

AHPNW NEWSLETTER



SPRING HAS COME

CONTENTS

1. Related News (General, Policy, Market)
2. The Key Points of Efficient Application of Ground Source Heat Pump System (China)
3. An inside story behind the advent of "Eco Cute" CO2 heat pump water heater for residential use (Japan)

～論文要約～

地中熱ヒートポンプシステムの効率的な適用の キーポイント

中国では、政策の奨励と支援と併せて、地下熱利用ヒートポンプ(GSHP)プロジェクトの規模が拡大する中、その採用エリアも拡大してきている。しかしながら、既存の GSHP プロジェクトではその運用の貧弱さが見受けられる案件もある。また、省エネルギー効果は、設計、建築そして運転の中で存在する様々な理由により明確にはなっていない。現在、ヒートポンプシステムの効率をいかに改善するかに大きな関心が集まっており、本書の中では、システム理論の観点から GSHP システムの効率的な導入について検討を行っている。対象としては低温熱源、ヒートポンプユニット、伝達と分配システム、補機システム、ユーザーの端末機器である。

エコキュートの開発・誕生秘話

電力中央研究所(CRIEPI)を含む共同研究開発を経て、2001年5月に日本で家庭用「エコキュート」CO₂ヒートポンプ給湯器が発売されてから10年以上になる。2015年3月末現在で、累計出荷台数は460万台を超えた。CRIEPIでエコキュートが開発される以前は、給湯用ヒートポンプにかかわる2件のプロジェクトが存在していたが、いずれも商業生産に至らなかった。本論文では、エコキュートの誕生にかかわる歴史と技術について説明する。

一般

■ HVAC&R Japan 2016 プレビュー 理想的な気候のために ～未来のための暖房・冷房技術に目を 向けて～

(日本)

一般社団法人日本冷凍空調工業会 (JRAIA) によると、第 39 回冷凍・空調・暖房展 (HVAC&R JAPAN 2016) が、2016 年 2 月 23 日から 26 日まで 4 日間にわたり、東京ビッグサイトにて開催される予定になっている。

HVAC&R JAPAN は、過去半世紀に渡り、冷凍・空調・暖房産業界の唯一専門的な産業市として、非常に重要な役割を果たしてきた。産業のために、公に連携できる機会を提供したり、また企業の技術開発や新しい製品を紹介する場にもなっている。展示会そのものが、長年にわたり、産業と共に並び発展してきた。この間に、日本の冷凍・空調・暖房整備産業は、世界の技術リーダーの 1 つとなり、とりわけヒートポンプ分野での評価は高い。

第 39 回冷凍・空調・暖房展 (HVAC&R JAPAN 2016) では、4 つのテーマに焦点をあてている。エネルギー、環境、気温、技術である。この 4 つのテーマの中で、一般社団法人日本冷凍空調工業会は気温が非常に重要だと考え、この技術に焦点をあてた企業活動を紹介している。これは、過去、現在、未来につながっている。それゆえに、一般社団法人日本冷凍空調工業会は、このイベントのテーマとして、「理想的な気候のために～未来のための暖房・冷房技術に目を向けて～」を掲げている。

HVAC&R JAPAN は、同時に複数の企画を開催しており、世界の最新技術を紹介するだけでなく、同じの場所で、環境分野における最新機器やシステムを紹介している。また各種セミナーを提供したりと、訪問者は展示者が提供する新製品やトレンドを詳しく知ることができるようになっている。HVAC&R JAPAN は、展示企業のビジネス機会を促進し、また展示者の最新技術を世界中に広めるために企画されている。

出所：JARN, 2016/1/25

■ ENEX2016 - 2つのエネルギー展示 会同時開催

(日本)

ENEX2016 は、今年初めて開催する Smart Energy Japan 2016、新電力エネルギーExpo と共に、東京ビッグサイト東ホールにて、2016 年 1 月 27 日から 29 日まで開催された。運営元によると、3 日間を通しての来場者数は、48,514 人にのぼった。

ENEX は、省エネ、新エネルギーの分野で総合的な展示会である。省エネを推進したい、またエネルギー利用を合理化していきたい数多くの企業や、国・地方公共団体が展覧会を訪れた。

Smart Energy Japan 2016 は、エネルギーマネージメントに焦点をあてた企画・開発分野における専門的な展示会である。省エネ、電力管理、情報伝達、スマートネットワークのようなすべての基礎的技術に焦点を当てている。

新電力エネルギーExpo は、2016 年 4 月からの電力全面自由化の紹介の面から、電力会社、小売会社を含む電力小売事業に焦点を当てた機器、システム、サービスすべてを網羅した専門的な展示会である。

需要、供給、管理面に焦点を当てた展示会は、それらすべてが、未来において効率的なエネルギー利用を促進するために必要となっていくだろう。3つの展示会は、省エネとエネルギー利用者すべてのための節電支援、および省エネと新電力事業をもたらす新サービスの創造するための機会の提供という包括的なコンセプトのもと開催された。

日本では、この4月より電力小売全面自由化が始まるという状況のもと、東京電力、中部電力、東京ガス、関西電力エネルギーソリューションを含むすべての主要な電力会社、ガス会社、新電力に関連する会社が商品やサービスを展示した。

新電力エネルギーExpo2016は、電力供給サービス、電力供給と需要管理システム、蓄電システム、電力事業支援コンサルティングを含む。

これまで「省エネ大賞」を受賞した製品も表彰ブースで展示されている。

出所：JARN、2016/1/25

■ 暖房・換気・空調協会並びに関係する特別委員会の江蘇省南京市での開催

(中国)

2015年12月15-16日、HVACに関する協会（中国建築学会HVAC支部、中国冷媒空調専門委員会）による一連のイベントが成功裏に行われた。

イベントは2つに分かれており、一つはHVAC空調国家機構の8回目会議に合わせ、ヒートポンプ専門委員会、空調専門委員会そして青年委員会の成果よりなるものであり、もう一つは同時期に開かれた国家学術ヒートポンプ技術院に

よる空調技術開発フォーラム、科学技術ユースフォーラムである。

Xu Wei氏は委員会のヒートポンプ議長を務め、またハルビン技術機構のMa Zuiliang教授は名誉統括を務めた。

各専門委員会の成果は各組織構築の改善に勢いを与えただけではなく、持続可能な発展に向けて、HVAC産業の専門性育成強化に向けて明確なメッセージを示したことにある。

暖房・換気・空調協会は、HVAC産業の重要な学術的な組織として、責任とサービス、意識、結束を実現してきた。この国におけるその目的は建物エネルギー消費の削減、融通、そして産業を育成することにある。我々は先陣を切って進み、新しい考えを生み出すことを続けている。このことはHVAC産業に多大な影響を与え、技術進歩、革新に大きく役立っている。また、これは持続可能でかつ健全な産業振興にもつながるものである。

出所：CABR、AHPNW

政策

■ 工業規格「蓄冷空調システムの技術仕様」JGJ158-2008の正式発効

蓄冷空調システムのための技術仕様の工業規格JGJ158-2008は、2008年に正式発効した。そしてこの規格は、過去7年間に中国でのTESの分野で重要な役割を果たしてきた。

この4月には、この標準の改訂作業が正式に開始された。26の分科会がこの改訂作業に参加した。ワーキンググループの設立並びに最初のワーキンググループ会議は2015年4月13日北京で行われ、住宅&都市・農村開発省のリーダーシップのもと中国学術建物研究ユ

ニットと建設グループが作成作業を行った。リーダーは Qingdao Bohai、建物環境の住宅都市建設部、省エネ標準化技術委員会のスタッフなど合計 40 人が参加した会議となった。

改訂作業は 2016 年末に終了見込みである。

出所：CABR、AHPNW

市場

■ 2015 年省エネ大賞授賞式

(日本)

1 月末に東京ビックサイトにて開催された ENEX2016 にて、エネルギー効率に優れた機器を評する「2015 年省エネ大賞」授賞式が行われた。この賞は、省エネに対して増加している意識、活動、手段を称え、省エネ製品を推進する目的で、日本省エネルギーセンター (ECCJ) により企画されている。

ダイキン工業—

新冷媒 R32 を搭載した高性能空調機の世界展開を目指した取組みに対して、経済産業大臣賞を受賞した。企業は、新冷媒 R32 を採用することにより、グローバル規模での温暖化防止に対して貢献してきたことを高く評価されている。これは、温暖化について機器の影響を減らすことができる。ダイキン工業はまた、ビル用マルチエアコン (VRF) に対して、省エネルギー会長賞を受賞した。これらビル用マルチエアコン (VRF) は、低負荷時における高効率運転を実現した新型スクロール圧縮機を採用することにより年間消費電力を減らしている。また、冷暖房運転時の負荷に合わせて全自動で冷媒温度をコントロールする新しい技術も搭載している。このシリーズに組み込ま

れた技術はネット・ゼロ・エネルギービル (ZEB) の実現にも貢献し得るだろう。

三菱電機—

前進の FZ シリーズ、ルームエアコン「霧ヶ峰」に対して、経済産業大臣賞を受賞した。これら革新的で最先端をいくルームエアコンは、約 50 年で初めて内部構造を抜本的に見直すことで、快適さと省エネを共に実現した。また世界で初めて 2 つのプロペラを独立駆動している。

パナソニック—

太陽光発電を利用した冷房設備、エコナビ機能の特徴としている WX シリーズルームエアコンに対して、経済産業大臣賞を受賞した。

WX シリーズルームエアコンは、各個人の暑い、寒いを見分ける熱画像センサーという方法により、この技術を採用し各人個別空調を提供している。

また、室外機の圧縮機からの排熱を蓄熱材に回収し、霜取時に有効活用することで電気暖房なくして暖房の継続を実現している。冷房設備は、パナソニックエコシステムの機能的な合成樹脂熱交換体と高効率 DC ブラシレスモーターを搭載している。この冷房設備を、ダイヘンのパワーコンディショナーに採用することは、気密性を保ちながら少ない電力でコンディショナーを冷やすために、外の低い気温と家の中の温かい空気の間で効率的な熱交換を実現している。

日立アプライアンス—

大型冷蔵庫「真空チルドシリーズ」に対して、省エネルギー会長賞を受賞した。このシリーズは、産業界初のマルチバルブ制御という省エネ技術を高く評価されており、より大量に保存できる性能と共に省エネにも貢献している。

東芝キャリアー

「ユニバーサルスマート X 3 シリーズ」におけるヒートポンプ熱源機に対して、省エネルギー会長賞を受賞した。「ユニバーサルスマート X 3 シリーズ」は、2011年にすでに経済産業大臣賞を受賞している。今回2度目の受賞は、さらに進んだ省エネとより高い付加価値に対する功労として賞を与えられた。

出所：JARN、2016/3/25

並みを揃えたことを宣伝するモデル製品を展示していた。

出所：JARN、2016/3/25

■ 日本の製造者は業務用エアコンでの新冷媒 R32 利用に足並みを揃える

(日本)

幅広い空調機技術に対する最新情報、第39回冷凍・空調・暖房展（HVAC&R JAPAN 2016）が2016年2月23日から26日まで4日間にわたり、東京ビックサイトにて開催された。

HVAC&R JAPANは、一般社団法人日本冷凍空調工業会（JRAIA）により2年に一度開催されている。今年の展示会は、4日間、188団体の素晴らしい展示者があり、来場者は27,383名となった。

この展示会は、大規模ではないものの、冷凍・空調・暖房産業界における最新の技術と製品が展示された。主な冷凍・空調・暖房メーカーは、住居用、商業用と幅広い製品を展示した。産業用向け製品もまた目立っていた。今年の展覧会では、ほとんどのメーカーが、次世代冷媒 R32 を使用したパッケージエアコンを展示していた。軽商業利用向けの3hpから6hpの範囲のR32パッケージエアコンが中心であった。2年前に開催された展覧会では、メーカーはルームエアコンへのR32利用に足

地中熱ヒートポンプシステムの効率的な適用の キーポイント

中国建築科学研究院 Lingyan Yang, Wei Xu

要約

中国では、政策の奨励と支援と併せて、地下熱利用ヒートポンプ(GSHP)プロジェクトの規模が拡大する中、その採用エリアも拡大してきている。しかしながら、既存の GSHP プロジェクトではその運用の貧弱さが見受けられる案件もある。また、省エネルギー効果は、設計、建築そして運転の中で存在する様々な理由により明確にはなっていない。現在、ヒートポンプシステムの効率をいかに改善するかに関心が集まっており、本書の中では、システム理論の観点から GSHP システムの効率的な導入について検討を行っている。対象としては低温熱源、ヒートポンプユニット、伝達と分配システム、補機システム、ユーザーの端末機器である。

キーワード：地表源ヒートポンプ(GSHP)、エネルギー効率、排出量削減

序論

中国においては一日の最大平均 CO₂ 濃度は、766 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ であり、かつてない程省エネルギーと排出量削減への圧力が高まっている。このような背景において、省エネ機器の一つである GSHP は、ここ数年の関連政策の支援等にもより、導入が急速に拡大すると同時にプロジェクト規模も大型化している。

更に言えば、省エネと排出量削減に対する素晴らしい成果を示している事例もある。

一方で、その初期段階の計画、設計、建設、運用、そして最終段階のマネジメントにおいて何らかの様々な理由により、問題が生じたり、あるいは部分的にシステムが働かないようなトラブルが生じているものもある。これはオーナーの投資や補助金の浪費につながるだけでなく、利用者等への GSHP システム採用への疑念というものにつながりかねない。したがって、GSHP システムの改善ということが現在関心の的になっている。調査と分析についての一連の GSHP 研究の設計と試験に参加することにより、我々は、低温熱源から使用者の端末システムまでの GSHP システムの効率的応用について、いくつかの本質的な問題を分析する。

1. 低温熱源：使い残しを回避し、吸熱と放熱をバランスさせる

冬季の熱源、および夏季のヒートポンプの放熱源として、土壌の特質はエネルギーが貯蔵できるという点である。熱交換器の熱吸収と放熱は、建物と土壌熱源熱交換器の両方の伝熱プロセスに依存する。熱吸収と放熱の累積合計を高めるためには、両方の熱プロセスについて時間別結合計算をしなければならない。システム設計プロセス中のメーター当たりの伝熱速度を推定することによって、

掘削孔数を決定するのは合理的ではない。メーター当たりの伝熱速度は、48 時間試験した伝熱速度を掘削孔の深さで割った値から得られる。試験結果は、試験掘削孔を特定の時間周期においてのみ動作させた状態下の伝熱速度のみを示す。

GSHP システムの運転プロセスにおける熱の吸収と放出を推定するために、当該数値を使用すると明らかな偏差がある。GB50366-2005 (2009) の新基準によれば、土壌の熱物性試験の必要性があり、我々は試験を通して複素熱伝導率係数および土壌の比熱を局地的条件で得ることができ、プロジェクトは適合計算で位置付けられる。GSHP システムにおける熱の吸収と放出を計算するために、これらの 2 つのパラメーターを用いれば、実際の運転により近づけることができる。最終的に、掘削孔の配置も重要であるが、互いの間の距離が増加すると、熱擾乱を減少させる可能性がある。よって、熱交換器の距離を地域で許される条件のもとで延ばすことに疑いの余地は無い。大規模な GSHP システムについては、掘削孔は分離された区画に配置されるべきである。運転においては、エネルギーは分離された区域で順番に供給されるべきである。この方法の方が長期間の効率的運転には良い。

2. ユニットの制御と伝達：ユニット自動制御のレベルを改善する、水圧式動力伝達システムを最適化する、熱損失を減少させる

1) システムが部分負荷時で効率的に運転されていることを確保するために、ユニット自動制御を改善する

ヒートポンプユニットは、ヒートポンプシステムの中核になる機器である。ヒートポンプシステムの多様なタイプに合わせるために、様々な種類のヒートポンプユニットを選択することができる。殆どすべての機器メーカーが、GSHP ユニットの生産してきた。GSHP 用には、冬季における掘削孔出口の水温は 15 °C 以下で、出口水温最低となる中で負荷需要が最大となる。同じことは夏場でも起こる。ヒートポンプユニットは常時最大負荷に対して設計されるので、ほとんどの場合過大能力となり、部分負荷時には効率が下がる。

GSHP システムの効率を改善するためには、ヒートポンプユニットの選択は、時間毎の建造物負荷計算と地熱交換器の計算を同時に行った上で決定されなければならないし、高周波数負荷時ではより COP の高いヒートポンプユニットを選択しなければならない。

2) 配水システムは、科学的に設計され、また正確に建造されなければならない

GSHP システムは多数の地熱交換器を含み、また水圧式動力伝達システムはもっと複雑である。よって、地熱交換器の科学的設計と厳密な建造がシステムの効率的運転を確保することになる。この意味は、設計過程においては熱交換器の数、間隔および効果的深さを、プロジェクトが位置する土壌の熱の物理的パラメータ

一と気象パラメーターに基づいて、GSHP 用に科学的に計算すべきで、またその一方で、総合的に詳細な水圧平衡計算も行うべきであるということである。建造のプロセスにおいて、作業は建造の状況を結び付けた図面に正確に一致すべきで、建造後は、デバッグの総合的な水圧平衡を実施すべきである。最近のGSHP システムにおいて、地熱交換器の効果的長さが劣悪な建造状態が原因で縮小されている事例が散見される。また、建造後にデバッグの水圧平衡が取れてない事例もある。

GSHP プロジェクトの測定データを、表 1 に示す。

流量は熱交換器の数で増加せず、地区 2 の熱交換器の一部が遮断されていることが分かる。さらに、地熱交換器は複雑なので、GSHP 水圧システムのより慎重な議論が必要である。ポンプの選定及び運転の設定については、地熱交換機に適合している必要があり、特に大規模なシステムにとってこれは大変重要なことである。

いくつかのプロジェクトでは、可能であれば地熱交換器を分離された地区で使用するために順番で使用することができ、その場合にはポンプは地区毎に選択される。部分負荷時の電力消費量を低減させるためポンプの周波数変換が図られねばならない。これによりシステム効率を向上させることができる。

これに加えて、図 1 などで示したような二つのポンプを使用した詳細な水圧計算、モニタリングシステムも検討することができる。水圧式動力伝達システムは、調節と管理の柔軟性を改善し、システム負荷の変更により良く適応し、分配システムのエネルギー消費を減少し、また施設下のシステムのエネルギー効率を改善して、システムが安定することを目指している。

表 1 埋込型側方流動計

地区	掘削孔数	流量 (m ³ /h)
地区 1	57	137
地区 2	80	115.6
地区 3	135	164.3
地区 4	215	212



図 1 二重ポンプ水圧式分配システム図

3) 回路ヘッダーのエネルギー損失は回避すべきである

より大規模システムにおいては、システムの熱損失を減少させ、ユーザーに対するエネルギーの分配を効率的に確保することが重要である。現時点では、大規模GSHP システムの設計において、断熱条件[3] で検討されている地熱交換器の回路

ヘッダーは、熱交換器の長さには含まれていない。しかしながら実際のプロジェクトにおいては、すべての回路ヘッダーは断熱無しで埋め込まれている。この部分の熱損失は、小規模のシステムにおいては無視することができるが、大規模のシステムにおいては無視することができない。今日まで掘削孔システム用回路ヘッダーの熱損失に関する研究は少ない。一例として、著者は北京で一つのオフィス・ビルを借りて、回路ヘッダーのエネルギー損失問題に関してシュミレーションを実施し、冬季における異なる長さの回路ヘッダーのエネルギー損失が、ユニットの COP に間違いなく影響を与えるという結論を得たので、異なる長さの水平ヘッダーについての推奨も提示した [4]。

別の場所の別のプロジェクトについては、関連した結論を得るために同様の方法を用いることができる。

3. 補助システム：エネルギーは、品質によって使われるべきである、すなわちその場所の条件に適合した形にすることである

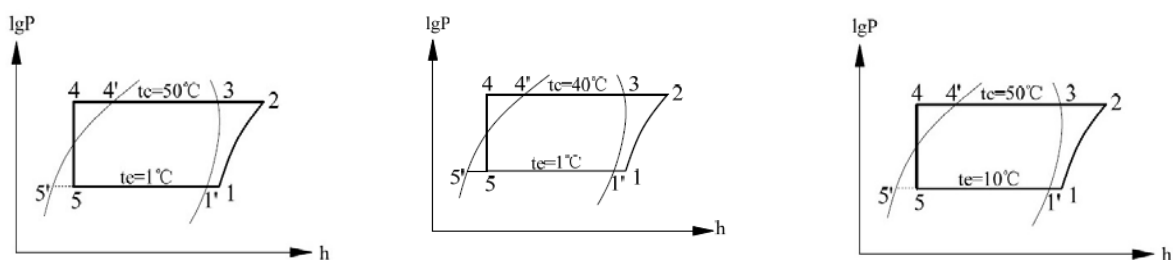
補助システムはユーザーごとに異なる要求温度により、土壤の低温性からの吸熱と放熱のインバランスを回避するために活かすことができる。

現在の土壤源のヒートポンプが適用されている多様地域への適応は効果的であり、またハイブリッド土壤源のためのヒートポンプシステムについて重要な部分でもある。ハイブリッド土壤源のためのヒートポンプシステムの効率的運転の鍵は、その品質の確保と共にその場所の環境条件へ手法調整ということである。補助システムとして太陽光や空気熱源などの再生可能エネルギーを利用するユーザーは、仮に再生可能エネルギーから得られる電力が不十分だとしても、それは地下熱システムの補足として利用することができる。

仮にボイラーまたはコールドマシーン、およびクーリングタワーを補助システムとして使用している場合は、使用者に対して直接優先権を与えるべきである。このような方法で、高品質エネルギーを冷暖房後に地下に戻すことにより、高品質エネルギーが非効率的に使用されることを回避することができる。

4. 使用者の端末システム-冷房温度の改善および暖房温度の減少させる最適システムの選択

理想的なヒートポンプサイクルにおいて、蒸発温度を改善するか、または凝縮温度を減少させると、COPが改善することになる。図 2 のような数種類の普通の冷却剤変更を使用した理想的なヒートポンプサイクルでは、COPが図 2 のように改善されることになる。



(a)理想的なヒートポンプサイクル (b) 凝縮温度を減少させる (c) 蒸発点を上げる

図 2 の理想的なヒートポンプサイクルおよび調整後の圧力エンタルピー図結果によれば、理想的な条件の下で冬季に暖房温度を下げて、夏季に冷房温度を上げると、ヒートポンプサイクルのエネルギー効率を顕著に改善させることができる。実際のエンジニアリング事例においては、エネルギー効率比はヒートポンプサイクルの不可逆過程と摩擦損失の結果、理想的な条件より小さい。しかし、2 つの異なる条件下での蒸発温度と凝縮温度を変更すると両方がエネルギー効率を強化し、この傾向は変わらない。よって、この理想的なサイクルを分析することにより、最適化の方向を得ることができる。

表 2 理想的な条件における性能係数計算比較表

冷却材	理想的なヒート・ポンプ・サイクル性能係数	凝縮温度を下げる性能係数	凝縮温度を下げた後に、性能係数の割合を増加する	蒸発点を上げる性能係数	蒸発点を上げる、蒸発点を上げる性能係数
R22	4.46	5.96	33.6%	5.85	31.2%
R134a	4.44	5.98	34.7%	5.87	32.2%
R407C	4.26	5.82	36.7%	5.63	32.2%

冬季には低温暖房端末機器を、また夏季には高温冷房端末機器を積極的に導入すべきである。一般的に言うと従来型の空調モードは冬季の暖房温度を下げて、夏季に冷房温度を上げている中で、熱と水分の負荷の両立ができないという、新しい問題を引き起こしている。

最近では、独立型温度・湿度制御空調システムの応用は、より高校率なヒートポンプ端末装置採用の新たな機会を創出している。ヒートポンプシステムは、顕熱を供給するだけで、安全に運転し、かつより高レベルのエネルギー効率を維持することができる。ヒートポンプシステムは、「高温冷房と低温暖房端末システム装置」という点で優先されるべきである。

5. 運転および管理：運転のモニタリング、管理および保守を強化する

GSHP システムは、長期の効率運転を維持するだけでなく、モニタリング、管理および保守も強化することが必要である。

モニタリングシステムの設定を通じて、GSHP システムの土壌温度、水温および流れがモニタリングされなければならない。長年運転されてきたシステムの熱交換能力と運転戦略の調整を、モニタリングデータを基に適切に管理することが望ましい。

特にハイブリッド GSHP システムについては、補助エネルギーの補充を監視し、かつタイムリーに調整することは、補助エネルギーと熱のエネルギー供給を確実なものにするだけでなく、長期の効率的運転を実現することにつながる。

埋設されたモニタリング装置は地域の中央にも近い合理的な位置を選ぶべきで、そうすれば数値を客観的に測定することができ、かつ土壌状態の実際の温度を反映することができる。モニタリング装置を、埋設位置が建造に不便をきたす、およびいくつかのその他の理由で熱交換器の外側領域に配置した場合は、実際の状態を正確に反映することができないほど試験温度の数値が大きく減少する。電気システム、水圧式動力伝達および分配システムの管理は、全体の運転に影響を与えるような故障を回避するために強化すべきである。

日常の保守が重要で、分配・集中水室の排水路に関しては、特別な注意を払うべきである。特に雨や雪の後には、弁と断熱層の保守に、より注意すべきである。排水路によりエネルギー損失という新しい問題の発生を回避すべきである。

結論

GSHP システムは、再生可能エネルギーを使用するための効果的な方法で、信頼できる試験データ、科学的シュミレーション分析、機能的な設計工程、建物の修正、効果的なマネジメントとメンテナンスにより効率的な運用が可能となる。

この論文の分析が専門家の関心を引き出し、より効率的な GSHP 採用を促進することを望んでいる。またそれによって GSHP も省エネと CO2 排出量削減におけるその役割を最大限に発揮することになると信じている。

参考文献

・すべての参考図書を以下に掲げる。

1. 中国国家環境モニタリングセンター。2013 年 1 月、74 都市大気質月次報告書。2013 年。（中国語）
2. Dong Fei, Ni Long, Yao Yang etc. 低温地熱源による皮相地熱皮相岩石・土壌蓄熱。HVAC 2009,39 (2) : 70-72. (中国語)
3. 中華人民共和国国家規格。地熱源ヒートポンプシステムの技術コード (GB503662005 (2009))。 (中国語)
4. Yang Lingya, Zhu Qingyu, Xu Wei. 北京における地熱源ヒートポンプシステムの水平回路ヘッダーのエネルギー損失シュミレーション (HVAC 2013,43 (3) : 36-40) (中国語)

家庭用「エコキュート」CO₂ヒートポンプ給湯器の誕生にかかわる裏話

電力中央研究所
齋川 路之

(1) はじめに

電力中央研究所(CRIEPI)を含む共同研究開発を経て、2001年5月に日本で家庭用「エコキュート」CO₂ヒートポンプ給湯器が発売されてから10年以上になる。2015年3月末現在で、累計出荷台数は460万台を超えた。CRIEPIでエコキュートが開発される以前は、給湯用ヒートポンプにかかわる2件のプロジェクトが存在していたが、いずれも商業生産に至らなかった。本論文では、エコキュートの誕生にかかわる歴史と技術について説明する。

(2) 電中研におけるヒートポンプ研究開発の経緯

当所のヒートポンプに関する研究開発は、1984年、国の計画によりスーパーヒートポンプ(SHP)研究組合が設立され、当所が研究を受託したことから始まった。さて、当所としては、受託研究を行うだけでなく当所オリジナルの研究を立ち上げるために、ヒートポンプ導入による省エネ効果が大きいところはないか、ということで調査研究を始めた。調べてみると、給湯分野は民生用(家庭・業務)エネルギー消費の約3割を占めるにもかかわらず、大部分は化石燃料の直接燃焼によって賄われており、もし高効率なヒートポンプを開発・導入できれば、省エネルギーが格段に進むことが分かった。そのような環境で、先輩が火力発電サイクルの知見を活かしつつ、「2段圧縮式カスケード加熱給湯ヒートポンプ」という新方式を考案した。フロンなど通常の冷媒では、サイクルの高圧側で一定の温度で凝縮することにより水や空気を加熱する。このため、空調向けのように、水や空気の加熱温度幅が小さい場合には効率が高くなる。一方、給湯用では、例えば10℃の水を65℃まで加熱する必要があり、昇温幅の大きい加熱が必要となる。当所が考案した「2段圧縮式カスケード加熱給湯ヒートポンプ」は、フロンを使うが、圧縮を2段とすることで2つの凝縮圧力をつくり、それぞれの凝縮温度で水と熱交換を行うことで温度レベルに応じた加熱を実現し、不可逆損失の低減を狙ったものである。

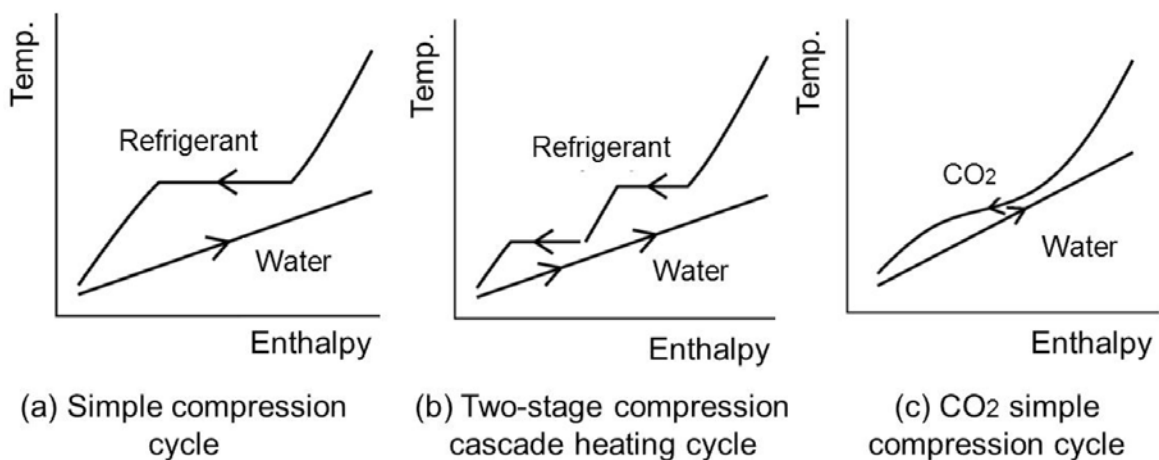


図2.給湯サイクルの比較

当所の基礎研究の成果を基に、電力・メーカーと共同で、家庭用冷暖房給湯ヒートポンプの開発を行った。1988年～1992年のことである。しかし、給湯の効率が期待されたほど達成できなかったこと、効率も含めて価格や大きさなど商品としての魅力に乏しいことなどの理由から商品化は断念した。

次に、開発の反省を踏まえ、家庭用ではなくホテルや各種施設など業務分野向けに2段圧縮式給湯機の開発を進めた。1990年～1996年のことである。しかし、オゾン層破壊によるフロン問題で、商品化を断念した。

以上、共同開発を2回行ったが、2回とも商品化することはできなかった。

(3) 自然冷媒の調査とCO₂冷媒との出会い

今後の研究開発の方向性について、皆で議論した。業務用の2段圧縮式が商品化に至らなかった大きな理由はフロン問題である。当時、オゾン層を破壊するフロン系の冷媒は使えなくなる状況にあった。ヨーロッパでは、「自然冷媒を今の技術で見直すほうがよい」という考えが主流になっていた。そこで当所では、フロン系の代替冷媒はメーカーに任せておいて、長期的な視点で自然冷媒の検討を進めるべきだろうとの考えで調査を開始した。

当所としては、これら自然冷媒の中でも、毒性、可燃性もなくユニークな特徴を有するCO₂に着目し、その基礎研究を1995年に開始した。実際に検討を進めると、CO₂は、お湯を作る場合、他の冷媒に比べて理論的に最も高いCOPが得られることが分かった。

1996年3月にCO₂ヒートポンプ基礎実験ループを設計・製作・設置し、実験を開始した。この実験ループを使って、サイクルの成立性や制御方法、CO₂の伝熱を調べた。その結果、CO₂は冷媒として使えるという確信が得られた。しかも給湯には有望である。

(4) エコキュートの共同開発

1998年5月、ヨーロッパで自然冷媒の国際会議があった。当所もCO₂冷媒に関する基礎研究の成果を発表したが、デンソーがCO₂冷媒を使ったカーエアコンの開発について発表していた。その間、デンソーの方といろいろ話をさせてもらった。7月に、東京電力がデンソーを訪問、共同開発を打診する。デンソーとの共同開発は10月からスタートした。

いろいろな困難を乗り越えて、2001年5月、世界で初めて、家庭用自然冷媒(CO₂)ヒートポンプ給湯機エコキュートを世に送り出すことができた。当所にとっては3度目の正直であり、2回の商品化失敗という経験が十分に活かされた開発だった。

(5) 終わりに

「エコキュートの開発・誕生余話」ということであるが、エコキュート以前の苦労話を中心になってしまった。

エコキュートの開発を振り返ると、タイミングと人のつながりが大事であったと思う。私自身は、高効率発電と高効率ヒートポンプの組合せが省エネの切り札と確信している。



Asian Heat Pump Thermal Storage Technologies Network

To promote energy savings and combat global warming, there is an urgent need to spread efficient heat pump and thermal storage technologies on the demand side. Countries in Asia, which are enjoying rapid economic growth, should coordinate with one another to spread this technology. Five to ten years from now, Asia will become a global economic powerhouse and heat pump technologies will play a considerable role in all sectors. Asian countries will therefore need to address common issues and problems that have already been faced in Europe and North America. Concerning the building of connections and networks among countries, it is essential to share information on diffusion policies, technology trends, applications, etc., and then to make incremental improvements. Further, situations which can or should be handled through collaboration should be handled flexibly, on a case-by-case basis, with the collaboration of all countries. In order to encourage the use and development of heat pump and thermal storage technologies in Asian countries we have established AHPNW in 2011.

Participating Countries and Entities

CHINA: China Academy of Building Research (CABR)

INDIA: The Energy and Resources Institute (TERI)

JAPAN: Heat Pump and Thermal Storage Technology Center of Japan (HPTCJ)

KOREA: Korea Testing Laboratory (KTL)

VIETAM: Hanoi University of Science and Technology (HUST)

THAILAND: King Mongkut's University of Technology Thonburi (KMUTT)

Please visit our website for more information.

⇒<http://www.hptcj.or.jp/e/ahpnw/tabid/571/language/en-US/Default.aspx>