

地球規模課題対応国際科学技術協力(SATREPS)
分野・領域「環境・エネルギー分野」

課題・案件名「インドにおける低炭素技術の適用促進
に関する研究」
(相手国：インド)

終了報告書

期間 平成22年 5月～平成26年 3月

代表者氏名： 鈴木 胖
(公益財団法人 地球環境戦略研究機関
関西研究センター 所長)

§ 1 プロジェクト実施の概要

《チームとしてまとめたプロジェクト実施内容や経緯、得られた成果等の研究全体概要を、簡単に分かり易く、概ね1～2ページ程度にまとめてください。》

日本の低炭素技術は、1970年代以降の技術開発成果を組み込んだ高度なシステムへと転換し、国内市場、特に、製造業および業務部門で、大きな省エネ成果を実現した。一方、国際的普及という点からみると、アジア始め他国での導入はいまだ進まず、その競争力が十分に認識されるにいたっていない。

本プロジェクトの狙いは、日本の低炭素技術が、どの程度海外において適用可能なのか、あるいは適用を阻害している要因はなにかを洗いだすことにある。このためには、省エネ効果を他国においてどの程度実証できるのか、また実証された成果を、国際間で相互に認識できるようなフレームワークづくりも求められる。

IEAなどの国際機関は、地球温暖化対応策の一つとして、エネルギーの供給能力の改善とともに、エネルギーの需要段階での消費効率をどう高めるかに着目すべきだと再三指摘してきている。この点でも、エネルギー消費抑制に効果のある日本の低炭素技術の効率性を国際的に認識できるような実証的な方法を追求する必要がある。

本プロジェクトでは、急速な経済成長を遂げつつあるインドに焦点をあてて、日本の低炭素技術の適用を促進・加速する方法論を日印が共同で研究を行う。インドは世界第3位の温室効果ガス排出国であり、同時に排出量の大きな削減ポテンシャルを有している。

研究の初期段階では、本プロジェクト遂行にあたって、研究対象の絞り込みを次のように行った。

《研究対象の絞り込みと留意点》

- ① エネルギー消費部門として、製造部門および業務部門に着目する。
- ② インド側からの強い要望により、省エネポテンシャルの高い中小企業部門を対象とする。

《研究課題と留意点》

- ① 適正技術の選択：日本の低炭素技術のうち、とくに、技術単体よりも、技術適用の際のプロセス、設計改善方法も研究対象とする。
- ② 生産工程との整合性：適用にあたっては、生産工程からくる熱循環過程に着目するなど、産業ごとの生産工程の違いや建屋の特徴、気候条件の違いに留意し、それと整合させるためのシステム設計上の工夫やノウハウの伝達に力を入れる。
- ③ 公的枠組みの設定：ある技術を、市場取引以外の方法で、国際的に適用するには、技術の適用・移転に伴う費用負担、メンテナンスの可能性、人材育成のニーズなど市場以外の要素を担保すると同時に、民間企業との連携を強化しなければならない。これらのマルチの関係者間の協力体制をどうつくるか、また、プロジェクトの公的性格を担保するため日インドの政府機関、自治体、研究機関の連携枠組みの構築に力を入れる。

これらの課題に基づき、本プロジェクトでは、パイロット事業を通じた実証実験を効果的に活用することとし、インド側・日本側で政府および研究レベルの相互理解を図りながら、日本側で、CO₂削減効果の大きい先端技術（リープフロッグ技術）の抽出を行った。

一方、インド側では、エネルギー消費量の大きいプロセス技術及び工業セクターのニーズ、および適用可能な部門と企業を抽出して、適用現場を決定するためのマッチングを行い、低炭素技術の選定を進めた。

パイロット事業の実施にあたっては、インドのSME (Small and Medium Enterprise: 中小企業)の延べ約 60 サイトを対象として適用可能性調査(F/S: Feasibility Study)、さらに詳細調査(D/S: Detailed Study)を実施し、JCC (Joint Coordinating Committee: 合同調整委員会)における確認を行いながら、技術及びサイトの選定について段階的に取り組んだ。

第2回JCCの開催(2011年11月)以降は、パイロット事業の実施に向けて、候補サイトのSMEの協力を取り付ける事に注力したが、実際には、協力を取り付けるまでに半年以上の期間を要した。これは、SME側で、既存の生産ラインに、未知の新技术を入れ、運転管理していくことに対する不安感、また

機材の輸入に係る関税や機材の据付工事費用などの負担を強いられることに対する抵抗感が強かったからである。このため、調整に多くの時間を要した。技術移転においては技術の提供側と、それを受け入れる側の合意形成がきわめて重要だが、適用可能な低炭素技術を特定し、また候補サイトを選定できたことは大きな成果である。

このような経過を経て、日本から調達した GHP 及び EHP の機材の導入およびシステム設計が民間企業の協力によってなされ、各々 2 サイトで運転が開始された。また圧縮空気システム及び誘導溶解炉については、専門家の指導に基づくカイゼン提案を受けて運転管理に係るサポート事業として展開されている。

エネルギー消費データ、気温、湿度などのデータ類を取得する体制を整え、機材の運転を通じた検証を行った。その結果、日本の低炭素技術がインドにおいて CO₂ の排出量削減に大きく寄与するだけではなく、エネルギーコストの低減にも貢献できるポテンシャルを有することを実証を通じて明らかにすることができた。また、現場での実証実験を継続的に行えるような国際的な研究開発体制が出来上がったことも本プロジェクトの大きな成果である。

また、適用プロセスでは、機材の調達や運転開始後の実験を経て、技術やシステムの整合性、技術の改良点、コスト削減の可能性などについて、改善点の抽出も行った。例えば、投資コストの問題、技術に対する信頼性の確保、SME の組織や従業員の能力向上、さらに文化・習慣の違いや言葉の壁といった点である。

低炭素技術の普及に向けた課題としては、インド国側から、第 2 回 JCC(合同調整委員会)の会議で、議長であるインド環境森林省のラシュミ局長から、「低炭素技術の普及促進のための鍵は、当該技術を利用する SME の能力の開発と当該技術のコスト低減である」という認識が示されている。この点については、日本側民間企業との連携による更なる技術的検討が必要である。

また、今後の普及については、パイロット事業による個々の活動をどう面的に展開していくかという課題がある。この点では、IGES 及び TERI の連携のもと、パイロット事業に参加した日本企業及びインド側 SME に加えて、同一クラスター内の SME、業界の協会へとネットワークが広がり、低炭素技術の普及に向けての活動基盤が得られつつある。

これらの成果や支援施策については、引き続き日本及びインド政府を始め、関係機関との情報共有を図り、普及に向けての取組を促進させていく必要がある。特に、制度面、財政面、人的な面などからの支援施策について協議することにより、官・学・民の連携や、積極的な情報発信、効果的なキャパシティ・ビルディングの実施、また民間企業の戦略的な取組などと併せて、総合的に対策を推進していくことが重要である。

情報発信については、マスコミでの積極的報道もあり、現地での社会的なインパクトは大変大きいものとなっている。また、キャパシティ・ビルディングの活動は、個別の SME のみならず、インドの工業クラスターへの広がり、クラスターレベルの関心も高まっている。ワークショップの開催時には、業界の協会の協力により、クラスター企業が多く参加した。パイロット事業で適用された技術は、産業において汎用性、かつ適用性の高い技術であることから、類似する産業やクラスターへの波及効果も高いものと考えられる。

今後は、本研究で低炭素技術の実証運転を行ったサイトにおいて可能な限りデータ収集等のフォローを行いつつ、得られた成果に基づき、日本・インド両国政府や、国際機関との連携を強化することにより、普及に向けた新たな展開を図る必要がある。具体的には、同一あるいは類似のクラスターを対象として、機材とシステム設計ノウハウを組み合わせた低炭素技術の普及、それらに対する支援施策、CO₂ 排出量の削減効果目標を内容とする低炭素計画の策定を推進するべきである。

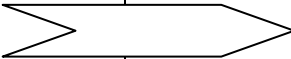
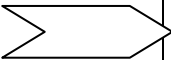
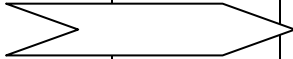
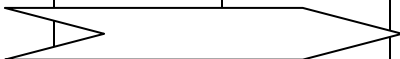
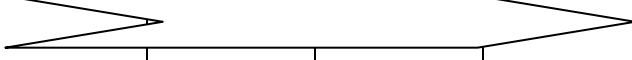
また、具体的対策として、ESCO 事業などの民間によるサービス、インド政府によるエネルギー効率向上ミッション(NMEEE)、JBIC(国際協力銀行)の資金メカニズム、さらに JCM といった二国間での協力なども視野に入れ、短期的に、中期的に計画を実施することが必要である。これらの活動計画は、民間ビジネスへの展開と併せて、インドにおける CO₂ 排出量の大幅な削減の実現、また日本国の気候変動政策に、大きく貢献すると考えられる。

§2. プロジェクト構想(および構想計画に対する達成状況)

(1) 当初のプロジェクト構想

《プロジェクト開始時に目指した目標や立案した全体研究計画・進め方の概要を簡潔に記述してください。》

本プロジェクトの目標は、日本の低炭素技術のポテンシャルを明らかにし、またその適用を促進・加速する方法論を提案することにある。この目標を達成するため、下表のとおり研究段階を 6 つの component にテーマ別に分類し、計画的に研究活動を推進した。

項目	H22年度	H23年度	H24年度	H25年度
1. 低炭素技術移転に係る政策および既存事例の把握・分析				
2. 日本 — 技術供給側の分析				
3. インド — 技術需要側の分析				
4. GHG低減に向けた移転技術の選定および優先度の振り分け				
5. パイロット事業を通じた分析と実証				
6. 低炭素技術の適用促進：認証・標準に係るフレームの提言およびキャンペーン・ビルディング				

* 項目 1 - 6 はコンポーネント 1 - 6 に対応。

日本の低炭素技術についてインドで実験的に実施するパイロット事業(Component 5)は、本研究を大きく特徴づける重要な要素の 1 つである。このパイロット事業を効果的に活用するためには、日本の低炭素技術の導入例を、産業ごと、生産工程ごとにパターン化して、中小企業独自の経営判断との整合性を明らかにする必要がある。この部分を、京大側の研究チームが担当し、伝達すべきノウハウなどを抽出した。

インド側の技術需要については、IGES 側がパイロット事業の適用サイトを抽出するために、数回の現地取材、関係者との協議を行い、これが基礎となって、技術の選定プロセスに入ることができるようになった。この現地での協議、パイロットの事業の適用サイトの選定は予想以上に多くの時間と労力を要した。しかし、これが民間企業との連携プレーを作り出すためのノウハウとなり、活動基盤ができていった。

パイロット事業を通じた分析と実証においては、民間企業との連携体制を確立するために、複数の民間企業からのエンジニアに IGES に出向してもらい体制を組み、常時情報共有できる体制を作ったことが、効果的な実証実験につながった。民間企業のノウハウを移転する体制づくりは、本プロジェクトにおいて、きわめて大きな特徴であり、今後の参官学の国際的研究の推進体制のモデルになるだろうと考えられる。

(2)新たに追加・修正など変更したプロジェクト構想

《プロジェクトを進めていく中での新展開から生まれた新たな計画や目標等、あるいは修正を行った点など、簡潔に記述してください。》

日本の低炭素技術についてインドで実験的に実施するパイロット事業(Component 5)を通じて、いくつかの事実が判明した。

- ① 現地施設の実地調査を通じて、当パイロット事業が必要とする技術においては、当初想定していた機械(ハード)と同等に、その運用面(ソフト)も大事であり、そのプロセスに、低炭素化、省エネの余地が存在する事が明らかとなった。
- ② 日本とインドでは、生産現場における環境条件の違いが大きく、低炭素技術の導入以前に、生産現場の違いについても、配慮する必要がある。
- ③ 機材の設置については、日本のエンジニアのサポートを多く必要とすること。各生産工程、あるいは建屋の特徴からくるニーズに合わせて、空調設備を設置する作業などは、機材自体よりも人的サポートを多く必要とする。

これらの調査結果を踏まえて柔軟に関係者間で検討した結果、誘導溶解炉および圧縮空気システムについては、その運用面の改善を通じたパイロット事業を展開することとした。また、技術の適用・普及に向けて、個々の技術に対するニーズを踏まえて効果的なキャパシティ・ビルディングを実施することとした。

(3)活動実施スケジュール(実績)

(Plan of Operation に実績のバーチャートを線引きしたもの)

Calendar Year	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Terms of Cooperation						
1.1. Study and analyze technologies and relevant conditions of supply side						
1.1.1. Identification of candidate low carbon technologies especially related to small medium enterprises						
1.1.2. Assess the co-benefit of the energy/GHG reduction potential of each technology						
1.1.3. Clarify relevant issues (e.g. energy saving, cost, payback, applications, IPR etc) regarding each Japanese technology						
1.2. Study and analyze needs of the technology and relevant conditions of demand side						
1.2.1. Study the present technological level, energy consumption and potential for application in India of the technologies proposed						
1.2.2. Study of Indian local conditions and need of modifications in proposed technologies						
1.3. Select the appropriate technologies to be applied in India						
1.3.1. Shortlist the appropriate Japanese technologies including those to be applied in the pilot projects.						
1.3.2. Make modifications/improvements in short-listed technologies						
2.1. Pilot projects						
2.1.1. Identify potential industrial and commercial users in India willing to undertake demonstration						
2.1.2. Design of research framework involving private sectors and the establishment of the collaborative team						
2.1.3. Study the feasibility of proposed projects keeping in view the specific requirements and existing conditions at the site of the end-users in India						
2.1.4. Implement pilot projects on low carbon technologies in India						
2.1.5. Measure, monitor and evaluate pilot projects (e.g. GHG emissions, energy savings, financial viability and environmental performance)						
2.1.6. Analyze and verify environmental, economical and social impacts						
2.2. Capacity building related to pilot projects						
2.2.1. Design the capacity building programs						
2.2.2. Select at least 100 engineers and managers from SMEs in India.						
2.2.3. Practice the capacity building through pilot projects						
2.2.4. Conduct documentation of the capacity building programs						
3.1. Review existing practices regarding low carbon technology transfer/application						
3.1.1. Collect fundamental information regarding stakeholders, institutional affairs, and capacity building programs						
3.1.2. Analyze existing practices related to technology transfer/application						
3.1.3. Identify accelerating factors and barriers regarding low carbon technology transfer/application						
3.2. Formulate application scheme of low carbon technologies in India						
3.2.1. Identify roles of stakeholders						
3.2.2. Clarify essential institutional affairs						
3.2.3. Recommend the establishment of a capacity building system						
3.2.4. Suggest an integrated facilitation system						
3.2.5. Conduct workshops and seminars for mutual understanding and dissemination						
Evaluations						

Remarks: - (1) Other technologies not necessary (according to NDC for the 2nd JCC). (2) Modification of hard technologies (if needed). (3) Case where soft technologies will be implemented as pilot project
- blue line: original plan, orange line: actual progress

青線はオリジナルの計画に基づく、オレンジ線は実績

§ 3 プロジェクト実施体制・投入実績

3. 1. 実施体制

(1) 研究グループ I: 公益財団法人地球環境戦略研究機関 (IGES)

【日本側】

グループ リーダー	氏名	所属	役職 (身分)	研究参加期間				備考
				開始		終了		
				年	月	年	月	
○	鈴木 胖	公益財団法人 地球環境戦略研究機関	関西研究センター所長	2009	6	2014	3	
	小林 悦夫	公益財団法人 地球環境戦略研究機関	参与 兵庫県参与	2009	7	2014	3	
	須藤 欣一	公益財団法人 地球環境戦略研究機関	副所長	2011	7	2014	3	
	竹本 明生	公益財団法人 地球環境戦略研究機関	主任アドバイザー	2011	7	2014	3	
	雫石 芳男	公益財団法人 地球環境戦略研究機関	総務課長	2011	4	2014	3	
	Rabhi Abdessalem	公益財団法人 地球環境戦略研究機関	研究員	2010	4	2014	3	
	山本 竜一	公益財団法人 地球環境戦略研究機関	研究員	2013	4	2014	3	
*	志賀 雄樹	公益財団法人 地球環境戦略研究機関	研究員	2009	6	2014	3	
*	川西 康平	公益財団法人 地球環境戦略研究機関	フェロー	2011	5	2014	3	
	関本 和也	公益財団法人 地球環境戦略研究機関	フェロー	2011	7	2014	3	エキスパートG
	銚井 修一	公益財団法人 地球環境戦略研究機関	フェロー	2012	11	2014	3	
	新船 幸二	公益財団法人 地球環境戦略研究機関	フェロー	2009	7	2014	3	
	藤原 誠	公益財団法人 地球環境戦略研究機関	フェロー	2013	10	2014	3	
	神原 勝彦	公益財団法人 地球環境戦略研究機関	客員研究員	2009	9	2014	3	
	宮住 光太	公益財団法人 地球環境戦略研究機関	客員研究員	2009	9	2014	3	
	藤本 悟	公益財団法人 地球環境戦略研究機関	客員研究員	2009	9	2014	3	
	東 洋一	公益財団法人 地球環境戦略研究機関	客員研究員	2009	9	2014	3	
	黒川 寛	公益財団法人 地球環境戦略研究機関	客員研究員	2012	9	2014	3	
	田村 直樹	公益財団法人 地球環境戦略研究機関	客員研究員	2010	11	2014	3	エキスパートG
	池西 佑之	公益財団法人 地球環境戦略研究機関	客員研究員	2011	10	2014	3	エキスパートG
	金子 光司	公益財団法人 地球環境戦略研究機関	客員研究員	2011	10	2014	3	エキスパートG
	中曽 康壽	公益財団法人 地球環境戦略研究機関	客員研究員	2010	7	2014	3	エキスパートG
	神戸 雅範	公益財団法人 地球環境戦略研究機関	客員研究員	2012	5	2014	3	エキスパートG
	並木 弘	公益財団法人 地球環境戦略研究機関	客員研究員	2011	6	2014	3	エキスパートG
	北山 英博	公益財団法人 地球環境戦略研究機関	客員研究員	2011	11	2014	3	エキスパートG
	江頭 裕幸	公益財団法人 地球環境戦略研究機関	客員研究員	2012	4	2014	3	エキスパートG
	齊藤 司	公益財団法人 地球環境戦略研究機関	客員研究員	2011	9	2014	3	エキスパートG
*	橘 美加	公益財団法人 地球環境戦略研究機関	研究補助員	2009	6	2014	3	

(2) 研究グループ II: 国立大学法人京都大学大学院工学研究科

【日本側】

グループ リーダー	氏名	所属	役職 (身分)	研究参加期間				備考
				開始		終了		
				年	月	年	月	
	竹内佐和子	パリ日本文化会館	館長	2012	4	2014	3	
○	清野純史	京都大学工学研究科	教授	2012	4	2014	3	
	銚井修一	京都大学工学研究科	教授	2012	11	2014	3	
	Rusnardi Rahmat Putra	京都大学工学研究科	研究員	2013	4	2014	3	
	水上輝	京都大学工学研究科	院生(修士課程)	2013	4	2014	3	
	新井廉太	京都大学工学研究科	院生(修士課程)	2013	4	2014	3	

(3) 研究グループ III: The Energy and Resources Institute (TERI)

【Indian side】

グループ リーダー	氏名	所属	役職 (身分)	研究参加期間				備考
				開始		終了		
				年	月	年	月	
○	Girish SETHI	The Energy and Resources Institute (TERI)	Senior Fellow and Director, TERI	2009	6	2014	3	
	Prosanto PAL	The Energy and Resources Institute (TERI)	Senior Fellow, TERI	2009	6	2014	3	
	P Sridhar CHIDAMBARAM	The Energy and Resources Institute (TERI)	Fellow, TERI	2010	5	2012	5	
	Stuti NARAYAN	The Energy and Resources Institute (TERI)	Research Associate, TERI	2011	5	2012	4	
	N VASUDEVAN	The Energy and Resources Institute (TERI)	Senior Fellow, TERI	2010	5	2014	3	
	I P Suresh KRISHNA	The Energy and Resources Institute (TERI)	Research Associate, TERI	2010	5	2012	1	
	Ananda Mohan GHOSH	The Energy and Resources Institute (TERI)	Fellow, TERI	2010	5	2014	3	
	Pawan Kumar TIWARI	The Energy and Resources Institute (TERI)	Associate Fellow, TERI	2010	5	2014	3	
	Sahil MALHOTRA	The Energy and Resources Institute (TERI)	Research Associate, TERI	2010	8	2012	4	
	Upinder Singh DHINGRA	The Energy and Resources Institute (TERI)	Research Associate, TERI	2010	1	2014	3	
	Gaurav SHARMA	The Energy and Resources Institute (TERI)	Research Associate, TERI	2012	3	2013	12	
	Shitij KAKKAR	The Energy and Resources Institute (TERI)	Research Associate, TERI	2012	9	2013	11	
	Jitendra Kumar SRIVASTAVA	The Energy and Resources Institute (TERI)	Research Associate, TERI	2012	8	2012	11	
	Vivek SHARMA	The Energy and Resources Institute (TERI)	Research Associate, TERI	2013	3	2014	3	
	Chetan Kumar SANGOLE	The Energy and Resources Institute (TERI)	Fellow, TERI	2013	7	2014	3	
	D RAMESH	The Energy and Resources Institute (TERI)	Fellow, TERI	2013	2	2014	3	
	E Nand GOPAL	The Energy and Resources Institute (TERI)	Research Associate, TERI	2013	2	2014	3	
	Sachin KUMAR	The Energy and Resources Institute (TERI)	Fellow, TERI	2013	8	2014	3	

§4 プロジェクト実施内容及び成果

《プロジェクト全体(グループを統合した全体の成果と今後期待される効果)および§3の研究グループ/研究題目毎に各グループのプロジェクト実施内容を記載してください(全体で10～40ページを目安)。本報告書は研究終了後に、冊子体、CD-ROM、JSTのホームページ等で公開を予定しております。**未出願特許の内容等、非公開とすべきものは、別途補足説明資料(様式不問)に記載ください。**》

4.0 プロジェクト全体

(1)グループを統合した全体の成果

《加えて、カウンターパートへの技術移転の状況(日本側および相手国側と相互に交換された技術情報を含む)、成果の位置づけや類似プロジェクトとの比較をまとめてください。》

①JSTプロジェクト目標について

「インドに移転・普及すべき日本の低炭素技術および移転・普及のための技術の改良点、方策(移転の障害の克服)等を提言する。」ことをプロジェクト成果目標とする。

これまで、C1(低炭素技術移転に係る政策及び既存事例の把握・分析)、C2(日本—技術供給側の分析)及び C3(インド—技術需要側の分析)の各成果に基づき、C4(GHG 低減に向けた低炭素技術の選定及び優先度の振り分け)の研究を推進し、適用可能な低炭素技術を選定することができた。

C5(パイロット事業を通じた分析と実証)では、2つの技術(GHP 及び EHP)を対象に設備・機材の調達を行い、各々2つの現地サイトを対象に据付工事の支援を行った。その結果、現在、各サイトにおいて、導入された設備が稼働しているところである。また、CO₂ 排出量やエネルギー消費量等の削減効果を確認するため、事前の計測を実施したのち、設備導入後の計測を行った。これまでの得られたデータから、それぞれ一定の削減効果について確認できたところである。さらに、圧縮空気システム及び誘導溶解炉については、既存設備について、日本の専門家による技術指導及びキャパシティ・ビルディングにより運転管理面から改善活動を展開した。これらの取組を通して、移転・普及のための技術の改善点を抽出し、対策の確認を行った。

さらに、これらの知見に基づき、C6(低炭素技術の適用促進: 認証・標準に係るフレームの提言およびキャパシティ・ビルディング)において低炭素技術の普及に向けての政策措置と、日本・インド政府並びに国際機関に対するアプローチについて、検討を行った。その結果、関係するステークホルダーとして、インド政府、日本政府をはじめ、関係の国際機関や民間企業毎に、その責任や期待される役割等を盛り込んだ施策の方向について、提言案の原稿を作成した。

②低炭素技術適用促進策の作成・産官学の役割を明確化した政策提言

提言案の具体的な内容は、以下のとおりである。

[インド政府]

- ・国家計画に基づくエネルギー効率ミッションの強化(PAT スキーム、資金援助施策、関税の軽減措置など)
- ・インド科学技術省による重点的取組など個別の支援プロジェクト

[日本政府]

- ・若手技術者や研究者の育成に対する重点的な取組支援
- ・JCM の早期締結
- ・クラスターレベルでの普及計画など調査研究活動への支援拡充

[資金メカニズムや国際機関との連携]

- ・JBIC、インド国 SIDBI(インド中小産業開発銀行)、ESCO などの積極的な活用
- ・CTCN や LoCAR-Net などの国際機関との連携

[民間企業による生産体制の戦略的取り組み]

- ・イニシャルコストの低減に向けての段階的な取組(設備費補助の活用、一部部品の現地調達、将来的な展望について戦略的な検討など)

- ・生産体制とともに、現地の技術力を活かした施工管理、また現地拠点に基づく維持管理体制をパッケージとした日本の低炭素技術の優位性を明確化すること

③パイロット事業を通じた分析と実証

- 対象 GHP(鋳物工場)2 サイト、EHP(乳業工場)2 サイト

⇒現地サイトによる新技術導入への不安感、関税や据付工事などの負担を強いられることに対する不安感から、当初予定より大きく遅れた。IGES からのサポートを含め、TERI による粘り強い交渉による、ようやく進展。現在は、それぞれのサイトで設備・機材が稼働中である。

- 実証技術の CO₂ 排出削減量等の検証

[パイロット事業による効果]

GHP:

GHP の導入前の計測が、2012 年 10 月から 2013 年 2 月(途中で、GHP に変換)と冬季での運転に対して、GHP の導入後は運転負荷の高い時期(夏期)が含まれた。このため、両者について単純に比較することはできないため、現地年間平均気温に近い 3 月ごろの冷房負荷量で比較検討を行った。その結果、GHP の導入によるエネルギー効率及び CO₂ 排出量の削減効果について約 4 割から 5 割程度と推定された。

EHP:

EHP の導入による CO₂ 排出量の削減効果は、Milkfed 社においておよそ 40%、また Amul 社では約 30%が得られた。

④パイロット事業で実証する技術の主な改善点の抽出と確認

[GHP]

- ・作業室のダスト対策として、フィルターを設置した。運転開始後、当初予想していた以上にダストが多いため、フィルターを追加した。
- ・設備・機材に影響が生じないよう、現地のガスの性情(硫黄分等)について、メーカーによる判定基準濃度内であることを確認した。
- ・現地の電力事情により時々停電が生じ、復電時にタイマー機能に一部影響が生じることが明らかとなった。SME の意向を踏まえながら対応することとなった。

[EHP]

- ・日本と異なる設置環境のため、気象条件や生物環境(猿など)により、運転に支障が生じないように設計に配慮した。例えば、冷水側の温度が上がりすぎた場合にはバイパス回路により、EHP の入水温度を制限内にするような機能や、また野生動物が不用意に接触することにより動作不能となる懸念があるため、測定機器類はカバーを有する構造などとした。
- ・今回、据付する EHP 本体及び熱交換器と、既存の生産ラインと接続については、現地で用意された配管やタンクを通して行った。このため、EHP 本体だけではなく、現地側でのタンクや配管についても、熱のロスをできるだけ少なくすることが必要であった。温水タンクや冷水タンク、主要な配管については、耐熱材を貼り付けた。

(2)今後期待される効果

《成果の今後の展開見込、想定される科学技術や社会への波及効果についても記述してください。》

本プロジェクトをととして、マスコミでの報道も積極的に取り上げられており、社会的なインパクトは大変大きい。また、キャパシティ・ビルディングの活動は、個別の SME のみならず、インドの特徴的でもあるクラスターへの広がりを見せており、クラスター内での関心も高まっている。また、ワークショップの開催においては、関連する産業の協会も協力をしており、産業、クラスター、個々の SME と一体となった活動が展開された。

また、パイロット事業で実施してきた技術については、ハードもソフトも、汎用性のある、適用

の広い技術であることから、類似する産業やクラスターへの普及も考えられる。

この活動基盤、ネットワークを核として、本研究により得られた成果に基づき、また日本・インド両国政府や関係の国際機関との連携を強化することにより、普及に向けた新たな展開が期待される。

4. 1 低炭素技術の移転・適用促進に係る戦略策定および協力体制構築に関する研究 (公益財団法人地球環境戦略研究機関 (IGES))

(1)研究実施内容及び成果

《実施方法・実施内容・成果に加え、カウンターパートへの技術移転の状況(日本側および相手国側と相互に交換された技術情報を含む)、成果の位置づけや類似研究との比較をまとめてください。》

C1: 低炭素技術移転に係る政策および既存事例の把握・分析

1.1. UNFCCC プロセスにおける技術移転に関する議論

1994年以降、締約国会議 (COP) の各セッションにおいて、締結国は環境上適正な技術の開発および移転に関する決定を行ってきている。しかも、技術開発および移転は、Subsidiary Body for Implementation (SBI、実施に関する補助機関) 並びに、Subsidiary Body for Scientific and Technological Advice (SBSTA、科学上及び技術上の助言に関する補助機関)の両機関における不変の課題項目である。経時的課題および主要決定事項の進展については、以下の図に示す。

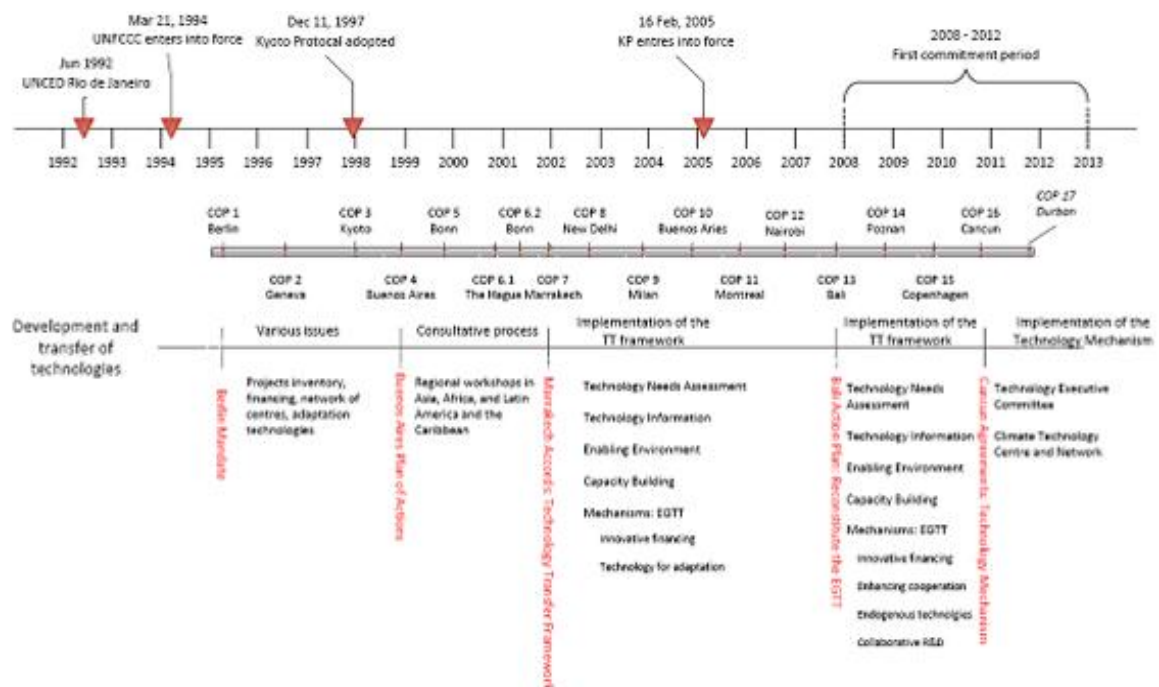


Figure 1-1: An evolution of technology transfer related issues under the UNFCCC process.
(Source: UNFCCC report)

UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change、国連気候変動枠組み条約) の技術開発および移転に関する交渉では多種多様な分野において収斂をもたらした。このことは確かに重要な前進ではあるものの、これらの分野は締結国間で合意に達するのが比較的容易な分野であった。交渉の中でさらに困難な要素はまだ解決しておらず、実質的に意見の相違がある分野がまだいくつか残っている。IPR (Intellectual Property Rights) の役割や取扱いに関する意見の相違が特に目立っている。金融、MRV (Measurable, Reportable and Verifiable) に関する

規定、ならびに、技術移転に関するコンプライアンスは、また他の論争分野である。UNFCCC締結国間のこれらの意見の相違がもうしばらくの間継続され得ることが指摘されている。

CO₂ 排出量削減のための効果的な手段の実施は国際社会における緊急の課題である。低炭素社会の概念が表われ、この概念を実現するための低炭素技術が注目されている。

1.2. 技術開発と移転に焦点をあてている既存のイニシアチブ

低炭素技術移転に焦点をあてたいくつかの多国間・二国間イニシアチブは既に実施されている(Table 1-1)。アジア諸国、とりわけ中国、インド、日本、韓国はこれらイニシアチブの多くにおける参加国である。

Table 1-1: An example of initiatives focusing on development and transfer of technologies.

	USA	EU	Japan	China	India	Indonesia	R. Korea
Gleneagles Dialogue (2005)	✓		✓	✓	✓	✓	✓
G8 Gleneagles Plan of Action (2005)	✓	✓	✓				
Asia-Pacific Partnership for Clean Development and Climate (APP) (2005)	✓		✓	✓	✓	✓	
Methane to Market Partnership (M2M) (2004)	✓		✓	✓	✓	✓	✓
Carbon Sequestration Leadership Forum (CSLF) (2003)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
International Partnership for the Hydrogen Economy (IPHE) (2003)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
World Bank Global Gas Reduction Flaring Reduction Partnership (CGFR) (2002)	✓	✓				✓	
Generation IV International Forum (GIF) (2001)	✓	✓	✓				✓
Climate Technology Initiatives (CTI) (1995)	✓		✓				✓
Greenhouse Gas R&D Programme (1991)	✓	✓	✓		✓		✓

これらのイニシアチブのうちのいくつかは、アジアの参加国に低炭素アプローチに向けた開発に移行するための貴重な機会を提供することが可能である。それらには技術移転プロセスへの民間の参画を促進することにより技術移転を促進する大きな可能性がある。例えば、M2M(メタン市場化) パートナーシップへの民間部門の参画は、プロジェクト・ネットワークと呼ばれるメカニズムによって促進され、キャパシティ・ビルディング、技術移転、民間の直接投資を促進するのに極めて重要であると考えられる。M2Mパートナーシップ (すなわち中国、日本、インド、および大韓民国といった全ての主要GHG排出国はメンバーである) を通じて、あるアメリカの企業は、中国の120MWの石炭層および炭鉱メタン発電所に発電設備すべてを供給するUSD 5800万の契約を取り付けた(Sudo *et al.* 2006)。さらに、上記Table 2-1のAPPを通じて、次の分野をカバーする8つの半官半民セクターのタスクフォースが設立された:(i)クリーンな化石エネルギー、(ii)再生可能エネルギーおよび分散型発電、(iii)発電および送電、(iv)鋼、(v)アルミニウム、(vi)セメント、(vii)採炭、および(viii)建物および機器。気候変動の問題が主要8カ国首脳会議 (G8) において議題項目になったように、クリーンな技術への民間投資および移転を強化するべく、よりクリーンな技術の配置を促進し、アジアおよび他地域の発展途上国と連携する

ために、2005年のサミットでは「Gleneagles Plan of Action on Climate Change, Clean Energy, and Sustainable Development」を策定した。

1.3. インドのSMEへ低炭素技術の適用を促進するための国・地域および国際イニシアチブ

インドのSMEへの日本の低炭素技術の適用を促進すると考えられる既存のイニシアチブについて国・地域・国際レベル別に以下の表にまとめた。

Table 1-2: The examples of potential exiting initiatives in promoting technology transfer from Japan to India.

National Level (India)	Indian Minister of MSME: e.g., “TEQUP” program
	Indian Minister of Power: specifically BEE Programs under NMEEE (PAT, FEEED etc)
	Small Industry Development Bank in India (SIDBI)
	Energy Service Companies (ESCO)
	Business associations (REA, MCCIA, etc.)
	Indian Chamber of Commerce (FICCI, ICCJ)
	Research institutes (TERI), Foundations (SHAKTI), Academia, (IIF)
	SAMEEKSHA
National Level (Japan)	METI, MOEJ etc
	Japan Chamber of Commerce in India
	Japanese Embassy in India
	JICA
	SATREPS
	ICETT, ECCJ etc
	Research institutes (IGES), Academia, (Kyoto University)
	Private sector
India-Japan (Bilateral level)	Joint Crediting Mechanism (JCM/BOCM)
	ODA programs (NEDO, JICA etc)
	Japan India Global Partnership Summit
	JBIC
Regional Level	ADB
	LOCAR-Net
International level	UNESCAP
	UNIDO, GEF etc
	UNFCCC (COP, CTCN etc)

C2: 日本 — 技術供給側の分析

2.1. 低炭素技術と低炭素社会

現在の地球社会は化石燃料に大きく依存した高炭素社会である。化石燃料は炭素分が100%に近い石炭から60%の天然ガスまでに及び、使用すると最終的にはCO₂が大気へ排出される。このCO₂が大気中に蓄積され、地球温暖化を引き起こす主因になっている。化石燃料社会という言葉は別の表現でいうと高炭素社会である。それに対して、低炭素社会とは大気へのCO₂排出量が少ない社会であり、究極的には大気への排出量と地表（森林や海洋）の吸収のバランスがとれた社会を目指すものである。地球温暖化が急激に進行するにつれ、2000年代の半ばから将来の地球社会の理想像として低炭素社会という言葉が使われるようになってきた。日本では2007年度の環境白書・循環型社会白書において強調されたことを契機によく使われ始めた。

低炭素技術には高炭素社会から低炭素社会へ社会の転換を促進する可能性がある。高炭素社会から低炭素社会への転換に含まれるプロセスを表すFigure 2-1は、低炭素技術の潜在的寄与に関する予備的評価において、低炭素技術を6つのカテゴリーに大別している。本研究におけるインドへの技術適用の対象セクターは中小企業であるから、本プロジェクトで選択すべき低

炭素技術は、最終需要端における燃料転換や電気の効率的利用技術、並びに、再生可能エネルギー利用技術が主になる（Figure 2-1）。本プロジェクトでは、参画可能なパートナー（日本企業）の専門性から、エンドユーザーにおける燃料転換技術は天然ガスへの転換が選択された。また一方、この燃料転換は天然ガス供給インフラ（例：パイプラインシステム）の環境が整っている地域だけでできる。他の3つの技術、すなわち発電効率化と燃料転換、原子力、CCS（Carbon Capture and Storage）は大規模発電所や大規模工場に適用される技術である。

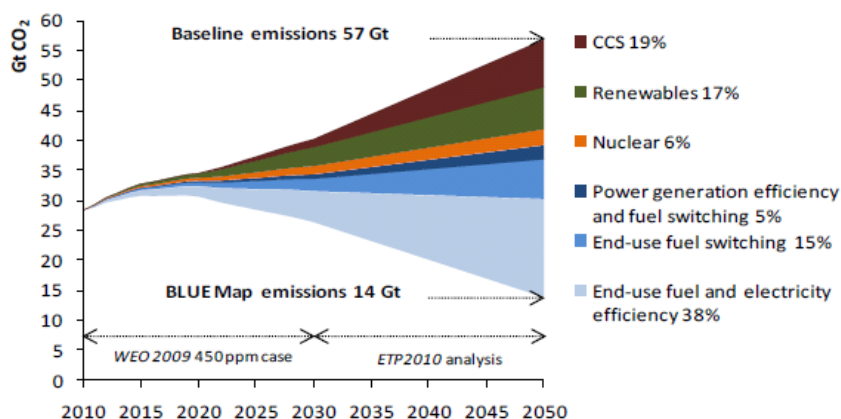


Figure 2-1: Key technologies for reducing global CO₂ emissions under the BLUE Map scenario.

2.2. 日本の経験から

2.2.1. 最終需要端における燃料および電気の効率的利用技術

燃料および電力の効率的利用技術は、主に化石燃料の消費の削減をもたらし、その結果 CO₂ 排出削減に寄与する。同時に、エネルギー消費の削減つまり省エネは、ビジネス活動においてエネルギーコストを低減し、企業経営に一役買っている。しかしながら、必要な投資と費用回収の間のバランスについて関心を向けなければならない（例：回収期間）。エンドユーザーにおける省エネ技術は、機器、システム、プロセス、および管理の4つに分類することができるが、これらの分類は厳密には分割はされていない。Table 2-1 と Table 2-2 は、技術の特性と開発の段階の分析に基づいて様々な日本の省エネ技術を分類したものである。

Table 2-1: Low carbon technologies for buildings (business and commercial).

目的	機器	設備	全体
受変電	アモルファストランス		
照明	高効率蛍光灯 LED		照明管理
換気	換気扇		
給排水	給排水ポンプ		
温水発生		ヒートポンプ	
搬送		エレベーター	
空調	ファンコイル	ヒートポンプ	空調管理
調理	誘導加熱調理器		
電力・熱発生		コージェネレーション 燃料電池	運転管理

Table 2-2: Low carbon technologies for factories.

目的	機器	設備	プロセス	全体
受変電	アモルファストランス			力率改善
照明	高効率蛍光灯 LED			照明管理
換気	換気扇			
送風	送風機・ブロワ			
給排水	給排水ポンプ			給排水管理
圧縮空気発生	空気圧縮器			圧縮空気管理
温熱発生		ヒートポンプ	} 熱管理	
冷熱発生		ヒートポンプ		
蒸気発生		貫流ボイラー		
加熱 熱処理・加工		誘導加熱装置		
溶解・溶融		誘導加熱炉		
搬送	ホイスト 電動フォークリフト		ベルトコンベア	
空調	ファンコイル	空調機		空調管理
排熱利用		ヒートポンプ 高性能工業炉 高性能ボイラー		
発電・熱発生			コージェネレーション 燃料電池	運転管理

2.2.2. 再生可能エネルギーの利用

ビルの屋上、工場の屋根等に太陽電池やソーラーコレクタ（太陽熱収集器）を設置し、太陽エネルギーを利用することができる。しかしこれらは設備コストが高く、また一般的には必要エネルギーの全量を賄うことはできないので、補助エネルギー源である。一方、田舎の無電化地域では、太陽電池は小規模独立電源としてきわめて役に立つ。簡易な集光型ソーラーコレクターは水殺菌や調理に使える。さらに、各種バイオマスは商業エネルギーが利用できない地域における唯一のエネルギー源である。

2.2.3. インドに適用すべき低炭素技術選択の基本方針

発展途上国社会の低炭素化（低炭素社会への転換）を推進するには、現状をどうするかよりも、経済発展のためこれからの投資をどうするかという視点が重要である。発展途上国への投資機会はきわめて大きい。それゆえ、投資機会としての低炭素技術の移転や適用に関しては、その時点で最先端の技術を入れるという姿勢が肝要である。このことは発展途上国の低炭素化を強力にリープフロッグ（蛙飛び）で推進することにより大きな効果をもたらす。

一方で、発展途上国のニーズを考慮することも同様に重要である。以上のことから、技術選定の全体手順は次の通りとする。

- 第1 日本の持つリープフロッグ（蛙飛び）技術の抽出。
リープフロッグ技術の定義： 日本（先進国）でもまだ普及が進んでないが、経済発展の著しい開発途上国（インド）に普及すれば大きな効果があると予想される技術。
- 第2 インドが現状から見て欲する技術の抽出。
- 第3 リープフロッグ技術の有効性が実証できそうな現場（サイト）の探索。
日本における省エネ技術の普及状況を参考にする。
- 第4 技術と適用サイトの候補を決定し、フィージビリティスタディを実施。
- 第5 技術と適用サイトを最終決定。

上記議論を踏まえ、次の技術が候補リープフロッグ技術と見なされる：

- i. アモルファス変圧器、ii. 総合的なエネルギーシステム（EMS（energy management system）、例：照明管理）、iii. 送水ポンプ制御、iv. 圧縮空気、v. 貫流ボイラー、vi. 誘導溶解炉、vii. 工業用 EHP（Electric Heat Pump、電気ヒートポンプ）、空調システム、およびマイクロ・コージェネレーション・システム

2.3. 日本のケーススタディ

厳選された日本の低炭素技術、すなわちマイクロ・コージェネレーション（3 ケース）および EHP（5 ケース）のケーススタディを映像フォーマットで作成した。該当の技術機器が導入されている日本の実際のサイトにおいてケーススタディの撮影を行った。

C3: インド — 技術需要側の分析

インドは、世界で最も非エネルギー集約型な発展途上国の 1 つと見なされている。インドの経済は著しい速度で成長しているが、インド経済における購買力平価 GDP エネルギー原単位は 1980 年代から著しく低下してきている。インドの National Action Plan on Climate Change 気候変化上の全国行動計画はエネルギー効率の強化を非常に重視している。省エネルギーとエネルギー効率はインドで国家的優先課題である。

地球温暖化防止のために、CO₂ および他の温室効果ガスの排出量の削減は不可欠である。インドでは SME の多くがエネルギーを効率的に使っていない。さらに、インドにおける商業エネルギー消費のほぼ半分を工業部門が占めるため、工業の分野におけるエネルギーの効率的利用は重要である。そのため、様々な SME の工業分野においてエネルギー消費を削減することは良いことである。様々なセクターにおいてエネルギー効率を大幅に改善するために、本プロ

ジェクトでインドにおいてパイロット事業の実施を検討できそうないくつかの日本の省エネ（エネルギー効率のよい）技術を候補技術としてリストを作成した。普及の可能性を考慮し、広範な工業部門に適応が可能なクロスカッティング（分野横断的）技術を主に選択した。ここでは、それらの省エネ（エネルギー効率のよい）技術について選択候補としてリストに入れた理由を述べる。

誘導溶解炉

標準的な炉のエネルギー浪費および作業効率に関する確認のため性能解析を行なった。本調査および利用可能（有効な）な他の統計から、炉設計や築炉の非効率性のために電力消費が概してより高いことが分かった。大量の電氣的エネルギーは、炉コイル、炉のパワー・パックの他の電気・電子部品、および電力回路の他の部品を連続的に流れる。エネルギーがコイルおよび他の部品を流れている間に熱状(I^2R ロスによって生成された)の連続的なエネルギー損失が起こる。大量の銅損(I^2R ロス)は、主ケーブル、バス・バー（母線）、メインおよび補助の接触器、および他の部品に発生する。これらの全ての要因は、最終的に誘導溶解炉の作業効率を低下させる。さらに、作業はすべて手動で行われ、プロセスは自動制御されていない。

圧縮空気

圧縮空気は工業において最も非効率なエネルギーである。標準的な圧縮空気システムの性能分析では、圧縮空気は効率的に利用されておらず、圧縮空気の 25-30%に相当する漏れがある可能性があることを示している。オリフィス、調整弁、供給バルブ、接合部等からの圧縮空気の漏れは、圧縮空気システムを低効率にしている主因である。老朽化した配管の断面積の急拡大や急縮小による空気の漏洩に付加してエネルギー損失を増大させる。漏洩が大きいと、圧縮機によって必要量の数倍の空気を圧縮しなければならず、無駄な圧縮のためのエネルギーが消費されている。圧縮空気の不適切な使用により大量のエネルギーが無駄に消費されている。通常、発生した圧力は特定エリアにおける圧力要求に関係なくすべてのエリアで同じである。ほとんどのインドの製造業では、通常、圧力または流量制御装置を使用していない。貧弱な中間冷却器性能、放出弁または吸気弁の故障、ピストンリングの摩耗、吸込み側フィルターの詰まり等や他の要因により、比電力消費もまた高い。さらに、圧縮空気配管には通常圧力損失がある。これらの圧力損失が大きいと工場用途に必要な最低圧力を確保するためにより高い圧力で空気を圧縮する必要がある、コンプレッサの負荷が大きくなりまたエネルギー消費も大きくなる。圧縮機をより高い圧力で使用することは、機器設備の寿命を短くする可能性もある。

コージェネレーション

工場において蒸気および発電（電力生産）の両方が生産されていても、それらを最適化する努力はほとんどされていない。生産プロセスでいろいろな圧力の水蒸気が必要な場合、インドの SME では通常高い圧力の水蒸気を PRV（減圧弁）または PRDS（減圧減温装置）を通して減圧される。また、PRV や PRDS を通して減圧する間に無駄になってしまう蒸気エネルギーを利用するために、いくつかの SME でタービンを設置することもある。回収されたエネルギーは電力に変換され、他のプロセスで使うことが可能となる。これにより電力コスト全体を低減する。

しかし、エネルギーコストのより大きな削減を可能にするためには、エネルギーを効率的に利用することができる最適化されたコージェネレーション・システムを適用することが望ましい。コージェネレーション・プラントからの信頼性があり連続して入手可能な高品質電力によって生産性とエネルギー効率を改善することは望ましいことである。最適化されたコージェネレーション・システムの導入はエネルギーを節約し、二酸化炭素排出を削減するポテンシャルをもっている。

空調システム

空調はインドのオフィスや商業ビルにおいて最大のエネルギーを消費する。完全に空調管理された建物では電気エネルギーのほぼ 56%が、部分的に空調管理された建物では 34%が空調機器によって消費されていると推定される。インドで使用されているエアコンのエネルギー効率は低く、また運転方法、保守管理にも改善の余地がある。例えば、熱帯付近の国にありがちであるが、冷房温度が低すぎることもエネルギー消費を増大させている。インドでは今後空調機の普及が進むと考えられるので、空調システムのエネルギー効率を向上させ、全体のエネルギー消費の増大を抑制する必要がある。それらは通常一日の需要と時間に関係なく連続的に運転されており、空調システムの全体効率は大抵低い。

エネルギー効率のよい空調システムの導入はエネルギー節約になる。温度等の運転状況の適切なモニタリングは有用である。空調システムのエネルギー効率を向上させることによって、エネルギー消費を抑制しエネルギーコストも削減させる。

換気システム

換気システムは、製造業でよく使用される。典型的な換気ファンは大量のエネルギーを消費し、運転効率が低い。フードおよびダクト設計のまずさはさらにシステムの性能低下をもたらしている。通常、ファンの選定は設備の厳しい要求とは一致しない。ファンの運転静圧もより少ないことが分かる。空気量は定格値を大幅に下回っている。これらのすべての要因が換気システムの低運転効率をもたらす。

これらのファンをよりエネルギー効率のよい換気ファンに取り替えることによりエネルギーを節約する優れた可能性が存在する。ファンのインペラおよび羽根を最適設計することは、より高い効率を達成し、騒音レベルを低減するのに役立つ。従って、エネルギー効率の良いファンを採用することにより電力消費量およびエネルギーコストを大きく削減することができる。

C4: GHG 低減に向けた低炭素技術の選定および優先度の振り分け

C3 および C4 においてリストアップした低炭素技術をベースに、現地で行ったオンサイト調査の結果、また研究活動に係る予算や日印双方の連携可能なパートナー等の制約を踏まえ、2011 年 11 月に実施した第二回 JCC (Joint Coordination Committee)において次の低炭素技術についてインドの実際の生産現場においてパイロット実証調査を実施することが決定された。すなわち、ハード・テクノロジーについては、EHP (electric heat pump: 電気ヒートポンプ) および GHP (gas heat pump: ガスヒートポンプ) の物理的な導入を中心に実施した。他方、ソフト・テクノロジーについては、Kaizen 活動やベストオペレーティングプラクティスのような知識・経験のインドにおける展開を目指し、誘導溶解炉および圧縮空気システムが選定された。

C5: パイロット事業を通じた分析と実証

5.1. ハード・テクノロジー

5.1.1. GHP

パイロット実証を実施するにあたり、事業実施サイトを特定するため、フィールド調査を複数回にわたり実施した。最終候補として Rajkot 市の 3 つの精密鑄造（ロストワックス工法）工場が選定されたが、これは主として次の理由による: (i) 精密鑄造業において空調機器 (ACs) がエネルギーコストの大きなウェイトを占めている事。本研究プロジェクトの F/S (Feasibility Study) 調査時に工場マネージャーに行ったヒアリングによると、工場全体のエネルギーコストの約 15%から 28%（平均 21%）が ACs に起因するのとされた。すなわち、GHP の導入が工場規模の観点からも大きなインパクトをもたらす可能性を示唆するものであった。(ii) ラージコート周辺で約 100 の精密鑄造工場が地理的に集積しており、インドでも有数の規模の鑄物クラスターを形成していた事。これは本研究活動の次のステップを見据えた際に、より大きな GHP のディフュージョンの潜在的可能性を示すものであった。(iii) 天然ガスパイプラインのイ

ンフラが Rajkot で整備されていた事。最終的に Rajkot の 2 つの精密鑄造工場、すなわち Delta Technocast と Jagdish Technocast がパイロット事業の実施サイトとして特定されるとともに、オンサイト実証実験を実施するにあたり施設を提供する等必要な貢献を行う事に合意した。

下図は Rajkot における精密鑄造工場の製造プロセスの概要を示すものである。



Figure 5-1: A schematic process flow diagram for investment casting industry.

上図で示した製造プロセスについては、動画の形式でもまとめている。

5.1.1.1. Delta

5.1.1.1.1. Overview of Delta

本節において対象とする GHP の実証調査を実施するサイトの名称およびコンタクトは以下のとおりである:

Name: Delta Technocast Pvt. Ltd.

Address: Plot No. G-1066, Lodhika Industrial Estate, Metoda G.I.D.C., Metoda
360 021 Dist. Rajkot, Gujarat

Tel: +912827287654



Figure 5-2: The location of Delta Technocast in Rajkot (indicated in a red circle)

5.1.1.1.2. Plan

Delta におけるパイロット実証の実施計画の概要を以下に示す。

- Step 1: サイトの特定
- Step 2: Delta – TERI 間で MoU (memorandum of understanding) 締結
- Step 3: GHP システムの調達
- Step 4: 事前（ベースライン）計測
- Step 5: 日本からインドへ GHP システムの輸送
- Step 6: オンサイト導入工事
- Step 7: GHP システムの立ち上げ
- Step 8: 事後（効果）計測
- Step 9: フォローアップおよびキャパシティ・ビルディング
- Step 10: 評価・考察

5.1.1.1.3. Implementation

Rajkot 鋳物クラスターに属し実際に操業を行っている Delta Technocast における GHP システムは、2013 年 2 月に導入工事を完了、稼働を開始した。GHP の導入に係るコンセプト・デザインを下図に示す。本実証実験では、プレスルーム、コーティングルームおよび事務所、ラボにおける既存の電気式空調システムを GHP システムによってリプレースした。特にプレスおよびコーティングルームでは、製品の品質や工場の生産性に影響を及ぼす恐れのあるワックスの溶融を防ぐため、温度が厳密に管理されている必要があった。したがって、これらの部屋では工場の操業が停止している日を含め、年間を通じておよそ 25°C 以下に維持されていなければならない。

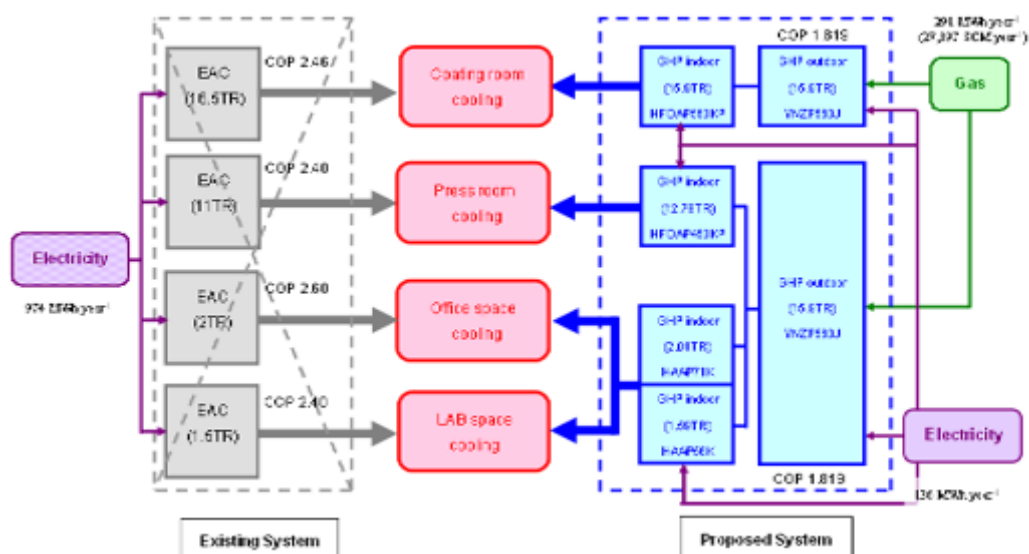


Figure 5-3: A schematic concept diagram for GHP system installed at Delta.

5.1.1.1.4. Results

2014年1月までのGHP導入効果をFigures 5-4～5-6に示す。エアボリューム、フィルター、低圧設定等に係る運転調整を経てGHPは2013年10月に安定運転を達成したため、調整運転中の2013年6月中旬から同年10月上旬のデータはFigures 5-4～5-6に含まれない。図中の横軸は電気式空調機もしくはGHPが稼働していた時間における外気温と室内温度の差分の累計 (cooling load equivalent value) である。外気温の違いが空調機の性能へ及ぼす影響を考慮し、CO₂排出量、一次エネルギー消費量、およびエネルギーコストは全て外気温35℃等価のものへ換算を行った。Figures 5-4～5-6中の橙色の点・回帰線は既存の電気式空調機 (ベースライン) を、青色の点・回帰線はGHPを示し、緑色の点線は既存の電気式空調機とGHPの差分を計った3月のcooling load equivalent valueを表わしている。差分を3月のcooling load equivalent valueで読んだのは、Rajkotでは3月の平均気温が年間の平均気温に近いためである。

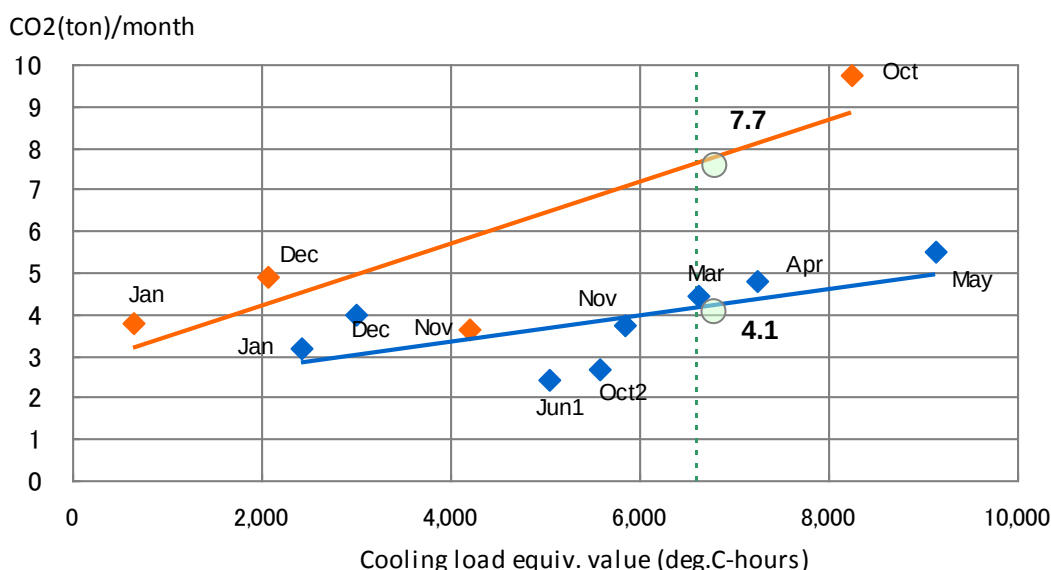


Figure 5-4: CO₂ emission performance for conventional AC (orange) and GHP (blue) for Delta. Only partial data was available for particular months (Jun1: 1st to 16th; Oct2: 19th to 31st). Figures adjacent to green dots indicate the approximate values read from the regression lines for comparison between conventional AC and GHP.

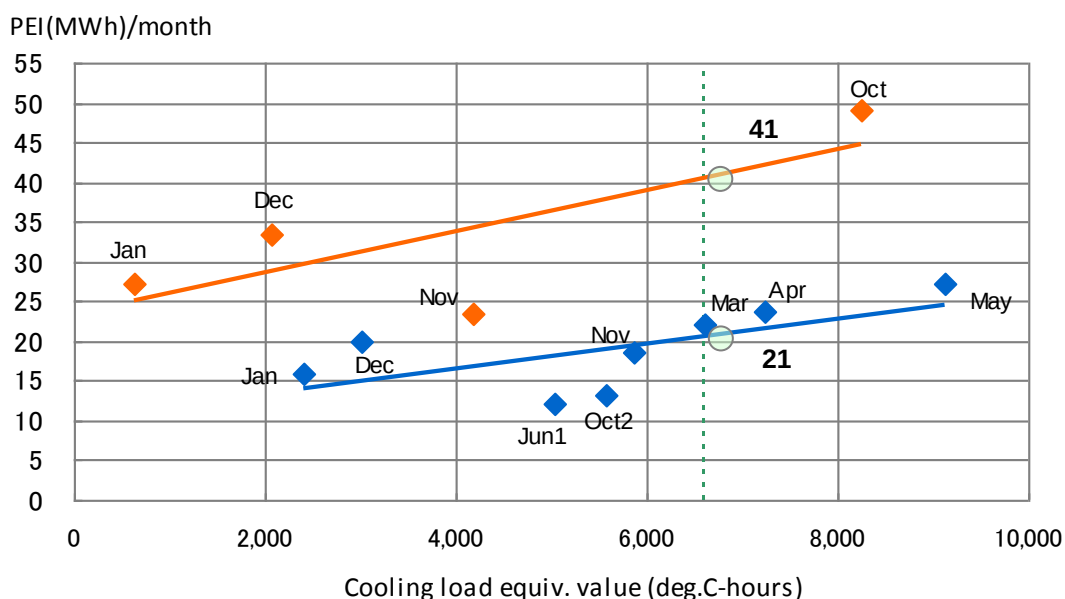


Figure 5-5: Primary energy consumption performance for conventional AC (orange) and GHP (blue) for Delta. Only partial data was available for particular months (Jun1: 1st to 16th; Oct2: 19th to 31st). Figures adjacent to green dots indicate the approximate values read from the regression lines for comparison between conventional AC and GHP.

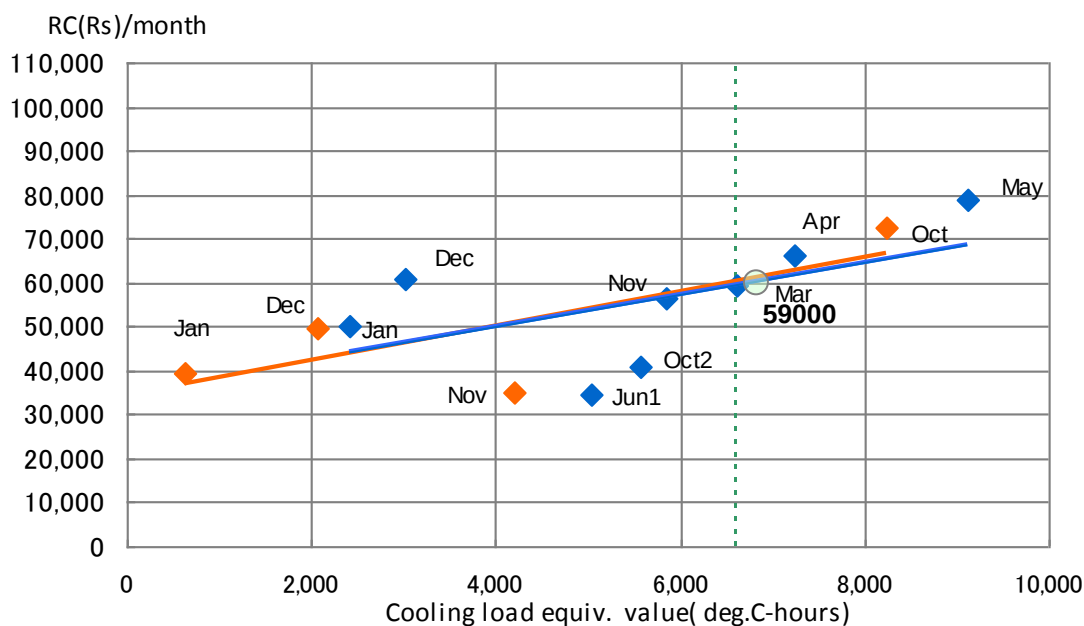


Figure 5-6: Energy cost performance for conventional AC (orange) and GHP (blue) for Delta. Only partial data was available for particular months (Jun1: 1st to 16th; Oct2: 19th to 31st). Figures adjacent to green dots indicate the approximate values read from the regression lines for comparison between conventional AC and GHP.

ベースラインである電気式空調機と GHP のパフォーマンスの違いを Table 5-1 にまとめた。

Table 5-1: Approximate GHP performance in percentage (%) compared with conventional AC for Delta. Reading has been conducted for cooling load equivalent value for March.

	Delta
CO ₂ emission	53
Primary energy	51
Energy cost	100

2014年1月までのデータの評価結果(Table 5-1)ではあるが、CO₂排出量および一次エネルギーについては、明確な削減効果が示された。GHPの導入によってCO₂の排出および一次エネルギー消費についてはそれぞれ約50%の削減効果が確認された。エネルギーコストについての削減効果は見られなかったものの、これは近年のインドにおける天然ガス価格の急激な上昇に起因するものである。2011年12月時点のガス価格は約28 Rs SCM⁻¹であったが、2014年12月時点で既に約42 Rs SCM⁻¹に上昇。仮にガス価格の上昇分を排除してエネルギーコストの低減効果を試算すると、およそ12%の削減効果(59000 Rs month⁻¹ から 46500 Rs month⁻¹)が見込まれる。

5.1.1.2. Jagdish

5.1.1.2.1. Overview of Jagdish

本節において対象とする GHP の実証調査を実施するサイトの名称およびコンタクトは以下のとおりである:

Name: Jagdish Technocast Pvt. Ltd.

Address: Survey No.213 NH 8-B, Veraval (Shapar), Rjkot, Gujarat (Figure 5-7)

Tel: +912827252390

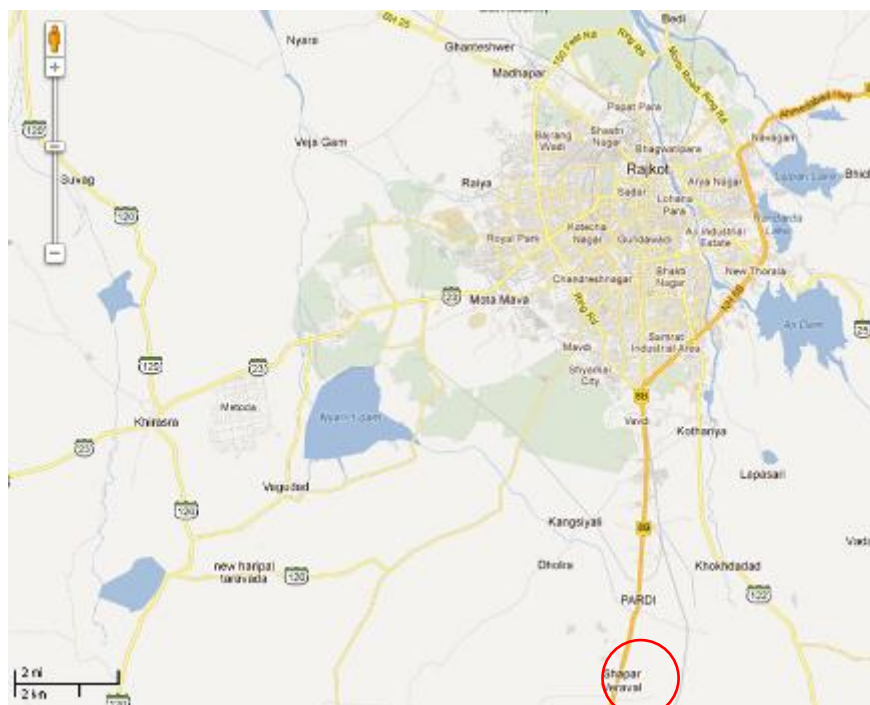


Figure 5-7: The location of Jagdish Technocast in Rajkot (indicated in a red circle)

5.1.1.2.2. Plan

Jagdish におけるパイロット実証の実施計画の概要を以下に示す。

Step 1: サイトの特定

- Step 2: Jagdish – TERI 間で MoU (memorandum of understanding) 締結
 Step 3: GHP システムの調達
 Step 4: 事前（ベースライン）計測
 Step 5: 日本からインドへ GHP システムの輸送
 Step 6: オンサイト導入工事
 Step 7: GHP システムの立ち上げ
 Step 8: 事後（効果）計測
 Step 9: フォローアップおよびキャパシティ・ビルディング
 Step 10: 評価・考察

5.1.1.2.3. Implementation

Rajkot 鋳物クラスターに属し実際に操作を行っている Jagdish Technocast における GHP システムは、2013 年 2 月に導入工事を完了、稼働を開始した。GHP の導入に係るコンセプト・デザインを下図に示す。本実証実験では、プレスルーム、プリコーティングルーム、およびドライイング（コーティング）ルームにおける既存の電気式空調システムを GHP システムによってリプレースした。これらの部屋では、製品の品質や工場の生産性に影響を及ぼす恐れのあるワックスの溶融を防ぐため、温度が厳密に管理されている必要があった。したがって、これらの部屋においては、工場の操作が停止している日を含め、年間を通じておよそ 25℃以下に維持されていなければならない。

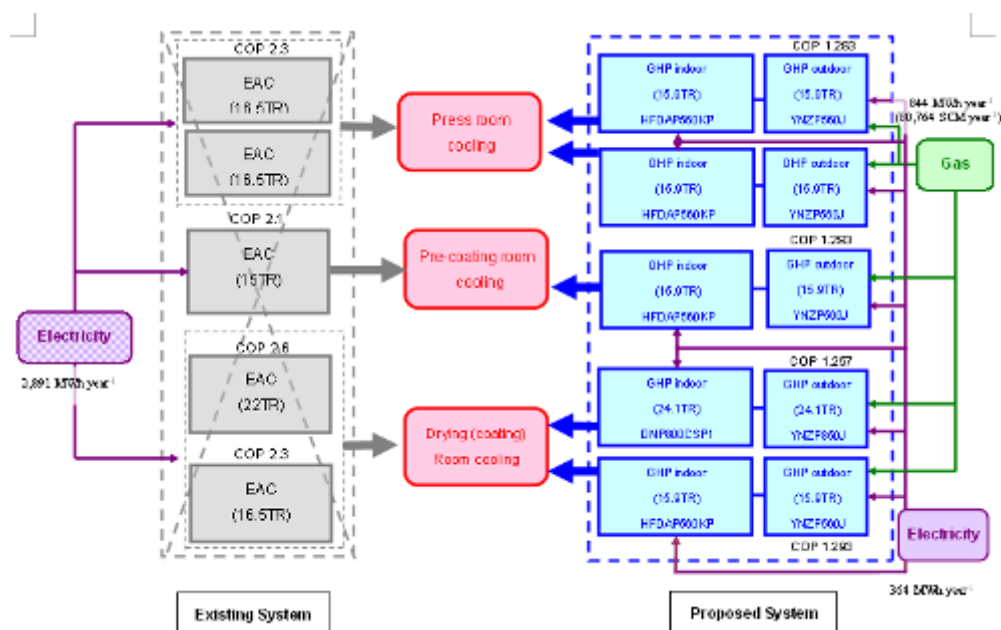


Figure 5-8: A schematic concept diagram for GHP system installed at Jagdish.

5.1.1.2.4. Results

2014 年 1 月までの GHP 導入効果を Figures 5-9 – 5-11 に示す。エアボリューム、フィルター、低圧設定等に係る運転調整を経て GHP は 2013 年 10 月に安定運転を達成したため、調整運転中の 2013 年 6 月中旬から同年 10 月上旬のデータは Figures 5-9 – 5-11 に含まれない。図中の横軸は電気式空調機もしくは GHP が稼働していた時間における外気温と室内温度の差分の累計 (cooling load equivalent value) である。外気温の違いが空調機の性能へ及ぼす影響を考慮し、CO₂ 排出量、一次エネルギー消費量、およびエネルギーコストは全て外気温 35℃等価のものへ換算を行った。Figures 5-9 – 5-11 中の橙色の点・回帰線は既存の電気式空調機（ベースライン）を、青色の点・回帰線は GHP を示し、緑色の点線は既存の電気式空調機と GHP の差分を計った 3 月の cooling load equivalent value を表わしている。差分を 3 月の cooling load equivalent value

で読んだのは、Rajkot では3月の平均気温が年間の平均気温に近いためである。

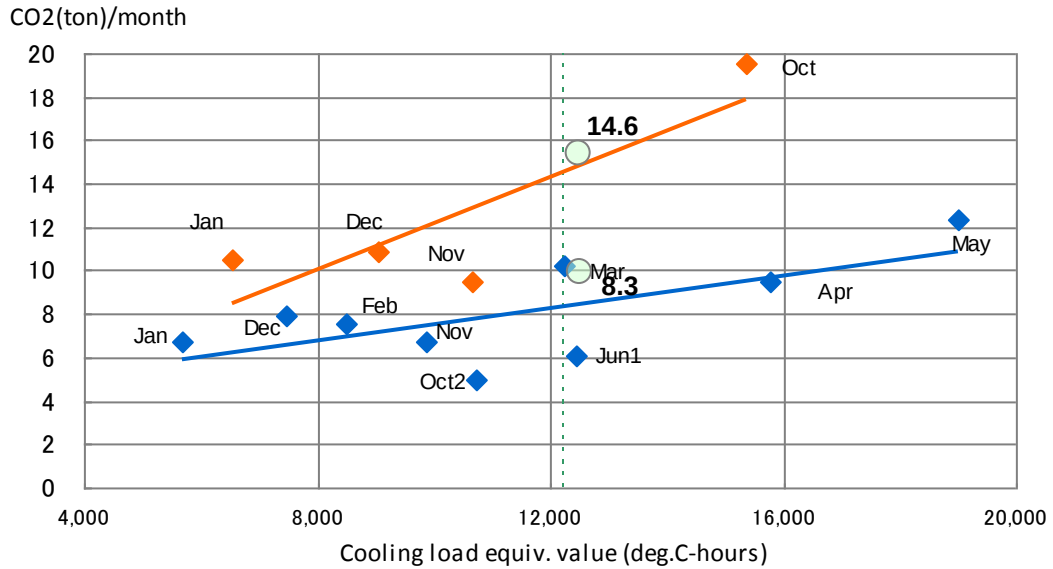


Figure 5-9: CO₂ emission performance for conventional AC (orange) and GHP (blue) for Jagdish. Only partial data was available for particular months (Jun1: 1st to 15th; Oct2: 19th to 31st). Figures adjacent to green dots indicate the approximate values read from two regression lines for the comparison between conventional AC and GHP.

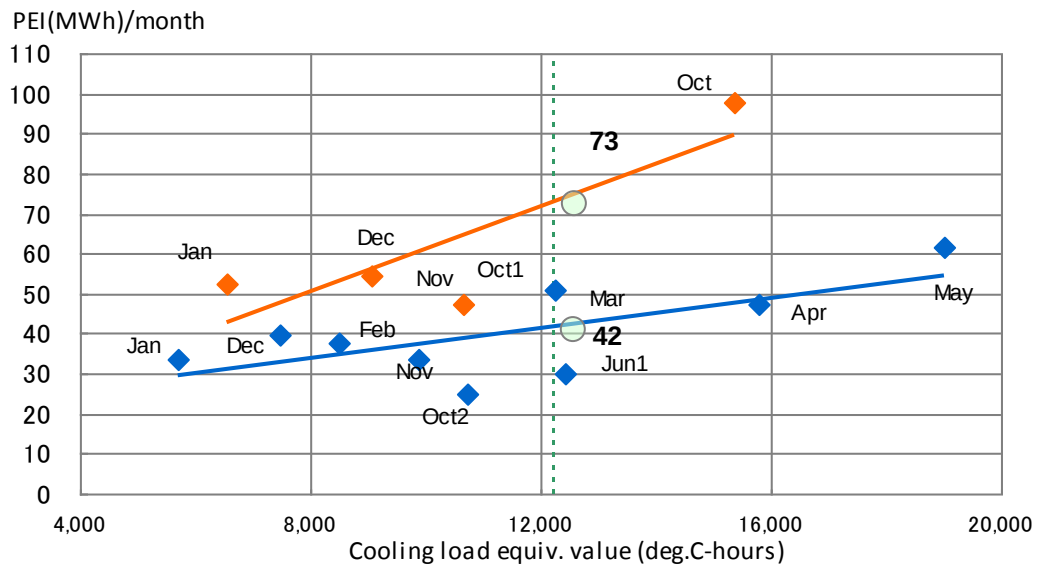


Figure 5-10: Primary energy consumption performance for conventional AC (orange) and GHP (blue) for Jagdish. Only partial data was available for particular months (Jun1: 1st to 15th; Oct2: 19th to 31st). Figures adjacent to green dots indicate the approximate values read from two regression lines for the comparison between conventional AC and GHP.

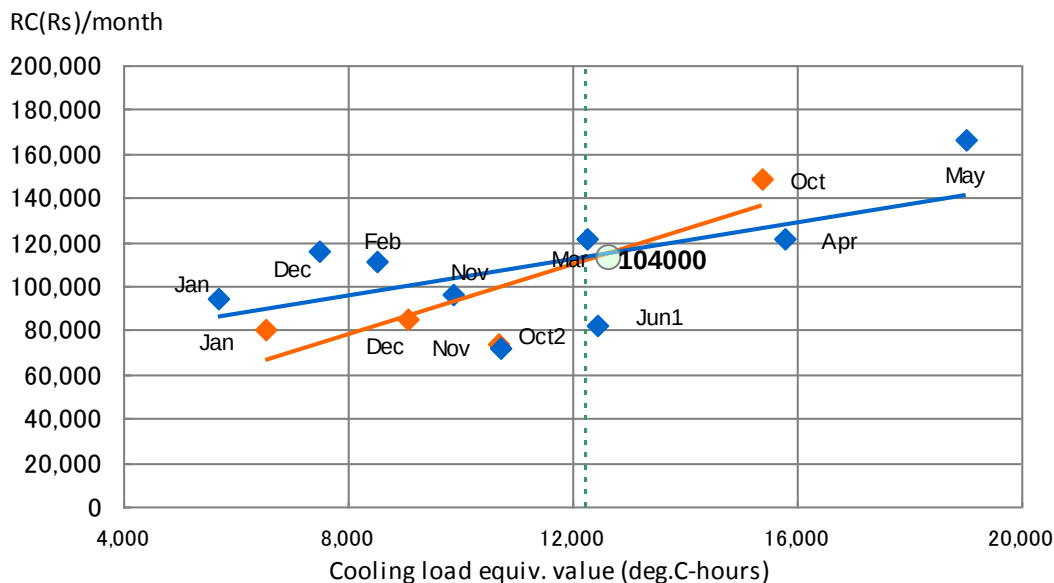


Figure 5-11: Energy cost performance for conventional AC (orange) and GHP (blue) for Jagdish. Only partial data was available for particular months (Jun1: 1st to 15th; Oct2: 19th to 31st). Figures adjacent to green dots indicate the approximate values read from two regression lines for the comparison between conventional AC and GHP.

ベースラインである電気式空調機と GHP のパフォーマンスの違いを Table 5-2 にまとめた。

Table 5-2: Approximate GHP performance in percentage (%) compared with conventional AC for Jagdish. Reading has been conducted for cooling load equivalent value for March.

	Jagdish
CO ₂ emission	57
Primary energy	57
Energy cost	100

2013 年 12 月までのデータの評価結果(Table 5-2)ではあるが、CO₂ 排出量および一次エネルギーについては、それぞれおよそ 45%の明確な削減効果が示された。エネルギーコストについての明確な削減効果は見られなかったものの、これは近年のインドにおける天然ガス価格の急激な上昇に起因するものである。F/S 調査を行った 2011 年 12 月時点のガス価格は約 28 Rs SCM⁻¹であったが、2014 年 12 月時点で既に約 42 Rs SCM⁻¹に上昇。仮にガス価格の上昇分を排除してエネルギーコストの低減効果を試算すると、およそ 16%の削減効果 (104000 Rs month⁻¹ から 87000 Rs month⁻¹) が見込まれる。

5.1.1.3. Potential Impact to the Region

これまでの GHP 実証実験の結果を踏まえ、インドの精密鑄造業全体を対象に GHP を適用・普及した場合に期待されるポテンシャルの推計を試みた。まず、インドの精密鑄造業全体による生産量 (ton year⁻¹)と本調査研究で対象とした Delta と Jagdish の生産量(ton year⁻¹)の比を求めた。TERI (2014, email comm., 12 Feb. and 9 Jan.)によると、インドの精密鑄造業全体の生産量は約 72000 t y⁻¹、他方 Delta と Jagdish の生産量はそれぞれ 420 t y⁻¹ および 600 t y⁻¹ (平均: 510 t y⁻¹) であることが明らかとなっている。これらの数値を前提に、生産量の比から求めたインド全体での GHP 適用ポテンシャルは、CO₂ 排出削減量、エネルギーコスト、および一次エネルギー消費量についてそれぞれ約 8 kt-CO₂ y⁻¹、約 25 MRs y⁻¹、および 43 GWh y⁻¹であることが示された。この試算では生産内容の内訳等を見逃ししており単純な推計ではあるものの、GHP の適用について温暖化対策の観点からだけでなく経済的側面からも小さくない潜在的可能性を秘め

ていることが示唆された。

5.1.2. EHP

EHP のパイロット実証を実施するにあたり、事業実施サイトを特定するため、フィールド調査を複数回にわたり実施した。最終候補として Chandigarh 連邦直轄領とアーメダバード近郊の 2 つの乳業工場が選定されたが、これは主として次の理由による: (i) 一般的に乳業工場では温熱と冷熱の需要が同時に存在すること。例えば、殺菌工程に必要な温熱と、貯蔵工程に用いられる冷熱。このような条件は EHP のパフォーマンスを最大限引き出すにあたり重要であった。(ii) インドにおける乳業セクターは、国家における最重要産業の 1 つと認識されていること。インドは世界の乳業製品の約 15% を供給する世界最大の乳業製品製造国家である (Chand *et al.*, 2010; IUF, 2011)。また、インドの乳業セクターはおよそ 9000 万人規模の雇用を担う (Goswami, 2007)。したがって、最終的に Punjab 州 (Chandigarh 連邦直轄領) と Gujarat 州の 2 つの乳業工場、すなわち Milkfed と Amul Dairy がパイロット事業の実施サイトとして特定された。ちなみに、Punjab 州と Gujarat 州はインドの中でも最も乳業が盛んな 2 地域であり、これは本研究活動終了後のステップを見据えた際に、より大きな EHP の浸透の可能性を示唆するものであった。

乳業におけるプロセスの概要は、下図のとおり。

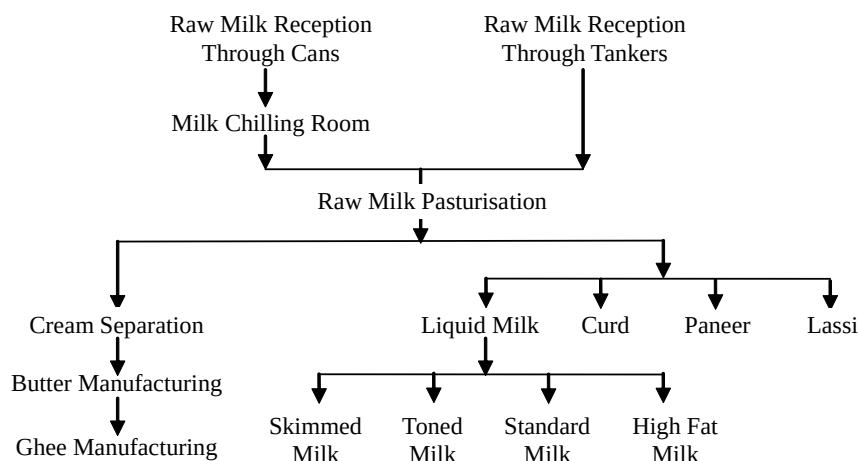


Figure 5-12: A schematic process flow diagram for dairy industry.

5.1.2.1. Milkfed

5.1.2.1.1. Overview of Milkfed

本セクションにおいて対象とする EHP の実証実験実施サイトの名称およびコンタクトは以下のとおりである:

Name: The Punjab State Co-operative Milk Producers' Federation LTD. (Milkfed)

Milk Plant Chandigarh

Address: Industrial Area, Phase-1, Chandigarh 160 002 (Figure 5-13)

Tel: +915041901-02



Figure 5-13: The location of the potential application site in Chandigarh (indicated in a red circle).

5.1.2.1.2. Plan

Milkfed におけるパイロット実証の実施計画の概要を以下に示す。

- Step 1: サイトの特定
- Step 2: Milkfed – TERI 間で MoU (memorandum of understanding) 締結
- Step 3: EHP システムの調達
- Step 4: 事前（ベースライン）計測
- Step 5: 日本からインドへ EHP システムの輸送
- Step 6: オンサイト導入工事
- Step 7: EHP システムの立ち上げ
- Step 8: 事後（効果）計測
- Step 9: フォローアップおよびキャパシティ・ビルディング
- Step 10: 評価・考察

5.1.2.1.3. Implementation

EHP システムは Milkfed の既存の温熱系（ボイラー）および冷熱系（チラー）に追加・改修する形で導入された。EHP は、既存の温熱系に予熱用の温熱、冷熱系に予冷用の冷熱を同時に供給することで Milkfed の生産工程のエネルギー効率を総合的に改善することが期待された。しかしながら EHP は、実際に操業を行っている工程に組込まれるだけではなく、従前は独立した別々の系、すなわち温熱系と冷熱系、双方に接続されるため、生産工程にいかなる悪影響も与えることなく、また同時に EHP システムの効率を最大限に引き出すために、EHP システムの設計にあたっては最善の注意を払う必要があった。Milkfed に導入された EHP システムの概念図を以下に示す。

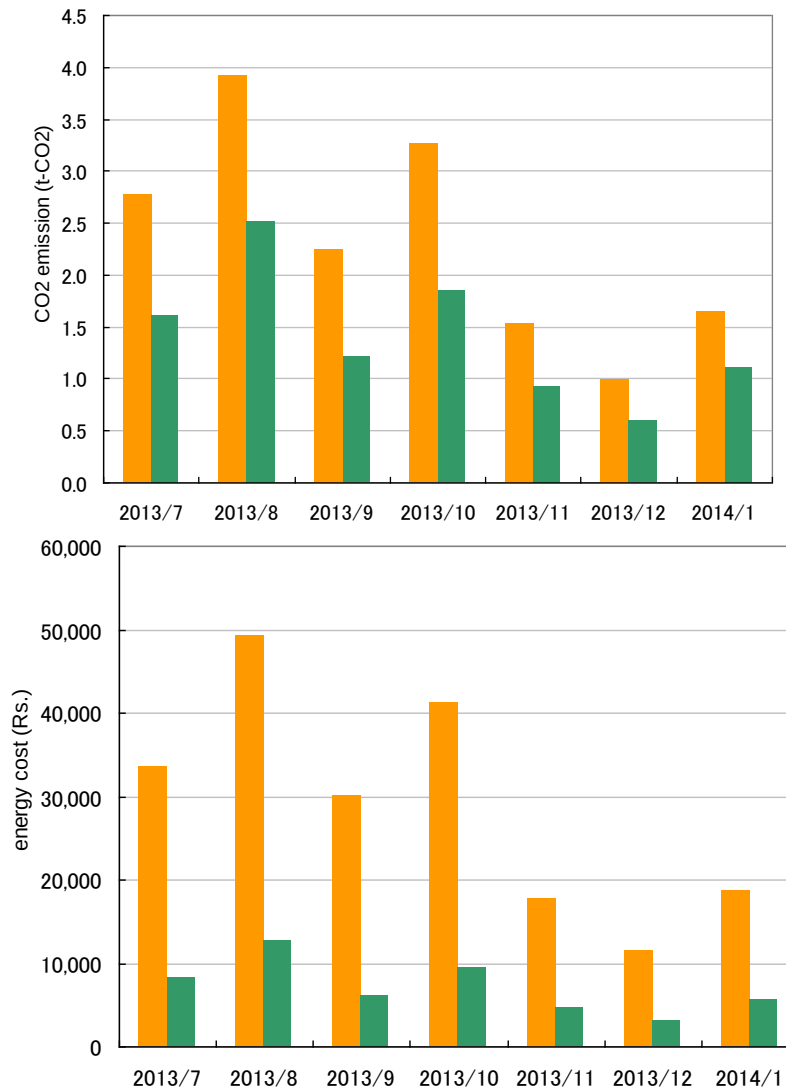


Figure 5-15: The impacts of EHP system in Milkfed from July 2013. Values for conventional system are calculated values which are equivalent to produce the same amount of heating and cooling generated by EHP system, which suffice the partial needs of the whole production line.
a (top): primary energy consumption (crude oil base: l); b(middle): CO₂ emission (t-CO₂); and, c(bottom): energy cost (Rs.).

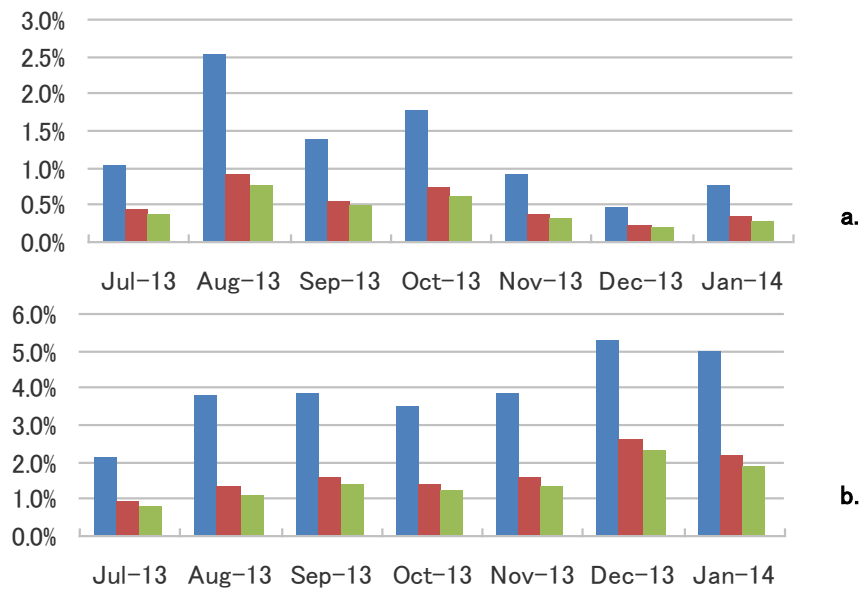


Figure 5-16: Reduction ratios amongst the factory for different months, for energy cost (blue), CO₂ emission (red) and primary energy consumption (green) for Milkfed. a(top): Reduction ratios observed based on the available measured data; and, b(bottom): hypothetical maximum performance in terms of reduction ratios that assume EHP was operating even for the time when measurement data was not available during when main boiler was not in use etc.

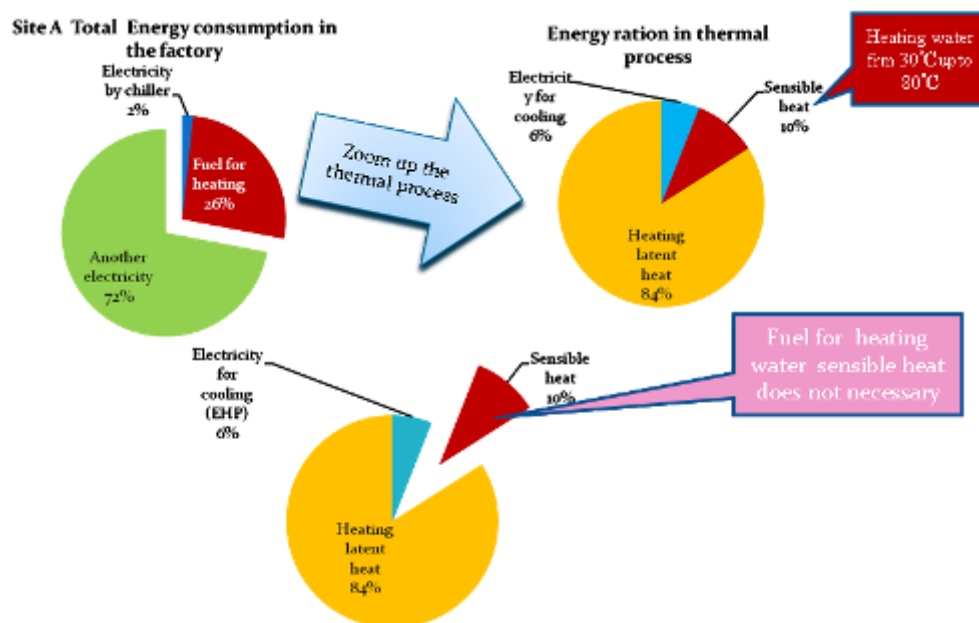


Figure 5-17: Reduction amongst factory, process and EHP system as equipment, taken energy consumption reduction as an example.

5.1.2.2. Amul

5.1.2.2.1. Overview of Amul

本セクションにおいて対象とする EHP の実証実験実施サイトの名称およびコンタクトは以下のとおりである:

Name: Kaira District Co-op. Milk Producers' Union Ltd. (Amul Dairy)

Address: Food Complex, National Highway No. 8, Mogar 388340 Anand Gujarat (Figure 5-17)

Tel: +912692251323

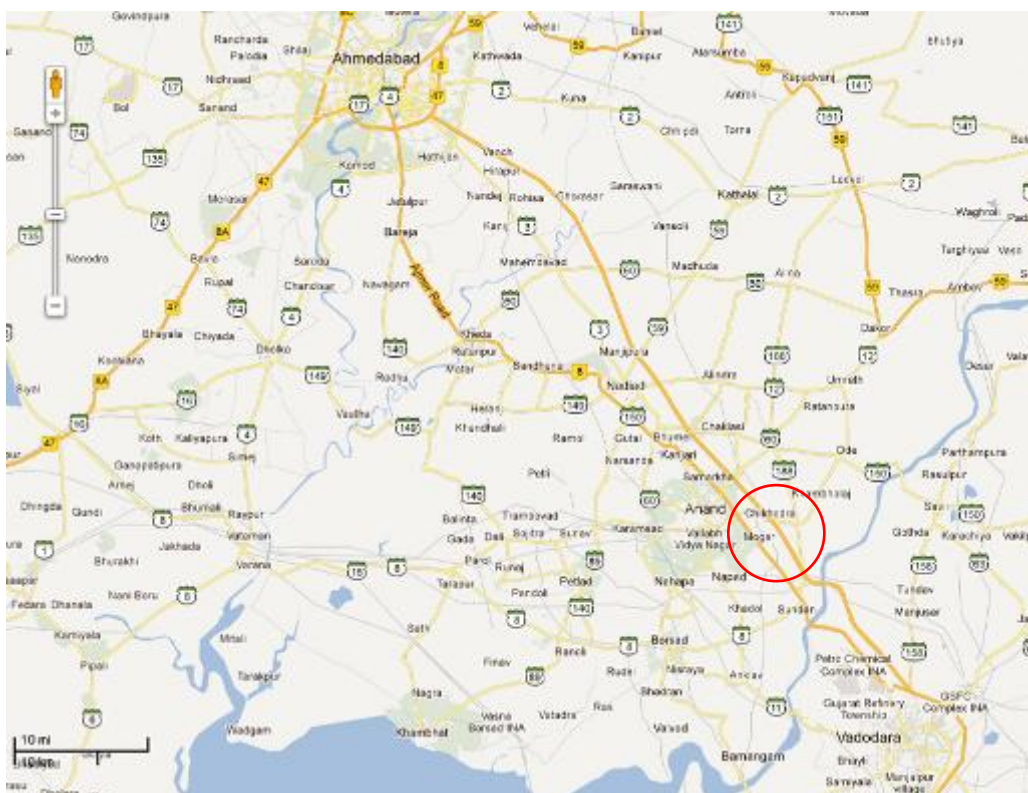


Figure 5-18: The location of the potential application site near Ahmedabad (indicated in a red circle).

5.1.2.2.2. Plan

Amul におけるパイロット実証の実施計画の概要を以下に示す。

- Step 1: サイトの特定
- Step 2: Amul – TERI 間で MoU (memorandum of understanding) 締結
- Step 3: EHP システムの調達
- Step 4: 事前（ベースライン）計測
- Step 5: 日本からインドへ EHP システムの輸送
- Step 6: オンサイト導入工事
- Step 7: EHP システムの立ち上げ
- Step 8: 事後（効果）計測
- Step 9: フォローアップおよびキャパシティ・ビルディング
- Step 10: 評価・考察

5.1.2.2.3. Implementation

EHP システムは Amul の既存の温熱系（ボイラー）および冷熱系（チラー）に追加・改修する形で導入された。EHP は、既存の温熱系に予熱用の温熱、冷熱系に予冷用の冷熱を同時に供給することで、Amul の生産工程のエネルギー効率を総合的に改善することが期待された。しかしながら EHP は、実際に操業を行っている工程に組み込まれるだけではなく、従前は独立した別々の系、すなわち温熱系と冷熱系、双方に接続されるため、生産工程にいかなる悪影響も与えることなく、また同時に EHP システムの効率を最大限に引き出すために、EHP システムの設計にあたっては最善の注意を払う必要があった。Amul に導入された EHP システムの概念

図を以下に示す。

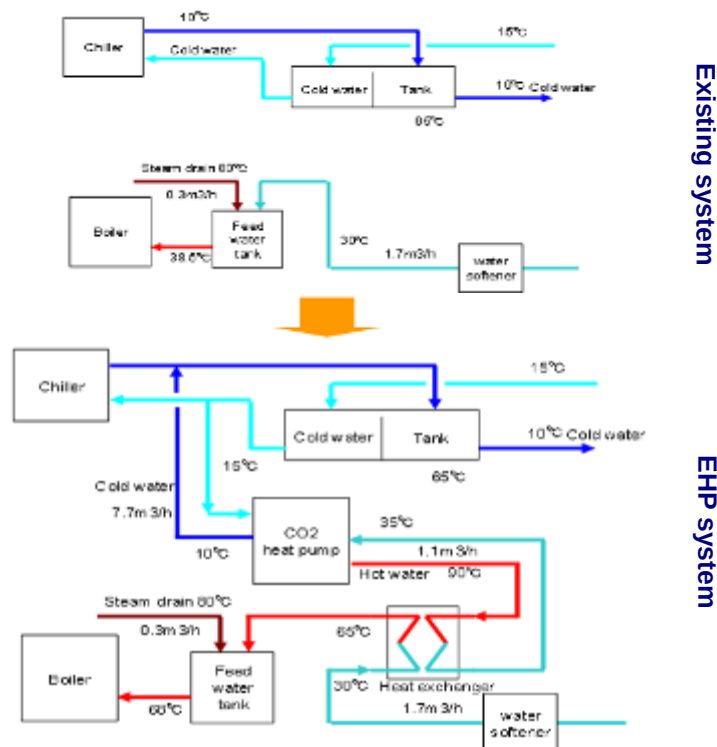


Figure 5-19: A schematic flow diagram for EHP system installed at Amul. EHP simultaneously provides cold water for chilling process (blue) as well as hot water for heating process (red) through PHEs (plate heat exchangers). A hot water tank is equipped to balance the needs between cold and hot water processes.

5.1.2.2.4. Results

Figures 5-20 は 2013 年 8 月から年 12 月までの実測に基づく EHP システムの導入効果、すなわち一次エネルギー消費量（原油換算ベース）、CO₂ 排出量（CO₂-t）、およびエネルギーコスト（Rs.）、についてまとめたものである。また Figure 5-21 は上記で示した EHP によるエネルギー削減効果を工場全体および関連するプロセス（熱システム）でのエネルギー消費に対する削減効果率として再整理したものである。計測した全ての月において、エネルギー関連指標（一次エネルギー消費量、CO₂ 排出量、およびエネルギーコスト）のすべてに対して、良好な削減効果が得られた。空調、照明、モータ動力等に多くのエネルギーを消費するが、工場全体と対比した場合においても、EHP システムの導入によって大きな効果が得られたことが示された (Figure 5-21)。

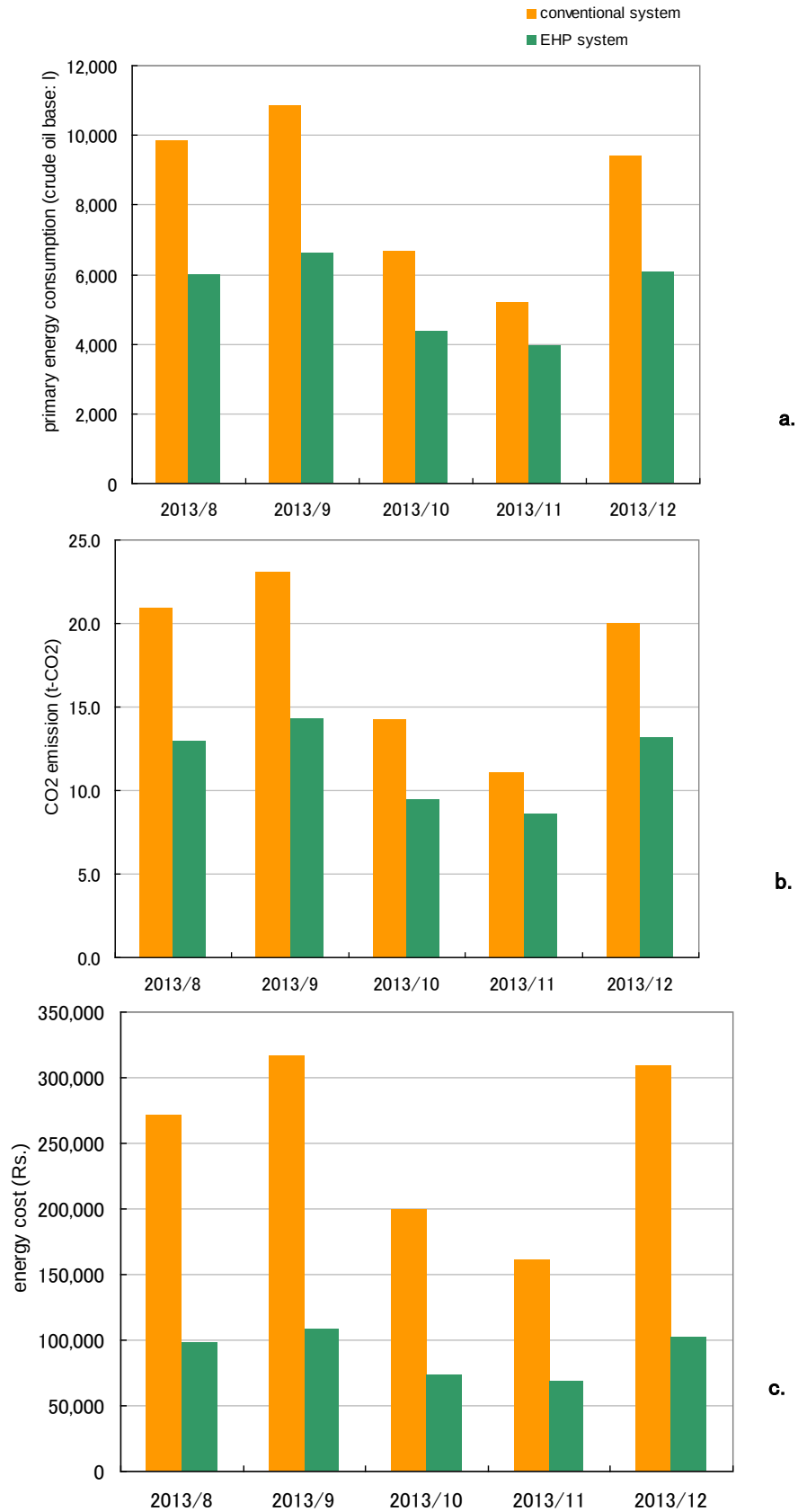


Figure 5-20: The impacts of EHP system in Amul from August 2013 (data collection started from July 22nd). Values for conventional system are calculated values which are equivalent to produce the same amount of heating and cooling generated by EHP system, which suffice the partial needs of the whole

production line. a (top): primary energy consumption (crude oil base: l); b(middle): CO₂ emission (t-CO₂); and, c(bottom): energy cost (Rs.).

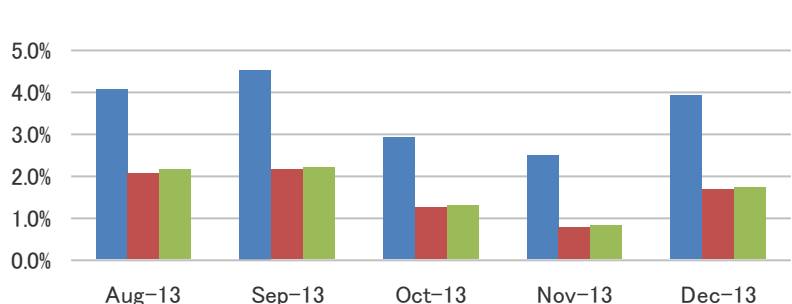


Figure 5-21: Reduction ratios amongst the factory for different months, for energy cost (blue), CO₂ emission (red) and primary energy consumption (green) for Amul. Reduction ratios are estimated based on the observed measured data.

5.1.2.3. Potential Impact to the Region

これまでの EHP 実証実験の結果を踏まえ、インドの乳業セクター全体を対象に EHP を適用・普及した場合に期待されるポテンシャルの推計を試みた。まず、インドの乳業セクター全体による原乳調達量 (kl year⁻¹)とパイロット調査で対象とした Milkfed の調達量(ton year⁻¹)の比を求めた。Amul の原材料は主としてパウダーミルクであったため、この比は Milkfed の調達量からのみ求めた。NDDB (2013)によると、インドの乳業セクターにおける 2012-13 年度の原乳調達量は、およそ 1140.2 ml y⁻¹ (原乳の比重は 1.05 kg/milk-l と仮定) と推計され、また Milkfed の年間調達量は 9.4 Ml y⁻¹ (2012 年 6 月から 2013 年 5 月までの記録による) であった。したがって、これらの数値を前提に、原乳調達量から求めたインド全体での EHP 適用ポテンシャルは、CO₂ 排出量、エネルギーコスト、および一次エネルギー消費量の削減量について、それぞれ約 60 kt-CO₂ y⁻¹、1 GRs y⁻¹、および 30 Ml-crude oil equivalent y⁻¹であることが示された。この試算では生産内容の内訳等を見逃ししており初歩的な推計ではあるものの、EHP の適用について温暖化対策の観点からだけではなく経済的側面からも大きな潜在的可能性を秘めていることが示唆された。

5.2. ソフト・テクノロジー

5.2.1. Induction Furnace

誘導溶解炉のパイロット事業において鋳物産業が対象として選定されたのは、主として次の理由によるものである。(i)本プロジェクトで対象とする中小規模の事業主体 (SME) が、インドの鋳物産業では大多数を占めていること。(ii) 鋳物産業におけるエネルギー消費の大部分—およそ 70%—が誘導溶解炉によるものであるということ。つまり、鋳物産業における誘導溶解炉まわりの技術の向上が、工場という規模レベルにおいても大きなインパクトとなると共に、産業クラスター全体に対してもより素早くより大きな展開が見込まれた。初期の現地調査において、誘導溶解炉そのものの性能は既に日本と同等の水準にあることが明らかとなったが、例えばエネルギー効率の向上だけでなく棄却率の低減にも通ずる小集団活動 (Kaizen 活動) の導入によるさらなる運用管理面での技術の向上が見込まれた。したがって、誘導溶解炉のパイロット事業においては、誘導溶解炉の運用管理技術の向上に資する活動の導入を実施することとした。

5.2.1.1. Overview

Kolhapur の産業クラスターにおいて、現地調査を行ったパイロット実施候補の 3 つの鋳物工場 (sand casting process) の概要を以下の表にまとめた。Kolhapur クラスターの調査以前にも Gujarat 州の Rajkot の産業クラスターにおいて 5 つの鋳物工場について調査を実施していた。しかしながら Rajkot では調査を行った 5 工場を含むクラスターに属する大多数の工場でインド国内において主流であるとは言えない lost-wax process を導入しており、パイロット事業以降の

展開を考えた場合、必ずしもパイロット事業の実施対象として最適ではなかった。これに対し、Kolhapur の 3 工場は全てインドで圧倒的に主流である sand casting process を導入しており、本研究活動以降のより大きな展開ポテンシャルを考慮し、本パイロットにおいては Kolhapur の鋳物工場に対象を絞ることとした。現地調査を実施した Kolhapur の 3 工場のうち、Marvelous Metal および Caspro Metal の 2 社が、彼らの施設内で Kaizen 活動を実施することに合意した。

Table 5-3: An overview of foundry units investigated in Kolhapur.

	Marvelous Metal	Caspro Metal	Siddhart Castings
Melting furnace	500kg/500kW 500kg/350kW	500kg/550kW 500kg/550kW 1000kg/1000kW	300kg/250kW
Type of casting	CI and SGI	CI	CI
Energy consumption	615-580	670kWh/ton	750kWh/ton
Tapping temperature	1480-1460°C	1500°C	1450°C
Yield %	70-73% (CI) 60% (SGI)	75% (CI)	80% (CI)
Rejection %	7-8%	5%	8%
Production	5000ton/year	9800ton/year	1100ton/year
5S activity	At 2S level	Going to be Introduced	NA

5.2.1.2. Plan

Kolhapur クラスタにおけるパイロット実証の実施段取り計画の概要を以下に示す。

- Step 1: 小集団活動実施サイトの特定
- Step 2: パイロット事業実施サイト - TERI 間で MoU (memorandum of understanding) 締結
- Step 3: 小集団活動実施マニュアルの作成
- Step 4: 小集団 (i.e., Kaizen) 活動の実施
- Step 5: フォローアップおよびキャパシティ・ビルディング
- Step 6: 評価・考察

5.2.1.3. Results

2012 年 12 月および 2013 年 8 月に実施した現地調査の結果を踏まえ、Kaizen 活動を現地で開始するにあたり、英文、および現地 Marathi 語によって記述されたマニュアルを作成した。Kaizen 活動の実施主体である現地工場の作業員の英語はもとよりヒンディ語の水準を考慮すると、現地言語である Marathi 語版の作成はマニュアルの内容を十分に理解してもらうために極めて重要であった。このマニュアルが現地で活用されることで 2013 年末までに、小集団活動が開始され誘導溶解炉に係る操業データが記録され始めた。Figure 5-22 に本調査研究で用いた操業記録票を示す。

Melting Furnace	Furnace No. 1	Melting No.	Sign of type	Date of melting	R	Si	1	2	0	1	3	Operator	Ch. No.
Charge Weight	kg	150	Standard	C	0	0	0	0	0	0	0	Sc	CE
Alloying material	kg	150	Standard	C	0	0	0	0	0	0	0	Sc	CE
Heat No.	kg	150	Standard	C	0	0	0	0	0	0	0	Sc	CE
Emulsion	kg	150	Standard	C	0	0	0	0	0	0	0	Sc	CE
Operation record													
Feeding	kg	150	Standard	C	0	0	0	0	0	0	0	Sc	CE
Others	kg	150	Standard	C	0	0	0	0	0	0	0	Sc	CE
Supplementary Material	kg	150	Standard	C	0	0	0	0	0	0	0	Sc	CE
Desulfurizing agent	kg	150	Standard	C	0	0	0	0	0	0	0	Sc	CE
Inoculant	kg	150	Standard	C	0	0	0	0	0	0	0	Sc	CE
Graphite Spheroidizing agent	kg	150	Standard	C	0	0	0	0	0	0	0	Sc	CE
Presence or absence of Furnace repairing type of Furnace	kg	150	Standard	C	0	0	0	0	0	0	0	Sc	CE
Furnace repairing Amount used	kg	150	Standard	C	0	0	0	0	0	0	0	Sc	CE
Parts to be repaired	kg	150	Standard	C	0	0	0	0	0	0	0	Sc	CE
Power energy at the last tapping	kw	1732	Standard	C	0	0	0	0	0	0	0	Sc	CE
Power energy at tapping	kw	1735	Standard	C	0	0	0	0	0	0	0	Sc	CE
Casting production name													
Number of casting products													
Residual metal in the ladle													

Figure 5-22: An example of furnace operation data recorded at the foundry units in Kolhapur.

現在までに記録・蓄積されたデータから具体的なインプリケーションが示された。Marvelous および Caspro の結果に大きな違いが見受けられなかったため、以下 2 社合わせて記述する。

1. タップ温度管理

タップ温度については、両工場とも高い水準で管理されている。Figure 5-22 は Caspro の 1 号炉におけるヒート毎のタップ温度を示したものである。97%以上のヒートが平均 (1467 度) ± 10 度の範囲に収まっており、タップ温度管理については日本と同等の水準にあることが明らかとなった。

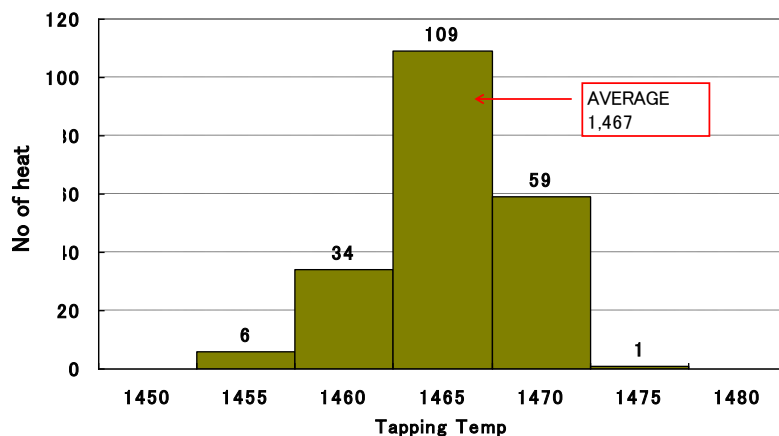


Figure 5-23: No. of heats for different tapping temperature of Caspro furnace 1 (550kg).

2. エネルギー原単位との関係におけるタップ温度のばらつきについて

一般的に、タップ温度と誘導炉のエネルギー原単位は強い相関を示す。しかしながら本研究で対象とした両工場のデータにおいては、相関はほとんど見受けられなかった。タップ温度に対して極端に高い、もしくは極端に低いエネルギー原単位 (kWh/t) が散見された。これはオーバーヒートや、投入材の形状等に起因するものと推察される。この結果より、エネルギー原単位との関係におけるタップ温度の管理を推進することでの、エネルギー効率の向上の可能性が示唆された。

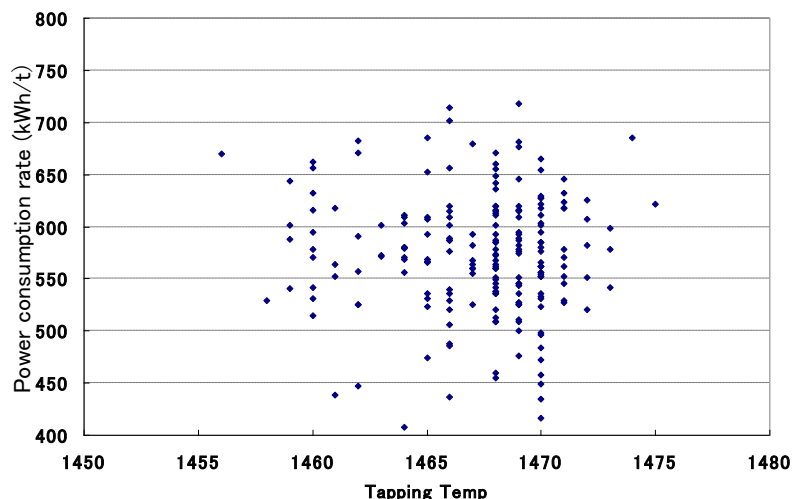


Figure 5-24: Power consumption rate for different tapping temperature of Caspro furnace 1 (550kg).

3. 炉間におけるばらつきについて

同容量で、同様の生産を行う複数の炉間における、エネルギー原単位の差異が見受けられた。Figure 5-25 は Caspro の 2 つの 550 kg 炉のエネルギー原単位を示したものであるが、およそ 10 kWh t^{-1} から 30 kWh t^{-1} の差が炉間に見られた。この結果より、よりエネルギー効率が高い炉に蓄積されていると推察される優れた経験やノウハウを、よりエネルギー効率の低い炉に展開させることで、工場全体としてのエネルギー効率の向上が図れる可能性があることが示唆された。

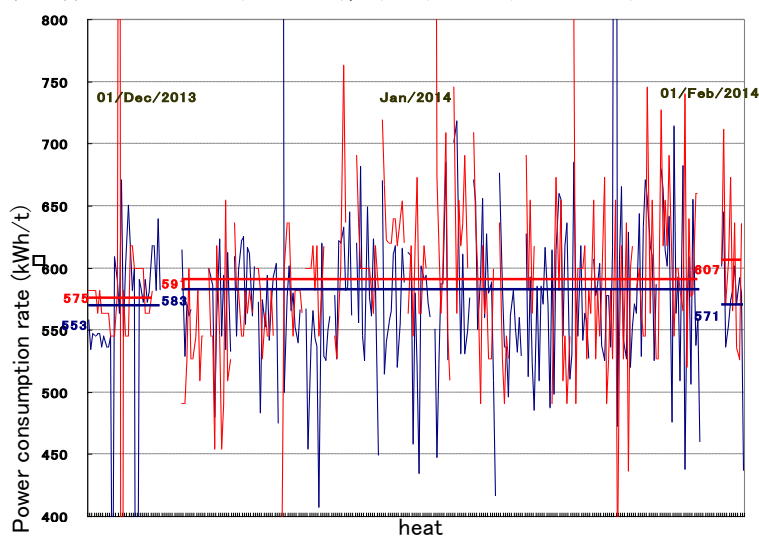


Figure 5-25: Power consumption rate for different tapping temperature of Caspro furnaces 1 (blue) and 2 (red) (550kg).

4. オペレータ間のばらつきについて

異なるオペレータ間におけるエネルギー原単位のばらつきが見受けられた。下図は Marvelous の 550 kg 炉におけるオペレータ毎のエネルギー原単位の推移を示したものであるが、オペレータによって最大約 30 kWh t^{-1} の差が示された。これより、より高い水準の知見やノウハウが特定のオペレータにおける蓄積に留まっており、工場全体への展開がなされていないことが示唆された。したがって、ワークショップやマニュアルの作成をつうじて、よりレベルの高いオペレータのノウハウを他のオペレータへ展開することを検討してみる価値は十分にあると予想された。

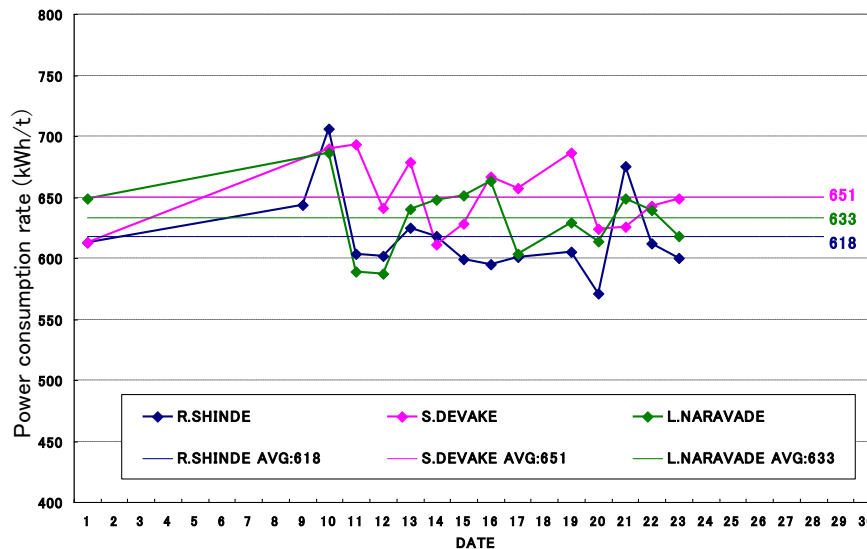


Figure 5-26: Power consumption rate for different operators of Marvelous furnace (550kg).

5. 残り湯とエネルギー原単位の関係について

レードルにおける残り湯と誘導溶解炉のエネルギー原単位に、明確な相関が見られた (Figure 5-27)。この相関より、残り湯が多いほど、よりエネルギー原単位が高くなる傾向が示された。したがって、対象工場においてより高いエネルギー効率を達成するためには、残り湯の管理も重要な要素であることが示唆された。

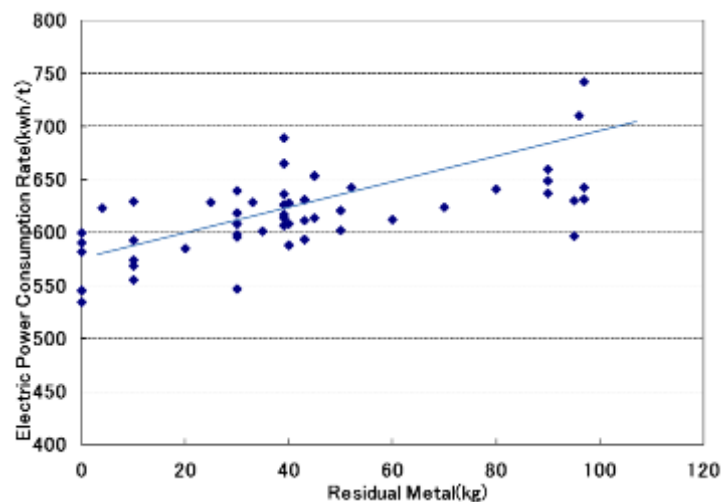


Figure 5-27: Power consumption rate (residual metal extracted) for various amount of residual metal.

5.2.1.4. Potential Impact to the Region

Marvelous および Caspro の操業データをまとめた Figure 5-28 より、インドにおける誘導溶解炉のエネルギー原単位の向上ポテンシャルを 50 kWh t^{-1} と仮定、その上で Marvelous と Caspro の生産量と Kolhapur クラスタおよび国内生産量の比を用いて、インドの sand casting 工法の鋳物産業における Kaizen 活動の展開効果を推計した。Table 5-3 より Marvelous および Caspro の生産量は 9800 t y^{-1} and 5000 t y^{-1} である一方、Kolhapur 産業クラスターおよびインド全体での生産量は、それぞれ $0.6 \text{ million t y}^{-1}$ と $9.3 \text{ million t y}^{-1}$ である (TERI, pers. comm., 20 February 2014)。また、インドにおける電力コスト、系統電力の CO_2 排出係数が 6.8 Rs. kWh^{-1} (TERI, pers. comm., 20 February 2014) と $0.89 \text{ kg-CO}_2 \text{ kWh}^{-1}$ (TERI, 2013 email comm., Feb. 18) であることから、Marvelous、Caspro、Kolhapur クラスタ、およびインド全体での CO_2 排出削減量はそれぞれおよそ $436 \text{ t-CO}_2 \text{ y}^{-1}$ 、 $223 \text{ t-CO}_2 \text{ y}^{-1}$ 、 $26700 \text{ t-CO}_2 \text{ y}^{-1}$ および $0.4 \text{ Mt-CO}_2 \text{ y}^{-1}$ であると推計され

た。また同時に、それぞれについて 3.4 MRs y^{-1} 、 1.7 MRs y^{-1} 、 204 MRs y^{-1} および 3.2 GRs y^{-1} のエネルギーコストの削減ポテンシャルが示された。この試算では生産内容の内訳等を見放し、sand casting 工法の鋳造業における Kaizen 活動の推進・適用が温暖化対策の観点だけに留まらず、経済的側面からも小さくない潜在的な可能性を秘めていることが明らかとなった。

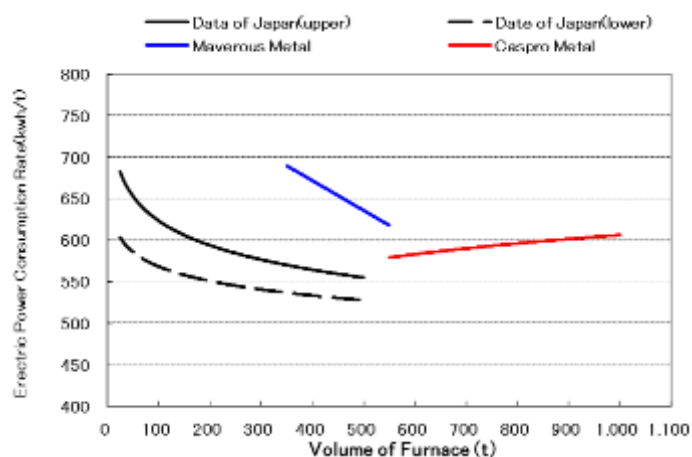


Figure 5-28: Power consumption rate for Caspro, Marvelous and Japan.

5.2.2. Compressed Air

圧縮空気は電気、ガス、水道に次ぐ、産業界における第4の汎用的なインフラであると言われている。圧縮空気はさまざまな道具や機器、産業プロセスにおいて用いられているが、一般的に圧縮空気システムの管理は十分に行き届いておらず、さまざまなロスに帰結している。最終需要端に届く圧縮空気は、投入される電気エネルギーに対して、わずか 10-30% であるとされる。残りの 70-90% のエネルギーは、熱、摩擦、音等の形で利用されることなく捨てられている。

5.2.2.1. Overview

圧縮空気システムは、下図に示すとおりの要素を含む：空気圧縮機、レシーバ、ドライヤ、フィルター、配管、アクチュエータ（使用端デバイス）。

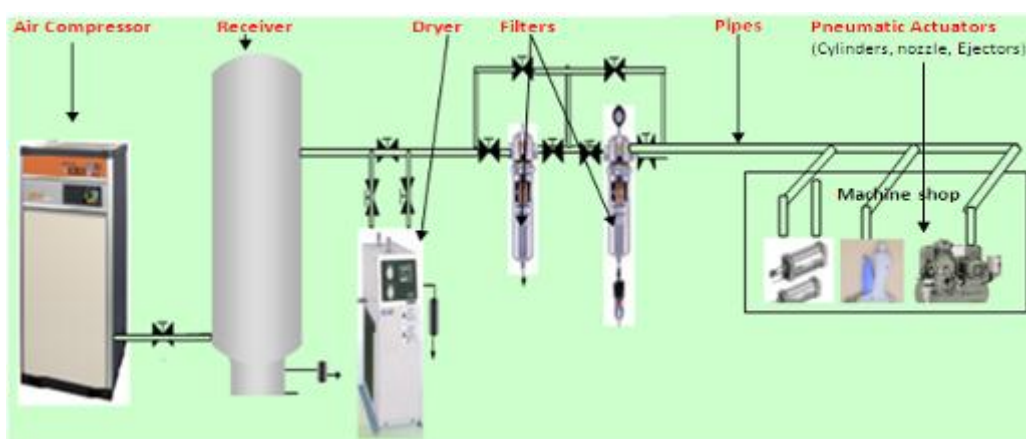


Figure 5-29: An overview of typical compressed air system.

圧縮空気システムにおけるエネルギーロスとは、供給端（空気圧縮機）から需要端（使用端）間のさまざまなポイントにおける圧損に起因する。

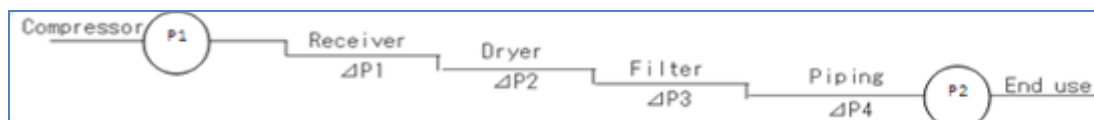


Figure 5-30: Typical energy loss pertaining to compressed air system.

第2回 JCC において、本プロジェクトにおけるパイロット事業の対象として、インドの SME に対する圧縮空気システムに係るベストプラクティスの導入を行ってもよいことが合意された。

5.2.2.2. Plan

圧縮空気システムのパイロット事業については、キャパシティデベロップメントと、ベストプラクティスに関するアウェアネスレイジングを中心に実施した。これらは大きく2つのカテゴリーに分類することができる: A) パイロット事業の対象として選定された SME に対するオンサイトでのキャパシティデベロップメントとアウェアネスレイジング、B) 他のステークホルダーに対するキャパシティデベロップメントとアウェアネスレイジング。

A) パイロット事業の対象として選定された SME に対するオンサイトでのキャパシティデベロップメントとアウェアネスレイジング

このカテゴリーにおける活動は以下のとおり推進された:

- サイト調査: 選定されたインドのサイトについて現地調査を実施した。現地調査中に、SME の経営者、エンジニア、メンテナンスチームに対して圧縮空気システムのベストオペレーティングプラクティスに関するキャパシティデベロップメント、およびアウェアネスレイジングを実施した。計測活動、デモンストレーション、レクチャーおよび質疑応答セッションなどを行った。
- PS レポート: 調査したそれぞれのサイトに対して、キャパシティデベロップメントやアウェアネスレイジングとは別に、具体的な改善提案を含んだ PS (potential study) レポートを作成、提供した。
- フォローアップ: 改善提案に係る理解を確実なものとし、実施に向けたファシリテーションを行うため、PS レポートに関する SME からのフィードバックについて十分な検討を行った。一部のサイトについては追加的なフォローアップを実施し、必要な定量的・定性的評価を行う目的で、2度目の現地調査を行った。
- 評価: 改善提案が実施されたことを確認し、その省エネや GHG 排出量削減効果を推計する、定量的 and/or 定性的評価を行った。

B) 他のステークホルダーに対するキャパシティデベロップメントとアウェアネスレイジング

パイロット事業を実施した SME 以外にも、クラスターやトレーニングワークショップ等をつうじ、その他のステークホルダー、例えば産業協会、他の SME の経営者やエンジニア、エネルギー診断者や専門家等、に対するアウェアネスレイジングやキャパシティデベロップメントを実施した。

5.2.2.3. Results

13 の SME に対して実施した現地調査の結果、現状の圧縮空気システムを改善するためのさまざまな方策が示された。複数のサイトで共通に見出された方策は次のとおり: 1) コンプレッサの圧力最適化; 2) エアリーケージの低減; 3) パイプサイズの最適化; 4) インバータタイプのコンプレッサの導入。これらの方策に係る推計効果を以下に示す。

Table 5-4: Impact of adjusting pressure of compressors (zero cost).

	Mass Flange	DIC India	Sankalp	Transauto
Primary energy saving (KWh y ⁻¹)	17,856	41,760	52,080	66,216
CO ₂ emission reduction (ton y ⁻¹)	17	39	48	61
Cost saving (Rs y ⁻¹)	116,064	271,440	338,000	417,160
Approx. pay back period	Immediate	Immediate	Immediate	Immediate

Table 5-5: Impact of reducing leakage (minimum cost: approx. Rs.200,000¹).

	Transauto	Sankalp	Mass Flange	DIC India
Primary energy saving (KWh y ⁻¹)	37,000	40,920	59,520	68,400
CO ₂ emission reduction (ton y ⁻¹)	35	38	55	64
Cost saving (Rs y ⁻¹)	233,100	265,980	386,880	444,600
Approx. pay back period (year)	0.8	0.8	0.5	0.4

Table 5-6: Impact of increasing piping size (medium cost).

	DIC India	Kansal
Primary energy saving (KWh y ⁻¹)	17,280	97200
CO ₂ emission reduction (ton y ⁻¹)	16	91
Cost saving (1000Rs y ⁻¹)	112,320	631800
Approx. pay back period (year)	2	1.5

Table 5-7: Impact of installing inverter type air compressor (high cost²).

	Transauto	Iceburg	DIC India	Kansal	Sankalp
Primary energy saving (%)	17	22	15	25	17
Primary energy saving (kWh y ⁻¹)	53,196	96,624	99,360	135,360	223,994
CO ₂ emission reduction (ton y ⁻¹)	49.5	89	93	125	208
Cost saving (Rs y ⁻¹)	335,134	628,056	645,840	880,000	1,456,000
Approx. pay back period (year)	3.3	4	3.5	2.5	3

次の3社については、インバータタイプのコンプレッサの導入以外の、改善提案のほとんどについて実施した： Transauto、Sankalp および、Mass Flange。これら3社についての推計効果を下表にまとめた。

Table 5-8: Summary of the impacts of measure taken at three forging sites in Pune.

	Transauto	Sankalp	Mass Flange
Primary energy saving (%)	30	30	25
Primary energy saving (kWh y ⁻¹)	177,341	139,690	92,385
CO ₂ emission reduction (ton y ⁻¹)	165	130	86
Cost saving (Rs y ⁻¹)	1,117,248	907,985	600,502
Pay back period (year)	< 1	< 1	< 0.5

これらの削減は、少ない投資で達成可能なものである。さらに、インバータタイプのコンプレッサを導入すれば、さらなる効果が期待できる。例えば、Sankalp は近い将来インバータタイプのコンプレッサを導入する予定である。

¹ The cost includes mainly buying a “Plant Walker Leak Detector II” in India.

² The cost of inverter type compressor (OSP-37VARN) is 2.5 million JPY. The cost of inverter type compressor (OSP-75VARN) is 4.5 million. The cost of inverter type compressor is 30% cheaper in India. Exchange rate is 1000JPY=625Rs (1Rs=1.6JPY).

5.2.2.4. Potential Impact to the Region

- * 評価は TERI より提供された次の情報に基づいて行った: 鍛造工場数は 1200 (組織化されたもの、されていないものを含む)
- * Pune、Chennai、Delhi、Hyderabad および Ludhiana にまたがる。
- * 250 万人の雇用 (直接・間接含む)
- * 年間 150 万トンの生産キャパシティ
- * 利用率 65-70%
- * 全工場の合計エネルギー消費量: 582,000 toe/year (50 の鍛造工場を対象とした TERI の WB-GEF プロジェクトによる)
- * 消費電気エネルギーの割合: 25% to 28%
- * 空気圧縮機による電力消費割合: 17%
- * 圧縮空気システムによる合計電力エネルギー消費量: 1,138 million kWh/year
- * 圧縮空気システムによる省エネポテンシャル: 30%

したがって:

- 合計省エネポテンシャル: 約 341 million kWh/year
- 合計 CO₂ 排出削減ポテンシャル: 314,000 tCO₂/year

また、空気圧縮機のライフタイムが 15 年だと仮定すると:

- 15 年間の合計省エネポテンシャル: 5,119 million kWh
- 15 年間の合計 CO₂ 排出削減ポテンシャル: 4.7 million tCO₂

Table 5-9: Summary of estimated impact of improving compressed air system at forging industry

	Annual	Over 15 years
Primary energy saving (kWh)	341 million	5,119 million
CO ₂ emission reduction (ton)	314,000	4.7 million

5.3. 考察

5.3.1. 一般的な研究成果とその示唆すること

一般的な研究結果およびその意味を‘機会’および‘課題/障壁 (バリア)’の 2 つのサブセクションに分類しまとめた。

5.3.1.1. 機会

- 本研究プロジェクトは、それらの機種ではインドで初めてとなる低炭素技術の選定・導入に成功しただけでなく、エネルギーのコストの抑制により経済的利益を達成すると同時に炭素排出量削減においてかなり有効な効果をもたらすことを実証し明らかにした。加えて、これらの技術の殆どはクロスカッティング (分野横断的) 技術であり、これらの技術は、本研究の下で選択した以外の様々なセクターやクラスターでさらに導入される可能性が強い。例えば、EHP は、食品加工セクター(250 万以上の MSME からなる)、ホテル(130 万以上の MSME からなる)等に適用できるだろう。GHP は商業ビル、繊維産業(80 万以上の MSME からなる)、レストランやホテルなど(130 万以上の MSME からなる)に適用できるだろう。誘導電気炉と圧縮空気は、機械設備 (80 万以上の MSME からなる)を除く金属製品の製造工場に広く適用できるだろう。(データ: Ministry of MSME 報告書 2012-2013)。しかし同時に、プロジェクト中に直面した初期費用の高さというような課題は注意深く検討する必要がある。
- 本研究プロジェクトを遂行した結果、当初目的の選定技術の適用だけでなく、日本とインドのビジネス (産業間: B2B) を促進する関係を構築できた。また、プロジェクトは、政府機関、研究機関、学術機関および民間部門を含む、優れたマルチステイクホルダー・アプローチであった。それゆえ、このネットワークをうまく確立し、そして民間部門(日本の

メーカーおよびインドの中小企業)をうまくプロジェクトに参画させることができたことは、プロジェクトの優れた成果と見なすことができるだろう。本プロジェクトに参画した日本のメーカーが今後もこの連携（共同研究）を継続することに前向きであり、継続する意思を持っているということは非常に興味深いことである。他の日本のメーカーでもさらに今後の研究活動に参画し、連携することに関心を示しているところもある。インド側からは、Rajkot Engineering Association (REA), Maharashtra Chamber of Commerce, Industry and Agriculture (MCCIA), Association of Indian Forging Industry 等のいくつかのビジネス協会や団体が今後の連携に関心を示している。このように、本研究プロジェクトで得られたネットワークや経験が、新たなプロジェクトに繋がりさらに発展しさらなる成果に結びつくきっかけになる。

- 研究プロジェクトの研究結果は、選定されたセクターまたはクラスターにおいて SME の環境および経済実績を改善するという点で現在実施中の JICA プロジェクトにおいて十分に評価に値しうる。
- 二国間、地域、並びに国際的なプログラム/スキームにおいても、JCM、JIBIC、ADB、CTCN 等が整っており、ALCT プロジェクトで選定された技術をクラスター/セグメント/セクターまたは州レベルにおいてインドでより広く適用するのに活用できるだろう。
- インドの国レベルでは、SME のエネルギー効率を促進するために様々な有望な政府プログラムが整備されており（例：NMEEE 等の下で）、MSME に重点を置いた統一省が整備されている（Ministry of MSME）。さらに、インドのビジネス団体も SME のエネルギー効率の改善に積極的に取り組んでいる。加えて、ESCO および他の資金調達スキームも SME のエネルギー効率問題に積極的に取り組んでいる（SIDBI 等）。ALCT 研究プロジェクトで選定した技術をクラスター/セグメント/セクターまたは州レベルにおいてより広く適用するために、全てのこれらのメカニズム/プログラムを活用することができるだろう。
- TERI は、全国・地方レベル両方の関係政府機関と緊密な関係を持ち、さらに、省エネルギープロジェクトの計画・実施において民間部門との協働にも豊富な経験を有する。したがって、5-10 年後に、公的および民間部門の担当者がこの研究結果を吸収し実施することができる、そして重点エリアにおいて技術移転率に顕著な効果がありえる、という成果は十分に期待できる。

5.3.1.2. 課題／障壁（バリア）

- 本プロジェクトにおける民間部門の参画はこのプロジェクトの要であったので、民間部門から専門知識を結集するために参画を促したことは大変苦労を要することであり、民間部門の参画なしではほとんどなし得なかった。例えば、本パイロット事業において導入すべき技術の選択は、ALCT プロジェクトへの民間部門(日本とインド双方)の参画の可能性、並びに、連携の意向を踏まえておこなわれた。
- プロジェクトを進めるにあたり、国際的なプロジェクト特有の課題、障壁があったが、それらは関係者の努力によってなんとか克服された。今後のインドとの国際プロジェクトの参考になるように、経験したことを記録する意味で次に述べる。
- コスト・経費の問題（主として日本側の負担）
 - 日本側の負担としては機器（製造・組み立て、スペア部品等）、国際輸送費、および関税は日本側負担で、インドは国内輸送費、据付工事費用、周辺機器（タンク、弁、ポンプ、配管、断熱工事）はインド側負担であった。
 - その他のコスト；エキスパート／スーパーバイザーの派遣、コンサルタント、翻訳
 - 日本円の上昇（インド通貨に換算するとコストが上昇）2010 年には約 2 円であったルピーの為替は 2012 年には 1.5 円以下に下がり、2013 年の平均はおおよそ 1.6 円であった。
- SME もインドのエキスパートも技術的能力(ノウホワイ (know why)・ノウハウ (know how))が十分ではなかった。
 - 設置、メンテナンス、導入した技術の効果の測定・報告・検証（MRV: Measurement,

- Reporting and Verification) 等について
 - 市場で入手可能な先進技術およびベスト・プラクティス等について
- 情報／データ／評価
 - 評価等用の SME のインベントリーデータ／歴史的（過去の）データ(デジタル・データ、ログブック等)の不足等
 - 計測ツール・装置は入手可能であるが、より高性能の計測機器が必要であった。
- コミュニケーションの困難
 - 言語、技術コンセプト、情報文化；計測単位 (lakh・crore 対 千・万)等
 - 打合せ／会議／電話等を通してコミュニケーション可能な時間が以下の理由により制限されている。
 - (i) 日本とインドの間に互いの就業時間の重複が少ない
 - (ii) 祝日が日本とインド双方に多くあり、それらは重複していない。
- 組織（制度）
 - 報告（書）、メール等への対応やフォローに時間がかかる。
 - MoU の署名、並びに、修正に時間がかかる。
 - 官僚制度（日本・インド双方）
- インフラ
 - 通信、輸送手段、パイロット事業実施サイトの状況
 - 電圧(110 対 220); 電源(3 相 対 2 相)
 - 頻繁な停電と節電（つまり電圧変動）
- その他
 - 気候の相違： インドは通常、冬、夏およびモンスーン(各々3 か月間以上続く)の 3 シーズンだけである。

5.3.2 特定の研究成果とその示唆すること

5.3.2.1 GHP

- パイロット事業中に Rajkot において天然ガス料金が急騰したにもかかわらず、GHP システムはかなりの炭素排出量削減だけではなく、同時にエネルギーコストの削減も実証した。2 ヶ所の現地実験の結果、炭素排出量や一次エネルギー消費において約 45%の削減を立証した。一方、エネルギーコストにおいてはほぼ 0%（実際の天然ガス料金使用時）から 15%（2011 年 12 月時点での固定天然ガス料金使用時）であった。
- GHP システムは様々なセクターおよび産業において適用が可能な用途の広いシステムであるため、インドの中の最も急成長しているセクター1 つであるオフィスビル・セクターにおいて GHP の暫定的・実験的な評価を実施した。CEMg と ECSg はそれぞれ年間炭素排出量およびエネルギーコスト削減を表わし、このために以下の式を利用した。

$$\text{CEMg} = [\text{office space}] \cdot [\text{unit AC load}] \cdot [\text{ssAC/tAC}] \cdot [\text{carbon reduction rate}] \cdot [\text{electricity CO}_2 \text{ unit}]$$

$$\text{ECSg} = [\text{office space}] \cdot [\text{unit AC load}] \cdot [\text{ssAC/tAC}] \cdot [\text{cost reduction rate}] \cdot [\text{electricity cost unit}]$$

上記式で、[office space]、[unit AC load] および [ssAC/tAC]は、オフィスサイズ(ft²)、インドの単位空調負荷 (kWh ft⁻² year⁻¹)、および小型の AC と AC 全体の間の比率を表わす。[ssAC/tAC]は、GHP システムを小規模 AC と置き換えることができることから、検討を必要とする重要な要素である；しかし、より大型の集中タイプの AC と置き換えることは困難である。Deutsche Bank (2006) によれば、インド最大都市のうちの 3 都市、すなわちデリー、ムンバイ、バンガロールの事務所スペースは、それぞれ 30 Mft²、33 Mft²および 28 Mft²である。インドの単位空調負荷は、110–220kWh ft⁻² y⁻¹ の範囲であると評価される(平均 165 kWh ft⁻² y⁻¹) (Seth, 2009)。Yano Research Institute (2012) によると、[ssAC/tAC]はおよそ 0.77 であると推測された。前述のとおり、[carbon reduction rate]および[cost reduction rate]は、それ

ぞれ 45.0%および 17.5% (2011 年 12 月時点のオリジナルのユーティリティ単価に基づき) であると推測され、それはパイロット事業を実施した 2 社 (つまり Delta と Jagdish) 間の平均から導き出されたものである。[electricity CO₂ unit] は、0.89 kg-CO₂ kWh⁻¹ (TERI, 2013 email comm., Feb. 18) であると推定された。2012 年 10 月から 2013 年 9 月の間の実際の記録に基づき、6.81 Rs kWh⁻¹ を [electricity cost unit] に使用した。

上記の簡易な評価の結果、CO₂ 削減が 6 Mton-CO₂ year⁻¹ でさらにコスト節約 (削減) が 18 GRs year⁻¹ であり、さらなる GHP の普及について無視できない可能性を示した。このことは、多大な経済的利益を達成すると同時に、ある特定のセクター、すなわち商業ビルを対象とした GHP の適用は国の全炭素排出量のほぼ 0.4% の削減に寄与できることを示唆した。

- GHP システムによるエネルギーコスト削減は元々の想定よりも小さくなってしまった。この理由は主としてガス価格の急騰によるもので、初期の評価時 (2011 年 12 月) と現評価時 (2013 年 12 月) の間で価格高騰が 40% 以上にのぼる。例えば TAPI (トルクメニスタン、アフガニスタン、パキスタン、インド) パイプライン計画の始動といった取組によってガス料金は安定するという見通しはあるが、下記にインド市場でよりよく受け入れられる可能性のある GHP の種類を示す:

オプション 1: GHP チラー

ファンコイル・ユニットは全体費用を削減するために現地で調達することができる。さらに、チラー GHP は温水も供給することができる。また、通常 GHP の室内機は空冷であるが水冷の GHP も設計できる。

オプション 2: 温水回収機能付き GHP

GHP はガスエンジンで運転されるが、エンジン効率は 30% 程度であり、70% の熱が排熱として利用されない。エンジン排熱を回収して 70°C 程度の温水を得ることができるので、より高いトータル COP を達成できる。

オプション 3: 高い周辺温度で用いる GHP

GHP は日本を含む温帯気候帯では 35°C で最も良く作動するように通常設計されている。それゆえ、より良い性能を達成するため、インドでは外気温を約 43~46°C あたりをターゲットとして GHP を再設計できる (する可能性がある)。

- GHP システムはインドの条件に適合するべくカスタマイズされ製造された。それにも拘わらず、GHP システムの効果を向上するために、再設定、微調整、フィルターの追加等、更なる調整および現地フォローアップ活動が必要となった。これらの活動のうちのいくつかは当初は想定されていなかった。
- Jagdish 社で発生した“ヒューズの飛び”(コスト 1 ドル未満)のような小さな問題でさえ、日本側が対応するまで GHP 機器を数日間止まらせてしまうこととなった。そのようなヒューズがインドでは入手不可能なことが理由であった(SME によると)。このことは、もちろんデータ収集同様、データ分析にも影響を及ぼした。
- ヤンマー社はインドに現地事務所がある。したがって、問題発生時に Yanmar インド事務所から SME サイトにエキスパートを派遣することは可能である。しかし、この派遣により SME に料金の支払いが必要になる可能性がある。
- GHP はインドには存在しなかった機械であるので、インド側の技術的な能力が十分ではなく、SME および TERI エキスパートを対象とした GHP システムの機能、トラブルシューティング、メンテナンス等に関するキャパシティ・ビルディングを当初の見込みよりも頻繁に、より長い期間実施しなければならなかったがそれでも十分ではなく今後の課題として残っている。

5.3.2.2 EHP

- EHP システムは、温熱負荷と冷熱負荷のバランスをよく保ち、かつその能力を発揮するよ

うシステム設計上の配慮が必要であったが、EHP システムは相当量の炭酸ガス排出量を削減するだけでなくエネルギーコストも同時に削減することが実証された。2 ヶ所の現地実験の結果、炭素排出量や一次エネルギー消費において約 40%の削減、一方、エネルギーコストにおいてはおよそ 70%を実証した。

- しかしながら、EHP システムの効果および有効性は、実施サイトの条件、特に温熱・冷熱需要のバランス間のバランスによって異なった。温熱・冷熱需要の比が 1.7 の場合に EHP システムはその最大能力を発揮する。

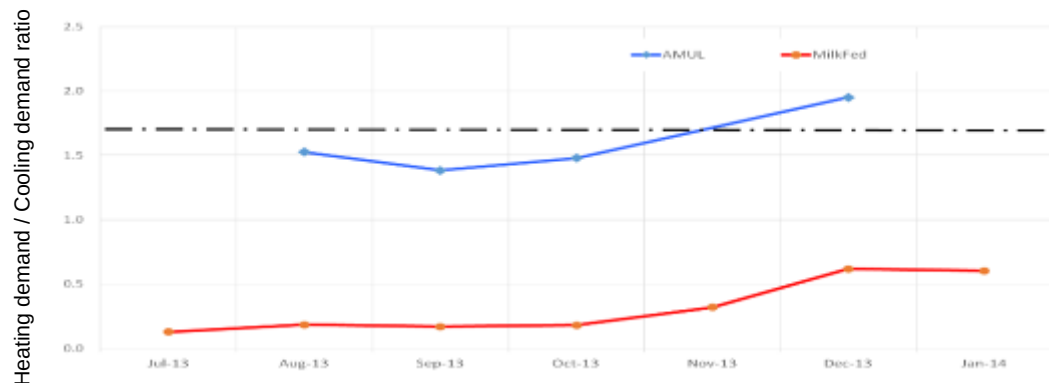


Figure 5-31: Heating and cooling demands for Amul and Milkfed. A black dash line indicates the ratio of 1.7, when EHP system exerts its maximum potential.

- EHP はインドでは初めての技術であった。従って、SME およびインド側エキスパートは EHP 技術に関する情報および技術的専門知識が十分ではなく、エキスパート/スーパーバイザーの派遣なく EHP システムを設置することができなかったため、パイロット事業に、より多くのコストがかかった。また、基礎工事および他の設置前工事や作業は、EHP システムがきちんと設置できることを保証するために作業の専門家/エキスパートの監督下で実施される必要があった。さらに、EHP オペレーション・機能、トラブル・シューティン、メンテナンス等に関する SME および TERI エキスパートを対象としたキャパシティ・ビルディングが必要であった。
- 本研究プロジェクトの下で利用した EHP システムの総コストは、計測機器、設置時の指導、および、インドの工場の条件に合わせるためのシステム設計修正といった追加費用を含んでいた。さらに、熱交換器、ポンプ、特殊な配管等は日本で製造しインドへ送らなければならなかった。このプロジェクトでは EHP の有効性を評価するために特別に設計し極めて多くの計測機器を設けた。また、EHP の適用はインドでは初めてであったため日本側の経験も十分ではなくサイトの様子が分からないため材料仕様も保守的なものになり（ステンレスの保温カバーなど）費用がもっとかかってしまった。そのため、普及段階では省略できるものが多くあり、設置・運転におけるインド特有の留意事項等本プロジェクトを通じて得た知識と経験が活用することができる（Phase I）ので、EHP コストを下げる事が可能である。将来ある一定のレベルまで経験を積み重ねた後に、インドあるいは近隣諸国で EHP の周辺コンポーネントを生産することを通してさらなるコスト削減を達成することができるであろう（Phase II）。上述のシナリオは Table 5-10 にまとめる。

Table 5-10: Summary of potential cost reduction scenario. Unit: 1000 JPY.

	Item	Current research	Phase I ^{*1}	Phase II ^{*2}
Japan	Total cost	34400	20100	10600
	EHP assembly	27000	19200	10000
	Packaging	1300	500	300
	Transportation	500	400	300
	Supervision	4100	optional	optional
	Design	1500	0	0
India / neighboring nation		-	-	Control design, panel, pumps, piping, insulation, electrical work

*1: Control panel (steel sheet), no measuring device, iron expansion tank, no panel cooler, no heat insulation rack, no heat insulation for pumps; roof to prevent direct sunlight and fence to prevent animal damage is needed when EHP is to be equipped outdoors.

*2: Only the main EHP unit and heat exchangers will be shipped from Japan; roof to prevent direct sunlight and fence to prevent animal damage is needed when EHP is to be equipped outdoors.

- TERI と SME 間で MoU に署名されたものの、機器（チラー）や配管の取り替えや燃料の転換(F.O→天然ガス)等により、パイロット実施サイトの条件に変更が続いた。そのため、当初の計画よりも追加で効果の再評価のために現地調査が必要となった。
- Amul において冷却タンクにモニタリング・センサーが落ちてしまったというような小さな問題でさえ日本側の対応が必要であり、対応には数日かかった。このことは、明らかにデータ収集、およびデータ分析に影響を及ぼした。
- 機器の設置および試運転実施後に、SME はエキスパートに事前に相談無くポンプの方向を変更した。このことにより、水質と関係する問題と共に、EHP 機能に問題を引き起こしてしまった。このような問題は、日本側の対応なしには解決することができず、SME や TERI エキスパートの技術的能力が充分ではないこと、祝・休日、コミュニケーション問題（言語、様々なステークホルダー等）を含む様々な理由により解決に 1 か月以上かかった。

5.3.2.3 誘導溶解炉

- 既存の機器自体のエネルギー効率は、既に先進国のものと同等なレベルにある。しかし、企業レベルのみならず国レベルでも同様に KAIZEN 活動（つまり小集団活動）のようなイニシアチブを通してオペレーション・プラクティスにおいてさらなる改善余地がかなりあることが示唆され、このことは将来的に検討する価値がある。
- 日本人専門家の支援を得て実施したデータ収集および評価によって、インドの砂型鋳造工場の興味深い特徴が明らかになり、エネルギー消費や炭素排出量をさらに削減する大きなポテンシャルが間違いなくあり、これらを達成できる活動がはっきりした。いくつかの重要な活動については既に触れた。例えば出湯温度に関連して電力原単位の変動幅を小さくすることや、特定のオペレータや工場が保有している優れたオペレーション・プラクティスを他に普及する活動が重要と考える。さらに、ダライ粉（切削屑）のきちっとした管理(例：砂の混入防止)、冷却水、および、耐火物（材）、または、熱損失防止のための炉上へのキャップ据え付け等を改善すれば、さらなる炉効率を向上させることができるであろう。
- 2 国間の地理的な隔たりを考えると、インドにおいて KAIZEN 活動を推進する効果的な手段の一つは、トレーナーのためのトレーニングのモデルの活用を通じておこなうことであった。日本人エキスパートは、コルハプール、および工場レベルで活動を促進し調整する重要な役割を果たしている工場長達だけでなく TERI の研究員もそれぞれ訓練した。
- KAIZEN 活動マニュアルは、トレーナーだけでなく生産ラインで実際に KAIZEN 活動を実践する労働者の能力を向上するのに良い方法であった。そのため、一般に労働者は英語またはヒンディ語さえ十分に理解することができなかったことから、マニュアルの現地語

(Marthi) への翻訳が不可欠であった。

5.3.2.4 圧縮空気システム

インドのSMEにおける省エネの観点からの圧縮空気システムの改善効果は30~40%の範囲になる可能性がある。エアリー漏れの削減、圧力設定の最適化、配管径のサイズアップ等、最小のコストがかかる対策を講じただけで、SMEはおおよそ20~30%の省エネを達成し、インバータタイプのエアリー・コンプレッサーを導入すると、さらに10~20%の省エネ効果が見込まれるとされる。

圧縮空気システムは、多方面の産業でごく一般的に使われていることから、省エネルギーや同様な普及において大きな可能性がある(セクター横断的/分野横断的技術)。

- 圧縮空気システムに関するSMEの技術的能力が十分ではない。
- REAやAIFIのようなビジネス団体は、クラスター/セグメントレベルで能力開発および意識向上に関する活動を実施することについて協力する準備ができている(例えば、鍛造業または鋳物業にて)。
- トレーナーのためのトレーニングという活動は、インドでより広範囲のSMEにおけるエアリー・コンプレッサーシステムの改善により取組となり得る。
- SMEは、インバータタイプのエアリー・コンプレッサーの導入という提案以外は、実施可能性調査(PS)報告書でエキスパートが出したほとんどすべての助言や提案を実施した。これはインバータタイプのエアリー・コンプレッサーはより費用がかかるという事実だけでなく、SMEが提案されたインバータタイプのエアリー・コンプレッサーのコンセプトを知らないという事実にも起因する。これに対する一般的な方策は改修策で、すなわち、既存のコンプレッサにVFD(可変周波数電源)を取り付けるという策である。SMEはインバータタイプのエアリー・コンプレッサー導入効果、および、そのペイバック期間の短さを過小評価しているようである。実施した調査に基づき、インバータタイプのエアリー・コンプレッサーの効果を下表に示す。

Table 5-11: Estimated impact of installing inverter type air compressor.

		Transauto	Iceburg	DIC India	Kansal	Sankalp
Primary energy saving	Percentage	17	22	15	25	17
	kWh/year	53,196	96,624	99,360	135,360	223,994
CO ₂ emission reduction (ton/year)		49.5	89	93	125	208
Cost saving (Rs/year)		335,134	628,056	645,840	880,000	1,456,000
Approx. payback period (year)		3.3	4	3.5	2.5	3

- SIDBIローン、ESCO等のような圧縮空気システムのアップグレードを促進するいくつかのプログラムがあるが、SMEはこれらのプログラムに関する知識や情報に乏しいようである。これらのプログラムのことを知っているSMEもいくつかあるが、それらは銀行借入れと比較してあまり魅力的ではないと彼らは考えているようである。
- エネルギー浪費の点では圧縮空気システムの状況は、大企業とSMEの間でそれ程差はない。特にインバータタイプのエアリー・コンプレッサーの導入を通して、省エネルギーに対する大きな可能性が大企業でも同様に認識された。
- 大企業(例:織物)におけるインバータタイプのエアリー・コンプレッサーの導入は、PATスキーム下で彼らが目標排出量を達成するのに役立つだろう。
- インバータタイプのエアリー・コンプレッサーの導入のためのさらに詳細な調査が今後実施されるべきである。SankalpおよびBombay Dyeingがエキスパートの提案に基づいてインバータタイプのエアリー・コンプレッサーを導入する計画をしているとすると、普及および能力開発に関する事例研究(ケーススタディ)として扱うためにこれら2社へのフォローア

ップが必要である。

発想の転換を促進するためにアウトリーチ活動および普及活動を拡大するべきである。前述の通り、圧縮空気システムの省エネには必ずしも多額の投資を必要とするとは限らないことから、発想の転換は大変重要である。下表に示すような費用分担のアプローチによってインドのSMEにおける圧縮空気の改善を促進することができるかもしれない。

Table 5-12: Cost sharing in the case of compressed air system.

Example of Activities	Expected Cost	Expected Bearer of the Cost
Change in pressure setting etc.	Zero to minimum	SME
Leakage detection and treatment	Minimum to medium	SME; ESCO; SIDBI.
Changing size and design of piping	Medium to high	ESCO; SIDBI; Indian Government (NMEEE, TEQUP)
Upgrading to inverter type compressor	High to very high	Indian Government; JCM; JBIC

C6: 低炭素技術の適用促進: 認証・標準に係るフレームの提言およびキャパシティ・ビルディング

- 本プロジェクトでは、SME レベルにおける低炭素技術適用の効果について研究し、そこで選択した技術に関する炭酸ガス排出量削減、エネルギー消費やエネルギーコストの節約およびそれに付随する課題や様々な改善余地(例：初期費用)の点においてうまく潜在的可能性を明らかにした。この研究の結果や経験をより広くより広範囲な現実的社会効果に変えていくために、これらの点について慎重に検討すると同時に低炭素技術の普及をさらに強化することが推奨される。
- ハード技術にのみ限定せず、誘導溶解炉や圧縮空気システムのように著しい効果があることが実証されたソフト技術にも着目するべきである。しかし、インドのSMEおよびエキスパートは、特に利用可能な最先端機器や最先端のベスト・プラクティスに関しては技術的能力に乏しい。この問題を克服するために、例えば Asian Pacific Centre for Technology Transfer (APCTT)との連携等によるトレーナーのためのトレーニング (ToT) の実施という方策が考えられ得る。日本人エキスパートは講義、研修資料、インドおよび日本での現地研修等を通してインドのエキスパートにトレーニングを提供することができる。一旦トレーナーが必要な技術を蓄えれば、彼らは他のエキスパートやSMEに(様々なKAIZEN活動報告書等を通じて)それを伝えることができる。これを確実にするために、IGES と TERI は今後さらに例えばインド側では the Institute of Indian Foundrymen (IIF)、REA、AIFI、MCCIA 等、日本側では GEC、ICETT 等のようなインドと日本の研究機関やビジネス団体との連携を促進することができるかもしれない。
- インドのエキスパートのキャパシティ・ビルディング、および多方面のインドのステークホルダーへの意識付けを実施し加速するべきである。技術メーカーは、この点について連携を継続する準備がありそのことに前向きである。とりわけソフト技術に関しては、エネルギー効率局 (BEE) のエネルギー監査官やエキスパートへのトレーニングを通して連携が可能かもしれない。SHAKTI 財団のような他のステークホルダーとの連携については、トレーニングワークショップの開催を通じておこなうこともまた一つの方法である。1 回きりのトレーニングの実施では全く十分では無い。JICA プログラム等を通じた訪日研修の実施もまた一つの方法である。
- 政府機関、研究機関、学術機関、および特に民間部門の間で素晴らしいネットワークの構築に成功したことは、本研究の優れた成果（業績）である。例えば、前川製作所、ヤンマー、日立産機システム、パナソニック等のような日本の大手技術メーカーとのネットワークを構築した。現在の研究結果をより広くより広範囲な社会効果に変えていくために、このネットワークをさらに他のステークホルダー、特にインドのビジネス団体にまで拡大することにより強化するべきである。インドのビジネス団体と連携することで、様々な業界に対象を広げて関わりをもつことが促進できるだろう。これを急ぎ実施する一つとしては、研究結果を中央政府および／または州政府に共有することである。それにより彼らの権威

下にある広範囲なビジネスに普及する可能性がある。例えば、肥料・砂糖・パルプおよび紙の 3 セクターに技術適用を推進することに重点をおいている The Indian Ministry of Science and Technology (科学技術省) は、肯定的な効果があると分かった低炭素技術を紹介することが可能であろう。また、NMEEE は、PAT スキーム等の下で識別した指定の消費者 (DCs) にこれらの技術を紹介することができる。

- LCS-RNet、LoCAR-Net、UNEP(CTCN)は、資金オプションあるいは広範囲のステークホルダーへの情報と知識の普及活動を通して、これらの技術をインドで展開することができる重要なチャンネルである。これらのプラットフォームの役割は主に情報と知識共有である。したがって、インベントリーデータ、および必要とされる技術 (需要側) や利用可能な技術 (供給側) に関する情報を確立することができるかもしれない。データだけの共有は十分ではないかもしれず、それゆえ、これらのプラットフォームやネットワークの下で、シーズをニーズに合わせたマトリクスも提供できうる。
- 研究を実施した技術の初期費用は、受益者の希望する水準よりも一般的に高い。この費用に関するギャップを緩和する方法の一つは、インドで全ての技術を製造、あるいは、インドまたはできれば FTA/EPA のような経済合意に締結している国で、製造コストがより低いことが活用できる近隣諸国で技術の一部分を製造または調達することである。例えば、6 章で考察した通り、GHP・EHP システムは、インドでどの部分を製造できるか、また、どの部分を日本あるいは他の近隣諸国で製造できるかを見極めるために組み立てられ/分解されなければならない。重要な部分 (例: 知的財産権(IPR)は保護されるべき部分) のみ日本で製造し、残りの部分は日本企業、あるいは、インドの企業との合弁によりインドで製造するというのはいくつかあるかもしれない。これをするために、“Assisted Broker Model” という ADB イニシアチブがインドのメーカーと日本のメーカーを結びつけることに活用できるだろう。
- 費用に関するギャップを縮める別の案は、費用分担の原理によって縮めることである。例えば、コストがかからない、または、最小のコストを必要とする活動や技術は、SME 自身が実施するべきである。最小コストから中程度の費用を必要とする活動や技術は、インドのエネルギー・サービス・カンパニー(ESCO)、および(または)Small Industries Development Bank of India (SIDBI)を含む緑の投資を奨励している銀行からのローンによって促進することができるだろう。中程度から高い/非常に高い投資コストを必要とする活動および技術は、国・2 国間、地域的、そして国際的なプログラムによって促進されるべきである。例えば、国レベルでは、インドの政府は、“Technology and Quality Upgradation Support to MSMEs (TEQUP)”と題するプログラムに GHP および EHP 技術を含めることができる。NMEEE は、FEEED プログラム等の下でこれらの技術の輸入税の緩和または免除をすることができる。2 国間レベルでは、JCM スキームのようなイニシアチブ、および JIBIC イニシアチブの J-MRV プログラムを通してこれらの技術を促進できる可能性がある。
- 結果を基に、多重ステークホルダー・アプローチは、対象セクターに低炭素技術を普及するための長期的戦略を必要としている。それぞれのステークホルダーは、以下のような具体的な役割を果たさなければならない。
 - 地域および国際的な資金提供組織は実施可能性調査、可能であれば対象セクターにおける追加のパイロット事業の実施を支援し融資するべきである。
 - 日本およびインド政府は、低炭素技術の普及を促進するために、既存の規則やインセンティブ(輸入税緩和、補助金、IPR 等)を活用するか、あるいは新しく作ることが可能である。インドおよび日本政府は、日本の低炭素技術を普及するスキームとして JCM を活用するためにそれに関する交渉を加速するべきである。インドにおいて JCM および PAT スキームを低炭素技術を普及するために活用する主要目標スキームとして特定するべきである。
 - 民間部門の役割は技術普及の要である。民間部門の資金と専門知識の動員は非常に重要である。民間部門は、彼らの技術システムあるいはその一部を独力(FDI 等による)、あるいはインドのメーカーと合弁で、インドで製造するようにしなければならない。

インドで技術を製造することは、技術のコストを大きく下げることができるだけでなく、技術経験やノウハウの蓄積の促進を通して技術の受益者の能力を開発することができる。技術提供者は、インドのメーカーとの連携によりインドの条件に合う新しい技術を開発する機会を得ることが可能である。技術メーカーは、さらにインドのエキスパートのキャパシティ・ビルディングに関するあらゆる対策をとるべきである。

- 研究機関は、ファシリテーターおよびシーズをニーズと合わせる役割を果たすことができる。ステークホルダーのマッチング、データ分析およびガイダンス、特に意識向上に関係するアウトリーチ活動および他の対策を行う。
- クラスターレベルにおいて GHP 技術の普及可能性に関するさらなる実施可能性調査が実施されるべきである。6 章で考察した商業ビルだけでなく、繊維産業（80 万以上の MSME からなる）、レストランおよびホテル（130 万以上の MSME からなる）で GHP 技術を適用できる可能性がある。従って、これらのクラスター/セクターは今後の実施可能性調査でカバーされるべきである。繊維クラスターは、i) PAT スキームにカバーされている、ii) 現行の研究プロジェクトの下で既に初期の実施可能性調査が実施されているという点から好まれる可能性がある。これは SATREPS、JCM、そして IEA ヒートポンプ・センター等のようなスキーム／制度の下で実施できるかもしれない。
- クラスターレベルにおける EHP 技術の普及可能性に関するさらなる実施可能性調査が実施されるべきである。食品加工セクター（250 万以上の MSME からなる）やホテル（130 万以上の MSME からなる）のような他のセクターに EHP 技術を適用することができるだろう。GHP と同様に前述のスキーム／制度の下でこれを実施することができるかもしれない。

4. 2 インドにおける省エネルギー技術の選定や成果指標の構築に係る研究

（国立大学法人 京都大学）

（1）研究実施内容及び成果

1) 研究のねらい

IGES と京都大学の責任分担は、IGES が主にインド側における低炭素技術の選定およびパイロット事業の現場調査を担当し、京都大学は両国の低炭素技術の適用ケースを可視化し、一定の指標や情報フォーマットを設定して適用プロセスにおける課題や技術の成果を、日本側とインド側が相互に比較し認識できるような方法論を開発することにある。

特に、UNIDO（国連工業開発機関）や IEA など国際機関は、2005 年以降、エネルギー消費の最終段階の効率性に着目し、それを「見える化」するための方法論として、測定と検証方法の開発を行っている。そういった国際的議論を踏まえ、本プロジェクトの成果および日本における低炭素技術の適用プロセスの特徴を国際的に認識可能な形にどう転換できるかを検討した。

第一段階では、国際機関で議論されている技術開発および移転にかかわる方法論、問題意識をトレースした。

第二段階では、日本側の中小企業における低炭素技術の適用現場のケーススタディを実施し、適用に際して移転すべきノウハウの検討を行った。とくに、技術の適用現場のノウハウの蓄積や経営判断の基準や公的補助の在り方、生産ラインの担当者と外部エンジニアの共同作業など、低炭素技術導入に関わる基本コンセプトを洗い出す作業を行った。

技術の適合性やエネルギー消費の最小化プロセスについては、生産工程ごとに異なる技術導入プロセスの特徴に着目し、技術移転の知識の伝達に役立つような、情報の加工と映像編集を行った。

日本の中小企業における先端技術の導入プロセスは、経営者だけではなく、生産現場を知りぬいた立場の人間と、低炭素技術の選択を行うエンジニアの共同作業が大事なポイントである。また、導入後は、開発エンジニアと現場のユーザーが、システムのあてはまり具合や熱循環ニーズへの適合性を見ながら、エネルギー消費の最小化のための改良努力を続けてきている。そうい

った質的なノウハウをインド側にどう伝達するかという点に配慮した。これらの研究経緯は、DVDの形の映像資料として保存し、インド側に、基礎情報として提供した。

成果指標については、エネルギー排出量、CO₂削減、財務指標をもとに詳細な検討を行った。また、単なるデータ処理では、気候環境条件の違いや生産工程、電力会社とユーザー企業の共同作業についての考え方を十分考慮に入れることができないため、導入のプロセスと経営判断がわかるよう、システムの改修ポイントなどのトレースを行った。

第3段階では、低炭素技術の導入成果を、現場の計測データに基づいて導入前、導入後のデータの分析を行った。これらの量的分析方法は、周辺条件の違いなど質的指標と合わせて活用すべきものと考えている。これらは、基礎的技術が同じでも、異文化環境下でどのようなバリエーションが発生するか、それらの国際比較を促進するためのものであり、建屋の状況、生産ラインの組み方、周辺環境などを盛り込んだモニタリング&検証方法のトレースを行った。

そういった点で、本プロジェクトの達成目標は、単に、省エネをどこまで実施できたかという量的な比較だけではなく、日本において実現しているボトムアップ型の改良システムや発想方法をどこまで「可視化できるか」、海外の現場での人材育成にむけて日本のエンジニアがどの程度貢献できるか、日本のエンジニアの国際的適応能力をどう向上させるかといった教育的課題も視野にいった。

また、今後の日本の技術競争力の強化策として、海外での実証型のパイロット事業を、日本の研究開発にどのように統合していくかという課題が残されている。さらには、国境を越えたエネルギー需要の管理 Demand Side Management (DSM) システム、認証システムを中期的研究にどのように加えるかといった課題もある。教育現場では、特に、若手研究者が、日本とは異なる開発現場で、環境エネルギー問題に取り組むことができるよう京大大学院生のインドへの派遣も行った。

以下、項目ごとにプロジェクトの進捗状況を明らかにする。

- 1) 電力消費の最終段階における効率基準、国際標準、評価方法について国際的議論の検討
- 2) 日本の中小企業における低炭素技術導入例の「見える化」作業
- 3) 新技術の導入と技術移転に関わる問題点
- 4) 現場データの解析

1) 電力消費の最終段階における効率基準、国際標準化、評価方法

日本で議論されている中小企業関連の省エネ国際規格としては以下のようなものがある。他方、こういった国際標準の議論が乱立するなかで、UNIDO（国連工業開発機関）、IEAなどが、エネルギーの最終需要マネジメントの成果を測る方法論や様式が確立していないこと、CDMとといった制度的枠組みはエネルギー効率には役立たないことを指摘している。

2005 年以降議論されている規格は以下の通り。

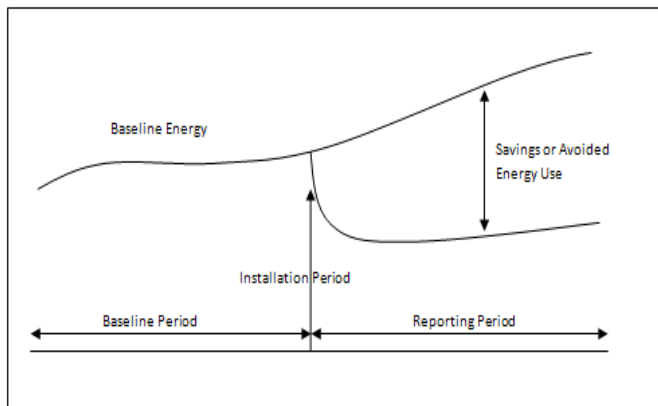
- ①カーボンフットプリント(CFP) <TC207/SC7/WG2>
 - ・日本はTS(標準仕様書：Technical Specification)に2009年着手。
- ②エネルギーマネジメント(EnMS) <TC242> (ISO50001)
- ③排出量取引関連<TC207/SC7/WG1>
 - ・排出量の検証員の力量に関する規格(ISO14066)。
- ④マテリアルフローコスト会計の国際標準<TC207/WG8>
 - ・2008 年3 月、日本提案により、国際標準化作業開始。
- ⑤環境マネジメントシステムの段階的適用の指針<TC207/SC1>
 - ・欧州標準化機関(CEN)の提案。中小企業が向けの段階的なアプローチを規定。

問題の一つは、ベースラインおよびモニタリング方法の設定が不明な点であり、国際標準化のための作業が **International Performance Measurement & Verification Protocol(IPMVP)** や **WBICSD**(持続可能な開発のための世界経済人会議)などを中心に進められた。

これらを受けて、インド政府側もDSM(需要管理)について、需要予測 **Demand Forecasting** の中に需要抑制オプションや社会的メリットを組み込むなど、省エネに協力した業者や企業のインセンティブを高めようとしている。

本プロジェクトでも、新技術導入の成果測定、エネルギー消費の削減分については、国際標準にのっとった方法を用いることを基本とし、IGES 側に対して、データの取得方法についてアドバイスをを行った。ベースラインのデータは、一年間分のデータ、また周辺条件(特に、気温、湿度など)が必要という認識を伝えた。

下記はそのイメージ図である。現行のエネルギー消費水準に対してどの程度のインパクトがあったかを「見える化」する方法である。



2) 日本の中小企業における低炭素技術導入例の「見える化」作業

次に、技術適用の際に、日本側の低炭素技術の特徴やノウハウをどう伝えるかという問題意識から、日本の中小企業の経験値やノウハウを明示化する作業に着手した。パイロット事業に適用される技術の妥当性を説明するためにも、技術抽出するための評価基準と評価結果を、セットで提示する必要がある。

このため、個別企業における低炭素技術導入事例をシステム設計図と共に検討し、それを一般展開できるような汎用性の高いケースにするため、産業セクターと熱利用パターンのマトリックスを作成し、ターゲットを絞った。インド側からは、①綿織物加工、特に染色工場。②食品工場(特に乳製品)、③自動車関連産業、④ビルの空調需要というニーズが大きいというコメントがあり、参考とした。

産業セクターとしては、

①食品加工(豆腐、乳製品など)

②機械加工(自動車部品工場)

③店舗施設

を取り上げ、同時に

①常に大量の冷却を必要とするパターン(豆腐、乳製品など)

②冷却と過熱を同時に処理する必要があるパターン(自動車部品工場など)

の組み合わせで、ターゲットとなる企業を選択し、技術選択メニューを構成した。

これに基づき、日本側の適用例を5ケース選択し、技術適用のプロセスを一定のフォーマットに基づいて明示化し、インド側がパイロット事業の選択や技術選択に役立つような可視化作業を行った。この方法としては、取材企業を選定し、その企業の省エネに向けたプロセスを作業フロー(現状分析、問題点の抽出、改良案、成果)で示し、そのあとに生産工程への適用プロセスと成果を映像資料として作成するというものである。この資料は英文 DVD の形になっているので、参考にさせていただきたい。

ア 適用事例1 食品工場(コスモス食品、フリーズドライ向上)

本件は、食品分野(フリーズドライ)の中小工場に、低炭素技術を導入したプロセスをトレースし

たものである。まず①熱処理システムの現状分析、②問題点の抽出、③改修プロセス、④他に展開可能な経験値、⑤成果という各段階を作フローとして可視化し、そのうえで、流れを現場映像情報で補っていくという方式をとった。

また、低炭素技術の導入前のシステムと導入後のシステムの比較を可能にするために、熱処理システム全体を示すイラスト図(日本語版、英語版)を作成した。

本件の改良プロセスの特徴は、導入前は大量のボイラーによって温熱を作り、また冷却にはチラーを使うという二元構造だったものを、新システム(電気ヒートポンプシステム)を導入することによって、熱循環を作り出し、温熱と冷却システムを同時に動かすシステムに変換したことである。これを中小企業がどのような経営判断で行ったかという点に留意した。

①現状分析から問題点の抽出

- コージェネレーションも多数のボイラーもオイルを熱源としていたために、オイルの消費量が多く、オイル価格の高騰の影響を受けやすかった。
- ボイラー室やコージェネレーション機械室などの熱や空気環境が悪く、作業員に対する影響が大きかった。
- 各システムのための多くのスペースを必要としていた。



現在使われていない煙突。



ボイラー室

②改修のポイント

ヒートポンプの温水取出しによる派生効果として生まれる冷水を、作業場冷房に使用することによって、本来捨てるべき冷熱を有効利用。



ヒートポンプ設置



90度の温水は給湯室へ。一部は洗浄水として活用



ヒートポンプによる冷水は地下へ。一部は冷房需要に対応。

③一般化可能かどうか

- 温熱と冷熱を同時に必要とする食品工場は多くあると思われるが、ヒートポンプのメリットは

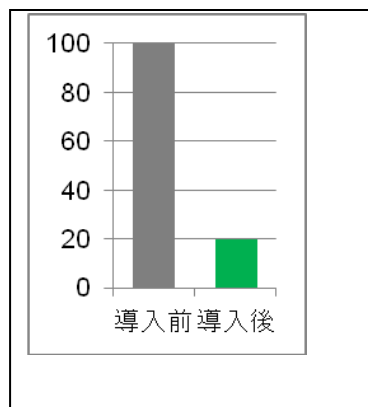
熱回収が容易にできること、ランニングコスト、環境負荷低減効果は大きいことである。

- 窯などでお湯を沸かす工程のある工場は、立ち上がり時間の短縮は重要で工程にも大きく影響する。ヒートポンプは運転開始時点から所定の温度が供給できるために立ち上がり時間の短縮に効果を発揮する。

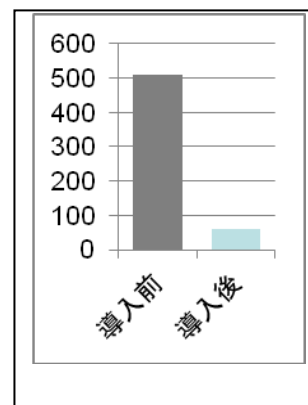
仮に COP3 の HP で冷水、温水負荷が同時に (100% ずつ) あった場合、1 の投入エネルギー (電気) に対し $(3+3) = \text{COP6}$ となる。

これによる作業場のメリットは、

- 高温で器具の清掃ができ、確実にかつ時間短縮ができた
- ボイラーなど加熱機器が少なくなり、保守などの作業環境が大幅に向上した
- A 重油の使用量が大幅に削減でき、ランニングコストと環境負荷低減に大幅に貢献した。
ランニングコストは 80% の削減、CO₂ 排出量は 510t から 60t へと削減。



ランニングコスト

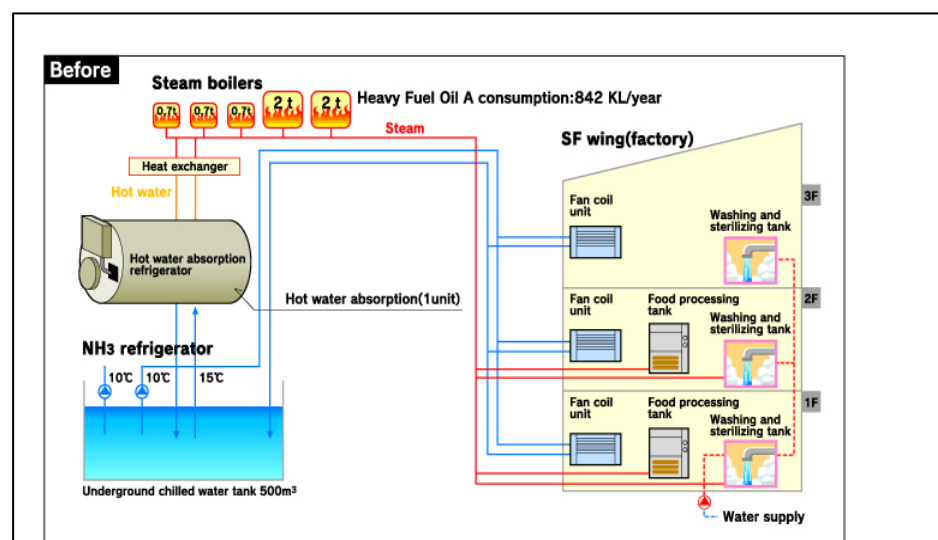


CO2削減量

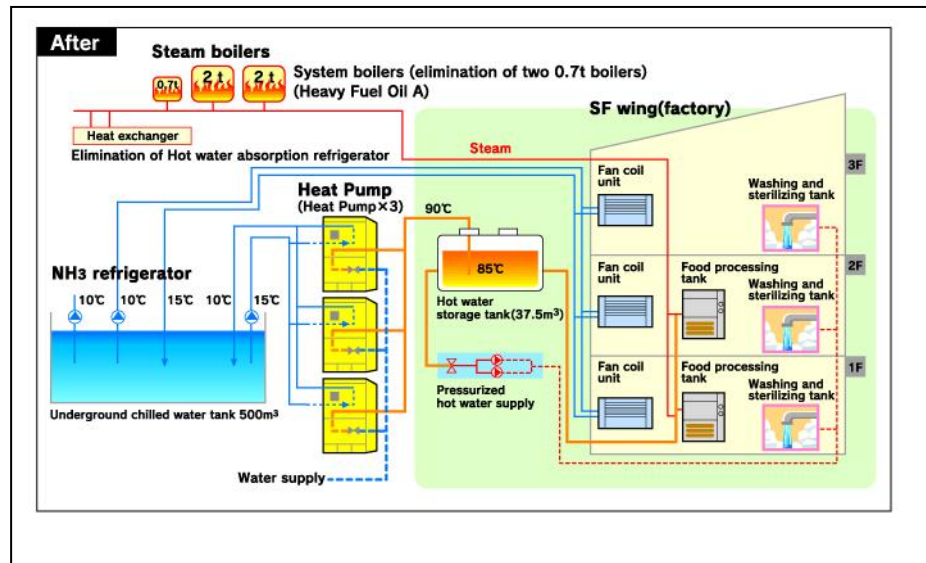
次に、これらの例を、生産ラインと熱処理プロセスを同時に示すイラスト図を作成して、説明用に活用できるようにした。

④ 熱処理システムの変更のイラスト図

下の図は、上記のケースをイラスト図にして、海外においても認識できるようにしたものである。低炭素技術システムの導入以前であり、ボイラーによる温熱系統と地下水を使った冷却システムが別系統で動いている。

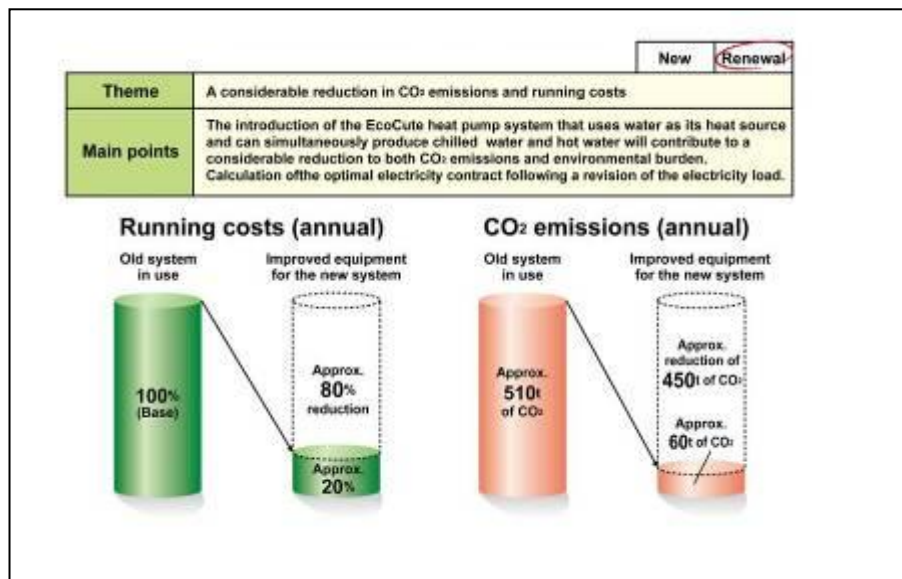


改良後は、温熱を作るプロセスとそこから生まれる冷却系統が、両系統で同時に動くシステムに変化させている。



⑤成果評価

導入前と導入後の、電気使用量のデータ類と、CO₂ 排出量換算の削減率、財務データなどの評価指標を含めた。



コスモス食品における成果指標の出し方

⑥ファイリング

これらの成果を企業ごとに英文でファイル化する作業を行った。

企業のエネルギーマネジメントデータファイルの作成例(コスモス食品)

Appendix 1

(Types of Designated Energy Management Factories) Type 1 Designated Energy Management Factory
(Industry sector) Food manufacturing (Capital) 258 million yen (No. of employees) 155

(Company name) Cosmos Foods Company (project location) Shimouchigami 655, Sanda City, Hyogo PrefectureBusiness name	Energy-saving business from the introduction of highly efficient heat-recovering heat-pumps
Objectives and summary of business	The factory installed 3 highly efficient heat-recovering heat-pumps and a hot-water storage tank. The factory uses night-time-rate electricity to run the heat pumps which produce chilled cold water which is stored in the existing thermal storage tank. The waste heat that the pumps extract is used to heat water and supply it at a temperature of 85°C to the hot-water storage tank. This operation does not consume any Heavy Fuel Oil A to produce the hot water and the chilled water, and achieves both a saving of energy and a reduction in CO ₂ emissions.
Business completion	29 January 2010
Equipment introduced and technical summary	Highly efficient heat-recovering heat-pump units (3 x 25 kW) Heating performance in winter: 331.6 MJ Hot water output: 15.5 L/min. (Temp. of input water: 5°C) = 930 L/h x 10 h x 3 = 27,900 L/day (at 90°C) (Converted to daily output of water at 85°C = 31,656 L/day) Power consumption: 25.41 kW Hot-water storage tank: 37.5 m ³ x 1 Pressurized water pump: 2.2 kW x 2 (Supply performance: 450 L/min.) Chilled water pump: 5.5 kW x 1 (Supply performance: 1,000 L/min.)
Positioning in the Keidanren Environmental Voluntary Action Plan, etc.	Affiliated organizations: none
Positioning in long-term plans	(Plan details as mentioned in the medium- to long-term plan) Although there are no clear target values listed in the plan period from FY2009 to FY2013, the plan notes the goal of reducing the consumption of Heavy Fuel Oil A by 30% on a FY2008 basis (a 842 x 0.3 = 253 kL reduction). (1) Introduction of EcoCute (highly efficient heat-recovering heat-pumps) Reduction in Heavy Fuel Oil A (2) Repair to the leaks in the boiler room steam pipes and the fitting of insulation Reduction in Heavy Fuel Oil A (3) Management of the steam trap Reduction in Heavy Fuel Oil A Energy-saving effect: 206 kl (Positioning of the above (1) to (3) in this business): (1) relates to this business.
System diffusion	The conventional approach that used fossil fuel-fired hot-water heating equipment is unable to reduce the consumption of heavy fuel oil or the emissions of CO ₂ ; moreover, in terms of cost as well, equipment replacement is required. We think that the number of heat-recovering heat pumps used to supply hot water, which have the major merits of helping to reduce heavy fuel oil consumption by at least 206 kl per year, CO ₂ emissions by at least 500 tons per year and an expected cost-recovery period of about 5 years, will be further increased to substitute for the current boilers and other hot-water-heating equipment.
Other comments	This system does not use air as the heat source, so it does not heat up or cool

	down air outside the plant and so will have zero effect on outside air temperature. It is likely that the cost of maintaining environmental measurements, such as measurement of the boiler, will decrease.
Energy saving effect (converted to units of crude oil)	Before project (FY2008) After project (FY2010) Office energy use 3,051 kl 2,895 kl Office production 2,600 tons 2,600 tons Energy use per unit 1.170 kl/ton 1.11 kl/ton
Energy savings rate: 5.1% Energy saving: 156 kl	
Cost effectiveness	Energy saving (kl)/ Expenses of the granted project (yen billions) = 29.68 (kl/yen billion)
Statutory useful life	15 years (this is the maximum statutory useful life of the equipment covered by the grant)
ESCO project	Guaranteed energy saving kl Term of agreement years
Co-generation facilities	Total efficiency: %
Furnace	Energy saving per furnace: %
Project costs	Granted project costs Costs covered by grant Grant application totals (yen) Planning costs 1,200,000 1,200,000 400,000 Facility costs 27,510,000 20,332,000 6,777,333 Construction costs 21,340,000 17,490,000 5,830,000 Misc. expenses 0 0 0 Consumption tax 2,502,500 0 0 Total 52,552,500 39,022,000 13,007,333

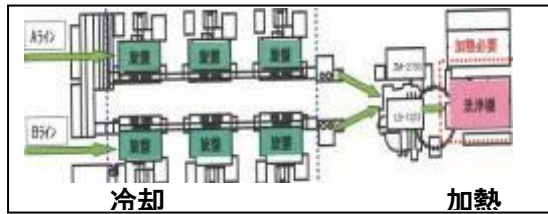
イ 適用事例2 自動車部品工場の例(アイシンダブリュー社、愛知県)

この企業は、トヨタ自動車系列のオートマチックトランスミッションの製造メーカーであり、当該分野で世界トップである。動力伝達装置の精密部品を製造するために、素材を削る際の冷却水と製作部品のクズやオイルを洗浄するための温水が同時に必要で、従来は冷凍機とボイラーを同時使用していた。特にボイラーは、工場外に配置されているボイラープラントから延々と蒸気配管を通じて、各洗浄機械へ送っていた。また冷却は冷凍機を使いその排熱は冷却水管で外部まで導き冷却塔で大気に放熱していた。

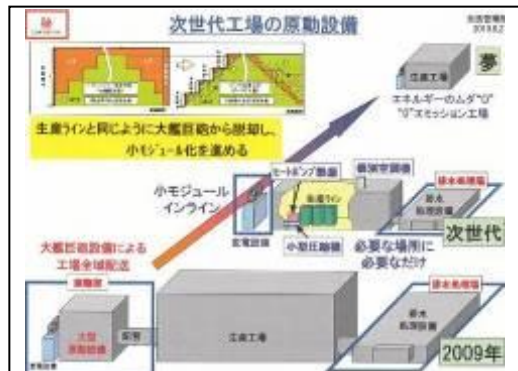
その結果、次のような問題点があった。

- 1) 化石燃料の重油を直接燃焼させることによる CO₂ 排出問題
- 2) 長い蒸気管からの熱ロスによるエネルギー効率の悪さ、途中の熱損失が膨大
- 3) 運転管理、温度制御が難しい

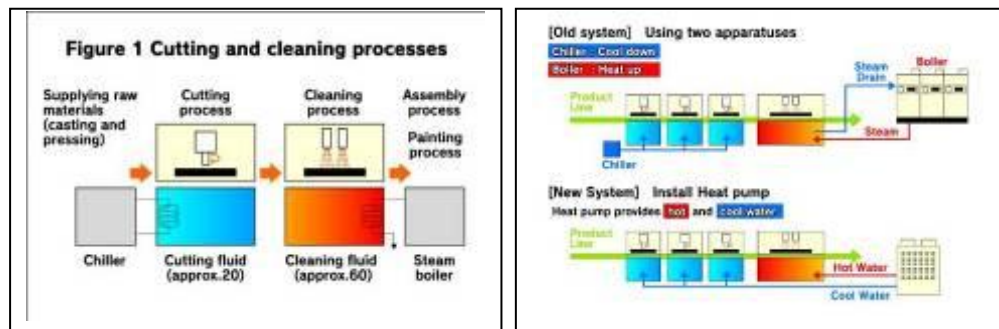




他方、生産ラインの刷新も必要だった。日本の製造業では昔から品質向上のための改善活動が繰り返し行われてきた。その一環として、生産ラインの小モジュール化がすすめられ、エネルギーの無駄をゼロにする「ゼロエミッション工場」への移行が始められていた。

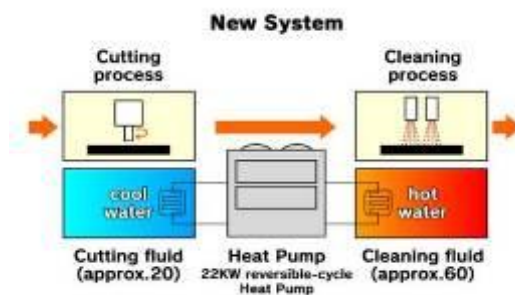


従来のシステムをイラストにしたものが下の図である。

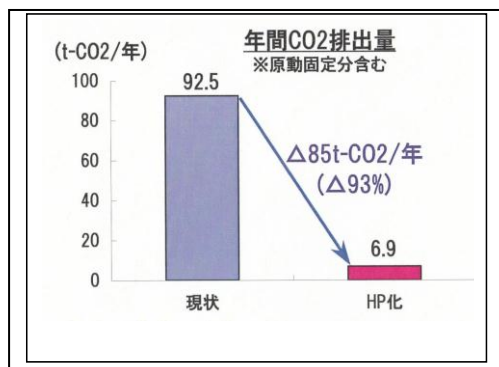


新しいシステムの導入のポイントは、

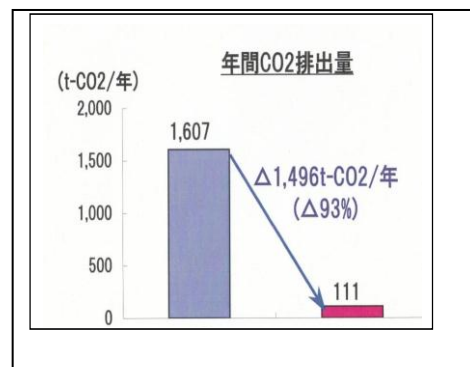
1. 生産モジュール単位でヒートポンプを設置して、冷水と温水を同時に供給。
2. ヒートポンプの設置場所は生産システムに隣接させパイプを最短とした。
3. ヒートポンプは高温取り出しのタイプを使用し、通常は冷水、温水同時取出し型として使い、熱のバランスは空気との熱交換によってとる。



これによる成果は、CO₂削減効果は年間 85ton で93%の削減率、このシステムを蒲郡工場全体に展開することによって、年間 1,496ton の CO₂ を削減できると予想された。



改修対象の CO₂ 排出量削減



工場全体の CO₂ 排出量削減

1. 経済的効果は年間 250 万円 で実に 89% の削減率となった。
2. このシステムを蒲郡工場全体に展開することによって、年間 4 千 4 百万円もの経済効果が得られるという予測ができるようになった。

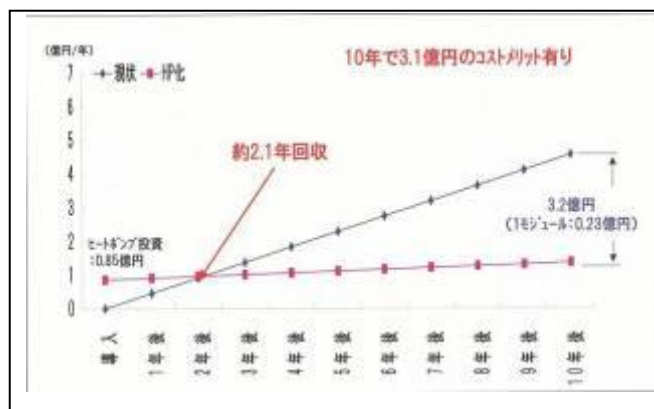


改修対象の年間エネルギー費削減



工場全体のエネルギー費削減

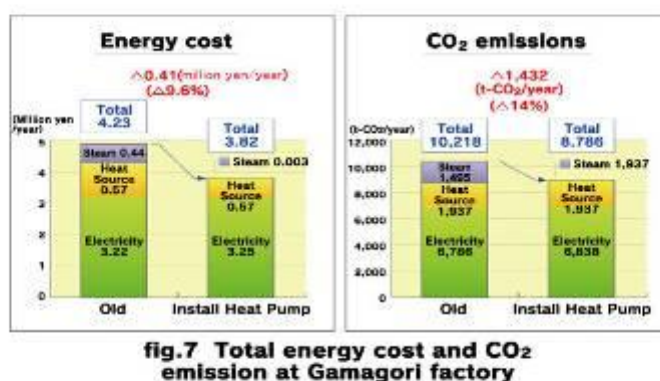
初期投資を勘案しても、エネルギー費削減効果により、その投資分は約 2.1 年で回収可能で、10 年後では 3.2 億円の経済効果があると予測された。



工場全体のエネルギー構成の中でエネルギー削減率は 9.7%、CO₂ 削減率は 14%であるが、生産動力など(グリーンの部分)のウエイトが高い工場にあって、この効果は大きいと言える。



英文版 (参考まで)



分析、改修ポイント、効果についての分析を行い、適用プロセスを生産プロセスに整合性を持たせるようにどのように工夫しているかという点に着目した。このため、現場映像を用いて理解を高めるためのケーススタディ英文DVDも用意した。

このねらいは、以下のようなものである。

- ① インドに適合するシステム設計のノウハウ、製品技術の性能の向上に向けた、加熱、冷却、給湯、冷房、換気などを 含むネットワークシステムの可視化
- ② 機材単体でなく、システム設計情報の編集、COP など成果指標を活用の仕方を相互に整合性を持たせる。
- ③ 各技術に関する共通原則とバリエーションの特徴を理解する。

実際に、これらの例は、インド側で低炭素技術の態様を理解するツールとして活用され、特に、食品製造工場全般において冷水・温水同時利用の需要の特定化につながった。

2011年度は、2010年度に実施した事例研究のうち、海外向け説明資料として活用可能な3つの

ケーススタディのDVDを再編集し、熱循環システムの効率の向上に至るメカニズムを、現場の条件に即して理解できるよう、作成し直した。

3) 海外における技術適用と新技術の導入に関するコメント

①新技術の導入に対する公的サポートの在り方

技術移転の場合のノウハウをどのような範囲とするかについては、2011年度のインド側 TERI との話し合いでたびたび議論し、特に、日本の技術開発へのアクセスの改良と知財対応が大切であるとの意見が出た。

技術移転には、

①機材そのものの提供: 技術を組込んだ製品を提供すること。

②機材を生産する方法をライセンスする方法。現地企業あるいは合弁事業に、製品を生産する能力を許可すること。

③ジョイントベンチャー

④人材育成戦略

などがある。

民間企業からは、初期の段階で、知的財産(IP)障壁が大きいという指摘が再三なされていた。この指摘は、研究後半において、かなり解消され民間企業の積極的な協力体制ができあがった。

②政策提言: 公的インセンティブの活用

日本の技術開発の現場は、国内市場向けに展開されてきているために、多国間の運営管理方式が確立していない。それが、海外への進出の障害である。そういう意味で、本プロジェクトの達成目標として、省エネをどこまで実施できたかという量的な成果ではなく、日本において実現しているボトムアップ型の改良システムをどこまで国際的に展開できるか、海外の現場での人材育成にむけて日本のエンジニアがどの程度貢献できるかという面から公的インセンティブを活用すべきだと考える。また、大学の現場では理工系学生の国際的適応能力を向上させる必要がある。

今後の日本の技術競争力の強化策として、海外での実証型のパイロット事業を活用した研究開発体制が必要であり、これが技術適用力をさらに拡大する方法になると考えられる。

4) インドの現場のデータ解析

京大側では、インドのパイロット事業から得られたデータをもとに GHP 関連時系列データの予備解析を行った。モデルは、AR(自己回帰)モデルを利用し、時系列 y_n をトレンド t_n 、定常 AR 成分 p_n 、観測ノイズ ω_n に分解した。

$$y_n = t_n + p_n + \omega_n \quad (1)$$

今回は、予備解析として1ヶ月分(24(h)×31(day)=744)のデータを対象とし、FFTを利用するため、一律に1024個(42日と16時間分)のデータを使用して比較を行った。

AR 過程 p_n は以下のように2次とし、トレンドも漸化式で近似している。

$$(m=2) \quad (2)$$

ここに、 ω_n は推定誤差分散と $N(0,1)$ の Gaussian Noise から算出した。

解析データとしては、AR モデル作成に関しては、比較的データ欠測の少ない GHP 導入前の 25old (図-1(a)青線: 2012 年 10 月～(1024 個))と、GHP 導入後の 25 (図-1(a)赤線: 2013 年 3 月～(1024 個))、また、物理データ相互の関連検討に関しては、25old (図-2(a)青線: 2012 年 10 月～(1024 個)) の Electric energy と 05 (図-2(a)赤線: 2012 年 10 月～(1024 個)) の Temperature、および 25old (図-3(a)青線: 2012 年 10 月～(1024 個)) の Electric energy と 05 (図-3(a)赤線: 2012 年 10 月～(1024 個)) の Humidity を用いた。

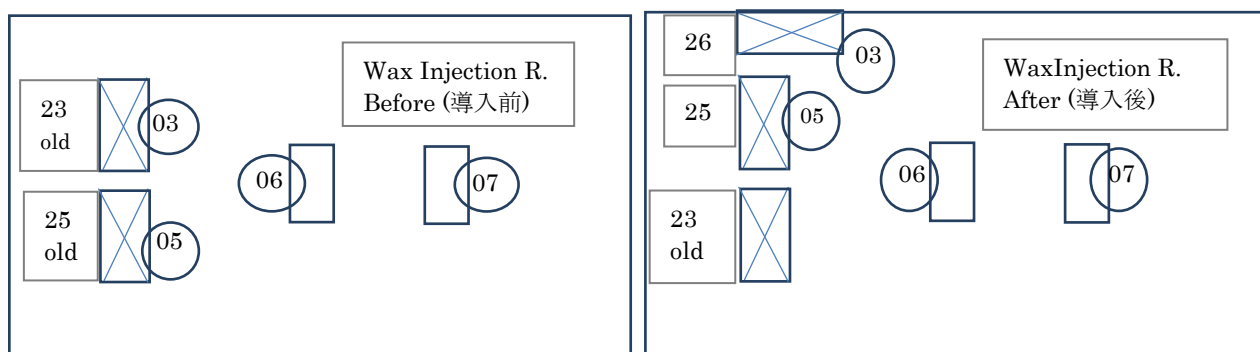
AR モデルでは、オリジナル時系列をトレンド、AR、そしてホワイトノイズの和で表現する

ことにより、HPG 導入前後の Electric energy の相違や全体的な傾向の把握、そしてこのモデル化の結果として時系列の将来予測が可能となっている。一方、物理データ相互比較（電力、室温、湿度）では、それぞれのパワースペクトル、および相互のコヒーレンスと位相を算出している。これにより、各時系列データの周期的な特徴や、相互データの周期の関連性、位相差（相互の時間遅れ）などがわかることになる。

図-1(b)より、GHP 導入後のトレンドの値がかなり低くなっていること、図-1(c)より AR 推定の値自体は導入前後で大差ないことから、トレンドの値が GHP 導入による Electric energy 削減効果を端的に表していることがわかる。さらに、図-1(d)より、本モデルが実際の挙動をうまく再現できる可能性があることもわかる。

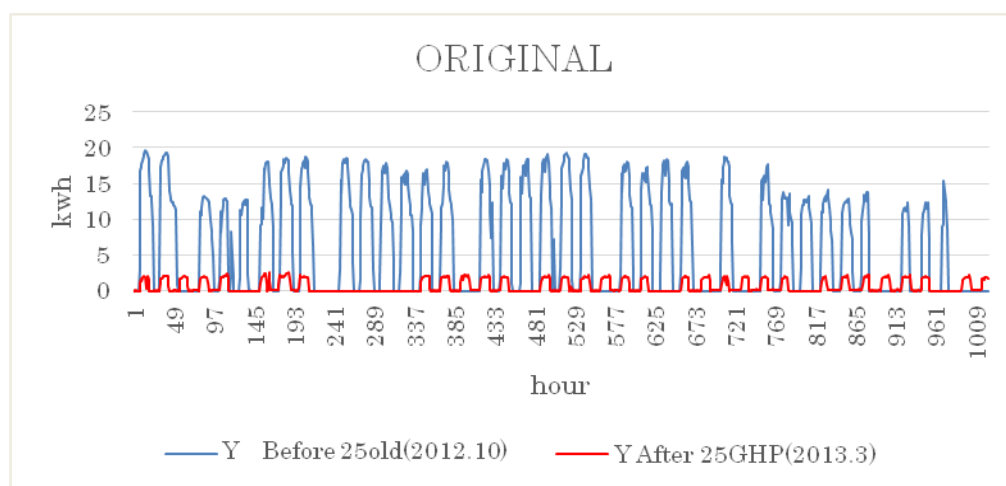
図-2 は導入前の Electric energy と Temperature の関係、図-3 は導入前の Electric energy と Humidity の関係を示したものである。パワースペクトルより、1 日および 1 週間単位の周期成分が卓越していること、またコヒーレンスや位相からも日単位、週単位の繰り返しや、ピークとトラフの関係（位相の反転等）も読み取ることができる。

現段階では、GHP 設置後のデータ量およびデータ整理が十分でないため、あくまで予備解析の段階であるが、対象とする物理量や観測場所の検討が進めば、季節変動の導入など本手順を拡張・適用することにより、定量的な考察と全体の傾向がより明らかになるものと思われる。

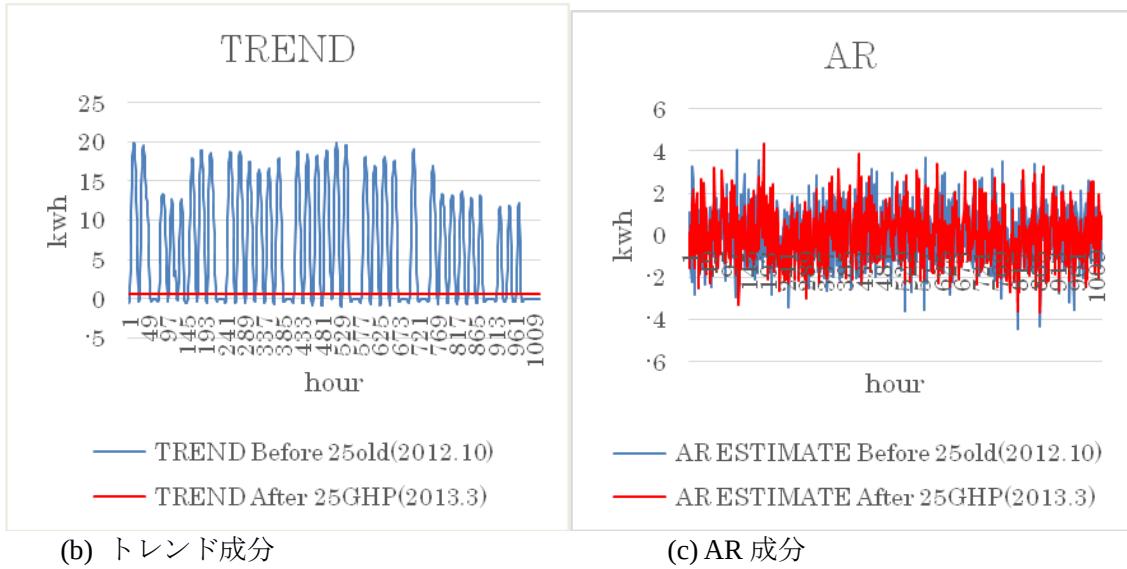


(a) GHP 導入前の Wax Injection Room (b) GHP 導入後の Wax Injection Room

図-1 GHP 導入前後の各種モニター位置と番号

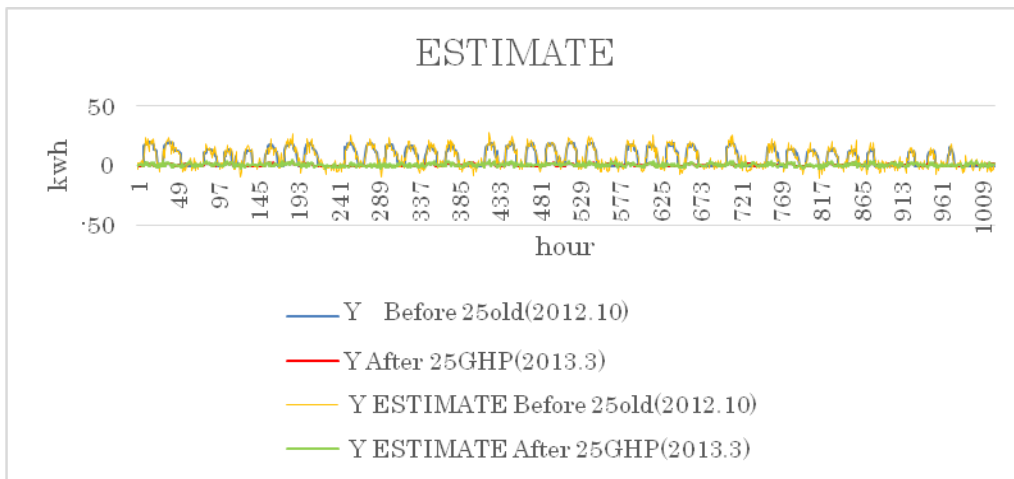


(1) GHP 導入前の 25old (青線)と GHP 導入後の 25(赤線)の Electric energy の元データ
(2)



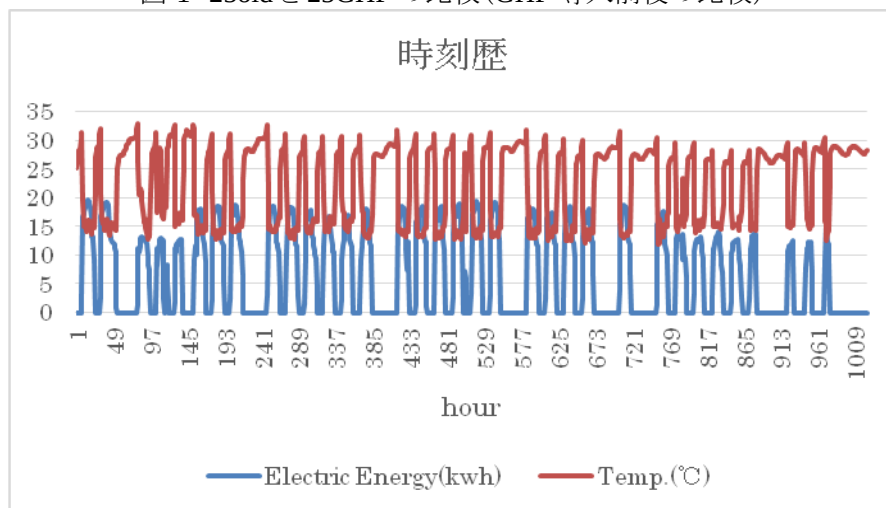
(b) トレンド成分

(c) AR 成分

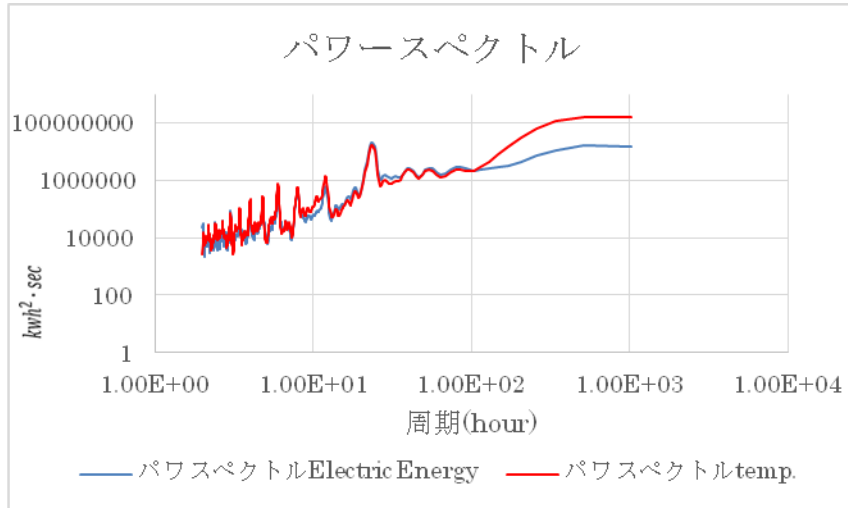


(d) 元データと推定モデルの比較

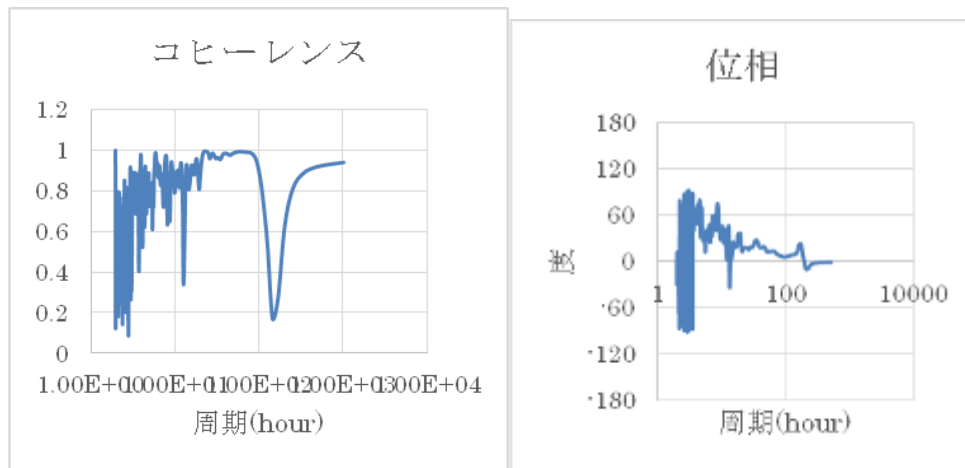
図-1 25oldと25GHPの比較(GHP導入前後の比較)



(a) Electric energy と Temperature の元データ



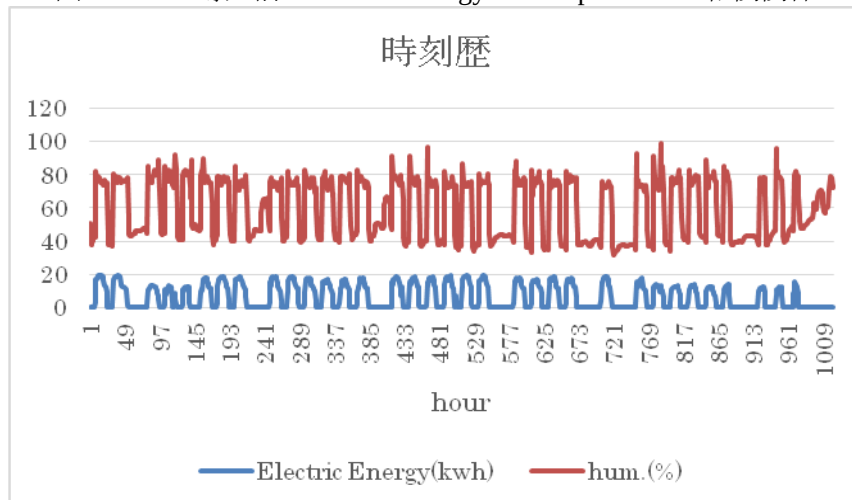
(b) パワースペクトル



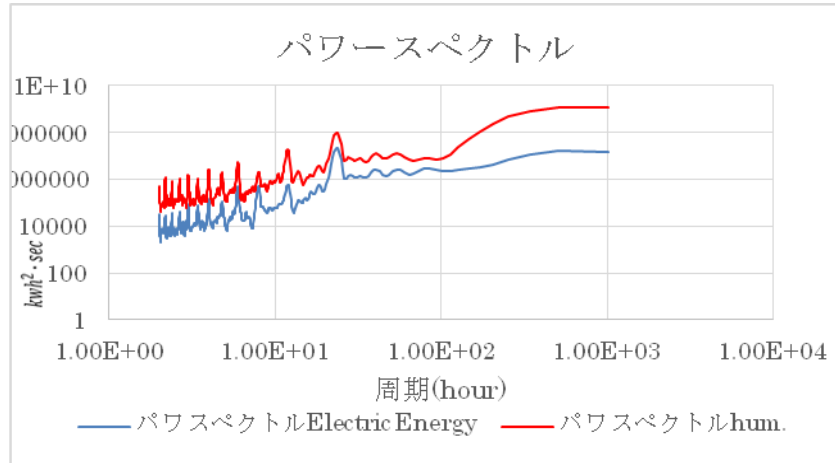
(c) コヒーレンス

(d) 位相特性

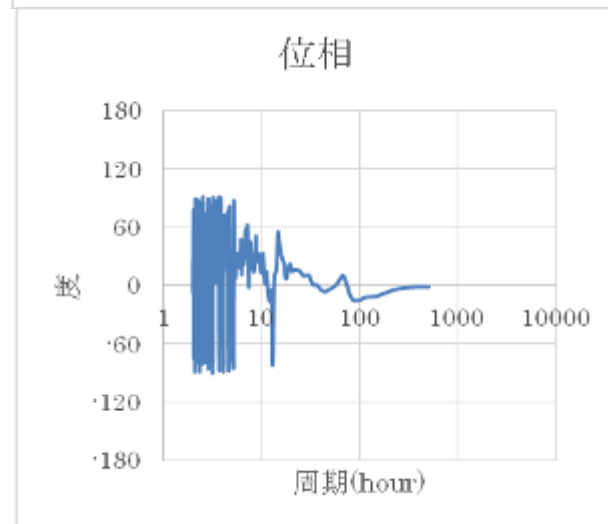
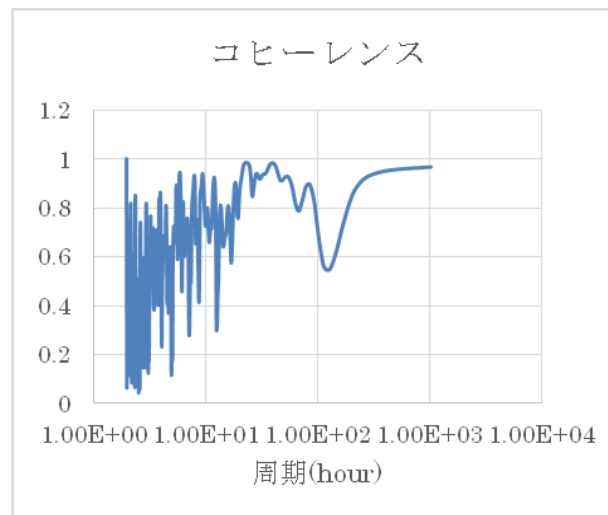
図-2 GHP 導入前の Electric energy と Temperature の相関関係



(a) Electric energy と Humidity の元データ



(b) パワースペクトル



(c) コヒーレンス

(d) 位相特性

図-3 GHP 導入前の Electric energy と Humidity の関係

- 2) 研究成果の今後期待される効果:国際的需要マネジメントへの布石
 国境を越えた地域的な Demand Side Management (DSM) の包括的な方法論の開発に向け、

京都大学側の研究チームは、国際検証のメカニズムのうち、本プロジェクトの対象となる新技術の導入成果指標の設定方法について検討した。

ア. 評価フレームワークについては、現地データを画像編集と数値編集を同時に組み合わせるという方法を取り、特に、遠隔からの理解、事後的なフォローの必要性について打ち合わせ（2012年5月8日）し、対象工場の概要、工場のレイアウト、測定計測のポイント、データファイルの様式、整理方法、分析方法等について打ち合わせを行った。

イ. ファイリングと指標の分類

エネルギー・マネジメント・システムに関連する国際認証の評価フォーマットを参考にして新技術導入の一般的な情報提供項目を整理した。

- ・新技術導入に合意した企業についての情報
- ・新技術の成果についての評価指標（CO₂削減ないしエネルギー削減分、環境や健康への影響）
- ・技術移転受け入れ国の政策
- ・追加ないし、代替された技術（システム、ネットワーク、プロセスなど）の態様の記述
- ・プロジェクトの成果を見るためのモニター方法
- ・ベースラインの設定（一年間のデータが望ましい）
- ・各種関連の経済資料（マクロ指標、当該クラスターに関する指標、クラスター全体の経済指標）

その他、国際的な議論に耐えられるよう、経済データ収集と、現場の計測データの二種類を考慮する。

経済指標の検討

- ・サイトに係る産業クラスターの指標（GDP、エネルギーなど）
- ・企業・工場の全体指標（製品、プロセス、生産量、従業員、エネルギー消費量など）
- ・プラントに関する情報（生産ライン、生産ユニットごとの情報など）
- ・コスト情報、投資回収に要する期間など

技術導入成果指標、

- ・エネルギー使用量削減、CO₂削減など。信頼性に足る根拠を付記する

また、事前計測データを重視し、指標に基づいて測定を行う。

その他、工場内部の環境条件については、インド側の室内環境についての測定を参考とし、温度、湿度、換気の状態に留意する。冷暖房機器については、ASHRAE (Indian Society of Heating, Refrigerating and Air conditioning Engineers)の室内環境基準に留意する。

本プロジェクトの狙いは、電力消費の削減効果についての、日本とインドの効率基準の考え方の違いを浮き彫りにすることにある。客観的な成果指標を設定し、日本の技術の適用性について異なる環境のもとでのメリットとデメリットを明らかにしていくことが望ましい。とくに、下記の点には特に留意する必要がある。

- (ア) 評価の方法論：、機器の性能や外部条件の違いを考慮。
- (イ) エネルギー消費の最適化の考え方を導入する。エネルギー減少分だけではなく、各生産段階での最適化を検証する。
- (ウ) 需要サイドの効率化に向けたニーズの把握（中小企業、街区ブロックへの適用）
- (エ) 社会的メリットを明確化（電力配分への影響、健康上への影響）

§ 5 成果発表等

《公開されると困る案件は、別途補足説明資料(様式不問)に記載頂きますようお願いいたします。》

※注意

- 原著論文のみを記載してください。
- その他の出版物(総説、解説、単行本など)で本研究課題の成果として得られたものがあれば、「(2)その他の著作物」に記載してください。
- SATREPSの研究に係わるものを全て記載。発行日等の順に並べてください。
- また公開に支障があるものは「その他 △件」としてまとめ、別途「補足説明資料(非公開)〈様式不問〉」に記載してください。

(1)原著論文発表 (国内(和文)誌 1件、国際(欧文)誌 0件)

1. 著者、論文タイトル、掲載誌 巻、号、発行年

(2011 年度)

志々目友博, 志賀雄樹, Abdessalem Rabhi, 2011. インドにおける低炭素技術適用に関する研究, Environmental and Sanitary Engineering Research, 25(3), 104-107.

(2)研修コースや開発されたマニュアル等

① 研修コース概要(コース目的、対象、参加資格等)、研修実施数と修了者数

(2013 年度)

Training in Japan, March 25-29, 2013, Japan

インドから TERI 研究員(5 名)を日本に招聘し、IGES-TERI 間でパイロット事業(誘導炉)の推進に関して、内容及びスケジュールの確認と協議を行う。プロジェクトで実施する KAIZEN 活動に関する基礎知識の研修(講義)、並びに日本の鑄造工場(現場)の視察を通じた日本の鑄造業に関する研修を実施。

(2013 年度)

Training of experts (training of trainers) in India [JICA/JST Training Workshop], June 15, 2013, Delhi.

インド側の要請により実施。TERI の研究者(15 名)を対象と、IGES のエキスパートが、日本の低炭素技術の一つである圧縮空気に関する知識、及び、省エネルギー(CO₂ 削減)に関する認識をより深めてもらうことを目的に Workshop 形式で研修を実施。TERI へのキャパシティ・ビルディングを通して、将来、現地中小企業への適切なエネルギー使用のアドバイス等、インドにおける低炭素化の推進を担える人材を育成する。

Training in Japan, December 1-8, 2013, Japan.

インドの中小鑄造工場の管理者(2 名)及び TERI 研究員(2 名)を日本に招聘し、KAIZEN 活動マニュアル(IGES 作成)に基づき、生産工程における各種データの収集・記録・分析を通じて CO₂ 削減効果や省エネ効果を定量的に把握する能力向上のためのトレーニング、また、鑄造工場(現場)等の視察を通じた日本の鑄造業の現状とエネルギーの効率化に向けた取組に関する情報収集等、研修を実施する。

② 開発したテキスト・マニュアル類

(2013 年度)

Sekimoto, K., 2013. Kaizen Activity Manual for Indian Foundry Units, pp.76.

Sekimoto, K., 2013. Lecture material ~Challenges for Manufacturing by Small-Group Activities in India~, pp.46.

(3)その他の著作物(総説、書籍など)

① 詳細情報(著者名、タイトル、掲載誌もしくは書籍(誌名、巻、号、発表年)など)

を発行日順に記載して下さい。)

(2009 年度)

酒井康裕, 石川治子, 志賀雄樹, 2009. インドの環境問題と持続的開発, *環境管理*, 45(12): 20-26.

(2010 年度)

井上考太郎, 竹内佐和子(一部担当), 2011. 日本学術会議、総合工学委員会「エネルギーと科学技術に関する分科会」エネルギー科学技術についての分科会「アジア諸国との連携」に要約版を所収.

(2011 年度)

志賀雄樹, 2011. インドにおける気候変動対応策と環境ビジネス, *Business i. ENECO* December 2011, No.526, pp.64-65.

(2012 年度)

Rabhi, A. and Shiga, Y., 2012. Chapter 6 Achieving Environmentally Sound Development in Asia through the Transfer of Low Carbon Technology, in *IGES White Paper IV 2012: Greening Governance in Asia-Pacific*, Institute for Global Environmental Strategies, Hayama, pp.115-136.

Shiga, Y. and Rabhi, A., 2012. Policy Brief: Technology Transfer as a Measure to Tackle Global Warming in Asia. *Policy Brief Number 19* Institute for Global Environmental Strategies.

(4)国際学会発表及び主要な国内学会発表

① 招待講演 (国内会議 4 件、国際会議 7 件)

(2010 年度)

鈴木胖. 開発途上国に対する低炭素技術の適用促進, 日本工学アカデミー, 東京, 2010 年 10 月 7 日.

志々目友博. 気候変動対策国際交渉と低炭素技術のインドへの適用, 21 世紀文明研究セミナー 2010, 神戸, 2010 年 10 月 26 日.

志々目友博. ビジネスと環境(インドにおける技術移転を例に), 神戸地区環境保全連絡協議会 特別講演会, 神戸, 2011 年 1 月 26 日.

(2011 年度)

Suzuki, Y., Promoting the Application of Japanese Low-carbon Technologies in Small and Medium-sized Enterprises in India, 10th January 2012, Paris, *Perspectives on Challenges in the Global Energy/Environmental Landscape: —How Research Partnership between Japan and Asia can Contribute to Secure and Sustainable Energy Future—*; organized jointly by JST, IEA (International Energy Agency) and MCJP (Maison de la Culture du Japon).

鈴木胖. 「低炭素技術移転の現状と課題～インドの状況について～」
地球温暖化対策シンポジウム シリーズ第 6 弾 わが国の低炭素技術を喝量した国際貢献の現状と課題, Global Environmental Forum Kansai, 大阪, 2011 年 10 月 27 日.

(2012 年度)

Suzuki, Y., 2012. Research Partnership for Application of Low Carbon Technology for Sustainable Development ~IGES-TERI Symposium~, IGES-TERI Joint Symposium India-Japan Technology Cooperation towards Sustainable Development, 23 July 2012, Yokohama.

Suzuki, Y., 2012. Research Partnership for Application of Low Carbon Technology for Sustainable Development, National Summit on Energy Efficiency on MSMEs in India, 31 July 2012, Delhi.

(2013 年度)

Takemoto, A., “Role of GHG Inventories in Small and Medium Industries for enhancing NAMAs

in the Context of Sustainable Development”, 11th Workshop on Greenhouse Gas Inventories in Asia, 5-7 July 2013, Tsukuba.

Rabhi, A. and Prosanto P., 2013. Research Partnership for Application of Low Carbon Technology for Sustainable Development, India – Japan Energy Forum 2013, 10–11 September, 2013, New Delhi.

Saito, T., 2013. Energy Saving and Environmentally Friendliness of Air Compressors, Four Day Capacity Building Workshop for Practicing Energy Auditors organised by SHAKTI and FICCI, 5-8 December 2013, Mumbai.

Rabhi, A., 2013. Simplified MRV methodologies to evaluate emission reduction of installing gas heat pump and electric heat pump in Indian industries – a case study, Four Day Capacity Building Workshop for Practicing Energy Auditors organised by SHAKTI and FICCI, 5-8 December 2013, Mumbai.

② 口頭発表 (国内会議 2 件、国際会議 29 件)

(2010 年度)

Suzuki, Y. and Takeuchi, S., 2011. *International Symposium – Research Partnership for the Application of Low Carbon Technology for Sustainable Development*, 7 March 2011, Kobe.

Pal, P. and Shiga, Y., 2010. The Challenges and Opportunities for Improving Corporate Environmental Management in Developing Asia, Potential Benefits and Barriers pertaining to TT (Technology Transfer), *ISAP (International Forum for Sustainable Asia and the Pacific) 2010: Sustainable and Low-Carbon Development – Innovative Pathways for Asia-Pacific*, 12-13 July 2010, Yokohama.

(2011 年度)

Suzuki, Y., Srivastava, L., Inoue, K., Sethi, G., Shiga, Y., Honda, A., Takaishi, Y., Umehara, T. and Anayama, H., 2011. Promoting the Application of Low-carbon Technologies in Asia: Special emphasis on India, *ISAP (International Forum for Sustainable Asia and the Pacific) 2011 – New Asia-Pacific Perspectives towards Rio+20: Implications of the East Japan Disasters*, 27 July 2011, Yokohama.

Takeuchi, S., Technology application by using local materials and technologies, Capacity Development through on-site research collaboration, Joint Seminar IMA-MCJP-JST, 29 March 2012, Paris.

Namiki, H., 2011. Introduction of a “Water heat source Eco-Cute”, Workshop “Heat Pump Technology for Food Processing and Dairy Industry” organized by MCCIA (Maharatta Chamber of Commerce, Industries & Agriculture), 6 July 2011, Pune.

Nishino, M., 2011. Making a ‘Smart Factory’ (for Food Factory), Workshop “Heat Pump Technology for Food Processing and Dairy Industry” organized by MCCIA (Maharatta Chamber of Commerce, Industries & Agriculture), 6 July 2011, Pune.

Kaneko, T., 2011. GHP Introduction, Workshop for casting industry, 15 December 2011, Rajkot.

Sekimoto, K., 2011. Introduction of Induction Furnace: Case of Japan, Workshop for casting industry, 15 December 2011, Rajkot.

Kaneko, T. 2011. GHP Introduction, Workshop: ‘Awareness programme in Noida cluster’ organized by IIA (Indian Industries Association), 22 December 2011, Noida.

Nishino, M. and Rabhi, A., 2012. Research Partnership for Application of Low-Carbon Technology for Sustainable Development (ALCT), Workshop in Chandigarh, 20 January 2012, Chandigarh.

Namiki, H., 2012. Introduction of a “Water heat source Eco-Cute”, Workshop in Chandigarh, 20 January 2012, Chandigarh.

Saito, T., 2011. Presentation about Compressed air, Workshop/Interactive seminar with cluster units,

22 January 2012, Rajkot.

Nishino, M., 2012. Research Partnership for Application of Low-Carbon Technology for Sustainable Development (ALCT), Workshop/Interactive seminar with cluster units, 22 January 2012, Rajkot.

(2012 年度)

Shiga, Y., 2012. Potential for Low Carbon Technology Transfer in Indian Investment Casting Units, Japan Society of Civil Engineers 20th Symposium Global Environment, 13-14 September 2012, Kyoto.

Sekimoto, K., 2012. Introduction of Induction Furnace: Case of Japan, 'Workshop on Best Practices in Induction Furnace Operation' organised by IIF (Institute for Indian Foundrymen), KEA (Kolhapur Engineering), TERI and IGES, 19 December 2012, Kolhapur.

Takemoto, A., 2012., Research Partnership for Application of Low-Carbon Technology for Sustainable Development (ALCT), 'Workshop on Best Practices in Induction Furnace Operation' organised by IIF (Institute for Indian Foundrymen), KEA (Kolhapur Engineering), TERI and IGES, 19 December 2012, Kolhapur.

Shiga, Y., 2013. Potential for Low Carbon Technology Transfer in Indian Investment Casting Units, India-Japan Policy Dialogue, 26 February 2013, New Delhi.

(2013 年度)

Saito, T., 2013. Energy Saving and Environmentally Friendliness of Air Compressors, Cluster workshop organized by MCCIA (Maharatta Chamber of Commerce, Industries & Agriculture), AIFI (Association of Indian Forging Industry), TERI, and IGES, 12 June 2013, Pune.

Rabhi, A., 2013. Energy Saving and Environmentally Friendliness of Air Compressors, Cluster workshop organized by MCCIA (Maharatta Chamber of Commerce, Industries & Agriculture), AIFI (Association of Indian Forging Industry), TERI, and IGES, 12 June 2013, Pune.

Rabhi, A., 2013. Promoting low carbon technology transfer: Lessons and opportunities, LoCARNet Second Annual Meeting, *ISAP (International Forum for Sustainable Asia and the Pacific) 2013 — ISAP (International Forum for Sustainable Asia and the Pacific) 2011 — New Asia-Pacific Perspectives towards Rio+20: Implications of the East Japan Disasters*, 24 July 2013, Yokohama.

Kitayama, H., 2014. Introduction of water heat source type heat pump, Eco Cute, Dissemination Workshop on Application of Low Carbon Technologies for Sustainable Development, 17 January 2014, Chandigarh.

Kawanishi, K., 2014. Experience of operation of EHP (Eco Cute) at dairy factories, Dissemination Workshop on Application of Low Carbon Technologies for Sustainable Development, 17 January 2014, Chandigarh.

Kitayama, H., 2014. Introduction of water heat source type heat pump, Eco Cute, Dissemination Workshop on Application of Low Carbon Technologies for Sustainable Development, 20 January 2014, Anand.

Kawanishi, K., 2014. Experience of operation of EHP (Eco Cute) at dairy factories, Dissemination Workshop on Application of Low Carbon Technologies for Sustainable Development, 20 January 2014, Anand.

Kaneko, T., 2014. Findings from GHP pilot project, Cluster Workshop, 23 January 2014, Rajkot.

Takemoto, A., “インドの中小鋳造業を対象としたエネルギー消費量に関する定量評価について”, 第30回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス, 23-24 January 2014.

Suzuki, Y., 2014. Research Partnership for the Application of Low Carbon Technology for Sustainable Development, International Symposium FY2013 on Application of Low Carbon Technology for Sustainable Development in emerging countries, 4 March 2014, Kobe.

Keneko, T., 2014. GHP(ガスヒートポンプ)導入効果報告, International Symposium FY2013 on Application of Low Carbon Technology for Sustainable Development in emerging countries, 4 March 2014, Kobe.

Saito, T., 2014. 空圧システムの効果的な使い方と CO₂ 削減, International Symposium FY2013 on Application of Low Carbon Technology for Sustainable Development in emerging countries, 4 March 2014, Kobe.

Kitayama, H., 2014. EHP導入の課題と実際, International Symposium FY2013 on Application of Low Carbon Technology for Sustainable Development in emerging countries, 4 March 2014, Kobe.

Takemoto, A., 2014. アジアにおける科学技術分野の人材育成について, International Symposium FY2013 on Application of Low Carbon Technology for Sustainable Development in emerging countries, 4 March 2014, Kobe.

③ ポスター発表 (国内会議 0 件、国際会議 0 件)

1. 発表者(所属)、タイトル、学会名、場所、月日

(5)知財出願

《SATREPSの成果に係わるものを、出願人(研究機関、JST、その他)に係わらず漏れなく記載してください。守秘契約や研究の進捗の関係などで公開を希望されないものについて、別途補足説明資料(様式不問)に記載ください。》

①国内出願 (0 件)

1. 《発明の名称、発明者、出願人、出願日、出願番号》

2.

...

②海外出願 (0 件)

1. 《発明の名称、発明者、出願人、出願日、出願番号、出願国》

2.

...

*産業技術力強化法第 19 条(日本版バイ・ドール条項)により、所属機関帰属となった特許につきましては、別途、出願人の知的財産担当者より、委託研究契約内容に基づき JST に「知的財産権出願・譲渡通知書」等にて報告いただきますようご手配下さい。

③その他の知的財産権

他に記載すべき知的財産権があればご記入下さい。(実用新案 意匠 プログラム著作権等)

なし

(6)受賞・報道等

“受賞や新聞報道等について、具体的に記入してください。”

① 受賞

なし

② マスコミ(新聞・TV等)報道(プレス発表をした場合にはその概要もお書き下さい。)

化学工業日報 (2010 年 6 月 7 日)

朝刊 10 面

インド新聞 (2010 年 6 月 8 日)

「日本の低炭素技術をインドへ: 京都大学や IGES が共同研究」

NNA.Asia (2010 年 6 月 9 日)

「日本企業の低炭素技術を導入へ: 官民の研究機関が共同研究」

日刊インドビジネス (2010 年 12 月 13 日)

「インド低炭素技術促進ウェブを公開 日印官民連携事業の一環」
 Rajkot Engineering Association (REA) Bulletin (March, 2012)
 Hindustan Times Chandigarh (2013 年 7 月 1 日)
 “Verka milk plant gets energy-saving device”
 Hindustan Times Punjab (2013 年 7 月 1 日)
 “Verka milk plant gets energy-saving device”
 Punjab Newslines (2013 年 7 月 1 日)
 “Eco-friendly Technology launched at Verka Milk Plant in Chandigarh”
 The Pioneer (2013 年 7 月 3 日)
 “ECO-FRIENDLY TECHNOLOGY AT VERKA MILK PLANT”
 環境新聞 (2013 年 7 月 24 日)
 「印乳製品会社に水熱源 HP 納入 ー前川製作所初の対印輸出ー」
 CSR Times (August 2013)
 “Energy saving devices in Amul and Verka plants”
 Briefing Wire (2013 年 8 月 19 日)
 “Synergy with Efficiency at Amul: Go Green!”
 The Times of India (2013 年 8 月 21 日)
 “Amul adopts green tech for its chocolate plant”
 SAMEEEKSHA Newsletter (Vol4 Issue2 June2013)
 “Implementing Low-Carbon Technologies: Gas Heat Pump Technology For Improving Energy Efficiency of Investment Casting Units -A Case Study From Rajkot Cluster-”
 SAMEEEKSHA Newsletter (Vol4 Issue3 September 2013)
 “SESSION ON ‘ENERGY EFFICIENCY’ DURING THE ‘INDIA – JAPAN ENERGY FORUM 2013’”
 SAMEEEKSHA Newsletter (Vol4 Issue4 December 2013)
 “Implementing Low Carbon Technologies: Electric Heat Pump Technology For Improving Energy Efficiency of Dairy Units -A CASE STUDY FROM PUNJAB DAIRY CLUSTER-”

③ その他

- * インドにおいて本プロジェクトへの認識を拡大する支援として、兵庫県の井戸敏三知事からインド商工会議所連合(The Associated Chambers of Commerce and Industry of India)の Mr. Rahul Sharma 共同議長宛、書簡の発信。
 - ・本プロジェクトの取り組みについて広くインド国の関係機関に周知され、理解を深めていただくことを依頼。
- * ドイツのボンで開催された国連気候変動枠組条約(UNFCCC)の下での強化された行動のためのダーバンプラットフォーム特別作業部会第 2 回第 4 部会合(ADP 2-4)の Work stream 2 Technical Expert Meeting on Energy Efficiency で本プロジェクト活動について紹介 (March, 2014)。

(7)成果展開事例 **《公開されると困る案件は、補足説明資料(様式不問)に記載頂きますようお願いいたします。》**

①実用化に向けての展開

《SATREPS の成果として得られた成果が、企業との共同開発、特許実施許諾、ノウハウ供与契約、サンプル提供等、技術移転や実用化に向けた展開、あるいはJSTや NEDO などの実用化プログラムに展開しましたら、記載例を参考にご記入ください。また、記載に当たり却って成果の実施に障害となる部分は、出願番号まで書かずに特許〇件とだけ記載するあるいは非公開例に記載するなど、障害にならないようお気をつけ下さい。さらに、相手国内における成果の展開の事例があれば併せて記載してください。》

<公開可能なもの>

① 社会実装(研究成果の社会還元)への展開活動

≪SATREPS の成果で、現時点では実用化までの段階には至っていないが社会的に役立っている活動をお書き下さい。≫

記載例

- ・ 相手国に対し、得られた成果〇〇を提供し、相手国政府の◎◎に関する政策策定会合で発表した。
- ・ 相手国および日本の若手研究者が〇〇に関する成果を発表し、本プロジェクトにおいて人材育成に貢献した。
- ・ 得られた成果は、国際的な報告書〇〇〇に用いられている。
- ・ 本研究成果を元に、〇〇という提言を行った。
- ・ 得られた成果××について、〇〇という展示会に出展し、観客〇〇名を集めた。
- ・ 本研究成果をインターネット(URL;)で公開し、一般に情報提供している。

<非公開>

記載例

- ・ 開発したナノ材料作成技術について、(株)〇〇と共同研究中
- ・ 本研究で得られたアルゴリズムが、民間企業1社(守秘義務有り)で使われている。

国連気候変動枠組条約の決定に基づき実施された「第 11 回アジア温室効果ガスインベントリーワークショップ(2013 年 7 月 5-7 日、筑波市)で講演を行い、本プロジェクトの概要を紹介するとともに、概要以下の提言を行った。

インドの鋳造業、乳製品製造業などの産業は、ほとんどが中小事業者であり、製品の製造工程のエネルギー消費効率が低く、当該産業全体として大量のエネルギーを消費し、かつ大量の温室効果ガスを排出していることが想定されること。

このため、当該産業セクターの低炭素化、高効率化を通じて、大規模な温室効果ガスの削減ポテンシャルが見込まれるとともに、省エネルギーの実現、製品の高度化、経済成長への貢献が見込まれること。

一方、これらの産業には多数の貧困層が雇用されていることから、中小工場を統廃合してスケールアップを図ることを通じて効率を改善する対策はインドの社会政策上受け入れられないこと。

したがって、インド製造業の低炭素化、エネルギーの高効率化は、中小製造業の雇用構造を可能な限り変えないまま、個々の事業所で採用される技術や従業員の能力を向上させることを通じて実現していく必要があること。

上記の対策を推進するうえで、鋳造業等の工場の数、規模、採用されている技術、消費エネルギーのタイプや量、従業員の数などの基本統計、インベントリーが不可欠であるが、これらのデータはインド国内のみならず、多くの途上国でほとんど整備されていない。このため、日本をはじめとする先進国は、途上国の関係省庁と協力して、本分野に係る技術協力を強化する必要があること。

§ 6 プロジェクト期間中の主なワークショップ、シンポジウム、アウトリーチ等の活動

① “ワークショップ、シンポジウム、小中高での特別授業、地域での講演、研究機関の一般公開での講演、その他チーム内ミーティング（主なもの）を行った場合、月日、名称、場所、参加人数、目的や内容などを記入。”

なお、チーム内ミーティング等、一般公開でないものは、名称のあとに（非公開）と記載して下さい。

IGES 主催

年月日	名称	場所 (開催国)	参加人数(人) (相手国からの 招聘者数)	概要
2010 年 5 月 21 日	第三回全体会議 註 ¹ (非公開)	神戸 (日本)	12	プロジェクト進捗確認、主に契約関係 (R/D、MoU) の完了に伴う研究プロジェクト本格始動の確認、TERI との今後の共同研究や協議の進め方に関する検討。また、プロジェクトの本格始動に際して研究参画メンバーに対し総務的な連絡通達。
2010 年 5 月 21 日	勉強会 註 ² (非公開)	神戸 (日本)	15	「インドの電力事情」
2010 年 7 月 13 日	JST-JICA-IGES-TERI 4 機関ミ ーティング (非公開)	横浜 (日本)	16 (1)	JICA-JST-IGES-TERI でプロジェクト進捗報 告、及び、研究成果報告等に関してミーテ ィングを開催。
2010 年 7 月 14 日	IGES-TERI ミーティング (非公開)	東京 (日本)	13 (1)	IGES-TERI 間で、研究スケジュールの確 認、並びに、パイロット事業に関する準備に向 けた協議。
2010 年 7 月 22 日	第四回全体会議 (非公開)	神戸 (日本)	11	プロジェクトの進捗確認、特に、パイロット事 業に関する TERI との協議状況と今後の協 議について、また今後のパイロット事業計画 に関して検討。
2010 年 7 月 22 日	勉強会 (非公開)	神戸 (日本)	17/13	「国際技術移転と標準化」、「途上国におけ る省エネルギー対策」
2010 年 9 月 16 日	IGES-TERI ミーティング (非公開)	Delhi (インド)	3 (1)	候補技術に関する協議。
2010 年 10 月 5 日	第五回全体会議 (非公開)	神戸 (日本)	24	第五回会議では、インドでの現地調査結果 報告、パイロット事業に関する候補技術や サイト候補に関する共同研究機関の TERI との協議の進捗報告等。
2010 年 10 月 27 日 ～28 日	IGES-TERI ミーティング (非公開)	Delhi (インド)	4 (2)	パイロット事業に関する候補技術に関する協 議、研究の進め方の再確認。
2010 年 11 月 17 日	IGES-TERI ミーティング (非公開)	Delhi (インド)	6 (2)	パイロット事業に関する候補技術、日本技 術の紹介、並びに報告書作成に関する協 議。
2010 年 12 月 21 日	IGES-TERI ミーティング (非公開)	Delhi (インド)	9 (2)	パイロット事業に係る候補技術に関する協 議。
2011 年 1 月 26 日	第六回全体会議 (非公開)	神戸 (日本)	21	前回全体会議以降の研究プロジェクト全般 に係る進捗、第一回 JCC、共同研究機関 (京都大学) 研究進捗、及び IGES 分の今年 度の調査・研究の成果に係る報告を通じて 関係者の情報共有と協議。また、国際シン ポジウム開催に関する概要説明及び協力 依頼。
2011 年 3 月 2 日	IGES-TERI ミーティング (非公開)	神戸 (日本)	7 (2)	IGES-TERI 間で、研究スケジュールの確 認、並びに、パイロット事業に係る候補技術 に関する協議。
2011 年 3 月 7 日	国際シンポジウム	神戸	7(2)	本研究に関して神戸にて国際シンポジウム

		(日本)	総参加者 (含一般参加者) 130	を開催。IGES、TERI の研究者、インド関西総領事であるスワープ氏を始め、関連する産・学・官それぞれの分野より代表者を招待。オーディエンスである市民を巻き込みマルチディシプリナ議論を展開、成功をおさめた。
2011 年 7 月 6 日	ワークショップ	Pune (インド)	35 (31)	地元商工農会議所において、IGES、TERI による本プロジェクトの概要説明、日本の技術専門家から日本の低炭素技術(EHP)を紹介。商工農会議所の食品加工企業メンバーをはじめ、州政府高官、研究者等が参加。
2011 年 7 月 27 日	国際シンポジウム 専門家会合 (ISAP-KRC セッション)	横浜 (日本)	30 (2)	“インドに重点をおいたアジア地域における低炭素技術の適用促進”をテーマに、IGES とTERI が学術/研究機関、民間企業等からの代表を招き、低炭素技術に係る取組や経験の報告、アジア、特にインドにおける低炭素技術適用を進めるための官民連携強化の方法やメカニズムに関する討論を通じて、今後の対応の方向性について理解を深めた。
2011 年 7 月 27 日	IGES-TERI ミーティング (非公開)	横浜 (日本)	12 (1)	IGES-TERI 間で、研究スケジュールの確認、パイロット事業候補技術に係る協議、並びに第二回 JCC の開催に関する協議。
2011 年 9 月 15 日	第七回全体会議 (非公開)	神戸 (日本)	18	プロジェクトで研究される低炭素技術の予備リストの確認、活動及びパイロット事業の進捗状況の報告、今後の事業実施計画や活動に関する協議等。
2011 年 11 月 14 日 ～16 日	IGES-TERI ミーティング	Delhi (インド)	8 (4)	IGES-TERI 間で、研究スケジュールの確認、並びに、パイロット事業に係る候補技術に関する協議。
2011 年 12 月 15 日	ワークショップ	Rajkot (インド)	40 (34)	視察予定の企業を含む Rajkot 周辺の主に鑄造産業のオーナー、マネージャークラスおよそ 30-40 名が参加。IGES、TERI による本プロジェクトの概要説明、日本の技術専門家から日本の低炭素技術(GHP/誘導溶解炉)を紹介。
2011 年 12 月 22 日	ワークショップ	Noida (インド)	27 (21)	地元 Noida 地域の GHP に関心のある SME 関係者名が参加。IGES、TERI による本プロジェクトの概要説明、日本の技術専門家から日本の低炭素技術(GHP)を紹介。
2012 年 1 月 20 日	ワークショップ	Chandigarh (インド)	36 (30)	IGES、TERI による本プロジェクトの概要説明、日本の技術専門家によるインドの SME 関係者との直接対話を通じた日本の低炭素技術(EHP)の紹介と導入の利点について説明。視察調査予定企業を含む Chandigarh 周辺の中小企業(SME)オーナー、マネージャークラス参加。
2012 年 1 月 22 日	ワークショップ	Rajkot (インド)	33 (30)	IGES、TERI による本プロジェクトの概要説明、日本の技術専門家によるインドの SME 関係者との直接対話を通じた日本の低炭素技術(圧縮空気システム)の紹介と導入の利点について説明。視察調査予定企業を含む Rajkot 市周辺の中小企業(SME)オーナー、マネージャークラスが参加。
2012 年 3 月 28 日	第八回全体会議 (非公開)	神戸 (日本)	15	プロジェクト進捗状況、パイロット事業の進捗状況、及び今後の事業スケジュールや活

				動に関する確認と協議等。
2012 年 5 月 9 日	勉強会（非公開）	神戸 （日本）	14	「計測 - 計測計画、項目、手法、及び収集データのまとめ方 ～GHP 技術の場合～」
2012 年 6 月 6 日	勉強会（非公開）	神戸 （日本）	14	「計測 - 計測計画、項目、手法、及び収集データのまとめ方 ～EHP 技術の場合～」
2012 年 7 月 23 日	日本・インド国交樹立 60 周年 記念 IGES・TERI 共催シンポ ジウム 「持続可能な開発に向けた日 印の技術協力の可能性」 （ISAP 特別イベント）	横浜 （日本）	30 (2)	IGES と TERI が、低炭素で持続可能な発展に資する分野での技術協力に焦点を当て、経済発展の著しいインドと環境分野で優れた技術の蓄積を有する日本の産業界が密接な協力により、両国が持続可能な社会の実現に向けていかにアジアを牽引することができるのかについて検討。
2012 年 7 月 24 日	IGES-TERI ミーティング （非公開）	横浜 （日本）	11 (1)	IGES-TERI 間で、パイロット事業の進捗・工程に係る確認・協議、中間審査、並びに第三回 JCC の開催に関する協議。
2012 年 9 月 19 日 ～27 日	プロジェクト中間評価 （非公開）	Delhi Anand （インド）	12 (3)	プロジェクト期間の中間にあたり、JICA/JST/IGES/TERI の 4 機関で、プロジェクトの目標達成度や成果を分析、プロジェクトの残り期間の課題や今後の方向性について協議・確認。
2012 年 12 月 19 日	ワークショップ	Kolhapur （インド）	45 (42)	Kolhapur 周辺の鋳造産業のオーナー、マネージャークラス等、関係者約 40 名が参加。IGES・TERI による本プロジェクトの概要説明、日本の技術専門家から日本の低炭素技術(誘導溶解炉)を紹介。
2012 年 12 月 19 日	IGES-京大ミーティング （非公開）	神戸 （日本）	8	IGES-京大間で、プロジェクト全般の進捗確認、パイロット事業にかかる技術別進捗確認と課題の共有。今年度の成果のまとめ、並びに、来年度の活動内容に係る協議
2013 年 3 月 25 日 ～26 日	IGES-TERI ミーティング （非公開）	神戸 （日本）	12 (5)	IGES-TERI 間で、パイロット事業全般にかかる、進捗・スケジュールの確認、並びに、課題の協議。
2013 年 5 月 23 日	IGES-京大ミーティング （非公開）	神戸 （日本）	11	プロジェクト並びにデータ計測に関する進捗状況及び今後の予定について確認を行う。また、データ計測に関して、計測項目と計測機器配置についての説明および収集データの紹介を行う。
2013 年 6 月 12 日	ワークショップ	Pune （インド）	42 (39)	IGES、TERI による本プロジェクトの概要説明、日本の技術専門家による Pune の鍛造クラスターに所属する SME 関係者への日本の低炭素技術(圧縮空気システム)の紹介と導入の利点について説明。インド鍛造協会、地元商工農会議所からのメンバー、鍛造クラスターに属する SME 経営者、マネージャークラスが参加。
2013 年 6 月 15 日	トレーニングワークショップ	Delhi （インド）	15 (12)	TERI に対する研修(キャパシティ・ビルディング)を Workshop の形で実施。TERI の研究者(15 人)を対象に、IGES のエキスパートが日本の低炭素技術の一つである圧縮空気、及び、省エネルギー(CO ₂ 削減) に関してレクチャーを行う。また、TERI 研究者と技術交流や議論も展開。インド側の要請により実施。
2013 年 7 月 24 日	国際シンポジウム 専門家会 合 (ISAP-KRC セッション)	横浜 （日本）	20 (1)	IGES と TERI が、研究機関、非政府機関、民間企業からエキスパートを招待し、プロジ

	“Experts Workshop on Promoting the Application/ Transfer of Japanese Low Carbon Technologies in Indian SME”			エクトの進捗・結果、並びに、プロジェクトの今後展開について情報共有と議論を行う。 また、インドでの低炭素技術の促進に関する既存のイニシアチブ/スキームに関して情報共有や意見の交換を行う。
2013 年 7 月 24 日	IGES-TERI-京大 ミーティング (非公開)	横浜 (日本)	11 (1)	IGES-TERI 間で、プロジェクトの進捗確認及び協議、パイロットプロジェクト (GHP・EHP) の進捗とデータ計測状況の確認、データ分析に関する協議を行う。
2013 年 9 月 29 日 ～10 月 12 日	プロジェクト終了時評価 (非公開)	Delhi Chandigarh Anand (インド)	18 (5)	プロジェクトが終了を迎えるにあたり、JICA/JST/IGES/TERI の 4 機関で、プロジェクト目標の達成度や成果を分析・評価 (パイロット事業実施サイト視察を含む) また、プロジェクトの終了までの課題についても協議・確認。
2013 年 12 月 24 日	IGES-京大ミーティング (非公開)	神戸 (日本)	5	プロジェクト並びにデータ計測に関する進捗状況の確認を行う。また、プロジェクト研究結果のまとめについて協議。
2014 年 1 月 17 日	ワークショップ	Chandigarh (インド)	57 (52)	IGES、TERI による本プロジェクトの概要説明、及び低炭素技術の普及を働きかける。 また、インドの SME に実際に適用した日本の低炭素技術 (EHP) の導入効果並び普及効果について日本の技術専門家から説明をおこなうと共に、参加者と一緒に実際の適用サイトを視察し説明をおこなう。
2014 年 1 月 20 日	ワークショップ	Anand (インド)	57 (52)	IGES、TERI による本プロジェクトの概要説明、及び低炭素技術の普及を働きかける。 また、インドの SME に実際に適用した日本の低炭素技術 (EHP) の導入効果並び普及効果について日本の技術専門家から説明をおこなうと共に、参加者と一緒に実際の適用サイトを視察し説明をおこなう。
2014 年 1 月 23 日	ワークショップ	Rajkot (インド)	60 (57)	IGES、TERI による本プロジェクトの概要説明、及び低炭素技術の普及を働きかける。 また、インドの SME に実際に適用した日本の低炭素技術 (GHP) の導入効果並びに普及効果について日本の技術専門家から説明をおこなう。
2014 年 3 月 4 日	国際シンポジウム	神戸 (日本)	6(2) 総参加者 (含一般参加者) 120	2010 年から 4 年間にわたり、インドのエネルギー資源研究所 (TERI) と共同で実施してきた、インドの中小企業への低炭素技術適用促進プロジェクトの終了に際し、その集大成として研究成果等について広く発表する目的で、国際シンポジウムを開催し、広く発表をおこなった。 シンポジウムでは、プロジェクトに参加した日本・インド両国の企業、研究者と共に、プロジェクトの成功の秘訣や障壁を明らかにするとともに、今後、インドの低炭素社会の実現と地球温暖化問題の解決のために日本の果たす役割について議論をおこなった。

註 1: 全体会議とは、本研究プロジェクトの研究代表をはじめ、研究参加者が一同に会し、本プロジェクトに関する協議や研究に関連する専門家を講師に招き勉強会等を行う会議。

註 2: インド低炭素技術に関する科学技術協力勉強会とは、本プロジェクトの関係三機関が一同に会し作業内容並びに研究の方向性に関して情報の共有と協議を行う会議。

* その他、IGES-TERI 電話会議、適用技術別の関係メンバーによる会議等は多数開催。

② 合同調整委員会開催記録

→ 投入実績、ワークシート「3-5 合同調整委員会開催記録」を参照ください。

(開催日、出席者、議題、協議概要等)

年月日	出席者	議題	概要

§ 7国際共同研究実施上の課題とそれを克服するための工夫、教訓など

(1) 共同研究全体

- ・ プロジェクト全体の現状と課題、相手国側研究機関の状況と問題点、プロジェクト関連分野の現状と課題。
- ・ 各種課題を踏まえ、研究プロジェクトの妥当性・有効性・効率性・自立発展性・インパクトを高めるために実際に行った工夫。
- ・ プロジェクトの自立発展性向上のために、今後相手国(研究機関・研究者)が取り組む必要のある事項。

2010 年度

技術の選定にあたっては、インドへ適用可能な技術であることが基本条件であるほか、IPR(知的財産権)が確保されること、投資回収期間が短いこと、関係する日印政府・企業・研究機関等が多いことなど、多様なステークホルダーの多様な条件をクリアする必要があった。本研究に参画する企業との連携・情報共有・ディスカッションを中心に日印双方における官民連携や産学官連携を含めた重層的なコミュニケーションが図られるよう工夫しつつプロジェクトを推進した。

さらに本研究は国際的な共同研究であるが、JICA の技術協力スキームを利用して実施されていることから、いくつか研究実施上の制約があり、相手国関係者との調整に多大な時間と労力を要する状況にある。このため他のプロジェクトと連携させながら相手国研究機関をサポートできるような体制を構築するなど、関係者が十分に協議し研究を円滑に実施できる方策を検討することが肝要である。

2011 年度

本研究は国際的な共同研究のもと、JICA の技術協力スキームを利用して実施されているが、低炭素技術に係る設備・機材を国内で調達し、インド国へ適用することは初めての試みである。このため現地においても、TERI がパイロット事業の協力を得るために、国内における候補サイトの選定から始まり、現在精力的に調整が行われている。TERI と SME との間での責任分担に係る取り決めの調整など、多大な時間と労力を要する状況にある。IGES としても、現地での情報の把握や共有に努め、解決に必要な情報の提供を行ってきたところであるが、引き続き他のプロジェクトとも連携させながらTERIや現地での情報収集を行う機会を拡充するなどを通してサポートできるような体制を構築するなど、関係者が十分に協議し研究を円滑に実施できる方策を検討することが肝要である。

2012 年度

本研究は、共同研究機関である TERI との協議のみならずインド政府が技術適用に関する基本的な事項(技術水準や知的財産権等)について関与しているため、技術やパイロット事業実施サイトの選定や研究の実施に向けた準備等の段階でインド政府との調整を十分に行うことが不可欠であった。このため、TERI 幹部からインド政府へ働きかけを行うとともに、日本側も、例えば JCC (Joint Coordinating Committee) 等の様々な政府間の協議の機会等を捕らえ、先方のニーズを把握するとともに必要な働きかけを行うなど十分な対応を行った。結果、例えば、インドにおいて規模的にも、社会的コンテキストの上でも重要な産業である乳業でパイロット事業を実施する事ができた。また、パイロット事業に関しては他にも、中小規模の工場が時に数百も集積する産業クラスターで実施しており、プロジェクト後の波及効果が期待されている。

2013 年度

本研究を推進するにあたっては、TERI、インド中小企業等関係主体が多様かつ互いに地理的に離れており、共通の理解に基づいた足並みの揃った活動を行う事が重要となってくる。特にパイロット事業活動を効果的に推進するにあたっては、ディテールに至るまで日印間の多くの関係主体で共通の認識を有している事が肝要であった。このため、通常のメールや電話でのコミュニケーションに加えて、Skype やテレ会議システムを活用した定期的なコミュニケーションの場を設ける等工夫をし、結果、現地において無事に計画どおり機材を導入する事に成功した。

(2) 公益財団法人 地球環境戦略研究機関 (IGES)

研究題目 「低炭素技術の移転・適用促進に係る戦略策定および協力体制構築に関する研究」

2010 年度

低炭素技術の選定にあたり、選定の仕方、個別技術に対する事前知識等、日印間でいくつか重要なギャップのあることが顕在化した。これを克服するため、技術情報の交換を密に行う(今年度の日印双方の訪問は計6回、電話会議システムを活用した国際遠隔会議6回程度等)だけではなく、言語の障壁による意思疎通の齟齬、誤解等を避けるため必ずメール等による確認をすみやかに行うようにしている。また、日本語技術資料等の事前の英語への翻訳は会議を効率よく正確な情報交換を進めるためにきわめて有効である。さらに、映像を作成し視聴覚に訴える資料を含んだ総合的な技術資料も用意した。

2011 年度

2011 年度は候補となっているサイトの中より具体的にパイロット事業を実施するサイトを確定し、調達等パイロット事業の実施に係る手続きを速やかに遂行する計画であったが、そのためには TERI と SME との間における費用負担等の責任分担に係る取り決めが合意される必要があった。前年度に引き続きインド側と密に連携・コミュニケーションを図りつつ、インド側における諸条件が早急にクリアできるよう日本側より効果的にサポートを提供するよう心がけた。

2012 年度

GHP の導入に当たっては、日本側の専門家が渡印してから予定されていた現地施工業者と異なる業者が施工を担当することになる、要請していた機材等が揃っていない等、少なくない混乱を招いた。前もって入念に TERI を交えて段取りを組んでいたにも関わらずこのような事態が発生してしまったものの、専門家を始め現場の非常な努力によって予定どおり GHP を導入することに成功した。来年度に導入予定の EHP については同様の事態を招かないよう、必要事項についてはこれまで以上に入念に確認を行うとともに、必要に応じて都度合意文書を作成、関係者で合意・締結するなど、TERI を含め関係各主体と十分な対策を実施する。

2013 年度

本研究におけるパイロット実証実験対象として選定した EHP の現地導入にあたっては、インドにおける最初の導入事例であり、前例が皆無であり、細心の調整が必要であった。IT ツールを活用する等、関係主体間の共通認識を保ちつつ、要所所で日印の企業関係者を含めた合意文書を作成する等、入念な確認作業を行いながらプロジェクトを推進した。結果、実証実験の対象となる両施設において、無事に計画通り、インドで最初の導入事例となる EHP を導入する事に成功した(Milkfed は 2013 年 6 月、Amul は 2013 年 7 月)。

(3) 国立大学法人 京都大学グループ

研究題目 「インドにおける省エネルギー技術の選定や成果指標の構築に係る研究」

カウンターパートへの技術移転の状況(日本側および相手国側と相互に交換された技術情報を含む)

2011 年 12 月日本側のケーススタディ資料が出来上がった段階で、インド側現地に情報を提供し、パイロット事業の候補企業の絞り込みを開始した。その結果、インド経済の牽引州として位置づけられるグジャラート州を候補地域として決定した。

2011 年 12 月 14 日、京都大学側のデータを提供したところ、「Naroda 産業地区」の産業協力機構事務局長の Patel 氏が、化繊染料事業での温度需要は 温水領域 (通常 80℃ - 90℃、最大で 110℃)、冷水領域 (通常 10℃、必要最低冷水温度はマイナス 5℃) と指摘し、本事業領域を技術適用候補にあげてくるなどインド側のサイト選択が進むようになった。

本研究のように、技術ノウハウを移転するだけではなく、国際的に(今回は日本とインド)技術の導入効果を検証していくアプローチは、今後の研究開発方法の一助になる。

また、技術選定の前提として、日本の事例を画像化し、熱処理の動きをネットワークで把握する方法を用いたことは、製造工程と熱循環を比較研究するためのいい材料になると思われる。今後、遠隔エネルギーマネジメントを導入する場合のツールをさらに開発しておく必要がある。

2012年8月27日の打ち合わせ時に、日本の低炭素技術の応用および技術開発は特殊文化要因を抱えていること、国際的に展開するには日本国内の技術導入と評価方法を普遍化する必要があるという点を明確にした。

特に本プロジェクトの特徴は、現場からのデータが得られたときのファインディングだが、現時点では、導入現場からのデータが少ないため成果評価が不十分で、学術的な評価が得られにくい。しかし、計測データがそろってくる段階で、定量的な評価がさらに可能になるだろうと思われる。

日本の技術については、システム設計コストなどについても考慮する必要がある。国際的な評価を上げるために、国際的議論を行うための研究支援体制が大事である。

今回のパイロット事業をきっかけとして、日本企業の知見の共有化について、再検討することが望まれる。

§8 結び

《研究の目標等から見た達成度、得られた成果の意義等の自己評価、今後の研究の展開、研究代表者としてのプロジェクト運営について(チーム全体の研究遂行、研究費の使い方、若手研究者の育成等)、その他 SATREPS に対する意見、要望を自由に記入してください。また、公開して良い研究室の雰囲気が伝わるようなメンバーの集合写真、実験室や作製した主な研究設備のスナップ写真等あれば添付してください。》



上図、中左図：会議風景
中右図：GHP インド現地 D/S 調査
下図：EHP 導入工事

以上

§ 9 PDM の変遷（該当する場合）
（当初 PDM から終了までのすべての改訂 PDM および PDM 改訂経緯の解説）

本プロジェクトにおいて設定された PDM は以下のとおりである。プロジェクト期間中における PDM の改訂は行われなかった。

Project Design Matrix PDM-Ver. 1 (Draft)
Project Name: Research Partnership for the Application of Low Carbon Technology for Sustainable Development
Term of Cooperation: 4 years
Target Area: India
Target Group: TERI, the engineers and managers from SMEs in India

Narrative Summery	Objectively Verifiable Indicators	Means of Verification	Important Assumptions
Overall Goal 1 The application of low carbon technologies are promoted.	1-1 List of low carbon technologies identified 1-2 Potential of energy efficiency and co-benefit of CO ₂ reductions by identified technologies	1-1 Detailed research reports for individual technologies 1-2 Detailed research reports for individual technologies	
Project Purpose 1 A framework to promote low carbon technologies is proposed.	1 Recommendations/Suggestions regarding the promotion of low carbon technologies as a co-benefit are published.	1 Project reports and published papers	1 There is no drastic change in the global economic and political situations 2 Major stakeholders remain committed to support the promotion of low carbon technologies in India. 3 Relevant institutions and/or personnel are interested in disseminating any findings from this research.
Outputs 1 Appropriate and promising technologies to achieve GHG reduction as a co-benefit are identified. 2 Effects of specified low carbon technologies are evaluated through pilot projects. 3 Facilitation measures considering stakeholders' roles, institutional affairs and capacity building systems are formulated.	1-1 Appropriate/Applicable low carbon technologies relevant to Indian conditions available in Japan in terms of technology cooperation are listed. 1-2 Improvements of relevant low carbon technologies are documented. 2-1 Numbers of pilot project demonstration based on Japanese low carbon technologies 2-2 Amounts of CO ₂ reductions by demonstrated technologies 3-1 Measures to facilitate the low carbon technologies transfer from Japan to India, taking into consideration of technology needs, opportunities and barriers	1-1 Project reports 1-2 Project reports 2-1 Project reports 2-2 Project reports 3-1 Project reports / knowledge portal / report(s) of suggestions	1 Collaborative and regular activities of TERI and IGES research professional throughout the project duration. 2 Support from private companies in both Japan and India will be

Activities	Inputs		
	Japanese Side	Indian Side	
1.1. Study and analyze technologies and relevant conditions of supply side 1.1.1. Identification of candidate low carbon technologies especially related to small medium enterprises 1.1.2. Assess the co-benefit of energy/GHG reduction potential of each technology 1.1.3. Clarify relevant issues (e.g. energy saving, cost, payback, applications, IPR etc) regarding each Japanese technology 1.2. Study and analyze needs of the technology and relevant conditions of demand side 1.2.1. Study the present technological level, energy consumption and potential for application in India of the technologies proposed 1.2.2. Study of Indian local conditions and need of modifications in proposed technologies 1.3. Select the appropriate technologies to be applied in India 1.3.1. Shortlist the appropriate Japanese technologies including those to be applied in the pilot projects. 1.3.2. Make modifications/improvements in short-listed technologies 2.1 Pilot projects 2.1.1. Identify potential industrial and commercial users in India willing to undertake demonstration 2.1.2. Design of research framework involving private sectors and the establishment of the collaborative team 2.1.3. Study the feasibility of proposed projects keeping in view the specific requirements and existing conditions at the site of the end-users in India 2.1.4. Implement pilot projects on low carbon technologies in India 2.1.5. Measure, monitor and evaluate pilot projects (e.g. GHG emissions, energy savings, financial viability and environmental performance) 2.1.6. Analyze and verify environmental, economical and social impacts 2.2 Capacity building related to pilot projects 2.2.1. Design the capacity building programs 2.2.2. Select at least 100 engineers and managers from SMEs in India. 2.2.3. Practice the capacity building through pilot projects 2.2.4. Conduct documentation of the capacity building program 3.1 Review existing practices regarding low carbon technology transfer/application 3.1.1. Collect fundamental information regarding stakeholders, institutional affairs, and capacity building programs. 3.1.2. Analyze existing practices related to technology transfer/application 3.1.3. Identify accelerating factors and barriers regarding low carbon technology transfer/application 3.2 Formulate application scheme of low carbon technologies in India 3.2.1. Identify roles of stakeholders 3.2.2. Clarify essential institutional affairs 3.2.3. Recommend the establishment of a capacity building system 3.2.4. Suggest an integrated facilitation system 3.2.5. Conduct workshops and seminars for mutual understanding, and dissemination	1 Dispatch of Experts 1-1 Long-term experts (Project coordinator) 1-2 Short-term experts (Research professional, Technical experts) 2 Acceptance of counterpart personnel in Japan 3 Machinery and equipment 3-1 Machineries and equipments including software and any special parts for maintenance purpose 3-2 Shipping cost 4 Data 4-1 Relevant data	1 Members 1-1 Research professionals 1-2 Technical experts 2 Research sites for pilot projects 2-1 SMES, commercial sectors and etc. 3 Facilities and Utilities 3-1 Daily necessities, office spaces, and other relevant facilities for Japanese experts, depending on needs. 4 Data 4-1 Relevant data	
			Preconditions