

キラリとかがやく！ 製品・ビジネスモデル



第 6 回

空冷式CO₂冷媒冷凍機「スーパーグリーン」

日本熱源システム株式会社

● 2019 年度省エネ大賞中小企業庁長官賞

日本熱源システムは、冷凍機などに用いる冷媒の規制が強まる中、自然冷媒である CO₂ を用いた冷凍機「スーパーグリーン」を開発。バッファタンクの設置やガスクーラーへの散水にて猛暑下でも冷却機能が低下しない運転を実現。特定フロンである R22 を冷媒に用いた冷凍機に比べ、年間で 24% の消費電力を削減した。 (編集部)

1. はじめに

日本熱源システムは、地球温暖化対策としてグローバルスタンダードになりつつある自然冷媒を活用した産業用冷凍機のリーディングカンパニーであり、CO₂ 冷媒冷凍機、アンモニア冷媒冷凍機、空調用ヒートポンプおよび水蓄熱システム、地中熱利用ヒートポンプ、太陽光温水器、スーパーマーケット用ショーケース、コージェネレーションシステムなどの製造・販売を行っている。2019 年度省エネ

大賞中小企業庁長官賞を受賞した空冷式 CO₂ 冷媒冷凍機「スーパーグリーン」(写真-1) は、物流用の大型冷凍冷蔵庫などの冷却が可能な冷凍機。自然冷媒である CO₂ を用いた冷凍機は、猛暑日も多い日本の夏のような環境では放熱不足による冷凍能力の低下が懸念されていたが、本製品は、冷えた冷媒液を十分に貯留できるバッファタンクを設けることで外気温に左右されない安定した運転を実現。さらに 35°C 以上の猛暑日でも、ガスクーラーへの散水により冷却能力が低下しない運転を実現する。



写真-1 CO₂ 冷媒冷凍機「スーパーグリーン」

2. 開発の背景および目的

冷凍機の冷媒は 2020 年に大きな節目を迎え、特定フロンである R22 冷媒は 2020 年 1 月より再生冷媒を除いて国内生産は全面的に廃止となり、代替フロンの R404A や R410A も 2036 年までに使用量を 85%削減しなければならない。そのため、代替フロンに代わる冷媒として、CO₂ やアンモニア、プロパンなどの自然冷媒を利用した冷凍、冷蔵機器の開発、製品化が急速に広がりつつある。

そうした中、同社は自然冷媒が次世代冷凍機の中心になると見定め、協力関係にあるヨーロッパの圧縮器メーカーから技術導入を行い、2012 年から CO₂ 冷凍機の開発を進めてきた。ただ、CO₂ 冷凍機は同じ自然冷媒のアンモニアと違い、無臭・無毒という利点がある一方で臨界温度が 31℃と低く、猛暑となる地域では放熱不足により冷凍能力や効率が低下する。そのため日本での導入は難しいとの指摘もあった。

これらの背景を基に、① 40℃を超える猛暑でも安定した運転が実現できる②フロン機よりも高い省エネ性があり、本格的な冷却が求められる 30～70kW 程度の冷凍能力とする③冷却水を必要としない空冷式とし、災害時の事業継続性（BCP）に配慮する④既存の機械室に入るようフロン機に比べて 30%コンパクトなサイズとする——といった 4 点を開発目標とした。

基本設計は、二段圧縮方式の CO₂ 冷凍サイクルを採用。ドイツやスイスの会社から技術指導を得て試作を進めた。クーラーを設置する冷凍冷蔵庫が下層階となる位置関係を再現するため同社滋賀工場の 4 階屋上に試作 CO₂ 冷凍機を、約 15m 下の地上にプレハブ冷蔵庫を設置し、およそ 100m の冷媒配管で接続。実験では、異なる気象条件での冷却能力や消費電力、冷媒や油の速度、油戻りなど、様々な試験を繰り返した。2016 年に「スーパーグリーン」という製品名で初号機を納入し、2017 年は北海道や東北の水産加工会社へと販路を拡大。2017 年 7 月は東北でも 40℃近い気温になったが運転には支障が無く、年間を通して 30%近い省エネ効果が得られた。さらに同 12 月には CO₂ 冷凍機専用の新工場を設立。これを受けて 2018 年には九州も含めて全国各地に販路を拡大し、夏の安定運転や年間を通じての高い省エネ性を実証した。

3. 製品等の詳細

空冷式 CO₂ 冷凍機「スーパーグリーン」SG-F2（以下 SG-F2）の仕様を表-1 に、システムフローを図-1 に示す。SG-F2 の特徴として、①冷凍温度は冷却や凍結に対応可能

表-1 SG-F2 の仕様

冷凍・凍結装置用	SG-F2		
	一体型 / 分離型		
標準出力 (kW)	48		
室温 / 蒸発温度	-25 °C / -32 °C		
冷却能力 (kW)	67.8		
消費電力 (kWh)	52.36	39.36	36.76
外気温 (°C)	+32 °C	+20 °C	+10 °C
COP	1.295	1.723	1.844
法定冷凍能力 (トン)	19.08		
高圧ガス製造区分	届出不要		
冷媒	CO ₂		
圧縮機	半密閉型多気筒式		
高段側	HGX34/150-45CO2T		2 台
低段側	HGX24e/145-4S CO2LT		2 台
駆動・制御方式	インバータ		
ガスクーラー	空冷式	一体型 / 分離型	
	ファン	2.1 kW	2 台
外形寸法 (一体型)	2,800W	1,300D	2,890H
外形寸法 (分離型)	2,800W	1,300D	1,800H

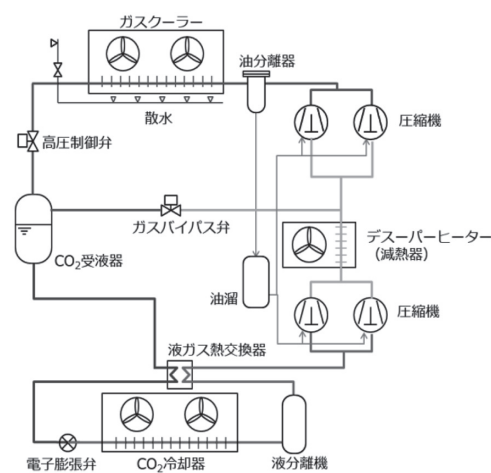


図-1 二段圧縮 CO₂ 冷凍機システムフロー

(-20～-45℃) ②コンパクト設計で他社の NH₃/CO₂ 冷凍機よりも 30%以上小さい③小型貨物用エレベーターで搬入可能④空冷式のため冷却水の管理も不要⑤ CO₂ 冷却器への搬送圧力は 3.3MPa の低圧化を実現⑥ R22 冷媒機に比べ 20%以上の消費電力削減を実現——が挙げられる。

CO₂ 単独冷媒のため、漏えいした場合のアンモニア冷凍機のような除害設備の設置も不要である。ユニット内に十分な大きさの冷媒タンクを内蔵し、冷えた冷媒液をバッファとして貯留することで外気温に左右されない安定した

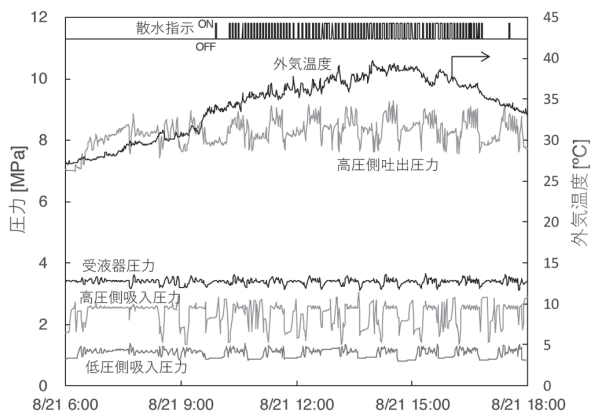


図-2 猛暑日の運転データ



写真-2 狭小部への設置事例

運転を実現。さらに 35℃を超える猛暑日は、ガスクーラーコイルへの散水制御により、冷凍能力が下がらずに運転可能である。運転実績でも、40℃近い外気温の中で能力低下が見られず、安定した運転を実証できた（図-2）。

また、他社製 NH₃/CO₂ 冷凍機と比べて 30%以上の小型化を実現。冷蔵冷凍倉庫の営業運転を止めることなく、冷凍機の入替えも可能となっている。さらに写真-2 に示すように、従来機では設置ができないようなバルコニースペースなどの狭小部にも設置可能である。

4. 省エネルギー性ほか

【省エネルギー性】

1) 年間 24%の省エネ、CO₂ 排出削減量 64%削減を達成

広島県の冷凍倉庫にて、2018 年 3 月に R22 冷凍機か

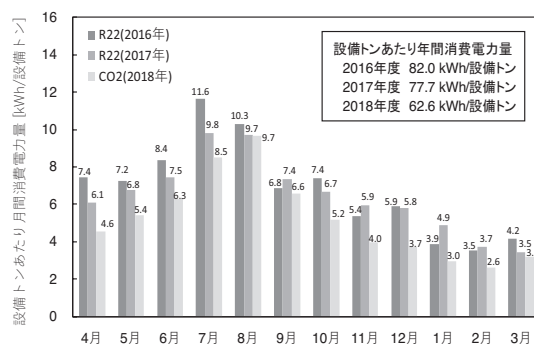


図-3 R22冷凍機とCO₂冷凍機の設備トンあたりの年間消費電力量比較

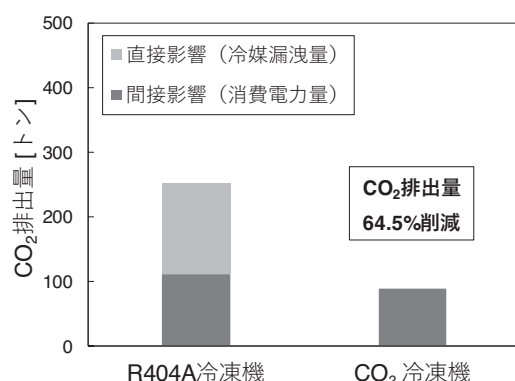
ら CO₂ 冷凍機への入れ替えを行い、1 年間の運転データを計測した。図-3 で示すように、設備トンあたりの年間消費電力量は、R22 の冷凍機を使用していた 2016 年は 82.0kWh/ 設備トン、2017 年は 77.7kWh/ 設備トンであったが、CO₂ 冷凍機の導入により、2018 年度は年間で 62.6kWh/ 設備トンと、2016 年比で 24%、2017 年比で 20%の消費電力を削減できた。8 月は R22 と比べて消費電力は 5.8%削減にとどまっているが、夏期以外は 23%以上、最大で 39%程度の削減を実現。また、空冷式のため、外気が冷えてきた季節により大きな省エネ効果を発揮し年間を通じて約 24%の省エネが実証された。

導入した物件の運転実績から、SG-F2 の消費電力量は 180MWh であり、R404A に比べて 20%の省エネ効果が得られたとすると、年間で 45MWh の消費電力量削減効果となる。これを原油換算で求めると 1 台あたり 12kL のエネルギー削減となる。

また、消費電力の削減効果による間接影響と、代替フロン冷凍機の冷媒漏えい率による直接影響も加味した CO₂ 排出量は R404A 冷凍機と比べて 64.5%の削減ができるなど（図-4）、地球環境に貢献する製品となっている。

2) 空冷式により冷却用水道代がゼロに

空冷式の採用により、冷却のための水道料金や冷却水の衛生処理費が不要となり、大きなメリットを導入先にもたらししている。2018 年は、夏から秋にかけて水害や台風、地震などがあったが、断水による冷凍機の停止リスクが無いことが証明されるなど、災害時の BCP にも強い力を発揮できることがわかった。

図-4 CO₂排出量の比較

【省資源性・リサイクル性】

CO₂ 冷凍機の大半が金属配管部品で占められているためリユースは難しい。製造現場では、プラスチック、古紙・段ボール、金属類などの廃棄物の仕分けを行い、リサイクルに努めている。

【環境保全性・安全性】

CO₂ 冷凍機を製造している同社の製造拠点は、ISO9001を取得しており、製品の品質管理に取り組んでいる。またCO₂ 冷凍機とともに、自然冷媒であるアンモニアチラーの製造およびプロパン冷媒ショーケース販売なども展開している。また、再生可能エネルギー利用促進のため、地中熱ヒートポンプの製造販売、太陽熱集熱器の輸入販売など、「地球にいいね！」をキャッチフレーズに、環境配慮型製品に特化したものづくりを進めている。

〔事業者概要〕

名 称：日本熱源システム株式会社
所在地：〒160-0004 東京都新宿区四谷1-6-1
四谷タワー20階
担 当：滋賀工場 工場管理課 外川 純也
連絡先：077-598-8121



省エネ大賞受賞者のコメント

日本熱源システム株式会社

脱炭素社会の実現には、CO₂ 排出量の多い石油や石炭などの化石燃料から脱却するとともに、冷凍機や空調に使用されている地球温暖化係数（GWP）が大きいフロンガスを大幅に削減することが求められています。

当社ではフロンに代わる環境に優しい冷媒として、自然冷媒であるCO₂ 冷媒による産業用冷凍機の開発に2012年に着手しました。CO₂ はGWPが1で無毒、無臭であることから、臭いや腐食性のあるアンモニアや可燃性のあるプロパンなどの自然冷媒と比べて安全に使用できる冷媒として知られていましたが、その反面、フロン冷媒よりも圧力が高く、また臨界温度が31℃のため、夏の外気温が40℃にも達する日本では、放熱不足によって冷却能力や効率が低下するため、省エネ性の高いCO₂ 冷凍機の実用化は難しいと考えられておりました。そこで開発では日本の猛暑下でも安定した運転を実現するとともに、フロン冷媒冷凍機よりも20～30%高い省エネ性を確保すること目標とし、2016年に環境性と省エネ性を両立できる日本発

の産業用CO₂ 冷凍機の製品化に成功しました。

2019年度には省エネ大賞を受賞することができ、この賞をきっかけとして、累計で500台を超えるご採用をいただくことができました。現在CO₂ 冷凍機の冷却能力は34kW～250kW、ラインナップは23機種まで増えるとともに、冷凍冷蔵庫から食品工場や製薬工場、ビール、マーガリン製造など、CO₂ 冷凍機の納入先も大幅に広がりました。

また冷凍機の排熱によって温めたブラインで冷凍庫内クーラーの霜取りを行うシステムや、冷凍機排熱によって加熱した温水を活用して冷凍倉庫の低温荷捌き室の除湿を行う排熱利用デシカント除湿システムなども新たに開発し、冷凍機排熱を余すことなく利用することで省エネ性をさらに高める取り組みも進めています。

今後も環境性と省エネ性を高めたCO₂ 冷凍機によって、脱炭素社会の実現に少しでも貢献できるよう、さらなる製品開発をすすめてまいります。