

エアコンの「顔」にみる省エネの進化 ～未来に向けたシャープの新しい提案～

大塚 雅生

健康・環境システム事業本部 環境システム事業部

エアコンは、冷房だけの機能から約50年の歴史を経て、部屋の温度調節だけでなく空質・気流制御、省エネ化技術により、人々の健康と地球の環境に配慮する、「健康・環境」機器として進歩をとげ、今や生活必需品となりました。2007年において、日本：739万台、世界：6114万台（ルームエアコン：（社）日本冷凍空調工業会発表）という大きな市場を形成し、現在、日本だけでも1億台を超えるルームエアコンが稼働しているといわれています。一方エアコンは、家庭で用いられる消費電力のうち最大の割合である25%、化石燃料を含めたトータルエネルギーでも約1割にせまる大きな割合を占めており、地球環境の保全のため、エアコンの省エネ技術開発が急務となっています。本稿では、エアコンのこれまでの歴史をひも解き、エアコンの「顔」と省エネの関係について解説するとともに、シャープの提案する未来型「健康・環境」エアコンの「顔」を紹介します。

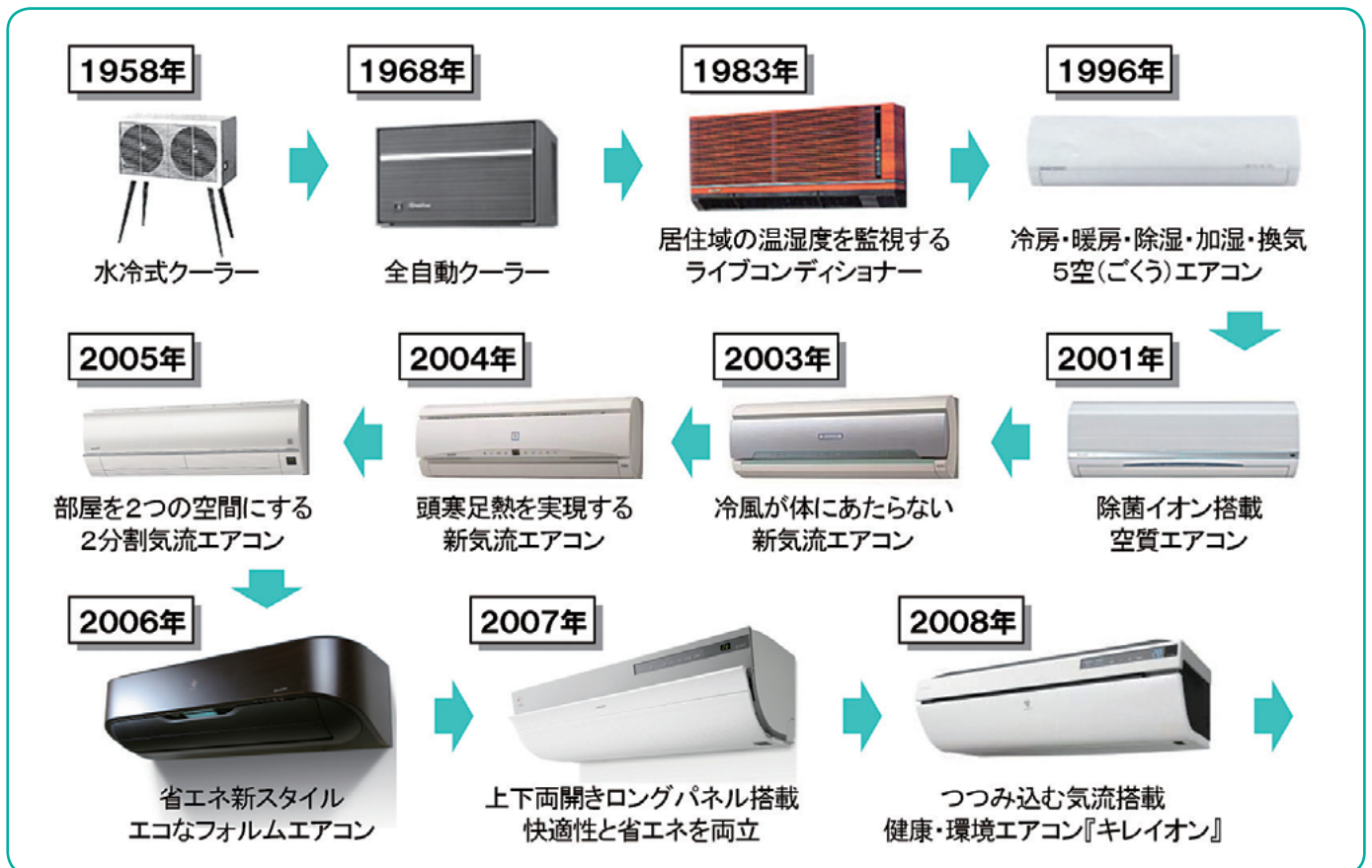


図1 シャープエアコンの進化の歴史

エアコンの歴史

冷房専用「クーラー」は1920年代に米国で業務用として開発され、日本では1952年に窓設置タイプの家庭用が発売されました。当時

は冷房機能のみで、「クーラー」と呼ばれていました。図1に当社エアコンの進化の歴史を示します。この頃当社は井戸水を利用した簡易的な水冷式クーラーを発売し、当時はまだ扇風機がやっと家庭に行きわたり始めた時代

でしたので、人気を博しました。

1960年代に冷暖兼用タイプが開発され「クーラー」は「エアコン」に進化し、1970年頃から普及を始めました。この頃当社は冷房病の解消のため、温度自動調整・風量調整機能をもつ、お客様の健康に配慮した全自動クーラーを発売しました。

1970年代の第1次オイルショックの後、社会の強い要請を受け、エアコン省エネ開発が大きく進みはじめました。エアコンメーカー各社はコンプレッサや熱交換器の高効率化、マイコン電子制御等の採用によって省エネ型エアコンを次々と開発しました。

1980年以降、インテリア性向上の要請から室内機の薄型化が進み、数年前までのエアコンの主流であった、なるべく主張しない、存在の気配を消すようなデザインの基礎ができあがりました。更に産業用モータの制御に用いられていたインバータ技術がエアコンに応用され、高能力化、省エネ化が更に進みました。この頃にその後のエアコンの主流となる様々な技術、設計思想が確立しました。この頃当社は、センサ付リモコンを用いてお客様の間近の温度・湿度をキャッチし、お客様の体感に合致する制御を行う、健康に更に配慮したエアコンを開発しました。

また1980年後半～1990年頃に、エアコンの心臓とも言えるコンプレッサがより高性能・高効率化され、エアコンの大幅な静音化と省エネ化、コンパクト化が図られました。

第1次、第2次オイルショックを経てエアコンメーカー各社はエアコン省エネ化技術開発にしのぎをけずってきましたが、更にそれを加速すべく、1999年4月トップランナー方式を採用した改正省エネ法が施行されました。トップランナー方式とは、製品の省エネ基準を、現在商品化されている製品のうち「最も省エネ性能が優れている機器（トップランナー）」の性能（効率）以上に設定するものです。またこの基準に達していない製品を販売し続ける企業はペナルティとして社名と対象製品を公表、罰金を科されることになりました。この法律により現在のエアコンは10年前の消費電力よりも40%以上省エネ化が図られることになりました（図2）。

改正省エネ法の基準をクリアするため、エアコンメーカー各社はエアコンの内蔵部品である熱交換器とファンの配置を大幅に見直し



図2 昨今の年間電気代の比較

ました。改正省エネ法施行（1999年）の前後数年の熱交換器とファンの配置の変遷について、当社を例に挙げて説明します。図3に、当社エアコン室内機の断面（横顔）の変遷を示します。各断面図において、左側がエアコン正面、右側がエアコン背面、断面図中の中央の○がファン、長方形内に2列～3列に並ぶ小さな○が描かれたものが熱交換器を表しています。熱交換器とファンの働きは、室内の空気を快適温度に調整することです。ファンの駆動によって室内の空気を吸込み、冷房時には低温に冷却した熱交換器に流通させて空気を冷やし、暖房時には高温に加熱した熱交換器に流通させて空気を温めます。当社において1990年頃までは板状だった熱交換器は、高効率化のためにファンの周囲を取り囲むように配置されるようになりました。1995年には熱交換器を「く」の字に2つ折にして、より熱交換器の面積を増加させました。更に1997年には、熱交換器を3つ折にして、更に熱交換器の面積を増加させました。この変化はエアコンの顔にも現れ、それまでは薄型で上下幅が大きい形状だったものが、徐々に上下幅が小さくなるとともにやや前方に膨らみ、全体に丸みをおびたフォルムになりました。更に2000年以降には、熱交換器が3列（小さな○の1列が熱交換器1列）になり、2004年以降には一部4列になり、更に熱交換器の面積を増加しました。なお、エアコンメーカー各社ともほぼ同様の取組みを行いました。同時にコンプレッサの更なる高効率化が進められ、これらによって省エネ化が大きく進みました。

更に、2006年にはより実態の消費効率に近いとされる通年エネルギー消費効率（APF）が新たなトップランナーの評価基準となり、目標達成年の2010年には2005年に対して更

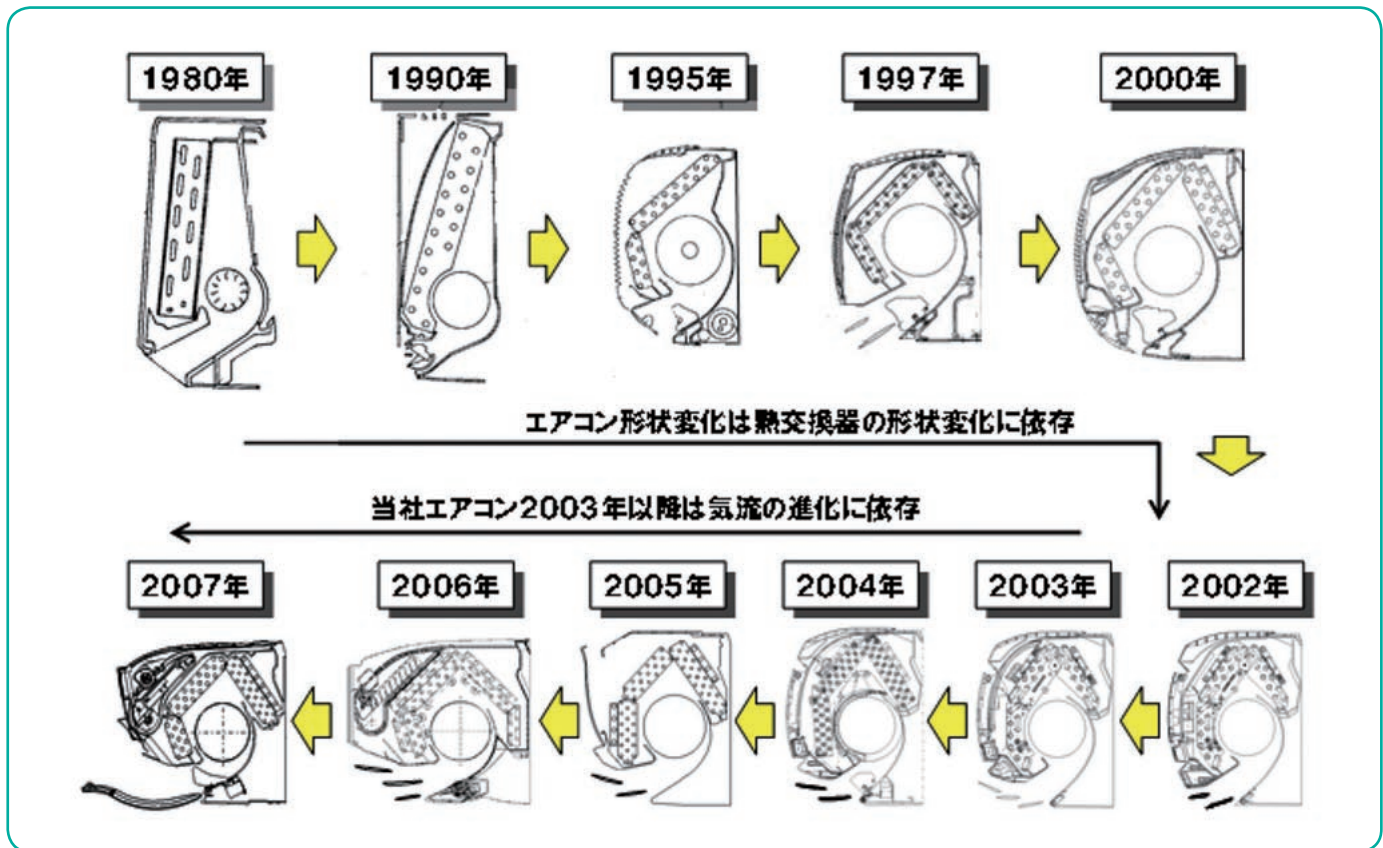


図3 エアコン横顔の変遷



図4 省エネラベリング制度の新しいラベル

に約20%の効率改善を必要とする「新省エネ法」が成立しました。またお客様の省エネ商品への買い替えを促進するため2006年10月より「省エネラベリング制度」(図4)が導入されました。これは量販店や小売店などに対して製品の省エネルギー情報を製品に表示することを義務づけるものです。これによって更なる省エネ機器の普及が実現され、京都議定書で定められたCO₂削減目標の達成を促すものとして期待されています。

シャープ独自の取組み

現在、新省エネ法の成立に促進され、エアコンメーカー各社の省エネ技術開発に更に拍車がかかっています。しかし、1999年の改正省エネ法によって、既にあらゆる方法で熱交換器やコンプレッサの改良がエアコンメーカー各社によってなされ、エアコン省エネ開発は、「乾いた雑巾を更に絞る」といった喩えで表現されるほど困難なものとなっています。

そこで当社は熱交換器やコンプレッサの改良以外の方法を模索しました。当社が選んだ方法は、「風」の流れを徹底的に見直すことでした。図3における2003年以降の当社のエアコンの進化は、業界に先駆けたものであり、業界を牽引するものとなりました。当社は、エアコンの吹出口から吹出す風の持つエネルギーを活用して、エアコンを省エネ化できないかと考えました。それを具現化したものが、2007年に当社が商品化した「上下両開きロングパネル」採用の「健康・環境エアコン」です。この技術は当社が業界に先駆けて提案する省エネのための新しい方法です。



図5 上下両開きロングパネル気流制御技術を用いたエアコンの概略

図5に、当社2008年モデルのエアコンと、その気流制御技術の概略を示します。この技術は2007年に当社エアコンに採用され、その見た目の面白さと効果のわかりやすさにより、市場で大きな反響を頂くとともに、現在多くのお客様にご愛用頂いており、ご使用の際の快適さに対しご好評を頂いています。

このエアコンは、従来の気流制御手段である「ルーバー」(吹出口を開閉する薄く細長い部品)を廃止し、室内機前面を覆う長さ20cmにもおよぶ「上下両開きロングパネル」を用いた、これまでにない新しい考えに基づいた気流制御方法を新たに研究開発、搭載し、業界に先駆けて商品化したものです。この気流制御方法によると、冷房時にはロングパネルの上側が開放、冷気を上方に送出して天井に這わせて迅速に部屋全体に到達させ、居住領域にほぼ無風かつ均一な温度の快適空間をつくりだすことができます。また、暖房時にはロングパネルの下側が開放、暖気を下方に送出して床面に這わせて迅速に部屋全体に到達させ、居住領域に床暖房を彷彿させる快適空間をつくりだすことができます。また、このロングパネルにより形成された拡大ノズル状の吹出口は当社独自ノウハウにてその形状が緻密に規定されており、風が流通すると、その風を進行方向に押す力が生じます。この力

によってファンの仕事である風を送り出す働きを助け、これにより送風に必要な消費電力を大幅に低減することができます。更に、ロングパネルにて得られる音の回折/干渉/遮音の3つの効果により、エアコンの運転音を大幅に低減することができます。これらの効果により、省エネ性と快適性を同時に実現することができます。なお、この功績により、社団法人日本流体力学会より2007年度日本流体力学会 流体力学技術賞、および社団法人日本電機工業会より平成20年度 電機工業技術功績者表彰 優秀賞を授与され、この技術が学術的にも、また製品としても妥当性が高いことが認められました。

本技術の開発の経緯

当社がエアコンの気流制御技術の研究開発に注力を開始したのは2000年頃でした。当時、ルームエアコンの能力別COP(エネルギー効率)を規制する改正省エネ法が告示された直後であり、エアコンの省エネ化が大きくクローズアップされ始めました。図6は、1996年～2007年におけるエアコン期間消費電力量の推移を示したものです。△が10畳用エアコン(2.8kWクラス)、◇が14畳用エアコン

ルームエアコン 期間消費電力量 推移

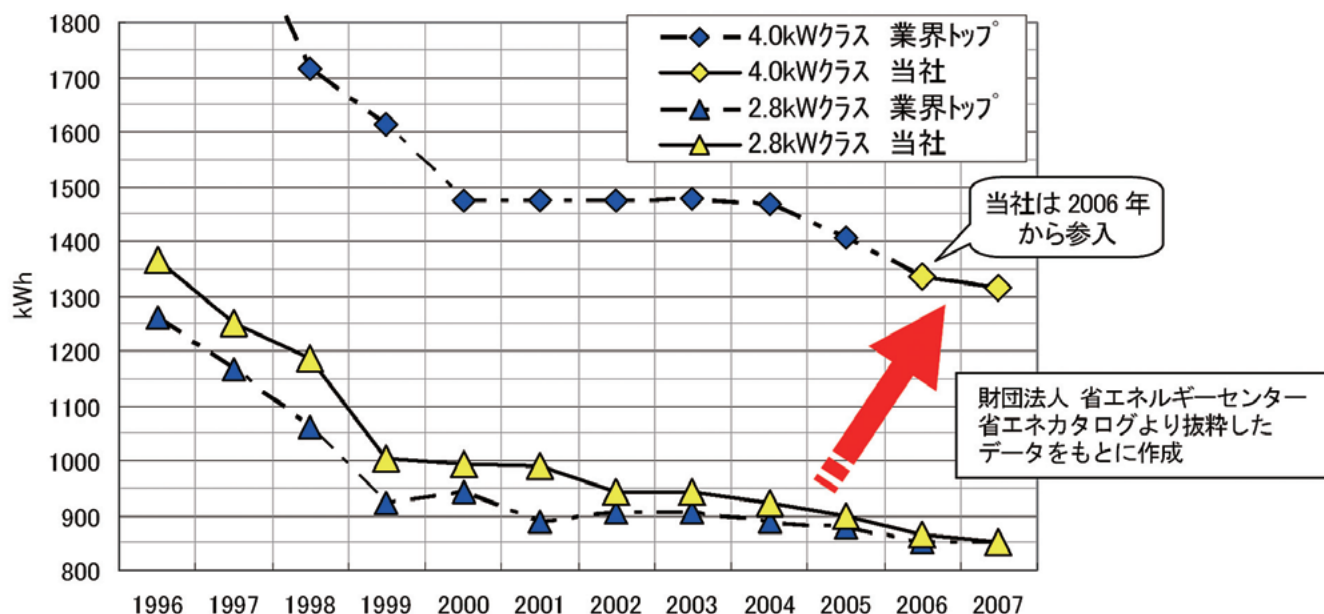


図6 ルームエアコンの期間消費電力量の推移

(4.0kWクラス)のものであり、また、黄色が当社、青が省エネ業界トップを表したものです。なお、黄色が青に重なる箇所は当社が省エネ業界トップであることを表しています。過去、当社は省エネにおいて業界トップに遅れをとっていましたが、2002年から気流制御技術の研究結果によって徐々に業界トップとの差を縮め、当社が2006年から市場参入しました◇の14畳用エアコン(4.0kWクラス)において、後述する気流による省エネ技術をもってして、一気にこのクラスの省エネNo.1の座を奪い、市場への参入をスムーズに行いました。

また一般に、エアコンの快適性と省エネ性の間にはトレードオフの関係があり、この同時実現を目指す研究開発は困難であるとされてきました。しかし、省エネを進めるあまり、お客様の快適性や健康を犠牲にしては全く意味がありません。そこで当社は、快適性と省エネ性を同時に満たす極めて困難な技術開発に真っ向からチャレンジすることを決意しました。

さて、当時のエアコンには、一般に以下の2つの課題がありました。1つは、冷房時、居住空間に降り注ぐ冷気が直接体に当たることにより体が冷え過ぎ、現代病の1つとも言える「夏場の冷え性」を引き起こしてしまうと

いうもの。もう1つは、暖房時、強風にすると熱すぎて頭がボーッとする不快感を引き起こし、弱風にすると足元に暖気が届かず足が非常に寒くなるという、一般に快適とされる「頭寒足熱」とは全く逆の温度分布になってしまうというものです。

しかし当社は、エアコンの省エネ性を高めつつ、同時に、上記に示したエアコンの2つの課題を解決できる可能性のある、流体力学の知見を駆使したあるアイデアを持っていました。このアイデアのひらめきが、その後7年間に及ぶ当社エアコンの変革の歴史の始まりでした。そのアイデアが即ちロングパネルを用いた気流制御技術です。但し当時のルームエアコンのデザインは、お客様への圧迫感を軽減すべく、なるべく存在感を消すようなデザインが主流であり、現在当社が商品化しているエアコンのように自らがアピールするデザインはタブーとされていました。ましてや、大きく口を開けるロングパネルなどといったアイデアが採用されるはずありません。

冷暖房の快適性の向上 —天井・床面に沿う気流

まず当社は、ロングパネルで得られるべき効果の一部を、従来のルーバー方式を用いて

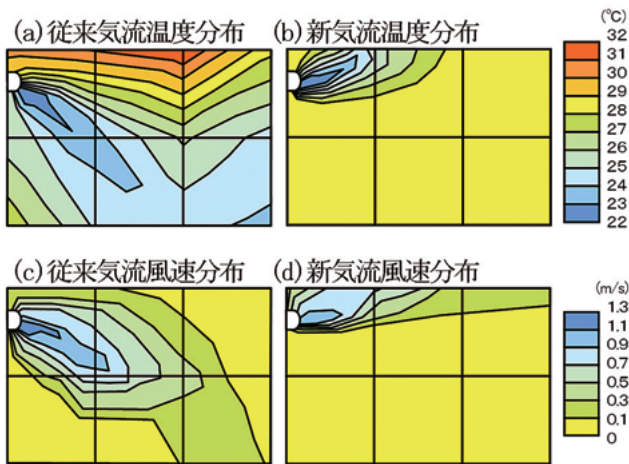


図7 天井に沿う気流による効果

実現することに取組みました。

当社は先ず、前述の冷房時における問題点である「気流感」および「居室内温度の不均一」を解消すべく取組みました。そして、エアコンの冷気を吹出口から斜め上方向に吹き出して天井に沿わせ、居住空間への冷気の垂れ下がりやを抑制させるとともに、気流の到達距離を延長し、部屋全体を大きく早く攪拌することで、居住領域をほぼ無風かつ均一な温度にさせることに成功し、2003年に商品化致しました。エアコンの「顔」の変化(図3)としては、吹出口を開閉する「ルーバー」が上下3枚になりました。

図7は、ある居室を設定温度28℃にて冷房運転した場合の、安定状態における居室内の中央断面の状況を示しており、吹出口から水平方向に気流を吹出す従来の気流制御の場合の温度分布を図7(a)に、風速分布を図7(c)に、また、吹出口から斜め上方向に気流を吹出す新しい気流制御の場合の温度分布を図7(b)に、風速分布を図7(d)に、それぞれ示しました。図7より、「気流感」および「居室内温度の不均一」に対し明らかな改善効果が見られます。

但し、単に気流を斜め上方向に送出すると、吹出口から送出した調和空気を直ちに吸込む、ショートサーキットとよばれる現象が生じ、空気調和の効率低下およびエアコン室内機前面部への結露といったデメリットを伴うため、それまでは斜め上方向吹出しはタブーとされていました。当社はこのデメリットを解決するため、多数のシミュレーションおよ

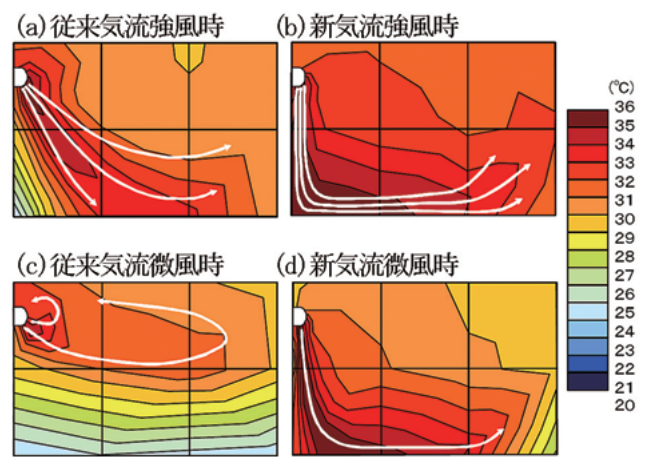


図8 床面に沿う気流による効果

び実験を重ね、最終的に、吹出口から送出する気流を斜め上方と水平方向にほぼ2:1に分け、互いの気流同士を引き合う力を利用して、斜め上方向に吹出す気流がショートサーキットするのを防止するとともに、水平方向に吹出す気流が居住空間に垂れ下がるのを防止し、天井に気流に沿わせることに成功しました。

当社は更に、前述の暖房時における問題点の解消のため「頭部への暖気の直撃防止」および「床面近傍への暖気の到達」に取組みました。そして、エアコンの暖気を吹出口から真下方向に吹き出し、風速を高めて暖気を床面側に抑え込み、居住空間への暖気の捲れ上がりを抑制させつつ、床面に十分な暖気を到達させて床面に沿わせ、お客様の足元を温める、居住領域に頭寒足熱となる温度分布を形成させることに成功し、2004年に商品化致しました。

図8は、ある居室を設定温度28℃にて暖房運転した場合の、安定状態における居室内の中央断面の温度分布の状況を示しており、吹出口から斜め下方向に気流を吹出す従来の気流制御において、「強風」にて送風した場合を図8(a)に、「微風」にて送風した場合を図8(c)に、また、吹出口から真下方向に気流を吹出す新しい気流制御において、「強風」にて送風した場合を図8(b)に、「微風」にて送風した場合を図8(d)に、それぞれ示しました。図8より、特に「微風」モードの際の温度分布に明らかな改善効果が見られ、図示しませんが、「頭部への暖気の直撃」も緩和され、暖房時の不快感が大幅に改善されました。

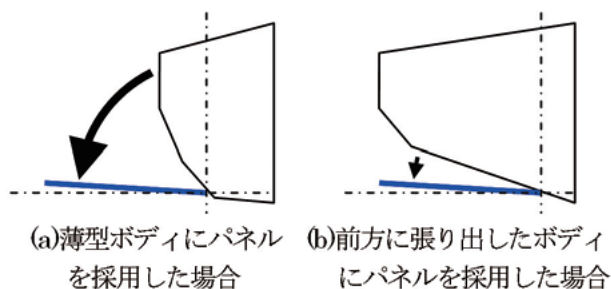


図9 本体ボディ形状とパネルの関係

但し、単に気流を真下方向に送出すると、従来のルーバー方式による吹出しの場合、大幅に風量が低下して空気調和の効率低下およびますます足元に暖気が到達しなくなるといったデメリットを伴います。そこで、多数のシミュレーションおよび実験を重ね吹出口近傍の送風経路の形状を徹底的に検討し、真下方向に送風すればむしろ送風量が増加してエアコン全体の効率がアップする吹出しノズル形状を見出しました。最終的に、それまではタブーとされていたルーバーの大型化および可動領域の大幅な見直しにより、上記ノズル形状をルーバーにて形成して図8に示す効果を得る送風を実現しました。エアコンの「顔」の変化(図3参照)としては、吹出口を開閉する「ルーバー」が上下2枚にもどるとともに、上下幅とその回転動作範囲が大きくなりました。

このようにして当社のエアコンの冷暖房の快適性を向上し、当社の強みとすることで、これらの気流による快適性を更に向上して当社エアコンの商品性を更に向上させたいという社内の機運を高め、ロングパネル採用への階段を1段のぼりました。

気流による省エネ性の向上 —エコなフォルム

2005年頃のルームエアコンのデザインの主流は、前述のとおり、お客様への压迫感を軽減すべく、なるべく存在感を消すような薄型の本体ボディを採用するものでした。このような薄型の本体ボディにロングパネル気流制御を採用する場合、十分な気流制御を可能とするには、図9(a)に示すように、非常に大きくパネルを開閉する必要があります。つまり、

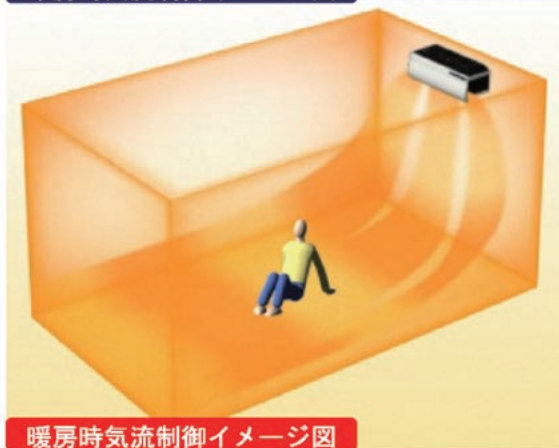
ロングパネル採用への大きな障壁は、パネルが大きく開く際の美観の大幅な低下と、パネル開閉用モータに極めて大きなパワーが必要となることでした。

パネルを採用するには、パネルがあまり大きく開かなくても気流制御が可能のように、本体ボディの形状を図9(b)のように前方に張り出した形状に変更する必要性がありました。但し、従来の薄型ボディから前方に張り出した形状のボディへの変更と、従来のルーバーによる気流制御からパネルによる気流制御への変更の両方を同時に行うのは、極めて大きな事業リスクを伴うため、ロングパネル採用への階段の2段階目として、ボディのみ前方に張り出した形状(図3)に変更し、気流制御は従来のルーバー方式を用いて前述の快適気流制御を行うことを考えました。

なお、前方に張り出した形状のボディへ変更することにより、エアコン天面の吸込口を大きくとれるようになるとともに、ファン下流側の送風経路の上壁が大幅に延長され、これによって風を進行方向に押す力を一部発生させることが可能となるため、送風に必要な消費電力を大幅に低減することができます。上述のとおり、拡大ノズル状の吹出口により、流通する風の運動エネルギーを、その風を進行方向に押し出す力(静圧)に変換して活用し、エアコンの省エネ化を進めるという技術思想「運動エネルギー回収」こそが、当社が業界に先駆けて提案する省エネ化の新しい方法です。技術に裏打ちされたベース形状に、それまでタブーとされていた存在感をアピールするグラマラスなデザインを施し2006年に商品化しました。シャープはエアコンに新しい「顔」を与え、これによって省エネNo.1を達成しました。



冷房時気流制御イメージ図



暖房時気流制御イメージ図

図10 つつみ込む気流の概略

省エネ性と快適性の両立 —ロングパネル気流

2006年のボディのベース形状にロングパネルを採用することにより、前述の美観の劣化とパネル開閉用モーターのトルクの問題を解決し、7年間に及ぶ当社エアコンの変革の1つの目標を達成し、図5に示す、全く新しい「顔」と全く新しい気流制御技術をもつエア

コンを2007年に商品化しました。ロングパネルによりファン下流側の送風経路の上壁および下壁の両方を大幅に延長し(図3)、ロングノズルの効果で運動エネルギーを更に回収して、送風に必要な消費電力を更に低減しました。また、気流を上方や下方に送出する際、ロングパネルに沿った大きな曲率でゆっくりと気流の風向を変更し、圧損による風量低下を抑制しました。更に、ロングパネルによる騒音低減効果(回折/干渉/遮音)により、エアコンの運転音を大幅に低減しました。

更に、本年2008年には、この気流制御を更に進化させています。上記効果に加えて左右方向にも気流を幅広く到達させることにより、冷房の場合、天井、エアコンの左右に位置する壁、およびエアコンに対向する壁に気流を沿わせ、4面輻射冷房効果を得ることを目的として、また、暖房の場合、エアコンの左右に位置する壁、および床面に気流を沿わせ、3面輻射暖房効果を得ることを目的として、部屋全体を包み込むような気流制御を行っています。図10に当社2008年に採用された新しい気流制御技術「つつみ込む気流」の概略を示します。

むすび

エアコンの「顔」は省エネや快適性といったエアコンの機能・価値に大きな影響を与えます。当社は今後も次々とエアコンに新しい「顔」を与えると同時に、更なる省エネの新しい「風」を吹き込み、お客様の健康と地球の環境を守る、「健康・環境エアコン」を創出し続けていきます。