

## 【資源エネルギー庁長官賞】

### 高速ギアレス圧縮機搭載 2重冷凍サイクル型 ターボ冷凍機 (RTVF シリーズ)

荏原冷熱システム株式会社 東京都大田区

株式会社荏原製作所 東京都大田区

#### 1. 機器の概要

地球温暖化防止対策への社会的な要求から、大型電動冷凍機の主流であるターボ冷凍機の高効率化は強く求められている。しかし、ターボ冷凍機の効率は従来技術の延長では理論的な限界に近く、飛躍的に向上するためには全く新たな技術開発が必要であった。本機では『2重冷凍サイクル』『インバータ駆動高速モータのギアレス圧縮機』を新規に開発し、従来機を大きく上回る  $COP = 7$  を達成した。また、インバータによる圧縮機回転数制御を行い冷却水温度が低く冷凍能力が少ない場合には  $COP = 22$  に迫る部分負荷特性を実現している。

冷媒は代替冷媒 (HFC) の R245fa を採用している。この冷媒はオゾン層破壊係数 (ODP) がゼロで、広く普及している R134a と比較して地球温暖化係数 (GWP) も小さい冷媒である。

また、R245fa は低圧冷媒であり高圧ガス保安法の適用を受けず取り扱いも容易である。安全性が高く、特に環境への配慮が高い製品としている。本機は(独)新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) の「エネルギー使用合理化技術戦略的開発」として採択され共同研究を実施し、その成果をもとに製品化に至ったものである。

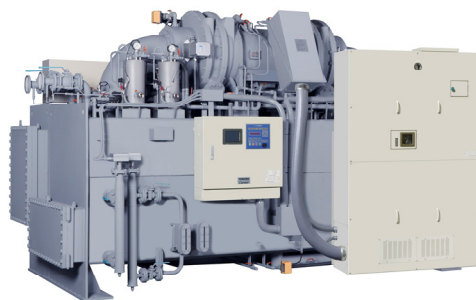


写真 1 RTVF シリーズの外観写真

## 2. 機器の技術的特徴および効果

### 2.1 技術的特徴

#### (1) 2重冷凍サイクル

2重冷凍サイクルは一台の冷凍機に独立した2つの冷凍サイクルを配置し、図1のように冷水並びに冷却水を直列に流す構造としたものである。2重冷凍サイクルは圧縮機で上昇させる温度差（温度差  $25^{\circ}\text{C} = 37^{\circ}\text{C} - 12^{\circ}\text{C}$ 、及び  $27.5^{\circ}\text{C} = 34.5^{\circ}\text{C} - 7^{\circ}\text{C}$ ）を単一サイクルの場合（温度差  $30^{\circ}\text{C} = 37 - 7^{\circ}\text{C}$ ）と比較して小さくでき、圧縮機動力を低減するサイクルである。

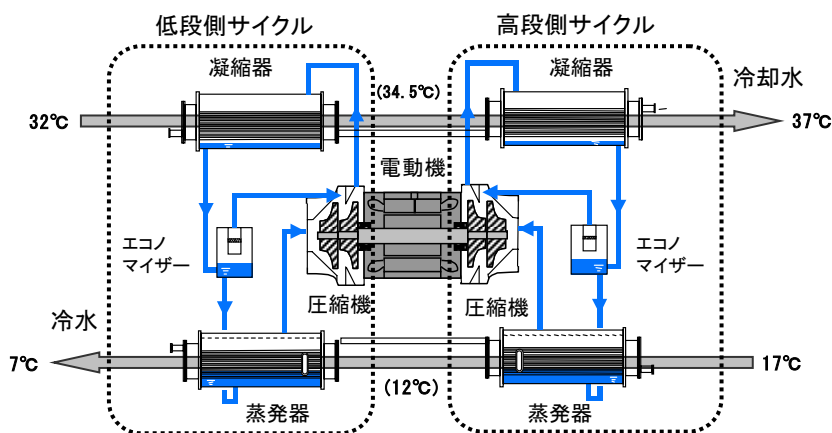


図1 2重冷凍サイクルのフローイメージ図

また、2重冷凍サイクルは冷水側の利用温度差が大きいほど圧縮機動力の低減効果が高いという特徴がある。近年は冷水の搬送動力低減を目的として冷水の大温度差利用（冷水流量削減）を採用する例が増加している。本サイクルはこの冷水の大温度差利用に最適なサイクルであり、冷水入出口温度を（ $17^{\circ}\text{C} \rightarrow 7^{\circ}\text{C} / 10^{\circ}\text{C}$ 差）とすることで従来機（ $12^{\circ}\text{C} \rightarrow 7^{\circ}\text{C} / 5^{\circ}\text{C}$ 差）に対してより一層の動力削減を図ることが可能である。

#### (2) インバータ駆動高速モータのギアレス圧縮機

新規開発した圧縮機は①小型高速羽根車の採用②羽根車をモータに直結③インバータによるギアレス増速（定格周波数  $140\text{Hz}$ ）という特徴が有る。ターボ冷凍機の遠心圧縮機は冷媒を所定の圧力まで圧縮するために所定の羽根車の周速が必要であり、従来機においてはギア増速や羽根車の径大化によって必要周

速を得ていた。本機ではモータ軸に直結した小径羽根車をインバータで最大140Hzまで増速する方式を採用し、超高効率でありながら構造の簡便化や小型化を図っている。また、2重冷凍サイクルを構成するための独立した2系統の圧縮機の羽根車をモータ軸の両端に対向するように配置する事で複雑になりがちな2重冷凍サイクルを低コストに実現している。また、同じことから羽根車に係る流体力のスラスト加重を低減し信頼性向上を図っている。

## 2.2 効果

### (1) 省エネルギー性

#### 1) 部分負荷特性

圧縮機にインバータによる増速方式を採用した事で可変速制御も可能となり、インレットガイドベーン制御と併用して図2に示すように高い部分負荷特性を実現している。つまり、冷却水温度が低い時に非常に高いCOPが期待できる。例えば春や秋などの中間期に冷却水が20℃程度に下がってくると冷凍能力が100%の場合でCOP=11以上となる。また、冬期に冷却水温度が12℃まで低下しても運転可能で、その場合100%負荷時でCOP=16以上を達成しており、冷凍能力が少ない場合ではCOP=22に迫る値を実現している。この部分負荷特性を従来機（高効率インバータ機：冷却水入口下限温度14℃）と比較すると図3のように高負荷領域で且つ冷却水温度が低い場合に顕著にCOPが上昇している。

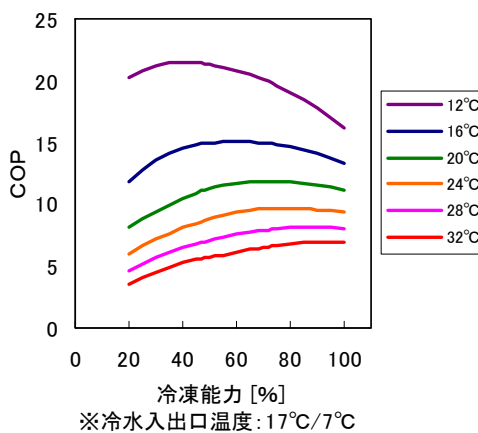


図2 部分負荷特性

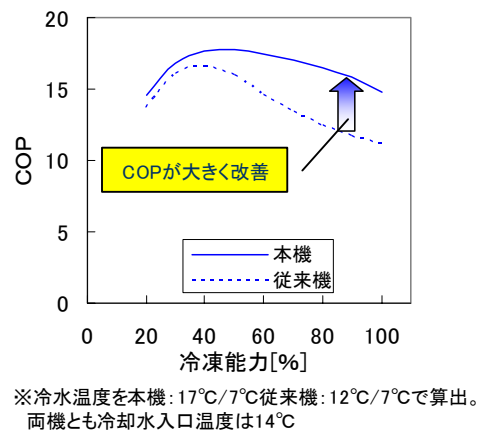


図3 従来機との部分負荷特性比較

## 2) 冷水大温度差による搬送動力の低減

冷水を大温度差利用(17℃→7℃/10℃差)とすることで搬送動力が削減できる。図4のように熱源設備トータルでの省エネルギーに大きな効果を発揮する。特に10年前の当社機を使用したシステムと比較すると約40%の消費電力削減が可能であり、既設設備の置き換えで大きな効果がある。また、この消費電力の削減は図5のとおりCO<sub>2</sub>の排出量の削減にもなり環境対策として非常に有効であると言える。

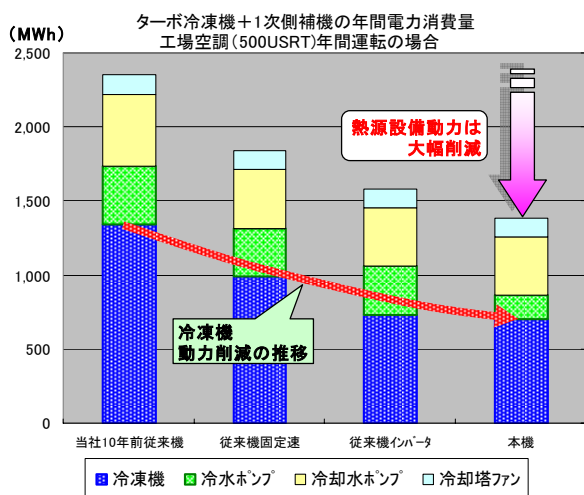


図4 年間消費電力量従来型との比較

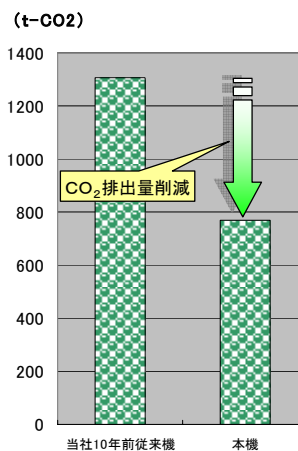


図5 年間CO<sub>2</sub>排出量従来型との比較

## 3. 用途

ターボ冷凍機は一般のビル空調に多く採用されているが、本機は特に冷房運転時間が長く外気温度が低い季節に負荷率の高い半導体製造工場空調やプロセス冷却、地域冷暖房などの用途に最適である。既に工場や大型商業施設向けなどに導入が進んでおり、一部は稼動を開始している。

(注)

1. COPとは成績係数という冷凍機性能を表す指標である。ここでは主機成績係数としている。

[COP: 成績係数] = [冷凍能力] / [主電動機(インバータ)入力]

2. 図4、図5の検討条件 (1) 半導体工場の負荷率、年間運転、運転時間24時間/日で算出。(2) 冷水温度は従来機: 12℃/7℃ 5℃差、本機: 17℃/7℃ 10℃差で算出。(3) 外気温度は東京地区湿球温度を使用。(4) CO<sub>2</sub>排出量原単位は0.555kg CO<sub>2</sub>/kWhで算出。