

ヒートポンプの普及拡大による地球温暖化防止へ向けて

安部 了祐 (あべ りょうすけ) 一般財団法人 ヒートポンプ・蓄熱センター 業務部 兼 国際・技術研究部 課長代理

エレクトロヒートシステムは、ヨーロッパやアメリカはもとより、中国、タイ、インドなど、広く海外に普及が進んで来ている。エレクトロヒートセンターの会員企業の海外展開の活動を中心に、お国柄や商慣習の違いなども含めて、連載を行う。

1. はじめに

ヒートポンプ・蓄熱センターは、「ヒートポンプ」と「蓄熱」に関する国内唯一のナショナルセンターとして、国内外でのヒートポンプ・蓄熱システムの普及促進と技術向上に向けた活動を積極的に展開している。国際活動の主な取組みとして、IEA ヒートポンプ技術コラボレーションプログラム活動（サイナーはNEDO）の日本事務局やアジアでのヒートポンプ蓄熱技術の普及拡大を円滑に推進することを目的として2011年に設立したアジアヒートポンプ蓄熱技術ネットワーク（現在は7カ国加盟）の活動を実施している。こうした中、本稿では、世界共通の課題である地球温暖化防止へ向けた日本の海外展開の方向性、今後、エネルギー需要が世界の約5割弱を占め対策が急務となるアジアでの地球温暖化防止の重要性について記載する。

2. 長期戦略を踏まえた日本の海外展開の方向性

日本は、長期エネルギー需給見通し（エネルギーミックス）と整合的なものとなるよう実現可能な目標として、2030年度に2013年度比▲26.0%の目標を設定し、2015年7月に約束草案（以下、INDC）を決定した。2016年11月のパリ協定締結後、法的拘束力はないものの、INDCは2020年以降の温室効果ガス削減目標（以下、NDC）となり、地球温暖化防止のための新たな

国際枠組みがスタートした。こうした中、パリ協定の締約国は、2020年までに長期戦略を提出するようになっており、現在国内においても取組みと策定が進められている。

2.1 日本の長期戦略

日本の長期戦略にあたる2050年度に温室効果ガス80%削減を達成することは、2013年度の総排出量（約14億トン）を基準に考えると、単純計算で2050年に約2.8億トンまで総排出量を大幅に削減することになる。しかしながら、産業・農業部門の中には、製品や作物の生産に付随して排出される不可避の温室効果ガスが約4.0億トンあり、業務・家庭・運輸・エネルギー転換部門をほぼゼロエミッション化する必要がある。環境省が2017年3月に策定した長期低炭素ビジョンでは、2050年80%大幅削減の絵姿として、暖房・給湯用途でのヒートポンプ利用の促進（電化・ヒートポンプへの転換）が明記されており、今後、ヒートポンプの役割が極めて重要になると考える（図1）。

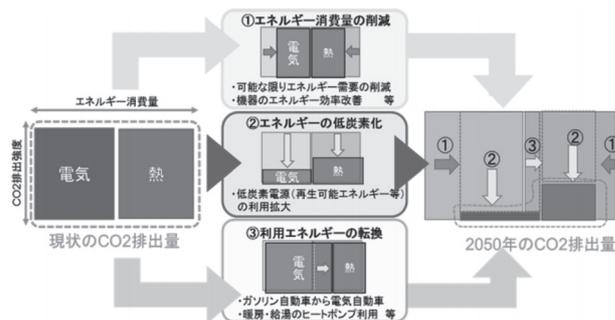


図1 2050年80%大幅削減の絵姿

2.2 日本のヒートポンプ技術

前述のとおり、今後も引き続き、ヒートポンプへ求められる期待が高いことが分かるが、ここで日本のヒートポンプ給湯機に係る効率水準を簡単に紹介する。メーカー各社の尽力により、家庭・業務・産業の各部門向けへのヒートポンプ給湯機がラインアップされているが、ヒートポンプ単体の消費エネルギー効率は、化石燃料を使用する燃焼系機器と比較して約3.5倍以上高く、電気やガスなどのインフラ電源構成を鑑みた場合でも需要側でのヒートポンプの利用は省CO₂に大きく寄与する(図2)。

製品カテゴリ	最高水準	指標水準	冷媒
家庭用ヒートポンプ	4.0	年間給湯保温効率 (ふる保温機能あり) [JIS C 9220:2011]	R744 (CO ₂)
業務用ヒートポンプ給湯機 【空気熱源・一過式】	4.2	年間標準貯湯加熱 エネルギー消費効率 (=年間加熱効率) [JRA4060]	R744 (CO ₂)
産業用ヒートポンプ 【冷温同時取出し型】	4.5~9.6	総合COP [冷却COP+加熱COP]	HFC134a HFC407E R744 (CO ₂)等

図2 日本のヒートポンプ給湯機効率水準

また、家庭部門での比較となるが、IEA(国際エネルギー機関)が、国際協力協定の下、参加国別の家庭用ヒートポンプ給湯機の効率比較を公表した「4E Benchmarking Document(2017年2月)」によると、日本メーカーが販売する家庭用ヒートポンプ給湯機は、効率性が高く、各社の効率水準もほぼ同位置にプロットされていることから、日本のメーカー各社が世界の中でも高い技術力を有していると考えられる(図3)。

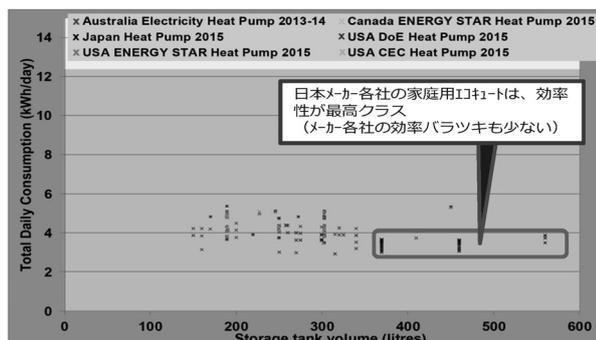


図3 IEA4E 家庭用ヒートポンプ給湯機効率比較

続いて、NEDOが2016年9月に策定した省エネ技術戦略2016を紹介する。同戦略の中で、次世代型ヒートポンプシステムが重要技術項目のひとつに含まれており、これまで低負荷時の性能向上、未利用熱の活用などが取り組まれてきたが、これらの複合化によるシ

ステム全体での効率向上が目標とされている。具体的には、2030年度での同ヒートポンプシステムの絵姿として、産業界における更なる用途拡大のため、180℃の高温域の熱生成とともに一層の高効率化(システム効率を1.5倍)・低廉化(現状の4分の3)を目標として策定されている。長期戦略の観点で見た場合、高効率化・低廉化しヒートポンプシステムの早期の普及拡大が必要となる。参考までに、当センターの試算では、家庭・業務・産業部門の熱需要を賄っている燃焼系機器を一定のヒートポンプ機器で代替した場合、2050年80%大幅削減に対する寄与度は、約15%(2015年度比)に相当する。

2.3 長期戦略を踏まえた日本の海外展開の方向性

長期戦略の観点から見ても、ヒートポンプ技術の活用などによる国内対策の重要性は言うまでもないが、JICA、JBIC、NEXIなどの各種公的ファイナンスを活用した日本の優れた低炭素技術の海外展開には、大きなポテンシャルが期待できる。経済産業省が2017年4月に策定した「長期地球温暖化対策プラットフォーム報告書」によると、開発途上国における中長期の削減ポテンシャルについて、アジア、中南米、中東地域からJCM(二国間クレジット制度)パートナー国などを中心に主要排出国10か国を対象とした試算を行った結果、10か国合計で2030年では約28.6億トン(現在の国内総排出量の約2倍)、2050年では約97.1億トン(同約7倍)と示されている(図4)。このように、世界全体での削減ポテンシャルは非常に大きく、日本は技術や資金でこれらに貢献できる可能性がある。他の政策では、「質の高いインフラ輸出拡大イニシアティブ」「環境インフラ海外展開基本戦略」などがあるが、二国間政策対話などのトップセールス、制度面から技術面までのパッケージ支援などにより、今後、日本が取組むべき意義はあり、地球温暖化防止の解決には、国内のみならず海外での削減への貢献も必要であり、日本の有する低炭素技術を活用し、国際貢献と国内削減を両立させることが重要である。

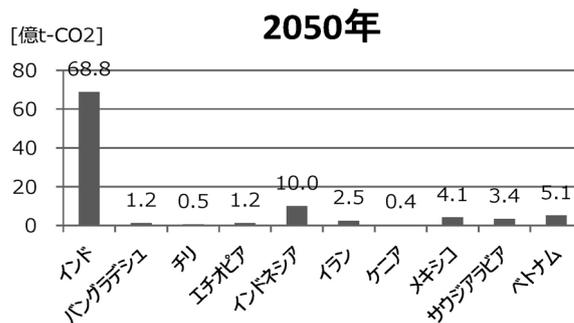


図4 2050年の国別削減ポテンシャル

このように、世界共通の目標として、地球温暖化防止に関する関心が高まっている中、2017年11月6日から17日まで、ドイツ・ボンで開催されたCOP23では、パリ協定ルールブックの策定に関する国際交渉が行われた。パリ協定の実効性を図るため、このルールブックについては、2018年にポーランド・カトヴィツェで開催予定のCOP24までの策定が目指されている。しかしながら、現状、各国が策定しているNDCは、基準年（各国異なった基準年の設定）からの排出削減率の目標、CO₂原単位目標、成行きケースなど様々な目標設定となっていることから、適切な定量化を図る上での課題として、目標達成に関する指標化についての詳細検討などが挙げられている。また、2017年10月末に環境省が公表した「日本の気候変動対策支援イニシアティブ2017」では、途上国の気候変動対策に係る制度整備や各種対策などの透明性を高めていくことの重要性、更には、各国のニーズと日本が有する技術・ノウハウのシーズを可視化（見える化）し、民間の参画・投資などの協力が促進されることで“Co-innovation（コ・イノベーション）”の創出について明記がある。具体的には、2018年度以降、パートナーシップを結んだ2～3カ国の途上国を対象にパイロットプロジェクトが実施される予定であることから、今後、日本として様々な海外展開が期待される。

3. アジアにおける地球温暖化防止の重要性

前述で長期戦略における日本の海外展開の方向性を紹介したが、次にアジア地域へと範囲を広げる。

3.1 世界全体に占めるアジアでのエネルギー消費実績

世界全体に占めるアジアのエネルギー消費実績を見ると、2014年実績ではアジアの一次エネルギー消費は世界全体の約4割を占めている。2030年、2040年においても、アジアのエネルギー消費は、増加傾向にあり、一次エネルギー消費で見ると、世界の45%程度を占有すると推計されている。これらの推計結果から、パリ協定発効後の世界共通の課題である地球温暖化防止に向けては、アジアでの対策が重要である（図5）。

また、2030年におけるアジア各国の一次エネルギー消費内訳（推計）を見た場合、中国（アジア内比率：51%）、インド（同：19%）、日本（同：6%）、インドネシア（同：6%）、韓国（同：4%）、タイ（同：3%）、ベトナム（同：2%）が上位のエネルギー占有国となり、自ずと上記各国が地球温暖化防止へ向けた対策を積極的に行う必要がある（図6）。

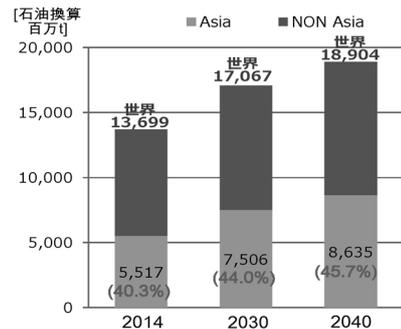


図5 アジアの一次エネルギー推移（世界のアジア占有率）

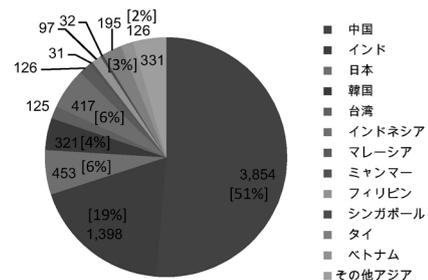


図6 2030年におけるアジアの一次エネルギー国別内訳

これらの推計結果より、家庭・業務・産業の各部門において、国内同様、エネルギー使用比率が高い空調・給湯用途での省エネ・省CO₂の取組みは重要であり、既存の確立技術で、即効性・現実性が高く、高いエネルギー消費効率を有するヒートポンプシステムが今後益々重要になってくる。

3.2 アジアでの給湯用熱需要ポテンシャルの把握

アジアでのPAC、RACなど個別空調機器の出荷台数関連データは、各業界団体などの活動により比較的整備が進んでいる。加えて、冷凍空調メーカー各社のアジアへの尽力により日本製のエアコンの普及に繋がっている。他方で、給湯利用に係る統計データは、一部散見されるもののほぼ未整備の状態であることから、給湯市場のマーケット規模は不明瞭であると考えられる。個別空調機器と同様、給湯用熱需要ポテンシャルの把握を行うために給湯利用に係るデータ関連の基盤整備が必要である。

3.3 ヒートポンプ給湯機の普及に向けた課題

アジア各国での省エネに対するニーズ向上や、経済発展による所得増加に伴う給湯機器の選択肢の増加が予想されるが、空調・給湯用途での使用機器は、一度、設備導入されると長期にわたって使用される傾向が強く、その結果、CO₂排出量の高止まり（ロックイン効果）を招き得る。それ故に、新設もしくは設備更新時には、各国の電源構成にも因るが、電化システムが選

扱われるべきと考える。しかしながら、効率水準が高い日本製ヒートポンプ給湯機のアジアへの普及に向けては、様々なバリアを解決していかないと普及は難しい。

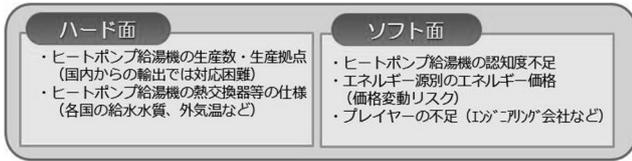


図7 ヒートポンプ給湯機の普及バリア

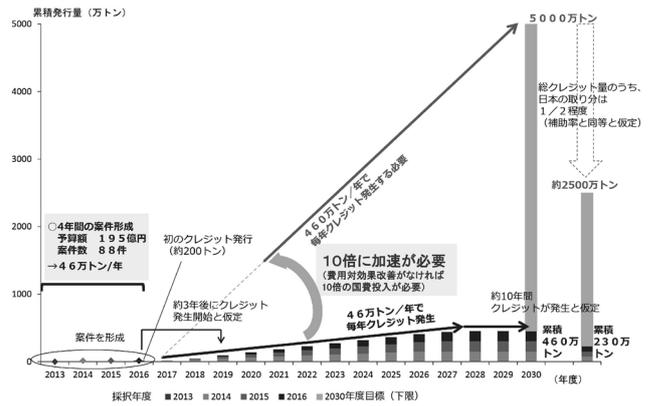


図8 JCMの現状および2030年へ向けた課題

3.4 基準形成・性能試験所など技術支援の必要性

これまでエアコンなどの個別空調機器では、ASEANで関心の高いエアコンに関する省エネ性能カタログの作成、S&L制度（省エネ性能基準・ラベル表示制度）や性能試験所支援などに関する二国間・多国間での取組みが実施されてきた。他方で、給湯（加熱分野）に関する基準形成・技術支援などの取組みはこれまで試みが少ないことから、エアコンなどと同様、将来的なアジアでのヒートポンプ給湯機の普及に向けては、基準形成・性能試験所などのアジア各国への技術支援の取組みが必要であると考えられる。前述した給湯利用に係るデータ関連の基盤整備や普及バリアの解決や基準形成・性能試験所などへの技術支援が本格的に進めば、給湯需要予測（ポテンシャル把握）により給湯需要に係るビジネスチャンスが拡大（＝プレイヤーの活性化）、高効率ヒートポンプ給湯機の導入国における自国のNDCへの貢献（＝地球温暖化防止への貢献）など、多くのメリットが享受できる。

要因としては、申請上の手続き（方法論開発、クレジット発行）や案件形成の長期化などが考えられるが、従前の案件形成ストック分を鑑みても、2030年の目標達成へ向けては、現状の10倍程度の加速が必要となることから、民間プレイヤーがJCMのクレジットを柔軟に取得可能となるよう制度設計の柔軟化が期待される。

4.2 JCMの利用状況

2013年からスタートしたJCM設備補助の利用状況を整理する。JCMパートナー国（計17か国）に対し、累計105件が実施されているが、国別の内訳として上位3か国としては、インドネシア（JCM署名：2013年8月）が最大の26件、次いでタイ（同：2015年11月）が21件、ベトナム（同：2013年7月）が17件の順に推移している（図9）。

4. JCMの利用状況

日本の低炭素技術の海外展開を行う上でのひとつのツールであるJCMの概要および利用状況を紹介する。

4.1 JCMの概要

JCMとは、途上国への優れた低炭素技術・製品・システム・サービス・インフラ等の普及や対策実施を通じ、実現した温室効果ガス排出削減・吸収への日本の貢献を定量的に評価し、日本の削減目標の達成に活用するために開始された制度である。現在、パートナー国は17か国まで増加し、JCMの活用により、2030年度までの累積で5,000万トン程度の国際的な排出削減・吸収量を目標設定しているものの、これまでの総発行クレジット量は約0.02万トンと微小である（図8）。

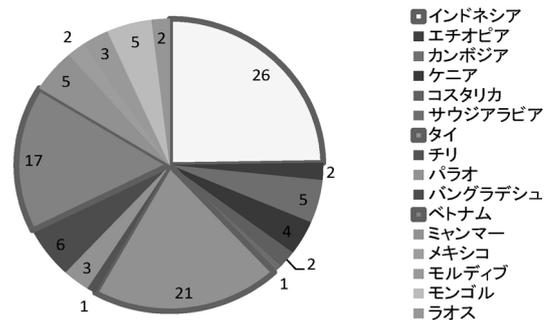


図9 JCM設備補助 国別比較

しかしながら、累計105件の内、ヒートポンプの採択件数は僅か3件と極めて少なく、日本の高効率ヒートポンプ給湯機を更にアジアで普及させていく必要がある。次項で、JCM設備補助利用状況上位3か国の中で、JCMパートナー国として署名時期が最も新しく、至近3か年でJCM利用が顕著に増加しているタ

いにスポットを当て、同国の省エネ政策動向およびヒートポンプ給湯機の導入事例を紹介する。

5. タイのエネルギー政策動向

5.1 タイの長期戦略

タイは、近年の経済成長に伴うエネルギー需要増加を補うため化石資源の輸入が増加傾向にあり、エネルギーセキュリティの確保が大きな課題である。タイの主なエネルギー関連法令は、国家エネルギー方針委員会法、省エネ推進法、エネルギー産業法の3つが挙げられ、これら各法を踏まえ、エネルギー政策に該当する「タイ20ヶ年エネルギー効率開発計画（2011～2030）：EEDP（2011～2030）」が2011年に策定、その後、2015年6月、「タイエネルギー効率開発計画（2015～2036）：EEDP（2015～2036）」が策定されている。その後、タイは2015年10月にINDCを策定し、2030年までに温室効果ガスをBAU（Business As Usual）値よりも20%削減（2030BAU：555Mton-CO₂）の目標設定を行うとともに、2050年へ向けた長期戦略では、エネルギー係数をBAU値よりも25%向上することを目標として掲げている。

5.2 タイエネルギー効率開発計画（2015～2036）

タイ20ヶ年エネルギー効率開発計画（2011～2030）策定後に作成された本計画の骨子は、GDPエネルギー消費指数（EI）を2036年までに2010年度比で30%削減（2010年EI：15.28⇒2036年EI：10.7）することで、BAUケースと比較し、最終消費エネルギーを約5万6千ktoe削減させることを目標に掲げている。また、最終消費エネルギーの削減対策において、熱分野での省エネ目標が全体の約85%を占有しており、特に産業・運輸部門での取組みが重要課題である（図10）。

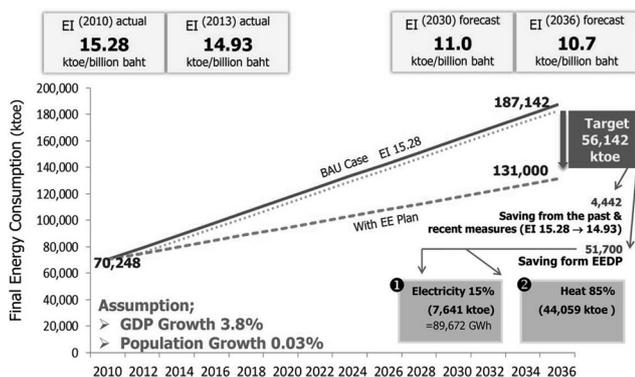


図10 EEDP (2015 ~ 2036) Saving Target

Measure	Transport	Industry	Residential	Commercial	Total (ktoe)
1. Enforcement of energy conservation standard in designated factory/building	-	3,467	-	15	3,482
2. Building Energy Code (BEC) for the new buildings	-	-	-	-	-
3. Energy Labeling (HEPs & MEPS)	-	219	991	915	2,125
4. Energy Efficiency Resource Standard (EERS) for large energy producers and distributors	-	-	-	-	-
5. Financial Incentives and support for energy performance achievement	-	8,117	-	123	8,239
6. Promoting greater use of LED	-	-	-	-	-
7. Energy saving measures in transport sector	30,213	-	-	-	30,213
Total (ktoe)	30,213	11,802	991	1,053	44,059

図11 EEDP (2015 ~ 2036) Saving (Heat/Fuel)

本計画では、産業部門での熱の省エネ対策の柱として、「エネルギー指定工場における省エネ基準の履行」「エネルギー性能基準（MEPS&HEPS）の導入」「エネルギー効率改善へ向けた財政支援」の3つが挙げられている（図12）。特に、工場などで数多く設置されている燃焼式システムに代替し、既存の工場排熱などを熱源とし高効率運転が可能となるヒートポンプシステムの導入は、本計画での熱の省エネへの寄与度が極めて高いと考えられることから、当該技術を有する日本の高効率ヒートポンプ給湯機が果たす役割は大きい。

5.3 エネルギー性能基準

各種計画の策定に合わせ、タイエネルギー省および電力公社は、様々な機器の効率基準を定め、同国での販売の条件としたり、ラベリングの基準を設定している。具体的には、エアコンや蛍光灯などの28品目について、省エネ効率の低い商品3%を市場から撤退させることを目的に最低エネルギー効率基準（MEPS）を2003年に制定し、MEPSが強制規格となれば、規格を満たしていない機器は、タイ国内で販売が禁じられる。他方で、製品性能の向上などにあわせて、エネルギー効率基準の改定が行われており、具体的には、温水機やエアコンなどの8品目に対し、省エネルギー効率のより良い製品20%は、技術開発と普及促進を目的に高効率基準（HEPS）が2009年に制定された。このような状況の中、ヒートポンプに関するMEPSとHEPSの起草は既に完了しており、現在、承認手続きが進められているが、同国での規格基準（EN-255-3）をベースに試験された結果では、タイで製造または販売されるヒートポンプのMEPSは、COP_t=2.4以上、HEPSは3.0 ≤ COP_t ≤ 4.0として決定される見込みである。

6. タイ産業部門でのヒートポンプ導入事例

5章でタイのエネルギー政策動向などの概要を紹介したが、本項では、タイ産業部門における日本製のヒートポンプ給湯機の導入事例を2つ紹介する。

6.1 食品加工工場への冷温水同時取出しヒートポンプ導入

1つ目は、2016年度のJCM設備補助を活用し、タイ産業部門で初となる食品加工工場への冷温水同時取出しヒートポンプの導入事例である。導入された冷温水同時取出しヒートポンプ技術は、冷熱と温熱の同時需要が存在する場所に適用することで、従来システムの2倍近い大きな省エネルギー効果をもたらすことのできる技術であり、CO₂削減や重油価格高騰などにより、ボイラーやチラーの代替機器として注目が集まり、日本国内でも、食品・飲料、機械工場を中心に導入が進んでいる。一般的な工場では、冷却は冷凍機、加熱は化石燃料を燃焼するボイラーで賄われているケースが多いが、冷温水同時取出しヒートポンプ技術を用いることで、1台で2役の仕事(加熱・冷却)を行うことができ、非常に大きな省エネルギー効果が期待できる(図12)。また、本事例は、JCM事業での温室効果ガス排出削減量は1,056(t-CO₂/年)を計画しており、JCM事業の累計105件の内、ヒートポンプに関する事業は3件あるが、ヒートポンプの運転稼働時間が長いことなどが起因し、排出削減量が最も大きい(図13)。

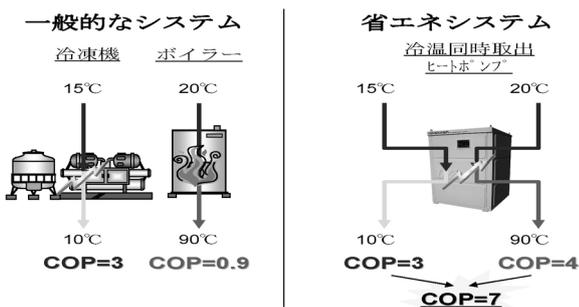


図12 冷温水同時取出しヒートポンプ技術

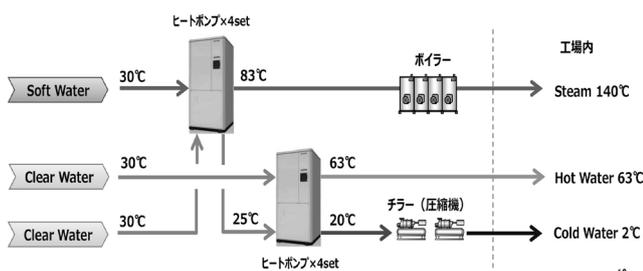


図13 導入システムイメージ

本事例は、過去に実施されたJCMFS調査など、複数年に亘る取組みの結果、今回、タイでの初号機の導入に至った。これを機に、同国内での更なる普及が期待される。

6.2 自動車工場への循環加温ヒートポンプ導入

2つ目は、日系自動車工場への循環加温ヒートポンプの導入事例を紹介する。ユーザーの意向は、工場を新設するにあたり、エネルギーロスが大きいボイラーの設置を避け、最新技術を用いた高効率機器を採用しモデルケースとしたいこと、また、イニシャルコストも含めたライフサイクルコストのトータルで低減できる高効率システムを導入したいことであった。

このような中、導入に至った要因として、同ユーザーが日本国内で循環加温ヒートポンプの採用実績があり期待通りの効果が得られていたことが非常に大きく、また、年間を通じて周囲温度が高いタイの気象条件などを考慮し、ヒートポンプによる省エネルギー効果が得られやすいことがあり、これらを勘案の上、採用が決定された。機器納入後の検証結果(実測削減率:65.1%(電気ヒーター比))でも、期待通りの効果が出ておりユーザーも大変満足されている(図14)。

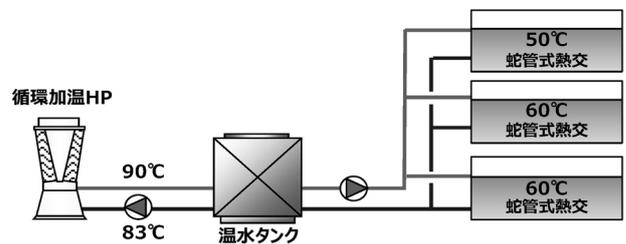


図14 導入システムイメージ

2事例目は、国費のファイナンススキームの活用無しでの導入事例であるが、前述のとおり、国内での導入実績が評価されタイ工場での採用に繋がっている。2つの成功事例の共通点として、国内での活動同様、長期間に亘る取組みから構築されるユーザーとの信頼関係が非常に大きいと考える。

7. おわりに

今後、パリ協定の発効を踏まえ、世界全体での地球温暖化防止に向けた積極的な取組みが行われると予想されるが、今後、日本国内での温室効果ガス削減の対策は元より、エネルギー需要が大きく増加するアジアでの取組みは重要となり、需要サイドでのヒートポン

プの果たす役割は極めて大きい。こうしたことから、今後、策定予定の日本の長期戦略やエネルギー関連の政策において、ヒートポンプの位置付けが高く評価されることを期待する。当センターは、引き続き、日本国内やアジアを中心とする海外に対してもヒートポンプ・蓄熱システムの普及促進に資する活動を積極的に行っていく。

参考文献

- 1) 長期低炭素ビジョン（環境省）
- 2) 2016年度冬版 L2-Tech 認証製品（環境省）

- 3) 4E Benchmarking Document 「Domestic Water Heaters (14 February 2017)」(IEA)
- 4) 省エネ技術戦略 2016（NEDO）
- 5) ヒートポンプの将来像分析及び普及見通し調査（HPTCJ）
- 6) 長期地球温暖化対策プラットフォーム報告書（経済産業省）
- 7) アジア / 世界エネルギーアウトルック 2016（日本エネルギー経済研究所）
- 8) JCM WEBSITE (GEC)
- 9) タイ政策関連資料（Department of Alternative Energy Development and Efficiency 他）
- 10) JEHC エレクトロヒート（H29/9月号）ヒートポンプに関する最近の海外活動について