



日本冷凍空調学会賞 技術賞

R 290 対応内蔵ショーケース (SB, BC シリーズ)

Vertical Open Refrigerated Display Cabinets SB, BC Series
using R 290 Refrigerant

1. はじめに

自然冷媒 R 290 (プロパン) を採用し、R 410A 機と同等の高効率と安定した運転特性を得る、多段方式の内蔵ショーケース (SB, BC シリーズ) を開発した。開発機は 150 g 以下の冷媒量で約 200 本程度までの飲料を冷蔵 (5~10℃) 加温 (50~60℃) でき、当社従来 CO₂ 冷媒機に比べて 1 台当たりの年間消費電力量を約 60~70% 低減、約 10% の軽量化を実現している。また、開発機は少ない冷媒量で、圧縮機の潤滑信頼性と冷媒回路の有効冷媒循環量を確保し、高効率で安定した運転特性を実現させるとともに、強燃冷媒 R 290 による冷媒漏洩も想定した凝縮器部分および蒸発器部分での冷媒運転制御、機内流路最適化、凝縮器風量低下検知機能も備えている。



山本裕章*
Hiroaki YAMAMOTO



保坂恵子*
Keiko HOSAKA



後藤博之*
Hiroyuki GOTO



佐藤正典**
Masanori SATO



田中千尋**
Chihiro TANAKA

はスーパーマーケットのレジ前などで主に飲料の冷却や加温に使用される。本製品は図 2 に示すような凝縮器部分と蒸発器部分の冷媒回路で構成されており、圧縮機・凝縮器・凝縮器用送風機で構成される凝縮器部分が製品下部に収納され、蒸発器・蒸発器用送風機・電子膨張弁で構成される蒸発器部分の商品陳列棚で商品を冷却・加熱する。本製品は 4 段の商品陳列棚で「オールホット」「2 段ホット」「1 段ホット」「オールコールド」の運転モードの選択を可能としている。

2. 内蔵ショーケースの概要

図 1、表 1 に開発機の外観と製品仕様を示す。本製品

表 1 開発機仕様表

形名	SB-HF3014JRVA BC-AF3014RGV
用途	飲料、等
温度	冷却：5~10℃ 加温：50~60℃
外形寸法 (高さ×巾×奥行)	1495 mm×900 mm×600 mm
冷却内容積	265 L
冷媒・冷媒量	R 290・150 g
圧縮機	DCインバータインローター 圧縮機 (CPB形) 550 W
冷凍機油	ポリアルキレングリコール (PAG)
凝縮器用送風機	DCファンモーター
庫内送風機	DCファンモーター
膨張弁	電子膨張弁
年間消費電力量	3 690 kWh/年 (区分 2A)
省エネ基準達成率	100%
製品質量	136 kg

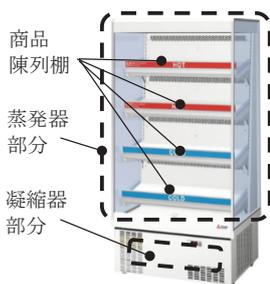


図 1 開発機外観

3. 開発技術

3.1 冷媒量 150 g 以下での高効率かつ高信頼性技術

開発における技術ハードルの 1 つは、150 g 以下という少ない使用冷媒量で構成する冷媒回路に冷媒を有効に循環させる冷却機能確保と、圧縮機の潤滑を主とした製品信頼性を同時に成り立たせることである。冷媒回路の有効冷媒循環量は、冷媒封入量から圧縮機に封入された冷凍機油 (潤滑油) に冷媒が溶解した量を減じた量となる。内蔵ショーケースでは凝縮器部分の低背高設計を行うために横置形圧縮機を搭載する場合もあるが、高さを低く設計できる一方で圧縮機を潤滑する冷凍機油の必要封入量が多くなるため、冷媒回路の安定運転に必要な有効冷媒循環量が得られない問題があった。本開発ではこの課題を、図 3 に示す新規に開発した R 290 対応縦置形低背高ツインローター圧縮機 (CPB 形) を搭載し、潤滑油には最適な潤滑性能と運転特性が得られるポリアル

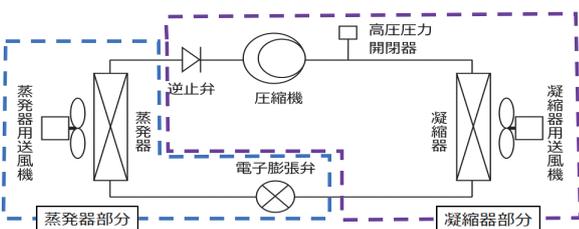


図 2 冷媒回路図

*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 2022 年 2 月 15 日

キレングリコール (PAG) 油を選択することで、高効率と信頼性を両立させている。また、凝縮器を R 290 冷媒物性に最適な列数に削減し小容量化設計を行い、図 4 に示すように凝縮器容量を従来 CO₂ 冷媒仕様に対し約 36 %、R 410A 冷媒仕様に対し約 45 % 程度までコンパクト化し、これによる風路圧損低減で凝縮器風量確保を実現させている。



図 3 縦置形低背高ツインロータリー圧縮機

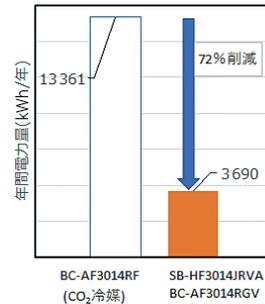


図 7 省エネ性の比較(1) (従来モデル比)

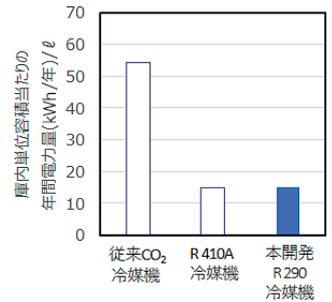


図 8 省エネ性の比較(2) (従来モデル比)

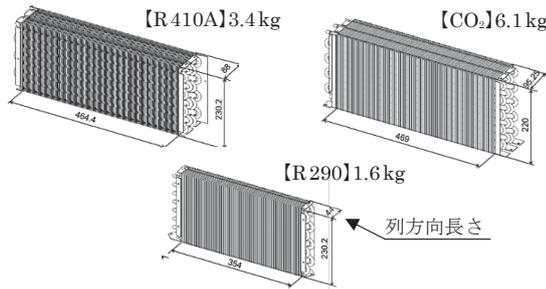


図 4 R 290 冷媒機種と従来冷媒機種の凝縮器外形および質量比較

3.2 冷媒漏洩時を想定した安全運転技術開発

開発機では、製品内部の冷媒回路から冷媒漏洩が起こった場合でも安全に使用できるように、凝縮器部分および蒸発器（陳列棚）部分において冷媒滞留による可燃域を発生させない内部構造および風量制御機能を備えた。冷媒漏洩は庫内（蒸発器部分）と凝縮器部分で起こるそれぞれを想定し、通常の冷却運転時は庫内に形成するエアカーテン（図 5）の流れと凝縮器用送風機の風量制御で機内漏洩冷媒が攪拌されて可燃性域が発生しない構造とし、また冷媒サイクルが運転されず庫内にエアカーテンが形成されない冬季などのオールホット運転時は、運転への切替時にポンプダウン運転を実施し、蒸発器内に滞留する冷媒量を少なくすることで製品安全を確保している。図 6 に電子膨張弁 (LEV) 開度と蒸発器内の冷媒量を示す。

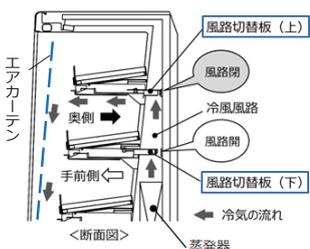


図 5 蒸発器部断面図 (1段ホット&3段コールド)

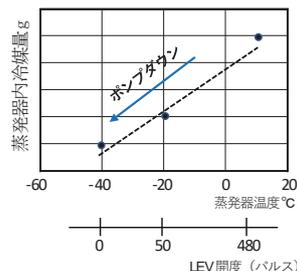


図 6 LEV 開度と蒸発器内の冷媒量

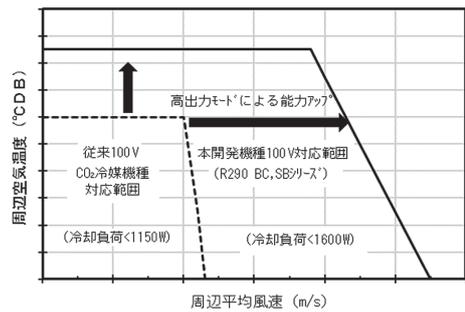


図 9 周囲環境 (風, 温度) と運転範囲

4. 省エネルギー・省資源性

図 7 は開発機種と従来の CO₂ 冷媒機種の省エネルギー性 (3 尺機種) を示している。1 台当たりの年間消費電力量は 3 690 kWh/年であり、20 年度の省エネトップランナー制度目標値を達成しており、CO₂ 冷媒採用の当社従来同容量機種と比べると約 70 % (9 671 kWh/年) 低減した。図 8 に庫内単位容積当たりの従来 CO₂ 冷媒機、R 410A 冷媒機、R 290 冷媒機の性能 (年間消費電力量) 比較を示す。

5. 使い勝手の向上

図 9 は周囲の風速と周囲温度における、本製品および従来の CO₂ 冷媒機の運転範囲を示す。開発機は高効率化による運転電流値の抑制により、従来ならば 200 V 電源での運転領域を 100 V 電源にて対応可能としている。これにより、店舗内の扉開閉時の風の影響や温度影響 (温度上昇) による冷却負荷増加に対し、高出力での運転 (高出力モード) を 100 V 電源にて可能とし、店舗での設置場所の自由度を向上させている。

6. おわりに

本製品は 2020 年 3 月より発売し、2022 年 1 月時点で 272 台を出荷している。オゾン層保護・地球温暖化防止に貢献すべく引き続き取り組みを行い、開発機の受注拡大に加えて、R 290 での様々な形態の内蔵ショーケース製品のラインアップ拡大に取り組んでいく。