

冷凍・空調業界における 冷媒の技術開発

トレインの環境的視点



代替フロンの削減

世界のエネルギー消費と温室効果ガス (GHG) 排出量の約半分を占めるのが、「工業施設」「商業施設」「住宅」です。その中でも特に、空調システムは大きな影響を及ぼしています。

HFC冷媒に対する業界動向

モントリオール議定書のもと各国政府と非政府組織 (NGO団体等) が連携し、二酸化炭素の100 倍から1万倍以上の大きな地球温暖化係数 (GWP) があるHFC (ハイドロフルオロカーボン) の削減を推進しています。

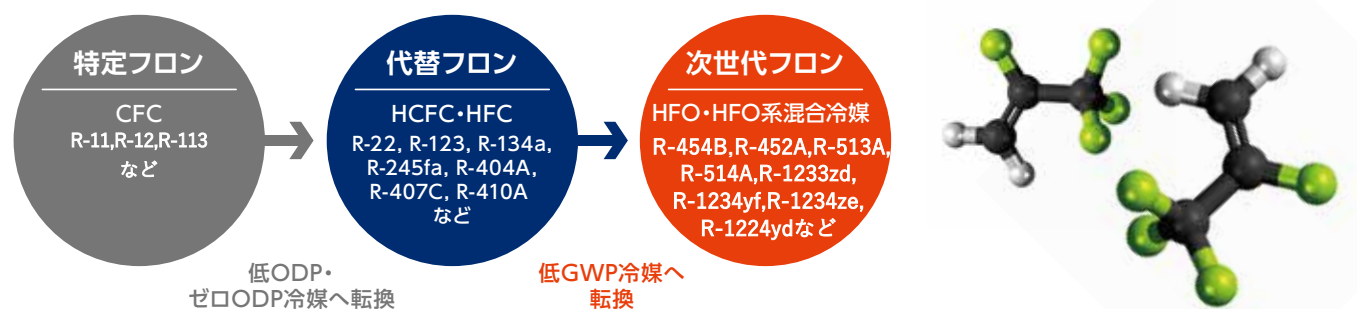
冷媒規制の進化

現存する全ての冷媒のGWPに関する世界的な継続調査の結果、業界では次世代冷媒への転換が急務とされています。

出典: 外務省「オゾン層を破壊する物質に関するモントリオール議定書第28回締約国会合 (MOP28)」
UNEP (国際連合環境計画) 「Frequently asked questions relating to the Kigali Amendment to the Montreal Protocol (モントリオール議定書「キガリ改正」に関するFAQ)」

モントリオール議定書による世界的なHFCの段階的削減

2016年10月、ルワンダのキガリにおいて開催された「モントリオール議定書」の第28回締約国会議 (MOP28) において、HFCの生産及び消費量の段階的削減義務等を定める本議定書の改正 (キガリ改正) が行われました。
キガリ改正では、日本を含む先進国は、2019年から削減を開始し、2036年までにHFCの生産量を2011～2013年の平均の生産・消費数量等を基準値として85%を段階的に削減することが義務付けられています。



HFCの段階的削減スケジュール

先進国 (非5条国)

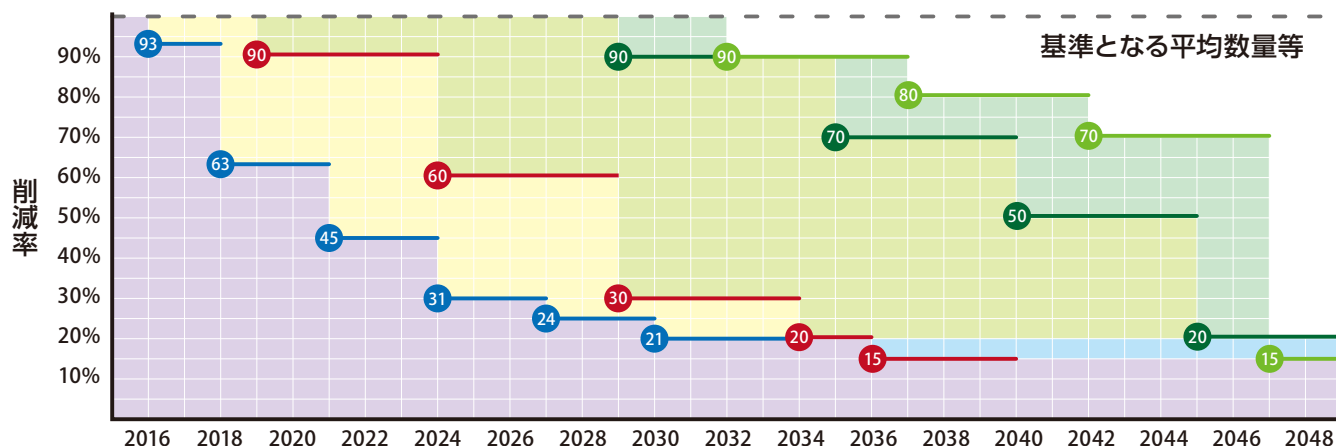
● 欧州連合 (EU) ● その他先進国

開発途上国

● 第1グループ ● 第2グループ

*EUはFガス規制により削減が先行しているため別表示

第1グループ: 中国・東南アジア・中南米・アフリカ諸国・島嶼国等, 第2グループ以外の開発途上国
第2グループ: インド・パキスタン・イラン・イラク・中東諸国

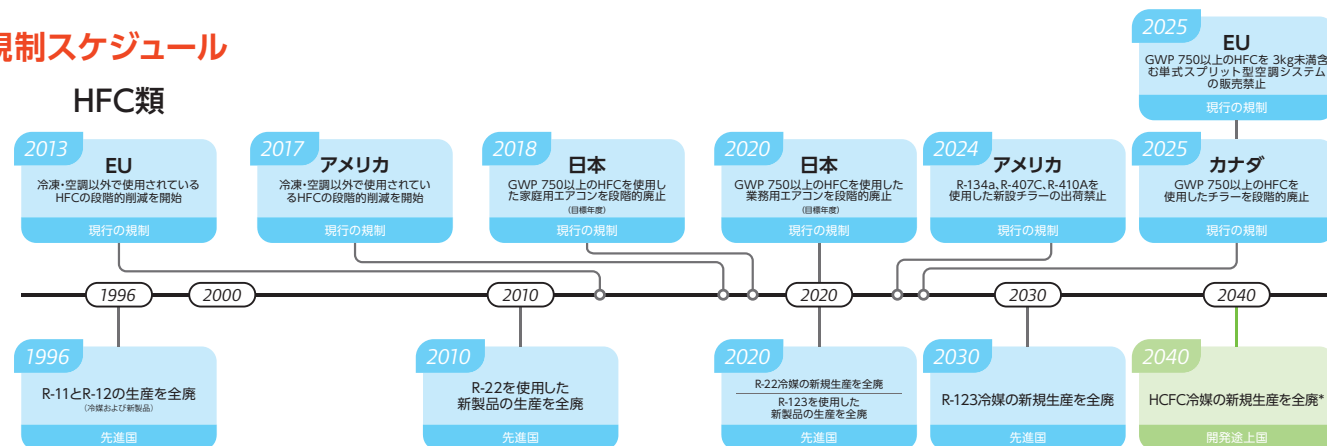


規制とスケジュール

将来の可能性

段階的削減後も、リサイクル、回収、備蓄供給された全ての冷媒の継続使用をほとんどの国が許可しています。

規制スケジュール



*モントリオール議定書では各国個別のHFC削減スケジュールの確立を容認しています。

各国の冷媒管理



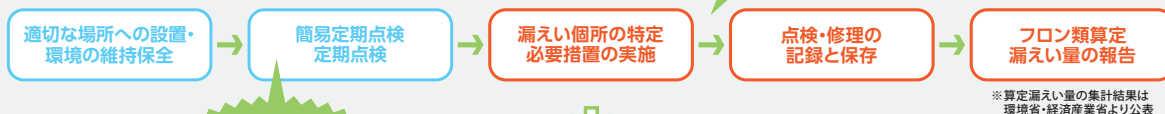
日本

2015年4月に「フロン排出抑制法」が施行され、HFC冷媒を含むフロン類を使用する機器の「定期点検」「点検の記録・記録の保存」などの実施が義務づけられた。HFO冷媒やCO₂はノンフロン冷媒のため対象外。

フロン排出抑制法 ～低GWP・ノンフロン化への動き～

正式名は「フロン類の使用の合理化及び管理の適正化に関する法律」。
改正前の「フロン回収・破壊法」から、第一種特定製品（冷媒としてフロン類が充填されている機器）の管理についてまで規制の対象が拡大されました。

フロン類を冷媒として使用している機器の管理者の役割



漏えい発見!

フロン類使用機器の管理者の負担増

ノンフロン冷媒転換への促進 (低GWP・自然冷媒)

最終的に目指すべきGWP値:100未満 ノンフロン冷媒は、フロン排出抑制法の適用対象外です。

出典: フロン排出抑制法の概要 (経済産業省 オゾン層保護等推進室 環境省 フロン等対策推進室)



オーストラリア

GWPが10以下の冷媒を採用している機器に対して、グリーン・スター*1ポイントを付与。(カテゴリー29: 冷媒インパクト)

* オーストラリア・グリーンビルディング協議会 (GBCA: Green Building Council of Australia) の環境格付け制度。最高は星6つ。



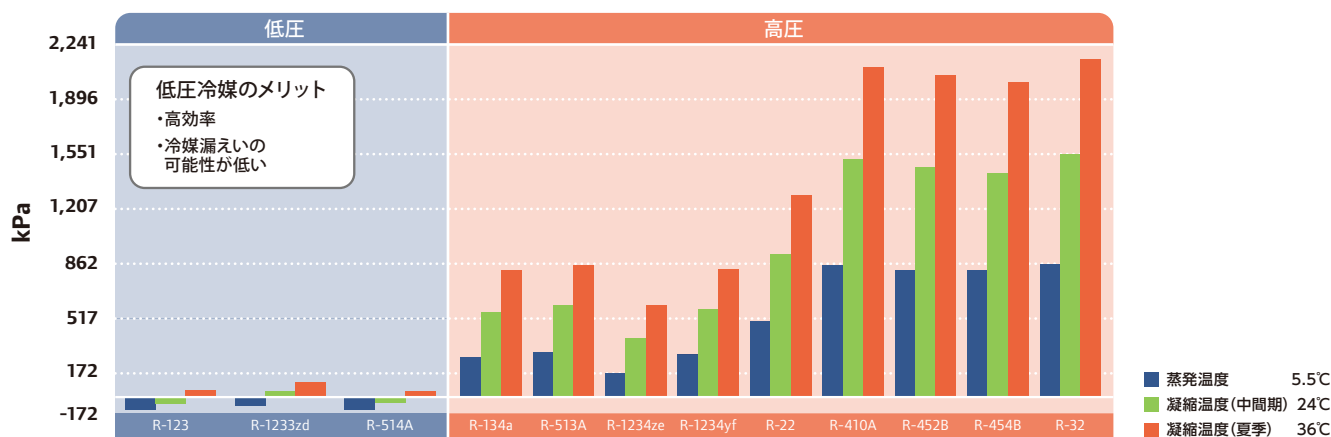
アメリカ

GWPが50以下の冷媒を採用している機器に対して、LEED*1ポイントを付与。(クレジットカテゴリー: エネルギーと大気)

* 非営利団体米国グリーンビルディング協議会 (USGBC: U.S. Green Building Council) が開発と普及活動を行い、米国グリーンビジネス認証法人 (GBCI: Green Business Certification Inc.) が第三者認証と認定資格の運用業務を行う建物の環境性能評価システム。

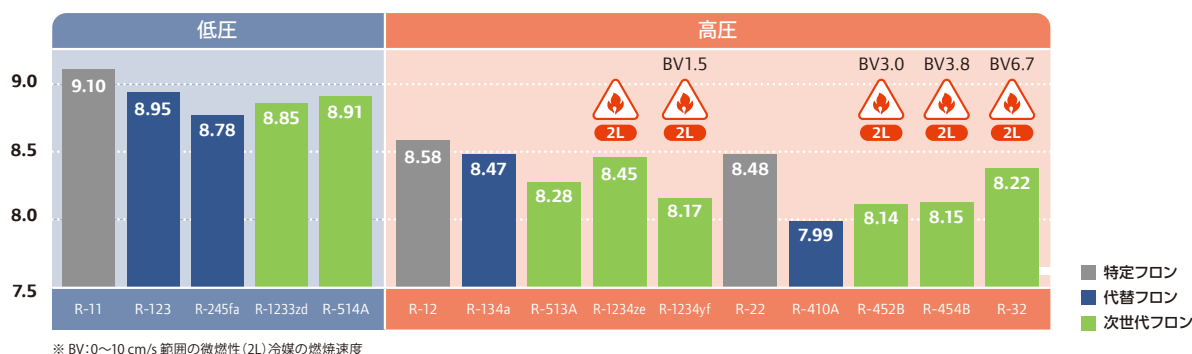
冷媒選択時の注意事項

冷媒の運転圧力



環境への影響

一般的な冷媒の理論効率比較



空調に採用されている主な冷媒

下記は既存冷媒、次世代冷媒の冷媒特性を比較した表です。

記載されている効率と能力の変化は冷媒そのものの理論効率に基づいており、客観的比較のため設計条件は一定としています。

	低圧			高圧							
冷媒	R-123	R-1233zd	R-514A	R-134a	R-513A	R-1234ze	R-1234yf	R-22	R-410A	R-454B	R-32
可燃性	不燃(1)	不燃(1)	不燃(1)	不燃(1)	不燃(1)	微燃(2L)	微燃(2L)	不燃(1)	不燃(1)	微燃(2L)	微燃(2L)
BV(燃焼速度)	-	-	-	-	-	0.0 cm/s	1.5 cm/s	-	-	5.2 cm/s	6.7 cm/s
毒性区分 ^{(*)1}	B	A	B	A	A	A	A	A	A	A	A
OEL(ppm) ^{(*)2}	50	800	320	1000	650	800	500	1000	1000	850	1000
COP(理論効率)	8.95	8.85	8.91	8.47	8.28	8.45	8.17	8.48	7.99	8.15	8.22
能力変化	基準	~35%増	~5%減	基準	ほぼ同じ	~25%減	~5%減	-	基準	~3%減	~9%増
GWP	77 ^{(*)3}	1 ^{(*)4}	< 2 ^{(*)4}	1430 ^{(*)3}	573 ^{(*)4}	< 1 ^{(*)4}	< 1 ^{(*)4}	1810 ^{(*)3}	2100 ^{(*)3}	466 ^{(*)4}	675 ^{(*)3}
大気寿命	1.3年	26日	22日	13.4年	5.9年	16日	11日	11.9年	17年	3.6年	5.2年

(*)1 冷媒の燃焼と毒性のカテゴリー (ASHRAE34 安全等級) クラス表示

(*)2 OEL: 職業曝露限界

(*)3 IPCC第4次評価報告書(100年値)

(*)4 IPCC第5次評価報告書(100年値)

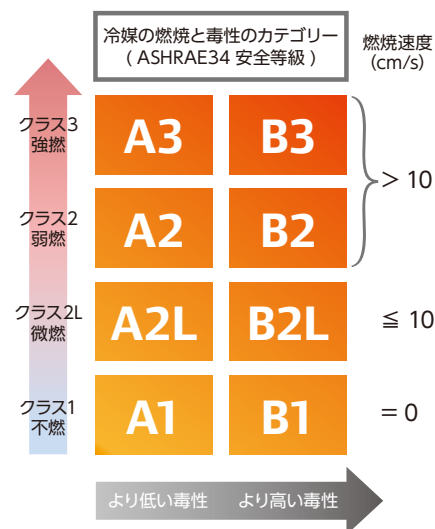
燃焼性と毒性

可燃性

低GWP冷媒への移行が急がれる中、燃焼性が冷媒を検討する際の新たな評価軸となりつつあります。

2010年には「ASHRAE 34」の規格が改訂され、燃焼しても危害が少ない新区分「2L」が設置されました。2Lは燃焼速度(BV)が10 cm/s 以下で、「着火困難」、「継続して火炎伝播しない」、「燃焼しても被害が小さい」という要件を満たす冷媒とされています。

業界では微燃性(クラス2L)冷媒の用途について未だ議論が続いています。特に、ASHRAE 15およびUL 60335-2-40には、現行規格基準のクラス2の可燃性と比較して、クラス2L冷媒の可燃性が低いことを反映させた、より合理的な要件を含める必要があります。トレインは、可能な限り不燃性冷媒を採用した製品のご提供をお約束しています。



毒性

恐らく冷媒特性の中でも最も誤解されているのが毒性です。特に毒性と安全性は同義ではなく、区別することが重要です。冷媒を扱う際の安全面で最も危険なのが、冷媒ガスが大気に漏えいした際に窒息を引き起こす可能性のある冷媒噴出です。低压冷媒は大気圧では液体であるため、万が一気密性不良で冷媒漏えいが起こったとしても、機内に空気が入るものの噴出する危険性はありません。

ASHRAE 34では職業曝露限界(OEL:Occupational Exposure Limit)に基づき冷媒の毒性を分類しています。職業曝露限界とは、労働者が1日8時間、週40時間の勤務中に継続的に生涯冷媒に曝露されても、「ほぼ全ての労働者の健康上に悪影響がみられない」と判断される一定数値以下の平均曝露濃度です。

- クラスAの職業曝露限界: ≥ 400 ppm
- クラスBの職業曝露限界: < 400 ppm

日本産業衛生学会によるR-123の職業曝露限界は10 ppm (ASHRAEでは50 ppm) のため、1日8時間、週40時間R-123に曝露されても悪影響がないことを意味しています。一般的な用途の機械室では2 ppmを超えることはなく、通常、サービスやメンテナンス等のごく短時間に曝露が発生します。R-514Aの職業曝露限界は320 ppmです。R-514Aは共沸混合冷媒のため、万が一漏えいした場合、個々の化学物質ではなく単一の冷媒として漏えいします。

トレインが主に採用している冷媒の特性

R-454B	● R-410Aの代替冷媒 (非共沸混合冷媒) ● 微燃性 (2L) ● 低GWP : 465 (R-410Aは1924) ● 冷媒入替で約5%効率が向上、かつ冷媒充填量が低減
R-513A	● R-134aの代替冷媒 (共沸混合冷媒) ● 冷媒入替で約2%理論的な効率低下があるが、用途により実際の効率への影響は4~6% ● 低GWP:573 (R-134aは1300) ● 不燃性 ● ゼロODP
R-514A	● R-123の代替冷媒 (共沸混合冷媒) ● 低压 ● 超低GWP:2 ● 全次世代冷媒の中で最高の性能を発揮 ● 不燃性 ● ゼロODP
R-1233zd	● R-123の代替冷媒 (単一冷媒) ● ハネウェル社のノンフロン断熱材「ソルスティス® zd」として需要拡大 (将来の供給も心配なし) ● 超低GWP:1 ● 不燃性 ● ゼロODP ● 低压
R-1234ze	● R-134aの代替冷媒 (単一冷媒) ● 超低GWP:1 ● 微燃性 (2L) ● ゼロODP

冷凍空調とトレインの歴史

空調の歴史

古代

天然の氷や雪、水の蒸発潜熱を利用

1607年

アルコール温度計(ガリレオ)

1724年

ファーレンハイト華氏温度計

1824年

最初の理想的な熱サイクル
「カルノー冷凍理論」を提唱(仏:サディ・カルノー)

1842年

熱力学第2法則発見(マイヤーとプレスコット)

1855年

冷凍機による人工氷の製造

1902年

冷却減湿法発見(米)

1911年

空気線図発表

1921年

ターボ冷凍機開発(米)

1930年

フロンガス開発(米)

冷凍産業空調の大きな転機



1942年

日本でのフロンの本格製造開始

1949年

日本冷凍機製造協会設立

1951年

PACエアコン生産開始

1958年

ヒートポンプ商品化

1966年

自動車製造 2重効用吸収式開発

1974年

フロンによるオゾン層破壊説

(カリフォルニア大学ローランド教授/モリーナ博士)

出典:特定非営利活動法人 環境エネルギーネットワーク 21

理事長 岸本 哲郎 氏「空調・冷凍業界に於ける次世代GWP・ノンフロン冷媒動向」

1980年

インバータ・エアコン開発(現・東芝)

1985年

オゾン層保護に関するウィーン条約

1987年

モントリオール議定書

1990年

HFC冷媒へ転換開始

1995年

先進国でのCFC生産全廃

1997年

COP3 京都議定書

1998年

省エネルギー法改正、地球温暖化対策推進法

2001年

フロン回収破壊法 CO2冷媒給湯器発売

2013年

フロン排出抑制法

2016年

モントリオール議定書 キガリ合意

古代

~1930年代

1940年代

~1970年代

1980年代

~2000年代

トレインの歴史

1885年

創業者ジェームズ・A・トレインがウィスコンシン州ラクロスで配管工事ビジネスを開始



James Trane



Reuben Trane

1913年

Trane Companyを設立
新型低圧スチーム暖房システムを発売

1925年

コンベクターラジエーターを開発

1938年

世界発のギア増速なし密閉ターボ冷凍機
「Turbovac™」開発



1951年

トレインを代表するターボ冷凍機

「CenTraVac™」を発表



1958年

ヨーロッパへ事業拡大



1965年

ウィスコンシン州ラクロスに
低騒音製品生産用に新たな工場を建築

1970年

久保田鉄工(現:株式会社クボタ)と空調
機生産の合併会社「クボタトレイン」設立
Trane製品の総代理店として
吸収式・ターボ冷凍機を販売

1978年

制御ビジネスに早期参入し、空調機器と制御
を同時に提案できる世界初の企業となる

1980年

久保田鉄工との合併解消
クボタトレインは久保田100%の会社として、
空調機器製造販売およびTrane製品の販売を継続

1982年

General Electric社のセントラル空調部門を買収

1983年

原材料・部品調達を目的とし、
日本駐在員事務所「トレイン・ジャパン」設立

1984年

American Standard Inc.の傘下に入る

1987年

クボタとの契約を解消し
「日本アメリカン・スタンダード・トレイン株式会社」設立

1997年

HVAC技術において多くの業績を残したとして、ルーベン・トレインが
ASHRAE(米国暖房冷凍空調学会)の殿堂入りを果たす

2007年

1992年、1998年に続き、ターボ冷凍機「CenTraVac™」がEPA(米国環境
保護庁)の「地球環境およびオゾン層保護 最優秀賞」3度目の受賞

2008年

Ingersoll Rand plc(日本法人名:インガソール・ランド株式会社)の
傘下に入る

2014年

世界初ノンフロン冷媒「R-1233zd」採用ターボ冷凍機発表

2015年

「米国で最も信頼されているHVACブランド賞」トップにランクイン
(ライフストーリー・リサーチ社)

2017年

R-1233zd冷媒採用ターボ冷凍機が国内各賞受賞
「第13回 環境・設備デザイン賞」設備器具・システムデザイン部門入賞
「第18回 オゾン層保護・地球温暖化防止大賞」経済産業大臣賞

2017年

世界初ノンフロン冷媒「R-514A」採用ターボ冷凍機発表

用語集

ODP (オゾン層破壊係数)

CFC冷媒のR-11を1.0として、大気中に放出された物質がオゾン層に与える破壊効果を相対値として表したもの。

GWP (地球温暖化係数)

二酸化炭素(CO₂)を1.0として、温室効果ガス(GHG)の温暖化影響の強さを表したもの。

CFC冷媒

クロロ(塩素) フルオロ(フッ素) カーボン(炭素)
例:R-11, R-12

非常に高いODP値のためモントリオール議定書に基づき全廃された特定フロン。塩素とフッ素原子の化合物で大気寿命が長く、オゾン層破壊と地球温暖化の両方に大きな影響を与える。

HCFC冷媒

ハイドロ(水素) クロロ(塩素) フルオロ(フッ素) カーボン(炭素)
例:R-22, R-123

オゾン層破壊物質(ODS)は含まれているが、大気寿命が短い
ためオゾン層破壊や気候変動への影響が少ない特定フロン。
モントリオール議定書に基づき、段階的廃止スケジュールが定められている。

HFC冷媒

ハイドロ(水素) フルオロ(フッ素) カーボン(炭素)
例:R-134a, R-245fa, R-125, R-32

塩素を持たずオゾン層に影響を与えない代わりに、フッ素含有量が多いためGWP値が高い代替フロン。アメリカ、カナダ、日本、その他各国において、モントリオール議定書に基づき特定用途における段階的廃止が進められている。

HFO冷媒

ハイドロフルオロオレフィン(炭素二重結合を持つ冷媒)
例:R-1234yf, R-1234ze, R-1233zd, R-1336mzz

ゼロODP、超低GWPの次世代冷媒。フロン類が何年～何十年の大気寿命に対し、HFOは何日単位の非常に短い大気寿命。

HFO系混合冷媒

例:R-452B, R-452A, R-513A, R-514A

HFCやHCFCと、HFOの混合冷媒。低GWPで、ASHRAE(米国暖房冷凍空調学会)の分類を受けて多くの国で冷凍・空調用途での使用を承認されている。

- ・非共沸混合冷媒(冷媒番号400番台):全組成範囲に渡って、露点と沸点が分離した単なる混合物としての性質しか有しない混合冷媒。
- ・共沸混合冷媒(冷媒番号500番台):複数成分の冷媒をある一定の比率で混合すると一定の沸点を持ち、気相、液相での組成が同一になり、あたかも単一成分であるかのような相変化を示す混合冷媒。

モントリオール議定書

1987年に採択された国際条約。当初は、オゾン層を破壊する恐れのある物質の生産量及び消費量を段階的に規制することにより、オゾン層の保護を目的とした。

キガリ改正

モントリオール議定書の適用範囲を拡大し、世界的なHFCの生産及び消費量の段階的削減の義務化等を定める本議定書の改正。2016年10月15日にルワンダのキガリにて締結。

EcoWise™

EcoWise™ (エコワイズ) は、次世代の低GWP冷媒と機器の高効率性能により環境へのインパクトを軽減し温室効果ガス (GHG) 排出量を削減する製品と組織運営の商標です。

空冷チラー

トレインの空冷チラーは高効率、低騒音で、不燃性冷媒を採用しています。既存冷媒R-134a、または低GWP次世代冷媒R-513A*からの冷媒選択が可能です。

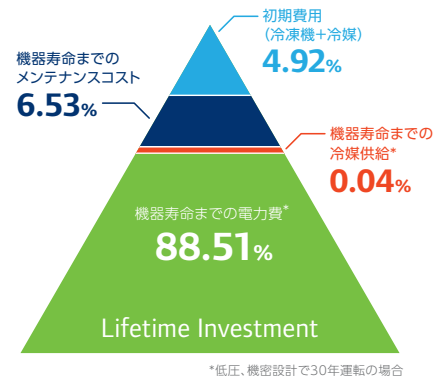
*2017年12月現在日本国内未発売

ターボ冷凍機

トレインのターボ冷凍機CenTraVacシリーズは、世界最高効率と高い信頼性を誇る低圧設計です。超低GWPの次世代冷媒「R-1233zd」 「R-514A」を採用し、既存冷媒採用のターボ冷凍機より最大10%高効率です。米国、ヨーロッパ、中東、日本を含む地域で先行販売しています。

輸送用冷凍機

サーモキングのトラック用・トレーラー用冷凍機は、安全で信頼性が高く、高効率。既存冷媒R-404Aより50%も低GWPの次世代冷媒R-452Aを採用しています。



投資を無駄にしないために

安全性 (毒性、可燃性、窒息、物理的危険性)、環境への影響 (温室効果ガスの低排出量)、ランニングコスト (システム全体でのエネルギー効率)、この3要素全てにおいてバランスのとれた最適な冷媒の選択が重要です。

Learn more at jp.trane.com

トレイン・ジャパン株式会社



本 社

〒141-0021 東京都品川区上大崎4-5-37 本多電機ビル5F
(営 業 部) Tel.03-5435-6442 Fax.03-5435-6440
(サ ー ビ ス 部) Tel.03-5435-6443 Fax.03-5435-6440

大阪事業所

〒577-0848 大阪府東大阪市岸田堂西2-10-28
(営 業 部) Tel.06-6726-4550 Fax.06-6224-1271
(サ ー ビ ス 部) Tel.06-6726-4563 Fax.06-6224-1271

広島事業所

〒739-2102 広島県東広島市高屋町杵原1312-2
Tel.06-6726-4563 Fax.06-6224-1271

九州事業所

〒861-8038 熊本県熊本市東区長嶺東8-13-47
Tel.050-3662-3410 Fax.096-349-7075

宮城出張所

〒981-3117 宮城県宮城郡利府町花園3-24-1
(サ ー ビ ス 部) Tel.022-369-3849 Fax.022-369-3849



トレイン・トレイン・テクノロジーズ (Trane Technologies、ニューヨーク証券取引所上場、NYSE:TT) は、グローバル・クライメート・イノベーター (世界的気候改革者) です。暖房、換気、空調・制御システムサービス、部品など、豊富な製品群を通して快適で省エネな室内環境を創出します。詳しくは jp.trane.com または trane technologies.com をご覧ください。