

AHPNW NEWSLETTER



SPRING HAS COME!!

CONTENTS

1. Related News (General, Policy, Technology, Market and Others)
2. Outline of the building energy standard in Japan and evaluation of heat pumps in the standard (Japan)
3. Development of energy efficiency standard for heat pump in Thailand (Thailand)
4. A Study on the Performance Prediction of Air to Water Heat Pump (Korea)
5. Application of Ground Source Heat Pump System in a Nearly Zero Office Building (China)
6. Events

ABSTRACTS OF EACH PAPER

日本の建物エネルギー基準の概要と 同基準でのヒートポンプの評価

日本では、商業用建物部門と住宅用建物部門の一次エネルギー消費量が国内のエネルギー消費量全体の約 34%を占めており、これは着実に増加を続けている。エネルギー消費量を減らす目的から、新たな建物エネルギー基準が 2013 年に導入された。政府の発表によれば、この基準は 2020 年までに義務化される。本稿では、この基準の概要と、ヒートポンプの性能がそれによってどのように評価されるかについて説明する。

タイにおけるヒートポンプのエネルギー効率基準の策定

この研究は、タイのヒートポンプにふさわしいエネルギー効率基準の策定についてレビューし、MEPS と HEPS の起草の現況を記すものである。ヒートポンプの最低エネルギー効率基準と高効率ヒートポンプの促進は、エネルギー省の 20 年エネルギー効率開発計画（2011～2030 年）に基づいて実施されている。MEPS と HEPS の起草はすでに完了してエネルギー効率基準小委員会へ送られ、承認手続きが進められている。草案では、適切な MEPS と HEPS が報告され、タイ国内で製造または販売されるヒートポンプの基準 MEPS は $COP_t = 2.4$ 以上、HEPS は $3.0 \leq COP_t \leq 4.0$ と決定されると考えられる。

ATW ヒートポンプの性能予測に関する研究

空気熱源式給湯用ヒートポンプ・システムが開発され、熱量計チェンバで試験が行われた。このヒートポンプ・システムの性能を予測するためのサイクル・シミュレーションは、標準的な条件と寒冷地条件で行われた。標準大気条件の下で運転されるヒートポンプに蒸気注入が行われ、それがヒートポンプの性能に与える影響が正確に調査された。寒冷地条件の下で運転されるカスケードサイクルは、シミュレーションによって分析された後に、シミュレーション結果が実験結果によって検証された。

NZEB(Nearly Zero Energy Building)のオフィスビルでの 地中熱ヒートポンプ (GSHP) システムの利用

GSHP システムは、中国の北京に所在する中国建築科学研究院 (CABR) のエネルギー・システムの 1 つとして設置された。本稿では、エネルギー管理システムの支援を得て、7 月 15 日から 8 月 30 日までの冷房期のその運転（地中の水の温度と流量、冷却水の温度と流量、地中と GSHP 設備の双方の放熱量など）について記述・分析し、NZEB に対するシステムの寄与について考察する。

一般

■ 韓国でヒートポンプ産業フォーラムが発足

国内のヒートポンプ業界の支援とヒートポンプ技術の振興を目的として、「ヒートポンプ産業フォーラム」と称する新たな非営利団体が今年設立された。去る 5 月 13 日に、40 を超える企業・団体会員が参加した設立総会がソウルの L-タワーで開催された。

出所：KLT、AHPNW

■ 神戸シンポジウム 2014 が低 GWP 冷媒の貴重な情報を提供

日本冷凍空調工業会（JRAIA）が主催する「環境と新冷媒国際シンポジウム 2014」（神戸シンポジウム 2014）が、11 月 20～21 日に神戸国際会議場で開催された。この第 11 回シンポジウムには、過去最多に次ぐ約 490 人が出席した。2 日間のシンポジウムでは、基調講演、テクニカルセッションおよびポスターセッションが行われた。

開会の挨拶では、JRAIA の本郷一郎会長が、フルオロカーボン類の使用の合理化と規制に関連する法律とさまざまな国での冷媒使用の転換計画に触れた。法規制および技術規格に加えて、同会長は、冷凍空調業界が直面する多くの差し迫った課題を取り上げた。

基調講演者として招かれた経済産業省（METI）製造産業局化学物質管理課オゾン層保護等推進室の大木雅文室長は、「HFCs の管理および代替冷媒推進における日本の新たな政策措置と金融支援」について講演を行った。

もう 1 つの基調講演は、ドイツの「ヒートポンプ・冷凍に関する情報セ

ンター」のライナー・ヤコブス工学博士が「欧州のヒートポンプについての最近の技術と開発」をテーマに行った。
出所：JARN、2015 年 1 月 25 日

■ 冷蔵・空調システムに関する中国国家規格技術仕様取りまとめグループの発足と第 1 回ワークショップ

住宅・都市農村建設部による通知書「土木建設規格の策定および改定計画」によれば、中国建築科学研究院（CABR）による冷蔵空調システム産業規格技術仕様 JGJ158-2008 が計画に含まれた。取りまとめグループの発足と第 1 回ワークショップは、2015 年 4 月 13 日に北京で行われた。住宅・都市農村建設部の規格・割当研究所（Standard and Quota Institute）の指導部、CABR および住宅・都市農村建設部の建築環境・エネルギー標準化技術委員会の指導部など 40 人の専門家が会議に出席した。

出所：CABR、AHPNW

政策

■ 機械・機器・材料のエネルギー効率改善投資のための直接補助事業

タイ・エネルギー省の代替エネルギー開発・省エネ局（DEDE）は、2015 年度に省エネ促進のための直接補助事業を開始した（B.E 2558）。この事業の目的は、製品の品質を維持しながらコスト削減を企業家に奨励することである。コスト削減は競争力を高める。ただし、機械・機器・材料のエネルギー効率を高めるには、対策を講じるための投資が必要である。さまざまな対策の投資のために支援を必要とする企業家は、7

年以内の返済期間を条件に最大 300 万パーツの補助を申請することができる。DEDE は今年度中に、5 億パーツの補助金交付を予定している。

出所：KMUTT、AHPNW

市場

■ 円安が空調機市場に打撃

12 月 5 日にニューヨークの外国為替市場で円が急落し、2007 年 7 月 20 日の最安値以来 7 年 4 カ月ぶりに 121 円 50 銭の最安値をつけた。円は、2012 年から約 2 年にわたり 80 円台での取引が続いた後に 120 円台へと大幅に下落した。

多くのアナリストは、全体としては円安が日本経済のプラスになると見る一方急激な円安が空調機器を海外工場生産し、販売のために日本へ出荷している日本の空調メーカーにとっては、その成功の「黄金則」に疑念を生じさせることとなった。

円安は、日本で生産される製品のコスト競争力を高める一方、海外生産の空調機は数年前と比べてコスト競争力を一部失いつつある。こうした傾向の下、日本の空調メーカーは生産拠点を日本へ戻すことを強いられるだろうか。

出所：JARN、2015 年 1 月 25 日

■ JRAIA が AC&R 機器の国内出荷台数を公表

日本冷凍空調工業会（JRAIA）は、会員企業による空調・冷凍機器（AC&R）の自主統計に基づいて、2014～2016 年の主要 14 モデルの国内需要予測（出荷台数）を公表した。

この調査は、AC&R 業界の需要動向調査に際しての参照データを作成する

ために行われるものである。この需要予測は、統計調査委員会の情報を収集し、提供する活動として毎年実施されている。ただし今回は、（有理説明変数を用いた統計手法によって）予測精度を高めるために、会員企業向けアンケートの時期の見直しとモデル当たりの関連経済指標の再検討が行われた。

出所：JARN、2015 年 3 月 25 日

■ LG エレクトロニクスが GHP（ガス駆動ヒートポンプ）のフルラインナップを提供—世界最高効率の 30 馬力 GHP を発売

LG エレクトロニクスは、世界最高効率の新型 30 馬力 GHP を発売し、結果国内ヒートポンプ市場を強化した。同社が発売したのは、新型 GHP の 30 馬力「GHP スーパー2」である。この 30 馬力級は、世界最高水準の 85kW の冷房能力と 95kW の暖房能力を有している。同社は、独自技術で製品を製造・開発しており、国内メーカーの中でもユニークな企業である。

出所：KTL、AHPNW

活動

■ AHPNW の第 4 回会合を中国の北京で開催

需要側での高効率ヒートポンプ・蓄熱技術の普及は、省エネの促進と地球温暖化の防止に当たっての緊急課題である。急速な経済成長のためにエネルギー消費量が増え続けるアジア諸国ではとくに、国同士の協力が不可欠である。中国、インド、日本、韓国およびベトナムの 5 カ国は 2011 年 10 月に会合を開き、「アジア・ヒートポンプ・蓄

熱技術ネットワーク」(AHPNW)を設立した。これまでに国際会議を3回開催し、ニューズレターを同じく3回発行している。今年、タイが新たにメンバーに加わった。

最近では、第4回会議が2014年11月26～27日に中国の北京で開催された。初日には、「ヒートポンプ技術の活用を通じたより良き未来の構築」をテーマに公開ワークショップが開催され、20人を超える参加を得た。

出所：HPTCJ News press

■ 日本市場でのヒートポンプの普及拡大による一次エネルギー節減効果

省エネ対策と地球温暖化の緩和に大きく貢献し、欧州では再生可能エネルギー利用機器として認知されているヒートポンプ・蓄熱システムの普及促進に努めている日本の一般財団法人ヒートポンプ・蓄熱センター(AHPNWのメンバー)が、2040年度までのヒートポンプ機器の普及予測を公表し、これらの機器やシステムの普及に伴う一次エネルギーの節減効果を試算した。

出所：HPTCJ News press

■ インドでのヒートポンプ・ワークショップ

日本のヒートポンプ・蓄熱センター(AHPNWのメンバー)は、「エネルギー効率のためのヒートポンプ・システムの促進に関する日本の経験」と題するワークショップに参加し、インドでのヒートポンプ機器普及のための広報活動を行った。

出所：HPTCJ News Press

その他

■ 日本が東南アジアでAC標準化を促進

日本エネルギー経済研究所(IEE)は、日本空調冷凍研究所(JATL)と共同でイノベーション技術研究組合(INOTEK)事業を活発に進めている。基準認証イノベーション技術研究組合(IS-INOTEK)は、国際標準化・認証事業に関する研究開発、支援および技術指導を行うために、2012年1月に設立された技術研究組合である。IS-INOTEKは、企業(18)、大学(1)、独立法人(1)、および団体(6)で構成されている。IS-INOTEKは現在、東南アジア諸国と協力して、空調・冷凍機器に関する国際標準化事業を進めている。

出所：JARN、2014年12月25日

■ 「ターボヒートポンプを利用したタンデム・ヒートポンプ設計」でSamyang Eco-Energyが「グリーンテクノロジー」認証を取得

既存ヒートポンプの設置を改善し、高効率の大型ターボヒートポンプを用いた海水熱源ヒートポンプが、グリーンテクノロジー認証を取得した。

エネルギー専門会社のSamyang Eco-Energy(CEOはYunho Kim)は、ターボヒートポンプを用いたタンデム・ヒートポンプ設計技術により、グリーンテクノロジー認証を取得したことを公表した。

出所：KTL、AHPNW

日本の建物エネルギー基準の概要と 同基準でのヒートポンプの評価

国土技術政策総合研究所、三浦尚志、日本

要約

日本では、商業用建物部門と住宅用建物部門の一次エネルギー消費量が国内のエネルギー消費量全体の約 34%を占めており、これは着実に増加を続けている。エネルギー消費量を減らす目的から、新たな建物エネルギー基準が 2013 年に導入された。政府の発表によれば、この基準は 2020 年までに義務化される。本稿では、この基準の概要と、ヒートポンプの性能がそれによってどのように評価されるかについて説明する。

キーワード：ヒートポンプ、建物エネルギー基準

建物エネルギー基準の概要

日本では、省エネ法が 1979 年に導入され、同法に基づいて最初の建物エネルギー基準が 1980 年に施行された。この基準は、商業用建物と住宅用建物の 2 つの部分で構成されている。商業用建物基準では、建物外被のエネルギー性能と 5 つのタイプのエネルギー需要（空調、照明、換気、給湯、エレベータ）を個別に評価した。住宅用建物基準では、建物外被の性能のみを評価した。これらの基準は、2013 年に大幅改正され、商業用建物と住宅用建物の双方のエネルギー性能を示すために、新たに共通指標「設計一次エネルギー消費量」（GJ/年）が導入された（図 1）。床面積が 300m² 以上の大型建物を建築し、または改築する場合は、この基準に基づいたエネルギー消費量の報告が義務付けられた。一方、小規模建物については、報告は任意である。ただし、基準を適用する建物は、優遇税制や補助金などさまざまな恩恵を受けられる。これらのエネルギー基準は現在、一部の建物に関しては自主基準となっているが、2020 年までに義務化される予定である。

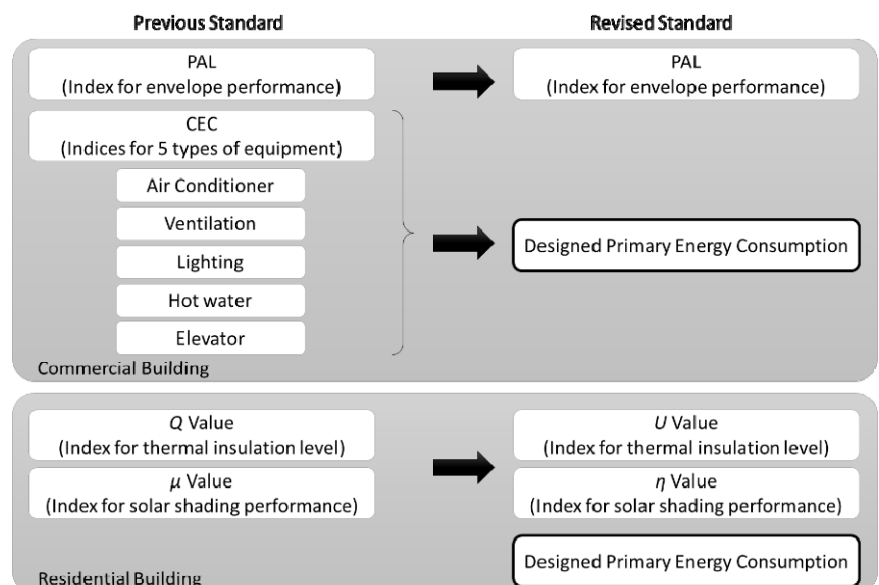
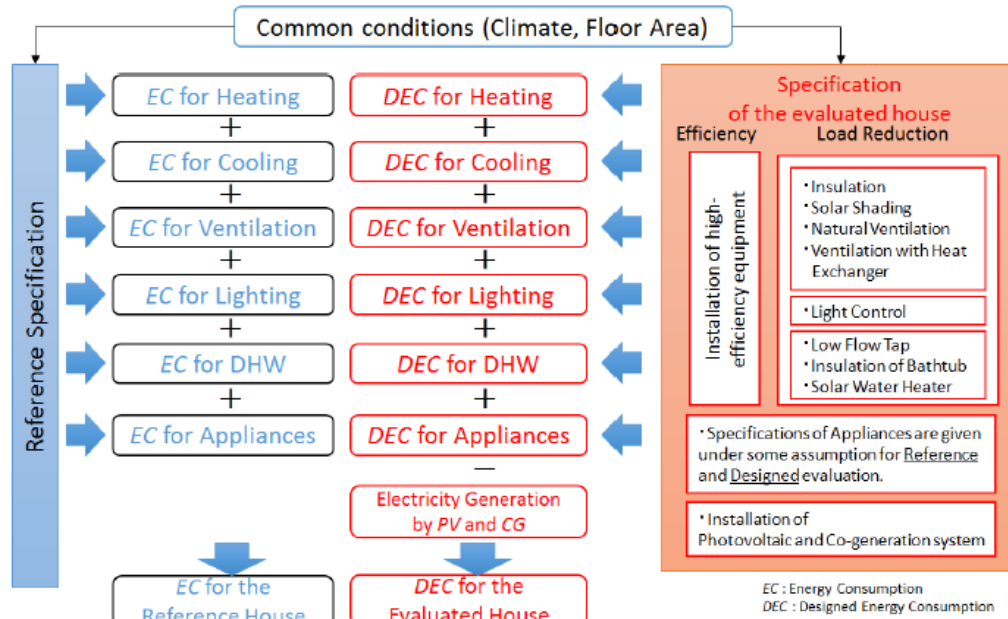


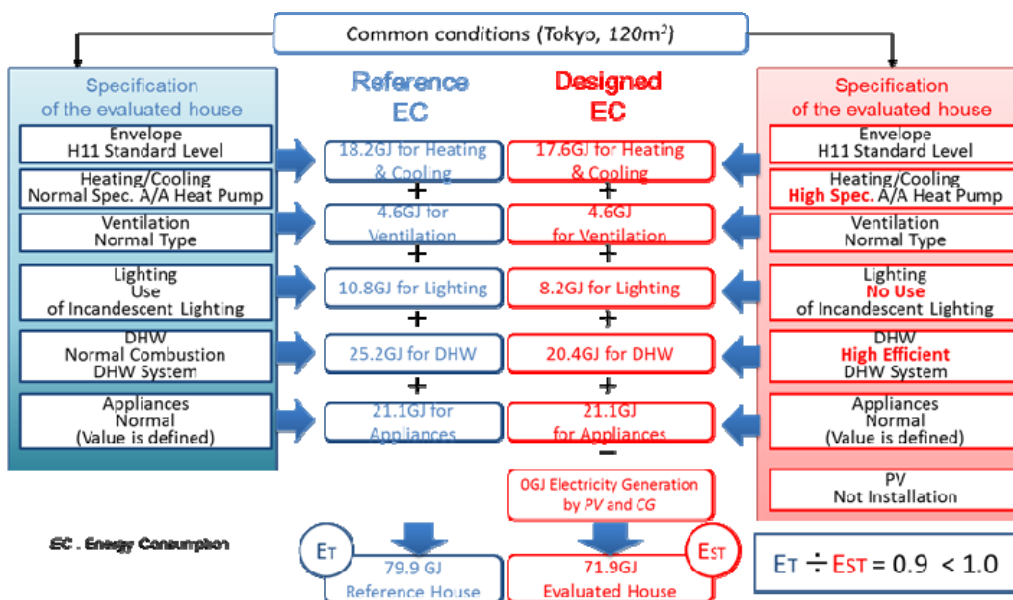
図 1：基準におけるエネルギー性能指標

設計一次エネルギー消費量

基準に適合するには、申請した建物について計算された設計一次エネルギー消費量が基準一次エネルギー消費量を超えてはならない。一次エネルギーの設計消費量と基準消費量は、同じ計算方法をベースにしている。設計一次エネルギー消費量は、建物の外被と設備の仕様に基づいて計算しなければならない。また、基準一次エネルギー消費量は、基準に定められる建物外被と設備の仕様（日本で通常使用されている建物の対応する特徴と同等の性能）に基づいて計算しなければならない（図2）。



a) Structure



b) Example

図2：一次エネルギーの基準消費量と設計消費量*

*住宅用建物の場合。商業用建物の場合は、エレベータのエネルギー消費量が加算される。

1 日当たりの占有時間、建物サービスの利用の期間・頻度などの占有者の行動は、基準では建物／スペースの用途ごとに事前に定義されており、したがって、設計一次エネルギー消費量は、設計段階で省エネに関する一種のベンチマーク試験値といえることができる。設計一次エネルギー消費量の計算方法は、テキストと建築研究所（BRI）のウェブサイトで公表されている（図3）。

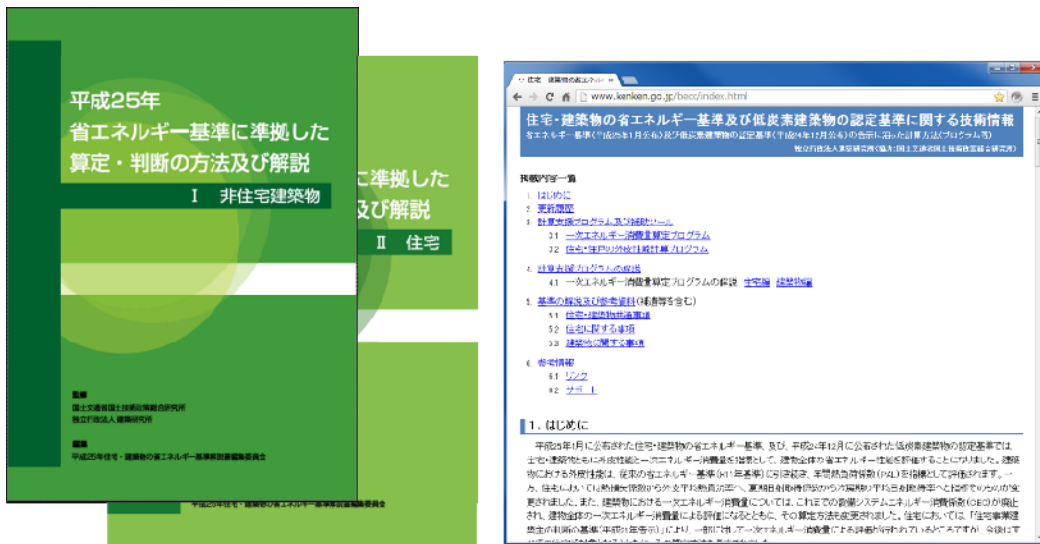


図3：省エネ基準に関するテキストとBRIのウェブサイト*

* <http://www.kenken.go.jp/becc/>

これらの方法は非常に複雑であるため、ウェブ・ベースの計算プログラムも開発され、BRIのウェブサイトで利用できるようになっている（図4）。プログラムは、サーバーに置かれている。ローカルコンピューターは、入力データをサーバーに送るだけでサーバーから結果を受け取ることができ、つまり、タブレット型を含めていずれのコンピューターでも設計計算が可能である。申請者は通常、これらのプログラムを利用して計算を行い、申請書を作成する。

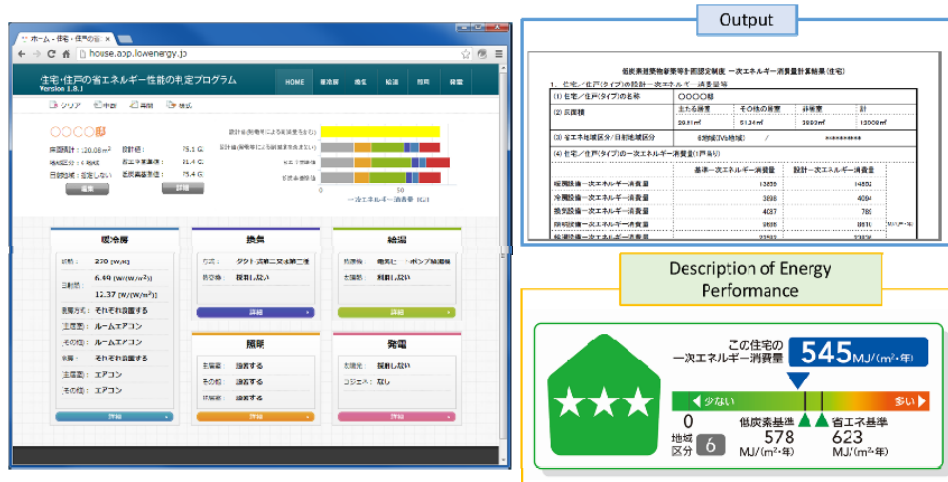


図4：計算プログラム、申請書、およびラベリング

ヒートポンプのエネルギー性能の試算

冷暖房のエネルギー消費量は1時間単位で計算され、設計一次エネルギー消費量はそうした1時間ごとのエネルギー消費量を1年間で合計したものである(図5)。ヒートポンプの効率は、外気温と冷暖房負荷に大きく左右されるため、各種システムの効率曲線が基準の中で定義されている。それらの効率曲線は、BRI および国土技術政策総合研究所(NILIM)による研究プロジェクトでのさまざまな実験とシミュレーション(図6)に基づいて作成された。外気温も基準の中で定義されている。日本の建築地域は、暖房度日の日数を基準にして8つの気候帯に分けられている。時間別標準外気温の表は改正されるたびに更新される。時間別の冷暖房負荷は、建物外被の性能基準に示されるデータと建物/スペースの用途に基づいて計算される。

この計算に基づいて、異なる気候帯間のヒートポンプ効率の差を考慮することができる。設備の過剰能力などヒートポンプ能力と熱負荷のミスマッチに起因する平均効率の低下についても評価することができる。加えて、気候や建物用途などの運転条件は、各種設備(たとえば、ガスボイラー、ヒートポンプ、電気ヒーター)に関しては同一であり、したがって、ユーザーも設計者も、この計算プログラムを利用することでどのようなタイプの設備でもエネルギー性能の比較が可能である。

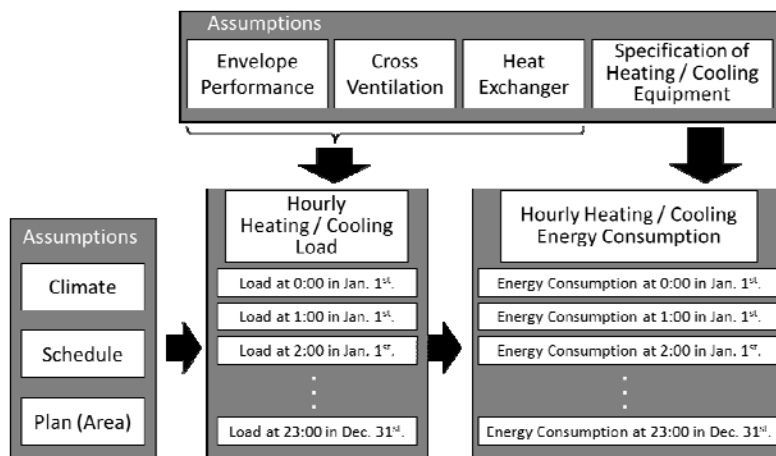


図5：冷暖房のエネルギー消費量の計算方法

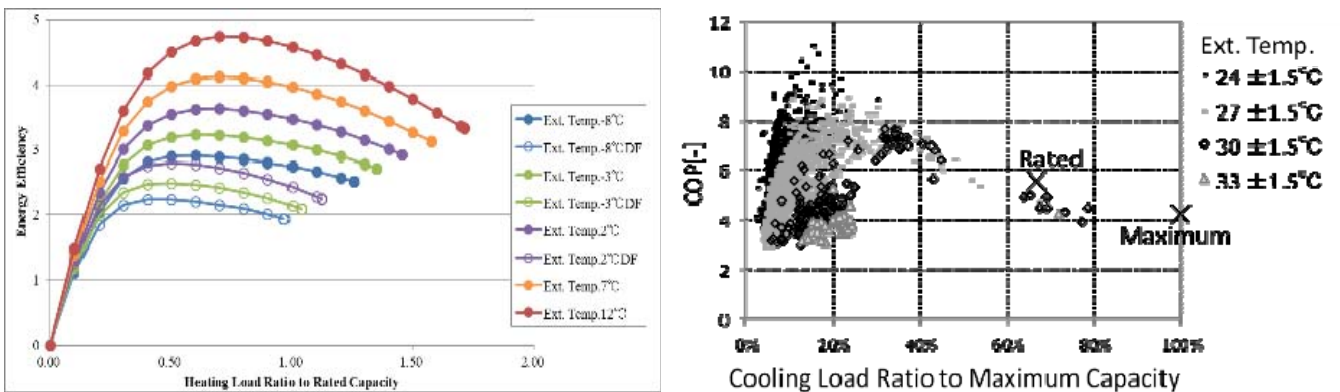


図6：ヒートポンプ効率曲線の例

結論

本稿では、このほど改正された建物エネルギー基準とそのエネルギー計算ツールの概要を記述し、さらに、ヒートポンプのエネルギー性能の試算方法を記述した。APF、COP、EERなどヒートポンプのエネルギー効率を表す指標は数多くある。それらの指標は、定格試験条件下での測定値であったり、所与の運転条件を想定した計算値であったりする。あるいは、さまざまな建物特性の変化の効果（外被性能、気候、通風、熱交換器など）を設計者が調べたり、各種の暖房システム（燃焼ボイラー、電気暖房など）の性能を比較したりすることができる。APF、COP、EERなど定義された個別条件に基づく指標は、同じタイプのヒートポンプの性能比較に利用可能であり、したがって、技術開発の点で競争を促進すると言える。所与の建物の設計とその設備の選定のために、設計者とユーザーは「設計一次エネルギー消費量」を用いることもできる。

タイにおけるヒートポンプのエネルギー効率基準の策定

Piyatida Trinuruk^{1*}, Asawin Asawutmangkul², Amornrat Kaewpradap¹

¹ Department of Mechanical Engineering, King Mongkut's University of Technology Thonburi, 126 Pracha Uthit Rd. Bangmod, Thung Khru, Bangkok, 10140

² Department of Alternative Energy Development and Efficiency (DEDE), Ministry of Energy, Thailand

要約

この研究は、タイのヒートポンプにふさわしいエネルギー効率基準の策定についてレビューし、MEPS と HEPS の起草の現況を記すものである。ヒートポンプの最低エネルギー効率基準と高効率ヒートポンプの促進は、エネルギー省の 20 年エネルギー効率開発計画（2011～2030 年）に基づいて実施されている。MEPS と HEPS の起草はすでに完了してエネルギー効率基準小委員会へ送られ、承認手続きが進められている。草案では、適切な MEPS と HEPS が報告され、タイ国内で製造または販売されるヒートポンプの基準 MEPS は $COP_t = 2.4$ 以上、HEPS は $3.0 \leq COP_t \leq 4.0$ と決定されると考えられる。

キーワード：MEPS、HEPS、エネルギー効率基準、草案

1. はじめに

タイのエネルギー政策の枠組みは、5 つの課題で構成されている。すなわち、エネルギー安全保障の強化、国家的課題としての代替エネルギーの促進、エネルギー効率の向上、公正かつ安定したエネルギー価格、および環境保護である。そのため、省エネ促進（ECP）基金がタイで創設された。ECP 法は、1992 年に施行され、さらに改正法が 2007 年に施行された。ECP 法は、第 23 条に従って電気器具、機械、機器のエネルギー効率を改善するための規制権限を政府に付与している。ECP 法は、第 40 条に従って省エネ・プログラムで使用される高効率の機械・機器または材料の生産者や販売者は、販売促進および支援を要請する権利を有すると定めている。エネルギー省の代替エネルギー開発・省エネ局（DEDE）は、タイ工業規格協会（TISI）と協力して、エネルギー効率の低い機器を市場から排除するための自主基準と強制基準の最低エネルギー性能基準（MEPS）の確立を計画しており、一方、高エネルギー性能基準（HEPS）は省規則で自主プログラムとして定められる。

ヒートポンプはまた、20 年エネルギー効率開発計画（2011～2030 年）に従って MEPS 基準を実施し、高効率ヒートポンプの利用を促進するためのターゲット電気器具の 1 つである。タイのヒートポンプにふさわしい MEPS と HEPS を決定するために、起草プロセスの要件に従って省規則案の補助情報を得る目的で、「省エネ促進法（改正）B.E 2550 に基づくエネルギー効率省規則策定のためのヒートポンプ研究」プロジェクトが開始された。したがって、本稿は、タイにおけるヒートポンプのエネルギー効率基準の策定プロセスをレビューするものである。

2. MEPS と HEPS の起草プロセス

タイにおける MEPS と HEPS の起草プロセスを十分に理解できるように、MEPS と HEPS の違いを詳しく説明する。MEPS と HEPS の草案に関して、DEDE は、ECP 法第 23 条に従ってエネルギー効率基準を定める権限を付与されている。起草後に HEPS のみが DEDE によって実施され、MEPS は TISI によって実施される。MEPS は、初期段階のみ自主プログラムとしての実施が可能である。ただし、最終的には強制プログラムとして定める権限が TISI に与えられている。

MEPS を達成できた製品は、TIS マーク [1] と呼ばれる承認ラベルを受ける。認証マークには、自主認証マークと強制認証マークの 2 つの異なるタイプが存在し、それらは図 1 に示されるように異なる色で表される。

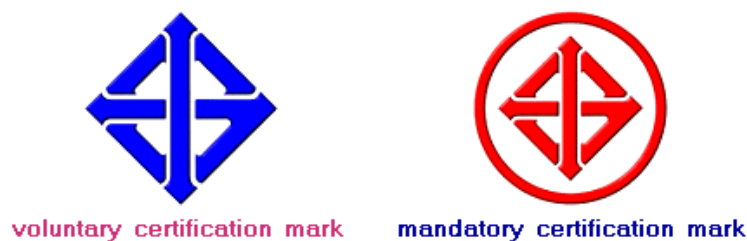


図 1：タイの 2 つの異なる認証マーク

自主エネルギー効率基準の場合、電気機器と非電気機器の双方について任意で HEPS プログラムを実施し、高効率製品であることを示すためにラベリング・プログラムを利用することができる。2 つのタイプのラベリング・プログラムが存在する。1 つは、図 2 (a) に示すように EGA が管掌する家電品（エアコン、冷蔵庫など。デマンドサイド・マネジメント (DSM) プログラムの下でのエネルギー効率のよい照明機器を含む）が対象である。もう 1 つは、図 2 (b) に示されるように、DEDE が管掌する産業用製品と非電気製品が対象である。



(a) 家電品

(b) 非電気製品および産業用製品

図 2：タイのエネルギー・ラベル

図 3 は、HEPS と MEPS の起草プロセスを示している。このプロセスは、1 年程度を要し、最初に技術調査を実施するコンサルタントを DEDE が採用する。DEDE は、プロジェクトを監視する権限を有する。これにより、技術委員会が設けられる。技術調査は、補助情報を得るための重要なプロセスである。そのため、技術報告書の枠組みには、市場シェア、規格、試験方法などに関する調査を含める必要がある。十分なデータを収集した後に、技術委員会は会合を開き、試験方法、製品サンプルの数とモデル、および MEPS と HEPS の草案を承認

する権限を与えられる。同時に、すべての利害関係者が MEPS と HEPS の草案の公聴会に招かれる。最後に、MEPS と HEPS の草案は、利害関係者の提言と技術委員会からの意見に従って編集される。

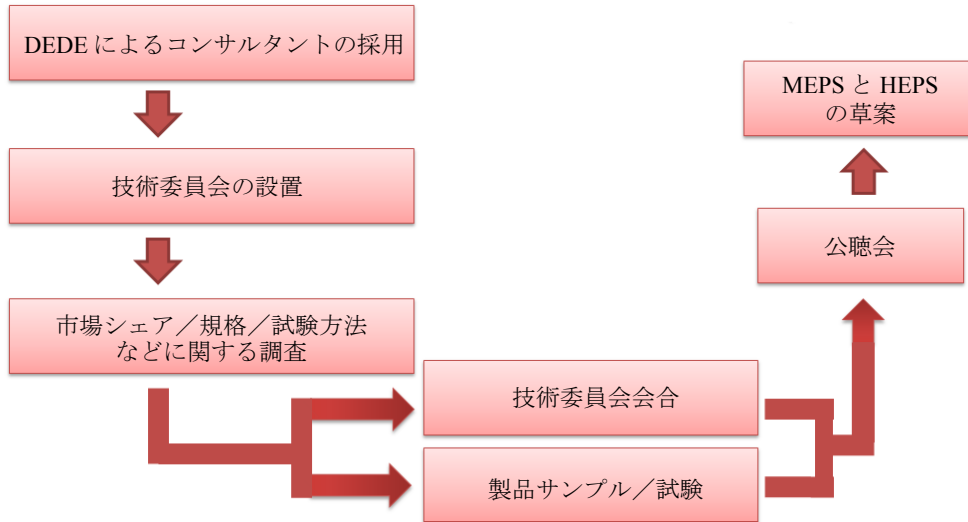


図 3 : MEPS と HEPS の起草プロセス

3. MEPS と HEPS の基準

サンプル製品による試験結果と二次データが統計的に分析され、正規分布曲線が作成される。MEPS の基準は、エネルギー効率の低い製品 3%を市場から排除するために設定される。他方で、エネルギー効率の高い製品 20%は、図 4 に示されるように HEPS として奨励される。ただし、MEPS と HEPS の基準は、技術委員会による承認または公聴会による提言に従って調整される場合がある。

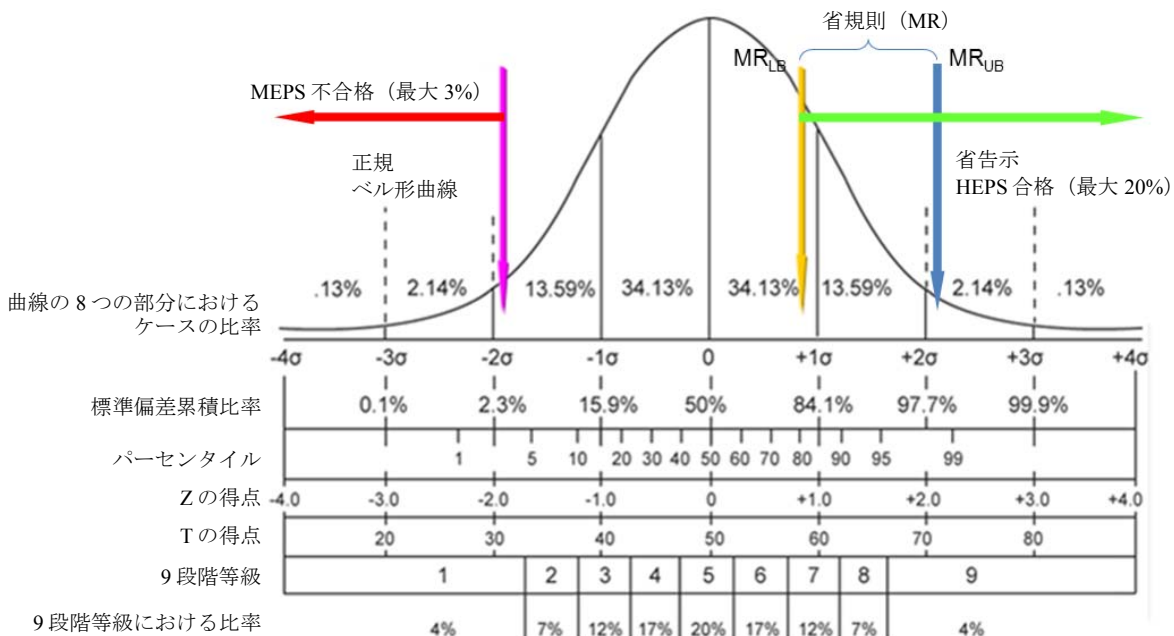


図 4 : MEPS と HEPS の基準

4. 法的手続き

MEPS と HEPS の草案が完成すると、およそ 2～3 年を要する法的手続きに進むことになる。MEPS と HEPS の草案は、エネルギー効率基準小委員会に提出される。この小委員会では、エネルギー省の事務次官が委員長を務める。この段階で草案が承認されると、MEPS 草案のみ TISI に送られ、HEPS 草案は DEDE によって優先される。次いで、HEPS 草案は、エネルギー省の法律委員会に送られ、国家エネルギー政策委員会 (NEPC)、内閣、タイ自治委員会 (OCST) を経てエネルギー大臣が署名する。最終的に、MEPS と HEPS の草案は官報で公示される。これが MEPS および HEPS の起草についてのすべてのプロセスである。

5. タイにおけるヒートポンプ研究 [2]

キングモンクット工科大学トンプリ校 (KMUTT) は、MEPS および HEPS の草案で報告される、タイのヒートポンプを対象とした適切なエネルギー効率基準を決定するための起草プロセスを進めるコンサルタントとして DEDE が採用した。この研究の方法論には、以下の作業が含まれる。

5.1 検討

タイその他の国のヒートポンプの市場情報と市場傾向が検討された。2008～2012 年の市場情報によれば、0.5～100kW 規模のヒートポンプが 1,603 基販売され、最も人気が高いのは 25kW 級の設備であった。ヒートポンプに関する各国の基準が調査され、試験手順の詳細が研究された。



図 5 : KMUTT のヒートポンプ用試験室

5.2 決定

タイのヒートポンプにとって適切な試験基準が選定された。試験室を建設し、試験条件を設定するために、選定された基準の要件が加えられた。EN255-3 が最も適切な基準として選ばれた。タイのヒートポンプの試験条件が定められ、EN255-3 の試験手順に従った。ヒートポンプのエネルギー効率試験のための試験室は、エネルギー効率基準の試験方法をサポートするために設置された。表 1 は、EN255-3 の試験条件とタイのために採用された試験条件との比較を示している。

表 1：EN255-3 の試験条件とタイのために採用された試験条件との比較

試験条件	EN255-3 基準	タイの試験条件
試験室での乾球温度 ($T_{drybulb}$)	15°C	35°C
試験室での湿球温度 ($T_{wetbulb}$)	12°C	24°C
外気温の乾球	不明	> 30°C
給水温度	15°C	25°C
遮断条件での水温の設定点	仕様に従う	55°C
動作条件での水温の設定点	仕様に従う	50°C
利用する水の流量	15.6 l/min	15.6 l/min

5.3 サンプル採取

この研究の代表機器として使用するために、2013年にタイで市販されていたいくつかのヒートポンプ（4.5～36kW 規模）が選定された。高効率試験のために、タイプと規模にばらつきのある 13 モデルのヒートポンプが選定された。この試験でのヒートポンプの試験範囲は、タイで最も人気の高いヒートポンプ用途に該当する 0.5～36kW 規模に定められた。

5.4 結果の明確化

13 モデルのヒートポンプのエネルギー効率試験は、KMUTT の試験施設で実施された。この試験では、 COP_t 値は 2.4～3.7 の範囲内にあり、平均値が 3.0 であることがわかった。13 モデルすべてのヒートポンプのエネルギー効率の分析結果から、ヒートポンプの規模が異なっても、エネルギー効率の程度には影響がないことが明らかになった。したがって、エネルギー効率基準は、あらゆる規模のヒートポンプについて同一である。

5.5 MEPS と HEPS の特定

図 6 は、13 モデルのヒートポンプの COP_t 結果を示している。13 モデルのヒートポンプの COP_t は、図 7 に示されるように、 COP_t の正規分布曲線を得るために統計手法によって分析される。次いで、セクション 3 で言及した MEPS と HEPS の基準は、エネルギー効率基準の方針に従って実施される。入手可能なヒートポンプの 3% が MEPS 基準を満たしておらず、また、入手可能なヒートポンプの 20% が HEPS 基準に合格した。この研究では、正規分布曲線の 3% が 2.4 の COP_t に対応し、20% が 3.2 の COP_t であることがわかった。この研究から、タイで製造または販売されたヒートポンプの MEPS 基準は、 $COP_t = 2.4$ を下回り、HEPS は $3.0 \leq COP_t \leq 4.0$ になるとの結論が得られた。表 2 にまとめられているこれらの値は、タイの高効率ヒートポンプの工業規格および省規則とするためにエネルギー省に提案される。

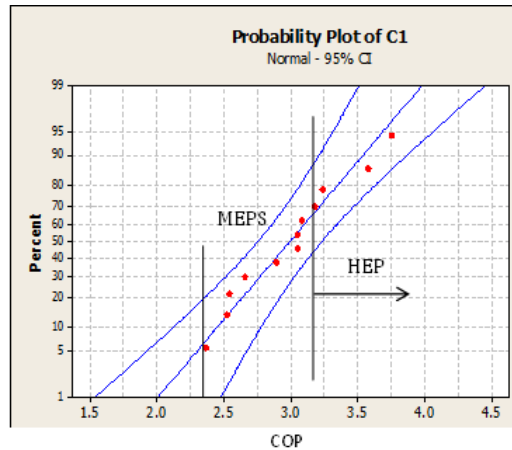


図6：13モデルのヒートポンプのCOP_t結果

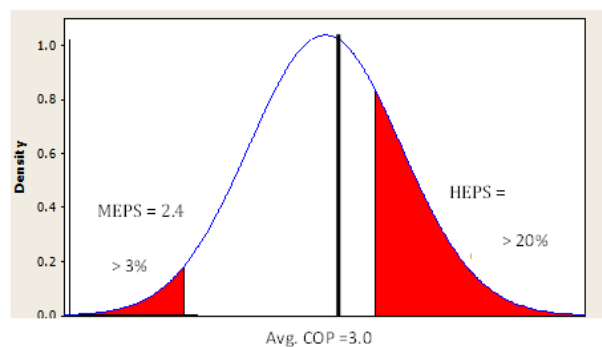


図7：MEPSとHEPSの基準

表2：タイのヒートポンプのMEPSとHEPSの草案向けCOP_t

基準	COP _t
MEPS	≥ 2.4
HEPS	3.0 ≤ COP _t ≤ 4.0

5.6 公聴会

起草プロセスの設定要件に基づき、タイにおけるヒートポンプの適切なエネルギー効率基準について、このヒートポンプ・プロジェクトで得られた情報を利害関係者に提供するための公開セミナーが行われた。すべての利害関係者によるこの公開セミナーからの提言は、このプロジェクトの最終報告書に盛り込まれる。

6. 結論

現在、タイのヒートポンプのMEPSとHEPSの草案は、エネルギー効率基準小委員会に提出され、検討に付されている。

7. 参考文献

1. Thailand Greenhouse Gas Management Organization (TGO), Thailand Environment Institute Foundation (TEI), 2013, "ES&L implementation status and MEPS information for BRESL products in Thailand and Other Countries", January 2013.
2. DEDE, 2013, "A study of heat pump for setting up Ministerial Regulation draft in energy efficiency following the Energy Conversion Promotion Act (No.2) B.E 2550".

ATW ヒートポンプの性能予測に関する研究

Ook Joong Kim、韓国機械研究院、大韓民国

要約

空気熱源式給湯用ヒートポンプ・システムが開発され、熱量計チェンバで試験が行われた。このヒートポンプ・システムの性能を予測するためのサイクル・シミュレーションは、標準的な条件と寒冷地条件で行われた。標準大気条件の下で運転されるヒートポンプに蒸気注入が行われ、それによりヒートポンプの性能に与える影響が正確に調査された。寒冷地条件の下で運転されるカスケードサイクルは、シミュレーションによって分析された後に、シミュレーション結果が実験結果によって検証された。

はじめに

ヒートポンプは、ボイラーなどの直接燃焼システムよりも二酸化炭素削減効果が高いことから、暖房システムとして注目を集めている。こうした傾向に従って、ヒートポンプは、韓国でのグリーン成長のための実際的な計画を目的とするグリーンエネルギー・ロードマップ [1] の効率改善分野に含まれている。したがって、ヒートポンプに関しては数多くの研究開発が行われている。また、KEPCO（韓国電力公社）は、電気給湯ボイラ（深夜電力利用）を給湯用 ATW ヒートポンプと置き換えるためのフィージビリティ調査を実施するとともに、こうしたヒートポンプを試験的に供給しようとしている。さらに、KEPCO は、市販モデルのヒートポンプの性能基準を提案している [2]。

この研究は、KEPCO が行っている、電気給湯ボイラ（深夜電力利用）に代わる給湯用ヒートポンプの開発プロジェクトに関係するものである。この研究が目指しているのは、80°C 超の温水の生成を目的としたカスケードサイクルに対処することである。電気給湯ボイラ（深夜電力利用）に代わる空気熱源式給湯用ヒートポンプの場合（KEPCO で現在開発中）、温水吐出温度は 50~80°C の範囲であり、これについて KSCOP（韓国季節別成績係数）が提案されている。KSCOP は、重み付け係数を適用することで計算時に使用され、性能は大気が標準条件（乾球温度が 7°C、湿球温度が 6°C）から -15°C へと変化する状態で測定される。それぞれの運転条件の下で、定格量と比べて一定以上の加熱容量を確保しなければならない。したがって、こうした条件を備えたヒートポンプ・システムを開発するには、上述のカスケードサイクルを適用する必要がある。標準条件を含む大気と水の出口条件、寒冷地条件、および凍結・除霜条件において性能を確保することが重要である。この研究では、電気給湯ボイラ（深夜電力利用）に代わる給湯用ヒートポンプのために製造されたシステムを対象に性能試験が行われ、試験結果をシミュレートするサイクル・シミュレーションが実施され、シミュレーション結果が検証された。-15°C の寒冷地条件下でのヒートポンプ運転状況は、検証されたサイクル・シミュレーション結果を用いて予測された。また、蒸気注入効果 [3、4] は、容量が大きくなるに従って性能を高めると予想される。

実験の装置と方法

電気給湯ボイラ（深夜電力利用）に代わる ATW ヒートポンプ（これは、この研究で開発された）の概要図が、以下の図 1 に示されている。このヒートポンプは、R410a および R134a の冷媒がそれぞれ低い段階と高い段階に適用されるカスケードサイクルで構成されており、また、排熱孔付きフィンチューブ熱交換器が、空気側熱交換器として設置された。冷媒流量は、電子膨張弁（EEV）によって調整され、プレート熱交換器が、水と熱を交換する復水器として使用された。（KEPCO が提案する）KSCOP の試験条件と電気給湯ボイラ（深夜電力利用）に代わる給湯用ヒートポンプの地域ごとの KSCOP の重み付け係数が表 1 に記されている。市販モデルについては、この表から SCOP_C2.5 超が必要になる。

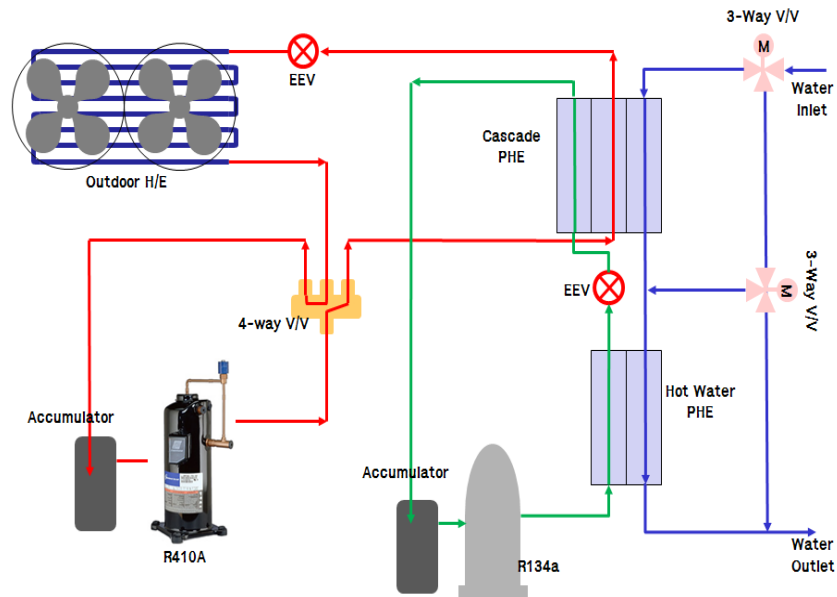


図 1 : ATW ヒートポンプの概要図

この研究では、表 1 に記されている多様な給湯・周囲条件と加熱容量に対応することを目的として、単一サイクルとカスケードサイクルでの適用が可能になるように図 1 に示す冷媒と温水の 2 つの経路を備えたカスケードヒートポンプが設定された。

製造されたヒートポンプの性能試験は、20 馬力級の熱量計で実施された。ある実験から、単一サイクルとカスケードサイクルでの最適な冷媒充填量が得られた。各サイクルの温度特性と圧力特性を調べるために、温度と圧力のセンサーが圧縮機ターミナルの吸入側と排出側に設置された。また、手作業による電子膨張弁（これは蒸気注入回路に設置された）の開放率を調整することで、それぞれの運転条件下での最適な注入量がわかった。このヒートポンプの性能試験結果が表 2 にまとめられている。この表からわかるように、基準を満たすために、外気温との温度差が 10℃の状態での温水入口温度に従って加熱容量が維持されたが、最終平均性能である SCOP_C は、2.5 という基準を満たしていない。標準条件と寒冷地条件（-15℃）でのこのシステムの温度と圧力の測定値を表 3 に示す。この表から、80℃の温水が排出される状態下でも、このシステムは最大圧力が約 2,500kPa、最大排出温度が約 100℃というレベルで安定運転していたことがわかる。

表 1 : KSCOP の重み付け係数

温度	COP	寒冷地	平均	温暖地
-15°C/-	COP@-15	7%	2%	0%
-7°C/-	COP@-7	39%	22%	5%
2°C/1°C	COP@2	39%	48%	48%
7°C/6°C	COP@7	15%	28%	47%
KSCOP		SCOP_C	SCOP_M	SCOP_W
$-SCOP_C = 0.07COP_{@-15} + 0.39COP_{@-7} + 0.39COP_{@2} + 0.15COP_{@7}$ $-SCOP_M = 0.02COP_{@-15} + 0.22COP_{@-7} + 0.48COP_{@2} + 0.28COP_{@7}$ $-SCOP_W = 0.05COP_{@-7} + 0.48COP_{@2} + 0.47COP_{@7}$				

表 2 : ヒートポンプの試験結果 (性能)

加熱容量 (kW)、電力消費 (kW)、および温水入口温度 (°C) に従った COP		標準	外気温 (°C)			
			-15	-7	2/1	7/6
40	加熱容量	18/14/10/8	18.9	17.4	20.5	24.2
	電力消費	15↓	8.7	7.2	7.5	7.6
	COP	-	2.17	2.40	2.74	3.18
50	加熱容量	18/14/10	19.6	23.2	23.0	
	電力消費	15↓	9.7	10.0	10.1	
	COP	-	2.01	2.17	2.30	
60	加熱容量	18/14	20.0	21.9		
	電力消費	15↓	10.9	11.4		
	COP	-	1.84	1.92		
70	加熱容量	18	19.5			
	電力消費	15↓	12.1			
	COP	-	1.61			
平均 COP		-	1.91	2.16	2.52	3.18
SCOP_C		2.44				

表 3 : ヒートポンプの試験結果 (サイクル特性)

温水入口温度 (°C)	システム内の冷媒圧力 (kPa)、温度 (°C)、温水流量 (LPM) の測定値	外気温 (°C)	
		-15	7/6
40	低い段階での高圧/低圧	1325.0/384.5	2956.0/771.0
	高い段階での高圧/低圧	1329.0/357.2	-
	高い段階/低い段階での排出温度	67.1/50.0	82.4/-
	温水流量	27.2	35.5

50	低い段階での高圧／低圧	1383.0/376.3	
	高い段階での高圧／低圧	1680.0/390.0	
	高い段階／低い段階での排出温度	76.7/53.8	
	温水流量	28.8	
60	低い段階での高圧／低圧	1443.0/359.0	
	高い段階での高圧／低圧	2066.0/420.0	
	高い段階／低い段階での排出温度	88.0/57.6	
	温水流量	29.7	
70	低い段階での高圧／低圧	1519.0/345.0	
	高い段階での高圧／低圧	2527.0/460.0	
	高い段階／低い段階での排出温度	100.0/53.5	
	温水流量	29.5	

サイクル・シミュレーションと検証

それぞれのターミナルでのサイクルの所与の基本運転条件に合わせてサイクル・シミュレーションが簡素化され、これにより、REFPROP プログラムが熱力学的物性として利用されたときに熱力学的に分析された。加熱容量、低い段階の蒸発温度、高い段階の凝縮温度、中間熱交換器の温度と温度差、および各ターミナル圧縮機の効率を組み入れた基本入力値が与えられた状態で、われわれは、このシステムの電力消費量と性能係数を取得し、また圧縮機の体積と冷媒流量を除外した。

さらに、標準外気条件の下での蒸気注入の影響を調べるために、われわれは、従前の研究 [6] と同様に商業プログラムの FigoSim バージョン 2.5 [5] でエコマイザーが設置された圧縮機とフラッシュタンクのモデルを適用した。

表 2 の標準外気条件において 40°C の温水入口温度で運転されている単一サイクル (R410a) のサイクル・シミュレーションの結果が図 2 に示されている。また、この結果は、圧縮機置換え (13.97m³/h) および従前の研究 [5] と同等の断熱効率 (68.2%) とともに適用され、また、システム内の冷媒流量は、圧縮機の容積効率を変えることで冷媒ダイアグラムによって利用された基本的なサイクル分析結果と一致した。温水と外気温の条件が示されている状態で、加熱容量、所要電力および性能係数が実験値と一致している図 2 のサイクルに関しては、凝縮器と蒸発器の UA 値がそれぞれ約 1 万 3,500W/K、3,400W/K であることがわかる。さらに、圧縮機駆動モーターの電力損失と制御装置を理由とする送風機により、およそ 1.3kW の電力が必要であることがわかる。

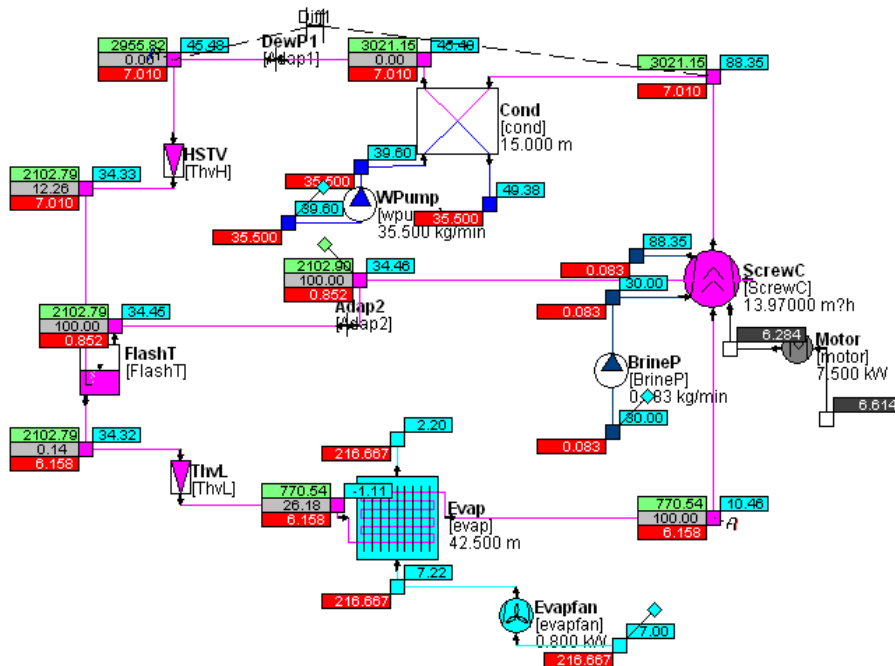


図 2：低い段階のサイクル・シミュレーションの結果

(VR である) 蒸気注入に従ったヒートポンプの加熱容量、電力消費量、性能係数の変化を図 3 に示す。加熱容量と電力消費量は容積比が増加するにつれて低下することが明らかになり、また、減少率が異なるときに性能係数が最大になる蒸気注入量が存在する。したがって、図 3 に示すように、実験値と一致する加熱容量、電力消費量および性能係数は、VR = 2.0 のときに十分に示され、そのときの冷媒流量全体に対する蒸気注入の比率はおよそ 12% である。

この結果から、われわれは、熱力学的な材料特性と商業プログラムを利用することでヒートポンプ・システムの性能を適切に予測することができるかと判断している。

-15℃の寒冷地条件下で運転されたカスケードサイクルのヒートポンプの性能は、単一サイクルと同様に予測され、その結果を図 4 に示す。この図では明らかでないものの、容積の調整が可能な圧縮機を適用する必要があるというのがわれわれの考えである。これは、圧縮機の排除体積が温水入口温度の上昇に伴ってわずかに変動するからである。ただし、断熱効率が低下すると所要電力が増えるときは、ほぼ等しい加熱容量が維持されたために性能係数が低下した。実験値と一致する性能係数を得るために、1.6kW の電力（単機運転と比べて約 0.3kW に増加）、2 機の圧縮機駆動モーターの電力損失、および制御装置の送風機が必要であるというのがわれわれの判断である。

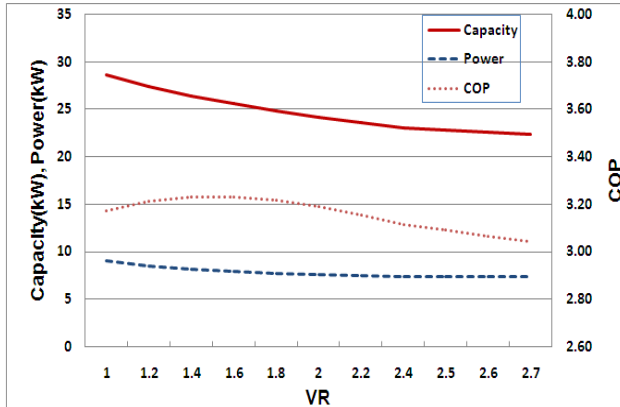


図 3 : VR に従ったヒートポンプ性能の推移

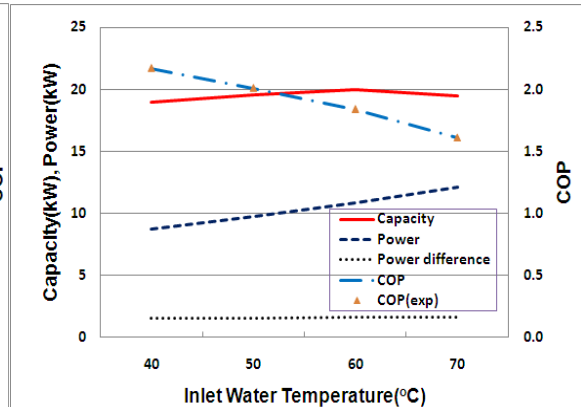


図 4 : 温水入口温度に従ってカスケードサイクルで運転されるヒートポンプの性能

結論

電気給湯ボイラ（深夜電力利用）に代わって使用される給湯用ヒートポンプ向けに開発されたシステムの性能試験が実施され、試験結果をシミュレートすることができるサイクル・シミュレーションが実施され、その結果が検証された。

この研究では、標準的な外気条件で運転されるヒートポンプの凝縮器と蒸発器の UA 値、流量全体に対する蒸気注入の比率、および圧縮機駆動モーターと制御装置の送風機からの損失に起因する追加の所要電力を予測した。

ヒートポンプの性能と-15°Cの寒冷地条件においてカスケードサイクルで運転された圧縮機と熱交換器の運転特性が調査された。予測が行われたのは、温水入口温度に従った圧縮機の排除体積、より高度な運転により必要となる追加電力、およびカスケード熱交換器の運転特性であった。

参考文献

1. KETEP, 2012, Energy Focus, Vol. 2, No. 1, pp 6~21.
2. KEPCO, 2011, Standard of Technology for Hot Water Storage System Using Heat Pump.
3. Quinn, M. V., Hewitt N. J., and Smyth, M., Comparison of the Conventional and Economised Vapour Injection Refrigeration Cycles Utilizing Variable Speed Capacity Control for Domestic Heat Pump Retrofit Applications, ICR 2011, August 21-26, Prague, Czech Republic.
4. Jain, S. and Bullard, C. W. 2004, Capacity and Efficiency in Variable Speed, Vapor Injection and Multi-Compressor Systems, ACRC TR-227.
5. FrigoSim ver 2.5, <http://www.frigosoft.no/frigosim/index.html>.
6. Kim, O. J., Yoon, S. H., Song, C. H., Kang, T. W., Kwon, H. C. and Bae, J. Y., 2012, A Study on the Performance Prediction of Heat Pump for Hot Water Supply, KSGEEC Annual Conference, Daegu, Korea.

NZEB(Nearly Zero Energy Building)のオフィスビルでの 地中熱ヒートポンプ (GSHP) システムの利用

Huai Li, Zhen Yu, Jianlin Wu, Wei Xu, Shicong Zhang
Institute of Building Environment and Energy Efficiency, China Academy of Building
Research, Beijing 100013, China
Corresponding email: lihuai027@gmail.com

キーワード : NZEB, GSHP、地中管、寄与率

要約

GSHP システムは、中国の北京に所在する中国建築科学研究院 (CABR) のエネルギー・システムの 1 つとして設置された。本稿では、エネルギー管理システムの支援を得て、7 月 15 日から 8 月 30 日までの冷房期のその運転 (地中の水の温度と流量、冷却水の温度と流量、地中と GSHP 設備の双方の放熱量など) について記述・分析し、NZEB に対するシステムの寄与について考察する。

はじめに

世界の建物のエネルギー需要は、2010 年比で 2035 年までに新たに 8 億 3,800 万石油換算トン (toe) 増加すると予想されている (IEA、2012 年 a)。建物部門でのエネルギー消費削減は、世界のエネルギー削減と気候変動緩和のための最も重要な措置の 1 つである。NZEB / ZEB は、将来の建物開発において建物のさらなる省エネにつながる有望な目指すべき方向の 1 つである。再生可能エネルギー源を伴う積極的な措置は、「パッシブ設計」と合わせて建物のエネルギー節減の実現に資すると認識されている。

大型ボアホール方式の地中熱ヒートポンプ・システムが、CABR の NZEB に導入された。これは、図 1 に示されるように 4 階建てのオフィスビルであり、床面積は 4,025m² で、およそ 180 人の常勤者が占有している。「パッシブ建物、積極的最適化、経済的かつ実用的」という設計原理に従って、実証プロジェクトでは、最先端の建物技術を取り入れ、容認される屋内環境という条件で野心的なエネルギー消費上限 (25kWh/ (m².a)、暖房、冷房、照明のエネルギーを含む) を設定した。CABR は、中国の NZEB 基準の基礎を築くために努力している。



図 1：CABR の NZEB の北側ファサード

エネルギー・システムの記述

実証用建物は実験用建物としても機能しているため、各フロアの HAVC ターミナルは大きく異なっている。1 階と 4 階では、水熱源可変冷媒体積 (WS-VRV) システムが使用され、2 階と 3 階では、それぞれ床と天井の放熱システムを採用している。ファンコイル、放熱器、GSHP などの他のターミナル装置は、異なる領域と空間に採用されている。

図 2 に示すように、このエネルギー・システムには、1 基の吸収式冷却器と 2 基の GSHP 設備が含まれている。夏季には、2 種類の太陽熱収集システムで駆動する吸収式冷却器が、50kW 級 GSHP 設備によって補助される換気負荷を処理する。もう一方の 100kW 級 GSHP 設備は、2 階と 3 階の放射ターミナル (radiant terminal) の冷暖房需要を満たすために設置されている。地中熱ヒートポンプと組み合わせた太陽熱収集システムは、蓄熱を行うことで冬季に直接暖房を行う。

統合型エネルギー・システム設計と再生可能エネルギーの賢い利用によって、建物の冬季の暖房需要は、化石燃料を使用せずに満たされ、また、夏季の冷房用エネルギー消費は 50% 削減されると予想される。この地方では夏季の太陽放射が非常に強いため、このエネルギー・システムは、利用可能な場合は一次太陽エネルギーを利用し、GSHP を補助的に利用し、天然資源の最大限の利用と省エネの実現を目的としている。

ボアホール・システムの記述

ボアホールの配置を図 3 に例示する。実証用建物の境界の空きスペースに 70 本のボアホールが設けられており、南側に 100 メートルの深さでダブル U 型管 20 本と北側と西側に 60 メートルの深さでシングル U 型管 50 本を有している。これらのボアホールは、7 つのサブグループにグループ化され、建物内に入る前に地下水がヘッドに加わる。水流のバランスは、釣り合い弁によって保たれ、それぞれの設備に送られる前に監視される。

