

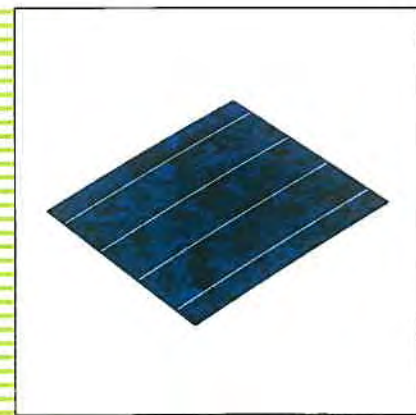
MITSUBISHI

三菱電機技報 Vol.84 No.6

2010

6

特集「家電&電住機器の最新技術動向」



目次

特集「家電 & 電住機器の最新技術動向」

家電機器特集号に寄せて 荒木 茂	1
家電機器の開発動向 小西広繁	2
使用者と一緒に作る省エネルギーを提案する ルームエアコン“霧ヶ峰ZWシリーズ” 中川英知	7
“光ビッグシリーズ”冷蔵庫の新機能 柴田舞子・田代雄亮・岡部 誠	11
蒸気レスIHジャー炊飯器 中村輝男・河東ちひろ・根岸和善	15
“ムーブアイ”による衣類乾燥度検知技術 内田 毅・赤松久宇	19
家庭用IHクッキングヒーター技術 私市広康・中村 宏	23
住宅用ロスナイセントラル換気システム “薄形ベーシックシリーズ” 大嶋兼芳・新野 淳・古谷政弘	27
太陽電池モジュールの高効率化及び大出力化 中村真之・鈴木一生	31
家電製品における自己循環リサイクル 高木 司・井関康人・松尾雄一・鈴木章元・根岸康昌	35

一般論文

京都製作所におけるJIT活動—ロスミニマムの追求— 中村慎治朗	39
受配電システム製作所における“ものづくりトータルJIT”活動 吉岡進彦・香川隆蔵	43
福山製作所における全員参加のJIT活動 横田卓史・細川隆博	47

Trend of New Technologies for Home Appliances and Housing Equipment
Foreword to Special Issue on Technology of Home Appliances
Shigeru Araki

Trend of Development for Home Appliances
Hiroshige Konishi

Room Air-conditioner "Kirigamine ZW Series" Suggests Energy Saving to Make with a User
Hidetomo Nakagawa

New Features of "E Series" Refrigerator
Maiko Shibata, Yusuke Tashiro, Makoto Okabe

Steam-less IH Rice Cooker
Teruo Nakamura, Chihiro Kawahigashi, Kazuyoshi Negishi

Technologies Detecting Cloth Dryness Level at Dehumidifier with "Move-Eye"
Tsuyoshi Uchida, Hisayuki Akamatsu

Technologies of Mitsubishi IH-cooker
Hiroyasu Kisaichi, Hiroshi Nakamura

LOSS NAY Central Ventilation System for Residence "Thin Type Basic Series"
Kaneyoshi Oshima, Atsushi Shinno, Masahiro Furuya

High Efficient and High Output Polycrystalline Photovoltaic Module
Masashi Nakamura, Issei Suzuki

Closed-loop Recycle System of Plastics in Household Electrical Appliance
Tsukasa Takagi, Yasuto Iseki, Yuichi Matsuo, Akimoto Suzuki, Yasumasa Negishi

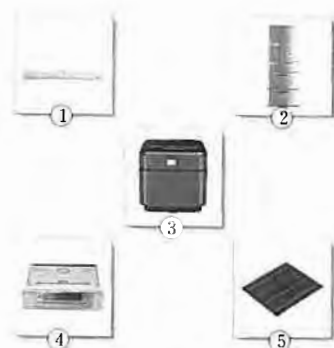
Just-In-Time Activity at Kyoto Works, —Pursuit of Loss Minimization—
Shinjiro Nakamura

"Total Productivity Improvement Based on Just In Time" Activity at Power Distribution Systems Center
Eishin Yoshioka, Ryuzou Kagawa

Just In Time Activity at Fukuyama Works with Full Participation of Employees
Takashi Yokota, Takahiro Hosokawa

特許と新案

「高周波加熱装置」「冷凍サイクル」	51
「誘導加熱調理器」	52



表紙：家電 & 電住機器の最新技術動向

①は、ワンプッシュで快適・省エネルギーへ導く“ムーブアイNavi”を搭載した三菱電機ルームエアコン“MSZ-ZW220”，②は、光のチカラで進化した冷凍、冷蔵、野菜、氷の“光ビッグシリーズ”三菱冷凍冷蔵庫“MR-E60R”，③は、蒸気を封じ込めた炊飯方式を搭載し、純度99%の本物の炭から削り出した“本炭釜”がひとつになった三菱蒸気レスIH本炭釜“NJ-XWA10J”，④は、対流煮込み加熱，光センサを搭載したIHクッキングヒーター“CS-G39HN”，⑤は、4本バス電極セル採用とモジュールサイズ的大型化によって最大出力235Wを実現した太陽電池モジュール多結晶シリコン“PV-TJ235GA6”である。

巻/頭/言

家電機器特集号に寄せて

Foreword to Special Issue on Technology of Home Appliances

荒木 茂
Shigeru Araki



三菱電機のリビング・デジタルメディア事業本部は、ルームエアコンや業務用エアコンなどの空調冷暖事業、住宅用太陽光発電システム事業、IH(Induction Heating)クッキングヒーターやエコキュートなどの電材住設事業、冷蔵庫や液晶テレビなどの家電事業、大型映像表示装置などのデジタルメディア事業の5つの事業分野から成り立っている。これらの5事業分野共通で目指していることは、商品を通じて新しい価値観の提案ができるかどうかである。

当社はかねてから“人も地球も気持ちよくユニ&エコ(ユニバーサルデザイン&エコロジー)”をスローガンとして、マーケティングに立脚した開発力・技術力によって、豊かで持続可能な暮らしを提案する“ソリューションビジネス”を推進してきた。オール電化などはその代表例である。2009年に制定された当社環境ステートメント“エコチェンジ”のもと、“ユニ&エコ”のスローガンも“ユニ&エコチェンジ”へと進化させた。当社は省エネルギー、リサイクル、太陽光発電による“創エネ”において高い技術を持っている。ヒートポンプ、モータやパワーデバイスセンサなどの省エネルギー技術は当社の大きな強みである。これら省エネルギー技術を核とし、家庭におけるエコの見える化と、だれもが使いやすいユニバーサルデザインの追求を機種横断的に“群戦略”として強化していく。三菱なら省エネルギーの状態や電気代が見える。だからユーザーは省エネルギーのための行動ができる。つまり商品を通じて“省エネルギーのための行動”という新しい価値観を提案しているのである。ユニバーサルデザインは製品の軽量化や、リモコンに表示される文字が大きくて見やすい、ボタンが大

きくて使いやすいなどに配慮することで、だれもがこの新しい価値観を享受できるように提案の幅を広げているのである。

今回の特集である家電・電住機器の市場は成熟市場だとよく言われている。低価格化が進み厳しい市場だが、今回の特集で紹介するようなオンリーワン技術を搭載した商品を投入すれば、単価アップや規模拡大をねらうことができる市場でもある。ルームエアコン“霧ヶ峰”に搭載したムーブアイの技術は、エコの見える化の先駆けとなり、当社の冷蔵庫や家庭用除湿機にも応用している。ちなみに、エコの見える化をイメージする葉っぱのマークのデザインもルームエアコン霧ヶ峰から機種横断的に展開したものである。“光を利用した保存、衛生の技術”を搭載した冷蔵庫“Eシリーズ”“水冷式蒸気回収システム”による蒸気レス炊飯器は大ヒット商品となっている。また“家電商品における自己循環リサイクル適用事例”のようなリサイクル技術も家電・電住機器の市場を持続させ、ひいては我々の日常生活を高い次元で維持させることにつながるのである。

今後も、エコロジーとユニバーサルデザインにこだわったものづくりを推進していく。“ユニ&エコチェンジ”でユーザーに生活の新しい価値観を提案し続け、持続可能な社会の実現に貢献できるよう挑戦を続けていく。

皆様のなご一層のご助言、ご指導をお願いするとともに当社ユニ&エコ製品を実際に使用していただき、ご親戚、ご友人やお知り合いの方々におすすめていただくことを是非ともお願いする次第である。

巻頭論文

家電機器の開発動向

Trend of Development for Home Appliances

Hiroshige Konishi



小西広繁*

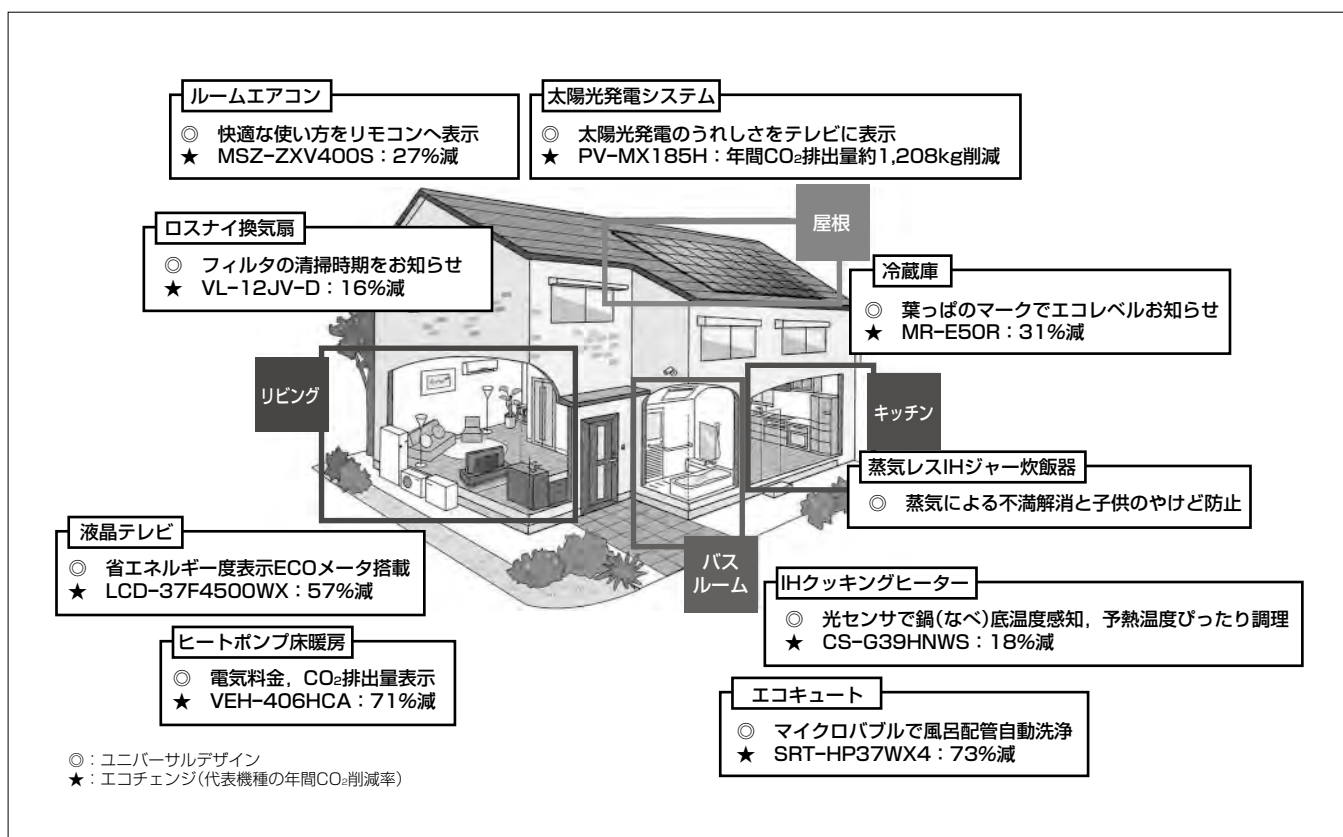
要 旨

近年、暮らしの豊かさと地球環境負荷低減の両立が求められている。また、長期使用やリニューアブルビジネスの展開によって、ユーザーが安心して使用できる本質安全化の考え方が重要な時代になっている。

三菱電機では、高齢化への対応も踏まえ、だれもが使いやすい製品デザイン(ユニバーサルデザイン)と環境負荷低減(エコロジー)の両立を目指し、2009年から“ユニ&エコチェンジ”のブランド戦略を展開している。特に環境負荷低減では、ユーザーが使用する際の省エネルギーの推進と、省エネルギー意識向上のための省エネルギー効果の“見える化”をルームエアコンを筆頭に展開し、その成果は2009年度省エネ大賞の経済産業大臣賞受賞と高い評価を受けた。

さらに製品廃却時の環境に対する負荷の軽減も考慮し、2010年には家電リサイクルで国内初となる素材化工場の稼働を開始し、家電製品から回収されるプラスチックを自社製品へ再利用する循環型社会への貢献にも寄与している。

暮らしの豊かさを担う家電製品は成熟した製品だが、ユーザーに本物で新しい生活を創出できる提案をしていくこと、新しいコンセプトを継続的に世の中に送り出すことが我々の使命であるとする。蒸気の出ないオンリーワンの蒸気レス炊飯器はその代表であり、本質のおいしさと、蒸気が出ないことによる設置場所を選ばない新しい生活提案を実現し、蒸気でやけどをしないという本質安全が2009年度キッズデザイン大賞受賞にも結びついた。



家まると省エネ&エコライフ

当社は高齢者への対応も踏まえ、だれもが使いやすい製品デザイン(ユニバーサルデザイン)と環境負荷低減(エコロジー)の両立を目指した“ユニ&エコチェンジ”のブランド戦略を展開している。特に環境負荷低減では、使用の際の省エネルギーの推進と、省エネルギーの意識向上を図るための省エネルギー効果の“見える化”を進めている。表記の年間CO₂排出量削減率は過去の当社製品と比較して算出したものであり、機器によってばらつきがあるが、16~73%の大幅な削減を達成している(詳細は当社カタログ“三菱 家まると省エネ&エコライフのご提案”(2009)参照)。

1. ま え が き

世界的な景気後退によって、市場環境は非常に厳しいものになっている。また高齢化が進み、社会構造も大きく変化している。このような状況だからこそ環境に優しく、だれにでも使いやすく、コストパフォーマンスの良い納得のいく本物の製品が求められている。

2. 現 状 分 析

日本は今後ますます高齢化が進む。特に高齢者の数が増大することが注目される。図1に年齢区分別将来人口推計を示す。人口に占める65歳以上の割合は、2010年は約23%だが、2015年には約27%、2035年には約34%と3人に1人の割合となる⁽¹⁾。このことから、社会全体として高齢化への対応が更に進むことが予測され、環境対応とともに家電製品や電材住設機器におけるユニバーサルデザインを意識した製品作りが必要となる。

環境関連では、世界各国で温室効果ガス削減の取組みが進んでいる。図2に示すように国内で約30%を占めている家電製品や電材住設機器などの民生機器のエネルギー消費削減について、過去様々な政策が実施され、トップランナー規制の導入によって機器の効率の改善が進み、テレビやルームエアコン、冷蔵庫など機器単体のエネルギー性能は飛躍的に向上し、世界の最先端のレベルを維持している。その一方で、民生機器のエネルギー消費の伸びはいまだに著しく、この増加に歯止めをかけることが課題である。そのため消費電力が少ない、エネルギー効率の良い家電製品への交換を促進する目的のため、エコポイント制度の政策が実施されている。

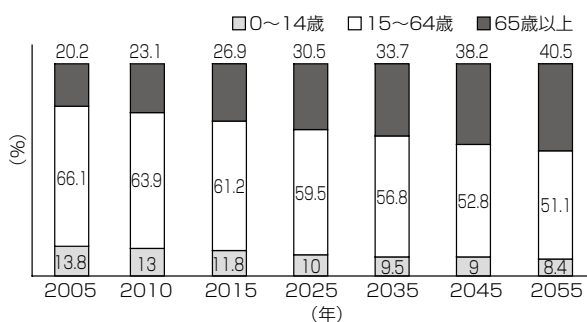


図1. 年齢区分別将来人口推計⁽¹⁾

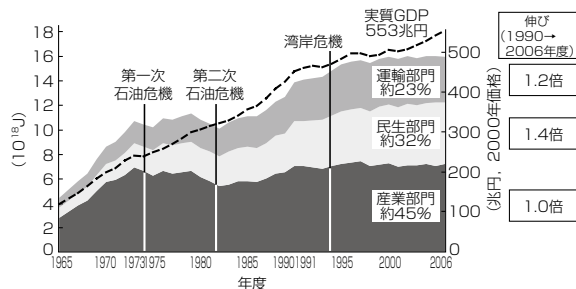


図2. エネルギー消費と実質GDPの推移(1990年を100とした場合)⁽²⁾

3. ユニ&エコチェンジの取組み

当社はこのような状況を踏まえて、生活が豊かになり、省エネルギーがもっと身近になる暮らしの実現に向け、ユーザーと一緒に“ユニ&エコチェンジ”することを目指している。そのためにエコにもわかりやすさ、使いやすさのユニバーサルデザインを取り入れたモノづくりをし、家族のだれもがエコでき、だれもが使いやすい製品デザイン(ユニバーサルデザイン)と環境負荷低減(エコロジー)の両立に取り組んでいる。

3.1 ルームエアコンにおける取組み

温暖化防止の観点から、家庭用エネルギー消費の約30%を占める空調の省エネルギー化は必要不可欠となっており、ルームエアコンの高効率化が求められている。

ルームエアコンは省エネ法で2010会計年度における基準値が定められている(表1)。基準値のAPF (Annual Performance Factor)は通年エネルギー消費効率を示すものであり、通年使用されるルームエアコンの使用実態に合った形の基準となっている。

当社のルームエアコンでは、この基準値を達成するため基本性能の高効率化を図るとともに、更なる省エネルギーを目指し、使用時の省エネルギーを実現する技術(ムダを省く機能・運転法)の開発も行っている。また、ユーザーが使用する際の省エネルギー推進と、ユーザーの省エネルギー意識向上を図るための省エネルギー効果の“見える化”をルームエアコンから導入した。

基本性能の高効率化技術として、熱交換器の管内伝熱性能を改善した伝熱管内面の溝形状最適化、圧縮機では熱収縮による周方向への把持力で圧縮機構部を固定する熱かしめ固定技術、分割コア集中巻きステータに高磁束の希土類磁石採用のロータからなるモータなどを開発した。また、ファンモータは軟磁性粉末複合樹脂を用い、厚みを連続的に変化した外周のマグネット形状に合わせたバックヨークを成形し、磁極中心に磁束を集中させるとともに、薄肉連結コア集中巻きステータと組み合わせ、高効率化している。

使用時の省エネルギー運転技術として、快適性を損なうことなくエネルギーのムダを省くことのできる運転技術と、初期の基本性能を極力低下させずに維持する二つの技術を開発している。

表1. ルームエアコンの省エネ法基準値

目標年度	2010会計年度：冷暖房／壁掛け形			2012会計年度：左記以外	
目標基準値 (APF)	冷暖兼用形		～3.2kW	～4.0kW	～5.0kW
	壁掛け形	寸法規定	5.8	4.9	5.5
		寸法フリー	6.6	6.0	
	壁掛け形以外のもの		5.2	4.8	4.3

ムダを省く省エネルギー運転技術としては、室温・湿度、外気温度検知に加え熱画像センサ“ムーブアイNavi”の熱画像分析によって、人の在・不在や位置検知による人のいるエリアに集中した空調、不在時の室温制御(例：暖房設定温度の低下、停止)、最適運転モード(外気温度による設定室温変更、空調停止など)で省エネルギーにつながるお知らせナビのアドバイス機能を搭載し、ユーザーと一緒に省エネルギーを行う新しい提案をしている。

また初期基本性能を、長い使用期間で極力低下させずに維持する技術では、熱交換器、ファンに付着するほこり、油污れを低減し、熱交換器の性能を維持する“ハイブリッドナノコーティング”やフィルタ自動清掃機能を開発した。疎水性汚れと親水性汚れの双方を防止する、無色透明な“ハイブリッドナノコーティング”は、親水性材料の薄膜に、疎水性のフッ素樹脂の微粒子を汚れの粒子よりも小さな間隔で分散させることによって、親水性、疎水性のどちらの汚れが付着してもコーティングの親水性部分と疎水性部分の両方に触れて不安定な状態となるため、気流や水分、振動などを受けて汚れがはがれやすい。また、表面の親水性物質が静電気を除去するので、帯電による汚れの付着も抑制する。これによって、清浄性が維持されるとともに、汚れの付着による性能低下も抑制でき、お手入れが楽になり、しかもコーティング膜は無色透明なため意匠性も損なうことがない。

3.2 調理家電(キッチン家電)における取り組み

調理家電は、キッチンで使用される機器として冷蔵庫、炊飯器、IH(Induction Heating)クッキングヒーター等がある。不況による節約志向、多発した食品偽造問題に始まる食の安全、子供への食育、メタボリックシンドローム対策などの健康意識の向上などから食事の手作り志向が高まり、外食が減少し、内食が増加している。一方で家事に向ける時間が減少し、調理時間の短縮にも様々な工夫がなされている。このような食生活の意識の多様化に対応し、省エネルギー化と安全とともにおいしさを向上させた製品開発が必要となっている。冷蔵庫はスーパーの特売日のまとめ買い、共働き増加も合わせ大容量化が進んだ。内食化が進んだことで、炊飯器はおいしいごはんを食べたいとの要求からおいしさを追求した高級炊飯器へと進化した。IHクッキングヒーターは高齢化の背景もあり、家庭での安全安心、お手入れのしやすさなどの向上によってオール電化とともに普及している。

冷蔵庫は365日24時間稼働し、家族のだれもが使うことから省エネルギーと使いやすさへの対応は重要である。また、食を預かる家電製品として、健康志向の高まりを見逃してはいけない。そこで野菜のビタミンCを増量させる野菜室を開発した。これは野菜の光合成作用を利用したものである。従来の冷蔵庫内は扉を閉めた状態では暗室であ

ったため野菜は呼吸作用しかできない。そのため野菜のビタミンCは減少する。当社の冷蔵庫は光合成を促すためにLED(Light Emitting Diode：発光ダイオード)を搭載し、保存中に野菜にLED光を照射することで、野菜のビタミンCを増量させる。ほかにも冷蔵庫では、凍った食品は切れないという常識を、包丁でも切れる-7℃の状態で保存する“切れちゃう冷凍”機能を開発し、家事労働の時短要求に対応した。大容量化が進む中、容量の大きさだけでなく、食品サイズに合わせてムダなく収納できるように、レバー操作だけで食品を載せたまま簡単に棚の高さを移動できる“動くん棚”を提案した。

大容量化に伴い、省エネルギー技術も進化させた。冷却器フィンの表面に微細な細孔を設けて親水性を高め、不均一な着霜による冷却性能の低下を防ぐ“ナノポーラス冷却器”を採用するとともに、冷却器のパイプ外側と内側の両側から霜を溶かす“ハイブリッドデフロストヒーター”(図3)を搭載し、霜取り効果を高め霜取り時間を従来の約半分に短縮することで省エネルギー性能を向上するとともに、霜取り時の庫内の食品温度上昇を抑制することで特に冷凍した食品をおいしく長持ちさせた。さらに、操作パネルに冷蔵庫の運転負荷状況を葉っぱの枚数(0~3枚)で表示する“ECOモニタ”を搭載し、省エネルギー運転状況の見える化でユーザーのエコ意識向上を図っている(図4)。省エネルギー運転状態の“見える化”による省エネルギーレベルお知らせ機能は、そのほかに液晶テレビ、掃除機、加湿空気清浄機に搭載した。

ジャー炊飯器は総需要に大きな変化はないが(2009年度約590万台)、加熱性に優れたIHタイプの構成比は全体の約70%に達し、内食ブームを背景に、ごはんを自宅でもおいしく炊く機能が求められ、2009年2月発売の“蒸気レスIH”は、蒸気口をなくして炊飯中に発生する蒸気に対する不満(湿気、温度、においの充満、棚や壁を傷めるなど)を解消する点が注目されたこともさることながら、ふきこぼれがなく大火力を持続して炊くごはんのおいしさでも高い評価を得た。使いやすさとおいしさを両立させ、デザイ



図3. ハイブリッドデフロストヒーター

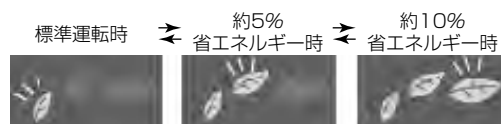


図4. 冷蔵庫ECOモニタ(操作パネル)

ンも優れた蒸気の出ないオンリーワンの蒸気レス炊飯器は、本質のおいしさと、蒸気が出ないことによる設置場所を選ばない新しい生活提案を実現し、蒸気でやけどをしないという本質安全が2009年度キッズデザイン大賞の受賞にも結びついた。

IHクッキングヒーターの2009年度需要は、住宅着工の落ち込みもあり前年比96%の年間約85万台と伸び悩んだが2010年度以降は伸張が予想されており、普及率も13%を超えると予測する。全需要の約82%を占めるビルトイン型では、IHヒーター2口と、鍋を選ばないラジエントヒーター1口を持つタイプのIHクッキングヒーターが大半を占める。これからも高齢化の進行や安全性から、市場拡大が期待できる製品である。当社は、ビルトイン型のタイプに、おいしい煮込み料理ができる“対流煮込み加熱”機能や、パンも焼けるグリルを搭載し、手軽に本格的な料理を家庭で楽しめる機種を開発した。また、鍋底温度を直接検知する“高感度光センサ”を搭載し、安全性や利便性を向上させた。

3.3 掃除機における取組み

2009年度の国内掃除機市場は約510万台で、全需は微減傾向だが、その中で高級サイクロンタイプが伸長している。掃除は掃除機以外にモップや使い捨てタイプの掃除用具など様々なものがあり、掃除したい場所や汚れ具合で用具が選ばれるようになっている。掃除はリセット家事と言われ、汚れ(マイナス)を基に戻す(リセット)だけで達成感がなく、高齢化とともに負担とを感じる家事であり、“本体の引き回し”“本体の重さ・サイズ”への不満から、特に高齢者からは“軽くて持ち運びしやすい掃除機”“吸引力が強い掃除機”が求められている。

当社は、2009年7月に中級機で当社従来品よりも約20%軽量化した最軽量^(注1)2.9kgのコンパクトな掃除機を提案した。新開発の“高性能コンパクトファンモータ”は、ファン部の直径116mmを維持しながら、モータ側からファン側へ流れる循環流を低減して、高い集じん性能を確保しつつ、電磁鋼板を薄くして軽量化を実現した(図5)。本体のハンドルは内部に窒素ガスを注入し中空箇所を作ることで、強度を確保したまま軽く握りやすいハンドルとし、軽量化と使いやすさを両立させた(図6)。家事における実働時間が短い省エネルギー意識が薄い掃除機であるが、高級機では床面の種類と、ブラシの操作速度を検知して、吸引力とブラシの回転数を自動でコントロールして消費電力を削減する“ECOモード”を搭載した。

3.4 ネットワーク機器における取組み

家電製品単体の省エネルギー化は進化しているものの、更に削減を推し進めるには家電製品や電材住設設備の効率的な利用を系統的に支援する必要がある。

(注1) 2009年7月7日現在、国内の吸込仕事率500W以上の紙パック式一般家庭用床移動型掃除機で。

当社では、家電製品単体の省エネルギーの“見える化”を進めているが、更に一歩進んだ家庭でのエネルギー消費量を可視化し、効率的な運用を支援する“見える化”システムが目玉されている。エネルギーがいつどこでどのように消費されているかを機器レベルで把握し、削減のポイントを見いだす。今後は“見える化”システムによって得た効率的な家電製品の運用制御アルゴリズムを、ホームネットワークによって接続された家電機器制御で実現するHEMS(Home Electronics Management System)が期待される(図7)。

当社ではHEMSを実現する技術として、家庭で消費される電力波形を解析することによって、稼働している家電製品を検出する稼働機器検知センサを開発した。家庭の分電盤にこのセンサを取り付けることによって、消費電力の計測とルームエアコン、IHクッキングヒーター、掃除機やテレビなど家電製品の稼働検知が可能となる。このセンサ情報を活用し、家庭内の消費電力を要求に応じて抑制し、人の生活行動を推定しムダな運転を防止することも可能である。また、家電製品の稼働状況を監視することによって、遠隔地で暮らす高齢者などの生活状況を見守ることも可能となる。このようにホームネットワーク技術、センシング技術並びに制御技術によって、エネルギー消費の削減による地球環境への貢献と、安心・安全な社会の実現を目指している。

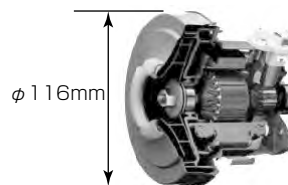


図5. 掃除機モータ

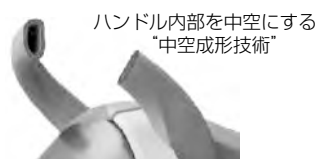


図6. 掃除機のハンドル部

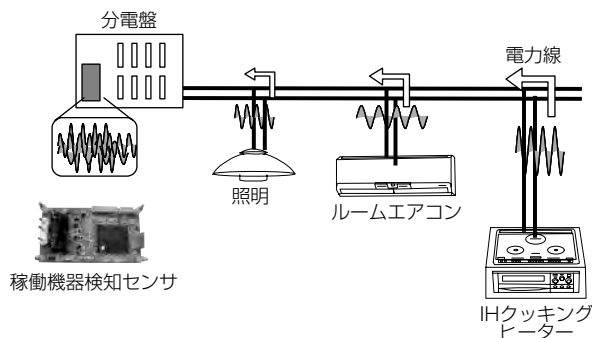


図7. HEMS

三菱電機技報・Vol.84・No.6・2010

使用者と一緒につくる省エネルギーを提案する ルームエアコン “霧ヶ峰ZWシリーズ”

中川英知*

Room Air-conditioner "Kirigamine ZW Series" Suggests Energy Saving to Make with a User

Hidetomo Nakagawa

要 旨

家庭部門における温室効果ガスの排出量は増加傾向にあり、2008年では京都議定書の規準年に対し34.7%増という状況である⁽¹⁾。家庭における機器別の消費電力を比較すると、エアコンは約1/4を占め最も大きいと言われており、家庭から排出される温室効果ガス削減のため、消費電力削減が不可欠である。

ここ10年間のエアコン能力別省エネルギー改善推移を見ると、販売比率が最も大きい2.2kWクラスの省エネルギー改善推移は、10年間でAPF(Annual Performance Factor)12%改善と4.0kWの半分以下であった(4.0kWクラスは10年間でAPF26%改善)。そこで、キーデバイスである圧縮機・ファンモータ・熱交換器に対して独自の省エネルギー技術開発を行った。その結果、APF7.0の壁を超え

るという大幅な省エネルギー改善に成功した。

また、エアコンは使い方によって無駄に電力を消費する場合があった。そのため、機器の効率化に加え、使い方による無駄な電力抑制が重要になる。そこで、独自のセンシング技術を駆使し、今まで使用者が気付きにくかった使い方を、リモコンに表示しナビゲートする“おしらせナビ”機能を搭載し、使用者と一緒につくる、一つ上の省エネルギーを提案する。

これら独自の省エネルギー技術が評価され、三菱電機ルームエアコン“MSZ-ZW220”で、平成21年度省エネルギー大賞(機器・システム部門)経済産業大臣賞を受賞することができた。

誕生。 ナビする エアコン



気持ちいい省エネへ、ナビゲーション。
ムーブアイNavi

お知らせ 冷暖房の快適と省エネを予測してメッセージでお知らせ。

うっかりドアを開け忘れることが多く・・・

カーテン・ドアが開いてませんか

閉めると省エネできます

エアコンの効きがよくなったみたい。

窓を開けたら外の方が涼しいかも。

外の気温が下がっています

運転停止がおすすめです

毎月請求書を見るまで電気代がわからなくて不安だね。

電気代が

今月は目標どおりにおさまりそう。

設定使用料に近づきました

暖房をつけるとお肌の乾燥が気になるわ。

お部屋が乾燥してきています

お肌もしっとり。

ミストでお肌を保ちます

カンタン ボタンを押すだけでカンタンナビゲーション。

① おしらせナビボタンを押すとメッセージを受け取ります。

② メッセージ表示

外の気温が下がっています

運転を停止しますか?

③ ワンボタンで設定

はいおしらせを押すいいえ温度を調整

温度 28℃

納得 節約した電気代が、目で見える。

「エコ貯金箱」で楽しく省エネ 三菱だけ! ●2010年1月現在。(当社調べ)

「ムーブアイNavi」と表示例

「おしらせナビ」による省エネ行動で節約できた累積の電気代をアニメーションでお知らせします。

使った電気代は、エアコン本体で確認できます。

霧ヶ峰 ムーブアイNavi

8素子内蔵のサーモパイル型赤外線センサ“ムーブアイNavi”が往復運動することで熱画像を取り込み、部屋全体をきめ細かく立体的に分析する。室内温度・室内湿度・室外温度に加え、床・壁からの輻射(ふくしゃ)熱、日射熱、ドア・窓の開閉状態、人の居場所、人の活動量、人の動く範囲から部屋の間取りを学習し、今まで気付かなかった冷暖房の無駄や、もっと快適な使い方までリモコンにメッセージを知らせる“おしらせナビ”機能を搭載した。

1. ま え が き

エアコンの能力帯の中で販売比率が最も大きい2.2kWクラスの省エネルギーは、大容量クラスと異なり熱交換器伝熱面積の拡大が性能改善に寄与しにくく、省エネルギー化が困難なクラスである。そのため、省エネルギー推進のためにはキーデバイスそのものの効率改善をすることが重要である。

次に、(財)省エネルギーセンターの“家庭の省エネ大事典”では、“カラダにも地球にも、優しい使い方、快適空調のコツ”として次の内容を推奨している。

- ①室温は、冷房時28℃、暖房時20℃を目安にする。
- ②冷暖房は必要ときだけつける。
- ③フィルタを月1回か2回清掃する。
- ④ドア・窓の開閉は少なくする。
- ⑤カーテンを有効活用する。

これらのことを推進するために、定期的にフィルタのほこりを取り除くフィルタ自動お掃除機構の搭載や、使った電気代をエアコン本体で確認できるように表示させる“見える化”によって、使用者に省エネルギー行動を促してきた。しかし、使用者はどのような省エネルギー行動をいつ行えばよいか分からないのが実態であった。そこで、8素子内蔵のサーモパイル型赤外線センサ“ムーブアイNavi”が往復運動することで熱画像を取り込み、部屋全体をきめ細かく立体的に分析し、室温・湿度・外気温に加え、床・壁からの輻射熱、日射熱、ドア・窓・カーテンの開閉状態、人の居場所、人の活動量、人の動く範囲から部屋の間取りを学習し、これまで気付かなかった冷暖房の無駄や、もっと快適な使い方までお知らせする“おしらせナビ”機能を搭載した。

本稿では、これら省エネルギー技術の事例について述べる。

2. キーデバイス効率改善

キーデバイス(圧縮機・ファンモータ・熱交換器)に対し独自の省エネルギー技術開発を行った。その結果2.2kWクラスで、10年間でAPF約12%(5.7→6.4)の向上に対し、2010年モデルは、対前年APFを約11%(6.4→7.1)向上させ、10年かけて進化してきた省エネルギー改善と同じレベルの改善を1年間で実現することができた(表1)。

2.1 圧縮機の効率改善

圧縮機における損失は、圧縮機構部における熱授受やモレによる“図示損失”、摺動(しゅうどう)部の摩擦による“機械損失”、モータの鉄損、銅損などの“モータ損失”に分けることができる。これらの損失のうち、モレ損失の最も有効な改善手法としてシリンダ高さの縮小が挙げられる。しかし、従来の“アークスポット固定”では溶接による反力でシリンダ内径側への歪(ひず)みを制御するのが難しく、

剛性低下を伴うシリンダ高さの縮小は実現困難であった。それに対し独自の生産技術“熱カシメ固定”では、熱収縮による周方向への把持力で圧縮機構部を固定するため、シリンダの変形が小さく、シリンダ高さの縮小が可能となる。またシリンダ高さの縮小によって冷媒ガスの圧縮によるガス負荷も低減され、回転軸の軸径を細くすることが可能となり、機械損失を低減した(図1)。

さらに、独自の分割コア集中巻きステータに高磁束の希土類磁石採用のロータからなるモータを搭載し、高効率化を達成した。独自の技術である分割コアは、巻線を巻く工程で図2のとおり各ティースの関節部を軸にコアが展開でき、整列性が高くかつ高密度の巻線を実現できる。この技

表1. 省エネルギー機種における消費効率比較

	1999年度	2009年度	2010年度
型名 (省エネルギー機種)	MSZ-SFX22F	MSZ-ZW229 MSZ-ZXV229	MSZ-ZW220 MSZ-ZXV220
外形寸法(mm)	内: 275/815/195	内: 295/898/295	内: 295/898/313
高さ/幅/奥行	外: 540/710/255	外: 550/800/285	外: 550/800/285
省エネ法 目標基準値		寸法規定 APF 5.8	寸法規定 APF 5.8
達成率		110%	122%
APF(注1)	5.7	6.4	7.1

(注1) APF(通年エネルギー消費効率)はJIS C 9612による。

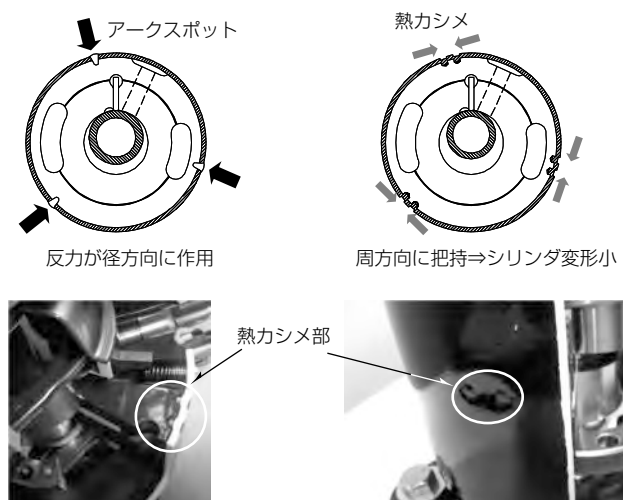


図1. 固定工法の比較

分割コア集中巻きステータ

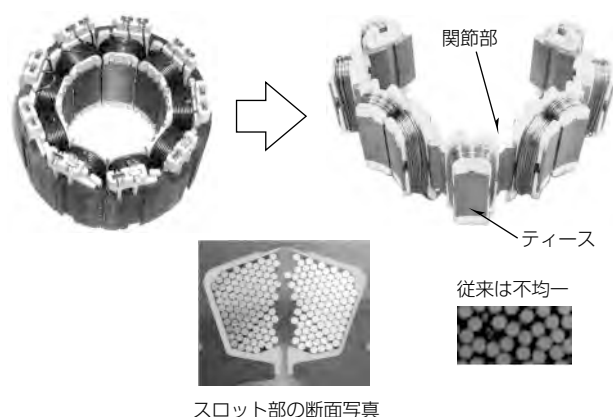


図2. 分割コア集中巻きステータ

術によってスロット部における巻線の占積率が向上し、従来よりも太い線径の巻線の採用が可能となり、巻線の低抵抗化による銅損低減を実現している。また、高磁束の希土類磁石を採用することによって同一トルクでのモータ電流が減少し、インバータの損失低減に貢献している。

2.2 ファンモータの効率改善開発

従来ファンモータのロータはフェライトや希土類マグネットを用い、周方向にN極とS極が交互に並ぶ円筒形状であった。今回は射出成形可能な軟磁性粉末複合樹脂を用い、厚みを連続的に変化させた外周のマグネット形状(偏肉形状)に合わせたバックヨークを成形することによって、磁極中心に磁束を集中させることを可能にし、薄肉連結コア集中巻きステータと組み合わせ、モータの高効率化を実現した(図3)。

2.3 熱交換器の効率改善

空調用熱交換器は、冷媒の流れる伝熱管と空気へ熱を伝えるフィンで構成されている。伝熱管は、一般的に伝熱促進のため管内に伝熱溝が形成されている。フィンと伝熱管を密着させるために、伝熱管内に拡張プラグを挿入し伝熱管を押し広げる拡張工程があるが、この工程時に伝熱溝の潰(つぶ)れが発生する。伝熱溝が潰れてしまうと、管壁に存在する液冷媒の膜厚が増加し管内伝熱性能が低下する。そこで、伝熱溝の潰れを抑制させるため、あえて拡張時に拡張プラグと接触させる高い溝(捨て溝)と拡張プラグと接触しない低い溝を配置した新溝形状の伝熱管を開発した(図4)。新溝形状によって、拡張工程での溝潰れを限定することができ、溝潰れ時の液冷媒の滞留を抑制し、管内熱伝達率を向上させた。また、溝高さの高い捨て溝を支点とした多角形拡張管によってフィンと伝熱管の密着が良くなり、管外熱伝達率を向上させた。

3. 使用方法による省エネルギー技術開発

人が感じる暑さ、寒さ(体感温度)の温熱環境を構成する要素は、室温、湿度に加え気流や床壁温度(輻射熱)、さらに人の活動状態が大きく寄与する。

従来のエアコン制御は、高い所に設置されたエアコンの

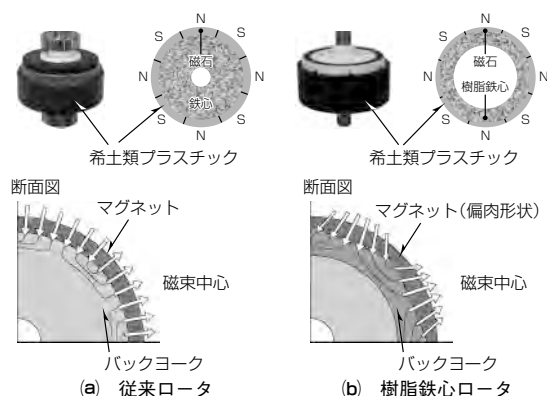


図3. ファンモータのロータ改善

吸い込み温度のみで風速及び能力を制御していた。そのため部屋上部が暖くなる暖房時は、部屋上部が設定温度に近付き、床面が寒い状態でもパワーを弱め省エネルギー運転に入っていた。そのため、使用者の体感温度は低くなり、設定温度を上げる要因となる。そこで室温・湿度・外気温に加え、当社独自技術の“ムーブアイNavi”で取得した熱画像を分析し、従来運転と比較し最大65%の省エネルギー効果を得ることができた(表2)。

3.1 ムーブアイNaviによる省エネルギー

“ムーブアイNavi”は、垂直方向に直配列された8素子内蔵のサーモパイル型赤外線センサをステップモータによって細かく回転往復駆動させ、室内の温度分布を94回に分けて測定し、合計752か所(8行×94列)の熱画像を取得する。この熱画像データを約30秒ごとに抽出することで、部屋の床面の温度分布の検出はもちろん、熱画像データから熱の移動をとらえることで、人の存在位置確認を可能にした(図5)。

また人の存在位置の累計情報や据付け位置情報から、床と壁を分離し、人と壁との距離を空間認識することを可能

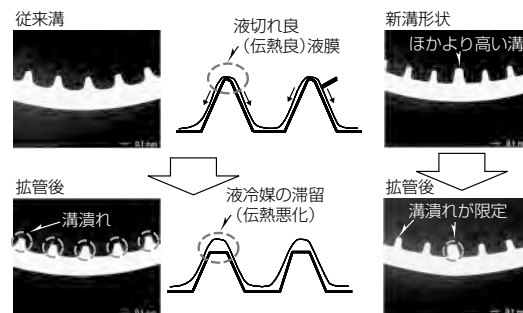


図4. 拡張後の伝熱管内の溝形状比較

表2. 従来運転と各運転時の消費電力比較(暖房)

	設定モード	安定時消費電力(W)	省エネルギー効果
a	従来運転	632	ベース
b	体感自動	456	約30%
c	人位置エリア体感自動	338	約45%
d	活動量エリア体感自動	224	約65%

a: エアコン吸込み温度のみで運転している従来の空調
b: ムーブアイを搭載し部屋全体を(体感自動)空調
c: bに加えて人がいる1エリアだけを(人位置エリア体感自動)空調
d: cに加えて活動量を加味した(活動量エリア体感自動)空調(部屋の広さは8畳, リモコン設定体感温度23℃)

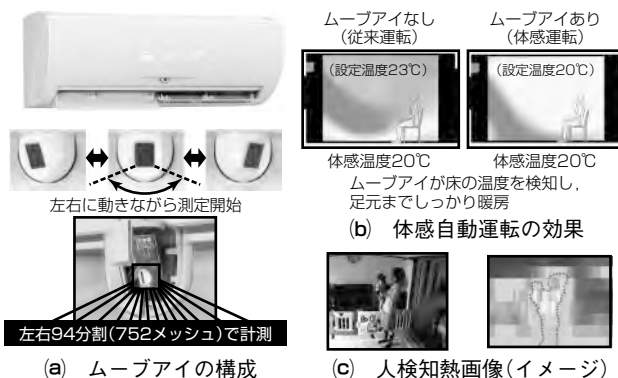


図5. ムーブアイの効果

にした。これらのセンサからの情報によって体感温度を補正することで、同一快適性のまま省エネルギー性を高めることが可能となった。

3.2 おしらせナビ機能

表3に、エアコンの上手な使い方とエアコン機能の対応を示す。表から分かるように、“ムーブアイ”を利用した無駄な電力消費を防ぐフルオート空調だけでは、使用者の意識を必要とする上手な使い方までは網羅できない。更なる温室効果ガス削減に向けては、今までは使用者の意識に任されていた省エネルギー行動についても踏み込む必要がある。

そこで、今まで使用者に任されていた“使い方の工夫”をエアコンが教えてくれる機能“おしらせナビ”を搭載することで、使用者に省エネルギー行動を促し、エアコンの性能を最大限発揮できるようにした。

表示される省エネルギー行動の例として、①必要なときだけ運転することに対して、“設定温度に対し外気が低い場合は、送風運転又は運転停止”を促す。次に②適切な運転モードの選択に対して、“スイングの風で涼くさせる涼感運転”を促す。③より積極的な設定温度変更に対しては、“夏28℃、冬20℃の設定温度”を促す。④カーテンの有効利用に対して、“カーテン・ドアを閉めること”を促す。最後に⑤その他省エネルギー意識の向上として、長期エアコンを使用しない場合に対して、“コンセントを抜くこと”を促す。

具体的な“おしらせナビ”機能の流れは、①ムーブアイ等のセンサで部屋の状況をキャッチし、②エアコンは本体にある“ナビランプ”を点灯させる。③ランプを確認した使用者はリモコンにある“おしらせナビボタン”を押す。④リモコンの液晶表示部の“おしらせ画面”にメッセージが現れ、運転モードを変更する場合では、“おしらせナビボタン”で設定を変更することができる仕組みとなっている(図6)。さらに、“ムーブアイ”と“おしらせナビ”によって得た省エネルギー効果の累積金額を“エコ貯金箱”としてリモコン上にアニメーションで表示する。アニメーションは金額によって変化させ、楽しみながらエアコンと使用者が行った省エネルギー効果を確認でき、更なる省エネルギー行動を促すよう工夫を行った。

(独)新エネルギー産業技術総合開発機構(NEDO)によると、省エネルギー効果の見える化を行うことで、使用者の節電意識が高まり、10～15%の節電を図る効果があると言われている。エアコン本体に電気代やCO₂排出量を表示させることによる“見える化”に加え、運転中にエアコンの上手な使い方の工夫を教えてくれる“おしらせナビ”を追加し、省エネルギー行動を更に促進する効果が期待できる。

4. む す び

MSZ-ZW220は、キーデバイスに当社独自の省エネルギー

表3. エアコンの上手な使い方とエアコン機能の対応

上手な使い方		エアコンがすること	
快適向上	風量・風向を最適に調整	体感制御	
	設定温度をこまめにかえる		
ムダなし運転	人のいる所を中心に空調	エリア空調	ムーブアイが実現
	つけっぱなしにしない(タイマー)	不在省エネ	
	人の活動量に応じた空調	活動量検知	
	フィルタのこまめなお手入れ	自動お掃除	
使用者の意識に任される内容	①必要なときだけ運転する	もっと省エネな運転 アドバイス	おしらせナビが実現
	②適切な運転モードの選択		
	③より積極的な設定温度の変更 (夏28℃、冬20℃)		
	④カーテンの有効利用		
	⑤その他省エネルギー意識の向上		

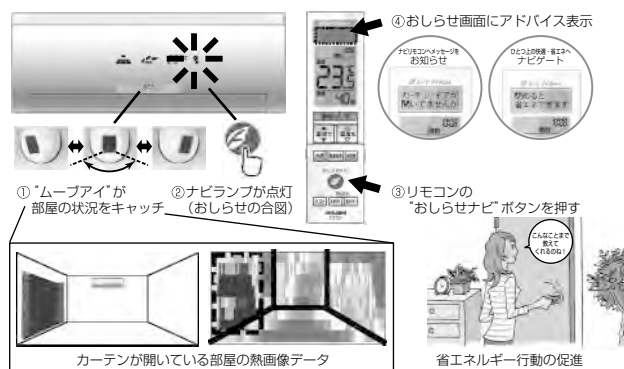


図6. “おしらせナビ”機能

ー技術を投入することで、冷暖房兼用機・直吹き形で壁掛け形の寸法規定タイプにおいて、業界最高^(注2)の通年エネルギー消費効率(APF)7.1を達成した。また、使用者が今まで気付きにくかった省エネルギー行動を“おしらせナビ”機能でお知らせすることで、使用者と一緒につくる、一つ上の省エネルギーを提案する。これら独自の省エネルギー技術が評価され、MSZ-ZW220は、平成21年度省エネルギー大賞(機器・システム部門)経済産業大臣賞を受賞することができた。

さらにZWシリーズでは、業界に先駆けた混合プラスチックの自己循環リサイクルや、長期使用促進のために製品の汚れ付着を低減するハイブリッドナノコーティング技術を搭載し、循環型社会形成に向けた取り組みも行っている⁽²⁾。今後も、キーデバイスの省エネルギー技術の開発を進め、使用者と一緒につくる、一つ上の省エネルギーを進化させていきたい。

(注2) 2010年3月25日現在、当社調べ

参 考 文 献

- (1) 国立環境研究所 温室効果ガスインベントリオフィス：日本の温室効果ガス排出量データ(1990～2008年度速報値)(2009)
- (2) 斉藤 直：ルームエアコンの環境配慮設計，三菱電機技報，83，No.10，627～630(2009)

“光ビッグシリーズ” 冷蔵庫の新機能

柴田舞子*
田代雄亮**
岡部 誠***

New Features of "E Series" Refrigerator

Maiko Shibata, Yusuke Tashiro, Makoto Okabe

要 旨

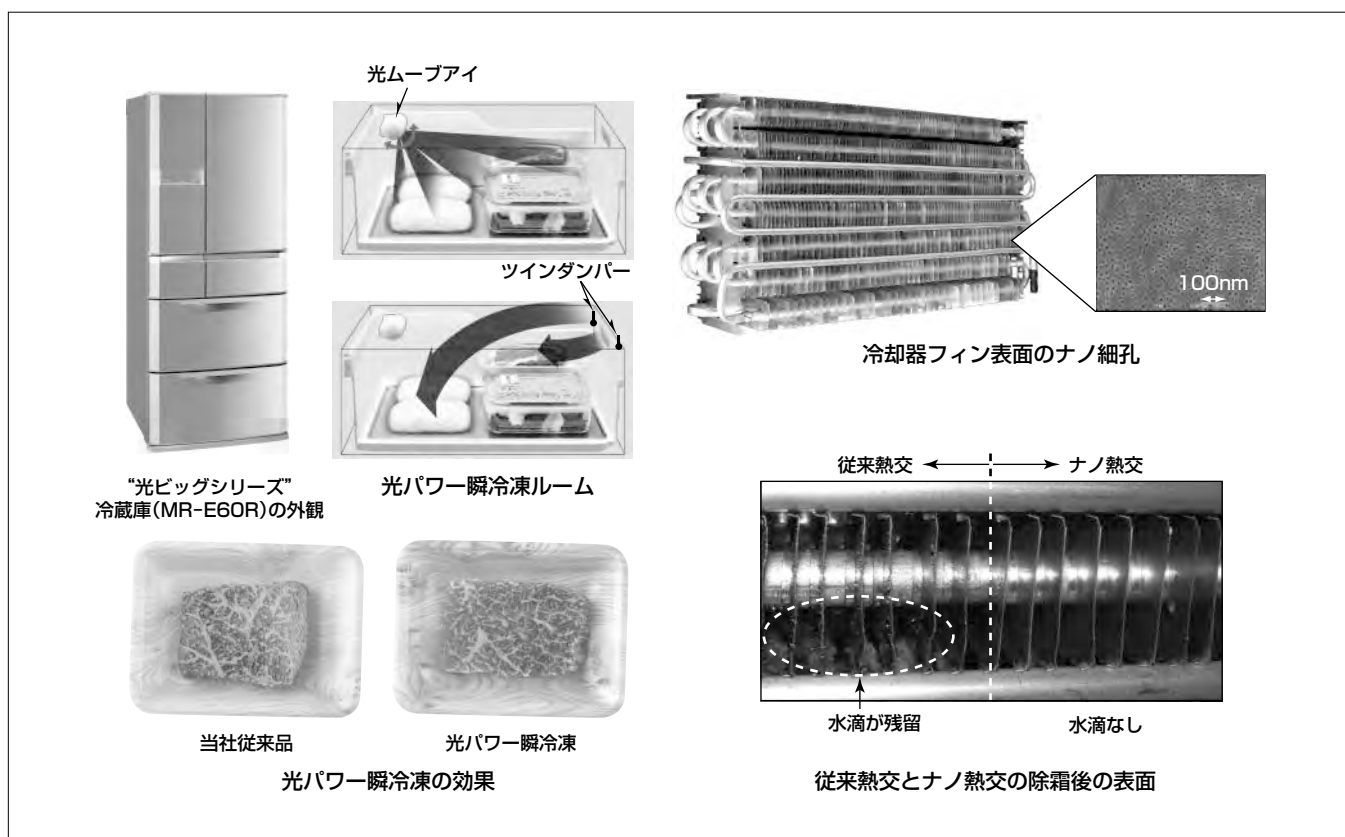
食品の安全志向の高まりや健康志向の高まりから、冷蔵庫には食品の鮮度・栄養保存機能の向上が求められている。また大容量、省エネルギーは、常に要求として上位に挙げられる。三菱電機冷蔵庫“光ビッグシリーズ”では、“おいしい、使いやすい、大容量。しかも省エネ。”をコンセプトとし、次の新機能を開発した。

(1) “光パワー瞬冷凍”機能

食品を、過冷却現象を利用した“瞬冷凍”で高品質に冷凍し、可動式赤外線センサ“光ムーブアイ”で食品の温度をきめ細かく管理し、食品と空気の温度変動を小さくすることで、保存中の食品の乾燥を抑制できる保存技術を開発した。これによって、食品への霜つき量を従来の約1/2に低減し、またそれに伴う変色や酸化を抑制した。

(2) 省エネルギー新技術

冷蔵庫の省エネルギー化のため、着霜時の性能改善・除霜時間短縮をねらい、冷却器フィン表面にナノサイズの細孔(ナノ細孔)を持つナノポーラス熱交換器(ナノ熱交)を開発した。ナノサイズの細孔によって、着霜初期の凝縮液滴の合体が抑制され霜密度が高くなるため、風路閉塞(へいそく)が遅延され、冷却能力の低下が抑制され、積算冷却能力が約22%増加した。またナノ細孔内の空気層によって、水滴の滑着性が向上し、同一着霜量での除霜に要する時間が約20%短縮した。このような効果を持つナノ熱交を冷蔵庫に搭載した結果、着霜時の性能向上と除霜時間短縮によって消費電力量が約1.3%低減した。



“光ビッグシリーズ” 冷蔵庫の新機能

新機能“光パワー瞬冷凍”は、食品温度を感知する可動式赤外線センサ“光ムーブアイ”を保存時も動作させ、状況に応じてツインダンパーで気流制御を行うことで、食品温度を安定させて、霜つきや変色を抑制する(図左)。“ナノ熱交”では冷却器フィン表面のナノ細孔によって、風路閉塞が遅延され、冷却能力の低下が抑制される。またナノ細孔内の空気層によって、水滴の滑着性が向上し、除霜に要する時間が短縮される(図右)。

1. ま え が き

冷蔵庫は、国内で約400万台/年の市場規模で推移しており、今後も人間の食生活に半永久的に必要な家電製品である。また、近年の内食回帰の流れから、冷蔵庫にはおいしく保存するための食品の鮮度・栄養保存機能の向上が求められ、また大容量、省エネルギーは、常に要求の上位に挙げられている。三菱電機冷蔵庫では、“おいしい、使いやすい、大容量。しかも省エネ。”をコンセプトとし、新機能開発を行った。

2. “光ビッグシリーズ”の新機能

2.1 “光パワー瞬冷凍”機能

近年、食品のおいしさ、安全性への消費者意識の高まりから、食品の保存状態に対する要求は増している。高品質な保存とは、冷凍前後でおいしさが変わらないことである。冷凍保存の場合、食品を凍らせる凍結工程、凍結後の食品を保存する保存工程があり、当社では各工程でおいしさを維持できる“光パワー瞬冷凍”機能を開発した。この“光パワー瞬冷凍”は、凝固点以下でも凍らない過冷却現象を利用した“瞬冷凍”によって、凍結工程での品質向上の実現と、保存中に食品温度をセンシングすることで、庫内温度と食品温度とを一定に保ち、食品の霜つき、変色を抑制する保存技術によって高品質保存を実現した。これによって、凍結から保存までの全工程での品質向上を実現し、家庭用冷蔵庫で高品質な冷凍保存を可能とした。

2.1.1 凍結工程の品質向上

当社が2007年から搭載した“瞬冷凍”とは、過冷却現象を利用した冷凍方法である。過冷却とは、物質が凝固点以下の温度でも液体のままである状態をさす。例えば、水が氷に変わるためには、氷の結晶が成長する場が必要であり、それは小さい分子レベルでの氷結晶核である。過冷却液体中では、揺らぎによって分子の集合離散が繰り返され、いろいろな大きさの分子集合(クラスター)が生じていると考えられる。小さな水分子のクラスターは不安定であり、内部の分子は結合状態にあるが、表面の水分子は不安定で形成されては消えを繰り返す(図1)。クラスターがある臨界半径を超えない限り核にはならず、凝固点以下に達していても凍結は開始しない。この状態が過冷却状態である。物

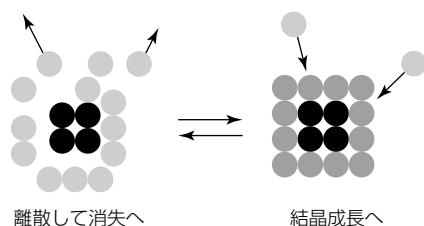


図1. 氷結晶の成長と消失のイメージ図

理的衝撃などの外乱が加えられ、液体内の密度の揺らぎが大きくなり、臨界半径以上のクラスターが一つでも生じると、それが核となり氷結晶を生成する。過冷却状態の水を叩(たた)くと水ができるのはこのためである。実際の食品の場合、食品は物質の混合物であるので、それらを核として氷結晶を生成することが多い。いったん氷結晶核が生じ過冷却状態が解消されると、一気に凍結が開始する。

一方、従来の凍結方法では、冷気が当たる食品表面から徐々に凍結が開始し、表面から内部へと氷結晶が形成され、氷結晶は針状の結晶となる。形成される氷結晶が大きくなると、食品の組織や細胞へ与える機械的損傷が大きくなり、解凍後の食品の物性に影響を与える。例えば、解凍時のドリップ流出や食感の低下が、物性変化の現れとして挙げられる。これに対し、過冷却状態を経て凍結させる“瞬冷凍”では、食品全体に氷結晶を均一に生成し、最終的な氷結晶も微細な球状とすることができるため、食品の組織構造の破壊を抑制し、解凍後も食品の物性を維持することができる。

過冷却状態は準安定状態であるため、氷結晶核が発生すれば、瞬時に凍結が始まる。従来の冷凍室では、すぐに過冷却状態が解消され凍結していた。そのため“瞬冷凍”では、可動式赤外線センサで食品温度を検出し、温度のフィードバック制御を行っている。これによって、食品を過冷却状態へと到達させ凍結させることができるため、高品質な冷凍が実現した(図2)。

2.1.2 保存工程の品質向上

冷凍保存中における食品の霜つき、変色は、温度変動による食品の乾燥が原因である。冷凍保存中の乾燥は、氷の昇華によって水分が減るため、食品の深部まで空気による酸化作用が及びいわゆる冷凍ヤケを招き、見た目だけでなく食感、風味も劣化する。そのため保存中の乾燥抑制は、高品質保存のために極めて重要である。今回、保存中の温度変動を抑制することで食品の乾燥を低減し、霜つき、変色を抑制する保存方法を実現した。

一般に冷蔵庫は、圧縮機のON/OFF運転による温度ハンチングや、霜取り動作であるデフロストによる温度変動がある。食品の乾燥は、これらの温度変動が原因となっている。空気温度が上昇すると、食品の温度も上昇する。空

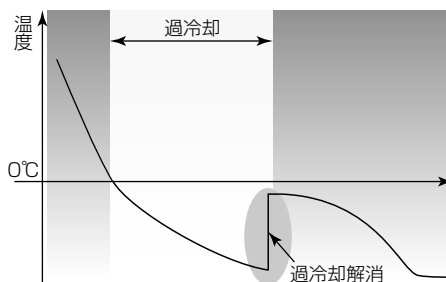


図2. 過冷却を経て凍結した温度変化イメージ

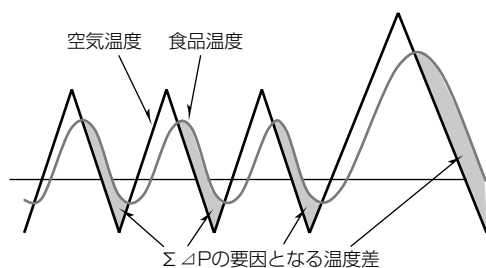


図3. 空気温度・食品温度のイメージ

気温度が元の温度へと下降すると、食品も冷却されて下降するが、食品は空気より熱容量が大きく、空気温度より遅れて下降するため、食品温度の方が空気温度よりも高い状態となる。このときの水蒸気圧は、食品温度の水蒸気圧が空気温度の水蒸気圧よりも高く、水分は水蒸気圧の低い方へと移動するので、食品中から空気中へと水分が移動し食品の乾燥が起きる。このように空気中へと移動した水分は、包装の表面などに付着し結露するため、霜として現れる。

単位時間に食品から喪失する水分量を W (kg/h) とすると、次式(1)によって表されることが知られている。

$$W = \beta F (P_2 - P_1) \quad \dots\dots\dots (1)$$

β : 食品の表面の性状による蒸散率 (kg/m²h(mmHg))

F : 食品の表面積 (m²)

P_1 : 食品に接している空気の水蒸気圧 (mmHg)

P_2 : 食品の表面の水蒸気圧 (mmHg)

ここで、 β 、 F は一定と考えられるため、水分喪失量 W は、 $P_2 - P_1 = \Delta P$ で決まる。したがって、食品からの水分喪失量 W は空気温度の水蒸気圧 P_1 と食品温度の水蒸気圧 P_2 との差分で算出することができる。図3に示す冷蔵庫の温度変動のうち、斜線部分に相当する水蒸気圧差 ΔP の積算値 $\Sigma \Delta P$ を求め、この積算値 $\Sigma \Delta P$ と、食品の水分喪失量 W との関係は、一次関数で表せる相関を持つことを見いだした。この関係に着目し、食品温度と空気温度との差を小さくすることで、水蒸気圧差の積算値 $\Sigma \Delta P$ を抑制し、食品の乾燥を低減する温度シーケンスを開発した。

従来、庫内温度のみをセンシングし、シングルダンパーを全開／全閉を繰り返していたため、温度変動は大きくなっていた。しかし、“光パワー瞬冷凍”では、食品温度をセンシングする可動式赤外線センサ“光ムーブアイ”を搭載するとともに、気流制御にツインダンパーを採用した。保存時も“光ムーブアイ”を動作させて食品温度をセンシングし、状況に応じてツインダンパーでの気流の微調整を行うことで、庫内温度と食品温度を一定に保つことを可能とした(図4)。さらに、あとで述べる省エネルギーの観点から除霜時間が短縮され、除霜による温度変動も抑制された。これらによって、食品への霜つき量を従来の約1/2に低減し、またそれに伴う変色や酸化を抑制した(図5、図6)。

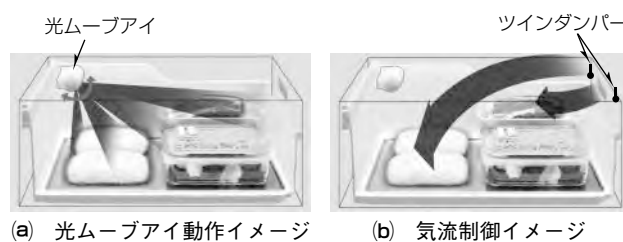


図4. 光パワー瞬冷凍ルーム

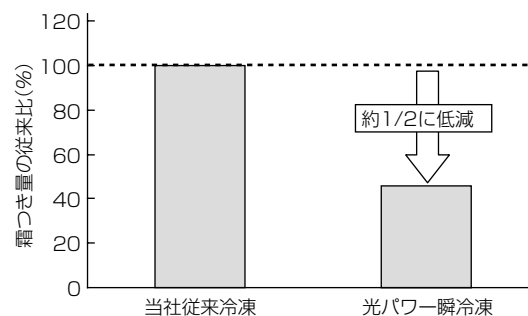


図5. 霜つき量の比較(牛肉を2週間保存)

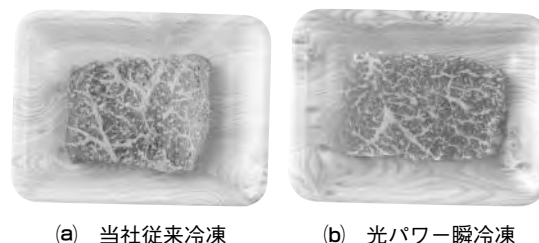


図6. 食品外観の比較

3. 省エネルギー新技術

空調・冷熱機器は、低温条件下で蒸発器の表面温度が0℃以下になると、熱交換器に流入する空気中の水分が熱交換器フィン表面で霜となって付着する。着霜が進むと、フィン間は霜で閉塞され、風量低下によって熱交換器の能力が低下する。性能低下を避けるため、機器は定期的に除霜運転をするが、除霜中はヒーターなどの余分な入力が必要となり、また冷熱機器では庫内温度の上昇を引き起こす。このため、着霜条件下での熱交換器の性能低下抑制・除霜時間の短縮は空調・冷熱機器の省エネルギー、冷蔵庫ではさらに食品の保存に有効である。

3.1 ナノポーラス熱交換器

冷蔵庫では、庫内温度維持のため、冷却器の表面温度は-30℃近くまで低下する。扉開閉や庫内食品から発生する水分が冷却器表面で着霜するため、冷蔵庫はおおよそ日に1回程度除霜運転している。

冷蔵庫の省エネルギー化のため、着霜時の性能改善・除霜時間短縮をねらい、冷却器フィン表面にナノサイズの細孔を持つナノポーラス熱交換器(ナノ熱交)を開発した。冷却器を陽極酸化処理することで、フィン表面に約10ナノメートルの細孔を形成することに成功した(図7)。

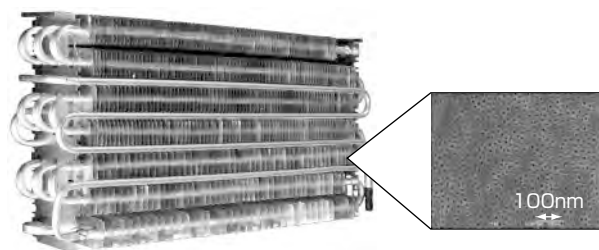


図7. 冷却器フィン表面のナノ細孔

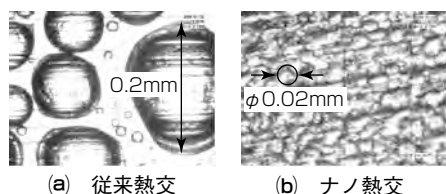


図8. 従来熱交とナノ熱交の凝縮液滴の生成状況

3.2 着霜時の性能

図8に、冷却開始から5分後の冷却器フィン表面での凝縮液滴の生成状況を当社従来の熱交換器(従来熱交)と比較した結果を示す。ナノサイズの細孔によって着霜初期の凝縮液滴の合体が抑制され、約1/10に細径化している。これによって各液滴から霜が均一に成長し霜密度が高くなるため、同一着霜量での風路閉塞が遅延され、着霜進行に伴う冷却性能の低下を抑制できる。

従来熱交とナノ熱交の単体能力を測定した結果を、図9に示す。ナノ熱交は風路閉塞の遅延によって、冷却能力の低下が抑制され、積算冷却能力が約22%増加した。

3.3 除霜時の性能

ナノ熱交は、着霜時の冷却性能向上に加えナノ細孔内の空気層によって、水滴の滑落性が向上し、除霜時間が短縮する。同一着霜量での除霜に要する時間を従来熱交と比較したところ、ナノ熱交では除霜時間が約20%短縮した。これによって、除霜に要する消費電力量を低減することができる。また滑落性の向上によって除霜後のフィン残留水滴が減少し、除霜復帰時の着霜も遅延される。図10に、除霜後の冷却器表面の水滴残留状況を示す。ナノ熱交では水滴の残留がないことが確認できた。

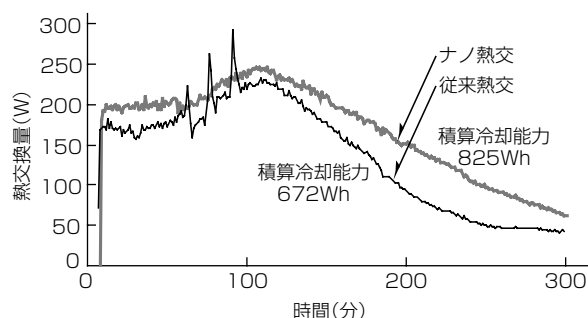


図9. ナノ熱交と従来熱交の単体性能評価結果

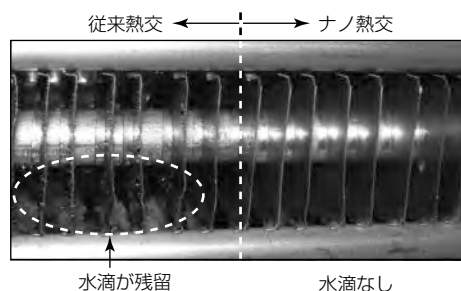


図10. 従来熱交とナノ熱交の除霜後の表面

3.4 実機省エネルギー効果

ここまで述べたような効果を持つナノ熱交を冷蔵庫に搭載した結果、着霜時の性能向上と除霜時間短縮によって、消費電力量が約1.3%低減した。ナノ熱交は2009年9月から冷蔵庫に量産導入されている。

4. む す び

三菱電機冷蔵庫“光ビッグシリーズ”の新機能について述べた。今後も、おいしさ、省エネルギーといった多様な観点から、市場要求に対応した製品開発に臨んでいく。

参 考 文 献

- (1) 社団法人冷凍空調学会：新版 食品冷凍技術 (2009)
- (2) 平敷 勇：冷凍「瞬」時代の到来－冷凍冷蔵庫の変遷と最新情報－，住まいと電化，20，No.4，21～24 (2008)
- (3) 加藤舜郎：食品冷凍の理論と応用，光琳書院 (1960)

蒸気レスIHジャー炊飯器

中村輝男*
河東ちひろ**
根岸和善***

Steam-less IH Rice Cooker

Teruo Nakamura, Chihiro Kawahigashi, Kazuyoshi Negishi

要 旨

炊飯器を使用する上での不満点を調査(三菱電機独自調査)すると、炊飯中に生じる蒸気を不快と思う人が約半数を占めており、その内訳は、炊飯器周辺の棚や壁を汚すため置き場所に対する悩みや、拭(ふ)き作業が煩わしいといった湿気的不满がもっとも多く、ほかには高温やにおいの充満が不快との声が挙がっている。

こうした不満を解消するため、“水冷式蒸気回収システム”を開発し、世界で初めて^(注1)、蒸気を外へ出さない^(注2)、天面に蒸気口がない密閉構造の炊飯器を開発した。

さらに、蒸気を出さないことは、不満の解消だけでなく、おいしさの向上にも大きく寄与している。蒸気口がないことで、蒸気口からのふきこぼれを抑制するための火力調整

(注1) 2008年12月9日広報発表時(当社調べ)。

(注2) 微量の気体が本体から出ますが、高温や結露になることはありません。

を不要化し、高火力で連続通電する炊飯制御“蒸気密封うまみ炊き”(新規開発)を搭載した。この新制御は、ごはん表層部分の還元糖量を約40%増加し、甘みを感じやすい、口あたりの良いごはんに炊き上げる。

これらの新技術を搭載した蒸気レスIH(Induction Heating)ジャー炊飯器を2009年2月に発売し、高級炊飯器市場で好評を得ている。

また、高温の蒸気が出ないことによって子供のやけどの問題を解決し、その安全性が高く評価され、第3回キッズデザイン大賞(経済産業大臣賞)を受賞した。

さらに、2010年2月にIH加熱性と熱伝導性に優れた純度99.9%の炭から削り出した当社独自の“本炭釜(がま)”を搭載したプレミアム仕様をラインアップに加え、更なるおいしさを追求している。



水冷式蒸気回収システムと本炭釜

蒸気レスIHジャー炊飯器に搭載した水冷式蒸気回収システム(透視図イメージ)によって、連続通電による強い沸騰で炊飯を行うことができる。蒸気口がないことで、天面がフラットで清掃性の良い美しいデザインが可能となった。蒸気が出ないので置き場所への悩みも解消した。

職人が手作りで仕上げる本炭釜は、当社の誇る最高級の釜であり、蒸気レスIHジャー炊飯器の新しい炊飯制御と組み合わせることで、更なるおいしさの追求を行っている。

1. ま え が き

炊飯器はおいしさの追求が第一優先になっていたため、蒸気やにおいが出ることによる不満にはだれしも目をつけてきた。しかしながら、密閉性の高い住宅環境が増える中で、炊飯時に発生する蒸気やにおいは無視できない存在となり、また、蒸気による子供のやけど防止にも配慮した安全性の向上も重要な課題になってきた。

当社はこれらの課題を解決するため、炊飯器のおいしさ向上の技術開発に加え、蒸気処理技術に対する研究開発を行ってきた。

2. 炊飯時に発生する蒸気と蒸気処理技術

2.1 炊飯時に発生する蒸気と蒸気処理の課題

炊飯とはお米のデンプンを糊化(こか)(アルファ化)することであり、炊飯は、“予熱→炊飯→むらし”の工程からなる。

炊飯開始からの経過時間を横軸に、蒸気量の積算値と蒸気の排出速度をそれぞれ縦軸にとると、例えば、当社の従来の炊飯器(白米5.5合炊飯の場合)で、炊飯時に発生する蒸気は図1のようになる。炊飯開始から約30分で沸騰が始まり、蒸気排出速度は約7g/分(ピーク)、むらし工程になると蒸気排出量は減少し、炊飯完了後のトータルの蒸気排出量(積算量)は水換算で約50gである。蒸気は釜底で発生し、米と米の間を通り、熱を米へ伝えながら上方へ抜ける。蒸気が抜けた通り道には空間が残る、ごはんをふっくらさせる。

蒸気を炊飯器外へ出さないためには、①沸騰させずに炊飯する、②従来と同様に沸騰させ、発生する蒸気を冷やして水に戻して炊飯器内に溜(た)め置くの二通りの方法がある。①の方法は、熱の伝わりが悪くデンプンの糊化が不完全になり、ごはんがふっくら炊き上がらないなど、おいしさを損なう課題がある。②の方法は、しっかり沸騰させているため、おいしさを損なうことはないが、蒸気を冷やす手段が別途必要となり、炊飯器本体への組み込みが課題となる。

2.2 蒸気処理技術

蒸気を冷やす手段には、表1に示すように①空気冷却、②水冷却、③電子冷却がある。①は蒸気を空気で効率良く

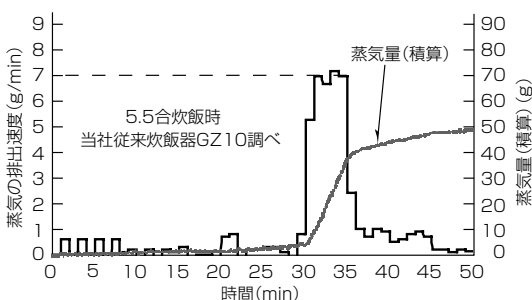


図1. 従来炊飯器の蒸気発生量

冷やすためのフィン型のヒートシンクと送風機を備えた熱交換器が必要で、②は水中に直接蒸気を送り込み、接触させて冷やす方法で、送風機などの電力を消費するデバイスが不要、③は半導体(N型とP型接合)のペルチェ効果を利用した電子冷却であり、蒸気と半導体素子との接触にはヒートシンクや送風機を組み合わせ使用。

当社はこれらの方式の中から、炊飯器に組み合わせる蒸気処理手段として水冷却を選択し、蒸気を回収するシステムを構築した。

2.3 水冷式蒸気回収システム

蒸気レスIHジャー炊飯器に搭載した水冷式蒸気回収システムは、図2に示すように、フタに組み込まれて蒸気導管となる①専用カートリッジ、本体前部に内蔵された蒸気冷却に使用する②水タンクの基本システムと、さらに冷却水の水量を検知する③水量検知センサ、冷却水の水温を検知する④水温センサ、蒸気の凝縮音を抑制する⑤サイレンサから構成されている。

なお、炊飯器の各部品の小型化、縦型タンク前面配置などの設計を進め、水冷式蒸気回収システムを当社の従来の炊飯器と同等サイズ(幅、高さ、奥行き)に収めた。

あらかじめタンク内に約1リットルの水を入れておき、炊飯時に発生する蒸気を、専用カートリッジを通じて蒸気のみを本体前部の水タンクに送り込み、タンクの水で冷や

表1. 蒸気冷却手段

手段	①空気冷却	②水冷却	③電子冷却
原理	空気、送風機、凝縮水、蒸気、熱交換	冷却水、蒸気、熱交換	冷却(吸熱側)、蒸気、N型半導体、P型半導体、凝縮水、放熱(発熱側)、+
構成部品	送風ファンと熱交換器フィン&チューブ	ディスク熱交換器	ペルチェ素子とヒートシンク

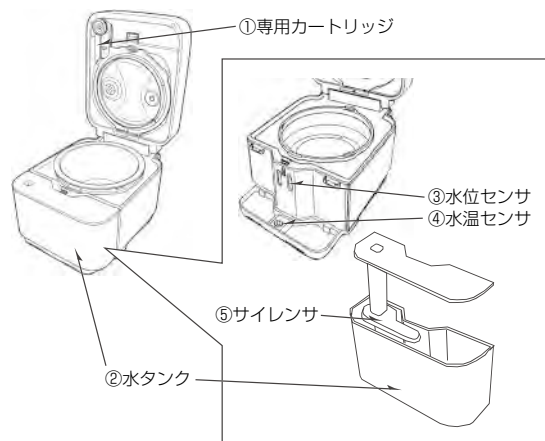


図2. 水冷式蒸気回収システムの構成

すことによって蒸気を凝縮する。蒸気の熱は凝縮時にタンクの水に移動し、水温が上昇する。水温の上昇値は冷却水量によって決まる。凝縮した水を含むタンク内の水は炊飯後にユーザーが廃棄するため、取扱いやすい安全な温度55℃を超えないように冷却水量を決定している。

③は水タンク内の冷却水量の過不足を検知する水位センサであり、過不足を検知している場合は炊飯を開始せず、水の過不足を報知する。

図3に、タンク内の水の有無を光(赤外線)で判定するセンサ及びプリズム光学系を示す。本体の発光素子からタンク内部に向けて光をあてると、水があるときはタンク内部の水の方向へ光は進み、水がないときにはタンクの内側面で反射して光がタンクの外側の受光素子に戻ってくる。この現象は、空気と水の屈折率の違いによって起きる。

この現象を利用して水の有無を検知するために、タンクの外側に発光素子と受光素子を併設する必要があるが、タンク壁面にプリズム光学系を構成することが必要となる。しかしながら、一般的なプリズムは図4(a)のような三角形状であるが、タンク壁面に形成するには肉厚過ぎて樹脂成形が困難である、発光素子と受光素子が近接配置となるためクロストークが起きるなどの課題があった。

この課題を解決するために、入射面角度と反射面角度の双方を変え、タンク壁面平板部を導光板として活用することで、プリズムの薄肉化を実現した(図4(b))。この薄型プリズムによって、タンクの樹脂壁面に一体成形で構成することを可能とし、発光素子と受光素子間の距離を離して配置し、クロストークを抑制した。

④はタンク内に入れた冷却水の温度が、冷却に使用できる温度であるか否かを測定する温度センサである。炊飯器の設置場所の環境温度ごとに水温センサの測定値を補正し

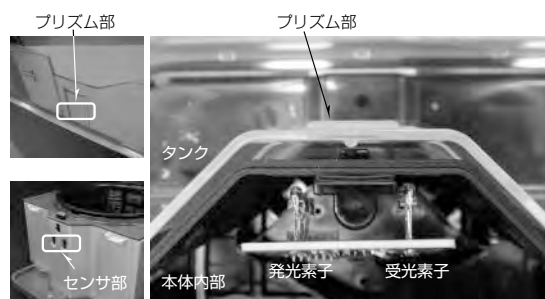


図3. 水位センサの構成

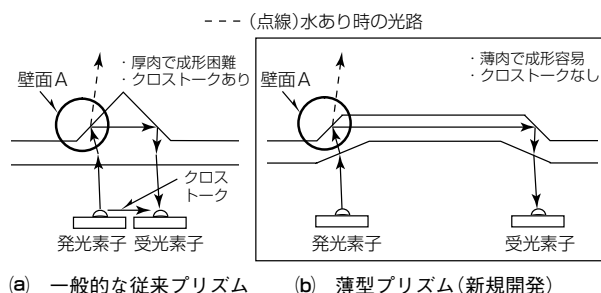


図4. 水位センサのプリズム光学系

て、正確な水温を求めるアルゴリズムを採用し、タンク内の水温の検出精度を向上させている。誤って湯をタンクに入れるなど水温が冷却に適さない高い温度である場合を検知し、釜の中の沸騰を抑制し、タンク内の水温上昇を回避する。

⑤は蒸気の流速の変動を緩和して静的に水と接触させ、凝縮を安定的に行う。また、高温の蒸気が低い温度の水と接触するときに発生する大きな音(ジュージュウ音)の発生を抑制する。

図5はサイレンサ部の断面を示したもので、お椀(わん)をひっくり返して水中に入れたような状態に例えられる。炊飯時に発生する蒸気は蒸気配管を通り、お椀部に到達する。蒸気は、経路にある複数の孔(あな)の圧力損失によって流速は緩和され、お椀部に蒸気が静かに広がり充満する。お椀の中にある水面と接触し、冷却され水に戻る。接触面付近では上層の蒸気温度に近い高い温度から、下層の水温までの異なる温度帯の層が形成されており、蒸気が急激に低い温度の水と接触することが抑制され、その結果、蒸気は静かに凝縮される。

3. 連続沸騰炊飯によるおいしさ向上

昔から薪(まき)やガスで炊飯したごはんがおいしいといわれ、高火力で炊飯した方がおいしく炊ける。これまでのジャー炊飯器では、大電力で連続的に沸騰させる(=ガスでいう高火力に相当)と吹きこぼれが起きていたため、沸騰時の入力に限界があった。しかし、水冷式蒸気回収システムを搭載した炊飯器では、構造上、吹きこぼれを気にせずに加熱することが可能である。

3.1 食感の向上

当社独自の調査では、高火力で炊いたごはんはしっかりとした食感となる。そこで、しっかりとした高火力の食感

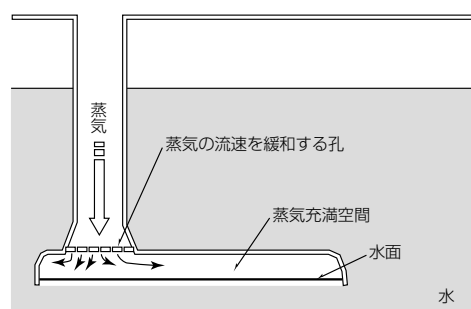


図5. サイレンサ部断面

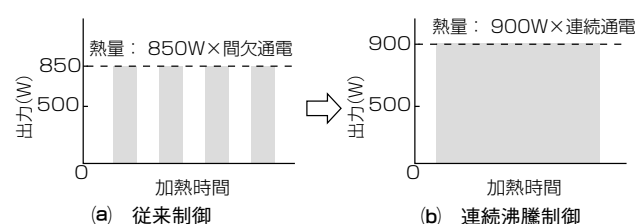


図6. 従来制御と連続沸騰制御

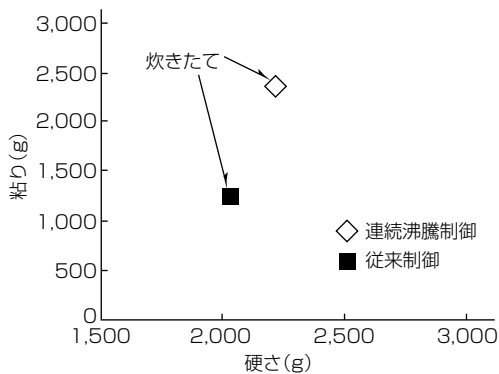


図 7. 連続沸騰制御のテクスチャ

に近づけるために、沸騰開始時で従来の図 6(a)のように通電を間欠的に行うといった制約を排除し、図 6(b)に示す連続的な沸騰とする新制御を開発した。

図 7 は横軸にごはんの硬さ、縦軸に粘りを示したもので、ごはんのテクスチャの評価に用いる指標である。図で、連続的な沸騰で炊いたごはんは、従来の間欠的な沸騰で炊いたごはんよりも、粘りが高く、しっかりとした硬さを持つテクスチャを示す。

3.2 甘さの向上

ごはんにはグルコースなどの還元糖が含まれており、炊飯の際にお米の中に存在する糖化酵素がデンプンを分解することで糖が生成される。当社は、従来機種からこの還元糖に着目し、糖化酵素を活性化して糖を増量する制御を開発してきた。今回開発した新制御は、従来の還元糖を増量する制御に加えて、連続的な沸騰を加えた制御としたことによって、ごはんの表層部(保水膜)に含まれる還元糖を従来よりも約40%増加させることができた。還元糖はデンプン分子より分子量が小さく溶出しやすいため、激しい連続沸騰によって内部から滲(にじ)みだすと考えている。なお、表層の還元糖が増えることで、ごはんを口に含んだ際に甘みを感じやすくなる。

4. 本炭釜

2006年に、世界で初めてジャー炊飯器の釜素材として採用した“本炭釜”は、IH加熱と相性が良く、高熱伝導の特性によって釜全体が発熱するという優れた特徴を持つ。本炭釜は、99.9%の炭素材から一品ごとに職人が削り出した貴重な釜として好評を得ている。この本炭釜を蒸気レスIHジャー炊飯器に搭載することで、さらにおいしいごはんに炊き上げる。

4.1 炭の物理特性

表 2 に、釜素材に用いられてきた各素材の物理特性を示す。一般的に使用されるステンレスに対して、熱伝導率は約 4～7 倍、電気抵抗は約13倍、磁力線の浸透性は約40倍である。つまり、“本炭釜は釜素材全体が発熱し、熱の伝わりが早い”“ステンレス釜は外表面のみが発熱し、内面へ

表 2. 金属材料の物理特性とIH加熱用途への評価結果

	炭	ステンレス	鉄	アルミニウム	銅
熱伝導率 W/(m・K)	110	16～27	76	220	395
電気抵抗 Ωm	10×10^{-6}	0.72×10^{-6}	9.71×10^{-8}	2.65×10^{-8}	1.67×10^{-8}
	◎	○	×	×	×

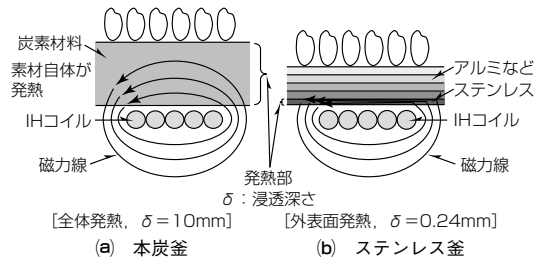
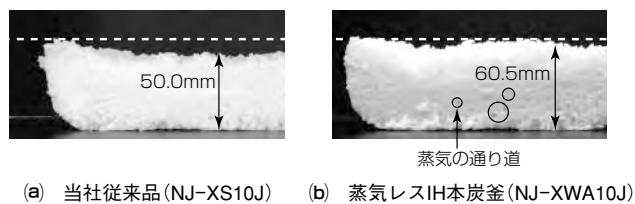


図 8. 本炭釜とステンレス釜の発熱イメージ



(a) 当社従来品 (NJ-XS10J) (b) 蒸気レスIH本炭釜 (NJ-XWA10J)

図 9. 炊飯直後のごはん断面形状

の熱の伝達は炭よりも遅い”といえる(図 8)。

4.2 本炭釜と連続沸騰炊飯によるおいしさ向上

IH加熱との相性の良い本炭釜と、蒸気レスIHジャー炊飯器の連続沸騰を組み合わせた“連続激沸騰”によって、釜全体から蒸気が発生し、ごはんの中央部に蒸気の通り道(隙間(すきま))が多数形成され、米粒同士が押し合わずふっくらと炊くことができる(図 9)。

5. む す び

2006年に、本炭釜を搭載したIHジャー炊飯器は、おいしさにこだわった高級炊飯器市場を開拓し、特に50～60代の人に高く評価され、当社の炊飯器のブランドイメージを高めることに貢献した。今回開発した蒸気レスIHジャー炊飯器は、その機能と斬新(ざんしん)なデザインで、30～40代を中心に高く評価され、プライダルの贈物としても評価を得て、若い世代にも存在感を示すことができたと思う。

しかしながら、若者のごはん離れが進む中で、将来の炊飯器需要を維持発展させるためには、炊飯器のあるべき姿をもう一度考え直し、新たな進化が必要と考えている。今後も、当社の持つ技術力を駆使し、商品価値を高めた製品の研究開発を行っていく所存である。

参 考 文 献

- (1) 山崎友賀, ほか: 家電製品のユニバーサルデザイン, 三菱電機技報, 83, No.12, 750～752 (2009)
- (2) ㈱日本機械学会編: 機械工学便覧 応用編 B4材料学・工業材料, B4-2～B4-7 (1998)

“ムーブアイ”による衣類乾燥度検知技術

内田 毅*
赤松久宇**

Technologies Detecting Cloth Dryness Level at Dehumidifier with "Move-Eye"

Tsuyoshi Uchida, Hisayuki Akamatsu

要 旨

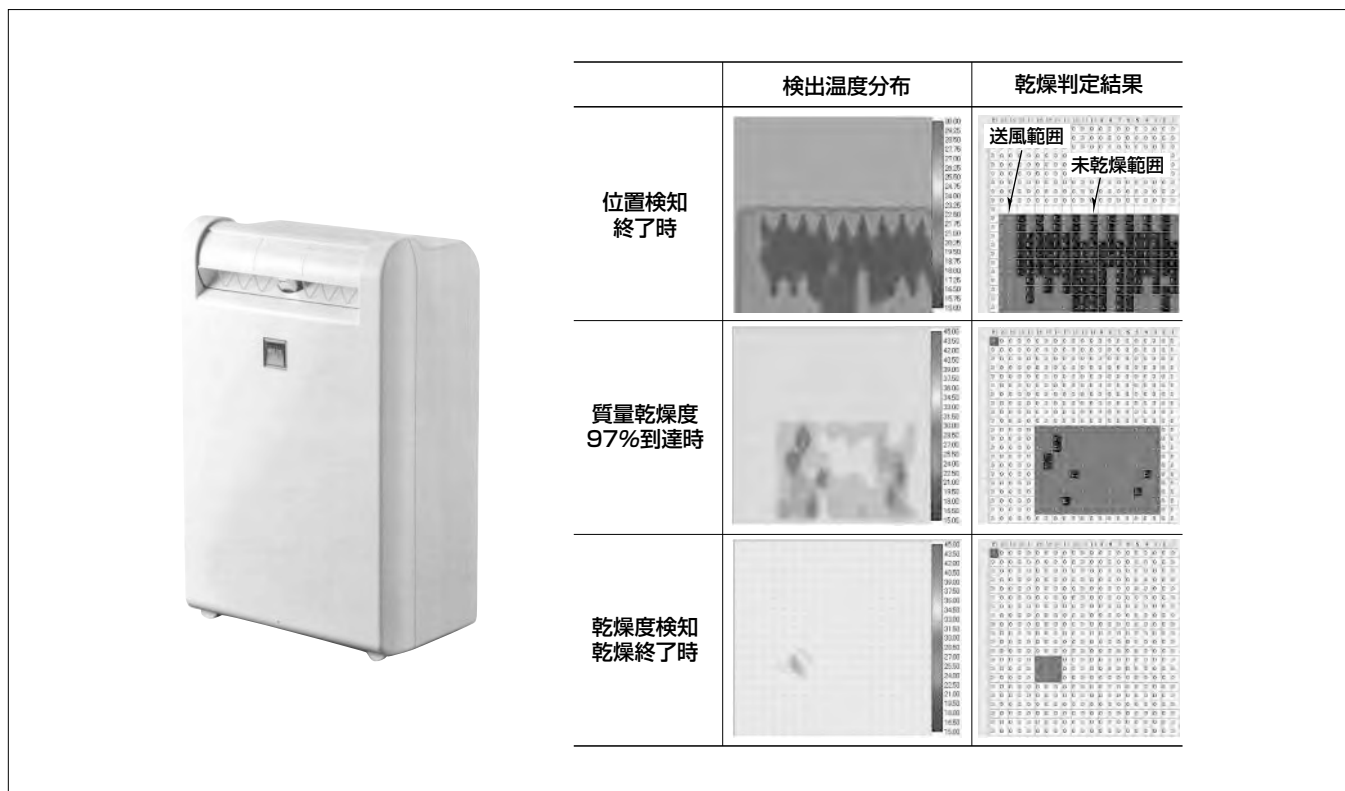
女性が仕事をもち夜間に家事をする家庭の増加や花粉付着対策として、衣類の室内干しへのニーズが高まり、除湿機の衣類乾燥機能の強化が求められている。“ムーブアイ（サーモパイル）”によって衣類の乾燥度を検知し、乾きむらのない室内干しを実現する全自動衣類乾燥除湿機を開発した。

サーモパイルをルーバーと一体化して設置し、様々な干し方に対応可能な全検出範囲：縦150°×横100°を細かいエリアに分割し、エリア別に衣類表面温度を細かく検出する。乾燥過程の衣類表面温度が、低温状態から徐々に上昇し、乾燥完了時には周囲空気温度同等となる特性を利用し、表面温度と室温との温度差履歴から衣類乾燥度を検知する。全検出範囲から衣類存在範囲を抽出し、その範囲だけを繰

り返し走査・送風し、乾燥度の低い衣類に送風を集中させることによって、衣類の過乾燥や乾きむらを防ぐとともに、三菱電機の従来機に対し、風量アップと合わせて、実用衣類2kg乾燥時で最大約30%の省エネルギー効果を実現した。

この技術を搭載し、衣類の乾燥度を検知して風向制御する業界初^(注1)の除湿機“MJ-M100／80EXシリーズ”は、2010年5月に発売された。サーモパイルを搭載したこの除湿機は、衣類乾燥度検知による衣類乾燥機能強化のほかに、窓などの低温面を検知して結露を抑制する“自動除湿運転”や、浴室における水滴を検知して浴室乾燥を効果的に行う“浴室カビガード運転”を搭載している。

(注1) 2010年4月1日現在、当社調べ。



ムーブアイ搭載 全自動衣類乾燥除湿機“MJ-M100／80EXシリーズ”

左は2010年5月に発売されたムーブアイ搭載除湿機の外観図である。ルーバーと一体化して設置されたサーモパイルが、縦150°×横100°の様々なパターンで干された広範囲の衣類表面温度を検出する。右はサーモパイルによる検出温度分布及び乾燥判定結果であり、衣類の存在範囲のみに送風し、乾燥の進行に伴い徐々に送風範囲を絞り、乾きむらのない乾燥運転を実現していることが示されている。

1. ま え が き

近年、女性が仕事をもち夜間に家事をする家庭が増え、また花粉付着対策や高層マンションで室外に衣類を干すことができないなどの理由によって、衣類の室内干しへのニーズが高まり、除湿機も本来の“室内の湿度を下げる”という用途から、“室内に干した洗濯物を乾かす”という目的で利用されることが多くなってきている。しかし除湿機は、一般的には運転時間や吸込湿度によって制御されており、衣類を乾燥させるために最適化されていないため、部分的な乾燥残しや過乾燥などの問題が発生している。

そこで、当社のエアコンなどで“ムーブアイ”として搭載されているサーモパイルを用い、衣類の表面温度を検出することによって乾燥度を検知し、乾燥度の低い衣類に集中的に送風する制御方法を開発した。

本稿では、その衣類乾燥度検知アルゴリズム及びその検証について述べる。

2. 衣類乾燥の基本原理解

乾燥理論⁽¹⁾に基づき、衣類を一定の温湿度、空気流速に保たれた環境に設置した場合、図1に示した乾燥特性曲線のように、衣類の含水率 $W_r(=(W-W_0)/W_0)$ 、 W ：水分を含んだ衣類の質量、 W_0 ：衣類の乾燥質量)は乾燥の進行に伴って徐々に低下し、乾燥が終了すると一定となり、一方の衣類表面温度 T は徐々に上昇し、乾燥が終了すると周囲空気温度とほぼ同等で一定となる。このとき、乾燥が進行する前の状態で、衣類表面温度が若干上昇する期間を予熱期、一定の速度で乾燥が進行して含水率が直線的に減少し、濡面(ぬれめん)である衣類表面温度が一定となっている期間を恒率期、衣類表面に乾面が発生し、衣類表面温度が周囲空気温度に向かって徐々に上昇する期間を減率期という。また、恒率期から減率期に移行する含水率は限界含水率、乾燥がそれ以上進行しない含水率は平衡含水率と呼ばれている。図1から、衣類の乾燥を判断するためには、含水率が平衡含水率に到達し、衣類表面温度が周囲空気温

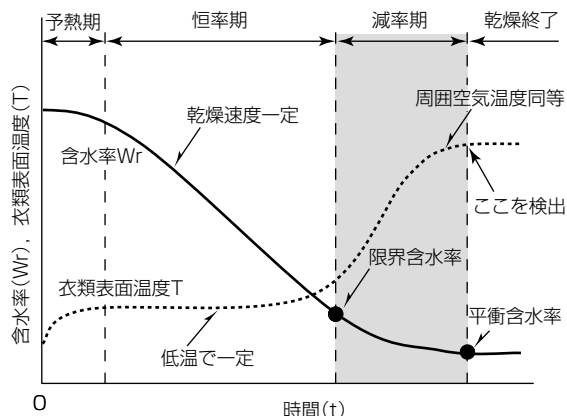


図1. 乾燥特性曲線(周囲空気温湿度及び空気流速一定)

度同等となったことをサーモパイルによって検知すればよいことになる。

3. 制御アルゴリズム開発内容

3.1 ムーブアイ除湿機の概略仕様

図2にムーブアイ除湿機の、サーモパイルの検出範囲イメージを示す。サーモパイルはルーバーと一体化して設置されており、衣類の様々な干し方に対応可能な縦 $150^\circ \times$ 横 100° の範囲に対して、送風方向と同一方向の衣類表面温度を検出する。実際の制御では、全検出範囲を細かいエリアに分割し、各分割エリアで表面温度を検出して、衣類の存在や乾燥度の判定を行う。

3.2 衣類乾燥度検知アルゴリズム

図3に、制御アルゴリズムの概略フローチャートを示す。まず衣類位置検知として全範囲を間引いて走査し、衣類のおおまかな存在範囲を抽出し、衣類乾燥度検知として存在

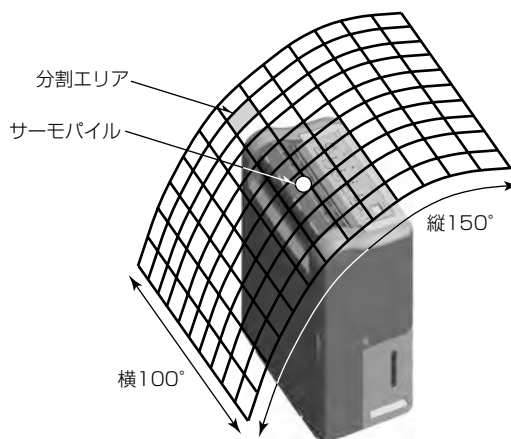


図2. ムーブアイ除湿機の検出範囲イメージ

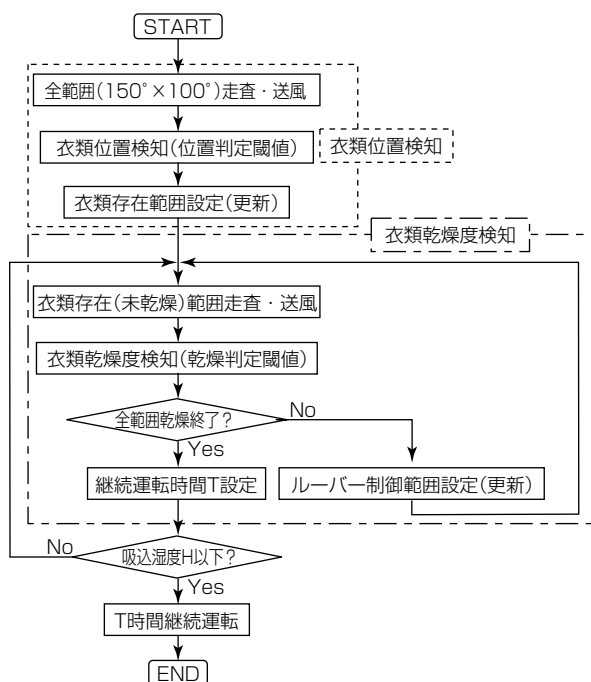


図3. 制御アルゴリズム概略フローチャート

範囲のみを細かく走査し乾燥度を検知する。乾燥度の低い衣類範囲に送風を集中させ、徐々に送風範囲を絞り込み、最終的な乾燥運転の終了は、吸込湿度も反映して判定する。

3.2.1 衣類位置検知

室内で除湿機によって衣類を乾燥させる場合、衣類の干し方には様々なパターンがあり、この除湿機的全検出範囲：縦150°×横100°は、衣類をかもいやカーテンレールなどの高所からつるして下から送風する“上干し”や、衣類を床置き物の干しにつるして前から送風する“前干し”などのほとんどのパターンをカバーできる仕様となっている。しかし、例えば図4(a)に示した“上干し”の場合、除湿機から見た衣類は、縦ルーバー方向に対しては広く分布するが前方には存在せず、横ルーバー方向に対しては狭い分布となるため、全検出範囲を細かく検出すると、衣類の存在しない範囲を走査・送風することになる。そこで、個々の衣類乾燥度を検知する前に、全検出範囲から衣類のおおまかな存在範囲を抽出する。具体的には、図4(b)に示すように全検出範囲を間引き走査し、分割エリアの表面温度が位置判定閾値(しきいち)(≒室内湿球温度)以下の範囲を衣類位置と判断し(図中着色範囲)、すべての衣類位置を含む長方形範囲を衣類存在範囲として抽出し、小さい衣類などの検出漏れを回避できるようにしている。

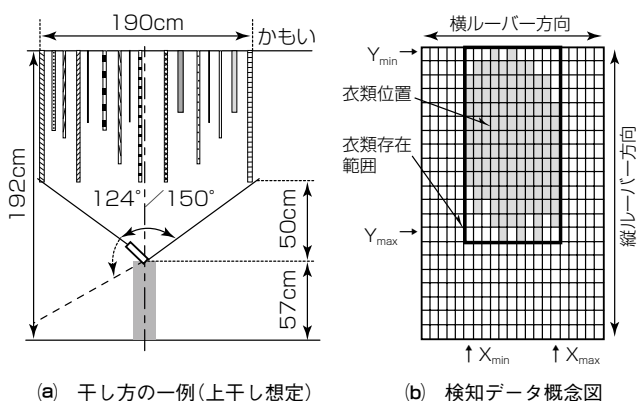


図4. 衣類位置検知概念図

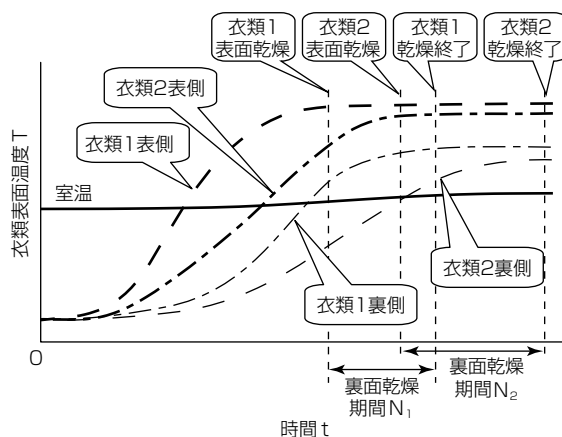


図5. 衣類乾燥判定概念図

3.2.2 衣類乾燥度検知

衣類表面の乾燥終了判定は、図1に示したように、衣類表面温度が周囲空気温度同等となったことをサーモパイルによって検知すればよいが、除湿空気を送風して衣類を乾燥させる実際の除湿機の運転では、衣類の設置位置によって周囲空気温度が異なり、また衣類の種類によって乾燥のしやすさが異なるため、図5に示すように、乾燥速度の大きい衣類1(近距離又は乾燥しやすい種類)と乾燥速度の小さい衣類2(遠距離又は乾燥しにくい種類)とでは、乾燥終了時の到達温度や乾燥過程における温度上昇特性が異なることになる。また最終的に乾燥終了を判定するためには、図5中破線で示した、サーモパイルでは検出できない衣類裏面温度も考慮する必要がある。

そこで衣類乾燥度検知では、サーモパイルによって検出された衣類表面温度の絶対値だけではなく、表面温度の時間的変化を算出し、分割エリアの表面温度が室温より高く(減率期に到達)、かつ時間的変化がなくなることを、その分割エリアに存在する衣類表面の乾燥終了条件とする。そして表面の乾燥終了条件を満たした後も送風を継続し、図5に示すように、衣類裏面の乾燥に必要な裏面乾燥期間N経過後に、その分割エリアの乾燥が終了したと判定し、送風範囲から除外する。裏面乾燥期間Nは、各分割エリアに存在する衣類の設置位置や種類によって異なるので、表面温度の温度上昇特性から乾燥速度を推定し、乾燥速度の大きい衣類1の存在する分割エリアの裏面乾燥期間N₁は短く、乾燥速度の小さい衣類2の存在する分割エリアの裏面乾燥期間N₂は長く設定し、乾燥速度の小さい衣類ほど表面乾燥後の送風を長く継続する。このように、衣類の乾燥速度や衣類裏面の乾燥状態を反映して乾燥度を判定し、乾燥度の低い衣類に集中的に送風するように徐々に送風範囲を絞ることによって、衣類の乾きむらや過乾燥を抑制し、乾燥時間の短縮が可能となる。

4. 制御アルゴリズム検証

制御アルゴリズムの妥当性を検証するために、図6に示す実用衣類(Yシャツ、綿シャツ、バスタオルなど混在)



図6. 衣類乾燥試験状況(実用衣類2kg)

表 1. 効果検証試験結果(現行機S100との比較)

	質量による判定 (質量乾燥度97%到達)	温度による判定 (全衣類室温+2℃以上)
乾燥終了時間(時短)	68.0%	73.9%
消費電力量(省エネルギー)	70.5%	76.7%

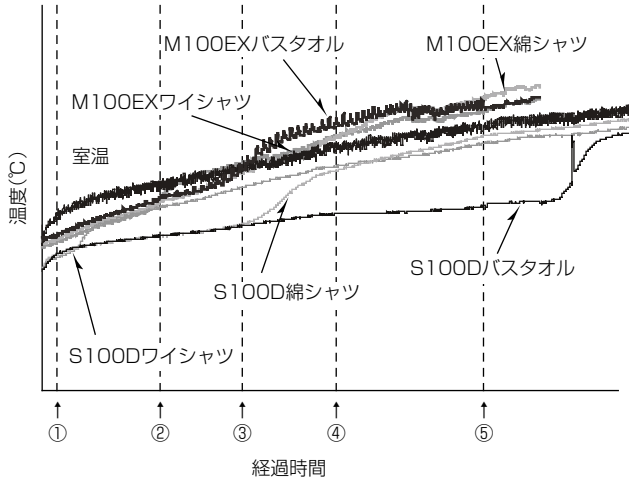


図 7. 衣類温度の過渡特性

2 kgに対して乾燥試験を実施した。従来機“S100D”とムーブアイを搭載した“M100EX”を比較した結果、表 1 に示すように、衣類質量で乾燥度が97%に到達するまでの乾燥終了時間及びそのときの消費電力量は、S100Dに対して約30%削減されていることを確認した。図 7 に、熱電対で測定した代表的な衣類温度の過渡特性を示す。どの衣類でも、図 1 及び図 5 で示した減率期における衣類温度の上昇が見られ、S100Dよりも乾燥度の低い衣類に集中的に送風しているM100EXの方が、衣類温度の上昇が速いことが示されている。図 8 は、図 7 の①～⑤の時点での、サーモパイルによる検出温度分布及び乾燥判定結果であり、乾燥判定結果では長方形で塗りつぶされた範囲が送風範囲、その中の変色部分が未乾燥範囲を示す。衣類位置検知が終了した初期段階では未乾燥範囲が多く分布しているのに対し、乾燥が徐々に進行し、一般的に乾燥が終了したと判断される質量乾燥度が97%に到達した時点でも、バスタオルや靴下などの乾きにくいものを未乾燥範囲として検知しており、最終的には乾燥度検知によって、乾き残しなく乾燥終了を判定していることが示されている。

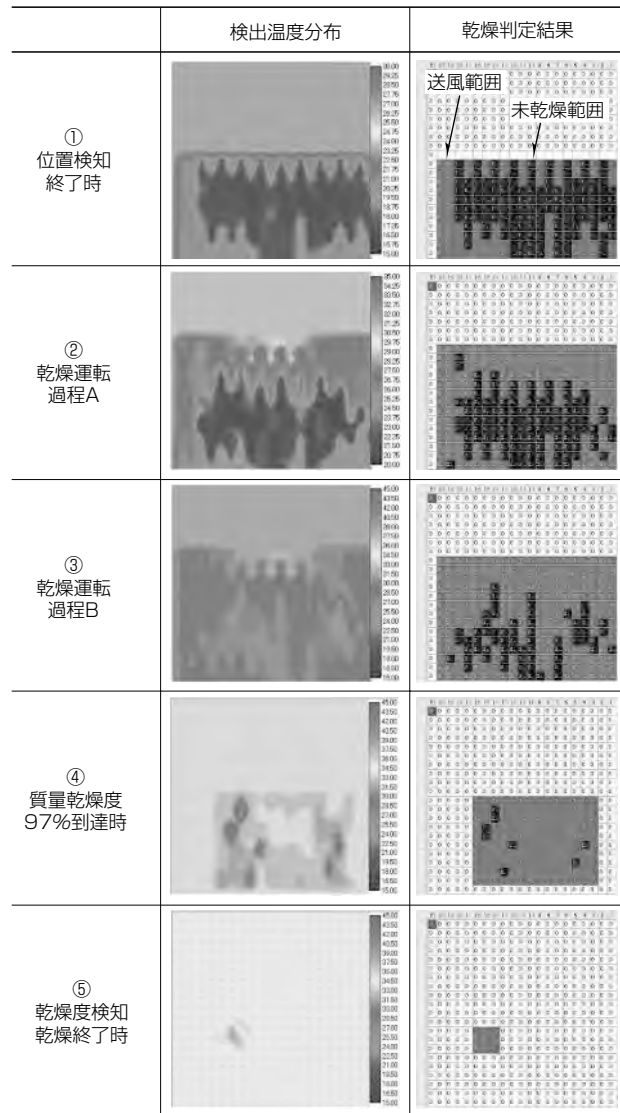


図 8. 検出温度分布及び乾燥判定結果

5. む す び

ルームエアコンで高い評価を得ている“ムーブアイ”を利用し、室内干しで不満とされる乾き残しや過乾燥などを抑制する全自動衣類乾燥機能は、衣類乾燥を主な用途とする除湿機ユーザーに広く受け入れられている。今後も、ユーザーや時代のニーズをいち早く察知し、独りよがりではない、ニーズに合った製品開発を心がけていきたいと考える。

参 考 文 献

- (1) 竹内 雍, ほか: 解説 化学工学, 培風館, 204~207 (1989)

家庭用IHクッキングヒーター技術

私市広康*
中村 宏**

Technologies of Mitsubishi IH-cooker

Hiroyasu Kisaichi, Hiroshi Nakamura

要 旨

三菱電機が2009年9月に発売したIH(Induction Heating)クッキングヒーター“CS-G39HN”は、加熱口の一つに内側加熱コイルと外側加熱コイルを個別に駆動させ、内向対流と外向対流を交互に発生させる対流煮込みモードを搭載した。交互対流が生み出すかきまぜ効果によって、カレーやシチュー、肉じゃが等でうまみを隅々までしみ込ませることができるようになった。

内側加熱コイルと外側加熱コイルの各駆動回路は、スイッチング素子のIGBT(Insulated Gate Bipolar Transistor)を共用して使用する新しい回路方式と、モータ用インバータに広く使われているIPM(Intelligent Power Module)の

適用によって、コンパクトな駆動回路を実現した。これによって、大型ピザも焼ける幅360mm、奥行き296mmのグリルスペースを確保した。

さらに、鍋(なべ)温度を高速で検知する光(赤外線)センサを搭載することで、従来の接触式温度センサでは応答が遅く実現が困難であったフライパンの自動予熱を実現した。フライパンの温度が適温になったことを光センサが検知して食材投入のタイミングを使用者に報知することで、これまで勘に頼っていた炒(いた)め物や焼き物調理などが最適な温度で開始できるようになった。



IHクッキングヒーター2009年度製品“CS-G39HN”

対流煮込み加熱、光センサの機能を搭載した。加熱コイル駆動回路をコンパクトにすることで、グリルをIHクッキングヒーターの中央に配置したセンターレイアウト構造を実現した。さらにグリル庫内スペースも幅360mm、奥行き296mmを確保することで、大型ピザも焼けるようにした。

1. ま え が き

IHクッキングヒーターの2009年度の全需は、景気後退の影響もあり前年比95%の年間約84万台(三菱電機予測)の見込みであるが、炎を使用しない安全性やガスコンロのような五徳がなくガラストップであることから清掃性が優れていることが広く認知されており、高齢化や環境、安全に対する意識向上からオール電化の拡大が進み、早期の需要回復が見込まれる。IHクッキングヒーターは、全需のうちシステムキッチンに組み込まれるビルトイン型が約81%を占め主流となっている。三菱電機では、2009年9月に対流煮込み加熱、光センサ、センターワイドグリルの機能を搭載したビルトイン型のIHクッキングヒーター“CS-G39HN”を発売した。

本稿では、これらの新しい機能について述べる。

2. 対流煮込み加熱

2.1 対流煮込み加熱コイル

新たに開発したトリプルリング加熱コイル(図1)を使って、対流煮込み加熱を実現している。トリプルリング加熱コイルは、内側加熱コイル(二重)と外側加熱コイル(一重)を個別に動作できるようになっている。高火力で加熱する場合は、各加熱コイルを同時に駆動させるが、煮込みモードでは、図2に示すように内側加熱コイルと外側加熱コイルを交互に駆動させ、内向対流と外向対流を発生させる。交互対流によるかきまぜ効果によって、カレーやシチュー、肉じゃが等でうまみを隅々までしみ込ませることができる

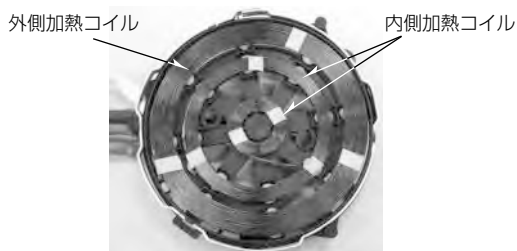


図1. トリプルリング加熱コイル

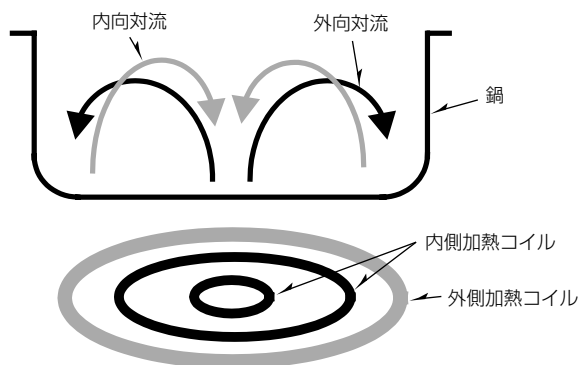


図2. 対流煮込み加熱

ようになった。また、加熱開始時に、各加熱コイルに微弱の電流を流し、その値によって鍋の大きさを判定している。外側加熱コイルの直上に鍋が存在しない小鍋の場合は、外側加熱コイルは動作させず、内側加熱コイルのみを駆動するようにしたので、外側加熱コイルからの加熱に関与しない高周波磁界の発生がなく、無駄のない効率的な加熱を実現している。

2.2 加熱コイル駆動回路方式

従来の加熱コイル駆動回路の代表的なものとして、加熱コイル両端にスイッチング素子のIGBTを4個配置したフルブリッジ回路(図3)がある。

電力制御方式としては、IGBTのオン時間を変えるデューティ制御方式と位相を変える位相制御方式があるが、低火力時の損失が少ない位相制御方式を採用している⁽¹⁾。位相制御方式は図3の①ではUPとVNがオン状態にあり、UPを介して電源から加熱コイルに電流が供給される。②でVNをオフしてVPをオンするとUPとVPとの閉回路で電流が流れる。③でVPとUNをオンするとVPを介して電源から逆方向の電流が加熱コイルに供給される。④でVNをオンするとUNとVNとで閉回路で電流が流れる。①から④の動作を繰り返すことで加熱コイルに交流電流が流れる。IGBTの駆動位相を変えて①と③の期間を広げれば、加熱コイルに投入される電力が増え、①、③の期間を短くすると加熱コイルに投入される電力は小さくなる。

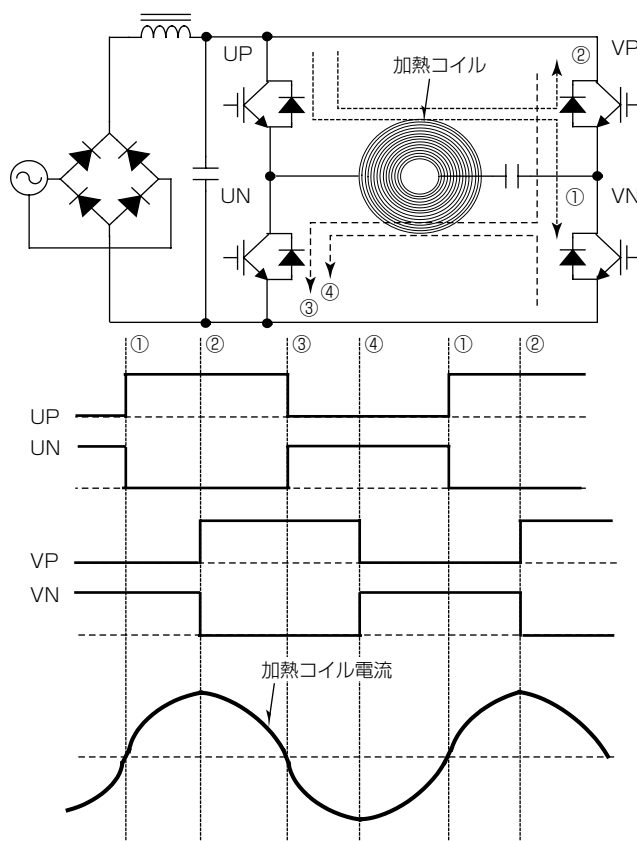


図3. フルブリッジ回路

対流煮込み加熱は、2個の加熱コイルを個別に駆動させるため、フルブリッジ回路が2回路必要となり、合計8個のIGBTを必要とするが、開発した駆動回路は、図4に示すようにA部分を共通とすることで6個のIGBTで2組のフルブリッジ回路を実現している。6個のIGBTで実現できることから、モータ用に広く利用されている3相用のIPMが適用できた。図5に外形写真を示すが、従来の加熱コイル駆動回路に使用されているIGBTに比べ、6素子のIGBTを一つのパッケージに集積し、さらにIGBTを駆動するドライバ回路及び各種保護回路が内蔵されているため、周辺回路も不要で回路基板の小型化が実現できた。

3. 光 セ ン サ

3.1 光センサ方式

従来のIHクッキングヒーターは鍋の温度を天板裏に設置した接触式温度センサで検出しているが、鍋の熱が天板裏に伝達するまでに時間を要するため、高速での温度検知が困難であった。光センサは、図6に示すように鍋から放射される赤外線を受光して温度算出するため、高速な温度検知を実現した。

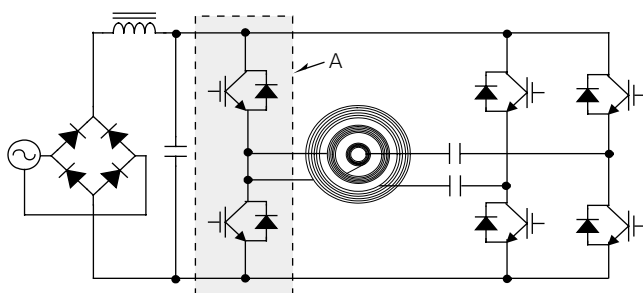


図4. トリプルリング駆動回路

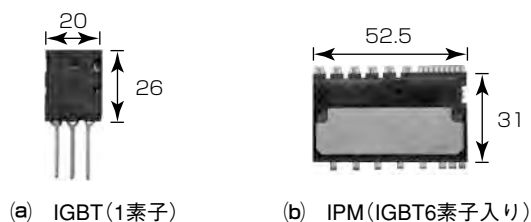


図5. IGBTとIPMの外形

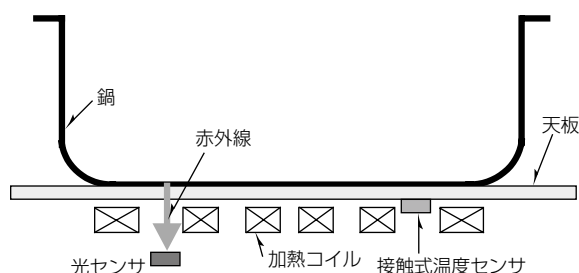


図6. 光センサ構成図

3.2 温度変換

図7に示すように、黒体が放射する赤外線強度は黒体の温度が高いほど増える。物体の赤外線放射率を ε (黒体=1)、物体の温度 T (K)、光センサ自身の温度を T_0 (K)、ステファンボルツマン定数を σ とすると、物体が放射する赤外線強度 P (W/cm²)は

$$P = \sigma \cdot \varepsilon (T^4 - T_0^4) \dots\dots\dots(1)$$

で表すことができる。

光センサは、鍋から放射される赤外線を受光し、その強度 P と光センサ自身の温度 T_0 から鍋温度 T を算出している。しかしながら、天板には図7で示すように透過特性があり、4 μ m以上の波長領域の赤外線はカットされてしまう。この天板による赤外線のカット分を考慮して式(1)を補正して温度変換を行い、精度の良い温度検知を実現している。従来の接触式温度センサでは、鍋温度が急速に上昇するため応答が遅く実現が困難であったフライパンの自動予熱を実現した。フライパンの温度が適温になったことを光センサが検知して食材投入のタイミングを使用者に報知することで、これまで勘に頼っていた炒め物や焼き物調理などが最適な温度で開始できるようになった。

このように光センサには応答性が良いという利点があるが、一方で鍋の材質や表面状態によって赤外線放射率 ε が変わるため誤差が大きくなる場合がある。また、低温時は天板を通過する赤外線量が少ないため、低温領域の温度検知が苦手などの欠点がある。これらの欠点は、従来ある接触式温度センサとの併用によって解決している。光センサによる鍋温度と接触式温度センサによる天板温度を比較し、温度制御に使用する温度を選択しているため、応答性に優れ、温度検出誤差も少なく、かつ低温時の温度検知も可能な温度制御を実現している。

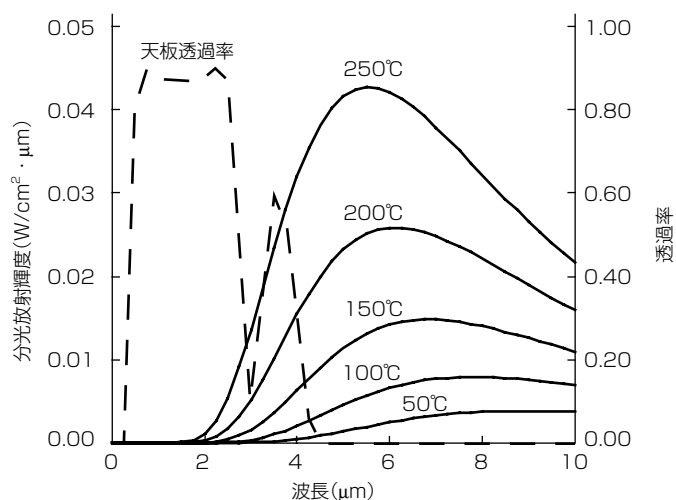


図7. 分光放射輝度



図 8. センターワイドグリル

4. センターワイドグリル

対流煮込み加熱の高機能を取り入れたが，新しい回路方式とIPMを使用することで，加熱コイルの駆動回路を小型化できた。これによって，グリルをIHクッキングヒーターの中央に配置したセンターレイアウト構造を実現し，グリル庫内スペースも幅360mm，奥行き296mmを確保し，

大型ピザも焼けるようにした(図8)。大きな庫内サイズを活用できるように専用のグリルディッシュが付属した機種もそろえ，パン焼き，ハンバーグ，チーズケーキなどの様々なグリル調理を行えるようにした。さらに，グリル庫内には遠赤外線効果のある炭コーティングを施し，魚がおいしく焼けるようにした。

5. む す び

IHクッキングヒーターは，まだ歴史も浅く，基板の小型化，温度検知性能の向上による調理補助・自動調理の拡大など進化の余地がある。進化した新しい技術でユーザーベネフィットにかなった商品提案を行い，IHクッキングヒーターの普及率を更に高めていきたい。

参 考 文 献

- (1) 私市広康，ほか：汎用IPMのIHインバータへの適用，三菱電機技報，80，No.6，390～395（2006）

住宅用ロスナイセントラル換気システム “薄形ベーシックシリーズ”

大嶋兼芳*
新野 淳*
古谷政弘*

LOSS NAY Central Ventilation System for Residence "Thin Type Basic Series"

Kaneyoshi Oshima, Atsushi Shinno, Masahiro Furuya

要 旨

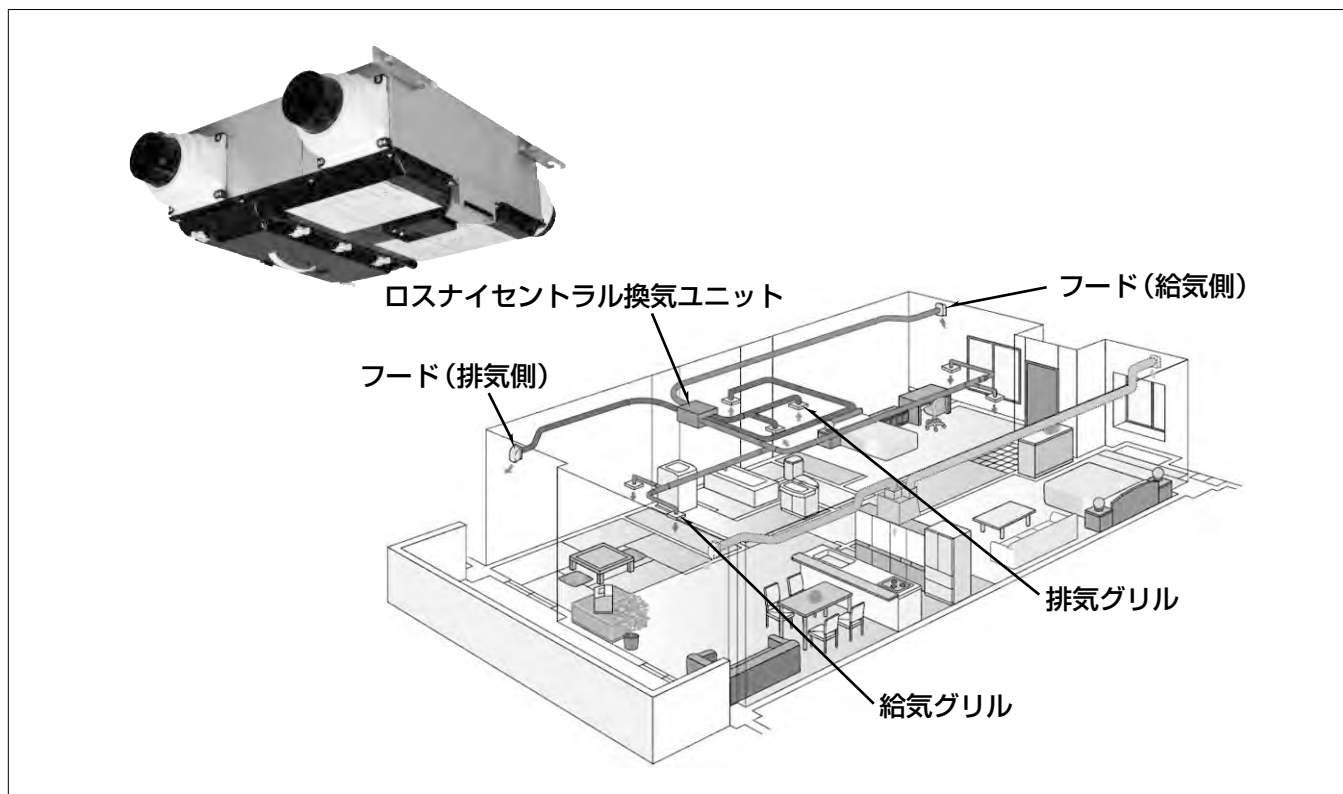
近年、省エネルギー対策、室内温熱環境改善、外部騒音遮断等を目的とした住宅の高断熱・高気密化が進められた結果、“シックハウス症候群”に代表される健康被害が顕在化した。

2003年7月に施行された改正建築基準法では、建材の使用制限とともに居室の24時間機械換気設備の設置が義務化となり、化学物質による室内空気汚染対策がなされた。24時間機械換気設備の設置によって、住宅における換気及び暖冷房のエネルギー消費量は従来に比べ増加することとなり、換気設備の省エネルギー対策が新たな課題となった。

2009年4月に施行された改正省エネ法では、住宅事業建築主について、住宅の外壁、窓などを通しての熱の損失の防止及び住宅に設ける空調設備等に係るエネルギーの効率的利用のために必要とされる性能(省エネルギー性能)の判断の基準(トップランナー基準)を設定している。

この中で換気設備については、熱交換換気が暖房機器の一次エネルギー消費量の低減に寄与する算出基準が示され、DC(直流)モータを採用したものなどでは一次エネルギー消費量が従来モータより低減した算出基準が示されている。その後、2009年12月に閣議決定された住宅版エコポイントでも、熱交換換気は発行要件の一部となっている。

三菱電機では、建築基準法における居室の24時間機械換気に対応する換気システムとして、熱交換換気によって冷暖房費を節約する“ロスナイセントラル換気システム”に、高効率熱交換素子、ブラシレスDCモータを搭載し、従来機種と比較して冷暖房+換気の消費エネルギーを36%削減した“VL-20ZMH3タイプ”を始めとするロスナイセントラル換気システム“薄形ベーシックシリーズ”16機種を開発し、発売した。



ロスナイセントラル換気ユニット“薄形ベーシックシリーズ”と住宅における設置概要図

このシステムは、熱交換型換気扇(ロスナイセントラル換気ユニット)を住宅の天井内又は床下に設置し、屋外から各居室への給気と洗面所・廊下などから屋外への排気をそれぞれダクトを介して行い、給気と排気の間で温度と湿度の全熱交換をしながら住宅の24時間機械換気(全般換気)を行うものである。

1. ま え が き

ロスナイセントラルは、建築基準法における居室の24時間機械換気に対応する換気システムであり、熱交換型換気ユニットで住戸全体の全般換気を行う。換気の際に屋外に捨てられてしまう居室内の暖かさや涼しさを、熱交換によって再利用する省エネルギー型の換気システムとして、CO₂削減意識の高まりや、2009年4月の改正省エネ法の施行で採用が増加しており、市場からは一層の消費電力低減や省エネルギー効果の向上が求められている。

当社は今回、従来製品と比較して消費電力をほぼ半減した“DC大風量タイプ”4機種を新たにラインアップに追加して、省エネルギー・高効率志向のニーズにこたえた。

また、AC(交流)モータ搭載の標準タイプもあとで述べる“ハイパーEco(エコ)エレメント”の搭載や換気風路の最適設計によって換気効率を改善するとともに、日常のお手入れを改善したカセット式フィルタボックス構造や、換気ダクトの接続仕様を多様化するなど、換気システムの機能・性能の改善を図るモデルチェンジを行った。

2. 熱交換型換気ユニットの構造と効果

図1の熱交換型換気ユニットは、第3種換気方式の一般換気扇と異なり、第1種換気方式として排気用送風機、給気用送風機、熱交換器を備え、住宅内を換気する際にそのまま排出される冷暖房時の空調エネルギーを回収して、省エネルギー効果を発揮する。図2は、冬期暖房時に温度(顕熱)と湿度(潜熱)を回収する全熱交換器の効果を、一般換気扇及び温度のみを回収する顕熱交換器と比較したものである。全熱交換器では一般換気扇に比べ、外気負荷が32%となり大幅に軽減することがわかる。また、湿度(潜熱)を回収しない顕熱交換器では58%に軽減する。

また、冬期は外気の絶対湿度が低いため、暖房機等で室温を維持しながら換気すると室内が乾燥しすぎることがあり、全熱交換器によって温度と湿度を回収することが、適正な室内環境維持に効果がある。

熱交換型換気ユニットは、先に述べた熱回収効果のほか、フィルタによる外気清浄効果、本体内部の風路構成による

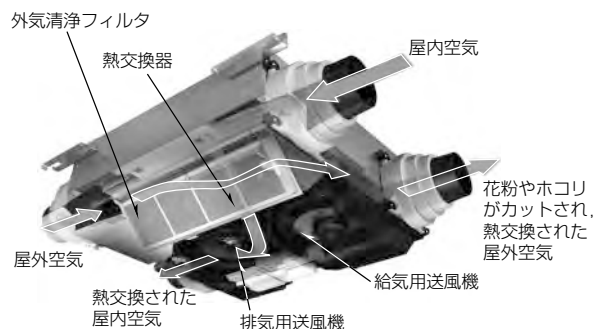


図1. 熱交換型換気ユニット

防音効果によって、屋外の大気環境や騒音環境が必ずしも良好でない都市圏の集合住宅にも採用されており、適正な室内環境を考慮した換気設計には欠かせない設備となっている。

3. ロスナイセントラル換気ユニットの基本性能改善

3.1 熱交換素子の性能改善

“ロスナイ”の熱交換素子(エレメント)は、図3のように直交形プレートフィン式熱交換器の形態となっており、特殊加工紙の仕切り板と間隔板で構成されている。仕切り板は、熱通過性及び透湿性を持ち、排気される汚染空気と供給される新鮮な室外空気との間で温度と湿度の授受を行う。

図4の“ハイパーEco エレメント”は、25μmの超薄膜無孔系紙(当社従来厚比約1/5)を仕切り板に用いて、当社独自の素子積層化技術によって緻密(ちみつ)に形成し、熱交

冬期暖房時条件

・VL-20ZMH3タイプ(換気風量100m³/h設定)
・熱交換効率

熱交換効率(%)	全熱交換器	顕熱交換器	一般換気扇
温度(顕熱)	73.5	73.5	0
エンタルピー(全熱)	69	—	0

・換気量100m³/h (空気の密度ρ=1.2kg/m³)

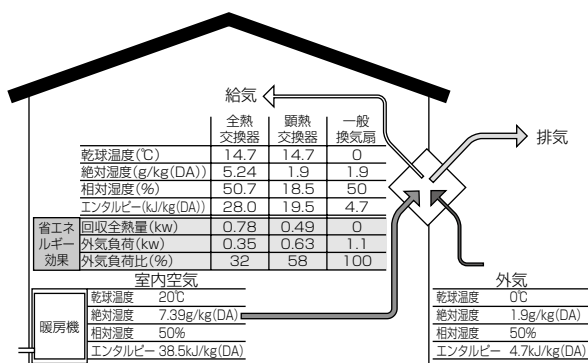


図2. 全熱交換型換気扇の熱回収効果

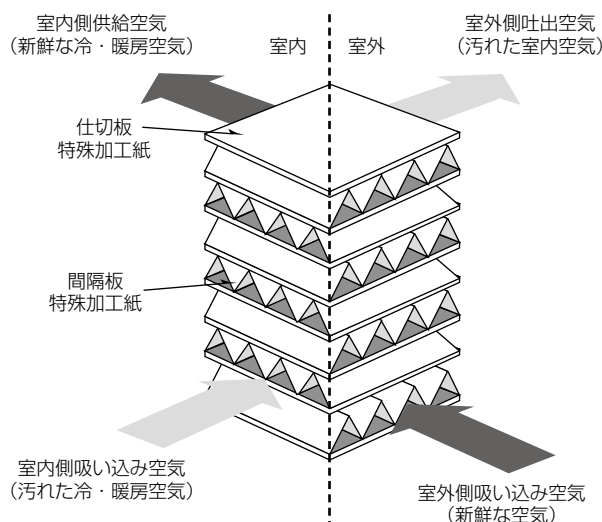


図3. 熱交換素子(エレメント)の構造

換を行う仕切り板の接着面には湿度透過性の高い接着剤を使用して、湿度交換に有効な面積を従来の約1.2倍にしている。これによって、図5のように同一風量(160m³/h時)で従来比、温度交換効率で17%、温度と湿度を含むエンタルピー交換効率で暖房時38%、冷房時47%と大幅に性能を改善している。

3.2 送風機の性能改善

VL-20ZMH3タイプは、排気及び給気送風機に省電力・速度制御性に優れたDCモータを搭載し、多様な住戸配置・床面積に対応するため換気風量を多段階で設定・制御する一定風量制御機能を備えている。

図6は、標準的な圧力損失を想定した定格風量と、そのときの比消費電力(W/(m³/h))と呼ばれる単位風量当たりの消費電力を比較したもので、ACモータの従来製品に比較して比消費電力を90m³/h時65%、160m³/h時44%削減している。また、ACモータの新製品“VL-15ZMH3タイプ”でも風路構造の改善で比消費電力を3%程度削減している。

送風機の比例法則によれば、流量(風量)は回転数に比例し、送風動力は回転数の3乗に比例するため、単位風量当たりの比消費電力はおおよそ風量の2乗に比例する。DCモータはほぼ比例法則に従った特性を示すが、ACモータは、強・弱の風量切換えを巻線で行うため、弱風量での効率低下がみられる。

建築基準法の0.5回/時の居室換気に対応する24時間運転

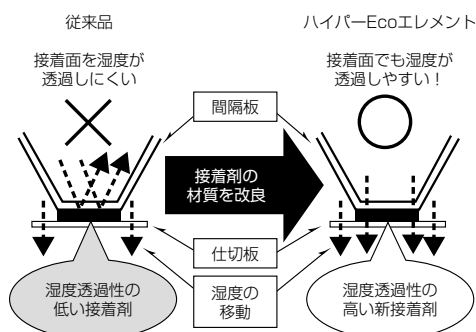


図4. ハイパーEcoエレメントの構造

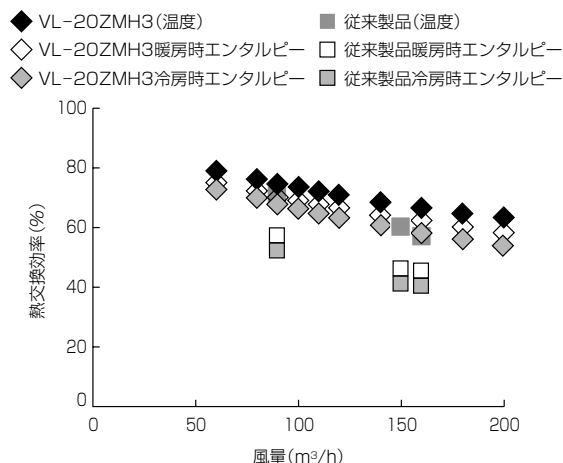


図5. VL-20ZMH3タイプの熱交換効率

の風量は、表1のように住宅気積に応じて100m³/hから200m³/hまで20m³/h刻みで6段階から設定できる。また、設定風量に対して一定の割合で風量を減ずる2段階の弱運転機能を持っており、冬期には住宅気密性能に応じて弱運転(0.4回/時又は0.3回/時)が可能な仕様となっている。

一定風量制御は、図7に示すようにダクト配管の長さや曲がりによる圧力損失に影響されず、設定風量で換気するよう給気用と排気用の各々のDCモータの回転数を最適に制御する。これによって、住宅の給気量と排気量が同等に保たれるため、室内外圧力差や建物の隙間(すきま)からの漏気(ろうき)を低減でき、バランスの取れた第1種熱交換換気システムを実現している。

これらの特長は、適切な換気設計が簡素化されるだけでなく、住宅に設置、施工される換気システムの品質(機能・性能・信頼性)を向上させ、適切な換気量設定と一定風量制御によって、換気システムの消費電力、換気による冷暖房エネルギーの損失を最小限に抑えることができる。

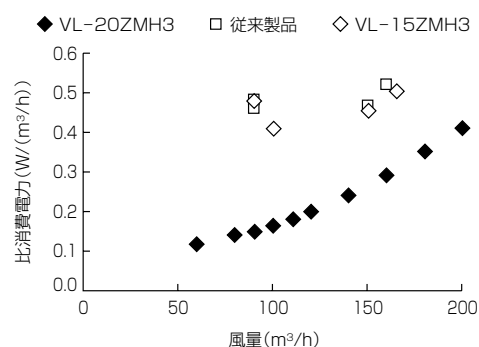


図6. VL-20ZMH3タイプの定格風量ー比消費電力

表1. VL-20ZMH3タイプの風量設定

風量 調節	設定風量 (m ³ /h)		
	24時間運転	弱運転	微弱運転
6	200	160	120
5	180	140	110
4	160	120	100
3	140	110	90
2	120	90	80
1	100	80	60

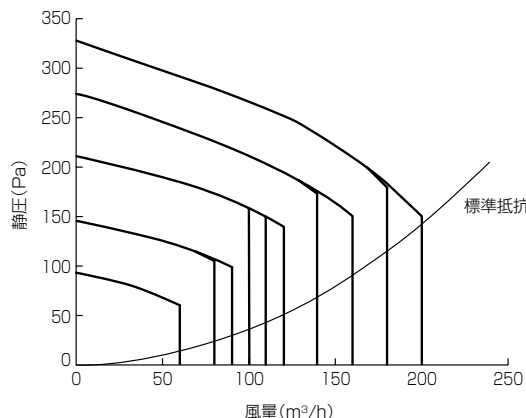


図7. VL-20ZMH3タイプのP-Q特性

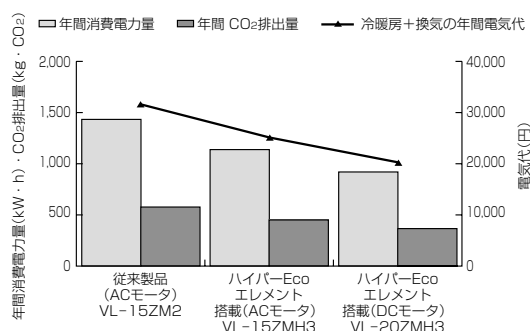


図8. ハイパーEcoエレメントとDCモータのエネルギー削減効果

3.3 有効換気量率の改善

有効換気量率は、建築基準法対応の機械換気量の設計で考慮しなければならない熱交換型換気扇特有の性能値であり、室内への給気(SA)量に対する外気(OA)の取入量の割合を表したものである。薄形ベーシックシリーズでは従来製品の94%から97%に改善し、実質的な換気量を3.2%改善している。先に述べたとおり、送風動力は回転数(風量)の3乗に比例するため、3.2%の実質風量改善は、送風動力にすれば約10%の省エネルギーに相当する。

4. 冷暖房+換気の消費エネルギーの削減効果

3.1節、3.2節で述べた熱交換素子及び送風機の性能改善効果について、“ハイパーEcoエレメント”を搭載したVL-20ZMH3タイプ(DCモータ)とVL-15ZMH3タイプ(ACモータ)、及びACモータ従来製品の年間の冷暖房+換気の消費エネルギーの比較を図8に示す。ACモータのVL-15ZMH3タイプは、従来製品と比較して住宅全体の冷暖房+換気の消費エネルギー(全般換気による冷暖房負荷動力と換気動力の合算^(注1))を約21%削減し、DCモータのVL-20ZMH3タイプは、約36%の削減となる。この削減量を冷暖房+換気の電気代とCO₂の削減量に置き換えると、VL-20ZMH3タイプでは電気代で年間11,432円、CO₂排出量で年間約208kgの削減に貢献する。

(注1) 東京地区の住戸、換気風量150m³/h(床面積120m²)、冷暖房は中間期(5, 6, 9, 10月)を除く8か月間運転。
 室内温湿度 : 暖房時 20℃ - 50%RH
 : 冷房時 27℃ - 50%RH
 外気温湿度 : 気温及び湿度の月別平均値
 (1971年から2000年までの平均値)
 冷暖房平均COP : 3.20
 電力料金目安単価 : 22円/kWh
 CO₂排出係数 : 0.4kg - CO₂/kWhで試算
 COP : Coefficient of Performance

5. 換気システム設計における改善

ダクト式換気システムではダクト配管の圧力損失を低減することが送風動力の低減となる。薄形ベーシックシリーズでは、次のシステム設計上の改善も盛り込んだ。

(1) ダクト接続口の方向変更と本体分岐

室内空気を吸い込む“RAダクト接続口”と、外気を取り込む“OAダクト接続口”は、図9に示すように、方向選択

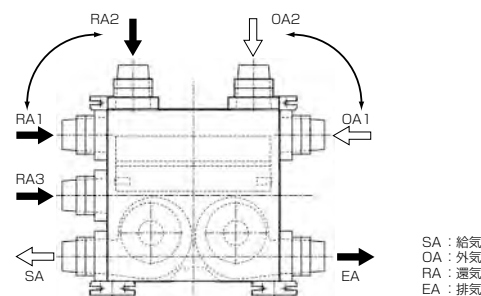


図9. ダクト接続口の方向選択・分岐

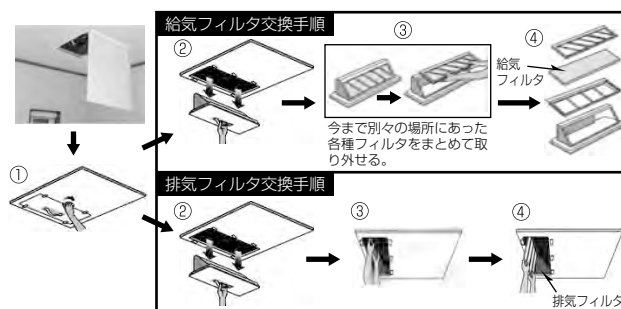


図10. 換気ユニットのフィルタメンテナンス方法

及び2方向分岐接続ができる構造とし、複数のダクトでの室内排気や外気取り入れ方向の選択によって圧力損失を低減する配管設計・施工を可能とした。

(2) 接続ダクト口径の拡大

すべてのダクト接続口は、従来の呼び口径φ100mmのダクトに加え、φ125mm、φ150mmのダクトも接続できる構造とし、ダクト口径の拡大によって圧力損失を軽減する配管設計・施工を可能とした。

6. メンテナンス性の改善

換気システムを効率良く稼働するためには、フィルタを定期的に清掃して機器の性能を維持することが重要である。薄形ベーシックシリーズは、図10に示すように給気側フィルタとカバーが一体化したカセット式のボックス構造を採用し、給気側のフィルタ類一式と排気側のフィルタを一連の作業で清掃できるようにしてメンテナンス性を改善した。さらにVL-20ZMH3タイプは、コントロールスイッチの運転表示ランプを点滅させてフィルタの清掃時期をユーザーに知らせる機能を搭載した。

7. む す び

今般発売したロスナイセントラル換気システム“薄形ベーシックシリーズ”は、ブラシレスDCモータ及び“ハイパーEcoエレメント”などの省エネルギー技術を盛り込み、文字どおり省エネルギー型セントラル換気システムとして商品化することができた。改正省エネ法で住宅と設備のトップランナー基準が示される中で、環境貢献型換気設備として、今後とも更なる省エネルギー、CO₂削減商品の開発に努め、環境負荷軽減に資する所存である。

太陽電池モジュールの高効率化及び大出力化

中村真之*
 鈴木一生*

High Efficient and High Output Polycrystalline Photovoltaic Module

Masashi Nakamura, Issei Suzuki

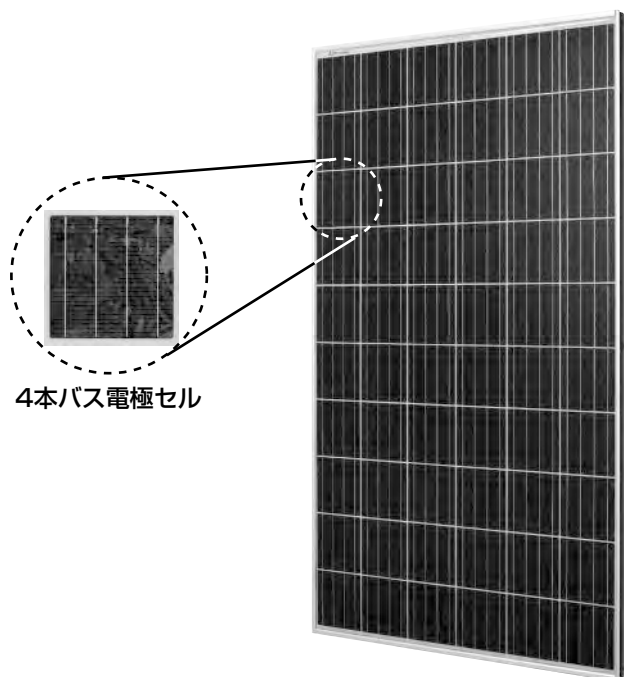
要 旨

近年、地球温暖化問題の緊急性及び重要性が世界各国で認識され、世界規模でCO₂排出量削減に向けて様々な取組みが実施されている。特に太陽光発電システムに関しては、2004年にドイツで改正された電力固定価格買取制度が急速な普及を促進したことから、欧州各国及び日本でもこの制度が導入され、世界的に太陽光発電の普及が加速している。

太陽光発電システムで、複数枚の太陽電池セルから構成される太陽電池モジュールは、その発電効率によってシステムの発電性能が大きく左右される重要構成部品である。また、その発電量あたりの設置費用にも大きな影響を与えるため、太陽電池モジュールの発電効率及び1枚当たりの発電出力が消費者の選択の一つの視点となっている。また、太陽光発電の普及が高まるとともに3～4kWが中心の住宅用システムに加え、工場の屋上や遊休地等を用いた数十kW～数MWと大きな容量のシステムの普及も進んできて

いる。一般住宅によく見られる傾斜屋根への施工の場合、傾斜面での作業における運搬性や安全性、限定された屋根面積に対しての配置の自由度が重視され、モジュールの高効率化への要望は強いものの、大型化による大出力化への要求は少なかった。しかし、平坦(へいたん)な地上設置や工場の屋上など、モジュールの扱いが比較的容易で、十分な設置面積がある場合には、それらの制限が少ないため、モジュールを大型化することによって、モジュール1枚当たりの施工部材、施工時間を削減することが可能である。工事費用を抑えることによって最終的なシステム総費用を低減できることから、今日では、大出力モジュールへの市場要求が高まってきている。

本稿では、4本バス電極セルを用いた太陽電池モジュールの高効率化及び大出力化に関する三菱電機の実績について述べる。



4本バス電極セル

太陽電池モジュール PV-TJ235GA6



新構造モジュールフレーム



太陽電池モジュールの裏面構造

4本バス電極セルを用いた高効率太陽電池モジュール

高効率及び大出力化の市場要求に対し、バス電極の4本化及び新フレーム構造の採用によって、市場要求である高効率かつ大出力を達成した太陽電池モジュール(最大出力235W)。

*中津川製作所

1. ま え が き

近年、地球温暖化問題の緊急性及び重要性が世界各国で認識され、世界規模でCO₂排出量削減に向けて様々な取組みが実施されている。特に太陽光発電システムに関しては、2004年にドイツで改正された電力固定価格買取制度が急速な普及を促進したことから、欧州各国及び日本でもこの制度が導入され、世界的に太陽光発電の普及が加速している。

太陽光発電システムで、太陽電池モジュールは、その発電効率によってシステムの発電性能が大きく左右される重要構成部品であり、また、その発電量当たりの設置費用にも大きく影響を与えるため、太陽電池モジュールの発電効率及び1枚当たりの発電出力が消費者の選択の一つの視点となっている。

2. 高 効 率 化

2.1 高効率化手段

太陽電池モジュールの構造は図1に示すとおり、複数枚直列接続された太陽電池セルが基本部品である。太陽電池モジュールの発電効率を向上させる方法には主に次の3つの手段がある。

(1) 光を電気に効率良く変換する

- ①ウェーハ品質の改善／結晶欠陥、重金属等の不純物による発電効率低下の抑制

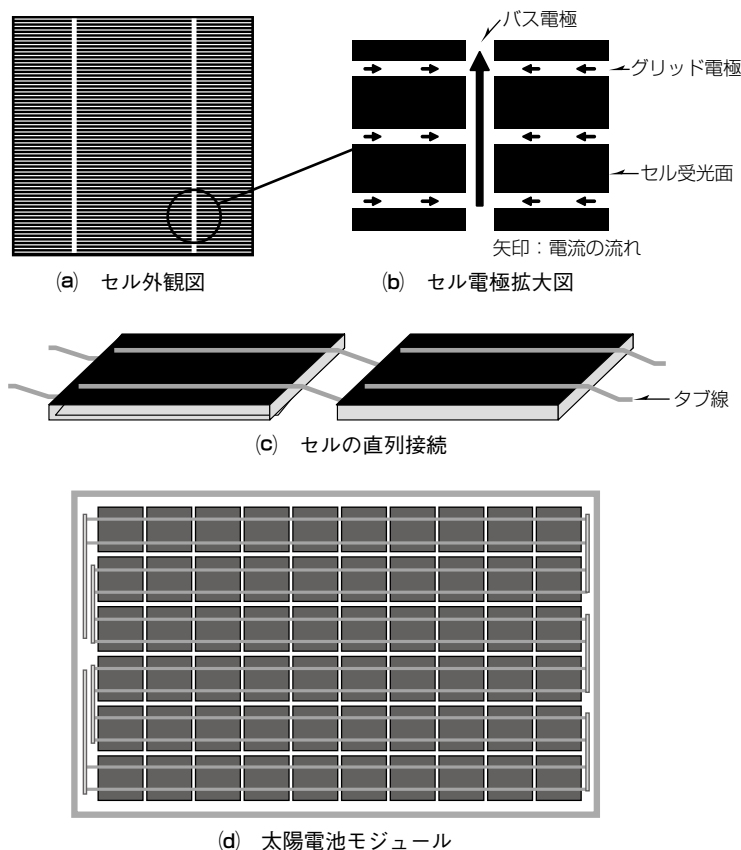


図1. 太陽電池モジュールの構造

②発生した電子の表面再結合抑制

(2) 光の取り込み量を増やす

①表面形状の最適化による反射率低減

②電極材(グリッド電極、タブ線)による遮光面積の低減

(3) 発電した電気を損失なく伝送する

①電極材とウェーハとの接触抵抗の改善

②電極材の抵抗の改善

当社では、プラズマCVD (Chemical Vapor Deposition) による反射防止膜の形成及び水素パッシベーション効果を最大限利用可能な電極材の高速焼成、グリッド電極の細線化によって高効率化を実現している⁽¹⁾。

次に、4本バス電極化による電極材抵抗を削減した高効率化の取組みについて述べる。

2.2 4本バス化による効率改善

当社では、2.1節で述べた太陽電池セル自体の高効率化に加え、電極材で発生する電力損失を低減するために、バス電極を従来の2本から4本と増やし効率の改善を行った(図2)。4本バス化による効率の改善の原理は、次のとおりである。図1(b)に示すように、発電した電流はセル上に流れる。1本のグリッド線に流れる電流は、図3に示すように太陽電池セルの各場所で発電した電気が集電され、徐々に電流量が増加する。これによって、グリッド線1本の抵抗による電力損失 P は式(1)で計算される。

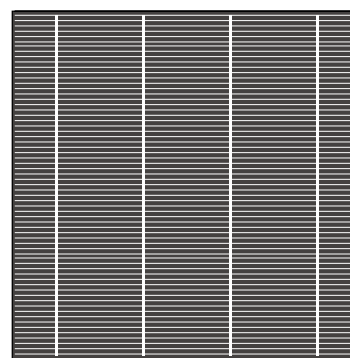


図2. 4本バス電極セル

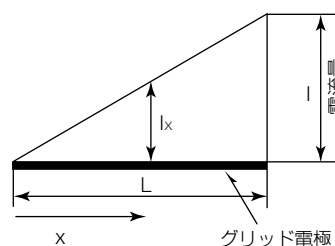


図3. グリッド電極上を流れる電流

$$P = \int_0^L \frac{\rho}{S} I_x^2 dx = \frac{\rho \cdot L \cdot I^2}{3S} = \frac{1}{3} RI^2 \quad \dots\dots\dots(1)$$

ρ : 電極体積抵抗 (Ωmm)
 L : 電極長さ (mm)
 S : グリッド電極面積 (mm^2)
 $I_x (= \frac{x}{L} \cdot I)$: 位置 x での電流量
 $R (= \frac{\rho \cdot L}{S})$: 抵抗

今回開発した4本バス電極セルに流れる電流は、図4(a)に示すように流れ、図4(b)に示す2本バス電極セルと比較し、グリッドに流れる最大電流量を減少させることが可能となる。2本バスセルでのグリッド線1本あたりの電力損失P2及び4本バスセルの電力損失P4は、式(2)と式(3)で計算される。したがって2本バスセル比で抵抗損失が1/4になり、結果として対2本バス電極セル比3%の効率の改善を図ることができた。

$$P2 = \frac{1}{3} RI^2 \times 4 = \frac{4}{3} RI^2 \quad \dots\dots\dots(2)$$

$$P4 = \frac{1}{3} \left(\frac{R}{2} \right) \left(\frac{I}{2} \right)^2 \times 8 = \frac{1}{3} RI^2 \quad \dots\dots\dots(3)$$

2.3 4本バス化によるセル内部残留応力の低減

当社では、環境に対する影響を考慮し、2003年から無鉛はんだを用いている⁽²⁾。この無鉛はんだは、一般的に用いられる有鉛はんだと比べ融点が高く、はんだ付け時のタブ線と太陽電池セル(シリコン)の熱膨張係数の違いによって生じる残留応力を抑える製造技術開発に力を入れている。今回の4本バスセルは、従来の2本バスと比較して、タブ線幅を1/2にしたことによって、タブ線をバス電極にはんだ接合する際に発生する残留応力のピークを削減かつ均等化することが可能である(図5)。これによって、タブ線接合後のセル強度を向上させることができる。この効果によって、従来のモジュールに対して1.2倍ほど大型化したモジュールでも、従来と同じ耐静圧試験基準^(注1)を達成している。また、残留応力ピークが均等かつ低減したことに加

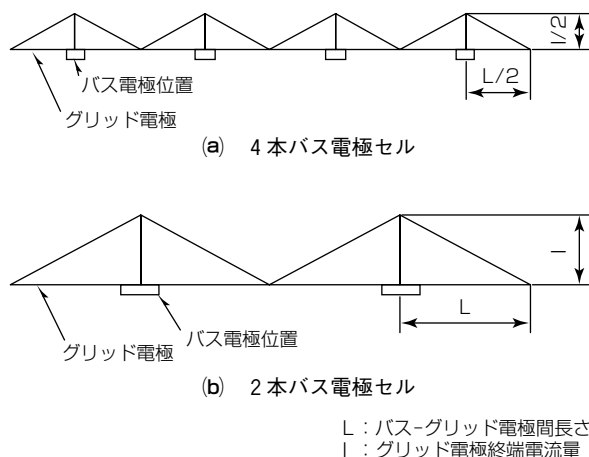


図4. グリッド電極1本に流れる電流の模式図

え、残留応力に起因する反り量を低減できたことによって、工程内での割れの発生確率を抑えることができ、トータルでのコスト低減が可能となる。さらに、4本バス化による残留応力が小さくなったことを利用し、今後の太陽電池モジュールの効率改善の一つとして、タブ線の断面積を厚くすることによってタブ線の抵抗を下げる開発に取り組む予定である。

(注1) IEC61215 Static load test, 当社太陽電池モジュールPV-TD185MF5とPV-TJ235GA6の比較

2.4 4本バスセルの製造技術

図1(c)に示したように、太陽電池セルはそれぞれのセルが直列にタブ線とバス電極のはんだ接合によって接続されている。このタブ線及びバス電極を従来の2本バスセルと同じ幅を使う場合、タブ線の幅によって遮光される面積が2倍となり、抵抗改善による効率上昇の効果が減少する。そのため、抵抗改善分を十分に活用するために、最低でも従来の1/2のタブ線幅を用いる必要があり、1mm幅のタブ線を1mm幅のバス電極に接合する精度の高い技術が要求される。そこで当社では、新たに画像処理技術を用いたアライメント技術(バスアライメント)を導入した。このバスアライメントは、CCD(Charge Coupled Device)カメラによってセルのバス電極位置情報を取り込み、 $\pm 0.1\text{mm}$ の精度でセルのバス電極を所定の位置に配置することが可能である。また、実際にタブ線とバス電極のずれ量も画像によって全数検査を行い、後工程にタブ線のずれたセルが流出することを防止している。また、この方式を導入することによって、従来の機械式のアライメントと比較して、太陽電池セルに接触する回数を減らすことが可能となり、工程内での歩留り向上も可能となる(図6)。

3. 太陽電池モジュールの大出力化

3.1 大型化による大出力化の需要の高まり

太陽光発電の普及が高まるとともに、3~4kWが中心の住宅用中小規模システムに加え、工場の屋上や遊休地などを用いた数十kW~数MWの大容量システムの導入が進んできている。一般住宅によく見られる傾斜屋根への施工の場合、傾斜面での作業における運搬性や安全性、限定された屋根面積に対する配置の自由度が重視され、モジュールの高効率化への要望は強いものの、大型化による大出力化への要求は少なかった。しかし、平坦な地上設置や工

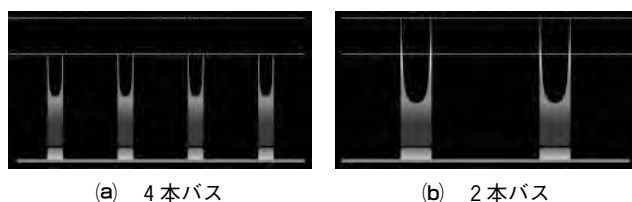


図5. タブ線上応力図

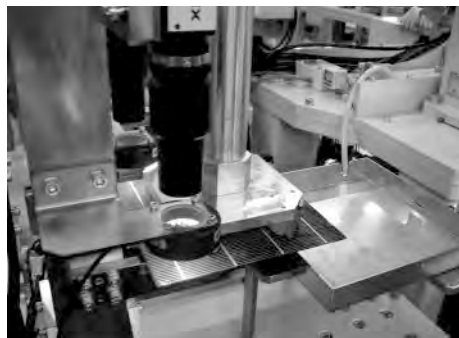


図 6. 画像処理によるアライメント

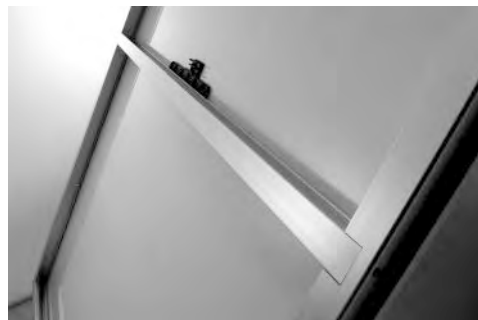


図 7. プロテクションバー(モジュール裏面)

場の屋上など、モジュールの扱いが比較的容易で、十分な設置面積がある場合には、それらの制限が少ないため、モジュールを大型化することによって、モジュール 1 枚当たりの施工部材、施工時間を削減することが可能であり、工事費用を抑えることで最終的なシステム総費用を低減できることから、今日では、大出力モジュールへの市場要求が高まってきている。

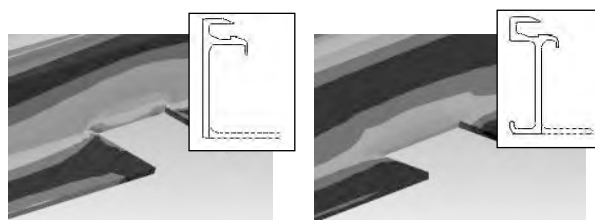
3. 2 大型化技術

太陽電池は屋外へ設置されるため、モジュールには積雪や風圧荷重といった様々な外力が加わる。モジュールの大型化に伴い、1 枚当たりに加わる外力の総荷重も大きくなるため、セルやフレーム強度を向上させる必要がある。当社では、先に述べた 4 本バス化によるセル内部応力低減とともに、モジュール裏面中央にプロテクションバー(補強バー)を導入することで、ガラスの撓(たわ)みに起因する太陽電池セルやガラスの割れなどの不具合を防止し、長期信頼性を確保した(図 7)。しかし、従来品のフレーム形状を大型モジュールに流用しようとした場合、接合点での局所応力が許容値を超えるため、今回、略 I 型形状のフレームを開発した。新形状では、断面積は従来品同等とすることでコストを維持しつつ、発生応力をおよそ 1/2 に低減することを可能にした(図 8)。

新形状フレームでの強度向上は、モジュール短辺側を固定する方式での施工を可能にただけでなく、下側フランジを固定する方式など、施工バリエーション拡大をも達成している(図 9)。

4. む す び

太陽電池モジュールの高効率化及び大出力化技術につい



(a) 従来フレーム (b) 新フレーム
(破線部はフレーム接合部で切欠加工されている部分)

図 8. フレームの荷重時の応力シミュレーション

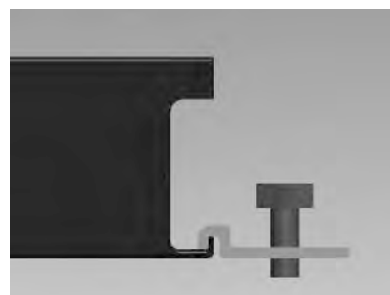


図 9. モジュール施工例

て述べた。今後更に太陽電池セル自体の高効率化、モジュール化技術の改良による高効率及び大出力化を図り、太陽光発電の更なる普及に貢献していきたい。

参 考 文 献

- (1) 石原 隆, ほか: 太陽光発電システムーセル製造技術の高度化ー, 三菱電機技報, 83, No.10, 599~602 (2009)
- (2) 森川浩昭, ほか: 太陽電池セル・モジュール鉛フリー化, 三菱電機技報, 77, No.5, 309~312 (2003)

家電製品における自己循環リサイクル

高木 司* 鈴木章元†
井関康人** 根岸康昌††
松尾雄一***

Closed-loop Recycle System of Plastics in Household Electrical Appliance

Tsukasa Takagi, Yasuto Iseki, Yuichi Matsuo, Akimoto Suzuki, Yasumasa Negishi

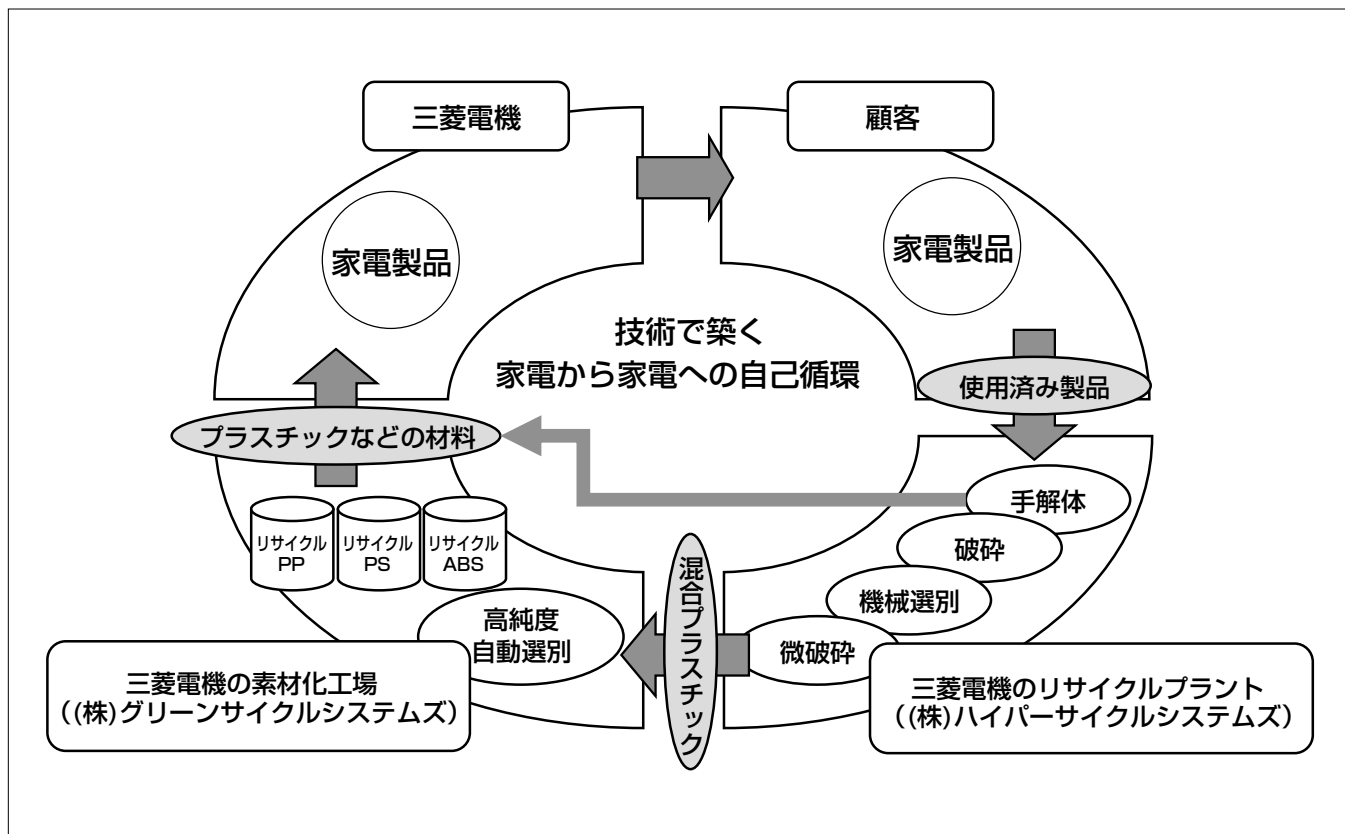
要 旨

経済的にも環境負荷的にも理想的なリサイクルは、回収物を元の製品群の素材として再利用する“自己循環リサイクル”である。三菱電機は、2001年の“特定家庭用機器再商品化法”（通称：家電リサイクル法）施行以降、使用済み家電製品から回収したプラスチックの自己循環リサイクルに積極的に取り組んできた。

まず第一段階として、目視による選別が比較的容易な単一素材のプラスチック部品を対象に、手作業で選別・回収を行い、三菱電機の家電製品に再利用する取組みを行った。その結果、冷蔵庫野菜ケース（ポリプロピレン樹脂：PP）、冷蔵庫透明棚（ポリスチレン樹脂：PS）、ルームエアコン室内機ファン（ガラス繊維強化アクリロニトリル-スチレン樹脂）等、多岐にわたる部品を回収・素材化し、それを自社の家電製品に再利用する自己循環リサイクルのシステ

ムを実用化した。

一方、手作業の選別・回収が困難なものや複合プラスチックは、破碎後に金属類を取り除いても、金属と多種類のプラスチックで構成される混合プラスチックとして扱われ、素材価値がほとんどなく、自己循環リサイクルが実現できていない状況にあった。そこで三菱電機では、この混合プラスチックから家電製品の主要3大プラスチックであるPP、PS、ABS（アクリロニトリル-ブタジエン-スチレン）を高純度で自動選別する独自技術を開発し、その実用化に向けて取組みを行った。その結果、2009年秋に発売したルームエアコン内部の主要部品に、混合プラスチックから選別したプラスチックを原料として適用し、自己循環リサイクルの適用拡大を図った。



三菱電機の自己循環リサイクル

三菱電機は、自社の家電リサイクル事業会社(株)ハイパーサイクルシステムズで、使用済み家電製品から素材を回収し自社の家電製品に再利用する自己循環リサイクルを展開している。この自己循環リサイクルをより拡大するため、混合プラスチックから高純度でPP、PS、ABSを自動選別する工程を、自社の素材化工場(株)グリーンサイクルシステムズ内に設置し、このたび運用を開始した。これによって、自己循環リサイクルの大幅な拡大が見込まれる。

1. ま え が き

経済的にも環境負荷的にも理想的なりサイクルは、回収物を元の製品群の素材として再利用する“自己循環リサイクル”である。三菱電機は、2001年の“特定家庭用機器再商品化法”（通称：家電リサイクル法）施行以降、使用済み家電製品から回収したプラスチックの自己循環リサイクルに積極的に取り組んできた。プラスチックのリサイクルは、異物除去や材料劣化の回復といった課題を解決し、安定した品質を確保することが重要である。そのため、第一段階として目視による選別が比較的容易な単一素材のプラスチック部品を対象に、手作業で選別・回収を行い、家電製品に再利用する取組みを行った。一方、手作業の選別・回収が困難なものや複合プラスチックは、破碎後に金属類を取り除いても、金属と多種類のプラスチックで構成される混合プラスチックとして扱われ、素材価値がほとんどなく、自己循環リサイクルが実現できていない状況にあった。そこで三菱電機では、この混合プラスチックから家電製品の主要3大プラスチックであるポリプロピレン（PP）、ポリスチレン（PS）、アクリロニトリルブタジエンスチレン（ABS）を高純度で自動選別する独自技術を開発し、その実用化に向けて取組みを行った。

本稿では、これら家電製品に適用したプラスチックの自己循環リサイクル事例について述べる。

2. 自己循環リサイクルの体制

三菱電機の自己循環リサイクルは、千葉縣市川市にある家電リサイクル事業会社（株）ハイパーサイクルシステムズ（HCS）で回収した使用済み家電製品部材を素材化、量産適用を図っている。また、混合プラスチックから、PP、PS、ABSを高純度で自動選別する技術に関しては、HCSにパイロットプラントを構築し、本格量産に向けての技術開発を図る一方、パイロットプラントで製造した素材をもとに材料開発を行い、限定的ではあるが製品適用を図ってきた。今般、混合プラスチックの高純度自動選別化ラインを、千葉県内の（株）グリーンサイクルシステムズ（GCS）に設置し、運用を開始した。

自己循環リサイクル開発に関しては、リサイクルプラント、研究所、製品製造場所の各メンバーから成るワーキンググループを組織し、各部門の連携を図りながら、自己循環リサイクル拡大に向けて、継続的な活動を展開している。

3. 手作業選別・回収部品の自己循環リサイクル

3.1 ルームエアコン室内機ファンの自己循環リサイクル

ルームエアコンの主要構成樹脂部品である室内機ファンに関して、使用済み製品の室内機ファンを回収し、ルームエアコン室内機ファンの原料として再利用する自己循環リ

サイクルの技術開発を行った。この開発は、このファン原料を製造している東レ（株）との共同開発によるものである。

ルームエアコン室内機ファンの材質は、ガラス繊維強化アクリロニトリルブタジエンスチレン樹脂（ASG）が一般的である。ASGをリサイクルする場合、主にガラス繊維の折損によって、物性低下が引き起こされる。また、使用済み製品のファンには、埃（ほこり）、カビなどの付着異物や元々ファンに付属していた金属シャフト等があり、物性低下抑制とともに異物除去が重要な課題となる。

図1に、使用済みエアコン室内機ファンの外観性状を示す。また図2に、今回量産化したリサイクル工程を示す。除去すべき異物の材質・性状を踏まえ、各所に適切な異物除去工程を配置することによって、異物除去が確実になされ、製品に再利用可能な品質を確保可能となった。図3に、この工程で作製されたリサイクル材のクリープ特性を示す。室内機ファンにとって、クリープ特性は重要品質である。引張クリープ試験の結果、ガラス繊維含有率を一定にした場合、クリープ変形量は、リサイクル材の混合率に比例して、増大することが分かった。これは、リサイクル材はガラス繊維の折損によって、補強効果が薄れた結果と考えら

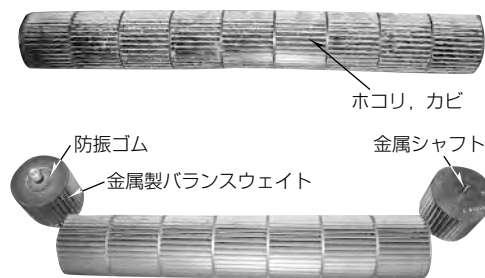


図1. 使用済みエアコンの室内機ファン

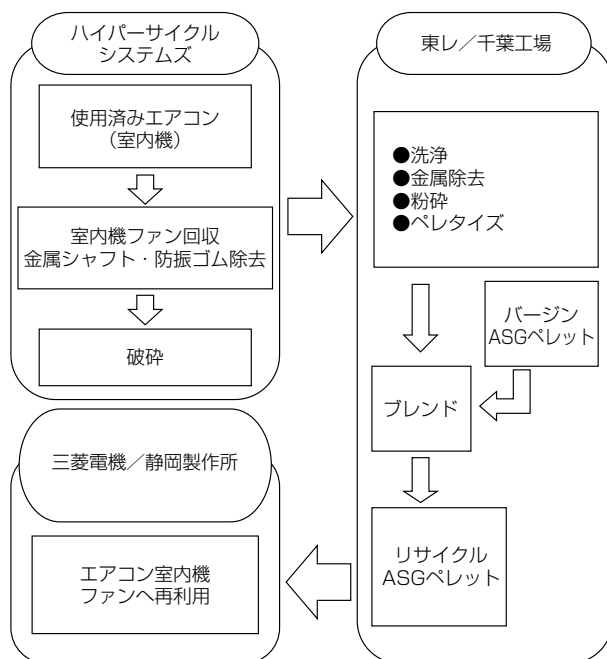


図2. 室内機ファンの自己循環リサイクル工程

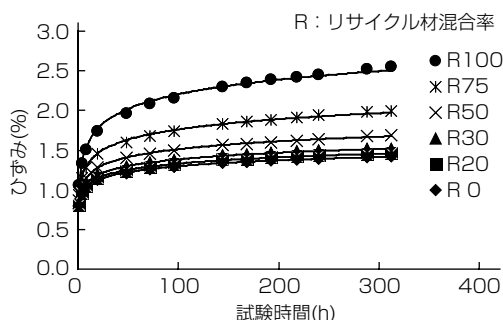


図3. リサイクルASGの引張クリープ特性(@60℃, 35MPa, GF20%)

れる。実際、室内機ファンを成形し、品質評価を実施したところ、リサイクル材混合率があるレベルを超えると、ファンとしてのクリープ特性が品質規格を満たせないことが分かった。よって、リサイクル材の混合率をある一定量に管理した上で、量産適用を図ることとした。

3.2 冷蔵庫透明棚の自己循環リサイクル

冷蔵庫庫内の透明棚や扉ポケットは、一般的にPSで成形されている。これを、発泡スチロール原料として活用し、家電製品の断熱構造部品や包装用緩衝材として再利用する技術開発を行った。この開発は、発泡スチロール原料を製造している(株)JSPとの共同開発によるものである。

回収部品である冷蔵庫の透明棚や扉ポケットの成形材料は、PSが一般的ではあるが、一部アクリロニトリルスチレン(AS)が使用されている。PSとASは、透明な成形品で外観上の見分けがつきにくい。一方、PSとASが混合されると、強度低下の原因となり、リサイクルしにくい状況があった。そこで、(株)JSPが技術を持つシード重合法を利用して、この問題の解決を図った。図4に、今回開発したリサイクル工程を示す。発泡スチロールのビーズは2重構造となっており、リサイクル材の核粒子の周囲をバージン材が包んでいる。これによってAS混入による物性低下を抑制することが可能となった。

表1に、このリサイクル発泡ビーズで成形した発泡スチロール成形品の圧縮強度と熱伝導率を示す。熱伝導率は、バージン材と同等であったが、圧縮強度は、バージン材より約10%低下した。そのため、一部の部品では形状変更等の改良を加えた上で、冷蔵庫、エアコンの断熱構造部品、包装用緩衝材として量産適用を図った。

4. 混合プラスチックの自己循環リサイクル

4.1 混合プラスチックのリサイクル工程

手作業で選別・回収された使用済み製品は、破碎処理後、鉄、銅、プラスチックなど素材別に選別・回収される。この破碎処理後に回収されたプラスチックを“混合プラスチック”と呼んでおり、家電製品に多用されているPP, PS, ABSの3種から主に構成されている。現状、手作業で回収可能なプラスチックは限られており、多くが混合プラス

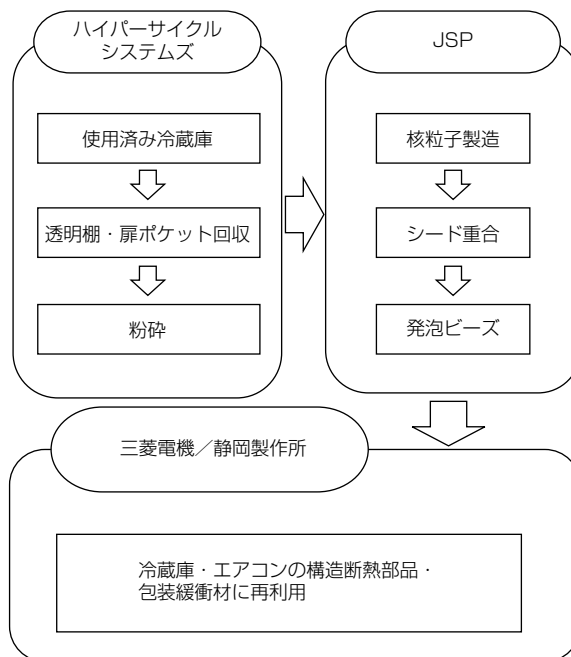


図4. 透明棚の自己循環リサイクル工程

表1. リサイクル発泡スチロールの成形品特性

	発泡倍率	バージン材	リサイクル材
5 % 圧縮強度 (MPa)	30倍	0.25	0.22
	40倍	0.18	0.14
	50倍	0.13	0.10
熱伝導率 (W/mK)	30倍	0.034	0.034
	40倍	0.035	0.035
	50倍	0.037	0.037

チックとして処理されるため、この混合プラスチックの再利用が自己循環リサイクル拡大の重要課題となっていた。そこで三菱電機では、混合プラスチックからPP, PS, ABSを高純度で選別・回収する技術開発に着手、パイロットプラントによる運用を経て、今般GCSで、実業プラントの運用を開始した。混合プラスチックの自己循環リサイクル工程を、図5に示す。水より軽いPPは、三菱電機独自の比重選別技術によって回収し、その後水より重く比重差で分別できないPS, ABSは、三菱電機独自の静電選別技術を用いて、選別・回収する。これによって、いずれの樹脂も99%以上の高純度で回収が可能となった。

4.2 ルームエアコン部品への適用事例

ルームエアコン室内機の部品には、PS, ABSが多用されている。その中で、外郭の意匠部品ではなく、内部の部品に混合プラスチックから選別したPS, ABSの適用検討を行った。三菱電機の開発した自動選別ラインは、混合プラスチックからPP, PS, ABSの各樹脂を純度99%以上で選別・回収可能である。しかしながら、1%未満ではあるが異物の存在、回収部品の色調が様々であることによる色調の制約から、製品の意匠を形成する外郭部品への適用は難しい。そのため、室内機内部の構造部品への適用を検討した。エアコン室内機の部品には、構造強度以外にも耐薬

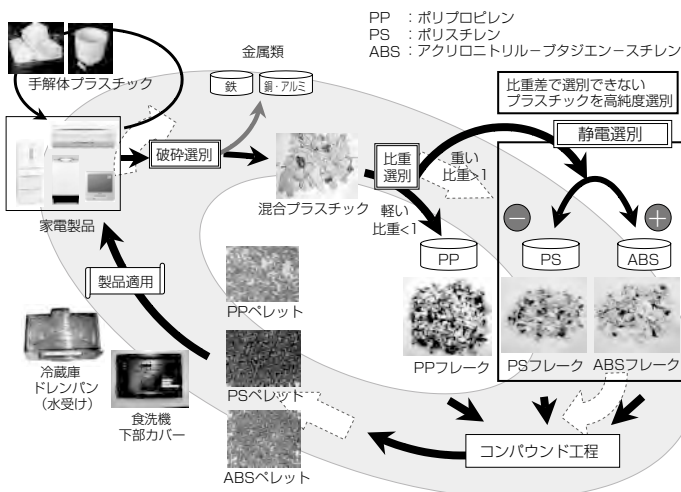


図5. 混合プラスチックの自己循環リサイクル工程

品性等、様々な要求特性がある。これらの要求特性に対し、従来のバージン材とリサイクル材との物性を比較したのが表2である。リサイクル材の引張強度、耐薬品性は、バージン材と同等又はそれ以上の物性を持つが、引張破断伸び、衝撃強度はリサイクル材の方が物性値が低い。これは1%未満ではあるが存在する異物の影響と考えられる。これらの結果、製品品質基準を一部満たせないものがあつたため、その対策として、バージン材を混合して物性低下の抑制を図った。これによって、品質基準を満足する配合を見だし、量産適用を可能にした。

4.3 クリーナーへの適用事例

クリーナーへのリサイクル材適用を考えた場合、ルームエアコン同様、意匠上の理由から、外郭部品への適用は難しい。そこで、クリーナー内部の非意匠部品から、モータカバーを選定して適用検討を実施した。モータカバーの重要要求品質に難燃性がある。従来該当部品には難燃PPが使用されてきた。そこで、混合プラスチックから選別したPPを原料に、難燃化の検討を行った。表3に、今回開発した難燃PPの特性を示す。このように従来使用のバージン材に比べ、衝撃強度は低下するものの、要求難燃性能を満足するリサイクル材を開発し、量産適用を図った。このリサイクル難燃PPは、同じような要求品質であるIHクッキングヒーターの基板周り部品にも適用している。

5. む す び

家電リサイクル法の施行後、三菱電機は使用済み家電製品から回収したプラスチックの自己循環リサイクルに積極的に取り組んできた。その結果、家電6製品、約30部品へ自己循環リサイクル材の導入を図ることができた。表4に、代表的な導入部品を示す。これら自己循環リサイクル材導入によって、年間約500ton^(注1)のバージン材を削減し、その結果年間約600ton^(注1)のCO₂排出削減に寄与することが

表2. 混合プラスチックのリサイクルPS、ABSの材料特性

材料 物性	PS-HI		ABS	
	リサイクル材	バージン材	リサイクル材	バージン材
MFR(g/10min)	5	4	15	18
引張強度(MPa)	32	32	44	45
引張破断伸び(%)	30	32	15	23
シャルピー衝撃強度 ノッチなし(kJ/m ²)	37	60	52	80
耐薬品性	サラダ油	0.25	0.25	0.44
	DOP	<0.25	<0.25	0.25

MFR: Melt Flow Rate
DOP: フタル酸ジオクチル

表3. 混合プラスチックのリサイクル難燃PPの材料特性

材料 物性	難燃PP	
	リサイクル材	バージン材
MFR(g/10min)	26	15
引張強度(MPa)	27	28
引張破断伸び(%)	27	86
シャルピー衝撃強度 ノッチなし(kJ/m ²)	40	>182
難燃性(UL-94/t0.8mm)	V-0	V-0

表4. 代表的な自己循環リサイクル材適用部品

家電製品	材料(素材化原料)	自己循環リサイクル材 適用部品
冷蔵庫	PP(冷蔵庫野菜ケース)	・庫内レール
	PP(混合プラスチック)	・ドレンパン
	PS(冷蔵庫透明棚)	・断熱構造部品 ・包装用緩衝材
ルームエアコン	PP(冷蔵庫野菜ケース)	・室外機意匠パネル
	PP(洗濯機水槽)	・室内機構造部品
	PS(冷蔵庫透明棚)	・室内機包装用緩衝材
	ASG(室内機ファン)	・室内機ファン
	PS(混合プラスチック)	・室内機モータ固定部品
	ABS(混合プラスチック)	・室内機ドレンパン
パッケージエアコン	PP(冷蔵庫野菜ケース)	・室外機意匠パネル
	PS(冷蔵庫透明棚)	・断熱構造部品
ビルトイン 食器洗い乾燥機	PP(混合プラスチック)	・下部カバー
クリーナ	PP(混合プラスチック)	・モータカバー
IHクッキングヒータ	PP(混合プラスチック)	・基板周り部品

できる。2010年4月から、混合プラスチックの素材化工場が順次稼働を始めた。今後は、混合プラスチックを主体とした自己循環リサイクル拡大を図り、地球温暖化防止と循環型社会構築に向けて活動を強化していく。

(注1) 2010年2月時点、JIS C9911 再資源化利用指標に基づく年間使用量換算予測値。CO₂排出量は三菱電機測定及び算定結果による。

参 考 文 献

- (1) 高木 司：クロスフローファンのマテリアルリサイクル技術、環境と新冷媒国際シンポジウム2006、18～21(2006)
- (2) 松尾雄一、ほか：使用済み家電混合プラスチックから選別回収したリサイクル材の品質評価、成形加工シンポジウム'09、207(2009)

京都製作所におけるJIT活動 —ロスミニマムの追求—

中村慎治郎*

Just-In-Time Activity at Kyoto Works, —Pursuit of Loss Minimization—

Shinjiro Nakamura

要 旨

三菱電機京都製作所はAV(Audio Visual)事業の海外展開とブラウン管事業の終息によって、構内余剰スペースが発生した。新事業創出や外部倉庫取り込みによって外部流出費用抑制を図ってきたものの、大量生産時代のものづくり体制を踏襲したままであり、構造改革が必要であった。

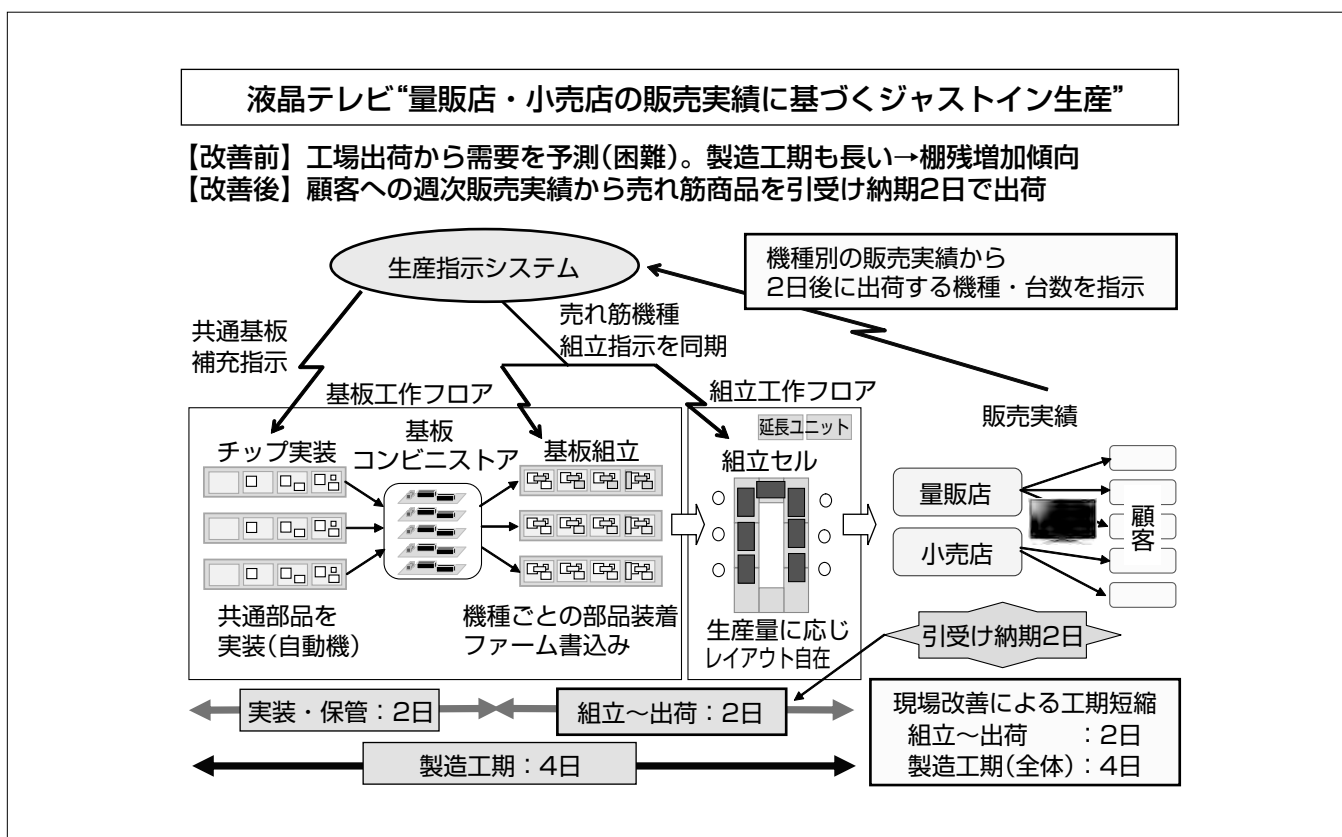
そのような状況下で、国内生産の生き残りをかけて当製作所工作部門の一棟集約合理化による作業工程の全面改善、関係会社物流部門の当製作所製造管理部統合による棟間物流ロス削減、業務重複ロス削減等構内物流全般の合理化を実施した。

次に組織再編と負荷状況に合わせた体制のスリム化によって、最適オペレーションが可能な体制に転換し、ものづくり革新活動キャンペーン“KPIC(Kyoden Productivity

Innovation Challenge)”を立ち上げて現場改善を中心とした生産革新推進体制を強化した。

さらに筋肉質な事業体質への変革のためには、PSI (Production/Procurement, Sale, Inventory) 管理強化による在庫ミニマムオペレーションが不可欠であり、現場改善を中心とした活動から営業・調達・出荷へ深化と拡大を行う KPIC-Part II 活動によって AV 製品の準受注生産化という在庫ミニマム・短納期生産体制を確立した。

京都製作所におけるJIT(Just In Time)活動はロスミニマムの追求を基本とし、これまでの活動成果は世界初のブルーレイ／ハードディスク搭載液晶テレビの国内生産垂直立ち上げで十二分に発揮され、市場即応力に対応した生産を継続中である。



液晶テレビ生産の準受注生産を支える引受け納期2日体制

ロスミニマム体制は、在庫を極力持たず、そのかわり営業要求を受けた2日後には出荷する“引受け納期2日体制”の構築実践にある。見込み生産に頼ったPSI管理を、販売実績をもとに毎日行うミニ工程会議で2日後の投入計画を確定する。生産は製造工期4日を基本とするが、チップ実装は共通基板を事前に実装し必要最小限をストアする。毎日の生産指示は基板手挿・総組同一指示によって同期生産させ、2日後に出荷する体制を構築した。

1. ま え が き

京都製作所は当社映像情報事業の中核製作所であり、長年アナログ映像機器を開発・生産してきた。しかしながら海外生産化、デジタル化、事業終息などの事業構造変更によって構内には余剰スペースが発生し、その時期に応じたスペース対策・新規事業取り込みを費用ミニマムで実施し、外部流出費用削減を図ってきた。

しかしながら様々な対策を順次取り込んだ結果、当製作所製造現場は多くの工場建屋に分散したままの状態となってしまう。外部流出費用を削減したものの、価格下落の激しいデジタルAV事業で生き残るには、止血のみでなく強固な製造体質への変革が必要であり、ものづくり強化のための構造改革を実行しなければとがたい状況であった。

そこでものづくり強化のために次のとおり3つのステップで改革を実行した。

ステップ1：生産場所集約による構内物流改革

ステップ2：生産革新(現場改善加速)

ステップ3：在庫ミニマムPSI管理強化

2. トップダウンによる生産場所集約

2.1 場所集約と構内物流改革

構内には生産・倉庫スペースが5工場に分散して棟間物流が発生し、材料から出荷までの動線は1,100m、物流関連人員は44名を抱えていた。特に問題となるのが材料倉庫が4か所、生産工程が3か所に分散しており、構内物流ロスが発生していることであった。また、材料倉庫は構内協力会社の洛菱テクニカ(株)へ業務委託しており、材料倉庫から生産工程への受入れ検収には部門間で重複業務が発生していた。

ステップ1では、これまでのJIT活動ノウハウを最大限に生かして生産スペースを大幅に削減し、5工場分散生産から1工場集約生産へダイナミックな改革を実行した。コンベア方式から可変式パレットを使用したセル生産方式へ全面変更し(図1)、物量が最も多い液晶テレビ生産を3階

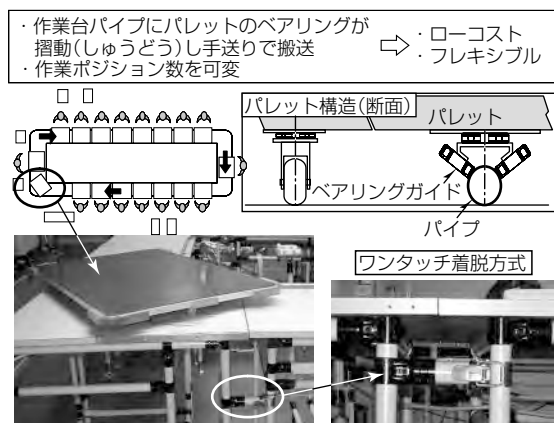


図1. 可変式パレット生産

から1階に移設し材料投入から出荷までの流れを直線化して、業務機器生産を1か所へ集約し他部門のいいところ取りで作業能率改善を加速した。

2.2 組織改革によるものづくり強化

スペースの1棟集約に合わせて組織改革にも着手した。当製作所では過去の大量生産を前提とした組織のまま各製造部が生産管理・製造技術・工作機能を保有し損益責任を明確にしていたが、低価格機種の海外生産化に伴い当製作所内生産が減少し、規模に合わせて生産管理・工作人員は縮小していった。今回の改革で生産管理・工作機能を製造部から分離させ製造管理部へ統合し、人的横通し強化によって質的向上を図った。また洛菱テクニカ(株)の材料物流業務部門を製造管理部へ統合し、物流業務機能を一元化することによって重複業務を排除した。さらに現品管理と資材調達管理を統合して、調達現品課を新設し、部品搬入指示と現品作業改善を一元管理とした。

これによってリードタイムは2日減となり、倉庫生産スペースは34%、物流動線45%、物流人員45%の削減をそれぞれ達成した。

3. 製造体質改革キャンペーン

構内物流合理化完了に伴い、ステップ2としてJIT活動定着化に向けたものづくりキャンペーンを展開した。愛称をKPICとし、ロスミニマム製造体質と製造工期短縮を重点テーマに取り組んだ。この活動はものづくりのビジブル化、整流化、素人工化、多能工化、自働化をキーとして徹底的ロス削減活動を行うもので、生産性向上30%、製造リードタイム2日減、工程内仕掛20%削減、工程内不良50%削減と一年間の目標値としては高いものとした。

3.1 業務の見える化(デジタル化)

今では当製作所の代名詞となっている生産進捗(しんちよく)管理板の電子化を行った。従来の手書きボードから生産進捗と製造三角図が同一画面でリアルタイム表示されるソフトを独自に開発し、進捗は音声でもわかるようにして作業者全員がタクトを意識した生産ができるようにした。

表示機器は自ら生産する液晶テレビを活用し、製品アピールも怠っていない(図2)。



工場見学者へ、液晶TVを使用して表示

図2. デジタル化した生産進捗管理板

3.2 デジタル屋台

また業務機器を中心に、品質の安定化を目的として製造支援機能を搭載したデジタル屋台化を推進している。PDF(Portable Document Format)文書によって電子作業指導票を作成し、指導票に沿った音声と部品箱LED(Light Emitting Diode)表示のガイダンスによって、ねじ締め指示や使用部品の指示、検査順序の指示など部品点数の多い業務用プリンター(VCP)組立てにおける作業忘れや部品取付け誤りを防止する(図3)。このデジタル屋台は機能分割が可能で、全作業手順を指示するVCPデジタル屋台から、梱包(こんぼう)時の質量検知による欠品を防止し製造履歴番号を管理する梱包作業デジタル屋台、検査作業手順の自動化デジタル屋台など適用機種に見合った機能組合せを行い、品質維持と素人人工化に大いに貢献している。

3.3 部品投入のJIT化

生産性向上はライン内作業者の生産性のみではなく、材料入着検収、材料キitting、マテハンなどライン外作業者すべてを含んだ指標とした。これによって直行率向上やTS(Time Standard)削減などラインの生産性向上にとどまらず、生産に寄与するすべての作業に着目し、特に材料管理業務を大幅に変更した。入着した材料をダンボールのまま動力車で運搬し倉庫で保管していたものを、受入れと同時に開梱(かいこん)しダンボールレス化を実施して、倉庫保管でなく専用台車での“実のみ管理”によって簡単かつ安全な作業を実現した。背の高い固定棚からの可動式低層台車化、集荷払出し作業はパレット払出しから作業台車で移動しながらの一筆書きキitting化を行い、さらに工数に応じた支給現品票に対し時間ごとの差し立て板を活用して作業者の進捗管理メッシュを細分化することで、現品票処理枚数は59%向上した(図4)。

4. 準受注生産方式へ

生産性向上で製造リードタイムを順調に短縮したものの、見込み生産を行う規模変動の大きな民生機器は市場環境変化に追従できず、2007年度末に棚残回転率が計画比で大幅

に悪化した。この反省から、短納期生産によって売れたものだけを即生産し配送センターへ補充する仕組みが重要となり、見込み生産から準受注生産へ転換する低在庫レベルオペレーションが不可欠かつ棚残活動における最重要課題と認識した。

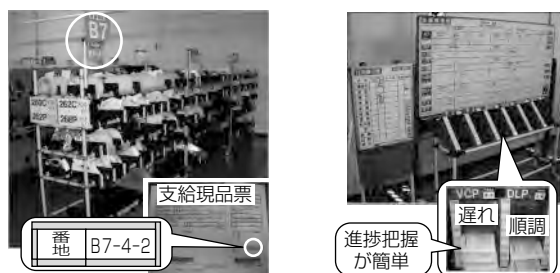
4.1 引受け納期2日体制

準受注生産方式を実現するためには、在庫を極力持たない代わりに受注から出荷までを2日とし、いつでも顧客の要求にこたえられる生産体制の構築が必要である。市場即応力強化こそが、価格下落が激しいAV製品の国内生産生き残りのカギとなる。この引受け納期2日体制なくして国内生産の価値なし、そういった意気込みで営業から出荷までの総力を結集した活動が始まった。

これまでの1週間前1週間確定の運用を見直し、週末の販売実績から毎週火曜日に週間PSIを実施し、ここで2日後の投入を確定させ、翌日以降も毎日ミニ工程会議を開催して2日後の投入を確定させる引受け納期2日体制(基板組立て1日、総組1日)を導入した(図5)。

4.2 基板コンビニ

準受注化に向けて生産面で重要となるのが、基板とシャーシ総組の同期生産強化である。これは基板の後工程である手挿工程の生産指示を、シャーシ総組と同期させJIT投入することで実現した。チップ実装工程は、設備能力上の制約からすべての基板を手挿工程へJIT投入することができない。今回チップ実装工程は手挿生産に追従するため、



(a) 実のみ管理と番地表示 (b) 1時間ごとの差し立て板

図4. 実のみ管理と差し立て板

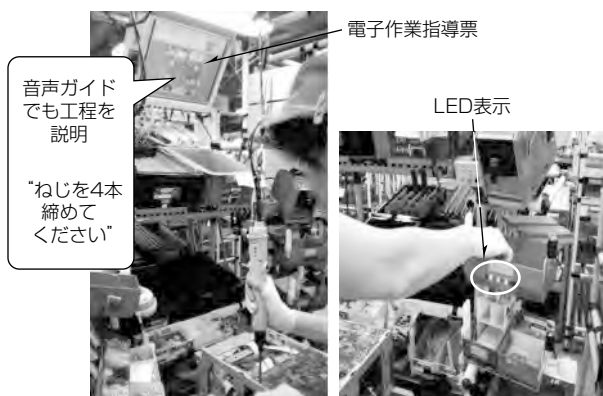
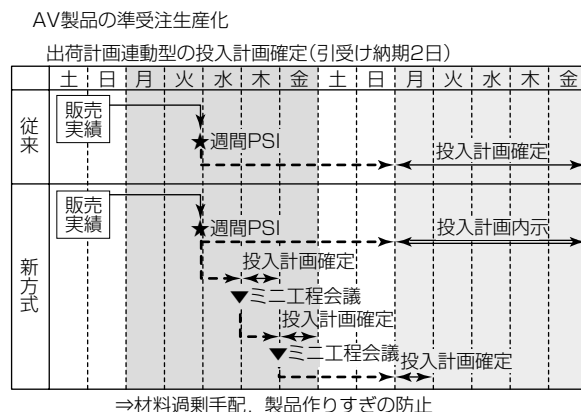


図3. 業務用プリンター組立工程のデジタル屋台



⇒材料過剰手配、製品作りすぎの防止

図5. 引受け納期2日体制

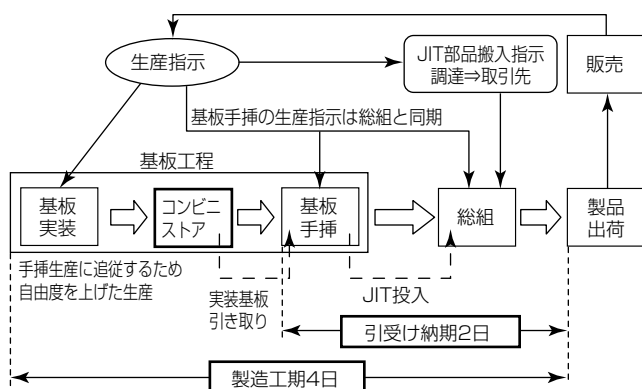


図6. 基板と総組の同期生産化

コンビニストアを持ち自由度を上げた生産とした。コンビニストアとは売れ筋商品だけがいつも陳列され、陳腐化された商品はなくなるコンビニの商品管理にちなみ、必要なものだけがいつもストアされてあるバッファを意味する(図6)。

4.3 PSI管理強化

引受け納期2日体制を推進する上で最重要となるのがPSI管理である。当製作所では4つのステップでタイムリーな判断ができるようフォロー会議を開催している。PSI方針会議は月に2回開催され、製造部長出席のもとPSIの基本計画が承認される。これを実行計画へ落とし込むのが、毎週火曜日に開催される週間PSI会議である。これは各部門課長が出席し、週末の最新売れ筋情報を加味して1週間先までの投入計画を内示する。水曜日以降は、毎日実施のミニ工程会議で2日後の投入計画を確定する。さらに毎週行われる経営会議後に、所長同席のもと、パネルやICなどの重要部品の手配や方向付けを承認するPSIフォロー会議を実施し、マネジメント層から実務担当までメッシュの細かい管理を実行している(表1)。

4.4 世界初のBD/HDD搭載液晶テレビ生産開始

生産場所の集約、生産革新活動によるJIT活動加速、PSI管理強化によるロスミニマム生産を進めてきた2009年度、秋の新モデルでブルーレイディスクレコーダ(BD)／ハードディスク(HDD)搭載の液晶テレビ発売が決定した。

表1. PSI会議の種類と頻度

	開催頻度	内容	出席者
①PSI方針会議	月2回	・販売状況 ・販売戦略 ・生産要求	営業部長 資材部長 製造管理部長 製造部部長
②週間PSI会議	毎週火曜日	同上	各部門課長
③PSIフォロー会議*	毎週経営会議後	・方向付け ・所長承認	所長、各部長
④ミニ工程会議	毎日	・直近の 生産確定	主任クラス 実務担当者

*液晶TVのみ

世の中に存在しない製品で開発期間が短く、生産設計後の短納期垂直立ち上げが要求されたが、JIT活動で生まれた活スペース更地にわずか2週間で電源などのユーティリティ工事と生産ライン設置を完了し、200名を超える新人作業者の大量投入にもかかわらず、量産開始から3週目で日産計画台数到達と垂直立ち上げを成し遂げた。これも標準化設計と見える化による素人工化推進加速と、単体BDレコーダや業務用デジタルレコーダで蓄積した製造ノウハウを生産方式に取り入れて検査合理化を行った成果である。まさにこれまでの当製作所のものづくり力の集大成といったモデルである。市場からも好評を博し、エコポイントという追い風も受けて例年は閑散期となる1月～3月でさえも生産ラインは活況を呈している。

5. む す び

今回の京都製作所JIT活動ものづくり革新は、トップダウンによる工場レイアウト、あるべき姿をねらった組織変更の実施と合わせ、ものづくりキャンペーンを展開しての細かい現場改善の積み上げであるボトムアップが融合し、大きな成果を上げることができた。また民生品は見込み生産であるという既成概念を打破し、準受注生産という新たなコンセプトを従業員全員が共有したことによって、ロスミニマム製造体制を構築し、新製品生産で市場即応力を大いに発揮できた。今後も激変する民生AV機器事業で、今回培った市場即応力に更に磨きをかけて国内生産メリットを最大限に発揮させていきたい。

受配電システム製作所における “ものづくりトータルJIT”活動

吉岡 詠進*
香川 隆蔵*

"Total Productivity Improvement Based on Just In Time" Activity at Power Distribution Systems Center

Eishin Yoshioka, Ryuuzou Kagawa

要 旨

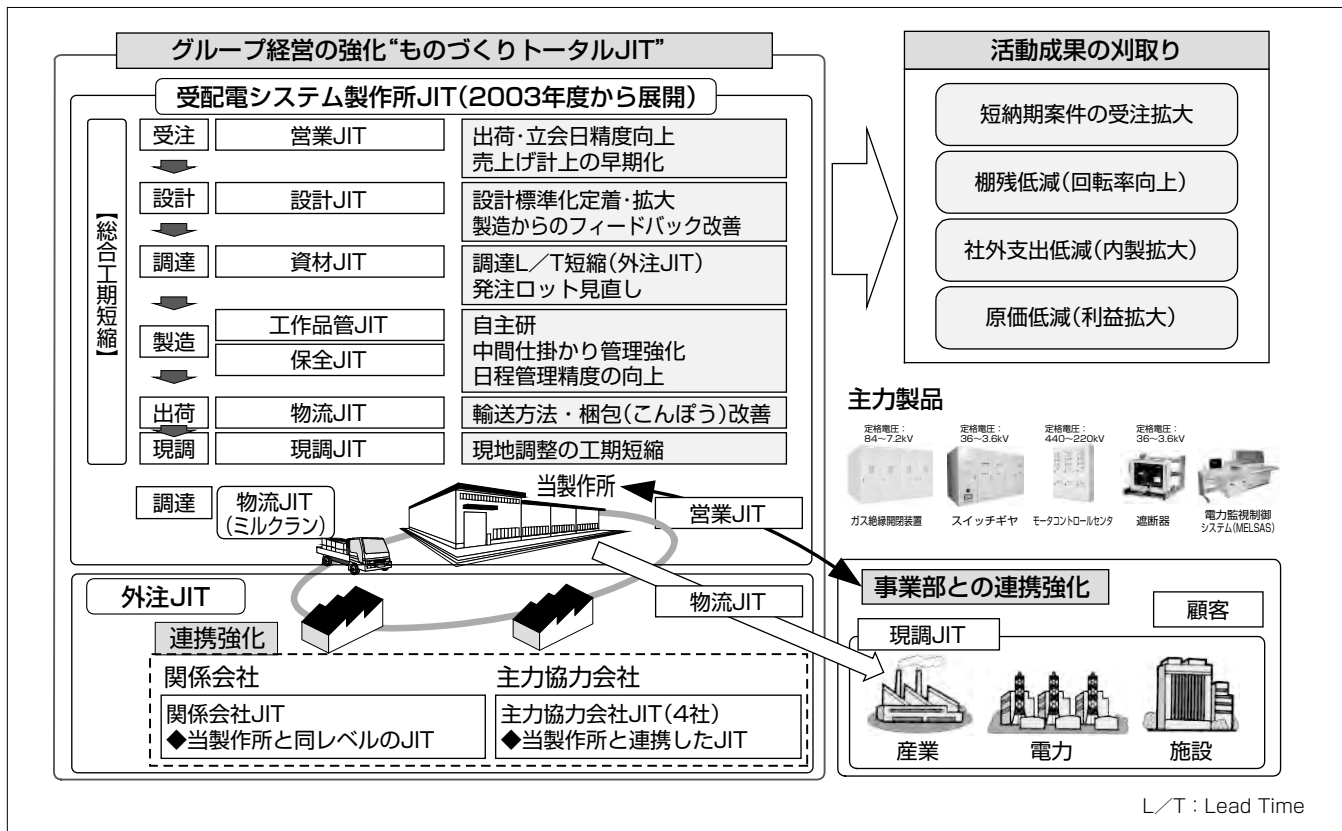
三菱電機受配電システム製作所では、C-GIS(Cubicle-type Gas Insulated Switchgear)・スイッチギヤ・真空遮断器・真空バルブ・モータコントロールセンタなどの84kV以下の開閉装置の開発から、製造・試験・アフターサービスまでの一貫生産を行っている。

当製作所では、2003年に“Let's Begin”として真空遮断器をモデルラインにJIT(Just In Time)の思想を導入し、JIT改善活動を開始した。その後、順次他の組立試験ライン、上流・下流部門(営業・設計・資材・フィード部門・物流部門等)、関係会社/協力会社等に活動領域を拡大し、生産現場を牽引(けんいん)役とした改善風土の醸成を図ってきた。

2006年からは、JIT先進企業OBの指導によるJIT改善活動の深化と改善キーマンの育成をねらいとした“配電自主

研活動”を立ち上げ、毎年3テーマを設定し集中改善を継続して実施している。“配電自主研活動”では、改善対象職場の作業者と前後工程・設計等の関係部門から選出されたメンバーで問題・課題を共有して改善に取り組み、成果を上げてきた。

現場改善の着眼点は、“HITゾーン”と命名した作業しやすい作業領域と8つのムダ動作排除(8N:歩かない、探さない、運ばない、振り向かない、しゃがまない、背伸びしない、出し入れしない、叩(たた)かない)の視点での徹底したムダ排除である。当製作所の全部門でJIT活動に取り組み、生産余力の創出による内製拡大や、工期短縮による短納期案件への対応力向上を図ってきた。2009年度末の棚卸資産回転率は、JIT改善活動を開始した2003年度末比1.5倍レベルにまで改善している。



受配電システム製作所における“ものづくりトータルJIT”

当製作所では、生産現場での工作品管JITを牽引役として、営業・設計・資材・工作・試験・物流等のすべての部門が連携した“ものづくりトータルJIT”を推進している。また、関係会社・主力協力会社との連携も強化し、当製作所のグループ経営の強化を図っている。

1. ま え が き

当製作所では、電力、公共プラント、ビル、産業市場での規模落ち込みや大口案件の減少など、厳しい経営環境であった2003年に“Let's Begin”として真空遮断器をモデルラインにJITの思想を導入しJIT改善活動を開始した。その後、順次その他の組立試験ライン、上流・下流部門(営業・設計・資材・フィーダ部門・物流部門等)、関係会社/協力会社等に活動領域を拡大させ、生産現場を牽引役とした改善風土の醸成を図ってきた。

JIT活動を開始した2003年度から2008年度にかけては、経営環境の回復、新製品の市場投入、短納期案件の受注拡大等によって生産量が増加する中で、生産性改善・工期短縮を推進し大規模な増産投資や人員の増員を実施することなく対応してきた。2009年度に入っては、景気後退の影響を受け生産台数が月別に大きく変動する状況となり、生産台数変動に柔軟に対応できる生産体制の構築に重点を置いて活動を推進している。

本稿では、当製作所における、“ものづくりトータルJIT活動”の主な取組みについて述べる。

2. 受配電システム製作所における“ものづくりトータルJIT”

当製作所の製品は個別受注生産品であり、受注工事ごとに仕様と引き受け納期が異なる。また、仕様が確定するまでの期間が長く、設計着手後も仕様変更が発生したり、現地工事の進捗(しんちょく)の影響を受けて納期が変動するなどの事業上の特徴がある。そのため、受注～製造～売上げまでの全プロセスで、営業・設計・資材・工作・試験・物流部門が“ものづくりトータルJIT活動”を展開し、ものづくり力の強化に取り組んでいる。

生産現場のJIT改善では、“HITゾーン”と“8Nの視点”でのムダの徹底排除を基本的な考え方として、当製作所の事業特性やものづくりに合った方法を追求し、全製造ラインで継続的に改善を進めることで短納期案件の受注拡大・棚残低減・内製拡大・原価低減を図っている。

2.1 HITゾーン・8Nの視点でムダの徹底排除

当製作所では、図1に示すように、作業しやすい領域を“HITゾーン”と称して作業高さ・配置の見直しを行うとともに、図2に示す8つのムダ動作排除(8N：歩かない、探さない、運ばない、振り向かない、しゃがまない、背伸び、出し入れしない、叩かない)

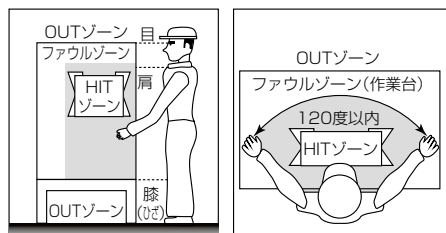


図1. HITゾーン

びしない、出し入れしない、叩かない)の視点で作業を見直すことで、作業者が“楽に作業ができるようになった”と体感できる作業環境づくりを目指して改善活動を展開している(図3)。

2.2 配電自主研活動

“配電自主研活動”は、対象職場の改善目標達成に向けて毎週土曜日に会議と改善を行い、翌週にその成果の確認と次の問題点を抽出して、更なる改善を行う活動である(図4)。活動期間は約6か月間で実施しており、中間報告及び最終報告時にJIT先進企業のOBを招いて診断・指導を受けながら、取組みのレベルアップを図っている。

活動メンバーは、対象職場の作業者と上流・下流部門(フィーダ、試験)、設計、工程管理担当、生産技術スタッフで構成し、10～15名程度で活動する。自職場以外のメンバーが加わって、様々なアイデアを出し合い一緒に改善することで、活動メンバー間の信頼関係が高まるとともに、成功体験をすることによって改善活動を継続できる風土を醸成している。この活動を通じてJIT改善の深化・拡大を図り、現場改善の推進キーマンを育成している。

当製作所では、2006年度からこの活動をJIT改善活動の深化の原動力と位置付けて、全製造部で毎年1ラインを対

1.歩かない	2.探さない	3.運ばない	4.振り向かない
改善領域 HITゾーン 2歩 1歩 <JIT改善> ・工具・部材の手元化 ・棚の片付け 目標：2歩以上、歩かない	改善領域 HITゾーン 10秒以上 10秒以内 <JIT改善> ・2名(観察・検閲)・表示 ・3名(定位・定量・定額) 目標：10秒以内に探せる	改善領域 HITゾーン 1m以上 1m以内 <JIT改善> ・マシンの改善 ・水まじり 目標：1m以上、運ばない	改善領域 HITゾーン 90度以上 90度まで <JIT改善> ・工具・部材の手元化 ・リレイアウト 目標：90度以上回転させない
5.しゃがまない	6.背伸びしない	7.出し入れしない	8.叩かない
改善領域 HITゾーン 膝より上 膝より下 <JIT改善> ・作業台の改善 ・作業方法改善 目標：膝より下で作業しない	改善領域 HITゾーン 肩より上 肩より下 <JIT改善> ・作業台の改善 ・踏み台 目標：肩より上で作業しない	改善領域 HITゾーン 改善対象 2回以上 <JIT改善> ・5S3定 ・工具のおもて化 目標：2回以上出し入れしない	改善領域 HITゾーン 改善対象 叩く1回 <JIT改善> ・取付け具製作 ・設計変更 目標：0回、叩かない

5S3定：整理、整頓、清掃、清潔、躰(しつけ)、定位、定品、定量

図2. 8Nの視点



(a) 改善前 (b) 改善後
図3. 8N改善事例(しゃがまない)

日付	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
曜日	金	土	日	月	火	水	木	金	土	日	月	火	水	木	金	土	日
活動内容	活動の準備	会議と改善	効果チェック	宿題				活動の準備	会議と改善	効果チェック	宿題				活動の準備	会議と改善	

図4. 配電自主研活動の改善サイクル

象として集中改善を実施してきた。各年の配電自主研活動で、部門間の競争原理によってリーディング部門が入れ替わり、当製作所JIT活動の活性化にもつながっている。2008年度からは生産工程間の同期化率向上、稀(き)頻度製品の組立ライン改善、生産台数変動に対応したライン作りなど、活動領域を拡大している(図5)。

2.2.1 配電自主研活動の事例1“負荷変動への対応”(真空遮断器組立試験ライン)

真空遮断器は、図6に示すように2008年度まで安定した受注によって減産することなく生産してきたが、景気後退の影響を受け2009年度に入り急激に生産台数が落ち込んだ。特に、主力機種であるVF-8/13D形真空遮断器の生産台数が、月別では通常生産台数比約50%レベルに落ち込む状況となり、個当たり時間(月の総在場時間を生産台数で除した時間)が悪化することが予測された。そこで、この生産台数変動に対応できる組立ライン作りを急務として自主研テーマに取り上げて改善に取り組んだ。

(1) 負荷変動に対応したライン作り(ラインバランス改善)

VF-8/13D形真空遮断器の2009年度需要予測に基づいて、生産台数が標準生産量の90%、80%、50%の生産を想定し、目標とする個当たり時間を設定した(図7)。負荷に応じた最小の人員配置でロスなく生産するには、組立工程のラインバランスの適正化、作業者の多能工化、作業の単純化が必要であった。標準生産体制の18工程の作業内容についてビデオ分析による作業時間の詳細分析を行い、4パターンの生産体制について山積み山崩しを実施した。各目標タクトに対して工程の連結/分割をすると同時に、組

立/試験治具・作業マニュアルを整備し作業者の教育・訓練を行いながら、多能工化を推進することでラインバランスを適正化した。その結果、標準生産時と90%生産時の2パターンの生産体制を確立し、80%と50%生産時の体制について改善を継続中である。

(2) 部材保管・キitting改善

VF-8/13D形真空遮断器のメニューには複数のタイプがあり、改善前は異なるタイプの部材を品目別に混在して保管していたため、キitting作業を熟練作業者が行っていた。また、置場が分散していたため動線が複雑であった。改善後はタイプ別に部材保管容器を色別し、誤キittingの防止を図った(図8)。また、置場を集約することで一筆書きのキitting動線に見直し、新人でも対応できるようにした(図9)。

2.2.2 配電自主研活動の事例2“同期化(工期短縮)”(コントロールセンタ組立ライン)

コントロールセンタ組立では、8Nの視点によるユニット組立の作業改善、本体組立との同期化(工期短縮)を課題として自主研活動を展開した。

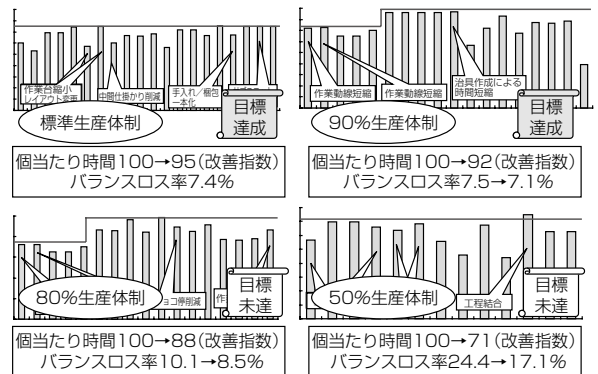


図7. 負荷変動に対応したラインバランス改善



図8. キitting部材の配置化



図9. キitting動線の一筆書き化

自主研活動		対象 機種	改善の視点(深化)	活動部門(拡大)
2006年度から全製造部で年1回、工作を中心に自主研究を推進中				
2006年度	第1回: VF-20形真空遮断器組立	標準	◆山積み表 8N改善 外段取り 生産管理板	フィータ部門 工程部門
	第2回: 真空バンプ製造仕上げ工程			
	第3回: コントロールセンタ屏組立		◆小ロット化 一個流し	品管部門
2007年度	第4回: スイッチギヤ総組立	標準	◆多能工化 助け合い生産	他製造部 フィータ部門
	第5回: 10/20VPR形真空遮断器組立			
	第6回: コントロールセンタ小型ユニット組立		◆混流生産	
2008年度	第7回: C-GISユニット組立	標準	◆同期化生産	
	第8回: AS機種遮断器組立			
	第9回: コントロールセンタ大型ユニット組立		◆変更点管理	設計部門
2009年度	第10回: スイッチギヤ屏組立	非標準		調達先 関係会社 請負ライン
	第11回: VF8/13形真空遮断器組立			
	第12回: コントロールセンタプレスユニット組立			
			深化	拡大

図5. 配電自主研活動による深化と拡大

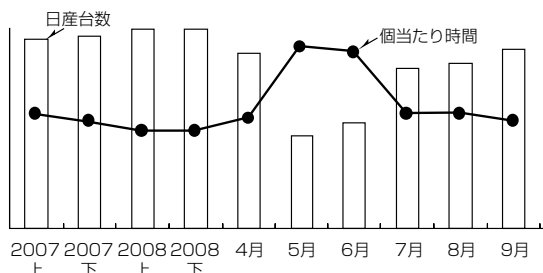


図6. VF-8/13D形真空遮断器の生産台数変動と個当たり時間



図10. くるりん号

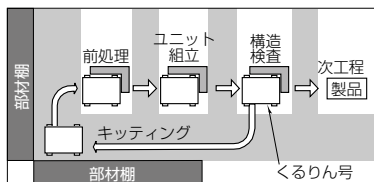


図11. “くるりん号”の運用イメージ

(1) 作業台兼キッティング台車“くるりん号”

ユニット組立は前処理作業・ユニット組立・構造検査の各工程でセル生産をしており、キッティング台車からの部材の取り置きのみ動作に着目し、自主研活動で、作業台兼キッティング台車となる専用台車“くるりん号”を考案した(図10)。図11に示すように、前処理作業・ユニット組立・構造検査の各ステーションは定位置に固定し、部材を載せた“くるりん号”を作業工程順に各ステーションと合体させて“くるりん号”上で作業することによって、部材の取り置きを最小化した完全手元化を実現した。

(2) 同期化

ユニット組立と本体組立の同期化については、一面流し生産の本体組立に対しユニット組立では案件ごとに同一構造のユニットをダンゴ生産していたため、仕掛かり増加、本体組立での手待ち発生などの問題があった。そこで、本体組立でのユニット挿入順番に合わせたユニット組立化を目指し、バッチ供給していた電線を1台ごとにリスト化しキッティング供給化、一面流しに対応した図面供給改善などの段取り改善とともに、ユニットごとに生産順番を表示し各工程の生産順番を統制した。これらの改善で、本体へのユニット供給の同期化率を42%から90%に向上させた。

2.2.3 配電自主研活動の事例3“セル生産化”(スイッチギヤ組立ライン)

スイッチギヤ組立では、“人づくり”“ものづくり”“ムダ取り”をキーワードに、多能工化・技能向上・品質向上・仕掛かり削減をねらって、分業生産からセル生産への生産方式の変革(“屋台屋現場改善”と命名)に取り組んだ。

(1) スwitchギヤ組立セル生産への変革“屋台屋現場改善”

分業で行っていたスイッチギヤ組立の6工程を、筐体(きょうたい)組立と本体組立の2工程に分けて、本体組立を一人で行うセル生産とした(図12)。一人で組立を最後まで行うことで責任感が高まり、多能工化が図れ、技能・品質指標が目に見えて向上した。

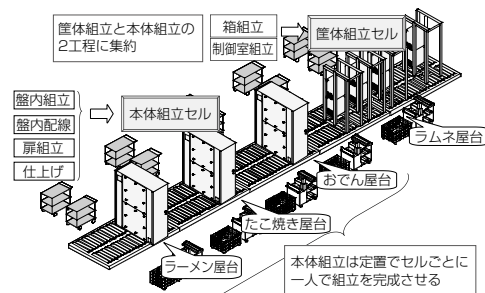


図12. セル生産(スイッチギヤ屋台屋ライン)

勝ち負けの色別表示

		No.1	No.2
Aさん	目標時間	10.0	12.5
	実績時間	8.9 (最速に勝ち)	11.6 (勝ち)
Bさん	目標時間	15.5	10.0
	実績時間	18.9 (負け)	9.0 (負け)
Cさん	目標時間	9.0	10.0
	実績時間	8.5 (最速に勝ち)	9.5 (勝ち)
Dさん	目標時間	10.0	10.0
	実績時間	8.5 (最速に勝ち)	9.5 (勝ち)

■ 最速に勝ち
■ 標準に勝ち
□ 引分
□ 負け

図13. 勝ち負け管理

(2) 勝ち負け管理

セル生産への移行と合わせて、一人ひとりの目標組立時間と実績管理のため勝ち負け管理を導入した(図13)。個人の実績を評価し、勝ちの場合は褒め、負けの場合は苦手分野を把握し、作業のポイントをアドバイスして育成に役立てている。

3. 営業・設計・物流JITの取組み

営業JITでは、需要予測や組立着工前の納期確認を行い生産計画に反映することで、部材の投入時期の最適化による棚残の抑制、負荷の平準化、短納期生産につなげている。

設計JITでは、日々の生産活動の中で発生する“やりづらい作業”や“不良を発生させる可能性のある図面”を、工作から設計にフィードバックする仕組みを構築した。それらを製品設計に反映することで、組立/加工しやすい製品とし、生産工程における安全向上・品質向上・生産性向上を図っている。

物流JITでは、関東方面への内航船の活用、小ロット品その他製作所との共同輸送、海外向け品の集合包装化、鉄道コンテナ輸送の適用拡大など、輸送費/梱包(こんぼう)費用の削減だけでなくエコロジス活動にも積極的に取り組んでいる。

4. む す び

当製作所のJIT改善活動は、自主研活動を原動力として深化・拡大を図ってきた。今後も、生産現場のJIT活動を牽引役として、営業・設計・資材・物流・生産技術スタッフなどの関係部門が一体となった“ものづくりトータルJIT活動”を継続し、当製作所の経営に貢献する強固な生産基盤を構築していく。

福山製作所における全員参加のJIT活動

横田卓史*
細川隆博*

Just In Time Activity at Fukuyama Works with Full Participation of Employees

Takashi Yokota, Takahiro Hosokawa

要 旨

福山製作所は、2008年4月から2年計画で、“FACT5Ⅱ (Fukuyama Aggressive Challenge 5 Themes 2nd stage)”活動を展開している。活動の目標は、2005年度比生産性30%向上、リードタイム半減で、この中心的な活動としてJIT (Just In Time)活動を推進している。

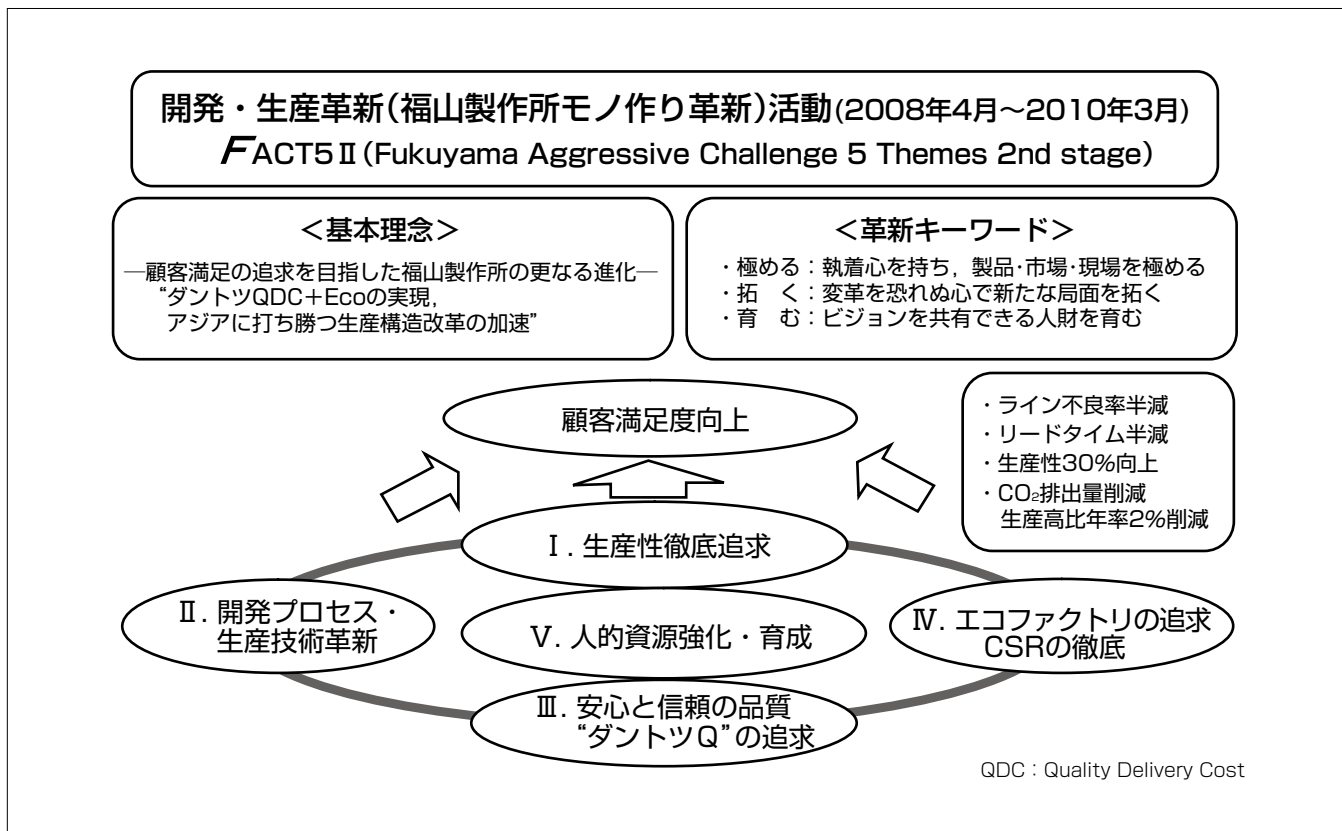
当製作所のJITは2003年度から開始し、全プロセスへの活動展開を進めてきた。現状分析をした結果、個々の改善活動は進んでいるものの部門間で取り組む姿勢に温度差、達成状況のばらつきなどがあり、本質的に全員参加となっていないことが課題であった。

一方、2009年度は、生産高の大幅な急減といった厳しい事業環境下、棚残が悪化するとともに、生産性改善が鈍化しつつあり、FACT5Ⅱ活動の目標達成も黄色信号が灯

(とも)り始めていた。また、遮断器・計器ほか新機種開発が目白押しであり、これら新機種生産体制整備を中心とした設備投資を余儀なくされており、金をかけない改善活動の更なる強化が不可欠である。そこで、短期集中改善によるこの状況打破が急務となってきた。

2009年度は、“全員参加”によるJIT改善活動を目指し“1UPキャンペーン”(2009年6月～2010年3月)を展開した(目標を生産性10%向上で設定)。全ラインを平等に評価する仕組みをつくり、評価→分析・問題点の抽出→改善のスパイラルを活性化させるため、競争(ランキング)の要素を織り込み取り組んでいる。

1UPキャンペーンによる活動は、開始して10か月で生産性向上10.8%と着実に成果を上げた。



“FACT5Ⅱ”活動

FACT5Ⅱ活動は、上図のように①生産性徹底追求、②開発プロセス・生産技術革新、③安心と信頼の品質の追求、④エコファクトリの追求・CSR (Corporate Social Responsibility) の徹底、⑤人的資源強化・育成の5つのテーマによって顧客満足度を向上させる活動である。

1. ま え が き

福山製作所のJIT活動は、2003年から工作のモデルラインでスタートし、2004年度は組立てを中心とした活動を実施し、2006年度から総合工期短縮を重視した全体活動へ展開した。

2007、2008年度は、全部門・全体活動まで範囲を広げ、2009年度は、全ラインへの展開を目指して活動を推進してきた(図1)。

その中で製造JIT活動は、開始から7年目を迎え、活動にマンネリ感が感じられるようになったことも否めなくなってきた。係別の総合能率を見ると、係間に大きなばらつき(69.1~88.1%)がある(図2)とともに、JIT改善活動のレベルや進捗(しんちょく)状況にも改善に対する意識の温度差があることが分かった(図3)。

そこで、“ばらつき解消”“温度差解消”“改善意識の高揚”を図るため、JIT活動のカンフル剤として全員参加のJIT活動をねらった“1UPキャンペーン”を展開した(図4)。

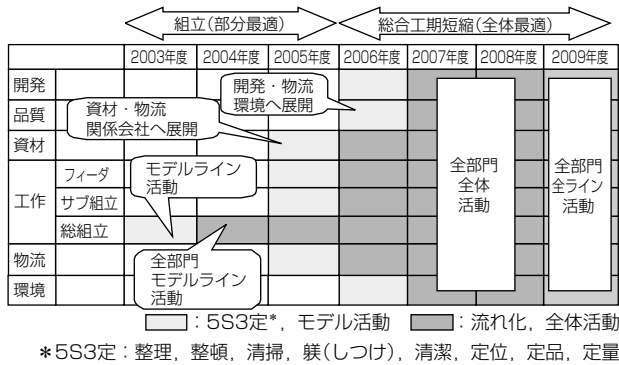


図1. 福山製作所のJIT活動概況

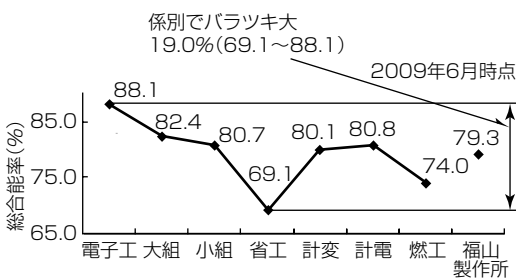


図2. 総合能率の係別ばらつき

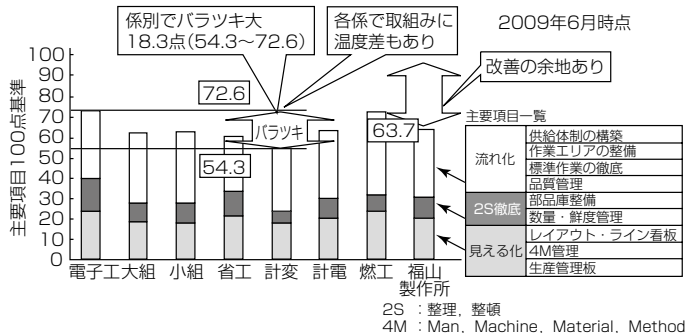


図3. JIT活動状況の係別ばらつき

2. 1UPキャンペーン活動の取組み

2.1 1UPキャンペーンの進め方

全ラインを平等に評価、ランク付けを実施し、評価結果をもとに強み・弱みを分析した。優良事例を参考にし、更なる改善活動を実施するというPDCA(Plan Do Check Action)のスパイラルアップによって改善活動を加速させた(図5)。

また、1UPキャンペーンの実行組織は、係ごとに所長認定のJITキーマンを設け(図5)、事務局と一体となって、当製作所全体にJIT思想と技術の布教を行う体制を整えた。

2.2 評価方法

JIT活動のステップに基づいたラインチェックシートを作成し、JITキーマンと事務局で全53ラインを全50項目100点満点で、月1回の頻度で平等に評価した(図6)。

2.3 ランキング

評価した点数によって、係別、ライン別に全ラインのランキングを掲示し(図7)、ランキング上位の優秀ラインは毎期所長表彰し、活動の活性化につなげている。

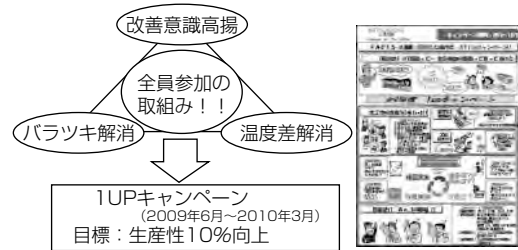


図4. 1UPキャンペーン活動展開

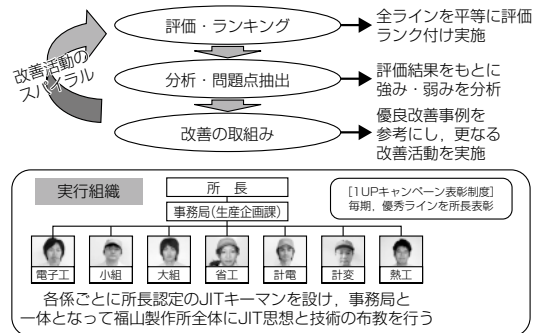


図5. 1UPキャンペーンの進め方

No.	チェック項目	点数
1	レイアウト・ライン看板	12点
2	4M管理	10点
3	生産管理板	8点
4	部品庫整備	10点
5	数量・鮮度管理	10点
6	供給体制の構築	12点
7	作業エリアの整備	10点
8	標準作業の徹底	14点
9	品質管理	14点
		合計 100点

目的: 標準作業ができる環境の整備	評価	合計
32 工具の置場は適正か(7N①歩かない, 7N②探さない, 7N③運ばない)	○	6
33 治具置場は適正か(7N①歩かない, 7N②探さない, 7N③運ばない)	○	
34 組立手順通りの配置になっているか(7N⑥持ち上げ・持ち替えない, 7Nの交差しない・戻さない)	○	
35 完成品・半完成品の置場・量は決まっているか	×	
36 ストライクゾーンで作業できているか(7N⑥振り回さない, 7N⑦背伸びしない・しゃがまない)	△	
		合計

[チェック基準]
○: 2.0点 ○: 1.5点
△: 1.0点 ×: 0.0点

図6. 生産ラインチェックシート

また、全ラインのランキングを掲示することによって競争意識を高めている。

2.4 強み・弱みの分析と問題点抽出

ラインごとにチェックボードを設け、自職場の改善進捗の見える化、チェック点数の目標・実績の見える化、強み・弱みを認識し、今後の活動を明確にした(図8)。

強みは、他ラインのお手本として、弱みは改善の目標として改善活動を実施している。

2.5 具体的取組み

1UPキャンペーン掲示板を毎月発行し、対前月のアップ点数の高いラインベスト3を掲示した。アップ点数の高いラインの改善活動を紹介し、良好改善事例の水平展開促進と、作業員の改善意識の高揚を図っている(図9)。

2.6 水平展開キャンペーン

福山製作所内で横通しの必要な内容を水平展開キャンペーンとして、事務局とJITキーマンで展開している(表1)。

正常・過剰の見える化キャンペーンでは、台車数を見て、正常か過剰か把握できない状態を量と置場を設定・管理することによって見える化を実施した(図10(a))。

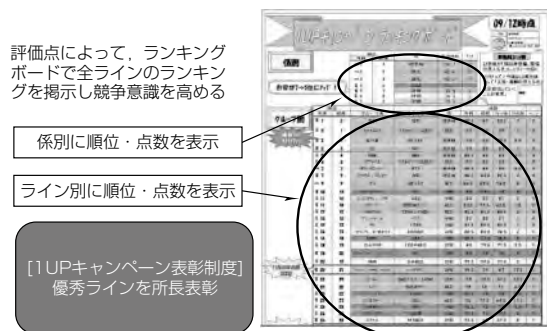


図7. ランキングの掲示

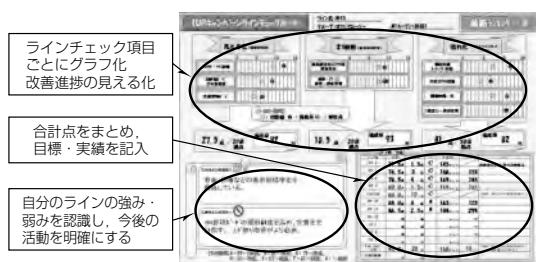


図8. ラインチェックボード



図9. 1UPキャンペーン掲示板

生産管理板の標準化では、当日の生産進捗状況を色表示することによって、進捗状況の見える化を図るとともに進捗による処置のルールを明確にした(図10(b))。

2.7 JITスキルアップ塾

スキルアップ塾として、製作所内だけでは得られない良好スキルを吸収するため、毎月イベントを開催し視野・能力拡大を図っている(表2)。

JITスキルアップ塾の一環として実施したVSM(Value Stream Map)講座では、当社情報システム技術センター講師の下、延べ45名が参加し工期短縮の改善手法を習得した。受講した内容をもとにVSM手法を全部門へ展開し、現状把握と課題の見える化を図り、全部門にパネルを掲示化することで、工期改善への意識付けを行った(表3, 図11)。

2.8 ムダ取り相互診断(生産性向上改善)

徹底的なムダ取りによる原価低減活動、ロス削減活動をねらったライン相互診断・改善をJITキーマン主体によって毎月3グループで実施してきた。特に生産性の悪いラインを集中改善し、生産性向上につなげている。

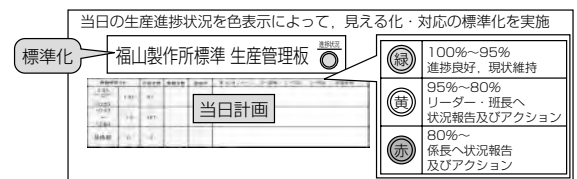
また、JITキーマンがIE(Industrial Engineering)手法を活用し活動することで、JITキーマンの教育も行っている。

表1. 水平展開キャンペーンのアクションプラン
全部門への共通・標準化必須項目の集中展開・定着化(1項目/2か月)

大項目	小項目	2009年8月	9月	10月	11月	12月	2010年1月	2月	3月
標準化・水平展開の推進	ネック工程の見える化								
	正常・過剰見える化								
	生産管理板標準化								
	変化点管理板標準化								



(a) 正常・過剰の見える化



(b) 生産管理板の標準化

図10. 水平展開キャンペーンの全ライン展開事例

表2. JITスキルアップ塾のアクションプラン

所内だけでは得られない良好スキル吸収による視野・能力拡大(1回/月)

大項目	小項目	2009年7月	8月	9月	10月	11月	12月	2010年1月	2月	3月
JIT教育の推進意識改革の深化	2009年度第1回JIT道場(電子工)									
	第1回JIT交流会(受配システム製作所)									
	VSM講座開催									
	上期JITキーマン活動報告会									
	2009年度第2回JIT道場(計電)									
	JIT優良他社工場見学(マツダ・アスモ)									
	JIT講演会(中津川製作所:大野第一賞受賞)									
	第2回JIT交流会(受配システム製作所)									
	モノづくり革新推進部JIT診断									

表 3. VSM手法の水平展開状況

2009年 9 月時点							
	電子組	小組	大組	計変	計電	省エ	燃エ
VSM作成	△	○	○	-	-	△	-
↓							
2010年 1 月時点							
	電子組	小組	大組	計変	計電	省エ	燃エ
VSM作成	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎

◎：パネル掲示 ○：更新済 △：更新要 -：未実施

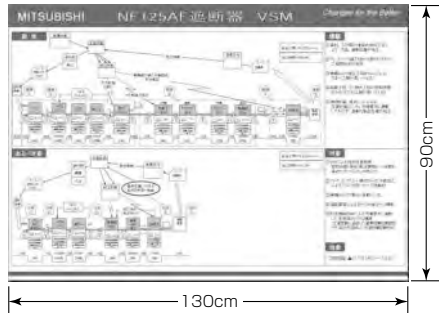


図11. VSM分析のパネル

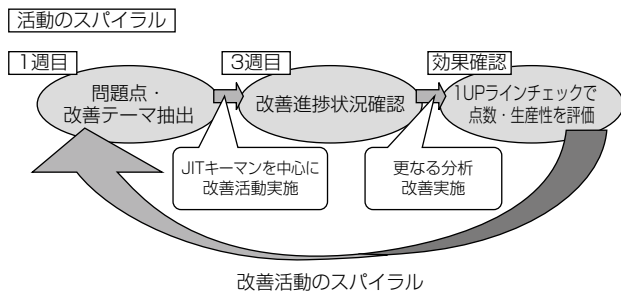


図12. ムダ取り相互診断による改善活動のスパイラル

活動の手順は、まず問題点・改善テーマを抽出し、JITキーマンを中心に改善活動を実施し改善進捗状況を確認、1UPラインチェックで点数・生産性を評価している(図12)。

ムダ取り相互診断の事例として、大形遮断器でのVSM分析を活用した改善について述べる。分析結果として、“本体組立完了後の仕掛かりが大”“付属部品の仕掛かりが大”という問題があった。後工程の計画が反映されておらず、非同期であり、押し込み状態という問題が分かった(図13)。この結果をもとに、VSMのあるべき姿を描き、後工程の小日程を前工程に反映させるという対策をとることで、同期した生産体制を構築することができ、仕掛かり削減を図った(図14)。

3. む す び

当製作所では、全員参加のJIT活動に取り組むに当たり、2009年6月から、1UPキャンペーンを実施した。この活動によって全53ラインの生産性は、2010年3月平均10.8%向上し着実に成果を上げ、1UPキャンペーンで掲げた目標の生産性10%向上を達成した。

また、総合能率の平均は、開始前の79.3%から85.3%と6.0%向上し、各係でのばらつきは、19.0%から11.1%に抑

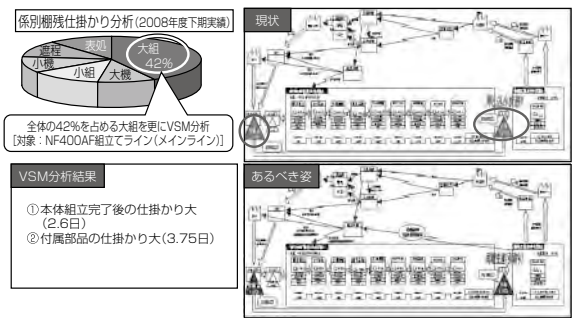
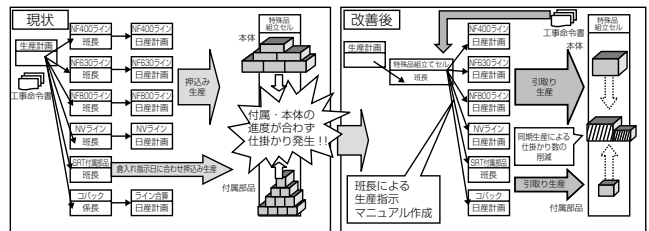
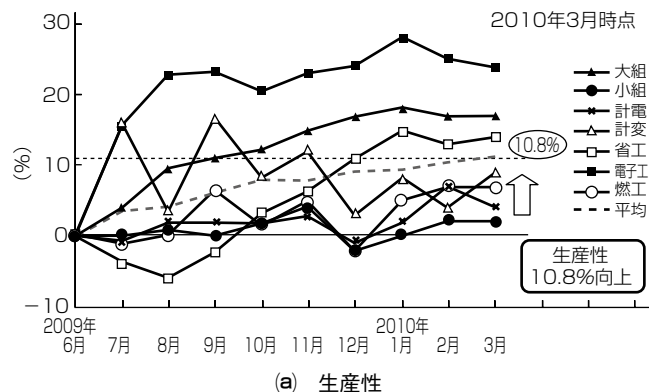


図13. 大形遮断器特殊品のVSM分析

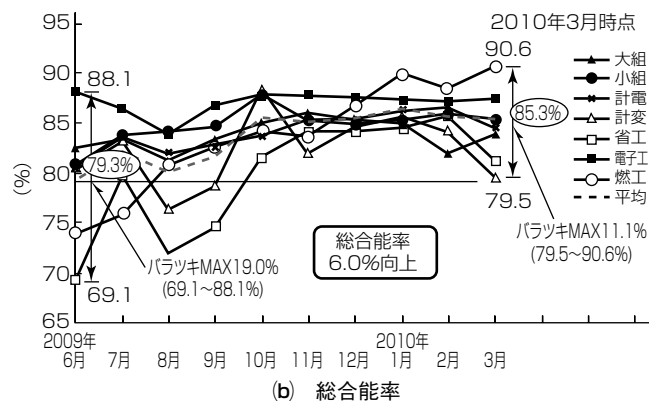


[効果]：リードタイム削減▲28% (15.9日→11.5日)、仕掛かり削減▲7.6百万円

図14. 大形遮断器特殊品の生産5日前指示化による仕掛かり削減改善



(a) 生産性



(b) 総合能率

図15. 生産性・総合能率の効果

制している(図15)。

今後の1UP活動の展開として、製作所内活動の強化と協力工場、資材・物流への水平展開を図る。製作所内は、工作全部門のAランク(評価点数91点以上)化を図り、協力工場は、全ラインの評価を実施し所内優良事例の水平展開を図る。また、資材・物流へ拡大し全体最適のJIT活動取り組み強化を図る。