

# R32 冷媒に代わる低 GWP 冷媒を搭載した ルームエアコン実証機の開発

Development Demonstration Unit of the Small-Capacity Residential Air-Conditioner  
Adopting the Low-GWP R454C Refrigerant



平松 誠司\*1  
Seiji Hiramatsu

塩谷 篤\*2  
Atsushi Enya

地球温暖化対応として各種規制が進められ多様な対策が進められている中、冷熱関係では省エネルギーだけでなく環境負荷の少ない冷媒への転換が求められている。

三菱重工サーマルシステムズ(株)(以下、当社)は、地球温暖化係数(以下、GWP(Global Warming Potential))が極めて低い冷媒 R454C を採用し、温暖化の影響を当社従来機種より 90% 以上削減し、環境性を高めたルームエアコンの実証機を開発した。

## 1. はじめに

近年、地球温暖化対策の観点から温室効果ガスの排出量削減やさらなる省エネルギー化への要求が高まっている。モントリオール議定書キガリ改正(2016)により先進国は 2036 年までに冷媒の地球温暖化影響を 2011-2013 年実績の平均値対比 85%削減、新興国は約 10 年遅れで同等の対応が国際ルールとして制定された(表1)。

表1 キガリ改正議定書における HFC 生産・消費量の削減スケジュール

◆HFC を対象物質に追加し、段階的に削減する改正が採用された。(2019 年1月1日発効)

◆段階的に先進国は 2036 年までに 85%、途上国は 2045 年頃までに 80%超の削減を行う。

2016 年 10 月 10~14 日 @キガリ(ルワンダ)

		途上国グループ1	途上国グループ2	先進国
基準値	算定期間	2020 年から 2022 年	2024 年から 2026 年	2011 年から 2013 年
	算定方法	HFC 平均消費量	HFC 平均消費量	
	HCFC 繰り入れ	HCFC 基準値の 65%	HCFC 基準値の 65%	HCFC 基準値の 15% [※25%]
	凍結年	2024 年	2028 年	—
削減スケジュール	第一段階	2029 年に 10%削減	2032 年に 10%削減	2019 年に 10%削減 [※2020 年に 5%削減]
	第二段階	2035 年に 30%削減	2037 年に 20%削減	2024 年に 40%削減 [※2025 年に 35%削減]
	第三段階	2040 年に 50%削減	2042 年に 30%削減	2029 年に 70%削減
	第四段階	—	—	2034 年に 80%削減
	最終削減	2045 年に 80%削減	2047 年に 85%削減	2036 年に 85%削減

○途上国グループ1: 途上国グループ2 以外

○途上国グループ2: 湾岸諸国, インド, イラン, イラク, パキスタン

○(※)ベラルーシ, ロシア, カザフスタン, タジキスタン, ウズベキスタン

HCFC :オゾン層破壊物質を含む特定フロン(R22 等)

HFC :オゾン層破壊物質を含まない HCFC の代替フロン。現状 GWP が高く地球温暖化防止対策として規制対象となったもの(R32 等)

空調機器においては特に GWP<sup>(注1)</sup>が低い冷媒への転換が必要である。現状ルームエアコン等の小型空調機は、R410A 冷媒(GWP2090)から GWP が 675 と低く性能面で優れた R32 冷媒への切り替えが進んでいる。一方、ビル用マルチエアコン等の大型空調機に微燃性を有する

\*1 三菱重工サーマルシステムズ(株)空調機技術部 主席プロジェクト統括

\*2 三菱重工工業(家具総合研究所 ST 部門 伝熱研究部 伝熱第三研究室 主席研究員)

R32 冷媒を適用した場合、1部屋への供給冷媒量が多く、多くの場合に遮断弁等の安全対策が必要になるなど、設備設計及び施工面での課題がある。R32 冷媒は規制対象物質(HFC)に指定されており、2029 年の▲85%削減に向けて、更なる低 GWP 冷媒への転換を図る必要がある。そこで当社は環境規制フリーとなる冷媒を用いた空調機開発に向けてルームエアコンの実証機開発に取り組んだ。

(注1) GWP は Global Warming Potential の略。CO<sub>2</sub> を1とした地球温暖化係数。

値が小さいほど温室効果が低く環境性に優れる。

## 2. 代替冷媒の選定

本製品開発の要求仕様として冷媒の低 GWP は以下の点を満たすものとした。

- (1) 無毒であること。
- (2) 外温 -15℃の低温域でも運転可能と判断できる圧力を維持できること。
- (3) 非共沸冷媒の場合、空気熱源を対象とするに当たり暖房時の着霜性を考慮し、温度すべり<sup>(注2)</sup>が小さいこと。

表2 主な冷媒の組成, GWP, 安全分類

冷媒名	組成	GWP	安全分類
R410A	R32/R125=50/50Wt%	2090	A1
R32	単一	675	A2L
R1234yf	単一	1	A2L
R454C	R32/R1234yf=21.5/78.5Wt%	146	A2L
R455A	R32/R1234yf/CO <sub>2</sub> =21.5/78.5/3Wt%	146	A2L

安全分類:A低毒性, B毒性, 1不燃性, 2L 微燃性, 2弱燃性, 3強燃性

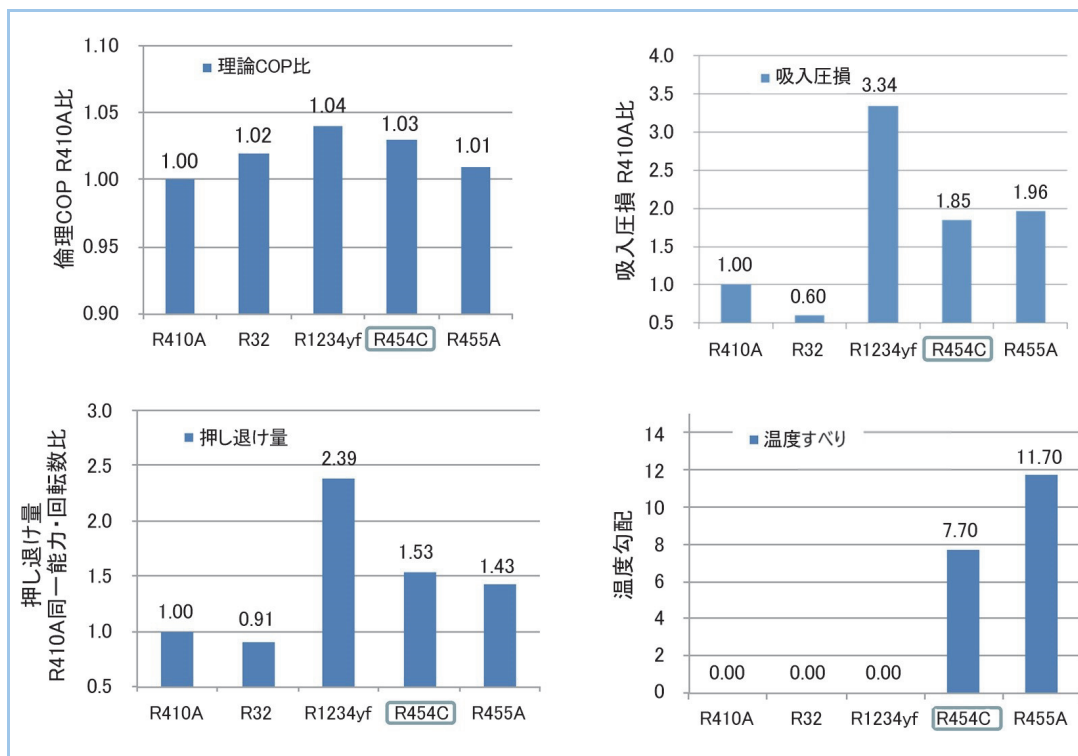


図1 主な冷媒の特性比較

表2に各種冷媒の安全性、環境性をまとめた。上述の製品要求仕様を満足するものとして、従来冷媒として採用される R32 冷媒と同等の R1234yf冷媒、R454C 冷媒、R455A 冷媒が候補となるが外温 -15℃のような低温利用を考慮すると、飽和温度圧力が大気圧に近い R1234yf 冷媒は使いづらく除外とした。図1に主な冷媒の特性比較を示す。非共沸冷媒で相変化時の温度すべりが大きい冷媒は、暖房時に蒸発器となる室外熱交換器が、局所的に着霜し暖房能力が低下する

スクがある。このため、今回の選択基準として、製品化実績のある R407C 冷媒と同レベルの温度すべりの中から、低 GWP 冷媒である R454C 冷媒を選択した。

(注2) 温度すべりは相変化時(蒸発、凝縮)の温度が一定とならない現象のこと。混合組成冷媒特有のものである。

### 3. 性能確保の課題と解決技術の概要

R32 冷媒を使用した従来機をベース機に R454C 冷媒をそのまま使用すると計算上、冷媒物性から比容積が大きくなり結果として冷暖性能が低下することから、以下の冷凍サイクルの改良や暖房時の着霜性の改良などを実施した。

- (1) 押しのけ量アップ(約 64%)
- (2) 室外熱交換器サイズアップ(約 25%)、熱交パス割(パス数)見直し
- (3) 接続ガス配管径サイズアップ( $\phi 9.52 \rightarrow \phi 12.7$ ) (圧損低減)
- (4) EEV 口径サイズアップ( $\phi 1.5 \rightarrow \phi 1.8$ )

これらを改良した結果、冷媒物性からの性能低下をカバーすることができ、実機試験の結果、冷房では対計算比 $-0.5\%$ 、暖房では対計算比 $+0.2\%$ となり性能規制をクリアする目途を得た。

### 4. 製品化への主な課題

非共沸混合低 GWP 冷媒の熱力学的性質は、環境性能では R410A 冷媒や R32 冷媒のポテンシャルに匹敵する面もあるが、R32 冷媒対比、圧縮機、熱交換器の大型化が必要であり、サイズアップ、コストアップとなる。そのため、当社はさらなる高効率化、小型化技術が必要であり、引き続き低圧冷媒対応の容積式以外の高効率圧縮機開発、冷媒充填量削減に寄与する熱交換器、高性能熱交換器の開発、着霜を緩和させるための内部熱交換器の搭載等によるサイクルの改良を継続していく。

### 5. まとめ

R454C 冷媒の GWP は 146 であることから中小型空調機器用冷媒として現在広く使われている R410A 冷媒及び R32 冷媒と比べるとそれぞれ約  $1/14$ 、 $1/5$  となる。その結果、本実証機の冷媒による温暖化影響<sup>(注3)</sup>は、従来機<sup>(注4)</sup>に比べ  $91.3\%$  減と非常に大きな削減となる。環境意識の高い欧州諸国は、GWP150 以上の HFC を含む地球温暖化物質の販売・使用規制範囲を、2015 年以降順次広げている。R454C 冷媒を採用したルームエアコンの開発は、こうした流れを前向きに受け止め先んじた成果として実現したものである。

当社は、今後も低 GWP 冷媒を使った高性能製品の開発・販売に力を注ぎ、グローバル市場での地球環境保全に貢献していく。

(注3) 温暖化係数(GWP)×冷媒量で、冷媒での温暖化影響を算出したもの

(注4) 当社欧州向け R410A 冷媒高級機“SRK25ZSX-S”配管長5mの場合(GWP×冷媒量)との比較

### 参考文献

- (1) NEDO 環境部事業報告会:フロン分野における地球温暖化対策関連技術開発の取り組み(2017/7/27)
- (2) 日本冷凍空調工業会 PAC 技術専門委員会:R32 店舗 PAC 普及啓発説明会 TF(2018/3/16)