



DEN-CHU-KEN

TOPICS

2016 3 MARCH

VOL.21

Central Research Institute of Electric Power Industry

次世代ヒートポンプの開発と評価

1. ヒートポンプへの期待と課題
2. 家庭用ヒートポンプの開発と評価
3. 産業・業務用ヒートポンプの開発と評価
4. 無着霜ヒートポンプ・冷凍冷蔵システムの研究開発

次世代ヒートポンプの開発と評価

1. ヒートポンプへの期待と課題

ヒートポンプは、一次エネルギー消費量を削減し資源を有効活用する「省エネルギー技術」、およびCO₂排出量を削減し地球温暖化を抑制する「省CO₂技術」として、国内外で大きく注目されています。

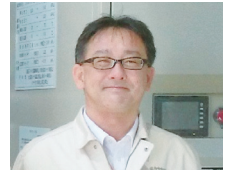
しかし、ヒートポンプにはさらなる普及に向けた課題として、①各種機器の高効率化による一層の省エネ・省CO₂化とランニングコストの低減、②機器のコンパクト化、③イニシャルコストの低減、④地球温暖化係数が小さい冷媒(ヒートポンプ内の熱輸送媒体)の利用、⑤産業用高温加熱用途や外気温の低い地域などでの適用範囲の拡大、などがあります。

電力中央研究所は電力会社やメーカーと共同で、2001年に家庭用CO₂冷媒ヒートポンプ給湯機「エコキュート」の世界初の商品化に成功し、その普及に大きく貢献してきました。

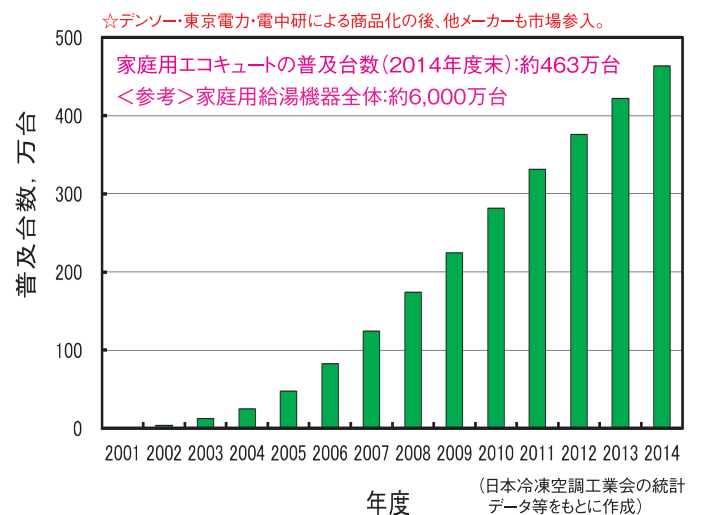
また現在は、上記の課題を改善し、より高効率なヒートポンプの普及促進を図るため、技術調査・基礎研究・商品開発・性能評価・ツール開発など、一連の技術開発に幅広く取り組んでいます。

本章では、ヒートポンプの原理やニーズ等について紹介します。

エネルギー技術研究所
上席研究員
長谷川 浩巳



当研究所エコキュート研究の歩み



※ エコキュートを更に普及させるためには、高効率化、コンパクト化、低コスト化のための技術開発と普及促進策が必要。

エコキュートの国内普及状況

「ヒートポンプ」とは文字通り、電気など質の高いエネルギーを利用して、熱を温度の低いところから高いところへ汲み上げる機器であり(図1-1、図1-2)、燃料を燃やさず、電気によって外気等の熱を活用する高効率なヒートポンプは、省エネ・省CO₂技術として、国内外で大きな注目を集めています。

高温側に与える熱(放熱)が加熱用途に利用できるのはもちろん、低温側から奪う熱(採熱)を冷却用途に利用することもできます。

この原理を利用した機器には、エアコン、ヒートポンプ給湯機、冷凍冷蔵庫、ヒートポンプ式洗濯乾燥機などがあり、私たちの生活は既にさまざまなヒートポンプによって支えられています。

ヒートポンプの加熱量(または放熱量、 Q_h)は、外気等からの採熱量(または冷却量、 Q_c)と投入電力量(E)との和($Q_h = Q_c + E$)となります。よって、ヒートポンプの効率を表す係数であるCOP(加熱用途: $COP \equiv Q_h \div E$, 冷却用途: $COP \equiv Q_c \div E$)が高くなるほど、少ない電気により多くの熱を利用できることになります。

しかし、図1-1に示すように、高温側(加熱・放熱側)と低温側(採熱・冷却側)の温度差が広がるほど、ヒートポンプの効率は原理的に低下します。

このため、家庭・業務・産業分野におけるさまざまな温度レベルの熱需要に対応し、特に高温加熱時の高効率化を図ること、外気、河川水や海水、地中、工場排温水等が持つ熱を有効利用し、特に低温外気採熱時の高効率化を図ること、などが重要となります。

さらに、地球温暖化係数の小さい冷媒(HFO・HCFOフロンや自然冷媒、図1-3)等の、環境に与える影響が少ない物質を利用することなども求められつつあり、これら各種ニーズに対応したさまざまなヒートポンプの開発・評価の一翼を担うべく、当研究所は幅広い研究に取り組んでいます。

次章以降では、それらの詳細を紹介します。

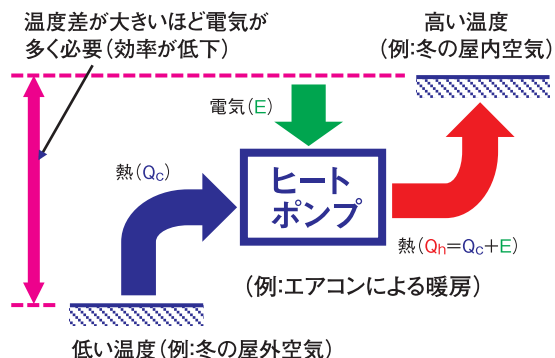


図1-1 ヒートポンプの原理

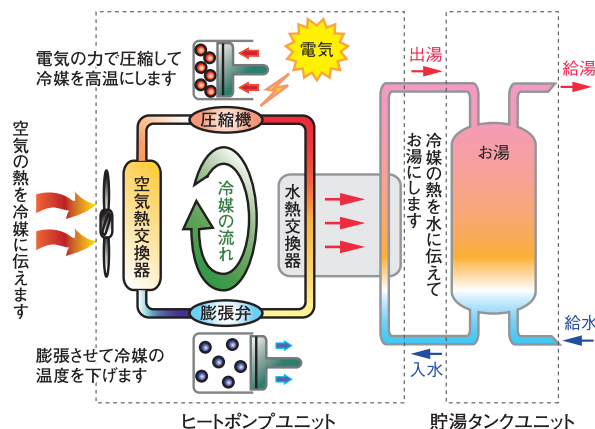


図1-2 ヒートポンプの仕組み(家庭用給湯機)

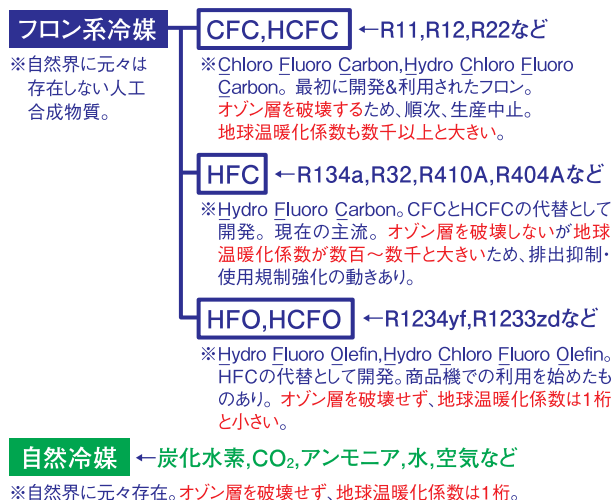


図1-3 各種ヒートポンプに使われる冷媒の種類

次世代ヒートポンプの開発と評価

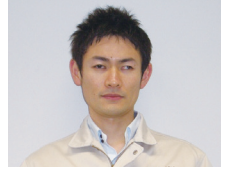
2. 家庭用ヒートポンプの開発と評価

家庭部門におけるエネルギー消費量は、世帯数の増加や利便性の向上を背景に、個人消費の伸びとともに著しく増加してきました。2000年以降は、トップランナー制度^(注1)による機器効率の向上効果などから、その伸びは横ばいに転じましたが、地球温暖化対策の面からもさらなる省エネルギーの推進が求められています。

機器側の高効率化が進む一方で、住宅における省エネルギー基準も見直され、これまでの「外皮(外壁や窓)の断熱性能」の規定に加えて、設置される設備(冷暖房、給湯、照明など)の性能を含めた住宅全体の「一次エネルギー消費量^(注2)」を指標とした評価基準が導入されました。

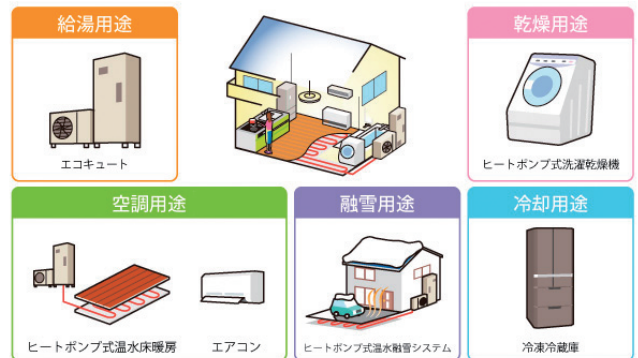
本章では、住宅分野の省エネルギー基準の動向に加え、当研究所における家庭用ヒートポンプ機器の開発・評価に関する取り組みについて紹介します。

エネルギー技術研究所
主任研究員
藤縄 剛史



豊かな暮らし

家庭で利用されるヒートポンプ



家庭で利用されるヒートポンプ

(注1) トップランナー制度とは: 基準策定時点の最も効率が優れた機器の性能を超えることを目標とする基準策定方式

(注2) 一次エネルギーとは: 自然界に存在するままの形でエネルギー源として利用される化石燃料や自然エネルギー等

2.1 住宅分野の省エネルギー基準の動向

石油危機を契機として、1979年に「エネルギーの使用の合理化に関する法律」(以下、「省エネ法」)が制定されました。住宅・建築物の分野では、すべての建築主に対して、断熱構造化などの省エネ措置を努力義務として課すとともに、床面積が比較的大きな建物については届出を義務化するなどの対策強化がなされました。

一方、省エネ法に対応して、具体的な省エネ指標を定めた告示が「エネルギーの使用の合理化に関する建築主および特定建築物の所有者の判断の基準」(以下、省エネ基準)です。住宅の省エネ基準については、昭和55年(1980年)の制定以降、平成4年(1992年)、平成11年(1999年)に大きな改正が行われ、建物の外皮の断熱性能および日射遮蔽性能に関する規定が強化されてきました(図2-1)。

しかしながら、新築住宅における省エネ基準適合率は、基準制定後も2割未満で推移し、2010年度以降、住宅エコポイントなどの効果もあり、ようやく5割程度に至ったところです。

このため、国は2020年に向けてすべての建物を対象に段階的に省エネ基準の適合義務化を進める方針を示し、平成25年(2013年)施行の改正省エネ基準では、住宅と建築物について、一次エネルギー消費量を指標として、断熱性能に加えて設備性能や再生可能エネルギー利用を合わせて、建物全体を総合的に評価できる基準が導入されました^[1](図2-2)。

将来的には再生可能エネルギー等の活用により、一次エネルギー消費量を正味ゼロとする「ネットゼロエネルギーハウス(ZEH)」の普及や、建設から運用・廃棄・再利用等のライフサイクル全体を

通じてCO₂排出量をマイナスにする「LCCM(ライフサイクルカーボンマイナス)住宅」の実現が見込まれています。

(GJ/年・戸) 年間暖冷房エネルギー消費量の試算

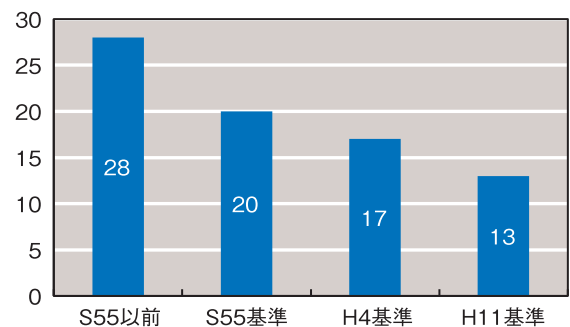


図2-1 省エネ基準における外皮断熱性能 (国土交通省資料参照)

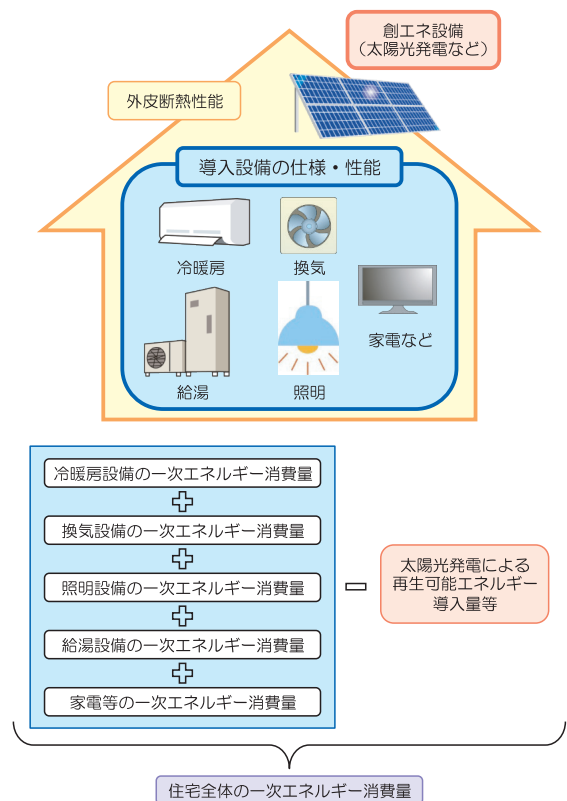


図2-2 一次エネルギー消費量による評価

2.2 家庭用ヒートポンプ給湯機の開発と評価

当研究所では、家庭部門のエネルギー消費量の約3割を占める給湯エネルギーの削減に向け、従来の燃焼式給湯器に替わる高効率給湯機として、ヒートポンプ給湯機の開発に注力してきました。

1995年からは自然冷媒であるCO₂冷媒に着目して基礎研究を開始し^[2]、その後東京電力(株)、(株)デンソーとの共同開発を経て、2001年に家庭用CO₂冷媒ヒートポンプ給湯機「エコキュート」の商品化に成功しました。

エコキュートは発売以来、その高い省エネ性・環境性・経済性に加えて、ユーザーニーズに応えた機能の充実、補助金制度の導入などにより、急速に普及が進んできました。

このため当研究所では、ヒートポンプ給湯機の様々な使用条件下における性能把握や、適切な評価手法の構築を目的に、2006年度末に「ヒートポンプ性能評価試験設備」を設置しました(図2-3)。

本設備の環境試験室内は、空気温度を-30~+50℃、相対湿度を30~90%に制御可能となり、様々な外気条件を模擬できます。また、給湯機のシステム性能を評価するにあたり、多様な給湯モード(実際の家庭におけるお湯の使用状況を想定し規格化した給湯パターン)に対応できるよう、1日毎に湯使用スケジュールを簡易かつ柔軟に設定できる設計となっています。

省エネ基準改正により住宅の省エネ性能が一次エネルギー消費量を指標として評価されるようになったことを受け、当研究所は第三者機関として、本設備を用いてヒートポンプ給湯機導入による省エネ効果を評価しました。そこでは、日毎の給湯負荷変動を再現した長期給湯モード試験に加

え、これまで未評価であった外気温度が低い時のシステム性能の評価や、床暖房機能の付いた多機能型エコキュートの評価^[3]を行い、その性能の実態を明らかにするとともに、信頼性の高い評価基準の策定に貢献しました(図2-4)。



図2-3 ヒートポンプ性能評価試験設備
(環境試験室:W4.5m×D7.5m×H3.5m)



図2-4 一次エネルギー消費量算出プログラム

2.3 家庭用ヒートポンプ温水暖房機の開発

寒冷地域における暖房方式としては、一か所に設けた熱源装置で作った温水を各部屋の放熱器（パネルラジエータ）に循環させて部屋を暖める、温水セントラルヒーティングが普及しています。熱源装置には、灯油ボイラのほか、ガスボイラ、電気ボイラがあり、2000年代に入ってから、よりエネルギー消費効率の高いヒートポンプ式の温水暖房機も商品化されました。

しかし、既存のヒートポンプ温水暖房機は、冷媒にフロンを用いており、その特性から外気温度が低くなると暖房能力と効率が大幅に低下することや、ボイラと同等の送水温度（70℃）が供給できず、既築住宅において熱源転換が困難といったことが課題でした。

そこで当研究所では、これらの課題を解決するため、2010年7月より「2元サイクルを用いた家庭用CO₂冷媒ヒートポンプ温水暖房機」の開発をメーカーと電力会社と共同で行い、2012年5月に商品化しました（図2-5、表2-1）。

2元ヒートポンプサイクルとは、低温域側（低段）と高温域側（高段）で各々独立したサイクルを、冷媒-冷媒熱交換器を介して一つに組み合わせたものです（図2-6）。これにより、外気温が低い時でも空気から安定して採熱が可能となり、暖房能力の確保と効率向上が図れます。

本共同研究において当研究所は、理論計算による圧縮機回転数の制御可能範囲の検討や、原理試作機を用いて蒸発器の除霜運転^(注)の評価試験を行い開発に貢献しました。

(注)外気温度が低いときに、蒸発器表面に空気中の水分が結露・凍結し霜が生成する場合があります。除霜運転とはこの霜を融かす運転のこと。



図2-5 機器外観

表2-1 機器仕様

型式	EDS-C90A (初期モデル)
加熱能力	9.0kW (外気温7℃) 6.0kW (外気温-10℃)
温水温度設定	40～70℃ (7段階)
外形寸法	W282×D283×H1280
質量	98kg
使用冷媒	R744 (CO ₂)

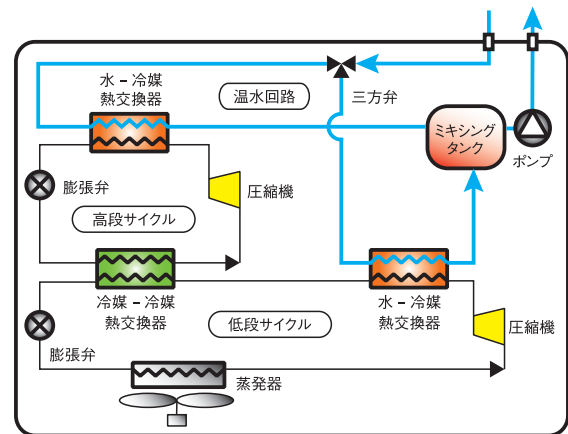


図2-6 2元ヒートポンプサイクルの構成

<参考文献>

- [1] 住宅・建築物の省エネルギー基準及び低炭素建築物の認定基準に関する技術情報、<http://www.kenken.go.jp/becc/>
- [2] 斎川ら、CO₂ヒートポンプサイクルの効率把握と挙動・制御に関する検討、電力中央研究所研究報告、W98004、1999
- [3] 藤縄ら、多機能型CO₂冷媒ヒートポンプ給湯機の性能評価—給湯および暖房を含む性能評価手法の検討—、日本冷凍空調学会年次大会講演論文集、2012

次世代ヒートポンプの開発と評価

3.産業・業務用ヒートポンプの開発と

産業用ヒートポンプの適用先には、滅菌、乾燥、濃縮、溶融、保温などの加熱プロセスと、凍結保存、急速冷却、保冷などの冷却プロセスがあります。

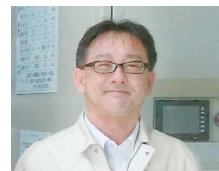
また業務用では、家庭用と同じく、給湯、暖房、冷房、冷凍・冷蔵などに各種ヒートポンプが既に使われています。

しかしながら、特に産業用加熱プロセスヒートポンプは他の用途と比べて、市場規模が未だに小さいのが現状です。

わが国の省エネルギー化をさらに進めていくには、当該部門でもヒートポンプのメリットへの理解を拡げ、導入拡大を図っていく必要があります。また、それに合わせて、これら産業・業務用の大型ヒートポンプ機器に対してもユーザーの立場から客観的な性能評価を行い、そのデータを元に機器を改良・改善するとともに、各機器の性能を最大限に引き出すための適切な使い方についても提案していくことが重要です。

本章では、それらの課題解決に向け、当研究所が現在取り組んでいる産業・業務用ヒートポンプに対する研究について紹介します。

エネルギー技術研究所
上席研究員
長谷川 浩巳



工場における加熱プロセス



ビル用空調設備



店舗用冷蔵ショーケース

評価

3.1 産業・業務部門への普及拡大に向けた課題

産業部門の内、凍結保存や急速冷却などの冷却プロセスでは、ヒートポンプの一種である冷凍機や冷水チラーが使われています。これに対して、滅菌や乾燥などの加熱プロセスでは、ガス・油焚きの蒸気ボイラーや熱風乾燥器などが、通常よく利用されています。

加熱プロセスにヒートポンプの利用が進んでいない理由としては、蒸気ボイラーや熱風乾燥器など競合機の方が、一般的に導入コストが安く、かつ設置スペースが小さいことのほか、ヒートポンプ機器に対するユーザーの信頼感がまだ醸成されていないことが挙げられ、今後は成功事例を少しずつ増やすことで信頼を高め、導入数も徐々に増やしていくという地道な努力が必要です。

一方、業務部門における冷房や冷凍・冷蔵などの冷却用途では、ヒートポンプの一種であるパッケージエアコン、冷水チラー、冷凍・冷蔵ショーケースなどが数多く使われています。また加熱用途でも、暖房にはパッケージエアコンや温水チラーが一般的に使われているとともに、最近ではヒートポンプ給湯機の導入事例も増えつつあり、産業用の加熱プロセスに比べれば、ヒートポンプの普及が進んでいると言えます。

ただし、産業、業務、家庭全部門に共通して、外気から採熱して加熱（暖房や給湯など）を行う空気熱源ヒートポンプについては一層の高効率化が望まれており、そのためには圧縮機や熱交換器などの更なる性能向上などに加えて、特にヒートポンプの効率が落ちやすくなる低い外気温条件下でも、効率を落とさず稼働できるようにすることが重要となります。

空気熱源ヒートポンプでは、外気温が約5℃より

低くなると、空気採熱用の熱交換器の外表面に空気中の水分が結露して凍る“着霜”という現象が起こります。霜が着くと、空気から冷媒が熱を奪う際の熱抵抗になるとともに、空気が熱交換器内を流れる際の障害物となります。このため、霜がある程度成長した時点で、霜を融かすための“除霜（デフロスト）”運転を開始しますが、除霜運転中はヒートポンプの加熱運転が停止するとともに、除霜のための余分なエネルギーが必要になります。

こうした課題を克服するためには、着霜を抑制したり、少ないエネルギーで短時間に除霜する技術の開発が必要であり、当研究所もそれらの研究に取り組んでいます（3.3節、4章参照）。

3.2 ヒートポンプ開発試験設備の概要

当研究所では、産業・業務用ヒートポンプの開発と評価を行うために、「ヒートポンプ開発試験設備^[1]」を導入し、2013年度下期から本格的な運用を開始しました（図3-1）。

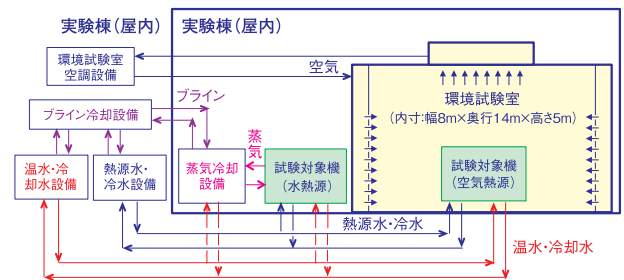


図3-1 ヒートポンプ開発試験設備の概略構成
(当研究所横須賀地区に2013年度上期に設置)

本試験設備では、以下のヒートポンプの試験を行うことが可能です。

①産業用高温水循環ヒートポンプ

加熱能力：最大600kW、温水温度：最高95℃

②産業用蒸気生成ヒートポンプ

加熱能力：最大600kW、蒸気温度：最高200℃

③産業用熱風生成ヒートポンプ

加熱能力：最大200kW、熱風温度：最高200℃

④産業・業務用ターボ冷凍機

冷却能力：最大2,100kW

⑤産業・業務用冷温水チラー

冷却・加熱能力：最大350kW

また、空気からの採熱や空気への放熱を行う空気熱源ヒートポンプの性能を評価するため、環境試験室を設けて、室内空気の温度を-20℃から+50℃まで、相対湿度を30%から90%まで、任意に設定可能としました。

さらに、熱源水・冷水(ヒートポンプの採熱側)と温水・冷却水(ヒートポンプの放熱側)の温度を+10℃から+90℃まで設定可能とし、工場の排温水なども模擬できるようにしました。

排温水から熱を回収し、加熱プロセスが必要とする圧力・温度レベルの蒸気生成に再利用することで、排熱の有効活用と省エネ性の向上を図ることができます(図3-3)。



図3-2 試験対象機の例

3.3 産業・業務用ヒートポンプに関する研究

当研究所では本試験設備を用いて、産業用蒸気生成ヒートポンプ、及び業務用ヒーティングタワーの性能評価試験を実施しました(図3-2)。

この内、産業用蒸気生成ヒートポンプは、神戸製鋼所が東京・中部・関西電力と共同開発して商品化した「SGH(Steam Grow Heat Pump=スチーム・グロウ・ヒートポンプ)165」を対象にしました。本機器では、工場の70℃程度の排温水から採熱し、165℃前後の飽和蒸気を供給可能であり、例えば滅菌、乾燥、濃縮などの加熱プロセスの

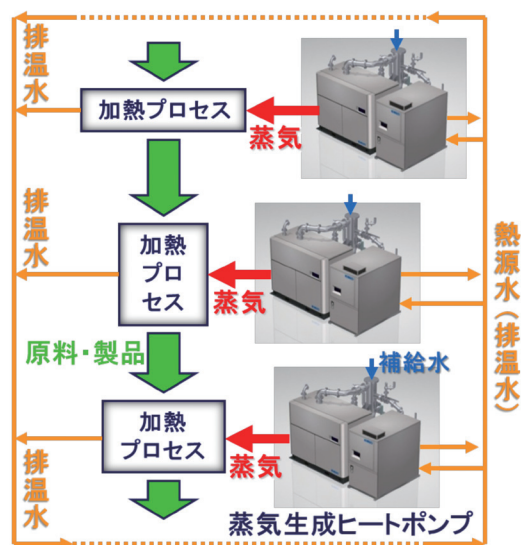


図3-3 蒸気生成ヒートポンプの適用イメージ

当研究所ではこの「蒸気生成ヒートポンプ SGH165」について、熱源水温度(工場の排温水温度に相当)や供給蒸気圧力・温度などを変えて運転試験を行い、供給蒸気量(加熱能力)やCOP(エネルギー消費効率)などを詳細に評価しました^[2]。さらに並行して、ユーザーはもとより、機器を設置するエンジニアリング会社等にもヒアリング調査を行い、さまざまな加熱プロセスに蒸気生成ヒートポンプを適用するための課題も明らかにしました。

一方、業務用機器としては、空研工業が中部・東京・関西電力と共同開発して商品化した「ヒーティングタワー」の性能評価試験を行いました。

同機器は、ヒートポンプが暖房するために温水を作る時には、外気から熱を集める採熱システムとして働き、冷房するために冷水を作る際には、外気へ熱を捨てる放熱システムとして働く機器(図3-4)であり、これについても環境試験室内の

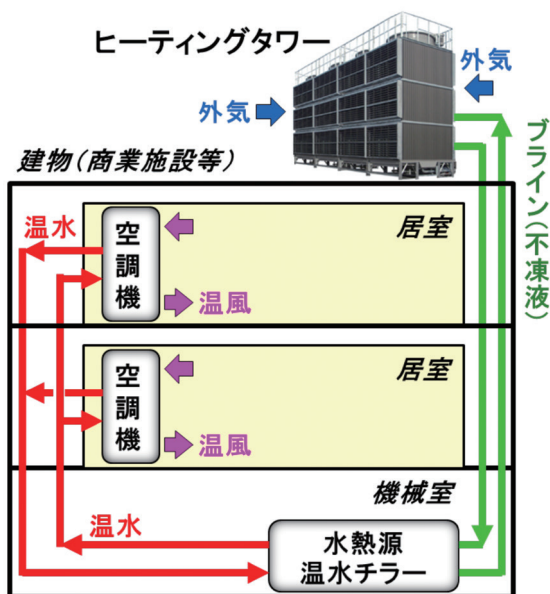


図3-4 ヒーティングタワーの適用イメージ

空気の温・湿度などを変えて運転試験を行い、低い外気温条件下での採熱量や、除霜時間などを詳細に評価しました。

また、ヒートポンプが外気から採熱する際に必要な、除霜エネルギーの低減や除霜時間の短縮が可能となる新しい除霜方式も考案しました。

以上が産業・業務用ヒートポンプの至近の研究例ですが、当研究所では今後も各種ヒートポンプの試作機や商品機等の性能評価試験を通じて、以下の①～④を進め、社会全般におけるヒートポンプのさらなる活用に貢献していきます。

- ①ユーザーの望む様々な運転条件下での性能データの取得と、電力各社によるソリューション提案などへの活用。なお、期待通りの性能が得られない場合には、メーカー等との改善策の検討。
- ②得られた性能データの試験規格や省エネ基準策定等への反映と、試験方法・評価手法の構築。
- ③蒸気や熱風などの生成・利用技術に関する知見の蓄積と、機器の新規開発や改良への活用。
- ④ユーザーらのニーズ把握とそれらを基にした技術開発・普及促進、さらにはメーカーらの信頼獲得による機器の共同開発・評価。

<参考文献>

[1] 橋本克巳、甲斐田武延ほか:各種大型ヒートポンプ性能評価試験設備の開発—第1報:試験設備仕様の検討—、—第2報:試験設備の健全性の検証—、2013年度日本冷凍空調学会年次大会講演文集、2013

[2] T Kaida et al.: Experimental performance evaluation of heat pump-based steam supply system, Proceeding of 9th international conference on Compressors and their Systems, 2015

次世代ヒートポンプの開発と評価

4.無着霜ヒートポンプ・冷凍冷蔵シス

外気から採熱して暖房や給湯を行う空気熱源ヒートポンプの場合、冬季の低温・高湿の外気条件下では、屋外の蒸発熱交換器(空気採熱器)の表面温度が 0°C 以下になると、空気中の水蒸気が凝縮・凍結して「霜」が付着します。蒸発熱交換器に「着霜」すると、加熱能力の低下や除霜運転時の電力消費による全体効率の低下、更には除霜運転中に暖房や給湯が一時的に停止するといった問題が生じます。そのため、この着霜問題を解決することが、空気熱源ヒートポンプの更なる高効率化と普及拡大のために重要となります。また、空気の冷却を目的とした冷凍冷蔵システムでも、庫内の蒸発熱交換器(空気冷却器)表面に着霜すると、冷却能力の低下や除霜運転による余分な電力消費があることから、効率的に除霜することが同様に課題となっています。

しかし、現状のシステムでは、「着霜→除霜→着霜」の繰り返しとならざるを得ないことから、当研究所ではそもそも着霜しない「無着霜ヒートポンプ・冷凍冷蔵システム」を考案しました。

本章では、その研究開発について紹介します。

エネルギー技術研究所
主任研究員
張 莉



家庭用ヒートポンプ暖房運転時の
屋外機の着霜イメージ



家庭用冷蔵庫の蒸発器の着霜イメージ

テムの研究開発

4.1 無着霜ヒートポンプの研究開発

空気中の水分を除去すれば、表面温度が0℃以下の蒸発熱交換器と熱交換しても霜は着きません(図4-1)。当研究所ではこの考え方に基づき、水分吸着剤を塗布した熱交換器を用いて、予め蒸発熱交換器入口空気を除湿する「無着霜ヒートポンプシステム」を考案しました。

本節では、無着霜ヒートポンプ給湯システムの概要と、そのシミュレーション及び試設計結果をご紹介します。

① 無着霜ヒートポンプ給湯システムの概要

考案した無着霜ヒートポンプ給湯システムの概略を図4-2に示します。同システムでは、弁(D1、D2、D3)の開閉により、水分の吸着剤への吸着、脱着それぞれの過程に対応する、(a)「給湯-吸着運転モード」と(b)「給湯-脱着運転モード」の2つのモードで交互に運転します。

(a)では、吸着剤塗布熱交換器によって外気は除湿され、乾燥空気となってから蒸発器に入るので蒸発器に着霜しません。次に(b)では、空気を吸着剤塗布熱交換器と蒸発器の間に循環させることで、効率よく吸着剤から水分を脱着し、蒸発器で結露させ排水します。また、機器内の熱も排気せず無駄なく活用することで連続給湯が可能となり、高効率化が図れます。

② 数値シミュレーション結果

当研究所では、図4-2のシステムを対象として、冷媒サイクルや空気線図を組み込んだシステム性能解析プログラムを開発し、シミュレーションを行いました。その結果、考案システムは、従来システムに比べて、1~3割程度の効率向上が期待で

きるようになりました(図4-3)。特に、外気温が低い時にその効果が大きいため、寒冷地における空気熱源ヒートポンプの性能向上に大きく役立つことがわかりました。

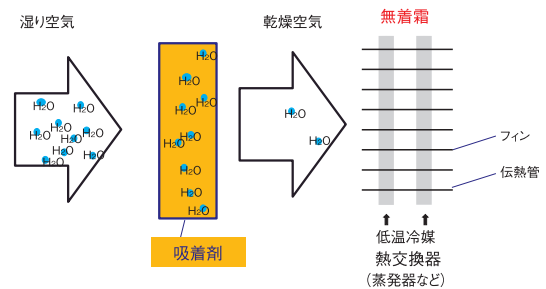
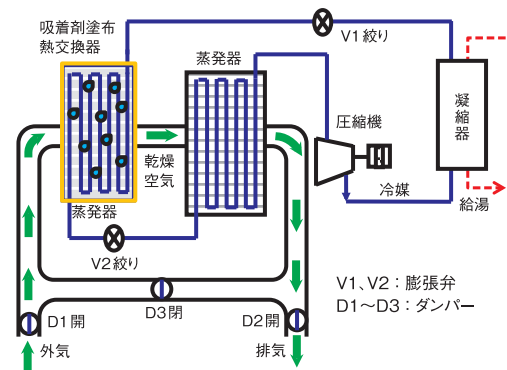
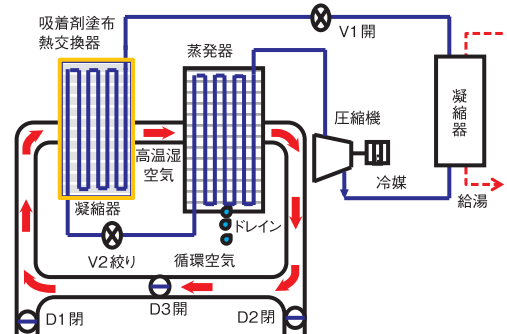


図4-1 無着霜のコンセプト



(a) 給湯-吸着運転モード



(b) 給湯-脱着運転モード

図4-2 吸着剤塗布熱交換器を用いた無着霜ヒートポンプ給湯システムの概略図^[1]

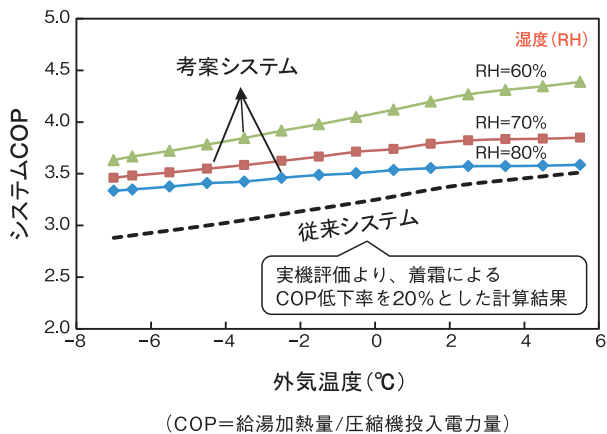


図4-3 考案システムの試算結果^[1]

③ 試設計結果

次に、市販品であるゼオライト系水蒸気吸着剤を用いたフィンチューブ型吸着剤塗布熱交換器(DCHE)を設置し、その後方に蒸発器を模擬した熱交換器をセットした実験用システムを用いて、システム効率(COP)に最も影響を与える2つの因子である着霜運転時間と脱着消費熱量を計測しました(図4-4)。その結果、外気温が低い条件(2°C、80RH%)においても、24分間無着霜運転ができることを確認しました。また、その際の脱着水1g当たりの消費熱量は5.2kJであることも分かりました。

そこで、無着霜給湯システムの商品化を念頭に置いて具体的に試設計を行いました。その結果、吸着剤塗布熱交換器と蒸発器を上下配置とし、2°C・80RH%の外気条件で加熱能力4.5kWのヒートポンプユニットを想定した場合でも、機器外寸は700mm(高さ)×1000mm(横幅)×300mm(奥行)程度であり、現状のエコキュートとほぼ同等サイズにできることがわかりました(図4-5)。

なお、前述の実験用システムによる実測結果からCOP値を計算したところ(Exp.)、事前シミュレー

ションでの数値(Sim.)よりも14%低い結果となりました(図4-6)。

しかし、今後もさらなる無着霜運転時間の延長(Imp.1:24分→43分)や、脱着消費エネルギーの低減(Imp.2:5.2kJ→3.4kJ)などの改善を図れば、シミュレーションで得られた数値(Sim.:COP3.55)を上回るCOP値を得ることは可能(Imp.max:COP3.72)と見込まれます。

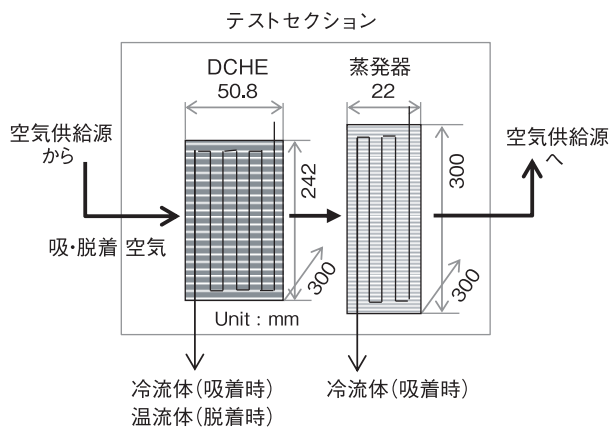


図4-4 実験のイメージ

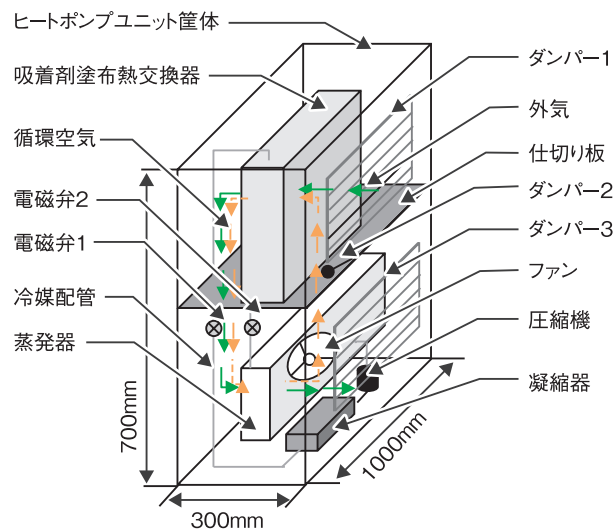


図4-5 無着霜ヒートポンプユニットの構造^[2]

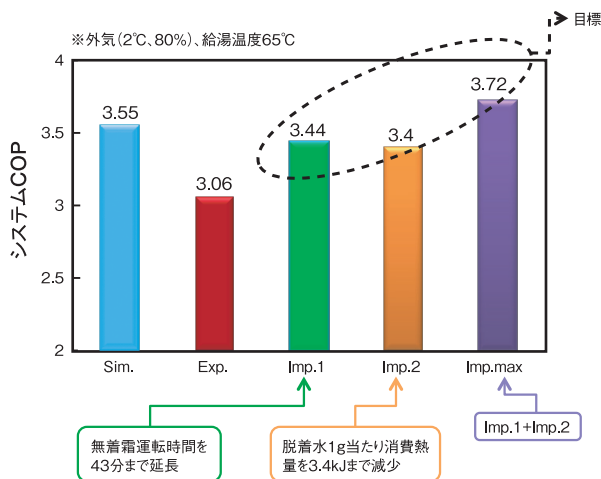


図4-6 考案システムの実験結果 [2]

4.2 無着霜冷凍・冷蔵システムの研究開発

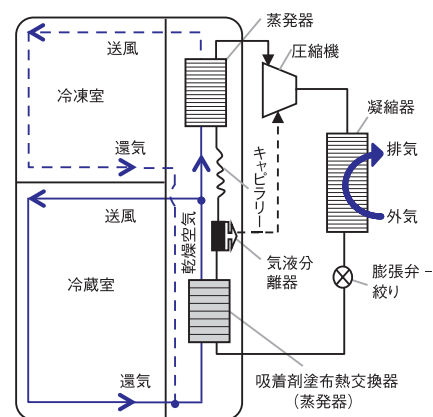
空気の冷却を目的とした冷凍・冷蔵システムでも、庫内の蒸発熱交換器（空気冷却器）に着霜することが以前から問題視されていました。このため、前節同様に吸着剤塗布熱交換器を用いて、予め蒸発熱交換器入口空気を除湿することで、無着霜冷凍・冷蔵システムを構築することを現在検討しています。

具体的には、本システムでも、水分吸着剤の吸着・脱着過程に対応する、図4-7(a)の冷凍冷蔵・吸着運転モードと、(b)冷蔵・脱着運転モードでの交互運転を行うことを考えています。

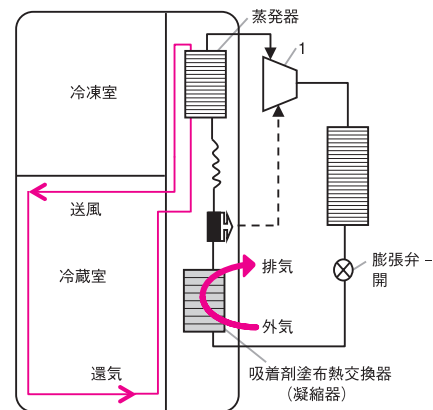
(a)では、吸着剤塗布熱交換器によって冷蔵及び冷凍室からの還気を除湿し、乾燥空気となつてから蒸発器に入るので、蒸発器が着霜することなく冷蔵及び冷凍室への送風ができ、次に(b)では、吸着剤を再生しながら冷蔵室への送風が可能となります。

サイクルシミュレーションによる試算の結果、本

システムでは従来システムに比べて、消費電力の9.1%削減が期待できることがわかり、今後冷凍・冷蔵システム分野でも、ヒートポンプ利用機器の一層の高効率化が見込まれます。



(a) 冷凍冷蔵・吸着運転モード



(b) 冷蔵・脱着運転モード

図4-7 吸着剤塗布熱交換器を用いた無着霜冷凍冷蔵システムの概略図 [3]

<参考文献>

- [1] 張莉ほか:「無着霜ヒートポンプ給湯システムに関する研究開発—第1報: システムの考案とサイクルシミュレーション」、電力中央研究所報告 M11001、2011
- [2] 張莉ほか:「無着霜ヒートポンプ給湯システムに関する研究開発—第2報: 吸着剤塗布熱交の熱・物質移動特性の把握及びシステムの試設計」、電力中央研究所報告 M14004、2014
- [3] 張莉ほか:「冷凍・冷蔵システム」、特開2013-139907

DEN-CHU-KEN
TOPICS

発行：一般財団法人 電力中央研究所 広報グループ

〒100-8126 東京都千代田区大手町1-6-1 (大手町ビル7階)

TEL:03-3201-6601 FAX:03-3287-2863

<http://criepi.denken.or.jp/>