

MITSUBISHI
Changes for the Better

家庭から宇宙まで、エコチェンジ

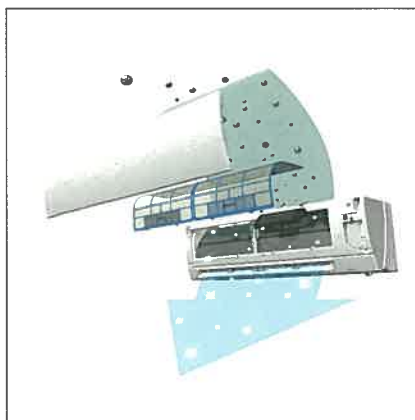


三菱電機技報

9

2013
Vol.87 No.9

家庭電器(スマートクオリティ)を支える技術



目次

特集「家庭電器(スマートクオリティ)を支える技術」

スマートクオリティをささえる技術	1
永友秀明	
家電製品におけるUDの進化	2
藤本仁志・澤田久美子・深野さゆり	
人中心の快適性を追求し節電するエアコン“霧ヶ峰ZWシリーズ”	7
杉山大輔	
新薄型断熱構造“SMART CUBE”	11
衛藤 浩・大矢恵司・西岡孝真	
業務用空調管理システムの現状と展望	15
田村和也・松井賢治・藪田豊大	
欧州 Air to Water ヒートポンプシステム“ecodan”	19
服部太郎	
空気清浄技術	23
古橋拓也・森岡怜司	
サイクロン掃除機“風神”の小型・軽量化技術	27
前田剛志・近藤大介	
家庭用エコキュートのマイクロバブル技術	31
柳本 圭・坂上智樹・宮下章志・竹内史朗・古川誠司	
三菱HEMS	35
矢部正明・矢野裕信・田中颯一郎・飯澤大介・峯澤聡司	
PV・EV連携パワーコンディショナ	39
土本直秀・春日井 誠・久保山 裕・奥田達也・泉 喜久夫	
固体光源プロジェクタ	43
松岡哲平・山田旭洋・中尾貴行・本田 博	
HEMS対応液晶テレビ	47
篠崎秀一・田中颯一郎・春山裕一郎・橋本孝康	
最先端の家電リサイクル技術	51
井関康人・筒井一就	

Advanced Technology for SMART QUALITY

Advanced Technology for SMART QUALITY
Hideaki Nagatomo

Universal Design Evolution in Home Electrical Appliances
Hitoshi Fujimoto, Kumiko Sawada, Sayuri Fukano

Air Conditioner "Kirigamine ZW Series" Realizing Best Energy Saving with Pursuing User's Comfort
Daisuke Sugiyama

New Thin Heat-Insulated Structure "SMART CUBE"
Hiroshi Eto, Keiji Oya, Takamasa Nishioka

Current Status and Future Perspective of Air-Conditioning Control System for Business Use
Kazuya Tamura, Kenji Matsui, Atsuhiko Yabuta

"ecodan" : Air to Water Heat Pump System for Domestic space heating in Europe
Taro Hattori

Indoor Air Clean Technology
Takuya Furuhashi, Reiji Morioka

Downsizing and Weight Saving Technology of the Cyclone Cleaner "Fujin"
Tsuyoshi Maeda, Daisuke Kondo

Micro Bubble Technology of Eco Cute for Household Use
Kei Yanagimoto, Tomoki Sakaue, Shoji Miyashita, Shiro Takeuchi, Seiji Furukawa

MITSUBISHI Home Energy Management System
Masaaki Yabe, Hirotohi Yano, Kenichiro Tanaka, Daisuke Iizawa, Satoshi Minezawa

PV Inverter and EV Charger-Discharger Linked by AC Power Line
Naohide Tsuchimoto, Makoto Kasugai, Yutaka Kuboyama, Tatsuya Okuda, Kikuo Izumi

Projectors with Solid State Illumination
Teppei Matsuoka, Akihiro Yamada, Takayuki Nakao, Hiroshi Kida

HEMS Function on LCD-TV
Hidekazu Shinozaki, Kenichiro Tanaka, Yuichiro Haruyama, Takayasu Hashimoto

Most-advanced Recycling Technologies for Home Electrical Appliances
Yasuto Iseki, Kazunari Tsutsui

特許と新案

「サイクロン分離装置及び電気掃除機」	55
「加熱調理器」	56

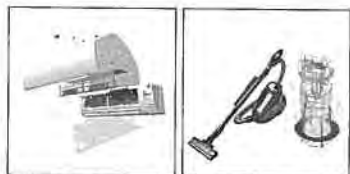
表紙：スマートクオリティを支える技術

毎日を心地よく過ごしたい。それは誰もが願うこと。

いま私たちは、そんな想いととも、社会がかかえるさまざまな問題と向き合っていかなければならない。

そこで三菱電機は、社会全体の課題と向き合いながら、ひとりひとりの“暮らしのクオリティ”を高めていくことを目指している。

今回の特集号“スマートクオリティを支える技術”では、三菱電機が取り組むスマートクオリティ、その核となる、きらりと光る技術の結晶を紹介した。



巻/頭/言

スマートクオリティをささえる技術

Advanced Technology for SMART QUALITY



永友 秀明
Hideaki Nagatomo

これからの豊かさや幸せを実現するためには、社会全体の課題を解決しながらひとりひとりの“暮らしのクオリティ”を高めていくことが必要です。そのため三菱電機は、暮らしの“本質”を見つめた新しいものづくりへ踏み出していきたいと考えています。時代が効率を求めても、社会が複雑に変わっても、暮らしに大切なものは変わりません。誰もが使いやすい“人重視”の発想の設計で、かしこくムダのないエコテクノロジーで、挑戦を続けていきます。

近年スマートハウスやこれに搭載されるホームエネルギー管理システムの導入拡大が見込まれており、実証実験段階から市場導入段階へ移行しつつある状況です。しかしながらこれらスマートなシステムを実現するにあたっては、まず導入する個々の家電品や住設機器それ自体が、使いやすく、すぐれた省エネルギー性能を持ち、便利で、かつ“暮らしのクオリティ”にとって大切な価値である“おいしい”“たのしい”“きもちいい”が実感できる、魅力ある製品でなければなりません。このような高度な機能や技術を搭載した製品群だからこそ、情報ネットワークシステムの中に組み入れることで、当社が主張する“スマートクオリティ”をより体感いただけるものと確信しています。

そこで、今回“スマートクオリティをささえる技術”を特集するにあたり、主に以下4つの技術を紹介いたします。

- ①個々の製品において直接お客様と接し、高度な機能を簡単で使いやすくする、ユニバーサルデザイン
- ②すぐれた省エネルギー能力や節電機能、省資源を実現するための、省エネ・リサイクル技術
- ③“おいしい”“たのしい”“きもちいい”が便利に簡単に実感できる、最新機能とこれをささえる技術
- ④最新のホームネットワークで①～③を有機的に結合し、一歩進んだ付加価値を提供する、エネルギー&ライフマネジメント技術

当社は過去からユニバーサルデザインによる個々の製品設計を機種横断的に取り組むとともに、その成果として“らく楽アシスト”“節電アシスト”を展開してきました。製品に搭載された高度な機能はもとより、機器間での連携を行う複雑なホームネットワークシステムでも、誰でも簡単に使いこなせるようであればなりません。今後は、個人

や家族の生活パターンを見ながら、快適性を維持向上させつつ更なる省エネルギーを行っていく必要もあり、当社のユニバーサルデザイン技術を駆使した開発を進めていきます。

省エネルギー技術では、過去から業界トップクラスの省エネルギー性能を堅持し、空調機器における省エネルギー性能向上のほか、極めて断熱効率の高い冷蔵庫などを市場投入してきました。一方家庭用だけではなく、省エネルギー効果の高いビル用空調システムなども幅広く展開し、太陽光発電システムの導入と合わせ、社会全体への省エネルギー貢献を進めております。さらにこれからは、電気自動車と太陽光発電の連携機能などによる、ピークシフト、ピークカットへの対応や、将来のゼロエミッションを実現するエネルギー管理システムの導入を進めていきます。また、開発・生産から輸送時、製品・システム・サービスの使用時、そしてリサイクルにいたるまで、低炭素社会と循環型社会の実現に貢献するためグローバル環境先進企業を目指していきます。

一方、便利でかつ“おいしい”“たのしい”“きもちいい”を実感する最新機能では、エアコンでの空調センシングの進化による快適性を損なわない省エネルギーの追求、冷蔵庫でのおいしい瞬冷凍、マイクロバブルによる温浴効果が進化した給湯機、より軽くて使いやすい掃除機などの白物製品のほか、ホームネットワーク技術を進化させ更に便利になったオールインワンテレビなどの映像機器まで、幅広い製品群での様々な先進機能をより進化させていきます。

三菱電機は、家電住設機器分野で“照明”“換気空調”“給湯暖房”“調理家電”“家事家電”“映像情報”“太陽光発電”といった7つの事業分野を幅広く手掛けている数少ない企業の1つです。これら製品群を最新のネットワークシステムと連携させることで、お客様に一歩進んだ付加価値を提供できるものと確信しています。エネルギー管理でも単なる自動化ではない、安全・安心を配慮したシステムを実現していきます。さらに今後は、自立した家庭内システムからスマートグリッドを形成し、スマートコミュニティやスマートシティに発展していくものと予想しています。三菱電機のスマートクオリティ、これからもご愛顧をよろしくお願いいたします。

巻頭論文



藤本仁志*



澤田久美子**



深野さゆり***

家電製品におけるUDの進化

Universal Design Evolution in Home Electrical Appliances

Hitoshi Fujimoto, Kumiko Sawada, Sayuri Fukano

要 旨

三菱電機では、企業理念である“活力とゆとりある社会の実現に貢献する”ために、製品の使いやすさをより多くの人に広げるユニバーサルデザイン(UD)の取組みを継続的に進めてきた。

それまでの製品開発で実施していた、ユーザビリティの改善・向上を目的とした評価プロセスを進化させて、UD開発プロセスを整備した。これは、開発の各段階でUD視点からの仕様チェックを目的とするものであり、ツールとガイドラインによって効率的かつ網羅的に実施できる環境を段階的に整備してきた。

“UD-Checker”と名付けたUD評価ツールは、チェック

リストを発展させたものである。最初に対象ユーザー属性、使用環境、UD必要度を設定し、達成目標レベルを定めて、仕様策定、試作品評価、製品評価の各段階で評価を行い、仕様にフィードバックさせる。現在は家電製品から他の分野へと適用範囲を広げている。また、ガイドラインは開発初期段階でのUD的配慮項目をまとめたものであり、仕様決定のより所となる。より高齢者に配慮した内容、さらに、子どもを含む安全・安心に関わる内容を強化させている。

本稿では家電製品で進めてきたUDの進化過程と、今後の方向について述べ、製品に展開した最近の事例について述べる。

ユーザビリティ 典型的ユーザーにとって
使いやすいか

↓

ユニバーサルデザイン

“より多くの人が使いやすいものづくり・
生活しやすい環境づくり”のために

より幅広い配慮

使いやすさで、暮らしは変わる。

らく楽アシスト

第4回国際ユニヴァーサル
デザイン会議2012 in 福岡
三菱電機展示ブース

ユニバーサルデザインの進化

真の“使いやすさ”“生活しやすさ”を実現するため、より多くのユーザーに満足度の高い製品と生活環境の提供を目指している。“らく楽アシスト”機能として家電製品に適用するとともに、学会や展示会で当社の取組みを国内外に発信してきた。

1. ま え が き

近年、ユニバーサルデザイン(UD)という言葉をよく耳にするようになってきた。建築家で自らも車椅子利用者であった、故Ronald L. Maceが1980年代にUDを提唱し始めてから30年がたとうとしている。高齢者や障がい者向けの特別な取組みではなく、すべての人が使いやすく、満足できる環境づくりというUDの考え方は国内でも少しずつ理解されつつある。当社では障がい者や高齢者に配慮した家電製品開発を進めてきたが、東日本大震災後の社会環境の変化を踏まえ、より多くの人を暮らしやすくする“スマートクオリティ”の取組みを新たに開始した。

本稿ではこの活動を支えるUDの取組みについて述べる。

2. UDへの取組み

2.1 背景と経緯

UDは、“ユーザビリティの向上”をより広範囲のユーザーで実現することを目指すものである。当社のデザイン研究所では、1990年代初頭からデザイン開発のプロセスにユーザビリティ評価を取り込み、開発の上流から、ユーザーの立場で客観的に評価を繰り返し行うことによって、より分かりやすく、使い勝手の良い製品の開発を支援してきた。1995年からバリアフリーデザイン、そしてUDの概念を基に、“より多くの人を使いやすいものづくり・生活しやすい環境づくりのために”をスローガンに、真の“使いやすさ”“生活しやすさ”を実現するため、より多くの人に満足度の高い製品と生活環境の提供を目指したUD開発を推進してきた。

当社家電分野では、2004年から“ユニ&エコ”というシリーズで、UDとエコロジーを両輪とした開発をスタートした。その後、2010年度から、更にターゲットを70代の高齢者まで引き上げる形で、より多くの人最新の便利な機能を自在に楽に使いこなせることを目指した“らく楽アシスト”機能搭載のシリーズを展開し、“ユニ&エコチェンジ”と称してUD開発を強化した。さらに、2012年度からスタートした“スマートクオリティ”の取組みでも“らく楽アシスト”活動は継続した。

2.2 UD開発の推進

このようなUD開発を進めるにあたり、デザイン研究所では、“人間中心設計プロセス”⁽¹⁾の考えにのっとりUD開発プロセスを整備してきた。その中核となる、評価ツールとガイドラインの詳細を述べる。

2.2.1 UD評価ツールの開発

製品のUD配慮レベルを底上げするために、製品分野と機種によって異なるマーケットの特性や開発上の制約・条件を考慮して、機種ごとの達成目標を設定し、その目標値に対しての達成度合いを定量的に把握することが必要で

あった。そのため、2005年にUD評価ツール“UD-Checker”を開発し、製品開発に適用してきた。家電製品群について、“ユニ&エコ”商品戦略を展開する際に、UD-Checkerによるチェックを義務づけ、シリーズ商品として認定する形で活用し浸透を図った。

このツールは開発開始時に、対象となる製品の特性や開発条件を整理し、製品アイテムや機種に応じた個別の開発目標を設定する。評価項目に従ってチェックすることで、UD達成度合いの数値化が可能となる。数値化と並んで、ユーザー属性別に具体的な開発のポイントや改善すべき項目を見つけ出し、開発の各段階で仕様の改善を目的とするものである。また、客観性を確保するため、設計・デザイン・ユーザビリティ評価の専門家が3者合同で行うことを原則としている。

デザイン研究所ではこのツールの適用をデザイン品質管理の一環として実施しており、繰り返しUD-Checkerを使用することで、どのような配慮が必要かが自然と頭に入り、必ずUD視点を確認しながら開発を行う姿勢が身に付いてきたことは大きな効果であったと言える。社内的にもUD開発を推進するための重要な手段として認知されていった。

2.2.2 UD評価ツールの進化

UD-Checkerは、初期のVer.1.0ではExcel^(注1)を使った、単一機種ごとの評価で完結したものであったが、その後ツールとしての利便性を向上させるため何度かバージョンアップを行ってきた。

Ver.2.0からは複数の機種の結果比較、推移を表示できるようにした。Ver.3.0からは、家電製品群のシリーズ戦略“らく楽アシスト”開発に際して新たに整備した“新UDガイドライン”の基準を盛り込み、さらに、評価後の改善に活用しやすくするため、評価時に抽出した問題点のリスト化、ユーザー属性ごとの表示機能等を加え、結果を可視化できるよう改良を行った。

やがてUD開発の取組み領域が拡大していくに従い、異なるユーザー属性や異なる評価項目一式を実装する必要があることが判明し、それぞれの製品分野に応じた新たなバージョンを作成した。具体的には、据付け・保守等を行うサブユーザーの操作(作業)に対応する“UD-Checker据付・保守版”、FA機器や産業機器の製品分野に対応する“UD-Checker産業機器版”、ヒューマンエラー要因⁽²⁾を軸にこれら据付け・保守等の作業性そのものを評価する“作業性Checker”を作成した。また、ITの進展に伴い、様々な分野でのGUI(Graphical User Interface)活用が拡大していることから、GUIを対象を絞った⁽³⁾“GUI-Checker”というバージョンを作成した。図1にUD-Checker各バージョンの適用範囲を示す。

その後、ツールの運用管理方法や微妙な使い勝手の違い等の課題が浮き彫りになり、2012年度にこれらのツールを

統合し、同一のインタフェースを適用した統合版UD-Checker4.0を開発した。

ツールの入口は1つで、ユーザーは最初のメニュー画面からそれぞれのバージョンを選択して利用する。評価結果は一元管理することで、過去のデータ活用が容易になった。また、これまでのUD-Checker

では評価項目などを改訂する際はバージョンごとに改修していたが、統合版では管理者画面から、設問の入替え作業や製品アイテムによる評価項目間の重み付けの変更等ができるようになり、管理側の作業効率性と同時に、今後の拡張性も向上した。

(注1) Excelは、Microsoft Corp. の登録商標である。

2.2.3 統合版UD-Checker4.0の機能

UDチェックの流れに沿って、主な機能について述べる。

(1) STEP1：開発する製品についての整理

はじめに、開発対象製品の基本的な要件(新規開発製品かモデルチェンジか、対象製品の主な使い方、特徴的な機能等)を整理しフェースシートを作成する。次に想定されるユーザー属性と使用環境の条件についてチェックしていく。

ユーザー属性については、基本のエンドユーザー版では、①健常者(左利きや妊婦等も含む)、②高齢者、③小さな子供、④車いすユーザー(下肢障がい)、⑤片手が不自由(片マヒ、上肢障がい等)、⑥視覚障がい者(全盲)、⑦視覚障がい者(弱視、色覚障がい者)、⑧聴覚障がい者、⑨外国人の9つの属性に分類した。これらは版によって少しずつ異なり、例えば、作業性Checkerでは、特に現場で異なる特性に注意を要する“未熟練者”や“女性”等の属性を設けている。

(2) STEP2：UD必要度評価

次に、開発対象製品の特性と開発の位置付けに応じたUD必要度を判断し、達成目標レベルを定める。例えば公共向けの製品だと、ユーザー自らが選択できないなどUDの要求度は高い。逆に個人ユースの趣味・嗜好(しこう)品や、専門の人しか使わない場合等は、用途に応じた選択肢を提供することで、個々の製品に対するUD要求度は公共製品より低く設定できる。次に開発する機種の戦略上の位置付けをチェックする。マーケットシェアの高い製品や、戦略的にUD開発を目指す製品は上位のランクとなる。これら2つのチェック結果によって、目標値が設定される仕組みになっている。

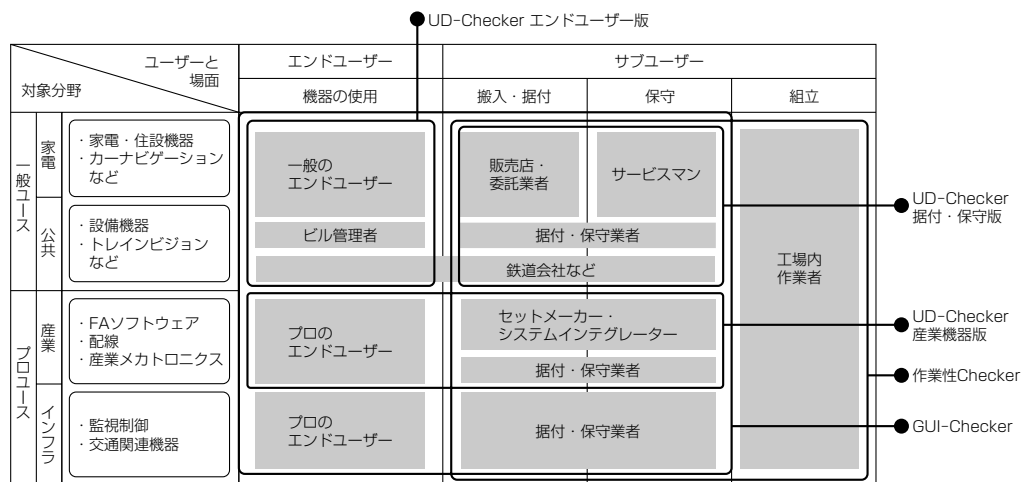


図1. UD-Checkerの適用範囲

表1. UD度評価項目

	評価軸	内容
①	簡単で分かりやすい使い方	主に“認知的側面”に関する項目
②	識別しやすい表示・表現	見やすさや聞きやすさなど、主に感覚機能に依存する項目
③	楽な姿勢・身体的負荷への配慮	姿勢や重さなど、主に身体的側面に関する項目
④	安全性と利便性の追求	安心や安全への配慮、省力化やメンテナンス性などの利便性
⑤	使う人の気持ちに配慮	“感性的側面”に関する要素、商品としての完成度や快適性

(3) STEP3：モデルユーザーによるタスクチェック

一連の操作を検証するために、代表的なタスクを設定し、モデルユーザーによるタスクチェック(簡易なユーザーテスト)を実施する。複数のユーザーを用いて、様々なケースを検証できればベストだが、簡略に行う場合は、どういった条件で評価したかなどを記載しておき、STEP1で整理したユーザー属性や使用条件を考慮しながら問題点を書き出していく。

(4) STEP4：UD達成度評価

STEP3で抽出した問題点を基に、表1のUD度評価項目に従って採点する。評価軸は5つあり、①～④の評価軸に対して、ユーザー属性ごとに4段階で評価し、100点満点で合計点を出す。その時、必ず理由を記述する。⑤は記述式で回答し、点数化しない。

(5) 評価結果の活用

全てのチェックを行うと、結果シートに評価軸ごとの点数一覧とレーダチャートが表示される。他社製品や過去の評価結果との比較グラフも選択して表示することができる。当初から、点数化することによって数字だけが注目される懸念があったが、重要なのは改善すべき課題を抽出し、ユーザー属性ごとの適切な配慮を明確にして、新たな開発のヒントを見つけ出すことである。そのため、その後の開発に活用しやすいよう工夫をした。評価項目ごとの得点の理

由を良い点／悪い点にそれぞれまとめた“コメントリスト”が作成される。全ての課題を一覧できるので、評価後に関係者で共有し、課題の改善優先度や対応部門を検討するなど、その後の開発に反映しやすい。より詳しく分析し、対策を検討する場合は、比較したい評価履歴のファイルと呼び出し、評価軸別やユーザー属性別の比較グラフを作成できるようになっている。特定のユーザーに対して、又はある配慮項目に対して何か課題があるのかなどを確認し、その改善策の検討に活用できると考える。

2.2.4 UDガイドライン

設計者向けに、より多くの人が最新の便利な機能を自在に楽に使いこなせる製品づくりを可能とするため、高齢者の認知・視覚・聴覚・身体等の特性に配慮したUDガイドラインを策定した。対象とする高齢者の年齢は、60歳の人々が10年後も安心して使えるように“70歳”を基準としている。一般的な高齢者の定義は65歳以上とされるが、前期高齢者(65～74歳)に比べて後期高齢者(75歳以上)は認知・身体ともに能力が低下すること⁽⁴⁾⁽⁵⁾を踏まえ、このガイドラインでは能動的に家事を行える高齢者として、70歳前後の前期高齢者を主な対象とした。

高齢者には加齢による認知特性の変化や身体機能の変化が起こる。例えば分かりやすさでは、集中力が低下し、ものの覚えが悪くなる。見やすさでは、明るさの変化に対応しにくくなり、ものが見えにくくなる。聞こえやすさでは、耳が遠くなり、音が聞き分けにくくなる。身体的には、指先の感覚が鈍くなり、膝の曲げ伸ばしがしにくくなる。

もの作りでは、これらの変化を踏まえてできるだけ分かりやすく、身体的な負担を少なくするように配慮する必要がある。ガイドラインは、UD-Checkerの項目を基に構成している。これをより具体的な基準にするため、既存の論文や調査及びJISなどの公的基準から主な対象に合致する内容を取り入れ、不足部分は大学と共同で実施した独自の評価実験で得られたデータから策定した。各配慮項目について、具体的な製品事例を挙げて述べている。表2に主な項目を記す。

表2. UDガイドラインの主な項目

	評価軸	配慮項目
①	簡単で分かりやすい使い方	・分かりやすさへの配慮 (アフォーダンス、ガイダンスの提示 ほか)
②	識別しやすい表示・表現	・見やすさへの配慮 (文字の大きさ、コントラスト、文字の形状 ほか) ・聞き取りやすさへの配慮 (音の高さ／大きさ／意味、音声ガイダンス ほか) ・識別性への配慮(凸記号 ほか)
③	楽な姿勢・身体的負担への配慮	・手、体、足、身体への配慮(持ち運びの形状・重さ、身体バランス／身体保持への配慮 ほか)
④	安全性と利便性の追求(安心への配慮)	・高齢者、子どもへの配慮 (誤操作防止、危険事故防止、注意喚起 ほか)

3. 製品展開事例

製品開発では、便利・高度な機能をらくに使いこなせる“らく楽アシスト”機能を開発し、“認知”では光や音によるナビゲーション(光ナビ、音ナビ)、“識別”では大きな文字による視認性確保(デカ文字)、“身体”への配慮ではメンテナンスの容易さ(らく楽メンテ)、そして“安全”への配慮等に注力している。ガイドラインを反映した具体的な製品展開例を次に示す。

3.1 エアコン“霧ヶ峰ZWシリーズ”用リモコン

その時の気分に合わせて操作誘導や、アニメーションによる機能説明の液晶画面表示で分かりやすくした。また、温度や湿度の数値など、知りたい情報の文字サイズを大きくしたり、バックライトを搭載したりするなど夜でも見やすくした(図2)。

3.2 レコーダ内蔵液晶テレビ“REAL MDR/MRシリーズ”

視覚障がい者や高齢者の操作をアシストするために、電子番組表の番組名や内容、メニュー名称等を音声で読み上げる機能を設けた。識別のしやすさへの配慮では、電子番組表やチャンネル表示・音量表示の文字を、ユーザーが見やすい大きさに設定できるようにした。またリモコンの主



図2. エアコン“霧ヶ峰ZWシリーズ”用リモコン



図3. レコーダ内蔵液晶テレビ用リモコン

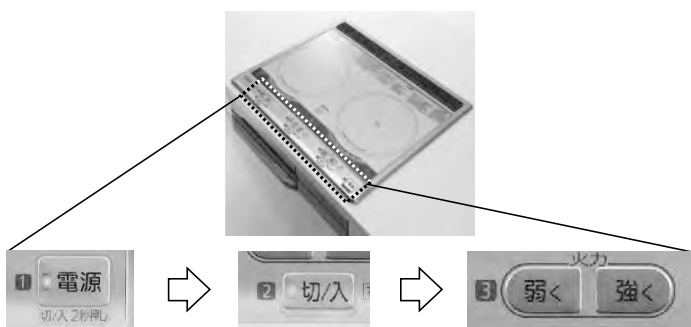


図 4. IHクッキングヒーター“らく楽IH CS-G20AKS”

要ボタンの文字を大きくし、視覚障がい者へのヒアリングを基に数字や記号等に凸文字を採用した(“MDR2/MR2シリーズ”用)。4色ボタンには、NPO法人カラーUD機構が推奨する色覚障がい者にも見やすい色を採用している。また、身体負荷への配慮として、テレビとレコーダの一体型によって接続の容易さと、リモコンの軽量化(約100g)で持ちやすさを改善した(図3)。

3.3 IHクッキングヒーター“らく楽IH CS-G20AKS”

分かりやすさへの配慮として、操作パネルのボタン横に操作順に番号を記載して、順番に押すだけで迷わず調理ができるようにした。また、音声ガイダンスで操作のアシストや注意喚起を行う。特に、本体前の人の有無をセンサで検知し、調理中の不在を知らせるなど安全性への配慮も行った(図4)。また、グリルの水はりを不要として手入れを容易にし、身体負荷を減らした。

3.4 蒸気レスIHジャー炊飯器“NJ-XW103J”

操作のフィードバックや大切なお知らせを音声ガイダンスで提示する。文字高は約5.5ミリで大切なお知らせを大きな文字で表示するようにし、バックライト付き液晶画面にして暗い場所でも読めるように配慮した。また安全性に配慮して、やけどしないように高温の蒸気が出ない構造にし、炊飯キーを押すと自動的にふたをロックし子どものいたずらを防ぐ構造にした(図5)。

4. ユニバーサルデザインの進化

これまでのUD開発は、主に加齢に伴う身体機能の低下や、障がいによる不便さを解消するため、身体的及び認知的負荷をいかに低減し、より多くの人にとって使いやすくしていくかを目標に推進してきた。UD-CheckerやUDガイドラインを核としたUD開発プロセスを構築し、それを定着させることで、開発者の意識も向上し、一定の水準を維持できていると考える。一方、業界全体としても、“UD配慮があって当たり前”となりつつあり、新たな差別化要素、魅力がなければ市場拡大は望めないと言える。

デザイン研究所がUDの進化形として次に強化したいと考えているのは、まさしくUD-Checkerの第5の評価軸である“使う人の気持ちに配慮”の部分である。高齢化率の



図 5. 蒸気レスIHジャー炊飯器“NJ-XW103J”

増加は続くが、今後元気な高齢者も増えていくことから、自立を支え、より快適な老後を過ごすための家電製品の在り方が問われてくるのではないだろうか。家電製品を使うことで生活の質が向上し、自分らしい自立した生活への意欲を持ち続けられることが望ましい社会であると考え。また、既にIT社会になじんだ世代が高齢者となったとき、個人によるスキルの差や、要求に柔軟に対応できることも重要である。インタフェースの高度化によって、“誰にでも使える”最大公約数的な解決ではなく、個々のユーザーに最適なインタフェースを提供することも可能になるため、よりきめ細かな配慮もできると考える。

5. む す び

当社の家電製品開発におけるUDの取組みと、製品展開の事例について述べた。エンドユーザーが使う家電製品や公共製品を対象として始まったUD開発を、産業機器や業務用の製品、製品の据付け・保守等の作業性改善などにも対象を拡大してきたが、この広がりはいよいよその端緒を開いたばかりである。

HEMS(Home Energy Management System)など、次世代の新たな生活システムが普及し始める中、あくまでその中心にいるのは人間であり、生活者である。常に開発者はUDの視点を忘れることなく、様々なユーザーの特性を理解し、より多くの人が正しく快適に使いこなせることを目指して開発を推進していく。

参 考 文 献

- (1) ISO 13407:1999(JIS Z-8530:2000) 人間工学—インタラクティブシステムの人間中心設計プロセス
- (2) 小松原明哲：ヒューマンエラー，丸善(株) (2008)
- (3) 黒須正明，ほか：ユーザー工学入門，共立出版 (1999)
- (4) 澤田久美子，ほか：ユニバーサルデザイン開発評価用ツールの構築，第2回国際ユニバーサルデザイン会議論文集 (2006)
- (5) 嶋田 淳，ほか：Development of an Evaluation Tool for the Extension of the UD Perspective to Industrial Equipment，第3回国際ユニバーサルデザイン会議論文集 (2010)

人中心の快適性を追求し節電するエアコン “霧ヶ峰ZWシリーズ”

杉山大輔*

Air Conditioner "Kirigamine ZW Series" Realizing Best Energy Saving with Pursuing User's Comfort

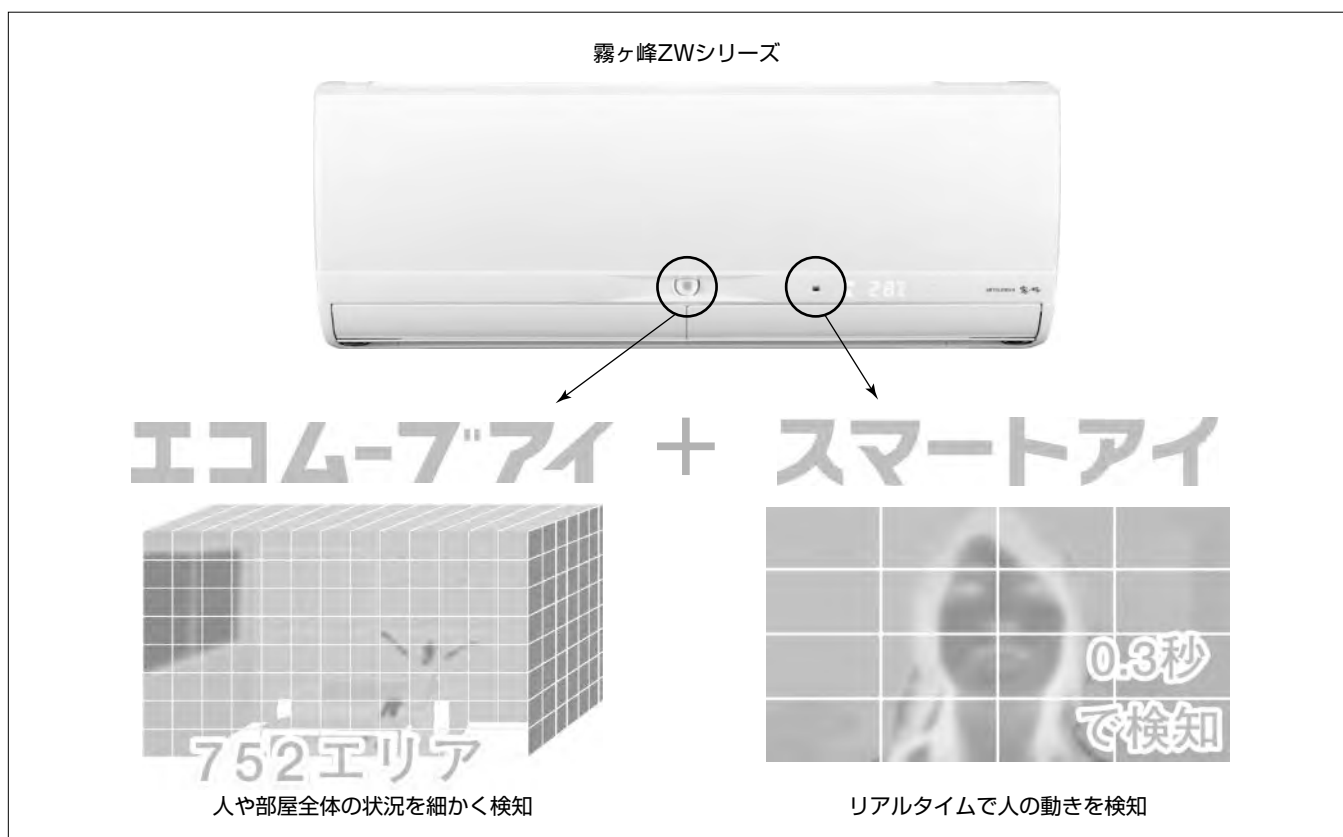
Daisuke Sugiyama

要 旨

夏場における節電は社会的な取組みになっており、家庭ではエアコンの使用を抑えることもある。その反面エアコンの使用を抑えることで熱中症など、健康面での懸念も指摘されており、単なる消費電力の抑制ではなく快適性を損なわずに消費電力を抑えることがエアコンには求められている。

エアコンにおける省エネルギー性向上には大きく分けて2つのアプローチがある。1つは機器自身の効率を高めるハードの省エネルギー技術、もう1つは部屋の環境やユーザーの生活行動に応じてエアコンが自動的に運転をコントロールするソフトの省エネルギー技術である。本稿では、エアコンが自動で無駄のない空調を行うソフトの省エネルギー技術について述べる。

快適性を損なわずに消費電力を抑制するためには、空調中における人の快適性をエアコン自身が把握する必要がある。人の快適性に寄与する温熱要素、さらには人の生活行動を把握するために、“霧ヶ峰ZWシリーズ”では2つのセンサを搭載している。部屋全体の温度分布や人の位置をきめ細かく分析する“エコムーブアイ”とエアコンの前に立った人などを素早く検知する“スマートアイ”である。この2つのセンサを使用して人が部屋内にいるときに体感温度で空調し無駄を抑制することに加え、今まで見過ごされていた、人が短時間部屋を離れたときに快適性を考慮しながら無駄な空調を抑制するといった、普段の暮らしにおける空調の無駄を徹底的に省いたエアコンが“霧ヶ峰ZWシリーズ”である。



“エコムーブアイ”と“スマートアイ”

エコムーブアイはエアコン中央部に搭載しており、回転駆動しながら部屋全体の様子や人の位置を752エリアに区分した熱画像で取得している。スマートアイはエアコン中央右側に搭載しており、0.3秒の間隔でエアコンの前に立った人などを熱画像で取得している。これらの熱画像を用い、部屋や人の状況に応じて空調をコントロールすることによって快適性と省エネルギー性を向上させている。

1. ま え が き

電力供給に対する不安から節電が社会的な取組みになって以降、家庭ではエアコンの使用を控えることがある。その反面エアコンの使用を控えることで熱中症などの健康面での懸念も指摘されており、単なる消費電力の抑制ではなくできる限り快適性を損なわずに電力消費を抑えることがエアコンには求められている。

霧ヶ峰ZWシリーズでは省エネルギー性と快適性を両立させるために、2つの独自センサを用いて空調をコントロールし、人が部屋内に存在しているときに無駄のない空調を行うことはもちろんのこと、今まで見過ごされていた洗濯物を干すために短時間だけ部屋を空けるときなど、人が存在していないときまで空調の無駄を省くことで、あらゆる生活シーンにおける消費電力の無駄を抑制した。

本稿では、独自のセンサ技術と人がいるときの省エネルギー技術、人がいないときの省エネルギー技術について述べる。

2. 快適性と省エネルギーを実現する2つのセンサ

この機種には、通常ルームエアコンに搭載されている温度、湿度を計測するセンサに加え、2つの赤外線センサをエアコン前面部に搭載している(図1)。部屋全体の様子や、人の位置などをきめ細かく分析する“エコムーブアイ”と、エアコンの前に立った人などを素早く検知する“スマートアイ”である。どちらもサーモパイル型赤外線センサで物体から放射される赤外線を受けると、入射エネルギー量に応じた熱起電力によって、エアコンから離れた位置における温度の絶対値を検出することができる。この2つの赤外線センサを用いることで快適性と省エネルギー性の向上、さらにはユーザーの利便性向上を図っている。

2.1 赤外線多素子センサ“エコムーブアイ”

エコムーブアイは垂直方向に8個の素子を内蔵し床面から天井面まで計測できる配光にした多素子センサでステッピングモータを用いて回転駆動させている。回転駆動させながら94回の温度測定を行うことで室内を752(8×94)エ

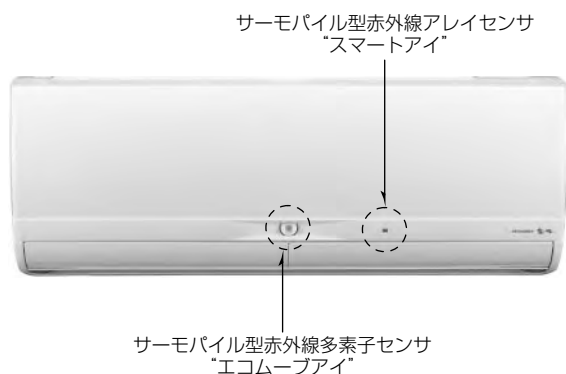


図1. 2つのサーモパイル型赤外線センサ

リアに区分した分解能の高い熱画像を取得することができる。取得した熱画像から、床壁の温度(輻射(ふくしゃ)熱)や部屋内の人の位置、さらには複数の画像を用いて熱の時間変化を解析して人の活動状態を得ることができる。

2.2 赤外線アレイセンサ“スマートアイ”

スマートアイは16個の素子を格子状に垂直方向に4個、水平方向に4個並べたアレイセンサで16(4×4)エリアの熱画像を取得することができる。エコムーブアイは回転駆動しながら時間をかけて部屋内の温度分布を細かく計測するのに対して、スマートアイは固定したまま0.3秒の速さで熱画像を取得することで人の動作を素早く検知する。

3. 人がいるときの節電技術

3.1 人の快適性に影響を与える体感温度

空調で得られる快適性や、人間が感じる暑さ寒さは温度だけでなく様々な温熱要素の影響を受ける。人が実際に肌で感じる暑さ寒さを数値で表したものが体感温度である。体感温度を構成する要素は温度(室温)だけでなく、湿度や気流の強さ、さらに、床壁からの輻射熱や人の活動状態が大きく寄与する。例えば、夏場に扇風機などで風を浴びると室温よりも涼しく感じる。図2は同じ室温のときに風の強さを変更したことによる体感温度の違いを示している。

例えば室温が28℃のときに、人体に風速0.2m/sで風が当たっている場合は、体感温度は27℃程度だが、風速1m/sまで増加させると体感温度は25℃程度まで低下し、約2℃分涼しさを得ることができる。人の体感温度に寄与する温熱要素を検知し体感温度で空調をコントロールすることによって人間にとってより快適な空調を行うことや空調の無駄を省くことが可能になる。

3.2 冷やしすぎや暖まりすぎの抑制

(1) 冷気溜(だ)まりを抑制し空調の無駄を省く技術

冷房運転時では冷たい空気は部屋の下部に溜まりやすい。天井付近に設置されたエアコン内蔵の室温検出センサでは部屋の床面にいるユーザー付近の温度を検出することがで

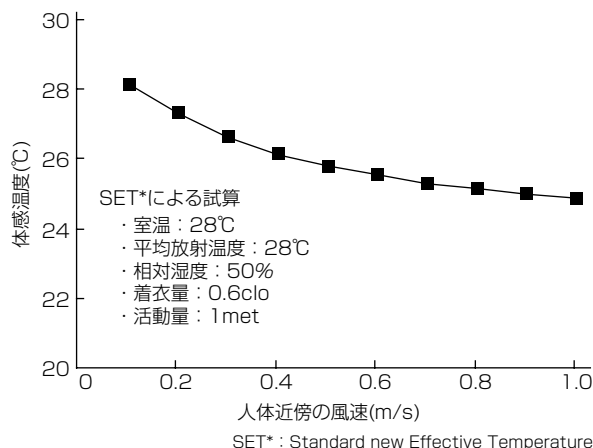


図2. 風速による体感温度変化

きない。その結果必要以上に部屋を冷やしすぎてしまう。センサで床面の温度を検出し、体感温度で空調することによって人が活動する付近を最適に空調するため余計な冷やしすぎを防ぐことができる。

(2) 人がいる領域を中心としたエリア空調

人がいる領域だけに効率よく冷気や暖気を送ることで部屋全体を空調する場合に比べ消費電力を抑えた空調が可能になる。センサで人の位置を検出し必要なエリアだけに絞って空調するため無駄を抑制することができる。

(3) 人の活動状態による省エネルギー空調

通常、作業を行っている場合に比べ、休息している場合などの安静状態では代謝量が低下するため寒く感じる。この活動状態をセンサで検知し体感温度によって自動で空調をコントロールするため冷やしすぎを抑制できる。

(1)から(3)を全て組み合わせ、人や部屋の状態によって空調を自動でコントロールすることで、冷房運転時に最大で52.9%^(注1)もの消費電力を削減できた。

(注1) MSZ-ZW403S形による冷房時、三菱電機環境試験室(14畳、外気温35℃の恒温状態)で、人が1エリアだけに存在し、活動量小(約0.7met相当)の場合に、同一体感温度27℃が得られるように起動から4時間運転した場合。エコムーブアイを使用しない従来の運転(2,794Wh)とエコムーブアイを使用した場合(1,341Wh)の積算消費電力量の比較。

3.3 風を最大限活用したハイブリッド空調

3.1節で述べたとおり、人が感じる快適性は温度や湿度だけでなく、風の強さなどに大きく影響される(図3)。

この機種では、センサ情報から取得した体感温度に合わせてエアコンから吹き出す送風量を自動的に調節する。送風量を調整するだけでなく、気流をセンサで検知した人体位置へ向けて上下にスイングさせることで涼風感を得やすいよう動作させている。この涼風作用を活用して送風運転だけで快適性が得られる場合には室外機の圧縮機を停止させる。その後、室温が上がっても送風量を徐々に強めることで体感温度を維持する。風だけで体感温度を維持できなくなったら圧縮機を動かして冷房運転を行う。冷房運転へ切り替えた後もできる限り風主体の涼風感を与え、圧縮機の回転速度を最低限にすることで消費電力を抑制すること

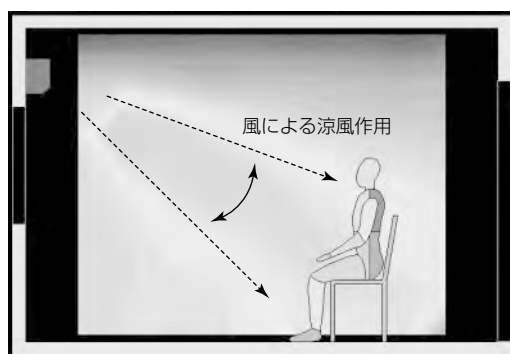


図3. 風による涼風作用

ができる。従来は冷房運転を行っていた温度帯を送風だけの運転で快適性を維持することが可能になるため消費電力を大幅に削減することができる^(注2)(図4)。

センサで人の位置を検出しその方向へ気流を送ることと、部屋の状況などから体感温度を検出し、人の快適性を把握しながら空調することで、送風と冷房を自動的に切り替える“ハイブリッド空調”を可能にしている。また人が2人いてもエアコンの吹き出し口に取り付けられた上下フラップや左右ベーンを中央で2分割し左右で独立動作できる構造としているため、部屋内の別の場所に人がいても同時に快適性を得ることができる。

(注2) MSZ-ZW403S形による冷房時、当社環境試験室(14畳、外気温30℃の恒温状態)で、同一体感温度28℃が得られるように運転した場合。安定時1時間におけるハイブリッド空調なし(218Wh)とハイブリッド空調あり(26Wh)の積算消費電力量の比較。

3.4 涼みたい人だけ空調する“スポットエアー”

例えば、夏場に屋外から部屋に帰ってきた直後やお風呂上りなど、生活シーンの中では短時間だけ涼しさを得たいシーンがある。短時間にも関わらず、エアコンの設定温度を下げてしまうとエアコンはその分電力を消費する。当社アンケートでは、暑いと感じたとき平均で3.3℃も設定温度を下げるのが分かった。そこで涼みたい人だけ短時間の個人空調が可能なスポットエアー機能を搭載している。エアコンの前に人が近づくとスマートアイがその状況を即座に検知し、人に向けて強めの風を上下にスイングさせながら当てる。強めの風を浴びることで涼風感を得ることができるためリモコンで設定温度を変える必要がない。涼風感を得た後はエアコンの前から離れるだけで自動的に通常の運転へ戻る。リモコンで操作する必要もなくエアコンの前に立つだけで簡単に涼感を得ることが可能で、部屋を冷やすことがないため無駄な電力も消費しない。人の動きをリアルタイムに検出するセンサを搭載することでこの機能を実現している。

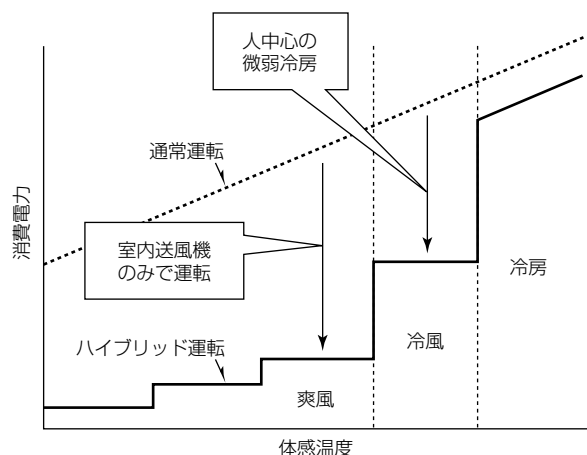


図4. ハイブリッド運転時の消費電力

4. 人がいないときの節電技術

4.1 短時間の不在も節電する“スマートストップ”

生活の中で短時間部屋を離れることがある。例えば洗濯物を干すために部屋を離れたり、別の部屋を掃除するために部屋を離れたりする。すぐに部屋に戻ったとしても、人がいない状態でそのまま空調を行うことは電力の無駄である。人が部屋を離れたときにセンサで不在状態を検知すると3分後に空調運転をセーブし、更に30分間不在状態が続いた場合には一度圧縮機の動作を止め、冷房暖房運転を停止し送風運転の状態にする。人が部屋に戻ってきたとき、不快な環境にならないよう室温が一定値に達したときは再び圧縮機を動作させて部屋内を保温する空調を行う。人が部屋にいない間もセンサは人の検知を続け、人が部屋に戻ってきたことを検知した場合には即座に人が部屋を離れる前の運転に戻すため、元の快適性を得ることができる(図5)。

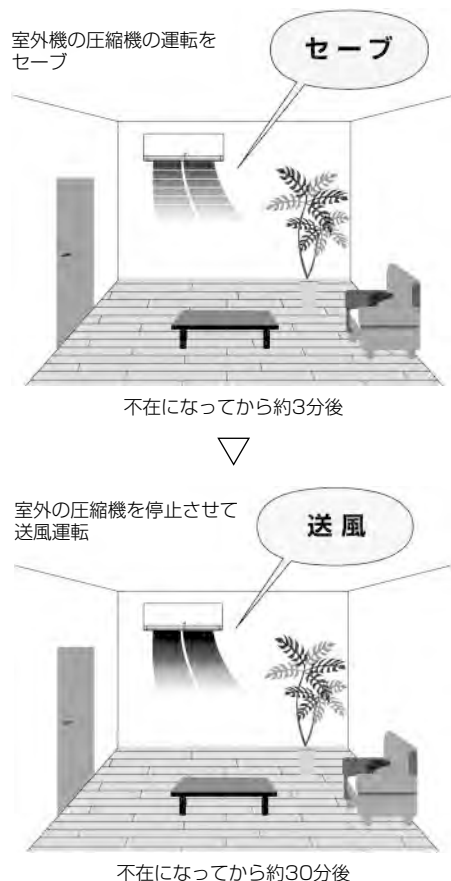


図5. スマートストップシステム

これによって不在時にはできる限り空調を行わないことで消費電力を抑制することができ、人が戻ってきてもすぐに指定された設定温度への復帰が可能になる。

例えば、30分間部屋を離れるようなシーンの場合、そのまま何もせずに運転を続けたときに比べ、スマートストップシステムを使ったときは25.6%^(注3)の消費電力を削減できた。

さらに、消し忘れの外出と判断できる3時間不在状態が続いた場合には、エアコンの運転を停止する。また、運転が停止した後もエアコンの前に人が立つだけで、センサがリアルタイムで人を検知しリモコンレスで運転を開始することができる。人の動きをリアルタイムで検出するセンサを搭載することでこの機能を実現している。

(注3) MSZ-ZW403S形による冷房時、当社環境試験室(14畳、外気温35℃の恒温状態)で、不在時30分間運転した場合のスマートストップシステムなし(160Wh)とスマートストップシステムあり(119Wh)の積算消費電力量の比較。

5. む す び

家庭内における電力消費の割合は、冷蔵庫、照明器具、テレビ、エアコンの4製品で約4割を占めており、エアコンが全体に占める割合は約7%である⁽¹⁾。しかしながら夏場の日中(14時)になるとエアコンの割合が大幅に増え約半分を占める⁽²⁾。エアコンによる夏場の消費電力を抑制することが社会全体でのピーク電力抑制に貢献できる。

エアコンにおける省エネルギー性向上には大きく分けて2つアプローチがある。機器自身の効率を高めるハードの省エネルギー技術と、環境やユーザーの生活行動に応じて無駄なく空調を行うソフトの省エネルギーである。霧ヶ峰ZWシリーズはハードの省エネルギーに加えて、独自のセンサ技術でソフトによる省エネルギー性を高めており、暮らしと社会状況に応じた節電を行うことで、夏場のピーク電力の抑制に貢献するエアコンである。

参 考 文 献

- (1) 経済産業省 総合エネルギー調査会 省エネルギー基準部会(第17回)資料：トップランナー基準の現状等について(2013)
- (2) 資源エネルギー庁推計：夏の日中(14時頃)の消費電力(全世帯平均)：数値は最大需要発生日を想定(2011)

新薄型断熱構造“SMART CUBE”

衛藤 浩*
 大矢恵司*
 西岡孝真*

New Thin Heat-Insulated Structure "SMART CUBE"

Hiroshi Eto, Keiji Oya, Takamasa Nishioka

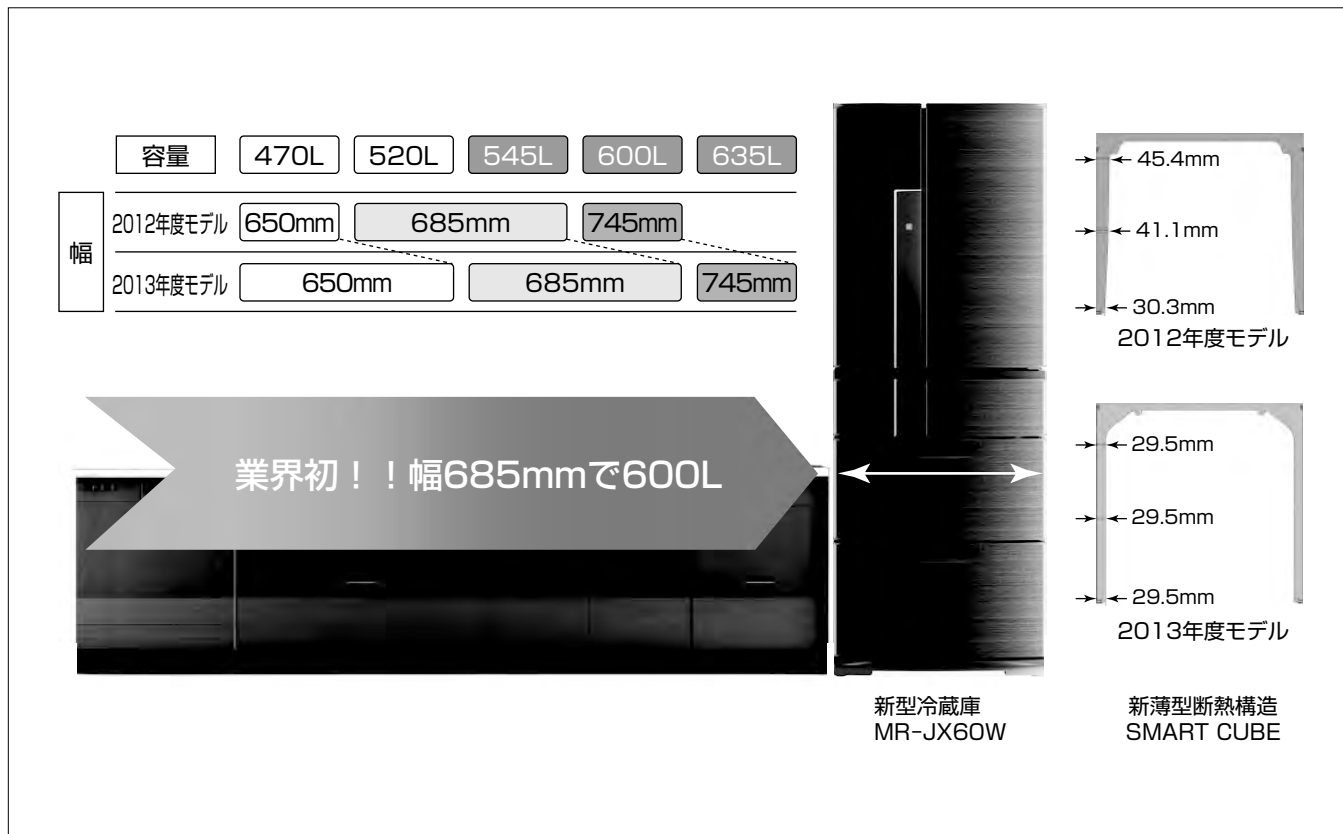
要 旨

近年、核家族化や共働き家庭が増加傾向にあり、食品類の買いだめをする家庭が増加している。消費者の冷蔵庫の収納容積拡大に対するニーズが年々高まる中、冷蔵庫業界でも、年々収納容積(以下“内容積”という。)を拡大した冷蔵庫を開発してきた。しかしながら、“キッチンのスペースには限りがあり、大容量の冷蔵庫を置きたくても置けない”といった消費者も数多く存在する。

これを受け、2013年度モデルの開発では設置幅寸法を変えず内容積の改善を図るため、大幅に冷蔵庫の箱体を変更した。その改善方法として、冷蔵庫の箱や扉の断熱厚を薄くすることが挙げられる。断熱厚を薄くする方法としてはウレタンフォームに対して断熱性能の優れる真空断熱材(VIP)で冷蔵庫を被覆することが考えられる。

しかしながらVIPの被覆に関しては他社特許が登録されており、被覆率を上げることができない状況であった。他社特許を回避する手法を模索する中で発想を転換し、VIPを配置してからウレタンフォームを接着剤として充填することで、ウレタンフォームの厚みを極限まで低減するという設計手法を生み出した。これによって他社特許を回避するとともにVIPの被覆率を大幅に上げることができた。さらに、VIPの3D曲げ加工技術の確立とウレタン発泡治具のスライド構化を行って、内容積の改善を可能にする新薄型断熱構造“SMART CUBE(スマートキューブ)”を開発した。その結果、業界初^(注1)の幅685mmで600Lの内容積を実現できた。

(注1) 2012年8月21日現在、当社調べ



新型冷蔵庫“MR-JX60W”

新薄型断熱構造“SMART CUBE”の開発によって、業界初の幅685mmで600Lの内容積を実現した。

1. ま え が き

近年、核家族化や共働き家庭が増加傾向にあり、食品類の買いだめをする家庭が増加してきている。消費者の冷蔵庫の内容積拡大に対するニーズが年々高まる中、冷蔵庫業界でも、年々内容積を拡大した冷蔵庫を開発してきた。また、大容量を求める消費者に対しては、製品寸法を拡大した冷蔵庫の開発を行うことで市場のニーズに应运きた。

しかしながら、“キッチンのスペースには限りがあり、大容量の冷蔵庫を置きたくても置けない”といった消費者も数多く存在する。冷蔵庫の設置幅と設置可能率の相関(図1)を見てみると、750mm幅を設置可能な消費者は約半数しかおらず、700mm幅では約80%まで設置可能率が上昇することが分かる。現在、世の中に存在する750mm幅冷蔵庫の内容積は600L、また、700mm幅は550Lなので、世の中の半数の家庭では600Lが設置できない現状にある。

そこで三菱電機冷蔵庫の2013年度モデル“JXシリーズ”では、550Lクラスの設置幅寸法で600Lクラスの内容積を可能とする新薄型断熱構造SMART CUBEを開発した。

2. 新断熱設計手法の確立～設計の革新～

2.1 内容積拡大方法の抽出

冷蔵庫で、内容積拡大手法は大きく分類すると、“製品寸法の拡大”と“構成部品の体積削減”が挙げられる。設置幅寸法はそのまま内容積拡大を、JXシリーズの開発目標としているため、構成部品の体積削減に着手した。

初めに、550Lクラスの冷蔵庫で、設置空間に占める構成要素の比率を調査した(図2)。この結果から、内容積以

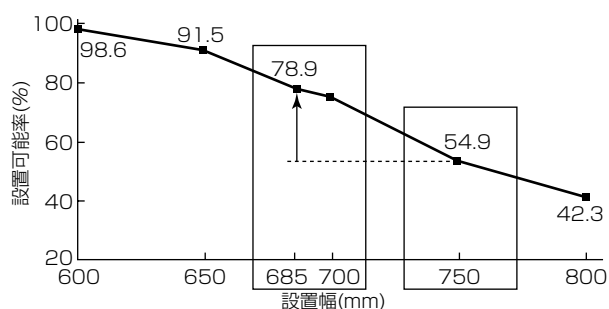


図1. 冷蔵庫設置幅と設置可能率の相関

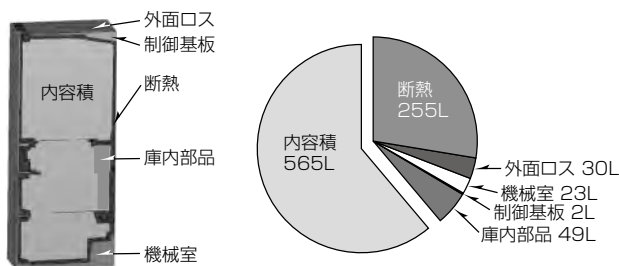


図2. 冷蔵庫の設置空間分析

外で、断熱が大きな空間を占有していることが分かる。内容積拡大のためには、断熱容積を内容積に転換することが重要となる。

その転換方法として冷蔵庫の箱や扉の断熱厚を薄くすることが挙げられる。断熱はウレタンフォームと真空断熱材(VIP)で構成されており、冷蔵庫の性能を左右する最重要部品の一つである。そのため、単純に断熱厚を薄くすると、冷蔵庫の冷却性能の低下が生じてしまう。これを解決する方法は、ウレタンフォームに対して熱伝導率が1/10以下のVIPで冷蔵庫全体を被覆して、VIP投影面積上のウレタンフォームの厚みを減少させることで、断熱性能の低下を最小限に抑制しつつ断熱容積の内容積への転換を行うことである⁽¹⁾。

2.2 内容積拡大に対する課題と解決方法

VIPを冷蔵庫全体に被覆するためには他社の登録特許回避が課題となった。その特許の内容は“密度60kg/m³以下のウレタンフォームとVIPとからなり、VIPの被覆率が外箱表面積の40%を超えるドアを3つ以上持つ断熱箱体”となっている。

従来はこの特許が存在していたため、VIPの被覆率(外箱表面に対するVIP被覆面積の割合)40%が上限となっていた。特許回避のために、ウレタンフォームの密度を60kg/m³より大きくすることを検討した。

ここで、ウレタンフォームの密度と熱伝導率の相関を調査した結果を図3に示す。図からウレタンフォームは密度が高くなるほど熱伝導率が上がり、ウレタンフォームの断熱としての性能が低下することが分かる。

ここで、2012年度モデルの550Lクラス“RX57T”でウレタンフォームの密度を40kg/m³から60kg/m³に変更した際の、VIP被覆率と熱漏洩(ろうえい)量(冷蔵庫内部への外部入熱量を測定したもの)を図4に示す。この結果から、ウレタンフォームの密度が60kg/m³より大きくてもVIP被覆率を50%以上にすることで、断熱性能は2012年度モデルと同等以上となることが分かった。

これらのことから、ウレタンフォームを密度60kg/m³より大きくし、かつVIP被覆率50%以上にすることで、断熱性能を確保しつつ他社の特許回避が可能となる。

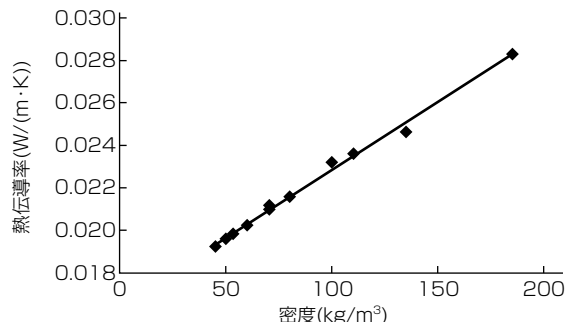


図3. ウレタンフォーム密度と熱伝導率の相関

2.3 断熱設計の新手法

断熱設計の従来手法としては冷蔵庫の基本性能を決める断熱を、まずウレタンフォームで設計し、次に省エネルギー性向上のためにVIP配置を決める方法を取っていた(図5)。このようにVIPを省エネルギー性向上アイテムとして活用していた。

他社特許回避のため、ウレタンフォームの密度を上げると、熱伝導率を悪化させるため、従来手法では断熱性能が悪化してしまう。そこで発想の転換を行った。

初めに断熱性能に優れたVIPで断熱設計を行い、次にウレタンフォーム厚を最小に設計し、ウレタンフォームをVIPとその周辺部品とを固定する接着剤として充填することとした(図6)。これによって、断熱材の主材料がウレタンフォームから熱伝導率の低いVIPに変更となり、VIPを省エネルギー性向上アイテムから、断熱厚最小化を行える内容積拡大アイテムとして取り扱うという設計の革新が行われた。

このような断熱設計手法を用いて開発したのが新薄型断熱構造SMART CUBEである。

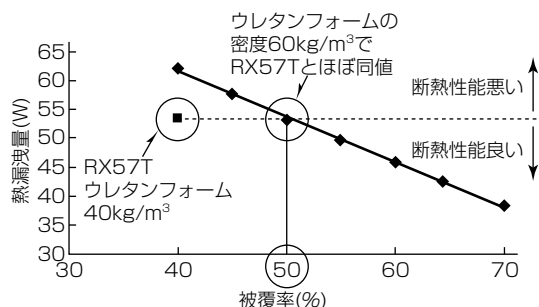


図4. VIP被覆率と熱漏洩量

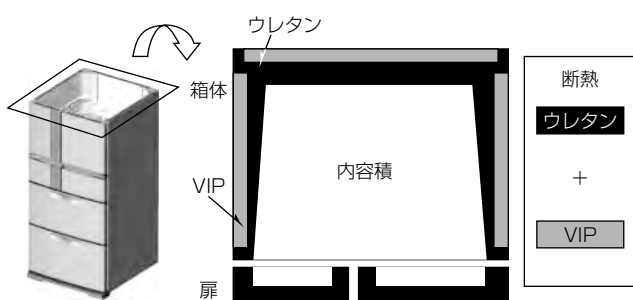


図5. 断熱設計の従来手法

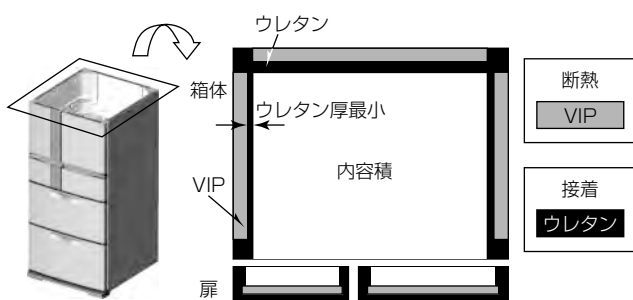


図6. 断熱設計の新手法

3. 新薄型断熱構造SMART CUBEの開発 ～製造技術の進化～

3.1 開発目標の設定

表1に示す2012年度モデルの他社600Lクラスと、当社の550Lクラスを比較すると、685mm幅を維持したまま、内容積を35L拡大することで、業界初の幅685mmで600L超えが可能となる。これをJXシリーズの開発目標と設定した。

3.2 VIPの3D曲げ加工

2.3節で述べた断熱設計の新手法を用いてウレタンフォームの密度を60kg/m³より大きくし、かつ冷蔵庫の6面にVIPを配置し、ウレタンフォームの厚みを最小にすることで、内容積を24.6L拡大することが可能となる。

しかしながら、図7に示すような2つの面が接する場所には当社で従来使用している板状VIPでは被覆できない場所が存在し、VIP間の隙間から冷蔵庫内部への熱侵入の経路ができ、断熱性能の悪化が発生する。

そこで、VIPを曲げ加工して、2つの面が接する場所を被覆可能にする3D曲げ加工技術確立した。これによってVIPが被覆できない場所を最小限に抑制することが可能となり、図8に示すように被覆率を39%から65%に大幅に

表1. JXシリーズの開発目標設定

		2012年度モデル		2013年度モデル
		他社	RX57T	目標
設置寸法(mm)	幅	740	685	685
	高さ	729	733	733
	奥行き	1,818	1,821	1,821
内容積(L)		603	565	600

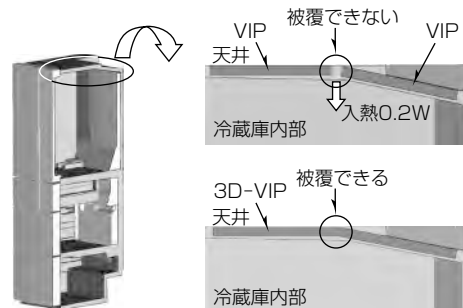


図7. 3D曲げ加工VIPの適用

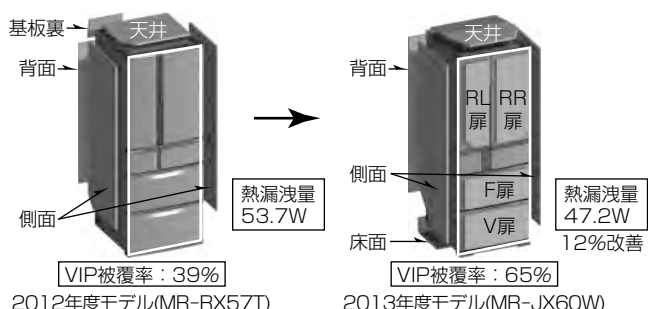


図8. VIP配置の仕様

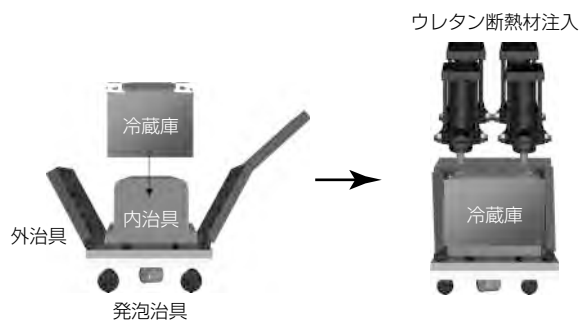


図9. 冷蔵庫のウレタン発泡工程

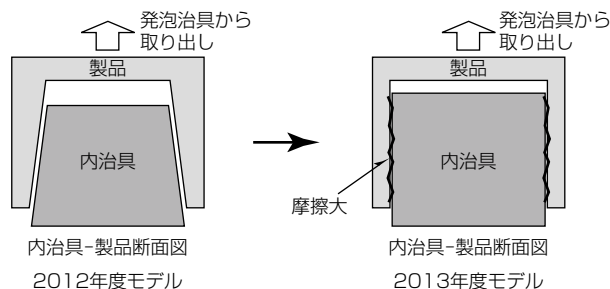


図10. 冷蔵庫ウレタン発泡治具の傾斜

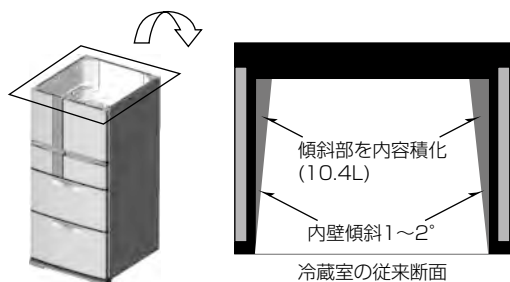


図11. ウレタン発泡治具の傾斜廃止による内容積拡大

向上させ、24.6Lの内容積を確保しつつ、熱漏洩量を2012年度モデルよりも12%低減できた。

3.3 ウレタン発泡治具のスライド構造化

冷蔵庫のウレタン発泡工程を図9に示す。冷蔵庫ではウレタンの発泡圧による変形を抑制するため、発泡治具に収納してウレタン発泡を行う。ここで図10に示すように、従来のウレタン発泡治具では製品を取り出す時に、スムーズに取り出せるよう、傾斜角1～2°を設けている。治具取り出しのために設けられている傾斜角を0°にすることで、図11に示すように内容積を10.4L拡大することが可能となることに着目し、製造技術の進化を図った。

従来の方式では傾斜を0°にすると治具と冷蔵庫の壁で大きな摩擦が発生してしまい取り出せなくなるため、ウレタン発泡治具にスライド機構を追加することとした。このウレタン発泡治具は、冷蔵庫を取り出す際、側面を押さ

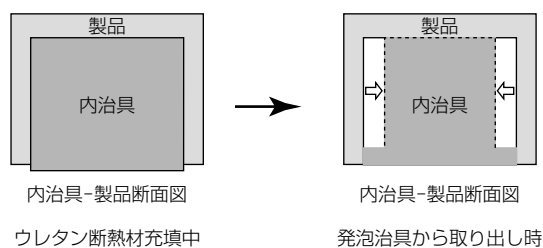


図12. ウレタン発泡治具のスライド機構

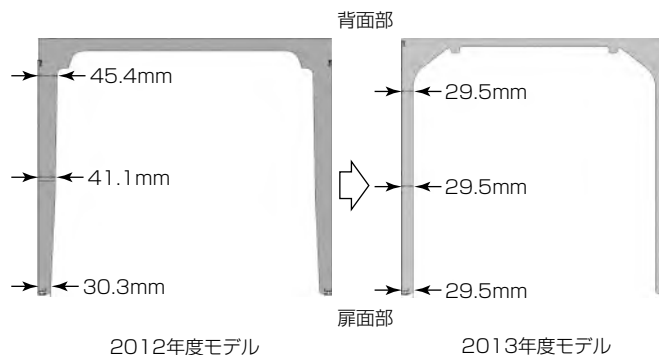


図13. 断熱厚の縮小

ている面が内側にスライドして収納される機構になっており、冷蔵庫を取り出す際に、隙間を確保できる機構となっている(図12)。

これによって、治具を取り出すのに従来必要であった傾斜角を0°にすることで、内容積を10.4L拡大することができ、3.2節の24.6L拡大と合わせて内容積35L拡大を実現した。図13に断熱厚さを内容積に転換した最終断熱厚を示す。

4. む す び

当社冷蔵庫JXシリーズの“新薄型断熱構造SMART CUBEの開発”について述べた。他社特許を回避するとともにVIPの被覆率を39%から65%に大幅に上げた設計手法の革新や、ウレタン発泡治具のスライド構造化等の製造技術の進化によって、業界初の設置幅685mmで600Lの内容積を実現させた。

今後、更に大容量化のニーズが高まっていくと考えられる中、設置スペースを変えず内容積を最大にする製品開発に臨み、市場のニーズに応えていきたい。

参 考 文 献

- (1) 小林 孝，ほか：冷熱空調家電でのCFD活用による省エネルギー上流設計・検証解析技術，三菱電機技報，87，No.4，240～243（2013）

業務用空調管理システムの現状と展望

田村和也*
松井賢治*
藪田豊大*

Current Status and Future Perspective of Air-Conditioning Control System for Business Use

Kazuya Tamura, Kenji Matsui, Atsuhiro Yabuta

要 旨

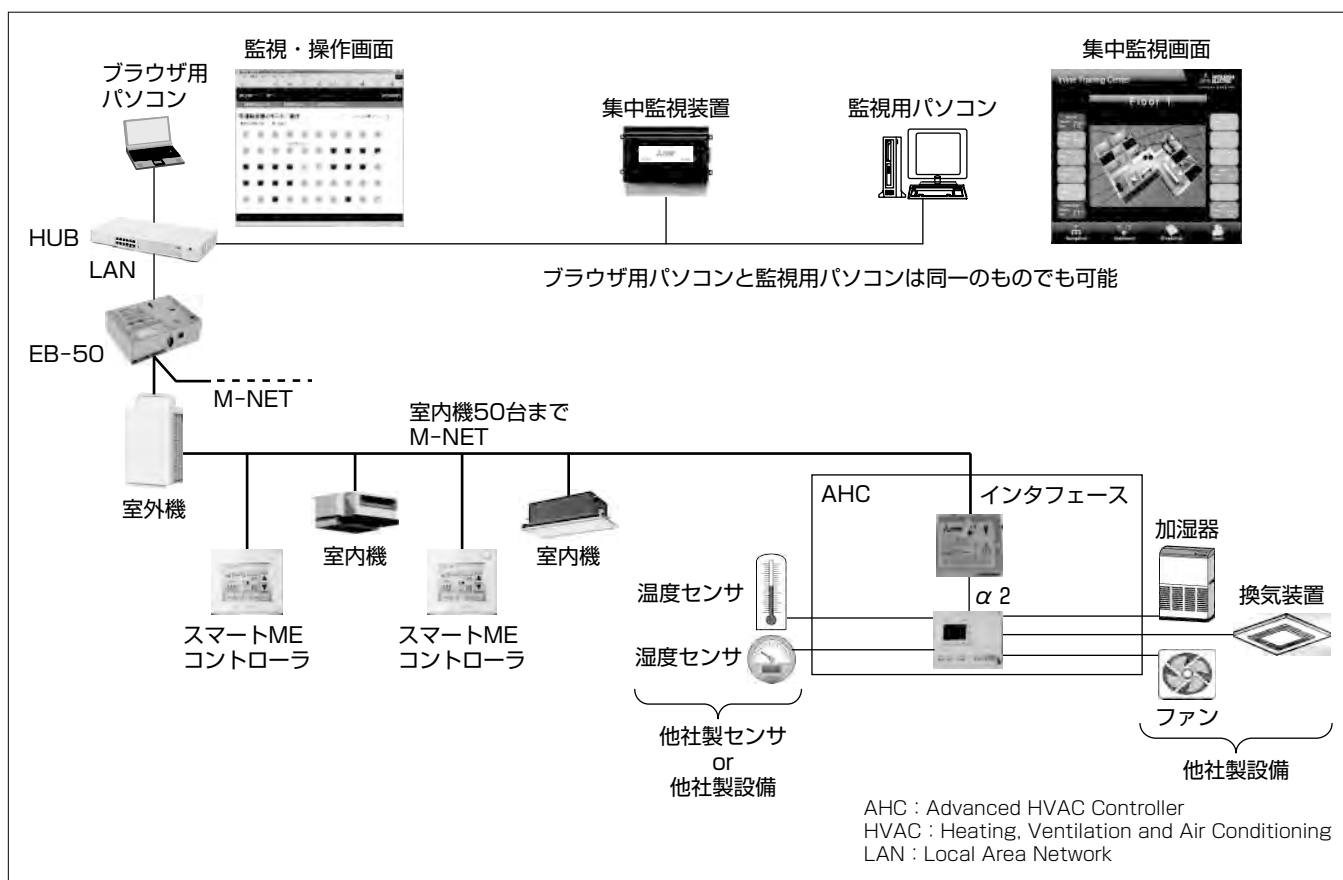
地球温暖化問題から低炭素社会の機運が高まりつつある中、世界の各地域では様々な省エネルギーに関する法規制や基準が制定・施行されており、とりわけ、建物内でエネルギーの多くを占める空調機器への省エネルギー要求が高まっている。日本では、東日本大震災を契機に電力供給逼迫(ひっばく)への対応という従来とは違った電力価値観が生まれ、施設内の電力削減ニーズが急速に高まっており、投資金額を抑制した省エネルギーを実現したいとの要望が強くなっている。

一方、米国では、従来建物のフロアや全館を一括冷暖房するダクト方式が業務用空調の主流であったが、最近の省エネルギー意識の高まりから、“三菱電機シティマルチ”などのダクトレス方式の個別分散空調が増加している。広

大な米国では、北部の低温地域から南東部の温暖地域まで様々な気候帯が存在しているため、湿度制御や換気等を組み合わせたIAQ(Indoor Air Quality)制御が不可欠であり、容易で安価な運用しやすい空調管理システムが望まれている。

これらの背景から、現地要求に合わせてカスタマイズ表示可能な集中監視装置、他社設備との連携によるベストミックス制御を可能とした集中管理装置、消費エネルギーの見える化、省エネルギー運用の支援機能を搭載した集中コントローラ、人感検知による省エネルギー制御が実現可能なりモートコントローラを製品化した。

本稿では、製品化した北米向け業務用空調管理システムについて述べるとともに、最新の空調管理システムについて述べる。



業務用空調管理のシステム

業務・ビル用マルチエアコンの集中コントローラ“EB-50”や他社設備と連携するAHC等を用いた空調管理システムの構成。EB-50には、2年分の電力量や空調機運転データを記憶・蓄積しており、エネルギー消費状態をパソコン上のブラウザで、ビジュアルに監視できる。

1. ま え が き

地球温暖化問題から低炭素社会への機運が高まりつつある中、世界各国での省エネルギーの法規制や基準が制定・施行されている。とりわけ、建物内でのエネルギー消費を多く占める空調機器への省エネルギー要求が高くなっている。

日本では、東日本大震災を契機に電力供給逼迫への対応という新たな価値観が生まれ、電力削減ニーズが急速に高まり、BEMS(Building Energy Management System)が注目を浴びている。しかし、大部分を占める中小規模の建物では、BEMS導入なしで投資金額を抑制した省エネルギーを実現したいという要望が強くなっている。

米国でも、最近の省エネルギー意識の高まりから、従来の一括冷暖房のダクト方式から、直膨型のダクトレス方式の空調システムが増加してきている。広大な面積を持つ米国では、低温地域から温暖地域まで様々な気候を持っているため、湿度制御や換気等を組み合わせたIAQ制御が不可欠であり、省エネルギー性・利便性の高い個別分散空調に地域ごとの操作性と運用性を兼ね備えた空調管理システムが望まれている。

これらの市場環境や要望に対して、当社空調管理システムで取り組んでいるコンセプトと開発概要を表1に示す。

2. 空調管理システムの構成と機能

2.1 エネルギー管理ゲートウェイ

ビル全体のエネルギー消費に占める割合の多い空調機器に対する省エネルギー要求は高く、消費エネルギーの無駄抽出、部屋別、エリア別、時間帯別の消費エネルギーの見える化、前年や前月との比較による特異的な消費傾向の抽出機能等、エネルギー監視・省エネルギー運用を支援する機能を備えたエネルギー管理ゲートウェイ(以下“EB-50”という。)を開発し、市場に提供している(図1)。

表1. コンセプトと開発概要

コンセプト	開発概要
①IAQ制御	他社製設備を含めた最適なコントロール(制御)の実現
②エネルギーの見える化	・エリア別の消費電力量のWeb表示 ・消費電力の蓄積とトレンド表示
③省エネルギーコンテンツ	現地の使用に合致した省エネルギー制御 ・ET(蒸発温度)制御 ・サーモOFF時送風停止制御 ・省エネルギーピークカット制御

ET: Evaporating Temperature

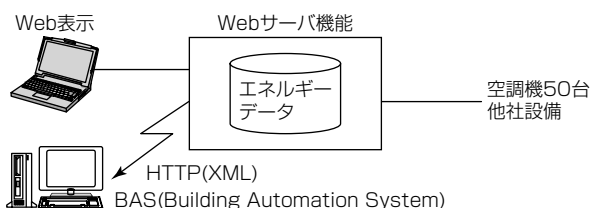


図1. EB-50のエネルギー管理システム

エネルギー管理・省エネルギー活動には、計画(Plan)、実施・運用(Do)、点検(Check)、設計(Action)のPDCAサイクルを継続的に回す活動が有効である。EB-50では、P(Plan)、C(Check)、A(Action)を支援する機能として、①エネルギーベースラインの支援と②効果検証の支援を搭載した。

日/月/年単位での利用状況の見える化、あらかじめ設定した電力量目標数値との比較を表示することによる省エネルギー意識の向上につながる運用や管理、室内機の運転時間や冷房又は暖房の実動作運転時間(サーモON時間)等のデータを見せることによる無駄電力の見える化、室外機の使用電力量を30分単位で能力比率按分(あんぶん)によって室内機単位の使用電力量の見える化等を実現した。また、EB-50に大容量の不揮発性メモリを備え、過去2年分のエネルギーデータの蓄積を可能とすることで、過去データとの比較を実現している。

これらの表示はユーザーに優しいWebブラウザを用いてパソコンの画面に表示できるようになっている。それらは、監視用パソコンでEB-50のホームページアドレス(URL)を指定して、HTTP(HyperText Transfer Protocol)プロトコルでXML(eXtensible Markup Language)コマンドを送受信することで、エネルギー管理データなどの情報を取得して表示している⁽¹⁾⁽²⁾。

図2にWebブラウザによるエネルギー管理支援の表示画面を示す。また、エネルギー管理として保持する代表的なデータを表2に示す。

Webブラウザからの収集データを加工しやすい単位で保持することによって、ブラウザの表示性能の向上を実現した。また、EB-50の保持データをCSV(Comma Separated Values)出力することによって、ユーザーによるエネルギー管理の詳細分析までを可能とした。

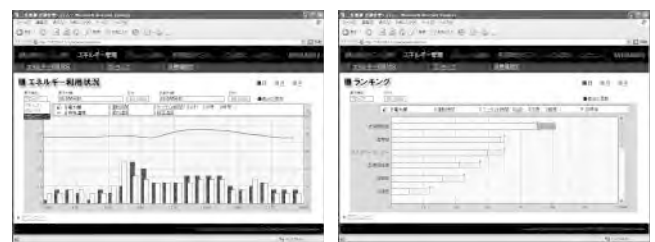


図2. エネルギー管理支援の表示画面

表2. エネルギー管理の代表的なデータ

	データ	30分	1日	1か月
室外機	電力量/電力	○	○	○
	設定/室内温度	○	○	○
	運転時間	○	○	○
室内機	冷房/暖房サーモON	○	○	○
	按分電力量	○	○	○
	目標電力量	—	○	○
計量機器	電力量	○	○	○

2.2 AHC

IAQに対する制御や、当社製の空調ユニットと他社製設備の連携に対して、国・地域ごとに多種多様な市場ニーズがあり、AHC(Advanced HVAC Controller)を開発した。

AHCは、当社のPLC(Programmable Logic Controller)製品の1つである“ $\alpha 2$ SIMPLE APPLICATION CONTROLLER”(以下“ $\alpha 2$ ”という。)と三菱冷凍空調ネットワークシステム“M-NET”に接続するためのインタフェースを組み合わせた製品であり、 $\alpha 2$ に接続されたセンサ類や他社製設備の情報をM-NET上に伝達し、かつ、 $\alpha 2$ のアプリケーションプログラムを各地域で製作可能とすることで、当社の個別分散空調システムと現地手配の他社製設備とのベストミックス制御を実現し、多様なニーズに対応可能とした(図5)。 $\alpha 2$ アプリケーションプログラム環境として、パソコン上で、図表形式でプログラムが製作できるファンクションブロック方式の開発ツールを準備した(図3)。

また、EB-50のWebブラウザ上で、他社製設備の情報も一元管理できるようにした。このことによって空調機を含めたシステム全体の快適性の改善、及び省エネルギーの実現を可能にすることができる(図4)。

この製品によって、例えば、次のような制御が可能である。

事例1：当社製の空調ユニットの運転状態に連動した他社製ヒーター、加湿器等の運転制御

事例2：他社製の温度・湿度・CO₂センサに基づいた当社の空調ユニット、換気ユニット等の制御

2.3 スマートMEコントローラ

スマートMEコントローラは、温度・湿度・人感・照度の4つのセンサを内蔵しており、各センサ情報を基にAHCに接続される加湿器、換気機器等の外部機器と調和を図り、快適な空調空間を実現できるようにした。

また、フルドット液晶・タッチパネル採用による操作ナ

ビゲーションやフルカラー表示バーによる運転状態の表示によって操作・視認性を格段に向上させている(図6)。

さらに、スマートMEコントローラには、人感センサを用いた不在状態検知による省エネルギーアシスト機能を搭載しており、不在検知時に①停止制御、②運転モード制御、③設定温度制御、④風速制御、⑤能力セーブ制御が行える。これによって、従来、人感センサを個別に準備し、空調システムに接続して、集中コントローラによる連動制御によって実現していた省エネルギー制御が、スマートMEコントローラ単独で実現できるようになった。

2.4 運用による省エネルギー制御

当社の空調システムの省エネルギー制御の新たなメニューに“E制御ライセンス”があり、このE制御ライセンスを登録することによってET制御を主とする複数の制御が可能となる。ET制御とは、冷房運転時、負荷に応じた冷媒温度制御によって蒸発温度を上昇させ、圧縮機入力を低減することによる省エネルギーを実現する制御であり、既設の空調機器自体を更新することなく、従来品である集中コントローラ“G-150AD”にライセンスを登録することによって、快適性を損なわずに、年間約15%の省エネルギーを実現できる。空調機器の省エネルギー性能は近年大きく向上しているが、一般的な業務用空調機器の更新周期は15～20年であり、導入が容易にできるという利点がある。

その他、当社空調機器では室外機、室内機の運転内容を設定する省エネルギー制御、省エネルギーピークカット制御等の様々な省エネルギーメニューを提供しており、それらの組合せによって顧客の要望に応じた最適提案を可能としている(表3)。

2.5 ビル管理システムとの接続

(1) “ファシーマBAシステム”との接続

当社ビル設備運用システムであるファシーマBAシステ

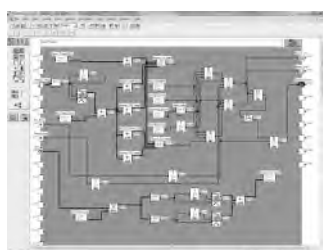


図3. AHCにおける $\alpha 2$ のプログラム画面



図4. WEBによるAHCの状態表示画面

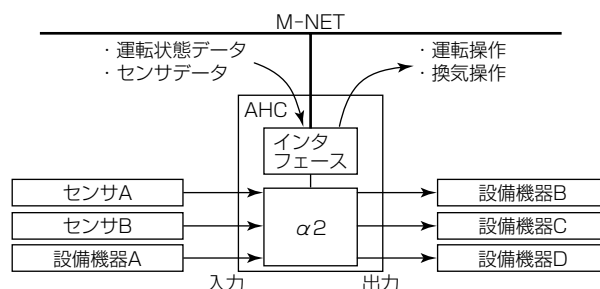


図5. AHCの信号の流れ



図6. スマートMEコントローラの表示画面

表 3. 省エネルギーパターンとライセンスの組合せ

省エネルギー パターン	使用ライセンス			主に 効果 がある期間
	E制御ライセンス	省エネルギー 制御ライセンス	省エネルギー ピークカット 制御ライセンス	
快適性維持型	◎			中間期
省エネルギー効果設定型		◎		通年
年間省エネルギー型	◎	○	○	通年
デマンド管理型	○		◎	夏期

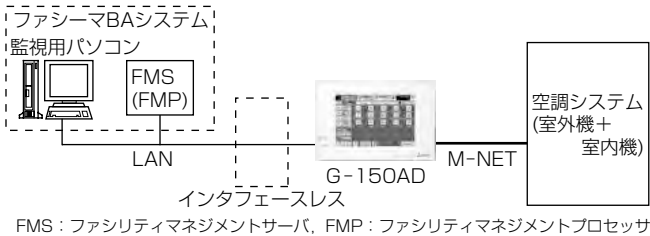


図 7. ファシーマBAシステムとの空調システムとの連携

ムと空調集中コントローラG-150ADは、特別なインタフェースなしで接続可能なため、接続の費用削減、省工事・省配線を実現できるとともに、G-150ADが持つ細かい省エネルギー制御やスケジュール機能を生かしながら、ビルトータルでの最適な運用管理を実現した。

また、ファシーマBAシステムにログインすれば、G-150ADにパスワードなしでログイン(シングルサインオン)できるといった利便性の向上を図るなど、総合電機メーカーとしての利点が強みのシステムである(図7)。

(2) 中小規模ビル省エネルギーへの取組み

中小規模ビルの省エネルギー推進を目的に平成21年度に経済産業省委託事業として推進された“省エネルギービル推進標準化コンソーシアム(SBC)”から発行の成果報告書を受け、平成23年に一般社団法人日本冷凍空調工業会として“空調システムHTTPインタフェース仕様共通化ガイド⁽³⁾(以下“ガイド”という。)”がまとめられた。ガイドには、データ形式として、データパック形式とXML形式の2種類が定義されているが、当社はインターネットとの親和性を重視し、XML形式を採用した。

2.6 北米市場要望に対応した新機能

(1) 個別カスタマイズ可能な集中監視装置

北米では空調システムの管理を含めたビル全体の管理で、集中監視装置による一括管理が多く、ビル全体の一括管理をするための集中監視装置を新たに開発した。この製品は、先に記載のEB-50とXMLで通信を行うことで、空調データを収集・保存し、また使用者が個別に管理アプリケーションを製作することを可能とした。また、グラフィカルな点でも、従来の集中監視ソフトウェアと比べて、格段に機能が向上している。個別カスタマイズ可能な集中監視装置を使用することで物件ごとのシステムに合わせて管理を実施することができるため、状態監視が視覚的に分かりや



図 8. 新製品における空調監視画面

く、空調を含めたビル全体で省エネルギーに対する取組みが対応しやすくなり、付加価値の高い集中監視装置を顧客に提供できる(図8)。

(2) 24時間空調文化に適した空調制御

米国では、24時間空調という文化が一般的であり、かつ昼夜の温度差が激しいため、日中は冷房、朝夜は暖房というような運転モードの切替えが必要となる。このことから、米国では自動モードでの運転が多用されているが、従来の自動モードは、1つの設定温度で、暖房と冷房を切り替えていたため、省エネルギー性の向上が課題であった。今回、自動モードで冷房用設定温度と暖房用設定温度を個別に設け、その設定値によって、サーモOFF範囲を変更できるようにしたことによって省エネルギーを実現できるようにした。また、夜間や外出時などに設定温度を自動的にシフトできるセットバックモードを設けた。

これらに加えて、先に述べたEB-50、AHC、スマートMEコントローラを市場にリリースしたことで、エネルギー状態の監視、物件ごとの最適制御、人感センサ等を用いた省エネルギー制御を実施することができるため、24時間空調という文化の米国でも、快適性を失うことなく今までよりも優れた省エネルギーを実現することを可能としている。

3. む す び

省エネルギー性に優れた個別分散空調方式は、グローバルに拡大が続けているが、地域別に異なる気候や空調文化に適合した制御システムが望まれている。空調機自体の省エネルギー性能向上と空調管理システムの運用による省エネルギー性向上の両輪が不可欠であるとともにBEMSやスマートグリッド等の社会インフラとの親和性・協調性が年々重要となっており、市場環境や顧客要求に適した空調管理システムを実現していく所存である。

参 考 文 献

- (1) 服部真司, ほか: 冷熱システムにおける現状と展望, 三菱電機技報, **79**, No.9, 571~573 (2005)
- (2) 増井弘毅, ほか: ITと空調管理システム, 三菱電機技報, **76**, No.11, 691~694 (2002)
- (3) 一般社団法人日本冷凍空調工業会: 空調システムHTTPインタフェース仕様共通化ガイド

欧州 Air to Waterヒートポンプシステム “ecodan”

服部太郎*

"ecodan" : Air to Water Heat Pump System for Domestic space heating in Europe

Taro Hattori

要 旨

欧州各国政府による、CO₂排出量削減施策(建物省エネルギー規制,再生可能エネルギー機器へのインセンティブ)にも後押しされ、住宅用温水暖房用途として、従来の化石燃料燃焼系ボイラをヒートポンプ熱源に置き換えた、Air to Water(ATW)ヒートポンプシステムの市場が伸張している。三菱電機は2007年から空調機技術をベースに、ブランド名“ecodan”で、ヒートポンプ熱源(室外機)をローカルシステムへ供給することから市場に参入したが、トータルでの訴求による事業範囲の拡大を狙い、2011年に自社室内機を開発し、自社システムを完成した。

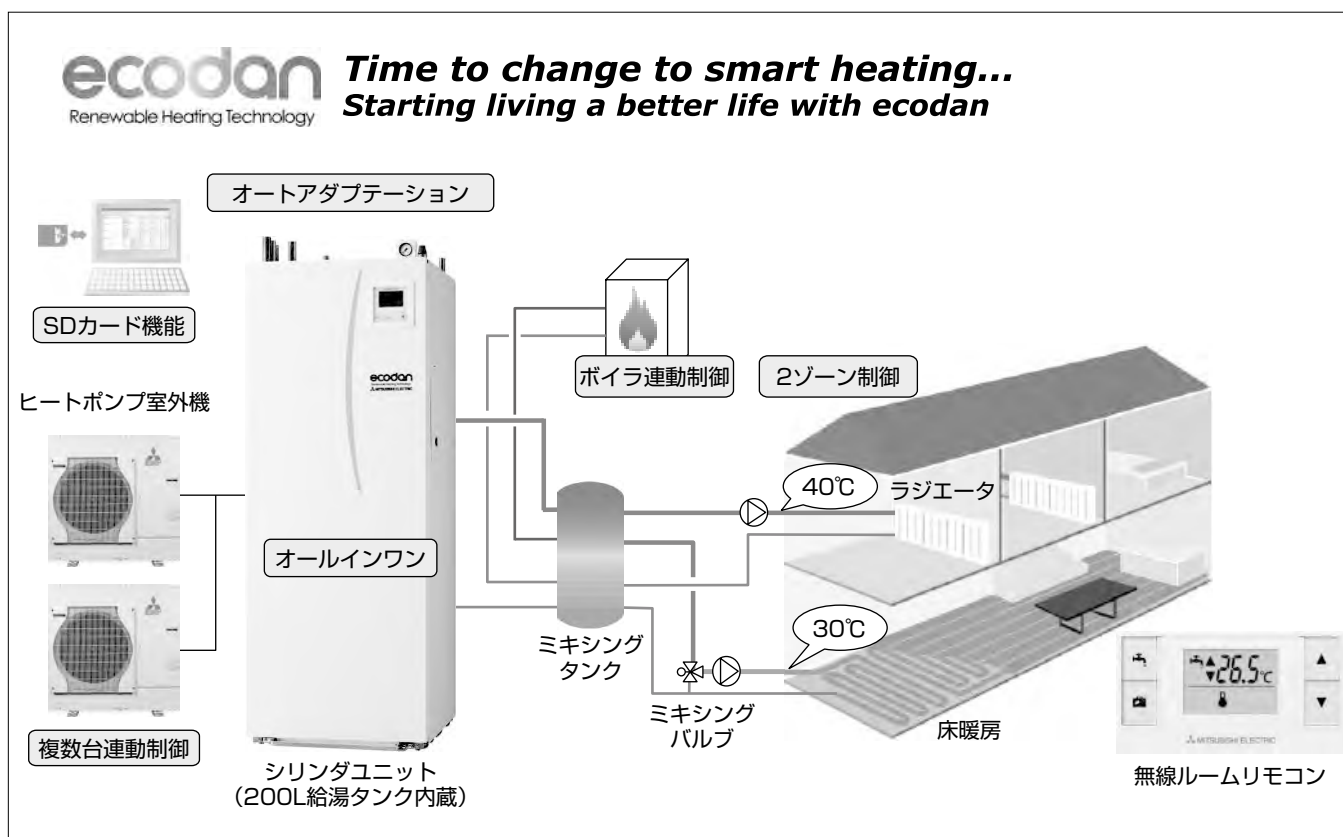
当社システムは、

- (1) ヒートポンプの省エネルギーに欠かせない送水温度の低減を実使用状況(現地負荷/環境)に応じて自動で快適

に実現する“オートアダプテーション”技術

- (2) 据付けを簡易にする“オールインワン”“SDカード機能”
- (3) 適合可能な現地水回路システムの拡充を図る2温度温水生成技術“2ゾーン制御”，6台までの室外機を連結し大能力システムを実現する技術“複数台連動制御”，燃焼系ボイラと省エネルギー比較を行い自動で切り替える技術“ボイラ連動制御”

を実現した。これによって“自動で快適に省エネルギー制御可能”で“設定据付けが簡単”かつ“各国様々な温水暖房回路に適合可能”な、現地暖房文化に親和性の高いATWヒートポンプシステムを提供し、欧州の暖房を変える、省エネルギーシステムの普及に貢献した。



ATWヒートポンプシステム“ecodan”

当社システムは、200L給湯タンクなどの必要部材を“オールインワン”で内蔵し、無線ルームリモコンでセンシングした室内温度の変化速度によって、自動で最適な送水温度に制御する“オートアダプテーション”，2温度温水を送水可能な“2ゾーン制御”，燃焼ボイラ熱源と自動で切り替える“ボイラ連動制御”，複数の室外機を連動させる“複数台連動制御”，設定や運転履歴確認をパソコンから可能とする“SDカード機能”等多彩な機能を提供する。

1. ま え が き

欧州の住宅では、ガス、灯油ボイラなどの燃焼系熱源を用い、温水を住宅内居室／廊下等に設置したラジエータや床暖房パネル等の輻射（ふくしゃ）放熱器に循環させて、住居全体を暖房するシステムが広く普及している。近年CO₂排出量削減の観点などから各国政府は新築建物を中心とした省エネルギー規制の強化、再生可能エネルギー機器の販売奨励策（インセンティブスキーム）の両輪の施策を打ち出していることにも後押しされ、燃焼系熱源に代わる省エネルギー熱源としてATWヒートポンプの市場規模は伸張を続けている。

当社は、2007年にインバータヒートポンプ熱源及び現地システムに接続するためのインタフェースの供給から事業に参入したが、熱源基本性能だけではなく、現地暖房負荷側にあわせたシステム制御による省エネルギーの提案に加え、様々な現地システムとの親和性を改善し、従来のボイラ暖房システムからより違和感なくATWシステムに置換を進めるために2011年に自社室内機を開発し、自社システムを完成した。

本稿では、その自社システムの開発について述べる。

2. 欧州ATWシステムの構成

図1に欧州ATWシステムの基本構成を示す。暖房回路と給湯回路が並列に設置され、バルブによってどちらか一方の回路にヒートポンプで加熱された温水が循環される。暖房回路を循環する温水は居室に設置されたラジエータなどの放熱器の輻射放熱によって暖房を行う。

一方、給湯回路を循環する温水は、給湯タンク内で熱交換され（2重タンク構造、又は内蔵コイル）生活用水を加熱する。また、システムの制御をつかさどるシステムコントローラを持ち、水温、室温等のセンシングに基づき、熱源であるヒートポンプ及び水回路内のポンプ、バルブ等の制御を行う。

3. システムの概要

3.1 ラインアップ

温水循環ポンプ、ブースタヒーター、膨張タンク、圧力逃がし弁等の1次側主要水回路部位をユニット化したハイドロボックスと、加えて給湯用タンク、暖房／給湯切替え三方弁まで一体化したシリンダユニットの2種類の系列を製品化した。

欧州の温水暖房自体に長い歴史があり、国ごとに暖房文化や気候条件が異なるため、ヒーターの方式、容量違いなどの様々な市場要求がある。それらにきめ細かく対応するため、合計25機種のラインアップをそろえている（表1）。また、直感的な操作を可能とする本体メインコントローラに加え、簡易な操作が可能な別売の無線ルームリモコンも用意した（図2）。

3.2 主要な機能と特長

ATWシステムは省エネルギー性能は当然であるが、従来ボイラで使われていた温水循環回路を流用しての置き換え採用となる場合も多く、欧州の温水暖房文化との親和性をいかに高めるかが普及の大きなポイントとなる。自社システムに搭載してきた次の主要機能について述べる。

- (1) 基本性能向上：温水制御技術“オートアダプテーション”
- (2) 据付け簡易化：“オールインワン”“SDカード機能”
- (3) 適可能な現地水回路の拡充：“2ゾーン制御”“複数台連動制御”“ボイラ連動制御”

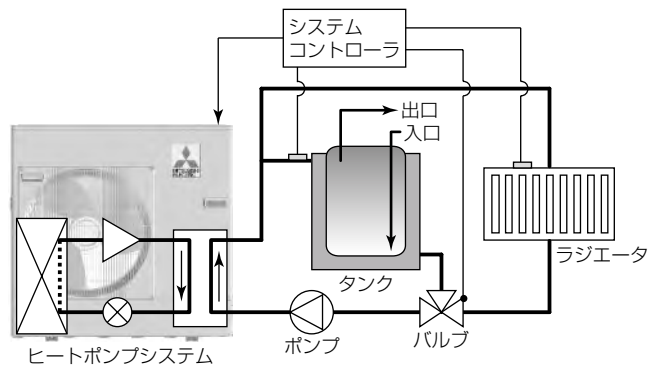


図1. 欧州ATWシステムの基本構成

表1. ATW室内システムのラインアップ

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
可能運転	暖房専用	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	冷暖房															
プレート熱交	有	○	○	○	○	○	○	○	○	○						
膨張タンク	有	○	○	○	○	○	○	○			○	○	○	○	○	○
ブースタヒーター	3 kW 単相230V	○	○	○							○	○	○	○		
	2 kW 単相230V				○						○					
	6 kW 単相230V	○				○	○		○			○			○	
	9 kW 三相230V		○										○			
ソーラ接続可否	三相400V			○				○		○				○		○
							○									

(a) シリンダユニット（200Lタンク内蔵）

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
可能運転	暖房専用	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
	冷暖房										○
プレート熱交	有	○	○	○	○	○	○				○
膨張タンク	有	○	○	○	○			○	○	○	○
ブースタヒーター	2 kW 単相230V	○						○			○
	6 kW 単相230V		○			○			○		
	9 kW 三相230V			○							
	三相400V				○		○			○	

(b) ハイドロボックス（給湯タンクレス）



図2. ユニット・コントローラ

4. 主要機能

4.1 オールインワンコンセプト

ATWシステムの普及によって、従来温水暖房機器を扱わなかった空調冷暖系インストーラルートでの販売も拡大しており、特に水回路側の据付け工事の簡易性も高める必要がある。当社は、主要な水回路構成部品を、外形寸法595×680×1,600(mm)の業界最小^(注1) ボディーに全て内蔵した“オールインワン”コンセプトのシリンダユニット及び給湯回路を除いたハイドロボックスをATW室内機として発表した。

(注1) 2011年7月1日現在、当社調べ

4.2 オートアダプテーション

ATW温水暖房システムでは、室温を維持する放熱量を確保するのに必要な送水温度を制御対象とし、ヒートポンプ熱源でインバータ制御を実施している。ヒートポンプ熱源にとっては、送水温度をいかに低く保つかが本質省エネルギーに直結する。当社機種試算によると送水温度を1℃低下させれば、約2%の効率改善が見込める。

欧州では、一般的に気候に応じて変化する建物の暖房負荷を補償するために、インストーラが現地建物に合わせて、外気温度と送水温度を設定する“ヒートカーブ制御”(図3)が広く普及している。しかしながら、建物ごとに特性が異なり、据付け後も繰り返し微調整が必要となるなどの課題があった。

当社は、新開発の無線ルームリモコンと連動させ、将来の室温変化を予測することによって、室内の快適性を維持した上で、最適な送水温度を決定する“オートアダプテーション”を開発した(図4)。この制御によって面倒な設定や微調整を必要とせず、また日照などの外気温度以外の負荷変動要因にも適応し、ヒートポンプにとって省エネルギー上最適な運転状態を、快適性を保った上で維持可能となる。

図5にこの制御の効果を市場で実証したデータを示す。室温が設定温度よりも若干高いため、外気温度が徐々に低下しているにもかかわらず送水温度及び室外機の圧縮機運転周波数を徐々に低下させている。その結果、加熱能力が

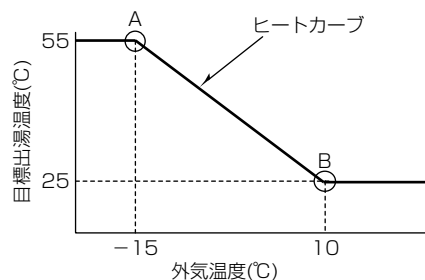


図3. ヒートカーブ制御

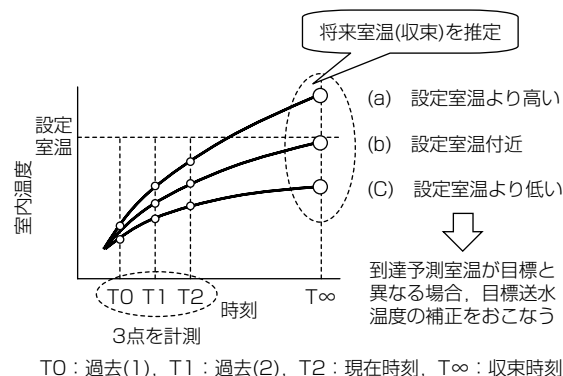


図4. オートアダプテーションによる送水温度補正

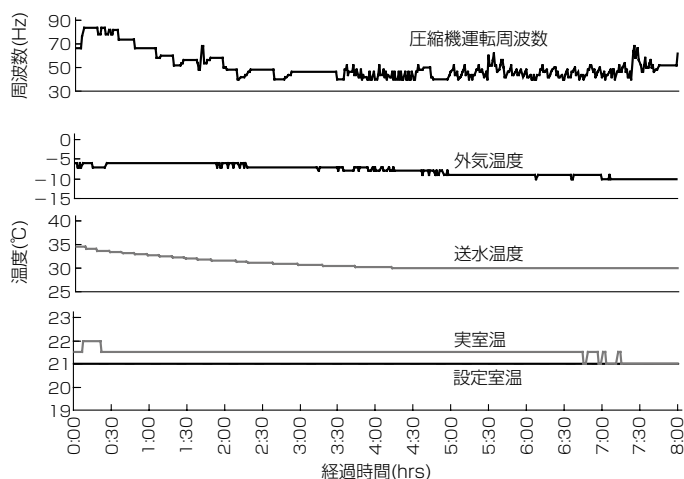


図5. オートアダプテーションの実証データ

抑えられ、サーモ停止することなく室温を設定温度に向けて安定的に収束させることができています。仮にこの事例に対し、従来のヒートカーブ制御を適用すると、外気温度の低下に伴って送水温度を上昇させることによって、室温が設定よりも高いにもかかわらず、更に室温を上昇させ、結果的にサーモ停止に至るという経過をたどり、ヒートポンプの効率低下とON/OFFに伴う立ち上がりロスが発生していたものと推測できる。試算では、送水温度低減による効果14%とON/OFFロス低減による効果5%によって約19%もの効率改善が認められた。

4.3 2ゾーン制御

温水暖房の放熱器には、比較的高い送水温度を必要とするラジエータや、低温水で放熱可能な床暖パネル等があり、

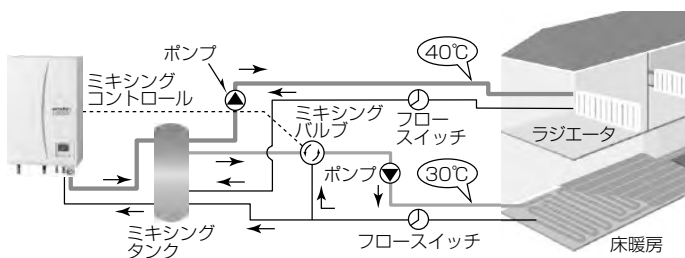


図6. 2ゾーン制御回路

実際には、これらが組み合わされて使用されている事例も多い。このような住居では、異なる2温度の温水を生成することが必要となる。

当社システムは、高温水と、暖房負荷側で放熱後の低温戻り水を混ぜて低温水を生成する現地ミキシングバルブをフィードバック制御する“2ゾーン制御”を導入した(図6)。この制御では、それぞれのゾーンのON/OFFなどのスケジュール設定が可能であり、また、どちらのゾーンにも先に述べた“オートアダプテーション”制御を適用できるようにした。

設計に際しては、現地の様々なミキシングバルブに適合可能とするためのパラメータ設定項目を設け、また建物ごとに異なる水回路、室温の応答性に対して制御が収束するよう冗長性を持たせた。

4.4 複数台連動制御

当社ecodanシリーズは、暖房能力23kW(外気7℃/水温35℃条件)までのヒートポンプ熱源ユニットをそろえているが、大邸宅や、断熱改修が困難な歴史建造物など、より大きな暖房負荷を持つアプリケーションも多く存在する。これらをカバーするため、最大6台までのヒートポンプ熱源を連結し、それぞれの室外機の圧縮機運転周波数の和によって、室外機運転台数の増減を判断し、常に高効率ポイントでシステムを運転させる、“複数台連動制御”を開発した。さらに、各室外機の使用率平準化のため、各室外機の積算運転時間の小さなものから順次起動するようにしたローテーション運転機能や、1台が故障したら別の正常な室外機が運転を開始してシステムとしての運転を維持するバックアップ運転機能を持つ。

4.5 ボイラ連動制御

欧州では、温水暖房システムの熱源としては、ガスボイラが圧倒的に普及しており、かつ、巨大な欧州暖房産業の中心プレーヤーであるローカルガスボイラメーカーも生き残りをかけ、低外気でも能力が低下しないボイラの利点訴求とあわせ高効率タイプのガスボイラを訴求してきている。当社は汎用ボイラと連動接続し、ヒートポンプとボイラの切替えを行う“ボイラ連動制御”を開発した。

外気温度をしきい値とする熱源切替えに加え、常にヒートポンプの運転効率を計算し、有利な方に暖房熱源を切り替えることも可能である。切替えの判断は、外気温度によ

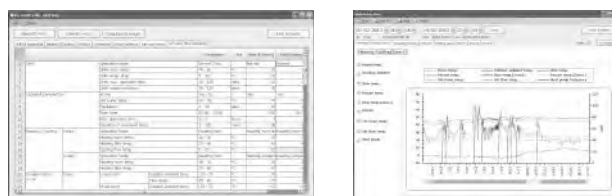


図7. SDカードパソコンツールの画面

るもののほかに、あらかじめインプットしたガス/電気等の燃料料金に基づきランニングコストが安い方の熱源に切り替える燃料代優先モードや、地域ごとに異なる1次エネルギー換算係数(単位あたりの電気を生成するのに必要な発電所のCO₂排出係数)の初期入力値によって計算したCO₂排出量が少ない方の熱源に切り替えるCO₂排出量優先モードも選択可能とした。

4.6 SDカード機能

ATWシステムは据付け時にインストーラが非常に細かい様々な設定(給湯/暖房スケジュール、放熱器の上下限温度、給湯設定、自動再沸き上げ温度、時間等)を行う必要があるが、機器リモコンの限られた画面・操作ボタンでは、設定が煩雑で据付けの手間がかかる。さらには、正しく設定されないことによって省エネルギー効果が減少する場合もあった。

当社は、専用設計したパソコンツール(図7)によって、パソコン画面上で全ての初期設定項目が設定可能で、そのデータをSDカードにコピーし、室内基板上に設けたSDカードスロットを介して、本体に書き込むことで初期設定を簡単化する、“SDカード機能”を搭載した。

集合住宅物件など、同様建物に複数システムを設置する場合には同一設定のコピーも可能であり、新人作業者が、経験豊富なインストーラによってあらかじめ設定された項目データをSDカードに入れて現地に赴くことも可能となり、インストーラから好評を博している。

あわせて、本体にこの機能を標準搭載としたことで、運転中の、各種サーミスタ温度、設定情報などの運転履歴情報を長期間記録可能となり、さらには、先に述べた専用パソコンツールによって簡単に運転データのグラフを作成することを可能としたので、設定不具合などの確認や、機器メンテナンス時の補助機能として大変有益である。

5. む す び

このように、システム省エネルギーに最適な送水温を自動で決定し、かつ現地の水回路に幅広く適合し、扱いやすさを追求したATWシステムを開発することによって事業拡大に貢献した。今後は、ネットワーク化及び建物の高断熱化による給湯側への力点シフトに対応した給湯側の性能改善に取り組んでいく所存である。

空気清浄技術

古橋拓也*
森岡怜司**

Indoor Air Clean Technology

Takuya Furuhashi, Reiji Morioka

要 旨

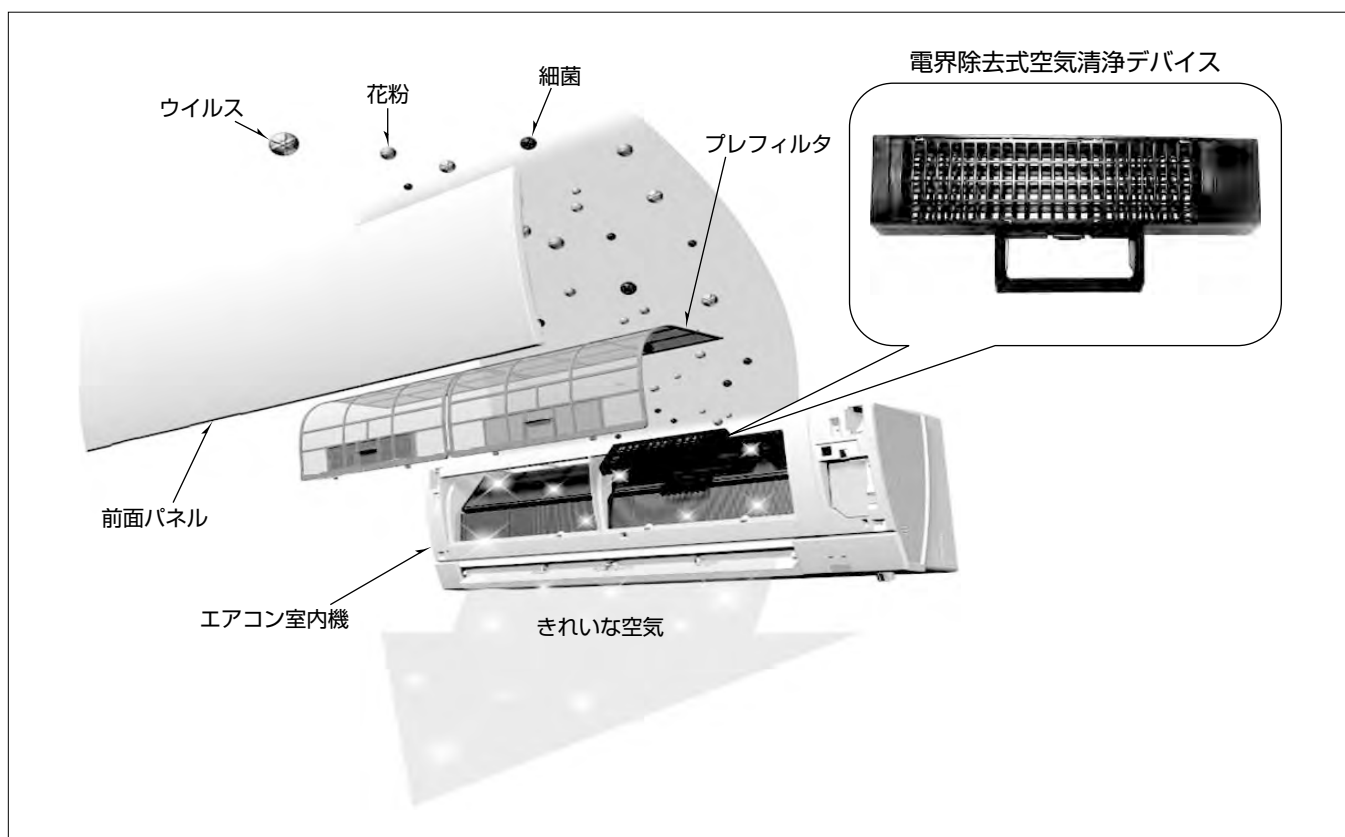
2009年に流行した新型インフルエンザ以降、中国での鳥インフルエンザの人への感染が確認されるなど、毎年更なる新型流行の懸念もあり、引き続きインフルエンザ予防対策が注目されている。このことから、室内環境改善の一環として、ルームエアコンにも空気清浄機能の付与が望まれている。

本稿では、室内に浮遊するウイルスや細菌を除去、不活化する技術を搭載したルームエアコンとその技術に関して述べる。

ルームエアコンに搭載されている電界除去式空気清浄デバイスは、新規開発のリボン電極を採用することで、強力

な放電、電界空間を生成して、放電、電界空間を通過するウイルスや細菌、カビ、アレルゲンを除去・不活化する。6畳相当の部屋で、空間に浮遊するインフルエンザウイルスを、65分で99%減少させる性能があることを確認している。これは、1時間あたり4.2回の換気能力に匹敵する能力である。また、浮遊菌は115分、浮遊カビは92分で99%減少させることができる。花粉、ネコアレルゲン、ダニアレルゲンでも、90%以上の除去性能を持つ。

この技術を搭載したルームエアコン“MSZ-FHシリーズ”を、欧州など海外で販売している。



ルームエアコンに搭載される空気清浄技術

ルームエアコン“霧ヶ峰MSZ-FHシリーズ”に搭載している室内の汚染空気を浄化する電界除去式空気清浄デバイスである。

1. ま え が き

2009年に流行した新型インフルエンザ以降、中国での鳥インフルエンザの人への感染が確認されるなど、毎年更なる新型流行の懸念もあり、引き続きインフルエンザ予防対策が注目されている。空気清浄関連の市場は、このような背景によるアメニティ・健康志向の高まりから拡大傾向にあり、基本性能である集塵(しゅうじん)能力、脱臭能力に加え、健康に関連するウイルスや細菌類の除去、不活化性能向上が必要となっている。そのため、ルームエアコンでも、室内環境改善の一環として、空気清浄機能の付与が望まれている。

三菱電機では、室内に浮遊するインフルエンザウイルスや浮遊菌類の除去、不活化性能を向上させた電界除去式空気清浄デバイスを開発し、ルームエアコンMSZ-FHシリーズに搭載した。この製品を、欧州など海外で販売している。

本稿では、これらの要望に対応した室内に浮遊するウイルスや細菌類を除去、不活化する技術を搭載したルームエアコンとその技術に関して述べる。

2. 構成と原理

2.1 基本構成

室内に浮遊するウイルスや浮遊菌類を除去、不活化する手段としては、家庭用空気清浄機に搭載されているようなHEPA(High Efficiency Particulate Air)フィルタなどを使用した物理捕集が多い。しかし、ルームエアコンに同機能を搭載する場合、エアコンの基本機能である冷暖房能力への影響を抑制する必要があるため、通気抵抗の小さい低圧力損失の機能を搭載することが望ましい。そのため、低圧力損失と高効率を両立できる方式として、電界除去式を採用した。

図1にルームエアコンMSZ-FHシリーズに搭載している電界除去式空気清浄デバイスの分解図を示す。図の上側が風上で、風上側から、粗ごみを捕集するプレフィルタ、

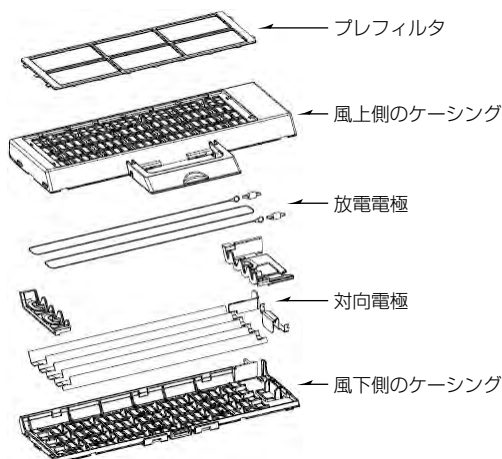


図1. 電界除去式空気清浄デバイスの構成

風上側のケーシング、放電電極、対向電極、風下側のケーシングで構成している。対向電極は風下側のケーシングで保持し、放電電極は、中間枠を介して風下側のケーシングで保持している。対向電極にはステンレスの板状のものを採用し、ケーシングの開口面に対し、所定の角度で傾斜するように斜めに配置している。放電電極には、新規開発のタンゲステンリボン電極を使用している。

2.2 動作原理

図2に電界除去式空気清浄デバイスの動作原理と放電電極の詳細を示す。放電電極は、その断面が、短辺及び長辺によって周囲を囲んだ矩形(くけい)形状(リボン形状)であり、放電電極の断面は、短辺の長さが0.05mm、長辺の長さが0.4mmとなっている。放電電極にはDC 5～6kVの電圧が印加され、対向電極は接地されている。動作時は、電圧印加によって、放電電極と対向電極の間に強力な放電、電界空間を生成し、放電、電界空間を通過するウイルスや細菌、カビ、アレルゲンを除去・不活化する。

2.3 放電電極形状の従来との違い

当社のこれまでの家庭用空気清浄機やルームエアコンに搭載されていた放電式の集塵機能や脱臭機能を持つ空気清浄デバイスでは、放電電極に突起状の電極を採用してきた。これまで放電電極に突起状の電極を採用してきた理由は、従来放電電極に使用されているワイヤ線の場合、放電による電極の劣化によって、切断の可能性があるためである。また、家庭用の場合、メンテナンスは顧客に任されており、メンテナンス時に電極を誤って切断してしまう可能性も排除できない。切断を回避するためにワイヤ線を太くする方法があるが、その場合、放電電極に印加する電圧を高める必要があり、電気絶縁などの課題が発生する。

突起状の電極を使用した場合、これらの課題は解決するが、ワイヤ線と比較して厚みが増すという課題があった。そのため、ワイヤ線よりも放電による電極の劣化に対する耐性があり、突起電極よりも厚さが薄いリボン電極を新規に採用した。

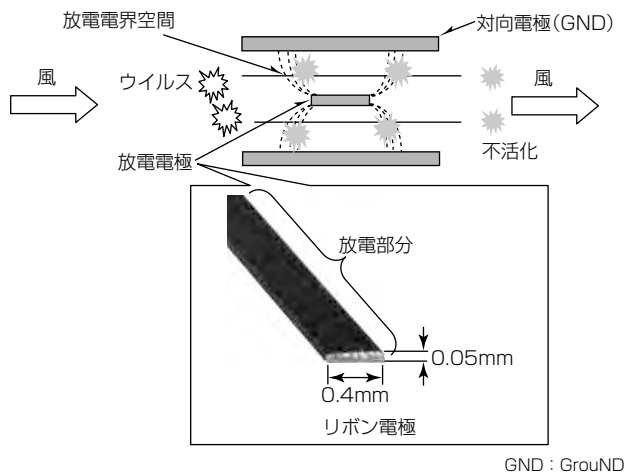


図2. 動作原理と放電電極

図3にリボン電極と突起電極の違いを示す。突起電極は、突起部とその根元の板状部分とで構成されるため、その分の厚みが必要となる。また、突起電極を放電電極に使用した場合、突起先端部から放電が生成されるため、放電領域分布が不均一となる。そのため、当社のこれまでの製品では、放電領域分布の不均一さを解消するため、突起部を両側に設けており、更に厚さが増す結果となっていた。今回開発した電界除去式空気清浄デバイスでは、リボン電極を使用することで、これらの課題を解決した。

図4にリボン電極とワイヤ電極の電界強度分布を示す。電磁界解析ツールを用い、放電電極の形状の違いが電界分布に与える影響を評価した。図に示す評価モデルは、放電電極にリボン電極(0.05×0.4(mm))とワイヤ線直径0.05mmのものを使用し、対向電極の高さを6mm、放電電極と対向電極の距離を6mm、モデル奥行き20mmとして計算した例である。図に示すように、リボン電極はワイヤ線と比較し、電界強度が高いことが分かる。流体が電極間を通過する際に受ける電界強度の最小値(通過する空間内で電界強度が最も弱くなる電極端の垂直面での電界強度)を計算すると、リボン電極では、電界強度3,401V/cmに対し、ワイヤ線では、2,465V/cmであり、リボン電極の方がワイヤ線よりも電界強度が高く、効率向上が可能であることが計算上でも分かっている。このように、リボン電極を放電電極に採用することで、突起電極やワイヤ線よりも、効率向上、薄型化の面で有利である。

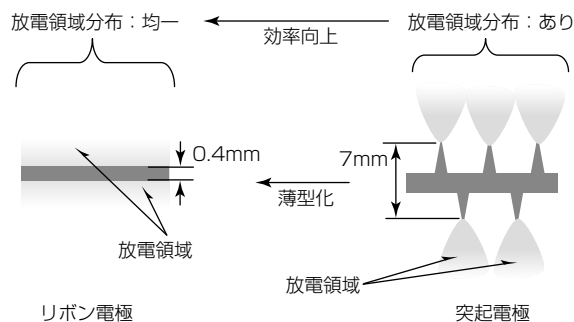


図3. リボン電極と突起電極の違い

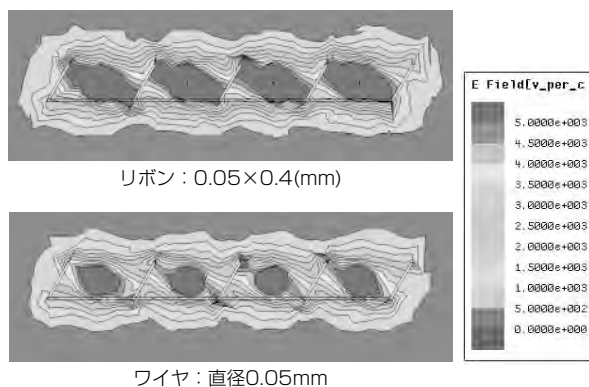


図4. リボン電極とワイヤ電極の電界強度分布

2.4 ルームエアコンへの搭載形態

空気清浄デバイスをルームエアコンに搭載する場合、風路上に空気清浄デバイスを設置する必要がある。しかし、風路上に障害物を設置すると、ルームエアコンの基本機能である冷暖房能力への影響が生じる。そのため、冷暖房能力へ影響しないよう、空気清浄デバイスを構成している。

図5にルームエアコンへの電界除去式空気清浄デバイスの搭載形態を示す。前側から、前面パネル、プレフィルタ、電界除去式空気清浄デバイスの順に搭載される。図6にルームエアコンの側断面図を示す。電界除去式空気清浄デバイスの後段には、熱交換器が設置され、図にはないが、その後ろに送風ファンが搭載されている。ルームエアコンへの空気の流れは、上面の開口から入るため、電界除去式空気清浄デバイスへの気流も斜め上部からとなっている。空気流入時の通気抵抗を抑制するために空気清浄デバイスの対向電極は、ケーシングの開口面に対し、所定の角度で傾斜するように斜めに配置されている。これによって、冷暖房能力への影響を抑制する構成としている。

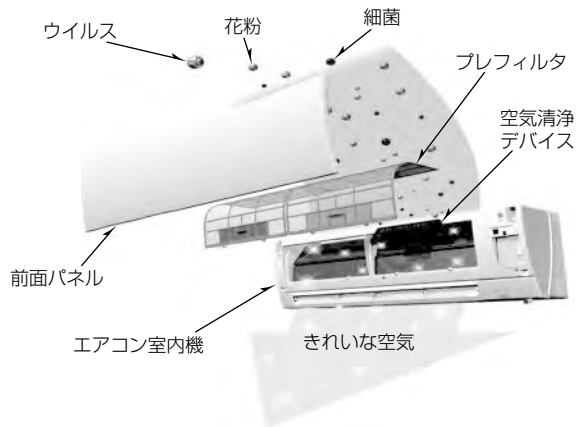


図5. ルームエアコンへの搭載形態(前面)

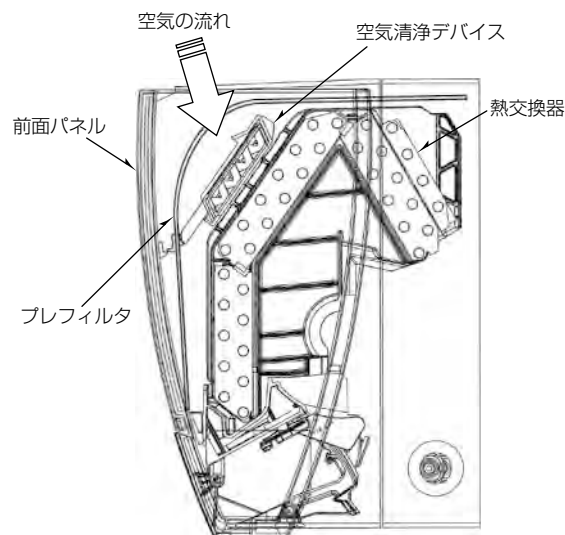


図6. ルームエアコンへの搭載形態(側断面)

3. 空気清浄デバイスの効果

電界除去式空気清浄デバイスの効果を、インフルエンザウイルスを用い、評価した⁽¹⁾。図7に示す実験チャンバー（内容積25m³）を使用し、実験を行った。温湿度：23℃ 30%RH(Relative Humidity)環境下で、ネブライザーを使用し、インフルエンザA型(H3N2)ウイルスをチャンバー内に噴霧し、空気清浄デバイスを搭載したルームエアコンMSZ-FHを稼働させた。そのときのチャンバー内の浮遊インフルエンザウイルスを、一定時間おきにゼラチンメンブレンフィルタによって、40L/minの流量で2分間サンプリングした。その後、ゼラチンメンブレンフィルタに回収したウイルスをMEM(Minimum Essential Medium)で適宜希釈し、MDCK(Madin-Darby Canine Kidney)細胞に接種した。温度34℃の炭酸ガスふ卵器内で、1時間培養後、寒天入りMEMを入れ、温度37℃で48時間培養し、寒天を剥がし、メタノール-クリスタルバイオレット液で固定染色を行い、プラーク数(感染した細胞数)をカウントすることで、ウイルス感染価(感染性があるウイルスの数)を算出した。この測定では、感染性があるウイルスだけが測定され、感染性を失ったウイルスは測定されない。自然減衰を4回、電界除去式空気清浄デバイス稼働を5回、電界除去式空気清浄デバイス停止(エアコンの送風だけ)を4回実験した。

図8に実験の結果を示す。図は、各実験の平均値とその標準偏差を示している。自然減衰と電界除去式空気清浄デバイス停止(図中のデバイスOFF)は、同じ減衰であり、送風だけでは効果が見られないが、電界除去式空気清浄デバイスを稼働(図中のデバイスON)することで減衰効果が得られる。このとき、自然減衰に対して99%減衰する時間は、65分であった。この性能は、日本電機工業会自主基準HD-124を満足する時間である。したがって、この実験の結果から、6畳相当の空間で、電界除去式空気清浄デバイスを稼働させたルームエアコンを運転することで、空間に浮遊するインフルエンザウイルスを、65分で99%減少させる性能があると言える。これは、1時間あたり4.2回の換気能力に匹敵する能力である。また、別途実施した実験によって、浮遊菌は115分、浮遊カビは92分で99%減少させる能力があることを確認している。花粉、ネコアレルゲン、ダニアレルゲンでも、ワンパス除去率は90%以上の性能を持つことを確認している。

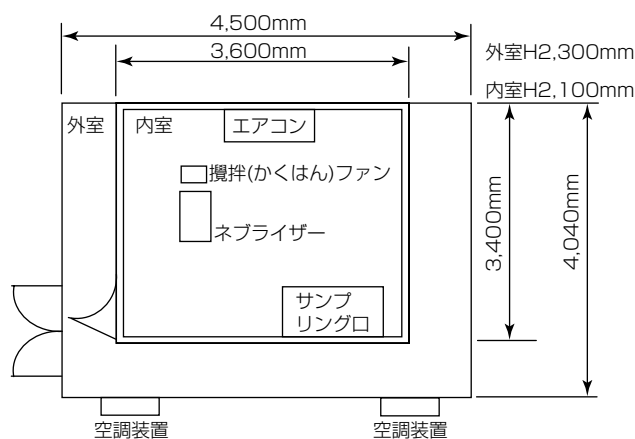


図7. 実験チャンバー(上面図)

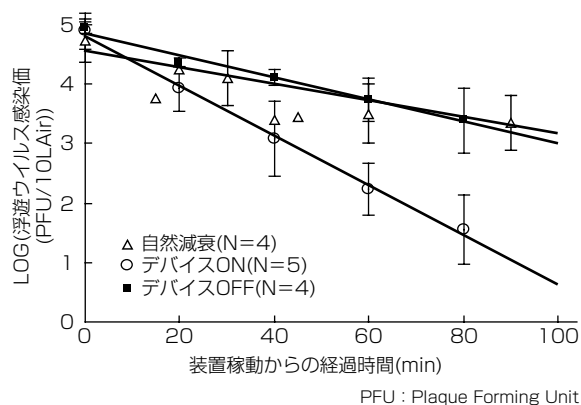


図8. 浮遊インフルエンザウイルスの除去性能

4. む す び

室内に浮遊するウイルスや細菌を除去、不活化する技術を搭載したルームエアコンとその技術に関して、その特長と技術を述べた。今後も、健康衛生志向の高まりによって、更なる性能向上が望まれると同時に、他の様々な物質除去の性能要求も高まってくると予想される。そのため、要求される技術的課題も変わっていくことが考えられるが、市場要求に対応したタイムリーな対応を実施するための開発を進めていく予定である。

参 考 文 献

- (1) 一般社団法人 日本電機工業会自主基準HD-124：空気清浄機の浮遊ウイルスに対する除去性能評価試験方法 (2011)

サイクロン掃除機“風神”の小型・軽量化技術

前田剛志*
近藤大介**

Downsizing and Weight Saving Technology of the Cyclone Cleaner "Fujin"

Tsuyoshi Maeda, Daisuke Kondo

要 旨

近年の小世帯化や高齢化に伴い、サイクロン掃除機の小型化及び軽量化へのニーズが高まっている。従来品では、サイクロン部で、大きなごみから微細なごみまでを分離するために、2本の巡回室を用いて遠心力を二段階で高める方式を採用しており、サイズと質量が課題であった。

そこで、今回の開発では、1本の巡回室で強力な遠心力を創出する新構造“ハイパーエアロアクセル”を採用した。遠心力を高めるには、巡回室内での気流の巡回風速を高めることが必要(遠心力は巡回風速の二乗に比例)であるが、“ハイパーエアロアクセル”では、メイン気流から分岐した4つのサブ気流を巡回室で合流させてメイン気流を加速する。この新構造によって、巡回風速を従来比約1.8倍に増速して従来品と同等の分離効率(電機工業会基準ごみ：99.9%

分離)を確保しつつ、従来2本あった巡回室を1本化して、サイクロン部の質量を従来比約43%低減、本体底面積比で約24%低減した。

また、巡回風速の増速によって懸念される気流音の対策については、入口と巡回室の連結部に“セレーション構造”を、集じん室と巡回室の連結部に“シェブロン構造”を採用して、開口端部での剥離渦に起因する気流音を低減し、運転音を従来品から4 dB(A)低減した。

この技術とともに、集じん風速を抑えてにおいを低減する機能や、掃除の中断を感知して自動でパワーを制御する“スマートSTOP”を搭載した“TC-ZXCシリーズ”を、三菱電機掃除機誕生80周年記念モデルとして2013年3月に発売した。



サイクロン掃除機“風神 TC-ZXCシリーズ”

左は、2013年3月発売の新製品“TC-ZXC30P”の全体外観。右は、従来品“TC-ZXB17P”と新製品における巡回風速及び本体上面視サイズの比較。新製品では、メイン気流から分岐した4つのサブ気流を巡回室で合流させてメイン気流を加速する新構造“ハイパーエアロアクセル”によって、巡回風速を従来の48m/sから90m/sに増速して巡回室を1本化し、小型・軽量化を実現した。

1. ま え が き

サイクロン掃除機では、①吸引力が続く、②排気がキレイ、③メンテナンスが楽、がニーズの上位3つ(三菱電機調べ)となっているが、近年の小世帯化や高齢化といった社会変化に伴い、小型化及び軽量化へのニーズが高まっている。三菱電機から2012年に発売した風神TC-ZXBシリーズは、先に述べた3つのニーズに対応し、2本の旋回室を用いて遠心力を二段階で高めることで、微細なごみを高効率に分離する方式を採用していたが、この2本の旋回室の大きな容積と質量が課題であった。

本稿では、遠心分離効率を損なわずに、従来2本であった旋回室を1本化し、小型・軽量化を実現した新構造“ハイパーエアロアクセル”の開発について述べる。

2. 従来の課題

2.1 一般的なサイクロンの基本原理

一般的なサイクロン(図1)は、旋回気流を生成することによってごみに遠心力を与えて空気から分離する旋回室と、分離されたごみを捕捉する集じん室からなる。旋回室の上部は、円筒部で構成され、その接線方向に含じん空気(ごみを含む空気)を導入するように単一の流入管を接続することで旋回気流を生成する。旋回室の下部には、径を縮小することで旋回速度を増速する円錐(えんすい)部を備えている。遠心力によってごみが分離され、清浄化された空気(上昇気流)は、旋回室と同軸上に設置された筒状の排出管からサイクロン部の外に排出される。

ここで、図1に示すような標準的なサイクロンで遠心分離できるごみの最小径である限界粒子径 D_{\min} は式(1)で示される⁽¹⁾。

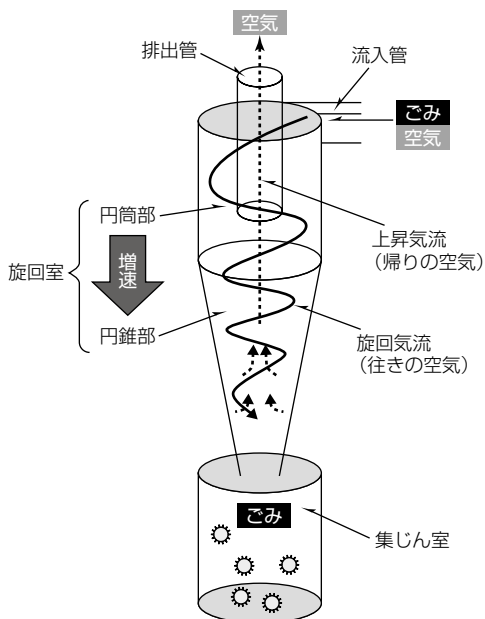


図1. 一般的なサイクロンの構造

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

μ : 空気粘度, b : 流入管幅, u : 流入風速,

ρ_p : 粒子の密度, ρ : 空気の密度

粒子径 D 、密度 ρ_p のごみを分離するために必要な流入風速 u は、

$$u = \frac{9\mu b}{5\pi D^2(\rho_p - \rho)} \dots\dots\dots(2)$$

となる。式(2)から、ごみが微細になるほど流入風速を高める必要があることが分かる。

2.2 従来の課題

掃除機で吸引するごみは、繊維から砂まで多種多様である(図2)。そこで、先に述べた単一の流入管を備える一般的なサイクロンで、微細なごみを高効率に分離する際の課題として、1点目には、大きなごみの詰まりが挙げられる。分離効率を向上させる目的で、流入口の面積を小さく(流入風速を速く)した場合、大きなごみが流入口に詰まるおそれがある。なお、流入口の面積を変えずに流入風速を高めるには、ブロワモータの出力風量を上げる必要があり、ブロワの大型化や消費電力の増加が懸念されるのは自明である。

2点目には、旋回室壁面近傍における旋回風速の低下が挙げられる。単一の流入管から流入した空気は、旋回室内で旋回運動をするが、排出管からの吸い込み風の影響によって徐々に中央に寄ってしまう。また、空気と旋回室壁面との摩擦によって壁面近傍での旋回風速が低下し、その結果、ごみに対する遠心力が低下して分離効率を損なうことになる。

この課題を解決するために、工業用の粉体分級装置(図3)では、ブロワモータとは別にもう1つ動力源(コンプレッサなど)を用いて旋回室の外周から追加気流を導入する方式が採用されている⁽²⁾。しかしながら、家庭用掃除機では、質量や消費電力の関係から別動力源を備えるのは困難であるとともに、旋回風速の増大に伴う気流音発生についても課題となる。

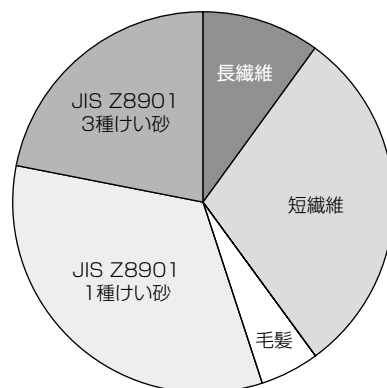


図2. 国内家庭ごみの内訳(電機工業会：模擬家庭じんあい)

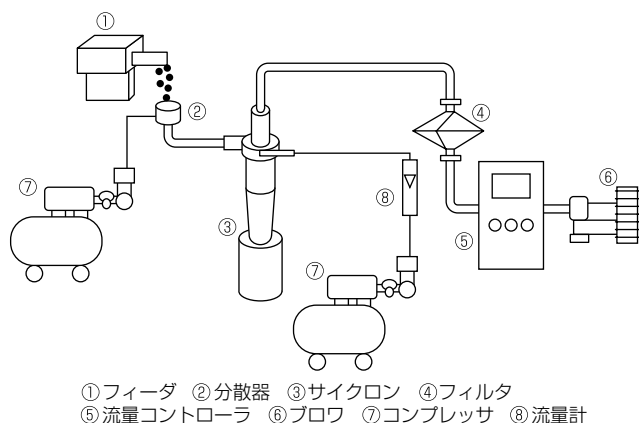


図3. 工業用粉体分級装置(追加気流方式)

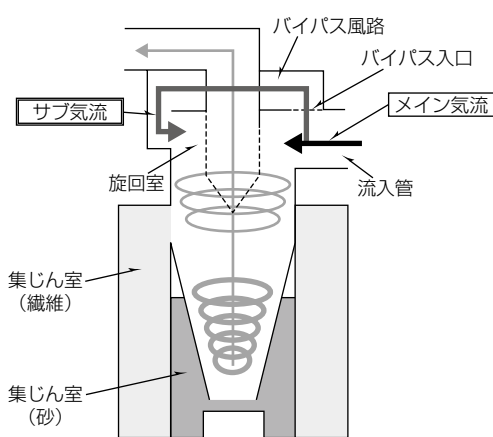


図4. サブ気流のバイパス分岐

3. 開発内容

3.1 バイパス分岐

先に述べた課題を解決するために、別動力源を用いずに旋回室の外周から気流を導入する方式として、メイン気流からバイパス分岐したサブ気流を、再度旋回室内でメイン気流と合流させる構造を考案した(図4)。

この構造では、バイパス風路内のごみ詰まりが問題となるが、流入管の上面にバイパス入口を設置することで、重力作用を利用してバイパス風路へのごみ侵入を抑制した。さらに、バイパス入口を多数の微細孔で形成することで、流路を確保しつつ、詰まりの原因となる比較的大きなごみの侵入を防止した。

3.2 サブ気流の導入

先に述べたとおりメイン気流から分岐したサブ気流は、バイパス風路を経て、旋回室の外周側から接線方向に沿って導入する構造とした。これによって、サブ気流は、メイン気流を後方から押し込んで加速させるように旋回室内で合流する。

サブ気流の有無による旋回速度の比較(気流解析結果)を図5に示す。サブ気流の導入によって、とくに、流入口から少し進んだ箇所の速度が大幅に向上していることが分かる。また、旋回室の外周寄りに高速度領域が分布しており、旋回室の中央に配置された排出管からの吸い込み風の影響を抑制していることが確認できる。

3.3 サブ気流の最適化

サブ気流の導入位置／導入数／導入口面積等の各寸法については気流解析による流れ場の見える化と、パラメータスタディによる最適化を実施した。ここでは、導入数に関する検討について一例を示す。

図6にサブ気流の導入数を5つとした場合、図7に4つとした場合の、流入管の中央高さにおける風速ベクトルを示す。旋回室の周方向全域の旋回速度を高める目的で、サブ気流5つを旋回室の周面に均等に配置した場合、メイン気流の流入方向正面付近に2つ目のサブ気流の導入口が配置される。これによって、メイン気流が2つ目のサブ気流

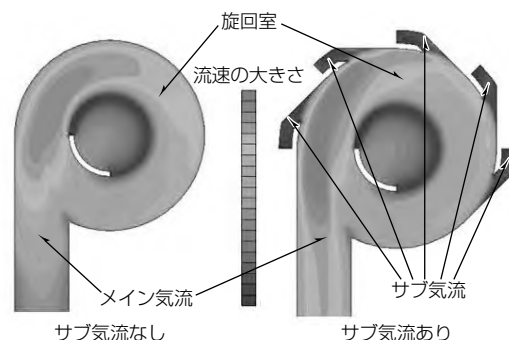


図5. サブ気流の有無による旋回風速分布の比較

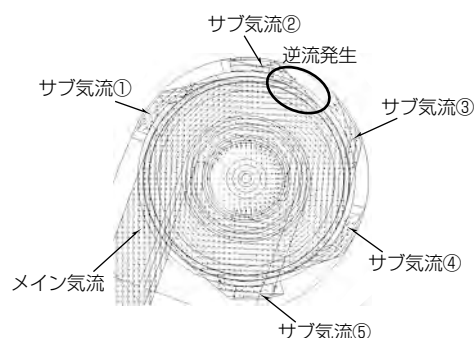


図6. サブ気流の導入数を5つとした場合の風速ベクトル

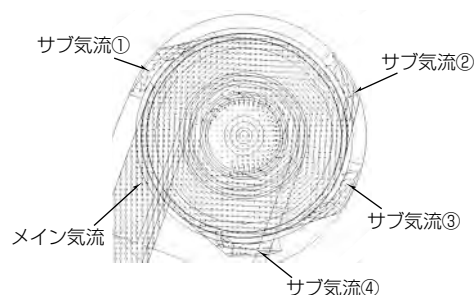


図7. サブ気流の導入数を4つとした場合の風速ベクトル

導入風路内に流入し、サブ気流の逆流が生じる(図6)。その結果、サブ気流による旋回風速の増速効果が損なわれるとともに、メイン気流にも乱れが発生する。そこで、図7のように、2つ目のサブ気流の導入口を抹消して、サブ気流の導入数を4つとした。これによって、導入数5つの場合と比較

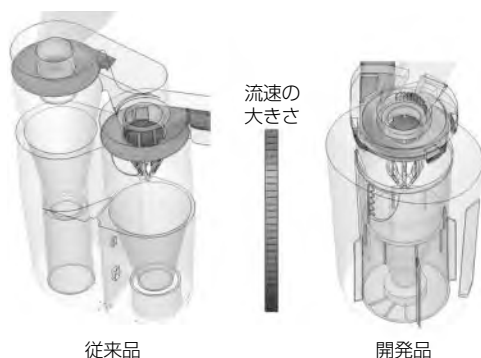


図8. 従来品と開発品の旋回風速比較

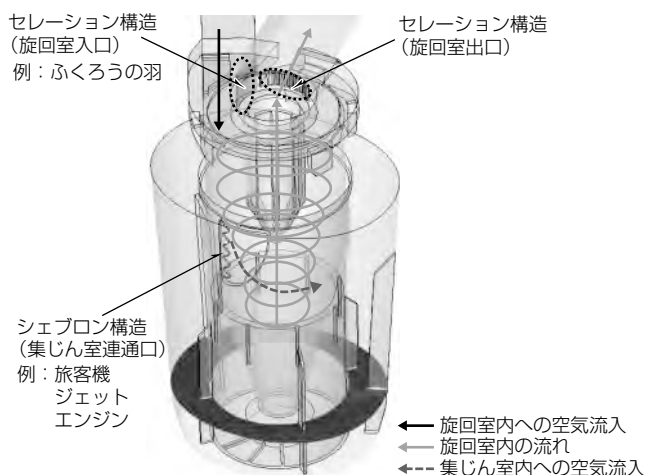


図9. サイクロン気流音の対策構造

して旋回風速を約1%向上させることができた。

3.4 従来品との旋回風速比較

先に述べたように、開発品では、バイパス分岐によって別動力源を用いずに、旋回室外周から接線方向にサブ気流を導入して旋回風速を増速する新構造“ハイパーエアロアクセル”を搭載した。その効果として、図8に従来品と開発品の流入管中央高さにおける風速コンターを示す。従来品の2本の旋回室の旋回風速は、それぞれ48m/s(右：1次旋回室)と68m/s(左：2次旋回室)であったのに対し、開発品では90m/sに向上した。これによって、従来2本あった旋回室を1本化しつつ、分離効率を維持することが可能となった。

3.5 サイクロン気流音の対策

“ハイパーエアロアクセル”による旋回風速の増速によって、気流音の発生が課題となる。とくに流入管と旋回室の連結口(旋回室入口)や、旋回室と集じん室の連通口などでは気流の剥離が生じやすく、これに起因する双極子音の発生が問題となる。

そこで、図9に示すとおり、セレーションやシェブロンといった剥離渦を分散する構造を搭載した。その効果の一例として、シェブロンの有無による集じん室連通口の流速分布比較を図10に示す。渦分散の効果によって、連通口の開口端での風速集中が緩和されていることが分かる。

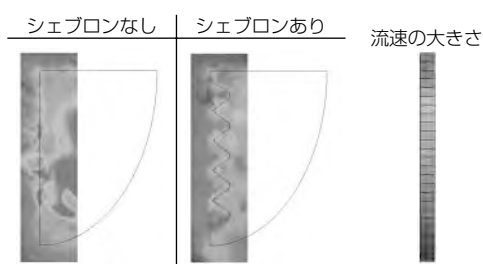


図10. 集じん室連通口のシェブロンの効果(風速分布)

表1. 開発品と従来品の性能比較

	吸引力持続性	本体質量	本体設置面	運転音
	ごみ分離効率	サイクロン部質量	サイクロン部容積	
従来品 (TC-ZXB17P)	99%	4.9kg	1,019cm ²	68dB(A)
	99.9%	953g	3.3L	
開発品 (TC-ZXC30P)	99%	3.8kg	771cm ²	64dB(A)
	99.9%	539g	2.1L	

4. 性能検証

開発品と従来品の性能を表1に比較して示す。新構造“ハイパーエアロアクセル”の搭載によって、従来2本あった旋回室を1本化したことで、サイクロン部の従来比約43%軽量化と、本体質量の約22%軽量化を実現した。また、サイクロン部の容積についても小型化したことで、本体底面積(幅×奥行)は従来比約24%低減した。さらに、気流音対策によって、従来比-4dB(A)の低運転音化を実現した。

なお、サイクロン部以外の本体構成部品についても軽量化を実施した。プロワモータでは、フレーム部品を鉄からアルミに変更することで従来比で約26%軽量化した。また、本体きょう体では、上ケースと下ケースにカーボン含有樹脂を採用するとともに、板厚を部分的に薄肉化することで従来比約29%の軽量化を実現した。

5. むすび

小型・軽量化と低運転音化に加え、集じん室内でのごみ攪拌(かくはん)を抑制して排気のごみやにおいを清浄化する機能、サイクロン部の丸ごと水洗いや回転ブラシの毛がらみ除去といった清潔機能、掃除の中断をセンサで感知して自動でパワーを制御するスマートSTOP機能等を搭載したサイクロン掃除機“風神”の新製品TC-ZXCシリーズを、三菱電機掃除機誕生80周年記念モデルとして2013年3月に発売した。

参考文献

- 三輪茂雄：粉体工学通論，日刊工業新聞社，185～212（1981）
- 信清良太，ほか：化学工学論文集，**33**，No. 2，92～100（2007）

家庭用エコキュートのマイクロバブル技術

柳本 圭* 竹内史朗**
 坂上智樹* 古川誠司***
 宮下章志*

Micro Bubble Technology of Eco Cute for Household Use

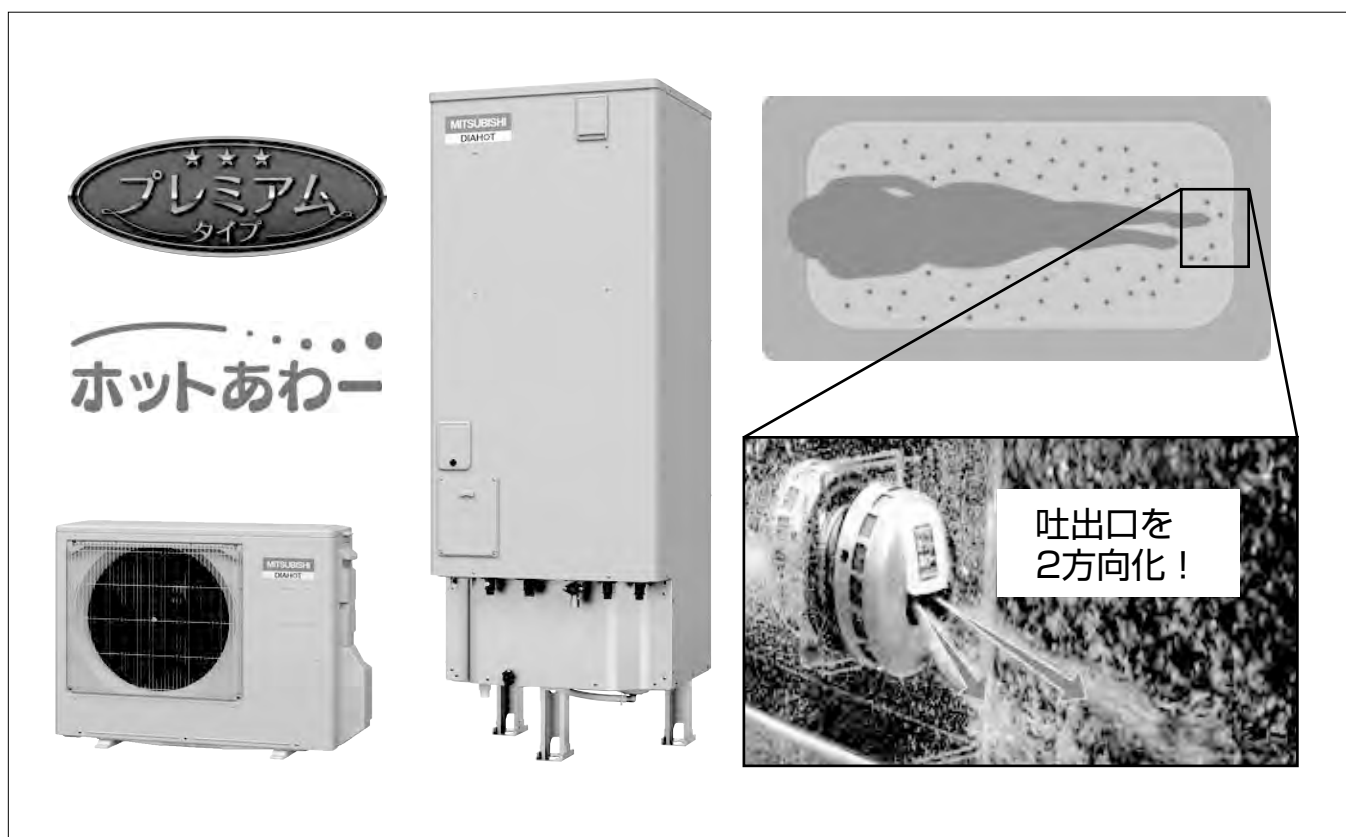
Kei Yanagimoto, Tomoki Sakaue, Shoji Miyashita, Shiro Takeuchi, Seiji Furukawa

要 旨

三菱電機エコキュートは従来、マイクロバブル技術を活用して“バブルおそうじ”機能を製品に搭載している。これは直径約100 μ mのマイクロバブルによって配管を洗浄する機能であり、配管清掃の省手間や清潔性の点で大きな反響を呼んでいる。マイクロバブルはこの洗浄効果以外にも数多くの効果を持ち、入浴機能の促進効果がその1つである。この効果に着目した新機能“ホットあわー”を搭載したエコキュートを2012年12月に発売した。

このホットあわーは、浴槽アダプタに設けた旋回流ノズルが浴水循環時に空気を吸気し、浴槽にマイクロバブルを発生させる機能である。発生させるマイクロバブルの最頻径は直径10 μ m程度(バブルおそうじで発生させるマイクロ

バブル径の約1/10)で、マイクロバブルの個数も600個/mL以上(バブルおそうじで発生させる個数の約10倍増)である。浴槽に発生したマイクロバブルは入浴者の肌に付着して入浴時の快適性を向上させ、入浴による保湿作用を促進する。入浴時の快適性に関する検証では、さら湯に対してホットあわー湯の方が、出浴後の快適感が高いという結果が得られ、保湿作用促進に関する検証では、さら湯に対してホットあわー湯の方が、1.5倍以上肌水分量が増加することが確認できた。また、直径10 μ m以下が最頻径となるマイクロバブルの温浴効果を検証したところ、さら湯に対してマイクロバブル湯の方が約0.08 $^{\circ}$ C上昇し、血流量は約30%増加したため、バブルの持つ温浴効果が確認できた。



新機能“ホットあわー”を搭載した当社家庭用エコキュート

浴槽アダプタに設けた旋回流ノズルによって空気を吸気し、浴槽にマイクロバブルを発生させる(バブルの最頻径は10 μ m程度)。また、マイクロバブルの吐出口は2方向化しており、入浴者の全身にバブルを付着させることを可能にした。発生させたマイクロバブルは入浴者の肌に付着し、入浴時の快適性向上や湯上がり後の保湿作用を高める。

1. ま え が き

ヒートポンプの原理を利用してお湯を沸かすヒートポンプ式給湯機(以下“エコキュート”という。)を、2001年に発売し、2011年8月には累計出荷台数が300万台を突破した。発売から10年以上が経過した現在、エコキュートの機能も多様化しており、当社でも、ふろ配管に直径約100 μ mのマイクロバブルを発生させて配管洗浄を行う“バブルおそうじ”など独自の技術を搭載したエコキュートを発売してきた。

今回はこのマイクロバブル技術を更に発展させ、従来のマイクロバブルと比較して、マイクロバブルの最頻径を直径10 μ m程度に微細化し(従来の約1/10)、発生するバブル個数も600個/mL(従来の約10倍増)を実現した。この新しいマイクロバブルを浴槽に発生させる新機能“ホットあわー”は、浴槽に発生させる新マイクロバブルが入浴者の肌に付着することによって、入浴時の快適性向上や出浴後の保湿作用を促進する。このホットあわーで使用する浴槽アダプタは吐出口を2方向化しており、入浴者の姿勢によらず全身にマイクロバブルを付着させることができる。

本稿では、ホットあわーが持つ入浴機能の促進効果(入浴時の快適性向上や湯上がり後の保湿作用)及びマイクロバブルが持つ温浴効果の検証結果について述べる。

2. ホットあわーの基本的な構成と動作

図1は当社エコキュートのホットあわーの構成を示す。タンクユニット内にはふろ循環ポンプ、水位センサ、循環フロースイッチ、マイクロバブルノズル、熱交換器を搭載している。また、ふろ配管と浴槽を接続する浴槽アダプタは、空気を吸気し浴槽にマイクロバブルを発生させる旋回流ノズル機構を持つ。この旋回流ノズルは、空気チューブを介してタンクユニット内の空気電磁弁に接続しており、空気電磁弁を開状態にすれば旋回流ノズルに空気を供給することが可能になる。

ホットあわーの動作は、まず、ふろ循環ポンプを動作さ

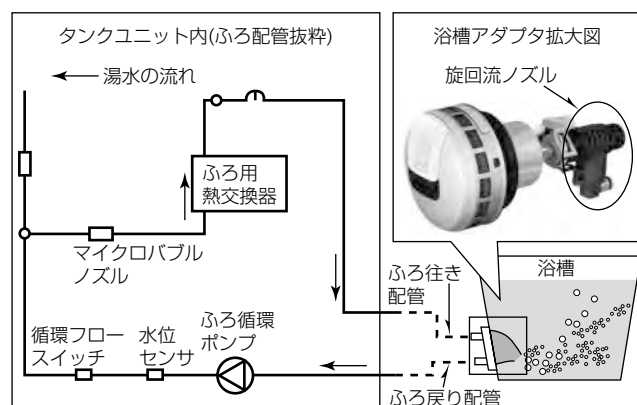


図1. ホットあわーの構成

せることで浴槽水をふろ循環回路内で循環させ、旋回流ノズルに湯水の流れを発生させる。旋回流ノズルの内部形状は、流路の1次側から徐々に内径が小さくなり、最縮径部からまた内径が大きくなる構造となっている。そのため、旋回流ノズル内部では、最縮径部で最も流速が大きくなり、最縮径部は大気圧よりも圧力の小さい負圧状態が形成される。その際、空気電磁弁を開状態にすると、空気チューブを介して旋回流ノズル内部に空気が吸気される。こうして吸気された空気はマイクロバブルとなり、旋回流ノズルから浴槽アダプタを通過し浴槽水へ吐き出される。また、マイクロバブルの発生とともに、熱交換器で浴槽水を温める機能(ほんのりあたたため運転)を持たせることによって、入浴によって低下する浴槽水の温度をふろ設定温度に維持する。

3. 入浴快適性の効果検証

3.1 従来の入浴快適性評価

入浴には精神的なストレスの緩和や身体的な疲労の軽減といった心身のリラックス効果があり、これらの効果を促進するための様々な方法が提案されている。その1つが浴槽にマイクロバブルを発生させる方法であり、従来の研究でも生理指標や主観評価を用いた評価が実施されている。しかしながら、生理指標を用いた評価では低次の生体反応について客観的な指標を提供することはできても、高次の評価を測定することはできず、高次の評価を測定するためには主観評価が不可欠となる(生理指標では“緊張状態か緩和状態か”の検出はできるが、“高揚感があって気分が良い”といった高次の評価はできない)。一方、従来の主観評価は気分調査を目的とする複数の尺度を統合して作成されたことから質問数が多く、正確な評価ができていない可能性がある。そこで今回は入浴の効果を扱った先行研究で主観評価に用いられた形容語を収集し、新たな心理尺度を作成することでより正確な主観評価を実施するために実験を行った。実験は関西学院大学 長田典子教授の研究室と共同で実施した。

3.2 実験内容

この実験では入浴が気分状態に及ぼす影響を、心理尺度によって主観評価から検討した。主観評価に用いた形容語は7語(“さわやかな気分だ”“体が温かい”“気分が落ち着いている”“リラックスしている”“快適である”“体が軽い”“気分が高揚している”)で、各項目について8段階のLikert尺度で回答を求めた。

湯の条件は、さら湯とホットあわー湯(ほんのりあたため運転なし)の2条件で、入浴条件に関しては順序効果が生じることのないよう、各湯に入浴する順序は被験者ごとに異なるよう設定し、心理的状態の日内の変動を考慮して2回の入浴を同一時間帯で実施した。被験者は“気分”や

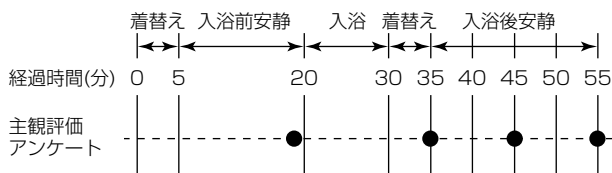


図 2. 実験プロトコル

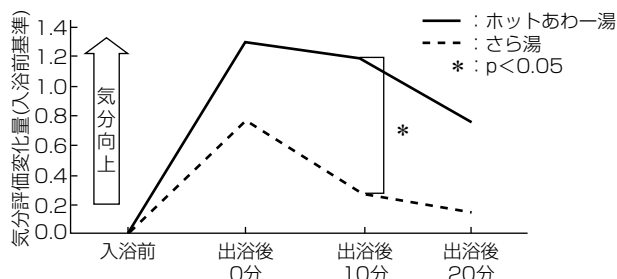


図 3. 主観評価の変化量比較

“心地よさ”に対して最も感度が低いと考えられる20代男性とし、普段の入浴で湯船に浸(つ)かることを習慣としている12名を対象とした。

実験プロトコルを図2に示す。被験者は着替後、前室(25℃)で椅座位で15分間安静状態を保ち、安静状態終了直前に入浴前の気分についての主観アンケートに回答を行った。安静状態終了後、被験者はすぐに浴室へ移動し、脇下までの全身浴(湯温40℃)を10分間行った。出浴後、被験者は身体を拭いてから着替え、前室で椅座位での安静状態を開始した。この間、安静開始後0分、10分、20分の時点で気分状態の主観評価を測定した。

3.3 実験結果の考察

この実験では、主観評価の実施に際し入浴前の気分状態の影響が少ない方法で評価する必要があるため、入浴前の主観評価の評価値を基準として入浴後の主観評価の変化量を検討指標とした。図3は、入浴前を基準とした主観評価の変化量の入浴後の推移を、湯条件ごとに評価形容語7項目の平均値を算出したものである。出浴後10分時点の条件の単純主効果についてLSD(Least Significant Difference)法による多重比較を行った結果、ホットあわ一湯の主観評価の変化量がさら湯よりも有意に高かった($p<0.05$)。

次に、入浴による気分状態の変化に見られた湯条件間の違いを詳細に検討するため、入浴前を基準とした変化量のデータに基づき7評価形容語(7項目)について主成分分析を行った。そして、因子負荷量に基づいてこれら7項目を2つの主成分で構成される平面上に表すと、Russel(1980)による感情の円環モデル内に布置された形容語とよく対応し、抽出された2成分は感情の円環モデルにおける“快・不快”“覚醒・睡眠”とそれぞれ対応すると考えられた。そのため、2成分によって表現される次元を“快適感”次元(x軸)と“覚醒感”次元(y軸)と命名し、2つの湯条件の入

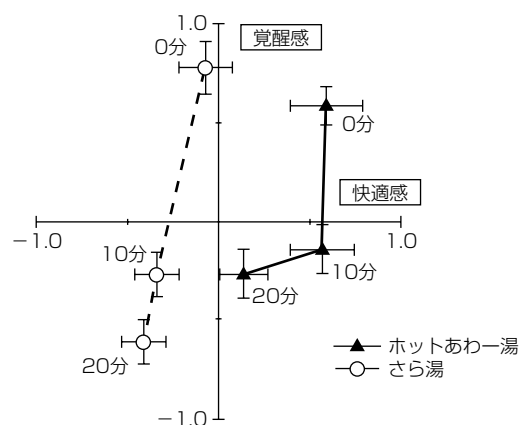


図 4. 主成分得点の二次元プロット

浴後各測定時点における主観評価の主成分得点を二次元平面上に布置したところ(図4)、各測定時点における“覚醒感”次元の評価に大きな差は見られないものの、“快適感”次元の評価が入浴によって大きく向上したことが分かった。

4. 保湿作用の効果検証

4.1 実験内容

3章で述べたとおり、マイクロバブルには心身のリラックス効果など入浴機能を促進する効果が様々あるが、マイクロバブルが及ぼす肌への作用が解明されているものは少ない。そこで今回は、マイクロバブルによる肌への水浸透促進作用に関して検証するため、ホットあわで発生させるマイクロバブル水流が表皮角層水分量(以下“肌水分量”という。)に及ぼす影響を確認した。実験は愛知医科大学岩瀬敏教授の研究室と共同で実施した。

被験者は20～30代の健康男性8名を対象とし、湯条件はホットあわで発生させるマイクロバブル水流(バブルの最頻径が10μm程度(以下“ホットあわ一湯”という。))と水流だけとした。実験では、各湯条件に設定した水槽内に、手首から末梢(まっしょう)部を10分間浸漬させ、浸漬前、浸漬終了直後及び浸漬終了後2分ごとに肌水分量(SKI-CON-200EX, IBS社製)を測定した。水流はどちらの条件も8L/minとし、水温は34.5℃に設定した。また、左右の手をそれぞれ異なる条件で同時に実験を実施し、各湯条件への浸漬は左右ランダムに行った。

4.2 実験結果の考察

図5は各湯条件の肌水分量の変化を示している。この図から、出浴直後の肌水分量に関して、ホットあわ一湯の方が水流だけより約1.6倍高い肌水分量を示している。また、出浴6分後まではホットあわ一湯の方が水流だけよりも肌水分量が有意であると確認でき、ホットあわ一湯による肌水分量の持続性を確認した。

続いて、水質による肌水分量変化を確認するため、水道水(電気伝導度:16mS/m)とイオン交換水(電気伝導度:

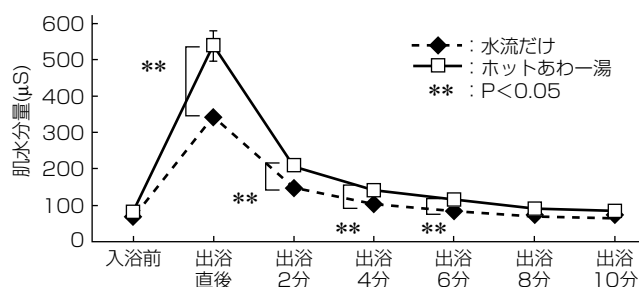


図5. 被浴による肌水分量の変化

5.5mS/m)を用いて、ホットあわー湯と水流だけの肌水分量変化を検証した。その結果、水道水では肌水分量に差が確認できたが、イオン交換水では2つの湯条件間の肌水分量にほとんど差がない結果となった。このことから、肌水分量の増加・持続に寄与しているのはマイクロバブルと水中のイオン成分であると考えられ、次のメカニズムによってこの効果が発生すると考えられる。

まず、マイクロバブルが負帯電していることによって、バブル界面に陽イオンが吸着し、またそのバブルが肌表面に付着する。そのため、バブルが付着した表皮近傍で陽イオン濃度が高くなり、陽イオンと表皮のカルボン酸との塩交換が行われる。これによって表皮表面に油脂膜が形成され、肌水分量の増加(水浸透促進作用)又は肌水分量の持続(保湿作用)が発生すると考えられる。

5. マイクロナノバブルの温浴効果検証

5.1 実験内容

従来の温浴効果を検証する研究では、バブル径が100μm程度のバブルを対象としているものやマイクロバブルを多量に発生させて湯を白濁させるものを対象としているため、視覚が与える心理的作用とバブルそのものの温浴効果を分離して考えることが難しかった。そのため、今回は視覚効果を取り除き、バブル単独の温浴効果を検証するため、バブル径が10μm以下のマイクロバブル(以下“マイクロナノバブル”という。)の温浴効果を、愛知医科大学 岩瀬敏教授の研究室と共同で検証した。

被験者は20代の健常男性6名を対象とした。室温26℃に設定した脱衣室で長座位姿勢で10分間の安静後、浴槽内にマイクロナノバブル水流を発生させながら、39℃の湯温で10分間の全身浴を行った。入浴中にサーミスタによる鼓膜

温、レーザドプラー法による前腕部皮膚血流量(接触式及び非接触式)及びカプセル換気法による上腕部局所発汗量を連続測定した。別の日に同じ条件下のさら湯での全身浴を行い、マイクロナノバブル水流浴との比較を行った。

5.2 実験結果の考察

10分間のマイクロナノバブル水流浴によって鼓膜温は $0.37 \pm 0.04^{\circ}\text{C}$ の上昇が見られたのに対し、さら湯浴では $0.29 \pm 0.04^{\circ}\text{C}$ 上昇とマイクロナノバブル水流浴が約 0.08°C 高い値を示した。また、皮膚血流量の変化に関して、接触式プローブを用いた場合は入浴条件間で差が認められなかったが、非接触式プローブを用いた場合はマイクロナノバブル水流浴がさら湯浴よりも約30%増加した。このことから、マイクロナノバブルが肌に付着すると、角質層内への湯水浸透が促進され、さら湯よりも毛細血管へ伝わる湯熱が多量となるため、さら湯よりも温浴効果が高まると考えられる。

6. む す び

2012年12月に新機能“ホットあわー”を搭載したエコキュートの発売を開始した。この機能は浴槽にマイクロバブルを発生させ(バブルの最頻径は10μm程度)、入浴時の快適性向上や出浴後の保湿作用を高める機能である。この開発では、その入浴快適性と保湿作用を第三者機関と共同で検証し、効果を確認した。併せて、マイクロナノバブルの温浴効果の検証も行った。マイクロバブルが持つ機能は多岐にわたるため、今後も技術革新に努め、ユーザーにとって魅力的な製品開発を行っていく。

参 考 文 献

- (1) 片平建史, ほか: 微細気泡の主観評価に基づく快適性評価と体表温に対する影響の検討, 平成24年度日本人間工学会関西支部大会講演論文集2012, 21~24 (2012)
- (2) 逸見憲一, ほか: マイクロナノバブル水流が肌水分量に及ぼす作用, 第78回日本温泉気候物理医学会総会・学術集会抄録集, 53 (2013)
- (3) 竹内史朗, ほか: マイクロナノバブル水流による温浴効果の検証, 第78回日本温泉気候物理医学会総会・学術集会抄録集, 52 (2013)

三菱HEMS

矢部正明* 飯澤大介†
矢野裕信** 峯澤聡司*
田中顕一郎***

MITSUBISHI Home Energy Management System

Masaaki Yabe, Hirotooshi Yano, Kenichiro Tanaka, Daisuke Iizawa, Satoshi Minezawa

要 旨

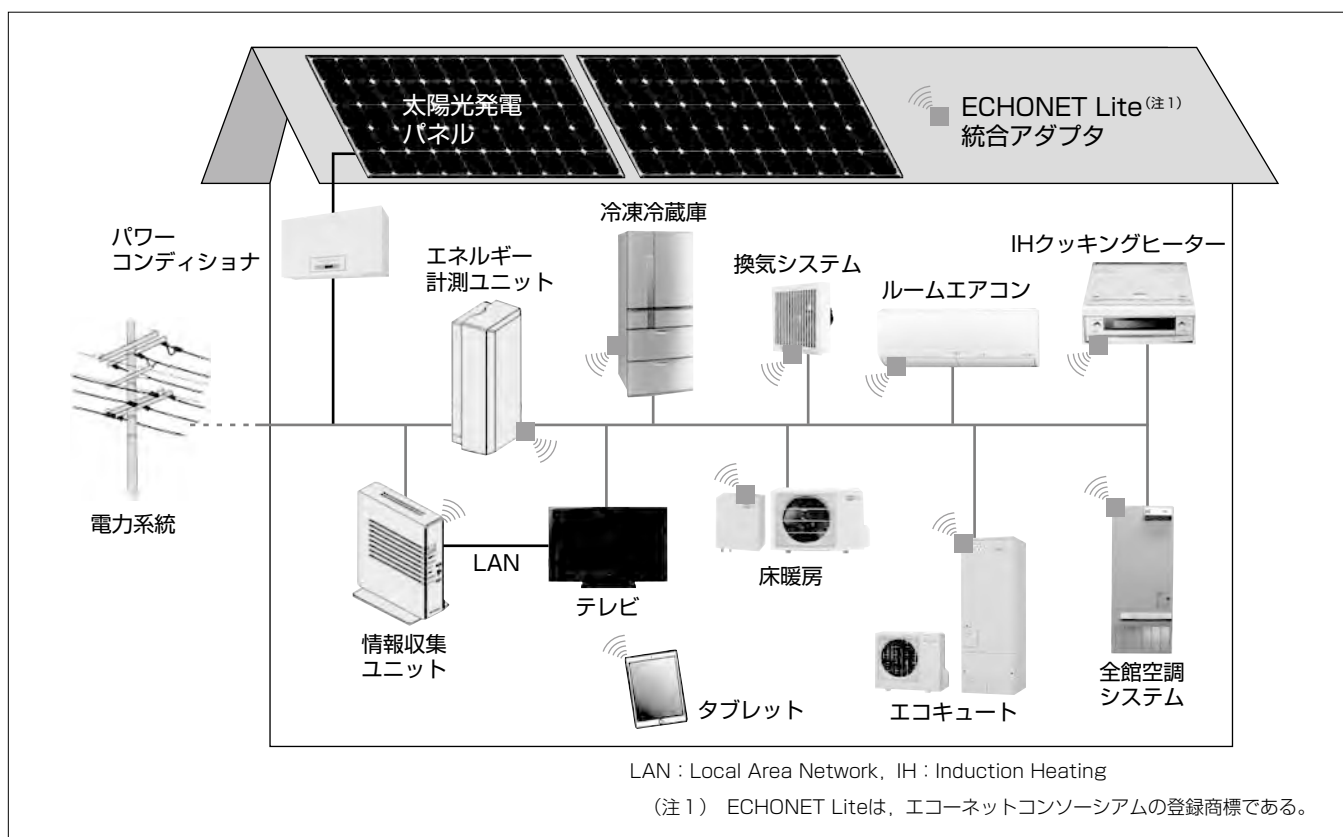
2011年3月11日の東日本大震災後の電力需給の逼迫（ひっばく）を始めとするエネルギー状況の変化によって、家庭でのエネルギー利用に対する意識が大きく変化してきている。このような背景のもと、太陽光などの自然エネルギーの効率的な利用や、ピーク抑制のための節電、災害時の安全・安心への備えとしての蓄電池の利用等を実現するスマートハウスの関心が高まっている。

三菱電機では、快適で安全・安心な暮らしを実現するため、“スマートクオリティ”のコンセプトに基づいたライフスタイルの提案及び技術開発、製品展開を実施してきた。また、“大船スマートハウス”を神奈川県鎌倉市大船に構築し、ユーザー目線での快適生活実現に向けた研究開発及び

実証実験を実施している⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾。これらの成果を集約し、コンセプトを具現化する手段の一つとして、スマートハウスの核となる“三菱HEMS(Home Energy Management System)”を製品化した。

三菱HEMSの第1弾として、当社の提唱する理想のスマートライフ実現のため、新たに製品化した情報収集ユニット、エネルギー計測ユニット、HEMS対応家電機器・設備機器と、太陽光発電システムとをネットワークで接続可能とした。これによって、従来あるエネルギーの見える化だけではなく、新たな機能の提供を実現した。

本稿では、三菱HEMSの主な機能と特長について述べる。



三菱HEMSのシステム構成

当社の提唱する理想のスマートライフを実現する三菱HEMSのシステム構成を示す。

1. ま え が き

2011年3月11日の東日本大震災後の電力需給の逼迫を始めたとするエネルギー状況の変化によって、家庭でのエネルギー利用に対する意識が大きく変化してきている。このような背景のもと、太陽光などの自然エネルギーの効率的な利用や、ピーク抑制のための節電、災害時の安全・安心への備えとしての蓄電池の利用等を実現するスマートハウスへの関心が高まっている。

当社では、各家庭でのエネルギー供給に関する不安の解消、今後の少子高齢化を意識したより快適な居住空間の実現のため、“スマートクオリティ”のコンセプトに基づいたライフスタイルの提案、技術開発及び製品展開を実施してきた。また、“大船スマートハウス”を神奈川県鎌倉市大船に構築し、ユーザー目線での快適生活実現に向けた研究開発及び実証実験を実施している。これらの成果を集約し、コンセプトを具現化する手段の一つとして、スマートハウスの核となる“三菱HEMS”を製品化した。

2. 三菱HEMS

2.1 コンセプト

三菱HEMSは、当社の提唱する理想のスマートライフ実現のため、従来あるエネルギーの見える化だけではなく、新たな機能として、“快適をつくる”“省エネルギーをすすめる”“みんなが使える”をコンセプトに次に示す機能を搭載した。

まず、エネルギーマネジメント機能である。エアコンやエコキュート、IHクッキングヒーター等の消費電力の大きな機器をHEMSが制御することによって省エネルギー性を高めることができる。特に当社は換気・空調に代表される気流制御に関して長年にわたる研究実績があり、HEMSの制御アルゴリズムにこれらのノウハウを組み合わせることによって一層の省エネルギー性と快適性の向上が可能である。

次に、ユーザーインターフェース機能である。見える化、お知らせ、機器操作の各機能を充実させた。ユーザーの使用環境に合わせたカスタマイズを可能とすることで、HEMSの状態を分かりやすくユーザーに通知するとともに、ユーザーのHEMSに対する操作性を向上させた。

このユーザーインターフェースの機能を用いることで、HEMSを介して、家族を感じさせることができ、HEMSを家族のコミュニケーションツールとして用いることで、愛着を持ちながらいつまでも使い続けられることを目指している。

2.2 機 能

三菱HEMSの機能の詳細について次に述べる。

2.2.1 スケジュール管理機能

スケジュール管理に用いられるカレンダー画面を図1に示す。壁掛けカレンダーに家族の予定を書き込むような感

覚でHEMSに家族イベントを入力することによって、HEMSがそのイベントに合わせ、機器の運転を自動的に制御し節電や安心のサポートを行う機能である。例えば、家族が長期間外出するイベントを入力した場合、HEMSはイベントスケジュールに合わせ、家族の不在中に不要となる機器の停止や能力抑制等の節電制御を行う。また、帰宅時には、節電動作によって停止、抑制した機器を通常状態に戻すとともに、空調機などの機器の制御を帰宅予定時刻以前に実行し帰宅時には快適な室内環境を実現する。

2.2.2 間取りからの機器操作機能

図2に示すように、住宅ごとに異なる階層や部屋の構成に合わせた間取り設定と機器の配置設定をユーザーが行える機能を持っている。これによって、システムに愛着を持ち、使い続けてもらえることを目指している。

ユーザーが間取りと機器とを対応付けることができるため作成した間取りから家電の使用状態の確認や操作を容易に実現できる。また、間取りについては、機器だけでなく家族の対応付けを行うことも可能であり、先に述べたスケジュール管理機能と連携し、個人のスケジュールに合わせた機器連動動作が可能である。



図1. スケジュール入力カレンダー画面



図2. 間取りからの機器操作画面



図 3. お知らせ表示画面



図 4. 簡単機器操作画面

2.2.3 お知らせ表示機能

図 3 にお知らせ表示機能の画面を示す。この機能は、ユーザーの設定や要望に合わせ、HEMSが機器にどのような指示を出し、どういう効果が得られたかを時間軸上に表示する機能である。HEMSは機器の状態などから、自動的に最適解を求め、機器を自動的に制御するが、ユーザーにとっては、自動制御された機器がどういう理由で動作したのかが分からず、HEMSの機能や効果が十分伝わらないという課題があった。この機能によって、HEMSによる機器制御の状態や効果を過去にさかのぼって確認することが可能となる。

2.2.4 簡単機器操作機能

図 4 に簡単機器操作機能の設定画面を示す。外出時や就寝時など、生活のシーンに合わせた複数の機器操作を 1 回の操作で可能とする機能である。あらかじめ HEMS に搭載されている機能のほか、ユーザーごとにカスタマイズが可能であり、より生活に合わせた簡単操作を設定することが可能である。

2.2.5 簡単目標設定機能

図 5 に簡単目標設定画面を示す。この機能は、ユーザー



図 5. 簡単目標設定の目標値入力画面

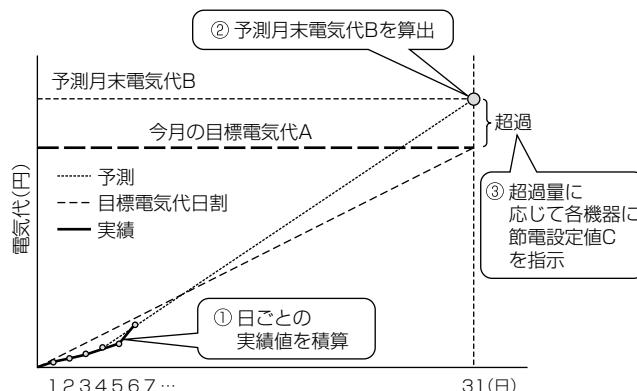


図 6. 簡単目標設定機能の動作

の求める節電目標を簡単に入力できる機能である。HEMSの基本機能である見える化は、その後のユーザーの省エネルギー行動によって始めて省エネルギーが実現できる機能である。これを容易に使用できるように、ユーザーが入力した目標値と実績値に応じて、HEMSが自動的に各機器に対して節電設定を指示することで、節電をサポートすることができる(図 6)。

2.2.6 機器連携制御機能

当社の強みである換気・空調に代表される気流制御のノウハウを組み合わせ、換気機器と空調機器を連携動作させることで、快適性と省エネルギーを実現する機能である。機器同士の連携だけではなく、先に述べたスケジュール管理機能とも連携でき、家族のスケジュールに合わせた空調環境の制御も可能である。例えば、家族イベントの帰宅時間に合わせ、事前にエアコンを動作させ、エアコンの高効率な動作条件で空調を行うことで、消費電力量を抑えつつ、帰宅時には要求する室温を実現する“予冷・予暖運転機能”を備えている。予冷運転では、予冷開始から在室 1 時間後までの消費電力量を最大で 15% 削減可能である(大船スマートハウスでの実証結果)。

3. 三菱HEMSにおける技術開発

3.1 システム構成

当社 HEMS のシステム構成を図 7 に示す。このシステムは次の 4 つの要素からなる。

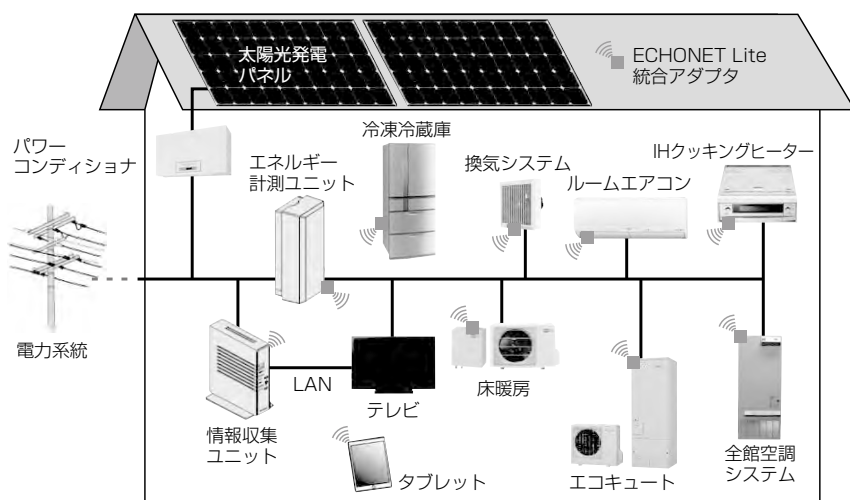


図7. 三菱HEMSシステム構成

- (1) 情報収集ユニット
- (2) エネルギー計測ユニット
- (3) 太陽光発電システム
- (4) HEMS対応家電機器・設備機器

また、各構成要素を連携するホームネットワークには、新築／既築を問わず導入可能な無線LANを用いた。また、将来的に追加される家電機器との連携を可能とするため、ホームネットワークで用いる通信プロトコルに、国内のホームネットワークの標準規格であるECHONET Lite⁽⁴⁾を採用した。

3.2 情報収集ユニット

HEMS機器の監視制御を行うシステムコントローラーである。家電制御のためのECHONET Liteソフトウェアを標準装備し、HEMSアプリケーションを、OSGi標準仕様準拠のJava^(注2)リソースバンドルとして搭載可能である。

(注2) Javaは、Oracle Corp. の登録商標である。

このユニットによって、2.2節に示した当社HEMSが提供する様々なアプリケーション機能を実現する。見える化画面や機器操作画面で用いられるユーザーインターフェースには汎用的なタブレット端末を用いる構成である。

3.3 エネルギー計測ユニット

このユニットは、HEMSで扱うエネルギーを計測するユニットであり、電力、電力量及び水道やガス等の流量の計測が可能である。特にHEMSの見える化又は機器制御に用いる計測値として住宅の系統に対する電力量、太陽光発電システムの電力量の計測を行う。さらに、HEMSネットワークに対応できない機器や他社機器、分岐回路の電力を計測できるように、拡張用の電力計測インターフェースを備えている。

3.4 太陽光発電システム

自然エネルギーを用いた発電システムとして、太陽光発電システムを搭載可能である。エネルギー計測ユニットに

表1. 三菱HEMS対応機器

分類	機器
換気・空調機器	換気システム
	ルームエアコン
	全館空調システム
	床暖房
住宅設備	エコキュート
キッチン家電	IHクッキングヒーター
	冷凍冷蔵庫
映像機器	テレビ

よって、発電状態や発電電力量の計測が行われ、情報収集ユニットによって、見える化、機器制御に用いられる。

3.5 HEMS対応家電機器・設備機器

家電機器及び設備機器をHEMSで用いられるECHONET Liteネットワークに接続

するためのインターフェースとして統合アダプタを開発した。この統合アダプタを専用の端子に接続することによって、HEMSネットワーク対応機器となる。2013年10月時点でのHEMSに対応可能な機器のリストを表1に示す。

4. む す び

快適で安全・安心な暮らしを実現するため、“スマートクオリティ”のコンセプトに基づいたライフスタイルの提案及び技術開発、製品展開、“大船スマートハウス”を用いた実証実験を実施してきた。

今後も“大船スマートハウス”を中心に、スマートライフの改善に向けて技術開発と実証実験を継続して行い、その成果を三菱HEMSの機能として拡張していく予定である。HEMSの開発と実証、そしてその成果の製品化を通じ、快適で、安全・安心な暮らしの基盤づくりに貢献していく。

参 考 文 献

- (1) 三菱電機ニュースリリース2012年5月15日：業界初「PV・EV連携HEMS」による電力最適制御実証を大船スマートハウスで開始 (2012)
<http://www.mitsubishielectric.co.jp/news/2012/pdf/0515.pdf>
- (2) 三菱電機ニュースリリース2011年5月11日：「大船スマートハウス」でスマートグリッドの実証実験を開始 (2011)
<http://www.mitsubishielectric.co.jp/news/2011/pdf/0511.pdf>
- (3) 伊藤善朗，ほか：スマートハウスの取組み，三菱電機技報，86，No. 10，534～538 (2012)
- (4) エコネットコンソーシアム
<http://www.echonet.gr.jp/>

PV・EV連携パワーコンディショナ

土本直秀* 奥田達也**
春日井 誠* 泉 喜久夫**
久保山 裕*

PV Inverter and EV Charger-Discharger Linked by AC Power Line

Naohide Tsuchimoto, Makoto Kasugai, Yutaka Kuboyama, Tatsuya Okuda, Kikuo Izumi

要 旨

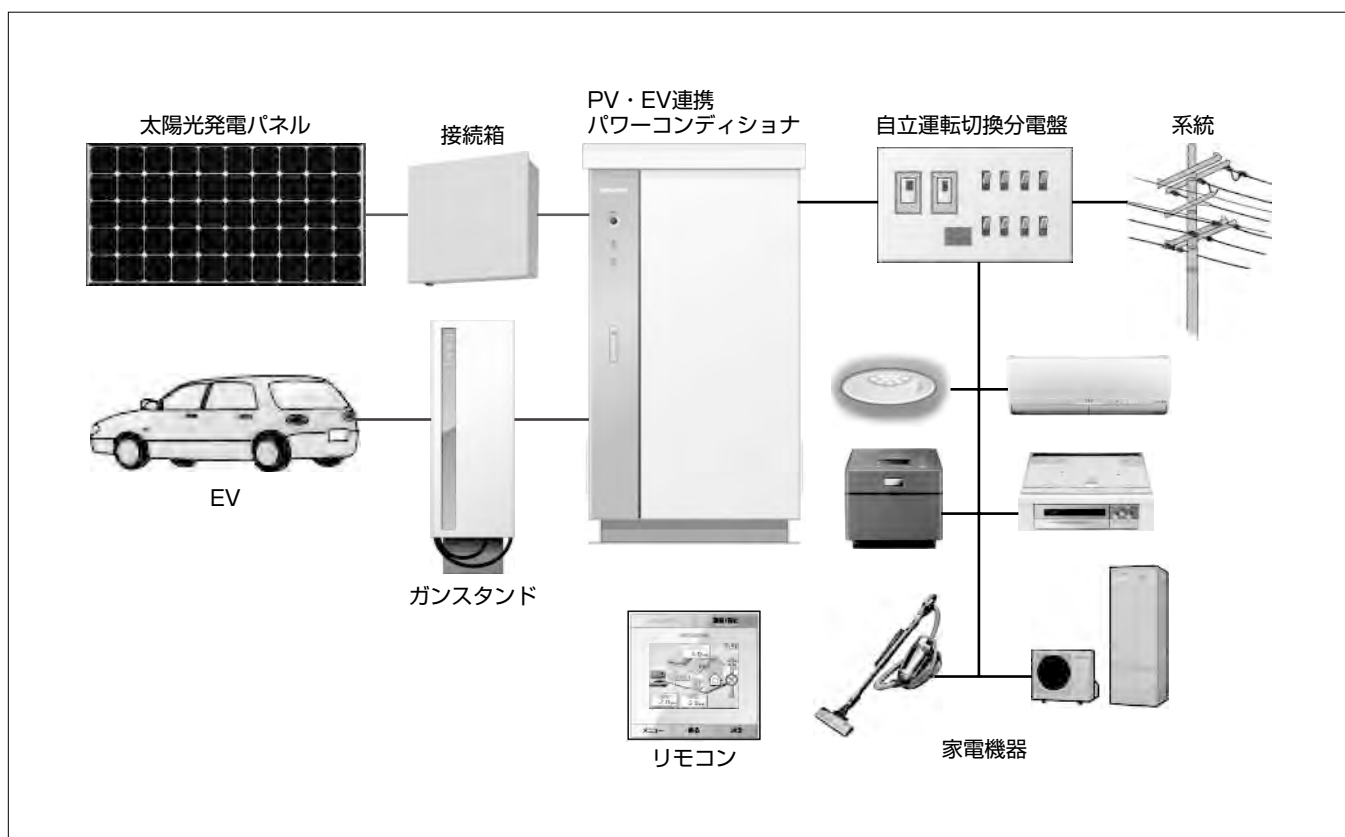
2011年3月11日に発生した東日本大震災以降、災害などの停電時でも一定期間は家電機器の使用に困らない生活が強く望まれてきており、一般消費者の意識も安全・安心を求め大きく変化してきている。

停電時の電力供給を実現する手段として、太陽光発電(Photo Voltaic：PV)といった自然再生エネルギーを活用する発電手段が有効であるが、発電量が天候に左右され、夜間は発電できないなどの課題もあり、蓄電池を併用したシステムがより有効な手段と考えられる。一般家庭向けに蓄電池も多く市販されているが容量が小さいため、電気自動車(Electric Vehicle：EV)に搭載されている大容量の蓄電池を活用することでより多くの電力が扱えるようになり、

電力変動や住宅内への電力供給に対して、より安定かつ長期間の対応が可能となってくる。

PVとEVを連携したパワーコンディショナは、PVで発電した電力を住宅内の家電機器、系統、EV搭載蓄電池に供給することが可能である。電力需要の少ない夜間にEV搭載蓄電池を充電し、電力需要の多い昼間に放電するなど、状況に応じた電力制御が可能となる。さらに、停電時は、自立運転切換え分電盤と連携して動作することで系統との遮断後にEVから家電機器への電力供給が可能となる⁽¹⁾⁽²⁾。

本稿では、PV・EV連携パワーコンディショナのシステム構成、機能のほか、これを用いた実証試験結果について述べる。



PV・EV連携パワーコンディショナのシステム構成

PVパワーコンディショナとEVパワーコンディショナを内蔵し、交流側で連携したPV・EV連携パワーコンディショナは、災害などによる停電時にPV発電電力とEV搭載蓄電電力によって宅内家電への電力供給を可能とした。また、PV発電電力の余剰電力をEVに充電し、かつ家電消費電力を制御することによって、停電時も一定期間宅内家電への電力供給が可能となる。

1. ま え が き

東日本大震災以降、災害などの停電時でも、一定期間家電機器の使用に困らないだけのエネルギーの自給自足が可能なシステムが強く望まれている。また、供給電力不足による電力需給逼迫(ひっばく)時の節電要求や計画停電時でも、快適性と節電の両立が可能なシステムへの関心が高まっている。

これらを実現する手段として、再生可能エネルギーである太陽光発電システムが有効であるが、発電量が天候に左右される、夜間は発電できないなどの課題があった。

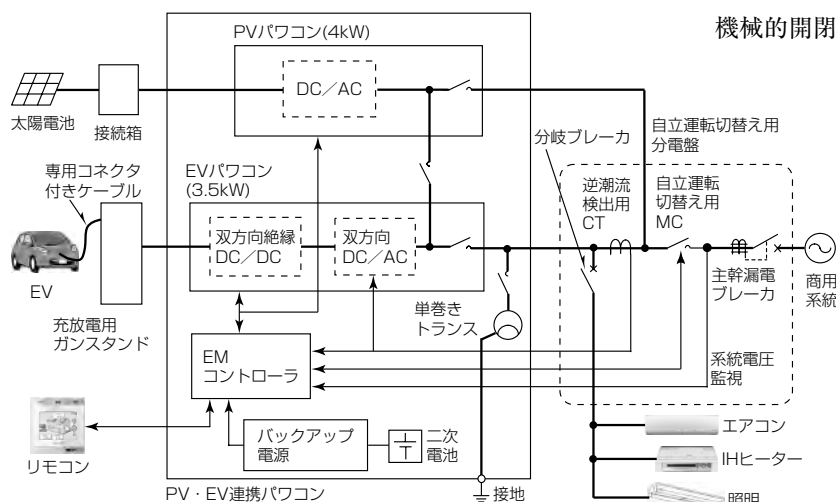
こうした背景のもと、太陽光発電と電気自動車の蓄電池を利用することで、天候や時間に左右されず、住宅内の家電機器に電力供給可能なPV・EV連携パワーコンディショナ(以下“PV・EV連携パワコン”という。)を開発した。PV・EV連携パワコンは、電気自動車に搭載されている大容量・高出力の蓄電池を活用することで、より安定かつ長期間の電力供給が可能となる。

本稿では、PV・EV連携パワコンのシステム構成、機能のほか、これを用いた実証試験結果について述べる。

2. PV・EV連携パワコンのシステム構成

2.1 システム構成

図1にPV・EV連携パワコンのシステム構成を示す。PV・EV連携パワコンには、出力4kWの太陽光発電用パワコン(PVパワコン)と出力3.5kWのEV用パワコン(EVパワコン)が搭載されている。太陽電池の発電電力は、接続箱を通してPVパワコンに供給され、交流電力に変換される。EVの蓄電池は、CHAdeMO^(注1)に準拠した専用のケーブル付きコネクタによって車両と接続され、EVパワコンを介して、住宅内負荷への電力の供給及びPVと系統からの充電を行う。電力会社から単相3線式200Vの商用系統



EM : Energy Management, CT : Current Transformer, MC : electroMagnetic Contactor, IH : Induction Heating

図1. システム構成

が、住宅用分電盤の主幹漏電ブレーカ(電力会社によっては系統側に契約ブレーカを設置することもある)によって引き込まれ、分岐ブレーカで住宅内負荷に分配される。PV・EV連携パワコンシステムでは、自立運転切替用分電盤を商用系統の引込み部に設置し、PVパワコン、EVパワコンの交流側をこの分電盤に接続するAC連携の形態とすることで、商用系統及び住宅内負荷と電氣的に接続される。

システムの運転は、使用者のリモコン操作によって、PV・EV連携パワコン内のEMコントローラが管理する。系統が正常な場合、各パワコンは系統連系運転を行い、住宅内負荷への電力供給やEVへの充電を行う。停電など系統が異常な場合、自立運転機能によって、系統連系時に使用してい

(注1) CHAdeMOは、東京電力㈱の登録商標である。

た同一負荷にパワコンから電力を供給することができる。

2.2 系統連系運転

電力会社の系統が正常な場合、EMコントローラが分電盤の受電部電圧が正常であることを監視し、通常運転モードとして系統連系運転を行う。EVから住宅内負荷への供給、また、商用系統からEVへの充電は、リモコンによる使用者の操作によって運転モードを切り換える。

EVパワコンの出力電力は、系統側への流出(逆潮流)が認められていないため、分電盤に設けた逆潮流検出用変流器(CT)によって、系統側へ逆潮流しないようEVパワコンの交流出力電力を制御している。一方、太陽電池の発電電力は通常系統側への逆潮流が認められ、余剰電力を売電する。

2.3 自立運転

連系運転中に、停電など系統に異常が発生した場合、各パワコンは、それぞれに搭載している連系保護機能が動作して運転を停止する。EMコントローラは停電であることを認識し、使用者に対してリモコンに自立運転への移行を表示する。使用者が自立運転への移行を決定すると、分電盤内の自立運転切替用電磁接触器(MC)を開放状態にし、系統側と解列する。なお、MCは系統連系規程⁽³⁾に従い、機械的開閉箇所として2個設けている。

自立運転は、EVパワコンが電圧源として系統と同じ周波数の電圧を出力し、PVパワコンはこの電圧位相に同期した電圧を出力することで、系統連系時に使用していた同一負荷にパワコンの出力可能範囲内で電力を供給することができる。

また、EVパワコンの出力電圧はAC200Vであるため、200Vを100Vに分圧する単巻キトランスをEVパワコンの出力と並列に接続し、単相3線式の中性点と電源に接続される100V負荷にも電力を供給する。さらに、自立運転時に、単巻トランスの中性点を接地することで、漏電事故時の

感電防止を図っている。さらに、使用者が留守の時に長時間停電が発生した場合、PV・EV連携パワコン内の制御電源に一定時間電力を供給するための二次電池によるバックアップ電源を設けている。

3. PV・EV連携パワコンの機能

系統連系運転の場合、各家庭では、住宅内の家電機器を使用する際に、電力系統から電力を買電する。PV・EV連携パワコンは、PV発電機能、EVを充電する機能、及びこの買電量を使用者の要求に従って制御する“買電制御機能”を持っている。また、停電時など、系統が異常な場合には、使用者の要求に従って、PVの発電電力とEVに搭載された蓄電池の電力を住宅内の家電機器に供給することで停電時の家電機器の使用を可能とする、又はPVの発電電力を家電機器に供給せず、EVを充電することだけに使用することで、停電時のEVの使用を可能とする“自立運転機能”を持っている。系統連系運転時、自立運転時のそれぞれについて、PV・EV連携パワコンが持つ主な機能(表1)を、次に述べる。

3.1 系統連系運転時の機能

3.1.1 PV発電機能

EVの充放電を実施せず、PV発電電力を住宅内の家電機器へ供給する、又はPV発電電力の余剰電力を電力系統へ逆潮流する(売電)機能である。従来のPVパワコンと同等の動作を実現している。EVの蓄電容量が十分で、かつEV使用予定があり、EVの蓄電容量を減らしたくない場合などにこの機能を使用する。なお、PV発電は、PVの発電電力がある場合には、他機能で動作している間も常時継続的に実施される。

3.1.2 EV充電機能

EVに搭載されている蓄電池は、寿命や安全性の観点から、その充電電力を制御する必要がある。この機能では、EVの充電を、EVに搭載される蓄電池管理システムからの充電電力指令に従って実施し、蓄電池の寿命や安全性を確保する。PVが発電している場合には、PVと電力系統からEVの充電電力が供給される。PVが発電していない場合には電力系統からEVの充電電力が供給される。充電は、使用者による充電停止要求がない場合には、EVの蓄電池が満充電になるまで継続し、満充電となった場合には、リモコンに“EVの蓄電池容量が上限に達しました”との表示を行い、自動的に充電を停止し、PV発電だけを行うよう動作する(図2(a))。

表1. システムの主な機能

系統との接続状態	機能
連系運転	PV発電機能
	EV充電機能
	買電制御機能
自立運転	EV充電機能
	宅内家電供給機能

3.1.3 PV・EV連携充放電機能(買電制御機能)

この機能では、電力系統からの買電電力を、使用者の設定値以下になるようにEVを放電制御する。PVが発電している場合には、(住宅内家電消費電力-PV発電電力-EV放電電力)≤買電電力設定値になるように制御し、PVが発電していない場合には、(住宅内家電消費電力-EV放電電力)≤買電電力設定値になるように制御する。この機能を選択することによって、電力系統からの買電電力を抑制することができるため、電力ピークシフトへ貢献することができる。なお、買電電力設定値は使用者が設定するが、買電電力設定値=0kWとすることも可能である。買電電力設定値=0kWとすると、PV、EVによって家電機器への電力供給が全て賄える場合には、電力系統からの買電電力を0kWとすることができる。すなわち、ゼロエミッション動作が実現可能となる(図2(b))。

3.2 自立運転時の機能

3.2.1 EV充電機能

この機能は、自立運転時に全PV発電電力をEVの蓄電池に充電するものである。なお、EVの充電を最優先にしているため、家電機器への電力供給は停止される。EVの蓄電池が満充電になると、連系時と同様にリモコンにその内容が表示され、自動的に装置を停止する。災害による停電時などにEVの使用予定がある場合に使用する。

3.2.2 PV・EV連携充放電機能(宅内家電供給機能)

この機能は、自立運転時にPV発電電力とEV放電電力によって、住宅内の家電機器へ電力を供給する。(PV発電電力>住宅内家電消費電力)の場合には、PV余剰電力をEVの蓄電池に充電し、(PV発電電力<住宅内家電消費電力)の場合には、PV発電電力で賄いきれない住宅内家電消費電力を、EVから給電する。すなわち、PVの余剰電力が発生した場合には、EVの蓄電池へ充電を行うことによって、EVの蓄電容量の急速な低下を防止し、蓄電池容量不足による動作不能となるリスクを低減している。このような動作を実現するためには、PVの余剰電力の有無によって、EVの充放電を切り替える必要が生じるが、この装置では、EVの充放電を、装置を停止することなくシームレスに切り替えられるようにしたため、充放電切換え時に家電機器への電力供給を停止することがない。これによって、自立運転時に家電機器への電力の安定供給を実現しつつ、かつ、

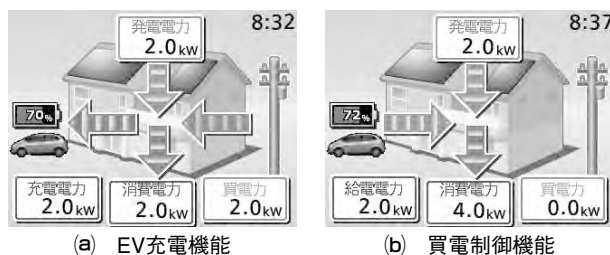


図2. 連系時制御機能の表示例(リモコン画面)

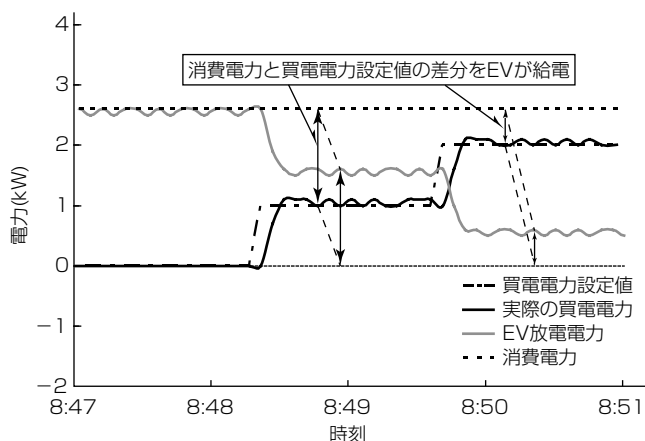


図3. 買電制御機能実施時の電力グラフ

家電機器の電力を制御することによって、PVの余剰電力量を調整することで、一定期間の自立運転が可能となる。

4. 実証試験

現在、PV・EV連携パワコンは、実証試験用スマートハウスなどに設置され、実証試験が進められている。ここでは、連系時、自立時のそれぞれについて代表的な実証試験結果を述べる。

4.1 連系時の買電制御機能実証試験

図3は、買電制御機能の実証試験で、買電電力設定値を任意に変化させ、実際の買電電力をモニタした結果である。この結果で、PV・EV連携パワコンは、買電電力設定値と住宅内家電消費電力の差をEVから放電することによって、実際の買電電力を買電電力設定値に制御することを実証した。

4.2 自立時の宅内家電供給機能実証試験

宅内家電供給機能では、住宅内の家電機器の消費電力とPVの発電電力の状況が大別して4パターンあるため、実証試験では、それぞれのパターンに応じてEVの充放電電力を確認する必要がある。電力状況のパターンとしては、

- ①PV発電電力 = 0 kW (図4(a))
- ②住宅内家電消費電力 = PV発電電力 (図4(b))
- ③住宅内家電消費電力 < PV発電電力 (図4(c))
- ④住宅内家電消費電力 > PV発電電力 (図4(d))

がある。それぞれのパターンで、EVの充放電動作としては、

- ①EVを放電し、住宅内家電消費電力を全てEVから賄う
- ②EVの充放電を停止する
- ③PVの余剰電力をEVに充電する
- ④EVを放電し、PVの発電電力で賄いきれない住宅内家電消費電力の不足分をEVから供給する

の動作を行う。図5は住宅内家電消費電力が一定の場合にPVの発電電力が変化した場合の実証試験結果であり、PV発電電力と住宅内家電消費電力の関係によってEVの充

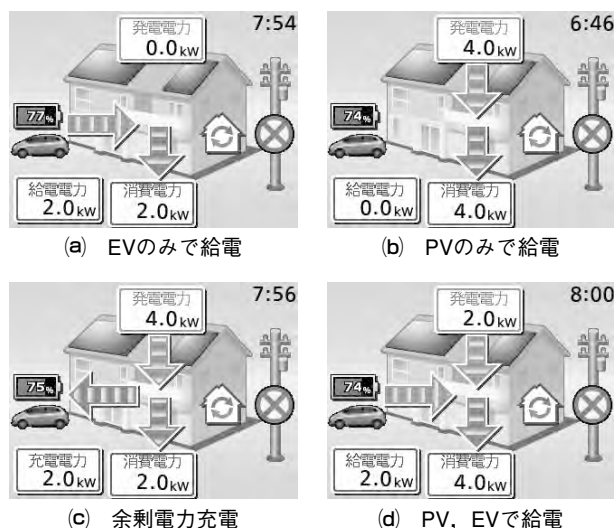


図4. 自立運転時の電力フロー(リモコン画面)

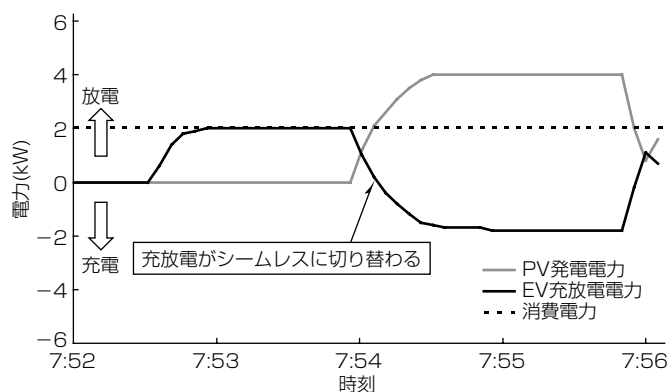


図5. 宅内家電供給機能実施時の電力グラフ

放電がシームレスに切り替わることで、家電機器への電力供給を安定に実施しつつ、PVの余剰電力が発生した場合には充電動作を行うことを実証した。

5. む す び

PV・EV連携パワコンは、再生可能エネルギーであるPVと大容量蓄電池を搭載したEVを連携して動作させることで、災害などによる停電時に住宅内の家電機器に電力を安定供給できるだけでなく、平常時でも電力ピークシフトなどの電力有効利用が可能となる。今後、実証試験を継続し、早期実用化を目指す。

参 考 文 献

- (1) 三菱電機ニュースリリース2013年2月14日：「PV・EV連携パワコン」を開発 (2013)
<http://www.mitsubishielectric.co.jp/news/2013/pdf/0214-s01.pdf>
- (2) 川久保 守, ほか：PV・EV連携パワーコンディショナ, 三菱電機技報, 86, No.10, 552~555 (2012)
- (3) 社団法人日本電気協会 系統連系専門部会：系統連系規定 (JEAC 9701-2012)

固体光源プロジェクタ

松岡哲平* 木田 博*
 山田旭洋**
 中尾貴行***

Projectors with Solid State Illumination

Tepei Matsuoka, Akihiro Yamada, Takayuki Nakao, Hiroshi Kida

要 旨

従来，中小会議室及び教室用途の業務用プロジェクタ市場で，高輝度・モバイル性・設置の自由度が求められてきた。三菱電機ではこれらの市場要求に対応した製品を解像度・焦点距離に応じて多数ラインアップしている。近年，メンテナンス性及び更なる設置の自由度とともに環境に配慮した製品仕様が求められつつある。

ランプを用いたプロジェクタは2,000～5,000時間ごとにランプ交換が必要であり，メンテナンス性の向上が望まれている。さらに，ランプの冷却条件に起因してプロジェクタ

の設置姿勢に制約があった。

これらの課題に対し，固体光源を使用することで光源が長寿命化し天つり用途でメンテナンス性の向上が期待できる。また，光源に起因する設置制約が取り除かれるため縦長画面投写が可能となり，デジタルサイネージなどへの用途拡大が期待されている。

本稿では，開発したDLP(Digital Light Processing)^(注1)方式の固体光源プロジェクタについて述べる。

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



解像度	1280×800
明るさ	3,000lm
コントラスト比	10,000 : 1
投写距離(100型)	3.2m
サイズ(W×H×D)	376×139×311 (mm)
質量	4.9kg

固体光源プロジェクタ

開発したDLP方式データプロジェクタは，固体光源を採用している。光源のメンテナンスレス，縦長画面投写，クイックパワーON/OFF等，従来の水銀ランプを搭載した製品では困難であった仕様を実現している。

1. ま え が き

昨今の環境保護への意識の高まりに伴い、従来の水銀ランプの代わりにLED(Light Emitting Diode、発光ダイオード)やLD(Laser Diode、レーザダイオード)を光源に使用した固体光源プロジェクタの市場拡大が予想されている。

当社は他社に先駆けて2008年に3原色のレーザ光源を採用し、高画質な大画面レーザテレビを製品化した。レーザテレビの開発で培った技術を継承し、固体光源プロジェクタの開発で困難と考えられていた3,000lm／5kg未満の明るさとモバイル性を両立させたDLP方式の固体光源プロジェクタを開発した。開発品はネットワーク機能や3D機能といった当社従来機種の機能性を踏襲し、固体光源の特長を生かした高画質化、ランプ機種では困難であった光源の長寿命化、メンテナンス性及び設置の自由度の向上を実現している。

本稿では、これらの仕様を実現するために搭載されている光学系技術、熱対策技術、光源制御技術及び信号処理技術について述べる。

2. 光学系技術

2.1 光学系レイアウト

高輝度・モバイル性・高画質を実現するために、R(赤)はLED光源を、G(緑)は中心波長448nmの励起用LDを光源とする蛍光体の蛍光を、B(青)は中心波長462nmの青色LD光源を用いて各色が独立した光路となる光学系を構成した。光学系レイアウトを図1に示す。光源及びDLP

チップの発熱量のバランスを考慮して効率の高い冷却が行えるよう、光学系レイアウトを決定した。これによって、赤色LED光源モジュールと青色LD光源モジュールを隣接配置して1個の冷却ファンを使用し、最も発熱量の大きい励起用LD光源モジュールは、DLPチップと隣接配置して2個の冷却ファンを用いている。また、本体内部に配置された励起用LD光源モジュールとDLPチップ用の冷却ファンによって導かれる空気の流れは、電源基板も冷却している。さらに、風量の大きい冷却ファンを本体内部に配置することによって静音化にも寄与している。この光学系レイアウトによって使用する冷却ファンの個数を最小限にすることが可能となり、本体質量5kg未満の軽量化を実現した。

2.2 色設計

固体光源の発光色の特性を活用すると、広い色再現範囲の表示が可能となる。しかし、入力信号の色域との整合性が低いと、入力信号と同等の色再現が得られる範囲(色域カバー率)が狭くなる。図2に開発品の色再現範囲を示す。青色用光源に中心波長448nmのLD光源を使用すると、映像機器の標準規格であるsRGB規格の色域カバー率が低下し、特に青色成分が多い信号(例えば、空)がスクリーンに表示された場合に、空の色が紫傾向となる。そこで、sRGB規格の色域カバー率を向上させるとともに青色の色再現性を高めるため、青色用の光源に中心波長462nmのLD光源を採用して、色域カバー率を10%向上させ、青色の忠実な色再現も実現した。

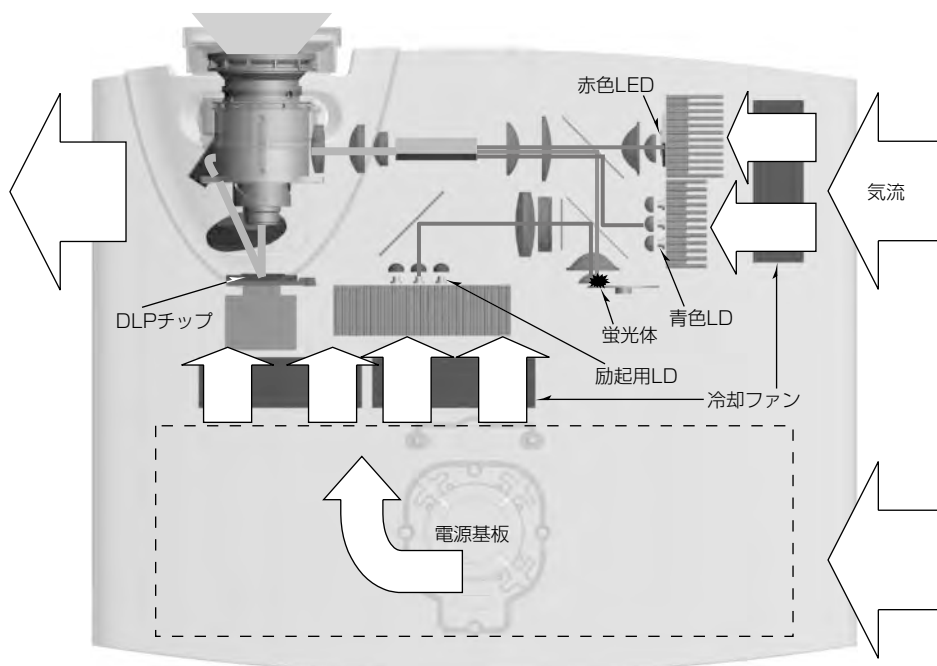


図1. 光学系レイアウト

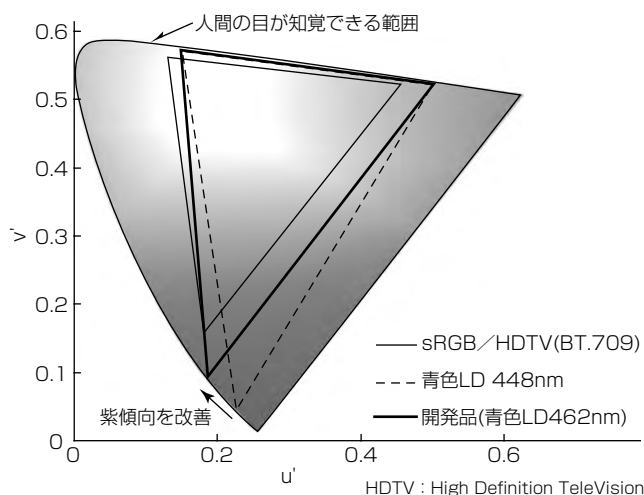


図2. 色再現範囲($u'v'$ 色度図)

3. 熱対策技術

3.1 放熱構造

LD及びLEDの発光効率は、素子の温度に依存する。また、素子寿命も温度の影響を受ける。このため、輝度3,000lmと長寿命を実現しながら、小型・軽量を達成する放熱構造の開発が必要であった。

そこで、放熱フィンを備える光源モジュールの背面に近接して冷却ファンを配置する構造を採用した。図3に放熱フィンの構造を示す。この放熱構造は次のような特長を備えている。

- (1) 冷却ファンからの旋回流によって、放熱フィン表面の空気が攪拌(かくはん)され、高効率に放熱できる。
- (2) 放熱フィンの通風断面積が大きく、通風距離が短いため、低圧力損失で大きな風量が得られる。
- (3) アルミ押し出し加工によって放熱フィンを形成するため、ヒートパイプなどを用いた構造に対し軽量である。

この構造を赤色LED光源モジュール、励起用LD光源モジュール及び青色LD光源モジュールにそれぞれ採用した。

3.2 LDの組合せ技術

一方で、LDの光出力と発熱量は製造ロットに依存し、変動幅が大きい。複数のLDを集積した場合の最大熱量を考慮して設計すると、ヒートシンクが大きくなり、本体寸法、質量に大きく影響する。

そこで、LDの特性値を用いて最適な組合せを計算するアルゴリズムを考案し、光出力と発熱量が常に一定範囲となる生産技術を開発した。

この技術と開発した放熱構造を組み合わせることによって、ヒートシンクを大幅に小型化し、当初検討したものと比較して、質量48%削減、容積75%削減を達成している。また、この組合せ技術は、特定ランクのLDだけを選択的に使用するのではなく、性能ばらつきの大きいLDを残さず使うことを可能にしている。

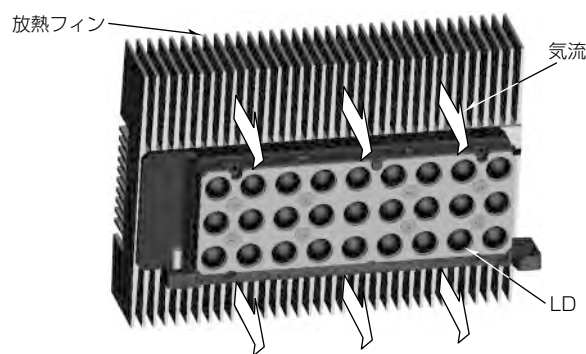


図3. 光源の放熱フィン

4. 光源制御技術

固体光源は半導体のpn接合面における発光現象を利用するものであり、その発光原理、駆動方法はガラス管内のアーカ放光を利用するランプと大きく異なる。素子の発熱量を抑え、かつ表示デバイスであるDLPチップの駆動シーケンスに合わせて光源を点灯させるため、各光源のON/OFFを高速で切り替える必要があった。一方、明るさを確保するには十分に大きな電流を光源に流す必要があるが、大電流が高速にON/OFFすると不要輻射(ふくしゃ)ノイズが生じる。不要輻射ノイズは光源駆動回路の周囲をシールドすることで低減できるが、電流によって回路自身が発熱するため、必要以上にシールドを行うと光源駆動回路の冷却が不十分になることが懸念された。

これらの課題を解決し最適な光源制御を実現する光源制御回路を開発した。部品配置及び配線を工夫することによって電流経路のループを小さくすることが可能となり不要輻射ノイズを抑えた。これによってシールドケースが不要となり光源の冷却風を利用して駆動回路を十分に冷却することが可能となった。また、コイルやFET(Field Effect Transistor)等の発熱が懸念される部品は発熱量が小さいものを厳選し、部品が効率良く冷却される配置とした。

5. 信号処理技術

5.1 カラーブレイキングの低減

従来のランプを用いたDLP方式プロジェクタは、色フィルタを円盤状に配置したカラーホイールによる時分割方式を採用しているため、画面上で視線を移動させた際に虹のような模様が見える現象(カラーブレイキング)を生じやすいという課題がある。これはカラーホイールの回転数の制約によって色の分離が視認されやすくなっていることが原因である。カラーブレイキングの見え方に個人差はあるが、画質へ影響を及ぼす要因の一つである。

開発品はR、G、Bに対応した3種類の独立した光源を搭載しているため各光源を高速駆動でき、図4に示すようにカラーホイールによる色分離の数倍以上の速さで各光源

カラーホイール方式

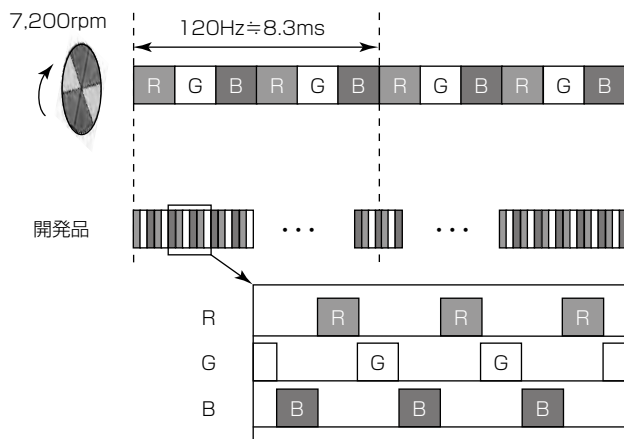


図4. 光源駆動シーケンス(概念図)

のON/OFFを実現した。これによってランプ機種と比較してカラーブレイキングを大幅に低減した。

5.2 画質調整機能

開発品は、従来の当社プロジェクタの機能を踏襲して、用途に応じて最適な設定を選択できるよう、数種類の画質モードを備えている。

従来のランプ機種は輝度と色のバランスがカラーホイールによって制約されるが、3色独立に光源を調整できる固体光源方式は、画質モードに応じて光源の駆動シーケンスを切替えることができ、輝度重視、色重視のモードを最適に設定できる。開発品では光源駆動シーケンス、ガンマ特性、色調整等を組み合わせ、画質モードごとの用途に特化した画作りを行った。例えば、プレゼンテーション用途に適した輝度重視のモードや、自然画の表示に適した色重視のモードを搭載している。

このほかユーザーが使用できる画質調整機能としてカラーマネジメント機能を搭載した。これは信号処理によってR, G, B, Y(黄), C(シアン), M(マゼンタ)及びW(白)の計7色の色合いや明るさを独立に調整できる機能である。例えば、ホワイトバランスを維持しつつRだけをオレンジがかった色、又は青みがかった色へ調整することが可能である。

6. む す び

当社の持つ固体光源技術を更に発展させることによって、今回、中小会議室及び教室用途のニーズを満足できる3,000lm／5kg未満の固体光源プロジェクタを開発した。

この技術開発はプロジェクタ市場の将来的な固体光源化への拡大に向けての足がかりとなる。

参 考 文 献

- (1) Sugiura, H., et al.: 65-inch, Super Slim, Laser TV with Newly Developed Laser Light Source, SID Symposium Digest of Technical Papers, **39**, No. 1, 854~857 (2008)
- (2) 小島邦子, ほか: レーザTV, 三菱電機技報, **83**, No. 2, 164~167 (2009)
- (3) 桑田宗晴, ほか: 75V型レーザーテレビ, 三菱電機技報, **85**, No. 3, 175~178 (2011)
- (4) Frank, R.: Casio Projectors with Hybrid LED/Laser/Phosphor Illumination, SID Symposium Digest of Technical Papers, **41**, No. 1, 979~981 (2010)

HEMS対応液晶テレビ

篠崎秀一* 橋本孝康**
田中顕一郎*
春山裕一郎*

HEMS Function on LCD-TV

Hidekazu Shinozaki, Kenichiro Tanaka, Yuichiro Haruyama, Takayasu Hashimoto

要 旨

HEMS(Home Energy Management System)は、一般に家庭内ネットワーク(以下“宅内LAN”という。)に各家電機器(以下“HEMS機器”という。)や太陽光発電、蓄電池等をつなげ、HEMS機器の管理、状態監視、制御を実施する機器(以下“コントローラ”という。)によって各機器を制御するシステムである。ここで、制御のためのユーザーインタフェースとして、表示機器を用いてHEMS機器の状態や消費電力量などを視覚的に表示する、いわゆる“見える化”を実現している。

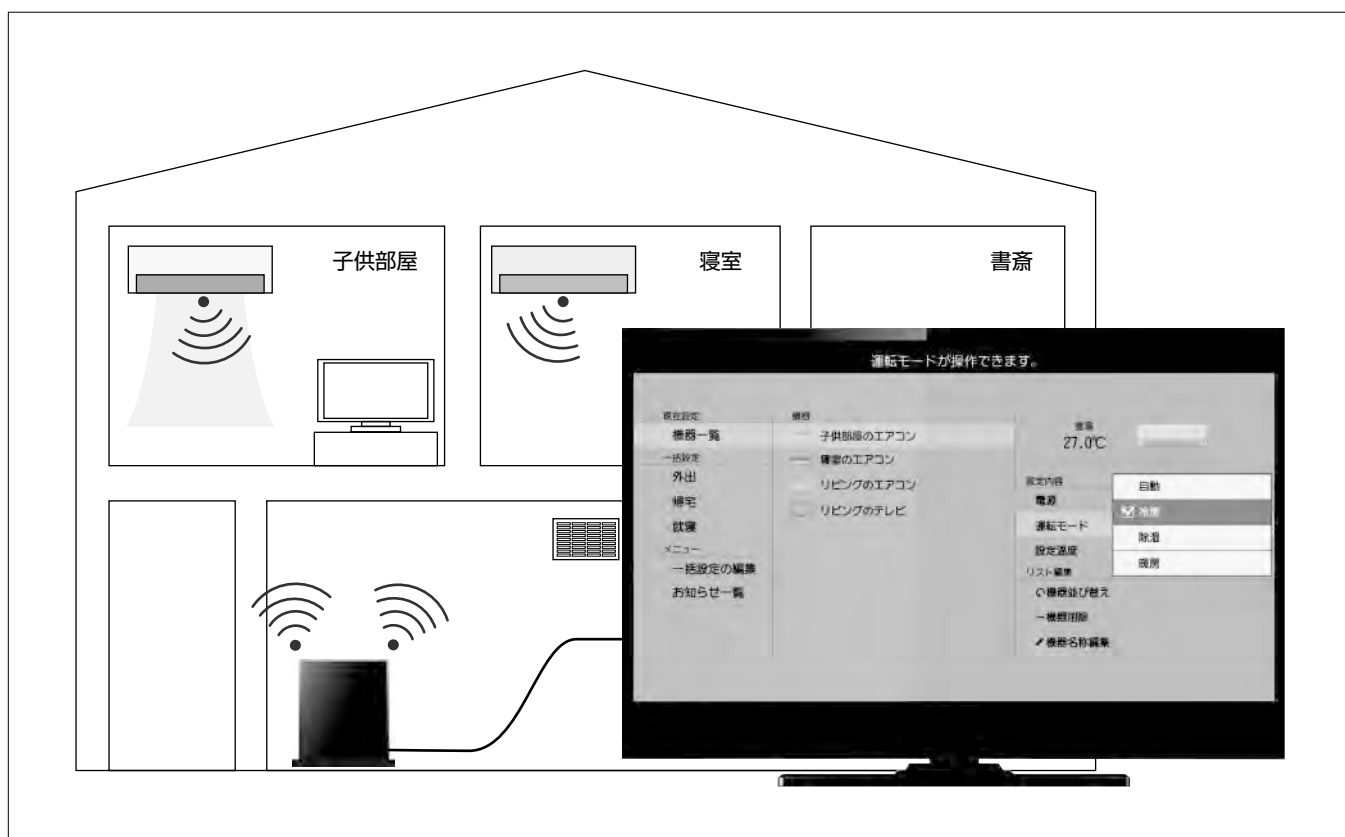
この表示機器には、一般に専用モニタやタブレットなどの使用が想定されるが、画面とネットワーク機能を持ったテレビも表示機器の一つになり得る。テレビに表示機器としての機能(以下“表示機能”という。)を搭載することで、

例えばテレビ視聴のついでにHEMS機器の状態や消費電力量などを確認できるといった利便性が見込める。

さらに、本格的なHEMSを導入する前(専用のコントローラ導入前)にテレビ自らがコントローラの機能を搭載することによって、HEMS機器の状態監視、制御等、HEMSの利便性などを体感することができる。

そこで、HEMSシステムに接続することで機器の制御や状態表示等が可能な国内向け液晶テレビ(以下“HEMS対応テレビ”という。)を開発した。

本稿では、専用のコントローラ導入前におけるHEMS対応テレビのコントローラ機能と表示機能(ユーザーインタフェース)について述べる。



HEMS対応テレビによるHEMS機器の操作

液晶テレビにHEMSのコントローラ機能と表示機能を搭載し、宅内LANに接続されたHEMS機器の操作や動作状態の確認等を可能とした。

1. ま え が き

HEMSへの対応は、宅内LANへの接続が必要であり、通信機能を持たない機器ではハードウェアも含めた開発が必要となる。しかしネットワーク機能を持ったテレビではハードウェアの開発は不要であり、HEMSへの対応は、ソフトウェアの開発が主体となる。ただし開発アイテムとしては、通信機能、コントローラ機能、表示機能、表示機能用のブラウザ等、多岐にわたる。そこで複数の関係部門と密に連携しながら、2013年発売の国内向け液晶テレビをターゲットにHEMS対応テレビの開発を進めた。また表示機能は、三菱電機のテレビならではの機能と連携させることでHEMS全体の利便性の向上を目指した。

本稿では、専用のコントローラ導入前におけるテレビがコントローラとなるHEMSを中心に、2章でシステム構成、3章でコントローラ機能、4章で表示機能(ユーザーインタフェース)について述べる。

2. システム構成

HEMS対応テレビとHEMS機器だけで構成されるHEMSのシステム構成を図1に示す。図に示したように、HEMS対応テレビは、有線で宅内LANに接続する。一方、HEMS機器にはネットワーク機能を持たない機器も多いので、ネットワークに接続可能な機器を介して宅内LANに接続する。その一例が図1に示す無線アダプタである。

3. HEMS対応テレビのコントローラ機能

3.1 機能概要

テレビは主電源をOFFされることもある。そのためHEMS対応テレビに搭載するコントローラとしては、連続稼働を前提としたHEMS機器の消費電力量のデータ蓄積や、節電制御などの自動制御等のサポートは対象とせず、主に次の機能に対応することにした。各機能については後述する。

- ・HEMS機器の状態管理
- ・HEMS機器の動作制御
- ・お知らせ情報の表示

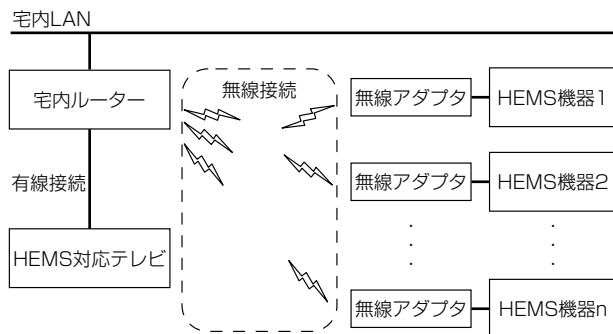


図1. HEMS対応テレビを中心としたシステム構成

3.2 制御対象のHEMS機器

2013年発売のHEMS対応テレビでは、遠隔操作の要望が多いエアコン、及び同一ネットワーク内に存在するほかのHEMS対応テレビを制御対象とした。

3.3 コントローラの決定方法

HEMS対応テレビに搭載したコントローラ機能は、同一ネットワーク内に専用コントローラが存在しない場合を前提としている。したがって、テレビの起動時に同一ネットワーク内のコントローラの有無を確認し、コントローラとして動作可能の可否を自動的に判断する。同制御は、あくまでもHEMS対応テレビが独自に、かつ自動で行うものであり、専用コントローラは一切関与しない。またユーザーは、同制御によって専用コントローラの有無などを意識することなく、HEMSの利用が可能となる。

3.4 HEMS機器の状態管理

コントローラとして動作するためには、接続されている各HEMS機器を管理する必要がある。そこで各HEMS機器の“IP(Internet Protocol)アドレス”(可変)と“MAC(Media Access Control)アドレス”(不変)等を組み合わせた接続機器情報テーブルを構築して管理する。ここで、IPアドレスとMACアドレスはUDP(User Datagram Protocol)/IPフレームから取得可能である。さらに、各HEMS機器のIPアドレスと動作状態を確認するため、各HEMS機器と定期的に通信を行う定期取得処理を組み込んだ。この定期取得処理時やほかの通信時にHEMS機器からの応答がない場合は、IPアドレスの再取得処理を行う。これら各処理を行うことで、接続されている各HEMS機器の管理を可能とした。

3.5 HEMS機器の動作制御

制御対象であるエアコン及びHEMS対応テレビの制御内容は、遠隔操作での利便性などを考慮し、表1の項目とした。これら制御は後述するHEMS用画面内で設定する。

3.6 お知らせ情報の表示

3.4節で述べた、定期取得処理によって各HEMS機器の状態を監視し、異常状態や、注意喚起すべき機器の状態変化を検出したとき、検出条件に即したメッセージを表示する。さらに、表示メッセージは検出条件に応じて4種類のタイプに分類された上で不揮発メモリに保持され、“お知らせ一覧”画面でタイプごとに表示をすることもできる。また、ユーザーが表示したか否か、すなわち“未読/既読”を管理する。

表1. HEMS機器の動作制御

操作対象	操作内容
エアコン	・電源ON/OFF
	・運転モード(冷房/除湿/暖房/送風)
	・設定温度
	・設定湿度
HEMS対応テレビ	・電源OFF

4. 表示機能(ユーザーインタフェース)

4.1 機器状態表示と機器操作

HEMS機器の状態表示とHEMS機器の操作は、HEMS対応テレビに内蔵したWebアプリケーションとHTML5(Hyper Text Markup Language 5)ブラウザで実現する。この構成は、HEMS専用コントローラが存在する場合のほかの表示機器(スマートフォン、タブレット)と共通仕様とした。これによってHEMS対応テレビは、HEMS専用コントローラが存在する場合の表示機器としても使用することが可能となる。

HEMS対応テレビのこの機能のトップメニューを選択すると、ブラウザが起動し、HEMS機器の制御用トップ画面を表示する。この画面で、例えば“機器一覧”を選択すると図2に示したように制御可能なエアコン、HEMS対応テレビの状態などが確認でき、わざわざ各機器が設置されている場所に行かなくても各機器の動作状態や設定内容が一覧できる。機器の状態把握の利便性が向上する。

また機器一覧画面から各機器の操作が可能であり、節電活動への貢献や機器操作の利便性も向上する。例えば、人がいない部屋のエアコンが稼働していることが分かれば、同画面から対象のエアコンの電源をOFFすることができるため節電活動に貢献できる。



図2. HEMS機器制御用トップ画面

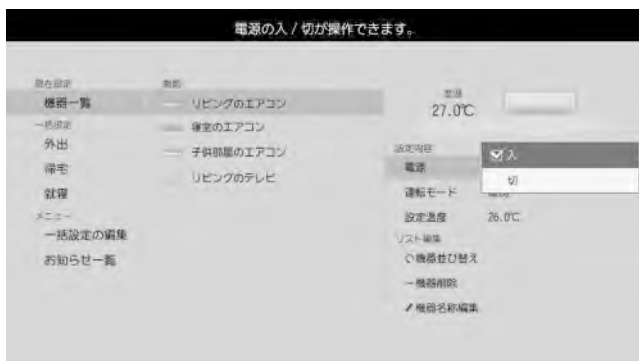


図3. 操作画面

4.2 テレビのリモコンを考慮した操作性

表示機能の構成は、ほかの表示機器と共通としたが、テレビの操作はリモコンが前提となる。そのためHEMS対応テレビ用の表示アプリケーションは、リモコンの十字キー、決定キー及び10キーで操作可能な構成とした。図3に操作画面の一例として、エアコンの電源操作を実施する場合の画面を示す。

4.3 一括設定

特定のイベント時には、各HEMS機器を個別に設定するのではなく、まとめて操作した方が便利な場合がある。例えば外出時に全てのHEMS機器をOFFに設定したいといった場合である。そこで、あるイベントに応じて操作したい機器をまとめて操作することが可能な“一括設定”機能を設けた。図4に一括設定の一例を示す。

一括設定で操作したい機器、設定内容は、ユーザーが自由に編集できる。ここで、“外出”設定については、出荷段階で用意しており、後からの機器の追加にも自動的に対応できるため、ユーザーがすぐに使えるようにしている。

4.4 お知らせ情報の表示と読み上げ

“お知らせ一覧”画面では各HEMS機器の状態などが確認できる。図5にお知らせ一覧画面の一例を示す。図に示すようにお知らせ情報は、重要なお知らせ、アドバイス、機器稼働履歴、省エネ目標の4種のお知らせタイプに分類され、ユーザーは適宜、必要な情報を確認することができる。



図4. 一括設定の画面

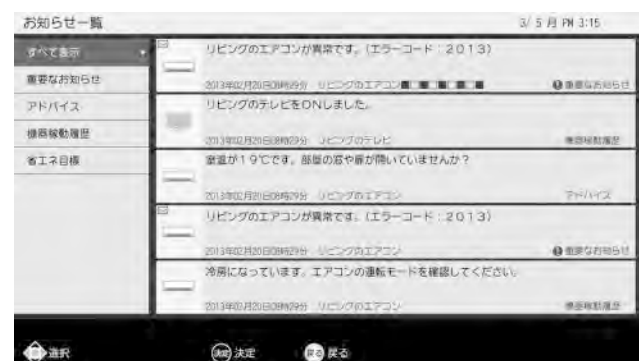


図5. お知らせ一覧画面



図6. お知らせ情報のメッセージボックス表示

一方、図6に示したようにテレビ視聴中に取得したお知らせ情報をリアルタイムにメッセージボックスで表示する機能を搭載した。またHEMS対応テレビの電源OFF中に発生したお知らせ情報など未読のメッセージはHEMS対応テレビの電源ON時に表示する仕様とした。これによってユーザーはHEMS対応テレビを視聴することで必ずお知らせ情報を確認することができる。ただし全てのお知らせ情報をメッセージボックスで表示させると視聴の妨げになる可能性もある。そのためメッセージボックスを用いたお知らせ情報の表示設定メニューを設け、お知らせタイプごとに表示有無の設定を可能とした。

さらに、お知らせ情報をメッセージボックスで表示するときに、音声でその情報を伝える機能も搭載した。当社の国内向けテレビは、以前からメニューなどの文言を音声で読み上げる“読み上げ機能”を搭載している。この機能をメッセージボックス表示時にも適用する仕様とした。これによって、例えばテレビから目を離しているときに、即時性を必要とする“重要なお知らせ”が発生した場合でも同情報を読み上げることで適切なタイミングでユーザーに情報を提供することが可能となる。

5. む す び

HEMSによって、これまで連携していなかった多くの機器の連携が可能となってきている。これによってエネルギーの効率的な使用だけでなく、より便利で、より快適な暮らしが期待されている。今回のHEMS対応テレビの開発でもそういった観点から様々な検討を行った。

一方、HEMSの導入はまだ始まったばかりである。そのためシステム全体や各機器に求められる性能・機能等は、日々進歩させていかなければならない。その中でHEMS対応テレビに求められる性能・機能を見極めつつ、テレビ単体に求められる性能・機能とバランスを取りながらより良い製品を開発し、便利で快適な暮らしの実現をサポートしていきたい。

最先端の家電リサイクル技術

井関康人*
筒井一就*

Most-advanced Recycling Technologies for Home Electrical Appliances

Yasuto Iseki, Kazunari Tsutsui

要 旨

2001年4月から施行された家電リサイクル法によって使用済みの家電製品（エアコン、テレビ、冷蔵庫・冷凍庫、洗濯機・衣類乾燥機の4品目）から鉄、銅、アルミ、プラスチック等、様々な資源が回収されリサイクルされている。回収素材の品位は様々であるが、単一で純度の高いものに分離するほどリサイクル用途の選択肢が増え、また経済的な価値も高くなる。しかしながら、単一素材に分離するのはコストがかかるため、一部の複合素材は人件費の安い中国などの近隣諸国へ輸出され、手作業で単一素材に分離されリサイクルされている。アジア各国の経済成長は著しく資源需要は今後も高まるばかりである。天然資源に乏しい日本にとって、回収素材をできる限り単一素材へ分離し付加価値を高め国内産業で再利用することは極めて重要な課

題である。

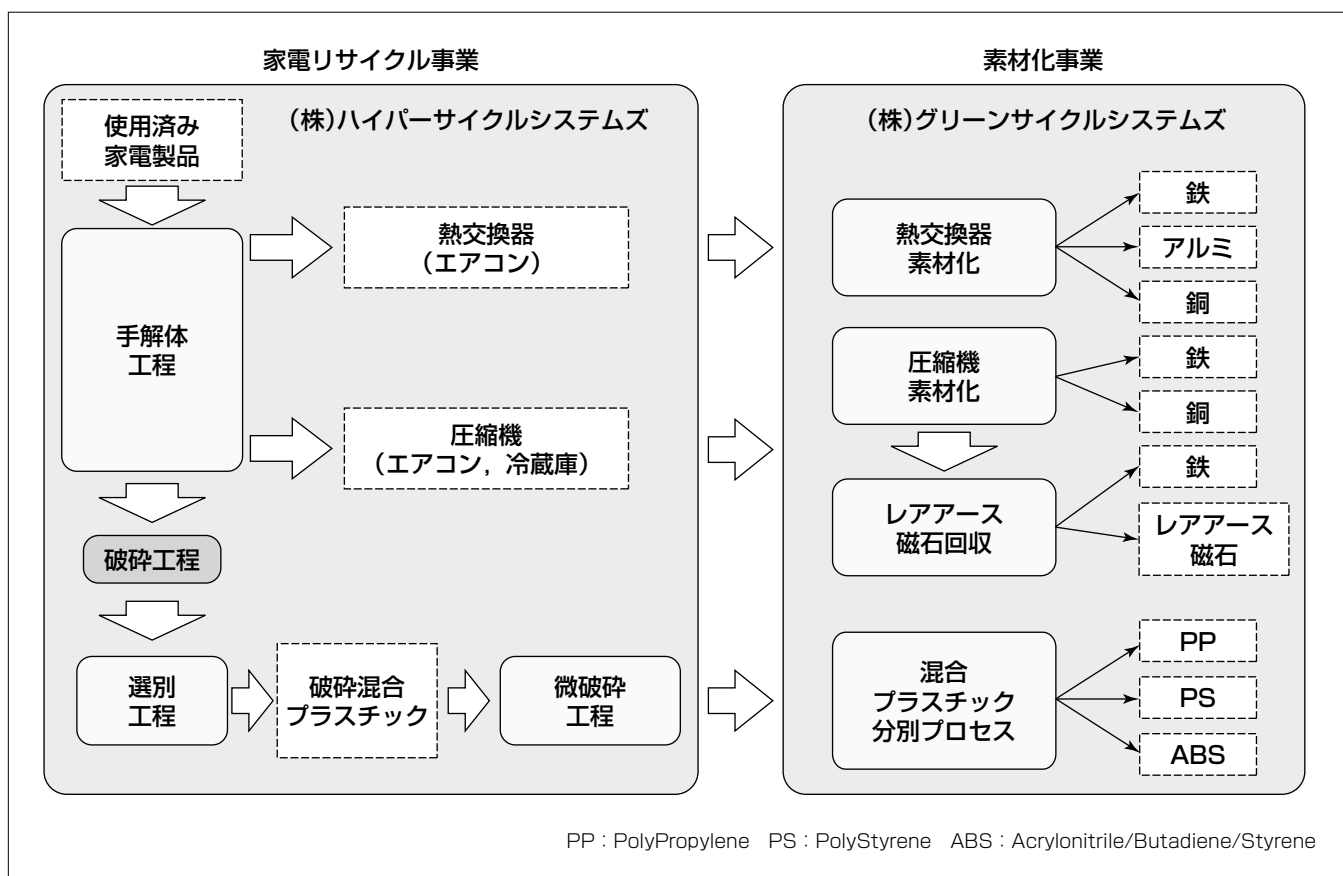
三菱電機は家電業界初^(注1)の家電リサイクル工場を1999年4月に稼働させて以来、付加価値の低い複合素材から付加価値の高い単一素材を分離する数々の最先端リサイクル技術を開発、実用化してきた。

本稿では、このリサイクル技術の中から次の技術について述べる。

- (1) 混合プラスチック分別技術
- (2) 圧縮機素材化技術（レアアース磁石回収技術を含む）
- (3) 熱交換器素材化技術

また、この技術を適用した大規模素材化事業についても述べる。

（注1） 1999年、当社調べ



家電リサイクル事業と素材化事業

従来の家電リサイクル事業で回収した複合素材（圧縮機、熱交換器、破碎混合プラスチック）から、高品位の単一素材を回収する独自のリサイクル技術を開発実用化し新たな素材化事業を立ち上げた。

1. ま え が き

2001年4月から施行された家電リサイクル法によって使用済みの家電製品(エアコン、テレビ、冷蔵庫・冷凍庫、洗濯機・衣類乾燥機の4品目)から鉄、銅、アルミ、プラスチック等、様々な資源が回収されリサイクルされている。回収素材の品位は様々であるが、単一で純度の高いものに分離するほどリサイクル用途の選択肢が増え、また経済的な価値も高くなる。しかしながら、単一素材に分離するコストが素材の経済的価値を超えると、リサイクルを続けることが困難となる。そのため、回収素材の一部は、付加価値の低いまま、人件費の安い中国などの近隣諸国へ輸出され、手作業で単一素材に分離されリサイクルされている。アジア各国の経済成長は著しく資源需要は今後も高まるばかりである。天然資源に乏しい日本にとって、回収素材をできる限り単一素材へ分離し付加価値を高め国内産業で再利用することは極めて重要な課題と言える。

当社は、家電業界初の家電リサイクル工場である㈱ハイパーサイクルシステムズを1999年4月に稼働させて以来、付加価値の低い複合素材から付加価値の高い単一素材を分離する数々の最先端のリサイクル技術を開発、実用化してきた。

本稿では、このリサイクル技術の中から次の技術について述べる。

- (1) 混合プラスチック分別技術
- (2) 圧縮機素材化技術
- (3) 熱交換器素材化技術

2. 家電リサイクルの現状

家電リサイクルの概略フローを図1に示す。手解体工程では、手作業で容易に取り外せる有価部品(圧縮機、熱交換器、野菜ケース等)や有害物を含む部品(プリント基板、ブラウン管ガラス等)を取り外す。次の破碎選別工程では、手解体工程で回収しなかった残りを大型破碎機で粗破碎(50~200mm程度)する。そして風力、磁力などの選別機で主として、鉄、銅、アルミ等の金属素材を回収する。最後に破碎混合プラスチックが残る。

手解体工程で回収された主たる金属部品や破碎選別工程後に回収される混合プラスチックは複合素材であるため、単一素材へ分離しなければ直接的な再利用が難しい。そのため、これらの複合素材から高品位かつ低コストで単一素材を回収する技術が必要とされていた。

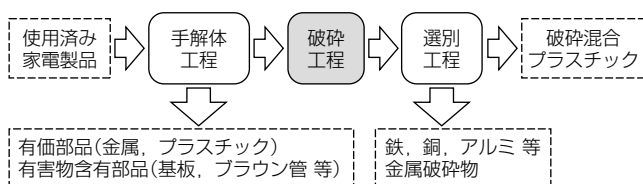


図1. 家電リサイクルフロー

3. 混合プラスチック分別技術

3.1 微破碎選別工程

破碎選別後に回収される混合プラスチックを図2に示す。多種のプラスチックの混合物であり、被覆電線など破碎選別工程で分離できなかった金属を含有する。これらのプラスチックの大半は熱可塑性樹脂であるため、理論的には加熱して成形することで任意の形状に加工することが可能ではあるが、多種プラスチックや金属等の異物の混入などによって強度が確保できない可能性が高く、この状態ではプラスチック材料としての再生利用は困難である。

微破碎選別工程では、混合プラスチックから金属を取り除き、後の工程で単一のプラスチックを精度良く分別するために、平均粒度8mm程度に破碎し大きさをそろえ、風力選別や比重選別によって金属を高精度で除去する。微破碎された混合プラスチックを図3に示す。

3.2 高純度プラスチック分別技術

原料となる微破碎混合プラスチックは種々のプラスチックの破砕片(フレーク)の混合物である。代表的な混合組成を比重で整理すると、比重が水より軽い非難燃のPPが約35%(比重<1.0)、水よりやや重い非難燃のPS、ABSが合計で約30%(1.0≦比重<1.1)、更に重い重比重物が約35%(比重≧1.1)である。ここで重比重物とは、難燃剤、ガラス繊維等の添加物を含むプラスチック、微量のエンジニアリングプラスチック、塩化ビニル等である。このプロセスの回収対象は、家電製品で多用され、添加剤を含まない非難燃のPP、PS、ABSフレーク(原料の約65%)である。

微破碎混合プラスチックから非難燃のPP、PS、ABSを分離回収するプロセスフローを図4に示す。まず湿式比重選別によって比重が1.0以下のPP、比重が1.0~1.1のABS/PS混合プラスチックを選別回収し、難燃プラスチックなど比重1.1以上の重比重プラスチックを除去する。比重差では除去できないゴムなどの異物は異物除去装置で除去する。同じく比重差が小さく比重選別が困難なPS/ABS混合物は、静電選別装置⁽¹⁾で分離回収する。また、回収プラスチックを家電製品へ適用する際には、“電気・電子機器に含まれる特定有害物質の使用制限に関する欧州議会及び



図2. 混合プラスチック

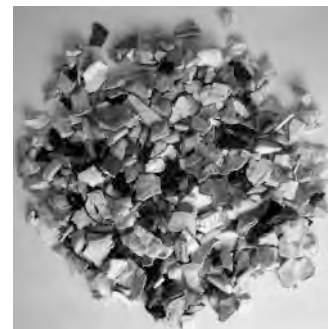


図3. 微破碎混合プラスチック

理事会指令”（以下“RoHS指令”という。）への対応が必須である。RoHS(Restriction of the use of certain Hazardous Substances in electrical and electronic equipment)指令に適合した非難燃PP、PS、ABSフレークを回収するため透過X線を利用した選別装置を用いて臭素含有プラスチックを除去する⁽²⁾。このようにしてRoHS指令に適合した99%以上の高純度PP、PS、ABSフレークを回収することができる。

3.3 自己循環リサイクル

このようにして高純度で分別回収したPP、PS、ABSフレークを所定のスクリーンメッシュで押出加工(リペレット)して再生プラスチックペレットを得る。物性的には、元の素材の特性を一定レベル保持しており、再度家電製品へ適用することができる。またリペレットの過程で、種々の改質を施すことによって、難燃化など多様なグレードに展開することが可能である。実際の製品適用事例を図5、図6、図7に示す。

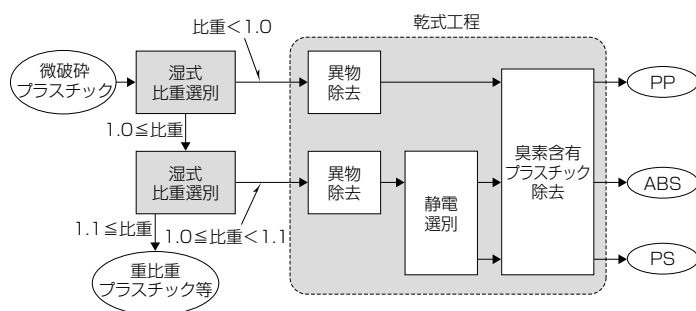


図4. プラスチック分別フロー

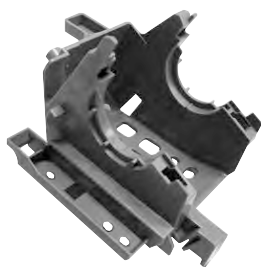


図5. エアコン適用事例 (PS)



図6. エアコン適用事例 (ABS)



図7. 冷蔵庫適用事例 (PP)

4. 冷蔵庫・エアコンの圧縮機素材化技術

4.1 圧縮機素材化技術

冷蔵庫・エアコンの圧縮機素材化工程を図8に示す。冷蔵庫とエアコンの圧縮機は、解体手順が異なり、また季節による入荷割合変動が大きい。これらにフレキシブルに対応可能な2ライン構成とした。シェル(外殻の銅板)を切断する工程は対向する2組4枚の回転刃押し切り方式、コイル銅を切断する工程は回転刃送り方式を採用し、火花や騒音の発生しない作業安全と環境に配慮したラインとした。

圧縮機1個の質量は8~10kgであり、約10%(0.8~1kg)のコイル銅を回収する。残りの90%は主として鉄で構成される機構部品である。

4.2 レアアース磁石回収技術

2000年以降に生産されたエアコン圧縮機のロータ(回転子)には一部レアアース磁石(ネオジウム磁石)が使用されている。圧縮機素材化工程から排出される機構部品の一部であるロータを、形状に関わらずレアアース磁石を単体分離できる状態にまで解体する自動解体装置を開発した。

図9に示すように、ロータ分離、常温脱磁、バランサ分離の3つの工程で構成し、各工程間の搬送を1つの装置内に集約・自動化した。タクトタイム30秒で、圧縮機素材化工程に連動して効率よくレアアース磁石を回収することができる。

ロータ分離工程では、ロータに焼きばめ接合されたシャフトを、押し棒を介した油圧プレスによって押し抜き、ロータ単体とする。

常温脱磁工程では、ロータ内の磁石の磁界と垂直方向に減衰磁界を印加し、100ガウス以下まで脱磁し、後の磁石回収を容易にする。脱磁にかかる時間は、脱磁電源への充電時間を含めても10秒以内である。

ロータは回転時のバランスを取るための黄銅製のバランサと電磁銅板と磁石で構成され、数本のリベットで強固に固定されている。バランサ分離工程では、ロータの高さを自動計測し、2枚の刃物押し込み位置を自動調整してバラ

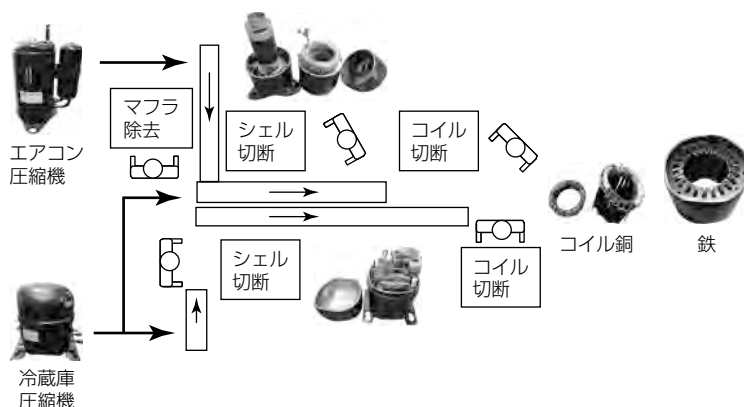


図8. 冷蔵庫・エアコンの圧縮機素材化工程

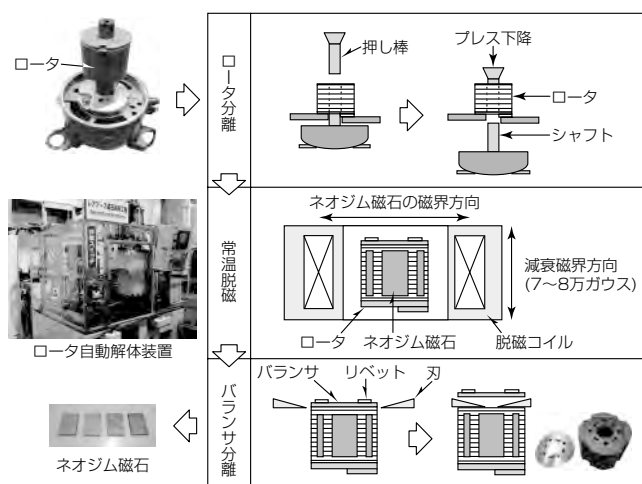


図9. レアアース磁石回収工程

ンサを締結するリベットをせん断する。

バランスを分離したロータに微小な振動や衝撃を与えることで、容易にレアアース磁石が分離回収できる。

従来レアアース磁石は、鉄と区分せずに売却されてきたが、単一素材として回収できることで磁石メーカーでの再生が可能になった。

5. エアコンの熱交換器素材化技術

エアコンの熱交換器素材化工程を図10に示す。

一次破碎によってφ50mmに粗く粉碎後、磁力によって鉄部品を選別回収する。二次破碎では、銅・アルミの混合物をハンマーと衝突させて銅とアルミに分離、ハンマーとスクリーンの隙間でφ10mmに造粒する。

選別工程では、造粒した銅とアルミの混合物を粒子径によって一次選別した上で、比重差を利用して単一素材に選別回収する。このように二段階破碎工程と細粒物を分離する選別工程の組合せによって、銅で99%以上、アルミで97%以上の高純度選別回収を可能にした。

また、作業負荷を大幅に軽減する全自動ラインの構築によって、作業者は熱交換器を投入するだけである。なお、エアコンの熱交換器には室内機用、室外機用があるが、いずれも同じ工程で選別回収する。

6. 素材化事業

当社は、2010年4月、千葉市に㈱グリーンサイクルシステムズを設立し、本稿の技術を用いた大規模素材化事業を開始した。2013年4月現在、以下の3つの事業を展開している。

- (1) 混合プラスチック分別事業(2010年4月開始)
- (2) 圧縮機素材化事業(2010年10月開始)
- 内、レアアース磁石回収事業(2012年4月開始)
- (3) 熱交換器素材化事業(2012年6月開始)

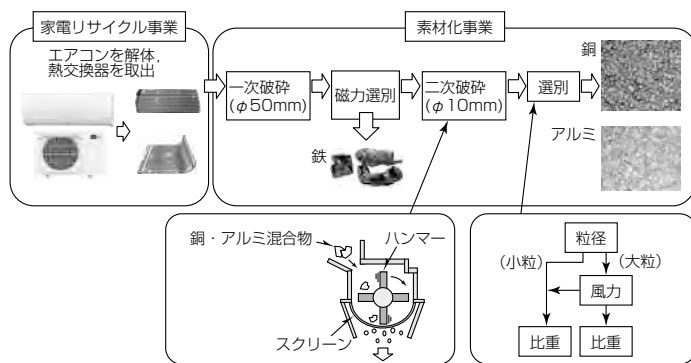


図10. 熱交換器素材化工程



図11. プラスチック分別設備

工場は、次の特長を持つ。

- (1) 高度に自動化した生産性の高いライン構成
- (2) 湿式選別用の水の高度循環利用(循環率99%)を実現し、下水、河川等への排水は一切なし

プラスチック分別設備の外観を図11に示す。

7. む す び

中国などアジア諸国の経済発展とともに地球温暖化、資源枯渇といった環境問題がますます深刻化することが予想される。リサイクルは、天然資源を用いるよりも小さなエネルギーで物作りができることや、価格が比較的安定している点で、今後ますます重要になる。

今後は、本稿で述べたリサイクル技術を更に進化させ、高品質のリサイクル素材を市場に提供、又は自らの製品に再利用することで、地球環境問題により大きく貢献していきたい。

参 考 文 献

- (1) 松村光家, ほか: 静電分離によるプラスチック選別の開発, 廃棄物資源循環学会, リサイクルシステム技術研究部会講演会予稿集, 1~6 (2006)
- (2) 真下麻理子, ほか: リサイクルプラスチックのRoHS適合化技術, 三菱電機技報, 83, No.8, 473~476 (2009)