年にない気象現象が、わが国だけでなく世界各地で観測されている。一般のヒートポンプ式空調機では、大気の大気熱を利用して効率的に冷暖房運転を行うことができるものの、冷暖房負荷が高ければ高いほど能力が低下する。また、室外機の設置場所周辺で使用可能な温度条件を超える(冷房時には上回り、暖房時には下回る)と、エアコンが保護停止する事態に至るケースもあり、ヒートポンプ式空調機を実使用するうえでの課題であった。

そこで、この課題の解決を目的に、国内向け店舗・オフィス用エアコンの新シリーズとして、業界トップクラスの省エネ性を実現するとともに、冷暖房運転が可能な室外温度範囲を拡大し、ヒートポンプ技術による安定した冷暖房運転を実現させた“ウルトラパワーエコシリーズ”を開発した(図1)。

また、ウルトラパワーエコシリーズでは、現在主に採用され

(注1) 2015年1月現在、当社調べ。



図1. ウルトラパワーエコシリーズ—省エネ性向上と運転可能な室外温度範囲の拡大を実現した国内向け店舗・オフィス用エアコンである。
Outdoor and indoor units of Ultra Power Eco series

ている冷媒R410AよりもGWP(地球温暖化係数)の小さい冷媒R32を新たに採用することで、省エネ性能の向上以外の面でも二酸化炭素(CO₂)排出量削減に貢献している。

2 運転可能な室外温度範囲の拡大

日本国内では、夏季に最高気温が35℃を超える日が増加傾向であり、室外機の設置場所となる屋上などのコンクリート表面温度は、直射日光により50～60℃の高温になることがある。室外機が高温の空気を吸い込み続けると、大幅に能力が低下したり、機器を保護するために停止したりする可能性がある。

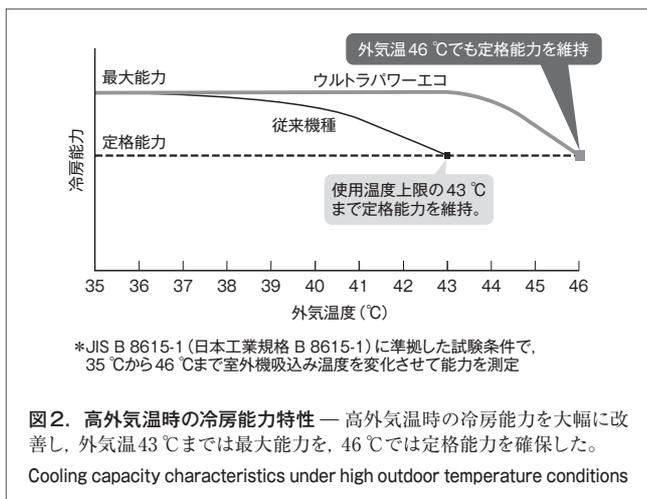


図2. 高外気温時の冷房能力特性 — 高外気温時の冷房能力を大幅に改善し、外気温43℃までは最大能力を、46℃では定格能力を確保した。
Cooling capacity characteristics under high outdoor temperature conditions

従来このような状況下では、能力低下を避けるために1ランク上の能力を持つ製品を据え付けていたが、今回コンプレッサ及びインバータを新たに開発し、冷房時の室外温度上限を従来の43℃から52℃へ拡大した。冷房時は、外気温46℃まで定格能力を維持し(図2)、上限温度52℃でも定格能力の約70%を確保できるようになり、1ランク上の能力を持つ製品を使用する必要がなくなった。これにより、新開発の能力6馬力の製品では、1ランク上で能力8馬力の当社従来機種に対し、年間2,315 kWh、約44%の消費電力量抑制が可能となる。

一方、冬季の低外気温においても、新開発のコンプレッサ及びインバータにより暖房時の室外温度下限を従来の-20℃から-27℃へ拡大した。また、デフカットバイパス回路の採用により除霜時間を最大20%短縮した。

4～6馬力のコンプレッサでは、高外気温及び低外気温時の高速回転を実現するため、圧縮機構部の摩耗耐久性向上の施策としてDLC (Diamond Like Carbon) コーティングしたブレードを採用した。

インバータは通常、部品過熱防止のため入力電流制限による保護制御を実施しているが、今回開発した製品ではインバータ基板ボックスの冷却構造や冷却用ヒートシンクの配置を見直し保護制御動作を抑制した。またこれ以外にも、室外温度範囲拡大時に風量を増加させる新アックスブレードファンの開発や、冷凍サイクルでのコンプレッサのオーバーヒートを抑制するクーリングバイパス回路(図3)の採用、従来の熱交換器を大形化したウルトラパワー熱交換器の採用などにより熱交換量を従来機種より約30%向上させ、性能向上とともに高外気温時の大幅な能力低下や保護停止を抑制した。

3 室外機の性能向上

室外機の性能向上のため、以下に述べるような主要部品を新たに開発した。

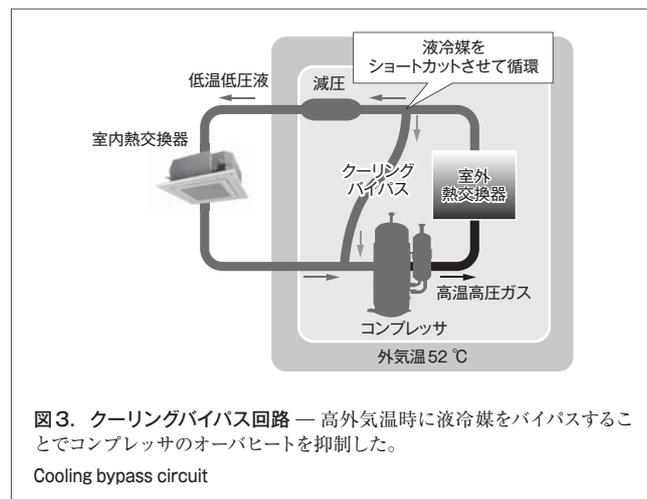


図3. クーリングバイパス回路 — 高外気温時に液冷媒をバイパスすることでコンプレッサのオーバーヒートを抑制した。
Cooling bypass circuit

3.1 新DCツインロータリコンプレッサ

省エネ性能を示す指標である年間エネルギー消費効率APF (Annual Performance Factor) への寄与率の高い中間能力域での最適効率マッチングを図るため、排除容積を42 cm³から38 cm³に、直径1.3 mmで巻線回数73ターンのモータ巻線を、直径1.2 mmで85ターンに、それぞれ変更した。また、磁気浮力(磁力で浮き上がろうとする力)とモータの自重をバランスさせて軸受けに掛かる荷重を軽減することによるエネルギーロスの削減や、吐出ポート位置やブレード厚さなどの圧縮構造の最適設計による圧縮ロスの最小化、ロータのマグネット面積を大きくするとともにスリットを入れることによる高出力・高効率・低騒音化などを実現した。更にこれらに加え、インバータによる回転数制御を最適チューニングすることで、中間能力域での効率を従来機種から約7%向上させた(図4)。

3.2 新高効率DCファンモータ

APFへの影響が大きい中間能力域での効率を向上させるため、モータ巻線の最適化を行い、中間能力時の効率を約3.6%向上させた。

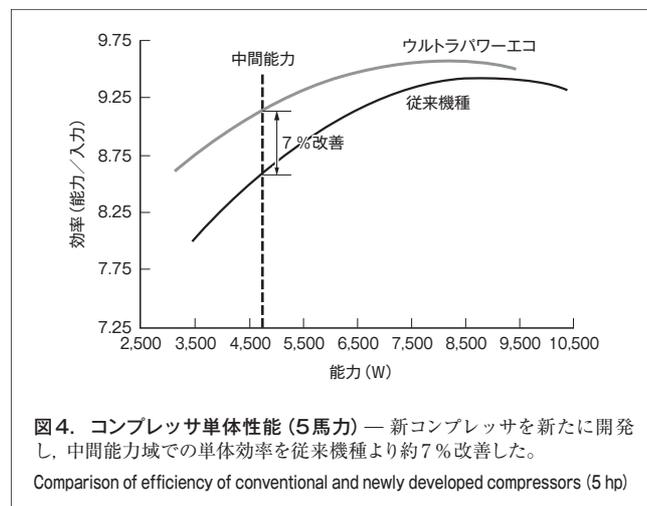


図4. コンプレッサ単体性能(5馬力) — 新コンプレッサを新たに開発し、中間能力域での単体効率を従来機種より約7%改善した。
Comparison of efficiency of conventional and newly developed compressors (5 hp)

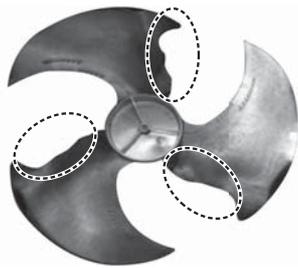


図5. 新プロペラファン— 羽根の後縁部に凹状の2段円弧を持つアックスブレードファンを新たに開発した。3枚羽根それぞれの後縁部(破線部分)の円弧形状を異なる寸法にすることで、羽根と羽根の間に発生する圧力変動を抑制している。

Newly developed propeller fan for outdoor units

3.3 新アックスブレードファン

ファン外径を520 mmから560 mmに拡大し大風量化を図り、羽根の後縁部に設けた凹状の円弧をバイオミメティクス(生物模倣技術)により2段化し、3枚羽根の各羽根で異なる寸法とした(図5)。これにより羽根と羽根の間に発生する圧力変動が抑制され、動作点におけるファン効率が従来ファンに比べ約3.8%向上した。また、3.2節の新高効率DCファンモータと組み合わせ、送風効率を約30%向上させた。

4 室内ユニットの性能向上

室外機開発に加え室内ユニットの主力である天井カセット形4方向吹出しタイプもフルモデルチェンジした。省エネ性を向上させるとともに、図6に示すように、直線と直角線で構成したフラットで直線的な天井パネルデザイン“スマートスタイル”により、快適な空調空間を提供している。

4.1 新熱交換器

熱交換器配管の管直径を7 mmから5 mmに細径化し冷媒流速をアップさせることで、特に中間能力域での省エネ性を向上させ、新開発の5馬力相当の製品では、JIS B 8616:2006(日本工業規格 B 8616:2006)に準拠したAPF2006が約0.26向上した。また、フィンのスリット形状も最適化することで熱伝達率の向上と通風抵抗の低減を図り、同一送風動力時の熱伝達率が3.3%向上した。

4.2 送風性能向上とデザイン性の両立

直線と直角線で構成された新パネルの吹出し口は、内部部品の断熱構造や形状を見直すことにより吹出し面積を従来機種より約24%増加させ通風抵抗を低減した。気流制御では、パネルのデザイン性を崩さずに直線と直角形状のフラップ裏側に独創的なL字形リブと2枚翼を設け、標準モードでは、遠くまで届く風と下方を包み込む風の二つを作ることで室内全体を効率よく空調し(図6)、風よけモードではエアコン真下への風落ち防止を可能とした。

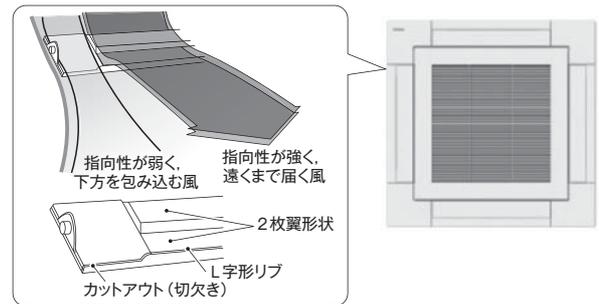


図6. 新フラップ— 指向性の強い風と弱い風を同時に吹き出すことで、部屋全体を効率的に空調できる新フラップを採用した。

Newly developed flap



図7. 新ターボファン— 熱交換器の性能を最大限に引き出すために、3次元肉厚流線形翼のターボファンを新たに開発した。

Newly developed turbofan for indoor units

また、新開発の肉厚流線形翼ターボファン(図7)は、4.1節の新熱交換器の性能を最大限に引き出すために、ファン径は変えずに翼厚さを従来比で最大50%厚くし、最適な3次元翼形状を形成した。この結果、新開発の4~6馬力の製品では、従来機種と比較して、同一風量の2,250 m³/hにおいて消費電力を15.5 W(約13%)低減した。

4.3 セルフクリーン機能

当社オンリーワン^(注2)の超親水技術“アクア樹脂コーティング”を採用した室内ユニット用熱交換器では、フィン表面に付着する汚れを冷房運転中の結露水で洗い流し、冷房運転後に自動送風運転で乾燥させている。これにより、熱交換率の経年悪化が抑制され、初期の省エネ性能を維持できる。セルフクリーン機能がある場合の8年目の省エネ効果は、機能がなない場合の1.25倍である。

5 ソフトウェアによる省エネ

5.1 スマート節約運転

同じ設定温度でも、風量などによって体感温度が変われば快適感も異なる。新開発の製品では、室温や、風量、外気温度

(注2) 2015年3月現在、店舗・オフィス用エアコンにおいて、当社調べ。

などの各種センサデータから室内の快適性を判断し、快適性が大きく変動しない範囲で設定温度を自動補正（最大1.5℃）することで消費電力量の削減を行う。1.8馬力の製品では、当社評価基準で年間消費電力量が約14%削減された。

5.2 待機電力の低減

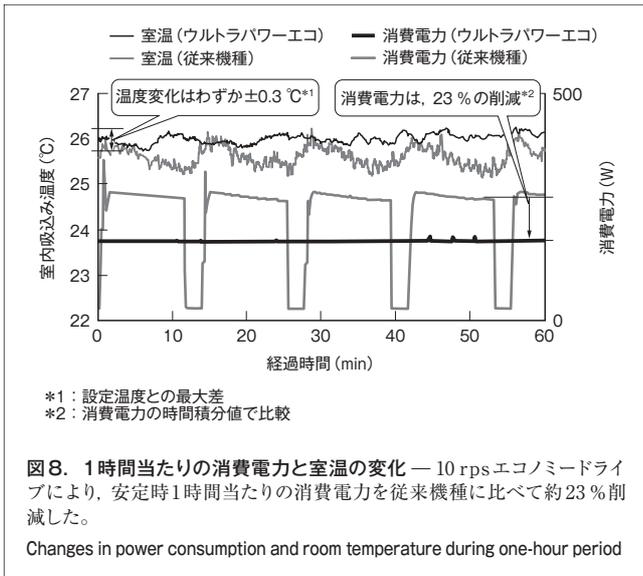
コンプレッサが運転されていない状態であっても空調制御器は電力を消費している。新開発の製品では、主回路パワーリレーの遮断や室内ユニットと室外機間の通信を遮断することで、当社従来機種に対し待機時の消費電力を約40%削減した。

5.3 不在検知による自動節電

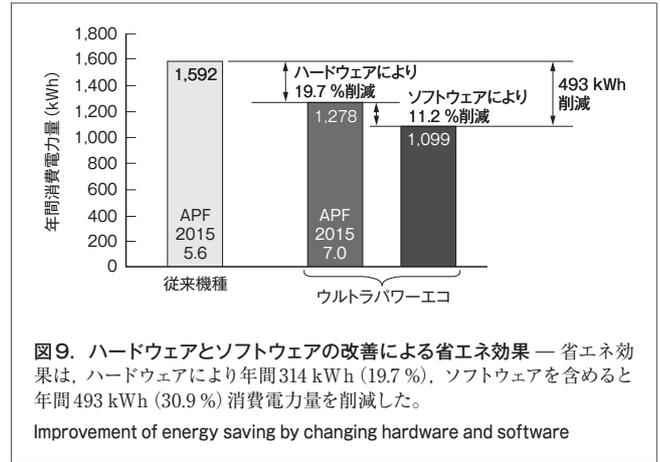
スマート人感センサにより人の不在を検知し、コンプレッサを停止して室内ユニットのファンだけを運転するサーキュレーションモードに自動で切り換えて省エネを行う。人感センサは、対応天井高が約3.9mで、検知範囲が直径11.4mと業界トップクラスの広範囲を検知でき、不在時の運転は、サーキュレーションモード以外に運転停止も選択できる。

6 冷暖最小能力による省エネ

JIS改定により、より実使用に近い省エネ指標として、JIS B 8616:2015に準拠したAPF2015が制定された。この新しい指標は、空調が安定しているときの低負荷域や中間能力を反映したものである。これに対応するため新開発の製品では、当社独自のロータリコンプレッサが得意としている極低回転運転“10 rpsエコノミードライブ”を採用した。低負荷時のコンプレッサのオン/オフ回数を削減し、業界トップ^(注2)の最小能力を



(注3) 2015年3月現在、店舗・オフィス用エアコン（天井カセット形4方向吹出しタイプとの組合せ）において、当社調べ。
 (注4) 2015年省エネ法は、JIS B 8616:2006が基準となる。



実現した。安定時1時間当たりの室温変化は±0.3℃以内で、消費電力を当社従来機種に対し約23%削減できた（図8）。

7 省エネ効果のまとめ

室外機の要素部品、室内ユニット、ソフトウェア改善により従来機種に対し年間消費電力を493 kWh削減した（図9）。

8 あとがき

室外機、室内ユニット、及びソフトウェアによる省エネ性の向上により、能力別の出荷構成比で大きなウエートを占める3馬力の機種で業界トップ^(注3)となるAPF2015 7.0を達成し、2015年省エネ法でも業界トップ^(注3)のAPF 6.7を達成し、基準値に対する達成率117.5%を得た^(注4)。

運転可能な室外温度範囲の拡大により、国内市場全体で年間29.1百万kWhの消費電力量削減が見込める。今後は、ウルトラパワーエコシリーズを国内だけでなく海外にも展開し、国際的な観点からの省エネ活動にも貢献していく。



中野 秀一 NAKANO Hidekazu
 東芝キャリア(株) 富士工場 空調設計部参事。
 店舗・オフィス用エアコンの設計・開発に従事。
 Toshiba Carrier Corp.



青藤 誠哉 SEITO Masaya
 東芝キャリア(株) 富士工場 空調設計部グループ長。
 店舗・オフィス用エアコンの設計・開発に従事。
 Toshiba Carrier Corp.



我科 賢二 GAJINA Kenji
 東芝キャリア(株) 富士工場 空調設計部参事。
 店舗・オフィス用エアコンの設計・開発に従事。
 Toshiba Carrier Corp.