

# 地球規模課題対応国際科学技術協力

(環境・エネルギー研究分野「地球規模の環境課題の解決に資する研究」領域)

## インドにおける低炭素技術の適用促進に関する研究

(インド)

平成 24 年度実施報告書

代表者：鈴木 胖

(財)地球環境戦略研究機関 関西センター・所長

<平成 21 年度採択>

## 1. プロジェクト全体の実施の概要

インドは世界第 3 位の温室効果ガス排出国であり、それは同時に排出量の大きな削減ポテンシャルを有している。そのインドに焦点を置き、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することが本プロジェクトの狙いである。

まず、インド側・日本側ともに相互理解を図りながら、日本側からの CO<sub>2</sub> 削減効果の大きい先端技術(リープフログ技術)の抽出、インド側からのエネルギー消費量の大きいプロセス技術及びクロスセクター性に対するニーズを基本として、マッチングを行い、低炭素技術の選定を進めてきた。

これを受けて、インドの SME(中小企業)の工場を対象として適用可能性調査、さらに詳細調査を実施し、Joint Coordinating Committee (JCC; 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できた。これらの検討を通して、ガスヒートポンプシステム、電気ヒートポンプシステム、圧縮空気システム及び誘導溶解炉などの低炭素技術は、各々が CO<sub>2</sub> 排出量を大幅に低減することができるだけでなく、エネルギー使用量及びエネルギーコストの削減に大きく寄与するポテンシャルを有することが明らかとなった<sup>1</sup>。

第 2 回 JCC の開催(2011 年 11 月)以降、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ことが大きな課題となった。SME においては、設備の導入に際して関税、設置工事費用の負担等を伴うことから、なかなか理解が得られない状況が続いた。このため、IGES においては、詳細調査で得られた技術に係る仕様とともにコストに関する情報の提供に努め、共同研究機関である TERI が主体となって SME との調整を進めてきた。その結果、2012 年 7 月によく、ガスヒートポンプシステムを対象として TERI と 2 サイトとの間で、相互の役割分担等を規定した MoU (Memorandum of Understanding) が締結されるに至った。また、電気ヒートポンプシステムについては既存のシステムに接続することから、より詳細な検討を要するため、現地での調整が続いていた。研究代表者である鈴木所長が 2012 年 8 月に現地での調整に加わった。さらに、9 月には JICA の中間レビュー及び JST の中間評価のための合同現地調査が行われたことから、この機会にさらに日本側からインド SME に対する理解の増進、また SME 側から日本技術に対する信頼感を醸成させる機会となった。その結果、TERI と 2 つのサイトとの間で、それぞれ 10 月、11 月に MoU が締結された。これに基づき、パイロット事業の進捗を加速させ、GHP については 2013 年 2 月から運転が開始された。インドの業務用に導入された事例として画期的である。また、EHP については現在製造段階であるが、そのうちの一台は 4 月中旬には性能試験が行われる。さらに、これまでの調査結果による CO<sub>2</sub> 排出量の削減効果等について検証を行うため、各サイトにおいてはベースラインの計測を実施し、また機材の導入後においては効果確認のための計測を行う。

その他、圧縮空気システムや誘導溶解炉については、SME の意向等により、ハード(設備・機材の導入)を伴わないこととなったが、現地調査における改善提案を踏まえて、その後の取組状況や効果の確認、並びに、産業クラスターの技術者、また TERI の研究者等を集めたキャパシティ・ビルディングの実施等、フォローアップを行うことを通じて、ソフト面でのパイロット事業を展開していく。

今後、これらの成果を踏まえ、日本の低炭素技術の普及に向けて、両国政府及び国際機関を始め、関係機関への政策提言を行う。

<sup>1</sup> 例えば、チャンディーガル連邦直轄領の某牛乳工場では、電気ヒートポンプシステムを既存の温水および冷水工程に組み込む事で約 45%の CO<sub>2</sub> 排出削減に貢献するだけでなく、エネルギーコストをおよそ 4 分の 1 に低減する事が出来ることと試算されている。

## 2. 研究グループ別の実施内容

### 研究グループ I: 公益財団法人地球環境戦略研究機関 (IGES)

#### ①研究のねらい

インドは今や世界第3位の GHG (Greenhouse Gas; 温室効果ガス) 排出国であるが、同時に大きな GHG 削減ポテンシャルを有している。そのインドに焦点を置き、日印双方の政府、企業等関係各主体が win-win の関係で結ばれ、低炭素技術の適用を促進・加速する二国間スキームのような方法論を、実際にインドというフィールドにおいてパイロット事業等を実施することを通じて、日印が共同で研究することが本プロジェクトの狙いである。

#### ②研究実施方法

専門家による現地調査(延べ約 40 サイト以上)、ワークショップ、日印双方の文献(ジャーナル、専門誌、ウェブ等)調査、ヒアリング等

#### ③当初の計画(全体計画)に対する現在の進捗状況

##### [ 国内外関連機関との調整状況 ]

##### 2010 年度

- TERI 研究者の来日(2010 年 7 月 13 日～14 日)  
JST-JICA-IGES-TERI 4 機関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する。また、IGES-TERI ミーティングにおいて、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を行う。あわせてインドにおける適応ポテンシャルの高い技術について日本の関連施設を視察。
- IGES 研究員の一般現地調査(2010 年 9 月 2 日～18 日、11 月 16 日～25 日)  
パイロット事業に関するサイト候補の調査、オフィス・工場のエネルギー管理の現状、電力の供給不安定に対する対策の調査、並びに関係機関へのヒアリングを実施。また、IGES-TERI で技術に関する協議を行う。継続的に調査を実施する。
- 第一回 Joint Coordinating Committee (JCC: 合同調整委員会)  
(会議:2010 年 12 月 20 日、M/M (Minutes of Meetings)署名:2010 年 12 月 21 日)  
日本-インド双方の主要なプロジェクト関係者により、プロジェクトの概要、これまでの研究活動進捗と今後の計画、特にパイロット事業に関する技術等に関して協議。M/M を作成・署名を行う。
- TERI 研究者の来日(2011 年 3 月 2 日～7 日)  
IGES-TERI 間で来年度の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を行う。特に適応技術に関する絞込みを行い、協議事項を合意文書の形式にまとめ、来日期間中に署名。あわせて国際シンポジウムを開催する。

##### 2011 年度

- インドで適用可能性調査(マイクロ・コージェネレーションおよびガスヒートポンプシステム)を実施する。  
(2011 年 4 月 24 日～5 月 4 日)

適用可能性があると思われる 3 社について、それぞれ複数の代替案を提示し、その効果について簡単な比較検討を行った。

- インドで適用可能性調査(電気ヒートポンプシステム)を実施する。(2011 年 7 月 5 日～7 月 14 日)  
6社を調査し、適用可能性について報告。2社のみ可能性あり。EHPを現場に導入する場合のシステム図を提示、簡単な導入効果を試算。
- IGES 主催「第 3 回持続可能なアジア太平洋に関する国際フォーラム (ISAP2011)」にて専門家ワークショップを開催する。(2011 年 7 月 27 日)
- 第二回 Joint Coordinating Committee (JCC: 合同調整委員会)を開催する。  
(会議:2011 年 11 月 17 日、M/M 署名:2011 年 11 月 18 日)  
Electric Heat Pump 及び Gas Heat Pump をはじめ 7 種類の技術について詳細な調査をすることが決定した。
- インドで適用可能性・詳細調査(ガスヒートポンプシステムおよび誘導溶解炉)を実施する。  
(2011 年 12 月 14～24 日)  
誘導溶解炉は鋳造 5 社すべてについて、鋳造プロセスの診断を行い、改善点を提案。  
GHP は7社を調査し電気式エアコンを GHP で代替した場合の効果を試算、相互比較。7 社の内、ガスが利用可能な 3 社(すべて鋳造)について、適用可能性調査報告書を作成。
- インド適用可能性・詳細調査(電気ヒートポンプシステム、圧縮空気システムおよびアモルファストラス)を実施する。(2012 年 1 月 18～26 日)  
EHP は食品関係 7 社を調査し、EHP の適用可能性が高いと判断された 5 社について適用可能性調査報告書を作成。  
Compressed Air は 9 社にて利用現場の診断を行い、各社ごとに改善点を提案した報告書を作成。

## 2012 年度

- EHP システム設計のための詳細調査を実施する。(2012 年 4 月 3 日～14 日)  
パイロット事業の対象候補 2 社において EHP システムの設計の為の調査を実施。測定機材を持ち込み既存システムの計測を実施し、取得データを基に EHP システムの設計、効果試算。
- IGES 主催「第 4 回持続可能なアジア太平洋に関する国際フォーラム(ISAP2012)」にて特別イベント: 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」を開催する。(2012 年 7 月 23 日)
- IGES-TERI ミーティングを開催する。(2012 年 7 月 24 日)  
IGES-TERI 間でパイロット事業実施に向けたスケジュールの確認、並びに、パイロット事業実施に向けた準備事項・課題等に関する協議を行う。
- GHP 適用前のベースライン計測及び GHP 据付プランの協議を実施する。(2012 年 9 月 25 日～10 月 7 日)
- 第三回 Joint Coordinating Committee (JCC: 合同調整委員会)を開催する。  
(会議:2012 年 10 月 4 日、M/M 署名:2012 年 10 月 5 日)  
第 2 回 JCC 以降の活動・プロジェクトの進捗状況の報告。EHP 及び GHP について計 4 サイトに機材を導入する作業が進んでいること、他の2種の技術について診断やキャパシティ・ビルディングが実施されていることを確認。

- ・ EHP 適用前のベースライン計測及び MRV に係る調査を実施する。(2012 年 12 月 5 日～15 日)
  - ・ 日印政府間による日印政策対話において、本プロジェクトの実施状況について報告を行った。(2013 年 2 月 26 日)
  - ・ EHP 適用前のベースライン計測及び EHP 据付プランの協議を実施する。(2013 年 3 月 17 日～24 日)
  - ・ TERI 研究者の来日(2013 年 3 月 25 日～29 日)
- IGES-TERI 間で主に誘導溶解炉にかかるパイロット事業の今後の活動とスケジュールの確認、並びに、パイロット事業全般にかかる、進捗・スケジュールの確認、課題の協議を行った。

## [ 研究項目進捗状況 ]

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

### 2010 年度

インド SME の技術レベルやエネルギー需給に関する情報も踏まえ、特にインド SME の省エネルギー技術適用・普及に関連した既存事例・先行研究に焦点をあて文献調査・ヒアリングを実施し、技術移転・適用・普及の成功要因の考察を行った。

### 2011 年度

低炭素技術の移転/適用に係る既存事例の把握・分析を引き続き行った。UNFCCC プロセスの下で技術移転に係る議論について再度見直した。さらに、低炭素技術移転に係る現行の主なメカニズム及び多国間・二国間のイニシアチブを把握・分析した。これらの研究に基づいて、低炭素技術をインドだけではなくアジア地域へ、そして、アジア地域内部での移転を促進するいくつかの戦略を提案した。

C2: 日本 — 技術供給側の分析

### 2010 年度

- 1) インドにおけるエネルギーの合理的利用を目指す国際的ならびに地域的活動状況を示し、その結果、本研究では中小企業(SME)を対象とすべきであることを確認した。
- 2) インドの CO<sub>2</sub> 換算温室効果ガス排出量に関する最新データを入手、排出量の部門別推移を分析した。
- 3) 中小規模のオフィス及び工場において利用される技術を用途別・技術種別に体系的にリストアップ(技術の適用マトリックスの作成)し、技術進歩と技術連関を考慮して以下に示す 9 種の CO<sub>2</sub> 削減効果の大きい先端技術(リープフロッグ技術)を抽出した。i) アモルファストランス、ii) LED 照明管理システム、iii) インバーター制御ポンプ、iv) インバーター空気圧縮機、v) 小型貫流ボイラー、vi) 小型誘導加熱炉、vii) 冷暖用双目的ヒートポンプを利用した工業プロセス、viii) VRV/VRF 空調システム、ix) 小型コージェネレーションシステム(都市ガスが利用できる条件付)

～SATREPS 平成 22 年度実施報告書 pp.12～14

### 2011 年度

前年度に引き続き、SME に対して適用ポテンシャルが高いリープフロッグ低炭素技術の特定作業を実施した。民間企業からの専門家を交え、具体的な技術的詳細を含めた適用可能性についての検討を行いつつ、日本側視点に基づいた低炭素技術のリストアップを行った。これを受けて、マイクロ・コージェネレーショ

ンシステム、ガスヒートポンプシステム及び電気ヒートポンプシステムに関してインドにおいて適用可能性調査を実施した。

### C3: インド — 技術需要側の分析

#### 2010 年度

世界省エネルギー等ビジネス推進協議会が取りまとめた国際展開技術集等を活用し、インドの SME および商業ビルに適用可能な候補技術を複数選定・調査した。技術の選定に当たってはインドに対する適合性、およびインドの SME において現在一般的に使われている在来型技術と比した際の省エネルギー・ポテンシャルに注目し、インドの技術ニーズを分析した。なお、インドに対する適合性とは、特定の産業分野やサイトへの依存度合いが小さく、ある程度幅広い産業セクターやサイトに柔軟に適用することができるか、といういわゆる「クロスカッティング」性である。

具体的に、関心のある技術として 5 種類の技術(高効率誘導溶解炉、コージェネレーション、圧縮空気システム、VRV 空調システム、換気)の調査レポートの提供を受けた。

#### 2011 年度

前年度に引き続き、インド側視点に立脚した低炭素技術をリストアップする為にインドの技術水準やエネルギー利用方法について、TERI を中心に調査研究活動を実施した。インドの在来型技術に対して、どれだけ省エネルギーを実現できるかという省エネルギー・ポテンシャルだけではなく、産業分野やサイトへの特化度合いが小さく、幅広いセクターに柔軟に対応できるかどうか、という技術のクロスセクター性の観点でも低炭素技術の絞り込みを行った。加えて、日本側の専門家を中心とした現地詳細調査(C5)を実施、現場で得られた生のデータを基に適用効果の試算を行った。

### 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

#### 2010 年度

C2 および C3 より明らかとなった日印双方の視点を基に抽出した技術について、インドに適応すべき技術の優先度付けをする観点を明確にした。

#### 2011 年度

C2 に示す候補技術に基づき、候補サイトにおける電力需要、熱利用の実情等を踏まえつつ、低炭素技術システムを導入した際の省エネ効果、GHG 削減効果、コスト、ペイバックタイム等について検討を行った。

### C5: パイロット事業を通じた分析と実証

#### 2011 年度

日本の専門家やインド側との協議を通じて技術の普及効果を鑑み、社会的重要性の大きな産業(例えば乳業)や類似の工場が集積する産業クラスターを中心に調査サイトを選定した。2011 年 12 月及び 2012 年 1 月にかけて現地調査を行い、パイロット事業の実施に際しての適用効果(二酸化炭素排出削減効果やエネルギーコストの削減等)に係る事前評価を行ってきた。その結果、いくつかのサイトについて高い適用効果があることが明らかとなった。

ただし、パイロット事業の開始に当たっては TERI と SME との間での役割を規定した MoU の締結することが必須である。TERI により SME と調整を行い、IGES としては技術情報を中心にサポートしてきたが、なかなか SME の承諾が得られない状況が続いたため、当初の予定に対して遅れが生じた。

このため、現地調査においては、事業に必要となる仕様やシステムの概略設計に加えて、SME の事情にも十分配慮しながらコストに係る情報についてもできる限り把握できるように配慮して実施した。

## 2012 年度

パイロット事業の実施に向けて SME の抱える大きな問題の一つとして、コストの負担があるのではないかと推察し、システム導入に際してコストに関する情報を中心にサポートを行ってきた。後述の電気ヒートポンプシステムに係る詳細調査に際し、SME へのヒアリングを通して関税が大きな問題点であることが明らかとなった。これに対して、JICA も含めて検討を行ったものの、荷受人が TERI であるため通常より軽減されるという現行制度の中で、SME の理解を得るよう、努めることとなった。

これまで TERI が中心となって、懸案となっている SME との MoU の締結に向けて調整を進めてきたところ、ガスヒートポンプシステムの 2 つのサイトについては、2012 年 7 月に締結することができた。これを受けて、IGES において機材の調達を行い、調達メーカーの責任のもと製造、インドの指定港までの輸送を行った。2013 年 1 月にはインドの指定港に到着後、TERI 及び SME を中心に、現地までの輸送及び機材の据付工事が行われた。この工事においては、日本の調達メーカーの協力を得て、スーパーバイザーによる据付・調整の支援、試運転が行われた。現地での設置工事は、2 月 10 日に開始し、22 日までには試運転を完了した。

一方、電気ヒートポンプシステムは、温熱系と冷熱系との両方の対応を必要とする複雑なシステムであることから、実際の流量や温度等について実測し確認することが必要であるため、2012 年 4 月に、より詳細な調査を実施するミッションを派遣した。その結果、CO<sub>2</sub> 等適用効果について精査できた他、既存設備との接続等に際して、また実際の流量等に応じて導入するシステムが的確に機能できるよう、確認を行い、導入時における技術的な課題や必要となる機能等を明らかとした。調査結果を踏まえながら、SME との調整を進め、さらに研究代表者の鈴木所長が加わり、締結の見通しが得られた。その後、MoU に係る内容について、さらに精査が必要となったため、最終的にはそれぞれ 10、11 月に締結された。これを受けて、IGES において機材の調達を行い、現在、調達メーカーにおいて、機材の製造を行っているところである。

また、パイロット事業の候補技術であった圧縮空気システム、誘導溶解炉については、SME の意向等を踏まえて、ハード(設備や機材の導入)を伴わないものの、これまでの現地調査で行ってきた改善提案に対するフォローアップや、クラスターの関係する技術者を集めてのキャパシティ・ビルディングを行うため、TERI と計画を進めてきた。そのような状況の中、誘導溶解炉については、12 月に鑄造工場(インドにおいて主流となっている砂型鑄造を採用)を対象として調査を行い、改善提案とともにワークショップを行った。

さらに、ガスヒートポンプシステム、電気ヒートポンプシステムについては、これまでの調査結果をベースに、事業効果を把握する上で必要となるベースラインの測定を、それぞれ 2012 年 10 月、12 月から開始したところである。また、ガスヒートポンプシステムについては、2013 年 2 月末に運転が開始されたことから、これに併せてプロジェクトベースでの計測に着手したところである。

#### ④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)

##### 2010 年度

TERI 研究者が 2010 年 7 月および 2011 年 3 月に来日した際、以下に示す技術分野について関連施設の調査等をインド側が実施し、日本側の低炭素技術専門家と技術関連情報の交換を行った。

情報交換を行った主な技術分野:

EMS (Energy Management System)、マイクロ・コージェネレーション、ガスヒートポンプシステム、リジェネバーナー、電気ヒートポンプシステム

##### 2011 年度

TERI 研究者が 2011 年 7 月に来日した際、並びに日本側の専門家が 2011 年 7 月、12 月及び 2012 年 1 月にインドで調査を実施した際に、関連施設の視察や技術ワークショップの開催、技術関連情報および係る知見について情報交換を行った。

また、本年度に実施された適用可能性調査及び詳細調査においては、サイト毎に得られた知見や技術情報については成果として取りまとめを行い、TERI 及び各サイトに対してフィードバックを行っている。特に、パイロット事業の候補サイトに対しては、低炭素化技術導入に伴う CO<sub>2</sub> 排出削減効果やエネルギーコストの削減について算定し、これらの情報も含めて成果報告書として取りまとめを行った。その成果については、同様にフィードバックを行い、情報共有を図った。

情報交換を行った主な技術分野:

電気ヒートポンプシステム、ガスヒートポンプシステム、誘導溶解炉、圧縮空気システム

##### 2012 年度

TERI 側より、研究者が 2012 年 7 月および 2013 年 3 月に来日した。また IGES 側においては、2012 年 4 月、9-10 月、12 月、2013 年 1 月、2 月、3 月にインドで詳細調査、ベースライン計測装置の設置工事や GHP および EHP の据付工事の支援等を行うためのミッションを派遣した。これらの機会を積極的に利用して、関連施設の視察や技術ワークショップの開催、技術関連情報・知見等について情報交換を行った。

また、パイロット事業候補サイトに対しては、低炭素化技術導入に伴う炭素排出削減効果やエネルギーコストの削減について算定を行うとともに、実際の据付工事に際しては日本の低炭素技術の適用に向けて設計図面等の作成、具体的な工事計画、現地での事前準備体制等について提案する等、インド側に支援を行った。

情報交換を行った主な技術分野:

電気ヒートポンプシステム、ガスヒートポンプシステム、誘導加熱溶解炉、圧縮空気システム

#### ⑤当初計画では想定されていなかった新たな展開があった場合、その内容と展開状況(あれば)

##### 2010 年度

インドの MoEF (Ministry of Environment and Forests) の都合により、第一回 JCC (Joint Coordinating Committee) の開催が当初計画より 3 ヶ月遅れたため、本格的な研究の実施に遅れが生じたが、この影響を回避するため研究の加速化が必要となり 2011 年 3 月にインド側と集中的な協議を行うなどにより必要な対応を強化した。

## 2011 年度

パイロット事業に実施に当たっては、現地候補サイト(SME)の理解を得るとともに、TERI との間で両者の責任分担に関する取り決めが必要不可欠である。これまで延べ約 40 サイトの現地調査を実施し、その結果を踏まえ有望なパイロット事業について 10 を超える提案をインド側に提示したものの、TERI と SME との間における負担金等の責任分担に係る取り決めが難航して、スケジュールに遅れが生じた。この影響を回避・低減するために、TERI と SME との間の調整がスムーズに進展するよう、SME が抱える問題意識の把握に努めるとともに、必要となる情報提供等のサポートを継続して行った。

## 2012 年度

引き続き、TERI と SME との間での MoU の締結が課題となった。IGES からは詳細調査等から得られた情報の提供を行うとともに、研究代表者の鈴木所長が現地での調整に加わり、膠着した状態の改善に大きく貢献した。MoU の締結に時間がかかってしまったことにより、当初の計画に対して、パイロット事業の着手には大きく遅れることとなった。このため、調達の公募から、メーカーによる製造・輸送に係る工程の極力短縮を図るとともに、現地での据付工事が円滑に行われるよう、現地のサポート体制についても TERI 及び SME との連携に努めたところである。これらを踏まえて、スケジュールの見直しを行い、その結果、GHP については 2013 年 2 月までに、また EHP については、それぞれ 6 月、7 月までに試運転完了、運転開始を目指すこととなった。

GHP の導入に当っては、事前に TERI を通して十分な連絡調整を行ってきたところであるが、日本側の専門家が渡印した時点において、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こと、要請していた機材等工事部材が準備されていなかった等、不測の事態が生じた。しかし、専門家を始め現場の非常な努力によって計画どおり 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、必要に応じて合意文書を作成するなど、TERI 及びサイトとの連携体制の確保に向けて十分な対策を実施する。

## 研究グループ II: 国立大学法人 京都大学

### ① 研究のねらい

本研究の特徴は、日本の低炭素技術が、産業や気候条件の異なるインド地域で、どの程度の成果を上げられるのか、それを現場のパイロット事業を通じた導入実験を通じて確かめることにある。最終的には、パイロット事業の成果を普遍化して、インド全体のエネルギー使用量、二酸化炭素の排出量がどの程度削減可能であるかを、一定の成果目標を設定して定量的に表示することを目指す。

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、データの取得を担当し、京都大学は日本とインドにおける低炭素技術のケースを可視化し、一定の指標を設定してクロスで比較を行い、第三者が低炭素技術の導入成果を認識できるようにすることである。

パイロット事業のケースとしては、産業用ニーズに対応した成果の分析を対象として、インドの工場における実験を研究プロセスに入れ込んだ。このプロセスにより、日本とインドの省エネ技術に対する観点の違い、環境条件や、適合性の問題を浮き彫りにすることをことができると考えられる。それを通じて、日本の低炭素技術の単なる導入成果にとどまらず、国際的な技術評価の方法論を導き出すことを目標とする。

導入に関するプロセス評価の前提は、製造業現場の熱の利用効率は、各生産プロセスに応じた低炭素技術の導入方法に依存するというものである。したがって、異なる生産過程をもつ産業セクターの中小企業への導入を実施したうえで、一定の指標を用いて導入成果を明らかにすることにした。

また、これらの成果を、国際認証につなげるために、京大側では、追加的に、現場の映像情報を加工編集し、技術導入に係る指標、データ収集整理のプロセスを行う。また計測データについては、低炭素技術の導入前のデータと導入後のデータの比較を基本とする。これに基づいて、国境を越えた地域的な Demand Side Management (DSM) の包括的な方法論、モニタリング&検証方法を確立することとする。

## ② 研究実施方法

- (ア)低炭素技術導入プロセスの「見える化」(撮影と映像制作により第三者にわかりやすく伝える)
- (イ)日本およびインドの現場担当者へのインタビューや、導入に関連するデータ収集
- (ウ)低炭素技術の導入前と導入後の熱循環についてのイラスト図作成
- (エ)成果物についてはDVDなどに編集し、事後的検証を可能にする
- (オ)成果指標については、国際基準を重視し、IEAなどの国際機関でのケーススタディ会合開催

## ③ 当初の計画(全体計画)に対する現在の進捗状況

### 2010 年度

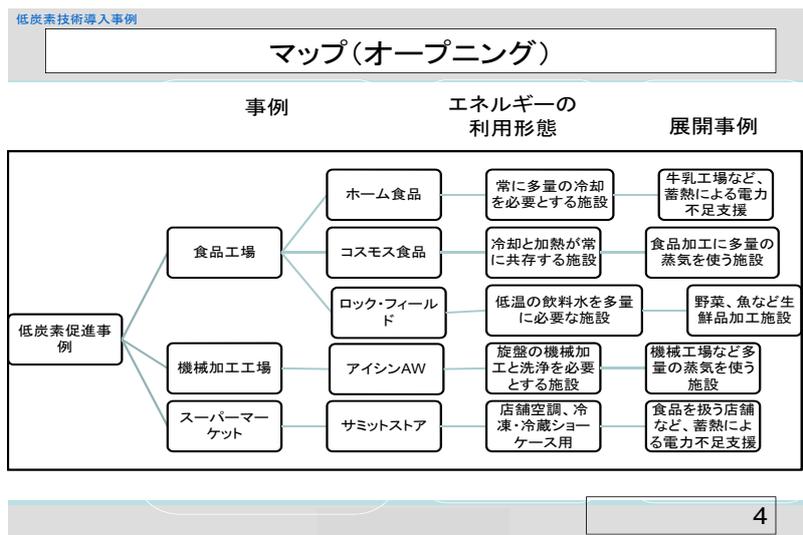
「エネルギーの適正利用というコンセプトの適用可能性」、「エネルギー技術のメニュー化と評価にかかわる問題」、「国際的認証制度にかかわる課題、基準値の評価」、「日本からの技術供給側の分析」について検討した。

### 2011 年度

日本の低炭素技術の成果を明示化するため、①日本側で複数の産業セクターから導入事例を抽出し、導入のプロセス、背景、前提条件の違いを指標を用いて明らかにし、②インド側の産業ニーズに応じた分析の枠組みをトレースし、③国際的な検証方法に向けた連携協力方法を検討した。

成果指標については、CO<sub>2</sub>削減結果だけではなく、生産プロセスから来るニーズの違い、気候条件など周辺環境条件に着目した。モニタリング・検証方法、とくに基準値の設定条件については、エネルギーマネジメントの国際標準や、排出権取引などの国際的認証制度に留意した。

日本における産業セクターとしては、食品製造、機械部品、スーパーマーケットなどを主に取り上げた。ケースごとに、エネルギー利用パターンと、システム設計上の課題に留意した映像編集を行い、これにより、インド側がパイロット事業の可視化に向けた作業ができるようにした。



評価指標については、日本の低炭素技術の導入前と導入後を質的および量的に把握する方法をとり、電気使用量のデータ類と、生産データ、財務データなど多様な評価指標を含めるよう提案した。基準値のとり方については、生産プロセスごとの評価と、工場全体の評価を区別し、また温熱および冷却を区別したうえで、インドに適合するシステム設計に焦点をあてた。

技術的ノウハウの適用プロセスを可視化するため、映像を用いたケーススタディを採用し、適用プロセスを生産プロセスに整合性を持たせるよう工夫した。このねらいは、

- 1) パイロット事業への参加企業の抽出を容易にする
  - 2) 現地と作業条件との相違、共同開発課題の抽出
  - 3) モニタリング能力の向上
  - 4) インドに適合するシステム設計、製品技術の性能の向上、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
  - 5) 機材単体でなく、システム設計情報の編集、COP など総合的成果指標を活用
  - 6) 人材育成のための教材開発に役立てる
- などである。

## 2012 年度

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。

2012 年 4 月スタート時の問題意識としては、国際基準の議論につなげるために、ベースラインのデータの整備に加えて、現場の状況、産業の特徴、インフラ、工場の規模などをできるだけ把握できるような工夫が必要であること、また工場内の室内環境データもできるだけ必要だという認識を示した。

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)。また、対象工場の概要、工場のレイアウト、測定計測のポイント、一覧表、データファイルの様式、整理方法、分析方法等についても打ち合わせを行った。

#### イ. 指標の分類

エネルギー・マネージメント・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として、下記も事項を指摘した。

- ・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 (CO<sub>2</sub>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、技術導入に係る指標については、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し、事前に京大側とも連絡調整を行うよう依頼した。

経済指標としては

- ・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

を同時に検討することとした。

技術導入成果指標としては、

- ・エネルギー使用量削減、CO<sub>2</sub>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ことが重要であることを確認した。

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、ISHRAE (Indian Society of Heating, Refrigerating and Air conditioning Engineers) の室内環境基準に留意する。

<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Standards followed in India</li> <li>● CO<sub>2</sub> – 1000ppm</li> <li>● Relative Humidity ~65%</li> <li>● Temperature – 21.1 ~ 24.4 degree</li> <li>● Ventilation – 20cfm/person 7people/1000 sq. feet (90 m<sup>2</sup>)</li> </ul>
--

Data source: Central Pollution Control Board (CPCB), India [www.cpcb.nic.in](http://www.cpcb.nic.in)

その他の環境関連項目についても測定できると望ましいが、今回は除外する。

- Stack emission standards  
 (Application: Furnace/ Boiler/ Capitative power plant)
- PM – 5mg/Nm3 (older units 10mg/Nm3)
  - CO – 100mg/Nm3 (Older units 150mg/Nm3)
  - Nox – 250mg/Nm3 (older refineries: 350mg/NM3)
  - SO2 – 50mg/Nm3
  - Ammonia – 100mg/m3 (annual)

データ類の出所は上記。

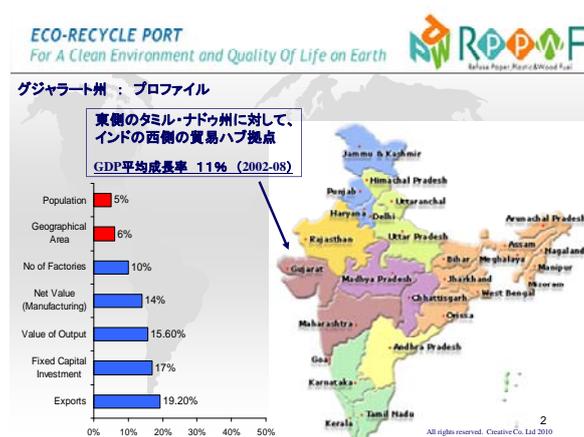
本プロジェクトの狙いは、電力消費の削減効果についての、日本とインドの効率基準の考え方の違いを浮き彫りにすることにある。電力消費が削減したという指標だけでは、国際的な成果としては認められない。できるだけ客観的な成果指標を設定し、日本の技術の適用性について異なる環境のもとでのメリットとデメリットを明らかにしていくことが望ましい。とくに、下記の点には特に留意する必要がある。

- (ア) 評価の方法論には、機器の性能や外部条件の違いを考慮し、ベースラインを重視する。
- (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、都市開発への適用)
- (エ) 成果指標に含めるべき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)

④ 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)

\* 共同研究機関への提供とパイロット事業選定への足掛かり

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。この地域は、日印グローバル・パートナーシップという戦略イニシアチブの第一歩として合意された「デリー・ムンバイ間産業大動脈構想(DMIC)」の中心部に位置する。インドの GDP 全体の 50% 近くを占める最重要地域であり、グジャラート州は其中で 20% 近い貢献をしている。州の域内総生産成長率は 13%。



この地域の特徴として

- SEZ(経済特区)を整備中
- TATA 自動車の基幹工場、スズキ自動車の中東・アフリカ向けに輸出を開始、自動車関連産業等の施設建設が伸びると予測される。
- 世界第3位のデニム生地生産地、繊維・染色事業。

- アーメダバード地域最大の産業地区の「Naroda 産業地区」には 240 ユニットの企業体が事業を行う。この産業地区は主として化学染料事業が中心。

2011 年 12 月 14 日、京都大学側のデータに基づき、「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°C - 90°C、最大で 110°C）、冷水領域（通常 10°C、必要最低冷水温度はマイナス 5°C）と指摘し、本事業領域を技術適用候補にあげてきた。

また、UNIDO の「インドにおける特定零細・中小事業者への省エネ・再生可能エネルギー導入促進」というプログラムの中で、乳製品製造事業会社への省エネ・低炭素技術のテスト・パイロット導入が計画されているとの情報があつた。

対応する PDM/PO の Output: 1, 2

対応する PDM/PO の Activity: 1.1, 1.3

### ⑤当初計画では想定されていなかった新たな展開があつた場合、その内容と展開状況(あれば)

本研究のように、単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というアプローチは、今後の研究開発方法の一助になるとと思われる。

また、技術選定の前提として、日本のケーススタディを画像化し、熱の動きをネットワークで把握する方法を用いたことは、両国産業の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と思われる。今後、遠隔でエネルギーマネジメントを導入する場合に、相互に理解できるツールをどう開発しておくかが大事である。

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ために、必ずしもそのままでは国際的に普及しないこと、日本とインドの間で、相互に比較・認証可能な形にするには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議論した。

特に従来の技術知識の移転プロセスということであれば、機材の導入で作業の大半が終了するが、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こそ論文になりうるという点である。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のが、最終年度に計測データがそろってくる段階で、定量的な評価が可能になるだろうと思われる。

また、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。また、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。

低炭素技術分野の日本の技術優位性を検証することは数値的には可能であろうが、今回のケーススタディのレベルを重ねることで普遍的な議論につながるだろう。一方で、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。

## 3. 成果発表等

### (1) 原著論文発表

- ① 本年度発表総数(国内 0 件、国際 0 件):\_
- ② 本プロジェクト期間累積件数(国内 1 件、海外 0 件)
- ③ 論文詳細情報(著者名、発表論文タイトル、掲載誌(誌名、巻、号、発表年)などを発行日順に記載して下さい)

い)。なお、同一の論文は一報として記載して下さい(グループ毎の重複記載は不要)。

(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) 特許出願

- ① 本年度特許出願内訳(国内 0 件、海外 0 件、特許出願した発明数 0 件)
- ② 本プロジェクト期間累積件数(国内 0 件、海外 0 件)

## 4. プロジェクト実施体制

### (1) 研究グループ I: 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」

① 研究者グループリーダー名: 鈴木 胖 (財団法人地球環境戦略研究機関関西研究センター所長)

② 研究項目

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

対応する PDM/PO の Output: 3

対応する PDM/PO の Activity: 3.1

C2: 日本 — 技術供給側の分析

対応する PDM/PO の Output: 1, 2

対応する PDM/PO の Activity: 1.1, 1.3

C3: インド — 技術需要側の分析

対応する PDM/PO の Output: 1, 2

対応する PDM/PO の Activity: 1.2, 1.3

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

対応する PDM/PO の Output: 2

対応する PDM/PO の Activity: 1.3

C5: パイロット事業を通じた分析と実証

対応する PDM/PO の Output: 2

対応する PDM/PO の Activity: 2.1, 2.2

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

対応する PDM/PO の Output: 3

対応する PDM/PO の Activity: 3.2

### (2) 研究グループ II: 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」

① 研究者グループリーダー名: 清野 純史 (工学研究科 都市社会工学専攻 教授)

② 研究項目

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

対応する PDM/PO の Output: 3

対応する PDM/PO の Activity: 3.1

## C2: 日本 — 技術供給側の分析

対応する PDM/PO の Output: 1, 2

対応する PDM/PO の Activity: 1.1

## 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

対応する PDM/PO の Output: 2

対応する PDM/PO の Activity: 2.1

## C5: パイロット事業を通じた分析と実証

対応する PDM/PO の Output: 2

対応する PDM/PO の Activity: 2.1

## 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

対応する PDM/PO の Output: 3

対応する PDM/PO の Activity: 3.1

以上