

自然冷媒 CO₂を採用した冷凍冷蔵用高効率 コンデンシングユニット C-puzzle

CO₂ High Efficiency Condensing Unit “C-puzzle” for Commercial Use



三菱重工サーマルシステム株式会社
営業部ヒートポンプ営業課
☎(03)6716-4880

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 CO₂を採用した冷凍冷蔵用高効率コンデンシングユニット “C-puzzle”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、使用外気温度範囲に加え、長配管設置対応を可能としている。以下に本製品の特長及び仕様を紹介する。

1. 製品の特長

(1) 自然冷媒 CO₂の採用

2016年10月のモントリオール議定書のキガリ改正により、地球温暖化にむけて各国はHFC (Hydro Fluoro Carbon) 冷媒の削減に取り組んでいる。日本は2030年度に2013年度比で温出効果ガス排出量を26%削減することを目標としている。一方で日本ではフロン排出抑制法が施行されており、指定製品は使用冷媒のGWPの目標値の達成年度が設定され、自然冷媒に代表される低GWP冷媒の採用が進んでいる。この法令により圧縮機出力が1.5kWを超える業務用コンデンシングユニットの使用冷媒は、2025年までにGWP1500以下とする必要があるため、現在主流のHFC冷媒であるR404A (GWP3943) や R410A (GWP1924) の使用見直しが進んでいる。その候補としては、HFO (Hydro Fluoro Olefin) とHFCのフロン系混合冷媒であるR448A (GWP1337) があるが、その最有力候補はGWPが1以下の自然冷媒である。フロン系混合冷媒を使用する製品は、使用時の漏えい、廃棄時の冷媒回収など、施工、使用、維持、廃棄のライフステージでの冷媒の扱いに留意する必要点があり、アンモニア NH₃ は毒性と保守管理面で配慮が必要であるため、これらの候補冷媒の中でも CO₂ が最もよい資質を持っている(表1)。

表1 自然冷媒二酸化炭素(CO₂)とアンモニア(NH₃)、混合冷媒(R448A)の比較

	二酸化炭素(CO ₂)	アンモニア(NH ₃)	混合冷媒(R448A)
地球温暖化係数(GWP)	1	<1	1337
燃焼性	不燃性	微燃性	不燃性
毒性	無し	有り	無し
運転・維持での資格	法定冷凍能力 20トン未満まで不要(注1)	法定冷凍能力 5トン未満まで不要	法定冷凍能力 20トン未満まで不要
保安設備	漏えいセンサ	漏えいセンサ, 除害設備, 感震器, 保安用具の設置	漏えいセンサ

(注1) CO₂の規制緩和について・・・2017年3月23日 第11回産構審構造審議会保安分科会高圧ガス小委員会 “資料5 高圧ガス保安のスマート化”より

(2) 送液圧力の中圧使用

CO₂ 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。

そこで本製品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する仕様とした。これにより、渡り配管や負荷装置の設計圧力を高压でなく中圧とすることが可能となり、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)。

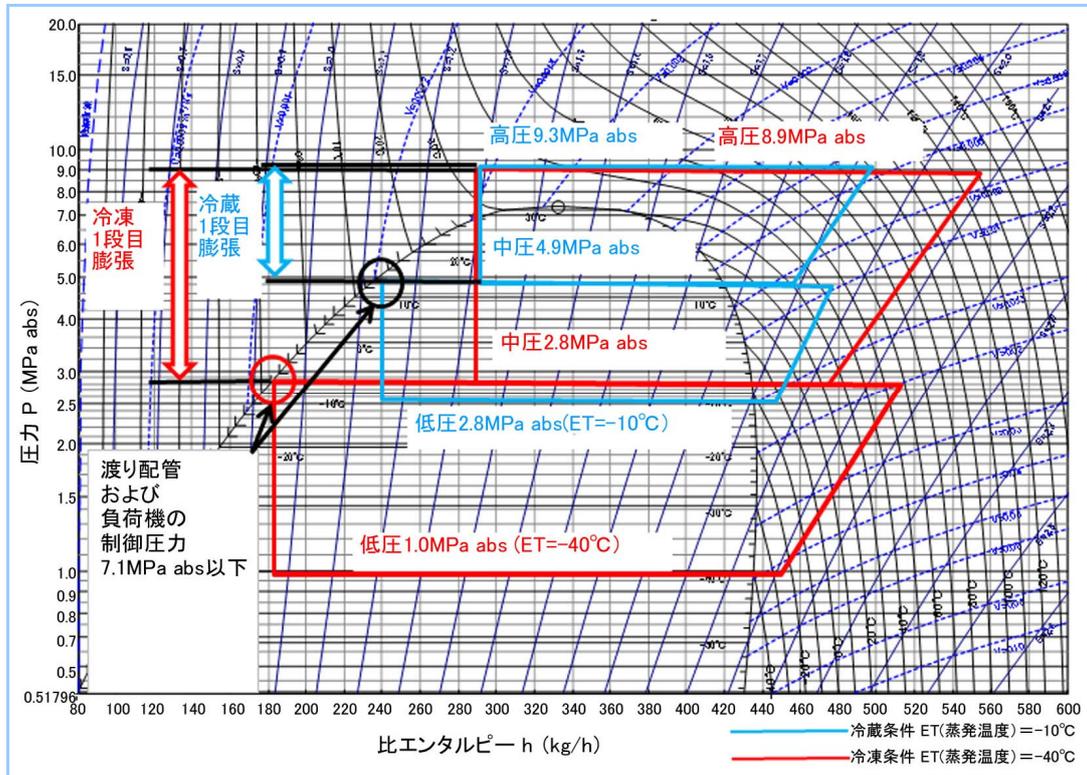


図1 冷凍条件と冷蔵条件の運転サイクル

(3) 幅広い設定蒸発温度(-45°Cから-5°Cまで任意に設定が可能)

蒸発温度-45°Cでの運転では低压密度が極端に低くなることから冷媒循環量が少なくなり、冷媒で冷却されている圧縮機のモータコイルの温度上昇が問題となる。特に外気温度 43°Cと高い場合は、圧縮機への負荷が増加するため、よりこの問題が顕著となる。さらに高压と低压の差圧が大きくなると、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。これらの高温化対策としてガスインジェクション管から液冷媒をインジェクションする手法を採用し、その位置を冷媒の流れに対してモータ前方(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)。

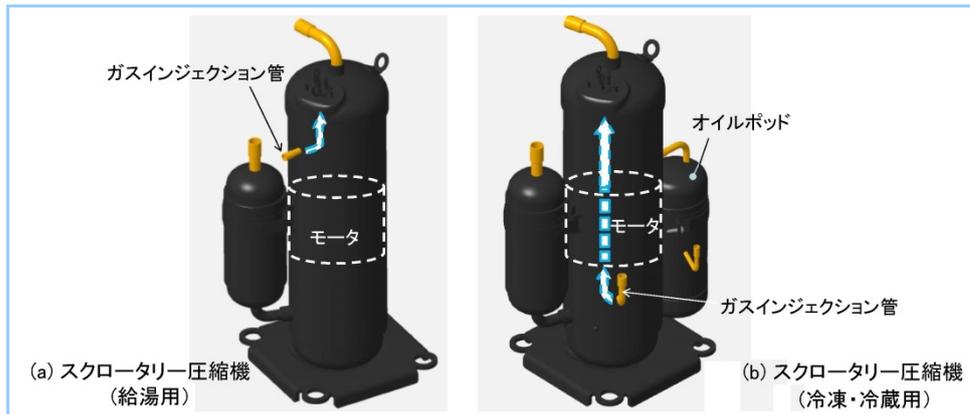


図2 スクローターリー圧縮機 給湯用と冷凍・冷蔵用

(4) 幅広い外気温度(-15℃から 43℃までの範囲)での使用

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、ガスクーラのファン速度制御により高圧を高く維持するとともに、高圧～中圧間に設置した電動弁によりガスクーラから冷媒を中圧レシーバに積極的に排出することで溜まり込みを防止している。

外気温が 43℃と高くなるとガスクーラ出口の温度の上昇が顕著になるため、ガスクーラのパス割(伝熱管の分割数と配列)を空気と冷媒の流れが対向した位置関係となる配置とすることで放熱特性を確保している。更に、隣り合うサーキットの入口と出口をそれぞれ集約させた位置関係とし熱移動を回避することでも放熱性能を向上させている(図3)。

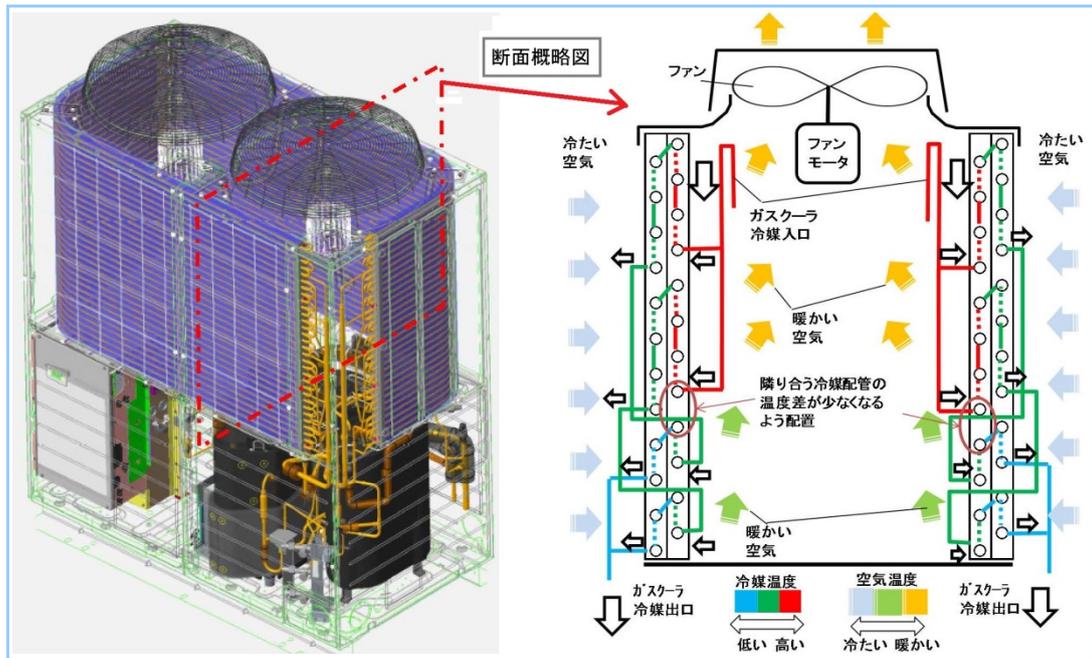


図3 “C-puzzle”シリーズの 10 馬力タイプ HCCV1001 のガスクーラ仕様(パス割)

(5) 設置自由度の確保

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、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で、ガス管やユニットクーラに溜まり込んだ油を圧縮機に戻している。これにより、配管長さを最大 100m、コンデンシングユニットと負荷装置の高低差を最大 22m での設置を可能にしている(図4)。また、ガスクーラ周りの気流解析を行い、ガスクーラで温められた空気を吸い込まないように風周りを最適化し、複数台数を設置する場合に側面の連続設置を可能とし、省スペース性に貢献している(図5)。

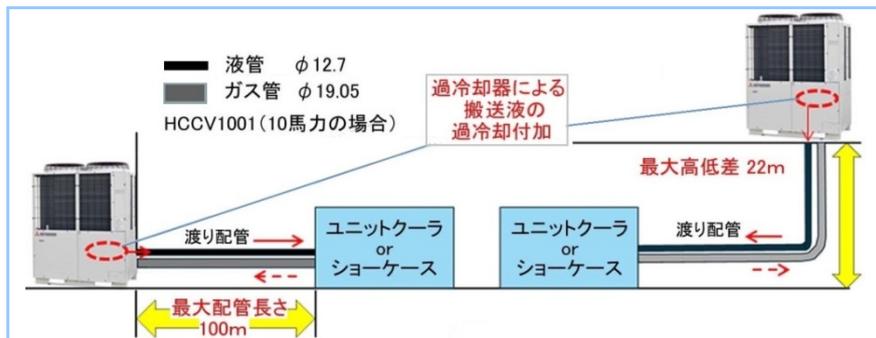


図4 据付性(配管長とヘッド差)

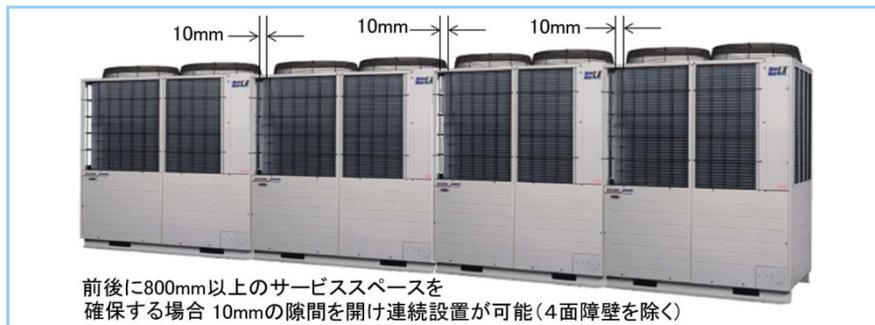


図5 連続設置

(6) 導入のメリット

冷蔵、冷凍条件ともに年間電気代が従来機(R22冷媒機)対比16%の低減が可能であり、環境負荷への影響を低減している(図6)。また、HFC冷媒では必要であった算定漏えい量の報告がCO₂冷媒の場合では不要となっている。

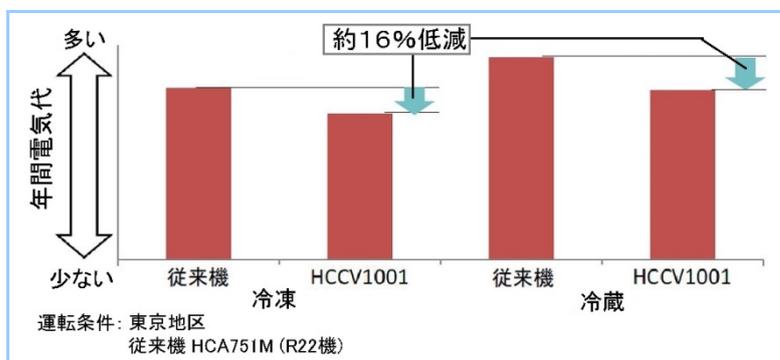


図6 従来機(R22機(10馬力))とHCCV1001との年間電気量比較

2. 製品の仕様

表2に発売済の“C-puzzle”シリーズの10馬力タイプHCCV1001の仕様を示す。

表2 HCCV1001の仕様

形式	HCCV1001(10馬力)	
用途	冷蔵・冷凍	
電源	3相 200V 50/60Hz	
使用冷媒	R744(二酸化炭素)	
使用周囲温度	-15℃~43℃	
使用温度範囲	-45℃~-5℃	
法定冷凍能力	2.98トン	
設計圧力	高圧 14MPaG/低圧 8MPaG	
圧縮機	方式	二段圧縮スクローター
	駆動方式	DCインバータ
	台数	1台
外形寸法	幅 1350×奥行 720×高さ 1690mm	
製品重量	340kg	

3. 今後の展開

今回開発した自然冷媒CO₂を採用した業務用コンデンシングユニット“C-puzzle”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、さらに大容量の20馬力のシリーズ開発も計画している。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、CO₂排出量を削減し地球環境保全に貢献していく。