



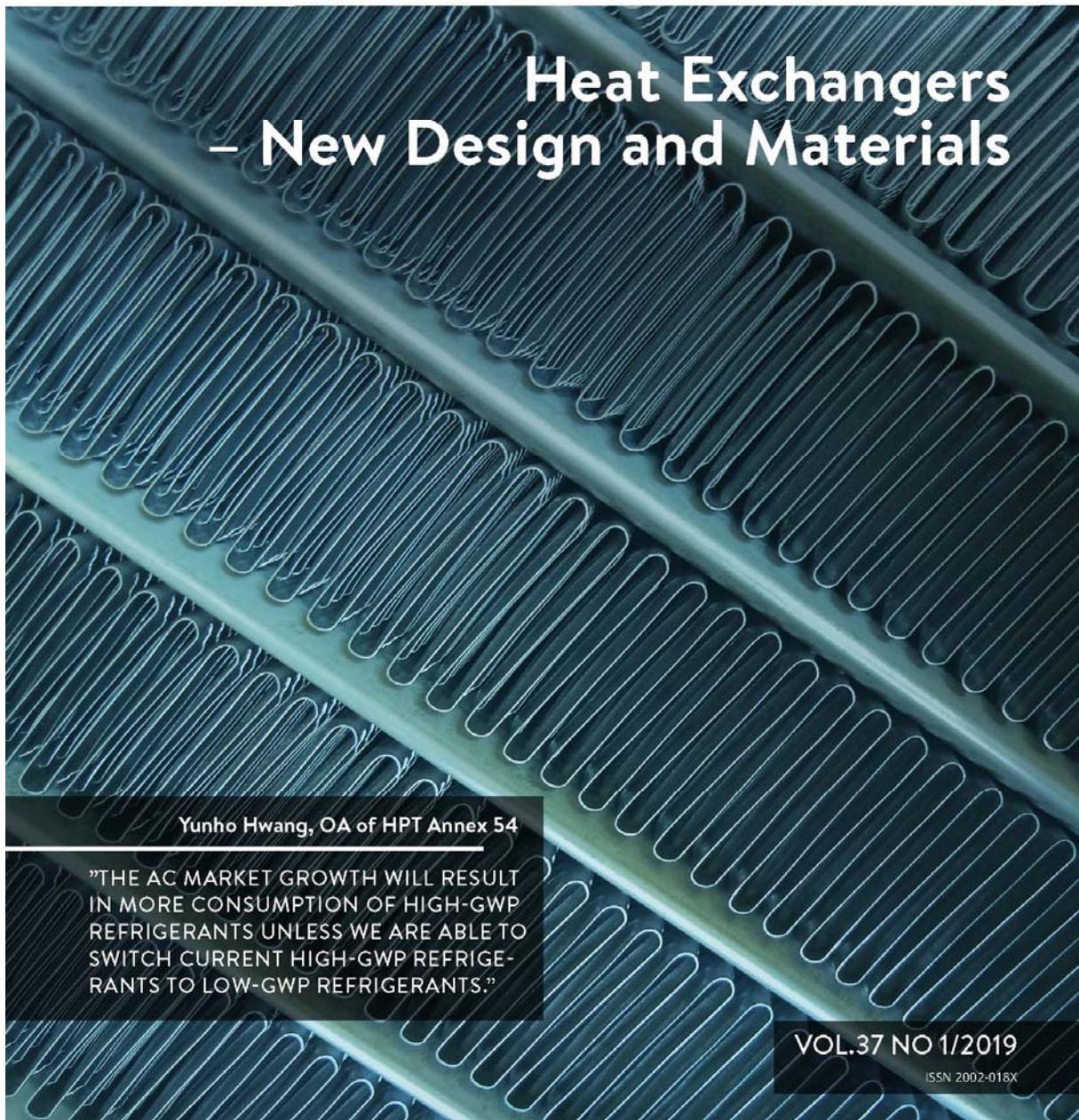
IEA HPT Magazine No 1/2019



国内版第 44 号(2020 年 3 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



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.37 NO.1 / 2019

この号では・・・

ヒートポンプはしばしばシステムの視点から見られます。住宅、産業や都市全体に対するスマートシステムの膨大な需要を考えるとそれは合理的です。しかしながら、システムが真に省エネルギーであるためには、その構成要素もまた高効率である必要があります。ヒートポンプの中で重要なキーコンポーネントの1つとして熱交換器があります。

HPT マガジンのこの号は、熱交換器と、それらの効率が設計と材料の選択によってどのように影響されるかに焦点を当てています。ヒートポンプの課題の1つは冷媒です。代替冷媒はオゾン層を破壊するか、地球温暖化係数が高いか、可燃性であるか、または有毒です。はじめに、冷媒の使用量が少ないヒートポンプを開発する研究が必要であることが指摘されています。特集記事の1つはこの課題をカバーするもので、それ自体がヒートポンプの効率を改善すること、また産業用ヒートポンプ用の低充填量蒸発器の開発の必要性があると結論づけています。もう一つの特集記事は興味深い新タイプの蒸発器である流下液膜 (falling film) の試験について述べています。

コラムは熱交換器の話題から離れ、ハイブリッドヒートポンプを取り上げています。このシステムでは、ヒートポンプでベース負荷を賄い、補助的にガスボイラーが使われます。水素を使用することで、加熱における脱炭素化の可能性は特に高くなります。スウェーデンの市場レポートにおいて、最大の問題は、管理、事務系、サービス技術者といったすべての分野で有能な人員を見つけて採用するのが難しいことであると訴えています。

最後に、第13回 IEA ヒートポンプ会議をお忘れなく。アブストラクトの募集は5月15日に締め切ります。→ 6月30日に延期

それでは、読書をお楽しみ下さい！

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
- 4 コラム
- 5 IEA ヒートポンプ会議、2020年 - 論文募集
- 7 進行中の Annex
- 21 スウェーデンのヒートポンプ市場レポート
: Per Jonasson

話題の記事

- 27 産業用ヒートポンプ用の低チャージ蒸発器
: Zahid Ayub
- 31 遠心式チラーに適用される落下フィルム蒸発器の実験的分析 : Hua Liu
- 39 イベント
- 40 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 55 12

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 55 12
hpc@heatpumpcentre.org

www.heatpumpingtechnologies.org

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

Front page: Shutterstock.

ISSN 2002-018X
<https://doi.org/10.23697/54kt-pw09>

冷媒充填量の最小化

熱交換器はあらゆるエネルギー関連システムにおいて重要な役割を果たします。これは産業用ヒートポンプの用途にも当てはまります。温室効果ガスと同様にオゾン層破壊物質を撤廃するためのより厳しい規制により、業界はこの深刻な問題の解決策を見つけるために精力的に取り組んでいます。特に、キガリ改正後に HFC に課される新たな規制により、ほとんどのハロカーボン冷媒が規制リストに入っています。世界の化学界が提案している選択肢の1つは、一般に HFO と呼ばれるオレフィンベースの冷媒を選ぶことです。これらは新しいものであり、それらの安全性と安定性に関して利用可能な長期データはありません。しかし、入手可能な情報から、これらの広範な使用には2つの障壁があることがわかります。まず、これらの冷媒の大部分は ASHRAE のカテゴリ A2L にあたり微燃性です。第二に、それらは非常に高価です。その一方で、自然冷媒であるアンモニアは優れた熱力学的特性と伝導特性を持っていると定評があり、地球温暖化係数 (GWP) およびオゾン層破壊係数 (ODP) がゼロです。その唯一の欠点は毒性の問題です。



各種の顕在化している問題に対処するために、冷媒量を最小に抑えるシステムが強く推奨されます。そうすることによって、価格面の課題やと漏洩事故による被害の可能性を最小限に抑えることができます。システムが大きいほど排出量も大きくなります。少量の供給源からのより大きな排出の方が、非常に大きな供給源からのより小さな排出よりも小さいでしょう。冷凍システムでは、大部分の冷媒は蒸発器内に留まります。エンジニアや設計者は、すべての冷媒が漏れても施設周辺の人々に生命を脅かす状況を引き起こさないように、蒸発器の環境負荷を減らすことに集中すべきです。これを達成するための方法の1つは、既に市場で入手可能な低充填量蒸発器を使用することです。同時に、桁違いに冷媒充填量を減らせる新しい革新的な熱交換器を開発する研究が必要とされています。この議論に照らして、この号の特集論文はヒートポンプの蒸発器として使用される低冷媒充填量交換器に関するものです。

ZAHID AYUB

テクニカル・ダイレクター
米国テキサス州 Isotherm Inc.

コラム

ヒートポンプによる熱の脱炭素： ハイブリッドヒートポンプの役割とは？

電力の二酸化炭素排出原単位が低下しているため、化石燃料を使った暖房システムをヒートポンプに置き換えることは明確な戦略となります。しかし、それが唯一の可能な方法ではありません。他の可能性としては低炭素代替燃料も含まれます。程度はさまざまですが、これらの各選択は、投資コスト、リソースの利便性、または消費者の不便さやコストの問題と向き合わなければなりません。イギリスの経済調査¹ではいくつかの可能な方式の総費用がそれほど変わらないことが示されています。ハイブリッド電気/ガスヒートポンプは、これらの障害のいくつかの影響を減らすことができますが、それでも温室効果ガスを排出します。最近の研究では、最終的に低炭素バイオメタンまたは水素から来るバックアップ熱を伴うハイブリッドヒートポンプの使用が最も実用的な選択肢であり得ることを示唆しており^{2,3}、ハイブリッドヒートポンプも HPT Annex 45 の主題です。短期的には、天然ガスによるバックアップも必要となるでしょう。

このコラムでは、いくつかの課題について概説し、最近の英国の報告書からの情報を要約します。これは他の国々にも関連します。報告書の目的は戦略的な選択肢を明確化することであり、その選択肢は、採用された政策を代表するものではありません。

ハイブリッドシステムは、温水循環温度が低下しても十分な温度を確保できるという電気ヒートポンプの基本レベル要求を満たしながら、暖房のための電力需要の季節変動を減らし、電力供給システム拡大に必要な投資分を減らすことができます。瞬間湯沸かし器および寒冷暖房は、最初は天然ガス、次に低炭素ガスを使用した既存のガス供給システムから提供されるガスを使用したガスボイラーが使用されるでしょう。必要に応じて、これにより、電力供給システムへの需要が高い他の時期に「ピークシェーピングサービス」を提供することもできます。ユーザーにとって、ハイブリッドシステムはボイラーからヒートポンプへの変換よりも手間が少ないのです。ハイブリッドユニットは、必然的に交換用ガスボイラーよりもコストが高くなり、インセンティブや規制がおそらく必要となるでしょう。ハイブリッドシステムは室外ユニットを必要としますが放熱器の改修は不要で、貯湯槽を必要とせず、そしてよく知られているガスボイラー技術に基づいています。

バイオメタンや水素は暖房需要の一部を供給するにすぎませんが、要求は概ね達成可能なレベル内にあるように思われます。必要に応じて、時間をかけてさまざまな場所で段階的に導入することができます。水素の使用は、おそらく工業市場があり、天然ガス原料供給に近く、炭素の貯留のための枯渇ガス田へのアクセスがある地域でより可能性があります。ボイラーは水素で作動するように変換する必要があるでしょう。

ヒートポンプ部の電力消費はその機器の大きさによって制限されるので、システムオペレータによる直接制御の必要はないのです。ハイブリッドユニット内のガスと電気の相対単価を比較することによって、より高度な制御を提供することができます。原理的に、ハイブリッドヒートポンプは、ヒートポンプのみのシステムよりも長期間にわたって、ユーザーの快適性を損なうことなく電力需要側の管理サービスを提供することができます。

ハイブリッドシステムが安全で経済的な暖房を提供することを消費者に周知する必要があります。現在のエネルギー価格では、天然ガスがバックアップ燃料である限り、競争力のあるランニングコストを提供することは困難です。かなりの炭素コストをガス価格に追加する必要があるか、再生可能エネルギーの価格構造がその低い発電の限界コストを反映する必要があります。

ハイブリッドシステムは、エネルギー事業者によって管理されているプロジェクトで実証されており⁴、ハイブリッド/低炭素ガスエネルギーインフラストラクチャで必要とされる他の要素も評価されています。ハイブリッドアプローチは、市場での受け入れを妨げる障壁がほとんどなく、脱炭素熱への管理可能で段階的な筋道を提供する可能性があり、比較的未試行の技術を大規模に適用するという避けられない不確実性に直面するに当たって、ある程度の政策柔軟性を提供するものです。

1 Delta Energy & Environment, 2050 Pathways for Domestic Heat Final Report, Report for the Energy Networks Association 2012.

2 Element Energy Limited, Cost analysis of future heat infrastructure options: Report for National Infrastructure Commission. March 2018.

<https://www.nic.org.uk/wp-content/uploads/Element-Energy-and-E4techCost-analysis-of-future-heat-infrastructure-Final.pdf>

3 Imperial College, London, Analysis of Alternative UK Heat Decarbonisation Pathway, Report for the Committee on Climate Change, August 2018.

<https://www.theccc.org.uk/wp-content/uploads/2018/06/Imperial-College-2018-Analysis-of-Alternative-UK-Heat-Decarbonisation-Pathways.pdf>

4 Freedom Project Final Report October 2018. <https://www.wvutilities.co.uk/media/2829/freedom-project-final-report-october-2018.pdf>

ROGER HITCHIN
Independent Energy and Buildings Consultant
UK
Roger.Hitchin@blueyonder.co.uk



ヒートポンプ技術のニュース 2020年のIEAヒートポンプ会議へようこそ



**済州、韓国
2020年5月11-14日**

1st call for 2020 Abstracts-IEA Heat Pump 会議 2020

第13回IEAヒートポンプ会議は、5月11日（月）から5月14日（木）まで、2020年に済州島で開催されます。会議の抄録は現在公開中です。抄録は地域コーディネーターによってスクリーニングされ、作者は承認を受けることになります。

アブストラクト期限： June 30, 2019

Abstract submission:
http://www.hpc2020.org/pages/call_for_papers.vm

Important dates:

January 1, 2019	Abstract submission open
June 30, 2019	Abstract submission due
November 1, 2019	Full paper submission due
February 15, 2020	Final paper submission due
May 11-14, 2020	13 th IEA Heat Pump Conference 2020

2020年5月11日（月）から5月14日（木）まで、第13回IEAヒートポンプ会議が済州島で開催されます。テーマ「ヒートポンプ - グリーンワールドのためのミッション」では、地球規模の気候変動に対処し、必要な行動を議論することを目指しています。

これまでの会議

今回の会議は、国際エネルギー機関（IEA）のHeat Pumping Technologies TCP（HPT TCP）によって開催された一連の会議の13回目となります。これまでに開催された会議は、オーストリア（1984年）、米国（1987年、2005年）、日本（1990年、2011年）、オランダ（1993年、2017年）、カナダ（1996年、2014年）、ドイツ（1999年）、中国（2002年）、スイス（2008年）。日本と中国での成功した歴史の後、アジアで開催されるのは4回目のヒートポンプ会議、そして韓国では初めての開催です。

会場

会議会場は済州空港から簡単にアクセスできる済州市に位置するラマダプラザホテル済州です。済州島は東南ア

ジアで有名な保養地で、美しいビーチ、火山の山々、そして素晴らしい料理があります。世界遺産に登録されている済州火山島と溶岩洞窟があり、参加者とそれに付随する人々は間違いなく美しい島の訪問を楽しむことが出来るでしょう。観光の機会に加えて、さまざまなテクニカルツアーが計画されています。

会議の目的

ヒートポンプは、信頼性が高く確認された技術として、さまざまなエネルギー源への幅広い適用範囲で、省エネルギーおよび温室効果ガス削減のための重要な機器です。この会議は、ヒートポンプの最新技術について議論し、市場、政策、および関連技術に関する標準情報に関する貴重な知識を交換するためのフォーラムとして機能します。国内外の企業の製品や技術を共有するために、展示会がカンファレンスで開催されます。

会議トピックス

会議プログラムの中で、参加者は以下の問題に関する数多くの最先端のプレゼンテーションを聞くことが出来ます。

ヒートポンプ技術のニュース

- ヒートポンプ技術の最近の進歩
- 環境にやさしい技術
- システムとコンポーネント
- フィールドデモンストレーションと多分野にわたるアプリケーション
- 研究開発
- 政策、標準、そして市場
- 国際的な活動

会議の仕組み

会議プログラムの中で、参加者は以下の問題に関する数多くの最先端のプレゼンテーションを聴講出来ます。

- 著名な研究者による基調講演および本会議の講演
- 革新的なヒートポンプ技術、応用および市場に関する口頭およびポスター発表
- ヒートポンプ機器の展示
- HPT TCP の Annex に関連した共同プロジェクトに関するワークショップ
- 技術見学ツアー
- 観光プログラム
- 懇親会

論文の呼びかけ

演題登録システムがオープンしました。抄録は地域コーディネーターによってスクリーニングされ、作者は承認を受けることとなります。

組織

会議は、IEA HPT TCP の執行委員会を代表して、国際組織委員会 (IOC) と国内組織委員会 (NOC) によって組織されています。

Per Jonasson	IOC 会長、スウェーデン冷蔵&ヒートポンプ協会、スウェーデン
Sophie Hosatte	IOC 副会長、CanmetENERGY、カナダ
前山 英明	IOC 副会長 HPTCJ
Min Soo Kim	NOC 会長、ソウルナショナル大学、韓国
Minsung Kim	カンファレンス事務局、チョンアン大学 韓国

詳細については、第13回 IEA ヒートポンプ会議の最初の発表とともに会議のウェブサイトを参照してください。

<http://www.hpc2020.org/>



濟州島の画像とラマダプラザホテルの夜景

HPT TCP で進行中の Annex

HPTTCP 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、プロジェクトの特定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率的な方法です。Annex は限られた期間しか運営されておらず、その目的は研究から新技術の実施まで様々に異なる可能性があります。

FUEL-DRIVEN SORPTION HEAT PUMPS	43	AT, DE , FR, IT, KR, SE, UK, US
HYBRID HEAT PUMPS	45	CA, DE, FR, NL , UK
DOMESTIC HOT WATER HEAT PUMPS	46	CA, CH, FR, JP, NL , KR, UK, US
HEAT PUMPS IN DISTRICT HEATING AND COOLING SYSTEMS	47	AT, CH, DK , SE, UK
INDUSTRIAL HEAT PUMPS, SECOND PHASE	48	AT, CH, DE* , DK, FR, JP, UK
DESIGN AND INTEGRATION OF HEAT PUMPS FOR nZEB	49	AT, BE, CH , DE, NO, SE, UK, US
HEAT PUMPS IN MULTI-FAMILY BUILDINGS FOR SPACE HEATING AND DHW	50	AT, DE , FR, IT, NL
ACOUSTIC SIGNATURE OF HEAT PUMPS	51	AT , DE, DK, FR, IT, SE,
LONG-TERM MEASUREMENTS OF GSHP SYSTEMS PERFORMANCE IN COMMERCIAL, INSTITUTIONAL AND MULTI-FAMILY BUILDINGS	52	FI, NL, NO, SE , US, UK, DE
ADVANCED COOLING/ REFRIGERATION TECHNOLOGIES DEVELOPMENT	53	DE, IT, KR, US
HEAT PUMP SYSTEMS WITH LOW GWP REFRIGERANTS	54	IT, JP, KR, US
COMFORT AND CLIMATE BOX	55	AT, IT, NL

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

ヒートポンプテクノロジー参加国に関するテクノロジーラボレーションプログラムは次のとおりです。

オーストリア (AT)、ベルギー (BE)、カナダ (CA)、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)、イギリス (UK)、およびアメリカ (US)。

太字の赤い文字は、OA : 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
46家庭用
ヒートポンプ給湯機

家庭用ヒートポンプ給湯機は伝統的にスタンドアロン製品と見られていますが、実際はもっと複雑です。したがって、2017年以来の作業期間で本 Annex の論点は拡大しました。

給湯機は、水を加熱するために使用される製品タイプ、技術および燃料の多様性により、最も複雑な製品カテゴリーの1つです。個人のシステムから集団のシステムまで及ぶだけでなく、複合システム、ハイブリッドシステム、および淡水システムがあり、世界の異なる地域で異なる用語が用いられています。

新しい建物がよりエネルギー効率の良いものになるにつれて、給湯設備からの CO₂ 排出量は暖房のためのそれを超え始めます。したがって、ビルのエンベロップおよび換気システムと同じレベルの緻密さを温水システムの設計に適用する必要があります。Annex 作業からの重要な発見は、温水システムを考慮する現在の建築プロセスのための殆どのエネルギーモデルが住宅の新築と大幅な改修を考えるに上では、あまりにも単純すぎるということです。

最適化されたシステムを設計するために、連鎖効率および設計者、設置者などに基づいて、マクロレベルで正しい選択をするため、建物内の家庭用水を加熱するシステムを計算および評価するための良いモデルが必要です。この Annex の Task 2 はこれを分析し、いくつかの欠けている側面があると結論しています。

- 建物のエネルギーモデルの多くは、一般的な古い数値を使用して計算されています。お湯の使用量を計算するための床面積などに均一の値が使用されることがよくあります。
- 連鎖効率の計算が代替システムを比較するために使用されることはあまりありません。または使用された場合でも、標準計算モデルと同じ偏差を示すことがよくあります。
- 革新的な概念がモデルに適用されないことが多いです。(淡水、ブースター、ソーラーコンビなど)
- 戦略的管理の選択肢を考慮すると、集合住宅の比較計算モデルが存在しません。

このモデル化の課題に加えて、住宅給湯用ヒートポンプに関する必要な将来の作業と研究開発に焦点を当てて、Annex でいくつかの重要な境界条件が議論され分析されています。

冷媒 DHW HP で最も広く使用されているのは R134a、R410A です。どちらも地球温暖化係数高く、広く支持されている Montreal Protocol 議定書のキガリ協定の下で段階的に廃止されています。代替案として、高温 DHW 用途 (65°C 超) 用の冷媒と技術的解決策が望まれます。技術的解決策は、カスケード式ヒートポンプや、Enhanced Vapor Injection などの冷媒サイクルの変更です。単一の冷媒がすべての理想的な要件を満たすことはありません。入手可能な文献はたくさんありますが、温水ヒートポンプについてはそれほど多くはありません。Annex は、冷媒の適用性を判断するために、総等価温暖化影

響係数 (TEWI)、または製品寿命気候負荷 (LCCP) アプローチの重要性を強調しています。

レジオネラ。法律は異なる国々の間で整合していません。既存の法律は主に熱消毒に焦点を当てています。一戸建て住宅用のヒートポンプ技術は、集合住宅用の集合住宅システム、スポーツセンター、病院などにも適しており、熱消毒の必要性を満たすために必要な温度を供給することができます。しかし、熱消毒の高い熱需要により、温水製造の CO₂ 排出量は約 5~10%、ヒートポンプの CO₂ 排出量は最大 20% 増加します。この分野で規制を設定する際には、人間の健康へのリスクが明らかに優先されるべきですが、過度に保守的なアプローチでの CO₂ 排出量への影響は、この分野でさらなる研究が必要であることを示しています。

テスト手順と規格。世界中のさまざまな地域で使用されているヒートポンプ給湯機のテスト方法は多数ありますが、それら間には大きな違いがあります。その結果、製造業者は世界中の市場で自社製品を販売することができるようにするために異なるテストを受ける必要があります。このため、標準化された物理試験やシミュレーション方法の開発など、調和するためのフレームワークがいくつかの段階で提案されています。最初のステップは、ワーキンググループ 12 による ISO Technical Committee 86 / SC 6 のヒートポンプ給湯機に関する ISO [Draft HPWH-19967-Part1-DIS registration](#) を公開することによって行われました。それでも多くのテスト手順は、主に適用される DHW HP の主流である空気熱源家庭用温水ヒートポンプに焦点を当てているように思われますが、家庭用/サニタリー温水を供給する代替ヒートポンプ技術は多数あります。これらについては、利用可能な標準化されたテスト手順がない、または利用可能な場合でも国際レベルで承認されていないのです。

集積システム。これらは、集合住宅 (Annex 50) および地域暖房システム (Annex 47) で発生します。一戸建て住宅では単純な解決策が利用できますが、集合システムでは中央配電システムの高温化と建物の所有関係のため、解決策はより複雑になります。集団 DHW システムの低効率性は、現場の実務家にはよく知られています。多くの新しい住宅では、給湯時間と水の浪費が新しい建物ほど着実に増えています。非効率の原因は、DHW システムに伴うさまざまな段階のすべてに見られます。それは、配管構造の設計や機器のサイジングから、適用される制御戦略の選択までさまざまです。

多数の報告が研究されてきました。一般に、すべての損失の合計に基づいて、必要な場所でお湯が生成される個別の解決策が最良の選択です。これについて別の意見がありますが、地域暖房の第 4 世代の開発でさえ、ブースターヒートポンプは「最良の解決策」と考えられています。

Task 1 では、既存の市場とお湯の使用法における文化の違いによる大きな多様性を示す最新技術について概説しました。

- 最大の市場は中国です (太陽熱もですが)。
- ヒートポンプが給湯市場の 10% を占める日本は 2 番目に大きい (数量において) 市場です。主にエコキュートです。

- 米国は電気式およびガス式 DHW 貯蔵タンクからの代替に大きな可能性を秘めています（通常は依然としてスプリットシステムの市場です）。
- ヨーロッパでは、二重機能ヒートポンプの市場が拡大しています。それは、特に、暖房を必要とし、エネルギーゼロとリノベーションに関する強力な方針がある国々で拡大しています。

これらの多様性は異なるシナリオを与え、研究開発ロードマップに異なる結果をもたらすでしょう。

日本と中国を除いて、製品として住宅給湯用ヒートポンプに焦点を当てた明確な政府方針はありません。政府の指導（法律による）なしに住宅給湯用ヒートポンプ市場の大きなポテンシャルは、フルには実現できないでしょう。

サンプルプロジェクト

サンプルプロジェクトは優れたインсталレーションとショーケースです。これらの多くが [website](#) に掲載されています。そこでは、冷媒として CO₂ を使ったヒートポンプについての [特別なページ](#) が作られています。大学の街ライデンの中心部にある学生寮で興味深い事例が見られます。

そこでは、個々の学生宅のサニタリー温水用に 2 台の三菱 Q-ton CO₂ ヒートポンプが設置されました。建物は同一ブロックで構成されています。それぞれ 160 人の学生を収容し、1 日あたり 10,000 リットルのサニタリー温水を消費します。一方の部分はまだガスボイラーを使用していますが、その他の部分は、三菱重工製 Q-ton で学生に温水を供給しています。セントラルヒートポンプは衛生的なお湯の供給だけでなく、地域のレジオネラ規制に従うために配水回路を再加熱するためにも使用されます。設備はシステムを最適化するために監視され集中管理されます。モニタリングにより、この学生宅の朝のピーク時の給湯需要は、「通常の」建物よりも遅いこと

がわかります。それはまた、これらのシステムの制御が、最近文献でしばしば議論されるようにエネルギー使用を最適化できることを示しています。全体的なエネルギー効果を分析するための明確に開示されたモデルはまだ存在しておらず、それは Annex46 と 50 の課題となっています。

予定されているワークショップ

IIR 会議ワークショップ

モントリオールで開催された第 25 回 IIR 会議 ICR 2019 での Annex 46 研究開発ロードマップに関するワークショップを開催するという決定が、Annex 参加者と IIR 議長によって合意されました。スピーカーは、Annex に参加者または、非参加者からも招待されます。

済州で開催される第 13 回 IEA ヒートポンプ会議 2020 でのワークショップ。会議のための特別ワークショップは、現在進行中の Annex、または新しい Annex の継続を見込んで将来の開発に焦点を当てて計画されています。正式には Annex 46 はそれまでに終わっているでしょうが、やりがいのある多くの作業が残っています。

Annex ウェブサイト

<https://heatpumpingtechnologies.org/annex46/>

Contact

OA はオランダの Phetradico Communication & Publishing の Onno Kleefkens です。

onno@phetradico.com



Fig. 1: CO₂ DHW ヒートポンプを使用した、大学都市ライデンの中心部に位置する学生寮

ANNEX
49nZEB 用ヒートポンプ
の設計と統合

2019年1月1日から、建物のエネルギー性能に関するEU指令のリキャスト（EPBD、2018年版の改定版）の要件が導入され、すべての新しい公共建築物がほぼゼロエネルギービル（nZEB）の要件に準拠することをEU加盟国に義務付けています。2年後の2021年1月1日までに、これらの要件はすべての新しい建物に適用されます。また世界的に、アメリカとカナダ、そして日本と中国では、ネットゼロエネルギービルが将来の高性能ビルの次のステップとなります。しかし、nZEBへの理解、およびnZEBが最先端技術と比較してどれほど野心的であるかは、EU加盟国によって異なります。これは、政策立案者がEU加盟国の異なる規制レベルを比較することを困難にします。例えば、一部の加盟国では、新しい建物に対するより高い性能要件へのさらなる一歩が踏み出されていますが、他の国ではすでに導入されている性能レベルにとどまっています。製造者にとって、要件が加盟国間で異なる場合、nZEBの専用アプリケーション用の性能標準化システムソリューションを開発することはより困難です。

ヒートポンプは、低負荷および低温要件のためにnZEBにとって有望な技術であり、それがヒートポンプの高性能をもたらします。したがって、Annex 49はnZEBにおけるヒートポンプの運転を評価します。さらなる利点として、ヒートポンプは一つで異なる建物のニーズ、例えば、DHWと冷房を同時に満たすことができます。それはまたnZEBで設置されたPV発電のより高い自己消費率を可能にし、それは買取価格（FIT）低下の時代にPV設置をより経済的にすることができます。

Annex 49の作業は4つのTaskに分けられている：

Task 1はnZEBにおける最先端のヒートポンプを要約しており、2019年の初めに締約国で導入されたnZEBの定義に基づいて現在更新されています。さらに、異なる国々の野心度レベルの特徴付けと比較を容易にするために、シミュレーションに基づいた方法論が開発されテストされています。

Task 2では、nZEBのヒートポンプのソース側とシンク側の両方の統合オプションと、グリッド相互作用に関する建物のエネルギーの柔軟性を高めることができる、蓄熱または蓄電などの他の建築技術コンポーネントとの統合オプションを取り上げます。設計と管理に関するTask 4は、システム統合に関するTask 2の作業にリンクしています。

Task 3では、居住用建物と非居住用建物に関するさまざまなモニタリングプロジェクトが参加国で評価され、中間結果が部分的に入手可能です。Task 3では、nZEBコンポーネントのテストとさらなる開発についても説明します。

Task 4では、nZEBの建築技術に統合されているヒートポンプの設計と制御について説明します。

例えばスイスでは、Schwyz州（SZ）Pfäffikonの商業施設（地下615 m²）、オフィス（1~2階、615 m²）、住居（3~4階および屋根裏、1520 m²）が混在する5階建ての建物がモニタリングされました。全電気式建物は、超低エネルギー住宅レベ

ルでの高性能建物外被、およびB0/W35（入口温度0°C/出口温度35°C）にて80kWの暖房能力を備えた暖房、DHWおよび冷房用のコアジェネレータとして地中熱ヒートポンプを備えています。しかしながら、冷房運転は、主に150mの15個の地面プローブからなるボアホールのフリークーリング運転でカバーされているので、ヒートポンプは夏の逆運転でバックアップチャラーとして機能します。さらに、地面は機械的換気システムの前熱/冷却のために使用されます。

ネットゼロのエネルギー収支を満たすために、屋根は26 kWpの単結晶ソーラーPVシステムで構成され、南、東および西の方向には48 kWpの総設置容量の薄膜ソーラーPVモジュールがファサードの中に統合されています。測定されたエネルギー消費量は、主に建物の計算された設計値に対応しています。サーバルームの1つが計画どおりに機能していないため、スペース冷却の需要はまだ少し少なくなっています。ただし、ファサード内蔵モジュールのPV歩留まりは予測値に達していません。そのため、超低エネルギー住宅レベルでの建物外被と測定された全体の季節性能係数5.2のシステム技術の優れたエネルギー性能にもかかわらず、システム境界ビルディング技術（プラグ負荷を除く）に基づくネットバランスは完全には達成されません。ただし、ファサード内PVのパフォーマンスが向上すれば、バランスは満たされたはずで

モニタリングで特定されたエネルギー収支と最適化の可能性を承認するために、モニタリング対象システムも部分的にシミュレートされます。

Annex 49の中間モニタリングの結果は、nZEBが高性能建築物であることを確認しています。しかし、学んだ教訓としては、バランス境界と建物の用途によっては、建築現場でのエネルギー生産のための表面は限られているので、建築技術システムの優れた性能にもかかわらず、より大きな建築物ではnZEB消費量に達するのは難しいかもしれないということです。したがって、nZEBは建物の性能と現場でのエネルギー生成に関して野心的な目標を設定するかもしれません。近隣を含めた建物群を検討することは、単一の建物のエネルギー生成に対する表面の制限を克服するための実行可能な解決策であり得ます。さらに、エネルギー回収のための異なる負荷構造の相乗効果（例えば、冷房とDHW暖房の組み合わせ）は、建物のグループによって使用されることもあるでしょう。

Annex 49各Taskにおける最新の結果の発表と討議が2019年2月25日から27日にかけてオーストリアのOberurglで開催された第7回Annex 49会合で開催されました。ビルのエネルギー効率ユニットであるInnsbruck大学でのラボ訪問も行われました。



Fig. 1 : スイスのモニタリング対象建物。住宅用とオフィス用が混在している



Fig. 2 : 7th IEA HPT Annex 49 の集合写真。Oberurg1 の Innsbruck 大学にて

Annex ウェブサイト

<https://heatpumpingtechnologies.org/annex49/>

Contact

OA は、スイスの SFOE の Carsten Wemhoener です。
carsten.wemhoener@hsr.ch

ANNEX
50

集合住宅ビルでの
スペース暖房および
DHW 用ヒートポンプ

建築部門はあらゆる国のエネルギー消費にとって非常に重要です。温室効果ガスの排出に関わる 3 つの最も重要な部門の 1 つです。したがって、建物からの CO₂ 排出量の大幅な削減と、気候に影響しない建物分野 (climate-neutral building sector) の長期的な成果は不可分の関係にあると見なすことができます。

多世帯住宅は広範囲の熱需要特性のため、ヒートポンプ技術と再生可能エネルギーの適用は、新築マンションよりも多世帯ビルの方が複雑です。第一に、全体的な熱需要に対する家庭用給湯需要の割合は、建築基準や気候の違いによって異なります。第二に、暖房システムの温度レベルは、設置された暖房の熱伝達システムと同様にこれらの側面によって影響されます。今後、多様な熱需要特性に対処することは、集合住宅におけるヒートポンプのより広範な普及への課題となります。

このように、Annex 50 は、これらの市場でヒートポンプの障壁を特定する試みとそれらをどのように克服するか、集合住宅のための解決策に焦点を合わせます。参加国の需要に関しては、より高い特定暖房需要のある建築物と同様に新しい建築物および現状配管の活用 (retrofit) が考慮されるでしょう。

需要側のエンドユーザーとして、大きな住宅団地を所有する自治体や住宅会社が重要なターゲットグループです。供給面では、ヒートポンプメーカー、電力会社、技術コンサルタント、そしてプランナー/インストーラーが取り上げられます。さらに、2050 年に政府がエネルギーゼロの将来の発展のための境界条件を設定して以来、政治的な意思決定者も興味を持っています。

結果

ウェブサイトはまだ成長しています。すべてのインストールの概要を説明するために作成されたベストプラクティスシートのページに、新しい例が追加されています。ドキュメント

のデザインは標準化されています。ベストプラクティスの説明、以前の洞察、重要な事実、および技術的概念の説明です。シートに加えて、インタラクティブマップ (Fig. 1 を参照) は、さまざまな国のベストプラクティスの各例を表しています。誰でもアクセスすることができます：
<http://heatpumpingtechnologies.org/annex50/best-practices/>

ユーザーはそれぞれがベストプラクティスの例を表す点をクリックすることができ、この例がなぜ成功するのかについての詳細情報を得ることができます。より多くの情報を得るためにドットをクリックした後に、ベストプラクティスシートが利用可能であり、そしてまた pdf ファイルとしてダウンロードすることができます。このシートは、ベストプラクティス、学んだ教訓、重要な事実、および技術的概念の説明の概要説明から構成されています。目的はできるだけ多くの例を持つことです。この目的は、例を挙げている可能性があるさまざまな機関やパートナーと contact することによって達成されるべきです。すべての例は、集合住宅 (集合住宅、ホテル、学校など) にヒートポンプを統合する多くの異なる方法があることを示しています。

デンマーク、イギリス、オランダ、イタリアの例のコレクションはまだ進行中です。上記の例に加えて、ウェブサイトは Annex 50 に直接関連しない例によって拡張されるべきです。これを達成するために、このような場合と同様の例を提供することができる他の Annex やグループ、例えば Annex 49「nZEB 用ヒートポンプの設計と統合」の OA と情報交換します。

ベストプラクティスシートは、新しいコミュニケーション方法をもたらしました。さまざまな国の例が集められています。このコレクションは、他の機関に対し彼らの最高の例を見せたいという動機となります。したがって、Annex 50 加盟国の機関だけでなく、他の機関にもコンタクトしています。多くの例を集めるという目的はほぼ達成されており、これらの例を利用可能にするという目的は 2019 年 2 月に達成されました。

一様エネルギーフロースキームは 2018 年に確立され、よく使用されます。Fig. 2 は、すでに実施されているエネルギーフロースキームの例です。

Country	Location	Type of building	Size, number of apartments	Year
Austria	Weiz	Passive house	957 m ² living, 10 apart.	2015
France	Marseille	New built private housing	2833 m ² living	2015
	Nice	New built eco-district	20000 m ² living, 280 apart.	2012
	Soissons	Social dwellings	841 m ² living, 12 apart.	1975
Germany	Potsdam	Hotel	37 apart. plus restaurant	2013
	Kempen	MFB in old School	5 apartments	1881
	Düsseldorf	Quartis	10.200 m ² living	2009
Netherlands	Amsterdam	Retrofitted MFB	1 157 apartments	2017
	Breda	3 new buildings	248 apart. + 3500 m ² commercial	2012
	Den Haag	Newly built apart.	288 apartments	2013
	Leiden	Un-refurbished MFB	400 apart. + elderly home	2017
	Tilburg	New elderly home	285 apartments	2016
Switzerland	Daru	Existing MFB	7563 m ² living, 68 apart.	1992
	Geneva	Existing MFB	4049 m ² living, 53 apart.	1972

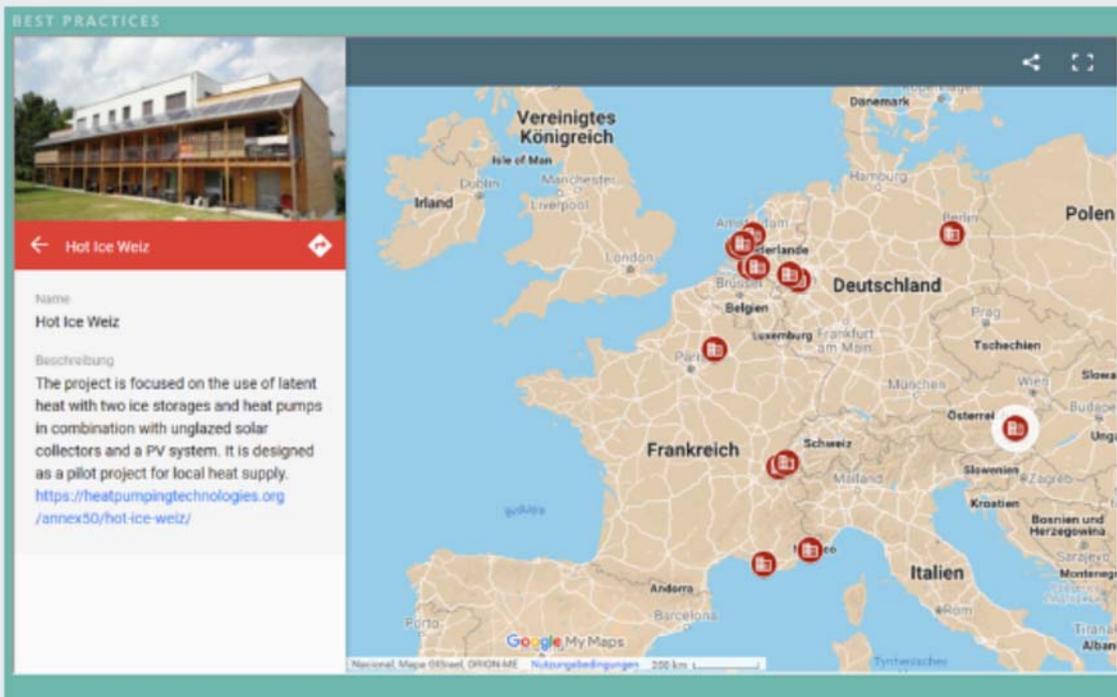


Fig. 1: Interactive Map of Best Practices. <https://heatpumpingtechnologies.org/annex50/best-practices/>

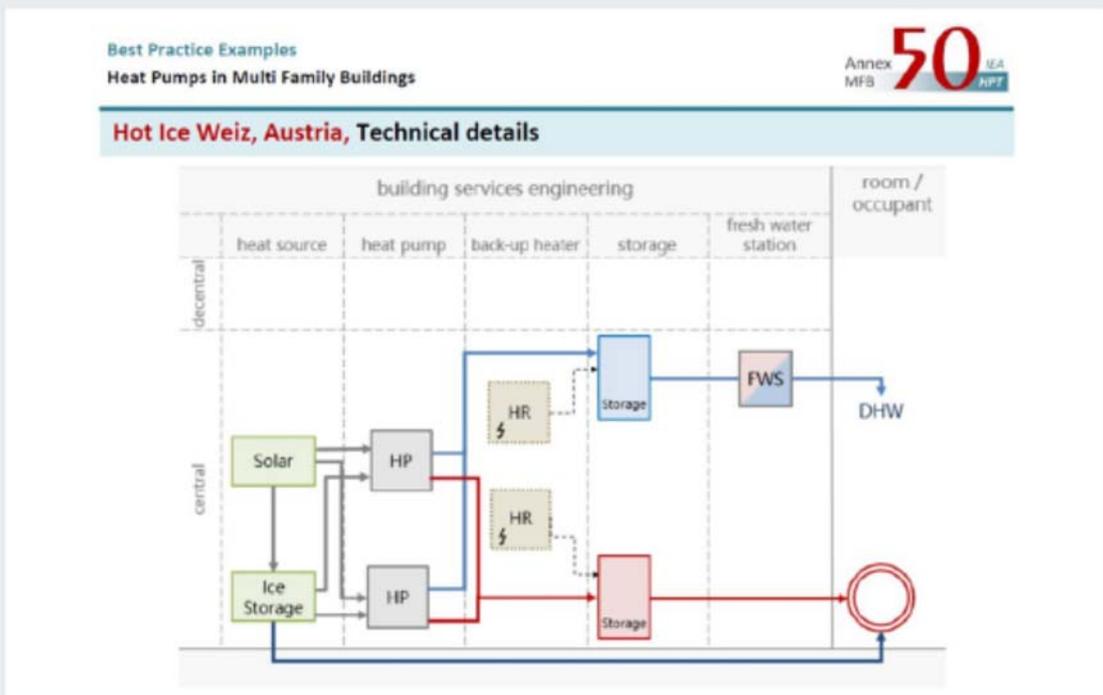


Fig. 2: Energy flow scheme that is part of the best practice sheet of "Hot Ice Weiz", Austria. <https://heatpumpingtechnologies.org/annex50/best-practices/>

Annex ウェブサイト

<https://heatpumpingtechnologies.org/annex50/>

Contact

OA は、ドイツの ISE にあるフラウンホーファー太陽エネルギーシステム研究所の Marek Miara です。

marek.miara@ise.fraunhofer.de

ANNEX
51ヒートポンプの
音響学的特性

ヒートポンプをさらに普及させるためには、発生騒音の低減が重要です。騒音の煩わしさを最小限に抑えるためには、定常状態での音響放射と、さまざまな動作条件における音響特性の過渡的な振る舞いに、より多くの注意を払う必要があります。音響放射が顕著な指向性を示すので、ヒートポンプの配置も最も重要です。特に、エアーツーウォーターヒートポンプは、潜在的な省エネルギーを活用するための便利で効果的な方法を提供しますが、しばしばレトロフィットで使用され、コンプレッサーやファンなどの騒音を発生させる部品があるため、騒音の改善が重要になります。

IEA HPT Annex 51 チームの13人のメンバーが、第4回ワーキングミーティングのためにデンマークのオーフスにあるDTIで会議を開催しました (Fig. 1 参照)。実行中の測定キャンペーンの結果が表示され、比較されました。3つのヒートポンプ (排気ヒートポンプ給湯機 (HPWH)、空気対水ヒートポンプ、空気対空気ヒートポンプ) は、参加機関でヨーロッパを巡回しています。最終テストは2019年夏に行われる予定です。結果の例として、Fig. 2に、A7W35条件での200分の期間にわたる空気対水ヒートポンプの計算されたA特性 (A-weighted) 音響パワーレベルを示します。この間、霜取りは3回行われますが、通常この間隔は1時間強です。霜取りは、電力消費量と騒音レベルの低下として捉えることができます。霜取り中のわずかな電力と騒音レベルの増加は、リバースモードでの運転によるものです。霜取り後の氷の付いた熱交換器の騒音レベルの増加は、この動作モードでは約5dB(A)です。

Fig. 3 上部は、330秒の長さの除霜前後の周波数分解された音響パワーレベルを示しています。この間、コンプレッサーとファンの周波数の増減に対応して、いくつかの薄い緑色と黄色の「線」が見えることがあります。Fig. 3の下部に、1つの選択されたマイクロホン位置における周波数分解音圧レベルが示されています。330秒の範囲もまた、除霜のために熱交換器を加熱するための逆の動作を可能にするように四方弁が

切り替えられる時間があります。ファンとコンプレッサーの回転速度の変化から生じる周波数 (y 軸) を変えながら、さまざまな小さな音響バンドをたどることができます。最初にコンプレッサーとファンを停止し (1)、次に四方弁の最初の切り替え (2)、その後、コンプレッサーは低速回転で再起動し (3)、リバースモード用の数ステップを経て再び停止します (4)。四方弁の2回目の切り替え (5) の後、コンプレッサーとファンがフルスピード (6) まで増速し、通常運転が開始されます。テスト中にヒートポンプの周囲に配置された60の異なるマイクの結果を比較すると、5dB(A)の音圧レベル範囲が、選択された空気対水ヒートポンプの音放射の方向依存性として注目されます。

イタリアのPolitecnico di Milanoの下で作成された、音響入門、測定技術および規則に関する文書は、IEA HPT Annex 51 チーム Web サイトで入手できます。Annex 51の残りの期間中に、コメントおよび追加が集められ、更新された文書は翌年の半ばまでにウェブサイトに掲載される予定です。Annex 51で使用されている試験設計に影響を与えると思われる心理的音響試験は、現在、オーストリア科学アカデミーの音響研究所によって実施されています。

2019年8月、カナダのモントリオールで開催された第25回IIR国際冷凍会議の枠組みの中で、Annex 51 チームが公開ワークショップ「ヒートポンプの音響学」を開催します。Annex 51の閉会ワークショップは、2020年3月にイタリアのミラノでのMCE2020 Mostra Convegno Expocomfortで開催される予定です。

Annex ウェブサイト

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

Contact

OA は、オーストリアのAIT オーストリア工科大学 GmbH の Christoph Reichl です。

christoph.reichl@ait.ac.at



Fig. 1: The IEA HPT Annex 51 team at the 4th working meeting at DTI in Aarhus, Denmark. The group photo was taken in one of DTI's advanced climate chambers used for acoustic measurements based on ISO 3743-1 [Source: The IEA HPT Annex 51 team]

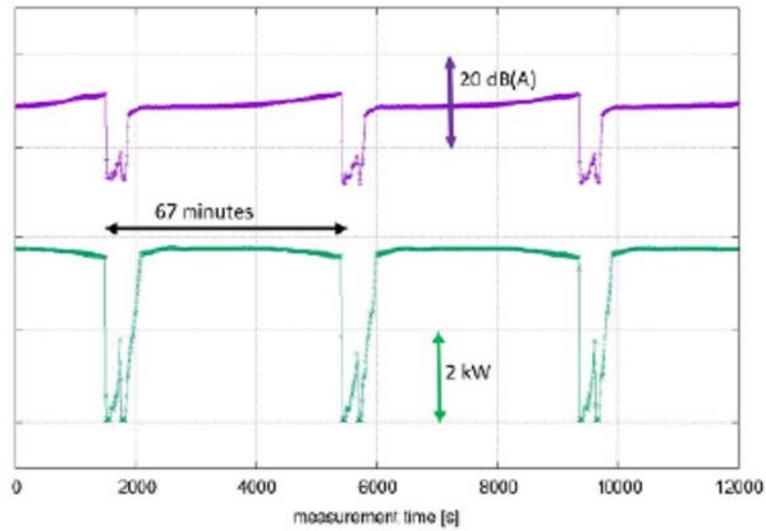


Fig. 2: A-weighted sound power level and electric power consumption of an Air-to-Water Heat Pump showing several defrosting cycles [Source: AIT, Austria]

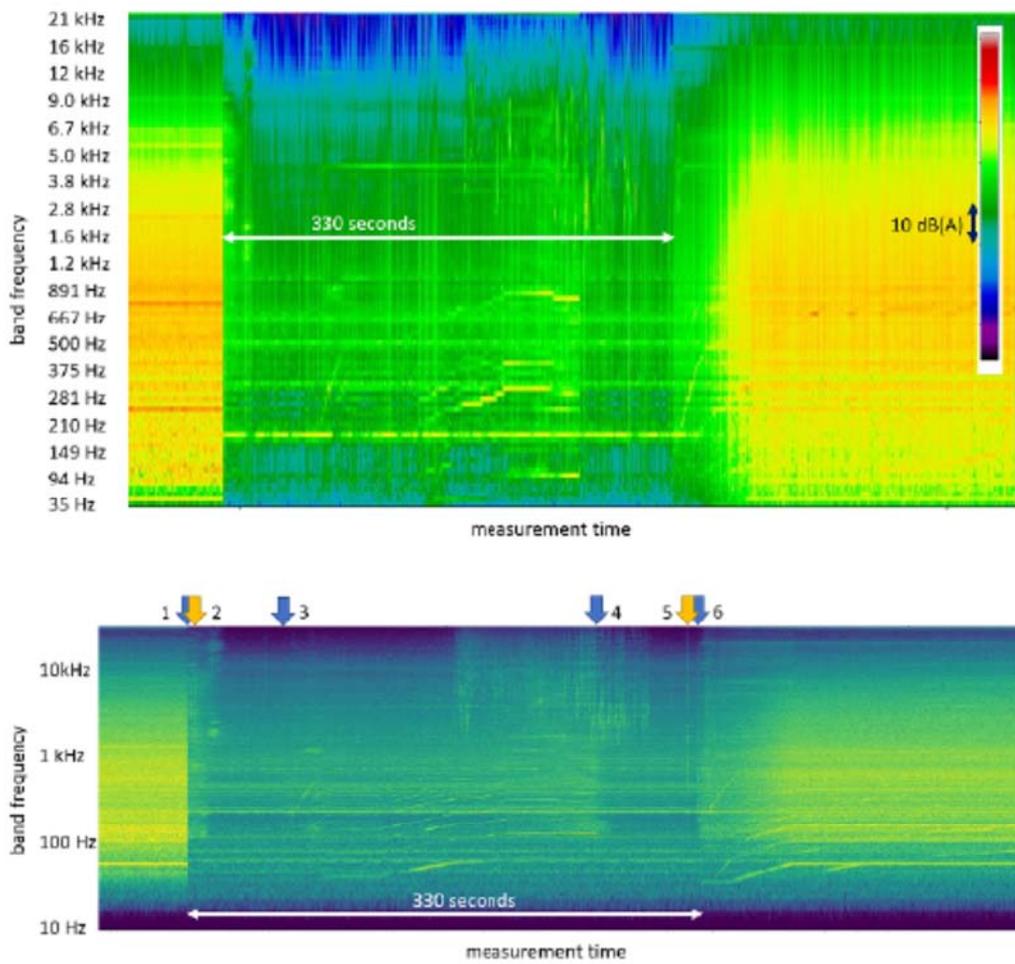


Fig. 3: A-weighted sound power level and electric power consumption of an Air-to-Water Heat Pump showing several defrosting cycles [Source: AIT, Austria]

ANNEX
52

商業、教育機関向けおよび多世帯ビルにおける GSHP システム性能の長期的測定

文献では GSHP システム性能比較における困難を指摘しています。

GSHP システムの多くのケーススタディとともに、商業用、施設用および集合住宅用の HPT Annex 52 - GSHP システムの長期性能監視の最初の仕事の 1 つは、長期性能監視に関する過去の刊行物を調査することです。大規模 GSHP システム 2018 年 11 月の米国での Annex 52 の第 2 回専門家会議で、注釈のつけられた GSHP システムの長期性能監視に関する文献の最初の編集物が発表されました。その文献には、その後、より大型の GSHP システムの長期的性能監視に関連する 37 の出版物が含まれていました。

これらの 37 の出版物に基づいて、SPF と COP の値が報告された商業用、施設用、および集合住宅用の 32 の GSHP システムが特定されました。これらの建物のうち 20 棟はヨーロッパ諸国、11 棟は米国、1 棟は中国にあります。GSHP システムの大部分は、岩石や土壌で垂直ボアホール熱交換器を使用していますが、システムのほんの一握りは、地下水、都市下水、または鉱山用水を供給源として使用しています。

公開された文献では、SPF と COP の値を計算するためのシステム境界条件は、ほとんど一貫性がありません。使用されるシステム境界条件が明確に規定されていないものもあります。

32 の GSHP システムの SPF と COP の値は、EU プロジェクト SEPEMO* によって定義されたシステム境界スキーマを使用して比較されました。SEPEMO システム境界スキーマは、ヨーロッパの小規模住宅用ヒートポンプシステム用に主に定義されているため、暖房と冷房の両方を同時に提供することが多い大規模 GSHP システムの複雑さを反映していません。注目すべきは、 SPF_{H3} と SPF_{L2} の SEPEMO システム境界は SPF_{C1} と SPF_{C2} に対応し、 SPF_{H3} の境界は SPF_{C3} の境界に直接対応していないという事実です。 SPF_{H3} には補助暖房装置が含まれていますが、分配ポンプ/ファンは含まれていません。 SPF_{C3} には分配ポンプ/ファンが含まれていますが、補助冷却装置は含まれていません。したがって、加熱システムに補助加熱がない場合、 $SPF_{L2} = SPF_{H3}$ 、補助冷却のないシステムでは $SPF_{C3} = SPF_{C4}$ です。

文献の 32 棟の建物のうち 5 棟は分配型 GSHP システムでヒートポンプユニットの中のファンで冷暖房を提供していますが、その他は集中型 GSHP システムです。集中型 GSHP システムと分散型 GSHP システムのパフォーマンスを比較するときは、分散型 GSHP エネルギーにファン電力が必ず含まれるため、全体 (H4 または C3) の境界を使用する必要があります (Fig. 2)。文献にある 32 の GSHP システムの場合、全体のシステム SPF に与えるのは約半分のケースだけです。建物を比較すると、 SPF_{H3} の範囲は 2.5~4.7 であり、 SPF_{C4} の範囲は 2.7~7.0 です。不確実性は 2 つのシステムについてのみ分析されます。

文献からの結果とともに、Annex 52 で実施している 30 以上の進行中のケーススタディからの新しい性能データを使用し、世界中のより大きな GSHP システムの複雑さと変化をより

よく反映した、境界のシステム性能を定義し分析することを目的としています。Annex 52 の中で、さらに多くの出版物が参考文献として追加されます。これは、参加者だけでなく非参加者にとっても有用な資料となります。

第 3 回 IEA HPT Annex 52 専門家会議は、5 月 23-24 日にフィンランドで開催されます。Annex 52 の作業と結果に関する最新情報は、Annex Web サイトに継続的に掲載されています。

* Nordman, R. (2012) 建築部門におけるヒートポンプシステムの季節性能係数とモニタリング
SEPEMO - Build, Final Report Intelligent Energy Europe

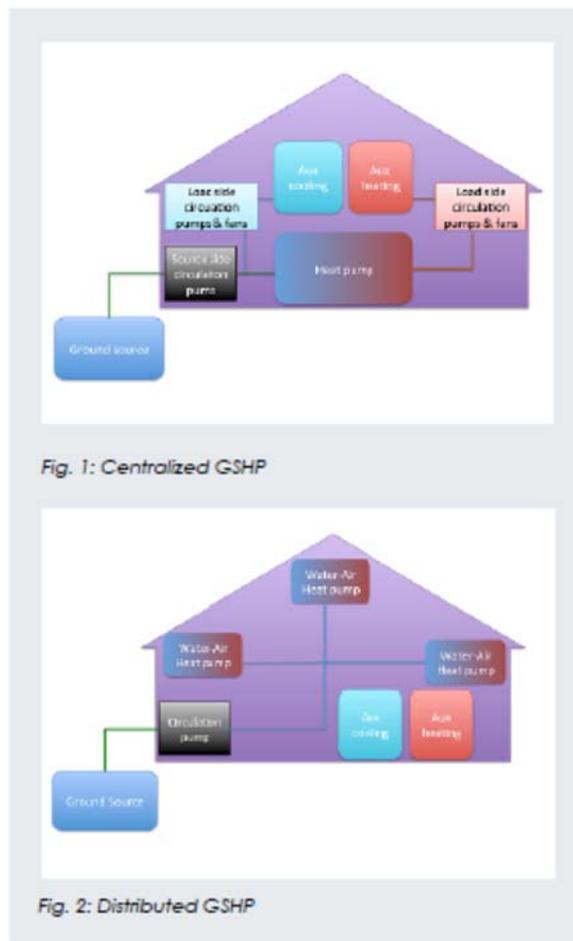
Annex ウェブサイト

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

Contact

OA は、スウェーデンの Shallow Geothermal Energy センターの Signhild Gehlin です。

signhild@geoenergicentrum.se



ANNEX 53 **高度な冷却/冷凍技術開発**

世界全体、特に発展途上国における人口の増加と経済の改善は、冷房、除湿、および冷蔵に対する世界的な需要の急増につながると予測されています。これは世界のエネルギーと気候の目標を達成することを非常に困難にするでしょう。この課題に対処するために、HPT TCPはAnnex 53を開始しました。Annex 53の主な動機は、今後30～40年間に世界のエネルギー需要が3倍に増加すると予測されていることです (Fig. 1 参照)。これは大規模な課題であり、適切に対処するには短期的な行動と長期的な行動の組み合わせが必要になることが認識されています。Annex 53は、冷暖房システムの効率を向上させるためのより長期的な研究開発に焦点を当てています。対象となる技術には、よく知られ広く使用されている蒸気圧縮 (VC) システムに基づくものとますます研究されている非伝統的な冷却方法の両方が含まれます。

2019年1月11日、米国ジョージア州アトランタで、2019年米国暖房・冷凍空調技術者協会冬季カンファレンスの直前に、最初の「キックオフ」または計画会議が開催されました。Annexに含める予定の技術開発を説明する4つの技術プロジェクトが紹介されました。

1. General Electric Appliance (GEA) 社と共同で、磁気熱量 (MC) の概念に基づいた ORNL (US) プロジェクトでは、100 W の冷却能力を備えた冷蔵庫 (100° F の温度上昇 [= 38° C]) の開発に焦点が当てられました。重要な活動は、MC 再生器の

概念を製造するための高度な製造技術または付加製造技術の適用です (Fig. 2 参照)。

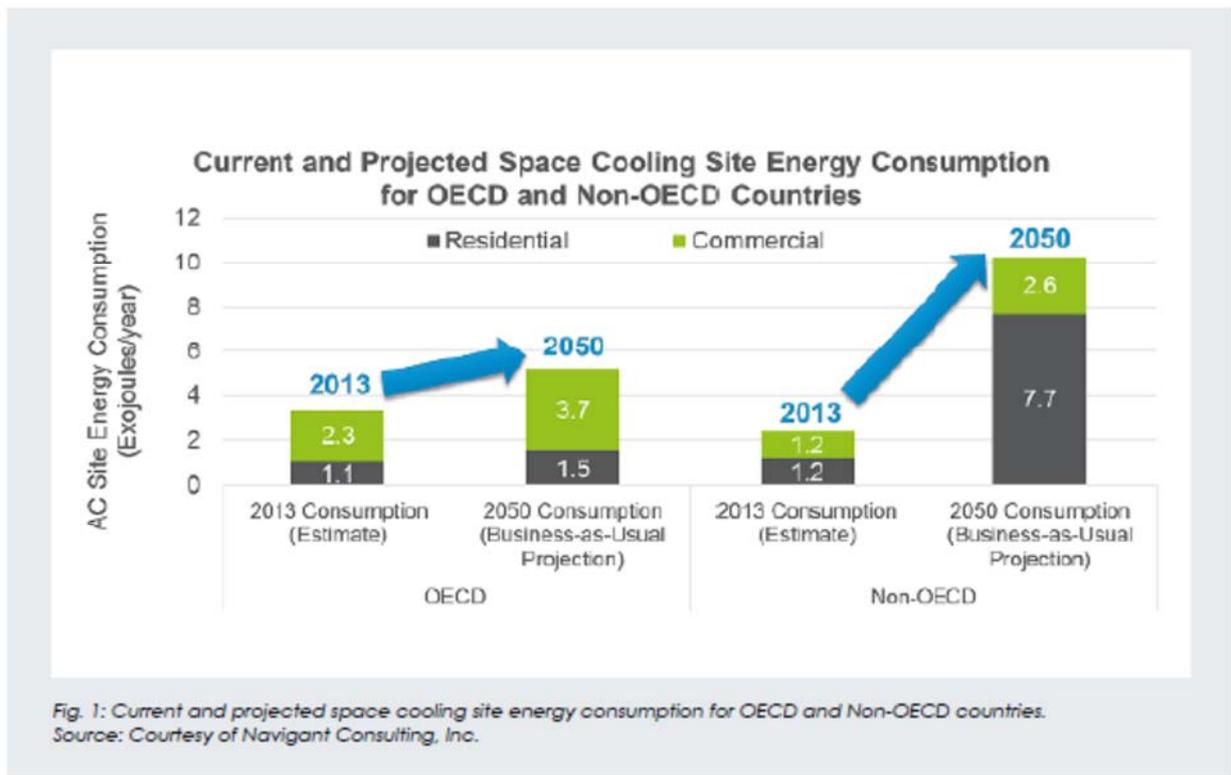
2. 弾性熱量 (EC) 冷却の概念に基づくメリーランド大学で進行中のプロジェクトで EC 手法は、中実の金属製の管または束に交互に応力を加えて弛緩させることを含み、その結果、材料に温度変化が生じます。22K までの温度上昇が実験的に達成されました。

3. Fraunhofer Institute (ドイツ) は、ヒートパイプを利用して MC または EC 装置の内外に熱を移動させる MC および EC システムの開発について議論しました (ポンプは不要)。それぞれのプロジェクト目標/アプリケーションは

- a. MC ヒートパイプ: 医療用途のための冷凍庫装置。
- b. EC ヒートパイプ: 住宅用ヒートポンプ。

4. 韓国鉱物材料研究所 (KIMM) は、冷媒として水を使用する高度な VC サイクルに基づく膜ベースのエアコン (AC) プロジェクトについて発表しました (Fig. 3)。プロジェクトの目標は、非常に効率的な AC システムを開発することです。

Annex 53の参加者は、ドイツ、イタリア (アトランタ会議の直後に発表された)、韓国、スウェーデン、そして米国を含みます。他の HPT 加盟国にも Annex 参加を呼び掛けています - 2019年中は参加可能です。前述のように、Annex 53の目的は、予測されるエネルギー消費の増加を最小化/削減するのに助けるために、より高効率の空調/冷蔵システムのための技術ソリューションを開発することです。Annex 範囲は広いですが、課題もまた膨大です。たった一つの、あるいは限られた範囲の「正しい」解決策だけをもとめるものではありません。



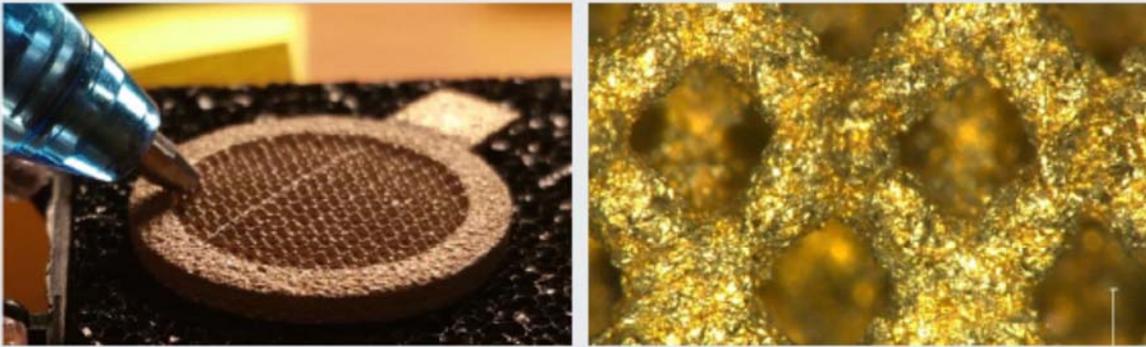


Fig. 2: Example of 3D printed MC regenerator component: full size part (left photo) and close-up of regenerator grid pattern (right photo). Source: Courtesy of Oak Ridge National Laboratory (ORNL).

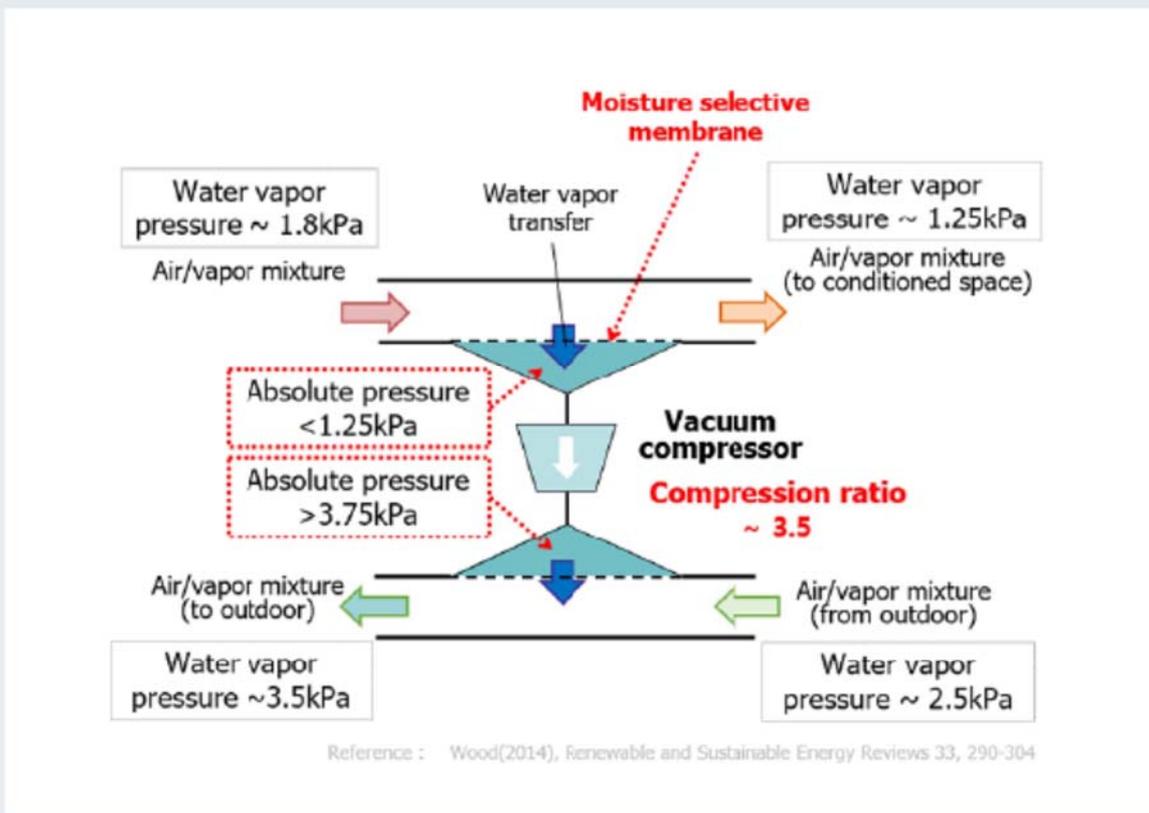


Fig. 3: Vacuum compressor membrane dehumidification concept. Source: Courtesy of Korea Institute of Machinery and Materials (KIMM).

Annex ウェブサイト

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

Contact

OA は以下のとおりです。

アメリカ、ORNL の Van D. Baxter

vdb@ornl.gov

アメリカ、メリーランド大学の Reinhard Radermacher

raderm@umd.edu

ANNEX 54 **低 GWP 冷媒**
ヒートポンプシステム

前書き

IEAによると、世界のエアコン市場の成長率は、特に発展途上国の経済成長と温暖化のため、今後30年間で350%と予測されています。したがって、現在の高GWP冷媒を低GWP冷媒に早急に切り替えることができない限り、この市場の成長により高GWP冷媒の消費量が増加することになります。この緊急の状況の下で、Annex 54は、高GWP HFCの段階的削減を加速するために、低GWP冷媒適用を促進することを目的としています。Annex 54の参加者は、イタリア、日本、韓国、スウェーデン、米国です。Annex 54は2019年1月に米国ジョージア州アトランタで開催された2019年ASHRAE冬季会議と併せて開催されました。20名が参加し、このAnnexの概要と化学会社による新しい研究活動を以下のように3つの発表が行われました。

1. OAであるDr. Yunho Hwangは、Annex 54の簡単な紹介プレゼンテーションを行いました。彼は、Fig. 1に示すように、2030年に冷凍および空調システムから予想される全地球規模の排出量について言及し、高GWP冷媒の段階的削減の緊急の必要性を強調しました。それから彼はAnnex 54の目標と課題

を共有しました。Annex 54は、利用可能な低GWP冷媒のレビュー、特性と適用規格、冷媒の安全性と可燃性、可燃性冷媒の安全な使用を通して、低GWP冷媒用のヒートポンプ部品とシステムの最適化の設計ガイドラインの開発に集中し、低GWP冷媒用のヒートポンプ部品とシステムの最適化、低GWP冷媒を用いた現在の設計および最適設計によるライフサイクル気候性能(LCCP)の影響分析、低GWP冷媒を用いたヒートポンプの市場機会研究および2030年の低GWP冷媒の可用性に焦点を当てます。

2. ChemoursのJoshua Hughes氏は、「ヒートポンプ用の低GWP冷媒ソリューション」を発表しました。Table 1に示すように、彼はChemours低GWP HFOソリューションを共有しました。

3. HoneywellのGustavo Pottker博士は、「ヒートポンプシステム用のGWPが低減された冷媒」を発表しました。彼は、空調用途におけるR-410Aに代わる最初の不燃性の低減GWP冷媒としてR-466A(N41)を紹介しました。彼は、R-466Aのエネルギー効率と容量はR-410A以上であると付け加えました。

発表後、出席者は発表されたトピックについて議論し、各Taskへの参加を志願しました。Annex 54は、2019年8月にカナダのモントリオールで開催する第25回国際冷凍会議で再び会合する予定です。

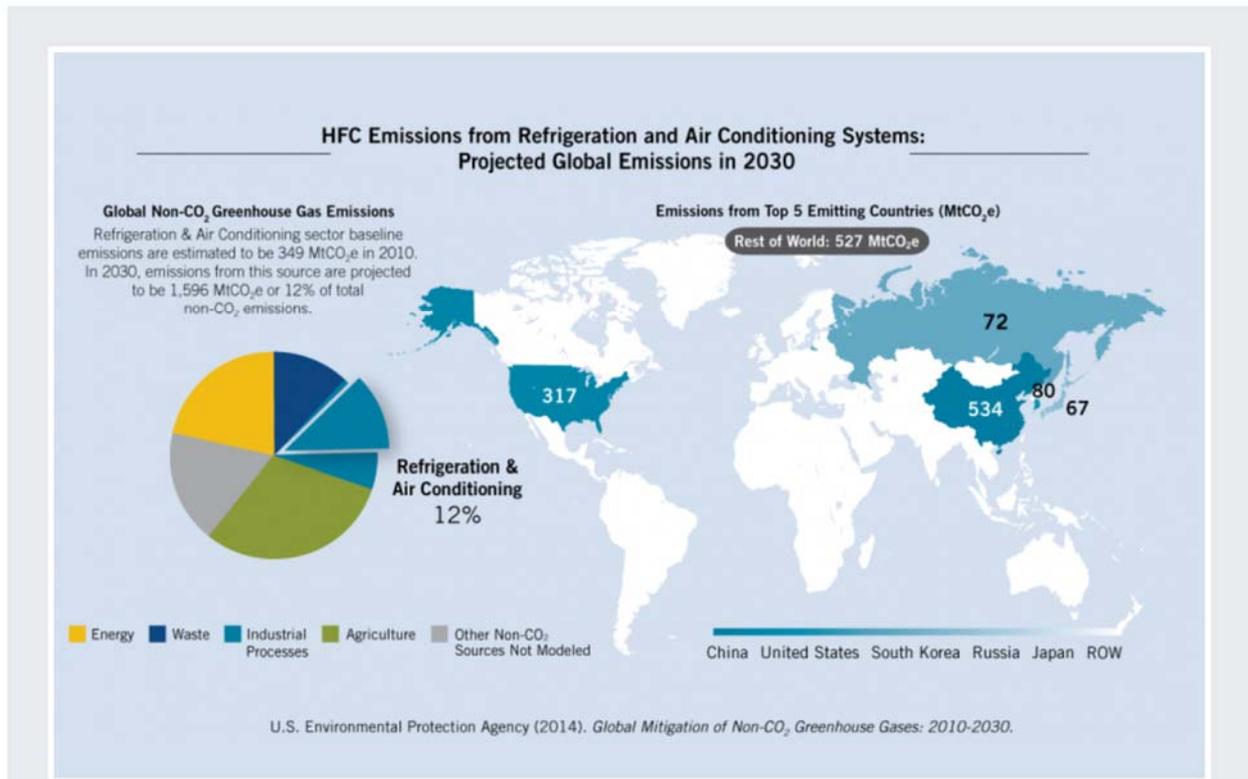


Fig. 1: Projected Global Emissions from Refrigeration and Air conditioning Systems in 2030 (source: US EPA, 2014 from https://www.epa.gov/sites/production/files/styles/large/public/2016-03/refrig_ac_pie_map.png)

HPT TCP ANNEXES

Air Conditioning	R-410A	XL55 (R-452B)	XL41 (R-454B)	XL40 (R-454A)	R-22	XL20 (R-454C)
GWP AR4 (AR5)	2088 (1924)	698 (676)	466 (467)	239 (238)	1810 (1760)	148 (146)
Capacity vs. R-410A	-	-1%	-2%	-25%	-30%	-37%
COP vs. R-410A	-	+3%	+3%	+2%	+9%	+3%
Evap Glide (K)	0.1	1	1	4	0	5
T Discharge (°C)	102	111	111	95	107	88
P Discharge (kPa)	3435	3243	3207	2615	2175	2261

Table 1: Table 1: Low GWP Refrigerant Solutions for Heat Pumps.

Annex ウェブサイト

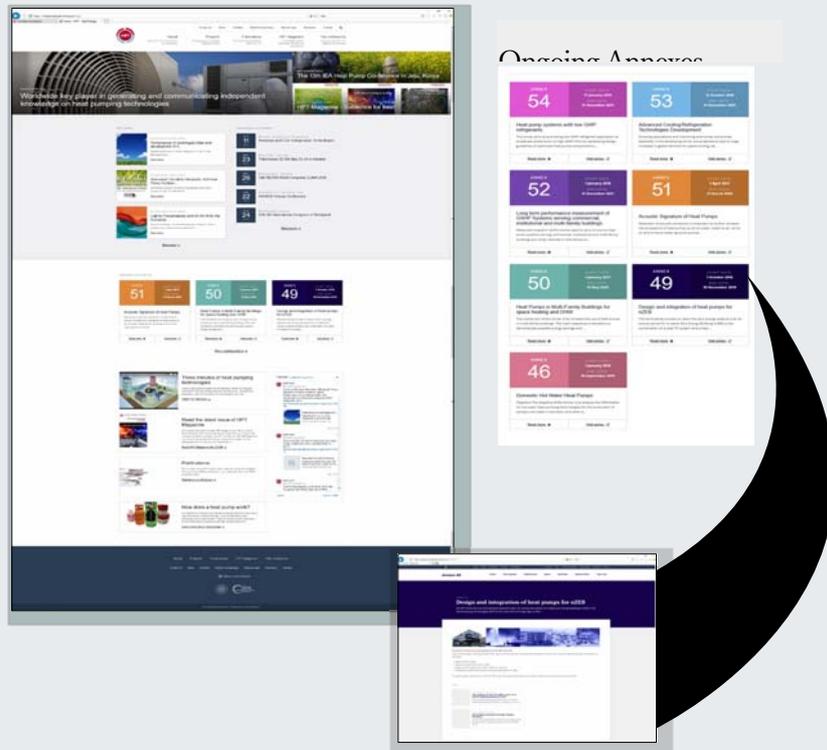
<https://heatpumpingtechnologies.org/annex54/>

Contact

OA は、アメリカ、メリーランド大学 環境エネルギー工学 Yunho Hwang 博士です。

yhhwang@umd.edu

INFORMATION



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

heatpumpingtechnologies.org

スウェーデンのヒートポンプ市場レポート

Per Jonasson、スウェーデン冷凍ヒートポンプ協会、スウェーデン

2008年以降、スウェーデンのヒートポンプ技術市場は着実に拡大しており、2018年に年間約16,000 MSEK または 1500 MEUR の売上を計上すると推定されています (1 EUR は 10,5 SEK に相当)。事業は3つのセグメントに分けることができます: エアコン 4,000 MSEK、工業用/商業用 4,700 MSEK、ヒートポンプ 7,300 MSEK。約10年前の「忙しい」から抜け出して、「hands full: 手一杯」を過ぎて、数年後のスウェーデンの市場の状況は過熱していると言えます。主に冷蔵や空調の請負業者は仕事が手一杯で、減速の兆候はありません。それどころか、今後数年間の予測は、すべてのセグメント内で売上が継続的に増加することを示しています。すべての企業にとって最大の課題は、有能な人材を見つけて採用することが難しいことです。これは、ホワイトカラーによる管理からサービス技術者まで、あらゆるタイプの職種に当てはまります。



[この記事ダウンロードして共有する](#)

序論

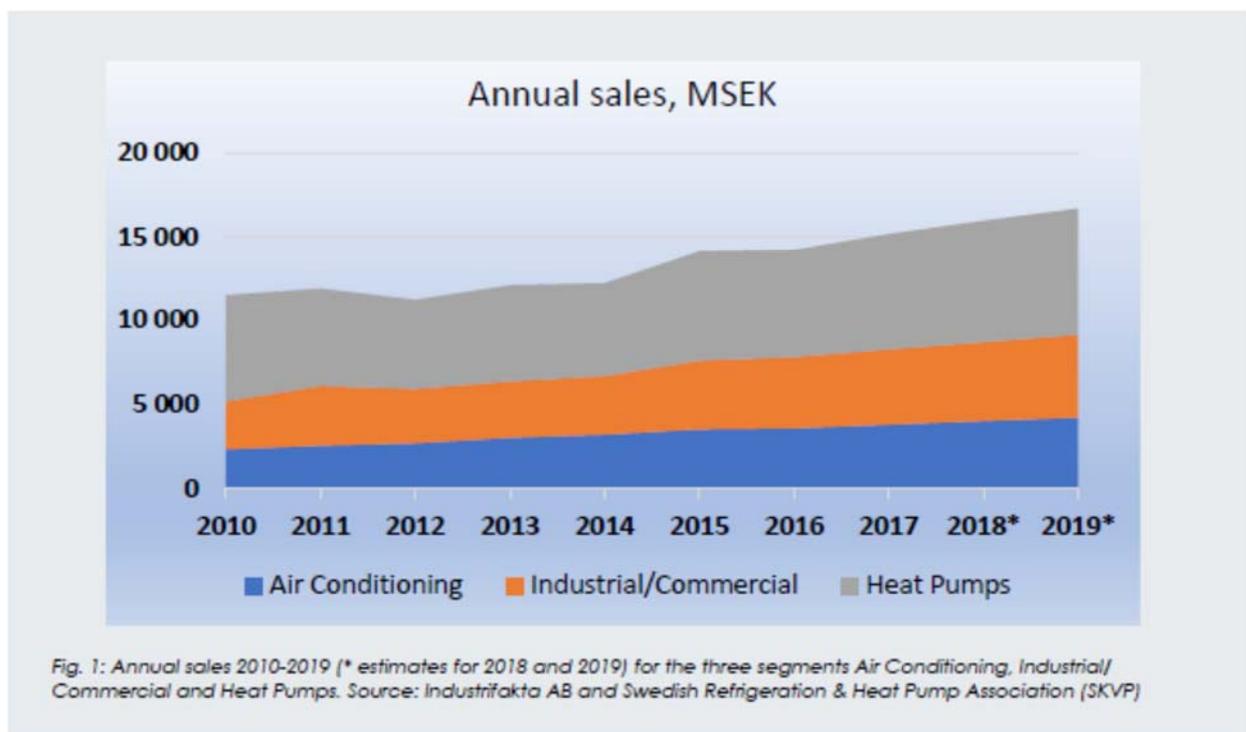
スウェーデンの RACHP 市場はここ数年着実に成長しています (Fig. 1-4)。市場の牽引要因は、一方では冷凍と空調 (RAC)、そして他方ではヒートポンプ (HP) の間で異なります。スウェーデンの RAC 事業の成長は、2つの主な要因、すなわち F ガス規制と、快適さと「贅沢」を追及する人々の欲求と経済的能力の影響を受けています。HP 業界にとって、影響力を持つのはコスト削減と省エネルギー、そして家や建物の新築です。

RAC 事業

スウェーデンのエアコンは、過去において不要な贅沢品と考えられていましたが、今では必需品と見られています。昨年の夏は、過去 260 年で最高の気温が報告されていましたが、空気処理 (air handling) が悪いことの結果がはっきりと示されました。以下のような多数の事件が報告されています。

- 冷却および冷凍装置が不十分かつ保守が悪かったため、1 スーパーマーケットだけで、数百万 SEK の食料を破棄し、無駄にしました。南から北まで、スウェーデン全土で起こったことです。
- 手術器具が結露したために手術を中止または延期しなければならなかった病院 (複数) がありました。
- 地域の冷房設備は容量の要求を満たすことができず、最終的には顧客の部分的な休業につながりました。

たくさんの例があります。したがって、AC への関心とインストールまたはアップグレードの計画は着実に高まっています。これは間違いなく将来の売上にプラスの影響を与えます。



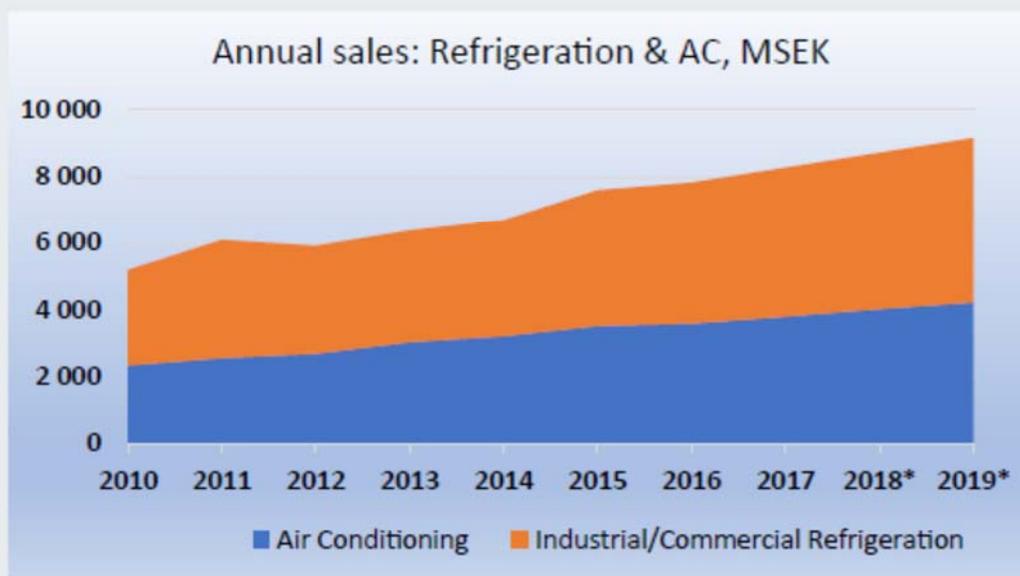


Fig. 2: Annual sales 2010-2019 (estimates for 2018 and 2019) for Air Conditioning and Industrial/Commercial Refrigeration. Source: Industrifakta AB

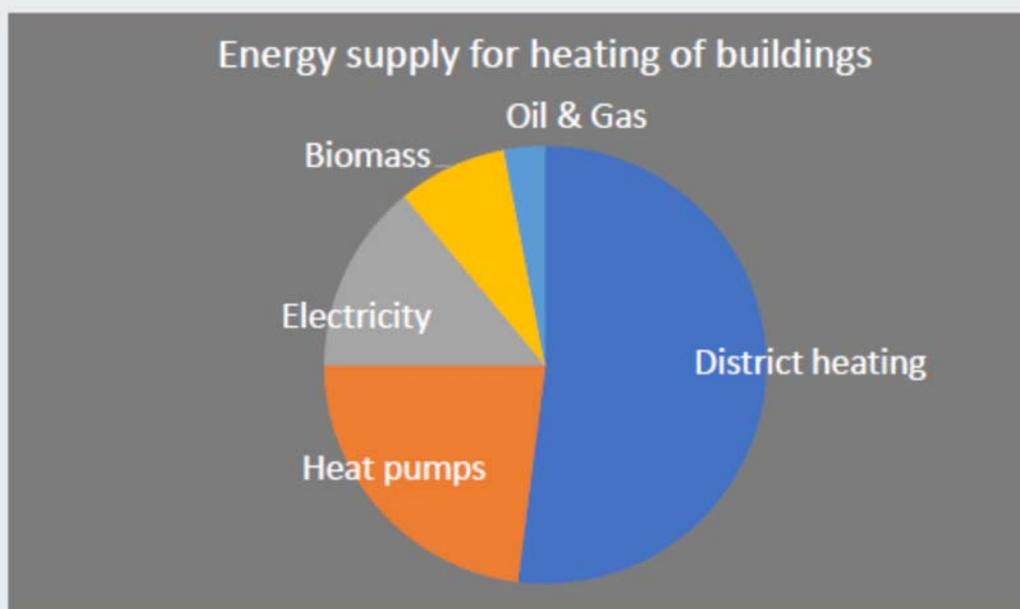


Fig. 3: Energy supply for heating of buildings in Sweden 2012. Source: Profu, Värmemarknad Sverige

快適性の必要性、または「贅沢な行動」の影響もまた、商業分野で見られます。スウェーデン特有の傾向ではありませんが、人々は自分の家庭で過ごす時間が少ないという傾向があります。それよりも個々の「充実した時間」が非常に重要です。それと同時に富が増大し、より多くの人々がより“豪華な”ライフスタイルを体験する機会を得ています。その結果、調理済みの食品や調理済みの食品用に、空調または冷蔵された場所やショーケースが増えており、それにより、より多くの冷暖房設備およびより大きな冷房能力が求められています。また、これらの会社の冷蔵店施設や流通サービスと同様に、宅配業者向けのビジネスも増加しています。

産業用冷凍セクターはより安定した市場を示しています。成長は主にデータセンター、アイススケートリンク、流通センターなどの分野で見られますが、より緩やかなペースです。

最後に、Fガス規制は、2015年に施行されて以来、業界全体に大きな影響を与えてきており、これは今後何年もの間続くでしょう。新しい地球温暖化係数の低いシステムおよび冷媒に交換、再構築または変換する必要があるプラントおよびシステムは数多くあります。

その結果、スウェーデンのRAC事業は、2010年から2018年の間に着実に約70%成長しました。

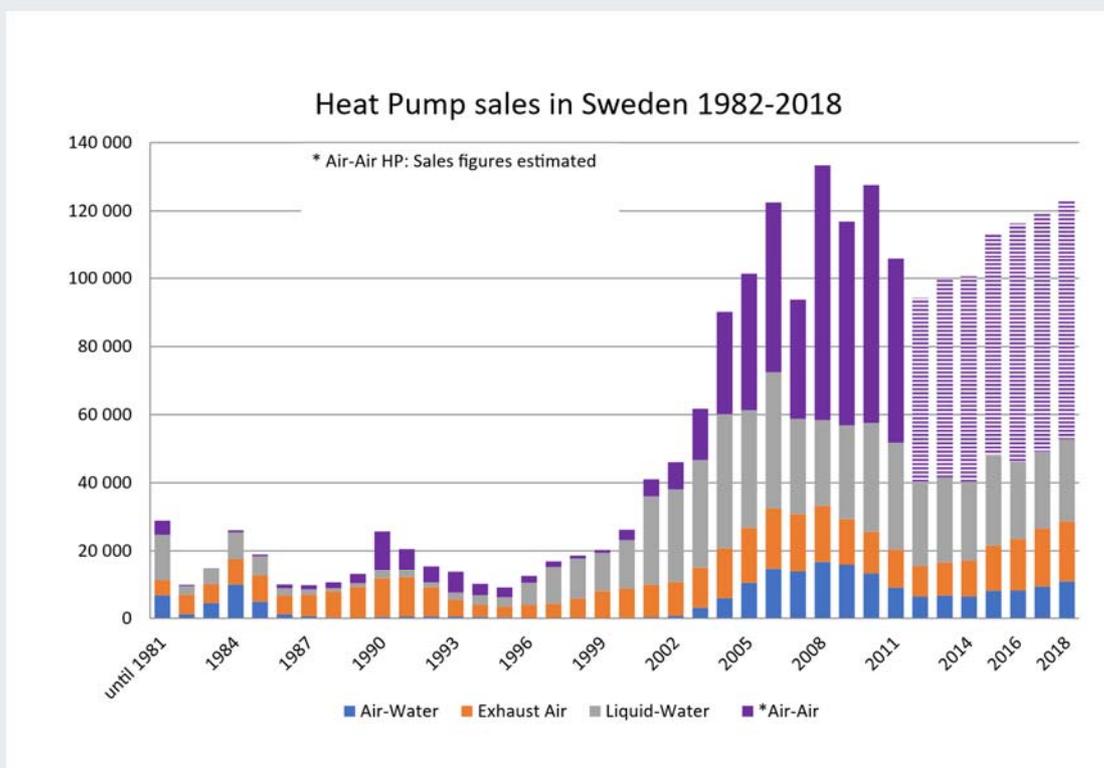


Fig. 4: Heat Pump sales in Sweden 1982-2018. Source: SKVP

予測では、今後数年間この傾向で5~7%の年間成長率が続くとのことです。

HPの事業

ヒートポンプ (HP) をインストールする主な理由はお金を節約することです。結果として、この市場に影響を与える要因は、RAC市場のものとは完全に異なります。RACテクノロジーは、ビジネスを運営するためには「必要悪」ですが、HPはガスボイラーやバイオマスボイラー、地域暖房と商業的条件で競争しなければなりません。重要な論拠のいくつかの例は、「費用対効果」、「単純さ」、および「信頼性」です。今日では、「持続可能性」や「環境への優しさ」などの言葉も潜在的な顧客にとって興味深いものです。(これらはすべてHPを支持する「決まり文句」です)

他の多くの国々と比較してスウェーデン、デンマーク、フィンランドの国の違いは、建物の暖房のための地域暖房 (DH) の非常に大きな市場シェアです。これは、HPの独自の立場と合わせて、スウェーデンの暖房市場をかなり特別なものにして君臨し、次にヒートポンプが22%を占めています。

スウェーデンは世界で一人当たりのHPのインストール数が最も多い国です(エアツーエアHPは除く)。約150万台のヒートポンプが稼働している(すべてのタイプが含まれます)ので、殆どのセカンドハウスには何らかの種類のヒートポンプが設置されています。新しい建造物では、排気熱回収型ヒートポンプがデフォルトと見なされます。建物の暖房に対するHPの貢献は、年間約30 TWhと推定されています。

Fig. 4に示すように、2011年と2012年の大幅な減少後、売上は毎年増加し、現在では年間約12万台に達しています。グラントソースのHPは売上高が安定しているが、特に排気熱回収型HPは過去5年間で非常に前向きな発展を遂げてきました。その理由は、一戸建て住宅の新築数が増えたことです。ほとんどすべてのデベロッパーは、この種の加熱ソリューションを最初の選択肢として持っています。

価格水準

SKVPは毎年Pulsen (the Pulse) という契約会員の中で調査を実施しています。完全なレポートは

<https://skvp.se/aktuellt-o-opinion/statistik/pulsen/2018-eng>で英語で利用可能です。

Fig. 5は、さまざまなタイプのヒートポンプシステムを完全に設置した場合の総費用(VATを含む)を示しています。注目すべきは、2010年から2018年の間にみられるとてもわずかな価格上昇です。

国際的な観点からは、特に地中熱ヒートポンプの設置コストは非常に低いと考える必要があります。これらの低価格の主な理由は、契約を履行する上での工業化された方法です。坑井掘削業者とともに設置業者は、この種のプロジェクトのみを毎日実施する契約チームを形成しています。

Pulsenの調査で、ヒートポンプシステムが設置された理由のうち、特に興味深いのは、「オイルバーナー」と「古いヒートポンプ」のからの置き換えの傾向です。

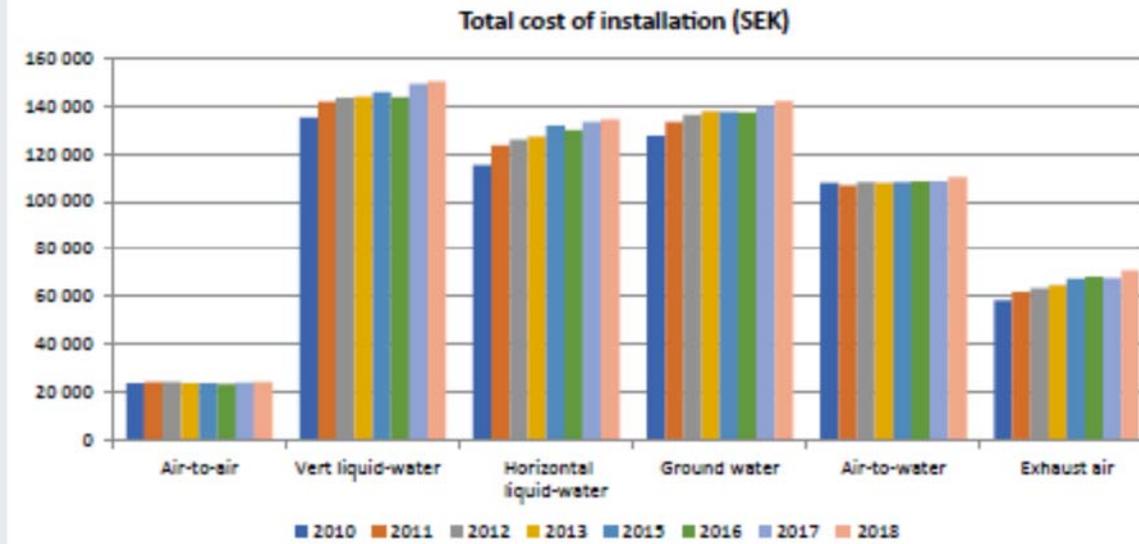


Fig. 5: Total cost for installation of various types of Heat Pump systems. Price based on turnkey contract for a single-family house with a heat demand of 20 000 kWh/year. Source: SKVP

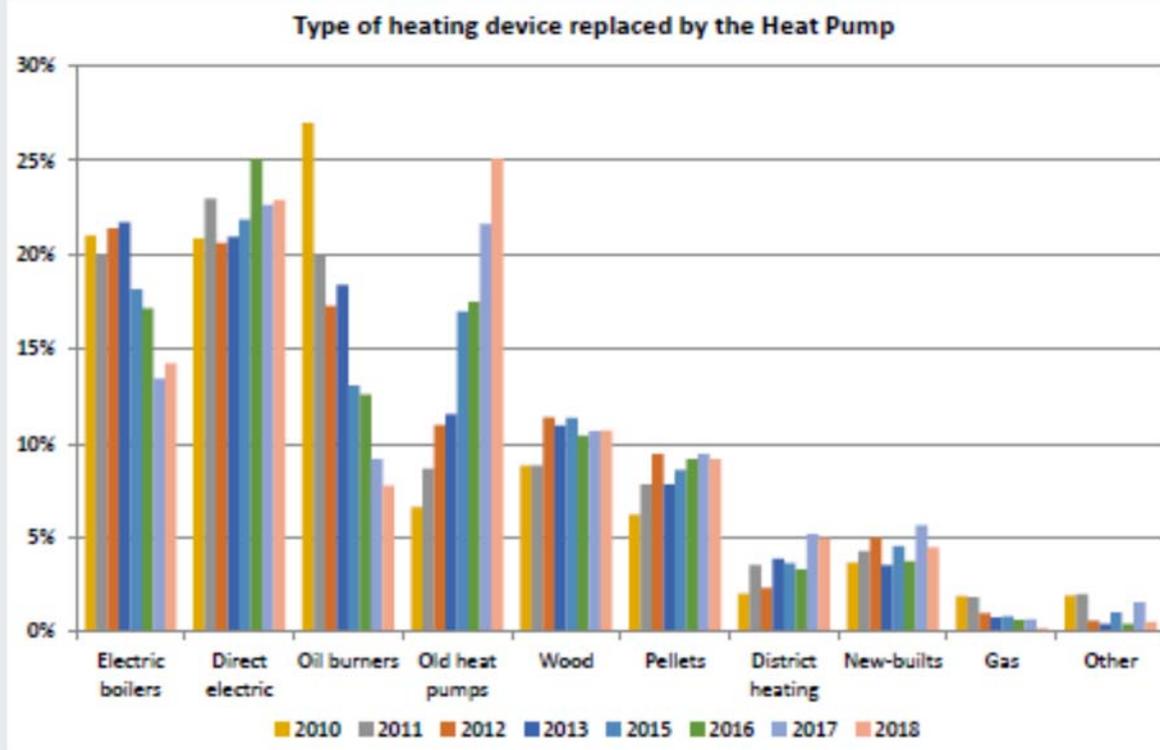


Fig. 6: Type of heating device replaced by the Heat Pump. Source: SKVP

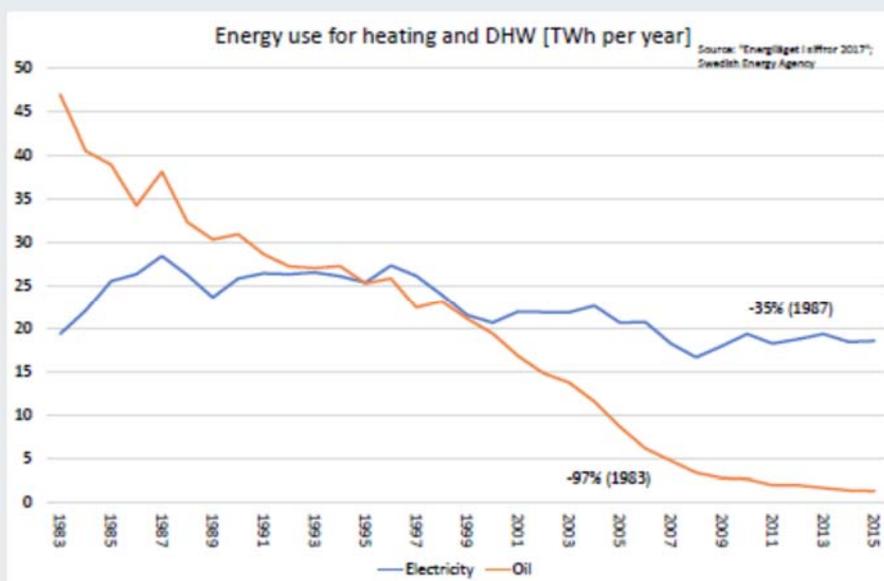


Fig. 7: Energy use for heating and DHW. Source: "Energiläget i siffror 2017", Swedish Energy Agency.

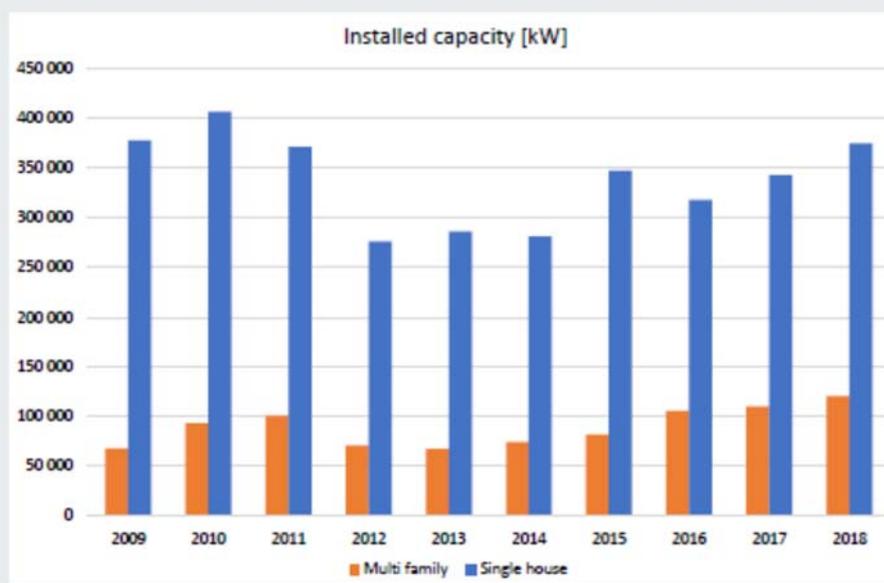


Fig. 8: Annual installed capacity in kW for multi- and single-family houses. Source: SKVP

Fig. 6 が示すように、交換されるオイルバーナーの数は急激に減少しています。Fig. 7 に明確に示されているように、スウェーデンでは暖房用の油が多かれ少なかれなくなっているという事実に基づく結果です。また、Fig. 6 には、交換が必要な HP を所有しているユーザー・ロイヤリティも示されています (Fig. 6 の "Old heat pumps" データ)。インストーラーによって実行される契約の大部分は、古い HP を新しいものと交換する契約です。

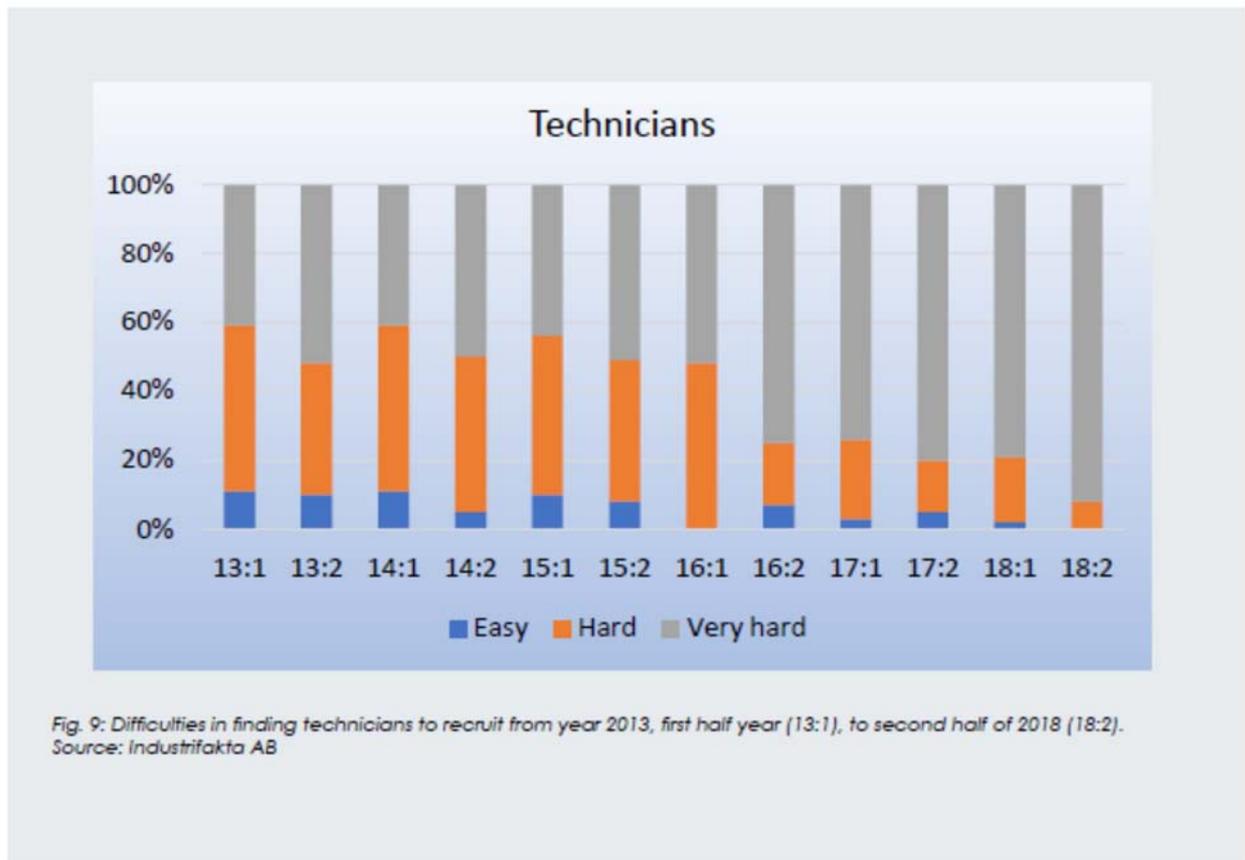
言い換えれば - あなたが古くなっている HP をお持ちの場合、あなたはあなたの家を暖房するための技術的解決策を変えません。 - あなたは HP を使い続けるのです。

設置された HP の数が多いにもかかわらず、暖房と DHW のための電力の使用が 1987 年のピーク時から 35% 減少したことも注目されます。

将来への期待

ヒートポンプはスウェーデンでは成熟した製品です。スウェーデン人は誰でもヒートポンプを持っているか、持っている人を知っています。それにもかかわらず、将来への期待は非常に前向きです。新しく建設された一戸建て住宅は、ほとんどの場合、ヒートポンプを熱源として建てられています (Fig. 8)。そして集合住宅では、地域暖房からヒートポンプシステムへの移行が続いています。これはまだ限られた数のユニットではありますが、上向きの傾向は明白です。

もう一つの非常に興味深い市場は代替事業です。2000 年代初頭に販売されたすべての HP は、間もなく交換が必要になります。代替品の数字は増加していますが、まだブームは、見えていません。



課題

スウェーデンにおける RACHP 事業全体の主な課題は、資源の不足です。

1年に2回、調査会社（Industrifakta AB）がスウェーデンの支社組織 SKVP のメンバーの間で調査を行います。経営環境、トレンド、販売量に関する質問の中で、「経営層」、「ホワイトカラー」、「技術者」の3つのカテゴリに従業員を採用することがどれほど簡単であるか、または困難であるかという質問もあります。

何年もの間、答えは従業員を見つけるのが困難であることを示してきました。（Fig. 9）しかし、状況がさらに悪化し、前回の調査では、92%が「非常に難しい」、8%が「難しい」、0%が「やさしい」との回答でした。経営層の数値は 87/13/0%（非常に難しい/難しい/簡単）、ホワイトカラーの数値は 85/15/0%でした。

熟練した従業員を見つけて採用する際の問題は、現在、業界の発展を阻害するまでになっています。仕事をする人がいないため、いくつかの企業はプロジェクトの見積もりを避けており、高 GWP 冷媒から F ガス規制の範囲内である低 GWP 冷媒への転換の進行は非常に遅いです。

結論

スウェーデンの RACHP 事業は非常に好調に推移しています。売上高は着実に増加しており、明らかにインフレを上回っています。2018 年の推定年間売上高は、エアコン

（4,000 MSEK）、産業用および商業用（4,700 MSEK）、ヒートポンプ 7,250 MSEK の3つのセグメントに分けられ、約 16,000 MSEK または 1,500 MEUR となる見込みです。今後数年間の予測も減速の兆候なしで、非常にポジティブです。

RAC 事業には主に2つの市場牽引要因があります。それは、F ガス規制と、快適さと“ラグジュアリー”を求める人々の願いと経済的能力です。

一方、HP 業界はコストと省エネ、そして新しい住宅や建物の建設に影響されます。

今後数年間、売上高が増加することが期待されます。唯一の脅威は熟練した要員を見つけることの問題です。これは、ホワイトカラーによる管理からサービス技術者まで、あらゆるタイプの職種に当てはまります。

PER JONASSON
MD
Swedish Refrigeration & Heat Pump Association
 Sweden
per.jonasson@skvp.se
www.skvp.se
<https://doi.org/10.23697/a9xf-3a75>

産業用ヒートポンプ用低充填量蒸発器

Zahid Ayub と Adnan Ayub、Isotherm Inc.、アメリカ

エネルギー使用量とその環境への影響は、今日の世界で重要なトピックとなっています。この問題を大規模に処理する1つの方法は、地域暖房にヒートポンプを使用することです。モントリオール議定書のキガリ改正では、適切な冷媒に関して手近な選択肢はあまりありません。低GWPの不燃性オレフィン系ガスか、アンモニアなどの自然冷媒いずれかです。前者は高価であると予想され、後者は有毒です。この課題に対処するために、エンジニアは非常に効率的で、同時に低い冷媒充填量のシステムを考案しなければなりません。


[この記事ダウンロードして共有する](#)

序論

熱交換器事業は過去100年間で劇的な変化を見ました - シェル&チューブからマイクロフィン・コイルへと。熱交換器を多用している2つの異なる事業があります。1つ目は石油・ガス (OG) 業界、そして2つ目は冷凍空調 (RAC) 業界です。OG 業界の推進力はほとんどシェル&チューブ熱交換器の分野にあり、ほとんど改善されていませんが、RAC 業界はシェル&チューブ、プレートやコイルなどの新しい技術を導入して最先端にいます。これには明白な理由があります。OG 業界は非常に保守的であり、いかなる新技術も避けようとしています。一方、RAC は非常に競争の激しい業界であり、特にモントリオールや京都議定書のような規制の後では、より低いコストでより良い製品を目指して努力しています。特に低充填量の問題が主な要因となっています。ヒートポンプ事業は過去10年ほどで重要性を増してきたので、COPの向上、冷媒充填量の減少、直接および間接的な地球温暖化影響の低減の推進ピッチにより、熱交換器、特に蒸発器の分野でいくつかの新しい開発があります。この記事では、この重要なトピックについていくつか説明します。

工業用ヒートポンプ

工業用ヒートポンプの使用の基本的な概念は非常に単純です：燃料の直接燃焼を避けるために、コミュニティ (地区) を暖めるために冷凍システムからの余剰熱を使います。圧縮機の運転に使用されるエネルギーは直接燃焼される燃料よりも低くする必要があり、これもまたカーボンフットプリントまたはカーボンインパクトファクターを減少させます。これを達成するために、冷凍システムは、高いCOPで非常に効率的である必要があります。このパズルの重要な役割を果たしているのが蒸発器 (エバポレーター) です。飽和温度が1°C上昇するごとに、システムのCOPが2%近く改善されることは知られている事実です。同じことが凝縮器側にも当てはまるが、ここでは蒸発器についてだけ論じます。

蒸発器の種類

工業用ヒートポンプ用途に使用するために市場で入手可能な2種類の熱交換器があります。

- シェル&チューブ熱交
- プレート熱交は、さらに3つのサブカテゴリーに分けられる

- » プレート&フレーム
- » シェル&プレート
- » ろう付け

上記の各タイプには、それぞれ長所と短所があります。上述したように、我々は冷媒充填量が少なく、接近した温度でも高い性能を発揮するという特徴を有する最新のタイプのみを議論する。低充填量には2つの大きな利点があります。まず、冷媒コスト、特に新しい低GWP冷媒は、現在非常に高価格です。第二に、アンモニアなどの自然界の冷媒は、ゼロ地球温暖化係数やオゾン層破壊係数 (ODP) などの優れた機能を持っていますが、その毒性により、現地の特別な規制や換気基準に依存してしまいます。

シェル&チューブ型

現在、大規模工業規模のヒートポンプ用途に最も適している3種類の低充填量シェル&チューブ蒸発器があります。それらは：

直接膨張： Fig. 1 に示されるような典型的な直接膨張 (DX) 蒸発器は、チューブ内に冷媒を有し、シェル内で流体が冷却されています。この構成の主な利点は、キロワット容量あたり低充填量で動作することです。不利な点は、冷却される流体がシェル側にあり、機械的洗浄が不可能であることです。第二の欠点は、制御上の課題があるため大容量化できないことであり、従って大容量で使用する場合は複数のユニットを



Fig. 1: Shell and tube DX evaporator

並べて使用する必要があります。特に非相溶のオイル/冷媒の組み合わせの場合、オイル管理も問題になる可能性があります。Shah (1982) のようないくつかの沸騰相関が公開文献で利用可能であります。

スプレー: スプレーエバポレーターはまた、低充填量で、機械的に重要な利点は、冷却されている液体がチューブ内にあるため、洗浄が可能であることです。不利な点は、より熱伝達を良くするために冷媒をバンドル表面に噴霧するためにポンプが必要とされることです。

濡れ方 (液膜) が不適切だと熱伝達の不足を招く可能性があり、最適な能力は発揮されないでしょう。典型的なスプレーエバポレーターを Fig. 2 に示します。Zeng ら (1995) は、無次元の熱流束 ϕ と 1 次元の熱流束 q'' との以下の相関関係を提案しました。飽和温度の影響を説明するために、以下のように相関関係に減圧比を追加しました (記号の説明については、記事の最後にあるリストを参照してください)。

$$Nu = 0.0568 Re^{-0.0058} Pr^{0.193} p_r^{0.323} \phi^{1.034}$$

$$Nu = h/k (v^2/g)^{1/3}$$

$$Re = 2\Gamma/\mu$$

$$\phi = q''D/(T_{cr} - T_s)k$$

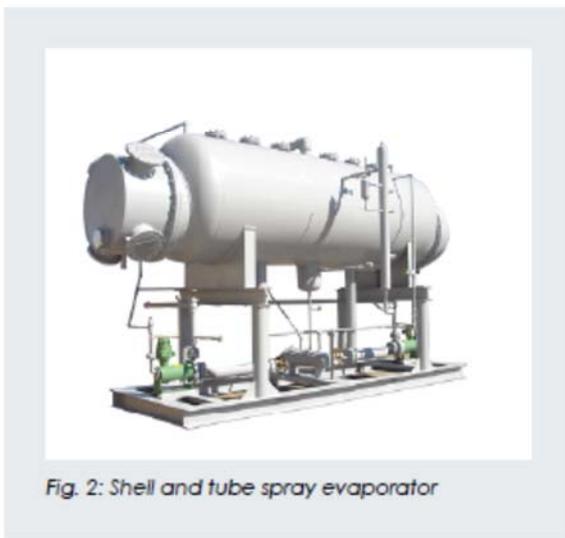


Fig. 2: Shell and tube spray evaporator

シェルサイドDX: これは最新の技術革新であり、上記の両方の特性を兼ね備えています。冷媒はシェル側で直接膨張するのでポンプを必要とせず、そして冷却される流体が管内にあるので管の洗浄が可能です。Fig. 3 はこの種の典型的な蒸発器を示します。冷媒充填量が少なく、オイル管理が簡単で、液体のメンテナンスが不要なため、制御システムも単純です。Ayub ら (2017) は、アンモニアに関して以下の相関関係を提示し、他の冷媒にも同様に適用可能であることが分かりました:



Fig. 3: Shell and tube "Shell Side" DX evaporator

$$h_{fp} = 70 q''^{0.9-0.4p_r^{0.1}} p_r^{0.55} (-\log p_r)^{-0.6} e^{-0.075T_{sup}}$$

シェル&チューブ蒸発器のサイズをさらに縮小するために、現在市場で入手可能な高核沸騰表面などの様々な強化技術を適用することができます。

プレートタイプ

ヒートポンプ用途の候補となるプレート交換器には基本的に3種類あります。それらは以下のとおりです。

セミ溶接プレート&フレーム: 2つの隣接する山型プレートをカセットまたはモジュールを構成するように溶接されます。これにより、冷媒は溶接キャビティ内に閉じ込められ、フローガスケットが不要になります。Fig. 4 に代表的な半溶接プレート&フレーム熱交換器を示します。ただし、ガスケットが全くないユニットではありません。溶接プレートに関して業界ではわずかな誤解があります。多くのユーザーは、プレート同士が 100%溶接されていると考えています。残念ながら、そうではありません。冷媒の流れを維持するために、オーリングガスケットだけがシールを維持します。すなわち、あらゆる単一のカセットに対して、依然として2つのオーリングガスケットがあります。これらのガスケットは、速度が最大であり非常に漏れやすい、ポートの周りにあります。オペレータによって報告されたほとんどの漏れは、ポートの周りにあります。いくつかの利点はコンパクトさと拡張性です。ネガティブな特徴は、潜在的な漏れの問題によるメンテナンス費用の高さです。最近 Ayub (2019) らが以下の通りに蒸発器アプリケーションのための普遍的な相関を示しました:

$$Re_{eq} = \frac{G_{eq} D_h}{\mu_l}$$

$$Bo_{eq} = \frac{q''}{G_{eq} h_{fg}}$$

$$G_{eq} = G \left[(1 - x_m) + x_m \left(\frac{\rho_l}{\rho_g} \right)^{0.5} \right]$$

$$Nu = \left(7 + 4.5 \beta / \beta_{max} \right) Re_{eq}^{\left(-0.3 \frac{\sigma_{oil}}{\sigma_{ammonia}} \right)} Bo_{eq}^{-0.2}$$

シェル&プレート：シェル&プレートは、シェル&チューブ、プレート&フレームの技術の利点と、シェル&チューブに固有の高い機械的完全性、およびプレート&フレームの優れた熱特性を兼ね備えています。プレートパックは、シェル側がプレート側から隔離されるように一緒に溶接され、取り外し可能なプレートパックの場合には、ボディフランジ用のオーリングを除いて、シール目的のためのガスケットは存在しません。Fig.5はシェル&プレート交換器を示します。1つの重要な欠点は、溶接が弱い部分があるとそこから漏れやすいことです。Fig.6に通常の溶接及び数サイクル運転後に漏れた弱い溶接を示します。設計基準はプレート&フレームと同じです。

ろう付けプレート：Fig.7は典型的な小型ろう付け熱交換器を示します。サイズ上の制限から、大容量の産業用ヒートポンプには適していません。このタイプは完全にろう付けされているのでガスケットを必要としません。液体混合はプレートがパンクした場合にのみ発生します。機械的に洗浄することができないので汚れのない用途に限定されます。設計基準は、プレート&フレームと同じです。

比較

以下に上記のすべてのケースについての比較表を示します。典型的な海水ベースのヒートポンプ用途は、それぞれ8°Cおよび4°Cの海水入口および出口温度を有する1,000kWの蒸発器容量について検討されました。2°Cの飽和温度のアンモニア。容量を除けば、ターミナルの温度はノルウェーのDrammenにある世界最大のアンモニアヒートポンプとまったく同じです (Ayub, 2016)。海水と接触する材料はチタンです。

Type	Charge (kg)	Price (\$, 2019)
DX- Tube	65	59,516
Spray	90	82,477
DX- Shell	46	68,732
PHE (with drum)	209	61,460

結論

産業用ヒートポンプ用途で蒸発器として使用される様々なタイプの熱交換器の簡単な比較分析を示します。熱交換器の2つの主要なタイプはシェル&チューブとプレートのタイプです。各タイプには、その用途と形状の特性に応じてサブカテゴリがあります。各タイプには、機器の選択時に慎重に検討する必要がある長所と短所もあります。設計基準で重要なのは適切な二相沸騰係数の選択です。本稿では、設計技術者に役立つ可能性がある各タイプの相関関係について説明します。特にキガリ改正後の環境問題をきっかけに、冷凍業界全体が低チャージシステムの実現を目指しています。本稿では、熱交換器の種類ごとに充填量/kWを簡単に分析しました。最新のシェルとシェルサイド直接拡張を備えたチューブが、このカテゴリで最適であることがわかりました。



Fig. 4: Semi-welded plate and frame exchanger



Fig. 5: Shell and plate exchanger

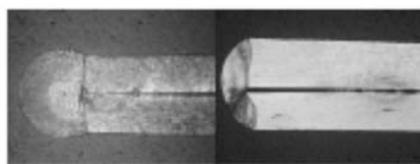


Fig. 6: Normal and failed weld



Fig. 7: Brazed plate exchanger

Nomenclature

Bo	Boiling number
D	Tube outside diameter
G	Mass flux, kg/m ² ·s
g	Gravitational acceleration, m/s ²
h	Heat transfer coefficient, W/m ² ·K
h _{lg}	Latent heat, kJ/kg
k	Thermal conductivity, W/m·K
Nu	Nusselt number
p _r	Reduced pressure
Pr	Prandtl number
q"	Heat flux, W/m ²
Re	Reynolds number
T	Temperature, K
x	Quality
Γ _l	Liquid flow per unit tube length, kg/m
ρ	Density, kg/m ³
β	Chevron angle, degree
μ	Dynamic viscosity, N·s/m ²
ν	Kinematic viscosity, N/s ²
φ	Non-dimensional heat flux
σ	Surface tension, dynes/cm

Subscript

ammonia	Ammonia as reference refrigerant
cr	Critical
eq	equivalent
g	gas phase
h	hydraulic
l	liquid phase
m	mean
Ref	Working refrigerant
max	maximum chevron angle, degrees
s	Saturation
sup	superheat
tp	two phase

参考文献

- [1] Ayub, Zahid H., Tariq S. Khan, Saqib Salam, Kashif Nawaz, Adnan H. Ayub and M. S. Khan, 2019, Literature survey and a universal evaporation correlation for plate type heat exchangers, International Journal of Refrigeration, 99, 408-418.
- [2] Ayub, Zahid H., Ahmad Abbas, Adnan Ayub, Tariq Saeed and Javed Chattha, 2017, Shell side direct expansion evaporation of ammonia on a plain tube bundle with exit superheat effect, International Journal of Refrigeration, 76, 126-135.
- [3] Zahid Ayub, 2016, World's Largest Ammonia Heat Pump (14 MWh) for District Heating in Norway - A Case study, Journal of Heat Transfer Engineering, Vol. 37, Nos. 3-4, pp. 382-386.
- [4] Shah, M. M. 1982, Chart correlation for saturated boiling heat transfer: Equations and further study, ASHRAE Transactions Vol. 88(1): 185-196.
- [5] Zeng, X., Chyu, M.-C., and Ayub, Z. H., 1995, Evaporation Heat Transfer Performance of Nozzle-Sprayed Ammonia on a Horizontal Tube, ASHRAE Transactions, Vol. 101, pt. 1: 136-149.
- [6] Zeng, X., Chyu, M.-C., and Ayub, Z. H., 1995, Nozzle-Sprayed Flow Rate Distribution on Horizontal Tube Bundle, ASHRAE Transactions, Vol. 101, pt. 2: 443-353.

ZAHID AYUB

PH.D., P.E.

Isotherm

USA

zahid@iso-therm.com<https://doi.org/10.23697/23e8-3s26>

遠心チラーで適用される流下液膜式蒸発器の実験的解析

Hua Liu, Dongbing Hu, Sheng Wang, Ying Zhang

中国の空調設備とシステムのエネルギー保全に関する国家研究室

新しいタイプの蒸発器、流下液膜が試験され、低い冷媒充填量を可能にしました。ある条件下では、伝熱性能は伝統的な満液式蒸発器よりも優れています。流下液膜式蒸発器に対する異なる冷媒充填量、管路配置および冷媒タイプの影響を分析しました。結果は、冷媒充填量の増加と共に、熱伝達性能は徐々に改善されたが、傾向は徐々に遅くなったことを示しました。下から上へのチューブパス配置は、上から下へのチューブパス配置よりも優れた性能を提供しました。R1233zd (E) の流下液膜蒸発ターボ冷凍機は、冷媒充填量が一定量に達すると、より高いCOPを提供しました。


[この記事ダウンロードして共有する](#)

序論

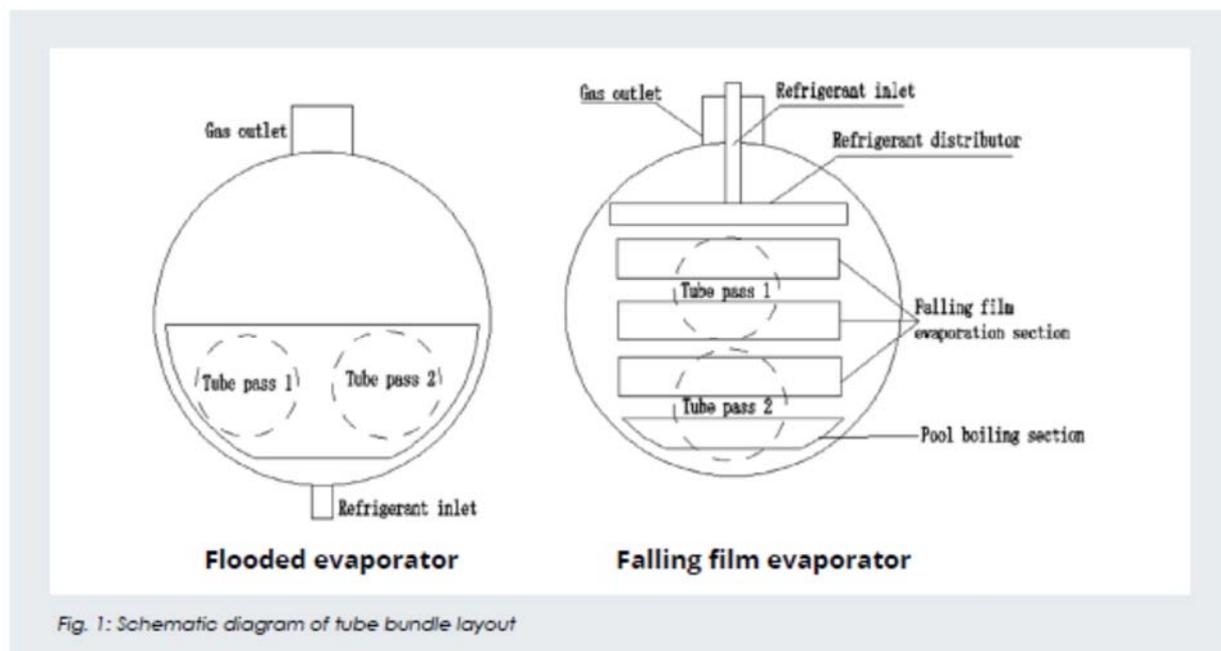
環境問題がますます深刻になるにつれて、冷媒の変換と低減の継続技術が現在の空調産業の重要な関心事になってきています。伝統的な満液式蒸発器と比較して、水平管流下液膜式蒸発器は、より高い熱交換性能を有するだけでなく、より少ない冷媒チャージ、より小さい熱伝達温度差、および信頼できるオイルリターンという利点もあります。大規模または中規模のチラーでは、新しい冷媒の普及に伴い、流下液式蒸発器が満液式蒸発器に徐々に取って代わる可能性があります。現在、流下液膜式蒸発器および新しい冷媒について多くの研究が発表されていますが、それらの大部分は液体分配器のパラメータ、管外の液膜の分布、管間の流れパターン、および単一管に焦点を合わせています。実験 [1-6]。ユニット全体の研究に関する研究はほとんどありません。本論文はユニットテストを通して流下膜蒸発ターボ冷凍機の性能を分析

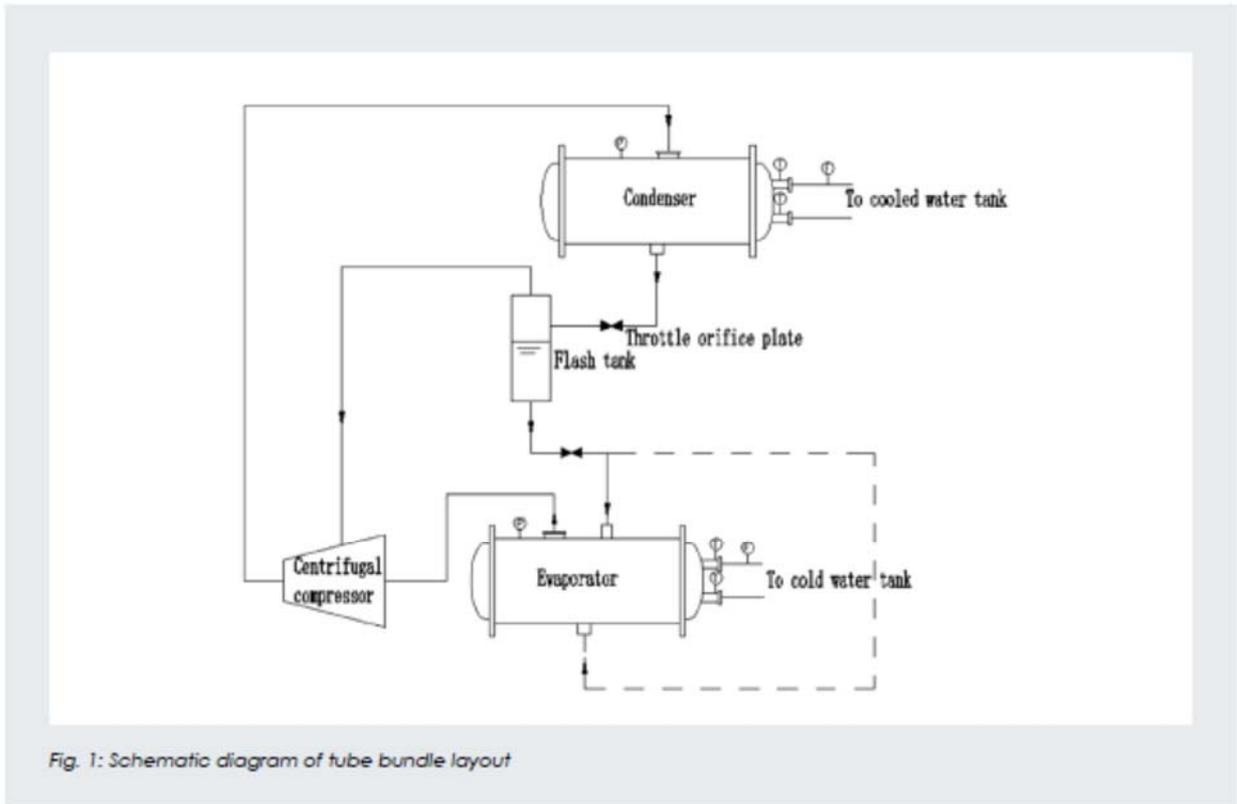
しました。それは冷却装置における流下液膜蒸発器の設計、製造および促進のための背景を提供することができます。

実験設定

蒸発器の構造の説明

Fig.1 に示すように、満液式蒸発器の内部管束配置と流下液膜式蒸発器は非常に異なります。満液式蒸発器の場合、トップチューブの位置はシェルのほぼ中央にあり、チューブバンドルは左から右へ対称に配置されています。冷媒入口はシェルの底部に配置され、ガス出口は上部にある。流下液膜式蒸発器では、流下液膜分配器は蒸発器の頂部にあり、分配器の下で管束は頂部から底部まで対称的に配置されています。冷媒入口とガス出口は両方ともシェルの上部にあります。





実験装置

Fig.2 に示すように、サンプルユニットを 600 RT チラーテストベンチでテストしました。流下液膜式蒸発器の場合、冷媒入口は上部にあり、一方、満液式蒸発器の場合、冷媒入口は下部にあります (破線で示す)。

試験条件

蒸発器の試験条件を表 1 に示します。

すべての実験用蒸発器で同じ仕様とタイプの強化管が使用されています。強化チューブは、直径 19 mm、総熱交換面積 47.11 m² です。GB / T 18430.12007 に基づく公称条件下でのユニットの試験条件を表 2 に示します。

Test sequence	Type of centrifugal Chiller	Refrigerant charge	Tube pass arrangement
1	R134a, flooded evaporator	350kg	left in and right out
2	R134a, falling film evaporator	variable refrigerant charge	Top in and bottom out (top-to-bottom)
3	R134a, falling film evaporator	variable refrigerant charge	Bottom in and top out (bottom-to-top)
4	R1233zd(E), falling film evaporator	variable refrigerant charge	Bottom in and top out (bottom-to-top)

Table 1: Testing conditions of the evaporator

Type of centrifugal Chiller	Evaporator		Condenser	
	Volume flow rate (m ³ /h)	Outlet Temperature (°C)	Volume flow rate (m ³ /h)	Inlet temperature (°C)
Flooded evaporator (R134a)	211.0	7.0	264.5	30.0
Falling film evaporator (R134a)	211.0	7.0	264.5	30.0
Falling film evaporator (R1233zd(E))	211.0	7.0	264.5	30.0

Table 2: Testing conditions of the unit under GB nominal conditions

Device	Type	Precision
Digital power meter	WT230	±0.1%
Temperature measuring element	Pt100	±0.1 °C
Electromagnetic flow meter	AXF200G	±0.35%
Pressure sensor	AKS33	±0.5%

Table 3: Main testing devices used in the experiments

Cooling capacity (kW)	COP	Evaporation temperature (°C)
1148.0	5.92	5.6

Table 4: Experimental results of flooded refrigeration chiller

実験装置

実験に使用した主な試験装置を表3に示します。

計算式

総合熱伝達率Kは以下のように計算されます。

$$K = \frac{Q}{A \times \Delta T_m}$$

$$A = \pi \times d_o \times L \times N$$

$$\Delta T_m = \frac{T_{in} - T_{out}}{LN \left(\frac{T_{in} - T_o}{T_{out} - T_o} \right)}$$

Where:

- Q Heat exchange rate, kW;
- A Total heat exchange area, based on the outer surface area of the enhanced tube, m²;
- d_o Outer diameter of the enhanced tube, m;
- L Effective length of the enhanced tube, m;
- N Number of enhanced tubes;
- ΔT_m Logarithmic mean temperature difference, °C;
- T_{in} Inlet temperature of chilled water, °C;
- T_{out} Outlet temperature of chilled water, °C;
- T_o Evaporation temperature, °C.

結果と考察

浸水蒸発チラーの実験結果

350kgの冷媒充填量を有する満液式蒸発チラーの実験結果を表4に示します。

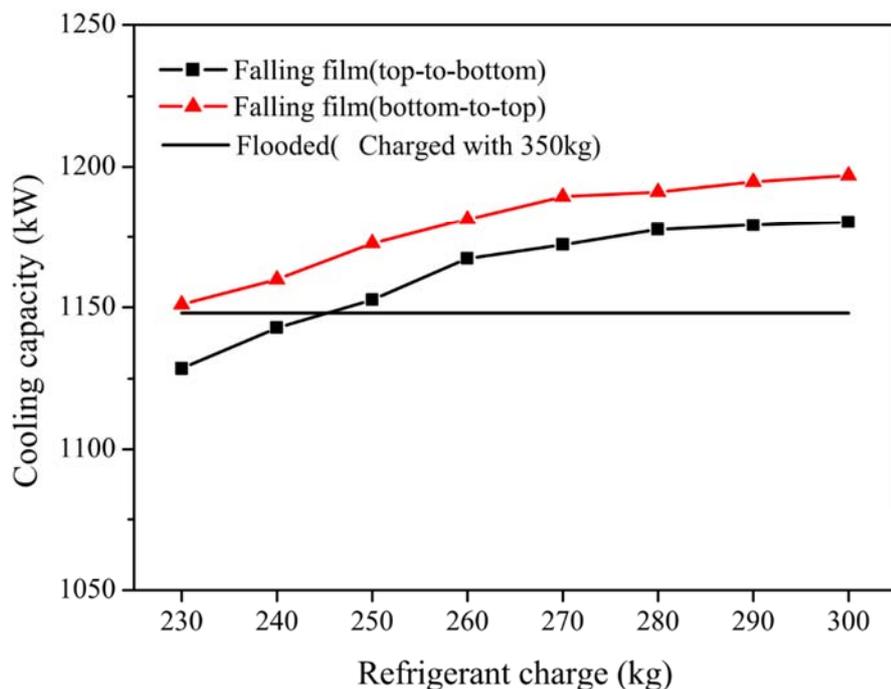


Fig. 3: Comparison of refrigeration capacity as a function of refrigerant charge

流下液膜蒸発冷却装置の実験結果

満液式および流下式フィルム蒸発器を同じ条件下で試験しました。上から下および下から上を含む異なる管路配置を有する流下液膜式蒸発冷却器および満液式蒸発器の性能を Fig.3-6 に示します。

Fig.7-10 に示されるように、冷却能力、蒸発温度、COP および全体の熱伝達率は全て、冷媒充填量の増加と共に増加

します。しかしながら、同じ冷媒充填量の下での R1233zd (E) の冷却装置の冷却能力と全熱伝達係数は、研究した冷媒充填量の全範囲にわたって R134a のある冷却装置より低いが、それらは冷媒充填量の増加と共に急速に増加しました。そして、2つの冷媒の間の差は徐々に減少します。R1233zd (E) のチラーの蒸発温度と COP は、冷媒充填量が少ないときは R134a のチラーよりも低いが、冷媒充填量がある値に達すると R134a とチラーを上回りました。

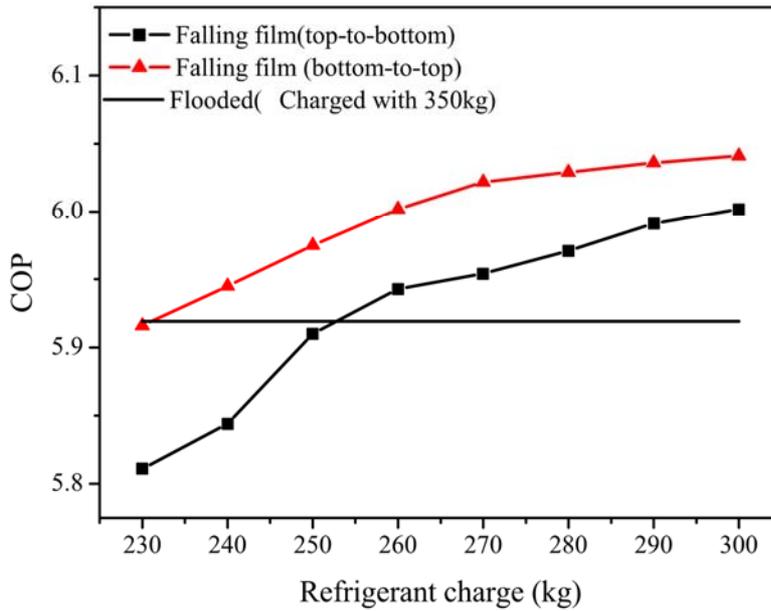


Fig. 4: Comparison of COP as a function of refrigerant charge

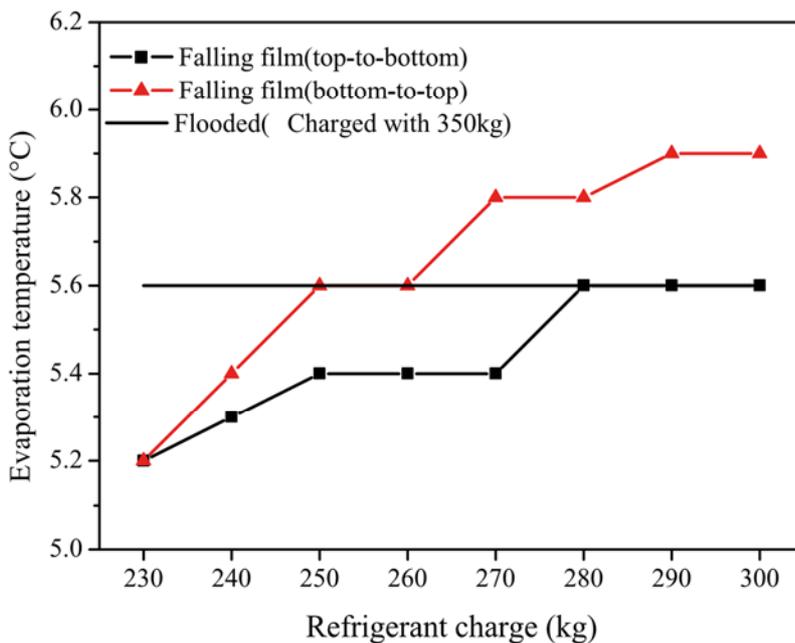


Fig. 5: Comparison of evaporation temperature as a function of refrigerant charge

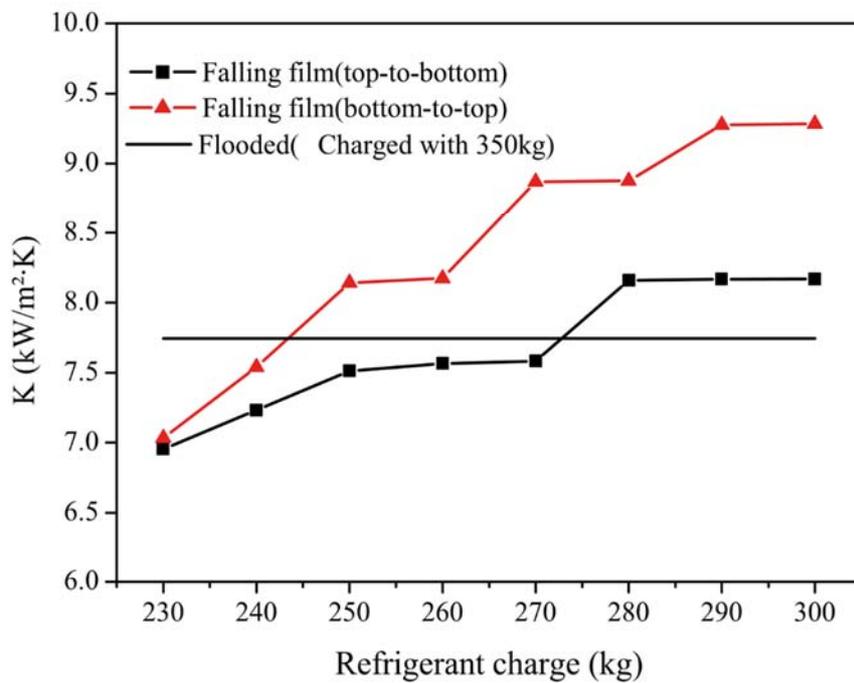


Fig. 6: Comparison of overall heat transfer coefficient as a function of refrigerant charge

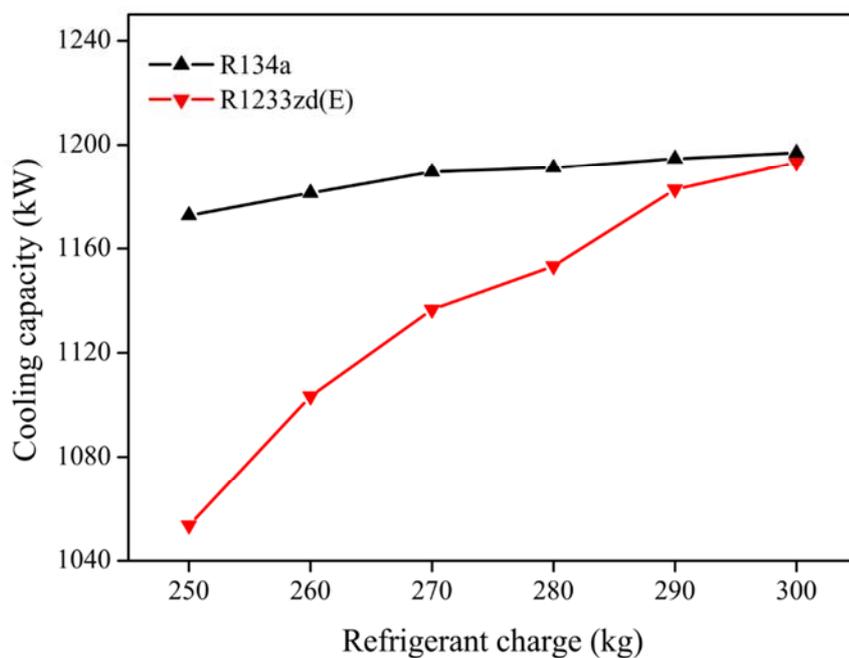


Fig. 7: Comparison of refrigeration capacity for different refrigerants

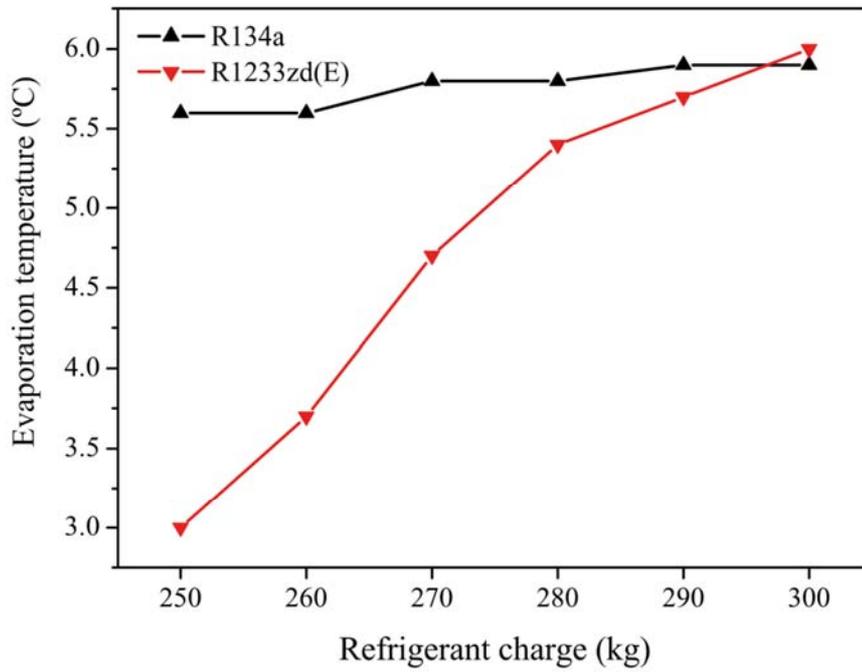


Fig. 8: Comparison of evaporation temperature for different refrigerants

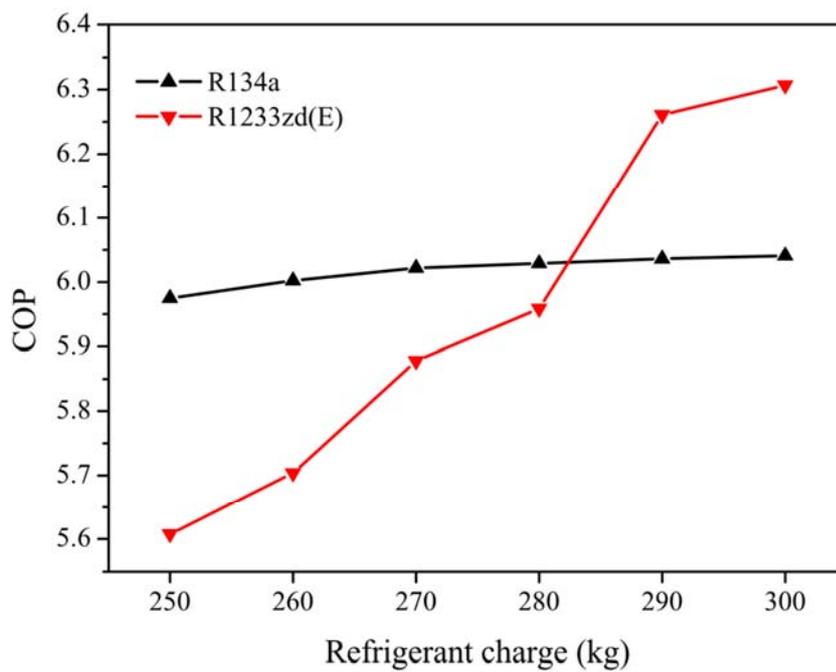


Fig. 9: Comparison of COP for different refrigerants

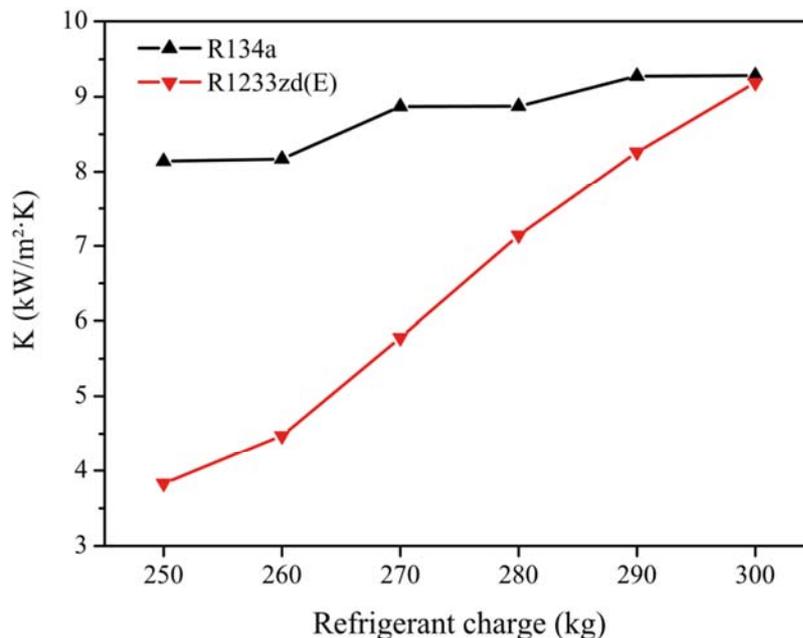


Fig. 10: Comparison of overall heat transfer coefficient under different refrigerants

結論

流下液膜式蒸発冷却器に関する実験的分析により、以下の結論を導き出すことができました。

- 1) 冷媒充填量が増加するにつれて、流下膜式蒸発冷却器の冷却能力、COP および蒸発温度は徐々に増加するが、その傾向は徐々に緩やかになります。
- 2) 流下液膜式蒸発冷却装置では、底部から上部へのチューブパス配置は上部から底部へのチューブパス配置よりも優れた性能を与えます。
- 3) 同じ冷凍能力に対して、流下液膜式蒸発冷却器は、滴液式蒸発冷却器よりも少ない冷媒充填量で済みます。下から上へのチューブパス配置を採用すると、冷媒充填量を 34% 減らすことができます。
- 4) R1233zd(E) の流下液膜式蒸発冷却器は、同じ冷媒充填量に対して R134a の冷却器よりも冷却能力が低くなります。そして、冷媒充填量がある値に達すると、蒸発温度と COP は、R1233zd(E) のチャラーの方が R134a のチャラーよりも高くなります。

HUA LIU

State Key Laboratory of Air-conditioning Equipment
and System Energy Conservation

China

[dgzwxwang@163.com](mailto:dgzxwang@163.com)

<https://doi.org/10.23697/nttn-6q23>

参考文献

- [1] G. Ribatski, A.M. Jacobi. Falling-film evaporation on horizontal tubes - a critical review, *International Journal of Refrigeration*, 2005, 28: 635-653.
- [2] J. Fernández-Seara, Á.Á. Pardiñas. Refrigerant falling film evaporation review: Description, fluid dynamics and heat transfer, *Applied Thermal Engineering*, 2014, 64:155-171.
- [3] C.Y. Zhao, W.T. Ji, P.H. Jin, et al. Experimental study of the local and average falling film evaporation coefficients in a horizontal enhanced tube bundle using R134a, *Applied Thermal Engineering*, 2018, 129: 502-511.
- [4] C.Y. Zhao, P.H. Jin, W.T. Ji, et al. Experimental investigations of R134a and R123 falling film evaporation on enhanced horizontal tube, *International Journal of Refrigeration*, 2017, 75: 190-203.
- [5] R. Nagata, C. Kondou, S. Koyama. Comparative assessment of condensation and pool boiling heat transfer on horizontal plain single tubes for R1234ze(E), R1234ze(Z), and R1233zd(E), *International journal of refrigeration*, 2016, 63: 157-170.
- [6] M. Christians, J.R. Thome. Falling-film evaporation on enhanced tubes, part 1: experimental results for pool boiling, onset-of-dryout and falling film evaporation, *International Journal of Refrigeration*, 2012, 35: 300-312.

HPT ヒートポンプ技術の一員になりましょう



HPT Magazine

The Heat Pumping Technologies Magazine

Three times a year, the Heat Pump Centre issues the Heat Pumping Technologies Magazine. The Magazine can be found at the HPT web site and is free of charge. At the same time as the Magazine is launched, a Newsletter is distributed. The Newsletter contains shorter versions of the Magazine articles and is a good reminder that there is a new Magazine issue to read.

Read our Magazine and become a subscriber at:

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



Annual Report

The Heat Pump Technologies Annual Report

Read about activities, results and achievements within the HPT TCP during last year.

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



260 Proceedings from the 12th IEA Heat Pump Conference

The 12th IEA Heat Pump Conference took place in Rotterdam 2017. Now you can download over 260 proceedings (Full papers) from the last conference, free of charge.

You find all the proceedings in the HPT publication database:

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

Meet us in social media!



<https://twitter.com/HeatPumpingTech>



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

Events 2018/2020

2019

11-13 April

Ammonia and CO₂ Refrigeration Technologies

Ohrid, Republic of Macedonia
https://www.mf.edu.mk/web_ohrid2019/ohrid-2019.html

8-9 May

ATMOsphere Australia

Melbourne, Australia
<http://www.atmo.org/events.details.php?eventid=77>

15-16 May

Heat Pump Forum

Brussels, Belgium
<http://www.hp-forum.eu/>

26-29 May

13th REHVA World Congress CLIMA 2019

Bucharest, Romania
<https://www.ashrae.org/conferences/ashrae-endorsed-conferences/13th-rehva-world-congress-clima-2019>

11-12 June

EUREKA 2019

Bruges, Belgium
<https://www.eureka-hvacr.eu/>

18-20 June

EU Sustainable Energy Week Policy Conference

Brussels, Belgium
<https://eusew.eu/about-conference>

22-26 June

ASHRAE Annual Conference

Kansas City, Missouri
<https://www.ashrae.org/conferences/annual-conference>

24-30 August

25th IIR International Congress of Refrigeration

Montreal, Canada
<http://icr2019.org/>

28-29 August

5th International HVAC/R Congress

Atlantico, Colombia
<https://www.ashrae.org/conferences/ashrae-endorsed-conferences/5th-international-hvac-r-congress>

2-4 September

Building Simulation 2019

Rome, Italy
<http://buildingsimulation2019.org/>

9-11 September

11th International Conference on Compressors and their Systems

London, UK
<https://www.city.ac.uk/compressors-conference>

25-27 September

2019 ASHRAE Building Performance Analysis Conference

Denver, Colorado, USA
<https://www.ashrae.org/conferences/topical-conferences/2019-ashrae-building-performance-analysis-conference>

22-23 October

European Heat Pump Summit 2019

Nuremberg, Germany
<https://www.hp-summit.de/en>

24 October

HPT TCP National Experts' meeting

Nuremberg, Germany
 For more information, please contact your HPT National Contact <https://heatpumpingtechnologies.org/contact-us/> or Johan Berg, HPC johan.berg@ri.se

9-12 December

2019 Buildings XIV International Conference

Clearwater Beach, Florida, USA
<https://www.ashrae.org/conferences/topical-conferences/2019-buildings-xiv-international-conference>

2020

1-5 February

ASHRAE Winter Conference

Orlando, Florida
<https://www.ashrae.org/conferences/2020-winter-conference-orlando>

15-17 April

6th IIR Conference on Sustainability and the Cold Chain (ICCC 2020)

Nantes, France
<http://www.iifiir.org/clientBookline/recherche/NoticesDetailles.asp?VIEWALL=TRUE&ToutVisualiser=1&INSTANCE=exploitation&iNotice=7&ldebut=>

11-14 May

13th IEA Heat Pump Conference 2020

Jeju, South Korea
<http://hpc2020.org/>

7-10 June

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

College Park, Maryland, USA
<http://www.iifiir.org/clientBookline/recherche/NoticesDetailles.asp?VIEWALL=TRUE&ToutVisualiser=1&INSTANCE=exploitation&iNotice=9&ldebut=>

27 June – 1 July

ASHRAE Annual Conference

Austin, Texas, USA
<https://www.ashrae.org/conferences/ashrae-conferences>

13-16 July

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

West Lafayette, Indiana, USA
<https://engineering.purdue.edu/Herrick/Conferences/2020>

26-29 July

Rankine 2020 Conference – Advances in Cooling, Heating and Power Generation

Glasgow, United Kingdom
<http://www.iifiir.org/clientBookline/recherche/NoticesDetailles.asp?VIEWALL=TRUE&ToutVisualiser=1&INSTANCE=exploitation&iNotice=7&ldebut=>

14-16 September

Indoor Environmental Quality Performance Approaches - Transitioning from IAQ to IEQ

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

6-9 December

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

Kyoto, Japan
<http://www.iifiir.org/clientBookline/recherche/NoticesDetailles.asp?VIEWALL=TRUE&ToutVisualiser=1&INSTANCE=exploitation&iNotice=10&ldebut=>

IN THE NEXT ISSUE
 Industrial Heat Pumps—
 Good examples from ongoing Annex

National Team CONTACTS

AUSTRIA

Mr. Thomas Fleckl
Austrian Institute of Technology
Tel: +43 50550-6616
thomas.fleckl@ait.ac.at

BELGIUM

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

CANADA

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

DENMARK

Mr. Svend Pedersen
Danish Technological Institute
Tel: +45 72 20 12 71
svp@teknologisk.dk

FINLAND

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

FRANCE

Mr. Paul Kaaijk
ADEME
Tel: +33 4 93 95 79 14
paul.kaaijk@ademe.fr

GERMANY

Dr.-Ing. Rainer M. Jakobs
Informationszentrum Wärmepumpen
und Kältetechnik - IZW e.V
Tel. +49 61 63 57 17
email@izw-online.de

ITALY

Dr Maurizio Pieve
ENEA, Energy Technologies Dept.
Tel. +39 050 621 36 14
maurizio.pieve@enea.it

JAPAN

Mr. Tetsushiro Iwatsubo
New Energy and Industrial Tech-
nology Development Organization
Tel +81-44-520-5281
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

NETHERLANDS

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

NORWAY

Mr. Rolf Iver Mytting Hagemoen
NOVAP
Tel. +47 22 80 50 30
river@novap.no

SOUTH KOREA

Mr. Hyun-choon Cho
KETEP
Tel: +82 2 3469 8872
energykorea@ketep.re.kr

SWEDEN

Dr. Emina Pasic
Swedish Energy Agency
Tel: +46 16 544 2189
emina.pasic@energimyndigheten.se

SWITZERLAND

Mr. Stephan Renz
Beratung Renz Consulting
Tel: +41 61 271 76 36
renz.btr@swissonline.ch

UNITED KINGDOM

Mr. Oliver Sutton
Department for Business, Energy &
Industrial Strategy
Tel: +44 300 068 6825
oliver.sutton@beis.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

Ms. Melissa Voss Lapsa – Coordinator
Building Envelope & Urban Systems Research
Building Technologies Research & Integration
Center
Tel: +1 865 576 8620
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 on the address above.

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

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