



家庭用エアコンの省エネ技術 の経年変化の調査

SCE・Net 鶴田邦弘

R-60

発行日

2019.02.02.

1. 序論

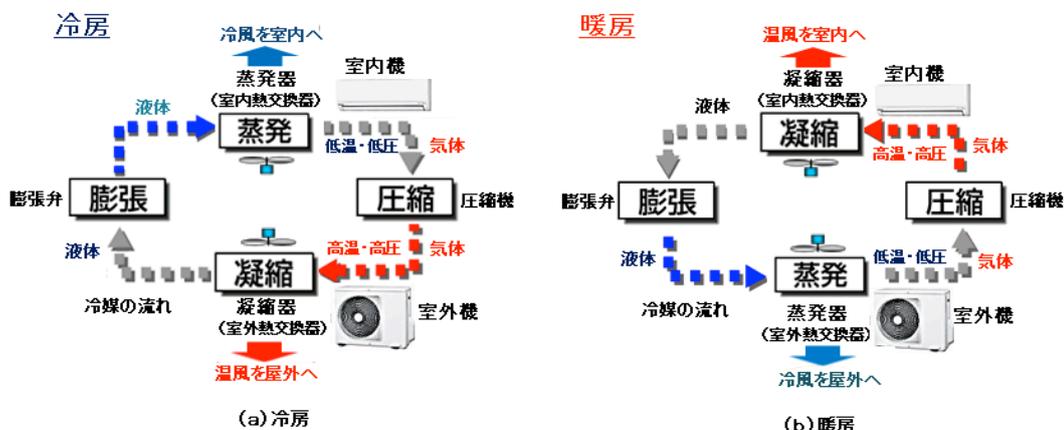
エアコンは、「air conditioner」の略称で、冷媒の熱移動で電気が持つ熱量の数倍の熱を生み出す化学機械であり、夏の冷房や冬の暖房に活躍する家電製品でもある。「エアコンの電力使用量が家庭電化製品に占める割合は、資源エネルギー庁のデータによると 2009 年度は年間で 7.4% であり、平成 25 年度作成データでは夏の昼が 58% で冬の夕方が 30%」と非常に大きい（出典は巻末資料の番号 1 と 2）。そのため、種々の省エネ技術が年々開発され、エアコンの消費電力は徐々に低減してきた。

本報は、家庭用エアコンの省エネ技術の経年変化を、図書やメーカーのカatalog・インターネット情報などの公開資料を基にして調査した内容である。

2. エアコンの構成と原理

エアコンは、液体の冷媒が蒸発して気体になる時に蒸発熱で周囲から熱を奪う（冷却）性質と、気体の冷媒が液化して液体になる時に凝縮熱で周囲に熱を放出する（加熱）性質、を利用して温度を調節し、冷媒の流れで冷房・暖房の 2 役の機能を果たす空調機器である。構成は広く公開されており、公開情報を参考にして構成と冷媒流れの模式図を作画した。

第 1 図は、エアコンの構成と冷媒流れであり、圧縮機、凝縮器（熱交換器）、膨張弁、蒸発器（熱交換器）を、冷房と暖房の用途に応じて冷媒は流れる。冷房の場合、低温低圧の気体の冷媒は、圧縮機で圧縮されて高温高压の気体になり、凝縮器（室外熱交換器）で放熱して中温中高压の液体に変化し、膨張弁で減圧されて低温中圧の液体になる。この液体冷媒は、室内機へ流れて蒸発器（室内機交換器）で蒸発しその気化熱で室内の熱を奪い取って低温低圧の気体に戻り、再び室外機の圧縮機に流入する。暖房の場合、逆の冷媒流れとなる。



第 1 図. エアコンの構成と冷媒流れ

3. 家庭用エアコンの省エネ性能の経年変化

エアコンの省エネ性能は、2006年9月頃まではCOPで評価された。COPは、「冷暖房平均エネルギー消費効率」(Coefficient Of Performance、成績係数)の略称であり、使用した電力の何倍の(暖房・冷房の)仕事ができるかの冷暖房能力に関する値である。例えばCOPが6のエアコンは、大気から5kWの冷房・暖房能力を回収して、1kWの電力に加算して合計で6kWの冷房・暖房能力を産み出すことを意味する。COPが高いエアコンほど、冷房・暖房熱量を生み出す消費電力が小さく省エネである。

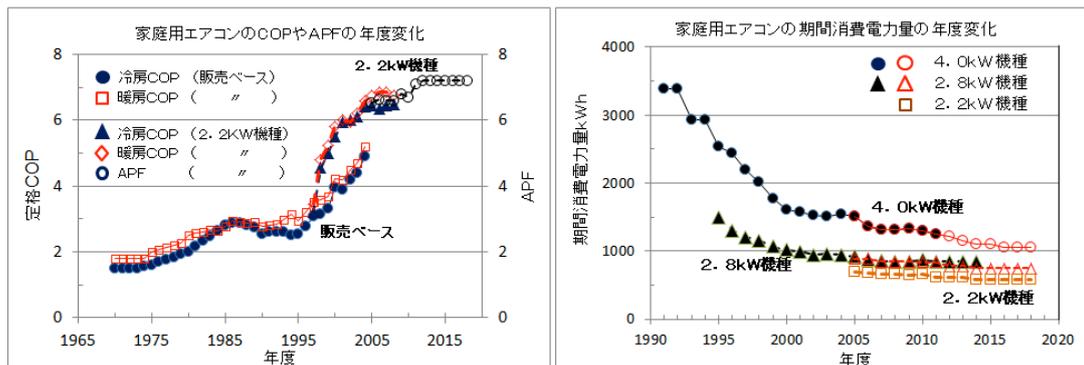
2006年9月に改正された「省エネ法」でCOPに代わる省エネの基準値として、APFが採用された。APFは、「通年エネルギー消費効率」(Annual Performance Factor)の略称で、「JIS C 9612」に基づいた運転環境で1年間エアコンを運転した場合の運転効率を表わし、冷房・暖房の能力(kWh)を消費電力量(kWh)で除した値として算出される。

期間消費電力量は、1999年頃から表示され始め、現在は「JIS C 9612:2013」に基づいた運転環境と運転条件で運転した場合の1年間で消費した消費電力量である。

「エアコンのCOPとAPFさらに期間消費電力量」を、図書やインターネットから収集し[出典は巻末資料の番号3~8]、その値を年度ごとに纏めて解析した[前記番号3~8を元に著者が手を加えて図を作成した]。1事例で作成した図を以下に示す。

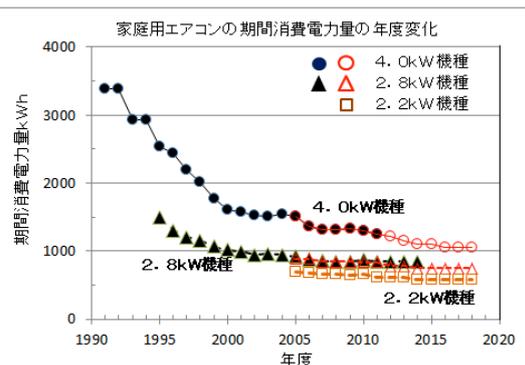
第2図はCOPやAPFの年度変化である。COPは年々向上しているが1995年頃から急激に向上し、APFは2018年度の値が7を超えるレベルまで向上した。

第3図は期間消費電力量の年度変化である。期間消費電力量は、どの機種も年々低減しており、2018年度は、1992年度と比較して約1/3に低減(4.0kWの場合)、2008年度と比較しても概ね1.2~2.2%レベル低減した。



- □ のCOPデータ(1970~2004年度の販売ベース)は下記資料より作成
 平成19年版 環境／循環白書・環境省へようこそ！
www.env.go.jp/policy/hakusyo/h19/html/hj07010304.html
 に記載のインターネットデータ(出所: 姉住環境計画研究所調べ) 5、
 出典: 環境省「省エネルギー家電ファクトリー」
- ▲ ◇ のCOPデータ(1997~2008年度の2.2kW機種)は下記資料より作成
 書籍・トコトやさしい ヒートポンプの本 (発行所: 日刊工業新聞社)
 53頁記載のデータ(図1 2.2kWルームエアコン最高COP値推移)
 ※『省エネルギーセンターホームページ「省エネ機器・省エネ性能カタログ」
 および(財)ヒートポンプ・蓄熱センターのデータより作成』の注釈あり
- のAPFデータはメーカーのカタログ(2007~2018年度の高級タイプ)より

第2図 COPやAPFの年度変化



- のデータ(1991~2011年度4.0kW機種高級タイプ)は下記資料より作成
 【そこが知りたい家電の新技术】古いエアコンを...-家電Watch
[https://kaden.watch.impress.co.jp/docs/column/newtech/...](https://kaden.watch.impress.co.jp/docs/column/newtech/)
 に記載のインターネットデータ『14畳向けクラス(4.0kW)のダイキン製エアコンの期間消費電力量(冷房・暖房期間を合わせた消費電力量の目安)の変遷』
- ▲ のデータ(1995~2014年度2.8kW機種高級タイプ)は下記資料より作成
 価格.com-エアコン・クーラーの電気代 | 電気料金比較
kakaku.com/energy/aircon/ に記載のインターネットデータ
 『出所:(社)日本冷凍空調工業会・資源エネルギー庁「省エネ性能カタログ
 2012年、2013年、2014年冬版」より作成』の注釈あり
- □ のデータはメーカーのカタログ(2005~2018年度の高級タイプ)より

第3図 期間消費電力量の年度変化

4. 基幹部品の省エネ技術の開発

4. 1 圧縮機関連

圧縮機は、モータを用いて冷媒を圧縮して循環させる基幹部品であり、モータの回転数が高いほど高い冷暖房能力が得られる。「その消費電力は、エアコン全体に対してフルパワーで約90%、アイドル状態で約75%を占めている」[出典は巻末資料の番号9]。エアコンの省エネは、圧縮機の省エネが最も有効であるので、圧縮機は、(1)駆動用モータのインバータ制御、(2)ブラシレスDCモータ、(3)高効率な圧縮機、を新規に開発して大幅な省エネを図ってきた。

「日本で現在販売されているエアコンは、圧縮機のモータ制御にインバータがほぼ100%使用されており、最近のインバータ搭載のエアコンは、インバータ未搭載のエアコンと比較して消費電力が約42%に低減している」[出典は巻末資料の番号10]とされている。

4. 1. 1 圧縮機モータのインバータ制御

1961年に初めて登場したエアコンは、暖房能力が不十分であったので室内ユニットに補助ヒータを組み込んでおり高い消費電力を必要としていたが、その後は、圧縮機が改良されてヒータレスになり消費電力の低減が図られた。圧縮器モータの制御は、当時は単純にON/OFFの制御しかできず、ONでモータがフルパワーで回転し、OFFでモータが完全に止まっていた。そのため、圧縮器はフルパワー運転あるいは停止状態という極端な運転しかできず、室温が設定温度に達した後も、室温を一定に保つことが難しかった。

「1982年には、世界で初めて家庭用として商品化されたインバータ搭載のエアコンが登場し、エアコンの商品性を飛躍的に向上させた。当時のインバータは、コンセントからの交流電力(50Hz、60Hz)をいったん直流電力に変え、更に周波数の異なる交流電力に作り変えて、交流の圧縮機モータを駆動させる技術であった。電力の周波数を30~90Hzまで変えて圧縮機モータの回転数を制御して、エアコンの運転の強弱を細かく制御していた」[出典は巻末資料の番号11]。エアコンは、スイッチを入れるとインバータにより周波数の高い電力を供給された圧縮機が直ちに高速回転し、強力な冷房・暖房能力を発揮して短時間で設定温度に達することができるようになった。そして、室内が設定温度に達した後は、インバータにより周波数の低い電力を供給された圧縮機が低速回転するので、エアコンは弱い冷房・暖房運転を行ない、室温を設定温度付近に常時保てるようになった。さらに冬期の外気温度の低い時は圧縮機が高速回転するので、エアコンは高暖房能力を発揮しその利用地域を拡大した。インバータ搭載エアコンは、それ以前のインバータ未搭載エアコンと比較して消費電力を低減させ、この商品化を境に1980年代半ばになると、“冷暖房”エアコンが主流となりそのマーケットが急拡大した。

1980年代中頃から圧縮機モータは、これまでの交流モータに変わって、効率の良いブラシレスDCモータ(永久磁石同期モータとも称す)がエアコンに採用され始め、インバータもこのモータを制御する新方式に変化して、エアコンの消費電力低減を図った。

「1997年には、これまでのPWM制御方式とは異なるPAM制御方式インバータを搭載したエアコンが登場した」〔出典は巻末資料の番号12〕。また、「1998年には、従来のパッシブ方式とアクティブ方式を組み合わせた部分スイッチングによる力率改善方式のインバータを搭載したエアコンが登場した」〔出典は巻末資料の番号13〕。これら新しいインバータは、1999年に導入されたトップランナー方式の基準を達成するために開発され、様々な環境下において最適な冷暖房能力を発揮する様に、圧縮機を低負荷から高負荷や低速回転から高速回転の幅広い範囲で駆動ができるようにした。その結果、エアコンは、COPの急激な向上、使用地域の拡大、消費電力の大幅な低減、静音化、低振動化が実現した。

2000年代後半には、「正弦波と矩形波を組み合わせたPWM制御方式インバータが開発され、圧縮機モータを正弦波駆動で高速回転させたのち矩形波駆動で低速回転させるエアコンが登場した」〔出典は巻末資料の番号14〕。これら新技術の開発により、エアコンは、強力な冷房・暖房能力と消費電力の更なる低減が実現しその普及が更に加速した。

参考：インバータの種類

インバータは、制御方式や通電・変調方式によって多種多様なタイプがあり、その情報は広く公開されている〔出典は巻末資料の番号11～15〕。例えば、出力電圧を制御する電圧型インバータは、供給する電圧を変えるタイプであり、PWM制御方式とPAM制御方式がある。エアコンの圧縮機モータを制御するインバータは、多くはこの2種類やその組み合わせであり、コンセントからの交流電力を変調して電力の周波数や電圧を変え、圧縮機モータの回転数を制御してエアコンの能力を自在に制御している。

PWM制御方式インバータは、パルス幅を可変してパルス幅の平均電圧が正弦波状に出力されるよう制御する方式であり、交流電力の周波数を変化させてモータの回転数を制御している。入力力率が90%以上である、電圧は交流でその駆動方式は矩形波(120°通電)または正弦波(180°通電)、電流は正弦波の波形、の特長がある。PAM制御方式インバータは、パルスのレベル(電圧)を変えることにより出力電圧を可変させる方式であり、昇圧回路によってインバータに供給する直流電圧を変化させ、その電圧を変化させてモータの回転数を制御している。広い電力範囲で入力力率を99%以上にできる、直流電圧を高い電圧に独立に制御できる、電流は正弦波の波形、の特長がある。

4. 1. 2 圧縮機モータ

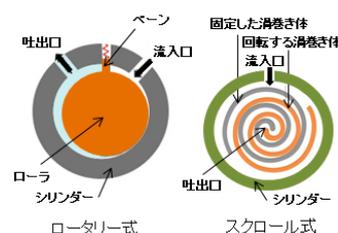
1952年の冷房専用のクーラーや1961年の冷暖房機能のエアコンが登場した時から、圧縮機のモータは、交流誘導電動機が使用されていたが、消費電力が高いや効率・制御性が良くない問題があった。

1980年代中頃になると、モータの回転子の外周部分に永久磁石を配置した構造のブラシレスDCモータが採用され始めた。ブラシレスDCモータは、エアコンではインバータを用いて駆動されており、ハイパワーで回転数の可変制御が自由にできる、ブラシがないのでメンテナンスが不要である、薄く小型で省エネである、寿命が長い等の利点がある。

1996年頃を過ぎると、「磁石を、フェライト磁石から高磁力性の希土類（例、ネオジウム）磁石に変更した高効率タイプの新しいブラシレス DC モータが登場した」〔出典は巻末資料の番号 16 と 17〕。また、「磁石の形状・配置やスリット形状の最適化、ステータ巻線の分布巻きから集中巻きへの変更、フェライト磁石から強磁性の希土類磁石への変更、などの新技術を搭載した新しいブラシレス DC モータが登場した」〔出典は巻末資料の番号 18〕。さらに他各種の新技術の開発により、ブラシレス DC モータは、効率の向上や小型化・省エネ化が図られ、現在は殆どのエアコンに採用されて A P F の向上に貢献している。

4. 1. 3 圧縮機

エアコンで使用する圧縮機は、容積圧縮式であり、内部空洞で回転する回転体（ローラ、渦巻き体）によって、圧縮室の容積を小さくして冷媒を圧縮するロータリー式やスクロール式が主流である。その構造は広く公開されており、公開情報を参考にして構造模式図を作画した。第 5 図 圧縮機の構造



第 5 図 圧縮機の構造

第 5 図は、圧縮機の構造である。「ロータリー式圧縮機は、シリンダーと、その内部空洞に配置したローラと、ローラの外周面に頭部を接触させてシリンダーの内部空洞を吸入室と圧縮室とに区画する可動式のベーンで構成される。シリンダーの内部空洞内に吸入した冷媒は、回転するローラとベーンで仕切られた空間が小さくなることで圧縮されて高圧になり、外に排出される」〔出典は巻末資料の番号 9。著者が手を加えて図を作成した〕。構造が簡単で小型軽量の利点がある。

スクロール式圧縮機は、シリンダーの内部空洞に配置した 2 つの渦巻き体によって冷媒を圧縮する構造であり、一方の渦巻き体は固定され、もう一方の渦巻き体は旋回運動をする。この旋回運動により、外側から吸い込まれた冷媒は、渦巻き体が旋回運動する間に徐々に内側に向かって圧縮され、高圧となって中央から排出される。圧縮が連続的に行われるため振動が小さく、圧縮機内部での漏れが小さく高い効率が得られる利点がある。

圧縮機は、回転体が回転するとその接触部分で摩擦が起こるので、摩擦が損失となって圧縮機の電力を増加させ、機械効率が低下する。また、圧縮されてゆく過程で回転体の接触部分から冷媒が漏れ出せば、冷媒の循環量が下がって容積効率が低下する。圧縮機は、機械効率と容積効率が高いと、モータの負担が軽くなって消費電力が低減するとともに圧縮性能が高くなり、エアコンの COP が向上してくる。このため、圧縮機は、これら効率を高くするための新技術開発を年々行って、消費電力の低減と圧縮性能向上を図ってきた。

1990 年前後から、効率を向上させるための新しい圧縮機の開発が活発に行われた。その 1 例が、「ベーンとローラの一体化によって冷媒漏れと摩擦の低減を図ったロータリー式圧縮機」〔出典は巻末資料の番号 9〕である。また他例として、「ロータリーを 2 個持つロータリー式圧縮機がある。この圧縮機は、1989 年の AC イ

インバータツインロータリーコンプレッサーの開発により、エアコンの大容量化を実現するとともに、より幅広い能力コントロールを可能にした。また、1993年のDCインバータツインロータリーコンプレッサーの開発により、前年度機種より約50%も経済性を高めることを可能にした、さらに2004年には、可変気筒デュアルステージコンプレッサーが開発され、ツインロータリーコンプレッサーの片方のシリンダー（圧縮室）を必要に応じて休止させることができる様にし、インバータによる低速運転との組み合わせによって、小さな電力で冷房できるエアコンを実現した」〔出典は巻末資料の番号19〕。このツインロータリー式圧縮機は、2個のロータリーを通常は2個同時に動かし、安定運転になると1個だけの運転に切替えることで、能力を絞った効率の良い運転ができるので消費電力が少ない利点がある。

スクロール圧縮機でも新技術が多く開発され、消費電力の低減に貢献してきた。1例が、「2010年度から登場したスクロール圧縮機である。圧縮機ポンプの渦の幅（ラップ厚）を20%厚くしてシール性を改善し、圧縮室間の漏れによる性能低下を低減している。また、過圧縮防止弁の流路拡大、位置の見直しおよび吐出しポート孔径の拡大により、過圧縮損失や流体損失を低減している」〔出典は巻末資料の番号20〕。他例が、2000年代後半の開発であり、「構造の改良やモータの巻き線仕様さらに制御回路の最適化が図られたスクロール圧縮機である」〔出典は巻末資料の番号21〕。

圧縮機は、冷媒が変更されるたびに、新しい技術開発を行ってきた。それは、冷媒は各々によって動作圧力や循環性が異なるためである。例えば、冷媒は、オゾン層破壊係数の低減のため1998年から、HCFC系冷媒[R22]からHFC系冷媒[R410A]に変更された。これに対応するため、「圧縮機は、排除容積の適正化、構成部品の形状変更やクリアランス精度向上・変形防止を行い、冷媒漏れ損失の低減や摺動部分の信頼性を確保しつつ、圧縮性能の向上を図ってきた」〔出典は巻末資料の番号18〕。また、冷媒は、2012年11月からは地球温暖化係数を1/3に低減するため、冷媒[R410A]から冷媒[R32]に変更された。この冷媒変更の時も、圧縮機は新技術を開発して対応してきた。

これら新技術開発により圧縮機は、運転頻度の高い中間能力の向上、設定温度付近の微小能力や最大能力の拡大が図られその結果、エアコンは、省エネ性や快適性が向上した。

4.2 熱交換器

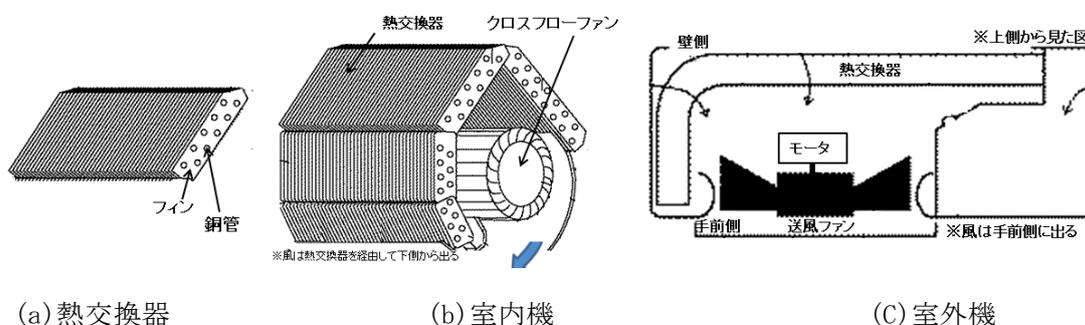
家庭用エアコンの熱交換器は、フィンチューブ式（クロスフィンチューブ式とも呼ばれる）タイプであり、銅の伝熱管の外側にアルミニウムの伝熱板（フィン）を多数取り付けて伝熱面積を増やし、銅管内を流れる冷媒とフィンに当たる空気を熱交換させる構造である。熱交換器は、室内機と室外機に搭載されており冷房の場合、室内機の熱交換器は蒸発器として部屋の熱を素早く奪い取り、室外機の熱交換器は凝縮器として奪い取った熱を素早く大気に放出する。暖房の場合は、冷房の場合の逆の役割となる。

熱交換器のフィン表面は、蒸発器としての役割の場合、結露による水滴が発生する。親水性皮膜がない裸のアルミニウム板だと、結露水がフィン表面にブリッジを形成するので、

水飛びや騒音さらにエアコンの消費電力アップなどの問題が生じる。これら問題が起きない様にするため、アルミニウム板の表面には親水性塗膜が塗布されており、この親水性塗膜を施すことにより結露水は、ブリッジを形成することなくフィン表面に濡れ広がり、熱交換器は冷媒と周囲の熱を素早く熱交換する。「現在の表面処理塗膜は、親水性塗膜以外に、アルミニウム板を防食する耐食性塗膜、プレス加工性を向上する潤滑性塗膜、菌やカビの繁殖を防止する抗菌塗膜、汚れ付着防止塗膜も採用され、多機能多層化構造になっている」〔出典は巻末資料の番号 2 2〕。

エアコンの熱交換器や室内機および室外機の構成は、多種多様なタイプがあるがその資料は広く公開されており、エアコンを覗くことでも簡単に観察できる〔参考は巻末資料の番号 2 4 と 2 5〕。これら公開情報を参考にして代表的な構成の模式図を作画した。

第 6 図は、熱交換器及び熱交換器を配置した室内機と室外機の構成図(1 事例)である。



第 6 図 熱交換器及び熱交換器を配置した室内機と室外機の構成図(1 事例)

4. 2. 1 室内熱交換器

室内熱交換器は、居住空間で熱交換を行う基幹部品であり、室外熱交換器と比較して省エネ性能への寄与が高いと言われている。さらに、搭載される室内機の設置性・デザイン性の観点から、高効率化とコンパクト化が極めて重要視される。そのため、熱交換器は、室内熱交換器を主な開発対象にした事例が多い。

エアコンは、省エネや小型化・低コストのため高性能化が要求されこれに伴い、室内熱交換器は、平板状の熱交換器を複数列組み合わせる構成にするとともに、この構成品をくの字状に 2 回や 3 回など複数回折り曲げて、円筒型の送風ファン(クロスフローファン)に沿って配置するタイプに進化し、伝熱面積の増加で熱交換能力が向上した。

例えば、「室内熱交換器は、1980 年代前半までは平板状の熱交換器を送風ファンの横に配置したタイプであったが、1990 年代頃になると平板状の熱交換器の 1 部が窪んだ構造になり窪み部分が送風ファンを部分的に囲むタイプに進化した。1995 年頃を過ぎると、平板状の熱交換器がくの字状に 2 つ折さらに 3 つ折に折り曲がって寸法が大きくなり、送風ファンの周囲を取り囲む配置に進化した」〔出典は巻末資料の番号 2 5〕。また、「冷媒用銅管は、細径化や本数増加さらに、従来の平滑管に代わって内側に溝をつけて伝熱面積を拡大した内面溝付き管が採用される場合もあった。フィンは、プレートフィンからス

リットフィンルーバーフィンへと進化して、空気にふれる面積を増やす工夫が施こされ、結果として熱伝達率が大きく向上した」[出典は巻末資料の番号 4 と 26 と 27]。

さらに、2010 年頃になると、「室内熱交換器は、単位体積あたりの熱交換器能力の最大化を狙い、弓型アルミフィンに異径伝熱管を最適に組み合わせで配列するタイプが登場した。この熱交換器は、前面側が弓型形状に折り曲げる形状になっている。その結果、前面側の折り曲げ部分が無くなって熱交換器を配置するスペースをすべてフィンで満たすことが可能になり、フィンと空気の伝熱面積が最大化した。また、フィンを高密度配置として伝熱面積をさらに増加させるとともに、フィンの幅と厚みさらには列を最適化して、熱交換器を通過する空気の風速分布の均一化を図った。さらに、銅管の径・本数・ピッチも最適化した。これらにより、熱交換能力の大幅向上が図られた」[出典は巻末資料の番号 21]。

4. 2. 2 室外熱交換器

室外熱交換器は、平板状の熱交換器を複数列組み合わせた構成品をコの字状に折り曲げて、大型ファンを囲む形状になっている。2014 年頃に、「フィン断面形状の従来の[W]字型から[V]字型への変更と、細径伝熱管の高密度配置を行った室外熱交換器が登場した。この室外熱交換器は、熱交換器を通過する空気抵抗の低減による送風性能の向上、伝熱面のフィン中央までの拡大による伝熱性能の向上、スリット形状の設置による暖房時の熱交換能力の向上、が図られている」[出典は巻末資料の番号 28]。

4. 3 送風ファン

送風ファンは、室内機と室外機に搭載され、当初は交流で駆動していたが、1990 年代前半になると「ブラシレス DC モータをインバータで駆動するタイプが登場した」[出典は巻末資料の番号 29]。

4. 3. 1 室内機の送風ファン

室内機の送風ファンは、静音と風が散らばらないでまっすぐ遠くまで飛ぶ利点があるクロスフローファンを多くは使用している。クロスフローファンは、回転方向に前傾した羽根を持つ円筒型ファンで、側面に配置したモータで回転させると、羽根の隙間から吸い込みと吐き出しが行われて風が円周に沿って横方向に吐き出す。室内機は、内部空気通路の形状を最適化して、クロスフローファンからの風が効率的に送風される様にしている。

また、1 部メーカーは、「プロペラファンを採用したエアコンを登場させた。2つの独立駆動するプロペラファンを搭載することで、それぞれが異なる風量を生み出せるようにして異なる体感をカバーし、同一風量時の消費電力を相当削減させた。ファンの形状が変わるとともに配置場所が上部に変わったので、熱交換器の囲むように配置するレイアウト制約がなくなり、熱交換器の搭載面積が大幅にアップして一層効率的に冷暖房できるようになり、省エネ性能が向上した」[出典は巻末資料の番号 30]。

4. 3. 2 室外機の大型ファン

室外機の大型ファンは、軸に固定された複数枚のプロペラ状の羽根が回転する構造のプ

ロペラファンを使用し、プロペラファンの大型化と羽根枚数の増加によって送風効率を向上させてきた。最近では、ファンの形状を工夫して抵抗を少なくして高効率化を図り省エネにしたタイプが登場している。

4. 4 室外熱交換器の着霜防止制御

「暖房運転の場合、室外機は屋外に冷たい空気を吹き出している。これは、気化熱により室外熱交換器が周りの熱を奪うためであるが、外気温が低いと空気中の水蒸気が室外熱交換器に結露して凍って霜となるや、溶けた雪が凍って室外熱交換器に付着する現象が起こる。この着霜現象は、極端に寒い時や大雪の時に最も起りやすく、かなりの水が霜になって室外熱交換器に着くので、除霜しないと暖房運転ができなくなる問題が起こる。この着霜問題を解決するため、暖房サイクルを冷房サイクルに1時的に変えて、何分か冷媒を逆流させ、熱せられた冷媒を室外機の熱交換器に通すことで、霜を溶かす（所謂「霜取り運転」）ようにしている」〔出典は巻末資料の番号31〕。このことで現在、寒冷地でもエアコンが使用できる様になった。

5. 快適性向上機能を用いた省エネ技術の開発

最近では、省エネ性と快適性を両立させた機能を搭載したエアコンが、高級タイプとして登場しており、APFや期間消費電力量が普及タイプより優れているので、APFの向上や期間消費電力量の減少に大きく貢献している。

5. 1 人や物のセンシング機能

「広い空間で一人ひとりが快適で省エネ運転を実現するために、人の居場所や活動量さらに部屋の状況を見るセンシング技術と解析技術さらに送風技術を駆使して、個別空調を可能とする機種が登場した」〔出典は巻末資料の番号32〕。また、「高精度赤外線センサを用いて人と部屋の温度を計測しAIで解析して節電と快適性を実現する機種も登場した」〔出典は巻末資料の番号33〕。さらに、「画像センサ・温度カメラ・近赤外線LED技術などのくらしカメラAI技術を活用して、一人ひとりを識別して在室時間を把握しさらに体感温度の変化を見ることで、これから体感温度がどう変化するか予測して、人が不快と感じる前に気流を制御して節電と快適性を両立する機種も登場した」〔出典は巻末資料の番号34〕。

5. 2 圧縮機の排熱を蓄熱材に回収する機能

「室外機の圧縮機からの排熱を蓄熱材で回収して蓄熱し、その熱を有効利用して暖房能力を向上させる機能を有する機種が登場した。この機能は、電気ヒータを使用することなく、冬場の室外熱交換器の霜取り運転時間を短縮して暖房時の室温低下を抑制したり、早朝運転開始時の温風に加温して立ち上げ温風の温度を上昇させる利点がある」〔出典は巻末資料の番号32と35〕。

5. 3 気流コントロールシステム機能

「快適な空調を実現するために、2つの温度の風をフラップやルーバで同時に吹き出す機種が登場した」〔出典は巻末資料の番号36〕。また、「3分割フロントフラップが、気流の通り道に適した風を送ることで、足もとへ迅速に暖気を届けるや人のエリアを中心としつつ部屋全体を涼しくする機種が登場した」〔出典は巻末資料の番号34〕。

5.4 省エネ誘導機能

「無駄な電力を消費しないために、人がいなくなると運転パワーを自動でセーブしてくれる機能、部屋に人がいないと感知してから約3時間で運転をオフにしてくれる機能、人がいる場所に絞って冷暖房して運転パワーのムダをカットする機能、などを搭載した機種が登場した」〔出典は巻末資料の番号36〕。

5.5 フィルターや室内熱交換器の自動掃除機能

フィルター掃除を定期的に行うと、消費電力が低減する。そこで、「エアコンを累積24時間以上使用した後に、室内熱交換器に配置したフィルターを自動で掃除するお掃除ロボット機能で、暖房時の消費電力を最大25%低減する機種が登場した」〔出典は巻末資料の番号36〕。また、「エアコンを使った後の「凍結洗浄」機能により、室内熱交換器を自動掃除してエアコン内部を清潔に保って高い省エネ性を維持する機種が登場した」〔出典は巻末資料の番号37〕。

5.6 HA機能やAI機能

2012年11月から、スマートフォンで外出先からも遠隔操作できる機種が登場した。「このタイプの機種は、帰宅前に部屋を空調しておくことが可能であり、エアコンを消し忘れた際はスマートフォンのアプリでOFFにできる。また、今月と先月の電気代の表示、これらと昨年の電気代とをグラフで比較表示などのエコ情報が表示でき、1カ月先までスケジュールに合わせたタイマー予約もできる。これに加えて2018年11月には、人口知能(AI)が、空気の汚れ具合や湿度変化を先読みしたり、リモコンの操作履歴や利用者の生活パターンを学習したりして、利用者の好みに合った住空間の実現や省エネのアドバイスをするエアコンが登場した」〔出典は巻末資料の番号32と36〕。将来は、「人工知能(AI)が利用者の生活習慣を学習する機能や、センサ技術で高齢者の見守りや快眠支援をする機能、を搭載したIoT(モノのインターネット)対応のエアコンの登場」が期待されている〔出典は巻末資料の番号38〕。

6. 結論

家庭用エアコンの省エネ性能は年々向上し、2018年度機種の期間消費電力量は、一昔前の機種と比較して大きく低減している。エアコンの消費電力は、圧縮機がその大半を占めるので圧縮機関連の省エネ技術が次々と開発され、駆動用モータのインバータ制御、ブラシレスDCモータの採用、新構造の圧縮機開発による高効率化、で大幅な省エネが図られてきた。また、新しい構造・構成の熱交換機、新しい送風ファンの開発も、省エネに大きく貢献してきた。さらに、使用する冷媒も環境に配慮して、オゾン層破壊係数がゼロで地球温暖化係数の小さいHFC系冷媒[R32]が2012年度から採用されてきた。

最近は、人や物のセンシング機能、圧縮機からの排熱を蓄熱材に回収する機能、気流コントロールシステム機能、省エネ誘導機能、フィルターや室内熱交換器の自動掃除機能、HA機能やAI機能、などを搭載した高級タイプのアエアコンが登場している。これら機能は、省エネ性と快適性を両立させてアエアコンのAPFを更に向上させ、期間消費電力量を大きく減少させている。

資 料

1) インターネットサイト 表題:家庭のエネルギー消費の実態 | 家庭向け省エネ関連情報 ...

出典URL:

http://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/saving/general/actual/

経済産業省 資源エネルギー庁 (検索日:2018年11月7日)

2) インターネットサイト 表題:節電 | 家庭向け省エネ関連情報 | 省エネポータルサイト.

出典URL:

http://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/saving/general/save/

経済産業省 資源エネルギー庁 (検索日:2018年11月7日)

3) インターネットサイト 表題:平成19年版 環境/循環白書 - 環境省へようこそ!

出典URL: www.env.go.jp/policy/hakusyo/h19/index.html

第4節 身近にある対策技術 高効率なエアコンディショナー (検索日:2018年11月8日)

4) 射場本 忠彦:トコトンやさしい ヒートポンプの本 発行社:日刊工業新聞社 (2010年7月発行)

5) インターネットサイト 表題:2007年モデル比較 >電気代:2007年ルームエアコン徹底比較 出典URL: <https://www.eakon.jp/model2007/annai/denkidai.html>

エアコンの2005~2017年度のカタログ (検索日:2018年11月18日)

6) インターネットサイト 表題:18年度モデル Xシリーズ | エアコン | Panasonic

出典URL: <https://panasonic.jp/aircon/products/18x.html>

パナソニックのエアコン(Xシリーズ)のカタログ (検索日:2018年11月17日)

7) インターネットサイト 表題:【そこが知りたい家電の新技術】古いエアコンを... - 家電 Watch

出典URL: <https://kaden.watch.impress.co.jp/docs/column/newtech/466335.html>

作成者:藤山 哲人、作成日:2011年8月12日 (検索日:2018年11月10日)

8) インターネットサイト 表題:価格.com - エアコン・クーラーの電気代 | 電気料金比較、出典URL: <http://kakaku.com/energy/aircon/>

期間消費電力量の推移に関する日本冷凍空調学会のデータ (検索日:2018年11月12日)

9) インターネットサイト 表題: エアコン節電技術の進化を追う! 【後編】心臓部は圧縮機と ...

- 出典URL : <https://trendy.nikkeibp.co.jp/article/column/20110630/1036613/>
作成者 : 佐保 圭、作成日 : 2011年7月6日 (検索日 : 2018年11月10日)
- 10) インターネットサイト 表題 : インバータ | ダイキンの空気の技術 | ダイキン工業株式会社
出典URL : <https://www.daikin.co.jp/air/tech/inverter/summary>
ダイキン工業のホームページ (検索日 : 2018年11月20日)
- 11) インターネットサイト 表題 : [PDF]インバータエアコン - 東芝 : トップページ
出典URL : <https://www.toshiba.co.jp/tech/review/2000/07/125.pdf>
東芝レビューVol. 55 No. 7 (2000) 歴史を刻んだ東芝の技術 (6)
(検索日 : 2018年11月20日)
- 12) インターネットサイト 表題 : 現代家電の基礎用語 : 第7回 : インバーターエアコンとは
出典URL : <https://kaden.watch.impress.co.jp/cda/word/2008/06/25/2494.html>
2008年6月25日 初版 (検索日 : 2018年11月20日)
- 13) インターネットサイト 表題 : 力率改善型エアコン用単相倍電圧コンバータ回路
出典URL
https://www.jstage.jst.go.jp/article/ieejias1987/119/5/119_5_592/_pdf/-char/ja
植杉 通可 T. IEE Japan, Vol. 119-D, No. 5, '99
電学論 D, 119 巻 5 号, 平成 11 年 (検索日 : 2018年11月25日)
- 14) インターネットサイト 表題 : [PDF]正弦波駆動・矩形波駆動切替技術によるエアコン用圧縮機の ...
出典URL : http://www.sharp.co.jp/corporate/rd/33/pdf/98_p38.pdf
松下元士ほか、正弦波駆動・矩形波駆動切替技術によるエアコン用圧縮機の高機能化、シャープ技報、第98号・2008年11月 (検索日 : 2018年11月25日)
- 15) インターネットサイト 表題 : インバータ回路
出典URL :
[file:///C:/Users/MIZUE/AppData/Local/Packages/Microsoft.MicrosoftEdge_8wekyb3d8bbwe/TempState/Downloads/ST750GXH24_application_note_ja_20180726%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/MIZUE/AppData/Local/Packages/Microsoft.MicrosoftEdge_8wekyb3d8bbwe/TempState/Downloads/ST750GXH24_application_note_ja_20180726%20(1).pdf)
「東芝 インバータ回路」で検索して参考にした資料
TOSHIBA 2018年7月26日 (検索日 : 2018年11月25日)
- 16) インターネットサイト 表題 : 発見と発明のデジタル博物館 : 省電力エアコン用高効率モータ ...
出典URL : <https://dbnst.nii.ac.jp/junior/detail/530>
(検索日 : 2018年11月26日)
- 17) インターネットサイト 表題 : 高効率 IPM モータ | ダイキンの省エネテクノロジー

| ダイキン ...

出典URL : <https://www.daikinpmc.com/energysaving/IPMmotor/index.html>

ダイキン工業のホームページ (検索日 : 2018年11月26日)

18) インターネットサイト 表題 : [PDF]空調技術の最新動向 - 東芝 : トップページ

出典URL : https://www.toshiba.co.jp/tech/review/2009/11/64_11pdf/a02.pdf

本郷 一郎 ほか、空調技術の最新動向、東芝レビュー、Vol.64 No.11(2009)

(検索日 : 2018年11月20日)

19) インターネットサイト 表題 : 大清快20周年スペシャルサイト | エアコン - 東芝

出典URL :

https://www.toshiba-lifestyle.co.jp/living/air_conditioners/special/20th/index_j.htm

東芝ライフスタイル株式会社のエアコンのホームページ (検索日 : 2018年11月27日)

20) インターネットサイト 表題 : 日立評論2010年10月号 : 「もっと快適に」 生活の場に合わせた空調の進化

出典URL : http://www.hitachihyoron.com/jp/pdf/2010/10/2010_10_08.pdf

大塚 厚ほか 「もっと快適に」生活の場に合わせた空調の進化 2010.10 日立評論 Vol.92 No.10 768-769 ホーム&ライフイノベーション

21) インターネットサイト 表題 : [PDF]2. エアコンの機器構成と高効率化開発

出典URL :

<https://www.panasonic.com/jp/corporate/technology-design/ptj/pdf/v5602/p0107.pdf>

山本 憲昭 ほか、エアコンの省エネ要素技術開発、

Panasonic Technical Journal Vol.56 No.2 Jul. 2010

(検索日 : 2018年11月26日)

22) インターネットサイト 表題 : 熱交換器用プレコートアルミフィン材 技術・製品情報 | KOBELCO ...

出典URL : www.kobelco.co.jp/products/alumi/precoat-aluminum-fin.html

KOBELCO のホームページ (検索日 : 2018年11月26日)

23) インターネットサイト 表題 : エアコン : 2008年 「ノクリア」Zシリーズ 主な特長 (省エネ ...

出典URL :

https://www.fujitsu-general.com/jp/products/aircon/2008/nocria_z/feature/cleaning.html

FUJITSU GENERAL のホームページ (検索日 : 2018年11月26日)

24) インターネットサイト 表題 : エアコンの中はどうなっているの? | ダイキン工業株式会社

出典URL : https://www.daikin.co.jp/naze/html/a_2.html

ダイキン工業のホームページ (検索日 : 2018 年 11 月 26 日)

25) インターネットサイト 表題 : [PDF] エアコンの「顔」にみる省エネの進化

出典URL : www.sharp.co.jp/corporate/rd/33/pdf/98_p13.pdf

大塚 雅生 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 □ シャープ技報 第 98 号・2008 年 11 月 (検索日 : 2018 年 11 月 27 日)

26) インターネットサイト 表題 : [PDF] 空調機 □ 熱交換器の高性能化における研究開発 Research and ...

出典URL :

<https://www.jsme.or.jp/conference/tedconf07/backuphp/conf07proc/A13-shibata.pdf>

柴田 豊 空調機用熱交換器の高性能化における研究開発

No. 07-5 日本機械学会熱工学コンファレンス 2007 講演論文集 [2007. 11. 23-24, 京都] Copyright©2007 社団法人 日本機械学会 (検索日 : 2018 年 11 月 28 日)

27) インターネットサイト 表題 : [PDF] 内面溝付銅管の発展 - KOBELCO 神戸製鋼

出典URL : www.kobelco.co.jp/technology-review/pdf/50_3/066-069.pdf

磯崎昭夫ほか 内面溝付銅管の発展 神戸製鋼技報/Vol. 50 No. 3 (Dec. 2000) (検索日 : 2018 年 11 月 26 日)

28) インターネットサイト 表題 : [PDF] Panasonic Technical Journal Vol. 60 No. 2 Nov. 2014 快適性 ...

出典URL :

<https://www.panasonic.com/jp/corporate/technology-design/ptj/pdf/v6002/p0108.pdf>

葦原政由 快適性と省エネ性を両立するルームエアコン (X シリーズ)

Panasonic Technical Journal Vol. 60 No. 2 Nov. 2014

(検索日 : 2018 年 11 月 27 日)

29) インターネットサイト 表題 : 一般論文 エアコン用インバータ装置の省エネ技術

出典URL : http://www.toshiba.co.jp/tech/review/2006/12/61_12pdf/f05.pdf

遠藤 隆久 エアコン用インバータ装置の省エネ技術

東芝レビュー Vol. 61 No. 12 (2006) (検索日 : 2018 年 11 月 25 日)

30) インターネットサイト 表題 : 世界初「パーソナルツインフロー」をエアコンに搭載。霧ヶ峰 ...

出典URL : <http://www.mitsubishielectric.co.jp/home/kirigamine/newsfz/>

三菱電機のエアコンのホームページ (検索日 : 2018 年 11 月 27 日)

31) インターネットサイト 表題 : 大雪の困りごとと解決法 | 空気の困りごとラボ | ダイキン工業 ...

出典URL : <https://www.daikin.co.jp/air/knowledge/labo/yuki>

ダイキン工業のエアコンのホームページ（検索日：2018年11月26日）

32) インターネットサイト 表題:17年度モデル特長「節電」 | 17年度モデル 特長を... - Panasonic

出典URL : <https://panasonic.jp/aircon/17feature/econavi.html>

Panasonic のエアコンのホームページ（検索日：2018年11月29日）

33) インターネットサイト 表題:三菱電機 ルームエアコン霧ヶ峰ムーブアイ:シリーズ別機能...

出典URL : <http://www.mitsubishielectric.co.jp/home/kirigamine/lineup/index.html>

三菱電機のエアコンのホームページ（検索日：2018年11月29日）

34) インターネットサイト 表題:特長:[くらしカメラ AI]: エアコン : 日立の家電品

出典URL : https://kadenfan.hitachi.co.jp/ra/lineup/xseries_g/feature01.html

日立のエアコンのホームページ（検索日：2018年11月24日）

35) インターネットサイト 表題:【そこが知りたい家電の新技术】目指したのは... - 家電 Watch

出典URL : <https://kaden.watch.impress.co.jp/docs/column/newtech/412988.html>

作成者: 藤山 哲人、作成日: 2010年12月20日、（検索日: 2018年11月20日）

36) インターネットサイト 表題:冷暖房 | 19年度モデル WX シリーズ | エアコン | Panasonic

出典URL : https://panasonic.jp/aircon/products/19wx/heating_cooling.html

Panasonic のエアコンのホームページ（検索日：2018年12月2日）

37) インターネットサイト 表題:日立ルームエアコン : 注目の新クリーン技術[凍結洗浄]...

出典URL : <https://kadenfan.hitachi.co.jp/ra/clean/feature/>

日立のエアコンのホームページ（検索日：2018年12月2日）

38) インターネットサイト 表題: パナソニック、家庭用エアコンすべて“IoT化”

出典URL : <https://newsswitch.jp/p/14411>

2018年09月13日 日刊工業新聞（検索日：2018年12月3日）

以上