

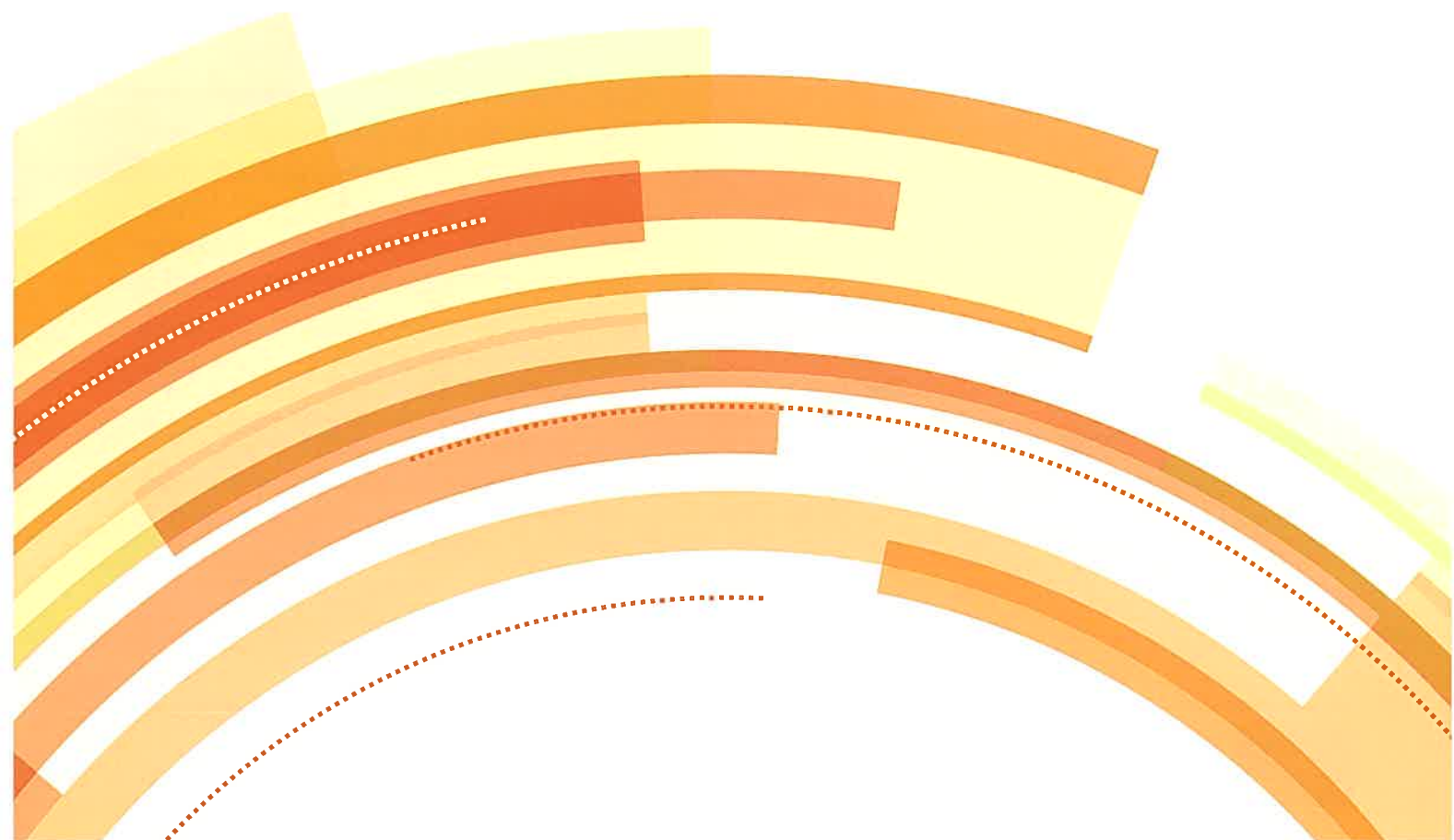
# 三菱電機技報

10

2014

Vol.88 No.10

「暮らしと設備を支える技術」



## 目次

### 特集「暮らしと設備を支える技術」

暮らしと設備を支える技術の特集号に寄せて .....	1
永友秀明	
空調システムの進化を支える最新技術 .....	2
隅田嘉裕・坂本忠昭・岡崎多佳志	
冷蔵庫の新保存技術—過冷却現象の利用— .....	7
鈴木和貴・林 由花子・柴田舞子	
健康管理をサポートする録画テレビ .....	11
久保めぐみ・春山裕一郎	
身体的負荷を軽減するクリーナーの グリップハンドルのデザイン .....	15
石田健治・高砂英之・深野さゆり	
“霧ヶ峰Zシリーズ”の省エネルギー・省資源化技術 .....	19
濱田慎悟	
“ロスナイ”セントラル換気システム .....	23
青木裕樹	
DCブラシレスモータ搭載ダクト用換気扇 .....	27
深瀬雄一	
新4方向天井カセット“ファインパワーカセット”の 省エネルギー・快適性技術 .....	31
栗原 誠	
家庭用三菱エコキュート“B1シリーズ” .....	35
古内正明・宮下章志・赤木 智・須藤真行	
空調冷暖総合管理システム“AE-200J”による エネルギー見える化の実現 .....	39
廣瀬克弘・中筋義人・前田右文・小倉一孝	
海外向け地中熱対応BTW .....	43
門脇仁隆・辻 裕介・山野善生・梁池 悟	
空調機用モータ・インバータの高効率化技術 .....	47
黒崎正己・松岡 篤・畠山和徳・下妻卓也・尾屋準一郎	
高効率・小形空調用ツインロータリ圧縮機 .....	51
谷 真男・新井聡経	

### Advanced Technologies for Living and Facility

Foreword to Special Issue on Technologies of Living & Facility Hideaki Nagatomo
Latest Technologies for Air Conditioning Systems Yoshihiro Sumida, Tadaaki Sakamoto, Takashi Okazaki
New Preservation Technology of Refrigerator—Use of Supercooling Phenomenon— Kazutaka Suzuki, Yukako Hayashi, Maiko Shibata
LCD-TV with BD Recorder Supporting Health Care Megumi Kubo, Yuichiro Haruyama
Design for Reducing Physical Load of Vacuum Cleaner's Grip-handle Kenji Ishida, Hideyuki Takasago, Sayuri Fukano
Energy and Resource Saving Technologies of Air Conditioner “Kirigamine Z Series” Shingo Hamada
“Lossnay” Central Ventilator Hiroki Aoki
Duct Ventilator with DC Brushless Motor Yuichi Fukase
Technologies of Energy-saving and Comfort of New 4-way Ceiling Cassette Indoor Unit “Fine Power Cassette” Makoto Kurihara
Mitsubishi Eco Cute “B1 Series” for Household Use Masaaki Furuuchi, Shoji Miyashita, Satoshi Akagi, Masayuki Suto
Visualization of Electric Energy by Integrated Controller “AE-200J” Katsuhiko Hirose, Yoshito Nakasuji, Migifumi Maeda, Kazutaka Ogura
Brine to Water Heat Pump for Ground Source Application Kimitaka Kadowaki, Yusuke Tsuji, Yoshio Yamano, Satoru Yanachi
High Efficiency Technologies of Air Conditioner Motor and Inverter Masami Kurosaki, Atsushi Matsuoka, Kazunori Hatakeyama, Takuya Shimomugi, Junichiro Oya
High Efficiency and Compact Twin Rotary Compressor Masao Tani, Toshinori Arai

### 特許と新案

「電気掃除機」 .....	55
「DCモータおよび換気扇」 .....	56

### 表紙：暮らしと設備を支える技術

三菱電機では、社会全体が抱える大きな課題と向き合いながら、一人ひとりの暮らしのクオリティを高め、心も体も豊かで健康で幸せにあふれた生活を実現することを目指し、暮らしや設備を支える幅広い製品を提供している。

本号では、より一層の省エネルギー化を実現するために圧縮機やモータといったキーパーツで開発した技術や、使い勝手や体への負担を減らし、より健康的に毎日を暮らすということを目指して開発した掃除機などの最新技術を集めた。



巻/頭/言

暮らしと設備を支える技術の特集号に寄せて

Foreword to Special Issue on Technologies of Living & Facility

永友秀明

Hideaki Nagatomo



低炭素社会の実現、高齢化社会への対応など、社会全体が抱える大きな課題と向き合いながら、一人ひとりの暮らしのクオリティを高め、心も体も豊かで健康で幸せにあふれた生活を実現することを目指し、三菱電機では暮らしの本質を見つめた新しいものづくりへの挑戦を続けています。

この特集号では、家庭向けからオフィス・店舗などの業務用機器や産業用に至る幅広い製品を対象に、工夫の積み重ねによって向上を図っている省エネルギー化技術を中心にしながら、利用者の負担の削減や、使い勝手の向上など、安心そして快適に使い続けていただくことを目標に開発した製品やキーパーツについて紹介します。

当社が得意としている空調冷熱機器では、日本をはじめ世界の各地域で省エネルギーに関する規制が強化され続けています。当社は、再生エネルギーのより効率的な活用を目指し、圧縮機、熱交換器、ファン、モーターといったキーパーツから、ルームエアコンのような高度に技術が融合した製品や、複数の空調冷熱機器を統合的に扱う運用管理システムにいたるまで、様々な製品分野でトップレベルの省エネルギー性能を達成し続けることを目指しています。例えば、空調機器の心臓部とも言える圧縮機では、ツインロータリ圧縮機の圧縮機構部の新たな組立工法を開発することで、画期的な行程容積の拡大を図り、省資源化・省エネルギー化とともに、ダウンサイジングという新たな価値も実現しています。また、国内では当社が圧倒的なシェアを誇る換気扇でも、モーターのDC化及びラインアップ化を図り、次世代の省エネルギー基準に対応していきます。新たな視点では、近年海外で注目が高まりつつある地中熱を利用したヒートポンプシステムです。これは地下のみならず、地表面や川などの熱を利用する技術で、当社も海外市場向け製品“Brine to Water Heat Pump”で高い期間効率を実現しています。

家庭におけるエネルギー利用の合理化の視点では、“三

菱HEMS(Home Energy Management System)”を2013年12月に発売しています。この特集号でも紹介している当社製のエアコン、テレビ、冷蔵庫、給湯機といった家電製品・住宅設備機器をかしこくつないで、エネルギー利用の合理化を図りつつ、今まで体験したことがないようなより快適で健康的な生活環境の提供を目指しています。

生活者により身近な製品群では、様々な負担を減らし、健康的で楽しい気持ちで毎日が過ごせるように、そんな思いをこめて新しい技術を開発し、製品に適用しています。例えば冷蔵庫では、食品の整理・管理の課題に着目し、省スペースで業界最大容量となる容量拡大に加え、肉・魚を凍らせずに保存することで食品本来のおいしさを保つ“氷点下保存”の技術を確立しています。また掃除機では、グリップハンドルの形状を工夫することによって、少しでも楽な姿勢で掃除ができるよう配慮しました。日々の入浴に欠かせない給湯機では、手の届かない配管内部を清潔に保つ技術であるマイクロバブルの増量化で洗浄力を高め、配管掃除の負担軽減や、入浴時の快適感を高めるなど、健康志向の欲求の高まりに応える製品としています。

このように、より高いレベルの省エネルギー性能の実現から利用者の使い勝手にいたるまで、当社の幅広い技術を活用して暮らしや設備をこれからも支え続けます。そして、これらの技術や製品をもっとよく知っていただき、利用していただきたいとの思いから、当社ブランドロゴの国内外統一に合わせて、BtoC(Business to Consumer)製品で広告宣伝活動を中心に積極的なアピールを進めています。生活者一人ひとりに対し、同じ目線に立って課題の解決に取り組む姿勢や期待を超えた価値を提供したいとの思いから、“すごい”“いいね”さえも超えた感情を表現する“ニクイねえ!”を国内統一宣伝キャッチフレーズとして広告宣伝でアピールし、当社ブランド価値の大幅な向上を目指しています。これからの当社の取組みに大いに期待您的ください。

# 巻頭論文

## 空調システムの進化を支える最新技術



隅田嘉裕\*



坂本忠昭\*\*



岡崎多佳志\*\*\*

Latest Technologies for Air Conditioning Systems

Yoshihiro Sumida, Tadaaki Sakamoto, Takashi Okazaki

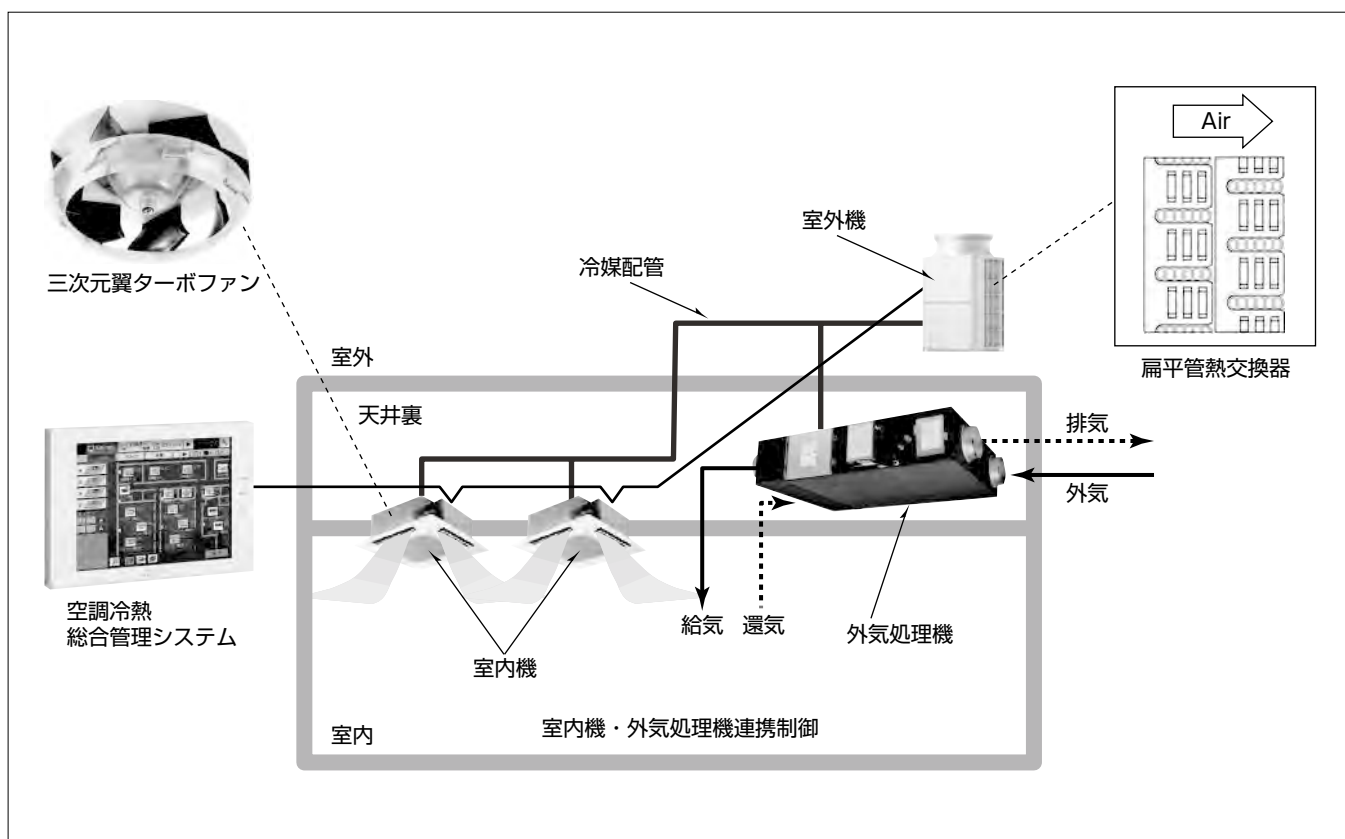
### 要 旨

地球環境負荷低減や省エネルギーの観点から空調機器には高効率化と快適性向上の両立が求められている。三菱電機では、この要求に対応するために、空調機器を構成する熱交換器や送風機等のデバイスの高性能化技術の開発と、家庭内や事務所内の空調機器を連携制御させることによって実使用時の高効率化と快適性向上を両立させるシステム化技術の開発を進めている。

デバイス開発では、熱交換器の管径細径化やオールアルミ扁平（へんぺい）管の採用による高性能化、送風機の翼形状三次元設計による静音化と高効率化、モータの銅線高密度実装による高効率化や磁石配置最適化による低振動・低騒音化を進めている。一方、システム化技術ではルームエ

アコンなどの家庭機器をネットワークで接続して集中的に管理・操作・制御することによって、エネルギーをかしこくマネジメントするホームエネルギーマネジメントシステム“三菱HEMS”を開発している。この三菱HEMSでは家族の起床時間や帰宅時間に合わせてルームエアコン運転を自動制御し、高効率化と快適性向上の両立を実現している。また業務用空調の分野ではビル用空調機器の集中管理とエネルギー消費量の見える化を行うシステムコントローラやビル用マルチエアコンと外気処理機との連携制御による高効率システムの開発を進めている。

本稿ではこれら空調システムの進化を支えるデバイス技術、システム化技術の最新技術について述べる。



### 最新技術を適用した空調システムの一例

室外機の熱交換器にオールアルミ扁平管を採用して伝熱性能を向上させた。また、室内機ファンの翼形状は三次元設計によって消費電力削減と低騒音を実現している。各空調機器は空調冷熱総管理システムによって集中管理や見える化が可能となっている。室内機と外気処理機の連携によって、顕熱と潜熱の両方を処理しながら省エネルギーを実現している。

## 1. ま え が き

地球環境負荷低減や省エネルギーの観点から空調機器には高効率化と快適性向上の両立が求められている。当社では、この要求に対応するために、空調機器を構成する熱交換器や送風機等のデバイスの高性能化技術の開発と、家庭内や事務所内の空調機器を連携制御させることによって実使用時の高効率化と快適性向上を両立させるシステム化技術の開発を進めている。本稿ではこれらの最新技術について述べる。

## 2. デバイス技術

### 2.1 熱交換器

室内機では、円管熱交換器でフィンパターンの最適化、伝熱管の細径化<sup>(1)</sup>で高性能化を図る方法が主流である。一方、室外機では、伝熱管の扁平管化<sup>(2)</sup>によって、管内伝熱面積増加、管外熱伝達率増加、通風抵抗低減を実現する開発を実施している。

#### 2.1.1 熱交換器の細管化

パッケージエアコンの4方向天井カセット室内機向けに伝熱管の管径を従来の $\phi 7.2\text{mm}$ から $\phi 5\text{mm}$ に細径化した(図1)。

この際、段ピッチ及びフィンパターンの最適化を行い、暖房運転時の全伝熱性能(AoK)は従来熱交換器に対して50%増加し、冷房運転時では20%増加した。細管 $\phi 5$ 熱交換器を搭載したパッケージエアコン“Mr.SLIMシリーズ”ではAPF(省エネルギー指標)が従来機(5HP)の4.7から5.7へ向上し、業界トップクラスの省エネルギー性能を達成した。

#### 2.1.2 扁平管熱交換器

従来、熱交換器は銅の伝熱管(円管)にアルミのフィンを密着させたものであったが、アルミの扁平管を伝熱管に用いた熱交換器をビル用マルチエアコン向けに世界で初めて<sup>(注2)</sup>採用した(図2)。伝熱管に扁平管を採用することで、次の理由によって性能が改善する。

##### (1) 管内の冷媒から伝熱管への熱伝達の改善

扁平管の内部は、内柱によって分け(細管化)されている。細管化によって1断面における冷媒と管内面との接触長さは約2倍となり、管内の熱伝達率を改善できる。

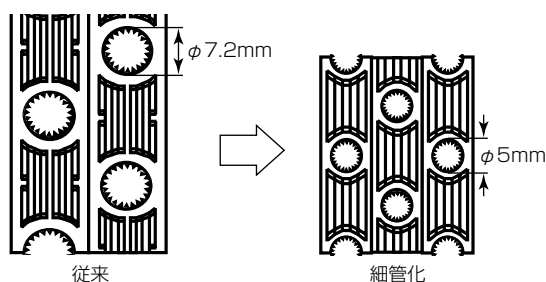


図1. 熱交換器断面図

##### (2) 伝熱管とフィンの接触長さの増加

1断面当たりの扁平管の外周長さは、円管に比べて約30%増加する。さらに、扁平化のため通風抵抗が小さく、伝熱管を円管に対して高密度に配置できる。これらによって、伝熱管とフィンの接触長さが増加する。

##### (3) 伝熱管とフィンの密着を改善

扁平管の場合は、ロウ付けによって伝熱管とフィンを接合させるため、この部分の接触熱抵抗が小さくなる。

また、扁平管熱交換器の高いポテンシャルを最大限発揮できるよう、熱交換器の冷媒分岐構造も工夫している。トップフロータイプの場合、ファンに近い上部の風速が大きく、下部ほど風速が低下する。そのため、熱交換器全体に均等に冷媒を分配すると、風速の大小によって上部と下部では熱交換量の過不足が発生していた。この課題を解決するためにBSC(Bottom SubCool)回路を採用した。BSC回路の概念を図3に示す。BSC回路では風速が大きい上部で、処理熱量が大きくなるよう、高温高压ガス冷媒から二相冷媒を経て、飽和液状態まで熱交換する。次に飽和液冷媒は分岐路の合流によって流速を増した上で熱交換器下部に移動する。液冷媒の流速を上げることで、管内の伝熱効率を上げ、過冷却を取りやすくしている。扁平管熱交換器とBSC回路を搭載したビル用マルチエアコン“グランマルチシリーズ”ではAPF(省エネルギー指標)が従来機(10HP)の5.4から5.6へ向上し、業界トップ<sup>(注1)</sup>の省エネルギー性能を達成した。

(注1) 2013年7月9日現在、当社調べ

### 2.2 送風機

航空機などの異分野技術や流体解析技術を適用して翼の三次元化や複合曲面化を進め、剥離渦の抑制や風速分布の均一化を行い、静音・高効率化を実現している。

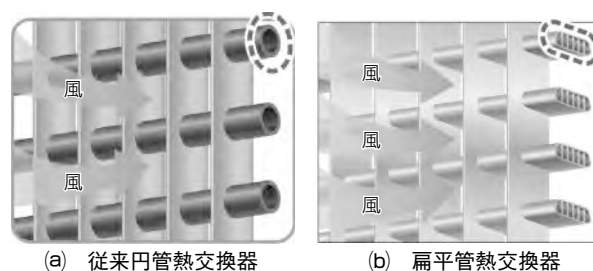


図2. 従来円管熱交換器と扁平管熱交換器

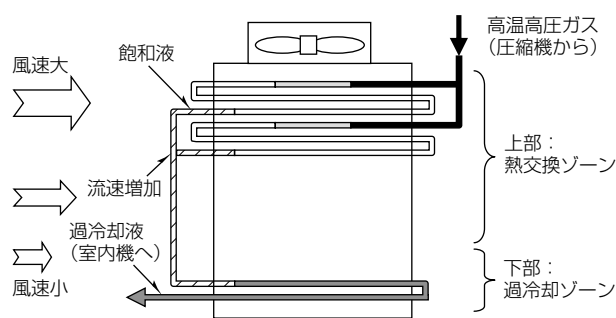


図3. BSC回路の概念図



## 2.2.1 室内送風機

パッケージエアコンのカセット形室内機に搭載されるターボファンでは、従来の直立した二次元翼に対し、タービン翼と同様に吸込部を回転方向に湾曲させた“インデュース”と、吹出し部の傾斜角を高さ方向に変化させた“スキューデフューザー”とで翼形状を形成した。開発した“三次元翼ターボファン”（図4）は、ファン吸込側の剥離渦の抑制と吹出し側での風速分布の均一化を実現した（図5）。新型ファンは2014年5月発売の4方向カセット形室内機“ファインパワーカセット”に搭載し、大容量熱交換器と低圧損風路を合わせて送風に必要な消費電力を25%削減した。その結果、全能力帯で業界トップ<sup>(注2)</sup>のAPFと業界トップレベルの低騒音を実現した<sup>(3)</sup>。

（注2） 2014年1月16日現在、当社調べ

## 2.2.2 室外送風機

空調用の室外機に搭載されるプロペラファンは、1980年代に開発した“エクストラファン”をベースに、更なる静音・高効率化のため、翼の大型化とともに前方へせり出した“ストレイク”，翼先端を屈曲させた“ウイングレット”等航空機分野の技術を適用した。さらに、翼全体の傾斜方向を吸込側から吹出側へ変更して流れを囲い込み流れを抑制する“後傾翼”を開発し、騒音を3dB低減することができた（図6）。新型ファンは2013年度パッケージエアコン室外機“スリムZR”シリーズに搭載している。

## 2.3 モータ・インバータ技術

モータ及びインバータ技術は、圧縮機や室内外のファンを効率良く運転するための要素技術であり、製品の振動・

騒音、さらに、電源高調波・放射ノイズといった性能の確保向上に必要なキー技術である。次に、当社空調機用モータ・インバータの近年の取組みについて述べる。

## 2.3.1 ルームエアコン用室内ファンモータ

ルームエアコンに求められるのは高効率化と低振動低騒音化である。そこでまず集中巻によってコイル周長を短縮、さらに高密度実装が可能な“ボキボキコア”の採用によって、巻線銅損を低減し高効率化を実現した。また、ロータとスロットの組合せを10極12スロット化することによって巻線係数を高めた。

一方、低振動低騒音化では、出力トルク脈動低減のため磁石表面配置型のロータ構造を採用した。さらに従来の樹脂鉄心バックヨークから今回新たに極配向のフェライトプラスチックマグネットを配し、その外側に希土類マグネットを配置した（図7）。この構造を採用したモータを2013年11月発売の“霧ヶ峰”上位機種に搭載し、振動・騒音を抑えると同時に内蔵駆動回路も含めた効率を88%まで高めた。

## 2.3.2 ビル用マルチエアコン圧縮機駆動回路

ビル用は低負荷領域での損失低減のため圧縮機のモータ巻数増加と、高負荷時の最高回転数低下回避のために昇圧コンバータを採用した。

また、特に大型圧縮機の使用時に問題となる運転停止時の冷媒寝込み対策である圧縮機の加熱方法として、今回新たに圧縮機駆動用の既存のインバータを利用して高周波電圧をモータに印加する技術を開発した。この方法によって従来のヒーター加熱より少ない電力で圧縮機加熱が可能となり、運転停止時の冷媒寝込み対策の電力を最大50%削減

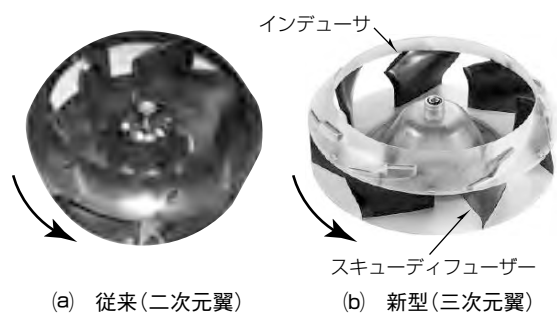


図4. 三次元翼ターボファン

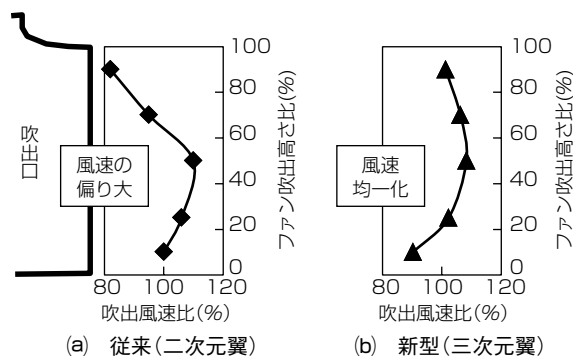


図5. 三次元翼ターボファンによる風速分布均一化

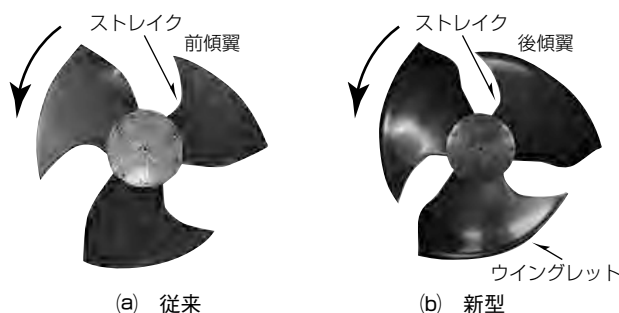


図6. プロペラファン

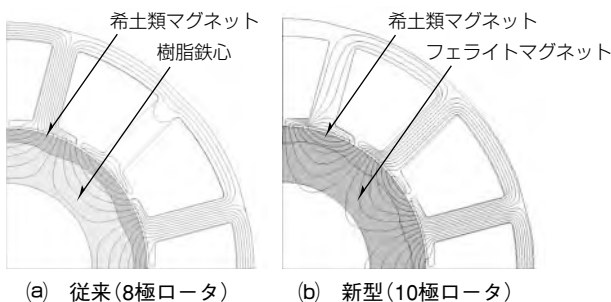


図7. 室内ファンモータのロータとステータ

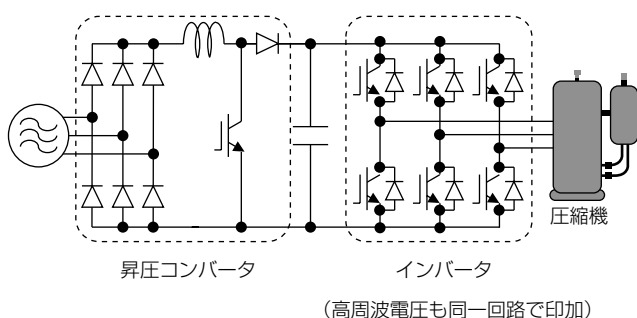


図8. ビル用空調機圧縮機駆動回路

することができた。この圧縮機駆動回路(図8)は2013年10月発売のビル用空調機に搭載している。

### 3. システム化技術

#### 3.1 HEMS

住宅分野のシステム化に関しては、近年、HEMS(Home Energy Management System)の普及が拡大している。これは、東日本大震災以降の我が国のエネルギー状況の変化に伴い、家庭における省エネルギー・節電・自然エネルギー活用等の意識の高まりを反映したものであり、当社も2013年12月に三菱HEMSを発売した<sup>(4)</sup>。主な特長は、

- (1) 業界最多<sup>(注3)</sup>のHEMS対応7製品を最大16台接続可能
- (2) 目標電気代を設定すると、接続された各製品の節電モードを活用して自動的に節電を実施
- (3) ファミリーカレンダー機能によって、家族の予定に合わせて関連機器を制御

このように三菱HEMSは家電機器をネットワークで接続して集中的に管理・操作・制御することによって、家電機器単体ではできないユーザーメリットを提供する。一例として、ファミリーカレンダー(図9)による家電機器の制御例を次に示す。

- (1) 家族全員の旅行に合わせて、家族不在時のエコキュートの沸き上げを停止
- (2) 家族の起床時刻や帰宅時刻に合わせて、ルームエアコンの予冷予暖運転を実施

(2)のルームエアコンの予冷予暖制御の効果について述べる。従来、ルームエアコンを起動したときは早急に室温を変化させるため大きい能力で運転していたが、予冷予暖制御では起床前や帰宅前にルームエアコンをあらかじめ起動し、従来の起動制御よりも低消費電力で高効率な運転を行う。

検証試験(夏季、ルームエアコン2.2kW、目標温度23℃)の結果を図10、図11に示す。指定時刻(0分)で予冷制御と従来制御の室温は同等である。予冷制御では圧縮機の運転容量を抑制するため、運転時間が延びるものの運転効率が向上し、起動から指定時刻までの消費電力量は、従来制御0.48kWhに対し予冷制御0.40kWhで15%削減した。

(注3) 2013年8月26日現在、当社調べ(HEMSとECONET Liteで接続及び制御できる機器で)



図9. ファミリーカレンダー

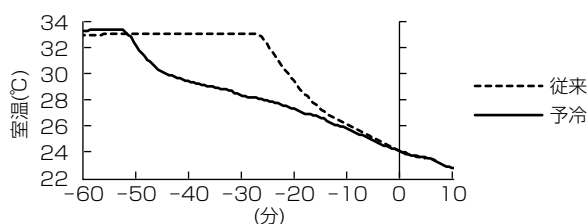


図10. 代表日の室温

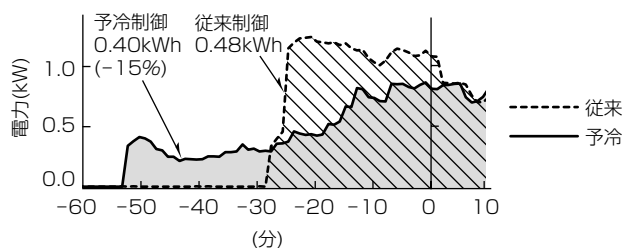


図11. 代表日の消費電力

#### 3.2 ビル空調システムコントローラ

業務用空調の分野では、従来も空調機器をネットワークで接続し、コントローラによる集中管理が行われてきた。しかし、近年の省エネ法の改正や、東日本大震災以降のエネルギー状況の変化等によって、ビル設備、特にエネルギー消費量の大きい空調機器に対するエネルギー管理の要求が高まってきた。当社では、その要求に応えるため、空調機器の集中管理に加え、エネルギー消費量の見える化や給湯・低温機器の操作・監視が可能な空調冷熱総合管理システム“AE-200J”(図12)を2014年6月に発売した<sup>(5)</sup>。

AE-200Jの主な特長を次に示す。

- (1) エリアごとの空調機器のエネルギー消費量を分かりやすくグラフで表示
- (2) 拡張コントローラを3台併用することによって、最大200台の室内機を集中管理可能
- (3) 2014年12月以降、給湯機器や低温機器の操作・監視にも対応予定



図12. 空調冷熱総管理システム“AE-200J”

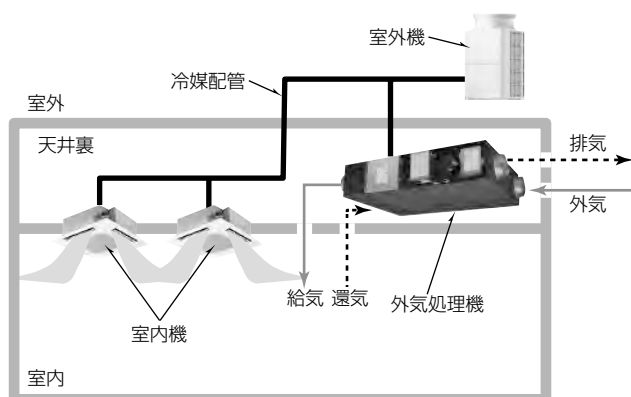


図13. ビル空調システム

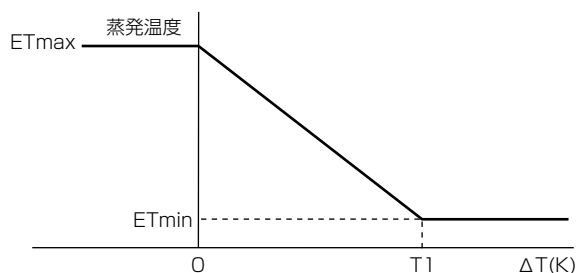


図14. 蒸発温度制御

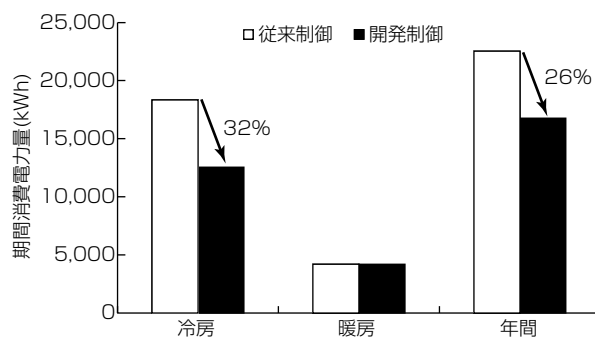


図15. 期間消費電力量

#### 4. む す び

省エネルギー性能向上と快適性向上の両立を目指して進化を続ける空調システムの最新技術について述べた。空調機市場はグローバルな視点で見ると新興国を中心に拡大しているが、更なる市場拡大のためには各地域の特性に見合った製品開発が必要となっている。

今後も空調システムの進化を支えるデバイス技術の開発とシステム化技術の開発を通じて、低炭素化社会の実現、活力とゆとりのある社会の実現に貢献していく。

#### 参 考 文 献

- (1) 松田拓也, ほか: パッケージエアコン用室内細管熱交換器の開発, 冷凍空調学会年次大会講演論文集A221, 251~254 (2009)
- (2) 石橋 晃, ほか: 空調機向け扁平管熱交換器の開発, 第48回空気調和・冷凍連合講演, 48, 177~180 (2014)
- (3) 三菱パッケージエアコン「スリムZR」シリーズ新商品発売のお知らせ, 三菱電機2014年1月16日付ニュースリリース
- (4) 三菱HEMS発売のお知らせ, 三菱電機2013年8月26日付ニュースリリース
- (5) 空調冷熱総管理システム「AE-200J」発売のお知らせ, 三菱電機2014年1月21日付ニュースリリース
- (6) Hamada, M., et al.: Energy-Saving Technology for Multi Split-Type Air-Conditioning Systems for Buildings, Proceedings of the 11TH IEA HEAT PUMP CONFERENCE, Paper 0.1.7.3 (2014)

### 3.3 ビル用マルチエアコンと外気処理機の連携制御

業務用空調分野における空調機器の連携制御の例として、ビル用マルチエアコンと外気処理機との連携制御について述べる。図13に示す室内機と外気処理機で構成されるビル空調システムの従来冷房運転では、蒸発温度一定制御となっており、効率低下と過剰潜熱処理量が課題であった。そこで、室内機と外気処理機を連携させ、顕熱、潜熱負荷の両方ともが処理可能となる最高蒸発温度で運転する制御を開発した。

具体的には、図14に示すとおり、外気処理機から得られる室内外の温湿度情報で推定した潜熱負荷から、ETmaxを決定し、室内機の吸込温度と設定温度の偏差 $\Delta T$ に応じて蒸発温度を決定する。潜熱負荷が低い場合には、ETmaxを高めて過剰な潜熱処理の防止が可能であり、また、蒸発温度上昇によって冷凍サイクル効率も向上するため、消費電力低減に効果的である。

室内条件を冷房26℃/60%、暖房20℃/40%とし、外気温度はJIS B 8616(東京地区)に記載の外気温度発生パターンを使用して期間消費電力量を算出した。従来制御と開発制御の比較を図15に示す。冷房期間は、高蒸発温度化によるCOP(Coefficient Of Performance)向上効果と過剰潜熱処理量抑制効果で32%の省エネルギーとなる。一方、暖房時の制御は変更しておらず、消費電力量は等しくなり、年間省エネルギー効果は26%となる<sup>(6)</sup>。この技術を適用した空調システムは2013年7月に製品化している。



# 冷蔵庫の新保存技術—過冷却現象の利用—

鈴木和貴\*  
林 由花子\*  
柴田舞子\*\*

*New Preservation Technology of Refrigerator—Use of Supercooling Phenomenon—*

*Kazutaka Suzuki, Yukako Hayashi, Maiko Shibata*

## 要 旨

国内冷蔵庫市場では省スペースかつ大容量の需要が高まっており、三菱電機も2012年から“大容量コンパクト”をメインの訴求とした“JXシリーズ”を展開している。このシリーズでは、食品の保存性や収納性等の“使いやすさ”も考慮し、“動くん棚”や“切れちゃう瞬冷凍”等のユーザーアシスト機能を搭載している。しかしながら、まだまだ使いやすさについては課題があり、ユーザーの声によると、冷蔵室やチルド室の食品の整理や管理がしにくいことが挙げられていた。

そこで、2014年発売の“WXシリーズ”では、冷蔵室の“使いやすさ”を向上させるための提案として、チルド室を

大きく見直し2段構造とした。上段は庫内全幅に幅を広げたワイドなチルドルーム、下段は肉・魚のトレイが2段積みできる肉・魚専用スペースとすることで、乳製品や加工食品は上段、臭い移りの気になる肉・魚は下段と分類して収納できるようにし、使いやすさと衛生性を兼ね備えた。

さらに、肉・魚専用スペースは“氷点下ストッカー”にすることで保存性を向上させた。“氷点下ストッカー”では、過冷却現象を利用し、氷点下でも凍らせずにおいしく長く保存できる独自の技術“氷点下保存”を採用し、従来のチルド室で約4日しか保存できなかった牛ひき肉や豚ロース肉を約7日間保存可能とした。



## “WXシリーズ”冷蔵庫の新機能“氷点下保存”

新たに冷蔵室の整理性と保存性を向上させるために追加した肉・魚専用の“氷点下ストッカー”では、“氷点下保存”に設定すると“氷点下ストッカー”内を $-3^{\circ}\text{C}$ 付近まで冷却し、食品を過冷却状態にする。独立した風路と温度検知システムを持ち、“氷点下ストッカー”内の温度を細かく制御することによって、食品を凍結することなく保存することを可能としている。

## 1. ま え が き

国内冷蔵庫市場は、省スペースかつ大容量のニーズが高まっている。当社では顧客のニーズに応えるため、2014年6月に業界最大容量<sup>(注1)</sup>705L(幅800mm)の“WX71Y”の発売を開始した。WXシリーズは大容量化するだけでなく、ユーザーの“使いやすさ”のために、最も使用頻度の高い冷蔵室の整理性を向上させている。

冷蔵室には多種多様な食品が収納されるうえ、食品の出し入れが多いため、食品の定位置化が難しい。特にチルド室では、乳製品や惣菜(そうざい)、加工食品、肉、魚を保存するため容量不足や煩雑な状態に陥りやすい。そこで、WXシリーズでは肉・魚の専用ストッカーと庫内全幅の大容量チルドルームを設けて収納性と定位置化を向上させている。

さらに、肉・魚の専用ストッカーには新機能の“氷点下保存”を搭載している。過冷却現象を利用することで、氷点下の温度帯(−3〜0℃)を実現しながら、凍らせずに肉・魚を5〜7日間保存することを可能にした。“氷点下保存”の機能を追加することで、“すぐ使わない食品はとりあえず冷凍する”から“保存期間に合わせておいしく保存する”ことを提案する。

(注1) 2014年5月12日現在、当社調べ

## 2. チルド室の構成

冷蔵庫を使用するユーザーの声として、特に冷蔵室やチルド室についての食品の整理や管理が難しいという声が多数あった。

冷蔵室の食品の整理や管理が難しいのは、食品の出入りが多いことや、生ものから調理後の食品まで多種多様な食品が存在することから、食品の“定位置化”が難しいことが原因であった。ユーザーが自然に食品の定位置化を実現できるように冷蔵室内の配置を検討した。

冷蔵室内での定位置化には、チルド室の活用がポイントとなった。低温で保存性のよいチルド室に、肉・魚等の生鮮食品や乳製品、加工食品等の食品をまとめて収納することで、定位置化を図り、冷蔵室全体の整理性向上を狙った。

しかし、チルド室にまとめて収納するために、容量を増加しただけでは食品の分類や定位置化を促すことは難しい。分類されずに収納すると、大容量にすることでかえって複雑さが増し、整理性が損なわれてしまう。

そこで、チルド室を2つのスペースに分割して、1つを加工食品、調理済食品用のスペース(ワイドチルド)とし、もう1つを生肉・生魚専用のスペース(氷点下ストッカー)とした(図1)。これによって食品の定位置化を実現した。乳製品や惣菜等と臭い移りの気になる肉・魚を混在せずにそれぞれの保存場所に収納できるので、整理性と衛生性を

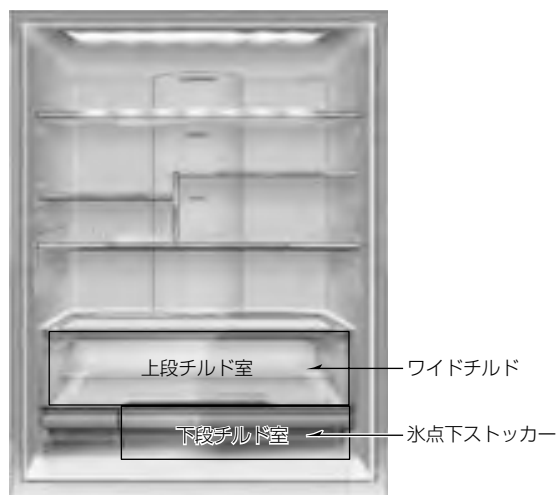


図1. チルド室2段化の冷蔵庫

同時に確保できる。また、チルド室を大容量化することで従来冷蔵室にあふれていた食品も収納することもでき、チルド室上の棚に空きスペースが作れるようになる。

実際の生活シーンでは、チルド室上の棚の使用頻度は高く、棚が常に空いていれば、いつでも収納することができ、楽に取り出すこともできる。2段化したチルド室の活用によって、冷蔵室全体の整理性と使いやすさを向上させた。さらに、氷点下ストッカーに自然に肉・魚を収納したくなるような動機づけとして、肉・魚を凍らせずに、おいしく長持ちさせることのできる保存機能“氷点下保存”を採用した。

## 3. 氷点下ストッカーの保存機能

### 3.1 保存期間と保存品質

肉や魚の生鮮食品は、すぐに消費する場合は冷蔵庫又はチルド室に保存し、余った分などすぐに使用しない場合は冷凍室に置いて保存する方法が一般的である。冷凍保存すると食品を長期間保存することができるが、凍結の過程で食品の組織や細胞を傷つけてしまうので、解凍時のドリップ流出や食感の変化等、食品本来のおいしさを損なってしまう。そこで、凍結させずに長期保存を実現するために過冷却現象を利用した保存機能の開発を行った。

### 3.2 過冷却現象<sup>(1)</sup>

ここでは過冷却現象について食品に着目して簡単に述べる。食品における過冷却現象とは、凍結点以下であっても、食品に含まれる水分が凍結しない状態で維持される現象を指す。水から氷へと相変化を起こす際は、最初に氷結晶の種ともいうべき核(氷核)が生成され、その氷核が成長することで氷結晶となるが、種となる氷核が生成されないと、当然ながら氷結晶を生成せず、凍結状態にはならない。氷核は分子の集合体(クラスター)と考えられており、クラスターは液体内部の分子の揺らぎに応じて集合と分散を繰り返す。

表 1. 試料のサイズと試験後の状態

試料サイズ	50g	100g	150g
非凍結 (過冷却維持)	△	□	◇
凍結 (過冷却解除)	▲	■	◆

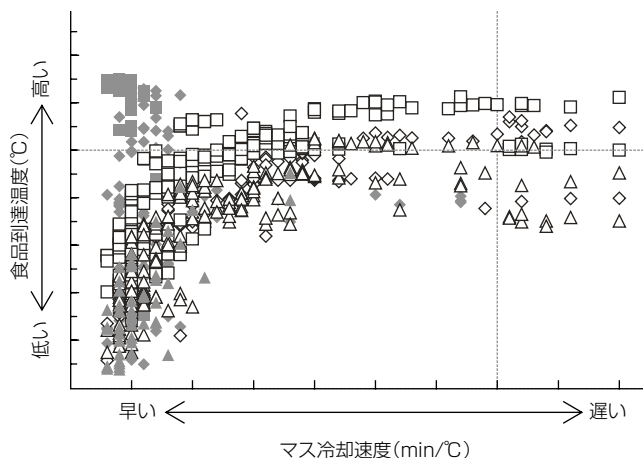


図 2. 冷却速度と過冷却解除の関係(試験数：700)

返しており、単純な温度低下だけでは氷になるきっかけの水核として安定しないため、凝固点以下でも凍結しない現象があることはよく知られている。

過冷却状態は、エネルギー的に不安定な状態であるため、1 つでも氷核ができると、それを中心に氷結晶を生成し、過冷却状態を解消し、ただちに凍結が開始される。

### 3. 3 過冷却状態の維持

3. 2 節に述べたように凍結点以下でも凍結させない、すなわち過冷却状態にするには、保存温度環境の刺激によって氷核を生成させないことが重要である。そこで、過冷却状態へ突入し、維持することができる保存温度環境の条件を検討した。

恒温槽に試料(マグロのラップ包装)<sup>(注2)</sup>を投入して、食品の周囲に配置したマス<sup>(注3)</sup>の冷却速度、食品到達温度をパラメータとして試験を行った。恒温槽に投入し十分時間が経過した食品の凍結状態を確認した結果、ある一定の値の食品到達温度とマス冷却速度の条件で過冷却解除の確率が著しく小さくなることが分かった(図 2)。

また、過冷却状態を維持する条件として、マスの“温度変動”に着目し、同様の試料を用いて、温度変動による過冷却状態の維持率へ与える影響を確認した。

マス温度変動幅が一定値を超えると過冷却状態解除の確率が上昇する結果となった。一定値を超えると、温度変動が刺激となり過冷却を解除すると考えられる(図 3)。

試験結果から、冷却速度、食品到達温度、マス温度変動幅について、過冷却状態へ突入し、維持することができる温度条件を明らかにした。

(注 2) 試料の質量と、試験後の試料の状態は表 1 による。

(注 3) マスは JIS 指定の測定用メタルを指し、すずめっきした銅又は黄銅の円柱 25g/個

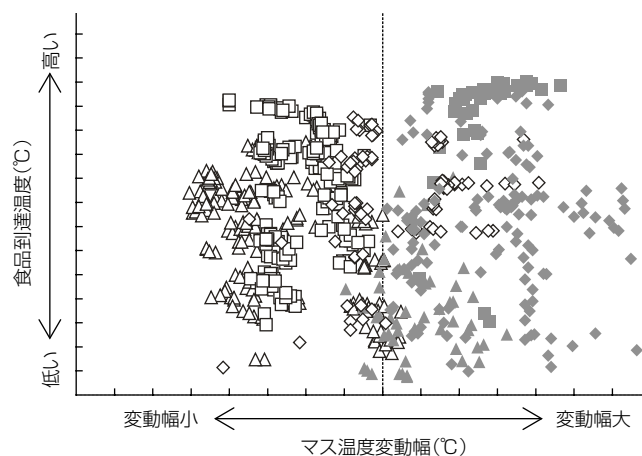


図 3. マス温度変動幅と過冷却解除の関係(試験数：700)

## 4. 実機での食品保存性

3 章で明らかにした温度条件をもとに、過冷却状態を利用し、食品を低温で凍らせずに維持する“氷点下保存”温度制御を確立した。ここでは、“氷点下保存”の食品に対する効果を示す。

### 4. 1 保存期間の確認

“氷点下保存”は、凍らせない状態で、従来よりも長期間保存することを目指した。氷点下保存温度制御を適用した冷蔵庫実機を用いて、“氷点下ストッカー”，冷蔵庫，チルド室について保存可能期間の検討を行った。

一般に日持ちのしない代表的な食材である牛ひき肉を用い、生菌数を測定し、一般に初期腐敗とされる生菌数 $10^7$ <sup>(2)</sup>に到達するまでの日数を検討した。その結果、氷点下ストッカーは 7 日以上、チルド室は 5 日未満、冷蔵庫は 3 日となった。したがって、“氷点下保存”は 7 日間保存可能であり、従来の冷蔵保存よりも長期に保存できることが確認できた。

### 4. 2 ドリップ量の比較

氷点下保存では、凍結による損傷を受けずに保存することができるため、ドリップの流出を抑制することができる。ドリップは、水分だけでなく旨(うま)み成分や栄養素の損失となるため、保存品質の一指標となる。

氷点下保存温度制御を適用した冷蔵庫実機を利用して、食品を“氷点下ストッカー”，冷凍室，パーシャル(切替室)それぞれの温度で 1 日間保存し、ドリップ量の比較を実施した。保存食材として牛モモ肉を用いて試験を実施した。

“氷点下ストッカー”のドリップ率は 1.3%，冷凍室は 4.0%，パーシャルは 6.0% となり、氷点下保存が最もドリップ率が少ない結果となり、ドリップを基準としたおいしさ評価で他の保存方法よりも優位性があると言える(図 4)。

### 4. 3 食品の変色の比較

牛肉などの赤色は、次第に褐変してくることが知られている(メト化)。褐変が進行すると、見た目のおいしさだけ

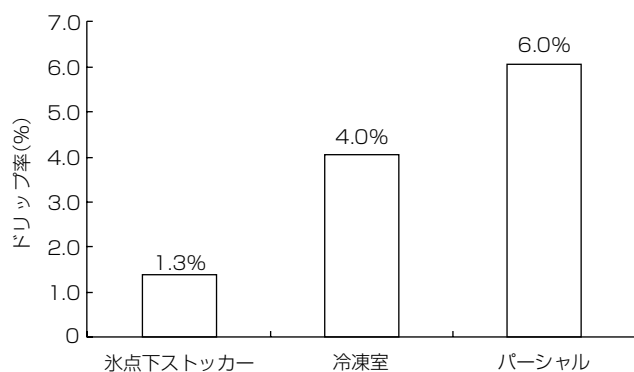


図4. 保存方法によるドリップ率比較

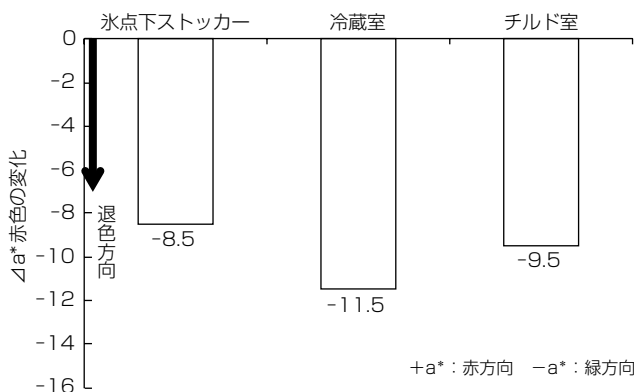


図5. 牛ひき肉の赤色値変化比較

でなく、風味を劣化させると言われている。

食品の鮮度を示す一指標として、変色に着目し、牛ひき肉を用いて、評価を実施した。

4. 2節同様、氷点下保存温度制御を適用した冷蔵庫実機を利用して、食品を“氷点下ストッカー”，冷蔵室，チルド室，それぞれの温度で7日間保存し，分光色差計を用いて変色の比較を行った。

赤色の退色程度を比較すると $\Delta a^*$ の値が，氷点下ストッカーが-8.5，冷蔵室が-11.5，チルド室で-9.5となった。氷点下保存を行った食品の赤色低減が最も小さく，他の保存に比べて，変色を抑制する結果を得た(図5)。

## 5. む す び

食品を過冷却状態で保存することで，今までの冷蔵庫では不可能であった肉・魚を凍らせない状態での1週間の保存を確認できた。単なる保存期間の延長ではなく，当社製冷蔵庫に搭載している瞬冷凍機能や大容量の冷凍室と使い分けて，1週間以内で使用する食品は氷点下保存，2～3週間で使用する場合は既搭載の切れちゃう瞬冷凍で保存，1か月以上を目安とする長期保存には冷凍室と，食品の用途・保存期間に合わせて“おいしく保存”できるユーザーベネフィットを実現した。

## 参 考 文 献

- (1) 柴田舞子，ほか：“光ビッグシリーズ”冷蔵庫の新機能，三菱電機技報，84，No.6，327～330（2010）
- (2) 期限表示のための試験方法ガイドライン(食肉（食肉加工品（半製品）を含む。))，社団法人日本食肉加工協会，1～16（2006）

# 健康管理をサポートする録画テレビ

久保めぐみ\*  
春山裕一郎\*

LCD-TV with BD Recorder Supporting Health Care

Megumi Kubo, Yuichiro Haruyama

## 要 旨

“健康”をテーマにした様々な商品，サービスが注目される中，2013年8月発売の“BHR4シリーズ”以降のブルーレイディスクレコーダ内蔵液晶テレビ(録画テレビ)には，健康管理をサポートする機能を搭載している。(株)タニタ(以下“タニタ”という。)の体組成計で測定した体重，体脂肪率等の体組成データを，テレビ内蔵のハードディスクに蓄積することができる。

2014年3月発売の“LSR6シリーズ”を例に次の主な機能について述べる。

### (1) 測定結果の一覧表示

体組成計本体では，複数項目の測定結果を順次切り替えながら表示するが，テレビでは全ての項目を一覧表示にす

ることで，測定結果の確認を容易にする。

### (2) グラフ表示

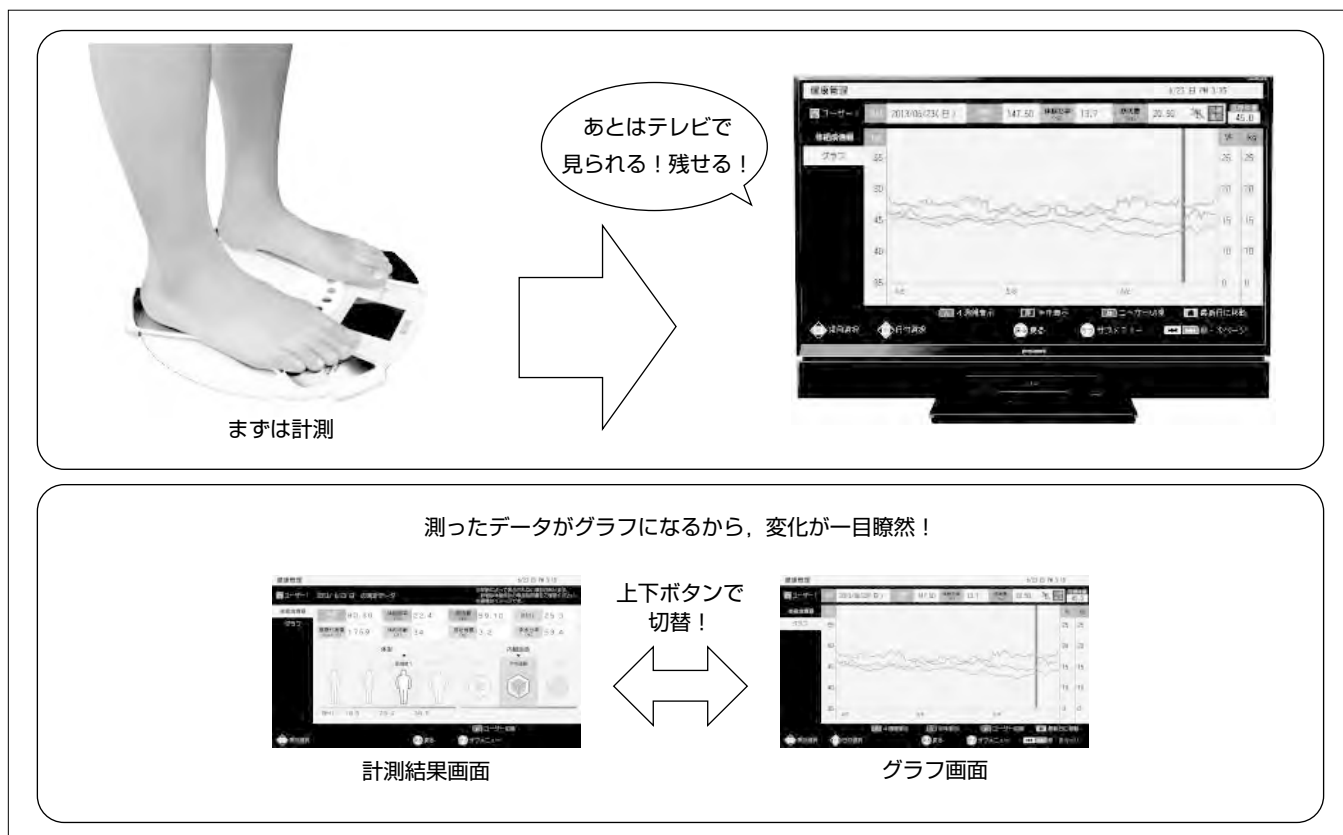
蓄積した測定データはグラフ表示される。目標体重を設定すれば，目標達成に向けた体重管理ができる。

### (3) パスワード設定

最大5人までユーザーを登録できる。また，ユーザーごとにパスワードを設定できるので，プライバシーを守りながら使用することができる。

### (4) ユーザー管理

体組成計を買い替えた場合でも，蓄積したデータを引き継ぐことができる。



## テレビを使った健康管理

テレビ内蔵のハードディスクに体組成計で測定した体組成データを蓄積することで，測定結果の一覧表示やグラフ表示が簡単にできる。



# 1. ま え が き

“健康”をテーマにした様々な商品、サービスが注目される中、2013年8月に発売した“BHR4シリーズ”以降のブルーレイディスクレコーダ内蔵液晶テレビには、健康管理をサポートする機能を搭載している。タニタの体組成計で測定した体重、体脂肪率等の体組成データを、Bluetooth<sup>(注1)</sup>を用いた無線通信、又は体組成計に付属のSDカードからテレビ内蔵のハードディスクに取り込み、最大2年間分を蓄積することができる。蓄積したデータをテレビ画面上にグラフ表示したり、最新のデータを見やすく一覧表示したりすることができ、パソコンや携帯端末を使用しなくても、リビングのテレビで手軽に健康管理のサポートが可能である。

本稿では、2014年3月発売の“LSR6シリーズ”を例に、健康管理の主な機能について述べる。

(注1) Bluetoothは、Bluetooth SIG, Inc. の登録商標である。

## 2. 機 能

### 2.1 測定結果の一覧表示

体組成計で測定した結果を確認するには、体組成計本体に設けられた小さな画面をのぞきこむ必要がある。また、測定項目は体重、体脂肪率等複数あるが、各項目を順次切り替えながら表示するので、各項目の測定結果を一度に確認することは困難である。

そこで、テレビでは大画面を活用し、体重、体脂肪率、筋肉量、BMI(Body Mass Index)等の8項目全ての測定結果を一覧で表示することで視認性を良くし、各項目間の測定結果比較を容易にした(図1)。さらに、4段階(やせ／普通／肥満度1／肥満度2以上)で判定される“体型”と、3段階(標準／やや過剰／過剰)で判定される“内臓脂肪”については、イラストとともに表示することで、言葉だけでは伝わり難(にく)いからだの状態を視覚的にイメージできるようにしている。

毎回測定を行わなくても、蓄積されている最新の測定結果を一覧表示するので、気になったときにいつでも確認することが可能である。

### 2.2 グラフ表示

最大2年間分蓄積されたデータは自動でグラフ表示される。日々の変化が一目で分かるので、健康管理に役立てることができる。

#### 2.2.1 表示期間

例えばダイエットでは、短期間での体重変化に着目しがちだが、長期的な変化も把握しておく、リバウンドの状況も確認できる。このため、より効果的なダイエットの実現が期待できる。

そこで、グラフの一面面に表示する期間を、4週間／3か月／半年／1年の4種類用意し、短期間／長期間でのからだの変化も確認できるようにした(図2)。表示期間を変更



図1. 測定結果一覧表示画面

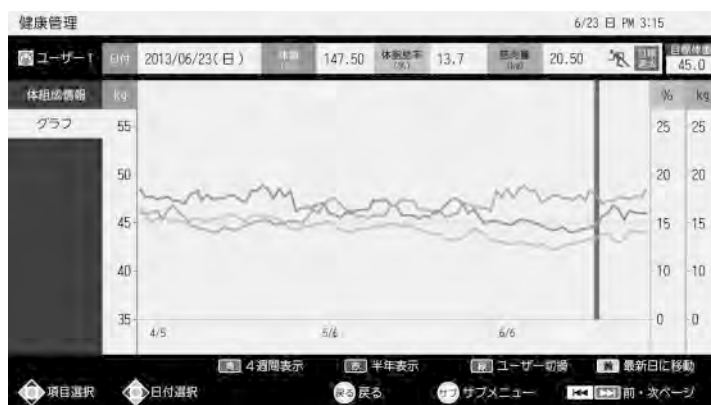


図2. グラフ表示画面

する操作は簡単で、短期間（4週間）から長期間（1年）方向へは、リモコンの“赤”ボタンを押すことで切り替え、反対に長期間（1年）から短期間（4週間）方向へは、“青”ボタンを押すことで切り替える。蓄積された最大2年間分のデータはすべてグラフ表示可能である。グラフ画面にページ送り機能を備えているので、去年やおととしのからだの状態や季節ごとのからだの変化傾向も確認することができる。

2.1節で述べた一覧表示は、最新の測定結果だけで過去の測定結果は確認できない。そこで、グラフの4週間／3か月表示では、日付を選択してその日の測定結果（グラフ表示されている項目だけ）を具体的な数値で確認することができるよう配慮した。

## 2.2.2 表示項目選択機能

ダイエットによる体重の減少が、脂肪ではなく筋肉が減ったことによるものであれば、基礎代謝が下がり痩せにくくなる可能性がある。

そこで、グラフには同時に3項目まで表示できるようにした。複数の測定項目を比較表示することで、体重の増減だけでは分からないからだの変化も確認できる。1項目は体重固定とし、残りの2項目は、ユーザーが任意に設定できるように表示項目の選択機能も設けている（図3）。表示項目はユーザーごとに設定可能で、各ユーザーは気になる項目や目的にあわせて、表示項目を選択することができる。

グラフは視認性を良くするために、3項目すべて異なる色を使用している。この色分けは、2.1節で述べた一覧表

示の項目名にも反映されるので、グラフの表示項目を変更すれば、一覧表示でも同じ項目が同じ色で表示されるようになっている。

## 2.2.3 目標設定機能

体重だけではあるが、目標値を設定することができる（図4）。設定された目標体重は画面上部に数値で表示される他、グラフ上に目標体重ラインとしても表示されるので、目標達成に向けた体重の推移や現在の体重との差を視覚的に確認することができる。

また、ユーザーのやる気を後押しする工夫として、目標体重を下回ると画面上部に目標達成アイコンが表示されるようになっている。

## 2.2.4 メモアイコン機能

その日の過ごし方や出来事によって、体重や体脂肪率の一時的な増減など測定結果に変化が現れる。測定結果とともにメモを残しておけば、後日見返したときでも、変化の理由が分かるので便利である。ユーザーが任意の文章を入力できれば良いが、テレビで文字入力を行うには、一文字ずつリモコンの数字ボタンを何度も押すか、画面上に表示されたキーボードからリモコンの上下左右ボタンや決定ボタンを使って一文字ずつ選択するしかなく、手間のかかる操作となってしまう。

そこで、日々のでき事を連想させる8種類のメモアイコン（図5）を用意し、これらの中から選択するだけの簡易なメモ機能を実現した。“食べ過ぎた”などの具体的な文章から選択させると、正確にその内容と合致していない場合、ユーザーは文章を選びにくくなる。あえて曖昧さの残るアイコンにすることで、各アイコンの持つ意味はユーザーの自由な解釈によって幅が広がり、ユーザーにとって選びやすく、使いやすいものになっている。

## 2.3 パスワード設定

体重などの測定結果を、人には見られたくないと思うユーザーは多い。携帯端末のような個人で使用する機器とは異なり、テレビは複数人で共有することが多いため、人に見られてしまう可能性が高い。

このようなプライバシー保護の観点から、パスワード設定機能を搭載した。ロックしているユーザーの画面を開くには、必ずパスワードの入力が必要となるので、複数人で



図3. 表示項目選択画面



図4. 体重目標値設定画面

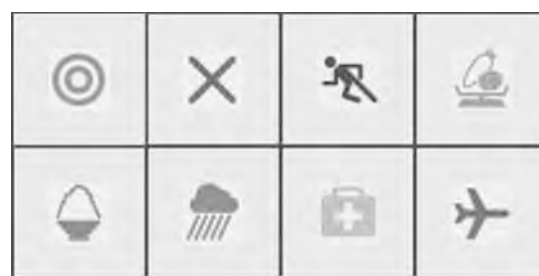


図5. メモアイコン一覧



図6. パスワード設定画面

使用する場合でも、他人に勝手に画面をのぞかれる心配はない。パスワードは4桁の数字で設定する(図6)。

パスワードはユーザーごとに、測定結果一覧画面とグラフ画面のどちらからでも設定及び解除が可能である。パスワードを忘れてしまった場合は、テレビを初期化しなくてもリセットできるよう、健康管理の画面とは別のメニューからリセットする手段を設けている。ただし、ユーザー情報そのものを削除するしかなく、蓄積されていたデータもすべて消去される。

#### 2.4 ユーザー管理

健康管理のサポート機能は、テレビ1台について最大5人まで使用可能としている。ユーザーには番号が付けられているが、番号だけを頼りにユーザー識別するのは困難な場合がある。ユーザー名称を任意に設定できれば良いが、2.2.4項でも述べたとおり、テレビでは文字を入力するのは手間がかかる。

もっと簡単にユーザー識別を行う手段として、ユーザーごとに異なるアイコンを設定できるようにした(図7)。

一覧から好みのアイコンを選択すると、ユーザー番号の前に選んだアイコンが表示される。番号とアイコンの2つを手掛かりにすれば、ユーザー識別が容易となる。他のユ



図7. ユーザーアイコン一覧

ーザーが使用しているアイコンは選択できないので、複数ユーザーが同じアイコンを使用する心配もない。

### 3. む す び

最近の健康ブームによって、携帯端末やパソコン用のアプリケーションを始め、“健康”をテーマにした様々な商品、サービスが多数提供されるようになった。一方、新しい商品やサービスに馴染(なじ)めない高齢者を中心に、手帳やノートに手書きをして管理している人が多いのも事実である。身近な家電であるテレビに健康管理のサポート機能を、普段と変わらない操作性で搭載したことによって、誰もが簡単に健康管理を行うことができる。

ブルーレイディスクレコーダ内蔵液晶テレビは、2009年から発売を続けている。他社が新しい機能を次々とテレビに搭載していく中、ブルーレイディスクレコーダを内蔵しているという三菱テレビならではの特長を活用した新機能を模索してきた。健康管理のサポート機能によって、記録するのは番組だけであるという既成概念を取り払った、録画テレビの新しい使い方の提案ができた。これからも、常に新しい提案を続けられるよう努めていきたい。

# 身体的負荷を軽減するクリーナーの グリップハンドルのデザイン

石田健治\*  
高砂英之\*  
深野さゆり\*

*Design for Reducing Physical Load of Vacuum Cleaner's Grip-handle*

*Kenji Ishida, Hideyuki Takasago, Sayuri Fukano*

## 要 旨

近年、ロボットクリーナーやスティッククリーナーの市場が拡大しているのは、“楽に・手軽に”掃除を済ませたいというニーズの現れである。キャニスタータイプのクリーナーは“しっかり掃除”ができる特長を基本に、この“楽に・手軽に”というニーズに応えていく必要がある。

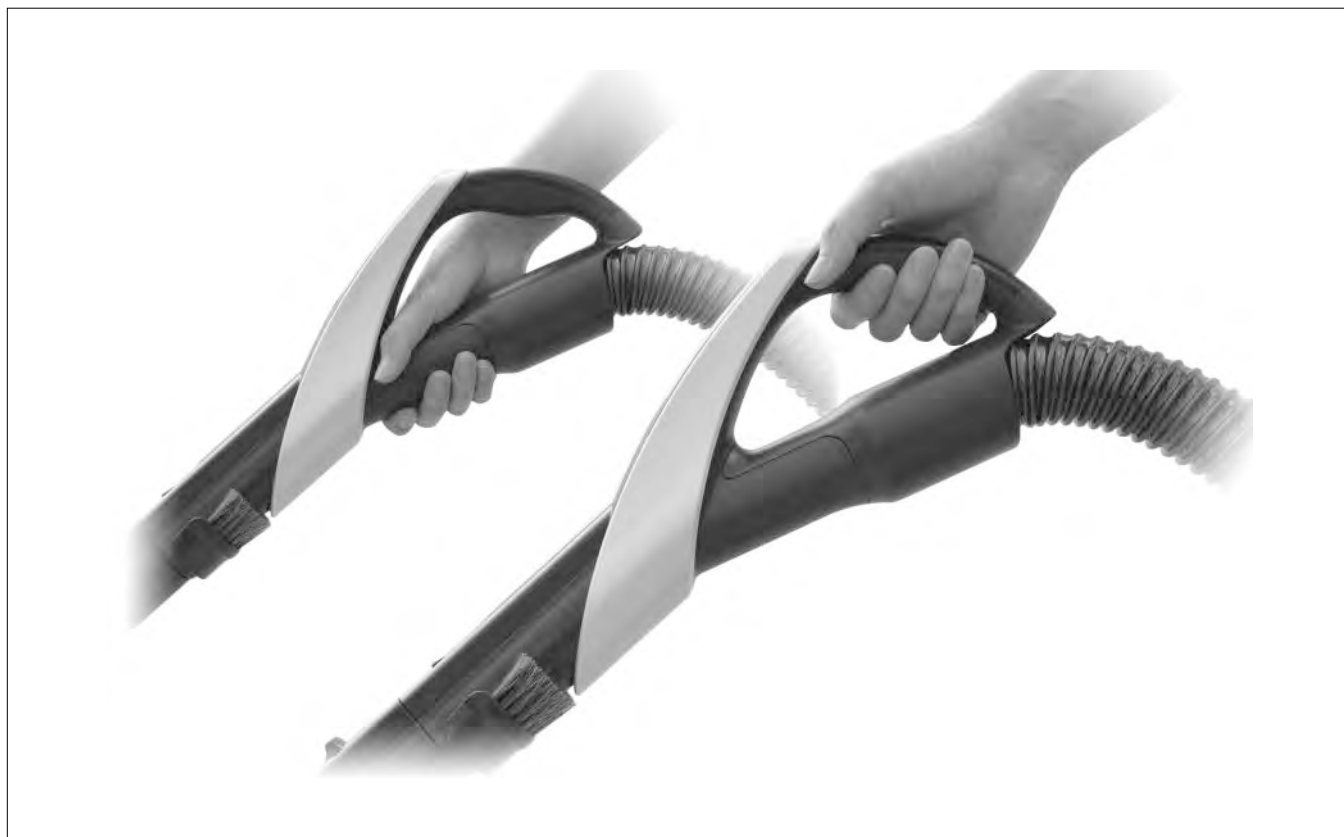
三菱サイクロンクリーナー“風神TC-ZXDシリーズ”に搭載の“フィジ軽グリップ”のデザイン開発では、このニーズに応えるため、掃除中の身体的負荷軽減と同時に、掃除を楽しくするための技術開発を行った。

身体的負荷軽減に関しては、掃除をする際の姿勢の違いに着目し、握る部分を1か所に限定せず、基本となる床掃除のための握り部(以下“メイングリップ”という。)と、そ

の他の高所掃除のための握り部(以下“サブグリップ”という。)を別々に設け、それぞれを最適化した。

メイングリップは、位置や角度、太さや長さ等を見直し、基本構成を再構築した。サブグリップは、風路を形成する部分を、新たにグリップとしても機能させることで実現を図った。操作部に関しては、身体的負荷軽減の視点から、電源の入りボタンと切りボタンを統合しつつ、位置の最適化を図った。また、従来、本体で表示していた運転状態の表示を操作部に配置し、使い勝手を高めた。

さらに、掃除を楽しくするためのスマートフォン専用アプリケーション“カロナビ”を開発し、家族全員が掃除を楽しく感じるコンテンツを取り入れた。



## 三菱サイクロンクリーナー“風神TC-ZXDシリーズ”に搭載の“フィジ軽グリップ”

2014年6月21日に発売した三菱サイクロンクリーナー“風神TC-ZXDシリーズ”から搭載した“フィジ軽グリップ”は、握る部分を1か所に限定せず、掃除する場所に合わせて持ち替えることで、身体的負荷軽減を図っている。メイングリップは基本となる床掃除に、サブグリップはその他の高所掃除に適している。

## 1. ま え が き

掃除は家事の中でも身体的負荷が大きく、特に嫌われる家事の1つである。近年、ロボットクリーナーやスティッククリーナーの市場が拡大しているのは、簡単・手軽に掃除を済ませたいというニーズの現れでもある。しかし、それらは補助的な使われ方が一般的で、家中すみずみまでを“しっかり掃除”するには、従来のキャニスタータイプのクリーナーが必要であることに変わりはない。重要なのは、簡単・手軽に“しっかり掃除”を済ませたいというニーズに、キャニスタータイプのクリーナーが応えていくことである。三菱電機の“サイクロンクリーナー風神”は、本体を、独自の遠心分離技術を軽量・コンパクトなボディに収めつつ、メンテナンス性や使い勝手を高め、そのニーズに応えながら進化を続けてきた。本体同様、グリップハンドルやパイプ・ブラシ等のアタッチメントでも、そのニーズに応えることが課題であった。

アタッチメントの中でもグリップハンドルは掃除中、必ずユーザーが触れる部分であり、掃除のしやすさを肌で感じる重要パーツである。

三菱サイクロンクリーナー“風神TC-ZXDシリーズ”に搭載の“フィジ軽グリップ”のデザイン開発では、掃除中の身体的負荷軽減と同時に、掃除を楽しむための技術開発を行った。

本稿では、2章で身体的負荷軽減を図る基本構成、3章で操作部の改善、4章でスマートフォン専用アプリケーション“カロナビ”について述べる。

## 2. 身体的負荷軽減を図る基本構成

### 2.1 基本構成の見直し

家庭内の掃除は図1に示すように多様であり、使用するアタッチメントだけでなく、姿勢の違いによって、手首や腰等への身体的負荷もそれぞれ異なる。使用する場所に合わせて、グリップハンドルの形状を最適化することが望ましいが、その都度グリップハンドルを差し替えるのは合理的ではない。

そこで、握る部分を1か所に限定せず、基本となる床掃



図1. 家庭内の掃除場所例

除のためのメイングリップと、その他の高所掃除のためのサブグリップを別々に設け、それぞれを最適化した。

### 2.2 メイングリップ

#### 2.2.1 位置の設定

床掃除は基本的に腕を前後させて行うが、図2のように先端のブラシに角度を与えて方向転換をしているため、手首はひねる動作を繰り返している。

この手首への負荷を軽減するには、図3のように、パイプから伸びる回転軸上を握ることが望ましいが、そのためには風路を曲げる必要がある。しかしそれは、圧力損失を発生させ、仕事率を低下させる要因ともなるので、必要最小限の角度にすることが重要である。

#### 2.2.2 角度の設定

図4に示すように、肘を伸ばした状態で床掃除を行うと腰が曲がりやすく、知らず知らずのうちに腰に大きな負担がかかっている。これを回避するには、グリップハンドルを持つ腕の肘を、しっかりと曲げることが重要である。立った状態で肘を曲げると、体はバランスを取るために上体を反らし、自然に腰が伸びた姿勢になりやすいからである。



図2. 手首をひねる動作

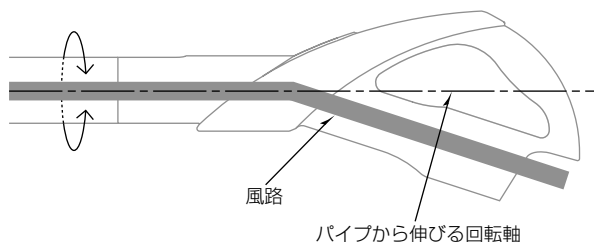


図3. 位置の設定

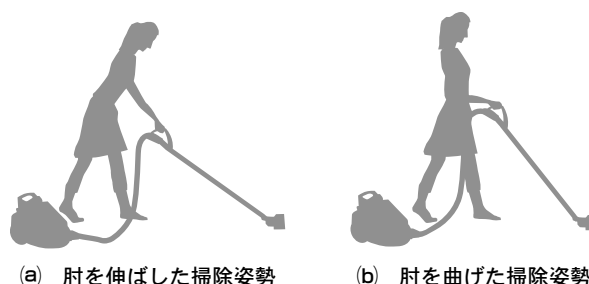


図4. 床掃除の姿勢の違い



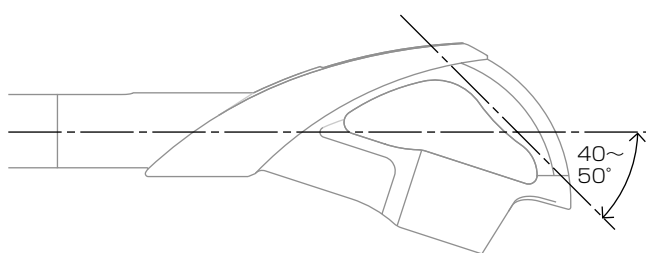


図 5. 角度の設定

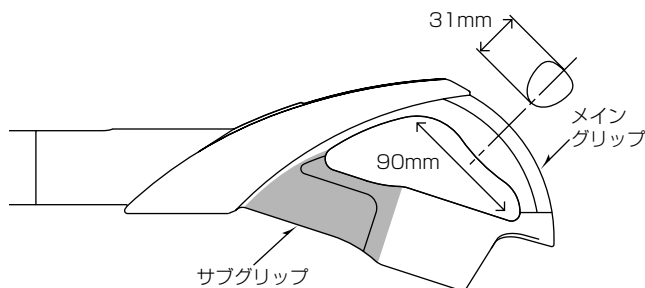


図 6. 形状の設定

よって、メイングリップは、肘を曲げた姿勢で操作しやすい、さらには、肘を曲げた姿勢に自然となりやすい角度を持つことが望ましい。

これを踏まえて試作と評価を繰り返し実施した結果、メイングリップは、パイプに対して40～50°の範囲の傾斜が望ましいことが分かった。2.2.1項で設定した位置の条件“パイプから伸びる回転軸上”にこの角度を取り入れて、メイングリップの基本構造とした(図5)。

### 2.2.3 形状(太さ・長さ)の設定

メイングリップの太さや長さに関しては、一般社団法人人間生活工学研究センター(HQL)のデータベース<sup>(1)</sup>を活用し、5パーセントの手が小さい女性でも、95パーセントの手が大きい男性でも握りやすいことを目標とした。

その目標に対して、データを基にデザインした試作品を実際に5パーセントの手が小さい女性や、95パーセントの手が大きい男性を含めた被験者による主観評価を実施しながら検討を進め、最終的には、図6に示す形状を導き出した。

### 2.3 サブグリップ

床掃除では、吸込口のブラシが常に床に接しているので、グリップを強く握る必要性は低いですが、高所掃除では吸込口を持ち上げる動作が増加するので、床掃除よりも強く握る必要性がある。また、床掃除では先端のブラシを大きなストロークで前後に動かす動作が主であるが、階段や網戸等の高所掃除では、吸込口を、上下左右に動かす動作が増えるので、手首への負担が増加する(図7)。

これらの課題に対しては、図6のように風路の一部を“グリップ化”することで対応が可能である。ただし、風路であることから、吸込性能を低下させない内径を確保する



(a) 階段の掃除(左右の動き)



(b) 網戸の掃除(上下左右の動き)

図 7. 高所掃除例

必要があり、太さや形状の自由度は低い。

握りやすさの検証は、メイングリップ同様、5パーセントの手が小さい女性や、95パーセントの手が大きい男性を含めて実施した。

サブグリップを握った際に、メイングリップが手首の内側に当たることを懸念していたが、逆に、これによって手首が固定され、網戸などを上下左右に細かく掃除する際は、腕全体に負荷が分散され、メイングリップ使用时よりも疲れにくいことが分かった。

## 3. 操作部の改善

### 3.1 電源ボタンの位置の最適化

ユーザーは掃除中、椅子などの家具を動かす時やアタッチメントを交換する時など、頻繁に電源の入り切りを行っている。よって、操作頻度が高い電源ボタンは、簡単に素早く押せることが重要である。

しかし、従来は電源ボタンが、グリップを持ち替えないで届かない場所にあり、その要件を満たしていなかった。また、操作部が複雑で電源ボタンが認識しづらいといった課題があった。

そこで、分離して配置していた“入りボタン”と“切りボタン”を統合するとともに、グリップを握った状態で親指

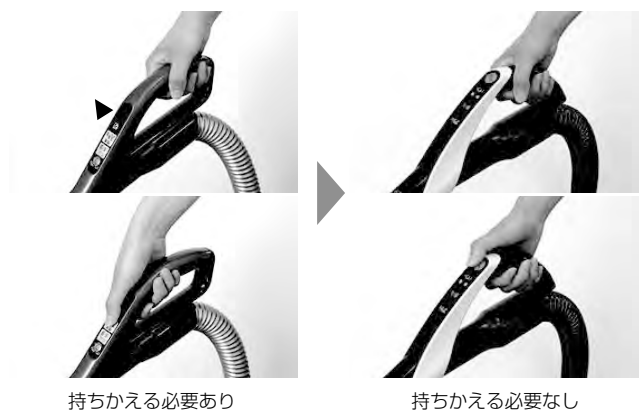


図 8. 電源ボタンの最適化



図10. カロナビ表示画面

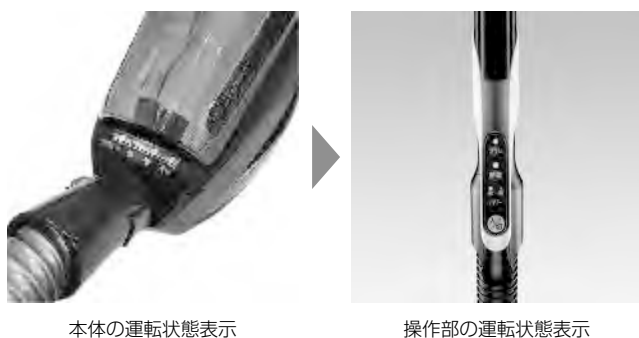


図 9. 運転状態の表示

が届く位置に配置し、簡単に素早く操作できる電源ボタンを実現した(図8)。

### 3.2 運転状態の表示

グリップハンドルの操作部では、“電源入り切り”の他に“運転の強弱切替え”や“節電モード”“パワーブラシ”の入り切りを行うことができる。従来は、その運転状態をクリーナー本体に表示していたが、掃除中、クリーナー本体は、ユーザー後方の離れた場所に位置することが多い。よって、ユーザーは後方を振り返りつつ、遠くから表示部を見なければならず、実際には表示部ではなく、運転音で、運転状態を判断しているケースが散見された。

そこで図9のように、常に手元にある操作部に表示機能を持たせ、いつでも運転状態を確認できるようにした。さらに、それぞれのボタンに異なる凹凸形状を設けた。これによって、聴覚障がいのあるユーザーには、より安心して使ってもらえると考えた。

### 4. スマートフォン専用アプリケーション“カロナビ”

2章、3章では、身体的負荷をハード面から軽減する取組みを述べてきたが、この章では掃除を楽しむ取組みについて述べる。

#### 4.1 機 構

グリップハンドルには、自動で節電運転を行うための3軸加速度センサが内蔵されている。このセンサで得た掃除中の移動距離を、NFC(Near Field Communication)チップからスマートフォンに取り込み、消費カロリーや運動量、掃除面積として表示する。

#### 4.2 家族で楽しむ専用アプリケーション

このアプリケーションを開発するにあたって、子供を含めた家族全員が、楽しく家事に参加できることを目標とした。それには、掃除によって得られる達成感を、誰に、どのように表現するかが重要であった。また、データを単に数値やグラフで表示するだけでは、達成感や楽しさにはつながりにくいと考えた。そこで、図10に示すように、お菓子の大きさや数で表現する“カロリーサポート”，ランニングの距離で表現する“うんどうサポート”，掃除面積をスポーツ競技場の広さで表現する“おそうじスタジアム”を用意し、家族全員が達成感を感じやすい画面を選択できるようにした。

## 5. む す び

掃除が嫌われる要因の1つである身体的負荷を軽減することを中心に、グリップハンドルのデザイン開発について述べた。今後は、その他のアタッチメントや本体の開発にも展開し、より“楽に・手軽に”掃除ができるクリーナーの開発を目指す所存である。

## 参 考 文 献

- (1) 人間生活工学研究センター：日本人の人体寸法データベース2004-2006，日本人の手の寸法集2010  
[http://www.hql.jp/information/book/handdata\\_book.html](http://www.hql.jp/information/book/handdata_book.html)

# “霧ヶ峰Zシリーズ”の 省エネルギー・省資源化技術

濱田慎悟\*

Energy and Resource Saving Technologies of Air Conditioner "Kirigamine Z Series"

Shingo Hamada

## 要 旨

“部屋ではなく、あなたを温めたい。”その発想が決め手となり、平成25年度省エネ大賞<sup>(注1)</sup>と第10回エコプロダクツ大賞を受賞した三菱電機のルームエアコン“霧ヶ峰Zシリーズ”の省エネルギー技術及び省資源化技術について述べる。

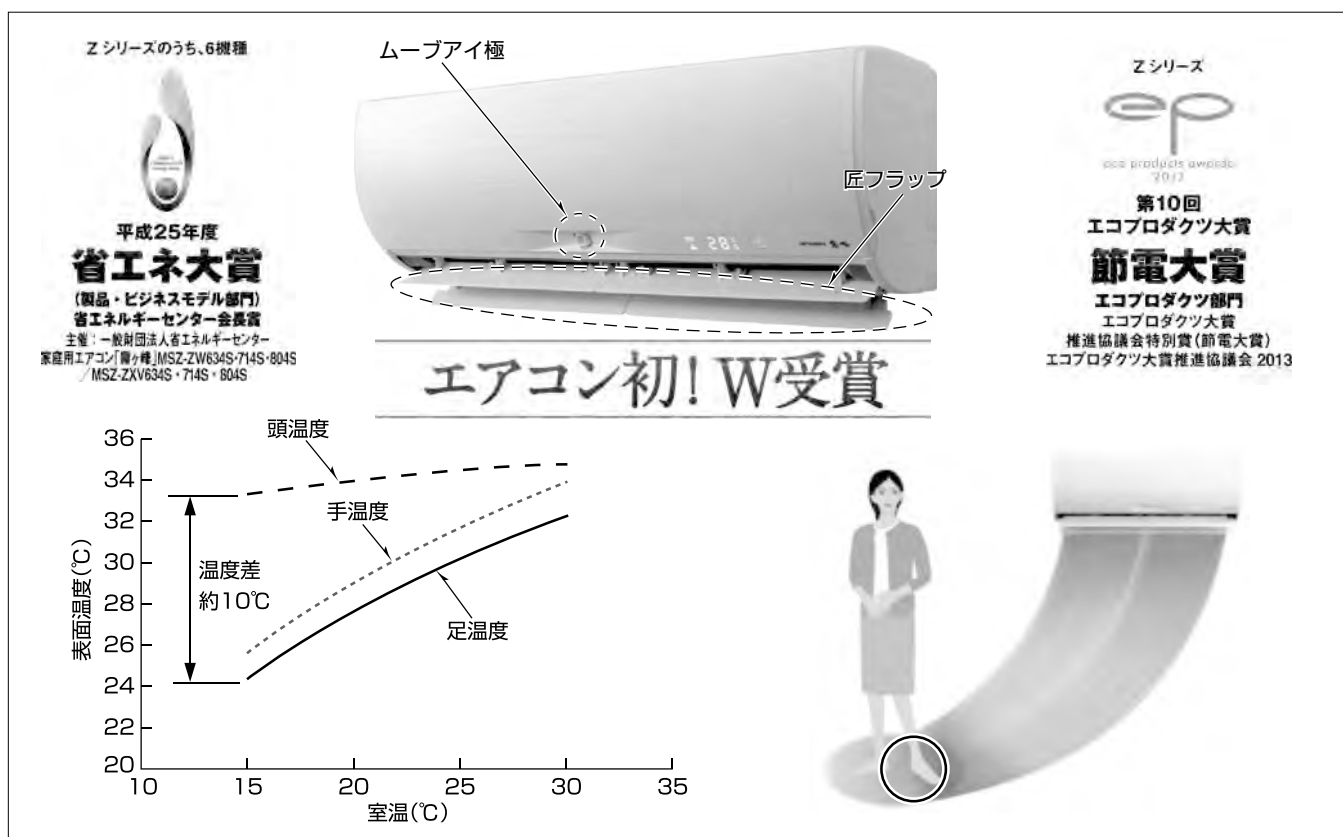
社会的に節電意識が高まる中、ルームエアコンの省エネルギー化を推進させるには、機器自体の効率を高めるハード省エネルギー技術に加えて、近年ではセンサによるソフト省エネルギー機能の拡充も一般的になりつつある。

従来、霧ヶ峰では“ムーブアイ”を搭載することによって、床面温度を検知して室温との差を見ながら、人が居るエリアだけを冷暖房する“エリア空調”による省エネルギーを推進してきた。

今回の新製品では、人のための空調をもう一度原点に戻って見直し、従来検出することができなかった体の部位ごとの温度まで直接測って、一人ひとりの感覚に合わせて、その人に適した温度の風を届ける“人中心の快適性”を実現することができた。

また、新冷媒R32を採用することで地球環境に配慮しつつ、新冷媒の特性に合わせた要素技術を開発することで業界トップクラス<sup>(注2)</sup>のAPF<sup>(注3)</sup>を達成した。さらに、機能部品については高密度化及び軽量化を実現することで、省資源化にも配慮している。

- (注1) 霧ヶ峰Zシリーズの内6機種  
(注2) MSZ-ZW634S型、ZXV634S型  
(注3) 期間消費電力 JIS C 9612:2013



## “ムーブアイ極”と“匠フラップ”による節電技術の進化

人の頭や手足といった部位を見分けて、部位の温度まで直接測定する“ムーブアイ極”と、4枚のフラップを独立に駆動させて、狙った足元にピンポイントで温風を届ける“匠(たくみ)フラップ”を搭載している。人が感じている暑さ・寒さの感覚を見ながら、より少ないエネルギーでその人の快適性を高めて節電するのが“霧ヶ峰Zシリーズ”である。

## 1. ま え が き

東日本大震災以降、各地で電力が逼迫(ひっばく)しており、ルームエアコンでも、継続的に省エネルギー化が求められている<sup>(1)</sup>。

これまでの一般家庭におけるエアコンの節電対策とえば、“こまめに消す”、設定温度を抑える“我慢する節電”、扇風機と併用した“使い方を工夫する節電”等であった。しかし、今後は快適性を向上させつつ、無理をしなくても節電できる新しい技術が重要になってくると考えている。

本稿では、従来のエアコンの“お部屋を空調する”という概念から、“あなたを温める”という空調概念へと変革して節電するルームエアコン“霧ヶ峰Zシリーズ”の新技术について述べる。

## 2. 市場調査及びユーザー動向

図1にユーザーのリビング畳数の調査結果を示す。近年ワイドリビングは増加傾向にあり、特に20畳以上の大容量クラスについては比率が47%を占めるまでに拡大している。リビングが広くなると、温度むらが大きくなり快適性が損なわれるという新たな課題が発生する。この場合、ユーザーがリモコンの設定温度を上げる(暖房時)と広いリビング全体を空調してしまい、エネルギーの無駄が生じてしまう。

そこで、リビングエアコンに対するユーザーアンケート調査を行った。図2は暖房時における不満点のリストを示す。分析の結果“足元が温まらない”が最も多いことが判明した。

新製品ではこの不満点を解消するために、人が居る場所を冷房・暖房する従来の“エリア空調”の概念を原点から見

直し、人の暑さ・寒さを人体表面からダイレクトに感じ取することで、“人中心の快適性”を実現して節電を行うエアコンの開発を目指した。

## 3. 新 製 品

### 3.1 開発プロセス

まず開発の初期段階で、人が暑さ・寒さをどのように感じているかを正確に把握するために、室温が変化した場合の体の部位別の体表温度を調査した(要旨の図の左下)。すると、室温が下がった場合、頭の温度はほぼ一定であるのに対し、手足の温度は室温の低下に追従することが分かった。例えば、冬場で室温が15℃の場合、足元は頭よりも約10℃も冷たくなっている。よって、人が暑さ・寒さを感じる感覚は足元が鍵であることが分かった。

つまり、冷たい足元だけを集中的に温めることができれば、少ないエネルギーで効果的に体感温度を上げることができる。これは、外気温が低くても体が芯から暖まって気持ちが良い“足湯”と同じ効果だと考えられる。

### 3.2 新型センサ“ムーブアイ極”の開発

図3に示すように、“冷えやすい手足の温度を直接測って、直接温めるエアコン”を実現するために、新型のサーモパイルセンサ“ムーブアイ極”を開発した。室内機の前面部に搭載されているこのセンサは、垂直方向に32個の素子を内蔵し、床面から天井面までを熱画像としてセンシングが可能である。一般的に素子を小型化すると1つの素子が受ける信号が減るので、信号と雑音の比(S/N(signal to Noise)比)が悪化する。そこで、内部の熱電対の集積密度を上げることで、超高感度素子の開発に成功した。

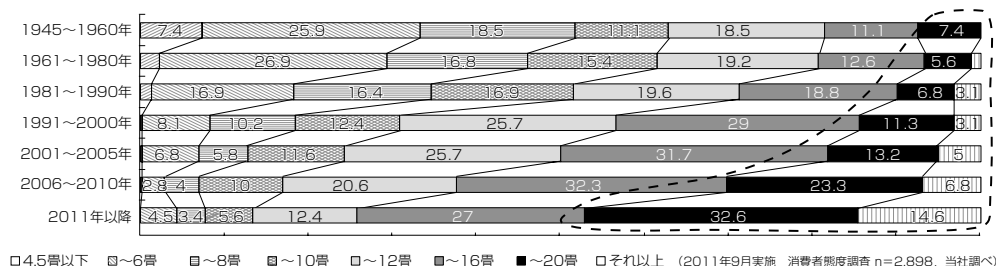


図1. リビング畳数比率調査結果

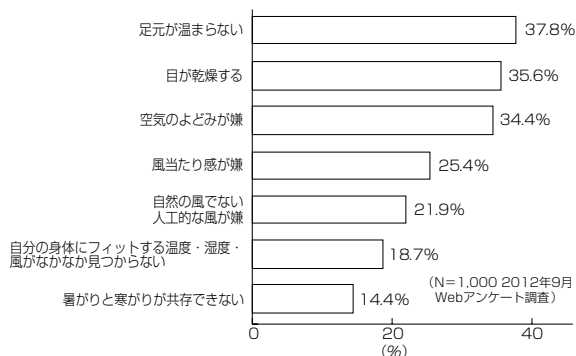


図2. リビングエアコンの不満点

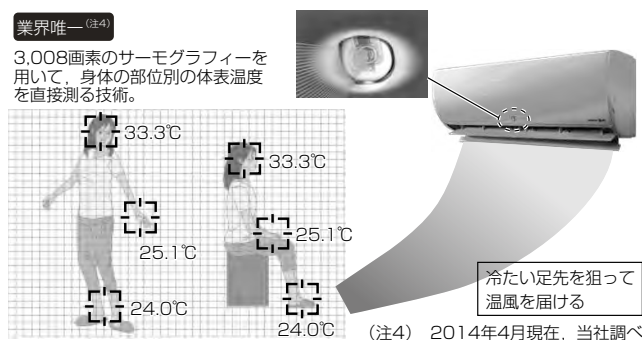


図3. 手足の温度を直接測って直接温めるエアコン



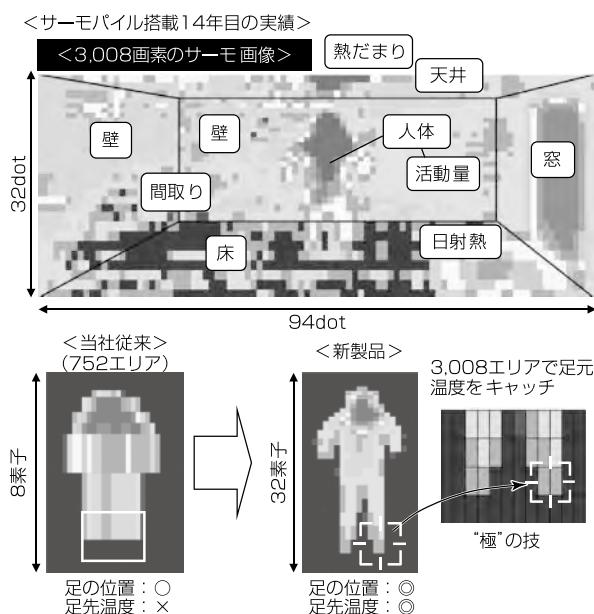


図4. 3,008画素のサーモグラフィ

この素子を左右に回転駆動させながら94回の温度測定を行うことで、部屋全体を3,008ブロックに区分した熱画像を取得することができる(図4)。従来は熱画像から人の位置だけを検出していたが、解像度を4倍に高めることによって頭や足といった人の部位までを識別可能となった。また、その部位の体表温度を0.1℃刻みで細かく測定できるので、その人に合った温度の風を届けて“人中心の快適性”を実現できるようになった。例えば、暖房時でムーブアイ極が冷たい足元を見つけると、足元だけにピンポイントに温風を届け、また冷房時で冷え過ぎた足元を検知すると、冷房を即座に弱めて無駄な消費電力を削減することができる。さらに、熱画像で判断しているので、夏場の就寝時間帯などで照明が暗くても、肌温度の低下を検知すると冷房を弱めて寝冷えを抑制し、逆に肌温度上昇や寝返り頻度の増加を検知すると、風を当てて寝苦しさを抑制し、快眠と省エネルギー性を両立させている。

### 3.3 風を自由自在に操る“匠フラップ”

センサの分解能がどれだけ上がっても、冷えた足元に温風を届かせることができなければ、人の体感温度を効果的に上げることはできない。そこで、気流を自由自在に操る“匠フラップ”を開発した(図5)。

その特長は、①従来モデルよりも縮流風路を拡大して暖気の通り道を拡大し、足元への到達力を強化したこと、②縮流される暖気の通過領域に左右ベーンを設置し、左右の曲げ角度を強化したこと、③上下4枚と左右フラップのそれぞれを業界最多(6個)<sup>(注5)</sup>のモータで独立駆動させて自由自在な気流を発生させ、人がどこに居ても足元が狙えること、④フラップを左右に分割しているので、離れた2か所の同時空調が可能であることである(図6)。

### 3.4 新製品の節電効果

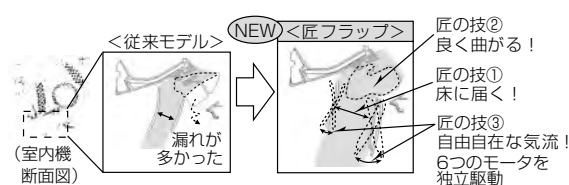


図5. 匠フラップの技術的進化



図6. 2か所同時空調の実現

表1. 新製品の省エネルギー効果<sup>(注6)</sup>

試験条件>16畳 外気温:7℃ 恒温 体感温度:23℃ 機種:MSZ-ZW634S (活動量は含まず)	安定時 消費電力量	省エネルギー 効果	室内全体の 平均温度	人体足元 近傍温度
	Wh	%	℃	℃
当社従来:センサなし	630	—	23.1	17.1
当社従来:ムーブアイ暖房 (部屋全体を空調)	503	20.2	22.8	23.4
新製品:足元集中暖房	393	37.6	21.1	26.8

(注6) MSZ-ZW634S, ZXV634S型。当社環境試験室での消費電力比較。活動量は2met。

(注5) 2013年8月22日現在、当社調べ

ムーブアイ極と匠フラップを用いて足元近傍だけにピンポイントで温風を届けた場合の節電効果を表1に示す。従来のセンサなしの空調に対して約38%の節電効果を得ることができた。

### 3.5 自然の風を再現した新“ハイブリッド運転”

人は、風を浴びることでより涼しく感じることができる。この風の涼風作用を利用し、従来は冷房運転を行っていた温度帯で風を最大限に活用して快適性を維持しつつ、消費電力量の多い圧縮機を休止させて節電するのが当社独自の“ハイブリッド運転”である。送風運転、冷風運転、冷房運転の各モードは自動で切り替わるため、ユーザーは特に意識をすることなく節電が可能である(図7)。

また、風の質にもこだわり、実際に霧ヶ峰高原(長野県)で測定した自然の風を詳細に分析し、4枚のフラップを駆使して自然特有の不規則なリズムを再現することに成功した。この風を縦の気流で全身に向かって優しく浴びせることで、まるで高原に居るかのような快適な風を実現できるようになった。

## 4. ハード省エネルギー技術

従来冷媒(R410A)と比較して、地球温暖化係数(GWP)を約1/3に低減可能な新冷媒(R32)を採用するに当たり、物性の変化に合わせて全ての機能部品を一新した。この中で特に、省資源化に配慮している省エネルギー技術について述べる。

### 4.1 R32冷媒対応高密度熱交換器



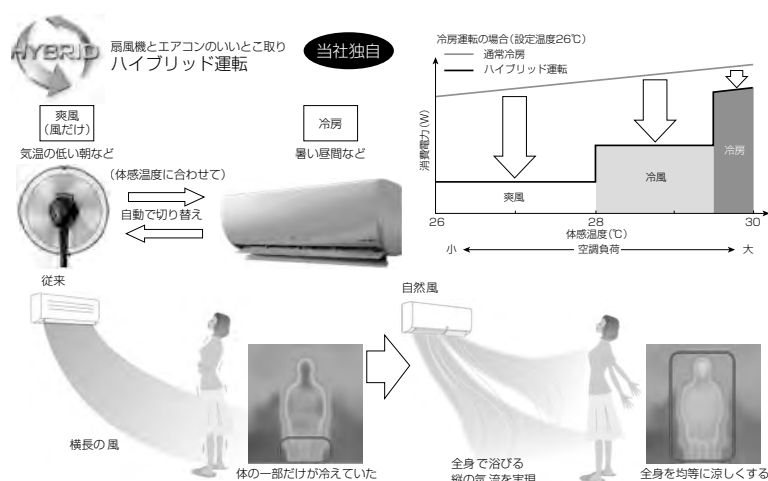


図7. ハイブリッド運転の進化による節電

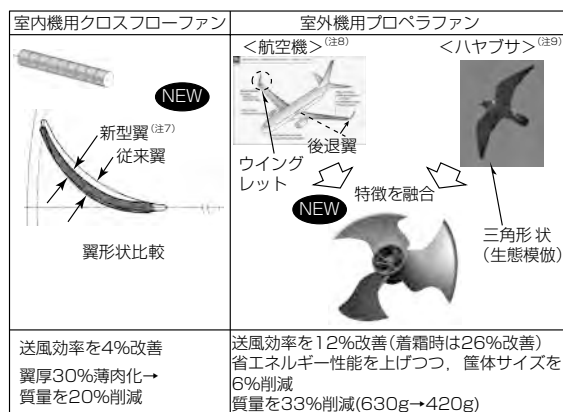


図9. 新型ファンの特長



図8. R32対応熱交換器

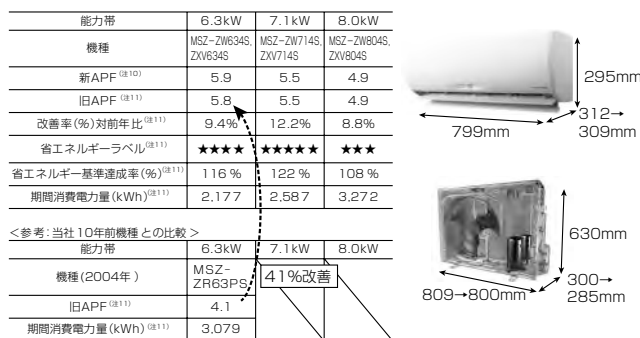
熱交換器の省エネルギーを改善するためには、空気側の通風抵抗の低減と、冷媒から空気への熱伝達率増大を両立させる必要がある。そこで、従来の銅管直径をφ7mmからφ5mmに細径化して空気側の圧力損失を低減しつつ、列数を2列から3列に高密度化して熱交換効率を高めた。さらに、新冷媒の物性の変化に合わせて、銅管内側の溝形状を新開発した(図8)。

#### 4.2 室内用・室外用高効率ファンの開発

室内用クロスフローファンでは、翼を薄肉化して送風効率を上げようとすると、一般的に翼前縁剥離に起因する低周波音が課題となり、実用化は困難である。そこで、従来の単一円弧で形成されていた翼形状を多重円弧化することで翼間の剥離を抑えつつ、翼厚みを30%削減することができた。これによって、送風に必要な消費電力を4%削減しつつ、ファン質量を20%削減することができた。

室外のプロペラファンでは、工学的に燃費効率が高いとされている航空機<sup>(注8)</sup>の「後退翼」と「ウイングレット」、及び高速飛行するハヤブサ<sup>(注9)</sup>の「三角形」を融合することで、質量を33%削減しつつ送風効率を12%改善することができた。さらに、熱交換器の体積を2%削減し、室外機の筐体(きょうたい)サイズを6%削減したにもかかわらず、従来品と比較して送風に必要な消費電力を低減することができた(図9)。

図10に新製品の省エネルギー仕様を示す。3機種とも昨年度機種との比較で約10%近く省エネルギーを改善し、業界トップクラス<sup>(注2)</sup>のAPF<sup>(注3)</sup>を達成した。当社10年



(注10) JIS C 9612: 2013 (注11) JIS C 9612: 2005

図10. 新製品の省エネルギー仕様

前機種との比較では省エネルギー改善率は41%に相当する。さらに、室内機と室外機の筐体寸法を昨年度機種から縮小しており、省資源化にも配慮した製品となっている。

#### 5. む す び

足元の温度まで直接検出できる“ムーブアイ極”と、足元へ温風を届けることができる“匠フラップ”を用いて、従来の“お部屋を空調する”という概念から、“あなたを温める”という空調概念へと変革して節電するエアコンの新技术について述べた。

人が感じている暑さ・寒さを直接検知し、少ないエネルギーで人の快適性を高める技術は節電の鍵であると考えており、今後も、ハード省エネルギー性能の改善と合わせながら、更に節電が可能なエアコンの開発に取り組んでいく所存である。

#### 参 考 文 献

- (1) 資源エネルギー庁推計 省エネ性能カタログ 2013年夏版  
http://www.enecho.meti.go.jp/ctegory/saving-and-news/saving/data/13summer0172.pdf

# “ロスナイ”セントラル換気システム

青木裕樹\*

"Lossnay" Central Ventilator

Hiroki Aoki

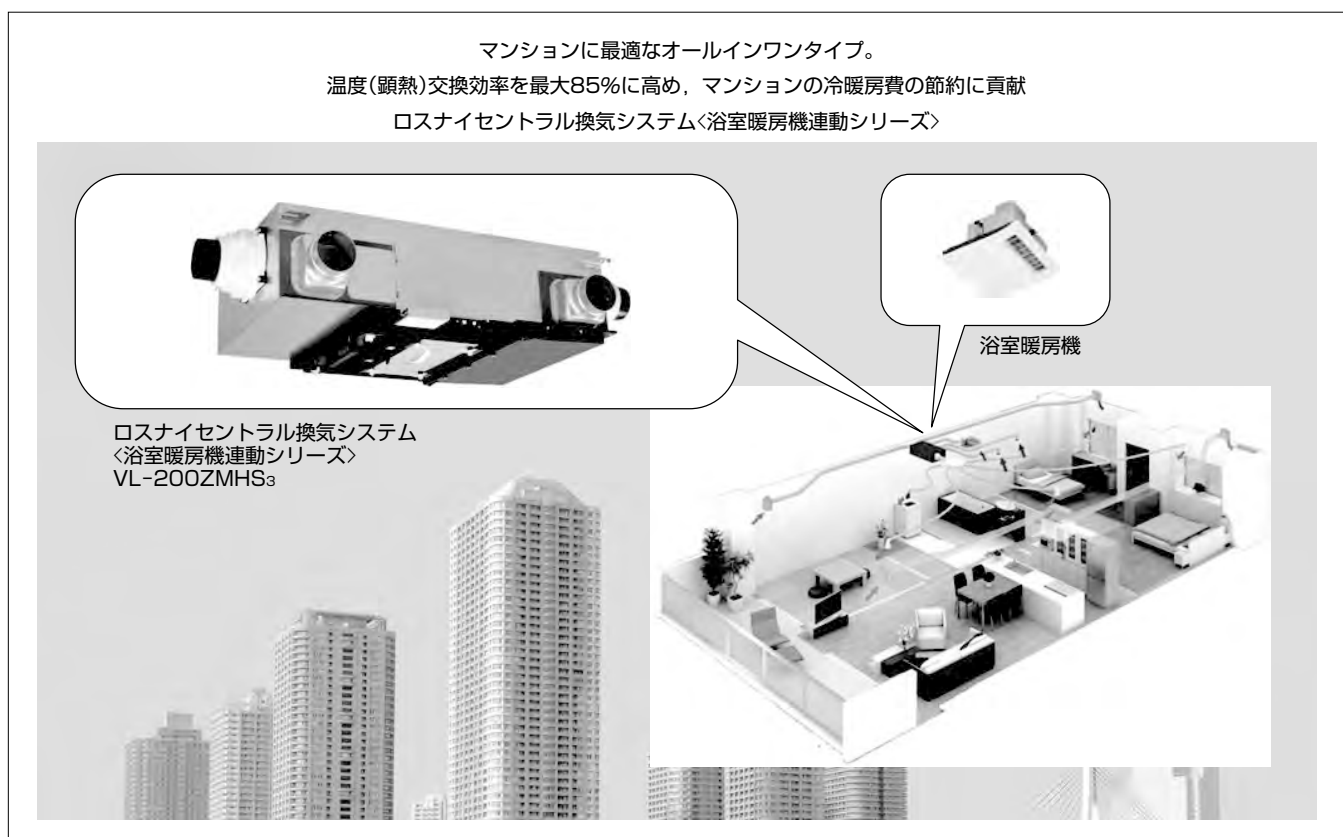
## 要 旨

近年、省エネルギー対策、室内温熱環境改善、外部騒音遮断等を目的とした住宅の高断熱・高気密化が進み、今後は建物の断熱性能だけでなく、換気設備を含む住宅設備機器に対しても、より省エネルギー性の高い機器が求められる。三菱電機では住宅の24時間換気システムで熱交換換気によって冷暖房費を節約する“ロスナイ”セントラル換気システムを商品化している。

今回の開発では、製品本体内のスペースを最大限に活用し、熱交換素子(以下“エレメント”という。)のサイズを拡大させることで、温度(顕熱)交換効率の高効率化を図り、省エネルギー性の向上を狙った。エレメントのサイズ拡大を実現するためには、従来品とは異なる風路構成が必要となり、その風路構成を実現させるため、排気ファン近傍に

風路切替ダンパを配置した。その結果、“ハイパーEcoエレメント”の容積は従来比の約1.7倍まで拡大できた。このことによって、省エネルギー性の改善効果は、開発品と従来品との比較で、温度(顕熱)交換効率は最大85%、従来品比で最大約21%改善し、冷暖房費節約に貢献できた。また、市場の満足度向上への取組みとして、日常の手入れが必要な交換フィルタの更なる清掃性向上を目指し、給気フィルタに清掃しやすいフィルタボックス構造を採用した。

本稿では、省エネルギー性能を向上させ、メンテナンス性を改善させたロスナイセントラル換気システム<浴室暖房機連動シリーズ>“VL-200ZMHS<sub>3</sub>”の開発について述べる。



## マンションに最適なオールインワンタイプ“ロスナイ”セントラル換気システム<浴室暖房機連動シリーズ>

多くのマンションで標準設備となっている浴室暖房機と連動できるロスナイセントラル換気システム<浴室暖房機連動シリーズ>で、高効率熱交換エレメントを搭載して温度(顕熱)交換効率を改善した。また、日常の手入れが必要な交換フィルタの清掃性向上を実現した。

## 1. ま え が き

近年、省エネルギー対策、室内温熱環境改善、外部騒音遮断等を目的とした住宅の高断熱・高気密化が進められている。2012年12月の省エネ基準改正(住宅は2013年10月施行)によって住宅設備の一次エネルギー消費量の基準値が設定されたことで、今後は建物の断熱性能だけでなく、換気設備を含む住宅設備機器に対しても、より省エネルギー性の高い機器が求められる。当社では住宅の24時間換気システムで熱交換換気によって冷暖房費を節約する“ロスナイ”セントラル換気システムを商品化している。

本稿では、省エネルギー性能を向上させ、メンテナンス性を改善させたロスナイセントラル換気システム<浴室暖房機連動シリーズ>“VL-200ZMHS<sub>3</sub>”の開発について述べる。

## 2. 商品の特長

### 2.1 換気システムの構成

新築マンションや高層マンション等では、“バス乾燥・暖房・換気システム(以下“バス乾”という。)”の標準採用が拡大している。また、確実な換気の確保や温熱環境改善を目的としてロスナイセントラル換気システム(以下“ロスセン”という。)の設置ニーズが高まっている。

しかし、バス乾とロスセンを同時に天井裏スペースに設置するには、天井裏スペースの確保が必須となるが、バス乾とロスセンの各々にダクト配管が必要なため、図1に示すように、配管は煩雑化し、工事コストの増加につながるなどの課題があった。

そこで、図2に示すように、バス乾の配管ダクトを直接ロスセンに接続し、ダクト配管の削減と省スペース化を実現し、バス乾と接続及び連動可能なロスセン<浴室暖房機

連動シリーズ>を発売した。省ダクト化や施工簡略化によって、多くのマンションで採用されてきている。

### 2.2 熱交換素子“ハイパーEcoエレメント”

ロスナイセントラル換気システムの省エネルギー性能を向上させるための重要な要素の1つとして、エレメントが挙げられ、図3のように直交形プレートフィン式熱交換器の形態となっており、特殊加工紙の仕切板と間隔板で構成されている。仕切板は、熱通過性及び透湿性を持ち、排気される汚染空気と供給される新鮮な室外空気との間で温度

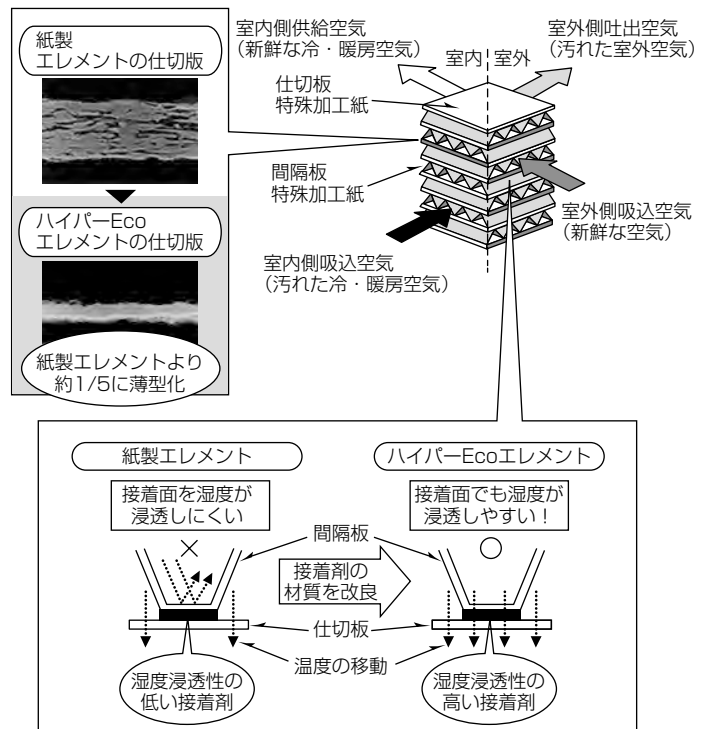


図3. ハイパーEco エレメントの構造

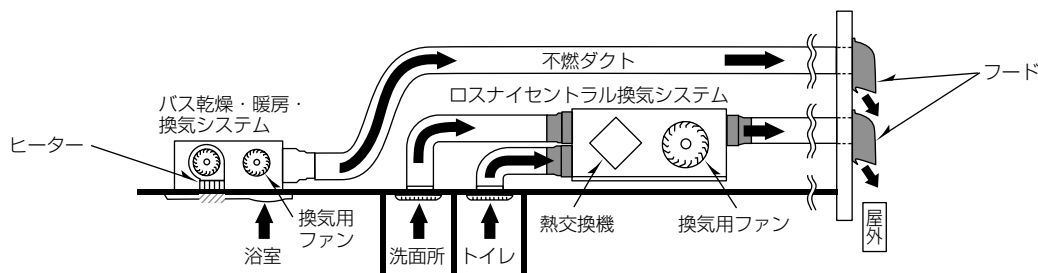


図1. 従来のバス乾とロスセンの換気システム

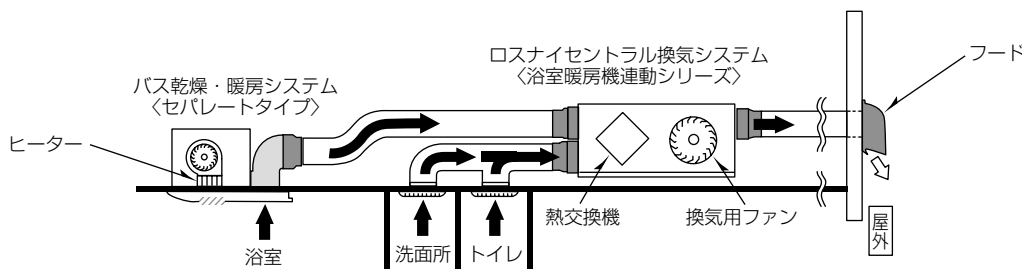


図2. バス乾とロスセンの連動換気システム VL-200ZMHS<sub>3</sub>

(顕熱)と湿度(潜熱)の授受を行う。全熱交換効率と気体遮蔽性を改善した、25 $\mu$ mの超薄膜無孔系紙(当社従来厚比約1/5)を仕切板に用い、当社独自の素子積層化技術、及び熱交換を行う特殊加工紙の接着面に湿度透過性の高い接着剤を使用した“ハイパー-Eco エレメント”を搭載している。

### 3. 従来の課題

図4に従来の風路構成を示す。ロスセン<浴室暖房機連動シリーズ>は、2.1節の換気システムの構成で述べたとおり、浴室空気を製品本体内部へ取り込む。従来は、浴室空気を換気する場合は、製品本体内部に浴室空気を取り入れる風路を設け(図4(a))、通常の換気をする場合は、製品本体内部にエレメントを通過する風路を設けていたことで(図4(b))、換気(排気)の風路が2系統になっていた。その風路2系統構成によって、限られた製品本体サイズ内に、エレメントを設置するスペースは制限され、エレメント自体のサイズも制約を受ける風路構成であった。そのため、温度交換効率の高効率化の妨げとなっていた。

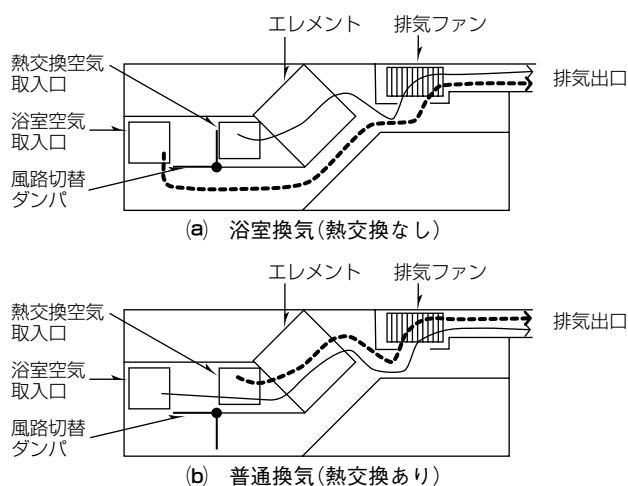


図4. 従来の風路構成

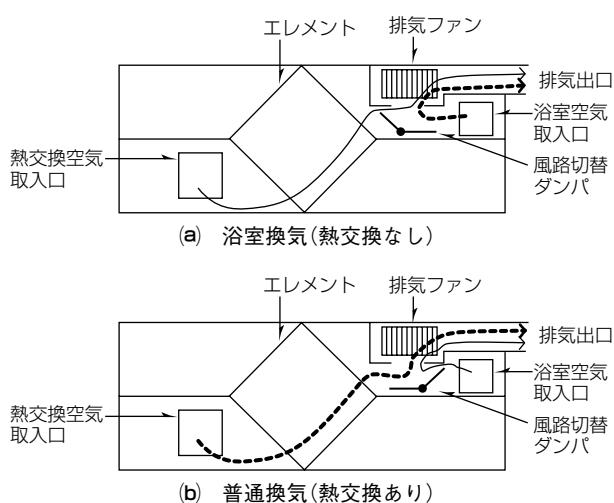


図5. 開発品の風路構成

## 4. 開発内容

### 4.1 省エネルギー性能向上

先に述べた課題を解決するために、製品本体内部のスペースを最大限に活用し、エレメントのサイズを拡大させることで、温度交換効率の向上を図った。図5にエレメントのサイズを拡大するための風路構成を示す。まず浴室空気を取り入れる風路と、エレメントを通過する風路とを、エレメントを挟んで設けた。それによって、図4のエレメント周りに存在した浴室空気が通過する風路は割愛でき、エレメントのサイズを製品本体内部で最大容積まで拡大できた。

### 4.2 ダンパ構造最適化

図5に示すエレメントのサイズ拡大を実現するためには、排気ファン近傍に風路切替ダンパを配置し、浴室空気を取り入れる風路と、エレメントを通過させる風路を分ける必要がある。図6に風路切替ダンパの形態を示す。風路切替ダンパと、ベルマウスを持つケーシングとを一体化させる構造を考案した。この構造によって、限られた製品本体内部に風路切替ダンパを配置することを可能にした。

ただし、この構造を採用することによって、ベルマウスの吸込み口周辺の気流は乱れ、風路切替ダンパの配置位置によっては、送風性能の悪化が問題となる。

そこで、風路切替ダンパとベルマウスとの距離を取ることで、流速分布が安定するかを検証した。

図7に示すように、ベルマウスでの吸込み速度に対し等

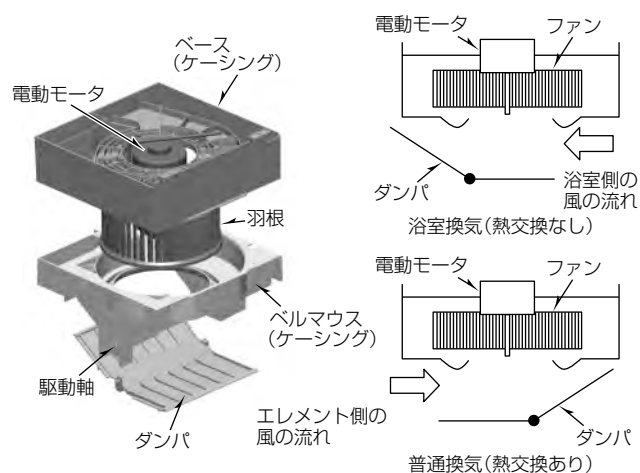


図6. ダンパとケーシング一体化構造

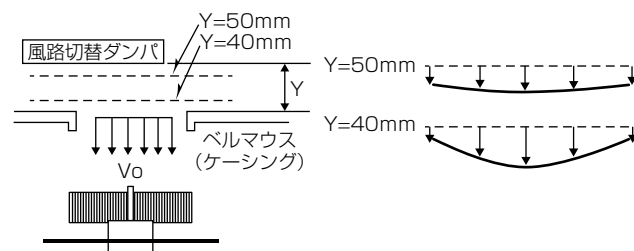


図7. ベルマウス周辺の風速分布

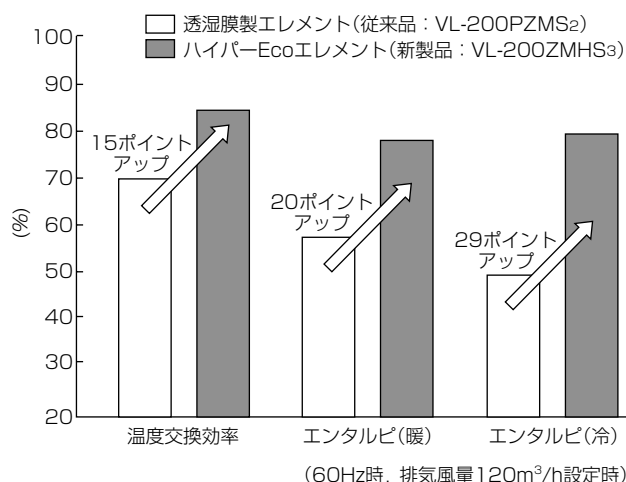


図8. 従来品との交換効率の比較

速度の領域は同心円状に広がる。できる限り風路切替ダンパとベルマウスの距離Yを大きく取る方が、速度分布の差が小さくなることが検証結果から分かる。

#### ・検証結果

Y = 40mmは風速の速い領域と風速の遅い領域の差が大きい。

Y = 50mmは風速の速い領域と風速の遅い領域の差が小さい。

この結果から、開発品は、製品本体内に収まる最大の距離Y = 70mmを採用しており、流速分布が安定する送風性能を満足している。

### 5. 省エネルギー性効果

図8は、従来品との交換効率の比較を示す。風路切替ダンパとベルマウスを持つケーシングの一体化構造の実現によって、“ハイパーEcoエレメント”の容積は従来比の約1.7倍まで拡大できた。このことによって、省エネルギー性の改善効果は、開発品“VL-200ZMHS<sub>3</sub>”と従来品“VL-200PZMS<sub>2</sub>”との比較で、温度(顕熱)交換効率は最大85%、従来品比で最大約21%(15ポイント)改善し(60Hz時、排気風量120m<sup>3</sup>/h設定時で達成)、冷暖房費節約に貢献できた。

### 6. 省メンテナンス

“ハイパーEcoエレメント”の搭載や換気風路の最適設計によって省エネルギー性を向上させることを先に述べてきたが、日常の手入れが必要な交換フィルタの更なる清掃性向上を求める声にも応えるため、メンテナンス性の改善にも取り組んだ。図9に示すように、従来品のスライド式メンテナンスカバーから、今回の開発品は、図10に示すように、給気用フィルタを簡単に着脱できるフィルタボックス構造を採用し、省メンテナンスを実現した。

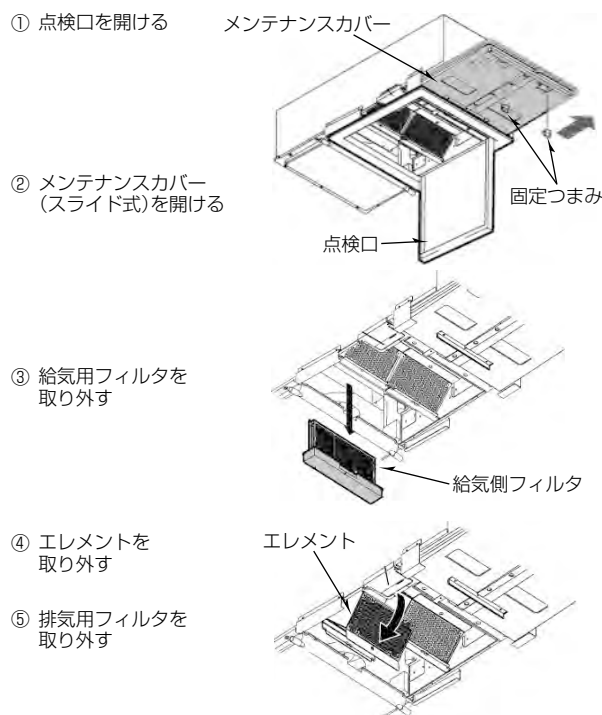


図9. 従来品のメンテナンス方法

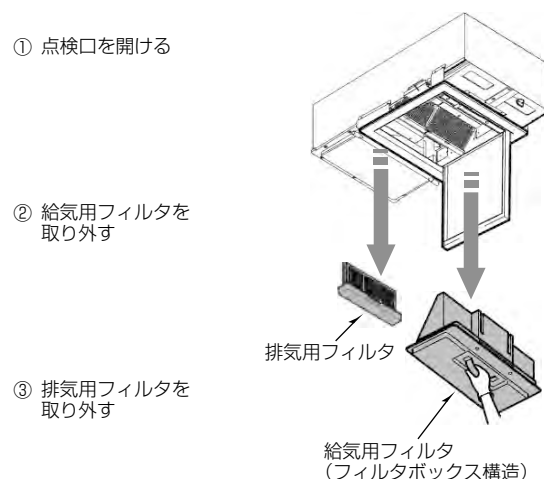


図10. 開発品のメンテナンス方法

### 7. む す び

当社が1970年に世に送り出した“ロスナイ”は、度重なるオイルショックやCO<sub>2</sub>削減意識の高まりの中で環境貢献型の換気設備として確固たる地位を築いてきた。

2014年6月に発売したロスナイセントラル換気システム<浴室暖房機連動シリーズ>“VL-200ZMHS<sub>3</sub>”は、“ハイパーEcoエレメント”などの省エネルギー技術を盛り込み、文字通り省エネルギー型セントラル換気システムとして商品化することができた。

今後とも更なる省エネルギー、CO<sub>2</sub>削減商品の開発に努め、環境貢献に資する所存である。



# DCブラシレスモータ搭載ダクト用換気扇

深瀬雄一\*

*Duct Ventilator with DC Brushless Motor*

*Yuichi Fukase*

## 要 旨

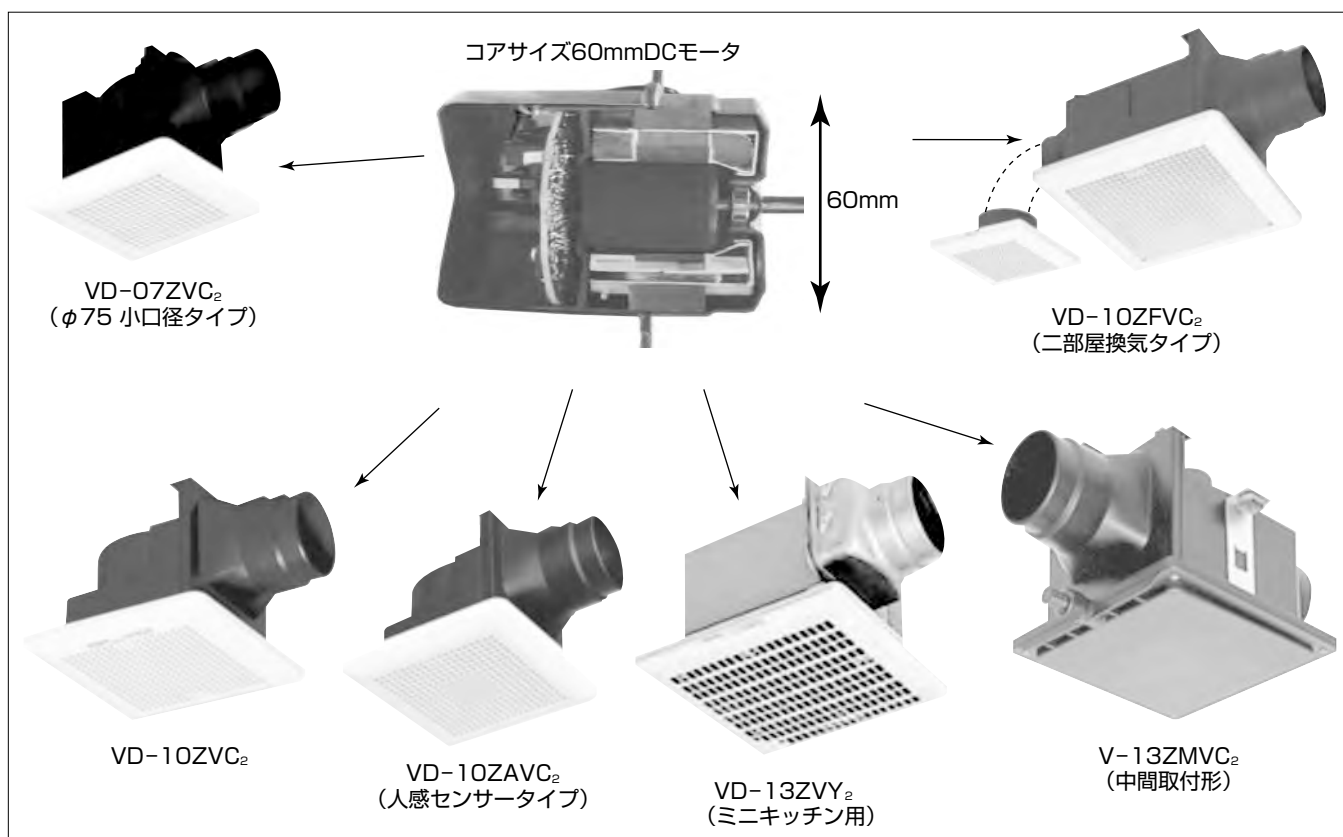
2012年12月の省エネ基準改正(住宅は2013年10月施行)によって、住宅設備の一次エネルギー消費量の基準値が設定されたことで、今後は建物の断熱性能だけでなく、換気設備を含む住宅設備機器に対しても、より省エネルギー性の高い機器が求められるようになった。

また、国の省エネルギー技術導入促進事業であるネット・ゼロ・エネルギー・ハウス支援事業では、補助金の交付要件基準の1つに“DCモータで動くタイプの換気設備の採用”が挙げられてる。

そこで、こうした省エネルギー推進施策の要件を満たした“DCブラシレスモータ搭載ダクト用換気扇”を開発し、

用途別に小型から大型まで低消費電力の実現と、風量を一定に保つ“定風量制御機能”や素早く排気する“急速モード”等換気設計の自由度や快適性を高める機能を搭載した。さらに、業界最多の29機種にラインアップを拡大することで機種選定の幅を広げ、次世代の省エネルギー基準に対応した換気システムの構築を支援している。

2011年にはACモータと同サイズのコア外形80mmの回路一体型DCモータを開発してダクト用換気扇に搭載した。そして、2014年には1サイズ小型のコア外形60mmの回路一体型DCモータを開発してダクト用換気扇に搭載した。



## DCブラシレスモータ搭載ダクト用換気扇(2014年発売)

新開発の小型DCモータ(コアサイズ60mm)をダクト用換気扇に搭載し、ACモータ搭載タイプと比べ消費電力を大幅に削減した。さらに、ダクトの配管長さや曲がりによって影響されず風量を一定に保つ“定風量制御機能”を搭載して換気設計の自由度を向上させた。

## 1. ま え が き

住宅の高気密・高断熱化が進み、シックハウス対策として2003年7月に施行された改正建築基準法によって全ての居室に常時換気設備の設置が義務化された。従来の局所換気から常時換気になり、常時換気による換気扇の省エネルギーニーズが高まった。

三菱電機は省エネルギーニーズに対応するため2003年6月にダクト用換気扇に業界初<sup>(注1)</sup>のDCモータを搭載し、省エネルギー換気を実現した。

DCモータを駆動させるためには電源回路、制御回路が必要であるが、当初はモータと回路が別置きされており、換気扇本体内に回路スペースの確保や回路内へのほこり、湿気の浸入対策などが必要で一部の機種しかDCモータを搭載することができなかった。

これら課題の対策としてモータと回路を一体化させることで製品への展開が容易になった。

(注1) 2003年3月6日現在、当社調べ

## 2. ACモータと同一サイズ

現在、ダクト用換気扇はACモータを基本としてサンタリー用、居間・事務所・店舗用、台所用として合計200機種以上がラインアップされている。そこに使用されているACモータは機種ごとに仕様は異なるが、サイズとしてはコア外形で60mm、80mm、95mmと主に3種類に統一されている。

これらのサイズ以外のモータを搭載するには新たに換気扇本体から開発する必要がある。ACモータと同一サイズで製品本体に取付け互換のあるDCモータを開発することで、DCモータ搭載機種が短期間で容易に展開可能となる。

### 2.1 コア外形80mmDCモータ開発(2011年)

コア外形が80mmのモータを搭載しているダクト用換気扇は全用途に使用され機種ラインアップが多い。また、DCモータの特長でもある省エネルギー性の効果も大きく出る風量帯域であるため、このサイズのDCモータを開発した。

先行してこのコア外形80mmDCモータ(図1)はサンタリー用、居間・事務所・店舗用、台所用の全用途で合計18機種のダクト用換気扇に搭載し、2011年6月に発売した。

### 2.2 コア外形60mmDCモータ開発(2014年)

コア外形80mmの次はコア外形60mmのDCモータ開発を行った(図2)。このサイズのモータが搭載される換気扇は小風量帯のサンタリーやミニキッチン用途が主となり、これらの用途に向けDCモータを開発した。

基本構造は先行開発した80mmDCモータの構造を踏襲しており、主な部品は①ステータコア、②マグネットロータ、③回路である。ステータコアやマグネットロータはモータサイズに合わせて小型化ができるが、回路に関しては

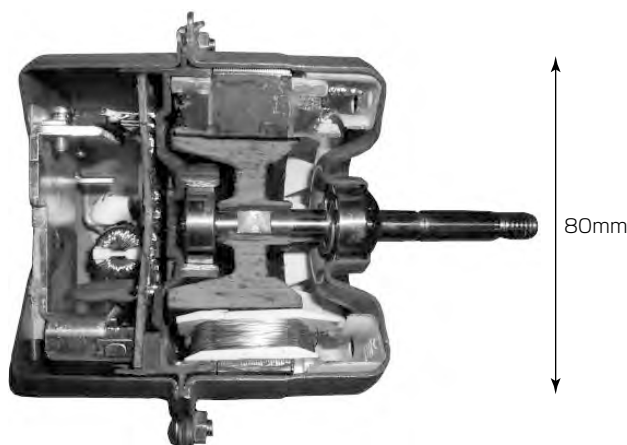


図1. コア外形80mmDCモータ

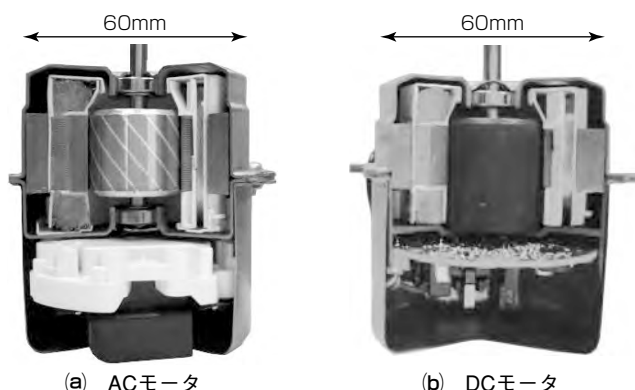


図2. コア外形60mmモータ

回路構成が同一のため、回路の主要部品(電源コンデンサなど)の小容量化での部品小型化ができず、次の対策によって小型化を実現した。

#### 2.2.1 4層基板による小型化

回路構成が同一のため80mmサイズのパターン配線は60mmサイズの回路では収まらず、基板を2層から4層に変更して対策を行った(図3、図4)。

#### 2.2.2 駆動ICのパッケージ小型化

回路基板小型化の課題として駆動ICの小型化がある。駆動ICはDCモータの主要部品である。この駆動ICは80mmサイズの回路基板には収まったが、60mmサイズの回路基板には収まらず小型化が必要であった。

一般にこのような駆動ICは発熱が多く、80mmサイズのDCモータに使用の駆動ICも放熱フィンによって発熱対策を行っていた。しかし、60mmサイズのDCモータは負荷が小さくなったことで発熱が減り放熱フィンが不要となった。放熱フィンレス構造によって取付け方法を挿入型から表面実装型へ変更が可能となり、パッケージの小型化が可能となった(図5)。

ただし、発熱が少ないが、放熱構造は必要のため接触する銅箔(どうはく)パターン配線の表面積を広くし、放熱性を高める工夫もしている(図6)。

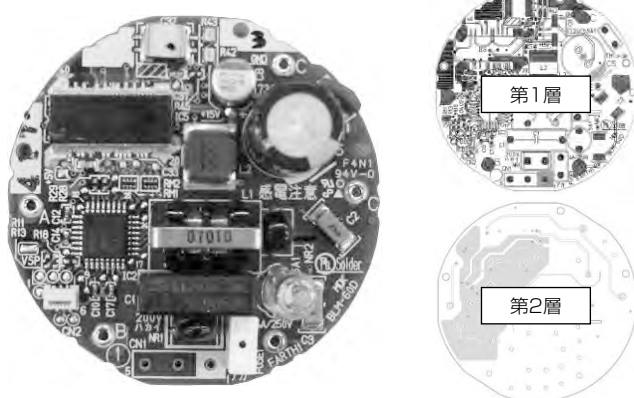


図3. 基板表面とパターン配線

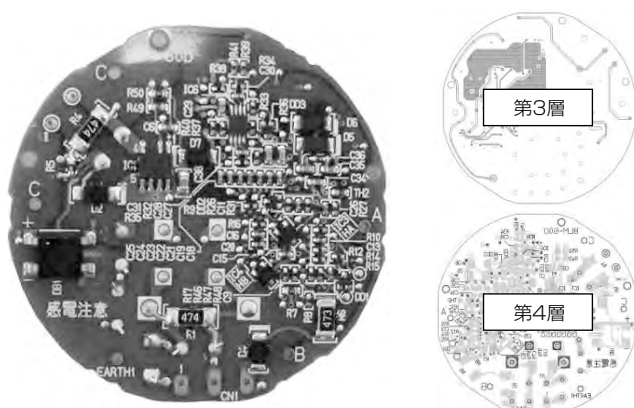


図4. 基板裏面とパターン配線

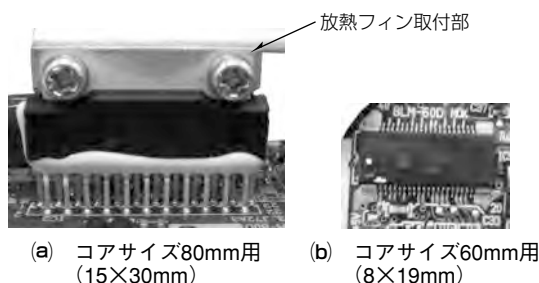


図5. 駆動IC

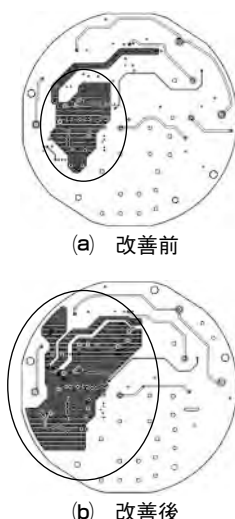


図6. 銅箔パターン配線(第2層)



図7. ねじによる固定(80mmサイズDCモータ)

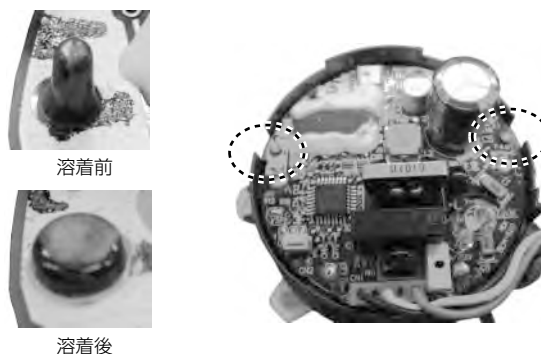


図8. 溶着による固定(60mmサイズDCモータ)

### 2.2.3 溶着による回路基板固定

80mmサイズの場合は回路基板をねじによって固定していたが(図7)、60mmサイズでは収納面積が小さく、充電部の絶縁確保のためねじを使用できなかった。

そこで、60mmサイズでは溶着によって回路基板の固定を行った(図8)。

## 3. DCモータの機能

### 3.1 定風量制御機能

一般的なダクト用換気扇は接続されるダクト配管長(ダクトの曲がり含)や屋外に据え付けられるフードが負荷となり、その負荷に応じて風量も変わるため換気設計が複雑となる。また、据付け現場で急な配管変更があった場合は当初の換気設計の風量が変わってしまったり、外風がダクト配管内に加わると負荷が増大し、換気風量も下がってしまう課題がある。

これらの課題はDCモータの可変速運転を利用して風量を一定に制御する“定風量制御”を設けることで換気設計が簡単になり、対応可能である。

ACモータ搭載の換気扇に外付けのインバータを追加すれば可変速運転は可能であり、さらに差圧センサや風速計を用いれば風量を一定に制御することも可能である。

しかし、インバータやセンサ等の搭載は換気扇に追加部品が加わるためコストも高くなってしまいます。そこで、このDCモータはセンサなどは使用せずに、内蔵されている制御回路に定風量制御機能を搭載した。

ACモータやDCモータを問わず、モータ出力が一定の場合、換気扇は図9のような風量-静圧特性となる。出力①

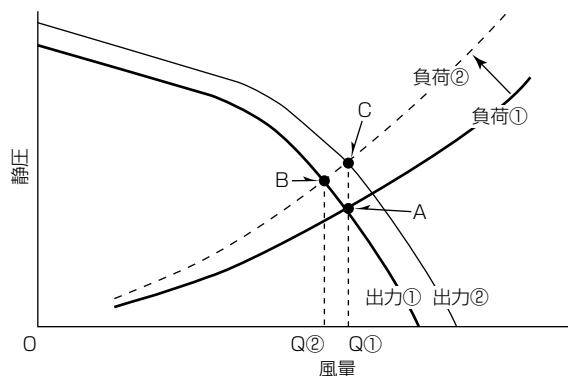


図9. 定風量制御

の特性の換気扇にダクト配管長による負荷①の圧力損失が加わると、出力①と負荷①の交点Aで動作し、その際の風量はQ①となる。この風量Q①が当初の換気設計で計算された必要な換気風量となる。例えば、ダクト配管長を長く変更したり、外風がダクト配管内に加わると負荷が負荷①→負荷②と変化する。動作ポイントは出力①と負荷②の交点Bとなり、交点A→交点Bに変化することで、風量はQ①→Q②に変化してしまう。

負荷②でも風量がQ①であるためには出力②と負荷②の交点Cで動作する必要があるため、出力も出力②に変化させる必要がある。そこで、制御回路を搭載したDCモータでは負荷が変化しても常に風量がQ①であるための条件をあらかじめ設定しておき、負荷が変化した場合、Q①で動作するようにモータ出力を出力①→出力②に自動で制御することで動作ポイントは交点A→交点Cとなり風量一定運転(定風量制御)が可能となる。

このように定風量制御機能を搭載することで、急なダクト配管の変更や外風の影響に左右されず換気設計した風量を確保できる。

### 3.2 急速モード

同サイズのACモータと比べて大きな出力が出せることもDCモータの特長であり、大風量化が可能となる。大風量化によって従来の強・弱運転の2速調から急速運転を追加して3速調を採用した。

これによって、1サイズ大きな換気扇の風量が1サイズ小さい換気扇で対応可能となり、小型化による製品本体軽量化での施工性改善や、意匠小型化でのデザイン性の向上を図ることができる。

### 3.3 消費電力削減

同等風量のACモータ搭載タイプと比較して、消費電力を最大約57%削減<sup>(注2)</sup>、省エネルギーを実現した。

(注2) 当社ACモータ搭載タイプ“VD-13ZLC<sub>2</sub>”と当社DCモータ搭載の新商品“VD-10ZVC<sub>2</sub>”との比較(50Hz強運転、ダクト配管長20m時)。

## 4. 機種ラインアップ

この開発のDCモータは、換気風量60~100m<sup>3</sup>/hで“VD-10ZVC<sub>2</sub>”，換気風量75~120m<sup>3</sup>/hで“VD-13ZVC<sub>2</sub>”，二部屋用換気扇で“VD-10ZFCV<sub>2</sub>”に搭載し、その他に様々な機種ラインアップを行っている。

### 4.1 φ75mm小口径タイプ

通常、接続ダクト径はφ100mm及びφ150mmが主流である中、φ75mmの小口径ダクトで微小風量のダクト用換気扇が存在する。狭い天井裏でもダクト配管が可能であり、配管コストも安価となる。そこで、このサイズの換気扇にDCモータを搭載し、50m<sup>3</sup>/hの微小風量における定風量制御機能付きのダクト用換気扇を開発した(“VD-07ZVC<sub>2</sub>”，業界初<sup>(注3)</sup>)。

(注3) 2014年2月18日現在、当社調べ

### 4.2 人感センサタイプ

通常、ダクト用換気扇は壁にコントロールスイッチを設け、運転・停止や強・弱運転の切替えを手動で行うが、人を検知して運転・停止や強・弱運転の切替えを自動で行う人感センサ付きのダクト用換気扇が存在する。そこで、強・弱運転の切替えを自動で行うDCモータを搭載した人感センサ付きダクト用換気扇を開発した(“VD-10ZAVC<sub>2</sub>”，業界初<sup>(注3)</sup>)。

### 4.3 中間取付け形

ダクト用換気扇は吸込口(グリル)と本体が一体のため、吸込口が天井に露出した状態となり、換気を必要とする天井に本体が設置される。しかし、吸込口を小さくし、目立たせたくない場合には、吸込口と換気扇本体をダクト配管によって分離する中間取付けタイプが存在する。そこで、この中間取付けタイプにもDCモータを搭載したダクト用換気扇を開発した(“V-13ZMVC<sub>2</sub>”ほか、業界初<sup>(注3)</sup>)。

### 4.4 ミニキッチン用

台所用の中でも、1口のコンロが設置されているようなワンルームマンションなどの台所にはミニキッチン用としてオール金属タイプのダクト用換気扇が使用されることが多い。そこで、このミニキッチン用にもDCモータを搭載したダクト用換気扇を開発した(“VD-13ZVY<sub>2</sub>”，業界初<sup>(注3)</sup>)。

## 5. む す び

現在ACモータが主流であるダクト用換気扇にDCモータを適用させた事例について述べた。今後もDCモータの機能を活用し換気設計の自由度や快適性を高める機能を搭載したラインアップを拡大することで機種選定の幅を広げ、次世代の省エネルギー基準に対応した換気システムの構築を支援していく所存である。

# 新 4 方向天井カセット“ファインパワーカセット”の省エネルギー・快適性技術

栗原 誠\*

Technologies of Energy-saving and Comfort of New 4-way Ceiling Cassette Indoor Unit "Fine Power Cassette"

Makoto Kurihara

## 要 旨

温室効果ガスの排出量は年々増加しており、業務用建築物の排出量は京都議定書の基準年に対し、2010年時点で31.9%増加していることが報告されている<sup>(1)</sup>。さらに、近年では円安や原子力発電所の停止によって電気料金が値上げされ、空調機の省エネルギー化のニーズはより一層高くなっている。

そこで、業務用エアコンの新 4 方向天井カセット“ファインパワーカセット”では、キーパーツの開発と新規センシング技術を用い、省エネルギー性と快適性を向上させた。キーパーツとしては、4 列の細管熱交換器の搭載<sup>(注1)</sup>や新型ターボファンの採用によって高効率化を図った。その結果、全能力帯で業界トップ<sup>(注2)</sup>のAPF<sup>(注3)</sup> (Annual Performance Factor)を達成した。

また、新規センシング技術では、従来のサーモパイル型赤外線センサ“ムーブアイ”に加え、湿度センサを新たに搭載することで<sup>(注4)</sup>、より体感温度に近い空調運転を行うことが可能となった。さらに、ドライ運転でも、検知した湿度に応じて冷房運転とドライ運転を自動的に切り替える“センシングドライ”を導入した。これによって、スピード除湿と冷えすぎない除湿を実現した。これらに代表される新技術の搭載によって、新 4 方向天井カセットは省エネルギー性と快適性を両立させたエアコンとなっている。

(注 1) PL-ZRP112~160EA形に適用

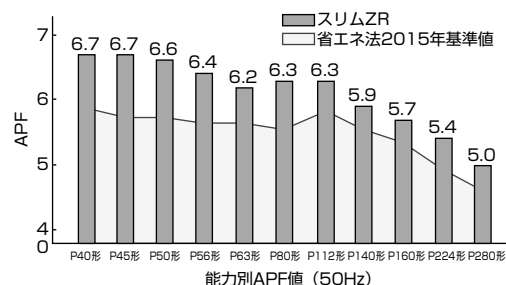
(注 2) 2014年 1 月16日現在、当社調べ

(注 3) 期間消費電力 JIS C 9612:2013

(注 4) スリムZRシリーズに適用



4方向天井カセット形  
ファインパワーカセット

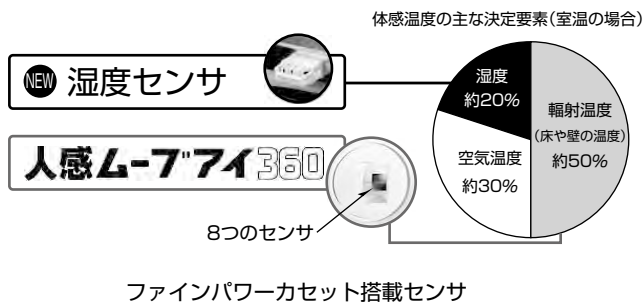


能力別APF値 (50Hz)

P40~P80は三相機種種の値、P224・P280形は同時ツインの値

省エネ法 2015年基準値	P40形	P45形	P50形	P56形	P63形	P80形	P112形	P140形	P160形	P224形	P280形
	6.0	5.9	5.9	5.8	5.8	5.7	6.0	5.7	5.5	5.1	4.8

スリムZRシリーズ ファインパワーカセット  
能力別APF



新型ターボファン

## 新4方向天井カセット“ファインパワーカセット”

新4方向天井カセット“ファインパワーカセット”では、外観も一新したフルモデルチェンジで、省エネルギー性と快適性を向上させた。高効率の新型ターボファンや、4列の細管熱交換器を搭載し、“スリムZRシリーズ”では全能力帯で業界トップのAPFを達成した。また、従来のムーブアイに加え、湿度センサを新たに搭載することで、より体感温度に近い空調が可能となり省エネルギー性と快適性を両立させた。

## 1. ま え が き

温室効果ガスの排出量は年々増加しており、業務用建築物の排出量は京都議定書の基準年に対し、2010年時点で31.9%増加していることが報告されている。そのような状況下で、グリーン購入法や省エネ法等の環境法規によって、空調機製造事業者としての対応が必要となってきた。さらに、近年は円安や原子力発電所の停止によって電気料金が値上げされてきており、全体の消費電力に占める割合の大きい空調機は、省エネルギーのニーズがより一層強くなってきている。

しかし、省エネルギーや節電思考の高まりから、設定温度を省エネルギー側に過度に設定するなどし、空調運転の快適性が大きく損なわれてしまう場合がある。そのため、機器の省エネルギー性のほかに、空気条件や使用者の状況等をセンシングし、快適性を損なわない節電をアシストする機能が、非常に重要となっている。

## 2. 省エネルギー性の改善

室内機で省エネルギー性を向上させるためには、室内機自体の消費電力を削減させる手段と、熱交換効率の向上によって室外機に搭載されている圧縮機の消費電力を低減させる手段とがある。そこで、新4方向天井カセットでは、室内機自体の消費電力を低減させるために“風路・ファンの改善”と、圧縮機の消費電力を低減させるために“4列細管熱交換器の搭載”を実施した。

### 2.1 風路の改善

定格運転時で、室内機単体の消費電力の95%程度が送風機用モータの消費電力となっている。そのため、風路の通風抵抗の低減やファンの高効率化は、非常に重要である。

風路の通風抵抗は、吸込用グリル、エアフィルタ、熱交換器、熱交換器から吹出口までの風路に大別される。抵抗の主要因は、熱交換器から吹出口までの風路であり、従来機種では通風抵抗全体の35%を占めていた。そこで、吹出口の面積を従来比15%拡大することで、通風抵抗を大きく低減した。

### 2.2 ファンの改善

4方向天井カセットのファンは、ターボファンと呼ばれる遠心送風機を採用している。ターボファンは、外周にある複数の翼によって、中央から空気を吸込み、遠心方向に吹かせる。その空気がファンを取り囲む熱交換器を通過し、室内空間に送られる。

従来機種の翼は、円周面に対して直立した二次元形状であった。そのため、空気が翼の形状に沿って流れない箇所があり、その場所では流れがはく離し送風効率を低下させていた。そこで、翼を風の流れに沿わせるような三次元形状に変更することで、流れのはく離を抑制し、送風効率を向上させた(図1)。



図1. 新型ターボファン

### 2.3 4列細管熱交換器の搭載<sup>(注5)</sup>

新4方向天井カセットで、熱交換効率向上のため従来機種に搭載していた3列細管熱交換器から4列へと熱交換器の容量アップを図り、熱交換器の効率を向上させた。しかし、熱交換器を1列分増加させた場合、通風抵抗が増加するため、送風機用モータの消費電力の増加は避けられない。しかし、先に述べたとおり通風抵抗の低減とファン効率の改善によって送風機の消費電力の増加を抑えることで、空調機全体としての消費電力を低減させた。

(注5) PL-ZRP112~160EA形に適用

## 3. 快適性の改善

新4方向天井カセットでは、空調機の省エネルギー性を高めることだけでなく、センシング技術などを駆使して、ムダの少ない空調運転をアシストする新機能や使用者の快適性改善に応える複数の新機能を搭載した。

### 3.1 新体感温度制御<sup>(注6)</sup>

空調によって得られる快適性や我々が感じる暑さ・寒さは、単純に温度だけでなく様々な要素の影響を受けており、体感温度と呼ばれる指標で表される。体感温度は、主に輻射(ふくしゃ)温度・空気温度・湿度に大きく影響される。空調では体感温度を考慮し、使用者が快適と感じる運転を行うことが重要である(図2)。

そこで、新4方向天井カセットでは、従来機に搭載していた床温などの輻射温度を検知するサーモパイル型赤外線センサ“ムーブアイ”に加え、湿度センサを新たに搭載した。新体感温度制御では、検知した湿度を用いることで、従来よりも実際の体感温度に近づけることができ、更なる省エネルギー性と快適性の向上が可能である。例えば、冷房時に湿度が一定値よりも低かった場合、体感温度も下がるため、設定温度より高めに運転することで省エネルギー運転をすることができる。

その結果、湿度センサなしの従来機と比べ約5%の省エネルギー化を実現し、快適性と省エネルギー性を両立させた空調運転を実現した。

(注6) スリムZR・ズバ暖シリーズムーブアイセンサパネル付きに適用



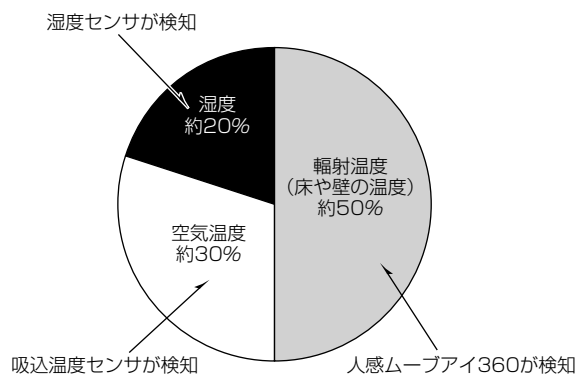


図2. 体感温度の主な決定要素(室内の場合)

### 3.2 センシングドライ<sup>(注7)</sup>

従来機では湿度センサがなかったため、ドライ運転時に室温が下がりがすぎてしまい、快適性を損なうムダな運転となる場合があった。

そこで、新4方向天井カセットで採用した“センシングドライ”では、検知した湿度に応じて冷房運転とドライ運転を切り替え、冷えすぎの防止とムダのない空調運転を実現する。湿度の高い場合で、冷房運転で素早く温度と湿度を低下させ、一定の湿度まで低減した後、新ドライ運転で温度を維持しながら湿度を低下させる。

その結果、センシングドライは冷えすぎのムダを低減し、従来のドライ運転に比べ約5%<sup>(注8)</sup>の消費電力を低減することができた(図3)。

(注7) スリムZRシリーズに適用

(注8) PLZ-ZRP140EFFと湿度センサなし三菱電機従来機による設定温度25℃、3.2kW負荷での2時間での積算入力比較

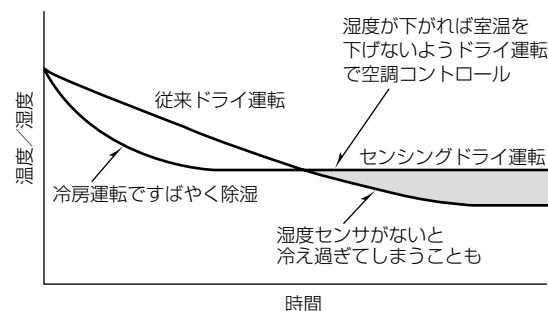


図3. センシングドライ

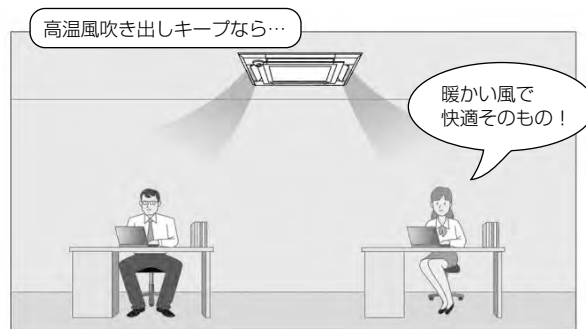
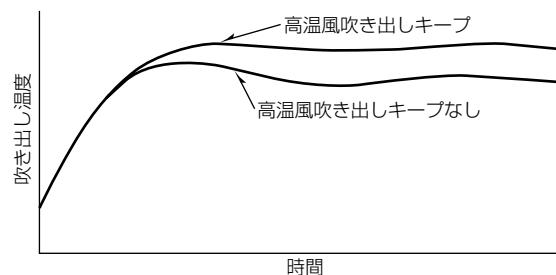


図4. 高温風吹き出しキープ

### 3.3 高温風吹き出しキープ

エアコンの暖房は、石油ヒーターなどに比べ吹き出し温度が低く、温まり感が低いとされてきており、市場から吹き出し温度の向上を求められてきた。

そこで、新4方向天井カセットの暖房運転で、“高温風吹き出しキープ”機能を追加した(図4)。熱交換器の温度を検知しながら、ファンの回転数を自動的に調整する。それによって、風量よりも高い吹き出し温度を重視することで、冷風感を抑制することができる。

### 3.4 ドラフトセーブ

使用者の暑がりや寒がり等の体質や体調、その時の状態によって、ドラフト(風当たり)感が良好とされる場合もあれば不快とされる場合もある。そのため、使用者が複数人存在する業務用空調機では、その制御は非常に難しい。従来の4方向天井カセットでドラフト感を低減する場合は、吹出口を閉鎖するための遮へい板を室内機本体に取り付ける必要があったため、ドラフト感を低減するのは容易ではなかった。また、吹出口のペーン(風向板)で低減しようとした場合、ペーンをある一定以上水平に向かせる必要があ

り、冷房時に結露しやすくなるという技術的問題があった。

そこで、新4方向天井カセットでは、リモコンで任意の1方向のドラフト感を大幅に低減することができる“ドラフトセーブ”機能を追加した。“ドラフトセーブ”では、吹出口のペーンの向きを従来機もより水平に向かせ、使用者近傍に到達する風速を0.25m/s以下まで抑えた<sup>(注9)</sup>。また、従来の結露の問題については、吹出口周りの風路形状を見直すことで結露の問題を解消した。それによって以前よりも容易な手段で、ドラフト感の低減を実現した(図5)。

(注9) 天井高さ2.7m設置時の床上1.0mの場合における当社試験の実測値

### 3.5 暖房プレヒート運転

暖房時で定期的に行う霜取運転時は、一時的に暖房運転を停止するため室温が下がってしまい、使用者の快適性を損なっていた。

そこで、霜取時の室温低下を防ぐ“暖房プレヒート”を搭載した。“暖房プレヒート”機能では、霜取運転前に室温を上げるように暖房運転を行い、霜取運転中の室温低下を抑制し、快適性を維持する。この機能は、新4方向天井カ

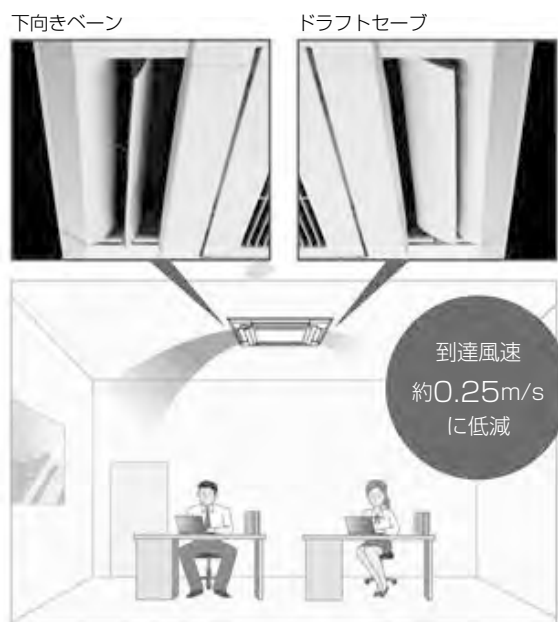


図5. ドラフトセーブ

セットだけではなく，“スリムZR・スリムER・ズバ暖シリーズ”に適用した(図6)。

#### 4. む す び

4方向天井カセット“ファインパワーカセット”では、機器自身の効率を高めるハードの省エネルギー技術と、体感温度や環境に応じて無駄なく空調を行うソフトの省エネルギーを発展させた。ハードの省エネルギー技術では、ファンや熱交換器等のキーパーツを高効率化した。ソフトの省

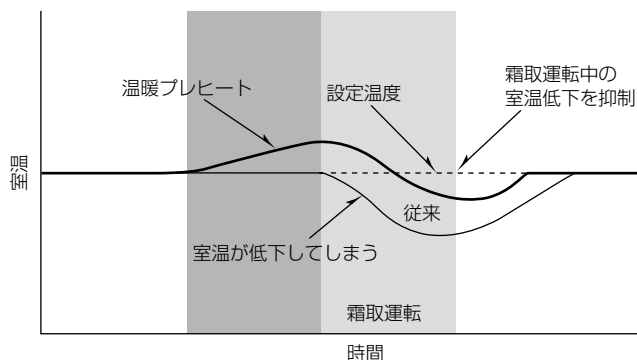


図6. 暖房プレヒート

エネルギー技術では、湿度センサや人感ムーブアイに代表される独自のセンシング技術によってムダの少ない運転を実現した。それらの技術によって、省エネルギー性と快適性を両立させたエアコンとなっている。

また、省エネルギー性や快適性以外にも、デザインや施工性の改善を行った。デザインでは、シャープなスクエアデザインとしており、様々な人々から好評を得ている。また、施工性では、化粧パネルの取付け性改善や、配管工事の作業性改善も行っている。

今後も使用者と施工者のニーズに応える空調の提供を目指して製品の向上に取り組んでいく。

#### 参 考 文 献

- (1) 国土交通省：住宅・建築物に係る二酸化炭素の排出量及び削減量について(案)

<http://www.mlit.go.jp/common/000224667.pdf>

# 家庭用三菱エコキュート“B1シリーズ”

古内正明\* 須藤真行\*  
宮下章志\*  
赤木 智\*\*

Mitsubishi Eco Cute "B1 Series" for Household Use

Masaaki Furuuchi, Shoji Miyashita, Satoshi Akagi, Masayuki Suto

## 要 旨

再生可能エネルギーである大気の利用してお湯を沸かすエコキュート(自然冷媒CO<sub>2</sub>ヒートポンプ給湯機)は、省エネルギー性や低ランニングコストが評価され、2013年10月には業界の累計出荷台数が400万台を突破した。また、同年にエコキュートがトップランナー基準の対象機器に追加され、2017年の省エネトップランナー基準が設定されるなど社会の省エネルギーニーズに対応した機器として注目されている。

2014年度新商品の家庭用三菱エコキュート“B1シリーズ”では省エネルギー性能を向上させて、全47機種のうち39機種で2017年度省エネトップランナー基準を達成した。また、“Pシリーズ”370Lタイプでは、高効率熱交換器搭載によるヒートポンプユニットの効率向上と真空断熱材使用部分を拡大した貯湯ユニットの採用によって業界トップクラスの

年間給湯保温効率(JIS)3.6を達成した。また、独自の2つのマイクロバブル技術である“バブルおそうじ”と“ホットあわー”の機能を強化した。ふろ配管洗浄自動洗浄機能“バブルおそうじ”ではマイクロバブル発生用エジェクタへの間欠吸気のタイミングを最適化することで直径100μm前後のマイクロバブル数を従来比で1.4倍に増量させ、配管洗浄力を向上させた。直径10μm以下の微細なマイクロバブルを入浴時に発生させる“ホットあわー”は、マイクロバブルを発生させる旋回流ノズルの構造を改良し、マイクロバブル濃度を従来比で1.9倍に増量することで快適性を向上させた。一方、貯湯ユニットの内蔵部品である新切替弁を新規開発し、温水回路切替機能を持つ弁の一体化と周辺部品モジュールの最適化によって、モジュール容積縮小と部品点数の削減を達成した。



## 家庭用三菱エコキュート“B1シリーズ”

B1シリーズでは省エネルギー性能を向上させて、39機種で2017年度省エネトップランナー基準を達成した。また、独自の2つのマイクロバブル技術である“バブルおそうじ”と“ホットあわー”の機能を強化した。貯湯ユニットの内蔵部品である新切替弁を新規開発し、温水回路切替機能を持つ弁の一体化と周辺部品モジュールの最適化を達成した。

## 1. ま え が き

再生可能エネルギーである大気熱を利用してお湯を沸かすエコキュート(自然冷媒CO<sub>2</sub>ヒートポンプ給湯機)は、2001年に世界で初めて発売され、省エネルギー性や低ランニングコストが評価され、2013年10月には業界の累計出荷台数が400万台を突破し、2017年の省エネトップランナー基準が設定されるなど社会の省エネルギーニーズに対応した機器として注目されている。

今回の2014年度新商品の家庭用三菱エコキュート“B1シリーズ”では、省エネルギー性能を向上させて39機種で2017年度省エネトップランナー基準を達成した。また、独自の2つのマイクロバブル技術である“バブルおそうじ”と“ホットあわー”の機能を向上させて快適性を高めた。一方、VE(Value Engineering)によって貯湯ユニットの内蔵部品である新切替弁を新規開発し、温水回路切替機能を持つ弁の一体化と周辺部品モジュールの最適化によって、モジュール容積縮小と部品点数の削減によるコスト低減を達成した。本稿では、B1シリーズの技術的な特長について述べる。

## 2. マイクロバブル技術の改良

### 2.1 配管自動洗浄“NEWバブルおそうじ”

ふろ循環回路にマイクロバブルを導入する“バブルおそうじ”<sup>(1)</sup>は、ふろ配管やふろ用熱交換器への皮脂成分の付着堆積を抑制し、自動的にふろ循環回路を清浄に維持することによって、面倒な定期的ふろ配管洗浄作業からの解放を実現した。

従来機種に搭載されたマイクロバブルによるふろ循環回路洗浄機能は高い洗浄性能を持つが、更にマイクロバブルの洗浄性能を高めるために、洗浄効果が特に高い直径100 $\mu$ m前後のマイクロバブルの増量を検討した。具体的にはマイクロバブル発生用エジェクタへの間欠吸気のタイミングを最適化することで、従来比1.4倍のマイクロバブルを発生させることに成功した。これによって、従来機種と比べて洗浄性能が約40%向上した。

“NEWバブルおそうじ”を評価するに当たり、紫外線を利用した方法を導入して洗浄性能を“見える化”した。具体的には、紫外線の照射で黄緑色に発光する試薬(クルクミン)を溶解させた油分を用い、マイクロバブル洗浄後に紫外線を照射して、残留汚れを観察した。その結果、マイクロバブル増量による洗浄性能の向上を目視確認することができ、ユーザーに対しても視覚的に分かりやすく洗浄効果を提示することができた。

図1は、試験液を配管一部に塗布(浴槽使用時に発生する汚れの約3か月相当分)し、洗浄実施後に紫外線を照射した結果であり、“NEWバブルおそうじ”の洗浄性能が最も高いことを示している。

### 2.2 入浴機能向上“NEWホットあわー”

独自の旋回流ノズルによって直径が10 $\mu$ m以下の微細なマイクロバブルを入浴時に発生させる“ホットあわー”<sup>(1)</sup>は、入浴中のユーザーに快適感を与える、給湯機の付加価値を高めるための新しい機能である。“ホットあわー”は、ジェットバスのような刺激感を与えるバブルとは異なり、目に見えない微細なマイクロバブルを湯に放出することで、やわらかい湯感を提供するとともに、温浴や肌水分量増加に対する効果を提供するものである。

“ホットあわー”の効果の感じ方については個人差もあるため、肌に付着するマイクロバブルを増加させることで、より多くのユーザーに効果を感じてもらうことができる。今回、マイクロバブルを増加させるために、マイクロバブルを発生させる旋回流ノズルの構造を改良し、従来比で1.9倍のバブル濃度を発生させることに成功した。この“NEWホットあわー”による入浴を5日間続けると、通常の入浴に比べて肌水分量が1.6倍に増加し、湯上がり後の保湿ケアを合わせることで、肌を良い状態に保つのに一層効果的であると考えられる(図2)。今回の結果は、愛知医科大学岩瀬敏教授との共同研究によって検証したものである。

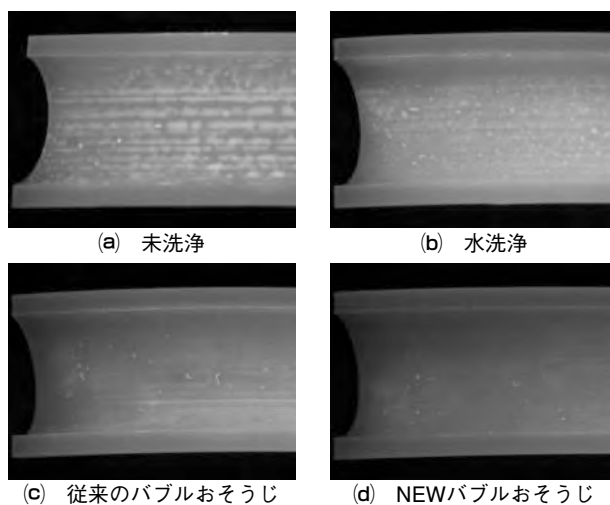
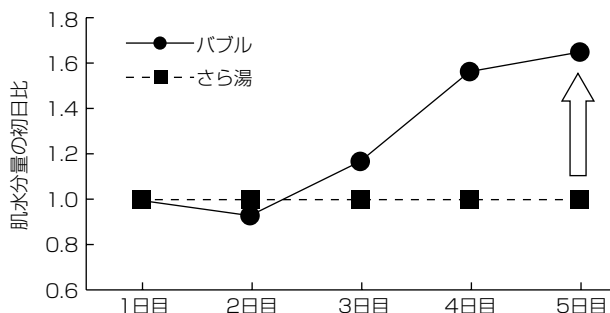


図1. 紫外線照射による汚れ付着配管洗浄結果の比較



【試験条件】入浴者40～50代の成人女性16名、湯温38℃、室温25℃  
入浴前に右手甲の定点の肌水分量を測定し、10分間の入浴を5日間実施。通常入浴とホットあわー入浴それぞれで初日の肌水分量を基準として2～5日目の肌水分量を算出。さらに通常入浴の肌水分量を基準とし、ホットあわー入浴の肌水分量を算出。

図2. 通常入浴と“NEWホットあわー”入浴の肌水分量の比較

### 3. 省エネルギー性能の向上

エコキュートは2013年3月1日施行の省エネ法に基づき、2017年度を目標とする省エネルギー性能の達成基準(省エネトップランナー基準)が設けられた。また、それに伴いそれぞれの商品の省エネルギー基準達成度を示す“省エネラベル”表示を2014年度から開始した。

B1シリーズでは省エネルギー性能を向上させて、全47機種のうち39機種で2017年度省エネトップランナー基準を達成した。また、“Pシリーズ”370Lタイプ3機種では、高効率熱交換器搭載によるヒートポンプユニットの効率向上と真空断熱材使用部分を拡大した貯湯ユニットの採用によって業界トップクラスの年間給湯保温効率(JIS)3.6を達成した。

貯湯ユニットの断熱構造は保温性能の高い真空断熱材をタンク全周に使用したオールラウンドVIP (Vacuum insulation panel) 構造(図3)で、真空断熱材使用面積を従来品に対して約15%拡大したことに加え、最適配置化することで大幅に保温性能を高めた。

高効率熱交換器は、熱交換器の列数増加に加え、新開発の滑水処理フィンを搭載した。従来の親水処理フィンと比べ、親水性を維持したまま滑水性を向上させてフィン表面の液膜の滑落を促進し(図4)、熱交換器ファン圧損低減による高効率化、及び除霜時間の短縮を実現した。

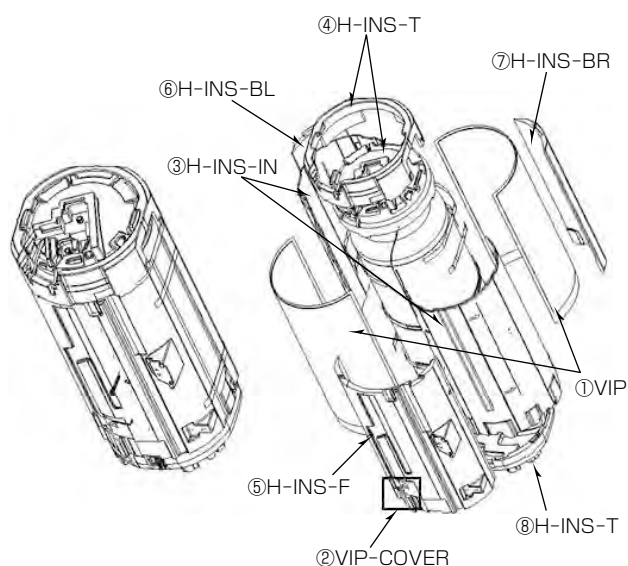
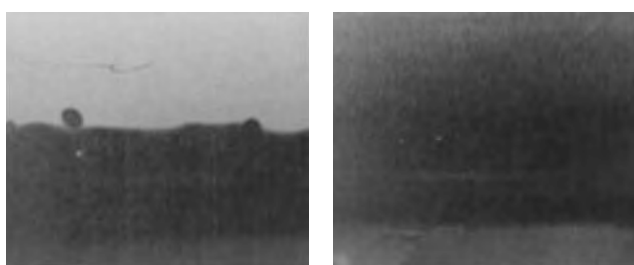


図3. B1シリーズのオールラウンドVIP構造



(a) 水膜残りあり(従来機) (b) 水膜残りなし(B1シリーズ)

図4. 浸水後のフィン表面

### 4. 新切替弁の開発

#### 4.1 新切替弁開発の狙い

図5に従来機“HPA8シリーズ”のシステム図を示す。

現在、三菱エコキュートは、“四方弁”“三方弁”を含む機能部品を複数使用している。これまでも機能部品のVEによるコスト低減を進めてきているが、単体での大幅なコスト低減は難しい状況である。

そこでB1シリーズでは、回路切替機能を持つ“四方弁”“三方弁”の一体化と周辺部品モジュールの最適化によって大幅なコスト低減を実現した。

#### 4.2 新切替弁導入によるコスト低減

##### 4.2.1 一体構造による部品点数削減

図6に従来の切替弁と新切替弁を示す。

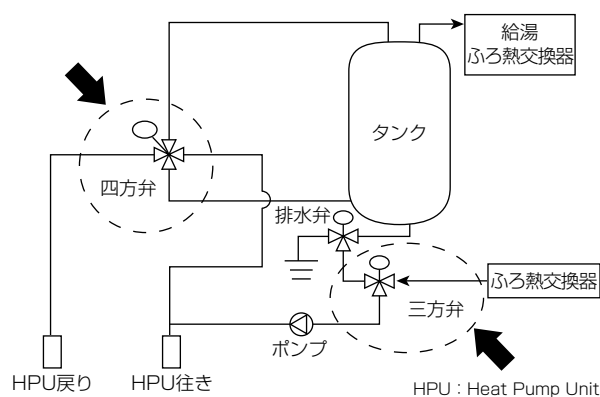
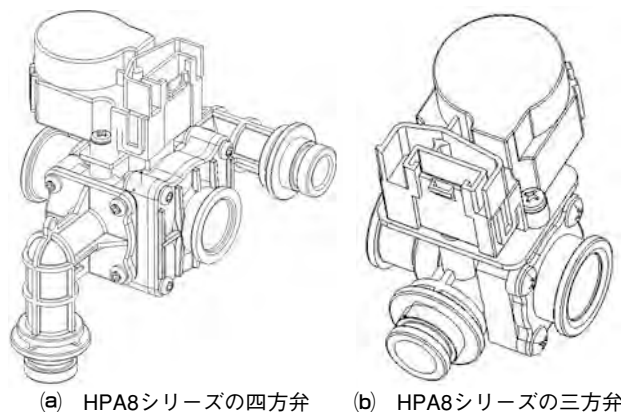
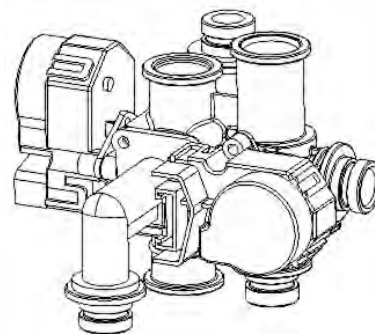


図5. HPA8シリーズのシステム図



(a) HPA8シリーズの四方弁 (b) HPA8シリーズの三方弁



(c) B1シリーズの新切替弁(四方弁、三方弁の一体化)

図6. 従来の切替弁と新切替弁

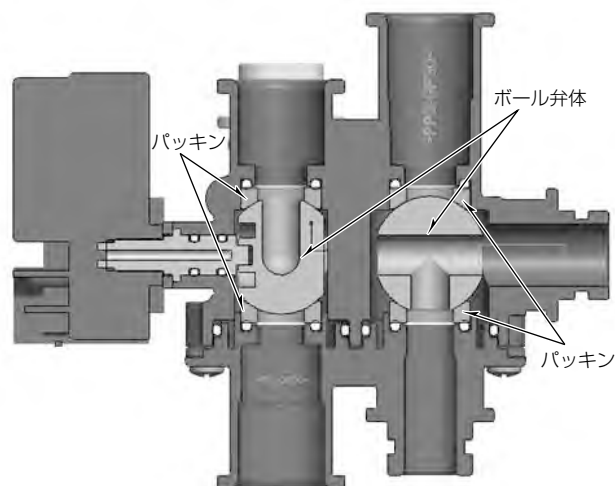
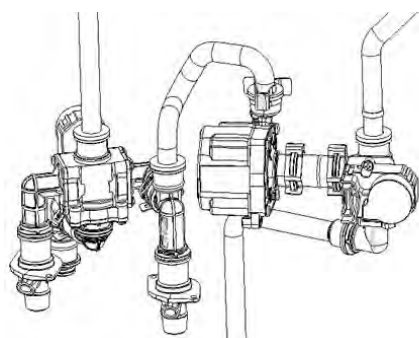
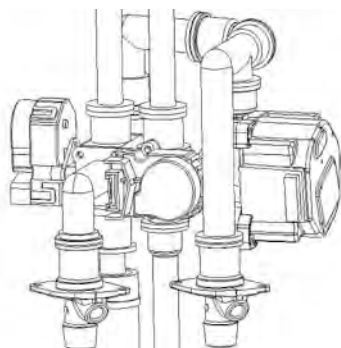


図 7. 新切替弁断面図



(a) HPA8シリーズの旧モジュール



(b) B1シリーズの新モジュール

図 8. 切替弁周辺モジュール新旧比較

従来の切替弁は、四方弁と三方弁が別体構造であるため部品点数が多く、コスト高となっていた。

新切替弁では、ボディ、継ぎ手の一体化と構造最適化による弁単体部品点数削減(約10%減)を実現した。

#### 4.2.2 ボール弁体の2次加工削減

図 7 に新切替弁の断面を示す。

先に述べたように、切替弁はシステムの回路切替機能を持つ。回路切替は、切替弁内部に配置したボール弁体(樹脂)をモータの動力を用いて回転することによって実現している。従来の切替弁のボール弁体は、成形品を切削加工することで、パッキンとのシール面であるボール弁体表面の精度を確保していた。そのため、ボール弁体は加工工数

が多くコスト高となっていた。

今回開発した新切替弁のボール弁体では、金型補正に三次元補正技術を活用することで、要求されるシール性を満足できる高精度な精密成形を実現した。これによって、従来必要とされたボール弁体の切削加工工程の削減が可能となった。

#### 4.2.3 周辺部品モジュール化

図 8 に切替弁周辺モジュールの新旧比較を示す。

従来の旧モジュールは、切替弁が別体のため、周辺部品との干渉を考慮したレイアウト設計を実施していた。そのため、複雑な銅管での這(は)い回しや樹脂継ぎ手を介しての配管接続部が複数必要となり、モジュール容積が大きく、また、部品点数も多くコスト高となっていた。

B1シリーズの新モジュールは、新切替弁導入によって周辺部品との干渉課題が解決され、必要最低限の樹脂継ぎ手で構成できるように最適化した。それによって、モジュール容積の縮小(約50%減)及び周辺構造部品点数削減(約20%減)を実現した。

#### 4.3 新切替弁導入効果

切替弁モジュール新旧比較結果から算出した新切替弁導入の効果は次のとおりである。

- (1) コスト低減 : 約10%減
- (2) 総部品点数削減率 : 約15%減
- (3) モジュール容積縮小率 : 約50%減

### 5. その他の特長

B1シリーズでは、これまで述べてきたような技術的な特長のほかに、耐震性の強化として、脚部を三菱電機従来品より幅広にした“タフレッグ”を採用し、脚部設置面積を約15%拡大して耐震性を向上させ、従来の施工性に配慮した3本脚の構造のままで耐震クラスSに対応した。

また、“Pシリーズ”は電気給湯機発売50周年記念モデルとして本体外観色に高級感のあるロイヤルシルバー色を採用した。ロイヤルシルバー色は家の景観にもフィットし、防汚コーティングも採用しているため雨水などの汚れも軽減する。

### 6. む す び

B1シリーズは2014年8月に47機種を発売した。今後、電気給湯機市場では2017年度省エネトップランナー基準に向けて更に競争が激化することが予想され、技術的な取組みが重要になってくる。今後も技術革新に努め、ユーザーにとって魅力的な製品の開発を行っていく。

### 参 考 文 献

- (1) 柳本 圭, ほか: 家庭用エコキュートのマイクロバブル技術, 三菱電機技報, **87**, No.9, 517~520 (2013)



# 空調冷熱総合管理システム“AE-200J” によるエネルギー見える化の実現

廣瀬克弘\* 小倉一孝\*  
中筋義人\*  
前田右文\*

Visualization of Electric Energy by Integrated Controller "AE-200J"

Katsuhiro Hirose, Yoshito Nakasuji, Migifumi Maeda, Kazutaka Ogura

## 要 旨

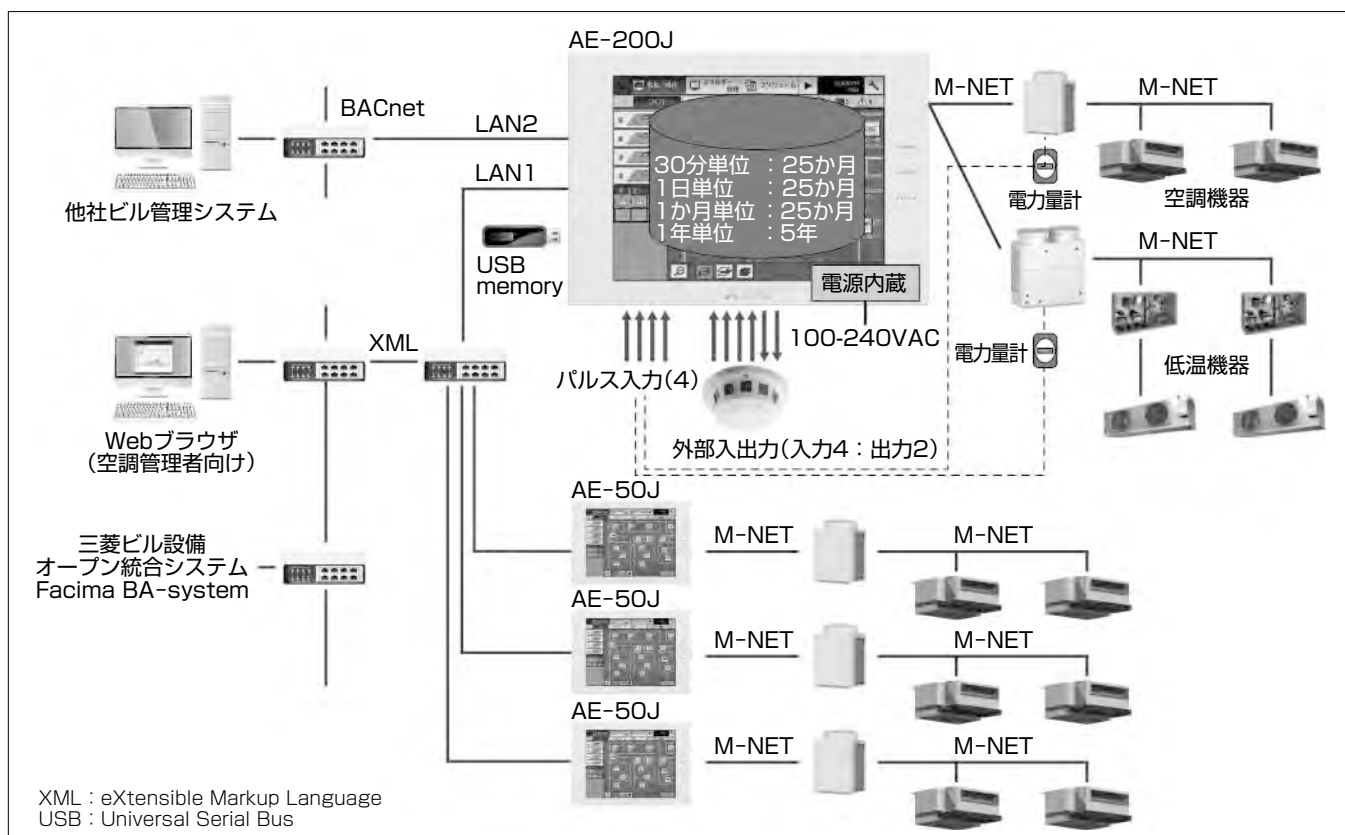
空調冷熱設備全体の集中管理やエネルギー消費量の見える化を実現する空調冷熱総合管理システム“AE-200J”を開発し、全世界同時発売した。“ALL-IN-ONE”をコンセプトに掲げたAE-200Jは、空調機器“シティマルチ”だけでなく、ルームエアコン、業務用給湯機器（業務用エコキュート）、さらには低温機器“クールマルチ”の一元管理を可能にするとともに、空調機のユニットやエリアごとの消費電力量の按分（あんぶん）データを液晶画面上やWebブラウザ画面上にグラフ表示することで無駄な運転の防止や使いすぎの見える化を実現する。また、大型液晶パネル（対角10.4インチ／SVGA（Super Video Graphics Array））の採用や従来集中コントローラから継承してきたWebブラウザの画面を一新することで、見やすさと操作・監視の

使い勝手を向上させ、スマートフォンやタブレット端末からも空調機の状態監視や運転操作を可能にする。

さらには、三菱ビル設備オープン統合システム“Facima BA-system”との接続によるきめ細やかな空調機器制御を行うだけでなく、通信プロトコルBACnet<sup>(注1)</sup>を内蔵することによって、従来は他社ビル管理システムとの接続時に必要であった専用の接続インタフェースを不要とした。これらの機能搭載によって、多様な市場要求に対してこの機器1台での対応も可能となり、周辺機器によるシステム費用を抑制した空調冷熱ソリューションを提供することができる。

本稿では、AE-200Jの製品概要とその技術について述べる。

(注1) BACnetは、ASHRAE(America Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers)の登録商標である。



## 空調冷熱総合管理システム構成

業務・ビル用マルチエアコン、及びクールマルチ（冷凍機やユニットクーラー等の低温機器）の集中コントローラ“AE-200J”，並びに拡張コントローラ“AE-50J”を用いた空調冷熱総合管理システムの構成を示す。AE-200Jには、2年分の電力量を記憶・蓄積しており、消費エネルギー状態をパソコン上のブラウザで、ビジュアルに監視できる（なお、図中のAE-200JとAE-50Jの実寸は同一寸法である）。

# 1. ま え が き

2010年の改正省エネルギー法施行に伴う省エネルギー措置報告義務の対象範囲拡大によって、建物のエネルギー消費量のうち大きな割合を占める空調機器や低温機器の省エネルギー・運用管理がますます重要になり、空調冷熱設備全体の集中管理・エネルギー消費量の見える化に対する需要が拡大している。この空調冷熱設備全体に対する省エネルギー管理へのニーズに応えるため、三菱電機は、1台の集中コントローラで空調冷熱設備全体の集中管理やエネルギー消費量の見える化を実現する空調冷熱総合管理システム“AE-200J”を発売した。

本稿では、このAE-200Jの技術について述べる。

## 2. 空調冷熱総合管理システムの構成と機能

### 2.1 エネルギー管理機能

ビル・店舗・工場等ではエネルギー消費全体に占める割合の多い空調冷熱機器に対する省エネルギー要求は高く、AE-200Jでは消費エネルギーの無駄抽出、部屋・エリア・時間帯別の消費エネルギーの見える化、前年や前月との比較による特異的な消費傾向の抽出機能等、エネルギー監視・省エネルギー運用を支援する機能を充実させた(図1)。

エネルギー監視・省エネルギー運用には、計画(Plan)、実施・運用(Do)、点検・評価(Check)、改善(Action)のPDCAサイクルを継続的に回す活動が有効であり、次の支援機能を搭載した。

- ①目標値設定機能(Plan)
- ②エネルギー利用状況の見える化(Check)
- ②利用状況の過去との比較(Check)
- ③エネルギー制御機能(Do/Action)

AE-200Jでは10.4インチのカラー液晶画面やWebブラウザ上で、日/月/年単位、ビル全体/エリア/部屋/機器の単位でのエネルギーの利用状況をあらかじめ設定した目標値とともに棒グラフとして見ることができる。また、このエネルギー利用状況に対して外気温度、空調機の実作動時間(サーモON時間)等の環境・運転状況データを重ねて表示したり、テナントごとの消費電力量をランキング形式で見ることによって、無駄電力見える化を実現している(図2)。



図1. エネルギー管理画面



図2. ランキング表示画面

AE-200Jでは大容量の不揮発メモリを搭載しているため、過去2年分のエネルギー管理データを蓄積し、過去のデータとの比較による効果検証が可能であり、エネルギー管理データをCSV(Comma Separated Values)ファイルとして出力することで、ユーザーによるエネルギー管理の詳細分析を支援する。

また、AE-200Jは、Web対応空調集中コントローラ“G-150AD”から引き継いだ、省エネルギー制御・省エネルギーピークカット制御等の様々な省エネルギーメニューを搭載しており、それらの組合せによって顧客の要望に応じた省エネルギー改善策を実施することが可能である。

### 2.2 電力量按分(課金)機能

従来、空調機の電力量按分は、Windows<sup>(注2)</sup>パソコン上で動作する統合管理ソフトウェア“TG-2000”が、集中コントローラ“G-50”、“GB-50AD”や“G-150AD”から空調機の運転状態を定期的に収集することによって、行っていた。

今回のAE-200Jでは、従来のTG-2000による電力量按分機能に加えて、AE-200J自身で電力量按分機能を搭載した。この方式では、従来必要であった24時間連続稼働させるパソコンを準備する必要がなく、またOSへの依存もなくなるため、接続台数の少ない規模の施設などでは、少ない開発投資で電力量按分を行える利点がある。

電力量按分機能で得られるデータは、ビルのオーナーがテナントに対し、料金請求に使うデータであり、万一の故障時にも、データ消失することは許されないため、データ保存の二重化を行った。図3に電力量按分計算を行う場合のシステム構成を示す。AE-200Jの配下に4台の拡張コントローラAE-50Jを接続し、AE-200JとAE-50Jで同一の運転積算データを保持させることで故障時のリスクを軽減させる。例えば、AE-50J故障によって製品交換した場合には、AE-200JからAE-50Jに対して過去の運転積算データを送信し復旧させる。一方、AE-200J故障で製品交換した場合には、AE-50JからAE-200Jに対して過去の運転積算データを送信し、データを復旧させ、常に故障前の状態に復旧させる。この仕様によって、同時故障が発生しない限り、故障発生から故障復旧までの期間を除いた運転

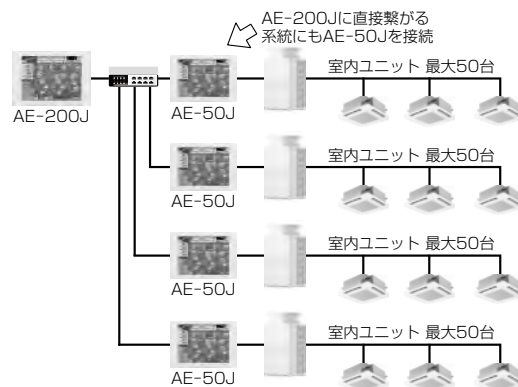


図3. 電力量按分計算を行う場合

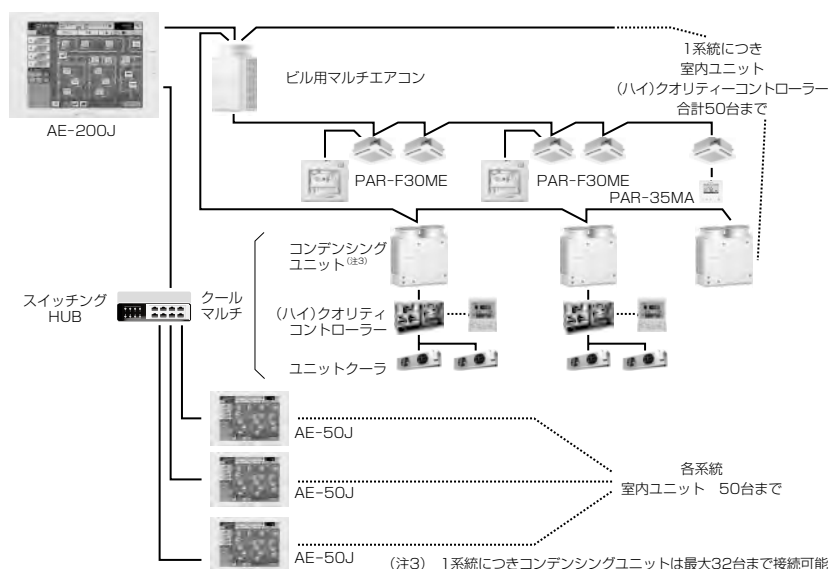


図4. 低温機器との接続構成(室内ユニット200台以下のシステム)

積算データの消失を防止でき、安心と信頼を提供することができる。

帳票作成や印刷等は、施設管理者が自由に扱いたいケースを考慮し、電力量按分データなどをAE-200JからLAN経由又は、USB端子から取り出し、Windowsパソコン上で動作可能な専用ソフトウェアを準備した。

(注2) Windowsは、Microsoft Corp. の登録商標である。

## 2.3 電力量計パルス入力機能

G-150ADに比べると、液晶画面での空調機管理台数は、200台へと増加し、より大規模物件への適用も可能になった。実際には、空調機50台以下の中小規模物件への納入実績も多く、特に中小規模物件では、付随する周辺機器やその設置スペース等の物件価格への影響も大きい。AE-200Jでは、そのようなシステムコストを抑えなくてはならない中小規模物件でも、エネルギー管理を行えるよう、当社計量用計測コントローラ“PAC-YG60MC”の電力量計パルス入力機能を4系統搭載した。

## 3. 低温システムとの統合

2010年の改正省エネルギー法施行に伴う省エネルギー措置報告義務の対象範囲拡大によって、建物のエネルギー消費量のうち大きな割合を占める空調機器や低温機器の省エネルギー・運用管理がますます重要になり、空調冷熱設備全体の集中管理・エネルギー消費量の見える化に対する需要が拡大している。また、近年、食品に対する鮮度維持、安全性の高まりが増してISO (International Standard Organization) やHACCP (Hazard Analysis Critical Control Point) の管理手法を用いてその要求を実現させる取組みが加速している。このような市場環境の変化の中、冷凍冷蔵庫・物流センター・プロセスセンターで、温度トレーサビリティが実現でき、省エネルギーを実現させ、冷蔵設

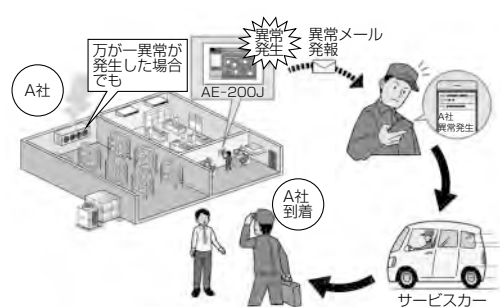


図5. 異常通報

備・倉庫向けのクールマルチ等の低温機器をまとめて一元管理できる空調冷熱総合管理システムAE-200Jは、設備全体での操作・監視の運用性の向上を図る(図4)。

クールマルチなどの低温機器の冷凍・冷蔵庫内は、温度が変化すると、収容物の品質に影響するため、省エネルギー制御は困難であったが、当社独自のシステム制御によって、庫内温度上昇を防ぎつつ省エネルギー制御を可能にする。

また、クールマルチなどの低温機器の故障発生時には、電子メール機能を使って、あらかじめ指定したメールアドレスに故障内容をタイムリーに知らせることによって、迅速な故障復旧が可能となる(図5)。クールマルチなどの低温機器でも、HTTP (HyperText Transfer Protocol) プロトコルでXMLコマンドを送受信することで、冷凍冷蔵庫・物流センター・プロセスセンターの広域管理等の一括管理が可能になる。

従来の当社低温集中コントローラ“MELTOUCH”は、低温機器の管理機能として2010年12月に発売し、2013年度日本機械工業連合会会長賞を受賞している。AE-200Jでは、MELTOUCH機能の完全互換に加え、空調機を含めたを統合管理によって、システム全体のより一層の省エネルギー制御を実現していく予定である。

## 4. Webブラウザによる統合管理

近年はタブレットやスマートフォンの普及が進み、パソコンと同等のインターネットアクセスがいつでも・どこでも可能となってきた。これによって、パソコン以外の端末でも統合管理が可能な製品が求められている。AE-200Jでは、従来の集中コントローラで継承してきたWeb画面を一新し、タブレットやスマートフォンからの監視・操作を可能とし、また200台以上の空調機を統合管理できるWebブラウザのプラットフォームの構築と更なる見やすさと使い勝手の向上を目指す。

### 4.1 管理手法の刷新

従来のG-150ADでは、3台の拡張コントローラに接続されている空調機の情報を集約し、G-150ADとパソコンが通信してWeb画面を表示していた。Java<sup>(注4)</sup> Appletで実

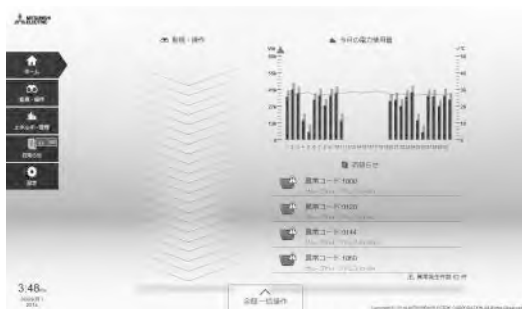


図 6. 新Web画面(パソコン・タブレット向け)

現した中央集約型のこの方式は、管理台数の増加に伴い、集中コントローラへの負荷が高まるという課題があった。そのため、AE-200Jでは、AE-200Jと拡張コントローラAE-50Jそれぞれと複数同時に個別通信する分散型的方式へ転換した。

このように、パソコンはAE-200Jと拡張コントローラの双方と通信を行うことで、AE-200Jの負荷削減と管理台数の増加を両方実現することができた。その結果、大規模物件でのエネルギー管理が可能となり、省エネルギーに対する取組みがより一層行いやすくなった。

(注4) Javaは、Oracle Corp. の登録商標である。

#### 4.2 タブレットやスマートフォンによる操作監視

携帯端末の急速な普及に伴い、デスクトップ型やノート型パソコンだけでなく、携帯端末を用いた空調管理の需要が増えつつある。

タブレットやスマートフォンはタッチ操作であり、パソコンのマウス操作と異なり指でボタンを押せるGUI(Graphical User Interface)が必須である。スマートフォンはタブレットやパソコンと異なり画面が非常に小さく、大規模な管理には向かない。そこで、パソコン・タブレット向けWeb画面は空調管理者用を意識し、監視・操作だけでなくエネルギー管理やスケジュール設定を行えるようにした(図6)。

一方、スマートフォン向けは個人用途として、監視・操作機能の中で、特に操作対象の空調機や操作を限定した。シンプルな操作性で、リモコンを操作するような感覚で利用できるように考慮している。

### 5. ビル管理システムへの接続

#### 5.1 Facima BA-systemとの接続

三菱ビル設備オープン統合システムFacima BA-systemとAE-200Jは、特別なインタフェースを不要とし、直接接続することができる。そのため、接続の費用削減、省工事・省配線を実現でき、また、きめ細かい省エネルギー制御やスケジュール機能を活用しながら、当社設備のビル運用管理を提供する。

#### 5.2 BACnet通信による接続

AE-200JはBACnet通信機能も搭載している。BACnet通信は、以前から大規模なビル管理システム向けとして浸透してきたが、昨今では中小規模ビルでもBACnetを用いたビル管理を採用する案件が増えてきた。この機能搭載によって、他社ビル管理システムとの接続も可能になる。従来は、空調機集中コントローラの他に、BACnet通信用インタフェース機器を別途設置する必要があったが、AE-200Jで本体の1機能としてBACnet通信機能を備えているため、中小規模物件でもシステム費用や設置スペースを抑えることができる。BACnet規格は、グローバル展開を視野に入れるため、ANSI(American National Standard Institute)/ASHRAE135-2010を標準としながら、国内では電気設備学会BACnetシステムインターオペラビリティガイドラインIEIEJ-G-0006:2006をもサポートする。また、昨今、中小規模物件でのビル管理システムの採用率増加の理由の1つに、節電を意識したエネルギー管理を目的に集中管理を行う案件が増えていることから、AE-200JではBACnet通信機能でも、エネルギー管理データとして空調機の各ユニットごとの電力量按分値をビル管理システム側へ提供できるようにし、ビル管理システム市場でのエネルギー管理へも貢献する。これは、国内だけでなく、BACnetの一大市場である北米はもとより、欧州、及びアジア各国からの要望もあり、世界各国でのエネルギー管理需要の市場の大きさがうかがえる。

また、AE-200JではLAN端子を2系統配備し、ビル管理システムによる監視とWebブラウザ上からの監視とLAN回線を物理的に分離した。

### 6. む す び

省エネルギー性に優れた個別分散空調方式は、グローバルに拡大を続けている。今回AE-200Jでは空調だけでなく低温・給湯機器も含めた冷熱機器トータルでの空調冷熱を統合管理し、またエネルギー管理を実現する。一方で、エネルギーデータは、前面に配備したUSB端子からのCSV形式による出力や、XML通信方式、さらには国際標準であるBACnet通信方式からと多様な方法で出力することができる。今後も市場環境・顧客要望に即応した空調冷熱の統合管理システムを実現し、提供していく所存である。

#### 参 考 文 献

- (1) 服部真司，ほか：冷熱システムにおける現状と展望，三菱電機技報，79，No.9，571～573（2005）
- (2) 増井弘毅，ほか：ITと空調管理システム，三菱電機技報，76，No.11，691～694（2002）
- (3) 田村和也，ほか：業務用空調管理システムの現状と展望，三菱電機技報，87，No.9，501～504（2013）



# 海外向け地中熱対応BTW

門脇仁隆\* 梁池 悟\*\*  
 辻 裕介\*  
 山野善生\*

*Brine to Water Heat Pump for Ground Source Application*

*Kimitaka Kadowaki, Yusuke Tsuji, Yoshio Yamano, Satoru Yanachi*

## 要 旨

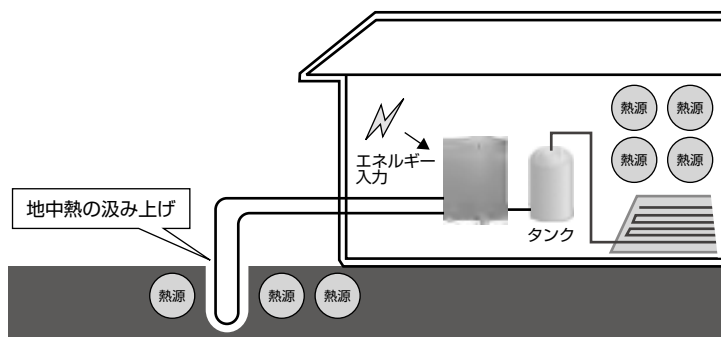
環境問題が世界的な危急の課題として認識され始め、それに伴い法整備を含めた対策が強化されつつある。EUでは、最終エネルギー消費に占める再生可能エネルギーの割合を2020年までに20%とする目標が掲げられ、各国の導入計画で目標値が決められている。目標達成のためには、EUにおける最終エネルギー需要の内48%を占める暖房分野で<sup>(1)</sup>、化石燃料からヒートポンプに熱源を転換する必要がある。このため、EUの各政府はRHIインセンティブ制度(再生可能熱エネルギーインセンティブ制度)を制定し普及を後押ししている。中でも、地中熱利用ヒートポンプシステムは利用場所の普遍性や熱源の安定性から近年急速に注目が高まってきている。これらの市場背景から、地中熱

対応ブライン熱源ヒートポンプ(Brine to Water Heat Pump：BTW)の開発を行った。

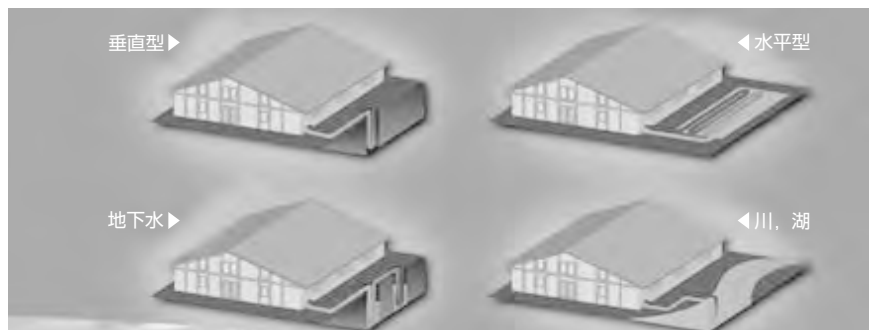
BTWは、性能による他社差別化を図るため、新たに開発した中間圧インジェクション圧縮機を搭載し、インバータ技術とエコノマイザサイクルを利用した冷媒流量制御技術を組み合わせることでインセンティブ獲得に有効な季節性能の高効率化(SCOP 4.33)を達成し、大幅な他社優位性を確保した。

一方、システム対応力強化のため、空調冷熱総合管理システムや、リモコンに対応するだけでなく新たにオープンネットワークに対応させている。

本稿では、BTWの概要及び特長について述べる。



ヒートポンプシステム



## 地中熱利用ヒートポンプシステム

地中熱利用ヒートポンプシステムは、ブラインなどを介して年間通じて比較的安定している地中熱を汲(く)み上げることで効率的にかつ安定的に熱を得ることができる(左上図)。地中熱は、地下だけではなく、地表面や川、湖等の熱も利用できる(右下図)。

## 1. ま え が き

環境問題が世界的な危急の課題として認識され始め、それに伴い法整備を含めた対策が強化されつつある。EUでは、最終エネルギー消費に占める再生可能エネルギーの割合を2020年までに20%とする目標が掲げられ、各国の導入計画で目標値が決められている。目標達成のためには、EUにおける最終エネルギー需要の内48%を占める暖房分野で<sup>(1)</sup>、化石燃料からヒートポンプに熱源を転換する必要がある。このため、EUの各政府はRHIインセンティブ制度（再生可能熱エネルギーインセンティブ制度）を制定し普及を後押ししており、今後も暖房・給湯分野で、ヒートポンプは安定的な市場拡大が見込まれている（図1）。中で

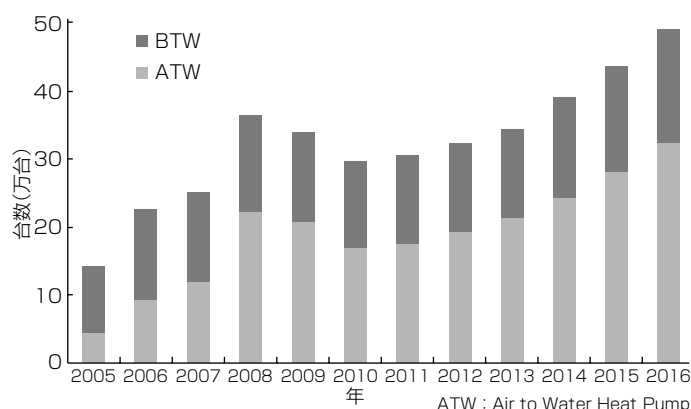


図1. ヒートポンプの需要と動向



図2. 気候条件エリア<sup>(4)</sup>

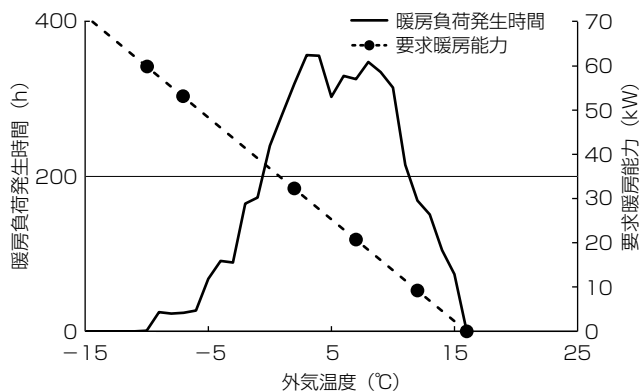


図3. 平均的気候における暖房負荷発生時間及び要求暖房能力（定格60kWの場合）

も、地中熱利用ヒートポンプシステムは利用場所の普遍性や熱源の安定性から近年注目が高まってきている。

## 2. 季節性能係数SCOP<sup>(2)(3)</sup>

欧州では、期間効率の指標として季節性能係数SCOP (Seasonal Coefficient Of Performance, EN14825)がある。これは、地域に応じて定められた要求暖房能力(kW)と暖房負荷発生時間(h)を基準に、各暖房能力におけるCOP (Coefficient Of Performance)に暖房負荷発生時間に応じて平均化させた性能係数である。気候条件は、“標準気候 (average climate)” “寒冷気候 (cold climate)” “温暖気候 (warm climate)” 3つに区別されており、外気温度における暖房負荷発生時間と要求暖房能力が決められている。図2に気候条件エリアを示す。また、図3に平均的気候条件における、暖房負荷発生時間及び要求暖房能力を示す。

定格COPとの大きな違いは、部分負荷時の性能影響が大きいことである。“標準気候”では、定格暖房能力が必要となる暖房負荷が高い(外気温度の低い)冬期の日数は少ない。一方、暖房要求能力の低い(外気温度がある程度高い)中間期は日数が多いため、低負荷時の運転時間が長くなりSCOPへの影響が大きくなる。

## 3. 熱源機の仕様と特長

### 3.1 熱源機の仕様

図4にBTW“CRHV-P600YA-HPB”の外観を示し、表1に仕様を示す。また、図5にBTWの接続並行流・対向流のそれぞれの運転範囲を示す。

この熱源機は、高効率な運転が見込める工場などからの高温排水を想定し、蒸発器入り口水温を45℃まで許容している。高温排水での運転を可能とするため、蒸発器入り口水温が高温となる条件下での使用では並行流となるように、それ以外是对向流となるように水配管を現地で接続する（図6）。

一方、この開発機は室内設置されるため地下などの排水口のない設置場所も想定される。対策として、ドレンパン内の結露は自然蒸発させる方式を取りドレン口を廃止した。

### 3.2 熱源機の特長

#### 3.2.1 冷媒回路と特長

SCOPは、定格COPと異なり部分負荷時の効率が重要となる。この開発機は、新開発のDCインバータ中間圧インジェクション圧縮機を搭載し、インバータ化による低負荷時の効率向上と中間圧インジェクションによる高負荷時の能力向上を実現している。また、エコマイザ回路によってCOP向上も期待できる。インバータ圧縮機と中間圧インジェクション、エコマイザを適切に機能させることで、低負荷から高負荷時まで幅広い範囲でCOPを向上させ、高SCOPを





図 4. BTW “CRHV-P600YA-HPB”

表 1. 熱源機の仕様

項目		公称値		公差, 備考
電源		三相四線式 380, 400, 415V/50Hz		
外形寸法	高さ	mm	1,561	
	幅	mm	934	
	奥行	mm	780	
加熱運転 <sup>(注4)</sup>	SCOP <sup>(注1)</sup>	—	4.33	SCOP-8%内
	SCOP <sup>(注2)</sup>	—	2.86	SCOP-8%内
	能力	kW	45      60	能力-5%内
	COP	—	4.41      4.23	COP-15%内 (ポンプ動力含む) <sup>(注5)</sup>
	容量制御	kW	20~70	
電熱器(圧縮機ケース)		W	35×2	
油	種類	ダイヤモンドフリーズ MEL32		
	充填量	l	1.3×2	
冷媒	種類	R410A		
	充填量	kg	4.5×2	
	制御方式	電子膨張弁		
騒音(無響音室換算) <sup>(注3)</sup>		dB(A)	50	測定値は試験室 反響音+3dB以下
使用温度範囲	温水	℃	出口水温30~65	
	熱源 対向流	℃	入口水温27以下, 出口水温-8~20	
	熱源 並行流	℃	入口水温45以下, 出口水温-8~27	
	周囲温度	℃	-10~40	

(注1) 性能試験条件は, EN14825に基づき, 温水入口/温水出口/熱源ライン入口/熱源ライン出口=30/35/0/-3℃, TDesign60kWの条件  
(注2) 性能試験条件は, EN14825に基づき, 温水入口/温水出口/熱源ライン入口/熱源ライン出口=47/55/0/-3℃, TDesign60kWの条件  
(注3) 騒音については高さ1.5m, 製品正面から1mの地点での騒音値を示す。  
騒音試験条件は, 温水入口/温水出口/熱源ライン入口/熱源ライン出口=30/35/0/-3℃, 加熱能力60kWの条件  
(注4) 加熱運転の性能は, 熱源ラインの流れが熱源ライン用熱交換器内で冷媒と対向時の値を示す。  
(注5) EN14511に基づき, ポンプ動力(計算値)を含めた値を示す。

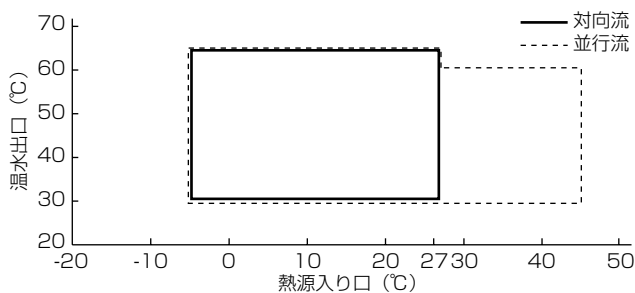
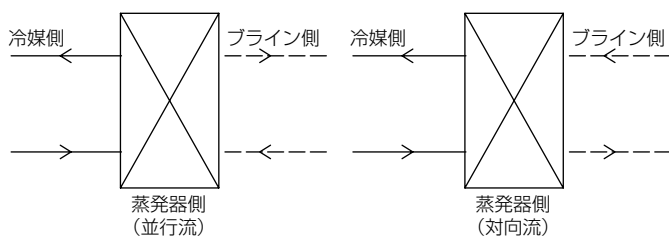


図 5. BTW運転範囲

達成した(SCOP:4.33)。BTWの回路図を図7に示す。

### 3.2.2 エコノマイザ回路を利用した最適制御

この開発機では, エコノマイザ回路を利用した最適制御を行っている。圧縮機から吐出された冷媒は凝縮器を通り, エコノマイザ出口(図7回路図上A)の位置で, エコノマイザ側と蒸発器側に分かれる。エコノマイザ側冷媒は, インジェクション膨張弁で減圧され低温の2相冷媒となりエコ



並行流: 熱交換器内部で冷媒と水の流れ方向が同方向  
対向流: 熱交換器内部で冷媒と水の流れ方向が逆方向

図 6. 並行流と対向流の流れ方向

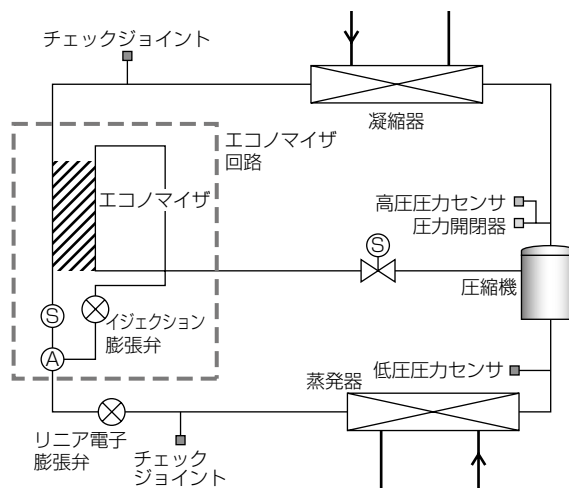


図 7. BTWの回路図

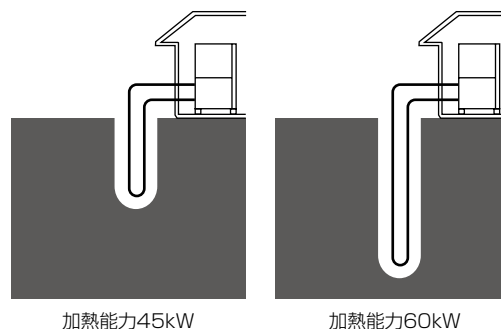


図 8. 能力切替え機能

ノマイザ内の液冷媒を冷却し, 液冷媒の過冷却度を上昇させる。その後, 圧縮機中間インジェクション口からフラッシュガスで圧縮機内に入り圧縮機内冷媒の冷却を行う。この時, 中間圧力が最適値になるようインジェクション膨張弁開度を制御することでCOPを向上させている。

### 3.2.3 能力切替え機能

この開発機は, 定格60kWの加熱能力を持つ。欧州では, 地中熱利用が進んでおり既設機種からのリニューアルもターゲットとなる。リニューアルには, 採熱用パイプを通して地中井(以下“ボアホール”という。)を再利用する必要がある, ヒートポンプを必要暖房負荷以上の能力で運転すると, ボアホール内凍結などの問題が生じる。今回, 加熱能力を45kWに抑制する機能を追加して, 能力切替え可能とし(図8), リニューアル需要にも対応させた。



図9. 欧州仕様リモコン



図10. 空調冷熱総合管理システム

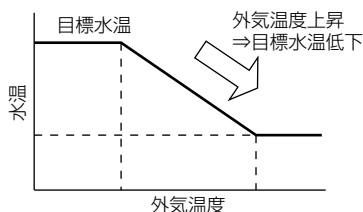


図11. “Heating Eco”制御

#### 4. システム対応力強化

ピーク電力の削減や熱源機の最適運転には、物件ごとのエネルギーマネジメントができるシステム制御が重要となる。この開発機は、従来の欧州仕様リモコン(図9)だけでなく、空調冷熱総合管理システムへの対応を予定している(図10)。また、現地インストーラーから要望の大きい、プロトコル仕様が公開されているオープンネットワーク(modbus<sup>(注6)</sup>)で運転状態の確認や各種設定を可能とするなどシステム力強化を図っている。

一方、欧州で重要な機能である“Heating Eco”制御を追加している(図11)。これは、暖房主体の欧州で外気温度に連動して目標温水温度を変化させる機能で、外気温度が上昇すると温水目標温度が自動的に低下する運転モードであり、中間期などの省エネルギーに貢献する機能である。

(注6) modbusは、Schnoider Automation Inc. の登録商標である。

#### 5. む す び

環境問題への意識の高まりだけでなく原油価格の高騰等から、再生可能エネルギーを柱とする代替エネルギー開発の重要度は、今後更に増してくると考えられる。今回開発した地中熱対応BTWは、欧州が積極的に進めるヒートポンプへの代替だけでなく、今後拡大が見込まれる地中熱ビジネスへの参入も可能とする。また、空調はもちろん家庭用ATWから業務用、空冷／水冷と幅広くラインアップした総合空調／給湯メーカーとしての地位確立に貢献できると考えている。また、熱交換器への霜付が課題となる寒冷地での販売規模拡大や、空冷／水冷では設置制約のある既設ボイラーやチラー対抗としての活用も期待される。

今後も、省エネルギー性だけでなく欧州の使用方法に適した技術開発を進め、欧州トップシェアを目指した製品を供給していく。

#### 参 考 文 献

- (1) 財ヒートポンプ・蓄熱センター：ヒートポンプに関する欧州調査報告書(2012)  
[http://www.hptcj.or.jp/Portals/0/data0/press\\_topics/documents/2012011\\_press\\_report.pdf](http://www.hptcj.or.jp/Portals/0/data0/press_topics/documents/2012011_press_report.pdf)
- (2) 欧州会議：欧州理事会の指令2009/28/EC第5条に基づく、各種ヒートポンプ技術によるヒートポンプからの再生可能エネルギーの計算に関する加盟国向けガイドラインを定める／2013年3月1日付欧州委員会決定、(財)ヒートポンプ・蓄熱センター訳
- (3) BS EN 14825:2012: Air conditioners, liquid chilling packages and heat pumps, with electrically driven compressors, for space heating and cooling. Testing and rating at part load conditions and calculation of seasonal performance (2012)
- (4) Official Journal of the European Union: COMMISSION DECISIONS of 1 March 2013/establishing the guidelines for Member States on calculating renewable energy from heat pumps from different heat pump technologies pursuant to Article 5 of Directive 2009/28/EC of the European Parliament and of the Council, 27～35 (2013)

# 空調機用モータ・インバータの高効率化技術

黒崎正己\* 下麥卓也\*  
 松岡 篤\* 尾屋隼一郎\*  
 畠山和徳\*

*High Efficiency Technologies of Air Conditioner Motor and Inverter*

*Masami Kurosaki, Atsushi Matsuoka, Kazunori Hatakeyama, Takuya Shimomugi, Junichiro Oya*

## 要 旨

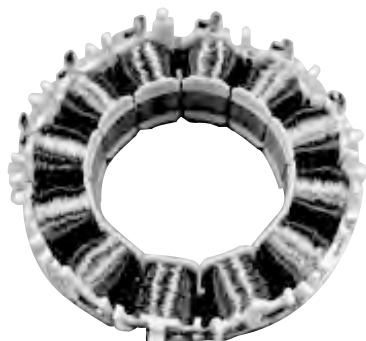
空調機は、家庭用から業務用まで至る所で使用されている。国内で消費される全電力量の約50%は空調機を含めた電動機の動力源として使用されるモータによるものと言われており、モータの駆動を効率的に行わせることは省エネルギーの面で効果が非常に大きい。三菱電機ではこれまでモータ及びモータ駆動の高効率化に取り組み、省エネルギー化に貢献してきた。今後も省エネルギー化をより一層推進していく必要がある。効率を向上させるための方法は、モータのロータやステータの極数、配向といった構造的なもの、使用する磁石や巻線といった材料的なもの、駆動させる回路の方式やインバータのスイッチング損失低減と

いった電氣的なもの等多岐にわたる。これらの方法を家庭用ルームエアコンや、ビルなど建屋のマルチエアコンなどの用途に応じて検討している。またモータ分野は他社も高効率化に力を入れているため、コストパフォーマンスに優れた技術も合わせて検討している。

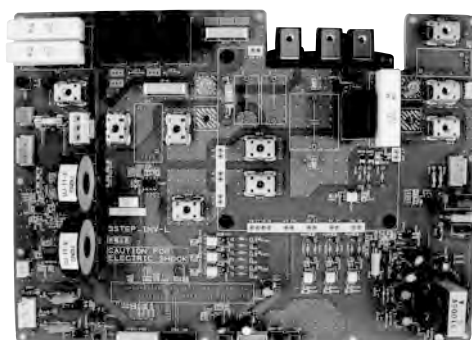
本稿では、空調機用モータ・インバータの高効率化技術の事例として、ルームエアコンの室内DCファンモータで採用したロータ多極化構造、及びビル用マルチエアコンの圧縮機駆動に用いた昇圧コンバータや待機電力削減のための圧縮機加熱技術の適用例について述べる。



ルームエアコン用ファンモータ



ファンモータ内のステータ



ビル用マルチエアコン圧縮機駆動回路基板

## 空調機用モータ・インバータの高効率化技術

当社の空調機は高効率化技術によって省エネルギー化に貢献している。写真左上はルームエアコン用ファンモータの1/4カットモデルである。写真左下はモータ内のステータであり、12スロット構成で、“ポキポキコア”を採用している。写真右はビル用マルチエアコンの圧縮機駆動に用いている基板である。

## 1. ま え が き

空調機は、主に家庭用に使用されるルームエアコン用途と、大規模な建屋などで使用されるビル用のエアコン用途とがある。どちらでも、省エネルギー化のため高効率化を追求すると同時に、インバータを搭載した機器から電源へ流出する高調波電流が規制に適合することや電磁加振力の集中による騒音発生を回避することが求められる。またこれらをコストパフォーマンスのよい方法で実現していく必要がある。

本稿では高効率化の適用例として、家庭用と業務用エアコンについてそれぞれ述べる。まず1つは家庭用ルームエアコンの室内DCファンモータの事例であり、従来の8極12スロット構造から今回新たに10極12スロット構造を採用し高効率化の実現と合わせて、配置や通電方法の工夫によって出力トルクの変動や振動、騒音を低減した事例である。もう1つは業務用のビル用マルチエアコンで今回新たに採用した昇圧コンバータによる通常運転時の省エネルギー化、及び高周波誘導加熱技術による運転停止時の省エネルギー化を行った事例である。

## 2. ルームエアコン高効率室内DCファンモータ

### 2.1 10極12スロットによる高効率化

ルームエアコンに搭載されるファンモータには、高効率なブラシレスDCモータを採用しており、当社では、更なる高効率化に取り組んでいる<sup>(1)(2)</sup>。

図1に当社のルームエアコンに搭載している室内用DCファンモータの外観を示す。ファンモータは、熱硬化性樹脂でモールドされ、駆動回路を搭載するステータと、その内側に永久磁石を表面に配置するロータとで構成されている。

ファンモータは、低速回転、高トルクで使用されることが多いため、ステータのコイルに電流を流すことで発生する損失(銅損)の低減が高効率化のカギとなっている。このため、ファンモータのステータには、コイルの周長を短くできる集中巻きを採用することで、コイル抵抗の低減による高効率化を図っている。



図1. 室内用DCファンモータの外観

当社のルームエアコンに搭載しているファンモータでは、高効率化を実現するため、ステータの多スロット化、ロータの多極化を行っている。多スロット化でステータのコイルを分散することによってコイル周長が短くなり、さらに高密度に実装できるボキボキコアと組み合わせることで、コイル抵抗を低減して、高効率化を図っている。

更なる高効率化のために、ロータの磁極数とステータのスロット数の組合せとして、巻線係数の高い10極12スロットを採用した。これによって、ロータの永久磁石の磁力をより有効に利用できるため、従来の8極12スロットの組合せに対して、より少ない電流で同等トルクの出力が可能となり、銅損の更なる低減を実現している。

### 2.2 ロータの高性能化

ファンモータでは、高効率であると同時に低騒音であることも要求されるため、出力トルクの変動や、モータ本体からの振動・騒音を少なくできる磁石表面配置型のロータ構造を採用している。

銅損を低減するためには、より少ない電流で必要なトルクを発生させる必要があるため、ロータには磁力の強い希土類マグネットを採用している。

当社では、これまでに軟磁性鉄粉と樹脂を混練した材料をバックヨークに用いて、希土類のプラスチックマグネットと一体成形した“樹脂鉄心ロータ”<sup>(3)</sup>による高磁力化を図ってきた。これは、磁極の中央の肉厚を極間よりも厚くする偏肉形状と、マグネットの磁力を磁極中心に集中させる極配向によってロータを高性能化した技術であるが、従来の8極ロータを、新たに10極へ変更する際に、マグネットの配向技術と樹脂成形技術を応用して、樹脂鉄心バックヨークの代わりに極配向のフェライトプラスチックマグネットを配置して、その外周に希土類のプラスチックマグネットを一体成形するハイブリッド構成のロータを開発した(図2)。これによって、希土類マグネットの磁力にフェ

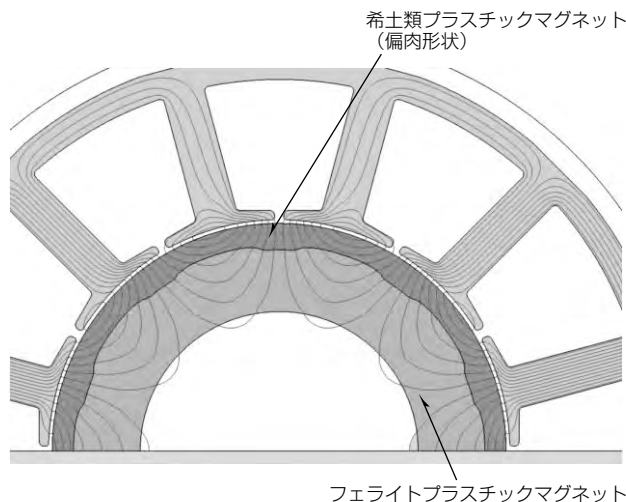


図2. 極配向マグネットロータ(磁束線図)

ライトマグネットの磁力を加えることで、より高磁力のロータを実現することができた。

10極12スロットの構成と、希土類マグネットとフェライトマグネットを組み合わせた新構造ロータによって、室内用ファンモータの開発品は、内蔵する駆動回路も含めて88%の高い効率を実現している。

### 2.3 正弦波通電による低騒音化

図3に示すように、8極12スロットの従来モータではステータにかかる電磁加振力が4方向に分散されていたため通電方式で騒音面に不利な矩形(くけい)波通電を採用することができていたが、10極12スロットでは電磁加振力が2方向に集中し騒音が増大する課題があった。そこで新型モータでは、通電方式として電流の時間変化のなだらかな正弦波通電を採用し磁束の急激な変化を抑制することで、騒音のオーバーオール(音圧の全周波数帯域の合計値)及びピークを低減することができた(図4)。

## 3. ビル用マルチエアコン用圧縮機駆動技術

昨今の節電需要の高まりをうけ、ビル設備では消費電力量の約5割を占める空調機の省エネルギー化が求められている。当社ビル用マルチエアコンでは、新たに図5に示す圧縮機駆動回路として昇圧コンバータを搭載し、昇圧コンバータに適した圧縮機用モータの開発によって低負荷領域

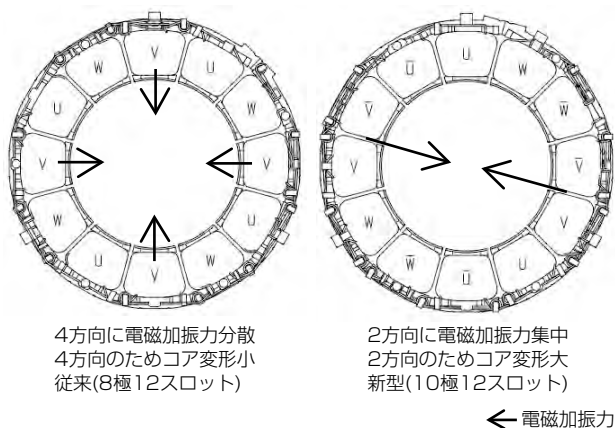


図3. 極数による電磁加振力変化

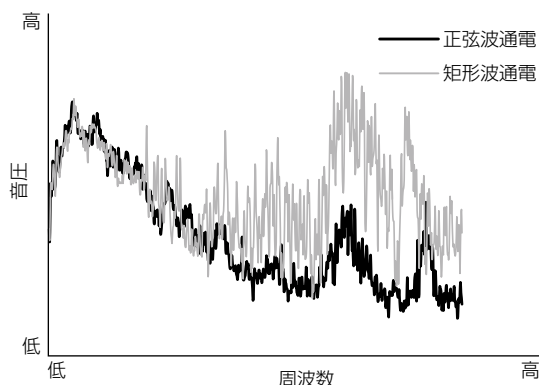


図4. 通電方式による騒音の比較(新型モータ)

の損失低減を実現した。また既存の圧縮機駆動用のインバータを用い開発した高周波誘導加熱技術によって、運転停止時の圧縮機加熱電力低減を行い、待機電力を削減した。

### 3.1 昇圧コンバータ技術

空調機の省エネルギー評価基準として、通年エネルギー消費効率(APF)が用いられる。APFは、ユーザーの使用環境を条件化した指標の1つであり、年間を通して使用される空調機で、最も発生頻度の多い低負荷領域での効率の寄与度が高くなっている。そのため、APFの改善には低負荷領域での損失低減が必要である。

図5の圧縮機駆動回路のインバータ部では、インバータを構成するスイッチング素子がONの時に導通損失が発生する。この損失を減らす方策の1つとして、インバータ電流の低減がある。低負荷領域でのインバータ電流の低減には、圧縮機内のモータの巻線数を増加させることが有効である。しかし、モータの巻線数を増加すると、高負荷領域でインバータの出力電圧不足が生じるため、高負荷領域でインバータ電流が増加し導通損失が増加させるだけでなく、高負荷領域でモータの回転範囲が縮小する課題があった。

インバータの出力電圧は、インバータに供給される電圧によって上限が制約されるため、出力電圧不足を解消するためにはインバータに供給する電圧を増加させる必要がある。そこで、インバータに供給する電圧増加が可能な昇圧コンバータをモータの巻線数増加と併せて採用し、高負荷領域の回転範囲を縮小することなく、低負荷領域での電流低減によってインバータの導通損失の低減を可能とした(図6)。これによって、昇圧コンバータを持たない従来の回路方式に対し、低負荷領域で効率が約2~7%改善し、当社ビル用マルチエアコンのAPF向上に寄与している。

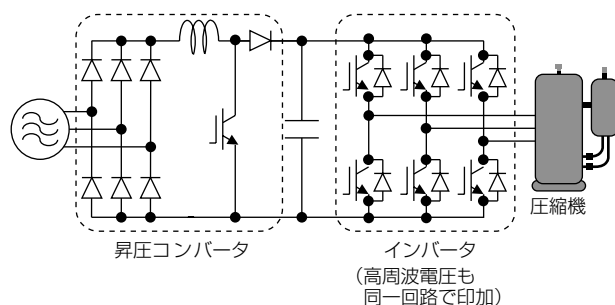


図5. ビル用マルチエアコン向け新圧縮機駆動回路

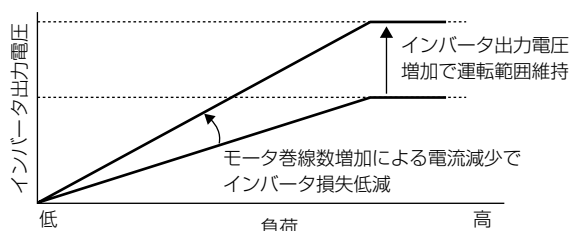


図6. 低負荷領域の電流低減による効率改善

さらに昇圧コンバータは、高調波発生量の抑制にも寄与している。エアコンを始めインバータを搭載した電気機器は、電源へ流出する高調波電流が規制されている。ビル用マルチエアコンに関する規制では、第5次高調波が最も厳しく、各機器での高調波対策に加え、別売の高調波対策機器を必要とする。

今回採用した昇圧コンバータは先に述べた電圧増加に加え、電流制御を行うことで第5次高調波の少ない電流波形に制御している。これによって従来の回路方式に比べ、第5次高調波を最大17%低減し、高調波対策機器の必要台数削減を可能とした。

### 3.2 圧縮機の高周波誘導加熱技術

ビル用マルチエアコンは、一般家庭向けのルームエアコンに比べて冷媒の量が多く、運転停止時に外気温度が低下すると冷媒が圧縮機底部に液状態で溜(た)まる冷媒寝込み状態が発生する。液状態の冷媒は圧縮機内部の潤滑油に溶け込み、この状態のまま圧縮機を動作させると、冷媒とともに潤滑油が圧縮機外へ排出されてしまい、潤滑油不足による圧縮機の破損を招くおそれがある。

従来は、圧縮機の外部にクランクケースヒーターを取り付けて運転停止時に加熱することで冷媒寝込み状態を防止していた。しかし、圧縮機の外部から加熱を行うため冷媒への熱伝達率が低く、大電力のヒーターが必要となるため待機電力が増加してしまう課題があった。

そこで、図5に示す圧縮機を駆動する既存のインバータを用いて、運転停止時に通常運転時の数十倍の高周波電圧を圧縮機内のモータに印加する高周波誘導加熱技術を開発した。誘導加熱によって圧縮機内部のモータである図7の加熱部位が発熱源となるため、液化した冷媒を圧縮機内部から直接加熱することが可能となる。そのため、クランクケースヒーターに比べて冷媒への熱伝達率が向上し、より少ない電力で効率よく加熱することが可能となる。さらに圧縮機内のモータが回転動作として追従できないほどの高周波電圧をインバータから出力するため、圧縮機が動作することなく静音性を保った加熱が可能となる。また、高周波誘導加熱によって通常運転時の数十分の一の電流で圧縮機を加熱することが可能となるため、インバータによる損失を必要最小限に抑制することが可能となる。

この高周波誘導加熱技術によって、クランクケースヒーターが不要となるだけでなく、従来のヒーター加熱に比べ、

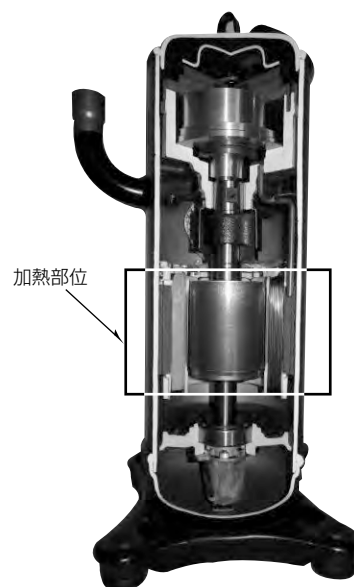


図7. 誘導加熱による圧縮機の加熱部位

運転停止時の圧縮機の冷媒寝込みの防止に必要な電力量を最大約50%削減することが可能となり、当社ビル用マルチエアコンの省エネルギー化に寄与している。

## 4. む す び

今回、ルームエアコン用室内ファンモータで新たに採用した10極12スロットモータ構造とハイブリッド構成の新ロータによる高効率化とその低騒音化対策、及びビル用マルチエアコンで新たに採用した昇圧コンバータ技術と高周波誘導加熱技術による圧縮機の運転・停止時双方での高効率化、という家庭用と業務用2通りの空調機効率化の取組みについて述べた。今後も省エネルギー化の要求はより一層高まっていくものと思われる。当社もその要求に対応して高効率な製品の開発に取り組んでいく所存である。

## 参 考 文 献

- (1) 川口 仁，ほか：住環境機器用高効率モータ，三菱電機技報，**76**，No.6，382～386（2002）
- (2) 馬場和彦，ほか：ルームエアコン用ブラシレスDCモータの高性能化，三菱電機技報，**79**，No.11，727～730（2005）
- (3) 電気学会，永久磁石の高性能化研究と応用調査専門委員会：永久磁石の高性能化研究の最新動向，電気学会技術報告，No.1257（2012）



# 高効率・小形空調用ツインロータリ圧縮機

谷 真男\*  
新井聡経\*

High Efficiency and Compact Twin Rotary Compressor

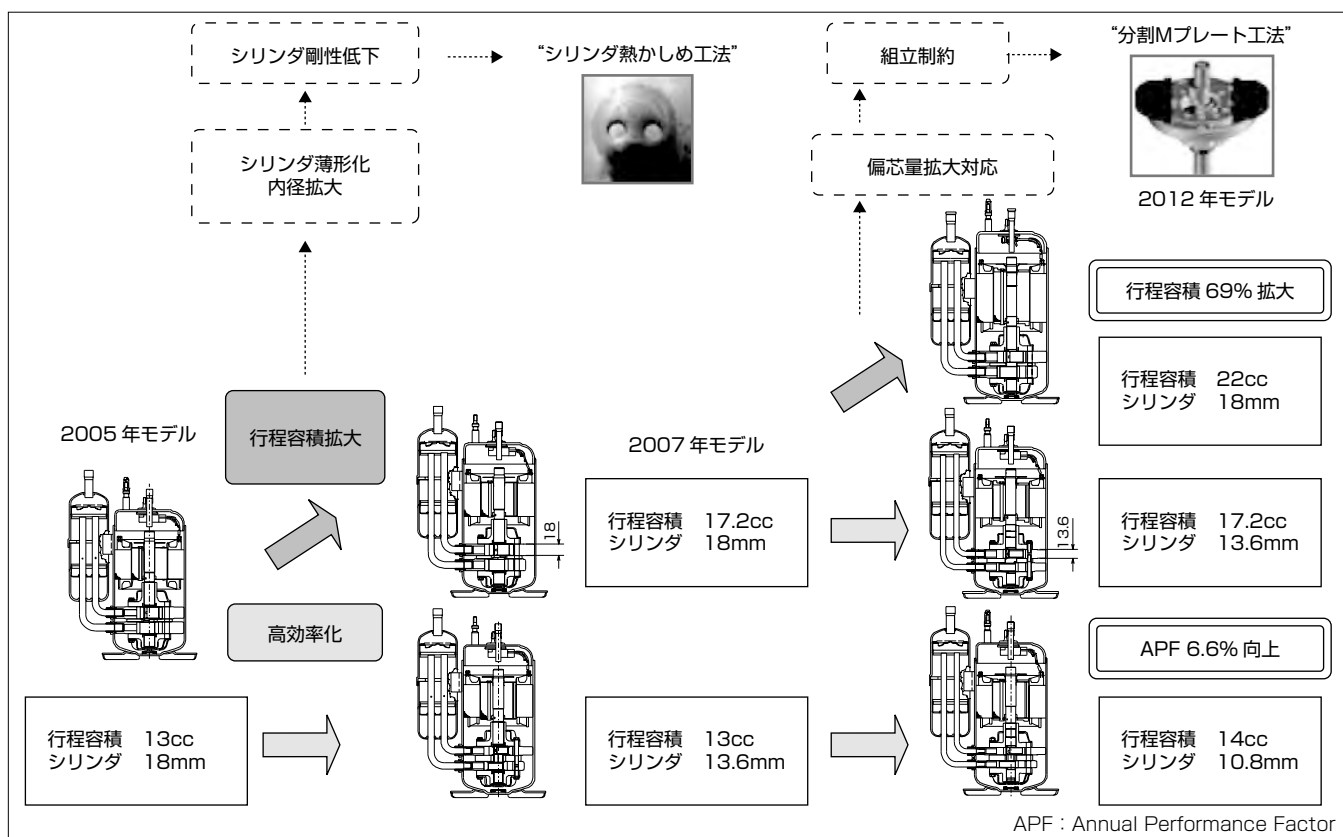
Masao Tani, Toshinori Arai

## 要 旨

空調機器のキーデバイスである圧縮機の高効率化・小形化は空調機の高効率化・軽量化を可能とし、省エネルギー・省資源化を実現することが可能となる。圧縮機高効率化の手法としては圧縮室を形成するシリンダの薄形化による冷媒の漏れ損失の低減が挙げられる。また省資源化に対しては、圧縮機の行程容積を拡大することで、従来の大形圧縮機から小形軽量の圧縮機に寄せ換える、いわゆるダウンサイジングが有効である。圧縮機行程容積拡大に対してはシリンダ内径拡大や回転軸の偏芯量拡大が必要となる。これらの手法に対し、シリンダ剛性の低下に伴うシリンダ固定歪(ひず)みの増加や、偏芯量拡大に伴い圧縮機構部の組立自体が不可能となるという技術課題が存在していた。

これらの課題を解決するために三菱電機は従来のアークスポット溶接に対し、シリンダを周方向に把持することでシリンダの歪みを原理的に抑制する“シリンダ熱かしめ工法”と、従来は1枚の板状であったMプレートをあらかじめ2分割加工し圧縮機構部の組立時に組み合わせることで偏芯量の拡大を実現する“分割Mプレート工法”の2種の独自工法を開発した。

これら独自工法の開発によって、従来の圧縮機に対し6.6%の高効率化と、69%の行程容積拡大による従来圧縮機からの30%質量低減を可能とし、省エネルギー、省資源化への貢献を実現した。



## 独自工法の開発による圧縮機高効率化，小形圧縮機行程容積拡大

圧縮機の高効率化，行程容積拡大のための“シリンダ内径拡大”“偏芯量拡大”それぞれに対する課題である“シリンダ剛性低下”“圧縮機構部組立制約”に対し，独自工法“シリンダ熱かしめ工法”“分割Mプレート工法”を開発した。2種の独自工法の開発によって6.6%の高効率化及び69%の行程容積上限拡大を実現した。

# 1. ま え が き

空調機器の消費電力の80～90%を占める圧縮機の高効率化は、省エネルギー社会実現に対し重要な技術となる。また、圧縮機の小型化は、室外機の小型化、軽量化による省資源化を可能とする。これら省エネルギー、省資源の要求に対し、当社は①圧縮機構部固定の際の歪みを抑制しシリンダ高さの縮小を可能とする“シリンダ熱かしめ工法”と②ローリングピストン偏芯量拡大を可能とする“分割Mプレート工法”の2種の独自工法の開発によって、圧縮機高効率化及び行程容積拡大による圧縮機小型化を実現した。

## 2. ロータリ圧縮機

### 2.1 ロータリ圧縮機の構造

図1に当社ルームエアコンなどに搭載されているツインロータリ圧縮機の構造を示す。密閉容器(シェル)の内部に冷媒を圧縮する圧縮機構部とモータ部が固定されている。圧縮機構部は、圧縮室を形成する2組のシリンダ、ローリングピストン、ベーンとローリングピストンを駆動するクランクシャフト、クランクシャフトを支持するとともに圧縮室の上下端面を形成する2個の軸受、及び2個のシリンダ間を区分するMプレート等によって構成される。

図2に従来の一般的な製造方法におけるツインロータリ圧縮機の組立工程を示す。圧縮機後部の各部品は軸方向に

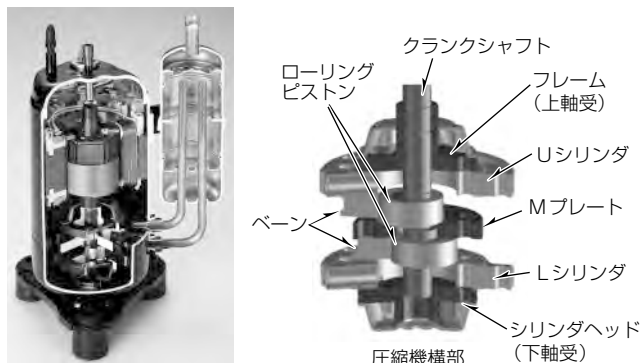


図1. ツインロータリ圧縮機

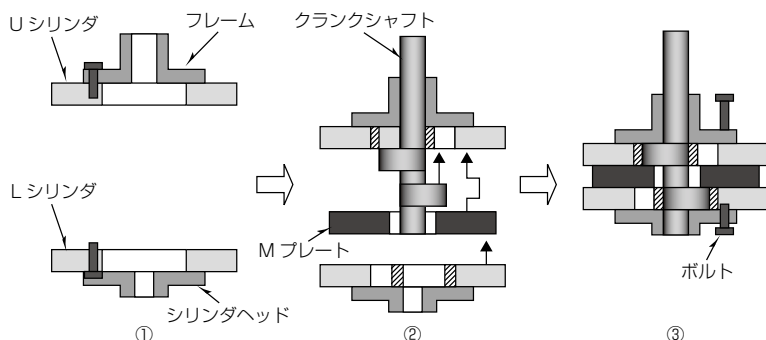


図2. 従来の圧縮機組立工程

組み立てられたのち、アークスポット溶接によってシェルに対し固定される。

### 2.2 圧縮機高効率化、行程容積拡大手法

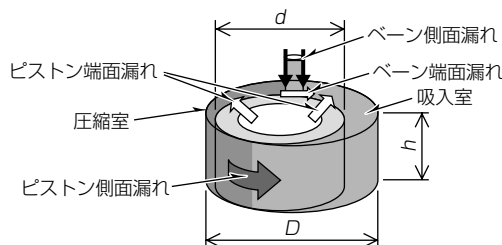
ロータリ圧縮機の圧縮室の模式図を図3に示す。ロータリ圧縮機の高効率化手法としてシリンダ高さ縮小によるピストン側面漏れ損失の低減が挙げられる。ここで図の式(1)に示す圧縮室の行程容積を一定に保ったまま、シリンダ高さ $h$ を縮小するには①シリンダ内径 $D$ を拡大する手法、②ローリングピストン外径 $d$ を縮小し、図の式(2)に示す偏芯量 $e$ を拡大する手法がある。また、シリンダ高さ $h$ を一定に保ったまま① $D$ の拡大又は② $d$ の縮小(及び $e$ の拡大)を行うことで、圧縮機行程容積の拡大が可能になる。

## 3. 独自製造工法

### 3.1 シリンダ熱かしめ工法

圧縮機構部をシェルに対し固定する工法としてアークスポット溶接が一般的に用いられている。アークスポット溶接では、シェルとシリンダの間に溶接部材が侵入することで、図4に示すようにシリンダの径方向に固定の反力が作用しシリンダの内径やベーンの収納されるベーン溝部を歪ませる要因となっていた。そのためシリンダ高さ縮小やシリンダ内径拡大によってシリンダの剛性が低下するとシリンダ固定の際の歪みが大きくなるという課題が存在した。

この技術課題に対し原理的に歪み発生を抑制を可能とした生産技術が“熱かしめ固定工法”である。図5に熱かしめ



$$\text{行程容積: } V_{st} = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) \cdot h \dots\dots\dots (1)$$

$$\text{偏芯量: } e = (D - d) / 2 \dots\dots\dots (2)$$

図3. 圧縮室模式図と漏れ経路

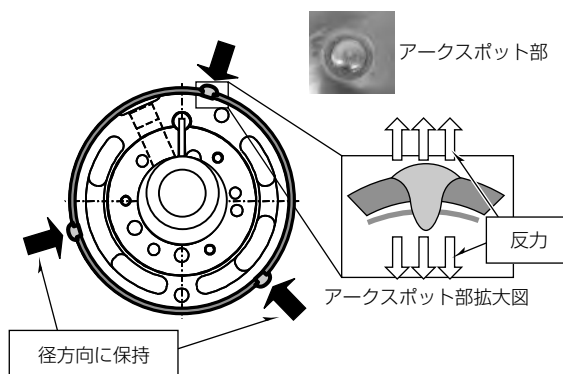


図4. アークスポット溶接固定

の固定メカニズムを示す。

- ①シリンダのシェルに対する固定部にはあらかじめ所定の下穴が2個1組で穿(うが)たれている。
- ②シェルのシリンダ固定部を加熱し、赤熱・軟化させたうえで所定の工具でシェル材を押圧する。
- ③軟化したシェル材は押圧によって下穴部に充填されるように移動し、突起状に成形される。
- ④シェルの冷却時の収縮力によって、成形された突起が下穴を円周方向に把持する。

図6に示すように熱かしめ固定ではシェルかしめ部の熱収縮による円周方向の把持力によってシリンダを固定するため、シリンダ歪みの抑制が可能になる。

### 3.2 分割Mプレート工法

図7に示すとおり、ローリングピストン外径縮小によ

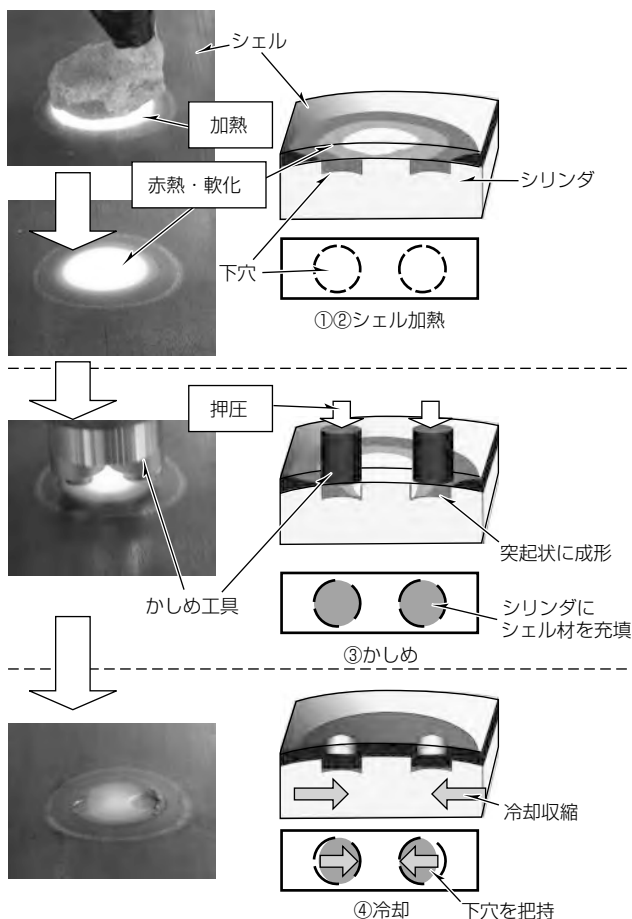


図5. 熱かしめ固定メカニズム

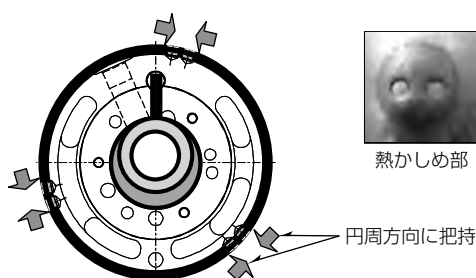


図6. シリンダ熱かしめ固定

て偏心量を拡大すると、ローリングピストン外径とMプレート内径が連通することによって圧縮室が形成されなくなる。そのためMプレートの内径を縮小する必要がある。

一方で、図8に示すとおり一般的な工法で圧縮機構部は軸方向に組み立てられるため、Mプレート内径を縮小すると、クランクシャフトをMプレート内径に挿入することができなくなり、圧縮機構部の組立が不可能になる。

この課題に対し、従来はクランクシャフトを軸方向に通すように組み込んでいたMプレートを、あらかじめ左右2個に分割加工した後、クランクシャフトを左右両側から挟

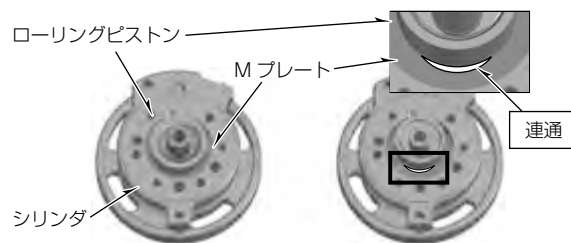


図7. 偏心量拡大の課題①

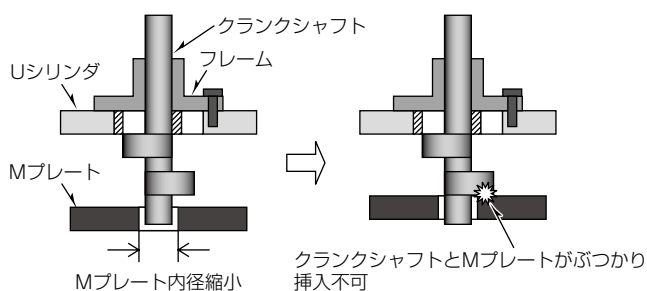


図8. 偏心量拡大の課題②

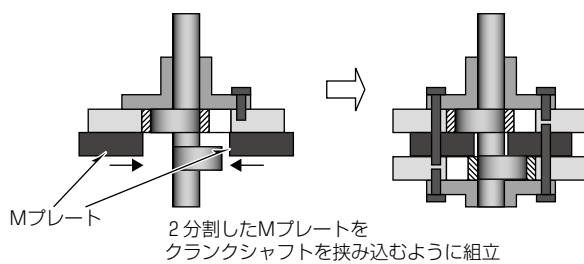


図9. 分割Mプレート工法

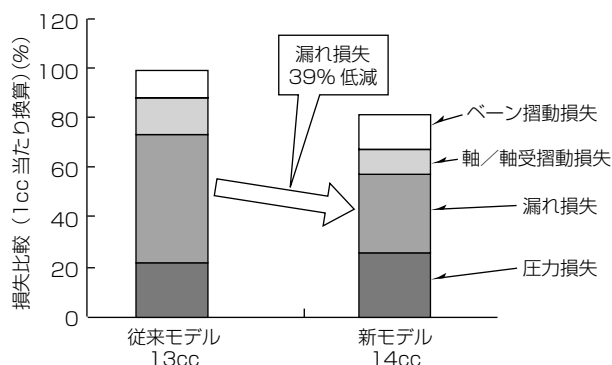


図10. 圧縮機損失分析比較(ASHRAE条件60(1/s))

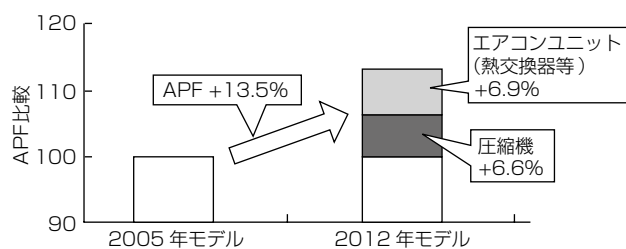


図11. ルームエアコン省エネルギー効果

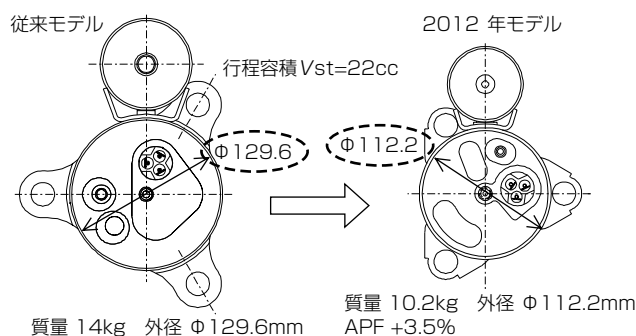


図12. 4 HP対応圧縮機比較

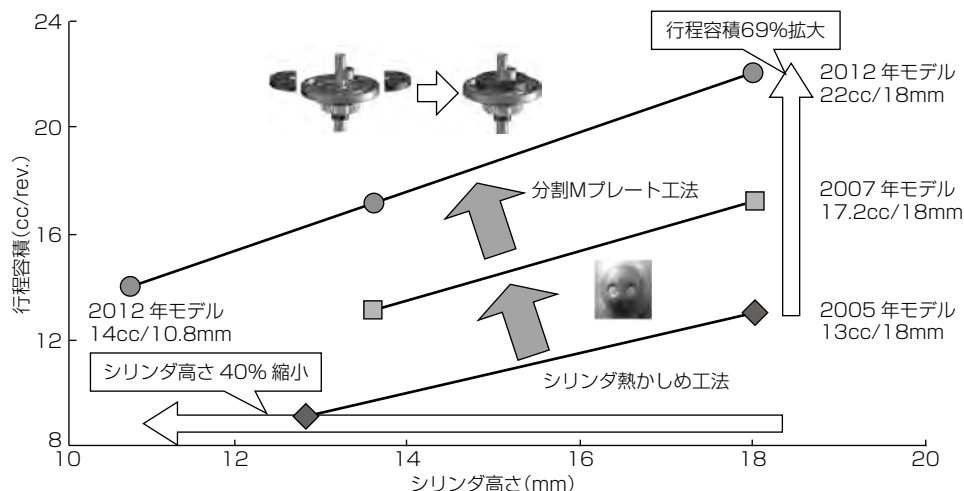


図13. 圧縮機ラインアップ変遷

みこむように組み立てる工法を開発した。図9に新しい組立工法を示す。新工法の適用によって、Mプレートに対しクランクシャフトを通す必要がなくなり、偏芯量の拡大が可能となる。

#### 4. 独自製造工法による圧縮機

##### 4.1 圧縮機高効率化

独自工法開発以前の2005年当時のルームエアコンには、シリンダ高さ18mmで行程容積13ccの圧縮機を搭載していたのに対し、独自工法の開発によって行程容積14ccで10.8mmにシリンダ高さを縮小した。

図10に従来モデルと新モデルの損失分析比較を示す。

シリンダ高さの縮小によってピストン側面漏れ損失低減を実現、またシリンダ高さ縮小に伴う冷媒ガス圧縮荷重の低減などによって軸／軸受間の摺動(しゅうどう)損失も低減している。一方で偏芯量の拡大に伴いベーンの往復動距離が増加することでベーン上下端面の漏れ損失とベーン摺動損失は増加している。

実際のエアコンの使用条件の効率指標となるAPFでは図11に示すとおり、モータの高効率化と合わせて6.6%の高効率化を実現し、ルームエアコン全体では13.5%の省エネルギーを実現している。

##### 4.2 圧縮機行程容積拡大

従来の工法ではルームエアコンゾーン搭載圧縮機のシェ

ルモジュール(シェル外径φ112mm)で行程容積13cc上限であったが、2種の独自工法の適用によって、パッケージエアコン対応圧縮機のシェルモジュール(φ129.6mm)で対応していた行程容積22ccへの行程容積上限拡大を実現した。

図12に従来の22cc圧縮機と、今回開発した新小形22cc圧縮機の外形比較を示す。新モデルでは従来モデルに対し質量30%低減による省資源化を実現するとともに、4 HP (Horse Power) エアコンのAPFで3.5%の高効率化による省エネルギーを実現している。

##### 4.3 独自工法によるラインアップ

図13に2種の独自工法によって実現した圧縮機ラインアップの変遷を示す。独自工法開発以前の2005年当時にはルームエアコンに搭載される圧縮機外径φ112mmのモデルにおける圧縮機行程容積の上限は13ccであったのに対し、熱かしめ固定工法を導入した2007モデルでは17.2ccへの拡大を実現、さらに分割Mプレート工法を導入した2012モデルでは22ccへの拡大と行程容積69%の拡大を実現した。

## 5. む す び

省エネルギー、省資源社会実現の要求に対し、当社は独自工法“シリンダ熱かしめ工法”“分割Mプレート工法”の開発によって大幅な圧縮機高効率化、小形軽量化を実現した。今後も新技術の開発によって低環境負荷社会の実現に貢献していく。