



IEA HPT Magazine No 3/2020



国内版第 49 号 (2021 年 1 月 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

## Digitalization as an enabler for a robust, flexible and sustainable energy system

HATEF MADANI, KTH, SWEDEN, AND AIT, AUSTRIA

"WE SHOULD START THE PROCESS BY IDENTIFYING  
THE MAJOR PROBLEMS AND CHALLENGES AND  
THEN USE DIGITALIZATION AS A TOOL TOWARDS A  
MORE SUSTAINABLE FUTURE."

VOL.38 NO 3/2020

ISSN 2002-018X

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 IEA Heat Pumping Technologies MAGAZINE を日本語要約したものです。原文の IEA 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.38 NO.3 / 2020

この号では・・・

デジタル化は多くの分野で成功要因となります。もちろんエネルギーシステムも例外ではありません。デジタル化によってエネルギーシステムはさらに強く柔軟で持続可能なものになる可能性があります。この号ではヒートポンプ技術に関するデジタル化の可能性に着目します。

まえがきでは、「デジタル化」という用語が一般的に使用されているものの必ずしも厳密に定義されているわけではないこと、そして、その技術をどのように組み合わせるかを理解することで、より成熟した技術の成果を実際により引き出すことができる可能性があることを指摘しています。

1 つ目の特集記事ではエネルギーコストの削減にデジタル化が用いられています。日射熱取得を予測して制御するアルゴリズムの開発プロジェクトについて記述しています。この技術によって居住者の快適性を損なうことなくエネルギーコストを削減することができます。2 つ目の特集記事ではヒートポンプシステムコントローラーの試験における、いわゆるコントローラーインザループの手法について詳述しています。この種の試験は試作品による試験よりも省コストであり、ソフトウェア上の試験よりも実運転に近いものとなります。

戦略的展望では、中国のヒートポンプ市場の発展について見るすることができます。一つの原動力となっているのは石炭から電気へのエネルギー転換プロジェクトです。政府がこの先進的な取り組みを支援しており、中国におけるヒートポンプの先行きは良好に見受けられます。

4月に開催される第13回 IEA ヒートポンプ会議のために予定を空けておいてください。オンラインでもご参加いただけます！

それではお楽しみください！

Johan Berg, 編集者  
ヒートポンプセンター

-ヒートポンプ技術に関する技術協力プログラム (HPT TCP)  
の中心的なコミュニケーション

- 3 まえがき：問題解決ツールとしてのデジタル化  
Hatef Madani
- 4 コラム：ヒートポンプはエネルギー転換の中心  
Wim Boydens and Lieve Helsen
- 5 ヒートポンプ技術のニュース
- 7 ヒートポンプ技術協力プログラム 進行中の Annex
- 14 戦略的展望：中国のヒートポンプ市場の発展  
Lingyan Yang (楊靈艷)

## 特集記事

- 18 日射熱取得の予測に基づくヒートポンプシステム制御  
Davide Rolando and Hatef Madani
- 22 コントローラーインザループ  
-ヒートポンプシステムのコストと品質を最適化する  
新しい方法  
Andreas Sporr and Michael Lauerermann
- 27 イベント
- 28 ナショナルチームの連絡先

Copyright:  
©Heat Pump Centre (HPC)

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording or otherwise, without prior written permission of the Heat Pump Centre, Borås, Sweden.

Published by Heat Pump Centre  
c/o RISE - Research Institutes of Sweden,  
Box 857, SE-501 15 Borås, Sweden  
Phone: +46 10 516 53 42

Disclaimer HPC:  
Neither the Heat Pump Centre, nor any person acting on its behalf:

- makes any warranty or representation,
- express or implied, with respect to the accuracy of the information, opinion or statement contained herein;
- assumes any responsibility or liability with respect to the use of, or damages resulting from, the use of this information

All information produced by Heat Pump Centre falls under the jurisdiction of Swedish law.

Publisher:  
Heat Pump Centre  
PO Box 857, S-501 15 BORÅS  
SWEDEN  
Tel: +46-10-516 53 42  
[hpc@heatpumpcentre.org](mailto:hpc@heatpumpcentre.org)

[www.heatpumpingtechnologies.org](http://www.heatpumpingtechnologies.org)

Editor in chief: Monica Axell  
Technical editors: Caroline Haglund Stignor, Tommy Walfridson, Martin Larsson, Johan Berg, Ulrica Örmemar, Kerstin Rubenson, - Heat Pump Centre.

Front page: Shutterstock

ISSN 2002-018X

<https://doi.org/10.23697/ghpg-6t61>

まえがき

## 問題解決ツールとしてのデジタル化

将来のエネルギーシステムは一般的に、デジタル化、大規模な電化、そして再生可能エネルギーの導入拡大と関連付けられます。電気駆動ヒートポンプ、電気自動車、太陽光発電（PV）、風力発電タービンの急速な普及は、電化と再生可能エネルギーシェア拡大というシナリオの強力な後押しとなります。しかし、デジタル化という用語は、エネルギー関係だけでなくあらゆるジャンルのイベントや科学論文や人気雑誌で日常的に目にしてきた、あまりにも多用される流行語です。私たちはデジタル化の本当の意味を理解できているのでしょうか？センサーを追加したり携帯電話から機器をオン/オフしたりするだけでエネルギーシステムをデジタル化したことになるのでしょうか？それはシステムを「よりスマート」にするのでしょうか？私はこのかなり哲学的な問いに答えることができませんし、そうしようとも思いませんが、この質問を「デジタル化によって将来のエネルギーシステムのどのような重要な問題を解決できるか」と言い換えてみたいと思います。問題解決という観点からデジタル化を見ることは、現在と将来の課題に対する革新的な技術ソリューションとビジネスモデルの誕生の後押しとなります。



ヒートポンプは、温熱と冷熱の両方を供給するという成熟した技術を使用しています。過去数十年の間に、部品レベルで見るとヒートポンプの設計上、運転上の大幅な改善が行われてきました。数十年にわたる各部品の効率向上により、ヒートポンプは技術経済的観点から世界中で競争力を持つ技術となりました。イノベーションは止まることも許可を求めることもありませんが、経済的な障壁は部品レベルのさらなる小改善を阻害します。しかし、システムの結合と制御には、効率向上と運用コスト削減実現の大きな可能性があり、そこではデジタル化が極めて重要な役割を果たします。デジタル化によって、ヒートポンプと都市エネルギーシステムの他の構成要素とのシナジーを活用し、冷暖房と他のセクターをより効率的に組み合わせることが可能となります。将来の都市エネルギーシステムにおいては、エネルギーグリッド - ヒートポンプ間のより良い情報伝達を促進する必要があります。私たちが日常生活で使用する技術に入っている膨大なデータ量と計算能力によって、より統合され、相互に作用し適応性のあるソリューションの新しい扉が開かれます。

私たちが皆、AI 技術、機械学習、IoT、その他の新たに出現したデジタル技術である、いわゆるハイブサイクルの要素に魅了されることは無理ありません。しかしながら、ヒートポンプも「デジタル化」に関連するどのような技術も、快適さを提供し、特定のニーズを満たし、問題を解決するためのツールに過ぎないということを忘れてはいけません。そして「ビッグデータ」は、使い方を本当に理解して初めて有用なものとなります。格好よくて革新的な「デジタル」ソリューションを述べるどころから着手することは避けるべきです。そうではなく、主要な問題と課題を特定することから着手し、その後、より持続可能な未来に向けたツールとしてデジタル化を活用すべきです。

**Hafez Madani**

Associate Professor, KTH Royal Institute of Technology, Sweden  
Senior Scientist, AIT Austrian Institute of Technology, Austria

## ヒートポンプはエネルギー転換の中心

脱炭素社会に向けたエネルギー転換は、システムインテグレーターにとって音楽を作るような取り組みです。問題解決には全体的アプローチが必要です。これは、個々の構成要素を最適化したり、これらすべての構成要素同士を適切に連携させたりすることだけではありません。人と自然のメリットを最大化するという背景と目的から始まる適切なコンセプトにこそ価値があります。

建物レベルでは、極めて効率的、再生可能かつ柔軟なコンセプトの一例に EU の hybrid GEOTABS プロジェクト (<http://www.hybridgeotabs.eu/>) が焦点を当てています。地熱 (GEO) ヒートポンプは熱活性化建物システム (TABS) に接続され、建物や周囲状況によって必要となる場合は高速な補助システムで補完されます。化石燃料フリーのコンセプトを狙い、現地の水/空気熱交換器と組み合わせた空気熱源ヒートポンプが用いられる場合もあります。地面は次のシーズンに向けて自動的に準備される再生可能エネルギー源として機能し、夏には高効率な直接冷房を可能にします。ヒートポンプは温度の低い暖房と温度の高い冷却を行う TABS (例えばコンクリートコア冷暖房) と組み合わせられているため非常に効率的に運転できます。モデル予測制御を使用して快適な室内環境が保証されます。TABS のもつ熱容量のおかげで、ヒートポンプはデマンドレスポンスによって電力市場に柔軟性を与えることもできます。完璧な組み合わせのようですね。

将来を見据えたどのようなコンセプトが出てきても、ヒートポンプが重要な役割を果たすことは明らかです。熱供給網はヒートポンプを市場から追い出すのでしょうか？そんなことはありません！熱供給網とヒートポンプは、特に CO2 排出削減目標を真剣に考えた場合、密接に関連します。というのも削減目標の達成には、季節単位の熱エネルギー貯蔵 (通常は集合的な形で街区に) と冷温熱の利用価値向上が必要になるためです。再生可能エネルギー源の割合が大幅に増加するだけでなく、残留エネルギー源が熱汚染を抑えながら有効活用されます。私たちはそれらをまとめて Residual and Renewable Energy Sources, R2ES という将来性のあるエネルギー源に分類しています。

さらに、電気によってエネルギーが供給され非常に効率的に冷温熱を生成するヒートポンプは、複数のエネルギーベクトルを自然につなぎ合わせます。そのため、デマンドレスポンスの手段はスマートコントローラーとマーケットの大規模な展開だけで済みます。エネルギーの質 (エクセルギー) の観点からは、建築物の暖房や低温の産業用熱の生成にはヒートポンプと太陽熱集熱器だけが理にかなった選択肢です。なぜ低温の熱を提供するために高温で燃料 (炭素を含まなくても) を燃焼させるのでしょうか？燃料は、それを必要とし、代替手段がないプロセス (一部の産業プロセス、重量のある道路/海上輸送など) にとっておきましょう。1 種類の技術や 1 種類のエネルギーの方向性を選択するものではありません。全てが必要で、それぞれが全体のシステムに組み込まれ、最も適した用途へと最適配置され、全体で一つの解決策となります。

専門知識を共有し、互いに刺激し合い、想定されるアプリケーションに適切な選択を行えるよう政策立案者にアドバイスするのは私たち学者および実務者の責任です。団結のために、Building Simulation 2021 Conference ([www.bs2021.org](http://www.bs2021.org)) にあなたを暖かく招待します。



LIEVE HELSEN

Professor, Faculty of Engineering Science,  
KU Leuven – EnergyVille, Belgium



WIM BOYDENS

Boydens Engineering and Visiting Professor,  
Ghent University, Belgium

## 第13回 IEA ヒートポンプ会議 2021 によろこそ



### 第13回 IEA ヒートポンプ会議の オンラインプラットフォームが提供されます

HPT マガジン前号で既報の通り、第13回 IEA ヒートポンプ会議（HPC2020）は2021年4月26-29日に行われます。会場は韓国のラマダプラザホテル済州の予定です。

ただし、コロナウイルスの発生により、会議に直接参加できない人向けのオンラインプラットフォームも設置予定で、ハイブリッドでの会議開催を目指しています。

論文の著者の場合、既報の通りフルペーパーの提出期限は2020年11月30日です。この期日までは論文の新規提出と提出済論文の追加情報による改訂が可能です。詳細な提出スケジュールは次のとおりです。

- » 2020年11月30日 フルペーパー提出期限
- » 2020年12月20日 フルペーパーレビュー完了  
著者に承認済の通知
- » 2021年1月15日 最終論文提出期限  
(新たに提出された論文)
- » 2021年2月28日 事前登録期限

今なお、会議の日程変更に伴う多くの変更が議論されています。最新情報と変更の詳細は会議の Web サイト <http://www.hpc2020.org> と [www.heatpumpingtechnologies.org](http://www.heatpumpingtechnologies.org) にて速やかに発表されます。

会議は何度か変更されましたが、HPC 2020 に対するご理解とご協力、ご支援を賜りますようお願い申し上げます。皆様の安全と健康をお祈り申し上げますとともに、会議でお会いできることを楽しみにしております。



# ネットゼロエミッションエネルギーシステムにおけるヒートポンプの役割

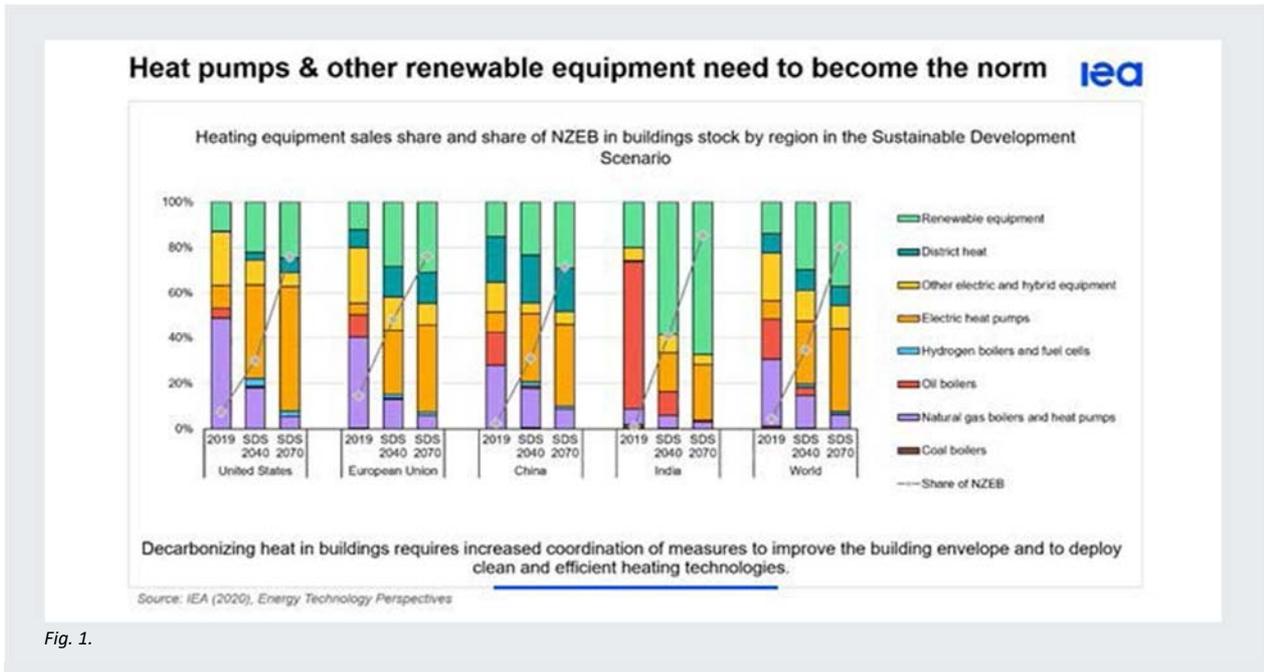


Fig. 1.

HPT の執行委員会 (ExCo) の最近の会議で、Thibaut Abergel は IEA と HPT の間の協力についてプレゼンテーションを行いました。このスピーチの中で最近発行された Energy Technology Perspectives 2020 (ETP 2020) にも焦点が当てられました。ここではネットゼロエミッションエネルギーシステムにおけるヒートポンプの役割を定義するために HPT の成果が組み入れられています。

ETP 2020 の中で IEA は、2070 年までにネットゼロエミッションとなるエネルギーセクターの道筋を示しています。これは、パリ協定やSDGs と両立可能な持続可能な開発シナリオです。800 を超える技術設計の分析とモデリングを含め、このシナリオにつながる豊富な情報は技術協力プログラム (TCP) の活動があってこそ実現したもので、HPT TCP も多大な貢献をしています。

エネルギー安全保障を確保しつつネットゼロエミッションビルを実現するには以下の3つの柱が必要です。

- a) 早期導入技術の普及。
- b) 建物とエネルギーシステムの統合。
- c) クリーンエネルギーの革新。

ヒートポンプ技術は a) の最前線にあります。それらは既に世界中の多くの国で新築市場に定着しており、多様な建築物や気候に適用できます。ヒートポンプは、暖房設備の柔軟性を高め、b) の目的を達成する可能性ももたらします。蓄熱ユニットおよび/または制御を統合したシステムはデマンドレスポンスサービスを提供でき、

地域エネルギーシステムにヒートポンプを組み込むことで発電所規模の柔軟性 (受給調整力) を提供できます。c) について HPT Annex に基づくプロジェクトでは、拡張性を確保する上で革新的なヒートポンプがいかに重要であるかが示されています。

現在でも、ビル暖房設備の売り上げは化石燃料が大半を占めています (図 1) が、ネットゼロエミッションに向けた持続可能な開発シナリオにおいて、ヒートポンプは住宅・業務建築物の暖房・給湯の最も主要な供給源になります。

ETP はまた、冷房需要が暖房需要よりもはるかに速く成長することを明らかにしています。ヒートポンプはサイクルを反転させることで冷暖房に対応できるため、両方の機能を有する単一の機器をエンドユーザーに供給することで冷房需要の成長を活用できる絶好のチャンスが存在します。そして経済的には規模が「波及」便益を生み出し、ヒートポンプのコストをこの市場の押し上げが無かった場合と比較して 15% 低くする可能性があります。このように、冷暖房の脱炭素化に利用できる多くのシナジーがあります。

したがって、ヒートポンプ技術は建築物の暖房の第一の供給源となる必要があり、大規模な市場展開、エネルギーシステムへの統合、そしてイノベーションを促進する政策がこの目標を達成するための鍵となります。

**THIBAUT ABERGEL**  
Desk officer for the HPT TCP, IEA



## ヒートポンプ技術協力プログラム 進行中の Annex

HPT TCP 内のプロジェクトは、Annex として知られています。Annex への参加は、特定のプロジェクトの目的に関してだけでなく、国際的な情報交換によっても、国内の知識を高めるための効果的な方法です。Annex は期間限定で運営されており、目的は研究から新技術の導入までさまざまです。

INDUSTRIAL HEAT PUMPS, SECOND PHASE	48	AT, CH, <b>DE</b> *, DK, FR, JP, UK
DESIGN AND INTEGRATION OF HEAT PUMPS FOR nZEB	49	AT, BE, <b>CH</b> , DE, NO, SE, UK, US
HEAT PUMPS IN MULTI-FAMILY BUILDINGS FOR SPACE HEATING AND DHW	50	AT, CH, <b>DE</b> , FR, IT, NL
ACOUSTIC SIGNATURE OF HEAT PUMPS	51	<b>AT</b> , DE, DK, FR, IT, SE
LONG-TERM MEASUREMENTS OF GSHP SYSTEMS PERFORMANCE IN COMMERCIAL, INSTITUTIONAL AND MULTI-FAMILY BUILDINGS	52	DE, FI, IT, NL, NO, <b>SE</b> , UK, US
ADVANCED COOLING/ REFRIGERATION TECHNOLOGIES DEVELOPMENT	53	CN, DE, IT, KR, SE, <b>US</b>
HEAT PUMP SYSTEMS WITH LOW GWP REFRIGERANTS	54	AT, DE, FR, IT, JP, KR, SE, <b>US</b>
COMFORT AND CLIMATE BOX	55	AT, CA, DE, FR, IT, <b>NL</b> , SE, UK, US
INTERNET OF THINGS FOR HEAT PUMPS	56	<b>AT</b> , FR, DE, NO, CH



NEW

\*) Operating Agent from Germany, but no other parties from the country participate.

ヒートポンプ技術協力プログラムの参加国は次のとおりです。

オーストリア (AT)、ベルギー (BE)、カナダ (CA)、中国 (CN)、デンマーク (DK)、フィンランド (FI)、フランス (FR)、ドイツ (DE)、イタリア (IT)、日本 (JP)、オランダ (NL)、ノルウェー (NO)、韓国 (KR)、スウェーデン (SE)、スイス (CH)、英国 (UK)、および米国 (US)。

**太字の赤い文字**はオペレーティングエージェント（プロジェクトリーダー）を示します。

ANNEX  
51ヒートポンプの  
音響学的特性

## 序論

ヒートポンプが今後更に受け入れられるには運転音の低減が重要です。煩わしい騒音を最小化するためには、定常状態での運転音と様々な運転状態での音響特性の遷移的な挙動に、より焦点を当てる必要があります。音の放出は顕著な指向性を示しますので、ヒートポンプの配置も非常に重要です。特に空気熱源ヒートポンプは潜在的なエネルギー削減効果を引き出す上で利便性と効果が高く、既設の更新でよく使用されますが、圧縮機やファン等の騒音を発生する部品を持つため騒音の改善が重要になります。

HPT Annex 51 の過程でメンバーは CETIAT (フランス)、RISE (スウェーデン)、DTI (デンマーク)、ISE (ドイツ) に集まり、その後 2 回のオンライン会議を行いました。2020 年 9 月 9 日の最終オンライン会議は、規定の成果物の公開に焦点を当てた最終の会議で、成果物は 2020 年末までに IEA HPT Annex 51 Web サイトからダウンロード可能となる予定です。

オーストリア科学アカデミーの音響研究所によって音響心理学的な試験が行われました。これらは Annex51 で用いられる試験設計へのインプットとなります。まとめられた音響データセットは現在、音響心理学的聴覚テストを用いて分析されています。興味深い結果が資料にまとめられ、こちらも無料でダウンロード可能となる予定です。

IEA HPT Annex 51 の結果を案内する最終ウェブセミナーは、2020 年 11 月 30 日に開催される予定です。

## 目的

- » 騒音と振動の放出という観点で、快適性を目的としたヒートポンプ導入の受容を促進すること
- » 様々なレベルで知識と専門的技術を増やすこと
- » 国内および国際の標準化に向けた情報提供
- » 7 回の Annex 会議の準備 (5 回の会議 (2017 年 6 月オーストリア ウィーン、2018 年 1 月フランス リヨン、2018 年 6 月スウェーデン ボロース、2019 年 1 月デンマーク オーフス、2019 年 10 月ドイツ フライブルク) と 2 回のオンライン会議 (2020 年 3 月および 2020 年 9 月、インターネット))
- » モントリオールで開催された ICR2019 でのヒートポンプの音響特性に関するワークショップ開催。IEA HPT Annex 51 Web サイトでのプレゼンテーション公開。
- » 2020 年 11 月 30 日(月)に、IEA HPT Annex 51 Web サイトで入手可能な資料を解説する国際ウェブセミナーの開催
- » ヒートポンプメーカーに向けた世界的な展開
- » 様々なレベル (部品、機器および使用レベル) の音響ガイドラインの作成と配布。

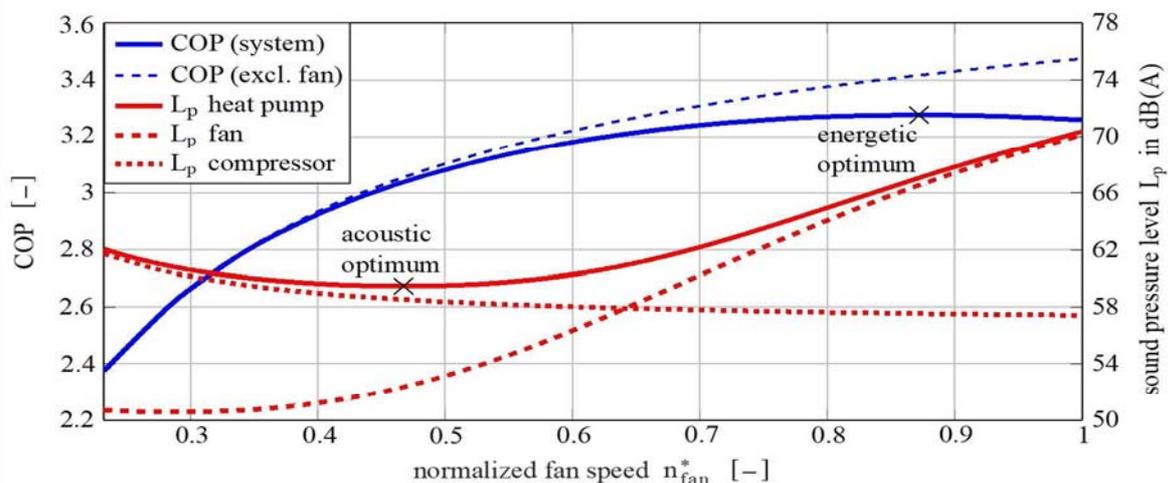


Fig. 1 : 一定凝縮器加熱能力で蒸発器ファン速度を可変させた際の COP (外気温度 7°C、加熱水温度 50°C) [出典: RWTH Aachen, ドイツ]

## 結果

### ヒートポンプのエネルギー・音響性能の同時評価

ヒートポンプは、建築物資産への熱供給を脱炭素化するためのエネルギーシステム転換においてキーとなる技術です。エネルギーと環境性のパラメータに加え、音響特性は快適性の決定的な尺度であるため重要です。空気熱源ヒートポンプの運転には圧縮機とファンが必要です。それらはどちらも、回転に伴い耳障りになる可能性のある音を発生させます。したがって、エネルギー効率が高く、かつ静音性に優れたヒートポンプを開発する必要があります。

以下に挙げる目標は既に達成されています：ヒートポンプの音響評価のための動的シミュレーションモデルの開発、音響モデルとエネルギーモデルの結合、測定データに基づく音響モデルのパラメータ化、およびヒートポンプ運転の最適化による騒音の削減。

ヒートポンプの運転はエネルギー性能と騒音の両方について最適化することができます。そこで私たちは冷媒回路の熱力学的性能と騒音の両方を同時に決定する

シミュレーションモデルを開発しました。エネルギーモデルと音響モデルの間のインターフェースとなるのは圧縮機と蒸発器ファンの回転速度です。図 1 は、正規化されたファン速度に対するこれらの関係を示しています。凝縮器の加熱能力を固定し、蒸発器ファンの速度を変化させています。この研究の結果、COP と音響の最適動作点は一致しないという結論を得ています。これにより、蒸発器ファンの音響的に最適な速度とエネルギー的に最適な速度の間で目標値の不一致が生じます。ただし、図 1 はエネルギー効率と騒音のパレート効果も示しており、エネルギー最適点から比較的小さな乖離で騒音の発生を大幅に減らすことができます。詳細は HPC2021 会議に提出されています。

### Annex ウェブサイト

<https://heatpumpingtechnologies.org/annex51/>

### 連絡先

Operating Agent is Christoph Reichl, AIT Austrian Institute of Technology GmbH, Austria.

[christoph.reichl@ait.ac.at](mailto:christoph.reichl@ait.ac.at)

## INFORMATION

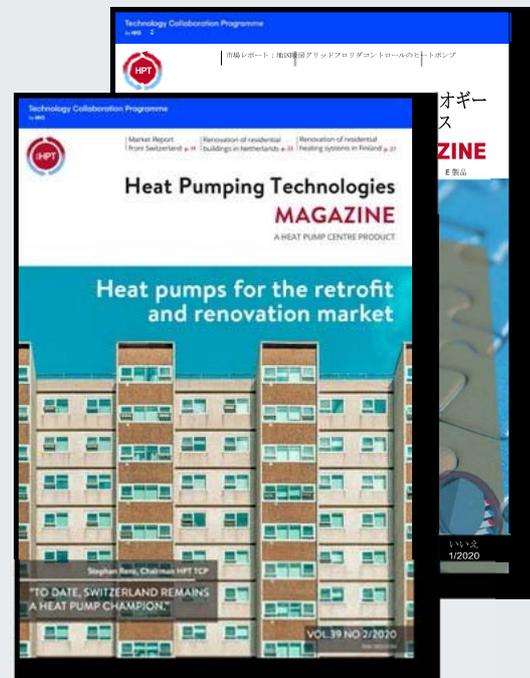
## 読者になりましょう

### The Heat Pumping Technologies Magazine

年に 3 回、ヒートポンプセンターはヒートポンプテクノロジーマガジンを発行しています。マガジンは HPT ウェブサイトにあり、無料で入手できます。マガジンの発行と同時にニュースレターが配信されます。ニュースレターにはマガジンの完全版へのリンクがついた短縮版の記事が掲載されており、最新号の発行をお知らせするよいリマインダーとなります。

マガジンの購読はこちら:

<https://heatpumpingtechnologies.org/the-magazine/>



ANNEX  
52商業・公共施設および  
集合住宅向けビルにおける  
GSHP システム性能の  
長期計測

## 序論

HPT Annex 52 の完成まで残り1年となり、7つの参加国は地中熱ヒートポンプシステムの長期計測の40ものケーススタディの結果を個々のケーススタディレポートにまとめているところです。地中熱ヒートポンプシステムは全て、さまざまな複雑さがある冷暖房システムを持つ商業・公共施設および集合住宅向けビルで稼働しています。

この Annex の成果は、建物の所有者、設計者、技術者が地中熱ヒートポンプシステムを評価、比較、最適化する際に役立ちます。また、計装メーカーおよび地中熱ヒートポンプシステム部品メーカー、そして監視制御、および障害の検出/診断ツールの開発者に対して有用な手引きを提供し、このことはエネルギーとコストの節約につながります。

これまでの Annex の成果としては、より大規模な地中熱ヒートポンプシステムの長期性能分析についての参考文献の公開と5つのジャーナル論文の公開があり、うち2つのケーススタディについては公開の測定データが利用可能です。これまでに4つの会議論文が発表されています。更にいくつかの会議論文が書かれていますが、コロナウイルスのパンデミックにより会議が2021年まで延期されたため、まだ公開されていません。

## 目的

» 商業・公共施設および集合住宅向けビルを対象とした地中熱ヒートポンプシステム性能の高品質かつ長期的な計測値ライブラリの調査と作成。あらゆる種類の地熱源（岩石、土壌、地下水、地表水）を対象に含む。

» 市場で見られる全ての機能を備えた商業・公共施設および集合住宅向けビルの地中熱ヒートポンプシステムの性能をより適切に特徴付け、世界中の地中熱ヒートポンプシステムを比較するための一連のベンチマークを提供する現在の手法の改良・拡張

» 大規模地中熱ヒートポンプシステムの計装、データ収集、分析、および重要業績評価指標のレポート作成のためのガイドラインの編纂

## 最近の進捗

Annex 成果物のうち、性能計測に用いる計装の手順書と不確実性分析の手順書の2つが完成に近づいています。計装のガイドラインでは基本的な変数（温度、流量、電力、電力量）の測定を説明し、熱量計を用いた熱伝達率とエネルギーの測定と冷凍サイクルの測定によるヒートポンプ性能の測定についても説明しています。光ファイバを用いたダウンホール温度の測定についても述べています。不確実性分析のガイドラインは、基本的な変数の測定値から性能係数の最終推定値やシステム効率指標など他の重要業績評価指標までの誤差伝播を説明しています。両ガイドでは現在、例えばセンサーの配置のようにセンサー自体でない原因から生じる誤差の処理に重点が置かれています。



Fig. 1 : ケーススタディの1つの主題であるフロルンダクラブハウス。写真：J. D. スピトラ。



Fig. 2 : フロルンダのクラブハウス、暖房システム詳細。写真 : J. D. Spittler.

スウェーデン南西部のクラブハウスの 3 年間に亘る詳細な性能データを分析した最近のジャーナル論文 (Liu ら 2020) は Annex 52 の成果の一部です。Annex 52 の結果とケーススタディに関するいくつかの会議論文は、パンデミックのため 2021 年まで発行が延期されています。

**Annex ウェブサイト**

<http://heatpumpingtechnologies.org/annex52/>

**Contact**

Operating Agent is Signhild Gehlin, Swedish Centre for Shallow Geothermal Energy in Sweden.

[signhild@geoenergicentrum.se](mailto:signhild@geoenergicentrum.se)

INFORMATION

Always visit our website for news, the latest updates and more information:

[heatpumpingtechnologies.org](http://heatpumpingtechnologies.org)

ANNEX  
53

高度な冷却/  
冷凍技術開発

序論

空調（AC）・冷凍システムは、今日の世界のエネルギー消費の大部分を占めていますが、対策を講じなければ今後 50 年間でエネルギー需要が急増すると予想されています。IEA は、2050 年までに空調エネルギー使用量が非 OECD 諸国で 2013 年比 4.5 倍、OECD 諸国で 1.3 倍になると予測しています。この課題に対処するために、短期（例えば、現存する「最も優れた」技術の普及）と長期（高度なソリューションを開発する研究開発）両方での世界規模のアクションが緊急に求められています。Annex 53 は長期的な研究開発のニーズに焦点を当てています。関心の高い技術としては、蒸気圧縮（VC）や、代替となる高度な蒸気圧縮および熱圧縮（TC）サイクルを含む非伝統的な冷却手法が挙げられます。

Annex 53 の技術的な対象範囲は敢えて非常に広範囲に設定しています。課題に対する「正しい」解決策が 1 つしかない、あるいは少数しかない、とは思えません。

目的

Annex 53 の主な目的は、より高効率で温室効果ガス（GHG）排出量の少ない空調・冷凍に焦点を当てた HP 技術の開発を推進するための長期的な研究開発と情報共有です。具体的な調査範囲には、以下が含まれますが、これらに限定されません。

- » 非従来型の代替となる蒸気圧縮技術の技術成熟度レベル（TRL）を向上させ、市場に近づけること
- » 冷房潜熱と顕熱の独立制御と、様々な気候（例：高温乾燥、高温多湿）に合わせたシステムのコントロール
- » 従来型と非従来型両方の蒸気圧縮をベースとした技術の改善。

結果

今回の更新情報では、高度な蒸気圧縮・熱圧縮システムの研究開発の進捗に焦点を当てます。

香港城市大学は、ハイブリッド圧縮吸収熱エネルギー貯蔵（CATES）サイクルを提案しました（図 1）。このサイクルにより、低吸入温度でエネルギー貯蔵性能を向上できます。吸入時、圧縮機は所定の吸着剤/冷媒濃度に達するまで冷媒を凝縮器タンクに移動させます。次に、バルブ V1・V4 が閉じ、V2・V3 が開いて、圧縮機は冷媒が蒸発器タンクから移動するのを助けます。2 つのタンクは 2 つの過程で異なる役割を果たします。冷熱貯蔵時の発生器への入熱温度が 80℃ の場合、エネルギー貯蔵効率と密度は基本的な吸収サイクルの場合の 0.58 および 104.8 kW/m<sup>3</sup> と比べ、このたび提案された CATES サイクルでは 0.67 および 282.8 kW/m<sup>3</sup> に達します。図 2 は、考えられる実際のシステム構造を示しています。

イタリアの国立研究評議会/先端エネルギー技術研究所（CNR-ITAE）では、低温熱駆動型吸着式冷凍機向けの次世代部品が開発されています。

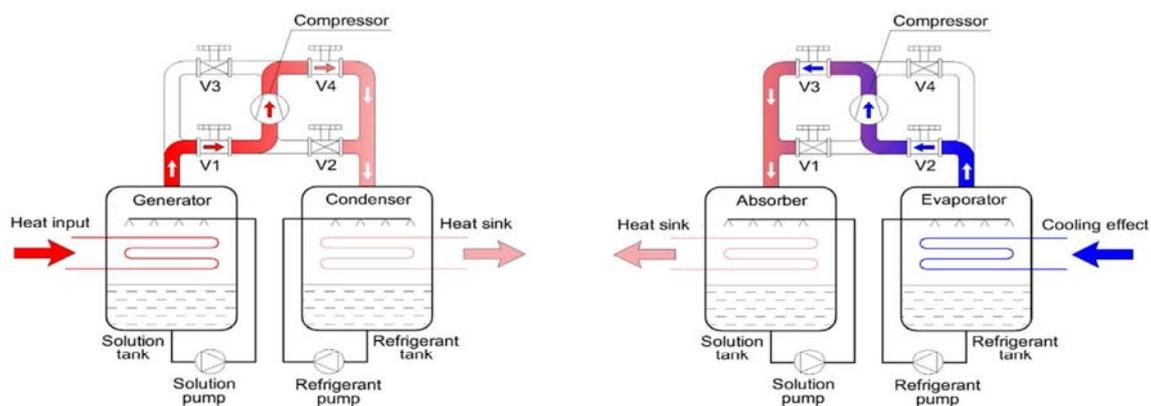


Fig. 1 : CATES システムの動作サイクルの概略図-上、蓄熱プロセス。下、放熱プロセス（香港城市大学 Wei Wu 提供）



Fig. 2 : CATES の物理的レイアウト (香港城市大学 Wei Wu 提供)

吸着特性を調整した高度な吸着剤と 3D 試作技術によって実現した最適な熱交換器を用いた新しい熱圧縮機は、冷却能力密度とイニシャルコストの点で他の冷却技術とのギャップを埋めることを目的としています。開発状況の詳細を記載した論文を作成中です。

メリーランド大学では、熱弾性冷却 (EC) システム向けに積層超弾性 (SE) 層の可能性が研究されており、単段 EC システムの試験設備が稼働しています (図 3)。圧縮セルは Ni-Ti (ニッケル・チタン) 合金の高いヤング率、セルの持つ総断面積と長さゆえに高い剛性を有しています。圧縮セルが高剛性であるため、ピストン上部の変位量から計算されるひずみと直接的な局所ひずみ測定値とを比較するために伸縮計が用いられました。フレームの弾性コンプライアンスとそれを相殺

する方法を定量的に決定するため一連のテストが進行中です。

**Annex ウェブサイト**

<https://heatpumpingtechnologies.org/annex53/>

**Contact**

Operating Agents are: Reinhard Radermacher, University of Maryland

[raderm@umd.edu](mailto:raderm@umd.edu)

Van Baxter, ORNL, USA

[vdb@ornl.gov](mailto:vdb@ornl.gov)

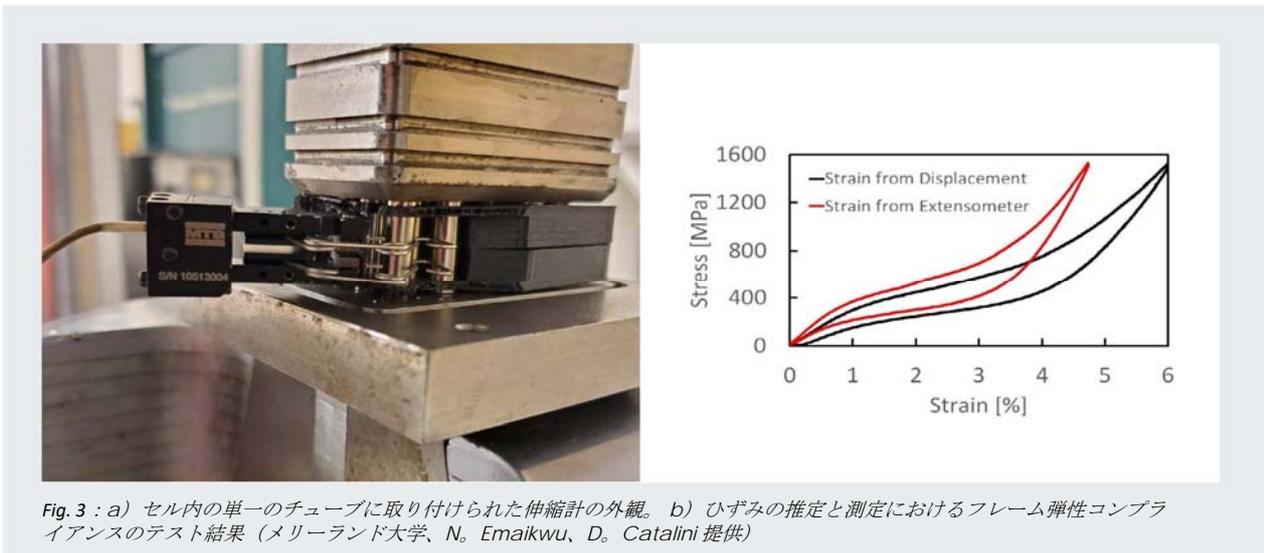


Fig. 3 : a) セル内の単一のチューブに取り付けられた伸縮計の外観。 b) ひずみの推定と測定におけるフレーム弾性コンプライアンスのテスト結果 (メリーランド大学, N. Emaikwu, D. Catalini 提供)

# 中国ヒートポンプ市場の発展

Lingyan Yang (楊靈艷)、中国

ヒートポンプはクリーンエネルギーを暖房に有効利用できるため、中国で広く利用されています。石炭から電気へのエネルギー転換プロジェクトは大気汚染を減らす有効な手段です。中国政府はプロジェクトを後押しする一連の政策を発表しました。この記事では、中国における空気熱源および地中熱ヒートポンプ市場の発展について説明します。ヒートポンプの使用は、電気を暖房に間接的に利用する優れた方法であり、中国におけるヒートポンプの先行きは良好です。



この記事を下ダウンロードして共有する

## 序論

暖房によって引き起こされる大気汚染は中国政府の課題です。ヒートポンプはクリーンなエネルギーの暖房手段として急速に普及しています。この論文では、政策と需要によって起こっている中国ヒートポンプ市場の変化について説明します。

空気熱源ヒートポンプは、設置の利便性と優れた経済性により急速に発展しました。地中熱ヒートポンプは主に大規模プロジェクトで使用されるため、累積採用面積はまだ増加基調にあるものの成長率は徐々に鈍化しています。

## 空気熱源ヒートポンプ

中国で最も一般的な加熱方法は、石炭焼きボイラーで直接高温の温水を生成することです。しかし、加熱効率は低く、石炭の燃焼により大量のCO<sub>2</sub>が発生します。また、石炭の燃焼による粒子(PM<sub>2.5</sub>など)やNO<sub>x</sub>の排出は煙霧の主な要因の1つであると考えられています。近年、中国は大気汚染とエネルギー消費の削減のためにクリーンエネルギーを用いた暖房を推進してきまし

た。石炭から電気へのエネルギー転換プロジェクトは、中国北部におけるクリーンエネルギー暖房の必要性に基づき中国政府が講じた効果的な対策であり、中国北部冬期クリーンエネルギー暖房計画(2017-2021)などの関連政策が少しずつ導入されてきました。

ヒートポンプはこれら政策の後押しにより、暖房手段の優れた選択肢となっています。空気熱源ヒートポンプは、主に散在する住宅建築物や地方の建築物での暖房に使用されています。地中熱ヒートポンプはセントラル暖房が必要な建築物の暖房に使用されています。

先行投資を考慮すると空気熱源ヒートポンプの経済的優位性は明らかです。空気熱源ヒートポンプ普及の成長率は、地中熱ヒートポンプよりも高いです。図1は、中国における空気熱源ヒートポンプの出荷台数を示します。国の政策と資金の支援により、空気熱源ヒートポンプの売上高は2017年に大幅に増加し、続く2年間は高い販売量を維持しました。

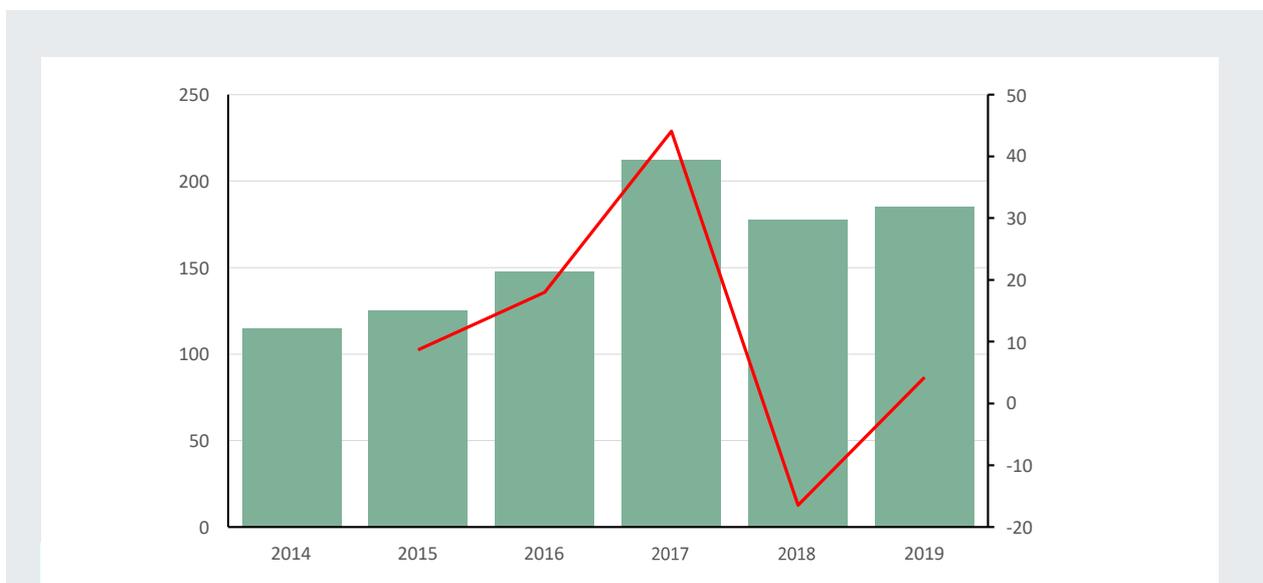


Fig. 1: 中国における空気熱源ヒートポンプの出荷台数 (x 1000)。赤い線は、前年比増加・減少率 [%] を示す。右軸参照。出典: Data.chinaiol.com

**空気熱源ヒートポンプに関する最近の政策：**

**1. 電力へのエネルギー代替推進の手引き**

中国国家発展改革委員会は、石炭燃焼式の暖房から空気熱源ヒートポンプ暖房への置き換えを促進するためにこの手引きを発行しました。

**2. 2017年 北京、天津、河北および周辺地域における大気汚染の防止と管理に関する実施計画**

環境保護部が、新築住宅建築物の主要な暖房システムは空気熱源ヒートポンプ（ASHP）であるべきで、石炭焚きボイラーを設置すべきでないことを発表しました。

空気熱源ヒートポンププロジェクト関連補助金（換算レート：1元= 0.15米ドル、2020/10現在）：

- » 北京市：24,000元/世帯（約3,600米ドルに相当）。
- » 天津市：29,000元/世帯（約4,350米ドルに相当）。
- » 山西省：27,400元/世帯（約4,100米ドルに相当）。
- » 河北省：7,400元/世帯（約1,100米ドルに相当）。
- » 山東省：8,000元/世帯（約1,200米ドルに相当）。

空気熱源ヒートポンプの適用範囲は揚子江流域から中国北部、冬の気温が低い地域にまで広がっています。低外気温での空気熱源ヒートポンプ導入に関する国内基準も更に改善されました。空気熱源ヒートポンプは、以前（-20℃）よりも低い周囲温度（-25℃）でも使用可能であることが必要です。また、国の基準では、外気温が-12℃よりも高い場合、空気熱源ヒートポンプ暖房の一次エネルギー効率が石炭暖房よりも高くなることが要求されています。このようにして空気熱源ヒートポンプが石炭燃焼よりも多く使用されることが保証されています。空気熱源ヒートポンプのエネルギー効率は石炭燃焼よりも高い（そして温室効果ガスの排出量が少ない）ので、このことは空気熱源ヒートポンプ

にとって有利になります。

**地中熱ヒートポンプ**

地中熱ヒートポンプは中国で20年以上使用されてきました。その累積採用面積の変化を図.2に示します。2019年までに、地中熱ヒートポンプの累積採用面積は5億㎡を超え、その70%がボアホール型地中熱交換器を用いたヒートポンプシステムでした。

ヒートポンプ技術に関する中国の研究は、4つの主要な段階を経ており、その間に多くの技術的および工学的な進歩が遂げられてきました。

1. 1980年から2000年：開始段階ではヒートポンプの概念がHVAC分野に広まり始めましたが、生産者には限られた数の不十分な付属品しかありませんでした。その結果、普及の伸びは緩やかなものでした。

2. 2000年から2004年：促進段階に入るとヒートポンプの普及はヒートポンプユニットメーカーとシステム統合メーカーがおおよそ80を数えるまで増加しました。それでも、設置業者の技術レベルの低さとエンジニアリング経験の不足に起因する故障により、ヒートポンプ技術はあまり評価されていませんでした。

3. 2005年から2013年：省エネルギーと二酸化炭素排出削減に重点を置く強力な政策の後押しを受けた急速成長段階です。これにより再生可能エネルギー利用におけるヒートポンプ技術の強固な基盤が築かれました。ヒートポンプ技術と設備が全国に現れ、2012年末時点で4,000ものヒートポンプユニット・システム統合メーカーがあり、総面積は2億4000万㎡を数えました。2013年末には地中熱ヒートポンプの累積採用面積は4億㎡に達しました。導入物件全体の78%は華北、中国東北部の南部、北京、天津、河北省、遼寧、山東、江蘇などに集中していました。

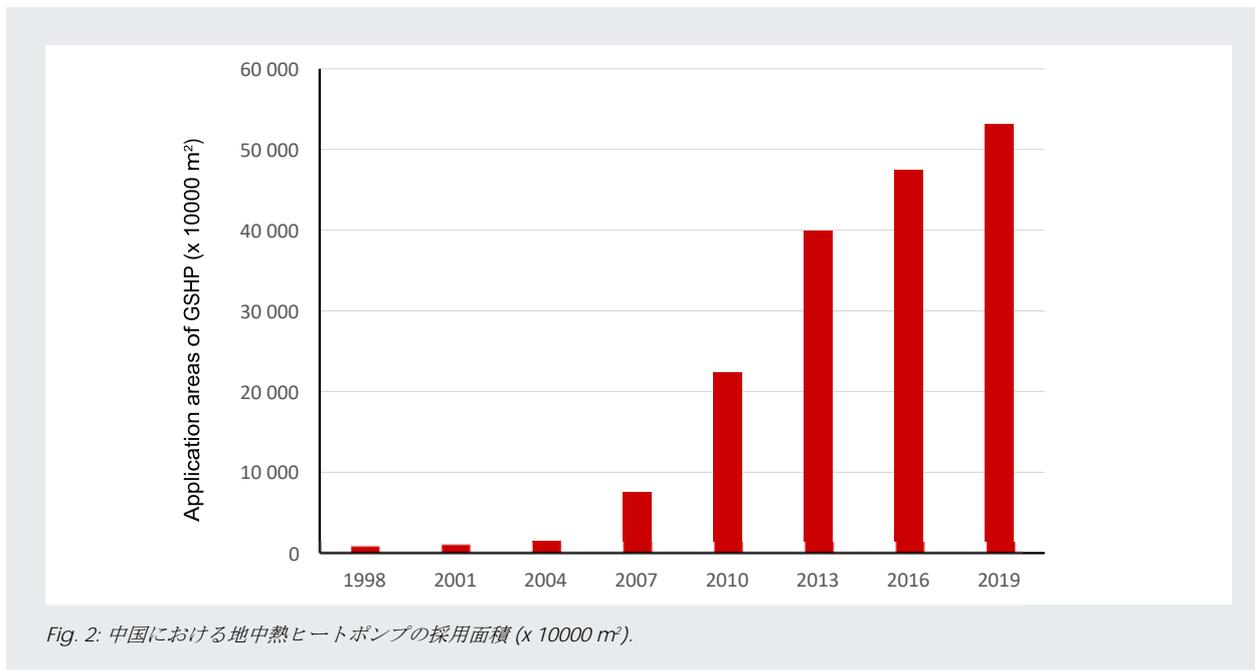
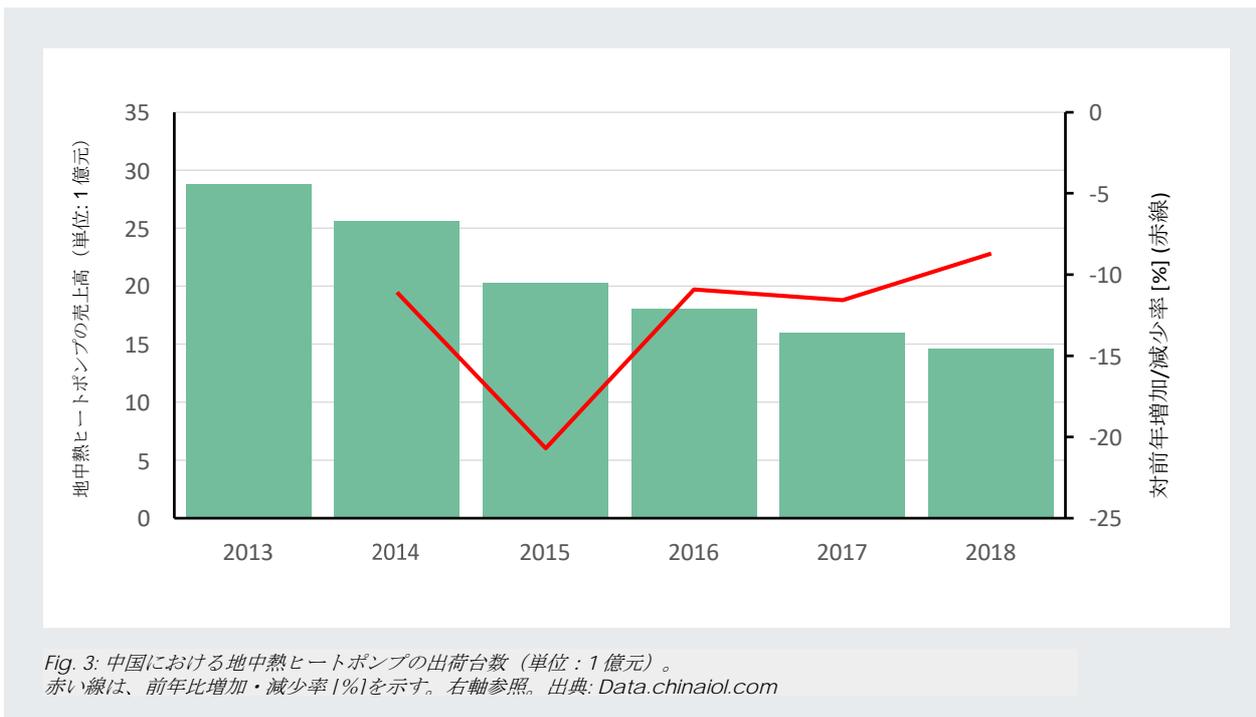


Fig. 2: 中国における地中熱ヒートポンプの採用面積 (x 10000 m²).



4. 2014年から現在：地中熱ヒートポンプが安定成長段階に入っています。これは、再生可能エネルギー利用の緊急性、高効率のクリーンな暖房、地下水利用の厳格な規制などいくつかの要因によるものです。ヒートポンプによる浅層地下熱エネルギーの活用、システム設計、制御と最適化に新たな焦点と関心が注がれていることが現在の段階の特徴です。

中国における地中熱ヒートポンプ (GSHP) の発展の特徴は以下の通りです。

1. 市場調査の結果、地中熱ヒートポンプは住宅や公共建築物に設置されてきたことが分かります。概要データによるとほとんど全ての建物用途で冷暖房に地中熱ヒートポンプシステムを使用できます。公共建築物ではボアホール型地中熱交換器を用いたヒートポンプシステムの割合が高く、ボアホールは熱収支バランスの制御が比較的容易です。そのため公共建築物に適用される地中熱ヒートポンプの割合は他の建築物タイプよりも高くなります。
2. 地中熱ヒートポンプの低温熱源にはさまざまな種類があり、幅広い物件に展開されています。土壌、地下水、地表水等が地中熱ヒートポンプの低温熱源として利用可能です。近年、地中熱ヒートポンププロジェクトは大規模に展開されており、数多くの国、省、市の主要プロジェクトが大規模に採用されています。北京市政府の新庁舎は地中熱ヒートポンプシステムで冷暖房されています。エネルギー供給面積は 300 万㎡に達します。
3. 中深層ボアホール型地中熱交換器ヒートポンプシステムの研究と活用が非常に活発です。これは地中熱エネルギー利用の新しい技術です。岩盤や土壌は深くなるほど徐々に温度が上がる特徴があるため、この技術は建築物暖房用の一方向の熱利用に適しています。近

年、中国では同軸型地中熱交換器を中心に数多くの実証プロジェクトが行われています。この技術も絶えず進歩しており、中国での地中熱ヒートポンプ研究のホットスポットとなっています。

中国の地中熱ヒートポンプ導入面積は世界の最前線を行っていますが、近年、さまざまな要因により成長率が鈍化しています。図 3 の通り、中国の地中熱ヒートポンプユニットの売上高は 2013 年以降年々減少しています。

減少の主な理由は次のとおりです。

1. 地下水熱利用ヒートポンプの導入の大幅減少  
急速成長段階では、地下水熱利用ヒートポンプが地中熱ヒートポンプの大部分を占めていました。いくつかの物件での設計、建設、設置、運用上の問題から、いくつかの課題が徐々に明らかになってきました。水質汚染を引き起こす可能性がある地下水還流の難しさ等がこれに含まれます。結果的に、多くの省や市が地下水熱利用ヒートポンプの使用を制限する政策を出しました。一方、現在はボアホール型のシステムが支配的です。
2. 建設市場の影響  
地中熱ヒートポンプシステムは、冷暖房両方の負荷が必要な建築物で広く使用され、公共建築物で広く使われています。2013 年以降、公共建築物着工件数の減少により、地中熱ヒートポンプの新設も減少しました。

### 3. 技術的なリスクによるユーザーの信頼低下

いくつかの物件では数多くの問題が生じました。例えば、不適切な施工が原因で地中熱ヒートポンプの能力が不十分となったり、基準外の設計計算が原因で冷温熱の蓄積が生じ、その結果熱交換能力が減衰してシステムのエネルギー効率を損ねたり、ということがありました。それらは当該物件で損失を発生させるだけでなく、地中熱ヒートポンプ技術への信頼を低下させ、新しい地中熱ヒートポンプの採用を減少させることにつながります。

地中熱ヒートポンプに関する政策：

#### 1. 地中熱ヒートポンプによるエネルギー開発と利用の第13次5カ年計画

この政策は、再生可能エネルギー開発の第13次5カ年計画に従って制定されたものであり、地中熱エネルギー開発の基盤である地中熱ヒートポンプによるエネルギー開発と利用の手引き、目標、主な実施事項、主な設計・運用手段を詳述したものです。

2. 北部暖房地域における石炭削減のための代替促進に向けた浅層地熱エネルギーの開発と利用の加速  
これにより、大気汚染改善のために地域の冷暖房にクリーンで効率的なエネルギー使用が促進されます。

地中熱ヒートポンプ導入事業に対する助成制度

- » 北京市：補償エンジニアリングへの初期投資の30%。
- » 吉林省：エネルギー供給面積あたり60元/m<sup>2</sup>。
- » 重慶市：エネルギー供給面積あたり30~40元/m<sup>2</sup>。
- » 南京市：エネルギー供給面積あたり35-70元/m<sup>2</sup>。

## 結論

ヒートポンプは、再生可能エネルギーを利用する効果的な方法です。中国におけるヒートポンプの先行きは明るいものです。政策と資金の継続的な後押しによってヒートポンプの活用は増え続けるでしょう。

中国の空気熱源ヒートポンプ市場は、年率10%以上で着実な成長を維持すると予想されていましたが、現在はそうなっていません。石炭火力発電の下で効率的に使用できるように空気熱源ヒートポンプの運転性能をいかに改善するかが課題です。

建設市場の変化など多くの要因の下、地中熱ヒートポンプ市場は更に影響を受け、普及の成長率はしばらくの間減少が予想されます。しかし、その減少割合は更に小さくなり累積採用面積は今後も増加し続けるでしょう。

LINGYAN YANG

China Academy of Building Research, CABR

[yly8111@163.com](mailto:yly8111@163.com)

<https://doi.org/10.23697/napz-ee62>

## INFORMATION

**Be a part of the Heat Pumping Technologies TCP**



<https://twitter.com/HeatPumpingTech>



<https://www.linkedin.com/groups/7412992/>

**Meet us in social media!**

# 日射熱取得の予測に基づくヒートポンプシステム制御

Daive Rolando and Hatef Madani、スウェーデン

システム効率の大幅な向上を実現できる高度なシステム制御方策を実行することは、求められる快適性を維持しつつシステム運用コストを削減する上で好都合なソリューションとなる可能性があります。スウェーデンの国家研究プロジェクトで開発された制御アルゴリズムは、戸建て住宅への設置の場合、日射熱取得を予測することで10%の年間エネルギー消費量削減という結果を示しています。開発された制御アルゴリズムは原則としてハードウェアの改良を一切必要とせず、新設・既設両方で実行することが可能です。



この記事ダウンロードして共有する

## 序論

中・北欧諸国で採用される住宅用ヒートポンプ基本的な制御方法はこれまで、暖房（または冷房）システムへの供給温度の計算に基づいており、これは外気温に基づいています。供給温度を表す関数は「暖房曲線」と呼ばれ、一般的には区分的な関数として定義されています。

暖房曲線は、設置段階で定義する必要がありますが、これは建物の外皮性能、熱分配の形式（ラジエーター、床暖房等）、その場所の設計温度条件によって異なります。このアプローチは、特定の外気温に対して快適な温度条件に相当する室内温度を保証できるよう、建物の暖房負荷とバランスするように供給温度を定めることができるという考えに基づいています。スウェーデンの場合を考えると、住宅用ヒートポンプ設備の大多数は暖房曲線をシステムコントローラーの唯一の入力と見なしています。多くの場合、室内温度は計測されていますが、制御ロジックへの積極的な実装、活用はされていません。

「ヒートポンプシステムのスマート制御戦略」プロジェクト[1]はスウェーデンエネルギー庁が共同出資の研究プロジェクトであり、建物の暖房曲線に基づく従来の制御を備えた戸建て住宅のヒートポンプ暖房システムの改善に焦点を当てました。このプロジェクトでは、ヒートポンプシステムの新旧のコントローラーいずれにも実装できる、建物の暖房曲線の手法に対するいくつかのでき得る調整について評価しました。

暖房曲線を用いた制御手法に入力変数を追加することが省エネルギーと室内の快適性に与える影響を評価するため、徹底的な分析が行われました。より具体的には、ユーザーによる内部発熱、周囲温度、風、日射の予測が、様々なタイプの戸建て住宅の検討にあたり考慮されました。気象やユーザー在室状況の完全な予測に基づいた潜在的な制御改善に関する研究は、2017年のIEAヒートポンプ会議で発表されました[2]。

この記事では、太陽日射熱取得の予測に基づく制御アルゴリズムの開発結果を少し要約してお伝えします。

## ヒートポンプ予測制御

従来のヒートポンプ制御手法は、建物の暖房曲線に基づいて行われています。暖房（または冷房）システムへの供給温度は外気温の関数で算出されます。

暖房曲線制御アルゴリズムは、実装と設定が比較的簡単であり、現在、戸建て住宅に使用されている最も一般的な制御アプローチです。にもかかわらず、この手法のよく知られた数少ない欠点はあまりに無視されることが多いです。

第一に、室内温度は外気温と一義的な関係ではありません。例えば日射や居住者の活動は、室内温度と快適性に大きな影響を与える熱エネルギーを意味します。

総合的な快適性を維持しつつヒートポンプのエネルギー消費を最小限に抑えることができる高度な制御戦略をテストするために、ソフトウェア TRNSYS を用いて戸建て住宅ヒートポンプ設備シミュレーションモデルが開発されました。建物のシミュレーションを通じて得られた結果から、年間の決められた期間、日射熱取得の予測値に応じて日ごとに暖房曲線を体系的に修正することで、大幅なエネルギー削減を実現できる可能性があることが分かりました。

典型的な日射データを見ることは、日々の日射熱取得をどのように予測できるか説明するのに役立ちます。例として、図1はスウェーデンのストックホルムでの1日の日射量を示しています。晴天時の日射は太陽の相対的な位置を考慮して計算されています。この計算は、どの場所についてもいつでも簡単に行うことができ、毎年変わらないと考えることができます。

同じグラフに日射量の実測値もプロットしており、いわゆる日射率が表現されています。「晴天時日射」の曲線の下領域が、ある場所で1年のある日に日射から受けるエネルギーの最大値を示していることに注目されます。一方、「日射実測値」の曲線の下領域は、同じ日の太陽放射によって実際に受けるエネルギーを

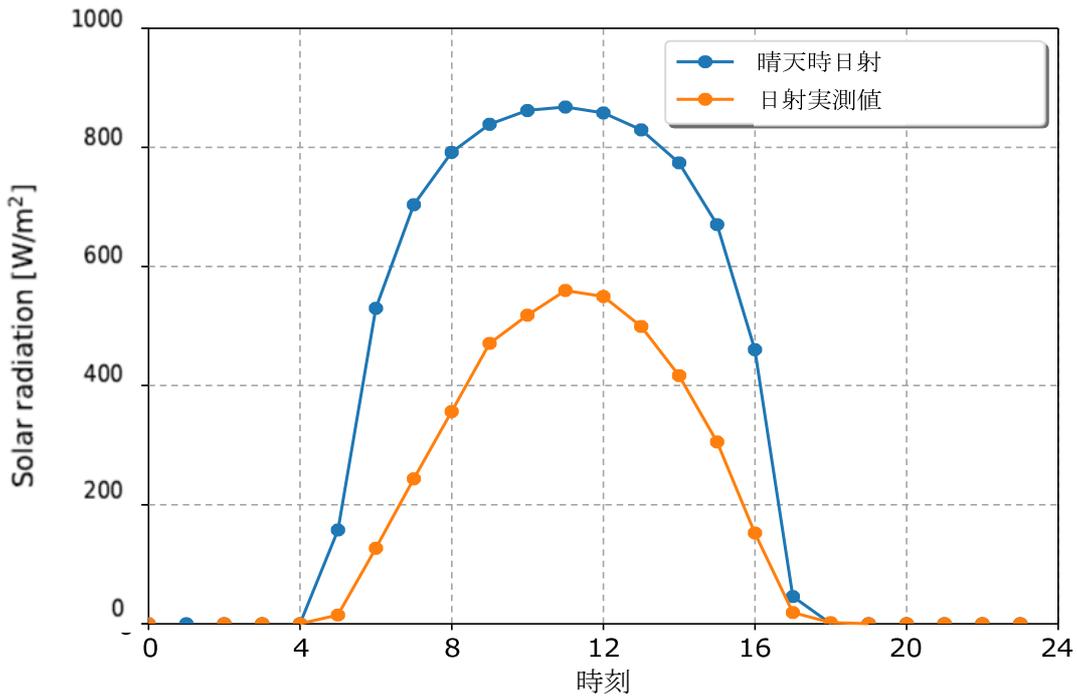


Fig. 13 月の1日の日射プロファイル比の例。理論的な晴天放射プロファイルは、測定データと比較されます。

表します。図1のような日射の減衰を引き起こす理由の中でも雲量は最も重要な要因の1つです。直感的に分かる通り、日中に空が雲で覆われているほど理論上の（晴天時の）日射量と比較して実際の日射量は減少します。

通常、1年の中で日射量が大きく異なるものの平均周囲温度が非常に近い月があります。例えばストックホルムの場合、4月と11月がこれにあたります。周囲温度が比較的近いため、単に暖房曲線に基づくヒートポンプコントローラは4月も11月も同じように暖房システムを制御します。一方、日射の影響（11月と4月で大きく異なる）は、建物の温め過ぎ、エネルギーの浪費、必要以上の電力消費につながる可能性があります。

これらの理由から、天気予報で提供される平均雲量を用いて日々の日射量の予測を可能とする予測モデルが開発されました。具体的には日毎に、理論的な日射データ（計算が容易でどの場所でも利用可能）に平均雲量予測値を加味して計算した日射量による熱取得が予測されます。この予測モデルは、私たちのグループが開発したシミュレーションモデルによって調整され、テストされています。

この記事で紹介している制御は、他のタイプの暖房（地域暖房等）や冷房システムでも有効です。

図2は、ストックホルムにある125㎡の戸建て住宅のエネルギー消費量と省エネ量について、日別日射予測モデルから得られた結果を示しています。

図2では、従来の暖房曲線の手法に基づくヒートポンプシステムのエネルギー消費量に「base」という

ラベル、日々の日射量予測値を考慮して制御された同一システムのエネルギー消費量に「Solar prediction」とラベルを付けています。また、同じ図の中で、従来制御に対して日射予測モデルで得られた毎月のエネルギー削減量を示しています。

上述のように、外気温が比較的低温で日射量が多くなる際に省エネポテンシャルが最大となるため、毎月の省エネ量は明らかに均一ではありません。通常このような状況は冬の終わりから春に発生します。

結果は、2014年から2017年までのストックホルムの気象データを考慮して取得されています（出典：<http://slb.nu> および <https://openweathermap.org/>）。ストックホルムの場合、この期間中、月あたりの省エネのピークはいつも4月に現れ、最大25%になる可能性があります。

### 結論

この研究では、スウェーデンのほとんどのヒートポンプシステムで採用されている共通の制御手法である暖房曲線を出発点として、制御アルゴリズムの修正による省エネポテンシャルを調べるために、人員の行動と気象情報に基づいた追加の入力変数を考慮しました。

この記事に示す結果は、日々の日射熱取得の予測を考慮することによって大幅なエネルギー削減を実現できる可能性があることに焦点を当てています。

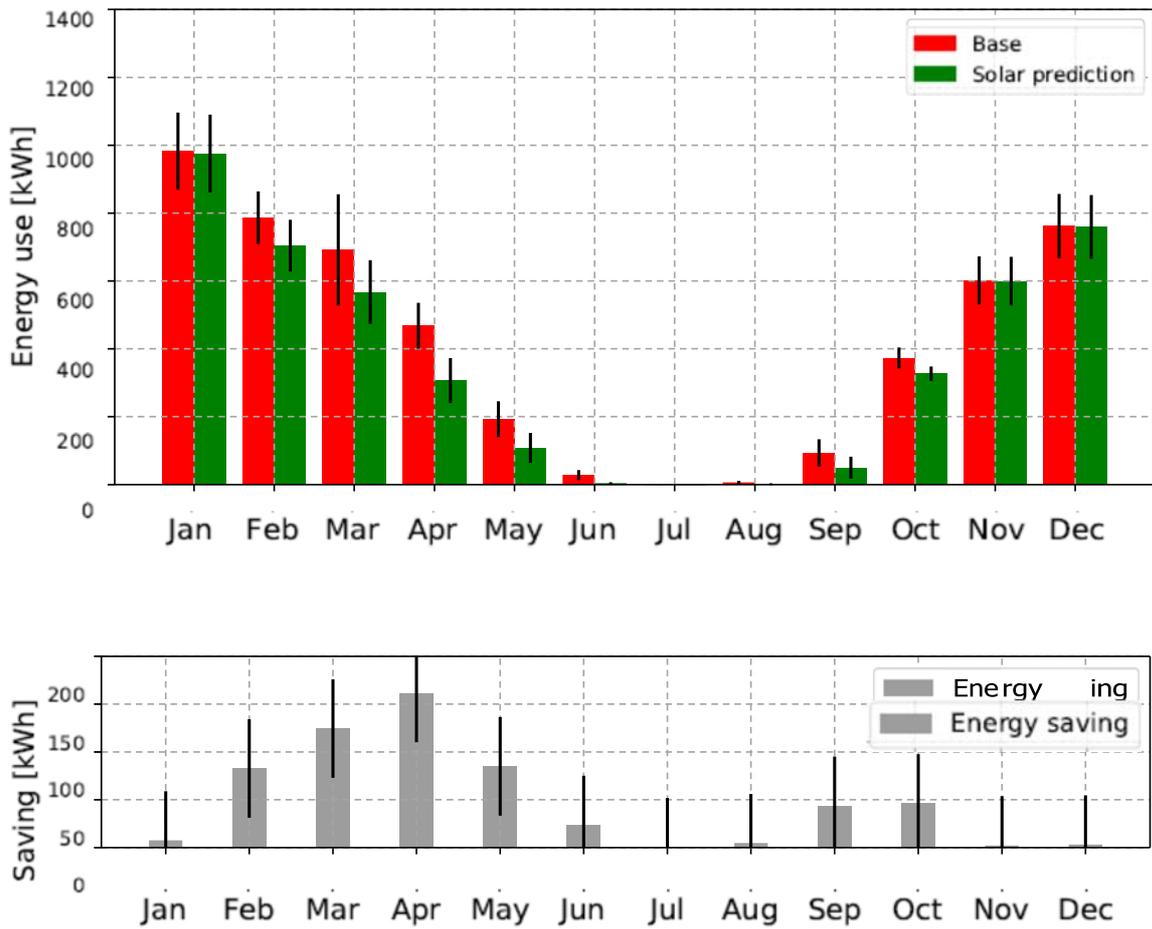


Fig. 2 2014年から2017年までの気象データを用いたシミュレーションによって得られたエネルギー消費量と削減量の概要

TRNSYS ソフトウェアを用いたシステムシミュレーションを構築することで、システムに追加のセンサーを設置することなく日々の日射量を予測することを可能とする新しいシステム制御方法が開発されました。開発された制御方法と従来の制御方法を比較するシミュレーションを実行しました。

得られた結果は、達成可能な年間のエネルギー削減率は約 9%であり、月毎では 25%を超える可能性があることを示しています。モデルとなるシステムでは、エネルギー削減の最大値は通常、春の期間に得られます。

ここに示す制御手法が新設・既設両方の暖房システムで実行可能であることは注目されます。日射量を直接測定する必要はなく、システムを大幅に変更する必要もありません。制御アルゴリズムは、実際には制御ソフトの更新によって実装できます。追加のセンサーやハードウェアは必要ありません。また、この記事で説明した制御は、他のタイプの暖房（地域暖房等）や冷房システムでも有効である点も特筆する点です。

### 謝辞

「ヒートポンプシステムのスマート制御戦略」プロジェクトはスウェーデン EffSys Expand プログラムの一部であり、スウェーデンのエネルギー庁と産業界のプロジェクトパートナーの共同出資によるものです。本プロジェクトにご支援頂いた Danfoss Heat Pumps AB, IVT-Bosch, Nibe, Bengt, Dahlgren, Nowab AB, ETM Kylteknik AB, Hesch Automation and ElectroTest AB に感謝致します。また、本プロジェクトの学術パートナーであるバレンシア工科大学 (UPV) エネルギー工学研究所 (IIE) の熱部門にも感謝致します。

参考文献

- [1] Rolando, D. and Madani H., 2018. "Smart control strategy for heat pump systems". Swedish national project report within the research program EffSys Expand. <https://www.energy.kth.se/applied-thermodynamics/current-projects/smarta-kontrollstrategier-for-varmepumpsystem-1.669013>
- [2] Rolando, D., H. Madani, G. Braida, R. Tomasetig, and Z. Mohammadi., 2017. "Heat Pump System Control: The Potential Improvement Based on Perfect Prediction of Weather Forecast and User Occupancy." IEA International Conference, Rotterdam.

**DAVIDEROLANDO**  
KTH Royal Institute of Technology  
Sweden  
[davide.rolando@energy.kth.se](mailto:davide.rolando@energy.kth.se)  
<https://doi.org/10.23697/d22t-8s43>

INFORMATION

## Do you want to read more about the results and outcome of the HPT TCP Annexes?

### Welcome to the HPT TCP publications database

Here you find the results of the projects implemented by the Technology Collaboration Programme on Heat Pumping Technologies, HPT TCP, and Heat Pump Centre, HPC.

Publication database:

<https://heatpumpingtechnologies.org/publications>



# コントローラーインザループ - ヒートポンプシステムの コストと品質を最適化する新しい方法

Andreas Sporr, Austrian Institute of Technology GmbH

Michael Laueremann, Austrian Institute of Technology GmbH GmbH

ヒートポンプシステムは絶えず複雑化しており、冷媒は欧州連合の F ガス規制に適合するよう進化しています。その結果、ヒートポンプシステムコントローラーへの要求も高まっています。そのため、こういった複雑なコントローラーの正確なテストがますます重要になります。コントローラーのテストは通常、ソフトウェアに関して、あるいは試作機を製造して行われます。ソフトウェア試験は実際の運転を部分的にしか表現できず、試作機は実際の運転は完全にカバーできるのですが非常に高価であり、試作機に必要な変更を行うことには非常にコストがかかります。高価な試作品を使用することなく実際の運転と非常によく似た条件でコントローラーの試験をする手法として、コントローラーインザループ (CIL) を推奨します。この手法について少し詳細に、実際の例を添えてご説明します。



この記事ダウンロードして共有する

## 序論

ヒートポンプ技術分野が発展するにつれてシステムはますます複雑になっています。設計の複雑さに加え、F ガス規制 [1] に適合するために古い冷媒が段階的に廃止され、新しい冷媒が市場に入ってきています。したがって、そのようなシステムの制御に対する要求も徐々に厳しくなり、様々な機器構成や様々な動作状態でより多くの部品を正しく制御する必要があります。このように複雑さが増大することで、制御コンセプトの開発中に誤りが発生する可能性も高くなります。コントローラーのソフトは既に試験されていますが、実際の動作をこの種のテストで正確に表すことはまだできません。例えば、通常 MODBUS [2] または BACnet [3] を介して行われる通信

のレベルや、通信と実際のコントローラーに組み込まれたハードウェアの両方で生じる時間遅れという点が欠落しています。また、データの衝突や損失によって起こる障害を表現することも困難です。このため、古典的なコントローラー試験のために高価な試作品を開発する必要性が残ります。コストが高いことに加えて、試作機は設置後に調整することが困難です。それゆえ、コンセプト開発の段階で既に、安定して効率的に制御されたヒートポンプシステムを開発することに多大な努力が必要です。試作品の欠陥を回避するために、従来手法に基づく安定したシステムを優先し、新しく革新的なシステムの開発を遅らせなければならなくなります。

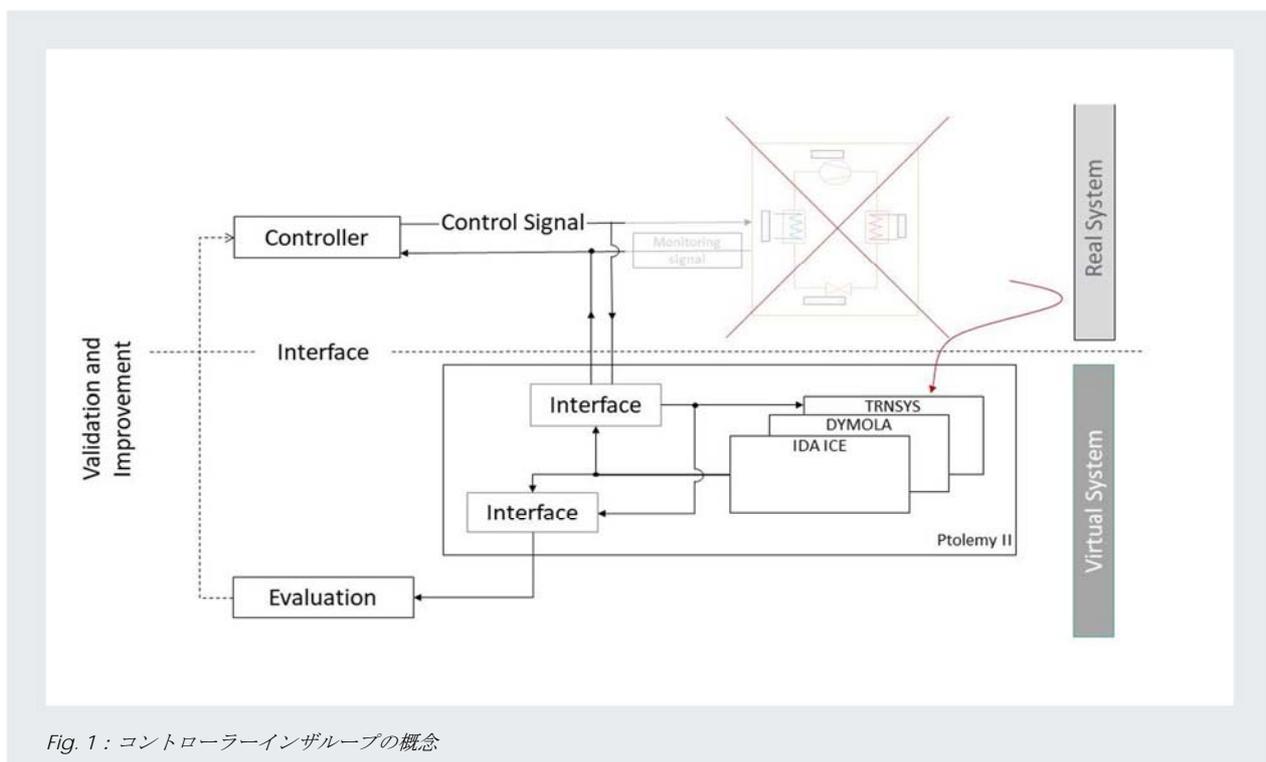


Fig. 1: コントローラーインザループの概念

この記事では、ヒートポンプシステムと冷凍システムという用語は同じ意味で使用しています。

こうした問題の解決策の一つとして考えられるのが、コントローラーインザループ (CIL) の概念です。この概念は、コントローラーが実物で制御対象となるシステムがバーチャルであるという点を除いてはハードウェアインザループ (HIL) [4]の手法に基づいています。この概念は、例えばデジタルとリアルの世界を相互に接続してそれぞれの利点を活用するテストベンチに使用されます。これによって、例えば高価な試作品やテストベンチを作成することなく実物の制御回路を用いて駆動モーターの試験や更なる開発を行うための仮想物理モデルの構築を可能にします。同じ概念はヒートポンプ分野にも使用できます。ここでは、冷凍回路やその一部のバーチャルなモデルが適切なシミュレーションツールにおいて表現され、この目的のために用意された実際のコントローラーと接続されます。さらに、実際の初回運転前にコントローラーの動作が正しく機能するかを確認することができます。例えば熱源・熱供給先の容量や異なる特性の部品を変えながら、様々な試験シナリオのシミュレーションで冷凍システムの動作と関連する制御の動作を調べることができます。

### コンセプトの説明

CILの手法では、図1のように実際の環境が仮想環境に変換され、物理的なコントローラーに接続されます。したがって、通信レベルとシミュレーションレベルの2つの異なるレベルを考慮する必要があります。通信レベルでは、図1にインターフェースとして示されていますが、コントローラーとコンピューター間の接続を確立する必要があります。ここで、データをプロトコルや直接接続によって送信することができます。これにより、例えばModbus RTUやTCP / IP、BACnetなど様々なプロトコルを通信に使用することができます。コントローラーは使用するプロトコルによって異なる方法で接続する必要があります。例えば、Modbus RTUはシリアル接続、Modbus TCP/IPとBACnetはRJ-45接続を使用します。接続を正常に確立した後、それぞれのプロトコルをマスター (PC) とスレーブ (コントローラー) の両側で正しくパラメーター化する必要があります。接続がアナログで、信号がプロトコルを使用せずに直接送信される場合は、データ収集システム (DAQ) を使用する必要があります。これにより、アナログ信号がPCでの復号が可能なデジタル信号へと変換されます。

シミュレーションレベルでは、それぞれのシステムに適した様々なツールを利用することができます。例えばEnergy Plus、IDA ICE、TRNSYSは、建物シミュレ-

ーションに適しており、Dymola/Modelica [5]やMATLAB/Simulinkは部品レベルのシミュレーションに適しています。実際のシステムを仮想モデル化したら、コントローラーに接続する必要があります。したがって、シミュレーション環境を使用する必要がありますが、SimulinkとオープンソースのツールであるPtolemy IIはこの目的に適したソリューションです。

### 物理的コントローラーと仮想冷凍回路モデルの結合

上述のCIL手法は実際のCarel ePCOコントローラーと仮想冷凍システムを結合することにより、以下の通りとなります。この例では、全ての通信はModbus RTUとRS-485を介してUSBコンバーターへと行われます。冷凍回路のシミュレーションに適したシミュレーション環境としてDymola / Modelicaを選択しました。このツールを使用すると、システムの動作をシミュレーションするにあたり十分正確に実際のシステムを表現することができます。Ptolemy IIは、関数をJavaでプログラムし、組み込むことができるという拡張の容易さから、仮想世界と現実世界を結合する実例のために使用されました。このようにしてModbus RTUリーダー・ライターが実装されました。

図2は、Dymola / Modelicaで開発されたヒートポンプの閉じたモデルから始まり、実環境に相互接続され、Ptolemy IIに統合されたモデルとなるまでの過程を示しています。ヒートポンプは、TLK ThermoのTILライブラリの部品に基づいており、暖房・給湯用の圧縮機、凝縮器、膨張弁、蒸発器の部品が相互接続されています。このモデルはブライン-水ヒートポンプを使用した改修物件における使用例を表しています。表1に、モデルのパラメーターを示します。主電源周波数50Hzのオン/オフ制御のピストンコンプレッサーが用いられています。動作限界は、家庭用給湯・暖房といった用途に応じて選択されます。つまり、熱供給最高温度60°C、熱源最低温度は-15°Cです。吸入ガス過熱度は7Kに設定されています。熱源側と熱供給側の循環ポンプはオン/オフ制御されています。ここで注意が必要なのは、数値モデルには制御アーキテクチャが実装されていないということです。制御メカニズムはハードウェアコントローラーから提供されます。

モデリングが成功すると、続く制御に必要な仮想センサーとアクチュエーターがモデルの入出力として定義されます。その後、ファンクショナルモックアップユニット (FMU) を作成してPtolemy IIに追加することができます。最後のステップとして、DYMOLA FMUの入出力をModbus RTU通信ブロックに接続する必要があります、物理コントローラーとの通信が可能です。

Table 1:モデルパラメーター

冷媒	圧縮機	加熱能力	熱供給 最高温度	熱源 最低温度	吸入ガス 過熱度	熱供給 ポンプ	熱源 ポンプ
R1234zee (低 GWP)	ピストン オン / オフ制御	7kW @B0W35	60° C	-15° C	7K	オン / オフ 制御	オン / オフ 制御

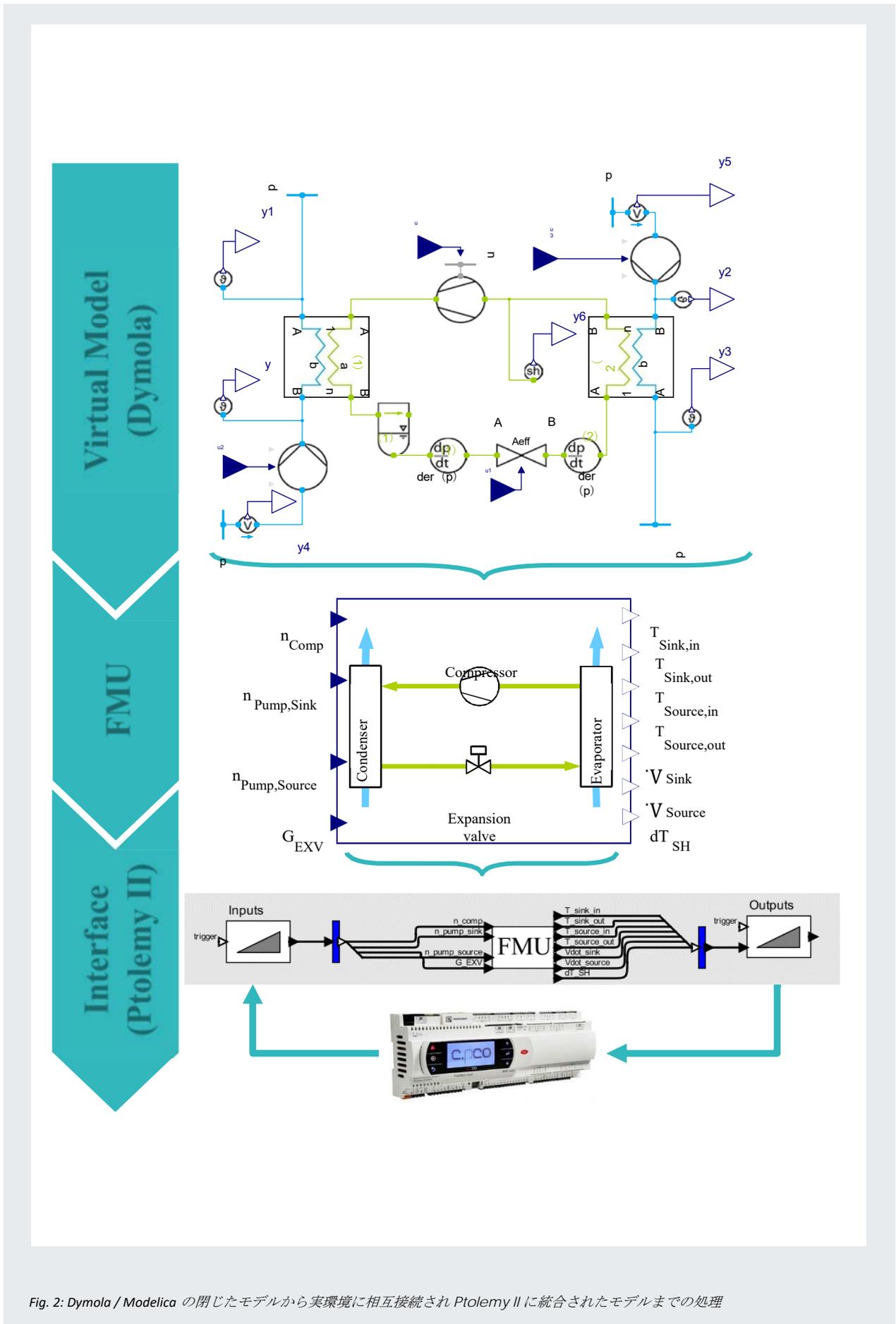


Fig. 2: Dymola / Modelica の閉じたモデルから実環境に相互接続され Ptolemy II に統合されたモデルまでの処理

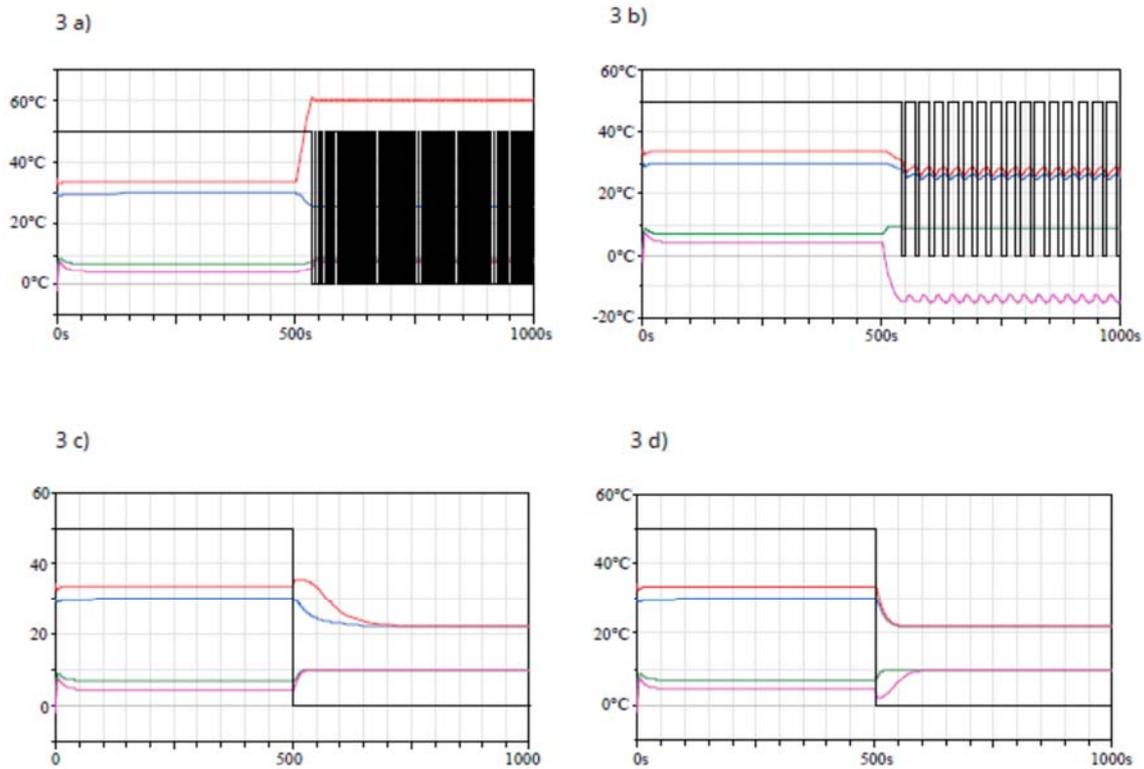


Fig. 3:500 秒でシンク/ソース側に急激な質量流量の低下が誘発された 3a) シンク側、コントローラーパラメーターが正しくありません。3b) ソース側、コントローラーパラメーターが正しくありません。3c) シンク側、コントローラーパラメーターを修正。3d) ソース側、コントローラーパラメーターを修正。

コントローラーは、安全管理の観点から、上記の境界条件を考慮してテストされます。ヒートポンプ試験規格 EN14511 [6]および EN14825 [7]に従って、熱供給側と熱源側の流量が突然約 0 m<sup>3</sup>/h に設定されます。コントローラーのパラメーターが正しく設定されていれば、最低流量保護はすぐに圧縮機を停止してシステムへのダメージを防止します。

### 結果

エラー検出の例として図 3a~3d に、500 秒経過時点で放熱側 (図 3a、3c) および熱源側 (図 3b、3d) で体積流量を急減させ、最小体積流量保護が正しく作動しなかった場合の結果を示しています。図 3a、3b は、エラーが特定できなかった場合の影響を示しています。

放熱側 (図 3a) では、水側の流量の大幅な減少により放熱側出口温度 (赤い線) が上昇します。放熱側の許容最高温度 60°C に達すると、更なる保護機構が作動して圧縮機を停止します (黒い線)。この温度が放熱側の許容最高温度を下回ると、圧縮機が再びオンになります。このサイクルにより短時間で相当な回数、圧縮機が発停し、圧縮機の寿命が短くなります。エラーを特定後、最小流量が調整され、コントローラーは冷凍

回路をシャットダウンします (図 3c)。

熱源側でも同様の動作が見られます (図 3b、3d)。最低戻り温度 (ピンクの線) が最低温度 (例えば配管結露防止のための -15°C) を下回ってはなりません。この際も同様に圧縮機発停回数の増加につながります (図 3b)。ここでは、スイッチオフ流量を調整することでエラーも修正され、冷凍回路が正しく停止します (図 3d)。

### 結論

この記事では、CIL アプローチについて詳細に説明し、実例を示しました。定評のあるコントローラーメーカーが既に取り扱う様々なプロトコルが使用できるおかげで、PC との接続は非常に簡単です。アナログ信号も DAQ デバイスでデジタル信号に変換し、PC で利用できます。PC 側では、様々なシステムをバーチャルに表現することのできる様々な確立されたシミュレーションプログラムを利用することができます。使用するプロトコルが正しく実装されていれば、これらのプログラムを様々なツールを使用して実際の環境に結合することが可能です。実際のコントローラーを仮想プラントモデルとうまく結合することにより、試作品無しで、

またプラントを損傷するリスク無しにエラーを特定して修正することができました。純粋なソフトウェアベースの制御方法の試験とは対照的に、動的モデルで例えば通信の遅延のようなあらゆる影響を考慮した試験を行うことができました。このような試験の後、PC からコントローラーへの制御ソフトウェア移植におけるエラーの可能性を考慮すること無く、コントローラーを実際の機器に直接接続できます。

### 謝辞

この記事の取り組みは研究プロジェクト Geofit の枠組みで行われました。このプロジェクトは、助成金協定番号 792210 のもと、エネルギー効率とイノベーションの取り組みのための欧州連合 Horizon 2020 プログラムから資金提供を受けました。

### 参考文献

- [1] European Parliament, REGULATION (EU) No 517/2014 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 16 April 2014 on fluorinated greenhouse gases and repealing Regulation (EC) No 842/2006. p. 36.
- [2] “The Modbus Organization.” <https://www.modbus.org/> (accessed Oct. 07, 2020).
- [3] “BACnet Website.” <http://www.bacnet.org/> (accessed Oct. 07, 2020).
- [4] O. M. Abdalla, S. A. Hammad, and H. A. Yousef, “A Framework for Real Time Hardware in the loop Simulation for Control Design,” ArXiv14101342 Cs, Oct. 2014, Accessed: Oct. 07, 2020. [Online]. Available: <http://arxiv.org/abs/1410.1342>.
- [5] “Dymola - Dassault Systèmes®.” <https://www.3ds.com/products-services/catia/products/dymola/> (accessed Oct. 07, 2020).
- [6] DIN, “DIN EN 14511-3:2019-07.” Jul. 2019, [Online]. Available: <https://www.beuth.de/de/norm/din-en-14511-3/298537847>
- [7] DIN, “DIN EN 14825:2019-07.” Jul. 2019, [Online]. Available: <https://www.beuth.de/de/norm/din-en-14825/286479610>

**ANDREAS SPORR**

**Austrian Institute of Technology (AIT),  
Center for Energy**

Austria

[andreas.Sporr@ait.ac.at](mailto:andreas.Sporr@ait.ac.at)

<https://doi.org/10.23697/n9pw-6e73>



## 新しい HPT TCP Annex : ヒートポンプのための IoT

IoT Annex は、IoT 対応ヒートポンプの可能性と課題に焦点を当てています。接続されたデバイスは将来的に、ユーザーの快適性向上、エネルギー消費の削減、熱供給の脱炭素化等複数の目的に対応して重要な役割を果たします。Annex には家庭用・商業用ヒートポンプと産業用ヒートポンプの両方が含まれます。様々なレベル (OEM、ヒートポンプメーカー、コンサルタント、設置業者、立法者等) で知見を増やし、将来の基準策定にガイダンスを提供し、貢献することをこの Annex は目指しています。

詳細については、**Annex Web** サイトにアクセスしてください。

<https://heatpumpingtechnologies.org/annex56/>

ANNEX <b>56</b>	START DATE: <b>1 January 2020</b> END DATE: <b>31 December 2022</b>
<b>Internet of Things for Heat Pumps</b> The Annex description: The IoT Annex focusses on the opportunities and challenges of IoT enabled heat pumps. Connected devices will play a major role in the future address...	
<a href="#">Read more</a> ⓘ	<a href="#">Visit annex</a> ↗

## イベント 2020/2021

2020年11月10日の時点で、コロナウイルスに関する状況に関する更新が追加されています。参加予定の会議の情報をよく確認してください。

### 2020年

2-4 December

51st International HVAC&R Congress and Exhibition

Virtual Conference

<https://www.rehva.eu/news/article/the-51st-international-hvacr-congress-and-exhibition-is-going-online>

7-9 December

14th IIR-Gustav Lorentzen Conference on Natural Refrigerants (GL 2020)

Virtual Conference

<https://biz.knt.co.jp/tour/2020/12/gl2020/index.html#attention>

### 2021年

10-12 January

Climamed 2020

Lisbon, Portugal

<http://www.climamed.org/en/>

13-15 January 2021

Compressors 2021

– 10th International Conference on Compressors and Coolants

Virtual Conference

[https://szchkt.org/a/conf/event\\_dates/49?locale=en\\_GB](https://szchkt.org/a/conf/event_dates/49?locale=en_GB)

9-11 February

ASHRAE Virtual Winter Conference

Virtual Conference

<https://www.ashrae.org/conferences/2021-virtual-winter-conference>

8-10 March

2021 ASHRAE Virtual Design and Construction Conference

Virtual Conference

<https://www.ashrae.org/conferences/topical-conferences/2021-virtual-design-and-construction-conference>

April [exact date is not provided]

The 10th Asian Conference on Refrigeration and Air-Conditioning (ACRA 2020)

Hangzhou / Shanghai, China

<http://www.acra2020.org/>

<https://file.aconf.org/conf/hz/2019/07/173386/docs/Notice%20on%20the%20Postponement%20of%20ACRA2020.pdf>

20-21 April

Cold climate HVAC & Energy

Virtual Conference

<https://hvac2021.org/>

26-29 April

13th IEA Heat Pump Conference 2020

Jeju, South Korea & Virtual

<http://hpc2020.org/>

3-5 May

Euroheat & Power

Vilnius, Lithuania & Virtual

<https://www.ehpcongress.org/>

13-15 May

9th IIR Conference on Ammonia and CO2 Refrigeration Technologies

Ohrid, North Macedonia

<https://iifiir.org/en/events/9th-iir-conference-on-ammonia-and-co2-refrigeration-technologies>

23-27 May

Purdue International Compressor Engineering, Refrigeration & AC, High Performance Buildings Conferences

West Lafayette, Indiana, USA

<https://engineering.purdue.edu/Herrick/Conferences/2020>

6-10 June

9th International Conference on Caloric Cooling and Applications of Caloric Materials (Thermag IX)

College Park, Maryland, USA

<https://ceee.umd.edu/events/thermag-ix>

16-18 June

2nd IIR Conference on HFOs and Low GWP blends (HFO2021)

Mixed online and onsite Conference (Osaka, Japan)

<https://biz.knt.co.jp/tour/2021/06/hfo/index.html>

21-23 June

Healthy Buildings, Europe 2021

Oslo, Norway

<https://www.hb2021-europe.org/index.html>

26-30 June

ASHRAE Annual Conference

Phoenix, AZ, USA

<https://www.ashrae.org/conferences/2021-annual-conference-phoenix>

August 22-25

International Sorption Heat Pump Conference 2021

Berlin, Germany

[https://www.eta.tu-berlin.de/menue/ishpc\\_2021](https://www.eta.tu-berlin.de/menue/ishpc_2021)

August 25-27

8th International Building Physics Conference (IBPC)

Copenhagen, Denmark

<https://www.ibpc2021.org/>

1-3 September

13th IIR Conference on Phase-Change Materials and Slurries for Refrigeration and Air Conditioning

Vicenza, Italy

<http://static.gest.unipd.it/PCM2021/>

1-3 September

6th IIR Conference on Thermophysical Properties and Transfer Processes of Refrigerants

Vicenza, Italy

<http://static.gest.unipd.it/TPTPR2021/>

6-8 September

12th International Conference on Compressors and their Systems

London, UK

<https://www.city.ac.uk/events/conferences/compressorsconference>

13-15 September

IAQ 2020: Indoor Environmental Quality Performance Approaches - Transitioning from IAQ to IEQ

Athens, Greece

<https://www.ashrae.org/conferences/topical-conferences/indoor-environmental-quality-performance-approaches>

追って通知があるまで延期

International Symposium on New Refrigerants and Environmental Technology 2020

Kobe, Japan

<https://www.jraia.or.jp/english/symposium/index.html>

IN THE NEXT ISSUE  
Heat pumps in multi-family buildings

Volume 40 - NO 1/2021

# National Team CONTACTS

## AUSTRIA

Dr. Thomas Fleckl  
Austrian Institute of Technology  
Tel: +43 50550-6616  
[thomas.fleckl@ait.ac.at](mailto:thomas.fleckl@ait.ac.at)

## BELGIUM

Ms. Jozefien Vanbecelaere  
Beleidsmedewerker PVen  
Warmtepompen  
Tel: +32 2 218 87 47  
[jozefien.vanbecelaere@ode.be](mailto:jozefien.vanbecelaere@ode.be)

## CANADA

Dr. Sophie Hosatte Ducassy  
CanmetENERGY  
Natural Resources Canada  
Tel: +1 450 652 5331  
[sophie.hosatte-ducassy@canada.ca](mailto:sophie.hosatte-ducassy@canada.ca)

## CHINA

Prof Xu Wei  
China Academy of Building Research  
Tel: +86 10 84270105  
[xuwei19@126.com](mailto:xuwei19@126.com)

## DENMARK

Mr. Svend Pedersen  
Danish Technological Institute  
Tel: +45 72 20 12 71  
[svp@teknologisk.dk](mailto:svp@teknologisk.dk)

## FINLAND

Mr. Jussi Hirvonen  
Finnish Heat Pump Association  
Tel: +35 8 50 500 2751  
[jussi.hirvonen@sulpu.fi](mailto:jussi.hirvonen@sulpu.fi)

## FRANCE

Mr. Paul Kaaijk  
ADEME  
Tel: +33 4 93 95 79 14  
[paul.kaaijk@ademe.fr](mailto:paul.kaaijk@ademe.fr)

## GERMANY

Dr. Rainer Jakobs  
Informationszentrum Wärmepumpen  
und Kältetechnik  
Tel. + 49 6163 57 17  
[jakobs@izw-online.de](mailto:jakobs@izw-online.de)

## ITALY

Dr. Maurizio Pieve  
ENEA, Energy Technologies Dept.  
Tel. +39 050 621 36 14  
[maurizio.pieve@enea.it](mailto:maurizio.pieve@enea.it)

## JAPAN

Mr. Tetsushiro Iwatsubo  
New Energy and Industrial Technology  
Development Organization  
Tel +81-44-520-5281  
[iwatsubotts@nedo.go.jp](mailto:iwatsubotts@nedo.go.jp)

## Mr. Hideaki Maeyama

Heat Pump and Thermal Storage  
Technology Center of Japan (HPTCJ)  
Tel: +81 3 5643 2404  
[maeyama.hideaki@hptcj.or.jp](mailto:maeyama.hideaki@hptcj.or.jp)

## NETHERLANDS

Mr. Tomas Olejniczak  
Netherlands Enterprise Agency (RVO)  
Tel: +31 88 60 233 17  
[tomas.olejniczak@rvo.nl](mailto:tomas.olejniczak@rvo.nl)

## NORWAY

Mr. Rolf Iver Mytting Hagemoen  
NOVAP  
Tel. +47 971 29 250  
[river@novap.no](mailto:river@novap.no)

## SOUTH KOREA

Mr. Hyun-choon Cho  
KETEP  
Tel: +82 2 3469 8301  
[energykorea@ketep.re.kr](mailto:energykorea@ketep.re.kr)

## SWEDEN

Dr. Emina Pasic  
Swedish Energy Agency  
Tel: +46 16 544 2189  
[emina.pasic@energimyndigheten.se](mailto:emina.pasic@energimyndigheten.se)

## SWITZERLAND

Mr. Stephan Renz  
Beratung Renz Consulting  
Tel: +41 61 271 76 36  
[info@renzconsulting.ch](mailto:info@renzconsulting.ch)

## UNITED KINGDOM

Mr. Oliver Sutton  
Department for Business, Energy &  
Industrial Strategy  
Tel: +44 300 068 6825  
[oliver.sutton@decc.gsi.gov.uk](mailto:oliver.sutton@decc.gsi.gov.uk)

## THE UNITED STATES

Mr. Van Baxter – Team Leader  
Building Equipment Research  
Building Technologies Research &  
Integration Center  
Tel: +1 865 574 2104  
[baxtervd@ornl.gov](mailto:baxtervd@ornl.gov)

Ms. Melissa Voss Lapsa – Coordinator  
Building Envelope & Urban Systems Research  
Building Technologies Research & Integration  
Center  
Tel: +1 865 576 8620  
[lapsamv@ornl.gov](mailto:lapsamv@ornl.gov)

### International Energy Agency

The International Energy Agency (IEA) was established in 1974 within the framework of the Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) to implement an International Energy Programme. A basic aim of the IEA is to foster co-operation among its participating countries, to increase energy security through energy conservation, development of alternative energy sources, new energy technology and research and development.

### Technology Collaboration Programme on Heat Pumping Technologies (HPT TCP)

International collaboration for energy efficient heating, refrigeration, and air-conditioning.

### Vision

Heat pumping technologies play a vital role in achieving the ambitions for a secure, affordable, high-efficiency and low-carbon energy system for heating, cooling and refrigeration across multiple applications and contexts.

The Programme is a key worldwide player in this process by communicating and generating independent information, expertise and knowledge related to this technology as well as enhancing international collaboration.

### Mission

To accelerate the transformation to an efficient, renewable, clean and secure energy sector in our member countries

and beyond by performing collaborative research, demonstration and data collection and enabling innovations and deployment within the area of heat pumping technologies.

### Heat Pump Centre

A central role within the HPT TCP is played by the Heat Pump Centre (HPC). The HPC contributes to the general aim of the HPT TCP, through information exchange and promotion. In the member countries, activities are coordinated by National Teams. For further information on HPC products and activities, or for general enquiries on heat pumps and the HPT TCP, contact your National Team at [www.heatpumpingtechnologies.org/contact-us/](http://www.heatpumpingtechnologies.org/contact-us/)

The Heat Pump Centre is operated by RISE Research Institutes of Sweden.



Heat Pump Centre  
c/o RISE Research Institutes of Sweden  
P.O. Box 857  
SE-501 15 Borås  
Sweden  
Tel: +46 10 516 55 12  
[hpc@heatpumpcentre.org](mailto:hpc@heatpumpcentre.org)

[www.heatpumpingtechnologies.org](http://www.heatpumpingtechnologies.org)

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 前山 英明  
TEL: 03-5643-2404 FAX: 03-5641-4501  
e-mail: [maeyama.hideaki@hptc.j.or.jp](mailto:maeyama.hideaki@hptc.j.or.jp)