

三菱電機技報

10

2015
Vol.89 No.10

暮らしのクオリティを高める家庭電器の最新技術



目次

特集「暮らしのクオリティを高める家庭電器の最新技術」

暮らしのクオリティを高める 家庭電器の最新技術の特集号に寄せて	1
暮らしのクオリティを高める家電機器の開発動向	2
コンパクトエアコン“霧ヶ峰Lシリーズ”	7
IHジャー炊飯器“本炭釜 KAMADO”	11
冷蔵庫搭載タッチ式操作パネル	15
“お部屋に出しておく”新しい掃除スタイル コードレススティッククリーナー“iNSTICK”	18
テレビの音響・音声技術	22
国内住宅用パワーコンディショナ“PV-Kシリーズ”	26
昇華型両面プリンター“CP-W5000DW”	30
大容量インバータ除湿機“MJ-EV200FH”	33
海外向けDCブラシレスモータ業務用ロスナイ “RVXシリーズ”	37
店舗・事務所用パッケージエアコン “スリムZRシリーズ”の省エネルギー・快適性技術	41
16HPビル用マルチエアコン向けスクロール圧縮機	45
業務用低温機器R410Aコンデンシングユニット “ワイドリブレスシリーズ”	49
業務用冷凍機搭載スクロール圧縮機“HNK”	53

Latest Technologies of Home Appliances for Improving Quality of Life

Foreword to Special Issue on Latest Technologies of Home Appliances for Improving Quality of Life Hideaki Nagatomo
Trend of Developing Home Appliances for Improving Quality of Life Toshie Hiraoka, Tadaaki Sakamoto, Takashi Okazaki
Compact Air-conditioner "Kirigamine L Series" Mitsuhiro Shirota, Masakazu Kondo
IH Rice Cooker "Pure Carbon Pot KAMADO" Chihiro Ito, Yuriko Aratsu, Toshihiro Saito, Aiko Hayashi
Touch System Control Panel for Refrigerators Hitoshi Kakehi, Yasunari Yamato, Takashi Ogawa
Cordless Stick Cleaner "iNSTICK" for New Cleaning Style by Placing It in Room Hitomi Yotsuya, Hideyuki Takasago, Youhei Asahi, Naoki Yamagishi
Acoustic and Speech Processing Technologies for Television Receiver Jin Hirano, Satoru Furuta, Hiroyasu Itsui, Megumi Kubo
Photovoltaic Inverter for Domestic Residential Houses "PV-K Series" Daisuke Tajima
Dye Sublimation Duplex Printer "CP-W5000DW" Osamu Asano, Akihito Ito, Shiohito Okinaka
High Capacity Dehumidifier Equipped with Inverter Compressor "MJ-EV200FH" Daisuke Ito, Takashi Yamakawa, Hiroshi Nakamura
Commercial Lossnay with DC Brushless Motor for Overseas Market "RVX Series" Kohei Hasegawa, Masanobu Suzuki
Energy-saving and Comfort Technologies for Packaged Air Conditioner "Slim ZR Series" Mizuo Sakai, Masashi Myogahara, Masafumi Tomita, Kazuki Okada, Masanori Aoki
Scroll Compressor for 16HP Variable Refrigerant Flow System Fumikazu Nagaoka, Masashi Myogahara
R410A Condensing Units for Commercial Use "Wide Replace Series" Takashi Ikeda, Atsushi Kibe, Abastari, Tomoya Fujimoto, Ryo Tsukiyama
Scroll Compressor for Commercial Refrigerator & Condensing Unit "HNK" Tetsuzo Matsugi, Tomokazu Matsui, Shinsaku Kusube

特許と新案

「電気炊飯器」	57
「電力変換装置」	58

表紙：暮らしのクオリティを高める家庭電器の最新技術

三菱電機では、持続可能な社会の実現に貢献するために“低炭素社会の実現”“省資源化”“超高齢社会への対応”を社会全体が抱える大きな課題と捉えて、2012年から“スマートクオリティ”というコンセプトを掲げて、家庭用から業務用に至る幅広い製品を対象に開発に取り組んでいる。表紙では、本号のテーマを代表する3つの製品を取り上げた。

- ①部屋に出しておいて使いたいときにさっと掃除ができる新たな使い方を提案したコードレススティッククリーナー“iNSTICK(インスティック)”
- ②DCブラシレスモータ化による消費電力の更なる低減と従来困難だった微弱運転時の低風量化を可能にした業務用ロスナイ
- ③地球温暖化係数が低い冷媒への切り替えと既設機器との入れ替え時の既設配管の再利用を両立し、さらに質量削減・大容量化・下限能力拡大を実現したスクロール圧縮機を搭載した低温設備向けのコンデンシングユニット“ワイドリブレスシリーズ”



巻/頭/言

暮らしのクオリティを高め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 for Improving Quality of Life

永友秀明
Hideaki Nagatomo



三菱電機では、国内外のブランドロゴ統一に合わせて、2014年6月からBtoC(Business to Consumer)製品を中心に、当社の技術や製品のこともっと皆様に知っていただき利用いただくの思いから、広告宣伝などを使って“ニクイねえ!”というキャッチフレーズによるアピールを進めています。皆様の生活体験に基づく“こうなったらいいなあ”という夢の実現から、さらにその先の“期待を超えた体験”を提供することで、“ニクイねえ!”と言っていただけのことを目指しています。また、持続可能な社会の実現に貢献するために低炭素社会の実現、省資源化、超高齢社会への対応を社会全体が抱える大きな課題と捉えて、2012年から“スマートクオリティ”というコンセプトを掲げて、技術や製品の開発に取り組んでいます。このような背景から、この特集号では“暮らしのクオリティ”をテーマに、国内外の家庭用から業務用に至る幅広い技術や製品を取り上げています。

幾つかの事例を紹介します。“食”の視点では、IHジャー炊飯器“本炭釜 KAMADO”で、かまど炊きのおいしさを徹底的に調査し、内釜形状や含水率と硬さのバランスを工夫して、しっかりした粒感でありながら中はみずみずしい昔ながらのかまどで炊いたごはんの味の再現を追求しています。製品外観は、高断熱構造などのおいしさにつながる機能と、ごはんがよりおいしそうに見えるラウンド型のデザインとして、食事を作るときから食べるときまで楽しんでいただけるよう配慮しています。

“使い勝手”の視点では、負担のかかる家事の1つであるお掃除で、部屋に出しておいて使いたいときにさっと掃除ができる、そんな新しい使い方をコードレススティッククリーナー“iNSTICK”で提案しています。リビングに常時出しておいても違和感のないシンプルでスタイリッシュな外観デザインと空気清浄機能を搭載していることが特長です。またテレビでは、読み上げ機能と音声操作を搭載しました。特に音声操作では、特殊な操作コマンドを覚えなくても、

日常的な発話で操作ができるように新たに認識システムを開発しました。

“エネルギーを創る”という視点では、住宅用太陽光発電システムで発電した電力を住宅内で使えるように変換するパワーコンディショナで、最新技術を盛り込んで変換時のロスを最小限に抑えた高効率な変換を実現しています。

“快適な暮らしの環境を創る”という視点では、当社の成長を牽引(けんいん)する事業の1つである空調冷暖機器があります。家庭用エアコンでは、住宅の窓の大型化に伴い窓上から天井までの隙間が狭くなっている昨今の住宅構造の変化に対応して、高さが250mmの据付けの自由度を高める製品を開発しました。熱交換器など内部のレイアウトの工夫などによって、従来と比べて50mm近く高さをコンパクトにしながら、高い省エネルギー性能はもちろん、フィルタのお掃除機能など皆様に喜ばれる機能も搭載しています。業務用機器では、スーパーマーケットの冷凍ショーケースなどに接続して利用いただく低温設備向けのコンデンシングユニット(室外機)の心臓部品である圧縮機で、質量の削減と大容量化に加え、下限能力を拡大することによる年間消費電力の削減を実現しています。また、これらの業務用機器では機器の更新をいかに負担をかけずに行うかも重要となります。これに対し、昨今の課題である地球温暖化係数が低く環境負荷の少ない冷媒への切り替えを行いながら既設の冷媒配管を利用できるようにするために、高い圧力が配管にかからないようにする運転圧力を制御する技術を新たに開発しました。

このほかにも今まで紹介しきれていない技術や製品があり、一般生活者のみならず、施工業者やビルオーナーなど幅広い人々に対し、付加価値の高いものを提供し続けていきたいとの思いから開発したものをこの特集では散りばめています。皆様に少しでも“ニクイねえ!”と感じていただければ幸いです。

巻頭論文

暮らしのクオリティを高める 家電機器の開発動向



平岡利枝*



坂本忠昭**



岡崎多佳志***

Trend of Developing Home Appliances for Improving Quality of Life

Toshie Hiraoka, Tadaaki Sakamoto, Takashi Okazaki

要 旨

高齢化、共働き世帯の増加など社会構造の変化、省エネルギーに関する規制、電力・ガスの小売自由化、情報化社会の到来など我々の生活環境は日々変化している。このような状況だからこそ環境に優しく、誰もが暮らしのクオリティを高められる製品が必要である。三菱電機では、社会構造変化など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“期待を上回る体験によって生まれる感情”を表現する“ニクイねえ！”と言える製品開発を目指している。

家事家電開発では、時短・省手間が重視され、一方で健康志向、おいしさへのこだわりは増加傾向であるため、食品を凍らせずにおいしく保存する冷蔵庫の保存技術や、

“お部屋に出しておく”新スタイルのクリーナーの開発によって本質価値を追求した。空調技術開発では、ルームエアコンの設置性や快適性向上を実現した。パッケージエアコンでは新冷媒R32とデュアルコントロールシステムによって、省エネルギー性はもちろん快適性能をも飛躍的に進化させた。除湿機ではインバータ圧縮機採用によって、圧縮機回転数を増速し、除湿量の大容量化を実現した。HEMS (Home Energy Management System)では、家電・住設機器をネットワークで接続して連携させることによって、エネルギーの管理や利便性・快適性の向上を実現した。

ルームエアコン
“ムーブアイ”“Wフラップ”
体感温度に合わせた快適さを実現



太陽光発電システム
“自立運転用回路”
停電時でも家電製品を使用可能



除湿機
“高速除湿インバータ”
設定湿度まですばやく除湿して快適化



冷蔵庫
“氷点下ストッカー”
氷点下でも凍らせずに鮮度を長持ち



スティッククリーナー
“空気清浄機能”“インテリア調デザイン”
お部屋に出しておく新しい掃除スタイル



液晶テレビ
“しゃべるTV”“音声操作”
高機能を使いこなすためのアシスト機能



IHジャー炊飯器
“羽釜形状本炭釜 KAMADO”
大火力炊飯で、かまどごはんを再現



三菱ENEDIA/ハウス
HEMSを導入した
体感型スマートハウス



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“期待を上回る体験によって生まれる感情”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・実証した結果を独創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、共働き世帯の増加など社会構造の変化、省エネルギーに関する規制、電力・ガスの小売自由化、情報化社会の到来など我々の生活環境は日々変化している。このような状況だからこそ環境に優しく、誰もが暮らしのクオリティを高められる製品が必要である。当社では、社会構造変化など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“期待を上回る体験によって生まれる感情”を表現する“ニクイねえ！”と言える製品開発を目指している。

本稿ではこれらの最新製品・技術の開発動向について述べる。

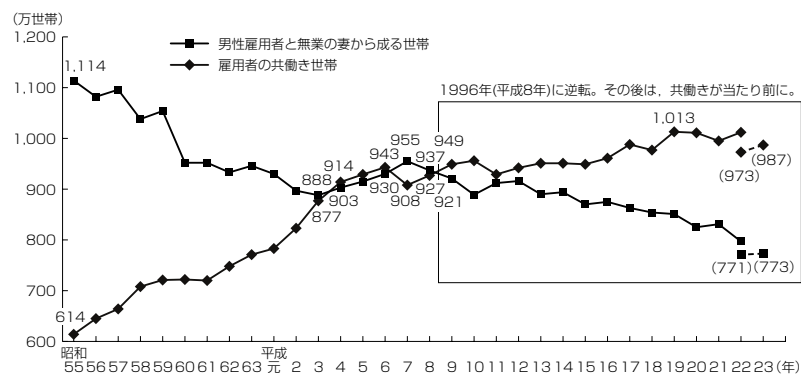
2. 暮らしのクオリティを高める家事家電

2.1 社会構造変化

2020年には、約3人に1人がシニア世代になり、平均寿命も延びる。一方で生産年齢人口は減少、高齢者も働き収入を得る世の中になる。結婚平均年齢の上昇、出生率低下などからキャリア女性も増え、専業主婦は激減し、1996年に有職主婦世帯は専業主婦世帯を逆転した(図1)。家事は主婦の仕事、主婦は家にいるという従来の姿はない。これらの変化を見据え、ターゲットをシフトした開発で暮らしのクオリティを高めることこそ、家事家電の開発の方向性だと考える。それが“ニクイねえ”を創造する。

2.2 家事家電の最新動向

家事家電には、冷蔵庫、炊飯器、IH(Induction Heating)クッキングヒーター等のキッチンで使用される機器とクリーナーなどの調理家電以外の機器がある。女性の社会進出や震災以降の変化から、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。炊飯器では、肉食が進んだことでおいしいご飯を食べたいとの要求からおいしさを追求した高級炊飯器へと進化した。冷蔵庫はまとめ買い、共働き増加も合わせ大容



1. 昭和55年から平成3年は総務庁「労働力調査特別調査」(各年2月)。ただし、昭和55年から昭和57年は各年3月。平成14年以降は総務省「労働力調査(詳細集計)」(年平均)から作成。
2. 「男性雇用者と無業の妻から成る世帯」とは、夫が非農業雇用者で、妻が非農業者(非労働力人口及び完全失業者)の世帯。
3. 「雇用者の共働き世帯」とは、夫婦ともに非農業雇用者の世帯。
4. 平成22年及び平成23年の()内の実数は、岩手県、宮城県及び福島県を除く全国の結果。

出典：内閣府男女共同参画局 男女共同参画白書 平成24年版

図1. 共働き等世帯数の推移⁽¹⁾

量化が進んだ。

掃除は、平均掃除時間も年々短くなり、毎日決まった時間に掃除をするより汚れが気になったときに掃除をする、というように、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た。このような生活意識の多様化に対応した製品開発が必要となっている。クリーナーは時間の有効活用や清潔志向からロボットクリーナーや布団クリーナーなど新分野のクリーナーの登場と手軽さも含めてスティッククリーナーなど形態も様々である。

2.2.1 炊飯器のおいしさ技術

食に関するこだわりが年々強くなっていることから、高級クラス機種構成比が10年前の約13%から、2015年度には30%を超えると予測されている(当社推定)。高級炊飯器の先駆けとして当社が開発した“本炭釜”は、羽釜と高断熱構造を採用して2015年6月に“本炭釜 KAMADO”として進化した。

昔からかまどで炊いたごはんは、直火ならではの火力で、水分を十分に含んでみずみずしさを保ちつつも(高含水率)しっかりと粒感(硬さ)があることが特長である。“本炭釜 KAMADO”では熱伝導率が高い炭を採用した内釜を羽釜形状にして、更に高断熱構造を採用したことで大火力炊飯を実現し、従来の炊飯器では困難であった粒感がありながらも中はみずみずしいかまどごはんを再現した⁽²⁾。

2.2.2 冷蔵庫の大容量化・おいしさ技術

食品数の増加やまとめ買いの増加によって、冷蔵庫は大容量化が進んでいる。501L以上の大型冷蔵庫については、構成比が全体の約20%を占めるまでに成長し、今後も拡大傾向が続くと想定している。買い替え需要が約90%の冷蔵庫では、既存の設置スペースに収まることが必須で、まとめ買いした食品の鮮度維持も強いニーズがある。そこで当社独自の“薄型断熱構造SMART CUBE(スマートキューブ)”(図2)で、断熱性能を保ちながら扉や外壁の薄型化を実現した。また、当社独自のウレタン発泡技術でウレタン部分を薄くするとともに、断熱性能の高い真空断熱材を効率的に配置することで、設置寸法を抑えながら容量アップと省エネルギーを両立させた。

さらに、食品の保存性では、氷点下でも凍らせずに肉や魚などの生鮮食品を保存する“氷点下ストッカー”を2014年9月に導入した。独自の気流制御で、温度変化を最小限にし、

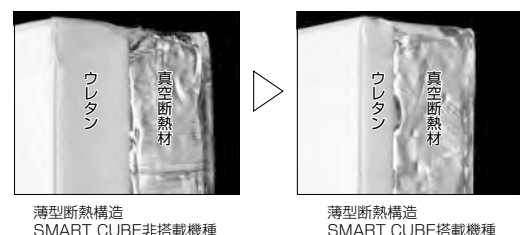


図2. SMART CUBE

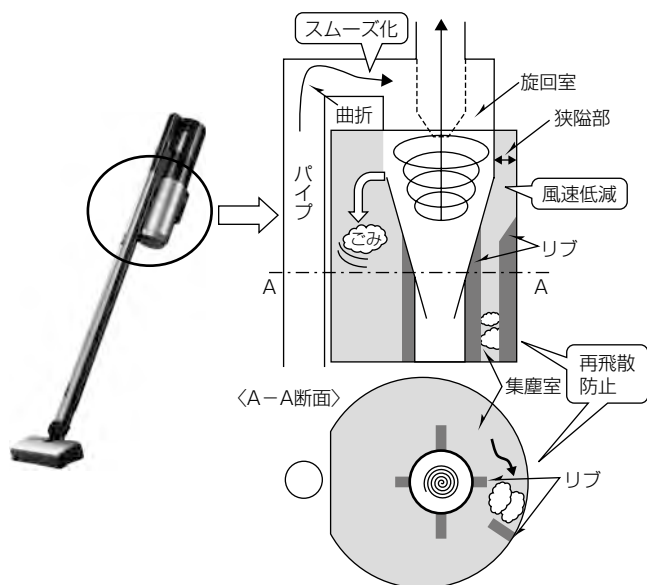


図3. 新形態スティッククリーナー “iNSTICK”

食品の内側と外側の温度差を抑え過冷却状態を作り出すことで、氷点下(約-3~0℃)でも食品を凍らせない状態で保存し、細胞破壊によるドリップ(食品の旨味成分)の流出を防ぎ、栄養素を逃さずにうまみをキープする⁽³⁾。1週間程度であれば冷凍する手間も解凍する手間もなく、まとめ買いが可能となる。

2.2.3 新形態クリーナー微細塵(じん)高分離性能技術

コードレススティッククリーナーが前年比140%と急伸長する中で、使いたいときにすぐ使え、“お部屋に出しておく”新しい掃除スタイルをコンセプトとしたスティッククリーナー実現のため、スリムデザインと高性能を両立させるサイクロン構造を開発した。小型サイクロンでは集塵室の風速が高く、分離したゴミの再飛散が課題である。そこで旋回室の外壁と集塵室の内壁の両方からゴミを挟み込む機構と、旋回室と集塵室の中心位置をずらして空間の一部を狭隘(きょうあい)化することによって、風路抵抗を大きくして集塵室の風速を抑制した(図3)。その結果、業界トップレベルの微細塵分離率95%を達成した。

また、“お部屋に出しておく”必然性として充電台にHEPA(High Efficiency Particulate Air)フィルタを採用した空気清浄機能を搭載し、床面のゴミだけでなく空気もきれいにすることで暮らしのクオリティを高めた⁽⁴⁾。

3. 暮らしのクオリティを高める空調技術

3.1 空気調和技術の最新動向

暮らしのクオリティを高める空調技術として、ルームエアコン、パッケージエアコン、除湿機を取り上げる。ルームエアコンでは、コンパクト化と快適性の両立を、パッケージエアコンでは新冷媒R32の採用による運転範囲拡大を、除湿機ではインバータ化による運転容量拡大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。

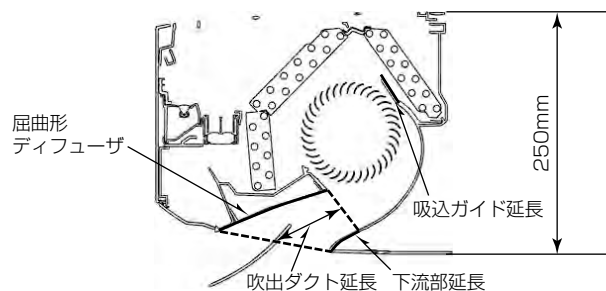


図4. 高効率薄型風路形態

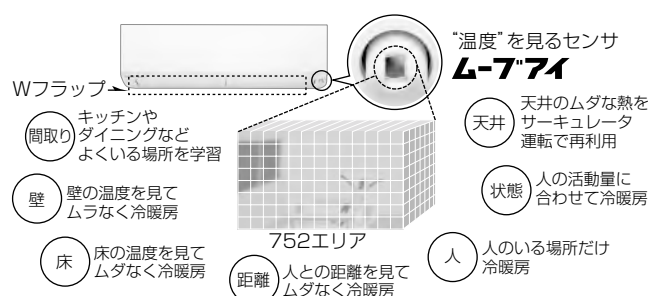


図5. ムーブアイのセンシング技術

3.1.1 ルームエアコンの設置性、快適性向上

室内機の高さを従来の295mmから250mmとし、ハイサッシ上部などの狭い場所への設置を可能としたコンパクトエアコン“霧ヶ峰Lシリーズ”を開発した。室内機のコンパクト化には、クロスフローファンと熱交換器との接近や吹出ダクトの短縮などによる不均一な風速分布が課題である。風路では吸込ガイドの延長や、ケーシング下流部の延長と屈曲形ディフューザによって吹出ダクトを延長し、風速を均一化することで高効率化を実現した(図4)。ファンでは、高級機Zシリーズで先行採用した多円弧翼によって、翼面で流れの剥離を抑制し、軽量化と高効率化を両立させた⁽⁵⁾。

人が感じる暖かさや涼しさは、人の周辺の床や壁の輻射熱が大きく関係する。赤外線センサ“ムーブアイ”は、図5に示すように、752エリアの温度情報を検知することで、人の位置、活動量、周囲の輻射熱の影響を測り、人の感じる温度(体感温度)を考えた運転を行い、人のいる場所に風を届けることで快適性と効率的な運転を両立させる。また、フラップを左右に分けたWフラップの2つの気流コントロールによって、風当たり感を和らげる風よけ運転や、異なる2か所にいる人への同時送風が可能である。

3.1.2 パッケージエアコンの運転範囲拡大

(1) 運転範囲の拡大

パッケージエアコンでは、図6に示すように、新冷媒R32と、2つの膨張弁で二段階制御を行うデュアルコントロールシステムを採用し、定格能力が得られる領域を43℃から-5℃まで拡大し(従来35℃から7℃)、地球温暖化やヒートアイランドの影響による各地での猛暑日でも、寒波に見舞われる準寒冷地の冬でも、快適性が維持できる地域や時期を拡大した。さらに、外気温度50℃まで運転可能とした⁽⁶⁾。

(2) 天井カセットでの快適性向上

天井カセット(室内機)に人感ムーブアイを搭載することによって、快適自動モードで“風よけ”“風当て”の設定ができるようになり、ユーザーの好みに合った快適性を実現した。人感ハイブリッド運転として、冷房運転時に室温が設定温度まで下がったら圧縮機を停止させ、送風運転に切り換える。風だけで体感温度を維持できない場合、圧縮機を動かして冷房運転を再開する。圧縮機が停止している時間を長くすることで消費電力を抑制し、快適性は維持しつつ無理のない節電を可能にした。さらに、暖房運転の場合は、室内温度が設定温度に近づいた場合、水平方向への送風運転を行い、サーキュレータ効果によって、天井付近にたまった暖気を人の高さまで下ろして室内温度むらを改善し、快適性を向上させた。

3.1.3 インバータ除湿機による運転容量拡大

年間平均相対湿度が70%と日本に比べて高温多湿の香港、台湾では、近年、住宅事情の変化によって20L/日以上の大容量除湿機の需要が高くなってきている。また、省エネルギー性への意識も高まっており、省エネルギー性が5段階の指標(最高1級)で評価されるようになった。リビングの大型化に伴う大容量化は日本でも考えられる。次に、インバータ圧縮機を搭載した除湿機によってコンパクト性と省エネルギー性を実現した技術について述べる(図7)。

(1) 除湿量大容量化

インバータ圧縮機採用によって、圧縮機回転数を増速し、15L/日から20L/日へ除湿量の大容量化を実現した。冷媒流量増加時の冷媒分配性能を安定化して20L機種の省エネルギー1級の基準であるEF(Energy Factory)値2.1L/kWhをクリアした。また15L機と同等の筐体(きょうたい)サイズ

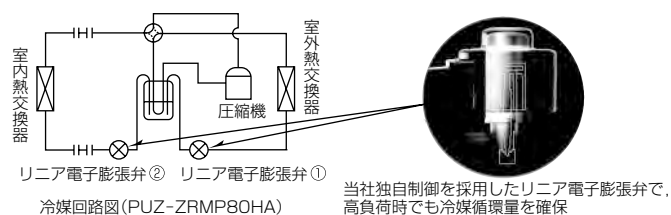


図6. 当社独自のデュアルコントロールシステム

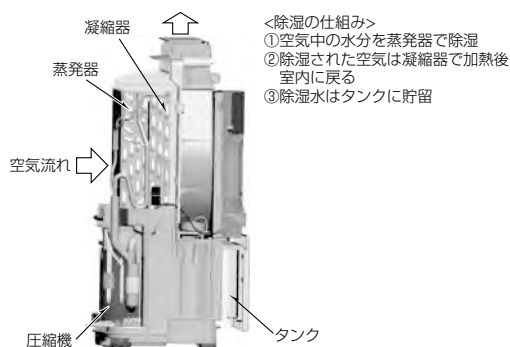


図7. 除湿機の基本的な構成

であり、他社品(21L/日、省エネルギー1級)に比べて3kg(19.5→16.5kg)軽量化し、23%のコンパクト化を実現した。

(2) 年間電気代削減

湿度センサによって取得した室内湿度と設定湿度との差に応じて圧縮機の回転数と送風ファンの回転数を最適な状態になるように制御した。室温27℃、湿度90%の室内を50%に調整した場合、8時間/日の運転によって香港、台湾それぞれで年間24%、31%の消費電力を削減した。

(3) 快速除湿

運転開始時の圧縮機回転数の高速化(定格に対し+23%)によって、素早く部屋の湿度を快適な湿度になるまで除湿する。この結果、室温25℃、湿度90%(7畳時)から50%に下げるまでの時間を香港では23分から13分、台湾では23分から18分に短縮した。

4. 暮らしのクオリティを高めるHEMS

相次ぐ電気料金の値上げ、再生エネルギー固定買取り価格の継続的な値下げ、PV(Photovoltaic)出力抑制の拡大、電力小売の全面自由化といった家庭を取り巻くエネルギー環境の変化と、IoT(Internet of Things)技術の進展に伴い、家電・住設機器をネットワークで接続して連携させることによって、エネルギーの管理や利便性・快適性の向上を実現するHEMSが注目されている。HEMSは既に各社から発売されており、当社も2013年12月に“三菱HEMS(HM-ST02)”を、2014年10月にその後継機種“三菱HEMS(HM-ST03)”を発売した⁽⁷⁾。

4.1 システム構成

当社HEMSのシステム構成を図8に示す。システムは基本的に次の要素で構成している。

4.1.1 情報収集ユニット

情報収集ユニットは、HEMSの中心となるコントローラーである。エネルギー計測ユニットやHEMS対応機器から計測データや運転状態等を取得し蓄積・保存するとともに、HEMS対応機器に対して制御指令を送る。

4.1.2 エネルギー計測ユニット

エネルギー計測ユニットは、電力、ガス、水道の使用量を計測する装置である。電力については、住宅全体の使用電力量、PVの発電量、定置型蓄電池の充放電量、分電盤の分岐ごとの使用電力量をCT(Current Transformer: 電流センサ)を用いて計測する。ガス、水道の使用量については、パルス式流量計を用いて計測する。このユニットで計測したデータを情報収集ユニットに送信する。

4.1.3 タブレット端末

タブレット端末は、ユーザーとのインタフェース装置である。汎用的なタブレット端末に専用アプリケーションをインストールすることによってHEMS端末になる。タブレット端末で、情報収集ユニットが収集・蓄積した計測デー

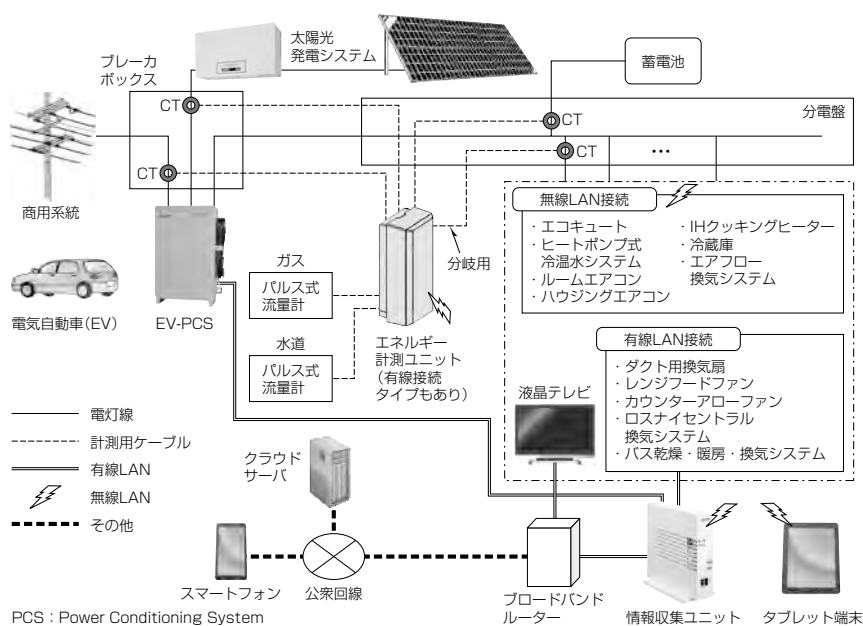


図 8. HEMSのシステム構成

タや運転状態の確認や、HEMS対応機器に対する操作を行う。

4.1.4 HEMS対応機器

HEMS対応機器は、HEMSと接続可能な家電・住設機器である。当社は、ルームエアコン、エコキュート、IHクッキングヒーター、冷蔵庫、EV (Electric Vehicle) 用パワーコンディショナ等、現在14製品が接続可能である。なお、HEMS対応機器と情報収集ユニットとの間の通信プロトコルは、国内のホームネットワークの標準規格であるECHONET Lite^(注1)を用いている。

(注1) ECHONET Liteは、エコーネットコンソーシアムの登録商標である。

4.2 HEMS機能

HEMSの主要機能は次の3つである。

4.2.1 機器操作

ユーザーがタブレット端末を用いてHEMS対応機器を一元的に操作できる機能である。三菱HEMSは、ユーザー宅の間取りに合わせて作成・表示可能な“間取りコントローラー”と呼ばれる機器操作画面を持っており、画面上に配置された各部屋のHEMS対応機器のアイコンを用いて、運転状態の確認や機器の操作が可能である。また、スマートフォンからの操作にも対応しており、当社クラウドサーバへ接続することで、宅外からの運転状態の確認や遠隔操作(2015年10月現在はエアコンとエコキュートのみ)が可能である。

4.2.2 エネルギーの見える化

エネルギー計測ユニットで取得した計測データをユーザーに提示する機能である。現在の電力状況(発電, 消費, 売電), 機器別の消費電力量等, エネルギー関連の表示画面を36画面持っており, PVの表示装置としても利用可能である。

4.2.3 機器自動制御

ユーザーによる事前設定に基づき、HEMSがHEMS対応

機器を自動的に制御する機能である。特に、複数のHEMS対応機器の連携制御は、機器単体ではできない制御であり、HEMSによる制御の特長となっている。例えば、エコキュートと浴室の換気扇(ダクト用換気扇又はバス乾燥・暖房・換気システム)の連携によって、湯張りを開始すると換気扇を弱又は停止させ、湯張り時の浴室内の暖気を逃がさず、入浴時の肌寒さを緩和して快適性を向上させることができる。また、キッチンの換気扇(レンジフードファン)と部屋の換気扇(ロスナイセントラル換気システム)の連携によって、キッチンの換気扇が運転を開始すると部屋の換気扇の排気運転を停止し、住宅内の負圧を改善し、ドアを開閉しやすくしたり隙間風を減らすことによって

快適性を向上させたりすることができる。

今後は、HEMSに接続可能なHEMS対応機器数を拡大するとともに、それらの連携機能を強化し、省エネルギーと快適性の向上を進めていく。

5. 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開発動向について述べた。“ニクイねえ！”と言われる技術開発・製品開発を通して今後もゆとりある社会の実現に貢献していく。

参考文献

- (1) 男女共同参画白書 平成24年版
- (2) 三菱電機ニュースリリース2015年5月28日：三菱IHジャー炊飯器「本炭釜 KAMADO」新製品発売のお知らせ (2015)
- (3) 三菱電機ニュースリリース2014年8月4日：三菱冷蔵庫「置けるスマート大容量」JXシリーズ新製品発売のお知らせ (2014)
- (4) 三菱電機ニュースリリース2015年2月10日：三菱コードレススティッククリーナー「iNSTICK」新発売のお知らせ (2015)
- (5) 池田尚史，ほか：ルームエアコン室内機用クロスフローファンの高効率化，空気調和・冷凍に関する連合講演会講演論文集，47，103～106 (2013)
- (6) 三菱電機ニュースリリース2014年11月26日：三菱パッケージエアコン「スリムZR」シリーズ新商品発売のお知らせ (2014)
- (7) 三菱電機ニュースリリース2014年8月19日：三菱HEMS新製品「HM-ST03」発売のお知らせ (2014)

コンパクトエアコン“霧ヶ峰Lシリーズ”

代田光宏*
近藤雅一*

Compact Air-conditioner "Kirigamine L Series"

Mitsuhiro Shirota, Masakazu Kondo

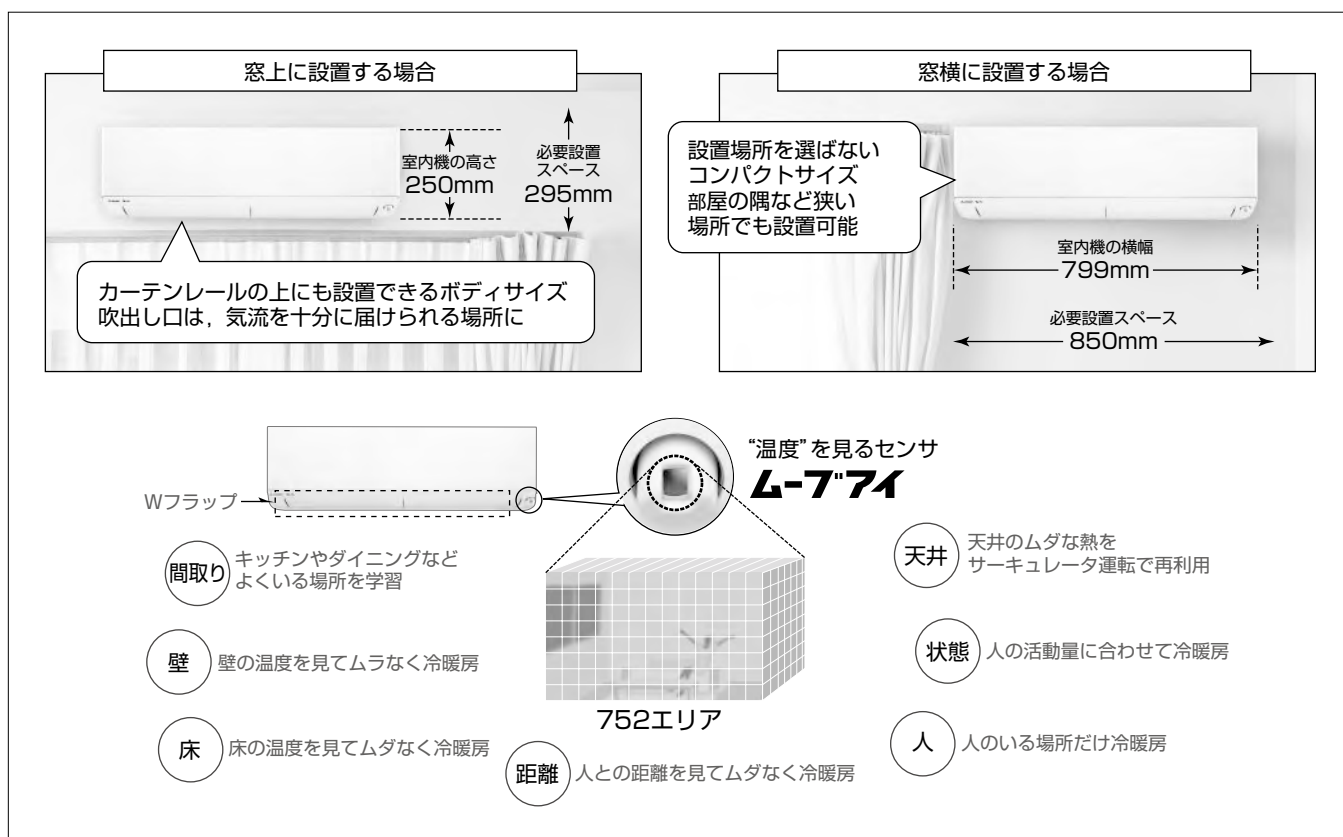
要 旨

ルームエアコンの省エネルギー性が向上する中、室内機のサイズは大型化する傾向にある。一方、ルームエアコンの需要は買い替えが主であり、以前の普及タイプの室内機は高さ250mm前後のものが多く、設置状況によっては設置スペースが確保できずに入れ替えできないことがあった。また、新築では、窓の大型化に伴いエアコンの設置スペースが狭くなる傾向にある。そこで三菱電機は、高さ295mmの狭いスペースでも設置できるコンパクトエアコン“霧ヶ峰Lシリーズ”を開発した。

この開発では、室内機の寸法を高さ250mmに抑え、横幅も窓横への設置も考慮した799mmのコンパクトサイズとした。高さ295mmのスペースに設置可能にするために、

天井面が近接する状況でも効率よく空気を吸い込めるようにすること、下面にカーテンレールなどの障害物があっても吹き出し口からの気流が障害物の影響を受けにくいようにすることなど、室内機の高さをコンパクトにするだけでなく、実際の設置状況を考慮した風路設計を行った。

さらに、霧ヶ峰Lシリーズは、過去のコンパクト機種にはなかった“ムーブアイ”“Wフラップ”“フィルターおそうじメカ”“プラズマWクリーンユニット”など多彩な機能を搭載することで、高さ寸法の制約によって上位モデルの設置をあきらめていたユーザーに対しても、コンパクトだけでなく機能面でも満足してもらえる商品となった。



設置スペースを考慮した“霧ヶ峰Lシリーズ”

カーテンレールの上の狭いスペース (295mm) でも、窓横の狭いスペース (850mm) でも設置を可能としたコンパクトエアコン“霧ヶ峰Lシリーズ”は、コンパクトなだけでなく、従来の当社製コンパクト機種にはなかった当社独自の赤外線センサ“ムーブアイ”を搭載することで、人の感じる温度 (体感温度) を見張り、人のいる場所に風を届けることで快適性と効率的な運転を両立させる。

1. ま え が き

環境配慮や節電意識の高まりによって、ルームエアコン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内機のサイズが大型化する傾向にある。一方、ルームエアコンの需要は買い替えが主であり、その中心となっている10～15年前の製品は室内機の高さ寸法が250mm前後のものが多く、設置状況によっては、現在の当社製品では設置スペースが確保できずに入れ替えられないことがあった。また新築では、窓の大型化に伴い、エアコンの設置スペースが狭くなる傾向にある。

そこで、室内機の高さを250mmにすることで狭いスペースでも設置できるコンパクトエアコン“霧ヶ峰Lシリーズ”を開発した。

2. 市 場 環 境

ルームエアコンは、窓の横や窓の上に設置されるケースがほとんどである。当社はこれまで窓の横への設置を考慮した横幅800mm以下の室内機をラインアップしてきたが、買い替えの場合、対象となる10年以上前の室内機は高さ250mm前後のものが主流であったため、設置状況によっては現在の当社製品の高さ295mmでは設置できない場合があった。

また、新築の場合、窓の大型化に伴いエアコンを設置するスペースが狭くなる傾向がある。図1に窓の上のエアコンの設置スペース例を示す。天井からカーテンレールまでの距離300mm前後のスペースにエアコンを設置しなければならない状況が発生している。

買い替え、新築ともに、室内機の横幅を従来どおりに保ちつつ高さをコンパクトにして省エネルギー性能の向上も両立させるには、運転に必要な室内機の上下スペースを含めた高さ295mmのスペースで設置が可能となる室内機の開発が求められた。

3. 新 製 品

3.1 開発プロセス

この開発では、室内機の寸法を、高さ295mmのスペースに設置可能な高さ250mm、窓横への設置を考慮した横幅

799mmのコンパクトサイズにしながら、過去のコンパクト機種にはなかったムーブアイによる人体検知制御やきめ細やかな体感温度制御、Wフラップによる快適な気流、フィルターおそうじメカなどの上位モデルに搭載する機能を加えることで、高さ寸法の制約で上位モデルが設置できなかったユーザーに対しても機能面でも満足してもらえる商品の開発を目指した。

3.2 コンパクト設計と送風機の高効率化

3.2.1 設置スペースを考慮したコンパクト設計

高さ295mmのスペースに設置可能にするためには、室内機のサイズを250mmにするとともに、狭いスペースでも効率よく空気を吸い込めるように、さらに、吹き出す気流が室内機下部の障害物の影響を受けないようにする必要があった。

まず、エアコン上部に、前面パネルと熱交換器との間に大きな吸い込み空間を設けることで、天井面とのスペースが狭い状態でも効率よく空気を吸い込むことができるようにした(図2)。

また、エアコン下部では、壁から吹き出し口までの距離にカーテンレールの奥行き寸法を考慮することで、特に暖房下吹き時の気流が室内機の下部の障害物の影響を受けない設計とした(図3)。

3.2.2 送風機の高効率化

室内機の高さは現在の295mmから250mmと約15%コンパクト化しながら、クロスフローファンは従来機種と同じφ106mmの大口径ファンを搭載し、翼形状は翼の薄型化による軽量化と高効率化の両立が可能な多円弧翼(図4)を採用することで、コンパクトながら高性能な送風機を開発した。

3.2.3 コンパクト設計による設置カバー率

コンパクト設計によって、据付けに必要なスペースは最小295mmである。図5に示すように、窓の上のカーテンレール上面から天井までの寸法調査で95.8%をカバーできる高い設置性を実現した。

3.3 ムーブアイとWフラップによる快適性技術

霧ヶ峰Lシリーズの快適性を向上させる機能として、ムーブアイとWフラップを搭載している(図6)。

人が感じる暖かさや涼しさは、人の周辺の床や壁の輻射



図1. 窓の上のエアコン設置スペース例(イメージ)

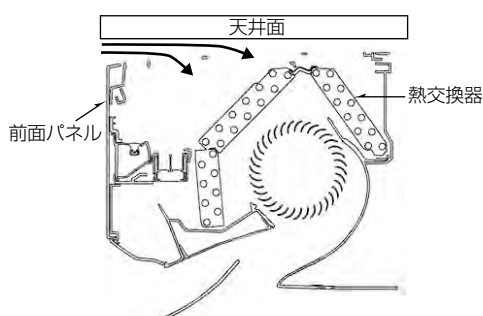


図2. 天井面に近い場合の吸い込み気流

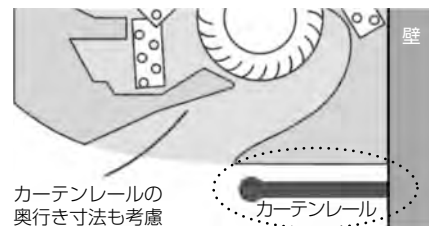


図3. カーテンレールを考慮した風路設計

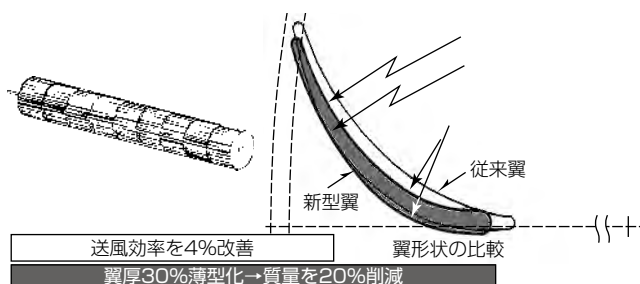


図4. クロスフローファン翼形状

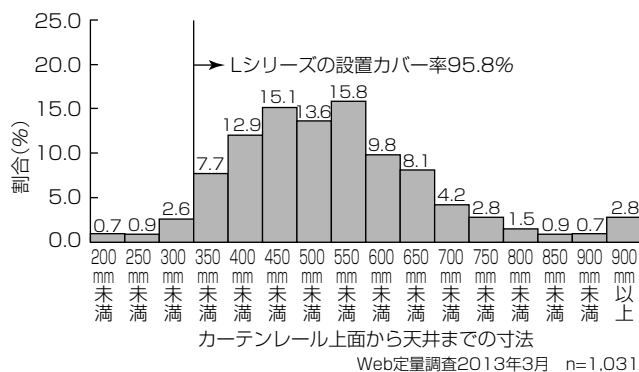


図5. 窓の上の後配管時の設置カバー率(当社調べ)

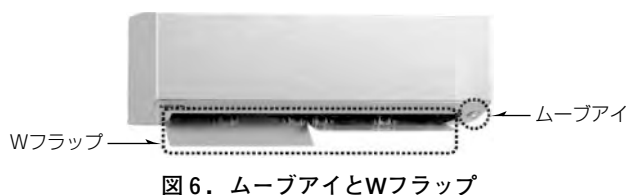


図6. ムーブアイとWフラップ

(ふくしゃ)熱が大きく関わっている。赤外線センサのムーブアイは、図7に示すように752エリアの温度情報を検知することで人の位置、活動量、周囲の輻射熱の影響を測り、人の感じる温度(体感温度)を考えて運転を行い、人のいる場所に風を届けることで快適性と効率的な運転を両立させる。また、フラップを左右に分けたWフラップの2つの気流コントロールによって、風当たり感を和らげる風よけ運転も設定可能である。さらに、人が2か所にいても、それぞれに同時に風を届けることも可能である。

3.4 快適性と節電を両立させるハイブリッド運転

ムーブアイで体感温度を見張り、送風運転と冷房運転を自動で切り換えることで、快適性を維持したまま冷房運転時間を減らして節電する“ハイブリッド運転”機能を搭載した。送風運転時は、最小消費電力17Wで運転することができ、運転消費電力を大幅に削減できる(図8)。

3.5 プラズマWクリーンユニット

コンパクト室内機実現のため、コンパクト化と高性能化を両立させる2段構造のプラズマ空気清浄ユニット(図9)を新たに開発した。図10に示すように、ユニット内の1段目(前面)で空気中に浮遊する、PM2.5^(注1)、花粉^(注2)、菌^(注3)、カビ^(注4)、ウイルス^(注5)をプラズマ放電によって帯電させて(①)、2段

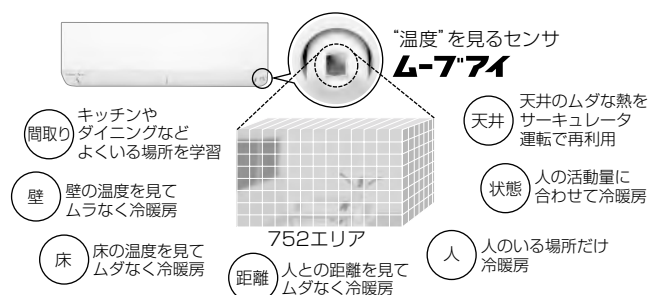


図7. ムーブアイのセンシング技術

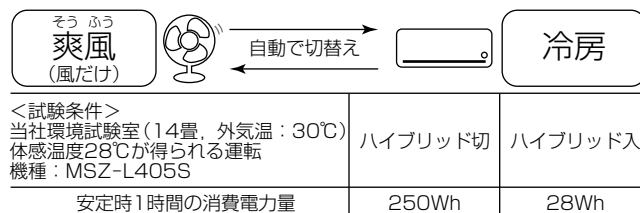


図8. ハイブリッド運転による節電



図9. プラズマ空気清浄ユニット

目(背面)でキャッチする(②)ことで、部屋の空気をきれいに保つことができる。

- (注1) PM2.5とは、2.5μm以下の微小粒子状物質の総称である。このエアコンは、0.3~2.5μmの粒子を28m³の試験空間で約90%キャッチする(当社調べ)。ただし、換気等による屋外からの新たな粒子の侵入は想定せず、0.3μm未満の微小粒子状物質の除去は未確認。また、空気中の有害物質全てを除去できるものではない。
- (注2) 試験機関: ITEA(株) 東京環境アレルギー研究所 試験方法: 空間中に浮遊させたアレル物質を空気清浄ユニットに1回通過後、ELISA(Enzyme-Linked Immunosorbent Assay)法で測定 試験番号: 14M-RPTDEC019 対象: 浮遊した花粉(1種類の花粉で実施) 試験結果: 空気清浄ユニット稼働有無での花粉抑制率93%以上。
- (注3) 試験機関: 一般財団法人日本食品分析センター 試験方法: 25m³の密閉空間に菌を噴霧し、エアコンを“空気清浄運転”で稼働。一定時間後に試験空間内の空気を回収し、空間中の浮遊菌数を測定。試験番号: 14119801号 対象: 浮遊した菌 試験結果: 3時間後の浮遊菌回収率は、“空気清浄運転”を設定しない場合に比べ、99%以上低減。1種類の菌で試験を実施。
- (注4) 試験機関: 一般財団法人日本食品分析センター 試験方法: 25m³の密閉空間に菌を噴霧し、エアコンを稼働させながら“空気清浄運転”を設定。一定時間後に試験空間内の空気を回収し、空間中の浮遊菌数を測定。試験番号: 15001582号 対象: 浮遊したカビ 試験結果: 70分後の浮遊菌回収率は、“空気清浄運転”を設定しない場合に比べ、99%以上低減。1種類のカビで試験を実施。
- (注5) 試験機関: 独立行政法人国立病院機構 仙台医療センター臨床研究部ウイルスセンター 試験方法: 25m³の密閉空間にウイルスを噴霧し、エアコンを稼働させながら“空気清浄運転”を設定。一定時間後に試験空間内の空気を回収し、その中にいるウイルスをブラック法で測定。試験番号: 仙医ウ26-003号 対象: 浮遊したウイルス 試験結果: 78分後のウイルス回収率は、“空気清浄運転”を設定しない場合に比べ、99%以上低減。1種類のウイルスで試験を実施。

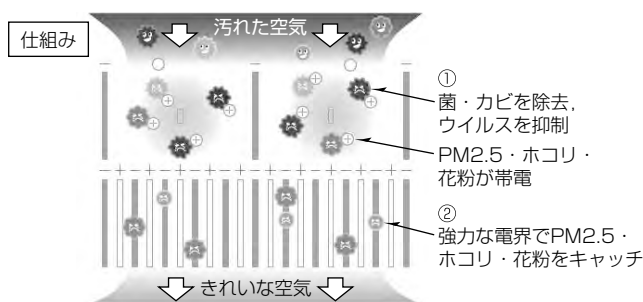


図10. ユニット内のイメージ(各段ともに平面図)



図11. フィルターおそうじメカ

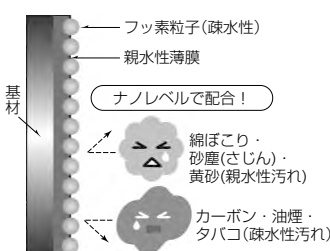
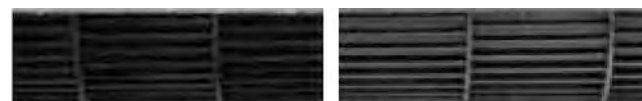


図12. ハイブリッドナノコーティング



コーティングなし

コーティングあり

図13. コーティングによる汚れの比較

表1. 過去のコンパクトモデルとの仕様比較

機種名	2002年モデル	2015年モデル
	MSZ-CX22J	MSZ-L225
室内機サイズ(mm)	248H×737W×192D	250H×799W×310D
室外機サイズ(mm)	540H×710W×255D	538H×699W×249D
質量(室内機/室外機)(kg)	7/29	12/23
冷媒	R22	R32
APF	4.0	5.9
センサ	—	ムーブアイ
フラップ	シングルフラップ	Wフラップ
空気清浄	—	プラズマ
清潔技術	—	フィルターおそうじメカ ハイブリッドナノコーティング



図14. 2015年度霧ヶ峰Lシリーズ



図15. 2015年度霧ヶ峰Zシリーズ

3.6 清潔技術

3.6.1 フィルターおそうじメカ

運転効率悪化の要因となるエアフィルタの汚れをブラシで自動のかき取る機能を搭載した(図11)。面倒なフィルタの手入れの手間を省いて清潔に保ちながら、省エネルギーを長続きさせることができる。さらに、フィルターおそうじメカ運転時の騒音は音響パワーレベル：43dBA(音圧レベル：23dBA)と、寝室での使用にも配慮した静音設計になっている。

3.6.2 ハイブリッドナノコーティング

ほこりも油污れも寄せ付けないハイブリッドナノコーティングをクロスフローファンに採用した。ほこりなどの親水性の汚れを防ぐフッ素粒子と、油などの疎水性の汚れを寄せ付けない親水性薄膜をコーティングすることで(図12)、ほこりにも油污れにも防汚効果を持つ(図13)。そのため、ファンの清潔性を維持するとともに、汚れによる運転効率の悪化を抑制することが可能である。

3.7 省エネルギー性能と省資源化

今回開発した霧ヶ峰Lシリーズは、過去のコンパクトモデルである“MSZ-CX22J(2002年モデル)”に比べ、表1に示すようにAPF(Annual Performance Factor)^(注6)が約48%向上し、室外機の質量は約21%削減でき、省エネルギー性と省資源化の両立を図った。また、使用冷媒は、従来冷媒(R410A)と比較して、地球温暖化係数(Global Warming Potential：GWP)を1/3に低減可能な新冷媒(R32)を採用した⁽¹⁾。新しく開発した室内機と室外機の圧縮機によって、冷媒使用量の削減も実現した。

(注6) 通年エネルギー消費効率 JIS C 9612：2013

3.8 シンプルデザイン

今回開発した霧ヶ峰Lシリーズ(図14)は、当社フラグシップモデルの2015年度“霧ヶ峰Zシリーズ(図15)”と同じデザインを採用して、様々な部屋にマッチするシンプルデザインとした。大型リビングにはムーブアイ極で360°センシングして部屋のすみずみまで見張る霧ヶ峰Zシリーズを、設置スペースが限られた部屋には霧ヶ峰Lシリーズを提案することで、多様なニーズに応えるラインアップとした。

4. む す び

高さ295mmのスペースに設置可能なコンパクトエアコン霧ヶ峰Lシリーズのコンパクト化技術とムーブアイ、Wフラップなどのユーザーにメリットを提供する技術について述べた。住居の形態は年々変化しており、また、ユーザーの好みも多岐に広がってきている。今後も従来の概念に縛られることなく、的確にユーザーのニーズを捉えた商品開発に取り組んでいく。

参考文献

- (1) IPCC第4次評価報告書：温暖化係数100年値の比較、675(R32)と2090(R410A)

IHジャー炊飯器“本炭釜 KAMADO”

伊藤ちひろ* 林 愛子***
荒津百合子*
齋藤利弘**

IH Rice Cooker "Pure Carbon Pot KAMADO"

Chihiro Ito, Yuriko Aratsu, Toshihiro Saito, Aiko Hayashi

要 旨

食に関するこだわりが年々強くなっており、炊飯器でご飯をおいしく炊くことに対するニーズが高い。そこで、更なるおいしさ向上を実現するため、“かまどごはん”を目指して開発を行った。

かまど炊き実態調査を実施し、かまど炊きのメカニズムを検討した。調査の結果、かまど炊きは羽釜の形状とかまどの高断熱構造によって大火力の加熱と長時間の高温保持が実現され、かまどで炊いたご飯は、水分を十分に含んでみずみずしさを保ちつつも（高含水率）しっかりとした粒感（硬さ）があるということが分かった。一方で、従来の炊飯器では含水率と硬さを両立することが難しく、粒感があるご飯ほどみずみずしさは減少し、みずみずしさを追求する

と粒感がなくなる傾向にあった。

新製品“本炭釜 KAMADO”は、IH(Induction Heating)による釜厚全体発熱と高い熱伝導率という特長を持つ炭素材の内釜をかまど炊きにならって羽釜形状にし、高断熱構造を採用したことで更なる大火力炊飯を実現した。大火力炊飯によって、従来の炊飯器では困難であった粒感がありながら中はみずみずしい“かまどごはん”を再現することができた。

また、手のひらで握ったおにぎりのような形状やかまどの重厚なイメージをモチーフとした新しいデザインコンセプト“実りの形”を採用し、おいしさを視覚からも伝える外觀デザインとした。



IHジャー炊飯器“本炭釜 KAMADO”とかまど炊き実態調査の様子

上はIHジャー炊飯器本炭釜 KAMADO “NJ-AW106形”の内釜と本体外觀である。内釜は純度99.9%の炭素材を削り出して作られた“本炭釜”であり、かまど炊きのおいしさを実現する羽釜形状である。本体は高断熱構造を活用したラウンド形状の新デザインコンセプト“実りの形”を採用した。下はかまど炊き実態調査の様子であり、炊飯温度履歴の測定などを実施して、自宅で味わえるかまどごはんに向けた研究・解析を行った。

1. ま え が き

近年、内食志向が高まり、食に関するこだわりが年々強くなっている。そのため、ユーザーが炊飯器を購入する際は“ご飯がおいしく炊けそう”ということを最も重視しており、おいしさに対するニーズが非常に高い。そこで、更なるおいしさの向上を実現するため、“かまどごはん”を目指すことにした。

本稿では、高級炊飯器の先駆けとして2006年に三菱電機が発売した本炭釜の発売10周年記念モデルとして、本体や内釜の形状を一新し、かまどごはんを再現した本炭釜KAMADOの開発について述べる。

2. かまど炊き実態調査

かまどごはんを目指すに当たり、かまど炊きに関する実態調査を行った。一口にかまど炊きと言っても複数の種類があるため、今回は薪(まき)を燃料とした土かまどと石か



(a) 沸騰時の火力



(b) 沸騰時の蒸気と吹きこぼれ

図1. かまど炊きの様子

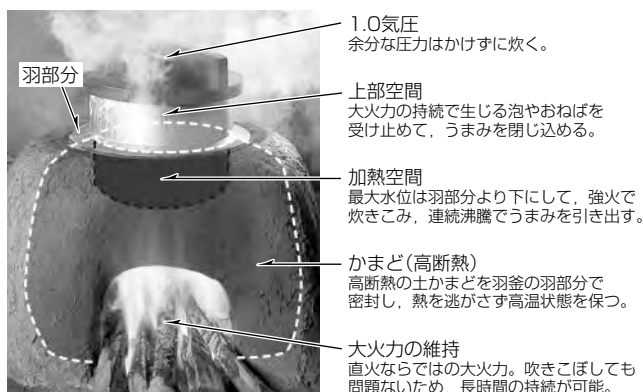


図2. かまど炊きの特長

まど、粳穀(もみがら)を燃料とした金属製かまどの3種について調査した。

どのかまど炊きでも、沸騰時の火力は非常に大きく(図1(a))、勢いよく蒸気が出ている様子が観察された。多くの場合、沸騰開始後しばらくすると蒸気とともにおねばが吹きこぼれた(図1(b))。

火の調節には経験を要し、沸騰継続後に火を引くタイミングは羽釜から発する音や振動、湯気の状態から判断していた。

炊きあがったときの米飯の高さは羽釜の羽部分よりも下部に位置しており、米と水はかまどの火が当たる空間内で加熱されていた。羽釜の羽部分よりも上部、すなわちかまどから上にはみ出した部分は、下部の加熱空間よりも温度が低く、この上部空間が大火力の沸騰によって生じた泡やおねばを受け止めて吹きこぼれの勢いを弱める効果があることが分かった。

土かまどや石かまどの場合、火が付いている状態でかまどに触っても熱くなく、非常に高い断熱性を持っていた。かまどの火を消して蒸らししているときも羽釜下部の加熱空間は高温を維持していた。つまり、かまどは炊飯中の熱を逃がさず、米を長時間高温に保つ役割を担っているといえる。

また、炊飯中の羽釜内の圧力を測定したところ、加熱を開始してから蒸らしが終了するまでの間ずっと大気圧と同じ値であり、かまど炊きでは圧力がかかっていない状態で米が加熱されていることを確認した。

これらのかまど炊きの特長を図2に示す。かまど炊きは、羽釜の形状とかまどの断熱構造によって大火力の加熱と長時間の高温保持を実現しており、その結果、おいしい米飯を炊き上げることができると分かった。

3. 開発内容

3.1 かまどごはんの再現

米飯のおいしさの特徴について検討した結果、図3に示すように、かまどごはんは水分を十分に含んでみずみずしさ(含水率)を保ちつつもしっかりとした粒感(硬さ)があるということが分かった。一方、従来の炊飯器ではみずみずしさと粒感を両立させることが難しく、粒感があるごはんほどみずみずしさは減少し、みずみずしさを追求すると粒感がなくなる傾向にあった。

過去の研究例には、炊きあがりの米飯の含水率が同等であっても沸騰時の火力が大きいと硬くなる例⁽¹⁾や、過度な圧力をかけて炊飯した場合に飯粒の表層部細胞組織が崩壊して軟らかく炊きあがる例⁽²⁾などが報告されている。

これらの研究例とかまど炊き実態調査の結果から、みずみずしさと粒感が両立するかまどごはんは、大火力でおかつ圧力をかけずに加熱するというかまど炊きの炊飯特性が寄与していると考えた。

新製品では、かまど炊きと同様に圧力をかけず、従来品と比べて大火力な加熱を実現することで図3に示すように“かまどの範囲”にプロットされ、しっかりとした粒感でありながらみずみずしいかまどごはんを再現することができた。3.2節で、この“大火力炊飯”の実現に関して詳細を述べる。

3.2 大火力炊飯の実現

3.2.1 本炭釜による全体発熱

新製品の内釜にはIH加熱との相性の良い本炭釜を採用した。一般的な金属多層釜に使用されているステンレスは、IHに不可欠な磁力線が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(外表面発熱)。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”は磁力線が浸透する深さが約10mmと深いことが特徴であり、内釜全体が発熱する(釜厚全体発熱)(図4)。

また、炭素材は熱伝導率がステンレスの約4倍高い(図4)。つまり、新製品は本炭釜によって内釜素材の広い範囲で発熱し、熱の伝わりも早いことから、米を効率良く加熱することが可能である。

3.2.2 羽釜形状による吹きこぼれ抑制

2章で述べたように、かまど炊きの羽釜は羽部分を境に

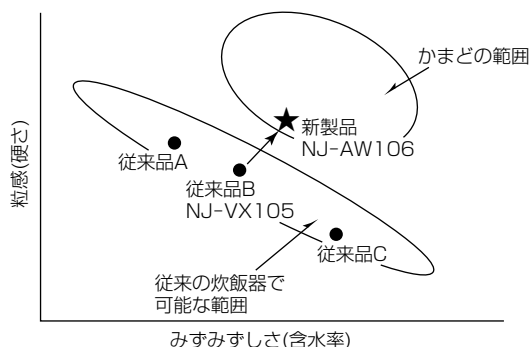
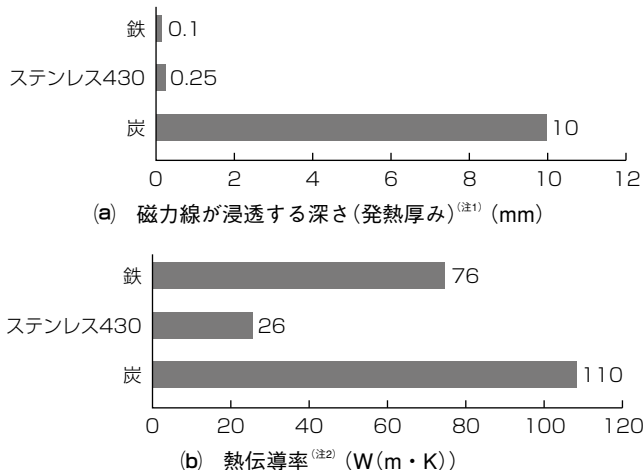


図3. みずみずしさと粒感の散布図



(注1) 磁力線が浸透する深さ(発熱厚み)は、浸透深さの計算式に基づき当社で算出。
(注2) 炭の熱伝導率は、当社の本炭釜素材の測定値。ステンレスはステンレス協会発行“改訂 ステンレスの初歩”から、鉄は機械工学便覧から引用。

図4. 素材の比較

上下でそれぞれ別の役割を担っている。羽部分より下の加熱空間は高温を維持し、羽部分より上の上部空間は沸騰時に生じる泡やおねばを受け止め、かまどから上にはみ出す構造で上部空間の温度が加熱空間よりも低くなるため吹きこぼれの勢いを弱めることができる。

新製品では羽釜形状を採用し、内釜の総体積を従来比約13%、上部空間体積^(注3)を約63%拡大し、最大炊飯量でも炊きあがり時の米飯の表面の高さが羽部分を越えない設計にした(図5)。従来品は釜全体が100℃まで到達していたところ、新製品はかまどと同様に羽部分より上を本体からはみ出す構造とすることで上部空間温度が97~98℃となり、吹きこぼれ抑制効果を高めることが可能となった。

(注3) 最大炊飯量(5.5合)炊きあがり時の米飯の表面から内釜最上部までの体積

3.2.3 高断熱構造

2013年度から“熱密封リング”を搭載した従来の炊飯器でも、本体と内釜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することで、内釜で発熱した熱を本体内部に閉じ込める“かまどの構造”を再現していた。しかし、従来品の断熱層だけでは一部の熱が本体外部の表面から逃げてしまっていた。この課題を解決するため、新製品では断熱層を更に進化させた高断熱構造を構築した。本体デザインにはラウンド形状を採用し、内釜下部の周囲で内釜と本体を均一な隙間にするとともに、空間層自体を拡大させた。さらに、従来品から搭載していた内釜側面の断熱材に加え、本体外部表面の内側にも厚さ10mmの断熱材を全周に追加した(図6)。これによって本体外部の表面温度を均一にすることができ、本体の外部表面温度を従来品よりも約20℃低下させることができた(図7)。

先に述べたとおり、新製品では本炭釜による大火力に加え、羽釜形状による吹きこぼれの抑制効果と高断熱構造による断熱効果との相乗効果によって、従来品“NJ-VW105

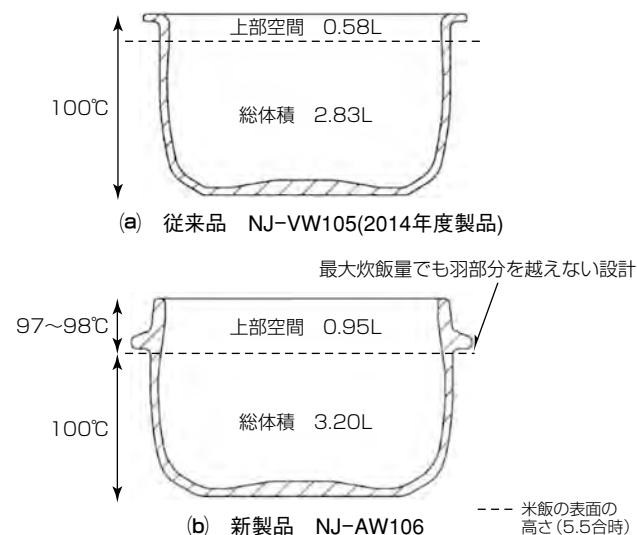


図5. 内釜形状の比較

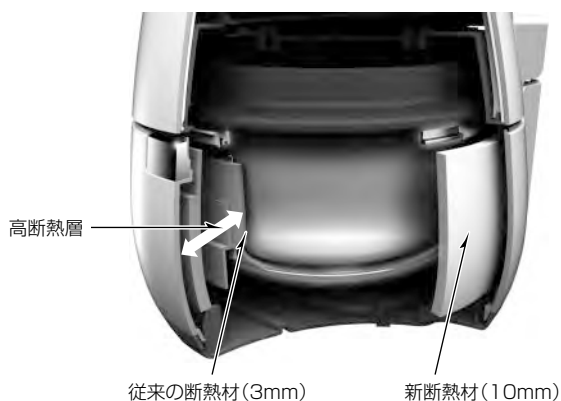
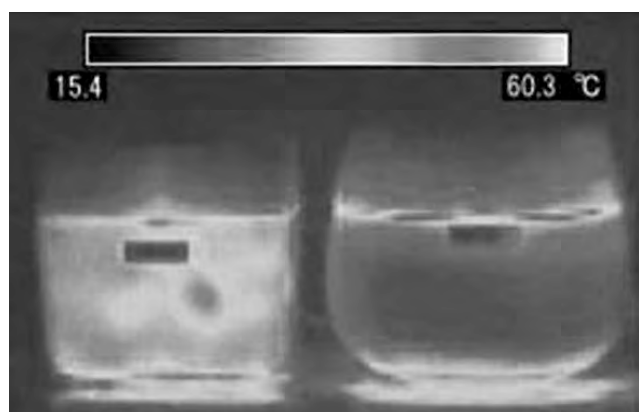


図 6. 本体断面図(イメージ)



従来品 NJ-VW105 新製品 NJ-AW106

図 7. 炊飯中の本体温度比較

(2014年度製)”に比べて本炊き工程の投入電力量を約28%増加させることができ、かまど炊きの特長である大火力炊飯を実現できた。

3.3 デザイン

現在、高級炊飯器市場ではスクエア形状のデザインが定着している。これは当社がキッチンカウンターや収納台への収まりの良さと下位機種との差別化を狙ったものだが、結果として多くの他社製品が似たような外観となっている。

新製品では、当社の最高級炊飯器としてこだわった“かまど炊きのごはんのおいしさ”を外観デザインでも伝えるために、新しいデザインコンセプト“実りの形”を採用した。他社にない丸みと張りのあるフォルムは手のひらで握ったおにぎりのような形状や本物のかまどの重厚なイメージをモチーフとしている(図8)。この形状はおいしさを視覚で伝えるという狙いとともに、本体と内釜との間に空間を確保して断熱効果を高める構造となっている。内釜の形状と合った円形モチーフは、スクエア形状の製品と比較してコンパクトに見えるという効果もある。

つなぎ目のない一体感のある意匠曲面を実現するため、多分割、多段階の特殊なコアスライド金型を採用した。これによって筐体(きょうたい)を一体として構成することができ、おいしさを表現する滑らかな意匠面を実現した。



図 8. 実りの形(イメージ)

使いやすさについては、炊飯開始前のメニュー設定や予約時間を音声で読み上げる“音声ナビ”を搭載して誤設定を防止した。また、主要な操作ボタンには、高齢者が識別可能な7.5mm^(注4)の大きな文字を採用している。薄暗いキッチンでも読みやすくするためにバックライト液晶を搭載し、ユニバーサルデザインの視点で幅広い消費者への使いやすさに配慮した。さらに、他社製品では本体天面にある蒸気口ユニットを内蓋側に配置し、天面を凹凸のないフラットな構造にすることで拭き掃除がしやすく清掃性を考慮した。

本体カラーは丸みと張りのあるフォルムを際立たせるために高光沢で滑らかな印象のプレミアムホワイトを採用し、みずみずしさを表現した。また、ブラックとレッドが大半を占める高級炊飯器の市場で、かまどの質感を表現するため今までにないマットな質感のプレミアムブラウンを採用した。

(注4) JIS S 0032(2003)“高齢者・障害者配慮設計指針－視覚表示物－日本語文字の最小可読文字サイズ推定方法”及び“文字の高さの高齢者実験(2009年当社実施)”から算出

4. むすび

かまど炊き実態調査を通じて、昔の人々の知恵に驚かされた。羽釜もかまども非常に理にかなった構造であり、おいしく炊くための工夫が詰まっていた。その一方で、かまど炊きは経験が必要であり、毎回同じように炊き上げるのは非常に難しいことが分かった。

今回開発した本炭釜 KAMADOは、誰でも簡単に昔ながらのかまどで炊いたような粒感がありながら中はみずみずしいおいしいごはんを炊くことができる。

今後は、かまど炊きを超越するおいしさを実現し、より充実した食生活を提供する炊飯器の開発を目指す。

参考文献

- (1) 丸山悦子：炊飯に関する基礎的研究(第2報)炊飯過程における温度履歴が飯の食味におよぼす影響，調理科学，**24**，No. 4，297～301 (1991)
- (2) 貝沼やす子，ほか：炊飯における加熱時間と加熱温度の影響について(第2報)圧力鍋の炊飯について(その2)，家政学雑誌，**31**，No. 5，323～329 (1980)

冷蔵庫搭載タッチ式操作パネル

寛 仁志*
大和康成*
小川 孝**

Touch System Control Panel for Refrigerators

Hitoshi Kakehi, Yasunari Yamato, Takashi Ogawa

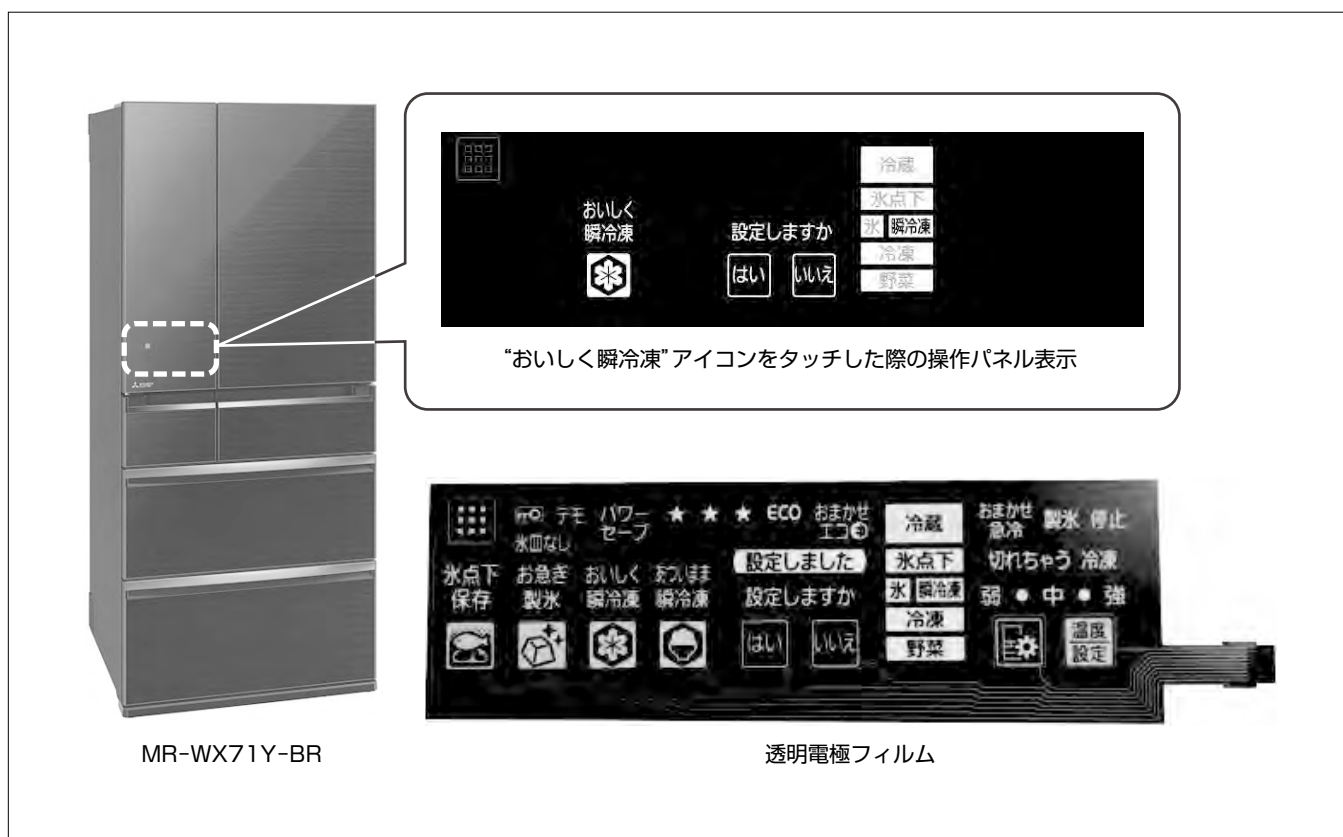
要 旨

三菱電機の冷蔵庫には食品の細胞を壊さずに冷凍できる“おいしく瞬冷凍”や、氷点下温度でも凍らせずに保存できる“氷点下保存”など、当社独自の多彩な機能を搭載している。しかし、従来の押しボタン式操作パネルではこれらの機能を設定する操作手順が分かりにくかったのか、操作することを敬遠されてしまい、機能があっても使わないという宝の持ち腐れになっているケースがあった。

そこで、2014年から展開している“WXシリーズ”の冷蔵庫では便利な機能群をユーザーに積極的に使ってもらえるよう、機能を設定する一連の操作フロー改善に取り組んだ。従来は各種機能を文字で表記していたのに対し、WXシリーズではアイコン表現にすることで、直感的に機能を想像

できるデザインに改善した。また、機能を設定するまでの一連の操作を対話形式にすることで設定内容を分かりやすくし、さらにタッチするアイコンのみ光らせることで迷うことなく次操作に移れる操作フローに改善している。

しかし、従来の押しボタン式はボタン部を光らせることが難しく、またWXシリーズのガラス扉が持つフラットなデザイン性を損なうため取り付けられない。そこで、ガラス表面を触ることで操作でき、かつ操作部を光らせることができるよう、透明電極フィルムを採用したタッチ式操作パネルの構成にした。これによって、簡単に操作できるタッチ式操作パネル“タッチdeアシスト”を実現している。



WXシリーズ冷蔵庫のタッチ操作パネル“タッチdeアシスト”

冷蔵庫の各種機能をユーザーに利用してもらえるよう、機能設定の開始操作をアイコンタッチにして操作機会アップを狙った。一連の操作は設定するかどうかをユーザーに問いかける対話形式で進行し、操作するスイッチだけを光らせることで、ユーザーの操作をアシストする操作フローとなっている。

1. ま え が き

当社の冷蔵庫は、“おいしく瞬冷凍”や、“氷点下保存”など、当社独自の冷凍技術を活用した暮らしに便利な機能を多数搭載している。しかし従来機種の押しボタン式操作パネルでは操作方法が分かりにくく、これら便利機能を利用できていないケースがあった。

そこで、ユーザーに当社冷蔵庫の機能群を活用してもらえるよう、操作フロー及びパネル構成を見直し、操作しやすい操作パネルの実現を目指した。

2. 操作パネルの操作フロー

2.1 従来操作パネルの操作フロー

まず、従来の押しボタン式操作パネルで、次の解決すべき課題を洗い出した。

- (1) どのボタンを操作するかが分からない
- (2) 操作手順が分からない
- (3) 設定できたかどうか分からない

通常、操作パネルは一定時間操作をしないと節電のため消灯するようになっている。ただ、表示が消灯しても押しボタン式操作パネルでは常にボタンが見えているため、どのボタンから触っていいのかわからないという課題(1)があった(図1)。

また、従来操作パネルでは実施したい機能に対応した冷蔵庫の部屋を選んだ後に、機能決定の操作をするという手順を踏まなければならなかった。しかし、この操作手順にはどの部屋で何の機能を実施できるかという事前知識(例えば“お急ぎ製氷”の場合は製氷室、“おいしく瞬冷凍”の場合は瞬冷凍室)を必要としている。そのため、機能と実施する部屋が結び付かないユーザーには分かりにくいという課題(2)があった。

さらに、ユーザーの設定操作に対して機能名の点灯/消灯で機能の開始/終了を表示していたため、ユーザーには確実に設定できたかどうか分かりにくいという課題(3)があった。

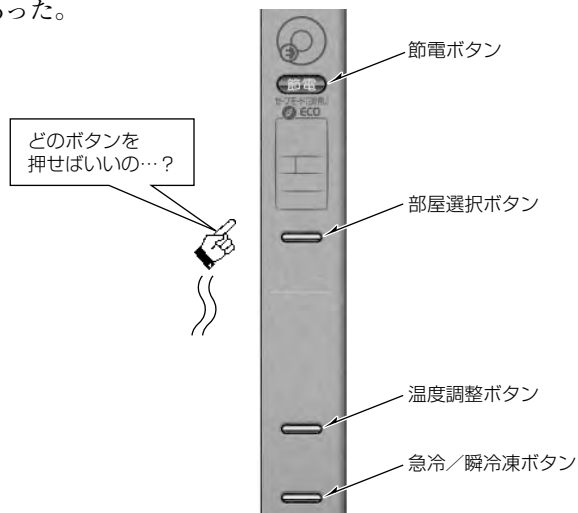


図1. 従来の操作パネル

2.2 タッチdeアシストの操作フロー

そこで、2014年から展開しているWXシリーズの冷蔵庫では従来操作パネルの課題(1)~(3)を解決する操作フローを検討した。

まず、開始操作のスイッチをスタートアイコン1つに絞る、それ以外のスイッチを不可視にすることで、開始操作で迷わないようにした。また、スタートアイコンにタッチ後は機能を表すアイコンのみを光らせ、従来の文字だけでは分かりにくかった機能を直感的に想像しやすくし、操作するモチベーションアップを狙っている。さらに、機能系アイコンにタッチすると機能名称を表示し、“設定しますか”とユーザーに意思確認の問いかけをする段階を設けた。この段階があることで、アイコンタッチによって即座に機能設定が開始/終了することを防ぎ、ユーザーが安心して操作できるようにしている。パネルからの問いかけに対しユーザーは“はい”“いいえ”のどちらかをタッチすることで、機能の開始/終了を確実に選べるようにした。このように、設定操作の開始から終了まで対話形式で進めることで、ユーザーが理解しやすい操作フローを実現している(図2)。

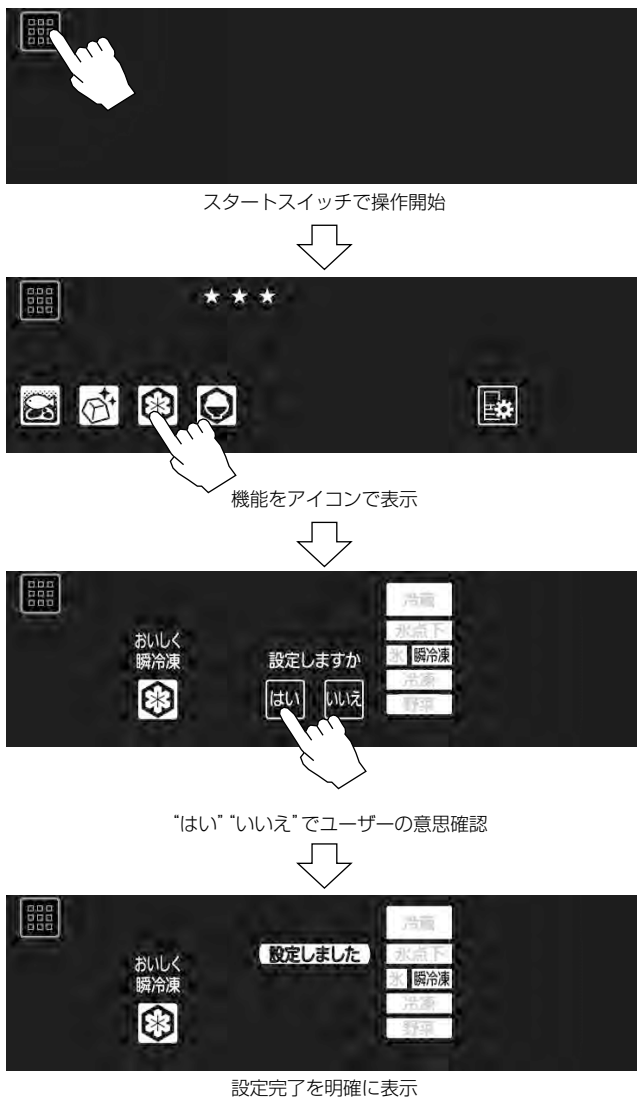


図2. タッチdeアシストの操作フロー

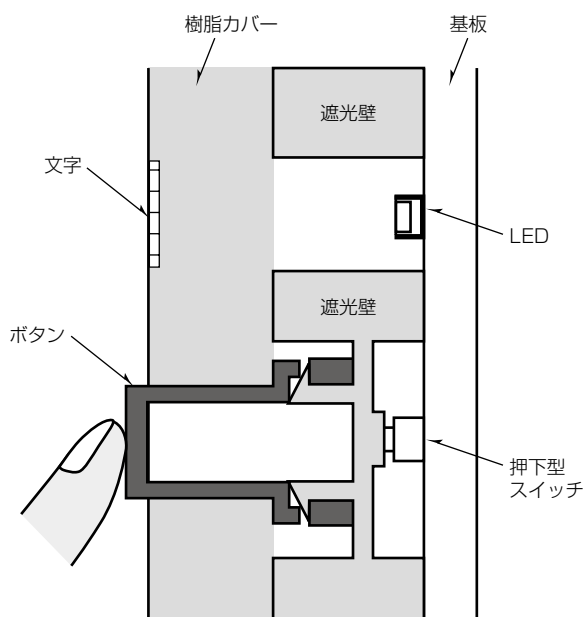


図 3. 従来の押しボタン式操作パネル構造断面図

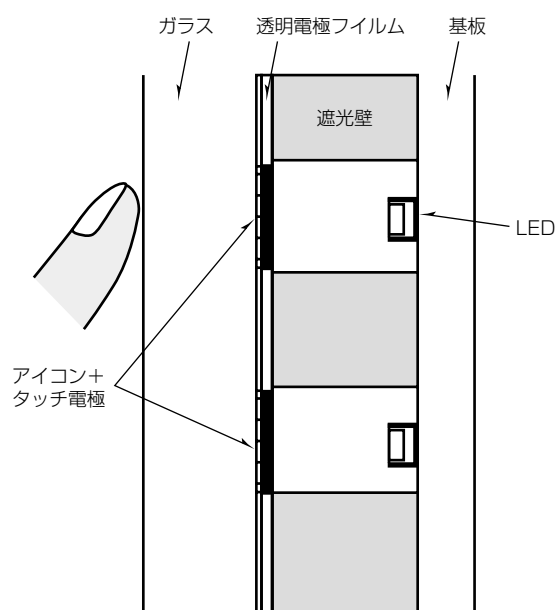


図 5. タッチ式操作パネルの構造断面図

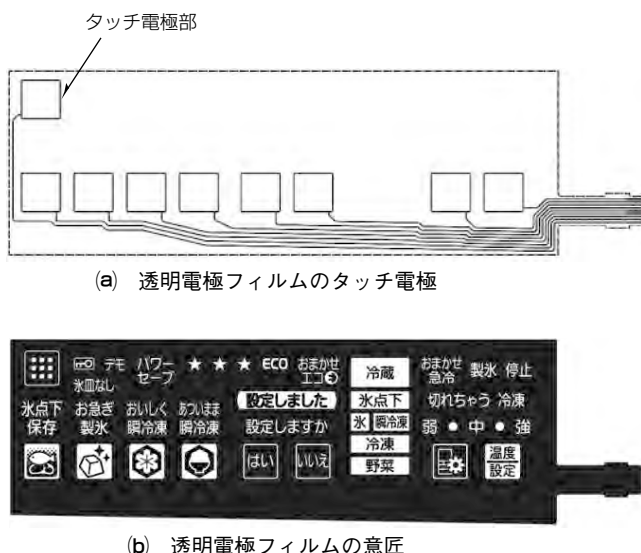


図 4. 透明電極フィルム

また、一連の操作フロー中、次に操作するアイコンだけが光るようにし、ユーザーが次にどのアイコンを操作すればいいか迷わないようにアシストしている。

3. 透明電極フィルム

3.1 従来操作パネルの構成

タッチdeアシストの操作フローを実現するために不可欠な要素がタッチするアイコン自体を光らせることであった。また、WXシリーズは扉にガラス面材を用いるため、扉前面をフラットに保つことも必要であった。しかし、従来の押しボタン式スイッチではボタン部に押下型スイッチが配置されるため、同じ領域にLEDを配置してボタン部を光らせることが難しい(図3)。また、ボタン操作のためにはボタン部周辺のガラスをくり抜かなければならず、フラッ

トなガラス扉のデザイン性を損なうおそれがある。

3.2 タッチ式操作パネルの構成

そこで、これらの課題を解決するために、透明電極フィルムを採用した。透明電極フィルムは1枚のポリエチレンテレフタレート(PET)フィルムにアイコンや文字等の意匠と光を透過できる透明電極が印刷されたフィルムであり、アイコンと重なるようにタッチ電極を配置している(図4)。

透明電極フィルムをガラス面材の裏面側に接するように配置し、タッチ電極の直下にLEDを配置することでタッチ電極(=アイコン)を光らせることが可能になった(図5)。これによってアイコン操作が必要なときにだけ点灯させることができるようになり、先に述べた操作フローの実現を可能にした。

4. む す び

従来操作パネルは操作方法が分かりにくい機能を使ってもらえない状況があった。そこで、文字だけで表示していた機能名をアイコンにし、アイコンを直接タッチする対話形式の操作フローを構築した。この操作フロー実現のため透明電極フィルムを採用することで、ガラス扉のフラットなデザイン性を損なうことなく、操作するアイコンのみ光らせることを可能にし、ユーザーが理解しやすい操作パネルであるタッチdeアシストを実現している。なお、このタッチdeアシスト実現のためにクリアした技術的課題に関して6件の特許出願を行っている。

今後も冷蔵庫には新機能が追加されていくことが予想される。当社独自の機能を眠らせることなく、ユーザーに積極的に活用してもらうには、分かりやすい操作フローでなければならない。そのため、操作パネルのハードウェア構成から見直すことも視野に入れ、今後もより良い操作フローを追い続けていく。

“お部屋に出しておく”新しい掃除スタイル コードレススティッククリーナー “iNSTICK”

四津谷 瞳* 山岸直樹***
高砂英之*
朝日洋平**

Cordless Stick Cleaner "iNSTICK" for New Cleaning Style by Placing It in Room

Hitomi Yotsuya, Hideyuki Takasago, Youhei Asahi, Naoki Yamagishi

要 旨

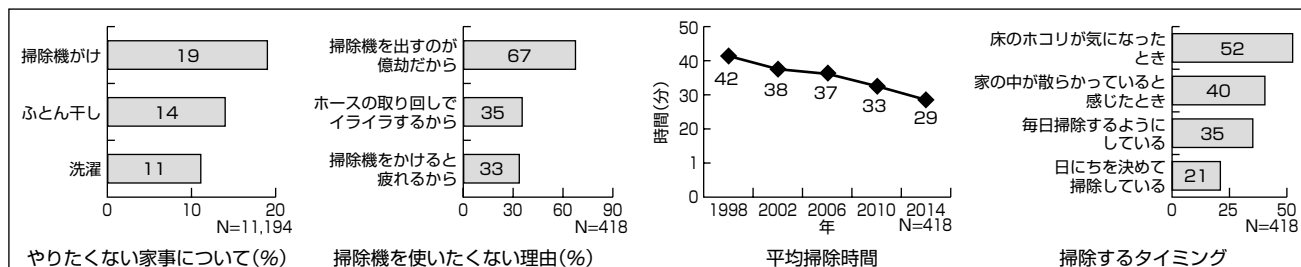
近年、手軽に使えるコードレススティッククリーナーの需要が急伸長している。

三菱電機のユーザー調査では、やりたくない家事のトップが“掃除機がけ”で19%を占め、その理由として“掃除機を出すこと”に不満を感じていることが分かった。家事労働の負担を少しでも軽減するため、“iNSTICK(インスティック)”は、クリーナーを従来の“しまっておく”家電から“お部屋に出しておく”家電へと、新しい掃除スタイルを提案した。従来型のクリーナーでは見られない、部屋に調和する円柱タワー型のデザインとした。これによって、収納場所から出し入れする手間が軽減され、ごみが気になったときにすぐ掃除でき、掃除機がけの不満を解消する。ま

た、家族が集うリビングに置くことで、家族の家事分担を促す効果も見込める。

三菱電機独自の風・ごみ分離構造を実現したサイクロン構造によって、強い吸引力持続ときれいな排気を両立させた。充電台には業界初^(注1)の空気清浄機能を搭載し、クリーナーを使用していないときにも浮遊するホコリや花粉を取り除くことができる。さらに、掃除動作に応じて自動で節電できる“スマートSTOP”や本体質量2.1kgの軽量コンパクトボディを実現したことで、手軽に本格的な掃除ができる製品である。

(注1) 2015年2月10日現在、三菱電機調べ



三菱電機調べ



“お部屋に出しておく”新しい掃除スタイル



円柱タワー型デザイン
(充電台設置時)



クリーナー本体と充電台

“iNSTICK”のデザインとユーザー調査結果

2015年3月1日に発売したコードレススティッククリーナー“iNSTICK”は、ユーザー調査を基にニーズを発掘した。掃除機を使いたくない理由の67%を占めた“掃除機を出すのが億劫(おっくう)だから”という、掃除作業前の心理に着目した。

1. ま え が き

三菱電機のユーザー調査では、やりたくない家事のトップが“掃除機がけ”で19%を占め、掃除機を使いたくない理由の67%は“掃除機を出すこと”に不満を感じていることが分かった。平均掃除時間が年々短くなり、掃除は定期的に行う家事から汚れが気になったときなど必要なタイミングに行う家事へと変化している。手軽に掃除ができるコードレススティッククリーナーの需要が、前年比140%(三菱電機推定)と急伸長している(2014年度の市場全体の出荷台数)。三菱電機は、家事労働の負担を軽減することが重要と考え、2015年3月1日に子どもや高齢者にも使いやすいコードレススティッククリーナーiNSTICK(以下“iNSTICK”という。)を発売した。

iNSTICKは、三菱電機独自のサイクロン構造を進化させたことに加えて、お部屋に調和するデザインと空気清浄機能の搭載によって、従来の“しまっておく”から“お部屋に出しておく”新しい掃除スタイルを実現した。掃除機を出し入れする手間を省き、ゴミが気になったときに掃除できるので、掃除機がけの不満を解消する。手軽に掃除することで、やりたくない家事を家族全員で分担し、部屋をキレイに保てる。

本稿では、2章で独自のサイクロン技術による吸引力持続ときれいな排気の両立、3章で“お部屋に出しておく”デザイン、4章で空気清浄機能の搭載、5章でその他の機能について述べる。

2. 吸引力持続ときれいな排気の両立

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ボックスの構造(図1)は、旋回気流を生成することによってゴミに遠心力を与えて空気から分離する旋回室と、分離されたゴミを捕捉する集じん室から成る。旋回室の上部は円筒部で構成され、その接線方向にゴミを含む空気を導入するように単一の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速する円錐(えんすい)部を備えている。遠心力によってゴミがサイクロンボックスの下部に分離され、清浄された空気は、旋回室と同軸上に設置された筒状の排出管からサイクロン部の外に排出される。

図1に示すような一般的なサイクロンで遠心分離できるゴミの最小径である限界粒子径(D_{\min})は次の式(1)で示される。

$$D_{\min} = \sqrt{\frac{9\mu b}{5\pi u(\rho_p - \rho)}} \quad \dots\dots\dots (1)$$

μ : 空気の粘度
 b : 流入口幅
 u : 流入風速
 ρ_p : 粒子の密度
 ρ : 空気の密度

式(1)から、微細なゴミを分離するためには、旋回室の流入風速 u を高める必要があることが分かる。

2.2 風・ゴミ分離構造

小型サイクロンでは、流入風速を高めると旋回室に加えて集じん室の風速が高くなり、分離したゴミの再飛散が課題となる。そこで、旋回室の外壁と集じん室の内壁の両方からゴミを挟み込むリブを形成した(図2)。図3に図2のA-A断面の風速分布を示す。集じん室の風速は、リブなしでは4.8m/s、リブありでは2.9m/sと40%低減できた。

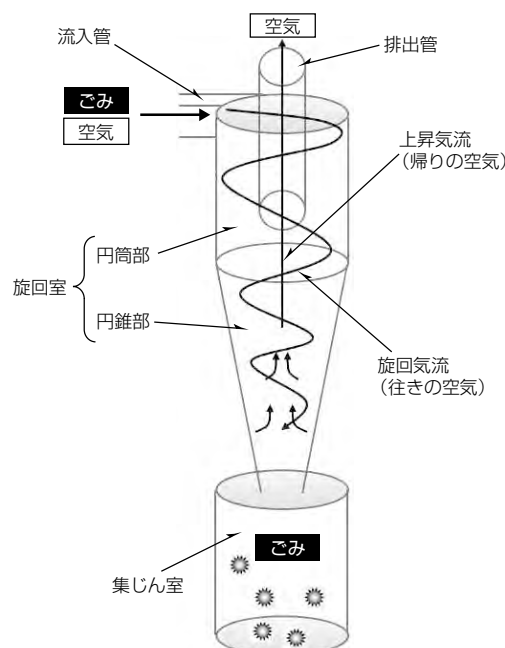
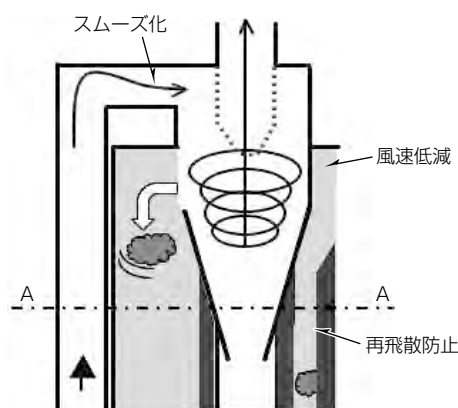
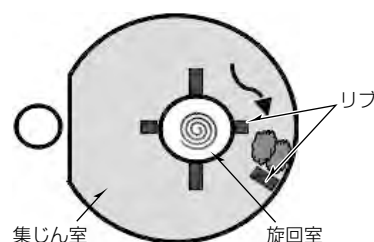


図1. 一般的なサイクロンボックスの構造



(a) サイクロンボックスの縦断面



(b) A-A断面

図2. 風・ゴミ分離構造

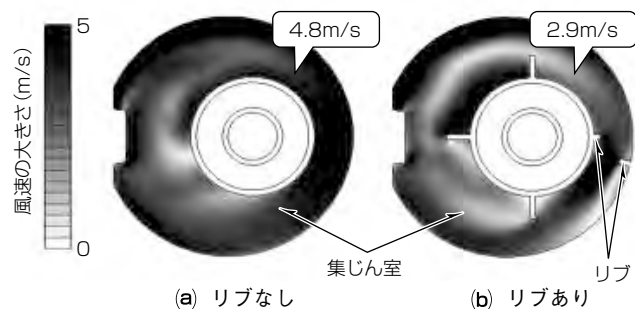


図3. A-A断面の風速分布

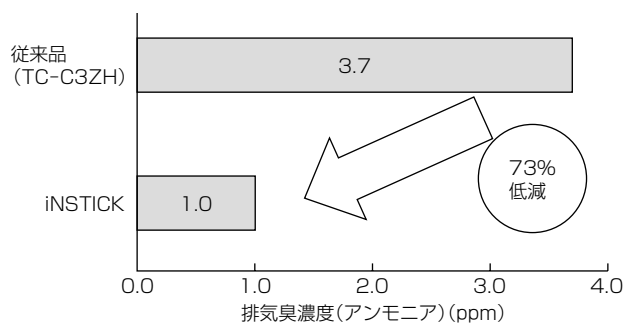


図4. きれいな排気

2.3 きれいな排気

使用者の顔近くに排気がかかりやすいスティッククリーナーだからこそ、排気臭低減を目指した。風・ごみ分離構造によって、集じん室の風速を抑制したため、吸い取ったごみの中を風が通りにくくなり、従来品から73%減の1.0ppm排気臭濃度を実現した(図4)。

3. “お部屋に出しておく”デザイン

3.1 クリーナーに見えないデザイン

住空間との調和を目指し、充電台設置時に円柱タワー型となるデザインに仕上げた。円柱タワーの部分にはクリーナー本体と充電台、空気清浄機を一体化しており、クリーナーに見えなくするために凹凸をなくす工夫をした。クリーナーに見えないデザインなので、図5のように積極的に生活の場に置くことができる。家族が集うリビングに置いた場合は、家族の家事分担を促す効果が期待できる。

3.2 使いやすさの追求

クリーナーを使用する際には、図6のように円柱タワー上部にあるグリップを持ち上げるだけですぐに充電台から外すことができる。グリップの太さや長さに関しては、子どもや手の小さな女性、手の大きな男性まで、全てのユーザーが使いやすいグリップを目標にした⁽¹⁾。グリップの試作品を、5パーセントイル^(注2)の手の小さい女性や95パーセントイル^(注3)の手の大きい男性を含めた被験者による主観評価を実施しながら、検討を進めた。また、机上や高所などの多様な場所の掃除についても同様に評価した(図7)。

操作ボタンは電源ON/OFFと強弱切替の2個とし、表示をピクトグラムにすることで子どもにも使えるように



図5. 玄関、寝室に置いたイメージ



図6. 持ち上げるだけで使える本体



図7. 多様な使い方

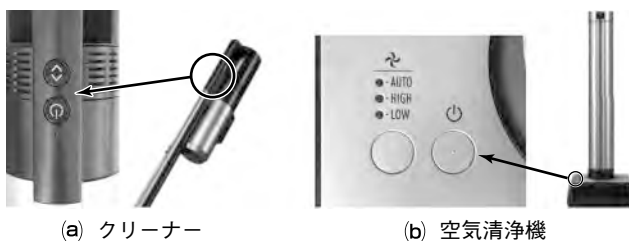


図8. 最小限の操作ボタン



図9. 簡単に分解して水洗いができる

配慮した。電源ボタンには、操作時の指かりになる凸点を付加して視覚障がい者のボタン操作をサポートする(図8)。

サイクロンボックスは簡単に分解できるため、ごみ捨てが簡単に行えることに加えて丸洗いが可能で、手入れの手間を軽減する(図9)。

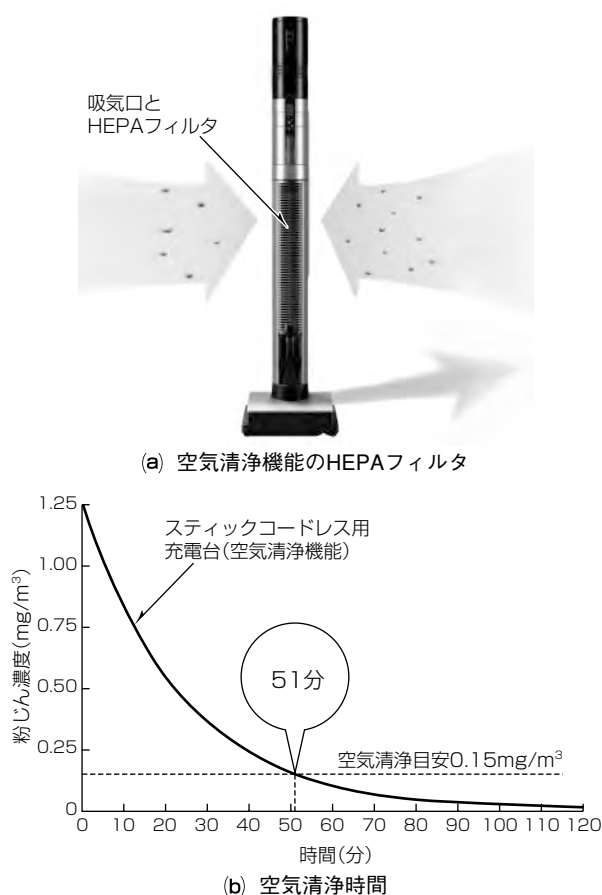


図10. 空気清浄機能

(注2) 集団の最小値から5%目に当たる大きさの人の測定値
(注3) 集団の最大値から5%の人を除いた95%目の人の測定値に相当

4. 空気清浄機能の搭載

充電台には、0.3 μ m以上の浮遊じんを99.97%以上除去し、0.1～2.5 μ mの粒子(PM2.5対応)を約90%除去^(注4)するHEPA (High Efficiency Particulate Air) フィルタを採用した空気清浄機能を搭載した。舞い上がったホコリを効率良く捕集するため、タワーの中央部にHEPAフィルタを配置した。空気清浄機能用モータは充電台下部に配置し、タワー内を風路として活用したことで円柱型のデザインを成立させ、8畳の部屋を51分で清浄化できる(図10)^(注5)。

掃除機を使用していないときでも、空気清浄機能単独として部屋の微細な浮遊じんをしっかりキャッチできる。掃除中(クリーナーを充電台から取り外しているとき)は舞い上がったホコリを強運転で吸引し、掃除終了後(クリーナーを充電台にセットしているとき)は弱運転に自動で切り換える“Auto(自動)モード”を搭載した。特に、花粉シーズンには玄関に置いて、クリーナーで服から花粉を除去し、

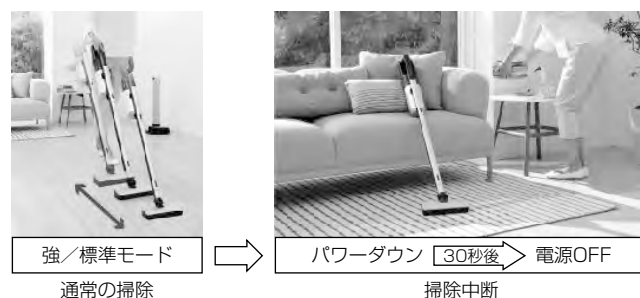


図11. スマートSTOP

空気清浄機能で花粉の侵入を抑制することができる。

(注4) 日本電機工業会の自主基準の測定方法に基づく三菱電機の試験結果
(注5) 空気清浄機能を強運転で行った場合の値。日本電機工業会規格“家庭用空気清浄機”の測定方法に準拠し、粉じん濃度が1.25mg/m³から0.15mg/m³になるまでの時間を算出。

5. その他の機能

5.1 掃除動作に応じて自動で節電“スマートSTOP”

クリーナーの手元部に搭載した3軸加速度センサ^(注6)で掃除動作を検知し、自動でパワーコントロールをする。掃除を中断するとパワーダウンし、中断したまま30秒経過すると自動的に運転が止まり、ムダな電力消費を抑える(図11)。

(注6) 前後、左右、上下の各方向の加速度を検出

5.2 本体質量2.1kgの軽量コンパクトボディ

パイプとハンドル部に、高強度で低比重のカーボン練り込み樹脂(CFRPP)を使用することで、薄肉設計が可能になり軽量コンパクト化を実現した。

5.3 標準20分、強10分の連続運転が可能

高性能リチウムイオンバッテリーを搭載し、長い運転時間と長寿命を両立させた。

5.4 通常充電モードと急速充電モードを搭載

約2時間で満充電できる通常充電モードに加え、すぐ使用したいユーザー向けに約70分で90%充電(標準18分、強9分の連続運転が可能)できる急速充電モードを搭載した。

6. む す び

ユーザーニーズから導いた、クリーナーの新しい使い方を実現したデザインとサイクロン技術、空気清浄機能について述べた。今後もユーザーの潜在ニーズをつかみ、手軽に掃除ができるクリーナーの開発を目指す。

参 考 文 献

(1) 人間生活工学研究センター：日本人の人体寸法データベース2004-2006、日本人の手の寸法集2010

テレビの音響・音声技術

平野 仁* 久保めぐみ**
古田 訓*
伍井啓恭*

Acoustic and Speech Processing Technologies for Television Receiver

Jin Hirano, Satoru Furuta, Hiroyasu Itsui, Megumi Kubo

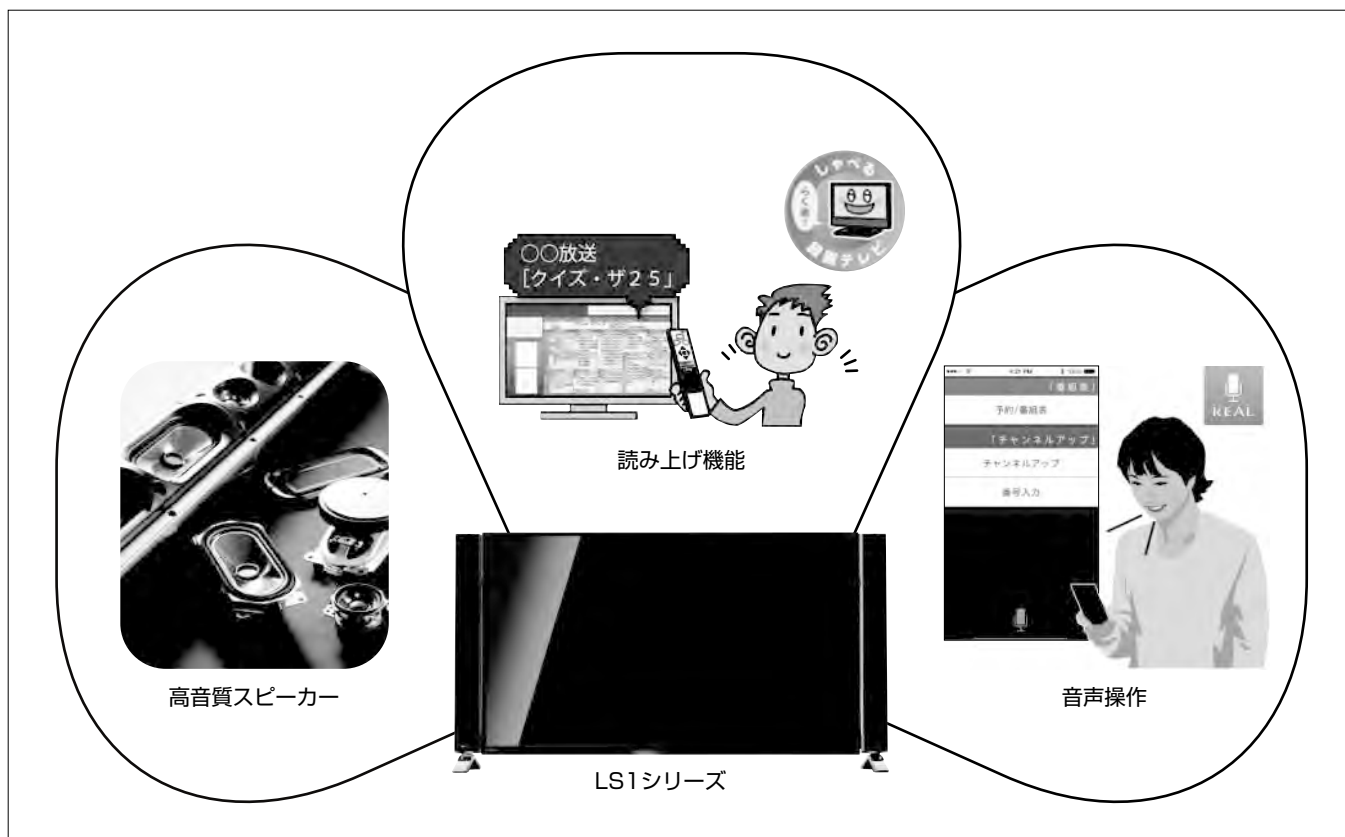
要 旨

4K実用放送が開始され、フルハイビジョンから4Kへとテレビの高画質化が進んでいる。画質の進化に伴い、映像にふさわしい高品位な音が求められるようになっていく。また、新しいサービスや機能の追加によって高機能化が進む反面、操作は複雑になり、誰でも簡単に使いこなせる使いやすさへの配慮が必要となっている。三菱電機が2014年に発売した4K対応レーザー液晶テレビ“LS1シリーズ”では、音響・音声技術を駆使して、これらの課題改善に取り組んだ。

高品位な音を実現するため、高音質スピーカーシステムを搭載した。高伝搬速度と高内部損失を両立させた当社開発素材を振動板に採用したスピーカーと信号処理の複合設計によって、高音質化を実現している。

使いやすさを向上させる音声技術として、読み上げ機能と音声操作を搭載した。読み上げ機能では、自然なイントネーションと高域の明瞭性を改善した合成音声によって、操作メニューや電子番組表などを聴き取りやすい音声でガイドすることができる。音声操作では、音声認識によってテレビを操作する携帯端末用の当社専用アプリケーションを開発した。特殊なコマンドを覚える必要はなく、ユーザーの日常的な発話や言い回しでテレビを操作できるようにした。

今後も更なる高画質化が期待されるが、当社ならではの音響・音声技術によって、画質だけではなく“美しい音”と“使いやすさ”にもこだわった開発を進める。



三菱液晶テレビ“LS1シリーズ”を支える音響・音声技術

当社の4K対応レーザー液晶テレビLS1シリーズに搭載している音響・音声技術を示す。当社製テレビの高音質化と使いやすさは、様々な音響・音声技術によって支えられている。

1. ま え が き

当社製テレビは、高音質、高画質、使いやすさを特長としている。本稿では、2014年に発売した当社初の4K対応液晶テレビLS1シリーズに盛り込んだ高音質化技術として高音質スピーカーシステムを、使いやすさを向上させる技術として読み上げ機能と音声操作を述べる。

2. 高音質スピーカーシステム

4Kテレビ市場では、高画質と同時に高音質を訴求した製品が発売され、音質が競争軸の1つとして再認識されている。当社製テレビでは、一貫して音質を重視した設計をしている。LS1シリーズのスピーカーシステム設計では、当社開発の素材“NCV(Nano Carbonized high Velocity)”のスピーカー振動板への採用、スピーカーと信号処理の複合設計、低音信号処理によって高音質化を実現している。

2.1 NCV振動板

スピーカーの振動板として理想的な素材は、音の伝搬速度が速く、内部損失が大きいものとされているが、その2つの物性を両立させることは難しい。当社開発の素材であるNCVは高伝搬速度、高内部損失の両立を実現しており、スピーカー振動板の材料として理想的な物性となっている(図1)。

伝搬速度とは、材料内を振動が伝わる速さを示し、材料の剛性が高いほど速く、振動に対する追従性がよい。内部損失は、材料内部での振動エネルギーの損失を示し、材料を叩(たた)いた際に鳴る音の響きが短いほど内部損失が高く、余計な響きを持たない振動板となる。

高音用・低音用スピーカーは異なる振動板材料を使うのが一般的であり、金属・セラミック等の伝搬速度の高い材料は高音用スピーカーに、紙や樹脂などの内部損失の高い材料は低音用スピーカーに用いられることが多い。

NCVは、高伝搬速度と高内部損失を兼ね備えているため、低音から高音までを同じ材料の振動板でカバーすることができ、全帯域で統一感のある音を再生することが可能となる。

2.2 スピーカーと信号処理の複合設計

LS1シリーズでは、大画面(58・65インチ)4K画質に相

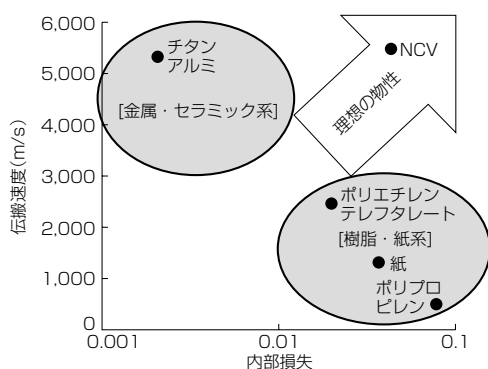


図1. 材料物性

応(ふさわ)しい低音再生を目指して設計を行った。スピーカーボックスの容積と低音再生能力は比例するため、限られたサイズで最大限に低音再生能力を引き出すパッシブラジエータ方式を採用し、さらに、音響信号処理との複合的な設計を行った。

同じ容積のスピーカーで比較した場合、パッシブラジエータ方式は一般的に用いられる低音増強方式バスレフ型スピーカーよりも更に低音再生能力が高い反面、設計・コスト面に難しさがある。

この開発では、パッシブラジエータ型スピーカーの集中定数系モデル(図2)を見直し、低音再生のボトルネックを特定してスピーカー設計にフィードバックを行った。その結果、当初使用していたスピーカーユニットでは駆動力が不足し、パッシブラジエータを十分に鳴らし切れていないことが明らかとなった。信号処理による低音増強も織り込んで磁気回路の再設計を行い、磁束密度を6,000G(ガウス)から10,000Gまで強化することで、サイズの限界までスピーカーを鳴らし切る設計を実現している(図3)。

2.3 低音信号処理

音響処理“音ハッキリ”には、スピーカー再生能力の限界まで鳴らし切る技術VBL(Variable Bottom Limiter)が搭載されている。

スピーカーは再生周波数が低いほど大きく振幅するが、スピーカーの構造上、振幅できる範囲には限界がある。限界を超えるような過大な入力信号が入った場合、再生音の歪(ひず)みや音割れを生じる。通常、歪みや音割れの回避策として、ハイパスフィルタなどを用いて低音再生能力を

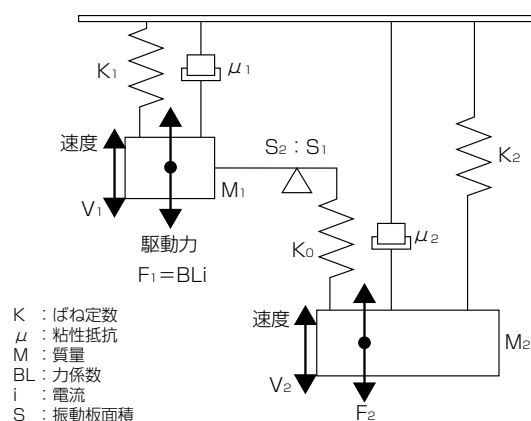


図2. パッシブラジエータ型スピーカーの集中定数系モデル

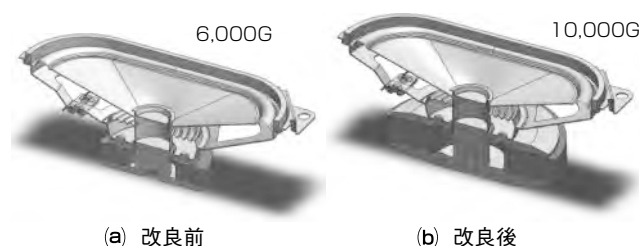


図3. スピーカー磁気回路

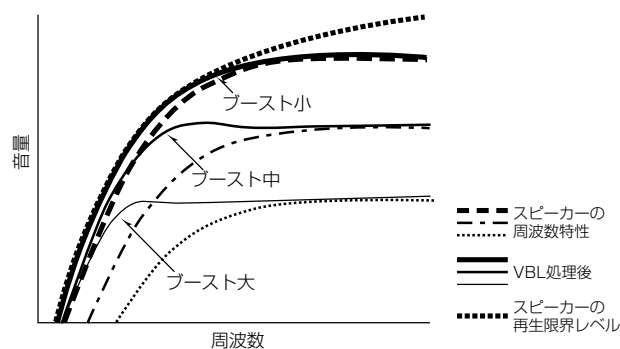


図4. VBL動作

抑制して振幅を抑えるが、この方法では本来再生できる音量に対しても同様の抑制がかかりスピーカー本来の低音再生能力を十分に発揮できない。

VBLは、豊かな低音再生と音割れ防止を両立させる。スピーカー振幅をリアルタイムに推定し、それに応じてハイパスフィルタのカットオフ周波数を適応的に変化させることで、スピーカーへの過大な入力による音割れを抑制しつつ、スピーカーの振幅限界を最大限に使い切っている(図4)。

3. 聴き取りやすい読み上げ機能

LS1シリーズには、視覚障がい者やシニアを含めた全てのユーザーにとってテレビの多様な機能が更に使いやすくなるための“しゃべるテレビ”機能を搭載している。しゃべるテレビとは、当社が推進している“らく楽アシスト”の取組みの一環として、操作メニュー項目、電子番組表(Electronic Program Guide: EPG)の番組タイトルや内容、録画予約状況や購入設置直後の初期設定を合成音声でガイドする機能である⁽¹⁾。

3.1 テキスト音声合成

図5にLS1シリーズに搭載しているテキスト音声合成システムを示す。合成対象であるテキスト(漢字かな交じり文)が入力されると、読み・アクセント解析部では言語辞書を適用してテキストの構文・読み解析を行い、テキストに対応した音素名列やアクセント位置などが決定され、中間言語と呼ばれる機械も人も内容が理解できるようにした表現として出力する。イントネーション・リズム制御部では、音の長さである各音素の継続時間長、音声の高低・イントネーションを表すピッチ周期系列を生成する。それらの情報を基に、音片選択・接続部で、音響辞書中の音片データを読み出しながら順次変形・接続して音声波形を生成し、合成音声として出力する。

言語辞書は、EPGの番組内容や有名人・俳優などの固有名詞を含む大量のテキストデータから出現頻度が高い単語や文章などを抽出して作成され、文字・読み・品詞・アクセント位置等のデータを蓄えている。韻律辞書は、ナレータが発声した大量の音声信号波形を統計的に分析し、その

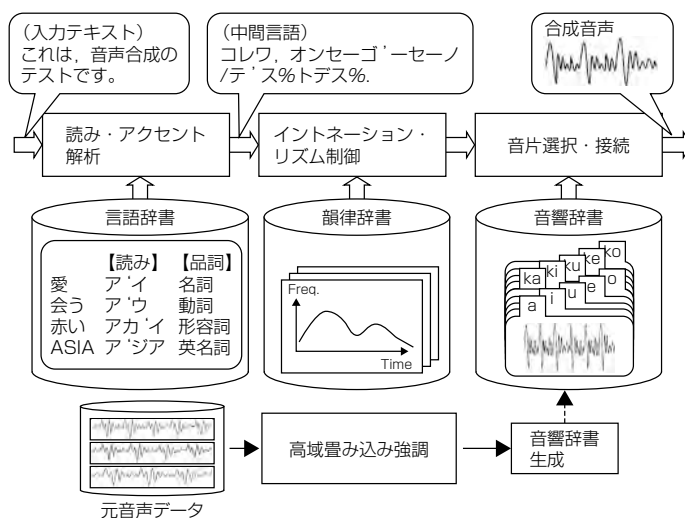


図5. テキスト音声合成システム

学習した韻律パターンを複数保持したものである。音響辞書は、ナレータが発声した音声信号を大量に収録しておき、その音声信号から所定の学習方法に基づいて幾つかの音素波形を切り出して選択して保持したものである。EPGデータ及びナレータ発声から学習した言語辞書や韻律辞書を用いることで、読み誤りの少ない自然なイントネーションの合成音声の生成することが可能となる。

3.2 高齢者にも聞き取りやすい音声強調

一般に、高齢者は加齢による聴覚器官の衰えによって聴力が低下し、特に高域が聞き取り難(にく)くなる傾向がある。高域の音声の明瞭性を改善する方法として、イコライザで高域パワーを持ち上げることで高域明瞭性を高めることが考えられるが、再生周波数が制限されたシステムではイコライザによる強調では大きな効果は望めない。そこで、再生帯域より高域の信号をあらかじめ音響辞書の再生周波数帯域内に重畳して、音声合成のためのメモリ量や処理量に負担をかけず合成音声の高域の明瞭性を改善する音声強調方式(高域畳み込み強調)⁽²⁾を導入した。図5に示すように、周波数帯域制限前の元音声データにこの高域畳み込み強調を施すことで、合成音声に再生周波数帯域以上の疑似的な広帯域感を与えると同時に、子音の明瞭性を大きく向上させることが可能となる。

この高域畳み込み強調の効果を主観評価試験で確認した。評価手法は、音声強調あり・なしの合成音声を成人6名の被験者に聴取させ、“どちらの合成音が自然で明瞭に聞こえるか”の対比較試験を実施した。また従来のイコライザによる音声強調の場合も比較評価した。図6に主観評価結果(プレファレンススコア)を示す。図6から、高域畳み込み強調あり・なしの場合の強調ありの選択率は74.2%であり、また、従来のイコライザによる音声強調と比較した場合は62.4%である。高域畳み込み強調による処理を行った方が、合成音声の明瞭度がより高くなることが分かる。

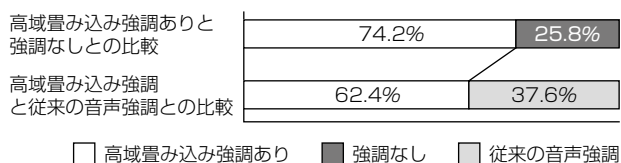


図 6. 高域量込み強調の効果 (主観評価結果)

4. 音声操作

3章で述べた“らく楽アシスト”の取組みの一環として，“REAL Remote 音声操作”（以下“音声操作アプリ”という。）を搭載した。音声操作アプリは、携帯端末（iOS^(注1) スマートフォン／タブレット）にインストールすることで携帯端末をテレビリモコン化する当社アプリケーションである。これは、ユーザーの発話を音声認識してテレビを操作する音声認識システムと、先に述べた端末側で音声ガイダンスを実現するテキスト音声合成システムで構成している。

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

4.1 音声認識システムの概要

テレビ放送のデジタル化、インターネットとの連携の進展に伴い、テレビの高機能化が進み、複雑な操作が要求されている。高齢者の場合、ボタン操作よりも音声認識を用いた操作の方が使いやすい⁽³⁾。視覚障がい者は、音声認識に対する期待が高い⁽⁴⁾。しかし、音声認識による機器操作には次の課題がある。

- (1) コマンドの言い方が分からない、覚えられない。
- (2) 誤認識した場合に誤操作になってしまう。

これらの課題を解決するため、(1)については、“いい音が聴きたい”などのように日常的に発話する言い回しで操作できるよう方式に工夫を加えた。(2)については、音韻の変形の大きい話し言葉に対応することで誤認識を低減するとともに、音声認識結果を複数出力して、それに紐（ひも）づくコマンドを列挙してユーザーに選択確認してもらうことで誤操作を防止した。

4.2 日常発話に対応した音声認識システム

図7に、この音声認識システムを示す。発話音声が入力されると、音響尤度（ゆうど）計算部が、話し言葉音響モデルを用いて事前学習した音声パターンとの音響的類似度（音響尤度）を算出する。このシステムでは、話し言葉を多数の話者から収集し、話し言葉に特有の長音化や音韻の不明瞭化などの変形を精緻に表現した音響モデルを用いている。言語尤度計算部では、算出された音響尤度とテレビ固有単語辞書から各単語の尤度を計算し、その単語連鎖の尤度を次に述べる話し言葉クラス言語モデルで計算することで、もっともらしさ順に単語列を出力する。一般的に、言語モデルは文例から単語 n 個の連鎖確率を表すモデルとして生成する。このため、 n 個の単語連鎖の組合せをカバーする膨大な文例が必要となる。このシステムでは、文例の中で同じ概念

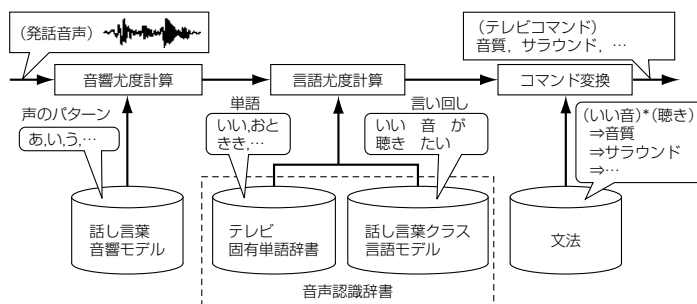


図 7. 音声認識システム

の並びとなる固有単語をクラスという単位で扱う方式を用いた⁽⁵⁾。これによって、クラスを指定したテレビ固有単語を登録するだけで認識が可能となった。また、言語モデルの記憶容量を削減して携帯端末でも動作可能にした⁽⁶⁾。認識結果単語列は、コマンド変換部で文法で受理判別し、受理時に文法に紐づくテレビコマンドに変換する。このように、日常発話でもテレビコマンドに変換することを可能とした。

5. む す び

当社製テレビに搭載されている音声技術として、高音質スピーカーシステム、読み上げ機能、音声操作について述べた。これらの技術は、高画質、高音質で使いやすいテレビの実現に大きく寄与している。

映像処理技術の向上に伴い、テレビには大画面、高画質に見合う高音質に対する要望が高まっており、今後更なる高音質に向けた技術開発を進める。

参 考 文 献

- (1) 三菱電機HP：しゃべるテレビ機能のご紹介
http://www.mitsubishielectric.co.jp/home/ctv/syaberu_tv/
- (2) Furuta, S., et al.: Intelligibility Improvement of Bandlimited Synthesized Speech by Superposing High Frequency Component of Input Signal on Baseband Signal, IEEE 3rd Global Conf. on Consumer Electronics, 223~224 (2014)
- (3) 小峯一晃, ほか：テレビ画面上のGUI操作環境における高齢者のリモコン操作性評価, 映像情報メディア学会誌, **55**, No.10, 1345~1352 (2001)
- (4) 吉田 諒, ほか：音声とテンキーを用いた視覚障害者向けリモコンの試作と評価, ヒューマンインタフェース学会論文誌, **9**, No.2, 87~92 (2007)
- (5) 吉田裕美, ほか：金融業向け音声認識ボイスロギングソリューション, 三菱電機技報, **83**, No.7, 445~448 (2009)
- (6) 花沢利行, ほか：統計言語モデルを用いた連続音声認識における単語グループ間バイグラムの削減, 電子情報通信学会総合大会公演論文集, D-14-6 (2006)

国内住宅用パワーコンディショナ “PV-Kシリーズ”

田島大介*

Photovoltaic Inverter for Domestic Residential Houses "PV-K Series"

Daisuke Tajima

要 旨

国内の太陽光発電システム市場は、再生可能エネルギーの固定買取制度などに支えられ、年々拡大している。太陽光発電協会(JPEA)の統計による2014年度の国内市場規模は、前年度比114%の9,872MWまで増加しており、今後も拡大基調が続くと期待される。

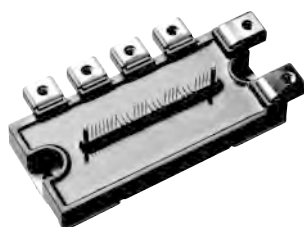
一方、太陽光発電システムの効率向上には、太陽電池モジュールだけでなく、発電した直流電力を家庭で使える交流電力に変換するパワーコンディショナの電力変換効率が重要で、三菱電機では電力変換効率の高いパワーコンディショナを商品化している。

今回、フルSiC(Silicon Carbide)-IPM^(注1)を採用することによって業界最高^(注2)の電力変換効率98.0%を実現するとともに定格出力を4.4kWに向上^(注3)した“PV-PN44KX”を始め、Siパワー半導体素子採用の5機種を含む国内住宅用太陽光発電向けパワーコンディショナ全6機種からなる“PV-Kシリーズ”を開発した。

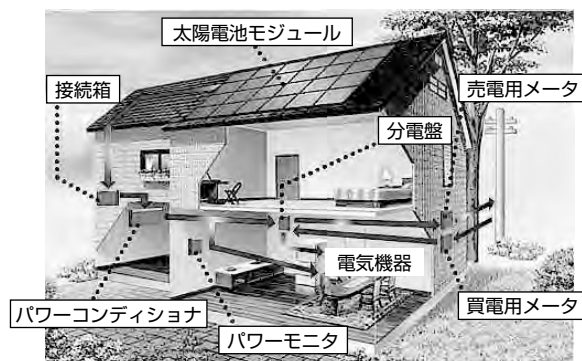
- (注1) Intelligent Power Module(駆動回路、保護回路を内蔵した高性能パワー半導体モジュール)
(注2) 国内住宅用パワーコンディショナの電力変換効率において、2015年6月29日現在、当社調べ。
“PV-PN44KX”のJIS C 8961で規定する定格負荷効率
(注3) 開発機種“PV-PN44KX”と従来機種“PV-PN40G”の定格出力の比較



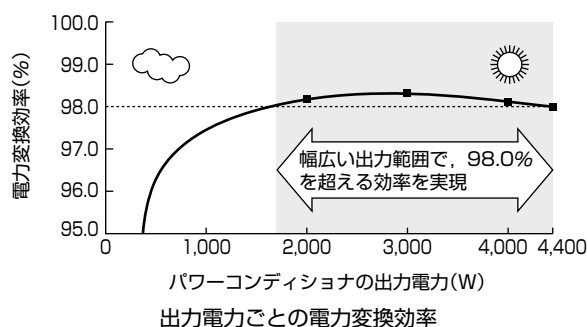
PV-PN44KX



フルSiC-IPM



太陽光発電システム



太陽光発電システム向けパワーコンディショナ(国内住宅用)“PV-PN44KX”

パワーコンディショナの主用部品であるパワー半導体モジュールにフルSiC-IPMを採用することで、損失を大幅低減し、業界最高の電力変換効率98.0%を実現した。広範囲な出力電力域で定格効率を上回る高変換効率を実現しており、日射の少ない朝夕や曇りの日などでも太陽電池で発電した直流電力を効率良く交流電力へ変換することで、発電量の増加に寄与する。

1. ま え が き

国内の太陽光発電システム市場は再生可能エネルギーの固定買取制度などに支えられ、年々拡大している。太陽光発電協会の統計による2014年度の国内市場規模は、前年度比114%の9,872MWまで増加しており、今後も拡大基調が続くと期待される⁽¹⁾。

一方、太陽光発電システムの効率向上には、太陽電池モジュールだけでなく、発電した直流電力を家庭で使える交流電力に変換するパワーコンディショナの電力変換効率が重要で、当社では高電力変換効率のパワーコンディショナを商品化している。

今回、フルSiC-IPMの採用、及びリアクトルを始め、内部損失の低減によって業界最高の電力変換効率98.0%を実現するとともに定格出力を4.4kWに向上させた“PV-PN44KX”とSiパワー半導体素子採用の5機種を含む国内住宅用太陽光発電向けパワーコンディショナ屋内外全6機種からなる“PV-Kシリーズ”を開発した。

2. PV-Kシリーズの特長

太陽光発電システムの構成例を図1に示す。太陽電池で発電した直流電力を接続箱で集電し、パワーコンディショナで直流電力を家庭で使える交流電力に変換する。太陽電池の高出力化だけでなく、パワーコンディショナの性能向上が発電量アップに大きく寄与する。

2.1 業界最高の電力変換効率98.0%を実現

パワーコンディショナの主回路構成を図2に示す。パワーコンディショナの損失の約50%を占めるパワー半導体モジュールに当社開発のフルSiC-IPMを採用することで、損失を低減した。また、損失の約20%を占めるリアクトルのコア材にフェライトを採用し、巻き線を丸線から平角線に変更することで占積率を上げ、損失を低減した(図3、図4)。

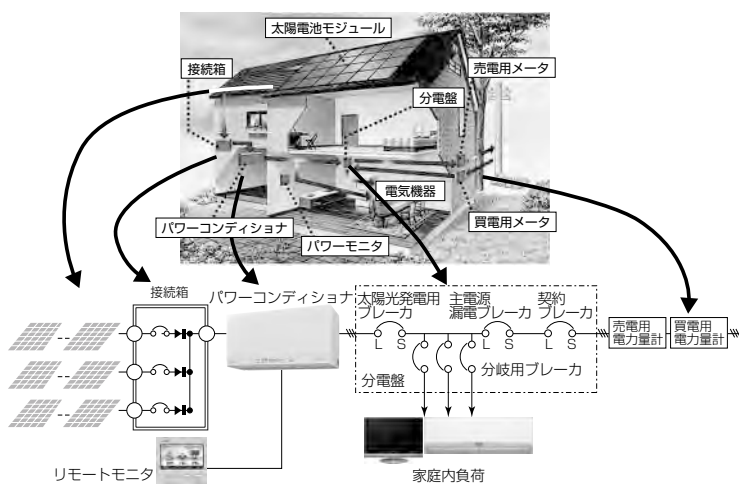


図1. 太陽光発電システムの構成例

場合、コアが飽和しないようにコア間に図5に示す上下のギャップ(A部)を大きくあける必要があり、損失が大きくなるという課題があった。そこで、新たに中央部にギャップ(B部)を設け、上下のギャップを小さくして損失低減とリアクトル小型化を実現した。

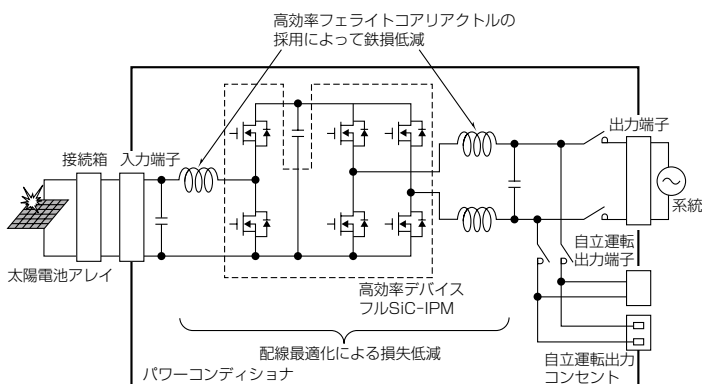


図2. パワーコンディショナの主回路構成



図3. 高効率フェライトコアリアクトル

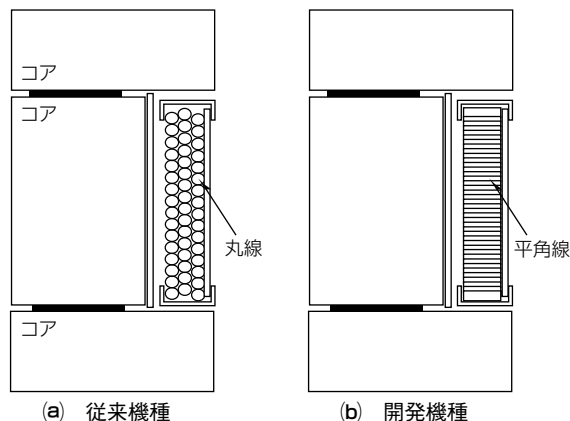


図4. リアクトルの断面(平角線によって銅損低減)

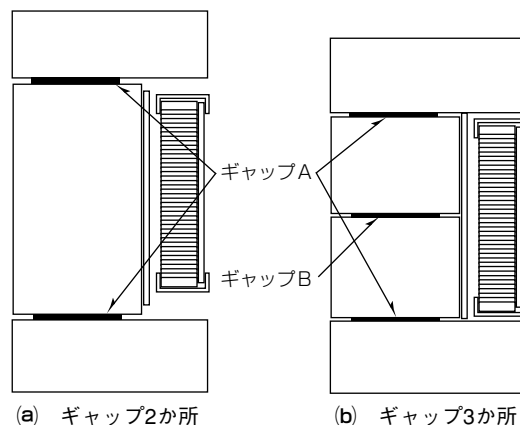


図5. リアクトルの断面(ギャップ分割によって損失低減, 小型化)

2.2 高速MPPT制御によって発電量を向上

太陽電池モジュールが生み出す直流電力の出力特性は日射によって常に変化しており、最大電力点となる電圧も変化している(図6)。パワーコンディショナでは、MPPT(Maximum Power Point Tracking: 最大電力点追従)制御によってパワーコンディショナが太陽電池モジュールの出力電圧を変化させて、その時の太陽電池モジュールの出力電力の増減を判断して太陽電池モジュールから取り出す直流電力が最大となるように制御している。従来のMPPT制御では、日射が安定したときには正確に制御が可能だが、日射が変動しているときは日射変動の影響とMPPT制御の影響が区別できずに太陽電池の最大電力点への追従速度が遅いという課題があった。今回、日射変動とMPPT制御との影響を区別するアルゴリズムを開発した。日射変動時も迷わず最大電力点の追従が可能となりMPPT効率を従来の96.7%から3.1%向上させ99.8%(注4)とした(表1)。これによって日射が変動した場合も太陽電池モジュールの最大電力点を素早く検出でき、発電量の向上に寄与する(図7)。

(注4) EN50530に基づく30%~100%ランプ日射変動時で、パワーコンディショナが太陽電池モジュールから取り出した直流電力を、その太陽電池モジュールの発電可能な直流電力で割った比率

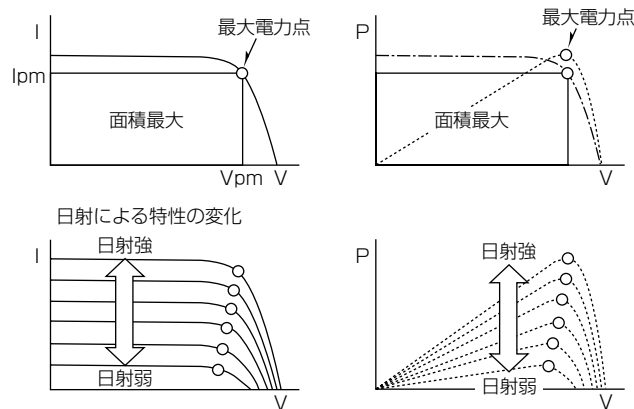


図6. 太陽電池の出力特性

表1. EN50530によるMPPT効率比較

項目		新機種 PV-PN44KX2	従来機種 PV-PN40G
静特性	定格出力時(%)	99.8	99.8
	10%~50%ランプ日射変動時(%)	99.5	95.4
動特性	30%~100%ランプ日射変動時(%)	99.8	96.7

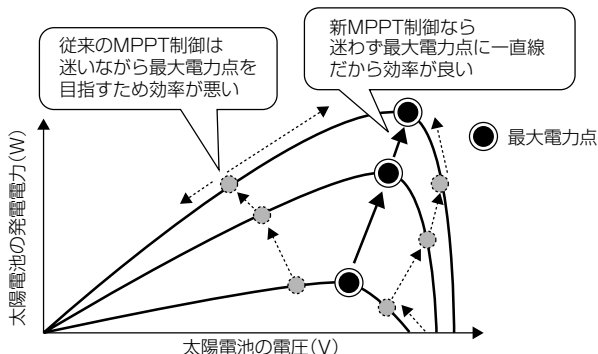


図7. MPPT制御動作イメージ

2.3 自立2出力化による停電時の使用電力量向上

停電時には、太陽光発電システムは自動で運転を停止するが、パワーコンディショナ本体にある運転切換えスイッチを“自立”に切り換えることで発電した電力を家庭内で使用可能となる。震災以降、停電時の電源確保として蓄電池やPV(Photovoltaic)の自立運転への注目が高まり新築時に非常用コンセントを搭載する住宅が増加し、非常用コンセントに出力可能なパワーコンディショナの需要が拡大してきた。今回、従来の本体コンセントに加え、増設コンセント用出力端子を標準装備した(図8)。従来は太陽電池がどれだけ発電しても、自立運転時に使用できる電力は1.5kVAであったが、2つの出力回路を搭載することで、コンセントと出力端子の合計が2.0~2.7kVA(注5)まで使用可能となった(表2)。これによって、停電時でもより多くの家電製品を使用することができる。また、あらかじめ停電時に使用したい家電製品の近くなどに、出力端子から配線工事をする事で非常用コンセントを増設できる。

(注5) コンセントと出力端子それぞれの最大電力は1.5kVA(100V/15A)までで、使用できる最大電力は機種によって異なる。

2.4 温度保護開始温度の向上

当社のパワーコンディショナは、安全性向上のため電気電子部品や端子台を板金で密閉する構造としている。一方、製品内部温度が上昇すると電気電子部品の信頼性に影響を与えるため、パワーコンディショナの出力を制御することで内部温度上昇を防ぐ保護機能を搭載している。この温度保護機能のしきい値が低いと日射が十分でも発電電力が減少する可能性があるため、密閉かつ回路部の温度上昇を防ぐ構造の両立が課題となっていた。この課題を解決するため、高効率化によって電力変換時に発生する熱を低減し、また、特に発熱の大きいリアクトルを個別に板金で密閉して回路部から分離した風路に配置することで回路部の温度上昇を抑え、従来と設置面積同等のまま自然冷却(ファンレス)で温度保護開始温度35℃(注6)を実現した(図9, 図10)。

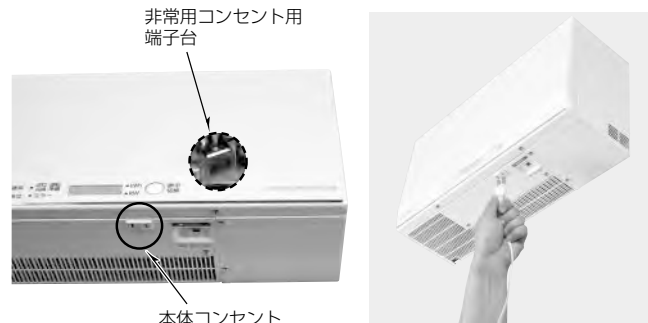


図8. 自立運転用コンセントと出力端子

表2. 機種別自立運転出力

形名	PV-PN30K	PV-PN40K	PV-PN44KX	PV-PN55K
定格出力(kW)(連系)	3.0	4.0	4.4	5.5
定格出力(kVA)(自立: 2回路合計)	2.0		2.2	2.7

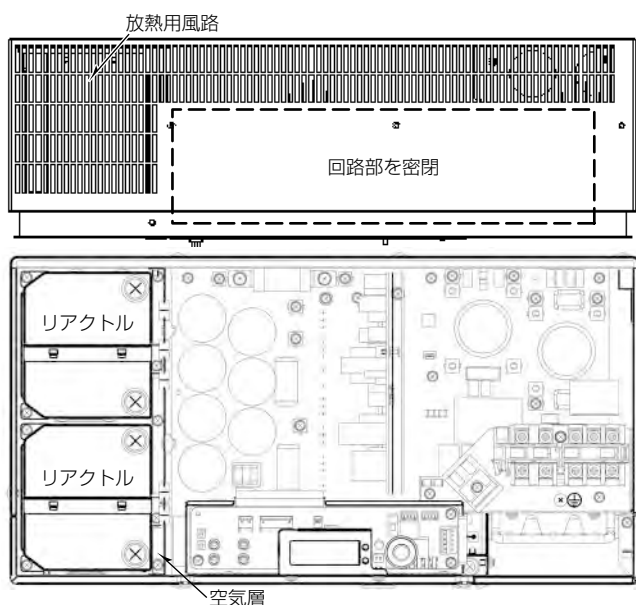


図9. 内部レイアウト構造



図10. リアクトル密閉構造

これによって、発電機会を損なわずに信頼性の高いシステムを構築できる。また、耐湿性が向上し、設置ニーズの高い脱衣所や洗面所への設置^(注7)を可能とした。その結果、分電盤近傍に設置しやすく配線長を短くできるため、省施工化、配線ロスの削減が可能となった。

(注6) 製品周囲温度、システム設置条件によって異なる。

(注7) 浴室ドアの真上等、製品に直接湯気が当たる場所への設置は除く。

3. ブロックビルド設計

屋内外全6機種を開発するに当たり、短期間で効率的な開発を行うため、機能をパーツ化してそれを組み合わせて製品を構成するブロックビルド設計を指向し、ハードウェア・ソフトウェアの共通化を図った。高効率機種では、フルSiC-IPMを採用し、一方で、標準機種では低コスト化実現のためパワー半導体にディスクリート素子の採用を計画していたため、レイアウトの共通化が困難であった。IPMを使用する場合は基板の中央に配置し、ディスクリート素子を使用する場合は工作性を考慮して基板端面に配置するレイアウトが一般的である(図11)。そこで、小型ヒートシンクへディスクリート素子を組み付けてアセンブリ化することで、IPMを使用した時と同様の回路部品レイアウトを実現した(図12)。これによって、周辺回路や放熱設計、EMC(Electromagnetic Compatibility)設計を共通化したブロックビルド設計を可能とし、開発期間を短縮した(表3)。

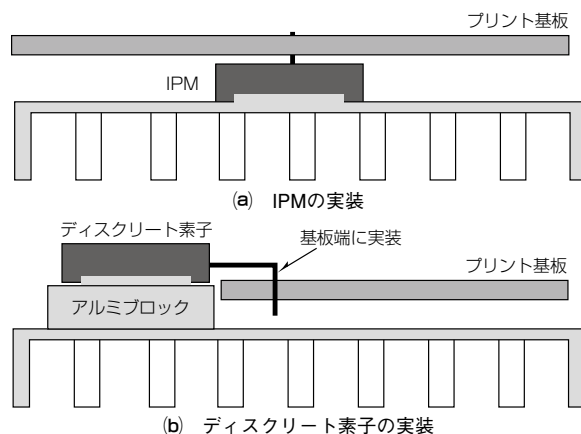


図11. IPMとディスクリート素子の実装の違い

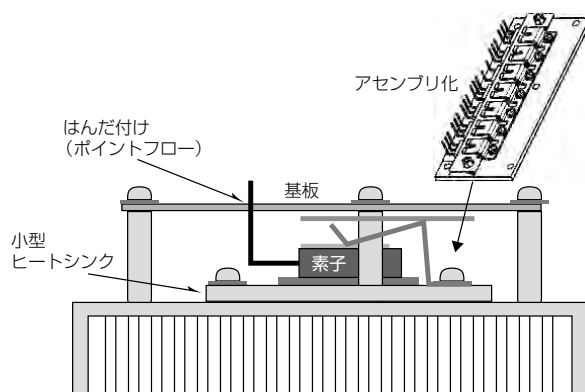


図12. ディスクリート素子のアセンブリ化実装

表3. ブロックビルド設計

	開発機種	筐体	パワー基板	リアクトル	制御基板 電源基板 表示基板	ソフトウェア
屋内	3.0kW	A	A	A	各1枚 (共通)	共通
	4.0kW		A	A		
	4.4kW	B	B	B		
	5.5kW		C	C		
屋外	4.0kW	C	A	A		
	5.5kW		C	C		

4. む す び

当社では、住宅用太陽光発電システム“ダイヤモンドソーラー”の特長である“生涯発電力”の更なる強化を図るため、キーパーツであるパワーコンディショナの性能向上を図ってきた。2015年1月に発売したパワーコンディショナPV-PN44KXでは電力変換効率を98.0%に向上させ、7年連続業界最高^(注8)とした。

今後とも更なる性能向上に努め、環境貢献に資する所存である。

(注8) 2015年6月29日現在、当社調べ

参 考 文 献

- 一般財団法人太陽光発電協会：日本における太陽電池出荷統計－2014年度第4四半期及び2014年度－
<http://www.jpaea.gr.jp/pdf/statistics/h264g.pdf>

昇華型両面プリンター “CP-W5000DW”

浅野 修*
伊藤昭人*
沖中潮広*

Dye Sublimation Duplex Printer "CP-W5000DW"

Osamu Asano, Akihito Ito, Shiohiro Okinaka

要 旨

フォトブック、グリーティングカード等の高付加価値写真サービスは市場を拡大しており、今後も更なる成長が見込まれる。これらの市場に対応した、A4サイズの両面写真を印画する昇華型両面プリンター“CP-W5000DW”を開発した。

主な特長は、次のとおりである。

(1) 新規両面印画機構を開発し、小型化を実現

印画を行うサーマルヘッドに印画紙表面を接触させる紙経路と、裏面を接触させる紙経路を切り換える機構を開発した。この切り換え機構と、搬送機構を1つのユニットとした。その結果、幅342×奥行509×高さ383(mm)の製品

サイズとなり、対他社製品体積比で74%減の大幅な小型化を実現した。

(2) スリッターによるマルチサイズ対応機能の実現

ロール紙から印画した写真部を切り離すカッターに加え、紙の送り方向に切断する新開発のスリッターをプリンターに搭載し、写真の幅を選択可能とした。また、一度の印画動作で小型の写真を複数枚同時印画可能とした。

(3) 両面印画のグリップ痕補正

両面印画では、従来の片面印画と異なり、印画面にグリップ痕が残る、濃度変動が生じる。この課題に対し、画像処理による最適補正を実施した。



昇華型両面プリンター “CP-W5000DW”

フォトブック、グリーティングカード等の高付加価値写真サービスに対応するため開発したA4サイズで両面に印画を行う昇華型両面プリンターCP-W5000DWである。コンパクトサイズでありながら、ロール紙から写真を切り離すカッターに加え、紙の送り方向に切断する新開発のスリッターをプリンターに搭載し、マルチサイズ対応も可能とした。

1. ま え が き

フォトブック、グリーティングカード等の高付加価値写真サービスは市場を拡大しており、また今後需要の増大が見込まれる。これらの用途に大判で両面印画できる写真画質のプリンターが望まれている。そこでA4サイズの両面写真を印画する昇華型両面プリンターCP-W5000DWを開発した。この機種はこれらの特長を備えながらコンパクトサイズで、また、従来のカッターに加えスリッターを設けて縦横に写真を裁断することで様々なサイズの写真に対応できる。

本稿ではこの機種を製品化するに当たり開発した、両面印画機構、スリッター、グリップ痕補正の技術について述べる。

2. 昇華型プリンターの印画動作

インクシートとともに、サーマルヘッドとプラテンローラーの間に挟んだ印画紙を、グリップローラーによって引っ張り搬送する。このとき、サーマルヘッドは発熱し、インクシートの染料を印画紙に転写する。インクシートには3色の染料が順に配置しており、印画紙の同一部分で印画動作を3回繰り返す、カラー写真を得る。印画後、写真を出口まで搬送し、カッターで切断、ロール紙から切り離す。図1に各部位の概略の配置を示す。

3. 両面印画機構

このプリンターでは、サーマルヘッド1つで表、裏の両面を印画するよう、紙の搬送経路を切り換える方式を選択した。この両面印画機構に求められる基本機能は次のとおりである。

- (1) 紙の表面をヘッドに接触させる紙経路への案内
- (2) 紙の裏面をヘッドに接触させる紙経路への案内
- (3) (1)(2)の紙経路の切換え
- (4) 紙搬送のためのゴムローラーの圧着・解除
- (5) ゴムローラーの駆動

紙経路は図2に示すとおりである。矢印は印画の方向を示す。紙経路切換え機構は図に示す位置に配置している。この位置に配置することによって、裏面印画の終わった印画紙先端を裏表兼用の紙経路から専用の経路へと追加の切換え機構を用いることなく案内することが可能となる。

裏面印画の紙経路には、印画紙が元から持っているカール向きとは逆向きに反る部分があり、紙搬送負荷増大に対するため、その直前に紙搬送ゴムローラーを配置する。また、紙経路切換えの前に印画紙を上流側で待機させるため、切換え機構の上流に紙搬送ゴムローラーが必要である。このように、紙搬送用ゴムローラーは2か所必要である。

印画紙はステッピングモータで駆動されるゴムローラーにピンチローラーによって押し付けられ搬送される。また、

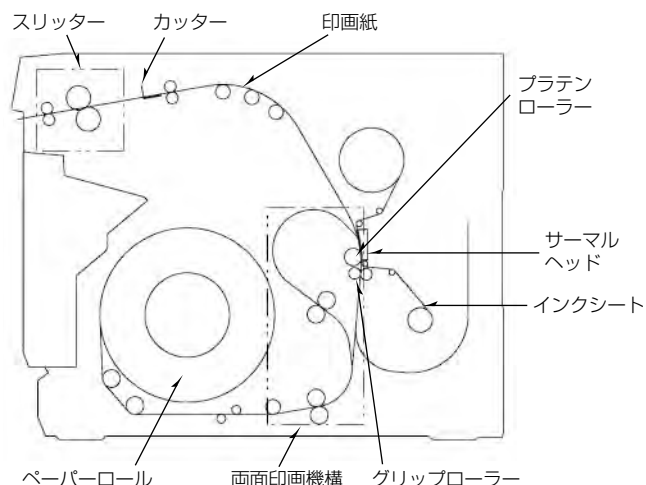


図1. 昇華型プリンターの部品配置

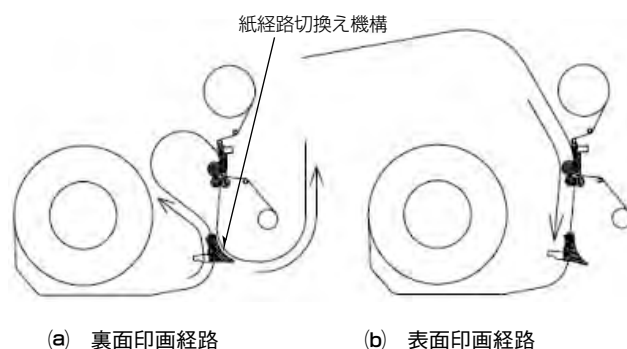


図2. 紙経路

このピンチローラーは必要に応じて紙のゴムローラーへの圧着・解除を選択する必要がある。

これらの機構はプリンター内部のほぼ中央部に位置している。これらを1つのユニットとし、プリンター本体から容易に取り外せる構成とし、製造性、保守性などの取扱い性の向上を図った。これらの紙経路切換え機構と、2か所のピンチローラー圧着機構は、複数のカム形状を持つ1つの部材で構成し、紙経路の空いているスペースに配置した。また、その横には印画紙搬送用のステッピングモータを配置した。その駆動力を伝達する歯車列はユニットの外側に配置した。このような工夫の積み重ねと、更なる取扱い性向上のため、このユニットにはこれらの機構に加え、印画紙のカールを矯正するデカール機構、ユーザーによる紙交換の際の操作性向上のための紙先端入れ過ぎ防止機構、及び、ペーパーロールを駆動する機構を含む構成とした。このように多機能を1つのユニット内で構成したことによって、製品として幅342×奥行509×高さ383(mm)のコンパクトサイズを実現した。

4. スリッター

このプリンターでは、様々なサイズの写真が印画できるように排紙口直前にスリッターを設けている(図3)。



図3. スリッター

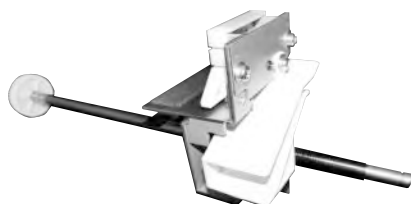


図4. 稼働ユニット

従来のプリンターには印画紙の送り方向と垂直に切断するカッターしか搭載されていないため、写真の幅方向のサイズを変更するためには幅の違う印画紙を用意するか、印画後に別途切断する必要があった。プリンター内にスリッターを設けることで印画紙の幅方向のサイズを任意に変更することができるようになり、印画紙の種類を入れ替えることなく様々なサイズの写真を連続で印画することができるようになった。このプリンターで印画することができるサイズは次のとおり12種類に及び、これらすべてのサイズの写真が印画紙を交換することなく印画できる。

8×12インチ(203×305(mm)), 8×11.7インチ(203×297(mm)), 8×10インチ(203×254(mm)), 8×8インチ(203×203(mm)), 8×6インチ(203×152(mm)), 8×4インチ(203×102(mm)), 7×5インチ(178×127 (mm)), 6.8×9.6インチ(173×244(mm)), 6.8×4.8インチ(173×122(mm)), 6×12インチ(152×305(mm)), 6×6インチ(152×152(mm)), 6×4インチ(152×102(mm))

スリッターの切断方式は丸刃を印画紙の上下に設置する丸刃方式である。

丸刃の含まれるユニットを印画紙の幅方向へ稼働させることで幅方向のサイズを任意に変更することができる。ユニットの稼働にはステッピングモータを用いており、パルス数でユニットの位置を制御することで多様なサイズでも精度良く写真を切断することができる(図4)。

また、スリッターによって切断されたスリット屑(くず)は排紙口の下部に設けた専用口から排出される。写真のスタック用トレイにスリット屑をためるための専用容器が付いており、スリット屑が写真と混ざったり散らばったりすることがないように工夫している。

5. グリップ痕補正

昇華型プリンターでは、印画紙をモータの回転と正確に

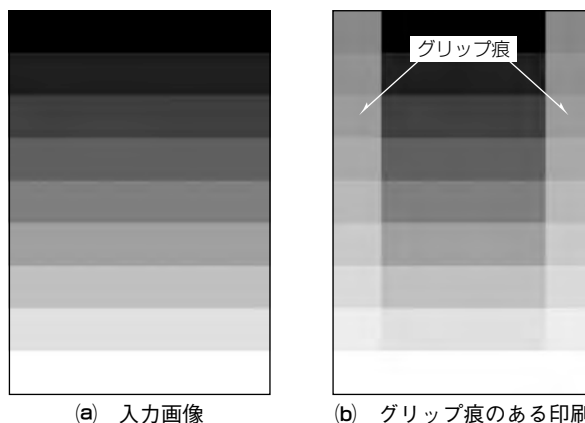


図5. グリップ痕

同期して搬送するために、表面に微小な突起を備えたグリップローラーを印画紙に圧着して駆動する。

圧着したグリップローラーは、印画紙の表面に微小な孔(グリップ痕)を残す。これらの孔には昇華染料が転写されず、ミクロではドット状の色抜けとなり、マクロでは局部的な濃度低下として視認される。片面のみを印画する従来プリンターでは、グリップ痕を裏面に残すため、画質問題とはならなかった。しかし、両面印画ではグリップ痕の影響を避けることはできない。

グリップ痕による濃度低下は、グリップ痕の径に比例し、グリップ痕の径は、グリップローラーの圧着力に比例する。このプリンターでは、この濃度低下を軽減するため、グリップ搬送以外の補助搬送力を追加している。この補助搬送力によって、グリップローラー部の圧着力を軽減してグリップ痕を低減している。またこのような機構面の工夫に加えて、画像処理による補正を施している。

このプリンターでは、紙の両端にグリップ痕が形成される。グリップ痕は、グリップローラーのない領域との境界部では段差状の濃度変動となって見える(図5)。この濃度変動を打ち消し、見かけの濃度が合うように、入力画像に対し、画像データ処理を施している。

さらにグリップ痕の視覚に対する影響は、入力画像の階調によって変動する。すなわち、薄い階調時は濃度変動は目立たず、中間調は目立ち、濃い階調時は再び目立たなくなる。このような非線形性を持つため、このプリンターでは入力画像の階調に応じ、最適な補正となる画像処理を導入した。

このような機構面の工夫、及び画像処理による補正を導入することで、このプリンターはグリップ痕の影響を抑えて、見た目が自然な画像印画を実現している。

6. む す び

フォトブック、グリーティングカード等の高付加価値写真サービスに対応し、両面写真で、最大A4の様々なサイズの写真を実現したCP-W5000DWで開発した技術について述べた。

大容量インバータ除湿機“MJ-EV200FH”

伊東大輔*
山川 崇**
中村博史***

High Capacity Dehumidifier Equipped with Inverter Compressor "MJ-EV200FH"

Daisuke Ito, Takashi Yamakawa, Hiroshi Nakamura

要 旨

年間平均相対湿度が70%である高温多湿の香港と台湾では、近年、住宅事情の変化によって20L/日以上の大容量の除湿機の需要が高くなってきている。また、省エネルギー性についても意識が高く、省エネルギー性が、EF値(1kWh当たりの除湿量)によって、5段階の等級(最高が1級)で評価されるようになってきた。今回、インバータ圧縮機を搭載した大容量インバータ除湿機“MJ-EV200FH”を開発し、次に挙げる3つの技術によってコンパクト化と省エネルギー性を実現した。

(1) 除湿量大容量化

インバータ化によって圧縮機回転数を増速し、15L/日から20L/日へ大容量化を実現した。冷媒流量増加時の冷媒分配性能を安定化させて20L機種の省エネルギー1級の基準であるEF値2.1L/kWhをクリアした。また15L機と同等の筐体(きょうたい)サイズのため、他社品(21L/日、省

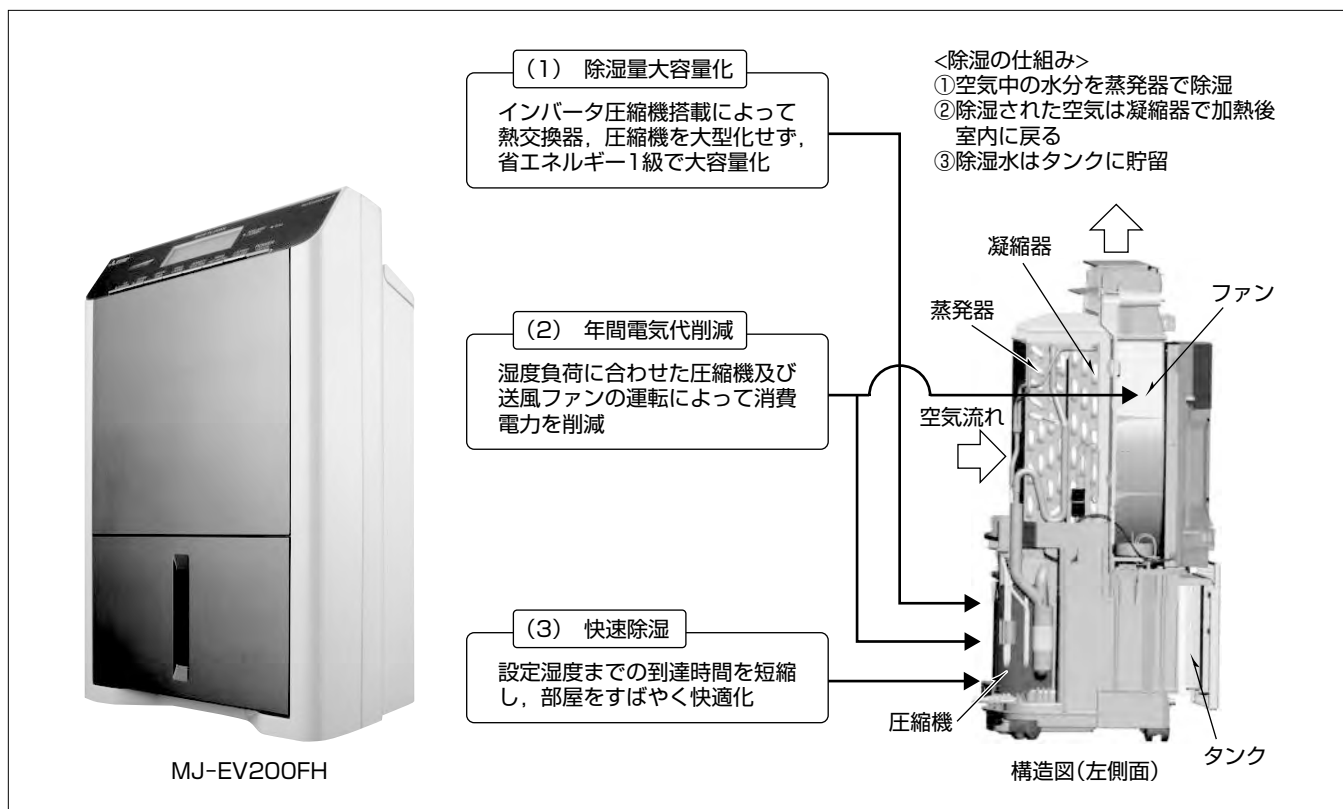
エネルギー1級)に比べ、3kg(19.5kgから16.5kg)軽量化して23%コンパクト化した。

(2) 年間電気代削減

湿度センサによって取得した室内湿度と設定湿度との差に応じて圧縮機の回転数と送風ファンの回転数を最適な状態になるように制御した。室温27℃、湿度90%の室内を50%に調整した場合、8時間/日の運転によって香港で年間24%、台湾で年間31%の消費電力を削減した。

(3) 快速除湿

運転開始時の圧縮機回転数の高速化(定格に対し+23%)によって、素早く部屋の湿度を快適な湿度になるまで除湿する。この結果、室温25℃で湿度90%(7畳時)から50%に下げるまでの時間を香港で23分から13分、台湾で23分から18分に短縮した。



三菱電機除湿機“MJ-EV200FH”の3つの搭載技術

三菱電機除湿機MJ-EV200FHは、インバータ圧縮機搭載によって、圧縮機回転数を増速し、熱交換器、圧縮機を大容量化せずに除湿量を増せる。除湿負荷に応じて圧縮機回転数を調整する運転が可能になり、実使用での消費電力量を低減する。また、運転開始時の圧縮機回転数を高速化し、従来機に比べ急速に除湿することが可能になり、設定湿度までの到達時間を短縮できる。

1. ま え が き

近年、年間平均相対湿度が70%である高温多湿の香港と台湾では、住宅事情の変化によって20L/日以上の大容量の除湿機の需要が高くなってきている。また、省エネルギー性についても意識が高く、省エネルギー性が、EF値(1kWh当たりの除湿量)によって、5段階の等級(最高が1級)で評価されるようになってきた⁽¹⁾。しかし、現行の圧縮機“MJ-EL52AF”は回転数を可変にできないため、省エネルギー性を維持したまま除湿量を増やすには、熱交換器や圧縮機の大容量化が必要となる。

そこで、三菱電機は、香港、台湾市場初^(注1)のインバータ圧縮機を採用し、圧縮機の回転数を可変にすることによって、省エネルギー性と軽量化を両立させた大容量除湿機MJ-EV200FHを開発した。

(注1) 香港2014年年10月30日、台湾2014年11月6日現在、三菱電機調べ

2. 除湿機の基本的な構成

除湿機の基本的な構成を図1に示す。除湿機は室内の空気から水分を除湿するヒートポンプと除湿水をためるタンクからなる。ヒートポンプは圧縮機、蒸発器、凝縮器、膨張機であるキャピラリーチューブで構成される。室内の空気は、蒸発器通過時に除湿され、低湿度の空気が凝縮器を通過して加熱され室内へ戻る。室内が目標湿度に到達すると、運転を停止し、運転と停止を繰り返し、室内の湿度を所望の湿度に調整する。

3. 除湿量大容量化

3.1 従来の除湿機の課題

従来の除湿機は、圧縮機の回転数が一定(一定速)であり、運転と停止の繰り返しによって室内の湿度を目標湿度に調

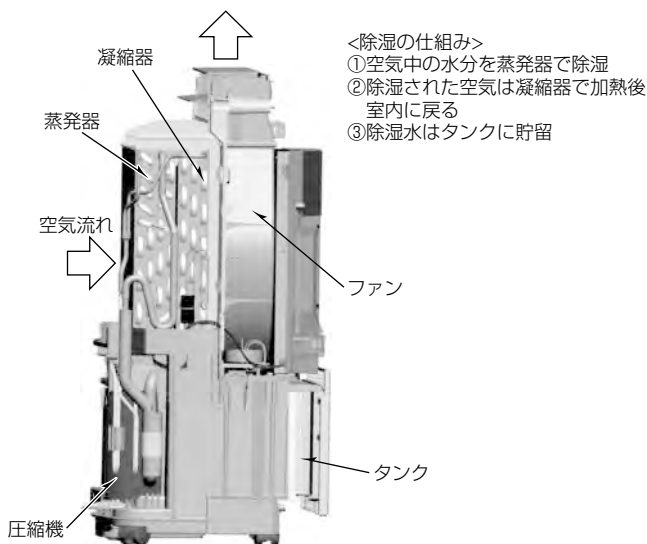


図1. 除湿機の構成

整する。すなわち目標湿度に到達するまでの起動の損失が大きいため、実運転における消費電力が高くなる。また、除湿量15L/日から20L/日の大容量化を一定速機で行うと、熱交換器の寸法、圧縮機の容量を増やす必要がある。しかし室内に設置される除湿機は、軽量、コンパクト、低騒音を求められるため、熱交換器や圧縮機の大形化による除湿量増加は難しい。

3.2 開発技術

3.2.1 インバータ圧縮機

インバータ圧縮機の採用によって、圧縮機回転数を現行の一定速の50Hzから65Hzへ増速し、15L/日から20L/日へ除湿量の大容量化を実現した。また、冷媒流量増加時の冷媒分配性能の安定化によって、EF値2.0L/kWhから2.1L/kWhとし、20L機種の省エネルギー1級の基準をクリアした。15L機と同等筐体サイズのため、熱交換器、圧縮機の容量アップによって大容量化した他社品(21L/日、省エネルギー1級)に比べ、3kg(19.5kgから16.5kg)軽量化して23%コンパクト化した(図2)。

3.2.2 インバータ化

三菱電機のインバータ除湿機では圧縮機駆動技術として、図3に示す圧縮機駆動回路で、インバータ部で静音化及び高効率・高出力化を、力率改善コンバータ部で低損失化及びリアクタ小型軽量化をそれぞれ実現した。

3.2.3 圧縮機駆動インバータの制御技術

除湿機は室内で用いられるため、駆動に起因する騒音を低減する目的で圧縮機モータの制御に正弦波駆動を採用している。電流を正弦波状に制御することでモータの磁束変化と相似波形的な変化となり、騒音のオーバーオール(音

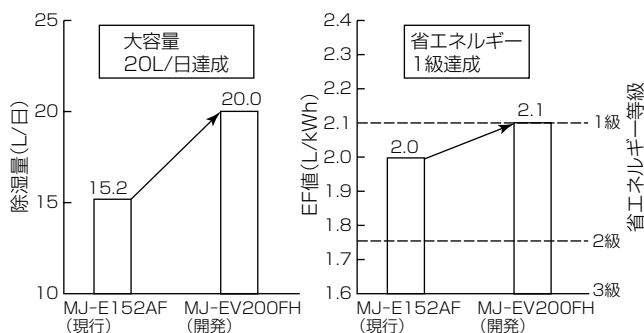


図2. 現行と開発機の性能比較

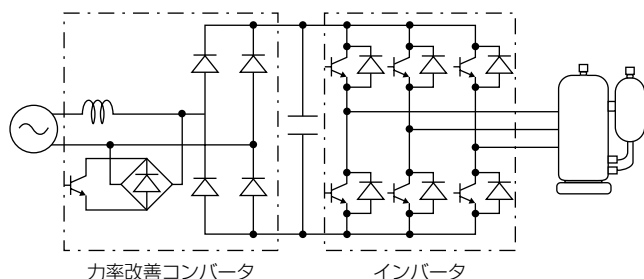


図3. インバータ除湿機の圧縮機駆動回路

圧の全周波数帯域の合計値) 及びピークを低減して静音性の高い圧縮機駆動を実現している。

また、インバータのキャリア周波数を高周波化して駆動することで、高いモータ制御性を実現するとともに圧縮機及びインバータに起因する騒音を可聴域外としている。

インバータによって圧縮機モータの可変速運転が可能となるため、運転条件に応じた回転数で圧縮機モータを駆動することができ、高効率・高性能なシステムの実現を可能にした。

また、各運転条件(温度・湿度・運転モード)に応じてモータ制御電流指令(d軸電流指令)を最適に制御することで、高効率な圧縮機駆動システム(インバータ&モータ)の駆動、放熱フィン等の電気基板関連部品の小型化を実現している。図4は定格運転(室温27℃, 湿度60%)でd軸電流値と消費電力の関係を測定した結果である。d軸電流を最適値に設定することで定格運転時の消費電力を削減した。

3.2.4 力率改善コンバータの制御技術

インバータ化による課題である電源力率の確保と高調波電流の抑制のために力率改善コンバータを採用した。

力率改善コンバータによって、電源力率を改善することで電流ピーク値及び電流実効値を抑制するとともに高調波電流の含有量を抑制することでリアクタの小型化を実現し、リアクタ小型化によってユニット質量及びサイズの増加を抑制している(図5)。また、高調波電流をIEC (Internation

tional Electrotechnical Commission) 規格(IEC 61000-3-2)に適合させることで、全世界展開を可能としている。

また、コンバータ回路を電源電圧(例: 110V 倍電圧回路, 220V 全波整流回路)に応じて切り換えることで、インバータ入力電圧の共通化を図り、インバータと圧縮機を共通化することで110V機種でも高効率なシステムが実現できる。

3.2.5 冷媒分配の改善

現行の三方管(分配器)は、15L/日除湿機では流量一定であるため分配に合わせた熱交換器の構成とすれば良いが、回転数増加時に蒸発器に流入する冷媒の分配が悪化し除湿量が低下する(図6)。これは冷媒の流量増加によって液の慣性力が増加し、直進流路へ冷媒が偏って流れるためである。流入冷媒を対向壁に衝突させ、気液が一定比率で分配される衝突型三方管への変更によって、広い流量範囲における一定の分配比を実現した(図7, 図8)。これによって、全ての回転数の運転で除湿性能を確保した。

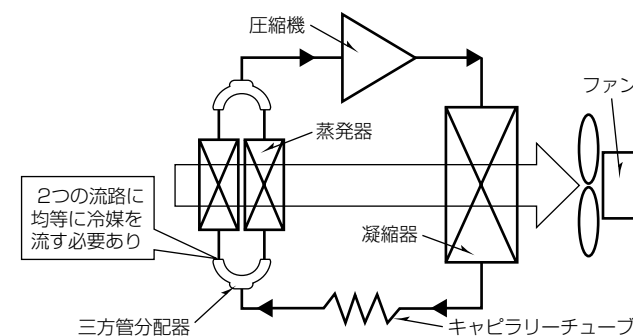


図6. 除湿機の冷媒回路

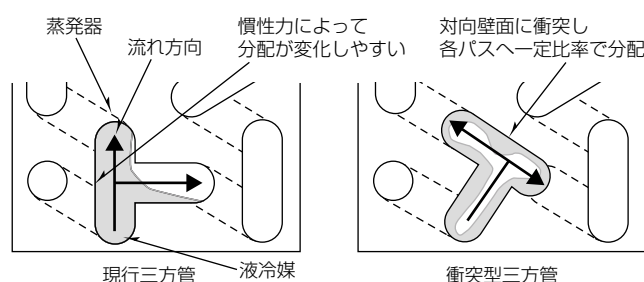


図7. 三方管の冷媒流れ

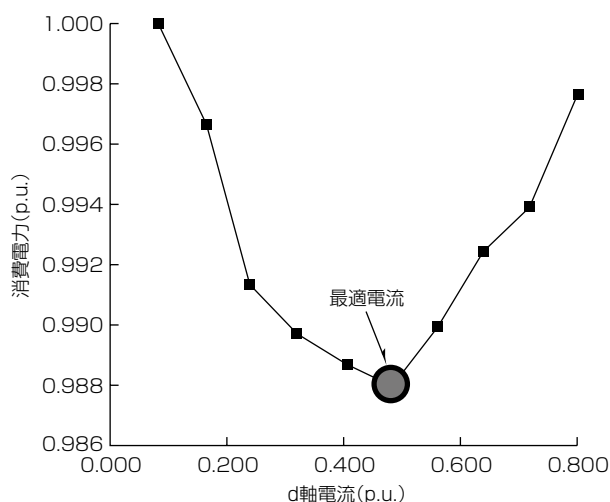


図4. d軸電流値と消費電力

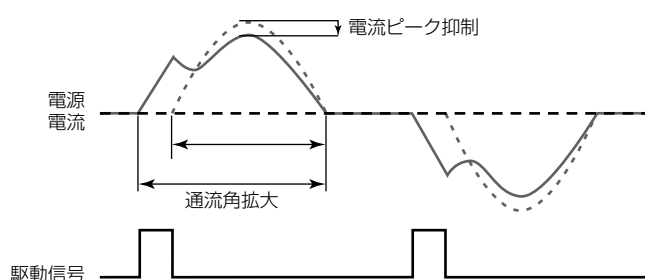


図5. 簡易スイッチングコンバータの動作波形

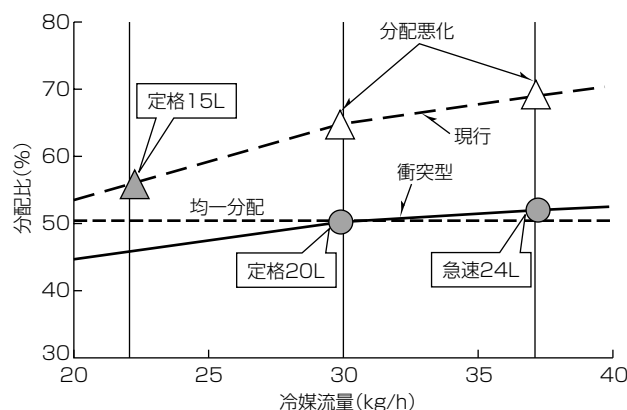


図8. 三方管の流動特性

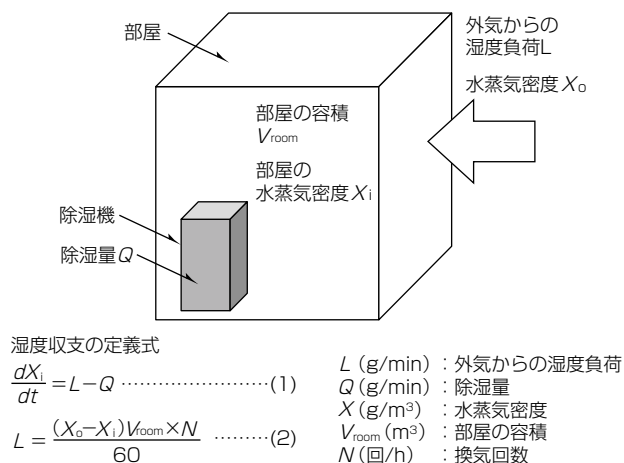


図9. 部屋の除湿負荷計算モデル

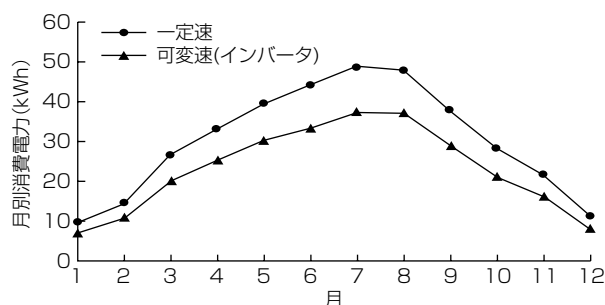


図10. 月別消費電力量試算(香港)

4. 年間電気代削減

従来の除湿機は室内湿度を一定に保つために圧縮機の運転と停止を繰り返す断続運転を行っている。インバータ除湿機では、湿度センサによって取得した室内湿度と設定湿度との差に応じて圧縮機の回転数と送風ファンの回転数を最適な状態になるように制御した低速運転を行うことによって高効率なシステムを実現している。香港での月別の平均温度と湿度から室内を最適な湿度に保つための消費電力量を月ごとに試算した。部屋の除湿負荷の計算モデルを図9に示し、計算結果を図10に示す。外気からの湿度負荷(温度30℃、湿度80%)が部屋の中へ伝わり、除湿機によって、室内(初期温度27℃、初期湿度90%)の湿度を設定湿度(湿度50%)に到達するまでの除湿収支とその後部屋の湿度を一定に保つための消費電力量を計算し(運転8時間/日)、従来の除湿機に比べ年間で24%の消費電力を削減した。

室内を模擬した試験室によって、図9の式(1)、式(2)に基づく試算結果を検証した。結果を図11に示す。13畳相当の試験室で、室外環境を30℃、80%とし換気回数を1回/hとしたとき、室内湿度を50%に保つために必要な消費電力量を測定した(初期室内環境30℃、80%)。従来の除湿機では設定湿度到達後、断続運転を繰り返すのに対し、インバータ除湿機では低速運転を行うことによって、従来の除湿機に比べ、香港と台湾それぞれで年間24%、31%の消費電力を削減した。

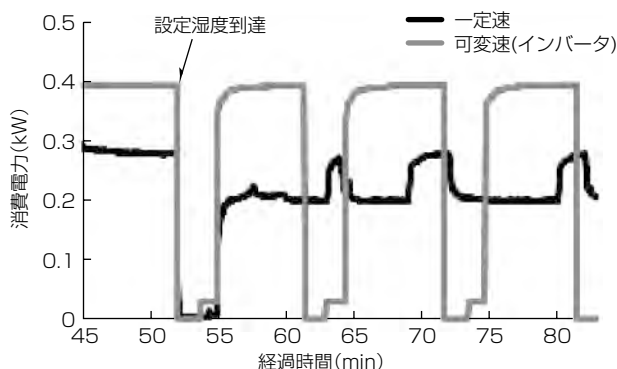


図11. 経過時間に対する消費電力比較(香港)

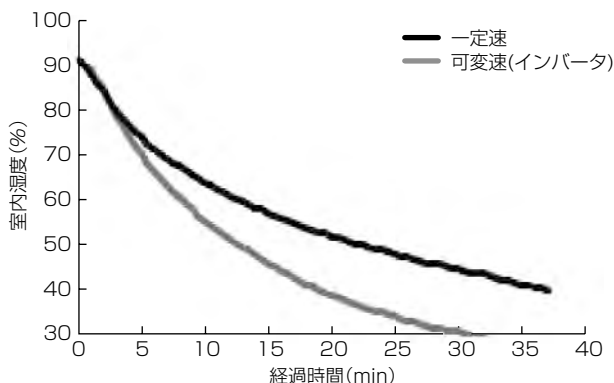


図12. 設定湿度到達時間比較(香港)

5. 快速除湿

運転開始時に圧縮機回転数を高速化(定格に対し+23%)して定格運転よりさらに除湿能力を1.2倍向上させることで設定湿度に到達するまでの時間を短縮し、素早く部屋の湿度を快適な湿度まで除湿する。図12に検証結果を示す。7畳相当の試験室を閉め切り、室温25℃湿度90%の状態から室内湿度を50%に下げるまでにかかる時間を測定した。この結果、インバータ除湿機は、従来の除湿機に比べ、設定湿度までの到達時間を香港で43%(23分から13分)、台湾で22%(23分から18分)に短縮した。

6. む す び

三菱電機の大容量インバータ除湿機MJ-EV200FHの大容量化、定格及び実用条件での省エネルギー、快速除湿を実現するために搭載した3つの技術に関する手段、原理を述べた。将来的に除湿機に求められる省エネルギー、快適性への要求はますます高まると考えられ、今後もインバータを利用した除湿技術の開発を行っていく。

参 考 文 献

- (1) Code of Practice on Energy Labelling of Products 2014, Electrical and Mechanical Services Department The Government of Hong Kong Special Administrative Region

海外向けDCブラシレスモータ 業務用ロスナイ“RVXシリーズ”

長谷川耕平*
鈴木正宣*

Commercial Lossnay with DC Brushless Motor for Overseas Market "RVX Series"

Kohei Hasegawa, Masanobu Suzuki

要 旨

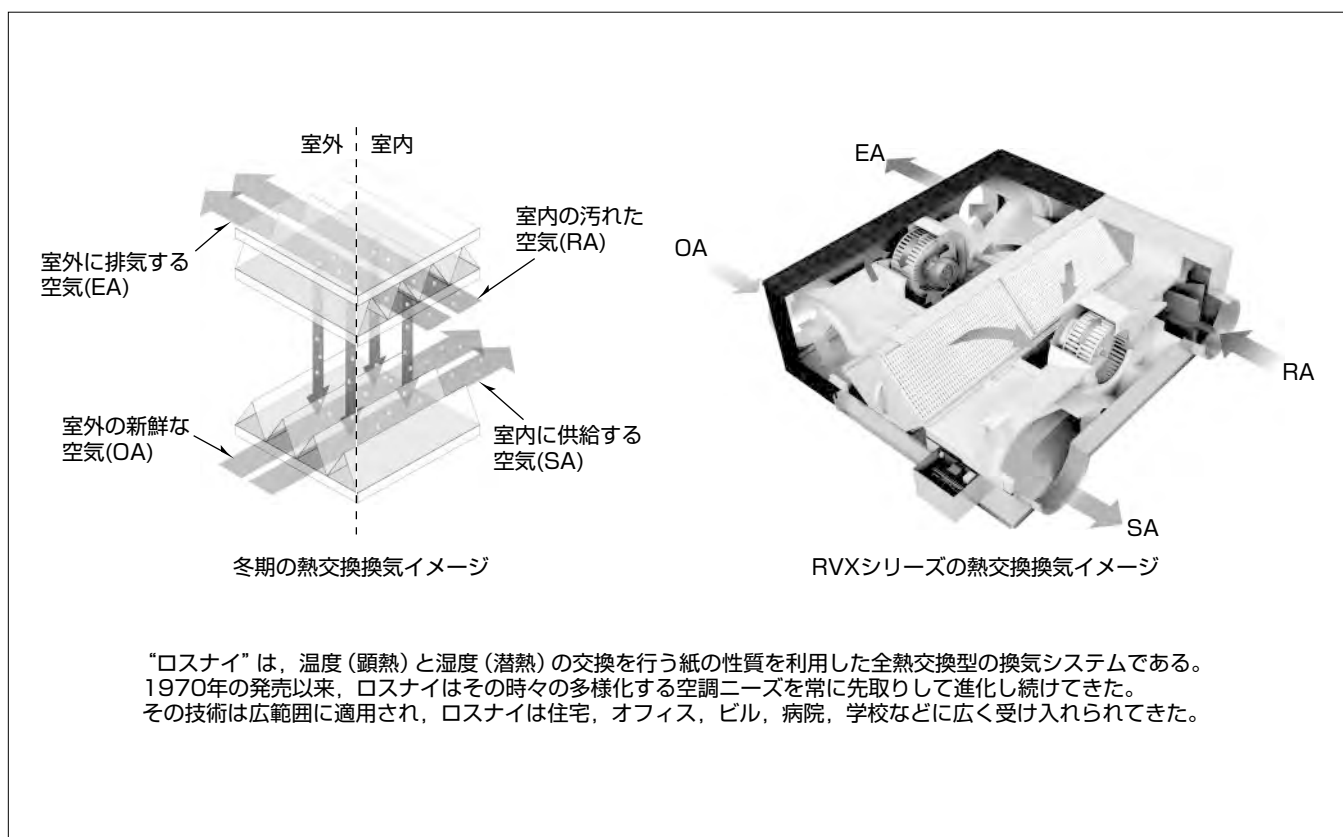
欧州エコデザイン指令 (ErP指令 (Energy related Product directive)) 2009/125/ECがEU (European Union) 域内で2013年1月から施行されたことによって、これまで以上に省エネルギー性の高い機器開発が求められるようになってきている。三菱電機では、オフィスや店舗などの空調負荷を低減するための熱交換換気システムとして、“ロスナイ”を海外にも販売している。

今回、海外向け専用機種としてDC (Direct Current) ブラシレスモータを搭載した天井埋め込み形業務用ロスナイ“RVXシリーズ”を、欧州エコデザイン指令の送風機効率規制 (COMMISSION REGULATION (EU) No 327/2011) の規制値が引き上げられる2015年1月に9機種開発した。

DCブラシレスモータを搭載したことで、最大風量のときの消費電力を9機種平均で約30%低減した。

また、DCブラシレスモータの特性を活用して、従来のAC (Alternating Current) モータでは困難であった微弱運転時の低風量化 (最大定格風量の25%)、施工後の風量調整用のファンパワーアップ機能などを盛り込んでいる。

さらに、市販のCO₂センサとの接続や他社製のBMS (Building Management System) との接続を想定したロスナイの風量制御機能の充実化や、各国の空調文化に対応するための外気冷房 (バイパス換気) 機能やナイトパーズ機能の設定自由度の向上、寒冷地での予熱ヒーター使用時の制御性の向上などを実現している。



海外向け業務用ロスナイ“RVXシリーズ”

空調エネルギーを回収する熱交換換気システム“ロスナイ”の海外向け新機種では、DCブラシレスモータを採用することで、消費電力を低減し、幅広い風量範囲での運転が可能となった。あわせて、各国の多様なニーズに応えるために、各種機能の判定しきい値をユーザーが設定できるようにして機能の自由度を高めた。

1. ま え が き

欧州エコデザイン指令の送風機効率規制が2013年1月から施行され、2015年1月には規制値が引き上げられた。

欧州を中心にこのような機器の省エネルギー性の向上を促進するための施策がスタートしており、空調・換気機器なども対象となっている。オフィスや店舗等に設置され、空調エネルギーの回収を行いながら換気を行う業務用ロスナイでは、欧州向け主力製品である天井埋め込み形で送風機用のモータを従来のACモータからDCブラシレスモータに切り換えた製品(RVXシリーズ、9機種)を2015年1月に欧州市場に向けて販売開始した。

RVXシリーズでは、DCブラシレスモータによる省エネルギー性の向上のほかに、外部からの信号による風量制御機能の拡充、外気冷房機能の設定自由度の向上、予熱ヒーター接続時の制御性の向上などを実現しており、寒冷地、温暖地又は国によって異なる幅広いニーズに対応した。

2. DCブラシレスモータ採用による効果

2.1 省エネルギー性の向上

DCブラシレスモータを導入したRVXシリーズと従来のACモータ機種“RX5-Eシリーズ”の最大風量時の定格消費電力の比較を図1に示す。全機種平均で約30%の消費電力を低減した。

2.2 幅広い風量帯の実現

従来機種は、最大定格風量が1,000m³/h以下の機種は風量切換えは4段階の中から3つ、1,500, 2,000m³/hの機種は3段階の風量切換えであったが、RVXシリーズからは全機種4段階の風量切換えを可能とした。4段階は、最大風量を100%とすると、75%, 50%, 25%の風量としている。従来のACモータ機種では最低風量を25%のような低い風量で設定ができなかったが、DCブラシレスモータの導入によって最低風量の大幅な低下が実現できており、幅広い風量帯での運転が可能となった。これによって、最低風量時の消費電力も従来機種と比較して大幅に低減することができた(表1)。

最大定格風量が1,500, 2,000m³/hの機種では、従来に比べて1/3以下の最低風量を実現しており、消費電力は90%以上低減している機種もある。

週間タイマ機能を用いた場合の、従来機種と新機種の消費電力を比較したものが図2である。図のような週間タイマをセットすると、従来機種と比較して60%の消費電力が削減可能になった。

2.3 ファンパワーアップ機能

RVXシリーズでは、DCブラシレスモータの出力を4段階まで上げることが可能となっている。この機能は、給気側と排気側のファンモータそれぞれに対して設定可能であ

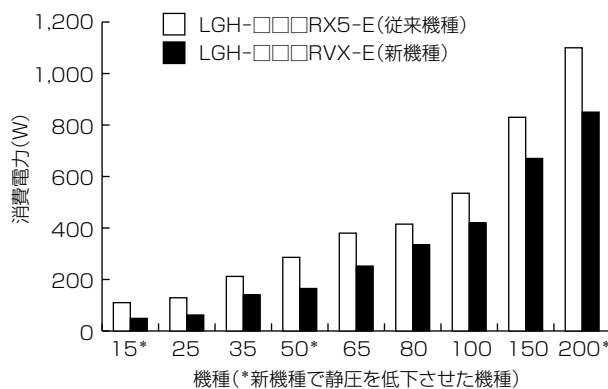
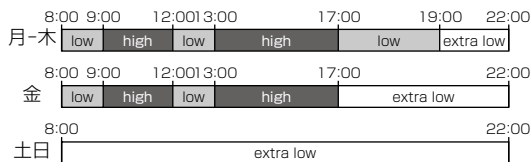


図1. 最大風量(ロスナイ運転)時の定格消費電力の比較

表1. 最低風量と消費電力の比較

ラインアップ	最大定格風量 (m ³ /h)	RX5-Eシリーズ		RVXシリーズ	
		最低風量 (m ³ /h)	最低電力 (W)	最低風量 (m ³ /h)	最低電力 (W)
LGH-15	150	70	35	38	7
LGH-25	250	105	42	63	7.5
LGH-35	350	115	69	88	11
LGH-50	500	180	95	125	12
LGH-65	650	265	140	163	15
LGH-80	800	355	145	200	18
LGH-100	1,000	1,415	200	250	21
LGH-150	1,500	1,300	680	375	38
LGH-200	2,000	1,580	785	500	42

従来機種(LGH-100RX5-E)



新機種(LGH-100RVX-E)

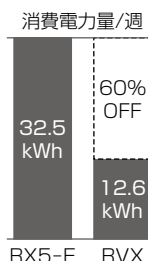
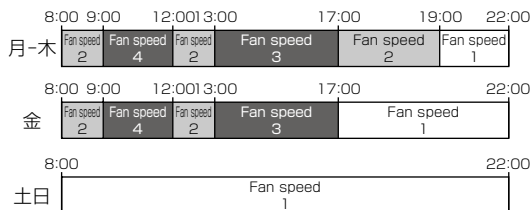


図2. 週間タイマ機能を用いた場合の消費電力の比較

る。図3にファンパワーアップ機能のイメージを示す。

この機能の使用方法は、実施工でシステム設計時よりもダクト長さが長くなってしまったときの、風量不足のアシストや、特定回転数でロスナイが周囲の構造物などと共振して騒音問題が発生した時などに回転数をずらして運転することで共振域から逃がすといったものである。

また、RVXシリーズではフィルタの目詰まりを見越して、ある一定の積算運転時間に達したら、この機能を用いて自動的にファンをパワーアップさせて、目詰まりで低下した風量を補う機能も選択することが可能となっている。

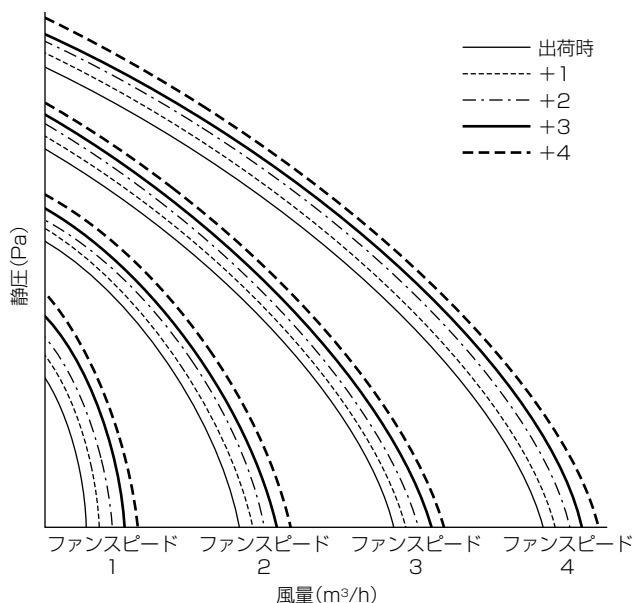


図3. ファンパワーアップ機能イメージ

3. 新機能

3.1 アナログ入力による風量制御機能

RVXシリーズでは、外部機器からロスナイの運転風量を制御する方法として、DC 0～10Vの入力信号でロスナイの風量を変化させる機能を追加している。この機能によって、市販されている一般的なCO₂センサや、他社製のビル管理システム(BMS)への接続が容易となっている。

CO₂センサ接続時には、センサで検知した濃度によってロスナイへ送られてくる電圧に従い、ロスナイは風量を変える。CO₂センサ使用時の運転イメージを図4に示す。

CO₂センサ用のモードは換気優先と省エネルギー優先の2つのモードが用意されており、表2に示す濃度とファンスピードの関係になる。

オフィスや店舗などでは、朝の始業時間に合わせてロスナイをONに、終業時刻に合わせてOFFするようにタイマが設定されているケースが多い。そういったケースでCO₂センサを併用すると、在籍人員が少なく、結果的にCO₂濃度が低い場合には、必要換気量が少ないため低ファンスピードで運転し、消費電力を削減することができる。RVXシリーズは2.2節で述べたとおり、特に低風量域での消費電力が従来機種に比べて大幅に削減されているため、不要な換気のためのファン動力の削減効果が高い。また、欧州などの海外では、日本国内ほどこまめに手動での機器のON/OFF、風量切換えなどは行われず、一旦ONしたらそのまま運転継続というケースが多いため、特にCO₂センサとの組合せでの消費電力削減は効果が高い。

3.2 外気冷房機能の自由度向上

ロスナイの主たる機能は、空調された室内空気と外気の間で熱交換を行い、空調エネルギーを回収しながら換気を

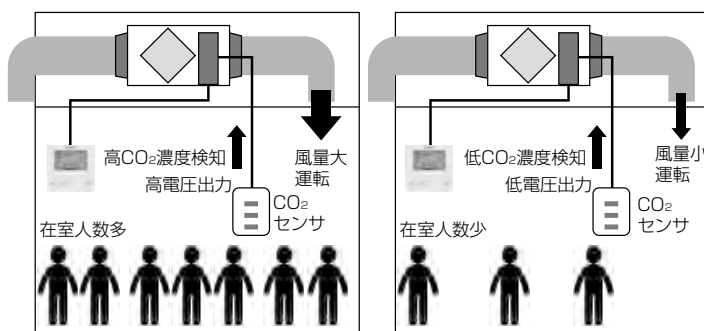


図4. ロスナイとCO₂センサ使用イメージ

表2. CO₂センサ出力とロスナイファンスピード

換気優先モード

センサ検知濃度 (ppm)	センサ出力電圧 (V)	ファンスピード
1,000～420	0.0～2.1	1
1,500～680	2.5～3.4	2
1,760～920	3.8～4.6	3
1,000～	5.0～	4

省エネルギー優先モード

センサ検知濃度 (ppm)	センサ出力電圧 (V)	ファンスピード
1,000～520	0.0～2.6	1
1,600～820	3.0～4.1	2
1,900～1,120	4.5～5.6	3
1,200～	6.0～	4

行うこと(ロスナイ換気)である。業務用ロスナイは、従来、夏季の夜間や中間期で外気温度が室内温度よりも低い際に、外気と室内空気を熱交換させずに冷たい外気をそのまま室内に導入する外気冷房(バイパス換気)機能を備えている。

換気モードで“自動”を選択すると、ロスナイ内部のサーミスタが検知した室内温度と外気温度にしたがって、バイパス換気とロスナイ換気を自動的に切り換える。

海外向けの従来の業務用ロスナイでも、国内向け機種と同様の機能を持っていたが、冷房時に比較的低い温度設定をする海外では、日本向けに設計されたロスナイ換気とバイパス換気の切換え条件が、必ずしもその国のニーズに合うとは限らないという課題があった。

それに対応するため、RVXシリーズでは切換え条件をユーザーが自由に設定できる機能を追加した。設定可能な項目は次の3項目である。

- (1) 室内外気温差
- (2) 外気冷房を許可する最低外気温
- (3) 外気冷房を許可する最低室温

バイパス換気とロスナイ換気の運転切換えマップを図5に示す。

この3項目を変更することで、よりバイパス換気を行いやすく設定することが簡単になり、国によって異なる要望に柔軟に対応することができる。

3.3 ナイトパージ機能の自由度向上

ナイトパージ(夜間外気冷房)は、日中の日射による蓄熱やOA機器からの発熱に夜間の冷たい外気を導入すること

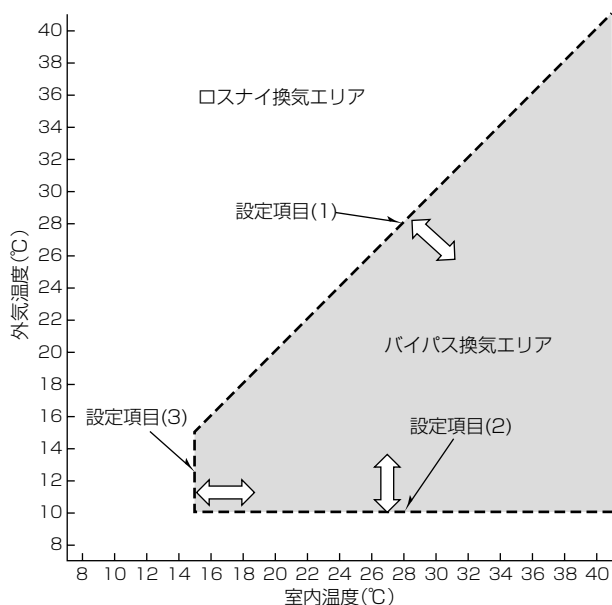


図5. 自動換気モードのバイパス換気とロスナイ換気の切換えマップ

表3. ナイトパージ機能の変更点

項目	RX5-Eシリーズ	RVXシリーズ
設定時間	開始時刻 0:00AM 終了時刻 6:00AM (固定)	どの時刻でもタイマで 設定可能
開始条件① (夏季判断)	24時間以内に17℃/28℃ 以上を記録 (2種類から選択)	24時間以内に15~30℃ 以上を記録 (16種類から選択)
開始条件② (室内外温度差)	室内-室外 $\geq 4^{\circ}\text{C}$ (固定)	室内-室外 $\geq 0\sim 7^{\circ}\text{C}$ (可変)
運転風量	最大風量固定	ファンスビード1~4 選択可能

で、翌朝の空調機の立ち上がり負荷を削減する機能である。この機能も、従来の業務用ロスナイに対して設定の自由を持たせることで、幅広い要望に応えている。表3に従来機種からの変更点を示す。

従来機種ではナイトパージ時間が固定であったのに対して、RVXシリーズではタイマ設定でナイトパージ時間を設定できるようになっており、好きな時刻に設定することができる。従来よりも長時間ナイトパージを実施することも可能となり、また例えばレストランのような夜間のみ営業する店舗でもタイマ設定すれば日中にナイトパージを運転することが可能となっている。

3.4 予熱ヒーター制御機能の向上

寒冷地で、外気温度が頻繁に業務用ロスナイの使用可能外気温度を下回るような場合や、室内へ供給される空気の温度が低下しすぎるのを防ぐために、ロスナイの給気風路上の屋外とロスナイの間に予熱ヒーターを設けることがある。

ロスナイが検知した温度を基にその予熱ヒーターへのON/OFF出力信号を制御する機能をRVXシリーズで拡充している(表4)。

従来機種では出力開始しきい値が -5°C に固定されていたが、RVXシリーズでは $-7\sim 0^{\circ}\text{C}$ の間で可変としてい

表4. 予熱ヒーター出力機能変更点

項目	RX5-Eシリーズ	RVXシリーズ
出力開始外気温度	-5°C 以下(固定)	$-7\sim 0^{\circ}\text{C}$ 以下(可変)
出力継続時間	機能なし(ロスナイ停止 まで出力継続)	1, 2, 3, 4, 5時間 から選択(可変)



図6. リモートコントローラ

る。また、出力を開始してから定期的に出力を停止する機能を新たに追加した。従来機種ではロスナイが停止するまで出力を継続するため、実際は外気温度が上昇している可能性のある状態でも、予熱ヒーターを継続出力している可能性があった。この機能によって定期的に外気温度をチェックすることができるようになったため、不要なヒーター加熱を防ぐことができる。

3.5 新リモートコントローラ

RVXシリーズの発売と同時に、新型のロスナイ専用リモートコントローラ“PZ-61DR-E”“PZ-43SFM-E”(図6)を発売した。当社製エアコン用のリモートコントローラと同一意匠を採用しており、同一ビルでエアコンと業務用ロスナイが採用されてリモートコントローラが並んだ場合に意匠が異なることでのマイナスポイントを解消している。

3.1節から3.4節で述べた新機能は全てPZ-61DR-Eで設定可能であり、多様な機能を実現するための重要な製品となっている。

4. む す び

RVXシリーズは、欧州の新たな規制に対応した製品であるため、まずはEU域内への販売からスタートしたが、ロシア、オーストラリア、中東など採用したいという地域が広がっており、省エネルギーニーズの高さを実感している。

低消費電力と多様なニーズへの対応が可能となった業務用ロスナイRVXシリーズの販売拡大によって、空調エネルギーの省エネルギーに貢献できた。今後はRVXシリーズを販売する中で、更に各国から挙がってくる多様なニーズにも対応した次世代の業務用ロスナイの開発を行っていく。

店舗・事務所用パッケージエアコン“スリムZRシリーズ”の省エネルギー・快適性技術

酒井瑞朗* 岡田和樹*
茗ヶ原将史* 青木正則*
富田雅史*

Energy-saving and Comfort Technologies for Packaged Air Conditioner "Slim ZR Series"

Mizuo Sakai, Masashi Myogahara, Masafumi Tomita, Kazuki Okada, Masanori Aoki

要 旨

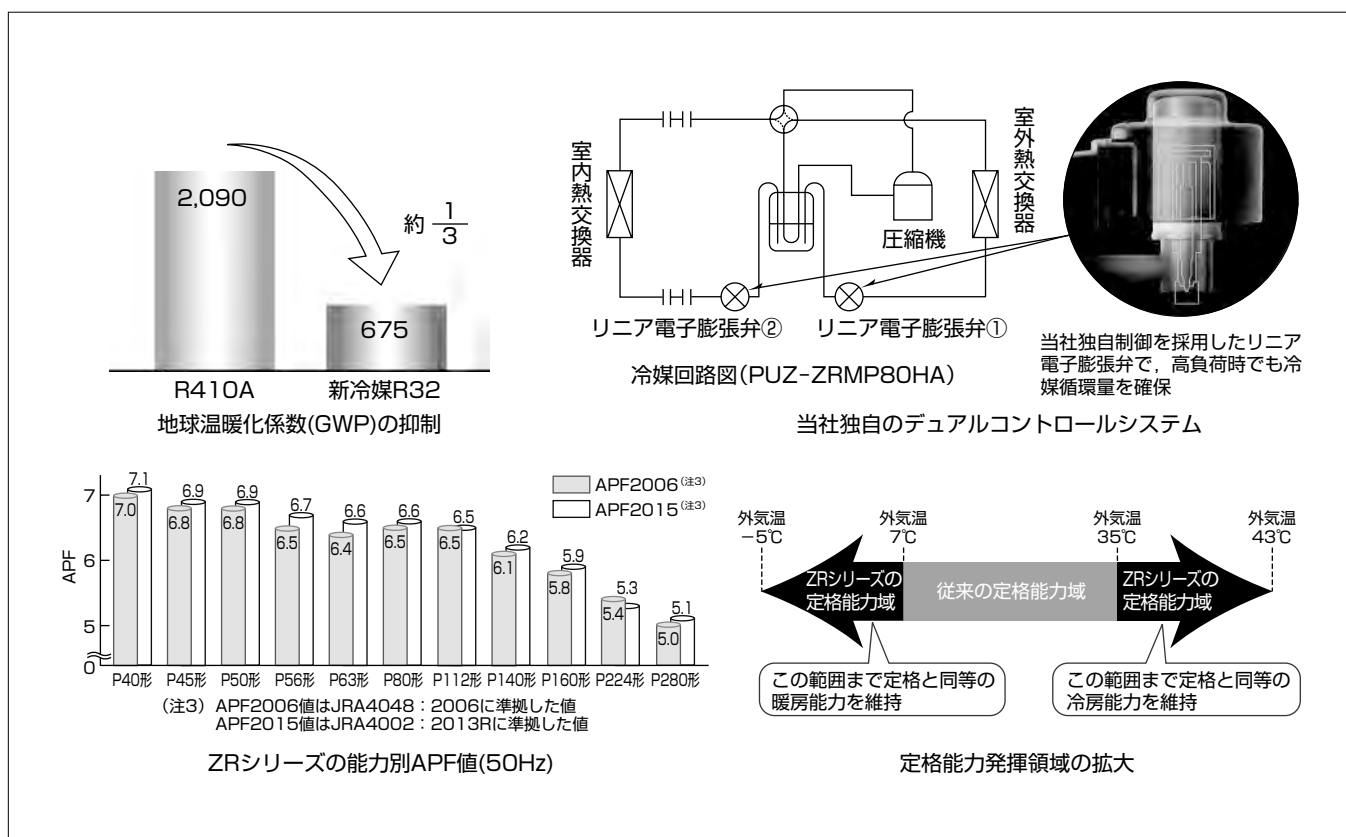
パッケージエアコンは、主に店舗や事務所に設置される空調機である。日本国内の平均的なオフィスビルでは、空調機の消費電力が全消費電力の約50%を占めており、省エネルギーの観点から空調機に対する消費電力の低減要求が高まっている。また、昨今の電力供給不足の問題は人々の生活や企業活動へも大きな影響を与える問題であるため、省エネルギーへの対応は社会的な取組みとなっている。

三菱電機が2015年2月に発売した店舗・事務所用パッケージエアコン“Mr.スリム”の新製品“スリムZRシリーズ（以下“ZRシリーズ”という。）”の室外機では、4.0～16.0kWクラスで、環境に対する影響を考慮した地球温暖化係数（Global Warming Potential：GWP）が低い新冷媒R32を採用した。その特性に合わせて最適化した当社独自のデュアル

ルコントロールシステムを開発し、業界トップのAPF（Annual Performance Factor）^(注1)を実現した^(注2)。また、ZRシリーズの14.0kWクラスでは、冷房定格入力を前年比16.3%改善することで、契約電気料金設定を1ランク低下させた。同時に、定格性能発揮領域を従来の“7℃から35℃まで”に対して“-5℃から43℃まで”に拡大した。これによって、幅広い温度範囲で冷暖能力を発揮して、冬期の外気温度が0℃を下回る準寒冷地でもエアコン暖房のニーズに対応でき、他熱源からヒートポンプへの置き換えの需要にも対応できる。

（注1） JIS B 8616(2006)（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

（注2） 2014年11月26日現在、当社調べ



店舗・事務所用パッケージエアコン室外機の“デュアルコントロールシステム”

Mr.スリムのZRシリーズはGWPが低い新冷媒R32を採用し、その特性に合わせて最適化した当社独自のデュアルコントロールシステムを開発した。これによって、4方向天井カセット形（ファインパワーカセット）との組合せで、業界トップのAPFを達成した。また、このシステムを用いることで、定格能力発揮領域を外気温度-5℃から43℃までに拡大し、より幅広い温度範囲での冷暖能力を実現し、快適性を向上させた。

1. ま え が き

パッケージエアコンは、主に店舗や事務所に設置される空調機である。日本国内の平均的なオフィスビルでは空調機の消費電力が全消費電力の約50%を占めており、省エネルギーの観点から空調機に対する消費電力の低減要求が高まっている。また、昨今の電力供給不足の問題は人々の生活や企業活動へも大きな影響を与える問題であるため、省エネルギーへの対応は社会的な取組みとなっている。そのような状況下で、グリーン購入法や省エネ法などの環境法規によって、空調機製造事業者として省エネルギーへの対応が必要となってきている。

これに加えて、2015年4月にフロン回収・破壊法からフロン排出抑制法に変更・施行となり、2020年までにパッケージエアコンに使用している冷媒のGWPの調和加重平均を750以下にしなければならない。この規制は、2015年10月1日販売分から開始される⁽¹⁾ため、低GWP冷媒である新冷媒R32を採用した空調機の需要が高まっている。

2. 新冷媒R32の導入検討

環境に対する影響を考慮して選定した新冷媒R32は、HFC (Hydro Fluoro Carbon)系冷媒であり、GWPは675^(注4)で、当社従来冷媒であるR410A冷媒と比較して約1/3である。また、潜熱が43%増加するため蒸発性能が大幅に向上し、同等性能時の必要冷媒循環量は約70%となる。これらの特性を十分に発揮させる冷凍サイクルシステム及び圧縮機の開発を行った。

この開発の結果、Mr.スリムのZRシリーズの4.0～16.0kWクラスで、業界トップクラスのAPFを実現した。特に、14.0kWクラスでは、APFが前年比+3.4%向上した。次に内訳を示す。

- (1) 新冷媒R32+デュアルコントロールシステム：+1.0%向上
- (2) 圧縮機性能改善による冷媒循環量改善：+2.4%向上

また、新冷媒R32の特長を活用して省エネルギー性を大きく向上させたことで、冷房定格COP (Coefficient Of Performance) を+16.3%改善し、冷房定格入力によって決まる使用者の契約電気料金設定を1ランク低下させた。

(注4) IPCC(Intergovernmental Panel on Climate Change)第4次評価報告書による温暖化係数100年値

2.1 デュアルコントロールシステム

図1に、当社独自のデュアルコントロールシステムの回路構成を示す。冷媒回路の中央にあるパワーレーシーバ(中圧容器)には、余剰冷媒を溜(た)める機能のほかに、パワーレーシーバ内の中圧・中温の冷媒と吸入配管内を通る低圧・低温の冷媒との熱交換を行う機能を持つ。これによって、次の効果が得られる。

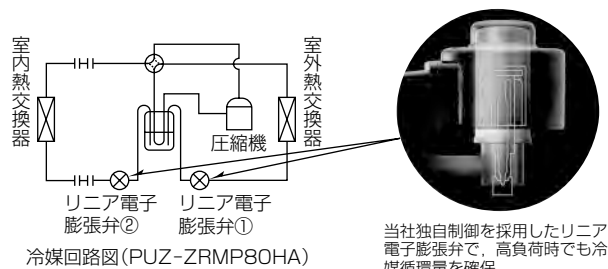


図1. デュアルコントロールシステム

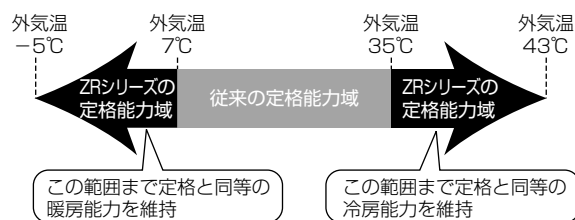


図2. 定格能力発揮領域

- (1) 蒸発器出口乾き度の最適化
- (2) 圧縮機吸入ガス化(効率改善, 信頼性確保)

さらに、2つのリニア電子膨張弁(Linear Expansion Value: LEV)を搭載することで、圧縮機の吐出温度及び凝縮器過冷却度を個別に最適制御することが可能になる。これによって、高負荷条件から低負荷条件までの幅広い運転範囲で最適な運転状態を制御することが可能となり、期間消費効率指標でも高効率化を実現できる。

これらに加えて、新冷媒R32を採用するに当たり、当社独自制御を採用したLEVを搭載した。このLEVは、新冷媒R32の特性を活用し、定格条件の冷媒循環量以下ではCv (flow Coefficient Value)値の分解能を大きく向上させて、よりきめ細かに制御することが可能となった。そのため、負荷に応じた必要冷媒循環量の最適化が可能となり、+1.0%のAPFの改善効果が得られた。

また、冷媒循環量が高くなる高負荷条件に対してCv値を拡張することで、従来の定格能力発揮領域(7℃から35℃)に対して、業界初^(注5)の-5℃から43℃まで拡大することが可能となった(図2)。これによって、冬の外気温度が0℃を下回る準寒冷地でもエアコン暖房のニーズに対応でき、他熱源からヒートポンプへの置き換えの需要に対応できる。さらに、冷房では外気温50℃まで運転可能となった。

さらに、このシステムを用いることで、新冷媒R32で懸念される吐出温度の上昇も抑制することが可能となるため、高信頼性・高効率な空調機を提供することが可能となる。

(注5) 2014年11月26日現在、当社調べ

2.2 新冷媒R32対応スクロール圧縮機の開発

新冷媒R32の採用によって懸念される低密度化に伴う圧縮機性能への影響に対し、新技術の導入で仕様確立を実施して量産導入を行った。

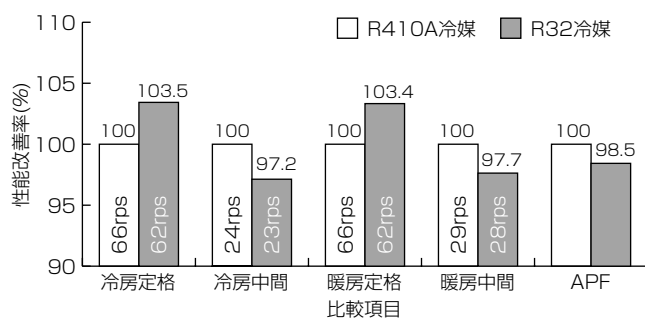


図 3. スクロール圧縮機 R32ドロップイン性能(同一能力比較)

R32冷媒化に伴い、R410A冷媒に対して分子量が小さくなることによる漏れ損失増大などが懸念されるため、R410A冷媒対応の圧縮機へ新冷媒R32をドロップインした試験を実施した。その結果、図 3 に示すように1.5%のAPF低減が確認された。主に中間条件の悪化が確認され、損失分析によって圧縮室間の漏れによる再圧縮損失によるものと判明した。R410A冷媒に対し低密度冷媒である新冷媒R32は、定格条件のような高速運転では圧力損失の低下による性能改善効果が現れる一方、中間条件のような低速運転では漏れ損失が増加する傾向にある。

今回の圧縮機開発では、従来のR410A冷媒対応の圧縮機に対してAPFの+3.5%改善を目標に掲げ、漏れ損失の改善のみならず、圧力損失及びモータ損失の低減を図るために新技術の導入を行った。

(1) 漏れ損失低減技術

当社のフレームコンプライアント方式スクロール圧縮機の圧縮室で、歯側面クリアランスは各部品間のジャーナルクリアランスによって決定される。この中で、ガイドフレーム内径とコンプライアントフレーム外径間のインロークリアランスは歯側面クリアランス形成に大きな影響を与える要素であるが、従来これらは部品の選択嵌合(かんごう)を行っておらず、クリアランスはそれぞれの加工精度によって決定されていた。

今回、ガイドフレーム内径の仕上げ加工後に、その内径寸法測定値をコンプライアントフレームの外径仕上げ加工機へ送信して加工を行うことによって、最適なクリアランスとなる組合せを機械加工の段階で決定するマッチング加工技術を導入した。この技術の導入によって渦巻側面からの漏れ損失低減を図ることができ、APFの+2%の改善が達成された(図 4)。

(2) 圧力損失低減技術

APF性能改善に当たり、その重み付けの大きな中間条件の改善は効果的である。スクロール圧縮機は渦巻の圧縮区間の調整によって圧力損失を最小にする組み込み圧縮比が設定できるが、定格・中間条件の各運転圧縮比の中間となる組み込み圧縮比2.2を目標仕様とした圧力損失の低減を検討した。図 5 に示すように、組み込み圧縮比を従来渦

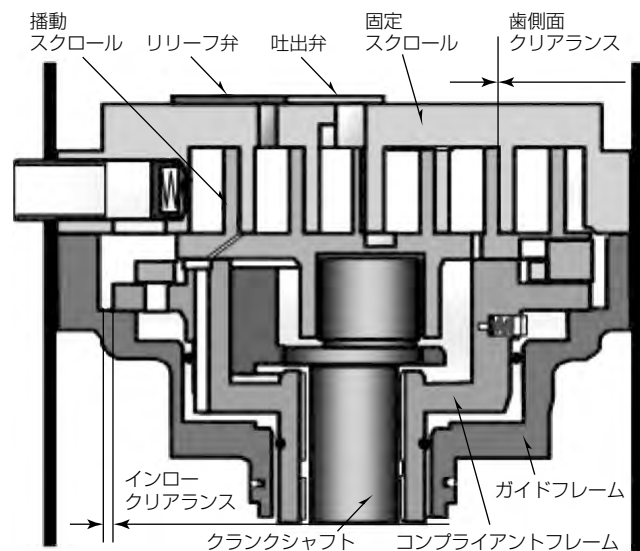


図 4. R32対応スクロール圧縮機のメカ部構造図

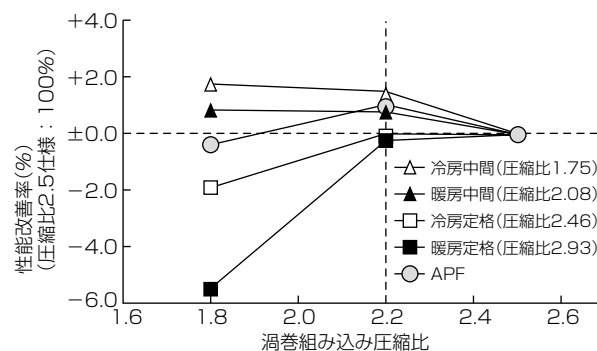


図 5. 渦巻組み込み圧縮比と性能改善率

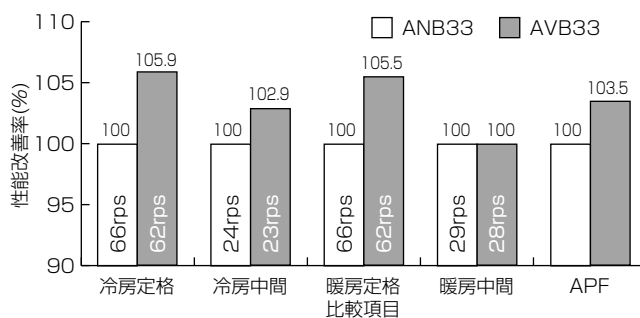


図 6. R32対応スクロール圧縮機性能(同一能力比較)

巻の2.5に対して中間条件の圧縮比側へ低下させて測定した結果から、組み込み圧縮比2.2仕様で+1%のAPF性能改善を実現した。なお、組み込み圧縮比低減に伴い、定格条件では吐出口からの冷媒逆流による再圧縮損失の悪化が懸念されるため、対策として吐出弁を設置することで従来と同等レベルの性能確保を可能とした。

また、更なる性能改善としてモータ効率の改善を行った。ロータコア内のマグネット形状とその配置の最適化設計による銅損低減を図り、同時にステータ巻数を中間条件での性能改善が可能となるようチューニングを行った結果、APFの+2%の改善を達成した。

(3) モータ損失低減技術



図 7. 人感ムーブアイ搭載の 1 方向天井カセット

これら新技術の導入によって、図 6 に示すように R32 対応スクロール圧縮機は従来の R410A 対応スクロール圧縮機に対して +3.5% の APF 性能改善が得られ目標を達成した。

この圧縮機を搭載して実施したユニット評価で、圧縮機性能改善によるサイクル改善効果で APF の +2.4% が得られた。

3. 他機器による省エネルギー性・快適性向上

3.1 人感ムーブアイ搭載機種追加と湿度センサの新搭載

従来機種に加えて、2015 年 3 月発売機種から、1 方向天井カセット機種(図 7)にも人感ムーブアイを搭載した。また、湿度センサを新搭載した。これによって、人と床温を見張って、より心地よくムダのない空調が可能となり、更なる快適性と省エネルギー性を実現した。次に、人感ムーブアイと湿度センサ搭載による機能追加の一例を示す。

3.1.1 省エネルギー自動モード

人感ムーブアイが人の位置を検知し、そのエリアを中心に体感温度制御を行うことによって、効率的で快適な冷暖房を実現した。人感ムーブアイでの冷暖房の効果は次のとおりである。

- (1) 暖房時：消費電力約 40% 節約(当社試算)
- (2) 冷房時：消費電力約 25% 節約(当社試算)

3.1.2 不在省エネルギーモード

人感ムーブアイによって、エリア内の人が不在の状態を連続で 60 分検知した場合、冷暖運転ともに自動的に 2℃ 分の空調パワーをセーブして、ムダな冷暖房を抑える(機能選択によって設定)。

3.1.3 不在自動停止モード

人感ムーブアイによって、エリア内の人の在／不在を検知して、設定時間の間、不在を検知すると、自動的に運転を停止する(機能選択によって設定)。

3.1.4 快適自動モード

“風よけ”“風当て”の設定ができる快適自動モードで、ユーザーの好みに合った快適性を提供することが可能となった。

3.1.5 人感ハイブリッド運転

人は風を浴びることでより涼しく感じることができる。そこで、人感ハイブリッド運転では、冷房運転時にこの涼風作用を利用して、室温が設定温度まで下がったら圧縮機を停止させ、吹き出口の風向板(ペーン)を上下スイングして送風運転に切り換える。それによって、圧縮機を停止した状態で、体感温度を低いまま維持する。風だけで体感温



図 8. MA スマートリモコン

度を維持できなくなった場合には、圧縮機を再度動かして冷房運転を行う。圧縮機の停止時間を長くすることで消費電力を抑制し、快適性を維持したまま無理のない節電を可能にした。暖房運転の場合は、室内温度が設定温度に近づいたら、水平方向への送風運転を行い、サーキュレータ効果によって、天井付近にたまった暖気を人の高さにまで下ろして室内温度むらを改善し、快適性を向上させる。

同一快適性となる運転状態での湿度センサ有無による消費電力を比較すると、従来機と比べて約 5% の省エネルギー性を実現し(当社試算値)、快適性と省エネルギー性を両立させた空調運転を実現した。

3.2 週間スケジュールタイマー

2 つの週間スケジュールを同時に登録できる週間スケジュールタイマーを“MA スマートリモコン”(図 8)に搭載し、更に使いやすく進化した。ユーザーのニーズに合わせて、例えば夏季・冬季などの 2 つの異なる運転スケジュールを登録することで、年間を通してスケジュール変更などの手間いらずで、ムダを徹底的に抑え、省エネルギー・省コスト化をサポートする。

4. む す び

店舗・事務所用パッケージエアコン“Mr.スリム”の ZR シリーズでは、環境を考慮して GWP が低い新冷媒 R32 を採用し、新冷媒 R32 の特性を活用するための最適な冷媒システム“デュアルコントロールシステム”を開発した。また、新冷媒 R32 に対応して開発した高効率スクロール圧縮機を用いることで、省エネルギー性を大きく発展させた。デュアルコントロールシステムでは、独自制御を採用した LEV を搭載することで、高信頼性・高効率で、かつ快適性を向上させた空調機を提供することが可能となった。

また、省エネルギー性や快適性以外にも、安全性にも配慮した設計を行っており、室外制御基板をボードボックスに収納することで、基板裏面へのヤモリ等の小動物侵入による故障や火災を未然に防ぐ改善も行っている。

今後も使用者と施行者のニーズに応える空調機を提供できるように、製品の向上に取り組んでいく。

参 考 文 献

- (1) 環境省 HP：フロン排出抑制法(平成 27 年 4 月施行)
http://www.env.go.jp/earth/ozone/cfc/law/kaisei_h27/

16HPビル用マルチエアコン向け スクロール圧縮機

長岡文一*
若ヶ原将史*

Scroll Compressor for 16HP Variable Refrigerant Flow System

Fumikazu Nagaoka, Masashi Myogahara

要 旨

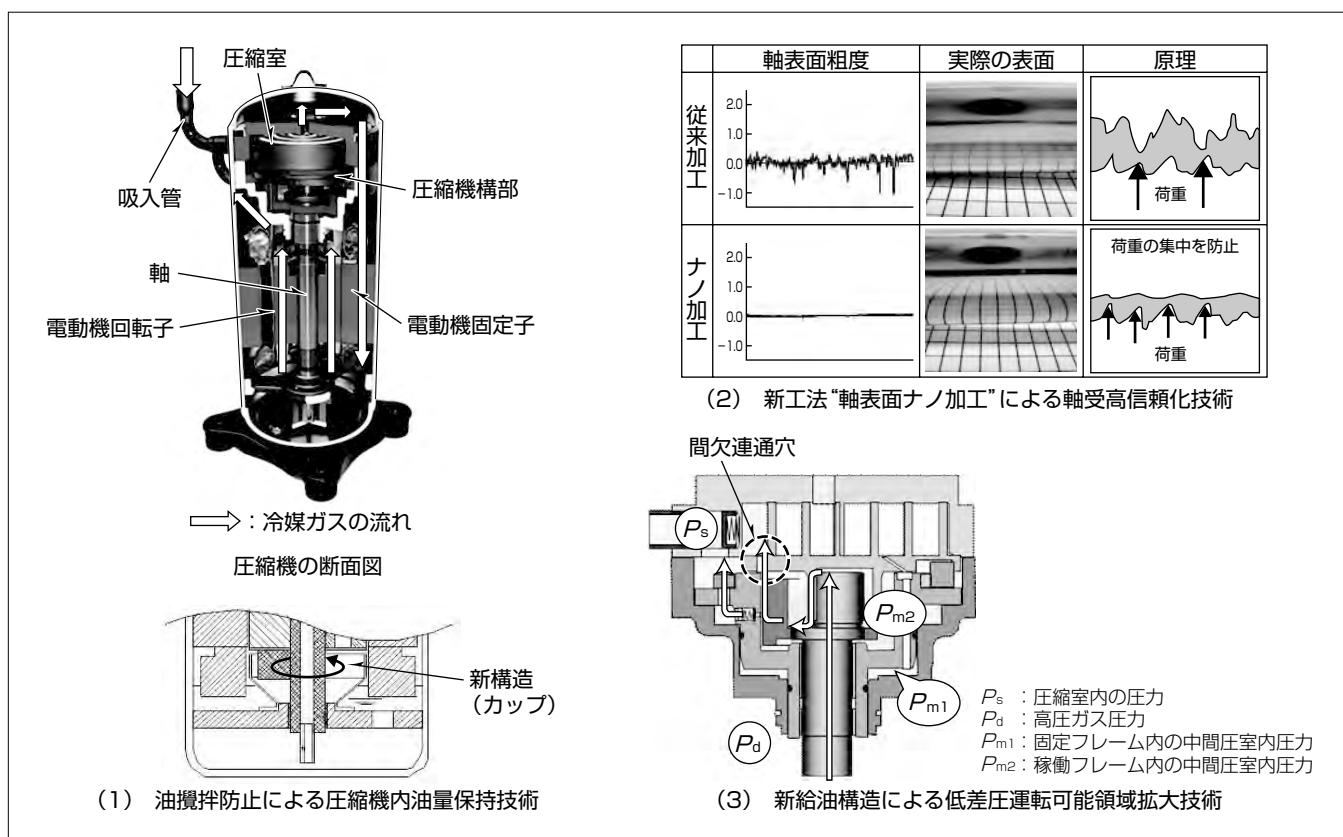
一般的な12HP (Horse Power) 以上のビル用マルチエアコン (VRF (Variable Refrigerant Flow) システム) では、能力確保や性能確保のため、複数の圧縮機を並列使用している。しかし、複数の圧縮機の並列使用は各圧縮機内の保持油量管理が難しく、コスト抑制も困難であった。

今回、三菱電機は圧縮機の行程容積を約50%拡大し、1台で16HPまでのVRFシステムに対応可能な圧縮機を開発した。

圧縮機の行程容積拡大に対しては、次の課題があった。

- (1) 大型のVRF冷凍回路に対する十分な圧縮機内の油量保持
 - (2) 圧縮機の行程容積拡大に伴う軸作用荷重の増大
 - (3) 低負荷から高負荷までの広い運転可能領域の確保
- これらの課題に対して、次の新技術を導入することで圧縮機の行程容積拡大を実現した。

- (1) 油攪拌(かくはん)防止による圧縮機内の油量保持技術
- (2) 新工法“軸表面ナノ加工”による軸受高信頼化技術
- (3) 新給油構造による低差圧運転可能領域拡大技術



圧縮機の断面図と適用した新技術

圧縮機の行程容積拡大のために、(1) 油攪拌防止による圧縮機内の油量保持技術、(2) 新工法“軸表面ナノ加工”による軸受高信頼化技術、(3) 新給油構造による低差圧運転可能領域拡大技術を適用した。

1. ま え が き

一般的な12HP以上のVRFシステムでは、能力確保や性能確保のため、複数の圧縮機を並列使用している。しかし、複数の圧縮機の並列使用は各圧縮機内の保持油量管理が難しく、コスト抑制も困難であった。そこで、圧縮機の行程容積を約50%拡大し、1台で16HPまでのVRFシステムに対応可能な圧縮機を開発した。

大型の冷凍回路を持つVRFシステムに対する課題、及び、圧縮機の行程容積拡大に対する課題は次のとおりである。

(1) 大型のVRF冷凍回路に対して十分な圧縮機内の油量保持

(2) 圧縮機の行程容積拡大に伴う軸作用荷重の増大

(3) 低負荷から高負荷までの広い運転可能領域の確保

これらの課題に対して、次の新技術を導入することによって圧縮機の行程容積拡大を実現した。

(1) 油攪拌防止による圧縮機内の油量保持技術

(2) 新工法“軸表面ナノ加工”による軸受高信頼化技術

(3) 新給油構造による低差圧運転可能領域拡大技術

本稿では、これらの新技術について述べる。

2. 圧縮機内の油量保持技術

2.1 圧縮機内の冷媒ガスの流れ

図1に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おり、電動機回転子が電動機固定子に対して隙間を確保するように軸に固定されている。冷媒ガスは吸入管から流入し、圧縮機構部で圧縮され、吐出口から吐き出される。高圧となった冷媒ガスと油の混合ミストは圧縮機底部に流れ、この過程で冷媒ガスと油は分離される。分離された冷媒ガスは、電動機回転子内に設けられた通気孔を通して上昇し、吐出管から圧縮機外部に吐き出される。

2.2 油量保持構造

先に述べたとおり、VRFシステムの冷凍回路は非常に大型となるため、圧縮機内の油量を十分に保持することが

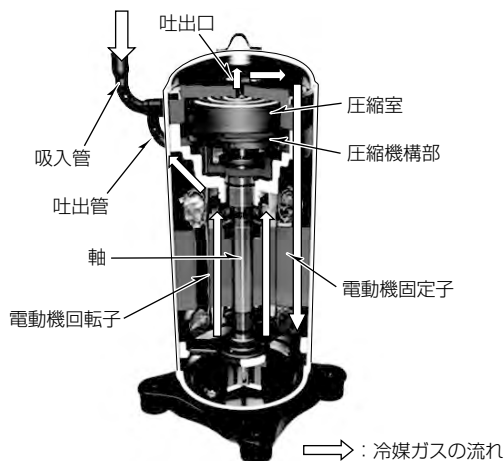


図1. 圧縮機の断面図

重要である。図2に、電動機回転子の下部の構造を示す。従来構造(図2(a))では、電動機回転子の下部に取り付けられたバランスウェイトが回転することによって、圧縮機底部の油を攪拌する流れが発生する。この攪拌作用によって、冷媒ガスと油の分離効果が阻害される。これに対して新構造(図2(b))では、電動機回転子の下部に位置するフレームにカップを設けてバランスウェイトを覆うことによって、バランスウェイトによる攪拌を防止し、冷凍回路内の油循環率を低減し、圧縮機内の油量保持を可能にした。

冷媒ガスと油の流動解析による圧縮機内の流動解析結果を図3に示す。従来構造(図3(a))では、圧縮機底部で、バランスウェイトの回転によって流体が攪拌される流れの発

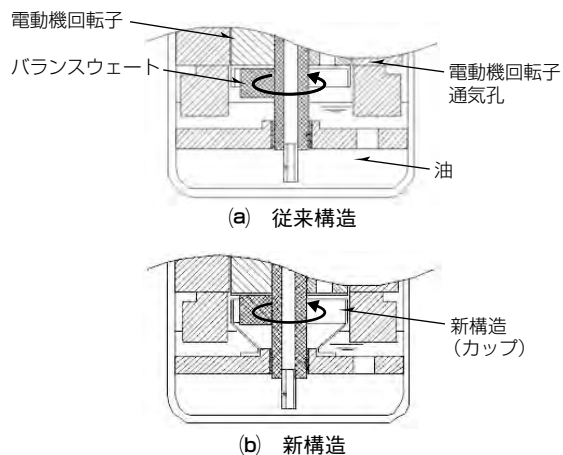


図2. 電動機回転子の下部

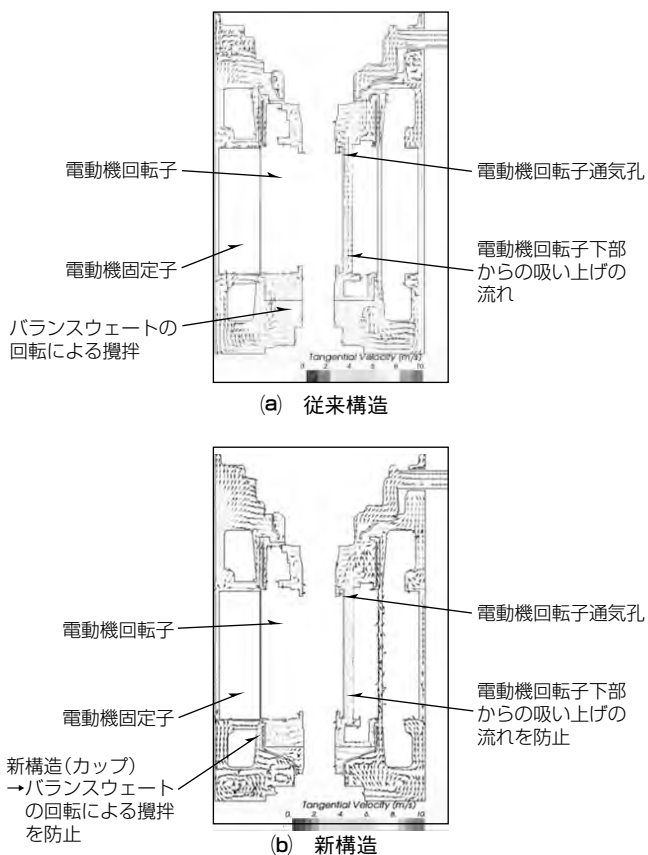


図3. 圧縮機内の流動解析結果

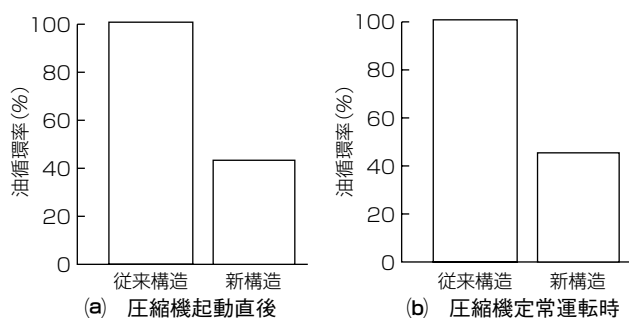


図4. 油循環率測定結果

生が見られる。また、攪拌された流体が電動機回転子下部から通気孔にかけて吸い上げられ、圧縮機の外へ移動する流れが発生している。一方、新構造(図3(b))では、カップが回転するバランスウェートを覆うことによって、圧縮機底部の攪拌を防止し、かつ、電動機回転子下部からの吸い上げの流れを防止できていることが確認できる。

実際の圧縮機の冷凍回路内の油循環率の測定結果について、図4(a)に圧縮機起動直後の油循環率測定結果を、図4(b)に圧縮機定常運転時の油循環率測定結果を示す。新構造によって、圧縮機の起動直後と定常運転時ともに冷凍回路内の油循環率を低減できていることを確認した。

3. 軸受高信頼化技術

3.1 軸受作用負荷

圧縮機の行程容積の50%拡大で、圧縮機の軸受に作用する負荷は図5に示すように30%増加し、摩耗悪化や焼付き発生の可能性が高まる。

3.2 新工法“軸表面ナノ加工”

軸受に作用する負荷の増大に対して、軸に新工法の軸表面ナノ加工を導入し、摩耗・焼付き耐力を向上させた。図6に従来の加工法による軸と、新工法の軸表面ナノ加工を施した軸を示す。従来の加工法による軸表面は μm オーダーの面粗度であるが、新工法の軸表面ナノ加工を施した軸表面は nm オーダーの面粗度を確保している。図6に示すように、圧縮機の回転軸では、油粘度が低下して軸と軸受の間に介在する油膜が薄くなった場合に、軸と軸受表面の凸部分同士が接触し、凸部分に荷重が集中することによって、摩耗の進行・焼付きが発生する場合がある。これに対して新工法の軸表面ナノ加工を施した軸表面では、軸表面の凸部分を除去して荷重を分散させることによって、従来加工に対して、摩耗の進行・焼付きに対する耐力を改善することが可能となる。

図7に焼付き試験の結果を示す。従来の加工法に対して、軸表面ナノ加工では焼付き限界荷重を50%改善した。

4. 運転可能領域拡大技術

4.1 給油構造

図8に、この圧縮機の特徴であるコンプライアント構造を

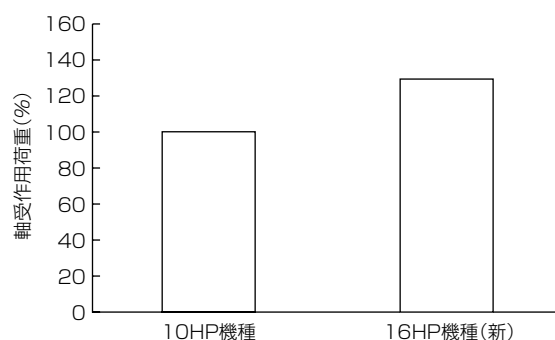


図5. 軸受作用荷重

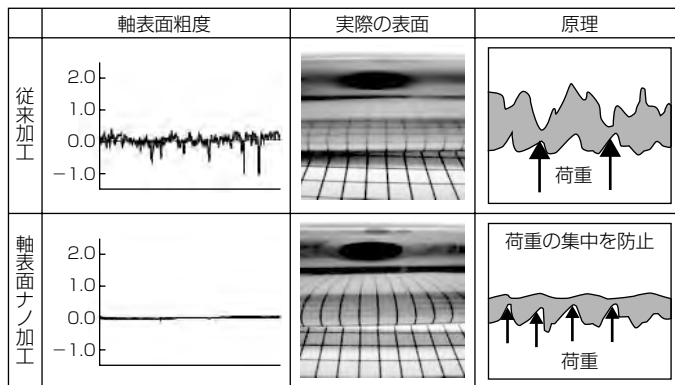


図6. 軸表面ナノ加工

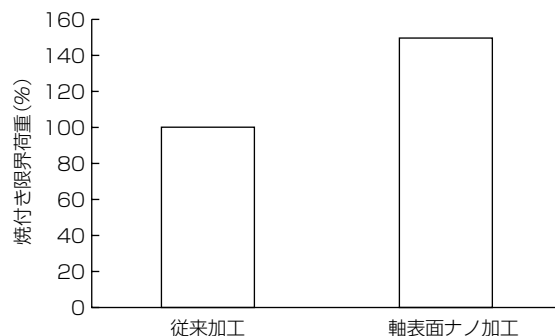


図7. 焼付き限界荷重の測定結果

示す。固定フレーム内には軸に沿って上下に稼働可能な稼働フレームを設けている。稼働フレームの上端には揺動渦巻・固定渦巻を設けており、電動機で発生する回転力によって軸が回転して揺動渦巻が揺動運動をすることで、渦巻の外側から内側に向かって冷媒ガスの圧縮が行われる。固定フレームと稼働フレームの内部には、それぞれ中間圧室を持つ構造をとっている。固定フレーム内の中間圧室内圧力を P_{m1} 、稼働フレーム内の中間圧室内圧力を P_{m2} とする。 P_{m1} が稼働フレーム下端に作用することによって稼働フレームが持ち上げられ、揺動渦巻も同時に持ち上げられる。この動作によって、揺動渦巻と固定渦巻の歯先同士が密着し、歯先からの漏れを防止している。また、 P_{m2} が稼働フレームと揺動渦巻の接触面に作用することによって稼働フレームと揺動渦巻の接触力を緩和する力が発生するため、稼働フレームと揺動渦巻間の摺動(しゅうどう)損失を最小限に抑制することができる。

ここで、 P_{m1} は圧縮室内の圧力によって制御されており、

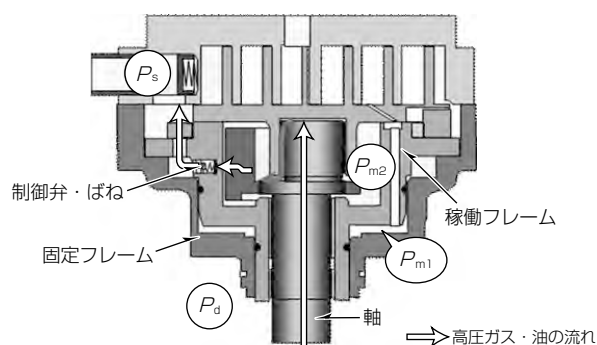


図8. コンプライアント構造

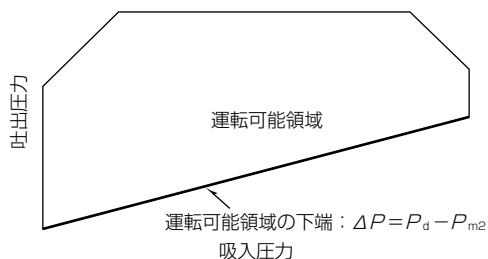


図9. 運転可能領域

次の式(1)の関係となっている。

$$P_{m1} = P_s \times \beta \quad \dots\dots\dots(1)$$

β : 圧縮室内の圧縮過程の圧縮比

また、稼働フレーム側の面には制御弁とばねを設けており、稼働フレーム内の中間圧室と吸入側空間を制御弁によって仕切っている。軸下端から軸内部を通して高圧ガスと油が上昇し、軸と揺動渦巻軸受の隙間で減圧された後、稼働フレーム内の中間圧室内に流れ込む。稼働フレーム内の中間圧室内の圧力が吸入側空間の圧力とばね力の合力に達すると制御弁が開き、吸入側へガスと油が送りだされる。したがって、 P_{m2} は次の式(2)で表すことができる。

$$P_{m2} = P_s + a \quad \dots\dots\dots(2)$$

a : ばね力

また、先に述べたとおり、油の供給は圧縮機内の高圧ガス圧力と稼働フレーム内の中間圧室内の圧力の差圧によって行われるため、給油を行うためには差圧を確保する必要がある。差圧を ΔP 、高圧ガス圧力を P_d とすると、次の式(3)で表すことができる。

$$\Delta P = P_d - P_{m2} \quad \dots\dots\dots(3)$$

給油可能領域は、圧縮機内の高圧ガス圧力と稼働フレーム内の中間圧室内圧力の差圧による力がばね力よりも大きくなる範囲であり、運転可能領域の下端は図9に示すように規定している。

4.2 新給油構造

通常の圧縮機を複数使用したVRFシステムでは、低能力帯では1台のみの使用、高能力帯では複数台使用とすることで広範囲の能力帯に対応している。このシステムに対して、この圧縮機では1台で16HPまで対応する必要がある。高能力帯に対しては行程容積の拡大で対応し、低能力

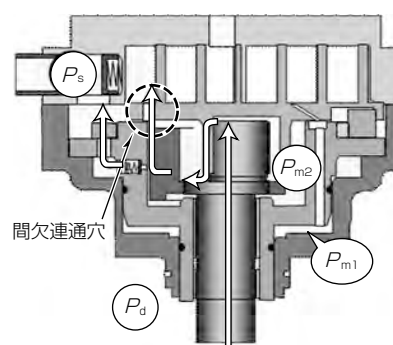


図10. 新給油構造

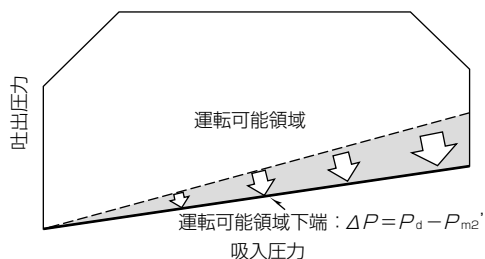


図11. 運転可能領域の拡大

帯に対してはより低差圧領域まで運転可能領域を拡大することで対応した。運転可能領域をより低差圧まで拡大するため、図10に示す新給油構造を導入した。揺動渦巻に対して、吸入空間と稼働フレーム内の中間圧室が間欠的に連通する位置に穴を設けることによって、差圧 ΔP を次の式で表される制御にできる。

$$\Delta P = P_d - P_{m2}' \quad \dots\dots\dots(4)$$

$$P_{m2}' = P_s + a - \gamma \quad \dots\dots\dots(5)$$

γ : 連通減圧

新給油構造では、圧縮機内の高圧ガス圧力と稼働フレーム内の中間圧室内の圧力の差圧による力がばね力よりも小さくなる範囲でも、揺動渦巻に設けた間欠連通穴によって差圧を形成できるため、図11に示すように、従来構造に対してより広い運転可能領域を確保することが可能となる。

5. む す び

VRFシステムで、1台で16HPまで対応可能な圧縮機を開発した。この開発では次の課題があった。

- (1) 大型の冷凍回路に対して十分な圧縮機内の油量保持
- (2) 圧縮機の行程容積拡大に伴う軸作用荷重の増大
- (3) 低負荷から高負荷までの広い運転可能領域の確保

この課題に対して、次の新技術導入によって、16HPまで対応可能な圧縮機を実現した。

- (1) 圧縮機内の流動解析によって、油攪拌防止に効果的な最適構造を検討・導入し、圧縮機内の油量保持を改善した。
- (2) 新工法の軸表面ナノ加工の導入によって、焼付き耐性を50%改善した。
- (3) 新給油構造の導入によって低差圧の運転領域を拡大し、広範囲の運転可能領域を実現した。

業務用低温機器R410Aコンデンシングユニット“ワイドリプレースシリーズ”

池田 隆* 藤本智也*
岐部篤史* 築山 亮*
アバスタリ**

R410A Condensing Units for Commercial Use "Wide Replace Series"

Takashi Ikeda, Atsushi Kibe, Abastari, Tomoya Fujimoto, Ryo Tsukiyama

要 旨

コンデンシングユニットの需要は、1995年をピークに前年割れが続いていたが、2010年度から回復傾向にある。背景には、過去に納入された機器がリニューアル時期を迎えていることや、モントリオール議定書によって定められた2020年にR22冷媒の全廃の動きもあり、スーパーマーケットや冷蔵倉庫に使用されている低温設備更新の需要が増加していることがある。

また、2015年4月にフロン排出抑制法が施行され、低温機器では2025年度にメーカーが出荷する製品のGWP(Global Warming Potential：地球温暖化係数)加重平均を1,500以下にすることが定められ、GWP値の低い冷媒を使

用した製品への切換えが求められている。

三菱電機は、業務用低温機器で主流のR404A冷媒に対してGWP値が約半分で、かつ、運転効率が良く省エネルギーであるR410A冷媒への全体的切換えを進めているが、再利用したい既設配管の圧力制限などの理由からR410A冷媒が使用できない場合があった。この対応として運転圧力抑制機能を搭載し、既設配管利用の拡大を実現した“ワイドリプレースシリーズ”を開発した。その特長を次に挙げる。

- (1) 運転圧力抑制によって既設配管の流用が可能
- (2) 省エネルギー・CO₂排出抑制などの環境性に対応

形名	ECOV-EN75DCA	ECOV-EN110DCA／150DCA	ECOV-EN225DCA／300DCA
呼称出力(kW)	7.5	11.0／15.0	22.5／30.0
蒸発温度(℃)	-45～-5	-45～-5	-45～-5



7.5kW機種



11.0kW／15.0kW機種



22.5kW／30.0kW機種

R410Aコンデンシングユニット“ワイドリプレースシリーズ”

運転圧力抑制機能と液管断熱不要機能の搭載によって、既設配管流用範囲を大きく拡大した。標準のR410A機と同等の省エネルギー性と環境性を実現し、一体空冷機として5機種をラインアップした。中型から大型のスーパーマーケットや冷蔵倉庫など幅広い低温設備の更新に対応できる。また、当社セット品である“クールマルチ”や空調冷熱総合管理システム“AE-200J”との接続も可能であり、既設設備の更新だけではなく新設設備にも導入可能である。

1. ま え が き

近年、食品・流通店舗業界では、2020年のR22冷媒全廃の動きによって、スーパーマーケットや冷蔵倉庫に使用されている低温設備更新の需要が増加している。

また、2015年4月にフロン排出抑制法が施行され、低温機器では2025年度にメーカーが出荷する製品のGWP加重平均を1,500以下とすることが定められ、GWP値の低い冷媒を使用した製品への切り換えが求められている。

当社は、業務用の低温機器業界で主流のR404A冷媒に対してGWP値が約半分であるR410A冷媒への全面的切り換えを進めているが、再利用したい既設配管の圧力制限などの理由からR410A冷媒が使用できない場合があった。この対応として運転圧力抑制機能などを搭載し、既設配管利用の拡大を実現した“ワイドリプレースシリーズ”を開発した。

本稿では、その製品概要と技術について述べる。

2. 製品の仕様と特長

2.1 製品の主要仕様

表1に製品の主要な仕様を示す。全5機種種のラインアップを行い、中型から大型のスーパーマーケットや冷蔵倉庫に対応が可能である。

2.2 製品の特長

2.2.1 運転圧力の抑制

業務用低温設備では、室外機(コンデンシングユニット)と室内機(ショーケースなど負荷装置)を接続する冷媒配管は地中や建物の壁の中に埋設されることが多く、設備更新で冷媒配管を新規に工事することは非常に困難な場合がある。したがって設備更新で既設配管を流用する要望があるが、既設の機器はR22冷媒などが使用されており、R410A冷媒に対して設計圧力が低く、それに応じて使用されている配管の許容圧力も低いため、R410A冷媒機種に更新しようとしても既設配管を使用できない場合があった。表2に一般冷媒配管の仕様を示す。

既設の機器は設計圧力が3MPa程度であるため、第1種の

配管が使用されていることが多いが、当社の標準のR410Aコンデンシングユニットの設計圧力は4.15MPaであるため、既設の配管が第1種を使用している場合は流用ができなかった。そこで、当社が過去に量産した40馬力以下の機種で、高圧側となる液配管に指示している配管径がφ25.4mmであることから、設計圧力を3.5MPaまで低下させ、既設の主な配管を流用可能とした。その方法として、凝縮器の放熱面積を1.5倍に拡大するとともに運転圧力抑制制御を実施した。

表3に運転圧力抑制制御の一例を示す。設計圧力を3.5MPaとするためには、法規対応として圧力が3.5MPaに達すると機器を停止させる必要がある。3.5MPaを検知する機器は機械式作動であり、作動する圧力に公差がある。この公差を考慮した場合の作動下限は3.35MPaとなる。低温機器が停止すると冷却物への影響が発生するため、可能な限り停止させないことが望ましい。そこで、機器を停止させる圧力より低い圧力値に圧縮機のインバータの運転周波数を制限する制御と、凝縮器用ファン出力を制御する値を細かく設定することによって、機器の運転を停止させないように制御している。圧縮機の運転周波数を制限する圧力値を低めに設定すれば、機器を停止させる圧力値に到達させないようにすることは容易であるが、通常運転時の冷却能力が減少して冷却物への影響が出るため、圧縮機の運転周波数を制限する圧力値は可能な限り高く設定することが望ましい。しかし、この値を高く設定すると、室内機の負荷が急激に増加した場合などに運転が追従できず、高圧圧力が機器を停止させる圧力値に達する可能性が高くなるので、このバランスを取ることが難しい。シミュレーションと実機試験で確認を行い、表3の値に決定した。

2.2.2 過冷却制御

当社の標準のR410Aコンデンシングユニットでは液冷媒を過冷却する回路を搭載しており、一部機種では液冷媒が周囲温度以下に低下することによる結露防止のため、現地での既設配管への追加断熱施工が必要であった。図1に、このユニットの冷媒回路を示す。液配管に過冷却を付加する回路は、圧縮機の吐出温度を下げるインジェクション回路と共

表1. 製品仕様⁽¹⁾

形名	ECOV-EN75DCA	ECOV-EN110DCA	ECOV-EN150DCA	ECOV-EN225DCA	ECOV-EN300DCA
馬力(House Power)	10	15	20	30	40
呼称出力(kW)	7.5	11.0	15.0	22.5	30.0
電源	三相 200V 50/60Hz				
蒸発温度(℃)	-45~-5				
冷凍能力(kW) ^(注1)	9.0	12.5	18	21.2	26.5
消費電力(kW) ^(注1)	8.9	12.8	18.4	21.86	27.6
外形寸法(高さ×幅×奥行)(mm)	1,970×1,220×734	1,970×1,750×734	1,970×1,750×734	1,970×2,820×734	1,970×2,820×734
製品質量(kg)	289	517	517	777	777
配管径(吸入配管)(mm)	φ31.75	φ38.1	φ44.45	φ50.8	φ50.8
配管径(液配管)(mm)	φ12.7	φ15.88	φ19.05	φ19.05	φ19.05
騒音値(dB) ^(注2)	53.5	55.5	57	57.5	58

(注1) 周囲温度:32℃, 蒸発温度:-40℃, 吸入ガス温度:18℃

(注2) 周囲温度:32℃, 蒸発温度:-40℃, ファンコントロール設定:目標凝縮温度=外気温度+12℃
 無響音室想定でユニット前面から距離1m, 高さ1m

表 2. 一般冷媒配管用銅管の寸法 (O材及びOL材)

基準外径Do (mm)	肉厚t (mm)	O材及びOL材	
		種別	最高使用圧力P(Mpa)
6.00	0.70	第 3 種 (第 1 種, 第 2 種と共用)	8.492
6.35	0.80		9.246
8.00	0.80		7.173
9.52	0.80		5.945
10.00	0.80		5.641
12.70	0.80	第 2 種 (第 1 種と 共用)	4.378
15.88	1.00		4.376
19.05	1.20		4.378
19.05	1.00	第 1 種	3.616
22.22	1.15		3.563
25.40	1.30		3.522
28.58	1.45		3.490
31.75	1.60		3.465
34.92	1.75		3.445
38.10	1.90		3.428
41.28	2.10		3.500

ワイドリブレース
機種対象範囲拡大

1. 最高使用圧力は、曲げ半径が $4D_0$ (外径) 以上であり、直管として使用する場合である。
2. 曲げ半径が $4D_0$ (外径) 未満の場合は、曲げを考慮した肉厚計算が必要である。
3. 上記記載の肉厚の配管を使用して曲げ加工を行う場合は、最高使用圧力が曲げを考慮した分低下する。 出典：JIS B 8607

表 3. 運転圧力抑制制御の一例

高圧圧力比 (%)	高圧圧力 (Mpa)	制御内容
100	3.50	停止圧力 (高圧カット：機械式)
96	3.35	停止圧力下限 (高圧カット：機械式・公差下限)
94	－	停止圧力 (センサ式・リトライあり)
93	－	圧縮機運転周波数減速
91	－	圧縮機運転周波数維持
90	－	圧縮機運転周波数アップ制限
89	－	凝縮器用ファン全速

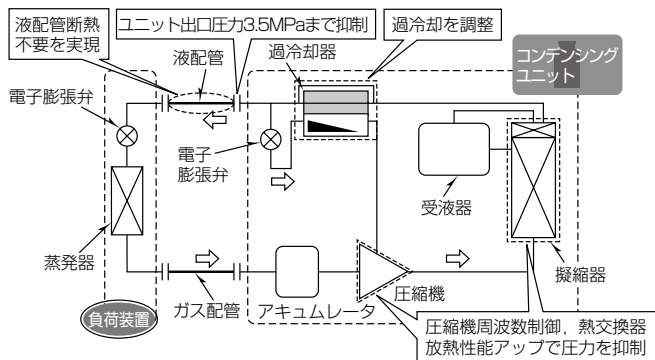


图1. 冷媒回路⁽²⁾

通としており、液配管温度、圧縮機吐出温度、外気温度などをセンシングして液配管温度が結露せず、かつ、圧縮機吐出温度が異常とならないように電子膨張弁の制御を行っている。

2.2.3 油戻りの信頼性確保

既設配管を流用する場合、市場で稼働している機器の配管径は標準のR410A機種が指定している配管径に比べて大きいことが一般的である。これは、過去に採用されていた冷媒(R22など)の特性によるものだが、配管径が大きいものを使用した場合、室内機(負荷装置)側から冷媒が戻るガス配管で、配管内部の冷媒流速が遅くなることによってコンデンスユニットの圧縮機から排出された冷凍機油が戻りにくくなるため、圧縮機が油枯渇で故障する場合がある。この対応として、当社が過去に量産した同じ馬力のガ

表 4. 油戻し制御における運転周波数の比較

機種	15馬力		20馬力	
	標準機	リブレース機	標準機	リブレース機
想定ガス配管径(mm)	φ 38.1	φ 44.45	φ 44.45	φ 50.8
油戻し運転周波数(合計)(Hz)	83	126	144	154

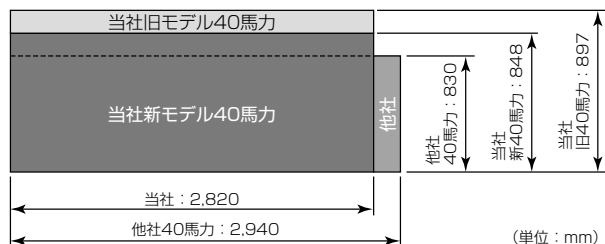


圖 2. 設置面積比較

ス配管径を調査し、その配管径が流用された場合に油が戻る冷媒流速の計算を行い油戻し制御の見直しを行った。

表4に示すように、標準機に対して油戻し制御における圧縮機の運転周波数を増加させることによって、ガス配管の冷媒流速を確保している。

2.2.4 低騒音と省スペース

当社の標準のR410Aコンデンシングユニットでは、騒音対策として最大の音源となる圧縮機のみをパネルで囲う構造として、低騒音化を図っていた。しかし、機器運転中は冷媒回路部品からも冷媒の流れに起因する音や圧縮機の運転振動が伝搬することによる騒音が発生するため、このユニットでは更なる低騒音を目的として、機器内の大部分の冷媒回路をパネルで囲う構造とした。このことによって、従来モデルに対して特に騒音レベルが大きかった4 KHz帯の音を最大約3 dB低下させた。

また、騒音対策として冷媒回路を囲う構造とした場合、一般的には部品点数が増えるため製品外形が大きくなる傾向にある。このユニットでは、冷媒回路に採用しているオイルセパレータの小型化やマルチ機におけるアキュムレータの複数個搭載を1個化に変更することで、冷媒回路の配置も含めた見直しを行い、図2に示すように40馬力で従来機種に対して設置スペースを5%低減し、他社同馬力製品に対して2%低減した。

また、低温機器ではサービス性も重要であるため、試運転時に真空引きや冷媒充てんを行う操作弁類を前面に配置するよう考慮した。

3. 經濟性・環境性

3.1 省エネルギー性⁽²⁾

当社の標準のR410Aコンデンシングユニットは、低温専用の高効率DCインバータ圧縮機とそれを駆動させる当社独自の予測制御、及び先に述べた高圧抑制制御・過冷却制御などによって既設のR22冷媒機種から変更した場合、図3に示すように消費電力を約20%削減可能である。圧縮機を複数台搭載したユニットで、全ての圧縮機をインバータ制御としているのは当社だけであり、省エネルギー性に加

えて幅広い容量制御を可能と
している。

また、運転圧力抑制制御で
既設配管が流用可能となり、
図4に示すように設備工費
も約30%低減可能である。

3.2 環境性

図5に当社10馬力のR404A機
種とR410A機種種のTEWI(Total Equivalent
Warming Impact：総合等価温暖化因子)
の比較を示す。

GWPは単純に冷媒が大気中に放出さ
れた場合の比較であるが、冷媒は密閉
された冷媒回路で使用されるので、そ
の使用時の漏れ状況、廃棄時の大気へ
の放出量、また運転電力消費による化
石燃料使用からの炭酸ガス発生量を総
合的に考慮して地球温暖化への影響を
評価する手法がTEWIである。R410A冷媒はGWP値が
2,090であり、R404A冷媒のGWP値が3,920であることから、
省エネルギー性能も含めてライフサイクルを考慮すると
R404Aに対してR410A冷媒はCO₂排出量を半減できる低温
機器で環境性に優れた冷媒と言える。

3.3 その他

3.3.1 リプレースフィルタ

既設配管の流用時には、既設配管に残留する異物や塩素成
分の除去が必要である。当社は、試運転時に液配管にリプ
レースフィルタを取り付けることによって、その異物や塩素成
分を除去する方法を推奨している。しかし、従来機種で圧縮
機を複数台搭載したモデルはリプレースフィルタの異物除去
能力が小さいため、リプレースフィルタも複数個使用する必
要があった。今回、大型のリプレースフィルタを開発し、全
機種がリプレースフィルタ1個で対応可能とした。これに
よって、既設配管を流用した更新時の工事性を向上させた。

3.3.2 クールマルチ

当社のコントローラ、ユニットクーラ(室内機)と組み合
わせることによって、通信接続が可能である。それによ
って、蒸発温度の自動シフト制御などが可能となり、更なる
省エネルギーが実現できる。

3.3.3 AE-200Jとの接続⁽³⁾

当社の空調冷熱総合管理システム“AE-200J”との接続
が可能であり、空調機と低温機器をまとめて管理できる。
これによって設備全体の操作・監視の運用性の向上と省エ
ネルギー制御が可能となる。

3.3.4 冷媒不足検知機能

コンデンシングユニット運転中の各部圧力・温度データ
を基に、冷媒回路内の冷媒不足を検知する機能の搭載を予

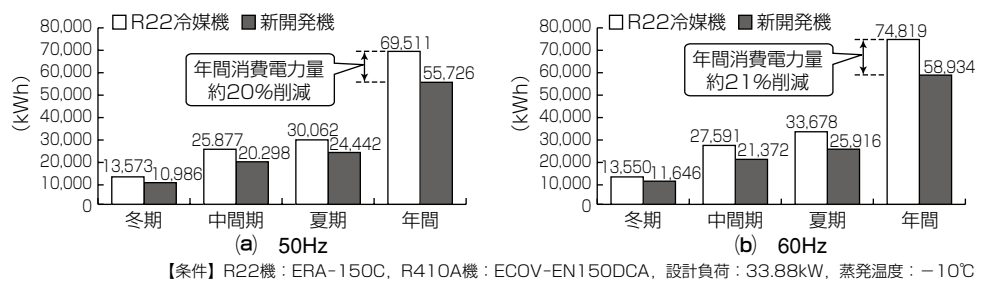


図3. 消費電力の比較



図4. 工事費用の比較

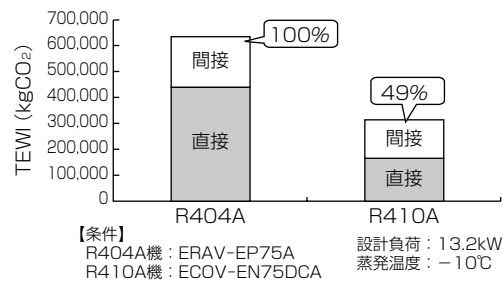


図5. TEWIの比較

定している。これによって、低温システムが冷媒不足で停止
する前に事前処置が行えるとともに、2015年4月に施行され
たフロン排出抑制法の定期点検にも貢献できると考えている。

4. む す び

既設配管を再利用可能な業務用低温機器R410コンデンシ
ングユニット“ワイドリプレースシリーズ”について、その製
品概要と技術について述べた。この製品によって、低温設備
更新時の省施工要求に対応するとともに、省エネルギーや
CO₂排出抑制などの環境性の要求にも対応することができる。
今後も市場ニーズに対応した機器開発に取り組む所存である。

参 考 文 献

- (1) 大林誠善, ほか：業務用エコキュート, 三菱電機技報, **82**, No.3, 203~206 (2008)
- (2) 松岡文雄：冷凍サイクルの動特性と制御, 冷凍, **78**, No.912, 34~40 (2003)
- (3) 廣瀬克弘, ほか：空調冷熱総合管理システム“AE-200J”によるエネルギー見える化の実現, 三菱電機技報, **88**, No.10, 661~664 (2014)

業務用冷凍機搭載スクロール圧縮機“HNK”

松本哲三*
松井友寿*
楠部真作*

Scroll Compressor for Commercial Refrigerator & Condensing Unit "HNK"

Tetsuzo Matsugi, Tomokazu Matsui, Shinsaku Kusube

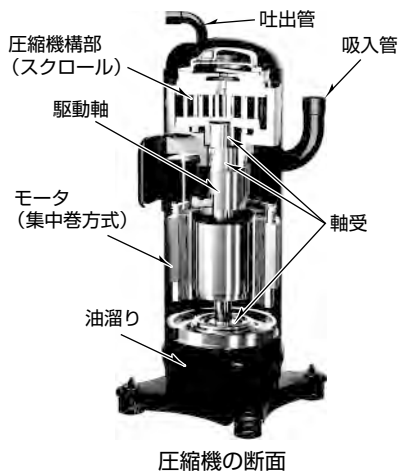
要 旨

低温・空調機器では、地球温暖化防止の観点から低GWP(Global Warming Potential)冷媒、省エネルギー、小型軽量(省資源)がそれぞれ強く求められ、冷媒回路を構成する圧縮機でも、圧縮機構開発、大容量の高効率モータ開発、高効率駆動パワーエレクトロニクス技術や生産技術開発によって小型軽量と高効率を両立させた大容量圧縮機開発が進められている。三菱電機は、各用途・冷媒に対応した高効率大容量インバータ圧縮機を開発し、ビル用マルチエアコンでは20HP(Horse Power)、業務用冷凍機では15HPの定格能力の製品までを1台の小型軽量・高効率圧縮機で実現しており、更なる機能向上と小型軽量化に取り組んでいる。

スクロール圧縮機“HNK”は、業務用冷凍機に搭載され

る高効率大容量DCインバータ圧縮機で、小型軽量を大きく向上させた第2世代の圧縮機として、既設配管利用性を高めたR410A冷媒対応の当社冷凍機“ワイドリプレースシリーズ”に搭載している。

この圧縮機は、外径をφ240mm必要としていた従来のR404A対応の高効率インバータ圧縮機から外径をφ170mmまで小径化し、製品質量を従来の78kgから45kgまで約40%低減しながら、下限運転能力拡大による冷凍機発停運転回数の削減、大型集中巻モータ搭載による軽負荷運転効率の向上を、高負荷側の運転特性を損なうことなく高い信頼性の下で実現させた。この圧縮機を搭載している冷凍機の年間消費電力は、当社15HPインバータ冷凍機と比較して約20%改善している。



圧縮機の断面



圧縮機HNK搭載冷凍機
ECOV-EN75~300DCA
10~40HP冷凍機(代表30HP冷凍機)



冷凍機室内機(日配ショーケース、冷凍庫等)

圧縮機の諸元表

形名(シリーズ名)		HNK	
冷媒		R410A	
用途		業務用冷凍機(冷凍・冷蔵用途)	
押しのけ量	cc/rev	84(冷蔵用)	92(冷凍・冷蔵用)
常用回転数範囲	rpm	1,200~6,600	1,200~6,000
最大冷凍能力	kW	11.3	
	HP	15	
モータ仕様		DCブラシレスモータ(集中巻方式)	
外形寸法(シェル)	mm	φ170×510H	
製品質量	kg	43	45

業務用冷凍機搭載スクロール圧縮機“HNK”

R410A冷媒を採用した当社業務用冷凍機の主力機種“ECOVシリーズ”に搭載している。従来のR404A冷媒用高効率インバータ圧縮機に対して、圧縮機外径を小径化し、製品質量を約40%低減しつつ、従来機の高負荷側性能を損じることなく下限運転能力拡大、軽負荷運転効率を向上させている。この圧縮機は8~45HPの機種群に主に搭載され、スーパーマーケット、冷蔵倉庫や農事用途など幅広い低温設備での消費電力低減、省スペース化に貢献している。

1. ま え が き

低温・空調機器では、地球温暖化防止のために低GWP冷媒、省エネルギー、小型軽量(省資源)が強く求められている。当社はR410A冷媒を採用して既設配管利用性を高めたワイドリプレース冷凍機を発売しており、これにはスクロール圧縮機HNKが搭載されている。HNKは、従来のR404A用高効率インバータ圧縮機から、外径をφ240mmからφ170mmまで小径化し、製品質量を約40%低減し、併せて下限運転能力拡大、軽負荷運転性能向上を高負荷側特性を損ねることなく実現させて、搭載冷凍機の年間消費電力を従来の高効率機から約20%改善している。

本稿では、この圧縮機の技術的な特長と経済性・環境性について述べる。

2. 製品の仕様と技術的特長

2.1 製品の主要仕様

業務用冷凍機は、空調用途と比べて高温の吐出ガス温度などでの潤滑油劣化、軸受信頼性・モータコイル信頼性の確保、封入冷媒の回収能力などの理由から低压シェル方式の圧縮機が多く使用されている。冷凍機は、 $-25\sim 43^{\circ}\text{C}$ の外気温度と蒸発温度 $-45\sim 10^{\circ}\text{C}$ の広い温度範囲で高効率かつ高い信頼性が求められる。例えば、冷凍冷蔵倉庫などでは高負荷運転時の高性能が求められる一方で、目標温度到達後の厳密な温度管理に対応する発停回数の少ない高効率軽負荷運転特性が求められる。HNKは全体構造を低压シェル方式として、これらの求められる高効率と高信頼性を小型軽量で同時に成り立たせた高効率大容量DCインバータ圧縮機である。

図1はHNKの断面構造、表1は従来の同等容量のR404A高効率DCインバータ圧縮機“UDK”との比較を示す。表1に示すように、HNKでは15HP冷凍機搭載能力をφ170mmの小径かつ43～45kgの軽量で実現している。

2.2 圧縮機の動作

図2に冷媒及び潤滑油の圧縮機内部での流れを示す。モータが駆動され軸が回転すると、圧縮機構部で圧縮が開始される。吸入管から吸い込まれた冷媒は実線矢印に示すようなモータ上部空間を経て圧縮機構部にいたる主流と、破線矢印に示すような下方分流に分かれる。下方分流は、運転時に温度上昇するモータコイルを冷却した後に主流と合流し圧縮される。また、潤滑油は実線矢印で示す経路を経て各軸受を潤滑した後、下部油溜(だ)まりに戻る。このとき、一部の潤滑油は破線矢印で示すように内部空間で冷媒流に巻き上げられて、冷媒とともに圧縮機外部に吹き出され冷媒回路を循環した後、再び圧縮機に戻り内部空間で冷媒と分離されて下部油溜まりにいたる。

冷凍機用圧縮機では、 -45°C などの低蒸発温度域でモ-

タコイルを冷却する冷媒の熱容量を確保するために、下方分流量を空調用途に対して多くとるが、インバータ圧縮機では高速運転になるほど圧縮機内部の冷媒速度が増して旋回流によって巻き上げられる潤滑油量が増えて圧縮機内部油量が減少してしまう問題などを解決する必要がある、従来の流速変化を主とした油分離技術では、内部容積を減少させて小径で高速運転することはできなかった。

2.3 技術的特長

2.3.1 高効率化技術⁽¹⁾

HNKは、R404A冷媒から高密度化したR410A冷媒の物性も活用しつつ、取り込み容積を従来機の165cc/revから84cc/revに小容量化し、下限運転能力を従来比0.64倍まで

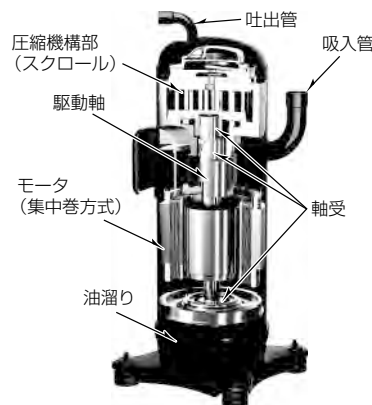


図1. 圧縮機の断面構造

表1. 圧縮機の仕様比較

形名(シリーズ名)	HNK(開発機)		UDK(従来機)
冷媒	R410A		R404A
用途	業務用冷凍機(冷凍・冷蔵用途)		
押しのけ量(cc/rev)	84(冷蔵用)	92(冷凍・冷蔵用)	165(冷凍・冷蔵用)
常用回転数範囲(rpm)	1,200～6,600	1,200～6,000	1,200～5,400
最大冷凍能力(HP)	15		
モータ仕様	DCブラシレスモータ(出力11kW)		
	集中巻方式		分布巻方式
外形寸法(シェル)(mm)	φ170×510H		φ240×545H
製品質量(kg)	43	45	78

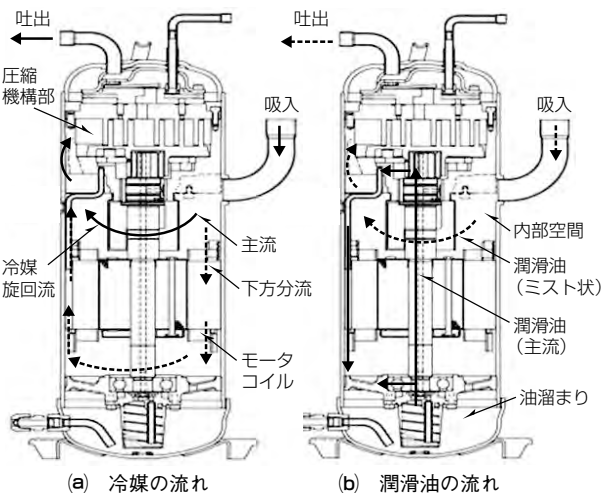


図2. 圧縮機の動作

拡大した。一方で、上限運転能力は上限回転数を6,600rpmまで拡大して従来機同等の能力を確保している(図3)。この下限運転能力拡大によって冷凍機の発停運転回数を抑制し、年間消費電力を抑制する効果を得ている。また、低速運転ではスクロールの小型化による機械効率向上と、新コア方式⁽²⁾を採用した集中巻方式のDCブラシレスモータ(図4)を開発し、低能力・軽負荷時の効率を向上させている。また、増速運転時の高負荷運転でも、駆動パワーエレクトロニクス技術“過変調PWM(Pulse Width Modulation)制御”と“位置センサレス制御”を最適化して、運転回転数全域で高効率にモータを駆動し、全域で同等以上の効率向上を実現している(図5)。

2.3.2 高信頼性技術⁽¹⁾

(1) 保有潤滑油の信頼性確保

冷凍機用圧縮機では、低能力、低回転数時に2つのスクロールを良好に潤滑摺動(しゅうどう)させるために渦巻部分に給油を必要とする。必要油量を確保するために、この圧縮機では“圧縮室間欠給油機構”を設け、一方でシェル内に流入した冷媒と混在するミスト状の潤滑油を圧縮機内部の冷媒旋回流の遠心力を利用して分離する“潤滑油遠心分離機構”を併せて採用している。また、冷凍機用に最適化した下方分流機構と下部油溜まりへの排油経路を加えたことで、小さな内部容積での油分離を可能にし、回転数全域

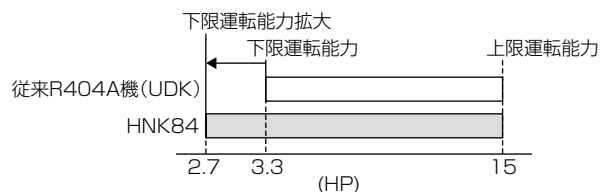


図3. 運転能力範囲の比較

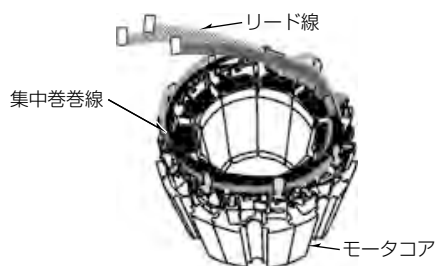


図4. 集中巻DCブラシレスモータ(11kW)

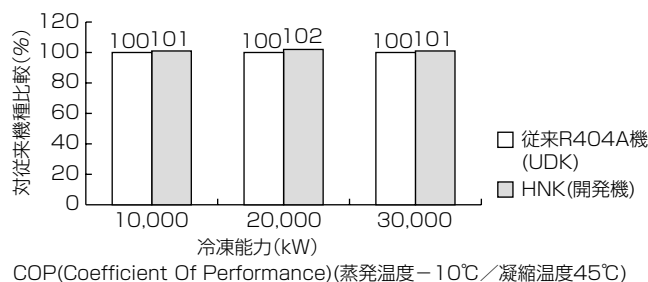


図5. 性能比較

での保油性能を確保した。図6にHNCの軸回転数での油循環量特性を示す。これらの技術によって従来の内部油分離方式では限界があった小容量化を実現させ、従来機の外径φ240mmの最大回転数5,400rpmに対して、小径φ170mmで6,600rpmの高速回転化を可能にした。

(2) 軸受信頼性確保

冷凍機固有の急激な負荷変動や発停運転時に起こる大量の冷媒液バック運転、負荷荷重による軸撓(たわ)みに起因する傾斜摺動に対して、1,200~6,600rpmの広い回転数全域で高い軸受信頼性を安定確保するために、HNCでは軸受摺動面を平行に保つ“従動軸受機構(ピボット軸受機構)”を採用している(図7)。この機構は、主軸と軸受の間に軸と同期して回転しピボット突起を支点として可動とした“中間円筒軸”を設けたもので、軸の傾斜によらず駆動軸と軸受は相対的に平行軸受となり、良好な油膜圧力を形成し、液バックでの希釈運転など潤滑状態悪化時にも高い軸受信頼性を得る。

2.3.3 駆動制御技術⁽³⁾

11kWの定格出力の集中巻ブラシレスDCモータを、1,200~6,600rpmの運転回転数全域で高い信頼性で高効率に安定駆動するため、“過変調PWM制御”と“位置センサレス制御”を低温用途に最適化した。過変調PWM制御によって、低電流化を可能とするとともに過変調時にスイッチング回数が抑制でき、モータと駆動インバータの総合効率を約10%改善している。また、過変調PWM制御で非線形となる出力電圧への対応と冷媒圧縮機の求められる位置センサレス駆動制御に、この圧縮機では磁極位置検出器を使用せずに制御軸(γ-δ座標軸)上で磁束を一定に制御してモ

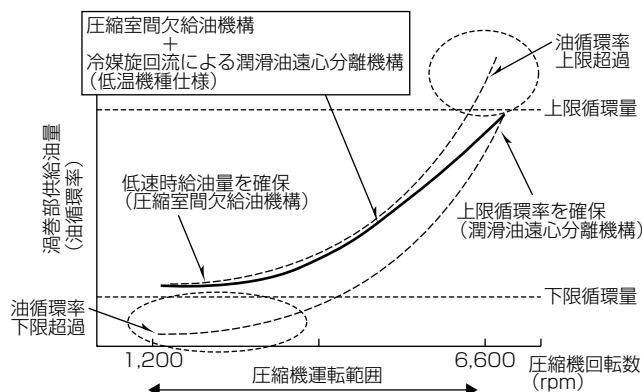


図6. 油循環率特性

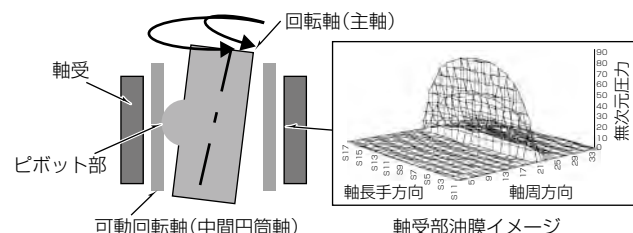


図7. ピボット軸受機構の動作

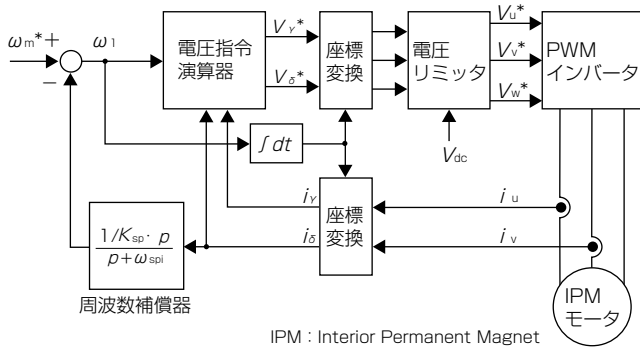


図8. 制御ブロック図

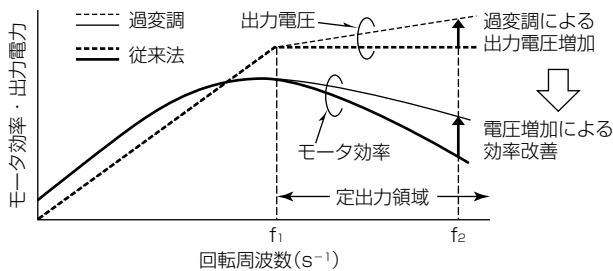


図9. 過変調PWM制御の駆動

ータの安定制御を可能にする制御アルゴリズム“一次磁束制御方式”を採用している。図8は位置センサレス駆動制御の制御ブロック図、図9は過変調PWM制御の駆動説明を示す。

3. 経済性・環境性

3.1 省エネルギー性

HNKでは、先に述べたように下限運転能力拡大及び圧縮機効率を、機械効率とモータ効率の双方を駆動制御技術を併せて向上させている。このことによって、運転周波数全域での効率向上と冷凍機発停運転を抑制させており、搭載冷凍機では年間消費電力を約20%低減している。

3.2 省資源性

この圧縮機では、表2に示すように単機で従来の高効率インバータ機の78kgから45kgまで質量を約40%低減させている。またモータに集中巻方式を採用したことで、モータ巻線に使用する銅量を約40%、希土類磁石の使用量を約20%低減させた。HNKはシリーズで年間約15,000台生産しており、この軽量化によって約500トン/年の金属系材料使用量を低減し、製造時のCO₂の年間排出量を約200トン削減している。図10は、搭載される冷凍機機種群（当社スクロール冷凍機）での搭載質量低減効果を示す。図に示すように、HNKは、冷媒リプレースの対象となる従来の一定速機種を主とした冷凍機と比べて搭載圧縮機質量を大きく低減し、それぞれの冷凍機での小型軽量化を実現している。

4. む す び

業務用空調、低温用途に搭載される冷媒圧縮機には、更なる低GWP対応化、広範囲での効率向上、小型軽量化が

表2. HNKと従来機種の比較

形名	HNK84(開発機)	UDK165(従来機)
冷媒	R410A	R404A
対応冷凍能力範囲(HP)	2.5～15	3.3～15
下限回転数(rpm)	1,200	1,200
上限回転数(rpm)	6,600(最大7,200)	5,400
下限能力比	65	100
圧縮機外観		
外形寸法(シェル)(mm)	φ170×510H	φ240×545H
圧縮機質量(kg)	43	78
使用量比		
鉄系材料(-)	55	100
銅系材料(-)	64	100
希土類材料(-)	80	100

	従来機		開発機
	一定速機	高効率インバータ機	
冷媒		R404A	R410A
主要搭載冷凍機	ECAシリーズ	ECAVシリーズ	ECOVシリーズ
搭載圧縮機(15HP機種)	8HP一定速×2台	15HP 高効率インバータ1台	
圧縮機合計質量(kg)(比率)	156(100)	78(50)	45(29)

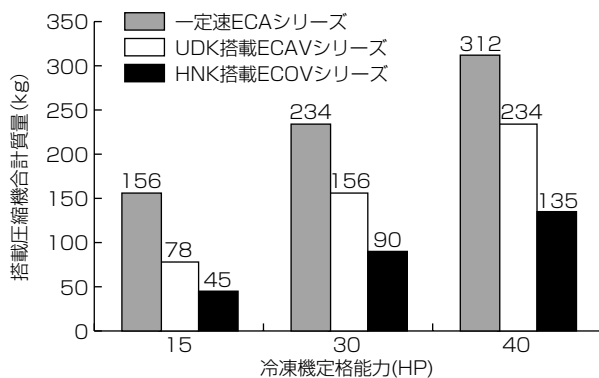


図10. 業務用冷凍機搭載圧縮機合計質量の比較（当社スクロール冷凍機）

求められている。HNKでは、従来の高効率圧縮機の良さを損なうことなく、更なる小型軽量化を実現させており、今回培った技術を今後更に進化させて地球温暖化対策への貢献に取り組む。

参 考 文 献

- (1) 松本哲三，ほか：DCモータ搭載大形全密閉スクロール圧縮機，2005年度日本冷凍空調学会年次大会講演論文集，C320（2005）
- (2) 山本一之，ほか：圧入組立構造の分割鉄心を用いたモータ生産工法の開発（第2報）－中大型圧縮機モータの高効率化－，精密工学会誌，78，No.12，1099～1104（2012）
- (3) 楠部真作，ほか：冷凍空調分野におけるインバータの利用と最新の制御，2011年度日本冷凍空調学会年次大会講演論文集，A231（2011）