

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）。



(a) コーヒーマシン

(b) ドーナツ仕器

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。

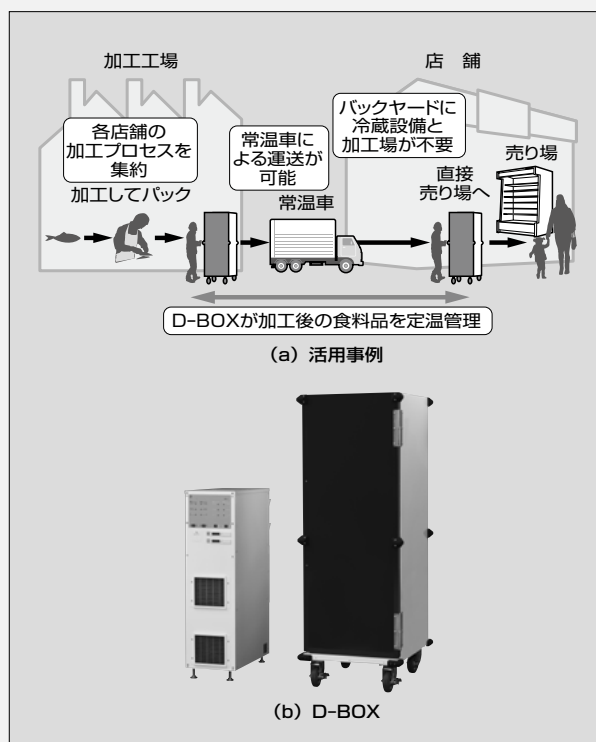


図4 「D-BOX」の活用事例

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。

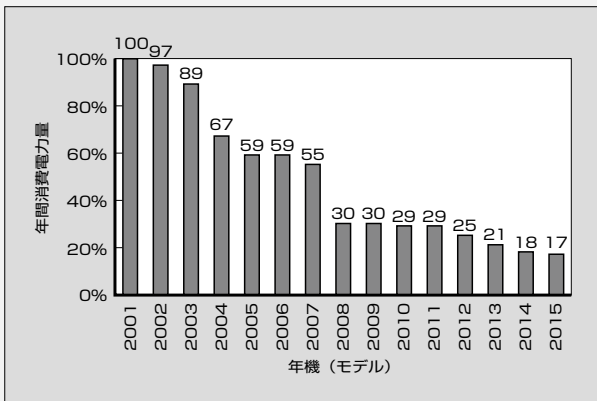


図5 缶・ボトル飲料自動販売機の消費電力量推移

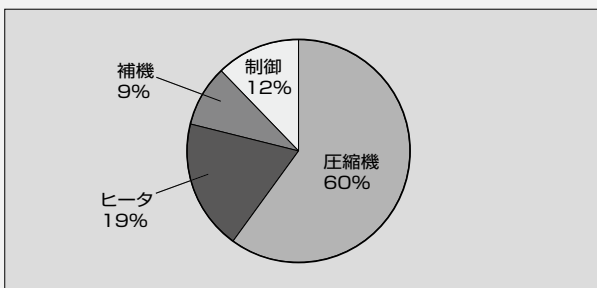


図6 缶飲料自動販売機の電力量分布

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てヒートポンプ技術^{(*)2}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

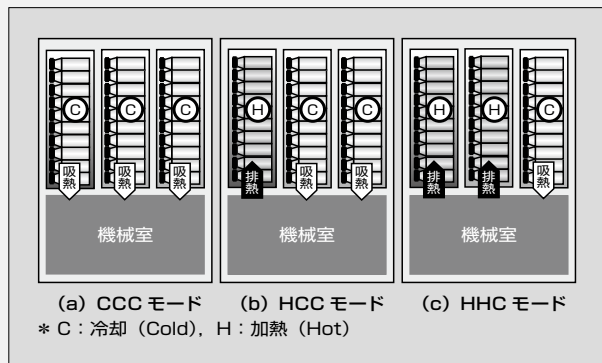


図7 ヒートポンプ加熱構成

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

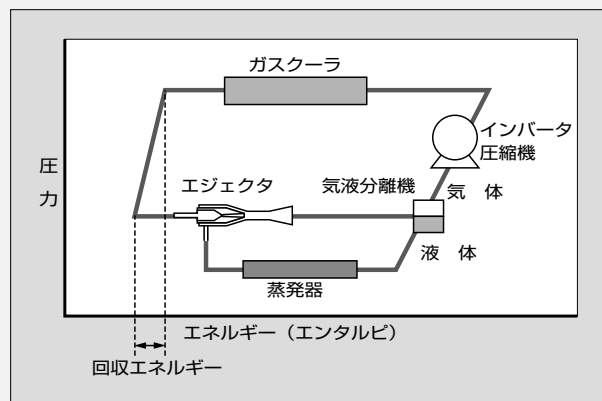


図8 エジェクタ冷凍サイクル

(*)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、さらには大気への熱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。

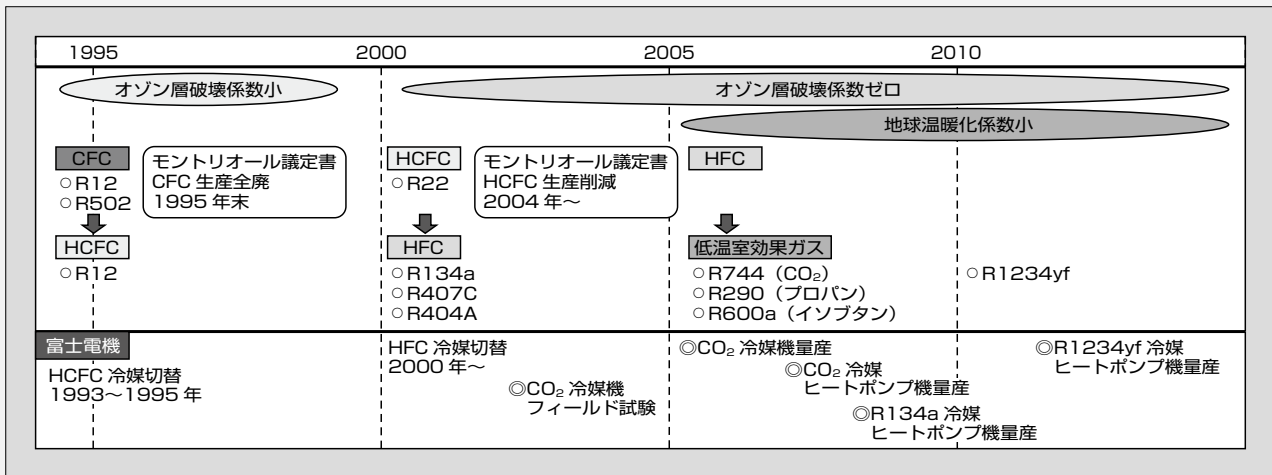


図9 冷媒の変遷

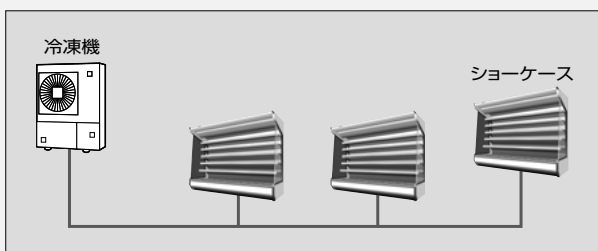


図10 別置型ショーケース

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。

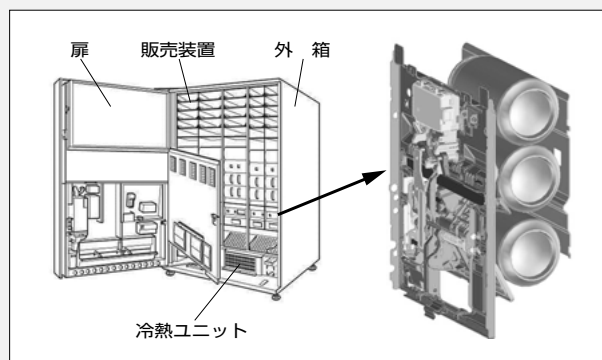


図 12 グローバル対応商品搬出機構



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。



*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。