

# 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、ここ数年で急伸し、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

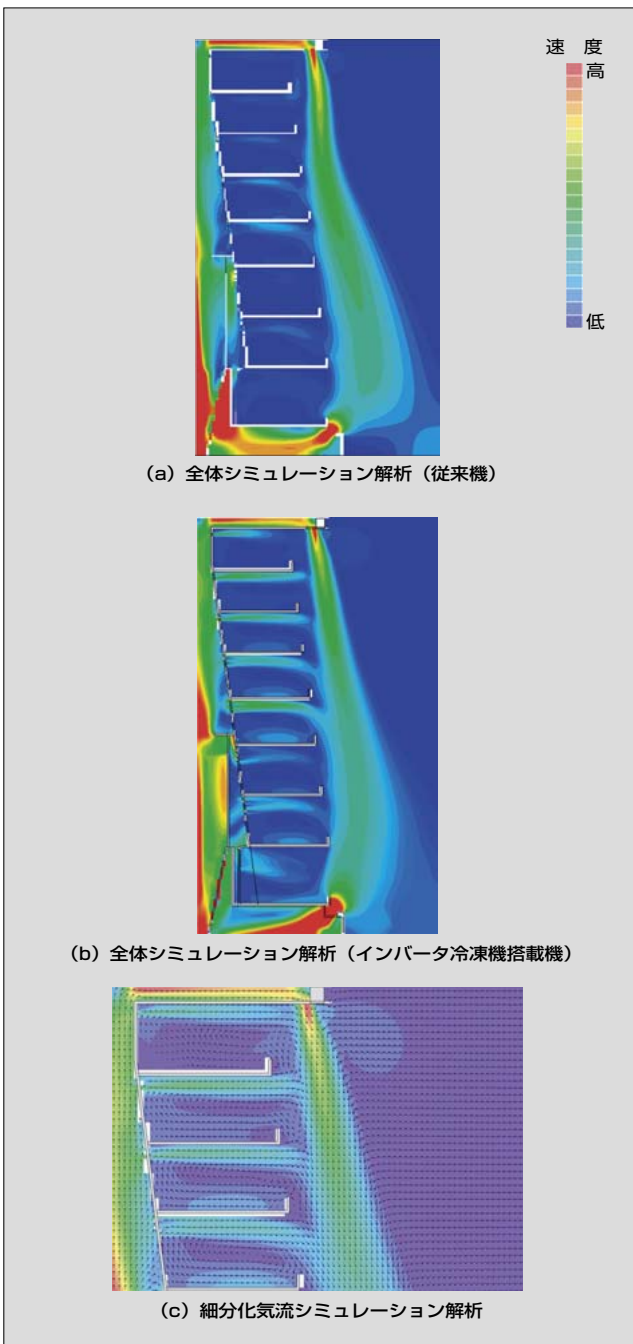


図2 最適化設計支援ツールによる流速シミュレーション解析結果

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

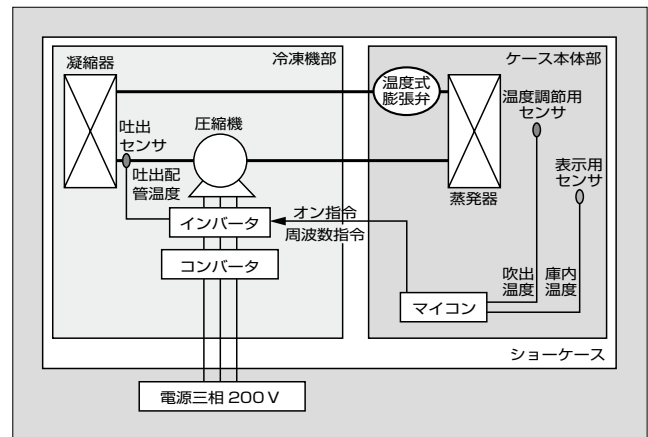


図3 冷凍機システムの構成

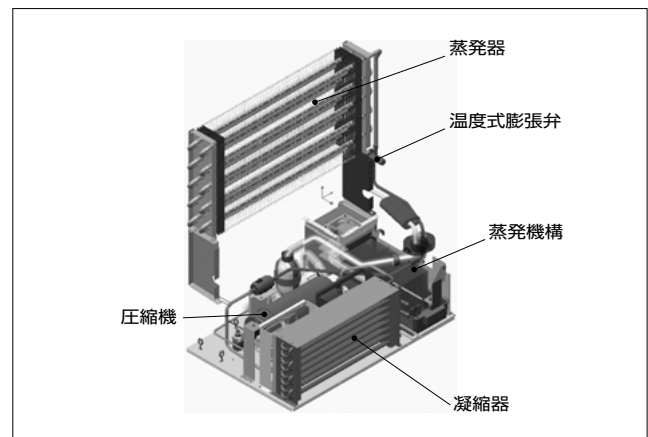


図4 冷凍機の構造

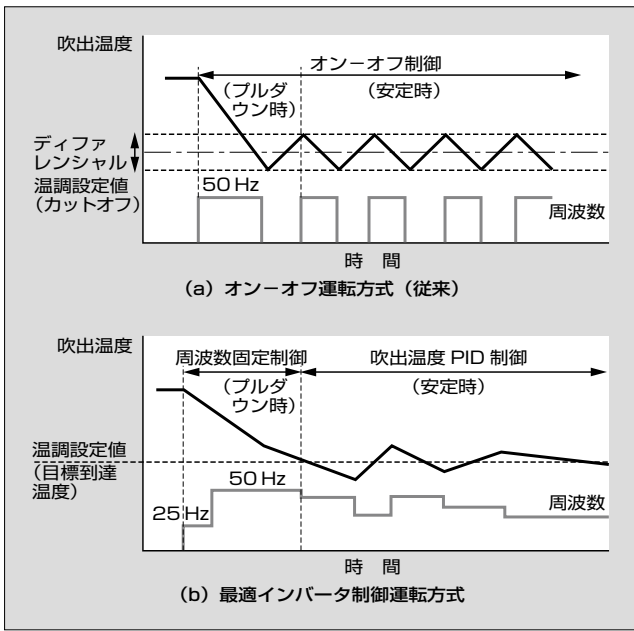


図5 冷凍機の運転方式

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

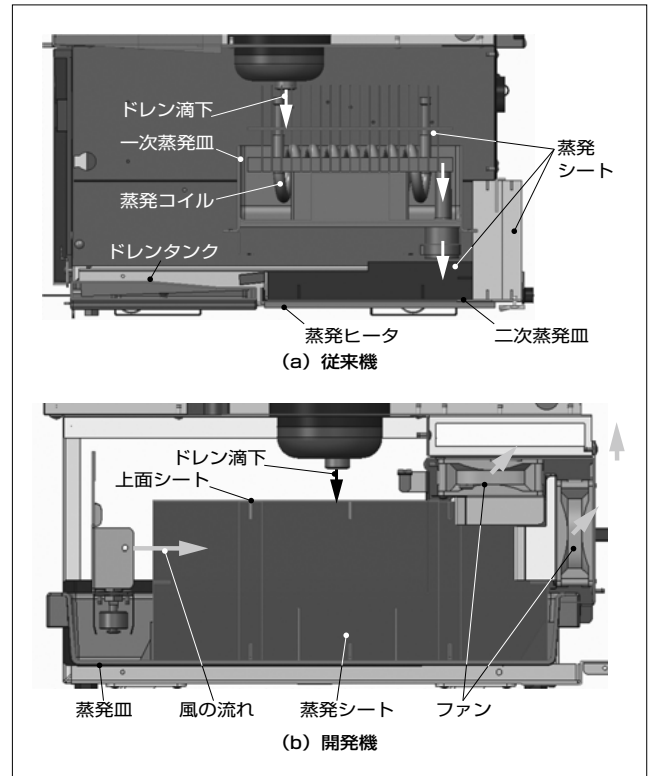


図6 ドレン水の蒸発機構

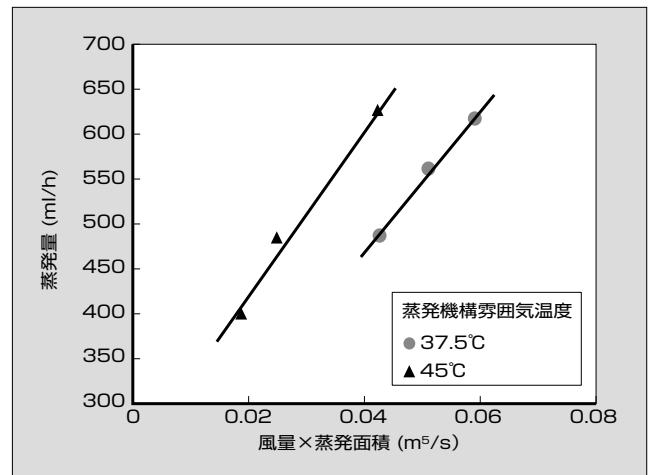


図7 蒸発量と風量・蒸発面積・温度の関係(実験結果)

風量が増し、蒸発量が増える。しかし、蒸発皿の取外しを可能とし、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

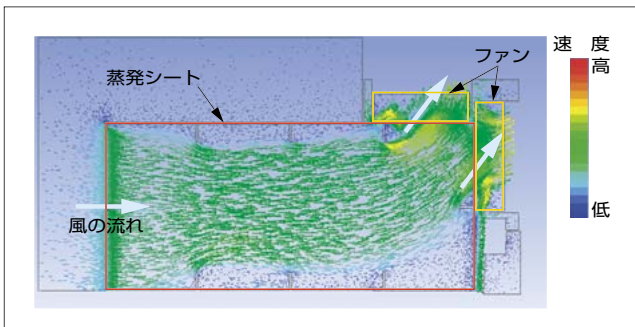


図8 気流解析結果

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。

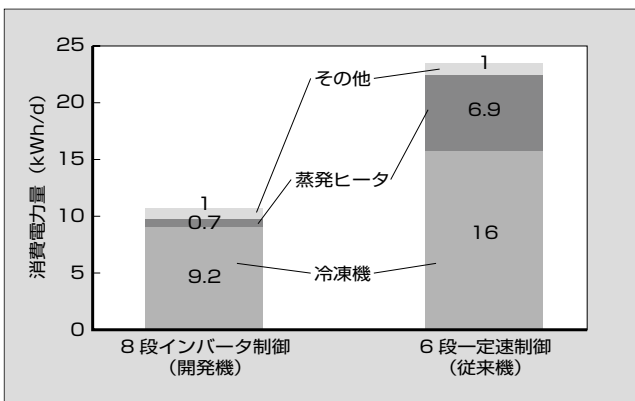


図9 消費電力量の比較

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 <sup>2</sup> )	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。



\*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。