

富士電機技報

FUJI ELECTRIC JOURNAL

2015
Vol.88 No.

3

特集 食品流通の冷熱技術とグローバルソリューション



特集 食品流通の冷熱技術とグローバルソリューション

食品流通の分野では、省エネルギー性に優れた自動販売機をはじめ、安全・安心に食材を届ける輸送・貯蔵機器、店舗関連機器、ならびに、これらをITと組み合わせたソリューションが求められています。富士電機は、これらに応えて“高品質”“多様化”“環境”“グローバル化”をキーワードに掲げ、関連技術の研究開発に取り組み、お客さまのニーズにマッチした製品を市場に展開しています。

本号では、省エネルギー化に欠かせない冷熱技術と、それを適用した製品およびグローバル市場に向けた特徴ある製品、ならびに商品販売機構や貨幣識別を可能とする要素技術などについて紹介します。

表紙写真（右側から右回り）

グラスフロント自動販売機「Twistar」、保冷コンテナ「チルドタイプD-BOX」、自動販売機のグローバル対応商品搬出機構



目次

特集 食品流通の冷熱技術とグローバルソリューション

〔特集に寄せて〕食品流通技術の発展への期待 大越 ひろ	161 (3)
--------------------------------	---------

〔現状と展望〕食品流通の冷熱技術とグローバルソリューションの現状と展望 杉本 幸治	162 (4)
--	---------

エジェクタ冷凍サイクル適用の CO ₂ 冷媒ヒートポンプ式自動販売機 鶴羽 健 ・ 山上 雄平 ・ 松原 健	168 (10)
--	----------

ヒータ電力 ZERO 自動販売機「ハイブリッド ZERO」 石田 真	173 (15)
---------------------------------------	----------

オフィス向け超小型カップ式自動販売機「FJX10」 畔柳 靖彦 ・ 伊藤 修一 ・ 西川 洋平	178 (20)
--	----------

保冷コンテナ「チルドタイプ D-BOX」 隠塚 将二郎 ・ 石野 裕二 ・ 富樫 大	182 (24)
---	----------

インバータ冷凍機搭載のドリンク用ショーケース 村林 謙次 ・ 影山 利之 ・ 張 軼広	187 (29)
--	----------

冷凍冷蔵倉庫向け省エネルギー制御システム 加藤 博志 ・ 白木 崇志	191 (33)
---------------------------------------	----------

自動販売機のグローバル対応商品搬出機構 福田 勝彦 ・ 岩子 努 ・ 中島 規朗	196 (38)
---	----------

IEC 規格対応グラスフロント自動販売機「Twistar」 阪 光広 ・ 松本 雅弘 ・ 渡辺 忠男	200 (42)
---	----------

グローバル対応貨幣識別装置「FGC シリーズ」「FGB シリーズ」 大岩 武 ・ 田中 伸幸 ・ 山根 拓也	205 (47)
---	----------

高温・高湿環境に対応したグローバル自動販売機の冷却技術 村瀬 孝夫	210 (52)
--------------------------------------	----------

解 説

エジェクタ	214 (56)
-------	----------

新製品紹介論文

操作性およびネットワークの利便性を追求したプログラマブル表示器「MONITOUCH V9 Advanced」	215 (57)
--	----------

グローバルスタンダード温度調節計「PXF シリーズ」	217 (59)
----------------------------	----------

IEC 規格適合 7.2 kV スイッチギヤ	220 (62)
------------------------	----------

トップランナー基準を満足したギヤードモータ「MGX シリーズ」 「MHX シリーズ」とブレーキモータ「MKS シリーズ」	223 (65)
---	----------

常時商用給電方式小容量 UPS「UX100 シリーズ」	225 (67)
-----------------------------	----------

略語・商標	228 (70)
-------	----------

Heating and Cooling Technology and Global Solutions for Food Distribution

[Preface] Expectation of Development in Food Distribution Technology	161 (3)
OGOSHI, Hiro	
Heating and Cooling Technology and Global Solutions for Food Distribution: Current Status and Future Outlook	162 (4)
SUGIMOTO, Koji	
Heat Pump Vending Machine Equipped with CO₂ Ejector Refrigerating Cycle	168 (10)
TSURUHA, Takeshi YAMAGAMI, Yuhei MATSUBARA, Takeshi	
ZERO Heating Power Vending Machine “Hybrid ZERO”	173 (15)
ISHIDA, Shin	
Office-Use Ultra-Compact Cup-Type Vending Machine “FJX10”	178 (20)
KUROYANAGI, Yasuhiko ITO, Shuichi NISHIKAWA, Yohei	
Cold Storage Container “Chilled Type D-BOX”	182 (24)
ONZUKA, Shojiro ISHINO, Yuji TOGASHI, Hajime	
Drink Showcase Equipped with Inverter Freezer	187 (29)
MURABAYASHI, Kenji KAGEYAMA, Toshiyuki CHOU, Ikou	
Energy Saving Control System for Freezing-Refrigerating Warehouse	191 (33)
KATO, Hiroshi SHIRAKI, Takashi	
Product Dispensing Mechanism for Vending Machines for Global Market	196 (38)
FUKUDA, Katsuhiko IWAKO, Tsutomu NAKAJIMA, Norio	
IEC Standard Compliant Glass Front Vending Machine “Twistar”	200 (42)
SAKA, Mitsuhiro MATSUMOTO, Masahiro WATANABE, Tadao	
Currency Identification Device for Global Markets “FGC Series” and “FGB Series”	205 (47)
OIWA, Takeshi TANAKA, Nobuyuki YAMANE, Takuya	
Cooling Technology for Global Vending Machine Installed in High-Temperature High-Humidity Environments	210 (52)
MURASE, Takao	
Supplemental Explanation	
Ejector	214 (56)
New Products	
Programmable Display with Advanced User-Friendliness and Network Utilization “MONITOUCH V9 Advanced”	215 (57)
Global Standard Temperature Controller “PXF Series”	217 (59)
IEC Standard Compliant 7.2 kV Switchgears	220 (62)
Geared Motors “MGX Series” and “MHX Series,” and Break Motor “MKS Series,” Which Meet Top Runner Standards	223 (65)
Standby Power Supply Mini-UPS “UX100 Series”	225 (67)
Abbreviations and Trademarks	228 (70)

特集に寄せて

食品流通技術の発展への期待

Expectation of Development in Food Distribution Technology

大越 ひろ OGOSHI, Hiro

日本女子大学家政学部食物学科 教授



食べ物にはおいしく感じられる温度帯がある。食べ物の種類により異なるが、人の体温を中心に $\pm 25 \sim 30^\circ\text{C}$ の範囲にあるといわれている。食品を調理・加工し、おいしい食べ物を調製するための技術研究を行っている筆者にとっては、食品の流通過程においても、“おいしさがどのように維持されているのか”が、第一の関心事である。また、食品のおいしさを維持し、安全に消費者（生活者）に提供するためには、温度を一定に保てる機器が必須であると考ええる。食べ物のおいしさを保つための工夫と流通機器に注目しながら、食品流通技術の発展に期待したい。

食生活の形態を考えてみると、一昔前は、“内食”，すなわち、家庭内で調理し、喫食する形態であった。しかし、近年食生活に外部化傾向が見られ、外の店で喫食する機会が多くなり、“外食”，すなわち、調理する場も喫食する場も家庭外が増加してきた。一方で、1974年にコンビニエンスストアが登場し、その後、女性の社会進出が進んだことなどによる食生活形態の変化に伴い、デパートなどで購入した総菜類を家庭に持ち帰り、そのまま食卓に並べる（喫食）という食生活形態、すなわち、“中食”が普及し始めた。消費者にとってはいわゆる内食において、その食材の購入にはスーパーマーケットが大きな役割を果たしているが、スーパーマーケットでも総菜の販売は行っているため、中食にも対応している。そのため、冷蔵や冷凍のショーケースをそろえ、さまざまな消費者の要求に対応するようになってきた。24時間オープンしているコンビニエンスストアでは、調理済み食品の品ぞろえが多くあり、必要な量をすぐに購入して食べられることをコンセプトにしている。一例としては、弁当類などのように、保存性を高めるために低温で保存していた商品を、レジにおいて温めるサービスも行われている。ここ数年コンビニエンスストアのサービスはますます拡大し、冬場には温かい商品を販売することも行われている。温かい食べ物は 65°C 程度がおいしさの適温であり、適した温度帯での販売は売り上げ増加につながるといえる。サラダや酢の物などは冷たい温度帯（ $5 \sim 10^\circ\text{C}$ ）がおいしさの適温であり、低温を維

持しつつ消費期限を明記して販売を行っている。このように、中食産業においては、ますます多様な温度帯での販売方法が行われてくるであろう。

今回の特集では、初めに、輸送コンテナチルドタイプに関する技術研究に注目した。食品流通における輸送用の保冷箱は、異なる温度帯の食品も同時に輸送することが可能であり、食品それぞれに適した温度帯での輸送はおいしさの保持という点でも優れている。また、食品以外にも冷却する必要がある医療用の輸送にも適用できるので、活用範囲は広がるはずである。

注目した第二の点は、食品流通に関わる技術として、スーパーマーケットの配送センターに用いる省エネルギー（省エネ）制御システムの開発事例の紹介である。冷凍冷蔵倉庫向け省エネ制御システムは、倉庫用として使用できるようにカスタマイズされたもので、特にユニットクーラなど、個々の倉庫に応じた機構があり、それらの制御要素を組み入れたシステムである。東日本大震災の際に被災した食品メーカーの話によると、停電なども含め食品流通倉庫の機能が低下したことで、物流が停滞し損害が大きくなったそうである。停電時への対策も検討していただけると幸いである。

さらに注目した第三の点は、自動販売機に関する研究である。日頃、駅や街中で接する製品として最も多い食品流通の機器であり、商品を買う立場からみるとこんなに便利なものはない。清涼飲料水などは冷たい状態で、コーヒーやお茶などは温かい状態で提供される技術には期待するところが大きい。便利さの反面、電力の消費が気になる。環境に優しい技術が求められている社会状況では、省エネ性はもちろんのこと、利便性のさらなる向上を期待するところである。

以上、筆者の観点から注目した点について簡単に述べてきた。食の安全性という基本的な視点に立った低温流通と省エネを目的とした技術を推進し、さらに、食べ物のおいしさが保持できる機器の開発に期待したい。

食品流通の冷熱技術とグローバルソリューションの現状と展望

Heating and Cooling Technology and Global Solutions for Food Distribution:
Current Status and Future Outlook

杉本 幸治 SUGIMOTO, Koji

① まえがき

国内においては、人口減少や少子高齢化、ならびに独身世帯の増加や女性の社会進出に伴い、食品流通に求められる要求は変化してきている。個人のニーズの多様化に合わせた質の高い商品とサービスが求められている。

また、海外においても、特にアジア地区における生活様式の変化に伴い、自動販売機をはじめとする食品流通に関わる新たなソリューションの展開への期待が高まってきている。

富士電機では、このような要求に対応するために食品流通の部門において、“高品質”“多様化”“環境”“グローバル対応”の四つのキーワードを掲げ、関連技術の研究開発に取り組んでいる。本稿では、これらの新技術について述べる。

② 高品質・多様化への対応

2.1 超小型カップ式自動販売機

高品質なものを消費者に近い場所で提供することが職場や家庭などあらゆる方面で求められてきている。

富士電機は、上質な淹（い）れたてコーヒーをオフィスで飲みたいという需要に応えるため、オフィスに設置しやすくコンパクトでメンテナンス性の良い、新しいカップ式自動販売機を開発した（図1）。従来のカップ式自動販売機のコア技術であるレギュラーコーヒー抽出システムと、コンパクトなカップミキシング方式を採用し、コクのあるおいしいコーヒーを追求したスリムな機械である（178ページ、“オフィス向け超小型カップ式自動販売機「FJX10」”参照）。

2.2 コンビニエンスストアにおける新仕器

コンビニエンスストアでは従来の利便性に加え、消費者の要求に応じた高品質な商品が次々に生み出されており、次に示す要求を満足する仕器（じゅうき）の開発や、商品収容数を拡大した新たなショーケースの開発など、さまざまなニーズに合わせた柔軟な機材開



図1 超小型カップ式自動販売機「FJX10」

発が求められている。

- (a) 新しい商品の形状や特性に合わせた機材を提供すること
- (b) 仕器のオペレーションを簡略化し、だれもが簡単に質の高いサービスを提供できるようにすること
- (c) 食品衛生の観点で安心・安全であること

富士電機は、顧客の新商品のリリース時期に合わせてタイミングよく機材を立ち上げるため、短期間の開発で対応してきた（図2）。



図2 カウンター仕器

生産部門と課題を共有し、コンカレントな開発を実行することと、短時間で、コクが深く香りの高いコーヒーを抽出する技術に代表されるように、求められる要求に素早く対応できるよう日頃から市場ニーズを先取りした要素技術の開発が重要である。

2.3 大容量・省スペース化への対応

コンビニエンスストアで使われる什器には、限られたスペースの中でその時代に合った新しい商品を数多く取り扱うことが求められている。インバータ冷凍機搭載のドリンク用ショーケースはその一つの事例である(図3)。商品を陳列する棚段数を従来よりも増やし、陳列面積を増やしながらも消費電力量を大幅に削減することができた。

消費電力の低減に当たっては、庫内を冷却する独自の気流制御技術を開発し、庫内の温度分布を改善し、少ないエネルギーで効率の良い温度制御を可能とした。

さらに消費電力量の分析を行い、例えば、結露対応ヒータなどの見直しを行うことにより、エネルギーのロスを徹底的に排除し、消費電力量を従来機に比べて50%削減した(187ページ, “インバータ冷凍機搭載のドリンク用ショーケース”参照)。

2.4 多温度帯物流への対応

食品流通においては、一定温度で輸送することにより、品質の良い状態が保たれることがよく知られている。食品が多様化し、かつ、より高品質なもの(鮮度の良いもの)が求められる^(*)、食品それぞれを適温で輸送する多温度帯物流^(*)へのニーズが高くなっている。保冷コンテナ「D-BOX」は、このようなニーズに応える



図3 インバータ冷凍機搭載のドリンク用ショーケース

(*1) 多温度帯物流

商品物流には、それぞれ商品ごとに適した温度帯での物流が必要である。“冷凍”“チルド”“ドライ”といっ

た異なった温度帯を全てを含めて、多温度帯物流と呼ぶ。

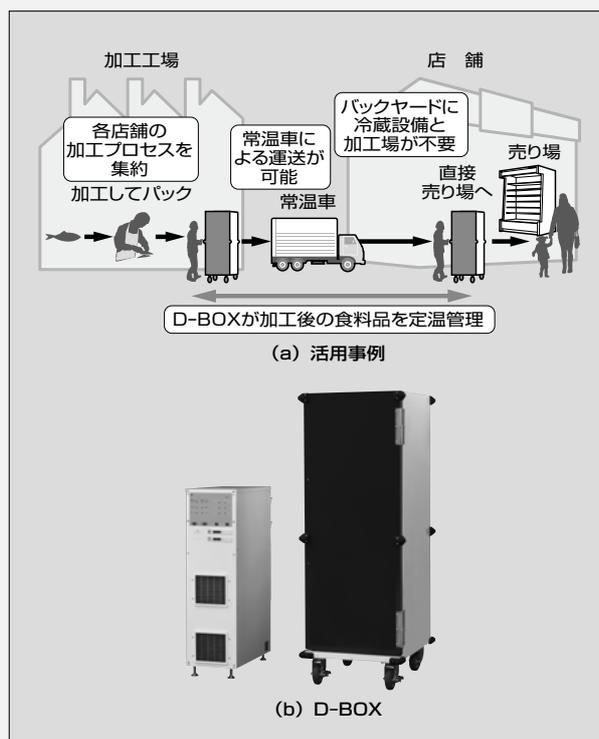


図4 「D-BOX」の活用事例

ために開発された。このコンテナを使ったシステムで食品の輸送を行うことにより、冷凍・冷蔵トラックを使用しなくとも産地から店先まで小さい単位で一定時間・一定温度を保ったまま輸送することができる(図4)。また、従来に比べて、より容易に高品質な食品を産地から直送し、売り場に並べることができる(182ページ, “保冷コンテナ「チルドタイプD-BOX」”参照)。

③ 環境対応・省エネルギー技術

自動販売機においては地球環境保護の観点により、早い時期から消費するエネルギーの削減に積極的に取り組んできた。2015年度の缶飲料自動販売機の年間消費電力量は、2001年度の製品に対し17%まで低減している(図5)。自動販売機で消費されるエネルギーの約80%は、商品を冷却したり加熱したりする際に使用される(図6)。

そこで、富士電機では、ヒートポンプをはじめ、断熱、日中の消費電力を削減するピークシフト技術などを開発し、消費電力を削減してきた。

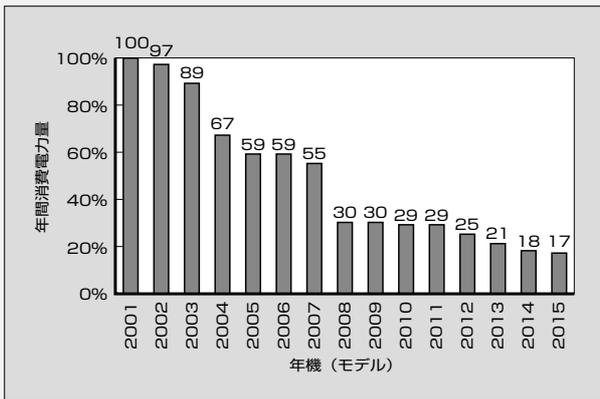


図5 缶・ボトル飲料自動販売機の消費電力量推移

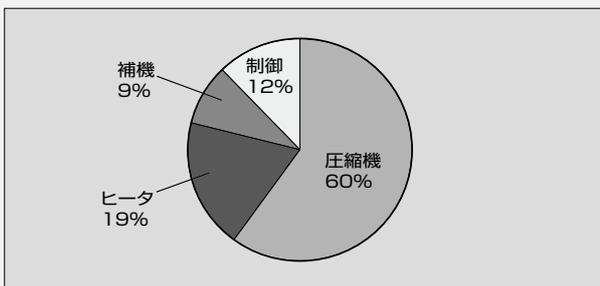


図6 缶飲料自動販売機の電力量分布

3.1 ヒートポンプ技術

従来は、商品を冷やすときに発生する排熱は、自動販売機の庫外に捨てていた。富士電機は、この排熱に着目し、排熱を外に捨てずに利用して飲料を温めるといったヒートポンプ^{(*)2}技術を適用した自動販売機を、業界に先駆けて市場に投入した。商品を冷やすと同時に別の商品を温めるこのヒートポンプ方式は、他の冷熱機器では見られない飲料自動販売機独特の方式である(図7)。現在、出荷されている缶飲料自動販売機の9割以上は、この方式を採用している。

2014年度においてはさらなる電力消費削減のため、次に示す二つの技術の製品化を実現した。

(1) エジェクタ冷凍サイクル適応のCO₂冷媒ヒートポンプ式自動販売機

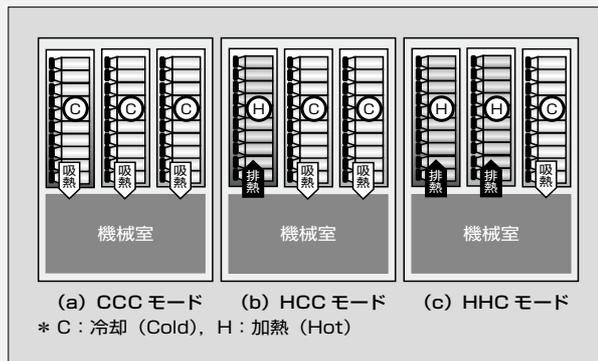


図7 ヒートポンプ加熱構成

自然冷媒であるCO₂冷媒^{(*)3}を用いた自動販売機において、カーエアコンや給湯器に用いられているエジェクタ^{(*)4}を自動販売機に初めて搭載して大幅な効率向上を果たし、消費電力を25%削減した自動販売機を市場に投入した。

従来、CO₂冷媒を用いた冷凍サイクルは、ハイドロフルオロカーボン冷媒^{(*)5}を用いた冷凍サイクルに比べて高圧であるため、圧縮機を動作させるための仕事が高くなり、その分効率が低くなってしまいうという課題があった。

今回のエジェクタ冷凍サイクルではCO₂冷媒の特徴を逆に生かし、従来利用されていなかった膨張損失のエネルギーを利用したポンプ作用により、エバポレー

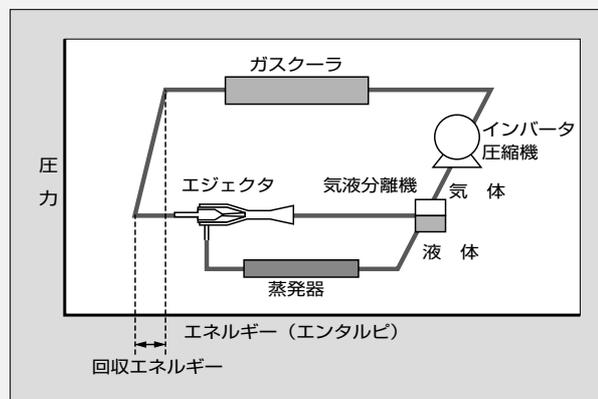


図8 エジェクタ冷凍サイクル

(*)2 ヒートポンプ

ヒートポンプは、低い温度部から高い温度部に“熱”をくみ上げる。これにより低い温度部はより低く、高い温度部はより高くなる。この原理は、冷蔵庫やエアコンでも使われている。室内機と室外機の間で冷媒により熱を移動させ、空気を冷やしたり暖めたりする。ヒートポンプは圧縮機の仕事量以上の熱量を移動することができるので、効果的な省エネルギーの手段として注目を集めている。富士電機の自動販売機のヒートポンプでは、冷却室の排熱を加熱室に利用し、さらには大気の中も加熱室に利用する。二つの熱源を必要に応じて切り替えるので、“ハイブリッドヒートポンプ”と呼んでいる。

(*)3 CO₂冷媒

冷媒とは、液体から気体に、あるいは気体から液体に相変化することによって、潜熱を放出あるいは吸収することを利用して冷却に使う物質のことである。CO₂冷媒は従来のフロン系の冷媒に比べ温室効果が極めて小さくオゾン層も破壊しない自然冷媒である。地球温暖化係数が1(係数算出時の基準冷媒)、オゾン層破壊係数が0である。

(*)4 エジェクタ

ノズルによって加速された高速噴流が周囲の流体を巻き込み、ディフューザを通じて圧力を上昇させる流体ポンプの一種である。蒸気タービンシステムの復水器

や真空チャック用のポンプなどにも使用されている。可動部がないため、メンテナンスが容易であり、クリーンな環境でも使えるという利点がある。詳細は、214ページ「解説1」“エジェクタ”を参照。

(*)5 ハイドロフルオロカーボン冷媒

ハイドロフルオロカーボン冷媒とは代替フロンの一つである。特定フロン(クロロフルオロカーボン:CFC)の代替として利用されている。代替フロンはオゾン層の破壊を抑える目的で開発された冷媒である。

タの冷媒を吸引するサイクルとすることで圧縮に必要なエネルギーの低減につなげた。また、図8に示すように、膨張行程の後に気液分離器を追加し、圧縮機の吸入ガスとエバポレータに流す液冷媒を分離することで冷凍機の効率を向上させた（168ページ，“エジェクタ冷凍サイクル適用のCO₂冷媒ヒートポンプ式自動販売機”参照）。

(2) ヒータ電力ZERO自動販売機「ハイブリッドZERO」

富士電機はヒートポンプ技術を応用して、中身商品冷却時の排熱だけではなく外気を熱源として利用する独自のハイブリッドヒートポンプ方式を市場に展開し、大幅な消費電力量の低減に寄与してきた。

ヒートポンプ技術を展開し、季節（モード）によって部分的に使用していたヒータを一切使用しない方式を採用し、年間の消費電力量を従来のハイブリッドヒートポンプ自動販売機と比べて15%低減したヒータ電力ZERO自動販売機「ハイブリッドZERO」を開発した。ハイブリッドZEROでは全ての加熱室をヒートポンプで加熱するので、従来に比べて加熱の負荷変動が大幅に大きくなる。加熱能力が必要なときは、圧縮機の熱を利用してヒートポンプの加熱能力を高める方式により加熱能力を向上した。また、加熱負荷が小さい場合の効率向上のため、従来よりも低速運転が可能でかつ高効率なインバータ圧縮機を採用し、ハイブリッドZEROによる省エネルギー（省エネ）を達成した（173ページ，“ヒータ電力ZERO自動販売機「ハイブリッドZERO」”参照）。

3.2 断熱技術

自動販売機において重要な技術課題は、加熱室から冷却室への熱侵入を抑制する断熱技術である。ある室で商品を冷やす一方、その隣の室が商品を温めるようなモードで運転する場合、それらの室の間で十分に断熱されていないと熱侵入が大きくなる。実機を徹底的に測定し、扉と筐体（きょうたい）を接続する部分などの熱侵入経路を把握することによって、扉部を通じた熱侵入を抑制する技術を構築している。

これらの断熱技術に加え、中身商品に均一に熱を蓄えることによって日中の消費電力を大幅に削減する機能を開発した。

近年の電力供給事情に対応するため、夜間に冷気を

ため、日中の冷却運転を長時間停止しながらも1日中冷たい飲料の提供を可能にするものである（ピークシフト機能）。

3.3 地球温暖化への対応（低GWP冷媒の適用）

2015年4月に施行された「フロン類の使用の合理化及び管理の適正化に関する法律」（フロン排出抑制法）の施行に伴い、地球温暖化防止の要求が具体的に冷凍・冷蔵機器の運営事業者に課せられることとなった。

従来は廃棄時の回収・破壊に関する規制であったが、現在は地球温暖化係数（GWP）^(*)6)が低い冷媒の使用とフロン類使用中の管理も規制対象になり、製造業者はもちろんのこと冷凍・冷蔵機器の運営事業者の責務が明確に定められている。

主な義務は次のとおりであり、運営事業者に対する規制が細かく決められている。

- (1) 機器の設置に関する義務
- (2) 機器の使用に関する義務
 - (a) 機器の点検の実施
 - (b) 漏えい防止装置措置・未修理の機器への冷媒充填（じゅうてん）の禁止
 - (c) 点検履歴の保存
 - (d) フロン類算定漏えい量の算定・報告
- (3) 機器の廃棄による義務

富士電機では地球環境保護の観点により、早い時期（1993年）からオゾン層破壊係数（ODP）^(*)7)やGWPが低い冷媒の採用および使用エネルギーの削減に積極的に取り組んできた（図9）。

このような自動販売機で培われた低GWP冷媒の適応技術や省エネに関する技術を、店舗・流通事業関連製品に順次適応していく。

3.4 次世代内蔵型ショーケース

図10に示すように、現状、コンビニエンスストアなどに設置されているショーケースは、冷凍機を店舗外に設置し、集中的に冷媒の循環を行っている（別置型ショーケース）。

富士電機では、低GWP冷媒の適用技術を応用し、冷凍機を内蔵した次世代内蔵型ショーケースを開発した（図11）。

現在、別置型で搭載されている冷媒R404AのGWPは3,920であるが、新たに開発した次世代内蔵型ショ-

(*)6) 地球温暖化係数（GWP）

GWPはGlobal Warming Potentialの略であり、地球温暖化係数のことである。

地表から放射された赤外線の一部を吸収することで温室効果をもたらし温室効果ガスについて、CO₂を基準（=1.0）としてその影響の度合いを示すものである。

数値は、小さいほど温室効果が少ないことを意味している。

(*)7) オゾン層破壊係数（ODP）

ODPはOzone Depletion Potentialの略であり、オゾン破壊係数のことである。

ODPは、大気中に放出された単位重量の物質がオゾン層に与える破壊効果を、CFC-11（トリクロロフルオロメタン、CCl₃F）を1.0とした場合の相対値として表す係数である。塩素を含まない代替フロンや自然冷媒であるCO₂は、オゾン破壊係数が0とされている。

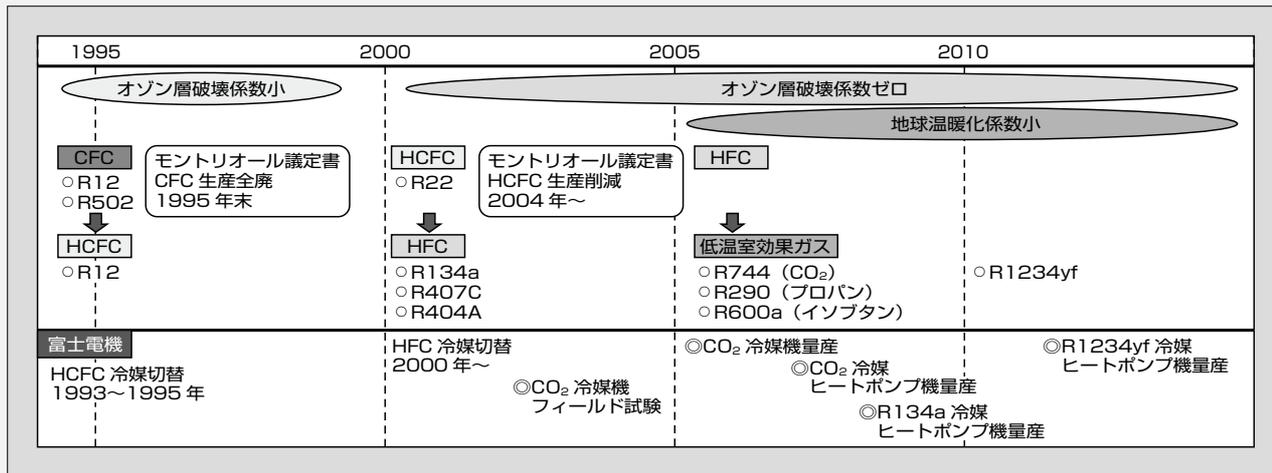


図9 冷媒の変遷

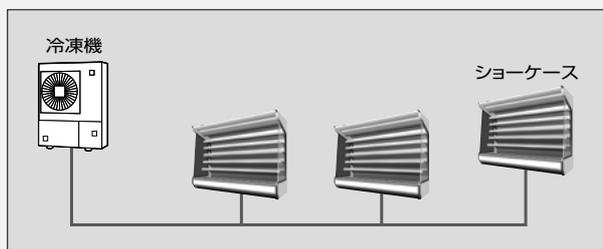


図10 別置型ショーケース

環境対策 ○自動販売機の冷凍機技術を融合 ○低GWP冷媒採用 ○工場での一貫生産	省エネ ○40年変わらなかったエアカーテンの技術革新 ○細分化エアカーテン
工事簡易化 ○内蔵化により現地配管レスを実現 ○ドレンレス化で埋設配管不要 ○工事レスで品質が安定	売場拡大 ○低床化による売場当たりのアイテムの拡大 ○室外機スペース不要

+ 室外機が不要になる！ (a) コンセプト

(b) 製品イメージ

図11 次世代内蔵型ショーケース

ケースに搭載される冷媒のGWPは1以下(CO₂冷媒と同等以下)である。

従来のエアカーテンの方式を一新し、庫内の風の流れを整流化することによって外気の巻込みを抑制した細分化気流方式により、必要冷凍能力を従来の30%削減することを実現した。

また、従来の冷媒配管を店内に配管した別置型に比べて、ショーケース一台ごとに冷凍回路を設けることにより冷媒量の総量を低減することができ、点検を簡易化することが可能となった。さらに、現場において、継ぎ手や機械的なシール部の工事が不要であるため、ろう付による完全密閉回路化を実現することで冷媒の漏えいの危険性を大幅に改善した。万が一、冷媒が漏れた場合でもごく少量で済み、冷媒管理に対する負担を軽減させることができた。

4 自動販売機のグローバル対応における要素技術

富士電機では、タイと中国に自動販売機の製造拠点を置き、三重工場をマザー工場とする3拠点体制でグローバル化を進めている。各国の事情に速やかに対応するため、おのこの要求を俯瞰(ふかん)し、それらの共通項を考慮したグローバルプラットフォーム化^(※8)を推し進めることで、開発期間の短縮に努めてきた。

これに先立ち、国内においてはプラットフォーム設計を推進しており、機種群間の部品の共通化と標準化によって信頼性と品質の向上に努めてきた。これにより、異なる機種群においても構成部品の約50%が共通(同一)部品で構成されている。これらの活動をさ

(※8) グローバルプラットフォーム
 ここでいうグローバルプラットフォームとは、グローバル展開を行うための製品群の基盤となる共通部分をいう。コンピュータ用語で、どのOSに属したコンピュータシステムであるかを明確に分ける場合によく使われる用語とは、別のものである。

らにグローバルに展開し、グローバルプラットフォーム化を順次進めていく。

4.1 グローバル対応商品搬出機構

缶・ボトルの搬出機構における駆動源には AC 電源ソレノイドを用いていたため、地域により不安定な電源事情や電源電圧の差に対応する必要があった。これを DC モータ化することで搬出機構の共通化を行うと同時に、各国の安全基準への対応も容易にすることができた（図 12）。

また、付加機能として商品搬出の結果の確認が可能となり、市場における不具合コール件数の大幅な低減を可能にした（196 ページ，“自動販売機のグローバル対応商品搬出機構”参照）。

4.2 グローバル対応貨幣識別装置

中国や東南アジア諸国連合（ASEAN）地域の貨幣に対応した識別装置の開発において、各国の貨幣を調査し、固定部と変動部を明確化することにより生産効率の向上と開発期間の短縮を実現させた。

また、新たに独自のセンサの開発や構造の簡素化を

行うことで保守性を向上させるなど、海外における新たなサービス員の養成に対して障壁の低減に努めた（205 ページ，“グローバル対応貨幣識別装置「FGC シリーズ」「FGB シリーズ」”参照）。

4.3 高温・高湿環境に対応したグローバル自動販売機

自動販売機の重要な要素の一つとして、冷却・加熱を行う機能がある。その際、販売機会損失をできる限り少なくするため、補充した商品が素早く適温になることが重要である。

日本においては冷却における外気温を 32℃ と定め、求められる冷却性能を保証している。海外、特にアジアにおける熱帯地域においては 40℃ の環境下で同様の性能が求められる。そのため、高性能化した熱交換器と CO₂ 冷媒圧縮機を組み合わせて、冷却性能の向上を図っている。これら冷却・加熱に対する部分をユニット化し、地域の事情に応じた要求性能への対応を実現していく（210 ページ，“高温・高湿環境に対応したグローバル自動販売機の冷却技術”参照）。

5 あとがき

食品流通事業に求められるニーズは、今後、ますます多様化してくることが予想される。

市場の変化に敏感にかつ素早く対応していくため、今後とも基礎技術を蓄積し、市場のニーズに応える研究開発を進めていく所存である。



杉本 幸治

自動販売機に適した冷却システム技術の開発に従事。現在、富士電機株式会社食品流通事業本部冷熱技術センター長。

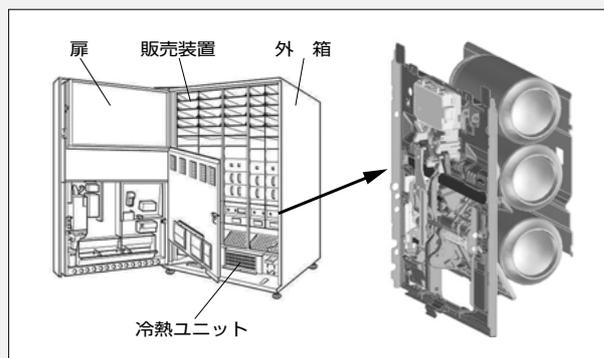


図12 グローバル対応商品搬出機構

エジェクタ冷凍サイクル適用の CO₂ 冷媒ヒートポンプ式自動販売機

Heat Pump Vending Machine Equipped with CO₂ Ejector Refrigerating Cycle

鶴羽 健 TSURUHA, Takeshi

山上 雄平 YAMAGAMI, Yuhei

松原 健 MATSUBARA, Takeshi

富士電機は、飲料用自動販売機の冷凍機に CO₂ 冷媒とハイドロフルオロカーボン冷媒を採用しているが、CO₂ 冷媒の使用圧力がハイドロフルオロカーボン冷媒より高いため、圧縮機を駆動する電力も大きくなるという課題があった。そこで、使用圧力が高いことを利用し、損失していたエネルギーを回収するエジェクタを採用するとともに、エジェクタを最適に制御する冷凍機を開発し、飲料用自動販売機に搭載した。冷凍機の成績係数 (COP) の向上によって、従来機に比べ消費電力量を 25% 低減できる。

Fuji Electric has been utilizing CO₂ refrigerants and hydrofluorocarbon refrigerants in the refrigeration units used in its beverage vending machines. However, compared with hydrofluorocarbon refrigerants, CO₂ refrigerants have a higher operating pressure and thus require a larger amount of power to drive the compressor. To solve this issue, We have adopted an ejector to recover the lost energy by using the high operating pressure, developed a refrigeration unit that optimally control the ejector, and fitted it into our vending machines. Coefficient of performance (COP) improvement in the refrigeration unit has enabled the vending machine to reduce power consumption by 25% compared with conventional ones.

1 まえがき

ノンフロン化による地球温暖化抑止に貢献することを目的として、CO₂ 冷媒を用いた冷凍機にエジェクタ^(注1)を搭載した飲料用自動販売機を開発し、従来比 25% の省エネルギー (省エネ) を達成した。CO₂ 冷媒の圧力の高さを利用して、従来は損失していた冷媒のエネルギーを回収することにより圧縮機の動力を低減し、高効率化を実現した。

2 開発の背景

富士電機は、飲料用自動販売機が 2002 年に「エネルギーの使用の合理化等に関する法律」(省エネ法) に基づく特定機器の指定を受けたこともあり、消費電力量の低減に努めてきた。現在の飲料用自動販売機における電力消費の 80~90% が、飲料の保温や保冷を行うために使われている。その電力消費の低減のためのこれまでの代表的な技術には、富士電機が 2008 年に開発して製品に適用したヒートポンプ技術などがある。飲料用自動販売機に用いる冷媒には、CO₂ 冷媒とハイドロフルオロカーボン冷媒がある。両者を比較すると CO₂ 冷媒は温暖化係数が低いものの、使用圧力が高いため^(注2)に圧縮仕事^(注2)が高くなり、効率が低下するという課題がある。

一般に、熱交換器などの効率が限界に近くなる中、さらなる効率向上を図るため、車載用冷凍機や給湯機においてエジェクタ⁽¹⁾の採用が進んでいる。飲料用自動販売機においてもエジェクタを用いた冷凍サイクルを実現し、CO₂ 冷媒

の圧力が高いという特長を生かしたノンフロン化による地球温暖化抑止に貢献することを目的とした。

3 開発の狙いと課題

3.1 実使用条件下における省エネルギーの課題

一般的な自動販売機では三つに分かれた室を、図 1 に示すように四季に合わせて冷却と加熱を切り替えている。その消費エネルギーの大半は、商品温度を維持するために使われる。

飲料用自動販売機のエネルギー効率の測定方法は、JIS B 8561:2007 で定められている。春季・秋季の冷熱モード、すなわち左室が加熱、中室と右室が冷却のとき (HCC モード) の消費電力量を測定することが規定されている。

東日本大震災以降の社会的要請に応えるため、夏季のピーク消費電力の低減と、年間消費電力量を改善することが課題である。

後者の年間消費電力量低減という課題に対し、冷凍機の冷却のみの運転 (CCC モード) とヒートポンプ運転 (HCC モード) の両方の成績係数 (COP: Coefficient of Performance) が最大になるようバランスさせることで解

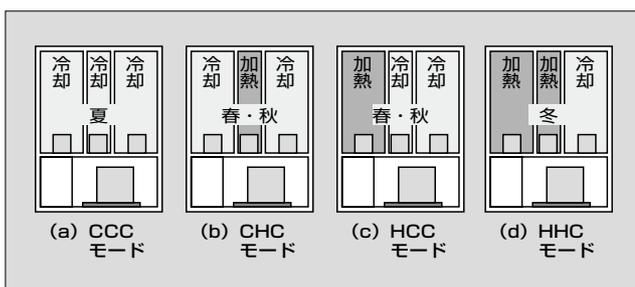


図 1 飲料用自動販売機の四季と運転モード

<注 1> エジェクタ: 214 ページ「解説 1」を参照のこと

<注 2> 圧縮仕事: 圧縮機を運転するために必要な熱力学的なエネルギーを指す。

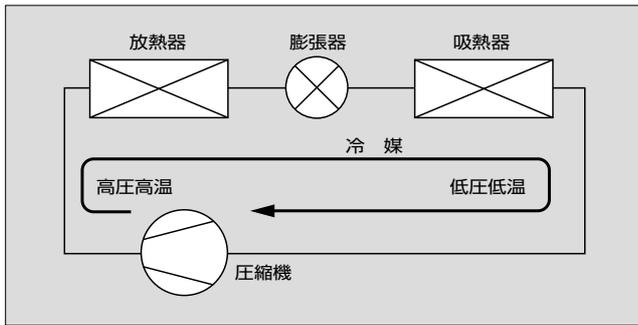


図2 冷凍機の基本原理

決することにした。

3.2 エネルギー消費低減のポイント

飲料用自動販売機では、図2に示すとおり冷媒を介して外気に熱を放出する必要があり、放熱器の冷媒温度は設置環境温度より10K程度高い30~50℃程度でなければならない。一般的なフロン系の冷媒では、その圧力は1~3MPa程度である。これに対しCO₂冷媒は、圧力7.4MPa、温度31℃において臨界点を持つため、放熱に必要な外気温度より高い温度を作るためには、圧力は超臨界状態の8~10MPaにする必要がある。その結果、圧縮機の冷媒圧縮部は高い圧力差を受ける。したがって、冷媒圧縮のための動力エネルギーが大きくなり、エネルギー効率が低下するという課題があった。

そのため、従来、放熱器の大型化や内部熱交換器の設置、2段圧縮式回路などの方策をとっていたが、冷凍機のCOPは、ハイドロフルオロカーボン冷媒を用いた冷凍機の60%程度と低かった。そこで、エジェクタを用いることでCOPの向上を実現した。

4 エジェクタ搭載ヒートポンプ冷凍機の構成と新技術

4.1 開発項目

今回の開発目的は加熱・冷却運転のCOPの最大化であり、そのための開発項目は次のとおりである。

- (a) CO₂冷媒を用いたエジェクタ効果の理論値
- (b) 三つの蒸発器が並列である飲料用自動販売機の冷凍機回路へのエジェクタの適用
- (c) 給湯機用エジェクタの飲料用自動販売機への適用
- (d) 飲料用自動販売機の設置環境に対する信頼性の確保

4.2 CO₂冷媒を用いたエジェクタ効果の理論値

開発したエジェクタの内部構造を図3に示す。駆動流としてエジェクタに流入する冷媒が、直径が細いノズル部を通過する際に流速が上昇する。流速の上昇に伴って圧力が低下するため、吸引流側から流体を引き込む力が生まれる。二つの流体は混合部で合流し、その後のディフューザ部で減速し昇圧される。流路はなるべく乱れが少なくなるように設計されており、そのことで次に示す効果が最大化され

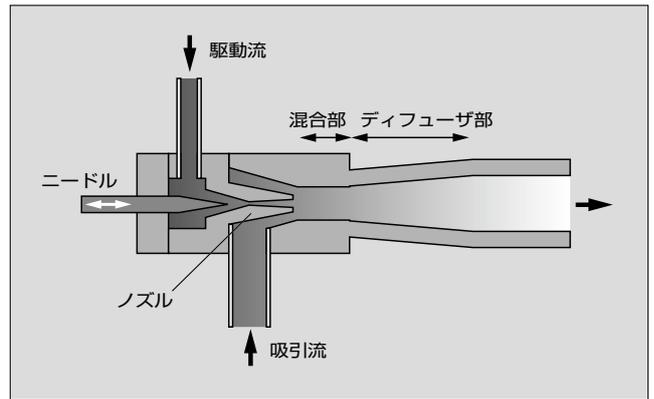


図3 エジェクタの内部構造

る。

図4は、横軸がエンタルピ、縦軸が圧力のグラフであり、CO₂冷媒を用いた従来の飲料用自動販売機の冷凍サイクル線図である。冷凍サイクルの膨張行程が等エンタルピ膨張から理想的な等エントロピ膨張、すなわち流体の乱れがない膨張とすることでエネルギー損失を小さくする。乱れによるエネルギーの損失を回収し、圧縮機動力を低減することを示している。

エネルギー損失について、エジェクタを用いた場合の効果を計算した。圧力が下がる膨張行程に乱れがない場合は等エントロピ変化となり、等エンタルピ変化よりも膨張後の圧力差の分だけ圧縮仕事が減る。蒸発温度-10℃、高圧9.0MPa、ガスクーラ出口温度40℃、内部熱交換器高圧出

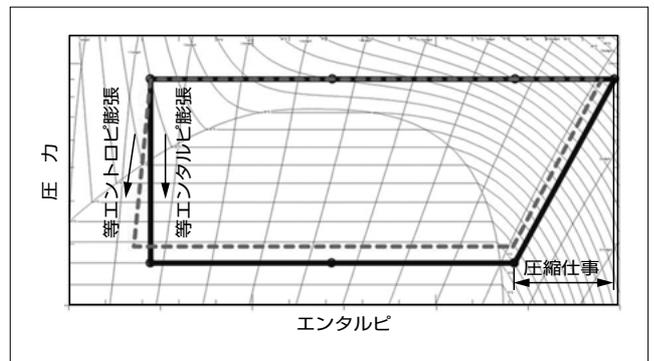


図4 CO₂冷媒飲料用自動販売機の冷凍サイクル線図

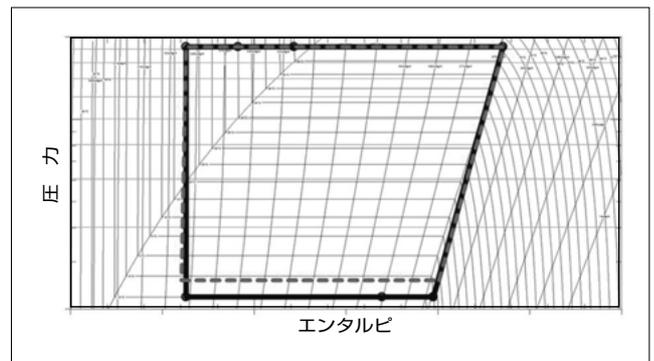


図5 ハイドロフルオロカーボン冷媒飲料用自動販売機の冷凍サイクル線図

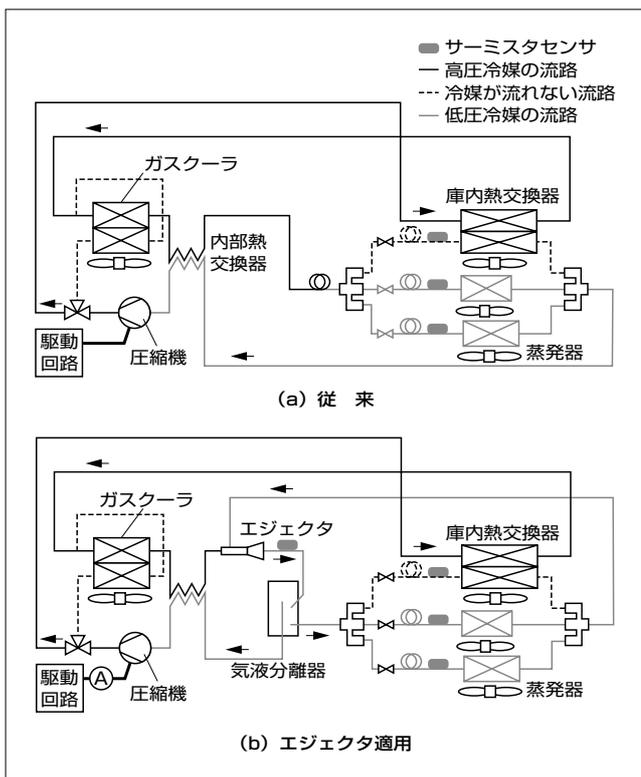


図6 CO₂ 冷媒ヒートポンプ冷凍機回路 (HCC モード)

口温度 20℃、圧縮機吸引過熱度 5K において、エジェクタの有無による差異は、理論上の圧縮仕事が 3.1 kJ/kg 低減し、10.3% の COP の向上となり得る。

一方、図 5 に示すようにハイドロフルオロカーボン冷媒で同様に効果の計算を行ったところ、圧縮仕事低減効果の上昇は 4.2% であり、CO₂ 冷媒の場合より低い。エジェクタは CO₂ 冷媒に対して、より多くの圧縮仕事低減効果を発揮する。

4.3 三つの蒸発器が並列である飲料用自動販売機の冷凍機回路へのエジェクタの適用

図 6 に、CO₂ 冷媒ヒートポンプ冷凍機回路 (HCC モード) を示す。図 6 (b) がエジェクタを適用した回路であり、エジェクタと気液分離器を追加するとともに、エジェクタの出口にサーミスタセンサを、圧縮機駆動回路に電流計をそれぞれ配置した。気液分離器では、エジェクタから出た低圧冷媒の液相部を蒸発器へ、残りを圧縮機へ戻すようにした。その際、液相冷媒と共に蒸発器側へ流出する冷凍機油は圧縮機側へ戻さなければならないため、オイル戻しの機構を設けるなどの工夫を行った。

4.4 給湯機用エジェクタの飲料用自動販売機への適用

飲料用自動販売機に採用するエジェクタは、給湯機用エジェクタをベースに飲料用自動販売機用に開発した可変ニードルエジェクタである。給湯機と飲料用自動販売機における冷凍機の仕様の相違点を表 1 に示す。

自動販売機の冷媒循環量は給湯機の約 1/7 と少量のため、可変ニードル弁の開度を閉塞ぎりぎりまで絞って使う必要

表 1 給湯機と飲料用自動販売機における冷凍機の仕様の相違点

項目	給湯機	飲料用自動販売機
冷媒循環量	50 kg/h	7 kg/h
用途	加熱	加熱と冷却
蒸発器の数	1	3
1日当たりの発停回数	数回	数10回

がある。さらに、自動販売機では、図 6 のように蒸発器 3 個が並列に設置されており、加熱や冷却の対象室数の切り替えのような急激な変動に追従して冷媒循環量を適正に保つために、小流量で応答性の高い制御が求められる。

そこで、エジェクタの制御量に対して速やかに応答する物理量を計測し、フィードバック制御を行う方式を開発した。物理量には、圧縮機の入力電流とエジェクタ出口の温度を用いることにした。

4.5 冷凍加熱能力と COP の最大化

3章の開発の狙いでも述べたとおり、冷凍機の冷却のみの運転 (CCC モード) とヒートポンプ運転 (HCC モード) の両方の COP が最大になるようバランスさせることが必要である。しかし、回路は一つであり、冷媒封入量も季節ごとで変えられないため、それらの負荷の相違からくる必要となる冷媒循環量の変化を、圧縮機の回転数とエジェクタの弁開度の調整によって対応した。

HCC モードにおける加熱 COP と冷却 COP の測定結果の例を図 7 に示す。この例では、加熱と冷却を同時に行う HCC モードにおいて、エジェクタの弁開度を変化させたときの COP を示しており、加熱 COP と冷却 COP を合算した全 COP において、従来比 124% を超える値を達成した。また、負荷変動に応じて弁開度を制御し、冷却能力と加熱能力を調整できることが分かった。

さらに、圧縮機の運転周波数とエジェクタの弁開度を変

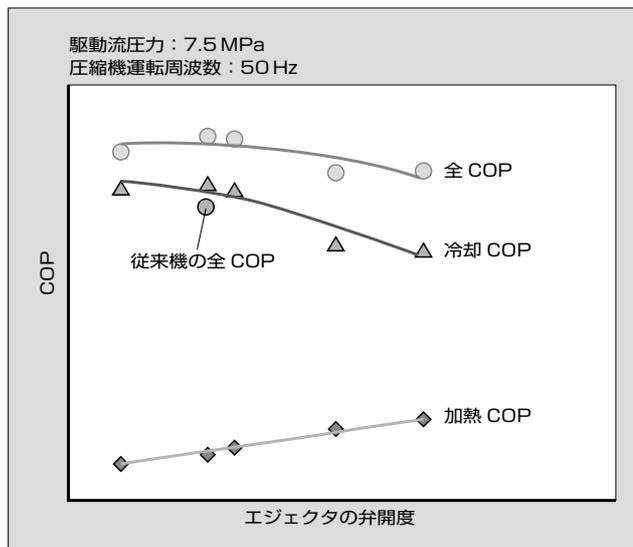


図 7 HCC モードにおける加熱 COP と冷却 COP の測定結果の例

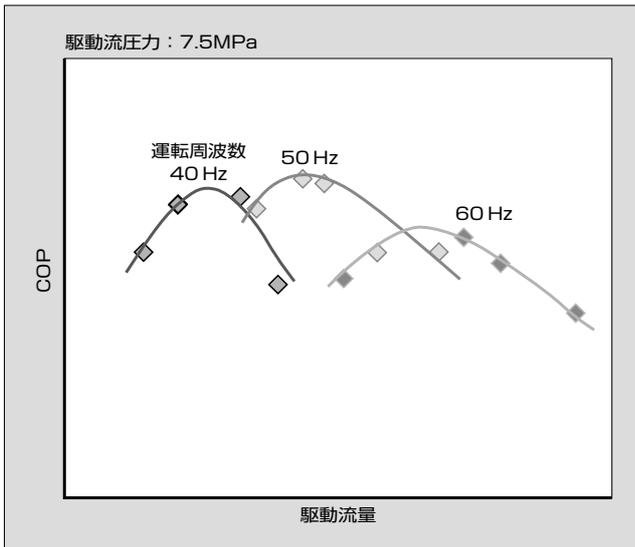


図8 圧縮機運転周波数別 COP の測定結果の例

化させた場合の COP の測定結果の例を図 8 に示す。この特性から、圧縮機運転周波数とエジェクタの弁開度を適切に制御し、駆動流量を最適にすることで、エジェクタの能力を最大限発揮させ、COP の最大化が図れることが分かった。

そこで、周囲温度と庫内温度から推定した熱負荷に対して、パラメータ化しておいた最適な蒸発温度と圧縮機運転周波数を決定し、所定の蒸発温度を得られるようにエジェクタの弁開度を微調整する制御とした。冷却対象室数の変更などの大きな負荷変動の際には、エジェクタ出口温度と蒸発器入口温度を検知しながらフィードバック制御を行いつつ、圧力の監視となる圧縮機の入力電流を検知しながらさらに補正を掛け、効率が最大となる冷凍サイクルを維持する制御とした。

4.6 飲料用自動販売機の設置環境に対する信頼性の確保

表 1 に示したように、給湯機に比べて飲料用自動販売機の一戸当たりの発停回数は一桁多い。飲料用自動販売機におけるエジェクタ出口温度は常に氷点下となり、運転中には雰囲気中の水分が凝固し、停止時には氷が融解する。もし、部品のろう付部にボイドや引け巣などの接合不具合が

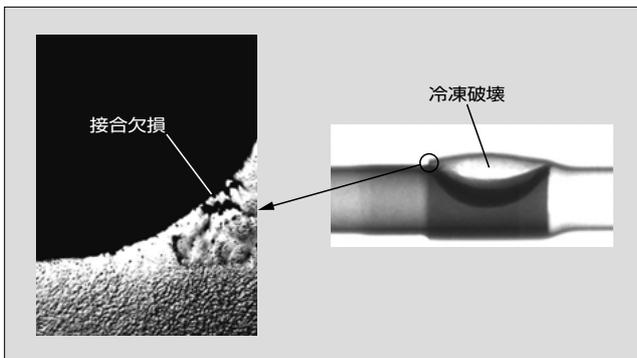


図9 ろう付部の接合欠損と冷凍破壊の例

表 2 CO₂ 冷媒冷凍機搭載の飲料用自動販売機の性能

項目	開発機	CO ₂ ヒートポンプ機2	CO ₂ ヒートポンプ機1
冷媒	CO ₂		
圧縮機駆動方式	可変速	可変速	一定速
ヒートポンプ回路	○	○	○
エジェクタ	○	—	—
冷却加熱COP比	1.57	1.25	1
冷却COP比	1.41	0.97	1
発売年月	2015年4月	2014年12月	2011年11月
JIS表示値*	440 kWh/y	585 kWh/y	895 kWh/y
トップランナー基準値	1,068 kWh/y	1,081 kWh/y	1,086 kWh/y
トップランナー達成率	242%	184%	121%

*JIS表示値：JIS B 8561：2007の区分Ⅲに準じた測定方法による値

あると、その中にため込まれた水分が、凝固融解の作用により体積の膨張収縮を繰り返し、図 9 に示すような冷凍破壊につながるがよく知られている。

そこで、詳細な断面観察を行うなど、工程検証と実機検証を繰り返し実施して最終的な品質保証を行った。

5 飲料用自動販売機の性能

5.1 省エネルギー性能

表 2 に、新技術による機器を搭載した飲料用自動販売機の性能を示す。CO₂ 冷媒冷凍機において難しいとされてきた効率向上について、HCC モードにおいては 124%、CCC モードにおいては 140% の COP の向上を達成し、庫内間熱交換方式のヒートポンプ式自動販売機においては、ハイドロフルオロカーボン冷媒冷凍機との差異を大きく縮めることができた。JIS B 8561：2007 に定める測定方法による年間消費電力量は 440 kWh/y、省エネ法に定めるトップランナー目標値 1,068 kWh/y に対する達成率は 242% となり、同一庫内容積を持つ低圧系冷媒も含めた自動販売機で最高水準の省エネ機となった。

5.2 今後の展開

今回の取り組みでは、エジェクタの採用により、冷凍機の COP の大幅な向上を達成した。しかし、図 4 に示した冷凍サイクル線図から、その効果を最大限生かすには、よりエンタルピーの高い点における膨張行程で使うことが有効であることが分かる。給湯機での適用技術を生かし、自動販売機における CO₂ 冷媒冷凍機では難しいと考えられている加熱のみの運転に挑戦したい。

6 あとがき

地球にやさしい自然冷媒 CO₂ を用いた飲料用自動販売機において、搭載する冷凍機にエジェクタを適用したことで、CO₂ 冷媒の省エネルギーの可能性を広げることができた。今回の取り組みは冷凍機の COP の向上によって、地球

温暖化抑止に一定の貢献を果たしたと考える。しかし、今後の展開にも述べたとおり、加熱側の性能についてはまだ改善の余地がある。本サイクルを加熱側に適用することで、今のヒートポンプの弱点を克服することにより地球温暖化抑止をさらに推進していく所存である。

本機器の開発にご協力いただいた株式会社デンソーの関係各位に謝意を表す。

参考文献

- (1) 竹内裕嗣. 世界初エジェクタサイクルの製品化. デンソーテクニカルレビュー. 2005, vol.10, no.1, p.18-23.
- (2) 井下尚紀. CO₂冷媒対応缶飲料自動販売機. 富士時報. 2009, vol.82, no.4, p.(15)-(18).



鶴羽 健

自動販売機などにおける冷凍機の開発設計に従事。現在、富士電機株式会社食品流通事業本部三重工場設計第二部課長。



山上 雄平

自動販売機などにおける冷凍機の開発設計に従事。現在、富士電機株式会社食品流通事業本部三重工場設計第一部主任。空気調和・衛生工学会会員。



松原 健

自動販売機などにおける冷凍機の研究開発に従事。現在、富士電機株式会社技術開発本部先端技術研究所応用技術研究センター熱応用システム研究部主任。電気学会会員。



ヒータ電力 ZERO 自動販売機「ハイブリッド ZERO」

ZERO Heating Power Vending Machine “Hybrid ZERO”

石田 真 ISHIDA, Shin

富士電機は、環境負荷の低減のため、大幅な省エネルギーとピーク電力低減をコンセプトに、電気ヒータを搭載しないヒータ電力 ZERO 自動販売機「ハイブリッド ZERO」を開発した。従来は、貯蔵庫の一部を電気ヒータで加熱していたが、ハイブリッド ZERO は全ての加熱室をヒートポンプで加熱する。熱交換器や圧縮機を高効率化するとともに、冷媒流路の切換弁を新規に開発することでこの機能を実現した。これによりハイブリッド ZERO は、実使用を想定した運転モードにおいて年間消費電力量の 15% の低減と、冬季の運転モードにおける消費電力の最大 55% の低減を達成した。

Fuji Electric has adopted the concept of achieving extensive energy savings while reducing peak power consumption to decrease environmental burdens, and based on this, it has developed the ZERO Heating Power Vending Machine “Hybrid ZERO,” which does not utilize an electric heater. Conventional models heated a part of the storehouse using an electric heater, the Hybrid ZERO, however, heats all heating chambers using a heat pump. We have achieved this functionality by increasing the efficiency of heat exchangers and compressors while newly developing a refrigerant channel switching valve. These enhancements enable the Hybrid ZERO to achieve a 15% reduction in yearly power consumption based on estimated actual usage in operation mode, as well as a maximum reduction of 55% in power consumption in winter operation mode.

① まえがき

富士電機は、自動販売機の大幅な省エネルギー（省エネ）とピーク電力低減をコンセプトとし、ヒータ電力 ZERO 自動販売機「ハイブリッド ZERO」を開発した。ハイブリッド ZERO という名称の由来は次の 2 点である。

(a) ハイブリッドヒートポンプ技術の適用

ヒートポンプ加熱の熱源として、飲料商品冷却時の排熱だけでなく外気の持つ熱も利用する。

(b) 電気ヒータの電力ゼロを実現

ヒートポンプ加熱のみでホット飲料商品の全てを加熱することができるため、補助用の電気ヒータを搭載していない。

ハイブリッド ZERO は、四季を通じてヒートポンプによる冷却と加熱を行うことで、従来機のハイブリッドヒートポンプ飲料自動販売機^(注)に対し、年間消費電力量の 15% の低減と冬季の運転モードにおける消費電力の最大 55% の低減を実現した。本稿では、ハイブリッド ZERO の開発における課題と取組みについて述べる。

② 開発の背景

自動販売機業界では、2002 年に缶・ボトル飲料自動販売機が「エネルギーの使用の合理化等に関する法律」（省エネ法）の特定機器に指定されて以来、省エネの技術開発を積極的に進めてきた。さらに、2011 年 3 月の東日本大

〔注〕年間消費電力量：年間消費電力量の測定は、独自規定の電力量測定方法による。この方法は四季を通じた自動販売機の一般的な使われ方を想定し、周囲温度やホットとコールドの飲料商品数といった条件を変えながら測定するものである。

震災以降の電力不足によってピーク電力の 25% 削減が求められ、自動販売機の消灯や輪番制での冷却運転の停止により節電を行った。このように、自動販売機業界は環境負荷の低減のための省エネはもちろん、電力需給バランスの改善のための消費電力低減の要求に応じてきた。

富士電機は、この省エネと消費電力低減を両立させ、さらに両方を大幅に改善するための開発を行った。

③ 開発の狙いと課題

3.1 実使用条件下における省エネルギーの課題

図 1 に自動販売機の構造を示す。一般的な自動販売機は、飲料商品の貯蔵庫が三つの室（左室、中室、右室）に分かれており、各室内の冷却・加熱の運転モードの設定を季節ごとに変更する。表 1 に示す四つの運転モードの設定は、消費者の購買ニーズに合わせた販売が行えるよう、オペレータが各自動販売機で個別に設定する。例えば、冷たい飲料商品がよく売れる夏季は 3 室全てを冷却する CCC

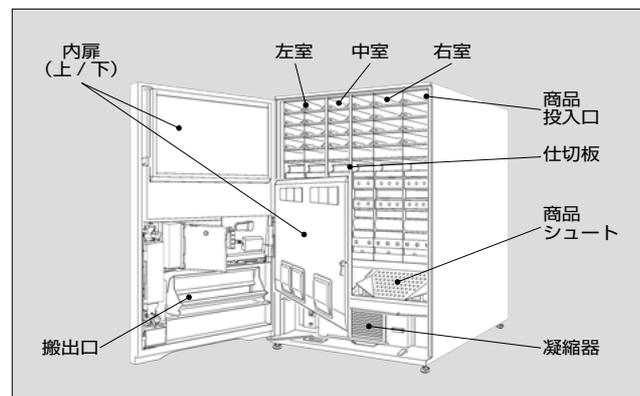


図 1 自動販売機の構造

表1 従来機の運転モードと各室の冷熱設定

運転モード	左室	中室	右室
CCCモード	冷却	冷却	冷却
HCCモード	ヒートポンプ加熱	冷却	冷却
CHCモード	冷却	電気ヒータ加熱	冷却
HHCモード	ヒートポンプ加熱	電気ヒータ加熱	冷却

モードに、温かい飲料商品がよく売れる冬季は2室を加熱し1室を冷却するHHCモードに、また春季と秋季は1室を加熱し、2室を冷却するHCCモードに設定することが一般的である。

従来機は、左室の飲料商品をヒートポンプ運転により電気ヒータに比べ効率良く加熱していた。中室の加熱も電気ヒータからヒートポンプに変更することで省エネを図ることができ、次のような問題があり実現が困難であった。

- (a) 中室のスペースが小さすぎるために十分な大きさの加熱用熱交換器が設置できない。
- (b) 冷媒回路の複雑化や切換弁の増加により冷凍機が大型化する。

3.2 年間消費電力量低減のポイント

図2に、通常用いられる三つの主な運転モードにおける従来機の消費電力量の割合を示す。CCCモードとHCCモードでは圧縮機、HHCモードでは電気ヒータの占める割合が最も大きい。圧縮機の電力量は圧縮機の高効率化によって、電気ヒータの電力量はヒートポンプ化によって低減が可能である。つまり、年間消費電力量低減のポイントは次の2点である。

- (a) 圧縮機の高効率化
- (b) HHCモード時の加熱室（左室および中室）の同時ヒートポンプ加熱

しかし、中室のヒートポンプ加熱を行おうとすると、3.1節で述べたように冷凍機の回路構成が複雑になり、設置スペースが増大することや、狭い中室に設置するために熱交換器の能力が十分得られず吐出圧力が過上昇するという問題がある。さらに、左室と中室の2室同時ヒートポンプ加熱に対しては十分な能力を確保できないという問題もある。これらの課題を整理すると次の3点となる。

- (a) 冷凍回路を構成する機器の簡素化
- (b) 2室同時ヒートポンプ加熱における加熱能力の確保
- (c) 中室ヒートポンプ加熱における吐出圧過上昇の抑制

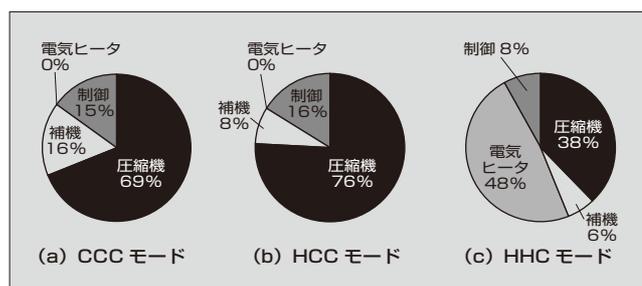


図2 従来機の主な運転モードにおける消費電力量の割合

4 「ハイブリッド ZERO」の冷凍機の構成と技術

4.1 冷凍回路を構成する機器の簡素化

電気ヒータの消費電力量を削減するため、中室のヒートポンプ加熱を行う冷凍回路を構築した。

図3に、従来機の冷凍回路における圧縮機の吐出配管の切換えを示す。従来機では、冷却運転用の凝縮器と、ヒートポンプ加熱用の左室熱交換器の2経路のどちらか一方のみに冷媒を流していた。

一方、左室と中室の2室同時ヒートポンプ加熱を可能とするハイブリッド ZERO においては、圧縮機吐出配管の接続先が、従来の凝縮器と左室熱交換器に新たに中室熱交換器を加えた三つとなる。中室熱交換器を使ったヒートポンプ加熱も行えるようにするには、流路の切換え数が従来の2倍となる。

この冷凍回路を従来の切換弁を用いて構成すると、図4に示すように切換弁の数が従来機より2個増加して冷凍機が大型化するという問題があった。

そこで、ステッピングモータ式の流路切換弁である四方弁を新たに開発することで図5に示す切換えを実現し、弁の増加を抑制することができた。これにより、従来の切換弁を使用した場合に対し、冷凍機部のスペースを約15%縮小した。

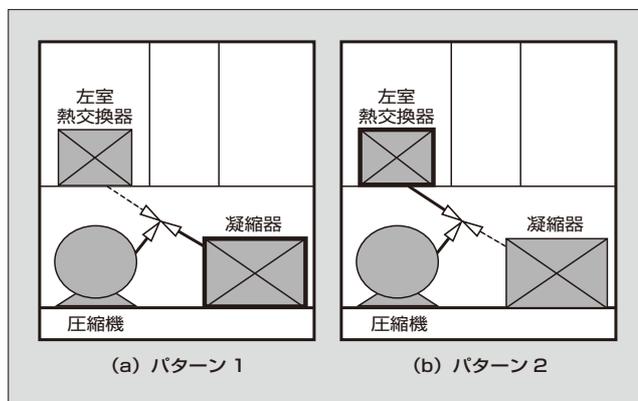


図3 従来機の冷凍回路における圧縮機の吐出配管の切換え

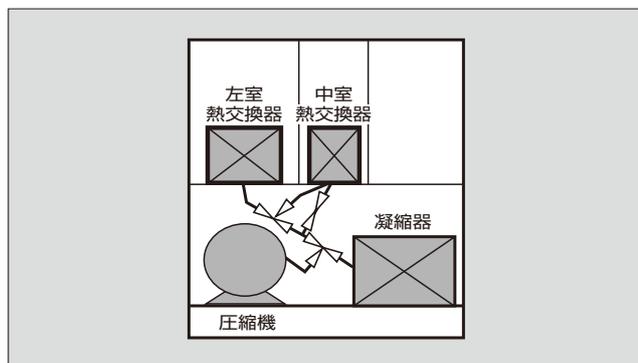


図4 従来の切換弁を使用して2室同時加熱を実現するための吐出配管

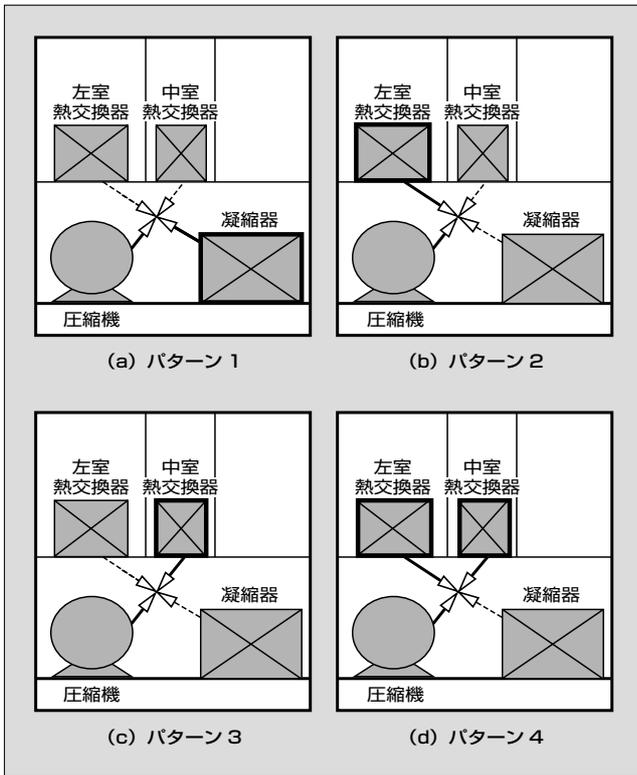


図5 「ハイブリッド ZERO」における吐出配管の切換え

4.2 2室同時ヒートポンプ加熱による加熱能力の確保

HHC モードにおいて、従来はヒートポンプ加熱の対象が1室であったものを、左室と中室の2室に増やそうとすると、1室当たりの加熱能力は1/2に減ってしまう。一般に、加熱能力を増加させるには、単純に圧縮機の回転速度を増加させればよい。しかしながら、圧縮機の効率は回転速度が高いほど低下するので、冷凍機の効率向上を図る必要がある。

この課題に対し、圧縮機の排熱をより効果的に利用できるようにするため、次に説明するように圧縮機が冷媒を吸入する回路を切り換えることで解決した。図6に示すように、一般的なレシプロ型圧縮機には三つのポートがある。冷媒を吸入する吸込ポート、圧縮した冷媒を吐出する吐出ポート、およびサービス用のプロセスポートである。

吸込ポートにはサクシオンマフラが取り付けられており、吸込ポートから圧縮機に吸入された冷媒が図6のように最

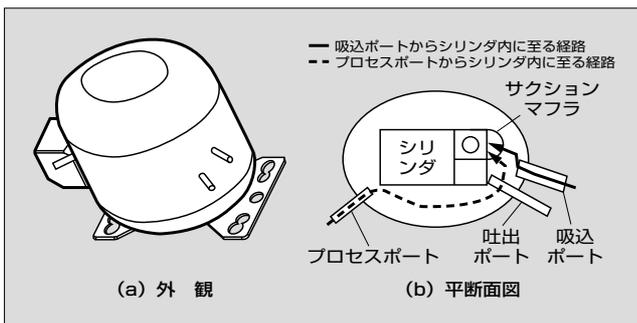


図6 圧縮機

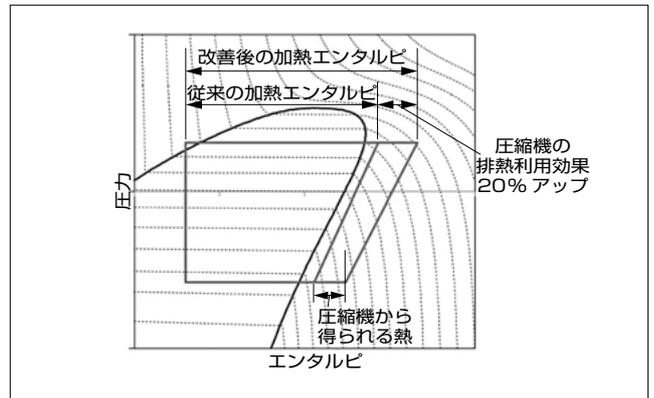


図7 圧縮機の排熱利用効果

短経路でシリンダ内に到達する。このため、冷媒が高温の圧縮機から受ける熱は最小限に抑えられ、圧縮前の冷媒温度の上昇は少ない。この効果により、冷媒を吸込ポートから吸入させると吐出温度が上がりやすく効率の良い冷却運転が可能である。一方、プロセスポートにはサクシオンマフラがなく、プロセスポートから吸入された冷媒がシリンダ内に到達するまでの経路は長くなり、その分冷媒が圧縮機から受ける熱は大きい。この結果、プロセスポートから冷媒を吸入させる方が吐出温度は高くなり、ヒートポンプ加熱の能力を増大させやすい。

しかし、従来機では冷却運転とヒートポンプ運転のいずれにおいても吸込ポートから冷媒を吸入させる冷凍回路としていたため、ヒートポンプ運転において加熱能力を得にくかった。そこで、ハイブリッド ZERO は冷媒を吸い込むポートを、冷却運転時には吸込ポートに、ヒートポンプ運転時にはサクシオンマフラのないプロセスポートにそれぞれ切り換える冷凍回路とした。その結果、図7に示すように圧縮機の排熱を効果的に利用でき、ヒートポンプの加熱能力を20%増大させた。この効果を圧縮機回転速度の増加と併用することで、システム効率を維持しつつ、2室同時ヒートポンプ加熱が可能となった。

4.3 中室ヒートポンプ加熱における圧縮機吐出圧力の過上昇の抑制

左室と中室の2室同時ヒートポンプ加熱が可能な冷凍回路とすると、中室の単独ヒートポンプ加熱も可能である。しかし、この場合には圧力が過上昇するという問題があった。

一般的に自動販売機の中室は三つの室のうち最も小さく、熱交換器を配置するスペースも同様に最も小さい。そのままでは、流れる冷媒量に対して熱交換器で十分な放熱がでず圧力が過上昇する。そこで、対策として熱交換器と圧縮機の高効率化を行った。

(1) 熱交換器の高効率化

2012年に開発したオールアルミニウム熱交換器のアルミニウムフィンのフィンピッチを、図8に示すように従来に比べて25%狭くし、熱交換器の容積を変えずに伝熱面積を25%増加させた。さらに、狭いピッチに対応して

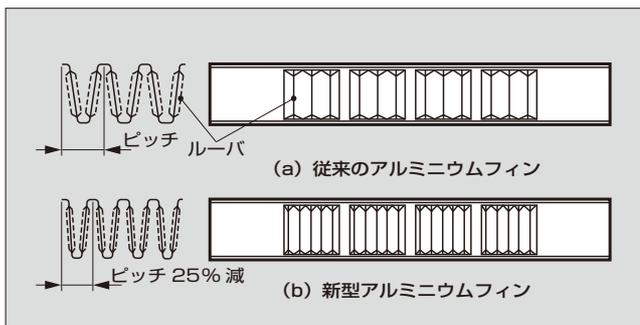


図8 従来のアルミニウムフィンと新型アルミニウムフィン

フィンのルーバの形状も最適化した。この新型アルミニウムフィンは、シミュレーションにより32%の平均熱伝達率の向上を確認している。

(2) 圧縮機の高効率化

中室を加熱するときに中室の熱交換器の冷媒流量を低減するためには、圧縮機の回転速度を落とすことが最も簡単で効果的である。しかし、過上昇を抑制するには従来の圧縮機の最低回転速度は不十分であった。そのため、圧縮機の最低回転速度の低減が必要であり、高効率化と同時に圧縮機メーカーと共同で開発し、自動販売機の負荷に合わせた仕様で最適化した。その結果、圧縮機最低回転速度の12%低減と、効率の約10%向上を実現した。この圧縮機をハイブリッドZEROに採用することにより、中室単独加熱でも十分に回転速度を下げることで、圧縮機の吐出圧力の過上昇を防止するとともに冷凍機としての効率を向上させることができた。

5 「ハイブリッドZERO」の性能

5.1 冷凍機単体性能

ここまで述べた省エネの施策に対する効果を確認するため、成績係数(COP: Coefficient of Performance)を測定した。このCOPはハイブリッドZEROに搭載する冷凍機単体の効率に相当する。測定結果を図9に示す。縦軸は、従来機における冷却ユニットのCOPを1とした比率を表す。特に、HHCモードでヒートポンプ運転を行った

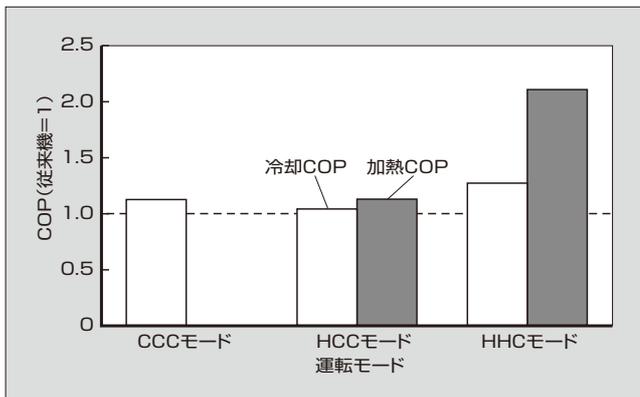


図9 「ハイブリッドZERO」のCOP

ときの加熱効率が大幅に向上しており、中室のヒートポンプ化の効果が大きく表れたことが分かる。

5.2 自動販売機全体の性能

実際に即して比較するため、3モード年間消費電力量を算出した(図10)。3モード年間消費電力量とは、1年間の日数をCCCモードが90日(夏季)、HCCモードが185日(春季・秋季)、HHCモードが90日(冬季)と想定して算出したものである。縦軸は従来機の3モード年間消費電力量を1とした比率を表す。ハイブリッドZEROは3モード年間消費電力量で従来機に比べて15%の低減を達成した。また、JIS B 8561にのっとり測定した消費電力量は27%の低減であった。

次に、消費電力の低減効果を確認するために、HHCモードにおける消費電力を測定した(図11)。他の図と同様に、縦軸は従来機全体の消費電力を1として比率で示した。従来機では消費電力全体の60%以上を占めていた電気ヒータの消費電力が、ハイブリッドZEROでは0になり、全体の消費電力が従来機の45%に抑えられていることが分かる。このことから、年間を通した省エネはもちろん、冬季の電力需給バランスの改善においても非常に大きな効果を得られることが分かる。

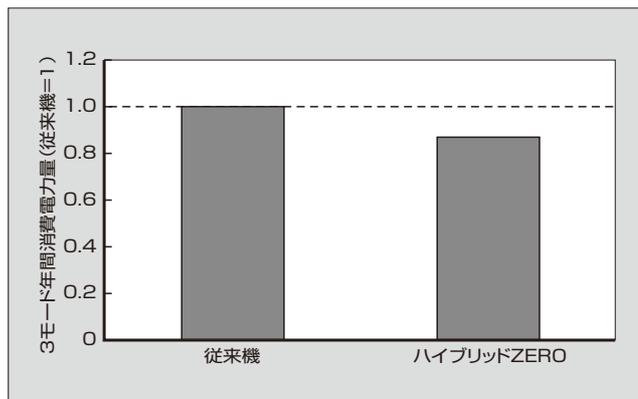


図10 従来機と「ハイブリッドZERO」の3モード年間消費電力量

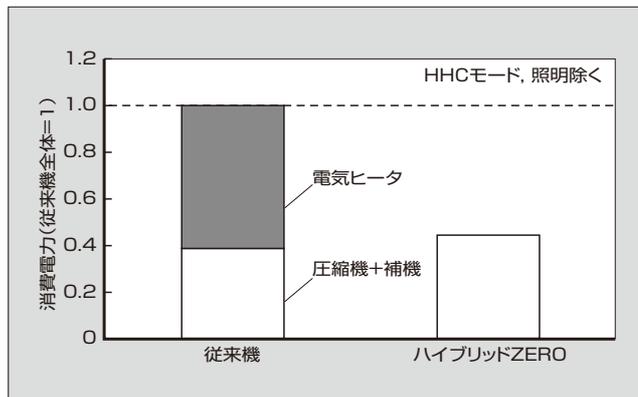


図11 従来機と「ハイブリッドZERO」の消費電力

⑥ あとがき

ヒータ電力 ZERO 自動販売機「ハイブリッド ZERO」について述べた。ハイブリッド ZERO は、環境への配慮を踏まえ、全ての加熱室をヒートポンプにより加熱することで大幅な省エネルギーと冬季の運転モードにおける消費電力の低減を実現し、地球温暖化の防止や日本のエネルギー需給バランスの改善に貢献できる。

今後も継続的に自動販売機の省エネルギーに注力し、さらなる環境負荷の低減に貢献できる製品を開発していく所存である。

参考文献

- (1) 滝口浩司, 高松英治. ハイブリッドヒートポンプ飲料自動販売機. 富士電機技報. 2012, vol.85, no.5, p.345-349.
- (2) 土屋敏章, 倉馨. 自動販売機の高効率熱交換器. 富士電機技報. 2012, vol.85, no.5, p.350-354.



石田 真

缶・ボトル飲料自動販売機におけるヒートポンプ冷却ユニットの開発設計に従事。現在、富士電機株式会社食品流通事業本部三重工場設計第二部主任。日本冷凍空調学会会員。



オフィス向け超小型カップ式自動販売機「FJX10」

Office-Use Ultra-Compact Cup-Type Vending Machine “FJX10”

畔柳 靖彦 KUROYANAGI, Yasuhiko

伊藤 修一 ITO, Shuichi

西川 洋平 NISHIKAWA, Yohei

富士電機は、カップ飲料オペレータ企業である株式会社ジャパンビバレッジホールディングスと共同でオフィス向け超小型カップ式自動販売機「FJX10」を開発した。コンパクトサイズ、低消費電力など、オフィスへの設置に適した仕様であり、身近でおいしいコーヒーを提供できる。また、衛生性・清掃性に優れたカップミキシング方式を、業界初となる横一軸搬送機構で実現した。さらに、真空断熱構造による省エネルギー温水タンクや高効率な省エネルギー製氷機の搭載により、業界トップの低消費電力量 849 kWh/y を実現した。

Fuji Electric has developed an office-use ultra-compact cup-type vending machine “FJX10” in collaboration with Japan Beverage Holdings Inc., a cup beverage operator. The unit has been designed to be installed in offices, being characterized by its compact size and low power consumption, allowing it to dispense delicious coffee within the premises of an office. Moreover, the unit utilizes a cup mixing system that achieves a superior level of sanitation and ease of cleaning by adopting the industry’s first horizontal uniaxial conveyance mechanism. Furthermore, it also achieves an industry top-class low power consumption of 849 kWh/y by means of equipping the unit with a high-efficiency energy-saving ice maker, as well as an energy-saving hot water tank that adopts a vacuum heat insulating structure.

① まえがき

カップ式自動販売機は、オフィス、工場、病院、高速道路のサービスエリアなどさまざまな場所で稼働しており、約半数は従業員が多いオフィスで利用されている。そのため中・大型機や多機能機が主体となっており、従業員が少ないオフィスでは投資回収に見合う売上げが確保できず、また、設置する場所を確保することも困難であった。

一方で、カップ式自動販売機技術のレギュラーコーヒー抽出システムを応用して 2013 年に開発したカウンタートップ機材は、消費者から味で評価され、コンビニエンスストアにおけるコーヒー販売の大ヒットにつながった。

② 開発の背景

カップ式自動販売機の市場状況、コーヒー販売の市場ニーズなどを捉え、“オフィス市場の活性化”を狙って、



図1 「FJX10」

カップオペレータ企業である株式会社ジャパンビバレッジホールディングスと共同で、オフィス向け超小型カップ式自動販売機「FJX10」を開発した(図1)。コンパクトサイズでありながら、身近でおいしい本格的なコーヒーを提供するものである。

③ 開発の狙いと課題

カップ式自動販売機とは、水と原料から完成飲料をその場で調理して提供する自動調理機である。言い換えれば、パッケージ飲料における製造プラントから販売までのサプライチェーンが一つの箱の中で完結していることとなる。そのためカップ式自動販売機は、紙カップの供給、熱湯の製造、氷塊の製造、原料の供給、コーヒーの抽出など、さまざまな機構から成り立っている。

カップ式自動販売機がオフィスで受け入れられるためには、提供する飲料の衛生面での安全を確保しつつ、各機構をより効率よく配置して、ホット飲料やコールド飲料の販売をコンパクトなサイズで実現し、ランニングコストを低減することが必要である。

④ 「FJX10」の概要

4.1 特徴

- (a) オフィス向けの新デザイン扉
- (b) コンパクトサイズでホット & コールド仕様
- (c) おいしいコーヒーを提供する1杯取りドリップ式のコーヒープレア
- (d) カップ内で飲料を調理する、清掃性と衛生性に優れたカップミキシング方式

4.2 仕様

FJX10の仕様を表1に示す。

(1) 新デザイン扉

従来のカップ式自動販売機のイメージを一新するため、デザイン自由度の高い一体シートキーを採用した。これはパネル表示器とシートキーを一体化したものであり、コーヒーショップのメニューボードをイメージした商品展示と選択ボタンを実現した。また、左右のモール部の色をシルバーメタリックとすることで高級感を演出し、さらに将来のリニューアルに備えて、着脱可能な構造とした。

(2) 業界最先端の調理技術

2013年のコンビニエンスストアにおけるコーヒーブームの火付け役であり、富士電機の自動販売機のコア技術であるレギュラーコーヒー抽出システムを搭載した。また、コンパクトサイズでカップミキシング方式を採用するため、業界初の横一軸搬送機構を採用した。さらに、調理効率を高めるため、プロペラ攪拌（かくはん）時にカップを揺らす制御機能を搭載した。

(3) 環境対応

真空断熱材を使用した断熱性の高い温水タンクや高効率な制御機能を持つ製氷機などの搭載により、業界トップの低消費電力量 849 kWh/y を実現した。また、環境に優しいグリーン購入法適合冷媒 HFO-1234yf^(注)を採用した。

(4) 簡単オペレーション

1杯ごとに攪拌用プロペラをリンスするオートサンitizer機能を搭載した。また、着脱が簡単で丸洗いでできる

表1 「FJX10」の仕様

項目	仕様
型式	FJX10
外形寸法	W550×D600×H1,700 (mm)
製品質量	135 kg
商品展示/押しボタン	フレーバ数：6個/商品選択：12ボタン ファンクション：9ボタン
販売原料	レギュラー 2.1L×2 クリーム 1.4L×1 砂糖 1.4L×1 パウダー 1.4L×3
コーヒーブリューア	ドリップ式 ペーパーフィルタ カスバケツ容量：14L
カップ機構	9オンス限定 2種類 (収容数：210個)
製氷機貯氷量	2.1 kg
湯タンク容量	3.0L
給水	水道直結/カセットタンク
排水バケツ容量	5.5L
冷媒	HFO-1234yf
消費電力量	849 kWh/y

〈注〉 HFO-1234yf：地球温暖化係数（GWP）が4と低く、「国等による環境物品等の調達の推進等に関する法律」（グリーン購入法）基準のGWP140未満に適合したノンフロン冷媒である。

構造を清掃部に採用した。

(5) サービス性、組立性の向上

コンパクトサイズであっても簡単にサービスや組立ができるように各機構部をブロック構造とし、ブロックごとに着脱できるようにした。

5 カップ式自動販売機の省エネルギー技術

5.1 省エネルギー温水タンク

カップ式自動販売機の保温・保冷の温度帯域は、97℃の熱湯から-10℃の水塊まであり、缶飲料自動販売機における55℃のホット飲料から5℃のコールド飲料までの温度範囲よりも広い。さらに、食の安全のため、それぞれの制御温度は「食品衛生法」で規制され、その条件を外れた場合には自動的に売切れとする安全最優先の制御を行いつつ、高効率な冷却・加熱と調理機構をシステムとして確立することが課題である。中でも、常に熱湯をためておく温水タンクは定常時の電力が最も大きく、省エネルギーの取組みが重要である。

従来の温水タンクは発泡樹脂だけで断熱していた。省エネルギー化を進めるため、サーモグラフィーによる実測や熱解析などを行い、より断熱性能の高い真空断熱材を採用することとした。真空断熱材を直接温水タンクに接触させることは、経年劣化や外表面の傷による断熱性能の低下などの問題がある。そこで、発泡樹脂で内側と外側から挟み込む三層断熱構造を採用した（図2）。これにより、温水タンクの年間消費電力量は従来の380 kWh/yから325 kWh/yとなり14%削減した。

5.2 省エネルギー製氷機

製氷機は水を製造してためておく機構である。製氷機用のコンプレッサは水の残量に応じて起動と停止を繰り返す。起動後冷媒が循環を開始するまでの1～2minは水を製造できない。そこで、起動回数を減らす工夫を行い、水を製造せずに冷媒を循環させるだけの時間を減少させて、より効率的に製氷するようにした。

水の需要は季節による気温の変動によって大きく変化する。これに着目し、周囲温度をパラメータとして製氷機内の貯氷量を最適化する高効率制御機能を開発した。コンプレッサに運転遅延時間（図3）を設けることで、夏季に製

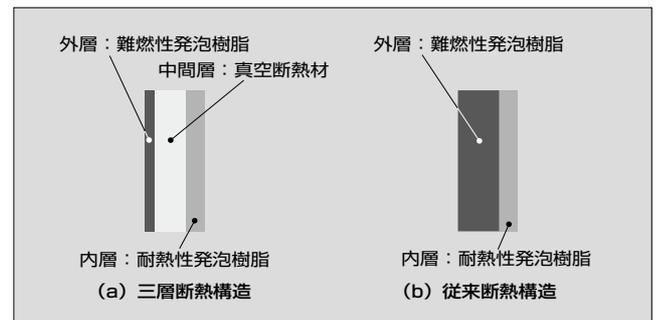


図2 温水タンク断熱構造

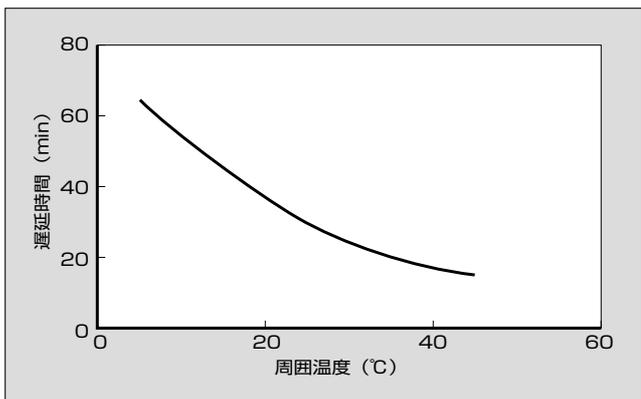


図3 製氷機コンプレッサの運転遅延時間

水量を多く、冬季に少なくした。

これらの改良により製氷機の年間消費電力量を25%削減した。

6 業界最先端の調理技術

6.1 調理技術“揺らぎ制御”

カップ式自動販売機は、カップ内で原料とお湯をプロペラで攪拌するカップミキシング方式により調理を行っている。プロペラによる攪拌は、位置、回転数、時間を、粒子や粘度など原料の特性に合わせて幅広く設定することができる。これに加えて、攪拌時にカップを左右に振動させる、最先端の調理技術“揺らぎ制御”(図4)を搭載した。攪拌効率を高めることで、飲料バリエーションの増加、飲料品質の向上、販売時間の短縮が可能となった。図5は、一

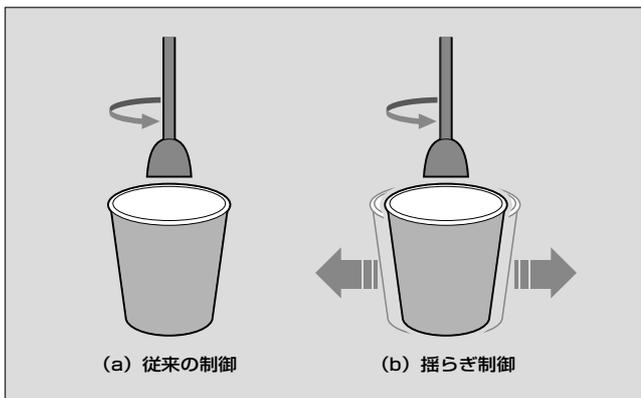


図4 最先端調理技術“揺らぎ制御”

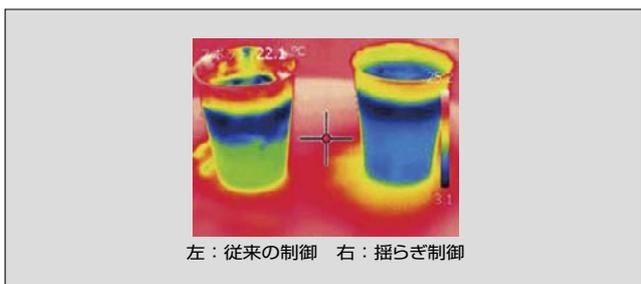


図5 飲料温度の比較

定時間攪拌した後の飲料温度を比較したものであり、揺らぎ制御によって短時間で飲料温度が均一化していることが分かる。

6.2 簡易カップミキシング販売システム

カップミキシング方式は、販売ごとにカップ内で調理するため、衛生的であり、かつ清掃箇所が少ない。

従来は全ての販売工程、つまり、カップ供給、原料受取り、コーヒー(お湯)受取り、プロペラによる調理、カップ受取り口における搬送を、2軸(XY軸)の動作で行っていたため広いスペースが必要であった。

そこで、省スペース化するため、調理位置と取出口を共用化することで、横一軸で調理工程を完結させる業界初となる横一軸搬送機構を開発した(図6、図7)。

また、調理時に氷を投入する際に飲料が飛散するため、カップが汚れるなど、取出口部の不衛生感が消費者に不快感を与える恐れがあった。この課題を解決するため、氷投入時の落下速度を低下させるとともにカップの真上から投入する構造とした(図8)。これにより、飲料の飛散を少なくすることが可能となった。

さらに、氷を吐出するタイミングを飲料ごとに変化させ

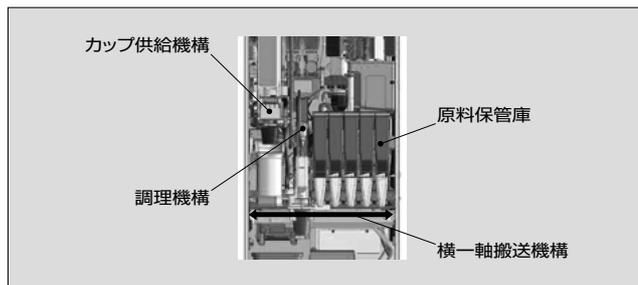


図6 販売工程の機構

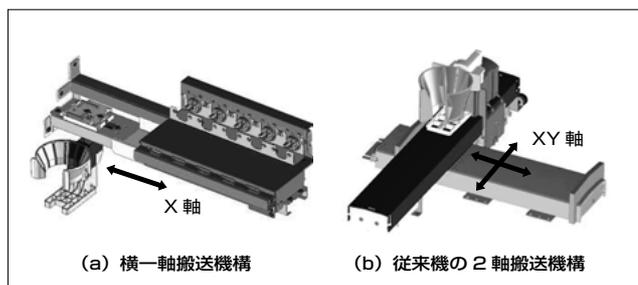


図7 搬送機構

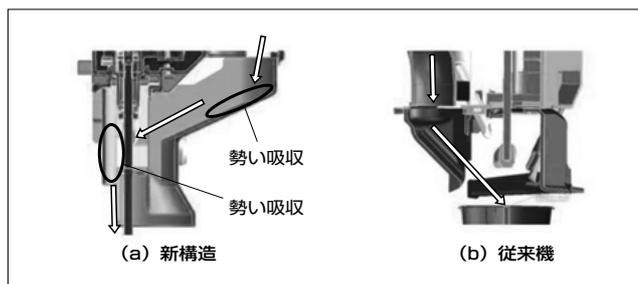


図8 氷落下速度の低下

る制御を追加した。パウダー飲料の場合は、少量の湯で原料を溶解した後に氷を投入して再度湯を添加する後湯制御を搭載した。飲料が少量の状態でも氷を投入することになり、飲料が外へ飛び出すことがない。レギュラー飲料（ブラック）の場合は、氷を先にカップ内に投入した後にコーヒーを抽出する氷先入れ制御を追加した。これらの制御により、飲料がカップ外へ飛散することを最小限に抑える構造とした。

7 あとがき

本稿では、オフィス向け超小型カップ式自動販売機「FJX10」について述べた。さらなる省エネルギーへの取り組みと味の向上を追求することは、カップ式自動販売機市場の拡大につながる。今後も市場ニーズを見極めながら、消費者を満足させるカップ式自動販売機の製品化に取り組んでいく所存である。



畔柳 靖彦

カップ式自動販売機、フードサービス機器の機能部品開発に従事。現在、富士電機株式会社食品流通事業本部三重工場設計第二部課長補佐。



伊藤 修一

カップ式自動販売機、フードサービス機器の機能部品開発に従事。現在、富士電機株式会社食品流通事業本部三重工場設計第二部主任。



西川 洋平

カップ式自動販売機、フードサービス機器の機能部品開発に従事。現在、富士電機株式会社食品流通事業本部三重工場設計第二部主任。



保冷コンテナ「チルドタイプ D-BOX」

Cold Storage Container “Chilled Type D-BOX”

隠塚 将二郎 ONZUKA, Shojiro

石野 裕二 ISHINO, Yuji

富樫 大 TOGASHI, Hajime

近年、食に対する安全・安心の意識が高まり、食品流通業界ではサプライチェーン全体を通じた商品の温度管理に対する要求が厳しくなっている。富士電機は、物流工程においてコストの低減を図りながら商品の温度管理を徹底したいというニーズに応えるため、保冷コンテナ「チルドタイプ D-BOX」を開発した。チルドタイプ D-BOX は、周囲温度 32℃ の環境においても電源なしでチルド温度帯の商品を 5 時間保冷することが可能であり、また、蓄冷材を 3 時間で同時に 4 台凍結することが可能である。

In recent years, there has been increasing awareness concerning the need for food safety and security, and as a result, the food distribution industry has become more strictly required to manage the temperature of food products throughout all of the stages of the supply chain. Fuji Electric has developed the cold storage container “Chilled type D-BOX” in its efforts to reduce the cost of distribution processes and completely meet the needs of managing the temperature of food products. The Chilled type D-BOX is capable of keeping food products in the chilling temperature range for 5 hours without a power supply, even in environments with an ambient temperature of 32℃. Furthermore, it can freeze 4 refrigerants simultaneously in 3 hours.

① まえがき

近年、食に対する安全・安心の意識が高まり、食品流通業界におけるサプライチェーン全体を通じた商品の温度管理に対する要求は厳しくなっている。

富士電機は、初期費用および運用費用を抑えながら温度管理を徹底する一気通貫型物流によって食の安全・安心を確保したいというニーズに応えるため、分離型急速冷却ユニットと保冷コンテナ「D-BOX」から成る「チルドタイプ D-BOX」を開発した（図 1）。

② 開発の背景

食品流通における物流工程では、食の安全確保だけでなく品質を保持するため、各商品の温度に最適なチルド車や冷凍車といった複数の車種を確保して商品を輸送している。



図 1 「チルドタイプ D-BOX」

しかし、慢性的なドライバー不足や車両の確保が困難な状況にあり、さらに円安による燃料の高騰によるコストアップといった問題を抱え、早急な対策が望まれている。

富士電機は、これに応じて 3 温度帯（フローズン：-20℃以下、チルド：-5～+5℃、常温：10～20℃）による「D-BOX シリーズ」の開発を進めている。シームレスな定温・低温管理による鮮度維持を行い、さらに常温車による配送が可能になるので物流のイニシャルコストを低減でき、顧客に対して物流改革を提案する機材である。この中でチルドタイプ D-BOX は、生鮮食品などの保冷・鮮度維持を可能とするものである。

③ 開発の狙いと課題

3.1 「チルドタイプ D-BOX」の概要

チルドタイプ D-BOX は、冷凍機を 2 台搭載した分離型急速冷却ユニットと、電源なしでの長時間保冷を特徴とした保冷コンテナの D-BOX とで構成される。図 2 に導入事例を示す。

チルドタイプ D-BOX を導入する前は、チルド温度帯で商品を輸送する際、次の工程ごとに商品の温度管理を行っていた。

- (a) 輸送時は冷蔵トラックによる荷台の冷却
- (b) 検品、仕分け作業を行う物流センター全体の空間冷却
- (c) 店舗での荷降ろしから陳列までの冷蔵倉庫での冷却

しかしこの場合、物流センターの入出荷バースや店舗バックヤードにおいて、かご車などに載せて商品を出し入れするため、常温にさらされる時間が生じる。さらに、配送車両の到着の遅れや作業者のミスなどにより、常温にさらされる時間が長くなり、商品の品質が低下するリスクが

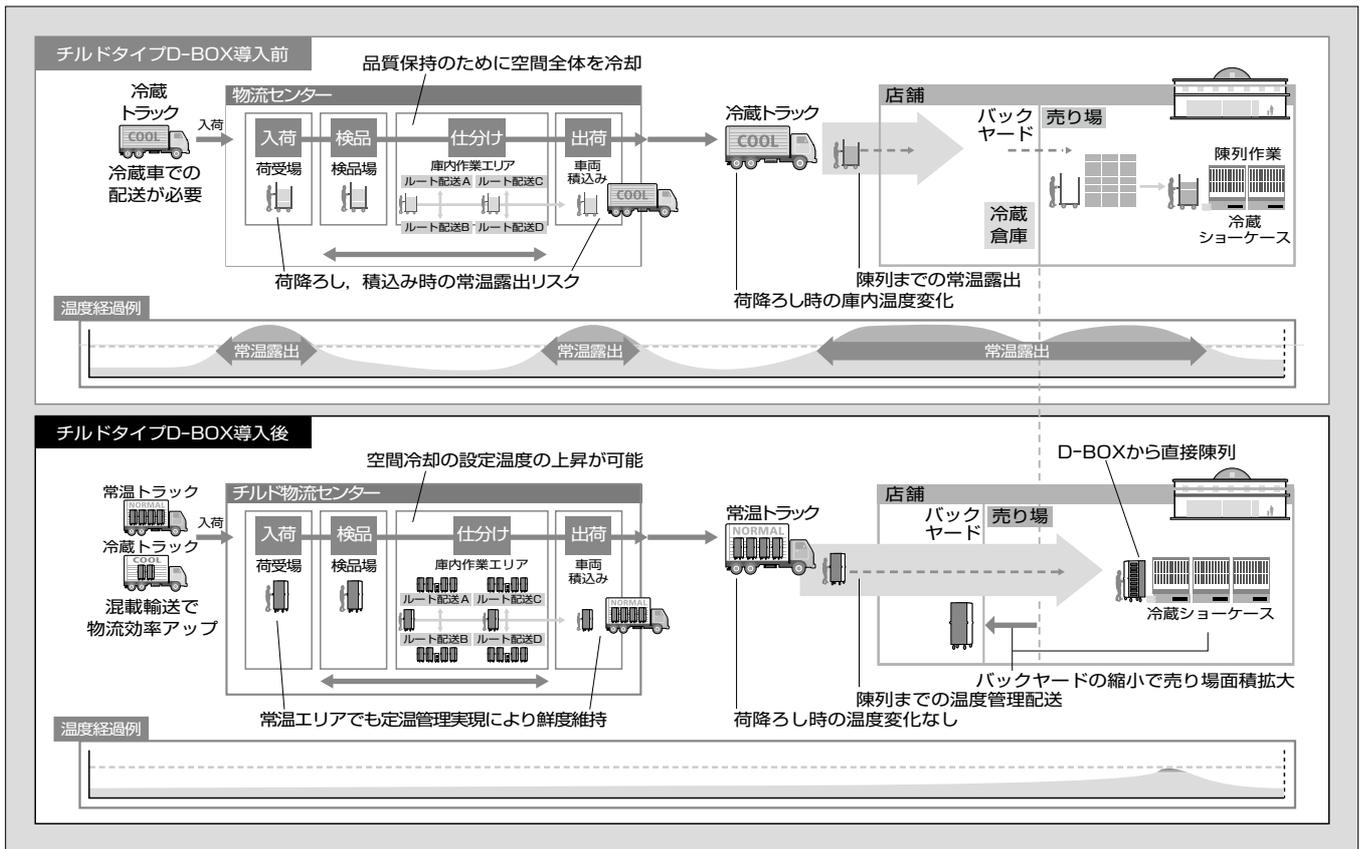


図2 「チルドタイプ D-BOX」導入事例

増す。

チルドタイプ D-BOX を導入すると、常に商品がコンテナ内の蓄冷材にて保冷されているため、全ての工程で商品が常温にさらされるリスクを排除できる。さらに、常温車で常温管理の加工食品との混載ができるので、物流センターは仕分けを行う特定空間のみの冷却でよい。また、店舗のバックヤードでは冷蔵倉庫を設置する必要がなく、空いたスペースを売り場の拡大に利用できるなど、全体のコストの低減に大きく寄与する。

図3 に内部構造を、図4 に取扱いの流れを示す。また、表1 に仕様を示す。

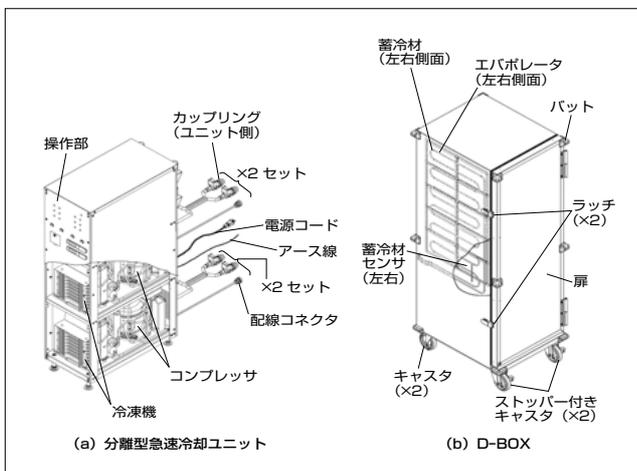


図3 内部構造

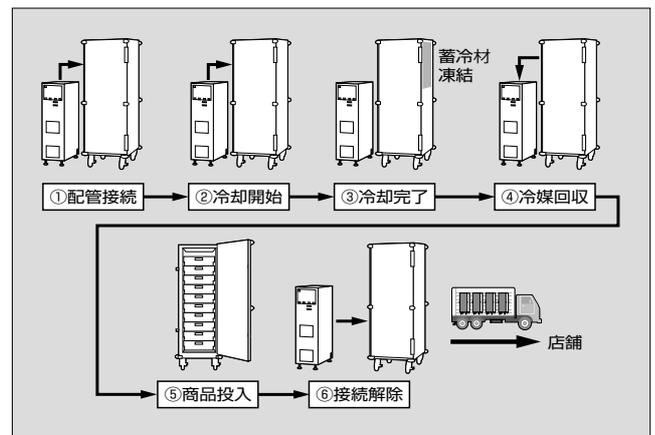


図4 取扱いの流れ

3.2 長時間保冷性能

市場調査の結果、チルド帯 (-5~+5℃) での物流量が最も多いことが分かった。このことから、夏季において商品積載からトラック輸送、店舗バックヤード保管、商品陳列までの物流をチルド温度帯にて一気通貫で行うには、周囲温度 32℃において5時間保冷できる性能が必要であることが分かった。

3.3 蓄冷材の急速冷却システム

チルド物流センターでは、繁忙期には一日当たり最大4回の配送を行う。その1サイクル当たりの配送は3~4時間であった。したがって、繰返し配送を想定すると、セン

表1 「チルドタイプ D-BOX」の仕様

項目	仕様	
分離型急速冷却ユニット	型式	DUNITAA1-15J
	外形寸法	W340×D678×H1,184 (mm)
	質量	82kg
	電源	単相100V 15A
	冷媒	R134a
	冷凍機搭載台数	2台
	D-BOX同時冷却台数	4台
D-BOX運用可能台数	16台	
D-BOX	型式	DBOX1A11FC-111J
	外形寸法	W664×D793×H1,804 (mm)
	有効内寸法	W469×D594×H1,488 (mm)
	有効内容積	415L
	保冷温度	-5~+5℃
	保冷時間	5時間
	冷却時間	3時間
	質量	105kg
	最大積載荷重	250kg
	扉	1枚扉 (扉開角度270度)
キャスト	4輪自在 (2輪ストッパ付き)	

ターの配送計画に支障を与えないようにするため、3時間で蓄冷材を凍結させる急速冷却性能を持ち、分離型急速冷却ユニット1台でD-BOX4台を同時に冷却完了とすることが可能なシステムとした。これにより、1台の分離型急速冷却ユニットで、4台ずつ4回繰り返して最大16台のD-BOXを運用することが可能である。顧客は繁忙期の対応に向けコンテナを増設する際、運用可能台数に余裕があれば、配送に不足するD-BOXのみを増設すればよく、設備導入コストを抑えることができる。

3.4 商品の輸送効率向上に向けたポイント

トラック輸送において、コンテナの外形寸法とその質量は非常に重要な要素である。D-BOXの外形寸法とその質量は、積載効率を考慮し、表1の仕様とした。また、分離型急速冷却ユニットは、D-BOX単体での軽量化を狙ったものである。D-BOXは極力凹凸のない外装にし、庫内側は商品を搭載した食品クレート（プラスチック製通い箱）を隙間なく効率的に積載できる寸法となるように高断熱軽量外箱構造を開発した。これにより、積載効率と操作性の向上を両立させた。

4 保冷性能と急速冷却・断熱技術

4.1 保冷性能

長時間の保冷が可能な高断熱軽量外箱構造とするために、自動販売機で培った断熱技術を利用するとともに、蓄冷材表面から効率的に吸熱して庫内を保冷する技術を新たに確立した。特に、チルド配送センターから店舗まで生鮮食品

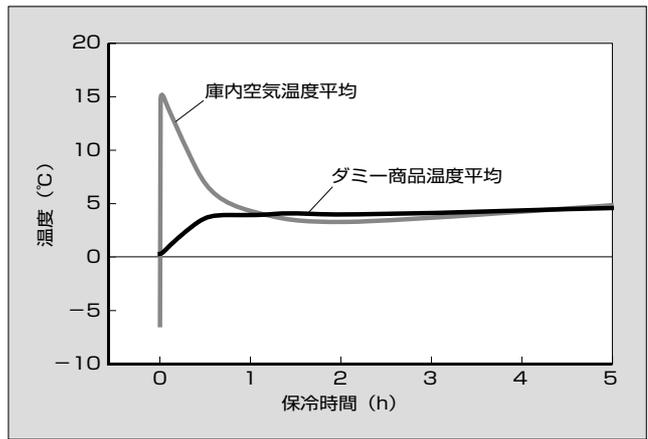


図5 庫内とダミー商品の温度の変化 (周囲温度 32℃)

の鮮度を保ったまま安全に輸送することが重要であり、これを確認するために庫内空気温度とダミー商品温度の変化を測定した(図5)。図5において、0hはダミー商品を入れるために扉を開けた時点である。扉を開けてから閉めるまでの間に庫内空気温度平均は上昇している。

測定の条件として、チルド物流センターにおける積載作業から常温トラック輸送、店舗バックヤード保管までを想定している。チルド物流センターにおける積載作業では、周囲温度15℃において0℃の商品を2分で積載し扉を閉める。また、店舗バックヤード保管では、周囲温度32℃で5時間保冷する。

D-BOXでは、商品温度を5℃以下に維持しつつ、扉を開けて15℃まで上昇した庫内空気温度を5℃以下に再冷却する。顧客のチルド物流センターにおいて行ったフィールドテストでは、庫内の冷却用ファンが不要な保冷方式なので、刺身などの水分の多い商品において乾燥による表面の傷みが激減し、保冷性能と併せて長時間の鮮度維持に有効であることを実証した。

4.2 蓄冷材の急速冷却・断熱技術

チルドタイプD-BOXでは、チルド物流センターにおける管理温度のばらつきを考慮して、周囲温度の上限が15℃において3時間で蓄冷材を凍結できるようにした。このためには効率的な冷却が必要であり、図6および図7に示すように、熱交換器と蓄冷材を直接接触させる直冷方式とし、真空断熱材を採用するとともにウレタンによる蓄冷材と熱交換器の一体発泡成形を行っている。これにより、蓄冷材と熱交換器の接触を広い面積で安定して確保でき、均一な冷却を実現した。併せて、周囲温度との温度差が大きい熱交換器や蓄冷材に結露による腐食や保冷性能の低下を引き起こさないように、発泡ウレタンと各部材の密着性を向上させる最適発泡条件を設定した。

保冷の要となる蓄冷材においては、融点と凝固点との差が非常に小さいゲル状の材料とし、万一破裂しても扱いやすいものとした。融点と凝固点の差が小さければ生鮮食品が凍結するような低い温度まで蓄冷材を冷却する必要がない。また、顕熱によって蓄冷材が凍結した直後の庫内温度

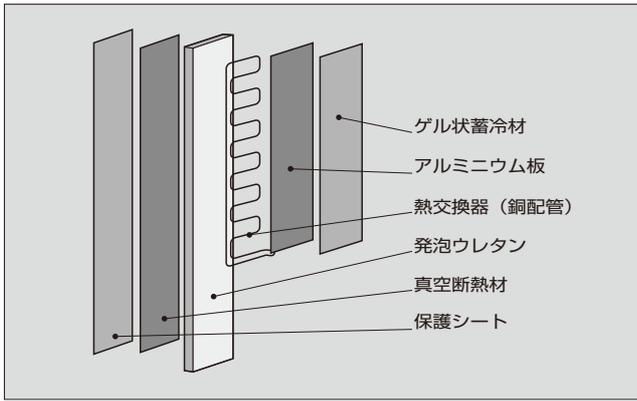


図6 蓄冷材冷却部の構成

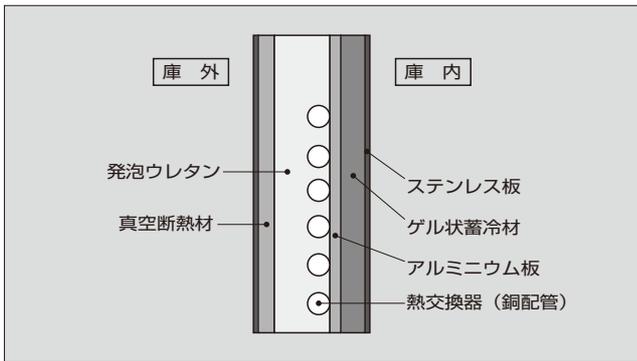


図7 断面構造

の低下を防止するので、商品の温度管理に有利であるとともに、分離型急速冷却ユニットの凝縮温度を高く設定することができる。このため、広く普及している R134a 冷媒を採用した。また、蓄冷材自身の熱伝達性能を向上させるために、厚さを 10mm にして薄く均一な成型品としたことも急速冷却に効果があった。

5 冷却装置の構成

5.1 分離型急速冷却ユニット

軽量化のために採用した分離型構造では、専門知識を持たないユーザでも容易にユニットの着脱を行うことができ、併せて冷媒の漏えいが発生しない高い信頼性が求められる。そこで、その接続部にカップリングを開発し、接続時は配管の密閉と冷媒流路の解放・遮断を別々に行う 2 アクション方式とした。本構造は、市場に多く普及している 1 アクション方式の課題である接続中の流路開放に伴う冷媒の漏えい、および水分や空気の侵入を大幅に抑制することができる。これにより、冷凍機への冷媒の再封入といったメンテナンスを 5 年以上不要とした。また、冷媒配管に樹脂性ホースを採用することで、カップリング着脱時の取扱い性を向上させた。

さらに、誤操作を防止するため、配管接続部にロック機能付き背面カバーがあり、冷却運転中に配管の抜き差しができない構造としている。図 8 に冷媒配管接続部を、図 9 に背面カバーの構造を示す。



図8 冷媒配管接続部

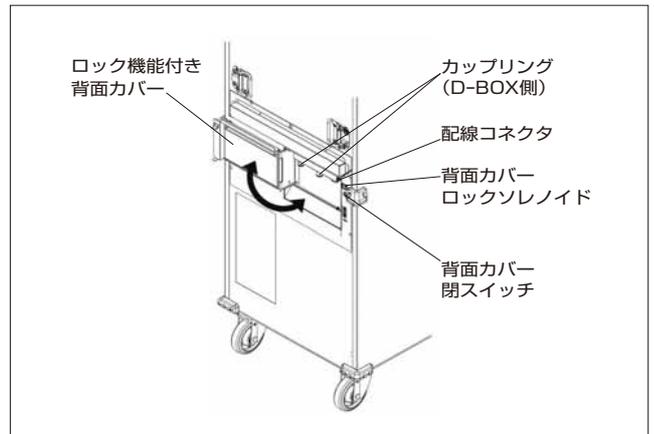


図9 背面カバーの構造

カップリングを外す際は、冷媒回収機能によって分離型急速冷却ユニットが D-BOX の冷媒配管中にある冷媒を自動的に回収する。コンプレッサへ冷媒を回収した後に背面カバーのロック解除を行う構成にすることで、誰にでも操作可能な構造とした。

5.2 冷凍機の複数コンテナ同時冷却技術

分離型急速冷却ユニットは、冷凍機を上下に 2 台配置している。1 台の冷凍機で D-BOX を 2 台冷却できるので、

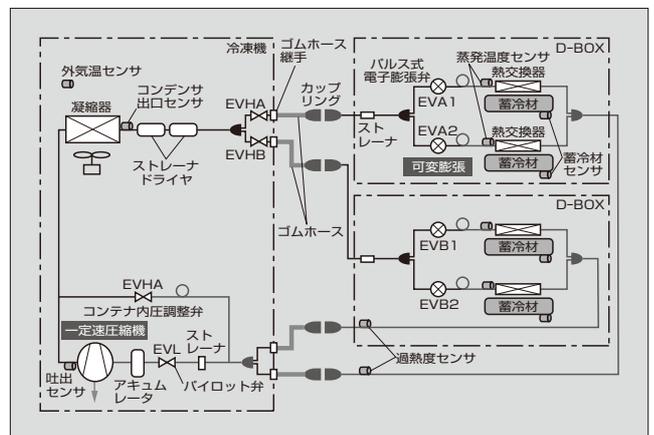


図10 冷却回路図

1 台の急速冷却ユニットで D-BOX を 4 台を冷却できる。

図 10 に冷却回路図を示す。

冷媒量の制御においては、パルス式電子膨張弁を採用し、複数の熱交換器の異なる負荷変動を各温度データから判断して冷媒循環量を個別に最適化する制御を開発した。これにより、チルドタイプ D-BOX では次のような運用も可能であり、どのような物流シーンでも使用が可能なシステムである。

- (a) 2 台同時冷却
- (b) 1 台単独冷却
- (c) 1 台目冷却途中で 2 台目を接続する時間差冷却

5.3 凍結防止制御

複数の熱交換器を一つの冷凍機で冷却する場合は、設置環境や個体のばらつきなどの影響により、冷媒循環量は負荷バランスの変動とともに変化する。冷媒配管の一部であるカップリングはその影響を受けて凍結し、その凍結によって着脱ができない状況に陥る。

そのため、冷凍機ではこのような冷却中の冷媒循環量の最適化と合わせて、冷却完了時のカップリング凍結防止制御を組み込んでいる。蓄冷材や配管の温度を一定の間隔で

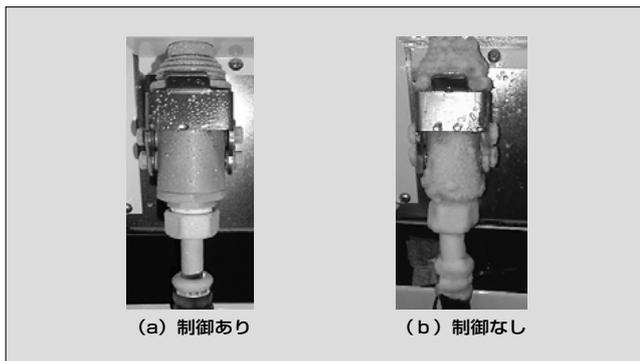


図 11 凍結防止制御の効果

測定し、冷却完了後に、パルス式電子膨張弁にて冷媒循環量を調節してカップリングの温度を制御する。これにより、蓄冷材の凍結維持および低圧側のカップリングと冷媒配管の凍結防止を行う。多湿環境下で長時間の冷却といった厳しい運転条件においても、カップリング部への多量の霜付きを防止している。図 11 に凍結防止制御の効果を示す。

6 あとがき

保冷コンテナ「チルドタイプ D-BOX」について述べた。今後、D-BOX シリーズとして「フローズンタイプ D-BOX」と「常温タイプ D-BOX」をラインアップに加えるとともに、あらゆる物流ニーズに応える製品の提案を続けていく所存である。



隠塚 将二郎

冷熱技術を用いた新製品の開発設計に従事。現在、富士電機株式会社食品流通事業本部三重工場開発第一部。日本機械学会会員。



石野 裕二

新製品の冷熱設計に従事。現在、富士電機株式会社食品流通事業本部三重工場設計第二部。



富樫 大

食品・物販自動販売機の開発設計に従事。現在、富士電機株式会社食品流通事業本部三重工場開発第三部。



インバータ冷凍機搭載のドリンク用ショーケース

Drink Showcase Equipped with Inverter Freezer

村林 謙次 MURABAYASHI, Kenji

影山 利之 KAGEYAMA, Toshiyuki

張 軼広 CHOU, Ikou

近年、震災の影響からさらなる省エネルギー（省エネ）製品への置換えが求められている。また、コンビニエンスストアでは商品陳列面積を拡大したオープンショーケースの要求がある。富士電機は、インバータ冷凍機を搭載し、展示面積が従来の1.57倍の8段棚ショーケースを開発した。細分化気流を用いた新冷却方式を採用するとともに、新型スクロール圧縮機を用いて省エネと庫内温度の安定化を図る最適インバータ制御運転を行っている。また、省エネと省オペレーションを狙い、蒸発ファンによるドレン水の強制蒸発機構を開発した。単位面積当たりの消費電力量は、67%の削減を達成した。

In recent years, the impact of earthquake disaster has increased the demand for replacing products with more energy-saving alternatives. Meanwhile, convenience stores are also requiring open showcases that increase the product display area. Fuji Electric has developed an 8-shelf showcase that utilizes an inverter freezer and has a display area 1.57 times greater than previous products. The unit makes use of a new scroll compressor while also adopting a new cooling system that utilizes segmented airflow, thus enabling the unit to achieve optimal inverter control that saves energy and stabilizes temperatures inside the showcase. We have also developed a mechanism that uses the evaporation fan to implement forced evaporation of drain water with the aim of saving energy and reducing unit operation. The unit achieves a 67% reduction in power consumption per unit area.

1 まえがき

近年、震災の影響による省エネルギー（省エネ）意識の高まりから、さらなる省エネ製品への置換えが求められている。また、コンビニエンスストアにおいては店舗効率化のために、陳列作業や清掃の省オペレーションの要求がある。

富士電機では、これらの市場要求に対応するためにインバータ冷凍機搭載のドリンク用ショーケースを開発した。他社に先駆け、従来の6段棚ドリンク用ショーケースに対し、展示面積が1.57倍の8段棚ドリンク用ショーケースでありながら、大幅な省エネを実現した。

2 開発の背景

従来、コンビニエンスストアの顧客は若年層が主体であったが、近年では単身者、高齢者、共働きの女性などにも広がってきている。顧客層の拡大と顧客の嗜好性の拡大により、販売商品の種類が増大している。さらに、コンビニエンスストア業界では利益率の高いプライベート商品の開発が活発であり、スーパーマーケットに比べて小さい売り場に効率良く商品を展示するために、商品陳列面積を拡大したオープンショーケースが求められている。また、ここ数年で急伸び、2015年度には500億円市場といわれるエナジードリンク製品の登場により、栄養ドリンク製品の陳列面積を拡大したいという要求が出てきている。

3 開発の狙いと課題

図1に、今回開発したインバータ冷凍機搭載のドリンク用ショーケースを示す。開発の狙いは商品収容数の拡大に



図1 インバータ冷凍機搭載のドリンク用ショーケース

よる商品陳列効率の高効率化、インバータ冷凍機による省エネおよびドレン水の完全蒸発による省オペレーションである。

商品収容数を拡大するために、本体高さの伸長とローフフロント化による前面開口部の拡大、ならびに棚段数の増大による庫内容積と庫内商品陳列面積の拡大を図った。前面開口部が拡大すると、外気進入量が増大することにより大幅に消費エネルギーが増大する。そこで、従来のエアカーテンを抜本的に見直し、商品棚の下に背面側から冷気を送るダクト構造化による“細分化気流”と、エアカーテンによる新冷却方式を開発した。また、搭載する冷凍機における従来の一定速運転を見直し、単位容積当たりの消費電力量を1/2以下にする大幅な省エネ目標を掲げ、インバータ制御方式の開発を行った。さらに、従来は除霜時に発生するドレン水をためていたため、タンクが満水になると従業員が排水処理を行っていたが、省エネと省オペレーション

を図るため、このドレン水蒸発機構の蒸発ヒータレス化と、ドレンタンクレスの完全蒸発化に取り組んだ。

4 特徴

4.1 新冷却方式

図2に、最適化設計支援ツールによる流速シミュレーション解析結果を示す。従来のオープンショーケースでは、吹き出し部からのエアカーテンによって外気遮断を行い、そのエアカーテンの冷気を各棚に引き込んだ冷却と、背面吹き出しを補助的に使う冷却方式が一般的であった(図2(a))。

今回開発した新方式では、背面から吹き出す冷気を棚後

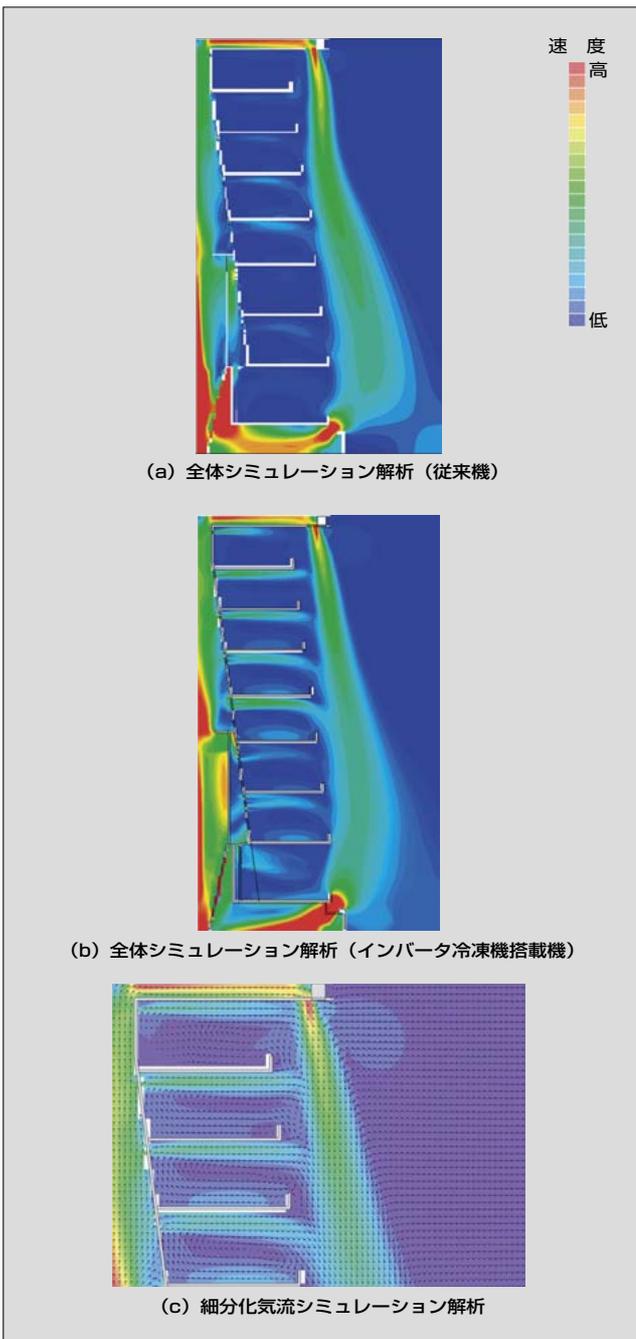


図2 最適化設計支援ツールによる流速シミュレーション解析結果

部から上段棚の棚下をダクト化して流し、商品を均一に冷却する。さらに棚下を流れた冷気がエアカーテンの冷気と合流することでエアカーテンを補強し、下段に近くなっても冷えた強固なエアカーテンを形成する細分化気流による冷却方式である(図2(c))。また、最適化設計支援ツールを使ってキャノピー(天井冷気吹き出し突出部)位置の拡張、冷気吹き出し口のハニカム構造化、ならびに吸込口前デッキ一体型フェンスと風量バランスの最適化を行い、庫内温度分布が従来14Kであったものを7.1Kに大幅に均一化した(図2(b))。

4.2 インバータ制御冷凍機システム

図3に冷凍機システムの構成を、図4に冷凍機の構造を示す。また、図5に冷凍機の運転方式を示す。

従来の冷凍機の定速運転制御は、図5(a)に示すようにショーケース庫内温度を一定の範囲に保つために、冷凍機のオン・オフ制御を行っていた。オン・オフの切替えが頻繁に行われ、オン時には突入電流によって消費電力量が増加する。また、オン・オフ運転により庫内空気温度が変動するハンチング状態となり、庫内温度分布の幅が増大して安定しにくいという課題があった。

そこで、今回、新型スクロール圧縮機を採用し、図5(b)に示すように省エネと庫内温度の安定化を図った最適イン

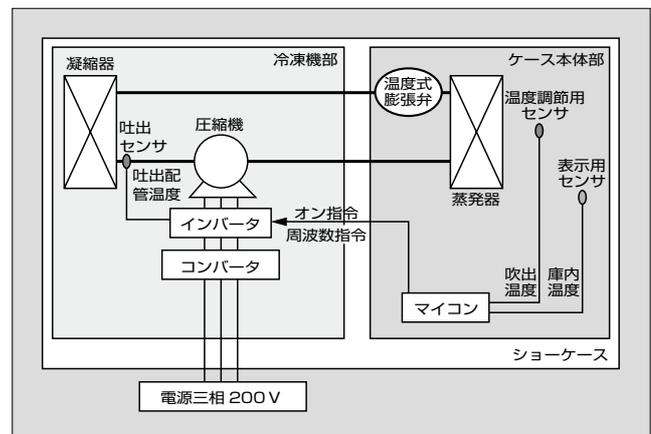


図3 冷凍機システムの構成

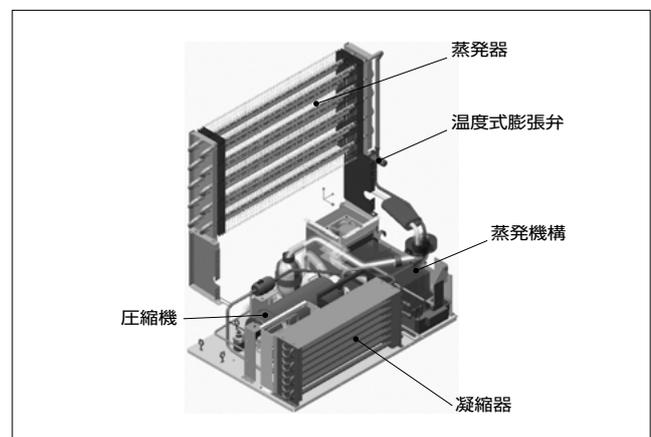


図4 冷凍機の構造

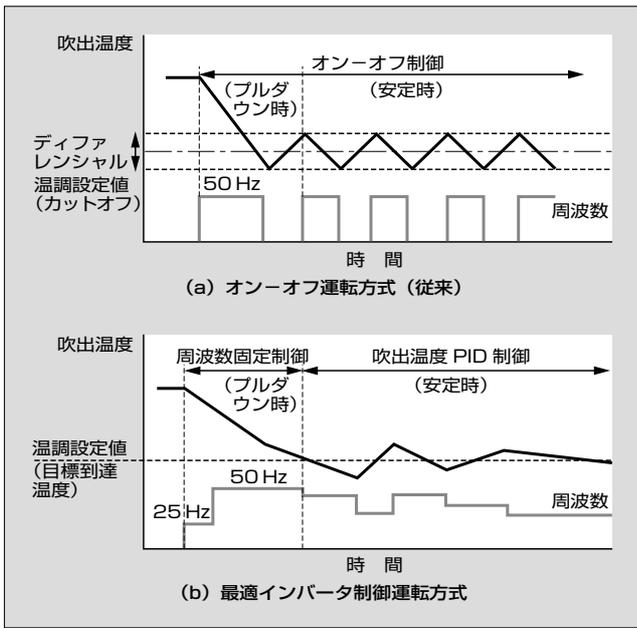


図5 冷凍機の運転方式

バータ制御運転とした。この制御では、温度調節用センサーで検知したショーケースの吹出温度の変動を最小にし、速やかに収束することができる。

具体的には、除霜などにより庫内温度が異常に上昇したとき、いわゆるプルダウン時は、上昇した庫内温度を速やかに冷却させるために圧縮機を高速で定速運転を行う。吹出温度が目標温度に到達後、PID制御によって吹出温度を目標温度に収束するように圧縮機の回転速度を制御する。

このようなインバータ制御により、冷凍機部の消費電力量は、夏季の27℃・70%RHの条件下の運転において、従来機の16kWh/dから9.2kWh/dに42.5%減少した。さらに、冷媒の吐出配管温度の振幅も従来の4Kから1K以内に収まり、省エネと庫内温度の安定化につなげた。

4.3 ドレン水蒸発機構

ドリンク用ショーケースはエアカーテンで遮蔽しているとはいえ、外気を巻き込んで冷却するので大量のドレン水が発生する。図6にドレン水の蒸発機構を示す。従来機では、一次蒸発皿と二次蒸発皿を備えていた。一次蒸発皿では、冷却ユニットからの蒸発コイルの熱を利用して蒸発を行う。二次蒸発皿では、専用の蒸発ヒータによって蒸発を行った上で、さらに排水用のドレンタンクを備えていた。そのため、ヒータは6.9kWh/dの電力量を消費していた。そこで開発機では、省エネのためヒータレスとし、さらに店員の排水処理作業の削減のためドレンタンクレスとし、蒸発ファンによる強制蒸発機構により、夏季の27℃・70%RHの条件下において完全に蒸発させることを目標とした。

(1) 蒸発機構の構造

蒸発量は風量と蒸発面積に比例し、温度にも大きく影響を受ける(図7)。

ファンによる風の吹出し側に蒸発シートを配置する方が

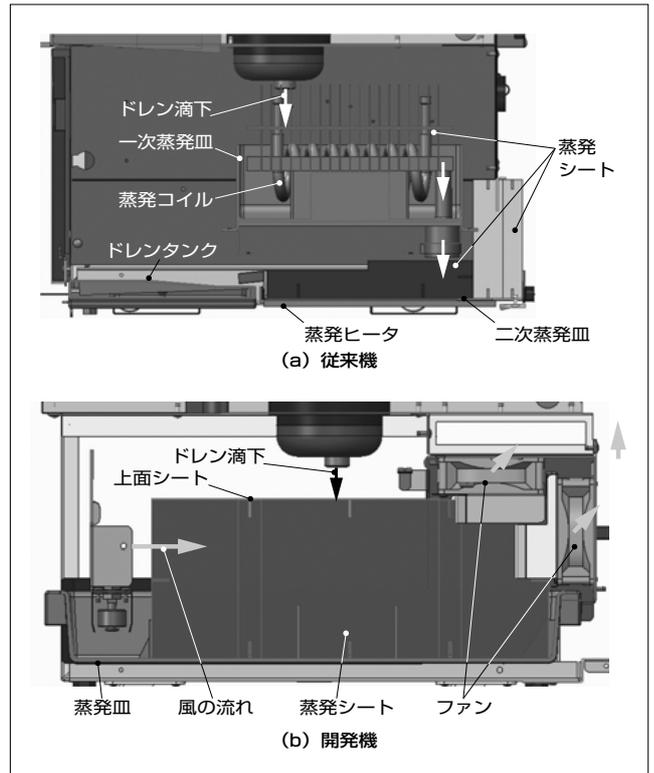


図6 ドレン水の蒸発機構

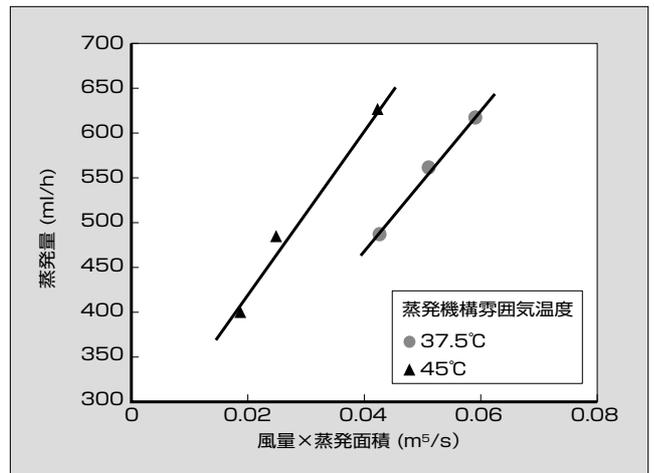


図7 蒸発量と風量・蒸発面積・温度の関係(実験結果)

風量が増し、蒸発量が増える。しかし、蒸発皿の取外しが可能とし、冷却ユニットの熱を利用して湿気を含む蒸発機構の排気をドリンク用ショーケースの後方に送るため、図6(b)のように蒸発シートの後部にファンを配置した。

限られたスペースの中で蒸発シートを通過する風量を増やすためにファンを2個使用し、蒸発シートとファンの最適配置を気流解析によって決定した(図8)。

(2) 蒸発シートの蒸発能力の向上

従来の蒸発シートでは、皿にたまった水を垂直に張った蒸発シートに吸い上げて蒸発させるだけだったので、シート上部が乾燥し蒸発能力を十分に活用できていなかった。そこで、図6(b)に示すように上面シートを追加し、水平に張ったこの上面シートから全体にドレン滴水を行き渡ら

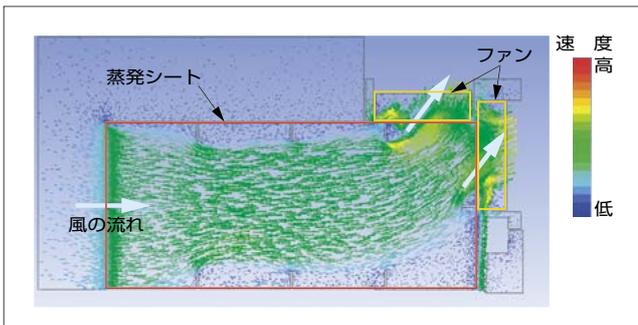


図8 気流解析結果

せることとした。これにより、側面と上面シート自体がダクト構造となり、ファンによる風をシート全体に通過させることができた。また、上面シートの保水効果とダクト構造の二つの効果で蒸発効率が80%上がった。

蒸発シートの蒸発能力の向上により、ヒータレスによる完全蒸発を実現するとともに、消費電力量を従来機6.9 kWh/dから0.7 kWh/dと約90%低減することができた。

4.4 性能

これまで述べた新技術により、単位容積当たりの消費電力量50%削減の目標値を超える67%の大幅削減を達成した。図9に従来機との消費電力量の比較を、表1に性能比較を示す。

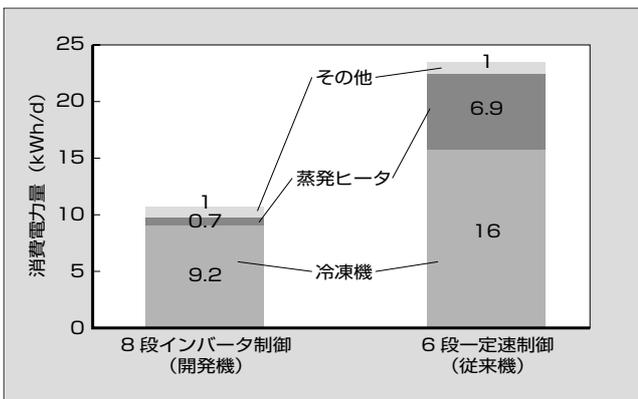


図9 消費電力量の比較

表1 性能比較

項目	8段インバータ制御 (開発機)	6段一定速制御 (従来機)
庫内容積 (L)	240	175
平均空気温 (°C)	7.6	9.3
消費電力量 (kWh/d)	10.9	23.9
単位容積当たりの消費電力量 (kWh/d/L)	0.045	0.137
展示面積 (m ²)	1.57	1.00

5 あとがき

インバータ冷凍機搭載のドリンク用ショーケースについて述べた。今回開発した製品は、商品陳列効率の効率化、省エネルギーおよび省オペレーションによりお客さまから高い評価を得ている。しかしながら、コンビニエンスストアにおけるニーズの変化はスピードが速く、かつ刻々と変化している。今後も市場ニーズを先取りした、業界を牽引する新製品の開発を積極的に推進する所存である。



村林 謙次

ショーケースの開発設計に従事。現在、富士電機株式会社食品流通事業本部三重工場設計第一部課長補佐。



影山 利之

自動販売機、オープンショーケースの冷熱開発に従事。現在、富士電機株式会社食品流通事業本部三重工場設計第二部。



張 軼広

自動販売機、オープンショーケースの冷熱開発に従事。現在、富士電機株式会社食品流通事業本部三重工場設計第二部。日本冷凍空調学会会員。

冷凍冷蔵倉庫向け省エネルギー制御システム

Energy Saving Control System for Freezing-Refrigerating Warehouse

加藤 博志 KATO, Hiroshi

白木 崇志 SHIRAKI, Takashi

食品の流通過程における保管や仕分けを目的とした冷凍冷蔵倉庫では、電気料金の値上げなどを背景に、省エネルギーのニーズが高まっている。富士電機は、倉庫内の冷凍冷蔵設備（冷凍機、ユニットクーラ）の稼動を最適化するとともに、運用管理を効率的に行うことができる集中管理型の冷凍冷蔵倉庫向け省エネルギー制御システムを開発した。独自のアルゴリズムによる庫内の負荷状況に応じた冷凍機の低圧側圧力制御や、ユニットクーラの最適制御などにより、倉庫における年間消費電力量を12.3%削減できることを確認した。

Freezing-refrigerating warehouses, which are designed for storing and sorting products in food distribution processes, are being required to be more energy efficient due to increasing electricity costs. Fuji Electric has developed an energy-saving control system for centrally controlled freezing-refrigerating warehouses that optimizes the operation of the freezing-refrigerating equipment inside warehouses while also making it possible to carry out efficient operation control. It has been confirmed that yearly power consumption in warehouses can be reduced by 12.3% through the adoption of enhancements such as optimized control of a unit cooler and pressure control of the low-pressure side of a refrigerator unit using a unique algorithm for responding to load conditions inside a warehouse.

1 まえがき

近年、冷凍冷蔵倉庫において、「エネルギーの使用の合理化等に関する法律」（省エネ法）の施行に伴う省エネルギー（省エネ）やエネルギーの見える化の必要性が増している。また、倉庫事業者においては、消費者の求める食品の安全を提供できる温度管理体制や、運用コストを抑制する設備の省エネ機能を備えた集中管理システムのニーズが高まっている。

富士電機はこうした市場ニーズに応えるため、店舗向けコントローラとして実績のある「ECOMAX コントローラ」を制御機器の中心に据えた冷凍冷蔵倉庫向け省エネルギー制御システムを開発した。

2 開発の背景

食料品の冷凍・冷蔵保管や配送のための仕分け作業を行う冷凍冷蔵倉庫設備は、20年の減価償却終了後も相当の年数が経過しても稼動しているものが多数あり、実質的なライフサイクルや投資回収期間が非常に長いという特徴がある（図1）。

しかしながら、近年では物流網の効率化を図るため、冷凍冷蔵倉庫の大型化や集約化も積極的に進められている。また、地球温暖化を促進するフロン⁽¹⁾の使用規制により温暖化の影響が少ない冷媒への転換が行われ、冷凍冷蔵倉庫の設備更新が増加している。

さらに、電気料金の値上げが行われており、事業運営における電気料金の負担が年々増しているため、省エネのニーズが高まっている。

省エネ性を向上させるためには、最新の機器やエネルギー計測機器などを冷凍冷蔵設備へ導入する必要があり、

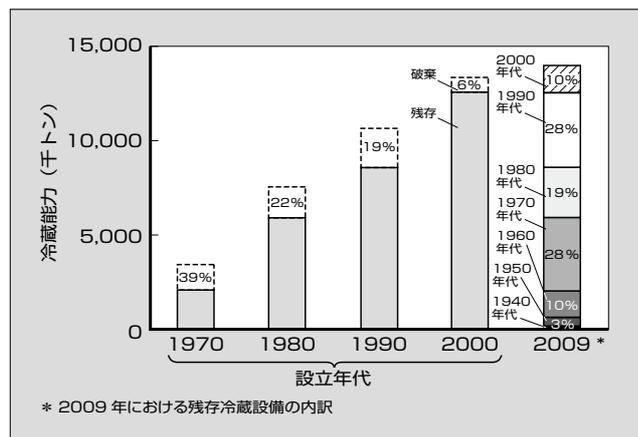


図1 冷蔵倉庫設備の設立年代構成

ある程度大きな投資となる。しかし、事業者は、できる限りの投資抑制を考えており、少ない投資でより効果が得られるエネルギーの見える化、ならびに省エネが行える制御システムを求めている。

3 開発の狙いと課題

複雑なシステム構成はコストの増加につながるため、冷凍冷蔵倉庫では比較的簡単な構成でできることが重要視されている。そのため、SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) のような形態ではなく、シンプルで、かつ多くのセンシングを必要とせずに省エネが行える必要がある。

本システムの開発において、冷凍冷蔵倉庫の総合的な管理・省エネ制御を可能とするため次の要件を定めた。

(1) 富士電機の設備機器管理コントローラに倉庫向けの省エネと消費電力量などの見える化を行う機能を開発し、

さまざまなレイアウトや運用条件において、低コストで容易に導入できるシステムとする。

- (2) 庫内ごとの温度や稼動状態をリアルタイムで把握し、運用に応じた設定変更が容易に行える。
- (3) 倉庫に設置されている設備の稼動状況に応じた最適な省エネ制御を行う。
- (4) 消費電力量管理やピークカットなどを行うデマンド制御機能を搭載する。

4 システム概要と特徴

システムの構成を図2に示す。システムの中核であるコントローラ(「ECOMAX コントローラ」)は、各機器から稼動データを収集し、それを基にコントロールするシンプルな機能となっている。倉庫内のレイアウトは用途ごとにさまざまであるが、事務所から一括して機器の操作・稼動管理を行うことで効率的な運用につながる。

(1) 状態管理と設定

コントローラは、タッチパネル式のカラーモニタを内蔵しており、視認性の高さや操作の容易性を実現している。また、インターネット接続により、ユーザは遠隔地からの管理および設定操作が可能である。

(2) 省エネ制御

冷凍冷蔵設備のコアである冷凍機とユニットクーラの運転を効率化するため、制御を行わない従来の場合に比べ、冷凍機の低圧側圧力制御やユニットクーラ最適制御、負荷平準化制御により、年間12.3%の省エネを達成した。

(3) エネルギー管理制御

機器の稼動データや消費電力量をグラフで表示し見える化できる。また、最大需要電力を抑制するため30分単位の累積消費電力に対して、余裕率を持った目標値(上限電力)を設定できるようにした。さらに、デマンド制御により、電力の使用予測から目標値を超過する可能性を判断し、電力の抑制制御や自動的に復元制御を行い、行き過ぎた電力の抑制制御を行わないようにした。

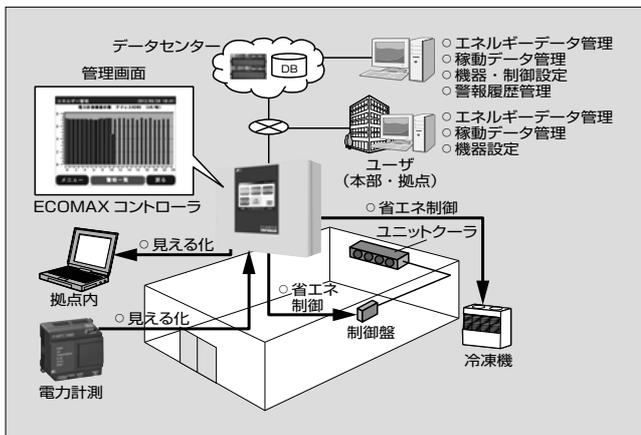


図2 システム構成

5 管理機能

本システムは、大きく分けて冷凍冷蔵設備に対する状態管理機能およびエネルギー管理機能を持っている。コントローラから運用状況の変化に合わせて設定変更などを行うローカル管理、ならびにデータサーバを介した情報履歴の確認や温度推移とエネルギーの相関分析などを行うセンター監視がある。

(a) 状態管理機能

- 庫内温度管理
- 運転状態監視
- 冷却管理(温調シフトスケジュール)
- 除霜管理(除霜スケジュール)

(b) エネルギー管理機能

- エネルギー監視

(c) データ収集

(d) 警報監視

図3に、コントローラ管理画面構成の概要を示す。

(1) ローカル管理

ローカル管理として、コントローラ搭載のタッチパネルモニタ上で一括管理を行うことができ、庫内温度の設定変更やユニットクーラにおける霜取り運転のスケジュール化が行うことができる。また、庫内の温度情報に基づいて温度異常や機器異常などの警報を発令するなどの機能もある。警報発令時は、直ちに該当する設備の稼動情報監視画面に表示を切り替えるとともに、警報ブザーやメールで通知する。

また、最大2日間のエネルギー使用量を見える化しており、前日との比較により、設備管理者が日々の管理意識を向上させることが可能である。

(2) センター監視

本システムは、Webサーバ機能を内蔵しているので離れた場所のパソコン画面から詳細な情報管理を行うことができる。

また、本システムのコントローラが蓄積しているエネルギー利用状況や設備機器の運転状況などのデータは、ネッ

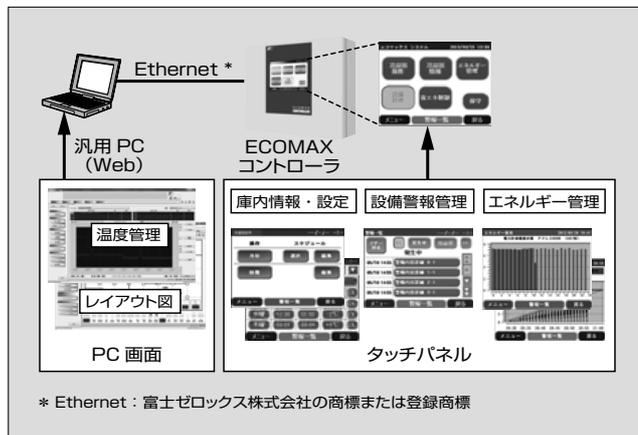


図3 コントローラ管理画面構成の概要

トワーク通信で取得できる。ユーザは、本部や各拠点などの遠隔地から複数の施設の集中管理を行ったり、エネルギー指標を基にした拠点間の比較分析を行ったりすることが容易である⁽²⁾。

6 制御機能

本システムは、冷凍冷蔵設備を構成する冷凍機とユニットクーラの運転制御機能を備えており、制御盤からユニットクーラの運転情報を得て、コントローラから冷凍機への制御指令を行っている。制御機能には、省エネ制御機能とデマンド制御機能がある。

また、商品の搬入・搬出や、これに伴う扉の開閉などの急な冷却負荷の変動に対しても、安定した庫内温度維持と省エネを行う負荷変動制御を現在開発中であり、2016年度内の機能リリースを計画している。

6.1 省エネルギー制御機能

次の制御機能を組み合わせることで省エネ制御を行っている。

(1) 冷凍機の低圧側圧力制御機能

冷凍機の低圧側圧力制御は、庫内の熱負荷に応じて冷凍機の出力（低圧側）を制御することで、熱負荷と出力を一致させ、省エネを行う。

具体的には、庫内に設置されているユニットクーラの運転状況（電磁弁のオン・オフ情報）をコントローラに通知し、コントローラで運転状況に関する計算を行うことで、必要最低限の冷凍能力で運転するように冷凍機を制御する。これにより、総合的に必要な冷凍能力（需要）を判断し、冷凍機の圧力を制御することで適正な冷凍能力（供給）を維持したままで運転することが可能となり、余計な電力消費を抑制することにつながる。

本アルゴリズムの概略ブロック図を図4に示す。ユニットクーラの運転状況については、ユニットクーラ内にある熱交換器を冷やすための冷媒の流れを制御する電磁弁のオン・オフ情報（電磁弁運転情報）から判断する。電磁弁のオン（冷却オン）時間が上限の設定値より長い場合は、“ユニットクーラ負荷が冷凍能力を上回っている”と判断し、電磁弁のオフ（冷却オフ）時間が下限の設定値より長い場合は、“ユニットクーラ負荷が冷凍能力を下回っている”と判断する。この二つの設定値の間である場合は、“ユニットクーラ負荷と冷凍能力がほぼ釣り合っている”と判断する。

インバータ制御の冷凍機については、冷媒の吸入圧力値が圧力設定値になるように周波数制御を行っており、圧力設定値を上げると冷凍能力と消費電力が減少し、下げると冷凍能力と消費電力が増加する。そこで、複数のユニットクーラの負荷のうち、1台でも冷凍能力が不足すると判断すると圧力設定値を下げて冷凍能力を増加させ、逆に全てのユニットクーラの冷凍能力が過剰であると判断すると圧力設定値を上げて冷凍能力を減少させ、冷凍能力に過不足

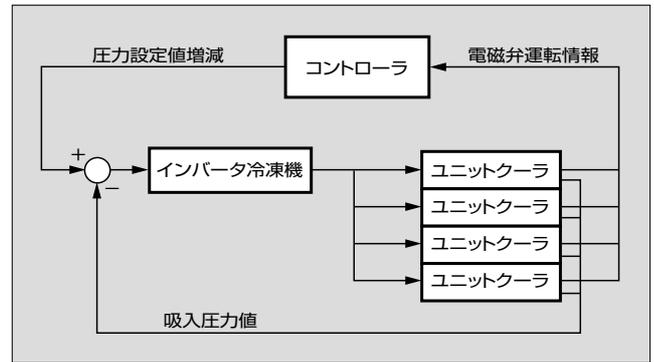


図4 冷凍機低圧側圧力制御アルゴリズムの概略ブロック図

がないと判断することで圧力設定値を制御する⁽³⁾。

以上のアルゴリズムの適用により、複数のユニットクーラに対する冷凍能力を常に最適に保ち、省エネを実現している。

(2) ユニットクーラ最適制御機能

ユニットクーラ最適制御は、ユニットクーラの動作を冷却状態に応じて最適に制御することで省エネを行う。

冷却負荷が低い時間帯の設定温度を高めに変更（セットバック）することで、無駄な冷却運転を抑制する。セットバック運転を行う時間帯や、温度変化が目立つ時間帯を1週間のスケジュールとして設定することで自動運転を行う。

また、冷却負荷が低い場合におけるユニットクーラのファンの運転を最適化することにより、ファンの運転に関わるエネルギーロスが低減できる。

(3) 負荷平準化制御機能

一般的な冷凍冷蔵倉庫では、一つの庫内に複数台のユニットクーラと1個の温度センサが設置されている。計測された温度に基づいて、サーモ運転（電磁弁オン・オフ制御）を行うことで、目標とする温度を維持している。

このような構成では、次のような課題がある。

- (a) 全てのユニットクーラが同じ動作のサーモ運転を行うため、冷却負荷にばらつきがあった場合などに、庫内温度を均一に保つことが難しい。
- (b) 冷凍機の負荷の変動が大きく、安定した冷却ができない。
- (c) 冬季などの比較的負荷が低い時期では、電磁弁オン・オフ動作による冷凍機の頻繁な発進・停止を繰り返すことで無駄な起動電力を発生させる。

これに対して負荷平準化制御では、ユニットクーラごとに設置した温度センサによって、図5に示すように、それぞれが必要とする適正な冷却負荷量を都度算出し、一定の冷凍機負荷でサーモ運転ができるように、それぞれの電磁弁のオン・オフタイミングを補正する。このようにして、冷凍機を安定的かつ効率良く運転することができる。

また、冷凍機が安定的に動作することで、不必要な発進・停止を抑制する効果も得られる。

負荷平準化制御を、上述の冷凍機の低圧側圧力制御と組み合わせることで、冷凍機側と冷却負荷側を安定化できるため、高い省エネ効果を実現できる。

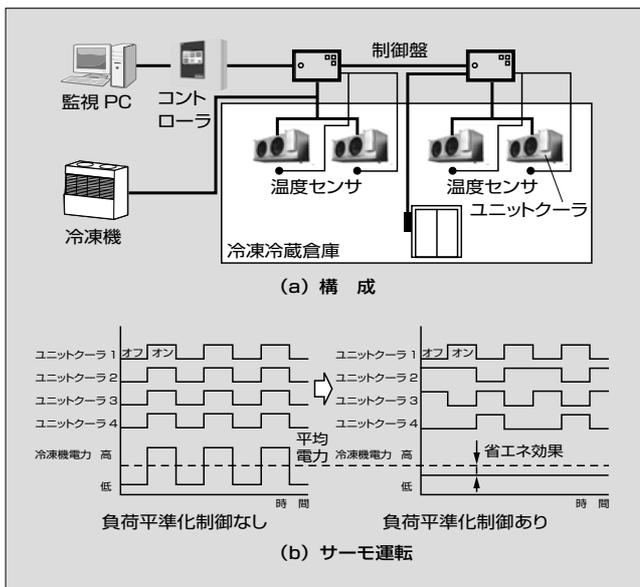


図5 負荷平準化制御の構成

6.2 デマンド制御機能

デマンド制御機能は、対象とする倉庫全体の消費電力が目標値を超えないように電力消費機器の監視制御を行う機能である。本システムのデマンド制御は、その制御方法において次の特徴を持っている。

(1) 目標電力超過の判断方法

従来のデマンド制御では、消費電力が目標電力を超過する可能性の判断は、単に30分ごとの消費電力を基に予測していた。本システムでは、30分単位の消費電力量に対して、余裕率を持った値（上限電力）で超過する可能性を判断している。この判断方法により、計測値のばらつきや消費電力の一時的な急変などで消費電力の増減量が大きく変化した場合でも、行き過ぎた抑制制御を行わないようにした。

(2) 消費の抑制制御と復元制御の方法

図6に示すように目標電力超過の判断に基づき、消費電力が目標電力を超えそうな場合は、30分単位の範囲において事前に設定された制御対象テーブルに従い、消費電力が少なくなる方向に対象機器を順次制御し、消費電力の抑

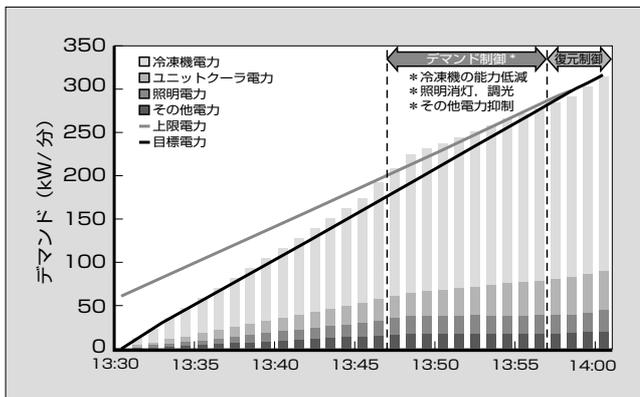


図6 デマンド制御

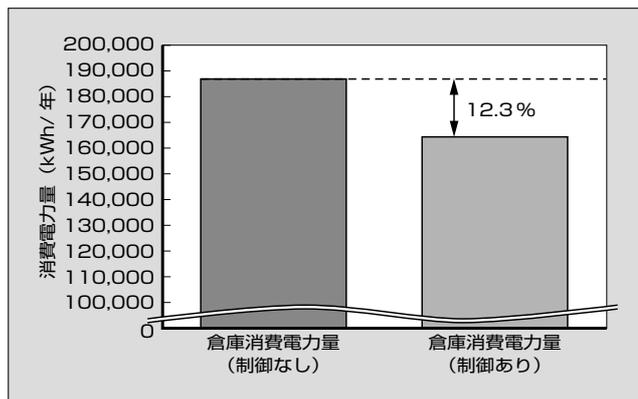


図7 省エネルギー検証評価結果

制制御を行う。

従来、一般のデマンド制御では復元は手動によるものが多かった。本システムでは、消費電力が目標電力を下回って適正な余裕が確保されると、それらの機器を順次超過前の状態に復元する制御を行う。そのため、制御対象テーブルは、対象機器、優先順位、制御可能範囲、制御前後の状態などで構成されている。復元も自動化したことにより、本デマンド制御は夏季の電力消費のピークカットはもちろん、目標電力を低めに設定することで、省エネ主体の運転も可能である⁽⁴⁾。

7 検証評価

富士電機の実験用冷凍冷蔵倉庫環境において、夏季および冬季の省エネ制御性能を検証した。その結果、年間12.3%の省エネが可能であることを確認した(図7)。なお、図7の消費電力量は、冷凍機低圧側圧力制御、ユニットクーラファン最適制御および負荷平準化制御を組み合わせた結果の値である。

8 あとがき

冷凍冷蔵倉庫における更新案件が拡大していく中で、省エネルギーや作業合理化に対するニーズは継続して存在し、さらにエネルギー分野での補助金事業と絡めた展開も多くなっている。今後、さらなる省エネルギーのための機能開発や管理面での強化を図ることで、国内外の市場への普及に努めていく所存である。

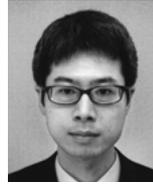
参考文献

- (1) 冷蔵倉庫業界 業界勢力図を塗り替えるフロン規制対応。日本政策投資銀行 (DBJ) 2013年6月20日。
- (2) 城戸武志, 神崎克也. 店舗のEMSを実現する「エコマックスコントローラ」. 富士電機技報. 2013, vol.86, no.3, p.193-196.
- (3) 坂井一博. 店舗向けショーケース・冷凍機連携制御. 省エネルギー. 2012, vol.64, no.10, p.40-43.
- (4) 須藤晴彦. 省エネシステム「エコマックス-Net II」. 日本電気協会. 産業と電気 2006年8月号. p.8-13.



加藤 博志

冷凍冷蔵倉庫設備の設計に従事。現在、富士電機株式会社食品流通事業本部流通システム事業部システム技術部主任。



白木 崇志

省エネルギー制御システムの研究開発に従事。現在、富士電機株式会社技術開発本部製品技術研究所計測制御技術開発センターエネルギーソリューション開発部主任。



自動販売機のグローバル対応商品搬出機構

Product Dispensing Mechanism for Vending Machines for Global Market

福田 勝彦 FUKUDA, Katsuhiko

岩子 努 IWAKO, Tsutomu

中島 規朗 NAKAJIMA, Norio

飲料自動販売機を海外市場に展開するに当たり、地域により不安定な電源事情や電源電圧の差異の影響を受けずに、電源電圧を安定化させる必要がある。富士電機は、電源事情の影響を受けずに法規制を満足させるために、商品搬出機構のDC低電圧化を行った。商品搬出機構に使用する駆動源をDCギヤモータにカム・リンク機構を組み合わせた構造にすることで、低電圧においても十分な駆動エネルギーを確保した。また、検知スイッチを組み合わせることによる故障検知機能や、商品形状に影響を受けない売切れ検知構造を実現し、販売時の購入トラブルを大幅に削減した。

The expansion and popularization of beverage vending machines in markets outside Japan has required stable power supply voltage that is not affected by different power supply voltages and unstable power conditions in some areas. To comply with the law and regulations without being affected by power conditions, Fuji Electric has adopted a low DC voltage power supply for the product-dispensing mechanism. It can supply sufficient drive energy at a low voltage by utilizing the configuration that combines a DC gear motor with a cam-linkage mechanism for the driving source used in the product-dispensing mechanism. Furthermore, we have greatly reduced the number of purchase issues that arise during product sales by developing sold-out detection structure compatible with various product shapes, as well as a malfunction detection function with detection switches.

1 まえがき

飲料自動販売機の国内の普及台数は、約256万台と幅広く普及しているが、これに対して海外では普及の途上であり、海外市場への展開は今後の自動販売機分野の発展に大きく寄与する。

海外展開に当たって、地域により不安定な電源事情や電源電圧の差異があるため、高容量のトランスなどを用いた昇圧や降圧による電源電圧の安定化が必要となる。また、国際電気標準会議（IEC）が定めた規定に準拠する必要がある。国内においてもIEC規格に合わせるため、「電気用品安全法」省令第2項が2016年に改正される方針が示されている。そこで、電源事情の影響を受けずに法規制を満足するために、負荷装置のDC低電圧化に着手した。本稿では、他社に先駆けた商品搬出機構（ベンドメカ）のDC低電圧化によるグローバル対応について述べる。

2 開発の背景

自動販売機は、飲用に適した温度に保たれた商品を蓄え、購入者が選択した商品を搬出し販売する機能を持つ。自動販売機は、外箱、開閉自在な扉、商品の蓄積・搬出動作を行う販売装置、商品の加熱冷却を行う冷熱ユニットなどから構成されている（図1）。販売装置は、商品を各通路（コラム）に水平の姿勢で積み上げて補充するラックと、ラックの最下部に取り付けられ、販売信号を受けて電気的にベンドメカを駆動して商品を搬出する機構から構成されている（図2）。

図3に、ベンドメカの動作を示す。垂直方向に何本も商品が積み上げられ、平均して5kg程度の荷重を受けた状態で最下部の1本だけを確実に販売する。そのため、ベン

ドメカフラップやペダルなどの構成要素を、確実にかつ高速に動作させる駆動性能がベンドメカに要求される。従来、この駆動源として使用していたACソレノイドは、比較的長い動作ストロークであり、起動トルクと保持トルクおよび必要な動作速度を確保しやすい。しかしながら、ACソ

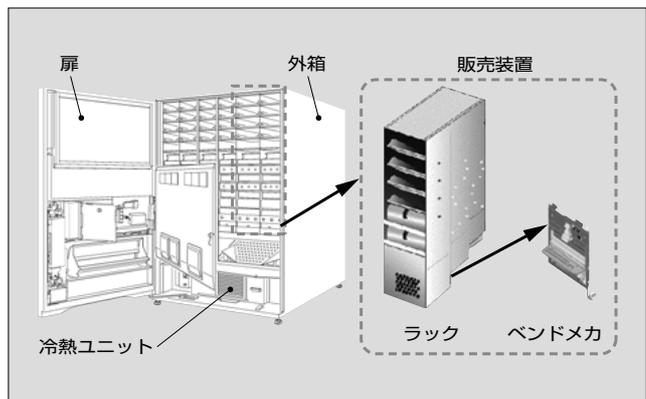


図1 自動販売機の製品構成

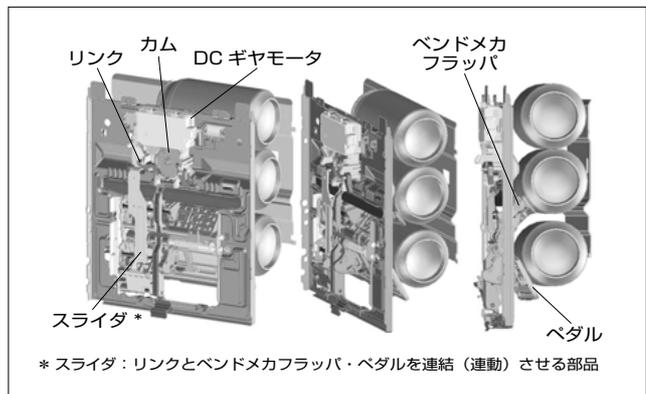


図2 ベンドメカ

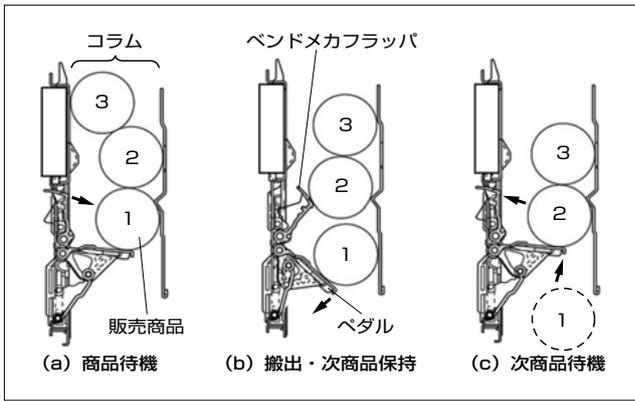


図3 ベンドメカの動作

レノイドを使う場合には、機構内に AC100V などの商用電源に対応した高電圧の配線を行うため、IEC 規格に準拠する絶縁構造が必要である。低電圧の直流に対応したバンドメカの駆動源が実現できると、高電圧に対応した絶縁構造が不要になるだけでなく、国や地域で電圧が異なる商用電源に合わせた駆動源を用意する必要がなくなる。

③ 開発の狙いと課題

3.1 DC 低電圧化における駆動エネルギーの確保

単純に AC100V のソレノイドと同程度の性能を DC ソレノイドで確保するためには、DC80V 程度の直流高電圧が必要となる。しかし、自動販売機の制御系を駆動するために搭載している低電圧の DC24V 電源を使って十分な駆動エネルギーを確保できれば、新たな電源を用意する必要がない。

3.2 商品形状の影響を受けない売切れ検知

従来、国内では各顧客が設定するガイドラインに沿って、さまざまな形状の商品が販売可能であるかを、実機テストにより確認していた。しかし、海外に展開する上で、全ての商品の実機テストを行うことは事実上不可能である。また、従来のバンドメカでは売切れを形状で検知する構造であるため、販売商品を限定する必要があった。海外展開を行う上で、不確定な商品形状においても売切れ検知性能を確保し、販売可能な商品の範囲を広げることが課題であった。

3.3 販売詰まり検知

自動販売機の販売装置部で商品が詰まり、搬出できなくなってしまうように、機構上のさまざまな対策を施してきた。しかし、実際に稼動している自動販売機ではさまざまな形状の商品を扱うため、商品が詰まってしまいうトラブルは時として生じることがあった。そこで、商品詰まりを起こさない機構を追求するだけでなく、仮に商品詰まりが発生しても購入者に迷惑を掛けないようにするため、販売装置部の詰まりを検知したら自動販売機の商品選択ボタンに売切れを表示し、購入時のトラブルを未然に防げる仕

組みの実現を新たな課題として加えた。

④ 特徴と技術

4.1 DC ギヤモータ方式

低電圧ながら高速での往復動作が可能な DC 低電圧駆動源として、DC ギヤモータにカム・リンク機構を組み合わせた新たな構造を開発した。図 4 に、新構造における駆動源の動作を示す。

従来の AC ソレノイドの出力が約 700W であるのに対し、DC モータは構造上配置できるスペースの制約から約 48W と 1/15 の出力である。まず、必要引上げ力を確保するため、高速回転の小型モータをギヤで減速するギヤモータを採用した。ウォームギヤを介して限られたスペース内で減速比を確保し、モータ出力に対して約 25 倍の出力トルクを得ることにより、必要な引上げ力を確保した。次に、動作速度を確保するため、カム・リンク機構を採用した。リンクの接触面角度を微小に設定して確実なストローク量を確保するとともに、微小なカム回転角度で必要なストロークを得ることで必要な動作速度を確保した。

本機構は、バンドメカフラップ (図 3) が動作して最下部の商品が販売されると同時に積み上げられた商品が間違っても販売されないようにする。これを確実にするため、図 4 (b) の引上げ動作においてリンクの引上げ速度が速くなるような構造にしている。また、保持時に駆動力に頼らずに安定した保持力を確保するため、カムの外周面でリンクを保持する構造とした (図 4 (c))。この構造では保持時に

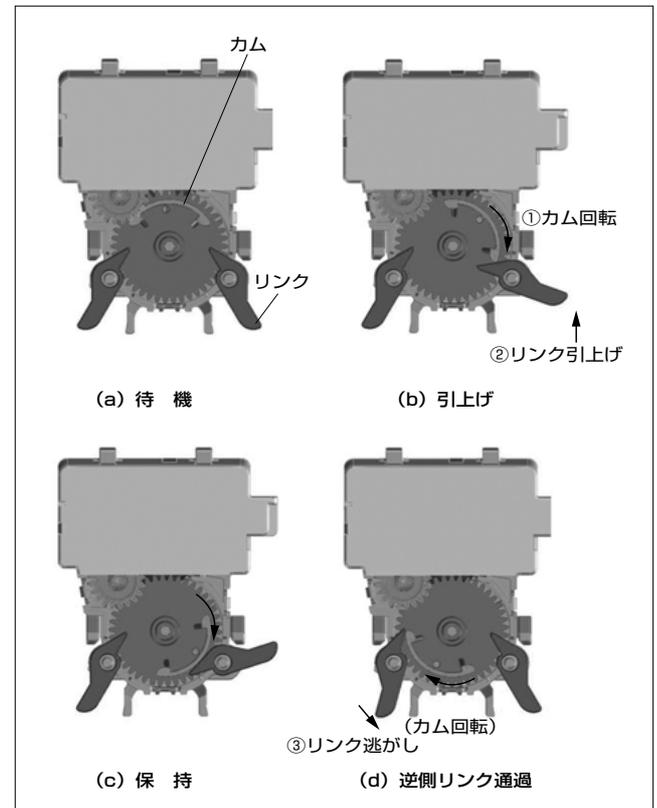


図4 駆動源の動作

電源供給が遮断されても保持状態を継続することができるため、電源回復後に販売を継続することができる。

これらの構造によって速度と保持力を確保したが、さらに、バンドメカは販売商品のさまざまな形状、材質、大きさに対応する必要がある。従来の AC ソレノイドでは、大径または四角形状の商品に対して動作速度が満足できずにバンドメカの引上げ動作の途中で停止しても、停止した位置でロックなどの異常が発生せず商品を保持できていた。一方、DC ギヤモータを使った機構では、モータロックを避ける機構が必要であった。

そこで、リンクを樹脂製とすることで、弾性による部品の変形を利用した機構とした。商品の形状によっては、リンク引上げ動作の途中で停止しそうになるが、弾性によりリンク回転軸がカムに対して離れるためカムが回転可能となり、通常は停止してしまうところを回避した。

4.2 2 in 1 駆動方式

自動販売機では、販売可能な商品の種類を多くするとともに、積載本数をより多くすることが望まれる。そのため、従来はバンドメカを抱き合わされるように設置し、限られた狭いスペースに駆動源を組み込み、1 個の駆動源で 1 個のコラムを駆動していた。同様の場所に DC ギヤモータを配置すると、十分なギヤ減速比やカム半径を得るための空間が確保できなかった。そこで、抱き合わされた構造を生かし、1 個のモータで 2 個のコラムを駆動することで空間を確保した (図 5)。

ギヤモータと後述する売切れ検知の駆動源を前後のコラムで共用したことで、片側に電気系駆動部品を集約したバンドメカが実現でき、メンテナンス性も向上した。

4.3 売切れ検知

図 6 に、売切れ検知部の構造を示す。ペダル部に加わる販売商品の荷重の有無を検知スイッチで検知する構造とした。なお、メンテナンス性を向上させるため、後コラムの売切れ検知用のスイッチを前コラム側に集約している。さらに、検知スイッチでペダルの動作を検出するので、商品の売切れだけでなく搬出状態の把握もできる。商品詰まりなどの異常を検知することにより、状況に応じた細かな対

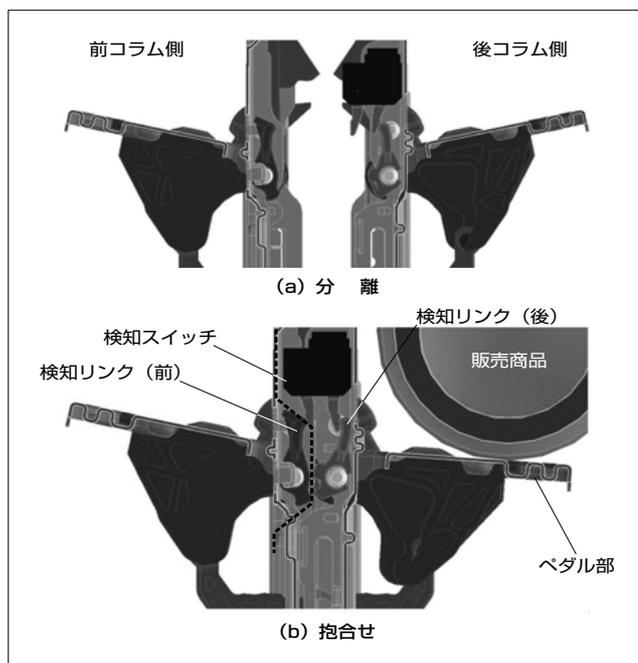


図 6 売切れ検知部の構造

応が可能である。

従来の売切れ検知機構では、販売商品の最後の 1 本を残した状態を売切れとしていた。本機構では、最後の 1 本の有無を検出できるので、販売商品が完売できるようになった。これにより、販売可能本数が平均 7% 増加し、販売の機会損失が低減した。また、従来の検知機構では形状検知を採用していたため、大きくへこんだ形状の商品を検出できないことがあった。今回の重量検知では、形状による制約がないので、商品形状の自由度が大幅に向上した。さらに、販売商品を直接検知するため、商品が待機位置にあることを正確に認識でき、商品有無の誤検知を防止できるようになった。

4.4 販売詰まり検知および返金機能

図 7 に、異常発生時処理の比較を示す。DC ギヤモータ方式と新たな売切れ検知構造によって販売のメカ動作完了を検知し、コラムの故障検出が可能になった。商品が詰まったときは、モータの回転が停止してギヤモータの原点スイッチが原点復帰を検知しないので異常を検出すること

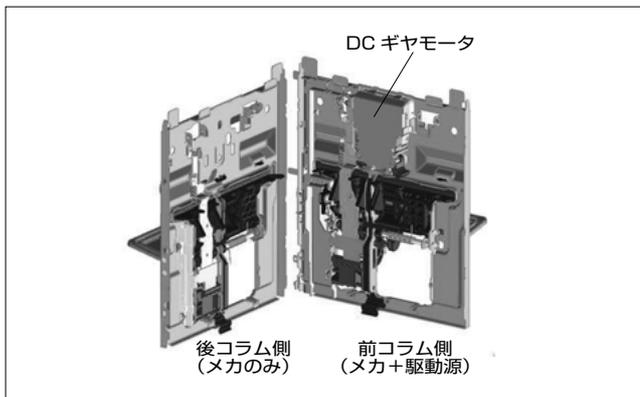


図 5 1 モータ 2 コラム駆動方式

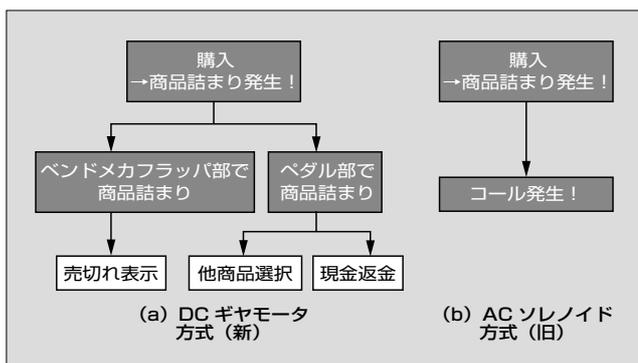


図 7 異常発生時処理の比較

ができる。

従来のバンドメカでは、商品詰まりを把握することができなかつた。そのため、商品を搬出できない場合やコラムが故障しているにもかかわらず、他の購入者が購入しようとすることでトラブルとなることがあった。本機構で開発した状態検知により、商品が詰まった際の返金や購入者に他商品を選択してもらうことができるようになった。また、故障したコラムを切り離すことによって搬出できない商品の選択を未然に防止することで、購入トラブルを大幅に低減できる。

5 成果

本機構の開発によって得られた性能を表1に示す。付帯効果として、消費電力量の低減により災害対応機で使用するバッテリーの体積・容量を従来に対して40%低減することが可能となった。

表1 ベンドメカの性能

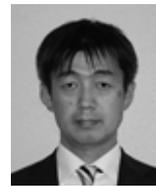
項目	新機構	従来機構	比較
駆動電圧	DC24V	AC100V	低電圧駆動
異常検知	あり	なし	異常検知可能
故障時対応	返金・他商品選択	検知不可	購入者への空売り防止
故障コラム切り離し	可→販売停止	不可	購入トラブル防止
故障コラム確認	リモコン表示	実販売確認	サービス性向上
動作騒音 (dB)	70	73	-3dB
売切れ検知	ゼロ	残り1本	-7% 販売機会損失低減
商品検知範囲 (mm)	169	35	480% 容器形状自由度向上
消費電力量 (W・s/本)	17	175	-90%
消費電力 (W)	48	700	-93%

6 あとがき

自動販売機のグローバル対応商品搬出機構について述べた。本機構の開発により、駆動源のDC低電圧化のための技術構築ができた。この技術を基に、自動販売機内における駆動源のグローバル対応を行うため、技術展開を推進していく。今後もお客さまへの付加価値の提供に重点をおいた研究開発に努力していく所存である。

参考文献

- (1) 一般社団法人 日本自動販売機工業会. “自販機普及台数及び年間自販金額” 2014年(平成26年)版. <http://www.jvma.or.jp/information/fukyu2014.pdf>, (参照 2015-06-19).



福田 勝彦

缶自動販売機の販売機構の設計に従事。現在、富士電機株式会社食品流通事業本部三重工場設計第二部。



岩子 努

缶自動販売機の販売機構の設計に従事。現在、富士電機株式会社食品流通事業本部三重工場設計第二部。



中島 規朗

缶自動販売機の販売機構の設計に従事。現在、富士電機株式会社食品流通事業本部三重工場設計第二部。

Web版にのみ記載

本論文に掲載の「缶自動販売機用DC駆動搬出機構(DCバンドメカ)」が
2015年度「超」モノづくり部品大賞
(主催:モノづくり日本会議, 日刊工業新聞社
後援:経済産業省, 日本商工会議所)
において
電気・電子部品賞を受賞しました。
関連URL: <http://www.cho-monodzukuri.jp/award/index.html>

IEC 規格対応ガラスフロント自動販売機「Twistar」

IEC Standard Compliant Glass Front Vending Machine “Twistar”

阪 光広 SAKA, Mitsuhiro

松本 雅弘 MATSUMOTO, Masahiro

渡辺 忠男 WATANABE, Tadao

小売業における自動販売のニーズが高まっている中国や ASEAN 地域の需要に応える自動販売機には、国際認証の取得や販売商品の多様化への対応が必要である。そこで、IEC 規格に対応したガラスフロント自動販売機「Twistar」を開発した。本製品は、海外生産に適した省エネルギーのパネル式筐体（きょうたい）構造を採用し、制御基板およびソフトウェアをそれぞれ 1 本化したシンプル制御とした。また、4 種類の販売モジュール機構を搭載することにより、1 台で全商品を販売できるようにするとともに、搬送エレベータには、ソフトハンドリング機構を開発して商品の变形防止を実現した。

To meet the needs for China and ASEAN region, where needs of vending machines are increasing in retail business, Fuji Electric should acquire international certifications and deal with diversity of sales products. In light of this, we have developed the IEC Standard Compliant Glass Front Vending Machine “Twistar.” This product utilizes an energy-saving panel housing structure suitable for overseas production and achieves simple control through the integration of the control board and software individually. Furthermore, Mounting 4 types of sales module mechanisms can sell all products by one vending machine. We have also developed a soft-handling mechanism for the conveyance elevator to prevent the deformation of products.

① まえがき

現在、飲料と食品自動販売機を合わせた国内の設置台数は、約 263 万台で飽和状態にある。新規に自動販売機を設置するロケーションは限定され、需要は置換えが主となり、国内市場は成熟期を迎えている。今後も、少子化により飲料自動販売機の総設置台数は減少傾向が続くものと予測されている。その結果、主要顧客である飲料メーカーでは、イニシャルコストとしての自動販売機自体の投資を抑制するとともに、ランニングコストの低減を狙った省エネルギー（省エネ）自動販売機を展開し、収益性改善を実施している状況である。

一方、海外に目を向けると、中国や東南アジア諸国連合（ASEAN）地域では、経済成長を背景としてライフスタイルが変化し、軽食・清涼飲料の販売が近年 10% を超える勢いで伸びており、小売業における“自動販売”のニーズが高まっている。自動販売機の設置台数の公式な統計はないが、中国で約 7～8 万台、ASEAN 地域で約 10 万台

が普及していると考えられ、製品のライフサイクルとして導入期にある。

② 開発の背景

中国や ASEAN 地域では、工場の食堂・休憩所、公共施設（空港、駅、ホール）、オフィスビルなどが集まる場所を中心に、需要が拡大するものと見込まれる。

こうした需要に応えるため、IEC 規格に対応したガラスフロント自動販売機「Twistar」を開発した（図 1）。

③ 開発の狙いと課題

Twistar を開発するに当たって大きな課題が三つあった。一つは、タイに新設する工場を生産を立ち上げることであり、二つ目は、ASEAN 地域への自動販売機の拡販をするために、国際認証を取得することである。最後は、汎用機としてより多くの種類の飲料が販売できるように多岐にわたる商品群に対応できるようにすることである。具体的目標を次に示す。

(1) 海外生産に適した筐体（きょうたい）構造

省エネが達成できるパネル式筐体構造を採用する。

(2) IEC 規格に適合したシンプル制御

IEC の製品安全規格を海外認証（CB レポート）として取得することで、製品安全試験の国際認証を取得する。

(3) 汎用性の拡大

(a) 商品販売機構の多様化

標準の 2 種類の仕様に加えて、載せ替えが可能な小型商品と飲料商品の新しい販売モジュールを開発する。

(b) 商品搬送のソフトハンドリング化

やさしい商品搬送（ソフトハンドリング）により破損



図 1 グラスフロント自動販売機「Twistar」

しやすい商品を販売可能とする。

4 特徴

4.1 全体構成

Twistar の内部構造を図 2 に示す。庫内の断熱層は、商品収納棚のエリアを囲む本体断熱層、ならびに扉側に構成された断熱ガラスと扉断熱層とで構成される。商品を取納棚のスパイラル部材（標準販売モジュール）に収めていて、販売時にはスパイラル部材を回転させて搬出し、縦方向の搬送エレベータにて下部にある商品取出口に送る構造である。

4.2 パネル式筐体構造

従来の筐体は、板金の曲げから溶接・塗装まで半自動の一環生産ラインで作っており、溶接・洗浄・塗装・組立の運搬にもラインが必要であった。そこで、新設のタイ工場ですばやかな生産開始ができるように新しい筐体を開発した。筐体は組立台の上で組み上げる方式とし、塗装した板金に断熱材を一体化するとともに各壁をそれぞれ独立したパネルとすることで、設備導入に要する時間と費用を極小化した（図 3）。

パネル式筐体構造を開発する上で、海外生産のための考慮に加えて省エネ性も同時に考慮した。従来の筐体は、つなぎ目に断熱性の課題があった。そこで、庫内をヒータで加熱し、庫外との温度差を一定に保った状態で、熱分布をサーモカメラにより可視化して断熱性評価を行った（図 4）。

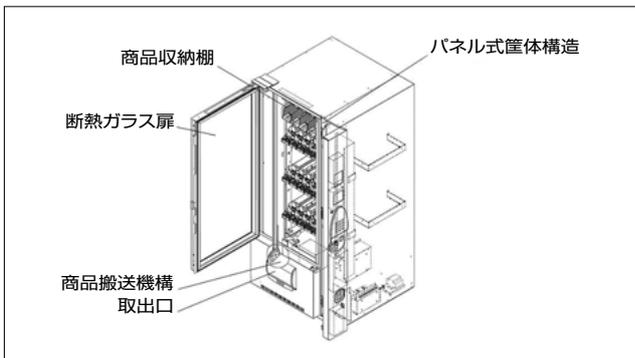


図 2 「Twistar」の内部構造

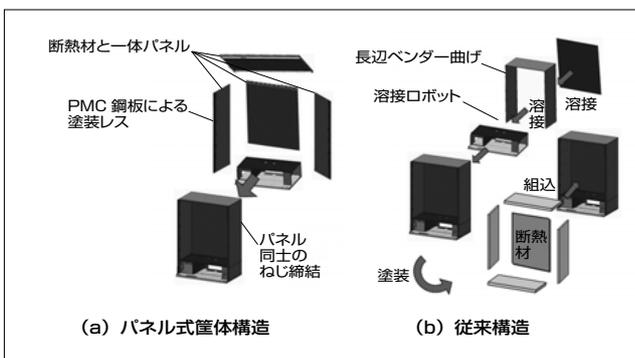


図 3 筐体構造

続いて、断熱性評価を基に必要な箇所の断熱性を強化するための検討を行った。従来機における風回りは、筐体側面の手前側に吐出ダクト、筐体背面に吸込みダクトがあり、構造が複雑で構成部品も多かった。図 5 に、風の流れの設計とシミュレーション結果を示す。また、フロントガラス側の商品を冷やすため、吐出ダクトとフロントガラスが近接しており、吹出温度が低く、直接フロントガラスを冷却してしまう。このため、フロントガラスからの侵入熱量を抑制する必要があり、トリプルガラスを採用していた。そこで、構造が一番シンプルで吸込みダクトが不要となる前面吸込みと後方吐出方式のパネル式筐体構造を採用した。

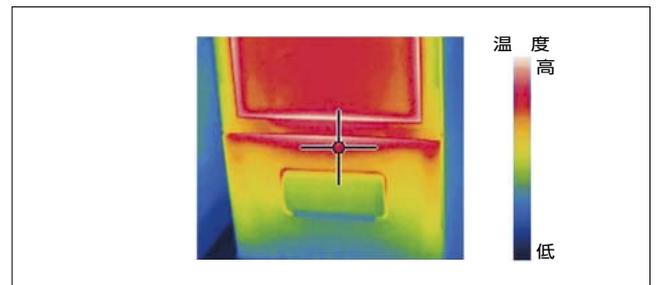


図 4 自動販売機正面下部の熱分布例

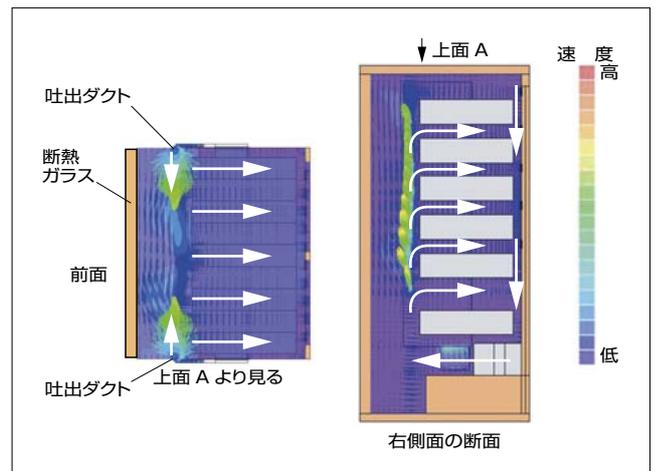


図 5 風の流れの設計とシミュレーション結果（従来構造）

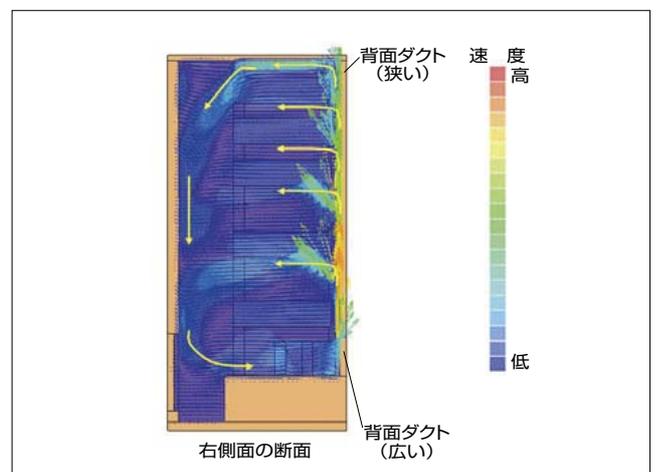


図 6 風の流れの設計とシミュレーション結果（パネル式筐体構造）

各段の品温（飲料商品の温度）ばらつきの原因となる風量ばらつきを抑える必要があり、シミュレーションにより最適な風回りを決定した（図6）。上段に集中する風の流れは、背面ダクト内の寸法を下部から上部に向かって狭めて抑制した。フロントガラスの近傍の風速を遅くするなどの工夫を行ったことにより、トリプルガラスでなくペアガラスを採用しても、侵入熱量を従来機に比べて29%低減した。さらに、商品収納棚にある全コラムの次販売品の品温ばらつきは、従来機に比べて3.5Kから2.6Kに抑えた。

4.3 シンプル制御

従来の自動販売機の制御機能は、汎用性を考えてマスタ基板とスレーブ基板で構成されているが、今回は、マスタ基板とスレーブ基板を一体化した専用の統一制御基板にした。制御基板を一体化するために、機能を自動販売機本来の冷却、販売だけに絞り込んだ。ソフトウェアについても、現状の制御システムはマスタ基板、搬出スレーブ基板、リモコン基板があり、それぞれの基板にソフトウェアが搭載されていたが、機能を絞り込んでソフトウェアの1本化を行いシンプルな構成とした（図7）。

金銭処理については、従来のVTS（Vivid Transaction System）方式に加えて、海外で一般的なMDB（Multi-

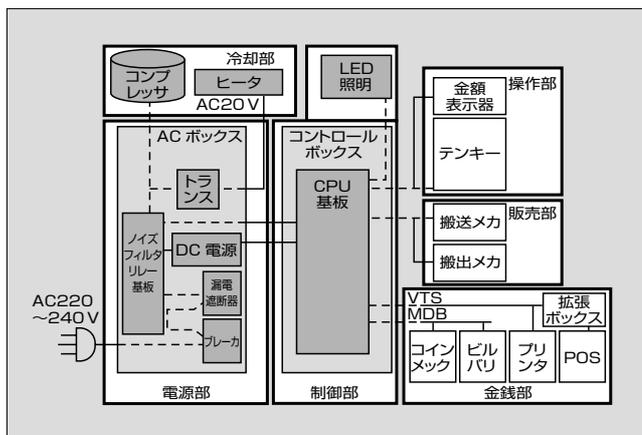


図7 制御システムの構成

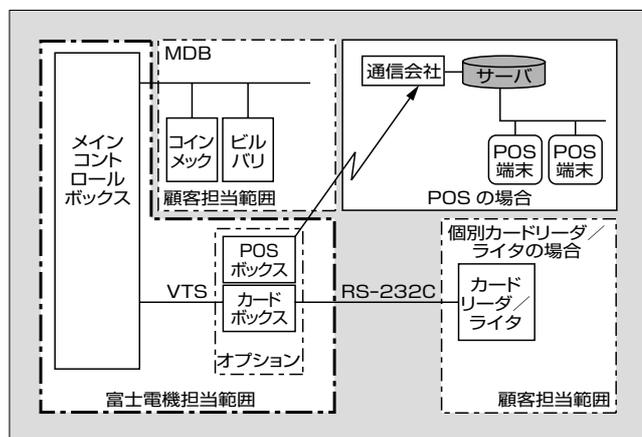


図8 金銭処理部の構成

Drop Bus)方式を採用した。自動販売機の起動時に接続されている方式の確認を自動で行い、接続されている方式で通信するようにしている。また、磁気カードや非接触ICカード、POSシステムへの対応については、ローカル性が強くマッチングなどが必要であるため、アダプタボックスを作成した上でインタフェースを公開し、各国での対応を可能にした。ソフトウェアマッチング試験についてもマッチング用の試験機材を用意し、現地での対応できるようにした（図8）。

今回、IECの製品安全規格の準拠を示す海外認証（CBレポート）を取得するために、通常日本の自動販売機で準拠している「電気用品安全法」との違いを調査し、開発を行った。

その中で、「電気用品安全法」には規格がない放射エミッション試験（10m法）に対応する必要があった。対応方法として、DC電源ユニットに次に示す改良を加え、放射エミッションを低減した（図9）。

(1) ターンオン時間の遅延

1次側スイッチング回路のターンオン時間を遅らせることで、ディファレンシャル側においてパルス成分による高周波の放射エミッションを低減した（図10）。

(2) 2次側整流回路の変更

FRD（Fast Recovery Diode）からSBD（Schottky Barrier Diode）へ変更することにより、放射レベルを5dB低減した（図11）。

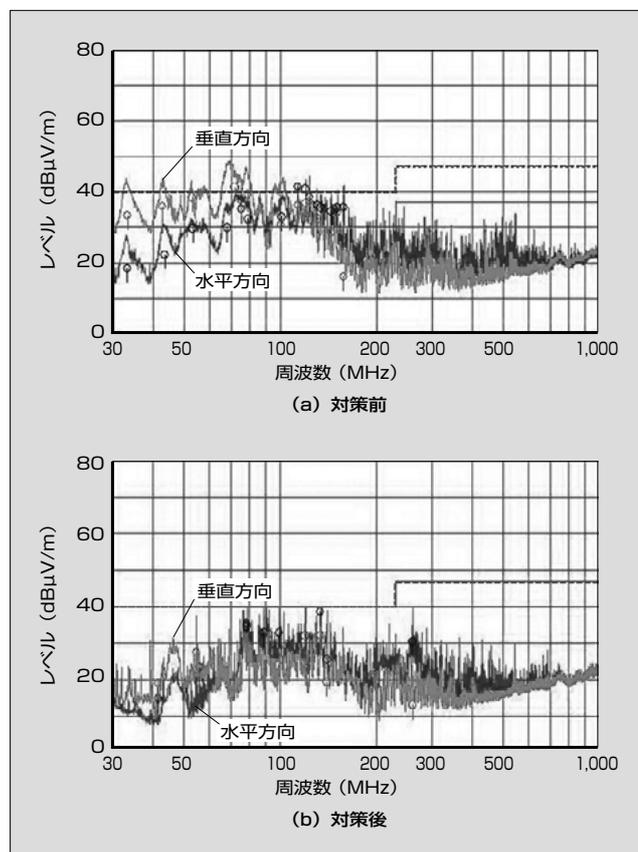


図9 自動販売機の放射エミッション

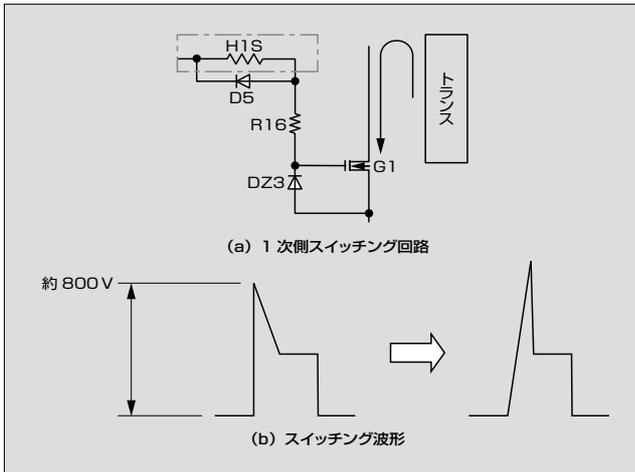


図10 ターンオン時間の遅延

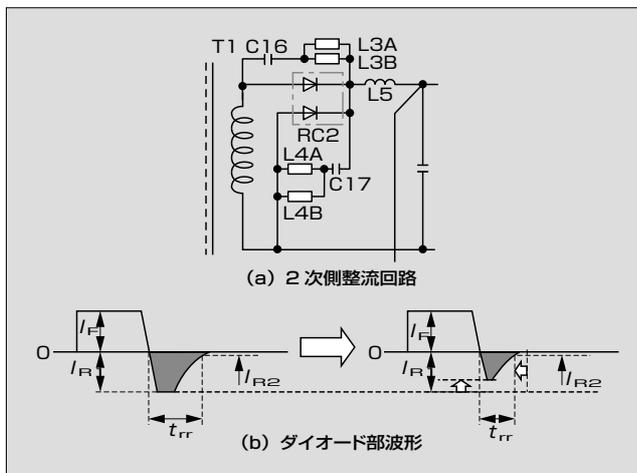


図11 2次側整流回路の変更

4.4 汎用性の拡大

開発に当たり ASEAN 地域においてガラスフロント自動販売機でどのような商品を販売するか、といった販売仕様の取りまとめが必要であった。そこで、各国の売れ筋商品を把握するために調査を行った。

各国の売れ筋商品をサイズ別にマッピングした結果、42種類のサイズに分類でき、販売要望が多い飲料商品はφ43～75mm、さらに厚さ7mmのお菓子から、φ150mmの大型カップ麺など、日本市場では扱っていない大小さまざまな形状の商品があることが分かった。そこで、販売機構を載せ替えることで1台で全商品を販売できるようにした。そのために、従来の2種類の販売モジュール機構に加えて収容密度と操作性を改善した2種類の販売モジュール機構を新たに開発した(図12)。

商品を取出口へ受け渡す際に、従来機は商品搬送用の縦方向エレベータで商品を搬送した後に搬送動作の勢いのまま商品を受け渡す方式であった。商品を受け取り搬送する中で段階的に減速し、搬送台を取出口まで下ろす必要がある。通常このような場合、ステッピングモータをパルス駆動させる制御が用いられるが、制御が複雑になってしまう。



図12 販売モジュール機構と販売商品の例

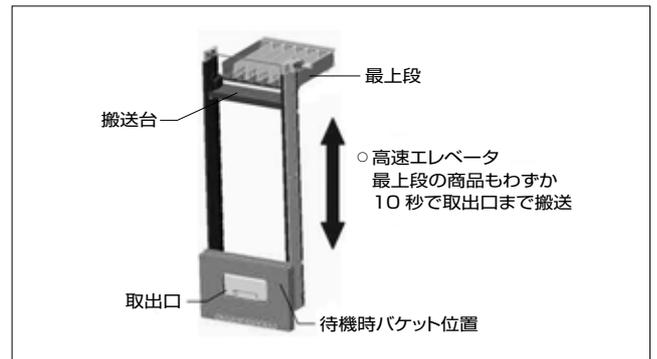


図13 商品搬送のソフトハンドリング機構

そこで、縦軸駆動部に DC モータを採用し、エンコーダのパルス信号を利用して動作軌跡の高さ位置の管理を行い、PWM (Pulse Width Modulation) によりモータの加減速制御を行うことにした。これにより、商品を受け取り搬送する中で段階的に減速し、搬送台を取出口まで下ろすという商品搬送のソフトハンドリング機構(図13)を実現した。このソフトハンドリング機構により、商品の変形やきずを防ぐことができる。

5 あとがき

IEC 規格対応ガラスフロント自動販売機「Twistar」について述べた。今回、グローバル視点で開発する上で、言葉、文化、習慣などの壁を乗り越えて目標を達成した。今後も、マザー工場である三重工場と海外拠点との交流を深め、細かいニーズを収集して戦略的な製品化に取り組んでいく所存である。

参考文献

- (1) 一般社団法人 日本自動販売機工業会 “自販機普及台数及び年間自販金額” 2014年(平成26年)版. <http://www.jvma.or.jp/information/fukyu2014.pdf>, (参照 2015-07-21).



阪 光広

自動販売機の開発業務に従事。現在、富士電機株式会社食品流通事業本部三重工場設計第一部課長。



渡辺 忠男

自動販売機の開発業務に従事。現在、富士電機株式会社食品流通事業本部三重工場設計第二部担当課長。



松本 雅弘

自動販売機の開発業務に従事。現在、富士電機株式会社食品流通事業本部三重工場設計第三部課長。



グローバル対応貨幣識別装置「FGCシリーズ」 「FGBシリーズ」

Currency Identification Device for Global Markets “FGC Series” and “FGB Series”

大岩 武 OIWA, Takeshi

田中 伸幸 TANAKA, Nobuyuki

山根 拓也 YAMANE, Takuya

中国や東南アジア諸国連合（ASEAN）地域を視野に入れたグローバル対応の貨幣識別装置「FGCシリーズ」「FGBシリーズ」を開発した。各国のさまざまなサイズや模様の貨幣に対して、迅速に製品化をするため、ベースとなる部品や構成は共用化し、一部の部品とソフトウェアの変更のみで対応できる共用化設計を行った。さらに、硬貨処理装置（コインメック）では、材質の識別を強化した新検銭アルゴリズムや現物エスクロ機能の搭載により、紙幣識別装置（ビルバリ）では、識別アルゴリズムの構築やラインセンサの搭載により、貨幣の識別性能を満たして信頼性を確保した。

Fuji Electric has developed the “FGC Series” and “FGB Series” currency identification devices for global markets such as China and Association of Southeast Asian Nations (ASEAN) region. To speed up the commercialization of the devices according to the various kinds of size and design of currencies by modifying a portion of the components and software, we have implemented a common design, in which base components and configuration are standardized. Furthermore, we have met an identification performance to ensure reliability by equipping a coin handling device (coin mechanism) with a coin escrow function and new inspection algorithm that enhances the identification of material, as well as equipping a paper currency identification device (bill validator) with a line sensor and identification algorithm.

① まえがき

富士電機は、自動販売機に搭載する貨幣識別装置として、硬貨処理装置であるコインメックおよび紙幣識別装置であるビルバリを製造してきた。本稿では、中国や東南アジア諸国連合（ASEAN）地域を視野に入れて開発した、グローバル対応コインメック「FGCシリーズ」とグローバル対応ビルバリ「FGBシリーズ」のそれぞれの特徴と要素技術について述べる。

② 開発の背景

国内の自動販売機市場は、近年、出荷台数も一台当たりの売上げもともに漸減している。したがって、自動販売機に搭載するコインメックとビルバリも同様に出荷台数は減少傾向にある。富士電機では、他の自動機器市場として、コインパーキングの精算機や証明写真機などの市場へ積極的に展開しているが、自動販売機市場の減少をカバーするまでには至っていない。

このような国内市況を受けて、既存製品・既存市場からの脱却が必要であった。日本における自動販売機市場のこれまでの伸長要因を分析すると、飲料メーカーの販売戦略や、機器のサービス体制など数多くある。機器側（コインメック、ビルバリ）から見た場合、新硬貨や新紙幣に迅速に対応してきたという点が挙げられる。この強みを生かし新たな市場である海外への進出を検討した。

日本においては、高度経済成長に呼応して自動販売機の普及が急速に進んできた。現在、これと同様の状況にあるのが中国であり、富士電機は2004年から中国市場においてコインメックとビルバリを展開している。ここ数年で中国の人々に自動販売機の認知度が高まるとともに、メー

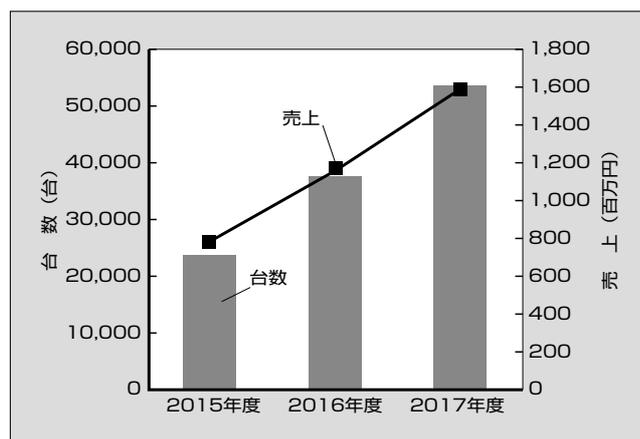


図1 中国市場における富士電機の自動販売機の売上げ規模予測

カーの販売やサービス体制が整いつつあり、普及が加速する見通しである。また、タイやマレーシアといった東南アジア諸国も、未知数ではあるが数年遅れて、中国と同様に自動販売機市場が伸長する可能性を秘めている。中国市場における今後3年間の富士電機の売上げ予測を図1に示す。

③ 開発の狙いと課題

グローバルに展開するために、できるだけ共通部を多くし、国別の最適設計の場合と同等の性能を実現することを狙って開発した。コインメックについてはつり銭収納部を、ビルバリについては識別部の通路部品をそれぞれ複数用意するだけで、各国の硬貨や紙幣に対応できるようにした。

④ グローバル対応コインメック「FGCシリーズ」

コインメックは、投入された硬貨の識別機能、専用筒へ

の振り分け収納機能およびつり銭の払い出し機能を持つ。

図2に今回開発したFGCシリーズの外観と構成を示す。基本的に、四つのユニットから構成されており、それぞれの国に対応する場合は一部の部品を取り替えるか、あるいはアタッチメント部品を追加することで対応できるように共用化設計を行った。これにより、物量の少ない国の通貨への対応も可能になった。

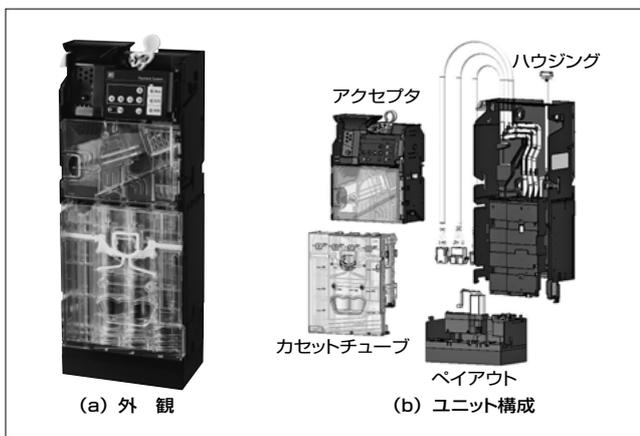


図2 「FGCシリーズ」の外観と構成

表1 「FGCシリーズ」の主な仕様

項目		仕様
使用硬貨		各国対応
つり銭払出し硬貨		各国の硬貨
つり銭保留筒	本数	5本
	つり銭保留方式	カセットチューブ方式 (着脱検知あり)
	カセット開閉機能	あり(2分割)
	チューブ切換え機能	あり (Eチューブ:金種変更可)
	ロック機構	あり (南京錠取付け可)
つり銭払出し	払出し構造	DCモータ(1) + クラッチSOL(5)切換え
	同時払出し枚数	最大2枚
	リカバリー制御	あり
現物エスクロ機能		あり
排水構造		あり (排水シュート取付け可)
制御方式	MDB	あり
	JVMA	あり
	ビルバリ接続機能	あり(MDBビルバリ)
使用電源	MDB接続	DC24V±10%
	JVMA接続	DC24V±10%
定格消費電流	待機状態	0.3A以下
	動作状態	1.0A以下
	ピーク	1.5A以下
使用温度範囲		-15~+60℃
外形寸法		W138.0×H356.2×D82.3 (mm)
質量		約2.0kg

4.1 特徴

他社に先駆けて、投入硬貨を一時保留する現物エスクロ機能(4.3節参照)をFGCシリーズに搭載した。また、制御方式は、海外で主流のMDB(Multi-Drop Bus)方式と日本の規格であるJVMA(日本自動販売機工業会)方式の両方式に対応したインターフェースを設けた。

表1に、FGCシリーズの主な仕様を示す。

4.2 新検銭センサ

硬貨の真贋(しんがん)を判定するための検銭センサは、従来、コイルセンサを直接筐体(きょうたい)に接着し固定していた。FGCシリーズでは、ポビン型センサを基板にはんだ付けし、この基板をねじで筐体に固定する。接着に依存しないため、品質管理項目が減り、品質向上につながる。図3に検銭センサの構成を示す。

また、鉄系の材質の識別などを強化した新検銭アルゴリズムにより、従来よりもさまざまなサイズや材質の硬貨に対応できる。

4.3 現物エスクロ機能

現物エスクロ機能はアクセプタユニットに装備する。図4に示すように一時保留ゲートで保留硬貨を保持しており、自動販売機の返却レバーが押されたら保留硬貨をそのまま返却する仕組みである。これにより、偽貨の不正使用を防止することができる。この機能は、国内では富士電機が業界で先駆けて考案した。ここで培った技術をFGCシリーズにも搭載できるようにし、無人販売である自動販売機の

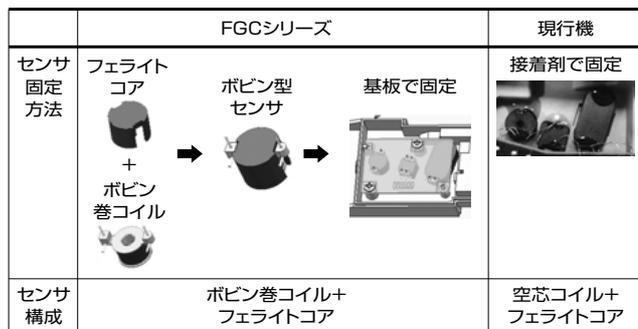


図3 検銭センサの構成

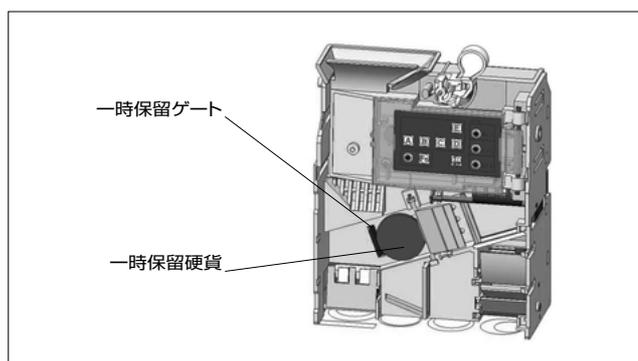


図4 アクセプタユニット(正面カバーを外した状態)

信頼度を上げた。

4.4 チューブ径交換可能開閉式カセット

各国で使用されている硬貨は、外径、板厚、材質などが多種多様である。このため、カセットの基本寸法は、最大径、最大板厚に合わせた。基本寸法よりも小さい径、板厚の場合には部品交換、あるいはアタッチメント部品の取付けなどの組合せで対応できるようにした。

図5に示すように、硬貨の補充を容易にするため、カセットの前面および側面を開閉が可能な構造としているのも大きな特徴の一つである。

4.5 独立払出し（ペイアウト）機構

図6に示すように、各チューブの底部に配置したソレノ

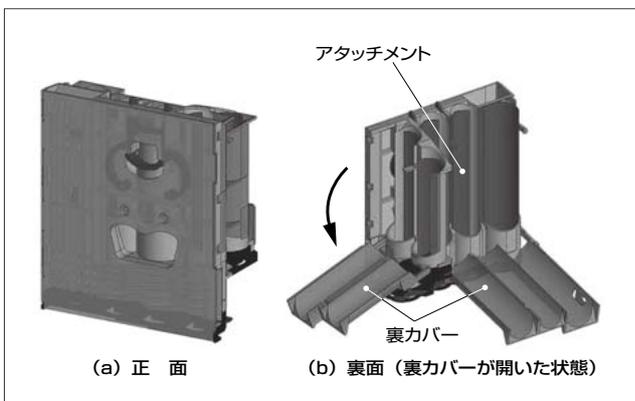


図5 カセットチューブ

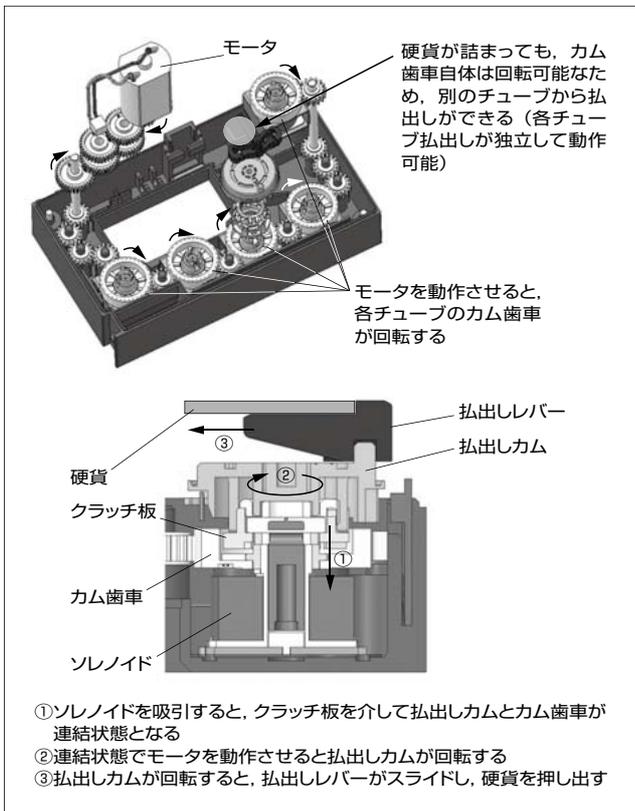


図6 独立払出し機構

イドでクラッチ板を上下させて、カム歯車と払出しカム（緑色）の連結状態と非連結状態を切り替える。連結状態でモータを動作させるとカム歯車が回転し、連結された払出しカムが回転する。払出しカムが回転すると、クランク機構により、払出しレバーがスライドし、つり銭チューブ内の硬貨を押し出す構造とした。

これにより、払い出す該当金種が、何らかの理由で詰まった場合、該当金種のチューブはソレノイドをオフして非連結状態とする。カム歯車自体は回転可能な状態を維持できるため、別の払出しチューブのソレノイドをオンして連結状態とすることで、代替払出しができるようにした。

5 グローバル対応ビルバリ「FGBシリーズ」

ビルバリは、投入された紙幣の識別、搬送、収納を行う装置である。図7にFGBシリーズの外観と構成を示す。

各国の紙幣に対応したビルバリとするためには、さまざまなサイズの紙幣の搬送と収納の技術に加えて、ポリマーなどの紙ではない材質や、さまざまな模様や色あいなど多種多様な紙幣を識別できる技術が必要である。

5.1 特徴

FGBシリーズでは、各国の多種多様な紙幣に対応できるように、次の項目に着目して開発を進めた。

(1) シリーズ共用化設計

ベースとなる部品や構成は共用化し、一部の部品とセンサの種類、識別ソフトウェアを変更することで、各国の紙幣に対応できるようにした。

対象とする紙幣の横幅は62～77mmであり、77mmの横幅に合わせた通路幅（78mm）とすると、62mmの紙幣が搬送方向に対して大きく横にずれることになる。横にずれると識別センサ上を通る紙幣の位置（トレースライン）がずれてしまい、紙幣の特徴を読み取れなくなる。紙幣を中央に寄せる機構を設ければよいが、構造が複雑になる。

そこでFGBシリーズでは、78mm以外に3種類の通路幅（66mm、70mm、72mm）をラインアップし、横ずれ

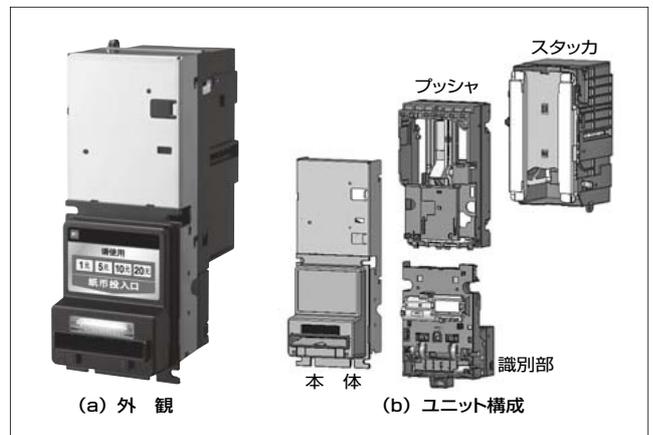


図7 「FGBシリーズ」の外観と構成

表2 「FGBシリーズ」の主な仕様

項目		仕様
使用紙幣		各国の紙幣
紙幣挿入口		1か所
挿入方向		長手4方向
紙幣搬送方式		DCモータによる自動引込み、自動返却
識別時間		約1.4秒
現物エスクロ機能		あり(1枚)
引抜防止機能		あり
制御方式	MDB	あり
使用電源	MDB接続	DC24V±10%
定格消費電流	待機状態	0.2A以下
	動作状態	2.5A以下
紙幣保留		スタックカセット方式(取外し可)
	ロック機構	あり(南京錠取付け可)
満杯検知		あり
紙幣収納枚数		官封券: 600±85枚 流通券: 約400枚
使用温度範囲		-15~+60℃
取付方向		倒立方向
外形寸法		W94×H246×D127 (mm) ※出っ張り含まず
質量		約1.2kg

を最小限に抑える構造とした。さらに、識別センサにラインセンサを使用し、識別ソフトウェアで横ずれを補正できるようにした。

(2) 保守の容易化

海外では日本のようにサービス拠点が充実していないため、オペレータと呼ばれている自動販売機の設置業者が商品補充と保守を行っている。万が一故障が発生しても、難しい保守作業なしに復旧できるようにするには、清掃や保守部品の交換が容易な構造とする必要がある。そこで 5.2 節で述べるように保守部品の交換性を重視した構造とした。

(3) 高信頼性

基本性能である識別性能の確保と紙幣詰まりの低減を満たした上で、各国の紙幣に対応できる構造とした。識別性能については、日本向けのビルバリで培ったシミュレーション技術を用いた識別アルゴリズムの構築や、センサ補正機能を活用した。紙幣詰まりについては、大型ローラの採用により屈曲部の搬送抵抗を低減することなどを基本設計に取り入れた。

表2 に FGB シリーズの主な仕様を示す。

5.2 保守部品ユニット構造

図8 に示すように、現行機では容易に分解できなかった保守部品(モータ、ギヤ、搬送ローラ類)をユニット化し、交換性を高めた。

保守ユニットは、ねじではなくフックで固定しているため、ドライバーなどの工具がなくても取り外すことができる。また、モータの速度低下やローラのスリップを検知し、背面の7セグメントLEDにアラームを表示することによ

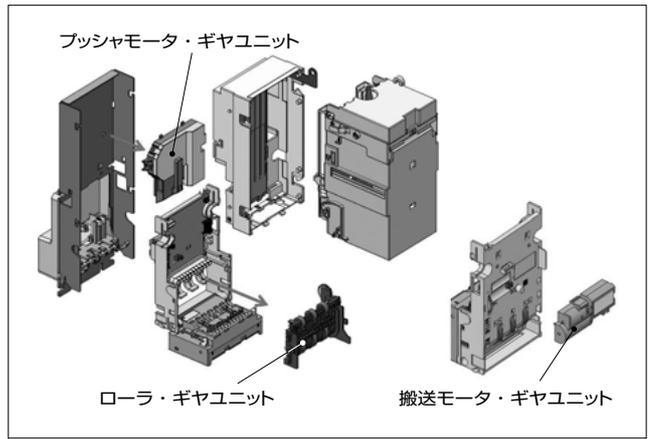


図8 保守部品ユニット構造

り、交換が必要なユニットが故障する前に分かるようにした。

これにより、高度な技能を持った人材が確保できない海外拠点でも訓練を要せず、高品質な保守を行うことができる。

5.3 ラインセンサの採用

従来の紙幣識別装置は、市場が要求する低価格および識別性能を満足するため、紙幣全面をトレースせず、最小限のセンサ数で、最適な配置および最適な波長の発光素子と受光素子からなるセンサを離散的に配置していた(離散センサ方式)。FGBシリーズにおいては、さまざまな国の紙幣に対して網羅的に対応できるセンサ構成でなければならない。全面スキャンができるような画像センサであれば各国の紙幣への対応が可能になるが、コストが高くなる。そ

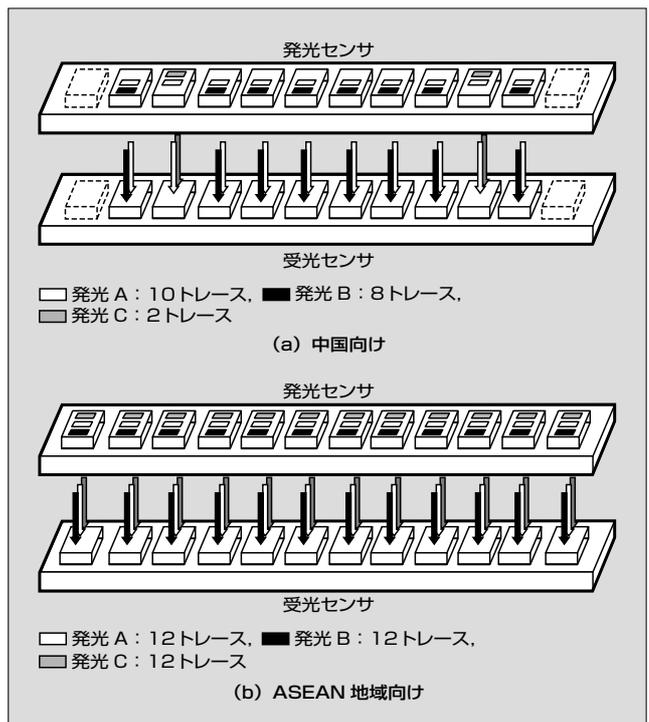


図9 ラインセンサの構成

ここで、ラインセンサを採用し、各国の紙幣に対して特徴が読み取りやすく、最適な波長が選択できる構成とした。具体的には、12個のセンサが実装できるパターンを設け、さらに3波長タイプと2波長タイプセンサのどちらでも実装できるようにした。図9に、ラインセンサの構成例を示す。

5.4 プリズム式紙幣検知センサ

挿入口における紙幣の検知については、防水と破損防止のため、挿入口付近にプリント板を配置しないという思想から、プリズムを用いて識別部のプリント板上のセンサまで導光して検知する方式とした(図10)。

この方式は、受光側に到達するまでに光量が低下する。光量低下の要因には、材料の紫外線劣化、塵埃(じんあい)付着による光量の劣化、紙幣搬送面の傷による劣化、およびセンサ寿命による劣化がある。

光量低下の要因を考慮した上で、プリズムによる導光率をどこまで確保すれば、発光素子や受光素子の下限品同士

の組合せでも検知が可能かの目標を定めて、プリズムの形状最適化に取り組んだ。

また、関連部品をモデル化し、光学シミュレーションにより、材質、距離、断面積、反射角、レンズ形状などのパラメータを変動させながらLED出射光量を評価し、効率良く導光および集光を行うための最適形状を作り、目標導光量を確保した。

これにより、挿入口付近にプリント板を配置しないことによる信頼性の向上に加えて部品点数も削減し、検知性能の維持を図ることができた。

⑥ あとがき

グローバル対応貨幣識別装置「FGCシリーズ」「FGBシリーズ」について述べた。グローバル市場では、セキュリティや取扱い性など、国ごとに異なった対応が求められる。

市場の動向を見ながら、さらなる製品のレベルアップを図ることで利便性を追求し、社会貢献に努めていく所存である。

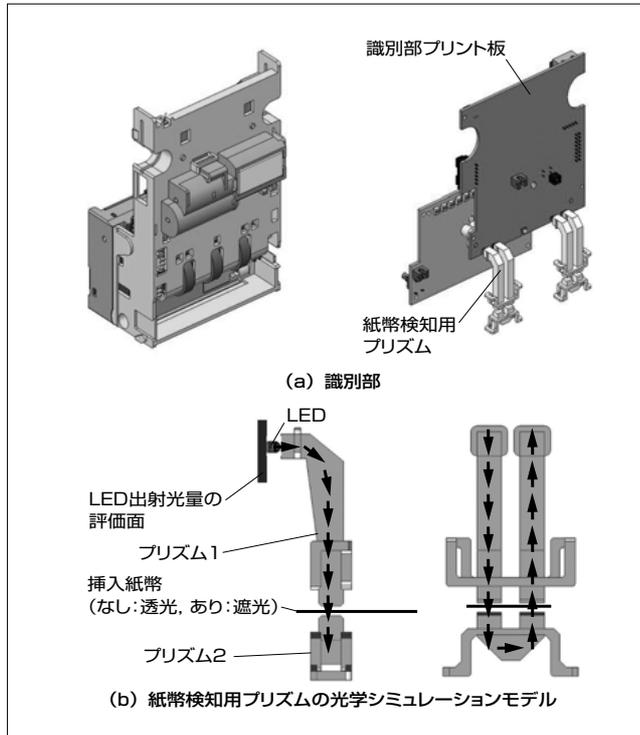


図10 プリズム式紙幣検知方式



大岩 武

金銭関連機器の機構設計に従事。現在、富士電機株式会社食品流通事業本部三重工場設計第一部。



田中 伸幸

金銭関連機器の制御設計に従事。現在、富士電機株式会社食品流通事業本部三重工場設計第三部。



山根 拓也

金銭関連機器の機構設計に従事。現在、富士電機株式会社食品流通事業本部三重工場設計第一部。

高温・高湿環境に対応したグローバル自動販売機の冷却技術

Cooling Technology for Global Vending Machine Installed in High-Temperature High-Humidity Environments

村瀬 孝夫 MURASE, Takao

中国の主要都市部の最高気温・湿度を考慮し、周囲温度 40℃、相対湿度 75% の環境下で運用できるグローバル自動販売機の開発に取り組んだ。目標とする周囲温度の上昇に伴い、増加する熱負荷を効率良く冷却する断熱・冷却技術と、効果的な運転制御技術の開発を行った。また、高温・高湿環境下で蒸発器に発生する着霜の影響については、その成長過程を観察した結果、着霜量の低減対策として蒸発温度の設定レベルに着目し、再調整を行うことで着霜量を制限した。これらの対策により、高温・高湿環境下でありながら、必要冷却能力の低減と初期冷却時間の短縮を実現した。

We have been working on the development of a global vending machine capable of operating in environments with an ambient temperature of 40℃ and relative humidity of 75% in consideration of the maximum temperatures and humidity of major cities in China. Along with an increase of target ambient temperatures, we have developed an efficient operating control technology, as well as a heat insulating and cooling technology for efficiently cooling increased heat loads. With regard to the effect of frost formed on the evaporator under the environment of high temperatures and high humidity, we have focused on the evaporation temperature setting level from the result of the observation of the frost formation process, and by readjusting the setting, we have controlled the amount of frost formation. These measures have enabled the model to reduce a required cooling capability and shorten an initial cooling time even in high-temperature high-humidity environments.

① まえがき

日本自動販売機工業会の調査によれば、2014 年末における日本国内の飲料自動販売機の普及台数は、256 万 8,600 台で前年度より 0.9% の減少となっている⁽¹⁾。台数減少の主な原因は、消費増税に伴う売価の上昇による売上減や、コンビニエンスストアで販売されるコーヒーの人気による缶コーヒーの売上減などである。その一方、中国では大都市の地下鉄の構内やオフィス、工場などを中心に 7～8 万台程度が普及しているといわれ、今後も設置台数は増大することが予想されている。

富士電機は、伸長が期待される中国を中心とした海外市場に展開するため、高温・高湿環境に対応したグローバル自動販売機を開発した。本稿では、その冷却技術について述べる。

② 開発の背景

上海、杭州、広州などの中国の主要都市部では、最高気温は例年 40℃ に達し、日本国内よりも高温環境にあるといえる。日本国内向けの高湿環境条件は 32℃ であり、このような 40℃ を超える高温や高湿環境における動作検証は従来行ってこなかった。なお、低温環境条件 (5℃) は日本国内向けの仕様と同じであり、動作検証は完了している。

中国をはじめとしたグローバル市場に展開するためには、高温・高湿の設置環境を考慮した自動販売機を開発する必要がある。

③ 開発の狙いと課題

3.1 高温・高湿環境下での課題

自動販売機の冷却能力は、単位時間あたりに庫内から奪う熱エネルギー量で評価を行う。その熱エネルギー量は周囲温度や商品温度とその目標温度との差によって決定され、温度差が大きいほど奪う熱エネルギー量は大きくなり、高い冷却能力が必要となる。

また、熱エネルギー量は、商品の冷却を完了するまでの到達時間により案分されるため、目標とする到達時間が短いほど単位時間あたりに要求される冷却能力は高くなる。

図 1 に、冷却完了の到達時間と必要冷却能力の関係を示す。周囲温度と商品温度が同じになっている初期状態からの冷却（初期冷却）において、日本国内では周囲温度 32℃ にて 24 時間での冷却完了を基準値としている。周囲温度が 32℃ から中国市場で要求される 40℃ に変化すると、温度差による熱エネルギー量の増加により 1.4 倍の冷却能力が必要となる。

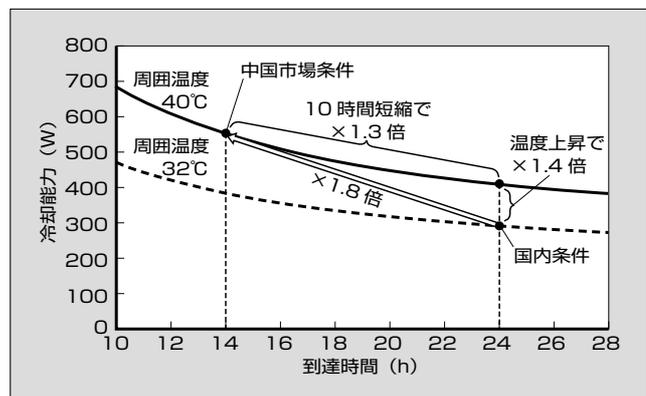


図 1 到達時間と必要冷却能力の関係

また、稼働後の安定時に新たな商品を補充して復帰するまでの冷却（補充復帰冷却）では、補充商品が十分に冷えるまでの販売待機時間は販売の機会損失になるため、短時間で復帰することが求められる。中国市場では、日本国内の24時間に対して10時間短い14時間以内に全商品の補充復帰冷却を完了することが要求される。到達時間が10時間短縮することにより、同じ周囲温度条件であっても初期冷却に対して1.3倍の冷却能力が必要となる。

この結果、周囲温度40℃、14時間での補充復帰冷却は、日本国内の基準に対して1.8倍もの冷却能力が必要となる。高い周囲温度の下では冷凍機そのものの効率が低下することにより冷却能力は減退する。このため効率良く冷却を行うには熱負荷対策を十分に行うことが必須である。

また、同じ相対湿度であっても周囲環境の温度が高いほど空気中に含まれる水蒸気量は多い。庫内温度が低下すると水蒸気は凝縮して露や霜となる。これらの露や霜は、蒸発器（冷却用熱交換器）のフィンの表面に付着し、冷却効率を減少させるので、悪影響を及ぼさないようにする必要がある。

3.2 狙い

グローバル自動販売機に求められる環境条件を、日本国内の周囲温度32℃、相対湿度65%に対して、周囲温度40℃、相対湿度75%を定格高温・高湿の設計値として定め、14時間以内で補充復帰冷却を完了することを目指し、初期と補充復帰時の冷却性能を改善するため次の3点について取り組んだ。

- (a) 熱負荷想定と断熱・冷却性能の確保
- (b) 最適運転制御による初期冷却時間の短縮
- (c) 着霜対策

4 高温・高湿環境技術の特徴

4.1 熱負荷想定と断熱・冷却性能の確保

自動販売機の必要冷却能力は、式(1)によって決定される。

$$\text{必要冷却能力} = \text{庫外からの侵入熱量} + \text{商品熱負荷} \dots(1)$$

必要冷却能力の増大には、圧縮機や熱交換器の大型化などによって対応できるが、消費電力の増大につながるため安易に選択はできない。これに対して“庫外からの侵入熱量”と“商品熱負荷”の冷却熱負荷を適切にコントロールできれば、必要冷却能力を低減し、より効率の良い冷却システムを実現することができる。ここでは、この2点の対策について述べる。

(1) 庫外からの侵入熱量対策

図2に、庫外からの侵入熱量対策を示す。庫外から侵入する熱量は、庫内と庫外の温度差に比例し増加する。

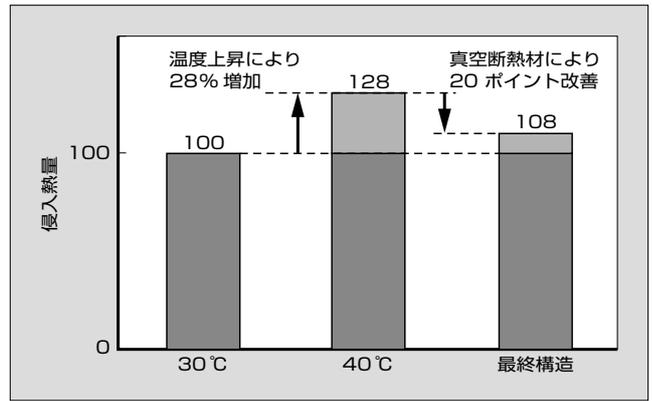


図2 庫外からの侵入熱量対策

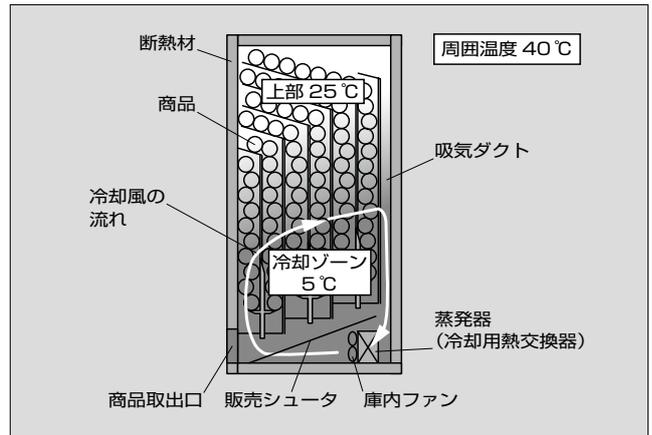


図3 ゾーンクーリングの概要

32℃の侵入熱量を100とすると、周囲温度が32℃から40℃になることで侵入熱量が28%増加する。

今回の開発では、断熱構造に真空断熱材を採用し、40℃環境下での断熱効果を20ポイント改善した。これにより、周囲温度の変化による侵入熱量増加分を28%から8%に抑制し、必要冷却能力を抑制した。

(2) ゾーンクーリングによる商品熱負荷対策

図3に、ゾーンクーリングの概要を示す。庫内全体を冷やすのではなく、次に販売する商品だけを部分的に冷やすことで必要冷却能力を低減できる。

中国市場における販売パターンの分析により、4本目までが冷えていれば適冷商品を継続して提供できることが分かっている。

今回の開発では、各商品の下方から4本目までの領域に限定して冷却風を循環させた。この商品熱負荷を最小とするゾーンクーリングによって、冷却対象となる商品数を限定し、冷却システムとして要求される必要冷却能力を低減した。

4.2 最適運転制御による初期冷却時間の短縮

(1) リカバリーシフト冷却

図4に、リカバリーシフト冷却の概要を示す。保冷運転のオン・オフ制御では、実際の商品温度でなく、庫内空気温度を保冷温度レベルの基準にして冷却制御を行うのが一

〈注1〉商品熱負荷：庫内に搭載する商品を投入温度から提供温度まで冷却する際に、奪う必要のある熱エネルギー量の総和のことである。

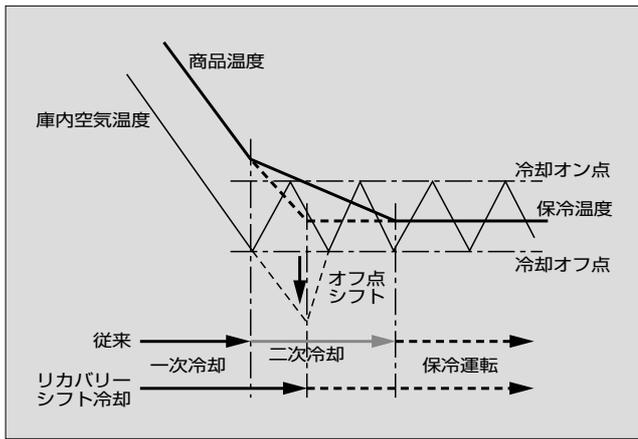


図4 リカバリーシフト冷却の概要

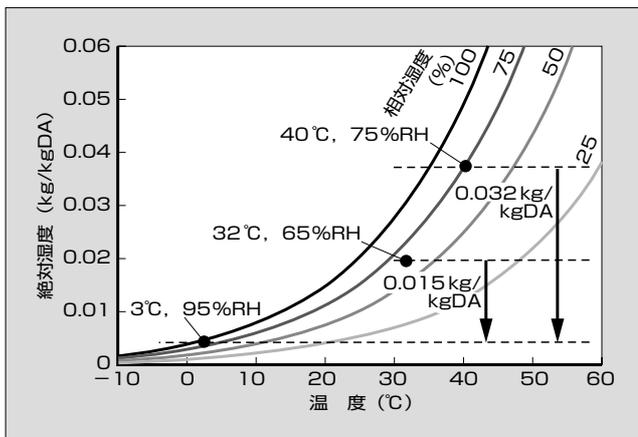


図5 湿り空気線図

一般的である。この場合、商品温度に対して庫内空気温度が先に冷えるため、商品が保冷温度に達する前にオン・オフ制御となり、間欠運転の二次冷却が開始されるため商品の冷却速度が遅くなり、商品保冷温度への到達時間が遅れる。

リカバリーシフト冷却では、商品温度を保冷温度まで下げる時間を短縮するため、冷却開始時の一次冷却においてオン・オフ制御の温度レベルを下方へシフトする制御を追加した。この制御により、オフ制御の検知を意図的に遅らせて空気温度を低く導き、一次冷却を持続して商品保冷温

度への到達時間を短くする。このリカバリーシフト冷却により、保冷温度への到達時間を従来の3時間から2時間20分に短縮した。

(2) 除霜運転の短周期化

図5に、湿り空気線図を示す。想定環境条件は、周囲温度40℃、相対湿度75%と高温・高湿環境であり、冷却安定時の3℃、95%との水蒸気量の差は、従来の基準である32℃、65%時のおよそ2倍になる。庫内室温が十分に低下すると、庫内の水蒸気はドレン水として排出されず、霜として蒸発器に付着し成長する。

この結霜現象により風の流路が妨げられ、蒸発器の熱交換効率は低下し、冷却能力を十分に発揮できない状態となる。そして、さらにフィン間が霜により閉塞（へいそく）状態になることで凍結が進むと、蒸発器が機能しないため庫内の冷却は行われぬ。また、冷却を停止して霜を融解する除霜動作の時間も霜の成長量に比例して長くなり、その間圧縮機が停止し、庫内の冷却が行われぬ。

この着霜の成長を抑止するため、除霜の間隔を短周期に調整し、除霜回数を増やすこととした。これにより、着霜の成長量を抑止するとともに、着霜による蒸発器の閉塞を回避し安定した冷却運転が可能になった。

4.3 着霜対策

(1) 着霜成長過程の確認

着霜の成長が著しいのは、蒸発器の排風側ではなく空気吸込み側であることが分かっていたため、空気吸込み側の状態を運転初期から安定運転状態に至るまで、小型カメラで撮影し観察した。図6に、蒸発器の空気吸込み側における着霜成長の様子を示す。

運転初期の庫内温度が比較的高い（15℃以上）状態にあっても、上層部（冷媒入り口付近）には常に着霜があることが分かった。蒸発器の表面温度が氷点以下となり着霜したためである。

蒸発器は冷媒の入り口付近となる上層が最も温度が低くなり、下層の出口に向かうほど上昇する。庫内温度が高くなり、吸込み空気(注2)の温度が高い場合は、熱交換が行われて過熱度が大きい状態となり、着霜は上層のみに限定される。

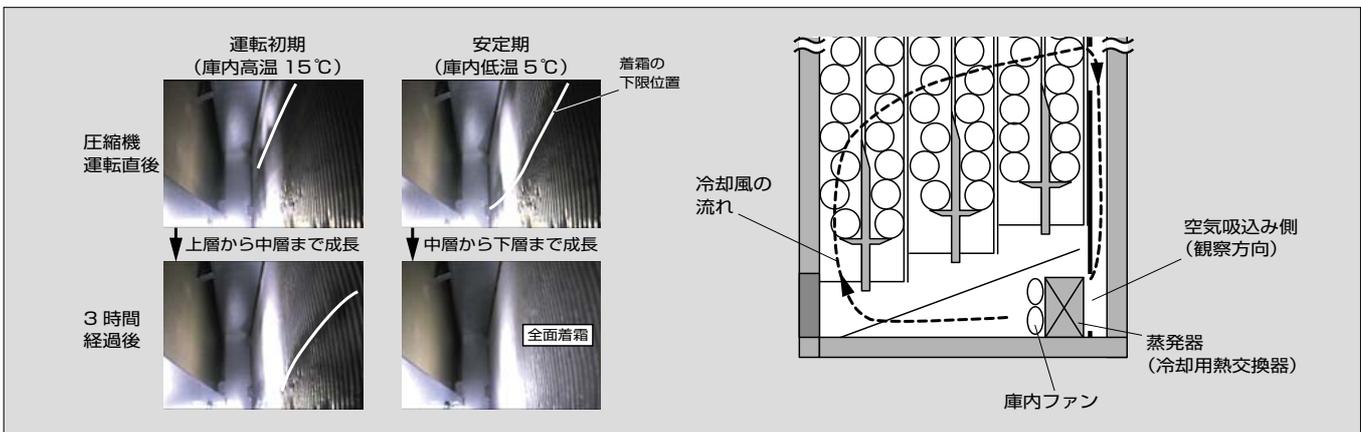


図6 蒸発器の着霜成長の様子

庫内温度の低下とともに過熱度が減少してくると、蒸発器の表面温度が上層部から徐々に均一化され、この温度変化に伴うように着霜成長範囲が拡大する様子が確認された。そして、着霜が空気吸込み面の全面に行き渡ると風量が落ち、さらに成長が加速して一気に閉塞状態まで進行する。

いったん閉塞状態に陥ると、除霜動作が行われるまで風の循環が失われ、熱交換が行われない。除霜時には霜が融解する間、蒸発器の温度は0℃に保たれる。その融解持続時間は着霜量に比例するので運転復帰が遅れ、庫内温度の上昇につながる。また、除霜動作により冷凍機の運転が停止すると、着霜状態から融解するが、安定期のサイクル運転においては全てがドレン水となって庫外へ放出されず、一部が庫内に水蒸気となってとどまる。この水蒸気が運転再開後に蒸発器の温度低下に伴い結霜し、従前の状態に復活することが分かった。

(2) 蒸発温度の下限抑制

前項で述べたように、庫内の循環空気温度の低下に伴い蒸発器の着霜は上層から下層へと進み閉塞へと至ること、ならびに除霜動作だけでは着霜量の制限ができないことが分かった。

一般的に、蒸発器は潜熱を利用して熱交換を行うのが最も効果的であり、過熱度が小さい状態での安定運転が望ましい。よって、着霜の成長が顕著とならない蒸発温度で庫内冷却を行うことが効果的であり、着霜の成長を決定する最も重要な要因は冷媒の蒸発温度のレベル調整にあると考えた。

着霜の成長の確認により、蒸発器のフィンの表面に結霜が急激に成長する温度（着霜温度）は-4.5℃付近であることが分かった。従来機では蒸発温度が-5.5℃に設定されていたため、庫内冷却が進むにつれて庫内温度が低温で安定し、着霜が全面に行き渡るため蒸発器の表面温度はより低下する。このため、表面温度は着霜温度を下回り、着霜の成長が加速されて空気吸込み側のフィンが閉塞状態に陥ることを確認した。

〈注2〉 過熱度：蒸発器内を流れる冷媒液は、熱を吸収して徐々に蒸気へと状態が変化する。この間は、液と蒸気が混ざって流れ、温度は蒸発温度のまま一定となる。全てが蒸発すると飽和蒸気となり、さらに熱の吸収が進むと過熱蒸気となって再び温度が上昇する。この蒸発温度からの温度上昇値を過熱度という。

本来、蒸発温度と吸込み空気温度の温度差が大きいほど冷却の熱交換が効率良く行われるが、あえて蒸発温度を2℃上昇させ、着霜温度を上回る-3.5℃に設定して確認試験を行った。その結果、着霜が全面に広がることなく、また着霜によるフィンの閉塞もなく、安定冷却まで初期冷却が行われることを確認した。補充復帰冷却においても同様にフィンの閉塞の発生は認められず、冷却完了時間が短縮する結果となった。これは、着霜量が低下し、相対的に蒸発器の熱交換効率が向上したためである。

この実験結果に基づき、蒸発温度レベルを-3.5℃に再調整を行った。この蒸発温度の下限抑制により着霜量を低減した。

4.4 評価結果

これまでに述べた冷却熱負荷の適切なコントロールと運転制御の最適化、および着霜対策によって、周囲温度40℃、相対湿度75%の環境下において、目標とした14時間に対して13.5時間での補充復帰冷却の完了を確認した。

5 あとがき

海外市場特有の高温・高湿環境へ対応したグローバル自動販売機の冷却技術を開発した。

今回の開発においては、周囲温度と庫内温度の大きな温度差による負荷の増大と、高湿環境から生まれる着霜現象の影響が大きな問題になることが分かり、対策を行って目標を達成した。

今後は高温・高湿環境下での冷却時間の達成だけでなく、より安定した効率的な運転を目指してさらなる改善に取り組む所存である。

参考文献

- (1) 一般社団法人 日本自動販売機工業会. “自販機普及台数及び年間自販金額” 2014年（平成26年）版. <http://www.jvma.or.jp/information/fukyu2014.pdf>, (参照 2015-06-15).



村瀬 孝夫

自動販売機の冷熱開発に従事。現在、富士電機株式会社食品流通事業本部三重工場設計第二部。

解説 1 エジェクタ

p.164, 168

エジェクタとは、蒸気などの流体をノズルから吹き出してノズル出口を負圧にすることにより、他の流体を吸い込む流体ポンプである。

エジェクタの利点として、給湯機やカーエアコン用冷凍機の膨張機構においては省エネルギー効果が、蒸気タービンシステムの復水器や真空チャックなどに用いられるポンプ機構においてはメンテナンスの容易性が挙げられ、さまざまな用途で使用されている。

エジェクタの動作は、図1に示すように三つのプロセスに分けられる。

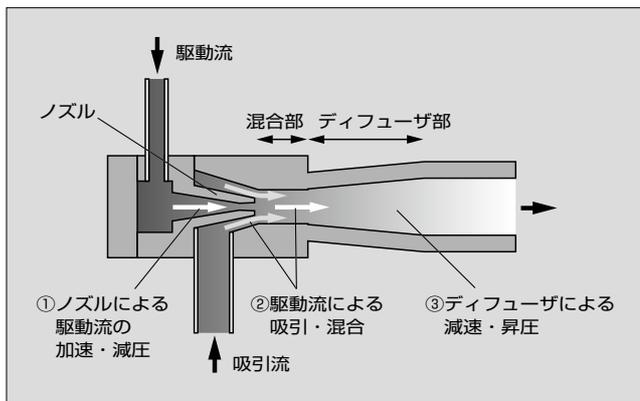


図1 エジェクタの動作

(1) ノズルによる駆動流の加速・減圧

高圧の駆動流をノズルにより絞り、加速・減圧を行う。これまで用いていた膨張弁では、図2に示すようにオリフィス（絞り穴）から吹き出して減圧していたため渦が発生し、エネルギーを損失していた。

(2) 駆動流による吸引・混合

ノズル出口から吹き出した駆動流は、霧吹きと同様の原理で周囲の圧力に対して負圧になり、吸引流を引き込みながら混合される。

(3) ディフューザによる減速・昇圧

ディフューザ（拡大管）における流路断面積の拡大に伴って流れが減速し、運動エネルギーが圧力エネルギーに変換されて圧力が上昇する。

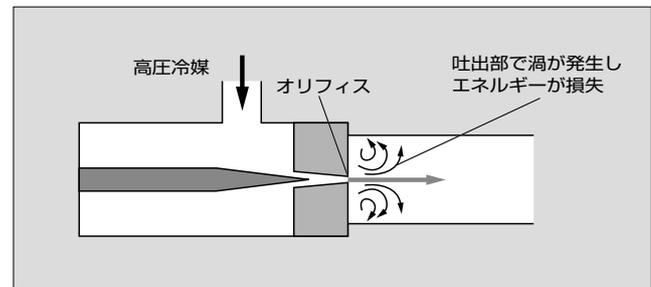


図2 従来の膨張弁における渦の発生



操作性およびネットワークの利便性を追求したプログラマブル表示器「MONITOUCH V9 Advanced」

Programmable Display with Advanced User-Friendliness and Network Utilization
“MONITOUCH V9 Advanced”

小藤 弘行* KOFUJI, Hiroyuki

一色 孝博* ISSHIKI, Takahiro

中西 拓也* NAKANISHI, Takuya

近年、スマートフォンやタブレットの普及が進み、誰もが所有する時代となってきている。また、それらのモバイル機器では、ジェスチャー操作やインターネット接続技術など高機能化が進んでいる。

産業分野においても、民生用のモバイル機器と同様の操作性やスマートフォンを使った遠隔監視・操作の要求が高まってきている。そこで、産業分野で要求される高い品質を維持しつつ、民生機器と同様の操作性と最新のネットワーク技術を組み込んだプログラマブル表示器「MONITOUCH V9 Advanced」を開発した。

1 特徴

「MONITOUCH V9 シリーズ」は、さまざまなニーズに応えられるように3種類のラインアップを用意している。

(a) 「MONITOUCH V9 Lite」

基本性能を追求したベーシックモデルである。

(b) 「MONITOUCH V9 Standard」

マルチメディア機能を付加して、より高機能化を図っている。

(c) 「MONITOUCH V9 Advanced」

マルチメディア機能に加え、静電容量方式のタッチスイッチとワイド液晶を採用したモデルである。

本稿では、最も高機能である MONITOUCH V9 Advanced について述べる。外観を図1に、仕様を表1に示す。



図1 「MONITOUCH V9 Advanced」

表1 「MONITOUCH V9 Advanced」の仕様

項目		仕様	
型式		V9101i WRLD	V9071i WRLD
電源	定格電圧	DC24V	
	許容瞬停電時間	1ms以内	
	消費電力	27W以下	22W以下
温度環境	動作周囲温度	0～50℃	
	動作周囲湿度	85%RH以下（結露なきこと）	
外形寸法	W×H×D (mm)	278.5×198.5 ×54.4	201.6×147.6 ×60.3
		画面メモリ (FROM)	
バックアップメモリ (SRAM)		800Kバイト	
表示部仕様	解像度	1,024×600	800×480
	インチ	10.1型	7.0型
	バックライト	LED	
	バックライト寿命	50,000時間	100,000時間
タッチスイッチ仕様		静電容量方式	
外部インタフェース	D-SUB	1CH	—
	モジュラー	2CH	
	SDカード	1スロット	
	Ethernet	2CH	
	無線LAN	1CH	
	USB	Type A, Type mini-B	
	音声出力	1CH	—

MONITOUCH V9 Advanced は次の特徴を持つ。

(a) VPN・ルーティング動作対応機能

(b) 静電容量方式のタッチスイッチ

(c) 豊富なインタフェース

MONITOUCH V9 Advanced は、無線と有線を合わせて3チャンネルのEthernet^(注)ポートを用意しており、用途に応じた使い分けが可能である。

2 背景となる技術

2.1 VPN・ルーティング動作対応機能

VPNとは、インターネット上に仮想のプライベートな回線を構築することで新たな回線工事などが不要になる仮想ネットワークのことである。MONITOUCH V9シリーズにVPN対応機能を内蔵したことで、VPNサーバ

* 発紘電機株式会社開発部

〔注〕 Ethernet：富士ゼロックス株式会社の商標または登録商標

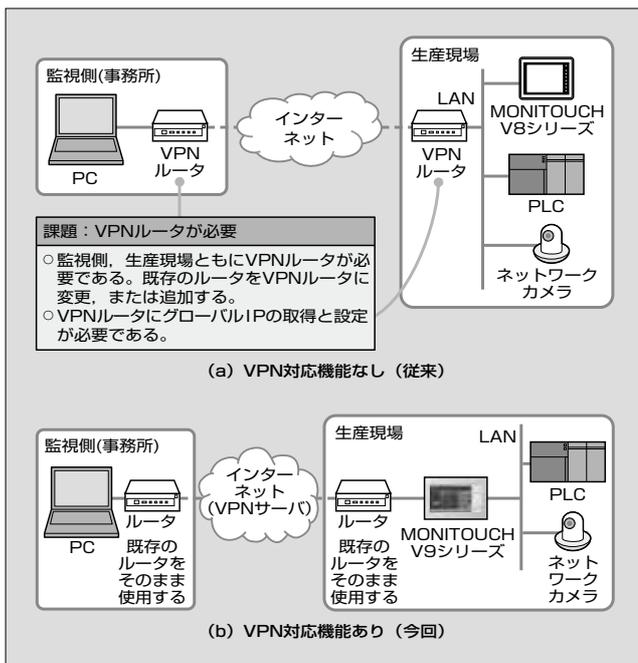


図2 遠隔監視システムの構築例

を経由した遠隔監視や操作を容易に行うことができる。図2に遠隔監視システムの構築例を示す。

従来の機能において遠隔監視を行うためには、専用のVPNルータを用意してグローバルIPアドレスの取得や設定を行う必要があった。MONITOUCH V9シリーズでは、VPN対応機能により、従来では必要であったVPNルータが不要となる。したがって、VPNの設定に必要なネットワークのスキルも不要であり、簡単に既存設備のまま遠隔監視や操作を行うことができる。

MONITOUCH V9 Advancedは、PLCやネットワークカメラによる監視や操作といった従来の機能に加えて、VPN接続のルーティング動作対応機能を内蔵している。これにより、PCからも遠隔監視や操作が可能である。

また、MONITOUCH V9シリーズ、PC、VPNサーバの間は全て暗号化通信を行っており、セキュリティ面の堅固性にも考慮した構成にしている。

2.2 静電容量方式のタッチスイッチ

これまで主流であった抵抗膜方式では、パネル表面の透明電極に対し、向かい合った透明抵抗膜を指またはペンで直接押すことで操作位置を検出する。このため、電極に直接圧力がかかる必要があり、電極の劣化と操作性の低下につながっていた。

静電容量方式では、電極の容量変化を感知して操作位置を検出するため、指などを近づけるだけで操作が可能であり、直接電極に触れる必要がない。したがって、操作面側にガラスなどを配置することができ、電極に対する機械的ストレスが発生しない。さらに、軽いタッチ操作が可能であり、ピンチイン・ピンチアウトのような軽快なジェスチャー操作を行うことができる(図3)。

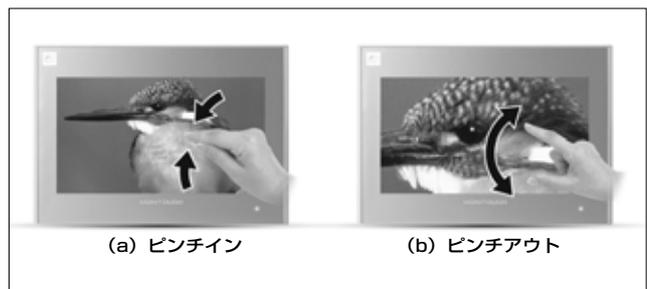


図3 ジェスチャー操作

表2 各方式の機能比較

	アナログ抵抗膜方式	マトリックス抵抗膜方式	静電容量方式
打鍵寿命	△ (100万回程度)	△ (100万回程度)	○ (1,000万回以上)
文字入力	○	× (格子状電極による)	○
多点操作	△ (中点押しとなる)	○	○
検出感度	△ (押し圧が必要)	△ (押し圧が必要)	○

このような特徴を持つ静電容量方式は、抵抗膜方式と比較するとパネルの操作性が向上し、機械的寿命が100万回程度から1,000万回以上となり、10倍以上長い。また、抵抗膜方式では文字入力と同時に多点操作を両立することができなかったが、静電容量方式では両立が可能になった(表2)。

ただし、静電容量方式は使用環境の変化に敏感であり、ノイズ耐性の向上および誤入力への対策が必要不可欠である。そこで、ソフトウェアフィルタによって異常検出時の動作を制御するとともに、フィールドノイズの判定と定期的な補正動作を行うことで環境変化への追従を実現した。

3 グローバル展開

MONITOUCH V9 Advancedは、グローバル展開を目指した製品であり、CEマーク(EMC)、UL規格、KC規格に適合している。また、日本、米国、カナダ、欧州、韓国の電波法にも適合しており、さらなる販売地域の拡大を目指して、その他の国における電波法の認定についても取得することを検討している。

発売時期

2015年4月

お問い合わせ先

発紘電機株式会社開発部
電話 (076) 274-5268

(2015年4月10日 Web公開)

グローバルスタンダード温度調節計「PXFシリーズ」

Global Standard Temperature Controller “PXF Series”

萩岡 信和* HAGIOKA, Nobukazu

富士電機は、省エネルギー（省エネ）や安全・安心に貢献する計測制御システムおよび計測機器を提供している。中でも温度調節計は、高品質でコストパフォーマンスに優れた「PXRシリーズ」を中心に、多くの支持を得ており、全世界で販売累計 300 万台を超えている。

「PXFシリーズ」は、富士電機の主力製品である PXR シリーズの使いやすさはそのままに、多機能型「PXGシリーズ」の機能をさらに拡張し、グローバル市場に対応したモデルである（図 1）。

1 富士電機の温度調節計ラインアップ

富士電機では用途や価格帯別にさまざまな温度調節計をラインアップしている（図 2）。小型装置から各種製造



図 1 「PXFシリーズ」

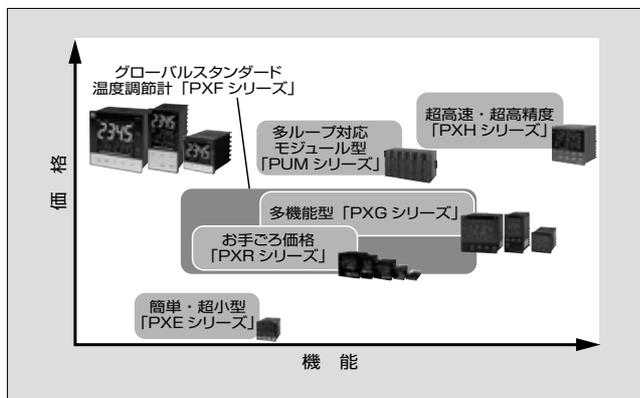


図 2 温度調節計のラインアップと位置付け

* 富士電機株式会社産業インフラ事業本部東京工場機器生産センター機器開発部

装置・圧力制御装置まで、また、オン・オフ制御からカスケード制御まで幅広いアプリケーションに対応している。

表 1 に、PXFシリーズの機能と従来機の PXRシリーズ、PXGシリーズの機能との比較を示す。「PXFシリーズ」は、主力製品 PXRシリーズと多機能型 PXGシリーズの特徴を包含し、高速化・高機能化することでグローバル市場に対応した最新モデルである。

2 「PXFシリーズ」の特徴と新機能

2.1 特徴

(1) 高速の入力サンプリング周期・制御演算周期

入力サンプリング周期を従来機（PXRシリーズ）比 1/10 の 50 ms に高速化し、制御演算周期も 1/5 の 100 ms に高速化した。また、入力指示精度も従来の $\pm 0.5\%$ から $\pm 0.2\%$ に高めた（測温抵抗体入力における、0 ~ 850℃レンジでの PXR との比較）。これにより、きめ細かな制御が可能になり、設備における生産性・加工品質の向上に貢献する。

(2) 業界最小クラスのサイズ

従来製品に比べて体積を約 25% 小型化した。業界最小クラスのサイズで（盤内奥行 58 mm）、設備の小型化に貢献する。

(3) ユニバーサル入力

パラメータを変更するだけで、熱電対や測温抵抗体、電圧、電流、DC mV に対してユニバーサル入力が可能である。保守用の温度調節計の在庫が削減でき、現場での突然のセンサ変更にも対応することができる。

2.2 新機能

(1) 2 自由度 PID 制御機能

従来 PID 制御では、設備の昇温時に立上げ時間を重視したチューニングを行うとオーバーシュートが大きくなり、逆にオーバーシュートを抑えたチューニングを行うと立上げ時間が延びるという問題があった。そこで、PXFシリーズでは、設定値に近づいたときに PID 制御量を変える 2 自由度 PID 制御機能を搭載し、立上げ時間短縮とオーバーシュート抑制を両立した。これにより、生産性・品質確保の両方の課題を解決でき、操業の効率化・省エネに有効である（図 3）。

(2) 視認性の高い表示器

表1 「PXFシリーズ」の機能

シリーズ名称	PXFシリーズ	PXGシリーズ (従来機)	PXRシリーズ (従来機)
入力サンプリング周期	50ms	200ms	500ms
制御演算周期	100ms	200ms	500ms
表示器	11セグメントキャラクタ 4色カラー表示 (PV表示は白色) 広視野角・高コントラストMVA液晶パネル	7セグメントキャラクタ 赤、緑色 高輝度LED表示	7セグメントキャラクタ 赤、緑色 高輝度LED表示
ユーザ割り当てキー	○	○	—
桁送りキー	○	—	—
2自由度PID制御	○	—	—
電動バルブ制御	□*1	□	—
簡易電力モニタ機能	○	—	—
稼働時間警報機能	○	—	—
ランプSV	○	○	—
ランプソーク機能	○ 64ステップ	○ 32ステップ	□ 16ステップ
ローダ通信ポート	○ USB給電	○ ミニジャック (給電なし)	—
警報・イベント出力	□ 最大3点 (最大5点*1)	□ 最大5点	□ 最大3点
警報・イベント出力種類	400種以上	82種	31種
イベント入力	□ 最大5点*1	□ 最大5点	□ 最大2点
イベント入力種類	50種以上	48種	12種
ヒータ電流モニタ機能	□ 最大100A	—	—
ヒータ断線警報	□ 最大100A	□ 最大50A	□ 最大50A
RS-485通信ポート	□ 最大115.4kbits/s	□ 最大19.2kbits/s	□ 最大9.6kbits/s
プログラムレス通信	Siemens-S7, Mitsubishi Qシリーズ対応*1	—	—
無線ローダ	Bluetooth*2,3	—	—
奥行寸法 (盤内)	58mm	78mm	78mm

○:標準機能, □:オプション機能

*1:2015年4月発売, *2:開発検討中, *3:Bluetooth:米国Bluetooth SIG, INC.の商標または登録商標

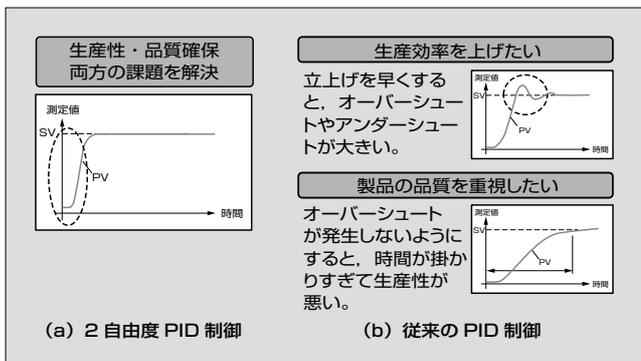


図3 2自由度PID制御機能

広視野角・高コントラストのMVA液晶パネルを搭載するとともに、現在温度(PV)の表示には白色表示を採用し視認性を高めた。

上下2段の文字表示スペースには11セグメント表示を採用することで、英文字を読みやすくして、視認性を向上した。液晶表示としては業界最大の文字高さ(PXF4:15.3mm, PXF5:18.1mm, PXF9:26.0mm)を確保し、離れた場所からの温度監視にも配慮している(図4)。

また、PVとSV(設定温度)の表示に加えて補助ディスプレイを搭載しており、時間表示・電力量表示・パー

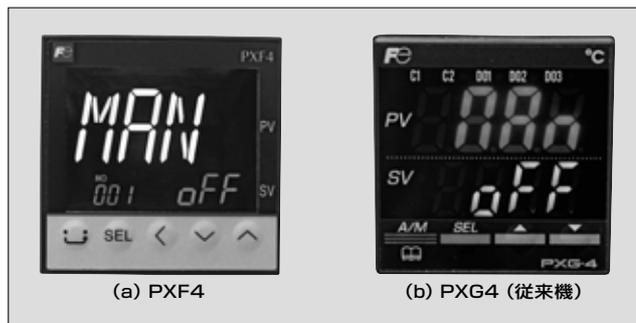


図4 表示器

グラフ表示が可能である(バークラフ表示はPXF5とPXF9のみ対応)。

補助ディスプレイには、おのおののパラメータに対応した番号を表示する機能を備えている。電話による遠隔サポートの場面でもパラメータ番号を用いて情報交換を行うことにより、対象となるパラメータを正確かつ迅速に把握することができる。

表示器は、機能や用途に関連付けて4色(白、緑、赤、だいだい)に色分けしており、安全操業にも配慮している。

(3) 簡易電力モニタ機能

設備の電力消費量を簡易的に監視でき、ユーザの省工

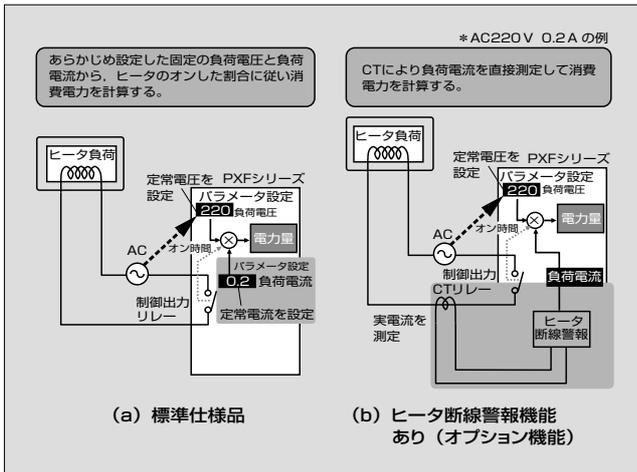


図5 簡易電力モニタ機能

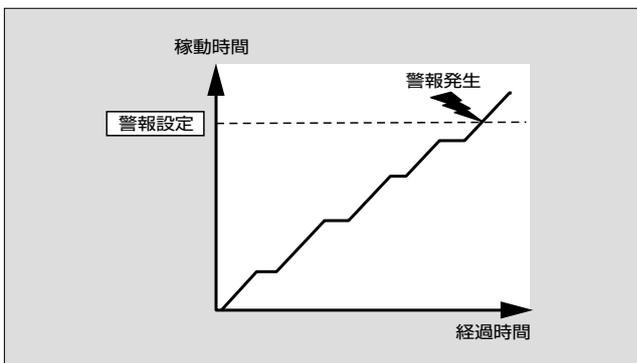


図6 稼働時間警報機能

ネをサポートする。

業界で初めて、制御対象のヒータ消費電力量の監視を行うことができる簡易電力モニタ機能を搭載した。これは、制御出力の種類がリレーの場合に対応している。現場で操業改善を行った際の省エネ効果の評価、セットメーカーにおいて装置の消費電力量の事前評価などに使用できる(図5)。

(4) 稼働時間警報機能

保守点検時期を知らせ、設備の予防保全をサポートする。

温度調節計自身の稼働時間が設定した時間に達すると警報を発する機能を搭載した。同一設備内の最短寿命の保守部品に警報時期を合わせることで、設備の予防保全に利用できる。予防保全用のタイマを設ける必要がなくなり、システムコストの削減が可能になる(図6)。

発売時期

2014年11月

(一部機能は2015年4月)

お問い合わせ先

富士電機株式会社
 産業インフラ事業本部産業計測機器事業部
 計測機器技術部
 電話 042(583)6597

IEC 規格適合 7.2 kV スイッチギヤ

IEC Standard Compliant 7.2 kV Switchgears

福田 純孝* FUKUDA, Yoshitaka

北村 高晃* KITAMURA, Takaaki

岩本 啓** IWAMOTO, Satoshi

スイッチギヤとは、電路を安全に開閉するとともにその状態を監視することができる装置である。海外向けのスイッチギヤには、IEC 規格（IEC 62271-200）が適用される。この規格では、故障や保守時の運転継続性に関する構造の分類および周囲の人の保護の分類など、安全な構造に対する考え方が強化されている。また、国内規格である JEM 規格も IEC 規格に整合させていく方向にある。

富士電機は、これらの背景から、海外向けに IEC 規格に適合する 7.2 kV スイッチギヤを製品化した。

1 特徴

7.2 kV スイッチギヤの外観を図 1 に、主な仕様を表 1 に示す。スイッチギヤには、真空遮断器（VCB：Vacuum Circuit Breaker）と高圧真空電磁接触器（VMC：Vacuum Magnetic Contactor）を収納している。これらの収納機器の外観を図 2 に示す。

1.1 安全性

(1) 機械的インタロック

人に対する安全を優先させるために、機械的な機構によるインタロックを設けている。

正面の扉は、遮断器（VCB、VMC）が断路位置または試験位置のときだけ開放できる機構とし、背面のカバーは、接地装置が“入”（ケーブル側接地で無電圧状態）のときしか開放できない機構を設けている。また、接地装置は遮断器と同時に操作できず、遮断器が“切”のときだけ遮断器の挿入または引出しができるようにしている。

(2) 点検時の安全性

IEC 規格では、点検時の停電範囲に関する運転継続性（LSC：Loss of Service Continuity）による機能区分が規定されている。運転継続性による区分は、従来のメタルクラッド形（MW）やコンパートメント形（CW）の仕切板の構造による区分に代わるものである。

開発品の LSC は、運転時の点検が安全にできる“LSC 2B-PM”に対応している。安全に点検できるように、遮断器のブッシング部には接地された金属製シャッタを採用し、盤の内部には遮断器室、母線室、ケーブル室ごと

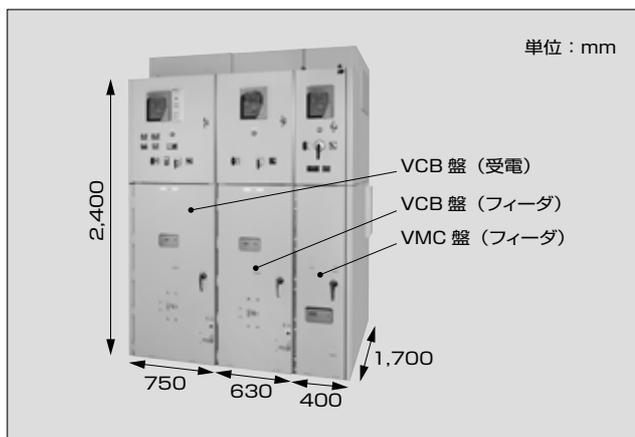


図 1 7.2 kV スイッチギヤ

表 1 7.2 kV スイッチギヤの主な仕様

項目	VCB盤	VMC盤
型式	VC-V6A	VC-VS6A
適用規格	IEC 62271-200	
定格電圧	3.6/7.2 kV	
定格母線電流	2,500 A	
定格電流	2,000/1,250 A	200/400 A
定格短時間耐電流	31.5/40 kA 3s	
運転継続性（LSC）	LSC 2B-PM	
内部アーク分類（IAC）	AFLR 31.5 kA 1s	

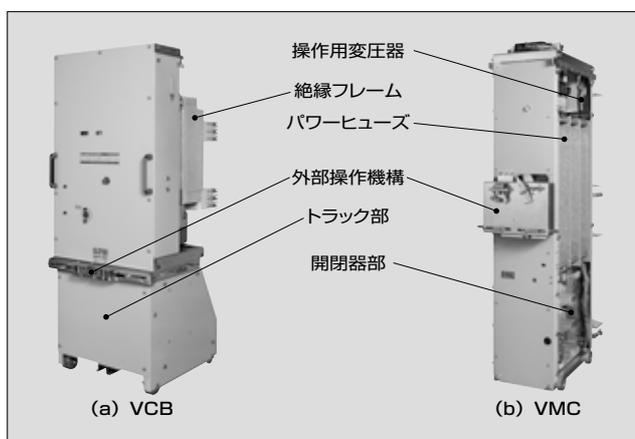


図 2 スイッチギヤの収納機器（VCBとVMC）

に鉄板で仕切りを設けている。

(3) 内部アーク事故時の安全性

* 富士電機株式会社産業インフラ事業本部変電システム事業部産業変電技術部

* 富士電機株式会社パワーエレ機器事業本部神戸工場盤装置部

** 富士電機株式会社パワーエレ機器事業本部盤事業部

万一、内部アーク事故が発生すると高温のガスや飛散物によって周囲の人に被害が及ぶリスクがある。IEC 規格では正面 (F)、側面 (L)、背面 (R) ごとに人に対する安全性についてクラス分類が規定されている。本装置の接近可能性は、スイッチギヤから 300mm 離れた範囲 (接近性クラス A) の全方向が安全なエリアとする “AFLR” を適用している。

(4) 絶縁母線構造による充電部の露出防止

地絡・短絡事故の低減を図るため、母線は絶縁コーティングを標準としており、接続部には絶縁カバーによる保護を行い、充電部が露出しない構造としている。

1.2 盤幅と奥行の縮小

VCB 盤は、盤幅を小さくするために、VCB の相間を縮小した絶縁フレームを開発し、ケーブル取合い位置を盤の下部にすることで、盤幅と奥行きを縮小した。

VMC 盤は、盤幅を小さくするために、パワーヒューズを VMC の前後に配置し、上部に操作用変圧器、下部に開閉器部を配置した。主回路の絶縁被覆と絶縁バリアにより絶縁距離を短縮することで盤幅を縮小するとともに、VCB 盤の奥行にも合わせた。

なお、VMC の操作方式は常時励磁式とラッチ式の二種類があり、どちらの方式の機構も同一サイズで提供が可能である。

1.3 トラックタイプ遮断器 (VCB, VMC)

遮断器は、リフターを使用せずに電気室の床面にそのまま搬入できるトラックタイプを採用し、停電作業時に遮断器の点検を効率的に行えるようにした。

1.4 めっき鋼板とリベット構造フレーム

耐食性に優れた特殊アルミニウム合金めっき鋼板をフレームに採用することで、塗装の削減など環境に配慮している。また、薄板リベット組立構造を採用し、軽量化とリサイクルに配慮している。

② 背景となる技術

VCB 盤と VMC 盤のフィーダ内部構造図を図 3 に示す。

2.1 外部操作機構ユニット

IEC 規格には、扉が閉じた状態で盤外から遮断器の挿入や引出しの操作ができるようにすることが規定されている。そこで、外部操作機構ユニットを開発し、遮断器に搭載した。遮断器の挿入や引出しが容易に行えるように、このユニットには送りねじ方式を採用した。

また、接地装置も正面の扉を閉じたまま開閉操作ができる構造とした。さらに、扉の外から遮断器の開閉状態を目視で確認できるように、強化ガラスを使用した監視窓を設けた。

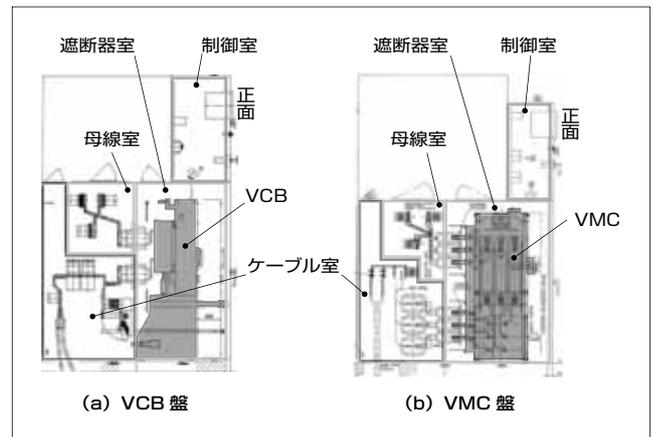


図3 フィーダ内部構造図

2.2 内部アーク事故対策

内部アーク事故時には、アークエネルギーによる急激な内圧上昇と温度上昇が生じる。そのため、遮断器室、母線室、ケーブル室ごとに放圧装置 (フラッパー) を設けることで内圧上昇を抑え、盤の周囲にいる人に被害を及ぼさずに安全に放圧できる構造とした。

内部アーク事故時の内圧上昇について、シミュレーションにより圧力解析と強度解析を行った。ケーブル室の圧力解析と強度解析の例を図 4 に示す。内部アーク事故発生直後の圧力分布を示しており、アーク発生部近傍 (赤色部) の圧力が最も高くなっている。圧力解析と強度解析を組み合わせて検討することで、区画ごとの最適な放圧面積とし、内部アーク事故時の圧力上昇に耐えるフレー

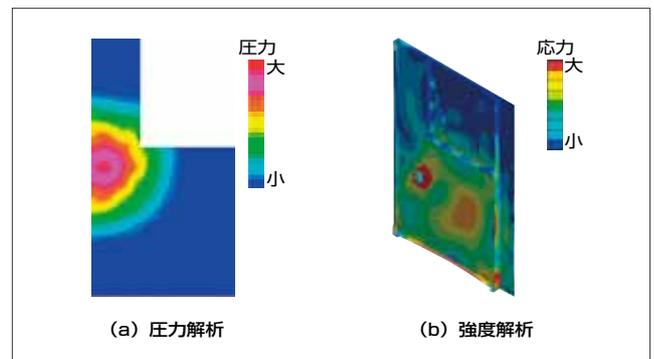


図4 内部アーク事故時の圧力解析と強度解析の例



図5 内部アーク試験

△構造を決定した。

2.3 内部アーク試験

内部アーク試験は、公的試験機関で実施した。IEC 規格では、内部アーク試験の条件として電気室の壁や天井などの模擬の配置を詳細に規定している。内部アーク試験の状況を図 5 に示す。

遮断器室，ケーブル室，母線室ごとに内部アーク試験を行い，万一の内部アーク事故時の安全性を十分に満たしていることを確認した。

発売時期

2014 年 10 月

お問い合わせ先

富士電機株式会社
営業本部海外プラント統括部営業第四部
電話 (03) 5435-7062

富士電機株式会社
営業本部素材産業統括部営業第三部
電話 (03) 5435-7016



トップランナー基準を満足したギヤードモータ「MGXシリーズ」 「MHXシリーズ」とブレーキモータ「MKSシリーズ」

Geared Motors “MGX Series” and “MHX Series,” and Break Motor “MKS Series,” Which Meet Top Runner Standards

館 憲弘* TACHI, Norihiro

トップランナー基準を満足し、従来品に比べて小型かつ低騒音のギヤードモータ「MGXシリーズ」「MHXシリーズ」およびブレーキモータ「MKSシリーズ」を開発し、発売した。

1 特徴

1.1 トップランナー基準への適合

ギヤードモータのMGXシリーズとMHXシリーズ、およびブレーキモータのMKSシリーズは、富士電機のトップランナーモータ「プレミアム効率モータ」と電気的特性が同じである。3定格でプレミアム効率(IE3)^(注)を満足している。

1.2 ギヤードモータ「MGXシリーズ」「MHXシリーズ」

ギヤードモータにおいて、二つのシリーズを提供している。モータの回転軸と出力軸が平行であるMGXシリーズと、直交しているMHXシリーズである。それぞれの外観を図1に、主な仕様を表1に示す。ギヤードモータは、モータの出力側にギヤ(減速機)を付けたものであり、省スペースで低い回転速度で大きなトルクの必要な用途、例えば搬送用コンベヤや洗車機などに使用される。

(1) 従来品との互換性

MGXシリーズとMHXシリーズは、従来品と取付け寸法を同じにした。また、出力軸許容OHL(オーバハングロード)は同等以上とした。さらに、ブレーキ付の機種はブレーキ特性(トルク、動作時間)を同等とした。

(2) 耐環境性の向上

高効率のモータは一般的に始動電流が大きくなるが、プレミアム効率モータと同様に、最大始動電流を従来品

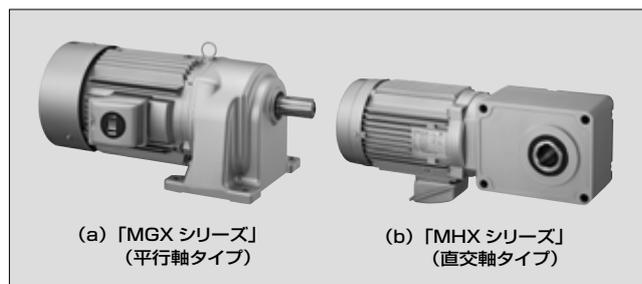


図1 ギヤードモータ

表1 「MGXシリーズ」「MHXシリーズ」の主な仕様

項目	仕様	
シリーズ(タイプ)	MGXシリーズ (平行軸タイプ)	MHXシリーズ (直交軸タイプ)
外被構造	全閉外扇形	
出力	0.75 ~ 7.5 kW	0.75 ~ 2.2 kW
極数	4P	
定格	S1(連続)	
ギヤ比	750W: 1/3 ~ 1/500 1.5 ~ 2.2kW: 1/3 ~ 1/300 3.7 ~ 5.5kW: 1/3 ~ 1/120 7.5kW: 1/3 ~ 1/80	750W: 1/7 ~ 1/200 1.5 ~ 2.2kW: 1/7 ~ 1/120
ギヤ潤滑方式	グリース潤滑	
耐熱クラス	155 (F)	
保護方式	IP44	
塗装色	シルバー	
モータ効率クラス	IE3/IE3-IE3 at200/200-220V, 400/400-440V 50/60Hz	

の130%以下となるようにして周辺機器への影響を極力小さくした。また、騒音値を従来品に対して最大5dB低減した。

(3) EC指令への適合

標準仕様でEC指令(低電圧指令)に適合させた。

1.3 ブレーキモータ「MKSシリーズ」

MKSシリーズの外観を図2に、主な仕様を表2に示す。ブレーキモータはモータの反負荷側にディスク式のブレーキを付けた構造であり、エレベータやホイストなどのように非常時に確実に停止する必要がある用途で使用される。

(1) 従来品との互換性

MKSシリーズは、取付け寸法を従来品と同じにした。ブレーキ特性(トルク、動作時間)も同等とした。また、これまで好評のブレーキ弛(ゆる)めハンドルを標準装備とした。

<注> 3定格は、200V 50Hz, 200V 60Hz, 220V 60Hzを指す。ブレーキモータの1.5kW 6極品, 11kW 4極品, 15kW 4極品は、200V 50Hzと220V 60HzがIE3, 200V 60HzがIE2である。

* 富士電機株式会社パワエレ機器事業本部鈴鹿工場品質保証部



図2 ブレーキモータ「MKSシリーズ」

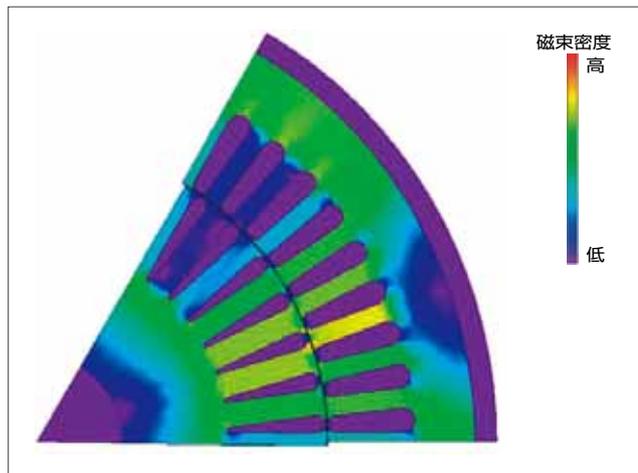


図3 鉄心の磁束密度分布の例

表2 「MKSシリーズ」の主な仕様

項目	仕様
外被構造	全閉外扇形 屋内
出力	4P: 0.75 ~ 15 kW, 6P: 0.75 ~ 3.7 kW
定格	S1 (連続)
耐熱クラス	155 (F)
保護方式	モータ部: IP44, ブレーキ部: IP20
塗装色	マンセルN1.2 (黒ツヤなし)
制動方式	無励磁作動形
ブレーキトルク	定格トルクの150/180% (50/60 Hz)
モータ効率クラス	4・6P-7.5 kW以下 (ただし6P-1.5 kW除く): IE3/IE3-IE3 at 200/200-220 V 50/60 Hz 4P-11 kW以上および6P-1.5 kW: IE3/IE2-IE3 at 200/200-220 V 50/60 Hz

次側および二次側), 鉄損, 機械損およびその他の漂遊負荷損に分けられ, 全損失の約 50% を占める銅損と約 30% を占める鉄損の低減が重要である。

導体の電気抵抗によって生じる銅損を低減させるには, 導体を入れるコア溝を大きくするとよい。しかし, コア溝を大きくするとコアの磁束密度が高くなって鉄損が大きくなる。そこで, 有限要素法を用いて, 発生する各損失と特性のバランスを考慮しながらトータルの損失が小さくなるようにコア溝の大きさと形状を最適化した。図3の解析例に示すように磁束密度分布が均一化されている。また, 鉄損の低い電磁鋼板を採用することにより, さらに損失の低減を図った。

モータを冷却するために反負荷側にファンを付けており, これが回転することによって機械損が発生する。ファンの形状を見直すことで, 機械損を低減するとともに風切り音も低減した。

参考文献

- (1) 館憲弘ほか, 富士電機のトップランナーモーター——「プレミアム効率モータ」の損失低減技術——, 富士電機技報, 2015, vol.88, no.1, p.36-40.

発売時期

「MGXシリーズ」「MHXシリーズ」: 2014年6月
「MKSシリーズ」: 2014年8月

お問い合わせ先

富士電機株式会社
パワエレ機器事業本部回転機事業部企画部
電話 (03) 5435-7081

(2) 耐環境性の向上

ギヤードモータと同様に, 最大始動電流を従来品の130%以下となるようにして周辺機器への影響を極力小さくした。また, 騒音値を従来品に対して最大5 dB低減した。

1.4 省エネルギー効果

15 kW 4極品を例にして, 従来品を開発品に置き換えた場合の省エネルギー(省エネ)効果を試算した結果は次のとおりである。年間の運転時間を4,800時間とすると, 消費電力量が約80,000 kWhから約78,000 kWhになる。省エネ効果は約2,000 kWhとなり, 料金に換算すると約32,000円の節約となる(電力料金を16円/kWhで計算)。

② 背景となる技術

損失低減については, モータの各部で発生している損失は出力や極数によって損失の比率が異なるが, 銅損(一

常時商用給電方式小容量 UPS 「UX100 シリーズ」

Standby Power Supply Mini-UPS “UX100 Series”

岩井 一博* IWAI, Kazuhiro

産業機器やパソコンのバックアップ電源には、高効率・安価な常時商用給電方式の無停電電源装置（UPS）が使用されることが多い。そこで、富士電機では常時商用給電方式小容量 UPS 「UX100 シリーズ」を開発した。

UX100 シリーズは、パソコンの OS の電源監視機能に対応し、USB（Universal Serial Bus）経由によるシャットダウン機能を備えている。また、従来モデルになかった、商用電源に異常が発生した場合にバッテリー運転への切替えを高速に行うモードを選択可能とし、出力電圧の変動を低減し安定的な給電を継続する機能も付加した。図 1 に UX100 シリーズの外観を示す。UX100 シリーズは、500 VA モデル、750 VA モデルおよび 1 kVA モデルを用意し、使用条件に合わせて容量を選択できるようにした。

1 常時商用給電方式 UPS

図 2 に常時商用給電方式 UPS の回路ブロック図を示す。商用電源が正常の場合は、商用電源をそのまま負荷機器に出力するため、効率の高い UPS である。

商用電源に停電などの異常が発生した場合は、バッテリーの電力をインバータで交流に変換し、負荷機器に給電するバッテリー運転を行う。このときの出力波形はインバータによって異なり、矩形（くけい）波出力タイプや正弦波出力タイプなどがある。



図 1 「UX100 シリーズ」

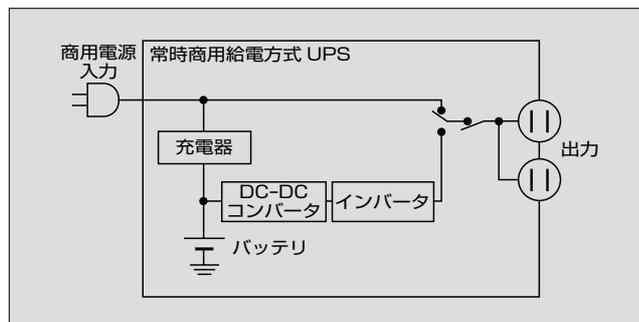


図 2 常時商用給電方式 UPS の回路ブロック図

2 「UX100 シリーズ」の特徴

UX100 シリーズは次のような特徴を持っている。

- USB 経由によるシャットダウン機能
- 高感度モードによるバッテリー運転への切替時間の高速化
- バッテリー運転時の正弦波出力
- DC スタート機能
- 縦置きと横置きの両用

(1) USB 経由によるシャットダウン機能

UX100 シリーズは、本体裏面に USB ポートを備えている。USB ポートを利用したデータ通信として、HID（Human Interface Device）のパワーデバイスをサポートしており、Windows などのパソコンの OS に標準機能として搭載されている電源監視機能（注）に対応している。この機能を利用することで、UPS の状態の監視やバッテリーの残容量に応じて OS を自動的にシャットダウンするなどの運用が可能となる。図 3 に、USB を使用した接続例とパソコンの表示例を示す。

(2) 高感度モードによるバッテリー運転への切替時間の高速化

常時商用給電方式 UPS では、商用電源に異常が発生してからバッテリー運転を開始するまでの切替時間は、10 ms から 100 ms 程度を要している。この切替時間は、商用電源の電圧低下レベルが小さいと遅くなることが一般的である。

UX100 シリーズでは、商用電源の異常検出には、従来の“通常感度モード”に加えて切替時間を高速化した“高

* 富士電機株式会社パワエレ機器事業本部開発センター

〈注〉 Windows：米国 Microsoft Corp. の商標または登録商標

感度モード”を追加した(図4)。高感度モードでは、軽微な電圧低下の発生でも高速にバッテリー運転に切り替わ

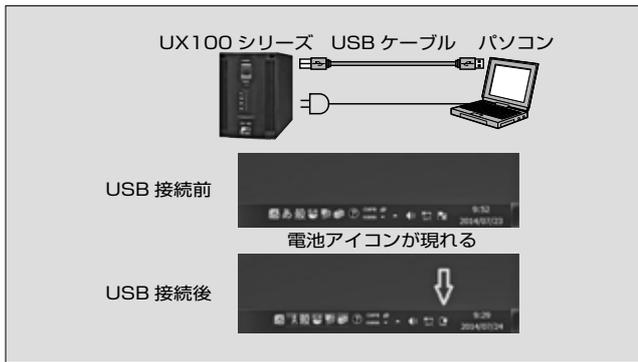


図3 USBを使用した接続例とパソコンの表示例

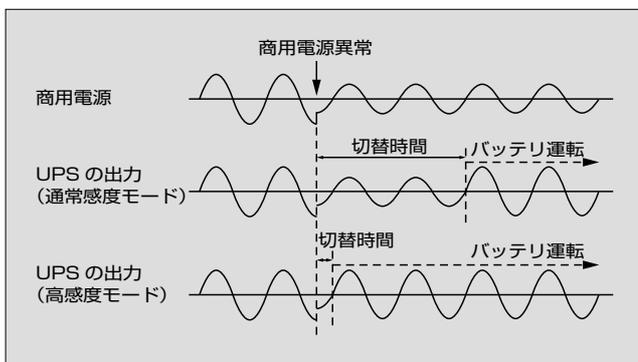


図4 通常感度モードと高感度モードにおける切替え

る。本体裏面のディップスイッチを使い、二つのモードを使用環境や負荷に合わせて選択することが可能である。

(3) バッテリー運転時の正弦波出力

常時商用給電方式 UPS ではバッテリー運転時に矩形波出力となる機種もあり、この場合負荷機器とのマッチングの確認が必要となる。しかしながら、UX100 シリーズではバッテリー運転時に正弦波出力となるため、負荷機器とのマッチングの確認は必要ない。

(4) DC スタート機能

DC スタート機能はバッテリー始動とも呼ばれ、商用電源が供給されていないときに、UPS を起動してバッテリーから負荷機器に電力を供給する機能である。これにより停電が継続している状態であっても、負荷機器への給電を開始することができる。周波数 (50/60 Hz) の変更は、

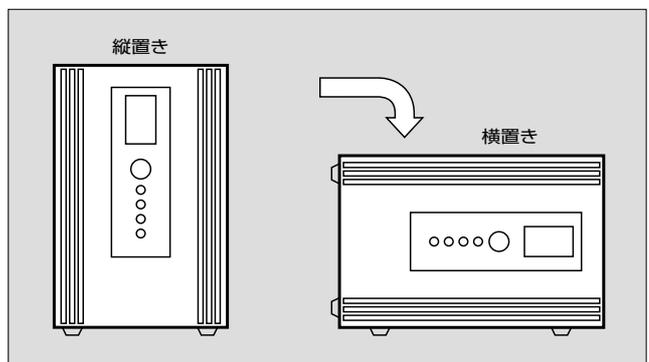


図5 縦置き設置と横置き設置

新製品紹介

表1 「UX100 シリーズ」の主な仕様

項目		500 VAモデル	750 VAモデル	1 kVAモデル
運転方式		常時商用給電方式		
交流入力	定格電圧 (電圧範囲)	100V (80 ~ 117V)		
	相数	単相2線 アース付き		
	周波数	50/60 Hz (自動設定)		
	最大入力電流 (充電電流含む)	6 A	9 A	12 A
交流出力	定格出力容量	500 VA/350 W	750 VA/525 W	1,000 VA/700 W
	相数・線数	単相2線 アース付き		
	出力電圧	80 ~ 117 V		
	出力波形	正弦波 (バッテリー運転時)		
	出力波形ひずみ率	整流負荷時: 20% (バッテリー運転時)		
バッテリー	出力コンセント	NEMA5-15R×4個		NEMA5-15R×6個
	バッテリー種類	長寿命小型シール鉛蓄電池		
環境条件	バックアップ時間	3.5分	5分	3.5分
	周囲温度	0 ~ 40℃		
	相対湿度	25 ~ 85% (結露なきこと)		
	可聴ノイズ	40 dB (A) 以下		45 dB (A) 以下
	安全規格	UL1778		
冷却方式	EMC	VCCI Class B		
		自然空冷		強制空冷
外形寸法	W107×D308×H162 (mm)	W93×D395×H250 (mm)	W93×D395×H250 (mm)	
質量	5.6kg	9.7kg	10kg	

商用電源がなく周波数の自動設定ができないので、本体裏面のディップスイッチで行う。

(5) 縦置きと横置きの両用

UX100 シリーズでは、縦置きと横置きが可能である (図 5)。横置きの場合、付属のゴム足を貼り付けて設置する。

(6) 仕様

UX100 シリーズの主な仕様を表 1 に示す。

3 「UX100 シリーズ」の用途

UX100 シリーズは次のような機器のバックアップ電源として使用できる。

- パソコン, 周辺機器
- POS 端末, つり銭機
- IP 電話, HUB, 無線 LAN ルータなどのネットワーク機器

ク機器

- 監視カメラなどのセキュリティ機器
- 各種 FA 機器, 産業機器

発売時期

2014 年 9 月

お問い合わせ先

富士電機株式会社
 パワエレ機器事業本部パワーサプライ事業部企画部
 電話 (03) 5435-7091



略語（本号で使った主な略語）

COP	Coefficient of Performance	成績係数
FRD	Fast Recovery Diode	
GWP	Global Warming Potential	地球温暖化係数
HID	Human Interface Device	
MDB 方式	Multi-Drop Bus	
ODP	Ozone Depletion Potential	オゾン層破壊係数
PWM	Pulse Width Modulation	パルス幅変調
SBD	Schottky Barrier Diode	
SCADA	Supervisory Control and Data Acquisition	
UPS	Uninterruptible Power System	無停電電源装置
USB	Universal Serial Bus	
VCB	Vacuum Circuit Breaker	真空遮断器
VMC	Vacuum Magnetic Contactor	高圧真空電磁接触器
VTS 方式	Vivid Transaction System	

商標（本号に記載した主な商標または登録商標）

Bluetooth	米国 Bluetooth SIG, INC. の商標または登録商標
Ethernet	富士ゼロックス株式会社の商標または登録商標
Windows	米国 Microsoft Corp. の商標または登録商標

その他の会社名、製品名は、それぞれの会社の商標または登録商標である。

訂正：富士電機技報 . 2015, vol.88, no.1, p.30.

(正) 縦軸 EMI レベル (dB μ V)

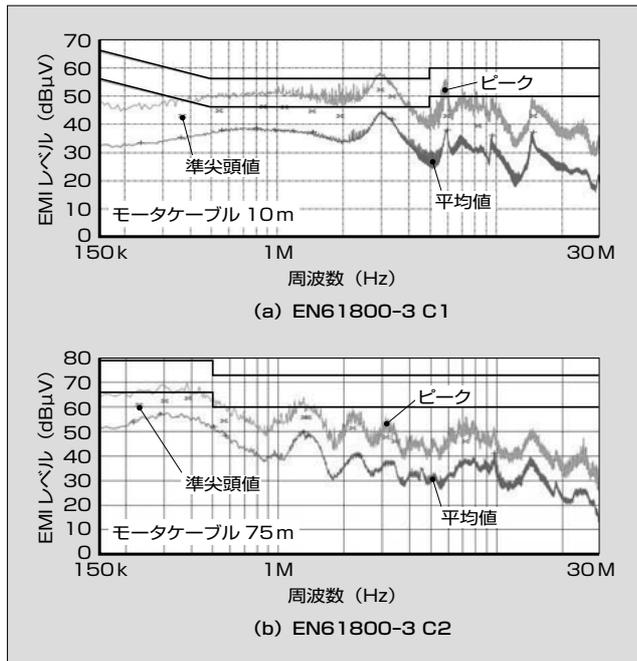


図7 FRENIC-HVAC/AQUA シリーズの雑音端子電圧

(誤) 縦軸 EMI レベル (dB μ V/m)

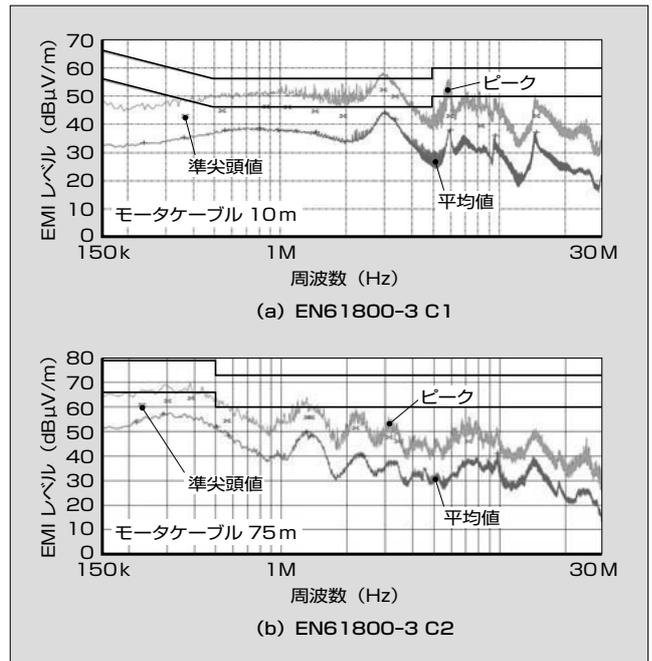


図7 FRENIC-HVAC/AQUA シリーズの雑音端子電圧

訂正：富士電機技報 . 2015, vol.88, no.1, p.57, 58.

(正)

- 図4 RPC の基本構成
- 図5 RPC の運用モード

訂正：富士電機技報 . 2015, vol.88, no.1, p.62.

(正)

- (a) 容量：1,667 kVA 連続，過負荷耐量 115% 1 時間

訂正：富士電機技報 . 2015, vol.88, no.2, p.86, 97.

(正)

- 2015 年度日本電機工業会電機工業技術功績者表彰

訂正：富士電機技報 . 2015, vol.88, no.2, p.87, 98.

(正)

- 日本機械工業連合会会長賞

訂正：富士電機技報 . 2015, vol.88, no.2, p.106.

(正)

- 国立研究開発法人 産業技術総合研究所

(誤)

- 図4 PRC の基本構成
- 図5 PRC の運用モード

(誤)

- (a) 容量：1,667 VA 連続，過負荷耐量 115% 1 時間

(誤)

- 2014 年度日本電機工業会電機工業技術功績者表彰

(誤)

- 機械工業連合会会長賞

(誤)

- 独立行政法人 産業技術総合研究所

主要事業内容

発電・社会インフラ

環境にやさしい発電プラントとエネルギーマネジメントを融合させ、スマートコミュニティの実現に貢献します。

発電プラント

火力・地熱・水力発電設備、原子力関連機器、太陽光発電システム、燃料電池

社会システム

エネルギーマネジメントシステム、電力量計、スマートメーター

社会情報

情報システム

産業インフラ

産業分野のさまざまなお客様に、生産ライン・インフラ設備に関わる「省エネ化」「ライフサイクルサービス」を提供します。

変電

変電設備、産業電源設備

機電システム

産業用ドライブシステム、加熱・誘導炉設備、工場エネルギーマネジメントシステム、データセンター、クリーンルーム設備

計測制御システム

プラント制御システム、計測システム、放射線管理システム

設備工事

電気・空調設備工事

パワーエレ機器

エネルギーの効率化や安定化に寄与するパワーエレクトロニクス応用製品を提供します。

ドライブ

インバータ・サーボ、モータ、EV（電気自動車）システム、輸送システム

パワーサプライ

無停電電源装置、パワーコンディショナ

器具

受配電・制御機器

電子デバイス

産業機器・自動車・情報機器および新エネルギー分野に欠かせないパワー半導体をはじめとする電子デバイスを提供します。

半導体

パワー半導体、感光体

ディスク媒体

ディスク媒体

食品流通

冷熱技術をコアに、メカトロニクス技術やITを融合し、お客様に最適な製品とソリューションを提供します。

自販機

飲料・食品自販機

店舗流通

流通システム、ショーケース、通貨機器

次号予定

富士電機技報 第88巻 第4号

特集 エネルギーマネジメントに貢献するパワー半導体

富士電機技報企画委員会

企画委員長	江口 直也				
企画委員幹事	瀬谷 彰利				
企画委員	荻野 慎次	斎藤 哲哉	片桐 源一	根岸 久方	
	八ツ田 豊	尾崎 覚	鶴田 芳雄	久野 宏仁	
	須藤 晴彦	吉田 隆	橋本 親	真下 真弓	
	安納 俊之	大山 和則			
特集委員	久野 宏仁	須藤 晴彦			
事務局	木村 基	小野 直樹	山本 亮太	柳下 修	

富士電機技報 第88巻 第3号

平成 27 年 9 月 20 日 印刷 平成 27 年 9 月 30 日 発行

編集兼発行人	江口 直也
発行所	富士電機株式会社 技術開発本部 〒141-0032 東京都品川区大崎一丁目11番2号 (ゲートシティ大崎イーストタワー)
編集・印刷	富士オフィス&ライフサービス株式会社内 「富士電機技報」編集室 〒191-8502 東京都日野市富士町1番地 電話 (042) 585-6965 FAX (042) 585-6539
発売元	株式会社 オーム社 〒101-8460 東京都千代田区神田錦町三丁目1番地 電話 (03) 3233-0641 振替口座 東京 6-20018
定価	756 円 (本体 700 円・送料別)

* 本誌に掲載されている論文を含め、創刊からのアーカイブスは下記 URL で利用できます。

富士電機技報 (和文) http://www.fujielectric.co.jp/about/company/contents_02_03.html

FUJI ELECTRIC REVIEW (英文) <http://www.fujielectric.com/company/tech/contents3.html>

* 本誌に記載されている会社名および製品名は、それぞれの会社が所有する商標または登録商標である場合があります。

© 2015 Fuji Electric Co., Ltd. Printed in Japan (禁無断転載)

Innovating Energy Technology

エネルギー技術を、究める。



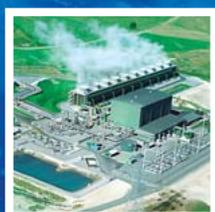
電気、熱エネルギー技術の革新の追求により、
エネルギーを最も効率的に利用できる製品を創り出し、
安全・安心で持続可能な社会の実現に貢献します。

F **富士電機**

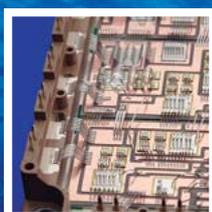
Innovating Energy Technology

エネルギー技術を、究める。

電気、熱エネルギー技術の革新の追求により、
エネルギーを最も効率的に利用できる製品を創り出し、
安全・安心で持続可能な社会の実現に貢献します。



耐食・材料・熱水利用技術
地熱発電プラント



デバイス技術
IGBTパワー半導体



パワーエレクトロニクス技術
メガソーラー向けPCS
(パワーコンディショナ)



パワーエレクトロニクス技術
インバータ



パワーエレクトロニクス技術
UPS(無停電電源装置)



熱交換・冷媒制御技術
ハイブリッドヒートポンプ式
自動販売機

FE 富士電機