

日本冷凍空調学会賞 技術賞

冷凍冷蔵平形ショーケース SR-JF, FF F シリーズ

Horizontal Refrigerated Display Cabinets SR-JF, FF F-Series

1. はじめに

冷凍・冷蔵ショーケースは収容商品を保冷し、品質を維持することが目的であり、スーパーマーケットやコンビニエンスストアなどで広く利用されている。SR-JF, FF シリーズは「冷凍機内蔵形」のショーケースであり、省エネ法改正により2017年3月1日に、トップランナー制度の対象に追加された。この動きに対応するため省エネルギー運転を可能とするとともに、顧客の使い勝手向上のために一般的なコンセントでも使用可能とする単相100V電源化やアイスクリーム保管への対応を実施し、さらに定置設置だけでなく、催事や改装・レンタル用途での使用がしやすい製品を実現している。

2. ショーケースの概要

平形ショーケース SR-JF 形では、保管可能な温度帯を SR-FF 形の「冷凍食品 (-18℃)」から「アイスクリーム (-22℃)」まで拡大している。図1に外観図を示す。開発機は、ショーケースの機械室に搭載可能な小形 DC インバータ圧縮機を採用し、コンパクトながら高い性能を実現した。冷媒は従来の R404A から R410A に変更し、当社独自の吐出温度制御を並行流熱交換器と組み合わせるとともに、アクティブフロスト機能を搭載し、着霜による循環風量低減・熱交換効率低下抑制の採用などにより、従来比率が64%の省エネ効果を実現した。

3. 新規開発技術

3.1 吐出温度制御と並行流熱交換器

ショーケースの冷媒流量制御は冷却器出口の過熱度で制御するのが一般的であるが、冷却器内の過熱度部分では冷媒の顕熱変化での冷却となり、冷却性能としては非効率であった。今回 R410A 冷媒化により吐出温度が高くなりやすいという課題もあり、吐出温度低下と冷却器の高効率化の両方を狙った吐出温度制御方法を開発

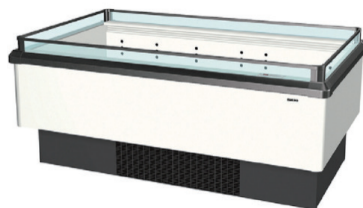


図1 SR-JF F シリーズ外観図



実川賢一* Kenichi JITSUKAWA 保坂恵子* Keiko HOSAKA 杉本 猛* Takeshi SUGIMOTO 木村直樹* Naoki KIMURA 石川智隆** Tomotaka ISHIKAWA

した。図2に示すように冷媒流量制御を圧縮機の吐出温度で制御するように変更している。図3に吐出温度制御フローを示す。制御装置には吐出温度センサ、凝縮温度センサ、蒸発温度センサを取り付け、凝縮温度センサで高圧を算出し、蒸発温度センサでは低圧を算出する。また、蒸発温度センサは圧縮機吸入温度も算出する。記憶部には圧縮機の性能および冷媒の種類に応じた定数が記憶されており、これらの算出値を用いて目標吐出温度値を導き出している。吐出温度センサにより検知された吐出温度が目標吐出温度値に制御されるように電子膨張弁の開度を調整することで、吐出温度の上昇抑制を可能と

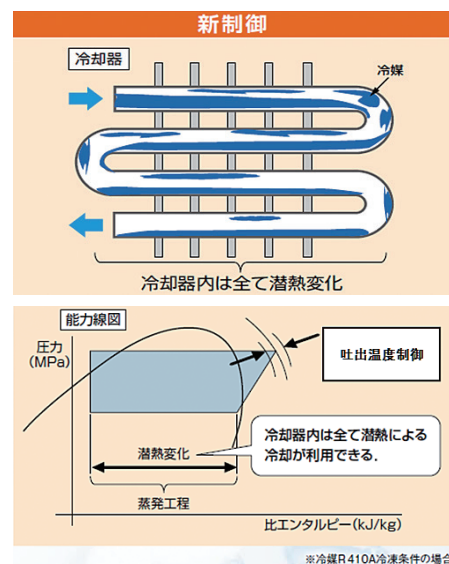


図2 当社独自の冷媒流量技術

* 三菱電機冷熱応用システム(株)
Mitsubishi Electric Applied Refrigeration Systems Corporation
** 三菱電機(株)
Mitsubishi Electric Corporation
原稿受理 2020年1月30日

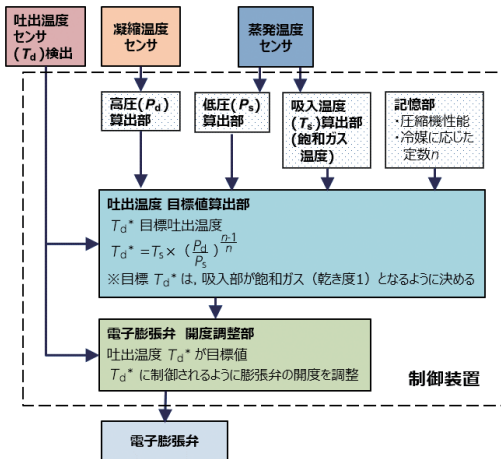


図3 吐出温度制御フロー

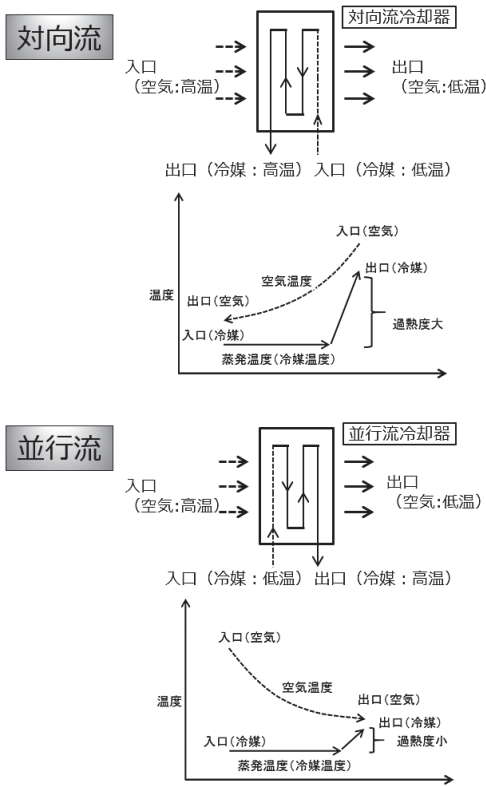


図4 冷却器における冷媒と空気の並行流化

している。また、圧縮機の吸入冷媒が飽和ガス（乾き度1）になるように吐出温度を制御することで、冷却器内の冷媒が気液二相状態になることから、図2に示すように冷却器の有効活用を図っている。アイスクリーム・冷凍食品では蒸発温度が -40°C 程度になることがあるが、吐出温度制御でインジェクションなしで運転可能としている。

冷却器における冷媒と空気の関係を図4に示す。従来機種では対向流としていたが、開発品では並行流を採用した。庫内冷却および温度維持は、冷氣循環とエアカーテンにより行う。吹出口の風速は外気巻き込みや冷氣の漏れがないように設計しており、平形ショーケースの場

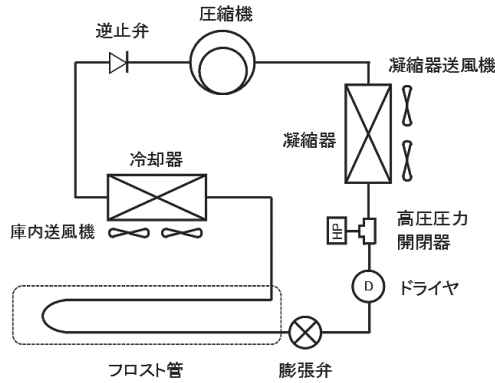


図5 冷媒回路図

表1 各機器の消費電力測定時 電力(瞬時値)比較 (SR-JF681DRVF, SR-IS681BTD)

項目	開発機種	従来機種
対象機種	SR-JF681DRVF	SR-IS681BTD
圧縮機搭載(W)	463	1432
凝縮器送風機(W)	24	58
庫内送風機(W)	24	58
防露ヒータ(W)	85	148
除霜ヒータ(W)	840	1670
運転時合計(W)	596	1696
霜取り運転時合計(W)	949	1728

合、風速が $0.4\sim 0.5\text{ m/s}$ となるように風量調整を行っている。このように少ない風量で冷却器と熱交換させる場合、対向流では冷媒出口温度は空気入口温度と近い温度になるため過熱度が付きやすく吐出温度が上昇しやすい。それに対し、並行流の場合、冷媒出口温度は空気出口温度に近い温度までしか上昇しないため、過熱度が付きにくく吐出温度上昇を抑えることができる。

3.2 アクティブフロスト

冷凍平形ショーケースでは冷却器霜取運転による商品温度上昇を防ぐため、霜取運転周期は $8\sim 12$ hr と長い。そのため、起動から霜取運転直前までの時間に冷却器や送風機が着霜していくことで循環風量が減少し、冷却性能低下の要因になっていた。アクティブフロストは冷却器前にフロスト管を設け、吸い込んだ空気の余分な水分をフロスト管に積極的に着霜させ、除湿した空気を送るものである。これにより、冷却器や庫内送風機への着霜抑制が可能となった。図5に冷媒回路図を示す。

3.3 単相100V電源化

開発機種では、顧客のニーズに応え単相100V電源化を実現した。単相100Vを実現するためには、一般的なコンセントの許容電流15A以下に電流値を抑える必要がある。表1に6尺タイプの開発機種と従来機種の各機器の電力を示すが、従来機種の運転合計は1500Wを超えるので、これを単相100V化した場合15A以上となる。そこで単相100V電源化に対応するために、高効率圧縮機搭載、庫内送風機および凝縮器送風機のDCモータ化、ヒータ類の最適化による効率向上を重ねて電流値を抑制し、単相100V化を実現した。

4. おわりに

省エネ法に定められた測定方法で従来機種の年間消費電力量を100%としたとき、SR-JF681DRVFでは64%削減した。また、単相100V電源でアイスクリームから精肉・鮮魚まで幅広く活用できるラインナップを提供することにより、顧客への貢献度を高めることができた。