

空調・冷凍製品における温室効果ガス排出削減の 取組みについて

Efforts towards Reducing Greenhouse Gas Emissions
Concerning Air Conditioning and Refrigeration Products



平尾 豊隆*¹
Toyotaka Hirao

水野 尚夫*²
Hisao Mizuno

上田 憲治*³
Kenji Ueda

甲斐 政和*⁴
Masakazu Kai

山田 容之*⁵
Hiroyuki Yamada

フロンにより冷凍・空調機器は広く世界規模で普及したが、オゾン層や地球温暖化への影響が大きい事が分かり、国際的な枠組みで規制措置が強化されている。幅広い冷凍・空調商品を提供する三菱重工サーマルシステムズ(株)(以下、当社)は、地球環境保全を最優先課題として取り組んでおり、フロンに関連する法規制の順守は当然の事、環境負荷が極めて低いノンフロン冷媒を採用した冷凍・空調機器、ボイラ代替としての高効率ヒートポンプ機器、更に駆動用エンジンを必要としない全電動型輸送冷凍機を開発した。これら地球環境に優しい商品開発により、当社は低炭素社会の構築と持続可能な社会発展に貢献する。

1. はじめに

冷凍・空調の世界市場規模は 13 兆円を超え、図1に示すように、今後もアジア、北米市場を中心に成長すると予測されている⁽¹⁾。この様に世界規模で成長を続けている冷凍・空調市場であるが、1824 年のサディ・カルノーによる冷凍サイクル理論の発表から始まった。黎明期は NH₃(アンモニア)、SO₂(二酸化硫黄)、CO₂(二酸化炭素)、エーテル等の自然物質を冷媒に採用していたが、毒性、可燃性、高圧等の安全管理の問題により、一般家庭への普及は困難であった。

1930 年に、低毒性かつ不燃性で、化学的に安定性も良い人工化学物質“フルオロカーボン(通称フロン)”が米国で開発され、冷凍・空調機の冷媒に採用された。冷凍・空調機器に適した熱物性値を持つフロンは、更に安価であったことから、理想的な冷媒として広く一般家庭用エアコンや冷蔵庫に普及していった。

しかし、1974 年にローランド博士らが NATURE 誌に特定フロンによるオゾン層破壊現象に関する論文を発表し、これよりフロンは地球環境を破壊する恐れのある物質として、国際的な規制が始まった。このフロンに関する法規制の経緯は2章で述べるが、冷凍・空調機器はこの法規制と関連しながら発展を続けてきた。

当社は地球環境問題を最優先事項として捉え、フロン関連の法規制順守は当然の事、大型冷凍機では地球環境負荷が極めて小さい冷媒を採用したターボ冷凍機を全容量領域でラインアップした。冷凍機では自然冷媒の中でも不燃性で毒性のない CO₂ を採用した高性能コンデンシングユニットを開発した。また産業用途に 90℃熱風を発生するボイラ代替ヒートポンプ機等を開発し、また輸送冷凍機ではエンジン動力を必要としない全電動式の機種を開発し従来機に対して大幅に CO₂ 排出量を削減し、空調製品も従来比地球温暖化係数が約 1/3 となる冷媒を採用した新機種を世界展開させている。本報では、これら地球環境に優しい商品開発の取組みについて紹介する。

*1 三菱重工サーマルシステムズ株式会社空調機技術部 主幹プロジェクト統括

*2 三菱重工サーマルシステムズ株式会社空調機技術部 主席プロジェクト統括

*3 三菱重工サーマルシステムズ株式会社大型冷凍機技術部 次長 工博

*4 三菱重工サーマルシステムズ株式会社輸送冷凍機部 主席技師

*5 三菱重工サーマルシステムズ株式会社空調機技術部 グループ長

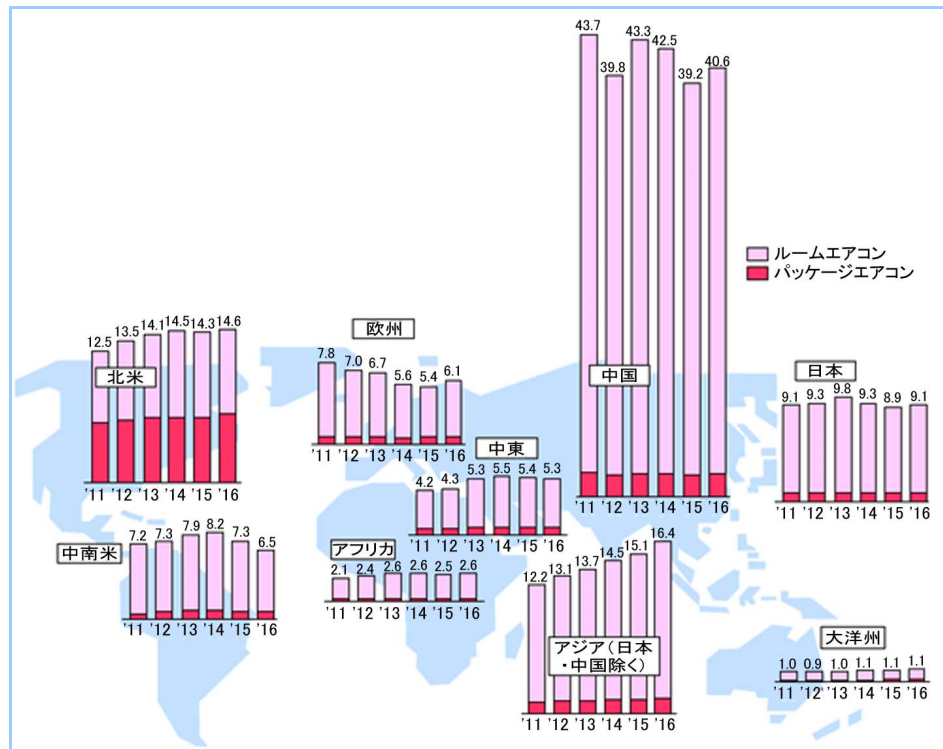


図1 地域別ルームエアコン、パッケージエアコンの需要台数推移 (単位:百万台)

2. 冷媒規制動向について

表1に代表的な冷媒と、その特徴[オゾン層破壊係数(以後、ODP と称する。), 地球温暖化係数(CO₂を基準とする。以後、GWPと称する。), 安全性(毒性, 可燃性), 65℃飽和圧力]を示す。CFC, HCFC 冷媒の R12, R22 は, 不燃, 低毒性であってもオゾン層破壊物質であり GWP も大きく, 地球環境に極めて大きな影響を及ぼす。HFC 冷媒の R404A(R125/R143a/R134a=44:52:4wt%の疑似共沸混合冷媒), R410A(R32/R125=50:50wt%の疑似共沸混合冷媒), R134aは, ODP は0であるが, GWP が其々, 3943, 1924, 1300 と大きい。R32 の GWP は R410A の約 1/3 であるが, 微燃性冷媒であって, 冷媒漏えい時充填量によっては可燃域となる空間が形成される可能性がある。オゾン層破壊物質でない HFO 冷媒 R1234yf, R1234ze(E)は, GWP<1と地球環境への影響は極めて小さい。R1233zd(E)は塩素を含むのでオゾン破壊の可能性を有するが, 大気寿命は 26 日と短く成層圏に到達する前に分解するので事実上 ODP=0とみなされている。しかし R1234yf, R1234ze(E)はR32 同様, 微燃性であり, R1233zd(E)は低压冷媒でガス密度が小さいため, 大きなガス体積流量に対応する圧縮機やガス流路の圧損に対する配慮対策が必要となる。自然冷媒の NH₃は毒性, C₃H₈は強燃性, CO₂は圧力が高い等、各々課題がある。

表1 冷凍・空調機器の代表的な冷媒の特徴

冷媒			オゾン層 破壊係数 ODP	地球温暖化係数 GWP	安全性 ※	圧力 MPa(abs) 65℃飽和圧力
CFC	R12	CCl ₂ F ₂	1.0	10900	A1	1.69
HCFC	R22	CHClF ₂	0.055	1760	A1	2.70
HFC	R404A (R125/R143a/R134a)		0	3943	A1	3.21
	R410A (R32/R125)		0	1924	A1	4.28
	R134a	CH ₂ FCF ₃	0	1300	A1	1.89
	R32	CH ₂ F ₂	0	677	A2L	4.38
HFO	R1234yf	CF ₃ CF=CH ₂	0	<1	A2L	1.83
	R1234ze(E)	CF ₃ CH=CHF	0	<1	A2L	1.44
	R1233zd(E)	CF ₃ CH=CClH	0	1	A1	0.45
自然 冷媒	R717	NH ₃	0	<1	B2L	2.95
	R290	C ₃ H ₈	0	~20	A3	2.34
	R744	CO ₂	0	1	A1	7.38(臨界圧力) 以上

※ A:低毒性, B:毒性, 1:不燃性, 2L:低微燃性, 2:微燃性, 3:強燃性
(ASHRAE 34 冷媒安全性分類規格より)

(1) オゾン層保護対策

図2に現在までのフロン対策の経緯を示す⁽²⁾。大きくオゾン層保護と地球温暖化防止に分けられる。当初、CFC 冷媒、HCFC 冷媒を採用していたが、1974 年にローランド博士らが大気に放出したフロンガスがオゾン層を破壊する事を発見し、オゾン層保護への取り組みが始まった。1985 年に“オゾン層保護のためのウィーン条約”が採択され国際的な枠組みが定まり、これに基づいて 1987 年“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”が採択され、CFC、HCFC 等オゾン層破壊物質の具体的な規制措置が定められた。CFC 冷媒は 2009 年末で全廃、HCFC 冷媒は先進国では 2020 年、途上国では 2030 年までに原則全廃される。

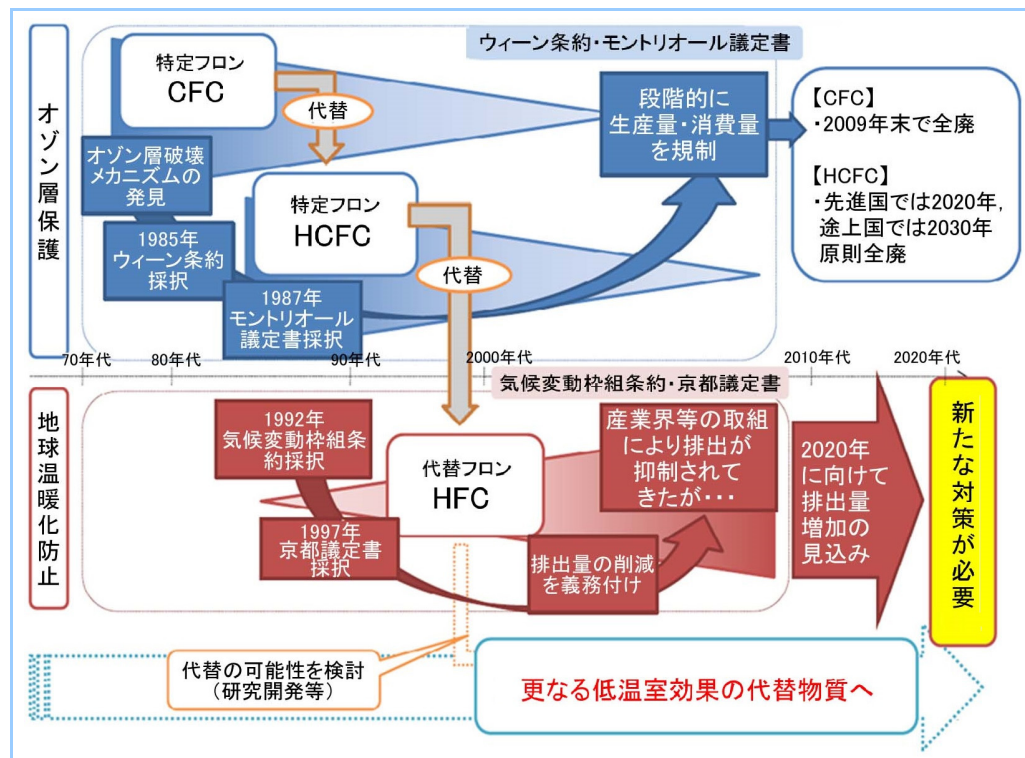


図2 フロン対策の経緯

CFC、HCFC 冷媒には代替候補があつて規制が行われたが、HFC 冷媒では代替候補が揃っていない。

(2) 地球温暖化対策

この CFC 冷媒、HCFC 冷媒の全廃を受け、1990 年代からオゾン層を破壊しない HFC 冷媒を代替冷媒として採用している。しかし表1で示した様に HFC 冷媒は GWP が極めて高く、かつ市中ストック量を増やし続けているため、大気放出による地球温暖化が懸念され、地球温暖化防止の国際的取り決めとして 1997 年“京都議定書”が採択された。国ごとの温室効果ガス6種類(CO₂, CH₄, N₂O, HFCs, PFCs, SF₆)の大気放出量削減が義務付けられ、日本では機器のエネルギー効率向上によるエネルギー消費抑制や、廃棄時に封入冷媒回収等の施策が開始された。1999 年の“改正省エネ法”施行によるトップランナー制度の導入、2001 年の“特定製品に係るフロン類の回収及び破壊の実施の確保等に関する法律”(フロン回収・破壊法)と 2006 年のフロン類回収を一層徹底するための法改正、更に 2015 年の“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”(フロン排出抑制法)が、それらの関連法令である。フロン排出抑制法では、フロン回収・破壊法に加え、冷媒の生産・使用・管理・再生や破壊までのライフサイクル全体を包括的な取り組みが開始された。冷媒メーカー、機器・製品メーカー、使用者、冷媒充填者、冷媒再生業者其々に施策があり、機器・製品メーカーは、家庭用エアコンは 2018 年までに加重平均 GWP 値を 750 以下にする等、低 GWP 転換の目標年度と目標値の基準が定められている。

(3) キガリ改正

2016 年 10 月ルワンダのキガリで開催されたモントリオール議定書第 28 回締結国会合 (MOP28) で、HFC をモントリオール議定書の対象物質に追加し、段階的に削減する改正が採用された⁽³⁾。(キガリ改正:2019 年1月1日発効) 表2に示す様に最終削減は、先進国は 2036 年に 85%、途上国第1グループは 2045 年に 80%、途上国第2グループは 2047 年に 85% であり、空調で主流となっている R410A の代替冷媒は GWP を 310 以下とする必要がある。低 GWP 冷媒及び、それを採用した機器の開発・実用化が必須であり、研究開発が重要になっている。

表2 HFC 生産・消費量の段階的削減スケジュール

	開発途上国第1グループ	開発途上国第2グループ	先進国
基準年	2020-2022 年	2024-2026 年	2011-2013 年
基準値 (CO ₂ 換算とする)	各年の HFC 量の平均 + HCFC の基準値の 65%	各年の HFC 量の平均 + HCFC の基準値の 65%	各年の HFC 量の平均 + HCFC の基準値の 15%
凍結年	2024 年	2028 年	なし
第1段階	2029 年▲10%	2032 年▲10%	2019 年▲10%
第2段階	2035 年▲30%	2037 年▲20%	2024 年▲40%
第3段階	2040 年▲50%	2042 年▲30%	2029 年▲70%
第4段階			2034 年▲80%
最終削減	2045 年▲80%	2047 年▲85%	2036 年▲85%

(注 1) 途上国第1グループ:開発途上国であって、第2グループに属さない国

(注 2) 途上国第2グループ:印、パキスタン、イラン、イラク、湾岸諸国

(注 3) 2022 年、及びその後5年ごとに技術評価を実施する。

(注 4) 途上国第2グループについて、凍結年(2028 年)の4~5年前に技術評価を行い、凍結年を2年間猶予することを検討する。

(注 5) 先進国に属するベラルーシ、露、カザフスタン、タジキスタン、ウズベキスタンは、規制措置に差異を設ける(基準値の算出方法として、HCFC の基準値の 25%を算入、及び削減スケジュールについて、第1段階は 2020 年に▲5%、第2段階は 2025 年に▲35%削減とする)。

3. 各製品の取組み

当社は、冷凍容量域では家庭用エアコンから地域冷暖房に用いられるターボ冷凍機までを、温度域では-60℃の超低温冷凍機から 90℃吹出しヒートポンプ製品までの幅広い商品群をラインアップしており、更にコールドチェーンの一翼を担う陸上輸送冷凍機等も取り揃えている。本報では代表的な当社製品の環境問題に対する取り組み事例を紹介する。温暖化抑止には、封入冷媒の GWP 低減と共に、使用時の消費エネルギー低減も重要であり、製品化には性能向上を並行して推進している。

3.1 ターボ冷凍機

地域冷暖房、大規模ビル・工場空調、及び化学・食品工場のプロセス冷却など主に適用されるターボ冷凍機は、遠心式圧縮機が用いられ冷凍能力では 150USRt (米国冷凍トン) から 5000USRt までをカバーしている。当社は、運転時の電力消費削減のため圧縮機や熱交換器の高効率化や最適制御を常に追求、メンテナンスを充実させ定期的な漏えい点検など冷媒の大気放出を最小限とする維持管理をし、CO₂ 排出量の削減に取り組んできた。さらに根本的なニーズに応えるため、国内メーカーとして初めて、全容量領域のターボ冷凍機に低 GWP 冷媒を採用したシリーズをラインアップした⁽⁴⁾。これらシリーズはフロン排出抑制法の規制対象外である。

ターボ冷凍機に適用する低 GWP 冷媒には、次の項目を満たすものを選定した。①環境性(オゾン層を破壊する物質でないこと、GWP100 以下)。②物性(従来冷媒の R134a と比べて、同等の冷凍サイクル効率を有し、機器設計圧力が著しく高くないこと)。③入手性(ターボ冷凍機の冷媒以外の用途があり、生産量が見込まれていること)。④安全性(高圧ガス保安法に従い不燃と同等の取扱いが可能であってかつ低毒性であること)。

ターボ冷凍機用に、候補冷媒(表3に従来冷媒と新冷媒を記載)を検討してきた。低 GWP である HFO 冷媒の R1234yf、R1234ze(E)は、R134a と比較的近い熱物性を持ち、高圧ガス保安法の

特定不活性ガスに分類される。一方、R1233zd(E)はR134aと熱物性が異なり、R245faに近く空調用途では冷媒圧力は0.2MPa(G)より低いいため、高压ガス保安法の適用を受けない。何れもGWPが1以下と低いいため、フロン排出抑制法のフロン類に該当しない。①から④の項目とリスクアセスメント等の検討を経て、小容量クラスにはR1233zd(E)、大容量クラスにはR1234ze(E)を採用した。

表3 ターボ冷凍機の冷媒比較

	従来冷媒 (HFC 冷媒)			新冷媒 (HFO 冷媒)		
	R245fa	R134a	R32	R1234yf	R1234ze(E)	R1233zd(E)
地球温暖化係数 (GWP) ^(注1)	858	1300	677	<1	<1	1
オゾン層破壊物質の該当 ^(注2)	該当しない	該当しない	該当しない	該当しない	該当しない	該当しない
分類 (高压ガス保安法 冷凍保安規則)	— ^(注3)	不活性ガス	不活性ガス ^(注4)	不活性ガス ^(注4)	不活性ガス ^(注4)	— ^(注3)
大気寿命	7.7 年	13.4 年	5.2 年	10.5 日	16.4 日	26 日
長期曝露毒性 (許容値) [ppm]	300	1000	1000	500	1000	800
沸点 (大気圧) [°C]	15.1	-26.1	-51.7	-29.4	-19.0	18.3
飽和圧力 (6°C) [kPa(G)] ^(注5)	-32.1	260.7	879.8	282.0	167.3	-39.1
飽和圧力 (38°C) [kPa(G)] ^(注5)	133.1	861.9	2258	866.4	624.3	100.8
飽和ガス比体積 (6°C) [m ³ /kg] ^(注5)	0.241	0.056	0.037	0.047	0.069	0.277
飽和ガス比体積 (38°C) [m ³ /kg] ^(注5)	0.075	0.021	0.014	0.018	0.026	0.091
理論 COP ^(注6)	6.86	6.58	6.38	6.31	6.56	6.93
流通量	中	多	多	少	少	少
総合評価 ^(注7)	△	△	○	○	◎	◎

(注1) 5th IPCC

(注2) モントリオール議定書

(注3) R245fa, R1233zd(E)は冷凍機の仕様条件では高压ガス保安法の適用を受けない。

(注4) 特定不活性ガス

規定された換気能力を有した機械換気 (冷凍機と換気設備とのインターロック機構)、
冷媒漏えい検知警報設備の設置が必要。

(注5) RefProp Ver9.1

(注6) 2段圧縮2段膨張サブクーラサイクル。蒸発温度6°C、凝縮温度38°C、断熱効率90%での冷凍サイクル効率

(注7) ◎:GWP が低かつ理論 COP が高い。

○:GWP は低い理論 COP は R1234ze(E)や R1233zd(E)まではとどかない。

△:GWP が高い。

低 GWP 冷媒を採用したターボ冷凍機は、700USRtまでの小容量クラスの ETI-Z シリーズと5000USRtまでの大容量クラスの GART-ZE/ZEI シリーズとなっている。図3に各シリーズの容量範囲を、R134a 冷媒を採用した従来シリーズと比較して示す。図4に ETI-Z シリーズと GART-ZE/ZEI シリーズの外観・性能表示値を示す。

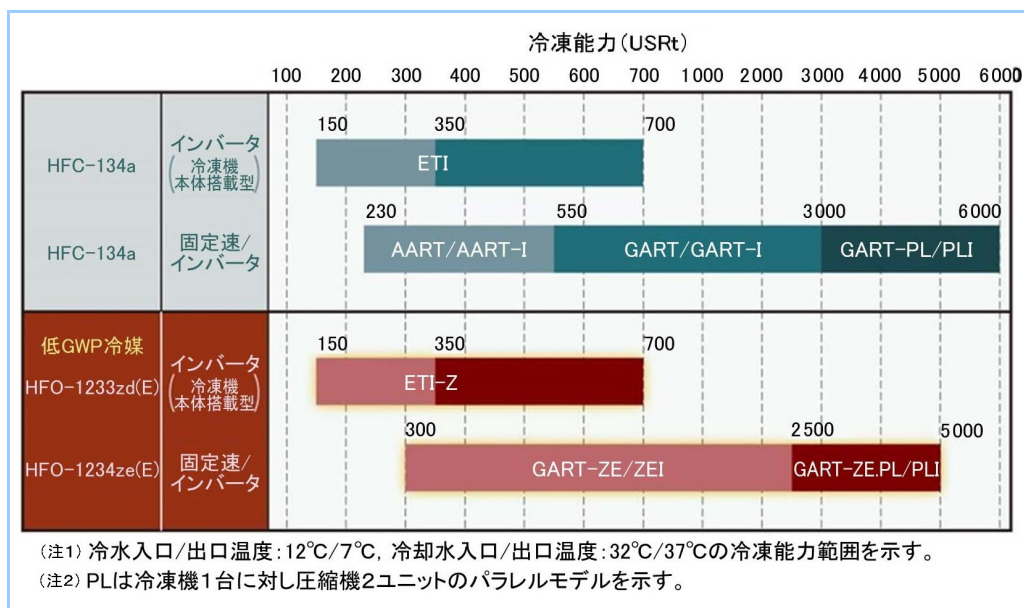


図3 当社ターボ冷凍機シリーズの容量範囲



図4 ETI-Z シリーズ(左)と GART-ZE/ZEI シリーズ(右)

3.2 ヒートポンプ機

90℃以下の熱発生装置は産業用、業務用に大きな需要がある。現在は天然ガスや石油などを使用したボイラ、電気ヒーターが主流であるが、CO₂排出量削減、ランニングコスト低減を目的にヒートポンプ機へ切り替えが始まっている。当社のヒートポンプ機は従来からある温水ではなく空気を熱源としたことを特長としており、設置コスト、スペースに優れている。供給媒体として熱風、温水の2種類の機器について紹介する。

(1) 熱風ヒートポンプ“熱 Pu-ton”

“熱 Pu-ton”は60～90℃の熱風供給が可能なヒートポンプであり、熱風は主に工場の乾燥工程で使用される。この高温の熱風を作り出すために圧縮機を直列に配置した二段圧縮サイクルを採用している⁽⁵⁾。冷媒は飽和圧力換算で90℃以上の高温化が可能なR134aを採用している。また高効率化を目的に室内機の電子膨張弁による冷媒最適化制御、圧縮機、送風機にDCモータ^(※1)を採用することにより、COP3.5^(※2)^(※3)を実現している。

この“熱 Pu-ton”の省エネ性を検証するため、ドライラミネータ^(※4)の乾燥装置に導入して実証試験を実施した。図5にシステム概略図を示す。既設乾燥装置の熱源機は蒸気ボイラで、70～80℃の熱風を発生させてフィルムの乾燥を行っていたが、その給気加熱として“熱 Pu-ton”を適用している。

- (※1) 本文ではインバータ駆動によるブラシレス直流モータを示す。
- (※2) COPは、Coefficient Of Performanceの略であり、熱風を供給する加熱能力を消費電力で除した値。この値が高い程、高効率であることを示す。
- (※3) 外気温:25℃(相対湿度は70%)、室内機吸込み20℃、吹出し80℃の条件における値。
- (※4) 2枚以上のフィルムを貼り合わせる装置。フィルムの間の接着剤を熱風で硬化させる。

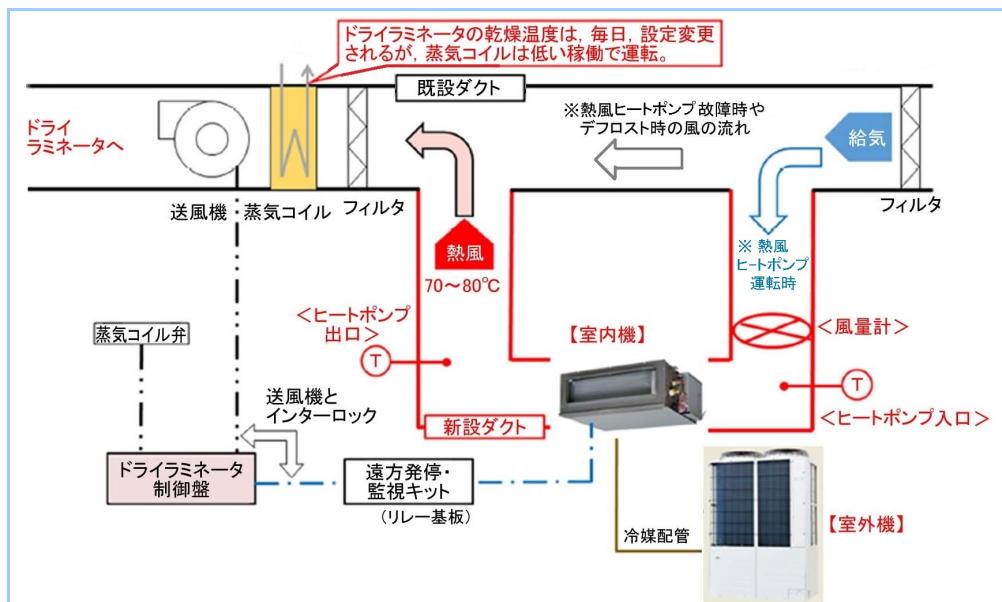


図5 ドライラミネータへの熱 Pu-ton 適用システム概略図

図6は2016年11月27日から12月28日までの計測結果であるが、開発機(既設乾燥装置へ“熱Pu-ton”を適用)では、エネルギー使用量、CO₂排出量、ランニングコスト共に約5割の削減効果が認められ、“熱Pu-ton”の高い省エネ性を確認することができた。更に、デフロスト運転での乾燥温度の変動幅も±5℃以内に収まっており、ドライミネータ乾燥温度の変動幅の許容範囲内である事を確認し、年間を通してボイラ代替として使用可能である事を実証した。この“熱Pu-ton”を産業分野に広めることで地球環境保全に貢献していく。

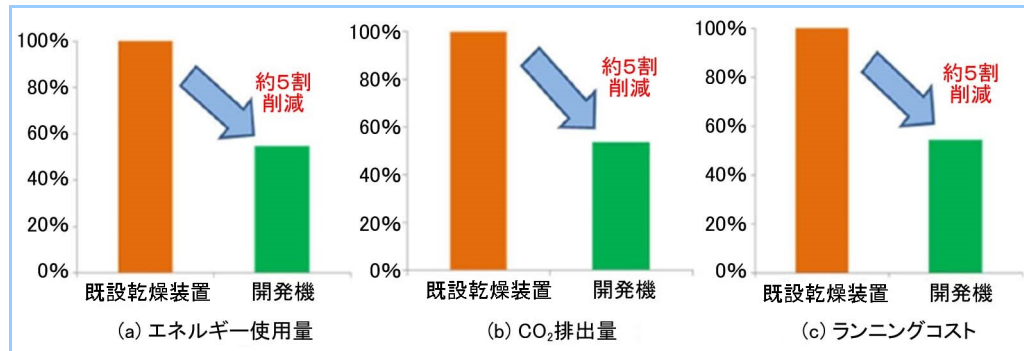


図6 熱Pu-tonのドライミネータへの導入効果

(2) 業務用給湯機“Q-ton”

“Q-ton”の定格加熱能力は30～480kW(最大16台組合せ)であり、60℃換算の日給湯量で最大120トンの物件に対応可能である⁽⁶⁾。冷媒回路は主に圧縮機、水熱交換器(ガスクーラ)、膨張弁、空気熱交換器(エバポレータ)で構成され、冷媒にはGWP=1のCO₂を採用している。冷媒にCO₂を採用することで90℃高温水を効率よく出湯することができ、貯湯タンクの小型化や、貯湯温度による蓄熱量の調整、洗浄用途への使用も可能となる。

従来のヒートポンプでは外気温度が低下すると加熱能力が低下する課題があり、寒冷地への普及が進まなかった。この課題に対して、圧縮工程を二段としその中間圧力にガス冷媒をインジェクションすることで、低外気温時のガスクーラ冷媒循環量の低下を抑える二段圧縮ガスインジェクションサイクルを採用した。これにより外気温度-7℃でも定格と同一能力、-20℃でも7割以上の能力を確保し、外気温度-25℃まで90℃出湯を可能にしている。この仕様により寒冷地でのホテル、病院、給食センタ等への普及が可能となった。

寒冷地での年間実証試験結果、試算条件を表4に示す⁽⁷⁾。日本有数の寒冷地での実証試験であったが、冬季も問題なく運転する事を確認した。従来ボイラ(システム効率0.8と仮定)と比較した結果、一次エネルギー消費量を15～20%削減でき、ランニングコストを53～61%、CO₂排出量を約30%低減する結果となり、ボイラ対比地球環境に優位性のある結果を得た。地球温暖化防止への寄与はノンフロン冷媒採用というだけでなく、運転時のCO₂排出量低減効果も見込まれるので、ボイラから本製品への切り替えを推進していく。

表4 Q-ton 寒冷地実証試験結果と試算条件

場所	年間 COP		導入効果(従来からの低減値)		
	本機単独	総合	一次エネルギー 換算消費量	ランニングコスト	CO ₂ 排出量
岩手県北	3.04	2.72	20%	61%	29%
北海道道東	2.73	2.56	15%	53%	29%

場所	単価	CO ₂ 排出量	一次エネルギー換算
岩手県北	電気 夏季 11.65 円/kWh その他季 10.70 円/kWh	0.546kg-CO ₂ /kWh	9.76GJ/10 ³ kWh
	灯油 90 円/L	2.49kg-CO ₂ /L	36.7GJ/kL
北海道道東	電気 夜間 6.5 円/kWh 昼間 13.0 円/kWh	0.680kg-CO ₂ /kWh	9.76GJ/10 ³ kWh
	A重油 84 円/L	2.71kg-CO ₂ /L	39.1GJ/kL

※その他条件/既設ボイラのシステム効率:0.8

3.3 冷凍機

冷蔵冷凍倉庫、ショーケースに用いられる冷凍機の冷媒にはR404Aが採用され、そのGWPは3943と高く、キガリ改正に対応すべく低GWP冷媒の採用を進める必要がある。これに対し、当社ではGWPが1である自然冷媒CO₂を採用した熱源機“C-puzzle”を開発し、2017年4月より販売している⁽⁸⁾。

CO₂冷媒は効率面で従来のHFC冷媒と比較して劣るが、“C-puzzle”には“Q-ton”でも採用している当社独自のCO₂二段スクロータリー圧縮機と、その中間圧力にガス冷媒をインジェクションする回路を採用すると共に、最適なガスクール設計仕様の検討、DCモータの採用等により高効率化を達成した。

またCO₂冷媒はHFC冷媒対比運転圧力が高いので、渡り配管や負荷装置の耐高圧力設計をする必要があるが、ガスインジェクションサイクルとすることで得られる、一段膨張後の中間圧の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事で、搬送圧力の中間圧化が可能となり、渡り配管や負荷装置の設計圧力を低く抑えることができた。これによ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。今後、大容量機も開発し、ショーケース、冷蔵倉庫市場への拡販を進める。

3.4 輸送冷凍機

自動車の動力は、内燃機関から電気への転換が急速に進むと予測されており、当社ではこの流れに対応してエンジン動力を使用しない全電動輸送用冷凍機を既に製品化している⁽⁹⁾。全電動輸送用冷凍機では、圧縮機のインバータ制御など空調機で長年培われてきた省エネ技術の適用により環境性能を飛躍的に向上させている。以下に、代表的な環境性能向上の内容について紹介する。

(1) インバータ圧縮機による消費電力量低減

冷凍車の断熱車体のような高断熱空間内の空気温度調節においては、設定温度到達で冷凍機運転を停止しても庫内の空気温度変化は緩やかである。当社では、このような使用環境で最も消費電力量を小さくできる圧縮機運転制御方法に関して研究を行い、圧縮機発停制御と圧縮機運転時の効率制御を最適組合せすることで、一定回転速度の圧縮機を使用した場合と比較し、冷蔵条件で10%以上の消費電力量削減を実現した。図7に温度維持時の圧縮機回転数と消費電力量の関係を示す。

また、当社全電動輸送用冷凍機は外部要求に応じて冷凍機の消費電力を制御するデマンド機能を有しており、車両側と協調して冷凍車全体のエネルギーマネジメントによる省エネルギー化を可能としている。

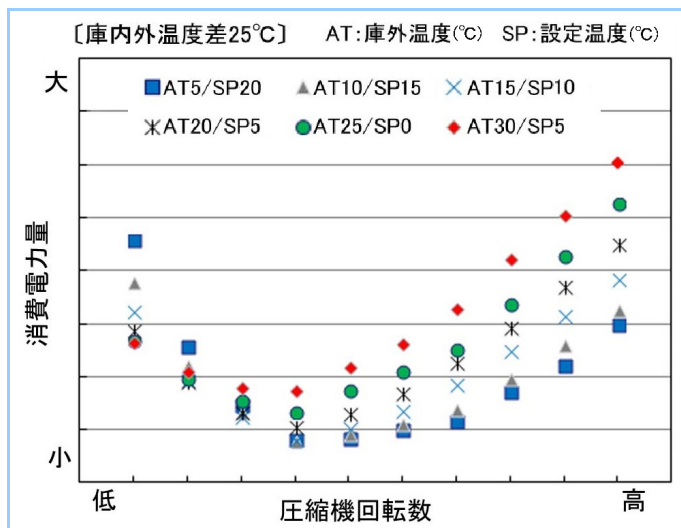


図7 温度維持時の圧縮機回転数と消費電力量の関係

(2) ヒートポンプ加温

当社では加温熱源の無い電気自動車の普及を見越して、業界に先駆けてヒートポンプ加温方式を採用した輸送用冷凍機を製品化し、順次適用機種を拡大する計画としている。図8に加温能力と消費電力の比較を示す。ヒートポンプ加温方式は、現在輸送用冷凍機で一般的に採用されているホットガスバイパス加温方式と比較して、2倍以上の大きな加温能力を高効率に得ることが可能であり、当社従来方式の製品との比較において、加温運転で温度維持させるのに必要な消費電力量を約70%低減した。また、異なる管理温度の積荷を同時輸送可能なマルチテンプ式冷凍機では、冷却運転と加温運転の混在時にもヒートポンプ運転を行う冷暖フリーシステムを業界で初めて実用化し、マルチテンプ式冷凍機の省エネ性も大幅に向上させた。

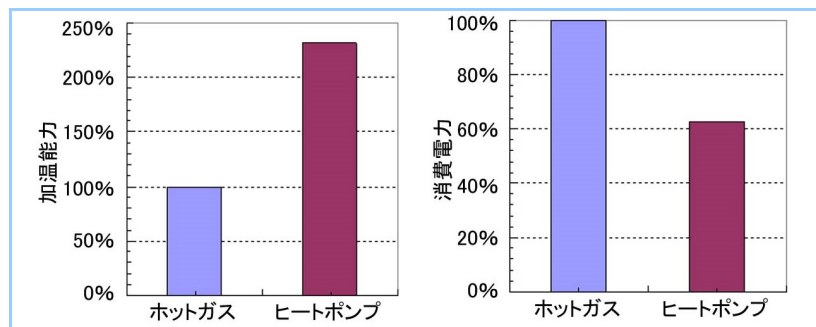


図8 加温能力・消費電力比較

(3) 低 GWP 冷媒の採用

現在、低温を作り出す冷凍機器の冷媒には R404A が広く利用されているが、R404A の GWP は 3943 と極めて高く、低 GWP 冷媒への転換が強く求められている。当社では、業界に先駆けて全電動輸送用冷凍機の冷媒として R404A の約半分の GWP である R410A (GWP=1924) を採用した。従来のエンジン駆動輸送冷凍機には開放圧縮機が採用されているが、圧縮機主軸のシール性から高圧力冷媒 R410A の採用が困難であった。圧縮機の電動化により密閉化でき、この課題が解消されて R410A の採用が可能となった。今後も環境負荷低減に向けて低 GWP 冷媒の採用を積極的に推進していく。

3.5 空調製品

家庭用及び業務用空調機は従来から冷媒として代替フロン R410A が一般的に使用されてきたが、GWP が 1924 と高いことから、より GWP 値の低い冷媒への転換が進められている。

(1) 国内での取り組み

フロン排出抑制法により、家庭用空調機へは 2018 年以降、業務用空調機へは床置き形などの一部機種を除き 2020 年以降に GWP が 750 以下の冷媒を使用することが義務づけられており、それを受け当社空調製品も順次 GWP が 677 である R32 への転換を進めてきた。

家庭用空調機では 2015 年に当社初の R32 対応機 TS シリーズの発売を開始し、2016 年に国内向けの家庭用空調機全製品で R32 対応機への転換を終了した。また業務用空調機では 2016 年に超高効率シリーズ EXCEED HYPER を発売し、2017 年には床置き形を除いたすべての 6 馬力以下の機種について R32 対応機への転換を終了している。

また、R32 の特性を活かし、従来機対比 APF (通年エネルギー消費効率) を最大約 15% 改善させ、効率向上を図っている。図9にAPFの従来機との比較を示す。

(2) 海外での取り組み

海外でも、モントリオール議定書のキガリ改正を受け、低 GWP 冷媒転換の動きが始まっている。欧州では F ガス規制の改訂により、HFC の CO₂ 換算での使用総量が段階的に削減されるほか、2025 年には冷媒量が 3kg 未満のスプリット型の空調機に対し GWP が 750 以下の冷媒の使用が義務づけられる。その動きに伴い、輸出向けについても 2017 年から R32 対応機の販売を開始し、順次展開を進めている。

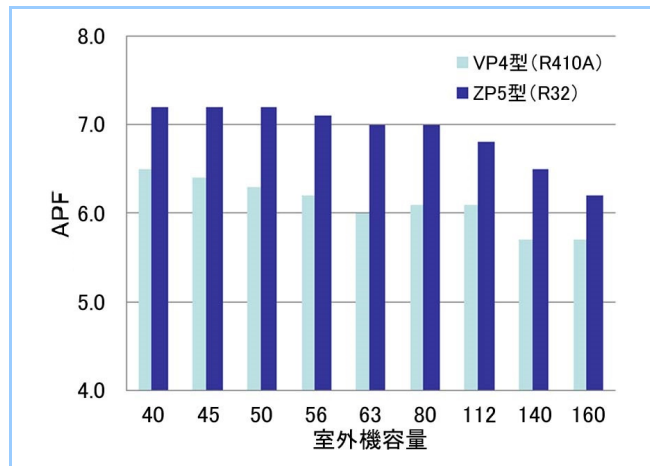


図9 業務用空調機 R410A 従来機と R32 機の APF 比較

4. まとめ

本報で、当社が地球環境問題を最優先事項として取組み、環境に優しい製品を開発してきた一端を紹介した。大型冷凍機、冷凍機、業務用給湯ヒートポンプは地球環境に影響のない冷媒を採用した製品を開発し、CO₂ 排出量の削減を狙ったボイラ代替高温風ヒートポンプやエンジン駆動を必要としない全電動型輸送冷凍機を開発してきた。一方で、空調製品については、キガリ改正の最終削減、安全性、性能(熱物性)、経済性を満足する R410A 代替冷媒を模索中で、冷媒メーカーも含め各社製品開発に取り組んでいる状況である。

2015 年2月パリで開催された COP21^(※5)では、2020 年以降の法的枠組みとして“パリ協定”が採択された。京都議定書と同じく、法的拘束力を持つ協定の合意であり、世界の平均気温上昇を産業革命前から2℃に抑える事を目的にしており、今後、益々環境問題が重要になると考えられる。当社も継続して最優先課題としてこの問題に取り組む、地球環境に優しい商品の開発により、低炭素社会の構築と持続可能な社会の発展に貢献していく。

(※5) COP21 は気候変動枠組条約第 21 回締約国会議を示し、COP は Conference of Parties の略である。

参考文献

- (1) (一般社団法人)日本冷凍空調工業会, 世界のエアコン需要推定結果, 2017 年4月
<http://www.jraia.or.jp/statistic/demand.htm>
- (2) 環境省・経済産業省, フロン排出抑制法の概要, 2015 年1月
<http://www.env.go.jp/earth/gaiyou.pdf>
- (3) 環境省オゾン層保護等推進室, モントリオール議定書第 28 回締結国会議 HFC に係る議定書改正(キガリ改正)の採択等, 平成 28 年 10 月
http://www.meti.go.jp/policy/chemical_management/ozone/files/law_ozone/MOP28_Kigali_Amendment.pdf
- (4) 梅野良枝ほか, 全容量域に低 GWP 冷媒を展開したターボ冷凍機“ETI-Z, GART-ZE/ZEI”, 三菱重工技報 Vol.54 No.2 (2017) p.3~8
- (5) 小林隆之ほか, 高効率空気熱源ヒートポンプ式熱風発生装置“熱 Pu-ton”の開発, 三菱重工技報 Vol.54 No.2 (2017) p.23~28
- (6) 平尾豊隆, 高効率業務用 CO₂ ヒートポンプ給湯機, 日本冷凍空調学会主催セミナー“最新の冷媒問題への対応と展望”, 2011 年6月7日
- (7) 吉田茂, 寒冷地でも対応できる業務用 CO₂ ヒートポンプ給湯機, 冷凍, 平成 26 年 (Vol.89) 5月号, 特集“高温分野への適用拡大が進むヒートポンプの技術動向と納入事例”
- (8) 水野尚夫ほか, 自然冷媒 CO₂ を採用した業務用コンデンシングユニット“HCCV1001”の開発, 三菱重工技報 Vol.54 No.2 (2017) p.34~37
- (9) 大型トラック向け全電動インバータ輸送用冷凍機 TEJ100A/TEJ100AM, 三菱重工技報 Vol.54 No.2 (2017) p.49~52