

日本冷凍空調学会賞 技術賞

SIERRA

SIERRA

日本冷凍空調学会  
技術賞

## 1. はじめに

近年、地球温暖化などの環境問題を背景に脱フロンの動きが加速している。モントリオール議定書のキガリ改正ではHFCの段階的削減が採択された。また、パリ協定においてはCO<sub>2</sub>排出量の大幅削減目標が提示されている。これに対し冷凍空調業界においては、自然冷媒を採用する動きが強まっている。たとえばF級倉庫においては、当社のNH<sub>3</sub>/CO<sub>2</sub>システムの導入が進んでいる。しかし、小～中規模のC級倉庫などのチルド温度帯においては採用できる自然冷媒機器がほとんどなく、導入が進まない現状がある。

今回紹介させて頂く「SIERRA」シリーズは、この市場の自然冷媒化を推進するために開発された製品であり、世界初のNH<sub>3</sub>対応スクロール圧縮機を搭載した自然冷媒(NH<sub>3</sub>/CO<sub>2</sub>)チルドパッケージである。

## 2. 製品概要

「SIERRA」シリーズでは、空冷タイプのSIERRA-A(図1)と水冷タイプのSIERRA-W(図2)の2機種を



図1 SIERRA-A外観



図2 SIERRA-W外観

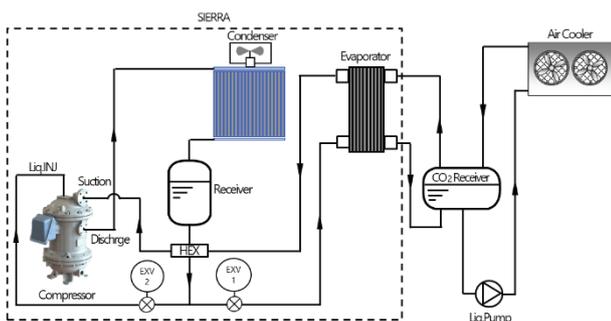


図3 SIERRA-A構成例

佐藤伸之介\*  
Shinnosuke SATO北山英博\*  
Hidehiro KITAYAMA光元由記\*  
Yuki MITSUMOTO

ラインナップしている。その構成図をSIERRA-Aを例に図3に示す。蒸発器でNH<sub>3</sub>とCO<sub>2</sub>が熱交換し、CO<sub>2</sub>は冷却され液化し、外部に設けたCO<sub>2</sub>レシーバーに貯蓄される。この貯蓄されたCO<sub>2</sub>を液ポンプで搬送し2次側の冷却に使用する。

## 3. 導入技術概要

### 3.1 NH<sub>3</sub>対応半密閉スクロール圧縮機

NH<sub>3</sub>を使用した小型パッケージの開発にあたり、課題となったのが圧縮機である。本機には世界初のIPMモータ内蔵NH<sub>3</sub>半密閉スクロール圧縮機を搭載している(図4)。

一般にスクロール圧縮機は小型容量域での性能に優れ、低騒音、低振動で運転可能なため、小型の冷凍機にマッチしている。しかし、NH<sub>3</sub>対応のものはない現状があった。

NH<sub>3</sub>への対応が難しい要因の一つは、NH<sub>3</sub>が銅への強い腐食性を持つため、内臓モータに銅が使用できないことである。そこで本機の圧縮機では、モータの巻き線に独自のアルミ巻き線を採用することでこの課題を克服した。また、IPM方式とすることで高効率な運転も実現した。

図4 NH<sub>3</sub>対応スクロール圧縮機

\* (株)前川製作所

Mayekawa Mfg. Co., Ltd.

原稿受理 2020年2月28日

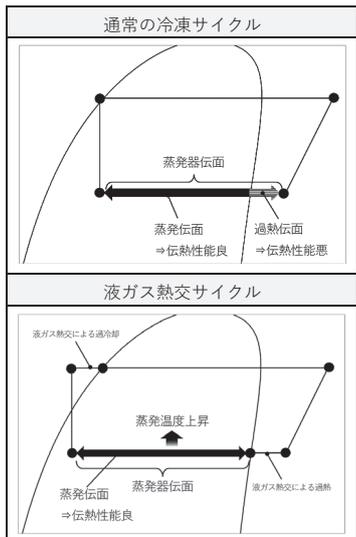


図5 モリエル線図によるサイクル比較



図6 MCのV字配置



図8 エコナイス



図7 SIERRA-A 連結設置



図9 CO<sub>2</sub>アイスチラー

性を達成することができた。これにより、従来よりも少ないスペースで必要な熱交換量を確保することが可能になった。また、メンテナンスに必要なスペースを前面、背面のみとすることで左右の隣接設置を可能とし、複数台設置時の据付面積を最小化している(図7)。

#### 4. 導入分野

##### 4.1 ノンフロン自動製氷システム「エコナイス」

現在、市場で稼働している

密閉構造は半密閉タイプとしているが、これはオーバーホールを可能にすることで部品を再利用し、廃棄物を削減することで環境負荷を削減しようという配慮である。

### 3.2 液ガス熱交サイクル

本機は蒸発器にプレート熱交を採用した乾式システムである。一般に乾式システムでは蒸発器出口の過熱度を膨張弁で制御するため、過熱度を得るための伝面が蒸発器に必要となる。しかしながら、過熱伝面は伝熱性能が悪いため熱交換器の性能を落とす要因となる。そこで本機では、液ガス熱交サイクルを採用することで性能低下の抑制を図った(図5)。

液ガス熱交は高圧液冷媒と低圧ガスを熱交換させることで、高圧側は過冷却度を増加させ、低圧側は吸入過熱度を確保するものである。本機ではこの液ガス熱交をより積極的に利用することで、蒸発器出口を湿り蒸気で運用しながら液ガス熱交で吸入過熱度を確保する運用を確立した。この運用のキーポイントは「過熱度制御」である。本機では液ガス熱交出口の冷媒過熱度を制御対象とし、運転条件ごとに過熱度目標値を変更可変させることで、蒸発器出口の乾き度を一定に保つ制御を行っている。

この運用により、蒸発器出口を湿り蒸気とすることで過熱に使用される伝面をなくし、すべての伝面を有効利用できるようになり、蒸発器の性能を約15%改善した。

### 3.3 コンパクトパッケージング

本機のような冷凍機は設置場所の制約から、可能な限りコンパクトなパッケージングが求められる。本機では凝縮器にアルミマイクロチャンネル熱交換器を採用し、その熱交換器をユニット内部にV字型に並べた構成(図6)(※特許所得済)とした。マイクロチャンネルを採用するにあたり材質面での耐久性に課題があったが、独自のコーティングを施すことで耐用年数15年以上の耐久

自動製氷機は、HCFCなどの規制対象冷媒を用いたものが主流であり、自然冷媒システムを導入している製氷機は無い状況である。

「エコナイス」は自然冷媒を用いた高効率な製氷システムである(図8)。その方式は「SIERRA」で冷却したCO<sub>2</sub>を液ポンプで製氷板に供給することで製氷を行う二次冷媒冷却方式である。このシステムの核はCO<sub>2</sub>冷媒対応の製氷板であるが、冷媒流路の最適化により高効率、高耐圧の製氷板を実現した。また、製氷板には油混入のないCO<sub>2</sub>が満液状態で供給できるため、①氷の品質向上(透明・均一・長持ち)、②製氷性能向上(従来比20%向上)、③油膜による性能劣化がない、など品質や製氷性能面においても大きなメリットを生み出している。

### 4.2 CO<sub>2</sub>アイスチラー

アイスチラーは、夜間蓄熱設備や0℃近傍の冷水が必要な生産プロセス設備として多数運用されているが、製氷機と同様に規制対象冷媒を用いたものが主流である。CO<sub>2</sub>アイスチラーはこの課題を克服するノンフロン型のアイスチラーである。このシステムの特徴としてCO<sub>2</sub>の供給方法が挙げられる。アイスバンク直上にSIERRAを配置(図9)することでCO<sub>2</sub>をサーモサイフォン方式で供給可能となり、ポンプレスの運用を実現した。こちらも製氷機同様に長期間使用しても製氷性能の劣化が無く、環境負荷の低減、省エネルギー、蓄熱容量の向上(従来比5%UP)という効果を発揮している。

## 5. おわりに

「SIERRA」に採用した特徴的技術と本機の導入事例を紹介させて頂いた。今後も2次側アプリケーションとの組み合わせなどで自然冷媒導入の推進に取り組み、環境問題に対し貢献していきたい。