

# 低GWP冷媒兼用クールマルチシステム

Common Use of Low GWP Refrigerant Cool Multi System

## 要旨

近年、オゾン層破壊などの環境問題への関心が高まる中、スーパーマーケットや冷蔵冷凍庫で使用される業務用低温機器では、2015年4月に施行されたフロン排出抑制法によって、メーカーが出荷する製品のGWP(地球温暖化係数)加重平均を2025年度までに1,500以下にすることが定められている。また機器高効率化による省エネルギー化も必要になっている。今回、次世代冷媒としてGWPI,500以下かつ、高エネルギー密度冷媒であるR463A-J(オプテオンXP41, GWP:1,483)冷媒を採用することで、現行主流のR410A冷媒(GWP:2,090)のメリットを踏襲しつつ低GWP化を進めて、室外機のコンデンシングユニット、室内機のユニットクーラー、コントローラを含めたクールマルチシステ

ムを1.5~33.5kWまでラインアップした。このシステムは、  
(1) 従来のR410A冷媒とR463A-J低GWP冷媒の兼用化  
(2) 凝縮器のアルミニウム扁平(へんぺい)管熱交換器採用  
(3) 省エネルギーモードの搭載  
を実現し、兼用化によって新規据付け時はR410A冷媒を使用し、将来R463A-J冷媒に切り替えるなどの対応も可能になり、柔軟な冷媒選択と設備の二重投資を不要にした。また、コンデンシングユニットはアルミニウム扁平管熱交換器採用によって、放熱性能の向上や製品の軽量化、使用温度範囲の拡大、使用冷媒量の削減を達成した。さらに、省エネルギー制御導入によって、運転範囲全領域で、6~14%の年間エネルギー性能の向上を実現した。



## R463A-J/R410A冷媒兼用クールマルチシステム

R410A冷媒とR463A-J冷媒兼用化によって、柔軟な冷媒選択と設備の二重投資を不要にしつつ、低GWP化を達成した。また、冷媒切替はコンデンシングユニットの制御基板の冷媒の選択と膨張弁の過熱度設定だけで対応可能にしたことで、切替えの簡略化を実現した。さらにコンデンシングユニットは凝縮器などの高性能化と省エネルギー制御導入によって、年間エネルギー性能を向上させた。

## 1. ま え が き

近年、オゾン層破壊や地球温暖化などの環境問題への関心が高まる中、業務用低温機器では使用する冷媒の低GWP化、機器高効率化による更なる省エネルギー化が課題になっている。2015年4月に施行されたフロン排出抑制法で、コンデンシングユニット(一部除外条件あり)は、2025年までにGWP $\leq$ 1,500(台数加重平均)達成が義務付けられており、現在のコンデンシングユニットで主流のR410A冷媒(GWP:2,090)から新冷媒への代替が求められている。

また2016年のモントリオール議定書キガリ改正では、HFC(ハイドロフルオロカーボン)に関する冷媒規制が強化される形になった。この改正を受けて2019年にオゾン層保護法が一部改正され、冷媒の生産・輸入業者に対して、CO<sub>2</sub>換算の消費量を毎年削減する規制が開始された。これによってGWPが高い冷媒の生産量の削減が予想されている。この影響から、今後市場にある高GWP冷媒機器のメンテナンス時に冷媒入手性の悪化と入手価格アップの可能性など想定される。このため、これらの機器の既設配管を再利用した入替え(リプレース)を考慮した冷媒選定も重要になっている。

そこで当社は、低GWP冷媒R463A-J(GWP:1,483)を採用することで、現在主流のR410A冷媒と冷媒特性が近く、高エネルギー密度冷媒のメリットを踏襲可能、かつ低エネルギー密度冷媒であるR22冷媒、R404A冷媒に加えて、R410A冷媒からのリプレースを可能にしたクールマルチシステムを開発した。

## 2. R463A-J冷媒の採用

新冷媒の選定に当たって、低温用コンデンシングユニットに求められる環境性、施工性、省エネルギー性を考慮して、高エネルギー密度冷媒であるR463A-J冷媒を採用した。

### 2.1 高エネルギー密度冷媒のメリット

当社では、2009年から従来のR404A冷媒(GWP:3,920)に代えて、R410A冷媒を用いたコンデンシングユニットを発売している。R410A冷媒はR404A冷媒に対して、

潜熱が約37%大きい冷媒、つまり高エネルギー密度の冷媒であることから、圧縮機の押しのけ量や回転数が小さくても高出力が得られるという特長があり、冷媒圧損の低減によって配管サイズを細くできることや、冷媒量を削減できるというメリットがある。

### 2.2 代替冷媒の要求事項と選定

新冷媒選定に当たって重要になるポイントは4点である。

- (1) GWP $\leq$ 1,500であること
- (2) ODP(オゾン層破壊係数)=0であること
- (3) 冷媒漏洩(ろうえい)時の安全性を考慮して、無毒かつ不燃性であること
- (4) R22冷媒とR404A冷媒に加えて、現出荷構成の多くを占めるR410A冷媒機器からのリプレースが可能であること

そこで、GWPが1,500以下で不燃かつR410A冷媒のメリットが活用できる高エネルギー密度冷媒として、R463A-J冷媒を採用した(表1)。

### 2.3 R463A-J冷媒の特徴

R463A-J冷媒はGWPが1,500未満、ODPも0であり、かつ不燃の冷媒である。R410A冷媒と比較すると、GWPは約29%減かつ冷凍能力は約96%であり、代替冷媒になり得る。また、R410A冷媒と冷媒特性が近いことから、R463A-J冷媒はこの10年で大量に市場ストックが形成されたR410A冷媒からの既設配管を用いたリプレースが可能である。

表1. 冷媒特性比較

		低エネルギー密度冷媒		高エネルギー密度冷媒	
		R404A	R448A	R410A	R463A-J
概要	成分	R125/R134a /R143a	R32/R125/R134a/ R1234yf/R1234ze	R32/R125	R32/R125/R134a /R1234yf/R744
	分類	疑似共沸 混合冷媒	非共沸 混合冷媒	疑似共沸 混合冷媒	非共沸 混合冷媒
燃焼性		不燃	不燃	不燃	不燃
GWP		3,920	1,387	2,090	1,483
冷凍能力 <sup>(注2)</sup> (R404Aを100 とした場合)	ET: -10℃	100	106	145	139
	ET: -40℃	100	108	158	147
冷媒充てん量 <sup>(注3)</sup> (R404Aを100とした場合)		100	100	81	81
配管材料費 <sup>(注3)</sup> (R404Aを100とした場合)		100	100	74	74
更新時の既設 配管流用	R22 リプレース	可能	可能	可能 <sup>(注4)</sup>	可能 <sup>(注4)</sup>
	R404A リプレース	—	可能	可能 <sup>(注4)</sup>	可能 <sup>(注4)</sup>
	R410A リプレース	不可 <sup>(注5)</sup>	不可 <sup>(注5)</sup>	—	可能

(注2) 蒸発温度: サイクル中点方式、凝縮温度(CT): 45℃、過熱度(SH)10K、圧縮機吸入量: 一定、インジェクションなし、R404Aを100とした場合の理論計算値

(注3) 20馬力クラス、配管長50m、R404A/R448A: 液管φ19.05 ガス管φ44.45、R410A/R463A-J: 液管φ15.88、ガス管φ31.75、R404Aを100とした場合の当社試算値

配管材料費は銅管・継ぎ手・保温材等部材費の合計値(当社試算値)

(注4) ワイドリプレースシリーズで既設配管流用範囲が拡大

(注5) R410A標準配管径は低エネルギー密度冷媒の標準配管系よりも細いため、R410A既設配管流用では圧力損失が大きく、能力低下・エネルギー消費効率(COP)悪化になる

### 3. システムの特長

R410A冷媒とR463A-J冷媒の兼用化によって、柔軟な冷媒選択と設備の二重投資を不要にしつつ、低GWP化を達成した。冷媒兼用化を実現するためにR463A-J冷媒の温度勾配対応、冷凍機油の変更、さらに冷媒切替えの簡略化を行った。また、コンデンシングユニットはアルミニウム扁平管熱交換器の採用による高性能化と省エネルギー制御導入によって年間エネルギー性能向上を達成した。

#### 3.1 R463A-J/R410A冷媒兼用化

R463A-Jなどの次世代冷媒は市場流通量が少ないため、導入当初は入手性や調達価格面での課題がある。また、市場実績の希薄な新規冷媒機器導入への抵抗が残る顧客心理が想定される。そこで市場流通性が高く、実績も十分なR410A冷媒と環境性に優れた次世代冷媒であるR463A-J冷媒のどちらでも使用可能なシステムにすることで、当面はR410A冷媒を使用し、将来的に低GWPのR463A-J冷媒に切り替えるなどの対応も可能になり、柔軟な冷媒選択と設備の二重投資なしで将来的な冷媒転換が可能になる(図1)。一方、冷媒兼用化に対する課題は“各冷媒回路部品の冷媒及び冷凍機油との相性”“R463A-J冷媒の温度勾配対応”“冷媒切替えの簡略化”の3点である。

##### (1) 各冷媒回路部品の冷媒及び冷凍機油との相性

R410A冷媒とR463A-J冷媒は構成する組成が異なっている。特にR463A-J冷媒はHFC、CO<sub>2</sub>冷媒に加えてHFO(ハイドロフルオロオレフィン)冷媒が含まれている。そこで冷凍機油をそれらの冷媒に対応できるように変更することによって両冷媒で十分な品質を確保した。

##### (2) R463A-J冷媒の温度勾配対応

R410A冷媒は露点と沸点の差異が小さい疑似共沸であるのに対して、R463A-J冷媒は露点と沸点の差異(=温度勾配)が大きい非共沸冷媒である。この特性によって、R410A冷媒で使用するよりも過熱度や過冷度が小さく

なる。室内機の蒸発器から圧縮機に戻る吸入配管の過熱度が小さくなると、液バックと呼ばれる液冷媒が直接圧縮機に戻ってくる現象によって圧縮機が故障するリスクが発生する(図2)。そこで、液バックに対する裕度を従来のR410A冷媒同等に確保するため、ユニットクーラー搭載の膨張弁の過熱度設定範囲を従来よりも大きなものに変更することによって両冷媒で使用の際の設定範囲を確保し、従来同等の品質を確保した。

##### (3) 冷媒切替えの簡略化

現地で当面R410A冷媒を使用し、途中でR463A-J冷媒に切り替えたいときは、従来の冷媒入替作業である“冷媒回収→真空引き→冷媒封入”に加えて、制御基板上での設定で冷媒の選択及び膨張弁の過熱度設定だけで対応可能であり、切替えの簡略化を実現した。

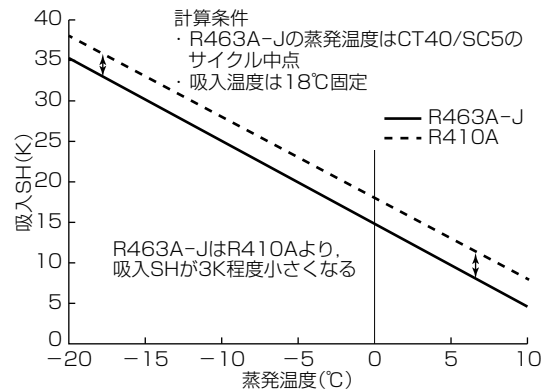
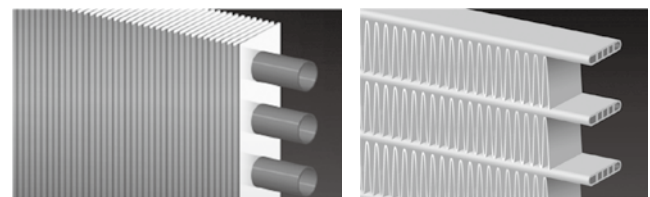


図2. 各冷媒の温度勾配



(a) 従来機 (銅管+アルミニウムフィン) (b) アルミニウム扁平管

図3. 熱交換器(イメージ図)

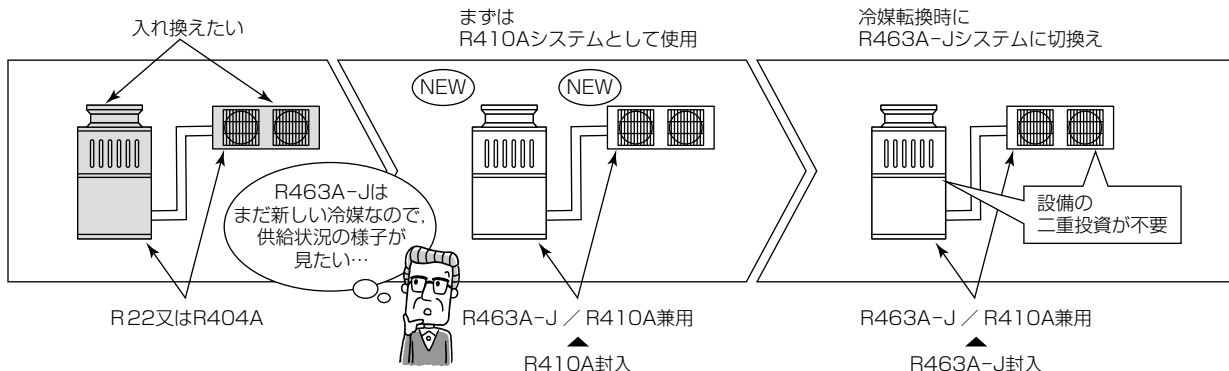


図1. 設備更新時の冷媒選択

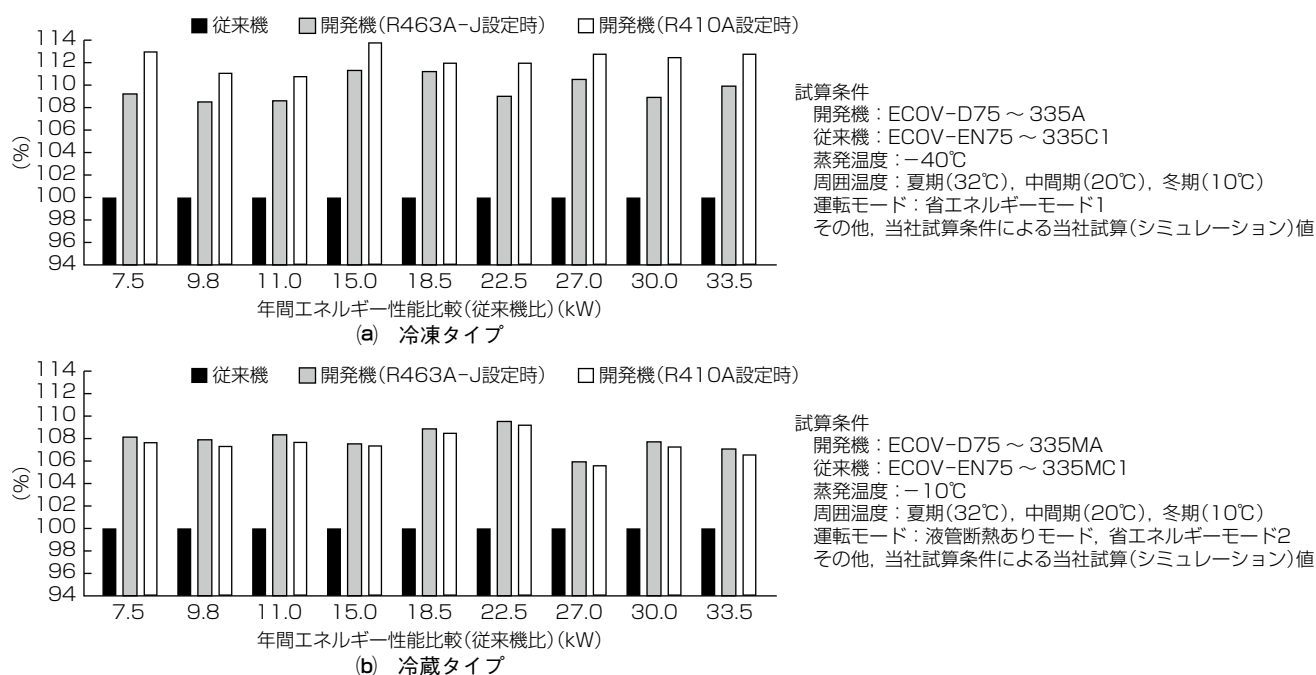


図4. 年間エネルギー性能比較

### 3.2 アルミニウム扁平管熱交換器の採用

従来のコンデンシングユニットでは、プレートフィンチューブ式熱交換器で銅配管を使用していたが、この製品ではアルミニウム扁平管熱交換器を採用した(図3)。7.5kW以上のコンデンシングユニットで、業界で初めて<sup>(注6)</sup>の採用になる。

#### (1) 細管化・扁平管化による性能向上

扁平管の内部は区分けされており、細管化によって熱交換器1パスでの冷媒と管外面の伝熱面積が増加し、放熱性能を向上させた。さらに、扁平管化による管外面の伝熱面積増加に伴い、管からフィンへの熱伝達率の向上を達成した。

#### (2) 製品の軽量化

細管化及び扁平管化による放熱性能向上によって、熱交換器の体積を銅円管熱交換器と比較して減らすことを達成した。配管材料を銅からアルミニウムに変更することによって、製品質量も約4%軽量化を図った。

#### (3) 製品使用範囲の拡大

設置環境が厳しい室外機の安定的な運転維持のため周囲温度上限を3K拡大、46℃まで使用できるようにした。

#### (4) 封入冷媒量の削減

熱交換器体積の削減メリットとして、コンデンシングユニットへの冷媒充てん量の約15～25%削減を実現した。

(注6) 2020年8月31日現在、当社調べ

### 3.3 省エネルギーモードの搭載

コンデンシングユニットは一般的な空調機と異なり、室内(庫内)情報を得ず運転するケースが一般的である。コン

デンシングユニットの運転として、ユーザーが設定した目標蒸発温度と現在の低圧圧力の飽和温度差を検知し、圧縮機の増減速を行っている。外気温度が低い場合又は夜間などで庫内負荷が軽い場合に、圧縮機の運転・停止の繰り返しや夜間に冷えすぎになるなど、エネルギーのロスが発生する場面があった。この課題に対して、コンデンシングユニット単独で目標蒸発温度や目標凝縮温度のシフトや最大運転周波数の抑制を実施することで、圧縮機の発停抑制と過剰冷却を抑制した。3.2節に述べたアルミニウム扁平管熱交換器の性能向上と省エネルギー制御によって、従来機のR410A冷媒封入時に対して、冷凍タイプ(ET(Evaporation Temperature)：-10℃)で約8～14%、冷蔵タイプ(ET：-10℃)で約6～9%の省エネルギーを達成した(図4)。

## 4. むすび

業務用低温機器の低GWP化と省エネルギー性向上を目的として、R463A-J/R410A冷媒兼用クールマルチシステムの開発を行い、冷媒転換期に柔軟に対応できるシステムを開発して上市した。二冷媒兼用を実現できたことによって、市場での柔軟な冷媒選択と設備の二重投資を抑制できるシステムにした。

また、コンデンシングユニットにはアルミニウム扁平管を利用した熱交換器を採用することで、システム使用範囲の拡大や冷媒充てん量の削減に加えて、省エネルギー制御の導入によって年間エネルギー性能の向上を達成した。

今後も更なる環境性の向上とユーザーのニーズに応える業務用低温機器の開発に取り組んでいく。