ヒートポンプ技術
マガジン

Vol.44 No.1 / 2026

「ヒートポンプにおける可燃性冷媒：安全性、規格、およびベストプラクティス」

ヒートポンプテクノロジーマガジン 1／2026 号へようこそ!

ヒートポンプテクノロジーマガジン 2026 年第 1 号へようこそ。本号は「**ヒートポンプにおける可燃性冷媒：安全性、規格、およびベストプラクティス**」をテーマとして特集しています。これは、ヒートポンプ業界の近未来の動向を左右する最も重要な課題の一つです。

業界が地球温暖化係数（GWP）の低い冷媒への移行を加速させる中、炭化水素や微燃性 HFO を含む可燃性作動流体は、住宅、商業、産業の各分野においてますます重要な役割を果たしています。これらの作動流体は、優れた熱力学的性能と環境への影響の少なさから、脱炭素化を実現するための重要な要素となっています。一方で、その可燃性には安全面での懸念が伴うため、バリューチェーンのあらゆる段階において、信頼性が高く拡張性のある導入を実現するために、厳格に対処する必要があります。

本号では安全性を最重要課題とし、システム設計、部品選定、設置方法、監視戦略、運用手順を既存および新たな規格に適合させることで、性能を損なうことなくリスクを軽減する方法を検証します。また、市場での普及を促進するために、規制の枠組み、認証制度、ベストプラクティスガイドラインがどのように進化しているかについても取り上げます。

「ヒートポンプにおける可燃性冷媒：急速に変化する市場におけるリスク管理」と題された**序文**では、環境規制、冷媒の入手可能性、安全管理体制の強化により、業界における可燃性作動流体への取り組み方を再構築している現状を検証し、本書の戦略的な背景を明らかにしています。

本コラムでは、「韓国の脱炭素化の鍵となるヒートポンプ」と題し、アジアで最も活気のあるエネルギー市場の一つにおける韓国のヒートポンプ政策と導入状況について、国家規模の視点から考察します。

話題の記事

「**R-290 の漏洩に関する実験的考察**」（Esmaeelian ら、スウェーデン王立工科大学）は、制御された液体および蒸気条件下における R-290 の漏洩動態を調査し、現在の定常状態安全モデルでは捉えきれない過渡的な圧力および相変化の影響を実証しています。この研究結果は、IEC 60335-2-89 に基づく充填量制限の計算に直接関連性があります。

「**可燃性冷媒の性能を安全かつ正確に評価するための技術**」（Barta および Ziviani、米国パデュー大学）は、北米、アジア、欧州での経験に基づき、システム、部品、流体レベルでの A3 冷媒試験のための実験インフラについて記載しており、湿気測定器、圧縮機試験台、熱物性試験装置、可燃性試験施設などを網羅している。

「**ポリオールエステル（POE）潤滑油を用いた低 GWP HFO 冷媒の化学的安定性に関する問題**」（Ignatowicz ら、スウェーデン王立工科大学）では、高温劣化条件下における POE 潤滑油と組み合わせた R1234yf および R1234ze(E)の劣化メカニズムを調査し、実際の設備から採取したサンプルを用いて検証された水による重合経路および潤滑油による重合経路を特定しています。

「**大型商業・産業用ヒートポンプの導入による廃棄物発電プラントからの再生可能地域熱供給**」（Gandini、Studio Gandini SRL、イタリア）では、ブレシア廃棄物発電プラントの事例研究が紹介されています。この事例では、R1234ze(E)を使用する 9 台の大型ヒートポンプにより、燃焼投入量を増やすことなく、熱出力が 33%増加し、プラント全体の効率が 82%から 98%に向上しました。これは、産業規模での HTHP 技術と A2L 冷媒の導入が有効であることを示す説得力のある実証例です。

National Market Section

National Market 特集では、スイスに焦点を当て、欧州で最も先進的なヒートポンプ市場の一つであるスイスにおける導入動向、政策的要因、市場動向を分析した独占的な**ヒートポンプ市場レポート**をご紹介します。

本号が、ヒートポンプ技術における可燃性冷媒の現状について、技術的に実質的かつ実践的な視点を提供し、あらゆる分野における暖房の安全で効率的かつ拡張性のある脱炭素化の推進に取り組むすべての人々にとって有益な参考資料となることを願っております。

Enjoy your reading!　　*どうぞお楽しみください！*

Dr Metkel Yebiyo, Editor
Heat Pump Centre

The central communication activity of the Technology Collaboration Programme on Heat Pumping Technologies (HPT TCP)

ヒートポンプ技術マガジンを購読する

ニュースや最新情報、更に詳しい情報については、ウェブサイトをご覧ください

Read HPT Magazine NO 1 /2026

記事

序文

ヒートポンプにおける可燃性冷媒：急速に変化する市場におけるリスク管理

By senior professor Björn Palm, Department of Energy Technology, KTH Royal Institute of Technology, and Operating Agent for HPT Project 64

HPT マガジンの本号のテーマは、ヒートポンプにおける可燃性冷媒です。プロパンを使用した製品が急速に増加している現状を踏まえると、これはまさに時宜を得たテーマと言えます。Keymark ヒートポンプデータベースによると、EU 市場におけるプロパン製品のシェアは、2021 年の 3%から 2024 年には 38%へと上昇しました。実際の販売統計は入手できませんが、ドイツの補助金申請に基づく推定では、2022 年にはすでに市場シェアが約 20%に達していたことが示されています。しかし、炭化水素ヒートポンプの市場はここ数年で大幅に拡大したものの、これらの製品は以前から市場に出回っていました。2008 年には、すでに 50 機種以上の炭化水素ヒートポンプモデルが市販されていました。

可燃性は、炭化水素系システムだけでなく、他のシステムでも考慮すべき問題です。低 GWP 合成冷媒の多くも、リスクは低いものの可燃性です。そのため、可燃性冷媒を使用するシステムを安全に設計する方法を検討することが重要です。ヒートポンプに関しては、2024 年に改訂された国際製品規格 IEC 60335-2-40 が既に存在し、ガイドラインとして利用できます。EU では、間もなく EN 378 の改訂版が発行される見込みです。また、Stig Rath 氏と Harald Erös 氏による、可燃性冷媒の安全性に関する優れた新著『Propane, Naturally Safe!』も出版されています。

安全性を高めるためには、冷媒充填量を制限することが重要です。従来の HFC や HCFC 冷媒では、漏洩しても周囲の環境への脅威とならなかったため、充填量の削減は重要視されていませんでした。そのため、システムや部品は充填量の削減を考慮して設計されていませんでした。しかし、可燃性冷媒の場合、異なる視点での検討が必要となります。このテーマに焦点を当てた複数の研究プロジェクトが行われており、12kW の水熱源ヒートポンプをわずか 120g のプロパンまたはイソブタン（つまり 10g/kW）で設計・運転できることが実証されています。市場には、容量 6〜7kW、充填量 152g（21〜25g/kW）の製品がいくつか出回っています。今後数年間で、単位容量あたりの充填量はさらに減少していくと予想されます。

安全に関するその他の課題としては、漏洩時に冷媒濃度が高くなるのをどう防ぐかという点

があります。どのような種類の漏洩が想定されるでしょうか？特定の穴径を通る冷媒の質量流量はどれくらいでしょうか？この流量は時間の経過とともにどのように変化するでしょうか？どの程度の冷媒が漏洩するのでしょうか？また、放出される冷媒量をどのように制限できるのでしょうか？室内の空気循環を維持し、温度成層化を防ぐにはどうすればよいでしょうか？これらの質問や同様の質問への回答は、可燃性冷媒を用いた安全なシステムを設計・設置するために重要です。研究によって既にいくつかの回答が得られていますが、さらなる研究が必要であり、これらの結果を基に規格の改訂を行う必要があります。IEA HPT Project 64「可燃性冷媒の安全対策」では、これらの課題に取り組んでおり、1 年以内に最終報告書を提出する予定です。この研究の一部は、本号の HPT マガジンにおいて特集記事として掲載されています。

最後に、プロパンを冷媒として使用する際のリスクは真剣に受け止めるべきですが、このガスは 100 年にわたり家庭用燃料として使われてきました。密閉型ヒートポンプシステムで使用しても、危険性が高まることはありません。

Read more >

コラム

韓国の脱炭素化の鍵となるヒートポンプ

By Minsung KIM, Professor, Chung-Ang University, Republic of Korea, ExCo alternate delegate to the IEA HPT TCP

韓国はエネルギー転換において大きな転換期を迎えています。これまで、国のエネルギー政策は、主に「脱炭素型発電の拡大」と「安定的な電力供給の維持」という 2 つの優先事項によって形成されてきました。韓国では、脱炭素エネルギーには再生可能エネルギーと原子力発電の両方が含まれ、これは同国の脱炭素化に対する包括的なアプローチを反映しています。一方で、韓国の電力系統は独立しており、国外との連携も限られているため、電力供給の安定確保とピーク需要の管理は特に重要な課題となっています。こうした状況下で、国のエネルギー戦略は、信頼性の高い脱炭素発電の確保を最優先課題としつつ、大規模な火力発電の導入に対しては慎重な姿勢をとってきました。

この政策の方向性は、2025 年 10 月に気候・エネルギー・環境省が発足したことを機に具体化し始めました。これは、気候、エネルギー、環境政策を統一的な統治構造の下に統合する上で重要な一歩となりました。同時に、同省内に熱産業局が設置され、熱エネルギー部門が韓国の脱炭素化戦略の中核を担うべきであるという認識が高まっていることを反映したものです。冷暖房が最終エネルギー消費量の大部分を占めるため、熱エネルギーシステムの変革は、カーボンニュートラル達成に向けた重要な課題としてますます注目されています。

2026 年 3 月 10 日、「新再生可能エネルギー法」の改正施行令が正式に公布され、韓国の再生可能エネルギー枠組みにおいて空気熱源ヒートポンプシステムが正式に認められるとい

う象徴的な節目を迎えました。これは重要な政策転換であった。これまで低炭素エネルギーシステムにおけるヒートポンプの役割が拡大しているにもかかわらず、制度上認められていたのは水熱源および地中熱ヒートポンプシステムのみでした。したがって、空気熱源ヒートポンプシステムの導入は、単なる技術的な改正以上の意味を持ちます。これは、韓国が国家の脱炭素エネルギー政策における重要な道筋として、熱の電化を正式に認識し始めたことを示しています。

現在、政策の方向性から実際の実施へと注目が移りつつあります。特に、従来の家庭用ボイラーからヒートポンプシステムへの大規模な移行は、国の電力系統だけでなく、住宅地の地域配電網にも多大な影響を及ぼすと予想されます。一日の特定の時間帯に集中する家庭用温水需要のパターンは、綿密な計画なしに電化が進めば、局地的な電力ピーク負荷が大幅に増加する可能性があります。需要予測や負荷管理戦略を講じたとしても、電力需要の増加や送電網のさらなる強化は避けられないでしょう。そのため、送電網の安定性と供給の信頼性を維持しながら、熱の電化をどのように拡大していくかという点に議論の焦点が移りつつあります。

電力市場改革、送電網の柔軟性、そして電気暖房システムに対する一般市民の受容など、依然として課題は残されています。しかしながら、全体的な方向性はますます明確になってきています。韓国は今、発電中心の戦略から脱却し、エネルギーシステム全体のより広範な変革へと移行しつつあります。ヒートポンプを中心とした政策の拡大と、韓国の再生可能エネルギー枠組みにおける空気熱源ヒートポンプシステムの公式な位置づけは、持続可能で脱炭素な未来にむけた大きな転換の始まりを告げるものです。

Read more >

話題の記事

R-290 の漏洩に関する実験的考察

Jafar Esmaeelian, Björn Palm, Rahmatollah Khodabandeh, Hatef Madani KTH Royal Institute of Technology, Sweden

R-290 などの炭化水素系冷媒は、環境への影響が少ないことからヒートポンプでの使用が増加しているが、可燃性のため漏洩挙動を正確にモデル化する必要があります。本研究では、簡略化された実験装置を用いて、制御された液体および気体条件下における漏洩挙動を調査しました。その結果、液体の漏れは初期には質量流量が著しく増加するものの、圧力低下と冷却により急速に減少するのに対し、気体の漏れはより長く持続し、内部冷却をより強く引き起こすことが分かりました。これらの知見は、過渡現象の重要性を浮き彫りにするとともに、IEC 60335-2-89 などの規格における安全モデルや充填量制限計算の改善に役立つ貴重な情報を提供します。

Read more >

ポリオールエステル（POE）潤滑油を用いた低 GWP HFO 冷媒の化学的安定性に関する問題

Monika Ignatowicz, Saman Nimali Gunasekara, Björn Palm, Rahmatollah Khodabandeh, KTH Royal Institute of Technology, Sweden

化学的に安定した冷媒のみが、長寿命と安定した運転を保証できます。本論文の目的は、水およびポリオールエステル（POE）潤滑油を併用し、100℃までの温度条件下で 21 日間実施した実験室管理下のハイドロフルオロオレフィン（HFO）の化学安定性試験結果を、実際の設備からの冷媒サンプルと比較することです。結果は、HFO が POE 潤滑油、水、または POE 潤滑油と水の混合物の存在下で異なる重合プロセスを起こすことが示されました。さらに、対照冷媒サンプルでは水の含有量が非常に高く、水が分解副生成物の 1 つであることが確認されました。

Read more >

可燃性冷媒の性能を安全かつ正確に評価するための技術

Riley B. Barta & Davide Ziviani, Ray W. Herrick Laboratories, Purdue University, Mechanical Engineering, USA

蒸気圧縮サイクル用途において炭化水素系冷媒の人気が高まり続ける中、A3 冷媒とそのシ

ステムを試験するための安全で信頼性の高い研究開発インフラが不可欠となっています。本稿では、A3 作動流体およびその流体自体を用いたシステムや構成部品の特性を評価するために設計された実験インフラの背景と事例を紹介します。その応用範囲は超低温冷凍から高温ヒートポンプまで多岐にわたり、北米、アジア、欧州の各地域における展望についても解説します。

Read more >

話題以外の記事

大型商業・産業用ヒートポンプの導入による廃棄物発電（WtE）プラントからの再生可能地域熱供給

Jacques Gandini, Managing Director of Studio GANDINI S.R.L., the Italian independent consulting company specialized in residential, commercial, and industrial heat pumps

ヒートポンプ技術（HPT）は、住宅、商業、産業などあらゆる分野において、一次エネルギー消費量の低減と再生可能エネルギーの大幅な活用を同時に実現する有効な解決策と考えられています。例えば、産業プロセスやデータセンターの排熱など、本来は不要な熱を熱源として活用することも含まれます。

廃棄物発電プラントで発生する廃熱は、大気中に放出される代わりに、大型産業用ヒートポンプの熱源として効率的に利用することが可能となり、現在では十分に実用化が進んだ HTHP（高温ヒートポンプ）や VHTHP（超高温ヒートポンプ）などの新世代の熱回収システムを導入することができます。

本稿で取り上げる具体的な事例は、イタリアのブレシアにある廃棄物発電プラントです。このプラントでは、高温ヒートポンプによる熱回収を実現したことで、既存のプラントの 180 メガワットに加えて、熱出力容量を 33%（実に 60 メガワット増）増加させ、既存の廃棄物発電システムの燃焼レベルを維持しつつ、全体的なエネルギー効率を 20%向上させることができました。これは、大型高効率ヒートポンプを用いた熱回収を、産業用燃焼プラント（大規模なものも含む）と組み合わせることが、既存の技術で既に実現可能であることを示す好事例と言えるだろう。

Read more >

National Market Report

スイス：ヒートポンプ市場レポート

Stephan Renz, Pierre-Guillaume Christe, Elena-Lavinia Niederhäuser, Switzerland

2023 年に 43,150 台のヒートポンプが販売されピークを記録した後、2024 年と 2025 年には販売台数は約 30,000 台に減少しました。スイスは、2050 年までにエネルギー供給における温室効果ガス（GHG）排出量を実質ゼロにするための包括的な法制度を整備しており、国民から大きな支持を得ています。しかし、これらの目標を達成するには、現在よりもはるかに多くのヒートポンプを設置する必要があります。目標達成のためには、ヒートポンプの販売台数をほぼ倍増させなければなりません。これは特に、2000 年以前に建設された古い建物において当てはまります。

Read more >

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　　上ノ土　晋
TEL　　：03-5643-2404　　FAX：03-5641-4501
e-mail　　：uenotsuchi.susumu@hptcj.or.jp