

インドにおける乳業工場へのヒートポンプ導入事例

北山 英博 (きたやま ひでひろ) 株式会社前川製作所 ユニモ事業化部門 営業グループリーダー

要約 本稿で紹介する事例は、公益財団法人地球環境戦略研究機関により執り行われた「インドにおける低炭素技術の適応促進に関する研究」において、最新の低炭素技術として当社の水熱源エコキュートを導入した事例を紹介するものである。導入のために必要なテーマから、実際の導入効果、低炭素技術の普及促進に必要な今後の課題について紹介する。

1. はじめに

ヒートポンプ技術は、空気や水などの再生可能エネルギーを有効に利用し、高効率に加熱できることから、20世紀後半には、空調用での導入が進み、より高温の用途へと利用範囲を広げてきた。21世紀に入り、90℃の温水加熱が可能な“エコキュート”が開発され、現在、我が国では、家庭用をはじめ業務用・産業用へと利用範囲を拡大し、CO₂排出量の削減やランニングコストの低減に寄与しており、ますます多方面での導入が期待されている。

一方、海外（特にアジア地域）においてエコキュートの普及はこれからという段階であり、最新の低炭素技術であるエコキュートが、今後海外（特にアジア）へ促進されることで、世界的なCO₂排出量の削減が期待できる。

2. 導入内容の紹介

本稿で紹介する事例は、公益財団法人地球環境戦略研究機関により実施された「インドにおける低炭素技術の適応促進に関する研究」に於いて導入した事例であり、「Site-A」および「Site-B」の二箇所に水熱源エコキュートを1ユニットずつ導入したものである。

「Site-A」はパンジャブ州（インド西北部）の乳業プラント、「Site-B」はグジャラート州（インド中西部）のチョコレートプラントであり、各々の概略位置関係は図1に示す通りである。

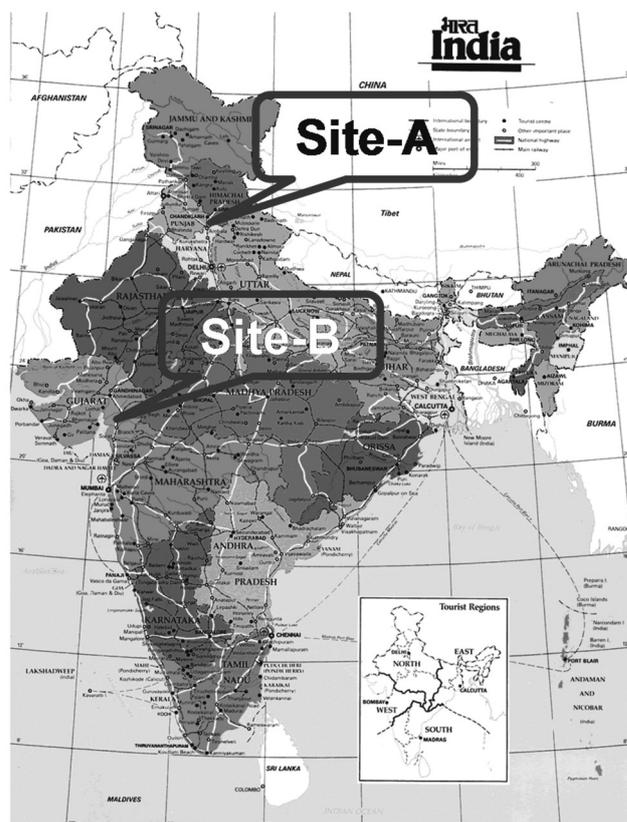


図1 導入先の位置関係図

3. 導入技術の紹介

「Site-A」「Site-B」ともに導入されたヒートポンプは「水熱源エコキュート」である。日本では導入事例が多数あるが、インドでは初めての導入となるため、

適応可能性についての事前調査と、設置候補を絞り込んだ後の詳細調査を実施した後に、具体的な導入設計を経て現在の「Site-A」「Site-B」に導入されている。

日本で現在販売している「水熱源エコキュート」は、日本での設置環境を前提としたものであるため、日本国内で単体で販売しても不都合なく導入されるものであるが、インドに「水熱源エコキュート」を納入する場合、外気環境、オペレーション環境や、オペレーターの常識や考え方、停電や水質など、日本とは全く異なる運転環境となるため、ハード面の対策（気候・虫害・獣害・水質・地質等）と、ソフト面の対策（システム設計・運用手法・作業員の慣習とのマッチング等）を十分に考慮する必要があった。納入先のイメージを写真1に示す。

これらの検討を経て出荷した装置は、インドでの設置環境を考慮して、エコキュート本体を改造し、更に、熱交換器やポンプ、計測器、制御装置などをアッセン



写真1 納入先のイメージ

ブリーとした「ヒートポンプユニット」という形状として出荷している。これにより、現地での設計や工事を最小限に留め、簡単に導入する事が可能となった。

図2に外観を表1に概略仕様を示す。

また、現場での設計やプログラミングの手間を簡略化するため、制御用のコントロール弁やセンサー類も日本から出荷し、現地の設備工事は、配管工事と防熱工事、および電気配線工事のみとした。

4. ヒートポンプユニットの用途

「Site-A」は乳業プラントであり、「ヒートポンプユニット」は2013年7月から、ボイラーへの給水加熱とプロセスで用いるチラー水のプレクーリング用として稼動している。「ヒートポンプユニット」の導入前、ボイラーへの給水は30℃程度であり、プロセスからの冷水の戻りは10℃~20℃という温度であり、既設

表1 ヒートポンプユニット概略仕様

		Site-A	Site-B
サイズ (mm)	全長	3500	3500
	幅	2000	2000
	高さ	2200	2200
重量 (kg)		2000	2000
	温熱関連		
	出湯温度 (°C)	90	90
	入水温度 (°C)	35	35
	加熱能力 (kW)	58.8	62.6
	出湯量 (l/min)	15.3	16.3
冷熱関連	冷水入口温度 (°C)	8	10
	冷水出口温度 (°C)	4	7
	冷却能力 (kW)	37.0	40.1
	冷水量 (l/min)	132.5	191.6
消費電力	kW	24.1	24.7
COP		3.98	4.15

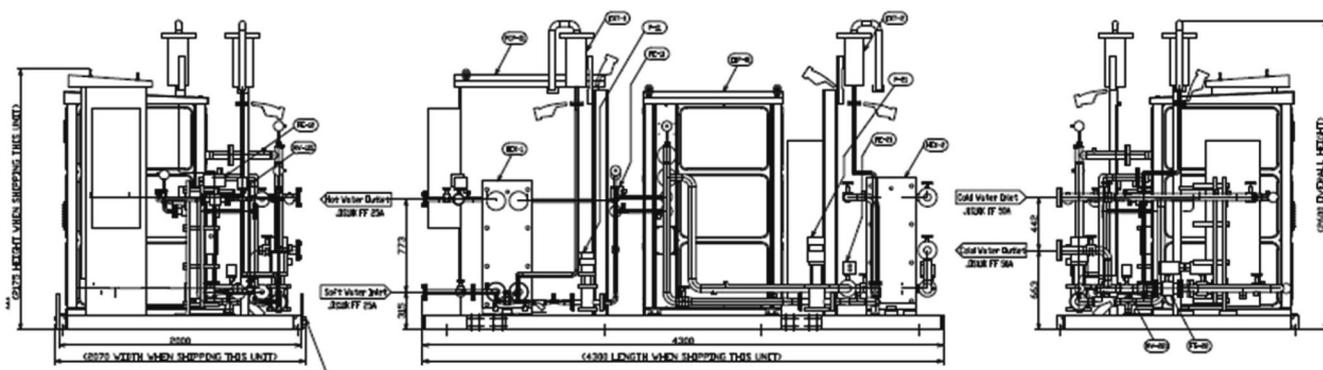


図2 ヒートポンプユニット外観

の冷凍機で5℃程度まで冷やす方式であった。導入前の概略システムと導入後の概略システムを図3および図4に示し、外観を写真2に示す。

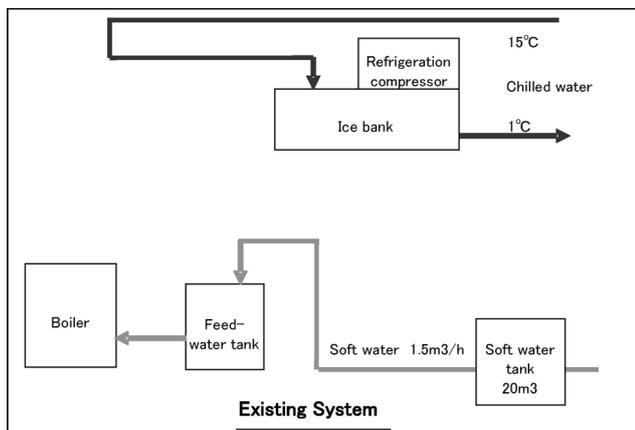


図3 ヒートポンプユニット導入前

おり、温水はボイラー給水加熱として、また冷水はチョコレートプラントで用いられるチラー水として使用されている。水熱源エコキュートの導入前は、ボイラー給水は「Site-A」と同様に30℃程度であり、冷水は専用のチラーで冷やす方式であった。

導入前の概略システムと導入後の概略システムを図5および図6に示す。また外観を写真3に示す。

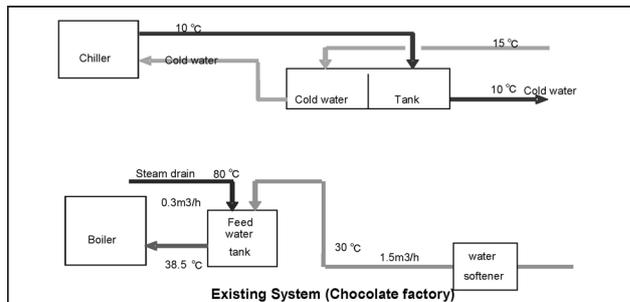


図5 ヒートポンプユニット導入前

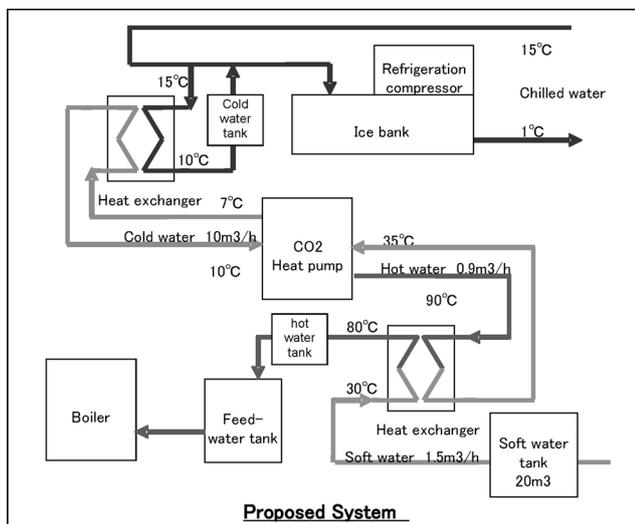


図4 ヒートポンプユニット導入後

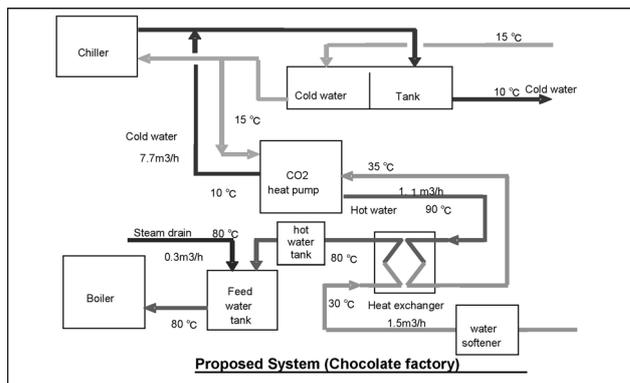


図6 ヒートポンプユニット導入後



写真2 「Site-A」 導入外観



写真3 「Site-B」 導入外観

一方、「Site-B」は、チョコレートプラントであり、「ヒートポンプユニット」は2013年8月から稼動して

なお、「ヒートポンプユニット」の核である「水熱源エコキュート」は温水と冷水を1台の装置で同時に加熱冷却できるため効率的であるが、加熱側、冷却側の負荷バランスが崩れた場合、一方の機能を単独で満たすことができないという弱点がある為、「Site-A」

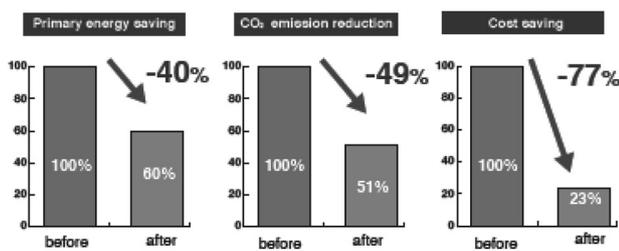
「Site-B」の両サイトとも、温水タンクと冷水タンクを導入先で準備し、短時間のバッファ機能を持つことで有効に運転できるように工夫されている。

5. ヒートポンプユニットの導入効果

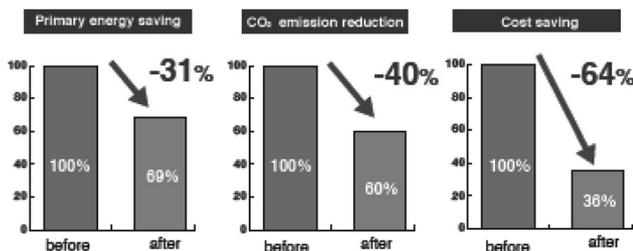
「ヒートポンプユニット」の導入効果は、ボイラーへの給水加熱による燃料使用量の削減とプロセス冷却での既設冷凍機の負荷低減による電気使用量の削減である。

インドにおいても、日本と同様に重油やガスを燃料とするボイラーが主流であり、燃料代や電気代は日本と大きくは変わらない為、「Site-A」「Site-B」とも「ヒートポンプユニット」を導入することでランニングコスト及びCO₂排出量が削減された。

グラフ1およびグラフ2は「Site-A」および「Site-B」のヒートポンプユニットによるランニングコストとCO₂排出量の削減効果である。



グラフ1 「Site-A」への導入効果



グラフ2 「Site-B」への導入効果

また、この「ヒートポンプユニット」が期待通りの運転を続けた場合、「Site-A」「Site-B」各工場で使用する全エネルギーに対するインパクトは、表2となり、大きな効果が期待できる。

なお、余談であるが筆者がインドで何社かを視察した際には、籾殻を燃料とするボイラーを幾つか見かけた。このような例など「エコキュート」による効果が期待できない場合もある。

表2 工場全体に対するインパクト

	Site A	Site B
Energy Charge	3.7%	4.3%
CO₂ Emission	1.4%	2.1%
Primary Energy	1.2%	2.2%

6. ヒートポンプの普及促進に対する課題

今回、インドへ初めて「ヒートポンプユニット」を納入したが、日本と異なる国とやかにマッチングさせるかという事が、今後の展開に至る課題の一つといえる。特に一つ目の課題として、・気象条件（気温・季節・乾燥・塵埃・土壌等）・生物環境（獣害・虫害・植物など）に代表される「環境要因への対応」と、・ユーティリティーの品質・習慣上の違い・資材類の入手性・規格の違いといった「異文化要因への対応」を十分に考慮する必要がある。次に二つ目の課題としては、「エコキュート」は日本が世界をリードする技術の一つであり、インドではまだまだ認識されていないという現実があり、期待できる効果を明確に伝える事も普及のための重要な要素といえる。三つ目の課題としては、オペレーターの育成やメンテナンス体制およびシステム構築力が挙げられる。四つ目の課題は、設備導入費用面である。ヒートポンプは高価な装置であり、さらに関税や輸出費用が高むことから、ユーザーの費用負担が大きい。導入のためのインセンティブを含め、これらの課題をいかに克服するか？により今後の展開が左右されると云える。

7. おわりに

本稿で紹介した通り、インドにおいてもヒートポンプは大きな導入効果が得られる技術といえる。

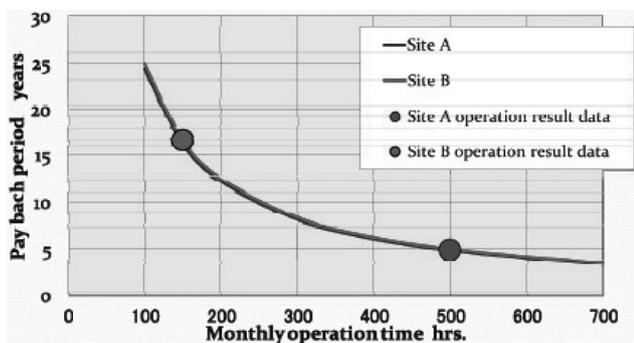
ただし、先述したとおり一足飛びに普及にいたるものではなく、様々な課題がある。

特に大きな課題は「インシャルコスト」と「人」の問題である。インシャルコストについては、税制面の優遇や補助金などによるインセンティブがあれば、普及促進に対して大きなインパクトになると考える。

一方、「人」の問題については、プロセスでどのように活用したらよいか？どのような運用をすればよいか？そのためのシステム構築をどうするか？といったプラント設計や、オペレーションの方法、メンテナン

ス体制の構築など、少し時間がかかるテーマであるが、相互に理解を深めていく事で、ハード面や運用面での不具合を最小限に留め、高い信頼性を確保し、リスクを軽減できるような交流が必要であると云える。

グラフ3は、ヒートポンプユニットの運転時間に対する投資回収年数を予測したものである。



グラフ3 稼働時間と投資回収年数

これは、インドでの導入事例を基に算出したグラフであり、月間の稼働時間が長いほど、投資回収は早くなる事を示している。

ここで、導入のための優遇措置や、運用面・技術面での移管によるコストダウンが進めば、より短期間に投資回収が可能になるといえ、日本と同様に普及が進むものと推察する。

地球上のCO₂濃度が上昇し続けている中、インドにおいてヒートポンプ技術への注目が高まれば、その導入効果は世界的にも大きなインパクトになるものと筆者は考えている。

なお、本稿で紹介した導入事例は、公益財団法人地球環境戦略研究機関（IGES）による「インドにおける低炭素技術の適応促進に関する研究」において、ヒートポンプユニットを導入した実績について記載したものである。IGES 関西研究センターの鈴木所長をはじめ、JICA、JST、TERI および本研究でお世話になった全ての皆様に対して、ここに記して謝意を表する。

参考文献

IGES and TERI, 2014. Research Partnership for the Application of Low Carbon Technology for Sustainable Development (ALCT), eds Shiga, Y., Rabhi, A., Ghosh, A. M., Sharma, G., Tachibana, M., Hong, Y., and Suzuki, Y., IGES Kansai Research Centre, Kobe, Japan.

IGES KRC, Experience of operation of EHP (Eco Cute) at dairy factories, Dissemination Workshop on Application of Low Carbon Technology for Sustainable Development, 17 January 2014, Chandigarh (India)