

## 【経済産業大臣賞】

超低温冷蔵倉庫用空気冷媒冷凍システム

「パスカルエア PAS-30」

株式会社前川製作所

東京都江東区

### 1. 機器の概要

空気冷媒冷凍システム「パスカルエア」の最大の特徴は、これまで冷蔵庫用の冷凍サイクルで広く使用されてきたフロンやアンモニアなどの冷媒を使わずに、空気を冷媒として $-50^{\circ}\text{C}$ 以下の環境を実現できることにある。(図1)

フロン系の冷媒はオゾン破壊係数や地球温暖化係数が高く、その代替手段の必要性が以前から認識されていた。しかし、系統内の水分・霜の処理方法が確立していない等の理由により、本方式の実プラントへの導入は難しい状況が続いていた。本機は平成15年「NEDO エネルギー使用合理化技術戦略的開発事業高分子吸着剤による除湿型高性能空気冷凍システムの開発(3ヶ年事業)」の研究成果をもとに、実用化に至ったものである。

またその他の特徴として、高圧ガスでないことによる安全性の向上、冷蔵庫内にクーラーがないことにより、スペースの有効活用ができ、かつデフロスト熱負荷がない、現地施工が容易で、冷蔵庫を運用しながらのリニューアルが可能であることなどがあげられる。



図1 パスカルエア外観

## 2. 機器の技術的特徴および効果

### 2.1 技術的特徴

#### (1) ブレイトンサイクル

空気は最も身近な気体であり、オゾン破壊係数 ODP、地球温暖化係数 GWP とともにゼロで、毒性、可燃性もなく、究極の自然冷媒といえる。しかし、臨界温度が  $-140.7^{\circ}\text{C}$  と低く、それ以上の温度帯で使用する場合、相変化のないガスサイクル（超臨界サイクル）になる。

パスカルエアの基本のサイクルは、ガスエンジン等によく利用されるブレイトンサイクルであるが、一般的なブレイトンサイクルと異なり放熱と吸熱が逆で、断熱圧縮後に放熱、断熱膨張後に吸熱となる。

パスカルエアは、冷凍・冷蔵庫内の超低温の空気を直接冷媒として循環させるシステムであり、膨張機一体型圧縮機、一次冷却器、冷熱回収熱交換器、の3つの機器で構成される（図2）。さらに、冷蔵庫内に従来システムと異なりエアクーラーは不要であり、風の吹出しと吸込みのダクトを設置するだけである（図3）。

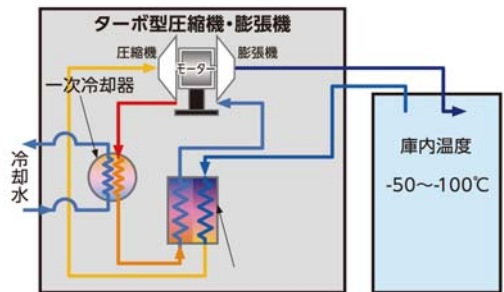


図3 冷蔵庫内比較

(2) ターボ型膨

張機一体型圧縮機

心臓部である圧縮機と膨張機はターボ型を採用し、中央にビルトインモータを配置した同軸構造で、膨張機で発生する断熱膨張仕事を、モータを介して圧縮機の補助動力として使用でき、圧縮機の動力は2/3である。図4にターボ型膨張機一体型圧縮機の外観と構造を示す。

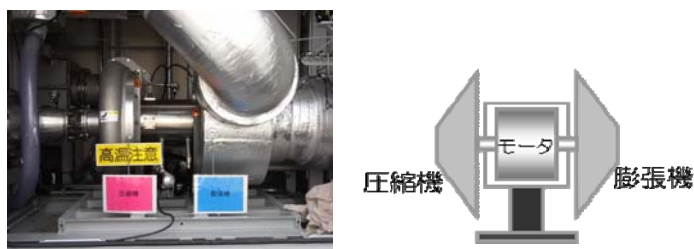


図4 ターボ型膨張機一体型圧縮機

## 2.2 効果

### (1) 省エネ性

冷蔵倉庫内にエアクーラーが必要ないためファン動力分の熱負荷や霜による熱交換損失がなくなり、空気中の水分による霜に関しても冷凍システムユニット内で処理ができるため、庫内に熱を投入する必要がない。ゆえに、庫内温度が一定となるとともに大幅に熱損失を低減できる。表1にフロン冷凍システムとの省エネ性の比較を示す。

項目	フロン冷凍システム	空気冷媒冷凍システム 「バスカルエア」	差	備考
冷凍能力	47kW	30kW		
庫内温度	-60℃	-60℃		鯖・蟹保管
所要動力	122.5kW	63kW	△59.5kW	49%減
冷凍負荷	47kW	30kW	△17kW	36%減
システムCOP	0.38	0.48	25%向上	40%
最大省エネ効果比率	100	51	49%減	
電力消費量	644,742kWh/年	386,014kWh/年	40%減	
CO <sub>2</sub> 排出量	357,832kg-CO <sub>2</sub> /年	214,238kg-CO <sub>2</sub> /年	40%減	

表1 フロン冷凍システムとの省エネ性比較

また、

庫内温度

-55℃の8000トン超低温冷蔵倉庫において2009年12月～2010年11月1年間の省エネ効果を実測したところ、フロン冷凍システムに比較して34%の省エネルギー効果があり、年間約110万kWh（原油換算約290k1）の削減効果を得ることができた（図5）。



**図5 庫内温度-55℃、8000トン超低温冷蔵倉庫**

#### (2) 安全性・メンテナンス性・経済性

最高使用圧力が0.2MPa以下と低圧で運転されるため、高圧ガス保安法適用外である。そのため設置時の届出・申請が不要であり、日常の設備管理も容易である。

また、冷媒漏洩によるプラント周辺への環境汚染の心配も全く無く、地域住民・従業員の方にとって安全なシステムである。さらに、設備の配置換えや冷却対象物の変更等については、ダクト経路の変更だけで対応でき、従来の冷凍システムで必要な冷媒回収や充填等の処理や大掛かりな工事等が不要なため、メンテナンスを含む運用コストが大幅に削減できる。

### 3. 用途

超低温鱈・鮭冷蔵市場だけではなく、「食品急速凍結装置」「真空凍結乾燥（フリーズドライ）」「ケミカルプロセス冷却」「医療・医薬品冷却」「半導体製造工程」「低温破碎」など、これまで液体窒素冷却の市場と言われていた利用温度領域-50～-100℃の超低温域を必要とする産業分野への適用も可能である。