

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22年度実施報告書

代表者：鈴木 胖

財団法人地球環境戦略研究機関 (IGES) 関西研究センター所長

<平成 21 度採択>

1. プロジェクト全体の実施の概要

インドは世界最大級の GHG (Greenhouse Gas; 温室効果ガス) 排出国であり、同時に大きな GHG 削減ポテンシャルを持っている。そのインドに焦点を置き、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。

平成 22 年度は TERI - IGES 間の MoU (Memorandum of Understanding) が未締結という制約のもと、以下のとおりプロジェクトを推進した。まず研究に伴う知的財産権等の取扱について定めた MoU の調整をインド側と行い、2010 年 5 月中旬に同 MoU を締結した。

平成 21 年度に引き続き、低炭素技術移転に係る政策および既存事例の把握・分析を行い、低炭素技術の適用促進に関わる背景情報を整理した。また、インド側・日本側ともに相互に訪問し、インドのニーズに適合するとともにインドにおける省エネルギーポテンシャルが大きく、かつインドに対する適応性が高い技術をどう選定するかについて研究を進めた。技術の選定にあたって、日本側では技術進歩の過程を分析して日本の技術を体系的に整理した。そしてインドにおいて大幅な GHG 削減が期待されるリープフロッグ技術を抽出した。インドにおいてコマーシャルベースでの普及が進んでいない日本技術を適用促進の中心に据えているので、インド側の理解を得られるよう技術情報の提示方法について工夫することが肝要である。このため TERI 研究者の来日に際し、当該技術の展示場や事例の現地見学の機会を提供するとともに、関係者の間でフェース・ツー・フェースの意見交換・議論を行った。また別途事例紹介の映像資料等を含めた総合的な技術資料も作成した。

平成 22 年 12 月には、デリーで日印プロジェクト関係者による第 1 回 Joint Coordinating Committee (合同調整委員会) が開催され、プロジェクトの進捗、将来に関する協議が行われ、覚書が交わされた。

このようにインド側のニーズを踏まえてインドへ適用できる可能性の高い技術についての紹介と調査を進め、日印双方ともに適用ポテンシャルが高いと認めたいいくつかの技術について、JCC の協議も踏まえ 2011 年 3 月に IGES-TERI 間で合意文書を締結した。次年度以降はこの合意文書をベースに、引き続きインドへ適用できる可能性の高い技術を選定するための調査研究活動を継続しつつ、パイロット事業の実施に向けて候補となり得るサイトを訪問し、パイロット事業の実施に向けて必要な調査および評価を実施する。これに基づいてパイロット事業を企画・実施していく予定である。

2. 研究グループ別の実施内容

研究グループ I: 財団法人地球環境戦略研究機関 (IGES)

① 研究のねらい

平成 22 年度は前年度に実施した研究項目に引き続き、低炭素技術の移転・適用を国家間で促進する方策を検討する上で基礎となる研究項目を継続実施しつつ、インドに適用した際に高い効果が得られると想定される技術の選定調査を推進した。

② 研究実施方法

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、現地視察等

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)

- ・ IGES 主催「第 2 回持続可能なアジア太平洋に関する国際フォーラム(ISAP2010)」テーマ別セッション

ン開催（平成 22 年 7 月 13 日）

標記、セッションにて本研究の紹介を行う。

- TERI 研究者の来日（平成 22 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 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 研究員の現地調査（平成 22 年 9 月 2 日 - 18 日）
パイロット事業に関するサイト候補の調査、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。
- IGES 研究者の現地調査（平成 22 年 10 月 26 日 - 30 日）
IGES-TERI で研究・技術に関する協議、パイロット事業に関するサイト候補の継続調査を実施する。
- IGES 研究者の現地調査（平成 22 年 11 月 16 日 - 25 日）
IGES-TERI で技術に関する情報交換・協議、パイロット事業に関するサイト候補の継続調査を実施する。
- 第一回 Joint Coordinating Committee (JCC:合同調整委員会)
(会議:平成 22 年 12 月 20 日、M/M 署名:平成 22 年 12 月 21 日)
日本ー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（平成 23 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。特に技術に関する協議事項を合意文書の形式にまとめ、来日期間中にサイン。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。
- 国際シンポジウムの開催（平成 23 年 3 月 7 日）
本研究に関して神戸にて国際シンポジウムを開催した。IGES および TERI の研究者、インド関西総領事であるスワループ氏を始め、関連する産・学・官それぞれの分野より代表者を招待した。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。

(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

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調査をした。普及に関わる手法(キャパシティビルディング・ワークショップ・パイロット事業など)、既存制度・政策との関連性、技術適用後のモニタリング、効果測定手法、パイロットプロジェクト実施の際に起こった問題、改善点等に注意しながら文献調査・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。

「広範囲の普及」に関しては、各州によって事情や制度が異なり政策も分権化が進んでいるインドでは、全国レベルに波及効果をもたらすことは容易ではない。しかしセクター横断的で多くの SME に適用できる技術については、個別の州や産業クラスターを対象とした能力開発が有効であることが示唆された。「初期段階の普及」という観点からは省エネ技術を普及させるためにはプログラム CDM も有効なツールと考えられる。CDM の特性(特に「追加性」の概念)を踏まえると、それが長期的・持続的な普及につながるかどうか、さらなる検討が必要である。なお、UNFCCC の COP16 において一定規模要件の CDM プロジェクトの追加性証明に関するガイドラインが採択されたことから、引き続き詳しい情報の収集が必要である。省エネ効果の測定や評価に関しては、今後も CDM や気候変動枠組み条約の下で議論されている MRV、二国間協力を前提に日本国が提案する J-MRV、現在策定されている国際的なエネルギーマネジメントシステムに関する規格の動向を把握していく必要がある。インドにおいては、省エネルギー法の下で実施されているエネルギー査定に関し国レベルで策定されたガイドライン等が存在せず、BEE

(Bureau of Energy Efficiency) 認定の省エネ診断等の実施機関がそれぞれ独自の手法で実施している状況である。また、エネルギー査定者の質に関して問題となっている場合があり、SME が省エネ活動に積極的になれない理由の一つとして指摘されている。TERI のエネルギー査定手法と日本の同手法を、パイロット事業を通じて比較し、更に日本側から、システムの・統合的な観点に基づく最適化や、モニタリング手法、評価手法を提案することが有効である。

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

- 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、本研究では中小企業 (MSME) を対象とすべきであることを確認した。
- 2) インドの CO₂ 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。工業、業務商業部門の対策が対象として重要であることを確認した。
- 3) エネルギー多消費型の MSME セクターのエネルギー消費・CO₂ 排出量の現状と排出量削減ポテンシャルに関する最新の調査分析データを観察した。
- 4) 中小規模の工場・商業ビルを低炭素技術適用のエネルギーの最終需要端である現状としてとらえ、注目すべき技術を体系的にリストアップした。

- 5) インドに適用すべき低炭素技術の選択の基本方針を示した。
- 6) インドの低炭素化を、先進国を上回るテンポで進める可能性のある日本の技術（リープフロッグ技術）を抽出した。
- 7) それぞれの技術のエネルギー/GHG 削減可能性のコーベネフィットを評価するため、それぞれの技術の仕様、主要な効果（省エネ、CO₂削減、およびコスト節約の点から）、設置先のケーススタディ、およびサプライヤーリストに関連する情報を収集した。さらに、それぞれの技術に関して、適用性、費用、投資回収期間、知的財産権（IPR）など、いくつかの問題を明確することも試みた。
- 8) 日本の有望な低炭素技術のケーススタディとして、京都大学はヒートポンプシステムに関する 5 編の映像を含む技術資料を製作し、IGES はコージェネレーションシステムに関する 3 編の映像を含む技術資料の製作を進めた。

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

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コンベンショナルな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応することができるか、いわゆる「クロスカッティング」性である。これらの調査分析を通じ、インドへの適用ポテンシャルの高い技術のいくつかを、明らかとした。これらは、1. 空調システム； 2. 換気技術； 3. コージェネレーション； 4. 誘導加熱炉； 5. 空気圧縮技術。さらに、それぞれの技術について： 1. 仕様； 2. コスト（ペイバック）； 3. 省エネルギー効果； 4. インドでのケーススタディ、の可能性等を調査した。なお、平成 23 年度前半まで本項目の調査研究活動は継続する。

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

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、インドに適用すべき技術の優先度付けをする観点を明確にした。具体的な観点は、省エネ効果、GHG 削減効果、コスト（ペイバックタイム）、ケーススタディ等。試験的に簡単な技術マッチングを実施し、コージェネレーションや空調システム等の優先度が比較的高いことが明らかとなった。平成 23 年度前半まで本項目の調査研究活動は継続する予定である。

対応する PDM/PO の Output: 2

対応する PDM/PO の Activity: 1.3

- 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)
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、リジェネバーナ
ー、電気ヒートポンプ

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った場合、その内容と展開状況(あれば)
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。

研究グループ II: 国立大学法人 京都大学

① 研究のねらい

(研究計画の記載事項)

日本の低炭素技術の成果を明示化するため以下のことを行う。①日本側の民間企業の技術と人材の協力を通じて、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、前提条件の違いを成果指標によって明らかにする、②それを踏まえ、日本側では、低炭素技術をインド側のニーズに応じて、修正適用する仕組みを開発する、③これにより、プロジェクトレベルの国際連携協力のパターンをつくり出す。

以上の研究のねらいに対応して、本研究では、エネルギー利用の最終効率、製造業の現場の生産ラインの特徴や、省エネニーズの多様性に依存するという前提を立てて、日本の異なる産業セクターの中小企業を選び、低炭素技術の導入プロセスの特徴と成果指標のコンセプトに焦点をあてた。これにより、今後インド側が技術選択を行うにあたって、ニーズの絞り込みとそれに対応したシステムの設計をどのように適正に行っていくかという施策のプロセスを明らかにすることにした。また同時に、情報を明示化できるプレゼンテーション方法を開発することにした。

成果指標についても、CO₂ 削減結果だけではなく、プロセスにおいて、どのような違いがあったのか、そういった点に着目した。

一方で、成果のモニタリングについては、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照らして、基準値の設定などの議論に資するフレームワークの設定に留意した。

② 研究実施方法

(ア) 低炭素技術導入現場における撮影と映像制作

(イ) 現場担当者へのインタビュー

(ウ) データ収集

(エ) 熱循環についてのイラスト図作成

(オ) 成果物についてはDVDなどに編集し、配布可能な形に変換

(追加説明)

本研究では、生産現場の違いに着目して、それに対応した技術適用を促すために、ケーススタディ候補を 5 つに絞り、パイロット事業対象者向けの参考資料を作成した。また、生産現場での熱循環のネットワーク図、低炭素技術の導入によるネットワークの変更ポイントを示した。一定の汎用性を確保した資料の作成を目指した。また、一般的な理論説明も適宜加えた。

③ 当初の計画(全体計画)に対する現在の進捗状況

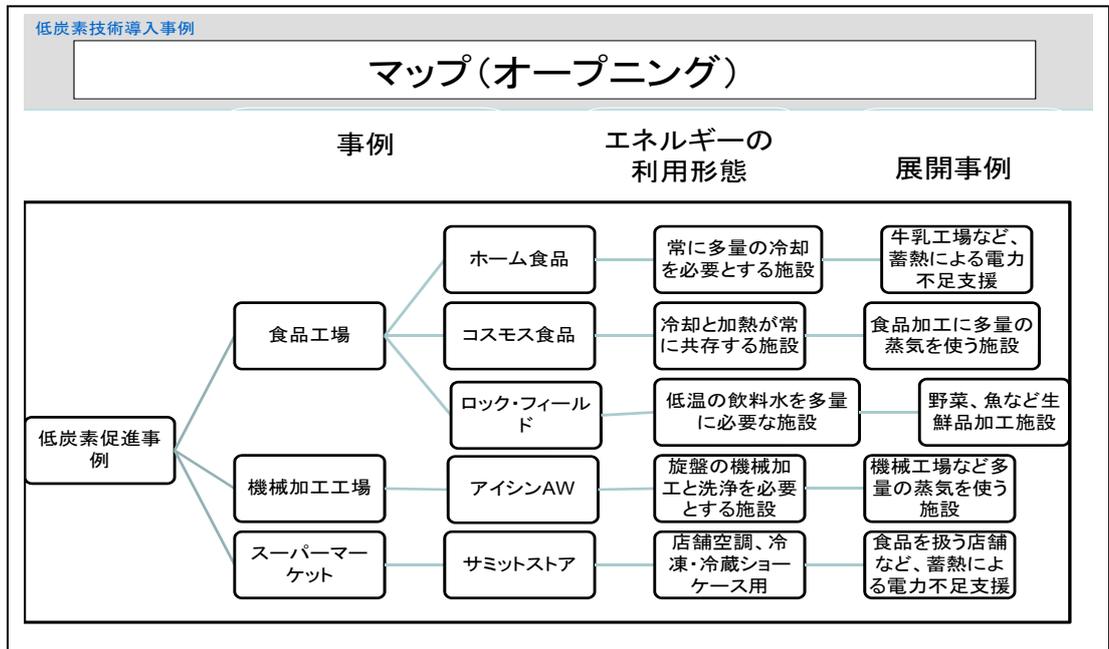
22年度の当初計画に記載されている検討点は、「日本の異なる産業セクターの中小企業を選び、低炭素技術の導入プロセスの特徴と成果指標のコンセプトに焦点をあてる」ことである。

以上の点につき、技術の適用成果と同時に、技術の適用プロセスの「見える化」を目指して、産業セクターの特徴に合わせた省エネルギーニーズへの対応方法を明らかにすることにした。

産業セクターとしては、食品製造工場、機械部品工場、スーパーマーケットなどを主に取り上げ、規模としては中小規模の工場を抽出した。

ケースから、エネルギーの利用形態を抽出し、それに対してどのような低炭素技術およびシステムの適用を選択したのか、また設計上の問題点はなんだったのかという点に着目した。

これにより、エネルギーの利用形態を、インドの現場で把握できれば、それに対応したケースから情報を得ることができるように設定した。



導入プロセス後の評価については、システム導入以前の状態と導入後の状態を明示的に示すことにより、その変化を質的および量的に把握する方法をとった。評価指標は、電気使用量と CO₂ に換算した値である。一部投資回収期間など財務データに基づくものもある。

一方、基準値のとり方については、生産ラインひとつの場合と、工場全体を対象とした場合で変化

率が異なる場合では数値が異なること、あるいは複数の低炭素技術が同時に組み合わせられて稼働している場合があり、ひとつのシステムの成果を単独で取り出すことが困難なケースがいくつか見受けられた。したがって、システムの導入以前の状態で、基準値をしっかりと計測しておくことが望ましい。

温熱および冷却ネットワークについては、ネットワーク系と分散型(熱源、重油の代替熱源など)を組み合わせた統合システムを想定した。それを前提にして、インドに適合するシステム設計をどう開発するかに焦点をあてた。

また、インドなど海外への技術的ノウハウの移転を前提とする場合には、プレゼンテーションの手法に工夫が必要である。そこで、映像を用いたケーススタディ手法を採用し、技術の適用プロセスを時系列で説明する内容を付加した。また言語についても、英語ナレーションを組みこみ、資料としては、映像DVDと同時に、データでも理解できるようにデータ資料編もCD-Rにて作成することにした。これにより情報の受け渡しが容易になると想定される。

今回の映像編とデータ資料の今後の活用についてのねらいは、

- 1) パイロット事業への参画ポテンシャルがある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) メンテナンスと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
- 5) 単体技術でなく、システム情報として編集し、COP など総合的成果指標を算出
- 6) 人材育成のための教材開発

などである。

従来のパワーポイントなどによる静止画像では、製品の機能説明は可能だが、適用プロセスを「導入以前」と「導入後」の効果を時系列で説明することが難しい。この点を改善するため、ストーリーを加味しながら、企業側の経営方針、導入の背景、生産ラインからくる省エネニーズ、建屋の特徴、設計上のマッチング、環境条件の違い、導入時の設計ポイント、モニタリングの結果などをステップごとに示すことにした。

熱の需要サイクルについては、加熱、冷却、給湯、冷房、換気などについてトータルにどのようにシステムが組み込まれているかを明示的に説明することとした。今回のキーテクノロジーとしては、ヒートポンプ技術と蓄熱技術、およびネットワークシステムを取り上げた。システムに付随する機器類の特徴も明らかにし、COPなどの成果指標も掲載した。これにより、現地サイドがあとから機器類の選択をする参考資料としても使えるように工夫した。

対応する PDM/PO の Output: 1, 2

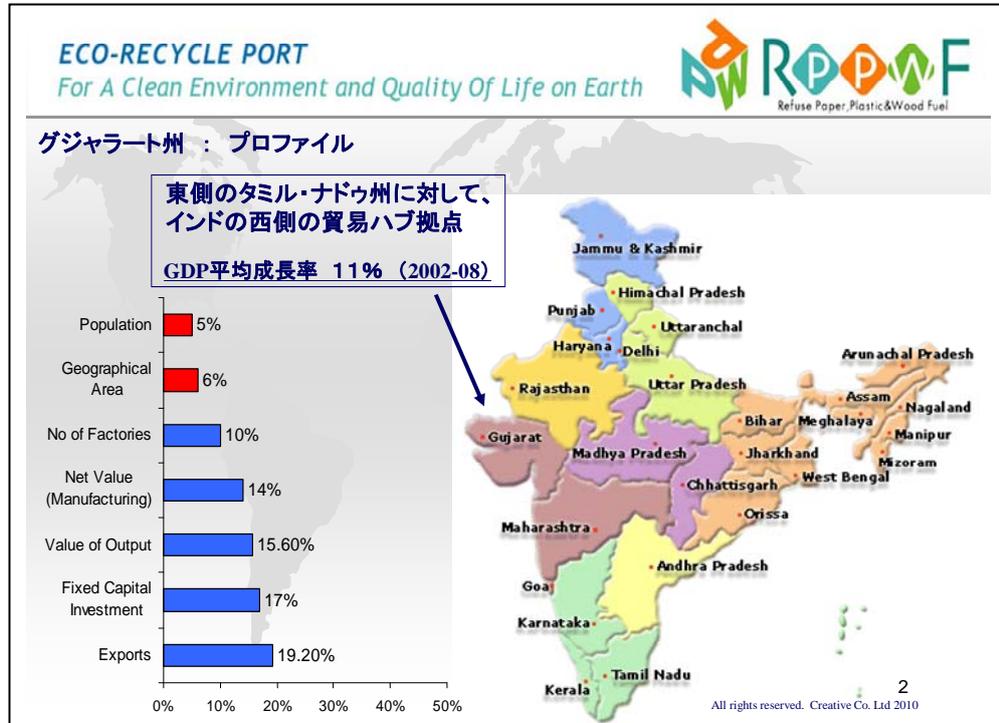
対応する PDM/PO の Activity: 1.1, 1.3

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

インド側におけるテストサイトの選択については、12月に第一ステップの資料が出来上がったところで、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が候補地域として、浮上した。これにより、企業抽出区域を従来ニューデリーなどの都市部に限定していた方針を転換し、グジャラート州に照準を合わせることにした。

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ティブの具現化の第一歩として日印両国政府により合意されました「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。このDMIC構想にかかわる周辺6州は、インドのGDP全体の50%近くを占める最重要地域であり、グジャラート州はその中で20%近い貢献をしている。州の域内総生産成長率は13%。



そのほかの特徴は以下の通り。

- SEZ(経済特区)を整備中
- TATA 自動車の基幹工場、スズキ自動車が中東・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。TATA自動車は世界最安値自動車ナノ・カーの生産拠点を同州に設立。
- 世界第3位のデニム生地生産地、繊維・染色事業は、インド全体の産業比としても30%以上を占める。
- アーメダバード地域最大の産業地区のひとつに「Naroda 産業地区」があり、右産業地区には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。

12月14日、京都大学側から、特別研究員として仲介役を依頼したクリエイティブ社の現地代表であるガジェンドラ代表が「Naroda 産業地区」の産業協力機構事務局長の Patel 氏を訪問。そのなかで、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℃) で、将来の技術適用候補のケースにあがるのではないかと議論を行っている。

また、GEF-UNIDOによる環境会合において、「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」というプログラムが打ち出され、乳製品製造事業者の製造プロセスでの省エネ・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

があった。本件につき、TERI 側も当該事業会社とコンタクト・ラインを持っている補足情報があり、乳製品分野を今後のテスト事業対象領域として設定する可能性も浮上した。

以上の点をふくめ、グジャラート州対応については、本地域と継続的関係を維持しているクリエイティブ社が TERI、Girish Sethi 部長、IGES と情報を更新している。これらの共有情報は、来年度のサイト選択にむけて活用されるだろうと予測される。

*パイロット事業候補企業の抽出と産業特区の活用について

以上の流れを通じて、今後パイロット事業への参画の可能性のある企業の絞り込みについては、インド域内に分散させるのではなく、**工業特区などを含めエリアを限定**する方針をたてた。

エリアを特定するメリットは、電力事情などの統計的な情報が入りやすいこと、また産業集積があるので、産業セクターを特定しやすいことと、モデルの普及がしやすいことなどである。モデル数が増えた場合には、気候環境、インフラなどの前提条件が似通っているため、集計作業をしやすいなどのメリットも想定される。

対応する PDM/PO の Output: 1, 2

対応する PDM/PO の Activity: 1.1, 1.3

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 0 件、海外 0 件)
- ③ 論文詳細情報

(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

(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: 竹内 佐和子 (京都大学大学院工学研究科・客員教授)

② 研究項目

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

以上