



家庭から宇宙まで、エコチェンジ



# 三菱電機技報

10

2017

Vol.91 No.10

## 快適で豊かな暮らしを支える家庭電器の最新技術



## 目 次

特集「快適で豊かな暮らしを支える家庭電器の最新技術」	
“快適で豊かな暮らしを支える家庭電器の最新技術”の特集号に寄せて .....	卷頭言 1 水友秀明
快適で豊かな暮らしを支える家庭電器の最新技術 .....	卷頭論文 2 平岡利枝・星崎潤一郎・西 健一郎
少し未来の温冷感を先読みする	
ルームエアコン“霧ヶ峰FZシリーズ” .....	7 濱田慎悟・仁吉昌弘・成 アンナ
快適な室内環境に貢献する“エアースイングファン” .....	12 仲沼正人・黒川悠文
低騒音ATWヒートポンプ .....	16 内野進一
小径・高効率インジェクションスクロール圧縮機 .....	20 高橋広康・若ケ原将史
パッケージエアコン向け扁平管熱交換器 .....	24 中村 伸・東井上貞哉・石橋 兑・加藤央平・丹田 翼
エコキュート向けガスクリーラーの高性能化 .....	27 畠中謙作・高山啓輔
三菱サイクロンクリーナーの	
“風神サイクロンテクノロジー”的進化 .....	31 陸 茉莉花
薄型断熱構造“SMART CUBE”を活用した	
三菱冷蔵庫“MR-RX46A” .....	35 小高 努・井ノ口弘洋・中居 創
炊飯器でのご飯のおいしさの追求 .....	39 伊藤ちひろ・内田 純・石原杏子
簡単で誰にでも使いやすい	
IHクッキングヒーター“シンプルIH” .....	43 桜島山青・安田倫子・星野晃一
HEMSの新機能“見守り” .....	47 古賀宗典・森賀優太
EV用パワーコンディショナ“SMART V2H”的新モデル .....	51 大塚 浩・園江 洋

Latest Technologies of Home Appliances Supporting Comfortable and Rich Lives

Foreword to Special Issue on Latest Technologies of  
Home Appliances Supporting Comfortable and Rich Lives  
Hideaki Nagatomo

Latest Technologies of Home Appliances Supporting Comfortable and Rich Lives  
Toshie Hiraoka, Jyunichiro Hoshizaki, Kenichiro Nishi

Room Air Conditioner “Kirigamine FZ Series” Predicting Perceived Temperature in Near Future  
Shingo Hamada, Masahiro Nigo, Anna Sung

“Air Swing Fan” for Comfortable Indoor Air Condition  
Masato Kakinuma, Yumi Kurokawa

Low-noise Heat Pump for Residential Air to Water  
Shinichi Uchino

Small Size and High Performance Injection Scroll Compressor  
Hiroyasu Takahashi, Masashi Miyagahara

Flat-Tube Heat Exchanger for Packaged Air Conditioner  
Shin Nakamura, Shinya Higashiiue, Akira Ishibashi, Yohei Kato, Tsubasa Tanda

Performance Improvement of Heat Exchanger for EcoCute  
Kensaku Hatanaka, Keisuke Takayama

Evolution of “Fujin Cyclone Technology” for Mitsubishi Cyclone Cleaner  
Marika Riku

Mitsubishi Refrigerator “MR-RX46A” Using Thin-type Heat Insulation Structure  
“SMART CUBE”  
Tsutomu Odaka, Hiromi Inokuchi, So Nakai

Pursuing Deliciousness of Rice with Rice Cooker  
Chihiro Ito, Tsuyoshi Uchida, Kyoko Ishihara

“Simple IH”: Easily Usable Induction Cooktop to Anyone  
Takaharu Kabashima, Tomoko Yasuda, Akitazu Hoshino

New Function “MIMAMORI” for HEMS  
Munenori Koga, Yuta Morizane

New Model of EV Power Conditioner “SMART V2H”  
Hiroshi Otsuka, Hiroshi Sonoe

## 特許と新案

「誘導加熱調理器」.....	55
「空気調和機及びコーティング組成物」.....	56



表紙：快適で豊かな暮らしを支える家庭電器の最新技術

家電事業では持続可能な循環型社会や健康長寿社会など社会全体が抱える様々な課題を高度な技術で解決し、ひとりひとりの“暮らしのクオリティ”を高めることを目的に製品を開発している。

今号のタイトルである“快適で豊かな暮らし”を支えるためには、私たちの生活に大きくかかわる“居住空間”と“食生活”的クオリティの向上が重要である。

表紙は、人が感じる温度を先読みするルームエアコンのセンシング技術、家事を楽しくする“切れちゃう瞬冷凍”などの食品保存の最新機能を搭載した冷蔵庫、IHジャー炊飯器“本炭釜KAMADO”で炊いたおいしいご飯のイメージ写真である。

## 巻/頭/言

### “快適で豊かな暮らしを支える家庭電器の最新技術”の特集号に寄せて

Foreword to Special Issue on Latest Technologies of  
Home Appliances Supporting Comfortable and Rich Lives

永友秀明  
*Hideaki Nagatomo*



三菱電機の家電事業では、2012年から“あしたを、暮らしやすく。SMART QUALITY”をテーマに掲げて技術や製品開発に取り組んでいます。このテーマには持続可能な循環型社会や健康長寿社会など社会全体が抱える様々な課題を高度な技術で解決し、ひとりひとりの“暮らしのクオリティ”を高めるという意味が込められています。“快適で豊かな暮らしのクオリティ”を支えるためには、私たちの生活に大きくかかわる“居住空間”と“食生活”的クオリティの向上が重要であり、さらに近年の製品開発では快適性と省エネルギー性の両立に注力して研究開発を推進しています。

この特集号では家庭電器から住宅設備機器まで幅広い製品について技術開発の取組みを掲載しています。それらの幾つかの事例を紹介します。

#### (1) “居住空間のクオリティ”を高める最新技術

①ルームエアコン“霧ヶ峰FZシリーズ”的省エネルギー技術  
2020年に向けて普及する高気密・高断熱のZEH(Net-Zero Energy House)住宅に対応するためには、機器の効率化に加え、熱環境の変化に合わせた快適性の実現が不可欠です。当社独自の赤外線センサ“ムーブアイmirA.I.(ミライ)”は、外気温や日射熱の時系列データを分析することで、人が感じる温度を先読みしながら、部屋の冷やし過ぎや暖め過ぎを抑制し、快適性と省エネルギー性を実現しました。

#### ②三菱エコキュートのガスクラーの高性能化技術

ヒートポンプユニットに搭載されているガスクラーは圧縮機で高温にした冷媒によって管を通る水に熱を与え、高温の湯を生成します。今回の開発では、冷媒と水が通るスパイラル管の断面形状、伝熱面積と水流速度などを最適化し、単位体積あたりの熱交換効率を高めました。

#### (2) “食生活のクオリティ”を高める最新技術

①薄型断熱構造“SMART CUBE”を採用した冷蔵庫の機種系列の拡大

プレミアム機種で好評を得ている当社独自の薄型断熱構造“SMART CUBE”を採用することによって、高い省エネルギー性と大容量化、値ごろ感をベストミックスさせた冷蔵庫“RXシリーズ”を開発しました。さらに、家事をラクに楽しくする“切れちゃう瞬冷凍”や“氷点下ストッカーD”など食品保存の最新機能も搭載し、利便性も向上させました。

#### ②IHジャー炊飯器“本炭釜KAMADO”的大火力化技術

ご飯をおいしいと感じるのは、お米が持つ独特の味以外に色ツヤ、香り、食感など様々な要因があります。その中でも特に食感が重要であり、これを実現するためには、大火力が必須です。“本炭釜KAMADO”は、内釜全体を一気に発熱させる特長を持つ純度99.9%の“本炭釜”と沸騰時の投入電力量の増大に耐える“二重蓋”を高断熱構造の本体に収めることによって、大火力化を達成しました。これらの技術によって、今まで炊いたご飯のようにしっかりと粒感がありながら、みずみずしい食感を実現しました。

私たちは、このような最新技術を享受していただくために製品をより使いやすくする“らく楽アシスト”的視点を重視しています。“らく楽アシスト”はUD(Universal Design)の理念のもとに、できるだけ多くの人が“あん心して、らくに、楽しく使える”を3つの柱としてUD配慮レベルを上げる取組みです。使いやすさの精度を高めるために、子供や高齢者を対象にしたユーザビリティ評価に加えて、障がい者向けの文化活動や展示会に設計者やデザイナーが参加して、皆様からいただいた意見を製品開発にフィードバックしています。2015年には、この取組みが評価され、IAUD(国際ユニヴァーサルデザイン協議会)の事業戦略部門で大賞を受賞しました。

当社は、これからも最良の製品・サービス、確かな品質の提供を目指し、先進性のある技術開発によって快適で豊かな暮らしの実現に貢献してまいります。

# 巻頭論文

## 快適で豊かな暮らしを支える 家庭電器の最新技術



平岡利枝\*



星崎潤一郎\*\*



西 健一郎\*\*\*

Latest Technologies of Home Appliances Supporting Comfortable and Rich Lives

Toshie Hiraoka, Jyunichiro Hoshizaki, Kenichiro Nishi

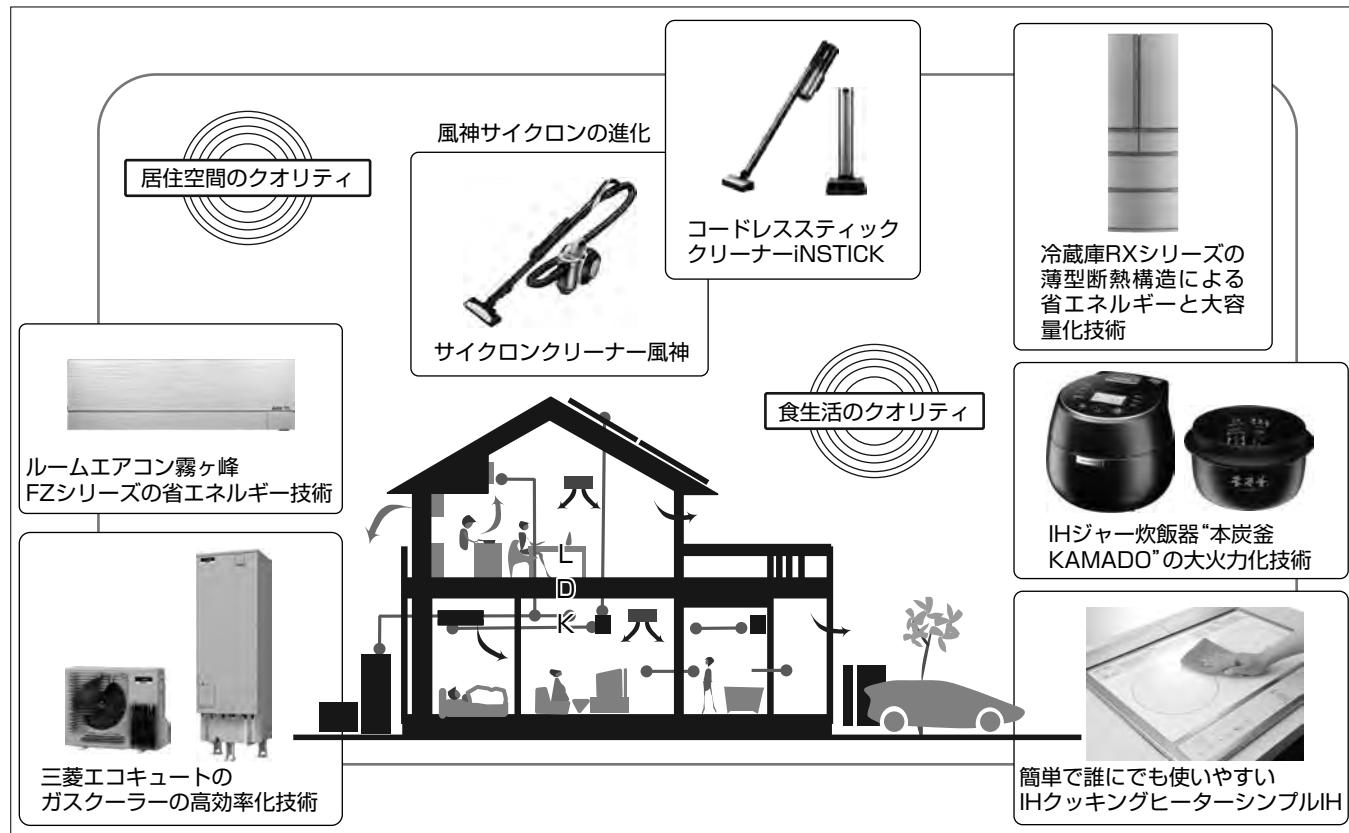
### 要 旨

未曾有の高齢化社会の進展や女性の活躍推進に伴う共稼ぎ世帯の増加等の社会構造変化、グローバル化及びIT化的急速な普及拡大による社会環境変化によって、市場や消費者意識の多様化が進んでいる。また、東日本大震災以降、国民の節電に対する意識は大きく変化し、省エネルギーに向けた取組みの定着と広がりが加速している。

三菱電機では、このような社会全体の大きな課題と向き合いながら、生活者視点での“本質価値”を追求し、生活者の“期待を上回る体験から生まれる共感・実感”を表現する“ニクイねえ！”と言える製品開発に取り組んでいる。

空調技術開発では、ルームエアコンの高気密・高断熱住

宅に合わせた機器の更なる省エネルギー性向上と、熱環境の変化に合わせた快適性を実現した。パッケージエアコンでは熱交換性能を高めながら、室外機の小型化を実現した。このほか、エコキュートではガスクリーラーの高効率化技術の進化によって、継続的な省エネルギー性改善を実現している。家事家電機器の冷蔵庫では、“家事をラクに楽しく”をコンセプトに、当社独自技術“SMART CUBE”によって高い省エネルギー性と大容量を両立させた。また、IHジャー炊飯器では、健康志向やおいしさへのこだわり意識の高まりに応えるため、かまどご飯のような粒感がありながらみずみずしい食感を追求した。



### 顧客の期待を上回る家電機器を目指して

当社では顧客の“期待を上回る体験から生まれる共感・実感”を表現する“ニクイねえ！”をBtoC(Business to Consumer)事業の国内統一宣伝キャッチフレーズとして展開している。ニーズや使用シーンを徹底的に調査・実証した結果を独走性のある確かな技術で実現することで、顧客の生活文化を変えるような製品・サービスの提供を目指している。

## 1. まえがき

高齢化社会の進展や共稼ぎ世帯増加等の社会構造変化、グローバル化及びIT化の急速な普及拡大による社会環境変化は、我々の生活環境を大きく変化させていく。

本稿では、生活者の暮らしのクオリティを高める新たな価値提案を目指した最新製品・技術について述べる。

## 2. 快適で豊かな暮らしを支える空調・給湯機器

### 2.1 空調・給湯機器の最新動向

快適で豊かな暮らしを支える空調・給湯機器として、エアースイングファン、ルームエアコン、パッケージエアコン、エコキュートを取り上げる。エアースイングファンでは省エネルギー性と快適性の更なる進化を、ルームエアコンでは圧縮機とムーブアイの進化を、エコキュートでは年間給湯保温効率を向上させるガスクーラーの進化をそれぞれ実現することによって、顧客へ快適空間を提供している。

#### 2.1.1 エアースイングファンの高性能化技術

エアースイングファンは、室内空気を循環させ、夏季の涼風効果、冬季の暖気吹き降ろしによって、“快適性”と“省エネルギー性”を提供する天井埋め込み形送風機である(図1)。冷房時は、スイング気流による涼風効果で体感温度が下がることで空調設定温度を上げても快適性が維持でき、暖房時は、高天井や吹き抜け等の大空間で天井付近に滞留する暖気に対し、サーキュレーション効果で室内の上下温度差を解消することで空調設定温度を下げても快適性が維持できる。新製品のエアースイングファン事務所・教室用では、近年の、建物の遮音性向上や空調機等の低騒音化が進む流れの中、低騒音化=30dB以下(従来品：最大37dB)を実現した。また、高天井・吹抜用では、高天井の居室空間の増加に合わせて、新形ファンケーシングによる気流到達距離15m(従来13m)を実現した(図2)。

#### 2.1.2 ルームエアコンの省エネルギー技術

2013年に改正された住宅の“改正省エネルギー基準”は、2020年に発売される新築住宅の過半数で、住宅の正味のエネルギー消費量をゼロにするZEH(Net-Zero Energy House)対応を目指している<sup>(1)</sup>。ルームエアコンの省エネルギー技術開発では、高気密・高断熱住宅に合わせた機器の高効率化と、熱環境の変化に合わせた快適性の実現が

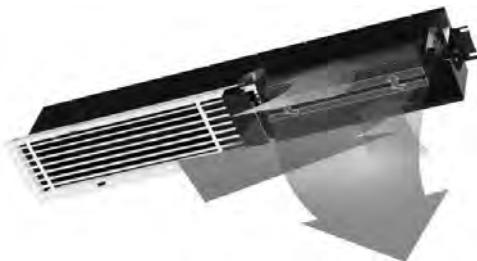


図1. エアースイングファン

重要となってくる。2017年11月発売の新製品“霧ヶ峰FZシリーズ”では、ハードウェア面での省エネルギーの進化として、圧縮機に搭載されるDCモータの結線を、低負荷時には“Y結線”，高負荷時には“△(デルタ)結線”に切り換えることで、中間能力(低負荷)と定格能力(高負荷)のそれぞれで効率のピークを持つ巻線設計を可能にした。また、ソフトウェア面での省エネルギーの進化では、新型サーモパイロセンサ“ムーブアイmirA.I.(ミライ)”を搭載し、エアコンの空調負荷から住宅の断熱性能に相当する“Q値”をAI(Artificial Intelligence)で学習し、冷やし過ぎ(暖め過ぎ)を抑制するとともに、外気温や日射の変動によって影響を受ける室内での温冷感を先読みすることで、快適性を高めつつ節電する技術を搭載した。

#### 2.1.3 扁平管熱交換器適用による室外機の小型化技術

省エネルギー性の向上が求められる中、熱交換効率向上のため、室外機は大型化する傾向にある。一方で国内の店舗・事務所用の空調機ではリプレースが主流で、作業性及び施工性に優れたコンパクトな室外機が求められている。今回開発した新型室外機“スリムERコンパクトタイプ”は従来機に比べて高さを332mm、質量を21kg削減し、小型化しつつも、冷暖房能力とAPF(Annual Performance Factor)は従来機同等を実現した。室外機筐体(きょうたい)の高さを従来よりも低くするため、室外機に搭載する熱交換器の前面面積を小さくする必要があり、伝熱管にアルミ扁平(へんぺい)管を採用した(図3)。

細管化した扁平管によって、冷媒と伝熱管の接触長さ

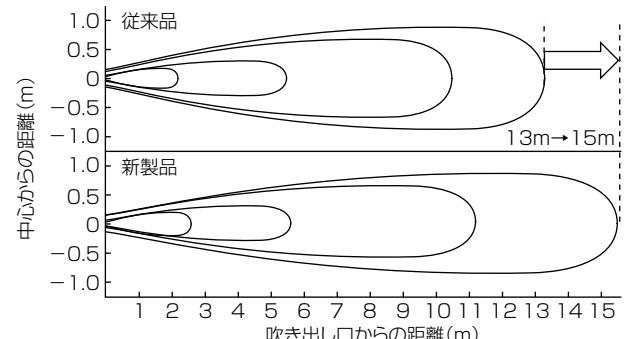


図2. 高天井・吹抜用での風速分布の比較

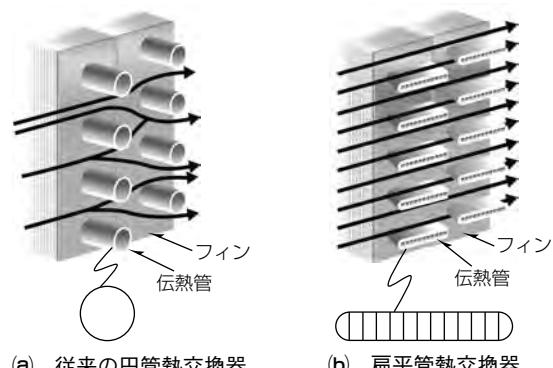


図3. 新旧熱交換器の外観と伝熱管断面図

増加と、外周長さ増加(円管比60%増加)、伝熱管とフィンの接触長さ増加の実現に加え、通風抵抗が小さくなり、フィンの高密度配置が可能になった。これによって従来に比べて、熱交換性能を約50%向上させた。また、課題となる水はけ性確保と霜の目詰まり抑制については、フィンに付着する凝縮水をすみやかに下方へ排出する新型のフィンパターン(図4)を開発し、水はけ性を確保している。この扁平管熱交換器の開発によって、従来のプロペラファンを2台搭載した背の高い室外機を、省エネルギー性を維持したまま1ファン化し、小型・軽量化を実現した。

#### 2.1.4 ガスクーラーの高効率化技術

当社は、ヒートポンプ内の水冷媒熱交換器であるガスクーラーの高効率化開発に注力し、エコキュートの発売開始から2016年度発売の最新モデルにいたるまで、仕様変更ごとにガスクーラーの製造技術を改善するとともに、エネルギー消費効率の高い製品を実現してきた。当社のガスクーラーは、水管であるスパイラル管に3本の冷媒管を接合した水冷媒熱交換器であり、スパイラル管の溝と冷媒管との接触面積が大きくなるため、単位体積当たりの熱交換能力が優れるという特長がある。最新モデルでは、転造加工技術を新たに開発し、従来不可能であったスパイラル管の4条化を実現するとともに(図5、図6)，冷媒配管径などの設計パラメータを最適化することで、ヒートポンプユニットの質量増加を抑制しつつ、年間給湯保温効率(トップランナー基準の省エネルギー指標)<sup>(2)</sup>を約0.7%改善した。

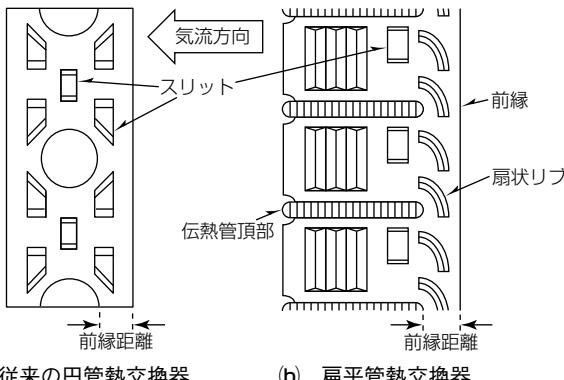


図4. 新旧フィンパターンの比較

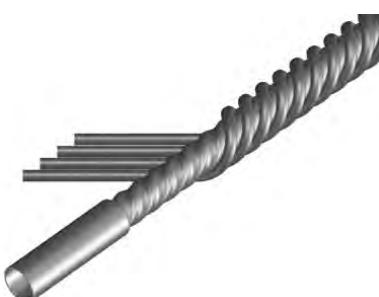


図5. 4条ガスクーラーの外観模式図

#### 2.1.5 スクロール圧縮機の小型・高効率化技術

欧州での給湯市場は低外気運転時の暖房能力が必要とされている。最も需要が高い6 HP(Horse Power)以下をターゲットとして、同能力帶業界最小径の当社従来圧縮機“ANB33”に対し20%軽量化を達成した高効率インジェクションスクロール圧縮機“DNK36”を開発した。軽量化に向けては外径を従来のANB33の外径 $\phi$ 168.5から $\phi$ 130.4とした(図7)。暖房能力が必要とされる低外気条件では、冷媒ガス流量が少なく十分な暖房能力を確保することが難しい。冷媒ガス流量を増加させ暖房能力を増加させる手段としてインジェクション(図8)を採用しているが、これによる性能悪化の要因である死容積を最小限まで低減するために、図8に示すように固定スクロールのインジェクション流路内に逆止弁を設けた。このためインジェクション未使用時には逆止弁によって、固定スクロール内でインジェクション回路を分離することができるので、死容積を最小にできる。インジェクション逆止弁を導入することで、他社に対してシーズンCOPで10%向上、当社従来機種ANB33に対しては5%向上し、業界トップ<sup>(注1)</sup>の性能を実現した。

(注1) 2017年6月20日現在、当社調べ

### 3. 快適で豊かな暮らしを支える家事家電

#### 3.1 家事家電の最新動向

震災以降の変化や、女性の社会進出に伴うライフスタイルの変化(共働き世帯の増加)から、時短・省手間が重視される一方で、調理家電では、健康志向、おいしさへのこだわりは増加傾向にある。冷蔵庫では、まとめ買いや共働き增加のニーズに合わせて大容量化が進み、保存の鮮度維持技術も進化している。IHクッキングヒーターでは、機能を厳選して操作ボタン数を最小限にすることで、誰でも簡単に操作ができるようになり、調理後のお手入れらくに行える。炊飯器は、ご飯の食感・味を向上させる技術が進化し、日本人の多くがおいしいご飯を想起する“かまどご飯”的な“粒感がありながらみずみずしい食感”を実現している。掃除は、定期的に行う家事から必要なときに行う家事へと変化し、ここ数年では、手軽さと優れた吸い込み性能を両立させるスティッククリーナーの需要が急速に拡大している。

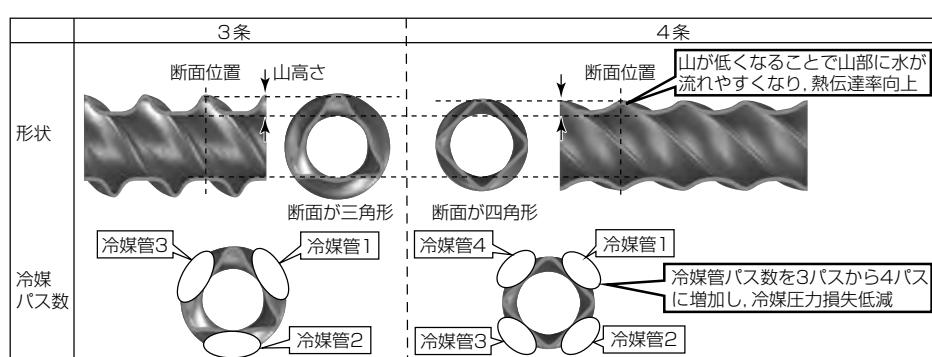


図6. スパイラル管の3条と4条の比較

### 3.1.1 “SMART CUBE”搭載冷蔵庫“MR-RX46A”的省エネルギー技術

省エネルギー規制改正に伴う2021年の新たな省エネルギー目標に対して、“置けるスマート大容量”RXシリーズとしてMR-RX46Aを開発し、2017年1月に発売した(図9)。MR-RX46Aの基本構造は、高い省エネルギー性と大容量を両立させるため、当社独自技術である薄型断熱構造“SMART CUBE”を採用している。既に“SMART CUBE”搭載のガラス面材機種“MR-WX47A”と共に箱体にする一方、扉は新構造を採用した。さらに当社提案軸である“家事をラクに楽しく”する機能にとことんこだわって利便性も向上させた。新規設計の扉では、デザインと利便性にもこだわった。鋼板面材で丸みを持たせた形状によって、柔らかい印象を与え、冷蔵室扉には、縦辺と横辺どちらからでも手がかけられるフリーアクセスハンドルを採用し、利便性をデザインで表現した。

またシリーズの新商品として、“SMART CUBE”と高効率冷却ユニット等の採用によって省エネNo.1<sup>(注2)</sup>を達成した“MR-WX52C”をはじめ、“クリーン朝どれ野菜室”を搭載したWXシリーズ、JXシリーズ、Bシリーズを2017年8月から発売している。

(注2) 2017年7月19日現在、当社調べ

### 3.1.2 誰にでも簡単に使いやすいIHクッキングヒーター

今回、搭載する機能を厳選し、操作性と手入れの手間を省いたIHクッキングヒーター“シンプルIH”を開発した。多機能であるがゆえに操作ボタン数が多く、慣れるまでに

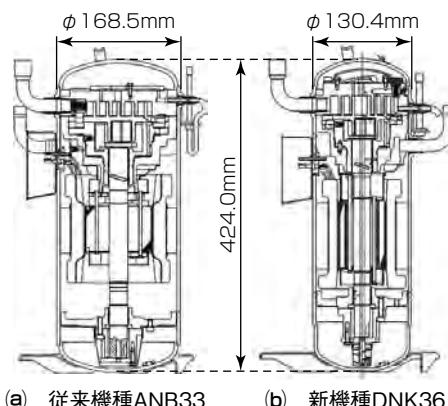


図7. スクロール圧縮機の比較

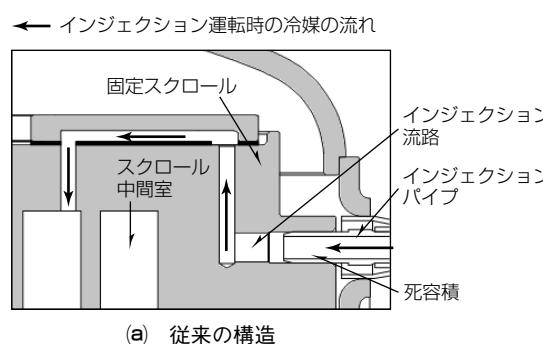


図8. インジェクション逆止弁構造の導入

時間がかかるという課題に対して、操作ボタンの数を削減することに着目した。認知心理学で、情報を一時的に保ちながら操作するための構造や過程を指す構成概念(ワーキングメモリ)<sup>(3)</sup>を基に、天面に配置する操作ボタンを厳選し、電源を入れてから加熱を開始するまでのステップに必要なボタンを7個に削減した(図10)。

通常は本体下部に焼き魚等の調理が可能なグリルを設けているが、調理後のメンテナンスの手間から使用頻度が減少傾向にある。そこで、シンプルIHではグリルは搭載せず、そのスペースに調理道具が収納可能なオートクローズ機構を備えた引き出しを設置した(図11)。これによってスペースを有効活用し調理作業動線の効率化を図っている。また、グリルを廃止した代わりに上面のIHヒーターを使用してグリルと同様に魚や肉などを調理できるIH専用プレートを付属した(図12)。このプレートは丸洗いが可能で手入れの手間を減らすことができる。このように機能を厳選し、簡単にきれいに使えるIHクッキングヒーターを実現している。

### 3.1.3 IHジャー炊飯器“本炭釜KAMADO”的大火力化技術

日本人の主食であるご飯は、楽しく心豊かな食生活を送るためにも“おいしさ”が非常に重要である。当社は、かまどご飯のような粒感がありながらみずみずしい食感を目指している。この食感の実現には、圧力をかけずに大火力



図9. 冷蔵庫MR-RX46Aの特長



図10. 加熱開始までに必要な7個の操作ボタン

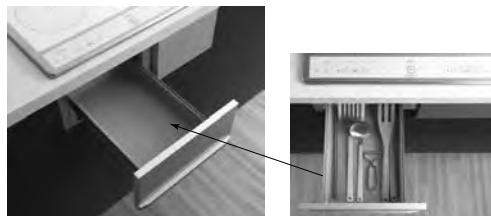


図11. 調理道具もしまえる引き出し



図12. 付属のIH専用プレート

で加熱することがポイントであり，“本炭釜KAMADO”は、圧力をかけない構造、本炭釜による全体発熱、沸騰時の投入電力量の増大、熱を逃がさない高断熱構造、羽釜形状の内釜と二重蓋による吹きこぼれ抑制、によって大火力を実現し、かまご飯を再現している<sup>(4)(5)</sup>。また味については、甘みを増やす炊飯モード“匠芳潤炊き”的機能を搭載している。予熱工程の温度と時間を最適制御することで、甘み増加と好ましい食感の両立を実現している。さらに、より自分好みのご飯を楽しんでもらうため、焼き分け機能も搭載している。炊飯各工程の温度や時間、火力を調節することで、“銘柄芳潤炊きモード”では米の銘柄の個性を引き出し、“焼き分け名人モード”では水量を変えることなくユーザー好みの食感を実現している。

### 3.1.4 “風神サイクロンテクノロジー”的進化

当社は、サイクロンクリーナーのニーズである“吸引力が続く”，“排気がキレイ”，“メンテナンスがらく”を実現するための、当社独自の風神サイクロンテクノロジーを進化させ、本格性能と使い勝手を両立させるクリーナーを製品化してきた(図13)。2010年に発売した初代の“風神TC-ZKシリーズ”は、2つの旋回室で遠心力を2段階で高めて、ごみを99.9%分離する国内メーカー初<sup>(注2)</sup>の本格サイクロンを発売した。また、近年の少子化や高齢化等の社会変化に伴う小型・軽量化ニーズに合わせ、2013年発売の“TC-ZXCシリーズ”では、1つの旋回室で強力な遠心力を生み出す“ハイパーエアロアクセル”構造を採用

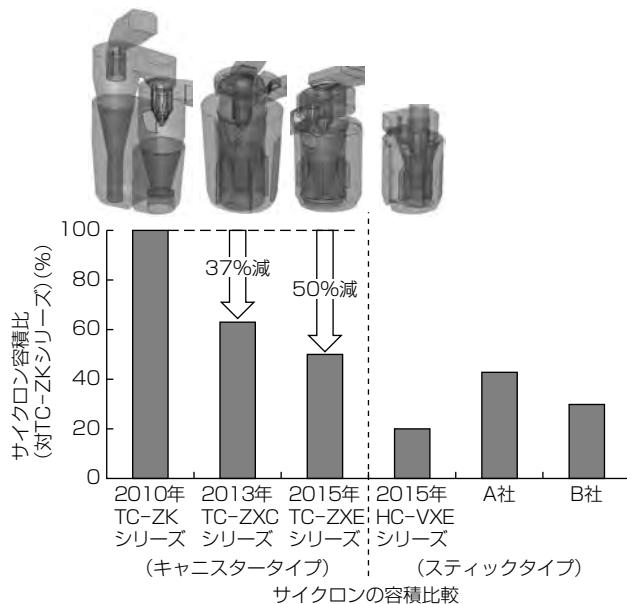


図13. 風神サイクロンテクノロジーの進化

し、小型・軽量化を実現した。旋回室の外周から追加気流を与えて旋回気流を高速化することで、旋回速度をTC-ZKシリーズ比1.8倍に増大させ、99.9%の分離効率を確保しつつ、従来2つあった旋回室を1つにすることで、集塵(じゅうじん)量を減らすことなく容積を37%低減した。2015年発売の“TC-ZXEシリーズ”では、ごみの溜(たまり)方の偏りを抑制することで集塵室を小型化し、TC-ZXCシリーズと同等の分離効率を確保しながら、容積を更に22%低減した。この技術は、同年発売したコードレススティッククリーナー“HC-VXEシリーズ”にも搭載し、本格サイクロンでありながら本体の小径化を実現した。

(注2) 2010年6月24日現在、当社調べ

## 4. むすび

社会の変化に対応した暮らしのクオリティを高める家電機器の最新製品・技術について述べた。当社は、これからも快適で豊かな暮らしを支える製品開発を推進し、社会に貢献していく。

## 参考文献

- (1) 国土交通省 省エネルギー基準改正の概要  
<https://www.mlit.go.jp/common/001012880.pdf>
- (2) 日本工業規格 JIS C 9220 : 2011“家庭用ヒートポンプ給湯機”
- (3) スザン・ワインチェンク：インターフェースデザインの心理学—ウェブやアプリに新たな視点をもたらす100の指針、(株)オーム社(2012)
- (4) 伊藤ちひろ、ほか：IHジャー炊飯器“本炭釜KAMADO”，三菱電機技報, 89, No.10, 545~548 (2015)
- (5) 荒津百合子、ほか：IHジャー炊飯器“本炭釜KAMADO”的進化、三菱電機技報, 90, No.10, 557~559 (2016)

# 少し未来の温冷感を先読みする ルームエアコン“霧ヶ峰FZシリーズ”

濱田慎悟\*  
仁吾昌弘\*\*  
成 アンナ\*\*\*

Room Air Conditioner "Kirigamine FZ Series" Predicting Perceived Temperature in Near Future

Shingo Hamada, Masahiro Nigo, Anna Sung

## 要旨

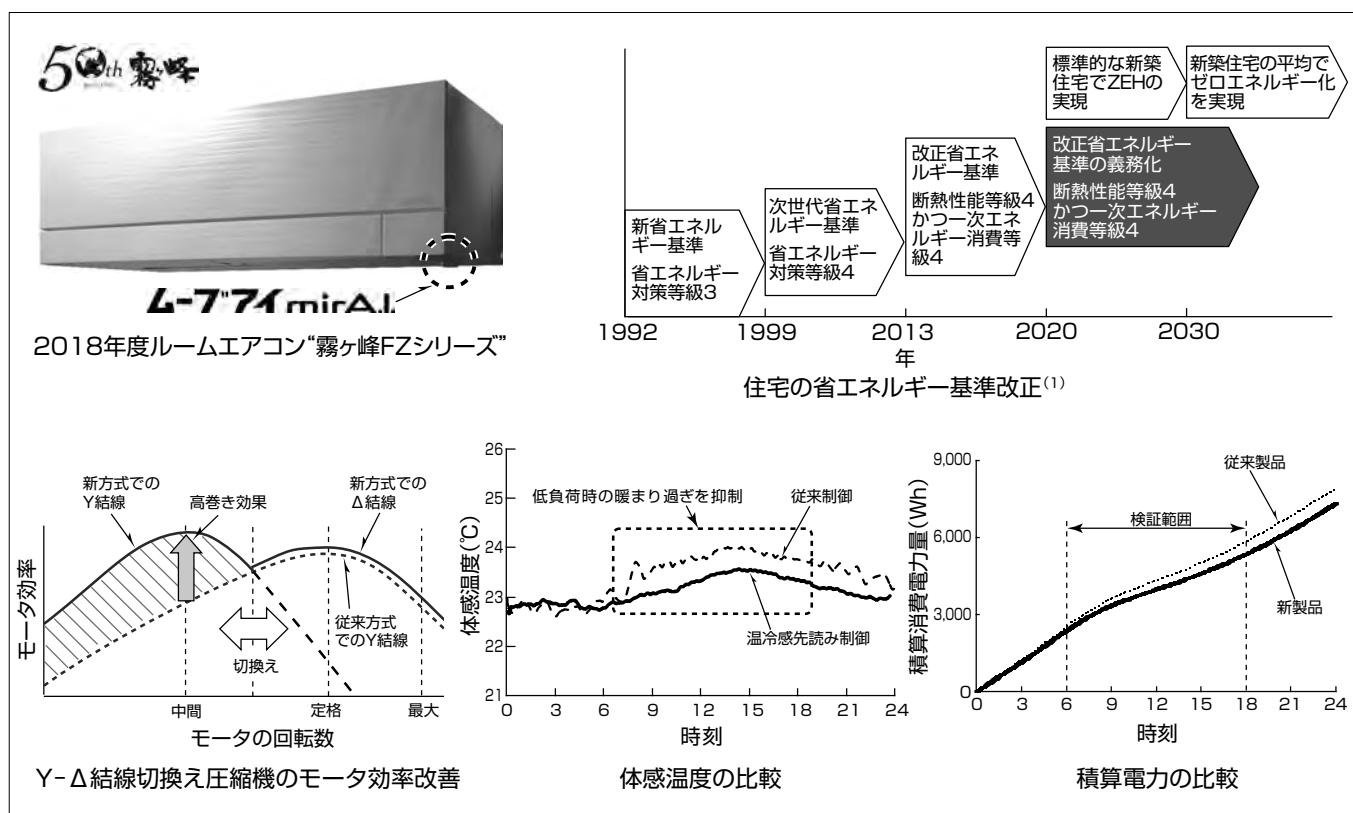
“ムーブアイ mirA.I.(ミライ)”を搭載し、住宅の断熱性能を学習しつつ、外気温や日射の温度変化を見ながら、少し未来の温冷感を先読みして快適性を高めて節電する2018年度ルームエアコン“霧ヶ峰FZシリーズ”(2017年11月発売)を開発した。

ルームエアコンは、住宅の広さ(畳数)に応じて必要な冷却能力(定格能力)が定められている。これは従来の住宅で、能力不足が発生しないような熱負荷を想定して算出されたものである。しかし、地球規模で低炭素社会が推進されている中、経済産業省では住宅の断熱性能を強化してCO<sub>2</sub>排出量を削減する取組みが段階的に行われている。特に、2013年に改正された住宅の“改正省エネルギー基準”は、2020年に発売される新築住宅の過半数で、住宅の正味のエネルギー消費量をゼロにするZEH(Net-Zero Energy House)対応を目指している。つまり、ルーム

エアコンの省エネルギー技術開発では、高気密・高断熱住宅に合わせた機器の高効率化と、熱環境の変化に合わせた快適性の実現が重要となってくる。

新FZシリーズでは、ハードウェア面での省エネルギー技術の進化として、圧縮機に搭載しているDCモータの結線を、低負荷時には“Y結線”，高負荷時には“△(デルタ)結線”に切り換えることで、中間能力(低負荷)と定格能力(高負荷)のそれぞれで効率のピークを持つ巻線設計を可能にした。

ソフトウェア面での省エネルギー技術に関しては、エアコンの空調負荷から住宅の断熱性能に相当する“Q値(熱損失係数)”をAI(Artificial Intelligence)で学習し、冷やし過ぎ(暖め過ぎ)を抑制するとともに、外気温や日射熱の変動から、少し未来の温冷感を先読みすることで、快適性を高めつつ節電する技術を開発した。



## 新型サーモパイルセンサ“ムーブアイmirA.I.”搭載のルームエアコン“霧ヶ峰FZシリーズ”

高気密・高断熱住宅に合わせた快適性と節電を実現するため、新型サーモパイルセンサ“ムーブアイmirA.I.”を搭載したルームエアコン霧ヶ峰FZシリーズを開発した。新FZシリーズでは、圧縮機モータのY-△結線切換えによる効率改善と、ムーブアイmirA.I.による少し未来の温冷感先読み制御で快適性向上と節電を実現している。

## 1. まえがき

2013年に改正された住宅の“改正省エネルギー基準”は、現在義務化はされていないものの、2020年には将来のZEHの普及を見据えて、新築住宅の過半数でZEH対応を目指している<sup>(2)</sup>。ルームエアコンの開発では、今後増加してくる高気密・高断熱住宅に合わせた機器の高効率化と、熱環境の変化に合わせた快適性の実現が重要になってくる。

そこで2017年11月発売の新型サーモパイルセンサ“ムーブアイ mirA.I.”を搭載したルームエアコン霧ヶ峰FZシリーズでは、ハードウェア面では省エネルギー性を改善するために、多くの電力量を消費する圧縮機を抜本的に見直し、低負荷と高負荷で結線方式を切り換えて、それぞれの領域で効率のピークを持つ圧縮機を実現した。また、ソフトウェア面での省エネルギー性に関しては、空調負荷から住宅の熱損失係数(Q値)をAIで学習して、高断熱住宅での低負荷時の冷やし過ぎ(暖め過ぎ)を改善するとともに、外気温や日射熱の時系列な温度変化から少し未来の温冷感を先読みして、快適性を高めつつ節電することを実現した。

## 2. 開発プロセス

ルームエアコンでは、圧縮機を駆動させるための電力が約8割を占めており、圧縮機に搭載されている高効率なDCモータが高い省エネルギー性を支えていると言っても過言ではない。そこで、開発の初期段階で、機器の効率を改善するために、圧縮機の駆動に関するロス分析を行った(図1)。電源プラグから基板に入力された電力は、周波数変換時にインバータで回路損失を生じ、その後DCモータのコイルで銅損を生じ、コイルが巻かれている電磁鋼板で鉄損を生じる。DCモータと同軸でつながったシリンダは、冷媒を吐出する際に摺動(しゅうどう)摩擦等による機械損失を生じる。

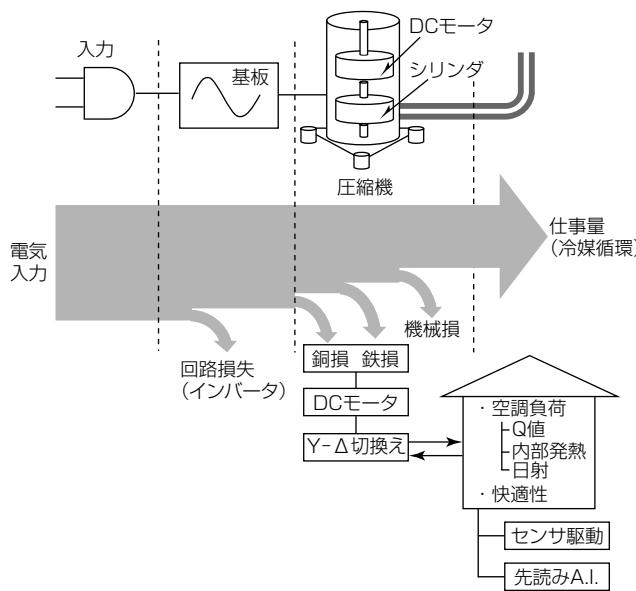


図1. 圧縮機のロス分析と開発内容

この分析結果からDCモータのY-△(ワイデルタ)結線切換方式については、結線の違いによってモータ回転時に発生する電圧や電流が異なるため、どちらの結線につながっても電圧や電流を制御できる駆動回路や、永久磁石が減磁しないための保護回路が重要であると考えた。

また、快適性評価のために、実際に断熱性能の高い住宅でエアコンを運転させてみると、立ち上がりは高負荷になる場合が多いが、その後刻々と変化する空調負荷の増減を正確に読むことができず、どのタイミングで△からY(又はYから△)に結線を切り換えたらいよいのか、判断ができなかった。さらに、高気密・高断熱住宅の普及によって、冷やし過ぎ(暖め過ぎ)によって快適性が損なわれているケースがあり、新たなソフトウェア面での省エネルギー技術の開発が必要であると考えた。

## 3. Y-△結線切換え圧縮機の開発

### 3.1 高効率化とハイパワーのトレードオフ関係

図2に室外機に搭載されている(a)圧縮機、(b)圧縮機を駆動させるモータ、(c)モータを構成するコイルを示す。モータはインバータで駆動されるブラシレスDCモータであり、モータの効率を上げるために、コイルは細い銅線が数多く巻き込まれて形成されている。図3はモータの回転数とモータ効率の関係を示したものある。一般的に、コイルの巻数を増やすとモータ効率が上昇するが、コイルに生じる電圧が巻数に比例して上昇するため、コイルの電圧が供給電圧を超えた領域では、コイルに電流を流して電圧を抑制する必要がある。すると、モータ効率が下がるため駆動可能な上限回転数が低下してしまう(運転不可能領域を示すA)。

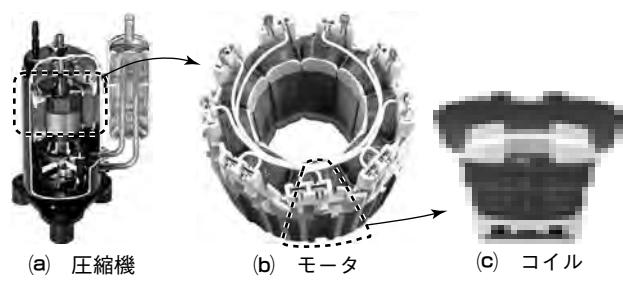


図2. 圧縮機のDCモータ

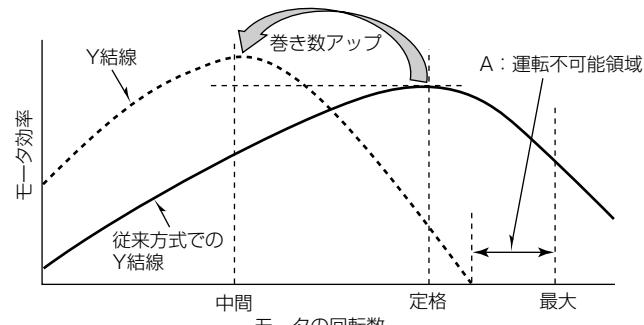


図3. 回転数とモータ効率の関係

図3のAに示す)。これは、モータ効率とハイパワーがトレードオフの関係にあることを示している。従来は、ハイパワーを出すために、負荷の高い定格条件で効率のピークを持たせていたため、負荷の低い中間条件でのモータ効率を高くできないという課題があった。

### 3.2 結線切換え方式の検討

モータのコイルの結線方法には“Y結線”と“△結線”があり、図4(a)に三相インバータに接続された2つの結線方式でのコイルの配置図を示す。Y結線は三相コイルの片側が共通接続されており、△結線は三相コイルが環状に接続されている。Y結線は、△結線に比べてインバータの相間電圧(コイルの電圧に相当)が $\sqrt{3}$ 倍となり、出力電流は $1/\sqrt{3}$ 倍の関係になる。電流が小さくなることで、インバータ損失やモータの鉄損を下げることができ、高効率な駆動が可能となる。逆に、△結線はY結線に比べてインバータの相間電圧が $1/\sqrt{3}$ 倍となり、出力電流は $\sqrt{3}$ 倍の関係となる。電圧が小さくなることで、供給電圧に対する余裕が生じ、ハイパワーまで駆動が可能になる。

従来は、負荷の低い中間条件の効率を改善したくても、ハイパワーを出す必要があったため、コイルの巻数を多くできないという課題があった。そこで今回、図4(b)に示す結線切換え方式を開発した。駆動回路は、従来の構成に電磁リレーを設けた構成になっており、電磁リレーを制御することで、Y結線と△結線を切り換えることができる。さらに、Y結線と△結線のそれぞれで効率がピークを持つように調整する新制御を追加することで、1つの回路でモータ結線を自由に選択駆動することが可能になった。これによって、コイルの巻き数を従来比で1.6倍にすることで(図5)，中間領域での高効率化と、△結線によるハイパワー化の両立を空調業界初<sup>(注1)</sup>で実現した(図6)。

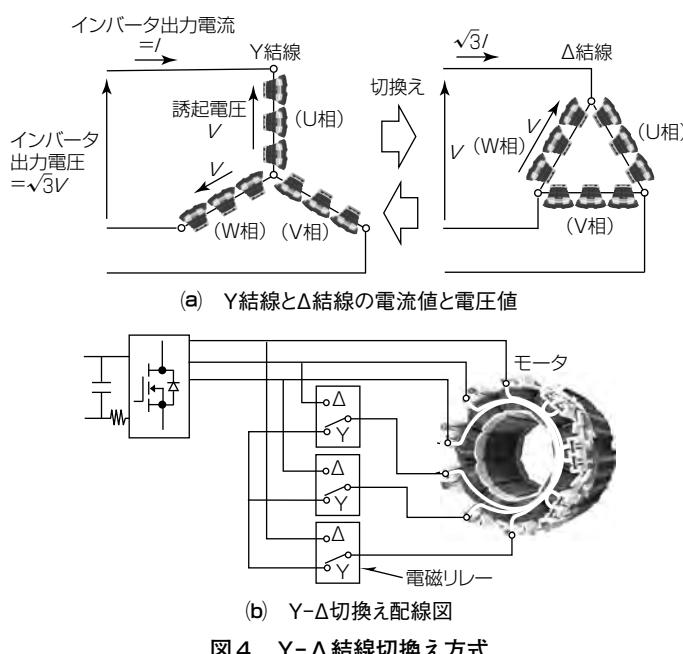


図4. Y-△結線切換え方式

また、ブラシレスDCモータでは、コイルに流れる電流が許容値を超えると永久磁石が減磁してしまうため、インバータ出力電流に保護レベルを設けて電流を制限する必要がある。図7にY結線と△結線の永久磁石を保護するためのインバータ出力電流のしきい値を示す。Y結線と△結線で電気的に $\sqrt{3}$ 倍の関係性があるため、電流保護レベルと一緒にすることはできないという課題があった。そこで、モータ結線仕様に応じて適切な電流保護レベルを選択できる“レベルセレクト回路”を付加した新型駆動回路を開発することで、この課題を解決することができた(図8)。

(注1) 2017年8月22日現在、三菱電機調べ

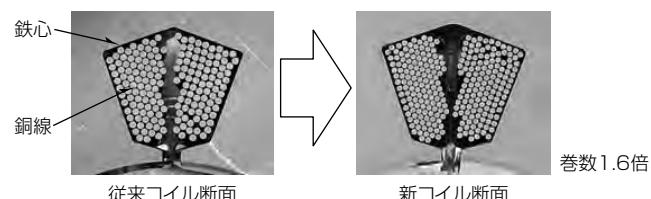


図5. コイルの高巻き化

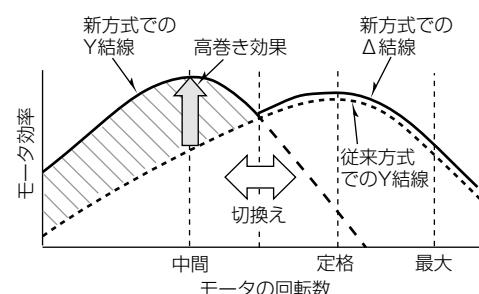


図6. Y-△結線切換えによる効率改善

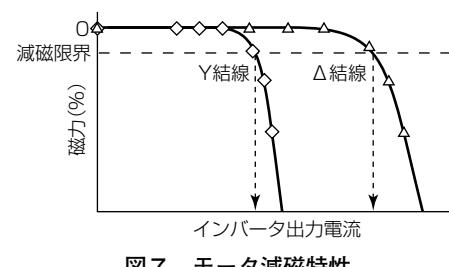


図7. モータ減磁特性

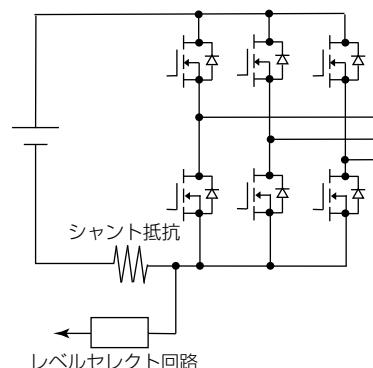


図8. 新型駆動回路

## 4. 住宅の熱負荷検知による快適性の向上

### 4.1 热収支の仮説モデル

当社は断熱性能の高い実証試験住宅を建設し、将来のZEH対応を見据えた空調機の開発を行っている(図9)。図10は住宅での冷房時の熱の収支を示した模式図であり、表1にその分類と考え方を示す。外気温が一定な条件では室内での熱収支はゼロになることから、①外皮からの熱貫流量と、②家電品等による内部発熱量と、③窓から侵入する日射熱量の合計は、④エアコンの排熱量に等しくなる。ここで、日射影響に関しては、①(i)外皮を加熱することによる熱貫流量の増分と、③窓から侵入する熱量に分けて考



図9. 当社の実証試験住宅

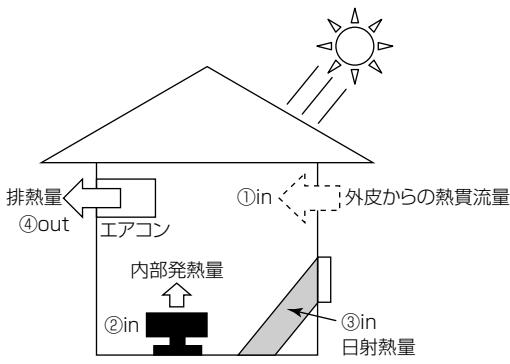


図10. 冷房時の熱収支

表1. 住宅での熱収支分析

	熱の分類	考え方	計算方法
(1)	(i) 外皮からの貫流熱	室温と外気温との差( $\Delta T$ )で熱伝導する量( $Q_1 = \alpha_1 \times \Delta T$ )	$Q = \alpha \times \Delta T$ と仮定 ( $\alpha = \alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3$ )
	(ii) 日射負荷分の貫流熱(窓以外の外壁から)	1日の中では変動するが、平均的には外皮熱貫流率に0.034を乗じて計算することが可能( $Q_2 = \alpha_2 \times \Delta T$ )。 ここで $\alpha_2 = \alpha_1 \times 0.034$	
	(iii) 換気負荷・隙間風	風量一定の場合は $\Delta T$ に比例すると仮定( $Q_3 = \alpha_3 \times \Delta T$ )	
(2)	内部発熱	家電品のON-OFF等による自己発熱量	ほぼ一定とする
(3)	窓から侵入する日射熱	太陽高度や窓の方角・大きさ等に起因するため、 $\Delta T$ と相関なし	ムーブアイで補正
(4)	エアコンによる排熱	空調機の能力	$\varepsilon$ -NTU法で計算

NTU : Number of Transfer Units

えた。前者は外皮熱貫流率に一定の係数を掛けて計算することが可能なため、外気温と室温の差( $\Delta T$ )に比例するものと仮定し、後者は人の快適性に影響を及ぼすためムーブアイで補正する方法を検討した。近似関数の勾配( $a$ )は熱損失係数を、切片は内部発熱量になる。ここで、熱的にバランスが取れていない“非平衡状態”では、断熱性能が高い住宅( $a$ が小さい)ほど、設定温度に到達するまでの時間が短いため、到達後すぐにパワーを落とすことができず、冷やし過ぎ(暖め過ぎ)の問題が発生する。

### 4.2 実証住宅による熱損失係数の学習精度検証

仮説モデルが正しいかどうかを検証するために、図9の実証試験住宅を使ってデータを採取した(図11)。“●”は内部発熱なしのデータ、“○”は、一定の内部発熱量を強制的に与えた場合の結果である。空調負荷が高い側にオフセットされた傾向が見られ、この検証結果から住宅の断熱性能に相当するQ値(熱損失係数)を高い精度で学習できる画期的なアルゴリズムを開発することができた。

### 4.3 少し未来の温冷感を先読みする“ムーブアイmirA.I.”の開発

実証試験でQ値を学習できることが分かったため、外気温を正確にコントロールできる環境試験室を用い、図12に示す冬の外気温度や日射熱の変動影響を与えて、新型サーモパイルセンサ“ムーブアイmirA.I.”の温冷感先読み制御

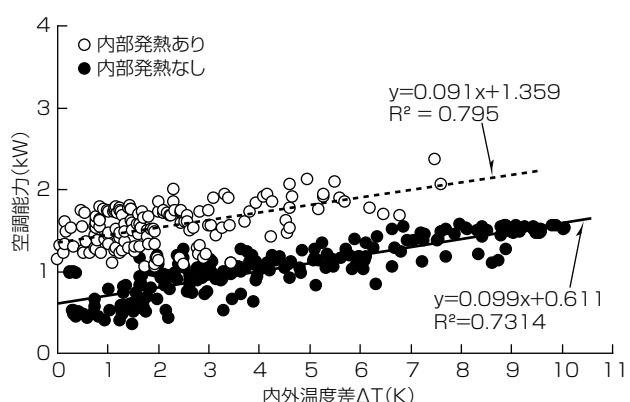


図11. 実証試験住宅での実測結果

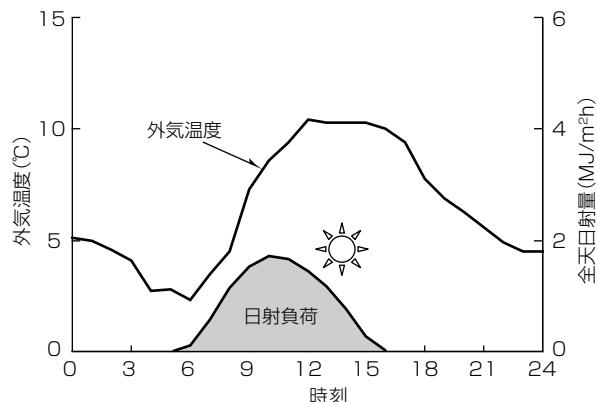


図12. 外気温条件

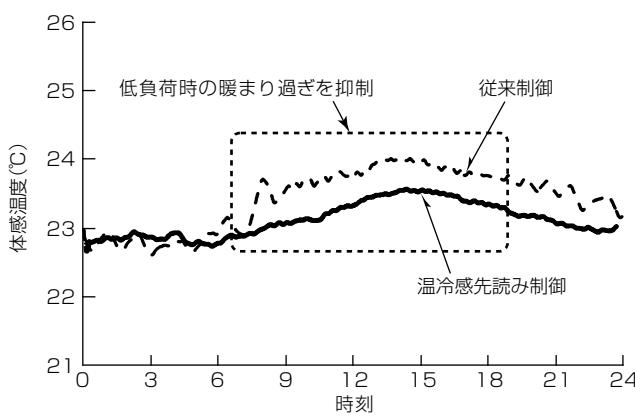


図13. 体感温度の比較

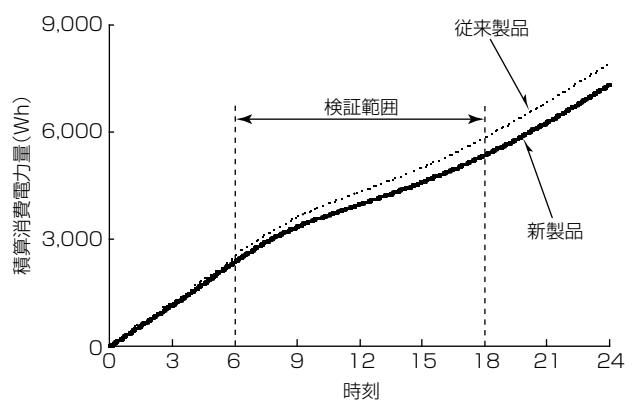


図14. 積算電力の比較

表2. 温冷感先読み制御によるソフトウェア面での省エネルギー効果<sup>(注3)</sup>

	Q値学習	先読み制御		設定温度	体感温度	快適性	積算電力 6~18時	比率	節電効果
		外気温	日射熱(360°窓温度検知)						
従来製品	×	×	×	23°C	23~24°C	× (暖め過ぎ)	3,337(Wh)	基準	-
新製品	○	○	○		23~23.5°C	○	2,990(Wh)	0.896	10.4%

(注3) 当社環境試験室試験結果 20畳、外気温と日射負荷は変動、設定温度：23°C、機種：MSZ-FZ6318S形、活動量による節電効果は含まず。

によるソフトウェア面での省エネルギー効果を暖房運転で実測した。図13に従来制御と温冷感先読み制御の体感温度の違いを示す。従来制御では負荷が小さくなると体感温度が上昇して暖め過ぎが発生しているのに対し、温冷感先読み制御では体感温度の上昇が抑制されている。温冷感先読み制御では、負荷が下がった場合の暖め過ぎを抑制することで、快適性を維持しつつ、10.4%の節電を実現できることが分かった(図14、表2)。

## 5. む す び

“ムーブアイ mirA.I.”を搭載し、住宅の断熱性能を学習しつつ、外気温や日射熱の温度変化を見ながら、少し未来

の温冷感を先読みして快適性を高めつつ節電するルームエアコン霧ヶ峰新FZシリーズの技術について述べた。今後も、ハードウェア面とソフトウェア面での省エネルギー技術の進化を融合させながら、更に低炭素社会に貢献できるルームエアコンの開発に取り組んでいく。

## 参考文献

- (1) (株)新昭和FCパートナーズ：クレバリーホーム、「ZEH(ゼッチ)」ってどんな家？  
<http://www.cleverlyhome.com/column/zeh/>
- (2) 国土交通省：省エネルギー基準改正の概要  
<https://www.mlit.go.jp/common/001012880.pdf>

# 快適な室内環境に貢献する “エアースイングファン”

柿沼正人\*  
黒川悠文\*

"Air Swing Fan" for Comfortable Indoor Air Condition

Masato Kakinuma, Yumi Kurokawa

## 要旨

エアースイングファンは、室内空気を循環させ、夏季の涼風効果、冬季の暖気吹き降ろし効果によって、“快適性”と“省エネルギー”を提供する天井埋め込み形送風機である。1997年の発売以来、事務所や教室等の居室空間、及び吹き抜け等の高天井空間で、サーキュレーション効果による快適性向上と、空調機設定温度の緩和による“無理のない省エネルギー”に貢献してきた。

近年、建物の遮音性向上や空調設備等の室内機器の低騒音化、建物構造の多様化(高天井の居室空間の増加)が進む中、市場調査結果として、居室空間では低騒音化、高天井

空間では気流の長到達化と、用途別で市場ニーズが二極化していることが分かった。

そこで、気流解析を用いた新形ファンケーシングによる風路改善によって、エアースイングファン“事務所・教室用”では、併設空調機の運転騒音同等以下(30dB以下)<sup>(注1)</sup>を実現し、“高天井・吹抜用”では、気流到達距離<sup>(注2)</sup> 15mを実現した(従来品13m)。あわせて、天井開口部から電源ボックスや天吊りボルトにアクセス可能な構造に見直すことで、施工・メンテナンス性も向上させている。

(注1) 吹き出し口直下2.5m地点でのAスケール値。

(注2) 無風状態で風速0.3m/sの到達距離。



## エアースイングファン“事務所・教室用”“高天井・吹抜用”

新形ファンケーシング採用によって有効風路面積を拡大し、“低騒音化”と“気流の長到達化”を実現した。“事務所・教室用”では気流到達距離は従来品と同じ4mで30dB以下の騒音値を実現(従来品より最大7.5dBの低騒音化)し、“高天井・吹抜用”では気流到達距離15mを実現(従来品13m)した。あわせて、天井開口部からの電源ボックスや天吊りボルトへのアクセスを可能にし、施工・メンテナンス性を向上させている。

## 1. まえがき

東日本大震災直後、電力供給力が大幅に落ち込み、電力需要が逼迫(ひっぱく)する事態となり、節電への取組みが不可欠となった。これによって、震災後、節電や省エネルギーの意識が高まる中、2017年4月から2,000m<sup>2</sup>以上の大规模建築物への建築物省エネ法の施行が開始され、将来的には中規模建築物にも適合義務が課される計画があり、今後、建築物の省エネルギー需要はますます高まると思われる。

しかしながら、単に空調機の設定温度を緩和するだけの“我慢の省エネルギー”は快適性の悪化と労働生産性の低下を伴うため、実施の継続には困難を伴う。

一方、近年の有効求人倍率の上昇に鑑み、労働力確保のために、作業者の快適性への配慮も重要なファクタとなっている。よって、今後は、“快適性と省エネルギーの両立”=“無理のない省エネルギー”的実現が必要と考える。

本稿では、まずエアースイングファンについて述べ、次に新形ファンケーシング採用による低騒音化、長到達化の技術、及びフィールド試験による省エネルギー効果の検証結果について述べる。

## 2. エアースイングファン

### 2.1 基本構成

エアースイングファンは、天井埋め込み形でスイング気流が特長の三菱電機オントリーワン<sup>(注3)</sup>製品である。図1にその構造を示す。エアースイングファンは、グリル幅を天井の意匠性を損なわないよう照明と同列に配列できる照明幅とほぼ同じ幅サイズの174mmとし(“事務所・教室用”的場合)、天井埋め込み設置で使用するため、羽根径が小さく静圧確保ができるクロスフローファンを採用している。また、エアースイングファンは、ファンケーシングのスイング機構によって気流の吹き出し方向の調整が容易であり、夏季のスイング気流による涼風効果や冬季の暖気吹き降ろし効果に最適な風向真下固定を実現するのに適した製品構造となっている。

(注3) 2017年6月1日現在、当社調べ

### 2.2 室内環境改善効果

#### 2.2.1 夏季冷房時の涼風効果

夏季冷房時はスイング気流による涼風効果で体感温度が下がることから空調設定温度をおおよそ1°C上げても無風状態と比較して快適性を維持できる。図2は、実験によって空調機の設定温度と体感風速によるPMV(Predicted Mean Vote)値<sup>(注4)</sup>の変化を示したものである。○印の①25°Cで無風状態と②26°Cで体感風速0.34m/sのポイントが同じ快適性(同一PMV値)であることを示している。

(注4) 快適性を表す指標であり、温度・湿度・風速・着衣料・活動量によって決定され、一般的に $-0.5 < PMV < 0.5$ が快適とされている。

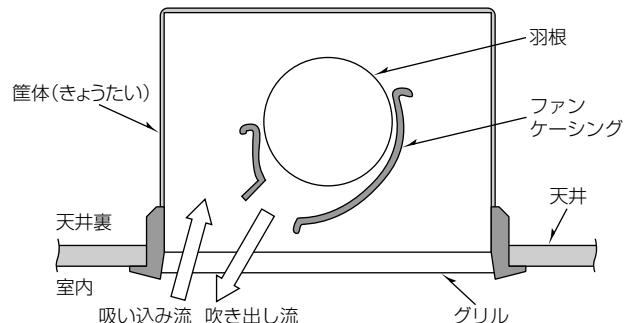


図1. エアースイングファンの断面図

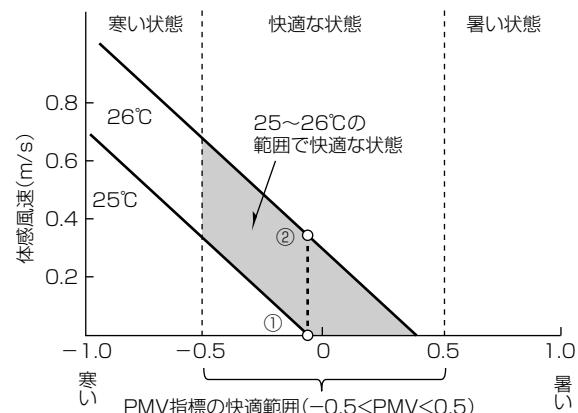


図2. 風速によるPMV値の変化(室温25, 26°Cの場合)

#### 2.2.2 冬季暖房時の暖気吹き降ろし効果

冬季暖房時、高天井や吹抜などの大空間では天井付近に暖気が滞留してしまうが、エアースイングファンの暖気吹き降ろし効果によって、室内の上下温度差は解消され、床面付近の温度は上昇するため、快適性が向上する。これによって、空調機の設定温度を下げても快適性を維持できる。

## 3. 新製品の開発

近年、居室空間は建物の遮音性向上や空調機等の室内機器の低騒音化(併設空調機は30dB以下)によって、居室空間の騒音レベルが低下している。そこで、エアースイングファンでも低騒音化のニーズに応えるために、30dB以下(従来品は最大37dB)に低騒音化した新製品“事務所・教室用”を開発した。

また、建物構造の多様化も進んでおり、開放感を演出する高天井の居室空間が増加している。天井が高くなるほど、上下方向の温度差が発生しやすく冬季暖房時の暖気吹き降ろしが課題となる。この課題を解決するために、気流到達距離を15m(従来品は13m)に長到達化した新製品“高天井・吹抜用”を開発した。

#### 3.1 新形ファンケーシングによる風路改善

新製品では低騒音化・気流の長到達化を実現するために、新形ファンケーシングを採用した。図3に新形ファンケーシング採用による特性改善の流れを示す。

エアースイングファンは天井面に露出するグリルの一面が吸い込み面と吹き出し面を兼ねているため、風路内の空気の流れは複雑で気流解析での流れ場の非定常解析は困難であった。

この開発では、ファンケーシング周辺に集中的にメッシュを配置するなど、長年の送風機開発で培った解析技術を駆使し、従来品の舌部付近に気流の乱れ(低風速域)があることを突き止めた。これによって有効風路面積が縮小し、圧力損失からファン効率が低下していた。そこで、新形ファンケーシングではファンケーシングの拡大率や舌部形状を見直し、風路の有効面積を拡大することで吸い込み・吹き出し部の風速の均一化を図った。**図4**に示す気流解析結果から低風速域が解消されて風路内の風速が均一化されていることが分かる。

### 3.1.1 エアースイングファン“事務所・教室用”

エアースイングファン“事務所・教室用”では、新形ファンケーシングによって低騒音化を実現した(**図3**)。

**図5**に従来品と新製品の騒音値の比較を示す。従来品よりも3.0~7.5dB低騒音化し、50Hz, 60Hzともに30dB以下を達成した。

### 3.1.2 エアースイングファン“高天井・吹抜用”

エアースイングファン“高天井・吹抜用”では、新形ファンケーシングによって気流の長到達化を実現した(**図3**)。

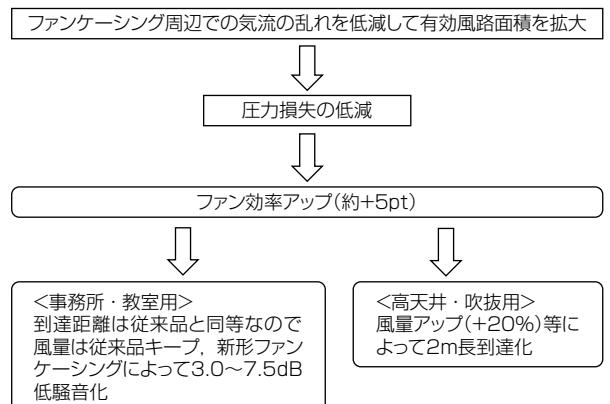


図3. 新形ファンケーシング採用の効果

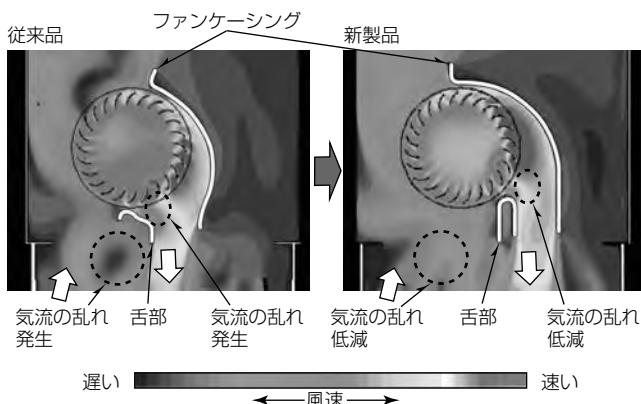


図4. 気流解析結果

**図6**に示すように従来品の気流到達距離13mに対し、15m(2m長到達化)を実現した。また、騒音値については、従来品が39.5/42.5dB(50/60Hz)に対し、38.0/41.5dB(50/60Hz)と、従来品以下(1.0~1.5dB低騒音化)に抑えたことで、より使用範囲が広がると考える。

また、制御・操作性の向上のため、風向制御が可能となる(真下吹き出し固定モード追加等)リモコンスイッチを併せて開発した。

### 3.2 施工・メンテナンス性向上

**図7**に電源ボックスの配置について、従来品と新製品の比較を示す。従来品では本体外部に電源ボックスを配置していたので、天井開口のほかに電源接続用の点検口が必要であった。新製品では、電源ボックスを本体内部に配置し、天井開口部から電源接続が可能となる構造にすることによって、点検口を不要とした。

また、**図8**に示すように、天吊りボルトへの施工も天井開口部から可能となるように変更した。従来品では、天井開口部から天吊りボルトへのアクセスができなかったが、新製品では本体を小形化して天井材の開口部と本体との隙間に作業スペースを確保することによって、天井材が貼ら

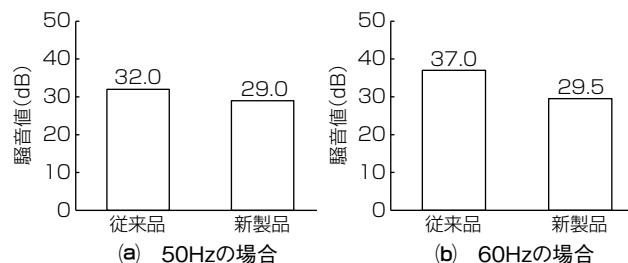


図5. “事務所・教室用”での騒音値の比較

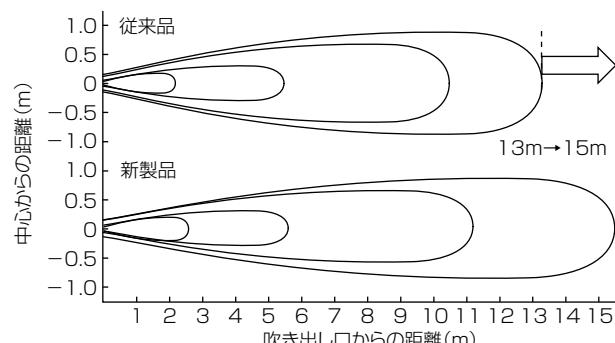


図6. “高天井・吹抜用”での風速分布の比較

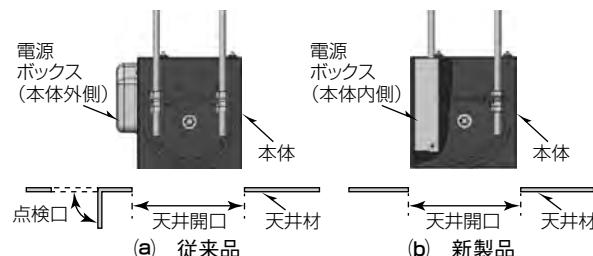


図7. 電源ボックス配置比較

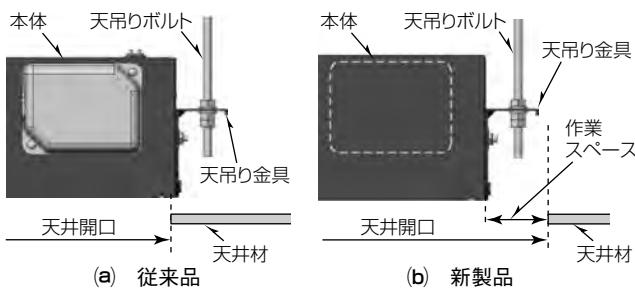


図8. 天吊りボルトへの施工比較

れた後でも、室内側から本体据付けが可能な構造となっている。これによって、既築物件への据付けや本体据付け後の据付け高さ調整が可能になった。

#### 4. フィールド試験による効果検証

3章で述べた新製品の効果を検証するために、実機を用いたフィールド試験を実施した。ここでは、エアースイングファン“事務所・教室用”の冬季暖房時の温度環境改善効果を示す。

##### 4.1 測定条件

- ・日時…2017年3月1日 18:00~19:00  
18:00~18:30…エアースイングファン停止  
18:30~19:00…エアースイングファン運転
- ・場所…会議室(図9)
- ・空調機設定温度…20°C
- ・エアースイングファン設定…強ノッチ・真下固定
- ・測定項目：温度(室内中央の床上0.3m, 1.0m, 2.0m, 2.7m)

##### 4.2 試験結果

エアースイングファン運転・停止時の温度推移を図10に、エアースイングファン運転による効果を表1に示す。エアースイングファンを運転させると、床上0.3mの温度が19.5°Cから21.0°Cと、1.5°C上昇し、上下温度差(床上0.3mと2.7m)についても3.5Kから1.5Kに改善された。したがって、空調機の設定温度を1.5°C低くしても同等の快適性を保つことができるため、空調機の設定温度変更による省エネルギー効果が期待できる。

#### 5. むすび

エアースイングファンは1997年の発売以来、天井埋め込み形のサーキュレーターとして、室内の快適性向上に貢

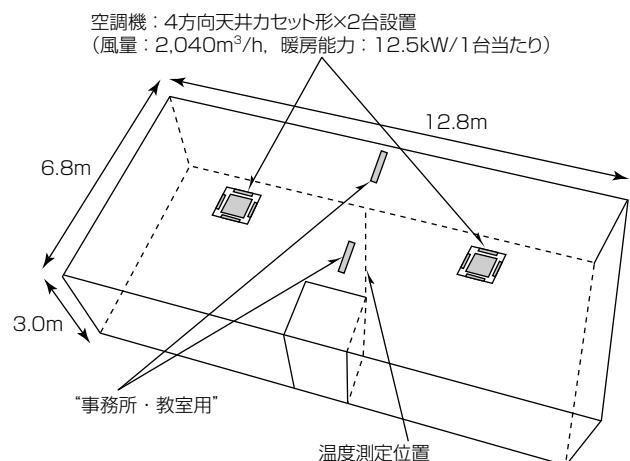


図9. フィールド試験のレイアウト

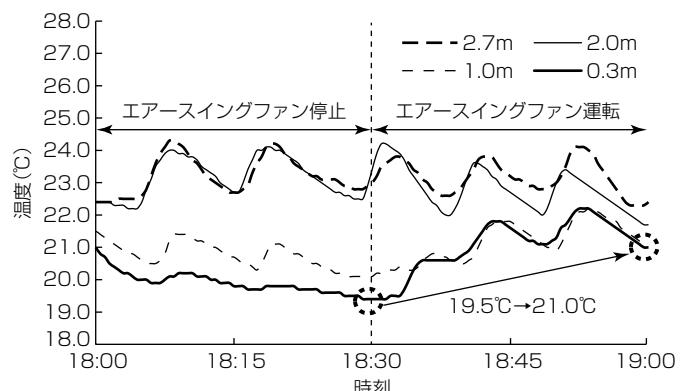


図10. フィールド試験での温度推移

表1. エアースイングファン運転の効果

測定位置	エアースイングファン		エアースイングファン運転後の温度変化
	停止(18:30時点)	運転(19:00時点)	
2.7m	23.0°C	22.5°C	-0.5°C
2.0m	23.0°C	21.5°C	-1.5°C
1.0m	20.0°C	21.0°C	+1.0°C
0.3m	19.5°C	21.0°C	+1.5°C
上下温度差 (0.3mと2.7m)	3.5K	1.5K	-

献してきた。今回、二極化した市場ニーズに応えた“事務所・教室用(低騒音化)”, “高天井・吹抜用(長到達化)”を発売し、今後更に増加すると予想される省エネルギー需要に対し、快適性を損なわない“無理のない省エネルギー”を提案していく。そして、更なる室内の快適性向上と建物の省エネルギー化に貢献できるような製品の開発をしていく。

# 低騒音ATWヒートポンプ

内野進一\*

Low-noise Heat Pump for Residential Air to Water

Shinichi Uchino

## 要旨

欧州各国政府による、CO<sub>2</sub>排出量削減施策(建物省エネルギー規制、再生可能エネルギー機器へのインセンティブ)に後押しされ、住宅用温水暖房用途として、従来の化石燃料燃焼系ボイラをヒートポンプ熱源に置き換えた、ATW(Air To Water)ヒートポンプシステムの使用が伸張している。三菱電機は2007年から空調機技術をベースに、ブランド名“ecodan”で、ヒートポンプ室外機をローカルシステムに供給することから市場へ参入し、2011年に自社室内機を開発して自社システムを完成した。

性能改善・快適性・扱いやすさなど日々、ユーザーメリットになる開発を進めてきたが、市場投入から10年を迎えるに当たり、新たな競争軸として低騒音化を目標とし

た開発を行った。欧州ではドイツなどで既にヒートポンプシステムに対して運転制限を設けるガイドラインを設定、今後、周辺各国へも展開されることが予想される。現在の市場に存在するヒートポンプ室外機は“低騒音でサイズが大きい”か“騒音は大きいがサイズが小さい”の二極化であるため、“低騒音でサイズが小さい”ことを目的とした開発を行った。当社従来機と比べて-10dBという低騒音を実現した今回の開発は、騒音値58dBを達成したことで他社に対して圧倒的に優位となり、今後の事業拡大に向けて大きな意味を持つ。また、10年目の節目であるこの機会に家庭用市場への適合性を高めるためデザインを一新した。



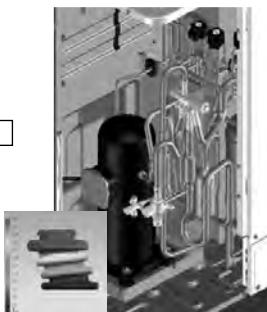
①送風音の低減



低騒音ATWヒートポンプ室外機



②二重防音構造



③防振ゴムの形状変更と配管形状の最適化

## ATWヒートポンプ室外機の低騒音化の基本要素

ATWヒートポンプ室外機のコンパクト化と低騒音化を目標とし、①風路最適化による送風音の低減、②圧縮機を防音箱で囲って遮音し、かつ室外機のパネルで更に防音する二重防音構造を実現するために電気品冷却の構造、機械室収納性の見直しを行い直接音を低減、③圧縮機振動伝播(でんぱ)を減衰させるために防振ゴムの形状変更と配管形状の最適化を実施することで振動音を低減した。欧州市場に対して新しいメリットを提供する。

## 1. まえがき

欧洲各国政府による、CO<sub>2</sub>排出量削減施策(建物省エネルギー規制、再生可能エネルギー機器へのインセンティブ)に後押しされ、住宅用温水暖房用途として、従来の化石燃料燃焼系ボイラをヒートポンプ熱源に置き換えた、ATWヒートポンプシステムの使用が伸張している。当社は2007年から空調機技術をベースに、ブランド名“ecodan”で、ヒートポンプ室外機をローカルシステムに供給することから市場へ参入し、2011年に自社室内機を開発して自社システムを完成した。市場参入から10年を迎え、従来の競争軸である“性能”、“価格”に新たな“低騒音”を加え、当社従来機に比べ圧倒的な-10dBという新室外機を開発した。

本稿ではこの製品と低騒音化を実現した技術設計思想について述べる。

## 2. 欧州市場の現状と製品のコンセプト

ドイツではヒートポンプの騒音に対して表1に示すガイドラインが発行されており、一部の自治体や物件では騒音値レポートの提出が義務付けられている。ヒートポンプ室外機の普及が進む今後の欧州市場で、同ガイドラインの適用がドイツとその周辺国を中心に加速していくことが予測される。現在販売されている市場のヒートポンプ製品を騒音の観点から分類すると“低騒音でサイズが大きい”か“騒音は大きいがサイズが小さい”の二極に分かれており、当社従来機種も後者の分類となる。特に6kW以上の機種についてはガイドラインが示す“制限付き運転”に該当するものであった。制限付き運転とは平日20時～7時、日曜・祝日は運転禁止になるため、法規制へと展開され強制力を持った場合は事業に与える影響は大きい。

表1. ドイツの騒音規制ガイドライン

	6kW以下	12kW以下	30kW以下
運転不可／禁止	>65dB	>70dB	>75dB
制限付き運転 <sup>(注1)</sup>	≤65dB	≤70dB	≤75dB
運転可	≤55dB	≤60dB	≤65dB

(注1) 日曜日、祝日、平日20時～7時の運転禁止

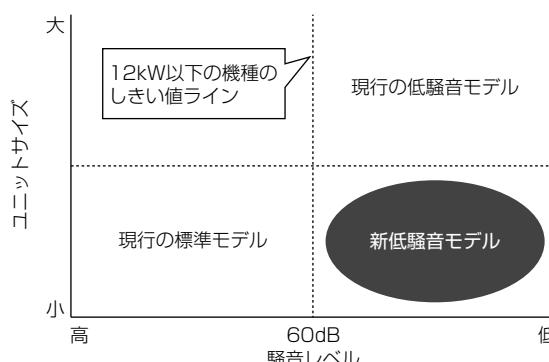


図1. 市場における新製品の立ち位置

そのためこの開発は欧州の主力能力帯である12kW以下の機種に対して“低騒音で省スペース”を目標にガイドラインのしきい値への到達、かつ圧倒的な訴求となるPWL(音響パワーレベル)で現行機種-10dBを目標とした(図1)。

また、家庭用冷房機としてのヒートポンプは普及しているが、暖房用を市場としたATWヒートポンプでは多くのメーカーは業務用エアコンの室外機をベースにしているため、ファンの回転が見えることで視覚的にうるさく感じるという声や、室外機が景観に合わせて目隠しをする必要があるなど、見た目への要望も多くあがっていた。そこで市場参入から10年という節目の年であるこの機会に室外機のデザインを一新した。

## 3. 室外機デザインの変更

従来の室外機は業務用をベースにしており、工業的なデザインであったため、市場の要望から表2の3点のコンセプトで見直しを行って従来の業務用空調機の見た目から大幅に変更し、住宅との調和を考慮したデザインとした(図2)。

## 4. 室外機の騒音

### 4.1 騒音の分類

室外機の構成要素として、空気と冷媒を熱交換するために送風を行う送風室と、電気品や圧縮機などの冷媒回路部品を収納した機械室で構成されているため、低騒音化のためには送風室・機械室それぞれの特徴に合わせた改善が必要である。

表2. デザインコンセプト

項目	コンセプト
大きなファンを隠す	フロントパネルとファンを暗い色で目立たなくし、ファンに不慣れで心理的なうるささを感じる欧州ユーザーに配慮
形状の一体感と安全性の確保	ファンを一段奥に下げ、グリルとパネルをフラットにすることで、全体の一体感とユーザーがファンに触ることがない安全性を同時に実現
シンプルで美しいデザイン	正面左右の角Rを大きくとって柔らかい印象を強調。また、ハンドルをサイドに設置し、正面がシンプルで美しいとなるようなデザインを採用



図2. 室外機のデザイン

図3は室外機を構成する送風室・機械室それぞれから発生する音の主要構成をまとめたもので、各騒音は表3にまとめた特徴がある。次に、各音に対してどのような設計思想で低騒音を実現したかを述べる。

#### 4.2 送風音の低減

送風音を低減させるためには、ファンの回転数を下げるのことと風の流れとなるべく整流に近づける必要がある。

この機種では、ファン径を従来使用しているファンより13%拡大、また従来機種よりも少ない風量で同一の熱交換量を生み出せるように、熱交換器の効率改善を実施した。これによってファン回転数を従来比で30%低減した。

風の流れを乱すものは、ファンを支えるためのサポート及びユーザーがファンに触れないようにガードするためのグリルがあるが、ファンとこれらの構造部材の距離を離して設置することで、ファン回転によって発生した風を整流化するだけの距離を確保して乱流による音の発生を低減し、ファン回転数の低減と合わせて10dB以上の送風音低減効果を達成した(図4)。

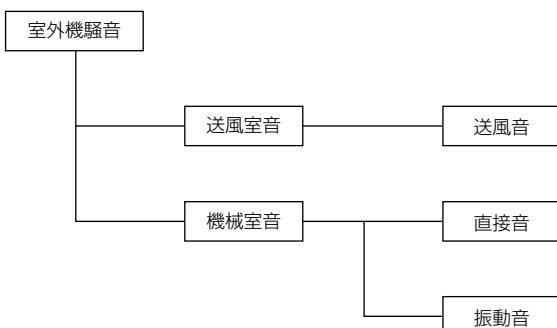


図3. 室外機騒音の分類

表3. 室外機騒音の主な特徴

騒音の種類	主な特徴
送風音	ファンの回転によって発生する空気の流れが要因となる音
直接音	圧縮機の回転音や冷媒の流れる音などの高周波音が主成分になる音
振動音	圧縮機の振動が伝播し、筐体が振動することで発生する低周波音が主成分になる音

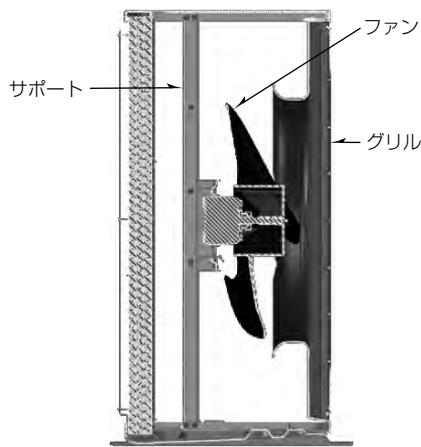


図4. ファンと構造部材の位置関係

#### 4.3 直接音の低減

高周波音が主成分である直接音の低減では、発生した音を漏らさず、遮音・吸音することが重要であるため、二重防音構造を採用した。

二重防音構造とは、従来圧縮機を遮音していた室外機のパネルの他に圧縮機だけを囲う遮音箱を設けた構造であり、遮音箱によって圧縮機から発生する音の大部分を遮音・吸音し、遮音箱の合わせ目などから漏れ出した音を室外機のパネルで遮音する構造である(図5)。この構造を採用するに当たり解決すべき課題は“電気品の冷却”と“遮音箱導入による室外機サイズの拡大”であった。

これら2つの課題を次のように解決したことによって、室外機の二重防音構造を導入し、室外機の寸法の拡大を最小限に抑えながらも直接音の低減が可能となった。

##### 4.3.1 電気品の冷却への対応

従来の室外機では電気品が機械室内に設置されているので、室外機のパネルに通風孔を開けて外気の取り込みを確保し、送風室で回転しているファンの負圧を利用して外気～機械室(電気品)～送風室～排気の経路を確保していた。通風孔は電気品から離れた位置に設置されており雨水が侵入したとしても電気品までは届かないため電気品保護の役割も担っていたが、機械室のパネルに穴が開いているため音が漏れるという不都合があった。

この開発に当たり、機械室から電気品を独立させた電気品室を設け、送風室・機械室・電気品室の3室構成にした。従来と同様、ファンの負圧を利用して外気の取り込みを行うが、電気品室は送風室とだけ連通して外気～電気品室～送風室～排気の経路を持ち、機械室を通ることがないため機械室の通風孔を削減することが可能となった。

電気品の冷却・保護のため、ファンによる外気取り込みを最大限に生かすようにし、負圧領域の明確化とダクトの設計を実施、通風孔から侵入した雨水が電気品に到達しないようにトラップを設けて室外機の外へ排水する通風構造の開発を行った(図6)。



図5. 二重防音構造

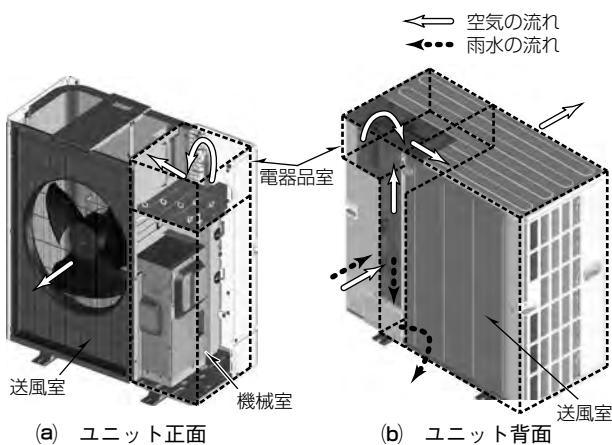


図6. 風路設計

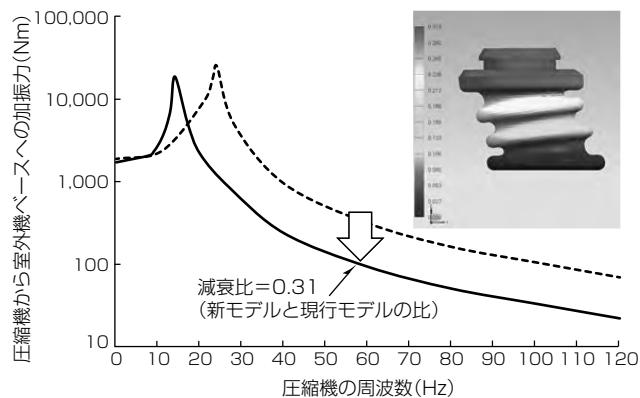


図8. 防振ゴムの設計と振動伝播の効果

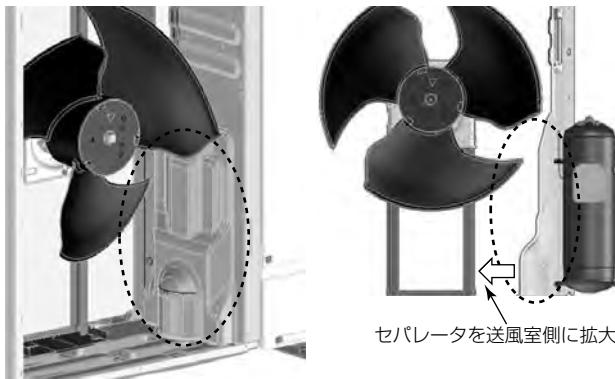


図7. セパレータの形状

#### 4.3.2 遮音箱導入による室外機サイズの拡大への対応

圧縮機を遮音箱で囲うことによって、従来よりも圧縮機の設置スペースが大きくなるデメリットがあった。

そこで、送風室と機械室を隔てているセパレータ板金を遮音箱の一部として活用し、必要以上に圧縮機の設置スペースが大きくならない構造とした。

従来フラットに近い形状であったセパレータ板金の一部を圧縮機設置のため送風機室側へ広げて機械室の容積を確保し、その空間を利用して機械室内への遮音箱を設置して送風室の風の流れを明確化し、従来空気の流れがよどんでいたデッドスペースを活用することでスムーズな送風と遮音箱の収納性を両立させた(図7)。

#### 4.4 振動音の低減

圧縮機の振動が室外機の筐体(きょうたい)に伝播する経路は、圧縮機を支えている防振ゴムを通じて室外機のベースに伝播する経路及び圧縮機につながる配管を通じてその配管を保持している板金に振動が伝わる経路の2種類が存在する。

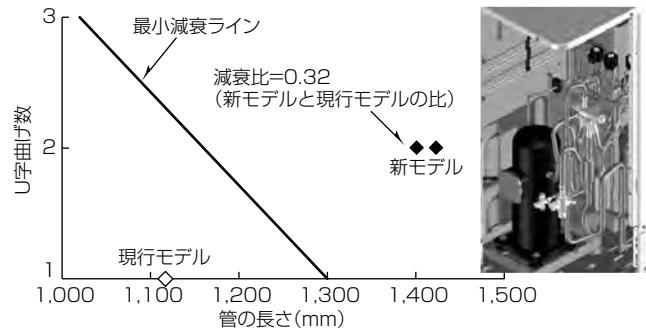


図9. 配管形状の設計

防振ゴムを通じての振動伝播に対しては、防振ゴムの抜本的な形状変更を実施した。圧縮機の加振力から振動が室外機に伝わらないように、目標とするせん断ばね定数を求め、CAE解析で形状を検討した。従来、圧縮機を支えることを主な設計基準にしていた防振ゴムから、騒音を低減させ、かつ圧縮機を支えて製品寿命に耐えられる防振ゴムを目指し、圧縮機からの加振力を31%低減して振動を抑えつつ経年劣化後も圧縮機を支えることが可能な防振ゴムを開発した(図8)。

また配管を通じて振動が伝播する経路に関して配管形状の見直しを実施した。振動を減衰するために必要な長さと曲げ数をパラメータとして、室外機への収納性・製造作業性を阻害しない配管形状とした(図9)。

## 5. むすび

ATWヒートポンプ室外機の現行機種から-10dBの低騒音化を達成した。“低騒音”という新しい競争軸を開拓することで事業拡大に貢献する。今後はこの機種をベースとして期間効率の大幅な改善と更なる低騒音化、及び他能力帯へのラインアップ拡大に取り組んでいく。

# 小径・高効率インジェクションスクロール圧縮機

高橋広康\*  
茗ヶ原将史\*

*Small Size and High Performance Injection Scroll Compressor*

Hiroyasu Takahashi, Masashi Myogahara

## 要旨

欧州では環境保護の意識が高く、省資源対応及び高効率の圧縮機の需要が高い。その欧州の給湯市場では低外気運転時の暖房能力が必要とされており、インジェクションスクロール圧縮機の需要が根強い。今回欧州給湯市場で最も需要が高い6 HP(Horse Power)以下をターゲットとし、同能力帶業界最小径<sup>(注1)</sup>で従来機種“ANB33”に対して20%軽量化した高効率インジェクションスクロール圧縮機“DNK36”を開発した。この開発では次の大きな2つの課題があった。

- (1) スクロールの強度と軸受油膜厚さの確保
- (2) 圧縮機の高効率化

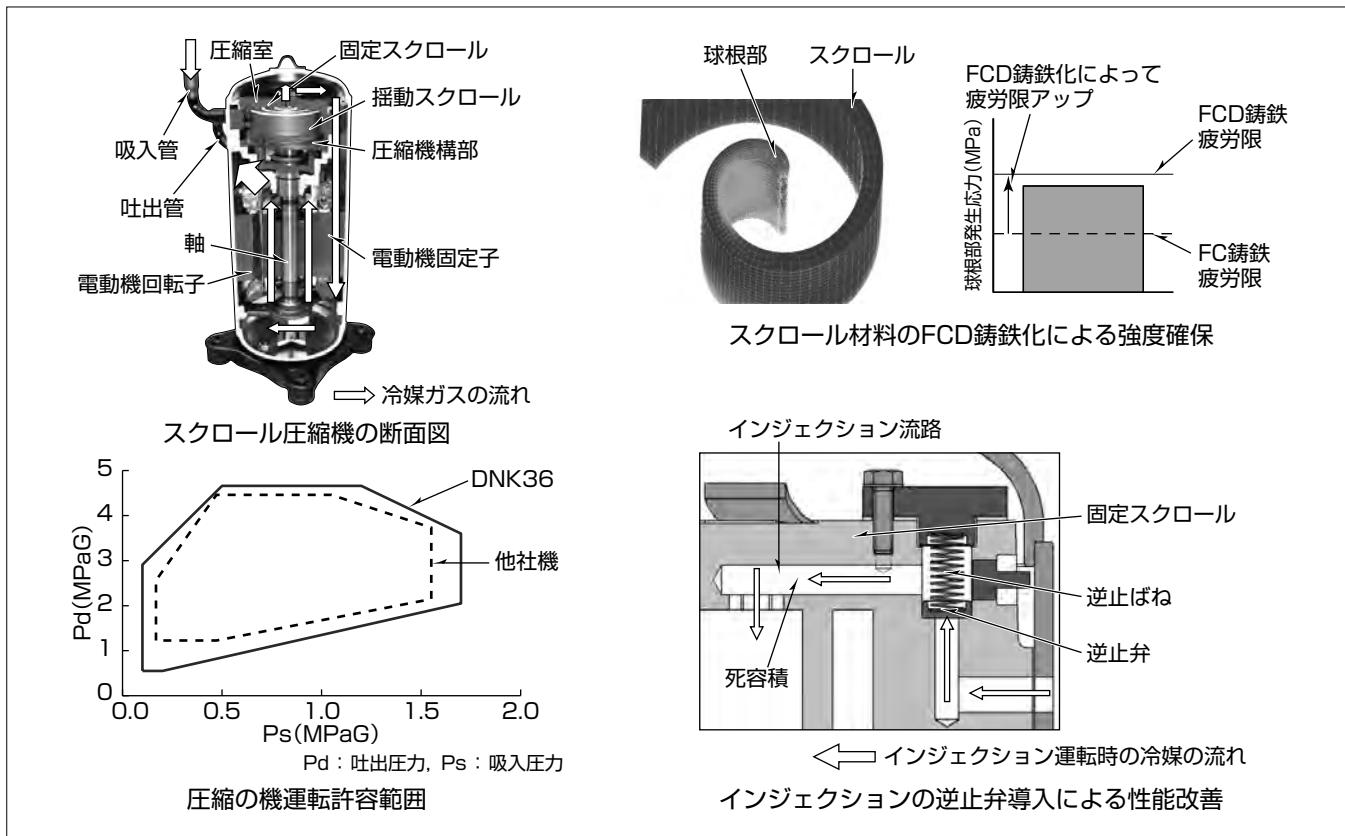
課題(1)に対し、スクロール材料のFCD鉄鉄(ダクトイル鉄鉄)化及び製造技術開発によってスクロール強度の確保を可能にした。また高動粘度油への変更によって軸受油膜厚さを確保した。

課題(2)に対し、インジェクションの逆止弁導入といった新技術を用いて業界トップ性能を達成した<sup>(注2)</sup>。

これらの技術を適用することで同能力帶業界最小径・高効率インジェクションスクロール圧縮機DNK36を実現した。

(注1) 2017年6月20日現在、当社調べ

(注2) 2017年6月20日現在、当社調べ



## インジェクションスクロール圧縮機DNK36の断面図と運転許容範囲及び適用した新技術

DNK36の実現のために、スクロール材料のFCD鉄鉄化によるスクロールの強度確保と、インジェクションの逆止弁導入による性能改善を行った。

## 1. まえがき

欧州では環境保護の意識が高く、省資源対応及び高効率の圧縮機の需要が高い。その欧州の給湯市場では低外気運転時の暖房能力が必要とされており、インジェクションスクロール圧縮機の需要が根強い。今回欧州給湯市場で最も需要が高い6 HP以下をターゲットとし、同能力帶業界最小径で従来機種ANB33に対して20%軽量化した高効率インジェクションスクロール圧縮機DNK36を開発した。この開発では次の大きな2つの課題があった。

- (1) スクロールの強度と軸受油膜厚さの確保
- (2) 圧縮機の高効率化

これらの課題に対し、次の対策を実施することによってDNK36を実現した。

- (1) スクロール材料のFCD鉄(ダクタイル鉄)化と製造技術開発、及び高動粘度油への変更
- (2) インジェクションの逆止弁の導入

本稿では、これらの新技術について述べる。

## 2. スクロール圧縮機

図1にスクロール圧縮機の断面図を示す。圧縮機内には、圧縮機構部、電動機固定子が固定されている。圧縮機構部の軸に電動機回転子が固定されており、電動機で発生する

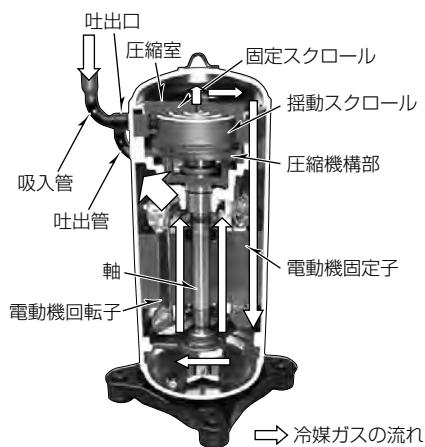


図1. スクロール圧縮機の断面図

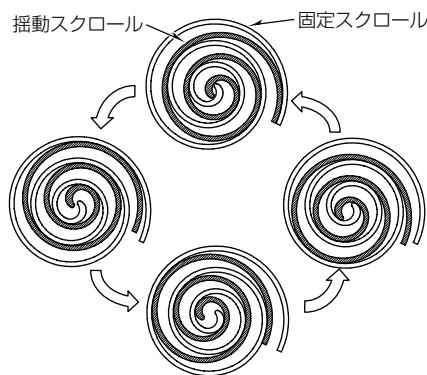


図2. 冷媒ガスの圧縮工程

回転力を軸を介して圧縮機構部に伝達させ、吸入管から吸い込んだ冷媒ガスを圧縮する。

圧縮機構部での冷媒ガスの圧縮工程を図2に示す。固定スクロールと揺動スクロールによって圧縮室を形成し、固定スクロールに対して揺動スクロールが回転運動を行うことで圧縮室が中心に向かい圧縮される。それに伴い冷媒ガスはスクロール中心に向かって圧縮され、吐出口から吐き出される。

圧縮機構部から吐き出された高温・高圧の冷媒ガスは圧縮機底部に流れ、電動機回転子内に設けられた通気孔を通って上昇し、吐出管から圧縮機外部に移動する。

## 3. スクロール強度と軸受油膜厚さの確保

### 3.1 スクロール強度の確保

図3に示すように従来機種ANB33に対して20%軽量化となるようにDNK36の外径をANB33の外径 $\phi 168.5\text{mm}$ から $\phi 130.4\text{mm}$ とした。DNK36の小径化に対応するため、固定及び揺動スクロールはANB33に比べて、歯厚tが薄く、歯高hが高くなるためスクロール球根部の応力が高くなる(図4、表1)。

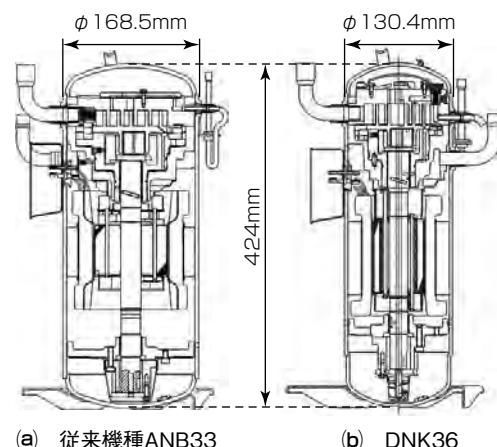


図3. DNKスクロール圧縮機

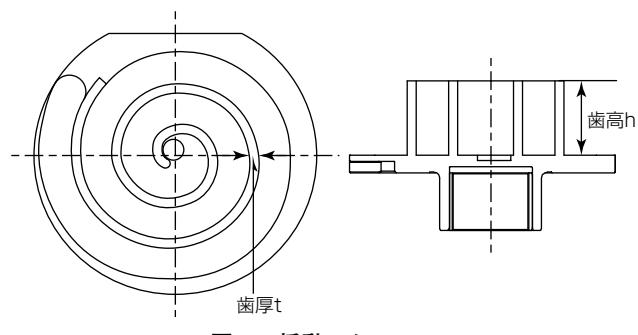


図4. 揆動スクロール

表1. 涡巻スペックとスクロール球根部応力

	歯厚t (mm)	歯高h (mm)	球根部応力 (%)
ANB33	3.8	24.6	100
DNK36	3.0	25.8	179

DNK36のスクロール球根部に発生する応力はANB33で使用しているFC鑄鉄(ねずみ鑄鉄)の疲労限より大きく、FC鑄鉄では強度を確保できない。そこで、新たにFCD鑄鉄(ダクタイル鑄鉄)を使用することで疲労限を上げ、強度を確保した(図5)。

通常FCD鑄鉄をスクロールの鋳物に使用すると、スクロールの根元などにプローホールが発生しやすくなり、強度低下につながるという課題がある。そこで湯口と冷やし金の形状及び配置の最適化、そして鋳物の形状の最適化な

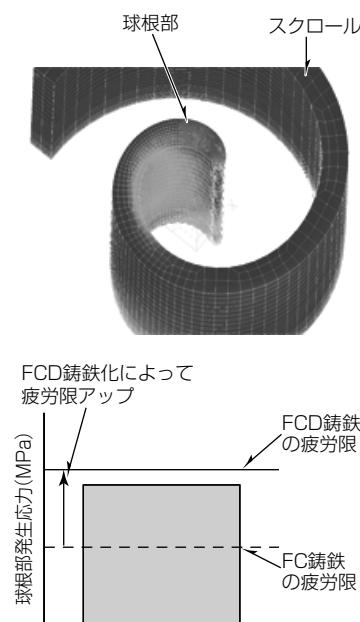


図5. D NK36の球根部の応力解析結果

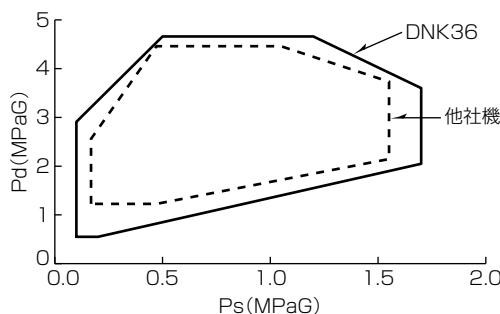


図6. 圧縮機運転許容範囲

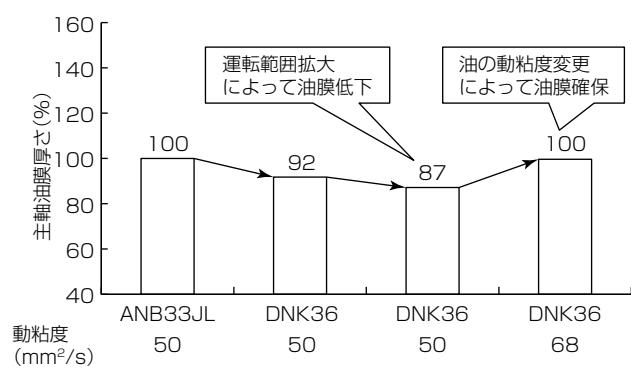


図7. 軸受油膜厚さ

どの製造技術を開発することでプローホールなどの不良対策を可能にした。その結果、スクロールの強度を安定して確保できた。

### 3.2 軸受油膜厚さの確保

DNK36は更に他社に対して差別化するため、図6に示すように運転許容範囲の拡大化を実施した。その結果圧縮室内に作用するガス荷重が増加し、軸受油膜厚さを従来機種ANB33と同等レベルまで確保できない。図7に示すように冷凍機油を従来の動粘度50mm<sup>2</sup>/sのものから高動粘度68mm<sup>2</sup>/sのものにすることで油膜厚さをANB33と同等レベルまで確保した。

## 4. 圧縮機の高効率化

給湯機用途では低外気条件で暖房能力が必要とされる。しかし、この条件で圧縮機は高圧縮比の状態で運転されるため、冷媒ガス流量が少なく十分な暖房能力を確保することが難しい。冷媒ガス流量を増加させて暖房能力を確保する手段として、凝縮器出口から冷媒を一部スクロールの中間室に注入させるシステムを、インジェクションといふ。

図8にインジェクションスクロール圧縮機の構造を示す。固定スクロール内に冷媒を注入するためのパイプが圧縮機に取り付けられており、そのパイプを冷媒が通過し、固定スクロール内に設けられたインジェクション流路を通り、

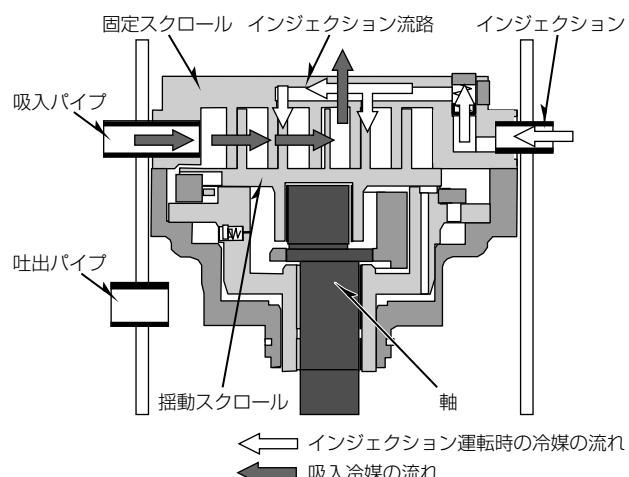


図8. インジェクションスクロール圧縮機の構造

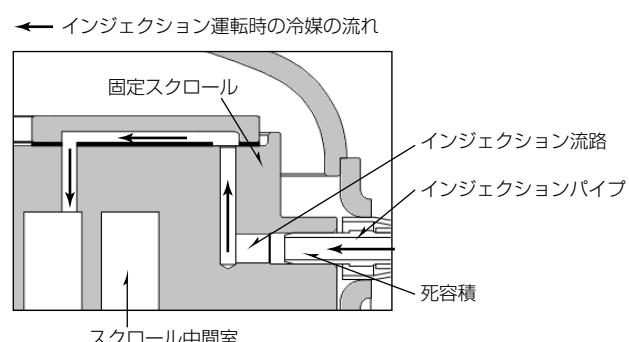


図9. 従来のインジェクション構造

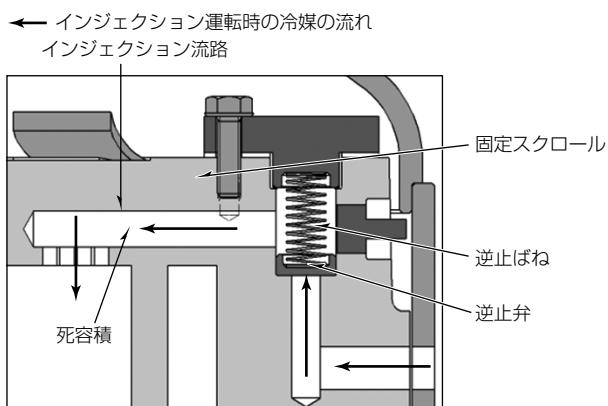


図10. インジェクション逆止弁構造

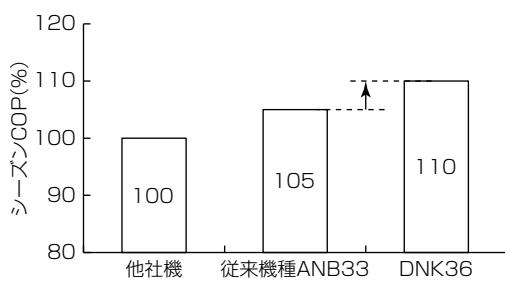


図11. シーズンCOP

スクロール内の中間室に冷媒を注入する構造となっている。

従来のインジェクション構造ではインジェクションを使用していない場合、図9に示すように固定スクロールに設けられたインジェクション流路と圧縮機とユニットとを連結している配管の容積が死容積となっており、性能を悪化

させている要因の1つであった。

DNK36ではこの死容積を最小限まで低減させることで性能改善させるために、図10に示すように固定スクロールのインジェクション流路内に逆止弁を設けた。

インジェクション未使用時には逆止弁によって、固定スクロール内でインジェクション回路を分離させることができるので、死容積を最小にすることを可能にした。また、インジェクション使用時には冷媒の流れによって逆止弁がスムーズに開き、中間室内へ冷媒を注入する。

図11に示すようにDNK36にインジェクションの逆止弁を導入することで、DNK36は他社機に比べて10%、ANB33に比べて5%高いシーズンCOP(Coefficient Of Performance)を達成し、業界トップ性能を実現することを可能にした。

## 5. む す び

同能力帯業界最小径・高効率となるインジェクションスクロール圧縮機DNK36の開発で、次の2つの大きな課題があった。

- (1) スクロールの強度と軸受油膜厚さの確保
- (2) 圧縮機の高効率化

課題(1)に対し、スクロール材料のFCD鉄(ダクタイル鉄)化及び製造技術開発によってスクロール強度を確保した。また高動粘度油への変更によって軸受油膜厚さを確保した。

課題(2)に対し、インジェクションの逆止弁導入といった新技術を用いて業界トップ性能を達成した。

# パッケージエアコン向け 扁平管熱交換器

中村 伸\* 加藤央平\*\*\*  
東井上真哉\*\* 丹田 翼\*\*\*  
石橋 晃\*\*

Flat-Tube Heat Exchanger for Packaged Air Conditioner

Shin Nakamura, Shinya Higashiiue, Akira Ishibashi, Yohei Kato, Tsubasa Tanda

## 要旨

店舗・事務所用の空調機は、省エネルギー性の向上が求められる中、室外機のサイズは大型化する傾向にある。一方、リプレースの需要が高く、以前の普及タイプと同等のサイズが求められており、省エネルギーとコンパクト化の両立がトレンドとなっている。そこで三菱電機は、省エネルギー性を維持しつつ、従来機に比べて高さを332mm、質量を21kg削減した新型室外機“スリムERコンパクトタイプ”を開発した。この仕様を実現するためのキーデバイスである熱交換器に関する搭載技術は次のとおりである。

### (1) 伝熱管の扁平管化による性能向上

従来熱交換器に対して、同等サイズで熱交換性能を50%向上させることが可能である扁平(へんぺい)管熱交

換器を採用することで、室外機筐体(きょうたい)を小型化しながらも、省エネルギー性の維持を実現した。

### (2) 新型フィンパターン

扁平管は、水平部を持つ形状の影響で暖房運転時の凝縮水の滞留による性能低下が課題であったが、凝縮水をすみやかに排出するための新形状を開発し、暖房運転時の性能確保を実現した。

### (3) 高性能積層型分配器

伝熱管内の流路損失低減のため、冷媒の多分岐が必要である。そこで複数の流路板を重ね合わせて構成する新型の分配器を開発することで、従来機と同等の分配性能でかつコンパクトな分配器を実現した。

	従来機		新型室外機(スリムERコンパクトタイプ)	
	円管熱交換器	扁平管熱交換器		
サイズ(mm)	1,350 950 330		1,018 950 330	
質量(kg)	90		69	
性能	APF2015 <sup>(注1)</sup> : 6.1 暖房低温能力 <sup>(注2)</sup> : 12.5 kW		従来機と同等	

(注1) APFは、JIS B 8616(2015)(パッケージエアコンディショナ)に規定する通年エネルギー消費効率。  
APF2015値は、JRA4002:2013Rに準拠した値。

(注2) JIS条件(室内20℃、室外2℃)での能力。JIS B 8615-1(2013)。

APF : Annual Performance Factor

## 店舗・事務所用パッケージエアコン向け新旧室外機の仕様比較

新型室外機スリムERコンパクトタイプ“PUZ-ERMP112LA3”は、熱交換器を従来の円管熱交換器に対し、高性能な扁平管熱交換器を採用することで、省エネルギー性能の指標であるAPF及び低外気での暖房性能指標である暖房低温能力を従来機と同等に維持しつつ、筐体の高さ及び質量を削減した。

## 1. まえがき

環境配慮や節電意識の高まりによって、空調機に省エネルギー性の向上が求められる中、熱交換効率を向上させるため、室外機のサイズが大型化する傾向にある。一方で国内の店舗・事務所用の空調機ではリプレースが主流であり、作業性及び施工性に優れたコンパクトな空調機が求められている。また、フロン排出抑制法の施行によって、温暖化係数の低い冷媒への切替えや冷媒量の削減も急務となっている。このような背景のもと、当社ではアルミ扁平管と新型分配器を用いた高性能熱交換器を開発し、2017年1月発売の新型室外機へ搭載した。これによって、従来のプロペラファンを2台搭載した高さの高い2ファン搭載機から、省エネルギー性を維持したまま高さと質量を削減し、小型かつ軽量の1ファン搭載機を実現した。

本稿では、その製品の特長と熱交換器での導入技術について述べる。

## 2. スリムERコンパクトタイプ

表1に今回開発した新型室外機スリムERコンパクトタイプ<sup>(1)</sup>の仕様を示す。従来機に比べて高さを332mm、質量を21kg削減しており、小型化しつつも、APFと暖房低温能力は従来機と同等を実現した(図1)。

## 3. 热交換器の高性能・小型化技術

### 3.1 伝熱管の扁平管化による性能向上

スリムERコンパクトタイプは、室外機筐体の高さを従来よりも小さくするため、室外機に搭載した熱交換器の前面面積を同様に小さくする必要があった。そこで、この機種には伝熱管にアルミ扁平管を採用した。図2に新旧熱交換器の外観と伝熱管断面図を示す。伝熱管を扁平形状にすることで、次の理由で性能が改善される。

#### (1) 冷媒と伝熱管の接触長さの増加

扁平管の内部は、内柱によって区分け(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3.5倍となり、管内の熱伝達率を改善できる。

#### (2) 伝熱管とフィンの接触長さの増加

1断面あたりの扁平管の外周長さは、円管に比べて約60%増加する。さらに、扁平化のため通風抵抗が小さく、伝熱管及びフィンを円管熱交換器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、ロウ付け接続によってフィンと伝熱管を溶着させるため、熱抵抗が小さくなる。

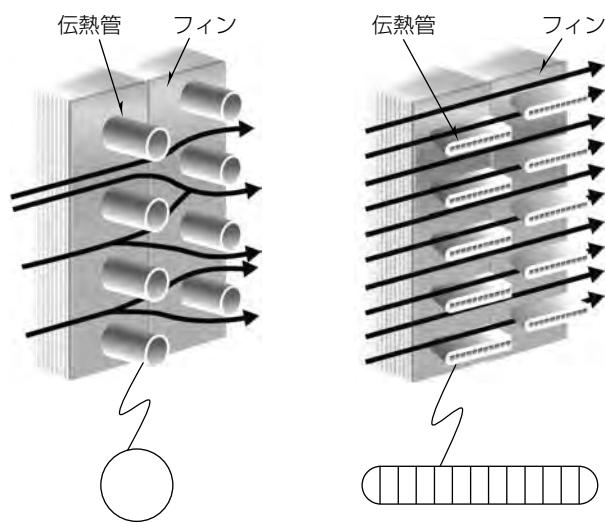
これらの特徴を持つ扁平管熱交換器を採用することで、同一サイズで従来に比べ、熱交換性能が約50%向上した。

表1. スリムERコンパクトタイプの仕様

	11.2kWクラス	従来機	スリムERコンパクトタイプ
サイズ (mm)	高さ	1,350	1,018
	幅	950	950
	奥行き	330	330
質量(kg)		90	69
	性能	APF2015	6.1
性能	暖房低温能力(kW)	12.5	12.5



図1. スリムERコンパクトタイプの外観と内部構成



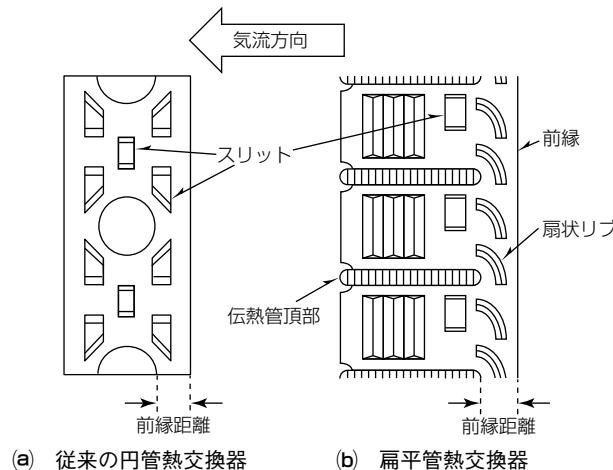
(a) 従来の円管熱交換器 (b) 扁平管熱交換器

図2. 新旧熱交換器の外観と伝熱管断面図

これによって製品の高さを削減しても省エネルギー性の維持が可能になる。

### 3.2 新型フィンパターン

暖房運転で室外機に搭載した熱交換器には、空気中の水分を除湿するため凝縮水が発生する。特に扁平管熱交換器では、表面張力等の影響で伝熱管の上下の水平面に水が滞留しやすく、空気流動の妨げとなるため、水はけ性の改善が必要である。また、外気が氷点下付近の低温条件では、熱交換器に霜が発生して空気流動の妨げとなる。特に扁平管熱交換器では伝熱管とフィンを高密度実装しているため、

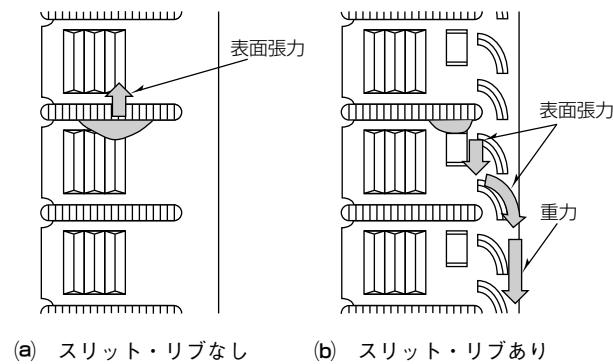


(a) 従来の円管熱交換器 (b) 扁平管熱交換器

図3. 新旧フィンパターンの比較



図5. 積層型分配器



(a) スリット・リブなし

(b) スリット・リブあり

図4. 新型フィンの排水促進機構

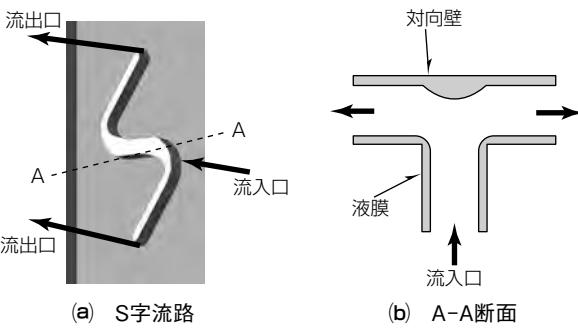


図6. 積層型分配器内のS字流路

着霜時の目詰まり性の改善が必要である。そこで、扁平管熱交換器での水はけ性及び着霜時の目詰まり性の改善のため、新型のフィンパターンを開発した。

図3に従来フィンパターンとの比較を示す。着霜が集中しやすい伝熱管の頂部から気流方向の風上前縁までの長さ(前縁距離)を従来の円管熱交換器と同程度に確保し、伝熱性能向上させる一方で着霜によって風路閉塞の要因となりやすいスリット(切り起こし)領域を低減させることで霜の目詰まり性を抑制した。図4に新型フィンパターンでの凝縮水の排水イメージを示す。新型フィンでは、スリットを伝熱管の下部でかつ凝縮水の排水路となる伝熱管の頂部近傍に設置することで、伝熱管の上部から回り込んできた凝縮水を狭小部への表面張力によって、すみやかにスリットに引き込んで下方へ排出する。また伝熱管を避けるような扇状のリブを設置し、凹部へ表面張力によって引き込むことで風上前縁部へ導水させ、水はけ性を確保した。

### 3.3 高性能積層型分配器

扁平管熱交換器は、従来の円管熱交換器、例えば外径7.94mmと比べて水力相当直径が約1mmとなるため、管内を流れる冷媒の圧力損失が増大することが課題になる。圧力損失を軽減するためには、熱交換器の流路(以下“パス”という。)を増加し、1パス当たりに流れる冷媒流量を

減らす必要がある。そこで、扁平管熱交換器の多パス化に対応するために新型の積層型分配器を開発した。

図5に積層型分配器の外観を示す。積層型分配器の内部は図6に示すようなS字流路を複数個備える構成になっている。S字流路では、S字流路の中心部に流入した冷媒が対向壁に衝突して左右に2分岐し、その後、流路の上下端部に向かって流れる。このS字流路を流れ方向に沿って複数回通過させることで多分岐の分配器を実現した。この積層型分配器を、扁平管熱交換器に複数個取り付けることで熱交換器の多パス化を実現し、圧力損失の増加を抑制した。

## 4. むすび

店舗・事務所用の空調機として広く普及しているパッケージエアコンで、従来機に対して省エネルギー性を維持しつつ、小型・軽量化するための熱交換器技術について述べた。今後も空調機の更なる省エネルギー性向上、コンパクト化を目指し、熱交換器の高性能化開発を継続していく。

## 参考文献

- (1) 丹田 翼, ほか: 新型パッケージエアコン『スリムERコンパクトタイプ』の開発, 第51回空気調和・冷凍連合講演会講演論文集, 8 (2017)

# エコキュート向けガスクラーの高性能化

畠中謙作\*  
高山啓輔\*

Performance Improvement of Heat Exchanger for EcoCute

Kensaku Hatanaka, Keisuke Takayama

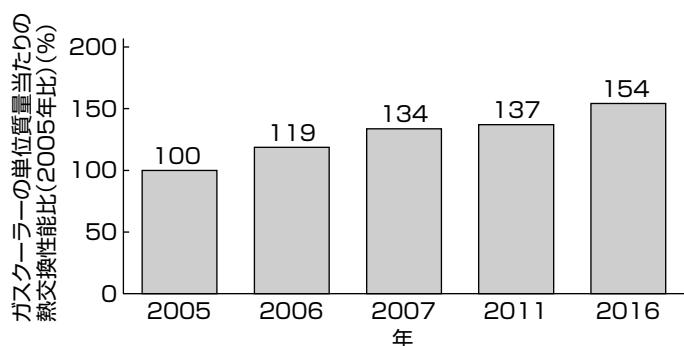
## 要旨

再生可能エネルギーである大気熱を利用してお湯をわかす自然冷媒CO<sub>2</sub>ヒートポンプ給湯機“エコキュート”は、2001年に製品化され、2016年3月末時点で国内累計出荷台数が500万台を突破した。また、2013年3月1日施行の省エネ法のトップランナー基準によって、メーカーにはエネルギー消費効率の優れたエコキュートの開発が求められている。

これに対して三菱電機は、高効率なエコキュートを実現する手段として、ヒートポンプユニット内の水冷媒熱交換器であるガスクラーの高性能化を継続検討してきた。エコキュートのヒートポンプユニット内では、圧縮機で高温にした冷媒がガスクラーで水に熱を与える、高温のお湯

を生成する。エコキュートの消費電力量に対し、生成する湯量が大きいほどエコキュートの省エネルギー性は高くなる。そのため、ガスクラーの高性能化はエコキュートの省エネルギー性に大きく寄与する。そこで、ガスクラーの高性能化を目的とし、設計パラメータに対する傾向を分析した。分析結果を基に2016年度モデルでは新形態の4条ガスクラーを導入し、約0.7%の省エネルギー性(年間給湯保温効率)改善を実現した。今後もエコキュートの省エネルギー性向上による家庭のエネルギー消費量の低減を目指し、ガスクラーの高性能化開発を継続していく。

(注1) エコキュートは、関西電力(株)の登録商標であり、電力会社やメーカーが自然冷媒CO<sub>2</sub>ヒートポンプ式給湯機の愛称として使用している。



ガスクラー



## エコキュート向けガスクラーの熱交換性能比

エコキュートのヒートポンプユニットは、冷媒で水を加熱するための熱交換器であるガスクラーを内蔵している。エコキュートのエネルギー消費効率の増大には、ガスクラーの高性能化が必須である。当社エコキュートの発売開始から2016年度発売の最新モデルにいたるまでに、ガスクラーの仕様は大きく分けて4回変更し、仕様変更ごとにガスクラーの単位質量当たりの熱交換性能を向上させてきた。

## 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わかす自然冷媒CO<sub>2</sub>ヒートポンプ給湯機“エコキュート”は、2001年に製品化され、2016年3月末時点で国内累計出荷台数が500万台を突破した。これによって、家庭のエネルギー消費量の約3割を占めるといわれる“給湯”的エネルギー消費量の低減に、エコキュートは貢献している。

2013年3月1日施行の省エネ法ではトップランナー基準によって、年間給湯保温効率(単位消費電力量当たりの給湯熱量及び保温熱量)<sup>(1)</sup>という指標で省エネルギー性が評価されており、メーカーはエネルギー消費効率の優れたエコキュートの開発を求められている。

これに対し当社は、エネルギー消費効率の高い製品を実現する手段として、ヒートポンプユニット内の水冷媒熱交換器であるガスクーラーの高性能化開発を継続してきた。本稿ではガスクーラー高性能化の検討内容について述べる。

## 2. エコキュートの構成とガスクーラー

### 2.1 エコキュートの構成

エコキュートの基本的な構成と機能を図1に示す。エコキュートは65~90°Cのお湯をわかすヒートポンプユニット

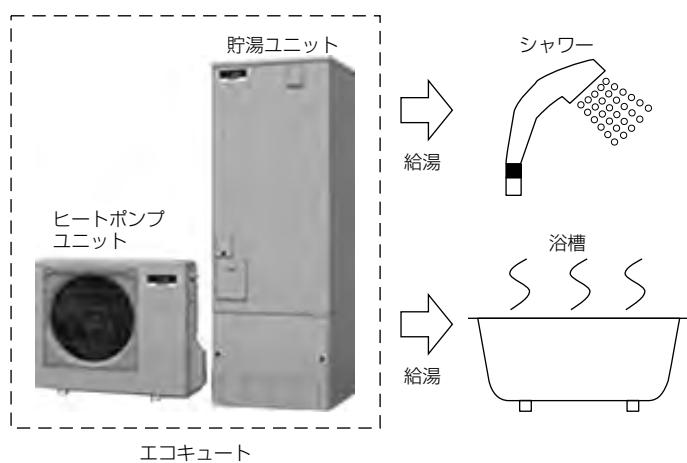


図1. エコキュートの構成と機能

と、わかしたお湯をためるタンクを含む貯湯ユニットから構成される。電力需要の比較的少ない夜間に、給湯負荷を満たすお湯をわかし、タンクに貯湯する。シャワーや浴槽でお湯を利用する際には、夜間にわかしたお湯と水道水とを混合して、給湯設定温度(例えば40°C)で給湯する。

2.2節では“お湯をわかす”というエコキュートの基本的機能に対するヒートポンプユニットの機能について、2.3節ではヒートポンプユニットに搭載されているガスクーラーの構成について述べる。

### 2.2 ヒートポンプユニットの機能

エコキュートのヒートポンプユニット内では、大気熱と圧縮機で高温にした冷媒がガスクーラーで水に熱を与え、お湯をわかす(図2)。エコキュートでは、タンク内の例えば9°Cの水を90°Cに高温度差でわかし、再度タンクに戻す。

この運転特性によってガスクーラー内の水流量は小さく、冷媒から水に熱が伝わりにくい特性を持つ。一方で、単位時間当たりにガスクーラーに流入する冷媒に対して、生成する湯量が多いほど、エコキュートの省エネルギー性は高くなる。このエコキュートの加熱方法と高性能化のため、ヒートポンプユニットには全体の約9%の質量を占めるほどの大きさのガスクーラーが搭載されており、エコキュートの省エネルギー性に大きく寄与している。

### 2.3 ガスクーラーの構成

当社ガスクーラーの外観と断面図を図3に示す。ガスクーラーは、水管であるスパイラル管に3本の冷媒管をはんだによって接合した形状の水冷媒熱交換器である。この形状によって、スパイラル管の溝と冷媒管との接触面積が大きくなるため、単位質量当たりの熱交換能力が高くなるというメリットがある。

スパイラル管の設計パラメータは、スパイラル管の条数N、径方向で流路が最も狭くなる部分で形成される円の内径 $d_i$ 、最も寸法が大きい部分と内径との差を山と定義して長手方向断面の山と山の間隔であるピッチ $p$ である。3章ではこれらパラメータの中で特徴的な条数Nに対する熱交

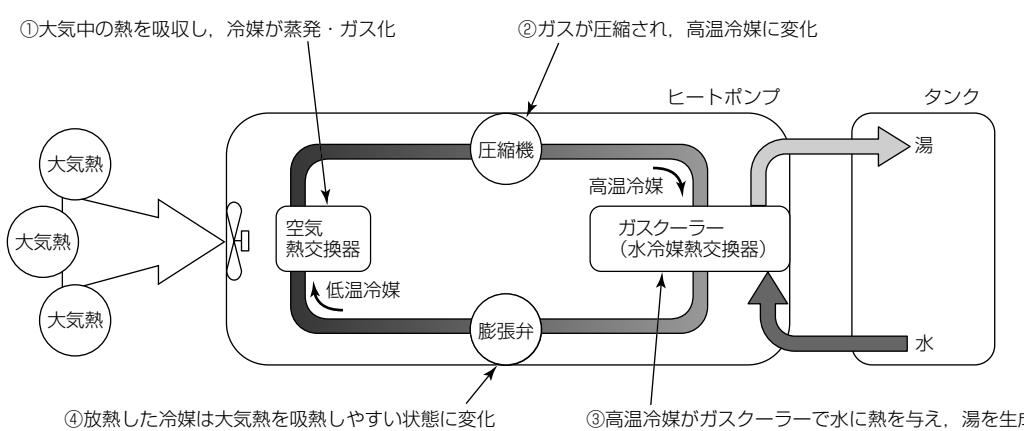


図2. ヒートポンプユニット内の冷媒動作図

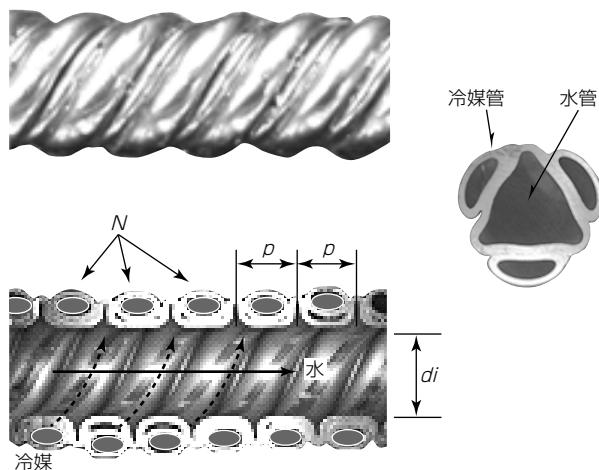


図3. ガスクーラーの外観と断面図

換器性能の傾向を示し、当社最新のエコキュート“B2モデル（2016年度発売）”のガスクーラーのスパイラル管を4条にした経緯を述べる。

### 3. ガスクーラーの高性能化

#### 3.1 ガスクーラーの性能の変遷

図4にガスクーラーの単位質量当たりの熱交換性能比を示す。発売開始から2016年度発売の最新モデルにいたるまでに、ガスクーラーの仕様を大きく分けて4回変更し、仕様変更ごとにガスクーラーの単位質量当たりの熱交換性能を向上させてきた。最新モデルでは、2005年度仕様に対して+54%の高性能化を実現し、ヒートポンプユニットの質量増加を抑制しつつ、省エネルギー性の改善に大きく寄与した。

#### 3.2 高性能化の考え方

熱交換器であるガスクーラーの熱交換性能は、伝熱面積と熱伝達率の積に依存する。

伝熱面積とは、水管であるスパイラル管と3本の冷媒管が接觸し、熱交換する部分であり、伝熱面積が大きいほどガスクーラーの熱交換性能は高くなる。当社ガスクーラーのスパイラル管では、冷媒管との接觸部である伝熱面積を大きくとれる溝形状ほど高性能となる（図5）。

熱伝達率とは、スパイラル管内を流れる水や冷媒管内を流れる冷媒の熱の伝わりやすさを表し、熱伝達率が高いほど熱交換性能は高くなる。そして、熱伝達率は、管内流体である水や冷媒の流速が速いほど大きくなる。図6に、スパイラル管内の流速分布を示す。スパイラル管内の流速は、中心部が速く、溝部が遅い傾向にある。よって、高性能化には、溝部の流速を速くする形状が有効である。

#### 3.3 スパイラル管の条数に対する特性

図7にスパイラル管の条数と水流通方向に垂直な断面の流路形状を示す。スパイラル管の条数と断面の多角形の頂点数は一致する。また、管内の流速を一定値以下とし、ス

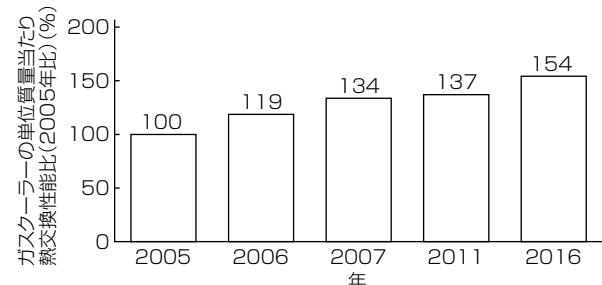


図4. ガスクーラーの性能の変遷

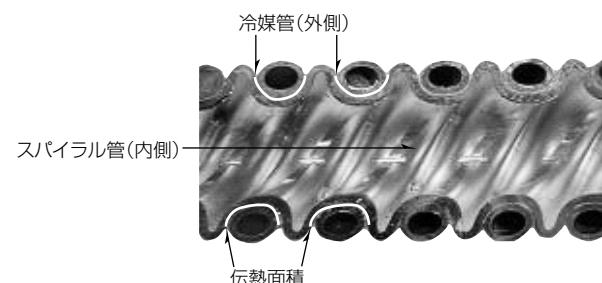


図5. ガスクーラーの冷媒管・スパイラル管・伝熱面積

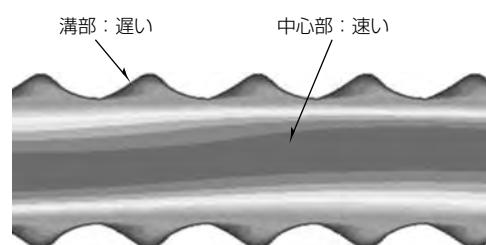


図6. スパイラル管内の流速分布

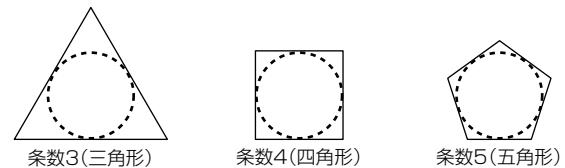


図7. 条数に対するガスクーラーの断面形状

パイラル管の腐食を抑制するため、所定の内径に外接する多角形とする必要がある。

図8に、スパイラル管の条数に対する伝熱面積比を示す。条数の増加にしたがい、伝熱面積は減少傾向にある。この要因は、図7で示したように、条数の増加にしたがい、流路形状の断面は内接する円形に近づき、断面の周長が短くなるためである。よって、伝熱面積の点では、3条のガスクーラーが高性能化に有利である。

図9に、スパイラル管の条数に対する熱伝達率比を示す。条数の増加にしたがい、熱伝達率は増加傾向にある。この要因は、図7で示したように、条数の増加にしたがい、溝部を形成する流路形状の頂角は大きくなり、溝部の流速が増加するためと考えられる。よって、熱伝達率では、条数の多いガスクーラーが高性能化に有利となる。

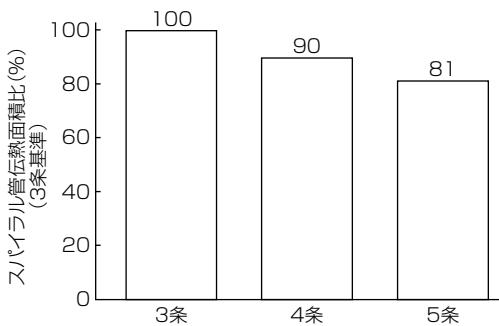


図8. スパイラル管の条数に対する伝熱面積比

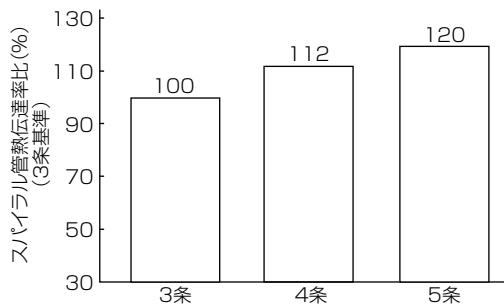


図9. スパイラル管の条数に対する熱伝達率比

### 3.4 ガスクラーの仕様決定

先に述べた条数に対するスパイラル管の特性を考慮し、2016年度発売の最新モデルでは、スパイラル管を3条から熱交換性能が最大となる4条に変更した。

図10に4条ガスクラーの外観模式図を示す。従来の加工方法とは異なる転造加工技術を開発することで、従来

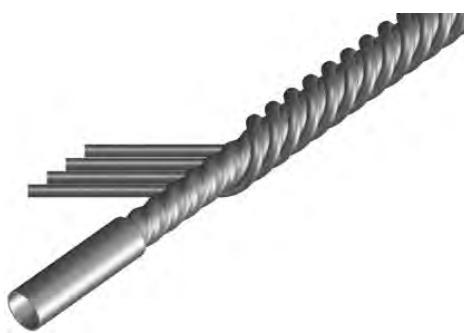


図10. 4条ガスクラーの外観模式図

不可能であったスパイラル管の4条化を実現できた。4条化と同時に冷媒配管径などの他の設計パラメータを最適化することで、ガスクラーの熱交換性能は向上し、年間給湯保温効率を約0.7%改善することに成功した。

### 4. むすび

エコキュート向けガスクラーの高性能化を目的に、各種パラメータに対する特性を分析した。分析結果を基に、2016年度モデルでは新形態の4条ガスクラーを導入し、年間給湯保温効率を約0.7%改善した。今後もエコキュートの省エネルギー性向上を目指し、ガスクラーの高性能化開発を継続していく。

### 参考文献

- (1) 日本工業規格, JIS C 9220 : 2011, 家庭用ヒートポンプ給湯機

# 三菱サイクロンクリーナーの “風神サイクロンテクノロジー”的進化

陸 茉莉花\*

*Evolution of "Fujin Cyclone Technology" for Mitsubishi Cyclone Cleaner*

Marika Riku

**要旨**

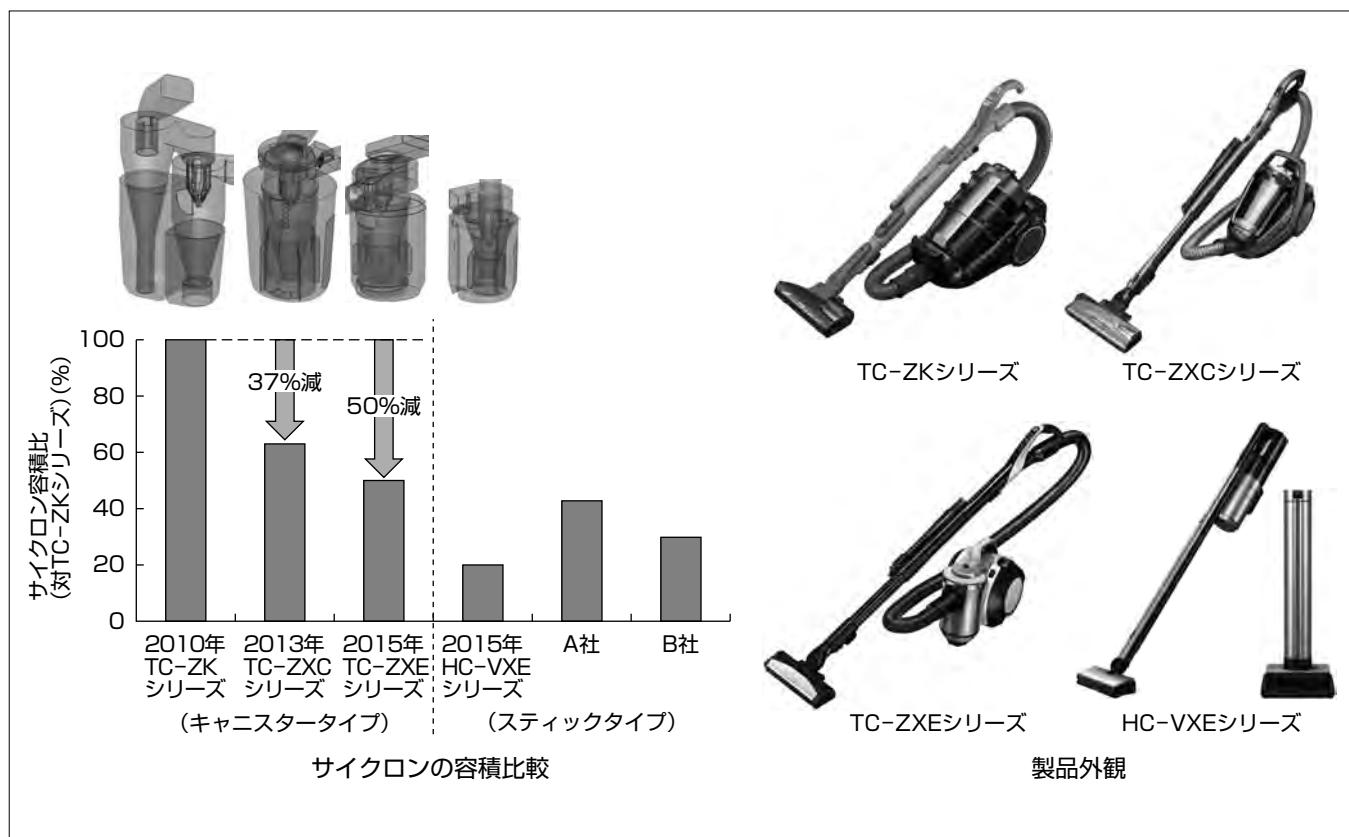
サイクロンクリーナーでは、“吸引力が続く”“排気がキレイ”“メンテナンスがらく”が上位3つのニーズである(三菱電機調べ)。これらのニーズに対応し、2つの旋回室を用いて遠心力を2段階で高めることで、ごみを99.9%分離する独自の本格サイクロン技術“風神サイクロンテクノロジー”を開発し、2010年に三菱サイクロンクリーナー“風神”的“TC-ZKシリーズ”として発売した。

さらに、近年の小世帯化や高齢化等の社会変化に伴う小型・軽量化のニーズに合わせ、2013年発売の“TC-ZXCシリーズ”では、1つの旋回室で強力な遠心力を生み出す“ハイパーエアロアクセル”構造を採用し、小型・軽量化を実現した。この構造では、旋回室の外周から追加気流を与えて旋回気流を高速化することで、TC-ZKシリーズと比較

して旋回速度を1.8倍に増大させて同等の分離効率を確保しながら、従来2つあった旋回室を1つにすることによって、集塵(しゅうじん)量を減らすことなく容積を37%低減した。

そして2015年発売の“TC-ZXEシリーズ”では、ごみの溜(た)まり方の偏りを抑制することで集塵室を小型化し、TC-ZXCシリーズと同等の分離効率を確保しながら、容積を更に22%低減した。この技術は、同年発売したコードレススティッククリーナー“HC-VXEシリーズ”にも搭載した。

また、旋回気流の高速化によって気流音が増大する課題に対し、0次入り口(繊維ごみ集塵室の入り口)にシェブロン構造、旋回室の入り口及び出口にセレーション構造を採用することで、気流の剥離を抑制して運転音の低減を実現した。

**風神サイクロンテクノロジーを適用したクリーナーのサイクロンの容積比較と製品外観**

左は、風神サイクロンテクノロジーを適用したクリーナーのサイクロン部の容積を比較している。スティックタイプについては、高分離効率を訴求するA社、B社との比較も示している。右は製品外観を示しており、左上が2010年9月に発売したTC-ZKシリーズ、右上が2013年3月に発売したTC-ZXCシリーズ、左下が2015年9月に発売したTC-ZXEシリーズ、右下が2015年3月に発売したHC-VXEシリーズである。

## 1. まえがき

サイクロンクリーナーでは、"吸引力が続く" "排気がキレイ" "メンテナンスがらく"が上位3つのニーズである(当社調べ)。これらのニーズに対応し、2つの旋回室を用いて遠心力を2段階で高めることで、微細なごみまで高効率に分離し、ごみを99.9%分離できる当社独自の本格サイクロン技術である風神サイクロンテクノロジーを開発した。また、繊維ごみが多い日本の家庭ごみに合わせ、繊維ごみ用の集塵室を設けることによって、繊維ごみが風で巻き上げられてたたき出される臭(にお)い成分の発生を抑制し、排気臭を低減した。これらの技術は、2010年発売の風神TC-ZKシリーズに搭載した。

さらに、小型・軽量化のニーズに合わせ、1つの旋回室で強力な遠心力を生み出して高分離効率を確保しながら、小型・軽量化を実現するハイパーエアロアクセル構造を開発し、2013年発売のTC-ZXCシリーズに搭載した。

2015年には、集塵室のごみの溜まり方の偏りを改善することで、更なる小型・軽量化を実現し、TC-ZXEシリーズとして発売した。この技術は、同年発売したコードレススティッククリーナーHC-VXEシリーズにも搭載した。

本稿では、当社独自の高分離効率サイクロンと、分離効率を維持しながら小型・軽量化を実現した技術の進化について述べる。

## 2. 当社サイクロン構造の特徴

### 2.1 一般的なサイクロンの基本原理

一般的なサイクロンは、旋回気流を生成することでごみに遠心力を与えて空気から分離する旋回室と、分離されたごみを捕捉する集塵室からなる(図1)。旋回室の上部は円筒部で構成され、その接線方向に含塵空気(ごみを含む空気)を導入するように流入管を接続することで、旋回気流を生成する。旋回室の下部には、径を縮小することで旋回速度を増加させる円錐(えんすい)部を備える。ごみを分離して清浄化した空気(上昇気流)は、旋回室と同軸上に設置される筒状の排出管を通して、サイクロン外部に排出される。

図1に示すような一般的なサイクロンで分離できるごみの最小径( $D_{pc}$ )は、次の式で示される<sup>(1)</sup>。

$$D_{pc} = \sqrt{\frac{18\mu v_r}{\rho_p} \cdot \frac{r}{v_t^2}} \quad \dots \dots \dots (1)$$

$\rho_p$  : 粒子の密度

$\mu$  : 空気の密度

$v_t$  : 粒子の周速度(旋回速度)

$v_r$  : 粒子の半径方向速度

$r$  : 粒子の位置(旋回室の中心軸からの距離)

式(1)から、粒径の小さいごみを分離するには、旋回速度を高める必要があることが分かる。

### 2.2 一般的なサイクロン構造の課題

クリーナーによって吸引するごみは、繊維から砂まで多種多様である。図2及び図3に示すように、日本の家庭ごみは、土足文化である欧米の家庭ごみと比べて繊維ごみの割合が多いことが判明している。

日本の家庭に多い繊維ごみは、体積が大きく密度が低いため、風の影響を受けやすく、集塵室に流入した気流に巻き上げられて旋回室に再飛散し、旋回室や排出管を詰ませて吸引力を低下させる課題がある。また、巻き上げられることで繊維内部から臭い成分がたたき出され、排気臭が発生するという課題もある。これらの課題を解決するためには、繊維ごみが溜まる集塵室の底部と、気流が流入する集塵室の入り口との距離を長くとり、集塵室底部に溜まったごみへの気流の影響を抑えて、ごみの巻き上げを抑制する必要がある。しかし、一般的なサイクロン構造では、旋回室の下方に全てのごみを溜める集塵室が設置されているため、集塵室の高さを増大させるとサイクロンの全長が長くなってしまい、クリーナーとしての使い勝手を大きく低下させてしまう。

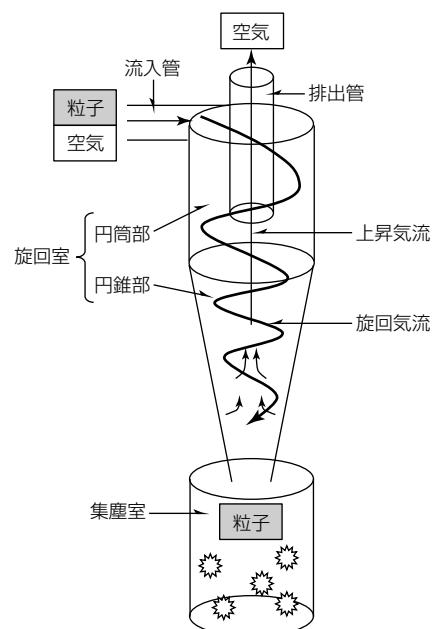
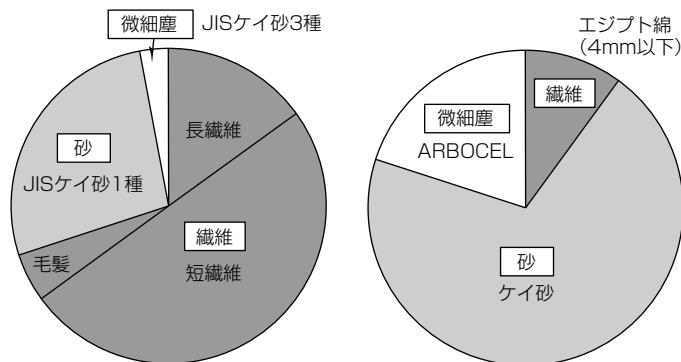


図1. 一般的なサイクロンの構造



JEMA : 一般社団法人 日本電機工業会

図2. 日本の家庭ごみの内訳 (JEMAの基準ごみ)

ARBOCEL : 粉末セルロース  
IEC : International Electrotechnical Commission

図3. 欧米の家庭ごみの内訳 (IECの基準ごみ)

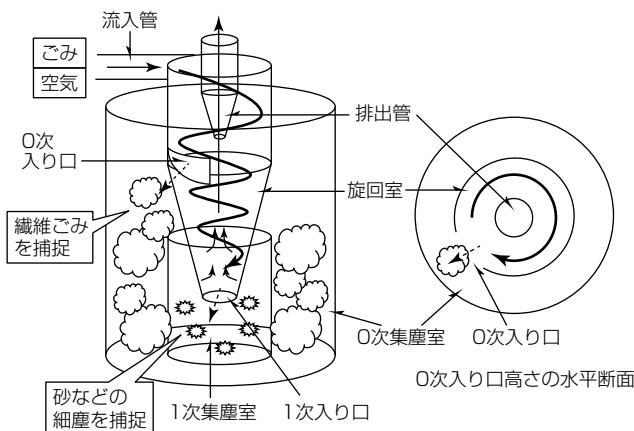


図4. 当社サイクロンの基本構造

### 2.3 当社サイクロン構造の特徴

当社独自のサイクロン構造は、流入管から流入するごみに遠心力を与えて空気から分離する旋回室と、分離されたごみを大きさと質量で分別して捕捉する複数の集塵室と、ごみを分離して清浄化した空気を排出する排出管で構成される。ごみが旋回室に流入すると、はじめに大きな繊維ごみは、旋回室上部の側壁に設けた連通口（0次入り口）を介して、旋回室の側方に設置した0次集塵室に遠心力で飛ばされ捕捉される。その後、砂などの細塵が遠心分離され、旋回室の下部に配置した1次集塵室に捕捉される（図4）。これによって、0次集塵室への旋回気流の流入を抑制し、課題であった旋回室への再飛散、排気臭の発生を抑制することができる。

## 3. サイクロン技術の進化

### 3.1 2旋回室構造

2010年発売のTC-ZKシリーズに搭載した初期の風神サイクロン構造を図5に示す。この構造では、砂よりも小さい微細塵を分離するため、1次旋回室の下流側に、1次旋回室より旋回速度の高い2次旋回室を設けることで、高い分離効率を実現した。

また、2次旋回室では、高速の旋回気流による騒音が課題となるため、図5に示すように、2次旋回室を0次集塵室で内包するように設置して2重構造とすることで、2次旋回室の気流音を遮音して騒音を低減した。

### 3.2 1旋回室構造

2013年発売のTC-ZXCシリーズでは、小型・軽量化のため、1つの旋回室で高い分離効率を実現する構造を開発した。

1つの旋回室で分離効率を高めるには、旋回速度を増大させる必要があるが、流入口を小さくして旋回速度を高める方法では、大きなごみが流入口に詰まる課題がある。流入口の面積を変えずに流入風速を高めるには、プロワモータの出力風量を上げる手段もあるが、プロワの大型化や騒音が大きくなる課題がある。

そこで、旋回気流に追加気流を与えて旋回速度を増大させるハイパーエアロアクセル構造を開発した。図6に示す

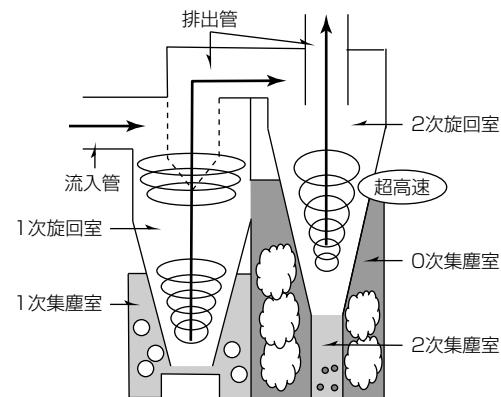


図5. 初期の風神サイクロン構造(2旋回室構造)

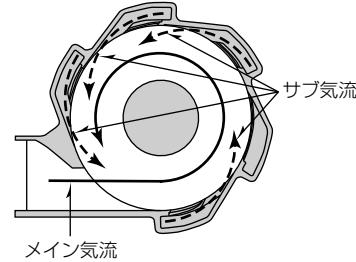


図6. ハイパーエアロアクセル構造(流入管での水平断面)

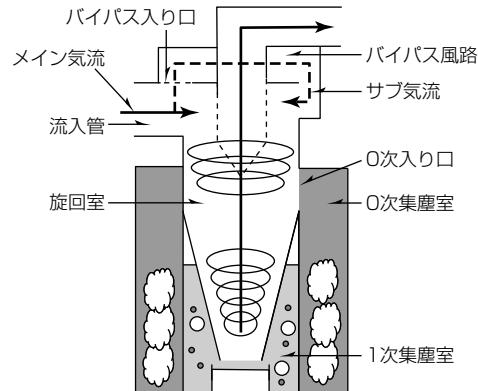


図7. サブ気流の分岐構造

よう、サブ気流を旋回室の外周側に導入し、メイン気流を加速するように合流させる。サブ気流は、図7に示すように、メイン気流から分岐したバイパス風路を通して、旋回室の外周側に導入される。これによって、流入口を小さくすることなく、旋回速度を増大させることができます。図8に示すように、従来のTC-ZKシリーズの2つの旋回室の旋回速度がそれぞれ48m/s（右：1次旋回室）と68m/s（左：2次旋回室）であったのに対し、TC-ZXCシリーズでは90m/sに向上了。これによって、TC-ZKシリーズと比較して、同等の分離効率を維持しつつ、従来2つあった旋回室を1つにすることで、容積を37%低減した。

旋回気流の高速化に伴う騒音の課題に対しては、図9に示すように、0次入り口にシェプロン構造、旋回室の入り口と出口にセレーション構造を採用することで、気流の剥離によって生じる渦を分散させて騒音を低減した。

### 3.3 集塵室の偏心構造と旋回室の上面傾斜構造

2015年発売のTC-ZXEシリーズでは、TC-ZXCシ

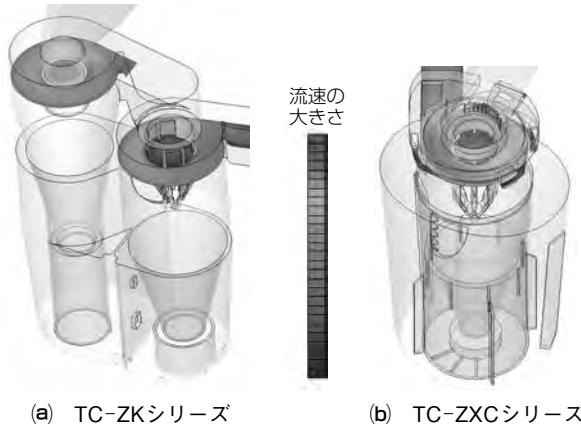


図8. 旋回速度の比較

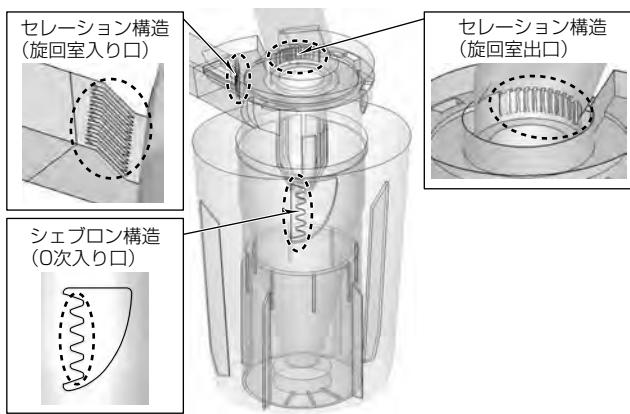


図9. サイクロン気流音の対策

リーズより更に小型・軽量化するため、0次集塵室と旋回室の容積を縮小した。

0次集塵室を縮小する場合、捕捉できるごみ量の減少と、0次集塵室内の風速が増大することによるごみの再飛散が課題となる。図10に示すように、旋回室と0次集塵室の中心をずらして配置し、0次入り口から風が流れる方向の離れた位置に狭小部を設け、この部分をごみが溜まる起点とすることで、0次集塵室内に隙間なく圧縮してごみを溜め、TC-ZXCシリーズと同等のごみ捕捉量を確保した。また、気流によるごみの動きを抑えるごみ捕捉リブを設置することで、溜まったごみが気流によって巻き上げられて旋回室に再飛散することを抑制した。

旋回室の高さを抑えて容積を縮小する場合、旋回室内の気流は排出管からの吸い込み風の影響を受けやすくなり、旋回気流が徐々に中央に寄って遠心力が低下し、分離効率が低下する。図11に示すように、旋回室の上面を傾斜構造にすることで、旋回気流の下向きの流れを強めて、排出管の近くで気流が旋回する時間を短縮した。これによって、排出管からの吸い込み風の影響を抑え、分離効率を改善できた。

これらによって、TC-ZXCシリーズと比較して、分離効率を維持しながら、0次集塵室の容積を30%低減、旋回室の高さを5%低減することで容積を22%低減した。

### 3.4 スティッククリーナー用高効率分離技術

先に述べた小型・軽量化技術は、ごみを99.9%分離でき

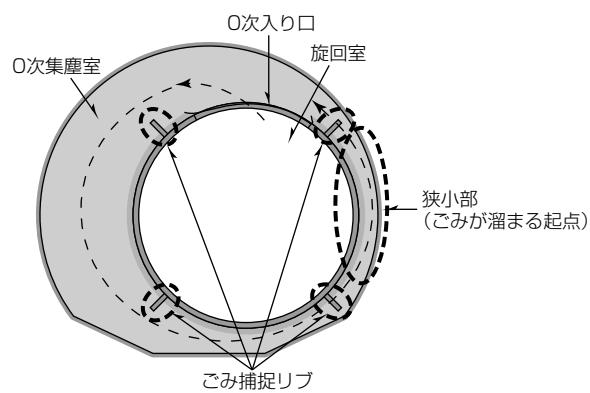


図10. 0次集塵室の偏心構造(0次入り口での水平断面)

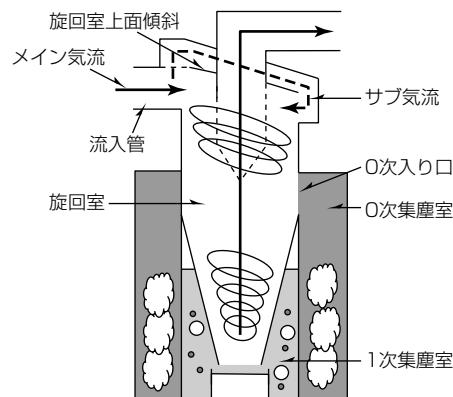


図11. 旋回室の上面傾斜構造

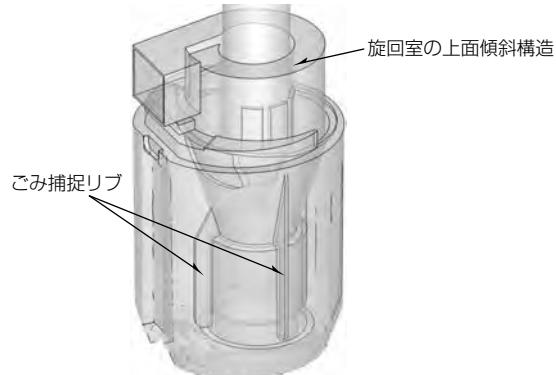


図12. 分離効率向上対策

る本格性能のスティッククリーナーの製品化を実現した。2015年発売のHC-VXEシリーズでは、図12に示すように、3.3節で述べた旋回室の上面傾斜構造と、ごみの再飛散を抑制するごみ捕捉リブを採用した。

## 4. むすび

日本の家庭ごみに適した当社独自の高分離効率サイクロン技術と、高分離効率を維持しながら小型・軽量化を実現した技術について述べた。

## 参考文献

- (1) 三輪茂雄：粉体工学通論，日刊工業新聞社，185～212 (1981)

# 薄型断熱構造“SMART CUBE”を活用した 三菱冷蔵庫“MR-RX46A”

小高 努\*  
井ノ口弘洋\*  
中居 創\*\*

Mitsubishi Refrigerator "MR-RX46A" Using Thin-type Heat Insulation Structure "SMART CUBE"

Tsutomu Odaka, Hiromi Inokuchi, So Nakai

## 要旨

三菱電機ではこれまで“家事をラクに楽しくする冷蔵庫”をコンセプトにユーザーの“困りごと”を解決できる冷蔵庫を提案してきた。国内冷蔵庫市場では6枚ドアのフレンチタイプが主流となっている。401L以上の容量帯では450Lクラスが約40%を占めるボリュームゾーンであり、当社も同クラスに2016年モデルの“MR-R47Z”を投入して性能、デザイン、値ごろ感から好評を得ていたが、2016年5月から2021年に向けた省エネルギー目標値が変更されたことでMR-R47Zの省エネルギー達成率は61%と、大きく未達となり商品価値が低下した。そこで省エネルギーを高め、商品価値を取り戻すための、新たなモデル“MR-RX46A”を開発し、2017年1月に発売した。

MR-RX46Aの基本構造は高い省エネルギー性と大容量

を両立させるため、当社独自技術の薄型断熱構造“SMART CUBE”を採用した。既に“SMART CUBE”搭載のガラス面材機種“MR-WX47A”と共に箱体にする一方、扉は新構造を採用し、高い省エネルギー性と大容量、値ごろ感をベストミックスさせた。さらに当社提案軸である“家事をラクに楽しく”する機能にとことんこだわって利便性も向上させた。

新規設計の扉では、デザインと利便性にもこだわった。鋼板面材で丸みを持たせた形状によって、柔らかい印象を与え、冷蔵室扉には、縦辺、横辺どちらからでも手がかけられるフリーアクセスハンドルを採用し、利便性をデザインで表現した。使用頻度が高いドアポケットも、ポケット取り付け位置の多段階化や、マルチストッパーの搭載など、整理性を高めるアイテムを搭載して利便性を高めた。



**家事をラクに楽しくする  
こだわり機能**

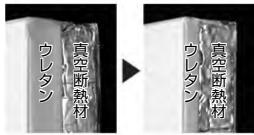


氷点下ストッカード



切れちゃう瞬冷凍

**〈省エネルギー・大容量〉**  
“SMART CUBE”的活用



従来よりも狭いスペースに均一にウレタンを充填する  
独自の技術で、断熱材を薄型化

**〈ハンドル〉**  
フリーアクセス  
(冷蔵扉/引き出し扉)



**〈操作表示部〉**  
シートキー  
アイコン高さ



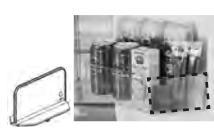
**〈ポケット〉**  
3段調整化



**〈デザイン〉**  
丸みある意匠



**〈整理性〉**  
マルチストッパー



## 三菱冷蔵庫“MR-RX46A”的特長

三菱冷蔵庫MR-R47Zの後継機として開発されたMR-RX46Aは、プレミアム機種同様に“切れちゃう瞬冷凍”をはじめ、“氷点下ストッカード”，“うるおう野菜”，“省エネルギー性能”，“置けるスマート大容量”といった特長を継承しつつ、フリーアクセスハンドルやドアポケット、操作パネルなど利便性の改善や、デザイン性を向上させたモデルとして開発した。

## 1. まえがき

当社では、“家事をラクに楽しくする冷蔵庫”をコンセプトに、ユーザーの“困りごと”を解決できる冷蔵庫を提案し、顧客の好評を得ている。限られたキッチンスペースにも大容量冷蔵庫が置ける“置けるスマート大容量”をはじめ、食材をおいしいまま冷凍し、解凍いららずの時短クッキングが可能な“切れちやう瞬冷凍”，肉や魚を生のまま、おいしく便利に保存できる“氷点下ストッカーD”などの便利機能を提案した。2016年モデルの“WXシリーズ”，“JXシリーズ”，“Bシリーズ”には、朝収穫したばかりの野菜のように、みずみずしく新鮮に保ち、栄養素も増やすことができ“朝どれ野菜室”を搭載し、生鮮食品から冷凍品までをおいしく便利に保存できる冷蔵庫となっている。これらのプレミアムモデルのほかにも、高機能やデザイン性、値ごろ感も兼ね備えたスタンダードモデルの“Rシリーズ”もラインアップに加え、顧客の様々なニーズに応えている。

一方、省エネルギー規制が改正され、2021年の新たな省エネルギー目標に対してRシリーズは大幅未達となり、商品価値が著しく低下した。省エネルギー性能を向上させて魅力ある製品に生まれかわらせるためにRシリーズの後継モデルのMR-RX46Aを開発し市場投入した。

本稿では、MR-RX46Aについて、その開発背景や提案価値について述べる。

## 2. 市場動向

国内市場では、冷凍・冷蔵・野菜・氷等、収納する食品や温度帯ごとに専用の部屋を設け、冷蔵室の扉を左右に開くタイプのフレンチタイプの冷蔵庫が主流になっている。401L以上の大容量フレンチタイプでは、450Lクラスで約40%を占めるボリュームゾーンになっており、各社が注力しているクラスである。当社も同クラスには、3モデルを投入しており、中でも2016年モデルのMR-R47Zは、高機能やデザイン性を備えながら、値ごろ感があることなどから、顧客の好評を得ていた。

一方、省エネルギー性能については2021年の新目標に対してMR-R47Zの省エネルギー達成率は61%と、大きく未達となり、同クラス競機種と比べても見劣りするため、商品価値が著しく低下した(表1)。

## 3. 開発方針

Rシリーズに代わり、高い省エネルギー性能を持つ後継モデルを2017年モデルとして開発して市場投入することにした。開発に当たり、大容量と高い省エネルギー性を両立させるため、プレミアムモデルのWXシリーズで採用している薄型断熱構造“SMART CUBE”(図1)を採用する

ことにした。これは、冷蔵庫の外周や扉をウレタンと高効率な真空断熱材を組み合わせた、最適断熱構造のことであり、当社独自の技術である。“SMART CUBE”で省エネルギー・大容量といった基本性能を向上させるとともに、当社冷蔵庫の提案の軸である家事をラクに楽しくする、“切れちやう瞬冷凍”，“氷点下ストッカーD”も搭載し、利便性も併せて提供できる冷蔵庫を開発することにした。

## 4. 基本構造

プレミアムモデルのMR-WX47Aは“SMART CUBE”を採用しており、幅650mm、奥行き650mmのサイズで大容量470L、省エネルギー達成率102%を実現している。このMR-WX47Aは、冷蔵庫本体と扉の双方に高性能な真空断熱材を搭載し、高い省エネルギー性と大容量とを両立させている。しかし、真空断熱材はウレタン断熱に比べて材料費が高く、真空断熱材を多用すると冷蔵庫の市場供給価格を上昇させてしまうという問題があった。そこで、今回

表1. 当社450Lクラス冷蔵庫の仕様比較表

	MR-R47Z	MR-WX47A	MR-JX47LA
幅(mm)	650	650	650
奥行き(mm)	683	650	699
高さ(mm)	1,821	1,821	1,696
容量(L)	435 <sup>(注1)</sup>	470	470
省エネルギー達成率(%)	61 <sup>(注2)</sup>	102	103
消費電力量(kWh/年)	420 <sup>(注3)</sup>	260	260

(注1) 測定方法改正前は465L

(注2) 省エネルギー規制改正前は230%

(注3) 省エネルギー規制改正前は240kWh/年

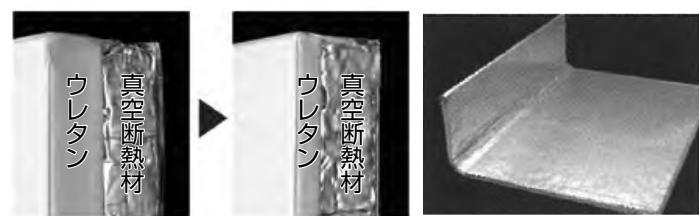
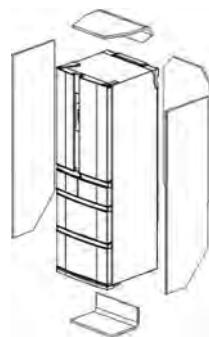


図1. 薄型断熱構造“SMART CUBE”



(a) MR-WX47A



(b) MR-RX46A

図2. 扉用と箱用の真空断熱材の配置

表2. MR-RX46A スペック比較表

	MR-R47Z	MR-WX47A	MR-RX46A
幅(mm)	650	650	650
奥行き(mm)	683	650	675
高さ(mm)	1,821	1,821	1,821
容量(L)	435 <sup>(注1)</sup>	470	461
省エネルギー達成率(%)	61 <sup>(注2)</sup>	102	100
消費電力量(kWh/年)	420 <sup>(注3)</sup>	260	264

(注1) 測定方法改正前は465L

(注2) 省エネルギー規制改正前は230%

(注3) 省エネルギー規制改正前は240kWh/年

開発したMR-RX46Aでは、MR-WX47Aの本体はそのまま利用する一方、扉には真空断熱材を搭載せず、代わりに厚さを増してウレタン断熱厚を増加させた(図2、表2)。真空断熱材を用いた扉と同等性能を持つ扉を新規設計することで、高い省エネルギー性能を確保できる構造とし、大容量・省エネルギー・低コストのベストミックスの冷蔵庫を作り上げた。

## 5. デザイン

新規設計の扉では、デザインにもこだわった。1つ目はドアハンドルである。冷蔵室の扉は、表面の面材を大きく曲げて見た目のアクセントにもなる、縦辺の手かけを形成するとともに、扉の下側の横辺にも手かけ形状を設置した。縦、横、コーナーのいずれからも扉を開けられるフリーアクセスハンドル(図3)を採用し、デザインで利便性を表現した。

2つ目は扉の形状で、鋼板面材の形状加工の自由度の高さを生かし、前後方向に丸みを持たせ、柔らかい印象にするとともに、WXシリーズのガラス面材のフラット性との差別化も図った(図4)。ハンドルの床面をなだらかなラウンドでつなぐことでハンドルの清掃性を向上させた。

3つ目は、操作表示部である。MR-RX46Aでは、扉のウレタン断熱厚を増して省エネルギー性能を確保したため、扉の奥行き寸法が大きくなる。この奥行き方向の空間を有效地に活用し、冷蔵室のハンドル樹脂部に操作表示部を埋め込むことで、操作表示部とハンドルを一体化し、操作表示部の主張を抑えて冷蔵庫の全体の造形に溶け込むデザインとした(図5)。操作表示部の表面は、シートタイプのボタンにすることでスリットや凹凸を抑え、表面をすっきりと見せるとともに清掃性にも配慮した。

## 6. 利便性

### 6.1 フリーアクセスハンドル

冷蔵室の扉には、縦、横、コーナーのいずれからも手をかけて扉を開けられるフリーアクセスハンドルを採用した。このフリーアクセスハンドルは、当社製3ドア・2ドアの冷蔵庫でも採用して好評を得ている当社独自の技術である。今回開発したMR-RX46Aでは扉の数が6枚に増えたが、冷蔵室扉のほかの、製氷室、瞬冷凍室、冷凍室の引き出し式扉でも、フリーアクセスハンドルを展開した。扉上部に



図3. 冷蔵室扉のフリーアクセスハンドル



図4. 丸みを持たせた扉形状



図5. ハンドル埋め込み式の操作表示部

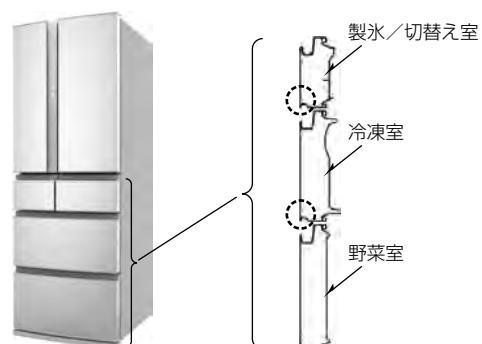


図6. 引き出し扉のフリーアクセスハンドル

主たる手かけを設けるとともに、扉の下辺にも手かけ形状をつけ(図6)、上からも下からも扉を開けられるようにしたため、上下にとなりあった扉を続けて開けるときに手の移動距離を少なくできるほか、背の低い子供でもハンドルに手が届きやすくなり、誰にでも使いやすいドアハンドルを提供する。

### 6.2 ドアポケット

冷蔵室のドアポケットは、手が届きやすい位置にあることや飲料やドレッシング等使用頻度が高い食品を収納しや

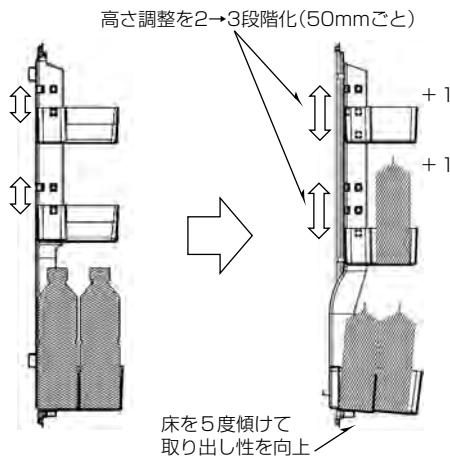


図7. 扉ポケット

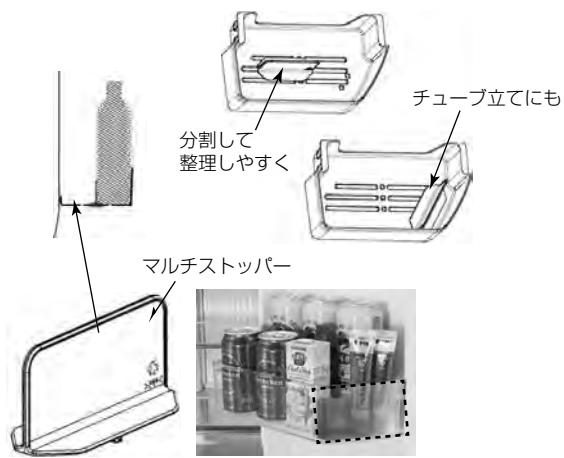


図8. マルチストッパー

すい場所であることなどから、利便性に対するユーザーの期待が高い反面、ポケットの収納量不足や、整理性に対する不満が多い部位でもある。また、飲料の摂取頻度が高まる夏場には2Lサイズのペットボトルを、冬場には、封を開けたら横向きに収納できない紙パック類をと、季節によっても収納したい食品が変わり、また、ユーザーの生活スタイルによっても使われ方が異なる側面もある。MR-RX46Aでは扉を新規で設計するに当たり、このドアポケットの利便性を高める仕様の設定に取り組んだ。利便性向上の提案では、先に述べた背景から、使い方を固定して押し付けることなくユーザーが使い方を選べるフレキシブル性を確保することが重要である。はじめに、ドアポケットの取付け位置調整について着目した。ドアポケットは収納する食品に合わせて、2段階に取り付け位置を変更できるのが一般的であったが、この機種では調整段階を3段階に増やし、様々な高さの食品を収納可能にした。一番下で比較的大きな飲料・食品を収納するためのボトルポケットは、床面を5度傾けることで、収納品の取り出し姿勢にも配慮した(図7)。

一方、ドアポケットには大／小、細い／太い、低い／高い、いろいろなサイズの食品が収納されるが、収納した食品が倒れやすい、きれいに並べられないといった不満の声も聞こえる。そこで、この機種では、食品の転倒防止や、整理性を向上するための“マルチストッパー”を新たに搭載した(図8)。ドアポケットの底面に設けた複数のスリットに取付け自在にしており、収納したい食品に合わせて移動が可能である。ポケットの端部に設置すれば、わさびやしうがなど細物チューブの収納も可能になる。

これらフリーアクセスハンドル、マルチストッパーを含め、3件の特許を出願済みである。

### 6.3 操作パネル

操作パネルは冷蔵室扉のハンドル樹脂部に埋め込み、主張を抑えた操作表示部ではあるが、使用の際の利便性も併

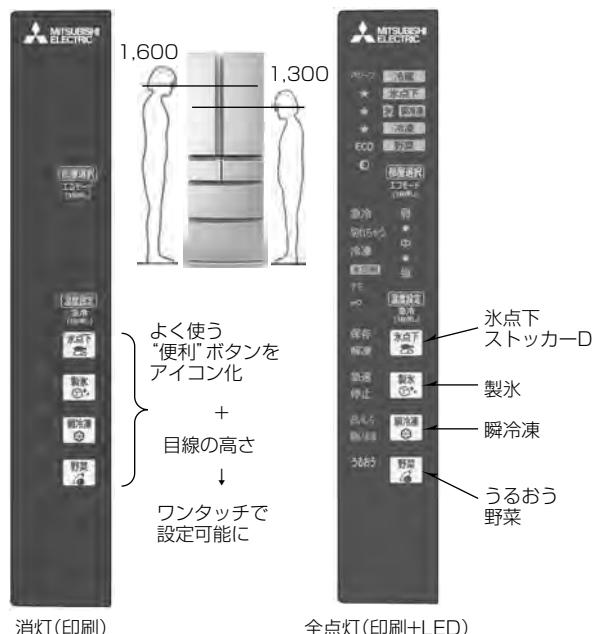


図9. アイコン(操作基板)

せて考慮した仕様にした。まず、操作表示部は多くの女性の目線の高さに合う位置に設置(一般女性20代～60代の平均目線高さ約1,300～1,600mmに対応)をした。さらに、家事をラクに楽しくする当社独自の便利機能をアイコン化して操作表示部内に配置した。機能を言葉だけでなく図柄でも示すことで直感的な操作を可能にするとともに、ボタンを複数回押すことなく、ワンタッチでの操作を可能にした(図9)。

## 7. む す び

当社独自技術の“SMART CUBE”的活用によって、大容量かつ省エネルギーといった市場ニーズに応える三菱冷蔵庫MR-RX46Aを2017年1月から発売した。また、この機種の開発では、既存の上位モデルのMR-WX47Aの冷蔵庫本体を流用するプラットフォーム展開とすることで、効率的に開発でき、魅力ある冷蔵庫に仕上げることができた。

伊藤ちひろ\*  
内田 賢\*  
石原杏子\*

# 炊飯器でのご飯のおいしさの追求

Pursuing Deliciousness of Rice with Rice Cooker

Chihiro Ito, Tsuyoshi Uchida, Kyoko Ishihara

## 要旨

日本人の主食であるご飯のおいしさは、楽しく心豊かな食生活を送るために非常に重要である。ご飯のおいしさの要因として、食感と味の貢献度が高いと言われている。

三菱電機では“かまどご飯”的な粒感がありながらみずみずしい食感を目指している。この食感を実現するには、圧力をかけずに大火力で加熱することがポイントである。当社のIHジャー炊飯器“本炭釜KAMADO”では圧力をかけない構造と、本炭釜による全体発熱や沸騰時の投入電力量の増大、熱を逃がさない高断熱構造、羽釜形状の内釜と二重蓋による吹きこぼれ抑制によって大火力を実現し、かまどご飯を再現している。

味を向上させる技術として、当社では甘みを増やす炊飯モード“匠(たくみ)芳潤炊き”を搭載している。仕込み工程

の米飯温度をデンプン分解酵素の活性が高い温度よりも低温になるよう制御した上で、仕込み工程の時間を通常炊飯よりも長く設けることによって、甘みの増加と好ましい食感の両立を実現している。

さらに、より自分好みのご飯を楽しんでもらうため、炊き分け機能を搭載している。炊飯各工程の温度や時間、火力を調節することで、“銘柄芳潤炊きモード”では米の銘柄の個性を引き出し、“炊き分け名人モード”では水量を変えることなく使用者の好みの食感を実現する。また、お薦めのご飯メニューを案内している。

これらの技術によって、どんなときも使用者にとっておいしいご飯を提供することが可能となる。



IHジャー炊飯器“本炭釜KAMADO”



## IHジャー炊飯器“本炭釜KAMADO”とご飯のある食卓のイメージ

本炭釜シリーズの本炭釜KAMADOでは、圧力をかけずに大火力で加熱することで、かまどご飯のような粒感がありながらみずみずしい食感を実現している。また、匠芳潤炊きモードでは、仕込み工程の温度と時間を最適化することで甘みと好ましい食感を両立させている。炊き分け機能では、米の銘柄や使用者の好みの食感、ご飯メニューに応じた炊き上がりを実現している。

## 1. まえがき

日本人の主食であるご飯は、楽しく心豊かな食生活を送るためにも“おいしさ”が非常に重要である。

当社は炊飯器の発売以来、よりおいしいご飯を提供するための技術開発に取り組んできた。ここ10年の代表的な製品としては、2006年に“本炭釜”，2009年に“蒸気レスIH”，2015年に“本炭釜KAMADO”を発売し、構造と加熱制御の両方からおいしさの向上を図っている。

本稿では、本炭釜シリーズのご飯のおいしさを向上させる技術について述べる。

## 2. ご飯のおいしさを向上させる技術

ご飯のおいしさの要因は、物理的要因としては食感(テクスチャ)、外観、温度、化学的要因としては味、香りがある(図1)。ご飯のおいしさは物理的要因の貢献度が60%以上であると言われており<sup>(1)(2)</sup>、その中でも食感の貢献度が高いとされる。一方、化学的要因は味の貢献度が高いとされる。

この章では、ご飯のおいしさの要因の中でも、食感と味を向上させるための当社技術について述べる。

### 2.1 食感(テクスチャ)

従来の炊飯器では、みずみずしさ(含水率)が高くなると粒感(硬さ)が低下する傾向にあるが、当社は実態調査を通して、かまどご飯は従来の炊飯器と同等のみずみず

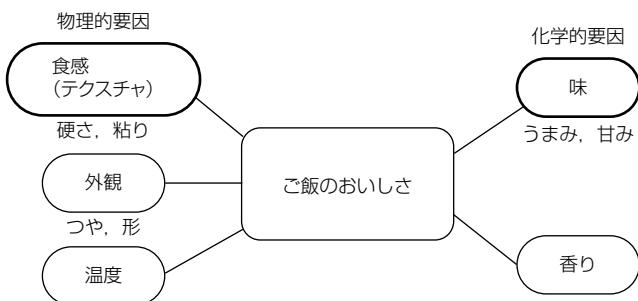


図1. ご飯のおいしさの要因

しさでも粒感が強調された仕上がりになることを明らかにした<sup>(3)(4)</sup>。当社ではかまどで炊いたような“粒感がありながらみずみずしい食感”的ご飯を目指しており，“本炭釜KAMADO”は、従来の炊飯器と同等以上のみずみずしさを保ちながら、粒感を向上させた食感を実現している(図2)。

かまどご飯のような食感を再現するには、炊飯中に圧力をかけないことと、大火力での加熱、すなわち米と水に多くの熱エネルギーを与えることがポイントであることが分かっている。これらのポイントを押さえるため，“本炭釜KAMADO”は次に述べる3つの構造的特長を持っている(図3)。

### (1) 大火力加熱構造

当社炊飯器では圧力をかけない構造を採用しており、さらに“本炭釜KAMADO”では大火力で加熱するため、内釜にはIH加熱との相性が良い“本炭釜”を搭載している。一般的な金属多層釜に使用されているステンレスは、IHに不可欠な磁力線の素材に浸透する深さが0.25mm程度と浅く、薄い表層でしか発熱しない(表面発熱)(図4(a))。これに対して、純度99.9%の炭を削り出して作られた“本炭釜”は磁力線の浸透深さが約10mmと深いことが特徴であり、内釜全体が一気に発熱することによって(釜厚全体発熱)(図4(b))、かまどのような大火力を実現する。炊飯制御でも“本炭釜KAMADO”は従来炊飯器よりも沸騰時の投入電力量を増加し、かまどご飯の追求を図っている。

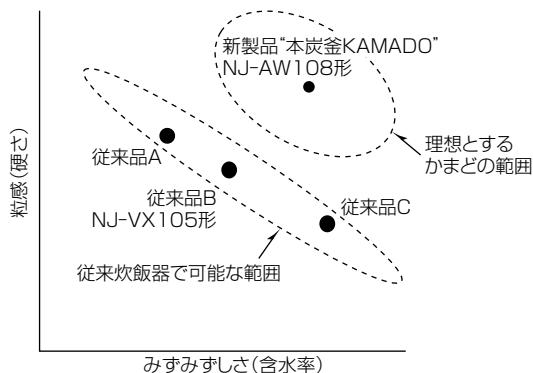


図2. みずみずしさと粒感の関係



図3. 本炭釜KAMADOの構造的特長

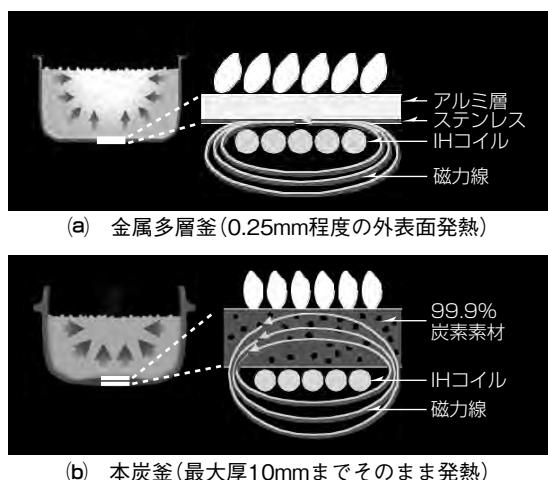


図4. 内釜の発熱比較

## (2) 高断熱構造

大火力の熱を逃がさないため、高断熱構造としている。内釜の羽部分の下に、内釜と本体をリング状に密着させて本体と内釜の間に空気断熱層を形成し、断熱材を増量することでかまどのように熱を逃がさず高温状態を保持する。

## (3) 激沸騰構造

高断熱構造で大火力加熱を行うと激しい沸騰状態を作り出すことができ、米と水に多くの熱エネルギーを与えることができるが、その代わり吹きこぼれが起こりやすいという課題が生じる。吹きこぼれを抑えるための構造として羽釜形状の内釜と、二重蓋が効果を発揮する。内釜が羽釜形状であると、先に述べたとおり内釜の羽部分より下の加熱空間は高断熱構造によって高温を保持するが、羽部分より上にある上部空間は断熱部分からはみ出る。そのため、上部空間は加熱空間よりも低温となり沸騰時に生じる泡やおねばを受けとめ、吹きこぼれの勢いを弱めることができる。二重蓋には、内蓋の傾斜部分に楕円(だえん)形の穴を設けることで、炊飯中に生じる泡が穴を通過するときに、泡液膜が薄化・不均一化して泡が消滅しやすくなっている。羽釜形状の内釜と二重蓋によって、吹きこぼれを起こさずに激しい沸騰状態を維持することが可能になった。また、大火力・高断熱の状態で加熱すると多くの水分が蒸発し内釜の外へ排出されるが、必要以上に水分が逃げてしまうとみずみずしい食感を損ねてしまう。そこで、新製品“本炭釜 KAMADO”NJ-AW108形は蒸気口に密封弁を新たに搭載した。沸騰時は、密封弁が開くことで蒸気を逃がして火力を継続し、むらし時には、密封弁が閉じることで蒸気を閉じ込め、ご飯の潤いを保つことを可能にしている。

これらのとおり、圧力をかけない構造と大火力加熱を実現する構成として、①本炭釜による全体発熱、②沸騰時の投入電力量の増大、③高断熱構造、④吹きこぼれ抑制の役割を果たす羽釜形状の内釜と二重蓋を備え、さらに水分保持効果のある密封弁で、“本炭釜KAMADO”はかまどご飯のよ

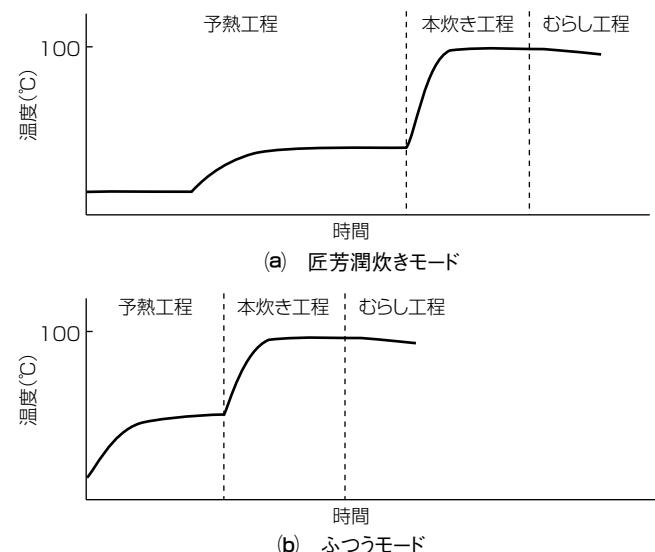


図5. 炊飯工程での米飯温度履歴の比較

うな“粒感がありながらみずみずしい食感”を再現している。

さらに食感を向上させるため、今後も大火力の追求が必要であると考える。釜内全体にむらなく、米1粒1粒に多くの熱エネルギーが均一に行きわたるような技術開発を行うことで、よりおいしいご飯を目指していく。

## 2.2 味

ご飯の味として甘みやうまみが重要であり<sup>(1)(2)</sup>、甘みやうまみのあるご飯が好まれる。もともと生米には甘味成分である糖類が含まれているが、炊飯過程でデンプンが酵素分解されることで甘みに寄与するグルコース等の還元糖量がさらに増加するという報告がある<sup>(5)</sup>。当社の炊飯器でもこのメカニズムを利用して甘みを増やす炊飯モード“匠芳潤炊き”を搭載している。

デンプン分解酵素の活性が高い温度(60°C付近)で浸漬(しんせき)すると短時間で還元糖量が増加するが、浸漬温度が高すぎることで米粒の過剰吸水や中途半端な糊化(こか)反応の進行によって炊き上がりのご飯の食感が悪くなることがある。一方、デンプン分解酵素の活性が高い温度より低温で浸漬すると、時間はかかるものの還元糖を増加させつつこのような食感の悪化を抑えることができる。

そのため、匠芳潤炊きモードでは、仕込み工程の米飯温度を酵素反応が最も盛んな60°C付近よりも低い温度になるよう制御した上で、仕込み工程の時間を通常炊飯(ふつうモード)よりも長く設けている(図5)。長時間の浸漬で酵素によるデンプン分解反応を進めつつ、温度調節によって米粒の過剰吸水や中途半端な糊化反応を抑制することで、甘みの増加と好ましい食感の両立を実現している。

かまどで炊飯する場合には、多くのセンサを搭載した現代の炊飯器のような細かな温度調節は困難であるため、ご飯の甘みと好ましい食感の両立という点では、かまどよりも炊飯器の方が有利であると言える。

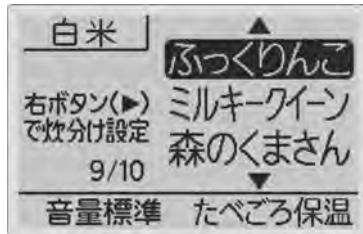


図6. 銘柄芳潤炊きモードの表示画面の一例

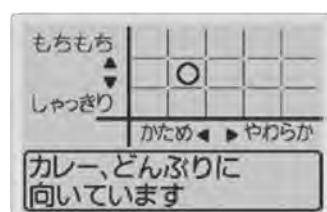


図8. 炊き分け名人モードの表示画面とメニューの一例



図7. 銘柄芳潤炊きモードで対応する35銘柄

### 3. 炊き分け機能

一般的に知られているように食の好みには個人差があり、ご飯に対しても使用者によって好みの差がある。そこで、当社炊飯器では、より自分好みのご飯を楽しんでもらうために次の2つの炊き分け機能を搭載している。

#### (1) 銘柄芳潤炊きモード

銘柄芳潤炊きモードは、銘柄ごとの米の個性を引き出すモードである。図6に示すように使用する銘柄を指定して炊飯することで、米の特性を生かした炊き上がりを実現できる。新製品“本炭釜KAMADO”NJ-AW108形では全国各地の35銘柄に対応している(図7)。各銘柄の個性を引き出すために、銘柄に合わせて仕込み工程の時間や温度、本炊き工程での釜内が沸騰するまでの時間や沸騰時の火力の強弱、むらし工程の温度など、各工程で細かく加熱制御を変えている。加熱制御を調節することで米の吸水状態やデンプンの糊化状態を米の特性に適した状態にコントロー

ルすることが可能になり、各銘柄の個性を引き出した最適なおいしさに炊き上げることができる。

#### (2) 炊き分け名人モード

炊き分け名人モードは、銘柄芳潤炊きモードと同様に炊飯各工程の温度や時間、火力を調節することで、炊き上がりを任意の状態に変えるものである。すなわち、使用者は15通りの中から硬さと粘りのバランスを指定することで、水量を変えることなく使用者の好みの食感を実現することができる。さらに、指定した食感(硬さ・粘り)でお薦めするご飯メニュー、例えば“カレー”や“どんぶり”を表示し(図8)、白飯以外の食べ方についても案内している。こうすることで、白飯だけでなく、様々な形でご飯を楽しんでもらうことができる。

## 4. むすび

当社炊飯器の目指すご飯のおいしさと、“本炭釜シリーズ”的食感・味を向上させる技術、ご飯を自分好みに楽しんでもらうための炊き分け機能について述べた。

今後も当社炊飯器を通じて、お腹の満足感だけでなく心の満足感も提供していくような技術開発に取り組んでいく。

## 参考文献

- (1) 松本伸子, ほか: 食べ物の味-その評価に関わる要因-, 調理科学, 10, No.2, 97~101 (1977)
- (2) 佐藤真実, ほか: 若年層における白飯のおいしさに関する要素分析, 日本調理科学会誌, 40, No.1, 27~32 (2007)
- (3) 伊藤ちひろ, ほか: IHジャー炊飯器“本炭釜KAMADO”, 三菱電機技報, 89, No.10, 545~548 (2015)
- (4) 荒津百合子, ほか: IHジャー炊飯器“本炭釜KAMADO”的進化, 三菱電機技報, 90, No.10, 557~559 (2016)
- (5) 馬橋由佳: 炊飯過程における米内在性酵素の米飯食味への関与, 日本調理科学会誌, 42, No.6, 369~377 (2009)

# 簡単で誰にでも使いやすい IHクッキングヒーター“シンプルIH”

梶島山青\*  
安田倫子\*  
星野晃一\*\*

"Simple IH" : Easily Usable Induction Cooktop to Anyone

Takaharu Kabashima, Tomoko Yasuda, Akitazu Hoshino

## 要旨

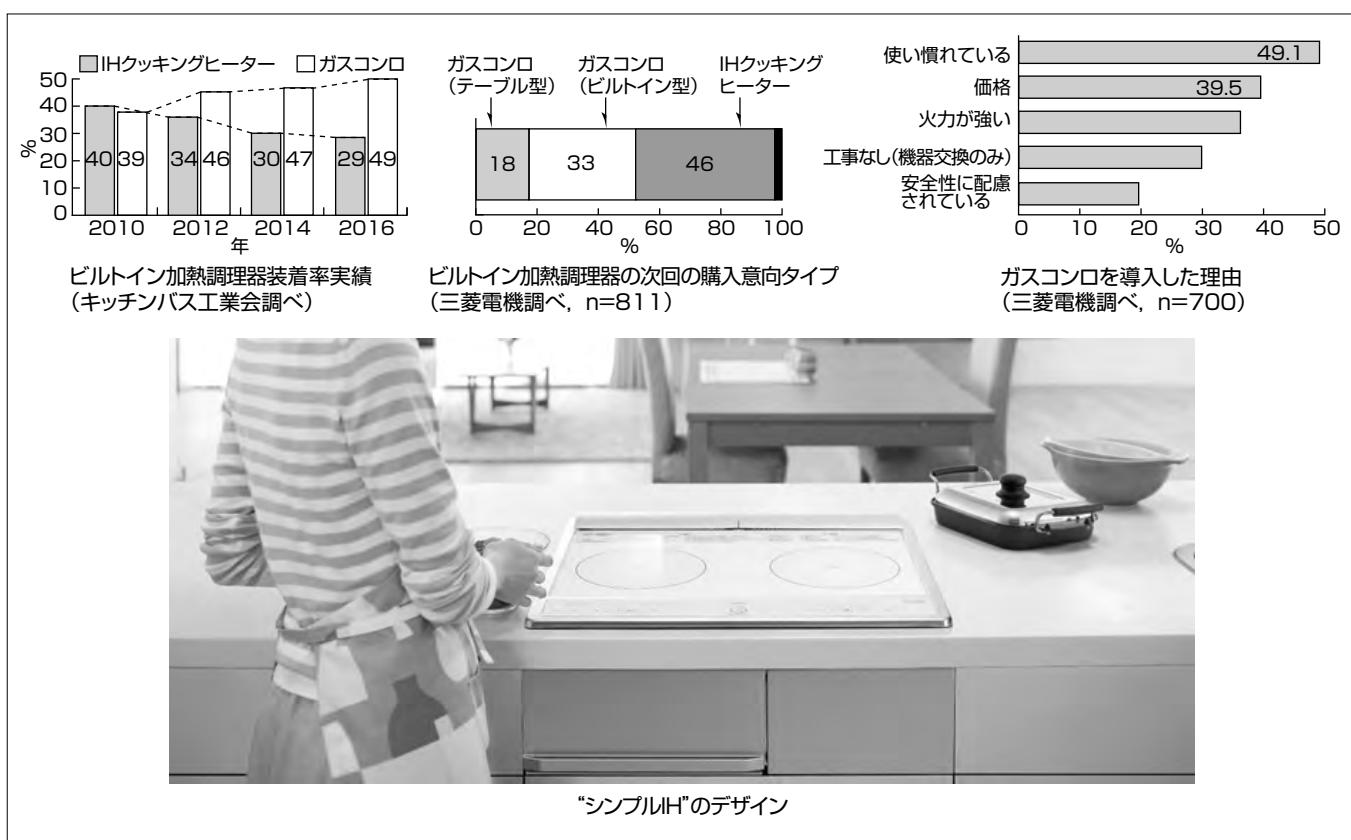
東日本大震災後、電力を多く使うイメージのあるIHクッキングヒーター市場は大きく縮少し、キッチンバス工業会が調査したビルトイン加熱調理器の装着率実績はガスが49%に対してIHクッキングヒーターは29%となっている。一方、近年はユーザー意識も変化し、三菱電機が行ったビルトイン加熱調理器の次回の購入意向調査で46%の人がIHクッキングヒーターを選ぶまでに回復している。また、装着実績と購入意向の違いの要因検討としてガスコンロを導入した理由を調査した結果“使い慣れている”と“価格”が上位になっていることが分かった。これまでのIHクッキングヒーターは多機能を特徴として慣れないうるには操作が難しく、価格も高い製品であった。

2017年4月21日に発売した三菱IHクッキングヒーター

“シンプルIH”は機能を厳選し、操作を分かりやすくし、お手入れの手間を省き、価格を抑えることで誰にでも簡単に使え、より多くのユーザーの選択肢に入ることを目標にした。これによって、ビルトイン加熱調理器市場でのIHクッキングヒーターのシェア拡大を目指す。

初めてでも簡単に操作ができるよう、操作ボタン数を最小限にし、排気穴や調理面の段差を少なくして拭き掃除もらくに行えるようにした。メンテナンスが面倒なグリルを搭載せず、そのスペースに調理道具などが収納できる引き出しを設置した。さらに、洗いやすく焼き魚から蒸し料理まで様々な調理ができるIH専用プレートを付属した。

今後もIHクッキングヒーターを使いやすく綺麗(きれい)で、楽しく料理ができる調理器として開発を行う。



## ビルトイン加熱調理器の市場調査結果と“シンプルIH”的デザイン

三菱IHクッキングヒーター“シンプルIH”的開発に当たり、“ガスコンロを導入した理由”的調査を実施した。調査結果の上位2つの理由である“使い慣れている”“価格”に着目し、誰にでも使いやすい製品開発を行った。

## 1. まえがき

東日本大震災後の電力不足をきっかけに節電意識が高まり、電力を多く使うイメージのあるIHクッキングヒーターは敬遠され市場は大きく縮少した。キッチンバス工業会が調査したビルトイン加熱調理器の装着率実績はガスが49%に対してIHクッキングヒーターは29%と低いのが現状である(残りはキッチン単独での出荷)。一方、近年はユーザー意識も変化し、三菱電機が行ったビルトイン加熱調理器の次回の購入意向調査で46%の人がIHクッキングヒーターを選ぶまでに回復している。また、装着実績と購入意向の違いの要因検討としてガスコンロを導入した理由を調査した結果“使い慣れている”“価格”が上位になっていることが分かった。これまでのIHクッキングヒーターは新しい住宅設備家電として多機能が特徴で、慣れないユーザーには操作が難しく、ガスコンロに比べ価格が高い製品が多くあった。

三菱IHクッキングヒーター“シンプルIH”は使用頻度の少ない奥側に配置された加熱口や、メンテナンスの手間から魚焼き機としての使用頻度が減少傾向の内蔵グリルを搭載せず機能を厳選した。このような製品仕様とすることで、価格を抑え、操作ボタン数を最小限にし、簡単に操作できるようにした。従来にはない使いやすさと購入しやすい価格を実現し、ガスコンロからでも無理なく移行できるような製品として2017年4月21日に発売した。

本稿では、**2章**で誰にでも使いやすい操作部、**3章**でメンテナンスがらくでキッチンにマッチするフラットな天板、**4章**でキッチンツールを収納できるスムーズ引き出し、**5章**で付属のIH専用プレートによる本格調理について述べる。

## 2. 使いやすい操作部

IHクッキングヒーターは多機能がゆえに操作ボタン数が多く、慣れるまでに時間がかかるという課題がある。一般的なIHクッキングヒーターは天面に3つの加熱部と正面にグリルが設けられ、合計4つの加熱操作が行える仕様になっている。操作部は操作のしやすさや身体的負荷を考慮し、天面に配置している。使用時は、本体の主電源ボタンを押して本体の電源を入れ、加熱箇所を選択し、その後火力の調節を行う。それ以外に、自動調理機能やタイマ機能などの操作ボタンが装備され、天面のみで18個の操作ボタンが配置された機種もある(図1)。

多くの機能を狭い操作部面積の中で実現すると、使用頻度の低い操作ボタンは操作ボタンの兼用や文字サイズの縮小化など操作が分かりにくくなる場合が多い。

この課題に対して、操作ボタンの数を削減することに着目した。認知心理学で、情報を一時的に保ちながら操作するための構造や過程を指す構成概念(作業記憶、作動記憶)



図1. 一般的なIHクッキングヒーターの天面操作部



図2. 操作部の加熱開始までに必要な7個のボタン



図3. 分かりやすく覚えやすいピクトグラム操作表記

をワーキングメモリといい、一般に容量に限界があると考えられている。短期記憶に関する容量限界という考えを具体化したものとしては、Miller(1956)が提唱した“マジカルナンバー  $7 \pm 2$ ”がある。数字や単語を記憶する場合、人が記憶できる量は  $7 \pm 2$  個の範囲に収まるとされた<sup>(1)</sup>。この概念を基に天面に配置する操作ボタンを厳選し、天面に配置するボタンのうち電源を入れてから加熱を開始するまでのステップに必要なボタンを7個に削減した(図2)。

これによって操作部の中央に主電源ボタン、左右均等にボタンを配置することができ、操作ボタンと加熱部との位置関係が直感的に分かるようになった。操作ボタン表記も分かりやすく、覚えやすいピクトグラムを採用した(図3)。お年寄りから子供、初めて使う人や外国人でも安心して調理に集中できるよう配慮した。

## 3. メンテナンスがらくな天板

IHクッキングヒーターの天板は、①平面度が高いこと、②耐熱性が高いこと、③磁場を通すことの3つの条件を満たす材料でなければならない。

これらの条件を満たす材料として、ほとんどのIHクッキングヒーターの天板に結晶化ガラスやセラミックガラスが採用されている。これらの特殊ガラスは、一般の耐熱ガラスに比べ耐熱性が高く、温度変化による膨張や収縮の量が極めて小さいという特長があるが、脆性(ぜいせい)材料であるため衝撃には非常に弱い。ガラス端面に鍋のような重量物を落下させてしまうとクラックや割れが発生しやす

いため、ガラスの周囲に金属フレームを設け破損を防ぐ役割をしている。シンプルIHは金属フレームを1枚の大きな板材からプレス加工することで継ぎ目がなく、日々の手入れが簡単に行える形状にした(図4)。従来、グリルからの排熱もあり排気カバーは網目状に穴が開けられ、上方に排気していた。この穴から調理中の飛び散り等が入り、汚れがちであった。シンプルIHはグリルからの排熱がなく、排気を後方に出すことでフラットな排気カバーデザインにした。汚れが入りにくくするとともに、取り外しが可能で簡単に洗えるようにし、汚れがたまりやすかった継ぎ目部や手が届きにくかった排気口周辺の清掃性を向上させた。また、日々の手入れを簡素化して家事負担を軽減した。

一般的にIHクッキングヒーターは天板の汚れを目立たせないためにブラックガラスが採用されることが多いが、清潔感や親しみやすい印象を与えるために、ホワイトガラスを採用した(図5)。これによってトッププレートの汚れを子供やシニア等でも認識しやすくし、清掃を促す効果も

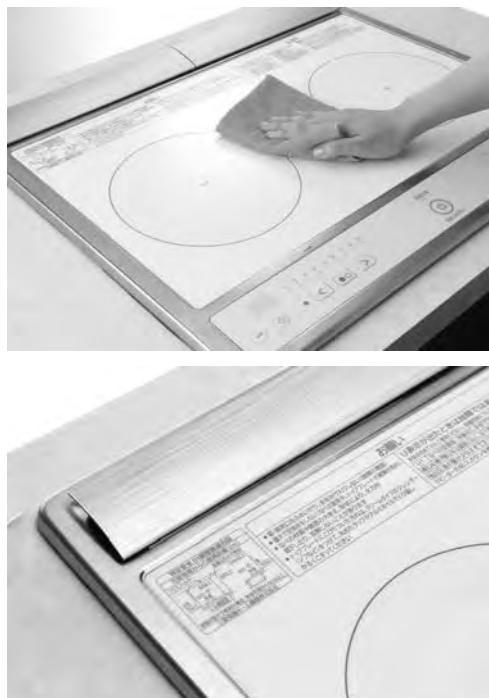


図4. お手入れを簡素化する天板



図5. キッチンと調和する天板ガラス

期待できる。また、ホワイトガラス天板のIHクッキングヒーターは人工大理石が主流のシステムキッチンと調和し、気持ちよく調理ができる明るいキッチン空間を演出する。

#### 4. スムーズ引き出し

一般的なIHクッキングヒーターは、本体下部に焼き魚等の調理が可能なグリルを設けている。しかし、調理後のメンテナンスの手間から使用頻度が減少傾向にある。そこで、グリルは搭載せず、そのスペースに調理道具が収納可能な引き出しを設置した。スペースを有効活用して調理作業動線の効率化を図った(図6)。

従来のグリル付きのビルトインIHクッキングヒーターと同じ規格寸法であるため、既存のシステムキッチンに設置が可能である。

引き出しは、摺動(しゅうどう)性と手入れのしやすさを考慮し、摺動部にローラーを採用した。調理器具を出し入れする際、引き出しが勝手に閉まらないようストップ構造を搭載した(図7)。また、引き出しを閉める際、扉を勢いよく閉めた場合でも扉の跳ね返りを抑制する構造(図8)や、引き出しの半開きを防止するためのオートクローズ構造(図9)を搭載し、引き出しの使い勝手を向上させている。

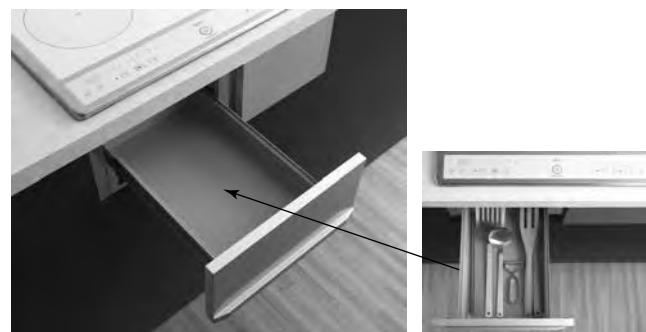
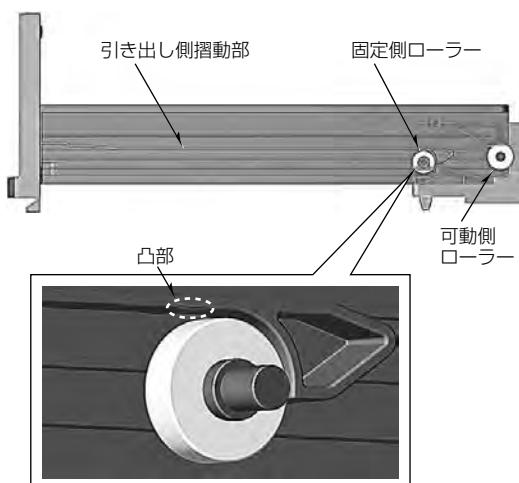
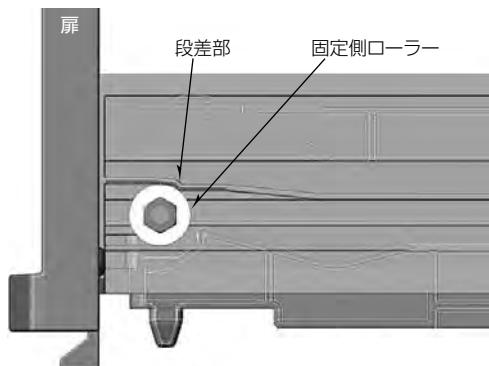


図6. 調理道具もしまえる引き出し



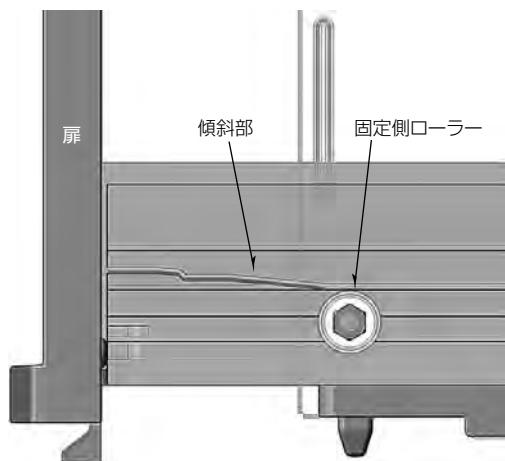
引き出し側の摺動部の終端に凸部を設けることで、引き出した状態での固定側ローラーの回転を抑制し、引き出しの移動を抑えている。

図7. 引き出しのストップ構造



固定側ローラーが引き出し側摺動部の段差部に収まることで、固定側ローラーの回転を抑制し、引き出しの跳ね返りを抑えている。

図8. 扉の跳ね返り抑制構造



引き出し側摺動部の前端(扉側)に設けた傾斜部が固定側ローラーに到達すると、傾斜部が固定側ローラーを滑り落ちることで引き出しがオートクローズする。

図9. 引き出しのオートクローズ構造

## 5. IH専用プレート

先に述べたとおり、シンプルIHはグリルを搭載していない。グリルが搭載されている機種では、魚などの調理物を載せる焼き網と、調理中に調理物から出る水分や油などを受ける皿を使用する。調理後は、焼き網、受皿に加え、グリル内とグリル扉の手入れが必要になる。これらの手入れの手間からグリルの使用を敬遠する傾向がある。シンプルIHでは上面のIHヒーターを使用してグリルと同様に魚や肉などを調理できるIH専用プレートを付属した(図10)。

IH専用プレートは、調理物を載置するプレートと蓋の2部品で構成されている。グリルと比較してシンプルな構成で丸洗いが可能になり、手入れの手間を減らすことができる。また、プレートの内面はフッ素樹脂塗膜加工をしているため、内面の手入れも容易である。IH専用プレートは調理面が凹凸になっており、凹部は中央から外側に向かって傾斜を設けているため、調理物から出る余分な油を落としながら調理ができる。さらに、滑らかな波形にすることで、洗いやすく手入れがしやすい形状になっている(図11)。



図10. 付属のIH専用プレート



図11. 付属のIH専用プレートでの調理例

## 6. むすび

従来、IHクッキングヒーターは、ユーザーの利便性を上げることや不満を解決する様々な機能を開発・搭載してきた。シンプルIHは機能を厳選し、価格を抑えて誰にでも簡単に使えるIHクッキングヒーターを目標として開発を行った。今後も多様化するユーザーニーズを探り、IHならではの使いやすさや綺麗さ、そして楽しく料理ができるIHクッキングヒーターの開発を目指す。

## 参考文献

- (1) スザン・ワインチェンク：インターフェースデザインの心理学-ウェブやアプリに新たな視点をもたらす100の指針、オライリー・ジャパン（2012）

# HEMSの新機能“見守り”

古賀宗典\*  
森實優太\*

New Function "MIMAMORI" for HEMS

Munenori Koga, Yuta Morizane

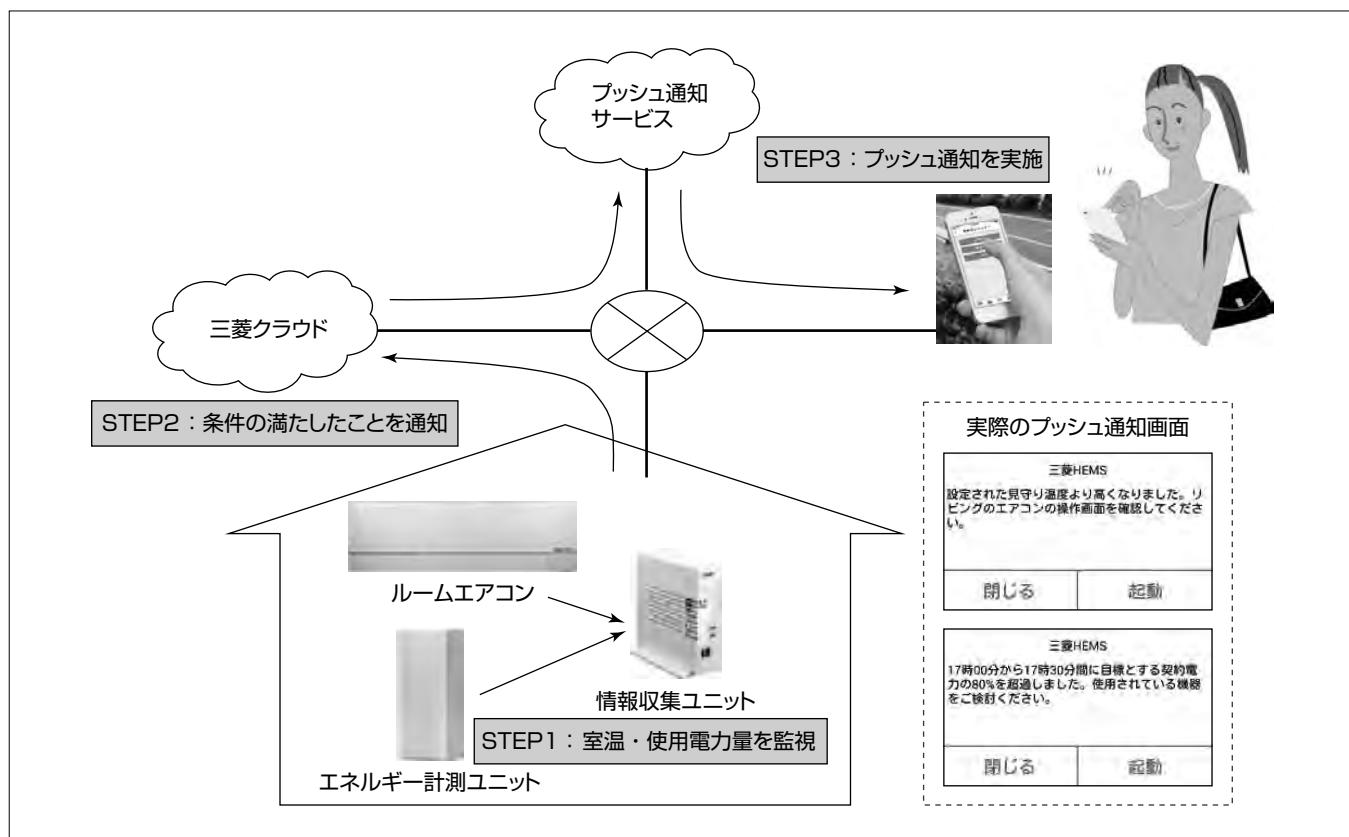
## 要旨

電力の小売自由化や、新築住宅の省エネルギー基準の改定によって、宅内のエネルギー使用に対するユーザーの関心は高まっている。その中で、HEMS(Home Energy Management System)を導入することが、宅内のエネルギーを見える化し、効率的に使用するために必要不可欠である。

本来、HEMSはこのように、宅内のエネルギーの見える化や、省エネルギーを実現するための家電機器制御を実行するシステムであったが、それだけでなく、生活を快適にするための付加価値が求められるようになってきた。特に、IoT(Internet of Things)が普及している中、クラウドサーバを活用したサービスや機能に注目と期待が寄せられている。

2017年8月発売の三菱HEMS“HM-ST03”的新機能として、“見守り”機能を実現した。機器から取得した情報とあらかじめ設定していた値とを比較し、ユーザーが通知したい状態に達したとき、宅外にいるユーザーにそれを通知することが可能になる。それによって、電力の使い過ぎや、体の不自由な人がいる部屋の温度が高温になった場合に、宅外から機器を操作することで、使用電力の軽減や室温上昇の抑制が可能になる。

今回“見守り”機能として、エアコンなど取得する室温情報を活用した“室温見守り”と、エネルギー計測機器の取得する使用電力量の30分積算値を監視する“電力見守り”を実現した。



## HEMSに接続する機器からの取得情報を活用したプッシュ通知サービス

情報収集ユニットが機器の状態を監視し、ユーザーの設定する条件に合致したとき、クラウドサーバにプッシュ通知要求が送信され、プッシュ通知サービスからユーザーのスマートフォンにプッシュ通知が送信される。ユーザーはアプリを起動していくなくても情報を取得でき、通知の内容からアプリを起動して機器を操作するまで、スムーズに状況を改善できる。

## 1. まえがき

HEMSが家庭内の使用電力量や太陽光発電パネルによる発電量を計測してグラフ表示することで、ユーザーの省エネルギー意識を向上させ、ユーザーは宅外から家電機器を遠隔操作することで、省エネルギーにつながる行動ができる。しかし、近年では、ユーザーの安心や利便性を高める付加価値を提供することが求められている。

本稿では、室温や使用電力量を監視し、ユーザーの設定する値に達したときに宅外に通知する新機能“見守り”について述べる。

## 2. 三菱HEMS

## 2.1 システム構成及び機能

三菱HEMS<sup>(1)</sup>は2017年8月にソフトウェアのアップデートが行われ、接続機器及び新機能の追加が行われた。接続機器に関して、従来の接続機器である17機種に加えて、オムロン(株)製太陽光発電用ハイブリッド蓄電システム、田淵電機(株)製蓄電ハイブリッドシステムの2機種を新たに追加した。また、情報収集ユニットにスマートメータ対応USBドングルを接続すれば、スマートメータが計測・収集する瞬時電力や積算電力量の情報を、タブレットやスマートフォンに表示可能となる。これらの機器と全体のシステム構成を図1に示す。さらに、室温及び電力状況を監視して、ユーザーが設定した条件を満たした際に、プッシュ通知で知らせる“見守り”機能を追加した。“お知らせ機能”的充実

化によって、快適性・利便性と安心した暮らしを支援する。

## 2.2 プッシュ通知

プッシュ通知とは、能動的に情報を取得するのではなく、画面上に通知画面を表示することで、受動的に情報を取得できるスマートフォン向けのサービスである。プッシュ通知サービスは、端末のオペレーションシステム(OS)によって仕組みが異なり、iOS<sup>(注1)</sup>の場合は、APNS(Apple Push Notification Service)<sup>(2)</sup>、Android<sup>(注2)</sup>の場合は、GCM(Google Cloud Messaging)<sup>(3)</sup>というサービスを利用できる。ユーザーはプッシュ通知の利用によって、アプリを起動していなくても情報を取得でき、その通知から直接アプリを起動して、機器の操作などを行える。

図2に、プッシュ通知を実現するシステム構成を示す。宅内の情報収集ユニットは、機器の状態を監視しており、ある条件に合致したとき、三菱クラウドに対して、プッシュ通知を要求する。三菱クラウドでは、要求を受けた情報収集ユニットに対応するユーザーのスマートフォン情報と、スマートフォンごとのプッシュ通知の送信要否の設定を管理しており、送信すべきスマートフォンに対してプッシュ通知を送信するようにプッシュ通知サービスに要求する。

その要求を受けたプッシュ通知サービスから、スマートフォンに対してプッシュ通知が送信される。3章、4章では、これらのプッシュ通知を利用した、“室温見守り”機能と“電力見守り”機能について述べる。

(注1) iOSは、Cisco Technology, Inc. の登録商標である。

(注2) Androidは、Google Inc.の登録商標である。

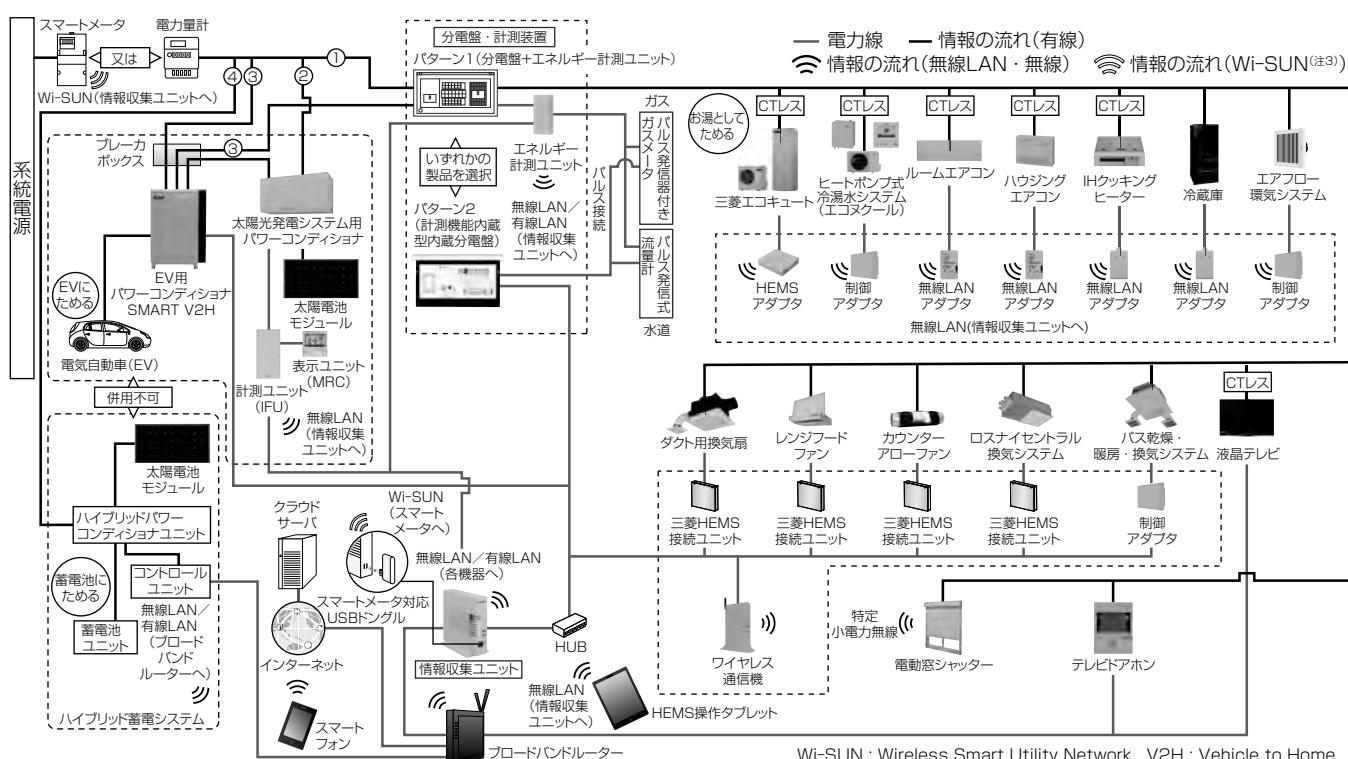


図1. HEMSのシステム構成

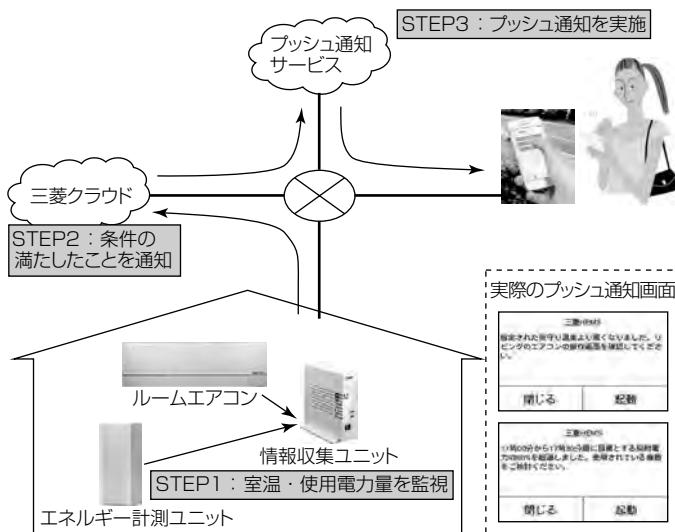


図2. プッシュ通知



図3. 室温見守り機能の設定画面

### 3. 室温見守り機能

“見守り”機能の1つとして、“室温見守り”について述べる。三菱HEMSに接続する機器で、室温情報を取得可能なエアコンや床暖房システムから情報を取得し、設定した温度より高温又は低温に到達したとき、宅外のユーザーにその旨を通知できる。この機能によって、室内に体の不自由な人や小さな子供、ペットなどがいる場合に、室温が極端に高温又は低温になっていないか監視ができ、室内の人やペットが体調を崩す前に、宅外から対処ができる。また、バス乾燥・暖房・換気システムの室温情報を監視することで、お風呂に入るのに快適な温度になったことを通知することも可能である。

図3に、室温見守り機能の設定を行う設定画面を示す。設定する項目としては、室温情報を取得する機器の選択、高温側の通知ON/OFF、高温側の設定温度、低温側の通知ON/OFF、低温側の設定温度、同一条件で通知する時間間隔を設定する。高温側の設定温度と低温側の設定温度は、冬期間と夏・中間期で別の設定値を設定できるようにしており、その理由としては、この機能を利用する目的の違いのためである。冬期間にこの機能を利用する場合、気温が低いので、低温側はエアコンなどをつけていないことによる部屋の寒さ対策として利用でき、高温側はエアコンなどによって、室内を暖め過ぎていないかを確認できる。また、夏・中間期に利用する場合はそれと逆に、高温側は気温が高いことによる部屋の暑さ対策に利用でき、低温側はエアコンなどによる冷やし過ぎを確認できる。

図4に、室温見守り機能の概念図を示す。プッシュ通知は、スマートフォンがスリープ状態であっても画面上に表示されるため、ユーザーに部屋の状況を気づかせることができ、アプリを起動して機器を操作することで状況を改善できる。

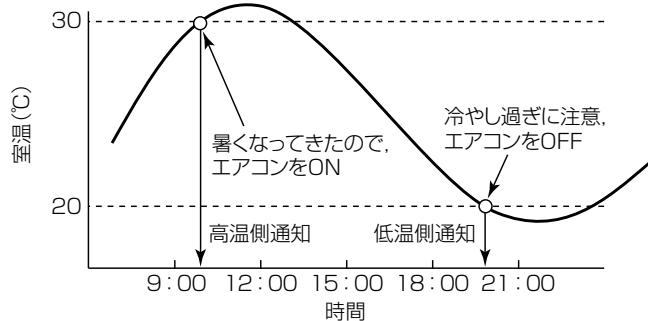


図4. 室温見守り機能の概念図

### 4. 電力見守り機能

もう1つの“見守り”機能である“電力見守り”について述べる。電力自由化に伴い、各電力会社が契約電力に応じて基本料金が変動する実量制プランの導入を開始した。実量制プランでは、過去1年間のピーク電力を基に契約電力が決定される<sup>(4)</sup>。実量制プランを導入するメリットとしては、電気の使い方を工夫することで電気料金の低減が期待される。これまででは、契約アンペア数によって基本料金が固定されており、電力の使用量によって変化することがなかったため、今後はユーザーの使い方次第で電気料金を安価に抑えることが可能になる。一方、デメリットとしては、契約アンペア数の上限がなくなるので、ユーザーが際限なく電力を使用してしまい電気料金が高額になることが考えられる。そこで、HEMS導入によって、目標とする契約電力を超えそうなときにプッシュ通知を実施し、省エネルギー行動を促す。

電力見守り機能ではHEMSの設定画面(図5)から目標とする“契約電力”とその目標の契約電力の何%で通知するかを決定する“通知レベル”をユーザーに設定してもらう必



図5. 電力見守り機能の設定画面

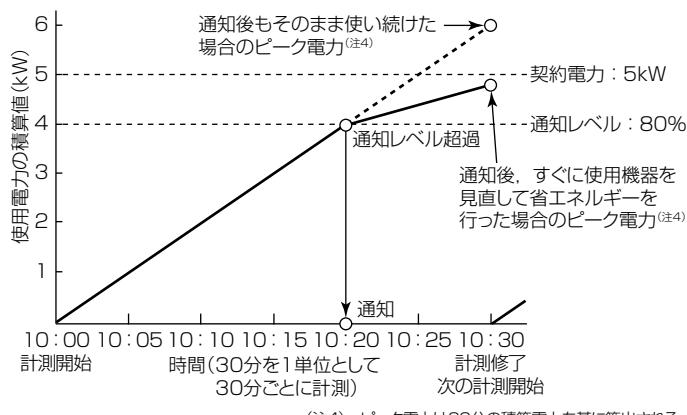


図6. 電力見守り機能の概念図

要がある。その情報を基に、情報収集ユニットではエネルギー計測機器(図1のエネルギー計測ユニットやホーム分電盤など)から使用電力量を取得して設定値と比較し、条件を満たした場合にプッシュ通知を行う。

図6は電力見守り機能でのプッシュ通知を実施するまでの概念図である。図では契約電力：5kW、通知レベル：80%に設定したときの例を示しており、10時20分の時点で4kW(設定した契約電力の80%)に到達したためプッシュ通知が行われる。その際に、その時点で使用している機器の電源をOFFするなどの省エネルギー行動をとれば、電気料金が高額になることを防止できる。

## 5. む す び

三菱HEMSの新機能である“見守り”機能として実現した、“室温見守り”と“電力見守り”について述べた。これらの機能によって、ユーザーは宅内の状況を把握してからスマートに機器操作を行い、状況を改善できる。将来的には、宅内の状況からHEMSが適切に判断して自動的に機器の制御をするなど、ユーザーの安心と快適性を更に向上させていく。

## 参 考 文 献

- (1) 矢部正明, ほか: 三菱HEMS, 三菱電機技報, 87, No.9, 521~524 (2013)
- (2) Apple Push Notification Service Overview  
<https://developer.apple.com/library/content/documentation/NetworkingInternet/Conceptual/RemoteNotificationsPG/APNSOverview.html>
- (3) Google Cloud Messaging  
<https://developers.google.com/cloud-messaging/>
- (4) 東京電力エナジーパートナー  
<http://www.tepco.co.jp/jiyuuka/smart-agreement/pdf/smart-j.pdf>

# EV用パワーコンディショナ “SMART V2H”の新モデル

大塚 浩\*  
園江 洋\*

New Model of EV Power Conditioner "SMART V2H"

Hiroshi Otsuka, Hiroshi Sonoe

## 要旨

三菱電機は2014年に、系統連系型で電力系統・太陽光発電(PhotoVoltaic power generation : PV)・電気自動車(Electric Vehicle : EV)の3電源を同時制御する世界初<sup>(注1)</sup>のEV用パワーコンディショナ“SMART V2H(Vehicle to Home)”の“Aシリーズ”を発売開始した。また2016年にはCHAdeMO協議会<sup>(注2)</sup>によるV2H認証を業界で初めて<sup>(注3)</sup>取得した後継モデル“Bシリーズ”を市場にリリースした。V2H認証取得によって車両との接続性が公的に担保されることになり、Aシリーズでは実現できていなかった系統連系時の任意のV2H対応車両との接続も可能になった。しかし、これまででは塩害地域への設置ができない、停電時かつEV不在時に待機状態を保つ電力を保持する目的で内蔵している鉛電池の使用温度制約から-10°C以下になる

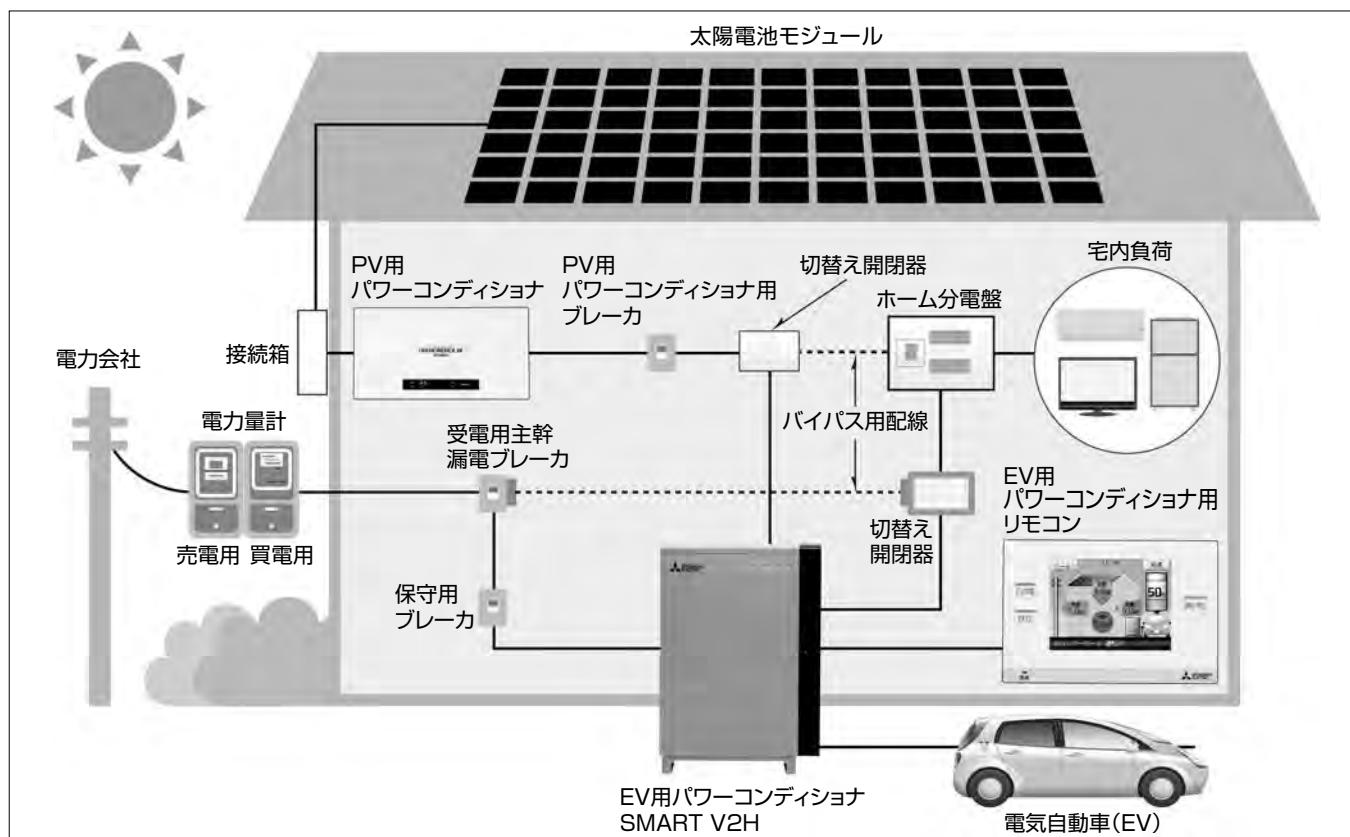
環境への設置ができない、また鉛電池の定期的な交換が必要、さらに停電時かつEV不在時の待機状態維持時間が短い等の課題があった。

今回開発した新モデル“B3シリーズ”では、筐体(きょうたい)の気密性を高め、低温対応の部品を採用することで、塩害地域や-20°C環境への設置を可能にした。また、内蔵電池を鉛電池からリチウムイオン電池に変えることで定期交換不要化を実現した。さらに、スリープ機能を搭載して停電時の待機時間を2日間程度に延ばす等によって、従来モデルが抱えていた様々な課題を解決し、ユーザー利便性を向上させた。

(注1) 2014年7月1日現在、当社調べ

(注2) EVの急速充電規格やV2H検定規格等の発行を担い、電力会社、車メーカー、充電器メーカー、充電サービス事業者等で構成する国際的な組織

(注3) 2016年3月31日現在、当社調べ



## EV用パワーコンディショナ“SMART V2H”的システム構成

停電時も、通常時と同様にPVを発電させて家庭内の全ての電源コンセントが使用できるようにするために、電力系統からの幹線とPVの出力線を“SMART V2H”に引き込み、EVの電力を加えて、“SMART V2H”からホーム分電盤に給電する。停電時は“SMART V2H”内部の切替え盤で電力系統を切り離しPVと負荷とEVの電力がバランスを取れるように“SMART V2H”がEVの充放電をシームレスに制御する。

## 1. まえがき

世界的な環境規制強化の動きから近年車両の電動化が急速に進み、数10kWhの大容量の電池を搭載するEVが出現している。EVの電費はおよそ5~10km/kWhでありEV走行距離拡大のためには電池容量を増やす必要があるが、それは車両価格アップにつながる。EV普及のための新たな付加価値として停車時に家庭用蓄電システムとして活用(V2H)することが期待されている。当社は2014年に系統連系型で電力系統・PV・EVの3電源を同時制御する世界初のEV用パワーコンディショナ“SMART V2H”的Aシリーズを発売した。2016年には、EVやPHEV(プラグインハイブリッド車)の中のV2H対応車との接続性・安全性を確保する目的でCHAdeMO協議会によってV2H認証制度も立ち上がった。FCV(燃料電池車)を識別し、FCVから電力系統への放電を禁止するという電力会社からの要求がV2H認証で担保されたことから、業界で初めてV2H認証を取得した後継モデルBシリーズで系統連系時にも任意のV2H対応車両との接続が可能となった。

ただし、後継モデルでは、塩害地域への設置ができない、停電時かつEV不在時に待機状態を保持する目的で内蔵している鉛電池の使用温度制約から-10°C以下になる環境への設置ができない、また鉛電池の定期的な交換が必要、さらに停電時かつEV不在時の待機状態維持時間が短い等の課題があった。

本稿では、これらの課題を解決した“SMART V2H”的新モデルB3シリーズについて述べる。

## 2. “SMART V2H”

### 2.1 “SMART V2H”的特長

“SMART V2H”的特長は次の5点である。

#### (1) 系統連系によって電力品質が安定

他社のV2Hでは放電時に電力系統から負荷を切り離してV2Hから負荷に供給するタイプ(以下“非系統連系型”といふ。)のものがある。非系統連系型の場合、設置時の電力会社との個別系統連系協議が不要というメリットはあるものの、実使用では①電力系統からV2Hに切り替える瞬間に

に瞬時停電が発生して電源品質が不安定になる、②V2Hだけが負荷への電力供給源であるため多くの家電品に採用されているダイオード整流電源のような効率の悪い負荷が同時に多く使用されると電源品質が悪化し(電圧・電流波形が歪(ひず)み)家電品の動作に悪影響を与えるリスクがある、③U相W相各AC100Vの負荷バランスがV2Hの不平衡負荷耐量を上回る場合V2Hが過負荷停止して停電状態になるリスクがある等のデメリットも併せ持つ。“SMART V2H”は系統連系型であり電源品質は設置前と同様に電力系統によって担保されるため、先に述べた①②③の懸念はない(図1)。

#### (2) 余剰売電契約を維持可能

PVが既に設置されて余剰売電契約をしていたユーザーが非系統連系型のV2Hを設置する場合、V2Hが負荷に放電する間はPV電力が全て売電されるため、売電単価の低いダブル発電契約に切り替える必要があり経済性を損なうというデメリットを伴う。“SMART V2H”は電力系統との接続点を内部に取り込みその電力の流れを常時監視してPVによる売電が発生する際にはEVからの放電を停止するようリアルタイムに制御することで余剰売電の契約を維持できる(図1)。

#### (3) 停電時にPVからEVに充電可能

他社のV2HとPVが個別に併設されている場合、停電時にはV2HとPVはそれぞれ独立して電圧源として動作するため同じ負荷に対して同時に電力を供給できない。したがって停電時には多くのPVは自立出力からAC100V最大1.5kVAしか供給できず、しかも天候に依存する不安定な電源でしかない。またV2HはEVから負荷に一方的に給電するだけで電池残量を使いつぶてしまえば運転継続はできない。一方“SMART V2H”は停電時にはEVの大電力を活用して模擬系統になり、PVに対して復電したような状態を作り出すことでPVを系統連系時と同様にフルに発電させ、その電力を負荷に供給させる。PV電力が負荷よりも大きい場合はその余剰電力をEVに充電し、逆にPV電力が負荷より少ない場合は不足分をEVから補給電する。不安定なPV電力と常に変動する負荷に対し、“SMART V2H”がシームレスにEV電力を充放電することで、電力バランス

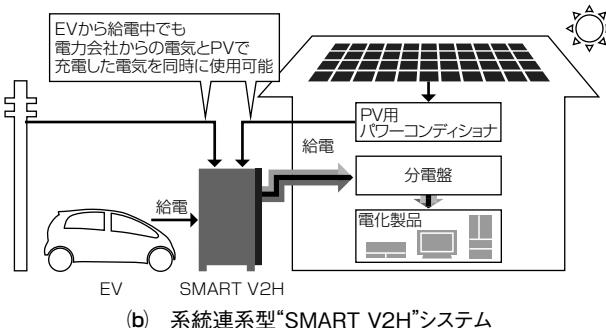
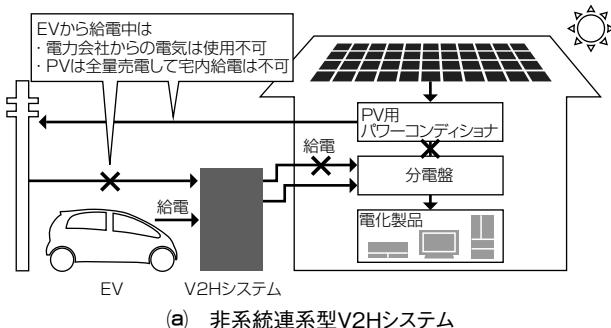


図1. 通常時の非系統連系型と系統連系型の動作の違い

を保ち続ける(図2)。この結果昼はPVの余剰電力がEVに充電され、夜は昼にためた電力を使用できる。

#### (4) 停電時も通常時と同じ電源コンセントが使用可能

一般家庭用の蓄電システムでは、蓄電池容量は4~8kWhで出力は2~3kWのものが多い。主な理由は、家庭での1日当たりの平均消費電力量は13.5kWhであり<sup>(1)</sup>、そのうち時間帯別電力料金契約で料金の高い日中(7~23時)の電力量をできるだけカバーする目的であることと、リチウムイオン電池のコストがまだ高いため必要以上に蓄電池容量を増やすことは利用率が低下し、その結果経済性を悪化させることによると考えられる。また多くの蓄電システムの電気方式は単相2線式のため、系統連系時はAC200Vで出力するが、停電時はAC100V出力に切り替わるものが多い。しかし、オール電化の家庭に導入が進むIHクッキングヒーターやエコキュート等はAC200Vが必要となる1.5kW以上の消費電力のものが多く、停電時に蓄電システムがAC100V出力に切り替わると使用できない。また停電時用の電源コンセントを特定負荷としてあらかじめ選定して配線しておく必要がある(図3)。

“SMART V2H”は停電時でも最大6kVAの出力が可能である。さらに、停電時でもAC200V/AC100Vの両方の機器が使用できる。これは単巻きトランジスタを内蔵しているためである。系統連系時は電力系統側に存在する柱状変圧器がU相・W相にぶら下がる負荷の不均衡をカバーしているが、停電時は電力系統から切り離されるため

AC200Vを出力する場合はU相・W相の不均衡負荷への対応のために柱状変圧器の役割を果たす単巻きトランジスタが必要となる(図4)。この単巻きトランジスタを内蔵することで片相最大5kVAまでの不均衡負荷に対応している。また停電時には系統を切り離してPVと単巻きトランジスタを接続するための切替え機能も内部に搭載しており、これによって停電時でも家庭内の全ての電源コンセントが通常時と同様に使用できる。

#### (5) スマートフォンによる宅外監視・操作が可能

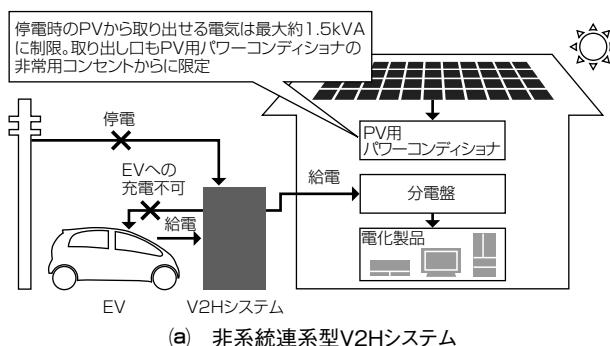
当社のHEMS(Home Energy Management System)とそのアプリを組み合わせて使用することで、宅外からもスマートフォンやタブレット操作によって、PVの発電量、EVの充放電量、EVの電池残量や充電完了までの時間の目安等を知ることができるほか、EVへの充電や、あらかじめ設定しておいたプラン運転を実施できる(図5)。

## 2.2 新モデルでの追加仕様

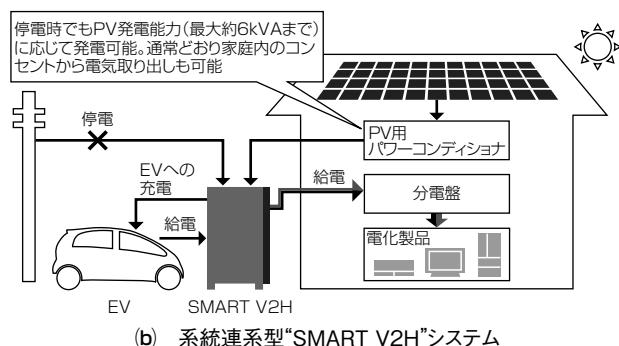
新モデルで追加された仕様は次のとおりである。

#### (1) 塩害地域設置対応

筐体の塗装を二層化して防さび性を高め、筐体の隙間に對してはシール構造で気密性を高めて塩分浸入を抑制した。評価では塩害地域を模擬した加速試験環境を構築し、実地試験の結果と比較して試験の加速係数を求め、長期間使用時の信頼性を推定した。その結果、塩害地域での先に述べた筐体のシール構造の追加によって、従来構造より大幅な塩分進入量の低減を確認し、所要の信頼性を得た(図6)。

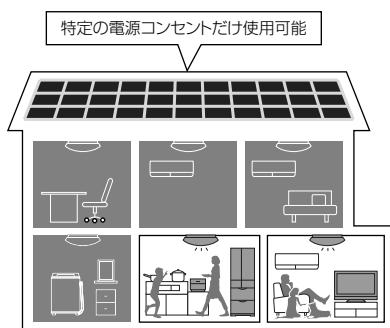


(a) 非系統連系型V2Hシステム

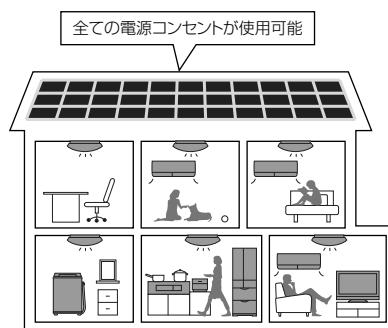


(b) 系統連系型“SMART V2H”システム

図2. 停電時の非系統連系型と系統連系型の動作の違い



(a) 出力2kVAの蓄電システムで特定負荷分電盤接続の場合



(b) 出力6kVAの“SMART V2H”で一般負荷分電盤接続の場合

図3. 停電時の電源コンセント使用可能数の違い(例)

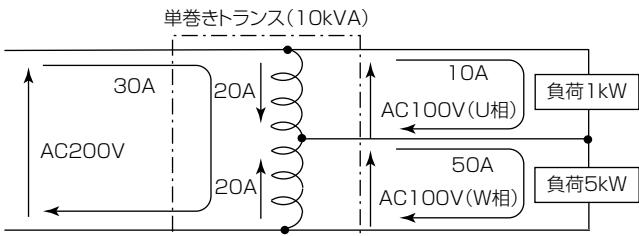


図4. 不平衡負荷での単巻きトランスの動作

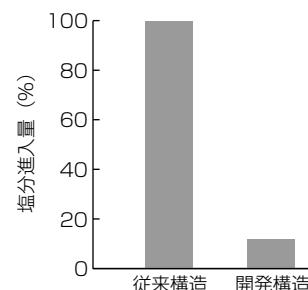


図6. 塩害耐性評価の加速試験結果

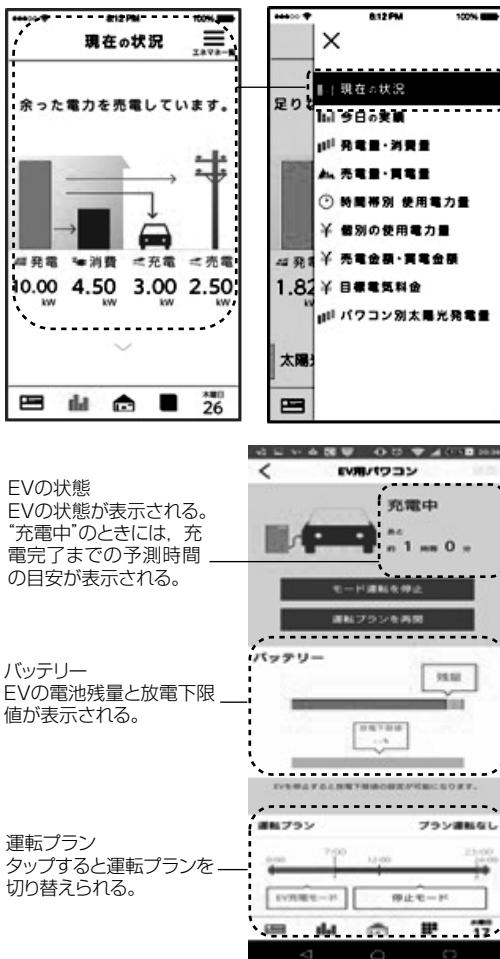


図5. スマートフォンによる表示画面

ただし、充電ケーブルのコネクタについてはCHAdE MO規格の要求から構造的に塩分進入防止が困難であるため、塩害地域では定期交換を必要とする。表1に新モデルを設置可能な地域を示す。

### (2) -20°C環境の設置対応

従来モデルでは内蔵の鉛電池の使用温度制約によって-10°C以下では使用できなかったが、新モデルではこれをリチウムイオン電池に変え、さらに開閉器・遮断機等を低温対応品に変更すること等で-20°Cまでの環境下での使用を可能にした。なお、-20°C以下になる場合は低温保護機能によって運転停止する。

### (3) スリープ機能と電池の定期交換不要化

従来モデルでは内蔵の鉛電池の容量制約及び経時劣化に

表1. 新モデルの設置可能な地域

地域	海岸からの距離					
	重塩害地域	~500m	500m~1km	1~2km	2~7km	7km以上
沖縄 離島 瀬戸内海 北海道・東北日本海側	設置不可	塩害 地域①	塩害地域②			
		塩害 地域②	一般地域		一般地域	
	塩害 地域①	塩害地域②		一般地域		
		塩害地域②		一般地域		
その他の地域						

塩害地域①：設置不可、塩害地域②：設置可能、一般地域：設置可能

よって、停電時かつEV不在時の待機状態維持時間が短いという課題があった。もし待機状態を維持できなくなるまで残存電池容量が減ると、制御回路に必要な電力が供給されなくなるため、EVが戻ってきててもEVの起動シーケンスを開始できず、運転再開には系統の復電による電池への充電を待つしかなくなる。

新モデルでは、この課題を解決するためスリープ機能を搭載し、より少ない電池容量で待機状態維持時間を2日間程度確保することを実現した。リチウムイオン電池は鉛電池に比べエネルギー密度が高く寿命も長いが高価であるため製品寿命内では交換不要となるように容量を設定した。これによって従来3.5年ごとに鉛電池の交換を必要としていたが、新モデルでは電池の定期交換の不要化を実現し、ユーザーのランニングコスト負担を軽減した。

## 3. む す び

今回の新モデルで塩害地域や-20°C環境への設置を可能にし、さらに鉛電池をリチウムイオン電池に替えることで電池の定期交換を不要化して保守性も改善した。またスリープ機能搭載によって停電時かつEV不在時の待機状態維持時間の2日間程度確保を実現した。今後のEV・PHEVの普及と、PVの更なる普及拡大・自家消費への需要転換に伴い、エネルギー・マネジメントへの“SMART V2H”的有効活用が期待される。

## 参 考 文 献

- 経済産業省資源エネルギー庁：定置用蓄電池の普及拡大及びアグリゲーションサービスへの活用に関する調査  
<http://www.meti.go.jp/metilib/report/H28FY/000479.pdf>