

409 飲料販売用CO₂冷却装置の開発Development of CO₂ refrigerator for beverage sales

○坂口 毅 (サンデン) 山口 幸雄 (サンデン)

Takeshi SAKAGUCHI, Sanden Corporation, 7 Nakanosawa, Kasukawa-machi, Maebashi-shi, Gunma
Yukio YAMAGUCHI, Sanden CorporationKey Words: Natural Refrigerant, CO₂, Vending Machine, Showcase

1. 緒言

現在、地球温暖化防止は、世界的にも重要な環境問題として認識されている。1997年12月に京都で行われた、気候変動枠組条約第3回締約国会議(COP3)において、地球温暖化係数(Global Warming Potential)の高いHFC冷媒の排出削減スケジュールが明文化され、法的拘束力を持つようになったことで、フロン系冷媒からの脱却は必須となっている。

さらに、EU(Europe Union)において、「脱フロン」に向けた取り組みは、欧州委員会の主導により、代替フロン排出抑制(Fガス規制)が強力に進められており、その規制範囲は今後さらに拡大してゆくことが予想される。

当社では、2003年よりCO₂(R-744)を冷媒に用いる冷却装置の開発をスタートさせ、2004年にはシドニーにて自動販売機でのフィールドテストを経て、アテネオリンピック施設へ50台の自動販売機を設置、2005年からは、国内向け自動販売機においても本格的な生産を開始している。

ところで、清涼飲料を販売する自動販売機やショーケースは、その製品形態、仕様に応じて様々な冷却装置を備えている。それらの冷却装置の交換性を高め、さらに標準化することは、サービス性向上、補修用冷却装置の迅速な供給につながり、市場におけるメリットは大きい。

そこで今回、当社ではEU市場向けの自動販売機およびショーケースに共通に使えるCO₂冷媒を使用した冷却装置を開発したので、ここに報告する。

2. CO₂冷蔵機器の開発

2-1 ショーケース製品仕様

SandenInterCool(Thailand)製

機種名: CDM-550RAU
外形寸法: H:2100xW:680xD:750(mm)
重量: 145kg
電源: 230V/50Hz
照明装置: 15Wx1, 36Wx1
商品収納本数: 缶飲料(330ml) 720Cans
PET飲料(500ml)360Bottles

2-2 冷却装置の仕様

レイアウトは、冷却装置を庫外に集約したものとし、温度制御装置を内蔵、独自運転制御が可能なものとした。また、庫内空気循環は後方吹き出しにし、冷却領域の調整は、製品本体側の空気導風ダクトの調整で行なうこととした。最終的な冷却装置の仕様を次の様に決定した。

1) 圧縮機

冷却回路の圧縮機には、2段圧縮ロータリー圧縮機を採用した。この圧縮機は、一段目の吐出冷媒を、放熱用熱交換器と一体化させたインタークーラーで冷却することで、吐出ガス温度、圧縮機のモーター温度上昇を低く抑えるメリットがある。

2) ガスクーラー

ガスクーラーは、銅管にアルミフィンを取り付けたフロ

ン機と同様の一般的なワンスルータイプを継承し、耐圧の見直しを行なった。さらに、熱交換効率の向上のため、アルミフィンはコルゲートタイプに変更した。また、空気吸い込み部の面積を広げ、フローパターンは、上部にインタークーラー部を配し、熱負荷により温度ムラが発生しづらい対向流とした。(Fig.1)

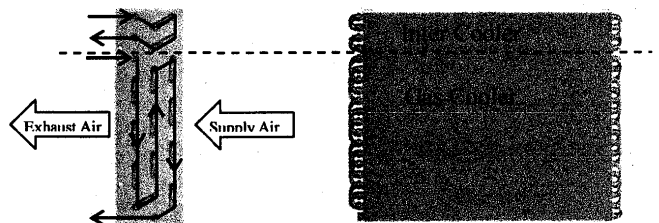


Fig.1 Multi Heat Exchanger

3) 吸入配管熱交換器

より冷凍効果上げるために二重管式内部熱交換器を採用し、放熱用熱交換器から出た冷媒と蒸発器から圧縮機へ戻る冷媒とを熱交換させた。それにより、アキュムレータを用いないシンプルな冷凍回路にて耐圧性を向上させた。

4) 膨張機構

膨張機構については、複雑な制御を必要としないキャピラリーチューブとした。

Table 1 Refrigeration System Specification

		Current System /R-134a	New System /R-744
Compressor	Description/type	Reciprocating	Rotary Piston
	Capacity	680W	870W
Expansion device	Description/type	Capillary Tube	Capillary Tube
Evaporator	Description/type	Fin & Tube	Fin & Tube
	Fin type	flat plate	Corrugate
	Tube dimension	OD:9.53mm	OD:7.0mm
	Face area	0.04m ²	0.05m ²
	Core depth	132mm	91mm
	Core volume	0.0049m ³	0.0047m ³
	Airside area	0.30m ²	0.27m ²
	Refrigerant area	0.53m ²	0.22m ²
	Material	Copper, Aluminum, Steel	Copper, Aluminum, Steel
Condenser	Description/type	Fin & Tube	Fin & Tube
	Fin type	flat plate	Corrugate
	Tube dimension	OD:9.53mm	OD:7.0mm
	Face area	0.06m ²	0.10m ²
	Core depth	88mm	56.4mm
	Core volume	0.0051m ³	0.0057m ³
	Airside area	0.39m ²	0.33m ²
	Refrigerant area	0.59m ²	0.26m ²
	Material	Copper, Aluminum, Steel	Copper, Aluminum, Steel
Evaporator fan motor	Nominal power consumption motor	16 W (AC220-240 V)	15W × 2 (AC230V-50Hz)
Condensor fan motor	Nominal power consumption motor	16 W (AC220-240 V)	15W × 2 (AC230V-50Hz)

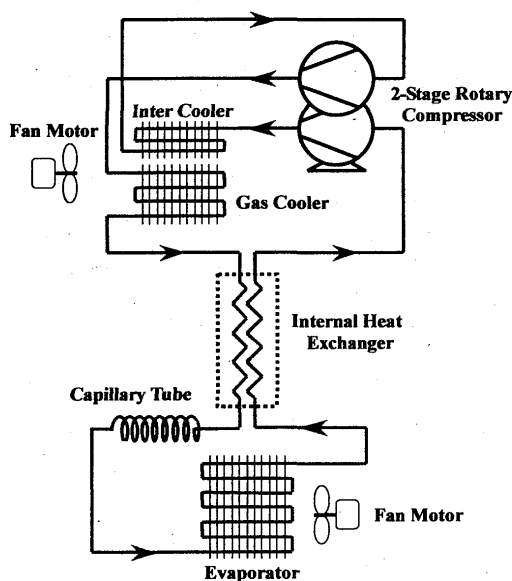


Fig.2 Refrigeration circuit

3. 庫内風循環の回路

庫内の商品温度を均一に冷却するには、庫内の風循環は重要な要素となる。当社の缶・PETボトル販売用ショーケースの場合、庫内全体を均一に冷却する構造をとっており、庫内背面に設けられたエアダクトにより、各商品棚に冷風を分配している。今回ファンモータなどを変更したため、エアダクトの吹き出し口の位置、開口面積等を調整し、既存製品と変わらぬ冷却領域に調整した。Fig.3 にショーケースにおける庫内風循環回路を示す。

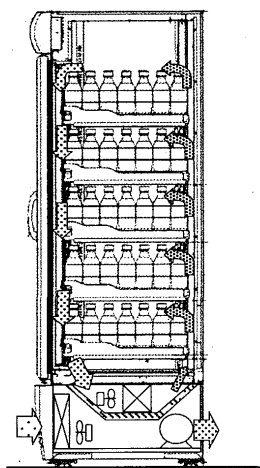


Fig.3 Air circulation of Showcase

4. 試験結果および評価

冷却装置の性能を示す試験として、下記の試験を実施した。

(1) IPD (Initial Pull Down Test)

全商品温度が 32℃の状態より冷却を開始し、全商品温度が規定の温度に達するまでの時間測定。(Fig.4)

冷却性能では、R-744 を用いた製品が、より短時間で商品温度を既定の温度に達することが出来た。これは、圧縮機を、能力の高いタイプを使用したことと、蒸発器の熱交換性能を向上させたことが影響していると考えられる。

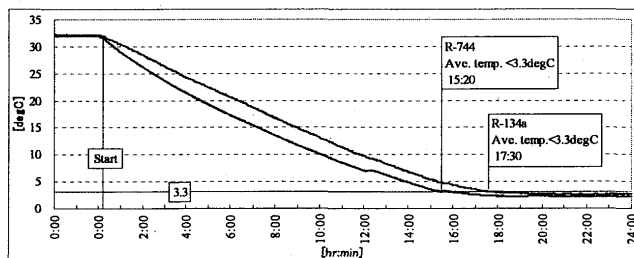


Fig.4 IPD Chart (Package Temperature)

(2) EC (Energy Consumption Test)

IPD 開始から 48 時間までの消費電力量測定。(Fig.5)

IPD 開始直後は、入力の大い R-744 を用いたシステムの消費電力量が高い。しかし、商品が冷え圧縮機が断続を始めると、R-744 を用いたシステムでは圧縮機的能力が高く冷凍機の運転時間を低減することが出来る。その結果、24 時間後から 48 時間後の消費電力量は、R-134a システムを凌ぐことが出来た。

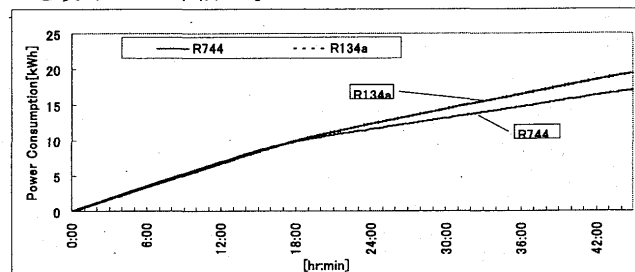


Fig.5 EC Chart

Table 2 Test Result of Showcase

	IPD (Hours)	EC 0-24h (kWh/24h)	EC 24-48h (kWh/24h)
New Model (R-744)	15:20	11.53	6.40
Current Model (R-134a)	21:40	12.33	7.54

(Condition: at 32℃ 65%Rh)

(3) 温暖化への影響評価

冷却装置の違いによるショーケースの TEWI (Total Equivalent Warming Impact) を算出した計算条件および結果を Table 3 に示す。R-744 を用いたシステムで R-134a のシステムと比べ約 16% の改善を図ることが出来た。

Table 3 TEWI analysis

		R-134a	R-744
Global warming potential	GWP	1300	1
Leakage [kg/year]	L	0.002	0.002
Life cycle [year]	N	15	15
Charge [kg]	M	0.4	0.4
Recovery rate [%]	α	0.8	0
Energy Consumption [kWh/year]	E	2752	2336
Emissions [kg-CO ₂ /kWh]	β	0.356	0.356
Direct		104.0	0.4
Indirect		14696.2	12474.2
Total		14800.2	12474.6
		100%	84.3%

$$\text{TEWI} = \text{Direct Impact} + \text{Indirect Impact} \\ = \text{GWP} \times L \times N + \text{GWP} \times M(1 - \alpha) + N \times E \times \beta$$

5. 結言

今回の開発において、地球環境問題に対応する CO₂ 冷却装置において、R-134a 冷却装置を上回る性能を実現できた。

IPD 時間の短縮については、R-134a の圧縮機よりやや定格能力の大きい圧縮機を選定したことも影響しているが、放熱および蒸発熱交換器、内部熱交換器の最適化を実施したことによる改善が大きい。また、圧縮機稼働時間の短縮が消費電力の低減につながった。TEWI による評価でも、大きく環境性能を向上する事ができた。

本報告では、ショーケースのみのデーターを示したが、自動販売機においても同様に TEWI の低減が確認できた。

今回開発した製品は、既に欧州で市場展開しており、省エネルギー化、環境負荷低減に寄与する製品として期待できる。