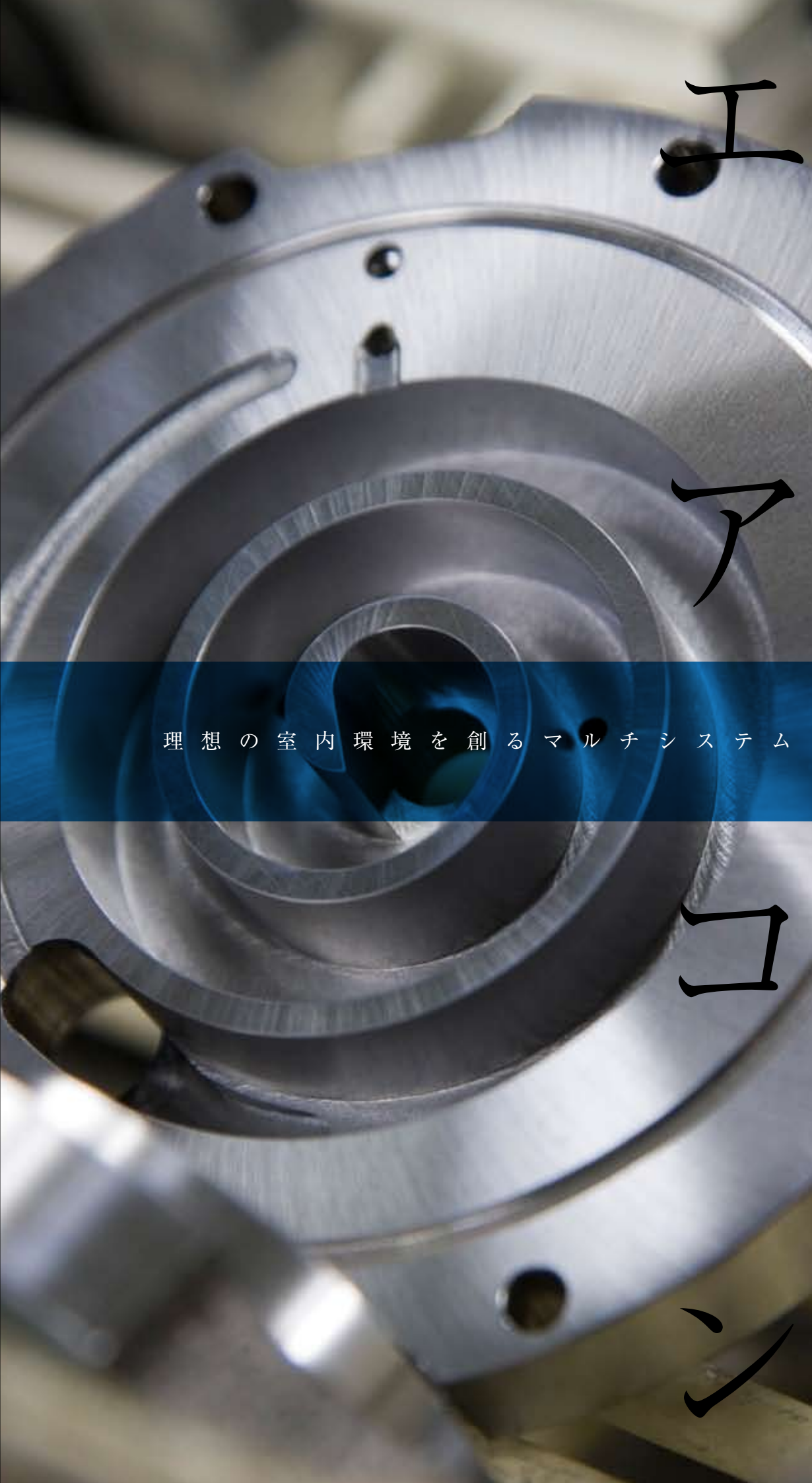




エ

永瀬唯の
サイエンス・
パースペクティブ



ア

理想の室内環境を創るマルチシステム

9

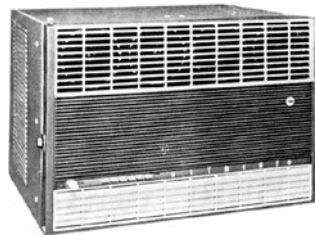
コ

ン

永瀬唯(ながせ・ただし)
1952年生まれ。東京都立大学
理学部卒業。理工学系出版社の
編集を経て、科学技術ライター
となる。1987年、サイバーパン
クムーブメントを契機として、技
術文化史、SF思想史を中心と
した評論活動を開始。明治大学
理工学部講師。著書『宇宙世紀
科学読本 スペース・コロニーと
ガンダムのできるまで』(角川書
店)、『腕時計の誕生』(廣済堂出
版)、『京極夏彦の世界』(青弓社)、
『欲望の未来 機械じかけの夢の
文化誌』(水声社)ほか。



日本初のヒートポンプ方式冷暖房エアコン
RW-600H 1961年



初めて「白くま」マークを採用した
100-WM 1959年



日本初のウインドー形エアコン EW-50
1952年 京都・都ホテルに納品

「ルームクーラー」から 「エア・コンディショナー」へ

東武日光線沿線、栃木県下都賀郡大平町にある日立アプライアンス株式会社栃木事業所は、1944（昭和19）年に日立製作所多賀工場の分室として設立され、翌1945年に、日立製作所栃木工場として独立した。常磐線とは直結される形で設けられた関東のほかの工場とは異なる立地に同工場が設置されたのは、日立製作所の創業者、小平浪平が栃木県下都賀郡の出身であったからでもあるという。

生産されているのは、エアコン、圧縮機、冷蔵庫、そして給湯機。いずれも、装置の外部との間に熱を交換する冷凍サイクルを用いた機器で、ヒートポンプの場合も、単純な電気加熱方式とは全く異なる原理に基づいている。

エアコン、圧縮機、冷蔵庫は中国や東南アジアなど海外にも生産拠点があり、ビル単位の大規模システムは清水事業所で、さらに大きな地域冷暖房などのための装置は土浦事業所が担当しているが、われわれが日常に触れるエアコン（エア・コンディショナー）の主流は、今もここ栃木事業所で生産されているのだ。

では、日本人の日常生活とは切っても切れない関係になったエアコンの歴史はどのように始まったのだろうか？

長年、エアコンの設計を手がけてきた横山英範（栃木空調本部空調システム設計部長）は

こう語る。

「エアコンが日立製作所で最初に商品化されたのは1952（昭和27）年です。このウインドー形エアコンは京都の都ホテルに納品され、やがて日本人の生活を一新させることになりました。」

日立のエアコンといえばみなさんおなじみの『白くま』マークは、1959年に出荷された製品から採用されています。

また、翌1960年には、日立では『ルームクーラー』という呼び名をつけ、この名前は「エアコン」の代名詞ともなっていました。しかし、『ルームクーラー』元年の翌年、1961年には、日立ではヒートポンプ方式の冷房・暖房ともに使えるエアコンを発売、『ルームクーラー』という名はもはやこの時点で正確なものといえなくなっています」

エアコンでは、沸点が水より低い冷媒という物質が室外機と室内機との間を循環し熱を循環させる。冷媒は冷やすと液体に、温度を高めると気体になる。

冷房運転の場合、冷媒は室外機にある圧縮機（コンプレッサー）で圧縮され、高圧で高温（外気温度より高い温度）のガスの状態となる。この高圧で高温のガス冷媒は、室外機に設置された室外熱交換器（コンデンサー）に通され液冷媒に変化することにより、熱を大気中に放出する。言い方を換えれば、外気で冷やす。室外機のあの夏の犬よりも熱い風は排熱によるものだ。

そして、熱交換された冷媒は減圧装置により圧力を下げ、低圧で低温の液冷媒となる。この

液冷媒は、室内機に送られ、室内熱交換器（エバポレーター）を通り、液冷媒からガス冷媒に変化することにより室内空気から熱を奪う。このとき、冷やされた空気が、エアコンから吹き出される冷たい風だ。そして、ガス冷媒は再び室外機の圧縮機に送られる。

暖房の場合は、よくある誤解だが、電熱器のように電力を直接熱に変換するわけではない。冷媒の流れが冷房運転の逆となる。暖房モードでは、圧縮機で高圧で高温の状態になったガス冷媒は室内機に送られ、室内熱交換器で液冷媒に変化し、室内空気を暖める。その後、減圧装置を通じて減圧され、低圧で低温の液冷媒となり、室外熱交換器でガス冷媒に変化して大気から熱を奪う。これはヒートポンプ式給湯機の原理と同じだ。

この発熱は断熱圧縮と呼ばれる現象で、手っ取り早く実感するには、自転車のタイヤにポンプで空気をぎゅうぎゅうに詰め込んでやればよい。タイヤに触ると、熱くなっているのに気づくだろう。冷却には逆に、断熱膨張という現象が利用されている。

エア・コンディショナーとは、建物や室内の空気を快適な状態に保つためのもの。最も重要な機能は、こうした温度（室温）のコントロールだが、ドライ機能による湿度の制御にはじまり、現在ではアレルギーの原因となるような花粉など大気中の微粒子の除去性能まで備えているのは言うまでもない。

こうした進歩のリード役として、日立では、



世界初の直流インバーターエアコン
RAS-2223H 1983 年



日本初の温度・湿度センサー付
冷暖房ドライタイプ
RAS-2207WLL 1980 年

1980（昭和55）年にはすでに、日本初の冷暖房・ドライ機能付きのタイプを発売している。

モーター運転の機能を飛躍させた

「インバーター」と「PAM」

商品化されて30年余り。エアコンはこうして進化を遂げてきたのであるが、われわれ消費者には見えない形で最大の技術革命が実現したのは、エアコンのある家庭が当たり前となった1983（昭和58）年になつてのことである。この年、日立では、インバーター方式のエアコンの商品化に成功している。

知つてのとおり、発電所から工場に届けられる電気は、「交流」という形態をとっている。交流の場合、電圧の極性は一定周期で逆転する。家庭用では単相交流、工場用では三相交流が主に使われている。

インバーターとは、この交流電圧を直流にいったん変換し、さらにもう一度交流に変換することで、電圧や電流の大きさをきめ細かに制御することができる技術である。インバーター方式の利点は以前から理論的にはわかつていたのだが、交流から直流への変換に必要な大電力に耐えられる半導体素子や、変換効率を向上させることが難しく、1980年代になつてようやく、実用化に至つたものである。

インバーターという言葉は、近年では家電製品の世界でも盛んに使われている。しかし、その応用範囲はずっと広く、この連載企画で取り

上げた笠戸事業所の新世代新幹線も、水戸事業所で生産されているエレベーターも、インバーター技術によつて大きな技術革新を迎えることになった。

ではインバーター以前のエアコンと比べ、インバーターを採用したエアコンはどこが優れているのだろうか？ インバーター方式の最大の利点は、いったん交流を直流に変えることにより、電圧や電流の大きさを自由に換えられることにある。インバーター方式の登場前にもつぱら使用されていた誘導モーターは、流れる電流の交流周波数（サイクル）によつて、実現可能な回転数が限定されてしまう。その欠点を克服し、自由自在に回転数を変化させ、パワーをコントロールできるのがインバーター方式の優れた点だ。

また、インバーター方式で交流を直流に変換したあと、エアコンなどの製品のモーターを駆動させるには二つの方式があり、一つ目は、この直流をもう一度交流に変換させ、再変換させるときに周波数を変え、誘導モーターの回転数を制御する交流インバーター方式である。日立製作所全体というなら、笠戸事業所で製造している新幹線車輛はこの方式を採用している。1983（昭和58）年に日立が最初のインバーターエアコンを販売したとき、他社ではこの「交流→直流→交流」方式をとっていた。しかし、日立ではあえて、強力な永久磁石を回転子に用いて、励磁のための電流がいらず、省エネ性に優れた直流ブラシレス方式を採用した。緻密かつ精密な電流スイッチングと独自の磁極位置検出

技術により、ブラシのない回転子を駆動させるといふこの方式は、エアコン用としては世界でも最初のものであった。のちには、畑違いであるエレベーターの世界でも、やはり永久磁石を採用した小型モーターの導入により、機械室スペースが不要の新世代エレベーターの時代が訪れている。

時代はさらに飛んで現在に近づくと、日立では直流インバーター方式の改良を深化させ、1997（平成9）年に、業界に先駆けてPAM（パルス振幅変調）という制御方式を導入することとなった。

PAMではスイッチングによる昇圧チョッパー制御と波形成形技術を活用し、交流電源から整流して生成した直流電圧の大きさを無段階に調整している。

従来の交流インバーター方式では、インバーターにより再変換した交流のサイクルは自由に変えられるものの電圧は一定で、回転数が上げられるといつても調整幅は狭く、また低い回転数だと、用いる誘導モーターの性質上エネルギー効率が大きく低下してしまう欠点があった。これに対してPAM方式では、高回転から低回転まで、モーターに印加する電圧を、運転状態に最も適した値に無段階にかつ広範囲に調整できるので、電圧が高くハイパワーで高い回転数が必要な暖房の立ち上がりから、電圧を低く抑え、きわめてゆっくりとした回転による超省エネ運転まで、どの段階でも理想的な運転が可能になるのである。

さて、周波数も電圧も自在に変えられるPAM



PAMとスクロール技術を駆使した室外機



パワーと省エネを両立させた PAM 制御エアコン
RAS-2810HX 1997 年

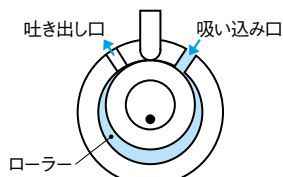


コンプレッサの性能を飛躍的に高めたスクロール圧縮機

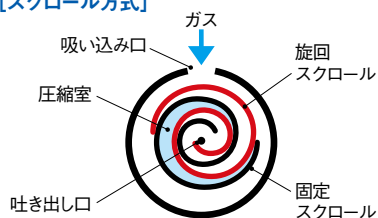


高い工作精度が要求される渦巻き形スクロール

[ロータリー方式]



[スクロール方式]



エアコンの心臓、コンプレッサの技術革新

家電製品において、モーターはあくまでも、外と内とで熱を交換し、冷房、暖房を行うための動力のもと。モーターや冷媒はかりでなく、循環システム全体の進歩とあいまってはじめて、本当の意味での革新はなされる。

なかでも重要なのは、冷媒を圧縮して高圧にし、循環させるための室外機の仕組み——コンプレッサの性能を飛躍的に高めたスクロール圧縮機

一つ目は、ロータリー方式。

自動車のロータリーエンジンと形状は同じで、中空の円柱の内壁に、円柱の中心から少しはずれたところに回転軸をもつローラーが接している。ローラーは回転し、円柱内壁の吸い込み口から冷媒を吸い込む。さらに回転すると、三日月形の空間（隙間）に閉じこめられた冷媒は圧力がかった状態で回転移動し、三日月の反対側が吐き出し口に達したところで噴出される。

ローラーの回転運動による非常にシンプルな構造で、信頼性も高いが、いくつかの欠点がある。圧縮がほぼ一挙に行われ、前後の圧力差が高すぎて、冷媒が漏れやすいうえに、ローラーが常に、遠心力が強い片側に偏るといふアンバランスな状態にあることだ。このアンバランスのため

に、低速では回転にムラが生じ、振動も起こりやすい。また、冷媒の噴出が間欠的で、吐き出し口に逆流防止の弁も必要になる。

こうした問題への対応策として、もう一つ、渦巻き形ポンプからヒントを得たスクロール方式が考案された。

スクロール方式では、中空円筒に外壁側から冷媒を注入するのは同じだが、内部に、どちらも渦巻き形の固定スクロールと旋回スクロールを組み合わせて配置してある。

固定スクロールの中心は中空円柱と同じ。その渦巻きの中に組み込まれた旋回スクロールは中心がずれており、三日月状の、しかも、いくつもの隙間が外壁と固定スクロール、旋回スクロールの間に生じる。旋回スクロールが回転すると、外部から注入された冷媒は三日月状の隙間とともに移動し、渦を描きながら中心部に運ばれてゆく。しかも、隙間は中心に近づくほど狭くなるので、ゆっくりと、しかし確実に、冷媒の圧力は高まってゆく。最終的には、冷媒ガス

M方式の有利さはすぐに実証されることになった。長期運転実験により、1年分の電気代を25%分も安くできることが立証されたのである。しかも、この比較は、PAMエアコン出現以前の最新のタイプと比べてのことであり、さらに昔、11年前のもの比べると、現在のPAMエアコンはエネルギー消費効率で約2倍、消費電力のコストも半分近くへと驚異的な省エネを実現しているのである。

その心臓部には現在、二つの方式が主流となっている。

一つ目は、ロータリー方式。

自動車のロータリーエンジンと形状は同じで、中空の円柱の内壁に、円柱の中心から少しはずれたところに回転軸をもつローラーが接している。ローラーは回転し、円柱内壁の吸い込み口から冷媒を吸い込む。さらに回転すると、三日月形の空間（隙間）に閉じこめられた冷媒は圧力がかった状態で回転移動し、三日月の反対側が吐き出し口に達したところで噴出される。

スクロール方式では、中空円筒に外壁側から冷媒を注入するのは同じだが、内部に、どちらも渦巻き形の固定スクロールと旋回スクロールを組み合わせて配置してある。

固定スクロールの中心は中空円柱と同じ。その渦巻きの中に組み込まれた旋回スクロールは中心がずれており、三日月状の、しかも、いくつもの隙間が外壁と固定スクロール、旋回スクロールの間に生じる。旋回スクロールが回転すると、外部から注入された冷媒は三日月状の隙間とともに移動し、渦を描きながら中心部に運ばれてゆく。しかも、隙間は中心に近づくほど狭くなるので、ゆっくりと、しかし確実に、冷媒の圧力は高まってゆく。最終的には、冷媒ガス



清浄な空気をつくるために、可能な限りの技術を結集している。まず、フィルターのメッシュを微細化することでエアコン内部に入る汚れを抑制。このフィルターをはじめ、内部には汚れが付着しにくく除菌効果も高いステンレス素材を採用し、空気の通り道をクリーンに保つとともに、フィルターに付着した汚れは自動で掃除する。こうして室内

ステンレスフィルターとふき取り方式掃除機構



に送り出す風を清浄に保つ。さらに、空気から水をつくって「イオンミスト」を発生させ、これを部屋のすみずみにまで放出することで、ウイルス・菌・カビ菌を約 99.99%抑制し、カーテンやカーベットにしみ込んだニオイも脱臭する。

では、ロータリー方式も捨て去られたわけではない。

それどころか、圧縮の多段化という方法により、ロータリー方式は「ダブルアクセルシステム」の名のもとで、最新製品として復活した。

このダブルアクセル方式にはもう一つの特徴がある。エアコンを暖房として用いる場合、室内機の熱交換機で熱を放出、冷やされた冷媒は、すべてが液化するわけではなく、ガスと液体が混じった状態のまま、室外機の熱吸収システムにたどりついてしまう。このガスは戸外の熱を吸収する効率を著しく阻害してしまう。

ダブルアクセルでは、室内機と室外機とを結ぶ配管の途中でガス状の冷媒を分離して、ダブルアクセルの低圧部と高圧部の間に送り込んでやる。これにより、熱交換の効率は格段に高まる。

は中空円柱の中心にある吐き出し口から軸方向へと噴き出される。

きわめて高い工作精度が要求されるが、この方式なら漏れも少なく高効率である。また、スクロールの滑らかな回転による重心の移動、つまり、ガタガタ揺れることもほとんどなく、低振動・低騒音が実現できる。

暖房効率の向上、冷えないドライ機能、抗菌効果……

現在の日立エアコンの主流は、この旋回スクロール形をさらに改良したSS（スミーズスクロール）方式へと移行し、さらに性能を高めている。

ただし、ロータリー方式も捨て去られたわけではない。

それどころか、圧縮の多段化という方法により、ロータリー方式は「ダブルアクセルシステム」の名のもとで、最新製品として復活した。

このダブルアクセル方式にはもう一つの特徴がある。エアコンを暖房として用いる場合、室内機の熱交換機で熱を放出、冷やされた冷媒は、すべてが液化するわけではなく、ガスと液体が混じった状態のまま、室外機の熱吸収システムにたどりついてしまう。このガスは戸外の熱を吸収する効率を著しく阻害してしまう。

ダブルアクセルでは、室内機と室外機とを結ぶ配管の途中でガス状の冷媒を分離して、ダブルアクセルの低圧部と高圧部の間に送り込んでやる。これにより、熱交換の効率は格段に高まる。

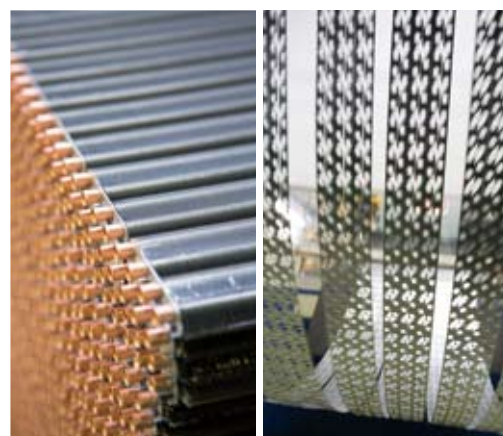
現在の日立では、比較的大型の製品に向けた二段式ロータリー——ダブルアクセルシステムとスクロール方式の二本立てで、エアコン市場を牽引している。

「意外に思われるかもしれませんが、現在のエアコンの暖房効率は、発電所の発電効率を考慮してもガスや石油暖房機を上回っており、ダブルアクセルによって、暖房効率はさらにアップしました」

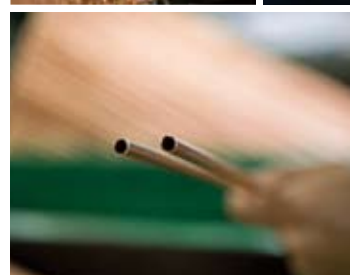
と聞いても、なお腑に落ちないところがある。ガスや石油のヒーターのほうが、吹き出す風はずっと暖かいのではないか？

そのとおり、風の温度そのものは、エアコンの暖気よりもガスや石油のほうが上。熱すぎるくらいだ。しかし、部屋全体を暖めるための総合的な効率とコストでは、エアコンとガスや石油の勝負は、もはや互角、実はエアコンのほうが上といつてもよい段階にあるのだという。

「今、エアコンをめぐるのは、チリや花粉に対するフィルター、あるいは、日立でも前面に出しているステンレスなどによる抗菌効果、さらにはフィルターの目づまりを防ぎ、掃除の手間を省く機能などが話題になっています。また、フィルターを内蔵した換気扇のような役割を果たす、きわめてクリーンな給気システムが採用され、そ



熱交換器。銅パイプ（直径8mm）とアルミの集合フィン（厚さ0.095mm）からなる。熱交換効率を上げるため、銅パイプ内部にもらせん状の溝が切られるなど細かい工夫が。



してもう一つ、ユーザーにとって大事なのが「冷えないドライ機能」です」

かつてドライ機能といえば、あくまでも、「冷房」の副産物だった。しかし、今や吸い込んだ大気を冷やして湿気を抽出したのち、この冷えた空気を室外機の廃熱の一部を室内機に導くことによって暖めるという、冷えないドライ「カラッと除湿」が実現、ドライといえは寒くなるという昔の常識は消え失せた。

給気システムやフィルター機能と併用すれば、カビやダニ、よごんだ空気、湿気とは全く無縁の室内環境をエアコンだけで、いつまでも維持できるようなっているのである。

「ルームクーラー」という呼び名のとおり、冷房装置としてスタートしたエアコンは、快適でクリーンな理想の室内環境をトータルに演出する、環境創造装置ともいふべきマルチなシステムとして変貌を遂げているのである。