

平成 17 年度 CDM／JI 事業調査

インド・オリッサ州還元鉄キルン群廃熱回収発電 CDM 事業化調査

報 告 書

平成 18 年3月

スチールプラントック株式会社

「インド・オリッサ州還元鉄キルン群廃熱回収発電 CDM 事業化調査」

目次

はじめに	1
第1章 インド国の概況	4
1.1 インドの地勢と歴史	4
1.2 政治状況	7
1.3 経済状況	10
1.4 社会一般	14
第2章 インドのエネルギー・環境問題と CDM	16
2.1 エネルギーの現状と問題	16
2.2 環境問題	33
2.3 インドの CDM 事業に対する取り組み	35
第3章 インドの鉄鋼産業	37
3.1 鉄鋼産業の現状	37
3.2 鉄鋼製造プロセス	37
3.3 直接還元鉄製造プロセス	41
3.4 鉄鋼製品	42
第4章 プロジェクトの内容	43
4.1 プロジェクトの概要	43
4.2 ロータリーキルン	43
4.3 廃熱ガス回収による発電事業	48
4.4 プロジェクトの実施体制	51
4.5 環境への影響	52
第5章 PDD の作成	53
5.1 ベースライン方法論	53
5.2 ベースラインの妥当性	54
5.3 バウンダリー	54

5.4 排出係数の決定	55
5.5 活動期間／クレジット期間	59
5.6 追加性の証明	60
5.7 モニタリング計画	64
5.8 本プロジェクトのCO2ガス排出削減量	64
5.9 リークエージ	64
第6章 事業性調査と資金計画	65
6.1 参加企業	65
6.2 事業性調査	66
6.3 資金計画	69
第7章 利害関係者のコメント	70
7.1 コメント対象者	70
7.2 コメントのまとめ	70
7.3 コメントへの対応	70

はじめに

本報告書は財団法人地球環境センターが公募した「平成 17 年度 CDM/JI 事業調査」案件において、スチールプランテック株式会社が提案し採択された下記調査にかかわる報告書である。

「インド・オリッサ州還元鉄キルン群廃熱回収発電 CDM 事業化調査」

本調査の目的を以下に示す。

インドにはロータリーキルンで石炭を利用して鉄鉱石を還元し、鉄鋼原料となる還元鉄を製造する中小企業が多く存在する。その多くはオリッサ州に集中している。キルンでは高温の廃ガスが発生するが、それが利用されず無駄にそのまま大気放散されている。また高温のためダストの集塵が困難で、ダストを含んだまま大気に放出されている例が多い。このようにこの設備は省エネ・環境上問題が多いが、中小企業のため有効な対策の実施は困難であるのが実情である。そこで鉄鋼省傘下の調査機関である BPNSI(Biju Patnaik Nation Steel Institute)が還元鉄企業組合の OSIMA(Orissa Sponge Iron Manufacturers Association)と協力して、複数の中小企業を束ねて、CDM 化による設備近代化(廃熱回収発電と集塵強化)を企画した。具体的なイメージは、キルンの廃ガス出口にボイラーを設置し、高温ガスによりボイラーで蒸気を生じさせ、この蒸気でタービンを回転して発電する。発生電力はグリッド(電力会社)からの買電量の削減に、あるいはグリッドへの売電に当てる。この結果グリッドでの発電量が減少する。インドでは石炭火力発電が主流なので、その結果石炭の燃焼量が減少し、これにより CO₂ の発生量減に結びつき、CDM 事業が成立する。——— この様な CDM 事業化の可能性を調査・検討した。

<想定プロジェクト規模>

- a) 参加企業数: 17社
- b) 還元鉄生産量: 合計年間 75 万トン
- c) 設備費: million US\$ 48 (約 55 億円)
- d) 発電能力: 50 MW
- e) 発電量: 36 万 MWh
- f) CO₂ 削減量: 年間 30.6 万トン
- g) 獲得クレジット: 年間 350 百万円(CO₂ 1トン当たり US\$ 10、1US\$=115 円として)

<現地調査>

この目的を達成するために、3回にわたる現地調査を実施した。

回	実施時期	主な目的	訪問先
第1回	2005年8月28日～9月5日	<ul style="list-style-type: none"> ・PDD作成について打合わせ(PDDの基本コンセプト、PDD作成スケジュールなど) ・参加企業についての説明、資金計画など ・インドにおける還元鉄キルンの現状、標準的な設備仕様などヒアリング。 ・還元鉄工場建設現場見学 	<ul style="list-style-type: none"> ・BPNSI ・OSIMA ・MECON社 ・Bhushan社
第2回	2005年10月25日～10月31日	<ul style="list-style-type: none"> ・資料準備状況、今後のスケジュール確認他 ・類似プロジェクトに関する情報収集(追加性証明、モニタリング方法論など) ・インドのCDM一般情報入手 	<ul style="list-style-type: none"> ・BPNSI ・MECON社 ・Carbon Watch社(コルコタ)
第3回	2006年1月17日～1月24日	<ul style="list-style-type: none"> ・日本プラント協会に依頼したPDD draftのPre-validationの内容説明会に同席し、情報を共有。それを基にPDD Finalの作成スケジュールをBPNSIと確認。 	<ul style="list-style-type: none"> ・BPNSI

<まとめ>

- 1) インドでは活発な経済活動を背景にエネルギー、電力、また基幹産業である鉄鋼業において旺盛な需要があり、この結果エネルギー、電力分野では、需要が満たされない状況にある。
- 2) この様な状況にある中、インドでは「CDM」に関して官民挙げて熱心に取り組んでいる。世界各国の中で、これまでに政府承認を与えた件数で最も多いのはインドである(2005年11月15日現在181件)。
- 3) この様な中、インドに広く普及しているロータリーキルンタイプの還元鉄製造現場において、現在廃棄されている高温排気ガスを利用して発電を行い、これをCO₂発生量の削減に結びつけクレジットの獲得に結びつける、CDM事業の可能性について、その採算性、実現性を調査した。
- 4) 当プロジェクトの財務分析を行った結果、CER価格がUS\$15/t-CO₂でもIRR on projectは約18%であり、一般的に投資実施レベルとされている20～25%を下回った。
- 5) CER価格は市場価格であり国際的な需要と供給のバランスから決まる。現状の実勢価格はUS\$6～7/t-CO₂で、この場合はIRR=13～14%である。将来のCER価格予測は極めて難しいが、当該調査の結果からは現状の条件下(CER価格、初期投資額、売電価格など)では当該プロジェクトのCDM事業化は困難であることが判明した。

- 6) 今後、本調査終了後にも更に検討を重ね有効な条件を模索する。また別途弊社の負担において PDD のバリデーションを実施する予定である。
- 7) この PDD を活用して当該案件を事業化する場合には、発生するクレジットの取引については日本政府と相談する。

第1章 インド国の概況

1.1 インドの地勢と歴史



図 1-1 インド国及び近隣諸国

(出典:mapsofindia)

インドはインド亜大陸を構成する国で、南北は北緯8度～北緯36度、また東西は東経68度～東経96度に渡る広い国である。国土はパキスタン、ネパール、中国、ブータン、バングラディッシュ、ミャンマーと国境線を接している。本調査の舞台は Orissa(オリッサ州)で、インド東部地区に位置しており、ベンガル湾に面している。

1.1.1 インドの地勢

(1) 国土

インドは 25 州、1 特別区(ニューデリー)、及び 7 ユニオン領地から構成されており、首都はデリーである。

1) 面積: 3,287,263 平方 KM(日本の約 8.8 倍)

2) 人口: 1,027,020 千人(2001 年 3 月 1 日現在)

人口増加率 1.8%(1990~2000 年の平均: 世界銀行)

3) 首都: ニューデリー(人口 1,378 万人 2001 年 3 月 1 日現在)

1.1.2 インドの歴史

インドの中世以降の歴史は「ヨーロッパ列強国の侵略とインド独立運動」に集約される。以下に 17 世紀以降のインドの歴史を簡単にまとめる。

(1) 英、仏の侵略

英、仏は 17 世紀初頭それぞれ東インド会社を設立して、インドへの進出を開始し、イギリスはマドラス(1639)、ボンベイ(1661)、カルカッタ(1686)、フランスはポンディシェリー(16479、シャンドルナゴール(1637)を占領して、インド侵略の根拠地を設定した。

(2) プラッシーの戦い(1757)

インドに根拠地を築いた英、仏は帝国の内乱に乗じて、盛んに土侯を買収して、その勢力を図っていたが、フランスの東インド会社総裁デュプレクスが帰国すると、イギリスの東インド会社書記のクライヴは七年戦争を利用して、フランスとベンガル王侯との連合軍をプラッシーに破り、インドにおけるイギリスの地位を確立した。

(3) インド植民地化

この様にして東インド会社のベンガル支配が実現すると、イギリス政府は、インド統治法案(1773)を公布して同会社を改組し、インドの統治を本国議会の監督下においた。そしてそれ以後は、産業革命のための商品市場と原料市場としてインドの植民地化を強行した。

(4) インド帝国の成立

ムガル帝国の滅亡後、イギリスはインド統治法を公布して、東インド会社を解散と同時にインドをイギリスの直轄領とし、イギリス議会に責任を持つインド総督が統治することになった。また 1877 年には、インド帝国を樹立し、ヴィクトリア女王がインドの皇帝を兼ねることとなった。

(5) インド統治政策

イギリスはインド人の宗教的対立(イスラム教徒とヒन्दゥー教徒)や政治的対立(藩王国などの対立)を利用して、諸勢力の均衡をはかり、反英感情の鎮静をはかった。また、灌漑・交通施設などの整備による農業開発や鉱業開発によって、イギリス産業への原料市場化を本国の利益本位で推進した。

(6) ベンガル分割令(1905)

強硬な帝国主義者インド総督カーゾン(1899~1905)が反英機運成長の抑圧と増税を目的に、西

部のヒンドゥー教徒と東部のイスラム教徒の離間を策して、ベンガル州の分割を実施すると、国民会議派の急進派ティラクらは自治と国産品愛用を叫んで反映抗争への一歩を踏み出した。

(7) カルカッタ大会(1906)

反英機運の高まった日露戦争後のインドでは、分割令の翌年カルカッタにて国民会議派の大会が開かれ、以後会議派は反映運動を全国的に展開した。しかし、同年における親英的な全インドムスリム連盟の成立、会議派内部の急進派と穏健派との対立、イギリスの弾圧などで反映抗争も衰えた。

(8) 第一次世界大戦

対戦勃発後、インドは自治獲得のため多くの兵員・物資を提供して、戦後の自治を約束されたが、戦後イギリスは国防法(1915)の失効に対処して、ローラット法(1919)を実施し、民族運動に対する弾圧の方針を示した。ローラット法が実施されると、その翌月ガンディー(1869～1948)が罷業を布告して同法に抗議した。翌月パンジャープの反英運動に対するイギリスの大弾圧(アムリットサル事件)が行われたので、インドの反英抗争は急速に激化した。そこでイギリスはインド統治法を制定し、インドの公職就任、自治権の付与、中央と地方の議会設置などを認めた。

(9) ガンディーの反英闘争

ローラット法の実施と虐殺事件後、ガンディーの指導のもとで第一次非暴力・不服従運動(1919～1922)と自治の獲得をめざす運動が展開された。この運動は一時挫折したが、1929年の国民会議で完全自治が採択されると、第二次非暴力・不服従運動(1929～1934)が全国的に実行された。これに対しイギリスはインドとの妥協をはかるため、1930年以後3回にわたって英印円卓会議を開いたが、ガンディーの協力を得ることに失敗した。

(10) 第二次世界大戦とインドの独立

大戦が終了すると独立の機運が高まるなか、1949年ボンベイで水兵の反乱と労働者のストライキが発生し、英首相アトリーはインド独立承認を表明し、翌47年2月インド完全独立許容宣言を行った。しかし、統一インドを主張する会議派と分離独立を主張する連盟との対立が生じ、同年8月、ヒンドゥー教徒のインド連邦とイスラム教徒のパキスタンとに分かれて、自治領としての独立が実現した。また翌年にはセイロンも自治領として独立した。

(11) インド共和国の成立

インド連邦は1950年1月新憲法が成立すると、自治領の地位を離れて独立の共和国となり翌年から第一次五カ年計画を実施した。また、1952年の総選挙の結果、国民会議派が第1党を占めると、ネルーが首相、プラサドが大統領に就任して、1945年にはネルーが中国の周恩来首相と平和五原則を声明、続いて翌年にはバンドン会議に参加して平和十原則を宣言し、以後中立主義外交を進めて、東西両陣営の対立緩和に貢献した。

(12) 中印国境紛争

1950年の中国によるチベット解放と1959年のダライ＝ラマのインド亡命で国境地帯が緊張し、1962年の戦闘で中国に敗れた。ネルーの死後、シャストリ政権のもとでも、1965年にラダク地区で中国との国境紛争が再発した。一方、分離独立以来パキスタンとの間でもカシミールの帰属をめぐる国境紛争が続いた。

(13) 1970年代の動向

1966年、故ネルーの娘インディラ＝ガンディーが首相に就任し、農業生産の不振、党内対立で斜体化した国民会議派の再建に努める一方、1974年に核実験に成功して世界6番目の核実験をおこなった。しかし1977年の総選挙で敗北して、人民党モラルジ＝デサイ政権が成立した。デサイ政権は政治の自由化や政情安定化につとめたが、政治的混乱が続いた。

14) 1980年代の動向

1980年に政権を回復したインディラ＝ガンディーは国内では財界と協力しつつ国際的には親ソ路線をとり、父ネルー以来の独自の社会主義路線を推進したが、パンジャーブ問題で対立していたシク教徒に1984年に暗殺された。その後、息子のラジブ＝ガンディーが後を継いだ。経済の停滞と汚職疑惑により、1989年国民戦線に政権を譲った。

(15) 1990年代の動向

1991年の選挙中にラジブ＝ガンディーは暗殺されたが、国民会議が政権を獲得した。外交面では、これまでの親ソ路線から、中国、アメリカとの関係改善に着手した。しかし、パキスタンとの対立を背景に、1996年に国連で採決されたCTBT(包括的核実験禁止条約)への署名を拒否した。同年の総選挙でヒन्दゥー至上主義を掲げるインド人民党が第1党を獲得したが、国民会議派を中心とする統一戦線内閣が成立した。しかし、1998年の選挙で勝利したインド人民党パジパイ政権は、パキスタンからの脅威を口実に原爆実験を強行し、核保有宣言した。

(参考:「世界史の整理」三省堂)

1.2 政治状況

第2次世界大戦後のインド政治略史を以下に示す。

- ・1947年 イギリス領より独立
- ・1950年 インド憲法の制定
- ・1952年 日印国交樹立、第1回総選挙
- ・1950年代～1990年代 インド国民会議派が長期間政権を担当(一部年代を除く)
- ・1990年 経済自由化を推進
- ・2004年 コングレス党を第一党とする連立政権が成立

1.2.1 現状の政治体制

(1) 政体:共和制

(2) 元首:A.P.J.アブドゥル・カラーム大統領

(3) 議会:二院制(上院 245 議席、下院 545 議席)

(4) 政府:首相名 マンモハン・シン(人口比2%のシーク教徒としての初の首相)

外相名 ナトゥル・シン

(5) 内政:第14回下院議員選挙は、2004年4月から5月にかけて行われ、結果は大方の予想に反し、コングレス党が第一党に返り咲き、与野党が逆転した。その結果コングレス党を中心とする10数政党の連立政権、統一進歩連合(UPA)政権(マンモハン・シン首相)が発足した。新政権はインフラ整備や産業振興などではインド人民党(BJP)が率いた前政権の基本方針を継承する。だが経済発展

重視を鮮明にしていた前政権に対し、人口の約 70%を占める農民や低位カースト、貧困層への配慮を強調している。また左翼政党の主張を受け入れて国営企業民営化などにも慎重な姿勢を示している。

1.2.2 日本との政治関係

わが国外務省のインド外交の基本姿勢および日印関係をまとめると、以下のとおりである。

(1) 台頭する政治・経済大国

1990年代以降、インドは経済自由化・改革を着実に進め、高い経済成長を達成。特に豊富な人材等を背景にIT産業は飛躍的に発展しており、その経済規模は世界第12位、アジア第4位。最近のインド経済の発展振りは世界から注目を集めている。

対外的にもインドは 1)米国との安全保障面を含む関係強化、2)ASEAN 諸国を初めとする東アジア地域との経済連携強化、3)国連や WTO 等において多角的且つ積極的な外交を推進。国際場裏での発言力を確実に拡大してきている。

(2) 地政学的重要性

インドは我が国と中東諸国とのシーレーン上に位置し、エネルギー安全保障の観点からも重要。

(3) 共通の価値観・システム

インドは世界最大の民主主義国家であり、我が国とは民主主義、市場経済といった価値観・システムを共有。

1.2.3 最近の日印外交関係

- ・ 2000年8月の森総理インド訪問の際、日印首脳間で「21世紀における日印グローバル・パートナーシップ」の構築に合意。
- ・ 2001年12月には、バジパイ首相が訪日し、小泉総理との首脳会談後に「日印共同宣言」を発出。2002年7月、フェルナンデス国防相が訪日。9月、ニューヨークにおいて日印首脳会談を実施。
- ・ 2002年は、1952年4月28日の国交樹立から50周年。一年を通じ各種の記念事業を実施。これら記念事業に、4月末に中山太郎日印友好議連会長、10月には森前総理が総理特使として訪印。
- ・ 2003年1月、日印グローバル・パートナーシップを戦略的な観点から更に強化するため川口外務大臣が訪印し、カラム大統領、バジパイ首相及びシンハ外相等と会談。4月には、ミシュラ・インド首相首席補佐官兼国家安全保障顧問が訪日し、戦略対話を実施。5月には、石破防衛庁長官が、わが国防衛庁長官として初めてインドを訪問。
- ・ 2003年12月には、東京においてシンポジウム「インド：台頭するグローバル・パワー＜新時代の日印協力戦略＞」を開催、印、米、中から有識者を招き、インドの重要性及び日印関係につ

き議論が行われた。

- ・UPA 政権との関係では、2004 年 6 月の ACD 会合にて日印外相会談を行い、また 7 月には荒井外務大臣政務官がインドを訪問して印側政府要人等との意見交換を行った。
- ・2004 年夏以降、日印間の要人往来が活発化しており、日本から中川経産大臣(2004 年 8 月、2005 年 1 月)、谷垣財務大臣(2005 年 1 月)、竹中経済財政・郵政民営化大臣(2005 年 1 月)、石川海保庁長官(2005 年 1 月)、安倍自民党幹事長代理(2005 年 3 月)が訪印し、印側はからチャタジー下院議長率いる上下両院議員団(2004 年 11 月)、マラン IT 通信大臣(2005 年 1 月)、カマル・ナート商工大臣(2005 年 4 月)が訪日。
- ・活発な要人往来を通じて日印関係強化の気運が醸成される中、2005 年 3 月には、印(デリー)において、日印シンポジウム「日本とインド: 21 世紀のアジアにおけるパートナーとしての課題と責任」が、森前総理、川口総理補佐官、カマル・ナート商工大臣等日印両国の政・財界を含む著名人の参加を得て開催され、新しい時代の日印協力のあり方につき議論が行われた。
- ・2005 年 4 月、小泉総理が訪印し、マンモハン・シン首相との日印首脳会談において、日印グローバル・パートナーシップに戦略的方向性を付加し、二国間協力をアジア及び世界での協力に拡大していくことに合意。日印共同声明とその行動計画である「8 項目の取組」を発出。
- ・なお、我が国は印に対する最大の二国間ドナーで、印は前年度に引き続き、2004 年度も我が国円借款の最大の受け取り国となった(2003 年度:1,250 億円、2004 年度:1,345 億円)。
- ・2005 年夏には国連安保理改革に関わる提案(常任理事国の4カ国増)に関し、ドイツ、ブラジルと共に新提案を作成。

1.3 経済状況

1.3.1 経済状況一般

インドは独立以来、混合経済体制下で重工業を重視し輸入代替工業化政策を進めてきたが、91年、外貨危機を契機として経済自由化路線に転換し、産業ライセンス規制緩和、外資積極活用、貿易制度改革、為替切り下げと変動相場制移行等を柱とした経済改革政策を断行した。その結果、危機を克服したのみならず、90年代中盤には3年連続で7%を超える高い実質成長率を達成。2000年度以降、国際原油価格高や世界経済の減速等の対外的な要因の影響もあって、経済成長率は2000年度4.0%、2001年度は5.4%、2002年度は4.3%と落ち込んだが、2003年には、8.2%と高成長を記録した。

UPA 新政権では、総選挙を通じ明らかとなった農村・貧困・雇用対策の重要性を踏まえ、「雇用を伴った経済成長」を掲げ、年率7-8%の経済成長を雇用を伴う形で実現するとしている。また、「人間の顔を持った経済改革」を目指し、外資出資比率の引き上げや、インフラ分野での自由化には積極的な姿勢を示しつつも、雇用により大きな影響を及ぼす労働諸法の改正や国営企業の民営化には慎重な姿勢を見せている。

世界的に見ると、インドはブラジル、ロシア、中国を合わせた「BRICs」と呼ばれる地域大国のひとつである。BRICs 諸国は人口大国であり世界の人口の45%を占め、また国土面積では全世界の30%を占める。またGDPの伸びが大きく、ある予測では2050年にはGDPは中国、アメリカ、インド、日本、ブラジル、ロシアの順になる。物価を勘案した購買力平価ベースのGDPでは、現在でもインドは日本に次ぎ4位である。

1.3.2 主要経済指標

表1-1 年間GDP成長率の推移

(単位:%)

計画	期間	目標	実績
第1次計画	1951～56	2.1	3.60
第2次計画	1957～61	4.5	4.21
第3次計画	1961～66	5.6	2.72
第4次計画	1969～74	5.7	2.05
第5次計画	1974～79	4.4	4.83
第6次計画	1980～85	5.2	5.54
第7次計画	1985～90	5.0	6.02
第8次計画	1992～97	5.6	6.68
第9次計画	1997～2002	6.5	5.35
第10次計画	2002～06	8.0	-

(出典: Government of India, Tenth Five Year Plan, Vol. I)

表 1-2 主要経済指標

指標	内容
(1) 主要産業	農業(全人口の 59%, GDP の 26%を占める)、工業、鉱業
(2) GDP	・総額: 6,006 億ドル(2005 年) ・一人当たり GDP: 608ドル(2004 年) ・GDP 成長率: 6.9%(2004 年)
(3) 物価上昇率	3.9%(2003 年)
(4) 外貨準備高	約 1,363 億ドル(2005 年)
(5) 通貨	ルピー
(6) 為替レート	1ルピー=約2.5円(2005 年5月現在) 1米ドル=約 43.2 ルピー

(出典:外務省ホームページ「各国・地域情勢 インド」)

1.3.3 一人当たり GDP の世界比較

表 1-3 一人当たり GDP の比較

(単位:ドル、%)

		一人当たり GDP			平均伸び率		
		96 年	00 年	04 年	93~96 年	97~00 年	01~04 年
BRICs	中国	667	853	1,269	9.6	5.5	11.3
	インド	397	452	608	8.9	2.1	10.1
	ブラジル	4,927	3,604	3,417	21.5	△10.7	4.3
	ロシア	2,644	1,778	4,093	28.8	△13.4	24.7
アジア NIES	香港	24,212	24,638	23,667	7.2	△2.6	△0.6
	韓国	12,258	10,891	14,098	16.1	△1.7	11.5
	シンガポール	25,512	23,042	24,740	12.6	△3.4	6.0
	台湾	12,991	13,823	13,260	6.7	1.2	2.0
ASEAN4	インドネシア	1,267	785	1,165	11.0	△12.8	14.7
	マレーシア	4,764	3,844	4,625	11.7	△6.0	8.1
	フィリピン	1,184	977	1,014	12.8	△5.3	4.2
	タイ	3,038	1,987	2,521	13.4	△7.6	11.2

(出典:JETRO 夏季公開講座「新興インド市場の可能性と構造改革」 2005 年 8 月)

表 1-3 に示す様に、インドは 97 年~00 年に特にアジア諸国を襲った「通貨危機」においても、プラス成長を継続し、その後も高い伸び率を継続している。04 年における一人当たり GDP は 608ドルで

あるが、インドには貧困層が約 25～30%存在するとされていることから、それを除外して考えると、一人当たり GDP は約850ドル程度となり、インドネシア、フィリピンのレベルに近づく。

1.3.4 貿易状況一般

表 1-4 貿易状況

(単位:億ドル)

項目	内容					
(1) 貿易総額	1999年	2000	2001	2002	2003	
	輸出	368.2	445.6	438.3	527.2	634.5
	輸入	496.7	505.4	514.1	614.1	770.3
(2) 主要貿易品目	輸出品: 宝石、衣料、綿糸・綿布、医療品、石油・石油製品 輸入品: 石油・石油製品、宝石類、電気製品、金、機械類					
(3) 主要貿易相手国	輸出: 米国、UAE、英国、中国、独、シンガポール(日本は 11 位) 輸入: 米国、中国、ベルギー、スイス、英国、独、韓国、日本					

(出典:外務省ホームページ「各国・地域情勢 インド」)

1.3.5 日本との貿易

(1) 対日貿易

表1-5 対日貿易額

(単位:億円)

年	輸入額	輸出額
1998	3,144	2,848
1999	2,756	2,558
2000	2,679	2,842
2001	2,693	2,337
2002	2,620	2,339
2003	2,521	2,763
2004	2,826	3,291
主要品目	一般・電子機器、輸送機器	海産物、鉄鉱石、綿糸、絹織物

(出典:外務省ホームページ「各国・地域情勢 インド」)

日本との貿易高はさほど多くはない。日本への輸出品は第1次産業製品が主体である。これはインドの工業製品のレベルが低く、現状では輸出できるレベルにはないためである。しかし近年インドでは、IT技術が著しく発展しソフトウェアの輸出が伸びてきた（これは貿易額の中には含まれていない）。これらの技術が工業製品の中に組み込まれて行くなかで、輸出仕様製品が増加していく可能性がある。

(2) 日本からの直接投資

表1-6 日本からの直接投資額

(単位:億円)

1997年度	1998	1999	2000	2001	2002	2003
532	329	232	185	181	378	99

(出典:外務省ホームページ「各国・地域情勢 インド」)

(3) 日系企業進出状況

表1-7 日系企業のインドへの進出状況

企業数	231社(2003年8月現在)
主な進出企業 (進出年)	旭硝子(57)、松下電器(72)、スズキ自動車(82)、ホンダ技研工業(85)、三洋電機(87)、シャープ(89)、トヨタ自動車(99)、アイシン精機(99)
特徴・問題点	現地販売を目的とした自動車・二輪車、同部品、家電メーカーなどが進出している。地域的には、北部地区(ニューデリー周辺)、西部地区(ムンバイ、プネ地区)が多いが、バンガロールなど南部地区にはソフトウェア開発拠点がある。他方、インフラ未整備、許認可手続きの煩雑さ、外資比率制限などの問題点も指摘される。

(出典:JETRO ホームページ「国・地域別情報」)

1.3.6 日本の援助実績

表 1-8 わが国のインドに対する援助実績

(単位:億円)

種別	金額	年度
有償資金協力	1,345	2004年度
無償資金協力	30	2004年度
技術協力実績	10	2003年度

(出典:外務省ホームページ「各国・地域情勢 インド」)

1.4 社会一般

1.4.1 言語

インド憲法では 18 の言語が公用語として、認定されている。これ以外に 844 の方言が使用されている。公用語はヒンディー語であるが、英語も日常的に使用されている。

1.4.2 宗教

インドの宗教は ヒンドゥ教(82.7%)、イスラム教(11.2%)、キリスト教(2.6%) などである。インドは世俗主義を掲げており、全ての宗教を平等に敬うという長年の伝統を守っている。その意味で、個人のレベルでは宗教的対立は少ない。一方国家レベルで見ると、政治・外交に宗教問題が大きく影を落としている実態がある。その典型が現在インドがかかえる最大の懸案事項である「カシミール問題」である。

1.4.3 カースト制度

ヒンドゥー社会におけるカーストは本来「色」を意味するヴァルナと「出生」や「血」を指すジャーティーから成っている。古代的身分制度であるバラモン(僧侶)、クシャトリア(王族、武士)、ヴァイシア(平民)、シュードラ(隷属民＝農民や牧畜民)の4種姓は、ヴァルナのことである。中世になると、職業の世襲化と出生が一体化してきて、ジャーティーそのものが身分を意味するようになった。そして、これらの身分制度は、ポルトガル語の「血統」「種」を表す「CASTA」という言葉から由来し、「カースト」と言われるようになった。そのカーストの背骨がヴァルナであり、ジャーティーはその背骨につながる各部位の骨である。この骨は 2,000～3,000 もあるといわれている。ジャーティーによって区分された区分された職業や上下関係は長らくインド社会を縛ってきた。その影響は今日においても婚姻、祭祀などにも強く残っている。この制度は社会集団の中では習慣として強く残っているものの、最近特に都心などにおいては政治、経済の発展で古くさい分化の行動様式が崩されてきている。それは、とりもなおさず、バラモンを頂点とした階級制度の地滑りの現象とでもいえよう。すなわち、かつてはヒンドゥーの絶対的な権威の座にあったバラモン層は、社会や経済が大きく変わっていく中で自らの権威を維持出来なくなっている。その一方で、職業選択の不自由さが徐々に無くなりつつあることで、後進カーストの中からビジネスに成功し、大金を得る人たちも増えてきた。旧制度の崩壊が進みつつあるといえる。

(参考:「インドのしくみ」中経出版)

1.4.4 教育、人口その他

成人労働力の教育年数は平均 2.4 年である。ほとんどの児童が小学校に入学するものの農村部においては 50%以上が卒業しない。女性の場合は、約 1/3 のみが中学校に進学している。全体的には約 33%の児童が無教育の状態にある。またこの結果識字率は約 64%(1998 年)で、国民の1/3は字の読み書きが出来ない。また平均寿命は 60 歳である。これは栄養不足および伝染病による乳幼児の死亡率が高いためである。さらに貧困や伝統が深刻な男女不平等を生んできている。改善は続いているにもかかわらず、インドの女性は男性に比べ栄養や教育について低い扱いを受けている。人口も男性が多く、男性 1,000 人に対し女性は 927 人である。他諸国と異なり、35 歳以下の死亡は女性が男性を上回っている。政府はこの様な状況の打開・促進に取り組んでいる。従来のスローガン”The

Health for all”(全国民のための保健政策)から”The Health for Under Privileged”(恵まれない人々のための保健政策)に置き換えられ、保健省の予算も大幅に増額された。また人口 100 人当たりの出生者数(出生率)は 2001 年では 1.93%である(日本は約 0.9%)。

第2章 インドのエネルギー・環境問題と CDM

2.1 エネルギーの現状と問題

2.1.1 エネルギー情勢

インドは 1980～2001 年の約 20 年間に平均年率 5.6%の実質 GDP 成長率で発展してきた。この間人口は年率2%で増加した。しかし急速な経済発展に伴い、工業化、都市化、モータリゼーションが進行し、エネルギー需要はこの間実質 GDP 成長率を上回る年率 6.0%(一次エネルギーベース)で増大した。また発電量は年率 8.1%で伸び、対GDP弾性率 1.5という電力多消費型の経済成長であったことがわかる。ただし、コスト割れの低電気料金や、送電ロス(盗電を含む)40%という効率の悪さも背景にある。この急速に伸びる電力需要を賄ったのが豊富な国産石炭である。石炭火力は総発電量の 55%(1980 年)から 78%(2001 年)に比率が増大し、年率 10%近くで石炭火力発電量は伸びた。この増大する石炭消費が大気汚染を初めとする環境問題を深刻化させた。

また、大気汚染のもう一つの原因である自動車用石油消費量が急速に増加し、一次エネルギー供給ベースで 20 年間に年率 5.9%で伸びた。モータリゼーションの進行に加え、薪炭、牛糞等の非商業エネルギーから利便性の高い石油へのシフトが進んだためである。自動車用の天然ガス利用は大気汚染防止対策として CNG(圧縮天然ガス)車などの導入が行われているが、その比率は極めて小さい。大気汚染等環境問題への対策の鍵は低いエネルギー効率の改善にあり、それにはコストをカバー出来る価格水準の形成が極めて重要な政策となるだろう。経済発展に伴うエネルギー消費の急拡大を、エネルギー安全保障の視点でみると、環境保全と共通する課題が多い。インド経済は今後も高い成長率が継続するものと予想される。エネルギー需要の伸びは GDP 成長率や人口の変化に大きく依存するが、2001 年時点のインドにおける一人当たりの商業エネルギー消費量は表 2-1 に示す様に 0.316toe で、他のアジア途上国と比較すると未だかなり低いレベルである。

表 2-1 人口一人当たりの一次商業エネルギー消費量の推移

(単位:toe/人)

国	一人当たりエネルギー			年平均伸び率(%) (1995～2001 年)
	1995 年	2000 年	2001 年	
インド	0.270	0.317	0.316	2.7
中国	0.714	0.735	0.726	0.3
タイ	0.839	0.953	1.020	3.3
マレーシア	1.740	2.020	2.070	2.9
フィリピン	0.368	0.429	0.414	2.0
インドネシア	0.410	0.478	0.499	3.3
ベトナム	0.122	0.183	0.207	9.2
日本(参考)	3.950	4.130	4.100	0.6

(出典:省エネルギーセンター「アジア開発途上国省エネルギー」インド)

インドでは家庭用を中心に、エネルギー需要の 40%強を薪、動物の糞、穀物残渣などのバイオマスに依存している。従って、将来的には GDP の高成長率や人口の増加により、商業エネルギーの需要が

急増すると考えられる。

2.1.2 エネルギー基本政策

インドのエネルギー基本政策は後述する関連6省庁による政策方針が計画委員会において調整・統合された後、総合エネルギー政策として国家経済基本政策の基本である「5カ年計画」に織り込まれる。2001年における一次商業エネルギー消費量で見ると、インドは世界で第6番目にランクされ、全世界の消費量の3.6%を消費する国になっている。そして同国の経済成長、人口増加等にともないエネルギー需要は今後増大していくことは必至である。第10次5カ年計画(2002～2006年)では、GDP成長率8%の経済発展においてエネルギー需要が年率5.2%で増加していくことが見込まれている。従って、この様なエネルギー需要拡大に対応するエネルギー供給確保が非常に重要である。しかし国内のエネルギー生産、特に石油に関しては需要が伸びているにもかかわらず、生産量はむしろ減少傾向が続いており、輸入量が年々増加している。この様な状況から、第10次5カ年計画においての今後のエネルギー政策の課題は以下の様な状況であり、近年インドでは、これらの課題を解決するための様々な動きが見られている。

- (1) 石炭、電力の生産量の増加
- (2) 炭化水素燃料資源の開発促進
- (3) 輸入石油の安定確保
- (4) エネルギー部門の再構築と規制緩和によるエネルギー効率改善構造改革(含む、電力供給不足の解消と電力部門の規制緩和)
- (5) エネルギー効率技術・プロセス・機器の導入による需要管理
- (6) 環境汚染の低減化プロセスへの移行促進(含む、石炭消費が引き起こす環境問題への対応)
- (7) 統括的エネルギー対策

2.1.3 エネルギー政策担当機関

インドのエネルギー関連行政機関は、下記6省庁である。

- 計画委員会(PC : Planning Commission)
- 石油・天然ガス省(MPNG : Ministry of Petroleum and Natural Gas)
- 石炭省(MOC : Ministry of Coal)
- 電力省(MOP : Ministry of Power)
- 非在来型エネルギー資源省(MNES : Ministry of Non-conventional Energy Sources)
- 原子力庁(DAE : Department of Atomic Energy)

またこの他、国営企業の民営化プロセスの立案等は民営化省(MOD : Ministry of Disinvestment)が担当する。州政府においては、原子力・石炭政策への関与は制限されているが、電力および新エネルギー導入分野での独自の政策立案・実行を図ることは出来る。また、地域の電力部門の管轄として州電力局(SEB : State Electricity Boards)が存在する。電力部門においては、MOPの管轄下に電力

税・助成金政策を取り決める中央電力規定委員会(CERC : Central Electricity Regularity Commission)、技術・経済面を担当する中央電力局(CEA : Central Electricity Authority)を設置している。図2-1にインドのエネルギー関連行政組織図を示す。

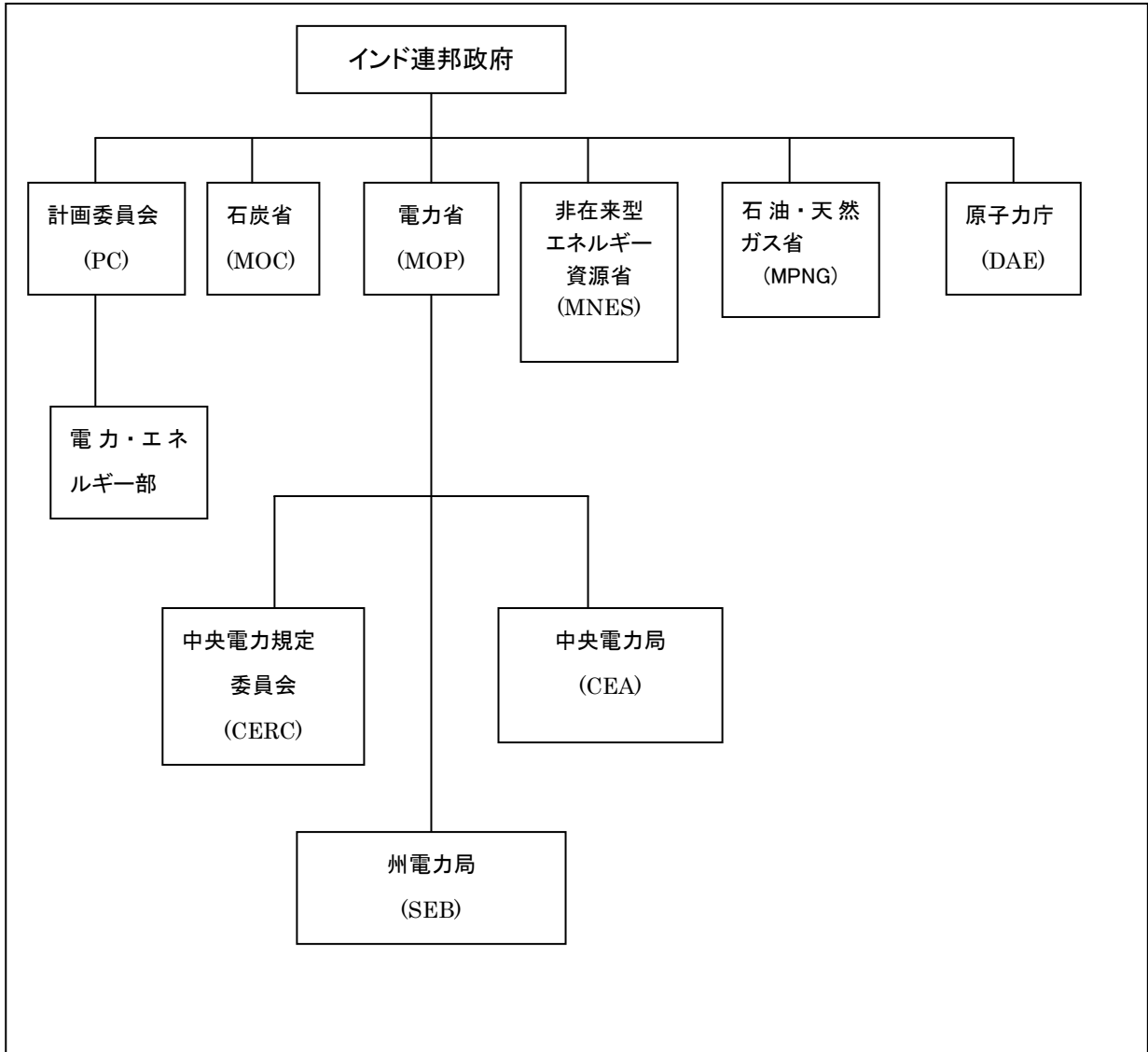


図2-1 エネルギー関連行政組織図

(出典: 省エネルギーセンター「アジア開発途上国省エネルギー」 インド)

2.1.4 エネルギー資源

インドは石油、石炭、天然ガスといったエネルギー資源を保有しており、特に石炭資源に恵まれている。しかし、石油埋蔵量はそれほど多くなく、年々増加する石油需要に反して国内の石油生産量は減少しており 2001 年では石油需要の約 70%を輸入で補っている。また、豊富な埋蔵量を持つ石炭は主に発電用に使用されるが、国内炭には多量の灰分(通常 35~45%)が含まれており、発電効率の低下、大量のアッシュ発生、SPM(浮遊性粒子物質)による大気汚染等の問題を抱えている。このため発電や産業用に使用される良質の石炭は輸入しており、年々その輸入量が増加している。インドにとっては、この高灰分の石炭利用技術の改良・開発が今後のエネルギー政策に大きな影響を与えることは明白である。また石油代替エネルギーとしてのクリーンエネルギーである天然ガスの利用促進や水力/地熱の開発促進、原子力利用の強化も視野に入れた供給構造の多角化が進められると思われる。

表2-2 インドのエネルギー資源

	確認可採埋蔵量		世界シェア (%)	R/P 比 (年)
	数量(億バレル)	原油換算(億 ton)		
石油	54	7	0.5	19.4
石炭	844	504	8.0	235.0
天然ガス	7600	7	0.5	26.9

(出典: 省エネルギーセンター「アジア開発途上国省エネルギー」 インド)

2.1.5 一次エネルギー生産

1950~2001 年におけるインドの一次エネルギー生産量の伸びは年平均 2.1%で、商業エネルギーは同 2.8%増加した。石油の生産は同-1.5%と減少した中で、石炭と天然ガスがそれぞれ同 3.2%、同 6.9%の伸びを示した。また原子力発電が同 16.8%と大きな伸びを示している点が注目される。一方、石油と石炭の輸入量がそれぞれ同 17.9%、同 66.4%と大幅に増加しており、特に石油の自給率は 1995 年の 46%から 2000 年には 31%に低下している。

表2-3 一次エネルギー生産実績推移

(単位: 重油換算 toe、%)

	1995年		2000年		2001年		年平均 伸び率 (1995~2001)
	数量	構成比	数量	構成比	数量	構成比	
国産生産合計	386,180	88.4	427,520	80.4	438,099	82.4	2.1
石油	38,011	8.7	35,140	6.6	34,727	6.5	-1.5
石炭	135,686	31.1	156,781	29.5	163,750	30.8	3.2
天然ガス	15,591	3.6	23,062	4.3	23,209	4.4	6.9
原子力	1,981	0.5	4,412	0.8	5,035	0.9	16.8
水力	6,254	1.4	6,412	1.2	6,366	1.2	0.3
地熱	5	0.0	136	0.0	169	0.0	79.8
小計	197,528	45.2	225,943	42.5	233,256	43.8	2.8
バイオマス	188,652	43.2	201,583	37.9	204,843	38.5	1.4
輸入合計	54,164	12.4	99,872	18.8	101,948	19.2	11.1
石油	48,565	11.1	85,296	16.0	87,695	16.5	10.4
石炭	5,455	1.2	14,444	2.7	14,122	2.7	17.2
電力	144	0.0	132	0.0	132	0.0	-1.4
輸出合計	3,788	0.9	8,772	1.7	10,971	2.1	19.4
石油	3,734	0.9	8,135	1.5	10,043	1.9	17.9
石炭	43	0.0	621	0.1	912	0.2	66.4
電力	11	0.0	16	0.0	16	0.0	6.4

(出典: 省エネルギーセンター「アジア開発途上国省エネルギー」 インド)

インドのエネルギーの82%が国産である。その中では、バイオマスと石炭の比率が高い。また石油、天然ガスも合計で必要エネルギーの約10%を国内で産出している。一方輸入エネルギーでは石油が必要エネルギーの約17%を輸入している。

2.1.6 一次エネルギー消費

表 2-4 一次エネルギー消費

(単位: 重油換算 toe、%)

	1995年		2000		2001		年平均 伸び率 (1995~2001)
	数量	構成比	数量	構成比	数量	構成比	
国内消費合計	436,705	100.0	523,557	98.5	531,453	100.0	3.3
石油	82,107	18.8	112,215	21.1	112,294	21.1	5.4
石炭	141,982	32.5	175,621	33.0	179,422	33.8	4.0
天然ガス	15,591	3.6	23,062	4.3	23,209	4.4	6.9
原子力	1,981	9.5	4,412	0.8	5,035	0.9	16.8
水力	6,254	1.4	6,412	1.2	6,366	1.2	0.3
地熱	5	0.0	136	0.0	169	0.0	79.8
電力	133	9.9	116	0.0	116	0.0	-2.3
小計	248,053	56.8	321,974	60.6	326,611	61.5	4.7
バイオマス	188,652	43.2	201,583	37.9	204,843	38.5	1.4

(出典: 省エネルギーセンター「アジア開発途上国省エネルギー」インド)

2035年までに中国を抜いて世界一の人口大国となる見通しのインドは、資源獲得の国家戦略を強気に推進している。現在10億の人口を抱えるインドの石油消費量は、現在の様に6%程度の経済成長率が続いた場合、20年後には3倍強に拡大する見通しである。70%という原油輸入依存度が、20年後には86%に膨らむと見込まれている。このためインドは中近東以外に最近ロシアに急接近しており、既に極東の油田開発にも着手している。またインドはエネルギー源の分散と環境保護をはかるため、天然ガスへの転換を推進している。しかし国内生産の余力が少ないので、近隣の産出国からのパイプラインの建設を計画し、交渉を進めている。

2.1.7 最終エネルギーの消費動向

(1) 用途別消費動向の推移

表2-5 用途別エネルギー使用実績

用途	1995年		2000年		2001年		年平均伸び率 1995～2001
	数量	構成%	数量	構成%	数量	構成%	
工業	104,738	30.5	100,620	26.5	99,502	26.2	-0.9
輸送	37,335	10.9	44,511	11.7	44,555	11.7	3.0
農業	7,735	2.2	7,378	1.9	7,646	2.0	-0.2
商業	2,130	0.6	3,361	0.9	3,306	0.9	7.6
家庭	187,063	54.4	211,863	55.8	214,543	56.5	2.3
その他	4,877	1.4	10,484	2.8	10,115	2.7	12.9
合計	343,878	100	378,226	99.6	379,667	100	1.7

(出典：省エネルギーセンター「アジア開発途上国省エネルギー」 インド)

表2-5 に示す様に、インドではエネルギー用途別では家庭用エネルギーの消費量が最も多く、工業用は 26%である。参考までに日本では産業部門用が約 44%で最も多く、以下運輸部門、業務部門と続き、家庭用は 15%である。これは工業化の進展度の差異に基づくもので、将来インドも工業化に伴い、日本の姿に近づくものと、予測される。

(2) エネルギー源別の用途

表 2-6 エネルギー源別消費用途(2001 年)

(単位: ktoe,%)

燃料源	用途	工業	輸送	農業	商業	家庭	その他	合計
石油	消費量	26,414	43,832	0	0	20,939	8,749	99,664
	構成比	26.5	44.0	0.0	0.0	21.0	8.5	100.0
石炭	消費量	26,325	0	0	1,320	4,997	0	32,642
	構成比	80.6	0.0	0.0	4.0	15.3	0.0	100.0
天然 ガス	消費量	10,653	0	122	0	401	0	11,176
	構成比	95.3	0.0	1.1	0.0	3.6	0.0	100.0
バイオ マス	消費量	22,293	0	0	0	181,506	9	203,799
	構成比	10.9	0.0	0.0	0.0	89.1	0.0	100.0
電力	消費量	13,815	723	7,524	1,986	6,698	1,636	32,382
	構成比	42.7	2.2	23.2	6.1	20.7	5.1	100.0
合計	消費量	99,500	44,555	7,646	3,306	214,541	10,115	379,663
	構成比	26.2	11.7	2.0	0.9	56.5	2.7	100.0

(出典: 省エネルギーセンター「アジア開発途上国省エネルギー」 インド)

(3) 用途別のエネルギー源

表 2-7 用途別エネルギー源(2001 年)

(単位:ktoe,%)

燃料源	用途	工業	輸送	農業	商業	家庭	その他	合計
石油	消費量	26,414	43,832	0	0	20,939	8,749	99,664
	構成比	26.5	98.4	0.0	0.0	9.8	83.8	26.3
石炭	消費量	26,325	0	0	1,320	4,997	0	32,642
	構成比	26.5	0.0	0.0	39.9	2.3	0.0	8.6
天然 ガス	消費量	10,653	0	122	0	401	0	11,176
	構成比	10.7	0.0	1.6	0.0	0.2	0.0	2.9
バイオマス	消費量	22,293	0	0	0	181,506	9	203,799
	構成比	22.4	0.0	0.0	0.0	84.6	0.0	53.7
電力	消費量	13,815	723	7,524	1,986	6,698	1,636	32,382
	構成比	13.9	1.6	98.4	60.1	3.1	16.2	8.5
合計	消費量	99,500	44,555	7,646	3,306	214,541	10,115	379,663
	構成比	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

(出典:省エネルギーセンター「アジア開発途上国省エネルギー」 インド)

表2-6、表2-7よりインドの特異なエネルギー事情が概観できる

・エネルギーの最大用途である家庭用はバイオマスが約 85%を占めている。石油は 10%、電力は僅か 3%である。10 億の民の家庭を支えているエネルギーは薪、動物の糞等を主体とするバイオマスである。

・一方工業用は、石油、石炭、天然ガス、電力、バイオマスが各々10~26%を占めており、先進工業化国に比しバイオマス、石炭の比率が高い。

2.1.8 インド電力セクターの現状

(1) 一般概況

インドはここ数年継続的に5～8%の経済成長を達成しており、発電電力量は年平均 5.5%で伸びている。しかし成長に伴って増大する電力需要に供給が追いつかず、慢性的な電力不足に陥っており、発電設備・送配電設備の新設、更新、および増設が必要になっている。インド中央政府は、電力不足および老朽化した設備の更新のために、今後 10 年間に 1,000MW の発電容量を持つ設備約 100 基を新たに建設する必要があると試算している。しかし、既存設備の建設コスト償却が進んでおらず、資金計画も困難であるため新規プロジェクト建設に支障をきたしている。さらにその増設および更新が遅れているために、過負荷での運転を余儀なくされ、送配電ロスの原因になっている。送配電ロスが多い州では 50%以上にものぼり、2000 年度には 2,601 ルピー（約 6,700 億円）にも達すると予想されている。このロスをインド中央政府が補填しており、財政を圧迫する大きな要因になっている。送配電ロスとは一般に設備・技術の不備に起因するロスと盗電、メーター値改ざん等人的要因によるロスに分けられる。インド全土では、総発電量の約 40%しか料金回収されておらず、60%が送配電ロスである。送配電ロス 60%のうち約 45%が人的要因ロスで、残りの 15%が設備・技術起因のロスである。この事態を重くみたインド中央政府は、これまで「発電」に重点を置いてきたが、第10次経済5カ年計画(2002年7月発効)では、これまでの考えを変え「送配電」に対する公共投資に焦点を当てる事となった。具体的な施策は各消費者への電力積算メーターの設置を義務付け、電気料金の適正な回収を促進する等である。世界銀行やアジア開発銀行もインドにおける送配電システムの改善は急務であると認識しており、資金援助を表明している。

(2) 電源別発電容量

表2-8 セクター別電源別発電容量(2002年3月)

(単位: MW, %)

	水力	火力			風力	原子力	合計	セクター別 シェア
		石炭	ガス タービン	ディー ゼル				
中央セクター	3,049	21,418	4,419	0	0	2,740	31,606	30
州セクター	22,636	36,202	2,662	583	63	0	62,245	59
民間セクター	576	4,411	4,082	552	1,445	0	11,067	11
合計	22,261	62,131	11,163	1,153	1,507	2,720	104,918	100
電源別シェア	25.0	59.2	10.6	1.1	1.4	2.6	100.0	

(出典: 海外投融資情報財団「インドの電力セクター調査」報告書)

表2-8に示す様に、インド全体の発電能力としては石炭火力が約60%を占めている。また石油・天然ガス火力が約11%を占め、火力トータルが全体の70%強を占める。である。また水力は約25%を占め、火力、水力の合計が全体の96%に達し、風力や原子力は僅かである。またインドでは発電主体が3セクターにわたっている。最も発電量が多いのは州セクターで約6割、次いで中央セクターが3割を占める。残りが民間セクターであるが、近年民間セクターによる発電量が増加し、2002年には11%を占めるにいたっている。

(3) 発電電力量の推移

発電電力量を表2-9に示す。

表2-9 発電電力量の実績推移

(単位: gWh, %)

電源	1995年		2000年		2001年		年平均伸率 (1995~2001)
	発電	構成比	発電	構成比	発電	構成比	
石油	12,000	2.9	7,543	1.4	6,897	1.2	-8.8
石炭	300,962	72.0	433,792	78.1	451,598	78.3	7.0
天然ガス	24,500	5.9	19,973	3.6	20,910	3.6	-2.6
原子力	7,600	1.8	16,928	3.0	19,320	3.4	16.8
水力	72,717	17.4	74,561	13.4	74,020	12.8	0.3
地熱	57	0.0	1,579	0.3	1,970	0.3	80.5
バイオマス	0	0.0	1,347	0.2	1,820	0.3	-
合計	417,836	100.0	555,723	100.0	576,535	100.0	5.5

(出典: 省エネルギーセンター「アジア開発途上国省エネルギー」インド)

インドの発電量は1995年~2001年において、年平均5.5%で伸びている。2001年の発電量のうち78%が石炭火力である。また水力が約13%であり、これは発電容量の約半分である。これは水力発電がその特性から火力発電の補完的役割を果たしているからで、メインは火力発電である。

(4) 発電コストと販売価格

表2-10 にインド平均発電コストおよび売電価格を示す。

表2-10 発電コストと平均販売価格

(単位: ルピー/kWh、%)

	1998 年度	2001 年度	2001 年度 構成比
平均コスト(A)	2.63	3.50	
平均販売価格(B)	1.87	2.50	
農業	0.21	0.42	23.2
家庭	1.39	1.96	20.7
工業	3.23	3.79	42.7
商業	3.30	4.26	6.1
公共交通,他	4.10	4.49	7.3
(B) - (A)	0.76	1.00	
(B) / (A) x 100	71.0	68.6	

(出典: JETRO「夏季公開講座」(新興市場インドの可能性と構造改革))

表に示す様に、インドでは平均販売価格が平均コストの約 70%で、逆ザヤになっている。このため送・配電を担当する州電力庁(SEB)が巨額の赤字を抱えている。その額は年間約 6,000 億ルピー(約 1.4 兆円)に達する。用途別に電力価格を見ると、10 倍程度の差が見られる。全体の 23%を占める農業用電力に対しては、無料もしくは極めて低料金(平均販売価格の 1/6 程度の価格)に設定されている。また家庭用電力も平均販売価格の約 80%の価格に設定されている。一方全体消費量の約 55%を占める工業用、商業用、輸送用等の電力価格は平均の 1.5~1.8 倍に設定されている。ここでは農業部門への補助金支出を工業部門が補っているという側面があり、農工間の資源配分にゆがみを生じさせている可能性がある。この結果として、工業用電力価格が国際的にみても割高になり、インドの工業製品の価格競争力を弱めることになっている。前述の様にインドでは電力が慢性的に不足状態にあり、従って後述する民間発電事業を活発化することが求められている。しかし、発電を行っても SEB が巨額の赤字を抱えており、SEB への電力販売に対して料金回収のリスクが伴うため、民間発電事業(IPP)がなかなか進捗しない要因となっている。

2.1.9 電気事業の組織形態

(1) 中央セクターの組織形態

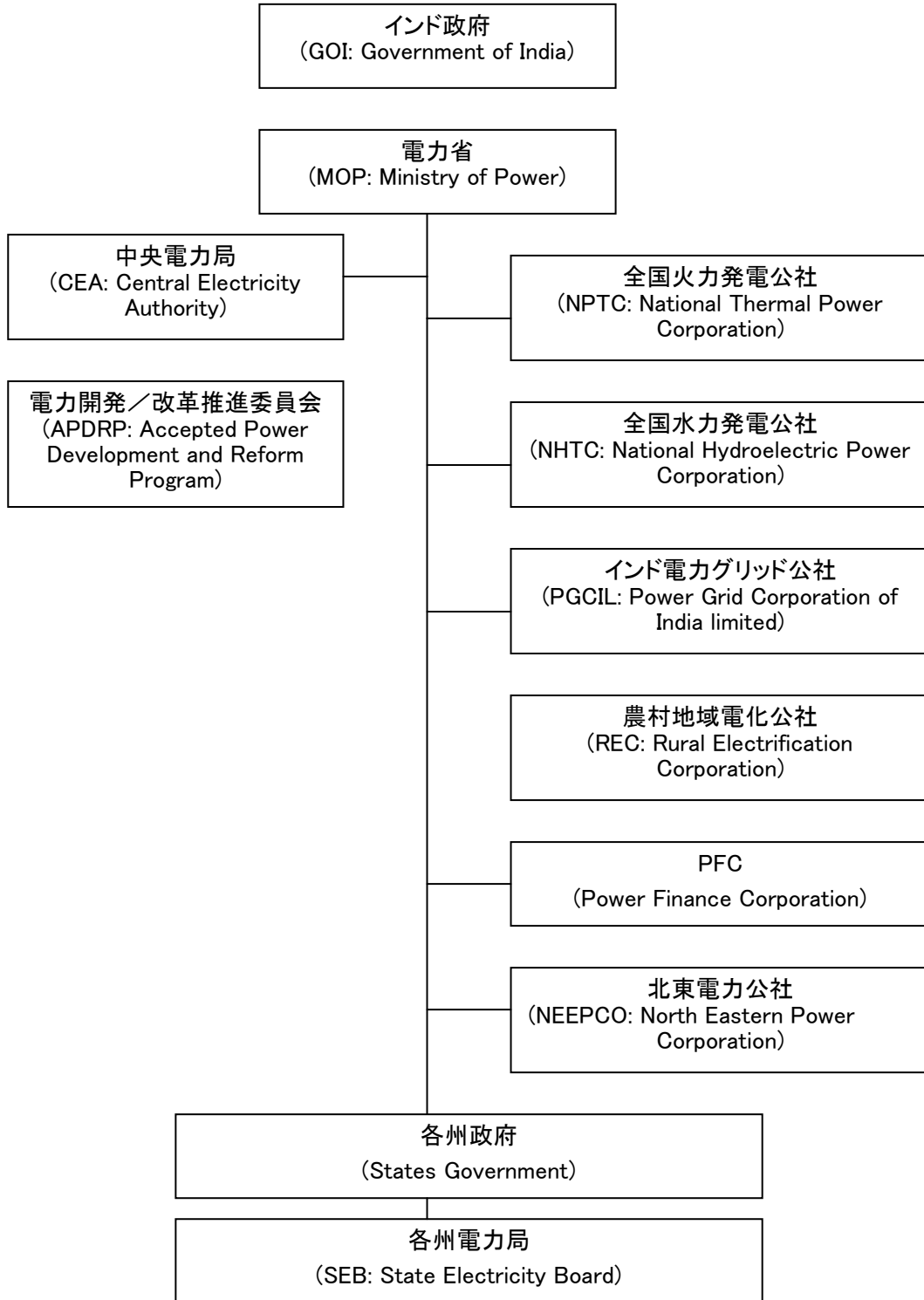


図2-2 インドの電気事業の組織形態

(出典:横河電機「電力損失低減用グリッド送配電系統」プロジェクト)

(2) 中央セクター関連機関

表2-11 中央セクター電力関連機関の役割

	機関	役割
予算計画	計画委員会 (Planning Commission)	エネルギー関係省庁の計画に関連する活動の監督。エネルギーセクターの5カ年計画の計画・策定を行う。
制度設計	電力省 (MOP)	電力セクターにおける最高機関。電力プロジェクトの計画、管理、実施をおこなう。また、火力、水力による発電、送電、送電、配電にかかる法律の制定および行政。なお、政策の変更に応じて法律の修正も行う。
	中央電力庁 (CEA)	MOP に対し、技術、財政面、経営面でのアドバイス送を行う。
規制	中央電力規制委員会 (CERC)	准司法的能力を持つ独立機関。電力料金に関する政策およびガイドラインフレームワークの策定。
発電	全国火力発電公社 (NPTC)	中央セクターの石炭、ガスを燃料とする火力発電所の設置、運営。北東部は除く。
	全国水力発電公社 (NHTC)	中央セクターの水力発電所の計画、実施。
	北東電力公社 (NEEPCO)	水力／火力などの豊富な資源を有しながら開発が遅れてきた北東部地域の電源開発の計画、実施。
送電	インド電力グリッド公社 (PGCIL)	超高圧、高圧送電線による供給。中央セクターの送電プロジェクトを管轄。最近では地方の送電運営にも関与する。
融資	電力融資公社 (PFC)	電力プロジェクト向け融資。SEB、IPP に対して融資を行う。最近では融資業務に加えコンサル業務も行う。
	農村電化公社 (REC)	農村電化のための融資を行う。
電力取引	PTC (Power Trading Corporation)	IPP 事業者からの電力の購入についての契約を行う。また、電力発電量が余っている地域から不足している地域への電力融通も行う。

(出典:海外投融資情報財団「インドの電力セクター調査」報告書)

(3) 州セクター

州セクターでは、それぞれの州内で効率的かつ経済的な電力事業を行う機関として、発送配電を垂直統合的に一貫して行う州電力局(SEB: State Electricity Board)が、1950年代から設置されてきた。SEBはインド26州の内19の州で設置されている。当該プロジェクトが実施されるオリッサ州においてもSEBが設置されている。ここでは発電と送配電とが分離、すなわち別々の法人で行うアンバンドリング形態にて実施されている。

(4) 民間セクター

民間セクター事業者としては、下記2種類のタイプがある。

(A) ライセンス事業者(Licensee)

(B) 独立発電事業者(IPP: Independent Power Producers)

表2-12に両タイプの規模とシェアを示す。

表2-12 民間セクターの発電容量(2000年)

(単位: MW、%)

タイプ	事業者名	発電容量	シェア
(A) ライセンス事業者	TATA 電力会社	1,903	33.4
	カルカッタ電力供給会社	1,065	18.7
	グジャラート工業電力会社	555	9.7
	ボンベイ郊外電力供給会社	508	8.9
	民間風力発電	1,100	19.3
	民間水力発電	30	0.5
	その他	536	9.5
	タイプ A 小計	5,697	100.0
(B) IPP	Dabhol Power	740	27.2
	Gujarat Torrent Power Corp.	655	24.1
	Essar Power	515	18.9
	GVK Power	235	8.6
	その他	576	21.2
	タイプ B 小計	2,721	100.0
合計		8,418	

(出典: 海外投融資情報財団「インドの電力セクター調査」報告書)

既に述べた様に民間セクターの発電容量は国全体の約10%を占めている。

2.1.10 地域別の電力状況

インドの地域別発電容量を表2-13 に示す。

表2-13 地域別発電容量(2001 年末)

(単位: MW、%)

地域	発電容量	比率			
		火力	水力	その他	計
北部	27,844	64.9	30.3	4.8	100.0
西部	31,248	82.4	13.8	3.8	100.0
南部	25,985	56.1	37.1	6.8	100.0
東部	16,191	84.8	15.2	0	100.0
北東部	1,818	61.7	38.3	0	100.0
合計	103,134	71.0	24.8	4.2	100.0

(出典: 海外投融資情報財団「インドの電力セクター調査」報告書)

最も発電容量の大きいのは、西部地区である。当該プロジェクトが実施されるオリッサ州は東部地域で、ここは水資源に恵まれていないこと、また発電用石炭の産地であることから、火力発電比率が約 85%で、インドで最大である。次に東部地区の発電容量の詳細を表2-14 に示す。

表2-14 東部地区セクター別、電源別発電容量(2001 年末)

(単位: MW)

セクター	火力				水力	風力	原子力	合計
	石炭	ガス	ディーゼル	火力小計				
中央	6,548	90	0	6,638	204	0	0	6,842
州	5,539	100	17	5,656	2,250	2	0	7,908
民間	1,441	0	0	1,441	0	0	0	1,441
合計	13,528	190	17	13,735	2,454	2	0	16,191
比率(%)	83.5	1.2	0.1	84.8	15.2	0	0	100.0

(出典: 海外投融資情報財団「インドの電力セクター調査」報告書)

東部地区は石炭火力比率が主体である。この意味でこの地区において廃熱回収発電事業を実施することは、直ちに石炭火力発電量を減少させることにつながり、この結果 CO2 減に寄与することがわかる。

2.1.11 省エネルギー法の施行

エネルギーの効率化または節約は、産業、輸送、農業、家庭の4つの主要経済部門にまたがる多面的な活動である。省エネルギー対策は10年前に始められたが、法的強制力に基づく奨励策と抑止策を定める制度の整備が適切に行われなかったため、期待された結果が得られていない。またインド政府の従来のエネルギー政策は、供給サイドに関する諸問題の解決に重点が置かれていたが、第9次5カ年計画においては需要サイドにおけるエネルギー政策にも大きな焦点を当てている。それにもとづいて、電力省から提出されて省エネルギー法案(The Energy Conservation Bill 2000)がインド国会を通過し、インド官報に2001年10月1日に「2001年 No.52 Act」として告知された。この法案は「省エネルギー法 2001(The Energy Conservation Act 2001)」として発効した。この法律のキーポイントは次のとおりである。

- (1) 電力省の下に、従来のインドのエネルギー政策を扱ってきたエネルギー管理センター(EMC : Energy Management Center)を母体としたエネルギー効率局(BEE : Bureau of Energy Efficiency)を設置し、全産業横断的に省エネルギー政策を推進。
- (2) BEE、中央政府、州政府の職務・権限を明確化
- (3) エネルギー多消費産業として15業種(アルミニウム、肥料、鉄鋼、セメント、パルプと紙、塩化アルカリ、砂糖、繊維、化学製品、鉄道輸送、港湾公社、輸送、石油化学と石油精製、発電所と配電会社、商業施設)を指定し、これらの業種で一定の基準値を超える事業所について、年次報告書の提出、エネルギー診断の実施、エネルギー診断士(国家資格として認定された者)の設置等を義務付け
- (4) 州政府に省エネルギー基金を設置
- (5) 罰金制度として、省エネルギー基準に適合しない機器の製造・販売、輸入、輸出、省エネラベルの表示、エネルギー診断の実施、エネルギー診断士の指名、報告書の提出、省エネ基準の遵守、ビルの省エネ基準に関する違反者に1回当たり10,000ルピーの罰金を課す。ただし法律施行後の5年間は猶予期間とする。

従来は、各省庁の担当する範囲において、様々なエネルギー政策・対策が実施されてきたが、国家としての包括的な省エネルギー政策や長期計画は策定されていない。上述の「省エネ法」が成立したことで、今後は国家としての総合的な省エネ政策、長期計画が整備・実施されることが期待される。しかし、実際には現時点ではBEEは人員的に不十分あり、目的とする業務の遂行が十分に出来ていないのが実情である。ほとんどの業務においてTERI(Tata Energy Research Institute)が受託しているもようである。

2.2 環境問題

2.2.1 環境情勢

インドの環境問題は、急激な人口増加と1990年代初頭以降の鉱工業を中心とする経済成長によって、近年かなり深刻な状況にあるといえる。約10億の人口は将来中国を抜いて世界一になることが予想されている。そしてその1/4が都市部に居住しており、大気汚染、水質汚濁、廃棄物処理問題といった都市共通の公害問題が深刻なレベルにある。他方、残りの3/4が住んでいる地方では、農業や鉱工業の工場進出による大気、水質、土壌汚染、森林破壊といった様々な問題が見られる。ここではエネルギー問題と関連の深い大気汚染について、若干の言及を加える。

2.2.2 大気汚染問題

(1)産業部門からの大気汚染

1990年代からの急激な工業化に伴い、産業地域の大気汚染が進行した。中央汚染管理局(GPCB)によって汚染地域と認定されている14の産業都市で、浮遊粒状物質(SPM)総量が定められた環境基準値を超えている。産業部門の中でも石油精製や繊維、紙パルプ、化学工業が全産業部門の硫黄排出量の87%を、窒素排出量の70%を占めるといわれており、また鉄鋼業、非鉄鋼業が粉塵の55%を占めているといわれている。

(2)発電所からの大気汚染

産業の進展に伴って増加した大気汚染物質の排出源になっているのが火力発電所である。インド国産の石炭は灰分が多いため、環境問題になるのは浮遊粒状物質(SPM)である。既に述べた様に、インドでは全発電量のうち77%を石炭火力発電が占めている。

(3)運輸部門からの大気汚染

特に都市部において、近年大気汚染の主要な原因になっているのが運輸部門である。バスや近郊の鉄道等の公共交通機関が発達していないため、自動車総数の急増と道路整備が追いつかないため、都市部での交通渋滞は激しい。また、自動車用ガソリンに含まれる有害物質は途上国でも悪いといわれ、0.25%の硫黄分を含んでいる。

(4)家庭からの大気汚染

都市以外の地域に住むインドの一般家庭では、日常の調理などの燃料として、薪や穀物のワラ屑、動物の糞などのバイオマスを使用している。これらを家庭内で燃やすと、室内の空気は粉塵や一酸化炭素の濃度が高くなり、特に女子の呼吸器系の疾病患者が多い。

2.2.3 環境政策

以上の様な深刻な環境問題を抱えている状況に対して、インド政府は様々な対策に取り組んでいる。環境政策の中心的役割を果たしているのは、環境森林省、およびその下部組織である中央汚染管理局(CPCB)およびさらにその下にある州毎の汚染管理局(SPCB)である。

2.2.4 製造業に対する環境管理責任

(1) 公害管理法の制定

CPCB はインドの下記 17 業種に対し、公害防止に対する企業責任会議を設置し、公害管理を法制化している。

- 1) アルミニウム産業
- 2) セメント産業
- 3) クロールールアルカリ産業
- 4) 銅産業
- 5) 醸造産業
- 6) 染色産業
- 7) 肥料産業
- 8) 鉄鋼産業
- 9) 石油精製産業
- 10) 殺虫剤産業
- 11) 石油化学産業
- 12) 薬品産業
- 13) 紙・パルプ産業
- 14) 精糖産業
- 15) 製革業
- 16) 火力発電所
- 17) 亜鉛産業

管理法の中身は産業毎に実態が異なるため、対象、達成目標期限等に関する記述方法などは一定ではない。本プロジェクトに係る「鉄鋼産業」関係の管理基準を次にまとめる

(2) 鉄鋼産業に関する管理法

鉄鋼産業では下記6点が規定されている。

- 1) コークス炉に対する管理
- 2) 製鋼工場に対する管理
- 3) 高炉に対する管理
- 4) 固形物の管理
- 5) 排水の管理
- 6) 還元鉄工場に対する管理

本プロジェクトが関与する還元鉄工場に関しては以下の記述がある。

「還元鉄工場は一次および二次汚染物質の放散を管理する機器を 2003 年 12 月までに SPCB および SPCB に提出すること」

他部門には、削減目標、期限などが規定されているが、還元鉄工場の運営に関しては現状では削減目標、期限などは規定されていない。

2.3 インドの CDM 事業に対する取り組み

2.3.1 経緯

インド政府の CDM に関わるこれまでの流れをまとめると以下のとおりである。

- ・1993 年 11 月： 国連気候変動枠組条約批准
- ・2002 年 8 月： 京都議定書批准
- ・2003 年 12 月： DNA (Designated National Authority=指定国家担当機関) 設置

2.3.2 CDM 対応組織

インドの DNA は事務局を Ministry of Environment and Forests(環境森林省)に置き、以下の組織・役職がその構成員である。

- ・Foreign Secretary
- ・Finance Secretary
- ・Secretary, Industrial Policy and promotion
- ・Secretary, Ministry of Non Conventional Energy Sources
- ・Secretary, Ministry of Power
- ・Secretary, Planning Commission
- ・Joint Secretary(Climate Change), Ministry of Environment and Forests
- ・Director(Climate Change), Ministry of Environment and Forests

2003 年 12 月より、月 1 回のペースでミーティングを実施している。

2.3.3 実績

インド DNA がこれまでに政府承認を与えたプロジェクトは 2005 年 11 月 15 日現在 181 件で世界一で、第2位ブラジルの 90 件を大きく離している。その案件は種々の分野にわたっている。特にバイオマス、サトウキビ、モミガラ等を対象にしたプロジェクトが目立つ。またこの内既に PCN が公表されている案件で、当該プロジェクトと同様の「還元鉄プロセスにおける熱回収発電」をテーマにした案件が 3 件あり、うち 2 件は当該プロジェクトと同じオリッサ州での案件で、残り 1 件はウエストベンガル州での案件である。参考までにそれらのタイトルおよび IDNo. を次に示す。

- ・10 MW Waste Heat Recovery based Captive Power plant by Orissa Sponge Iron Limited at their plant. (ID No. 13)
- ・Waste Heat based 8 MW Captive Power Project at OCL Indian Limited Sponge Iron Works at Rajgangpur, District Sundargarh, Orissa. (ID No.50)
- ・SRBSL-Waste Heat Recovery based Captive Power Projects, Shri Rampurai Balaji Steel Limited. (ID No.104)

2.3.4 インド CDM の評価

ノールウェイのポイントカーボン社は CDM に関する世界的な情報発信を手がけている会社である。その中で最新の関連データを基に CDM ホスト国の「rating」(評価付け)を実施している。同社の 2005 年 9 月 13 日付けの rating ベスト 10 を表 2-15 に示す。この評価付けは当該国の CDM に関するルール・法制度、プロジェクト内容、可能性、投資環境等の最新情報を基に、同社が独自の評価付けをしたものである。

表 2-15 CDM ホスト国の評価付け(ポイントカーボン社)

順位	国	評価
1	インド	BBB
2	チリー	BBB-
3	ブラジル	BB+
4	中国	BB
5	メキシコ	BB
6	ペルー	B+
7	韓国	B+
8	モロッコ	B
9	マレーシア	B
10	アルゼンチン	B

(出典: Point Carbon ホームページ)

これによると、インドは第 1 位にランクされており、以下チリー、ブラジルと南米諸国が続く。またそれに続き韓国、中国がランク付けされている。インドがこの様に評価されている理由、背景について以下の様にコメントされている：

“インドは CDM プロジェクトのホスト国として、最も魅力的である。インドは政府承認案件数および PDD 数において、世界のリーダーである。同国にはこの制度についての知見を有しているプレーヤーも多い。しかしながら投資環境は比較的貧弱であり、また事業実施段階では障壁も多い。また「追加性」において問題点を抱えるプロジェクトもある。”

ここに説明されている様に、インド政府は CDM に対し極めて積極的であることがわかる。インドでは早い段階から CDM 制度の優位性に着目し官民上げてこれに取り組んできた経緯がある。この意味で、インドにおいて CDM 事業を実施する環境は整備されており、有意義な成果が期待できるであろう。

2.3.5 インドの有効化審査案件

国連の指定運営組織(DOE = Designated Operational Entity) において登録(Registration)された件数は 2006 年 2 月 23 日現在、全世界で 100 件である。このうちインド国案件は 25 件でトップ、以下ブラジル(14 件)、メキシコ(9 件)、チリー(7 件)と続く。

第3章 インドの鉄鋼産業

3.1 鉄鋼産業の現状

3.1.1 粗鋼生産量の推移

インドの鉄鋼産業はここ数年にわたる世界的な鉄鋼需要の拡大を受けて、生産量が増加している。表3-1にインドの鉄鋼(粗鋼)生産量の推移および一人あたり消費量を示す。あわせ参考までに日本、中国および世界合計のそれを示す。

表3-1 鉄鋼生産量の推移

(単位:百万トン/年)

国	1990年	2000年	2003年	2004年	一人あたり消費量 (Kg/人) (*)
インド	15.0	26.9	31.8	32.6	33.4
日本	110.3	106.4	110.5	112.7	603.2
中国	66.4	127.2	222.3	272.5	197.9
世界合計	770.0	846.0	969.3	1,056.7	165.6

(*) 2003年データ

(出典:日本鉄鋼連盟「鉄鋼統計要覧」)

ここに示す様に、中国の鉄鋼生産量の伸びが著しい。これは中国経済全般の活況、生産基地としての需要拡大、オリンピック、万博関連の建設ラッシュ等の要因によるものである。これが世界全体の生産量増加に寄与していることが分かる。日本は15年以上も前からその生産量は1億トン/年前後で推移しており、今後も大きな増減は無いものと予測される。インドは1990年代には年産2,000万トン前後で推移していたが、2000年には約2,700万トンにのぼり、2004年には3,260万トンに達した。また一人あたり消費量を見ると、インドは33.4kgで、世界平均の1/5、またインド同様に人口大国である中国の1/6にとどまっている。今後インドが力を入れる産業構造の変化、インフラ整備等によりこの数値が大きく上昇することが予想される。インド鉄鋼省は将来予測として、2012年度には6,000万トン、2020年には1億トンに達するとの見通しを明らかにしている。

3.2 鉄鋼製造プロセス

一般に鉄鋼の製造プロセスを「製鋼方法」と「製鋼用原料の製造」の観点から分類すると、表3-2の様になる。

表3-2 鉄鋼製造プロセス

分類	製鋼用原料	製鋼用原料製造プロセス	製鋼炉	呼称
(A)	溶銑	高炉	転炉	一貫製鉄法
(B)	スクラップ	市中から購入	電炉	電炉製鋼法
(C)	還元鉄	直接還元鉄プロセス	電炉	直接還元鉄法

図3-1に鉄鋼製造フローを示す。

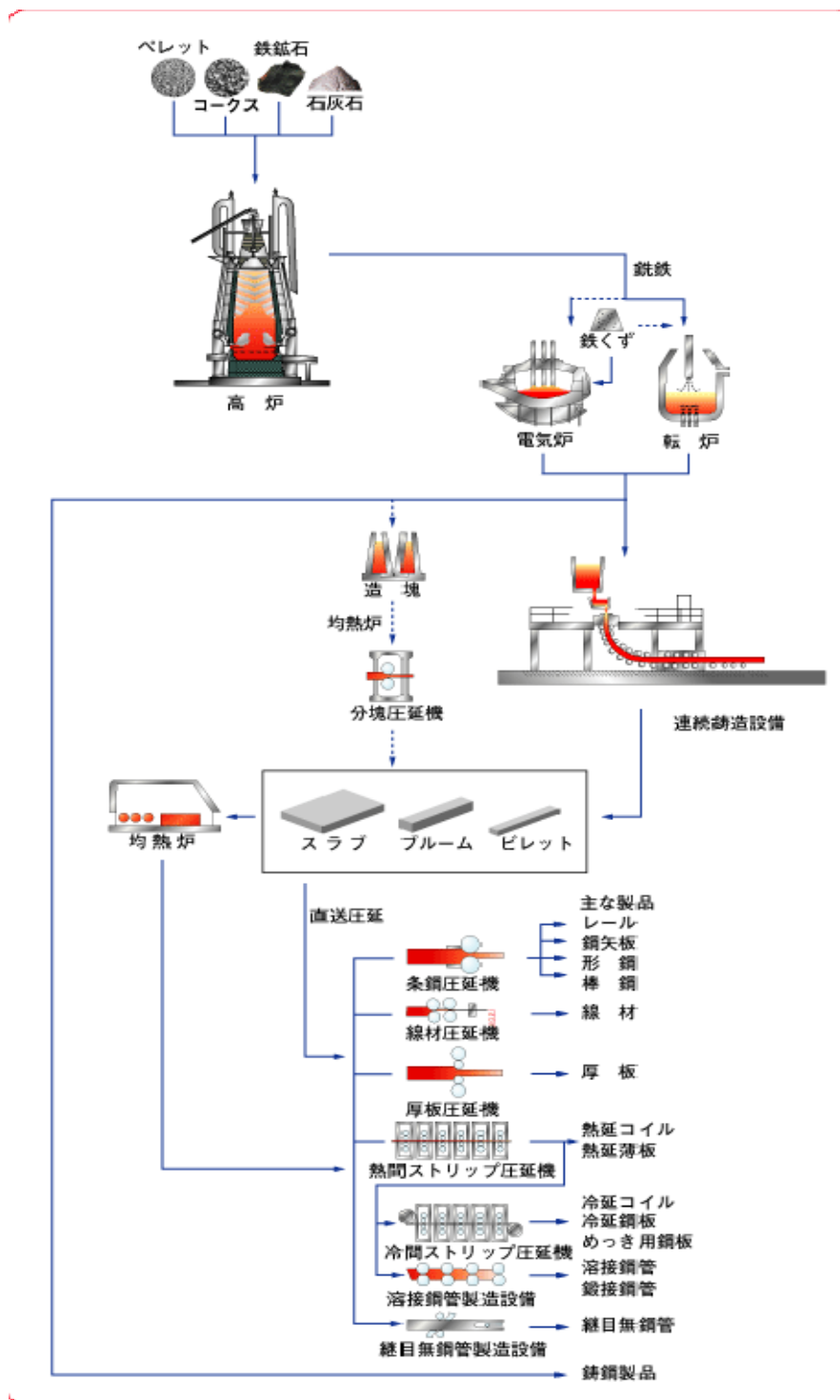


図3-1 鉄鋼製造フロー
 (出典:日本鉄鋼連盟 ホームページ)

(A)は一貫製鉄法と呼ばれるプロセスで、多くの場合大型高炉、転炉を備え大量生産を行っている。世界的には64%がこの方法である。(B)および(C)は電炉にてスクラップ、あるいは還元鉄を溶解して鋼を製造する方法である。建設コストは(A)が圧倒的に高く、このためインドでは国営製鉄所(SAIL,VSG)がこの方法では圧倒的なシェアを占めている。SAILは国策に沿って設立されており、過疎地の雇用対策、国内原料活用の観点から内陸部に建設されており、この結果市場である工業地帯からも遠く離れており、採算性が悪い。このため設備更新や技術導入等が進まず、これが更なる採算性悪化を産み悪循環を招いている。これに対しインド最大の財閥であるTATAが経営するTISCOは活発な設備投資、技術導入等を進めており、このプロセス唯一の民間企業として独自の存在感を示している。これに対し(B)は初期投資が低いので市中からスクラップが安価に調達出来る地域においては有利である。しかしスクラップが入手困難あるいは高価格の地域ではスクラップの代替原料として、還元鉄を電炉の原料として使用している。これが(C)プロセスである。以上まとめたインドの製造プロセス別鉄鋼生産量を表3-3に示す。あわせ参考までに日本、中国の状況を示す。

表3-3 プロセス別鉄鋼生産(2004年)

(単位: 1,000ton/年、%)

	(A)一貫製鉄法		(B)電炉製鋼法		(C)直接還元鉄法		合計	
	生産量	比率	生産量	比率	生産量	比率	生産量	比率
インド(*)	16,290	63	5,320	21	4,050	16	25,660	100
日本	83,000	74	29,800	26	0	0	112,700	100
中国	228,500	84	44,000	16	0	0	272,500	100
世界(*)	615,831	64	309,052	32	41,272	4	966,153	100

(*)インド:1999年、世界:2003年

(出典:IISI Steel Statistical Yearbook 2004)

世界的には4%程度の占有率である(C)直接還元鉄法がインドでは16%をしめていることが特徴である。

次に製造方法別、会社別の生産実績を表3-4に示す。

表3-4 製造方法別・会社別粗鋼生産量(1999年度)

(単位:千トン/年、%)

製造方法	経営方式	会社	粗鋼生産量	比率
(A)一貫 製鉄法	国営	SAIL(インド鉄鋼公社)	9,990	
		IISCO(SAIL 子会社)	290	
		VSC(バイザーク製鉄所)	2580	
	民営	TISCO 社(TATA 鉄鋼会社)	3,430	
	小計		16,290	63
(B)電炉 製鋼法	民営	電炉企業	5,320	21
(C)直接還元 鉄法	民営	直接還元鉄/電炉企業	4,050	16
合計			25,660	100

(出典:石上悦朗「インド鉄鋼業—国家主導輸入代替工業化の遺産とグローバル競争」)

インドでは国営製鉄会社(SAIL, IISCO, VSC)が全体の半分をしめており、国営企業は全て一貫製鉄法である。民間の一貫製鉄法は TISCO 社のみである。インドの主要製鉄所の所在地を

3.3 直接還元鉄製造プロセス

前述の様にインドの鉄鋼業を特徴付けているのは、(C)直接還元鉄法が他国と比較して高い比率を占めていることである。還元鉄製造の原理は、固体のまま鉄鉱石中の酸素を還元剤を用いて除去するもので、還元鉄製造プロセスは還元剤の種類により、「天然ガスベース」と「石炭ベース」の2種類がある。表3-5にインドにおける両プロセスの生産量の実績を示す。インドでは従来天然ガスベースが多かったが、近年は石炭ベースが増加して天然ガスベースを凌駕している。そして2005年度には石炭ベースが7,000トンを超えるものと予測されている。天然ガスプロセスは産油国では有利であるが、近年の世界的な石油価格の高騰のため非産油国では今後不利な状況に置かれることは明らかで、インドでも天然ガスベースはこれ以上増加しないものと予測される。

表3-5 インドの還元鉄生産量推移

(単位:1,000トン/年)

年度	天然ガスベース	石炭ベース	合計
1999	3,462	1,878	5,340
2000	3,462	2,019	5,481
2001	3,171	2,487	5,658
2002	3,625	3,284	6,909
2003	3,976	4,109	8,085

(出典:日本鉄鋼連盟 輸出市場調査委員会報告「インド鉄鋼需給の現状と見通し」)

すでに表3-3に示した様に、インドでは世界的に見ても全粗鋼生産量に占める割合が約4%と低くまた日本や中国には存在しない(C)還元鉄電気炉法が約16%存在する。また近年ではこのうちの過半数を石炭ベースの製造が占めている。この理由は以下のとおりである。

- (1)一貫製鉄法は建設コストが非常に高い。このためこれを保持出来るのは国営企業かあるいはTATAグループに代表される様な巨大企業に限られ、中小の民間企業では困難である。また小型高炉であれば安価であるが、良質の原料(鉄鉱石、コークス用石炭)が得にくい。
- (2)これに対し電炉製鋼法は設備費が安い。しかしながら電炉の原料となるスクラップの蓄積量がインドには少なく、このためスクラップ価格が高く採算上問題がある。
- (3)スクラップ不足を補う方法として直接還元鉄プロセスが有望である。直接還元鉄製造プロセスとしてはこれまでは天然ガスベースが主流であったが、天然ガス価格の高騰によりこれが頭打ちとなってきた。
- (4)そしてインドでは還元鉄製造に適した一般炭(非コークス炭)が豊富に産出するため、天然ガスと比較し价格的に優位である。また還元鉄製造設備(ロータリキルン)の建設コストが比較的到低い。

以上の結果、インドでは必然的に(C)直接還元鉄法が多く存在し、また天然ガスベースより有利な石炭還元鉄プロセスが増加傾向にあり、今後このプロセスが増加していくことが予測される。地域的に見ると産炭地である東部(オリッサ州、西ベンガル州等)には石炭ベースの直接還元鉄プロセス工

場が数多く存在しており、また新增設計画も多い。

3.4 鉄鋼製品

インドの普通鋼の品種別生産量を表3-6に示す。

表3-6 普通鋼品種別生産量比率(2002 年度)

(単位:%、1,000トン)

品種		インド	日本(参考)
	棒鋼	18.6	17.3
	線材	13.2	4.2
	型钢	6.9	10.6
	軌条	2.7	1.5
条鋼類計		41.4	33.6
	厚板	5.5	10.7
	熱延薄板	1.5	0.3
	熱延帯鋼	25.9	17.5
	冷延鋼板	15.0	8.8
	亜鉛メッキ鋼板	8.3	15.9
	電気鋼板	0.5	2.1
	ブリキ	0.4	1.6
	ブラックプレート他	0.1	2.6
鋼板類計		57.2	59.5
鋼管		1.4	6.9
完成鋼材合計		100.0	100.0
生産量		33,625	80,363

(出典: 日本鉄鋼連盟 「鉄鋼統計要覧」)

インドでは産業構成、インフラ整備状況等から棒線鋼の需要が多く、全体の約 41%を占めている。また鋼板類では熱延帯鋼が全体の1/4を占め、冷延鋼板も 15%とこれに続く。しかしメッキ、ブリキなどの表面処理鋼板の生産比率は低い。

第4章 プロジェクトの内容

4.1 プロジェクトの概要

インドにはロータリーキルンで石炭を利用して鉄鉱石を還元し、鉄鋼原料となる還元鉄を製造する中小企業が多く存在する。その多くはオリッサ州に集中している。キルンでは高温の廃ガスが発生するが、それが利用されず無駄にそのまま大気放散されている。また高温のためダストの集塵が困難で、ダストを含んだまま大気に放出されている例が多い。このようにこの設備は省エネ・環境上問題が多いが、中小企業のため有効な対策の実施は困難であるのが実情である。そこで鉄鋼省傘下の調査機関であるBPNSI(Biju Patnaik Nation Steel Institute)が還元鉄企業組合のOSIMA(Orissa Sponge Iron Manufacturers Association)と協力して、複数の中小企業を束ねて、CDM 化による設備近代化(廃熱回収発電と集塵強化)を企画した。具体的なイメージは、キルンの廃ガス出口にボイラーを設置し、高温ガスによりボイラーで蒸気が発生させ、この蒸気でタービンを回転して発電する。これによりグリッド(電力会社)からの購入電力量を減少させ、さらに余剰があればグリッドに売電する。この結果グリッドでの発電量がその分減少する。インドでは石炭火力発電が主流なので、その結果石炭の燃焼量が減少し、これによりCO₂の発生量減に結びつき、CDM 事業が成立する。—— この様なDM事業化の可能性を調査する。

4.2 ロータリーキルン

ロータリーキルンは1960年代にヨーロッパにて開発された還元鉄製造プロセスで、石炭を還元剤として固体状態のまま鉄鉱石から還元鉄を製造する方法である。

4.2.1 設備概観

図4-1に同プロセスの原理を、また図4-2、図4-3にキルンの外観写真を示す。

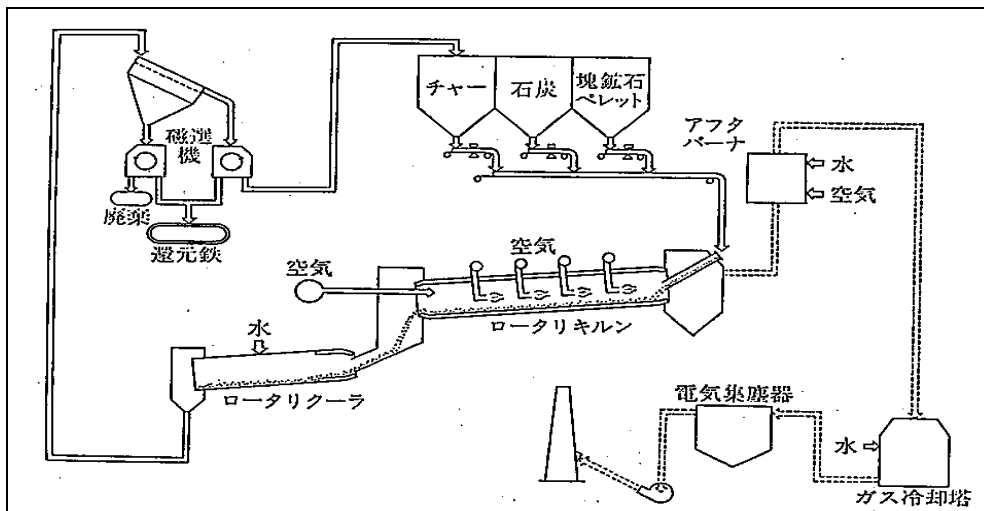


図4-1 ロータリーキルン
(出典: 諸データを基に当社が作成)



図4-2 ロータリーキルン概観(1)
(出典: JAY Iron & STEEL Ltd.)



図 4-3 ロータリーキルン概観(2)
(出典: JAY Iron & STEEL Ltd.)

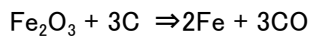
4.2.2 製造技術

(1) 設備

ロータリーキルンは全長約 70～80m内径約4mの筒状の炉で、水平に対し僅か(4度程度)傾いている炉である。上部から原料である鉄鉱石、また還元剤および燃料としての石炭を装入し、バーナーから空気を吹き込み、高温(約 1,000～1,050 度 C)に温度を調節しながら炉を円周方向にゆっくり回転(0.5～1rpm 程度)させる。回転の結果鉄鉱石と石炭は炉内部で反応しながらゆっくりと下方に送られる。この結果金属化率 90%以上の製品(還元鉄)が排出される。また排ガスは炉の上部から外部に排出される。本プロジェクトではこの排ガスを利用しようとするものである。

(2) 反応の原理

本プロセスでは以下の式により反応が進行する。



すなわち鉄鉱石(酸化鉄の形で 65%以上の鉄分を含んでいる Fe_2O_3)中の酸素を石炭を用いて除去し(これを還元反応と称する)、鉄分の純度を高める。高炉法では鉄鉱石が熔融して銑鉄となるが、本プロセスでは固体状態のままである。この様な還元反応の結果、鉄分が90%以上になり、鉄スクラップの代替品となり得る。この様にして得られた製品を「還元鉄」と呼ぶ。

実操業結果の一例を表4-1に示す。

表4-1 還元鉄製造結果

(単位: %)

	T-Fe	Fe_2O_3	Fe_3O_4	$\text{Fe}_{0.945}\text{O}$	M-Fe	CaO	SiO_2	MgO	Al_2O_3	その他
還元前 (鉄鉱石)	66.4	94.9	0	0	0	0.5	1.6	0.6	2.1	0.2
還元後 (還元鉄)	90.6	0	0	10.5	82.6	0.7	2.2	0.9	2.9	0.2

(出典:MECON)

操業性および製品性状を表す指標として下記指数を使用する。この操業例における値を示す。

・還元率 (RD = Reduction Degree)

還元反応前後における O_2 の変化率: 0.938

・金属化率 (MD = Metallic Degree)

還元後の T-Fe 中の M-Fe : 0.911

両指標共、高い数値が望ましいが一般的な操業ではほぼ上記に近い数値が得られる。

(3) 還元剤

還元剤として用いられるのは石炭(一般炭)である。一例として表4-2に代表的な成分を示す。

表4-2 還元鉄製造用石炭成分

(単位:%)

C	N2	H2	O2	Ash	H2O	S	total
60.5	1.2	4.0	6.6	23.7	3.3	0.7	100.0

(出典:MECON)

石炭は一般に、粘結性炭と非粘結性炭に大別される。粘結性炭はその特性からコークス製造に用いられ、世界的に見て産地も限られているため高価格で取引される。一方非粘結性炭はコークス製造には不向きで、一般炭と呼ばれ主として燃料として使用される。インドで採掘されるのはほとんどがこの非粘結性炭で、これをロータリーキルンプロセスにおいて還元剤として利用している。またインドは鉄鉱石の産地でもある。この結果両者を活用し比較的小さな資本にて製鉄事業が可能となる当プロセスが、インドに数多く存在するに至った。

(4) 還元鉄製品

ロータリーキルンにて製造された還元鉄は鉄分が約90%、また金属化鉄が約82%含まれており、スクラップ代替品として電気炉にて溶解・精錬する。

図4-4、4-5に還元鉄の原料である鉄鉱石を、また図4-6に還元鉄製品の写真を示す。



図4-4 還元鉄原料(鉄鉱石)

(出典:JAY Iron & STEEL Ltd.)



図4-5 鉄鉱石拡大図
(出典: JAY Iron & STEEL Ltd.)



図4-6 還元鉄製品
(出典: JAY Iron & STEEL Ltd.)

4.3 廃熱ガス回収による発電事業

4.3.1 OSIMAプロジェクト関連組織

- (1) オリッサ州には石炭ベース還元鉄製造工場が現在約 80 社あり、更に増設傾向にある。このような還元鉄製造企業の組合として、OSIMA(Orissa Sponge Iron Manufacturers Association)がある。ここがインド側のCDM実施主体組織で、参加企業の情報整理・取りまとめ等を行う。オリッサ州ブバネシュバル市に事務所がある。
- (2) BPNSI(Biju Patnaik Nation Steel Institute=鉄鋼省傘下の調査機関)がPDDの作成支援を行う。本社はニューデリーにある。同組織はこれまでに類似CDM案件のPDD作成実績を持つ。
- (3) またMECON Limitedがインドに適した設備仕様の設定と設備費積算資料を提供する。同社はインド鉄鋼省や国営製鉄会社であるSAILの設備グループが40年前に分離して発展したインド有数のエンジニアリング会社である。本社はジャールカンド州ラーンチ市にあり、社員数2,500人、売り上げ700億円規模である。業務範囲は鉄鋼、非鉄、セメント、発電、石油化学、土建、ソフトウェア等多岐にわたる。CDM事業にも実績が多い。

4.3.2 プロジェクト構成企業

プロジェクトを構成するのは表4-3に示す17社である。

表4-3 参加企業リスト

地区	会社		ロータリーキルン		年間 生産量 (ton/year)
			サイズ (ton/day)	基数	
JHARSUGUDA	1	PAWANSUT SPONGE PVT.LIMITED	100	1	30,000
	2	SHREE MADHAV ISPAT PRIVATE LTD	100	1	30,000
	3	L.N.METALICS LTD	100	2	60,000
SAMBALPUR	4	MAA SAMALESWARI FERRO METALS (P) LTD	100	1	30,000
KALUNGA	5	SPONGE UDYOG (P) LTD	100	1	30,000
	6	SHREE MAHAVIR FERRO ALLOYS PVT. LIMITED	100	2	60,000
	7	POOJA SPONGE PVT.LTD	100	2	60,000
	8	JAY IRON & STEELS LIMITED	100	2	60,000
	9	SEETA SPONGE IRON LTD	50	1	15,000
	10	SRI BALAJI METALICS (P) LTD	100	1	30,000
KUARMUNDA	11	SHREE GANESH METALIKS LIMITED	100	4	120,000
	12	SWASTIK ISPAT (P) LTD	50	1	15,000
	13	BAJARANG ISPAT (P) LTD	100	2	60,000
	14	MAA SAKUMBARI SPONGE (P) IRON LTD	100	1	30,000
	15	VEDVYAS ISPAT LIMITED	100	1	30,000
	16	PAWANJAY SPONGE IRON LIMITED	50	3	45,000
RAJGANGPUR	17	SURAJ PRODUCTS LTD	50	3	45,000
	計				750,000

(出典:OSIMA)

構成企業 17 社はその地理的条件から4地区に分類されており、各地区には 1~7企業が含まれている。参加企業の規模は日産 100ton 規模のロータリーキルンを1~2基有する企業が多く、還元鉄を年間 30,000~60,000 ton 程度生産する企業が主体である。

4.3.3 企業所在地

参加企業の所在地を図4-7に示す。

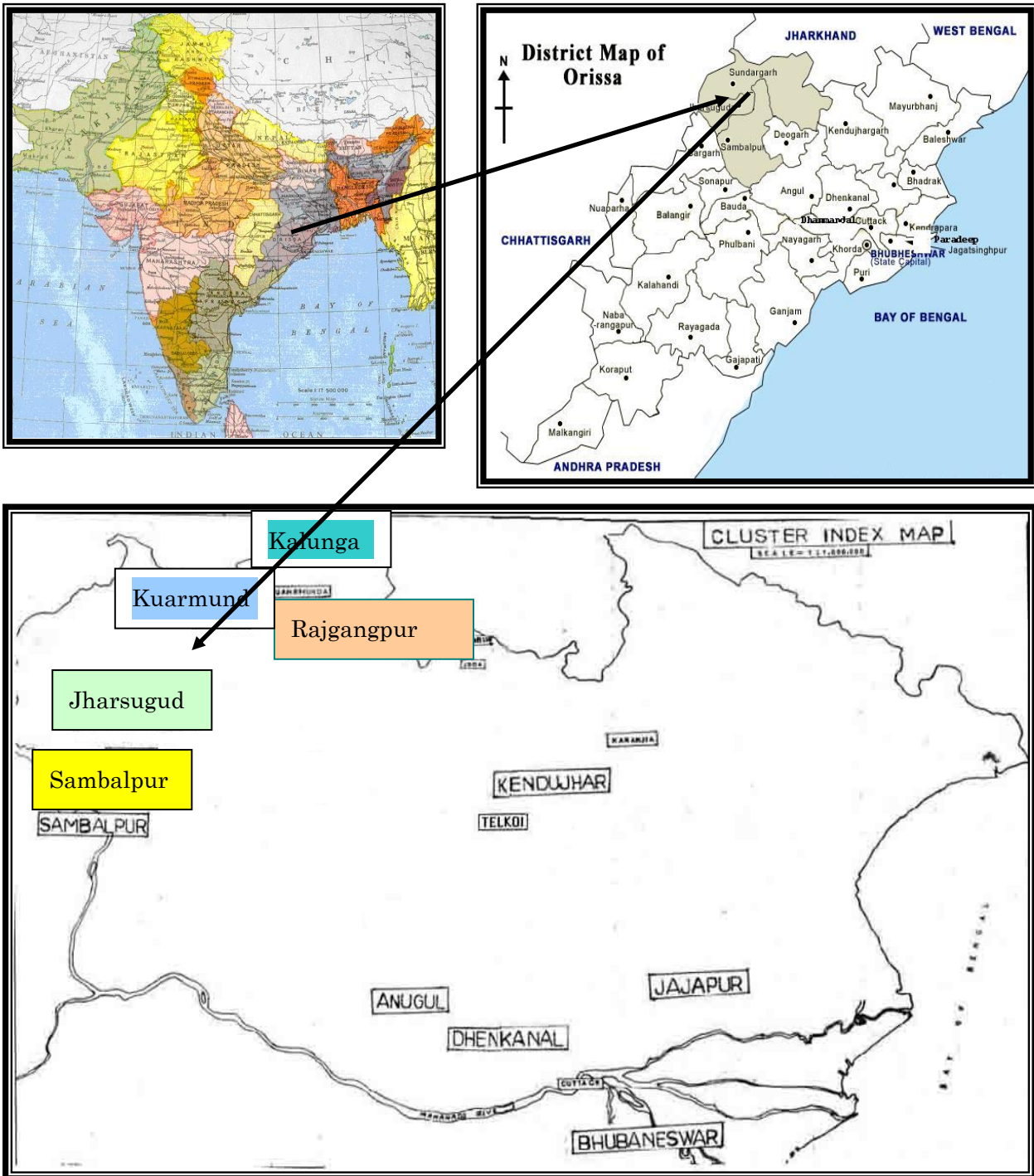


図 4-7 対象企業の所在地

(出典:BPNSI)

4.4 プロジェクトの実施体制

プロジェクトの実施体制を4-8に示す。

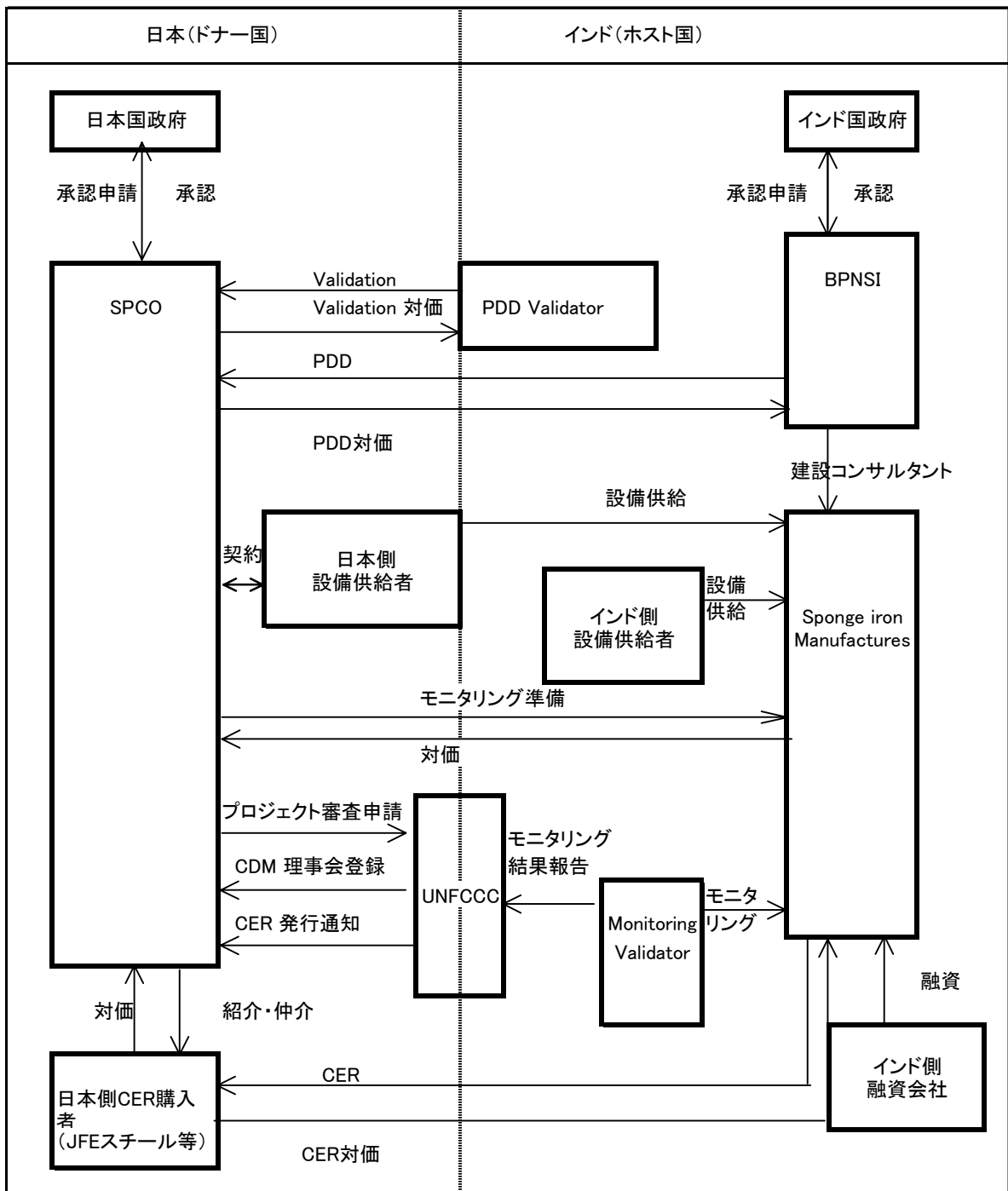


図 4-8 プロジェクトの実施体制

(出典: 諸データを基に当社が作成)

現状では具体的な投資者は決まっていない。

4.5 環境への影響

4.5.1 検討項目と分野

当該プロジェクトが環境に及ぼす影響について、下記分野、およびフェーズにわたって検討した。

(1)分野

- 1) 土壌
- 2) 大気
- 3) 騒音
- 4) 天然資源
- 5) 従業員の健康、など

(2) フェーズ

- 1) 建設時
- 2) 操業時
- 3) 保全作業時

4.5.2 結論

当該プロジェクトが環境を悪化させる要素は存在しない。当プロジェクトにより、粉塵が減少して大気
の環境が改善される。またエネルギー効率が向上することにより、大気汚染が減少する。そして GHG
が削減されるので、地球温暖化現象の改善に結びつく。

第5章 PDDの作成

本プロジェクトでは以下の構成によるPDDを作成した。本章ではこのPDDの内容を中心に、一部解説をまじえ説明する。

- A. General description of project activity(当該プロジェクトの概要)
- B. Application of a baseline methodology(ベースライン方法論)
- C. Duration of the project activity / Crediting period(活動期間/クレジット期間)
- D. Application of monitoring methodology and plan(モニタリング方法論)
- E. Estimation of GHG emissions by sources(排出源別 GHG 排出削減量の算出)
- F. Environmental impacts(環境負荷)
- G. Stakeholders' comments(利害関係者からのコメント)

Annexes(付属文書)

- Annex 1: Contact information on participants in the project activity(プロジェクト参加者の情報)
- Annex 2: Information regarding public funding(公的資金の情報)
- Annex 3: Baseline information(ベースライン情報)
- Annex 4: Monitoring plan(モニタリング情報)

Appendices(添付資料)

- Appendix 1 :Details of sustainable development(持続可能な開発の詳細)
- Appendix 2 :Abbreviations and Acronyms used in PDD(略語の説明)
- Appendix 3 :Ranking of Alternative Baseline Scenarios(代替ベースラインシナリオのランク)
- Appendix 4 :Calculation of the CERs of individual Units(参加企業リストおよび CER 計算)
- Appendix 5 :Data pertaining to Generation and Distribution of power by GRIDCO/OPTCL(発電および送配電の実績)

上記のうち、Aについては第4章に述べたので、ここではその他の部分について述べる。

5.1 ベースライン方法論

5.1.1 適用される方法論

当該プロジェクトは Approved consolidated methodology ACM0004(承認統合方法論 ACM0004)に則ってPDDを作成することになっている。ACM0004 にはベースラインの適用については以下の記述がある。

- Option 1: これまであるいは今後もグリッドからの電力購入の無いケースで、そのプロジェクトで発生した電力は自家発電装置の発電量を低減するケースに適用される。

→ACM0004 を適用する。

Option 2 : そのプロジェクトで発電した結果、それまでのグリッドからの電力購入量が低減されるケースに適用される。このケースではグリッドの発電燃料種別(火力、水力、原子力など)およびその構成割合により、CO2 削減量の算出基準が細かく規定されている。

→ACM0002 を適用する。

当該プロジェクトでは全てグリッドからの購入電力を対象にしており、この結果 Option 2 が適用される。従って当該プロジェクトでは ACM0002 の最新版である Version 04 (28 November 2005)に基づいて PDD を作成した。

5.2 ベースラインの妥当性

ベースラインの妥当性について以下のロジックにて説明した。

step- II (A) 代替ベースラインの認定

(1) CDM 無しでのプロジェクト遂行

CDM 無しでは、必要な投資や融資が得られず設備が建設出来ない。また仮に自力で建設したとしても、財務計算によると到底借金は返済できず、このプロジェクトは成立しない。

(2) グリッドからの電力購入

この選択肢は法律の要求に合致しており、最も自然な選択肢である。

(3) 自家発電装置による発電

この選択肢は法規制に合致している。考えられるエネルギー源は天然ガス、石炭、ディーゼル、水力、風力などである。しかし燃料入手の問題からまた設備コストの点から引き合わず、代替案から除外される。

(4) 上記(2)と(3)の組み合わせ

これも法規制上は問題がない。事実ディーゼル発電機を有している企業もあるが、これは非常用であり、通常操業には使用していない。

(5) また方法論では、「現在および将来にわたる政策および法規制によりベースラインシナリオが変更される可能性があるか否かを検証すること」と規定されている。この点につき現状では規制する法律は存在しないが、唯一存在する関連法律は「Electricity ACT 2003」である。ここの条文(Clause 7)によると、「事業ライセンスなしでも、グリッドへの接続に関する技術標準を満たせば、企業は発電が出来る」と規定されている。このことから、現在および将来も発電事業を規制する法は存在しないと言える。

(6) 以上の検討の結果、ベースラインは「グリッドからの電力購入」となる。

5.3 バウンダリー

既に第2章 2.1.9 にて述べた様に、インドの発電主体は以下の3形態が存在する。

A. 州セクター

B. 民間セクター

C. 中央セクター

当該プロジェクトの実施場所であるオリッサ州においては、州セクター(A)である GRIDCO がその管理に置く OGPC(火力発電セクター)および OHPC(水力発電)にて発電事業を営む。また民間セクター(B)の IPP 各社が発電する電力を受け入れる。またこれ以外に中央セクター(A)からの電力を受け入れる。オリッサ州は Eastern Region Grid(東部地区発電公社)がそれに該当する。これ以外からの import, export は存在しない。当該プロジェクトにおける CDM 対象設備は、排ガスがキルンより排出された段階から最終的に煙突から大気に放散されるまでに係る設備である。従ってバウンダリーは図5-1に示す範囲となる。

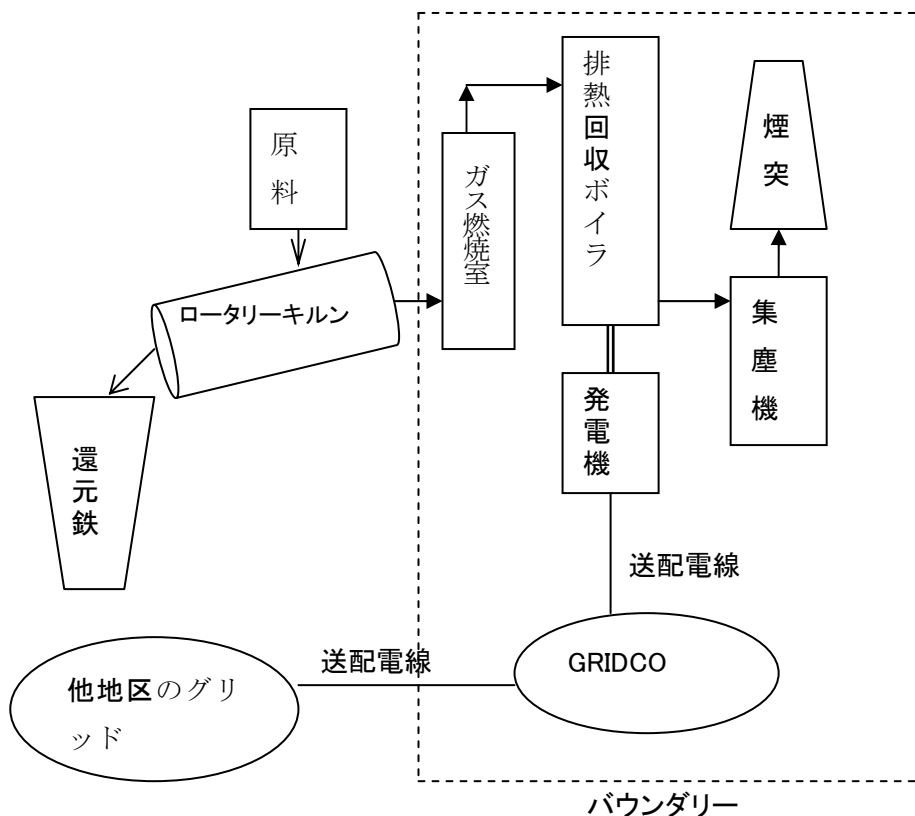


図5-1 対象設備とバウンダリー
(出典:PDD)

5.4 排出係数の決定

5.4.1 マージンの考え方

ACM0002によると、当該プロジェクトにより代替される発電所の排出係数推計の簡易な特定法は、大きく分け、オペレーティング・マージン(OM)、ビルド・マージン(BM)、およびコンバインド・マージン

(CM)の3つがあり、ベースライン排出係数にはCMの適用を推奨している。ここでCMの算出には下式を用いる。

$$CM = (OM + BM) / 2$$

5.4.2 オペレーティング・マージン

OMの算出方法には下記4手法がある。

- (a) Simple OM
- (b) Simple adjusted OM
- (c) Dispatch OM
- (d) Average OM

(1)手法の選択

手法の選択を下記図5-2に示す。

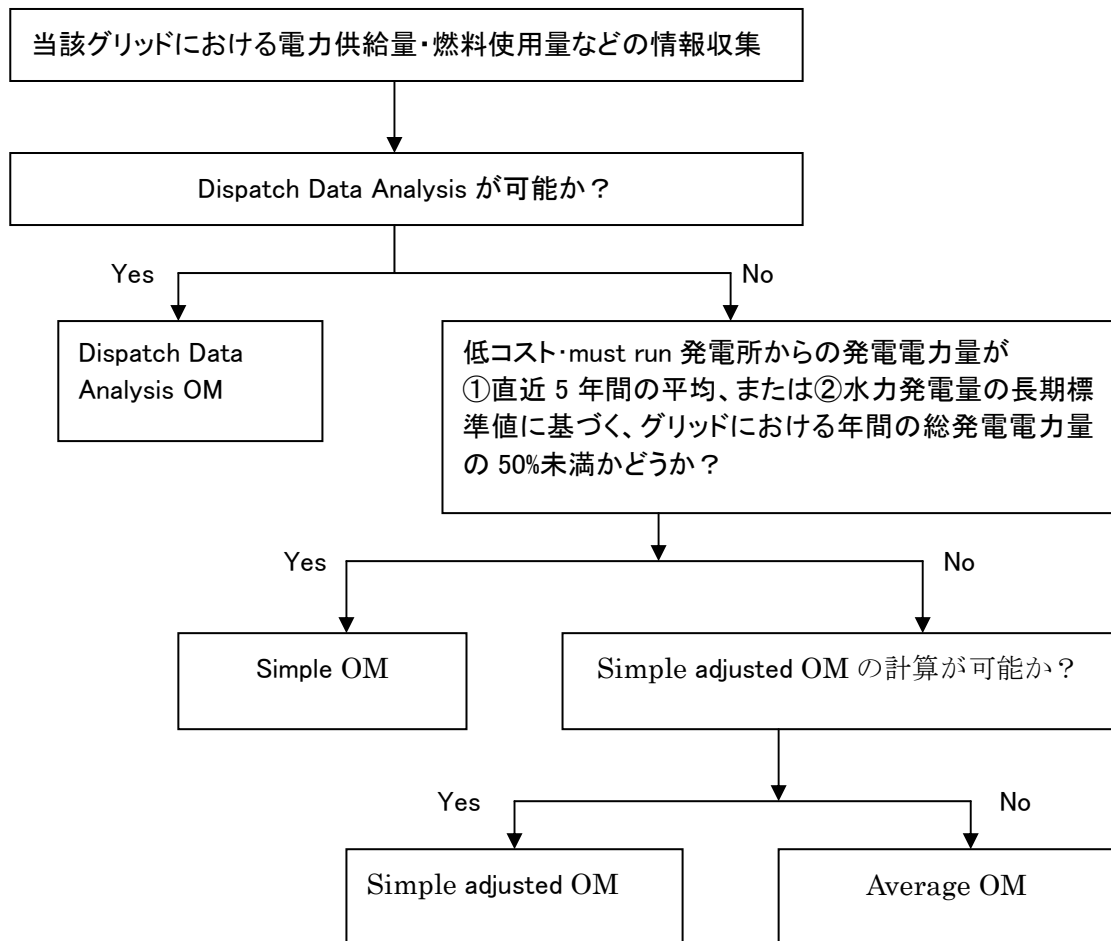


図5-2 OMの運用フロー

(出典: CDM/JI 運用事業調査事業実施マニュアル 環境省)

一般に Dispatch Data Analysis はそのデータ入手性から困難なことが多い。当該プロジェクトにおいてもこの分析は困難であり、次のステップに進み水力発電の全発電量に占める比率を調査した。

(2) エネルギー源別の発電量

図5-1にて述べた様に、GRIDCOは a)オリッサ州政府管轄の発電所からの電力、およびb)中央セクター管轄の発電所からの電力、の2電源の電力を受け入れ送配電している。表5-1にGRIDCOの合計のエネルギー源別電力を示す。

表5-1 GRIDCOのエネルギー源別の電力

(単位:MWh)

エネルギー源	2000 年度	2001 年度	2002 年度	2003 年度	2004 年度	5年合計
水力	4,957.99	6,780.11	3,288.82	5,729.09	7,318.75	28,074.76
火力	6,053.40	5,655.02	7,927.92	9,089.79	10,292.93	39,019.06
計	11,011.39	12,435.13	11,216.74	14,818.78	17,611.68	67,093.82
水力比(%)	45.0	54.5	29.3	38.7	41.5	41.8

(出典:PDD)

表5-1より直近5年間の水力発電の比率は41.8%と判明、すなわち水力比率が50%以下なのでOMの算出には Simple OM を使えばよいことが判明した。

(3) Simple OM

発電時のCO2排出係数を算出するため、石炭が有する排出係数(Emission factor)を表5-2に示す。この数値はIEA発行のIPCC 1996を用いる。

表5-2 CO2 排出係数

エネルギー種別	Emission factor (t-CO2/TJ)
水力、原子力、太陽光、風力	0
ディーゼル	74.1
LPG	63.1
天然ガス	55.1
Petroleum coke	100.8
石炭	95.52

(出典:PDD)

同表はいずれも世界的な標準値である。インドで実際に発電用に使用されている石炭のデータは無いが、インド国産の石炭は世界の標準的な石炭に比し品位的には劣るものと考えられるので、同表を用いての計算値は「保守的に算出」することになる。また発電所における燃焼効率を6カ所調査した結果、平均値で34.78%であった。この結果単位電力あたりのCO₂排出量は表5-3の様になる。

表5-3 CO₂排出係数

年	排出係数(t-CO ₂ /MWh)
2002年度	0.99951
2003年度	0.99969
2004年度	1.00455
3年間平均	1.00125

(出典:PDD)

5.4.3 ビルド・マージン

ビルド・マージンの算定に当たっては、下記のうち年間発電量の大きいサンプルグループを使用することされている。

- ・最近に建設された5基の発電所
- ・発電容量の追加分が、グリッド全体の発電量の20%をしめるような最近建設された発電所

当該プロジェクトでは最近の10基分をとることによってグリッド全体の発電量20%を超える。従ってこの10基がビルド・マージンの対象となる。表5-4にこの10基分の発電データを示す。

表5-4 最近10基分の発電実績

(単位:MWh)

	2003年度	2004年度
火力発電	4,431.04	8,527.72
水力発電	1,710.72	2,828.10
計	6,141.76	11,355.82
火力発電比	72.15%	75.10%

(出典:PDD)

石炭の単位発熱量:3,800k cal/kg、炭素排出係数:95.15、酸化係数:0.98、消費量:2,762kcal/kgを用いてBMを算出する。

$$BM = 686.59tCO_2/BWh = 0.68659 t CO_2/GWh$$

5.4.4 コンバインド・マージン

以上の結果、コンバインド・マージンは下記となる。

$$\text{コンバインド・マージン} = (1.00125 + 0.68659) / 2 = 0.843923 \text{ tCO}_2/\text{MWh}$$

5.5 活動期間／クレジット期間

(1) プロジェクト活動の開始: 2005年9月15日

(2) CDM プロジェクト期間: 10年間

5.6 追加性の証明

追加性のツールにおいては、図5-3のステップを踏んだアプローチが求められている。

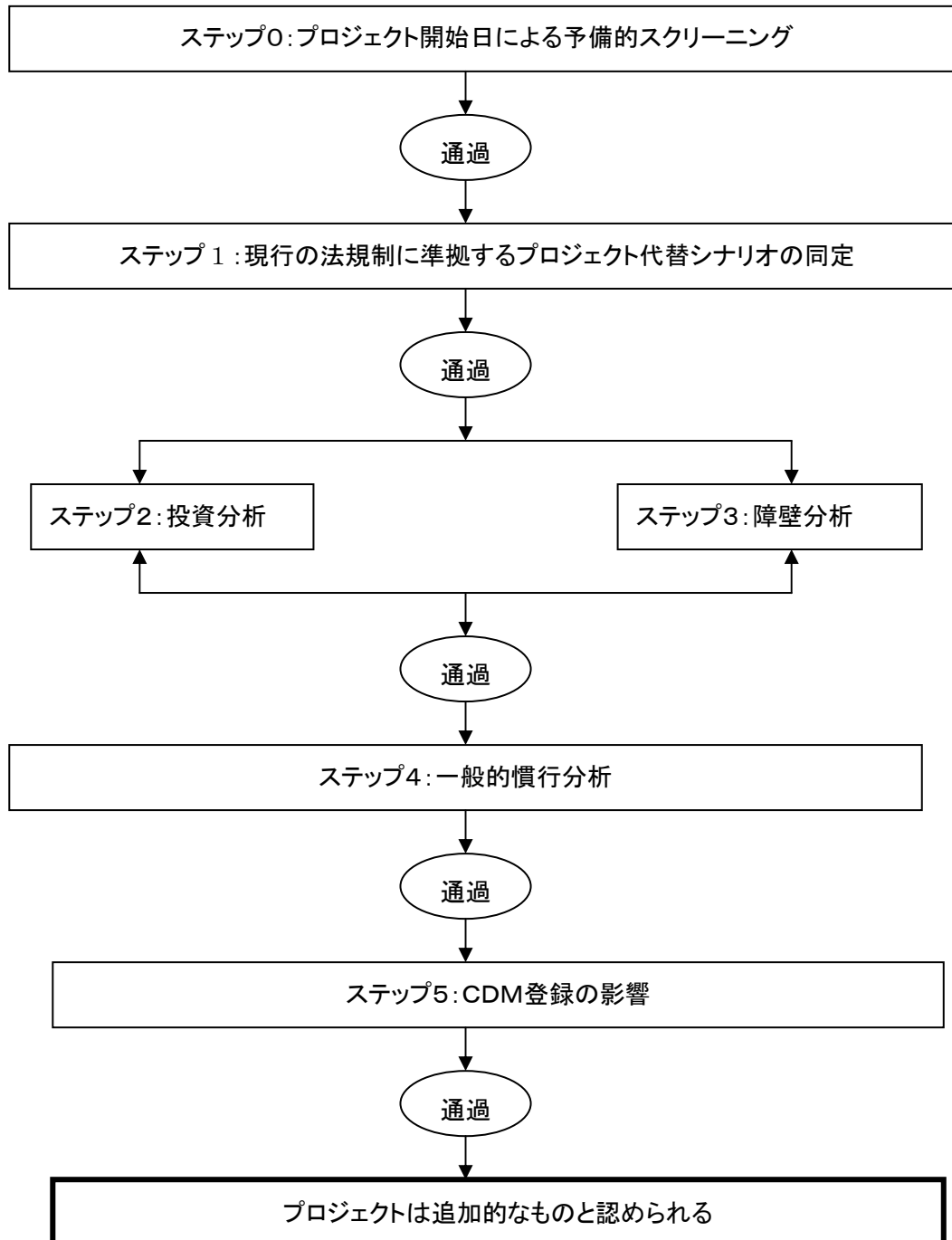


図5-3 追加性証明スキームのフローチャート

(出典: 第16回 CDM 理事会報告 Annex 1)

図5-3に示す様に、ステップ1通過後はステップ2またはステップ3のいずれかを通過させる必要がある。当PDDにおいてはステップ3を選んだが、参考までにステップ2も実施した。

(1) ステップ0 :プロジェクト開始日による予備的スクリーニング

- 1) 本プロジェクトは2005年12月31日までに登録するものではないので、クレジット期間は登録日から10年間となる。
- 2) プロジェクト実施の意思決定
プロジェクト実施の意思決定は2005年3月23日にBPNSI、OSIMA、SPCOの3者がインドRourkelaにて会談した際にスタートした。

(2) ステップ1: 現行の法制度に準拠するプロジェクト代替シナリオの同定。

1) Substep 1a: 代替シナリオの定義

第1代替案— グリッドからの電力購入(現状)

第2代替案— 石炭による自家発電

第3代替案— ディーゼルによる自家発電

第4代替案— 天然ガスによる自家発電

第5代替案— 風力による自家発電

第6代替案— 排熱回収による自家発電

これらのうち、第6代替案— 排熱回収による自家発電がCDMにより可能である。

2) ステップ1b: 関連する法規制の実行

本プロジェクトを行うに当たり、これは法規制により進められたものでない。

(3) ステップ2: 投資分析

1) Substep 2a 最適分析方法の決定

Option1を採用する。

2) Substep 2b: コスト分析

主なコストは以下のとおりである。

・建設費: RS.42/MW

・借入金利子: 8.5%

・借入金返済期間: 7年

・買電価格: Rs. 3.00

・売電価格: Rs. 1.10

その他コストを用いて、表5-5 収支バランス を算出した。

表5-5 収支バランス

(単位: million Rs.)

	1年目	2年目	3年目	4年目	5年目	6年目	7年目
CERなしの操業利益	-187.5	-162.0	-152.4	-140.7	-128.1	-114.6	-100.0
CER売り上げ(*)	189.0	189.0	189.0	189.0	189.0	189.0	189.0
CERを含んだ操業利益	1.5	27.0	36.6	48.3	60.9	74.4	89.0

(*) CER=US\$ 14.5 /t-CO2として

(出典:PDD)

この様に CER 売り上げが無いと7年目までは赤字操業となり、CDM なしでは全く事業性がないことがわかる。この時 CER を US\$ 14.5 /t-CO2 とすると、1年目から黒字操業となる。ただし黒字幅は僅かであり、このままでは投資にはふみきれないであろう。なおこの様な簡易分析とは別に、一般に投資収益性をあらわす指標として広く採用されている「IRR 分析」を「第6章 事業性調査と資金計画」にて実施した。

(4) ステップ3: 障壁分析

1) Substep 3a: 提案されたプロジェクト活動と同種のプロジェクトの実現を妨げる障壁を同定

参加企業は中小企業なので金融機関からの融資は事実上不可能である。もしこれが CDM 事業と認定されれば、融資が可能となり当プロジェクトが可能となる。

a) 技術上の障壁

本文の事業は各企業にとって未経験の分野である。従ってスキルを有する技術者が居ない。またその養成には時間がかかる。また対象としている炉は小型の日産 50~100ton 炉であり、大型炉に比べ発電効率が悪く、CDM なしでは採算があわない。この様に本プロジェクトでは「技術的障壁」がある。

(5) ステップ4: 一般的慣行分析

1) Substep 4a: 提案されたプロジェクト活動と類似の活動を分析する

現在オリッサ州にて操業中の還元鉄工場における自家発電装置の設置状況を表5-6に示す。

表5-6 オリッサ州の操業中の還元鉄工場における自家発電装置の設置状況

Baseline option	使用燃料(CDM との関連)	設置基数
1	CDM 実施中	0
2	グリッドより電力購入	75
3	石炭	0
4	天然ガス	0
5	ディーゼル	4
6	CDM EB にて審査中	2
計		81

(出典:PDD)

ディーゼル自家発電装置を設置している工場が4社あるが、これらはいずれも非常用電源である。またそれらの工場は、炉サイズが日産 250ton で大規模な工場である。それ以外の小規模工場は自家発電装置を有しておらず、CDM が無いと自家発電装置を設置出来ない現実を示している。

(6) ステップ5: CDM 登録の影響

当プロジェクトが CDM として承認され登録されることによる便益とインセンティブは、繰り返しになるが、step 2, step 3 にて述べた問題点を克服すること、すなわち GHG の削減できることが一番のインセンティブである。一般に特に中小企業にとっては、金融機関からの融資は困難であるが、CDM 化されることにより、これが可能となる。計算によると、当プロジェクトにより年間約 30 万トンの CO2 が削減され、10 年間では約 300 万トンとなる。

以上の結果 CDM 制度がないと排熱ガスは現状のまま大気放散されることになる。よって本プロジェクトが「追加的である」ことが証明された。

5.7 モニタリング計画

本プロジェクトでは以下のモニタリングを実施する。必要な使用機器、モニタリング頻度などを表5-7にまとめる。

表5-7 モニタリングの実施

No.	対象	測定値	測定頻度	備考
1	燃料、製品重量	ton or m3	連続	(*)
2	燃料カロリー	TJ/t or m3	月	必要に応じ実施
3	Carbon 排出係数	C/TJ	月	
4	全発電量	MWh/y	連続	
5	補機電力使用量	MWh/y	連続	
6	グリッド発電量	MWh/y	連続	

(*) : 現方法論では規定されていないが、参考までにロータリーキルンの原料および製品量を測定する。

(出典:PDD)

5.8 本プロジェクトのCO₂ガス排出削減量

- ・年間発電量: 360,000 MWh
- ・排出係数(=Combined margin): 0.84393 ton-CO₂/MWh

従って本プロジェクト対象のプラントにおけるCO₂削減量は約30万ton/yearとなる。

10年間では約300万tonとなる。

5.9 リークージ

本プロジェクトではリークージは発生しない。

第6章 事業性調査と資金計画

6.1 参加企業リスト

表6-1に OSIMA プロジェクトを構成する企業、合計 17 社のリストを示す。参加企業の規模は 100 ton/day 程度のロータリーキルンを1～2基し、還元鉄を年間 30,000～60,000 ton 程度生産する企業が主体である。

表6-1 参加企業リスト

地区	会社		ロータリーキルン		年間 生産量 (ton/year)
			サイズ (ton/day)	基数	
JHARSUGUDA	1	PAWANSUT SPONGE PVT.LIMITED	100	1	30,000
	2	SHREE MADHAV ISPAT PRIVATE LTD	100	1	30,000
	3	L.N.METALICS LTD	100	2	60,000
SAMBALPUR	4	MAA SAMALESWARI FERRO METALS (P) LTD	100	1	30,000
KALUNGA	5	SPONGE UDYOG (P) LTD	100	1	30,000
	6	SHREE MAHAVIR FERRO ALLOYS PVT. LIMITED	100	2	60,000
	7	POOJA SPONGE PVT.LTD	100	2	60,000
	8	JAY IRON & STEELS LIMITED	100	2	60,000
	9	SEETA SPONGE IRON LTD	50	1	15,000
	10	SRI BALAJI METALICS (P) LTD	100	1	30,000
KUARMUNDA	11	SHREE GANESH METALIKS LIMITED	100	4	120,000
	12	SWASTIK ISPAT (P) LTD	50	1	15,000
	13	BAJARANG ISPAT (P) LTD	100	2	60,000
	14	MAA SAKUMBARI SPONGE (P) IRON LTD	100	1	30,000
	15	VEDVYAS ISPAT LIMITED	100	1	30,000
	16	PAWANJAY SPONGE IRON LIMITED	50	3	45,000
RAJGANGPUR	17	SURAJ PRODUCTS LTD	50	3	45,000
	計				750,000

(出典: OSIMA)

6.2 事業性調査

事業の採算性を調査するために IRR (Internal Rate of Return) on investment 値を算出した。なお対象データは表6-1にある参加企業 17 社の合計値である。

6.2.1 採算性計算の前提

表6-2採算性計算の前提

	項目	データ	単位	備考
1	日間生産量合計	2,500	ton/day	
2	設備発電係数	0.020	MW/tpd	
3	全発電容量	50	MW	
4	建設費単価	0.95	Million US\$/MW	
5	建設費合計	47.7	Million US\$/MW	
6	金利	8.5	%	
7	償却年数	14	year	
8	年間発電量	360,000	MWh/y	
9	購入電力量	71,286	MWh/y	
10	購入電力単価	0.068	US\$/kWh	Rs 3.0/kWh
11	購入電力削減金額	4.85	Million US\$/MW	
12	販売電力量	277,165	MWh/y	
13	販売電力単価	0.025	US\$/kWh	Rs 1.1/kWh
14	販売電力金額	6.929	Million US\$/MW	
15	発電による利益	11.8	Million US\$/MW	
16	メンテナンスおよび操業固定費(建設費の 5.0%とする)	2.4	Million US\$/MW	
17	CO2 発生係数	0.84393	t-CO2/MWh	
18	CO2 発生量	306,219	t-CO2/y	
19	建設期間 (2006 年建設、2007 年稼働)	1	year	
20	プロジェクト期間	18	year	
21	残存簿価	5	%	
22	償却年数	14	year	
23	法人税率	38.5	%	

(1US\$=Rs44)

(出典: 諸データを基に当社が作成)

6.2.2 IRR 計算

表6-2を基に IRR on project を求めた。結果を表6-3に示す。この計算ではクレジット価格を t-CO2 当り US\$ 0、5、10、15の4レベルにて試算した。

表6-3 IRR on project

クレジット価格 (US\$/t-CO2)	税引き後 IRR(%)
0	9.6
5	12.6
10	15.4
15	18.1

この結果クレジット価格が US\$ 15/t-CO2 でも、一般に投資対象の基準となる 20~25%を下回っており、この条件下では CDM 事業化は困難である。

6.2.3 センシティブリティ チェック

センシティブリティ チェックとして、US\$ 10/t-CO2 のケースにおいて (1)建設費、(2)販売電力単価の一方を固定し、各々5、10、15%上下に変動させて IRR 値の変化を求めた。表6-4にその結果を示す。

表6-4 センシティブリティ チェック(US\$ 10/t-CO2 のケース)

建設費の変動		販売電力単価の変動	
変動値(%)	IRR(%)	変動値(%)	IRR(%)
-15	20.0	+15	17.3
-10	18.3	+10	16.7
-5	16.6	+5	16.1
0	15.4	0	15.4
+5	14.2	-5	14.8
+10	13.0	-10	14.2
+15	11.9	-15	13.5

この結果、販売電力単価の変動に対しては IRR 値の変動は少ないが、建設費の変動には大きな影響を受けることが分かる。

6.2.4 投資回収年

投資回収年を求めると表6-5となる。

表6-5 投資回収年

クレジット価格 (US\$/t-CO ₂)	投資回収 (年)
0	5.1
5	4.4
10	3.8
15	3.4

投資回収年 = 建設費 / (年間売り上げ - 年間コスト)

投資回収年も同様、一般的な判断レベル(3.5年前後)から見て基準を下回っている。

6.3 資金計画

資金調達については、インド側から下記の要望が示された。

- ・12.5% :インド側からの出資
- ・12.5% :日本側からの出資
- ・75.0% :loan(借り入れ)

具体的な投資計画は当プロジェクトの全体像が把握出来た後に詳細に検討することになる。日本側としては、政府資金としてJBICからの融資、日本カーボンファンドによるCO₂ 買い上げ、またクレジットの大量購入を必要としている企業からの出資等の可能性を検討する必要がある。

第7章 利害関係者のコメント

7.1 コメント対象者

コメント対象者は以下のとおり。

- ・参加企業の経営者
- ・工場から半径 7.5km 範囲の住民
- ・地域の役人
- ・郡当局の役人
- ・州政府の汚染管理局
- ・GRIDCO
- ・中央政府の関連省庁
- ・中央政府の環境森林省

7.2 コメントのまとめ

(1) 参加企業の経営者

CDMにより本プロジェクトが実現し、その結果 GHG が削減されることを切望している。PDD が早期に承認され、CER を担保に銀行からの融資が受けられることを期待している。

(2) 近隣住民

プロジェクトにより地域の雇用拡大や電力の安定供給が期待できる。また公害が減少し学校施設や道路が建設されるので、歓迎である。

(3) 地域、郡、州、中央政府

このプロジェクトにより生活全般の質が向上し、持続する発展が期待できる。

(4) GRIDCO

オリッサ州ではいくつかの企業において自家発電が稼働している。これが無い時には、電力の使い過ぎにより時として電圧低下現象があったが、自家発電によりこれが減少するであろう。

7.3 コメントへの対応

利害関係者のコメントとしては、いずれも当該プロジェクトを支持しており実現を期待している。BPNSI は既に銀行と会談を重ねており、CDM 制度により金融機関からの必要な融資が受けられる約束も得ている。