



家庭から宇宙まで、エコチェンジ



三菱電機技報

10

2016

Vol.90 No.10

住まいの進化を支える家庭電器の最新技術



目次

特集「住まいの進化を支える家庭電器の最新技術」

住まいの進化を支える家庭電器の最新技術の特集号に寄せて……………	巻頭言 1
永友秀明	
住まいの進化を支える家庭電器の最新技術……………	巻頭論文 2
山本隆史	
太陽光発電システムのHEMSとの連携……………	7
西 大海・服部 孝・田中顕一郎	
ルームエアコン“霧ヶ峰Style FLシリーズ”……………	11
代田光宏・西口隆行	
IHジャー炊飯器“本炭釜 KAMADO”の進化……………	15
荒津百合子・伊藤ちひろ・蛭川智也	
冷蔵庫搭載の新機能“朝どれ野菜室”……………	18
林 由花子・遠藤拓哉・柴田舞子	
家庭用三菱エコキュート“B2シリーズ”……………	21
渡邊尚希・戸田明宏・佐藤悠介	
ダクト用換気扇“サニタリータイプ”……………	24
矢部大輔	
ハイブリッド除湿機“DEH-SP3A”……………	28
伊藤慎一	
空調機用モータ・インバータの最新技術……………	31
馬場和彦・仁吾昌弘・矢部浩二・下川貴也・梅原成雄	
12HP大容量マルチエアコン対応大型ロータリ圧縮機……………	35
長澤宏樹・櫻田公平	
新型空冷ヒートポンプチラー“DT-R”……………	39
彦根昂仁・伊藤拓也・伊藤正紘	
新熱交換形換気機器	
“局所用ロスナイ LKY-50RX”……………	43
百瀬逸平	
ヒートポンプ式冷温水システムの集中管理対応……………	47
渡邊 清・高須則幸	
海外専用ハンドドライヤー	
ジェットタオル“Smartシリーズ”……………	50
小林章樹・藤村達也・萩原雅美・藤ヶ谷友輔	
LED光源ディスプレイウォールプロジェクタ	
“WE120シリーズ”……………	53
中野勇三・米岡 勲	
LED高天井用ベースライトの軽量化技術……………	57
松原大介・野澤秋寛・樋口曉紀・高橋庄太	

Latest Technologies of Home Appliances Supporting Evolution of Home Living

Foreword to Special Issue on Latest Technologies of Home Appliances Supporting Evolution of Home Living

Hideaki Nagatomo

Latest Technologies of Home Appliances Supporting Evolution of Home Living

Takashi Yamamoto

Photovoltaic Power Generation System Linked to HEMS

Omi Nishi, Takashi Hattori, Kenichiro Tanaka

Room Air Conditioner “Kirigamine Style FL Series”

Mitsuhiro Shirota, Takayuki Nishiguchi

Advanced IH Rice Cooker “Pure Carbon Pot KAMADO”

Yuriko Aratsu, Chihiro Ito, Tomoya Ninagawa

New Function of Refrigerator Keeping Vegetable Fresher and Longer

Yukako Hayashi, Takuya Endo, Maiko Shibata

Mitsubishi Eco Cute “B2 Series” for Household Use

Naoki Watanabe, Akihiro Toda, Yusuke Sato

Duct Ventilator for Sanitary Spaces

Daisuke Yabe

Hybrid Dehumidifier “DEH-SP3A”

Shinichi Ito

Advanced Technologies of Air Conditioner Motor and Inverter

Kazuhiko Baba, Masahiro Nigo, Koji Yabe, Takaya Shimokawa, Shigeo Umehara

Larger Capacity Rotary Compressor for 12HP Multi-zone Air Conditioning System

Hiroki Nagasawa, Kohei Sakurada

New Type Air-cooled Heat Pump Chiller “DT-R”

Takahito Hikone, Takuya Ito, Masahiro Ito

New Heat Exchange Ventilation Equipment “Lossnay for Local Space LKY-50RX”

Ippei Momose

Centrally Controlled Hot and Cold Water Delivering System by Heat Pump

Kiyoshi Watanabe, Noriyuki Takasu

Hand Dryer Jet Towel Overseas Model “Smart Series”

Takaki Kobayashi, Tatsuya Fujimura, Masami Hagiwara, Yusuke Fujigaya

Display Wall Projector “WE120 Series” Using LED Light Source

Yuzo Nakano, Isao Yoneoka

Weight Reduction Technologies for LED High-bay Lighting

Daisuke Matsubara, Akihiro Nozawa, Akinori Higuchi, Shota Takahashi

特許と新案

「製氷装置、冷凍冷蔵装置、製氷方法」

表紙：住まいの進化を支える家庭電器の最新技術

三菱電機は持続可能な循環型社会や健康長寿社会など社会全体が抱える様々な課題を高度な技術で解決し、一人ひとりの“暮らしのクオリティ”を高めることを目的に製品開発を行っている。

表紙の写真は、2016年に50年の節目を迎えたルームエアコン“霧ヶ峰Style FLシリーズ”である。

この製品は、赤外線センサ“ムーブアイ極”を搭載し、天井、壁、床などの住空間の温度と手先、足先などの体の温度変化を0.1℃単位で測定する。人の感じる温度(体感温度)を測定しながら人中心に風を届けることで快適性と効率的な運転を両立した。



巻／頭／言

住まいの進化を支える家庭電器の最新技術の特集号に寄せて

Foreword to Special Issue on Latest Technologies of Home Appliances Supporting Evolution of Home Living

永友秀明

Hideaki Nagatomo



三菱電機では、2012年から“あしたを、暮らしやすく。SMART QUALITY”をテーマに掲げて技術や製品開発に取り組んでいます。このテーマには持続可能な循環型社会や健康長寿社会など社会全体が抱える様々な課題を高度な技術で解決し、一人ひとりの“暮らしのクオリティ”を高めるという意味が込められています。

この特集号では住まいの進化の視点で、家庭電器から住宅設備機器まで幅広い技術や製品を取り上げており、主に“居住空間のクオリティ”と“食生活のクオリティ”についてご紹介したいと思います。

“居住空間のクオリティ”を高める製品としては、エアコンとダクト用換気扇などがあります。

エアコン“霧ヶ峰Style FLシリーズ”は天井と壁、床などの室内の温度変化と人の位置や顔、手足の体感温度を細やかに判別し、より快適な空気の流れを作ります。また、体感温度にあわせて冷房と風だけの“爽風(そうふう)”を自動で切り替えます。使用電力量の9割を占める圧縮機の運転を止めることで消費電力を抑え、大幅な省エネルギーを実現しました。デザインでは、正面から吹き出し口が見えないシンプルで端正なフォルムによって多様化するインテリアとの調和を図りました。

ダクト用換気扇“サニタリータイプ”では、当社独自のコーティングを施し、羽根への汚れ付着を抑制することで、負担に感じる掃除の頻度を大幅に減らす工夫をしています。また、羽根形状と風路構造の改良によって最大3dBの低騒音を実現し、音の課題にも配慮した製品です。

“食生活のクオリティ”を高める製品としては、IHジャー炊飯器、冷蔵庫などがあります。

IHジャー炊飯器“本炭釜KAMADO”では、かまど炊きの農家を訪問し、予熱、本炊き、むらし工程の火力と温度、時間などを徹底的に調査しました。更なる火力強化の制御と羽釜形状に進化した新しい本炭釜によって、しっかりと

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炊きごはんの食感を皆様の食卓にお届けします。

冷蔵庫“WX/JX/Bシリーズ”では、これまで、いたみやすい肉や魚のおいしさと長期保存のために、一瞬で氷核を形成し、細胞内の水を凍らせない“切れちゃう瞬冷凍”と“氷点下ストッカーD”を搭載してきました。新製品では、肉と魚に加えて“野菜”のおいしさと長期保存の視点で野菜の体内時計と同期させる3色のLEDの光を照射し、ビタミンC量を増やす“朝どれ野菜室”を実現しました。栄養分が増え、みずみずしい鮮度を長持ちさせることで、まとめ買いした野菜をおいしく調理することができます。

ここで紹介した事例のほかにも当社の製品開発では“暮らしのクオリティ”を高めるために、より多くの人が自由に使いこなせることに配慮した“らく楽アシスト”の視点が重要であると考えます。“らく楽アシストは、UD(ユニバーサルデザイン)の理念のもとに、誰もが“あん心して使える、らくに使える、楽しく使える”を三本の柱として家庭電器のUD配慮レベルを上げる取り組みです。そこでは、UD開発のプロセスを体系化し、“UDガイドライン”の策定によって使いやすさ向上の精度を高めてきました。さらに、近年では、開発者が全国で開催されている障がい者の芸術、文化活動に参加し、いただいた様々なご意見を製品開発にフィードバックしています。障がい者にとって身体的負荷が少なく、簡単に操作できれば、高齢者や子供にも、あん心して使うことができます。子供にお手伝いを任せることで、子供自身が“できた!”という達成感にもつながり、家族全員が一緒に使うことで、楽しい会話が弾むかもしれません。

当社は、これからも社会全体の課題を受け止め、一人ひとりの“暮らしのクオリティ”を高める製品開発を推進し、より、あん心して楽しく暮らせる生活の実現に貢献していきます。皆様に、そこに住まう人々の視点に立った最新技術を感じていただきたいと思います。



山本隆史*

住まいの進化を支える家庭電器の最新技術

Latest Technologies of Home Appliances Supporting Evolution of Home Living

Takashi Yamamoto

要 旨

三菱電機は持続可能な循環型社会や健康長寿社会など社会全体が抱える様々な課題を高度な技術で解決し、一人ひとりの“暮らしのクオリティ”を高めることを目的に製品開発を推進している。

住宅設備機器の三菱エコキュート^(注1)では、三菱HEMS (Home Energy Management System)と接続し、太陽光発電システムとの連携によってエネルギーの有効活用を図った。

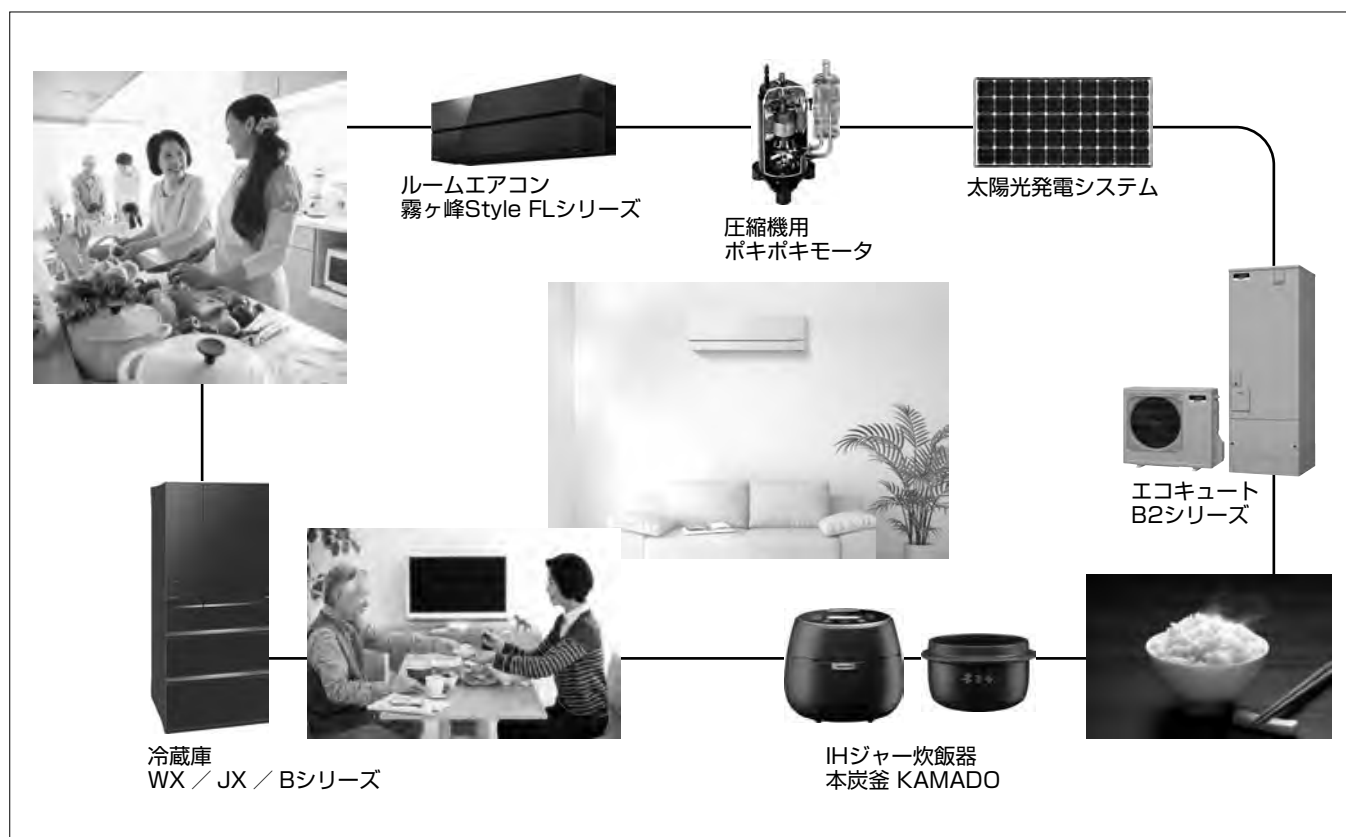
空調機器のルームエアコン“霧ヶ峰”では、最新のセンシング技術で人の位置や顔、手足の体感温度を細やかに判別

し、人中心に風を届けることによって快適性と効率的な運転を両立させた。

家事家電機器の冷蔵庫では、光合成を利用した栄養分の増量と野菜室の保湿性改善によって野菜の鮮度を長持ちさせた。また、IHジャー炊飯器では、本炭羽釜での本炊き工程の大火力化によって、従来のしっかりした粒感を保ちながら更にみずみずしさを向上させた。

この特集号は、住まいの進化の視点で“居住空間のクオリティ”と“食生活のクオリティ”を実現する当社の様々な製品の最新技術の特集である。

(注1) エコキュートは、関西電力㈱の登録商標である。



“暮らしのクオリティ”を高める家庭電器

当社は家庭電器から住宅設備機器まで幅広い製品によってあん心して楽しく暮らせる生活の実現に貢献する。

1. ま え が き

持続可能な循環型社会や健康長寿社会、情報化社会などの様々な課題とともに我々を取り巻く生活環境は大きく変化している。

本稿では、住まいの進化の視点で、一人ひとりの“暮らしのクオリティ”を高めるための“居住空間のクオリティ”と“食生活のクオリティ”を実現する製品の最新技術を述べる。

2. 居住空間のクオリティ

2.1 エコキュートと太陽光発電システムとの連携によるエネルギーの有効活用技術

三菱エコキュートでは、これまで、電力会社が提供する夜間時間帯の割安な電気料金プランに適したわき上げ機能を設けてきた。しかし、2016年4月1日の電力小売自由化以降、多くの電力会社から多様な電気料金プランが提供されるようになり、新製品では、これらの電気料金プランに柔軟に対応できるわき上げ機能を新たに設けた。

また、2014年末に資源エネルギー庁は太陽光発電に対する出力制御ルールを公示した。新製品の“B2シリーズ”では、これに対応するため、三菱HEMSと接続し、太陽光発電システムと連携する“太陽光発電出力制御連携”“売電優先”“余剰活用”の3つのモードからなる連携運転機能を搭載した。

太陽光発電システムでは、通常、太陽光発電電力から自家消費電力を除いた余剰電力(図1のA、B、C部)を売電することができる。しかし、20%の出力制御指示値が電力会社から発令された場合、太陽光発電の定格電力の20%を超える余剰電力(図1のB、C部)は売電ができなくなる。

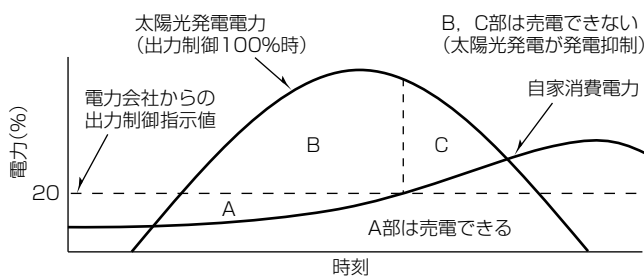


図1. 出力制御ルール

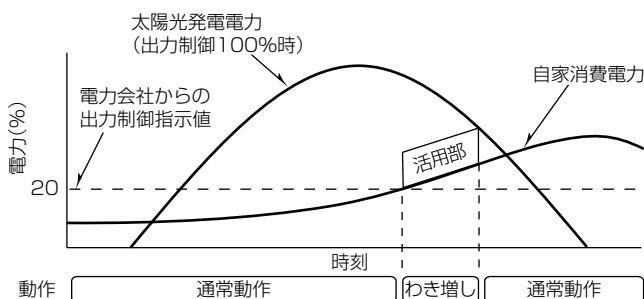


図2. 出力制御時のわき上げ動作イメージ

そこで“太陽光発電出力制御連携”モードでは、図2に示すように、エコキュートが強制わき増しを行うことによって売電ができない余剰電力をエコキュートに熱エネルギーとして貯湯して有効活用する連携運転を可能にした。また、出力制御が発令されていない場合は、“売電優先”モードによって太陽光発電電力の売電量を損なわないようにエコキュートのわき上げを強制停止し、固定買取制度終了後の売電単価が下落した場合は、“余剰活用”モードによって余剰電力で強制わき増しを行う連携運転も可能にした。

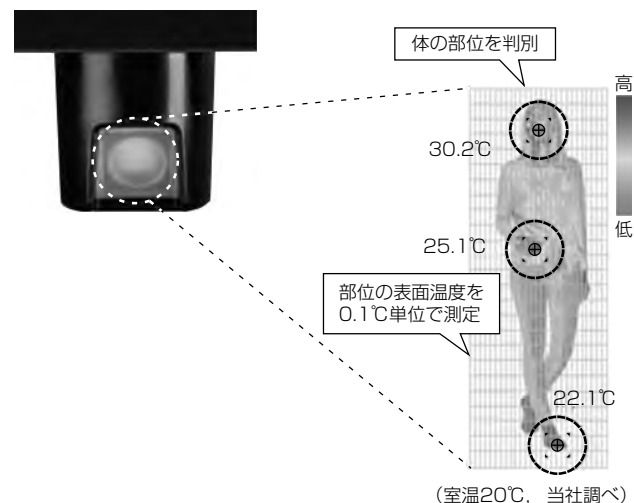
2.2 ルームエアコンの最新技術

2.2.1 住空間温度と体感温度のセンシング技術

2016年に50年の節目を迎えたルームエアコン霧ヶ峰では、常に快適性と省エネルギー性の両立を追求してきた。新製品では、赤外線センサ“ムーブアイ極”が天井、壁、床などの住空間の温度や手先、足先などの体の温度変化を0.1℃単位で測定し(図3)、人の感じる温度(体感温度)を考えて運転し、人中心に風を届けることによって快適性と効率的な運転の両立を実現した。また、人の体感温度を見守り、送風運転と冷房運転を自動で切り替える“ハイブリッド運転”の搭載によって、快適性を維持したまま冷房運転時間を減らし、大幅な節電を達成した。

2.2.2 高効率モータ技術

ルームエアコン霧ヶ峰搭載の圧縮機のモータでは、当社独自の“ポキポキモータ”を採用している。このポキポキモータは、ステータコアを分割し、整列巻きが可能な構造



壁	床	天井	人
間取り	距離	日射熱	状態

暑い、寒いという体感温度をサーモセンサがチェック。

図3. ムーブアイ極のセンシング技術

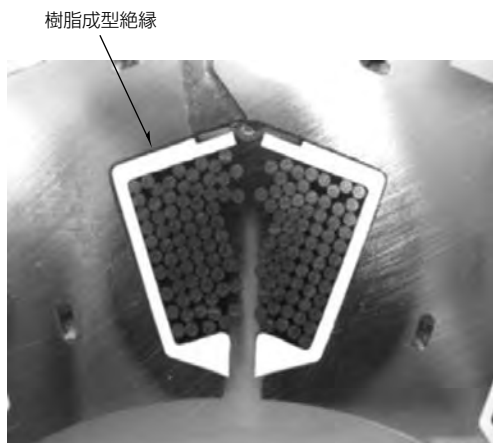
である(図4)。新モータでは、ステータコアと巻線間の絶縁部を樹脂成形から薄肉のPET(ポリエチレンテレフタレート)フィルムに変更し、巻線部の面積を更に拡大した(図5)。これによって低抵抗の太い巻線を使用できるため従来モータと比べて巻線抵抗を30%低減し、高効率化を図った。

2.2.3 省レアアースモータ技術

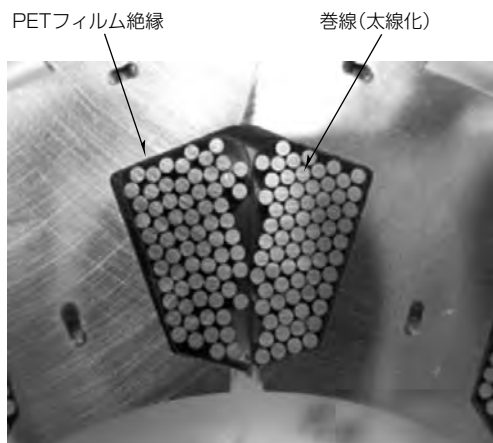
圧縮機のモータでは、これまで、小型、高効率化を実現するため、高性能な希土類磁石を採用してきた。圧縮機内部の高温雰囲気中で使用される希土類磁石には、減磁を



図4. ポキポキモータのステータコア



(a) 従来モータ



(b) 新モータ

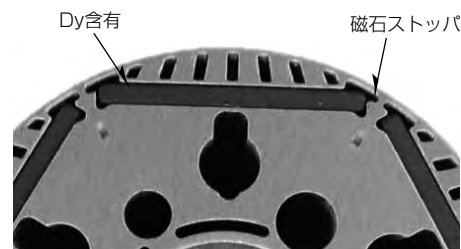
図5. ポキポキモータの巻線部の断面

抑制するために、高価なDy(ディスプロシウム)を使用してきたが、新モータでは、Dyを使用しない小型、高効率モータを開発した。Dyレスの実現に当たっては、ロータの減磁耐力の改善が課題であったが、磁石ストッパの廃止による磁石端部の部分減磁の回避、磁石厚みや埋め込み深さの適正化によって(図6)圧縮機高温時の減磁耐力を15%改善し、Dyレス希土類磁石の採用を可能とした。

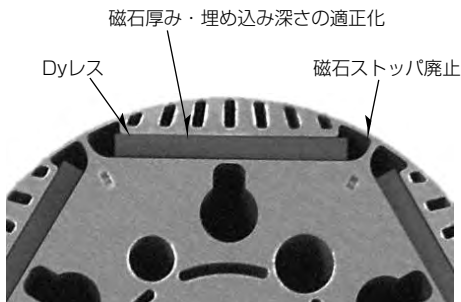
2.2.4 清潔性と清掃性の向上

室内機の防汚については、ファンと風路に当社独自のハイブリッドナノコーティング(図7)を採用した。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によって、ファンや風路の清潔性を保持するとともに汚れによる運転効率の悪化を抑制した(図8)。

また、リモコンの“お掃除アシスト”ボタンを押すとフラップが自動で開き、フラップを簡単に取り外せるようにした。これによって内部のファンや風路の清掃性を向上させた(図9)。



(a) 従来仕様



(b) 新仕様

図6. Dyレス希土類磁石モータの断面

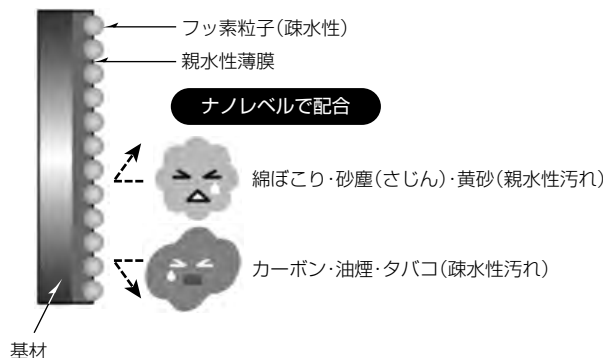
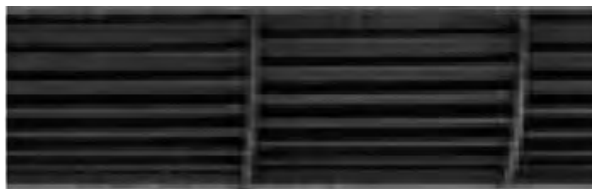


図7. ハイブリッドナノコーティング



(a) ハイブリッドナノコーティング



(b) コーティングなし

図8. コーティングの有無による汚れの比較



図9. 取り外し可能なフラップ

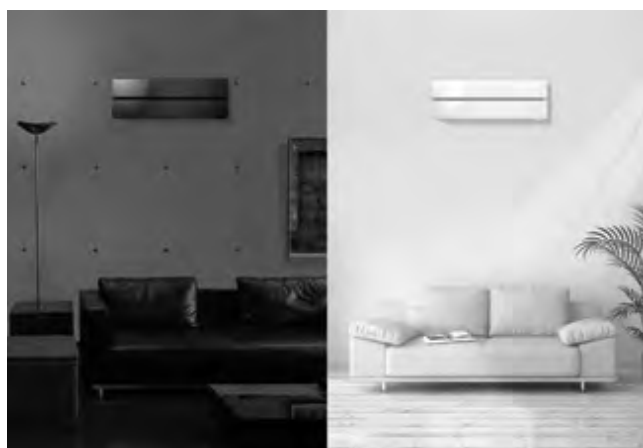


図10. ルームエアコンと居住空間の調和



(a) 停止時



(b) 運転時

図11. 格納式フラップ構造

2.2.5 居住空間に調和するデザイン

ルームエアコンでは、これまで、センサなどの最新機能を強調するデザインを採用してきた。新製品の“霧ヶ峰 Style FLシリーズ”では、正面から吹き出し口が見えないシンプルで端正なフォルムによって高機能を表現し、居住空間との調和を図った(図10)。また、新開発の格納式フラップ構造(図11)を採用した。停止時には大きなフラップが吹き出し口を覆い、運転時には風路内部に設けた格納式フラップが室内機よりも外側に飛び出して水平吹きから下吹きまで広範囲に気流を制御する。これによって正面から吹き出し口が見えないシンプルなデザイン性と気流制御による快適性の両立を実現した。

3. 食生活のクオリティ

3.1 冷蔵庫の野菜のおいしさと長期保存技術

冷蔵庫では、これまで、いたみやすい肉や魚をいままでも長期に保存できる“切れちゃう瞬冷凍”と“氷点下ストッカーD”を搭載してきた。新製品の“WX/JX/Bシリーズ”では、肉と魚に加えて野菜の鮮度もおいしく長持ちさせるため、光合成を利用した栄養分の増量と野菜室の保湿性向上を図った“朝どれ野菜室”を搭載した。

図12に示すように、赤の波長(620~680nm)の光は最も葉緑素への吸収効率がが高く、光合成に有効な波長である。緑の波長(500~560nm)の光は葉の内部に入り込んで反射、散乱し光合成の効率を上げる効果がある。また、青の波長(450nm)の光は気孔を開いて二酸化炭素を取り込み、光

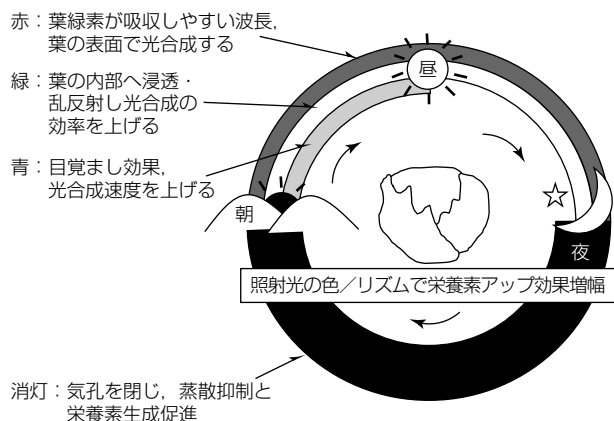


図12. 光各色の野菜への効果と照射リズムのイメージ



図13. 本炭羽釜

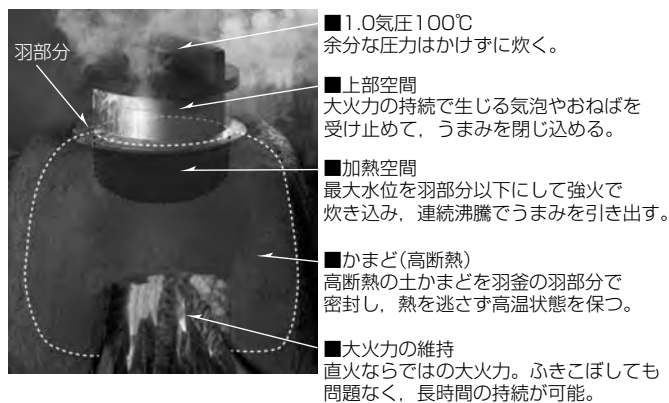


図14. かまど炊飯の特徴

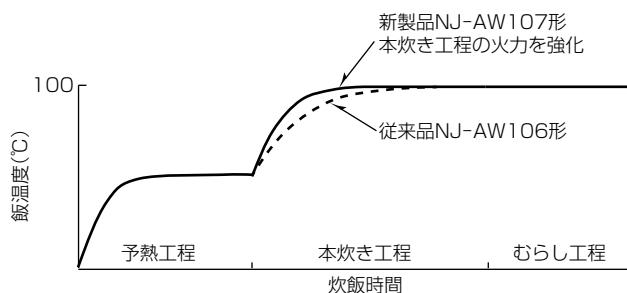


図15. 炊飯工程の飯温度イメージ

合成を促進させる作用がある。このような3色のLED光を使い分け、照射リズムの組合せを実験した結果、連続照射(赤と緑は12時間、青は2時間)と熄灯(12時間)を繰り返すことによってビタミンC量を約20%増量できた。また、野菜室の略密閉構造化とその略密閉空間の気流改善等による野菜室の保湿性能向上と合わせ、野菜の鮮度をおいしく長持ちさせることができた。

3.2 IHジャー炊飯器のかまど炊き技術

IHジャー炊飯器では、2015年に本炭釜発売10周年記念モデルとしてかまど炊きを再現した本炭羽釜(図13)を搭載した“本炭釜 KAMADO”を発売した。かまど炊きごはんのおいしさは、圧力をかけず、直火(じかび)ならではの強い火力と高い断熱性で実現されている。図14に示すように、かまど特有の構造によって釜温度は高温となり、連続沸騰でうまみを引き出している。また、羽部分の上部と下部の温度差が大きく、炊飯中に生じるふきこぼれの勢いを弱め、うまみを閉じ込めている。

新製品では、このようなかまど炊きを再現した本炭羽釜の更なる大火力化を追求した。大火力化炊飯制御では、予熱と本炊き、むらしの各工程の火力を上げ、粒感(硬さ)とみずみずしさ(含水量)を評価した。評価の結果、本炊き工程の前半の沸騰立ち上げ時の大火力炊飯によって(図15)従来のしっかりした粒感を保ちながら更にみずみずしさを向上できた。また、大火力化に伴うふきこぼれ問題を解決するため内蓋のふきこぼれ抑制構造の見直しも図った。

4. む す び

住まいの進化を支える家庭電器の最新技術の開発動向について述べた。当社は、これからも社会全体の課題を受け止め、一人ひとりの“暮らしのクオリティ”を高める製品開発を推進し、より安心して楽しく暮らせる生活の実現に貢献していく。

本号の次ページ以降に、この論文で紹介した技術や、その他の最新技術の詳細を掲載している。

太陽光発電システムのHEMSとの連携

西 大海*
服部 孝*
田中顕一郎**

Photovoltaic Power Generation System Linked to HEMS

Omi Nishi, Takashi Hattori, Kenichiro Tanaka

要 旨

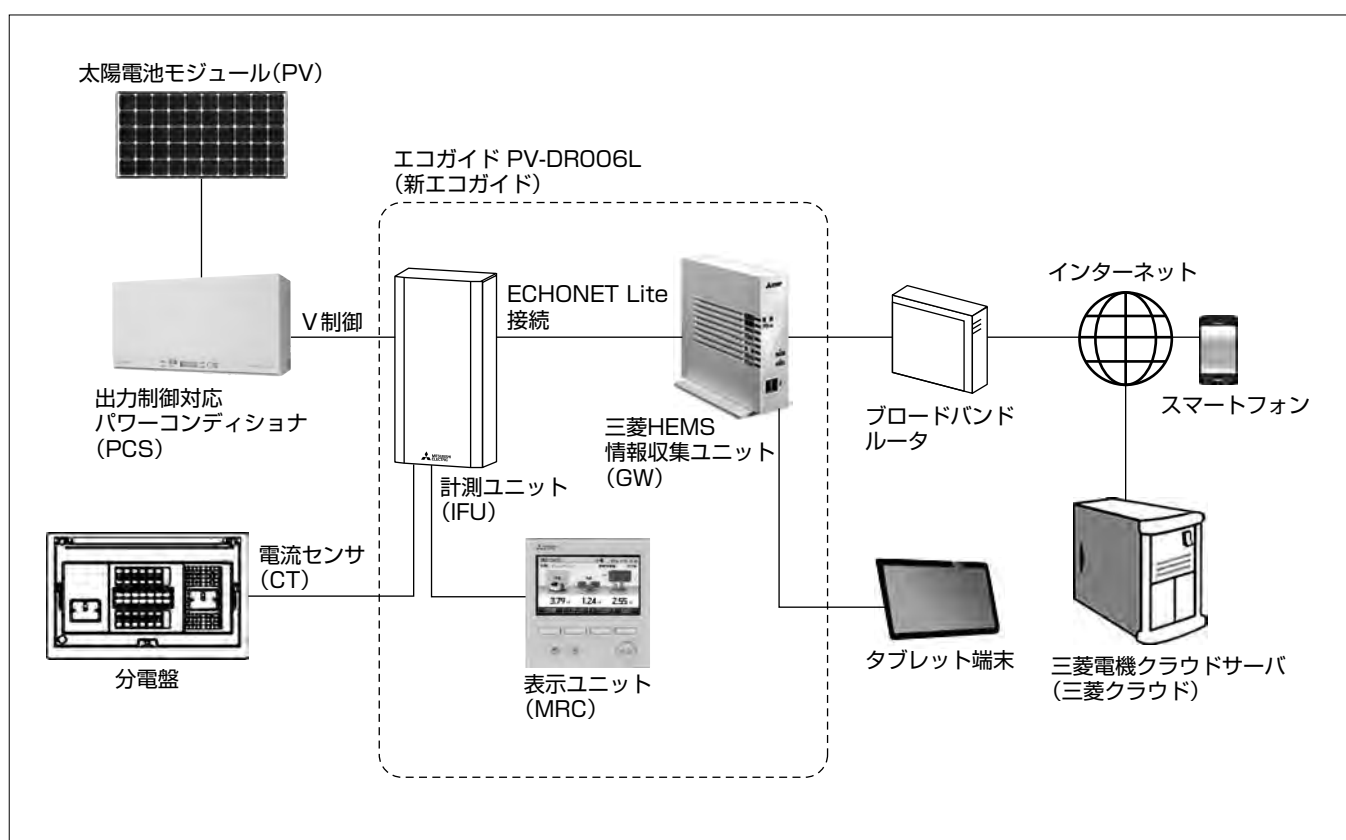
今回新しくなった三菱太陽光発電システムカラーモニタ“エコガイドPV-DR006L”(以下“新エコガイド”という。)は、三菱HEMS(Home Energy Management System)情報収集ユニットとの接続によって、太陽電池モジュールとパワーコンディショナで構成される太陽光発電システムを三菱HEMSに連携することを可能にした。

太陽光発電システムのHEMSとの連携によって、従来のエコガイドでは見える化を壁掛けの表示ユニットで実現していたのに対し、新エコガイドではタブレット端末やスマートフォンでも見える化を実現し、大幅に利便性を向上させた。

また、三菱HEMSとの連携によってインターネット経由で三菱電機クラウドサーバへの接続が可能になり、従来のエコガイドではできなかった計測ユニットのソフトウェアの遠隔アップデートを可能にした。

さらに、太陽光発電システムと三菱HEMSとの連携によって、今後必要になると考えられる出力制御スケジュールのダウンロード機能等への対応準備も完了した。

新エコガイドでは、ECHONET Lite対応によって見える化を含めた各種情報を三菱HEMSで取り扱うことができるようになった。今後、太陽光発電システム以外の装置と連携したエネルギーマネジメント機能を拡張していく。



新エコガイドによる太陽光発電システムのHEMSとの連携

新エコガイドは従来のエコガイド同様のIFU及びMRCに加え、三菱HEMSの中核装置であるGWで構成している。新エコガイドによって、三菱住宅用太陽光発電システムは、三菱HEMSに組み込まれる。

1. ま え が き

太陽光発電システムの発電状況や発電量、消費量、売買電量などの情報は、従来の三菱太陽光発電システムカラーモニタ“エコガイド”では、壁掛けの表示ユニットを使って見える化を実現していた。

今回、太陽光発電システムの見える化アプリケーションに対し、利便性を大幅に向上をさせるために、従来のエコガイドと三菱HEMSを連携させ、新エコガイド(エコガイドPV-DR006L)を開発した。また、新エコガイドによる太陽光発電システムと三菱HEMSとの連携によって、今後要求される出力制御への対応も可能になった。

本稿では、新エコガイドのシステム構成と機能、HEMSとの連携による見える化の進化及び出力制御への対応について述べる。

2. システム構成と機能

2.1 システム構成

図1に新エコガイドのシステム構成を示す。従来のエコガイドは、計測ユニット(IFU)と表示ユニット(MRC)で構成していたが、新エコガイドでは、これに三菱HEMSの中核装置である情報収集ユニット(GW)を加えることで、太陽電池モジュール(PV)と出力制御対応のパワーコンディショナ(PCS)で構成される太陽光発電システムを三菱HEMSに組み込んだ。さらに、ブロードバンドルータを使ってインターネット経由で三菱電機クラウドサーバ(以下“三菱クラウド”という。)への接続を可能にした。三菱クラウドは、三菱HEMS対応機器の情報管理をするサーバであり、GWを通して新エコガイドを管理する。インターネットへの接続は出力制御への対応を見据えたものである。

2.1.1 IFU

IFUは最大10台のPCSと三菱電機独自の有線通信で発電情報(瞬時値、積算値、状況)の送受信を行い、分電盤内

に設置した電力計測用電流センサ(CT)で系統との潮流点の電力を計測し、これらの情報によって家全体の電力消費を算出する。IFUを三菱HEMSに接続するため、新エコガイドではIFUに無線又は有線のITアダプタ(表1)を内蔵した。

2.1.2 MRC

MRCはIFUとPCS間の通信に接続されており、IFUとPCS間の通信内容とIFUからMRCに直接送付される情報を使い、表2に示す内容を4.3インチのカラーWQVGA(Wide Quarter Video Graphics Array)液晶に表示する。また、これらの情報のSDカードへの保存や、PCSの運転入/切、連系/自立の切換え操作などが可能である。新エコガイドでは運用種別(出力制御有無、ネットワーク有無)設定などの操作画面を追加した。

2.1.3 GW

三菱HEMSのGWを使用することで、エコガイドを三菱HEMSとしてシステム構築することが可能になった。これによって、MRCによる表示だけでなく、市販のタブレット端末やスマートフォンを接続して三菱HEMSの太陽光発電モニタのアプリケーションとして発電量、売買電量などを表示できるようになった。

表1. 計測ユニットに内蔵のITアダプタ

アダプタ タイプ	装置側 インタフェース	コントローラ側インタフェース	
		下位層	上位層
無線	IT端子通信 Ver.4.00 2,400bps	IEEE802.11b/g/n WPS WPA2-PSK-AES	ECHONET Lite v1.11 Appendix Release G
有線		10BASE-T/ 100BASE-TX	

表2. 画面の名称と表示内容

画面の名称	表示内容
現在の状況	発電、消費、売買電、発電状況
今日の実績	発電量、消費量、売買電量、昨日実績
実績グラフ	発電量、消費量、売買電量
PCS別状況	PCS別実績グラフ(日/月/年)
エコチェック	CO ₂ 排出削減量、石油消費削減量、スギの木植樹

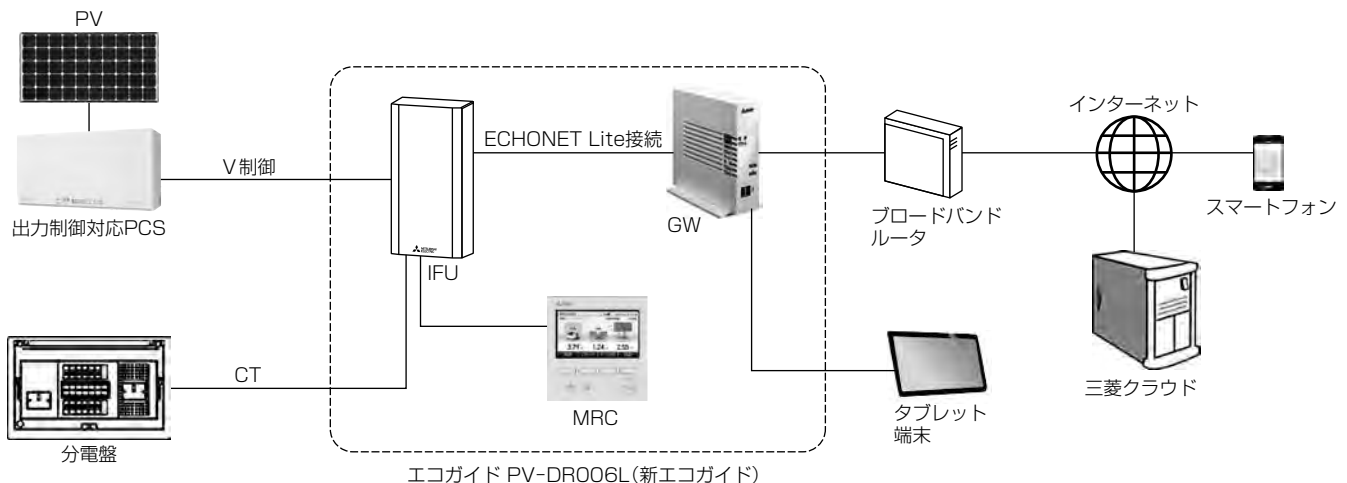


図1. システム構成

2.2 HEMSとの連携

2.2.1 GWとIFUの接続

GWとIFU間は、無線又は有線のITアダプタをIFUに内蔵させることによって、ECHONET Lite⁽¹⁾で接続される。IFUはITアダプタによって、ECHONET Liteのスーパークラス、住宅用太陽光発電クラス、電力センサクラスの必須プロパティに対応させることで、HEMSコントローラであるGWにHEMS機器として扱われるようにした。

三菱クラウドへの情報登録、遠隔アップデート機能については当社独自の任意プロパティで実現している。これらの機能はGWとIFUとが全てECHONET Liteで完結する構成となっていることで実現可能になった。

2.2.2 GWと三菱クラウドとの接続

GWと三菱クラウドとの接続は、市販のブロードバンドルータを使ってエンドユーザー契約のインターネット経由で行われる。

2.2.3 HEMS機器としての登録

GWを三菱クラウドに接続した後、IFUに内蔵したITアダプタが持つMAC(Media Access Control)アドレスを用い、新エコガイドをHEMS機器として三菱クラウドへ登録する(図2)。

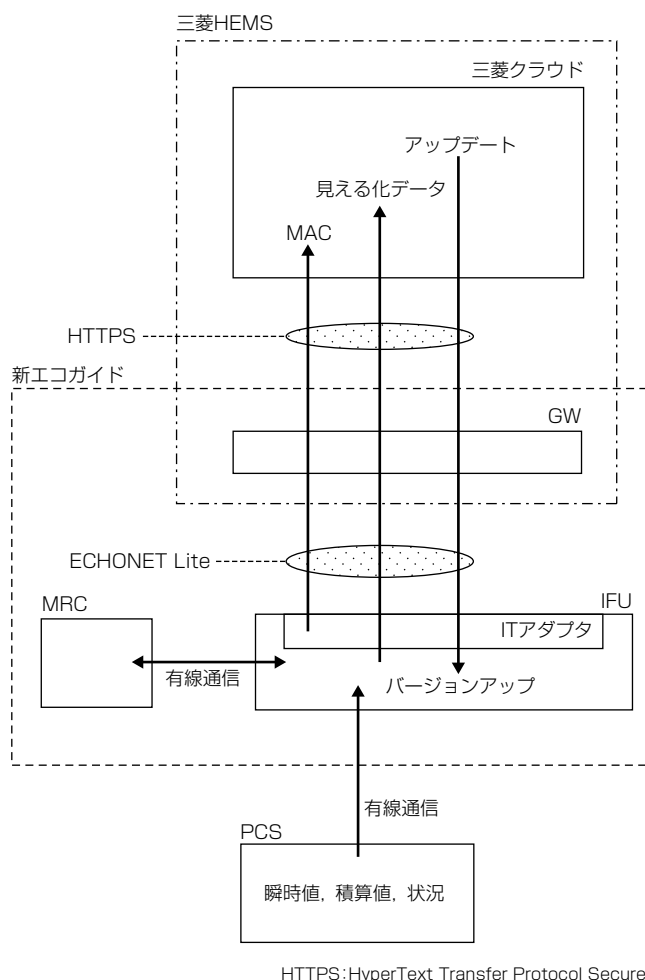


図2. システム構成とデータフロー

2.3 IFUの遠隔アップデートの実現

従来のエコガイドでは、エコガイドとしてのアプリケーションの変更・追加に対応するため、SDカードを用いてMRCのソフトウェアのバージョンアップが可能であった。新エコガイドでは、これに加えてインターネット経由でIFUのソフトウェアのバージョンアップを可能にした(図2)。

3. HEMSとの連携による見える化の進化

従来のエコガイドが壁掛けのMRCを使った見える化(図3)だけであったのに対し、今回、三菱HEMSと組み合わせてシステムを構成することで、タブレット端末やスマートフォンによる見える化を可能にした(図1)。

これによって、エンドユーザーに提供する見える化のアプリケーションは、利用シーンの拡大、操作性・利便性を向上させることができた。

3.1 タブレット端末による宅内の見える化

従来の三菱HEMSでも、GWに市販のタブレット端末を接続することで、宅内で手元のタブレット端末を使い、太陽光発電の状況や消費(量)、売買電(量)を見ることができた。しかしながら、従来の製品ではGWとIFUを直接通信で接続することができなかったため、PCSの状況等の情報を表示することができなかった。これに対し、新エコガイドでは、ECHONET LiteによってGWとIFUを直接通信で接続し、これらの情報も通信でやり取りすることで、従来のMRC同等以上の表示がタブレット端末でも可能になった。

3.2 スマートフォンによる外出先での見える化

三菱HEMSでは、三菱クラウド経由でスマートフォン上のアプリケーションからGWに接続できるため、外出先から気軽に自宅の太陽光発電システムの発電状況や、消費状態を確認することが可能になった。

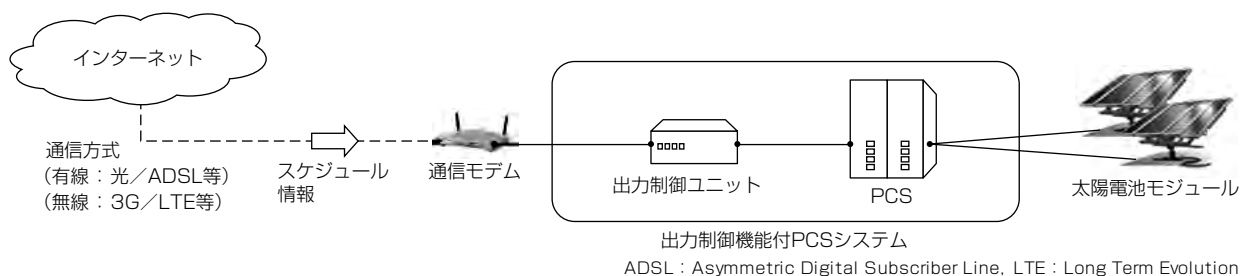
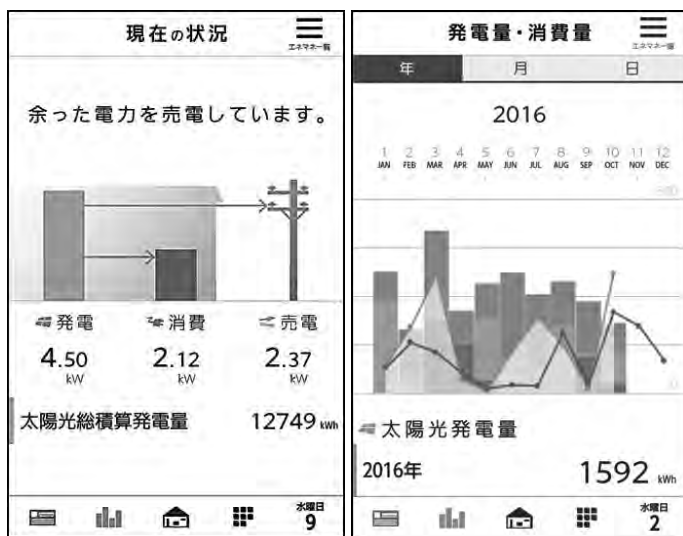


(a) 現在の状況の表示画面



(b) 月ごとの売電量の表示画面

図3. MRCの画面例


図5. 出力制御機能付PCSシステムの構成⁽³⁾


(a) 現在の状況の表示画面

(b) 月ごとの発電量、消費量などの表示画面

図4. スマートフォンの画面例

図4(a)は現在の状況(発電、消費、売電)、図4(b)は月ごとの発電量、消費量などをスマートフォンに表示した画面である。

4. 出力制御への対応

4.1 出力制御の背景

経済産業省の再生可能エネルギー特別措置法改正による出力制御ルールの見直し⁽²⁾で、東京電力パワーグリッド(株)、中部電力(株)、及び関西電力(株)を除く電力会社管内では、50kW未満の太陽光発電システムに対して出力制御ルールが適用されることになった。

図5に、出力制御機能付PCSシステムの構成を示す⁽³⁾。当社の太陽光発電システムも出力制御に対応するため、新エコガイドを出力制御ユニットとして開発する必要があった。

4.2 HEMSとの連携による出力制御

新エコガイドでは、三菱HEMSとの連携によって太陽光発電システムの出力制御に対応した。

4.2.1 PCSのインターネット接続

新エコガイドがHEMS機器としてインターネットに接続できるため、出力制御スケジュールをインターネット経由でダウンロードできる。ダウンロードした出力制御スケジュールに従って、新エコガイドはPCSの出力を制御する。PCSは、出力制御ユニットから出力制御情報を受けて太陽光発電の出力(上限値)を制御する⁽³⁾。

4.2.2 HEMSとの連携による効果

新エコガイドは三菱HEMSと連携することで、三菱クラウドからの遠隔アップデートによるIFUのバージョンアップを可能にしている。これによって、今後正式決定される出力制御規格に対応したソフトウェアへのアップデートを可能にしている。

5. む す び

太陽光発電システムを三菱HEMSと連携させたことで、太陽光発電システムの見える化アプリケーションに対して大幅に利便性を向上させ、遠隔アップデート機能を実現した。また、HEMS機器として新エコガイドをインターネット接続することで、今後要求される出力制御への対応も可能にした。

新エコガイドでは、見える化を含めた各種情報が、ECHONET Liteによって三菱HEMSで取り扱うことができるようになった。今後、太陽光発電システム以外の装置と連携したエネルギーマネジメント機能を拡張していく。

参 考 文 献

- (1) ECHONET：エコネット規格(一般公開)、ECHONET Lite規格書
<https://echonet.jp/spec/>
- (2) 経済産業省 資源エネルギー庁：再生可能エネルギーの最大限導入に向けた固定価格買取制度の運用見直し(2015)
- (3) 太陽光発電協会、ほか：出力制御機能付PCSの技術仕様について(2015)

ルームエアコン“霧ヶ峰Style FLシリーズ”

代田光宏*
西口隆行**

Room Air Conditioner "Kirigamine Style FL Series"

Mitsuhiro Shirota, Takayuki Nishiguchi

要 旨

壁掛けエアコンの室内機のスタンダードを作ってきたルームエアコン“霧ヶ峰”は、2016年に50年の節目を迎えた。新たなエアコンの未来を切り開くために室内機の構造を一新した。パーソナルツインフローの採用で省エネルギー性と快適性の革新を実現した“霧ヶ峰ADVANCE FZシリーズ”と、家具のような存在感を持たせることで空間のアクセントとしてインテリアと調和させたデザインエアコン“霧ヶ峰Style FLシリーズ”を発売した。

FLシリーズのシンプルでスクエアな形状を実現するため、“ムーブアイ極”は、運転停止時には本体へ収納する格納式構造とした。ムーブアイ極は、壁・床・天井などの住

空間の温度、部屋にいる人の位置、手先・足先などの部位を含む体の温度変化を0.1℃単位で測定し、人の感じる温度(体感温度)を考えて運転を行い、人中心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。さらに、正面から吹き出し口が見えない構造にするため、“格納式フラップ構造”を新たに開発した。停止時には、外側の外観意匠部を兼ねた大きなフラップが吹き出し口を覆う。運転時には、風路内部に設けた格納式フラップが室内機よりも外側に飛び出し、吹き出し口下面に新たな水平方向の風路を形成することで、正面に吹き出し口が見えないデザインと水平吹ききの両立を実現した。



ボルドーレッド色の FL シリーズ



パウダースノウ色の FL シリーズ



格納式フラップ構造



表示部及び格納式センサのムーブアイ極

“霧ヶ峰Style FLシリーズ”

家具のような存在感を持たせることで空間のアクセントとしてインテリアと調和する霧ヶ峰Style FLシリーズを発売した。色は“ボルドーレッド”と“パウダースノウ”の2色を展開している。格納式フラップ構造と格納式センサのムーブアイ極を採用することで、正面に吹き出し口が見えないシンプルでスクエアな形状を実現した。

1. ま え が き

ルームエアコン霧ヶ峰は、1967年に誕生し、1968年にはルームエアコンで初めて“ラインフローファン”を搭載し、壁掛けエアコンの室内機のスタンダードを作ってきて2016年に50年の節目を迎えた。霧ヶ峰は、常に“省エネルギー”と“快適”の両立を追求し、送風機、熱交換器、圧縮機、インバータ技術などのハード省エネルギー技術の進化を続けるとともに、“ムーブアイ”によるセンシング技術と、Wフラップなどによる気流制御技術を活用したソフト省エネルギー技術と快適性技術の進化も実現してきた。一方、室内機のデザインは、ムーブアイを中心とした製品の特徴を表現することを軸としてきたが、近年では、単に機能をアピールすることを目的としてデザインするのではなく、周囲の空間と調和させることを目的としたデザインに取り組んでいる。

このような背景の中、2016年度の霧ヶ峰は新たなエアコンの未来を切り開くために、室内機の構造を一新した。パーソナルツインフローを採用することで省エネルギー性と快適性の革新を実現した霧ヶ峰ADVANCE FZシリーズと、家具のような存在感を持たせることで空間のアクセントとしてインテリアと調和させたデザインエアコン霧ヶ峰Style FLシリーズを発売した。

本稿では、霧ヶ峰のデザインの変遷と、FZシリーズ、FLシリーズのデザインの取組み、FLシリーズのデザイン性を実現する新技術について述べる。

2. デ ザ イ ン

2.1 三菱電機のエアコンのデザイン変遷

当社のエアコンは、センサによって部屋やユーザーの体感温度を測定し、それに合わせた運転を行うことが特徴である。2000年度に輻射(ふくしゃ)センサを搭載した機種を発売し、それ以降はセンシング技術の進化を軸に省エネルギー性や快適性を向上させてきた。デザインも2000年度以降は、センサを外観の特徴にするなど、ユーザーに機能をアピールすることをコンセプトとしてきた。例えば、2001年度モデルでは、先進性をアピールするために、カメラのような表現を取り入れたデザインになっている(図1)。

その後、2005年度モデルからセンサは可動式の“ムーブアイ”となり、2010年度モデルではセンサで得た情報から、省エネルギーにつながる行動をアドバイスする機能が搭載された。そこで、センサはよりシンボリックに見えるようデザインし、アドバイスを分かりやすく伝えるために、表示部は前面に大きくレイアウトした(図2)。

2.2 周囲の空間に調和するデザイン

近年はセンサの有効性が認知され、センサを搭載したエアコンが各社から発売されるようになった。また、スマー



図1. 2001年度のSFXシリーズ



図2. 2010年度のZWシリーズ



図3. 2010年の海外向けEFシリーズ

トフォンからの操作が可能になり、手元で情報を確認できるようになったため、本体表示の重要性も低くなってきている。こうした背景によって、機能を単にアピールするだけではデザインの優位性・独自性を見だし難くなった。そこで、従来のようにエアコンを単体の製品と捉えてデザインするのではなく、周囲の空間と調和させることを目的にデザインするという新しいコンセプトを創出した。これは、エアコンが長期にわたって使用される製品であり、かつ、部屋の中で目立つ位置に設置されることから、インテリアを構成する重要な一要素と捉えた考え方である。このコンセプトは2010年の海外向けモデル(図3)を起点に、現在では国内外向けの当社エアコンに広く適用している。

2.3 霧ヶ峰ADVANCE FZシリーズのデザイン

2015年10月に発売した霧ヶ峰ADVANCE FZシリーズは、建築空間にフィットすることでインテリアに調和させた。エアコンを柱や梁(はり)のように居住空間の基本要素のように見せる(図4(a))ことで、インテリア性を損なわないことを目指した。そのために、直線・平面基調で構成した外観と、壁面との親和性を高めた表面仕上げ(図4(b))を採用している。

2.4 霧ヶ峰Style FLシリーズのデザイン

空間のアクセントにすることでインテリアと調和させたのが、霧ヶ峰Style FLシリーズである。FLシリーズは“エアコン(=家電製品)に見えないデザイン”を目指し、家具のような存在感(図5(a))を持たせることで、インテリアのアクセ

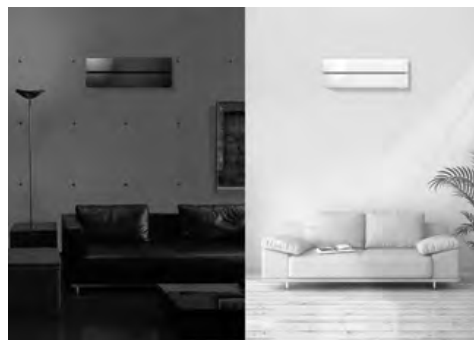


(a) 設置イメージ



(b) 外観

図4. FZシリーズのデザイン



(a) 設置イメージ



(b) 外観



(c) 表示部及び格納式センサのムーブアイ極

図5. FLシリーズのデザイン

ントとして愛着を感じながら、使ってもらうことを狙った。

家具のような存在感を与えるため、外観は限りなくシンプルでスクエアな形状にした(図5(b))。また、機器的なイメージを払拭するため、正面から風の吹き出し口が見えない処理とし、表示部のデザインも2つのLEDで表すなど、最小限にとどめている。当社の特徴であるセンサについては、ムーブアイ極を搭載しつつ、未使用時には本体に格納することで、空調機器としての快適性とデザイン性を両立させた(図5(c))。さらに、本体前面にデザインをスマートに見せることを兼ねた吸い込み口を設けることで薄型化を実現しながら、エアコンの基本性能である省エネルギー性能は、当社の上位機種と同等である。

色はボルドーレッドとパウダースノウの2色で展開した。いずれも透明アクリル樹脂の裏面にヘアライン加工を施した後に、高輝度メタリックやパール+ホワイト塗装をしている。これによって、見る角度によって色が変わるなど従来のエアコンにない透明感と深みを与えており、質感にこだわった仕上げになっている。

3. デザイン性を実現する技術

3.1 格納式フラップ構造

今回の開発では、FLシリーズの特徴である正面から吹き出し口が見えない構造を実現することが最大の課題であった。通常、壁掛けエアコンの室内機の吹き出し口は、水平方向の気流を実現するために、正面から見て意匠面であるグリルと吹き出し口を覆う上下フラップはかぶらないように配置するが、シンプルでスクエアな形状であるFLシリーズは、正面から見て吹き出し口をグリルが完全に覆う配置となっている。そのため、従来のフラップ構造では

水平吹きが不可能であった。そこで、新たに開発したのが格納式フラップ構造(図6)である。停止時には、外側の外観意匠部を兼ねた大きなフラップが吹き出し口を覆い、運転時には、風路内部に設けた格納式フラップが室内機よりも外側に飛び出すことで、吹き出し口下面に新たな水平方向の風路を形成する。こうすることで、正面に吹き出し口が見えないデザインと水平吹き(図7)とを両立させた。

3.2 ムーブアイ極

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わっている。赤外線センサのムーブアイ極は、図8に示すように、壁・床・天井などの住空間の温度、部屋にいる人の位置、手先・足先などの部位を含む体の温度変化を0.1℃単位で測定し、人の感じる温度(体感温度)を考えて運転を行い、人中心に風を届けることで快適性と効率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できる。さらに、人が異なる2か所にいても、それぞれに同時に風を届けることもできる。

また、ムーブアイ極で人の感じる温度(体感温度)を見守り、送風運転と冷房運転を自動で切り替えることで、快適

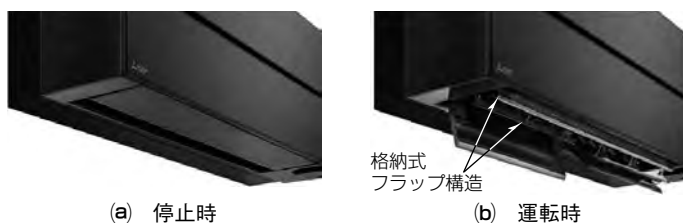


図6. 格納式フラップ構造

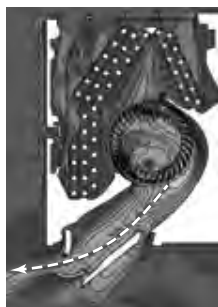
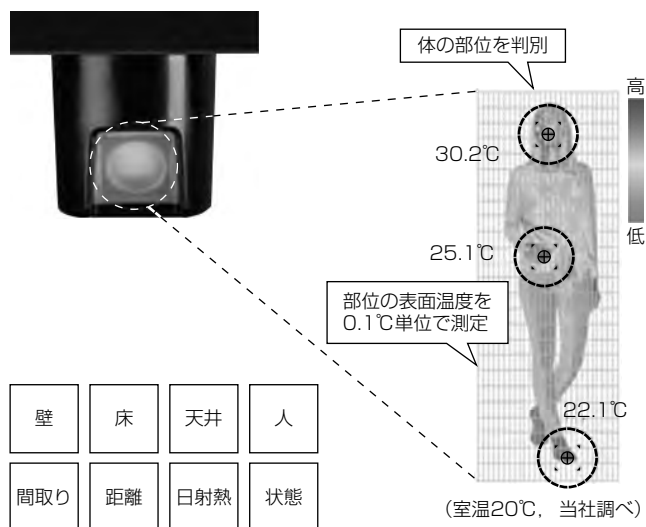


図7. 格納式フラップ構造による水平吹き気流



暑い、寒いという体感温度をサーモセンサがチェック。

図8. ムーブアイ極のセンシング技術

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”機能を搭載している。送風運転時は、最小消費電力15W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。

3.3 清潔技術

3.3.1 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ファンと風路に採用した。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9)、ほこりにも油污れにも防汚効果を持つ(図10)。そのため、ファンや風路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できる。

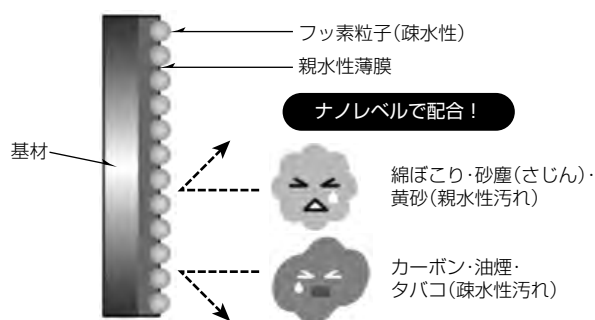


図9. ハイブリッドナノコーティング



(a) コーティングあり



(b) コーティングなし

図10. コーティングによる汚れの比較



図11. はずせるボディ

3.3.2 お掃除アシスト付き“はずせるボディ”

運転停止中にリモコンの“お掃除アシスト”ボタンを長押しすると自動でフラップが開き、フラップを簡単に取り外すことができる“はずせるボディ”を採用した。内部のファンや風路の手入れが簡単にでき、外観の美しさだけでなく内部の清潔さも長期に維持できる構造とした(図11)。

4. む す び

家具のような存在感を持たせることで空間のアクセントとしてインテリアと調和させたデザインエアコン霧ヶ峰 Style FLシリーズのデザインのこだわりとそれを実現するための技術と製品の特長について述べた。ユーザーの好みも多岐に広がってきており、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。

IHジャー炊飯器“本炭釜 KAMADO”の進化

荒津百合子*
伊藤ちひろ*
蛭川智也**

Advanced IH Rice Cooker "Pure Carbon Pot KAMADO"

Yuriko Aratsu, Chihiro Ito, Tomoya Ninagawa

要 旨

ユーザーは、炊飯器を購入する際、“おいしいご飯が炊けること”を重要視する。そこで、おいしさを想起させるかまど炊飯に着目し、その実態調査を行った。その結果、かまど炊飯は大火力と圧力を加えない炊飯方式によって、粒感がありみずみずしい食感となることが判明した。

三菱電機の本炭釜発売10周年記念モデルとして発売した“本炭釜 KAMADO”は、かまど炊飯の特徴を反映し、従来の炊飯器ではトレードオフの関係にあった粒感とみずみずしさを両立させ、かまどご飯の食感を再現した。そして、“本炭釜 KAMADO”シリーズの第2弾となる新製品NJ-AW107形は、次に挙げる2つの技術によって大火力化を実現し、従来の粒感を保ちながら更にみずみずしさを向上させた(注1)。

(1) かまどご飯を再現する炊飯制御

本炊き工程の前半の火力を強化することで、従来比で火力が約12%アップ(注2)した。

(2) ふきこぼれを抑制する新二重内蓋

大火力化に伴いふきこぼれが問題となるため、二重内蓋の改良を行った。二枚の内蓋の合わせ部のシール性能を向上させ、おねば(注3)と蒸気を分離して蒸気だけを排出する分離穴の位置・形状・数を変更し、おねば溜(た)め部の容積を拡大することによって、おねばの泡が分離穴を通過した際に消滅しやすくなり、ふきこぼれ抑制性能が向上した。

(注1) 三菱電機従来品NJ-AW106形(2015年度製)との比較。含水率は従来品NJ-AW106形を100%とした場合、NJ-AW107形は101%である。

(注2) 三菱電機従来品NJ-AW106形との比較。予熱終了から連続沸騰までの火力(平均電力)は従来品NJ-AW106形の775Wに対し、NJ-AW107形は871Wである。

(注3) 炊飯中にご飯から溶出する粘りけのある汁である。



IHジャー炊飯器“本炭釜 KAMADO”NJ-AW107形

新製品IHジャー炊飯器の“本炭釜 KAMADO”NJ-AW107形は、本炊き工程の前半の火力強化による大火力炊飯で、しっかりした粒感でありながら中はみずみずしいかまどご飯を再現した。また、大火力化によってふきこぼれが問題となるため、新二重内蓋の搭載によってふきこぼれ抑制構造を強化した。

1. ま え が き

ユーザーは、炊飯器を購入する際、“おいしいご飯が炊けること”を重要視している。そこで、おいしさを想起させるかまど炊飯に着目し、実態調査によってかまどご飯のおいしさのメカニズムを明らかにした。

2015年6月に発売した“本炭釜 KAMADO”NJ-AW106形は、かまど炊飯の特徴を反映させ、しっかりとした粒感がありながらもみずみずしいかまどご飯を再現している。

本稿は、火力強化によって従来品NJ-AW106形から更にかまどご飯の食感に近づいた新製品NJ-AW107形の開発について述べる。

2. かまど炊飯の実態調査

“本炭釜 KAMADO”シリーズを開発するに当たり、複数回にわたってかまど炊飯の実態調査を行った。この調査で明らかにしたかまど炊飯及びご飯の特徴を述べる。

2.1 圧力を加えない炊飯

炊飯中の羽釜内の圧力を測定したところ、大気圧と同じ1.0気圧であった。そこで、圧力がご飯に及ぼす影響を調査するため、かまど(常圧式)、新製品NJ-AW107形(常圧式)、従来品NJ-TX10形(加圧式)のご飯の断面を観察した(図1)。常圧式のかまど及び新製品NJ-AW107形は、米粒の表層を覆う保水膜(注4)の厚みが均一で、米粒の輪郭は滑らかであった。一方、加圧式の従来品NJ-TX10形は、保水膜を形成する澱粉(でんぷん)の量が多く、膜厚にムラがあり、米粒の輪郭には凸凹があった。加圧して炊飯する場合、米粒表層の細胞組織が崩壊し、内部の澱粉が流出して表層に付着することが報告されており(1)、従来品NJ-TX10形も同様の状態になったと考察する。一方、常圧式のかまどや新製品NJ-AW107形は、米粒表層の細胞組織が崩れず輪郭を保持したまま炊き上がるため、粒感のある食感が生まれると考える。

(注4) 保水膜は、水と澱粉が主成分である。

2.2 大火力炊飯

かまど炊飯は、直火(じかび)ならではの強い火力と高断熱のかまど構造によって、釜温度が高温であった。また、羽釜の羽根より下部は高温の炎にさらされ、羽根より上部は外気にさらされるため、両者の温度差は大きかった。羽根より上部は、温度を下げることで、炊飯中に生じるふきこぼれの勢いを弱めていると推測される。かまど炊飯は、トレードオフの関係にある“大火力”と“ふきこぼれ抑制”を両立させる工夫がなされ、強い火力を実現していた(図2)。

2.3 かまどご飯の特長

かまどご飯は、米粒の輪郭がしっかりして粒感があり、みずみずしい食感であった。粒感を硬さ、みずみずしさを含水率とすると、同じ硬さで比較した場合に従来の炊飯器よりも含水率が高い傾向が判明した(図3)。

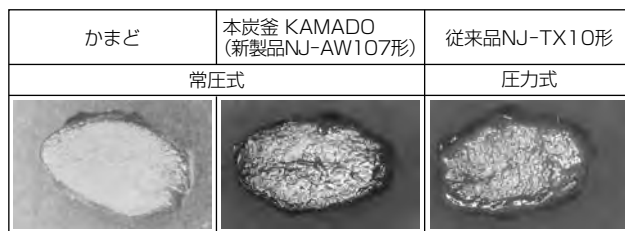


図1. ご飯の断面状態の比較

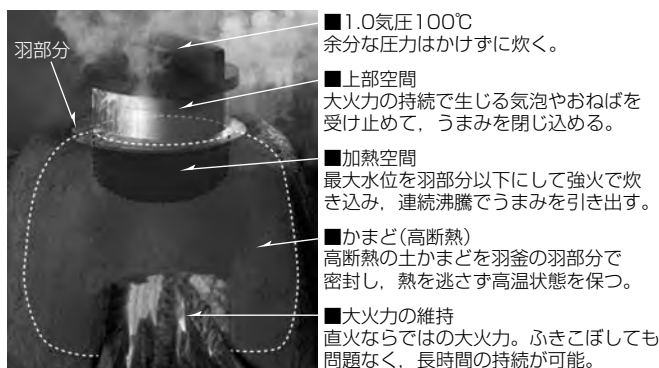


図2. かまど炊飯の特長

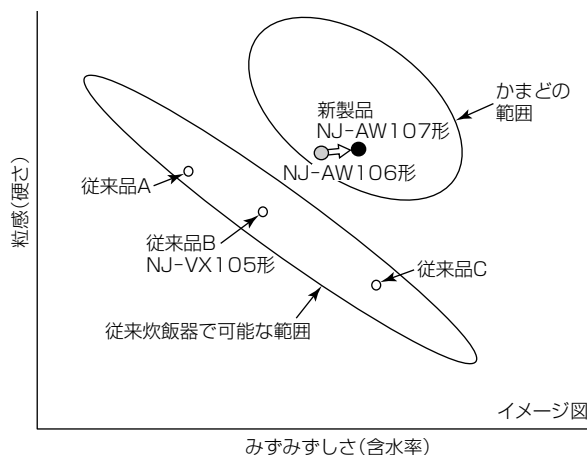


図3. みずみずしさと粒感の関係

3. かまどご飯を再現する炊飯制御

従来品NJ-AW106形は、かまど炊飯に倣った①釜の羽釜化、②断熱強化、③電力アップによって、かまどご飯の“粒感がありながらもみずみずしい”食感を再現した。そして、新製品NJ-AW107形は、“本炭釜 KAMADO”の2年目の取組みとして更なる大火力化を実施し、従来の粒感を保ちながらもみずみずしさを向上させた。

かまどご飯のような粒感とみずみずしさは、圧力をかけないこと及び大火力がポイントであることが文献(1)(2)(3)と実態調査から分かっている。そこで、炊飯工程を構成する予熱工程・本炊き工程・むらし工程の中から電力を上げる工程の選別を行った。各工程の電力を上げ、粒感(硬さ)とみずみずしさ(含水率)の評価を行ったところ、本炊き工程の前半の電力を上げるとみずみずしさ(含水率)が向上し、更にかまどご飯の食感に更に近づくことを確認した。新製

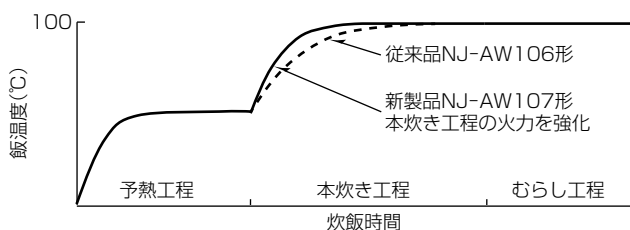


図4. NJ-AW107形の炊飯工程の模式図

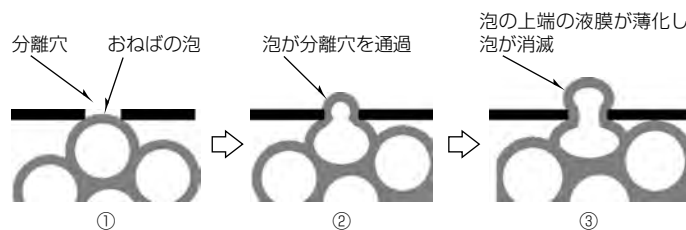


図5. 分離穴通過による泡消滅の原理

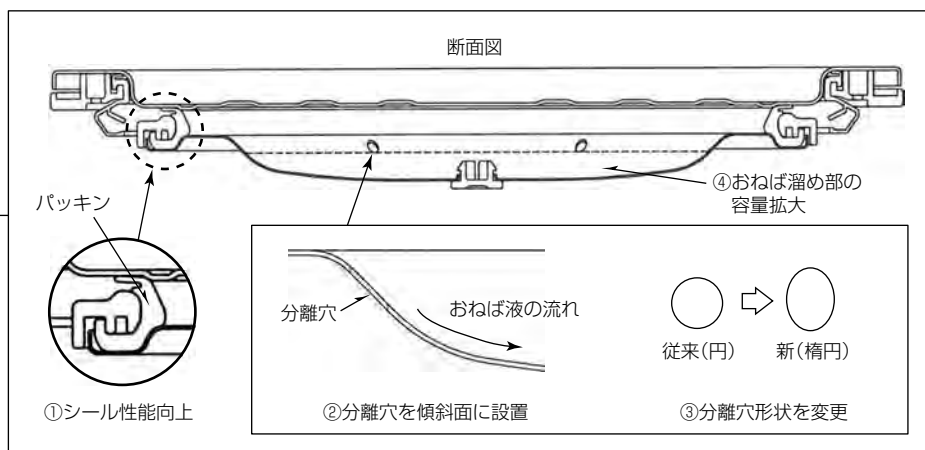


図6. 新二重内蓋の構造改善

品NJ-AW107形は、本炊き工程の前半の火力を強化することで(図4)、従来比で約12%アップ^(注2)の大火力炊飯を実現した。この制御で炊飯した飯は、従来の粒感を保ちながら更にみずみずしさが向上した^(注1)(図3)。

4. ふきこぼれを抑制する新二重内蓋

大火力化の課題として、ふきこぼれの問題がある。ふきこぼれとは、沸騰時におねばの泡が大量に発生して上昇することで、泡が炊飯器本体の外側にあふれ出る現象である。

従来品NJ-AW106形では、内釜の上部空間の拡大による冷却効果と、二重内蓋の採用によって、泡の上昇を抑えてふきこぼれを抑制していた。今回は、更なる大火力化のため、ふきこぼれ抑制構造の見直しを実施した。

4.1 二重内蓋によるおねばの泡の消滅原理

おねばの泡は、おねばに含まれる成分が界面活性剤の役割を果たすことで、安定した液膜を保ったまま上昇していると考えられる(図5①)。上昇したおねばの泡が二重内蓋に設けられた分離穴を通過すると(図5②)、液膜が引き伸ばされ薄化し、液膜の表面張力が不安定となることで、泡が消滅する(図5③)と考えられる。

4.2 新二重内蓋の開発

4.1節で述べたおねばの泡の消滅原理を踏まえ、従来構造からの改善点を抽出した。まず、従来構造は二枚の内蓋の合わせ部であるパッキンに丸形の発泡シリコンゴムを使用していたが、リップ状のシリコンゴムに変更することでシール性能を向上させ(図6①)、外周からのおねばの侵入を抑制した。また、従来では水平面に設けていた分離穴

を傾斜面に設ける(図6②)ことで、分離後のおねばが傾斜面に沿って流れるため、泡の消滅の妨げとなる分離穴表面のおねばの残留が少なくなった。分離穴の形状についても、円形状であったものを、おねばの泡の液膜不均一化を狙って楕円(だえん)形状に変更した(図6③)。また、泡が通過するときの流速を上げるために、分離穴の個数を従来の23個から4個に減らし、泡を消滅しやすくした。さらに、大火力化によるおねばの量の増加を考慮して、おねば溜め部の容積を従来の約2倍に広げた(図6④)。これらの構造の変更によって、大火力化を狙った新制御にも耐えるふきこぼれ抑制構造を実現した。

5. む す び

かまどご飯のおいしさのメカニズム、新製品NJ-AW形の炊飯制御及び新二重内蓋の開発について述べた。今後は、更なるおいしさ向上を目指し、かまど炊飯を軸とした開発を進めていく。

参 考 文 献

- (1) 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)
- (2) 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)
- (3) 伊藤ちひろ, ほか: IHジャー炊飯器“本炭釜 KAMADO”, 三菱電機技報, **89**, No.10, 545~548 (2015)

冷蔵庫搭載の新機能“朝どれ野菜室”

林 由花子*
遠藤拓哉*
柴田舞子**

New Function of Refrigerator Keeping Vegetable Fresher and Longer

Yukako Hayashi, Takuya Endo, Maiko Shibata

要 旨

三菱電機の冷蔵庫は2008年発売“Gシリーズ”搭載の“切れちゃう瞬冷凍”，2015年発売の“WX/JXシリーズ”搭載の“氷点下ストッカー”と，肉や魚をおいしく長く保存できる機能を搭載してきた。しかし，肉や魚と同様，野菜もまた足が早い食品の代表であり保存性能の向上を求める声が多い。

そこで，2016年，野菜をおいしく長く保存できる新機能の開発に取り組んだ。野菜の劣化は主に栄養分の減少と水分の減少の両面から進行するため，光合成を利用した栄養分の増量，野菜室の保湿性能向上の2つの方法で野菜の保鮮を試みた。まず，野菜に照射する光について，照射光の波長と照射リズムの最適化を行った結果，従来冷蔵庫の

野菜室（光非照射）よりもキャベツのビタミンC量を約20%増量^{（注1）}させることが可能となった。さらに，低温化による野菜の蒸散抑制，ケース内外の気流改善等で保湿性能の向上を図ったところ，ハウレンソウからの水分損失が従来冷蔵庫の野菜室と比較して約30%減^{（注2）}となり，ラップなしで1週間みずみずしさを保つことが可能となった。

栄養分たっぷりかつ鮮度長持ちを実現したこの野菜室は，“朝どれ野菜室”の名称で2016年8月発売の“WX/JX/Bシリーズ”に搭載している。

- （注1） 2016年発売の冷蔵庫“MR-WX70A”と2015年発売の冷蔵庫“MR-WX71Z”の野菜室でのビタミンC量比較。キャベツをラップして3日間保存。購入初期値を100%とする。
（注2） MR-WX70AとMR-WX71Zの野菜室での水分損失率の比較。ハウレンソウをラップなしで7日間保存。



WX/JX/Bシリーズ



- ・ビタミンCを約20%増量
- ・水分損失を約30%改善

冷蔵庫搭載の新機能“朝どれ野菜室”

2016年8月発売の三菱冷蔵庫WX/JX/Bシリーズに搭載した新機能“朝どれ野菜室”は，本来保存中に減ってしまうビタミンCを光合成によって増量させる光照射機能と，野菜からの水分損失を抑える保湿機能の両方を実現している。

1. ま え が き

当社では、“おいしさと使いやすさで家事をもっとラクに楽しく”のコンセプトの下、高い食品保存機能と普段の生活の中での使いやすさを両立させた冷蔵庫の開発を進めてきた。例えば、2014年WX/JXシリーズ搭載の氷点下ストッカーは、冷凍なしで肉や魚が長持ちするという一方で、おいしさの面でも使いやすさの面でも非常に好評を得ている。しかし、肉や魚と同様、鮮度に敏感な野菜もまた、生のまま長持ちさせたいという声が多い。そこで、野菜を新鮮でおいしいまま長持ちさせることのできる機能の開発に取り組んだ。

野菜は収穫直前まで“光合成”と“呼吸”の2つの活動を行っているが、“光合成”に必要な水と日光が断たれてしまった収穫後の野菜は“呼吸”だけを行っている。つまり、収穫前に蓄えた栄養分と水分を“呼吸”という活動で消費／放出している状態である。このため、収穫後、時間の経過に伴って野菜に含まれている栄養分と水分は減少していく。野菜の劣化は見た目だけでなく、目に見えない部分でも進行していくのである。したがって、野菜を“とれたて新鮮な状態”に保つためには①野菜の栄養分の保持又は増量と②野菜の水分の保持の2つの観点から保鮮を行う必要があると考えられる。①の手段としては光合成の促進が効果的であり(葉野菜の場合)、②の手段としては野菜からの水分蒸散抑制が効果的である。

本稿では、冷蔵庫野菜室内での光照射による栄養分増量と野菜保湿性能向上の方法について述べる。

2. 光照射による栄養分増量

野菜の光合成の促進のためには光が不可欠である。光源は、発熱量の小ささや目的とする波長の得やすさ、照度の高さ等の観点からLEDを採用することにした。

2.1 光合成に適した波長バランス

LED光照射による光合成の効率を最大化するために、光合成に適した波長を検討した。野菜工場での光源によく使用されている620～680nm(赤色)と400～480nm(青色)の波長は最も葉緑素への吸収効率が高く、光合成に不可欠な波長である(図1)。500～560nm(緑色)付近の波長は葉が緑色に見えることから吸収効率が悪いように思われるが、一部は葉の内部に入り込んで乱反射し、光合成の効率を上げる効果を持っていることが分かっている⁽²⁾。また、450nm(青色)付近の光は気孔を開いて二酸化炭素を取り込ませたり、後で述べる植物の体内時計をリセットさせる作用があることが分かっている⁽³⁾。以上の理由から、照射光は“赤・緑・青”の3色の光を採用することにした(図2)。

2.2 光照射リズムの検討

植物は体内時計を持っており、周期的な生命活動を制御

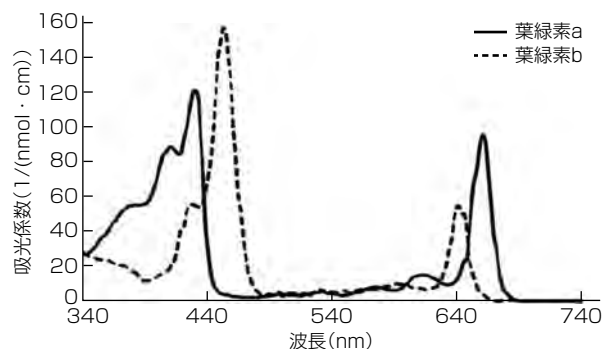


図1. 葉緑素a, bの光吸収スペクトル⁽¹⁾

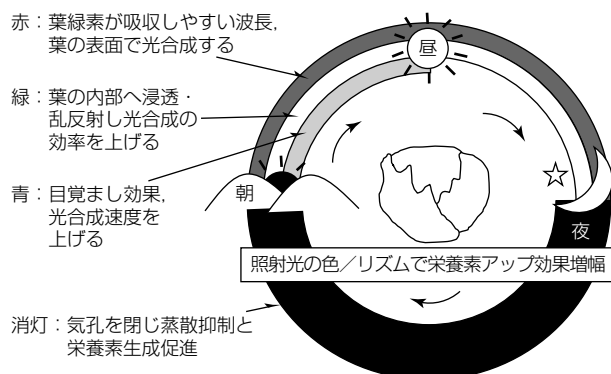


図2. 光各色の野菜への効果と照射リズムイメージ

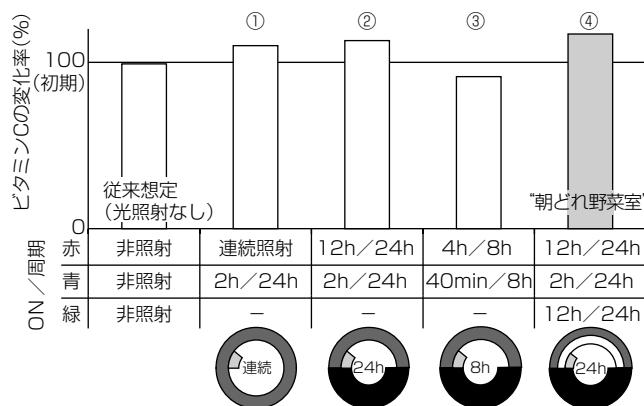


図3. キャベツへの光照射(3日間)によるビタミンC量の変化率

している。光合成も体内時計に制御されるため、適切なタイミングで光照射を行えばより効率よく光合成が行われる可能性がある。そこで照射(昼)の時間帯と非照射(夜)の時間帯を作って1日のリズムを模擬したり、照射周期を調節したりすることで、光合成効率を上げることができるとを検証した。光合成効率の指標として、光合成生成物の1つであるビタミンCの量を測定した。結果を図3に示す。

非照射ではビタミンC量が初期よりも減少したのに対し、連続照射(図3①)、24時間周期12時間照射(図3②)では初期よりも増加し、その増加率は、連続照射よりも24時間周期12時間照射の方が大きい結果となった。しかし、照射周期を短くしていくと、非照射の場合よりもビタミンC量が少なくなってしまうことが分かった(図3③)。これらの結果から、照射リズムとして“24時間周期12時間照

射”を採用することとした。さらに、このリズム照射と赤・緑・青の3色照射を組み合わせることで、キャベツのビタミンC量を約20%増量することができた(図3④)。

3. 野菜室の保湿性能向上

2つ目の保鲜手段、野菜の水分の保持は、見た目と食感の維持だけでなく、光合成に利用する水分を確保する上でも重要な要素である。水分保持のためには野菜の呼吸や蒸散作用を抑制する必要があるが、これは野菜保存空間を高湿度に保つことによって達成される。

3.1 低温化による保湿

湿度を上げる方法として、まず“温度を下げる”という手段が有効であると考えられる。空気温度を下げればその空気が含むことができる水蒸気の総量が減り、ハウレンソウ近傍の空気はすぐに飽和に達し、その結果、ハウレンソウからの水分蒸散が抑制されるためである。ただし、温度を下げすぎると食品の凍結や結露に由来する傷みにつながるため、評価試験を重ねた上で最適な温度を決定した。

3.2 略密閉構造による保湿

現在の家庭用冷蔵庫の冷却方式の主流は“間接冷却”と呼ばれる方式で、冷却器で冷やした空気を間欠的に各部屋に送りこむことによってその部屋を目的の温度に保っている。この冷却器で空気を冷やす過程で空気中の水分は“霜”として冷却器に奪われてしまうため、冷却後の空気は湿度10%以下と非常に乾燥している。そのため、野菜室の保湿のためには野菜から放出された水分を逃がさない構造が必要となる。

今回は野菜ケースにシキリ部品を追加することによって野菜室内に略密閉空間を作り、野菜から蒸散した水分を逃がさない構造にした(図4(b))。また、シキリ部品の追加に伴い、熱流体解析を用いたケース内外の気流改善を行った。解析と実機検証の結果、野菜ケース扉側にスリット穴(図4(a))を設けた仕様が野菜室の均温化・略密閉空間の冷氣流入／流出抑制に効果的であることが分かった。このスリット穴には野菜ケースの外側を流れる冷氣ルートの圧損を減らす効果があるため、野菜室扉側の空間にも冷氣を分配しやすくなり、かつ略密閉空間への冷氣流入も抑える効果がある(図5)。

3.3 保湿性能の評価

低温化と略密閉構造化を組み合わせた際の保湿効果を確認するため、野菜室にハウレンソウを投入し、7日後の水分損失率によって性能を評価する試験を行った。その結果、従来冷蔵庫MR-WX71Zの野菜室での水分損失率が16%であった。一方、3.1節と3.2節の改善を加えた野菜室では水分損失率が11%に抑えることができた(可食限界は、水分損失率が12%程度)。このときのハウレンソウの外観は図6のとおりである。

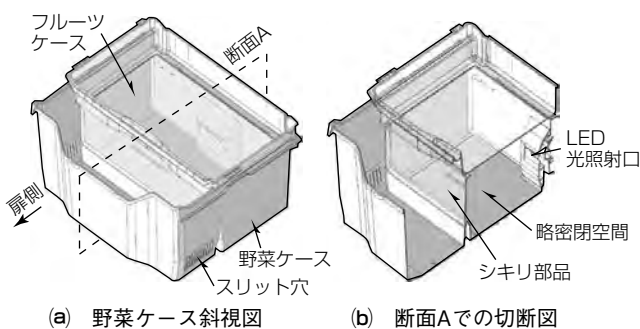


図4. 野菜ケース構造

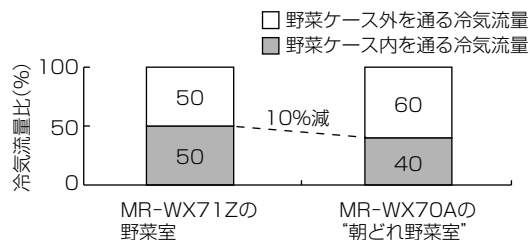


図5. 熱流体解析結果(野菜室に流入する冷氣の分配)

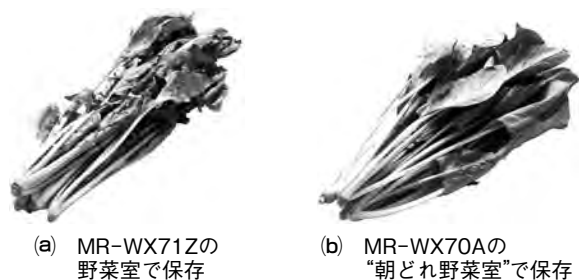


図6. 7日間保存後のハウレンソウ外観比較

4. む す び

光照射による栄養分増量と保湿による鮮度維持、これら2つの機能によって“おいしく”“使いやすい”野菜室を実現した。これらの機能は“朝どれ野菜室”として、2016年8月発売の三菱冷蔵庫WX/JX/Bシリーズに搭載した。

参 考 文 献

- (1) 斎藤裕太, ほか: LEDを使用した搔レタス栽培における赤色光をベースとした光質の影響, 植物環境工学, 24, No.1, 25~30 (2012)
- (2) Terashima I., et al.: Green light drives leaf photosynthesis more efficiently than red light in strong white light: revisiting the enigmatic question of why leaves are green, Plant Cell Physiol, 50, No.4, 684~697 (2009)
- (3) Kinoshita T., et al.: Blue light activates the plasma membrane H^+ -ATPase by phosphorylation of the C-terminus in stomatal guard cells, The EMBO Journal, 18, No.20, 5548~5558 (1999)

家庭用三菱エコキュート“B2シリーズ”

渡邊尚希*
戸田明宏*
佐藤悠介*

Mitsubishi Eco Cute "B2 Series" for Household Use

Naoki Watanabe, Akihiro Toda, Yusuke Sato

要 旨

エコキュート(自然冷媒CO₂ヒートポンプ給湯機)^(注1)は、再生可能エネルギーである大気の熱を利用してお湯をわかす省エネルギー技術が評価され、2016年3月に業界の累計出荷台数が500万台を突破した。また、2013年にはエコキュートが省エネルギートップランナー基準の対象機器に追加され、2017年度を目標とする省エネルギー性の達成基準に向けて、更なる機器の効率向上が求められている。一方、2016年4月には、電力小売自由化が始まり、電力会社が提供する電気料金プランに密接に関係するエコキュートにとって機能のあり方を変え得る大きな節目の年になった。

2016年度新商品の家庭用三菱エコキュート“B2シリー

ズ”では、電力小売自由化に伴い大きく変化した各電力会社の電気料金プランや、新電力と呼ばれる新規参入事業者の提供する電力契約形態にも柔軟に対応できる、わき上げ機能を開発した。また、熱交換器の高効率化によって省エネルギー性能を向上させ、全機種で2017年度省エネルギートップランナー基準を達成した。また、プレミアムシリーズ“370Lタイプ”では、膨張水低温排出機構によって年間給湯保温効率(JIS)3.8を達成した。

さらに、三菱HEMS(Home Energy Management System)によって三菱太陽光発電システムと接続し、“売電優先”“余剰活用”“太陽光発電出力制御連携”の3つのモードから選択できる連携運転機能を実現した。

(注1) エコキュートは、関西電力㈱の登録商標である。



家庭用三菱エコキュート“B2シリーズ”

B2シリーズでは、電力小売自由化に対応できるわき上げ機能を実現した。また、熱交換器の高効率化によって省エネルギー性能を向上させ、全機種で2017年度省エネルギートップランナー基準を達成し、プレミアムシリーズ370Lタイプでは、膨張水低温排出機構によって年間給湯保温効率(JIS)3.8を達成した。さらに、三菱HEMSとの接続による三菱電機の太陽光発電システム連携運転機能を開発した。

1. ま え が き

エコキュートは2013年3月1日施行の省エネ法に基づき、2017年度を目標とする省エネルギー性能の達成率(省エネルギートップランナー基準)が設けられた。三菱エコキュートB2シリーズは全機種での達成を目指している。

また、従来のエコキュートは、電力会社が提供する夜間時間帯の電気料金単価が割安な電気料金プランに適した動作を行うが、2016年4月1日の電力小売自由化以降、大手10電力会社に加えて多くの新電力会社によって多様な電気料金プランが提供されるようになった。

当社は、三菱HEMSを利用して三菱太陽光発電システムと連携させ、余剰電力を活用する提案を行っている。

本稿では、これらの環境の変化に対応して開発を行ったB2シリーズ新機能の特長について述べる。

2. 電力小売自由化への対応

2.1 多様な電気料金プランへの対応

B2シリーズでは、従来の電力契約モード(全11モード)に加え、電力小売自由化以降の大手10電力会社の新電気料金プランに対応した新たな電力契約モード(全17モード)と、夜間時間帯の開始/終了時刻を電気料金プランに合わせて設定できるマニュアルモードを新たに設けることで、多様な電気料金プランに対応できるようにした。

また、単位時間当たりの消費電力ピークを抑制して基本料金を抑えるために、夜間のわき上げの加熱能力を抑制する“能力セーブ”機能と、電力使用の集中する時間を避けてわき上げ時間のパターンを選択できる“夜間動作”設定を導入した。

加えて、平日と休日(土日)とで夜間時間帯の電気料金単価に差がある電気料金プランを選択する場合、電気料金単価が終日一律な土日のピークシフトの割合を平日に比べて小さくし、残りを昼間の時間帯にわき上げることで、貯湯タンクからの放熱を抑えて効率を向上させた。

2.2 消費電力ピークの抑制

従来のエコキュートは標準的な夜間時間帯(8時間)で貯湯タンク全量をわき上げることでできる加熱能力で運転する。しかし、“能力セーブ”機能によって夜間時間帯が8時間よりも長い電気料金プランの場合、わき上げ時間を長くする代わりにわき上げ加熱能力が低くなるようにヒートポンプを制御し、消費電力を小さくすることができるようにした(図1)。また、従来夜間時間帯の終了時刻を目標にわき上げるようピークシフトするのが一般的であった。しかし、夜間時間帯の開始時刻、中心時刻、終了時刻のいずれかをわき上げの目標に任意に設定できる“夜間動作”設定(表1)によって、他の機器や集合住宅の同一契約内の複数台のエコキュート間での重複を避け、建物全体の消費電力ピークの抑制に貢献できる。

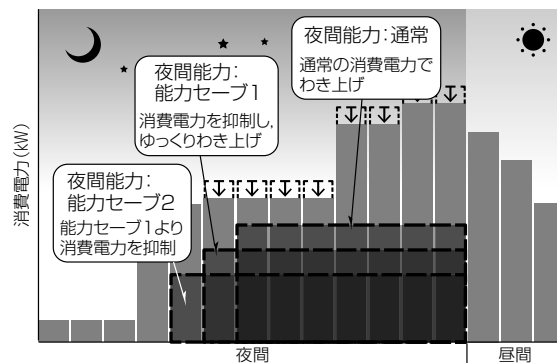


図1. “能力セーブ”機能のイメージ

表1. “夜間動作”設定による動作イメージ

家庭負荷	パターン	動作イメージ
夜に電気を多く使う家庭	R	消費電力 20 0 8(時間) 夜間時間帯終了時刻を目標にわき上げ
朝も夜も電気を多く使う家庭	C	消費電力 20 0 8(時間) 夜間中心時刻を基準にわき上げ
朝に電気を多く使う家庭	L	消費電力 20 0 8(時間) 夜間時間帯開始時刻からわき上げ

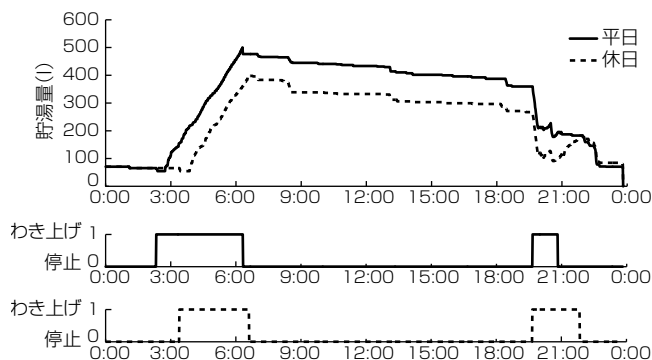


図2. 平日と休日とのわき上げ動作の違い

2.3 土日モードによる放熱ロス抑制

カレンダーの土日を判別することで、平日は単価が低い夜間に多くわき上げ、土日は平日より夜間にわき上げる量を少なくする。同じ給湯負荷に対し、平日と休日とで夜間のわき上げが図2のように差が出ることによって、わき上げてから湯を使用するまでの放熱ロスが少なくなり、土日モードを設けない場合に比べて消費電力を約3%削減できる。

3. 省エネルギー性能の向上

3.1 省エネルギートップランナー基準の達成

2013年3月1日施行の省エネ法に基づき、2017年度を目標とする省エネルギートップランナー基準がエコキュートに設けられた。また、それに伴い各々の商品の省エネルギー基準達成度を示す“省エネルギーラベル”表示が2014年から開始された。

B2シリーズでは、ヒートポンプユニットの熱交換器の高効率化を主軸とする省エネルギー性の向上によって、全機



図3. 水冷媒熱交換器の断面図

種で2017年度省エネルギートップランナー基準を達成した。

さらに、プレミアムシリーズ370Lタイプでは、ヒートポンプユニットの熱交換器の高効率化に加え、膨張水低温排出機構による熱ロス抑制によって年間給湯保温効率(JIS)3.8を達成した。

3.2 熱交換器の高効率化

エコキュートは、ヒートポンプ内の水冷媒熱交換器(ガスターラ)で水と高温の冷媒とを熱交換することによって高温の湯をわき上げる。そのため、熱交換効率が高いほど省エネルギー性能が高くなる。

水冷媒熱交換器は水が通る配管(水管)に冷媒が通る配管(冷媒管)を巻く構造を取っている。従来の“B1シリーズ”では、水管をねじり加工して溝を形成し、そこに3本の冷媒管を巻いて水管と冷媒管の接触面積を広くしている。B2シリーズでは水管を転造加工することによって4本の冷媒管を巻くことが可能となって接触面積が更に増加し、熱交換効率がアップすることで省エネルギー性能を約0.7%向上させた(図3)。

3.3 膨張水低温排出機構

わき上げによる温度上昇によってタンク内の湯水は体積膨張を起こすため、逃し弁を介して膨張水をタンク外へ排水する必要がある。従来、わき上げ直後の高温の湯を逃し弁から排水しており、熱をロスしているという課題があった。そこで、B2シリーズでは従来の逃し弁に加え、第2の逃し弁を追加することによって、第2の逃し弁から低温の水を排水させることで熱のロスを抑制でき、省エネルギー性能を約1.6%向上させた。

4. 太陽光発電システムとの連携運転機能

2014年末に資源エネルギー庁から太陽光発電に対する出力制御ルールが公示された。出力制御時には、系統に逆潮流しないように発電量を調整する必要があるため損失が生まれてしまう。そこで、三菱HEMSとの接続によって三菱太陽光発電システムと連携させ、発電損失分をエコキュートで熱エネルギーとして貯湯して有効活用する。

太陽光発電システムでは、通常、太陽光発電量から自家消費電力を除いた余剰電力(図4のA、B、C部)を売電できる。しかし、出力制御値20%の指示が電力会社から発令された場合、自家消費電力が太陽光発電の定格出力の20%に満たないときの余剰電力であるA部は通常どおり売電できるが、20%を超えるB部は発電が抑制され売電できないため損失が生まれる。

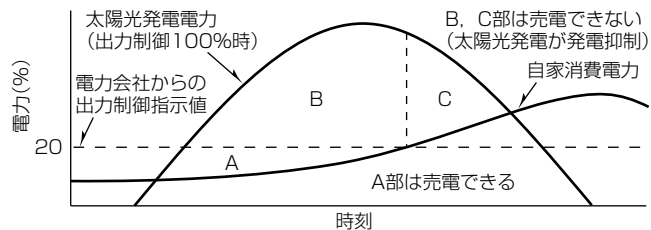


図4. 出力制御ルール

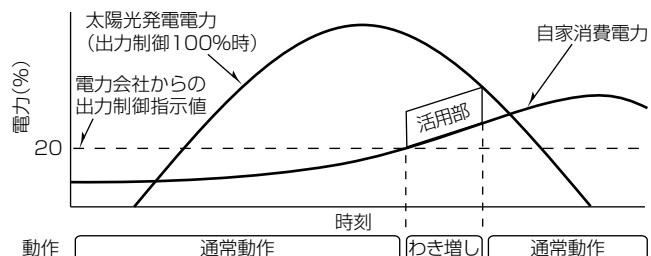


図5. 出力制御時のわき上げ動作イメージ

表2. 実証試験モデル

家族モデル	4人家族
試験時期	2016年4～5月
試験地域	神奈川県鎌倉市
消費負荷モデル	一般財団法人建築環境・省エネルギー機構(IEBC)の行動パターンモデル(平日)に基づいた中間期の機器使用パターン
使用機器	給湯機、冷蔵庫、照明、テレビ、空調、換気(掃除機、電子レンジ、IH調理器、炊飯器、洗濯機、空気清浄器は電子負荷によって模擬)
使用湯量パターン	一般的な使用湯量パターンを想定 ・給湯負荷：平均 約450L/日 ・追焚負荷：3時間保温相当の追い焚(だ)き
発電モデル	横浜市の2015年4月の実日射量による太陽光発電パネル3kW相当の発電電力を直流電源装置によって模擬

一方、自家消費電力が出力制御指示値20%を上回った場合もC部は売電できないため、図5のようにエコキュートが強制わき増しを行うことで、本来損失となる電力をエコキュートで有効活用することを可能にした。

また、出力制御中以外に太陽光発電電力の売電量を損なわないようにエコキュートのわき上げを強制停止する売電優先モードや、固定買取制度終了後の売電単価が下落した場合に余剰電力で強制わき増しを行って活用する余剰活用モードも可能にした。

太陽光発電電力の余剰電力のエコキュートでの活用効果検証のために、表2の内容で実証試験を行った。実証試験の結果、余剰電力を活用しない場合に比べて、給湯機の1日の買電量を約0.2kWh削減することが確認できた。

5. む す び

今後も電力に続きガス小売自由化も開始されるなど、環境の変化は続いていく。環境の変化に合わせた技術を開発しエコキュートの革新に貢献していく。

参 考 文 献

- (1) 小川雄喜, ほか: ヒートポンプ給湯機による太陽光発電の自家消費制御の検証, 電気学会 電力・エネルギー部門大会論文集, No.276 (2016)

ダクト用換気扇“サニタリータイプ”

矢部大輔*

Duct Ventilator for Sanitary Spaces

Daisuke Yabe

要 旨

ダクト用換気扇は、主にマンションや戸建て住宅、事務所・店舗などに採用されるダクト方式で主流の換気扇である。三菱電機は、浴室・トイレ・洗面所での使用に適した“サニタリータイプ”を中心に、居間・事務所・店舗用や台所用など、合計200機種以上をラインアップしている。

ダクト用換気扇に求められる性能としては、風量はもとより、省メンテナンス性や静音性などがある。近年では、国の省エネルギー技術導入促進事業である地域型住宅グリーン化事業で、補助金の交付要件の1つに“DCモーターで動くタイプ”が挙げられるなど、住宅用換気設備に対し、より省エネルギー性の高い機器が求められている。

今回の開発では、換気扇の羽根に当社独自のコーティング技術である“ハイブリッドナノコーティング・プラス”を施すことによって、羽根への汚れ付着を抑制し、省メンテナンスを実現した。静音性では、新羽根“デルタシロッコファンβ”の採用及び本体風路構造の最適化によって、従来機種に対し、最大3dBの低騒音化を実現した。また、DCブラシレスモーター搭載タイプに人感センサ付の中・大風量タイプを新たに3機種追加し(従来は小風量タイプの1機種)、DCブラシレスモーター搭載タイプでの業界最多^(注1)の商品ラインアップを全42機種に拡充するとともに、更に幅広いニーズへの対応を可能にした。

(注1) 2016年2月25日現在、当社調べ



ダクト用換気扇“サニタリータイプ”ラインアップ(2016年6月発売/全112機種)

浴室・トイレ・洗面所用途に適したサニタリータイプ(2016年6月発売/全112機種)のモデルチェンジを実施し、羽根にハイブリッドナノコーティング・プラスを施すことによる省メンテナンス、新羽根デルタシロッコファンβの採用及び本体風路構造の最適化による低騒音化を実現した。また、DCブラシレスモーター搭載タイプでの商品ラインアップ拡充によって、更に幅広いニーズへの対応を可能にした。

1. ま え が き

ダクト用換気扇は、主にマンションや戸建て住宅、事務所・店舗などに採用されるダクト方式で主流の換気扇である。当社は、浴室・トイレ・洗面所での用途に適したサニタリータイプを中心に、居間・事務所・店舗用や台所用など、合計200機種以上をラインアップしている。ダクト用換気扇に求められる性能としては、風量はもとより、省メンテナンス性や静音性などがある。近年では、国の省エネルギー技術導入促進事業である地域型住宅グリーン化事業で、補助金の交付要件の1つにDCモータで動くタイプが挙げられるなど、住宅用換気設備に対し、より省エネルギー性の高い機器が求められている。

本稿では、省メンテナンス及び更なる低騒音化を実現し、DCブラシレスモータ搭載タイプの商品ラインアップを更に拡充させた2016年6月発売のダクト用換気扇サニタリータイプの開発について述べる。

2. 新商品の特長

2.1 省メンテナンスの実現

ダクト用換気扇は天井埋め込み型のため、メンテナンスが敬遠される傾向にあり、当社がエンドユーザーに実施した清掃に関するアンケートでも、“清掃をしない”との回答が48%を占めた(図1)。機器の性能を維持するためには、定期的なメンテナンス・清掃が必要である。清掃をしない理由として“高所作業であり清掃が大変・面倒”との意見が59%を占めており、羽根の清掃作業自体を減らす“メンテナンスフリー化”の商品が求められている。

そこで、当社は2010年から、羽根に当社独自のコーティング技術である“ハイブリッドナノコーティング”を施すことによって、汚れの付着量をコーティングなしに対し約1/5に低減し、風量の低下や騒音の悪化を抑え、省メンテナンスを実現した。更に、今回の開発では、従来のハイブリッドナノコーティングの汚れ付着量を約1/2に低減したハイブリッドナノコーティング・プラスを採用することで、更なる省メンテナンスを実現した。

2.1.1 コーティング有無による汚れ付着の比較

当社基準に基づくリンティング試験(湿度を含んだほこりや砂塵(さじん)を用いた10年相当の加速試験)での、コーティング有無による汚れ付着の比較結果を図2に示す。図から、ハイブリッドナノコーティング・プラスの汚れ付着量が最も少ないことは明らかである。

2.1.2 風量低下や騒音悪化の抑制

先に述べたリンティング試験の前後での風量と騒音の変化を図3に示す。羽根を清掃せずに10年間使用した場合、コーティングなしに対し、ハイブリッドナノコーティング・プラスを施した製品の性能の悪化は僅かである。



(a) コーティングなし



(b) ハイブリッドナノコーティング



(c) ハイブリッドナノコーティング・プラス

図2. コーティング有無による汚れ付着の比較

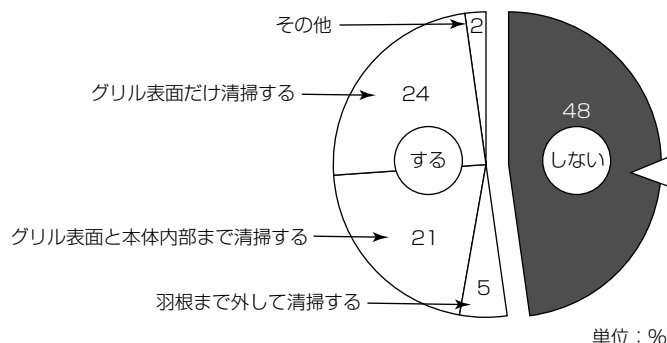


図1. ダクト用換気扇の清掃に関するアンケート(対象: 873名)

2.2 低騒音化の実現

当社のダクト用換気扇は、2018年で生産開始から50周年を迎えることになる。図4に示すように、ダクト用換気扇の歴史は、すなわち、低騒音化に対する飽くなき挑戦の歴史であると言える。今回の開発では、静音性を更に追求した新羽根デルタシロッコファン β の採用及び本体風路構造の最適化によって、従来機種に対し、最大3dBの低騒音化を実現した(図5)。

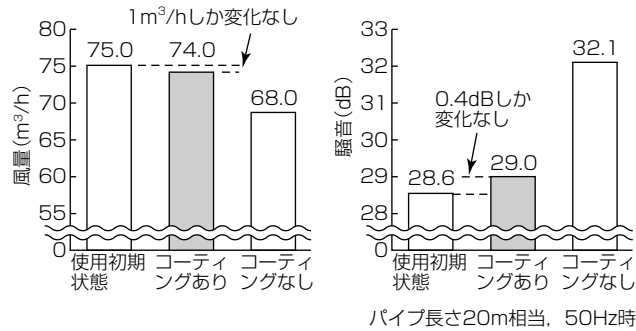


図3. VD-10ZC10のコーティング有無による性能変化の比較

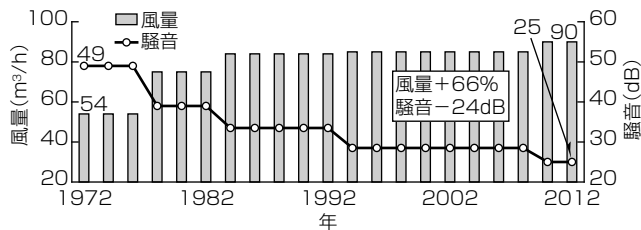


図4. VD-10Zタイプの性能改善の歴史 (50Hz/開放)

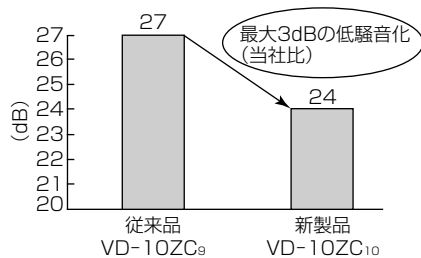


図5. VD-10ZCタイプの新旧騒音比較 (50Hz/開放)

2.3 機種ラインアップの拡充

近年、より省エネルギー性の高い機器が求められていることは先に述べたとおりである。当社は、2003年に業界で初めて^(注2)ダクト用換気扇にDCブラシレスモータを搭載し、他社に先駆けて省エネルギー換気を実現した。以降、DCブラシレスモータ搭載タイプのラインアップ拡充を続け、今回の開発では、人感センサ付の中・大風量タイプを新たに3機種追加し(図6)、DCブラシレスモータ搭載タイプにおける業界最多の商品ラインアップを全42機種に拡充した。

人感センサ付のラインアップを拡充することによって、例えばトイレなど、自動制御によって入室時の弱運転(24時間換気運転)から強運転への切替えの手間を省くことができ、退室時の切替え忘れによる無駄な電力消費を抑えるなど、省エネルギーの視点で更に幅広いニーズへの対応を可能にした。

(注2) 2003年3月6日現在、当社調べ

3. 新技術の詳細

3.1 省メンテナンスの実現

換気扇の羽根に当社独自の新しいコーティング技術であるハイブリッドナノコーティング・プラスを施すことによって羽根への汚れ付着を抑制し、省メンテナンスを実現した。次に従来技術であるハイブリッドナノコーティングと比較して述べる。

3.1.1 ハイブリッドナノコーティング

ハイブリッドナノコーティングは、表面に親水性と疎水性の両方の性格を持つ特徴がある。帯電を防止する親水性のシリカを主剤とし、疎水性のフッ素樹脂の微粒子を汚れの粒子よりも小さな“ナノ”間隔で分散させている(図7)。疎水性のカーボン汚れなどはシリカによってはじかれ、親水性のほこりや砂塵などは分散配置したフッ素樹脂の微粒子で接触状態が不安定になり、気流や振動ではがれやすくなるというメカニズムである。

3.1.2 ハイブリッドナノコーティング・プラス

今回の開発では、ハイブリッドナノコーティングを更に進化させるため、新たな視点である“撥水(はっすい)効果”に着目し、更なる防汚性能の向上を目指した。そこで誕生

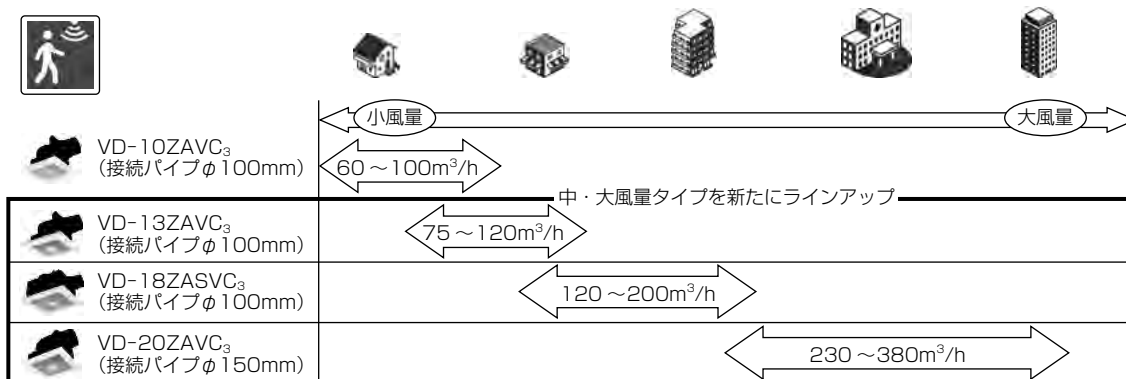


図6. 人感センサ付のラインアップ拡充

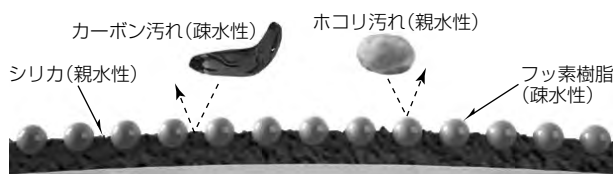


図7. ハイブリッドナノコーティングの概念図

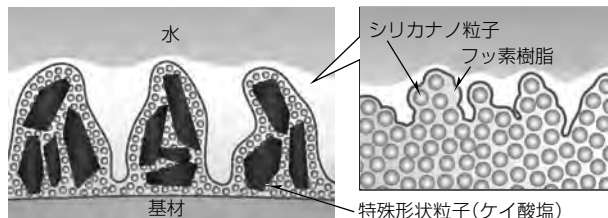


図8. ハイブリッドナノコーティング・プラスの概念図

したのが、ハイブリッドナノコーティング・プラスである。

ハイブリッドナノコーティング・プラスの概念図を図8に示す。撥水性のフッ素樹脂を主剤とし、シリカナノ粒子とナノサイズの凹凸構造を形成している。さらに、ミクロンサイズの特形状粒子(ケイ酸塩)を組み合わせ、ナノサイズとミクロンサイズの二種の凹凸構造を持つコーティング膜を形成することで、“撥水効果”を実現した。同時に、これらの凹凸構造によって空気層が形成され、多くの湿度を含んだほこりや砂塵などの付着を抑制することで、汚れ付着量を従来比で約1/2に低減した^(注3)。

(注3) プラスチック製試験片を用いた当社基準に基づく汚れ吹き付け試験時

3.2 最大3dBの低騒音化

今回の開発では、静音性を更に追求した新羽根デルタシロッコファン β の搭載及び本体風路構造の最適化によって、当社の代表機種VD-10ZCタイプで、従来機種に対し最大3dBの低騒音化を実現した。これら低騒音化技術について、次に述べる。

3.2.1 デルタシロッコファン β の搭載

ダクト用換気扇で更なる低騒音化を実現するためには、羽根が回転することで発生する風切音を低減する必要がある。今回の開発では、流体シミュレーションによって、風切音が主に羽根先端の後流及びベルマウス近傍で発生し、羽根への吸込流の影響を強く受けることが判明した。また、羽根を形成するブレードの円弧形状が、吸込流の流入角と適合していないため、流れが剥離して乱れが増大していることが分かった。

そこで、ブレードの円弧形状を吸込流の流入角に対して適合させるとともに、ブレード先端の内周側を必要最小限までカットすることで内周側の流入面積を拡大し、吸込流を減速させ、風切音の要因になる風の乱れを低減させた。

これらの低騒音化技術を取り入れた新羽根デルタシロッコファン β の形状を図9に示す。

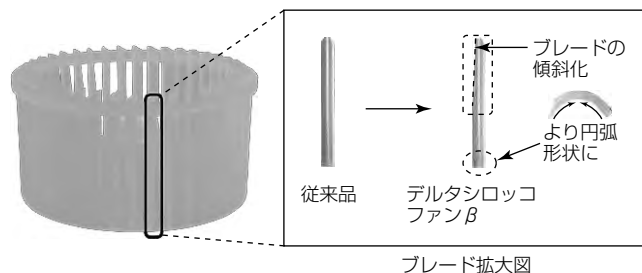


図9. デルタシロッコファン β の形状

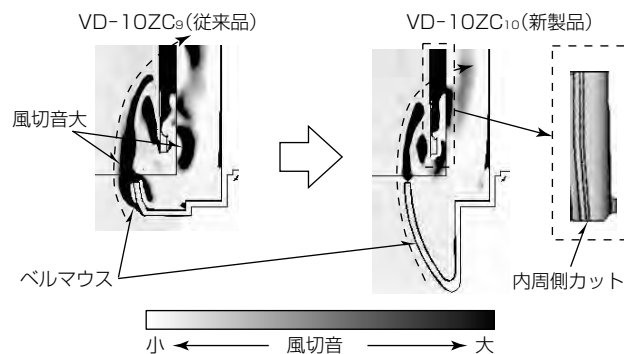


図10. 本体風路構造最適化による低騒音化の概念図

3.2.2 本体風路構造の最適化

先に述べた流体シミュレーションによって、風切音が主に羽根先端の後流及びベルマウス近傍で発生し、羽根への吸込流の影響を強く受けることが判明した。また、風路構造については、ベルマウスの高さが十分でないため、吸込流が剥離して乱れが増大することで、風切音を発生させていることが分かった。

そこで、ベルマウスを本体内で十分に大きくすることで、流入量の少なかった羽根先端の流れを改善するとともに、吸込流がベルマウスの壁面形状に沿って均一に流れるようになり、風切音を低減させることができた(図10)。

4. む す び

当社換気扇事業の中核とも言えるダクト用換気扇は、1968年の発売以来、大風量・低騒音・低消費電力の3つのキーワードの下で、製品開発を推進してきた。また、シーズを活用した要素技術・キーコンポーネントである“羽根”と“モータ”の開発に積極的に取り組み、多彩なラインアップとともに市場の要望に答えてきた。

今回の開発でも、当社独自のコーティング技術であるハイブリッドナノコーティング・プラスや、静音性を更に追求した新羽根デルタシロッコファン β など、新しい技術を世に送り出すことができた。

発売以来トップシェアを独走してきた現在の地位に甘んじることなく、市場のリーダーとして更なる技術革新に挑戦し、今後も進化を続けていき、当社換気扇事業を牽引(けんいん)していく。

ハイブリッド除湿機“DEH-SP3A”

伊藤慎一*

Hybrid Dehumidifier "DEH-SP3A"

Shinichi Ito

要 旨

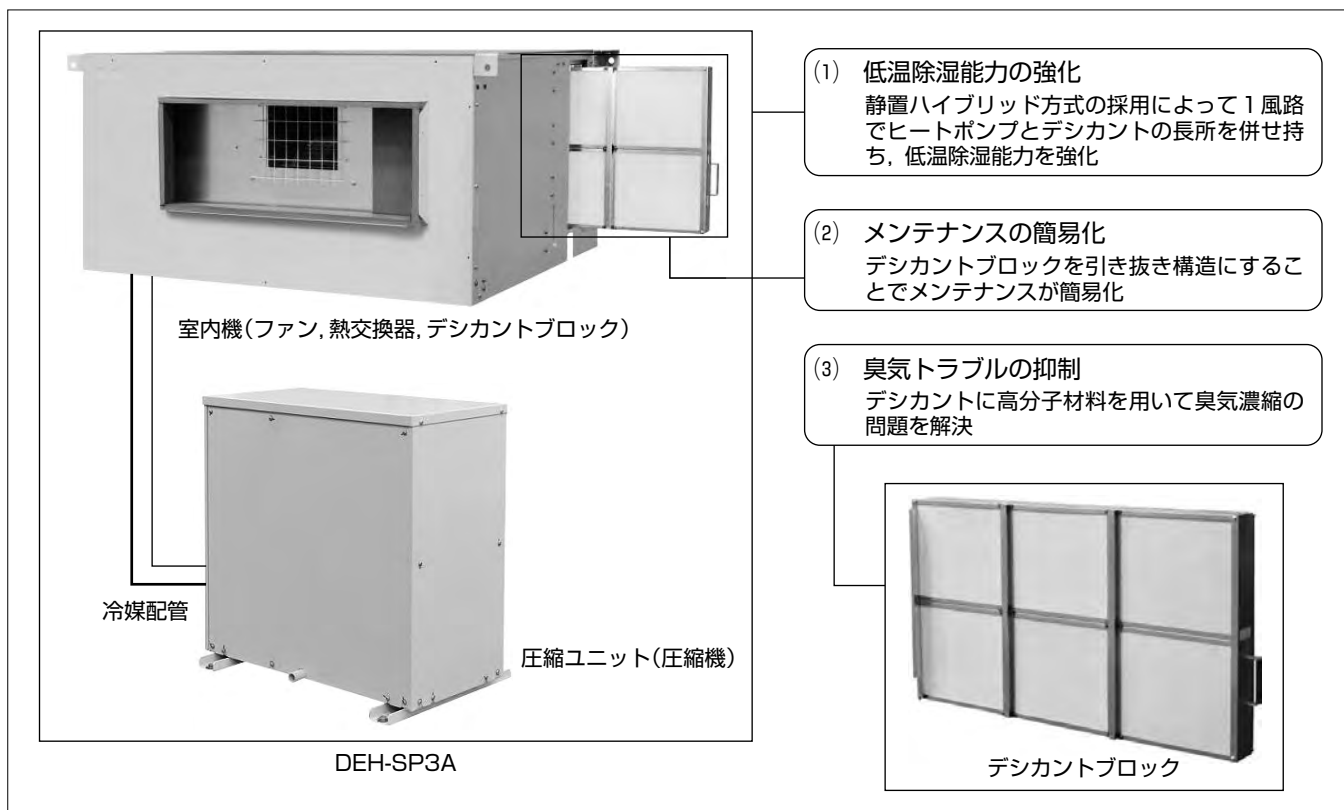
近年、“衛生管理”“食の安全”への意識の高まりから環境改善用途で除湿機の採用が増加傾向にある。しかし、低温環境では、ヒートポンプ方式は除霜運転が頻発して除湿量が低下するため、デシカントロータ方式が採用されていた。今回、ヒートポンプ方式とデシカントロータ方式の長所を併せ持ち、短所を克服する静置ハイブリッド方式の除湿機“DEH-SP3A”を開発した。新方式では世界初^(注1)となる“除霜中の高効率除湿運転”を実現し、低温時に現行の5馬力の除湿機と比較して57%の省エネルギーを達成した。

常温環境下でのヒートポンプ方式による除湿は省エネルギー性が高いが、低温時には除湿量が低下する課題があった。一方、デシカントロータ方式は低温除湿が可能だが、脱着反応には60℃以上の空気加熱が必要であり、ヒ-

ターを使用していた従来方式では、省エネルギー性に課題があった。

デシカントブロックによる静置ハイブリッド方式は低温で脱着可能なデシカント材を熱交換器で挟む構成とした。また、四方弁の切替えで熱交換器の加熱と冷却を切り替え、連続除湿を実現した。ヒートポンプ方式と比較すると、従来では除湿できなかった除霜時にデシカント脱着反応を利用して高湿化した空気を除湿できるため、除湿量が大幅に上昇し、室温10℃/湿度50%の条件では3馬力の圧縮機で5馬力同等の除湿量(1.67L/h)を達成し、消費電力57%の省エネルギーを実現した。

(注1) 2016年2月10日現在、当社調べ



低温向けハイブリッド除湿機“DEH-SP3A”の特長

低温向けハイブリッド除湿機“DEH-SP3A”は、デシカントブロックを用いた静置ハイブリッド方式によって低温時(3~10℃)でも高い除湿能力を1風路で発揮し、省エネルギーと省工事コストを両立させた。さらにデシカントブロックを引き抜き構造にすることで、メンテナンスが簡易になる。また、デシカントに高分子収着剤を使用することで臭気収着時にも臭気濃縮が発生せず、臭気トラブルを抑制する。

1. ま え が き

近年，“衛生管理”“食の安全”への意識の高まりから低温環境での除湿需要が増加している。三菱電機は低温除湿能力を強化するために、ヒートポンプとデシカントを組み合わせた静置ハイブリッド方式を採用した除湿機DEH-SP3Aを開発した。その特長は、通常は除湿ロスとなるヒートポンプ除霜運転でも、デシカントに一時貯留した水分を除霜排熱によって高湿度で放出し、下流の蒸発器で大量に結露させて除湿することで、高除湿能力を実現することである。

本稿では、低温除湿の課題、静置ハイブリッド方式の原理と動作、従来方法との比較について述べる。

2. 従来の除湿方式

従来のヒートポンプ方式による機器構成を図1に示す。除湿機はヒートポンプと蒸発器、凝縮器の順に室内空気が通過する1つの風路で構成している。室内空気は蒸発器の通過時に冷却除湿し、その後、凝縮器で加熱して室内に供給する。

デシカントロータを用いた従来の機器構成を図2に示す。この方式は、シリカゲルやゼオライト等の無機材料を担持しハニカム形状に加工したデシカントロータに湿った室内空気を通過させて除湿する給気経路と脱着用空気を60℃以上に加熱する加熱用ヒーター、ヒーター通過後空気がデシカントロータを通過する排気経路で構成している。

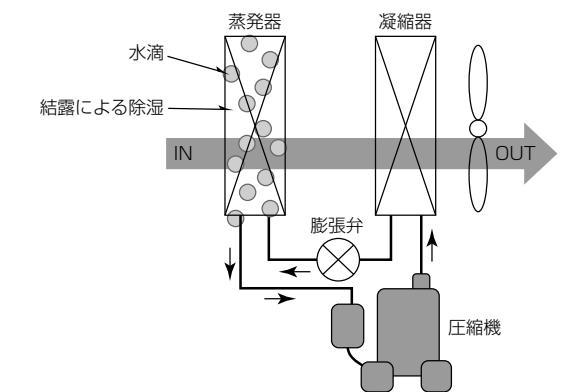


図1. ヒートポンプ方式による除湿

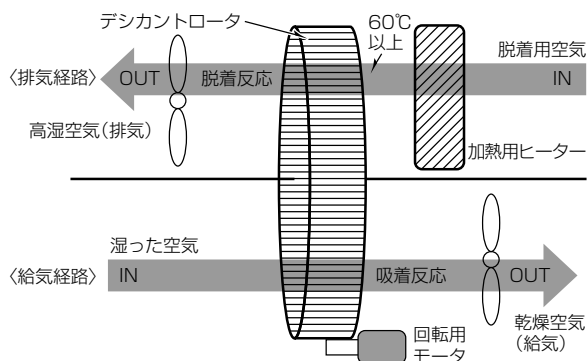


図2. デシカントロータ方式による除湿

3. 静置ハイブリッド方式

3.1 静置ハイブリッド方式

世界初となる静置ハイブリッド方式を採用し、“除霜中の高効率除湿運転”を実現した。静置ハイブリッド方式による除湿を図3に示す。静置ハイブリッド方式ではデシカント材をハニカムブロックに成型したものを風路内に配置し、その上流、下流に熱交換器1、2を配置した構成となる。熱交換器1、2は、膨張弁、四方弁に接続され、四方弁は、一定時間で熱交換器1、2の加熱（凝縮器）と冷却（蒸発器）を切り替える。さらに、除湿量増加のために風路の最下流に常に凝縮器として機能する吐出熱交換器を配置した。

3.2 従来除湿方式との比較

従来除湿方式との比較を表1に示す。ヒートポンプ方式は低温時の着霜によって除湿能力が低下する。加えて、除霜運転時には除湿できず、圧縮機容量に対して除湿量が低下する課題があった。一方、デシカントロータ方式は低温除湿時に着霜しないが、脱着空気の排気用にダクト工事が必要であり、さらに、脱着空気をヒーターで60℃以上に加熱するため設置コストと省エネルギーとに課題があった。静置ハイブリッド方式では、低温脱着可能なデシカント材の採用からヒーターレスとし、除霜時の排熱をデシカント脱着に利用して“除霜中の高効率除湿運転”を実現することで除湿量増加と省エネルギーを両立させた。

3.3 除湿運転

四方弁の切替で発生する2つの運転状態をデシカントの吸着運転、脱着運転として述べる。

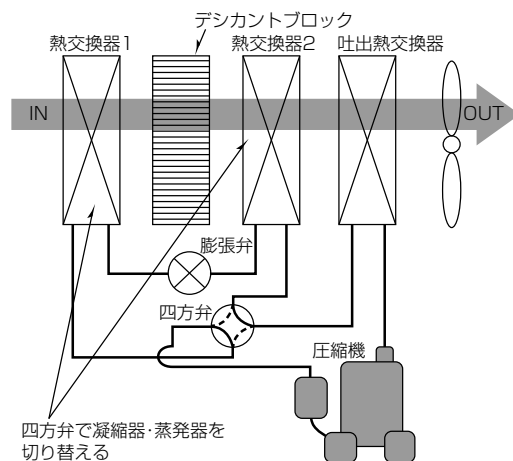


図3. 静置ハイブリッド方式による除湿

表1. 除湿方式の比較

方式	長所	短所
ヒートポンプ	①ヒートポンプ除湿で省エネルギー ②1風路で設置が容易	低温域で除湿量低下
デシカントロータ	低温域で性能低下なし	①デシカント脱着に60℃必要 ②排気用ダクトが必要 ⇒設置コスト、省エネルギーが課題
静置ハイブリッド	①ヒーターレス ②除霜排熱で高効率除湿 ③1風路で設置が容易	四方弁切替が必要

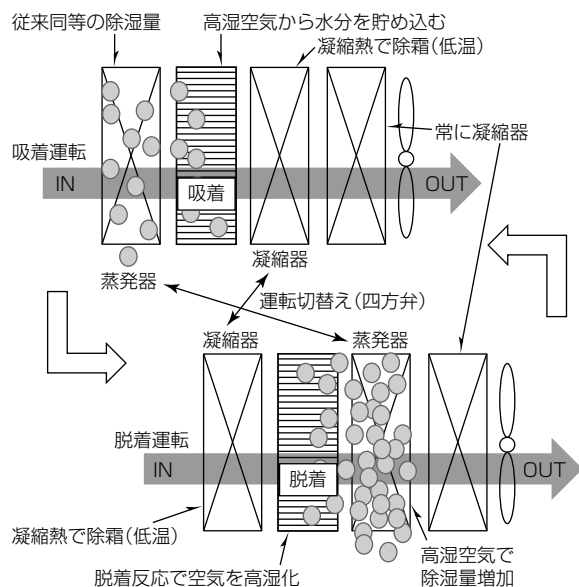


図4. 除湿運転

3.3.1 吸着運転

図4に示すように熱交換器1が蒸発器、熱交換器2が凝縮器として機能する。室内空気は蒸発器で冷却除湿された後にデシカントブロックに流入する。ブロック内では吸着反応を起こし、更に除湿される。その後、凝縮器を通過して室内に供給される。デシカント剤は相対湿度が高い空気ほど、水分を多く吸着する特性があり、吸着運転では蒸発器出口の高い相対湿度の空気と吸着反応させることによって、多くの水分がブロック内に保持される。

3.3.2 脱着運転

図4に示すように熱交換器1が凝縮器、熱交換器2が蒸発器として機能する。室内空気は凝縮器で加熱され、相対湿度が低下した状態でデシカントブロックに流入する。ブロック内では脱着反応を起こし、吸着運転時に保持した水分を放出することで通過空気を加湿し、高湿空気となって蒸発器に流入する。蒸発器では空気が冷却除湿された後、室内に供給される。

3.3.3 除霜中の高効率除湿

脱着運転での凝縮器は、吸着運転で発生した着霜を凝縮熱で除霜する。一方、蒸発器では、室内空気より高湿な空気が流入するため、通常よりも除湿量が増加する。つまり、従来のヒートポンプ方式ではロスとなっていた除霜運転中に、デシカントの脱着反応を利用した高効率除湿を実現する。

3.4 高分子材料の採用

従来のデシカント材はシリカゲルやゼオライトであったが、脱着（再生）に60℃以上の高温が必要⁽¹⁾であり、臭気濃縮の問題もあった。この開発では、吸着原理が従来の物理吸着と異なる分子間結合であり、原理的に臭気濃縮が発生しない高分子材料を採用した。また、低温環境下（約5℃）での脱着（再生）が可能⁽²⁾であるため、ヒーターレスが実現可能となった。

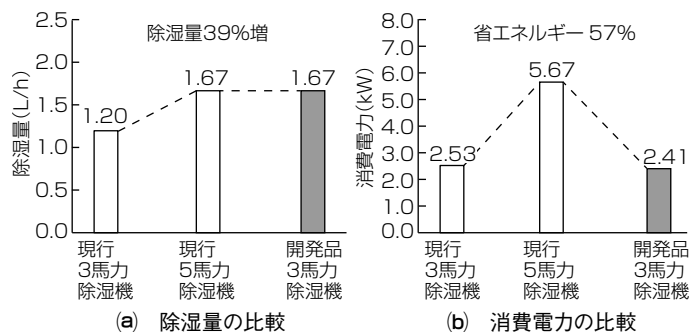


図5. 低温除湿特性(室温10℃, 湿度50%)

3.5 吐出熱交換器

静置ハイブリッド方式の脱着運転では、ヒートポンプの凝縮熱が脱着熱源となる。デシカント材は通過空気温度が高いと脱着水分量が増加する特性があり、加熱過多の場合には、脱着水分量が除湿能力を超え、ロスが発生する。この開発では風路最下流に吐出熱交換器を配置し(図3)、脱着時の加熱量を吐出熱交換器で抑制して脱着水分量を制御した。

4. 省エネルギー・省工事コスト・簡易メンテナンス

4.1 省エネルギー

静置ハイブリッド方式は図5から室温10℃、湿度50%では開発品の3馬力の圧縮機で現行5馬力除湿機と同等の除湿量1.67L/h(39%増加)、同等除湿量での比較では57%の省エネルギーを達成した。

4.2 省工事コスト

静置ハイブリッド方式は、一風路でデシカントの吸着、脱着を行うため、排気経路が不要となり、工事コストを削減できる。

4.3 簡易メンテナンス

デシカント材が平板状であり、機体側面から引き抜き可能な構造のため、簡易メンテナンスを実現した。

5. む す び

低温向けハイブリッド除湿機DEH-SP3Aの低温除湿性能強化、省エネルギー、省工事コスト、簡易メンテナンスを実現するために採用した静置ハイブリッド方式の除湿原理、高分子収着剤、吐出熱交換器の効果について述べた。低温除湿の要求はますます高まると考えられ、今後もデシカントを応用した除湿技術の開発を行っていく。

参 考 文 献

- (財)ヒートポンプ・蓄熱センター 低温排熱利用機器調査研究会：デシカント空調システム、日本工業出版社、36～52 (2006)
- 伊藤慎一、ほか：デシカントブロックを搭載したハイブリッド除湿機の開発、日本冷凍空調学会年次大会講演論文集、No.D121 (2016)

空調機用モータ・インバータの最新技術

馬場和彦* 下川貴也*
仁吾昌弘* 梅原成雄*
矢部浩二*

Advanced Technologies of Air Conditioner Motor and Inverter

Kazuhiko Baba, Masahiro Nigo, Koji Yabe, Takaya Shimokawa, Shigeo Umehara

要 旨

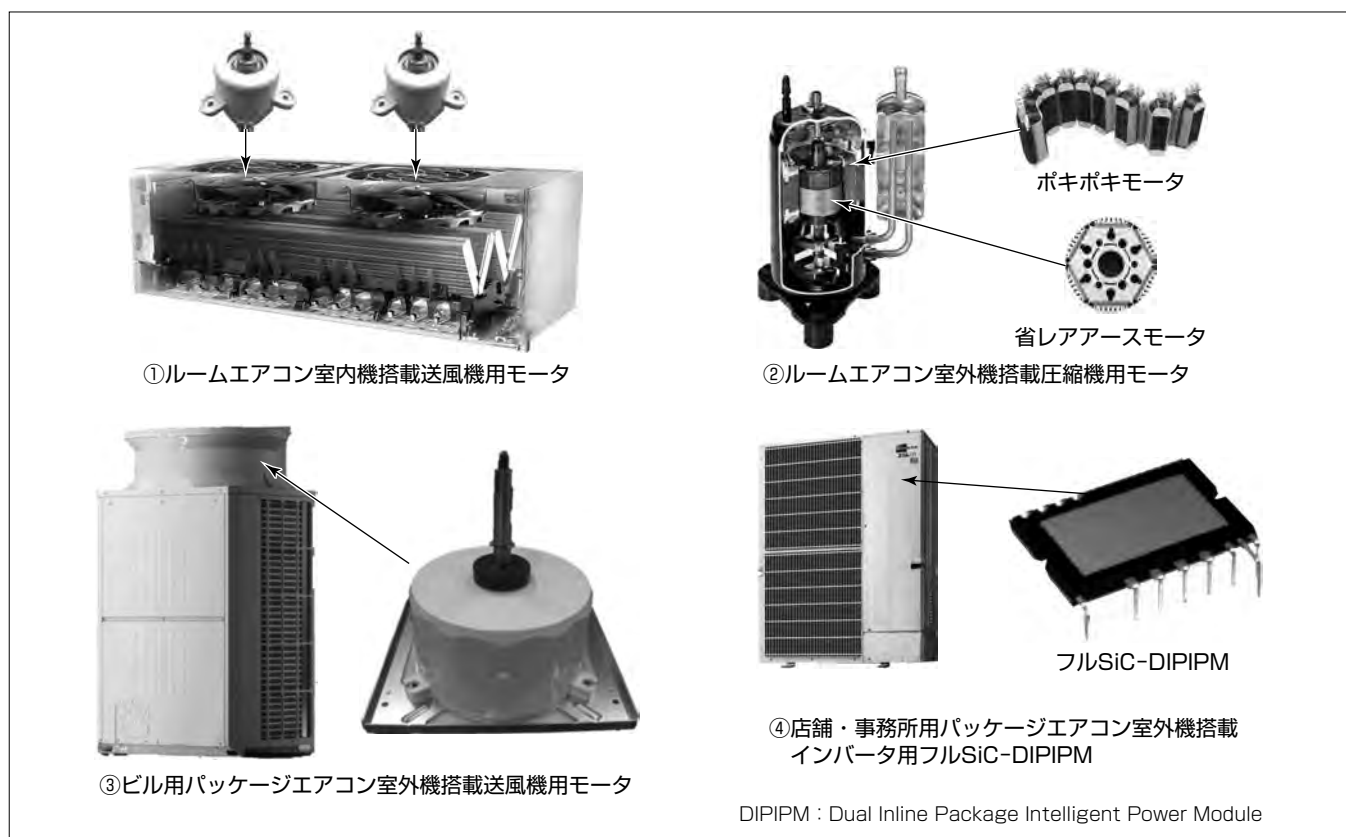
空調機は、家庭用から店舗・事務所・ビル用にいたるまで世界中で広く活用されており、環境負荷軽減のために省エネルギー・省資源化が求められている。空調機の電力は、圧縮機及び送風機を駆動するモータ・インバータによって大部分が消費されており、空調機の省エネルギー化を実現するための重要な開発要素となっている。

三菱電機ではこれまで、小型・高効率化に優れた当社独自の“ポキポキモータ”を核にブラシレスDCモータと高効率駆動技術の開発を推進し、環境負荷軽減に貢献してきた⁽¹⁾。

圧縮機用モータ・インバータの最新技術としては、ルームエアコンに適用したポキポキモータの銅損・鉄損の削減

技術、フェライト磁石、省レアアース磁石活用による省資源技術、業務用パッケージエアコンに適用したSiC(シリコンカーバイド)インバータによる高効率技術が挙げられる。また、送風機用モータでは、ルームエアコン室内機の“パーソナルツインフロー”を実現したモータの小型・高出力化技術、ビル用マルチエアコン室外機のモータ高効率化、省資源化技術が挙げられる。

なお、このモータ・インバータ技術は、当社のルームエアコン“霧ヶ峰FZシリーズ”の省エネ大賞経済産業大臣賞(最高賞)受賞に貢献した。



高効率・省資源に貢献する空調機用モータ・インバータ

モータ・インバータの小型・高効率・高出力技術によって、空調機の省エネルギー・省資源に貢献している。これらは、①ルームエアコン室内機搭載小型・高出力送風機用モータ、②ルームエアコン室外機搭載圧縮機用ポキポキモータと省レアアースモータ、③ビル用パッケージエアコン室外機搭載大口徑高効率送風機用モータ、④店舗・事務所用パッケージエアコン室外機搭載インバータ用フルSiC-DIPIPMなどによって実現している。

1. ま え が き

空調機に用いられる圧縮機及び送風機用モータ・インバータの最新技術として、ブラシレスDCモータを用いて実現した省エネルギー・省資源技術がある。製品への適用事例としては、圧縮機用モータ・インバータの高効率・省資源技術、送風機用モータの小型・高出力技術などが挙げられる。

本稿では、省エネルギー・省資源に貢献する空調機用モータ・インバータの最新動向として、圧縮機と送風機用モータ・インバータの取組みについて述べる。

2. 圧縮機用モータ・インバータ

2.1 高効率・省資源モータ

2.1.1 高密度巻線技術

ルームエアコン“霧ヶ峰”搭載の圧縮機用モータは、当社オリジナル技術のボキボキモータを採用している。このボキボキモータは、図1に示すようにステータコアを分割構造として部分的に連結することで、巻線を巻きやすい形状にステータコアを展開でき、整列巻きが可能になる。このため、巻線の高スペース効率化が可能で、低抵抗の太い巻線を巻くことで、高効率化を実現している。図2に従来仕様と新仕様のボキボキモータの巻線部の断面を示す。ステータコアと巻線間の絶縁部を図2(a)の樹脂成型絶縁から図2(b)の薄肉のPET(ポリエチレンテレフタレート)フィルムに変更することによって、巻線の配置可能な面積を拡大し、巻線の更なる太線化を図った。これによって、従来モデルに比べ巻線抵抗を30%低減し、エアコンの更なる効率改善に貢献している⁽²⁾。

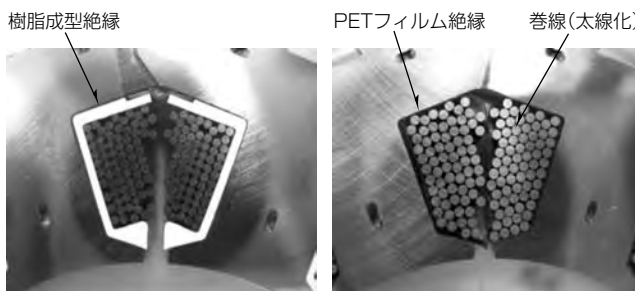
また、この技術を銅巻線に対して比抵抗の大きいアルミ巻線に展開し、効率低下分を太巻き線化とロータ高磁力化によって補完し、アルミ巻線モータで従来モデルの銅巻線と同等効率を実現している。

2.1.2 低鉄損技術

従来、圧縮機用ステータはシェルの内径と焼きばめによって固定されていたが、焼きばめによってステータコアに発生する圧縮応力が磁束の流れを阻害し、モータ損失(鉄損)となっていた。これを解決するため、磁界解析と構造解析との連成解析手法を用いてステータ構造の適正化を図った。図3に鉄損低減を実現した新仕様の応力緩和コアを示す。旧仕様に対し新仕様では、ステータコアとシェルの接触幅の縮小と接触位置の最適化を図ることで、ステータコアに作用する圧縮応力を低減した⁽³⁾。これに加え、ステータコアの電磁鋼板の薄肉化とティース部の積層間カシメ廃止によってインバータのPWM(Pulse Width Modulation)スイッチングで発生する高調波鉄損を抑制し、モータの鉄損を30%低減した。



図1. コア展開時のボキボキモータの外観



(a) 従来仕様

(b) 新仕様

図2. ボキボキモータの巻線部の断面

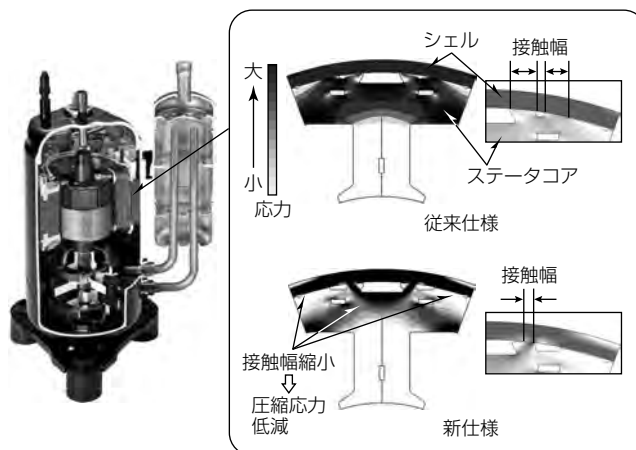


図3. 低鉄損を実現した応力緩和コア

2.1.3 省・脱レアアースモータ

圧縮機用モータは、小型・高効率化を実現するため、高性能な希土類磁石を使用している。従来、圧縮機のような高温雰囲気中で使用される希土類磁石には、高温中での減磁を抑制するために、高価なDy(ディスプロシウム)を使用していた⁽⁴⁾が、ルームエアコンの中・大容量機種向けにDyを用いない(Dyレス)小型・高効率モータを開発した。Dyレスを実現するためには、ロータの減磁耐力の改善が課題であった。図4に示すように、磁石ストッパ廃止による磁石端部の部分減磁の回避及び磁石厚みや埋め込み深さの適正化による新ロータを開発することで、圧縮機高温時の減磁耐力を15%改善し、Dyレス希土類磁石の適用を可能にした。

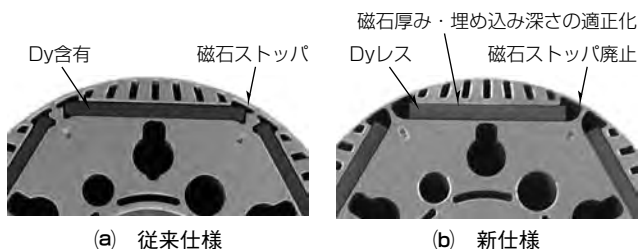


図4. 省レアアースモータ(希土類磁石)

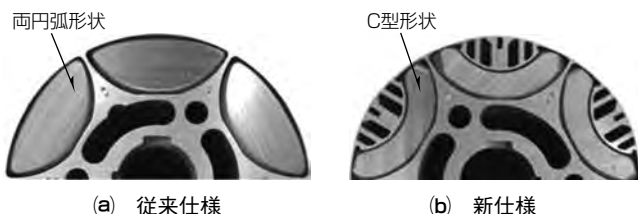


図5. 脱レアアースモータ(フェライト磁石)

また、ルームエアコン小容量機種には、図5で示すように高磁力C型フェライト磁石の採用によって、従来仕様のフェライトロータに対して磁束量を19%増加させ、小容量機種の希土類磁石モータと同等効率を実現し、希土類磁石からフェライト磁石への代替を可能にした。C型磁石では、ステータの電機子反作用によってロータ外周鉄心部の電磁加振力による振動・騒音の増加が課題であったが、ロータ外周部に設けた径方向スリットを設け、スリットの配置・形状を工夫することで電磁加振力の抑制を図った。

これらによって、ルームエアコン霧ヶ峰搭載圧縮機用モータの省・脱レアアース化を実現し、高効率化と省資源化を両立させている。

2.2 フルSiC-DIPIM搭載インバータ

ルームエアコンや店舗・事務所などの業務用パッケージエアコンに搭載されるパワー半導体はSi(シリコン)が主流である。高効率化の要求に対応するため、パワー半導体のスイッチング損失を大幅に低減することができるSiCパワー半導体の採用が広がっている。特に、エアコンの省エネルギー性の評価手法であるAPF(Annual Performance Factor)での、寄与率の大きい中間負荷条件で、SiC-MOSFET(Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor)は、Si-IGBT(Insulated Gate Bipolar Transistor)に比べて、圧縮機モータ運転時の電力損失を大幅に低減することができる。これまで、当社ルームエアコンの圧縮機モータ駆動用インバータにSiC-ダイオードや、家庭用マルチエアコンのPFC(Power Factor Correction)と呼ばれる交流電圧を直流電圧に変換する回路にSiC-ダイオード及びSiC-MOSFETを適用して、エアコンの電力損失を低減してきた。今回、業界で初めて^(注1)店舗・事務所向けの業務用パッケージエアコンの圧縮機モータ駆動用インバータにSiC-MOSFETを搭載したフルSiC-DIPIMを採用した(図6)。SiC-MOSFETの高



図6. フルSiC-DIPIM搭載パッケージエアコン

速スイッチングによるノイズの対策、保護回路の見直しも行った。これによって、圧縮機モータ駆動用インバータのモジュールでの電力損失を従来比約35%低減^(注2)し、業務用パッケージエアコン10馬力クラスで業界トップ^(注3)の省エネルギー性能APF5.5の達成に貢献している。

(注1) 2016年2月5日現在、当社調べ
(注2) 中間冷房中温条件での当社Si-DIPIMとの比較
(注3) 2016年2月5日現在、当社調べ(P280形クラス)

3. 送風機用モータ

3.1 ルームエアコン小型・高出力モータ

ルームエアコンの室内機では、従来、クロスフローファンを用いて気流制御を行っていたが、この風路形態では、省エネルギー化に限界があった。そこで、ルームエアコン“霧ヶ峰FZシリーズ”の室外機(図7)では、世界で初めて^(注4)左右独立駆動の2つのプロペラファンを搭載して送風効率を大幅に改善するとともに、“パーソナルツインフロー”による快適性の向上を図った。室内機の構造変更を実現するに当たり、モータをプロペラファンのボス部内へ搭載して風路確保を可能とするモータの小型化と、新構造W型大容量熱交換器でロング気流を実現するモータ高出力化を両立させた小型・高出力モータを開発した。図8に従来仕様と新仕様のモータを示す。また、図9に新仕様モータのロータを示す。新仕様ロータは、外周に希土類磁石、内周にフェライト磁石を二色成形し、希土類磁石の周方向の厚みを偏肉形状にするとともに、磁力を磁極中心に集中させた極配向を施すことによって、高磁力化を図った。さらに、ロータの磁極数とステータのスロット数の組合せを小型化に適した10極9スロット構造にすることでステータへの有効磁力を増加させて小型・高出力化を図ることによって、従来比1.3倍の高出力密度を実現した⁽⁵⁾。また、駆動方式を正弦波駆動とすることで高効率と低騒音を両立させ、送風時の消費電力を31%削減した。

(注4) 2015年8月25日現在、当社調べ

3.2 パッケージエアコン用高効率・アルミ巻線モータ

ビル用パッケージエアコンの室外機用に、業界トップ性能を狙った高効率な送風機用モータを開発した。図10に室外機の外観を、図11に送風機用モータの外観を示す。モータ外径を風路に影響しない範囲まで拡大し、巻線収容面積を拡

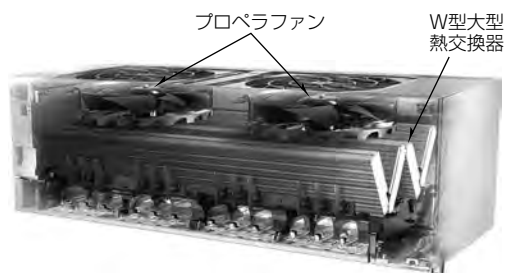


図7. 霧ヶ峰FZシリーズのルームエアコン室内機

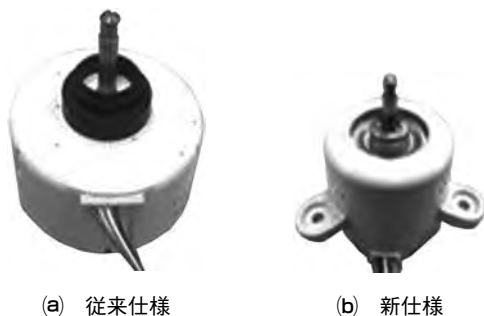


図8. ルームエアコン室内機搭載送風機用モータ



図9. 新仕様モータのロータ



図10. ビル用パッケージエアコン室外機



図11. ビル用パッケージエアコン室外機搭載送風機モータ



図12. 薄肉連結分割コア

大するとともに、高密度巻線を可能にするボキボキモータ技術を応用することで、銅よりも比抵抗の大きいアルミ巻線を使用しながらも高効率化を実現した。また、10極12スロット構造を採用することで、永久磁石の磁力を有効に利用し、永久磁石の使用量を削減しつつ低トルクリプル化を実現した。

ステータのティース構造に、2つのティースを薄肉で連結した薄肉連結分割コア(図12)を開発し、金型や製造設備の小型化、高密度な巻線、巻線時間の短縮を可能にした。また、分割コアの課題であった真円度や組立て性を改善するため、分割したコア同士を嵌合(かんごう)させて一体の円形状にする組立て技術を開発し、形状精度を改善してロータとステータ間の空隙を縮小しつつ組立て性の改善を図ることができた。

これらの改善によって、モータ効率を従来比4.2%向上させた⁽⁶⁾。

4. む す び

空調機用のモータ・インバータの最新技術について述べた。今後もモータ・インバータの省エネルギー化の要求は続くと思われるが、理論的に大幅な性能向上を見込むことは難しい状況になっている。機器単体の効率改善だけでなく、システム全体での最適化という視点に立って開発を進めることが重要と考えられる。

参 考 文 献

- (1) 黒崎正巳，ほか：空調機用モータ・インバータの高効率化技術，三菱電機技報，88，No.10，47～50 (2014)
- (2) “霧ヶ峰ZWシリーズ”搭載 高効率圧縮機モータ，三菱電機技報，85，No.1，76 (2011)
- (3) 高効率・空調用ツインロータリ圧縮機“SVB140F”，三菱電機技報，90，No.1，72 (2016)
- (4) 圧縮機用省レアアースモータ，三菱電機技報，87，No.1，70 (2013)
- (5) ルームエアコン用小型高出力直流ファンモータ，三菱電機技報，90，No.1，71 (2016)
- (6) パッケージエアコン用高効率アルミ巻線DCファンモータ，三菱電機技報，90，No.1，49 (2016)

12HP大容量マルチエアコン対応 大型ロータリ圧縮機

長澤宏樹*
櫻田公平*

Larger Capacity Rotary Compressor for 12HP Multi-zone Air Conditioning System

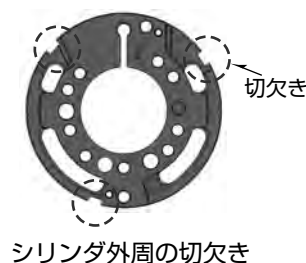
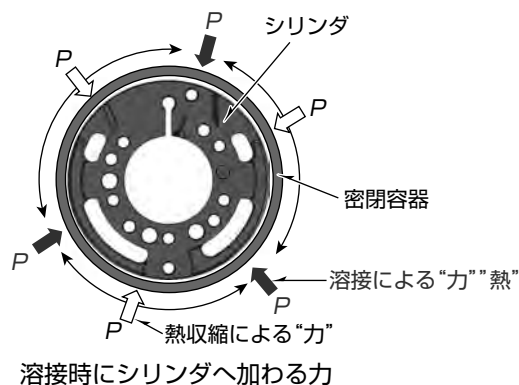
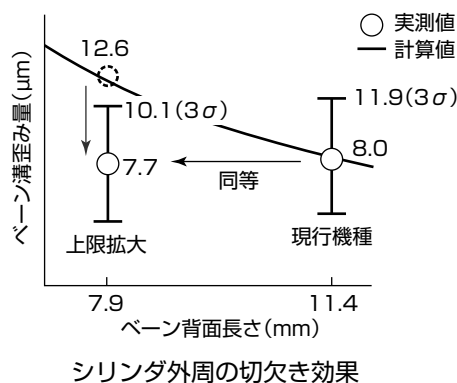
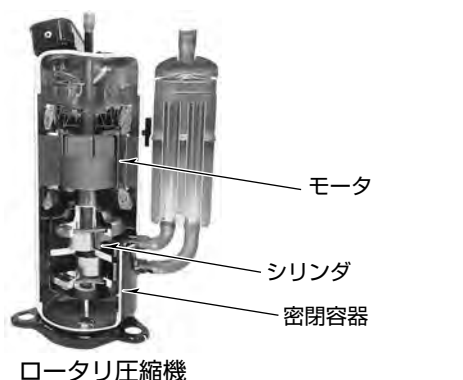
Hiroki Nagasawa, Kohei Sakurada

要 旨

昨今の中国では、延べ床面積数百m²にのぼる小型の商業施設や富裕層向け住宅の着工数が安定しており、そういった施設には、単独室外機で比較的シンプルな構造である十数HPの大容量マルチエアコンが求められている。一方、そのような大容量マルチエアコンでも省エネルギー規制を推進する中国政府の動きがあり、中間性能が重要視されてきている。そこで部品点数が少なく小型・軽量で省資源であり、中間性能に有利で省エネルギー性の高いインバータロータリ圧縮機が有用である。三菱電機では、従来10HP(馬力)を上限としていたインバータロータリ圧縮機を大容量マルチエアコンに対応できる12HPまで引き上げ

た同能力帯最小最軽量でトップクラスの性能である大容量ロータリ圧縮機を開発した。

開発での技術的課題の1つとして、“偏心量増加に伴うシリンダ剛性低下によるシリンダベーン溝歪(ひず)み増大”が挙げられた。シリンダベーン溝(以下“ベーン溝”という。)を歪(ゆが)ませる力は、密閉容器へ圧縮機構を固定する際の溶接によってシリンダへ加わる力である。溶接時にシリンダへ加わる外力を分析し、ベーン溝歪みへの影響を定式化することによって外力を逃すことのできる切欠きをシリンダに追加することでベーン溝歪みを低減し、大容量ロータリ圧縮機を実現した。



圧縮機断面図と適用した新技術

現行機種に対し、上限拡大機種の開発課題の1つとしてベーン溝の歪み量増大が挙げられた。溶接時にシリンダへ加わる外力を分析し、ベーン溝歪みへの影響を考察した。ベーン溝の歪み量を現行機種同等まで低減するために、シリンダ外周に切欠きを追加した。

1. ま え が き

昨今の中国では、延べ床面積数百m²にのぼる小型の商業施設や富裕層向け住宅の着工数が安定しており、そういった施設には、単独室外機で比較的シンプルな構造である十数HPの大容量マルチエアコンが求められている。一方、そのような大容量マルチエアコンでも省エネルギー規制を推進する中国政府の動きがあり、中間性能が重要視されてきている。そこで部品点数が少なく小型・軽量で省資源であり、中間性能に有利で省エネルギー性の高いインバータロータリ圧縮機が有用である。当社では、従来10HPを上限としていたインバータロータリ圧縮機を圧縮機構部の低歪み化技術を用いることによって、大容量マルチエアコンに対応できる12HPまで引き上げた同能力帯最小最軽量でトップクラスの性能である大容量ロータリ圧縮機を実現した。

本稿では、ロータリ形圧縮機の大容量化を実現する際に生じる課題である圧縮機構部の歪み量低減技術について述べる。

2. ロータリ圧縮機

図1に当社ツインロータリ圧縮機の断面を示す。密閉容器の内部に冷媒を圧縮する圧縮機構部と電動機部が固定されている。電動機部によって圧縮機構部を駆動させることによって吸入冷媒を圧縮機構部で圧縮し、圧縮冷媒を吐出する。

圧縮機構構成部品を図2に示す。電動機のトルクをクランクシャフト(以下“C/S”という。)によって伝達し、C/Sをフレームとシリンダヘッドの2つ軸受で支持するとともに、上下2つのシリンダ内径、2つのシリンダを仕切るMプレート、シリンダ内径でC/Sによって駆動させられるローリングピストン(以下“R/P”という。)、シリンダ内径でR/Pに追従しシリンダ内径を吸入室と圧縮室に仕切るベーン、ベーンをR/Pに追従させるベーンスプリングによって圧縮機構部を形成している。

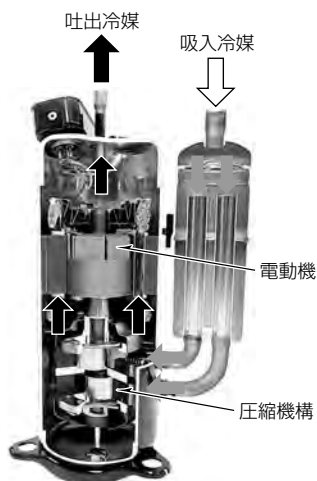


図1. ロータリ圧縮機の断面

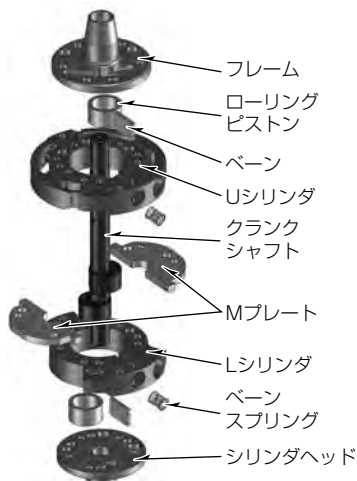


図2. 圧縮機構の構成部品

ロータリ圧縮機の圧縮機構部を上面視した圧縮工程を図3に示す。R/Pが反時計回りに回転することによってR/Pとベーンで仕切られたシリンダ内径の圧縮室体積が変化して冷媒を圧縮している。

吸入圧状態の冷媒を吸入し、R/Pの回転によって圧縮過程を経て、吐出圧になり、冷媒が吐き出される。

3. ベーン溝歪みのメカニズム

3.1 偏心量増加によるシリンダ寸法変化

図4に圧縮室の模式図を示す。R/Pが1回転当たりに圧縮する圧縮室へ吸入された時の冷媒体積はシリンダ幅 h 、シリンダ内径 D_c 、R/P外径 D_R によって形成されるストロークボリューム V_{st} によって表される(式(1))。

$$V_{st} = \frac{\pi}{4} h (D_c^2 - D_R^2) \dots\dots\dots (1)$$

シリンダ外径を変更せずに V_{st} を大きくすることを上限拡大と呼び、今回は D_R を小さくすることによって上限拡大を行っている。

D_R を縮小して上限拡大する際の圧縮室構成部品の寸法変化は図5に示すように、

- (1) R/P外径の縮小に伴って、ベーン支持距離を確保するため、ベーン長さを延長する(図5(a))。

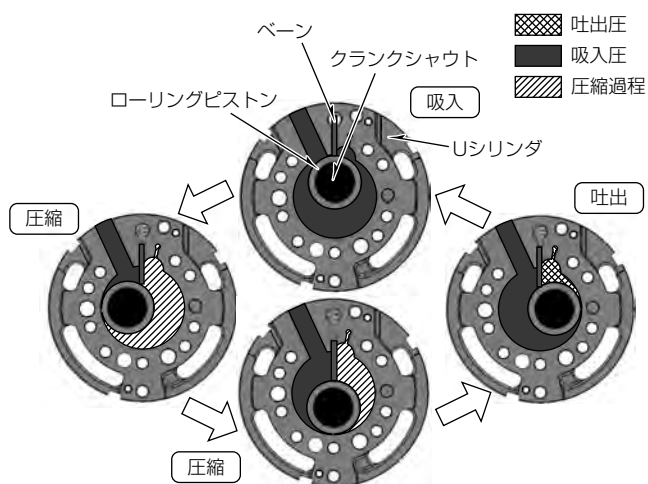


図3. ロータリ圧縮機の圧縮の工程

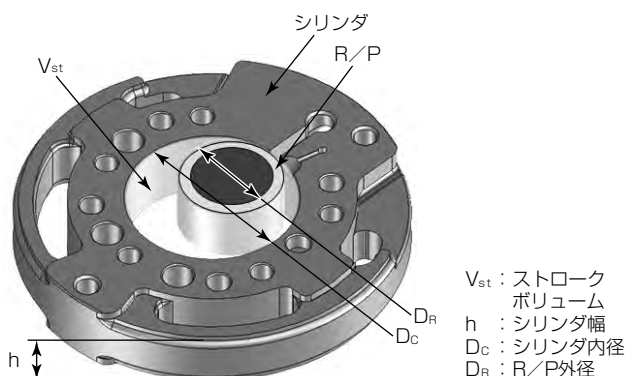


図4. 圧縮室の模式図

- (2) ベーン長さを延長した分、ベーン溝長さを延長し、ベーン背面長さが縮小する(図5(b))。

これらの寸法変化によって、ベーン溝背面長さが縮小するため、シリンダの剛性が低下してベーン溝が歪みやすくなる。ベーン溝歪みのイメージ図を図6に示す。

図7に現行機種と上限拡大機種の“ベーン背面長さ”と“ベーン溝歪み量”の関係を示す。上限拡大することによってベーン背面長さが短くなり、ベーン溝歪み量が大きくなっていることが確認できる。ベーンの摺動(しゅうどう)耐力を確保するには現行機種と同等のベーン溝歪み量にする必要がある。

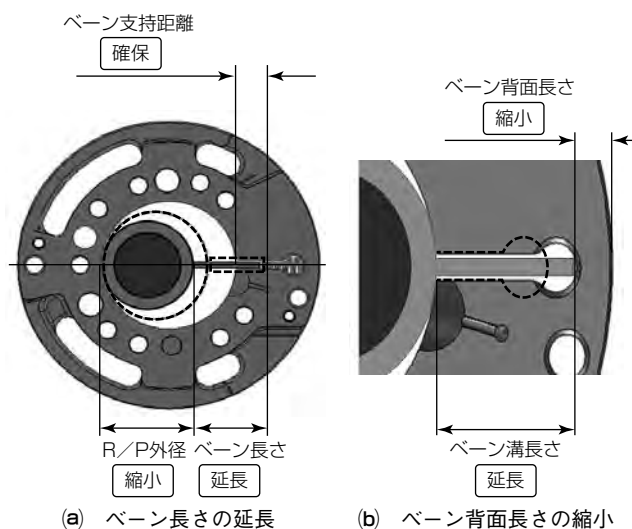


図5. 圧縮機構構成部品の寸法変化

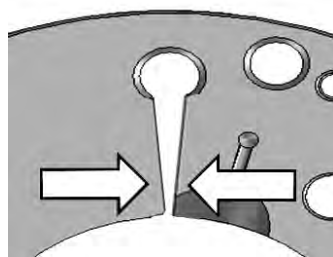


図6. ベーン溝歪み

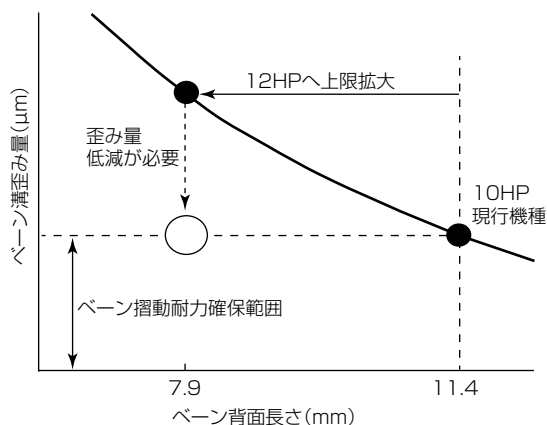


図7. ベーン背面長さとベーン溝歪み量の関係

3.2 シリンダへ加わる力の考察

図8に圧縮機構部を圧力容器に固定するためにシリンダと密閉容器を溶接する際、シリンダへ加わる力を示す。ベーン溝の歪みは、シリンダと密閉容器を溶接する際にシリンダへ加わる力によって発生している。溶接時にシリンダへ加わる力を考察すると、“周上3点の溶接によってシリンダへ加わる力”と“溶接時に密閉容器が加熱され収縮する際にシリンダへ加わる力”の2種類が周上6点で発生している。

3.3 ベーン溝へ加わる力の考察

シリンダと密閉容器を溶接する際にシリンダへ加わる力Pがどのようにベーン溝へ作用するのか考察した。図9にベーン溝へ加わる力の1つについてモデル化した図を示す。溶接時にシリンダへ加わる力Pはシリンダ外周のリップ部に作用しリップ部を撓(たわ)ませる。この力を P_{rib} とする。シリンダ外周に加わる力Pからリップ部で P_{rib} として働く力を減じた力がベーン溝へ作用していると考え、このベーン溝へ働く力を P_{VANE} とする。これらから、シリンダへ加わる力Pはシリンダ外周のリップ部に働く力 P_{rib} とシリンダベーン溝へ働く力 P_{VANE} に分解でき、その関係は次の式(2)で表される。

$$P = P_{rib} + P_{VANE} \dots\dots\dots (2)$$

図10にシリンダ周上6点からベーン溝に働く力のモデルを示す。3.2節で述べたように、シリンダ周上6点から加わる力Pは各々モーメント荷重 P_{VANE} としてベーン溝に働いているため、ベーン溝に対する P_{VANE} の角度を θ 、 P_{VANE} からベーン溝背面までの長さをLとすると、ベーン

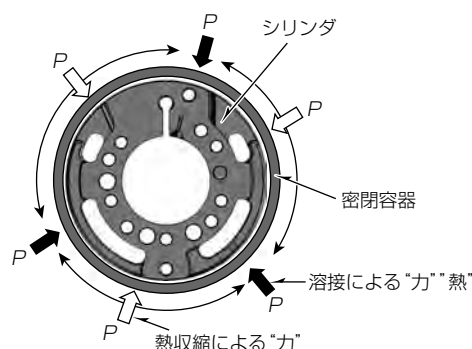
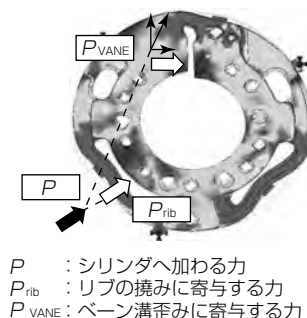
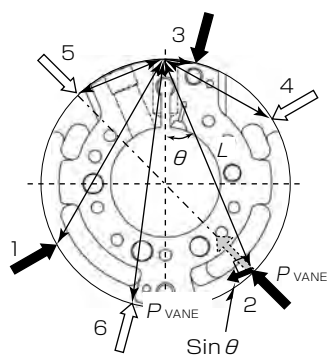


図8. 溶接時にシリンダへ加わる力



P : シリンダへ加わる力
 P_{rib} : リップの撓みに寄与する力
 P_{VANE} : ベーン溝歪みに寄与する力

図9. ベーン溝に働く力



P_{VANE} : ベーン溝に働く力
 θ : ベーン溝に対する P_{VANE} の角度
 L : P_{VANE} からベーン溝背面までの長さ

図10. シリンダ周上6点からベーン溝に働く力

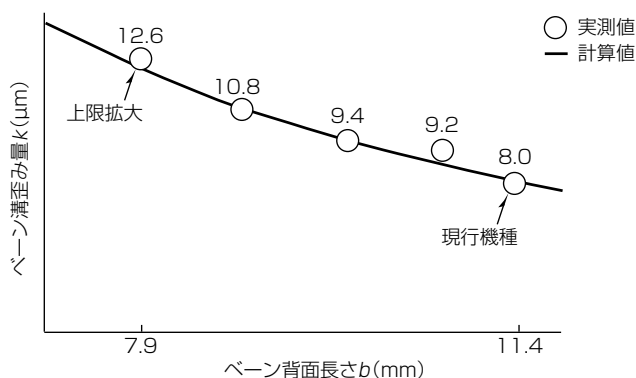


図11. ベーン溝歪み量とベーン背面長さの関係

溝へ加わる全てのモーメント荷重 M は次の式(3)で表すことができる。

$$M = \sum_{n=1}^6 P_{VANE} n \sin \theta_n L_n \dots \dots \dots (3)$$

3.4 ベーン溝歪み量の定式化

3.3節の考えの基、ベーン溝の歪み量を定式化した。シリンダ外径を D 、ヤング率を E 、ベーン背面長さを b 、ベーン溝歪み量を k とすると k は次の式(4)で表され、今回の上限拡大での変数である b が反比例の関係で影響することが分かる。

$$k = \frac{M \left(\frac{D - D_c}{2} \right)^2}{E \left(\frac{bh^3}{16} \right)} \dots \dots \dots (4)$$

10HP対応現行機種から12HP対応上限拡大機種までのベーン背面長さにおけるベーン溝歪み量を測定した結果を図11に示す。計算値と実測値は一致しており、ベーン溝歪みに関するこの定式化の妥当性が確認できた。

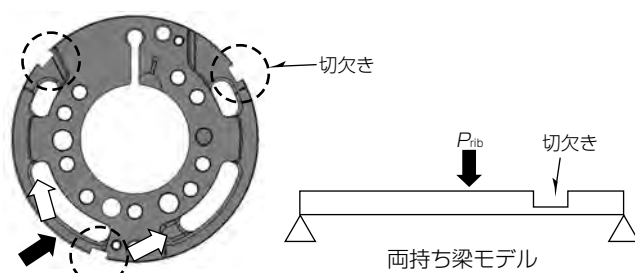


図12. シリンダ外周の切欠き

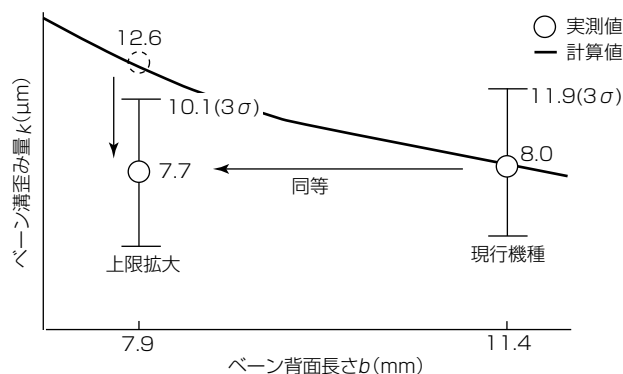


図13. シリンダ外周の切欠き効果

4. シリンダ外周切欠きによる低歪み化

4.1 低歪みシリンダ構造の検討

式(2)からリブ部剛性を低下させるとリブ部に作用する力 P_{rib} は増大し、 P_{VANE} を下げられるため、シリンダリブ部に切欠きを追加することでリブ部の剛性を低下させた。図12に P_{rib} 増大を目的としたシリンダ外周の切欠きを追加したモデル図と P_{rib} が増大する両持ち梁(はり)のモデル図を示す。

4.2 シリンダ外周切欠き効果確認結果

図13にシリンダ外周の切欠き効果の確認結果を示す。製造上問題のない範囲でシリンダ外周上に3か所切欠きを追加した結果、現行機種と同等のベーン溝歪み量を実現することができた。

5. む す び

従来10HPを上限としていたインバータロータリ圧縮機を大容量マルチエアコンに対応できる12HPまで引き上げ、同能力帯最小最軽量でトップクラスの性能である大容量化を実現した。この圧縮機導入での技術的課題の1つである“偏心量増加に伴うシリンダ剛性低下によるシリンダベーン溝歪み増大”に対し、起きている事象を定式化し、シリンダ外周に切欠きを追加することによって歪み量を低減する方法を検討・検証し、課題を解決した。

新型空冷ヒートポンプチラー“DT-R”

彦根 昂仁*
伊藤 拓也*
伊藤 正紘**

New Type Air-cooled Heat Pump Chiller "DT-R"

Takahito Hikone, Takuya Ito, Masahiro Ito

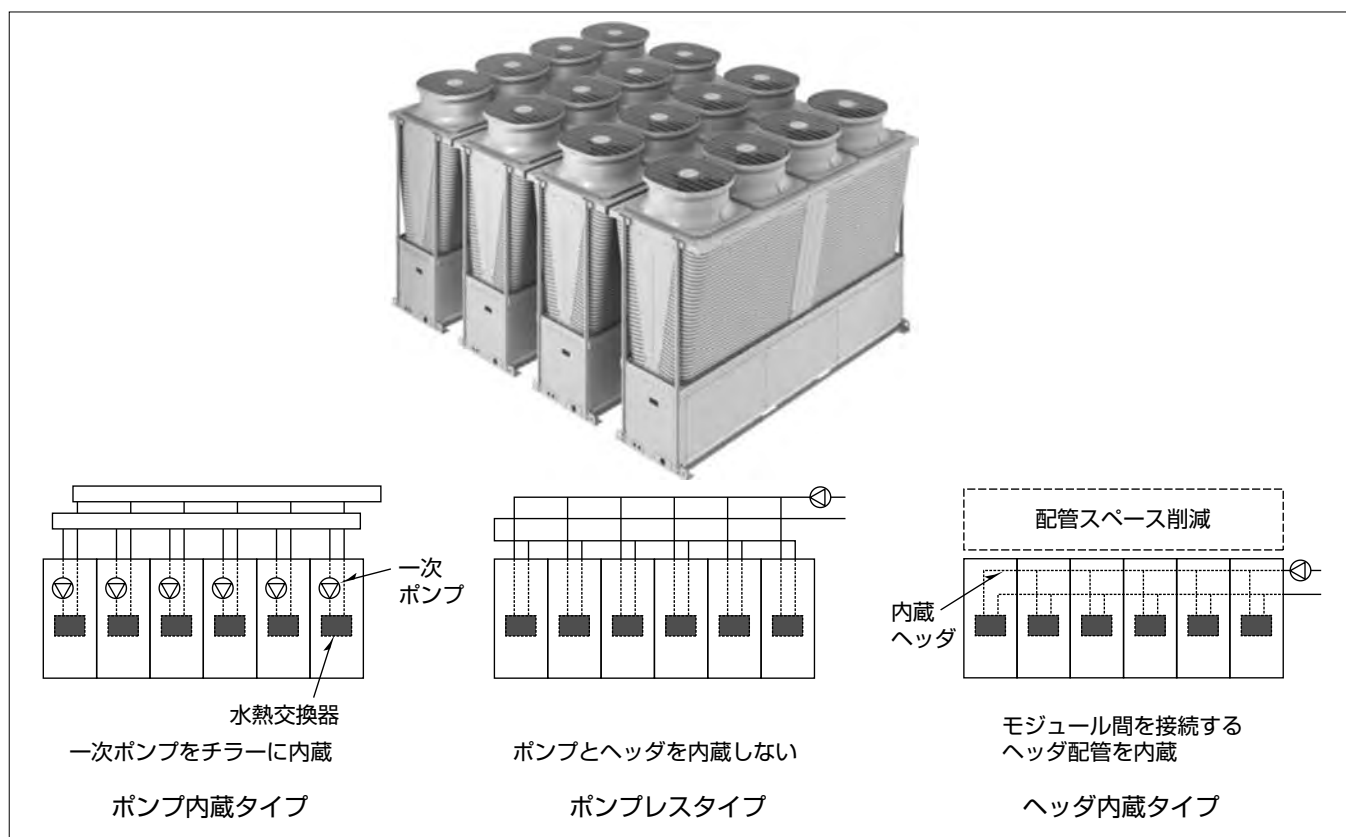
要 旨

現在、省エネルギー性が高く、CO₂排出量削減に大きく寄与し、ランニングコストの低減も可能なヒートポンプチラーの普及が進んでいる。今回、要素技術の改善及び三菱電機独自の製品筐体(きょうたい)の開発によって、省エネルギー性と設置性を向上させた空冷式ヒートポンプチラー“DT-R”(以下“DT-R”という。)を開発した。

この製品は業界トップクラスのCOP(Coefficient Of Performance)3.47を実現し、年間消費エネルギーを従来機と比べ15%低減して省エネルギー性を向上させた。また、他社同設置面積のユニットに比べて能力を20%向上させることで省設置スペース性の向上も実現した。

また、近年、冷温水ポンプ制御や熱源機複数台制御等を含めたシステム全体の性能を向上させることで、省エネルギー化を図る要望が大きくなっている。さらに、熱源機メーカーが冷温水ポンプをユニットに内蔵し、施工の簡略化を図るとともにメーカー側でポンプ制御を行うことが多くなっている。そこで、DT-Rでは冷温水ポンプをユニットに内蔵し、冷温水ポンプ制御・熱源機複数台制御を搭載した。これによって、システム制御を可能にし、室内機の温度制御の安定運転を可能にした。

今後は当社冷熱システム製作所内に建設した技術棟でシステム制御の省エネルギー効果を検証する。



空冷式ヒートポンプチラー“DT-R”

DT-Rを4台連結接続したときの外観を示している。省エネルギー性と設置性向上を目的に新型チラーDT-Rを開発し、業界トップクラスの冷房COPと省設置スペースを実現した。

1. ま え が き

空冷ヒートポンプチラーは大規模ビル、学校、病院、工場等の大空間の空調や外気処理用のセントラル熱源機として広く採用されている。

チラーは空調室内機側に冷媒が不要であるため、近年、冷媒量削減による地球温暖化対策として注目され、更なる省エネルギー化が求められている。また、チラー市場の約60%は既設品からの更新需要であり、既存設置スペースでの冷房・暖房能力の拡大要求がある。

そこで、要素技術の改善や当社独自の製品形状の採用によって、省エネルギー性と設置性を向上させた空冷ヒートポンプチラーDT-Rを開発した⁽¹⁾。

2. DT-R

ヒートポンプチラーは高熱負荷対応やリスク分散を図るため、多台数のモジュールを連結して設置する事例が増えている。図1にDT-Rを4台連結接続したときの外観を示す。DT-Rはユニット下部に機械室を配置し、その上に空気熱交換器、最上部にファンを搭載するトップフロー形態を採用した。また、空気熱交換器を斜め配置し、機械室を直方体としたY構造によって、連結設置時の機械室サービス性を確保するとともに、吸い込みスペース増大によって単独設置時に対する風量低下を抑制した。

表1にDT-Rの性能を示す。DT-Rは高効率要素部品の搭載によって50HP(馬力)で業界トップクラスの冷房COP3.47を達成した。また、要素部品の容積削減と高密

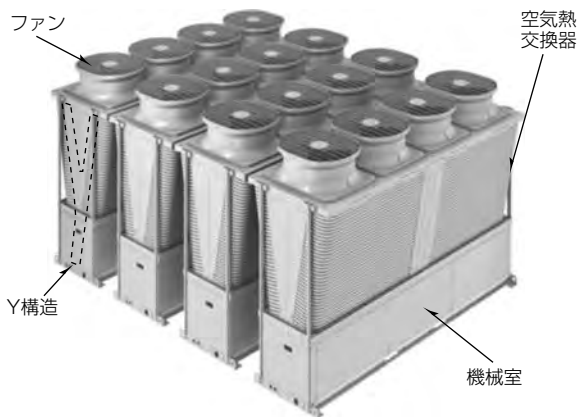


図1. DT-Rの4台連結接続

表1. DT-Rの性能

馬力		60HP	50HP
冷却	能力(kW)	180	150
	COP	3.12	3.47
加熱	能力(kW)	180	150
	COP	3.24	3.42
寸法(H×W×D)(mm)		2,350×1,080×3,400	

冷却性能は外気温35℃(乾球温度)、冷水入口14℃、冷水出口7℃(出入口7℃差)の時の値を示す。加熱性能は外気温7℃(乾球温度)/6℃(湿球温度)、温水入口38℃、温水出口45℃(出入口7℃差)の時の値を示す。

度実装によって50HPと同一設置スペース(1.08(W)×3.40(D)(m))で60HPを出力可能となり、省設置スペースを実現した。

3. 要素技術の高性能化

3.1 端部L字曲げ熱交形態と高効率フィン形状

DT-Rは1.08(W)×3.40(D)(m)のコンパクトな形状を実現するため、空気熱交換器の前面の面積を従来よりも小さくする必要があった。空気熱交換器を端部L字曲げ形状にすることで、曲げ回数を最小化し、列数を従来の3列から4列に増やした。これによって前面の面積を37%削減し、伝熱面積を15%の削減に抑え、高密度実装を実現した。また、省エネルギー性を維持するためには、伝熱性能の向上が必要であったため、従来のリングフィン(図2(a))から、新型スリットフィン(図2(b))を採用することで、10%の伝熱性能向上を達成した。

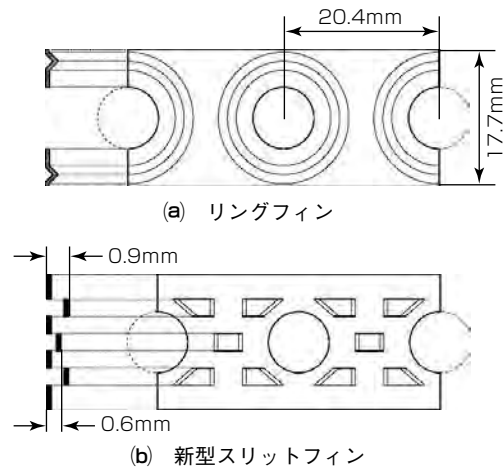


図2. 従来フィンと新型スリットフィン

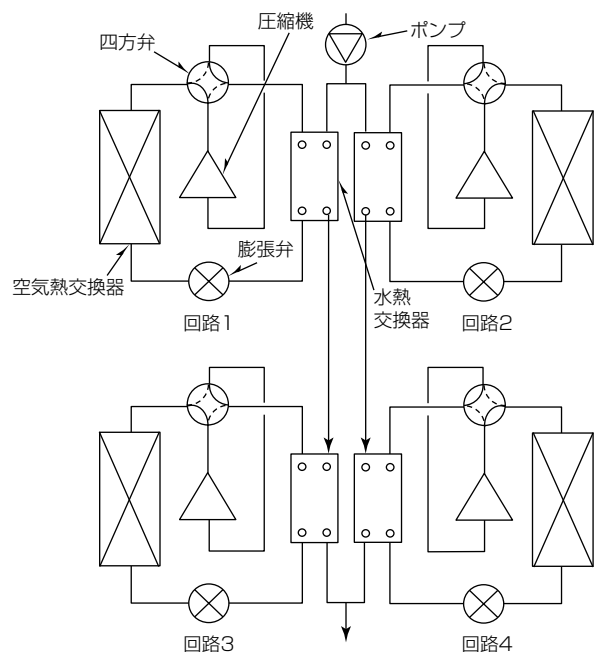


図3. 冷媒回路図

3.2 高効率インバータスクロール圧縮機

圧縮機については、スクロール圧縮機の組み込み容積比の最適化によって、低容量運転時の圧縮損失を削減し、約2%の性能改善を達成した。

3.3 2蒸発冷凍サイクル

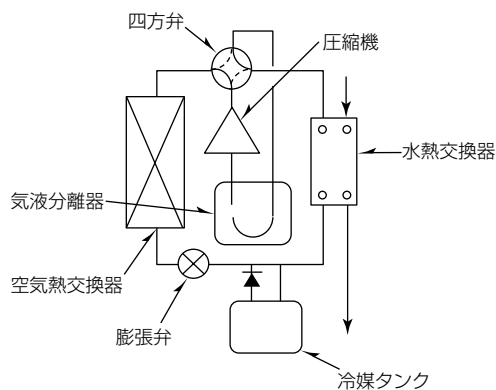
図3に1ユニットの冷媒回路図を示す。DT-Rは独立した4回路によって構成し、回路1・2を水側上流、回路3・4を下流として、水熱交換器に直列に水を流すように構成している。上流である回路1・2と下流である回路3・4の2段階で水を冷却するため、上流と下流で蒸発温度が異なる、2蒸発温度の冷凍サイクルとなる。このサイクルによって、上流側は温度の高い水と熱交換するため、下流側に比べて蒸発温度を2.5℃程度高くすることができ、2～3%の高効率運転を実現した。

4. 省スペース化技術と施工の簡略化

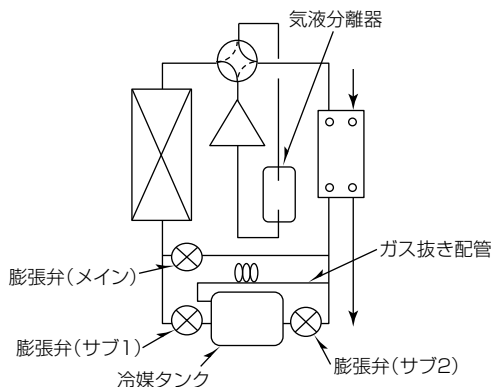
4.1 冷媒回路と制御

連結設置時のサービス性向上と50HPと同一設置スペースで60HP出力を可能とするために、機械室内の要素部品の容積削減を図った。

図4(a)に従来機種の1冷媒回路の詳細図を示す。ヒートポンプチラーは圧縮機、四方弁、空気熱交換器、膨張弁、水熱交換器、冷媒タンク、気液分離器で構成される。空気



(a) 従来機種の冷媒回路



(b) DT-Rの冷媒回路

図4. 従来冷媒回路とDT-R冷媒回路

熱交換器に対して水熱交換器の内容積は25%程度と小さいため、暖房運転時の冷媒量は冷房運転時よりも45%程度と少なくなる。そこで、冷媒タンクを設置し、余剰冷媒を貯留することで、暖房能力低下を抑制している。また、封入冷媒量相当の気液分離器を設置することで、過渡的に生じる余剰冷媒による圧縮機への液バックを防止している。この気液分離器は大容量で、機械室容積の大部分を占めており、機械室スペースの削減のためには、気液分離器の容積削減が必要であった。

図4(b)にDT-Rの1冷媒回路を示す。過渡的に生じる余剰冷媒は、冷房(除霜)から暖房運転に四方弁を切り替える際に最大となる。これは冷房(除霜)運転時に冷媒タンクが空の状態、暖房運転に切り替えることが要因である。そこで、冷媒タンク近傍に配置した膨張弁3つを連動させて制御することで、暖房運転に切り替える前に液冷媒を冷媒タンクに回収し、圧縮機への液バック量の抑制を図った。また、冷媒タンクにガス抜き配管を配置し、冷媒タンクに流入する二相冷媒を気液分離し、液冷媒の回収量を増加させた。液回収による液バック量抑制によって、気液分離器容積の大幅な縮小を図った。

4.2 内蔵ポンプと内蔵ヘッダ配管

現地での設計施工の簡略化を図るために、3種類の水配管接続方法をラインアップした。図5に現地水配管接続方法を示す。

ポンプ内蔵タイプはインバータポンプとポンプ駆動回路を機械室内に内蔵することで、現地設計・施工の簡略化を可能にした。また、従来機では対応できなかった冷温水ボ

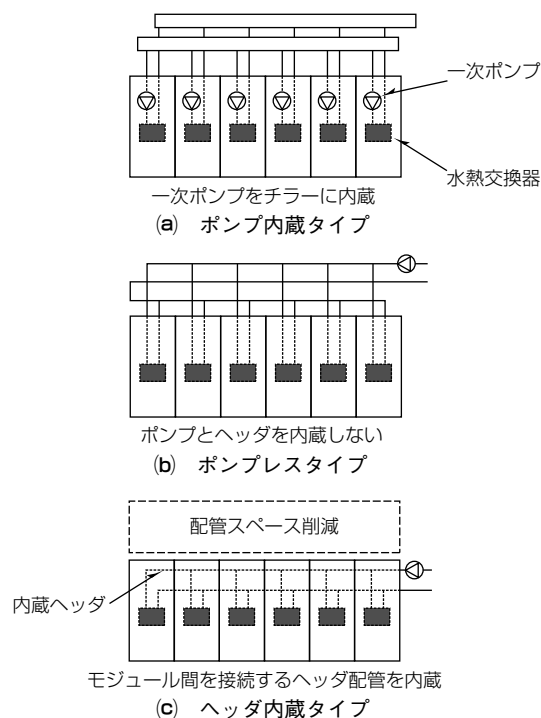
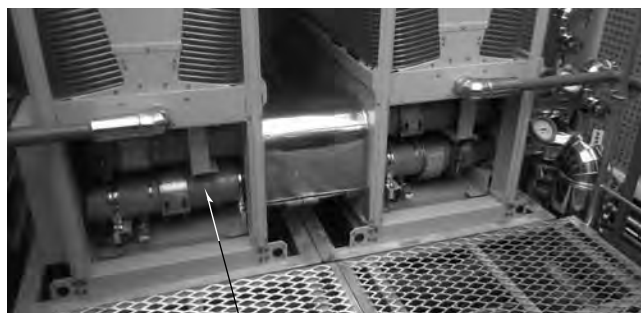


図5. 現地水配管接続方法



ヘッダ配管

図6. ヘッダ内蔵タイプによる現地施工

ンプ制御をDT-Rで対応可能にした。

ポンプレスタイプは設計自由度が高く、現地ごとのシステムや負荷パターンに応じたシステム設計を可能にした。

ヘッダ内蔵タイプは各モジュールに接続するヘッダ配管（集合配管）を機械室内に内蔵することで、配管スペース・接続箇所を削減し、施工の容易化と工期の短縮を実現した。図6にヘッダ内蔵タイプによる現地施工状況を示す。ポンプ内蔵タイプやポンプレスタイプで現地施工されるヘッダ配管スペースを削減可能である。

5. システム制御

5.1 最適周波数切替え制御

当社の熱源機複数台制御の1つである“最適周波数切替え制御”について図7に示す。系統内圧縮機の合計周波数値によって負荷の増減を検知し、熱源機運転効率が最も良くなるように熱源機台数制御を実施する。定速圧縮機搭載の熱源機と比べて、インバータ搭載機の熱源機は100%容量よりも部分負荷の効率が上がる。熱源機は60%前後がCOPが高い領域であるため、各熱源機が最適周波数（60%前後）となるように台数を管理し、各熱源機の出口水温が目標値になるように圧縮機周波数制御を行う。これによって、負荷に応じて熱源機台数制御を行うことができる。

5.2 バイパス弁制御

DT-Rは往還ヘッダ間の差圧を確保することで室内機への送水圧力（差圧）を適正に保ち、室内機の温度制御の安定運転を可能にした。図8に単式ポンプシステムを示す。往還ヘッダ間の差圧をユニットに取り込むことで往還ヘッダ間の差圧が目標差圧になるようにバイパス弁制御を実施する。これによって、常に往還ヘッダ間の差圧を確保することで室内機への送水圧力（差圧）を適正に保ち、室内機の温度制御の安定運転を可能にした。

6. む す び

空冷ヒートポンプチラーの省エネルギー性と設置性向上を目的に新型チラーDT-Rを開発し、業界トップクラス

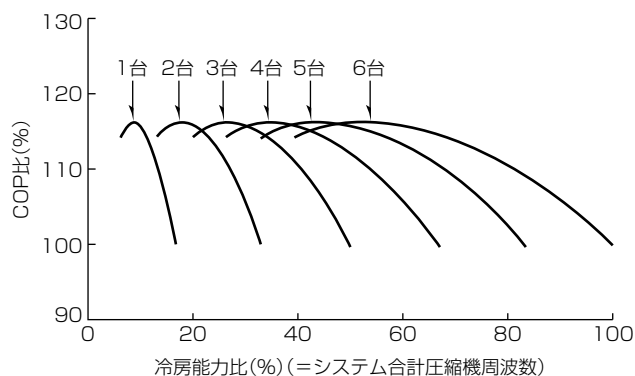


図7. 最適周波数切替え制御

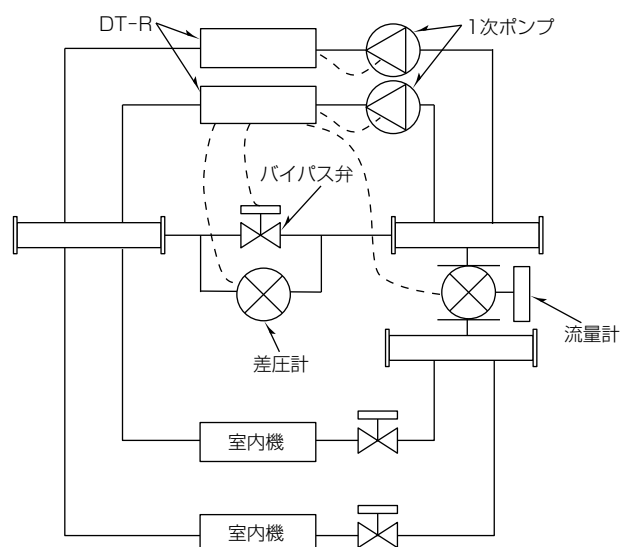


図8. 単式ポンプシステム

の冷房COPと省設置スペースを実現した。省設置スペース実現に当たり、冷房運転から暖房運転に切り替える際に冷媒タンクに液冷媒を回収する制御を導入し、従来に対して除霜後暖房起動の平均COP 9%向上と、アキュムレータの容積の大幅な削減を達成した。

また、設計施工の簡略化を図るために3種類の水配管接続方法をラインアップし、ヘッダ内蔵タイプはヘッダ配管をモジュールに内蔵することで、配管スペース・接続箇所を削減し、施工の容易化と工期の短縮を実現した。

さらに、DT-Rは熱源機運転効率が最も良くなるよう、台数制御を実施し、往還ヘッダ間の差圧をユニットに取り込むことで室内機の温度制御の安定運転を可能にした。今後は当社の冷熱システム製作所内に建設した技術棟でシステム制御の省エネルギー効果を検証する。

参 考 文 献

- (1) 伊藤正紘, ほか: 新形空冷ヒートポンプチラーの開発, 第50回空気調和・冷凍連合講演会講演論文集, 43 (2016)

新熱交換形換気機器 “局所用ロスナイ LKY-50RX”

百瀬逸平*

New Heat Exchange Ventilation Equipment "Lossnay for Local Space LKY-50RX"

Ippei Momose

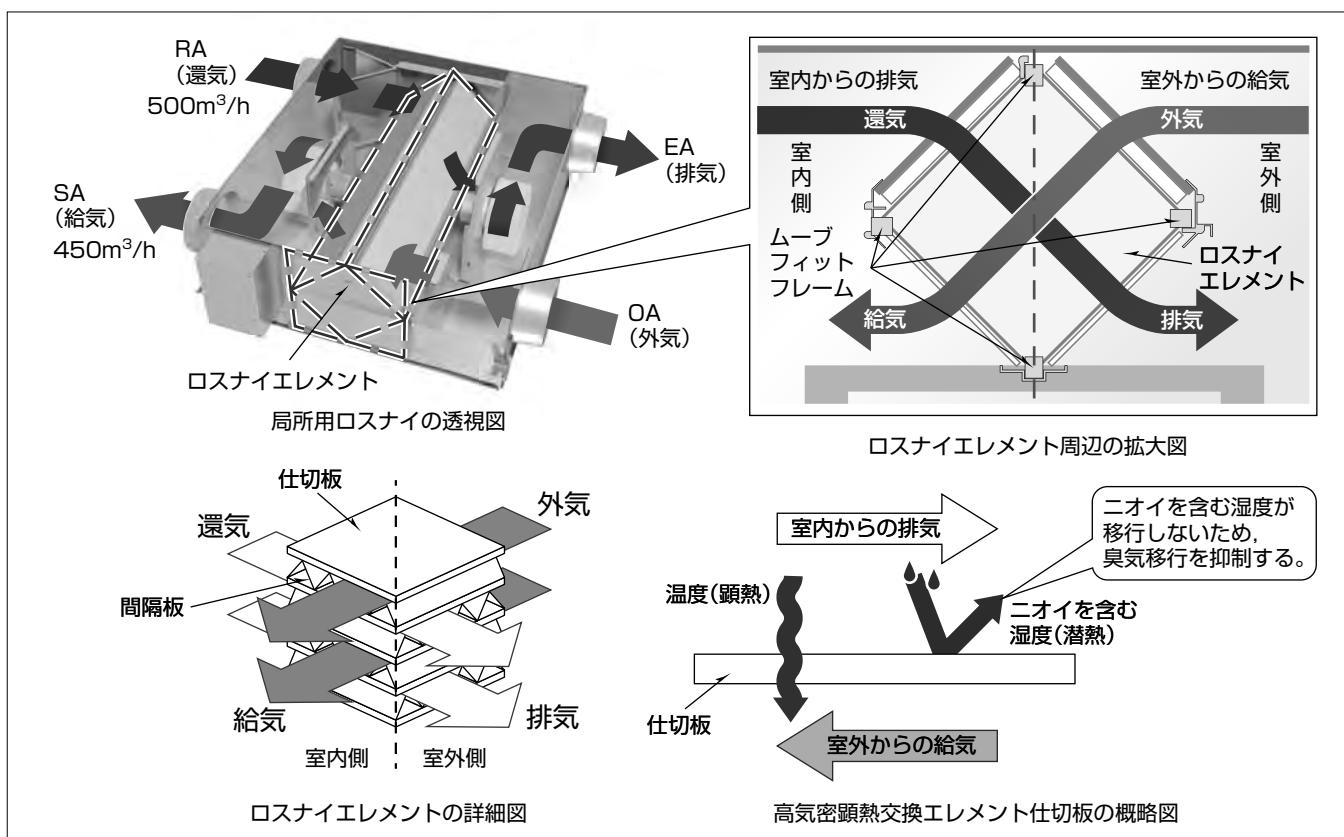
要 旨

2017年4月から建築物省エネ法への適応義務化が開始され、ZEB(Zero Energy Building)化も今後進んでいくと見込まれており、建築物への省エネルギー性の向上や改善は今後ますます強く求められることになる。建物の消費エネルギーの中で大きな割合を占める空調負荷を軽減するために、居室には全熱交換形換気機器“ロスナイ”が広く用いられている。一方、同一のフロアにあるトイレでは従来排気だけ機械換気となる第三種換気になっており、空調した空気は熱回収せずに排気されている。

2016年5月に発売した三菱電機の“局所用ロスナイLKY-50RX”は、ムーブフィットフレーム構造などを採用することで有効換気量率を98%として、排気風路から給気風路へのトイレの臭いの移行を抑制し、さらに、高気密顕熱

交換エレメントを搭載することで湿度成分に溶け込むアンモニアも物理的に移行しないようしている。これによって、トイレで使用しても臭いを感じる濃度の成分を給気口で発生させずに換気することが可能である。

局所用ロスナイを使用することによって、トイレでの排熱の回収が可能になるだけでなく、居室で使用されるロスナイの給気と排気の風量バランスも改善することで熱交換効率を改善することが可能になり、建物全体の省エネルギー性を向上させることが可能である。さらに、CO₂センサによる換気風量調整で空調負荷を減らすなどの省エネルギー制御の有効性を向上させることが可能なためZEB化にも好適である。



新熱交換形換気機器“局所用ロスナイ LKY-50RX”

局所用ロスナイ LKY-50RXは熱交換形換気機器であり、給気と排気をしながらロスナイエレメントで熱交換をする。トイレで使用することを狙いとしており、トイレの臭い対策として、ムーブフィットフレーム構造で有効換気量率98%を確保し、高気密顕熱交換エレメントで臭いを含む湿度の移行を抑制している。また、定格排気風量500m³/hに対し定格給気風量450m³/hとすることで、換気空間を負圧にして臭いの拡散を防いでいる。

1. ま え が き

建物の換気をする際に、室内の空調された空気が持つ熱エネルギーを回収しながら、換気が可能な全熱交換形換気機器ロスナイは、現在広く普及している。しかし、空調をしているが、換気時に熱回収をしていない空間はまだ存在している。そういった空間を抽出、分析し、対策することにより一層省エネルギー性を向上させることが可能である。

2016年5月に発売した局所用ロスナイは、排気風路から給気風路への臭いの移行を抑制することで、これまで使用されなかった非居住建築物のトイレでも使用可能な製品として開発した。

本稿では、局所用ロスナイ及び局所用ロスナイを用いた換気設計について述べる。

2. 局所用ロスナイの狙いと課題

2.1 局所用ロスナイの狙い

市場の動向としては、2017年4月に建築物省エネ法への適合義務化(2,000m²以上)が予定され、ZEB化も今後見込まれており、建築物への省エネルギー性の向上や改善は今後ますます強く求められることになる。そのため、建築物への消費エネルギーのうち割合が大きな空調・換気機器は、更なる省エネルギー化が求められる。

更なる省エネルギー化の実現が可能な製品を検討するため、現在空調しながら熱回収をしていない空間を列挙し、ロスナイの熱回収効果による省エネルギー性の改善が見込める空間として、トイレ、喫煙室、病室を抽出した(表1)。

業務用ロスナイは、特に個別分散型の空調システムを用いることが多い2,000~20,000m²級の事務所ビルの居室などで多く使用されている。廊下やトイレ、給湯室といった共用部のほとんどは排気だけ機械換気の第三種換気になっており、熱回収せずに排気している。さらに、共用部の第三種換気の影響で共用部が負圧になるため、居室部のロス

表1. ロスナイ未適用空間の抽出

建物	空間	想定空調	想定換気	ロスナイ適用	
				課題	省エネルギー性改善見込み
ビル	トイレ	個別、集中、なし	第三種	臭いの移行	○
	廊下	個別、集中、なし	第三種	トイレ等の間接換気	△
	給湯室	個別、集中、なし	第三種	夏でも高温	△
	エントランス	個別、集中	第一~第三種、自然	ドアの開閉多い	×
	厨房	個別、集中	第三種	油、臭い、夏でも高温	△
	喫煙室	個別、なし	第三種	ヤニ、臭い	○
体育館	—	集中	自然	建物の気密低い	×
工場	—	集中	第一~第三種	天井板がない	×
病院	病室	個別、なし	第三種	菌、ウイルスの移行	○
倉庫	—	なし	なし	—	×

○：見込みあり、△：見込み小さい、×：見込みなし

ナイの排気量を減らすなどして建物全体の給気量と排気量のバランスを確保している。ロスナイは排気量を減らすと熱交換効率が低下し、場合によってはカタログスペックの半分以上になり、十分な実力を発揮できなくなることもある。ロスナイをトイレで使用することで、排出していた熱エネルギーを回収することが可能になるだけでなく、共用部の負圧を軽減することも可能になる。これによって居室のロスナイの給気量と排気量のバランスをよくすることで熱交換効率を改善することが可能になる。その結果として、建物全体の省エネルギー性を向上させることが可能になる。また、トイレはあらゆる建築物に必要な普遍的な設備であり、換気量も大きい。また、今後もその必要性が変わらない不変的な設備であることから、トイレを想定した局所用ロスナイの開発を行うことにした。

2.2 局所用ロスナイの課題

トイレの吸込口(RA口)は通常、便器の上部にあることが多く、トイレの換気を、給気、排気ともに機械換気となる第一種換気とした場合、給気口(SA口)はトイレ入口周辺又は廊下になると考える。そのため、トイレでロスナイが使用されなかったのは、トイレの臭い成分を吸い込んだ排気から給気へ臭い成分が漏れて移行し、給気口から悪臭が出ることを懸念しているためと考える。

ロスナイの風路間の運転時における漏れ量を示す指標として有効換気量率がある。これは製品から吹き出す給気に含まれる外気の割合で、数値が高いと漏れ量が少ないことを示す。JIS規格は90%以上で、従来の製品はこれに適合している。ある空間から排気を吸い込んで同じ空間に給気して換気する場合は特に問題ないが、トイレから排気を吸って廊下などに給気する換気を行う場合、トイレ内の臭いの強さによっては、給気で臭いを感じてしまう可能性がある。また、トイレで発生する臭い成分であるアンモニアは水溶性の成分のため、熱交換の際に湿度成分と同時に排気から給気へ移行し、給気で臭いを感じる可能性がある。

これらから、局所用ロスナイの課題は有効換気量率と湿度交換にあるとした。

3. 局所用ロスナイの課題解決とスペック

3.1 有効換気量率

従来の製品で漏れの要因になる部品間を塞ぎ、有効換気量率への寄与率を部位ごとに確認した。その結果、図1のとおり、ロスナイエレメント周辺構造が半分以上を占めており、特に寄与率が高いのはロスナイエレメントとエレメントホルダ間及びロスナイエレメントの漏れであることが分かった。ロスナイエレメントとエレメントホルダ間はメンテナンス時に脱着するために必要なクリアランスから、ロスナイエレメントはロスナイエレメントを構成しているエレメントブロックとフレーム間のシール材の隙間から空

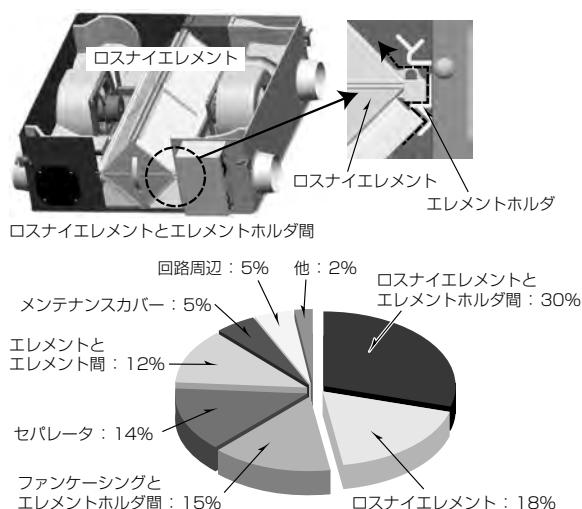


図1. 有効換気量率への寄与率

気が漏れている。そこで、漏れを抑制する新たなロスナイエレメントとエレメントホルダ、ロスナイエレメントの構造として、“ムーブフィットフレーム構造”を開発した。

まず、ロスナイエレメントとエレメントホルダのクリアランスの対策として、図2のようなエレメントホルダを上下にスライドできる構造にした。これによって、運転中はフォーム材を圧縮してエレメントホルダを固定することでシール性を確保して漏れを抑制しつつ、メンテナンス時はエレメントホルダの固定を外してスライドさせてシール面にクリアランスを持たせることで容易なメンテナンスを可能にした。また、ロスナイエレメントの対策は、図3のとおり、フレームを従来の二分割構造から六分割構造にし、その接合部が図2のようにエレメントブロックの対角方向に可動する構造にした。エレメントブロックの主材料は紙のため周囲の空気条件によって寸法がわずかに変化するが、従来のフレームは寸法変化に対応しておらず、エレメントブロックと密着ができない場合もあった。ムーブフィットフレーム構造はエレメントブロックに寸法変化があっても接合部が可動するためエレメントブロックとフレームが隙間なく密着できる。このムーブフィットフレーム構造や各部品間のシール性向上によって、有効換気量率平均98%を確保した。

トイレの臭いの中で代表的な成分の1つである硫化水素を例にすると、例えば、悪臭防止法で定められた硫化水素の臭い成分の物質濃度の臭気強度3(案に感知できる臭い)は0.060ppmになる。臭気強度3の空間を従来の製品で換気をした場合、給気に含まれる臭い成分の物質濃度は最大0.006ppmであるが、局所用ロスナイの場合には0.0013ppmになる。硫化水素の臭気強度2(認知しきい値)は0.006ppmのため、局所用ロスナイは有効換気量率を改善することで、認知しきい値を大きく下回る臭い成分の物質濃度に行うことができる。

3.2 高気密顕熱交換エレメント

業務用ロスナイに搭載している全熱交換エレメントは湿度交換をすることで高い全熱交換効率を確保しているが、

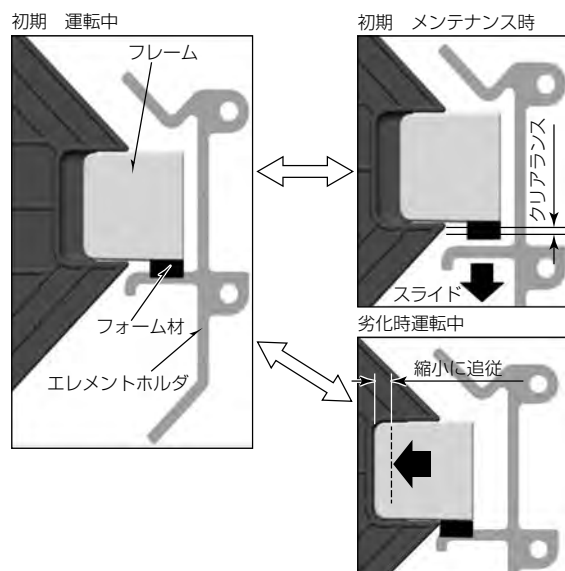


図2. ムーブフィットフレーム構造

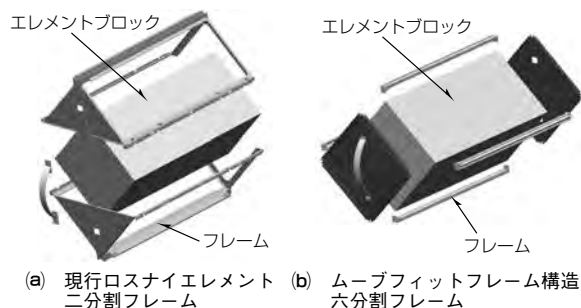


図3. 新旧エレメントの分解図

湿度交換をすることで水溶性の物質も移行する。アンモニアは水溶性の成分のため、局所用ロスナイは湿度交換をしない高気密顕熱交換エレメントを搭載した。高気密顕熱交換エレメントは、空気透過量が一般の紙の約3,000分の1と少なく、臭い成分が溶け込む湿度を通さない樹脂膜素材を用いたエレメントである。温度交換効率は従来機種と同じ74%であり、湿度交換はしないものの、空調負荷を減らして省エネルギー効果を確保できるスペックになっている。

熱エネルギーは高温側から低温側に移行するため、顕熱交換エレメントを用いた熱交換では、エレメント一次側が高温になる空気はエレメント二次側では低温高相対湿度になる。このため、空気条件によっては、冬季の排気側及び夏季の給気側のエレメント内部で結露が発生することがある。局所用ロスナイは結露水の対策として、製品内部にドレンパンを内蔵した。また、排水口は排気風路側だけに設置し、同梱(どうこん)した逆止弁付ドレントラップを使用することでドレン配管からの臭いを給気に混入しないよう配慮した。

3.3 換気風量

局所用ロスナイは、定格排気風量500m³/hに対して定格給気風量450m³/hとした。これによってトイレ内に還気口と給気口を設けた場合でも、換気する空間を負圧に保ち、臭いの拡散を防ぐことができる仕様になっている。

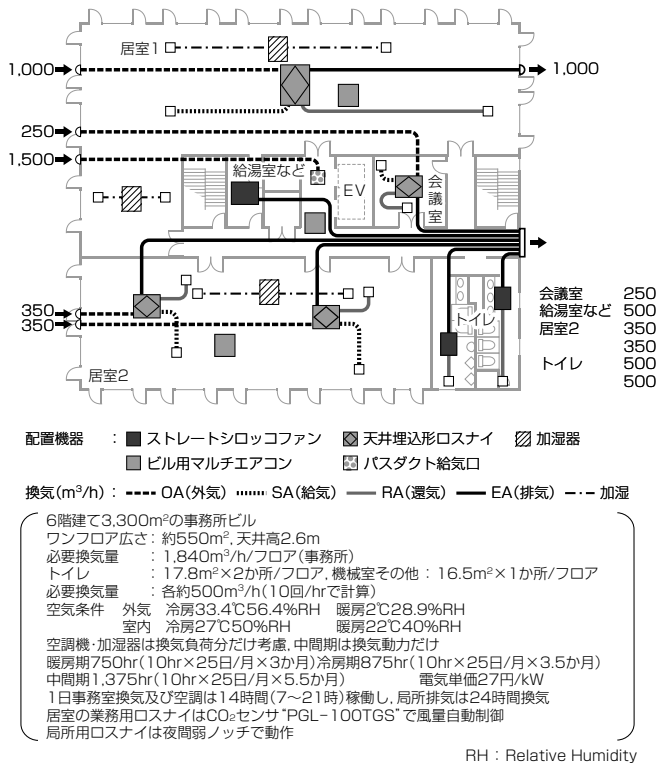


図4. 換気設計例①(局所用ロスナイなし)

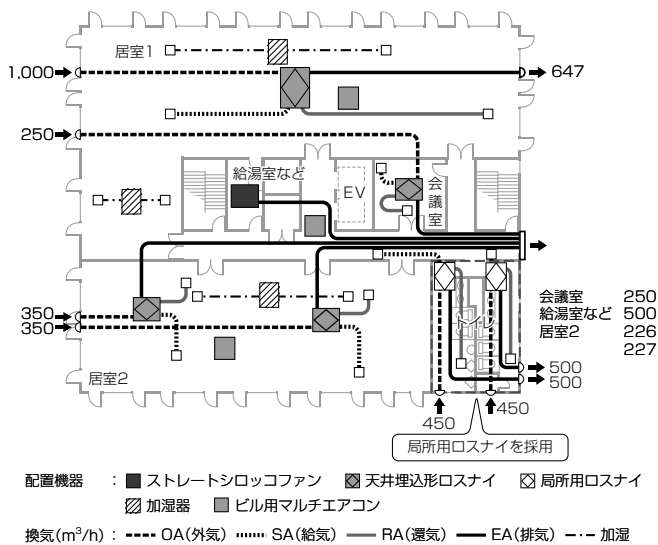


図5. 換気設計例②(局所用ロスナイあり)

4. 局所用ロスナイを用いた換気設計の提案

4.1 従来の換気設計

従来の換気設計では、トイレや給湯器などの第三種換気の影響で、事務所のロスナイの排気量が少なくなることでロスナイによる熱回収効果が少なくなり、ロスナイ導入のメリットが小さくなる場合があった。その対策の1つとして換気設計例①を図4に示す。例①は廊下にダクトを設け直接外気を給気することで、共用部と居室の換気を切り分けている。これによって居室のロスナイの給排気量のバランスが良くなり、熱回収効果を確保している。ただし、直接外気を給気していることによって共用部の空調負荷が高くなる。

表2. 換気設計比較一覧

換気設計		①	②
方式		廊下に直接外気を給気	トイレに局所用ロスナイ
構成機器	居室	ビル用マルチ+加湿器+ロスナイ	同左
	廊下	ビル用マルチ+バスダクト	ビル用マルチ
	トイレ	ストレートシロッコファン	局所用ロスナイ
	給湯室	ストレートシロッコファン	同左
	会議室	ロスナイ	同左
イニシャルコスト		4,273,615円	4,777,855円
差(②-①)		504,240円	
ランニングコスト/年		501,621円	418,349円
差(②-①)		-83,272円	
回収期間		6年	

(電気料金27円/kWとする)

4.2 局所用ロスナイを用いた換気設計

トイレに局所用ロスナイを用いて共用部の熱回収効果を確保した換気設計例②を図5に示す。共用部の給排気量バランスの改善で、居室のロスナイの給排気量バランスも改善され、居室部の熱回収効果も確保している。

4.3 コスト比較

表2に換気設計例①と②の、機器、部材及び施工費のイニシャルコストと電気料金のランニングコストを示す。共用部での熱回収の効果によって局所用ロスナイを用いた例②の方がランニングコストが低い。イニシャルコストとランニングコストを累積して比較をすると、局所用ロスナイによる省エネルギー効果によって6年目で例①とのイニシャルコストの差をランニングコストの差で費用回収できる。

4.4 その他の効果

その他の主な換気設計の1つとして、居室のロスナイの排気を共用部に吹き出し、共用部の第三種換気から排出する方法がある。この換気方法の場合、共用部に新鮮な外気が導入されないものの、イニシャルコストが安く、共用部に外気を直接給気するよりもロスナイの排気の方が空調負荷が低いいためランニングコストも比較的安い。しかし、今後ZEB化対応などで更なる省エネルギー化を目的に、CO2センサで居室の換気風量を調整して空調負荷を低減する省エネルギー制御などをした場合、居室の換気風量が減少すると建物全体の給気風量と排気風量にアンバランスが発生し、省エネルギー制御の有効性が低下する。局所用ロスナイはこのアンバランスを改善することで、省エネルギー制御の有効性を向上させることができ、ZEB対応にも好適である。

5. む す び

局所用ロスナイを使用してトイレの換気をすることで、共用部の空調負荷を軽減し、さらに、居室のロスナイの有効性を向上させて、建物全体の省エネルギー性を向上させることが可能になる。共用部の第三種換気による居室のロスナイの性能低下は仕方がないと考えられてきたが、局所用ロスナイの使用がこれを解決するための1つの方法になると考える。

ヒートポンプ式冷温水システムの 集中管理対応

渡邊 清*
高須則幸*

Centrally Controlled Hot and Cold Water Delivering System by Heat Pump

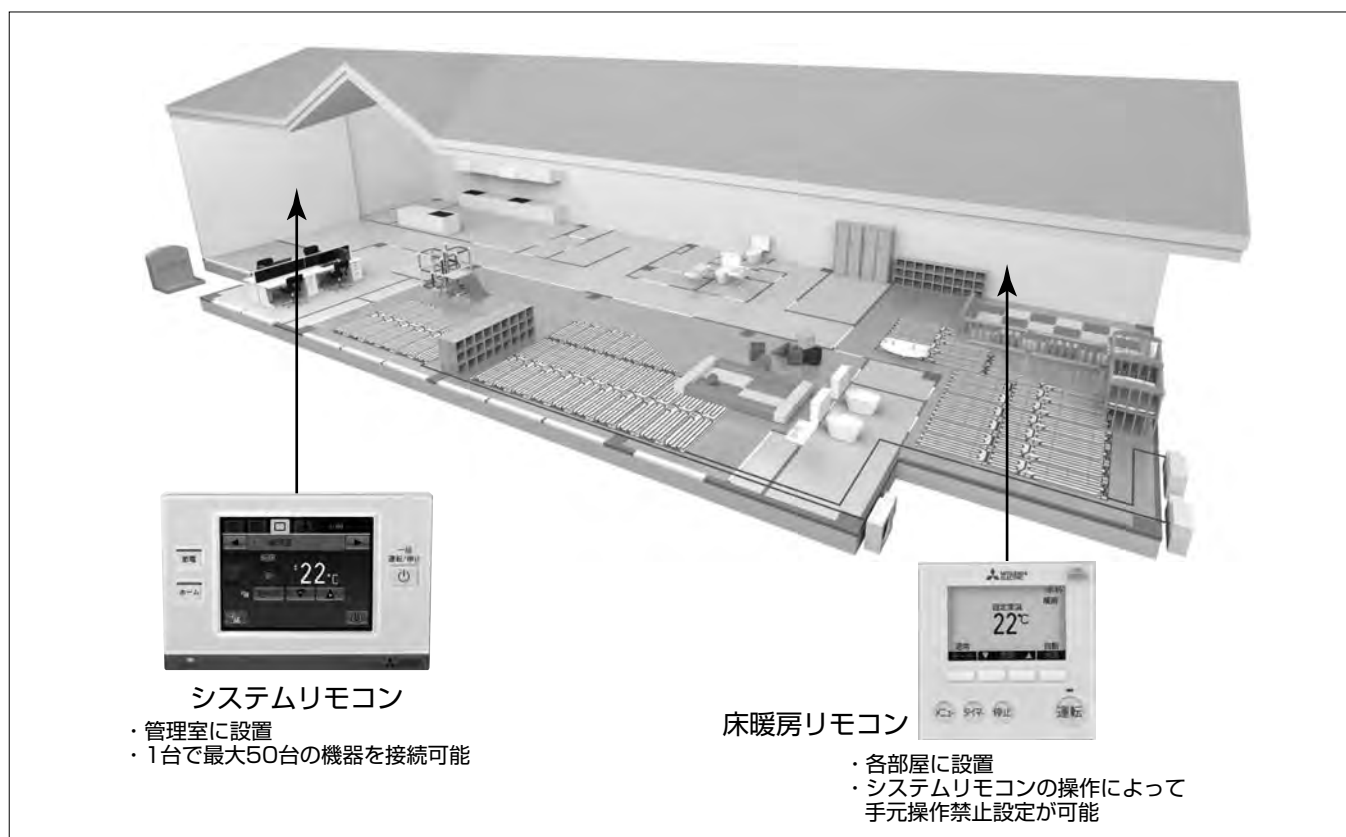
Kiyoshi Watanabe, Noriyuki Takasu

要 旨

床暖房はこれまで、戸建て住宅、集合住宅など主に一般の住宅に採用されてきた。床からの輻射(ふくしゃ)熱と伝導熱によって部屋全体を暖める高い快適性が評価され、近年では、保育園、幼稚園、高齢者向け施設など福祉施設での採用が増加傾向にある。福祉施設では、幼児又は高齢者が主な対象となるため、一般の住宅とは異なり、管理室から各部屋の床暖房の運転入/切や温度設定などを行う集中管理機能の要望が大きい。福祉施設における要望に対応するため、集中管理機能を搭載したヒートポンプ式冷温水システム“HCDシリーズ”を開発した。

HCDシリーズは三菱電機のビル空調管理システム“MELANS”に空調機器の1つとして、ヒートポンプ式冷温水システムを組み込むことで集中管理対応を実現した。

集中管理機能によって、管理室に設置したシステムリモコンで各部屋の床暖房の設定変更を可能にした。また、各部屋に設置した床暖房リモコンの手元操作禁止設定を可能にすることで、幼児のいたずらや高齢者の誤った操作によって、設定内容が不用意に変更されてしまうことに対する不満を解消した。さらに、エアコンや全熱交換器など、ほかの空調機の操作も可能で、床暖房の立ち上り時はエアコンと併用運転とし、部屋が暖まった後に床暖房単独の運転にするなど、ほかの空調機と連携させた運転も1つのリモコンで操作可能にした。集中管理機能を軸に、ほかの空調機や全熱交換器とのセット提案もしやすく、より提案の幅が広がった製品となっている。



集中管理に対応したヒートポンプ式冷温水システム“HCDシリーズ”

ビル空調管理システムMELANSに空調機器の1つとして、ヒートポンプ式冷温水システムを組み込むことで、集中管理対応を実現した。各部屋の個別操作や個別操作禁止設定など福祉施設の要望に対応するとともに、エアコンや全熱交換器など、ほかの空調機と連携させた運転も1つのリモコンで操作可能にした。

1. ま え が き

床暖房はこれまで、戸建て住宅、集合住宅など主に一般の住宅に採用されてきた。床からの輻射熱と伝導熱によって部屋全体を暖める高い快適性が評価され、近年では、保育園、幼稚園、高齢者向け施設など福祉施設での採用が増加傾向にある。また、高齢者人口の増加、共働き家庭の増加、家庭環境の多様化など社会構造の変化を背景に、待機児童問題、高齢者介護問題は社会問題化しており、福祉施設の増設、整備は今後、ますます加速すると予測される。

これらの福祉施設では、幼児又は高齢者が主な対象となるため、一般の住宅とは異なり、管理室から各部屋の床暖房の運転入／切や温度設定などを行う集中管理機能の要望が大きい。今後、市場拡大が加速すると予想される福祉施設での要望に対応するため、集中管理機能を搭載したヒートポンプ式冷温水システムHCDシリーズを開発した。

2. ヒートポンプ冷温水システム

ヒートポンプ式冷温水システムは、室外ユニットと熱交換ユニットから構成される熱源機と放熱器(床暖房パネル等)、各室に設置される床暖房リモコン(最大15台)で構成される。熱交換ユニットで冷媒と専用循環液との熱交換を行い、加熱、冷却した循環液を内蔵循環ポンプで分岐ヘッダを介して各放熱器へ通水する。各室の床暖房リモコンの情報によって、分岐ヘッダの熱動弁の開閉を行い、各放熱器への通水(放熱量)を制御している。

放熱器には、床暖房パネル(暖房専用)以外、パネルヒーター(温水輻射パネル、冷温水輻射パネル)があり、放熱器に応じて熱交換ユニットの設定切替えて対応している。

3. 集中管理対応のシステム構成

HCDシリーズは、ビル空調管理システムMELANSに空調機の1つとしてヒートポンプ式冷温水システムを組み込むことで、集中管理対応を実現した。

集中管理対応のシステム構成例を図1に示す。集中管理の対象となる機器は通信線を介してシステムリモコンに接続され、通信線の途中にはシステムリモコンや集中管理用制御アダプタに電源を供給するための伝送線用給電ユニットが設けられる。集中管理の対象となる機器は、表1に示すように、ヒートポンプ式冷温水システムのほか、ビル用マルチエアコンやスリムエアコンなどの空調機、業務用ロスナイなどの全熱交換器が接続できる。

システムリモコンの操作によって、床暖房リモコン、空調機、全熱交換器など各機器の設定変更を行うことができる。集中管理に用いる通信方式は“M-NET通信”で、当社独自の伝送ネットワーク方式として、集中管理の通信に用いられてきた。ヒートポンプ式冷温水システムとシステムリモコンの間には集中管理用制御アダプタが設けられている。集中管理用制御アダプタでは、従来ヒートポンプ式冷温水システムで用いている通信とM-NET通信の変換を行っている。このような構成にすることで、異なった通信方式に対して、制御アダプタの変更で柔軟に対応することができる。また、集中管理用制御アダプタは、複数の床暖房リモコンに対するM-NET通信の処理を行っている(マルチアドレス対応)。

表1. ヒートポンプ式冷温水システム以外の接続可能機器

空調機	ビル用マルチエアコン、スリムエアコン、ルームエアコン、設備用パッケージエアコン
全熱交換器	業務用ロスナイ・設備用ロスナイマイコンタイプ(フリープラン対応形)、外気処理ユニット、単独加湿ユニット

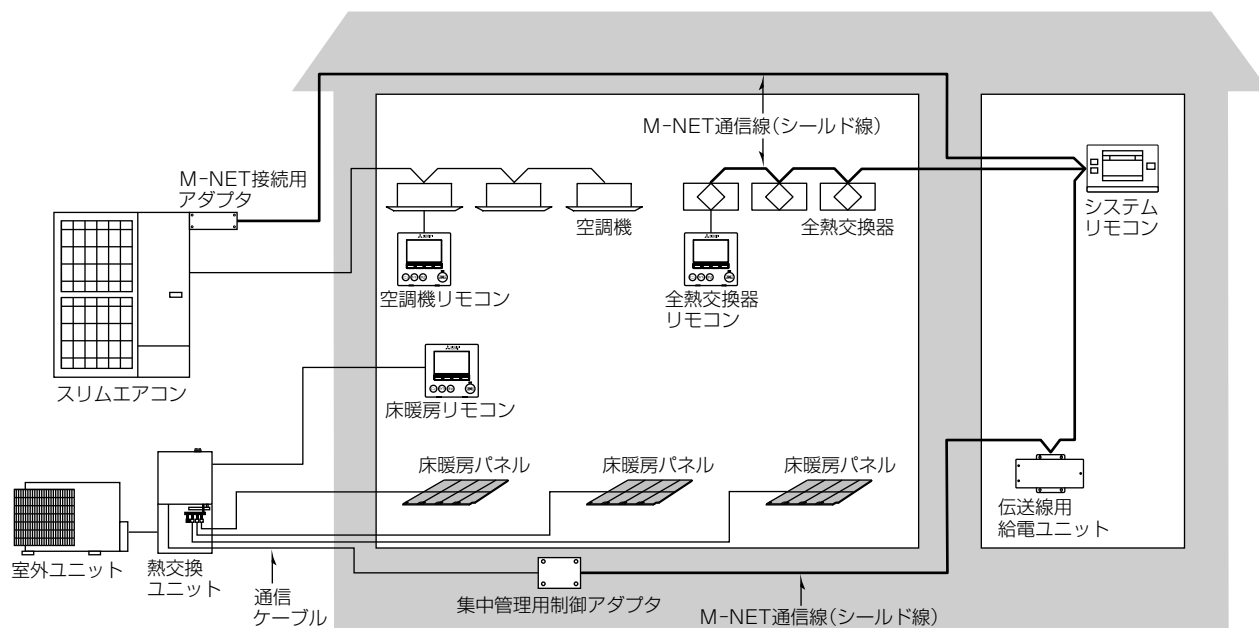


図1. 集中管理対応のシステム構成例

4. 集中管理機能

4.1 各部屋の個別操作

運転入／切や設定温度を変更する際、従来は直接各部屋まで行って、床暖房リモコンを操作する必要があった。しかし、集中管理機能によって、管理室に設置したシステムリモコンで床暖房リモコンの設定変更が可能になった。さらに、あらかじめ操作対象となる床暖房リモコンを設定しておくことで一括操作でき、利便性を大きく向上させた。

4.2 手元操作禁止設定

システムリモコンからの操作で、各部屋に設置された床暖房リモコンの手元操作禁止設定を可能にした。この機能によって、幼児のいたずらや高齢者の誤った操作から設定内容が不用意に変更されてしまうことに対する不満を解消した。

4.3 ほかの空調機との連携運転

システムリモコンはヒートポンプ式冷温水システムのほか、スリムエアコンやビル用マルチエアコンなどの空調機と業務用ロスナイなどの全熱交換器も操作できる。床暖房の立ち上り時は空調機と併用運転とし、部屋が暖まった後、床暖房単独の運転にするなど、ほかの空調機と連携させた運転も1つのリモコンで操作可能にした。

5. システムリモコン

5.1 システムリモコンの仕様

集中管理用のリモコンとしてシステムリモコン“PAC-SF50AT1”を開発した(本機種のみヒートポンプ式冷温水システムに対応可能である。)。システムリモコンの外観を図2に、仕様を表2に示す。システムリモコンの接続管理台数は最大50台で、ヒートポンプ式冷温水システムだけのシステム構成にした場合、最大50台の床暖房リモコンが接続可能になっている。また、5インチカラー液晶とタッチパネルを採用し、視認性が高く、操作しやすいリモコンとした。

5.2 床暖房リモコンとの比較

システムリモコンに搭載した機能と各部屋に設置する床暖房リモコンとの機能比較を表3に示す。ヒートポンプ式冷温水システムは空調機の1つとして扱っているため、システムリモコンの機能は空調機と同一としている。ヒートポンプ式冷温水システム独自の機能であるひかえめ運転、水温設定などには対応していないが、運転／停止、タイマ



図2. システムリモコン

表2. システムリモコンの仕様

項目	仕様
接続管理台数	最大50台まで
液晶表示・操作	5インチカラー液晶表示、タッチパネル操作
電源	伝送線用給電ユニットPAC-SC51KU又は空調機の室外ユニットから給電
外形寸法(高さ×幅×奥行)	120×180×30(mm)
製品質量	0.5kg

表3. リモコンの機能比較

	床暖房リモコン	システムリモコン
運転／停止	操作可	操作可
タイマ運転	30分刻み、2パターン設定可	スケジュール設定可
ひかえめ運転	暖房時、設定室温を3℃下げる	設定機能なし
室温設定	8～30℃	8～30℃
水温設定	暖房時35～55℃	設定機能なし
時刻表示	時、分表示(カレンダーなし)	時、分表示(カレンダーあり)
手元操作禁止	設定機能なし	設定可

運転、室温設定などの基本操作は同等以上の機能となっている。タイマ運転に関しては、床暖房リモコンでは24時間、30分刻みタイマの2パターン設定に対して、システムリモコンでは、機器ごとに週間スケジュールの設定が可能になり、曜日ごとにパターン選択して最大12パターンまで設定が可能になるため、より利便性が向上している。

6. む す び

市場拡大が加速すると予想される福祉施設における要望に対応するため、集中管理機能を搭載したヒートポンプ式冷温水システムHCDシリーズを開発した。HCDシリーズは福祉施設での要望に対応するだけでなく、集中管理機能を軸に、ほかの空調機や全熱交換器とのセット提案もしやすく、より提案の幅が広がった製品となっている。

今後も市場環境変化、市場要望を的確に捉えた製品開発に取り組んでいく。

海外専用ハンドドライヤー ジェットタオル“Smartシリーズ”

小林章樹* 藤ヶ谷友輔**
藤村達也*
萩原雅美**

Hand Dryer Jet Towel Overseas Model "Smart Series"

Takaki Kobayashi, Tatsuya Fujimura, Masami Hagiwara, Yusuke Fujigaya

要 旨

三菱電機は1993年に世界で初めて^(注1)高速風で手を乾かす“両面ジェットの風”の技術を使って、濡(ぬ)れた手を短時間で乾燥し、紙資源を節約する高速風式ハンドドライヤー“ジェットタオル”を商品化した。高速風式は乾燥時間の長い温風式や紙ごみとなるペーパータオルとは異なり、速乾性、省エネルギー性、紙ごみレスが市場ニーズを捉え、日本国内のみならず世界的に普及が進んでいる。

今回、高速風式の需要が多く片面式(特にタンクレス)の規模が大きい欧州市場を主対象としたジェットタオル“Smartシリーズ”を開発した。欧州では、不特定多数のユーザーが使用する公共トイレ空間に設置されるハンド

ライヤーは、使用者に乱暴に扱われ、いたずらをされて破損する懸念があり、堅牢(けんろう)性やいたずら防止への要求が高い。そこで、いたずらの対象となる水受けとドレンタンクを廃止し、外装部の構造及び素材を検討し、堅牢性を向上させた。また、エコデザイン指令(2009/125/EC)が2013年1月から施行されたことで、これまで以上に省エネルギー志向が高まってきている。そこで、手を入れてから0.1秒で起動し、9秒で乾燥できる速乾性を実現することで更なる省エネルギー性の向上に加え、ユーザーがストレスなく快適に使用できる仕様とした。

(注1) 1993年1月21日現在、当社調べ



海外市場向けジェットタオルの製品ラインアップ

“Slimシリーズ”、“Mini”は既に海外市場に投入しており、そこに今回開発したSmartシリーズを追加した。Slimシリーズは両面式で、上から手を差し入れて乾燥させる製品である。Miniは片面式で、正面から手を入れて乾燥させる製品である。Smartシリーズは、Miniと同じ片面式で手を乾かす方法は同じだが、欧州市場の要望に応じて水受けのないタンクレスの製品にした。

1. ま え が き

当社は1993年に世界で初めて高速風で手を乾かす両面ジェットの風の技術を開発し、濡れた手を短時間で乾燥し、紙資源を節約する高速風式ハンドドライヤーのジェットタオルを商品化している。高速風式の速乾性、省エネルギー性、紙ごみレスが市場ニーズを捉え、日本国内のみならず、世界的に普及が進んでいる。高速風式の需要が多い欧州では、エコデザイン指令が2013年1月から施行されたことで、これまで以上に省エネルギー志向が高まってきている。

本稿では、高速風式の中でも片面式タンクレスの規模が大きい欧州で、市場調査による要望を受けて、堅牢性・乾燥性能・メンテナンス性・清掃性を向上させた海外専用ジェットタオル Smartシリーズの開発について述べる。

2. 従来製品の課題

2.1 欧州市場の要望

欧州では、不特定多数のユーザーが使用する公共トイレ空間に設置されるハンドドライヤーは、使用者に乱暴に扱われたり、いたづらをされて破損する懸念がある。そのため、堅牢性やいたづら防止への要求が高い。基本性能に関しては、更なる速乾性に加えて、近年では省エネルギー性に優れた製品への関心も高くなってきている。

2.2 従来機種ジェットタオルMiniの市場評価

Miniの特長は手から飛んだ水滴を水受けとタンクで回収することで、トイレ空間の衛生性を保ち、開閉パネル内にある設定スイッチや電源スイッチ及びエアフィルタに容易にアクセスできることである(図1)。Miniは日本向けに先行開発した製品を同一筐体(きょうたい)で海外展開している。そのため、日本市場では必要な機能であるこれらの仕様が、欧州市場ではいたづらの対象となり、堅牢性に劣ると評価されている。また、乾燥性能については、高速風を作るブローを日本向けと共通部品としたため、乾燥時間は13秒(欧州乾燥基準)であり、他社品(10秒程度が主流)と比べて劣っている。そのため、Smartシリーズ(以下“Smart”という。)では欧州市場の要望に対応するため、堅牢性と乾燥性能の改善が必須であった。

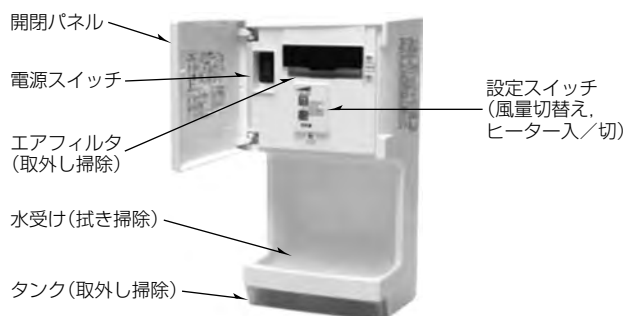


図1. Miniの製品構造

3. 開発の内容

3.1 耐いたづら性、堅牢性の改善

使用者が故意に操作できる設定スイッチを本体内部の基板上に配置し、電源スイッチを廃止することで工具なしでは設定スイッチにアクセスできないようにした。さらに、吸い込み口を製品側面に設け、エアフィルタを着脱する必要のない構造にして、着脱部品をなくした(図2)。これらによって、いたづら防止への要求に対応した。また、樹脂カバーとフロントプレートの二重構造にすることで、人が拳で殴打する場合の衝撃エネルギー(7Jを想定)の約2倍の衝撃エネルギー(15J)に耐えることができるようにした。これによって、十分な耐力を確保して堅牢性を改善した(図3)。

3.2 乾燥性能の改善

3.2.1 立ち上り時間の短縮

乾燥パワーを高めるため、回転数を上げる(24,000min⁻¹から33,300min⁻¹に)ことが可能な羽根(φ109mm, 40gからφ92mm, 29gに)を搭載した新ブローと手検知の高速化を図り、立ち上り時間(手挿入から乾燥パワー90%まで)を0.5秒短縮した(図4)。

手検知には測距センサを採用している。測距センサは

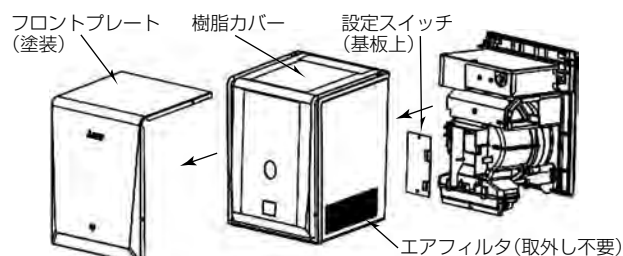


図2. Smartの製品構造



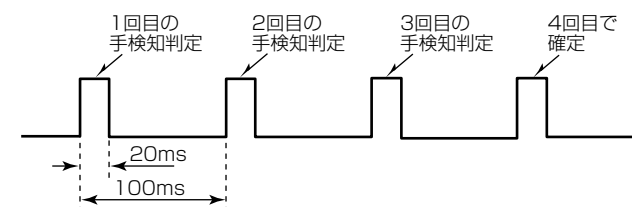


図5. Miniの手検知制御方式

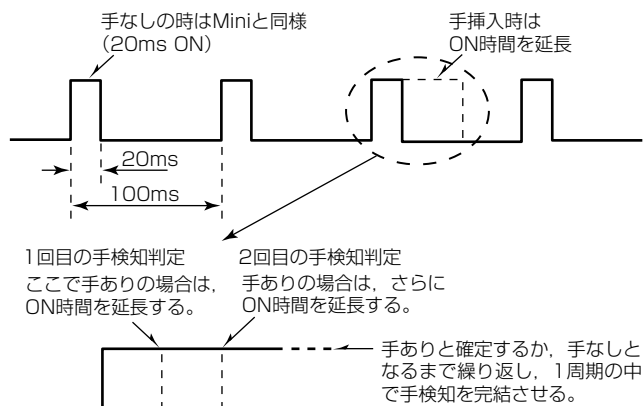


図6. Smartの手検知制御方式

光学式のセンサであり、発光時間（センサON時間）によって寿命が決まるため、製品寿命を満足させるには、間欠駆動にする必要がある。Miniでは、100ms(20msON/80msOFF)の間欠駆動としている。また、ノイズ耐力向上のために4回の判定を行い、最終的な手の有無を確定しているため、400msの検知時間が必要であった(図5)。

手検知時間を短縮するため、Smartでは手が挿入された場合だけ、センサのON時間を延長し1周期(100ms)の中で“手あり”を確定できる制御方式とした(図6)。“手あり”時のみON時間を延長しており、待機中及び運転中は従来と同じ20msのON時間であるため、全体としてのON時間はほぼ変わらず、センサの寿命を確保し、手検知時間を400msから100msに短縮した。

3.2.2 速乾性、省エネルギー性の改善

Miniは風量をノズル横幅に対して均等に配分しており、手揉(も)み乾燥(欧米の手乾燥文化)時に時間が掛かっていた。Smartは手揉み乾燥と高速風による吹き飛ばし(ジェットタオル方式)の双方に対応できるよう、ノズル中央部に風量配分を増やしたハイブリッドノズルを搭載した(図7)。立ち上がり時間の短縮の技術と併せて、乾燥時間を13秒から9秒に短縮した。

さらに、乾燥時間の短縮によって、消費電力量を17.8%削減し、省エネルギー性を改善した。

1,000回使用当たりの消費電力量：

Mini : $2.98\text{kWh} = 0.825\text{kW} \times 13\text{秒} / 3,600\text{秒} \times 1,000\text{回}$

Smart : $2.45\text{kWh} = 0.980\text{kW} \times 9\text{秒} / 3,600\text{秒} \times 1,000\text{回}$

3.3 デザインの特徴

3.3.1 シリーズ感のあるデザイン

先行投入済みのSlimシリーズに合わせて、Smartの正

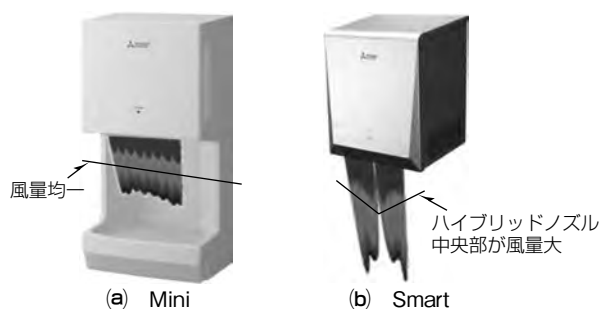


図7. 吹き出し風の比較(CAE解析)



図8. シリーズ感のあるデザイン

面に共通のカット面を設けることで、シリーズ感のあるデザインとした(図8)。これによって、海外市場でのジェットタオルの存在感の向上を図った。

3.3.2 堅牢性と清掃性に配慮したデザイン

フロントプレートを金属素材にし、正面にカット面を設けるプレス成形によって強度を上げて、本体の堅牢性を高めた。また、フロントプレートの上面と正面を一体化させることで継ぎ目をなくし、汚れが溜(た)まりにくくすることで、清掃性を向上させた。さらに、上面を斜め形状にすることで、本体に付いた水滴が上面に残らないようにし、不衛生な印象を与えないようにした。これらの配慮によって、堅牢性や清掃性を重視する公共施設やスタジアム等に向けて、付加価値を上げることで訴求力を高めた。

3.3.3 多様なニーズに合わせたカラーリング

本体色には、清潔感を求める空間に合うホワイトとインテリア性の高い空間になじむシルバーの2色を用意した。また、外装をフロントプレートと樹脂カバーの2部品とし、色分けを可能としたことで、企業や公共施設のカラーイメージに合わせた専用機にも対応できるようにした。

4. む す び

Smartシリーズの開発では、欧州市場での調査によって、ジェットタオル初の海外専用機種として、堅牢性・乾燥性能・メンテナンス性・清掃性の向上を図った。さらに、省エネルギー性の訴求に加えて、多様なニーズに合わせたカラーリングを提案できるようにした。欧州市場と同様のニーズを持つ北米市場へも既に投入が完了しており、さらに、全世界へ展開していく。

今後も基本性能である乾燥性能、省エネルギー性、衛生性の更なる向上に努め、市場ニーズを的確に捉え、環境に貢献する製品開発に取り組んでいく。

LED光源ディスプレイウォールプロジェクタ “WE120シリーズ”

中野勇三*
米岡 勲*

Display Wall Projector "WE120 Series" Using LED Light Source

Yuzo Nakano, Isao Yoneoka

要 旨

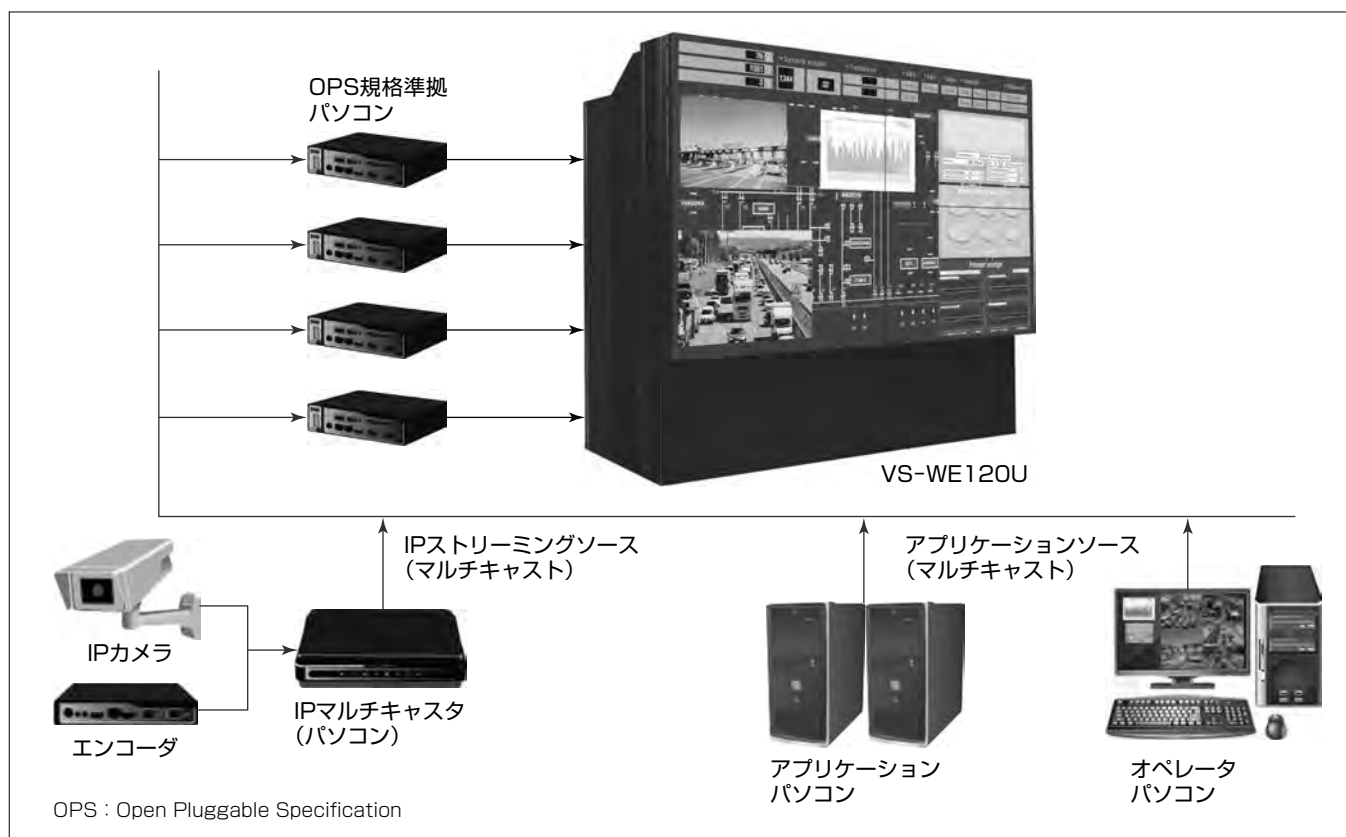
三菱電機のDLP^(注1)(Digital Light Processing)方式ディスプレイウォールプロジェクタは、1998年の製品化以来、国内はもとより全世界で、2016年3月現在78,000台の納入実績を誇っている。その多くは、電力・通信・上下水道等いわゆるインフラでの設備の監視、警察・消防等での事件・事故・火災等の監視指令、道路・河川・ダム等の防災監視、台風や地震等の災害対策、鉄道・航空等の路線運航監視等、人々の安全・安心を守るために24時間365日連続稼働する重要な設備として活躍している。

こうした設備での製品・システムは、何より高信頼性であることが求められる。24時間の監視の中でその業務が中断されることがあってはならない。また、設備として5～

10年の長期にわたって信頼性の維持が求められる⁽¹⁾。さらに、近年の監視設備では、基本性能向上の流れに加え、環境に配慮した低消費電力化の要求と、ネットワークを利用した大規模広域監視システムへの対応も求められるようになってきた。

こうした高い信頼性とネットワーク化への要求に対応するため、映像信号入力系統とLED(Light Emitting Diode)光源の冗長化に加え、電源冗長化とIP(Internet Protocol)伝送システムに対応したLED光源ディスプレイウォールプロジェクタの上位機種“WE120シリーズ”を開発した。

(注1) DLPは、Texas Instruments Inc. の登録商標である。



“WE120シリーズ”を使用した代表的なディスプレイウォールシステムのIP配信システム

LED光源ディスプレイウォールプロジェクタ“WE120シリーズ”とOPS規格準拠パソコンを使用して、アプリケーションパソコンが配信するアプリケーション映像やIPカメラ等のIPストリーム映像を表示するシステムの構成例である。

1. ま え が き

2010年度開発のLED光源ディスプレイウォールプロジェクト“PE/XE70シリーズ”では、定期交換の必要性があった超高压水銀ランプ光源に代えて、RGB(Red Green Blue) 3色のシングルチップタイプLED素子を採用し、光源の大幅な長寿命化(Brightモード6万時間)を達成した⁽²⁾。また、2013年度開発の“WE/PE78Aシリーズ”では、RGB各色複数個の素子を持つマルチチップタイプLED素子を採用し、一部のLED素子に不点灯などの不具合が発生しても、残りのLED素子が点灯を続ける光源の冗長化と、更なる長寿命化(Brightモード8万時間)を図ってきた。

この間、大規模な監視表示システムでは、大画面化・高輝度化・高解像度化に加え、画面のワイド化の流れも顕著となっている。一方、小規模な監視表示システムでは、省スペース性と設置性の良さが求められる上、環境に配慮し低消費電力化の要求も強まっている。また、マルチビジョンシステムでは、縦横に複数の画面を組み合わせ大画面を構成するため、映像表示装置単体の性能はもとより、映像表示システム全体での高い性能と信頼性の両立、ネットワーク化への対応が強く求められるようになってきた。

本稿では、こうした様々な要求に対応して開発した高輝度・高解像度タイプのLED光源ディスプレイウォールプロジェクトWE120シリーズを中心に最新の技術と特長について述べる。

2. WE120シリーズの最新技術と特長

2014年度に開発した高解像度・低消費電力タイプの“HE120シリーズ”は、FHD(1920×1080)の高解像度を持つDLPチップセットを搭載している。今回開発したWE120シリーズは、WUXGA(1920×1200)の高解像度

を持つDLPチップセットを搭載し、WUXGAとFHDの表示解像度選択機能によって、WUXGA用72、62インチ、FHD用70、60インチキューブと組み合わせてそれぞれの表示解像度をネイティブ表示することが可能である。両シリーズのLED光源には、RGB 3色のマルチチップタイプLED素子を採用している。図1に24時間365日連続運転のシステム構成例を、表1にLED光源ディスプレイウォールプロジェクトWE120シリーズの主要スペックを示す。

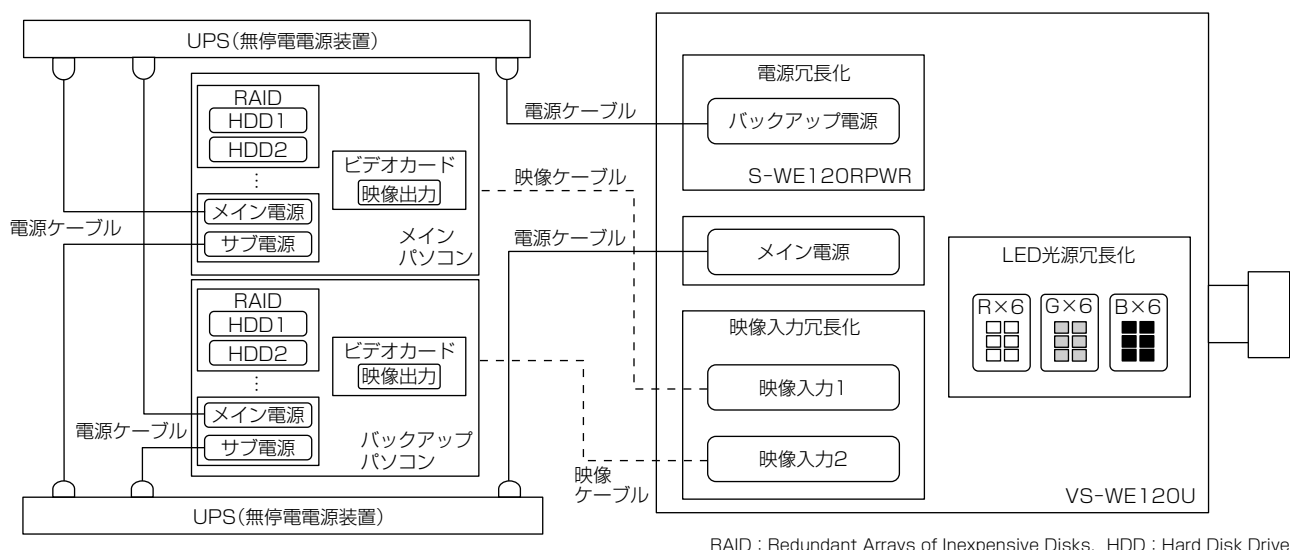
2.1 LED光源の冗長化と長寿命化

RGB各色複数個のLED素子を持つマルチチップタイプのLED光源を並列駆動し、LED光源の冗長化を図っている。一部のLED素子に不点灯などの偶発的な不具合が発生したとしても残りのLED素子は点灯を続け、システムの運用を継続できる。ただし、LED素子に不点灯が発生した場合、一時的に輝度、色度の変化が生じるが、2.4節で述べるセンサフィードバック機能によって、マル

表1. WE120シリーズの主要スペック

本体形名		VS-WE120U
光源		マルチチップタイプLED光源
表示方式		WUXGA DLP 1チップ方式
表示解像度		WUXGA (1920×1200)／FHD (1920×1080)
投影スクリーンサイズ		62, 72インチ (16：10)／60, 70インチ (16：9)
光束	Brightモード	910ANSI lm
コントラスト比 (Typical)		1,500：1
LED 光源 寿命	Brightモード	100,000時間
消費 電力	定格	330W
	Bright／Adv.Ecoモード	225W／77W
映像 信号 入力	デジタル／アナログRGB	DVI-I (DVI1.0／HDCP対応) ×1
	デジタルRGB	DVI-D (DVI1.0／HDCP対応) ×1
		DisplayPort ^(注2) 1.2a 入力×1／出力×1
電源の冗長化 (オプション)		REDUNDANT／EXTERNALモード

WUXGA: Wide Ultra eXtended Graphics Array, FHD: Full High Definition, HDCP: High-band width Digital Content Protection System
(注2) DisplayPortは、Video Electronics Standards Associationの登録商標である。



RAID: Redundant Arrays of Inexpensive Disks, HDD: Hard Disk Drive

図1. 24時間365日連続運転のシステム構成例

チ画面全体の輝度色度均一性を保つように制御する。また、LED光源は投入電力の大きさによって発光輝度を変化させることができるため、この製品では、Bright(高輝度設定)、Normal(標準設定)、Eco(低消費電力設定1)、Advanced Eco(低消費電力設定2)の4モードの明るさ設定を設けており、運用方法によって、輝度レベルと消費電力を選択できるようになっている。

WE120シリーズでは、最も高輝度なBrightモードでも10万時間以上の長寿命化を図るため、熱流体解析によるヒートシンク形状の最適化と冷却ファンの最適配置によって、LED光源の長寿命化を実現し(図2)、Ecoモード97W、Advanced Ecoモード77Wという低消費電力モードを搭載している。

2.2 電源の冗長化

本体製品“VS-WE120U”の開発と同時に、オプション電源として、外部電源ユニット“S-WE120RPWR”(図3)を開発した。

外部電源ユニットはキューブ筐体(きょうたい)内部に配置を可能とし、本体と外部の両電源から供給するREDUNDANTモード、外部電源を優先して使用するEXTERNALモードの選択を可能にしている。REDUNDANTモードは、一方の電源に故障が発生した場合でも映像表示が途切れることなく運用を継続する。EXTERNALモードは、外部電源を優先して使用し、外部電源に故障が発生した場合、本体電源に切り替えて運用を継続する。この場合、本体電源への切替え時に映像が一端途切れるが、外部電源の交換は容易であり、修理サービス時間の削減を可能としている。また、オンスクリーンメニュー及び外部コマンド

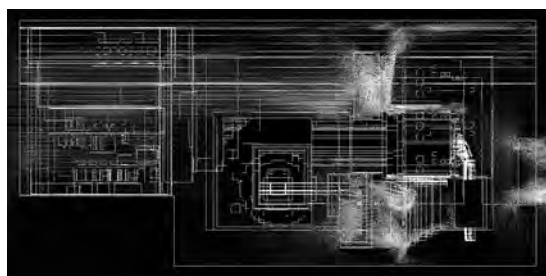


図2. 熱流体解析による長寿命化設計



図3. 外部電源ユニットS-WE120RPWR

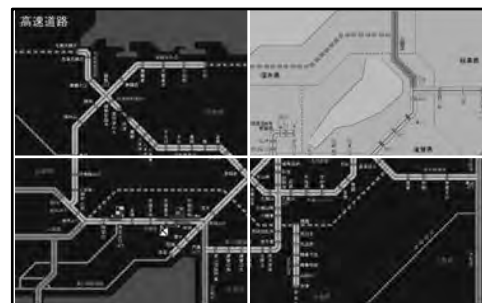
で電源の駆動状態を確認できる。

2.3 映像信号入力系統の冗長化

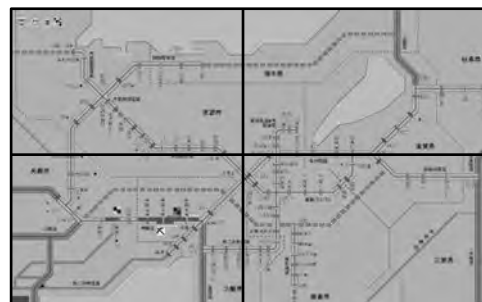
監視制御システムでは、運用中に映像信号が途切れないように映像信号を冗長化する場合がある。そのシステム構築を容易にするため、映像入力1の映像が無信号となると映像入力2の表示に切り替える映像のグループ冗長機能を設定している。冗長化する映像は全く同じ場合もあるが、異常の発生を検知するためバックグラウンド等のデザインを変更する場合がある。それに対応するため、映像入力2に切り替わった画面を検出してマルチ画面全体の映像を映像入力2に切り替えるグループ冗長機能も搭載している(図4)。

2.4 色補正精度の向上

光源の輝度、色度の経年変化に備え、マルチ画面間均一性を補正するセンサフィードバック機能を搭載してお



1画面バックアップ映像に切替え発生



バックアップ映像切替えを検出し、マルチ画面全体をバックアップ映像に切り替える。

図4. 映像のグループ冗長機能動作例

表2. VS-60HS12Uの主要スペック

本体形名	VS-60HS12U
光源	マルチチップタイプLED光源
表示方式	FHD(1080P) DLP 1チップ方式
表示解像度	FHD(1920×1080)
投影スクリーンサイズ	60インチ(16:9)
輝度	Brightモード
コントラスト比(典型値)	1,000:1
LED光源寿命	Brightモード
消費電力	定格
	Bright/Ecoモード
映像信号入力	デジタル/アナログRGB
画面補正方式	電気6軸調整

り、そのセンサに人間の眼の分光感度特性に対応した受光感度を持つXYZセンサを採用した。従来機種ではRGBセンサを使用してRGBバランスを制御する方式であったが、XYZセンサの採用によってWhiteの色度変化を正確に計測することが可能となり補正精度が向上した。また、初期の設置調整でもXYZセンサの計測値からマルチ画面を構成するプロジェクタの補正値を自動計算する機能を備えており、色温度(2,000~12,000K)を指定しての調整機能にも対応した。

2.5 多彩な入力端子とIP伝送システムへの対応

多彩なシステムに対応するため2画面(Window 1 Window 2)オーバーレイ機能を持っており、Window 1 入力端子としては従来搭載しているDVI-I(Digital Visual Interface-Integrated)端子に加えDisplayPort1. 2入出力端子を搭載しており、4面マルチで4K2K表示を可能にするなど様々な映像信号ソース機器を使用したシステムに簡単に組み込むことができる。Window 2入力はDVI-D (Digital Visual Interface-Digital)に加え、インテル社が提唱するOPS規格準拠のオプションスロットを搭載し、OPS規格準拠のコンピュータを装着することでIPストリーム映像を表示するシステムにも組み込むことができる。

3. “120シリーズ”の製品ラインアップと電気6軸調整

ディスプレイウォールプロジェクタ120シリーズには、高輝度・高精細タイプのWE120シリーズ、高解像度・低消費電力タイプのHE120シリーズに加え、2014年度に開発した設置性が良く、小規模な監視システムに適した高解像度・低消費電力タイプの60インチスリムキューブ“VS-60HS12U”(表2)をラインアップに揃えている。

VS-60HS12Uには、設置・調整性を大幅に改善するため、WE120シリーズや従来のプロジェクタ機種に多く採用している機械的な6軸調整器の代わりに電氣的に画面の

5×5ポイント調整画面

カーソルを選択し、上下左右に移動して調整

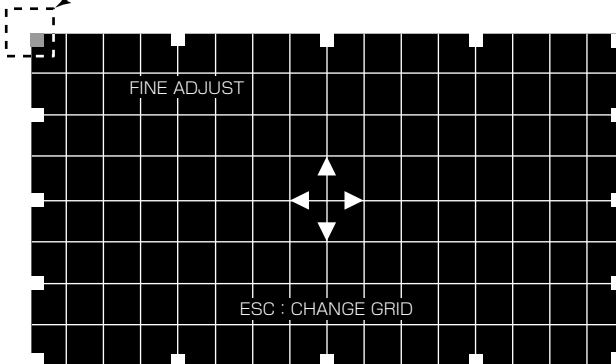


図5. 電気6軸調整機能による画面歪み補正

位置や大きさ、縦横の台形歪(ひず)み等を補正する電気6軸調整機能を備えている。スクリーン端面に画角を0.5画素単位で合わせることが可能となり、従来の機械的な6軸調整器と比較して設置調整者の技能レベルに依存せず短時間で高精度に調整できる。

調整は機械的な6軸調整器と同じく、水平・垂直のズーム調整(H, V-ZOOM)、位置調整(H, V-POSITION)の粗調整モードと5×5のポイント微調整モードがあり、更に精細な調整が可能な9×9調整モードも用意している(図5)。

4. む す び

マルチチップタイプのLED素子を採用したDLP方式LED光源ディスプレイウォールプロジェクタWE120シリーズを中心に、120シリーズに採用した技術に関して、その特長を述べた。

今後は、基本性能と信頼性の更なる向上とともに、多様な入力信号形態に対応するための新規オプションボード開発やIPネットワークを利用した大規模広域監視システムに適したソフトウェアの開発など、高信頼性、高機能化に加え、顧客満足度の高いネットワーク対応製品の充実化を進めていく。

参 考 文 献

- (1) 渋谷重教：データウォール用リアプロジェクタ“PH70シリーズ”，三菱電機技報，83，No.2，139~143（2009）
- (2) 村上幸作，ほか：LED光源を使用したディスプレイウォールプロジェクタ“PE/XE70シリーズ”，三菱電機技報，85，No.3，199~202（2011）

LED高天井用ベースライトの 軽量化技術

松原大介* 高橋庄太**
野澤秋寛*
樋口暁紀**

Weight Reduction Technologies for LED High-bay Lighting

Daisuke Matsubara, Akihiro Nozawa, Akinori Higuchi, Shota Takahashi

要 旨

近年、地球温暖化に対する環境意識の高まりや、東日本大震災による電力不足を背景とした省エネルギー要求が高まっている。また、国際連合環境計画における水銀に関する条約によって、2020年以降、一般照明用水銀ランプの製造、輸出及び輸入が禁止となるため、金属蒸気を光源とするHID(High Intensity Discharge)ランプのLED(Light Emitting Diode)化が加速している。また、大光束の施設用照明では、HIDランプからの器具交換を考慮して、軽量化の要求も高まっている。

このような状況の中で、三菱電機は、2015年12月に従来製品で採用してきたアルミダイカスト製ヒートシンクに対して、アルミ板金製ヒートシンクを採用することによっ

て、大幅な軽量化を実現したLED高天井用ベースライト“GTシリーズ(角タイプ)”を開発した。GTシリーズ(角タイプ)には、多くのバリエーションモデルがあり、特に、省エネルギー性を訴求した省電力モデルでは、発光効率の高い日亜化学工業㈱製SMDタイプLEDを低電流駆動することによって、主要機種のクラス1500(水銀ランプ400W相当)で、固有エネルギー消費効率170.2lm/W、器具質量2.9kgという業界トップクラスの省エネルギーと軽量化を実現した。また、省エネルギーや軽量化だけでなく、顧客の幅広いニーズに対応するため、運搬工場や、組立工場などの過酷な使用環境に対応したクレーン用耐衝撃モデルも開発した。

クラス1500(水銀ランプ400W相当)



省電力モデル



クレーン用耐衝撃モデル

	省電力モデル	クレーン用耐衝撃モデル
全光束(lm)	16,000	17,300
固有エネルギー消費効率(lm/W)	170.2	151.6
質量(kg)	2.9	3.7
LED光源寿命(時間)	40,000	60,000
LEDパッケージ	SMD タイプ	COB タイプ
配光	広角	広角

SMD : Surface Mount Device
COB : Chip on Board

LED高天井用ベースライト“GTシリーズ(角タイプ)”

2015年12月から発売しているLED高天井用ベースライト GTシリーズ(角タイプ)は、発光効率の高い光源とアルミ板金製ヒートシンクの採用によって、省エネルギーと軽量化を業界トップクラスで実現している。また、基本性能の高さだけでなく、顧客の幅広いニーズに対応するため、特殊環境に対応するバリエーションモデルも豊富にラインアップしている。

1. ま え が き

近年の環境意識と省エネルギー要求の高まりの中で、大光束の施設用照明で、光源のLED化が加速している。既存のHIDランプからのリニューアル需要も多く、省エネルギーと合わせて、軽量化も製品の重要な訴求項目となっている。

このような状況の中で、三菱電機は、2015年12月に、従来製品で採用してきたアルミダイカスト製ヒートシンクに対して、アルミ板金製ヒートシンクを採用することによって、大幅な軽量化を実現したLED高天井用ベースライトGTシリーズ(角タイプ)を開発した。多くのバリエーションモデルの中で、特に、省エネルギー性を訴求した省電力モデルでは、発光効率の高い日亜化学工業(株)製SMDタイプLEDを低電流駆動することによって、主要機種のクラス1500(水銀ランプ400W相当)で、固有エネルギー消費効率170.2lm/W、器具質量2.9kgという業界トップクラスの省エネルギーと軽量化を実現した。また、省エネルギーや軽量化だけでなく、顧客の幅広いニーズに対応するため、運搬工場や、組立工場などの過酷な使用環境に対応したクレーン用耐衝撃モデルも開発した。

本稿では、省電力モデルとクレーン用耐衝撃モデルの開発について述べる。

2. LEDの発光効率と寿命

2.1 LEDの発光効率⁽¹⁾

照明器具の固有エネルギー消費効率は、使用するLEDの発光効率に大きく依存する。ここでは、省電力モデルに搭載したSMDタイプLEDの特性について述べる。

LED単体の発光効率は、駆動電流が低いほど上昇する(図1)。しかし、低電流化に伴い、LEDから放出される光束は低下するため、照明器具として必要な光束を確保するためには、LEDの搭載個数を増やす必要があり、製造コストは増大する。照明器具の固有エネルギー消費効率と

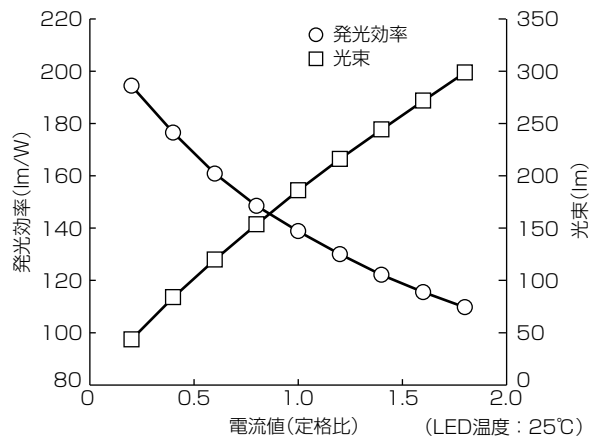


図1. LED単体の発光効率と光束

製造コストのバランスを考慮して、搭載するLEDの数を決める必要がある。また、LED単体の発光効率は、LEDの温度によっても変化する。LEDのカソード側電極部の温度(以下“LED温度”という。)と、発光効率の関係を図2に示す。LED温度が低いほど、発光効率は上昇する。

2.2 LEDの寿命⁽²⁾⁽³⁾

一般照明用途に用いられるLEDの寿命の定義については、JIS C8105-3によって、“全光束が、点灯初期に測定した値の70%に下がるまでの総点灯時間”と定義されている。LEDは固体光源であるため、従来光源のように電子放射物質が消耗して不点灯になることがなく、点灯時間に応じて徐々に光束が減少していく(図3)。JIS C8105-1によれば、一般的な照明器具の交換の目安は8~10年程度とされている。このため、LED照明器具としては、40,000時間(夜間点灯で約10年、常時点灯で約5年相当)後、初期の全光束に対して、光束比70%以上を目標に設計されることが多い。これに対して、三菱電機LED高天井用ベースライトGTシリーズ(角タイプ)の省電力モデルは、点灯初期の光束値に対して、光束比85%以上で設計しており、照明器具交換の時期が来ても、一般的な照明器具よりも明るさを維持している。

また、図3に示すように、LED温度が、高温時と低温時では、点灯初期からの光束比が変わってくるため、目標光束比を達成するためには、LED温度を設計目標温度以下にする必要がある。

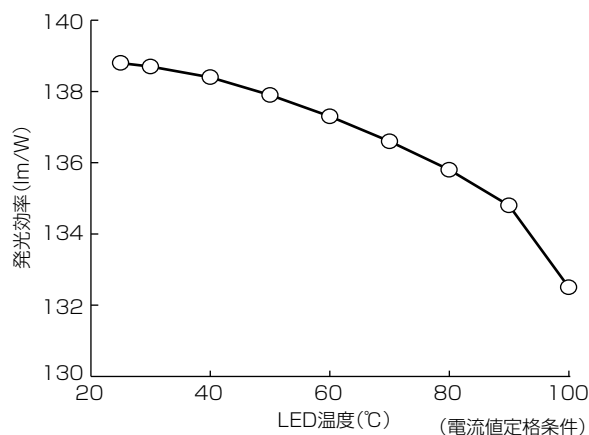


図2. LED単体の発光効率

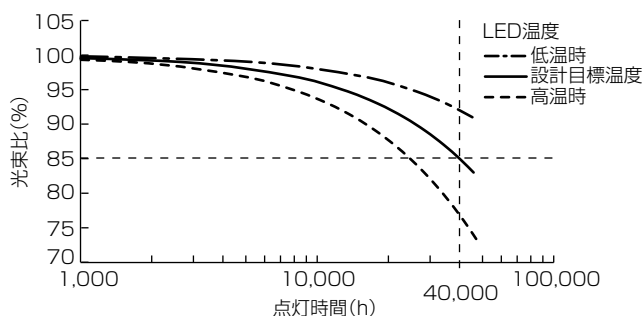


図3. LEDの光束比

3. 照明器具放熱部の設計

3.1 ヒートシンクの構造

LEDは半導体素子であり、発光に伴い発熱する。照明器具の光束と固有エネルギー消費効率から、LEDでの消費エネルギーは決まる。LEDの仕様によって異なるものの、消費エネルギーの7割程度が、熱エネルギーとなり、LEDの温度を上昇させる。一般的に、照明用LEDの低温化に対してはヒートシンクが用いられる。放熱性能と質量はトレードオフの関係にあるため、LEDの低温化にはヒートシンクの質量増大が伴う。先に述べたように、施設用照明で、軽量化は重要な訴求項目であり、同じ放熱性能でも、より質量の小さいヒートシンクが求められる。今回、開発したLED高天井用ベースライトGTシリーズ(角タイプ)では、従来のアルミダイカスト製ヒートシンク(図4(a))に対して、アルミ板金製ヒートシンク(図4(b))を採用することによって、大幅な軽量化を図っている。

板金製ヒートシンクでは、放熱フィンとベース部の接合が重要になってくる。接触面の熱的接合が不完全であると、LEDから発生する熱を放熱フィンに十分に伝えることができず、想定した放熱性能が発揮できない。結果として、照明器具の固有エネルギー消費効率と光源寿命を悪化させる。今回、開発したヒートシンクは、隣接する放熱フィン2枚を1組として、ダボカシメによってベース部と接合させている(図5)。

ダボカシメによる接合方式を採用することによって、放熱フィンとベース部の間に、熱伝導グリスなどを使用せず

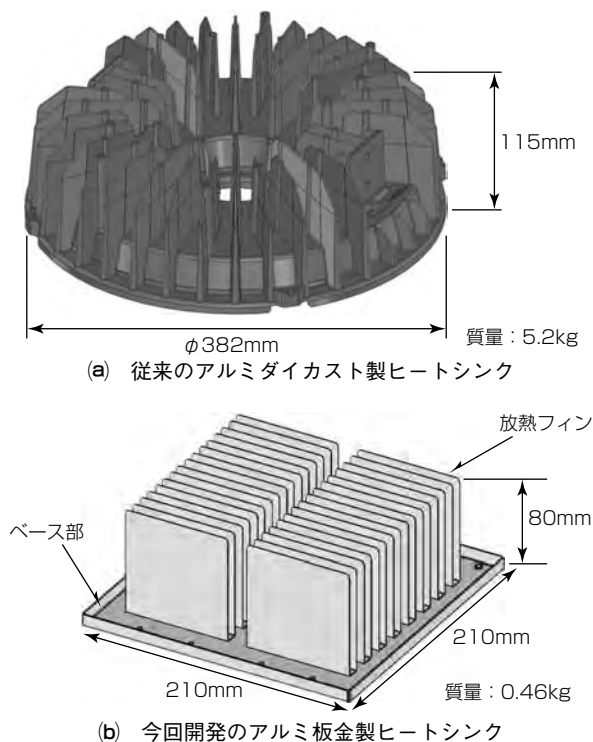


図4. ヒートシンクの構造

に、十分な熱的接合を確保できる。また、ロウ付けや溶接といった他の接合方式に比べても生産性が高い。

3.2 ヒートシンクの設計

板金製ヒートシンクの設計については、熱流体解析によってLED温度を計算している(図6)。解析による仕様検討では、板金製ヒートシンクの放熱フィンの高さ、幅、板厚、枚数、ベース部の板厚をパラメータとしている。全てのパラメータを組み合わせた仕様で、LED温度を計算してヒートシンクの質量との関係をプロットした(図7)。

図7で、LED温度が低温化するほど、高効率となる。また、図3に示すように、低温化に伴い、初期の全光束に対する光束比も高くなる。このため、高効率化と軽量化を

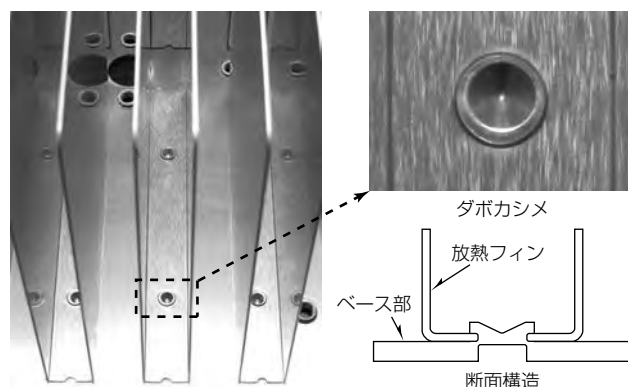


図5. ヒートシンクの接合部構造

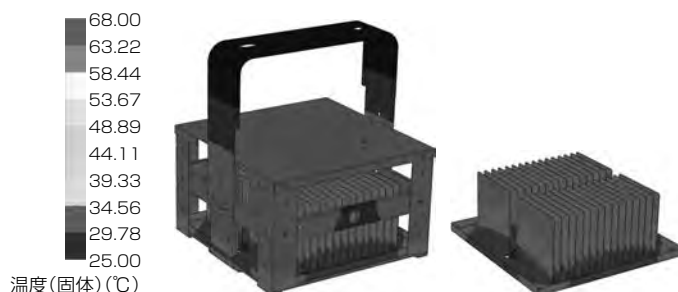


図6. 解析結果一例

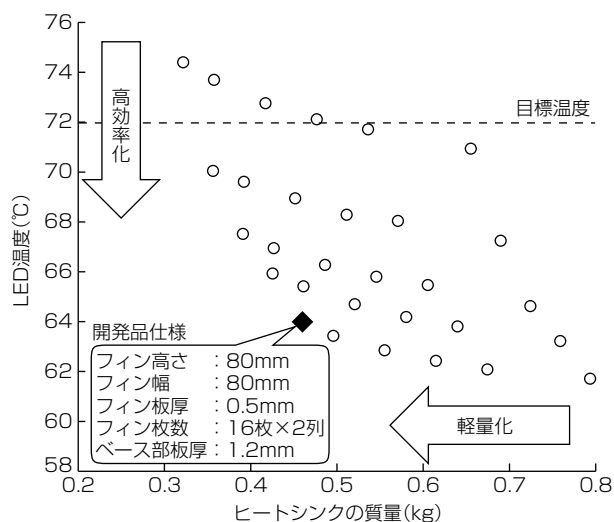


図7. LED温度とヒートシンクの質量の関係

両立させる仕様は、図7のグラフの左下に位置することになる。最終的なヒートシンクは、同グラフの◆印の仕様を採用した。アルミ板金製ヒートシンクの質量は0.46kgとなり、従来のアルミダイカスト製ヒートシンクの5.2kgから、91%の軽量化を達成した。

4. クレーン用耐衝撃モデル

LED高天井用ベースライトGTシリーズ(角タイプ)では、運搬工場や組立工場などにおけるホイストクレーンへの設置を想定して、激しい振動・衝撃環境でも使用できるクレーン用耐衝撃モデルを開発した(図8)。複雑な構造をとることなく、一般モデルよりも更に耐振動・衝撃性能を向上させ、他の機種と同様に、2本のボルトで施工できる構造となっている(図9)。

従来、三菱電機にはクレーン用のLED照明器具に関する規格が存在しなかった。そのため、クレーン用耐衝撃モデルの開発に当たり、試験基準の策定から実施した。実際にクレーンに発生する加速度を様々な現場で測定することで、市場で発生し得る振動・衝撃レベルを把握し、基準値を導出した。振動が加わる部品の試験方法として、三菱電機が持つ包装材の振動試験規格などを活用した。

定常的な振動に対する試験基準値は、実環境の再現性が高いランダム振動で規定した。入力する周波数帯域や振動レベルは、実測値の最大値を基に十分な余裕度を確保した値とした(図10)。また、耐久試験時間は、市場での様々な使われ方を考慮して、厳しい使用環境を想定している。一方、クレーンの起動時や停止時に発生する過渡的な衝撃に対しても同様に、市場で想定される環境より厳しくかつ過剰でない妥当な試験基準値としている。

試験条件を次に示す。

- (1) 耐衝撃5G：衝突速度40m/min(3軸方向各60,000回)
- (2) 耐振動RMS(Root Mean Square)値：4.5m/s²(周波数帯5～200Hz)

照明器具の構造体は、耐振動・衝撃性能を向上させるために、一般モデルをベースに対策している。アームや支柱は作用応力低減や剛性確保に配慮した形状とし、LED電源については振動モードを考慮した基板配置とした(図11)。

開発したクレーン用耐衝撃モデルの耐振動・衝撃性能は、市場で想定される作業現場の値を大きく上回っている。今後は、市場データを蓄積していくことで、軽量化や低コスト化など、更なる製品力向上や環境配慮型製品の実現を目指す。

5. む す び

LED高天井用ベースライトは、今後も成長が期待できる市場である。省電力モデルとクレーン用耐衝撃モデルについて述べたが、このほかにも、高温用モデル、重耐塩モデル、耐油煙モデル、プール(耐塩素)用モデルなど、豊富



図8. クレーンへの施工例

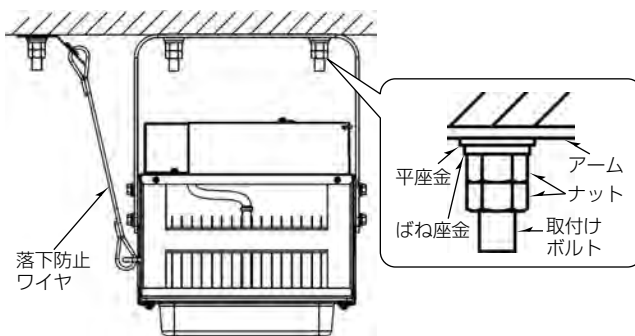


図9. 取付け構造

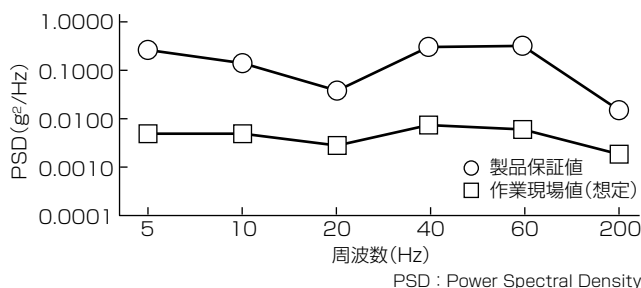


図10. 振動PSD仕様



図11. クレーン用耐衝撃モデル外観

なバリエーションモデルを開発している。今後も、顧客の幅広いニーズに対応するため、LED高天井用ベースライトの開発を進めていく。

参 考 文 献

- (1) 日経エレクトロニクス編：LED2012-2013 スマートライティングが切り拓く新市場，日経BP社 (2012)
- (2) LED照明推進協議会：LED照明信頼性ハンドブック，日刊工業新聞社 (2008)
- (3) LED照明推進協議会：LED照明ハンドブック(改定版)，オーム社 (2011)