



HPT Magazine No 1/2022



国内版（一般財団法人ヒートポンプ・蓄熱センター発行）

Heat Pumping Technologies MAGAZINE

A HEAT PUMP CENTRE PRODUCT



HPTマガジン国内版は、ヒートポンプセンター（IEA HPT TCP の事務局、在スウェーデン）が発行するHeat Pumping Technologies MAGAZINEの抜粋を日本語要約したものです。原文のHPT MAGAZINEは、ヒートポンプセンターのホームページ <https://heatpumpingtechnologies.org/the-magazine/> からダウンロードが可能です。

ヒートポンプ技術

マガジン

VOL.42 NO.1 / 2022

冷媒について

HPTマガジンno1/2022は[こちら](#)>>

本号では、欧州委員会（EC）が新たに改定した「建築物のエネルギー性能に関する指令（EPBD）」提案の概要、IEA報告書「Renewable 2021」および「Energy Efficiency 2021」の抜粋、HPTニュース in focus コーナーではIEA報告書「10-Point Plan to Reduce the European Union's Reliance on Russian Natural Gas」（EUのガスのロシア依存脱却計画）の概要をご紹介します。

本号の特集記事は「冷媒」をテーマに (i) 蒸気圧縮式冷凍機およびヒートポンプシステムの冷媒選択基準、(ii) システムのエネルギー効率、安全、環境性、経済性、地球温暖化影響軽減における有効性を決定づける冷媒の役割を取り上げています。

- 序文：低GWP冷媒－システムソリューションとコンポーネント
Yunho Hwang
- コラム：歴史的な岐路に再び立つ
Viktor Ölen
- ヒートポンプ技術のニュース
- ヒートポンプ技術協力プログラム 進行中のAnnex
- 特集記事
 - 省エネ化・低温室効果を達成できる次世代冷媒・冷凍空調技術開発プロジェクト
飛原 英治・佐野 亨
 - ヒートポンプ用冷媒の未来
B.E. Badran, M. Ghanbarpourgeravi, R. Khodabandeh
 - 100万倍普及する冷媒になるのはどれか
Christian Vering, Christoph Höges and Dirk Müller
 - 低GWP冷媒を用いた住宅用空気熱源ヒートポンプの最適化
Samuel Yana Motta
- その他の記事
 - 高効率冷暖房用エジェクター付きリバーシブルCO2冷媒ヒートポンプ
Jonas Schönenberger
- マーケットレポート
 - イギリス：戦略的市場展望
Dr Matthew Aylott
- イベント情報
- ナショナルチームの連絡先

HPTマガジンの購読は[こちら](#)

[ウェブサイト](#)では、ニュースや最新情報などをご覧いただけます。

[HPT マガジン no1/2022 を読む >](#)

特集記事：省エネ化・低温室効果を達成できる次世代冷媒・冷凍空調技術開発プロジェクト

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）では、業務用冷凍冷蔵機器及び家庭用空調機器に使用する次世代冷媒の安全性・リスク評価手法を確立する研究開発を実施している。次世代冷媒の実用化や普及を妨げている技術課題を解決するため、製品開発や超低GWP冷媒の開発の支援を行っている。各研究開発活動の概要は下記の通り。

中小型規模の冷凍空調機器に使用する次世代冷媒の熱物性、伝熱特性及び基本サイクル性能特性の評価研究 本プロジェクトで測定した物性値やその他の研究データに基づき、次世代冷媒の状態方程式を開発している。

低GWP低燃焼性混合冷媒の安全性評価 本研究では、フルオロオレフィンのような炭素原子数3以下の高燃焼性冷媒とフルオロアルカンのような低燃焼性冷媒の混合物を冷凍空調機器用次世代冷媒のターゲットとしている。総合GWP、沸点差、入手性を考慮して混合物を選定し、冷媒の燃焼性に関する混合則を実験的に正確に評価する。

低GWP冷媒を採用した次世代冷凍空調技術の実用化評価に関する研究開発 本研究は、次世代冷媒を用いた冷凍空調機器の性能の高精度な理論的・実験的評価を可能とする技術の開発を目指している。さらに、次世代冷媒の性能を予測するため、性能シミュレータを開発している。

次世代冷媒の安全性・リスク評価手法の開発 本研究では、可燃性次世代冷媒の安全性・リスク評価に必要な項目の評価が行われ、数値計算、室内実験、屋外実験による安全性・リスク評価手法を確立している。また、不均化反応の抑制に関する研究も行っている。

実使用環境での着火源を考慮した次世代冷媒の燃焼に関するフィジカルリスク評価手法の確立 本研究では、次世代冷媒として期待される高燃焼性炭化水素冷媒を使用する際に、着火源となりうる機器や現象を抽出する。スプリットエアコン室内機の燃焼効果の評価では、フィールドにスチールコンテナを設置し、着火テストを実施する。

飛原 英治*1, 佐野 亨*2,

*1 Project Leader at NEDO, *2 Project Manager, NEDO Environment Department

この文章はHPCによって短縮されています。

[記事全文はこちら>>](#)

特集記事：ヒートポンプ用冷媒の未来

産業セクターその他のセクターは現在、主に化石燃料ボイラーをベースにした暖房など、プロセスを脱炭素化するためのソリューションを探している。必要な負荷をまかなうヒートポンプ技術の導入によって熱を電化へと移行することは複雑となる場合がある。環境や人に対する有害性の低い（低GWP、安全性）適切な合成、自然冷媒の選択は世界的に議論されており、2030年までに緊急に必要とされている。この問題を解決するため、ヨーロッパではR32、米国ではR454Bといった低GWP合成冷媒を短期的に導入することで対策が講じられている。本記事では、冷暖房システムでの使用に適した冷媒やそれらが周囲に与える影響についての議論を総括する。

熱的な要因がシステムの成績係数と体積効率に影響を与え、化学的特性が環境と冷媒の選択そのものに重要な影響を及ぼす。要素の三角形によれば、冷媒の化学構造に塩素原子を追加するとオゾン層破壊係数が増加し、水素原子を増やすと冷媒の燃焼性が上昇し、フッ素原子が増えると地球温暖化係数が上昇する。たとえば、化学式（C₄H₂F₆）で、不燃性で低GWP

の新冷媒R-1336mzzは、燃焼性の高い化学式 (C₄H₈) のブテン (ブチレンとしても知られる) を基に、6つの水素原子をフッ素原子に置き換えている。

適切な合成冷媒の選択に影響を与えるもう1つの問題は、パーフルオロアルキル化合物およびポリフルオロアルキル化合物 (PFAS) およびそのサブグループである。経済協力開発機構 (OECD) は、2018年に発行されたリスク管理レポートで4,700を超える物質をPFASとして特定した。同レポートではハイドロフルオロカーボン冷媒とハイドロフルオロオレフィン冷媒を含むPFASの一般的な定義を満たす新しいグループが定義されている。分解生成物はPFASの別のサブグループであるトリフルオロ酢酸です。HFC、HCFC、およびHFOの応用、安全性、健康影響および環境影響に関する最新情報を提供する欧州フルオロカーボン技術委員会は、これらのガスが難分解性、生体蓄積性および毒性の基準を満たすものと分類しておらず、これらのガスは環境に有害でないと主張している。

合成冷媒と自然冷媒のGWP100年値は、国連気候変動枠組条約に組み込まれ1997年の京都議定書で運用可能になったマルチガスアプローチを実行するための指標として採用された。20年間にわたり提示されたデータは、どの冷媒が本当に気候に悪影響を及ぼさず持続可能かという点で一般市民や政策立案者に誤解を与える可能性があるため、皆が新指標への移行に同意しているわけではない。総合等価温暖化因子 (TEWI) や製品寿命気候負荷 (LCCP) 等の他の指標を評価することも重要である。

適切な合成冷媒の選択に影響を与えるもう1つの問題は、パーフルオロアルキル化合物およびポリフルオロアルキル化合物 (PFAS) およびそのサブグループである。同レポートではハイドロフルオロカーボン冷媒とハイドロフルオロオレフィン冷媒を含むPFASの一般的な定義を満たす新しいグループが定義されている。これら冷媒の一部は、化学式に二重結合が含まれており、分子の安定性が低下するため、大気中で分解する。

Bassam E. Badran, Researcher, Royal Institute of Technology, KTH

この文章はHPCによって短縮されています。

[記事全文はこちら>>](#)

特集記事: 100万倍普及する冷媒になるのはどれか

ヒートポンプは、すべてのセクターの脱化石化を加速するための重要な技術である。特に住宅用途では、ヒートポンプは従来の暖房技術を置き換える技術としての機能を果たす。ヒートポンプの運転には、システムの効率を大いに決定づける冷媒が必要だ。しかし、冷媒の選択はあらゆる要素との相互作用と非線形の熱力学的挙動のために複雑である。それゆえ冷媒の選択が文献で広く議論されているところである。本取り組みは、冷媒選択の問題を紹介し、住宅用ヒートポンプに適切な冷媒を特定する簡易なスクリーニング方法を適用している。本アプリケーションは、ヒートポンプの用途に最も適した冷媒を目指した冷媒選択の改善に向けた今後の取り組みを明らかにする。

10件中9件で、建物の熱供給は従来の暖房システムにおける石油とガスで行われている。燃焼により、ドイツの総CO₂排出量の30%は建築部門に起因し、これらの排出量のほぼ80%は暖房と給湯の供給で排出されている。GWPと冷媒充填量が少ないほど、漏洩時の直接排出量は少なくなる。基本的に、効率が高いほど熱の供給に必要な電力は少なくなるため、効率は選択した冷媒によって大きく異なる。プロセス内の相互作用と熱力学的非線形性により、冷媒の選択は複雑である。

住宅用建築物に長期的に熱を供給するための持続可能かつ法令に準拠したヒートポンプを提供するために、将来的にはGWP150以下の冷媒のみを使用する必要がある。制限はあるものの、ヒートポンプ効率は冷媒変更による悪影響を受けてはならない。というのも持続可能な技術となる可能性が低くなるからである。冷媒を低GWP冷媒に変更すると、ヒートポンプの間接排出を減らすこともできる。さらに、ヒートポンプの市場浸透を妨げないよう、冷媒コストは低くなくてはならない。そして、事前選択に続いて、冷媒の評価のためのヒートポンプ回路の詳細分析が行われる。

安全クラスA1の不燃性冷媒は将来のエア・トゥ・ウォーターヒートポンプの政策的な要求仕様と技術的要件のいずれかを満たすことができない。さまざまな選択段階により、エア・トゥ・ウォーターヒートポンプの政策的仕様と運転仕様の両方を満たす冷媒は31冷媒まで減少する。高圧のため圧縮機入口の密度が高くなり、凝縮器に供給される質量流量ひいては熱量にプラスの影響を与える。さらに、A3冷媒の方が高効率となる傾向が示されている。

Christian Vering, Christoph Höges, Dirk Müller, RWTH Aachen University, Germany

この文章はHPCによって短縮されています。

[記事全文はこちら>>](#)

特集記事：低GWP冷媒を用いた住宅用空気熱源ヒートポンプの最適化

1980年代以降、環境への懸念により冷媒の転換が進められてきた。モントリオール議定書（1987）は塩素含有冷媒に影響を及ぼし、キガリ改正（2016）は、高GWP冷媒の使用制限により、地球温暖化の懸念に対処した。

R-410A代替冷媒の選択肢はこれらの手段によって減少してきており、代替冷媒の大部分は温度グライドの大きい非共沸混合冷媒である。代替冷媒の中でR-32、R-454BおよびR-454AはGWP750未満の短期的な選択肢である。長期的な選択肢はGWP150未満となる可能性があり、R-454CやR-455A等の温度グライドの大きい混合冷媒の使用が必要となる（表1）。これらの冷媒は体積能力、圧力ともに低くなり、熱交換器（HX）設計を大幅に変更する必要がある。したがって、本研究は、より小径（5 mm）のHXと最適化された回路を用いたシステム全体の最適化に焦点を当てている。

米国エネルギー省のオークリッジ国立研究所のヒートポンプ設計モデル[1]を使用してヒートポンプの性能をシミュレーションした。本モデルは実験データを使用して検証されている[2]。冷媒特性の計算にはREFPROP 10.0 [3]を用いた。5 mmチューブHXの適切なシミュレーションを確実にするために、小径チューブ用に開発された空気側相関関係[4]を用いた。9 mmのR-410Aベースラインシステムには、Wang氏らのモデル[5]を用いた。

低GWP冷媒はHVACシステムから発生するCO₂換算直接排出量を大幅に削減できる。しかし、間接的なCO₂排出量の削減には高効率システムが必要である。本研究ではR-410A住宅用ヒートポンプ（5トン）をR-32、R-454A、R-454B、R-454CおよびR-455Aを用いて最適化した。これらの候補冷媒のうちR-455AとR-454CはGWPが最も低いが、体積能力が低く、温度グライドが大きい。5 mmチューブ熱交換器を用いた最適化の結果、12.4～19.1%の効率改善と、13～33%のライフサイクルCO₂排出量削減となった。

本研究から得られた最適化された5mmチューブ熱交換器は元のR-410Aシステムの筐体に収まり、製造と据付における変更を最小限に抑え、メーカーとエンドユーザーへの影響を軽減する。提案するアプローチでは、費用対効果の良い低GWPリバーシブルヒートポンプを生み出すための生産および据付の方法を確立している。

本研究は、次世代空調システムの設計における人工知能、すなわち最適化の有用性を明確に示している。しかしながら、圧縮機等の他の部品も新しい低GWP冷媒用に適切に設計する必要があるため、重要な課題がまだ残されている。

Samuel Yana Motta, Distinguished R&D Scientist, Oak Ridge National Laboratory

この文章はHPCによって短縮されています。

[記事全文はこちら>>](#)

その他の記事：高効率冷暖房用エジェクター付きリバーシブルCO2冷媒ヒートポンプ

CO2が冷媒として初めて登場したのは19世紀半ばのことである。20世紀前半にCO2はいわゆる安全な冷媒に置き換えられた。1974年になってオゾン仮説が浮上し、政治家は1987年にモントリオール議定書に対応し、採択した。それ以来、合成冷媒の規制と禁止は着実に増加しており、その間に第4世代の合成冷媒、いわゆるHFOに到達した。これらは現在、化学・冷媒業界が解決策の候補として普及させているが、分解生成物が地表水に蓄積する可能性があり、分解が困難であり、最終的に飲料水に蓄積する可能性もある。HFO冷媒は前の3世代同様、長期的な解決策でなく、将来も使用できる冷媒は天然冷媒のみだと予想される。これらは主に二酸化炭素（CO2）、アンモニア（NH3）、および炭化水素のグループ（プロパンなど）である。

スイスのルツェルン地区にある有名なショッピングセンターは2019/2020年に改修され、既存の化石燃料を用いた冷暖房システムが2台のエジェクター付きリバーシブルCO2冷媒エア・トゥ・ウォーターヒートポンプに置き換えられた。2台のヒートポンプは1.1MWの暖房能力と1.3MWの冷房能力を供給する。自然冷媒を用いた持続可能で先見性のある技術を開発するため、設備投資とライフサイクルコストの増加が受け入れられた。本プロジェクトは、スイス連邦エネルギー局の支援を受けた。ヒートポンプの試運転以来、運転は調査されており、貴重な経験が得られている。

ショッピングモール内のスーパーマーケットの業務用冷凍システムは、エジェクター付きCO2ブースターシステムを基本としている。CO2ブースターシステムの廃熱は、給湯と施設の暖房に優先的に使用される。追加の冷暖房需要は2台のリバーシブルCO2冷媒エア・トゥ・ウォーターヒートポンプで供給される。リバーシブルヒートポンプには、最終的にできるだけ高効率を達成するためエジェクターも装備されている。

要約すると、エジェクター付きリバーシブルCO2冷媒エア・トゥ・ウォーターヒートポンプは、2019年秋から正常に稼働している。それらの運転挙動と個々の運転モードについて貴重な知見が得られている。その間、同じCO2技術に基づくフォローアップの現場では、既に試運転が正常に完了している。フォローアップの現場では効率向上が計測されており、関連する結果が最初の現場から導かれ、それらが正常に組み込まれたことを明確に示している。

フォローアップの現場の見通しでは、システム設計と運用の調整によってCOPがモデル比で約8%増加することが確認されている。さらなるフォローアップの現場では、さらなる効率向上が達成できると想定される。エネルギーの最適化に加えて、システムが簡素化され、初期投資と運用コストが削減された。合成冷媒の生態系に対する懸念、およびCO2に毒性も可燃性も無いという事実、そして最後に、効率面で達成された進歩を考慮すると、著者らはエジェクター付きリバーシブルCO2冷媒エア・トゥ・ウォーターヒートポンプが、改修された建物の冷暖房において大きな役割を果たすと確信している。

Jonas Schönenberger, Head of Research and Development, Frigo-Consulting AG

この文章はHPCによって短縮されています。

[記事全文はこちら>>](#)

Homepage

Contact us

Forward to a friend

RISE

Newsletter hosted by

RISE Research Institutes of Sweden



Unsubscribe

この HPT Magazine 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 HPT TCP 日本事務局 旭 貴弘
TEL: 03-5643-2404 FAX: 03-5641-4501
e-mail: asahi.takahiro@hptcj.or.jp