

ケマーズ社次世代冷媒オプテオン™開発・上市・普及状況



三井・ケマーズフローロプロダクツ株式会社 経営企画室 兼 TSS事業ビジネス開発 主幹
石川 淳一

1. はじめに

気候変動への対応は、人類共通の喫緊の課題である。本邦においては2030年CO₂排出を46%削減し、2050年カーボンニュートラル達成を目指している。政策として、エネルギー・ミックスの転換（化石燃料依存大幅低減）、輸送モードの脱化石燃料（EV・FCV、水素・アンモニア燃料普及など）、民生・業務・産業分野での省エネ深化とそのためのあらゆる技術導入と拡大、食糧生産・供給の高効率化などが示されている。また、産業革命以来追求してきた豊かさ、快適で便利な生活様式を維持発展させながら、省資源化・循環経済への転換を達成するためには、AIの支援は必須となる。これらの実現のためには冷凍空調技術が、多方面でバックボーンとして果たす役割は非常に大きい。

エネルギー生産において、発電機を冷却により取り出すエネルギーを効率化し、さらにバイナリー発電によってアウトプットの最大化を図る。バッテリーにおいても温度管理により高効率を可能にする。食糧生産もAI制御により最適環境（温度、光、湿度など）での生産、適切な温度管理による輸送による食品廃棄物最小化と再資源化、より省エネ性に優れた食品加工・保管体制、店舗運営などを

急速に普及・拡大させることが要求される。産業界においても化石燃料に頼らずインプットエネルギーの最大効率化のためにヒートポンプなどを利用して、エネルギー使用を極小化・循環型へシフトすることも重要となってくる。また、これら技術最適化を制御していくAIは、データセンター需要を増大させる。そこでも省エネに優れた冷却、空調技術によるシステムトラブルの無い運転管理が前提となる（図1）。

一方規制面においても高GWP冷媒の削減対策として、オゾン層保護法下でのHFCフェーズダウン、フロン排出抑制法下での指定製品制度での新規生産機器への低GWP冷媒使用への誘導や使用済み機器からの冷媒回収と再生再利用などが代表的な対応として打ち出され効果も確認されてきている。さらに今後は冷媒のレトロフィットを通しての市中インベントリでの高GWP冷媒の置き換えによる残存需要の低減なども大きな効果を発揮すると考えられる。冷媒メーカーからのより環境負荷低減に貢献する冷媒をいかにスピーディーに市場展開するかという側面も政策面を支えるポイントとなる。

冷凍空調技術において冷媒は、最も重要な要素技術であり、過去100年追求されてきた安全で、高効率で、低環境負荷、経済性をバ

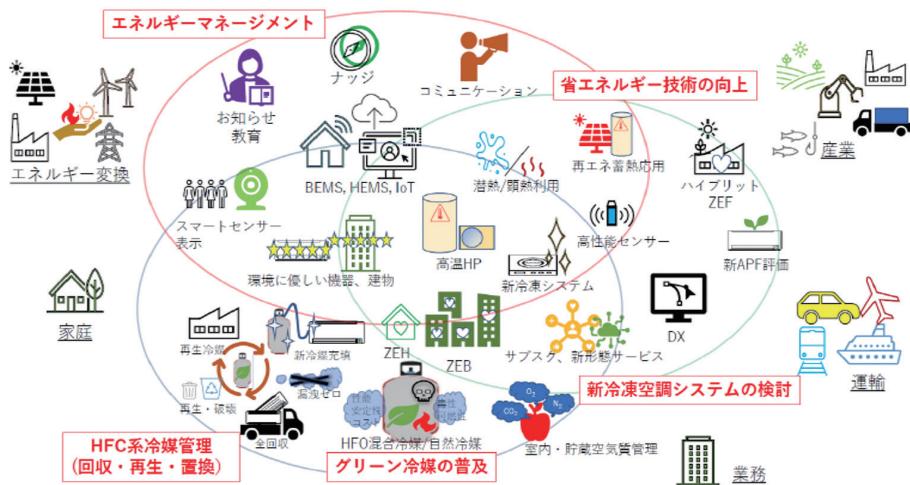


図1 冷凍空調分野におけるカーボンニュートラルに向けた検討項目（全分野）
 ((公)日本冷凍空調学会カーボンニュートラル2050委員会2021年委員会報告書より)

ランスよく提供可能なものが今後も求められている。

本稿において、これらを実現するための代表的な次世代冷媒を紹介する。

2. ケマーズ社における冷媒への取組み

米国ケマーズ社は、20世紀初頭初めて安全（不燃・低毒）で効率よい経済性に優れたフッ素系冷媒を世に出した米国デュポン社のフッ素事業を承継した企業である。パイオニアとしての社会的使命を全うするために技術開発を継続して進めている。発明当初は、“奇跡の発明”と称されたクロロ・フルオロカーボン（CFC）も1980年代にオゾン層破壊の問題が明らかとなり、オゾン破壊物質を全廃するモントリオール議定書に対応すべくオゾン層破壊のない物質として安全で高効率なハイドロ・フルオロカーボン類（HFC）が開発された。しかし、このHFC類は、オゾン破壊はないものの地球温暖化効果を持つことが指摘され、さらにオゾン破壊のない温暖化

効果も非常に小さいハイドロ・フルオロオレフィン類（HFO）が2000年代に開発された。

複数のフッ素ガスマーカより、HFO-1234yf, HFO-1234ze, HFO-1336mzzZ, HFO-1336mzzEなどが、また近似の物質として若干のODPを有するHCFO-1233zd, HCFO-1224ydなどがあり、いずれも1桁の地球温暖化係数（GWP）で、環境負荷もきわめて小さいHFO/HCFOがすでに市場展開されている（表1）。

しかし、これら低GWPのHFO/HCFOは、安全性（燃焼性、安定性、毒性）の観点から高圧物質の利用が難しく、低圧（R-123やR-245fa）から中圧（R-134a）の物性にとどまり、高圧の現行冷媒であるR-410AやR-404Aを置き換えるには、高圧のHFC類とブレンドすることで代替品として使用されることとなる。高圧冷媒の必要性は、冷凍冷蔵空調設備において比較的の装置を小型化できかつ使用冷媒量を抑制できる直膨式と呼ばれる冷媒を直接配管内を循環させ居室や冷蔵・冷凍空間を冷却するのに、向いているからで

表 1

分類	略称 冷媒番号	組成(化学式、混合比mass%)	分子量	沸点	液密度
				(°C)	(25°C、飽和) (g/cm ³)
HFO	HFO-1234yf	(CH ₂ =CFCF ₃)	114.0	-29.4	1.09
	HFO-1234ze(E)	(trans-CHF=CHCF ₃)	114.0	-19	1.16
	HFO-1336mzz(E)	(trans-CF ₃ CH=CHCF ₃)	164.1	7.5	1.51
	HFO-1336mzz(Z)	(cis-CF ₃ CH=CHCF ₃)	164.1	33.4	1.36
	HCFO-1224yf(Z)	(Z-CHCl=CF ₃)	148.5	15	1.36
	HCFO-1233zd(E)	(trans-CHCl=CHCF ₃)	130.5	18.3	1.263

(日本フルオロカーボン協会 HP より)

ある。スペースに限界のある日本市場に向いた方式といえる。一方欧米では、間膨式と呼ばれる冷却にブラインと呼ばれる循環液で冷却する技術が多くそこでは、中低圧の冷媒が使用されることが多い。本邦でもターボ冷凍機やチリングユニットに代表される用途がそれにあたる。

規制面では、地球温暖化抑止のためモントリオール議定書のキガリ改正により、HFC フェーズダウンが締約国会合で合意され、先進国においては 2019 年より CO₂ 换算で国内消費量 (= 生産量 + 輸入量 - 輸出量) の削減が進められている。なぜ、オゾン破壊物質のようなフェーズアウトでなくフェーズダウンかは、前述のような背景で当面 HFC を配合し併用する必要性からきている。

HFC フェーズダウンを補助し、高 GWP HFC の低 GWP 品への誘導をすべく、フロン排出抑制法で指定製品制度による出荷加重平均 GWP 目標と達成年度を定めている(表2)。

欧州でも f-gas 規制において同様の取組みがなされ、米国においても AIM 法で同様の提案がなされている。ただし、あくまでも補完的な取組みであり、指定製品の目標達成が HFC フェーズダウンでの目標達成を担保するものではないことに留意する必要がある。

さて、これら規制からの要求を満たしつつ

安全性、効率、経済性を満足させる次世代冷媒開発・市場化に対応すべくケマーズ社では、Horizon 1 ~ 3 に開発のステージを分け市場ニーズを満足させる冷媒(ブランド名: オプテオン™)を開発している。

Horizon 1 においては、従来の高 GWP 冷媒を使用した装置へできるだけ改良せずに使用可能な不燃性冷媒をすでに現行冷媒に対応する次世代品を市場展開し、その普及を進めている。代表的なものとしては以下の冷媒が該当する。

R-245fa (GWP1030) 代替 : R-1336mzzZ (GWP2), R-1336mzzE (GWP7)

R-134a (GWP1430) 同上 : R-513A (GWP631)

R-407C (GWP1770) 同上 : R-449C (GWP1251)

R-404A (GWP3920) 同上 : R-449A (GWP1397), R-452A (GWP2140)

R-410A (GWP2090) : R-463A-J (GWP1487)

各冷媒種冒頭の “R” は、ASHRAE という米国業界団体へ冷媒申請がなされ基本物性や安全性クラスが登録されているものを示す。

R-1234yf は単一物質、R-4XX は、非共沸混合冷媒、R-5XX は共沸混合冷媒を表す。本邦においては、数年前に高圧ガス保安法改正に伴い不活性ガス登録は、日本冷凍空調学会内に設置された新冷媒評価委員会において

表2

指定製品の区分	現在使用されている主なフロン類等及びGWP	環境影響度の目標値	目標年度
家庭用エアコンディショナー (壁貫通型等を除く)	R410A(2090) R32(675)	750	2018
店舗・事務所用エアコンディショナー			
① 床置型等除く、法定冷凍能力3トン未満のもの (④~⑨を除く)	R32(675)	750	2020
② 床置型等除く、法定冷凍能力3トン以上のもの (④~⑨を除く)	R410A(2090) R32(675)	750	2023
③ 床置型の室内機が接続されるもの (④~⑨を除く)	R410A(2090) R32(675)	750	2024
④ 中央方式エアコンディショナーのうちターボ冷凍機を用いるもの	R134a(1430) R245fa(1030)	100	2025
⑤ 中央方式エアコンディショナーのうち容積圧縮式冷凍機を用いるものの(空調用チーリングユニット)	R410A(2090)	750	2027
⑥ ビル用マルチエアコンディショナー(新設及び冷媒配管一式の更新を伴うものに限り、冷暖同時運転型や寒冷地用等を除く)	R410A(2090)	750	2025
⑦ ビル用マルチエアコンディショナー(新設及び冷媒配管一式の更新を伴うものに限り、⑥を除く)	R410A(2090)	750	2027
⑧ ガスエンジンヒートポンプエアコンディショナー(新設及び冷媒配管一式の更新を伴うものに限り、冷暖同時運転型や寒冷地用等を除く)	R410A(2090)	750	2027
⑨ 設備用エアコンディショナー(新設及び冷媒配管一式の更新を伴うものに限り、電算機用、中温用、一体型などの特定用途対応機器などを除く)	R410A(2090)	750	2027
自動車用エアコンディショナー			
乗用自動車(定員11人以上のものを除く)に搭載されるものに限る	R134a(1430)	150	2023
トラック(貨物の輸送の用に供するもの)及びバス(乗用定員が11人以上のものを除く)に搭載されるものに限る	R134a(1430)	150	2029
コンデンシングユニット及び定置式冷凍冷蔵ユニット(1.5kW以下のもの及び蒸発器における冷媒の蒸発温度の下限値が-45°C未満のものを除く) ① 冷却器と一体型のもの ② ①以外のもの	R404A(3920) R410A(2090) R407C(1770) CO2(1)	1500 150 750 150	2025 2029 2029 2029
コンデンシングユニット及び定置式冷凍冷蔵ユニット(1.5kW以下のものであって、蒸発器における冷媒の蒸発温度の下限値が-45°C未満のものを除く)			
業務用一体型冷凍冷蔵機器(内蔵型小型冷凍冷蔵機器)			
業務用冷凍冷蔵庫(蒸発器における冷媒の蒸発温度の下限値が-45°C未満のものは除く)	R134a(1430) R404A(3920) R410A(2090)	150	2029
ショーケース(圧縮機の定格出力750W以下のものに限る)	R407C(1770) CO2(1)	150	2029

(2023年3月24日産構審フロン対策類等対策WG資料より抜粋)

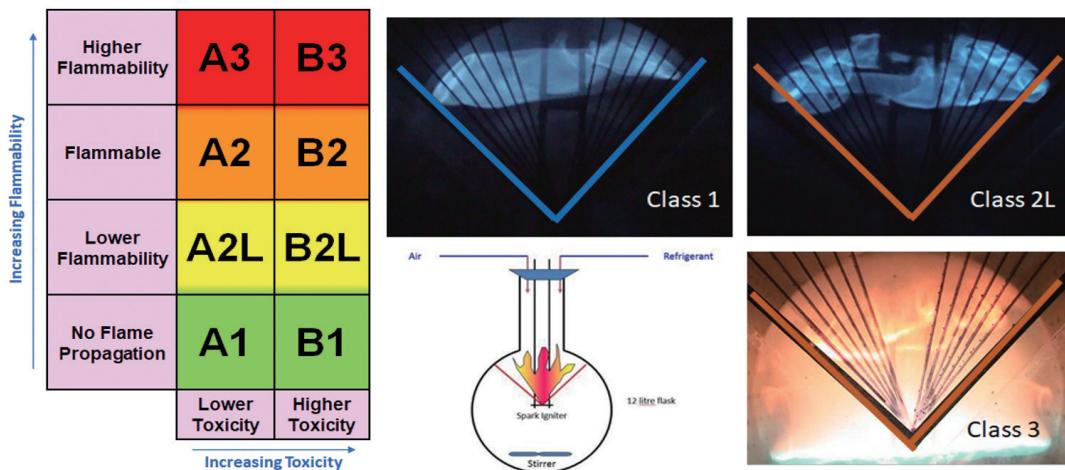


図2 ASHRAE STD34 安全性クラスと燃焼性例（ASTM681 試験法）

認定されたものとなっている。登録申請には、ASHRAE STD34 または ISO817MA にて冷媒登録が済み安全性クラスが A1 のフルオロカーボン冷媒が対象とされている。上記冷媒はすべて不活性ガス登録済みとなっており、指定製品の各分野で代替が進んでいる。

次に、同じ Horizon 1 の冷媒のうち HFC フェーズダウンに沿って特に 2029 年対応に向けた低 GWP 化を図った次世代冷媒が、用意されている。これらは微燃性冷媒として ASHRAE 安全性クラス A2L、国内高圧ガス保安法では、特定不活性ガスという扱いとなり、この認定も新冷媒評価委員会においてなされており、ASHRAE STD34 または ISO817MA に登録済みの A2L のフルオロカーボン冷媒が登録対象となっている。特定不活性ガス冷媒を使用する際には機器側、設置環境において特定不活性ガスの要求事項を満たす必要がある。

代表的なものとして、以下の冷媒が挙げられる。

R-1234yf (R-134a 代替、GWP < 1)

R-454C (R-407C/R-404A 代替、GWP146)

R-454A (R-404A 代替、GWP238)

R-454B (R-410A 代替、GWP466)

すでに国内でも一部用途で評価・採用が始まっている。次節において特徴と用途分野を説明する。

Horizon 2 は、主に R-410A 代替の開発品を紹介している。HFC フェーズダウン最終目標をクリアすることを目的に、すでに国内外機器メーカーでの評価もされている。いずれも微燃性冷媒である。

Horizon 3 は、ポストキガリを念頭においた開発で、新規物質開発を含め、安全性、効率性、経済性、環境規制をクリアする目的で進められている。

Horizon 2～3 における開発品は、守秘契約かで進められている都合上、本誌面では詳細は割愛する。

3. 次世代不活性冷媒および特定不活性冷媒の特徴と用途について

3.1 不活性冷媒

前章で述べたようにこれから紹介する不活性冷媒は現行冷媒と物性が近似し、冷凍機油

も共通して使用可能なものも多く現在進められているレトロフィットガイドラインが運用可能になれば、機器更新時期に至っていない現行冷媒機器へレトロフィットが可能な冷媒であり、市中の高GWP冷媒の転換による残存需要の低減によるHFCフェーズダウンへの貢献ができる。

(1) R-1336mzz

HFOは微燃性という既成概念に当てはまらない不燃HFOである。非常に高い熱安定性を有し(<250°C)今後カーボンニュートラルを達成するための基幹技術として位置づけられている高温用ヒートポンプ、バイナリーエネルギー発電(オーガニックランキンサイクル)などで使用されているR-245faに近い物性を示し、それら用途での作動流体として採用されている。冷凍機油もPOE/PVEともに相溶である。その他、冷媒以外の用途でも幅広く使用されている。

表3

	R-245fa	R-1336mzzZ
化学構造	CF ₃ CHCHF ₂	CF ₃ CH = CHCF ₃
ASHRAE STD34 安全性クラス	B1	A1
高压ガス保安法	—	不活性ガス
GWP(IPCC AR4)	1,030	2(IPCC AR5)
沸点(°C)	15.1	33.4
臨界温度(°C)	154	171.3
臨界圧力(MPa)	3.65	2.9

(2) R-1336mzzE

R-1336mzzZの異性体である。同じくPOE/PVEともに相溶で、非常に高い熱安定性を有し(=250°C)、高温用ヒートポンプ、バイナリーエネルギー発電(オーガニックランキンサイ

クル)などで高効率の作動流体として採用されている。その他、冷媒以外の用途でも幅広く使用されている。

表4

	R-245fa	R-1336mzzE
化学構造	CF ₃ CHCHF ₂	CF ₃ CH = CHCF ₃
ASHRAE STD34 安全性クラス	B1	A1
高压ガス保安法	—	不活性ガス
GWP(IPCC AR4)	1,030	7(IPCC AR5)
沸点(°C)	15.1	7.5
臨界温度(°C)	154	137.7
臨界圧力(MPa)	3.65	3.15

(3) R-514A

大型ターボ冷凍機で使用されているR-123(HCFC)の代替冷媒である。大型施設(商業用・産業用)に設置されている冷凍機で多く採用されている。R-123と同じB1(不燃)であるが、暴露限界はAクラス(400 ppm)にかなり近く、安全性の向上が図られている。オゾン破壊係数もない。

表5

	R-123	R-514A
化学構造	C ₂ HCL ₂ CF ₃	R-1336mzzZ/R-1130E
ASHRAE STD34 安全性クラス	B1	B1
高压ガス保安法	—	—
GWP(IPCC AR4)	77	<2
沸点(°C)	27.8	29.1
臨界温度(°C)	183.7	178.1
臨界圧力(MPa)	3.66	3.52
温度勾配(K)	—	0

(4) R-513A

冷蔵・空調用冷媒として幅広く利用されている R-134a 代替で、同じく POE/PVE 冷凍機油が使用可能である。陸海上定温コンテナの冷媒、産業用空調機などで採用され、製氷機のレトロフィット、海外では大型冷凍のレトロフィットなどで利用されている。

表 6

	R-134a	R-513A
化学構造	CF ₃ CHF	R-134a/R-1234yf
ASHRAE STD34 安全性クラス	A1	A1
高压ガス保安法	不活性ガス	不活性ガス
GWP (IPCC AR4)	1,430	6.31
沸点 (℃)	- 26.2	- 29.2
臨界温度 (℃)	101	96.5
臨界圧力 (MPa)	3.66	3.77
温度勾配 (K)	—	0

(5) R-449C

空調用冷媒として利用されている R-407C 代替で、同じく POE/PVE 冷凍機油が使用可能である。小型チラーなどで採用され、半導体製造プロセス用チラー用途や、同用途でのレトロフィットなどで利用されている。

表 7

	R-407C	R-449C
化学構造	R-32/125/134a	R-32/125/ 134a/1234yf
ASHRAE STD34 安全性クラス	A1	A1
高压ガス保安法	不活性ガス	不活性ガス
GWP (IPCC AR4)	1,774	1,251
沸点 (℃)	- 43.6	- 44.5
臨界温度 (℃)	86.1	84.2
臨界圧力 (MPa)	4.63	4.40
温度勾配 (K)	4.62	~ 4.5

(6) R-449A

冷凍・冷蔵用冷媒として幅広く利用されている R-404A 代替で、同じく POE/PVE 冷凍機油が使用可能である。スーパー、コンビニ、レストラン、ドラッグストア、食品工場、冷蔵倉庫など非常に多方面で採用事例があり、欧州・南米では R-404A 代替のデファクトスタンダードとなっている。また、海外では地域を問わずレトロフィットも行われ高 GWP 冷媒の市中インベントリ低減するとともに省エネ効果も大きく（8～12%）直接・間接的 CO₂ 削減に貢献している。

表 8

	R-404A	R-449A
化学構造	R-125/134a/143a	R-32/125/ 134a/1234yf
ASHRAE STD34 安全性クラス	A1	A1
高压ガス保安法	不活性ガス	不活性ガス
GWP (IPCC AR4)	3,920	1,397
沸点 (℃)	- 46.5	- 46.0
臨界温度 (℃)	72.1	81.5
臨界圧力 (MPa)	3.73	4.45
温度勾配 (K)	0.4	~ 4

(7) R-452A

同じく冷蔵・冷凍用冷媒として幅広く利用されている R-404A 代替で、POE/PVE 冷凍機油が使用可能である。保冷車、低温海上コンテナ用の冷媒として世界的にデファクトスタンダードとなっており温度管理の必要な輸送において活躍している。また、ほぼドップインに近いレトロフィットも可能で R-404A の入手性悪化時には同目的でも期待されている。

表9

	R-404A	R-452A
化学構造	R-125/134a/ 143a	R-32/125/ 1234yf
ASHRAE STD34 安全性クラス	A1	A1
高圧ガス保安法	不活性ガス	不活性ガス
GWP (IPCC AR4)	3,920	2,140
沸点 (℃)	- 46.5	- 47.0
臨界温度 (℃)	72.1	74.9
臨界圧力 (MPa)	3.73	4.02
温度勾配 (K)	0.4	~ 3

(8) R-463A-J

冷凍・冷蔵用冷媒として国内で幅広く利用されている R-410A 代替で、同じく POE/PVE 冷凍機油が使用可能である。スーパー、コンビニ、ドラッグストア、食品工場、冷蔵倉庫など多方面で多くの採用事例がある。高圧冷媒を使用することにより、装置の小型・高効率化に貢献でき、初期投資の抑制にもなる。

表10

	R-410A	R-463A-J
化学構造	R-32/125	R-744/32/125/ 1234yf/134a
ASHRAE STD34 安全性クラス	A1	A1
高圧ガス保安法	不活性ガス	不活性ガス
GWP (IPCC AR4)	2,090	1,483
沸点 (℃)	- 51.4	- 58.4
臨界温度 (℃)	71.3	75.8
臨界圧力 (MPa)	4.93	5.23
温度勾配 (K)	0.1	~ 6

3.2 特定不活性冷媒

2000 年代中ごろから自動車業界で R-134a 代替が検討され R-1234yf が後継冷媒として 2010 年ごろに決まったことを受け、高圧ガス保安法上の位置づけが検討され A2L クラスを特定不活性ガスという新しい分類が同法改正を経て導入された。いくつかの取り扱い、設備、輸送上の要求事項はあるが、海外と比べても遜色のない取り扱いとなっている。GWP 低減には、中高圧での対応可能な HFO が限定的であるため、低 GWP 化には微燃性冷媒の使用は避けられない状況である。しかし炭化水素、アンモニア、CO₂ などに比べれば安全面、効率面は十分担保されていると考えられる。また、ケマーズ社では微燃性冷媒の安全な取り扱いガイドや安全教育なども実施している。

以下に挙げる特定不活性冷媒を使用する場合、機器側での最適化を図っていただくことにより現行冷媒より効率よく省エネ性を発揮することが実証されている。

(1) R-1234yf

国内乗用車の新規生産分での R-134a 代替は 2023 年春完了した。ほぼ同等の性能を有し单一物質としての冷媒の使い勝手もよい。すでに車載用空調用途以外でも、自動販売機、コンビニ等でのビバレジクーラー、産業用空調、製氷機、大型冷凍機などで使用されている。冷凍機油は、冷凍機油メーカー推奨の POE/PVE が用意されている。

表 11

	R-134a	R-1234yf
化学構造	CF ₃ CHF	CF ₃ CF = CH ₂
ASHRAE STD34 安全性クラス	A1	A2L
高压ガス保安法	不活性ガス	特定不活性ガス
GWP (IPCC AR4)	1,430	<1
沸点 (℃)	- 26.2	- 29.4
臨界温度 (℃)	101	94.7
臨界圧力 (MPa)	3.66	3.38

(2) R-454C

HP・冷凍・冷蔵用冷媒として幅広く利用されている R-404A ならびに R-407C 後継として、上市済み次世代冷媒の中で GWP<150 ということから広く期待され、すでに民生用・産業用 HP や冷蔵分野で採用が始まっている。HFO 配合比率が高いため冷凍機油メーカー推奨の POE/PVE 冷凍機油が用意されている。昨今炭化水素冷媒の可能性が話題に上るが、安全性のリスク (ASHRAE 安全性クラス A3) の大きさだけでなく、R-454C で最適化された HP と比較した場合、COP で 29%、冷凍能力で 49% 上回るとの報告^{*}もあり、結果としてよりコンパクトにさらに低リスクで使用可能となっている。

表 12

	R-454C
化学構造	R-32/1234yf
ASHRAE STD34 安全性クラス	A2L
高压ガス保安法	特定不活性ガス
GWP (IPCC AR4)	146
沸点 (℃)	- 45.6
臨界温度 (℃)	85.7
臨界圧力 (MPa)	4.32
温度勾配 (K)	~ 6

(3) R-454A

HP・冷凍・冷蔵用冷媒として幅広く利用されている 404A 後継として、すでに産業用 HP や冷蔵分野で採用が始まっている。R-454C 同様、冷凍機油メーカー推奨の POE/PVE 冷凍機油が用意されている。海外での導入事例として、CO₂ システムと比較してエネルギー消費 34.5% 削減、直接・間接 CO₂ 排出 28.5% 削減を達成したスーパーのケースがある。

表 13

	R-454A
化学構造	R-32/1234yf
ASHRAE STD34 安全性クラス	A2L
高压ガス保安法	特定不活性ガス
GWP (IPCC AR4)	238
沸点 (℃)	- 48.3
臨界温度 (℃)	78.9
臨界圧力 (MPa)	4.30
温度勾配 (K)	~ 5

(4) R-454B

HP・空調用冷媒として幅広く利用されている R-410A 後継として、北米市場での採用 (日系メーカー含む) は R-32 を大きく上回っている。理由としては、HFC フェーズダウン 2029 年目標達成と市場拡大を考慮した場合 R-32 に比べ GWP が 30% 以上低い R-454B では、冷媒調達リスクが低く、かつ、R-454B は、他の低 GWP 冷媒に比べ空調用途の使用に耐えうる低い温度勾配であり、最適化された機器設計により効率も十分対抗しうる。空調用以外でも民生用・産業用 HP などで採用が始

* ケマーズ社資料より

まっている。HFO 配合比率が比較的高いため冷凍機油メーカー推奨の POE/PVE 冷凍機油が用意されている。

表 14

	R-454B
化学構造	R-32/1234yf
ASHRAE STD34 安全性クラス	A2L
高圧ガス保安法	特定不活性ガス
GWP (IPCC AR4)	466
沸点 (°C)	- 50.9
臨界温度 (°C)	78.1
臨界圧力 (MPa)	5.27
温度勾配 (K)	~ 1.5

(5) オプテオン™ 次世代冷媒と自然冷媒の直間コスト・CO₂ 排出比較（海外の事例）

以下海外での例ではあるが、床面積 2,000 m² でのスーパーでの直接間接コスト（10 年総コスト）をオプテオン™ 次世代冷媒および自然冷媒とも最新技術の機器を使い比較している。UK は日本でいう北海道、スペインは本州全般と置き換えてみていただきたい。間接コストである電気代はどちらの例もフルオロカーボン冷媒機器が 20% 近く優位となっている。同様に 300 ~ 500 m² の小型店舗での比較も同様の結果であった。

自然冷媒を使用する場合、CO₂（高高压ガ

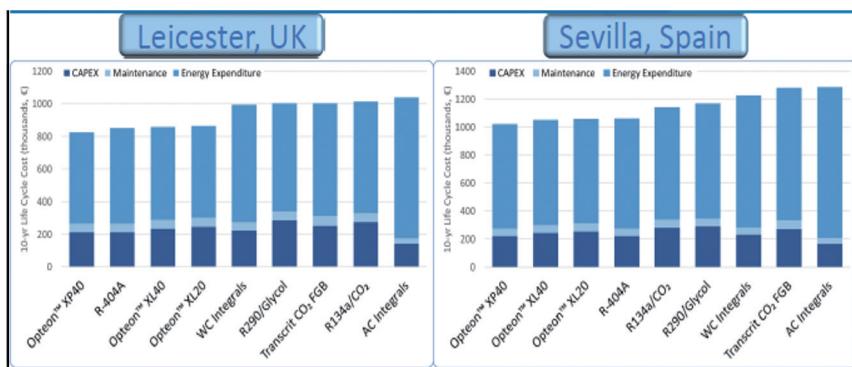


図 3
((ケマーズ社資料より抜粋)

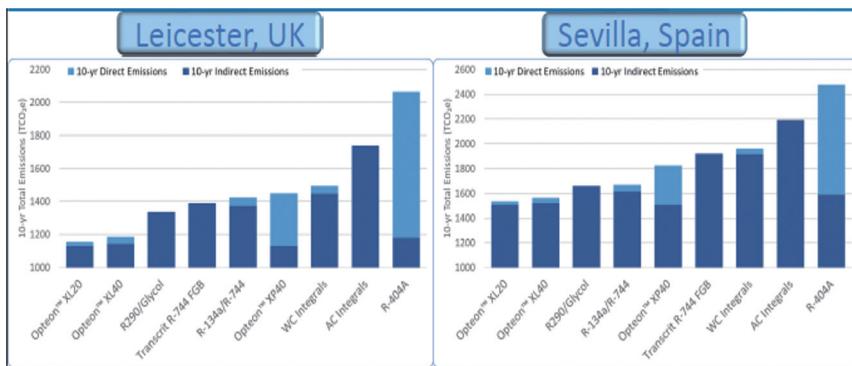


図 4
((ケマーズ社資料より抜粋)

ス、漏洩時危険性）、アンモニア（可燃性、毒性）、炭化水素（強燃性）それぞれのリスクを機器・施設側で担保する必要があるため、スペースコストも含め初期投資が大きくなる。また、効率の観点、使用環境（外気温）などから省エネルギー効果も大きくはない。

また、同じ地点で同じ機器で直接（GWP）間接（電力消費）CO₂排出量による環境面で比較（10年）した結果である。こちらもフルオロカーボン冷媒使用機器が、20～29%環境負荷が小さい結果となっている。気候変動をはじめとする諸問題によりエネルギーコストが上昇し、かつ、食品類の海外依存度の高い日本では、円安に値上げが続いている。この状況下で省エネと環境負荷低減を同時に進めていく必要があり、より総合的な判断による冷媒選択も重要な要素となってきている。

4.まとめ

カーボンニュートラル実現・地球温暖化抑止のための冷媒転換は、社会経済全体で新技術・新生活様式に沿ってスピーディーに対応していく必要がある。

冷媒転換には下記の観点のバランスが大変重要となる。

1. 安全性
2. 効率
3. 経済性
4. 環境負荷

これらは、互いに相関しあっている。安全性は、安心な社会経済のために必須であり、GWP偏重のあまり、毒性、高燃焼、高々圧であればそのリスク回避が必要となり、おのずと機器は重厚長大となり、経済性を圧迫（機器の大型化、設備環境）し、効率低下をもたらす。すなわち、大型となれば初期投資の増大をもたらし、かつ効率低下の観点からは運転期間の電気代を押し上げる結果となり、経済性を阻害してしまう。また、効率低下は、電力消費を増大させ間接的CO₂排出を拡大し、環境負荷を結果として押し上げ、エネルギー・ミックスにおける化石燃料依存低減を遅らせることにもつながり、2050年カーボンニュートラル達成を危うくする。のみならず、より多くの資源が必要となりことから循環経済達成をも遅らせてしまう。

ここで、鍵となるのは、時間のファクターである。2030年46%CO₂はいつ削減、2050年カーボンニュートラル達成という中間目標と最終目標は掲げられている（ただし、カーボンニュートラルは人類の究極目標ではないが）。

HFCフェーズダウンの時間軸に合わせた最適な（4つの観点をバランスよく達成できる）冷媒と機器技術の選択が重要であり、同時に次のフェーズに合わせた研究開発が並行して進められていくことと、今現在の市中インベントリ対策としてのレトロフィットや再生・再利用が並行して拡大実施されることで、2030年中間目標、ポスト・キガリを経てカーボンニュートラル社会の実現を可能にしていく信じている。

本稿で紹介したケマーズ社冷媒により、HFCフェーズダウン2024年目標達成をHorizon 1の不活性冷媒による機器更新とレトロフィット（本邦ではまだ広く行われていないが）でサポートし、2029年目標をHorizon 1の特定不活性冷媒で後押しし、さらにHorizon 2冷媒で2036年キガリ目標クリアし、Horizon 3にてポスト・キガリでの最適解となる開発を進めている。すでに、

Horizon 1 の不活性・特定不活性ガスは、国内供給体制も整いバランスの取れたソリューションの提供により、高 GWP 冷媒代替を進めている。Horizon 2 および Horizon 3 に関しては、その詳細を近々別の機会に紹介させていただぐ。

最後に、気候変動への取組みが順調に効果を出していくことに、冷媒メーカーとして4つの観点のバランスの取れた冷媒を提供し、かつ、再生再利用促進やレトロフィットを通して、微力ながら貢献できればと考えている。

石川淳一（いしかわ じゅんいち）



©MPC