

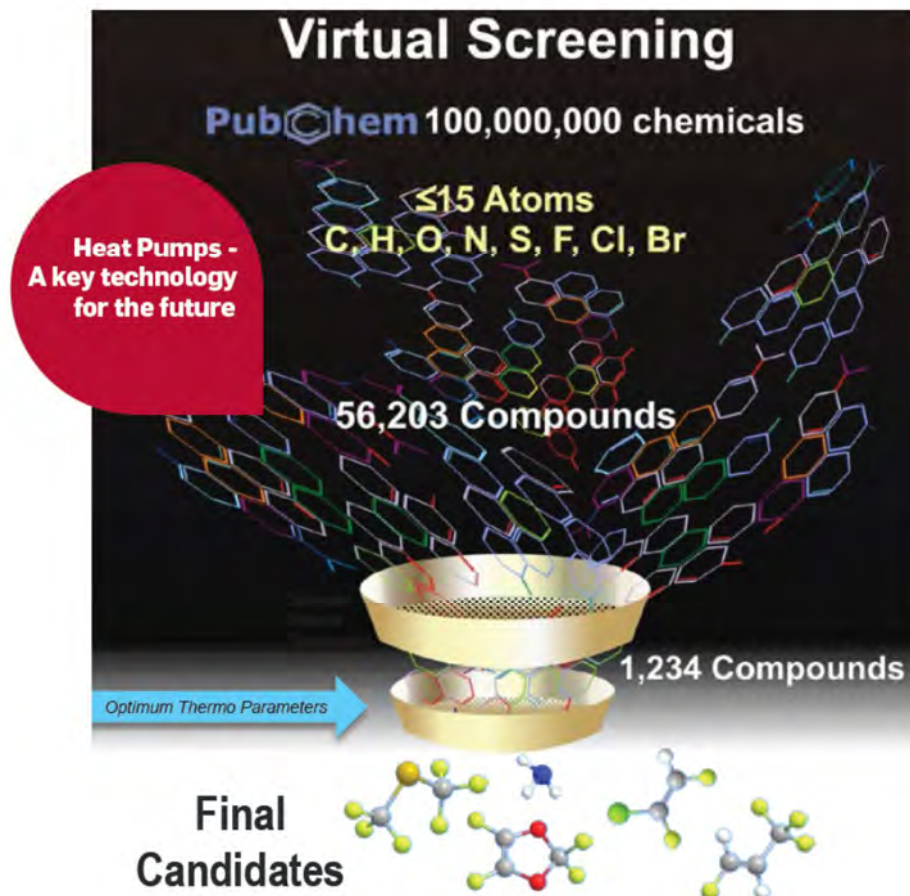


IEA HP 実施協定(ヒートポンプセンター)ニュースレター
国内版第 41 号(平成 28 年 6 月 一般財団法人ヒートポンプ・蓄熱センター発行)



ISSN 2002-018X

Refrigerants



ニュースレター国内版は、ヒートポンプセンター(IEA ヒートポンプ実施協定の事務局、在スウェーデン)が発行する IEA HPC NEWSLETTER を日本語要約したものです。原文の IEA HPC NEWSLETTER は、ヒートポンプセンターのホームページ <http://www.heatpumpcentre.org/> からダウンロードが可能です。

目次

1.	IEA HPC NEWSLETTER VOL.34 NO.1/2016 からピックアップ	
1. 1	コラム I	1
	コラム II	2
1. 2	IEA Heat pump news	4
1. 3	特集記事1	6
	特集記事2	9
	特集記事3	12
	特集記事4	16
	特集記事5	18
2.	ANNEXES(国際共同研究)	
2. 1	Ongoing Annexes	21

1. IEA HPC NEWSLETTER VOL. 34 NO. 1/2016 からピックアップ

1. 1 コラム I

効率的な冷房、暖房、発電のための低 GWP 冷媒

Konstantinos Kontomaris
Global Technology Leader
USA

地球環境問題に対する関心の高まりを受けて、次世代の冷媒への移行が進んでいる。地球環境保護に最大限寄与するには、新しい冷媒は早期に広く採用できるものでなければならない。新しい機器および設置済みの機器への導入を適切に対応させるために、既存冷媒と同等の高い性能と安全性をもつ低 GWP 冷媒が提案されている。

欧州の F ガス規制に適合するために、スーパーマーケットの冷凍分野では、機器に若干の調整を加えた上で、R-404A からハイドロフルオロオレフィン (HFO) である R-1234yf を含む不燃性混合冷媒 (たとえば R-449A) への置き換えが進んでいる。実地経験では、R-449A を用いた場合のエネルギー効率は、R-404A と比べて 10%以上向上することがわかっている。

スーパーマーケットのカスケード冷凍分野では、HFO-1234yf/HFC-134a 混合冷媒である R-513A がカスケードサイクルの高温側で、CO₂ がカスケードサイクルの低温側で使用されている。

輸送および低温冷凍などより低温を必要とするシステムの場合、HFO-1234yf を含有する不燃性混合冷媒である R-452A は、機器に最低限の調整を加えて R-404A と置き換えるために商業化されている。わずかに可燃性のある HFO-1234yf/HFC-32 混合冷媒である R-454A は、近い将来、R-404A と置き換えられるだろう。

住宅用・軽商業用空調部門では、GWP が 700 未満である HFO/HFC 混合冷媒 (R-452B※または R-454B) は、ほぼ同等の能力をもつ R-410 の替わりとなるが、若干の可燃性を有する。HFC-32 は使用可能であるものの、機器の大掛かりな改造が必要かもしれない。例えば、圧縮機の高い吐出温度の緩和である。性能、システム費用、安全性のトレードオフを定量化する評価が続けられる一方で、可燃性基準・規格が現在修正されている。

業務用空調部門では、共沸混合冷媒である R-513A が、HFC-134a の暫定的な代替冷媒として、ターボ冷凍機で使用されている。共沸混合冷媒で不燃性 R-1336mzz (Z) 混合物である R-514A※も、HCFC-123 の代替冷媒としてターボ冷凍機で使用可能である。

地球環境保護および省エネルギーの観点から、化石燃料への依存を減らすために、再生可能エネルギーや排熱を利用することが求められている。上記の低 GWP 冷媒は、暖房用および給湯用ヒートポンプの既存冷媒 (例えば、R-410A、R-407C、R-134a) と置き換えられると考えられる。

R-1336mzz (Z) は、GWP が 2 と非常に小さい不燃性 HFO であり、高温では驚くほど安定している。これにより、産業用ヒートポンプは、より高い加熱温度 (150°C以上) と既存冷媒を上回るエネルギー効率を達成する可能性がある。R-1336mzz (Z) はまた、最大 250°Cの排熱から効率的な発電を実現するかもしれない。現在、2017 年の商業化に先立ち、世界的な OEM メーカーによって研究と実地試験が行われている。

※ASHRAE で審議中

1. 1 コラムⅡ

ヒートポンプに用いるハイドロフルオロレフィン(HFO)－用途と理由

Asbjorn Vonsild
Vonsild Consulting ApS
Denmark

現在市場を独占している冷媒の段階的廃止が世界で進んでいる。R-22 は、途上国で使用が減っており、また、地球温暖化の影響（GWP）が大きいことから現在使用されている HFC の段階的
使用禁止の交渉が進んでいる。

代替冷媒の選択は、多くのパラメータを伴う複雑なプロセスであるため、以下に述べる内容は
ごく一般的なことである。これを前提として、小型ヒートポンプ用に最適な冷媒はプロパンであ
ると断言したい。プロパンは、エネルギー効率に優れ、好ましい能力をもち、圧縮機のエンベロ
ープが大きく、GWP が非常に小さく、当然ながら可燃性（A3）が高い。残念ながら、関係する安
全基準（たとえば IEC 60335-2-40）に従うと、大半のヒートポンプはプロパンを使用するには
規模が大きすぎるため、可燃性の低い冷媒が必要になる。

機器のエネルギー効率と冷媒の燃焼性が最善となる冷媒は R-32 である。これは、R-410A より
も若干圧力が高く、低可燃性冷媒（A2L）に分類される。R-32 は、吐出温度が非常に高く、これ
は容量、効率、コストに影響を及ぼす再設計につながるかもしれない。

そこで、HFO が登場した。冷媒メーカーは、HFO と HFC による A2L 混合冷媒を創出した。この
GWP は通常、R-32 と同様である。これらの混合冷媒は、従来の HFC と同様の性能を発揮し、わず
かに改造したシステムで利用されることが多い。こうした混合冷媒の多くは、温度勾配が大きい
という欠点があり、このため熱交換器の再設計が必要になる場合がある。つまり、HFO 混合冷媒
は、非常に優れているというのではなく、多くのケースで最善の妥協策となっている。

HFO とさらに多くの HFC を混合すると、GWP の大きい不燃性 A1 混合冷媒が創出される。これ
は、容量が大きく、可燃性のさらなる低下が必須の場合、あるいは、法律で可燃性冷媒が明確に
禁止されている場合に適している。繰り返すが、性能は問題なく、再設計の必要性が最小限であ
るものの、温度勾配が大きくなる可能性が高い。

どの程度の容量のヒートポンプが A1、A2L、A3 をそれぞれ利用するかが今後の課題である。法
規制の動向に従って、容量の境界線が修正されることになる。一般に、可燃性が高くなるほど、
性能は向上し GWP が大きくなる。

提案された HFO 混合冷媒の数は多く、2015 年 9 月からの UNEP/TEAP 報告書（XXVI/9）では 60
種類の HFO 混合冷媒に言及している。混合冷媒は、メーカーが異なっても非常によく似ていると
いう利点があるため、その場合は単に別のメーカーを選択することになるだろう。

どの程度の GWP が受け入れ可能であるかは不明確である。環境保護活動家は、これまでのあら
ゆる世代のハロゲン化冷媒が悪影響を及ぼしており、また、HFO は燃やすと非常に有毒なガスを
発生すると指摘している。

ターボ圧縮機を用いる大型冷凍機の場合は状況が異なる。ここでは、HFO の低い圧力が求めら
れ、R-1234ze (E) または R-1233zd を用いる高性能ターボ冷凍機が販売されている。また、HFO の
GWP は非常に小さい。

非常に高い温度の場合は、R-123 が HFO の代替冷媒になる。これらが成功するかどうかは今後
の課題である。

HF0 混合冷媒については、ターボ冷凍機を設計する場合や非常に高い温度範囲で新たな用途を探る場合は採用すべきである。他の可能性を評価する場合も、HF0 混合冷媒は好ましい妥協策となる。

1. 2 Heat pump news

<一般>

□欧州が世界最大の建物改修共同プロジェクトに着手

欧州のグリーン建物協議会は、建物改修で世界最大といわれる共同プロジェクト「BUILD UPON プロジェクト」に着手した。協会によると、本プロジェクトは既存建物の改修を促進するために、長期的な国家戦略の構築と建物改修に対する支援を目的とした2カ年プロジェクトである。

本プロジェクトでは、政府、産業界、市民社会を支援して、「国家改修戦略」（国内の住宅と商業ビルを高度なエネルギー効率基準に従って改修する方法に関する長期計画）を実施する。こうした戦略は、EU法の下で2017年4月30日までに義務付けられる。総額235万ユーロ（255万ドル）に及ぶ本プロジェクトの資金は、欧州連合のホライゾン2020研究・革新プログラムが提供し、13カ国からのグリーン建物協議会が主導する。

（出典：<http://buildupon.eu/>）

<政策>

□中国：政府調達でさらに多くの製品が適格に

政府調達に関する適格省エネ製品リスト（第19版）が2015年12月に公表された。第18版のリストと比べると、第19版のリストにある空調製品は、冷凍機、水熱源ヒートポンプ、臭化リチウム吸収式冷凍機、VRFヒートポンプ、およびコンピュータ室の空調機などの製品カテゴリーに記載されている。

コンピュータ室の空調機を別にすると、このリストに記載されるVRFヒートポンプのモデルは増えており、現在の第19版のリストではモデル数が過去最大となっている。VRFヒートポンプは全ての空調製品モデルの37.5%を占めている。近年では、省エネ製品リストにおけるVRFモデルの比率が着実に増大している。

（出典：JARN, February 25, 2016）

□欧州の新しい冷暖房戦略

欧州委員会は、エネルギーの浪費削減を目的とした冷暖房戦略を発表した。冷暖房は現在、EUの年間エネルギー消費量の50%を占めている。

EUは、エネルギー輸入に大きく依存している。2050年までに欧州の建物の省エネ化により、ガス輸入に関しては年間約400億ユーロ、石油輸入に関しては年間約47億ユーロ節約できるだろう。欧州の建物は古く、エネルギーを大量に浪費しており、現在の改修率は年間1%未満である。

EUの冷暖房戦略には、以下の5つの主要施策が含まれている。

- (1) 建物の改修をさらに容易にする。
- (2) 電力システムと冷暖房システムを統合する。
- (3) 再生可能エネルギーのシェアを拡大する。
- (4) 産業界で無駄になっているエネルギーを再利用する。
- (5) 消費者と産業界を巻き込む。

これらの施策は、以下を意図している。

- EU 市民の資金節約を支援する。
- 雇用を創出する。
- CO₂ 排出量を削減する。

ただし、これを実行に移すのは EU 加盟国にかかっている。

欧州ヒートポンプ協会 (EHPA) は、コメントで「この戦略に欧州委員会が多大な努力を払ったことに感謝する。文書中の表現は、再生可能エネルギー分野をリードするという欧州の野心を適切に表している。これを実施すれば、EU は冷暖房部門の省エネ化で良いモデルとなる。化石燃料焚きボイラーを高効率の再生可能エネルギー・ソリューション (ヒートポンプ、ハイブリッド・システムなど) に置き換えるという要請は、産業界にとって重要なメッセージである」と述べている。

EHPA は、すべての再生可能エネルギー冷暖房協会と地方当局の代表者の共同声明に連署するとともに、EU ステークホルダーからの 8 つの重要提言にも署名した。

(出典 : Source: www.euractiv.com (video), <https://ec.europa.eu>, and www.ehpa.org)

<作動媒体>

□最近の ASHRAE 会議での発言の抜粋

Armin Hafner (SINTEF、ノルウェー) は、効率改善のため、CO₂ 冷媒を用い、エジェクターを採用した。試験結果は、R-404A と比べて 15~25% の効率向上が明らかになった。

Michael Peterson (ハネウエル社) は、低 GWP のハロゲン化冷媒 (たとえば R-448A) に注目した。スーパーマーケット用冷蔵ショーケースにおいて、R-448A は屋外温度が 9°C を上回る場合は CO₂ よりも優れていると報告した。

Sean Gouw (サザン・カリフォルニア・エジソン社) は、飲料用自動販売機のエネルギー使用実態と代替冷媒について説明した。自動販売機の年間平均エネルギー使用量は、2,000kWh であり、米国には自動販売機が約 240 万台存在する。DOE の新しい基準は 2019 年に発効する予定であり、GWP を理由に R-134A を認めない。将来の自動販売機および同様の小型冷凍機器は、冷媒として炭化水素または CO₂ を採用することになるだろう。

(出典 : 2016 年 1 月、オランダ、「高効率で地球温暖化係数 (GWP) が小さい業務用冷凍システム (セミナー61) 」)

<市場>

□中国、グリーン建物の促進で総額 1 兆人民元を投資へ

中国は、グリーン建物行動計画を実施するために向こう 5 年間で総額 1 兆人民元 (1,520 億ドル) を投資する予定である。国家発展改革委員会と住宅・都市農村建設部が策定したこの行動計画は、半年間にわたりパブリック・コメントを受け付けており、まもなく公表される。

この行動計画は 2 つの目標を明らかにしている。1 つは、既存建物を対象に省エネ改修を行うことである。計画では、合計床面積が 5 億 7,000 万 m² となる既存建物が省エネ改修の対象となる。2 つ目は、第 12 次 5 年計画の期間中に市町に合計床面積が 10 億 m² を超える新規グリーン建物と合計床面積が 1 億 m² に及ぶグリーン農家を建設することである。この行動計画により、建物の設計、材料、情報管理の分野で巨大な市場機会が開かれると考えられる。

(出典 : JARN, February 25, 2016)

1. 3 特集記事 1

高温環境における代替冷媒の評価

Omar Abdelaziz and Som Shrestha, USA

概要

モントリオール議定書の要件に従うために、途上国は、2015年にハイドロクロロフルオロカーボン（HCFC）冷媒などのオゾン層破壊物質の段階的廃止に着手しており、2020年には削減率が35%に達すると予想している。途上国でHCFC冷媒（とくにR-22）の段階的廃止を開始するという公約は、地球温暖化係数（GWP）の小さい冷媒を導入する機会と認識されている。本稿では、高温環境下で稼働する小型分散空調機器における低GWP冷媒の性能評価について報告する。

（1）はじめに

本稿では、高温環境に焦点を置いた2台の小型分散空調機器における低GWP代替冷媒の性能を評価する最近の取り組みについて報告する。最初の機器は、途上国で広く使用されているHCFC冷媒であるR-22を用いるものである。2番目の機器は、比較的エネルギー効率がが高く、R-22に代わる冷媒として最も人気の高いR-410Aを用いるものである。これら2台の機器と冷媒は、途上国の現行技術を代表するものとして選定された。

双方の機器とも、定格冷却能力は、ISO 5151のT1条件（屋外温度が35℃、屋内温度が27℃）で最大5.25kWである。同じ条件での成績係数（COP）は、R-22の機器で2.84、R-410Aの機器で3.52であった。

表 1. 冷媒の熱物性値

	Refrigerant	Refrigerant Manufacturer	ASHRAE Safety Class	GWP ^a , AR5
R-22 unit	R-22 (Baseline) ^a		A1	1760
	N-20B ^b	Honeywell	A1	904
	DR-3 ^b	Chemours	A2L	146
	ARM-20B ^b	Arkema	A2L	251
	L-20A (R-444B) ^b	Honeywell	A2L	295
	DR-93 ^b	Chemours	A1	1153
	Propane (R-290)		A3	3
R-410A unit	R-410A (Baseline) ^a		A1	1924
	ARM-71A ^b	Arkema	A2L	461
	R-32 ^a	Daikin	A2L	677
	DR-55 ^b	Chemours	A2L	676
	L-41 (R-447A) ^b	Honeywell	A2L	572
	HPR-2A ^b	Mexichem	A2L	593

^a Sources: IPCC AR4, 2007; IPCC AR5, 2013
^b GWP values for refrigerant blends not included in IPCC reports are calculated as a weighted average using manufacturer-supplied compositions.

われわれは、R-22 に代わる 6 種類の低 GWP 代替冷媒と R-410A に代わる 5 種類の代替冷媒の性能を評価した。これらの代替冷媒は、基準冷媒と同等になるように熱物性性能と高い熱力学的効率をベースに選定された。さらに、R-22 機器に関しては、現場の機器の直接改造の可能性を把握するために 2 種類の不燃性 (A1) 冷媒を含めることが決定された。これらの機器は、米国のテネシー州オークリッジに所在するオークリッジ国立研究所の Multi-zone Environmental Chamber で評価された。実験は、2015 年 5 月から 8 月の 4 カ月間で行われた。

これらの代替冷媒は、ASHRAE の安全等級および環境特性と合わせて表 1 に示されている。双方の機器は、表 2 に示すように 6 つの環境条件下で基準冷媒と代替冷媒を用いてテストされた。これらの条件は、さまざまな評価条件を表している。

表 2. 試験条件

Test Condition	Outdoor Dry-Bulb Temp., °C	Dry-Bulb Temp., °C	Wet-Bulb Temp., °C
AHRI B	27.8	26.7	19.4
AHRI A	35.0	26.7	19.4
T3*	46	26.7	19
T3	46	29	19
Hot	52	29	19
Extreme	55	29	19

(2) 考察

本稿では、とくに高温環境向けに設計した小型分散空調機器で R-22 と R-410A に代わる低 GWP 冷媒の性能を評価した実験研究の結果を報告する。

一部の代替冷媒は、基準冷媒と比べると機器の性能を向上させた。他のケースでは、代替冷媒の性能は、基準冷媒の 10%以内の範囲で低下した。これは、追加のエンジニアリング設計によって、基準性能と同等にできる可能性があることを示唆する。

R-22 代替冷媒のうち、R-290、R-444B、ARM-20B が最も有望であった。R-290 を除く R-22 代替冷媒はすべて、冷媒を比較的多く充填する必要があった。それでも、GWP の直接的な合計削減率は、R-290 が 99.9%、DR-93 が 16%と幅があった。(図 1 参照)

R-410A の代替冷媒はすべて、A2L 安全カテゴリーに該当する。これらの大半は、代替冷媒として大きな可能性を示した。全ての代替冷媒は、平均で 74%の直接 GWP 削減率となる基準充填量を下回る充填となった。R-32 は一貫して優れた能力と効率を示す唯一の冷媒であったが、基準冷媒で観測された温度を 12~21°C 上回る圧縮機吐出温度となった。R-32 の最高吐出温度は 108°Cであった。これは、大半の圧縮機にとってぎりぎりの安全運転条件である。(図 2 参照)

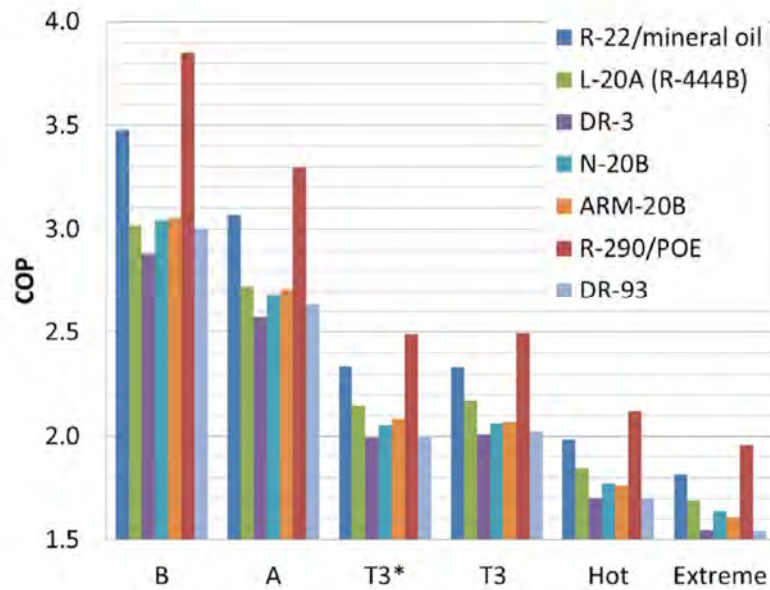


図 1. R-22 代替冷媒の COP 比較

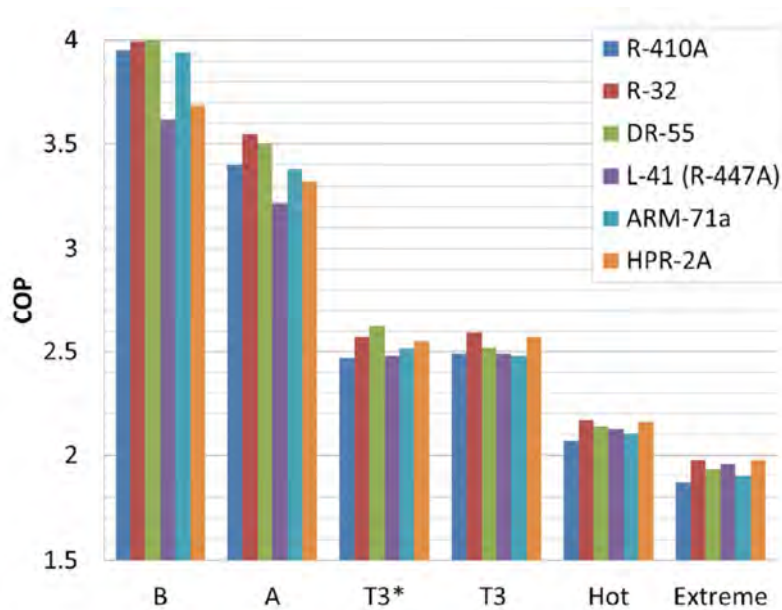


図 2. R-410A 代替冷媒の COP 比較

(3) 結論

この性能評価は、高温環境下で R-22 と R-410A の双方について利用可能な代替冷媒が存在することを示している。R-22 のいくつかの代替冷媒の性能は良好であった。R-410A の多くの代替冷媒は、R-410A と同等かそれ以上の性能を発揮した。こうした低 GWP 代替冷媒は、高温用途向け冷媒の有力候補とみなすことができる。商業化に先立ち、メーカーのエンジニアリング面での最適化により、性能損失、多くの代替冷媒に見られた圧縮機吐出温度の上昇（とくに R-410A の代替冷媒）、および可燃性代替冷媒に関する安全問題に対処することができる。

1. 3 特集記事 2

ヒートポンプ産業にとっての可燃性冷媒、動向、法令および基準

Asbjorn Vonsild, Denmark

概要

ヒートポンプ産業は、従来の HFC 冷媒に代わるもっと環境に優しい代替冷媒を見つけるよう求める政治的圧力を受けている。これにより、大半のヒートポンプは今後、ある種の可燃性を有する冷媒に切り替える必要がある。本稿では、代替冷媒の動向について記述し、システムの設計、生産および修理に対して可燃性が及ぼす影響を考察し、国内法がもたらす課題に簡単に触れる。

(1) 政治動向と冷媒

向こう数年間で、従来の HFC 冷媒の代替冷媒を見つける必要がある。これは、EU の F ガス規制と日本での地球温暖化係数 (GWP) 制限などすでに実施されている規則と、モントリオール議定書に基づく HFC の段階的使用禁止を契機としている。これらの規則の概要については、カコミ 1 を参照されたい。

EU 規則は、HFC の段階的使用停止と気候影響 (GWP) が大きい HFC の特定用途の禁止を組み合わせているため、おそらく最も広範な規則であろう。(図 1 参照)

カコミ 1 低 GWP 冷媒への移行を求める法令

- ・世界での HFC の段階的使用停止は、モントリオール議定書に基づいて議論されている。
 - ・EU では、F ガス規制が HFC 供給を段階的に停止する。2018 年には供給が 63%まで低下するだろう。この規則はまた、いくつかの禁止措置を含んでいる。大きな影響を及ぼし得るある条項は、EU に輸入されるすべての充填済みシステムを 2017 年までに割当制に取り込む必要があるというものである。これは、EU 域外の生産業者に割当制のアクセス権を購入し、またはこの規則の対象でない冷媒 (炭化水素と CO₂) を使用することを義務付けるものとなる。
 - ・中国政府の意向は、国内の空調用ヒートポンプ向けの R-22 と業務用システム向けの R-32 (A2L 可燃性冷媒の 1 つ) を、プロパンに置き換えることである。
 - ・米国では、SNAP (Significant New Alternative Policy) 制度がこの機に乗じた方策をとっている。つまり、EPA (Environment Protect Agency) または業界がもっと気候にやさしい冷媒を求める技術的機会を特定した場合、EPA は、新しい SNAP 制度を発し、従来の冷媒を禁止するか、または新しい冷媒を認める。SNAP 制度 19 は、一部の分離型空調システムでは可燃性冷媒を認めている。
 - ・日本は、2018 年までに住宅用空調システムには GWP750 以下という GWP 制限を設けている。なお、業務用システムの場合は 2020 年としている。
- 注：ここで、空調システムとヒートポンプ・システムは、一体化されることがよくあるため、空調システムを対象とした禁止措置には、ヒートポンプ・システムに関する禁止措置が含まれていることが多い。

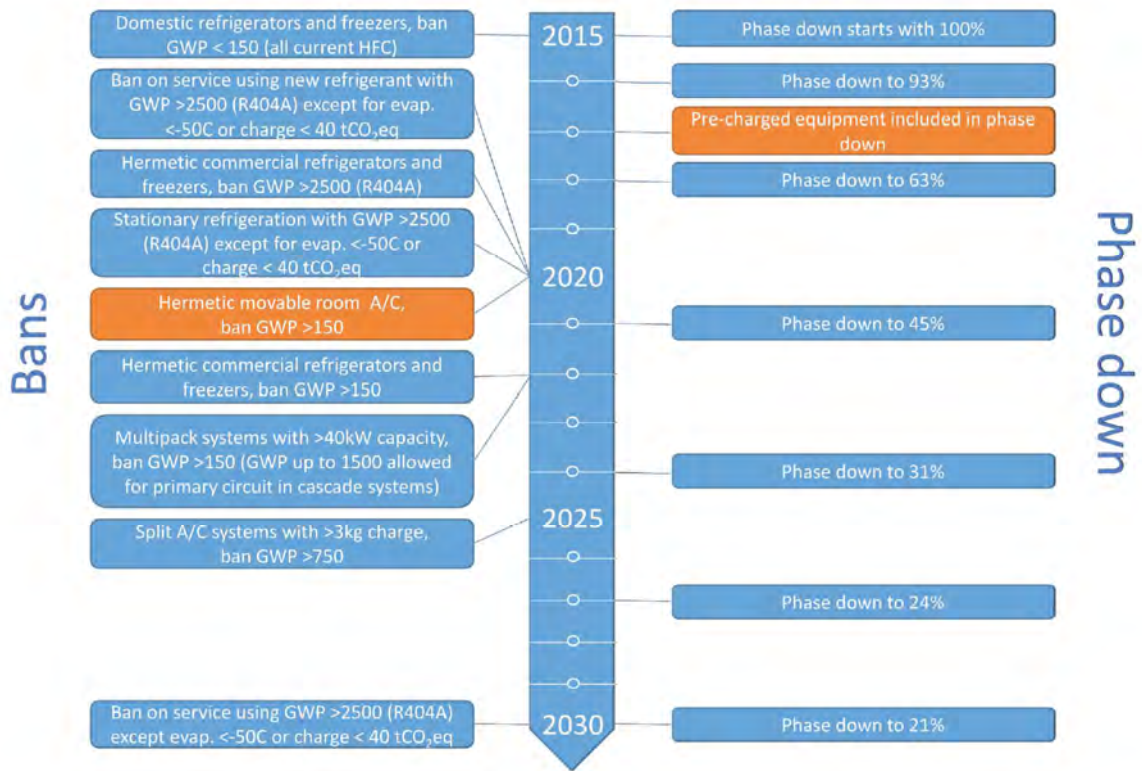


図 1. EU の F ガス規制

ヒートポンプ設計向けの冷媒を選定する場合、加熱能力、エネルギー効率、コスト、圧力、温度、安全性など多くの側面を考慮する必要がある。最も一般的な冷媒とメーカーが提案している冷媒を表 1 に示す。能力、GWP、および可燃性の間にはトレードオフがあることがわかる。

表 1. 冷媒の選定

GWP	Capacity/pressure level similar to				
	R123	R134a	R22/R404A	R410A	R744
< 150	△ R601 ○ R1233zd ○ 1336mzz(Z)	△ R600a ◇ R152a ● R1234yf ● R1234ze(E)	△ R290		○ R744
150 — 750		○ HFO blends	● HFO blends	● R32 ● HFO blends	
750 — 1500		○ R134a	○ HFO blends		
1500 — 2500			○ R22 ○ R407	○ R410A	
> 2500			○ R404A		

○ = non flammable (A1), ● = lower flammability (A2L), ◇ = flammable (A2), and △ = higher flammability (A3)

CO₂ は臨界域で作動している。アンモニアはその有毒性と銅が使用できない欠点を有する。いずれも、ニッチ市場でのみ有用となっている。

一般に、プロパンなどの可燃性の高い A3 冷媒は、R-32 などの可燃性の低い A2L 冷媒よりもエネルギー効率／加熱能力に優れている。しかし、こうした長所は、可燃性という明白な短所と表裏一体である。

欧州は A3 冷媒を望んでいるようであるが、米国は A2L を望んでいるとみられる。

(2) 国内および地域の法令

国内法令（とくに建物規則）は、屋内に設置される家庭用ヒートポンプでの可燃性冷媒の使用を禁止している場合がある。たとえば、スペインと米国、および特定の建物についてはイタリアとフランスである。米国は A2L を認めるが、A3 冷媒を認めない傾向にある一方、デンマークでは 10kg を超える A2L 冷媒を使用するヒートポンプを一般に禁止している。

この種の国内禁止措置は、世界市場に対応しようとしているヒートポンプ・メーカーの存続を難しくしている。国家による違いは、より環境にやさしい冷媒を認める方向で法令が調整されれば、小さくなるとみられる。しかし、現在、国内法令は世界中でヒートポンプを販売する場合には制約をもたらしている。

また、EU 圧力機器指令 (PED) のような地域法令も存在する。PED は、圧縮機と容器の内容積または管径が一定の限度を超える場合は追加要件を課している。可燃性冷媒の場合、この限度は、不燃性冷媒の場合よりもずっと小型のシステムに適用される。この要件には、設計と設置サイトの第三者承認と材料認証が含まれる。これにより、銅製の管と取付金具については取得が困難になることがある。これは、EU の小型システムと大型システムの間の間接的に境界を設けていることになる。

最後に、要件が着実に増えているエネルギー法規もある。エネルギー効率を改善する法規である。これは、冷媒の選定を左右するのではなく、業界に制約をもたらしている。しかし、可燃性冷媒は高い効率を有するため、その採用を後押しする。

(3) 結論

我々は、法令がどのように低 GWP 冷媒を求め、それが結果的に高い可燃性を有する冷媒を有力候補としているかを見てきた。

これが意味するのは、システム的设计、生産および修理の各段階を含めて、発火源を回避する必要性である。また、可燃性によって生じる他の追加要件が存在すること、修理要員の訓練がどれほど重要であるかを認識した。

同時に、低 GWP 化にとって不可欠な可燃性冷媒の必要性が明らかになる中で、業界は、特定の用途で可燃性冷媒を禁止する国内法令から挑戦を受けている。これは、国内法令が現状に追いついていないために起こるもので、国内法令の改正が必要になってくる。

1. 3 特集記事 3

冷媒と空調産業の責務

ダイキン工業株式会社
CSR 地球環境センター
御輿 直史

概要

空調機は現在、単に快適な環境のためというのみならず、最低限の文化的かつ健康的な生活を送るための必需品となっている。特に熱帯、亜熱帯に位置する途上国において空調は死活問題である。一方、空調機はエネルギー多消費型工業製品で、温暖化の一因ともなりその省エネ性能については厳しく追及され、業界としても省エネは最優先の開発課題でもある。加えて空調機の重要な要素で熱搬送を受け持つ冷媒ガス自体の温暖化影響が近年問題視されている。

冷媒としての十分な性能をもち、かつ環境負荷の少ない代替物質の使用が望まれるが、現在すべての要求を満たす理想的代替物質がないのも事実である。現状の課題を整理しつつ、低炭素化に向けた空調機の課題と対応を明確にする。

(1) 冷媒と環境問題

オゾン層破壊を防止するため 1985 年にウィーン条約が、1987 年にモントリオール議定書が採択されるに至り、CFC, HCFC を全廃することとなった。CFC については 1996 年先進国で全廃、2010 年に途上国で全廃となった。HCFC については、先進国では 2020 年全廃、途上国では 2030 年全廃となっている。当初は塩素を含む CFC, HCFC から塩素を含まない HFC(ハイドロフルオロカーボン)への転換を推進することとなったが、その後の地球温暖化の懸念が高まり HFC も地球温暖化ガスとして 1997 年に採択された京都議定書で削減対象となった。

モントリオール議定書と京都議定書の 10 年の時間差が災いし、先進国では 2 ステップで転換したものを途上国では 1 ステップでオゾン層を破壊せず、地球温暖化の影響、GWP(Global Warming Potential)の小さい冷媒への転換に迫られている。途上国では、現在決定的な代替冷媒の候補のないなか、転換に迫られている状況である。(図 1 参照)

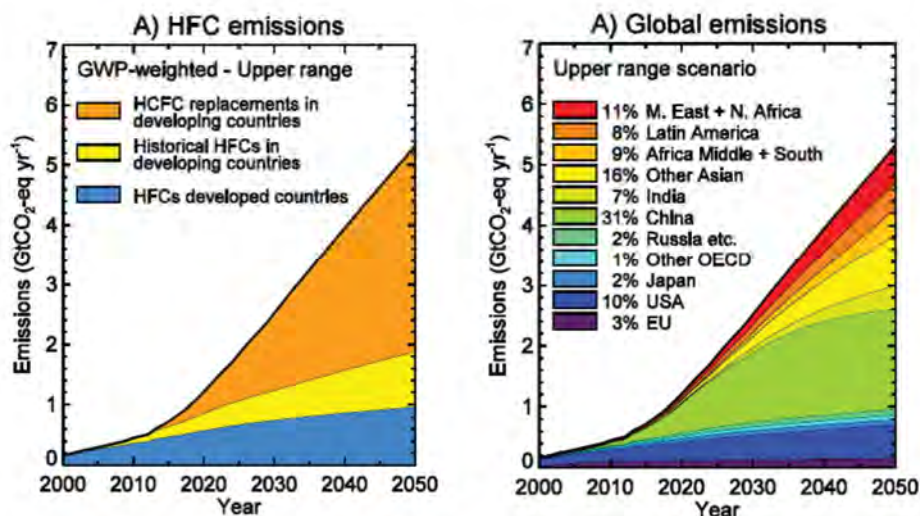


図 1. 地球温暖化の推移

(2) 代替冷媒候補

これまででは、空調分野では主にフッ素ガスの一種である R22 が広く使われてきた。この冷媒は性能がよく使用が容易でかつ不燃であった。ただし、オゾン層破壊のため前述のように廃絶が求められている。現在提唱されている代替冷媒は大別して以下の約 4 種類である。

- ①HFC ただし、比較的温暖化係数の低いもの
- ②Non-halogen substance 俗に自然冷媒と称される
- ③HFO (Hydro fluoro olefin)
- ④上記物質の混合物

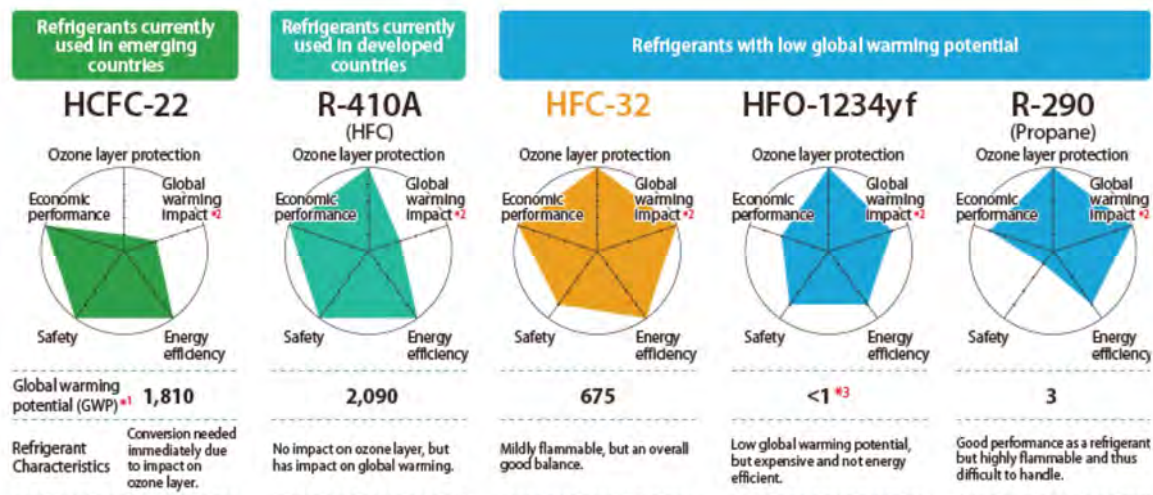


図 2. 代替冷媒の熱物性値

上記のカテゴリにおいて、様々な冷媒が提案されているが、現状は一長一短である。

(図 2 参照)

- ①R32 等の HFC は従来から使われているもので、性能もよく、扱いやすい冷媒であるが、GWP は 600-700 程度である。
- ②Non-halogen 冷媒は古くから用いられているものであるが、CO₂ は超高压で使用されかつ毒性がある。Hydrocarbon 系ガスは燃料にも用いられるほどのもので強可燃性である。Ammonia は強い臭気と毒性を有する。ただし、これらの冷媒の GWP は一桁である。
- ③HFO は最近提唱されてきたものであり、大気寿命が短いため GWP も低いが、一方化学的安定性に欠け冷媒として使いにくい面もある。
- ④混合物は各種冷媒の特性を併せ持つが、沸点が異なる場合は温度勾配ができ、冷媒としては使いにくい。また、極めて多くの混合物が提唱されており、各々の冷媒の的確な評価には時間がかかりそうである。

低 GWP 化と可燃性は二律背反の関係にあり、物理化学的に低 GWP 冷媒は不可避免的に可燃性が増す。

国際的技術基準としては、ISO817 が冷媒の安全区分を、ISO5149 が空調機の一般的安全基準を規定し、IEC60335-2-40 が製品安全基準を規定している。(表 1 参照)

また、今後の冷媒使用削減に備え、冷媒のリサイクルも重要な課題であるが、単一冷媒の方が冷媒サイクルに適するのは言うまでもない。

表 1. IS0817 における冷媒の安全区分

		Lower toxicity	Higher toxicity
Higher flammability		A3	B3
Lower flammability	Burning velocity > 10 cm/s	A2	B2
	Burning velocity ≤ 10 cm/s	A2L	B2L
No flame propagation		A1	B1

(3) 先進国の取組み

【欧州】

欧州では F ガス規則が改定され、2014 年 5 月 20 日に EU 官報で発表され、2015 年 1 月より発効した。EU では、2030 年までに、HFC の消費量を段階的に削減し 2030 年には 79%削減するという目標を設定している。また、機器ごとに GWP 制限を設けている。

(例えば、充填量 3kg 以下のシングルスプリットエアコンでは GWP は 750 以下)

また、EU 委員会は各国の codes, standards or legislation について調査し、2017 年 1 月 1 日までにレポートを策定することとなっている。

【米国】

米国においては、EPA(Environment Protect Agency)が監督している SNAP(Significant New Alternative Policy)と言う冷媒登録制度があり、ここに認証されないと当該冷媒は使えないことになっている。2015/4 に可燃性冷媒である、R32 (A2L), R290 (A3), R441A (A3)が登録された。ただし、室内機室外機一体型(self-contained room air conditioning)に限られ、仕様は UL484 の規格内である。また、カーエアコン用に HF01234yf (A2L)が 2011/3 に認証されている。

一方、SNAP において高 GWP である HFC134a は 2021 年から新型車において禁止されることとなった。

【日本】

日本においては、フロン法が改正され、フロン製造業者、機器製造業者、管理者(ユーザー)、充填回収業者、再生破壊業者に新たに努力義務が課され、特に機器製造業者については、機器ごとに目標 GWP と年次が提示された。例:家庭用エアコン、店舗オフィス用エアコンでは GWP 目標値は 750、達成年度は各々、2018 年、2020 年となっている。一方可燃性冷媒の使用緩和に向けたリスクアセスメントが産官学の協力の下進められているが、安全面で高圧ガス保安法の緩和が喫緊の課題である。

日本においては、ほぼすべての空調大手メーカーがルームエアコンを中心に R410A から R32 に転換をすすめている。

(4) 途上国での取組み

途上国はモントリオール議定書では A5 国と規定され、現在オゾン層を破壊するフッ素ガス、特に R22 の廃絶に向け待ったなしの取り組みが要求されているが、前述のように理想的な代替物質がなく、各国担当者を悩ませている状況である。

途上国では、個別にオゾン層を破壊するフッ素ガスを削減する計画(HPMP: HCFC Phaseout Management Plan)を策定し、多国籍基金(MLF: Multi-Lateral Fund)に提出、承認を受けた後、モントリオール基金を得て、冷媒転換に資することとなっている。

個別に途上国の転換計画を見ていくと、エアコンの最大生産国である中国では、ルームエアコンでは R290(プロパン)、業務用エアコンでは、R410A、R32 への転換を表明している。既に製造ライン 18 ラインが基金を得てプロパン用に転換済みであり、大学へのテスト納入を開始している。タイもエアコンの一台生産拠点であり、外資メーカーが多いものの、中小現地空調メーカーも存在し、転換を計画しているが、日本の技術支援を得てルームエアコンを中心に R32 に転換の準備をしている。インドネシアでも R32 を中心に転換を進めている。

概して途上国では、R22 の代替として、R410A、R32、R290、HF0 混合を候補として考えているが、R410A の場合その高 GWP のため、モントリオール基金は拠出されないことになっている。

本来オゾン層を破壊しない HFC はモントリオール議定書での対象ガスではないが、温暖化影響を考慮しモントリオール議定書でも HFC のフェーズダウンをめざすべきと議論が白熱している。議論は先進国から途上国への基金の増額が焦点となっている。

(5) 空調産業の方向性

現在、日米欧の空調メーカー、冷媒メーカーを中心に様々な次世代冷媒候補が提案されている状況であり、モントリオール議定書等国際会議の場でも頻繁に議論がなされている。冷媒は空調機の単なる一要素ではなく、業界、市場を通じて空調機のライフサイクルに渡り共通インフラ的なものであり、特に安全性や環境問題については広く冷媒問題の認知が進む必要がある。

さらには、気候変動問題の意識の高まりにつれて、冷媒のみならず空調機のさらなる GHG(Green House Gas) 排出削減の要求が高まると想定される。空調機の電力消費の大半を占める圧縮機の運転には様々な技術が適用されるが、一定速度ではなく、負荷に応じた可変速の運転が効果的である。一般的にインバータタイプと呼ばれるエアコンは先進国ではほぼ市場に浸透しているが、途上国では一定速のエアコン、ノンインバータタイプがほぼ市場を占めている。

今後途上国での電力消費を抑えるため、インバータは効果的な手段であるが、途上国での普及が進むためにはさらに低価格化が必要である。

また、さらなる電力削減には、空調機を個別に制御するのではなく、ビル全体、地域全体で空調負荷をモニターしながら全体を制御するデマンドレスポンスの技術を導入し、集中制御、遠隔制御の手法が期待される。

(6) 提言

空調業界が人々の快適性と健康を維持しつつ、地球環境への負荷を最低限にするために、短期中期長期の課題含めて提言したい。空調機のライフサイクルに渡って環境への負荷を最低限にすることが求められる。特に、

- ①稼働中の機器、システムからの冷媒漏洩を最低限にするための定期点検の実施
- ②理想冷媒がない現状で適材適所での冷媒の使い分け
- ③省エネ性能を改善しつつ、現段階で最も低 GWP となる冷媒のいち早い採用と普及
- ④対策の立案には、産業界、大学・研究所、行政も含めて緊密な情報交換
- ⑤可燃性冷媒の的確な使用に向けた、グローバル、とローカルの規格規制の見直しと緩和

地球温暖化の影響を削減しつつ、健康的かつ文化的な生活環境を地球規模で提供し続ける空調産業に課せられた課題は大きい。

1. 3 特集記事 4

ノルウェーの大学でのコンピュータ冷却と高温熱回収のための革新的な アンモニア・ヒートポンプと冷凍機システム

Jorn Stene, Norway

概要

インターネットやネットワークをベースとしたサービスの利用が加速することで、大型データセンターが非常に重要になっている。現在、世界全体で 300 万を超えるデータセンターが存在し、情報通信技術 (ICT) は、世界の電力の最大 10% を消費している。しかし、大半のコンピュータ冷却システムは、熱回収システムを備えていない。

そこで、一次エネルギーの利用を最小限に抑え、温室効果ガス排出量を減らすグリーン・データセンターを目指す傾向が高まっている。代表的なグリーン・データセンターは、ノルウェーのトロンヘイムにあるノルウェー科学技術大学 (NTNU) のスーパーコンピュータセンターである。高温ヒートポンプ・システムの余剰熱を大学構内の暖房システムで利用しているため、一次エネルギー使用量は非常に低い水準に削減されている。

(1) はじめにーグリーン冷却システム

データセンターのエネルギー効率のよい「グリーン冷却システム」は、以下のように区分することができる。

タイプ 1ー再生可能エネルギーによる冷却

- ・海水、地下水、岩盤、または冷たい外気

タイプ 2ー低温熱回収 (50°C未満) による冷却

- ・建物内での低温加熱システム
- ・家庭用給湯 (DHW) の予熱

タイプ 3ー高温熱回収 (50°C以上) による冷却

- ・建物内での高温加熱システム (60~80°C)
- ・DHW 加熱 (70~80°C)
- ・地域暖房システム (70~90°C)

再生可能エネルギーによる冷却が利用できない場合は、高温熱回収が最も適用性の高い手法となる。標準的な圧縮式冷凍機の最大出口水温はおよそ 50°C であるため、高い供給温度に対応する技術を採用しなければならない。

これには、アンモニア冷媒を用いた単段スクリー圧縮式冷凍設備 (最大 80°C)、アンモニアもしくは R-134a/HFO 冷媒を用いた二段圧縮式冷凍設備 (最大 75~90°C)、カスケード設備 (最大 90~100°C)、CO₂ 冷媒を用いた単段圧縮式冷凍設備 (70~90°C) が含まれる。こうした技術は、投資費用、季節 COP、運転信頼度、所要スペース、保守費用などの点で長所と短所がある。

(2) 結論

データセンター向けのエネルギー効率が高いグリーン冷却システムは、低温熱回収または高温熱回収を伴う再生可能エネルギーによる冷却が望まれる。再生可能エネルギーによる冷却が可能でない場合は、高温熱回収が最も有効な代替手段とみなされる。標準的な圧縮式冷凍機には出口

水温に制限があるため、高い供給温度を目的とした技術を採用しなければならない。

ノルウェー科学技術大学 (NTNU) での圧縮式冷凍機とヒートポンプの組み合わせは、アンモニア冷媒を用い、冷却と大型コンピュータセンターからの高温熱回収の将来的なソリューションとなる最新技術である。(図 1 参照)

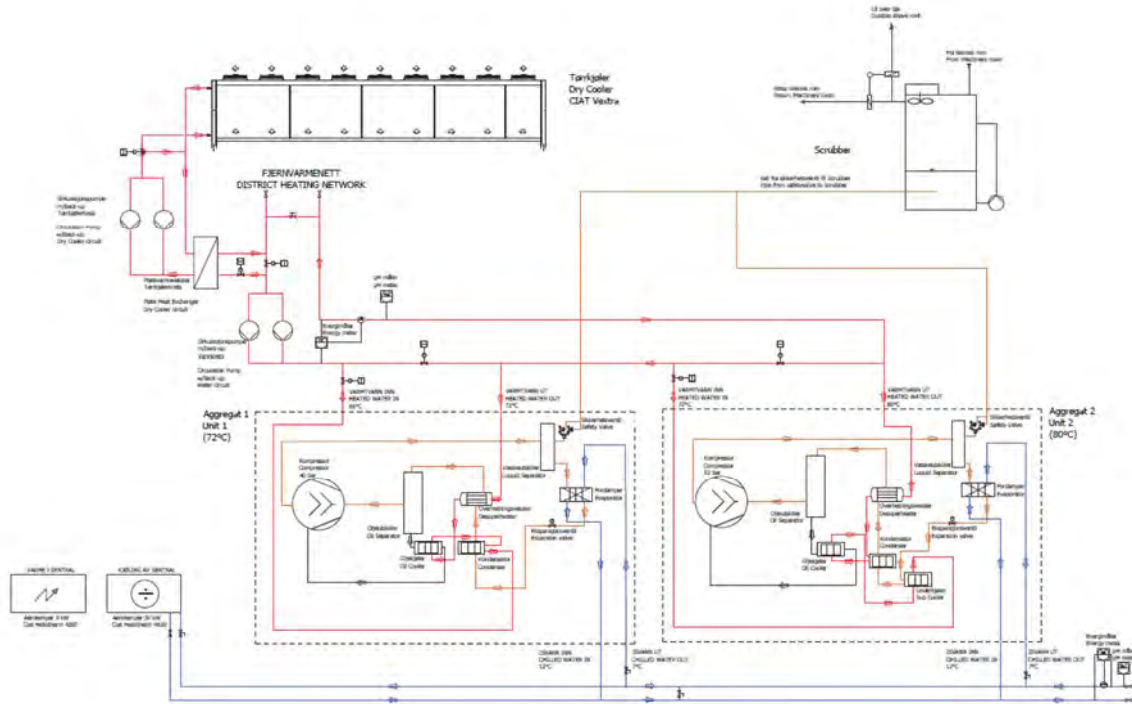


図 1. データセンターからの熱回収

1. 3 特集記事 5

住宅用可逆 ATW ヒートポンプの R-410A 代替冷媒の評価

Pierre Pardo, France

概要

R-410A は GWP が 2088 であるため、住宅用のヒートポンプおよび空調機向けとしてその代替冷媒の研究が進められている。本稿では、2 つの有力な代替冷媒 DR-5A (R-454B) と L41-2 (R-447A) を住宅用ヒートポンプでテストした。代替冷媒は、いずれも HFC-HFO 混合冷媒で、GWP はそれぞれ 466 と 583 である。L41-2 および DR-5A による置き換えの試験結果は、とくに問題を生じることはなく、得られた性能は R-410A とほぼ同等であった。

(1) はじめに

モントリオール議定書 (1987 年)、京都議定書 (1997 年)、欧州 F ガス規制 (2006 年、2015 年に改正) などの議定書や規制は、オゾン破壊係数 (ODP) および地球温暖化係数 (GWP) の小さい冷媒へとシフトする契機となっている。こうした新たな制限は、HFC の段階的廃止と HFO 混合物をベースとした第 4 世代の冷媒による置き換えにつながっている。R-410A に対する低 GWP の代替冷媒は、住宅用ヒートポンプおよび空調機向けに研究されている。

この研究の目的は、R-410A に代わる 2 つの有望な冷媒 DR-5A (R-454B) と L41-2 (R-447A) を試験することである。これらの冷媒は、AHRI の低 GWP AREP プログラムの結果に基づいて選定された。これらは、性能と熱力学的挙動が R-410A と類似している。

(2) 冷媒の特性

表 1 は、この研究で使用される冷媒の重要な特性を示している。これらの冷媒の特性に関するデータソースは、ソフトウェア「NIST REFPROP バージョン 9.1」である。

表 1. 代替冷媒の熱物性値

Refrigerant	Composition	GWP100	Critical point	Normal boiling point	Safety class
R-410A	R-32/R-125 (50/50 % w/w)	2088	$T_c = 70.2^\circ\text{C}$ $P_c = 47.7 \text{ bar}$ $\rho_c = 552 \text{ kg.m}^{-3}$	-51.6 to -51.1°C	A1
L41-2 (R-447A)	R-32/R- 1234ze(E)/R-125 (68/28.5/3.5 % w/w)	583	$T_c = 80.2^\circ\text{C}$ $P_c = 52.7 \text{ bar}$ $\rho_c = 425 \text{ kg.m}^{-3}$	-49.3 to -44.2°C	A2L
DR-5A (R-454B)	R-32/R-1234yf (68.9/31.1 % w/w)	466	$T_c = 76.5^\circ\text{C}$ $P_c = 51.2 \text{ bar}$ $\rho_c = 415 \text{ kg.m}^{-3}$	-49.9 to -50.9°C	A2L

この代替冷媒の GWP は、R-410A の GWP を大幅に下回っている。L41-2 の GWP は、R-410A の GWP の 28% であり、DR-5A の場合はこれが 23% となる。

双方の代替混合冷媒は、主に R-32（最大 68~69wt%）と HFO（最大 30wt%）で構成されている。L41-2 と DR-5A の主な相違は、使用される HFO にある。つまり、L41-2 の場合は R-1234ze（E）、DR-5A の場合は R-1234yf である。双方の代替冷媒の安全等級は A2L であり、これは可燃性が低く、有毒でないことを意味する。

（3）試験結果

冷房時の運転限界（CL）を表 2 に、暖房時の運転限界を表 3 に、試験結果を表 3 に示す。

表 2. 冷房時の運転限界

	Air temperature [°C]	Inlet water temperature [°C]	Outlet water temperature [°C]
C1	35	12	7
C2	35	23	18
CL1	18	*	5
CL2	42	*	25

表 3. 暖房時の運転限界

	Dry air temperature (wet bulb) [°C]	Inlet water temperature [°C]	Outlet water temperature [°C]
H1	7(6)	30	35
H2	7(6)	40	45
H3	7(6)	47	55
H4	-7(-8)	*	35
H5	2(1)	*	35
H6	12(11)	*	35
HL1	-15	*	22
HL2	-10	*	42.5
HL3	24 (20)	*	54.8

表 4. 試験結果

	R-410A (baseline)	DR-5A	L41-2
Charge [kg]	2.35	2.00	1.86
Cooling capacity [kW]	8.01	8.25	7.44
Electrical power absorbed [kW]	2.96	2.78	2.63
EER [-]	2.71	2.97	2.83
Superheating [K]	9.4	4.1	6.4
Subcooling [K]	7.7	4.5	5.5

(4) 結論

この実験研究では、R-410A に代わる暫定的な低 GWP 冷媒としてその性能を比較するために、10kW の ATW ヒートポンプで 2 種類の冷媒 DR-5A (R-454B) と L41-2 (R-447A) がテストされた。L41-2 と DR-5A による R-410A の置き換えは、とくに問題を生じることなく、得られた性能は、いくつかの例外を別にすれば R-410A とほぼ同等である。(図 1 参照)

さらに、運転限度条件においても、それぞれの代替冷媒は正常に機能した。したがって、HL2 の運転限度条件 (これは、双方の代替冷媒で高い吐出温度に達したためである) を除いて、ヒートポンプの運転は正常であった。

結論として、この研究は、ヒートポンプでの R-410A の置き換えについて理解と知識を高める結果となった。

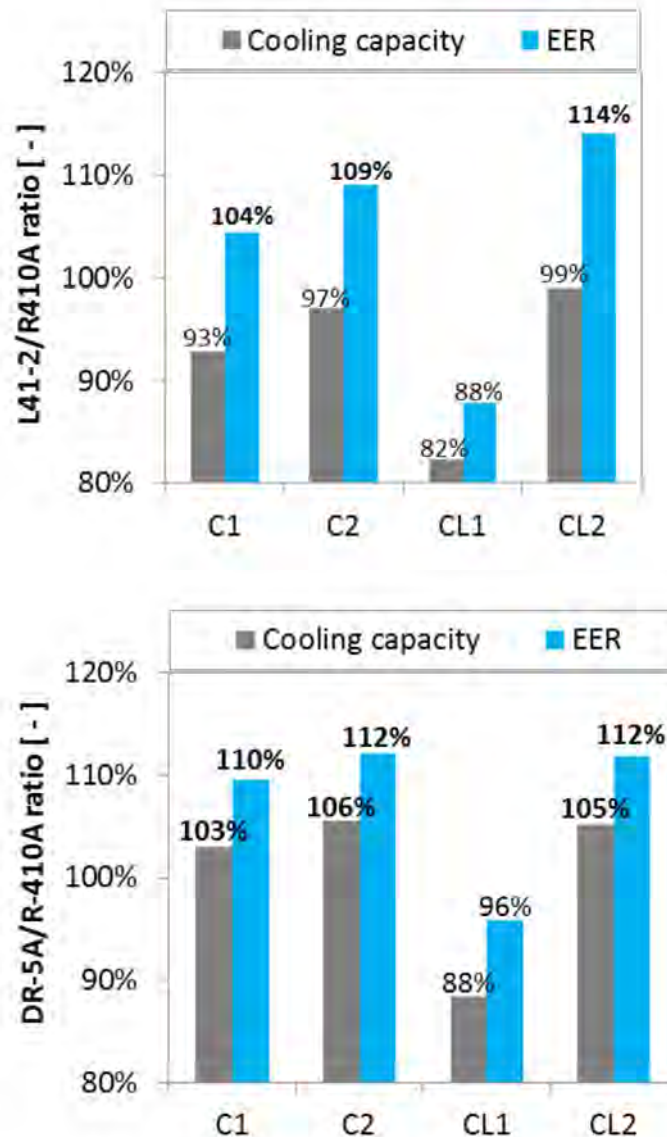


図 1. 冷房時の性能試験結果

2. ANNEXES (国際共同研究)

2. 1 Ongoing Annexes

□アネックス 40

Heat pump concepts for Nearly Zero Energy Buildings

カナダ、スイス、ドイツ、フィンランド、日本、オランダ、ノルウェー、スウェーデン、米国の9カ国は、3年半に及ぶアネックス 40 プロジェクトに参加している。アネックス 40 は現在、最終報告書を取りまとめる最終段階にある。

アネックス 40 において、ヒートポンプはエネルギー効率と経済性の両面で nZEB の目標を達成するのに適した技術であることを確認した。さらに、ヒートポンプは、デマンドレスポンスの点でも好ましい特徴を備えている。

さらなる研究課題としては、大規模建物および近隣地区でのヒートポンプの統合とコスト最適設計がある。

アネックス 40 に対する各国の成果は、2016 年 5 月 22～25 日にデンマークで開催される第 12 回 REHVA World Congress Clima 2016 の最終ワークショップで発表される。

最終報告書は審査過程にあり、2016 年夏に公表される見込みである。アネックス 40 に関する情報は、プロジェクトのウェブサイト (<http://www.annex40.net>) に掲載されている。

□アネックス 41

Cold Climate Heat Pumps

第 4 回作業部会は、2016 年 1 月 22 日に米国のオーランドで開かれた。日本と米国のみが参加した。しかし、すべてのチームがカントリーレポートを作成しており、これは、アネックスのウェブサイトに掲載される予定である。

1 月 26 日の 2016 年 ASHRAE 冬季大会での大会論文セッション 12 において、米国のアネックス 41 チームから 3 本の論文が発表された。

アネックスの最終報告書は、2016 年 7 月末に向けて執行委員会に提出される予定である。

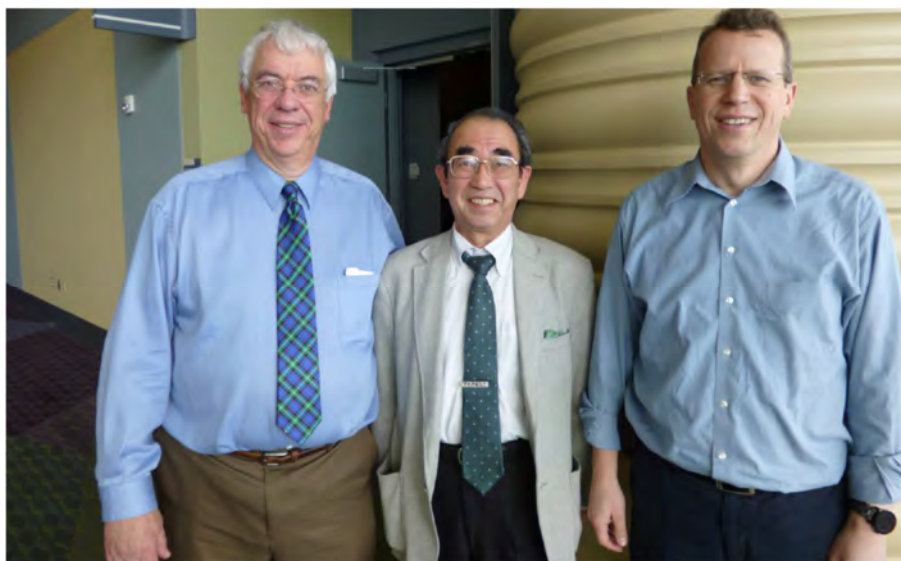


写真 1. 第 4 回作業部会の参加メンバー

□アネックス 46

Heat pumps for Domestic Hot Water

最初の作業部会が 2 月 10～11 日にオランダで開催され、参加国とオブザーバーはオランダのチームと顔を合わせた。オランダの参加者からは、家庭用給湯にとどまらず政策、最新技術、開発、モデルなどに関するプレゼンが行われた。会合の 2 日目には、エネルギーコストゼロ住宅を含む新しい住宅サイトを訪問した。これらの住宅の家庭用給湯のモニタリングが行われる予定である。

最初の作業部会を利用して、本アネックスの 4 つのタスクについて議論が行われた。このアネックスの成果として、以下のことが見込まれる。

- ・参加国の国家報告書と非参加国の国家報告書（データが入手できる場合）に基づいた、システムに関する世界市場の分析
- ・市場の状況および持続可能な社会における将来の市場動向に関するシナリオの参加国別概要
- ・参加国のサプライチェーンでのメーカーとブランドの概要
- ・客観的な比較を可能にするための境界条件付き住宅用途での個別的・集合的な DHW システムの標準的かつ客観的な概要
- ・既存のモデル化ツールとシミュレーション・ツールの最新状況
- ・モデル化ツールの仕様ファイル（焦点が層化のモデル化に置かれる場合）
- ・実験データの有効性確認を伴うモデル化ツール
- ・給湯用ヒートポンプに関して利用可能な技術、構成要素、材料、および研究開発についてのオンライン・データベース
- ・モニタリングしたプロジェクト例をベースとし、現在入手できる家庭用給湯ヒートポンプをその用途、ソフトウェア・ツール、適用、利用者経験とともに記述する参考指針
- ・完全な議事録のある 2～3 のワークショップ

最初の成果は、ロッテルダムでの第 12 回 IEA ヒートポンプ会議のワークショップおよび並行セッションで報告する予定である。

特別作業部会は、6 月 7 日に韓国でアジアの参加国を対象に開かれる。このアネックスの 2 回目の作業部会は、9 月 13～14 日に北アイルランドのアルスター大学で開かれる予定である。



写真 2. 第 1 回作業部会の参加メンバー

Ongoing Annexes

Bold text indicates Operating Agent.

Annex 37 Demonstration of Field measurements of Heat Pump Systems in Buildings – Good examples with modern technology	37	CH, NO, SE , UK
Annex 39 A Common method for Testing and Rating of Residential HP and AC Annual/Seasonal Performance	39	AT, CH, DE, FI, FR, JP, KR, NL, SE , US
Annex 40 Heat Pump Concepts for Nearly Zero-Energy Buildings	40	CA, CH , DE, FI, JP, NL, NO, SE, US
Annex 41 Cold Climate Heat Pumps (Improving Low Ambient Temperature Performance of Air-Source Heat Pumps)	41	AT, CA, JP, US
Annex 42 Heat Pumps in Smart Grids	42	AT, CH, DE, DK, FR, KR, NL , UK, US
Annex 43 Fuel Driven Sorption Heat Pumps	43	AT, DE , FR, IT, UK, US
Annex 44 Performance Indicators for Energy Efficient Supermarket Buildings	44	DK, NL , SE
Annex 45 Hybrid Heat Pumps	45	FR, NL , DE, UK
Annex 46 Heat Pumps for Domestic Hot Water	46	NL
Annex 47 Heat pumps in District Heating and Cooling systems	47	DK
<small>IEA Heat Pumping Technologies participating countries: Austria (AT), Belgium (BE), Canada (CA), Denmark (DK), Finland (FI), France (FR), Germany (DE), Italy (IT), Japan (JP), the Netherlands (NL), Norway (NO), South Korea (KR), Sweden (SE), Switzerland (CH), the United Kingdom (UK), and the United States (US). All countries are members of the IEA Heat Pump Centre (HPC). Sweden is the host country for the Heat Pump Centre.</small>		

以上

このニューズレターの効果的な活用のため、今後改善を図っていきたいと考えておりますので、
忌憚のないご意見、ご要望などを下記事務局までお寄せ下さい。

事務局連絡先：(一財) ヒートポンプ・蓄熱センター 国際・技術研究部
IEA ヒートポンプ実施協定 日本事務局 廣瀬之信、西山教之
TEL: 03-5643-2404 FAX: 03-5641-4501
e-mail: hirose.yukinobu@hptcj.or.jp, nishiyama.noriyuki@hptcj.or.jp