

# 自然冷媒 CO<sub>2</sub>を採用した業務用コンデンシングユニット “HCCV1001”の開発

Development of CO<sub>2</sub> Condensing Unit “HCCV1001” for Commercial Use



水野 尚夫\*<sup>1</sup>  
Hisao Mizuno

村上 健一\*<sup>1</sup>  
Kenichi Murakami

川西 章夫\*<sup>2</sup>  
Akio Kawanishi

市ヶ谷 憲太\*<sup>2</sup>  
Kenta Ichigaya

池田 将樹\*<sup>2</sup>  
Masaki Ikeda

塩谷 篤\*<sup>3</sup>  
Atsushi Enya

地球温暖化の諸対策が講じられる中、業務用コンデンシングユニットは地球温暖化係数 GWP (Global Warming Potential) の低い冷媒の採用を進める必要がある。三菱重工サーマルシステムズ(株)では、GWP が1である自然冷媒 CO<sub>2</sub> を採用した業務用コンデンシングユニット“HCCV1001”を開発した。本開発機は中圧搬送による配管設計圧力の低減、幅広い蒸発温度設定、及び、使用外気温度に加え、長配管設置対応を可能としている。本稿ではこれら技術的特長について説明する。

## 1. はじめに

地球温暖化に対する取り組みとして、日本ではフロン排出抑制法により能力 1.5kW 以上の業務用コンデンシングユニットの使用冷媒を 2025 年までに GWP1500 以下とする目標が設定されている。国際的にも 2016 年 10 月のモントリオール議定書のキガリ改正により、各国は HFC 冷媒の削減に対し取り組むことになった。また、欧州では F-gas 規制により、定置式冷凍冷蔵用機器については 2020 年から GWP2500 以下へ、冷凍能力 40kW 以上のマルチパックセントラル方式冷凍機に対しては 2022 年から GWP150 以下とする冷媒規制が開始される予定である。このような状況下、業務用コンデンシングユニットは、使用冷媒を HFC (Hydro Fluoro Carbon) 冷媒である R404A (GWP3920) や R410A (GWP2090) から低 GWP のノンフロン冷媒または HFO (Hydro Fluoro Olefin)-HFC 混合冷媒へ切り替える大きな変化点を迎えている。

三菱重工サーマルシステムズ(株)は低 GWP 冷媒の中でも GWP が 1 である CO<sub>2</sub> 冷媒を採用した業務用給湯機を既に市場投入しており、5年以上の市場実績がある。今回開発した業務用コンデンシングユニット“HCCV1001”は圧縮機を始めとしたコンポーネントを給湯用より流用、冷凍冷蔵用に最適化することにより信頼性を確保すると同時に高効率を達成している。

## 2. 要求事項

CO<sub>2</sub> 冷媒を採用した業務用コンデンシングユニットは、スーパーマーケットのショーケースや冷蔵倉庫のユニットクーラ等の負荷装置と接続し使用される。これらの使用環境のためには以下の要求事項を満たす必要がある。

\*1 三菱重工サーマルシステムズ(株)空調機技術部 主席技師

\*2 三菱重工サーマルシステムズ(株)空調機技術部

\*3 三菱重工工業(株)総合研究所伝熱研究部 主席研究員 工博

(1) 耐高圧力化

CO<sub>2</sub> 冷媒は HFC 冷媒対比、運転圧力が高いことから、コンデンシングユニットだけでなく負荷装置であるショーケースやユニットクーラや渡り配管にも高い設計圧力が要求される。

(2) 幅広い設定蒸発温度

蒸発温度を-45℃から-5℃まで任意に設定が可能であること。

(3) 幅広い外気温度での使用

外気温度が-15℃から 43℃までの範囲で使用可能であること。

(4) 設置自由度の確保

負荷装置とコンデンシングユニットの接続配管長さは 10~100mの範囲で可能であり、コンデンシングユニットが上、負荷装置が22m下の位置関係にある据付状態でも運転可能であること。これら要求事項に対する課題と対応を次章以降で説明する。

3. 耐高圧力化:

ガスインジェクションサイクルの採用による設計圧力の低減

CO<sub>2</sub> 冷媒は従来から使用されている HFC 冷媒対比、運転圧力が高い。同蒸発温度、同外気温度での比較を表1に示す。本開発機はガスインジェクションサイクルを採用することにより、1段膨張後の中圧である冷媒をショーケースやユニットクーラ等の負荷装置に搬送可能とした。この搬送圧力の中圧化により、渡り配管や負荷装置の設計圧力の低減が可能となり、配管施工の容易化、低コスト化に加え冷媒漏えいに対する信頼性も向上させている。(図1)

表1 運転圧力の比較(冷媒 HFC と CO<sub>2</sub> の比較)

冷媒	低圧(※1) (MPaG)	高圧(※2) (MPaG)	高圧設計圧力 (MPaG)
R404A	0.032	2.0	3.0
R410A	0.074	2.3	4.15
CO <sub>2</sub>	0.90	8.8	14.0

※1 蒸発温度-40℃の飽和圧力  
 ※2 室外温度 32℃で運転時の圧力

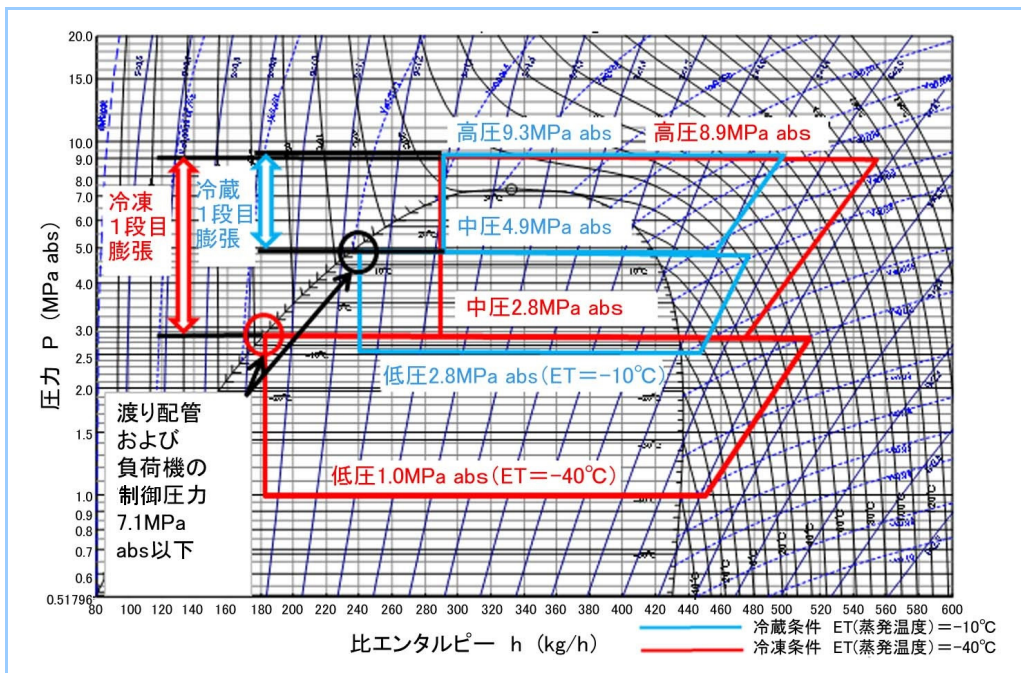


図1 冷凍条件と冷蔵条件の運転サイクル

#### 4. 設定蒸発温度のワイドレンジ化: CO<sub>2</sub>スクローター圧縮機の冷凍冷蔵用途への最適化

蒸発温度-45℃での運転では冷媒循環量が極端に少なくなり、冷媒で冷却されている圧縮機のモータコイル温度が問題となる。特に外気温度 43℃の場合、高圧が高くなることにより圧縮機への負荷が増加するためより顕著となる。さらに高低差圧が大きくなることにより、吐出ガス温度も高くなるため、圧縮機構部への冷却も必要となる。通常はこれらの高温化対策としてガスインジェクション管より液冷媒をバイパスする手法がある。給湯用途ではガスインジェクション温度を優先して、その位置を冷媒の流れに対してモータ後方側(圧縮機上部)に設定していたのに対し、冷凍冷蔵用途ではモータ前方(圧縮機下部)に設けることにより、より積極的にモータを冷却する構造とした。(図2)。



図2 スクローター圧縮機 給湯用と冷凍冷蔵用

#### 5. 幅広い外気温度での仕様:ガスクーラ仕様の最適設計

外気温度が-15℃と低くなると高圧が低くなりガスクーラに冷媒が溜まり込むため、見かけ上冷媒不足となり能力が低下する。これを防止するため高圧を決定しているガスクーラファン速度の制御を行うとともに、高圧～中圧間の電動弁の制御により冷媒を中圧レシーバに積極的に排出する制御も同時に行っている。

ガスクーラの仕様は2列φ7.94mmのフィンアンドチューブとし、目標放熱量からサーキット数を決定した。このときの目標放熱量を決定する条件を表2に示す。この条件をもとに冷凍冷蔵条件を共に満足するサーキット数を決定した(図3)。

表2 ガスクーラ目標仕様

運転条件	外温 (℃)	蒸発温度 (℃)	ガスクーラ入口圧力 (MPaG)
冷蔵条件	32	-10	9.0
冷凍条件		-40	8.8

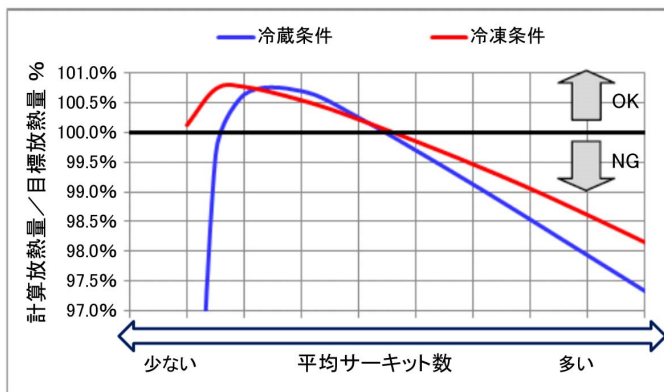


図3 10馬力コンデンシングユニットにおけるガスクーラ計算結果(平均サーキット数と放熱量)

パス割(伝熱管の分割数と配列)は空気と冷媒の流れが対向した位置関係となる配置とし、ガスクーラ出口の温度の上昇を抑えている。更に隣り合うサーキットの入口と出口での熱移動を回避するため、入口と出口をそれぞれ集約した位置関係としている。(図4)

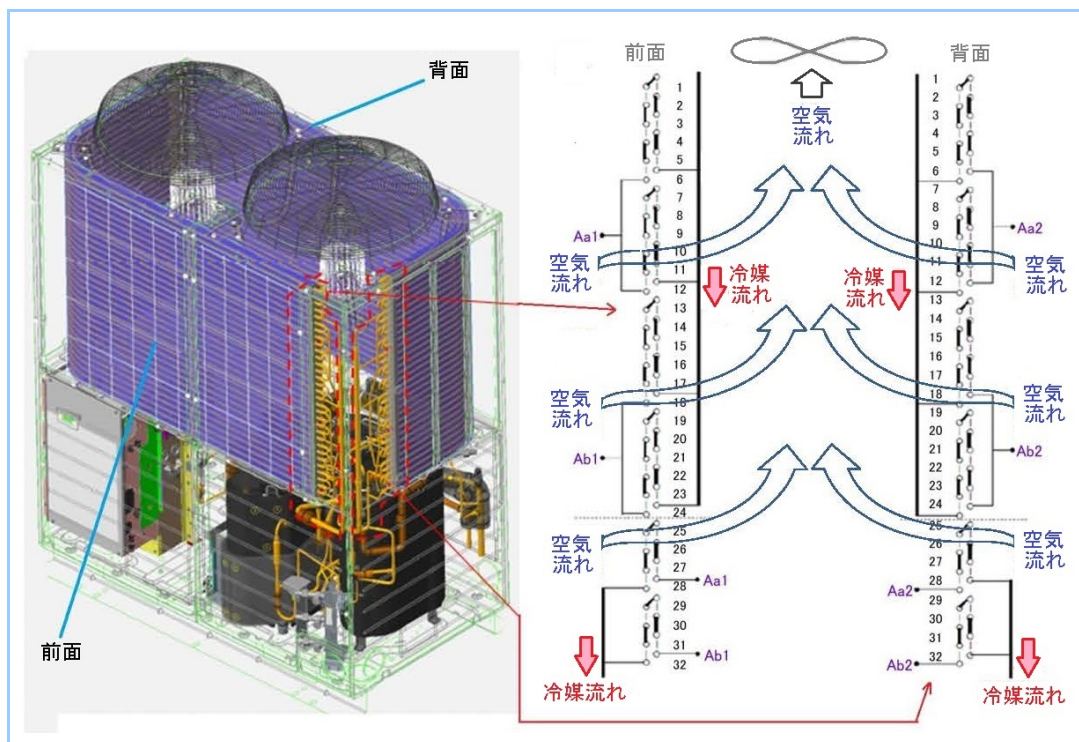


図4 ガスクーラ仕様(パス割)

## 6. 設置自由度の確保:

### 能力確保のための過冷却制御と油面確保のためのオイルポッド追加

コンデンシングユニットは様々な場所に設置されるため、負荷装置であるユニットクーラやショーケースと接続される配管が長い場合でも運転可能とする必要がある。この場合、問題となるのは過冷却不足による能力低下と圧縮機の油面切れである。前者に対しては過冷却コイルを設置し、その制御を最適化することにより負荷装置への安定した液相の冷媒を供給可能とした。後者に対しては圧縮機に油を戻すため、ガス管内流速を確保する必要があり、その口径(φ19.05)及び圧縮機最低回転数を設定した。更に長期連続運転やコンデンシングユニットを負荷装置より高く設置した場合でも、配管内に油が溜まらないよう、圧縮機の回転数を制御することにより油面確保を確実にしている。更に、圧縮機にオイルポッドを付加し保持油量を増加させ、過度領域における急激な条件変化にも対応可能としている(図2)。

## 7. まとめ

今回開発した自然冷媒 CO<sub>2</sub> を採用した業務用コンデンシングユニット“HCCV1001”は環境にやさしいだけでなく、従来冷媒HFCを使用したユニットと同様の扱い易さを備えている。2017年4月の10馬力タイプの生産、発売を始めとして、今後シリーズ開発を継続していく。これらのシリーズを冷凍冷蔵倉庫やスーパーマーケットだけでなく、工場設備へも適用拡大していくことにより、CO<sub>2</sub> 排出量を削減し地球環境保全に貢献していく。