

エアコン技術発展の系統化調査

2

Historical Development of Air Conditioner Technology

荒野 喆也 Tetsuya Kohya

■ 要旨

エアコンとは空調機器の一つである。空調とは Air Conditioning の直訳で空気の温度・湿度・気流・塵埃などの条件を室内の人間または物に対して最も良好な条件に保つことである。この概念は明治時代にはいつてきたが、冷房機器が輸入されるようになるのは明治も後期になってからである。最初の冷房機は、1907 年に日本の基幹産業であった紡績工場に設置された。その後も紡績工業に導入が進み、1930 年ごろまでには機器も次第に国産化されるようになった。日本の外貨獲得の大黒柱を支えた繊維産業にとって温湿度管理は、極めて重要で、繊維の柔軟性や靱性を保持し、摩擦による帯電性を防止し、太さの均一性が確保するために不可欠な投資であった。

大正後期となると、国家の近代化への要請もあり生活改善運動が盛んになり、家電製品も家庭生活を近代化させる機器として盛んに宣伝された。家電品では 1913 年には、電気扇が初めて国産化された。

日本でエアコンが最初に家庭に入ったのは、1932 年の米国キャリア社製ルームクーラである。1937 年の全国普及率は 290 台程度と推定されている。戦後の家電ブームは、1955 年ころからの第一次ブームの神武・岩戸景気の「3 種の神器」、と第二次ブームの 1965 年ころからのいざなぎ景気の「3C」に分かれる。この第二次ブームの「3C（カー・カラーテレビ・クーラー）」が、エアコンが普及し始めた時期である。

気象条件にもよるが、家電品としてのエアコンの国内市場規模は、家電機器全体の約 1/3 近くの約 7600 億円（2013 年）となる。これは情報・映像機器を含めても、パソコンの規模に近く、カラーテレビの約 2 倍となる。各家庭での普及率は平均して 2.75 台で、携帯電話の 2.3 台を上回り、質・量ともに身近な衣食住のなかの中心機種である。世界の需要は約 9300 万台前後で、我が国市場は、940 万台（2013 年）と、台数的には約 10% を占める。

エアコンの技術開発の流れは、求められる基本的な機能に対応して革新技術が展開されている。技術開発の流れを大きく次の 3 つの系統区分「3S」に整理して調査とまとめを行った。

1. スペースセーブ性技術：エアコンが基本機能を発揮するためには、適切に家屋に取り付けられて初めて機能する。従って、家屋への適合技術がスペースセーブである。
2. 省エネルギー性技術：数ある家電品の中で、消費電力が極めて大きいエアコンにとって、省エネルギー技術は基本技術である。最初の導入期 1973 年にオイルショックに見舞われ、社会的混乱が広がり、エアコンの普及にブレーキがかかった。近年においては、最たる環境問題である地球温暖化防止対策の最重点機種となっている。省エネルギー技術はエアコンにとっての宿命的なテーマである。
3. 爽快性技術：空調の制御の対象として温度・湿度・気流（風速）等の物理量を制御するものである。これらの快適性に加えて、健康的・衛生的な面まで考慮して空気の質を改善し、空気の価値を上げることがエアコンの高付加機能化として爽快性技術を取り上げた。

■ Abstract

What we call “Air-Con” in Japan is taken from the English term “Air Conditioner,” as it is a device for maintaining the air temperature/humidity, airflow and dust at optimum levels for people and/or objects in a room. This concept came to Japan during the Meiji Period (1868–1912) , but it was near the end of Meiji Era when an air-cooling device first started to be actually imported into Japan. After the introduction of the first cooler into a spinning mill in 1907, more coolers found their way into spinning mills, as the textile industry was Japan’s core industry at the time, and it was around 1930 that domestically-made coolers started to appear. As it was essential to control the temperature and humidity of manufacturing processes in the textile industry, in order to maintain the flexibility and resiliency of the fabric, prevent the built-up of static electricity caused by friction, and maintain the thickness of the yarn, coolers were an essential investment, and the textile industry became a vital foreign currency earner for the country.

During the late Taisho Period (1912–1926) , when the government was pushing to modernize the country and movements to improve living conditions became popular, home appliances were vigorously advertised as a means of modernizing family life. Among home appliances, electric fans were the first to be totally made-in-Japan and were brought to the domestic market for the first time in 1913. In terms of residential air conditioners, the first type to be installed in Japanese homes was made by Carrier Corporation of the US and cooled the entire house. Importation of this model started in 1932 and it is estimated that a total of 290 units had been installed by 1937. The Japanese postwar economy experienced a number of home appliance booms from 1955 onwards, starting with the *Jinmu* Boom and the *Iwato* Boom with their three “sacred treasures” (refrigerator, washing machine, and black-and-white television), followed in 1965 by the *Izanagi* Boom, which is the period the three Cs (car, color television and cooler), thus starting the popularization of air conditioning in Japan.

The market for air conditioners clearly leads other home appliances in terms of sheer scale, and although it depends on the weather, usually bordering on 760 billion yen (as of 2013), which is roughly one third of the entire home appliance market. This is nearly equal to that of the personal computer market (including information-related devices/audiovisual equipment), and about double that of the market for color televisions. In terms of consumer penetration rate, as the average number of air conditioners per household is 2.75, this is more than mobile phones (2.3), meaning that most households own multiple air conditioners, and they are becoming the most common and sought-after appliance for the home. In terms of numbers, the global demand for air conditioners is around 93 million units, approximately 10% of which 9.4 million units (as of 2013) were sold in Japan.

In terms of changes that have occurred during the development of air conditioners, technological innovation has followed the basic functions demanded by the market, which can be categorized into the three types as follows.

1. Space-saving Technology

Air conditioners need to be installed neatly before they can be appreciated. Therefore, space-saving technology is the first appropriate technology.

2. Energy Conservation Technology

Among the multitude of different home appliances, as air conditioners consume great amounts of power, energy conservation technology is central to all core technologies. The introduction of air conditioners unfortunately coincided with the 1973 oil crisis, which caused widespread social disruption and brought popularization of air conditioners all but to a halt, while in recent years, environmental issues, such as global warming, have meant that energy conservation is a theme that air conditioner manufacturers cannot afford to ignore.

3. Comfort-enhancing Technology

Although air conditioning involves physically controlling air temperature/humidity and airflow (air velocity) for the comfort of users, manufacturers are introducing value-added functions to improve the quality of indoor air and provide benefits in terms of health and hygiene.

■ Profile

荒野 詰也 *Tetsuya Kohya*

国立科学博物館産業技術史資料情報センター主任調査員

昭和 33 年 3 月 東北大学工学部機械工学科卒業
昭和 33 年 4 月 三菱電機株式会社入社
昭和 49 年 技術士（機械・総合技術監理）
昭和 50 年 8 月 静岡製作所ルームエアコン製造部長
昭和 60 年 工学博士
昭和 61 年 8 月 群馬製作所所長
平成 1 年 8 月 生活システム研究所所長
平成 2 年 4 月 横浜国立大学非常勤講師
平成 3 年 4 月 三菱電機理事
平成 7 年 4 月 中小企業事業団調査員
平成 10 年 4 月 (有)荒野技研 代表
平成 25 年 4 月 日本技術士会名誉会員
平成 28 年 4 月 国立科学博物館産業技術史資料情報センター主任調査員

■ Contents

1. はじめに	106
2. エアコンの歴史と日本の展開	107
3. エアコン技術の系統化概論	114
4. スペースセーブ性技術の系統化	118
5. 省エネルギー型エアコン技術の系統化	134
6. 爽快性確保技術の系統化	157
7. エアコンビジネスとマーケティング戦略	175
8. おわりに	180

1 はじめに

一般的に、エアコンといえば、家庭用、業務用、ビル用、車両用、自動車用のカーエアコンと多種多様であり、動力源も電気によるものや、エンジン駆動のものもある。今回の調査対象からは、車両用エアコンと自動車用のカーエアコン及び、ビル用の大型セントラル方式は除外した。エアコンの市場規模は、世界全体では、多少の変動はあるが、約9300万台でありその中の約10%が国内の需要である。今後の動向は、地球の温暖化や気候的に需要の多いアジア諸国の経済成長を考えると、需要は増えることはあっても減っていく方向にはなりにくい。今回対象としているルームエアコンとパッケージエアコンとビル型マルチ等で、日本の市場規模は、合計約1兆円強となる。

また、従来のビルのセントラル方式で小規模のものは、水や空気を熱媒体にした方式から、ビルマルチのように、冷媒を直接巡回させるVRF (Variable Refrigerant Flow) 方式に変わり、増加傾向にある。

本報告は、以下のような構成とした。

第1章はじめにでは、本報告全体の概要を述べた。

第2章では、古代からのエアコンの起源、エアコンの誕生、日本のエアコン市場の進展、ヒートポンプの開発、それに冷媒の進化を整理した。

第3章では、エアコン技術の系統化の3本柱としたスペースセーブ性、省エネルギー性、爽快性の3Sそれぞれについて、その背景を含めて記述した。

第4章では、スペースセーブ性について記述した。エアコンの基本原理解は欧州で確立され、空調機としては米国で開発され、日本で発展した。初期に米国から輸入された製品は、窓掛一体型であり、日本の家屋構造との適合性が悪く、一体型から床置きセパレート型へ、さらに、狭い日本の家屋構造に最適の壁掛型が日本で提案された。今や日本発の壁掛型が現在世界のデファクトスタンダードになっている。この成功の原点

は、家屋適合技術と、世界でもほとんど実用実績がなかったラインフローファンを実用化した技術開発である。日本での狭隘な住居条件克服のニーズから天井型、マルチ型、室外機も含めた更なる薄型化・コンパクト化技術が開発され、国際的にも主流となった。

第5章では、省エネルギーについて述べた。消費電力の70~80%を占める圧縮機の高効率化の流れを整理した。日本でエアコンが普及し始めたころ米国ですでに実用化されていたロータリー型圧縮機の導入があった。これをベースにしたツインロータリー圧縮機の開発は日本で実現した。スクロール型圧縮機技術の実用化も国際的に先行した。エアコンのON-OFF運転によるエネルギーロスを図面的に改善したインバータ技術とその半導体化技術による商品化・普及化はエアコンで起こり、家電製品のインバータ化の先駆となったことについて述べた。

第6章では、ヒートポンプエアコンの開発について記述した。ヒートポンプ暖房は弱点である低外気温対応性により、独立暖房機として認知されなかった。インバータの制御にPAM回路が導入され、大幅に改善された。日本独特の梅雨時の除湿機能もインバータ技術で快適性が改善されたエアコンの温度・湿度以外の制御にも触れ、より健康的・衛生的な面で空気の質を改善し、エアコンの高付加価値化を狙う爽快性へのアプローチについて述べた。

第7章では、エアコン開発にかかわるソフト面でのアプローチとして、各種マーケティング戦略（ウエザーマーケティング・ブランドマーケティング・スペースマーケティング）について述べた。

第8章おわりにでは「3S」の今後の流れと国際化の動き、さらに懸念材料としての冷媒規制の動向について記述した。

2 | エアコンの歴史と我が国の展開

2.1 エアコンの歴史

2.1.1 文明の誕生

人類の文明は今から7000年ほど前にチグリス・ユーフラテス川のメソポタミヤ地域で誕生し、それに続きエジプトのナイル川流域、インドのインダス川流域、そして中国の黄河流域で興隆したといわれている。4大文明の共通点は水が重要な生活基盤であり、いずれも大河の流域であった。いずれも緯度が20~30度の温暖な亜熱帯地域に分布していた。その後、文明の中心は北の寒い地域に移移していった。人間の思考には気温が大きな影響を与える。

人間の知的活動は気温15℃前後が最適であるという説がある。近代のエアコンの理論の基礎は、表2.1¹⁾の如く、ドイツ、イギリス、フランス、スウェーデンなどの科学者が大きな役割を果たしているが、いずれも寒冷地域の国である。厳しい自然環境の中での生活を営む手段として、科学技術の発展が不可欠であった

と思われる。また、人間の知的活動に最適な温度だったことも影響しているとの欧州中心的な主張もある。

地球の気温は、数百年の周期で寒暖を繰り返している。世界の偉大な思想家は、いずれも社会情勢が不安定な気候が不順な時期に誕生しているともいわれている。

文明の歴史では、アレキサンダー大王の東征、始皇帝の中国統一、ローマ帝国の繁栄、ルネッサンス文化の興隆などは、温暖な気候の時期に興っている。日本でも万葉集や源氏物語、徒然草のような世界に誇れる文芸作品も、平安時代の温暖な時期に書かれている。

現在の地球は、人為的な影響で温暖化が進んでいるといわれているが、過去の地球の歴史から見ると、長期的には寒冷期に入りつつあるといわれている。いずれにしても、「人間は環境の動物」と言われており、人々の文化は暮らしている地域の環境に大きく影響されるし、宗教も発生した地域によってその教義は決定的に違いがみられることは周知である。

表 2.1 冷凍・空調の歴史

年代	世界のできごと	空調の歴史	業界のできごと
古代		天然氷 天然雪 水の蒸発潜熱利用	
1607年		ガリレオ アルコール温度計	
1724年		ファレンハイト華氏温度計	
1765年	蒸気機関の発明		
1776年	アメリカ独立宣言		
1777年		ジェラルド・ノーアン 濃硫酸の水吸収を発見	
1789年	フランス革命		
1792年		セルシウス 摂氏温度計	
1824年		カルノー 冷凍理論 熱力学第2法則(仏)	
1834年		パーキンス エチルアルコール圧縮式冷凍機(英)	
		ベルチエ 熱電冷却発見(仏)	
1842年		マイヤーとプレスコット 熱力学第2法則発見	
1852年		トムソン(ケルビン卿) ヒートポンプ原理発見(英)	
1856年		ハリソン ユーテル式冷凍機発明(豪)	
1860年		カレ アンモニア吸収式冷凍機(仏)	
1866年		ローエ CO ₂ 冷凍機(米)	
1867年	明治維新		
1872年		デビッドボイル NH ₃ 圧縮冷凍機開発(米)	
1874年		リンデ アンモニア冷凍機(独)	
1902年		キャリア 冷却減速法発見(米)	
1904年	日露戦争	モリエール凝縮発表(独)	
1911年		空気線図発表	
1914年	第1次世界大戦		
1919年		長谷川鉄工、山陽鉄工所 NH ₃ 冷凍機開発	
1921年		クーボ冷凍機開発(米)	
1922年		ムンタース NH ₃ /H ₂ 吸収式家庭用冷蔵庫開発(独)	
1923年	関東大震災		
1929年	世界恐慌		
1930年		フロンガス開発(米)、家庭用エアコン開発(SO ₂)	
		東芝 メチルクロライド冷凍機	
		冷凍機の開発開始	
1934年		ダイキン工業 フロン生産開始	
1935年		東洋キャリア パッケージエアコン開発	
1936年			
1939年	第2次世界大戦		
1942年		日本でのフロンの本格製造開始	
1945年	太平洋戦争終結	キャリア LiBr 吸収冷凍機開発	
1949年			日本冷凍機製造協会設立
1951年		PAC エアコン生産開始	
1955年			第1回国産冷凍機展開催
1958年		ヒートポンプ商品化	
1960年			生産金額 300億円に
1966年		自動車製造 二重効用吸収式開発	
1967年	EC 結成		
1968年		前川製作所 スクリュー冷凍機開発	
1969年			(社)日本冷凍空調工業会発足
1970年			大阪万博開催 初の地域冷房
1971年	ニクソン・ドル防衛政策		
1972年	日中国交正常化		
1974年	フロンによるオゾン層破壊説		
1973年	第1次石油危機		
1978年	第2次石油危機		機器性能検定所開設(現試験センター)
			省エネルギー技術開発推進

現在は、科学技術の発展、特に冷凍空調技術のような技術を駆使して生活環境を制御することで、人類の世界における活動範囲は大きく広がってきた。また、これらの技術は人々の生活環境の向上に大きな役割を担っている。

2.1.2 エアコンのはじまり

冷凍空調にかかわる歴史は古く、紀元前にさかのぼることができるといわれている。古くは、中国の周の時代に山の雪で氷水を作って飲んだという記録がある。おそらく人類最古の冷熱の利用の記録であろう。古代エジプトなどの砂漠地帯では、図 2.1²⁾ のように、素焼きの瓶に水を入れて夜間に屋外に出して置き、蒸発潜熱で冷却したことが知られている。この冷却方法の原理は現在の冷凍・空調の世界でも同じである。

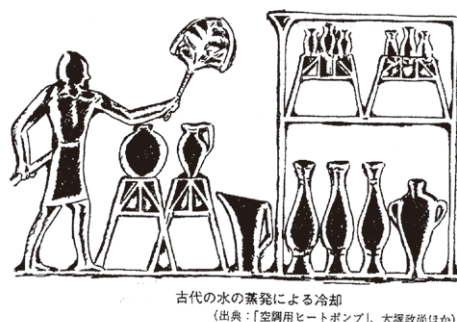


図 2.1 冷却の原理

日本でも、自然の水を氷室に貯蔵しておき、夏季に利用したという記録が日本書紀にも残っており、奈良の氷室神社はこれらを祭ったものであろう。冷凍空調の歴史は 1800 年から急展開している。これらの歴史を整理したものが表 2.1 である。

自然の水や雪の利用ではなく、また季節に関係なく人工的に冷熱を作り出すことは長年の人類の夢であった。それ以前の時代は、天然の水や雪、あるいは、自然蒸発気化熱を利用したものであったが、冷凍理論・冷凍機の発明・発見により大きく変化した。人工的に氷を作りたいという欲求は、1824 年のフランスのサディ・カルノーの冷凍サイクルの理論によってスタートし、1834 年のパーキンスによるエチルエーテルを冷媒とした圧縮式冷凍機などによって実現した。これを示したものが図 2.2³⁾ である。

カルノーの理論は熱力学の第二法則を定式化したものであり、理想的熱機関サイクルを「カルノーサイクル」、また、その逆サイクルを「逆カルノーサイクル」とよび、ヒートポンプの基本サイクルとなっている。カルノーは 1796 年の生まれで、技術学校を卒業して

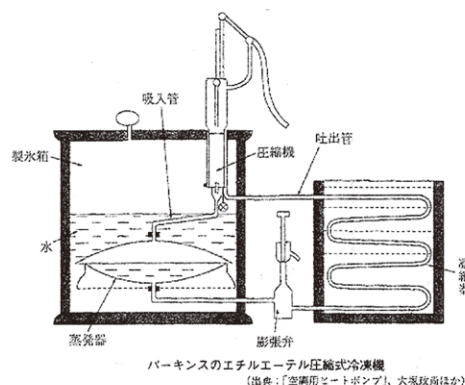


図 2.2 初代圧縮式冷凍機

工兵隊の大尉となったが除隊して科学分野の研究に携わったが 36 歳の若さで病死し、現在の冷凍空調の基本理論を確立したにもかかわらず、生前にこの功績が評価されることはなかった。

当時ワットの蒸気機関が発明され、産業革命と呼ばれる工業化が進展していった時代だったが、熱機関の効率という概念は、このカルノーの研究によるところが大きい。

2.1.3 エアコンの発展

日本で初めて冷凍機が登場したのは、1870 年のころで、東京大学が輸入したものが最初とされている。しかし、冷凍空調産業に関しては、主としてアメリカを中心として大きく発展した。

人口の増加と生活水準の向上により、食品の貯蔵などの需要が増大し、1800 年ごろの水の需要はかなりの量に上った。このころの水は、天然のものであり、その切り出しや販売の事業も相当数に増えた状況であった。18 世紀後期には、氷の冷蔵庫が普及してきて氷の需要は拡大し、アメリカでの氷の消費量は、年間 500 万トンを超えたといわれていた。冷凍機による人工氷の製造は、1885 年ごろにはじまった後、飛躍的に伸び 1920 年ごろには主流となった。

人類が動力を得ることによって、産業革命が起きたのと同じように、人工的な冷熱の発明は、様々な産業や科学の発展に大きな貢献をしてきた。現在われわれの生活の中でも、住環境の改善だけではなく、先進医療や様々な産業のプロセス、食品の貯蔵・物流などに必要不可欠な存在となっている。日本には大量の食糧が輸入されているが、それを可能にしているのが冷凍技術である。

20 世紀に入ると、冷凍空調技術は急速に進歩した。空調は現代空気調和工学の開祖と言われている米国キャリア (Willis Carrier) が提唱した言葉である。1902 年に彼がまだ青年だったころ、プラットフォー

ムで電車を待っているときに立ち込めた霧をみて冷却減湿法を思いついたといわれている。1911年には湿り空気線図を発表、その後1921年にはターボ冷凍機を発明している。

冷房の歴史には海軍の軍事技術が大きくかかわっている。1907年にフランスの軍艦が爆沈した事件が発端で、軍艦の火薬庫の冷却が不可欠な技術とわかり、1908年のアメリカの軍艦オハイオに火薬庫冷却用冷凍機が設置され、1909年に日本軍艦薩摩に冷却装置が初めて設置された。

日本での冷凍空調の発展の状況は、ふりかえって見ると、明治時代から昭和の初期にかけて産業用途として普及し始めたが、当時の主力産業であった紡績産業が主要な用途であった。昭和の初期には銀行、百貨店、軍・政府施設などでターボ冷凍機が採用されるようになり、1941年、戦艦大和にターボ冷凍機40RTが4台設置された。

第二次世界大戦後は、我が国の急速な経済復興に伴い、冷凍空調産業は着実に発展していった。1975年ごろからは一般家庭用にもエアコンが普及していった。

2.2 我が国のエアコン市場の発展

2.2.1 国産エアコンの登場

日本の戦後の家庭電化ブームは、大きく2つに分けられる。それは、昭和30年代の神武・岩戸景気の「3種の神器（洗濯機・冷蔵庫・白黒TV）」と、昭和40年代のいざなぎ景気の「3C（カー・クーラ・カラーTV）」である。普及率の推移を図2.3⁴⁾に示すが、当時、一般に普及していたのは、最初の3種の神器であり、3Cは贅沢品であった。特にエアコンは立ち上がりが遅かった。エアコンの発売は、1953年に窓掛型で三菱電機と東芝から最初である。国産エアコンとして、話題を呼んだものの、1964年の世界最高所の富士山頂測候所（図2.4⁵⁾）のレーダが設置され三菱電機製のエアコンが導入された。この空調の目的は、当時の計測機器等の電子機器は、真空管式が多く、周囲の温度変化に電気特性が大きく影響されるため、周囲温度を $22^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ に年間を通じて守るという超過酷な仕様をクリアーし維持し続けた。また、1972年に上野動物園パンダ舎（図2.5⁶⁾）が作られ、カンカン、ランラン用に低騒音化と12段式精密温度コントロールの空調機を三菱電機が納入した。パンダには、国賓並みの配慮が要求され、初めての飼育に、人も機械も不安と緊張の連続の中に必死になって「常春状態」を維持し続け、国の名誉のために貢献した。

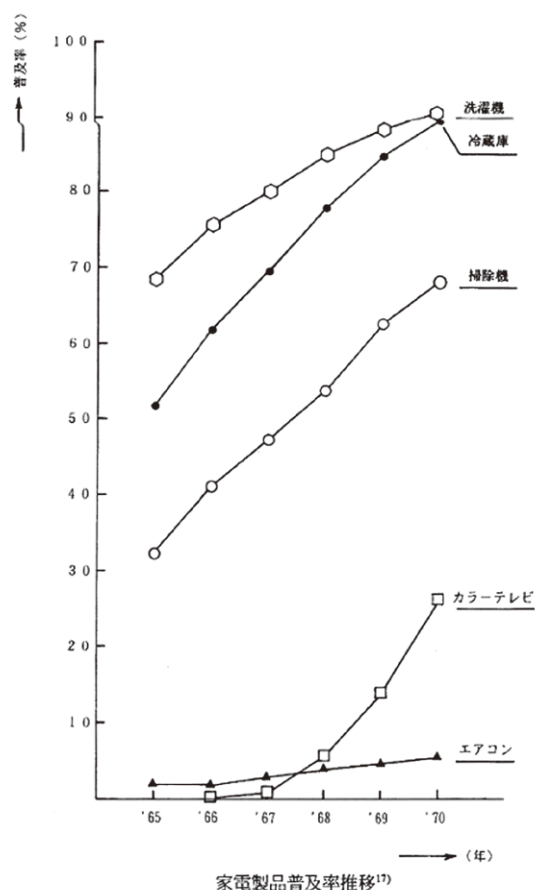


図 2.3 家電品の普及



図 2.4 富士山レーダ



図 2.5 パンダランラン・カンカン

2.2.2 セパレート型の登場

1953年の窓掛型はアメリカ産のモデルそのままであるが、この形の利便性を改良すべく1961年に一部大型業務用に見られたセパレート型が東芝キャリアから発売された。翌年には他5社が発売した。セパレート型は、室内機と室外機に分かれており、冷媒配管で両ユニットを結び、冷凍サイクルを構成したエアコンである。圧縮機を室内機に置いたものと室外機に置いたものがあった。冷媒配管用の穴を開けるだけで室内機の位置は自由に選べるようになった。この形は、日本間とか手ごろな窓のない部屋に取り付ける場合には有利であったが、設置するためには冷媒配管工事が含まれるため、当初は通常の電気店では難しく、かなりの研修が必要であった。この両タイプの出荷台数を図2.6⁷⁾に示す。セパレート型（スプリット型）が1968年から急伸び始めたのは、三菱電機の壁掛セパレート型が発売されてからである。1970年以降は、国際的にもセパレート型全盛時代となっている。

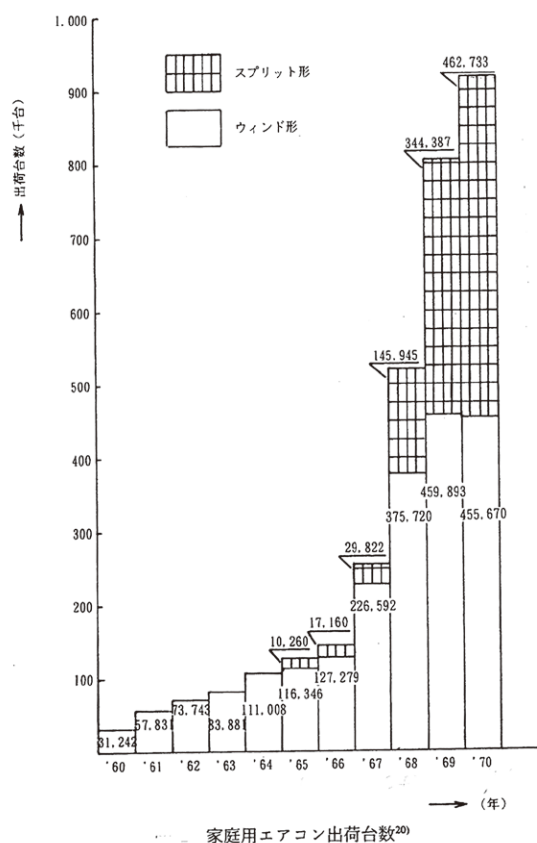


図 2.6 セパレート型の増加

2.2.3 ヒートポンプ型冷暖房エアコンの進展

ヒートポンプを空調に利用した歴史は古く、日本では、昭和の初期にアンモニア冷凍機を用い地下水利用の全館空調の歴史もあるが、1959年に地下水利用が

禁止され、1958年ごろから空気熱源のヒートポンプが使われ始めた。1961年に三菱電機から発売され各社も参入したが、外気温度が低下するほど暖房能力が低下するので、ほとんどのメーカーが電気ヒータを補助的に取り付けていた。また、電気床暖房機との組み合わせとか、暖房時には、石油あるいはガス式温風暖房機との複合機が、発売されていた。冷暖房用エアコンは、1970年代後半から、徐々に普及し始めるが、本格的普及にはインバータによる圧縮機回転数制御が実用化されてからであった。図2.7⁸⁾にタイプ別機能別の出荷台数を示す。

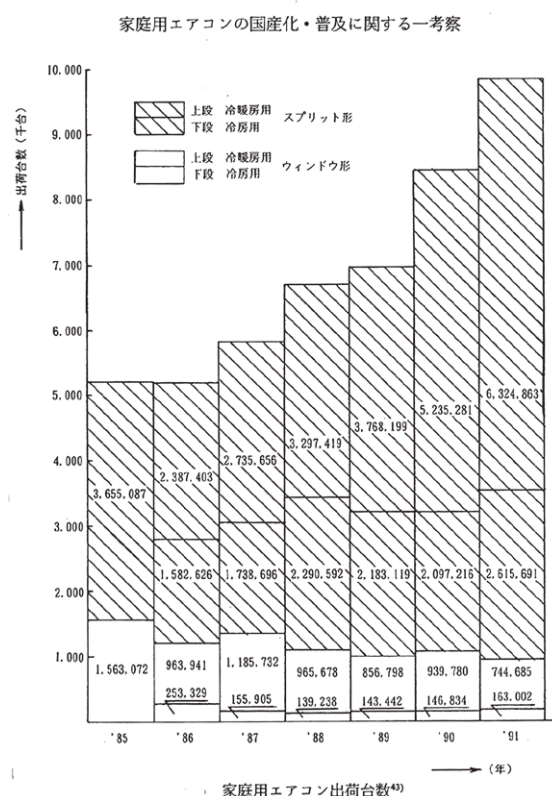


図 2.7 冷暖エアコンの出荷推

1975年当時の年間販売台数は約200万台であったが、2013年は約950万台まで成長している。日本のルームクーラの最近の国内出荷台数を示したものが図2.8である。しかし当時は、エアコンとはいわずに冷房機能のみでクーラーと呼ばれていた。1980年ごろからは、暖房が普及し始め名称もエアコンとなり、現在のヒートポンプの興隆につながった。

この頃から、インバータ技術の確立やビル用マルチシステムの開発、ガスエンジンヒートポンプなど新しい空調システムや技術が次々と実用化されていった。石油危機や金融危機などに見舞われ、一時的に大きな打撃をこうむったものの、これらの試練を乗り越え

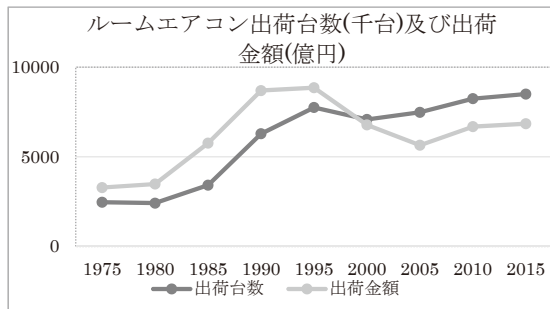


図 2.8 近年のエアコン出荷推移

て、今やグローバルな産業に成長した。

世界的に見てもエアコン市場は、各国の経済発展に伴い、今後大きな成長が見込まれる。そのためには、省エネルギーが重要になってくる。日本の省エネルギー技術は、世界的にも優れたものであり、エネルギーの有効利用や環境問題の改善において、これからも大きな国際貢献が期待されている。

2.3 エアコン用冷媒の変遷

1930年には、アメリカのGE社がSO₂を冷媒とした初の家庭用のエアコンを開発した。当初の冷凍機には冷媒として、NH₃、CO₂、SO₂、エーテルといった自然冷媒が使用されていたが、これらは人体に対する毒性や可燃性などの大きな欠点を持っていたため、一般的な場所では使用するのは難しかった。これらの問題を払拭する物質が1930年に発明されたフロンガスである。これにより、冷凍空調産業には大きな転機が訪れることになった。

フロンガスは高効率で不燃性であり、毒性もなく経済性にも優れていた。冷媒としてまさに理想の特性を持っていた。これは、20世紀になって発明された最も優れた化学物質の一つであるといっても過言ではない。日本でのフロンの生産は、1942年ごろから本格的に始まった。

理想的な冷媒として大量に使用されてきたフロンも1974年にカリフォルニア大学のローランド教授によって、大気中に放出されてオゾン層を破壊するのではないかとの説が発表され、社会的に大きな問題となった。

当初のフロンは、CFC、HCFCが使用されていたが、オゾン層を破壊するという理由から1987年のウィーン条約（モントリオール議定書）でこれらのフロンは段階的に生産制限されることになった。これに対応するために、日本の業界では、代替フロン（HFC）の開発に力を注ぎ、世界に先駆けて転換を図ってきた結果、現在では、新規生産の冷凍空調機器のほとんど

が転換に成功した。図 2.9⁹⁾ に冷媒開発の変遷を示した。この代替フロンも近年の地球温暖化問題では、温暖化影響の大きいものとして、今度は京都議定書によって、排出の制限が義務付けられた。HFCに代わる次世代の新冷媒や自然冷媒の開発も進められているが、現在のところ一部の機器を除いては、HFCに代替できる冷媒の実用化のめどはたっていない。次世代の冷媒に要求される必要条件を次に示す。

- ① ゼロ ODP（オゾン層破壊に関係しない）：塩素を含まない
- ② 低 GWP（地球温暖化への寄与が少ない）：ライフタイムのなるべく短いもの
- ③ 低可燃性：水素原子の数がゼロ、もしくは少ない
- ④ 高い性能：サイクル計算及び実機性能で予測性能及び実機性能の高いもの

冷媒の問題は、業界にとっては極めて重要な課題であり、今後も技術開発が待たれている。

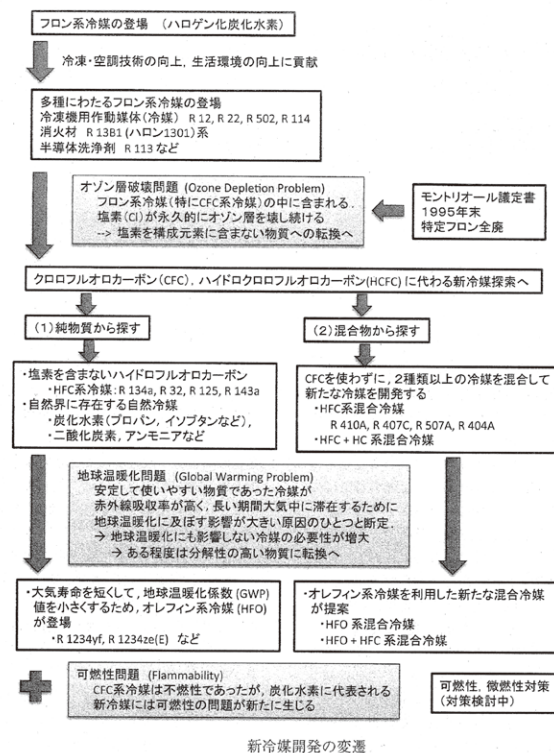


図 2.9 冷媒開発の歴史

2.4 軽薄短小化の流れ

第二次世界大戦後の1950-60年代の高度成長時代を支えた産業は、鋳業、鉄鋼業、造船業、セメント業等の重厚長大産業であった。次の1970-80年代を支えた産業は軽薄短小型であり、電気・電子機械製造業、

精密機械製造業、輸送機械製造業が中心の時代である。特に電気電子産業の半導体産業はありとあらゆる産業に関連し製品の小型化・高級品化の基礎技術としての軽薄短小化を促進・加速した。

家庭用ルームエアコンが市場に現れ始めたのが1960年代も終わろうとしていた時であり、まさに軽薄対象の流れに変わりつつあるときであった。エアコンの軽薄短小の具体的内容は個々に詳述するが、壁掛セパレートや室内機の薄型化、室外機の薄型コンパクト化、天井吊下機の薄型化、業務用エアコンの薄型化、室内機のオールプラスチック軽量化、家庭用・業務用エアコンの据え付け時間の短縮化、それにエネルギー消費の減少化等で、軽薄短小化がその潮流となっている。図2.10¹⁰⁾は、組み立て加工産業の軽薄多少化係数指標として、製品の素材使用量の変遷を5年おきに示したものである。図2.11¹¹⁾は軽薄短小のイメージ図である。エアコンの技術開発の中で、軽薄短小化が注目を浴びたのが、三菱電機がセパレート室内機に超薄型を製品化したのがきっかけである。各社一斉に薄型化競争となったのが1975年（昭和50年）以降であり、まさに軽薄短小の流れに乗ったものであった。具体的には、従来の室内機奥行寸法は、30cmぐらいであったものがゴルファーの一つの目標であるシングルハンディ並みの1ケタ（10cm以下）の数字がひとつの目標とされた。

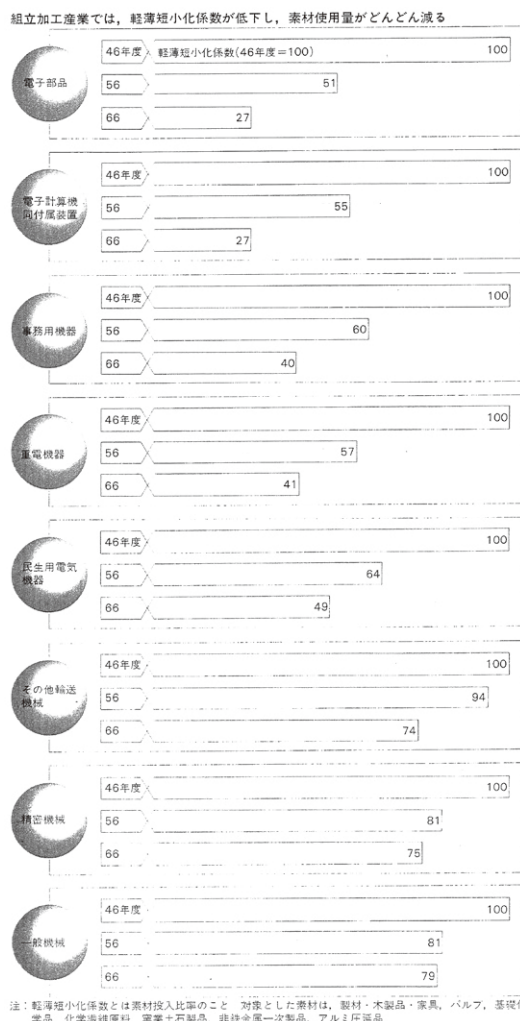


図 2.10 軽薄短小係数の変化

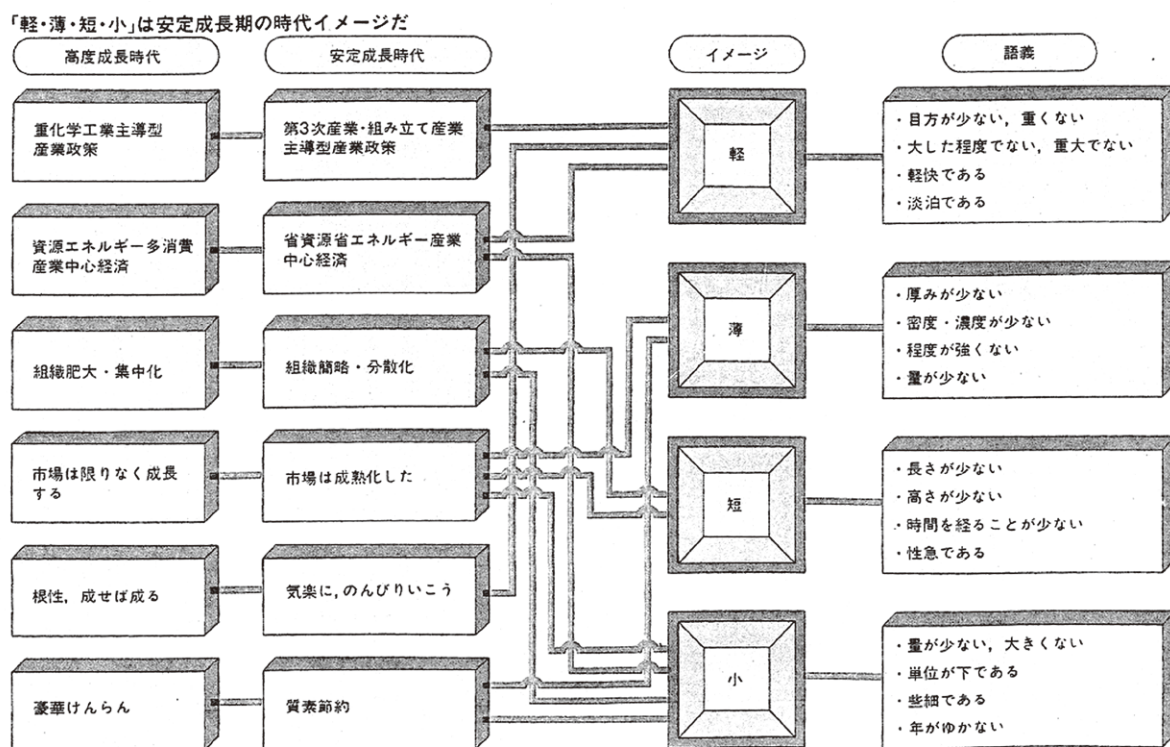


図 2.11 軽薄短小のイメージ

引用・参考文献

- 1) ヒートポンプの実用性と可能性 日本冷凍空調工業会 2010.
- 2) 同上前掲書.
- 3) 同上前掲書.
- 4) Bull.Natn.Sci.Mus 1995-12.
- 5) [http://ja.wikipedia.org/wiki/ 富士山レーダ](http://ja.wikipedia.org/wiki/富士山レーダ)
- 6) [http://ja.wikipedia.org/wiki/ パンダ](http://ja.wikipedia.org/wiki/パンダ)
- 7) Bull.Natn.Sci.Mus 1995-12
- 8) 同上前掲書.
- 9) 同上前掲書.
- 10) NIKKEI BUSINESS 1981-11
- 11) 同上前掲書.

3 | エアコン技術の系統化概論

エアコン革新技術の系統化は、前述のように3Sすなわちスペースセーブ性技術、省エネルギー性技術、爽快性技術に集約して考えられる。しかし、この3S技術は、それぞれ独立しているがその効果・効用については相互に関連しながら相乗効果を出しているものもある。また、この3Sの流れは、同時並行的に進んできたが、厳密に考えてみると、まずスペースセーブ性があり、次にオイルショックを契機として省エネルギー性が叫ばれ、そして近年は爽快性技術、特に冷房にプラスされたヒートポンプ暖房機能のさらなる改善や清浄度等空気の質的改善が対象とされてきた。この3S技術についてそれぞれの流れを追ってみると次のようになる。

3.1 スペースセーブ性技術について

このスペースセーブ性の追求は、家電製品に一般的に共通するものであるが、エアコンの場合は、他の台所用製品などに比較して、取り付けられる範囲は広いし、その分工夫する自由度も大きく、決定的な差別化技術が誕生している。エアコンは、他の家電品と異なり、自由に持ち歩くことができず部屋のどこかに邪魔にならずに、きちんと設置することが必要となるため、取り付け場所との相性が重要となる。そしてスペースセーブ性が重要なポイントとなる最大の理由は、基本的に住居スペースに余裕がないからであった。

日本の住宅の広さは、1979年のEUの対日経済戦略報告書にフランス語で「cage a lapins」と報告されており、本来の報告書の意図は「都市型の集合住宅」の意だったらしいが、それが自虐的に「日本人の住居は狭いウサギ小屋」の解釈になったといわれている。しかし、図3.1¹⁾示すように1人当たりの住宅床面積(単位平方メートル)の国際比較資料(国土交通省平成15年住宅・土地統計調査)によると、アメリカ、イギリス等に比較して日本は最下位であり、借家は狭いが持ち家部分はそれほどの大差はない。しかも、バブル時代を背景とした地価の高騰や集合住宅化の増加等も進んだ。これらの悪条件を乗り越えてきた壁掛け型、薄型コンパクト化のスペースセーブへの技術革新が、世界の高級型エアコンのデファクトスタンダードといえる省スペースエアコンの原点になった。

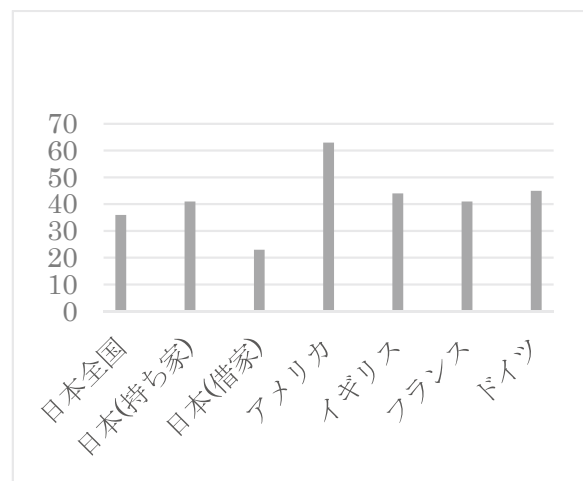


図 3.1 各国の住居面積比較

3.1.1 壁掛けセパレート型の創出

海外(米国)から輸入された窓掛け一体型を、そのままの形状で日本でも使用し始めたが、エアコンの取り付けるべき窓の構造が海外とは大きく異なることから、そのままのエアコンの形状では、受け入れられなかった。かりに取り付けたとしても窓は日本家屋は左右開きが主であり、掃きだし窓の多い日本家屋では、窓の開閉機能が失われることになった。また狭い部屋の枕元での圧縮機の音がそのまま耳に入り、うるさくて寝られないということもあった。そこで一部の業務用で存在していたエアコンを参考として、室外機と室内機に分け、両者を配管でつないで運転することが考えられた。この時に開発されたのは、リモートコンデンサ方式で、コンデンサ(凝縮器)のみ室外設置で、室内機に圧縮機があり、窓の機能回復はしたが、騒音の問題は解決しないし、部屋の中に比較的大きな室内機が存在するために部屋の床面スペースが損なわれ、風の通り道を考えるとひどく邪魔なものとなった。

このスペースの問題を解決するために、スペースセービングすなわち省スペース化を目標として各地域の住宅を徹底的に調査して、スペースの点から室内機は壁面取り付けが理想的との結論を得た。そのためには、室内機から圧縮機を室外機へ移して試作した。室内機には熱交換器と送風機が残り、直方体に近い室内機を壁に取り付けることは、視覚的にも、取り付け強度的にも無理があった。

壁に取り付けるためには、従来から壁にかかっている額縁のような形にしなければならないことがわかった。そのためには、従来使用していたファンの種類を

根本的に変える必要との結論となった。壁に掛けられる壁掛け型の開発は、当時、各国でもあまり一般的に使用されていないラインフローファン装着のエアコンを開発することで実現された。

3.1.2 室内機の薄型コンパクト化

室内機の薄型化は、従来のシロッコファンを使用し続ける限り不可能であり、代わりに細長いラインフローファンを使用することにより、初めて薄型化が可能となり、壁にかけること、天井に取り付けること等取り付け面の自由度が広がり、壁掛け型は、その後室内機の世界の標準となった。さらに熱交換器の性能アップと室内機防露断熱材の排除による超薄型室内機がそのデザイン性と軽薄短小化の流れに乗り大きなブームとなった。当時、客観的で唯一権威のあった製品評価基準「暮らしの手帖」の評価基準の第一は薄型化・コンパクト性であった。

3.1.3 室外機の薄型コンパクト化

室外機の設置スペースは室内ほど切迫していなかったが、地価の高騰や、集合住宅での複数台設置の場合のベランダ設置率が問題化して室外機のコンパクト性が要求された。室外機のコンパクト化には、コンパクトで高性能ロータリーや横型スクロール圧縮機開発と、熱交換器のコンパクト化が不可欠であった。

3.1.4 軽量化の技術

ラインフローファンや室内機全体のプラスチック化による軽量化や圧縮機用電動機の2極高速化、圧縮機のロータリー化・スクロール化の技術革新は、室外機・室内機の軽量化につながった。据え付け工事の簡易化は、工事関係者からも大きく評価された。

3.2 省エネルギー性技術について

日本は技術大国・資源小国と言われている。資源小国を補うために技術大国にならざるを得なかったことは周知の事実である。特にエネルギー資源の自給率は図3.2²⁾示すように先進国では極めて低い位置にいる。エアコンのエネルギー源はほとんど電力である。一般家庭での消費電力kwは最大であり、消費電力量kwhも図3.3³⁾に示すように、大きな割合を占めている。近年は、地球温暖化対策のために温暖化ガス排出抑制からくる省エネルギー運動は、人類の共通目的のようになっているが、エアコンの場合は、家庭用の市場導入の初期から省エネルギー技術の開発が1973年

【図122-1-8】 各国のエネルギー自給率と原子力利用の関係

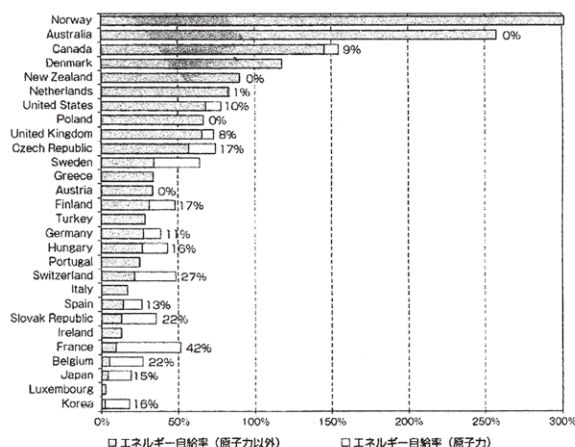
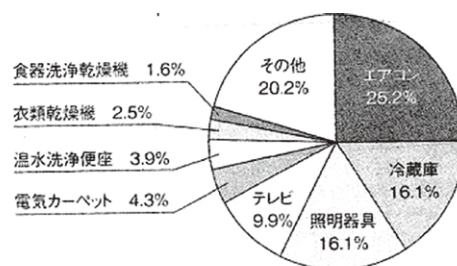


図 3.2 各国のエネルギー自給率



注) 四捨五入しているため、合計が100%になりません。

家庭における消費電力量ウエイトの比較
(出典：資源エネルギー庁『平成16年度電力需給の概要』平成15年度推定実施)

図 3.3 家庭の消費電力比率

の第一次オイルショックにより宿命づけられていた。

当時の電力は火力発電による部分が多く、燃料は中近東からの輸入原油に大きく依存していた。1973年のオイルショックは、第4次中東戦争勃発による原油の価格高騰と輸出シーレーンの制約により電力使用が制限されるとともにトイレトペーパーなどの日常生活用品が品不足になり世の中が混乱した。当時のエアコンは、1台目購入であり、家族全員が涼めるように8-10畳用の冷房能力の大きめのものが購入対象であった。これは比較的大型のため消費電力も大きく当時普通の家庭の契約電力の範囲内では過負荷となり運転できず、専用回路を設置する必要があった。エアコンの購入希望顧客は気温上昇とともにどんどん増加したが、国策として電力不足防止のためエアコン設置時の専用回路設置工事にブレーキがかけられた。そのためエアコン販売は間接的に抑制された。

エアコンメーカーがとった開発戦略は、冷房能力は大きな部屋向けのものでありながら使用する圧縮機の定格を小部屋用とし、この両者のギャップを熱交換器

及び送風量の拡大でカバーしたエアコンの製品化であった。この小型圧縮機は、専用回路新設不要の汎用15アンペア回路にそのまま使用できるように設計し、法的に専用回路なしで使用できるものとして製品化した。このエアコンは、極端に大型の熱交換器を使用するため製造コストが高くなり恒久的な製品にはならないものであったが、この手法は省エネルギー製品としての技術革新の先導役となった。

このオイルショックによる電力不足は一時的なものであったが、その後1992年の地球サミットでの気候変動枠組み条約・京都議定書等による人類共通の課題として地球温暖化対策としての省エネルギー技術への要求が厳しくなった。エアコンは省エネ設計技術に関しては、他の一般の家電品よりはるかに長い歴史を有していた。オイルショックを乗り越えたエアコンの省エネ技術は、国際的にも技術的優位にあった。

3.2.1 圧縮機等の機能部品の効率改善

エアコンの省エネルギーは、構成機能部品の高効率化・高能力化でもあった。1973年10月の第一次オイルショックにより、高度成長は終了し、以降は省資源・省エネルギーへの要求が必然的に高まった。まず室内機については、高効率な熱交換器の開発が必要となり。熱交換器の配管内部とフィン表面に熱伝達加速用の追加加工が施され、伝熱性能は2-3倍に性能アップされた。室外側は、圧縮機の効率が支配的であるため、圧縮機を従来の往復動型から、ロータリー型やスクロール型の回転を主体としたものへ変えていった。

3.2.2 ヒートポンプシステムの効率改善

この時期に冷房専用のクーラーからヒートポンプ冷暖兼用機が主力に変わっていった。ヒートポンプは、暖房能力が不十分で、ガスや石油使用の暖房機の補助暖房機としての地位にとどまりがちであった。熱力学的に優れている暖房効率を生かすために、当時普及しつつあったエレクトロニクスでインバータ付きヒートポンプが完成し、エネルギー効率が化石燃料の数倍高い高効率暖房機が実用の段階を迎えた。図3.4⁴⁾に冷房時の運転効率COP(Coefficient Of Performance 成績係数 = 冷房能力kW/消費電力kW)の改善推移を示す。

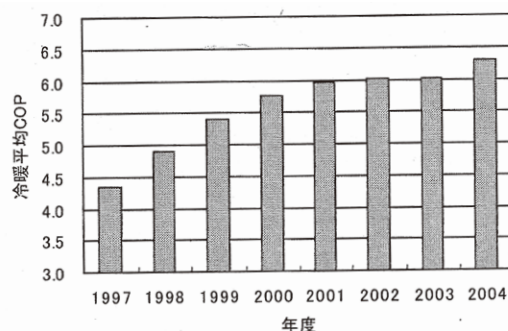


図1 2.8kW エアコン冷暖平均COPトレンド

図3.4 エアコンの効率 COP 推移

3.3 爽快性改善技術について

エアコンの目的は、居住する人にかに爽快な環境をあたえるかである。環境条件としては、住宅構造条件と気象条件と着衣条件等があるが、前2つについて考える。なお、爽快性とは、快適性と清潔性・衛生性を含んだ広い概念である。

3.3.1 日本固有の条件

(1) 日本の住宅構造

日本の住宅構造条件は地域によってかなり異なるが、歴史的には、兼好法師の徒然草に出てくる「家の作りようは、夏を旨とすべし。冬はいかなるところにも住まる。暑き比わろき住居は耐え難き事なり」が知られている。このように、日本の住宅は、徒然草が書かれた1330年以前から、エアコンが普及するまでは、酷暑を考えて四方八方から家の中には隙間風を取り入れる工夫がされ、屋根は断熱性能の高い茅葺といった夏向きの構造であった。従来の夏向きの家の構造もエアコンの普及とともに少しずつ変化してきた。日本では、家電品の三種の神器といわれた「洗濯機、冷蔵庫、B/Wテレビ」に遅れること10年以上たってエアコンが普及し始めた。普及開始が遅れた理由としては、先行した洗濯機、冷蔵庫、テレビ、掃除機等は家庭での購入決定者が、圧倒的に主婦であったのに対してエアコンの購入決定者は例外的に男主人であり、その対象優先権が低くなったとの調査結果がある。当時のエアコンの爽快性を体験できたのは勤務先の職場と通勤時の満員電車の中であり、財布のひもを握っていた主婦にはエアコンの魅力は分りにくかったのである。

しかし、家電品の中でもエアコンは中毒製品ともいわれ、一度使用して爽快感を体験すると病みつきとなり、なくてはならない製品となり、一家に複数台所有

する日本のエアコン需要は、図 3.5⁵⁾ に示すように消費先進国となっており、生活必需品である冷蔵庫よりもはるかに多い。

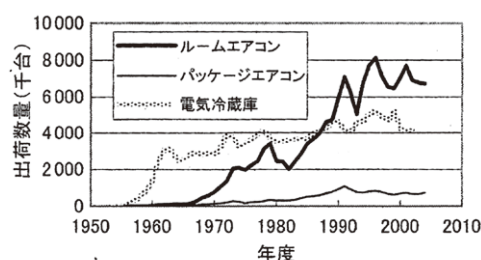


図 3.5 家電の出荷比較

(2) 日本の気象条件

日本は、北海道から南の沖縄まで、南北に約 2,200km にわたって位置するために気象についても多様である。東京と世界の大都市パリ及びニューヨークの各月の温度と相対湿度をプロットしてみると図 3.6⁶⁾ に示すように温湿度ともに夏場の条件は厳しい。この図から各国の 8 月の不快指数を算出すると、東京は不快指数 72、ニューヨークは 66、パリは 59 という数字になり、緯度は低く、エアコンへのニーズは極めて高い。一般的に不快指数は 70 を超えると暑苦しくなるといわれている。

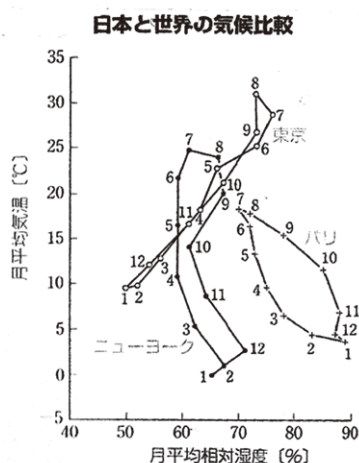


図 3.6 気象条件首都比較

3.3.2 爽快性改善技術

(1) 自動運転化

これまでのエアコンは、運転モード（冷房・除湿・暖房）、設定温度、風量、風向を希望に合わせてそれぞれ個々に調節しなければならず、操作方法や設定温度、風量、風向に対して使う人の理解と知識が必要であった。しかし、自動運転のものは、電源ボタンを押

すだけでお好みの設定温度等にコントロールしてくれ、自動運転化は爽快性確保への第一歩となった。

(2) 暖房能力向上

ヒートポンプ暖房の爽快性の改善には、暖房能力の絶対値を上げることと、温かい空気を足元へ届かせる技術である。前者は、圧縮機の回転数を自在に変更できるインバータヒートポンプ技術であり、後者に対しては、気流制御の技術であった。

(3) 除湿機能の充実

日本には、梅雨という湿度の高い時期がある。この湿度の高い季節でも爽快に過ごせる運転モードが除湿機能である。これは、除湿するために冷却した空気を再加熱するものでリヒートドライ型である。さらにこのリヒートドライのエネルギー消費効率を改良したマイコン（エレクトロニクス）ドライが登場し、さらにインバータ技術により、爽快性と省エネルギー性が格段に改良された。

(4) 気流制御

エアコンは、すべて冷風・温風式空調機であるため気流制御が爽快性を得るためには重要である。エアコンが冷風の場合のみは、気流制御は、左右方向のみで十分であり初期の時点からスイング方式が製品化されていた。しかしその後のヒートポンプ暖房が付加されてくると壁掛方式の場合、温かい空気を浮力によって足元に届かせて、体感温度を上げる技術が焦点となった。これが気流制御技術である。このためには、足元温風到達力向上と左右方向の風向偏向力向上が技術改善のポイントとなった。

注) エアコンの称呼：ルームエアコンは、JIS では 1964 年に電気冷房機として制定された。そして 1971 年にヒートポンプも含めてルームエアコンディショナー（通称ルームエアコン）と改称された。

【引用・参考文献】

- 1) NTT コムリサーチ調査社 1980
- 2) 主要国のエネルギー政策 資源エネルギー庁
- 3) 冷凍 日本冷凍空調学会 2005-7
- 4) 前掲同上書
- 5) 前掲同上書
- 6) <http://www.asahikasei-kenzai.com>

4 | スペースセーブ性技術の系統化

日本は島国であり、国土面積は極めて小さく、さらにその80%近くは山岳地帯であり、一人当たりの居住面積は、先進国では抜群に狭い。したがって、便利さを求めている様々な家庭電器品を使用したいが、その設置場所が制約を受ける。そして生活程度の向上に従っていろいろな家電品が新たに開発されてその設置場所を求めていくし、家電品の3種の神器も大型化していく。このような事態でのスペースセーブとしての解決法の一つは、家電品の複合化という技術である。例えば本来、冷蔵庫は欧米では、冷蔵庫と冷凍庫が独立しているの多いが、我が国ではほとんどすべてが複合化されて冷凍冷蔵庫になっている。また、洗濯機、脱水機、乾燥機が、順次我が国でも普及してきたが、まず洗濯機と脱水機が複合化し、近年は、さらにそれに乾燥機が複合化され、そして日本独特の洗濯・脱水・乾燥機能が複合化された製品が登場している。一方エアコンは、複合化する相手はいないし、近年、エアコンの取り付けは部屋別で表4.1¹⁾のように一家に複数台設置されるのでスペースセーブできないと需要はあっても、それが顕在化できないということになり、スペースを活用するスペースマーケティングがまず不可欠の命題となった。

表 4.1 100 所帯当たりの保有台数

No	品名	2015 年 3 月末	2005 年 3 月末	2015/2005 変化
1	ルームエアコン	274.7	248.6	26.1
2	携帯電話	230.7	179.7	51.0
3	カラーテレビ	211.3	252.0	▲40.7
4	光ディスクプレーヤー	128.5	70.1	58.4
5	パーソナルコンピュータ	126.8	95.8	31.0
6	デジタルスティルカメラ	113.2	55.6	57.6
7	温水洗浄便座	108.4	78.2	30.2
8	ファンヒーター	106.9	134.7	▲27.8
9	衣類乾燥機	72.7	26.5	46.2
10	システムキッチン	71.5	51.9	19.6

4.1 壁掛セパレート型の開発技術

4.1.1 セパレート型エアコン登場

エアコンは、原型としては窓にかける一体型としてアメリカで開発され、そのままの形で輸入され、そのままの形で国産された。しかし取り付けの窓の構造が日本とアメリカでは異なり不都合が生じた。いずれ

も窓を開けてその一部にエアコンを取り付けるわけであったが、アメリカの窓は上下開閉方式であり、日本家屋は左右開閉式であった。エアコンの形は正面形状が横長であり、左右開きの窓では、取付け状態の体裁がよくないだけでなく、窓の開閉も不自由となった。さらに重い重量物を取り付けた窓部からの圧縮機騒音が何とも耐え難かったことから、我が国で開発されたのが、室外機と室内機を分離したセパレート型である。セパレート型への流れを図4.1¹⁾に示す。その後、室内機は、図4.1に示したようにそれぞれ壁掛型と床置型に発展していった。一体型を分離したことで重量が分割され一人で据え付けできるようになって現場からも大歓迎され、セパレート化への流を一段と加速した。

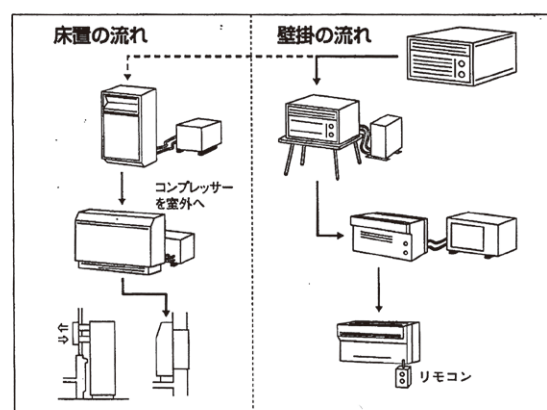


図 4.1 エアコンの形態変化

4.1.2 壁掛セパレート型の登場

この基本的命題に取り組んだのが三菱電機であった。三菱電機では、セパレート型の室内機の実取り付け位置としては、どこが一番スペースセーブとして価値があるかを徹底的に全国調査し、徹底的に討議した結果、場所としては壁面がベストということになった。

従来の慣習では、どこの家でも壁面には、絵か、書の入った額縁が掛かっているぐらいで、はたしてエアコン室内機のような20キロ前後の重量物が安全に取り付けられ、静かに運転できるのか懸念された。壁の中には、間柱や筋交いのように比較的頑丈な部材もあるが、外観上素人には見えにくい。そこで半間隔で存在する間柱や天井近くに存在する鴨居に固定する方法を選択した。これらの構造物に固定するための取り付け金具の設計が多種多様で、全国各地を回り地域毎に調査した。その結果は図4.2²⁾のように壁に幅の広い鉄板の板を取

り付け、それで室内機本体の重量を支える構造としたが、この基本的な考え方は現在でも受け継がれている。

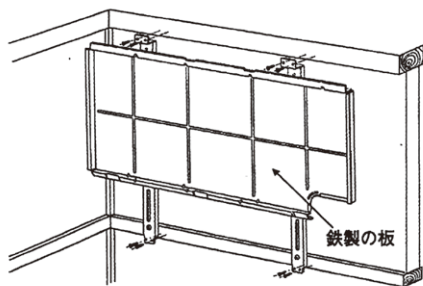


図 4.2 エアコン取付板

強度的にはよくても、図 4.3³⁾ のテレビ型セパレート機ように、壁掛型の初期のものは、室内機の奥行寸法が大きく、壁面に安定して取り付けにくいし、取り付けたととしても視覚的に不安定さがぬぐえない。従って市場では、脚をつけてテレビ型として床の上や棚に設置することになり、壁掛可能型とはいっても実際は設置されることはほとんどなかった。そこで技術開発の焦点は、室内機の奥行寸法の大幅削減となった。そしてこの寸法を大幅に変えるのは風路を根本的に変えるしかなく、そのためには送風機の種類を変えなければならないという結論となった。従来のものは、室外機はプロペラファンを、室内機はシロッコファンを使

用していた。このシロッコファンの常識をやめてどんなファンにしたらいいのかが課題となった。

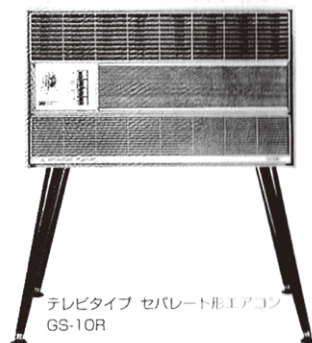


図 4.3 テレビタイプエアコン

4.1.3 ラインフローファンへの執念

(1) ラインフローファンの選択

ファンすなわち送風機には、図 4.4⁴⁾ のように多種の方式があるが、室内機の奥行寸法を小さくできることすなわち羽根車の径が小さくできることで、横流送風機（貫流ファン・クロスフローファン・タンジェンシャルフローファン・ラインフローファン）が目を引く。しかし、このラインフローファンの実用例は文献を探しても、出てこない。しかも、社内の開発会議では、流体力学の専門家から、ラインフローファンは、開放状態では風量が得られるが、エアコンの室内機は

表 4.1 各種送風機の分類

種類	遠心送風機				斜流送風機	軸流送風機			横流送風機
	多翼送風機 (シロッコ)	後向き送風機	翼型送風機	チューブ型 遠心送風機		プロペラ	チューブ	ペーン	
インペラとケーシング									
特性									
要目	風量 [m³/min]	10~2 000	30~2 500	30~2 500	20~50	10~300	20~500	500~5 000	40~2 000
	静圧 [Pa] [mmAq]	100~1 230 [10~125]	1 230~2 450 [125~250]	1 230~2 450 [125~250]	100~490 [10~50]	100~590 [10~60]	0~100 [0~10]	50~150 [5~15]	100~790 [10~80]
効率 [%]	35~70	65~80	70~85	40~50	65~80	10~50	55~65	75~85	40~50
比騒音 [dB]	40	40	35	45	35	40	45	45	30
特性上の特徴	風圧の変化による風量と動力の変化は比較的大きい。動力の増加とともに軸動力が増加する	風圧の変化による風量の変化は比較的大きい。動力の変化も大きい。軸動力はリミットロード特性がある	風圧の変化による風量の変化は比較的大きい。動力の変化も大きい。軸動力はリミットロード特性がある	圧力上昇が大。圧力の変化は谷のない右下り。流れの損失が大きく効率は悪い	軸流送風機と類似しているが、圧力曲線の谷は浅い。動力曲線は全体に平坦	最高効率点は自由吐出し近辺にある。圧力変化に谷はない	吐出し空気は環状で回転成分を有する	圧力に谷があり、その左側の運転は不可。吐出し空気の回転成分は少ない	羽根車の径が小さくても、効率の低下は少ない
用途	低速ダクト空調用 各種空調用 給排気用	高速ダクト空調用	高速ダクト空調用	屋上換気用	局所送風	換気扇 小型冷却塔 ユニットヒータ 低圧・大風量	局所送風 大型冷却塔 中圧・大風量	局所送風 トンネル換気 一般空調(特例) 高圧・低風量	ファンコイル ユニット エアカーテン

注 1) この一覧表は片流れ型を基準にしている。
2) それぞれの値は標準の目安である。
3) 比騒音とは、風圧 9.807 Pa (1 mmAq) で 1 m³/s を送風する送風機の騒音値に換算したものである。

図 4.4 多種多様な送風機と特性

狭い風路にフィンピッチの小さい熱交換器や防塵フィルター等があり、その圧力（風路抵抗）で理論的に風量がとれないと否定されていた。あきらめきれない若い設計のエンジニアが、勝手に一人で休日出勤し、ラインフローファンを手作りの試作機につけて運転し、風が弱いながらも出たと上司に報告した。それから過酷な試行錯誤が始まった。

(2) 過酷な試行錯誤

ラインフローファンは、エアコンには図 4.5⁵⁾ のように装着される。そして、風の流れは、図 4.6⁶⁾ のように流れが同一羽根車を 2 回通過する。

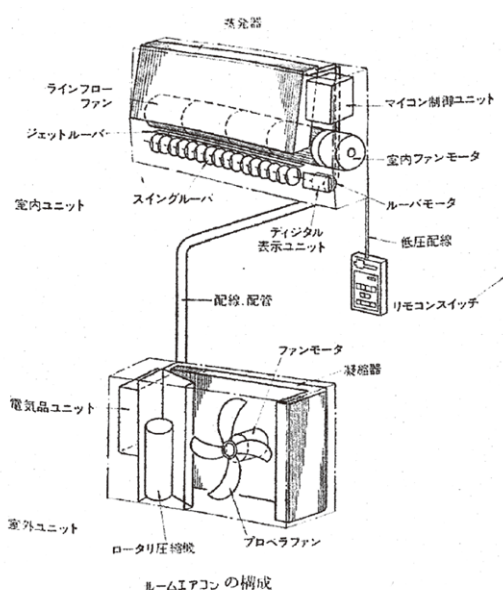


図 4.5 ラインフローファンの装着

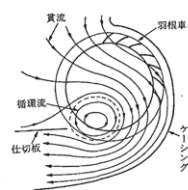


図 4.6 風の流れ

ラインフローファンの風量と圧力の特性図は、図 4.7 のようなものである。この図からもわかるように、性能変動領域があるため、圧力損出が高くなると不安定になり、騒音と風量が変動し、バサバサというような音がでて、回転数が変動する。最大のポイントは、風路抵抗の低減と騒音軽減であった。

① 風路抵抗の削減

熱交換器の風路抵抗を下げるために、熱交換器の冷媒管の列数を従来の 3~4 列から 2 列にし、熱交換器

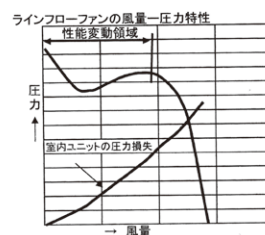


図 4.7 風量—圧力特性

フィンの間隔も大きくし、これらによる熱交換面積の減少を室内機の左右方向の幅を拡大してカバーした。

また、防塵フィルターの材質変更、吹き出しルーバの構造変更、吸い込みグリルの格子間隔の拡大などにより大幅に風路抵抗を削減した。室内機の幅寸法の拡大によって全体的風路に余裕ができたが、特に、吸い込み口が大きくなり、風路抵抗の削減に大きく貢献した。配置上は基本的には、羽根車の吸い込み口及び吹き出し口と抵抗物との距離は、羽根車の径の半分以上取ることが不安定運転領域を避けるコツであることが明らかとなった。

② 騒音低下

ファンの中に渦を作り羽根車の中に横断流を形成して、風量を出すためには、回転数×羽枚数の周波数の音が必ず出る。風量を高くするには、強い渦が必要であるが、このときの笛のような騒音は耳障りとなる。騒音は、風量と回転数のバランスであり、これに関連する風路ケーシングの設計である。結果的には、壁掛に許される奥行寸法が大きく取れば、ファン径が大きく取れ、低騒音の風量と回転数が得られることになる。

騒音低減の問題と重量の問題から、後のモデルは、金属の羽根をプラスチック化することに成功し、コストと生産性向上にも大きく貢献した。図 4.8⁷⁾ がシロッコファンとラインフローファンの特性の比較である。また、幸いなことに同じ三菱電機の別工場で、ラインフローファンを英国の FC 社から技術導入し、エアーカーテンを製品化していたので、ここから初期の段階では、ファンと電動機は供給してもらい、開発面でも強力な支援が得られた。

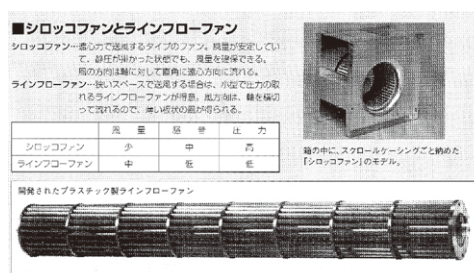


図 4.8 シロッコファンとの比較

ラインフローファンの採用がなければ、世界的なデファクトスタンダードになった壁掛けセパレートエアコンは誕生しなかった。壁掛けセパレートには、不可欠のラインフローファンだが、当時は、起原の英国FC社でも、炭鉱の坑道での粉塵の排出に使用されていた程度のものであったが、これを三菱電機がエヤーカーテンで製品化し、さらに同社がエアコンに流用して、今や世界中のエアコンで活躍することとなった。図4.9⁸⁾が初代の壁掛けセパレート型エアコンである。

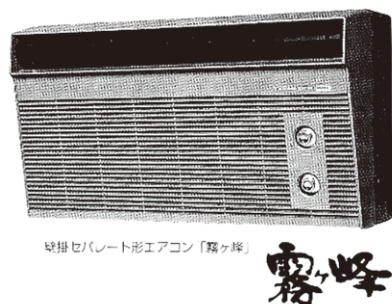


図 4.9 初代壁掛エアコン

現時点において、この壁掛けセパレート型は、ルームエアコンの世界的な基本形となっている。2013年のルームエアコンの世界需要は、家電製品協会の家電産業ハンドブック2015版によると約8290万台と記載されている。このうち83%がセパレート型であり、残りの17%が一体型と推測される。そしてセパレート型の約90%が壁掛け型である。

4.2 室内機のオールプラスチック化と軽薄短小化

壁掛けセパレート型の普及期の初期は、室内機はキャビネット本体も金属、ラインフローファンも金属、コントロールパネルも金属で、前面パネル以外はすべて金属だったが、室内機の軽量化と部品点数削減のためにプラスチック化へ三菱電機が挑戦した。当時、プラスチックは、ねりものと呼ばれ、素材的に破損しやすいものという先入観が強い時代であり、社内での説得がまず必要であった。当時はビール瓶の2ダース入りの運搬用ケースがプラスチック化され市場に出回り始めたときであった。開発担当者は、宴会場の上司の目前で、この2ダースのビールの入ったケースを持ち上げ、床の上に落下させて見せた。このドラスティックなデモンストレーションで開発は一層加速された。また、同じような説得が、部品のプラスチック成型を委託していた外注メーカーにも必要であった。室内機のキャビネットは、大型の部品で、成型を依頼

された外注先は、従来とは比較にならぬ大型の設備投資が必要だった。もし、うまくいかなければ倒産のリスクもあったが、相互の信頼関係により、なんとか協力を得ることができた。窮地を脱し軽薄短小化が三菱電機でさらに加速された。

それでも、室内機のボディ本体のプラスチック化の量産化は、困難を極めた。成型して、試作して、金型を削って、ギャップを調整して、また成型、そして、樹脂が冷めてくると突っ張ったり変形したりと、実に様々な問題が吹き出し、連日連夜、カットアンドトライを繰り返し難題の解決に努力を重ねた。こうして何とか製品化に成功したが、途端に1973年の第一次オイルショックで、プラスチックの素材である原油が入手困難になり、まさに波乱万丈のプラスチック化への挑戦であったが、部品点数の削減によるコストダウンと、軽薄短小化へのたしかな第一歩として意義のあるものであった。

4.3 驚異の超薄型セパレートエアコン開発

4.3.1 商品のライフサイクル上の差別化ポイント

一般の消費者を対象とする商品の開発は、ライフサイクル上の位置によって、他製品と差別化するポイントが変化するといわれている。ライフサイクル初期の導入期は、その商品の基本性能が競争のための訴求ポイントである。エアコンであれば素早く、良く冷えることである。次の成長前期には、このよく冷えて、さらに静かであるという基本機能に付加する第二次機能（低騒音等）が差別化の重要ポイントとなるといわれている。さらに商品の普及が進んで成長期になると、基本的・付加的機能等の差別化では、消費者に説明しなければならないし、消費者も基本的なことはすでに知識として所有しているから、差別化の訴求点にはなりにくい。そこで必要とされるのは、消費者が見ただけでわかり、納得できるものである。それは、まさしくデザインである。デザインは好みの問題はあるが、説得の必要性はない。特に、量販店で各社商品を並べて販売している場合には、差別化はデザインの場合是一目瞭然問答無用である。差別化の訴求ポイントとして、考えねばならないのは、視覚的に非言語学的に理解されることであるが、デザインは、好みがあるので突飛なものとは考えられないし、エアコンの室内機という、ただの箱体のものを本質的に否定することはできない。その点からいえばそれほど選択肢はなく、室内機の奥行き寸法が検討の対象となった。このようにして、この成長期の段階でのデザイン上の差別化が壁掛

セパレートの超薄型化であり、これは同時に消費者のニーズにも応えるものだとの確信を深めた。

4.3.2 薄型の目標寸法値の決定プロセス

壁掛エアコンの初期では、各社のエアコン室内機の奥行寸法は、26~29cmであった。新しい目標の寸法を決めるにあたっては、まず人間工学的に検討し、視覚的に圧迫感のない範囲を描いてみると図4.10⁹⁾のようになる。この図からいえることは、従来のエアコンは、かなりはみ出しており、これを約半分ぐらいにすると理想的であることがわかる。そして、技術的な可能性とは別に、目標値を取りあえず15cmと決めた。

そして、最大の目的である従来のエアコンとの視覚的差別化ができて消費者が好んで選択してくれることを検証するために、各寸法の実物大モデルを作成し、専門の調査パネルにより得られた結論も上記の寸法を裏付けてくれた。またエアコンは冷房専用から冷暖房兼用形への変化に供えて取付位置が下ってくることになる。そして薄形化が更に必要になるとの予測も要因となった。

■室内機のうす形

壁掛形エアコンの出っばった感じを極力おさえた「うす形」。視覚的な圧迫感がありません。人間工学の研究に基づいて開発されたカタチです。

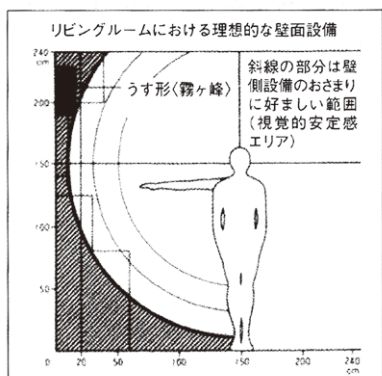


図 4.10 視覚的な安定感の確保

4.3.3 薄型化のための逆転の発想

差別化のための技術開発にとって重要なことは、そのための技術は高度であり、技術的にも意味のあるものでなければならない。なぜなら他社が簡単にまねできるようなものだ、と、差別化し、優位性を主張できる期間が、短期間に終わってしまうからである。この差別化のための技術革新を記述するが、いずれの場合にも従来の考え方にはない発想の逆転が色濃くにじみ出ている。

(1) 逆転の発想そのⅠ --- 断熱材の削除

従来の室内機の壁面と接する背面には、分厚い断熱材が張り付けてあった。これは、住宅壁面への着露防止のためであったが、これを露は本体背面の低温部に

着くのは仕方ないので自由に付けさせ、着いた露を巧みに集めて冷却器についた露と一緒にして排水するドレン処理構造とした。このための断熱材の厚さは少なくとも奥行を削減できるし、部品点数は減るし、断熱材の張り付け作業のパラツキによるクレームもなく、一石三鳥となった。この考え方は、なかなか信用してもらえず、「着露して壁が朽ちて落ちてくる」との風評が競合メーカーから流され、事実メーカーによっては導入を何年か見送っていたところもあった。

一般消費者は、各メーカーの製品が、大型量販店の展示壁面に一斉に並んでいると、いやでも薄型モデルが、隣接して展示されている従来の厚型製品に引き立てられて、問答無用で売れていく現象となった。

(2) 逆展の発想そのⅡ --- 熱交換器の着露と薄型化

室内機には大きな熱交換器があるが、これを薄くするにはパイプとフィンによる熱伝達の効率化が必要となる。アルミのフィン、表面を光沢化して風圧損失の低減を図るのだが、撥水性が強くなり、フィンに水滴が保持されて、風が通る面積が小さくなるので熱交換の効率が低下する。薄型の熱交換器をさらに薄くするためには、逆にフィン間隔をできるだけ小さくしたい。このために、従来の考え方の逆転の発想で、フィンの表面を撥水性から親水性に変えることにした。フィンの表面に親水性の表面処理を施すと図4.11¹⁰⁾のように、フィン間に水滴がたまず、フィン間隔を最小限に小さくでき、熱交換器の薄型化に成功した。

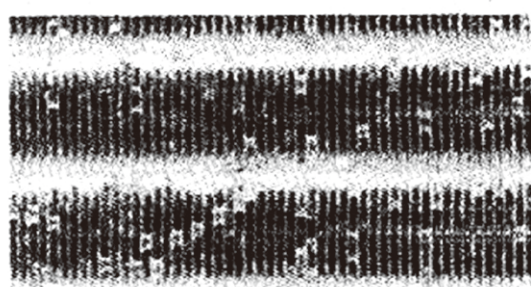


図 4.11 通風抵抗となるフィン間の水滴

(3) 逆転の発想そのⅢ --- 冷媒管の共振防止に接着剤を用

熱交換器周辺の冷媒配管は、小型化のために管径を小さくすると、シュツ、シュツという冷媒流音が耳障りとなってくる。この共振音を消すために、ゴム質のパッチを加熱して巻いてゆく。これの巻き付けは温度の高く柔らかい時に取り付けるため、しかも微妙な形にまくため手袋が使えず、自動化もできず作業改善が不可欠であっ

たが、ここでも逆転の発想で、本来は接着剤であるホットメルト剤をパッチ代わりに転用するということにし、しかも自動化に成功して作業性の向上も図った。図 4.12¹¹⁾ 型に軽薄短小時代を切り開いた製品の外観を示す。

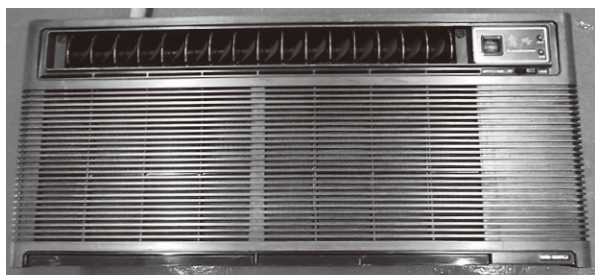


図 4.12 超薄型エアコン室内機

以上のように、数々の技術革新を通して得られた成果の評価は、予想以上であった。本来の薄型化の目標は、上記のように 15cm であったが、第二次オイルショックの影響で冷えていた景気回復のために 1 年発売を早めたため、第一号機は 17cm だったが、市場の評価は期待以上であった。この時のコマーシャルの内容は、大手新聞の漫画のテーマにも登場し、小学生の子供たち間にも物まねが流行するという一種の社会現象となった。図 4.13¹²⁾ は、視覚的に 17cm の長さが確認しやすい指の形に置き換えた物まねのシンボルマークである。



図 4.13 薄型 17cm のシンボル

4.3.4 薄型軽量室外機の登場

室内機の薄型化が登場して 2 年後、三菱電機は、図 4.14¹³⁾ 室外機の薄型化を開発・製品化した。これは、

■うす形25cmの室外ユニット

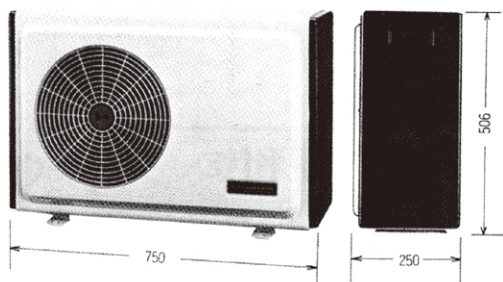


図 4.14 薄型室外機

室外機の取り付け方として、外壁にも掛けられるようなものにするのも目的の一つである。従来の室外機は、地面の上の通風条件の良い目立たないところに置かれているため、外観も単純な四角い黒系か濃い茶系の色彩であったが、この薄型は、2 トーンカラーで淡い色彩とし、おしゃれで汚れも目立たないものになった。市場ではこの新しい室外機を室内機と見間違えるという声もあった。

このための技術開発は、図 4.15¹⁴⁾ 小型のロータリー圧縮機の使用と、従来の 3 点支持の取り付けを上下の 2 点支持に代えたこと、さらに圧縮機の高温に耐える耐熱防振ゴムの開発も必要となった。また、構造も合理化されていて、従来 40~50 本もあったねじ類が 6 本にまで削減され工数低減に大きく貢献した。

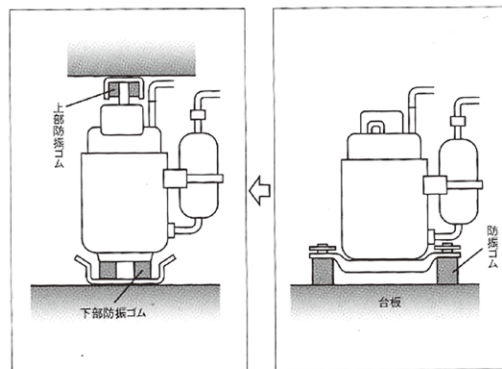


図 4.15 スペースセーブ取り付け

4.4 多様な形態の室内機の登場

超薄型エアコンの流通界における予想以上の反応に対して、その翌年から薄型化の競争は激烈となり、後に 10cm を切るものも現れ、この薄さ競争の成果は、天井近接型やその他の形態のエアコンの登場につながった。代表的なものは、次のようなものであった。

4.4.1 天井近接型エアコン

図 4.16¹⁵⁾ に示す天井近接型は、三菱電機が初めて

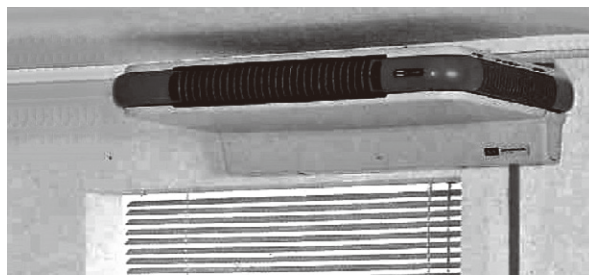


図 4.16 コスモクール

厚さ1けた台の9.9cmであり、空飛ぶ円盤が想像されることから、コスモクルの愛称があった。また、図4.17¹⁶⁾は、パナソニック製のコーナーエアコンも登場したが、これも、前者と同じく壁面取り付けであった。



図 4.17 コーナーエアコン

4.4.2 額縁型エアコン

図4.18¹⁷⁾は、奥行寸法8.9cmで、本物の額縁に近い奥行であり、業界での一般室内機の約半分の薄さである。愛称アートクールという互換性のある絵画付きのエアコンであり、ようやく現れ始めた先進家庭での複数台需要を考えたものであったが、エレベータにつけられたケースもあった。最初の絵画付きエアコンは、三菱電機製であるが、後に他のメーカーからも発売された。



図 4.18 アートクール

4.4.3 天井取り付け型エアコン

天井型エアコンは、天井吊下げ式と、天井埋め込み型がある。本格的な天井型は取り付けられる天井の構造や強度面から業務用エアコンに多く、図4.19¹⁸⁾は天井吊下げ型、図4.20¹⁹⁾は天井埋め込み型である。

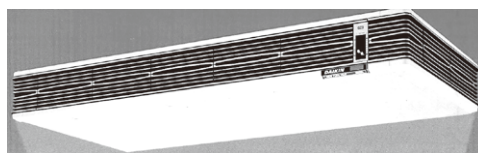


図 4.19 天井吊下げ型室内機

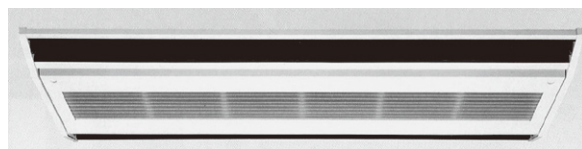


図 4.20 天井埋め込み型室内機

4.4.4 店舗用超薄型床置エアコン

店舗用エアコンの従来の45cmスクエアタイプから据え付け床面積を二分の一にしたスーパースリムシリーズを三菱電機が開発した。店舗等商業施設・事務所用として、エアコン床面積縮小分がそのまま営業面積の拡大と多様化につながり、好評であった。技術的には、本体の薄型化のために、薄型大口径のシロッコファンを上下に配置し、その前面吸い込み口に垂直に熱交換器を配列している。図4.21²⁰⁾に設置例を示す。

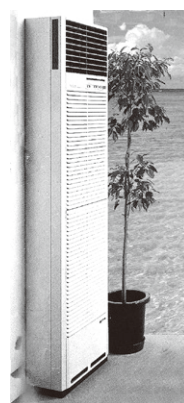


図 4.21 薄型床置きエアコン

4.5 室内機マルチ型エアコン

石油危機による大幅な石油価格の高騰のため、省エネルギーや代替エネルギーへの対応が不可欠となった。特に、1979年6月の「エネルギー使用合理化法（省エネ法）」公布では、省エネルギーに関する関心が高まり、こぞって空調機のエネルギー消費効率（EER）の向上への取り組みが強化された。家庭用で、空調機のスペースセーブ性、省エネルギー性、施工性から、1台の室外機に複数の室内機が組み合わせられるマルチ方式が開発された。家庭用以外の業務用にもマルチ方式が展

開され、小型分野では店舗やオフィス用のパッケージエアコンに、さらに大型のビル用にも、新たな市場を拡大していった。現在は業務用のビル空調は、スペースセーブ性、省エネルギー性、施工性から、このビル型マルチが国際的にも一般化している。機能的にも、室外機の能力との関連で、室内機切り替え式、同時運転式、追加増設型と多種多様である。図 4.22²¹⁾ が小型用マルチである。図 4.23²²⁾ は、ビル型マルチである。



図 4.22 小型用マルチ

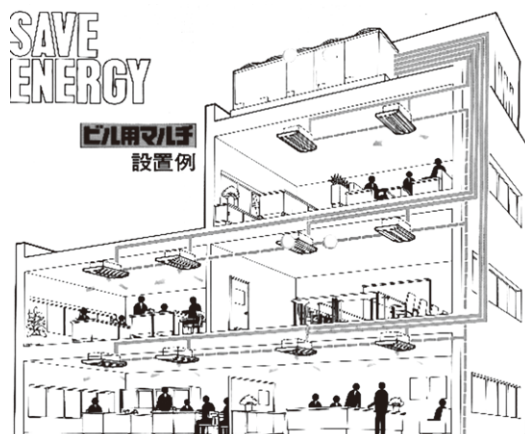


図 4.23 ビル用マルチ

大規模ビルなどの空調は、設計事務所や空調設備業者が中心に、セントラル方式が確立しており、それになり省エネルギー化は進んでいたが、中小ビルの空調は空調機にしても、システムの面でも確立されたものがなく、省エネルギー化の面でも大きな課題であった。そこで、従来の空調システムや新しいシステムについて、省エネ性、個別制御性、経済性、操作性などを総合的に検討してゆく中で、ルームエアコンの「マルチタイプ」とセントラル空調方式の天井埋め込みカセット型のファンコイルの両商品をつないだ新しい商品への指向から、ビルマルチ方式がタイキン工業から製品化された。

その主な特徴を総括すると次のようになる。

- ① 年間のランニングコストが従来のシステムに比較して約 20～40% も安い。
- ② 個別制御、部分運転ができる。
- ③ 省スペースで設計施工も容易である。
- ④ 新除霜方式の採用で快適性に優れているほか、安

全に取り扱える。

このような特長によって、社会に受け入れられ、中規模建物の空調システムはセントラル方式からビル用マルチによる個別分散空調方式に変わってきている。この流れは超高層ビルまでにも及んでいる。図 4.24²³⁾ に大阪・梅田センタービルの事例を示す。なお、この流れは、国際的な動向ともなっている。



図 4.24 梅田センタービル

4.5.1 ワイドシーズン化とワイドスペース化

マルチは、1 台の室外ユニットで 2 台・3 台・4 台の室内ユニットを組合すことができる独特のセパレート型なので、生活設計に合わせて室内ユニットを買い増して行くことができる。価格的にも特に 2 台目は 1 台目の半分近くの価格で買い増しができるタイプもあり、2 台目需要には有利な選択条件となる。

業界の製品開発の方向が、ワイドシーズン化の方向に進み、冷房のほかに、除湿や暖房機能付きなどのオールシーズン化によって使用期間が広がりつつあり、機能が多様化している。同時に空調対象のスペースも広げることで、セントラルクーリングとしての多様化とワイドスペース化も進めることができ、ビル用エアコンの転換期とも考えることができるようになった。

4.5.2 多室用ルームエアコン「マルチ」の考え方

(1) 2 台目、3 台目の追加に便利なマルチ冷房回路を備えた室外ユニット

室外ユニットに内蔵されているマルチ冷房回路の働きによって、1 台の室外ユニットで、2 室以上の冷房ができる機能を持っていた。従って、2 台目からは室内ユニットだけを増設するだけでよく冷房する部屋を計画的・経済的に増やすことができた。

(2) 同時運転・切り替え運転が自由自在

マルチルームエアコンは、1 室だけを集中的に切り替

え冷房することも、2室以上を同時冷房することも可能であった。例えば、昼間は居間だけを集中して冷房し、家族のそろう夜間は、居間と寝室あるいは、子供部屋をというように、生活の時間帯に合わせて、無駄無く、自由に使い分けができる独特の工夫がされていた。

(3) 室内ユニットを全部同時に運転すると全冷房能力が約 25%も自動的に増大する。

2室冷房を例にとると、室内ユニットの能力の2倍まで室内ユニットの接続が可能で、この場合室外ユニットは、125%の能力を発揮する。従って、切り替え運転時（室内100%運時）2000kcal/2240kcal/h（50/60Hz）の能力のユニットが、2室同時冷房運転（室内200%運転時）をした場合は、25%アップして2500/2800/hの能力を発揮することになる。従って、図4.25²⁴⁾及び図4.26²⁵⁾のごとく、各室内ユニットはそれぞれ62.5%の能力を発揮することになる。

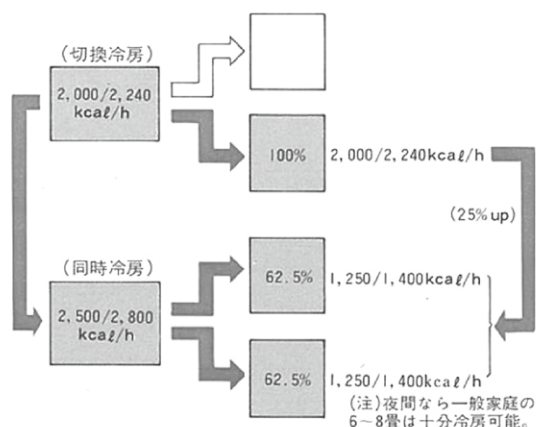


図 4.25 マルチの能力の変化

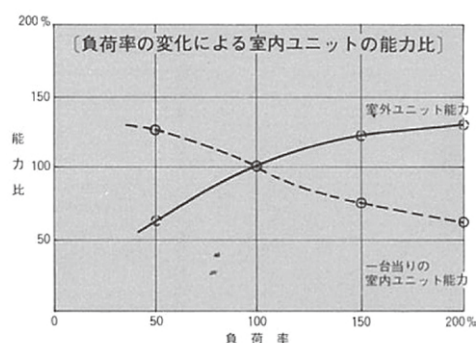


図 4.26 負荷率の変化対応

同時運転時には、各室の能力が約 62.5%に低下することから、能力不足が懸念されるが、実際の問題としては、ユーザー調査においても問題にならなかった。まず、2室の場合でも昼間に同時運転される稼働率は

極めて低く、これが、3室用・4室用となると、夜間でも同時運転される機会は低くなる。

また、昼間の負荷の変動を正確に計算してみても、夜間の負荷は、昼間の平均 60%程度で、同時運転時の能力アップ分を含めて 62.5%の能力があれば、夜間は十分に冷房できることになる。

こうした能力を生かすと家庭内での一日の時間帯に合わせて同時運転・切り替え運転が経済的に使い分けできる。図 4.27²⁶⁾、図 4.28²⁷⁾、図 4.29²⁸⁾ にマルチの多様な設置例を示す。

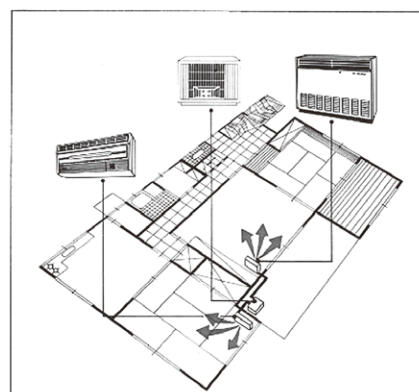


図 4.27 2室同時切り替冷房

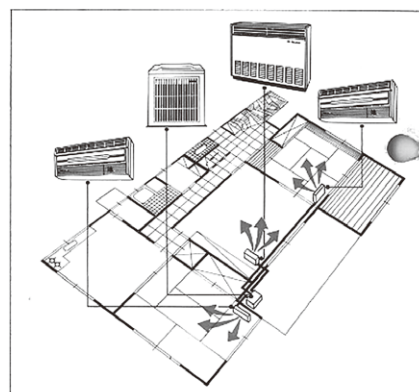


図 4.28 3室同時切り替冷房

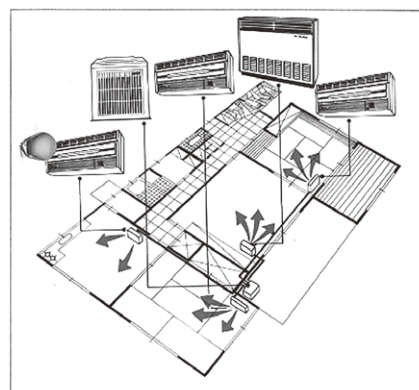


図 4.29 4室同時切り替冷房

4.5.3 ビル用マルチの各種の特性

マルチ型エアコンの特性としては、まず省エネ性があり、さらに省スペース性、快適性、管理メンテナンス性、工事施工性等があり、多様な合理化のためのメリットがある。

(1) 省エネルギー性

一般的なビルのエネルギー消費の割合は、空調熱源30%、空調用搬送動力25%、照明・コンセント23%、その他（給湯・衛生等）22%と言われている。空調部分が半分以上を占めており、ビルの省エネルギーには、空調熱源と空調の搬送動力の低減が絶対条件である。ビル用マルチには以下の4つの特徴がある。

① 機器単体のエネルギー効率の高度化

空調機器のエネルギー効率の向上については、ロータリー型やスクロール型の新型圧縮機搭載により、一段と省エネルギーを推進した。

② 冷媒制御により搬送動力の不要化

ビル用マルチは、送風ダクト用ファンモーターや冷温水循環ポンプなど、一般ビルのエネルギー消費では、照明を上回る空調用搬送動力がほとんど不要となる。この部分は圧縮機による冷媒制御だけで済み、省エネルギー空調を大幅に前進させた。

③ 個別制御可能で無駄な電気の使用をカット

使用時間帯、使用場所に合わせて、室内ユニット1台ごと、各室での個別・部分運転が可能となる。しかも、各室内ユニットに付属した2ステップサーモの作動により、圧縮機（1台当たり）は100%運転→50%運転→停止、と能力を3段階に制御する。その結果、年間の維持費は他方式より約29～35%削減することができた。

④ ヒータレスだから暖房時も節電運転

従来は、デフロスト（除霜）用の熱を室内から汲み上げて使用していたため室温が低下した。それを防止するために、電気ヒータを使用していた場合もあったが、ビル用マルチには、新デフロスト回路を開発し、霜取り用熱を外気から汲み上げることによって、室温の低下がなくなり、そのための電気ヒータが不要となり、ここでも節電が可能となる。ビルマルチ方式の他方式との年間維持費の比較したものを、図4.30²⁹⁾に示す。

(2) 省スペース性

室外ユニットは、1ユニット方式で、しかも屋上設置のため、ビル内の空調用機械室が不要となり、建築スペースが有効活用される。

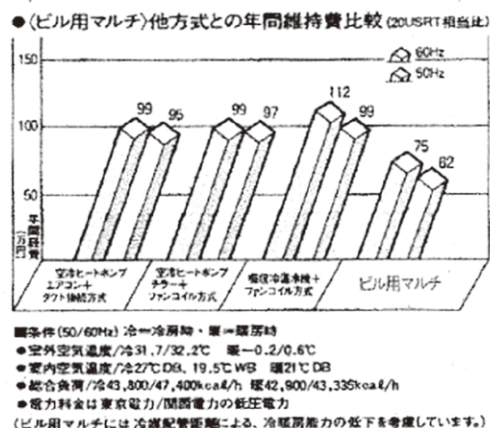


図 4.30 ビル用マルチの維持費比較

室内ユニットは、天井埋め込み式で設置スペースが不要となり、100%床面積が活用できる。

(3) 快適性

個別制御により使いたいとき、使いたいところで、きめ細かな空調が可能となる。ガス・灯油などの燃料や冷温水・冷却水が一切不要の全電気システムだから、各室からのリモコンスイッチ一つで始動し、運転操作性がよく、しかも早い立ち上がりで、快適性を向上させた。室内ユニットは天井埋め込み式であるから気流分布も優れている。

(4) 管理性・メンテナンス性

ガスや灯油などの火を使わず、大気汚染の問題がないため、排気ガスの管理が不要となる。また、冷却水を使わないため、水質管理の手間やクーリングタワー・冷却水ポンプのメンテナンスが不要である。また、室外ユニットは1台であるため集中管理が可能となる。

運転操作に、危険物取扱主任者、ボイラー技士の有資格者がいらず誰でも簡単に操作できる。そして、個別制御方式であるため、各室の電気使用量もメータを接続すれば簡単に管理できる。

(5) 工事・施工性

ダクト工事・冷温水・冷却水配管工事が一切不要となり、工事は、一時側電源接続以外は、冷媒配管・ドレン配管・連絡配線工事などで済み、コスト低減と工事期間短縮になる。

また、冷媒配管長が長いと、建物の増改築時やシステムの交換時なども比較的容易となる。

4.6 コンパクト室外機の開発技術

従来の室内機の薄型化・コンパクト化技術は進んだが、室外機のコンパクト性については、大きさ、重量、エクステリア性、据え付け性等あまり検討されずにきた。当時エアコンの室外機については、主要構成部品である圧縮機、送風機、熱交換器、インバータ電源部、冷凍サイクル部品等の構成や配置はほぼ確立されており、小型・軽量化を図るためには従来の室外機に比べて小さな容積内に基幹部品を高密度に配置した構造が要求され、技術的な困難度が高く、かつ、各要素部品は、小型化、高効率化、低騒音化を両立する技術が必要であったが、最初にパナソニックにより開発・製品化された。

4.6.1 コンパクト化技術

コンパクト室外機の概略構成を図 4.31³⁰⁾ 示す。横型スクロール圧縮機が真横に置かれ、その真上にプロペラファンが配置され、熱交換器は左右、背面を覆うように配置されており、流入する空気の流れが、偏った流れにならない状態で、背面、左右からプロペラファンに到達するようにして、送風機の低騒音化がはかられた。冷凍サイクル部品は、高密度に実装されており、インバータ電源部は、天面部に配置された。また、圧縮機はコンパクトに収納可能な形態と低振動、低騒音、高効率が新たに要求された。またブラシレス DC モータを 搭載した完全横型形式の小型横型圧縮機が初めて開発・製品化された。

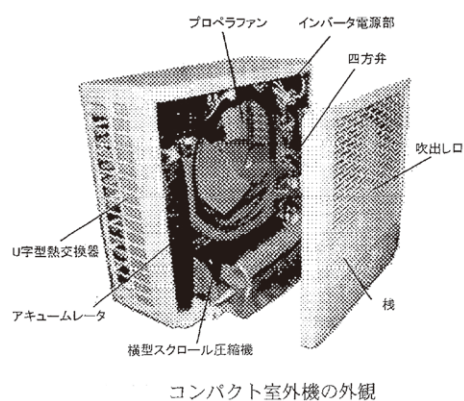


図 4.31 コンパクト室外機

4.6.2 横型スクロール圧縮機の技術

図 4.32³¹⁾ に横型スクロール圧縮機の内部化構造図を示す。従来の縦型スクロール圧縮機を横型にするための開発上の問題点は数多くあったが、その主なものは、次の 2 点であった。

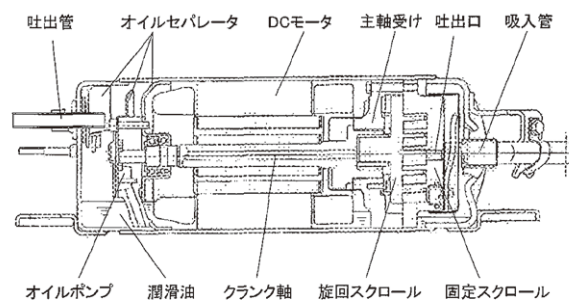


図 4.32 横型スクロール圧縮機 内部構造

(1) 加工精度と組み立て制度の高度化

スクロール圧縮機について横型にすると、軸受と回転軸間に縦型にはない重力のアンバランス作用で、軸受の上部と下部では、クリアランスが異なる傾向があり、それが潤滑油の挙動に影響し、それをカバーするためにより精度の高い加工精度とクリアランス管理が必要となる。

(2) 潤滑オイルの供給

横型化の場合のオイルの供給は、横に寝かせると、縦置きの場合と同量のオイルを入れても、オイルレベルが低くなり必要なところに到達しない。そこで、冷媒が吐き出されるところのオイルのレベルが上がるとい現象に着目して、その現象を利用して適切なオイル循環量を確保した。

4.6.3 室外機構成部品のコンパクト化技術

室外機の各部構成部品のコンパクト技術としては図 4.33³²⁾ のようになり、具体的には、次のようなものである。

(1) 送風機に関する開発技術

送風機の小型化は不可欠であり、そのためには、小口径のプロペラファンを高速回転させることによる騒音増大が課題となり、大幅な低騒音化が必要となった。レーザドップラーによる流れの計測、音響インテンシティ法による音源探査等の当時の最新計測技術による徹底的な解析を行い、ファンの形状を従来の円弧翼から、流量特性が優れている非円弧翼とし、ファンの前縁先端に三角形の突起を設置して、半径方向からの空気の流入を円滑化するとともに、負圧面全体にディンプル加工を施して、流れの剥離を抑制し、低騒音化に成功した。さらにファンから流出する風が衝突する吹き出しグリルの棧部の断面形状を流線化することなど、細かいところまで最適化を図った。これらの

要素技術は低騒音化効果が高いため、ファンの形状が変更されても踏襲されている。

(2) 熱交換器に関する配置上の工夫

熱交換器は、筐体の中で、正面の面積が広く確保できて、流れが左右対称になるように配置した。また、熱交換器のコルゲートフィンには伝熱管の近傍にリング状の窪みをつけて流れの止水域低減等を図り、高性能化を図った。

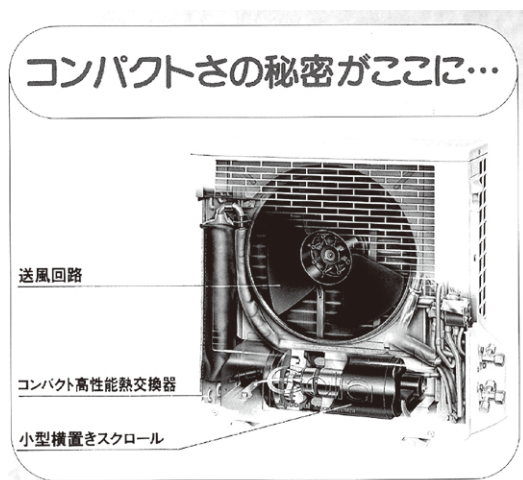


図 4.33 コンパクトの秘密

4.6.4 コンパクト化の効用

コンパクト室外機は、従来の室外機と比較して、容積は 75%、質量は約 7kg も軽く、必要な設置面積も 66% の省スペース化を可能にし、ベランダ等の狭い箇所への設置や、壁面からのエアコンの距離も短縮して、図 4.34³³⁾ のように設置できる。しかも、低騒音、低振動の特性を備えているため、長期間にわたって、高級機から普及機まで数多く展開された。

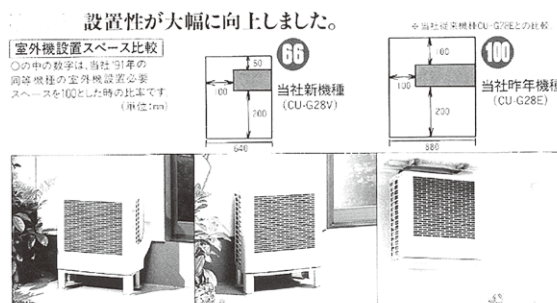


図 4.34 室外機の設置

この室外機の構造は、コンパクトな構成で高性能を実現する方法で、他の追随を許さなかった。また、室外機のイメージを一新したこのコンパクト室外機

は、図 4.35³⁴⁾ のように、吹き出し口の外觀を丸から角へ、ユニット前面を正方形へと斬新な中にも街並みに馴染むデザインとなっている。

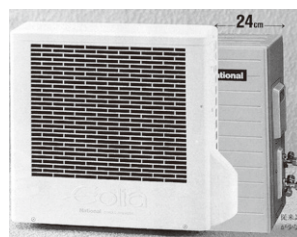


図 4.35 新デザインのコンパクト室外機

4.7 簡易据付・簡易移動型エアコン (セットフリー型)

家庭用エアコンは一般の家電製品と異なり、購入して自宅に届いたら、そのまま使えるという事ではなく、据え付け工事が必要である。この据え付け工事は一般的にはプロの専門家に頼まねばならず、その分費用も掛かるしそれなりの時間も必要となる。また、同時に一度据え付けると移動はできない。これらの弱点を補うものとして、簡易工事型で、移動も簡単にできるエアコンとして、図 4.36³⁵⁾ のようなセットフリー型 (水冷・空冷式) エアコンが東芝から開発・製品化された。



図 4.36 セットフリー型エアコン

4.7.1 簡易・簡易移動型の構造・原理

移動型とするためには、冷房機の機械部分は完全に室内に収める必要があるが、冷房機の場合室内から熱を奪った分に相当する熱量を、何らかの形で室外に放出しなければならない。そのため水の蒸発潜熱が大きいことを利用して、本体内で水を蒸発させ、空気を熱的に高密度の空気として室外に放出させる。このため、従来の冷房機のように、熱放出の媒体として空気のみを利用するものに比較して、必要とされる空気の量が非常に少なくて済む。このため、コンデンサーの冷却用として室内の空気を吸い込み、これを小さな

このように運転中に常に少量の室内空気を室外に放出しているため、室内の冷却熱量を損失しているように考えられるが、逆にこの排出空気量は、部屋の中に3人ぐらい在室した時に、室内空気を新鮮に保つために必要とされる換気量を与えていた。一方、冷凍サイクルの冷媒の流れは、従来の冷房機と同様で、圧縮機から吐き出された高温の冷媒ガスは、加熱器及びコンデンサー内を通して凝縮され、キャピラリーチューブを通してエバポレータに導かれ、冷媒は蒸発し、室内空気を冷却して圧縮機に戻された。

この機種は水冷・空冷方式であり、水を利用して運転するので、水がなくなると直ちにその機能を失うと同時に、電気入力も増加し、冷凍サイクルが不安定となる。この不安定状態を避けるために、次のような三

重の安全装置を備えていた。

① 水流スイッチ

水がなくなると直ちに圧縮機を停止させ、断水の表示ランプが点灯した。

② 高圧スイッチ

圧縮機の吐き出す冷媒圧力が規定値以上になった場合、速やかに圧縮機を停止させた。

③ オーバーロードリレー

圧縮機に流れる電流が、異常に増加した場合や、圧縮機の温度が異常に高くなった場合に圧縮機を停止させた。

4.8 インスタントカップリングと据え付け性

室内外ユニットをつなぐ冷媒のコネクト方式は、1966年当時はワンショット方式、インスタントカップリング方式とフレア方式の3種類があった。いずれにしてもコネクト技術は、簡単なようで難しく、据え付け時の失敗もあり各社苦勞していた。この中でインスタントカップリング方式は、アメリカの軍事用技術で戦闘機が空中給油を受けるときのカップリング技術を応用したメタルシール方式のもので、冷媒回路の接続方式として全メーカーが採用していた。工事が楽で失敗も少ないのが利点であったが、接続部が大きく膨らみ「卵を飲んだ蛇」と顧客の外観上の不満があった。ここでも三菱電機は、この改善に挑戦し、部品メーカーと共同で細くて小型のものの開発に成功した。最も歓迎されたのは据え付け業者からで、フレア方式は、いくら頑張っても、一日当たり2~3件だったがインスタントカップリング方式は、その2倍は据え付けられるので、据え付け料金も2倍稼げることになる。また急に気温が高くなり、急にエアコンを買いたくなるという駆け込み需要が発生して、据え付け能力が足りなくなり、据え付け待ちで、顧客にも不満が出てくることを防ぐことにもなった。このインスタントカップリング方式は、即応性があるという事で長い間占有率向上に貢献したが、量販店の販売比率が高まるとともに、価格志向が鮮明となり、フレア方式が主役となった。インスタントカップリングの据え付け方法を図4.39³⁸⁾に、フレア方式を図4.40³⁹⁾に示す。

■インスタントカップリング

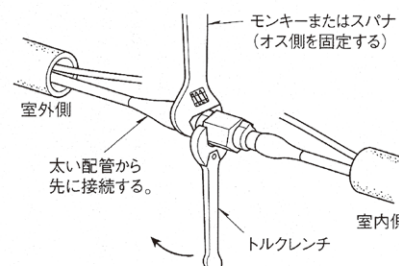
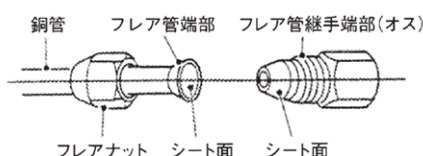


図 4.39 インスタントカップリング構造

■フレア方式



■加工作業が難しかったフレア方式

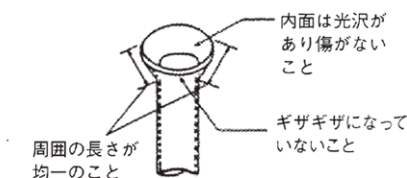


図 4.40 フレア方式の構造

4.9 熱交換器のコンパクト化

エアコンの熱交換器は、基本的に図4.41⁴⁰⁾のようなフィンアンドチューブ式であり、銅パイプにアルミ製の薄板の組み合わせで、現在でもこの基本形は変わっていない。ただし1970年ころに銅パイプにアルミのスパイン（棘状突起）を巻き付けたスパインフィンというのがアメリカの小型窓掛式エアコンで製品化

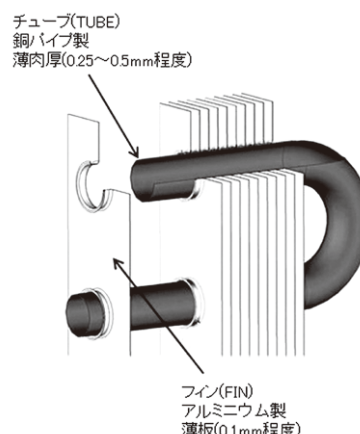


図 4.41 フィン＆チューブの構成

されたが一般化はしなかった。

4.9.1 フィンの進化

エアコン用熱交換器のフィンは、冷媒からの熱を、銅パイプを介して空気側に伝える機能なので、空気にかに効率よく熱を伝えるかで改良されてきた。

初期は、表面に凸凹の無いフラットタイプが主流であった。製造上の強度を維持するために一部ビード（縦長の浅い溝）を持つものもあった。その後、表面積を増やす目的で、おりがみのように浅く折り曲げた形ができ、これをワッフルフィンと呼んだ。まもなく、小さな縦長の略長方形の「切りおこし」をつけたスリットタイプが登場し、現在に至っている。また、蒸発側（結露水や霜の着く側）に使用する熱交換器は、結露水が表面張力で留まってしまうと、風の流れを阻害してしまうため、表面の親水性処理等が開発された。この表面処理は、親水性の目的以外に耐塩害や意匠目的もあった。アルミニウムの薄板の表面コーティングは材料メーカーとの共同開発になることが多かった。図 4.42⁴¹⁾ に多様なフィンの種類を示す。

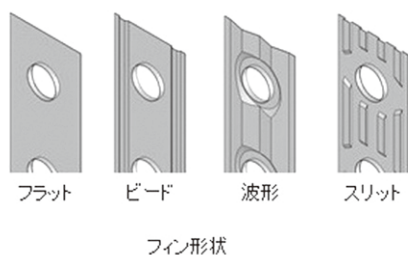


図 4.42 フィンの種類

4.9.2 チューブの進化

熱交換器の銅パイプは、冷媒の熱をアルミフィンへの伝熱効率の向上により、進化してきた。当初は、パイプは、フラットでベア管と呼ばれるものであったが効率を上げるために、薄肉化を図った。次に、パイプの内面に小さな山をつけた内面溝付きのリップルチューブが発展した。そして、溝や山の形状、溝の本数である条数、角度等が多数検討された。製造上の制約もあり、現在では数種類に集約されている。図 4.43⁴²⁾ に内面溝付きのリップルフィンチューブを示す。



図 4.43 内面溝付き管

4.9.3 熱交換器の配置と構成

熱交換器の進展は、エアコンの形態変化及び効率向上に由来する。例えば壁掛タイプの室内機の初期は、図 4.44⁴³⁾ のように、平らな熱交換器がほぼ垂直になっているのがほとんどであった。省エネとコンパクト化競争もあり、各社とも同一スペースに多くの熱交換器を収容するための工夫が行われた。その結果、図 4.45⁴⁴⁾ に示したように、くの字型のもの、3 枚使用のラムダ型のもの、5 枚使用の多段曲げ型、スペース効率を最大にした円弧タイプというように工夫が凝らされた。現在は、各メーカーとも円弧タイプとラムダタイプをベースにした熱交換器の仕様が多数多い。

効率向上を目的とした場合、パイプの直径へのアプローチがある。細径化と多パス化や同一熱交換器内でパイプの径を変えたりする場合もある。

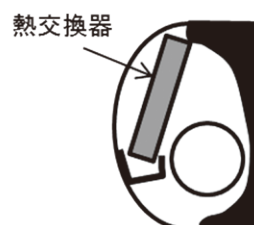


図 4.44 壁掛型の基本配置

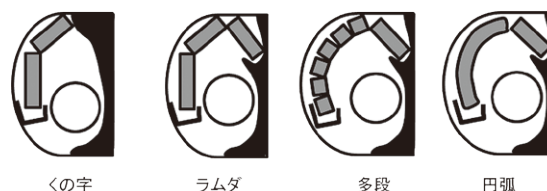


図 4.45 熱交換器の進化

いずれにしても、エアコンの熱交換器は、以下の機能を有しており様な、その特性上、エアコンの 3S の基本機能そのものをと直接的に左右する基幹部品である。

- ① 熱交換器の配置スペース効率によるスペースセーブ機能

② 熱交換器の伝熱量確保によるエネルギー効率化機能

③ 爽快性確保のための対流制御機能

【引用・参考文献】

- 1) 霧ヶ峰物語(40周年記念誌) 三菱電機静岡製作所
- 2) 前掲同上書
- 3) 前掲同上書
- 4) 送風機・圧縮機 産業図書出版
- 5) 三菱電機技報 1978-11
- 6) 霧ヶ峰物語(40周年記念誌) 三菱電機静岡製作所
- 7) 前掲同上書
- 8) 前掲同上書
- 9) 前掲同上書
- 10) 前掲同上書
- 11) 前掲同上書
- 12) 前掲同上書
- 13) 前掲同上書
- 14) 前掲同上書
- 15) 前掲同上書
- 16) パナソニック カタログ 1998
- 17) 霧ヶ峰物語(40周年記念誌) 三菱電機静岡製作所
- 18) ダイキン工業カタログ 1981
- 19) 前掲同上書
- 20) 三菱電機カタログ 1981

21) ダイキン工業カタログ 1981

22) 前掲同上書

23) 前掲同上書

24) 前掲同上書

25) 前掲同上書

26) 前掲同上書

27) 前掲同上書

28) 前掲同上書

29) 前掲同上書

30) 松下テクニカルジャーナル 50周年記念号

31) 前掲同上書

32) 前掲同上書

33) 前掲同上書

34) 前掲同上書

35) 東芝レビュー 1968-12

36) 前掲同上書

37) 前掲同上書

38) 霧ヶ峰物語(40周年記念誌) 三菱電機静岡製作所

39) 前掲同上書

40) 東芝 カタログ

41) 前掲同上書

42) 前掲同上書

43) 前掲同上書

44) 前掲同上書

5 | 省エネルギー型エアコン技術の系統化

エアコンに要求される省エネルギー技術革新は、宿命的なものであり、現在のように地球温暖化対策問題が顕在化する以前から、そしてエアコンが普及し始める初期の段階から第一次オイルショックの洗礼を受け、以降、消費エネルギーへの抑制がまず最優先の課題となってきた。一方、消費者にとっても、エアコンの消費電力量は、他の家庭電器品に比較しても圧倒的に多いし、しかも、一家に複数台が設置されているので最大の関心事である。

エアコンの省エネルギー技術は、構成する機能部品の効率アップとエアコンシステムの効率アップとがあるが、最終的には、これらが混然一体となって総合効率 EER (Energy Efficiency Ratio エネルギー消費効率=冷房または暖房能力 kW/消費電力 kW) が改善されていくこととなる。エアコンへのインバータ技術の導入は、エアコンの省エネルギー化、ヒートポンプ暖房機の低外気温度時での爽快性の改善等の高機能化、低騒音化等に貢献したが、省エネルギーについては特に大きく貢献した。

5.1 高効率圧縮機の開発技術

エアコンの消費電力を中で約 80% を占めるのが圧縮機であり、1960 年頃から図 5.1¹⁾ のように、圧縮機用電動機も含めて、各種の圧縮機が開発された。種々の圧縮機の形式とその用途を示したのが図 5.2²⁾ である。

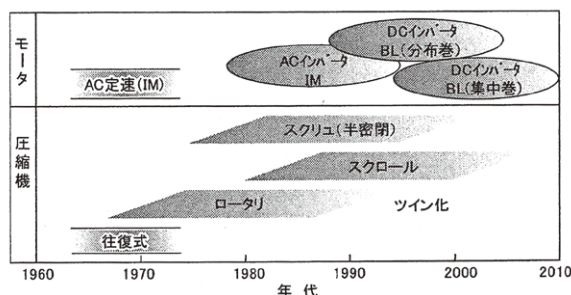


図 5.1 圧縮機の変遷

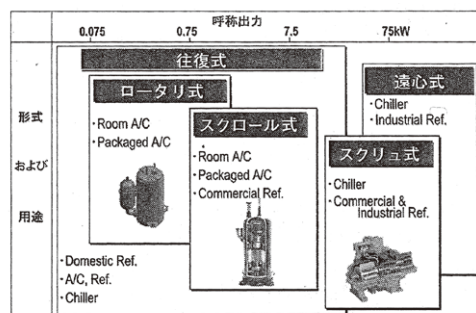


図 5.2 各種圧縮機の用途

5.1.1 ロータリー圧縮機の開発

ロータリー圧縮機のあゆみは、冷凍用としては、1930 年代に米国の GE 社が冷蔵庫用に商品化したのが始まりである。空調用としての商品化は、米国 GE 社で 1960 年である。日本では、東芝が 1969 年に市場に登場させ、従来は主として家庭用エアコンに搭載されてきたが、2001 年に容量の大きいツインロータリ圧縮機が東芝キャリアから業務用エアコンに導入され、さらに、インバータ駆動の大能力のものが開発され、業務用空調機の分野にも多く用いられるようになった。

ロータリー圧縮機の大きな特徴は、設計圧縮比が存在しないことである。ほぼ 100% がインバータ制御となった日本のエアコンは、圧縮機が広範囲の圧力条件で運転される。ロータリー圧縮機では設計圧縮比が存在しないということは、圧力条件が大きく変化してもそれに追従でき、効率の低下が少ない。従って、エアコンの定格条件だけでなく、幅広い運転条件において高効率運転が可能である。特に低負荷、低回転時にこの特徴が発揮され、断熱性が良い最近の日本の住宅においては、年間を通じての省エネルギーに大きく寄与している。また、ロータリー機構を 2 個有するツイン・ロータリー圧縮機は、駆動時の振動が少ないため、インバータによる高速運転時にも、騒音・振動面で有利である。

(1) ロータリー圧縮機の構造

図 5.3³⁾ にロータリー圧縮機の内部構造の一例を示す。構造は密閉シェルの上部にモータ、下部に圧縮機構部が配置され、モータはシェルに焼嵌め、圧縮機構部はアークスポット溶接により固定されている。シェ

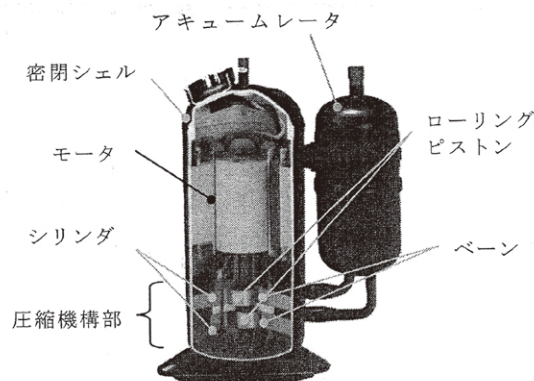


図 5.3 圧縮機の内部構造

ル内は吐出圧力となっていて、シリンダー内を偏心回転するローリングピストン、ピストンに追従し高低圧を仕切るペーンによって圧縮が行われる。図 5.4⁴⁾ にエアコンに使用されているローリングピストン型ロータリー圧縮機の内部構造を示す。

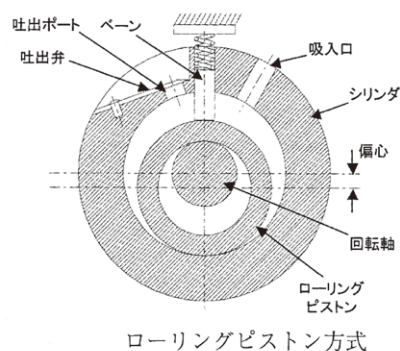


図 5.4 圧縮部機構

(2) 圧縮機機構部の効率向上

① 圧縮機部品寸法の最適化

近年の地球温暖化対策のための冷媒変更に伴い、圧力が 1.6 倍、同一排除容積での冷凍能力が約 1.4 倍となるため、効率的に最適にするための圧縮機機構部設計が必要となった。冷凍能力を同一とするために、排除容積を従来のものの 70% にしなければならないが、そのための設計的な手段としては、次のような変更を行う必要があった。

- 1) シリンダーの厚さ
- 2) 偏心量（ストローク）
- 3) シリンダー内径

また、効率向上だけではなく、信頼性確保の観点から、各部設計寸法の再選択が必要となった。冷媒変更に伴い、漏れ損失や再膨張損失が増えることが予測されるから、吐出ポート部形状見直しが必要で、死容積の最小化、ローリングピストンペーンの形状最適化によるシール性向上が図られる。そして、さらに、摩擦損失の低減のために、摺動部の形状変更が必要となった。

② 部品加工精度の向上

ロータリー圧縮機では、高い部品加工精度が要求され、特にシリンダー周りでは、絶対寸法のみならず平面、直角度も重要な因子となる。このため、加工技術開発による高精度化だけでなく、設計的にも高精度加工しやすい部品形状とするなどの改善が必要となる。一例としては、初期性能に最も影響の大きいペーン溝摺動部について、研磨仕上げを導入した例や、ブローチ加工の技術向上による面粗さ向上などがあげられる。

③ 組立時の部品の変形防止

いくら部品の高精度加工ができていても、組み立て時に変形させてしまえば、意味がない。圧縮効率を上げるためには、組み立て時の部品変形防止が重要となる。ロータリー圧縮機では、圧縮機構部を組み立てるときのボルト締めによる変形と機械部をシェルに固定するときのアークスポット溶接による変形が主なものである。前者については、締め付け面形状や締め付けトルクの最適化、後者については、最適な溶接点の検討、溶接部品の柔構造化、溶接用の別部品を用いるなどの対策が変形防止には必要である。

④ 各部クリアランスの最適化

ロータリー圧縮機の効率向上のポイントとして、圧縮室各部のクリアランスの最適化があげられる。圧縮室のクリアランスは、圧縮中の冷媒の漏れを発生させるが、狭ければよいというわけではなく、狭めすぎはかえって摺動抵抗を悪化させ、また、給油不足を引き起こすため、最適値が存在する。最近のロータリー圧縮機においては、部品加工精度の向上と組み立て時の部品の変形防止に関する製造技術により、各部のクリアランスはほぼ最適の値まで狭められている。また、冷媒の再膨張による損失を最小とするためにトップクリアランスボリュームを最小とすることは従来行われているが、これに最も影響の大きい吐出ポート部の厚さは、最近ではほぼ加工的に可能な限界まで肉薄化されている。

(3) モータの効率向上

近年の圧縮機用モータは、進歩が著しい。これは、日本におけるインバータの普及がほぼ 100% に達していることとも関連が深い。初期のインバータ機に使用されていたのは、誘導電動機であったが、その後永久磁石を用いた DC ブラシレスモータへの切り替わりが急速に進み、2000 年になると、普及タイプのものまで DC ブラシレス型になってきた。モータについては、図 5.5⁵⁾ の如く、集中巻き線方式では、従来のものに比較して、コイルエンド部が非常に小さくなり、銅損の大幅な低減が図られた。

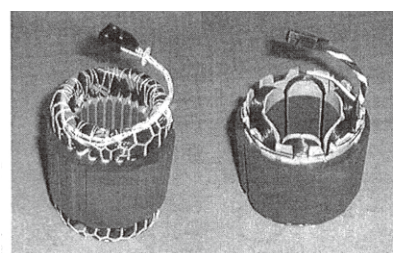


図 5.5 モータの改善

(4) ツイン・ロータリ圧縮機

本来のロータリ圧縮機は、圧縮機構を1組備えているだけだが、ここにもう1組加えて2組の圧縮機構を持つものがツイン・ロータリ圧縮機である。従って2台の圧縮機が同一シェルに格納されている。そして2つのシリンダーを選択的に運転すれば、大幅な容量制御が可能となる。近年、住宅の高断熱化や高気密化が進み、家庭用エアコンは定格より小さな能力で運転する時間が長くなっているため、年間を通じて省エネルギー、期間消費電力を低減できる。期間消費電力を低減するためには、年間を通じての断続運転をできるだけ避け、低能力時運転が多くなるようにし、しかも低能力運転時の高効率化を図る必要がある。ツインロータリ圧縮機は、2個の圧縮機を個別に作動させ、機械的に能力を半減させることができるので、インバータと組み合わせて、さらに大きな能力の可変幅で使用できるため、その分だけさらに効率向上が可能となる。

図5.6⁶⁾はデュアルステージ機構と呼ばれているものであり、簡単な機構により、2個の圧縮機のうち、片側だけを動作しないようにしたものである。構造としては、半能力運転時に動作させない側のシリンダーにはベーンスプリングを設けず、同シリンダーの吸い込み口を電磁弁により吐出側、吸い込み側と切り替えられるようにしている。動作原理は、次のようなものであり極めて損失の少ない方式である。

① 通常の2シリンダー運転（全能力運転）の時

ベーンスプリングを設けたシリンダー（上側シリンダー）による圧縮動作により、下側シリンダーのベーンに差圧が働き、ローリンクピストンに押し付けられて下側のシリンダーでも圧縮を行う。

② 1シリンダー運転の時

下側シリンダーに吐出圧力を導入、差圧による力をなくして、ベーンをローリンクピストンから浮き上がらせ、磁石に吸い付けさせる。これにより、圧縮室が形成されず圧縮は行われない。

一方、シャフトの回転方向を切り替えることにより、能力の切り替えを行う方式も開発された。2個のシリンダーで、排除容積を異なるものにしておいて、クランク部にクラッチを設けている。シャフトの回転方向を切り替えることにより、ラッチのかみ合う方向が変わり圧縮するシリンダーが切り替えられる。2個のシリンダーは排除容積が異なることから能力を変化させることができる。機械的に冷凍能力を切り替える方法としては、以前より、吐出ガスを吸入側へバイパスする方法があったが、バイパスによる圧縮損失が大きく、また、能力変化比が大きく取れないなどの欠点があった。可変シリンダー方式はこれらの欠点を改善しているものである。

5.1.2 スクロール型圧縮機

スクロール圧縮機のアイディアは中世のイタリアにまでさかのぼるといわれているが、現代的には、Freux（仏）の1905年の米国特許が始まりである。しかし、自動車用や空調用に実用化したのは日本である。日本には高い加工技術の蓄積が貢献している。

スクロール圧縮機は、構造的には、1対の同一形状の渦巻体（スクロールラップ）の組み合わせからなり、圧縮が連続的に行われ、圧縮空間の漏れが少なく高い効率と静粛な運転が可能であり、構成部品が少なく、摺動部の滑り速度が小さいため、高い信頼性が期待できるなど本質的に優れた特徴を有している。

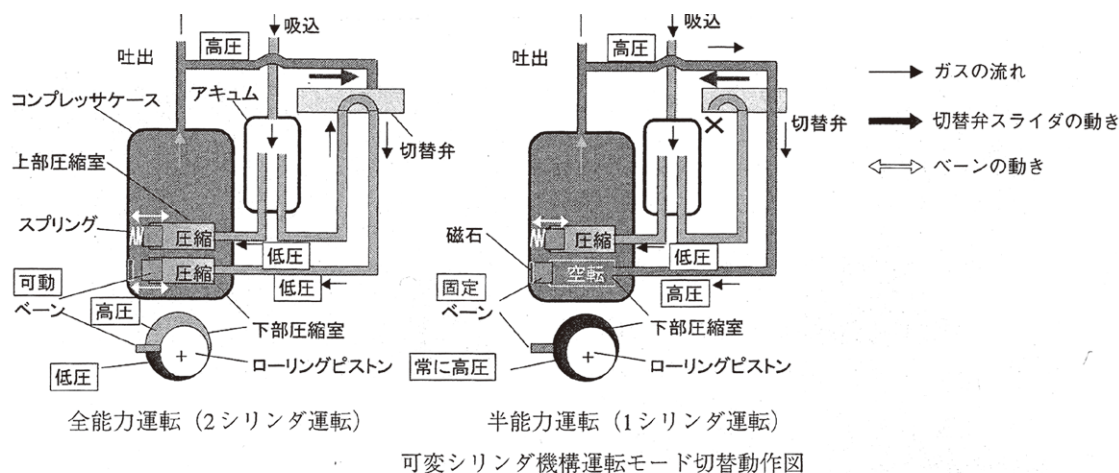


図5.6 ツインロータリ機構

(1) スクロール圧縮機の原理と特徴

スクロール圧縮機の構造を図 5.7⁷⁾ に示し上部が固定側スクロール、中間部が巡回スクロール、下部がクランク軸である。図 5.8⁸⁾ はスクロール圧縮機の圧縮作動原理である。スクロール圧縮機は、平板上に渦巻状の羽根（ラップ）を持つ固定スクロールとこれと基本的に同一形状の偏心クランク軸により駆動される巡回スクロールとを 180° 位相をずらして組み合わせたもので、その間に形成される三日月状の密閉空間（圧縮室）が、両スクロールの相対運動により容積変化を生じることを利用した回転式圧縮機である。巡回スクロールは、互いのラップ側面が接した状態で、一定の巡回半径で、自転することなく（すなわち同じ姿勢を保ったまま）公転する。巡回スクロールの公転運動につれて、圧縮室が中心部に移動するとともに順次その容積を減少してガスは圧縮され、固定スクロールの中心部に設けられた吐き出し口から排出される。動作原理から理解されるように、作動ガスは連続的に圧縮され、吸い込み弁も必要としない。また、吸い込みか



図 5.7 圧縮機構造

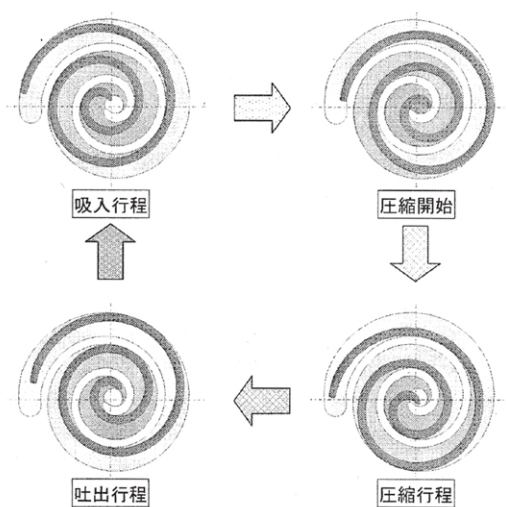


図 5.8 圧縮機の作動原理

ら吐き出しまで複数の圧縮室が介在するため、圧縮室間の漏れが少なく高い効率と静粛な運転が可能である。構成部品が少なく、摺動部の滑り速度が小さいため高い信頼性が期待できる。

(2) スクロール圧縮機の沿革

一対の同一形状の渦巻体を組み合わせて流体を移送する概念は古く、1800 年代後半から 1900 年代に欧米からエンジンや流体モータ、ポンプ、圧縮機等の機構として多くの特許が出ていた。しかし、シール技術等への認識や精密加工技術等から実用には至らなかった。1970 年代になり、米 ADL 社が、流体機械に関する研究を始めた。そして多くの特許を取得し、多くの企業に技術提携により、スクロール圧縮機の開発が提案され、これを契機に各企業が開発を始めた。初めての實用化としてはサンデン（株）が 1981 年に ADL 社の協力を得てカーエアコンとして製品化し、そして、1983 年に業務用エアコンとして日立製作所が製品化した。

(3) スクロール圧縮機の開発技術

エアコン用途にスクロール圧縮機が實用化された要因としては、開発企業の総合力にあると思われるが、特に整理してみると下記のようなになる。

① 加工技術

最初は、塑性加工の中で最も量産性が高い鍛造技術を追求め、素材も、最初は加工力を少しでも小さくするためにアルミを検討したが、強度的に不足して鉄系に変えざるを得なかった。製品の大きさから、鍛造は切削加工性に問題があり、結局鋳物素材に切削加工することになった。エンドミル加工によるスクロールラップ加工は、最も高精度が要求され、試行錯誤の末、インボスクロール専用の加工設備が完成した。測定技術も、ミクロンオーダーの精度が要求され、しかも測定時間の点からの生産性向上はかなり苦勞した点である。

② 滑り軸受技術

従来の圧縮方式はレシプロ（往復動）型であり、軸受は一方方向変動荷重であったが、これに対して、スクロール圧縮機は荷重方向が移動する回転荷重であり、軸受には常に片あたりが生じ、これに加えて、溶媒溶解量が大きく低粘度になる高压チェンバー方式のためレシプロ型より過酷な条件である。このような条件で軸受信頼性を確保するために、軸受材質の選定と給油構造の最適化が大きな課題であり 1983 年になって完成した。1986 年には、省エネルギーと爽快性向上

のために、インバータ駆動の圧縮機が開発され、30～115Hzの運転範囲の拡大が要求されるようになった。低速運転において、従来の鉛青銅合金軸受では油切れが生じた。この課題を解決するために、無給油でも使用できる樹脂含浸青銅軸受や転がり軸受の採用によって信頼性が確保された。

③ 表面処理技術

スクロール圧縮機のラップの隙間が効率に与える影響を調べた結果、径方向隙間より圧倒的に軸方向隙間の影響が大きいことがわかり、軸方向隙間を小さくすることができた。スクロールラップの摺動部は鋳物材同士であったために、運転中に焼き付きを起こし運転不能になる。その対策として、浸硫窒化処理を摺動面に施すことにより焼き付きを防止することができた。また、表面の馴染み層を厚く処理して、両ラップを噛み合わせて摺動させ、その結果として、軸方向隙間を最小にすることができた。表面処理剤としては、浸硫窒化物以外として、リユブライト（リン酸マンガン被覆）が同等の性能が得られることがわかり、設備・処理費及び処理後のひずみ量が少ないことでリユブライトを選定し、今日でもスクロール圧縮機の摺動部に用いられ信頼性抜群の画期的な処理剤として使用されている。

④ モータドライブ技術

スクロール用モータは、最初は冷蔵庫用として開発され、アウターロータ型であったが、容量の大きいエアコン用としては、従来通りインナーロータ方式とした。スクロール圧縮機は、トルク変動が小さく、モータの負荷としては理想的な特性で、スクロールモータとして、業務用のエアコンでは従来の誘導モータが採用された。しかしその後、家庭用のエアコンにおいてインバータが検討され、インバータ家電大国に発展しモータにも大変革がおこった。モータの変革は、誘導電動機からDCブラシレスモータに代わり、これにPAM制御回路が導入されて、インバータの価値が激増した。

⑤ スクロール形状

スクロールラップを形成する渦巻状の曲線として、各種の展開が考えられる。通常は取り扱いの容易な円の伸開が用いられているが、寸法上の制約や性能向上を目指して新しい形状も開発された。

1) 非対称ラップ：一層の高効率化や小型化、高信頼性を図る方法として、当初の対称的な配置のラップに代わり、固定スクロールの巻き終わり角を旋回スクロールの巻き終わり角より大きくした非対称ラップを開発した。

2) 可変ピッチ（厚み）ラップ：基礎円半径が伸開角に応じて変化するインボリュート曲線や代数螺旋を基本とする形状を用いてスクロールラップの厚さや、溝幅が中心部と外周部で異なる形状を開発した。圧力差の大きな中心部のラップは厚く、圧力差の小さい外周部のラップを薄くするなどして寸法的制約を満たし、より漏れが少なく強度を持たせるラップ形状となった。

⑥ 液・ガスインジェクション技術

スクロール圧縮機は、吸い込みから吐出しまで複数の圧縮室が形成されているため、圧縮過程の途中に噴射口を設けて液あるいはガス状の冷媒をインジェクションすることが容易である。このため低温用では吐出ガス温度を上げないため、液インジェクション冷却方式を採用して、R22やR410Aなどの冷媒を用いて蒸発温度を -45°C まで運転を可能とする図5.9⁹⁾のような液インジェクション冷却方式が可能となる。

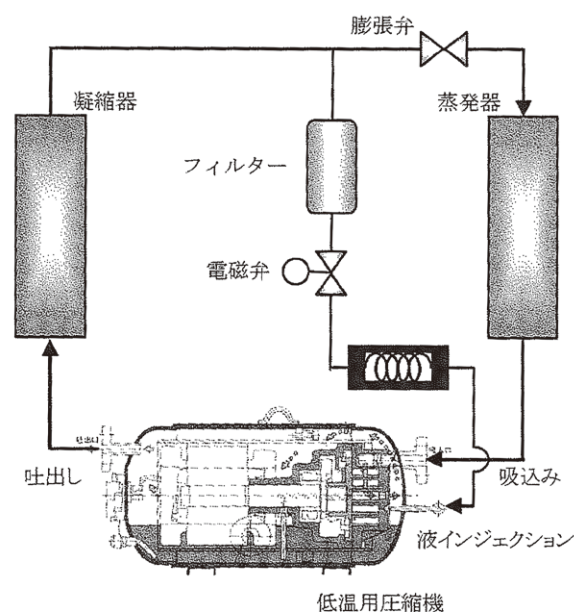


図5.9 液インジェクション技術

(4) 開発成果

研究所と工場が密接に協力して開発した結果、性能、信頼性、量産性、コストについてそれぞれの目標を達成した。スクロール圧縮機は、それまでの高効率圧縮機に対して平均10%の効率向上、体積で40%の小型化、重量で15%の軽量化、5dBの騒音低減化が達成された。表5.1¹⁰⁾は製品化された空調用スクロール圧縮機の仕様をまとめたものである。

表 5.1 スクロール圧縮機の製品化シリーズ

Table 1 Scroll compressor specifications

DESCRIPTION	MODEL	300RH	330RH	400RH	450RH	500RH	600RH
NOMINAL OUTPUT	kW	2.2	2.5	3.0	3.3	3.75	4.4
DISPLACEMENT VOLUME	cc/rev	45.0		62.4		78.0	
OUTER DIMENSION	DIAMETER	mm		177.0		177.0	
	HEIGHT	mm		378.0		430.0	
WEIGHT	kg	31.0		36.0		37.0	
GAS INJECTION ATTACHED		NO	YES	NO	YES	NO	YES

5.2 インバータエアコンの開発技術

電子化 IT 技術の大革新は、エアコンの高機能化に大きく貢献したが、インバータ応用製品は、表 5.2¹¹⁾ の如く身近に数多くある。この高機能化とは、エアコンの運転開始時の冷房・暖房能力の増強、目標負荷時近くでの小電力・高効率化、低外気温度での高暖房能力化、エアコンの振動抑制制御による低騒音化等である。

表 5.2 インバータ化製品事例

家電品	主な特徴
ルームエアコン	●冷・暖房能力の連続可変(省電力・静音)
	●きめ細かい温度制御(快適性向上)
	●高い暖房能力(速い暖房立ち上がり)
電気冷凍冷蔵庫	●冷凍能力の連続可変(省電力・静音)
	●高い冷凍能力(冷凍時間短縮・味覚保存)
蛍光灯	●ちらつき解消
	●即時点灯
電子レンジ	●小形・軽量
	●能力可変(調理機能大幅向上)
電磁調理器	●省エネルギー
	●高出力
石油ファンヒーター	●きめ細かい温度制御(快適性向上)
	●速い暖房立ち上がり
シェーバー	●高速回転(深剃り、早剃り)

インバータ技術の原点は、米国 GE 社に発するが、日本での実用化は、電車モータの制御が最初であり、その後、工場現場の産業用電動機の制御に広く使われた。この産業機器から初めての量産に、応用したのがエアコンであり、量産のためのコストダウンと小型化に、トランジスタ、サイリスタ等の電子素子及び回路の技術開発が大きく貢献しており、応用範囲がさらに拡大し、日本はインバータ大国と言われるようになった。なお、エアコン用へ初めて導入したのは、東芝である。

図 5.10¹²⁾ は、インバータ化による一般的なメリットを整理したものである。図 5.11¹³⁾ はインバータ化

によりエアコンの消費電力と COP (効率) についてどのように改善されていったかを示したものである。

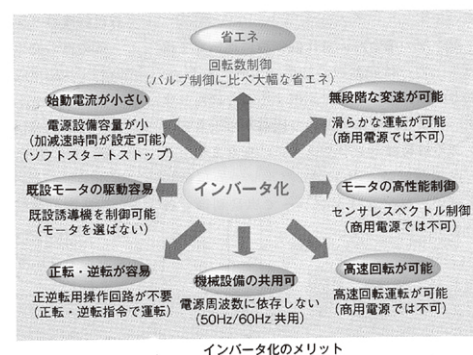


図 5.10 インバータ化のメリット

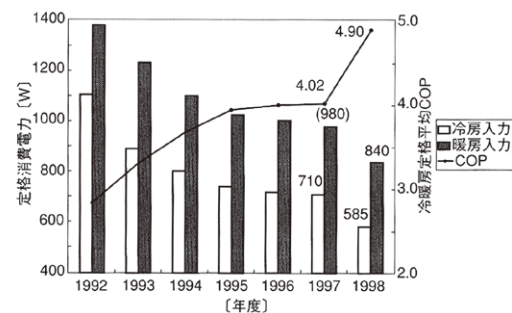


図 5.11 インバータ化による COP の改善

インバータの出現より生じた、エアコン業界の大きな変化についてみる。図 5.12¹⁴⁾ において、日本のエアコンによる冷暖房機の主流化の流れと、図 5.13¹⁵⁾ にインバータエアコンの暖房最大能力 (外気温度 7℃) と年間消費電力量の推移を示す。この図から、7年間で暖房最大能力は、1.6 倍、年間消費電力量は 43% に低下したことがわかる。特に、インバータの PAM 制御技術が、暖房能力の強化に貢献している。

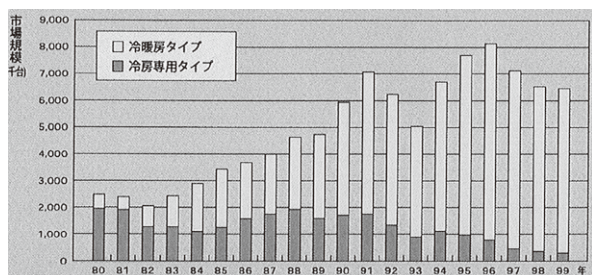


図 5.12 インバータによる冷暖機の増加

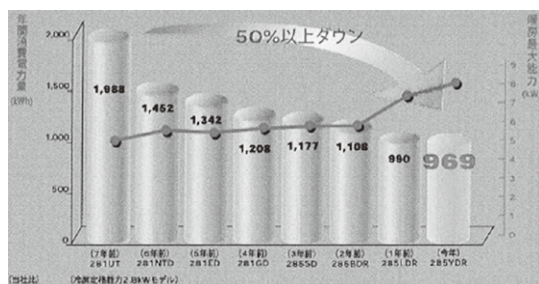


図 5.13 インバータによる暖房能力の強化

5.2.1 インバータエアコン技術

従来のエアコンは、図 5.14¹⁶⁾ の如くモータの回転数は一定で、高回転も低回転もできなかったため、パワーは低く、電気代は高かった。これに対し、インバータは、圧縮機用モータの回転数は自由にえられるもので、機能的には、インバータとは、周波数変換装置のことである。

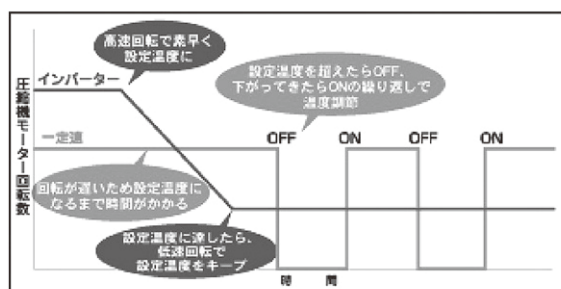


図 5.14 インバータによる回転数の変化

(1) インバータの回路構成

インバータは大別して、電圧型と電流型に分かれるが、家庭用や中小型の業務用エアコンは、大型のものを除いて電圧型であり、モータに対し電圧を供給し、その電圧を制御することで電圧源として駆動する。これに対応した回路構成を図 5.15¹⁷⁾ に示す。商用電源から供給される交流電力は、力率改善用の大容量リアクトルを通してコンバータ部の整流ダイオードに供給される。その後、電解コンデンサーで平滑されることで直流電力に変換され、インバータ部に供給される。

直流電力はインバータ部で任意周波数・任意電圧の三相交流電力に変換されてモータに供給される。そして IGBT (Insulated Gate Bipolar Transister) に代表されるスイッチング素子によって交流に変換される。一方、任意の電圧・周波数を作成するようスイッチング素子を制御するために、マイコンが用いられ三相交流波形の生成、各種のモータ制御が行われる。また、永久磁石モータを用いたシステムでは、ホール素子などの位置センサを用いずにモータ電流や電圧から回転位置を求める位置センサーレス制御が行われる。

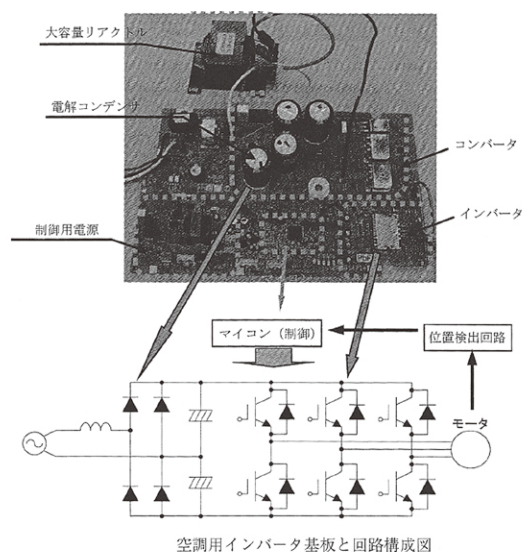


図 5.15 回路構成図

① コンバータ部

これは、ダイオード整流回路であり、冷凍機や空調機で広く利用されている方式として単層電源では、全波整流や倍電圧整流があり、三相電源では、三相全波整流回路がある。

② インバータ部

これは、スイッチング回路であり、整流回路で変換された直流電力を、スイッチングデバイスを用いて高速に制御することで任意の周波数・電圧に変換するための回路である。負荷となるモータが 3 相であることが多いため、通常 3 相フルブリッジと呼ばれる構成となっている。3 つの各相 (UVW) 毎にプラス側に 3 個のスイッチングデバイスと、マイナス側に 3 個のスイッチングデバイスから構成されており、都合 6 素子で 3 相インバータを構成している。

③ 制御部・電源部

インバータ部で波形生成するための制御信号を作成する。負荷が誘導モータの場合には V/f (電圧 / 周波数) 一定制御を、負荷が永久磁石モータの場合には位

置検出・制御を行う。

(2) 使用部品

① スイッチングデバイス

主なものは、サイリスタ (SCR)、GTO (Gate Turn Off Thyristor) やパワー トランジスタ、MOS-FET (Metal-Oxide-Semiconductor Field Effect Transistor)、IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) が用いられているが、空調装置では、IGBT が広く普及している。

② マイコン

マイクロコンピュータは、一般的空調機では、ユーザーからの温度指令や各部センサ情報を元に空調機制御やインバータ制御を1チップマイコンで行っている。1チップマイコンとは、各種演算を行う演算ユニットとプログラムを格納するROM (Read Only Memory)、一時的なデータの格納する場所RAM (Random Access Memory)、外部機器を制御する入出力端子、外部から入力されアナログ信号をデジタルに変換するAD変換器、波形を生成する各種タイマー・カウンタを1つのパッケージにまとめたものである。

③ リアクトル

リアクトルは、電源の種類や設計都合によって整流された交流側や直流側に挿入する。リアクトルは、そこに流れる電流を一定にしようとする効果があるため、コンバータ部に流れる電流を滑らかにする目的で用いられる。

④ 電解コンデンサ

コンデンサは、電荷を蓄積することにより、電圧を一定にする働きがあるため、ダイオードで交流を整流した脈流を一定電圧の直流にする役割で用いられている。この用途でよく用いられる電解コンデンサは、内部の電解液の化学変化を用いるために、内部温度により特性が変化するとともに、長時間の使用によって経時変化を起こすので留意が必要である。一般には、10℃の温度上昇で寿命が半減するといわれている。

⑤ ノイズフィルター

インバータの内部で発生するノイズが外部へ漏えい (EMI .Electro Magnetic Interference) することを防いだり、静電気や雷などの外来のノイズが内部へ侵入 (EMS Electro Magnetic Susceptibility) し誤動作することを防ぐため、小型のコイルとコンデンサから構成されてインバータ基板の入力部に設けられたり、インバータ基板の出力配線をフェライトコアに巻いたものが用いられている。

5.2.2 直流インバータ技術

インバータは、モータの制御方式の一つであるが、制御対象のモータについて、交流用の誘導モータと直流用永久磁石モータがある。後者用のインバータが直流インバータであり日立ジョンソンコントロール空調が先行した。

(1) 誘導モータ駆動方式

V/f (電圧 / 周波数) 一定制御を用いて上位コントローラから与えられた指令回転数に基づいてPWM (Pulse Width Modulation) 制御することで出力周波数と電圧を決定し、スイッチング素子を制御することで所望の交流電力をモータに与えて駆動する方式である。誘導モータの回転数は、駆動周波数とモータ極数並びにすべりから決まることから、インバータの出力周波数を変化させればモータの可変速運転が可能となる。V/f一定制御とは、駆動周波数を変化させるときに、インバータ出力電圧を同時に変化させることにより、モータの可変速運転を可能にし、モータ効率、力率を低下させないようにする制御方式であり、電圧 (Voltage) と周波数 (Frequency) を一定の比で制御することから、V/f一定制御と呼ばれている。V/f一定制御は、誘導モータの駆動制御方式としては、比較的簡単で効率が良いことから歴史的にも古く、現在でも実用されている。

(2) 永久磁石モータ駆動 (直流インバータ)

一般的には、ブラシ付き永久磁石同期モータとブラシレス DC モータとあるが、空調用に使用されているのは、ブラシレス DC モータであり、ブラシ付き永久磁石同期モータのブラシと整流器部分を図 5.16¹⁸⁾ のように電子的なロータ位置検出器とインバータに置き換えたものである。ロータ位置検出器はロータの磁極位置 (角度) を正確に検出し、ロータの磁極位置に応じた適切なタイミングでモータ巻き線に通電する。このことで、高トルク・高効率にモータを駆動することができる。ロータの磁極位置に対して、不適切なタイミングで通電すると、必要なトルクが得られず効率が低下するだけではなく、最悪の場合は、モータが停止する脱調現象が発生する。そのため高精度なモータロータの磁極位置検出が必要となるが、圧縮機内部は、高温・高圧の冷媒環境となるため、ホール素子などの位置検出センサを設けることができない。そこで、位置検出センサを用いないでロータ位置を検出する方法が各種考案され実用化されている。その各種の検出方法は次のようなものである。

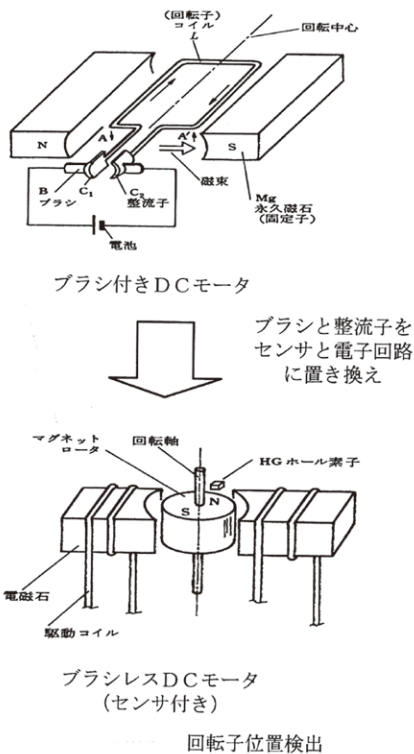


図 5.16 ブラシレス DC モータ

① 逆起電圧検出方式

永久磁石モータはインバータで駆動するモータとして回転するが、逆に自らの回転によって発電機としても動作している。この発電した電力を逆起電力と呼ぶ。インバータがモータを駆動する際、定められた期間無通電とするとその期間に逆起電圧がモータの端子に現れる。その逆起電力のゼロ電圧点を検出することでロータの位置を掲出することができる。

② モータモデル演算方式

マイコンのプログラム内部に、モータの数学的モデルを作成し、モータに流れる電流と電圧を検出して推定演算を行い、数式モデルでモータ内部状態を求めて、ロータの位置を算出する。このため、複雑な推定演算が必要となり、マイコンの高能力化が必要となるが、様々な種類の永久磁石モータを高効率に駆動できる。また、電流・電圧の検出機能のみが必要で、特別な回路が不要なため、高性能が要求される空調機では近年広く利用されている。表 5.3¹⁹⁾ にブラシレス DC

表 5.3 ブラシレス DC モータの特徴

モータ種別	長 所	短 所
ブラシレス DC モータ	・高効率である ・可変速運転が容易 →省エネ運転可能 ・逆転がインバータの通電通電切り換えで容易 ・形状自由度が高い →円筒、扁平、内転/外転	・堅牢さにやや欠ける →ロータに永久磁石使用 ・高価である ・始動・最大トルクがインバータ容量で制限される

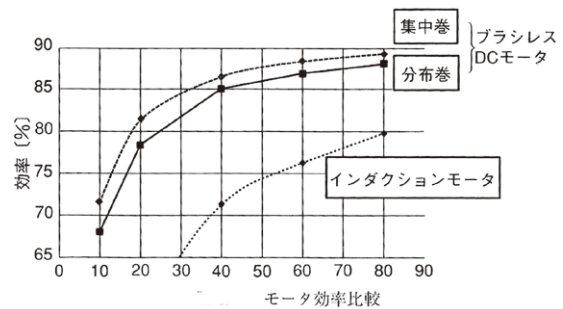
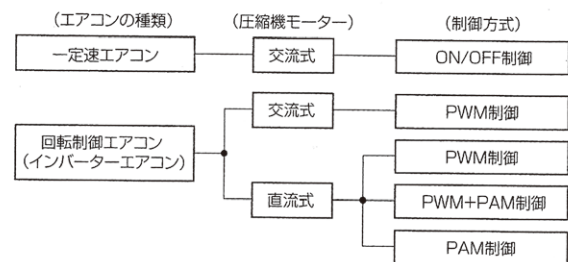


図 5.17 DC モータと AC モータ効率比較

モータの特徴を示し、図 5.17²⁰⁾ モータと誘導モータとの効率比較を示す。

5.2.3 PAM (Pulse Amplitude Modulation) 制御エアコン技術

エアコンの圧縮機回転数制御による分類は、図 5.18²¹⁾ のようになる。



エアコンの圧縮機回転数制御による分類

図 5.18 回転数制御方式

圧縮機モータの回転数は、モータに加える電圧の高さにより決定される。しかし、従来のインバータ制御では、圧縮機モータの回転数は自由に換えられるが、一定の電圧でコントロールしているため、パワーにも、省エネにも限界があった。そこで開発されたのが、電圧の高さで圧縮機モータの回転数コントロールができる PAM 制御である。パワーが必要な時には電圧を高めて、最高速回転でパワーアップさせ、適温を維持するときは電圧をぐっと下げて、超省エネ運転にして、図 5.19²²⁾ のように従来は得られなかった更なる省エネ

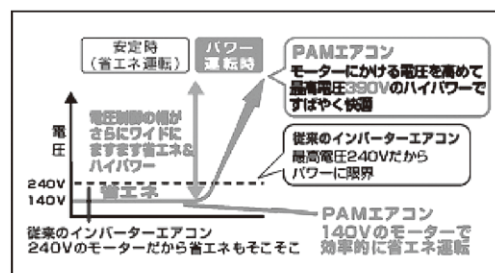


図 5.19 PAM 制御による省エネ運転

とパワーアップができることになる。PAM方式も日立製作所が開発先行した。

(1) PAM制御の特性

PAM制御を従来のPWMと比較すると下のようになる。

① 回路構成と印加電圧

PAM制御の回路構成をブロック図で比較すると図5.20²³⁾のようになり、モータに印加される電圧を図5.21²⁴⁾に示す。この図において、インバータ部は6個のトランジスターで構成され、これらをON/OFFさせることにより、モータに印加する速度周波数に応じた交流電圧を作り出している。さらに次のようにして、速度指令に応じてモータに印加する電圧を変え、モータの速度を制御している。

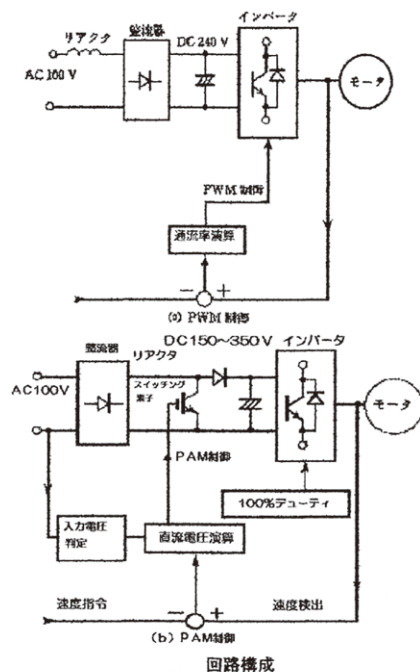


図 5.20 PWM/PAM 回路構成

② PWM制御

この方式は、コンバータ部にリアクターとコンデンサーからなるパッシブフィルタを配置し、力率の改善と高周波の制御を行う。また、整流回路と組み合わせたコンデンサー分圧の倍電圧回路により、交流 (AC100V) を直流 (DC240V) に変換し、インバータ部に供給する。インバータ部では、この直流電圧 (DC240V) を周波数変換するとともに通流率を変えてモータの出力電圧 (平均電圧) を可変制御する。

③ PAM制御

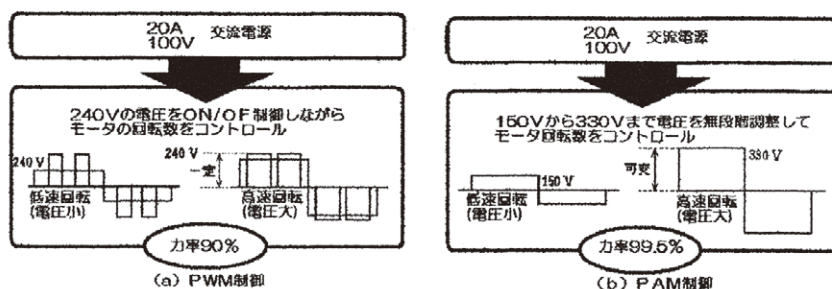
この方式は、アクティブフィルタでコンバータを構成し、スイッチング素子を制御することにより、インバータ部に供給する直流電圧そのものを変化させ、モータへの出力電圧を制御している。この場合、インバータ部への電圧印加は連続 (電流通流率 100%) である。

(2) PWM/PAM 複合制御方式

最近はさらに進んで、PWM制御とPAM制御を複合して用いるようになり、次のような2つの方式が開発された。これらの複合方式を図5.22²⁴⁾に示す。

① 低速領域では、PWM制御、高速領域ではPAM制御を行う方式

この方式は、図5.22 (b) のように、モータが低速回転の時には、全波整流後の直流電圧を比較的低い電圧 (150V 位) に設定してインバータで電圧通流率を変えてモータの出力電圧 (平均電圧) を変える PWM 制御を行う。この結果、直流電圧を従来より低くしたことにより、モータのリプル電流が小さくなり、モータの効率が高くなる。また、高速回転の場合、インバータのスイッチングがなくなることから、インバータのスイッチング損失を低減できる。モータでは、脈動電流成分の減少により、コア内の渦電流損失 (鉄損) が低減し、効率を向上できる。以上のこと



モータに印加する電圧

図 5.21 印加電圧比較

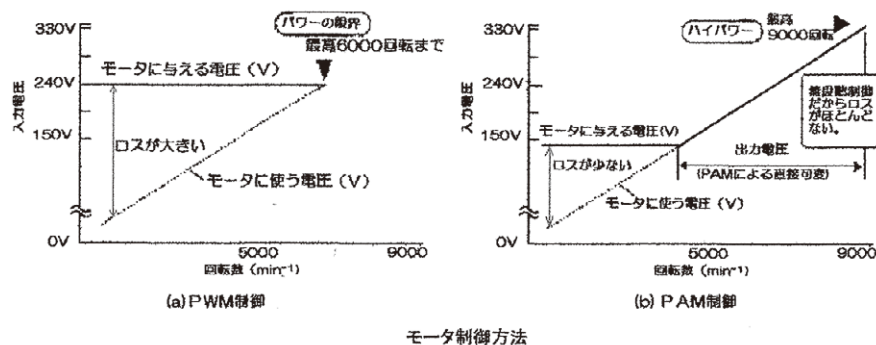


図 5.22 PAM/PWM 複合方式

から、回転の全域にわたってモータ効率を2～3%向上でき、また、回路効率も含めた総合効率もモータ効率と同じくらいの向上が得られる。

② PAM 制御で電圧を回転速度に応じて段階的に上げ、PWM 制御で細かな電圧制御を行う方式

この場合も、モータの効率を向上できる。しかし、インバータは低速から高速までスイッチングしているの上記①の方式に比較して、回路効率が悪くなる。

(3) PAM 制御方式の効果

PAM 方式の効果をまとめると次のように整理できる。

① 力率改善

PAM 制御方式では、アクティブフィルター波形整形作用により、AC100V の電流波形を正弦波にでき、力率を PWM 制御に比較して約 10% 向上できる。(最大力率 90 → 99.5%)

② 効率改善

上述のように、モータ効率、さらにはインバータを含めた総合効率を向上させる。

③ 暖房能力増大

PAM 制御では、モータへの印加電圧の増大によりトルクを大きくでき、さらに力率を向上して、有効電力を増加できることから、回転数を増して能力を増大できる。とくに、ルームエアコンでは、低外気温度時に暖房能力を大幅に向上させることができる。

④ 高周波ノイズ低減

PAM 制御では、電源 (AC100V) の電流波形を電圧波形と類似の正弦波にでき、高調波の発生を抑えることができる。高調波に関しては、国際規格 IEC.1000.3.2 に準拠した値で、1966 年に導入された「高周波ガイドライン」で規制されているが、PAM 制御を使えば基準値を十分クリアできる。PAM 制御が可能になったのは、力率改善回路及びパワーデバイスの進歩により、高機能アクティブフィルターが比

較的低価格で作れるようになったことによる。

5.3 「見える化」による省エネルギー技術

エアコンのエネルギー消費量を削減する方法は、製品自体のエネルギー消費効率を改善するハードウェアの面と、エアコンの使い方としてのソフトウェアの面がある。このエアコンの使用者に対してどのように省エネ的使い方を啓発するかが重要だが、この啓発のためには電気とかエネルギーとか本来目に見えないものをいかに「見える化」するかが大切であり、様々な手法が開発されている。見える化技術は、三菱電機が先

5.3.1 グリーンサインによる室温表示

1970 年代後半はまさに電子化時代が到来しつつあるときで、テレビやオーディオ製品はとにかく一般的な家電品には、電子化の波は届いていなかった。この電子技術をはじめて使用し、技術の先進性と今までできなかった新しい価値の提供を前提に、開発したのがグリーンサインである。視覚的にわかるように、当時実用化が進みつつあった発光ダイオードを並べて、点滅する現時点の室温と連続点灯する設定温度が表示し、ある温度帯には健康温度範囲をあえて表示した。図 5.23²⁶⁾ に温度表示部を示す。エアコンの表示温度と、エアコンを使用して室内にいる人間の感覚がずれていることも考えられるので、多くの開発者の家庭に試作品を持ち込み、このずれを最小限化すべく徹底的

■グリーンサイン

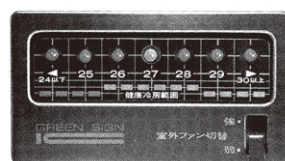


図 5.23 グリーンサイン温度表示部

に家庭の現場で検証を重ね、図 5.24²⁷⁾ に示すように最大公約数的に 26～28℃を健康冷房範囲として明示した。開発途上では、ダイオードで表示された温度と正式な温度計と比較してずれているとのクレームのリスクにもなり得るし、健康冷房範囲は学問的に根拠がないといわれ、また、ただデコレーション的に光っているだけでいいと販売サイドから強く言われた。現在の室温が適正であるかどうかすぐに、しかも常に見えるし、冷えすぎによるエネルギーロス防止と、健康との関連性も理解できるからと、あえてリスクを冒して製品化した。視覚に訴えたわかりやすさは市場で好評であった。この時期は、オイルショックのあとの省エネルギー促進時代であり、東海道新幹線が車内冷房温度を健康のために 27℃に設定すると新聞発表した時でもあり、エアコン開発者の実験による判断の正しさを裏打ちしてくれた。三菱電機関係者説得のために実施したモニター調査結果を図 5.25²⁸⁾ に示す。

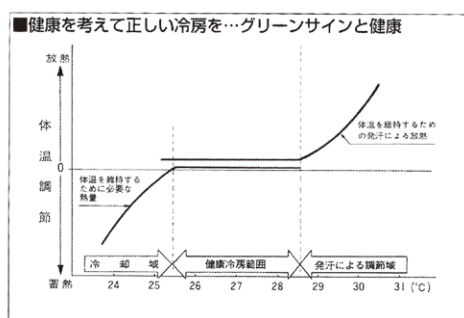


図 5.24 健康冷房範囲

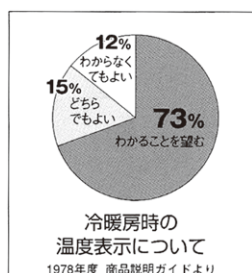


図 5.25 温度表示好感度

5.3.2 電気代・CO₂ 排出量機体表示

室内機についているモニターで、電気代や CO₂ 排出量を確認したり、ムーブアイ機能で節約した電気代や CO₂ 排出量の節約度を確認できる ECO チェック機能がある。また、運転開始時や停止時には、予測値や計測値を自動的に表示することができる。ここで、ムーブアイ機能とは、8つのセンサーを駆使して、①人の居場所が見える、②人の状態が見える、③床の温度が見える、④壁からの距離が見える機能である。室

内機の前面下部に設置されたモニターには次のような機能を切り替え表示し見える化を促進した。

- ① セレクトモニター: 居室者が2人いても、温度や湿度を同時に自動調整するから2人とも快適になり、適温がみえる。
- ② エリアモニター: 居室者が1人の場合、人の居場所が見え、そこだけ空調する。ムラ無し運転では生活エリアを表示する。
- ③ クリーンモニター: 居住室の空気や室内機をきれいにしている時に点灯する。例えば、脱臭空気清運転時、内部クリーン運転時、フィルターお掃除メカ運転時等である。

表示部（三菱電機）全体を示したのが、図 5.26²⁹⁾ である。

電気代・CO₂排出量の表示

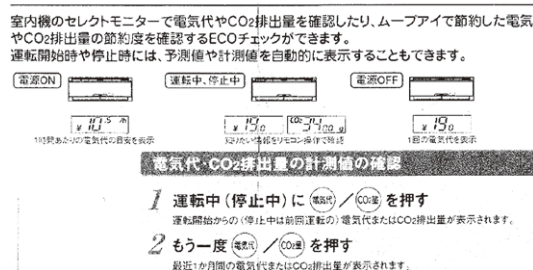


図 5.26 エアコン本体表示部

5.3.3 音声モニターガイド

(1) 音声によるガイダンス

ルームエアコンに対する開発の基本条件は、スペースセーブ、省エネルギー、快適性、安全性、操作性などが挙げられる。ここで、一般家庭において操作性を重視した理想的マンマシンシステムをエアコンに求めるとすれば、それは機械自身が言葉を持ち、今、何を知らせるべきか・すべきかを判断し、ユーザーに話しかける対話形式が考えられる。例えば、現在の室内温度、タイマーのセット時間、誤操作時の注意、上手な使い方のポイントなどを家庭内において違和感なく、言葉で伝えてくれれば従来搭載されているグリーンサイン等の室温表示との相乗効果により、人間の五感の重要要素である目と耳とに伝達する効果は大きいといえる。それが、ハンディタイプのワイヤレスリモコンで遠く離れた位置からコール（音声の呼び出し）できれば、「離れている」ことが、音声に大きな意味を持たせることになる。そのため、人間の音声の特徴を分析圧縮して記憶再生する音声合成半導体技術により、音声モニターガイドエアコンを三菱電機が見える化の流れの中で開発した。

「エアコンが言葉を持つ」この新しい試みをユーザーの立場に立って考えるとどんな言葉が相応しいのか、様々な角度から検討し選択し、図 5.27³⁰⁾ のような音声メッセージと発生論理を開発した。音声は、音声モニタースイッチによりコールされた時のみ発生応答する、音声モニタースイッチは、室温設定確認スイッチを兼用しており、その信号を受信すると、エアコン本体の表示部室温表示グリーンサインが室温表示から設定温度表示に移行してエアコンの前面パネル上部に内蔵された直径 5.5cm、連続出力 0.5w の小型スピーカより、図 5.31 の図中のような言葉を女性の声で発生する。現在の設定温度、入切タイマーの残存時間が発光ダイオードで表示され、さらにエアコン本体から遠く離れていても、音声で確認することができた。



操作は着脱式リモコンにより、「音声モニター」のコール、電源の入切、室温のコントロール、タイマー

音声モニターエアコンのエレクトロニクス制御は、図 5.28³¹⁾ のように 2 個のマイコンを使用した。図の中のマイコン(1)は、空調機としての運転制御を受け持ち、マイコン(2) 表示出力のサーチと「音声モニター」発声文章の編集、音声合成 LSI の制御を分担させた。



人間に対する機械の最も理想的な出力装置の一つとして音声出力装置が考えられてきた。しかし、音声情報は複雑であり、その処理には高速の制御装置や大容量のメモリーが必要であった。そのため民生用機器における実用化が困難であった。半導体集積技術の向上に伴い大容量メモリーとともに1チップ音声合成LSIが出現し、安価な音声出力装置の実用化が可能となった。音声出力機構は、図5.29³²⁾のように、ワンチップマイコン(2)、音声合成LSI、音声データメモリー、フィルター回



路、及びアンプから構成されている。コントローラのマイコン(2)には、4ビットマイコンを用いており、図5.28の運転制御用マイコン(1)からの情報を12本のLED駆動信号を介しての検出している。マイコン(2)は、「音声モニター」が押されたことを検出した後にフローに従って、処理を行う。多くのメッセージを、1チップの音声データメモリーに格納するために、「時」「～です。」「～いたします。」などの複数のメッセージに用いられる音声をデータ段階で他の音声とは分離したプログラムによって編集出力する方法を用いている。音声データを細かく分離したため自然性に欠ける箇所はあるが、この方式により多くのメッセージが出力可能となった。音声合成LSIには、PARCOR方式のものを用いており、マイコン(2)によるメッセージの指定に対応した音声合成出力を行った。この音声合成LSIでは、2種類のビットレートの選択が可能であるが、高ビットレートを用い音質向上を図った。音声合成LSIより出力される音声波形には、高域雑音成分が含まれているが、2段のローパスアクティブフィルタ回路を用いることにより、雑音成分を除去し、自然な音声に変換した。また、回路上の消費電力を抑えるために、すべての運転表示用LEDが消灯した時には、マイコン(2)は、電源回路からの-10Vを遮断した。

(4) 製品化時の留意事項

冷暖房エアコンのように家庭用電気品の中で比較的高額な商品に音声を用いる場合には、発声する文章の選択や発声するタイミングや音質の選択が製品のイメージに与える影響は非常に大きい。そのための留意事項としては、命令口調ではなく、確認、問いかけの口調とするなどの配慮が必要であった。

5.3.4 ニューロ・ファジィ自動制御技術

コンピュータ技術の発展とともに、ニューロとかファジィという技術の応用用途が拡大されているが、家電製品の制御の面でも導入され、使い勝手の高度化が図られている。ニューロ & ファジィは、エアコンの室内・外ユニットに内蔵されているソフトであり、ニューロ制御は、暖房・冷房・ドライのいずれの運転中でも作動し、ファジィ制御は、暖房運転の時のみ作動する。これら各種制御技術は、パナソニックが開発面で積極的に成果を上げた。

(1) ニューロ制御技術

① ニューロ制御とは

人間の脳は、巨大な数の神経細胞（ニューロン）が結合してできた巨大なシステムのことであるが、ここ

では、この人間の脳のように、たくさんの情報を経験から学習したパターンに照らして、的確な判断を下す制御手法のことである。

② 快適の6つの要素

快適の要素は、多種多様であり、室内の温度だけでは決められるものではなく、同じ温度に設定した場合でも、床や壁などが温まっているかどうか、あるいは風が直接体に当たるか当たらないかによって、感じ方は異なってくる。つまり、図5.30³³⁾のように温度・湿度・気流・輻射、そして人間の活動量・着衣量の6つの組見合わせにより決まってくる。

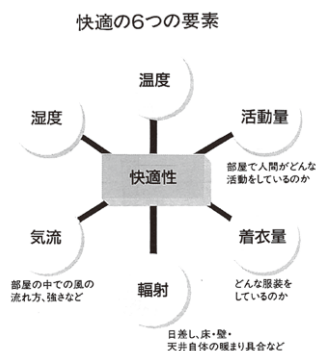


図 5.30 快感の6要素

③ ニューロによる快適感の解明

快適感を決めるために、温度・湿度・気流・輻射との関係は、途方もなく複雑に絡み合っていて、一定の決まりがないので、従来の技術では、それらの関係は解明できない。従って、ニューロ技術を使って、膨大なデータの中からその傾向と関係を推測することになる。具体的には、外気温、室温変化、部屋の大きさ、家屋構造など、約100万通りの状況とその時の快適感を、学習データとして、あらかじめ入力しておき、そのデータをもとに、快適感を推測し、常に快適になるように4608通りの制御を行うことになる。その流れを図5.31³⁴⁾に示す。

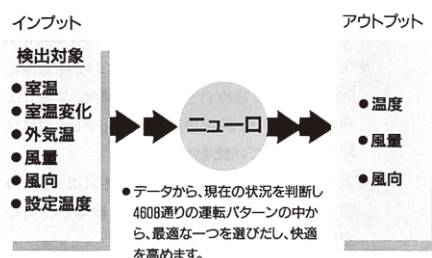


図 5.31 ニューロの流れ

④ ニューロ制御の効果：運転の立ち上がりスピードの制御の事例

早朝の暖房運転の事例についてみると、従来の制御方式では、設定温度に達していても壁や天井が冷え切っているせいで実際は寒く感じられた。ニューロ制御による場合はいろいろな情報を総合して「設定温度より高めの暖房を行う」判断をする。外気温が上がり、日差しが差し込んでくると「設定温度より少し低め」の暖房に切り替わる。この流れを示したのが図5.32³⁵⁾である。環境条件の変化によって人がいちいち操作する必要がなく、エアコンをつけながら「少しぐらいの寒さなら辛抱」等のような事はなくなった。

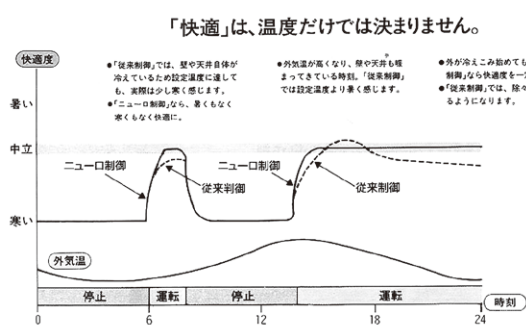


図 5.32 ニューロの効果

(2) ファジイ制御技術

① ファジイ制御とは

「すごく」「やや」「ほんの少し」といった人間の感覚に近い判断をする制御である。従来のコンピュータでは、気温でいうと「暑いか」「暑くないか」の判断しかなかった。暑さにもいろいろな温度がある人間の感覚に近い制御がファジイ制御技術である。

② ファジイ制御の効果 霜の量を正確に「推測」して霜取り運転方法を判断する事例

従来は運転時間と熱交換器の温度から除霜運転をするか否かを決めていたが、そのために実際には霜は着いていない場合も暖房を一時ストップして無駄な除霜運転をしていた。ファジイ制御によると、室外機は、外気温・運転時間・熱交換器の温度の3つ状態を検知して、実際の霜の着き具合を推測する。その際には、「運転時間は長いほど多い」「外気温が高く熱交換器温度が低いほど多い」といった数々のインプットされたルールの中から霜の着き具合を細かく判断し、必要なだけの除霜運転に留める。快適感を向上させるとともに、省エネルギーも達成させた。従来制御との比較を図5.33³⁶⁾に示す。

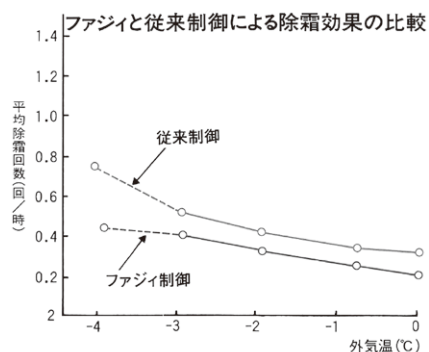


図 5.33 ファジイ制御による効果

③ 簡単操作の「壁スイッチ」によるお任せ運転

「壁スイッチ」では運転/停止・タイマー・キープの3つのボタンだけで、一度リモコンでセットしておくと、細かい操作をしなくても、「ニューロ & ファジイ」が運転を快適に自動コントロールしてくれた。「かべスイッチ」を図5.34³⁷⁾に示す。運転/停止ボタンを押すとリモコンにセットされた運転を開始した。キープボタンを押すとキープ運転、低消費電力で室温をソフトに冷暖房する、を開始した。タイマーボタンを押すとワイヤレスリモコンであらかじめセットした入り切り時刻でタイマーが作動した。

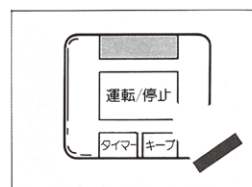


図 5.34 ファジイスイッチ

5.3.5 光センサーによる自動制御

光センサーを利用して周囲の明暗を検出して、昼夜の適温を維持する仕組みである。日立ジョンソンコントロール空調が開発した。

(1) お休み回路とおさえめ回路

睡眠中の室温は、身体の新陳代謝が減少するため、冷房時はやや高め、暖房時はやや低めにすることが、健康上もまた省エネ上も理想的である。通常運転時においても、昼と夜とでは輻射熱の差により同じ温度に冷房しても夜のほうが涼しく感じられ、同じ温度に暖房しても昼のほうが温かく感じる。おやすみ・おさえめ回路はこのような考え方に基づいた室温コントロール機能であり、リモコンのつまみを少なくし、操作を簡易化してほしいという消費者の要望に沿って開発されたものがある。光センサーにより、部屋の明るさを検

出し、自動的におやすみ・おさえめ運転をするものである。光センサーにはCdS（硫化カドミウム）セルを利用した。図 5.35³⁸⁾ に、明るさによりとセル電流が変化する特性を示した。

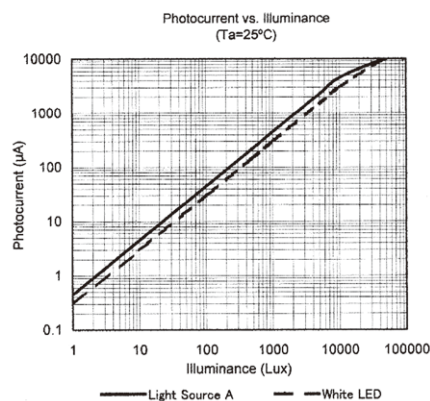


図 5.35 光センサーの特性

(2) 周囲環境と照度

従来の機種は、ユーザーが好みの温度を設定、温度センサーで室温を感じながら設定温度を保つように自動運転をしていたが、設定温度自体は条件に応じて手動で設定する必要があった。光センサー付きの機種は、室内の明るさを光センサーで感知し、晴れの日の昼間（300ルクス以上）、曇りの日の昼間や電灯を使用する夜間（5～300ルクス）、消灯時（5ルクス以下）の3種類の状態に応じて設定温度を上げたり、下げたりできた。このためその都度設定温度を切り替える手間が省け、省エネルギー運転も可能となった。

(3) おさえめ自動とおやすみ自動の一日のはたらき

この両者の一日のはたらきを示したのが図 5.36³⁹⁾である。

① 光センサーの「おさえめ自動」

日差しがあるときとない時では、部屋を暖房して同じ快適さを得ようとする、日差しがあるときのほうが温かく、その分エアコンの運転をセーブすることができる。また、夏なら日が落ちれば、その分、冷房運

転をセーブする形になる。光センサーによるおさえめ自動は、冬ならば太陽が昇って部屋に日差しが入ってくると室温を自動的に1℃低めに制御する。夏なら日が沈むと自動的に1℃高めになり、どちらも身体に感じる快適さを変えずに経済的な運転を行えた。

② 光センサーによる「おやすみ自動」

おやすみになるときは、暖房運転は室温を低くした方が寝苦しくなく、経済的となる。冷房時には、少し室温を上げた方が寝冷えなどを防げる。光センサーのおやすみ自動は、タイマーをセットし部屋の照明を消すと1時間後自動的におやすみ回路がスタートさせた。冬なら温度を5℃低めに、夏なら2℃高めにし、経済運転を行った。

5.4 新冷媒対応技術

5.4.1 冷媒に関する新しい動き

エアコンの冷媒に関する変遷の流れを第2章で図解した。近年、オゾン層破壊や地球温暖化についての地球環境規模での対応策が検討されている。冷媒についても、地球環境保護に配慮した製品が強く求められている。

(1) 冷媒フロンの使用上の規制

従来のフロンに関する規正法は2007年の特定機器の使用済フロン類の回収・破壊を目的としたものであったが、現実には使用中に機器からの漏えい量が極めて多く、フロンの回収率が約32%と極めて低いことが判明した。この漏えい量削減のために、法改正として、2015年にフロン排出抑制法が施行された。この法では、業務用パッケージエアコン以上用のフロンメーカ、フロン関連機器メーカ、施工業者、エアコン使用者と対象が大幅に拡大されるとともに、冷凍空調機器の点検や漏えい量の報告が義務付けられた。フロン類による地球温暖化対策を強力に進める新冷媒への転換も急務となった。

オゾン層破壊に関しては、R12に代表されるCFC

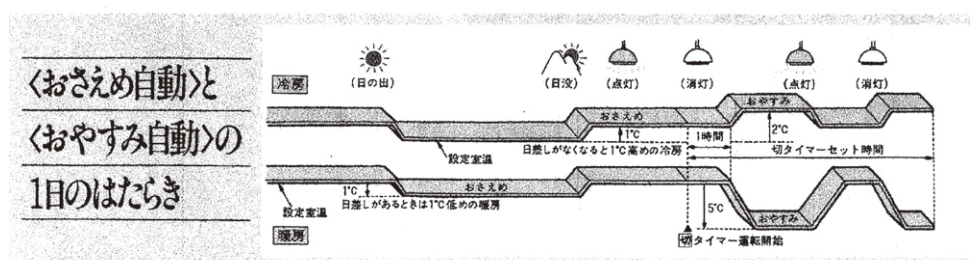


図 5.36 光センサーのはたらき

(クロロフルオロカーボン) 冷媒が、まず全廃された。1995 年のモントリオール議定書で R22 に代表される HCFC (ハイドロクロロフロオロカーボン) 冷媒も規制対象となった。これまでに、塩素を含まず、オゾン層を破壊しない代替冷媒として、R407C、R410A といった HFC (ハイドロフロオロカーボン) 冷媒が検討・使用されてきた。取りあえず省エネルギーを重視した R410A が用いられた。さらに地球温暖化係数 GWP の少ない HFC32 (R32) への切り替えが始まった。

(2) 新冷媒 HFC への規制

従来、フロン系の GWP 等に関する規制はなかったが、2016 年 10 月 10 に国際会議で 200 カ国が合意し規制が決定され、日本も、フロン類の生産に関する法整備が不可避となってきた。規制の内容は、日本も含む欧米先進国は、基準年 (2011-2013 年) に比して、2036 年に 85% 削減という厳しいものであり、やや遅れ気味の日本の今後の展開が期待される。

5.4.2 新しい冷媒に求められるもの

新しい冷媒には、次のようなものが求められる。

- ① オゾン層破壊係数 ODP ゼロ、すなわちオゾン層破壊に関係がないもので基本的には塩素を含まないもの
- ② 低 GWP、すなわち地球温暖化への寄与が少ないもので、基本的にはライフタイムが短いもの
- ③ 低可燃性で、基本的には水素原子がゼロまたは少ないもの
- ④ 高い冷媒性能があること、すなわちサイクル計算及び実機試験で、予測性能および実機性能の高いもの

(1) オゾン層破壊 ODP 特性

オゾン層破壊問題の対策は、モントリオール議定書で大幅な展開が行われた ODP をゼロにするために基本的に塩素をゼロにしなくても、1 個ぐらいはいいのではないかとの意見もある。ODP 値は「ゼロ」が良いことは間違いなが、物質に少量の塩素が含まれた場合のオゾン層破壊に影響するリスクを計算し、影響がない範囲であれば、いいのではないかなど、詳細が更に検討されている。具体的には、オレフィン系のものがこの問題に関連している。

(2) 地球温暖化係数 GWP 特性

地球温暖化問題に対処できる新冷媒が必要となってきた。

地球温暖化に影響を及ぼす温室効果ガスとして、二酸化炭素は有名であるが、実は、従来使用されてきたフロン系冷媒も極めて強力な温室効果ガスに分類され、二酸化炭素の GWP 値の 1 万倍以上の GWP 値を持っているフロンガスも存在していた。現在 GWP 値が最も小さい HFC 系の冷媒は R152a であるが、その値でも GWP = 124 である。EU の F-gas 規制の基準が GWP = 150 であることは、1 つくらいは GWP150 以下のもの R152a を禁止しないで残しておくが、すべては禁止であるという HFC に対する強い姿勢を示すものと解釈されている。

地球温暖化への影響度を表現した GWP 値は「地球温暖化を引き起こす因子 (それぞれの物質が熱エネルギーをどのくらい保持できるかを示す瞬間放射強制力)」と「大気中に含まれる濃度」と「大気中に放出後の経過時間」の 3 項目の積で計算される物質固有値で、特に同様な計算値を二酸化炭素の値で割って比であらわしたものが GWP 値となる。

熱エネルギーを吸収しやすい物質にて関しては、GWP 値は大きく、また安定性高い物質も簡単には分解されないということで大気中に長く残り続け、地球温暖化に及ぼす影響は大きく、GWP 値は大きいと判断される。冷媒は、高性能で寿命が長い商品である家庭用冷蔵庫、ルームエアコンなどに用いられ、購入時から交換せずに使用され、さらに 24 時間連続稼働するわけであるから、必然的に安定度抜群の優れた物質であり、GWP 値も宿命的に大きくなる。

新冷媒の条件は、GWP 値が小さいことは言うまでもない。大気中での分解促進を考慮した冷媒として二重結合を持ったオレフィン系物質が注目されている。

別なアプローチとしては、GWP 値の高い冷媒に、GWP 値の低い冷媒を混ぜて、GWP 値の低い混合冷媒を作成するということが検討されているが、機器製作者側での取り扱いが難しく普及しにくい。

(3) 可燃特性

オゾン層破壊対策と地球温暖化対策の 2 つの地球環境問題対策は、塩素原子を使わないようにすることと、大気中なるべく早く分解してしまう物質を使うことが現時点での回答である。この回答の中に含まれる物質群に、フロン系冷媒の原型とも考えられる、メタン、エタン、プロパン等の炭化水素がある。

CFC、HCFC、HFC などのフロン系冷媒は、ハロゲン化炭化水素と呼ばれ、炭化水素における水素原子の部分が、フッ素、塩素、臭素などのハロゲン族の原子に置き換えられたもので、炭化水素自身

は新冷媒とは言にくいため、「自然冷媒 (Natural Refrigerant)」と言われている。炭化水素の中で、R290 (プロパン) や R600a (イソブタン) は、冷媒としてすでに実用化されている。特に、R600a は、日本製の家庭用冷蔵庫における R12 及び R134a に代用する冷媒としてその地位を確保した。また、R290 においては、中国のような新興国ではエアコン用冷媒に使用する流れがある。コストの問題もあるが、熱力学的シミュレーション解析から計算される高い性能を考慮すれば、R290 が家庭用ルームエアコンの冷媒の第一候補となることは不思議ではない。

炭化水素が日本で主役の座につけない最大の理由は可燃性である。エアコンのように、家庭内で使用される家電機器用の冷媒は、低価格や高性能であることも重要であるが、やはり安全性が第一条件となる。このために、水素原子が増えていく炭化水素あるいは、HFC、HFO 系冷媒はオゾン層破壊や地球温暖化とは別の次元での問題もある。現状に置いて可燃性に対する検討は各方面で慎重に行われており、解決しなければならない課題である。

5.4.3 新冷媒 R32 の開発

エアコン業界において、オゾン層保護及び地球温暖化特性の観点から、エアコンの省エネ性だけでなく、温暖化係数 GWP の低い次世代冷媒への転換が世界的に急務となっている。また、日本でも「フロン類等」の総合的な温暖化対策が動き出し、エアコン以外の他の機器に対してさらに、GWP の低い冷媒転換の動きもある。

(1) 新冷媒のエアコンへの取り組み

エアコン用の冷媒には、環境性、経済性、安全性、機能性といった観点から、従来の圧縮式ヒートポンプであるエアコンの冷媒として多くの選択肢の中、HFC410A (R410A) に比べて環境負荷の少ない HFC32 (R32) が現時点としては最適であるとして、ダイキン工業が 2012 年からルームエアコンに導入し実用化を開始し、各社もほとんどの企業が順次転換した。一方、家庭用エアコンより消費電力の大きい業務用エアコンは、使用する冷媒量も多く、地球環境に与える影響も大きいことから、環境性能の向上が一層強く求められている。

次世代の冷媒の特性を表 5.4⁴⁰⁾ に示す。この表から冷媒は、冷房能力、COP 効率、GWP 値等が重要だが、万能な冷媒は存在せず用途や冷媒量に応じて適材適所で使用していくことが必要である。ここで取り上げ

る R32 (表中 HFC32) は、バランスの点で検討に値するものである。まず、順序としては、ルームエアコンに導入され、次に省エネへのニーズが高い店舗・オフィス用エアコンにおいても、R32 への転換が進んでいる。

表 5.4 次世代冷媒の特性

	ODP	現 在		次 世 代 冷 媒 候 補				
	pot	HFC		HFC	HFO	自然冷媒		
	HCFC	HFC407C	HFC410A	HFC32	HFO1234yf	CO2	NH3	HC
	HCFC22	Mixed	Mixed	single	single	single	single	Single
ODP	0.05	0	0	0	0	0	0	0
GWP	1810	1770	2090	675	4	1	0	3
凝縮圧力 MPa	1.73	1.86	2.73	2.79	1.18	10	1.78	1.53
冷房能力 HCFC22	100	98	141	169	56	256	115	83
COP 比 HCFC22	100	95	91	96	92	41	105	97
毒性	Low	Low	Low	Low	Low	Low	High	Low
燃焼性	None	None	None	Low	Low	None	Low	High

新冷媒の市場導入のためのリスクアセスメントを日本空調工業会にて、各空調メーカーが参画して行った。表 5.5⁴¹⁾ に、ヒートポンプエアコンの日本冷凍空調工業会のリスクアセスメントの取り組みを示す。法定冷凍トンごとに 3 区分して、3 トン未満 (6 馬力以下) のルームエアコン及びパッケージエアコン、3~5 トン未満のパッケージエアコン、5 トン以上のビルマルチに関してリスクアセスメントを実施した。

表 5.5 日冷工リスクアセスメントの取り組み

法定冷凍トン	3 トン未満		3~5 トン未満	5 トン以上～			
馬力イメージ	6 馬力以下		8～12 馬力	14 馬力以上			
対象商品	ルームエアコン	パッケージ エアコン	パッケージ エアコン	ビル用マルチ			
リスクアセスメント ：日冷工	壁掛	パッケージ RAC 7kg	1 次	2 次	1 次	2 次	3 次
	SWG I		SWG II				
	ミニスプリット				VRF		

(2) 冷媒の燃焼性評価

① 冷媒と冷凍機油の燃焼性評価

R32 に対する燃 焼 性 は 表 5.6⁴²⁾ の ASHRAE34/

表 5.6 ASHRAE の冷媒区分

A1 無毒性 不燃焼性	A(B)2L A 無毒性 弱燃焼性 B 毒性 弱燃焼性	A2 無毒性 低燃焼性	A3 無毒性 高燃焼性
R744(CO2) R410A R22	R717(Ammonia B2L) HFLO1234 R32	R152A	R290(Propane)

ASHRAE34/ISO817 Safety Classification

ISO817の安全区分からもわかるように、従来の燃焼性のカテゴリーとは異なり、微燃性を示すA2Lというカテゴリーに位置づけられる。現在A2Lに対しては、実用的な安全規格として各国が規格策定に取り組んでいる。

エアコンに対しては、実用的な評価の観点から燃焼性評価を行った。この燃焼性評価の結果を図5.37⁴³⁾に示す。これは、その冷媒と冷凍機油を用いた実用的な燃焼評価で、図5.37の上段部は、プロパン、R152a、R32に関する漏えい時の燃焼性を示し、図5.37の下段部はR32、R32 + エーテル油、R32 + 鉱油に関するロウ付け時の燃焼性をそれぞれ比較試験状況として示す。図5.37の上段部より、燃焼性カテゴリーA3のプロパンは他のA2L及びA2に比較して、強烈で爆発的な燃焼を示していることがわかる。

燃焼性カテゴリーA2LのR32の場合は、図5.37上段部より、A3のプロパンとは全く異なり穏やかである。また、A2のR152aに比較しても燃焼性が穏やかなものでおなじA2でも、かなり大きく状況の差があることがわかる。さらに、燃焼性の評価として、図5.37の下段部より、R32の単体のガスでは、燃焼は拡大しないことがわかる。

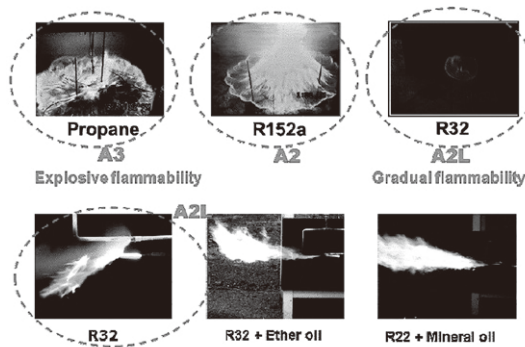


図 5.37 実用的燃焼テスト事例

② 実用的燃焼評価

同じく図5.37において、冷媒だけでなく冷凍機油を混合させたR32 + エーテル油の状態は、いまだ主流であるR22 + 鉱油に比較して同等レベル以下であるであることがわかる。なお、R32の燃焼性は、プロパンのような爆発するようなレベルでないこともわかる。

パッケージエアコンに関してのR32の実用的な燃焼性は、ロウ付けを想定した場合、過去から使用しているR22とも差異がなく同じレベルであると判断できる。ただし、冷媒充填量の多い機器などに対しては、さらなるリスク評価の検討が必要である。

(3) リスクアセスメント評価

最初に店舗用パッケージエアコンの特徴を説明し、次にこの場合のリスクアセスメント（リスクアセスメントの流れは；①リスクの特定 ②リスクの見積もり ③リスク優先度の設定 ④リスク低減内容の検討 ⑤リスク低減措置の実施で行う）の考え方を述べる。

① 店舗用パッケージエアコンの特徴

店舗用パッケージエアコンの特徴は、家庭用のルームエアコンと比較して冷媒量が多く、事務所、中小型店舗、あるいは学校等のやや広い空間に設置されることが多いことである。

微燃性冷媒使用時の店舗用パッケージエアコンのリスクアセスメントでは、ルームエアコンを対象とした、ミニスピリットSWG（分科会）の考え方を参考にして、同様な評価を行った。製品形態については、具体的にはルームエアコン、店舗用パッケージエアコン、ビルマルチの3つに関して主な特徴を比較し、まとめて検討し評価を進めた。表5.7⁴⁴⁾にその設定条件を示す。

表 5.7 主な製品形態のリスクアセスメントの設定

製品形態	RAC	店舗用 PAC	ビル用マルチ
製品馬力（室外基準）	0.8～3HP	1.5～10HP	5～60HP
冷房定格能力	2.2～8.0kW	3.6～25kW	14.0～168kW
冷媒量	1～2kg	2～10kg	5～50kg
主な設置システム（外：内）	基本1台：1台 個別マルチ有り	1台：1～4台 全室内機は同一空間	1～3台：1～64台 各室内機は個別空間
主な室内機タイプ	壁掛け形 床置き形 天井カセット形	天井カセット形 天井吊形 壁掛け形 ビルトインダクト形 床置き形	天井カセット形 天井吊形 壁掛け形 ビルトインダクト形 床置き形
主な室外機タイプ	空冷式 横吹き	空冷式 横吹き 水蓄熱式（空冷）	空冷式 上吹き 水蓄熱式（空冷） 水冷式（機械室設置）
主な室内設置場所	住宅（居住空間）	事務所 厨房／食堂 工場 カラオケ（密閉空間）	事務所 厨房／食堂 工場 カラオケ（密閉空間）
主な室外設置場所	地上（屋上） ベランダ	地上（屋上） 各階設置 半地下 狭小地（路地隙間）	地上（屋上） 各階設置 半地下 機械室
主な保管場所	準耐火中型倉庫 狭小（販売店）倉庫	準耐火中型倉庫 狭小（販売店）倉庫	準耐火中型倉庫
主な輸送形態	トラック ワゴン車	トラック ワゴン車（3HP以下）	トラック

② 店舗用パッケージエアコンのリスクアセスメントの考え方

1) 許容できるリスク（着火事故発生確率[°]）の設定
パッケージエアコンの市場ストック780万台（60万台×製品寿命13年）に対して、100年に一度の重大事故が発生するレベルを許容範囲とした。実際には、着火事故の被害度調査が必要であるが、まだ、完了していないためすべての着火事故を重大事故として扱っている。また、各ライフステージにおいて、使用時以外は、常に機器を取り扱う作業者が携わっているため、作業者はリスクを制御できる立場であることから、事故が起きた

際にも、自己防御による被害度低減が可能だと考え、評価値を10倍にしている。

使用時 1.3×10^{-9}
 使用時以外（輸送・保管・据付・修理・廃棄） 1.3×10^{-8}

2) 冷媒漏えい発生確率の想定

機器の設計仕様が近いビル用マルチ SWG の調査結果及び店舗用パッケージでの日本冷凍空調工業会の各社のアンケートにより、機器からの冷媒漏れ発生確率は、以下とした。

室内機 急速漏れ 1.50×10^{-5}
 緩慢漏れ 1.03×10^{-3}
 室外機 急速漏れ 1.48×10^{-3}
 緩慢漏れ 可燃域を生成しないため考慮せず

リスクアセスメントは、日本冷凍空調工業会では、第一次評価（表5.5の6馬力以下対象）として行った。表5.8⁴⁵⁾にそのリスクアセスメントの結果を示す。この表より、リスクアセスメントの結果は、輸送・保管・据付・使用時（室内・室外）・修理・廃棄などの各ライフステージにおける店舗用パッケージエアコンの代表的なモデルケースでの許容値を設定し、着火事故の発生確率を評価している。室内の設置条件は、ビル用マルチの第一次評価と同じく、一般事務所（面積42m²、高さ2.7m）に四方向天井カセット型7.1kWタイプ（冷媒量3kg）を中心に配置しているモデルとした。表5.8より第一次リスクアセスメントでは、すべてのライフステージにおいて、許容値をクリアし問題ないことがわかる。また、必要があれば、設定条件を変えて次の評価を行う。

表5.8 各ライフステージのリスクアセスメントの結果

ライフステージ	代表モデルケース	着火事故発生確率	許容値
輸送・保管	準耐火中型倉庫	1.6×10^{-12}	1.3×10^{-6}
据付	2~6馬力システム	2.3×10^{-9}	1.3×10^{-6}
使用（室内）	R32：最大4kg	5.0×10^{-11}	1.3×10^{-9}
使用（室外）	（室内）事務所	6.7×10^{-10}	1.3×10^{-9}
修理	天井設置	3.0×10^{-9}	1.3×10^{-6}
廃棄	（室外）地上設置	2.5×10^{-9}	1.3×10^{-6}

(4) 製品の特性

R32の冷媒を用いた商品化は、家庭用のルームエアコンと業務用（店舗用・オフィス用）のパッケージエアコンに導入された。ここでは、特性として特に重要視された省エネ性、環境保全性、快適性、施工性、安心設計等について述べる。

① 省エネ性

新冷媒の採用と「PLR 冷凍回路（図5-44 参照）」の技術開発により、最先端の省エネ効果を実現し能力（kW）別APF値（（5.5の3）参照）は、図5.38⁴⁶⁾に示すとおりである。この省エネ技術は、従来の冷媒回路に比較して冷媒の流量をより細かく制御して、回路内のR32を最適に制御することで高効率な運転が可能となり、全機種で諸エネ法の年度基準をクリアした。

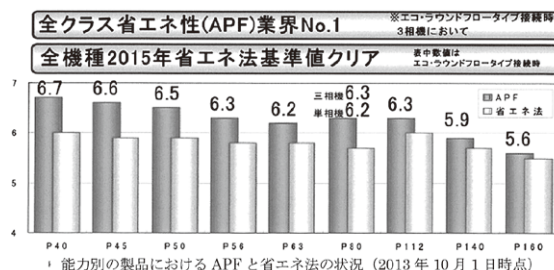


図5.38 能力別APF値

② 環境性

負荷が少ない新冷媒R32の採用で、温暖化に与える影響度を約15%削減した。エアコンの環境負荷を低減させるためには、冷媒の生産や施工時の冷媒の大量排出、機器の電力消費などによる総合的な温暖化影響を考慮する必要がある。R32は従来の冷媒R410Aに比較して地球温暖化係数は約1/3と低く、図5.39⁴⁷⁾の如く環境負荷が低減する。また、冷暖房時のエネルギー効率がよく、従来の冷媒よりも少量で同じ熱量を搬送できるので、機器の運転に必要な冷媒量の削減につながると同時に機器使用時の電力消費による二酸化炭素の排出量が抑制される。

以上のようにR32の特性によりは、総合的な温暖化影響をR410Aに比較して約15%低減できる。

これらを図示したものが、図5.40⁴⁸⁾及び図5.41⁴⁹⁾である。

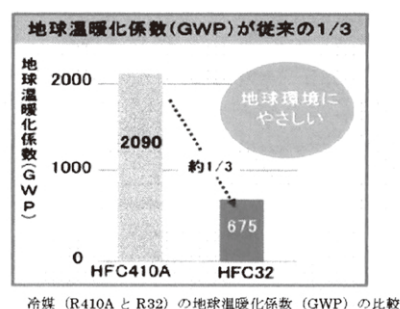


図5.39 GWPの比較

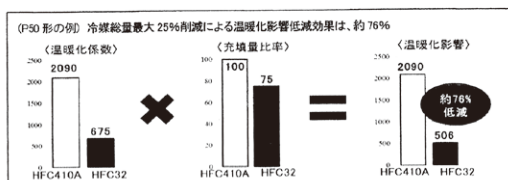


図 5.40 温暖化影響低減効果

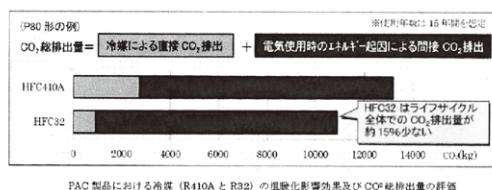


図 5.41 温暖化影響効果及び CO₂ 総排出量の評価

③ 施工性

連絡配管のサイズに関しては、小径化が可能となる。新冷媒 R32 採用による省冷媒化で、従来より、配管を 1 サイズまでダウンしても使用可能となり、新設の場合連絡配管の部材費節減になり、室内機の熱負荷が上がり能力アップしたいときも容易に対応可能となる。

④ 安心設計

学校、幼稚園などに設置が多い天井吊り型に要望が多かったオートグリルを追加し最大 3.1m の電動昇降機でグリルとフィルターを脚立なしで清掃可能とし、安全性が考慮された。またワイヤードリモコンからの諸操作も可能となった。

(5) 新冷媒仕様で省エネを実現した「PLR 回路」

新冷媒 R32 は、現行の冷媒 HFC410A に比較して熱を運ぶ能力エンタルピーが図 5.42⁵⁰⁾ のように 50%ほど高い。これに対して、この特性を最大限に引き出すために、きめ細かい冷媒のコントロールが必要となる。

新冷媒は、冷媒自身の熱量が大きくなるので、新しく、PLR (Pressure Loss Reduction) 回路の開発が必要である。この回路は、図 5.43⁵¹⁾ のように、従来

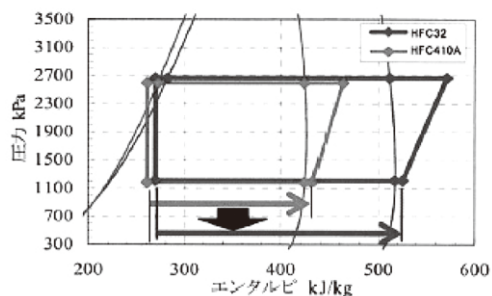


図 5.42 エンタルピー比較

の電磁弁（膨張弁）とレシーバから、デュアル電動弁（膨張弁 1 個追加）、中圧レシーバ、液圧調整バイパスの構成とし、蒸発器の圧力損失低減と蒸発器と凝縮器の冷媒状態を同時に最適な状態に制御する。新冷媒は、運ぶ熱量が高いため、高圧側圧力が高くなり、吐出ガス温度も高くなる。ここで今までの通常のレシーバであると吐出温度が下がらないので、この対策として中圧レシーバの電子膨張弁開度調整により、圧縮機の吸入ガスを液分やや多めの湿り気味として、運転条件によらず冷暖能力を発揮させることができるようにしている。レシーバや中圧レシーバは運転条件により生ずる余剰冷媒量をためる機能を持たせるものである。アキュムレータは圧縮機吸入前に設けるもので、圧縮機吸入の冷媒状態をほぼ飽和ガスにコントロールするが、中圧レシーバは前後に電子膨張弁（電動弁）を設け、常時中圧状態を維持する構成としている。

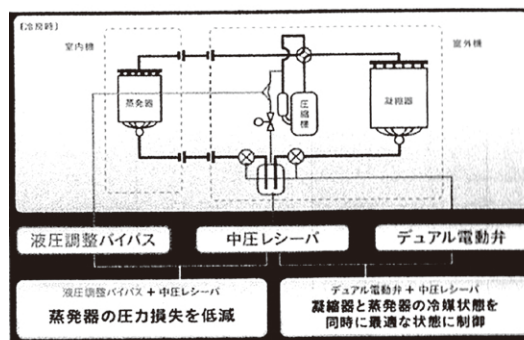


図 5.43 PLR 回路

5.4.4 リプレースマルチの冷媒リニューアル施工現場対応技術

(1) リニューアル対応

ビル用マルチエアコンでは、地球環境保護の観点から、冷媒を従来の冷媒 HCFC (R22) から新しい冷媒 HFC 類に置き換えることが必要で、この作業はほぼ完了したが、従来冷媒 R22 で使用していた配管を新しい冷媒 (R410A) で使用する場合には、既設配管中の鉱油を回収する必要があるため、鉱油を除去し、鉱油回収後はそのまま通常運転を行えるシステムを開発し市場へ導入した。それは、天井裏の限られたスペースへの配置を考慮し、配管を変更せずに室内機に冷媒を流し続けながら既設配管中の鉱油を除去するシステムであり、三菱電機が開発した。

(2) 製品概要

新型リプレースマルチのシステム構成を図 5.44⁵²⁾ に示す。新型リプレースマルチは、新冷媒対応の室外

機と新冷媒の標準の室内機を配置し、各々を冷媒配管で接続して構成するものである。室外機の内部には、鉱油回収運転中に、既設配管中に残留する鉱油の流動性を促進するための鉱油流動促進剤を内蔵している。

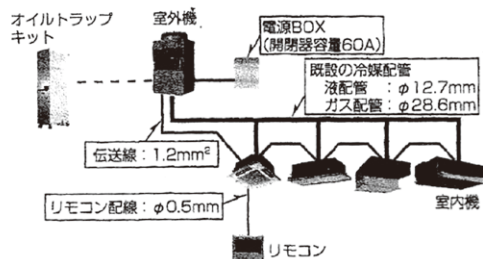


図 5.44 リプレースマルチの概要

(3) 独自の配管洗浄技術

従来の冷媒 (R22) の冷凍機油である鉱油は、新冷媒にはほとんど溶けない非相溶性油である。鉱油が付着した配管内に、新しい冷媒の気液二相冷媒が流れると、まず鉱油と冷媒液の間に働く剪断力により、鉱油が管壁から剥ぎ取られガスと液の界面を浮遊しながら運ばれる。そして配管中央部を高速で流れるガス冷媒により液冷媒が加速され、界面を浮遊する鉱油も加速されるので、鉱油を高速で回収することができる。図 5.45⁵³⁾ に配管内断面イメージ図と、図 5.46⁵⁴⁾ に冷媒の状態による油回収のスピード比較を示している。



図 5.45 配管内断面イメージ

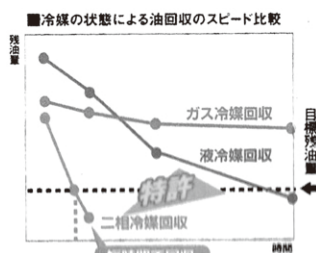


図 5.46 回収スピード比較

(4) リプレースマルチシステムの効用

リプレースマルチシステムの効用としては、工事コストを大幅に低減することであり、既設配管の再利用による配管にかかる材料費・撤去費を図 5.47⁵⁵⁾ に一例を示す。図 5.48⁵⁶⁾ に、工事のための工程や作業の簡略化によって、工事にかかるトータルコストの低下の一例を示す。

既設配管の再利用により配管にかかる材料費・撤去費を削減



図 5.47 材料費・撤去費の削減

工程や作業の簡略化により工事にかかるトータルコストを低減

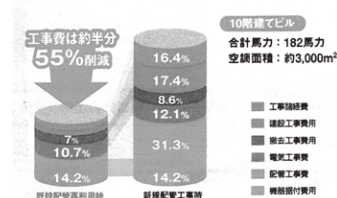


図 5.48 トータルコストの削減事例

このように、工事にかかるトータルコストの削減額は、金額的にも数千万円のオーダーになり、さらに、工事期間の短縮は、店舗休業期間の短縮となり市場から大いに歓迎された。

5.5 エアコンの消費効率

エアコンの最初の製品は、クーラーと呼ばれた冷房専用機であり、消費効率は一般的に COP (Coefficient Of Performance) で表現されていたが、名称もエアコンとなり冷房能力に暖房能力が加わり、製品的にも使用実態からいっても、冷暖機になり、消費効率の定義も、時代と共に変化していった。

(1) 冷房専用機の消費効率

$COP = \text{定格冷房能力} / \text{消費電力}$ 、すなわち消費電力 1kW 当たりの定格冷房能力で表現されていた。

(2) 冷房暖房兼用機の消費効率

$\text{冷暖房平均 COP} = (\text{冷房断 COP} + \text{暖房 COP}) / 2$

これは、冷房・暖房共にある一定の条件の時の 1 点の性能ポイントであり、季節に応じたエアコンの実運

転状況は反映されていなかった。

(3) APF (Annual Performance Factor) 表示

上記の冷暖房時の1点だけの消費効率ではなく、通年の消費効率にするためのものがAPFである。通年のエネルギー消費効率は、1年間を通してある一定の条件のもとにエアコンを運転したときの、消費電力1kW当たりの冷暖房能力を表すもので、次式であらわされる。

APF = (冷房期間中に発揮した能力の総和 + 暖房期間中に発揮した能力の総和) / (冷房期間中の消費電力の総和 + 暖房期間中の消費電力の総和)

これを算出する条件は、JIS C9612 2005 により決められている。これらの決められた条件で算出された年度ごとの4kW能力の各社カタログ最高値をプロットしたものが図5.49である。前半はAPF以前の冷暖房平均COPであり、後半の2007年以降はAPFである。

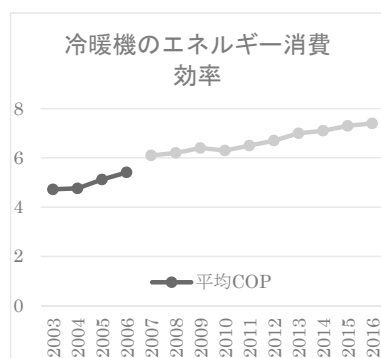


図 5.49 冷暖機の 消費効率

【引用・参考文献】

- 1) 冷凍 2005-9 日本冷凍空調学会
- 2) 前掲同上書
- 3) 冷凍 2005-7 日本冷凍空調学会
- 4) 冷媒圧縮機 日本冷凍空調学会
- 5) 冷凍 2005-7 日本冷凍空調学会
- 6) 前掲同上書
- 7) <http://www.hitachi-ap.co.jp/products/business/low/scroll/>
- 8) 冷媒圧縮機 日本冷凍空調学会 2013
- 9) 前掲同上書
- 10) K.Tojo International Compressor Engineering Conference1984
- 11) 日立評論 1988-10
- 12) 東芝レビュー 2007-7
- 13) 前掲同上書
- 14) 前掲同上書
- 15) 前掲同上書
- 16) 日立家電エアコンテクニカルストーリー2004-3
- 17) 冷媒圧縮機 日本冷凍空調学会
- 18) 前掲同上書
- 19) 日立家電エアコンテクニカルストーリー2004-3
- 20) 前掲同上書
- 21) 前掲同上書
- 22) 前掲同上書
- 23) PWM・PAM 制御 日本冷凍空調学会 2004-3
- 24) 前掲同上書
- 25) 前掲同上書
- 26) 霧ヶ峰物語 (40 年記念誌) 三菱電機静岡製作所
- 27) 前掲同上書
- 28) 前掲同上書
- 29) 三菱電機 カタログ 2009
- 30) 三菱電機技報 1982-3
- 31) 前掲同上書
- 32) 前掲同上書
- 33) 松下電器 Eolia カタログ 1991
- 34) 前掲同上書
- 35) 前掲同上書
- 36) 前掲同上書
- 37) 前掲同上書
- 38) 日立製作所 カタログ 1982
- 39) 前掲同上書
- 40) ダイキン工業コーポレートニュース 2013-10
- 41) 前掲同上書
- 42) 前掲同上書
- 43) 前掲同上書
- 44) 前掲同上書
- 45) 前掲同上書
- 46) 前掲同上書
- 47) 前掲同上書
- 48) 前掲同上書
- 49) 前掲同上書
- 50) 前掲同上書
- 51) 前掲同上書
- 52) 三菱電機技報 2012-11
- 53) 三菱電機ビル空調マルチカタログ 2011-10
- 54) 前掲同上書
- 55) 前掲同上書
- 56) 前掲同上書

6 | 爽快性確保技術の系統化

エアコンは、本来は爽快性を得るものである。いかに手際よくその目的を達成するかが爽快性技術である。空調には、温度、湿度、輻射、気流という温熱感覚4要素があり、これらの制御が基本となる。また、近年は、送風する空気の時熱感覚の制御以外に、空気の脱臭、殺菌等の空気の清浄度向上を考慮したエアコンも開発されてきている。

6.1 湿度制御技術

日本は周囲が海に囲まれ、梅雨という時期もあり、湿度制御は空調の重要な制御アイテムである。しかも、爽快性だけではなく、いかに消費電力を下げつつ目的を達するかで新しい技術が開発されている。時系列的には、リヒート型ドライ、エレクトロニクス型ドライとこれらそれぞれのインバータ型ドライである。また、湿度制御には、冬場、ヒートポンプ暖房時の加湿が、爽快性と健康の面から重要となり、乾燥剤と冷凍サイクルを組み合わせたデシカント空調が開発された。

6.1.1 リヒート型ドライ

(1) 除湿機能型エアコンとは

エアコンは、夏場の室内温度を下げるために設計されており、全冷却熱量のうち、室温を下げるための顕熱を大きくし、湿度を下げるための潜熱を小さくしている。従って、雨期のように湿度が高く、温度が20～25℃程度の場合には、室温が下がりすぎて運転できない。このようなときには、電気除湿器が別途必要になる。ここで述べるリヒート型ドライ機種は、一般のエアコンの冷房機能に、除湿機としての機能を付加したもので、梅雨時でもスイッチ一つで冷凍サイクルを切り替えることで、夏季も梅雨時もと、運転期間が拡大される。開発は、日立ジョンソンコントロール空調による。

(2) リヒート型ドライの構造

リヒート型ドライとは、上記のように、冷却されたままでは、梅雨時では室温が下がりすぎるので、冷凍サイクルの熱を利用して、再加熱（リヒート）するものであり、窓掛エアコンの構造図を図6.1¹⁾に、冷凍サイクルを図6.2²⁾に示す。この図からわかるように、従来のエアコンの冷却器、放熱器のほかに再加熱器が

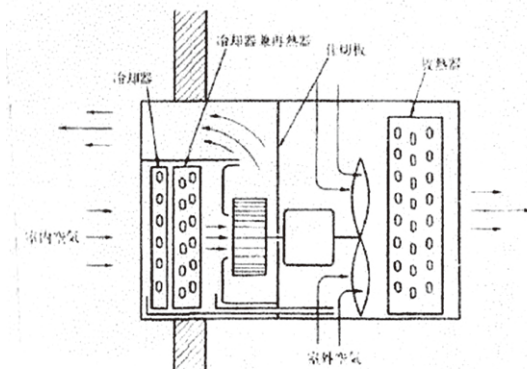


図6.1 窓掛リヒート型ドライの構造図

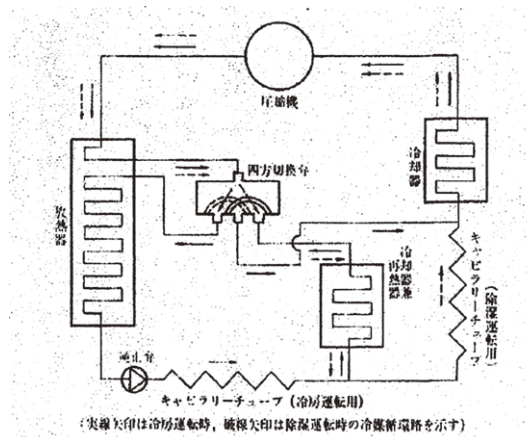


図6.2 リヒート型ドライの冷凍サイクル

必要となるが、再熱のために別途電熱器を設置する構造に比較し、構造的にも、消費電力特性的にも、操作的にも有利になる。構造的には、エアコンの冷却器を二つに分けて、一方を冷却器とし、他方を冷却器兼再熱器として使用する。冷房時には、冷却器と冷却器兼再加熱器をともに冷却器として使用し、除湿運転時には冷却器兼再加熱器を凝縮器として作動するように四方切換え弁によって冷媒管路の切り替えを行う構造のものである。

(3) リヒート型ドライの運転特性

室内外とも20℃、湿度80%の条件で運転をし始めた場合の実用的な運転特性の事例を図6.3³⁾に示す。除湿運転の場合、室温は20℃でほとんど変化なく、湿度は50%にまで下がった。これに対し、冷房運転の場合は、室温は、11.5℃まで下がるが、湿度はあまり下がらず75%程度である。

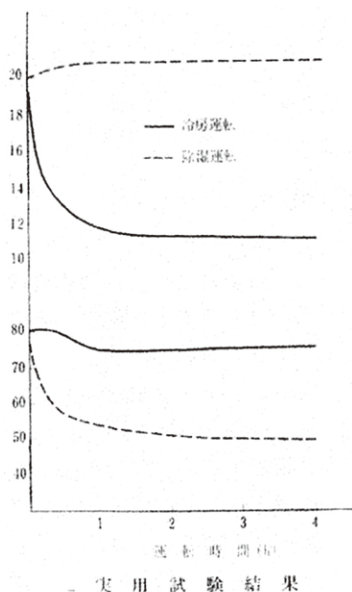


図 6.3 リヒート型ドライの運転特性

6.1.2 エレクトロニクス型ドライ

これは、エレクトロドライとかマイコンドライと言われているもので、エアコンの冷凍サイクルは変えずにマイコンコントロールにより、電気的回路を変更することによって、除湿機能が追加されるので、製品コストの上昇なしに実現できる普及型の除湿機能付きエアコンである。さらに特徴的なのは、消費電力が、除湿運転時大幅に削減され、さらに冷房運転時にも省エネルギー効果があり三菱電機が開発した。

(1) マイコンによる制御内容

エレクトロニクスドライのシステム概要を図 6.4⁴⁾に示す。ここでマイコンコントロールの第 1 のポイントは、図 6.4 の A 部に示される除湿量増大のためのファンコントロールにある。通常の冷房運転に比べてファンの送風量を減少させて顕熱比率（温度計で測定できる熱量の割合）を下げ、除湿量を増加させるように潜熱比率を上げている。潜熱比率は通常の冷房運転では、約 30% であるが、エレクトロニクスドライでは、約 60% に向上しており、除湿機能向きにより有効に運転されている。ファンの断続的な ON-OFF 運転により送風量を減少させ、室内の対流効果を損なわずに効果的な除湿運転ができる。そして第 2 のポイントは、図 6.4 の B 部で示される快適性維持のための圧縮機の運転率コントロールである。室温を下げずに除湿を行うために負荷に対応した圧縮機の運転率コントロールをマイコンにより行っている。図 6.4 の C 部に示される光半導体リレー（三菱 SWIDF タイプ）の開発が必須の要素であり、送風機制御のために 1 時間に

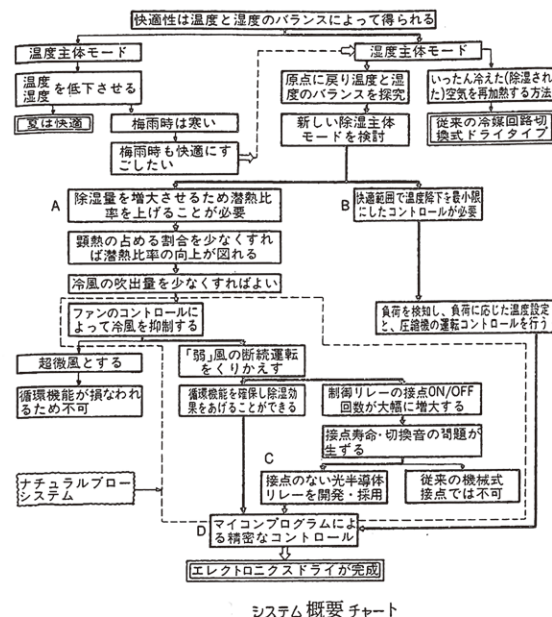


図 6.4 エレクトロニクス型ドライのシステム

240 回もの接点開閉を行うために、従来の機械式接点に代わる無接点の半導体の導入により、寿命及び開閉時騒音の問題も解決した。

(2) 爽快性及び省エネルギー効果

爽快性の効果は、図 6.5⁵⁾ のように、従来のドライタイプと同等の効果を得ることができる。そして、このエレクトロニクスドライは、省エネルギーの点からも従来のドライタイプに比較して大きな効果を上げている。従来のリヒート型ドライタイプは、室内の熱交換器を分割して冷却による除湿と再加熱に使用しているが、エレクトロニクスドライは、室内側冷却器のすべてを除湿に使用するため、除湿効果は大きく、同一除湿量を得るために必要な電力量は、約 15% 削減できる。さらに従来のドライタイプが必要としていた冷媒回路切り替え用電磁弁も不要となり、電磁弁の電力

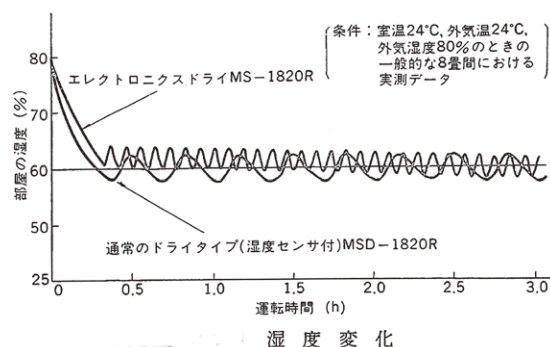


図 6.5 エレクトロニクス型ドライの運転特性

消費量、冷媒回路ロスの発生もなく、冷房運転時消費電力も数%少なく、省エネルギーの推進と信頼性も一層向上した。このエレクトロニクス型ドライの方式は、1979年ごろ、特に需要が多かった香港向けの簡易ドライとして三菱電機が開発したが、コストと消費電力の観点から、国内需要の主力にもなった。

(3) インバータ機能付きエレクトロニクスドライの主流化

このエレクトロニクス型ドライは、風量を主体に制御していたため、春先の低温時にはやや寒いということと、部屋の温度分布にムラがでやすいという欠点があったが、この方式にインバータが加わると、これらの問題も解消され、本来の省エネルギー性の点からも、国際的にも、インバータ付きエレクトロニクスドライが主流となっている。

6.1.3 インバータ付リヒート型ドライ

インバータ型ドライは、エアコンの出力を大幅に変化させることのできるインバータを利用して、エアコンの運電期間を冬から春・秋の中間期及び梅雨・夏季の年間に拡大して、人体対応のじめじめ感の除去だけでなく洗濯物の乾燥、ダニ・カビの防止等に使用できる通年型ドライ機能である。エアコンの年間使用化が求められ、快適で健康的な室内環境を提供するために、低温時の冷え気味の防止と、省エネルギー化がねらいであった。

(1) 構造及び運転方法

インバータ型ドライの冷凍サイクルを図 6.6⁶⁾ に示し、室内機の構造を図 6.7⁷⁾ に示す。

開発は、日立製作所である。除湿サイクルの図 6.6 において、室内機の熱交換器を再熱器、下部が冷却機になるように分割し、その間に除湿制御弁を設置す

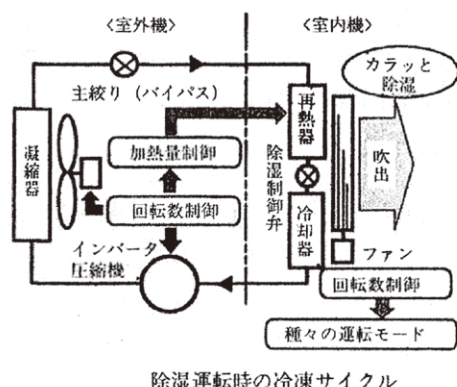


図 6.6 インバータ付リヒート型ドライの冷凍サイクル

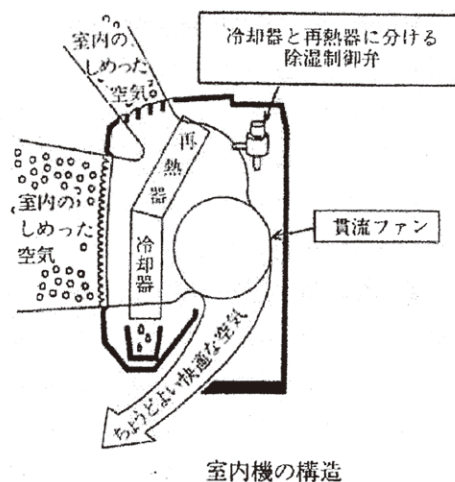


図 6.7 室内機構造図

る。除湿運転時には、冷媒は室外の凝縮器で一部凝縮し、主絞りをバイパスして、室内の再熱器に至り、ここですべて凝縮する。これにより、室外機で外気に捨てていた熱の一部を冷凍サイクルにより、室内に導いて空気を加熱することに利用する。この後、冷媒は、図 6.8⁸⁾ の除湿制御弁で減圧されて冷却器で蒸発し、空気を冷却・除湿する。下部の冷却器で冷却・除湿された空気と、上部の再熱器で加熱された空気は混合して、室内空気とほぼ等しい温度で、かつ低湿度の空気となって室内に吹き出される。この結果、従来のヒータ再熱除湿方式と比較して、除湿量を 30% 増大することができ、除湿運転時の消費電力をリヒート型ドライの約 3 分の 1 に低減できた。

除湿運転時には、室外ファン回転数低下及び圧縮機回転数の増加に伴い、再熱器の加熱量が増大する。また圧縮機回転数の増加に伴い、除湿量は増大する。この加熱量・除湿量制御により、図 6.9⁹⁾ のように、四季を通じて冷えすぎのない快適な除湿運転が可能となる。

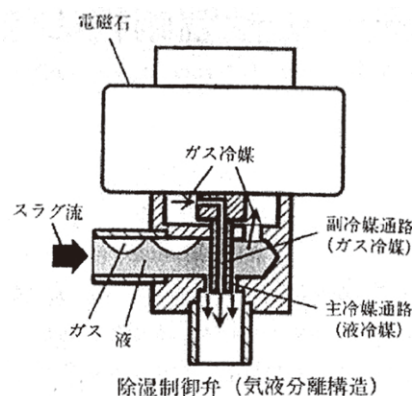


図 6.8 除湿制御弁

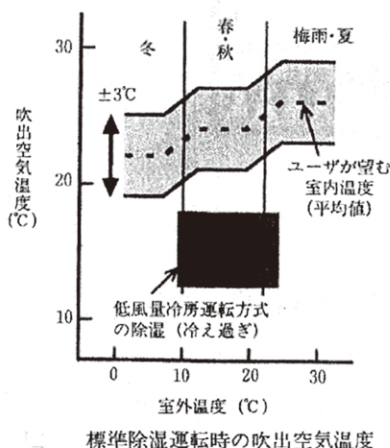


図 6.9 四季を通じての運転特性

(2) 除湿機能の拡大

表 6.1¹⁰⁾ のように、除湿運転の用途ごとに、専用運転モードを設けて、各モードに適するように室内温度を制御した。また、各モードをリモコンにより簡単に切り替えられるようにして、多彩な除湿運転の実現と使い勝手の向上を図った。

表 6.1 多彩な運転モード

除湿運転の用途別専用モード

名称	室内風量	目的
標準モード	可変	年間通して使える快速除湿
ランドリーモード	強風	除湿能力を上げて洗濯物を素早く乾燥
おでかけモード	弱風	低湿度化によるダニ・カビの繁殖防止
けつろモード	弱風	暖房運転停止後の壁や窓への結露防止

6.1.4 無給水加湿 (デシカント空調)

(1) デシカント空調とは

デシカントとは、乾燥剤または減湿剤のことである。外気を室内に導入する場合、空気中の水分を結露させることで除湿または減湿を行っており、場合によっては、再加熱が必要である。これに対し、デシカント空調システムは、乾燥剤により空気中の水分を直接除去する。しかる後に、顕熱のみを所要レベルまで低下させる。つまり、従来方式では、除湿のためには、空気を潜熱・顕熱の一体処理するのに対し、デシカント方式では、潜熱と顕熱を分離処理して、省エネ効果や健康面に関する爽快性の改善等多くのメリットが得られる。また、冬場のヒートポンプ暖房時には、湿度が下がりすぎて不快となり、インフルエンザ抑制等の健康面での問題を緩和するための加湿も、面倒な給水なしで実現できる可能性がある。技術開発・製品化はダイキン工業が行っている。

(2) デシカント空調システムの構成

一般のデシカント空調システムの構成は、図 6.10¹¹⁾ のようになる。コンポーネントとしては、デシカントロータ、顕熱交換ロータ、蒸発冷却器、冷却コイル等である。除湿を行うデシカントロータがシステムの中心的役割を果たしている。ロータはハニカム状の流路の束でできており、流路表面にシリカゲルやゼオライト等の吸湿剤をしみこませている。湿度の高い空気がこの流路内を通過する間に水分が流路内に吸着され、除湿された空気がロータから排出される。一方、吸着された水分は、高温空気を通すことにより吸着され、ロータ外へ排出される。この工程をデシカントロータの「再生」と呼ぶ。

このデシカントロータの吸脱着現象をうまく使えば除湿のみならず、加湿も可能性がある。夏季は、外部の湿度の高い空気を処理することが目的だが冬季には外気温度が低いため室内の湿度を保つためには、取り入れる外気を加湿することが必要となる。そこで、室内の空気を排出する際に湿分をデシカントロータに吸着させた後、加熱した外気でロータを再生させることによって新鮮な空気とともに湿分を室内に還流させる。言い換えれば、デシカント空調システムを、夏季のドレンレス空調だけでなく、冬季の無給水加湿機能にも対応できる。特に、冬季のヒートポンプ暖房時の低湿度状態は、図 6.11¹²⁾ のようにインフルエンザ等ウィルス管理に重要な影響を与える。一般的には、インフルエンザウィルスは、「湿度 50% 以上ある環境で、温度 22℃ 以上で死滅、湿度 20% 以下であれば、温度

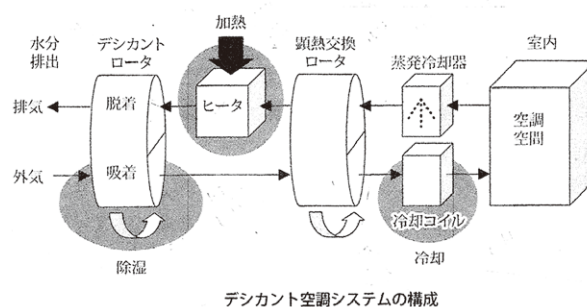


図 6.10 デシカント空調システム

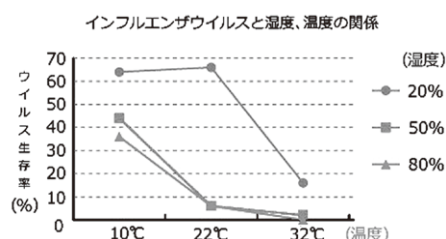


図 6.11 湿度管理とインフルエンザ

22℃でも高い生存率」といわれている。

(3) デシカント空調の利点

空気中の湿分を直接取り除く仕組みのためデシカント方式は次のような利点がある。

- ① 従来方式のように過度に冷却して再加熱する必要がない。顕熱除去の冷却だけでよいから冷却に要するエネルギーが少なくて済む。
- ② ロータの中の湿分を脱着させるための温度は、50℃から80℃程度であるため、高温を必要としない。
- ③ 湿度と温度を独立して制御できる。
- ④ 熱により除湿サイクルを駆動するため、従来よりも消費電力が少なくて済む。

消費電力比較の事例を、夏季と冬季について図6.12¹³⁾、図6.13¹⁴⁾に示す。

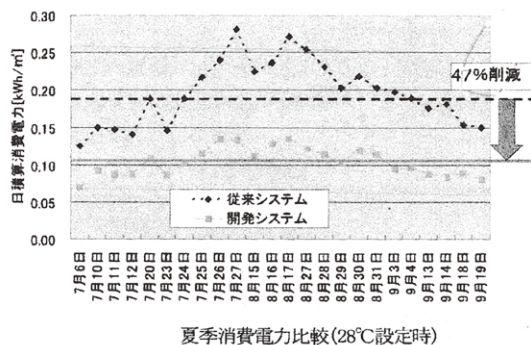


図6.12 夏季の消費電力比較

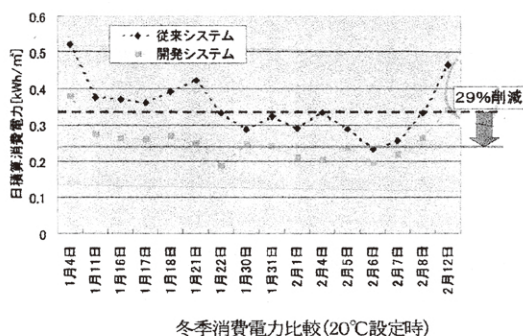


図6.13 冬季の消費電力比較

(4) 無給水加湿の仕組み

① 無給水加湿の仕組みの基本

この仕組みは、次のようなものである。

- 1) 空気中の水分子を集める。
シロッコファンが水分を含んだ空気を集める。
- 2) 集めた水分子を含んだ空気を作る。
デシカントに吸着した水分子に熱を与え水分子

が離脱する。離脱した水分子は空気と混ざりエアコンに送られる。

3) 清浄な水分子だけを室内に届ける。

水分子を集めたデシカントは、ごみ、花粉、ウィルス等を除外する。そのため、清浄な水分子が室内に供給される。

② 水配管レス調湿外気処理機の仕組み

この仕組みは、省エネルギー型ヒートポンプ回路技術とハイブリッドデシカ素子によるデシカント技術を融合した仕組みであり、図6.14¹⁵⁾に示すものである。

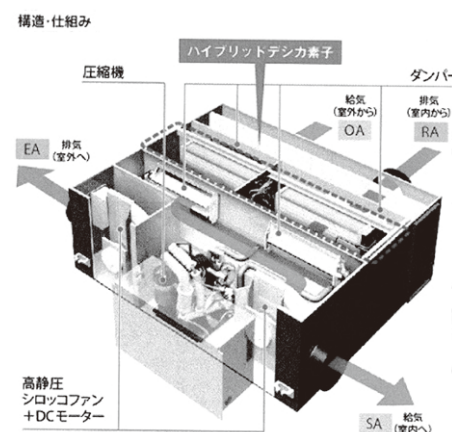


図6.14 無給水加湿の仕組み

③ ハイブリッドデシカ素子

このハイブリッドデシカ素子は、熱交換器に吸着剤を直接塗布した独自の構造で、吸着した水分を放出するために必要な熱をこの熱交換機から取得する。

その特徴としては次のようなものがある。

- 1) 熱源との一体化でロスが少ない。
- 2) 冷却時の排熱を加熱に有効利用する。
- 3) 吸湿剤が熱交換器に塗布されているため、冷媒配管工事が不要となる。
- 4) 冷房・除湿運転時、約40℃の低温で放出・再生できる。
- 5) 従来のデシカント方式の約6倍の高効率運転となる。

④ 無給水加湿（水配管レス無給水調湿外気処理機）の調湿プロセス

無給水加湿の運転プロセスの暖房加湿運転時のプロセスを図6.15¹⁶⁾に、冷房除湿運転時のプロセスを図6.16¹⁷⁾にそれぞれ示す。

⑤ 暖房加湿運転時の流れ

- 1) 図6.15 ①に示すように、通常室内からの排気により放出してしまう湿気（水分）を、ハイブリッドデシカ素子で吸着する。
- 2) 図6.15 ②に示すように、ハイブリッドデシカ素

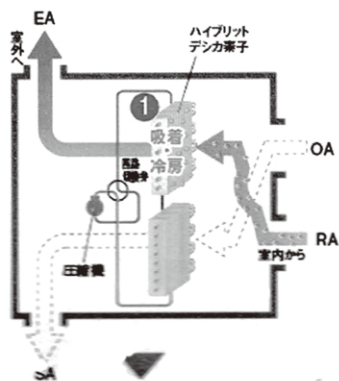


図 6.15 ①暖房加湿

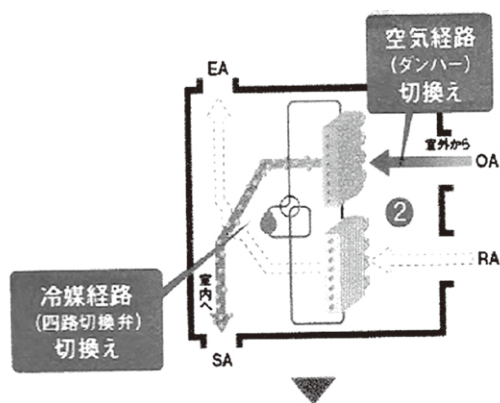


図 6.15 ②暖房加湿

子が水分を十分に吸着したら、冷媒回路と空気経路が切り替わり、水分を含んだハイブリッドデシカ素子に、外気が通過する。

3) 図 6.15 ③④のように、ハイブリッド素子が暖められて、水分を放出することで、湿気を含んだ空気が室内に給気される。

4) 図 6.15 ③④で、もう一方のハイブリッドデシカ素子には、室内の湿気を含んだ排気が通過する。湿気が吸着されて加湿できる状態になる。

以上のような一連の流れを繰り返すことで、連続加湿が可能となる。

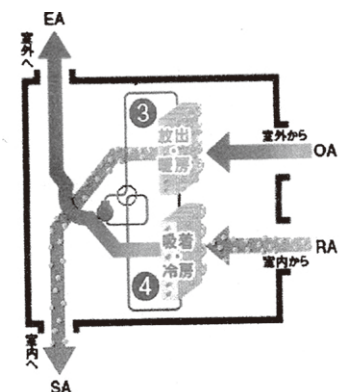


図 6.15 ③④暖房加湿

⑥ 冷房除湿運転時の流れ

- 1) 図 6.16 ①のように、通常室外からの給気により取り込まれる湿度（水分）がハイブリッドデシカ素子を通過するときに吸着され、室内に給気される。
- 2) 図 6.16 ②ハイブリッドデシカに水分を充分吸着したところに、冷媒回路と空気経路が切り替わる。
- 3) 図 6.16 ③④のように、今度は、冷房されたもう一方のハイブリッドデシカ素子で、外気の水分の吸着を行う。
- 4) 図 6.16 ③④のように、水分を吸着したハイブリッドデシカ素子は加熱することで水分を室外に放出する。そして、再び水分を吸着する状態に戻る。

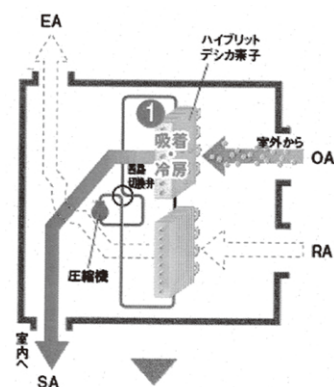


図 6.16 ①冷房除湿

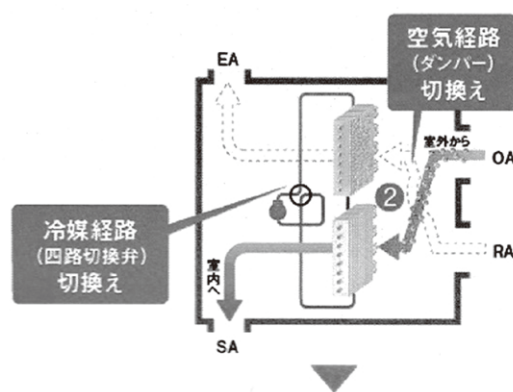


図 6.16 ②冷房除湿

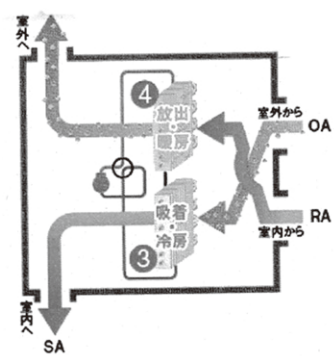


図 6.16 ③④冷房除湿

このような一連の流れを繰り返すことで連続除湿が可能となる。

6.2 冷暖兼用型ヒートポンプ技術

エアコンは、当初は冷房専用機であり、クーラーと称呼され夏場用の製品であった。しかし、この冷房専用機に暖房機能を付加したヒートポンプ方式は、原理的には、凝縮器より放熱される熱を暖房に利用するので、1852年、イギリスのLord Kelvinにより開発された。この暖房方式の特徴は次のようなものである。国内では窓掛型ヒートポンプを1961年に三菱電機が製品化した。

6.2.1 ヒートポンプの特徴

- ① 同一の装置で冷暖房ができる。
- ② 暖房装置として最も安全で衛生的である。
- ③ 電熱式暖房方式と比較して、効率が数倍高く消費電力が少ない。

しかし、欠点としては、図6.17¹⁸⁾の暖房特性に示すように、外気温度により暖房能力が大幅に変動し、外気が低くなるほど暖房能力が低下し、さらに、外気が0℃ぐらい以下に下がると室外機の熱交換器に着霜が始まり、定期的な除霜が必要となる等構造も複雑化してくる。

また、称呼もクーラーからエアコンディショナー（エアコン）となり、1965年にルームエアコンのJISが制定された。

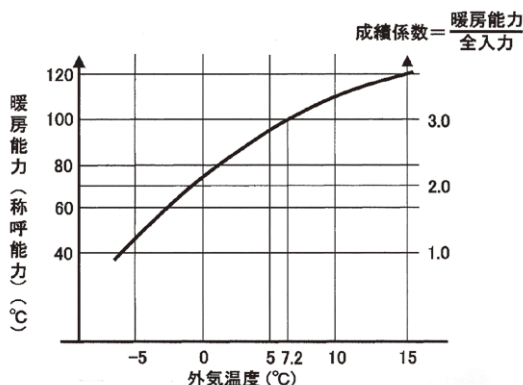


図 6.17 ヒートポンプの暖房特性

6.2.2 ヒートポンプ化の初代窓掛型エアコン

(1) 窓掛式（ウィンドウ型）ヒートポンプの構造

家庭用のエアコンは、当時是一体型の窓掛式であったが、いずれにしても、夏場の冷房時と、冬場の暖房時とは、切り替えが必要となる。この切り替え方式に、冷媒回路による切り替えと空気回路による切り替

え方式がある。冷媒回路切り替え方式とは、エアコンの室内側と室外側の風路は変えずに、冷媒の流れを逆にするものであり、空気回路切り替え方式とは、エアコンの据え付け方を室内・室外と一転させる方式である。そして出来上がりの製品の大きさと、空気の漏えい等の点から冷媒による切り替え方式が優位となり、以後の製品は、すべてこの方式となったが、この場合は、図6.18¹⁹⁾のような、密閉型の小型四方弁の開発が必要となった。このヒートポンプの原理図を図6.19²⁰⁾に、また構造図を図6.20²¹⁾に示す。

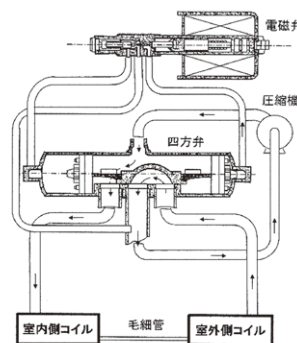
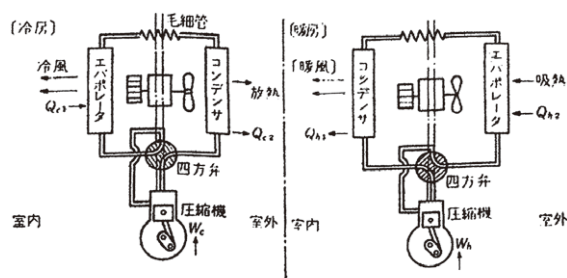
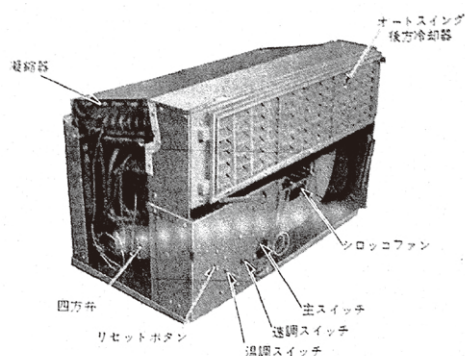


図 6.18 ヒートポンプ用四方弁



ヒートポンプ式 ウィンダ 原理図

図 6.19 ヒートポンプ原理図



RBH 形 ヒートポンプ式 ウィンダ 内部構造

図 6.20 窓掛型ヒートポンプ構造図

(2) 外気温度と暖房能力

外気温度が低下するにつれて暖房能力が低下することは、原理的に避けられないが、図6.17のように、

外気温度が -5°C になると成績係数（暖房能力 / 全入力）は、1.0 となりヒートポンプのメリットがなくなり使用限度となる。

さらに実用的には、 0°C 以下で始まる着霜の問題がある。着霜量が多くなるとともに、室外側の風量は減少し、ついには氷結に至り、暖房能力も室外側の風量の減少に連れて低下し、非常に少なくなる。

このような低外気温時の能力低下の改善が、ヒートポンプ暖房の開発技術の最重要点である。

6.2.3 寒冷地向けヒートポンプエアコン

(1) 寒冷地での期待

空気熱源方式のヒートポンプエアコンは、原理的に低外気温度では能力が低下するので、業務用も、比較的温暖な地域でのビル、店舗で普及している。しかし、北海道、東北等の外気温度が $-10 \sim -15^{\circ}\text{C}$ となる寒冷地では普及していない。これは、外気温度の低下に伴い大幅に暖房能力が低下し、室内機の吹き出し温度が低下することや、除霜時の冷風感が不快であることからこれらの地域に受け入れられていなかった。しかし、業務用としては、使い勝手の良い全電気式の空気熱源式ヒートポンプの製品化への期待は大きかった。

(2) 寒冷地向け業務用ヒートポンプエアコンの特徴

業務用エアコンは特に利便性に富んだ電気エネルギーに統一したため、ヒートポンプ方式の持つ下記のような弱点の克服が最優先であったし、期待も大きかった。

① 幅広い暖房運転範囲と十分な暖房能力

スクロールインバータ圧縮機に液インジェクションサイクル（図 5.9 参照）を採用し、日立製作所が燃焼器や電気ヒータを使用することなく低外気温度での大幅な暖房能力向上を実現した。図 6.21²²⁾ にその効果を図示する。

② 寒冷地方に最適な冷暖比 1.2 以上

③ 省工事、省スペース性

電気のみで暖房、冷房運転を可能にしたので、施工時の工事、設置スペースを低減した。

④ 省エネルギー、低ランニングコスト

高効率スクロール圧縮機に液インジェクションサイクルを付加し、 $30\text{Hz} \sim 115\text{Hz}$ のインバータ制御により、外気温度 -15°C での COP1.6 を確保し、年間エネルギー消費量を 15% 低減し、低ランニングコストを実現した。

⑤ シングル機とマルチ機と製品系列を豊富にできること。

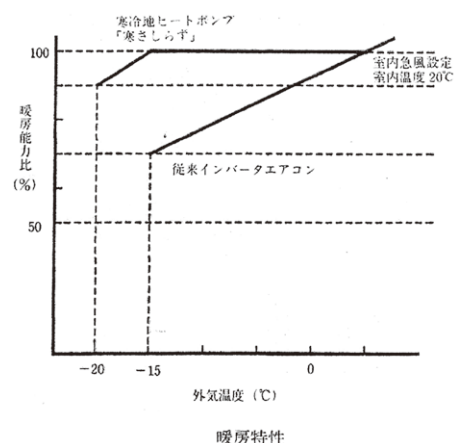


図 6.21 寒冷地向けヒートポンプの効果

(3) 寒冷地向けヒートポンプの開発技術

① 寒冷地向けヒートポンプの回路

図 6.22²³⁾ に冷凍サイクルを示す。冷凍サイクルは従来のものと変わらないが、暖房サイクルは、図の中の実線部分で冷凍機にて実績のある液インジェクション方式を開発した。この暖房能力の増加分を図 6.23²⁴⁾ のモリエル線図に示す。この図で暖房に寄与する冷媒循環量は低圧側から吸入される冷媒量 G_s と圧縮機の中間室に吸入される液インジェクション量 G_j の合計となる。このために従来の方式に比較して、液インジェクションする量だけ暖房能力が向上する効果がある。この他にも、圧縮機運転周波数の増加、室内室外機の熱交換器の伝熱面積比率の最適化等を織り込んで、図 6.21 のような暖房特性が得られる。

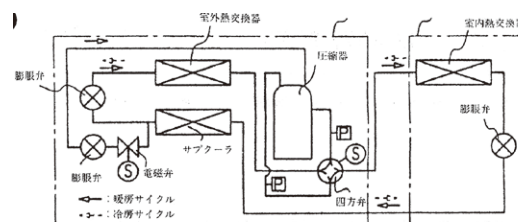


図 6.22 寒冷地向けヒートポンプの冷凍サイクル

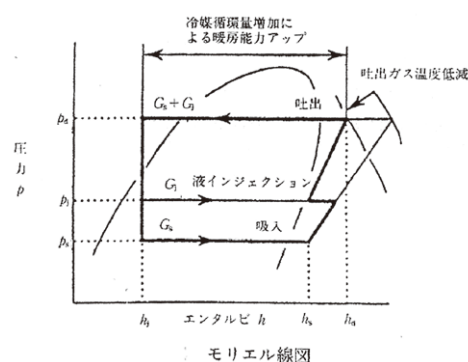


図 6.23 インジェクションのモリエル線図

② 液インジェクション圧縮機

冷凍機として実績のある液インジェクション圧縮機を、業務用エアコン用として新規開発した。この新しい液インジェクションスクロール圧縮機（液インジェクション技術については図 5.9 参照）は、従来のヒートポンプ機に比較して、低温運転範囲を拡大したことにより、従来よりも、高圧縮比で使用できる構造とした。

③ 液インジェクション回路及び制御

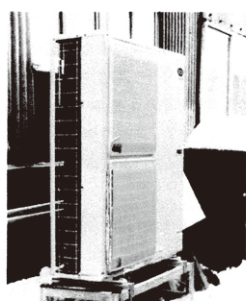
液インジェクション流量は、目標吐出温度に対して制御される。液冷媒は、サブクーラにより、十分冷却された後、インジェクションされる回路構成とした。

④ 外気低温時の除霜性能

氷点下での室外熱交換器の除霜時に発生するドレン水は、排出時に機内に氷結するため、熱交換器下部にサブクーラを配置し、ドレン水の機内への再氷結を防止した。

⑤ 快適性の向上

快適性の向上には、室内機吹き出し温度を高く維持するための高圧圧力一定制御、除霜時の冷風感を無くすために、室内ファン停止除霜方式とした。図 6.24²⁵⁾に業務用エアコンの外観を示す。



寒冷地向けヒートポンプ式パッケージ

図 6.24 寒冷地向業務用エアコンの外観図

6.2.4 雪国用ヒートポンプ BAHP

マイナス 20℃まで使用できる雪国寒冷地向け業務用ヒートポンプとして、BAHP (Burner Assist Heat Pump) が開発された。これは、通常の冷凍サイクルによる冷暖房運転のほかに、低外気温時には、室外機に内蔵されている油炊きバーナーにより冷媒を加熱し、圧縮機により熱を室内に搬送するものであり、いわゆる BAHP 運転が可能なエアコンである。

通常のヒートポンプは、外気の熱を熱交換器により汲み上げる方式であるため、外気が低くなるに従い、暖房能力は低下するという特性を持つので、東北・北海道などの寒冷地では、暖房はオイルファーンネスで、また冷房は冷房専用のエアコンでという組み合わせが

主流である。三菱電機は、外気温度に関係なく高暖房能力が得られ、従来冷房機・暖房機を別々に必要としていたものを、1 台で 3 役（冷房、ヒートポンプ暖房・FF 暖房）をこなす経済性の高い空調機として開発した。従って北国の真冬も春・夏・秋も全部快適「10 カ月エアコン」となる。燃焼バーナーユニット構造図を図 6.25²⁶⁾に示す。

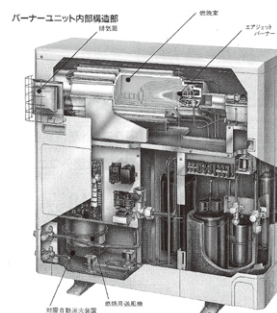


図 6.25 バーナーユニット

(1) BAHP 方式の特徴

代表的な機種についての特性事例を示すと下記のようになる。

① 冬・夏だけでなく 10 カ月使える暖冷房

12,000kcal/h (14kW) の大能力オイルヒートポンプ暖房と 6,700kcal/h (7.8kW) のヒートポンプ経済暖房で 8.5 カ月の暖房と夏の冷房 1.5 カ月を加えて年間 10 カ月も快適で経済的な冷暖房が得られる。(北海道地区)

② マイナス 20℃でも FF と同じ強力暖房

暖房サイクルに新方式オイルヒートポンプを採用している。冷媒加熱方式であるため外気温度の影響を受けずに 12,000kcal/h の高暖房能力を発揮する。

③ 外気温度で経済的な暖房運転自動切り替え

外気温度が低くなれば、オイルヒートポンプ運転で、高くなれば通常のヒートポンプ運転へ自動的に暖房運転を切り替える。(標準セット 5℃、手動で 3℃・7℃切り替え)

④ 霜取り不要のオイルヒートポンプ暖房

オイルヒートポンプは冷媒加熱の暖房サイクルであるから、室外コイルを使用しないため暖房効果を妨げる霜取り作用はない。

⑤ 暖房効果を変えないヒートポンプ霜取り

通常のヒートポンプ運転における霜取り時には、室内暖房をオイルヒートポンプ運転に切り替えて室温を下げないで短時間に霜取りを行うことができる。

⑥ 業務用だから省スペース天吊りタイプ

室内ユニットは、薄型 24cm の天吊りコーナーを採

用し1台で冷専プラスFF暖房機並みの機能を発揮し、しかも業務用省スペースニーズを満足する。

⑦ 温風下吹き出しで暖房効果向上

室内ユニットは、下側からも一部吹きだす2ウェイ方式で、全開・半開・全閉の3段階方式の切り替えで、全開で、30%（半開15%）もの温風を下吹き出しとし、足元も温かくする。

⑧ 快適暖房の冷風ストップメカ

暖房開始時は配管温度を感知し常に温風でスタートする。室内サーモOFF時は、ファンを停止させる冷風ストップメカを備えている。

⑨ 手元で操作できる電子リモコン

操作は、リモートコントロールによる。運転切り替えから温風調節まですべて手元で操作できるIC制御の電子リモコンである。

⑩ 安心して使用するために

室外ユニットのバーナー適正燃焼と安全燃焼のために、灯油切れ検知、炎探知、耐震自動消火、異常過熱防止装置など安心して使用できるように各種保護装置が設置されている。

(2) BAHF 用バーナー

BAHF に使用されている燃焼バーナーは、FF 暖房に使用されているもので、一般の灯油バーナーとは異なり、灯油を一度霧化させて、気体の燃料として空気とよく混合させてから点火して燃焼させる方式であるため、点火・消火が都市ガスと同じようにスムーズにできて、臭いが出たり、不安定燃焼状態にはならない。燃焼バーナーと燃焼原理を図 6.26²⁷⁾ に示す。

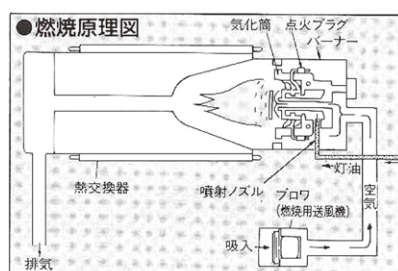


図 6.26 燃焼の原理

(3) BAHF 方式の暖房能力線図

バーナー燃焼時の暖房能力は、冷媒加熱方式のため外気温温度に関係なく一定であり、55℃の高温風で安定した高暖房能力を提供する。一方ヒートポンプ暖房は、外気温温度の低下とともに、暖房能力は低下し、-10℃が運転の下限である。これらの特性を図 6.27²⁸⁾ に示す。

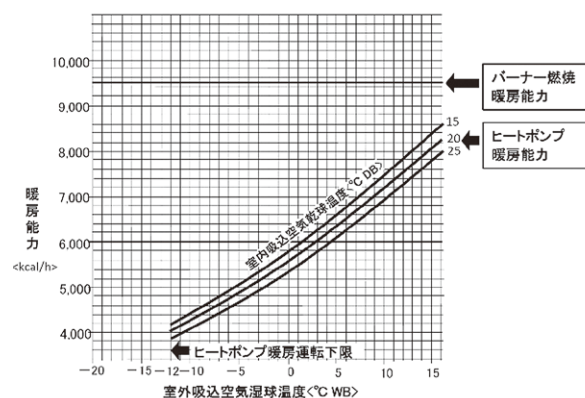


図 6.27 暖房能力線図

6.2.5 潜熱蓄熱利用ヒートポンプエアコン

(1) 冷凍サイクルの構成

ルームエアコンは、インバータ方式の導入により、年間を通しての主空調機として使用されてきている。しかし、ヒートポンプエアコンで、外気温が低く相対湿度が高い時に暖房運転を行うと、室外機の熱交換器に霜が付着し、外気から吸熱ができにくくなり暖房能力が大幅に低下してしまう。従って、熱交換器にある程度の着霜した時点で除霜運転を行う必要がある。しかし、除霜運転中は、暖房できないので、快適性の低下と消費電力の増加をきたしていた。潜熱蓄熱利用ヒートポンプは、小容量の潜熱蓄熱を利用して、除霜時間を大幅に短縮することで、快適性の向上及び消費電力の低減を図ることができるものである。開発は、パナソニックが開発した。

ヒートポンプの除霜方式は、除霜時に室内ファン及び室外ファンを停止し、四方弁を冷房サイクルに切り替えて運転する逆サイクル除霜方式が一般的である。この場合、逆サイクル除霜方式では、除霜用の熱源は、ほとんどが圧縮機入力であるのに対し蓄熱利用除霜方式では、蓄熱材からの吸熱が大きく、従って、除霜熱量を大きくとることができる。図 6.28²⁹⁾ は、蓄熱利用除霜方式の冷媒回路構成を示し、図 6.29³⁰⁾ はこの冷媒回路構成時の蓄熱部を上から見たものである。

この例においては、蓄熱槽を圧縮機の周囲に取り付け、圧縮機の外周面と蓄熱槽の内周面を面接触させる。これにより、暖房運転中、従来は圧縮機から外気へ放熱されていた廃熱を熱伝導により蓄熱槽内の潜熱蓄熱材に熱エネルギーとして蓄える。そのとき、冷媒は図 6.25 の実線で示すように流れるが二方弁は閉のまま、蓄熱交換機には冷媒は流れない。除霜運転時には、冷媒は、破線のように流れる。すなわち、四方弁を冷房サイクルに切り替え、電子膨張弁を全閉、二方弁を開にすることで、圧縮機から吐出された高エン

タルピーの冷媒が室外熱交換器へ流れて除霜に利用された後、二方弁を通過して熱槽内の蓄熱熱交換器に流入し、ここで、蓄熱材に蓄えられた熱エネルギーを吸収して再び圧縮機に吸入される。蓄熱用熱交換器は、フィンアンドチューブ熱交換器を用いている。

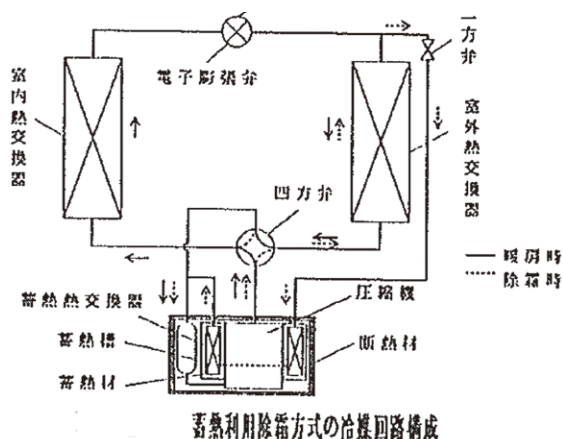


図 6.28 冷媒回路構成図

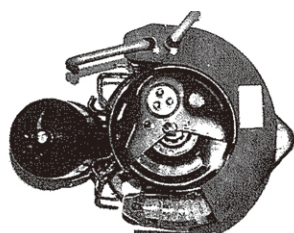


図 6.29 圧縮機と蓄熱材

(2) 技術開発目標

蓄熱材を含めた圧縮機は全体の容積が問題になり、できるだけコンパクトにし、できれば室外機の寸法変更は避けることが望ましい。その許された容積・構造の中で除霜時間がどのくらい短縮できるかが問題である。まず、開発の目標として、蓄熱利用除霜方式を行うと除霜時間を逆サイクル除霜方式の場合の1/4～1/5に短縮することができるかが市場性のある目標として考えられた。

実験的に、圧縮機と蓄熱材との熱交換量は、運転開始から約1時間で、潜熱と顕熱合わせて約340kJ蓄熱ができることがわかった。そして、実機において、熱収支を計算すると、従来は、約1時間最大能力で運転した場合6～7分を要していた除霜時間を1.5分に短縮するために必要な蓄熱量は、180kJであり、熱収支上の可能性は確認できた。

(3) 蓄熱材の選定

蓄熱材については、体積当たりの蓄熱量が大きいこ

と、熱的・化学的に長期間安定していること、蓄熱槽、蓄熱熱交換器の構成材料に対して腐食・溶解性がないこと、融点が必要な温度範囲にあること、毒性・危険性がないこと等が選定条件となってくる。それらの結果、最終的に候補としては、パラフィン、ポリエチレングリコール、酢酸ナトリウムの3種が選定された。そのうち、酢酸ナトリウムは相分離の発生、ポリエチレングリコールは熱安定性の問題から、結局パラフィンが選ばれた。

(4) 立ち上がり時の効果

このシステムは、除霜時間の短縮による快適性の改善と蓄熱槽を圧縮機周面に設置することで保温効果があり、図6.30³¹⁾のように温風吹き出しまでの時間が短縮し快適性の上昇に貢献する。

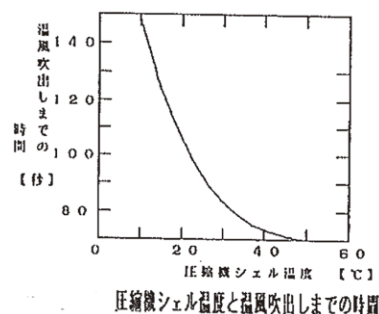


図 6.30 立ち上がり時の暖房効果

6.3 気流制御による爽快性改善

近年の電子化技術の発展による制御性の高度化は、空調面においても、革新的改善に貢献している。ここでは、空調機本来の快適性の改善以外の清潔性・衛生性等の空気の質の改善にも言及していく。

6.3.1 消費者の使用実態と不満

エアコンの省エネルギーを進めるためには、機器の省エネルギーとエアコンの使われ方の省エネルギーとの両面がある。前者については、省エネルギー法のトップランナー制度の推進もあり、国際的にも我が国の機器は優位で先進的であるといえる。しかし、使い方の面では、使用者の意識向上が不可欠であるが、使用者の実態からいえば改善の余地が大きい。例えば、エアコン使用時の設定温度について調査してみると、政府推奨の設定温度は、冷房28℃、暖房20℃であるが、実態としては、この温度を順守している人は、冷房で44%、暖房で9%と大きな乖離がある。今後は、

使用者の意識の向上を単に待つだけではなく、製品としても、自動的に省エネルギー運転ができるようソフトウェアの面でも改善する必要がある。

また、近年は、住宅のリビングルームの大型化、LDKの増加により、需要も大容量化している。しかし、一方、市場では快適さに対する不満が強い。これらの原因は、「適正な位置に風が向かない」「風の強さが適正でなく、必要な所を空調出来ない」であり、また、近年では、住宅の高天井化が進み、「温風が足元まで届かない」といった状況が発生している。これまでは、部屋全体を空調するという事に視点を置いてきたが、リビングルームの場合、家族が集まっている場所や一人にいる場合等、生活シーンに応じて快適にしたいエリアを中心に快適にすることができれば、無駄な空調をする必要がなく、一層の快適性と省エネルギーが図れることになる。

6.3.2 新たな視点からの爽快性と省エネルギー

新しい視点からの空調とは、「人中心の空調とはどういう事か」から考えることであり、三菱電機が先行して展開したものである。

(1) 人の位置と距離がわかるパノラマアイ

人中心になってくると、当然、人がどこにいるかがわからないと最適な空調はできないので、人の位置を検出するセンサーとして、パノラマアイが開発された。図 6.31³²⁾ に示したのがパノラマアイである。これは、2つのセンサーを使って、3つの方向を判断しようとするもので、センサーの検知エリアを重複させることで、人の動きによる遠赤外線エネルギーの変化でセンサーの出力波形が変化し、この波形の変化からどこに人がいるかを判断している。そして、人の位置に合わせて風の流れを制御する。このセンサーの優れたところは、位置ばかりでなく距離もわかることで、遠い

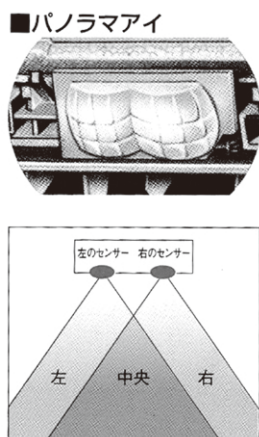


図 6.31 3方向からの判断

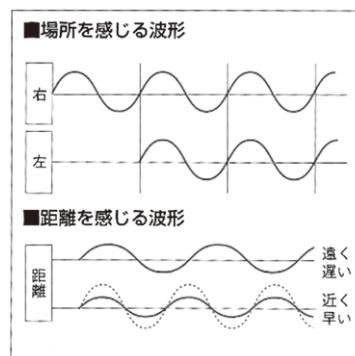


図 6.32 位置と距離の検出

ところにいれば波形が長い波長となり、近くにいるときは短い波形となる。波形の違いを図 6.32³³⁾ に示す。

(2) 人のいる位置と周辺の 壁・床の温度がわかる人感ムーブアイ

従来の部屋全体を均一にという考え方から、人中心の爽快性をもとめるアクティブな制御により、爽快性の向上とともに、極めて高い省エネルギー効果が得られる技術が人感ムーブアイ技術であり、その機能図を図 6.33³⁴⁾ に示す。エアコンの暖房は、足元が寒いという不満を持つユーザーが多いが、これは、足元までしっかり温風が届いていないからである。この不満を解決するためには、人がいる床面の温度を検出し、適正な気流や温度を制御する機能が要求される。また、人がいる場所を中心にエリア空調を行い無駄なエリアの空調を制御するためには、部屋に存在する人の位置を見分ける機能が要求される。

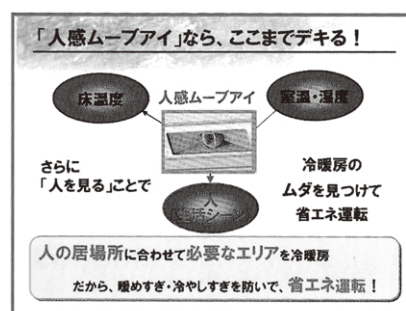


図 6.33 人感ムーブアイの機能

これらの課題を解決するためには、人のいる床面の温度分布と、人のいる位置とを同時に見分けるセンサーの開発が必要である。この方式は、エアコンから離れた7か所の温度測定をしながら回転駆動することによって、合計462か所の温度測定を可能にした。そして、その熱画像から床温度に加えて人体位置も検出するサーモバイル形赤外線センサーを設置した。この

■ムーブアイ動作 イメージ

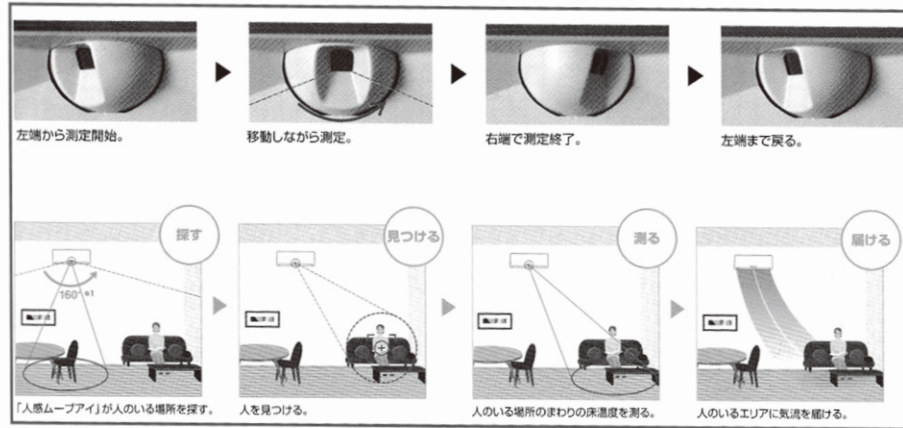


図 6.34 人感ムーブアイの動作図

センサーによる左から右への動作を示すのが図 6.34³⁵⁾にである。この技術は、前記のパノラマアイの進化したものであるとして、三菱電機が実用化した。

(3) 人感ムーブアイの効果

① 爽快性について

この人感センサーによって、室温や床温度に加えて人のいる場所を見つけて、自動的に人の生活エリアを中心としたエリア空調することが可能となり、温風が足元まで行き渡る快適な空調となる。このために、図 6.35³⁶⁾に示すように、暖房では、常に足元までしっかり温かい気流が到達し、さらに必要なエリアのみ空調できることがわかる。

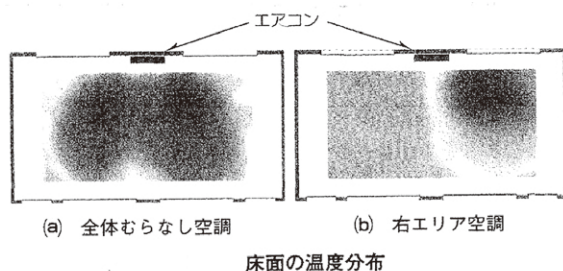


図 6.35 床面温度分布の改善

② 省エネルギー性について

このように快適性を高めることによって、無駄な温度設定を抑制することで、約 30%の節電効果が確認された。また、部屋に一人である場合には、人のいる位置を中心に空調するので、部屋全体を空調する場合に比較して、約 10%の節電効果が確認された。さらに、人の在、不在を検出する機能の展開として、人がいなくなると能力を抑えた不在省エネルギー運転をする機能も搭載しており、この場合はさらに 10%の節電効果が得られる。

6.3.3 フィルターの自動清掃化技術

エアコンの爽快性維持のためや、空気質の向上のためにも、防塵フィルターを常にきれいにしておくことは極めて重要であるが、エアコンユーザーへの調査では、図 6.36³⁷⁾のように、フィルター清掃への不満が最も高く、「掃除が面倒」「取り外すのが大変」等の不満が高いし、十分に清掃されていないのが現状である。この調査に基づいてパナソニックがフィルター自動清掃化技術を開発した。

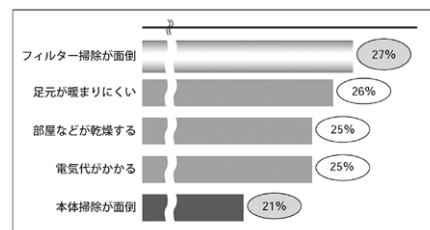


図 6.36 ユーザ調査結果

(1) システムの概要

開発の狙いとしては、いつでも手間なしで、いつもきれいで、いつも省エネで、いつも静か度としており、とにかくメンテナンス不要なものにすることである。

それは、ホコリをためておき、定期的に捨てる必要がなく、メンテナンスを不要とするために、図 6.37³⁸⁾に示すようなシステムとした。すなわち、フィルター面に沿って左右に移動しながらフィルター上のホコリを吸引するノズルと吸引したホコリを室外へ排出するファンユニットから構成され、ノズルとファンユニット間を、U 字状の吸引ダクトでつなぎ、ファンユニットと室外との間を換気ダクトでつないでいる。

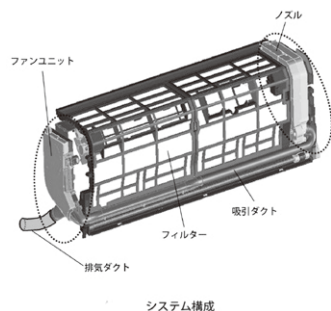


図 6.37 清掃システム

(2) ホコリ除去技術

エアコンフィルター上のホコリを調査すると、ホコリの大半は、微細な繊維片であることがわかったが、なかには長繊維を含みフィルターの繊維に絡みつくものがあり、吸引のみの掃除では難しいことがわかった。このようなホコリを除去するためのメカニズムは図 6.38³⁹⁾ に示すようなものである。これは、ノズルの進行に伴い、吸引口後方のパッドがフィルター面のホコリをこすり取って剥がし、浮き上がったホコリを吸引口からノズル内部へ吸引する。この際の、吸引口の風速は、掃除機並みとなっている。本システムのパッドは、通常の掃除機の吸引ノズルについているブラシの役割をするものである。しかし、掃除機とは異なりメンテナンスのできないエアコン室内機の中で用いるため、ホコリが付着したり、絡んだりしない材質、形状であることが必要不可欠であり、一般的なブラシ形状は用いられない。これらの要件を満たし耐久性にも優れたものとして、スポンジ状のシリコンフォームで台形状に成形したパッドを開発した。

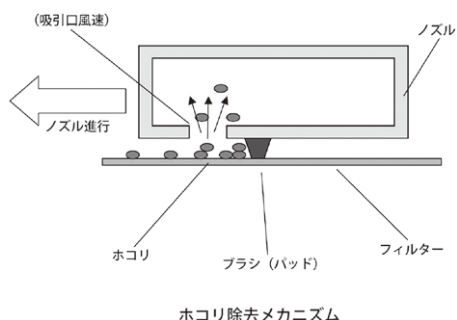


図 6.38 除塵メカニズム

(3) コンパクト・低騒音化の技術

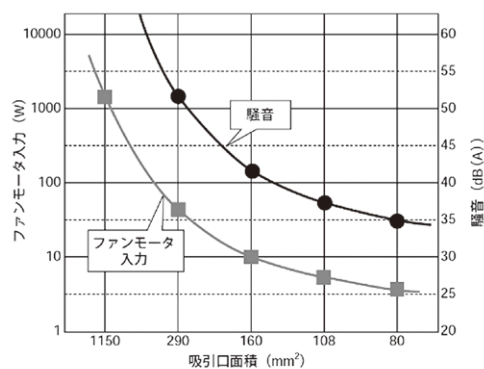
① ノズルの開発

システムのコンパクト性と低騒音性を考慮しつつ、風量増加を抑えながら吸引力を確保することが重要となる。その手段として、吸引口の面積を小さくすることが必要となる。図 6.39⁴⁰⁾ のような吸い込み口面積

とモータ入力・騒音値のデータから吸い込み面積を決定し、この決められた吸い込み面積での吸い込み口を上下に切り替えながらノズルをフィルター上にて左右に往復させるメカニズム開発が必要となる。

② 薄型ファンユニットの開発

ファンユニットは、エアコンの限られた筐体内に搭載するため、幅寸法を 30mm 以下にすること、吸引したホコリを排出する吸引清掃機構と、室内空気を室外に排出する換気機能を 1つのファンで兼用することが必要となる。そのため、低風量で高圧が必要な吸引清掃時と、それに比べて低圧ながら大風量を必要とする換気時の二つの動作を低騒音で両立させる必要がある。このために騒音性能が優れた小径薄型のシロッコファンを開発して高速で運転するとともに、低騒音高出力の小型ブラシレスモータを開発し、2つの動作を切り替えるダンパーを装備した。これを図 6.40⁴¹⁾ に示す。



吸引口面積と入力、騒音の関係

図 6.39 吸い込み面積の決定

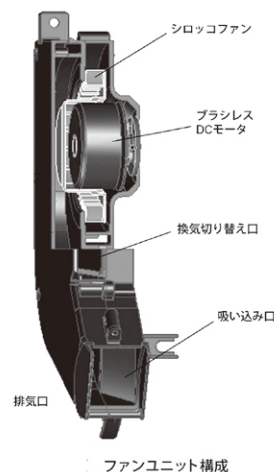


図 6.40 ファンユニット

(4) 得られた効果

開発から得られた効果は、単に手間いらずというだけでなく、フィルターが常時きれいに保たれていることにより、次のような効果が得られた。

① フィルター面の清潔性の維持

図 6.41⁴²⁾ の上図は、約 1 年間清掃していないフィルターと、フィルター自動清掃機により掃除されたフィルターのホコリ付着状態を比較したものである。また下図は、両者のカビの繁殖状態を比較したものであり、フィルター清掃によりカビの繁殖が抑制され、常時フィルターが清潔に維持されていることがわかる。

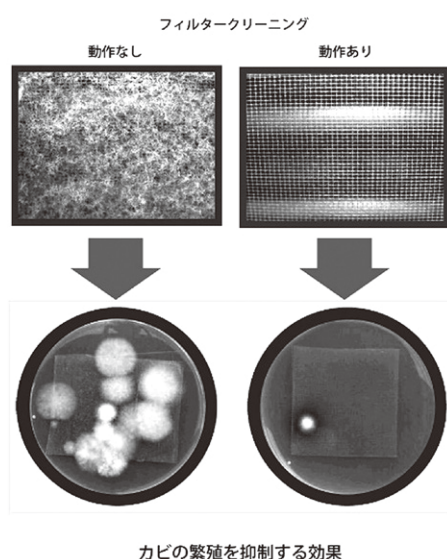


図 6.41 清掃の効果

② 電気代の節約

フィルターにホコリが付着し、室内機の風量が低下すると、エアコンの COP（能力 / 消費電力 Coefficient of Performance）は大きく低下する。従来、フィルター清掃を 1 年間しなかった場合、暖房時の場合 COP 低下により、約 25% もの電気代が高くなり、省エネの面でも効果は大きい。

③ 爽快性の維持

エアコンは、フィルターにホコリが多く付着した状態では、室内機の風量が低下する。図 6.42⁴³⁾ は、暖房時の温度分布であるが、フィルター清掃を 1 年間しなかった場合、風量の低下で、足元まで暖気が届かなくなっているが、フィルター清掃されているエアコンでは、1 年後においても、購入時と変わらない快適な室温分布が維持されている。

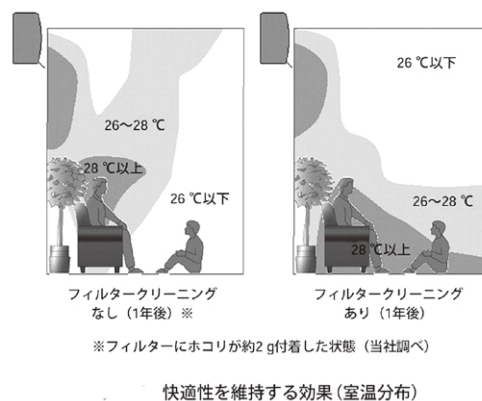


図 6.42 除塵による快適性

6.3.4 空気質の高度化技術

エアコンの本来の目的は、居住室の空気温湿度の適正化であるが、さらに一歩踏み出して、空気質の改善機能を取り上げた製品が開発された。その流れは電気集塵機機能を付属するもの、マイナスイオンを発生させるもの、室内空間からダニ、カビ胞子、浮遊菌インフルエンザウイルス等の除菌性能を有するものも登場した。これらの方法は、除菌フィルターによるものからオゾンシャワーによるものまで多様である。

(1) 電気集塵機搭載によるもの

これまでは、工業用装置としてのみ存在していた電気集塵機を劇的にコンパクト化し、エアコンに搭載できるようにし、エアフィルターでは取り除けないタバコの煙 / ヤニ等の微粒子を図 6.43⁴⁴⁾ ように、コロナ放電空間でプラス帯電させ、アース電極である集塵板へ吸着させる。冷房オフシーズン中も、単体の空気清浄機として使用可能であり、その性能は、適用畳数 8 畳の集塵能力を持つものであった。これが開発された 1981 年は世界で初めて受動喫煙の害が提唱された年であった。開発は東芝キャリアが先行した。

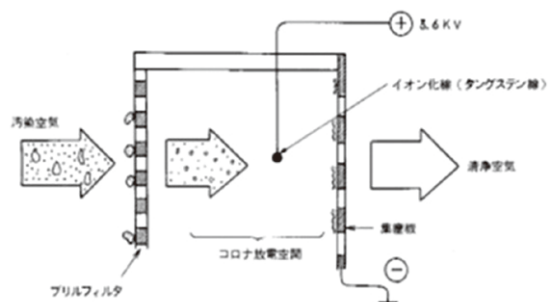


図 6.43 電気集塵方式

さらに、よりコンパクト化と通風抵抗の低減という両立しにくい特性を両立させるために、2 段式集塵仕

様の集塵機を開発した。この模式図を図 6.44⁴⁵⁾ に示す。左側の 1 段目のイオン化線による高圧放電でプラス帯電したタバコ・花粉等の微粒子を、右側の 2 段目に対向設置された高圧プラス電極板とアース電極である集塵板の間を通過する際に、強制的に集塵板側に付着させる仕組みである。運転停止中にエアコン内部で発生するカビの繁殖防止等、エアコンから汚された空気を吹きださず、室内空気を清潔に保つという空気の質への配慮は、「花粉症」が一般的に話題となる時代の背景もあり、市場から評価された。図 6.45⁴⁶⁾ に JEMA 基準に基づく粉塵減衰曲線を示すが約 1 時間でタバコの煙は 99% 除去できる。

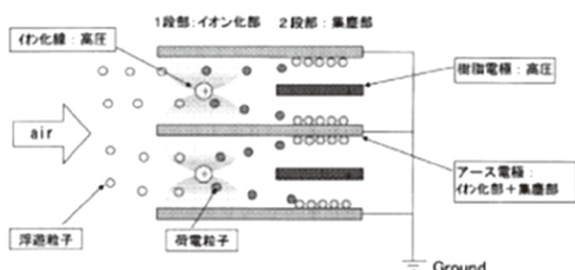
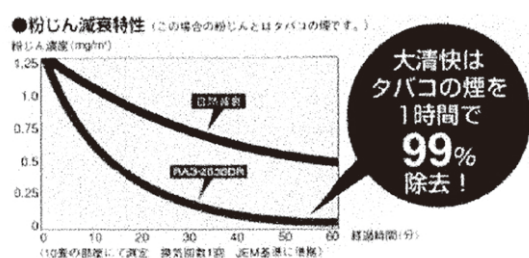


図 6.44 2 段階式集塵システム



JEM 基準に基づく粉塵減衰特性

図 6.45 JEMA 基準粉塵減衰特性

(2) マイナスイオンによるもの

空気の質の改善は、時代の流れに沿ってマイナスイオン発生により、さらに進化した。この時代、森林浴や噴水 / 滝つぼの近くでのマイナスイオン効用説が話題となり、エアコンの爽快性、すなわち快適性と健康性の向上にも有効として採用された。マイナスイオンは、空気中に浮遊塵等の生活微粒子があるとたちまち中和され、消えてしまう。エアコンでは、マイナスイオン発生機の上流で、本格的空気清浄機により、タバコの煙 / 花粉などの微粒子を取り除き、清浄に保った吹き出し空気によってマイナスイオン効果を持続できるようにした。その効果を図 6.46⁴⁷⁾ に示すが東芝キャリアが製品化した。

この図からわかるように、マイナスイオンの効果は、疲労軽減、リラックス度高揚、緊張感の低減等多

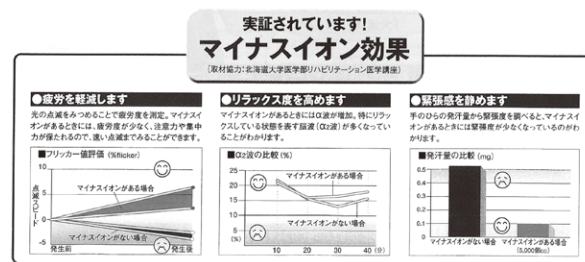


図 6.46 マイナスイオン効果

様である。

(3) オゾンシャワーによるもの

オゾンシャワー洗浄とは、自動でエアコン内部をクリーンにするものである。エアコンが運転停止後に

エアコン内部を乾燥させて、カビの発生を防ぐので、常時設定しておくで運転「切」で運転を停止した時と切タイマーで運転停止した時、内部クリーン運転が自動的に作動する。これにより、運転停止後、熱交換器やファンに付着しているカビ菌をプラズマ放電で発生した低濃度のオゾンで壊す。このメカニズムを説明したものが図 6.47⁴⁸⁾ であり、三菱電機が開発した。

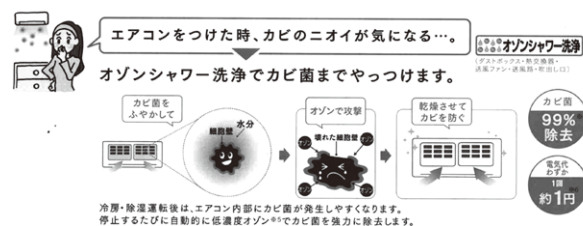


図 6.47 オゾンシャワーによる清潔化

(4) 脱臭機能付きによるもの

室内空気中のニオイを除去する脱臭装置付きのもので、生ゴミ、ペット、タバコなど気になるニオイを脱臭エレメントが吸着し、飽和状態になると自動的に通電して臭いを分解し、脱臭剤を再生する再清脱臭方式をパナソニックが開発した。

再清（再生）のメカニズムについては、脱臭剤を再生するメカニズムを図 6.48⁴⁹⁾ に示す。また、脱臭剤

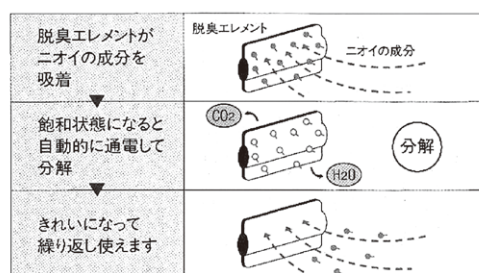


図 6.48 脱臭剤の再生

の特性としての脱臭剤単体臭気性能特性を臭気成分アンモニアとしたときの比較テスト結果を図6.49⁵⁰⁾に示す。

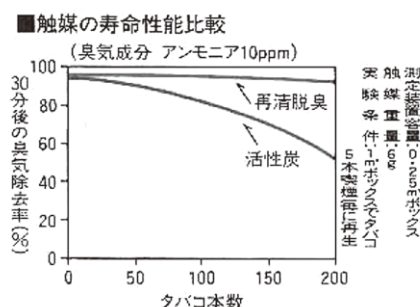


図 6.49 臭気測定

図 6.50⁵¹⁾ は触媒の寿命性能を比較したものである。

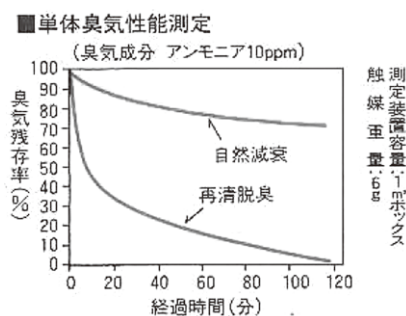


図 6.50 触媒性能比較

6.3.5 換気機能付セパレートエアコン

従来のセパレート型エアコンは、室内空気の新鮮度を確保するため換気機能はなかったが、換気のための給気機能と排気機能を持つエアコンを、2004 年日立製作所が製品化した。

(1) 換気付きセパレートエアコンの構造

セパレートエアコンの室内機に取り付けた給排気制御システムの機能構造図を図 6.51⁵²⁾ に示す。



図 6.51 吸排気機能構造図

(2) 換気機能へのニーズの高まり

近年、次のような理由で換気機能の重要性が高まってきた。

- ① 住宅の風通しが少なくなり家屋の密閉度が高くなる。
- ② 室内での人間活動が多くなり、建材や家庭用品から出る有害物質も増えている。
- ③ シックハウス症候群やアレルギーなどに悩む人が増えている。
- ④ 建築基準法の改正でクロルピリホス添加建材の使用禁止、ホルムアルデヒド添加建材の使用制限、常時換気可能な換気設備の設置義務化等の制度化が進んだ。

(3) 換気可能エアコンの効用

下記の使い方でそれぞれの効用が期待される。

① 給気と排気

窓を開けずに、部屋の空気をリフレッシュできる。窓を開けずに済むために虫も入らず外の騒音も気にならず窓を閉めたまま快適に眠れ、夜も安心して睡眠が健康的にとれる。

② 自動給排気

自動給排気（空気見張り）を設定しておけばエアコンが 24 時間部屋の空気をチェックし、常に新鮮空気が確保できる。

③ フレッシュ給気

エアコン運転中の閉め切った部屋では酸素不足になりがちだが、外から新鮮な空気を取り込むことにより自然と同じバランスの酸素濃度で快適に過ごせる。

④ おやすみ給気

おやすみ給気にセットしておくと、夏におやすみタイマーを使用するとき、運転停止後もエアコンが室温・湿度・外気温を見張り、外気温が室温より低ければ、涼しい外気を取り込み、夏の夜も快眠できる。

⑤ クリーン排気

空気清浄機能だけでは取り切れない CO₂ やホルムアルデヒドなどの汚れをクリーン排気が強力に排出し、部屋の空気をきれいにする。クリーン排気なら約 2 倍の速度で CO₂ を低減させる事例を図 6.52⁵³⁾ に示す。

⑥ 常時排気

常時排気機能を使用すれば、24 時間連続排気が可能となり、建材・家具等から発生するホルムアルデヒドなどもしっかり除去できる。これを図 6.53⁵⁴⁾ に示す。

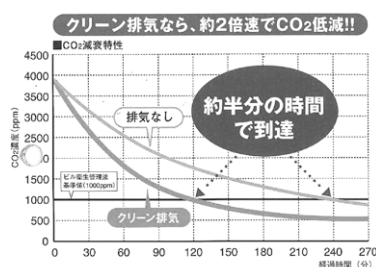


図 6.52 CO₂ 低減速度



図 6.53 常時排気

【引用・参考文献】

- 1) 日立評論 1967-8
- 2) 前掲同上書
- 3) 前掲同上書
- 4) 三菱電機技報 1982-11
- 5) 前掲同上書
- 6) 冷凍 1997-7 日本冷凍空調学会
- 7) 前掲同上書
- 8) 前掲同上書
- 9) 前掲同上書
- 10) 前掲同上書
- 11) ダイキン工業カタログ
- 12) kansenyobou.net /
- 13) 空気調和・衛生工学論文集 2013-9
- 14) 前掲同上書
- 15) ダイキン工業カタログ 1999
- 16) 前掲同上書
- 17) 前掲同上書
- 18) 三菱電機技報 1962-4
- 19) 前掲同上書
- 20) 前掲同上書
- 21) 前掲同上書
- 22) 冷凍 1998-6 日本冷凍空調学会
- 23) 前掲同上書
- 24) 前掲同上書
- 25) 前掲同上書
- 26) 三菱電機カタログ 1983
- 27) 前掲同上書
- 28) 前掲同上書
- 29) 関信蓄 熱工学 森北出版
- 30) 前掲同上書
- 31) 前掲同上書
- 32) 三菱電機技報 2007-6
- 33) 前掲同上書
- 34) 前掲同上書
- 35) 前掲同上書
- 36) 前掲同上書
- 37) 松下テクニカルジャーナル 2005-8
- 38) 前掲同上書
- 39) 前掲同上書
- 40) 前掲同上書
- 41) 前掲同上書
- 42) 前掲同上書
- 43) 前掲同上書
- 44) 東芝 カタログ 2001
- 45) 前掲同上書
- 46) 前掲同上書
- 47) 前掲同上書
- 48) 三菱電機 カタログ 2008
- 49) パナソニック カタログ 1994
- 50) 前掲同上書
- 51) 前掲同上書
- 52) 日立製作所 カタログ 2004
- 53) 前掲同上書
- 54) 前掲同上書

7 エアコンビジネスとマーケティング戦略

企業が技術を革新し、製品化し、事業化するためには、MOT (Management Of Technology 技術経営) の考え方が不可欠である。製品化段階では「魔の川」、事業化段階では「死の谷」、産業化段階では「ダーウィンの海」をそれぞれ克服すべき障害としている。MOT では、特に事業化のために死の谷を乗り越えることを最も重要な課題としている。事業化とは、エアコンを企業の経営に貢献できる事業に育てることである。製品化は主にハードウェア (H/W) の問題であるが、事業化では技術以外の要素すなわちソフトウェア (S/W) の要素が不可欠となる。それがマーケティング戦略である。以下にマーケティング戦略についてエアコンでの実績を述べる。

7.1 ウェザーマーケティング戦略

家電品の激烈な販売競争を勝ち抜くためには、ビジネスの現場では、「景気」、「人気」、「やる気」の3つの気が必要だといわれていた。エアコン商戦ではもう一つの気「天気」が必要で、エアコン関係者は自虐的に「お天気やサン」と言われた。

名称は1956年にクーラーからJISが改訂されエアコンとなったが、主力のセパレート製品の半数以上がヒートポンプ冷暖房機=エアコンとなったのは、1980年代後半であった。ここで販売構成比では半分を超えたが、当初の製品の暖房能力は弱く、初冬や早春時以外には単独の暖房機とはなりえなかった。そのため冷暖房機とはいえ、消費者が実際購入するのは、図7.1¹⁾のような夏物製品の購入パターンであった。すなわちクーラー時

代は、扇風機並みに扱われ、購入時期はほとんど夏場集中型で、購入期間は1~2カ月であった。これが冷暖房機=エアコンになっても、その暖房能力のイメージから売れる時期は夏場が多く、あまりクーラー時代と変わらなかった。

図7.2²⁾年は最近のデータである。多少は改善されているものの、本質的には夏物である。暑くならないと買われないという事になり、その年の夏場が冷夏になるとエアコンは売れず、製品在庫はそのまま、次の夏まで残ることになり、ビジネスとしては大変つらいものになる。図7.3はエアコンの市場成長時に起こったエアンの販売台数の変遷である。この図の中で冷房専用機が主体であった1978、1979年は暑い夏であった。一転して1980年はまれに見る冷夏で、これが3年間続いた。対応する6-8月3か月の平均気温偏差(気象庁)は、各年カッコ内の通りであり1978年(+1.10)、1979年(+0.20)、1980年(-1.03)、1981年(-0.50)、1982年(-0.93)と、夏の暑さとの相関性の高さは図7.3に示すエアコン出荷台数に直接影響していることがわかる。(壁掛け・薄型化は製品要因)

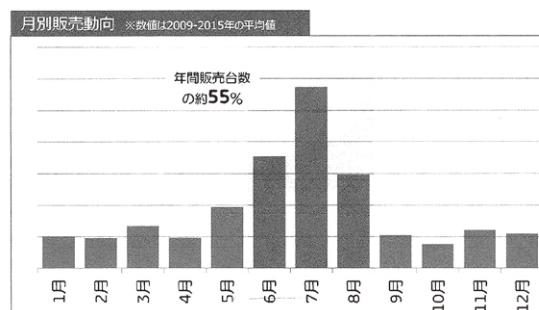


図7.2 近年の冷暖機の販売パターン

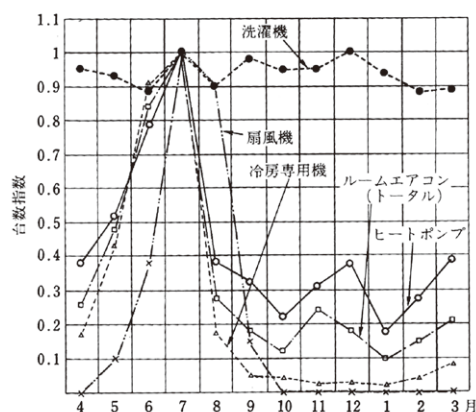


図7.1 各種家電品の購入時期

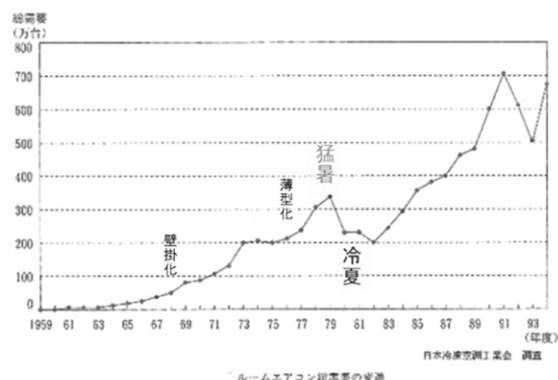


図7.3 エアコンの成長期の出荷量推移

近年のエアコン販売と気象データとの相関係数を図7.4³⁾に示した。エアコンを製造するための仕込み期間以上の気象予測が前もって可能になることが望まれる。家電品等のモノを作るための仕込み期間は、3か月ぐらいが常識であるから、三か月気象予測が精度よくできないといけない。現在の気象予測可能期間は、予測精度からいえば3日が限度である。ここで、ウェザーマーケティングが登場してくる。気象条件によりビジネスを展開している業界は、昔から第一次産業の農業・水産業では観天望気の経験の積み重ねで生きてきたが、製造業等の第二次産業では、まともに気象情報を利用しているところはなかった。1988年頃から時代の要望に応じて、気象庁の肝いりで気象協会と気象情報提供者と産業界とからなる気象情報利用者懇談会を設置して、第二次産業界での長期予報の情報活用を模索し始めた。この会の会長は前任の気象庁長官が当たり、副会長はエアコン業界から選抜されていた。当時でも、気象情報提供者の活用のためのノウハウは存在していたし、これに関するマーケティング会社も存在していた。しかし、最近まで関係各社の活動ぶりはあまり公開されていなかった。近年（2014年～）では、図7.5⁴⁾のように新しく気象情報を利用

した気候リスク管理を行うためのワークショップ「産業分野の気象情報利用のためのワークショップ」が気象庁中心に開催されている。近年の異常気象の頻発もあり、新しい視点でのウェザーマーケティングが産業の広い分野で本格化し始めている。

7.2 ブランド・マーケティング戦略

現代はICTの技術の進展により、あふれる商品情報から、好みのものを選択購入することができるが、家電製品が出回り始めた時代には、消費者が欲しい客観性のある商品情報を得る方法はなかった。当時（1960年頃）の欧米等の消費者先進国では、米国のConsumers Reportや英国のWhichとかの権威ある製品の評価に関する情報誌があったが、これに対応するのは我が国では出版物の「暮らしの手帖」（2016年NHK朝ドラ「とと姉ちゃん」で話題となった）であり、企業の広告は一切掲載せず、独自の信頼性の極めて高い商品情報などを提供していた。「暮らしの手帖」が独自に行うエアコン等の多くの家電品の消費者目線での製品テスト情報は、高い信頼性を得ていた。製造メーカは、各社の設計基準で製品を設計・製造するが、どうしてもメーカの目線になりがちであった。この「暮らしの手帖」社のテストのやり方や評価方法は、あくまでも消費者視点であり、製造メーカの製品の評価基準と多少ずれるところもあったが、この消費者目線の考え方を参考に取り入れて製品設計を行うと、この暮らしの手帖社の評価が「評価A」と当然高くなり、消費者の評価も高くなった。

他によるべき基準の無い消費者は、図7.6⁵⁾に示

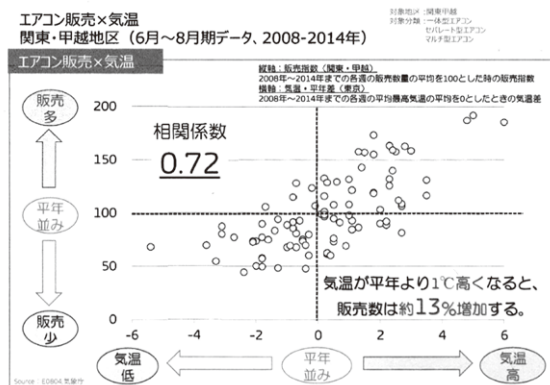


図 7.4 エアコン販売と気象の相関係数

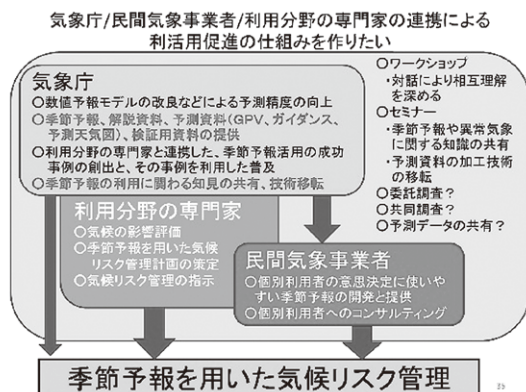


図 7.5 気象庁：気象情報利用のためのワークショップ



図 7.6 暮らしの手帖評価

す「暮らしの手帖」誌を片手に、大型量販電気店に行き、指名買いをするケースが多くなることになる。そして、各社の製品が併売されている量販店として消費者の満足感を満たし、実売価格は高く維持され、市場占有率の上昇につながるという企業のブランドマーケティング戦略そのものとなる。この評価は、約4年の間隔で評価・出版されるが、高評価が継続されると、市場におけるブランド評価は完全に定着する。そして、企業の対応は、著名な経済雑誌にも耐久消費財には珍しい長寿ブランド化できたブランド確立事例として紹介された。図7.6は暮らしの手帖（1979年版60号）のコメント欄に評価結果が示され、室内機・室外機の薄型化も重視されていることがわかる。

7.3 スペースマーケティング戦略

今回のエアコン技術の系統化のテーマは、3Sで整理してきた。この中のスペースセービング性技術の流れはスペースを主体にエアコンと家屋構造とのやり取りを考える家屋適合技術戦略＝スペースマーケティングである。日本の狭い国土面積、狭い平地面積、狭い

住居面積をフルに活用するために、人間工学的見地から検討し、マーケティングから生まれた「壁掛セパレート型」が、世界のエアコン市場9300万台の約75%とマジョリティを形成することになった。

図7.7⁶⁾に全世界の地域別エアコン需要（ルームエアコン・パッケージエアコン2010-2015年）を示す。地域別の特徴としては、北米のパッケージ比率が高く、空調は地域にもよるが暖房主体のセントラル式が多い。ルームエアコンの各国タイプ別需要は表7.1⁷⁾の如くセパレート型比率が約83%で、年ごとの大きな変動はない。世界のエアコン需要の35%を占める中国でもセパレート比率は約99%である。

また、セパレート（スプリット）型の室内機の取り付け形態別分類を表7.2⁸⁾すが、2015年時点で壁掛が約87.6%で圧倒的に多く世界の主流となっており、他は、床置型約1.4%、天井型（カセット・埋め込み・吊下げ）約1.0%となっている。これは、2015年4月から2015年10月半期実績の日冷貿易集計値（日本冷凍空調工業会提供）であり、世界各国の日本関連企業が出荷したルームエアコン統計値である。

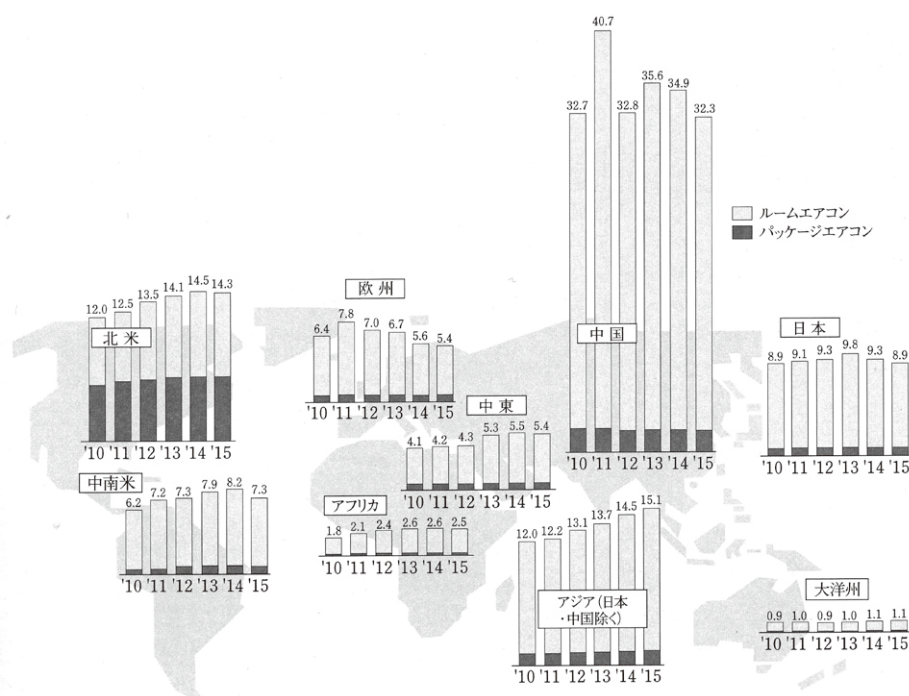


図7.7 世界の地域別エアコン需要

表 7.1 世界のルームエアコンの国別・タイプ別需要

(単位:千台)

(3) ルームエアコン内訳		2013年		2014年		2015年	
		ウィンド型	セパレート型	ウィンド型	セパレート型	ウィンド型	セパレート型
世界合計		14,193	69,563	14,384	68,781	13,879	65,510
日本			9,013		8,500		8,104
海外計		14,193	60,550	14,384	60,281	13,879	57,406
中国		348	33,124	325	32,461	303	29,945
アジア計		1,897	10,482	1,846	11,350	1,840	11,884
インド		747	2,699	703	2,971	705	3,142
インドネシア		14	2,139	9	2,189	9	2,100
ベトナム		3	953	2	1,176	2	1,544
タイ		5	1,067	3	1,200	3	1,265
韓国		12	656	12	656	11	656
台湾		215	686	216	744	205	754
マレーシア		4	817	5	806	5	784
フィリピン		405	203	418	210	425	226
パキスタン		50	533	40	600	38	606
香港		318	188	312	193	312	187
バングラデシュ		29	113	31	121	30	134
ミャンマー		4	113	4	170	4	170
シンガポール		5	135	5	130	5	125
カンボジア		1	77	1	80	1	84
スリランカ		25	48	25	49	25	52
その他		60	55	60	55	60	55
中東計		2,480	2,187	2,494	2,349	2,360	2,339
サウジアラビア		1,385	666	1,385	678	1,300	680
UAE		330	240	320	257	320	274
イラン		218	197	196	323	192	343
イスラエル		10	388	10	388	10	408
オマーン		154	107	164	118	158	122
カタール		160	81	170	82	156	94
クウェート		90	73	92	74	92	81
イラク		63	223	83	207	59	115
バーレーン		31	39	31	35	30	35
レバノン		1	61	1	69	1	68
その他		38	112	42	118	42	119
欧州計		104	5,944	90	4,884	76	4,655
ロシア		33	1,738	29	1,320	19	842
イタリア		6	909	5	726	6	815
トルコ		0	944	0	700	0	708
スペイン		9	404	6	371	5	506
フランス		5	274	4	271	4	320
ギリシャ		0	219	0	170	0	177
ウクライナ		7	318	4	221	4	174
イギリス		1	72	1	83	1	79
ドイツ		4	80	4	81	4	88
ルーマニア		1	95	1	79	1	84
ブルガリア		1	92	1	85	1	89
ポーランド		1	55	1	62	1	65
ポルトガル		0	59	0	58	0	60
ノルウェー		0	59	0	54	0	55
スウェーデン		0	50	0	54	0	52
オランダ		0	34	0	35	0	36
その他		36	542	34	514	30	505
北米計		7,372	522	7,647	590	7,400	707
米国		7,303	451	7,578	514	7,335	623
カナダ		69	71	69	76	65	84
中南米計		1,568	5,577	1,564	5,829	1,483	5,100
ブラジル		781	3,028	758	3,270	685	2,664
アルゼンチン		124	1,124	118	1,143	116	1,050
メキシコ		261	586	271	611	281	566
ベネズエラ		92	257	83	228	74	229
コロンビア		46	124	48	142	48	164
パナマ		24	127	30	111	30	111
キューバ		91	13	100	14	100	14
ペルー		25	74	24	73	24	73
プエルトリコ		41	42	40	42	33	31
エクアドル		23	74	23	75	23	75
チリ		24	54	24	42	24	42
ジャマイカ				23	20	23	20
その他		36	74	22	58	22	61
アフリカ計		351	1,943	347	1,990	352	1,915
エジプト		75	621	76	641	80	638
ナイジェリア		83	450	92	475	92	425
南アフリカ		25	133	25	148	26	137
アルジェリア		37	155	34	157	34	146
リビア		15	171	13	143	13	143
モロッコ		3	117	3	119	3	119
ガーナ		1	83	1	83	1	83
チュニジア				1	43	1	43
その他		112	213	102	181	102	181
大洋州計		73	771	71	828	65	861
オーストラリア		69	687	68	743	62	768
ニュージーランド		3	79	2	80	2	88
その他		1	5	1	5	1	5

*「アジア計」は日本と中国を除くアジアの需要合計 * 期間は1～12月の暦年 * 2014年については必要に応じ見直し、修正した。
 * 2012年よりパッケージの内数として、VRFの推定需要台数を参考値として記載。なお国別の数値については需要が3000台以上と推定される国のみを対象に記載した。日本のVRFについては、会計年度ベースを記載。

表 7.2 世界の室内機のタイプ別国別分類

(2) スプリット型室内機

Split Type RAC Indoor Units

(単位:台)

(Unit: 1 AC)

			スプリット型室内機 Split Type RAC Indoor Units					室内機 合計
			壁掛型 Wall-Mounted Type	天井型/天床型 Ceiling-Mounted Type/ Ceiling-Floor Type	床置型 Floor-Standing Type	カセット型 Cassette Type	埋込型 Ceiling-Concealed Type	Indoor Units Total
			[A]	[B]	[C]	[D]	[E]	[A]~[E]
アジア Asia	韓国	South Korea	1,173	0	0	0	0	1,173
	中国	China	657,384	0	53,306	10,396	415,652	1,136,738
	香港	Hong Kong	85,358	140	0	106	1,719	87,323
	台湾	Taiwan	347,452	0	0	0	38,268	385,720
	タイ	Thailand	564,280	3,709	0	120	1,195	569,304
	シンガポール	Singapore	196,369	25	0	783	1,335	198,512
	マレーシア	Malaysia	372,401	0	0	227	1,303	373,931
	インドネシア	Indonesia	617,063	70	0	53	1,533	618,719
	ベトナム	Vietnam	581,590	0	0	206	4,460	586,256
	フィリピン	Philippines	42,472	0	0	0	2	42,474
	インド	India	496,804	0	0	2	12	496,818
	パキスタン	Pakistan	19,636	0	0	4	0	19,640
合計			4,189,298	4,068	53,388	12,393	465,501	4,724,648
中近東 Middle East	イラン	Iran	4,440	0	0	0	0	4,440
	サウジアラビア	Saudi Arabia	73,791	0	0	0	11,290	85,081
	クウェート	Kuwait	21,740	60	0	0	0	21,800
	オマーン	Oman	79,949	108	0	205	0	80,262
	UAE	UAE	141,179	0	0	0	501	141,680
	その他	Other Countries	160,841	999	4	87	697	162,628
合計			481,940	1,167	4	292	12,488	495,891
欧州 Europe	英国	UK	27,319	488	811	1,760	1,410	31,788
	フランス	France	154,887	1,325	10,071	6,745	5,622	178,650
	ドイツ	Germany	36,437	267	2,223	1,784	395	41,106
	スペイン	Spain	149,715	1,415	2,042	6,722	10,033	169,927
	ポルトガル	Portugal	18,457	108	1,124	217	585	20,491
	イタリア	Italy	226,394	827	7,634	2,675	5,122	242,652
	ギリシャ	Greece	18,295	311	506	832	1,052	20,996
	EUその他	Misc EU Members	172,676	1,279	9,010	4,770	3,535	191,270
	ロシア	Russia	94,239	39	313	1,029	1,026	96,646
	トルコ	Turkey	108,042	8	426	1,650	328	110,454
	その他	Other Countries	23,902	147	1,630	15	480	26,174
合計			1,030,363	6,214	35,790	28,199	29,588	1,130,154
北米 North America	米国	USA	213,866	445	1,999	5,332	6,787	228,429
	その他	Other Countries	10,298	0	10	4	0	10,312
	合計	Total	224,164	445	2,009	5,336	6,787	238,741
中南米 Latin America	ブラジル	Brazil	103,355	46	0	774	0	104,175
	その他	Other Countries	53,529	60	41	193	218	54,041
	合計	Total	156,884	106	41	967	218	158,216
アフリカ Africa	南アフリカ	South Africa	7,133	0	0	0	4	7,137
	その他	Other Countries	35,540	47	1,025	357	1,483	38,452
	合計	Total	42,673	47	1,025	357	1,487	45,589
大洋州 Oceania	合計	Oceania	383,652	942	4,847	890	6,780	397,111
世界 World Market	総合計	Grand Total	6,508,974	12,989	97,104	48,434	522,849	7,190,350

【引用・参考文献】

- 産業と気象の ABC 成山堂 荒野詰也
- 近年の冷暖機の販売パターン http://www.jma.go.jp/jma/kishou/minkan/srs_ws.html
- エアコン販売量と気象との相関 http://www.jma.go.jp/jma/kishou/minkan/srs_ws.html
- 気象庁:気象情報利用のためのワークショップ http://www.jma.go.jp/jma/kishou/minkan/srs_ws.html
- 暮らしの手帖評価 暮らしの手帖 1979 年
- 全世界の地域別エアコン需要 日本冷凍空調工業会
- 世界ルームエアコンの国別タイプ別主要 日本冷凍空調工業会
- 前掲同上書

8 | おわりに

はじめに述べたように、日本だけでも1兆円という巨大な市場規模を持つエアコンの技術の流れについて系統化を行った。既に見たように本報告書では、市場ニーズをスペースセーブ、省エネルギー、爽快性の3つに大きく分け、これを3Sとして、その各々を中心に系統化してきた。総括すると次のようになる。

(1) スペースセーブ

米国から入ってきた窓掛一体型が、日本の家屋構造になじみにくく、セパレート型になり、さらに狭い居住面積と壁面の有効活用から考えられた壁掛セパレート型に発展し、これが日本の主流になった。この傾向は日本国内にとどまらず、そのまま世界のエアコンのデファクトスタンダードになっている。日本発の壁掛化の技術の基本はラインフローファンを使いこなす技術にあった。この技術は当時、送風機の世界では国際的にもほとんど一般化されていなかった。もうひとつのスペースセーブの流れとしてマルチ方式がある。家庭用からスタートし、業務用となり、さらにビル型マルチとなり国際的に普及しつつある。従来の空気・水等の媒体使用のセントラル方式が置き換えられつつある。家庭用の壁掛け化とビル用のマルチ化は、今後とも続くものと思われる。

(2) 省エネルギー

国産の電子インバータ技術は、エアコンの運転時間のほとんどを占める低負荷時の省エネルギーを大幅に改善することに貢献した。この技術は、日本ではエアコン以外の分野でも急速に導入されており、エアコン大消費地の中国でも広く普及し世界の省エネに貢献している。インバータ技術の芽は、米国にあったが、日本の半導体（サイリスタ等）の先駆的技術によるルームエアコンへの量産導入が契機となり、冷蔵庫や洗濯機等の家電品に続々と採用され、日本はインバータ大国となった。

エアコンの消費エネルギーの80%以上を占める心臓部の圧縮機については、実用化のために高度な精密機械加工技術が開発成功の大きな要因となった。ロータリー型については、最初の実用化は米国GE社であったが、スクロール型については米国Purdue大学の研究開発コンソーシアムに、早い時点から参画していた日本のカーエアコンメーカーが初めて実用化に成功した。エアコン業界の量産化に次いで、冷凍機業界、さらに空気用圧縮機業界へと拡大した。

家屋の省エネルギーに関する規制の動向を見ると、

欧米に比較して日本では北海道等の寒冷地を除き家屋構造の断熱性・気密性に関する規制強化が遅れている。この面が強化されてくると冷暖房の家屋に関わる熱損失は大幅に削減されるので、エネルギー消費は劇的な削減が予測される。

(3) 爽快性

メーカーは冷房専用機から付加価値の高い冷暖房機をかなり早くから手掛けていたが、暖房能力の不足から独立暖房機としてなかなか認められなかった。インバータ技術にさらに進化したPAM制御方式を加えることにより暖房能力の不足を解決し、寒冷地でも通用する暖房機を開発した。

日本の海洋性気候による高湿度条件を克服するために、冷房・暖房にプラスして室温は下げずに湿度だけ下げるという除湿機能を付加した。この技術はアジアで受け入れられている。センサーや気流制御の技術の高度化により、従来の、部屋（房）全体を対象にした冷房・暖房で温湿度を均一にすることだけでなく、部屋にいる人間を中心に局所的に爽快性と省エネルギー性を追及する流れも出てきている。

現在の地球環境問題の人類共通の課題として忘れてはならぬものとして地球温暖化がある。これと強くかかわっているのがエアコンの冷媒ガスである。冷媒を使用するエアコン以外の業界では取り組みが進んでいる。業界の努力にもかかわらず、エアコンの冷媒の温暖化係数GWPの現時点の抑制は、他業界に比較して遅れ気味である。エアコン用の冷媒は、引火性の問題をはじめとする制約条件が多いためである。また、2016年10月のモントリオール議定書「キガリ改正」により2019年より新しい対応が求められており、自然冷媒も含めて更なる開発が急務である。

エアコンの事業化成功の要因について述べる。

製品の事業化に当たっては、導入期、成長前期、成長後期、飽和期そして衰退期にいたるプロダクトライフサイクルの中のそれぞれのステップで、競合市場の中で勝利し、飽和期においても事業として有利な地位を確立するための戦略が肝要である。特に成長期の前期から後期に至る過程が最重要期だといわれている。筆者はエアコンがこの時期にあるときに責任者として開発を担当することになった。その時考えたことは、事業化に必要な多様な情報をいかに幅広く収集するかということであった。そしてそれは、いかに異能集団の衆知を集め、開発責任者のプレーンとするかであっ

た。このために人脈を全社にたどり、エアコンとはあまり関係のない部門から優先的に人を集めた。この人集めに参考としたのが、当時話題を呼んだ映画「7人の侍」であった。映画の中で集められた侍たちは、各人がそれぞれ異なる武器（刀剣、槍、弓矢、長刀、礮：投石、鎌等）の達人たちであって多様な場面で多様な働きをした。エアコンの異能集団として集められた人々からも、とてもエアコンの専門家には考えられないような発想や解法が多く出された。例えば、流体の専門家には発想できないラインフローファンのエアコンへの応用、熱交換効率と低騒音化を真っ向から否定するような室内機の薄型化、冷却してから除湿し再加熱するという除湿機能の本道から外れた送風制御だけでの除湿などは各分野の専門家からはとても出てこないものであった。

また、エアコンの差別化にとして製品のプロダクトライフサイクルレの位置によって何が最も効果的かについて、数ある過去の家電品などの分析から基本鉄則を確認して、エアコンに導入した。導入期では、その製品の「基本性能」で差別化し、次のステップでは、基本機能+「付加機能」、さらに成長前期は理屈よりも「視覚的」な差別化、そして成熟期は「コスト」競争力が確保できる市場での位置の確保である。具体的には、基本性能差別化はどこよりも早くよく冷えること、付加機能は冷えることと両立しにくい低騒音化、次の視覚的は見たらすぐ理解できる薄型化とかLEDによる温度の見える化等であった。ここまでの戦略で高シェアを取り、成熟期のコスト競争力に耐える力を確立することができた。差別化とタイミングを重視化しないと、技術差別化の効果は半減する。

今回産業技術系統化調査事業に参画してわかったことは、各企業に保管されているはずの過去の技術情報が、大企業においてさえも必ずしもきちんと管理・保管されていないという事である。これらの調査収集には多くの方々のご協力にもかかわらず、大変苦労し

た。エアコンに関連する技術は調査対象が極めて広範囲だった。また、エアコン技術だけでなく世界的に電気電子業界の製品がめぐるましい大変革を遂げた時代であったことなどで、もくろみ通りには収集しきれなかった。資料が残されていても、その当時の背景やいきさつを知る者が退いており、情報収集結果について心残りが多かった。それでもこの調査報告は、極めて貴重である。これ以上調査が遅れたら情報は消えてなくなっていただろう、一刻も猶予がないとの焦りも感じた。これらの状況は単にエアコンだけの問題ではなく日本の産業全体に通じるものと考えられ調査対象機種は温故知創の観点からももっと拡大すべきである。

■ 謝辞

調査に当たっては、多くの方に資料提供や貴重なご意見、ご助言をいただいた。厚く謝意を表する。折角いただいた資料についても紙面の都合等で掲載できないものもあった。本欄にてお詫び申し上げる。

特に次の方々には、連日多忙な中で多くの調査に基づく貴重な資料を提供していただいた。心から感謝申し上げます。

一般社団法人 日本冷凍空調工業会	岡田 哲治
公益社団法人 日本冷凍空調学会	西口 章
ダイキン工業株式会社	松浦 弘幸
東芝キャリア株式会社	清水 克浩
	荒川 裕幸
パナソニック株式会社	安田 透
	波多野弘司
日立ジョンソンコントロール空調株式会社	野中 正之
	亀井 孝一
三菱電機株式会社	梅村 博之
	永友 秀明
	青木 克之

エアコン技術の系統化

要求特性	～1969年	1970年～	1980年～	1990年～	2000年～	備考 (技術起源等)
スペースセーブ技術						
据付形態	53窓掛一体型 61床置セパレート型 68壁掛セパレート型 69室内マルチ型 68可搬式セットフリー	79天井近接型	81天井埋込ビルマル	98天井近接コーナー		29水冷窓掛式(米GE) 世界の標準型
据付特性	66インスタントカブリング	71室内機全樹脂化 75超薄型室内機	80縦線型アーククール 81床置型スーパースリム	92コンパクト室外機	01リブレスマルチ型	
省エネルギー技術						
圧縮機	68ロータリ圧縮機		88ツインロータリ圧縮機 89スクロール圧縮機	91横型スクロール圧縮機		ロータリ実用化(米) スクロール車用先行(日本) 坑道採炭排気用(英) エアコン実用化(日本)
送風機	68ラインフローファン					
電子制御		78発光ダイオード温度表示	81音声合成ガイド 81光センサー付き 81インバータヒートポンプ 83ブラシレスDCインバータ	90ニューロ&ファジィ制御	09消費電力量CO2本体表示	インバータ量産化(日本)
爽快技術						
暖房機能	61窓掛一体型ヒートポンプ		83雪国用燃焼器ヒートポンプ 89蓄熱式ヒートポンプ	97PAM制御インバータ 98低外気温液体インジェクション		
除湿機能	67リヒート型ドライ機能		80エレクトロニクスドライ機能	94インバータヒートドライ機能 99無給水加湿デシカント型		高湿度国向け
気流制御				94パナマアイセンサー	07人感ムーブアイセンサー	
空気質 清浄化			81電気集塵機付き	94脱臭機能付 99マイナスイオン発生	04換気機能付壁掛エアコン 04フィルター自動清掃化 08オゾンシャワー	
その他	64富士山頂測候所空調	72ペンダカンランラン空調	87オゾン対策新冷媒HFC		12温暖化対策新冷媒R32	
社会動向	61電気用品取締法 64オリンピック東京大会 64電気冷房機JIS設定	71ルームエアコンJIS名称変更 73第一次オイルショック 77省エネルギー法	85プラザ合意 85つくば科学万博 96男女雇用機会均等法	95製造物責任法 97地球温暖化防止京都会議 99省エネトップランナー導入	00家電リサイクル法 07フロン回収・破壊法 15フロン排出・抑制法	

産業技術史資料の所在確認調査

	名称（型名）	製作年	製作者	資料の種類	状況	所在地	資料の概要
1	壁掛セパレートエアコン (MS-22RA)	1968 年	三菱電機	量産品	保管	同 社・静岡 製作所	エアコン室内機として最適の取付場所として壁面を活用し、ラインフローファンを使用し世界の標準型となった。
2	ロータリ圧縮機 (B 型シリーズ)	1969 年	東芝キャリア	量産用	保存	同 社・富士 工場	往復動型からロータリ型になり、高効率化・コンパクト化・低騒音化となった。
3	リヒート型ドライエアコン (RA-228D)	1972 年	日立ジョンソン コントロール空調	量産用	保管	同 社・栃木 空調本部	梅雨時等の多湿時を考えて、温度を下げずに湿気を除く機能を装備したエアコン
4	薄型セパレートエアコン (MS-22RJ)	1975 年	三菱電機	量産品	保管	同 社・静岡 製作所	業界で視覚的差別化に成功し、軽薄短小時代の家電品のモデルケースとなった。
5	インバータ駆動エアコン (RAS-225PAHV)	1981 年	東芝キャリア	量産用	保管	同 社・富士 工場	インバータユニットの小型化を図り、圧縮機の回転数を変えて通常運転時の大幅な省エネルギー化に成功した。
6	スクロール圧縮機使用 コンパクト室外機 (CU-G25V)	1992 年	パナソニック	量産用	保管 (後継機)	同 社・草津 事業所	横型スクロールを開発し、高層住宅のベランダ等室外機の据付け性を格段に改善した。
7	PAM 制御インバータエアコン (RAS-2510HX)	1997 年	日立ジョンソン コントロール空調	量産用	保管 (後継機)	同 社・栃木 空調本部	1983 年直流モータを採用、さらに PAM 制御の導入により省エネルギー化と暖房能力の大幅改善に成功した。

エアコン技術系統化メーカー別導入機種一覧

メーカー名	～1969	1970～	1980～	1990～	2000～
PANASONIC			89蓄熱式冷暖機CS-XG28A	90ニューロ・フレンジイ制御CS-G25A2 92コンパクト室外機 CS-G25V 94脱臭・空気清浄化CS-G25S 98天井近接コーナ型CS-PG28Y	04フィルター自動清掃CS-X285A
東芝キャリア	68可搬セットフリー型RAC181BF 69ロータリー圧縮機 B型		81インバータ方式RAS-225PAHV 81電気集塵機付RAS-185YKC 88ソインロータリ圧縮機 285NADR	99マイナスイオン発生RAS-28 5YDR	
ダイキン工業	69 室内マルチ型RS28BS		81天井埋込ビルマルチRS CY15C 87オゾン対策冷媒(HFC)RZYP140M	99無給水加湿方式VRV QX	12温暖化対策新冷媒(R32)RSRP140A
日立J /C空調	67 リヒート型ドライ RA-228D		81光センサー付きRAS-22・22WR 83直流インバータ RAS-2223H 89スクロール圧縮機300RH	94インバータリヒートドライRAS-259F 97PAM制御インバータRAS-2510HX 98低温用インジェクションRAS-J63HN	04換気機能付壁掛セパレートRAS-E28S
三菱電機	53 窓掛一体型 RA-05 68 壁掛セパレート型 MS-22RA 61窓掛一体型冷暖 RBH-10	71室内機全樹脂化 MS-22RE 75室内機超薄型 MS-22RN 78LED温度表示 MS-1802R 79天井近接型 MC-1601R	80顔縁アーククール MA-1801R 80エレクトロニクスドライMS-1820R 81音声合成ガイド MS1H-2514R 81床置き型スーパースリムPSH-3E	94ノゾラマアイ MSZ-FS284	01リブレースマルチ型 PUHY-PI40RM-B 07人感ムーブアイ MSZ-ZW407S 08オゾンシャワー付 MSZ-ZW408S 09消費電力量・CO2表示 MSZ-ZW409S

エアコン技術発展の系統化調査 正誤表

ページ	段落	行	技術の系統化調査報告 第24集 2017年3月 (誤)	全文PDF版 2017年8月 (正)
108	右	32	定義した	提唱した
109	左	31	東芝キャリア	東芝
114	右	10	ことも行った。	こともあった。
117	右	29		注) エアコンの称呼：ルームエアコンは、JISでは1964年に電気冷房機として制定された。そして1971年にヒートポンプも含めてルームエアコンディショナー(通称ルームエアコン)と改称された。
129	右	14	東芝キャリア社	東芝
133	右	20	東芝キャリア	東芝
134	右	5	東芝キャリア	東芝
136	左	10	期間省電力	期間消費電力
137	右	17	日立ジョンソンコントロール空調	日立製作所
139	左	17	東芝キャリア	東芝
143	左	2	日立ジョンソンコントロール空調	日立製作所
156	右	26	日立ジョンソンコントロール空調	日立製作所
159	左	29	日立ジョンソンコントロール空調	日立製作所
164	左	29	日立ジョンソンコントロール空調	日立製作所
167	右	26	有意に先進的	優位で先進的
173	左	8	日立ジョンソンコントロール空調	日立製作所
174	右	27	東芝キャリア	東芝
174	右	35	日立ジョンソンコントロール空調	日立製作所
175	図7.3		(追加)	(壁掛化・薄型化は製品要因)
181	左	2	優先的人をに集めた	優先的に人を集めた
181	右	11	調査対象機種	調査対象機種
182	系統化表		社会動向欄修正	入れ替え