



# 近冷工 これからの 技術情報

『これからの技術』を語る……P. 8~21

『新技術・新製品』紹介……P.22~47

“元気な会社” リレー訪問……P.48~49

第11号

令和2年  
1月31日発行



# 低GWP冷媒 二元冷凍システム CARUS (カールス)

長谷川鉄工株式会社  
製造部 米田 裕久

## 1. はじめに

従来のマグロ保管等の超低温冷凍設備の多くは低元側冷媒にR23、高元側冷媒にR22が採用された二元冷凍システムが主流であったが、フロン排出抑制法により両冷媒とも規制されそれに伴い、低GWP冷媒を用いた冷凍システムの要求が高まってきている。R22は2020年全廃、R23はGWPが1480と非常に高く環境影響度目標値を達成するには採用困難な冷媒となっているとともに、入手が困難な状態となっている。このような背景から代替のシステムが必要とされ、2016年より冷凍・冷蔵装置のトップメーカーである日新興業殿と低GWP冷媒を活用されているダイキン工業殿と当社の連合プロジェクトによる開発にて、日新興業殿より次世代の低GWP二元冷凍システムが商品化された。その開発を経て、当社は自社の強みであるR717（アンモニア）技術を活かした独自のシステムの開発を進めてきた。今回は高元側に自然冷媒でありGWPが1以下であるR717（アンモニア）冷媒、低元側に低GWP冷媒のR32を用いた新製品、低GWP冷媒二元冷凍システムCARUS（カールス）「Cascade Refrigeration Ultra-low temperature System」について紹介する。

## 2. 低GWP冷媒二元冷凍システムの紹介

### 2-1 超低温システムの現状

従来の二元冷凍システムの低元側に使用されていたR23は、沸点が低く良好なCOPが得られランニングコストが優秀である反面、極めて高いGWPを持っており環境負荷の少ない冷媒への早急な転換が求められている。

R404Aを採用した二段圧縮システムを室温-60℃で使用する場合、コンパウンド型二段圧縮機を採用しシンプルな機器構成となる反面、GWPは3920と高く、これからの削減対象冷媒であることおよびCOPも従来型の二元冷凍システムより低く、冷媒問題解消、省エネ要求より新しいシステムが求められている。

また、空気を使った断熱膨張システムは、自然冷媒でありGWPはゼロであるが空気中の水分の影響を少なくする装置が必要になることや緻密で高度な技術を要するシステムであり、設備コストが高

くなる。

これらより、現状の超低温システムが持つ課題と次世代システムへの要求は下記であると考える。

- (1) 抜本的な低GWP化が必須
- (2) R23の代替冷媒がない
- (3) ランニングコストを抑えたい
- (4) イニシャルコストは廉価に
- (5) メンテナンスコストを抑えたい

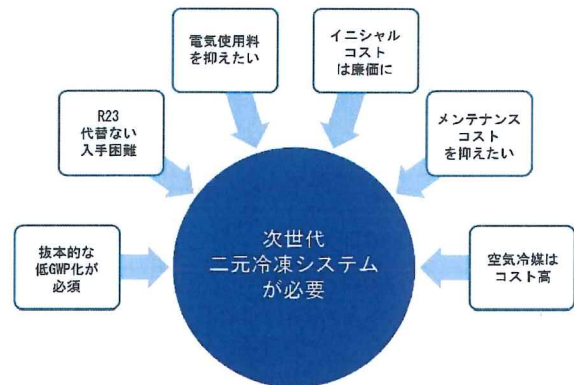


図1 次世代冷凍システムに求められる事項

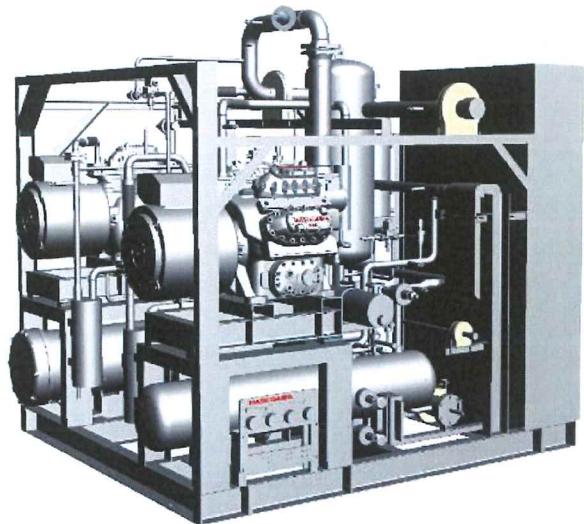


図2 二元冷凍システムCARUS外観図

### 2-2 次世代低GWP超低温システム

#### (1) 二元冷凍システムCARUS

二元冷凍システムは高元側冷媒を循環させる高

元サイクルと低元側冷媒を循環させる低元サイクルを有しており、低元側凝縮熱と高元側蒸発熱を熱交換するカスケードコンデンサーによって両サイクルを連結している冷凍システムである。図2に二元冷凍システムCARUS外観図、図3に二元冷凍サイクルを示す。

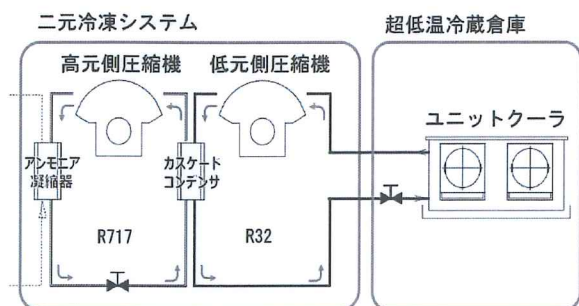


図3 二元冷凍サイクル

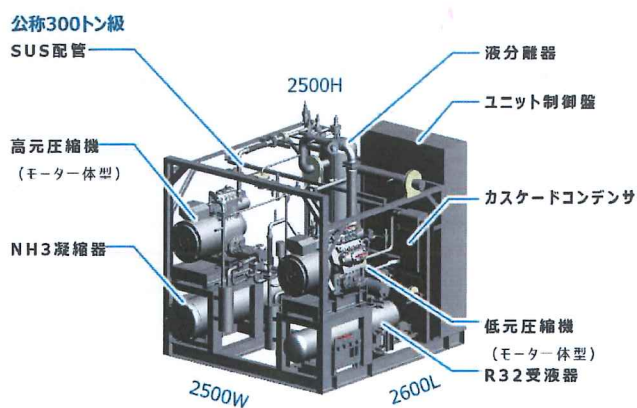


図4 CARUS機器構成

表1 CARUS仕様（公称300トン級仕様）

対応室温		-63 ~ -45℃
高元機	圧縮機型式	VKS12
	電動機	11kW 6P
	容量制御	インバータ制御
	冷媒	R717
	NH3凝縮器	シェル&チューブ式
	設計圧力	高圧 1.60MPa
低元機	圧縮機型式	VKM28
	電動機	18kW 4P
	容量制御	インバータ制御
	冷媒	R32
	カスケード凝縮器	プレート式
	設計圧力	高圧 2.38MPa

新製品CARUS（公称300トン級仕様）の機器構成を図4に、仕様を表1に示す。

本仕様は、室温-60℃設定で16kWの冷却能力を発揮する。

〔CARUSの特徴〕

① 低GWP化により指定製品制度の基準をクリア  
「コンデンシングユニット及び定置式冷凍冷蔵ユニット」の区分において、環境影響度目標値の1500を大幅に下回ったものとなっている。

従来の二元冷凍システムの低元側冷媒に用いられてきたR23のGWPは14800と高い数値であり、当社のR22とR23の二元冷凍システムではシステムGWPは5637であった。次世代二元冷凍システムCARUSは、R717とR32を採用することにより、システムGWPを593まで低減しており、低減率は89.5%を達成している。

図5にR22/R23とR717/R32のシステムGWP比較を示す。

当社実績			CARUS		
	冷媒	GWP		冷媒	GWP
高元	R22	1760	高元	R717	0
低元	R23	14800	低元	R32	675
システムGWP		5637	システムGWP		593

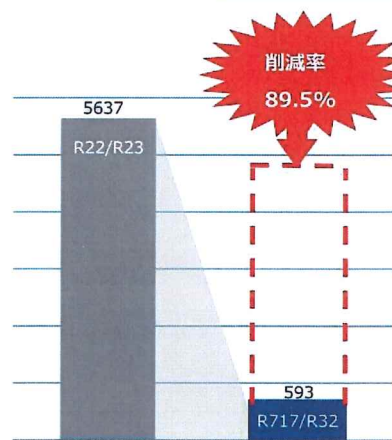


図5 システムGWP比較

② より省エネとなる装置設計及び最適化制御

高元側圧縮機の蒸発温度は低元側圧縮機の凝縮負荷の変動に細かく追従するようPID制御にて最適運転し効率を上げている。

室温-60℃想定でのエネルギー効率を試算すると超低温域で非常に効率の良いR23を用いたR22/R23二元システムより、約12%低くなるが、R404二段圧縮システムより約20%大きくなる。



③ 設備規模に合わせた豊富なシリーズ

圧縮機は当社製高性能レシプロ機を採用している。二段圧縮機は7機種、単段圧縮機は11機種取り揃えており、必要能力に応じた組合せでユニット化でき、設備規模に適合したシステムを提供することができる。図6に当社の代表的な圧縮機VZシリーズを示す。

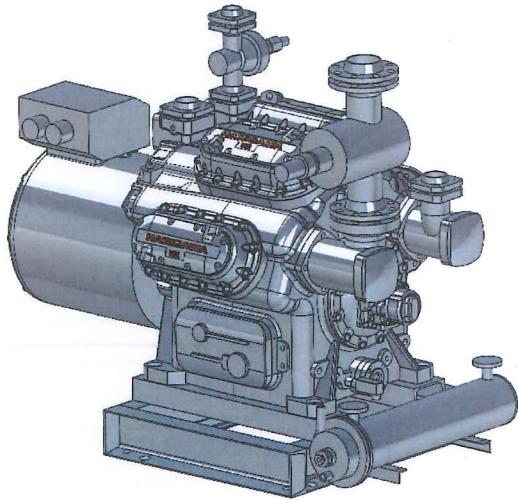


図6 VZシリーズ圧縮機

④ 低メンテナンスコスト

当社製レシプロ機はシンプルな構造となっており、取扱いが容易である。当社工場で開催している整備講習を受講された方であれば、自社で整備することが可能となりメンテナンスコストを抑えることができる。また、自社で整備要員を確保することはBCP対策となり自然災害等の緊急事態に遭遇した後の早期事業立ち上げが可能となる。

圧縮機は定期的なオーバーホールにて性能が維持され、数十年の使用に耐える構造となっている。

⑤ 低ランニングコスト

R32とR717の組合せによる効率向上に加え、圧縮機の容量制御は従来採用されていた「アンロード制御」からインバータによる「回転数制御」へ変更することにより無効動力を削減している。

図7にインバータ制御による動力低減の様子を示す。

⑥ 現場施工の短縮

図4のCARUS機器構成に示すようにシステムは当社工場にてユニット化して出荷される。ユニット内部にはR32用液分離器が設置されており、ユニット据付後の配管工事及び電気工事は、従来の施工に比べ工期が短縮できる。

⑦ 新冷媒対応

今回紹介しているCARUSは、高元側冷媒にアンモニア(R717)を採用しているが、他の低GWP冷媒の対応も可能となっている。

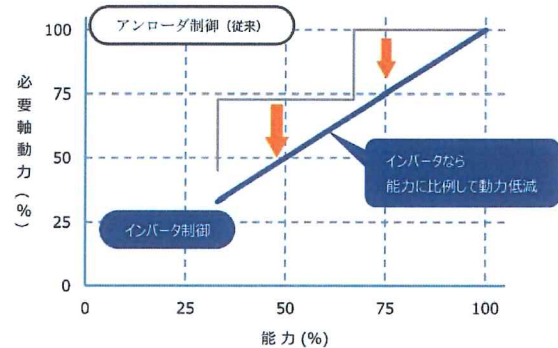


図7 インバータ制御による動力低減

(2) 次世代二元冷凍システム用冷媒 (R32、R717)

今回、低元側に採用した冷媒R32は単一冷媒で熱力学特性では沸点が低く低温域で単位動力当りに得られる熱量が大きく且つ、GWPは675である。

高元側に採用したR717(アンモニア)は地球温暖化係数(GWP)が1以下であり、単位動力当りに得られる熱量が大きい。

単位動力当りに得られる熱量は、R32及びR717とも、R404Aと比較した場合、15~20%大きい。

冷媒の安全性分類ではR32は微燃性、R717は毒性・微燃性となるが、安全性確保のための法規やガイドラインが整備されており、それに則ったシステム作りを実施していること及びR717のシステムを数多く手がけてきた当社の実績より安心して使用いただける製品となっている。

また万が一、冷媒が漏洩した場合でも図8に示すように機械室内又はパッケージ内に漏洩冷媒を閉じ込め、外部に流出しない構造としている。

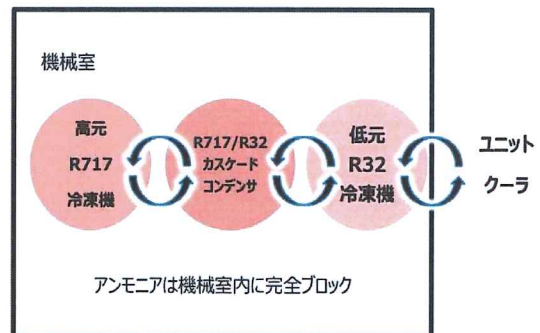


図8 冷媒の外部流出防止対策

### 3. おわりに

フロン排出抑制法、環境影響度の目標値をクリアした新製品の次世代低GWP超低温システムCARUSの特徴について紹介した。

従来の $-60^{\circ}\text{C}$ の超低温冷凍倉庫で採用されているR23冷媒は入手が困難になりつつあり、代替冷媒も各所で検討はされているが、未だ確定されたものはない。R23のドロップイン冷媒で実績のあるものが発売されれば、超低温冷蔵倉庫事業者様は設備変更なしで運営が可能となるが、ドロップイン冷媒の見通しは立っていないのが現状である。

また、将来指定製品の環境影響度のGWP目標値は引き下げられる方向で検討されており、数十年使用される超低温冷凍倉庫では現在より、更に低いGWP冷媒を採用したシステムが必要となっている。

今回紹介したCARUSは、2025年が目標年度となっている環境影響度の目標値1500を大きく下回る製品となっている。多種の能力範囲をカバーできるバリエーションが選択でき、多くの事業者様にご採用いただけると確信している。

CARUSの次の展開として、冷凍倉庫の他、超低温ブライン冷却システム等工業分野への提案を計画している。

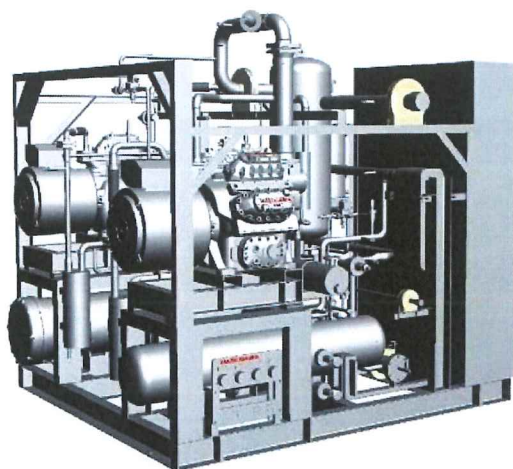
当社は冷凍機メーカーとして109年（創業1910年）の歴史を持ち、優れたレシプロ冷凍機製造技術と効率の良いR717（アンモニア）冷媒で多くの実績を積んだ冷凍技術を活かして、R717/R32を採用した二元冷凍システムCARUSを製品化することができた。

また、各冷媒メーカーでは次世代冷媒の開発が進んでおり、冷凍機メーカーとして冷媒開発動向に注視し早期に対応すべく各種の技術開発を行ない、さらに省エネで地球環境負荷が少なくより安全で低コストな冷凍システムをご提案できるよう努めていきたい。

## 冷熱の総合エンジニアリング企業

産業用冷凍機製造・冷凍プラント企画・設計・製作・施工・保守サービス

**HASEGAWA**  
REFRIGERATION, LTD.



# CARUS

R23問題を解決！

環境にやさしい次世代低GWP超低温システム

**CARUS**

冷熱空間を通じて、社会への一層の貢献を目指します

**長谷川鉄工株式会社**

代表取締役社長  
小野 良二

大阪・東京・札幌・尼崎臨海工場  
<http://www.hasegawa-jpn.com>

