終了時評価結果要約表

<table>
<tr><td colspan="3">１．案件の概要</td></tr>
<tr><td colspan="2">国名：インド</td><td>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</td></tr>
<tr><td colspan="2">分野：省エネルギー/気候変動対策</td><td>援助形態：
地球規模課題対応国際科学技術協力（SATREPS）</td></tr>
<tr><td colspan="2">所轄部署：産業開発・公共政策部</td><td>協力金額：（評価時点）　約 2 億 7,600 万円</td></tr>
<tr><td rowspan="2">協力期間</td><td>（R/D）：
2010 年 3 月 12 日</td><td>先方関係機関：
エネルギー資源研究所（TERI）</td></tr>
<tr><td>実施期間：
2010 年 5 月～2014 年 3 月</td><td>日本側協力機関：
地球環境戦略研究機関（IGES）、京都大学</td></tr>
</table>

１－１　協力の背景と概要

インドは近年、高い経済成長を続けており、それに伴って、エネルギー需要も飛躍的に伸びている。電力省エネルギー効率局（Bureau of Energy Efficiency：BEE）の「National Mission for Enhanced Energy Efficiency」によれば、2030 年まで現在と同じ 8～9%の経済成長を維持しようとすると、一次エネルギーの供給量は現在の 3 倍、電力については実に 6 倍の供給能力が必要になると試算される。エネルギー供給・消費の拡大につれて、環境への負担も増えており、例えば、古い発電施設は発電効率も悪いうえ、環境に配慮した新しい設備に比べて、大気汚染の原因となる有害物質の排出量も多い。そのほか、二酸化炭素（CO_2）などの温室効果ガス（Greenhouse Gas：GHG）の排出量は大幅な増加傾向にあり、現在インドは、世界最大の CO_2 排出国のひとつとなっている。今後、急激な経済成長に比例して、GHG の更なる排出の増加が懸念される。

今後急増が見込まれる GHG 排出量の削減を果たすべく、低炭素技術（Low Carbon Technology：LCT）の導入が急務となっており、海外の技術を応用してインドにおいて適用可能な技術として確立することが望まれる。しかしながら、インド国内における技術レベルが明らかでないこともあり、低炭素技術の導入が遅れている状況にある。このような現状を改善するため、インド政府は日本に対し科学技術協力プロジェクト「インドにおける低炭素技術の適用促進に関する研究」を要請した。

当該研究はインドのエネルギー資源研究所（The Energy and Resources Institute：TERI）をカウンターパート（Counterpart：C/P）機関として、わが国の財団法人地球環境戦略研究機関（Institute for Global Environmental Strategies：IGES）及び京都大学が日本側実施機関として、2010 年 5 月から 2014 年 3 月までの予定で共同研究を実施している。

2013 年 9 月をもってプロジェクト期間が残り 6 カ月となったことから、プロジェクトの活動実績、成果を評価・確認し、今後のプロジェクト期間で取り組むべき課題を抽出するとともに、活動に対する提言及び教訓を導くことを目的として、終了時評価調査を実施した。

１－２　協力内容

（1）上位目標

エネルギー効率の高い技術（低炭素技術）が日本からインドに移転され、インドにおけ

る GHG 排出量の増加が軽減される。

(2) プロジェクト目標
低炭素技術を促進する具体的な戦略が提言される。

(3) 成果（アウトプット）
① GHG の排出削減を実現する最適で有望な低炭素技術が特定される。
② パイロットプロジェクトを通じて行われた特定の低炭素技術に関する効果が評価される。
③ ステークホルダーの役割（責任体制）、制度上の問題、キャパシティ・ビルディング・システムについて考慮した促進策が策定される。

(4) 投入（評価時点）

1) 日本側投入

a) 長期専門家派遣	2 名
b) 短期専門家派遣	約 52 名[1]
c) 供与機材	
・ガスヒートポンプ（Gas Heat Pump：GHP）	2 セット（室内機、室外機、配管、変圧器等含む） 約 2,100 万円
・電気ヒートポンプ（Electric Heat Pump：EHP）	2 セット（CO_2 冷媒 EHP、温水・冷水システムの熱交換器、温水と冷水システムの水循環ポンプ、制御盤等含む） 約 6,900 万円
d) 本邦研修受け入れ	約 7 名（合計 13 回）

2) インド側投入

a) カウンターパート配置	合計 18 名（うち、常勤 3 名）
b) 施設の提供	日本人専門家のオフィス・スペース、日常事務用品、その他必要に応じた便宜の提供
c) ローカルコスト負担	810 万ルピー（約 1 億 3,000 万円）（プロジェクト終了時見込み額）

[1] 2009 年 6 月～2013 年 7 まで 17 回に分けて実施され、うち、2009 年の 3 回分は JST の経費で実施された。

２．調査団の概要

	担　当	氏　名	所　属
調査者	団長・総括	小早川　徹	JICA 産業開発・公共政策部 資源・エネルギー第一課企画役
	協力企画	山口　俊太	JICA 産業開発・公共政策部 資源・エネルギー第一課特別嘱託
	評価分析	石里　宏	エスペランサ株式会社　シニアコンサルタント
	科学技術計画評価総括	山地　憲治	独立行政法人科学技術振興機構（Japan Science and Technology Agency：JST）地球規模課題国際協力室　研究主幹
	科学技術計画評価企画	鵜瀬　美里	JST 地球規模課題国際協力室　調査員
調査期間	2013 年 9 月 29 日～10 月 12 日		評価種類：終了時評価

３．評価結果の概要

３－１　実績の確認

（1）成果 1：達成された。

① 分野横断的に適用可能であり、エネルギー消費量の高いプロセス技術の改善を可能とするようなインド側のニーズを満たし、日本側が提供可能な低炭素技術が特定された。

したがって、「インド側に適用可能であり、日本側が提供可能な、技術協力に資する低炭素技術がリスト化される」という指標は達成されている。

② GHP と EHP 技術の改善に関する提案がまとめられ、最終報告書案（DFR[2]）に反映されている。

したがって、「関連する低炭素技術の改善策が文書化される」という指標も達成されている。

（2）成果 2：部分的に達成された。

① GHP と EHP 技術の導入効果に関する評価レポートは作成中であり、また、詳細調査（DS[3]）とベースライン調査から得られた知見は、DS と DFR に取りまとめられている。したがって、「日本の低炭素技術を基にして行ったパイロットプロジェクトの効果が検証される」という指標は部分的に達成されている。

② 2013 年 8 月の時点における暫定的な結果によると、GHP は既存のエアコンに比べ 30～40%の CO_2 削減効果があり、EHP はボイラーやチラーなど既存の設備に対する CO_2 削減効果が 30～50%に達している。したがって、「検証された技術による二酸化炭素の排出削減量が把握される」という指標はほぼ達成されている。

[2] プロジェクトの最終報告書（案）（Draft Final Report：DFR）のことであり、プロジェクト終了時までに確定版として仕上げられる予定である。

[3] パイロットプロジェクトサイトとして選定された中小企業に提出する報告書（Detailed Study：DS）のことであり、詳細なサイト調査を踏まえて作成され、対象技術を候補サイトの条件に適用させるための対策と想定されるインパクトが取り上げられている。

（3）成果 3：部分的に達成された。

日本の低炭素技術をインドへ普及・促進するための施策に関する提言は、最終化に向けて現在取りまとめられているところである。暫定的な提言は既にまとめられており、DFR に反映されているが、パイロットプロジェクトの成果を踏まえて更に工夫することが求められることから、「技術ニーズ、技術移転の障害に配慮した日本からインドへの低炭素技術の移転と普及方法につき具体的な計画書が作成される」という指標は、部分的に達成されている。

（4）プロジェクト目標の達成状況：

2013 年 10 月現在では部分的に達成されており、2014 年 3 月末まで達成される見込みである。

「コベネフィット[4]に資する低炭素技術の促進策が提言・提案として発表される」という指標に対し、以下のような実績が上げられている。

① パイロットプロジェクトは継続実施中であるが、これまでの成果と知見に基づいた低炭素技術の促進策に係る提言は取りまとめられつつあり、今後、最終報告書として発表される見込みである。

② そのほか、研究成果の発表状況は以下のとおり。

- 研究論文とその他著作物の発表：6 本（研究論文 1、その他著作物 5）[5]
- 国内外学術会議での発表：8 回（国際 4、国内 4）
- 国内外学術会議での口頭発表：20 回（インド 18、日本 2）

３－２　評価結果の要約

（1）妥当性：非常に高い。

1） インド政府の上位政策との整合性

- 「インドの第 12 次 5 カ年計画（2012-2017）」では、インドの持続可能な経済成長を強化するためには低炭素技術の導入が必要であることが指摘されており、「産業部門の省エネルギー計画」を含めた 12 の重点分野が発表されている。また、産業部門が最大のエネルギー消費セクターのひとつであり、エネルギー消費効率の改善が、エネルギー安全保障の確保、産業部門の収益性と競争力の向上、気候変動対策において、極めて重要であることが強調されている。
- 「気候変動に関する国家行動計画」（National Action Plan for Climate Change : NAPCC）では 2017 年までにインドが果たすべき 8 つの目標を定めており、そのうちの 1 つである「エネルギー効率の向上に関する国家ミッション」（National Mission on

[4] 気候変動対策を実施し、同時に開発途上国の持続可能な開発に資する取り組みを促進するための手法。

[5] 研究論文 1 本：
志々目友博、志賀雄樹、Abdessalem Rabhi「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」2011 年）
その他著作物 5 本（総説、書籍等）：
①酒井康裕、石川治子、志賀雄樹「インドの環境問題と持続的開発」（「環境管理」2009 年）、②井上孝太郎、竹内佐和子（一部担当）、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」、「アジア諸国との連携」に要約版所収、③志賀雄樹「インドにおける気候変動対応策と環境ビジネス」（「Business i.ENECO」2011 年 12 月号）、④Rabhi, A、志賀雄樹「Chapter 6 Achieving Environmentally Sound Development in Asia through the Transfer of Low Carbon Technology」（「IGES White Paper」IV 2012」、⑤Rabhi, A、志賀雄樹「Technology Transfer as a Measure to Tackle Global Warming in Asia」（IGES「Policy Brief」No.19）

Enhanced Energy Efficiency：NMEEE）は中小企業を含めたさまざまな省エネニーズへの対応をめざしている。インドの中小企業は、全製造業における生産量の 45%、輸出量の 40%を占めているにもかかわらず、これらの企業のエネルギー利用は依然として非効率である。したがって、プロジェクトの上位目標である、中小企業における低炭素技術の適用促進は、インドの上位政策と極めて高い整合性を有する。

2） 日本の対インド ODA 政策との整合性

・ 本プロジェクトは、日本政府のインドに対する ODA 政策である①日印経済関係強化を通じた経済成長の促進、②貧困削減及び社会セクター開発、③環境・気候変動・エネルギー問題に関する協力、のすべてに寄与することから、妥当性が高い。

・ 上記政策の一環として、JICA はインド中小企業開発銀行（Small Industries Development Bank of India：SIDBI）を通じて、「中小零細企業・省エネ支援事業」を 2 期連続で実施しており、中小企業の省エネ機器・設備に対する低利融資事業を展開し、インドの持続的経済発展及び環境改善に貢献している。

・ 本プロジェクトは環境、気候変動、エネルギー分野に資するとともに、インドへ日本の低炭素技術の導入を促進するものであることから、二国間の経済交流強化にも貢献する。特に、中小企業を対象に、低炭素技術の導入に係る、能力強化を行うものである。したがって、本プロジェクトはわが国の対インド ODA 政策と、非常に高い整合性を有する。

3） 日印エネルギー対話の趣旨との整合性

・ 2013 年 9 月に経済産業省及び、インド計画委員会の間で行われた第 7 回日印エネルギー対話も本プロジェクトの妥当性を裏付けている。同対話に係る共同声明では、「双方は、近年におけるエネルギー消費量が増加し、中小企業とも関連のある、鉄鋼、セメント、工作機器、インバーター・エアコン、運輸部門などの重点分野において情報共有することを合意した」との内容が発表されている。したがって、本プロジェクトが狙いとする低炭素技術と対象セクターはこの対話の趣旨に合致している。

(2) 有効性：（プロジェクト終了までに必要な活動が適切になされることを条件に）高いと見込まれる。

・ 成果 1 は達成されているものの、複数の要因により、実施プロセスが 1 年以上遅延している。

・ 中間レビュー時において、GHP と EHP の据付と運転開始が大幅に遅れていたが、その後、成果 2 に係る 2 項目の活動が促進され、それぞれ「部分的達成」及び「ほぼ達成」に至っている。成果 2 に係る指標は、2013 年 9 月末までに部分的に達成された。

・ 成果 3 に係る 2 項目の活動は、それぞれ「達成」及び「部分的達成」に至っている。特に、指標 3-1 に記載されている、低炭素技術の適用促進策に係る提言については、暫定版が作成されており、パイロットプロジェクトの更なる評価分析を通じて、最終的な提言が取りまとめられることが期待されている。よって成果 3 は部分的に達成さ

れており、プロジェクト終了までに達成される見込みである。

- 上記の成果と活動の達成状況にかんがみて、プロジェクト目標は 2013 年 9 月時点において部分的に達成されており、今後必要な活動が適切に行われれば、2014 年 3 月末までに達成される見込みである。

(3) 効率性：当初より改善され、全体として満足できるレベルにある。

- 本プロジェクトの効率性は終了時に向かって改善され、日本の低炭素技術とインド中小企業のニーズとのマッチングに係る難易度を考慮すれば、ある程度、満足できるものといえる。しかしながら、成果 1 に係る適切な低炭素技術と中小企業の特定に想定以上の時間を費やし、当初計画より 1 年以上の遅延が発生したことを受けて、成果 2 及び成果 3 の活動実施に著しい影響を与えた点は否めない。
- プロジェクト前半の遅延と、その後の活動への影響は否めないものの、関係者の努力、機能的な共同研究の枠組み、プロジェクトの実施手法・モニタリング手法の確立、双方の情報共有への努力、C/P 機関の強いオーナーシップ等により、プロジェクトの効率性は向上した。

(4) インパクト：（プロジェクト目標が達成されれば）高いと見込まれる。

- これまでの普及啓発活動を通じて、インド中小企業における日本の低炭素技術に対する認知度が高まっている。特に、インドで毎年行われるエネルギーフォーラムに代表されるようなセミナーでの発表や、クラスターレベルでのワークショップ開催、日本人専門家の訪問などがこのような変化をもたらしている。本プロジェクトは、インドの新聞やマスコミに報道され、他の業界団体の関心を集めている。本プロジェクトの特集はインターネットにも掲載されており、中小企業省エネルギー情報共有サイト（Small and Medium Enterprises: Energy Efficiency Knowledge Sharing：SAMEEEKSHA）のオンライン・プラットフォームを通じ、中小企業にも情報提供されている。また、GHP のケーススタディーが、SAMEEEKSHA のニュースレターに掲載され、パイロットプロジェクトの結果が関係者に広く共有されている。今後、パイロットプロジェクトの成果が取りまとめられしだい、普及啓発活動は更に強化される見通しである。
- 他方で、天然ガス価格の高騰はインドにおける GHP 技術の導入にとって制約要因となっており、外部要因としつつも、普及啓発活動にあたっては、天然ガスの価格動向を継続的にモニタリングするべきである。

(5) 持続性：（プロジェクト終了までに適切な活動が行われれば）確保される見通し。

1) 組織面

- パイロットプロジェクトの実施を通じて、中小企業や現地技術者は、日々の機材に係る運転管理方法を継続的に学び、習得している。政策立案者や民間セクターへのアプローチ方法についての検討も開始されている。
- 導入された低炭素技術を維持管理し、普及展開させるために、プロジェクト終了時までに出口戦略を策定することが求められている。共同研究機関である IGES と TERI は、資金確保を行いつつ、更なる普及啓発活動、人材育成、普及展開のため

の実現（実行）可能性調査（Feasibility Study : F/S）などを実施することが望まれる。

2） 資金面

・ F/S 調査を通じて、低炭素技術導入に係る高額な初期投資費用と、維持管理に係るアフターサービスの確保が、当面の懸念事項であることが確認されている。これら問題は、プロジェクトの枠組みで直接的に解決できる事項ではないものの、日本の製造業者や日印両政府の政策立案者への提言として、取り組まれるべきである。

・ 国連工業開発機構（United Nations Industrial Development Organization : UNIDO）や気候対策基金〔Climate Change Fondation（米国）〕など一部の国際機関が TERI を訪問し、本プロジェクトに対する興味を示していることが確認されている。他方で、TERI は、中小企業省（Ministry of Micro, Small, Medium Enterprise : MoMSME）など、JCC メンバー以外のインド政府機関に接触し、本プロジェクトの成果に係る情報共有を実施している。

3） 技術面

・ TERI の技術者は、日本人専門家に同行し、低炭素技術のインド市場への適用可能性を探る初期調査への参加を通じて、実務知識を身に付けている。中小企業における低炭素技術の運用を通じて、インド人技術者は、自らの技術能力の維持・向上に係る機会が与えられている。

・ 人材育成に係るワークショップや実地訓練を通じて、中小企業の技術者に対し、日々の運転管理や故障防止措置に加えて、トラブルシューティングのノウハウも伝授することが求められている。また、空気圧縮機（Compressed Air System : CA）及び誘導溶解炉（Induction Furnace : IF）の運転管理に係るベストプラクティスは、普及啓発活動を通じて、今後一層推進していく必要がある。

・ 本プロジェクトで得られた低炭素技術の普及促進に係る知識は、TERI による産業部門の関連プロジェクトや、省エネ診断事業に活用できる見通しである。

３－３　プロジェクトの進捗に貢献する要因

（1）計画に関すること

・ 特になし。

（2）実施プロセスに関すること

・ 日本人専門家とインド C/P の間における緊密な協力関係により、中間レビュー以降の進捗状況が改善した。

・ TERI はインド側の C/P として強いオーナーシップを発揮し、本プロジェクトにおいて掛け替えのない役割を果たしている。同機関は、3 つの成果に係る活動への関与のみならず、日本側とインド側中小企業間の調整を含め、パイロットプロジェクトの実施管理とモニタリングに係る役割も果たしている。

３－４　プロジェクトの進捗を阻害する要因

（1）計画に関すること

・　プロジェクト実施前の情報収集が不十分であったことに起因して、日本人専門家のインド側中小企業に対する理解を深めるために時間を要し、初期段階において具体的な成果が得られなかったことから、結果として、成果 1 に関連する活動の遅延につながった。

（2）実施プロセスに関すること

・　本プロジェクトの初期段階において、実施計画やスケジュール管理に必ずしも十分でない点があり、結果として、遅延の軽減ができなかったと思われる。

３－５　結　論

本プロジェクトは、インド側中小企業において、日本の先進的な低炭素技術（EHP と GHP）を実証した。初期段階の暫定的な分析により、同技術は、30～50％程度の省エネ効果があることが確認されている。省エネ効果（エネルギーコスト削減効果）、CO_2 削減効果などの便益は、更なるデータ収集を経て検証される見通しである。また、研究対象となったソフト技術も、中小企業において低コストで省エネを実現できる可能性を秘めている。本プロジェクトは、日印それぞれの上位政策と高い整合性を有しており、日本の低炭素技術の普及・促進により、インド側中小企業の省エネとコスト削減を実現するものである。

他方で、複数の要因により、プロジェクトの前半では特に遅延が発生した。中間レビュー後、プロジェクトの後半においては、パイロットプロジェクトの実施やデータ収集等において進捗状況が改善された。しかしながら、プロジェクト終了までわずか 6 カ月しか残されていないことから、プロジェクト目標の達成に向けて、更なる集中的な活動が求められている。このため、プロジェクトの成果を取りまとめたうえで周知させるだけでなく、プロジェクトの持続性確保のためにプロジェクト関係者の能力強化に取り組んでいくことが必須である。

３－６　提　言

（1）最終報告書の取りまとめ

プロジェクトの残り期間中に、インド側中小企業に対する先進的な低炭素技術の導入・普及・展開に向けた可能性や課題、提言等の取りまとめを行い、最終報告書として完成させる必要がある。特に、低炭素技術の実証事業を通じた共同研究の教訓を引き出すために、プロジェクトの実施プロセスを具体的に明示することが非常に重要である。EHP 及び GHP 等のハード技術に関しては、今後も継続的にデータ収集を実施し、より正確な分析結果を導くとともに、温室効果ガスの MRV（測定・報告・検証）策定などにつながるような活動が求められている。CA や IF 等のソフト技術に関しては、人材育成支援が幅広く実施されていることが認められており、中小企業が運転管理に係るベストプラクティスを採用することが期待されている。他方で、これらの活動のインパクトを正確に把握するためには、定量的な評価が求められる。共同研究の成果の取りまとめは、将来の科学論文や学術論文の発表にもつながると同時に、プロジェクト目標の達成にも貢献することが見込まれる。

(2) 将来における低炭素技術の普及・展開のための活動強化

低炭素技術の便益や他業種への適用可能性を周知するために、州レベルや産業クラスターレベルにおける一連のワークショップやセミナーの開催とともに、他業種への導入に係る F/S 調査が必要とされている。今後、IGES と TERI は、日本の民間企業等を含め、その他の支援を模索しつつ、技術普及に関する取り組みを計画することも有効であろう。将来における低炭素技術の普及・展開をめざして、技術革新やコスト削減などの技術面の検討とともに、投資回収期間や適切な優遇措置などの財務面の検討が実施されるべきである。さらに、SIDBI による低利融資事業など、その他の財政支援策の活用可能性も模索されることが望ましい。

(3) パイロットプロジェクトの持続性の確保

各中小企業に設置された EHP と GHP は、引き続きショーケースとして活用されることが求められており、プロジェクト終了後も継続的に活用されることが重要である。これらの技術の持続性を確保するためには、各中小企業が自らトラブルシューティングを行えるよう、技術移転を強化する必要がある。また、代替案として、適宜 TERI と IGES が仲介し、中小企業とサプライヤーの間で、スペアパーツの提供や保守管理を含めた、維持管理契約が締結できるかどうか、検討されることが望ましい。

３－７　教　訓

(1) 低炭素技術のカスタマイゼーション

日本で開発された低炭素技術は、インドのパイロットサイトに導入・据付されたあとも、更なる調整が必要であった。このため、プロジェクト初期段階における、実際の運転条件の確認・調査とともに、試運転後のアフターサービスが求められる。

(2) 組織体制

TERI や各業界団体は、低炭素技術の導入において、有望な中小企業を特定する際に、重要な役割を果たした。したがって、関連ネットワークをもつ強力な現地パートナーはプロジェクト成功において非常に重要な要素である。

(3) 合意形成

SATREPS 案件を円滑に実施し効果的に管理するためには、プロジェクトの初期段階において、関係者間でプロジェクト目標や関連指標を明確にし、合意形成することが必須である。