

ヒートポンプ技術 マガジン

Vol.43 No.3 / 2025

「産業用ヒートポンプ：高温ソリューションの先駆け」

ヒートポンプテクノロジーマガジン 3/2025 号へようこそ!

本号へようこそ。本号では、エネルギー転換における最重要課題の一つである**産業プロセス熱の電化と脱炭素化**に焦点を当てます。産業用途における**高温ヒートポンプ**の役割が急速に進化していることを特集し、技術革新がどのように性能の限界を押し広げ、かつては実現不可能と考えられていたソリューションを可能にしている実態を検証します。

世界の最終エネルギー需要の大きな割合を産業部門が占めており、その消費の大半をプロセス熱が占めています。低温・中温用途では既にヒートポンプ技術の導入が進んでいますが、**100°C**を超える温度域において信頼性が高く効率的かつ費用対効果に優れた熱供給を実現することは依然として重要な課題です。同時に、これは化石燃料への依存度と産業部門の温室効果ガス排出量を削減する大きなチャンスの一つでもあります。こうした背景のもと、本号では、冷媒技術、システムアーキテクチャ、デジタル設計手法、統合コンセプトの進歩が、多様な産業分野における高温ヒートポンプの導入をどのように加速させているかを探ります。

「産業用ヒートポンプ — 産業の革新への限界を拡大」と題された**序文**は、気候変動対策と競争力強化の目標達成における産業用ヒートポンプの戦略的重要性を考察し、その背景を明らかにします。漸進的な改善にとどまらず、システムレベルの革新、新たな運用性能、そして産業プロセスとのより緊密な統合を推進する必要性を強調しています。

コラム「ヒートポンプ革命の加速：ビジョンから産業的現実へ」では、議論は野心的な目標から実装へと移ります。本コラムでは、高温ヒートポンプをパイロットプロジェクトから主流の産業ソリューションへと移行させるために、政策の枠組み、市場環境、技術的成熟度をどのように整合すべきかを取り上げ、拡張性、資金調達の可能性、産業的信頼性の重要性を強調しています。

本号の**特集記事**では、産業用ヒートポンプ導入の主要な推進要因について、詳細な技術的知見を提供します。寄稿記事では、高温用途向けの冷媒選定と先進的なサイクル構成、システム設計・統合における自動化・データ駆動型アプローチ、そして大幅な温度上昇を克服できる革新的なシステム概念について検証します。これらの記事は、基礎的な熱力学研究と応用工学の融合が、ヒートポンプの新たな産業用途を開拓する過程を明らかにします。

本号には、特集記事に加え**話題以外の記事**として、エネルギー集約型システム向けの AI 駆動型予測制御戦略を探求する記事が掲載されており、デジタル化とインテリジェント制御により複雑な熱システムの効率と運用性能をさらに向上できる点を強調しています。

National Market セクションでは、独占的な**ヒートポンプ市場レポート**を通じて**スウェーデン**に焦点を当てています。スウェーデン市場は、強力な政策支援、産業革新、システム統合の専門知識が、新興産業用途を含む先進的なヒートポンプ技術の普及にいかにより有利な条件を創出できるかについて、貴重な知見を提供します。

2025 年第 3 号は、高温ヒートポンプがニッチな解決策から産業用エネルギーシステムの中核部品へと移行する過程を包括的に示しています。本号が、ヒートポンプの導入を加速させ、持続可能な産業用熱への世界的な移行を推進する産業界、研究機関、政策の各分野の関係者に対し、情報提供と啓発、そして支援となることを願っています。

Enjoy your reading! どうぞお楽しみください！

Dr Metkel Yebiyi, 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 NO3/2025](#)

序文

産業用ヒートポンプ — 産業の革新への限界を拡大

By Benjamin Zühlsdorf, Innovation Director, PhD, Danish Technological Institute, Denmark bez@dti.dk

産業用ヒートポンプは、産業プロセス加熱の脱炭素化における画期的な技術として確固たる地位を確立しています。高いエネルギー効率と電化を組み合わせることで、幅広い低温・中温用途における最適な解決策となり、化石燃料ボイラーの代替として、排出量と運用コストを削減します。

しかし、その重要性は気候変動政策をはるかに超えています。燃料価格の変動と地政学的不確実性に左右される環境において、産業用ヒートポンプはますます戦略的資産として注目されています。産業用ヒートポンプはエネルギーコストの低減と予測可能性の向上を通じて競争力を強化し、輸入燃料への依存度を低減します。これらの要因は、企業や国にとって急速に重要な意思決定の決め手となりつつあり、市場への普及をさらに加速させる可能性があります。

同時に、より広範なエレクトロテック革命が普及を加速させています。再生可能電力の急速な普及、パワーエレクトロニクスとデジタル化の進歩、そしてセクターカップリングの進展は、いずれも電化プロセス熱のビジネスケースを強化しています。産業用ヒートポンプはこの開発の中核を担い、ますます増加するグリーン電力と余剰熱を、信頼性の高い高付加価値の産業用熱へと変換しています。

[IEA HPT Project 68](#) の最新の成果は、技術開発が順調に進展していることを示しています。技術ポートフォリオは拡大しており、**200°C**を大幅に超える温度を実現するシステムを含め、より多くのサプライヤーとソリューションが利用可能になっています。特に **140°C**までの温度範囲では、商業化と競争が激化しており、多様な用途にわたるプロジェクトの増加を通じて市場への浸透が進んでいることが確認できます。自然冷媒が新たな開発の大半を牽引する一方、複数のサプライヤーが実績ある圧縮機、熱交換器、その他の主要部品を基に開発を進めるにつれ、部品のサプライチェーンも拡大しています。実際のプロジェクトから得られた経験により、統合が重要であることが裏付けられています。インテグレーターとプロセス機器サプライヤーの役割は、最適な設計、性能、信頼性を確保する上で極めて重要です。

この可能性を最大限に引き出すには、明確な意識改革が必要です。エンドユーザーは、単なる燃料代替から、効率化、電化、そしてヒートポンプをプロセス全体へスマートに統合することを中心に、プロセス熱供給の見直しを進めなければなりません。この変革は、技術プロバイダー、インテグレーター、プロセス機器サプライヤーから、産業エンドユーザー、研究者、公益事業体、政策立案者に至るまで、バリューチェーン

全体にわたる緊密な連携によってのみ実現可能です。

最新の開発動向を把握し、このコミュニティと交流するには、2026年1月21日と22日にコペンハーゲンで開催される [高温ヒートポンプシンポジウム](https://hthp-symposium.org/) (<https://hthp-symposium.org/>) が最適です。このヒートポンプ技術マガジンが、産業用ヒートポンプの可能性を探るきっかけとなれば幸いです。HTHP シンポジウムで皆様と議論を深められることを楽しみにしております。

[Read more >](#)

コラム

ヒートポンプ革命の加速：ビジョンから産業的現実へ

By Rainer M. Jakobs, Alternate Delegate of Germany, IEA HPT TCP, PhD, Information Centre on Heat Pumps and Refrigeration IZW e.V

Jakobs@izw-online.de

ヒートポンプ (HP) の現状はどうなっているのでしょうか？ HP 技術は限界に達しているのでしょうか？ HP はどの温度範囲と能力を実現できるのでしょうか？ 近年、どのような技術進歩がありましたか？ 効率向上に向けた大きな前進はまだ可能でしょうか？。

欧州ヒートポンプサミットは、これらのテーマに関してどのような知見をもたらしたのでしょうか？ サミットは 2025 年 10 月 28 日～29 日に、世界のエネルギー転換における重要な局面において、第 9 回大会として開催されました。ヒートポンプ業界は、政治的関与、技術革新、市場の勢いが融合し、建物の暖房や産業用の電力供給方法を再構築する、前例のない転換点に立っています。

欧州の HP 市場は目覚ましい変貌を遂げました。2022 年の販売台数は記録的な 38% 増の 300 万台に達し、市場は成長路線を継続しています。欧州全域で 2,500 万台を超える HP が導入されており (2024 年末時点)、冷暖房の在り方に根本的な変革が起こりつつあります。欧州の HP 市場は今年、ばらつきはありますがわずかながら回復を見せています。2025 年上半期における欧州 13 カ国の販売台数は、2024 年の同時期と比較して平均 9% 増加しました。このわずかな回復にもかかわらず、市場全体の信頼感、記録的な販売実績を上げた 2022 年よりも依然として低い水準にあります。各国の専門家によると、政策の不確実性と補助金の縮小が成長を妨げています。(出典: EHPA)。

住宅用途が初期の成長を牽引しましたが、産業用ヒートポンプが次の重要なフロンテ

イアとなります。産業用エネルギー消費の3分の2以上をプロセス熱が占め、依然として化石燃料が主流であることから、その変革の可能性は計り知れません。同時に、産業用投入エネルギーの20~50%が廃熱として失われており、これは未活用の循環型エネルギー資源となっています。

サミットでは、技術的・経済的限界を押し広げる産業用アプリケーションに関する画期的な発表が行われました。例えば、廃熱を215°Cの高圧蒸気に変換する技術や、50MWthのソリューションの提供です。（ルートヴィヒスハーフェン地区のBASF本社工場にヒートポンプ導入など）これらは大規模な実運用における実用性を実証しています。

プログラムは、HPアプリケーションの高度化を反映した内容でした。デンマークのEsbjerg Mega HPは、地域熱供給の統合に成功した事例を紹介しました。また、化学、石油化学、食品飲料、製紙・パルプ分野における応用に関するプレゼンテーションでは、各業界に特化したソリューションが紹介されました。これらの事例に基づくケーススタディは、複雑な産業変革を乗り越えるための実践的な知見を提供しました。

ヒートポンプ技術とデジタル化、IoT機能の融合により、新たな最適化の領域が拓かれます。包括的なhardware-in-the-Loopの試験施設は、コンセプトから導入までHPの革新を加速させます。複数のサイクル構成を備えた多用途のテストベンチを用いることで、あらゆる運転範囲における安全性と性能を考慮した冷媒選定とシステム設計を最適化します。モデル予測制御（MPC）ソリューションを用いたエネルギー管理の未来は、包括的な建物エネルギーシステムにおいて徹底的に検証されます。（出典：RWTHアーンヘン工科大学）

冷媒規制の継続的な進化は依然として重要であり、業界全体の協力と革新が求められています。Fガス規制の改正やPFASに関する議論には、従来の指標を超えた考察が求められます。地球温暖化係数（GWP）は依然として重要ですが、総等価温暖化影響（TEWI）やライフサイクル気候性能（LCCP）を用いた包括的な評価により、環境への影響をより正確に把握できます。

欧州ヒートポンプサミットの内容は、ヒートポンプ（HP）分野の継続的な進化と、様々な応用分野における重要性の高まりを反映していました。市場分析や政策枠組みに加え、デジタルシミュレーションに基づくモデリング手法、産業向けHPソリューション、メガワット規模の地域熱供給といった最先端の話題にも焦点が当てられました。エンジン製造や機械建設分野の既存企業でさえ、HP技術への取り組みを強化していることは注目に値し、それによりこの分野の継続的な発展に貢献しています。

[Read more >](#)

話題の記事

高温ヒートポンプ向け流体スクリーニング

Niclas Kalter, Cedric Kötting, Anna Halle, Matthias Mersch, Christian Vering, Dirk Müller

製紙業界は、エネルギー消費量が最も多い分野の一つです。約 130°C という要求温度において高温ヒートポンプの実用化が進んでおり、プロセスを効率的に脱炭素化する可能性を秘めています。しかしながら、ヒートポンプの効率は、サイクル構成と冷媒選択の両方に大きく影響されます。そこで、本研究では、亜臨界および遷臨界ヒートポンプサイクルに適した低 GWP 冷媒のスクリーニングを実施し、標準サイクル構成と強化蒸気注入サイクル構成の両方を評価しました。その結果、検討対象のほとんどの冷媒が、一般的に使用されている従来冷媒 R245fa よりも成績係数 (COP) と体積加熱容量 (VHC) の両方で優れていることがわかりました。

[Read more >](#)

専門家による決定から自動化へ：産業用ヒートポンプの設計と統合

Mostafa Babaei, Institute for Environmental Sciences, University of Geneva, Switzerland

高温ヒートポンプは産業の脱炭素化の礎となりつつあり、化石燃料ベースの加熱をクリーンで効率的な代替手段に置き換える道筋を示しています。しかし、それらを効果的に統合する方法と場所を決定することは、エンジニアやプランナーにとって依然として大きな課題です。従来のシステム設計は専門家の判断と手作業による反復作業に依存していましたが、この手法では産業の変革のスピードや多様なプロセス条件に対応するには時間がかかりすぎます。本稿では、物理ベース推論とデータ駆動型アルゴリズムを組み合わせることで、設計と統合を自動化し、産業用熱の電化をより迅速かつ効率的に実現する方法を検証します。

[Read more >](#)

大幅な温度リフト：主要な課題か？産業プロセス熱の未来

Christoph Rau, SPH Sustainable Process Heat GmbH, Germany

産業界は、プロセス熱を可能な限り効率的かつ持続的に供給するという課題に直面しています。一般的な廃熱源を活用できる産業用ヒートポンプは、大きな可能性を秘めています。しかしながら、必要とされる高温とそれに伴う温度上昇は、従来のヒートポンプ技術にとってしばしば課題となります。革新的な高温ヒートポンプは、従来システムの限界を押し広げ、廃熱の効率的な利用を可能にします。

[Read more >](#)

話題以外の記事

AI を活用したデータセンター HVAC システムの予測制御

Mamtakumari Chauhan, Jones Lang LaSalle Inc., USA

データセンターはエネルギー消費の大部分を冷却に費やしており（多くの場合 30～40%）、効率化には HVAC の最適化が不可欠です。従来のルールベースの HVAC 制御では、動的なサーバー負荷や変化する環境条件に容易に適応できず、エネルギーの無駄が生じます。本稿では、IoT センサーデータ（温度、湿度、IT 負荷）と機械学習モデル、具体的には時系列予測（Long Short-Term Memory (LSTM) ニューラルネットワークなど）を強化した強化学習（RL）エージェントを統合する、データセンター冷却用の AI 駆動型予測制御フレームワークを提案します。この RL エージェントは、冷却需要を予測し、HVAC 運用を継続的に最適化することで、最適な冷却戦略（気流や温度設定値の調整など）を学習します。シミュレーションケーススタディとパイロット導入により、AI ベースのアプローチは従来の制御と比較して冷却エネルギー使用量を約 15～25%削減できることが実証され、施設の電力使用効率（PUE）が向上し、IT 機器にとって安全な温度環境が維持できます。これらの結果は、データセンターの持続可能性と運用の信頼性を向上させるための、インテリジェントな予測型 HVAC 制御の可能性を浮き彫りにしています。

[Read more >](#)

National Market Report

スウェーデン：ヒートポンプ市場レポート

Metkel Yebiyu, Research Institute of Sweden, Sweden

スウェーデンは依然として世界で最も成熟し飽和状態のヒートポンプ市場の一つです。戸建て住宅への普及率の高さから、市場の動向は「新規導入」から「更新・最新化」へと大きくシフトしています。業界は記録的な成長期を終えましたが、2024年は経済的な逆風により短期的な需要が著しく冷え込む見込みです。しかし、長期的な見通しは依然として非常に明るいと見られています。スウェーデンのヒートポンプ統計は、スウェーデンヒートポンプ協会（Svenska Kyl & Värmepumpföreningen、SKVP）によって収集されており、同協会は1982年以降の販売状況を追跡し、四半期ごとにデータを公表しています（図1参照）。本レポートで使用したデータは、SKVPのウェブサイトから抜粋したものです。

[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く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 竹内 章洋

TEL : 03-5643-2404

FAX : 03-5641-4501

e-mail : takeuchi.akihiro@hptcj.or.jp