

インド国  
火力発電運用改善計画調査  
事前評価調査報告書

平成 20 年 8 月  
(2008 年)

独立行政法人国際協力機構  
産業開発部



## 序 文

インドの国家開発計画である 5 カ年計画は、1951 年以来策定され続け、現在、第 11 次 5 カ年計画（2007～2012 年）の策定・実施にまで至っています。同計画はインドの計画委員会によって作成されているもので、電力分野では、第 9 次 5 カ年計画において、新規発電所建設に加えて既存施設や機関の運営効率改善の必要性が、第 10 次 5 カ年計画及び第 11 次 5 カ年計画においては、全国レベルでの電力不足への対策として発電設備の増強・効率改善が急務であると述べられています。

自国で石炭が豊富に産出することを反映して、インドは石炭火力が発電設備の 66% を占めており、コスト面を考慮しても、今後ともインドでは石炭火力に依存する度合いが高いことが想定されています。一方、石炭火力発電設備を増強する際、特に考慮されるべき点は、地球環境に配慮した高効率な発電設備の建設・改修とともに、着実な運転・保守業務により、発電効率を保持する仕組みをつくることです。

このような背景により、①CO<sub>2</sub> 排出削減といった地球環境への配慮、②大気汚染などの公害対策、③燃料費節減による経済性追及といった側面から、インド政府は、我が国に対して火力発電運用効率改善に係る要請をしてきました。これを受けて、当機構は 2008 年 5 月に事前調査団を派遣し、火力発電運用改善に係る開発調査の基本方針、内容、スケジュール等について先方関係機関と協議を行いました。

本報告書は、上記調査の内容及び協議結果を取りまとめたもので、今後の調査の実施にあたって広く活用されることを願うものです。

ここに、これまで調査にご協力いただいた外務省、経済産業省、在インド日本国大使館など、内外関係機関の方々に深く謝意を表すとともに、引き続き一層のご支援をお願いする次第です。

平成 20 年 8 月

独立行政法人国際協力機構

産業開発部長 新井 博之







## 略 語 集

略語	正式名称	和文名称
ADB	Asian Development Bank	アジア開発銀行
AH	Air Heater	空気予熱器
APP	Asia-Pacific Partnership	アジア太平洋パートナーシップ
BHEL	Bharat Heavy Electricals Limited	バラート重工業
CBM	Condition-Based Maintenance	状態基準（監視）保全
CDM	Clean Development Mechanism	クリーン開発メカニズム
CEA	Central Electricity Authority	中央電力庁
CenPEEP	Center for Power Efficiency and Environment Protection	電力効率・環境改善センター
C/P	Counterpart	カウンターパート
DEA	Department of Economic Affairs	インド財務省経済局
DVC	Damodar Valley Corporation	ダモダル溪谷開発公社
DSM	Demand Side Management	デマンドサイドマネージメント
EP	Electric Precipitator	電機集塵機
EPRI	Electric Power Research Institute	電力研究所
GEF	Global Environment Facility	地球環境ファシリティ
GHG	Greenhouse Gas	温室効果ガス
IBRD	International Bank for Reconstruction and Development	世界銀行
IGCC	Integrated Coal Gasification Combined Cycle	石炭ガス化コンバインドサイクル
JBIC	Japan Bank for International Cooperation	国際協力銀行
JEPIC	Japan Electric Power Information Center, Inc.	社団法人海外電力調査会
JICA	Japan International Cooperation Agency	独立行政法人国際協力機構
LE	Life Extension	延命化
METI	Ministry of Economy, Trade and Industry	経済産業省
M/M	Minutes of Meeting	協議議事録
MOP	Ministry of Power	電力省
NTPC	NTPC Limited	国営火力発電公社
O&M	Operation & Maintenance	運用及び維持管理
PDD	Project Design Document	プロジェクト設計文書
PLF	Plant Load Factor	設備利用率
PMI	Power Management Institute	電力研修所

略語	正式名称	和文名称
RH	Re-Heater	再熱器
R&M	Renovation and Modernization	設備更新
SH	Super Heater	過熱器
S/W	Scope of Work	実施細則
TBM	Time-Based Maintenance	時間計画保全
USAID	United States Agency for International Development	米国国際開発庁
USDOE	US Department of Energy	米国エネルギー省
WB	World Bank	世界銀行
WG	Working Group	ワーキンググループ



# 目 次

序 文  
地 図  
略語集

第1章 事前調査団の派遣	1
1-1 調査の背景	1
1-2 調査の目的	1
1-3 調査団員構成	2
1-4 調査日程	2
1-5 調査方針	3
1-6 主要面談者	5
第2章 協議の概要	7
2-1 協議結果概要	7
2-2 団長所感	9
第3章 インド電力セクターの概要	11
3-1 インド国の発電設備と将来計画	11
3-2 NTPC の発電設備と将来計画	16
3-3 火力発電効率改善におけるドナー協力	23
第4章 NTPC 火力発電所における運用の現状と課題	26
4-1 火力発電所設備の現状	26
4-2 先方要求と協力の可能性	35
第5章 本格調査での留意事項	42
5-1 火力発電運用改善計画の協力内容	42
5-2 本格調査における留意事項	43
付属資料	
1. 署名した M/M 及び S/W 案	47
2. 面談議事録	63
3. 調査団によるプレゼンテーション資料	79
4. 署名した S/W	87
5. 現地収集資料	103



## 第1章 事前調査団の派遣

### 1-1 調査の背景

急速な経済成長を遂げているインド国では、電力需要の増加が著しく、供給力の確保が重要課題となっている。急速な成長を続けるアジアの中で、インド国の電力消費量は年率5%で増加を続けており、第11次国家計画（2007-2012）によると計画期間中に70,000MWの電源新設が必要とされている（2005年末時点におけるインド国国内の合計発電設備容量は約124,000MW。うち石炭火力は約69,000MW）。日本は新国家エネルギー戦略や海外経済協力会議でも中国と並びインド国に対しても、エネルギー消費効率向上のための省エネルギーをはじめとしたエネルギー分野の協力を重点的に実施することを決定している。

また、2006年8月に国家計画委員会の専門委員会が「総合エネルギー政策（Integrated National Policy）」を発表した。この中のエネルギー供給シナリオに関しては、石炭が今後とも最も重要なエネルギーと位置づけ、そして原子力及び水力の最大限利用、天然ガス利用の推進に加え、デマンドサイドマネージメント（Demand Side Management : DSM）、石炭火力発電所の高効率化、鉄道輸送の拡大、自動車燃費の改善、そして再生エネルギーの利用を掲げている。

しかしながら、電力需給が逼迫するなか、既存発電設備が適切なメンテナンスを受けないままに酷使されることなどにより、発電停止や発電出力の低下を招き電力需給を一層悪化させている。石炭資源が豊富なインド国は、火力発電は今後も発電分野で主要な地位を占めていく（現段階で発電容量の66%が石炭火力発電）ものと考えられ、その運転・保守はもとより効率向上や延命化（Life Extension : LE）といった既存設備の効率的な運用管理に関する技術の向上が不可欠となっている。

近年、世界規模で環境負荷の低減が求められているが、エネルギー消費量が世界第4位（2007年現在）であるインド国においても、気候変動問題に対する意識改革や具体的な対策技術の導入が課題となっている。かかる背景のもと、インド国政府は「火力発電運用改善計画」を策定する開発調査を要請した。

それを受けて、2008年2月に「インド国電力分野協力内容調査」を実施し、我が国の火力発電所の熱効率約43%と比べて、インド国の火力発電所の熱効率は約30%であり、設備の老朽化のみならず、保守点検・運営にも改善の余地があり、火力発電所の熱効率改善に向けて支援の必要性が高いことが確認され、その後同案件が採択された。

同案件の採択を受け、協力の基本方針、内容、スケジュール等の詳細を協議すべく、2008年5月に事前調査を実施する運びとなった。

### 1-2 調査の目的

本事前調査では、火力発電運用改善計画に向けての基礎調査を行い、インド国の石炭火力発電所の効率改善に対する取り組みの現状を把握する。同時に、本格調査の範囲、内容、本格調査実施体制、スケジュール等の枠組みについて、先方関係機関と協議を行い、実施細則（Scope of Work : S/W）案について基本的な合意を得ることを目的とする。

### 1-3 調査団員構成

担 当	氏 名	所 属
団 長	足立 文緒	JICA 産業開発部次長（資源エネルギー担当）
技術協力計画	丹羽 顕	JICA 国際協力専門員
火力発電技術	古川 周司	海外電力調査会国際協力センター副長
調 査 企 画	高田 健二	JICA 産業開発部資源エネルギーグループ電力・エネルギー課主任
火力発電設備	花岡 浩	コンサルタント

### 1-4 調査日程

団員	足立文緒団長	丹羽顕専門員、古川周二団員、高田健二団員		花岡浩団員
5/14（水）				出国（成田→デリー） JICA インド事務所との打合せ
5/15（木）				国営火力電力公社（NTPC）ヒアリング
5/16（金）				NTPC ヒアリング
5/17（土）				DADRI 発電所視察
5/18（日）				資料整理
5/19（月）				資料整理 NTPC ヒアリング
5/20（火）		出国（成田→デリー） JICA 事務所にて団内打合せ		
5/21（水）		JICA 事務所意見交換、在インド日本国大使館表敬 NTPC 協議（S/W 案についての意見交換）		
5/22（木）		NTPC 協議（S/W 案についての意見交換） 電力省（MOP）協議（Shukla 国際局課長） JBIC との意見交換		
5/23（金）	成田→ ハイデラバード	NTPC 協議（S/W 案についての意見交換） 移動→ハイデラバード		
5/24（土）	移動→RAMAGUNDAM 火力発電所視察			
5/25（日）	移動→デリー			
5/26（月）	NTPC 協議（S/W 案・M/M 案ドラフト協議） NTPC 表敬訪問・意見交換（CDM）			
5/27（火）	NTPC 協議（S/W 案・M/M 案ドラフト協議）			
5/28（水）	日本大使館報告、JICA 事務所報告			
5/29（木）	足立団長〔NTPC との打合せ後、経済産業省（METI）調査団合流〕 丹羽専門員、高田団員はトルコに移動。 帰国（古川団員）、NTPC 打合せ（花岡団員）			
5/30（金）	M/M 署名 JICA 事務所報告 帰国（足立団長）		→成田（古川団員）	M/M 署名同席 JICA 事務所報告 帰国（花岡団員）
5/31（土）	→成田			→成田

## 1-5 調査方針

以下（１）から（９）に示す各項目について、先方関係機関との協議、現地調査により実施し、先方政府との合意内容を協議議事録（Minutes of Meeting：M/M）にまとめ、署名交換を行う。

なお、本格調査の内容についてもインド国側関係機関と議論し、S/W のドラフトを M/M に添付し、基本的内容について合意を得る。

### （１）インド電力セクター概況把握

以下の内容について、文献、インターネット、各種報告書からインド国の情報を整理する。

- ・法令、政令等のエネルギー全般に係る関連法規の最新状況
- ・最新の電力需給状況
- ・石炭火力発電所の最新動向
- ・各ドナーの最新動向
- ・経済政策や成長率等のエネルギー計画に関連のある情報の入手先の把握
- ・現地再委託をする場合の想定される委託先、委託内容、金額

### （２）既設火力発電所運用改善に係るインド国側の取り組み状況の確認

インド国側の既設発電所効率向上の取り組みは、設備更新（Renovation and Modernization：R&M）プログラムとして第7次5カ年計画中の1984年に開始している。これらの対策に伴う成果や実施上の課題として主要なものについて、2008年2月の調査でデータを得ることができなかったことから、必要となる情報を入手し、分析を行い、要請のあった協力を実施するうえでの留意事項や課題（制約要因）について確認する。

### （３）案件名について

在インド日本国大使館からの口上書及び要望調査票には、「Improving Operations in Thermal Power Plants」とあるが、要請書どおり、「Enhancing Efficiency of Operating Thermal Power Plants in NTPC-India」とする。

### （４）本格調査の実施内容（S/W 案骨子）

#### 1）調査の目的

インド国の石炭火力発電所の熱効率の改善計画を策定し、あわせて電力省（Ministry of Power：MOP）、国営火力発電公社（NTPC Limited：NTPC）への技術移転を行う。発電所間のシステム構築については、我が国に同等のシステムが存在しないことから、本格調査内容から外すことについて先方と合意を得る。

#### 2）調査対象地域

インド国全土を対象とし、MOP 及び NTPC と合意した NTPC 石炭火力発電所とする。

#### 3）本格調査内容

##### a）基礎調査段階

- ①インド国の電力セクター概要（電力セクターの構造、電力政策、電力需要、法制度、組織体制、エネルギー資源、電気料金ほか）
- ②インド国の電力分野に関する民間投資及び各援助機関の動向

③対象となる火力発電所（1970 年前後建設、1985 年前後建設、2000 年前後建設）に係る基礎情報収集・選定

b) 火力発電所の現状把握段階

①調査方針と調査計画の検討

②対象発電所における効率診断の実施

③対象発電所における改善対策、コスト見積もり、クリーン開発メカニズム（Clean Development Mechanism : CDM）申請に必要となる「プロジェクト設計文書（Project Design Document : PDD）」の作成支援

④火力発電所のスタッフに対する研修実施状況・研修内容の確認

c) 火力発電所運用改善計画作成段階

①火力発電所運用改善に係るマニュアル作成

②火力発電所運用改善に係る能力強化

4) 本格調査スケジュール

暫定的に 2008 年 11 月から 18 ヶ月程度の調査を予定（事前調査により期間を再度設定する）

（5）本格調査の実施体制の確認について

1) ステアリングコミッティーの設立

関係機関の協力による円滑な調査実施、調査進捗状況の把握及び調査方針に関する議論を行う場としてステアリングコミッティーの設立を提案し、インド国側関係機関と意見交換を行う。想定されるステアリングコミッティー構成員は①MOP（議長）、②NTPC 本社、③インド財務省経済局（Department of Economic Affairs : DEA）、④JICA 関係者である。また、開催時期については、インセプション・レポート（Inception Report : Ic/R）提出時、インテリム・レポート（Interim Report : It/R）提出時、ドラフトファイナルレポート（Draft Final Report : Df/R）提出時の 3 回が想定されるが、この点についても先方と協議・確認する。

2) カウンターパート（Counterpart : C/P）の配置及び編成

本格調査の実施にあたっては、NTPC の C/P と分野ごとのワーキンググループ（Working Group : WG）を編成し、効率的に作業を進めることを提案する。また、MOP 及び NTPC の各分野の C/P の配置を確認するとともに NTPC の 100%子会社である NTPI（National Thermal Power Institute）、電力研修所（Power Load Factor : PMI）などの研修機関の WG への取り込みについても先方関係機関と意見交換を行う。現時点で想定される WG は以下のとおり。

- ・火力発電所運用
- ・火力発電所設備
- ・発電所人材育成

（6）技術移転・人材育成の手法について

1) ワークショップ

火力発電所運用改善計画の策定状況やその内容を関係機関に周知し、認識の共有化を図

ることを目的としたワークショップの開催について提案し、インド国側関係機関と意見交換を行う。また、開催時期については、Ic/R 提出時、It/R 提出時、Df/R 提出時の3回が想定されるが、この点についても先方と協議・確認する。現時点で想定されるワークショップの参加者は次のとおり。

- ・ MOP（主催者）
- ・ NTPC 本部（副主催者）
- ・ NTPC 火力発電所
- ・ 州・火力発電所
- ・ 各ドナー
- ・ 大学・研究機関
- ・ JICA 調査団ほか

## 2) 技術移転セミナー

設備診断やマニュアルに係る具体的なセミナーについての要望があり、セミナーの必要性が認められた場合は十分に吟味するとともに、実施の方向となった際はその内容、時期についてインド国側関係機関と十分に意見交換を行う。

## 3) 本邦研修

要請がインド国側からあれば、実施可能性につき意見交換を行う。

## (7) インド国側のアンダーテイキング

本格調査実施時の C/P（WG メンバー等）が調査に参加するために必要な予算の先方負担及び JICA 調査団が調査業務を遂行するうえで必要な執務室の先方手配について確認する。

## (8) 開発調査後の協力について

開発調査の本格調査実施後の将来的な技術協力及び資金協力の展望については、求められた場合には今後の可能性について意見交換を日本側関係者と意見交換するにとどめ、先方に対しては今回の開発調査に限定して意見交換を行う。

## 1-6 主要面談者

### (1) MOP

Sudhakar Shukla	国際局課長
Sangiay Garg	課長補佐

### (2) NTPC

R.S.Sharma	総 裁
Chandan Roy	理事（Operation 担当）
R.K.Jain	理事（Technical 担当）
Thomas Josept	RAMAGUMDAM 発電所長

### (3) NTPC CenPEEP（Center for Power Efficiency and Environment Protection：電力効率・環境改善センター）

D.K.Agrawal	センター長
Rankaj Bhartiya	副センター長
M.K.Samuel Kutty	副 長
Subodh kumal	職 員

(4) JBIC インド事務所

片井 啓司	職 員
-------	-----

(5) JICA インド事務所

藤井 知之	所 長
朝熊 由美子	次 長
Subroto Talukdar	シニアプログラムオフィサー



## 第2章 協議の概要

### 2-1 協議結果概要

本事前調査では、NTPC との協議及び NTPC 既設電力設備の視察を行うとともに、両者で合意した本格調査の S/W 案を M/M に添付した。また、S/W 案に関する補足協議も M/M で別途確認した。

#### (1) 調査目的

我が国の石炭火力発電所における効率はインド国に比較してはるかに高効率であり、その背景となっている最新の設備技術や運用及び維持管理（Operation & Maintenance : O&M）技能を導入することでインド国の効率改善に貢献できる余地は十分にあるため、本調査においては効率改善に向けた技術・技能の技術移転を確実に行うため様々な研修スキームを組み合わせることが効果的であると確認した。

#### (2) 調査対象地域

NTPC 所有の石炭火力発電所を対象とする。

設備診断や O&M 手法の検証、改善手法の特定と技術移転等を実地で行うため、NTPC と合同でモデルとなる石炭火力発電所（3箇所程度）を選定する。

#### (3) 調査内容について

##### 1) 基礎調査段階

- a) インド国の電力セクター概要レビュー（電力セクターの構造、電力政策、電力需要、法制度、組織体制、エネルギー資源、電気料金ほか）
- b) インド国の電力分野に関する民間投資及び各援助機関の動向
- c) 対象となる火力発電所に係る基礎情報収集・選定

##### 2) 火力発電所運用改善計画作成段階

基礎調査に基づき、個別の調査対象発電設備における現状及び運転・維持管理体制を分析し、課題を明らかにするとともに、改善策を検討する。

- a) 調査方針と調査計画の検討
- b) 対象発電所における効率診断の実施
- c) 火力発電所のスタッフに対する研修実施状況・研修内容の確認
- d) 対象発電所における改善対策、コスト見積もり、CDM 申請に必要となる PDD の作成支援

##### 3) 技術指導段階

調査期間を通じて技術セミナー等の研修の場を設け、効率改善の技術や技能の普及を行う。

- a) 最新技術・技能の導入研修や対策技術についての実務研修を実施
- b) 火力発電所運用改善に係る発電所スタッフの能力強化
- c) 火力発電所運用改善に係るマニュアル作成

(4) 調査スケジュールについて

インド国側の要望を踏まえて、火力発電所運用改善計画作成及び技術指導段階での技術移転を実施するため、全体で 24 ヶ月の協力期間とした。詳細な調査スケジュールについては付属資料 1 の S/W を参照。

(5) S/W 署名について

S/W の署名は本事前調査においては行わず、NTPC、本事前調査団間で協議し合意を形成した S/W 案を M/M に添付した。本事前調査団帰国後、MOP で決裁後、JICA 本部において S/W 案を決裁し、JICA インド事務所を通じて署名を行うことを NTPC と確認した。

(6) 案件名について

口上書の案件名「Improving Operations in Thermal Power Plants」を「Enhancing Efficiency of Operating Thermal Power Plants in NTPC-India」とすることで合意した。

(7) 本開発調査全体を通じた技術移転について

我が国の最新技能・技術に対するインド国側の関心はきわめて高く、本調査においてインド国への導入・定着に向けた実践的取り組みを含めることについて強く期待している。本調査の第一次現地調査の際にワークショップを実施し、我が国の石炭火力発電の効率改善や海外事業における適用事例を広範囲にわたって紹介するとともに、インド国側の抱える問題の把握や適用にあたっての課題についてインド国側の意見を集約する場とする。

(8) 対策実施の導入研修 (Demonstration) について

インド国側は本調査の成果について迅速な定着や普及を強く望んでいるところであり、また本調査の目的と合致することであることから、調査前半のワークショップにおいて候補発電所における改善対策の指導や我が国の技能・技術を紹介し、実地に習得させるための専門団員をあてることとした。また、調査後半のワークショップにおいて NTPC のより多くの発電所に適用可能な改善対策の指導、実施研修を行うこととした。なお、必要な資機材については我が国からの持込みが可能なものに限定することなどについて合意している。

(9) CDM について

インド国側は本調査の成果を CDM 化していくことを大いに歓迎した。このため、本調査で PDD 作成への支援を行うとともに、必要があれば国連の関係機関への説明も支援することとした。また、インド国側は、本 CDM に日本の公的機関・民間企業が関与する可能性を歓迎した。

(10) ステアリングコミッティー及び C/P について

開発調査の円滑な実施を目的に、NTPC 内の関係部署、モデル発電所、JICA からなるステアリングコミッティーを形成することを確認した。また、技術移転等を具体的に行うために、NTPC 内の関係部署とモデル発電所から選ばれたメンバーで目的に応じた C/P を形成することを確認した。

#### (11) C/P 研修について

インド国側は日本の技術を直に学ぶために、我が国電力会社の発電所における効率改善の実務研修を望んでおり、インド国への適用や普及の効果をより一層高めるのに有効であることから、調査団としてはその実施を強く推薦する。

### 2-2 団長所感

インド国では堅調な経済成長が続いており、これを維持していくためには、電力をはじめとする経済インフラ整備とエネルギー安全保障が喫緊の課題となっている。このため、インド国では大規模な電源開発が計画されていることに加えて、既設の発電所の発電効率改善を含め、エネルギー効率改善・省エネを強力に推進していく拠点センター・オブ・エクセレンスの整備が計画されている。インド国の発電容量の約7割をも占める石炭火力発電所の発電熱効率は約30%と、世界最高水準である我が国の42%から大きく乖離していることから、石炭火力発電所の熱効率の改善は、供給電力の拡大に大きく貢献することとなる。我が国の高い発電効率は、不断の保守点検・運用の改善と適切な設備更新によって実現されてきており、NTPC からは我が国との技術協力が強く期待された。

このような技術協力は、また我が国がポスト京都議定書のスキームとして提唱している「セクター別アプローチ」の実現にも貢献するものである。発電効率の改善は温暖化ガスの低減に資するものであると、インド国政府からの要請書にも明記されている。

さらに、近年日印首脳間ではエネルギー効率改善・省エネ分野での協力の重要性が確認されており、またこれまでの日印エネルギー閣僚対話でも本技術協力を含むエネルギー分野での協力内容が精査されてきていることから、本協力の実現は両国の良好な関係発展に資するものとなる。

#### (1) 協力の方向性

NTPC はこれまでも発電効率の改善に意識的に取り組んできており、保守点検・運用に必要なデータ収集・記録や設備の定期点検といった一通りの管理体制は整えている。このため、協力の対象となる技術内容は、NTPC がこれまで採用してきていない先進的な技術・技法となる。日本での研修（C/P 研修）と NTPC の発電所でのデモンストレーションを通じ、我が国の効率改善技術を直に共有する機会をもつことにより、NTPC に適用可能な技術を見極め、技術移転を図っていくという段取りとした。

また、JICA の技術協力は、従来から実地での共同作業を通じた人材育成を重視してきている。本技術協力においても、モデル発電所を特定し、設備診断や保守点検・運用手法の確認を C/P と共同で実施したり、ワークショップにて上記の共同作業の結果を確認しあったり、技術セミナーにて NTPC 内に広く技術協力の成果を普及することとした。

NTPC からの重ねての強い要請により、上述の本邦研修、デモンストレーション、ワークショップ、技術セミナーを本技術協力期間中に適切かつ可能な限り複数回開催することとした。人材育成を重視する JICA にとっては、C/P が意欲的であることは歓迎すべきことである。

#### (2) 本技術協力以降の関係維持

MOP 及び NTPC は、我が国との長期にわたる技術協力を希望しており、本技術協力後の協力についての展望を示すことが期待された。このため、我が国の国際約束に基づいた技術協

力の実施の手続きを説明し、その後の協力については何ら約束できないことの理解を得たが、双方で積極的に将来の協力対象となる内容を検討していくことについて確認しあった。

インド国はエネルギー消費量世界第4位であり、また世界の温暖化ガスの主要排出源である石炭火力発電所の所有数も多い。インド電力セクターは円借款の主要貸付先でもある。さらに、日本企業にとって大きな潜在的な輸出先・投資先である。これらの観点から、インド電力セクターでの技術協力につき積極的に案件形成を行い、環境問題の改善への貢献、円借款との連携による我が国 ODA の相乗効果の発現、官民双方のレベルでの交流を深めるためのインド電力セクターとの良好な関係構築を図っていくことが肝要である。

### (3) 手続き事項

#### 1) S/W 署名

インド国政府の当初の要請内容は、発電効率の改善を管理する IT 技術を活用した中央管理システムの構築への支援というものであった。他方、このようなシステム構築技術は我が国には存在しないため、当調査団からは上記(2)の内容を提案し、NTPC と合意に至った。他方、MOP においては、今後の S/W の署名にあたって、同合意内容は当初の要請内容とは異なるため改めて内部決裁をする必要があることから、2～3週間程度を要するとの説明があった。

#### 2) C/P 研修

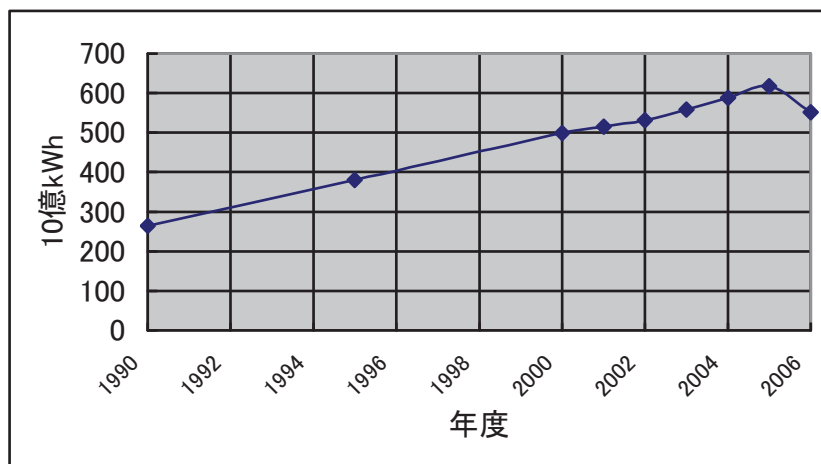
上記(1)のとおり、C/P 研修は本技術協力を効果的に進めるために不可欠の要素である。このため、NTPC は MOP を通じ、早急に C/P 研修の要請を日本政府に提出する準備を開始することとなった。

### 第3章 インド電力セクターの概要

#### 3-1 インド国の発電設備と将来計画

##### (1) インド国の発電設備

インド国全体における発電設備容量はおよそ 128GW (1 億 2,800 万 kW、2007 年 1 月現在) で、年間発電量は 648TWh (6,480 億 kWh、2006~2007 年度推定)。過去 15 年間に発電量は年率 5 % で増加してきたが、依然として電力不足が解消できていない。現在、14GW の電源分が不足している状況にあり、計画停電の実施による社会不安はさらに高い経済成長率を達成するうえでの障害となっている。



注) 2006 年度値は 2007 年 1 月途中の集計  
参考文献: Ministry of Power Annual Report 2006-2007  
[http://www.powermin.nic.in/reports/pdf/ar06\\_07.pdf](http://www.powermin.nic.in/reports/pdf/ar06_07.pdf)

図 3-1 インド国発電電力量の推移

火力発電はインド国電源全体の 3 分の 2 に当たる 84GW (8,400 万 kW) の設備容量があり、そのうち石炭火力は 83% を占める主要電源となっている。インド国の石炭火力はベース供給用の電源として運用されている。

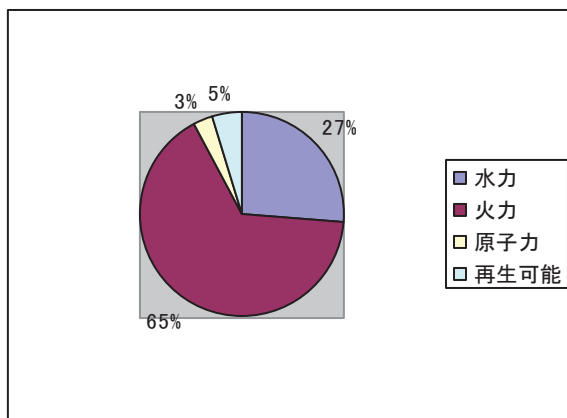


図 3-2 インド国の電源種別

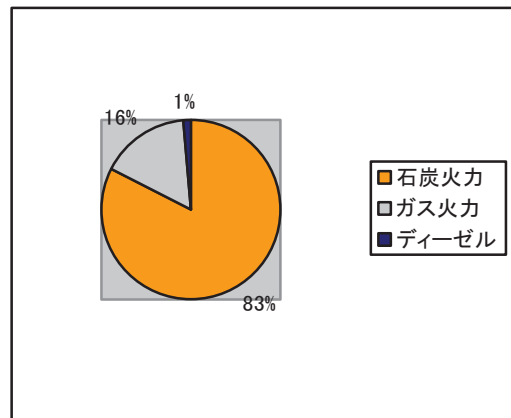


図 3-3 インド国の火力発電の内訳

表 3－1 インド国の電源種別

電 源 種 別	設 備 容 量 (MW)	割 合 (%)
水力	33,941.77	26.5
火力	84,149.84	65.6
原子力	3,900.00	3.0
再生可能エネルギー	6,190.86	4.8
合計	128,182.47	100.0

2007 年 1 月 31 日現在

表 3－2 インド国の火力電源内訳

燃 料 種 別	設 備 容 量 (MW)	割 合 (%)
石炭火力	69,366.38	82.4
ガス火力	13,581.71	16.1
ディーゼル	1,201.75	1.4
合計	84,149.84	100.0

2007 年 1 月 31 日現在

州発電公社の所有する石炭火力は合計 38,615MW の設備容量があり、インド国全体の 56% を占めている。また、中央政府関係では、NTPC やダモダル溪谷開発公社（Damodar Valley Corporation : DVC）など合計 26,510MW で全体の 38%を占める。

表 3－3 石炭火力の事業者分類

事 業 者 区 分	設 備 容 量 (MW)	割 合 (%)
州電力公社	38,615.00	55.7
民間	4,241.38	6.1
中央政府 (NTPC ほか)	26,510.00	38.2
合計	69,366.38	100.0

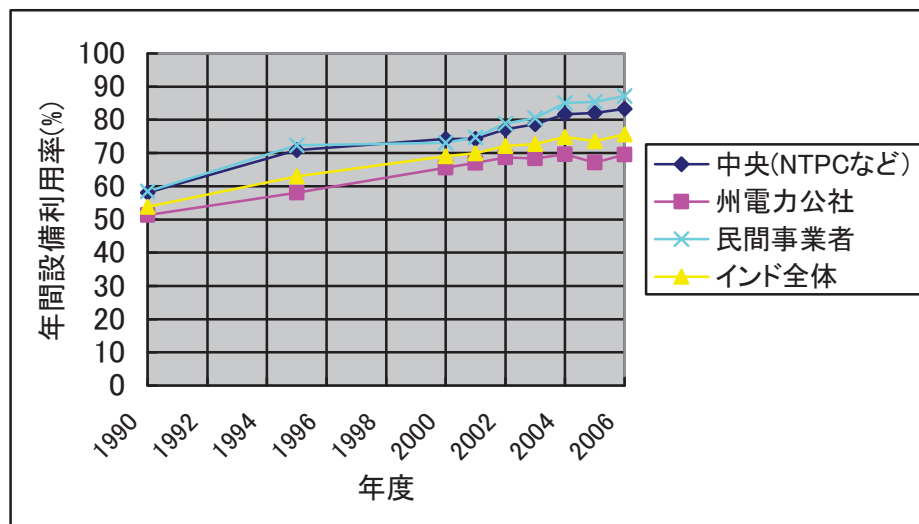
参考文献：Ministry of Power Annual Report 2006-2007

[http://www.powermin.nic.in/reports/pdf/ar06\\_07.pdf](http://www.powermin.nic.in/reports/pdf/ar06_07.pdf)

インド国は 1990 年代から石炭火力の効率改善に取り組んでおり、新設発電所における単機容量の大型化や主蒸気圧力／温度を高めた高効率ボイラ効率の採用、また、既設発電所のリハビリや O&M 改善も行って、発電所の設備利用率（Plant Load Factor : PLF）が次第に向上してきている。

石炭火力の場合、ボイラ・タービンの法定定期点検に要する期間を考慮すると年間設備利用率の上限値は 90%を少し超えたあたりとなるので、インド国における効率改善の余地はまだまだ残されているといえる。また、同時に、発電コストの低減や温室効果ガス（Greenhouse

Gas：GHG）排出量の削減といった電力事業者としての責務に対して社会の圧力が高まっており、発電効率アップ、すなわち単位発電量当たりのエネルギー消費量の低減に対する必要性が顕在化してきたといえる。



参考文献：Ministry of Power Annual Report 2006-2007  
[http://www.powermin.nic.in/reports/pdf/ar06\\_07.pdf](http://www.powermin.nic.in/reports/pdf/ar06_07.pdf)

図 3－4 発電所設備利用率の推移

なお、設備利用率は（設備容量に対する実出力の比率）と（暦日時間数に対する実運転時間の比率）の積で表されるもので、発電効率を表す指標としてインド国では頻繁に引用される。設備経年劣化の影響で設計出力が発現できない場合や運転が計画外停止によって中断されることによって設備利用率は低下する。

## （２）インド国の発電所新設計画

インド国の経済成長は年率 7～8％と見込まれており、第 11 次 5 カ年計画（2007-2012 年）は電力量伸び率を年 9.5％と推定し、最終年の 2012 年には最大電力 1 億 5,100 万 kW、電力量 1 兆 380 万 kWh の供給計画となっている。

第 11 次計画の石炭火力の新設は中央、州、民間の合計 46,635MW の設備容量となっており、新設全体の 70％を占める。石炭火力は今後ともインド国の主力電源としての位置づけに変化はないようである。



表 3－4 第 11 次 5 ヶ年計画（2007-2012）の設備拡張計画

(MW)

事業 者	水 力	火力合計	火 力 燃 料 別 内 訳			原子力	合 計	
			石炭	褐炭	ガス／LNG		(MW)	(%)
中央政府 (NTPC ほか)	9,685	23,810	22,060	1,000	750	3,160	36,655	53.2
州電力公社	2,637	20,352	19,365	375	612	-	22,989	33.4
民間	3,263	5,962	5,210	0	752	-	9,225	13.4
インド国全体	15,585	50,124	46,635	1,375	2,114	3,160	68,869	100.0

参考文献：Report of the Working Group on Power for Eleventh Plan（2007-2012）, Volume -II Main Report, Ministry of Power, February 2007,” 1.4 Capacity Addition During 11<sup>th</sup> Plan（2007-2012）”

表 3－5 石炭火力新設の単機容量分類

単 機 容 量	計 画 数 量
800 MW	1
660 MW	11
500/600 MW	53
210/250/300 MW	49
110/125 MW	7

注）超臨界圧発電として、660MW と 800MW が含まれる。

### （3）インド国の火力発電リハビリ計画

インド国 GHG 排出量は世界ランク 5 位で全世界の約 4 %を占める。途上国の中では中国に次いで 2 番目に排出量が多い。インド国はエネルギーセクターが GHG の主要な排出源となっており、今後 10 年間に発電量が現在の 2 倍を超えると見込まれることもあって、GHG 排出低減に貢献できる火力発電の効率改善はインド国にとって重要な課題といえる。

インド国政府による経年発電所リハビリの本格的な取り組みは 1984 年に遡る。第 1 期計画として 34 発電所が対象とされた。リハビリは設備新設の場合と比較して費用対効果の点で見劣りするケースが多いために実施が滞る傾向があるので、インド国政府は実施促進のため様々な取り組みを行っている。リハビリにおける調査、設計から工事実施まで中央電力庁（Central Electricity Authority : CEA）の一元的管理に改めたこと、ガイドラインによって経年状態や現行の運転効率に応じた対策を立てることで実施の優先度を明確にしたこと、さらに州電力公社向けには中央政府による低利子資金補助を行うなどの仕組みが整備された。



表 3－6 第 11 次 5 カ年計画（石炭火力のみ）

事業者区分	設備更新 (R&M)		延命化 (LE)		計	
	ユニット数	容量 (MW)	ユニット数	容量 (MW)	ユニット数	容量 (MW)
州電力公社	25	5,035	50	8,362	75	13,397
( ) 内は第 10 次からの繰り延べ分	(18)	(4,350)	(26)	(3,724)	(44)	(8,074)
中央政府 (NTPC ほか)	52	14,170	13	2,620	65	16,790
( ) 内は第 10 次からの繰り延べ分	(25)	(7,460)	(2)	(420)	(27)	(7,880)
合計	77	19,205	63	10,982	140	30,187
( ) 内は第 10 次からの繰り延べ分	(43)	(11,810)	(28)	(4,144)	(71)	(15,954)

参考文献：THERMAL UNITS PROGRAMMED FOR R&M WORKS DURING 11 TH PLAN, Annexure-VII, Central Electricity Authority

<http://cea.nic.in/thermal/Renovation%20&%20Modernization/annexure07.htm>

第 11 次 5 カ年計画における石炭火力のリハビリは、設備更新 (R&M) と延命化の 2 つのカテゴリーを合わせて設備容量は 30,187MW が対象となる。しかし、前期の第 10 次 5 カ年計画における履行率が 40% 以下であったため、未達分が第 11 次計画へ繰り延べされた。計画全体の半分以上を超える結果となっているのは、リハビリが計画通りに進まない問題点のためといえる。

この背景としては、リハビリ対象設備のほとんどが国内メーカーのバラート重工業 (Bharat Heavy Electricals Limited : BHEL) 製であり、また調査、設計から工事实施まですべての段階を BHEL 特命で行う仕組みとなっているために、BHEL への過度の集中が弊害を招いている。この問題への対応として、現在、新規メーカー設立の動きが始まっている。

表 3－7 CEA のリハビリ実施ガイドライン

カテゴリー分類		設備利用率 (PLF) の目安	実施要綱
I	長期間停止中もしくは性能レベルがきわめて低い設備	40% 以下	①一年以上停止している場合の廃棄、継続の決定は CEA 常任委員会が行う ②継続の場合、O&M 改善やスペアパーツ・熟練人材の投入により PLF を 50% 程度に引き上げる ③次期計画において PLF を 65% に引き上げる
II	性能が満足なレベルに達していない	40～60%	①上記 I-①と同様。 ②R&M により設計性能近くまで回復させる
III	ほぼ満足な運転性能を示すが、設備更新により性能向上もしくは効率維持を図る	60% 以上	①最新 O&M 技術の導入と効率改善により高効率を維持する。 ②発電コストの低減や運転寿命を延ばすための対策をとる

参考文献：Guidelines for undertaking Renovation and Modernization (R&M) and Life Extension (LE) works in respect of Thermal Power Plants, Central Electricity Authority, Ministry of Power, Government of India

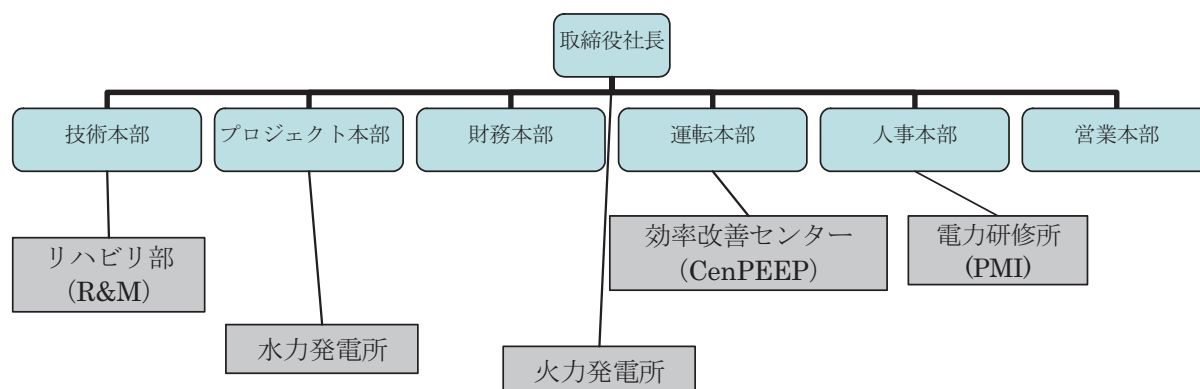
<http://www.cea.nic.in/thermal/Renovation%20&%20Modernization/Annexure09.htm>

### 3-2 NTPC の発電設備と将来計画

#### (1) NTPC の組織

NTPC は日本の電力会社に類似した組織体制をとっており、6 本部制のもとで代表取締役社長と 6 名の役員が事業経営にあたる。火力発電所（石炭及びガス火力）の運営は社長直属の地域事業部が管轄している。

CenPEEP は、1994 年に米国国際開発庁（United States Agency for International Development : USAID）支援を受けて運転本部に設立された。石炭火力発電の新技術や技能の修得～実証～普及のプロセスを通じて、NTPC ならびに州電力公社の発電所効率改善を支援する部署である。電力関係の研修を行う電力研修所（Power Management Institute : PMI）は人事本部に属する。また、NTPC 設備のリハビリ事業を担う設備更新（R&M）部は、1995 年に技術本部の下に設置された。



参考文献：NTPC LTD, Organization Chart, As on 01-01-2007  
<http://www.ntpc.co.in/aboutus/orgchart.jpg>

図 3-5 NTPC 組織図（関係部署のみ）

#### (2) NTPC の発電設備

NTPC は 21 箇所に火力発電所を有しており、全国を 5 分割する地域電力システムに対してそれぞれ卸供給を行う。NTPC の 2007～2008 年度の発電電力量は 2,009 億 kWh を記録し、前年度比 6.46% 上昇。インド国全体の 28.51% に貢献している。

表 3-8 NTPC 設備の内訳（石炭、ガスほか）

燃料種別	発電所数	認可出力 (MW)	割合 (%)
石炭	15	23,395	85.5
ガス／石油	7	3,955	14.5
合計	22	27,350	100

NTPC は、表 3-8 以外にも民間や州電力公社との共同火力がある。石炭火力 3 発電 (564MW)、ガス／石油火力 1 発電所 (1,480MW) の合計 2,044MW。

表 3－9 NTPC 火力発電所一覧

No.	発 電 所	燃料 種別	ステージごとのユニット数×出力 (MW)	認可出力 (MW)	年間発電 量 (GWh)	PLF (%)
北部地域			合計	5,490	41,859	
1	Singrauli	石炭	Stage 1: 5×200MW	2,000	14,687	91.67
			Stage 2: 2×500MW			
2	Rihand	石炭	4×500MW	2,000	16,100	95.42
3	Unchahar	石炭	Stage 1: 2×210MW	1,050	7,559	97.69
			Stage 2: 2×210MW			
			Stage 3: 1×210MW			
4	Tanda	石炭	4×110MW	440	3,513	91.66
首 都 圏			合計	3,857	27,343	
5	Dadri (Coal)	石炭	4×210MW	840	7,041	98.02
6	Anta	ガス	3×88.71MW (GT) + 1×153.2MW (ST)	413	2,941	-
7	Auraiya	ガス	4×110MW (GT) + 2×106MW (ST)	652	4,614	-
8	Dadri (Gas)	ガス	4×131MW (GT) + 2×146.5MW (ST)	817	5,596	-
9	Faridabad	ガス	2×143MW (GT) + 1×144MW (ST)	430	2,831	-
10	Badarpur	石炭	Stage 1: 3×95MW	705	4,320	86.46
			Stage 2: 2×210MW			
西 部 地 域			合計	6,653	44,834	
11	Korba	石炭	Stage 1: 3×200MW	2,100	16,500	96.12
			Stage 2: 3×500MW			
			Stage 3: 1×500MW			
12	Vindhyachal	石炭	Stage 1: 6×210MW	3,260	20,150	92.68
			Stage 2: 2×500MW			
			Stage 3: 2×500MW			
13	Kawas	ガス	4×106MW (GT) + 2×110.5MW (ST)	645	3,629	-
14	Jhanor-Gandhar	ガス	3×131MW (GT) + 1×255MW (ST)	648	4,555	-
東 部 地 域			合計	7,400	45,185	
15	Farakka	石炭	Stage 1: 3×200MW	1,600	11,399	-
			Stage 2: 2×500MW			
16	Kahalgaon	石炭	Stage 1: 4×210MW	2,340	6,580	91.69
			Stage 2: 3×500MW			
17	Talcher-Kaniha	石炭	6×500MW	3,000	23,656	93.97
18	Talcher-Thermal	石炭	Stage 1: 4×60MW	460	3,550	86.35
			Stage 2: 2×110MW			
南 部 地 域			合計	3,950	29,453	
19	Ramagundam	石炭	Stage 1: 3×200MW	2,600	20,248	90.14
			Stage 2: 3×500MW			
			Stage 3: 1×500MW			
20	Simhadri	石炭	2×500MW	1,000	8,068	92.10
21	Rajiv Gandhi CCPP Kayamkulam	オイル	2×115.2MW (GT) + 1×129.177MW (ST)	350	1,137	-
総 合 計				27,350	188,674	

参考文献：NTPC Annual Report 2006-07、NTPC Press Release, Major Highlights 2007-08 April 10, 2008

注) PLF：設備利用率、GT:ガスタービン、ST:スチームタービン

$$(\text{年間}) \text{ 設備利用率 (Utilization Factor)} = \frac{G}{E \times F} \times 100 (\%)$$

G：ある期間（年間）での発電電力量（kWh）

E：認可最大出力（kW）

F：ある期間（年間）での暦日時間数（hr）

NTPC 石炭火力の単機容量は 200/210MW と 500MW クラスが主流となっており、それぞれ 1990 年代前半と後半から BHEL 製の普及が始まった。最近の新設は 500MW クラスに限定されている。

表 3－10 NTPC 石炭火力の単機容量分類

単機容量	数量	発電所名
500 MW	26	Singrauli, Korba, Ramagundam, Farakka, Vindhyachal, Rihand, Talcher-Kaniha, Simhadri
200/210 MW	35	Singrauli, Korba, Ramagundam, Farakka, Vindhyachal, Dadri, Unchahar, Kahalgaon, Badarpur
110 MW	6	Tanda, Talcher
95 MW	3	Badarpur
60 MW	4	Talcher

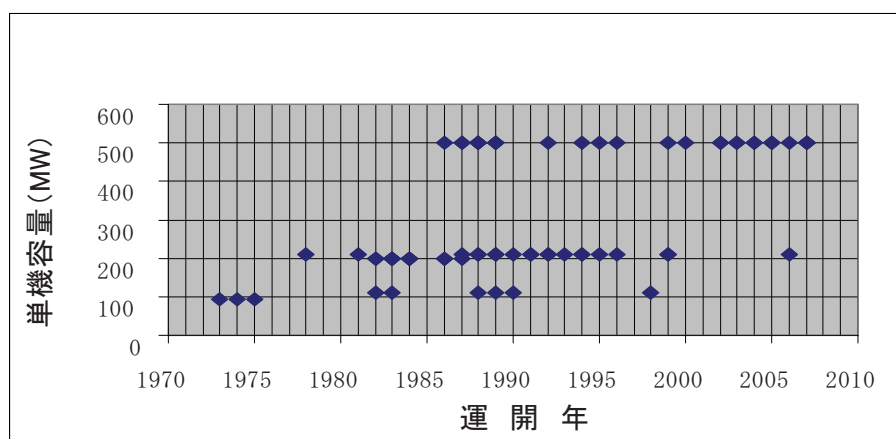


図 3－6 NTPC 石炭火力の単機容量と運開年の関係

NTPC 石炭火力の年間設備利用率は、2007 年度に平均 92.24%を記録し、NTPC 設立以来の最高値を達成。10 発電所で 90%を上回った。2006 年度の 89.43%から 3 %弱上昇するなど NTPC 石炭火力の運転・維持管理状況は総じてよい。

経年 40 年を超える発電所（BADARPUR 発電所）はもともと州電力公社から NTPC へ移管されたものであるが、効率改善により設備利用率が 90%近くまで回復している。また、経年 25 年の発電所（RAMAGUNDAM 発電所）や経年 15 年未満の発電所（DADRI 発電所）は設備利用率が 90%を上回っており、運転の連続性はかなり向上したといえる。しかし、年間の計画外停止率が 4～2 %に及ぶ発電所もあって運転信頼性についてはまだ不十分な状態にあり、定期点検の方法と内容ならびに運転・保守体制面において改善の余地があると見られる。

表 3－11 NTPC の DADRI 発電所性能最高記録

運転性能		記録達成時
日間発電電力量	21.162 百万 kWh	2008 年 1 月 4 日
日間利用率	104.97%	2008 年 1 月 4 日
月間発電電力量	649.145 百万 kWh	2007 年 12 月
月間利用率	103.87%	2007 年 12 月
年間稼働率	95.91%	1999-2000 年度
年間発電電力量	7,092.34 百万 kWh	1999-2000 年度
年間利用率	96.12%	2006-07 年度
年間負荷率	100.33%	2006-07 年度
計画外停止率	0.29%	2005-06 年度

表 3－12 RAMAGUNDAM 発電所の過去 5 年間の運転記録

	2003-04	2004-05	2005-06	2006-07	2007-08
発電電力量 (百万 kWh)	16,332	16,726	19,691	20,248	20,588
稼働率 (%)	90.98	91.00	90.95	90.57	91.50
利用率 (%)	97.32	99.46	95.06	98.15	98.53
計画停止 (%)	6.91	7.35	7.72	5.45	6.98
計画外停止 (%)	2.11	1.61	1.33	3.98	1.52

注) 稼働率 (Availability Factor) =  $\frac{D}{C} \times 100$  (%)

D : 稼働可能な最大時間 (hr)

C : 稼働時間 (hr)

### (3) NTPC のリハビリ計画

NTPC の石炭火力発電所の多くは運転時間 10 万時間を超えるものとなっており、リハビリはとても重要なものとなっている。既に 10,799MW がリハビリ終了あるいは実施中で、さらに 7,642MW について計画中。なお、リハビリ単価は平均 US\$350/kW (参考文献 : Generation Renovation & Modernization, R.K.Jain, Director (Technical) NTPC Limited, India Electricity-2006, 11<sup>th</sup> May, 2006)。

NTPC 石炭火力のリハビリは、第 11 次計画において設備更新 (R&M) が 11 発電所 25 ユニット合計容量 13,820MW、また設備延命化 (LE) が 4 発電所 13 ユニット合計容量 2,620MW となっている。

設備更新 (R&M) は経年 20 年ないし 25 年の 200/210MW 容量のユニットが対象となっており、一部 1980 年代後半の 500MW (BHEL 製) が含まれる。また、延命化 (LE) は主に経年 40 年を超えるユニットを対象としており、老朽化が著しい設備の場合であっても廃止することなく、現役続行に必要な最低限の対策が施される。

表 3-13 第 11 次計画における設備更新 (R&amp;M) (その 1 : 10 次計画からの繰り延べ分)

発 電 所 名	ユニット番号	容 量 (MW)	メーカー		運開年
			ボイラ	タービン／発電機	
SINGRAULI	1	200	BHEL	BHEL	1982
	2	200	BHEL	BHEL	1982
	3	200	BHEL	BHEL	1983
	4	200	BHEL	BHEL	1983
	5	200	BHEL	BHEL	1984
	6	500	BHEL	BHEL	1986
	7	500	BHEL	BHEL	1987
	小計 (7 ユニット)	2,000			
VINDHYACAL	1	210	USSR	USSR	1987
	2	210	USSR	USSR	1987
	3	210	USSR	USSR	1989
	4	210	USSR	USSR	1990
	5	210	USSR	USSR	1990
	6	210	USSR	USSR	1991
	小計 (6 ユニット)	1,260			
KORBA	1	200	BHEL	BHEL	1983
	2	200	BHEL	BHEL	1983
	3	200	BHEL	BHEL	1984
	4	500	BHEL	BHEL	1987
	5	500	BHEL	BHEL	1988
	6	500	BHEL	BHEL	1989
	小計 (6 ユニット)	2,100			
RAMAGUNDAM	1	200	ANSALDO	ANSALDO	1983
	2	200	ANSALDO	ANSALDO	1984
	3	200	ANSALDO	ANSALDO	1984
	4	500	USSR	USSR	1988
	5	500	BHEL	BHEL	1989
	6	500	BHEL	BHEL	1989
	小計 (6 ユニット)	2,100			
計 (25 ユニット)		7,460			

表 3-14 第 11 次計画における設備更新 (R&amp;M) (その 2 : 新規分)

発 電 所 名	ユニット番号	容 量 (MW)	メーカー		運開年
			ボイラ	タービン／発電機	
DADRI	1	210	BHEL	BHEL	1992
	2	210	BHEL	BHEL	1992
	3	210	BHEL	BHEL	1993
	4	210	BHEL	BHEL	1994
	小計 (4 ユニット)	840			
TANDA	1	110	BHEL	BHEL	1988
	2	110	BHEL	BHEL	1989
	3	110	BHEL	BHEL	1990
	4	110	BHEL	BHEL	1998
	小計 (4 ユニット)	440			
UNCHA HAR	1	210	BHEL	BHEL	1988
	2	210	BHEL	BHEL	1989
	小計 (2 ユニット)	420			
RIHAND STAGE-I	1	500	BHEL	BHEL	1988
	2	500	BHEL	BHEL	1989
	小計 (2 ユニット)	1,000			
KAHALGAON	1	210	BHEL	BHEL	1992
	2	210	BHEL	BHEL	1994
	3	210	BHEL	BHEL	1995
	4	210	BHEL	BHEL	1996
	小計 (4 ユニット)	840			
FARAKKA 第一期	1	200	BHEL	BHEL	1986
	2	200	BHEL	BHEL	1986
	3	200	BHEL	BHEL	1987
	小計 (3 ユニット)	600			
FARAKKA 第二期	1	500	ANSALDO	BHEL	1992
	2	500	ANSALDO	BHEL	1994
	小計 (2 ユニット)	1,000			
TALCHER THERMAL 第二期	1	110	BHEL	BHEL	1982
	2	110	BHEL	BHEL	1983
	小計 (2 ユニット)	220			
TALCHER 第一期	1	500	BHEL	BHEL	1995
	2	500	BHEL	BHEL	1996
	小計 (2 ユニット)	1,000			
計 (25 ユニット)		6,360			
NTPC の R&M 合計 (50 ユニット)		13,820			

参考文献 : THERMAL UNITS PROGRAMMED FOR R&M WORKS DURING 11 TH PLAN, Annexure-VII, Central Electricity Authority

<http://cea.nic.in/thermal/Renovation%20&%20Modernization/annexure07.htm>

なお、表 3-14 において SINGRAULI 発電所と RAMAGUNDAM 発電所は、設備更新(R&M)と延命化(LE)の重複対象となっている矛盾があるので CEA の確認が必要。

表 3-15 第 10 次計画における延命化(LE) (その 1 : 第 10 次計画からの繰り延べ分)

発電所名	ユニット番号	容量 (MW)	メーカー		運開年
			ボイラ	タービン／発電機	
BADARPUR	4	210	BHEL	BHEL	1978
	5	210	BHEL	BHEL	1981
	小計 (2 ユニット)	420			
計 (2 ユニット)		420			

表 3-16 第 11 次計画の延命化(LE) (その 2 : 新規分)

発電所名	ユニット番号	容量 (MW)	メーカー		運開年
			ボイラ	タービン／発電機	
SINGRAULI	1	200	BHEL	BHEL	1982
	2	200	BHEL	BHEL	1982
	3	200	BHEL	BHEL	1983
	4	200	BHEL	BHEL	1983
	5	200	BHEL	BHEL	1984
	小計 (5 ユニット)	1,000			
KORBA	1	200	ANSALDO	ANSALDO	1983
	2	200	ANSALDO	ANSALDO	1983
	3	200	ANSALDO	ANSALDO	1984
	小計 (3 ユニット)	600			
RAMAGUNDAM	1	200	ANSALDO	ANSALDO	1983
	2	200	ANSALDO	ANSALDO	1984
	3	200	ANSALDO	ANSALDO	1984
	小計 (3 ユニット)	600			
計 (11 ユニット)		2,200			
NTPC の LE 合計 (13 ユニット)		2,620			

参考文献: DETAILS OF UNITS PROGRAMMED FOR LIFE EXTENSION WORKS DURING 11 TH PLAN, Annexure-VIII, Central Electricity Authority  
<http://cea.nic.in/thermal/Renovation%20&%20Modernization/annexure08.htm>



### 3-3 火力発電効率改善におけるドナー協力

効率改善分野のドナー協力は世銀と USAID ならびにマルチ協力のアジア太平洋パートナーシップ（Asia-Pacific Partnership : APP）によるものが現在進行中である。アジア開発銀行（Asian Development Bank : ADB）は、主幹送電系統強化と州送配電設備増強を対象としており、発電分野の協力は行っていない。その他の協力としては EU の石炭利用技術（Clean Coal Technology）、ドイツの火力発電所リハビリ・ニーズ調査などがある。

#### （1）世界銀行（World Bank : WB）の協力

WB は、発電所効率改善プロジェクト（Coal Fired Generation Rehabilitation Project）を実施中。設備の経年劣化と同時に O&M の問題を多く抱える州電力公社の発電所が協力対象となっており、2008 年から 5 年計画で西ベンガル州、マハラシュトラ州、ハリアナ州の 3 発電所合計 4 ユニット（設備容量合計 640MW）のリハビリを行う。なお、西ベンガル州 BANDEL 発電所の 210MW ユニットは、USAID の資金協力によって 1962 年に建設されたもので、主要機器の経年劣化に加えてモーター、ポンプ、バルブなど補機類の性能低下が著しいため設備の総取替えとなる見込み。

プロジェクトは O&M の方法や体制について改善提案を行う予定で、最初の 2 年間で調査・設計を行い、残り 3 年間でリハビリ資金投入と O&M 研修を行う。予算は世界銀行（International Bank for Reconstruction and Development : IBRD）資金、地球環境ファシリティ（Global Environment Facility : GEF）、インド国負担の合計 345.1 百万 US\$。

表 3-17 世銀によるリハビリ・O&M 事業の概要

発電所名と対象ユニット（設備容量）	州	協 力 内 容			
		リハビリ 設計	O&M 調 査・対策	リハビリ 資金投入	O&M 人材育成
BANDEL（発）ユニット 5（210MW）	西ベンガル	○	○	○	○
KORADI（発）ユニット 6（210MW）	マハラシュトラ	○	○	○	—
PANIPAT（発）ユニット 3 と 4 （2×110MW）	ハリアナ	○	○	○	—
CHANDURAPUR（発）（2×210MW）	マハラシュトラ	○	○	×	未定
BHUSAWAL（発）（210MW）	マハラシュトラ	○	○	×	—
その他 5 ないし 6 ユニット予定		○	○	×	—

注）網掛け部分は当面の計画、略記号（発）：発電所、○：実施、×：除外

参考文献：O&M Practices Assessment Thermal Power India Project ID: P105191 Inception Report, December 2007, Price Water House Coopers

#### （2）USAID の協力内容

USAID は、火力発電の GHG 排出量を削減するための様々な協力を 1995 年に開始。インド国の火力発電所効率改善における官民ベースの協力を CenPEEP を窓口として展開してきた。

表 3-18 USAID 協力プロジェクトの概要

プロジェクト名	温室効果ガスによる環境破壊の予防（Greenhouse Gas Pollution Prevention Project）
予算と協力期間	1995～2008 年、39 百万 US \$（2008～2010 年の継続決定。追加予算は不明）
主な協力コンポーネント	①製糖工場におけるバガス発電の導入促進 ②火力発電の効率化 ③火力発電の環境影響調査等

表 3-19 USAID の発電効率化事業の内容

<ul style="list-style-type: none"> <li>・石炭火力発電所の効率改善</li> <li>・石炭ガス化コンバインドサイクル（IGCC）発電の実証プラント F/S 調査</li> <li>・廃鉱利用による石炭灰処理／処分の実施可能性予備調査</li> <li>・石炭山元発電における先端技術導入の実施可能性予備調査</li> </ul>
--

USAID プロジェクトは、米国エネルギー省（US Department of Energy : USDOE）、電力研究所（Electric Power Research Institute : EPRI）、テネシー溪谷開発公社（TVA）からの専門家派遣と研修の実施ならびに米国国内研修招請によって、石炭火力の効率改善に有効な新技術や技能の移転を行ってきている。また、CenPEEP と共同で石炭火力発電のガイドライン（Heat Rate Improvement Guidelines for Indian Power Plants）とマニュアル（Energy & Efficiency Management System）を策定し配布。今後の協力の方向性としては、NTPC 石炭火力発電所のベストプラクティスを州発電公社へ普及展開して運用の効率化を図ることにしており、北部地域（ラックノウ）と東部地域（パटना）に CenPEEP の地域事務所を開設した。

### （3）APP の協力

クリーン開発と気候に関する APP は、「環境汚染」「エネルギー安全保障」「気候変動問題」の 4 課題への共同取り組みを推進するためオーストラリア、カナダ、中国、インド国、日本、韓国、米国の 7 ヶ国で 2006 年 1 月に設立。我が国は電気事業連合会が幹事となり、電力各社が参加している。

「発電及び送電タスクフォース」においては、「発電分野のベストプラクティス」の普及を目的としたピアレビューを各国の石炭火力発電所において実施しており、運転・保守管理の技術と技能の開発・向上（キャパシティー・ビルディング）を通じた火力発電プラントの熱効率改善に取り組んでいる。

表 3-20 APP 発電及び送電タスクフォースのアクションプラン（石炭火力関係を抜粋）

- |  |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"><li>・ 発電分野のベストプラクティス</li><li>・ 石炭火力発電所の燃焼最適化</li><li>・ スートブロワー（ボイラ内の石炭灰洗浄機）の効率的実施</li><li>・ 燃焼ガスにおける硫黄酸化物低減技術</li><li>・ 発電所の補修、改良及び近代化に関するリスク評価と最適化</li><li>・ 発電所の長寿命化と余寿命評価</li></ul> |
|--|

参考文献：クリーン開発と気候に関するアジア太平洋パートナーシップ 発電及び送電タスクフォース「インドにおける経年石炭火力発電所の熱効率維持・向上に向けたピアレビューの開催結果について」、2008 年 2 月 18 日、電気事業連合会。

<http://www.fepc.or.jp/>

インド国の石炭火力発電所においては、燃料炭の特異な性状によるボイラ燃焼の不具合や設備損傷といった多くの問題を抱えており、効率改善を図るうえでの大きな障害となっている。APP 会合においてもインド国から米国と日本に対してボイラの関連技術の移転に強い期待が寄せられたようであるが、本来的にはボイラメーカーの石炭燃焼実証試験データの活用やプラント設計ノウハウ適用が不可欠と考えられる。

## 第4章 NTPC 火力発電所における運用の現状と課題

### 4-1 火力発電所設備の現状

#### (1) 発電所の実態と NTPC の実力評価

##### 1) 発電所の運転状況

今回の発電所視察は2箇所（花岡団員以外は RAMAGUNDAM 発電所1箇所）にとどまったので NTPC 所有発電所全般に関する評価を正確に述べることは難しいかもしれないが、NTPC 本社での確認事項も含めた設備としての特徴を以下に示す。DADRI 発電所は運転維持管理に関するモデル発電所としての位置づけを与えられ、RAMAGUNDAM 発電所もそれに準じる位置づけのようであるが、インド国側要請はより高い技術を求めていることからこの2つの発電所の状況が次のステップへの参考になると判断する。

##### a) 国あるいは地域としての発電量不足

- ・ 負荷需要に対して発電量が不足し、周波数も定格 50Hz に対して大幅に低い。

（発電所視察時に DADRI では 49.6Hz 程度、RAMAGUNDAM では 49.5Hz 前後であった。）

- ・ 頻繁な停電：ニューデリーでも短時間停電は頻発（1日4回あった日もあり）
- ・ 発電所に対する設備利用率（PLF）最大化要請が強い
- ・ 定検期間の短縮や定検間隔の延長ニーズ大

##### b) インド国内炭の特性と問題点

- ・ 一般に灰分が多く（30～40%）、発熱量も小さい（3000 数百 kcal/kg）
- ・ 灰分によるボイラ各部のエロージョン発生
- ・ ボイラ熱吸収アンバランスによる過熱、あるいは逆に主蒸気温度低下などが発生し、プラント効率低下

##### c) 発電設備管理

- ・ 機器は経年石炭火力としては他の途上国に比べて比較的良好に維持されている。
- ・ プラント設備性能状況の発電所内（所長室等）での監視可能化

##### d) 運転監視

- ・ 通常負荷運転は自動制御化されているが、起動停止操作は遠隔マニュアル操作が基本  
運転員は中央操作盤（ユニット単位）に2名、現場ローカルに5名程度
- ・ 警報窓点灯の少ない良好な運転状況（合計3中央操作盤を確認したが、それぞれマイナー警報が3個点灯程度）
- ・ プラントの運転継続要請が強く設備故障対策が取りにくいなかで、このような運転状況に維持することはかなりの努力をしていると判断される。

##### e) 環境対策

- ・ 媒塵対策は電機集塵機（Electric Precipitator：EP）により実施しているが、SO<sub>x</sub>、NO<sub>x</sub>に関する法的規制が設けられておらず管理外の状況であることは意外。近い将来の課題であろう。

##### 2) NTPC の技術力

現場視察のほかに各発電所のデータの提示を要請していたが、NTPC の方針がやや固く、技術協力の正式な方向づけや調査対象候補の発電所が決まらない状況では十分な発電所

データは提示できないとして、事前要求した資料に関してはサンプル資料の入手にとどまった。またプラント性能実績に関しては秘文書扱いとして明確な提示を得られなかった。しかし、サンプル資料、発電所視察時や NTPC 本社との議論を通じて得られた情報に基づく意見を示す。

a) 運転保守管理一般

- ・ ISO9000 や ISO14000 を取得し、管理体制を確立してきている。
- ・ 発電所の運転データは電子情報化保存され、主要効率偏差要素もオンライン表示するなどプラント運転データ管理とプラント性能管理の基本は確立している。  
(他途上国では未熟な管理体制や管理体制はあっても発電所計測データで無効なものが多いなど実効を伴っていないケースが見られたが、今回の確認範囲ではそのようなことはなかった)
- ・ サンプル入手した系統図等の設計図書類も日本国内での図書レベルと同様な記載内容のものであり、きちんと管理されていると判断する。

b) 性能管理と実機性能

- ・ USAID の支援を受けて性能管理マニュアル（プラント全体や個別機器の診断方法を記載：120～130 頁、そのほかにも支援関係図書は膨大とのこと）の整備を行い、各発電所でも機器要素ごとの性能偏差（設計値からの）を量的に把握するなどしてきている。
- ・ ただ実機データとしては相対で 10%程度の性能劣化設備もあって、一般的にも 2～7%位の劣化状況となっているようである。
- ・ 性能劣化の内訳としてボイラ側は、石炭性状に起因するものも多いと判断される。  
つまり一つとして 30%から 40%に及ぶ灰分の多い炭であるためエロージョンによるボイラ各部チューブ等の劣化が激しいこと、また一つは、設計値より灰分が多いためボイラ設計条件からの逸脱が大きく熱吸収アンバランスが発生し、それに基づく過熱器（Super Heater：SH）や再熱器（Re-Heater：RH）の過熱／過大スプレー量発生などがあげられる。空気予熱器（Air Heater：AH）もこれらに起因する要素が多いと考えられるが、性能劣化項目としてあげられている。

ただこれは一つの大きな要因であろうが、これらの課題に対して運転保守管理の方法での改善要素があるのではないかというのが NTPC 側の期待でもある。アベイラビリティ向上に向けてオーバーホール時間の短縮やオーバーホール間隔の拡大について関心が強い。

- ・ 性能劣化としてはボイラのほかにタービンもあって、NTPC 全体にかかわってはタービン本体性能、復水器性能、給水加熱器性能の劣化に関して多くの課題があるとのことである。
- ・ 個別の劣化要素の可能性やプラント性能に関してある程度の定量把握はできるにもかかわらず、効率が低下する理由としては、下記が考えられる。
  - － 発電設備の具体的診断や改善に関するノウハウ不足、詳細検討能力不足
  - － ボイラ熱アンバランス対応など設計検討を踏まえた提案に関する判断力不足、取纏力不足
  - － 最適化技術（スートブロー等）の消化不足
  - － 短時間での修復技術・ノウハウ不足

－ 負荷デマンドが厳しいための修復時間確保困難

## (2) DADRI 発電所の運転状況

### 1) 設備概要

本発電所はデリーから約 50km のアッタープラデシュ州に位置している。石炭焚き発電設備とガス複合発電設備から構成され、石炭焚き設備は 1 号機が 1991 年運転開始し、4 号機までそれぞれ 210MW で合計 840MW の設備容量である。現在、第 2 ステージとして 490MW×2 機の石炭火力が建設中である。また、ガス複合発電設備は合計 829MW 容量 (130MW×4 機のガスタービン発電設備と 154.5MW×2 機の蒸気タービン発電設備構成) であり、燃料は天然ガスを使用している。

石炭に占める灰の割合がきわめて高い (約 30%) のがインド石炭の特徴であるが、DADRI 発電所では石炭灰を構内 375 エーカーの土地に積み上げて高さ 30m の小山とし、その上に植樹をして環境対策としている。

本石炭発電設備は、設備容量が NTPC の中では中程度であり、建設後の年数も 15 年以上経過して経年火力となっているが、USAID の助成で導入した各種効率向上策の実機展開モデルプラントを目指している。また、既に ISO9001、ISO14001 を取得して管理体制を確立している。

石炭火力設備の主仕様を以下に示す。

項目	内容	項目	内容
定格出力	210MW×4	ボイラ	BHEL 社製 (Combustion Eng 社設計) 自然循環／平衡通風
燃料	石炭 (北カランプラ産 1,200km 鉄道輸送)	タービン	BHEL 社製 (ドイツ KWU 社設計) 再熱式復水タービン
石炭消費	3.66Mill ton／年	発電機	BHEL 社製
煙突	225m 高	冷却塔	120m 高／自然通風式
集塵機	電気集塵方式 (99.94%集塵効率)	その他	脱硫／脱硝装置は設置無し

石炭性状

公表分析	Moisture	灰分	揮発性物質	固定炭素	発熱量
	6.5%	33.7%	25.2%	33.8%	4,250kcal/kg
元素分析	炭素	水素	窒素	硫黄	
	51.6%	2.9%	0.9%	0.5%	

### 2) 設備の運転性能

発電設備の現場確認としては 4 号機のみであったが、中央制御室の制御盤上の警報窓が設備全体として 3 個点灯のみで、しかもマイナーな項目であった。さらに、運転パラメータも設計条件から大きく外れているものが見当たらないなど、よく維持管理されていると



判断した。

また、ボイラ・タービン現場は15年以上の経年設備としては良好で、手すり等での石炭煤塵も少なかった。

最近の4号機運転状況を表4-1に示す。主な特徴は以下のとおり。

- ・主蒸気／再熱蒸気や真空度等主要運転パラメータは設計値に近い。
- ・発電機力率が0.99と高く発電機出力は高いが、タービン出力は定格出力未満
- ・プラント性能、ボイラ効率、タービン効率については秘文書扱いとして表示もデータ記載もなかった。次項で述べる「プラントデータ管理システム」により表示されていた性能偏差値から判断すると、目標より約3%強（相対）程度は悪い数値を示していた。

表4-1 DADRI 発電所4号機設備の主要運転実績値データ

運転項目	単位	実績値	設計値	備考
発電機出力	MW	218	210	高力率運転による高出力
プラント効率	%			提示無し
ボイラ効率	%			提示無し
燃料流量	T/h			
空気流量	T/h	743		
AH 入口空気温度	℃	31.7	27.0	
AH 出口空気温度	℃	288.7		
AH 入口ガス温度	℃	344.9		
AH 出口ガス温度	℃	139	136	設計値よりやや高いが良好
AH 入口ガス O <sub>2</sub>	%	3.6		
AH 出口ガス O <sub>2</sub>	%	6.6		
ボイラ出口ガス煤塵	mg/Nm <sup>3</sup>	79-112	150	
主蒸気流量	T/h	657.6		
主蒸気圧力	kg/cm <sup>2</sup>	150.8	150	良好
主蒸気温度	℃	536.7	537	良好
再熱蒸気圧力	kg/cm <sup>2</sup>	36.3	37.2	良好
再熱蒸気温度	℃	536.6	537	良好
再熱器入口温度	℃	349.0		
再熱器スプレー流量	T/h	4.0		やや効率低下
給水流量	T/h	671.8		
給水温度	℃	244.7	247	
復水器真空度	mmHgabs	64.0	76.0	良好（インド国では大気温度が高く、設計真空度が日本より低い）
復水器入口冷却水温度	℃	26.0		
復水器出口冷却水温度	℃	38.8		
発電機電圧	kV	16.8	16.5	
力率		0.99	0.85	高力率運転

AH：空気予熱器

### 3) プラントデータ管理

プラント運転パラメータ（流量、圧力等）を収集・表示するシステム（Distributed Digital Control Management Information System）が構築されており、タービン、ボイラ、ミル、復水器などの各系統別での熱損失を簡易計算して、定格状態と較べた効率偏差表示機能を有している。発電所長の部屋でも確認できるようにしていた。

### 4) プラント運転

#### a) 運転員構成及び自動化

各ユニットごとの中央制御室の制御盤は、基本的に旧式個別操作器具設置の大型運転デスク及び直立盤から構成され、4号機室には4ユニット合計の主要項目監視 CRT（Cathode Ray Tube）が追加的に設置されていた。

運転員は各ユニット単位の中央制御室に2～3名とのことで、大型制御盤に対応するには少人数であるため違和感があった。（ただし、RAMAGUNDAM 発電所でわかったことだが、そこでは中央操作盤2名のほかに5名の補助運転員がいるとのことであり、ユニット起動時や緊急時の対応に関して納得した。DADRI 発電所も同様と推定される）

自動化の程度として負荷運転中の操作は自動化されているが、起動時の操作は遠隔手動操作が主体。

#### b) 負荷運用

周波数が 49.6Hz ほどの運転をしており、負荷要求の大きさに発電電力供給が追いついていない。

石炭火力であるが、周波数を発電設備で部分コントロールするガバナフリー機能を有しており、出力変化許容範囲は 190～228MW（210MW 定格時）とのこと。

#### c) 運転信頼性

至近3年間の計画外停止率は 0.29～0.6% であり、NTPC 内で最も低く、ここでもモデルプラントとしての成果を出している。

負荷率として、2008 年 1 月には 1 日当たり平均として 105%（定格出力以上の発電を継続）を記録している。

### 5) 補修状況

定期点検周期はボイラが 1 年ごと、タービンが 4 年ごとに実施している。運転中及び休転時にサブシステムの性能確認のためのテストを実施している。

### 6) 環境条件

排気ガスは煤塵のみが規制されている状況で、4号機排出煤塵はインド国規制値（150mg/Nm<sup>3</sup>）以下ではある。しかし、SO<sub>x</sub>、NO<sub>x</sub> がインド国として規制がないのは昨今の地球環境の視点からは乖離しており、何らかの対応が求められるのではないかと。

## （3）RAMAGUNDAM 発電所の運転状況

### 1) 設備概要

ラングンダム市はインド国中部デカン高原ハイデラバード市から約 250km に位置する石炭を主とする炭坑の町である。

発電設備として第1期 200MW×3（1983～1984 年運開）、第2期 500MW×3（1988～1989 年運開）、第3期 500MW×1（2005 年運開）のすべて石炭焼き 7 ユニット計 2,600MW



の発電容量を有し、発電所全体敷地としては石炭ヤードや灰処理場、さらに住宅地も含めて、9,542 エーカー（約 38.6km<sup>2</sup>）を占めている。

各ユニットの主仕様及び定格出力条件を以下に示す

項目	Stage I	Stage II	Stage III
ユニット	No. 1 ～No. 3	No. 4 ～No. 6	No. 7
ユニット定格出力	200kW	500MW	500MW
ボイラ製造元	イタリー／BREDA TERMO MECCANICA	BHEL（CE 社設計）	同左
ボイラ型式	自然循環／平衡通風／ 対向バーナー	自然循環／平衡通風／ Tilting burner ミル 7 台（1 台予備）	自然循環／平衡通風／ Tilting burner ミル 10 台（3 台予備）
タービン製造元	イタリー／BREDA TERMO MECCANICA	BHEL（KWU 社設計）	同左
タービン型式	串型再熱復水式	串型再熱復水式	同左
定格石炭流量／発熱量	115T/h／4300kcal/kg	296T/h／4300kcal/kg	330T/h／3400kcal/kg
主蒸気流量	610T/h	1646T/h	1587T/h（529.5MW）
主蒸気圧力／温度	150kg/cm <sup>2</sup> ／535℃	170kg/cm <sup>2</sup> ／537℃	170kg/cm <sup>2</sup> ／537℃
再熱蒸気温度	32.7kg/cm <sup>2</sup> ／535℃	41.5kg/cm <sup>2</sup> ／537℃	42.7kg/cm <sup>2</sup> ／537℃

StageⅢ（Unit No. 7）において石炭の設計発熱量が 3,400kcal/kg とされ、StageⅡまでの 4,300kcal/kg の約 79%の発熱量となっている。発電所長説明によると山元は変わっていないが、供給される石炭の品質が年を経て次第に低下したため実体に見合う発熱量での設計に変更をしたとのことである。

また、近年の発電実績を以下に示す。

項 目	2003-04	2004-05	2005-06	2006-07	2007-08
発電量（MU）	16332	16726	19691	20248	20588
利用率（％）	90.98	91.00	90.95	90.57	91.50
負荷率（％）	97.32	99.46	95.06	98.15	98.53
計画停止（％）	6.91	7.35	7.72	5.45	6.98
計画外停止（％）	2.11	1.61	1.33	3.98	1.52

## 2）設備の運転性能

発電設備について現場確認したのは最新の 7 号機と約 20 年経過の 6 号機であった。

中央制御室での確認データを表 4－2 に示し、主な特徴を以下に述べる。

7 号機は復水器真空が設計値より低下していることと、再熱器（RH）スプレーが多く、火炉での吸熱アンバランスがあるものと考えられる。しかし、その他はほぼ良好な運転状況であった。

一方、6 号機は運開後 20 年の経年ユニットであり、ボイラ現場の手すりはほこりが認められ（はっきりした煤ではないが）、またボイラ火炉側壁面ではかなりの放射熱が認めら

れて保温材設置状況に異常が発生していると推定される。また RH 蒸気温度が定格より大幅に低く熱吸収アンバランスがある。それにもかかわらず空気予熱器 (AH) 出口ガス温度がかなり高いのは AH 灰付着等での熱交換性能低下も考えられるが (AH 入口設計ガス温度は未入手だが、AH 出入口温度差実績値が 190℃程度で大きくないことを考慮すると)、汚れなどによる節炭器での熱吸収不足が AH 入口温度高の原因と考えられる。

表 4－2 RAMAGUNDAM 発電所 6、7 号機の運転データ

運転項目	単位	6 号機		7 号機	
		実績値	設計値	実績値	設計値
周波数	Hz	49.4 前後	50	49.4 前後	50
発電機出力	MW	482	500	500	500
プラント効率	%				
ボイラ効率	%	88.2			
燃料流量	T/h	380		355	327
石炭発熱量	Kcal/kg	3400	4300		3400
空気流量	T/h			1840	
AH 出口空気温度	℃	340		138 / 126	
AH 入口ガス温度	℃	370		347 / 342	
AH 出口ガス温度	℃	182	135	139 / 134	
煙突ガス空気温度	℃			131 / 132	
AH 入口ガス O <sub>2</sub>	%	3.7		3.8 / 4.0	
AH 出口ガス O <sub>2</sub>	%	6.6		6/75 / 6.38	
煙突入口 CO	ppm			1.83	
ボイラ出口ガス煤塵	mg/Nm <sup>3</sup>			45.1	115
主蒸気流量	T/h				
主蒸気圧力	kg/cm <sup>2</sup>	169.9	170	169.3	170
主蒸気温度	℃	536.6	540	541	540
再熱蒸気圧力	kg/cm <sup>2</sup>				
再熱蒸気温度	℃	530	540	539	540
再熱器スプレー流量	T/h		0	34.8	0
給水温度	℃	251.3	255		
復水器真空度	mmHga	83.5	76	89.9	76
復水器入口冷却水温度	℃	34.4	32		32
発電機電圧	kV			10.8	

このほかに、石炭の灰分含有率は 42%以上、水分は 10～12%程度と聞き取り確認している。表中 6 号機のボイラ効率 88.2%は、壁に記載されていたデータ。

### 3) プラント運転

#### a) 運転員構成及び自動化

7号機中央制御室の運転監視装置は米国 MAX-DNA 製のタッチオペレーション装置で、デスク盤上のモニター（4～5台）と中型スクリーン3台監視操作方式であり、近代化されている。6号機中央制御室は旧式個別操作器具設置の大型運転デスク及び直立盤構成であった。

運転員はともに中央制御室に2名であるが、ほかに5名の補助運転員がおり、ユニット起動時や緊急時の対応している。

自動化の程度としてともに負荷運転中の操作は自動化されているが、起動時の操作は遠隔手動操作が主体であり、7号機では今後シーケンシャル化を段階的に行うとのことであった。

中央制御室の制御盤上の警報窓は両ユニット共に設備全体としてマイナー項目2～3個点灯のみであり、運転継続要請圧力の強いなかではよく維持管理されていると判断した。

#### b) 負荷運用

負荷運用としては、この発電所も大きな周波数低下に対応するために最大出力運転を志向しているが、6号機の場合は定格 500MW に対して、482MW にとどまっていた。DADRI 発電所では定格以上の出力を出していたことを踏まえると、ボイラ各要素の制約で最大出力が抑制されていると推定される。

出力抑制の制約要素詳細までは確認できなかったが、6号機のミルは予備機を使用しても石炭カロリー不足で十分ではないことも要素の一つと考えられる（7号機では予備ミルを3台に増加）。また、ここも石炭火力であるが周波数変動対応として制限範囲内のガバナーフリー機能を持たせている。

#### c) 環境規制

環境規制に関する聴取内容は下記のとおりである。

- ・排出ガス関係の規制は、煤塵のみ（規制値：115mg/Nm<sup>3</sup>以下）
- ・15日に1回煤塵測定を行い、役所にデータ報告
- ・ユニット No. 7には光透過式の連続煤塵形が煙突に設置されており、煤塵が 200 mg/Nm<sup>3</sup>以上になった場合は負荷抑制を実施

ここでも、SO<sub>x</sub>、NO<sub>x</sub> は環境規制対象外として計測も行われていないのは今後の課題であろう。

#### d) 抱えている問題

①発電所視察中の技術者からのコメントを以下に示す。

- ・AH 出口温度の上昇
- ・ボイラーチューブリーク（年に2回程度発生）
- ・煤塵濃度上昇
- ・微粉炭機（ボールミル）のボール磨耗（石の混入等による）

②また、入手した電子ファイル資料に示される内容は下記のとおりである。

Stage I（１～３号機）

No	主要課題	備 考
1	短時間バーナ寿命	バーナ部エロージョン（２ヶ月）
2	ボイラエロージョン大	LTSH、節炭器、垂直 RH 部
3	ボイラチューブ過熱 RH スプレー流量大	最終 RH チューブ
4	ドライガス損失	空気予熱器（AH）性能劣化（150-160℃）

Stage II（４～６号機）

No	主要課題	備 考
1	ドライガス損失	排気ガス温度高（155-170℃）
2	ボイラチューブ過熱及び SH & RH スプレー流量大	SH、RH コイル部（一般に最下段のミルを運転し、バーナーチルトも下方向きとしている） 火炉出口温度（FEGT）左右温度差大（約100℃）
3	エロージョン大	節炭器、水壁、Z-パネル、バーナーベンド、ダクト偏向板、ダクト壁
4	アッシュホッパー	設計上は８時間保持可能だが、実際は４時間以下の保持可能容量

4) プラント保守管理

a) 保守体制

- ・ボイラ、タービン、電気・計測分野にそれぞれわかれており、すべて NTPC 職員が実施している。

b) 定期点検

①点検周期

- ・法定点検周期：ボイラ 1 回／2 年、タービン 1 回／5 年
- ・ボイラは不具合が多いため毎年定期点検を実施  
（工期：30 日～45 日：出力規模による）
- ・タービンは法規制に則り 1 回／5 年、開放点検実施

②工事体制

- ・実作業はすべて NTPC 職員が実施
- ・メーカー指導員を配置（1～2 名）
- ・近郊に発電設備のメンテナンスを請負う工事会社はない

5) 発電所としての要望・目標

a) 発電所長からのコメント

- ・インド国は電力が不足しているため、よりプラントを長く安定して運転することが需給上きわめて重要である。したがって、ボイラの信頼度対策、点検工期の短縮、点検インターバルの延伸（1 年→2 年）が我々にとって最重要課題である。特に、ボイラ

チューブリーク対策や作業の利便性、効率を高めるツールなどについて、日本から学ぶことがあれば幸いである。

- ・特に作業ツールに関しては、点検作業時（特に溶接作業）に配管内に異物が混入しタービンに損傷を与えるケースがあるので、それらを防止できるツールがないかと考えている。
- ・煤塵量増に関する問題については、電機集塵機（EP）と煙突の間隙が狭く、これ以上EPの集塵室を追加するのは困難な状況で困っている。

b) 日本／北海道電力の事例紹介に対する反応

- ・プラント性能として、経年火力実績効率が設計値より上回っていること（保証条件確保と性能維持）、最適 O<sub>2</sub> 制御、多炭種対応制御やタービン効率改善への興味が示された。
- ・新技術として、貫流ボイラや超々臨界圧ボイラへの興味が示された。

c) 発電所目標（入手電子ファイルより）

主な挑戦－オーバーホール間隔の延長に向けて

- ・石炭バーナの改善
- ・エロージョンの厳しい箇所のボイラチューブコーティング
- ・空気予熱器（AH）シールの改善
- ・保守にかかわる新技術・新ツールの採用
- ・Z-パネルチューブの耐摩耗改善
- ・耐熱寿命改善
- ・モジュール取り替え方式

本発電所では、一部復水器真空度低下の課題は見られたが、指摘された問題点としてはほとんどがボイラ側課題である。タービンのスケール等の問題はないかとの質問に対しても、給水管理はよく実施されており、特に問題は発生していないとのことであった。

## 4-2 先方要求と協力の可能性

### （1）新技術とデモンストレーション

#### 1) 先方の要求技術

NTPC CenPEEP（ニューデリー）は、USAID から既に習得した基礎知識にはあまり興味を示さず、彼らにとっての新技術の実践的習得要求がきわめて強い。

ただし、CenPEEP の中には日本での実習経験があって、日本の技術レベルの良さを高く評価している人もおり、管理面、性能管理面、個別保守技術に関して多くの提供テーマがあると判断される。

CenPEEP にリクエストして入手した先方が考える“JICA 協力エリア”（付属資料5〈資料1〉参照）とその項目選定の推定理由などの考察内容を以下に和訳して示す。

# I. ボイラ乾きガス損失の低減 (AH 出口ガス温度が設計値より 15～20℃高)

No	CenPEEP が考える協力エリア項目	推定理由	RAMAGUNDAM 発電所課題
A	ボイラ		
1	ボイラモデルや他の性能診断ツールを使用して下記のような問題解決の助言 主蒸気温度低下／再熱蒸気温度低下／RH スプレー量過大／ボイラ左右温度差大／SH/RH チューブメタル温度上昇／AH 入口及び出口ガス温度高／他の熱伝達部の問題	石炭カロリーの設計値からの（大幅）低下事例への対応、また経年的ボイラ特性変化への対応 → 補修的対応と大幅改造対応の区分見極め技術習得	○
2	燃焼最適化技術		
3	ボイラ改造による蒸気条件改善実績		
4	ボイラ 2 次パスにおけるボイラエロージョンの低減技術	多量な灰分によるエロージョン	○
5	ボイラへの空気侵入量、侵入場所の評価技術		
6	ボイラペントハウス部からの空気侵入低減技術		
7	バーナ寿命の延命化技術（ケースによってはバーナ寿命がきわめて短い）		○
8	火炉－排気ガスの温度や組成計測技術	環境規制緩くデータ計測ノウハウ小	
9	ボイラストブローワー最適化技術		
B	空気予熱器		
10	AH リークを許容可能な 8～10%以下に保つようにするシール改善（現状は AH の型式にもよるが 12～20%リーク）	多量灰分の影響もあるが、どの発電所でも AH 性能劣化が大きな要素	
11	AH シールギャップのオンライン計測		
12	オンライン AH クリーニングの改善技術		
13	オーバーホール時の AH クリーニング－短時間での効果的クリーニング		
14	AH 出口ガス温度を 125℃程度に維持するための運転保守方法		○（155～170℃）

## II. タービン性能改善

No	CenPEEP の述べる協力リクエスト項目	推定理由	備考
1	タービン内部（動翼、ダイヤフラム、ギャップ、シール等）の状況評価技術	効率向上効果は大 Cost も大 → Cost performance の評価 能力向上と採否判断 （注：西独の壺型タービンが主体）	タービン本体関係に関しては NTPC/H.P. 紹介事例はない
2	タービンのオンライン性能診断ツールやその可能性		
3	タービン性能改善対策（HP/IP/LP タービン）		
4	タービン内部（内部段落シール等）現場修理		
5	タービン端部シールやグランドシール改善		
6	LP タービン効率評価や計算方法		

## III. タービン補機

No	CenPEEP の述べる協力リクエスト項目	推定理由	備考
1	給水流量計キャリブレーション		
2	復水器への空気侵入量、侵入場所の評価技術	復水器性能の影響大かつ 多くの発電所での共通課題	* NTPC /H.P. 紹介事例有り
3	復水器チューブクリーニング技術		同上
4	復水器循環用冷却水として海水の一部利用とその問題点への対策	（インドは冷却水／クーリングタワー方式が主体）	

#### IV. オーバーホール

No	CenPEEP の述べる協力リクエスト項目	推定理由	備考
1	オーバーホール間隔を拡大するためのツール、技術及びシステム	NTPC としては発電稼働率向上が最大の課題	
2	オーバーホール時間短縮の方策		
3	オーバーホール期間中のボイラ検査技術		

No	CenPEEP の述べる協力リクエスト項目	推定理由	備考
V	ボイラ検査、保守実行の実務及び解析のための設計関連情報	補修的対応と大幅改造対応の区分見極め技術習得	
VI	日本の研究所や電力関係機関の共同検討体制		
VII	超臨界圧プラント (1) 高アベイラビリティ、高運転を維持するベストプラクティスを達成する日本の電力会社の O&M マニュアル (2) 超臨界圧プラントのノウハウ		今回の契約業務対象範囲外
VIII	冷却塔－改善事例や最適化		* NTPC/H.P. 紹介事例有り
IX	予防保全技術（サーモグラフィーやボアスコープ等活用）	適用範囲の拡大	同上
X	発電機昇圧変圧器のための予防保全	予備機無し重要設備	同上

#### 上記項目の特徴ほか

- ・ボイラ及びタービン全般にわたっている。USAID から全般としては習得したはずであるが、上記各項目の詳細に関して取得不足を感じているものと思われる。
- ・灰分の多い石炭やその大きな熱量変化はインド国特有であるが、その他は日本の発電所にも共通性の高い項目が多い。
- ・「\*NTPC/H.P.紹介事例有り」と備考欄に示した項目は、下記の「3) デモンストレーション」でも述べる NTPC /CenPEEP のホームページに紹介事例の掲載がある項目である。
- ・超臨界圧プラントはインド国で初のプラント建設を計画中であって、現ステップでのノウハウ提供の対象とはならない。
- ・以上は CenPEEP の考える要請項目であるが、個別の発電所ではそこ特有の課題があって、例えば RAMAGUNDAM 発電所に関しては既に示したが、“ボイラのチューブリーク対策や作業の利便性、効率を高めるツール”や“点検作業時（特に溶接作業）に配管内に異物が混入しない対策”などのように実践的課題が提起されている。
- ・なお、本資料の入手は最終打合せ日であり、内容の詳細確認はできていないが、推定理由欄はそれまでの討議内容から推定したものである。

#### 2) 設備診断と技術移転推進プロセス

本格調査では下記の各項目を通して有効な技術・管理ノウハウ移転項目等が決定することが適当であるが、業務プロセス概要は以下に示す内容で基本合意しており、手法としては OJT による技術定着化を予定している。

a) NTPC がこれまで実施してきた効率改善経緯のレビュー

b) 診断対象発電所の決定

対象発電所の推薦／対象発電所決定／発電所の追加データ収集

c) 予備調査と業務スケジュール



予備分析／業務スケジュール作成／先方メンバー決定と OJT 準備

d) 対象発電所の性能診断

プラント性能診断／O&M の状況レビュー

e) 対象発電所の対応策

補修・改造による性能改善／O&M 手法の改善／CDM 適用準備

f) コスト、経済性評価

g) ガイドライン・マニュアル作成

3) デモンストレーション

JICA との協力での新技術の習得にあたり、日本の技術のデモンストレーション（実施での紹介）を強く要請している。つまり、USAID から紹介された事例として“渦電流熱によるタービンボルト等の加熱でのタービン分解時間の短縮”及び“音響やサーモグラフィ等の活用による変圧器の総合診断”に関する紹介ペーパーを入手したが、CenPEEP のホームページにはこれらを含めて 14 件のデモンストレーション事例の掲載がある。

これらの内容を分類すると、設備対象としてはボイラ関係が 6 件、電気関連 2 件、復水器関連 2 件、弁など一般を対象とするもの 4 件で、改善の視点という見方をすると計測手法改善、設備診断や工期短縮に関するものが多くを占めている。

本格調査の中では計 4 回のワークショップが予定されており、1 回目はキックオフ的内容、以降は具体的技術伝承に関してセミナー的伝承と適切な項目のデモンストレーションが予定されことになる。

先方の関心の強い事項として、ボイラ及び空気予熱器（AH）各部エロージョン対策や復水器での漏洩検出技術、更には定検期間の短縮や定検間隔の拡大に効果のある手法等で先方が未経験の技術に関してデモンストレーションが可能であれば効果的である。

(2) 研修

NTPC は、日本の石炭火力発電所に強い関心をもっており、下記の本邦研修（合計 4 回）を要望している。

- ・効率管理（2 回）
- ・設備の状態監視と診断技術（1 回）
- ・定期点検見学（1 回）

以下にその要望の詳細と協力の方向性について述べる。

1) 効率管理（2 回）

a) 要望内容

NTPC は、センターオブエクセレンス設置構想に見られるように、熱効率の管理体制や方法について現在模索している状況である。こうした背景から、日本の電力会社が実際にどのようなシステムを用いて火力発電所の熱効率を管理しているのか、また性能試験をどのように実施しているのか、学びたいと考えている。

b) 協力の方向性

熱効率の管理システム、性能試験の方法については、既存の取扱説明書、マニュアル類をベースに資料を作成し、3～4 日程度の講義とシステム見学で対応可能と思われる。



性能試験見学については、定格負荷試験（１日）の見学で十分と考えられ、上記と組み合わせ、全体で４～５日程度の研修を計画することで対応可能と予想される。ただし、性能試験の見学については以下の点に留意する必要がある。

<留意事項>

- ・性能試験は、中央給電指令所と発電部門との事前調整により実施する停電作業で、試験頻度も少ないため（２年に１回の定期点検の前後１回程度）、計画に合わせて研修員に来日してもらう必要がある。
- ・需給状況により試験日が変更（月間レベル、至近）になることがあるため、状況によって臨機応変な対応が必要と予想される。

２）設備の状態監視と診断技術（１回）

a）要望内容

NTPC は、発電設備の突発的なトラブルを防止するため、予防保全に力を入れており、運転中の機器コンディションを把握するための監視機能（ユニット計算機ほか）、パトロールで使用している計測機器類、設備診断技術に大きな関心をもっている。こうした背景から日本の電力会社が実際にどのようにして機器コンディションをモニタリングしメンテナンスを行っているか、学びたいと考えている。

b）協力の方向性

NTPC は、この分野の知見をそれなりにもっていることが予想される。このため、診断事例について事前に NTPC と協議し、取り上げるものを絞り込む必要があると考えられる。

以下に本邦研修のカリキュラム例を示すが、診断事例をどれだけ紹介するかにより日数が増減するが、概ね１週間から１０日程度の研修で対応可能と思われる。

<カリキュラム例>

- ・保全方式の分類（TBM、CBM ほか）（講義）
- ・ユニット計算機の状態監視機能ほか（講義、見学）
- ・パトロールチェック項目と点検に使用している計測機器類（講義、見学）
- ・回転機械の診断ツールと診断事例（講義、見学）
- ・その他診断事例（講義、見学）

３）定期点検（１回）

a）要望内容

NTPC は、インド国の供給力不足を背景に、発電所をより長く安定して運転するため、定期点検工期の短縮、インターバルの延伸を重要課題としてあげている。このため、日本の火力発電所で定期点検がどのように施工されているか大きな関心を持っており、安全な距離を置いた場所からでよいので点検作業を見学させてほしいとの要望が出された。なお、NTPC は特にボイラ、タービン本体の機械作業の信頼性、効率向上に貢献する便利な作業ツール、検査機器に興味をもっている。

b）協力の方向性

日本の石炭火力は、概ねベース運用されており、単機容量が大きいユニットが多く、

電力の安定供給、経済性の観点から、各電力において工期短縮、インターバル延伸の努力がなされている。このため、NTPC が日本の石炭火力の定期点検を見学することは、有意義なものと思われるが、厳格な工程管理、安全管理が行われている作業現場に研修員を受け入れることは、電力会社にとって抵抗があるものと予想され、この点に十分配慮し、研修を計画する必要がある。

表4－3に定検工程の例を示すが、NTPC は先に述べたとおり、ボイラ、タービン本体の機械作業の信頼性、効率向上に資する作業ツール、検査機器に興味を持っており、また空気予熱器、復水器の点検にも高い興味を示していたことから、これらの分解点検が重複する期間である、ボイラ本体点検着手（足場組立て後）から所内検査までの期間内で1週間から10日程度（表4－3①）の研修を計画することが効率的と予想される。ただし、タービンのバランシング等、試運転工程の見学についても要望がある場合は、期間が開いてしまうため、再来日するか上述の設備診断技術の研修を途中に入れるなどの対応を考える必要がある。なお、研修員の定期点検作業現場立ち入りにあたっては、受入れ電力の規則、指導に則り、安全管理関係の諸手続きが必要と予想される。

#### <カリキュラム例>

- ・ 全体工程及び工事体制について（講義）
- ・ 安全関係の諸説明、手続き
- ・ ボイラ本体、空気予熱器点検作業（講義、見学）
- ・ タービン本体、主要弁点検作業（講義、見学）
- ・ 復水器点検作業（講義、見学）

表 4－3 ボイラ・タービン定期点検工程の例

期 間	2 ～ 3 ヶ月														
区分	分解点検工程								試運転確認工程						
項目	着工	解列・強冷			所内検査		ボイラ水圧		着火前諸試験	着火テスト他	バランシング	動態テスト	負荷変化試験	確認運転	竣工
研修員見学期間（案）					①										
・ボイラ															
足場組立															
本体点検															
付属設備点検															
足場解体															
・タービン															
本体点検															
主要弁点検															
復水器点検															
ポンプ類点検 (MD,TD-BFP,CWP)															

## 第5章 本格調査での留意事項

### 5-1 火力発電運用改善計画の協力内容

#### (1) 調査の段階について

本格調査は、①基礎調査段階、②モデル火力発電所における効率改善計画の作成と実施段階、③効率改善手法の普及段階の3段階にわけて実施される。

「基礎調査段階」では、既に NTPC が習得している技術力や効率改善への取り組み状況を確認することに加えて、我が国において実施してきた火力発電所の効率改善の取り組み内容、その成果を紹介し、NTPC 側とコンサルタントが問題意識を共有することが期待されている。

「モデル火力発電所における効率改善計画の作成と実施段階」は、NTPC と共同で、今次調査で取り組む対象となる火力発電所（モデル発電所）を選定のうえ、分析し、効率診断及び効率改善に係る作業工程を策定する。また、C/P チームを組織し、既存の維持管理手法のレビュー、経済財務分析などを行うことをとおして、石炭火力発電所効率改善計画の策定及び改善計画の実施、効率改善に係るガイドライン及びマニュアルの策定を行うことが期待される。あわせて、CDM 適用への支援も行うことが期待されている。

「効率改善手法の普及段階」では、効率改善にかかるガイドライン及びマニュアルの策定や C/P への技術移転、人材育成といった具体的な取り組みを行うことが期待されている。

どの段階においても、ワークショップや技術移転セミナーで、効率改善の手法を紹介することが期待されている。

#### (2) 本格調査で対象となる技術内容について

本格調査のねらいは、インド国の石炭火力発電所の熱効率の向上であり、原因を究明し、改善ための手法をまとめ、効果的に伝えるため、ガイドライン及びマニュアルを策定することである。NTPC はこれまでも発電効率の改善に意識的に取り組んできており、USAID の支援を受けて、保守点検・運用に必要なデータ収集・記録や設備の定期点検といった一通りの管理体制を整えている。

このため、本調査での協力対象となる技術内容は、NTPC がこれまで採用してきていない技術・技法となる。

NTPC の発電所でのデモンストレーションと日本での研修（C/P 研修）をとおして、NTPC が我が国の効率改善技術に直に触れる機会をもつことにより、NTPC と調査団とで NTPC に適用可能な技術を見極め、技術移転を図っていくこととする。調査団はこの点に留意し、NTPC の技術レベルを十分把握するとともに、対象とする技術内容につき NTPC と十分協議することが必要である。

#### (3) デモンストレーションについて

NTPC は、マニュアルやガイドラインの作成により技術を普及していくやり方にとどまらず、調査団が関係者を集めた実地形式で具体的な手順を説明し、その効果を示す手法（デモンストレーション）を期待している。

デモンストレーションを実施するために、現地調査に際して本邦から携行するコンサルタント所有の資機材のうち、消耗品を除いて、コンサルタントが本邦に持ち帰るものであって、

かつ輸出許可の取得を要するものについては、コンサルタントが必要な手続きを行う。

## 5-2 本格調査における留意事項

### (1) プラントメーカーとの協力体制について

インド国の石炭火力においては、使用炭性状や燃焼特性の影響でボイラ燃焼効率が低下するなど設備上の課題が多く存在しており、発電所の効率改善においてはプラントユーザーとしての運転・保守の専門技術とともにプラントメーカーによる設備技術のサポート体制が不可欠といえる。

本邦プラントメーカーには海外炭の燃焼実証試験を通じた設備設計・製作のノウハウがあり、最近においては電力会社と共同で中国やオーストラリアの石炭火力発電の効率改善事業に取り組んでいる。インド国と類似した石炭性状を有していることで、中国やオーストラリアの効率改善事例はインド国へ適用できるものが多くあり、本格調査での積極的な活用が望ましい。また、インド国内メーカーとの協力関係についても考慮に入れる必要があり、設備の詳細仕様や類似ユニットにおける情報提供を受けることは設備診断や改善対策検討においてきわめて有効なものである。これらの内外プラントメーカーのサポート体制を取り付けるために、本格調査においては業務委託契約や団員資格での調査参画などふさわしい方式に基づいて検討する必要がある。

### (2) 調査団員の安全確保と事故補償について

調査団がモデル発電所の設備診断や対策検討を行う場合、設備の現況把握や対策の適合性確認の必要性に基づいて調査団員が分解開放時の実地検分に出会う場面が予想される。NTPC は調査団員の定期点検立会いによる実践指導を強く望んでおり、また、このような機会提供に積極的に協力するとの意向であることから、調査団員による現場作業の機会は多くなる見込みである。

調査中における調査団員の安全確保や事故補償については万事怠りなきよう慎重に対応すべきものであり、特に発電所における調査団員の現場作業に関する安全計画書提出が不可欠と考えられるところ、調査団は C/P である NTPC と事前に協議を行っておくことが重要である。

### (3) NTPC の発電所関連データに係る守秘義務について

NTPC は、調査団が NTPC から入手した情報及びデータについては、調査のために活用することに限定し、第三者に提供しないことを条件としてデータ提供に応じるという条件をつけてきた経緯があるため、データの取り扱いには最大限留意する必要がある。



## 付 属 資 料

1. 署名した M/M 及び S/W案
2. 面談議事録
3. 調査団によるプレゼンテーション資料
4. 署名した S/W
5. 現地収集資料





**MINUTES OF MEETING  
FOR  
THE STUDY  
ON  
ENHANCING EFFICIENCY  
OF  
OPERATING  
THERMAL POWER PLANTS  
IN  
NTPC-INDIA**

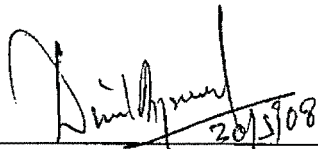
**AGREED UPON BETWEEN**

**NTPC Limited**

**AND**

**THE JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY**

**Delhi, May 30th, 2008**



20/5/08

Mr. D.K.Agrawal  
General Manager, CenPEEP  
NTPC Limited  
(NTPC)



Ms. ADACHI Fumio  
Team Leader of the Project Preparatory Study Team  
Japan International Cooperation Agency  
(JICA)

The Government of India officially requested the Government of Japan to implement the Study for Enhancing Efficiency of Operating Thermal Power Plants in NTPC-India (hereinafter referred to as "the Study") in August 2007. In response to the request, the Project Formulation Study Team (hereinafter referred to as "the Team") organized by the Japan International Cooperation Agency (hereinafter referred to as "JICA") was dispatched and had a series of discussions with the authorities concerned of the Government of India and NTPC Limited (hereinafter referred to as "NTPC") from May 14th to June 4th, 2008 (List of Main Attendants from JICA and NTPC is shown in Attachment I.).

The discussions were conducted in a cordial atmosphere and both parties agreed to record the following points as summarized conclusions of the discussions between NTPC and the Team.

#### **1. Basic Mutual Understandings**

India's power demand is rapidly increasing, and power generation capacity, which is presently above 135,000 MW, is planned to increase to 212,000 MW by 2012, and 425,000 MW by 2022. Around 66% of the present capacity is based on thermal, and coal is considered to remain dominant source in future also, making full use of coal that is abundant in India. Enhancing efficiency of operating existing thermal power plants is largely expected to meet power demand along with increasing power generation capacity. That will also lead to global greenhouse gas emission reduction. Considering the present power generation efficiency, there is potential available for improving efficiency.

It has great significance that NTPC and JICA will collaborate for enhancing power generation efficiency in India since Japanese technology to realize high power generation efficiency will contribute to India's power sector, and alleviation of global warming.

#### **2. Agreement of Draft Scope of Work**

Based on the above mutual understandings, both parties discussed detailed contents of the Study and reached an agreement on the draft Scope of Work as Attachment II.

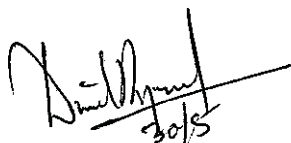
#### **3. Title of the Study**

Both parties agreed that the title of the Study shall be **"The Study for Enhancing Efficiency of Operating Thermal Power Plants in NTPC-India"**

#### **4. Understanding of the Draft Scope of Work**

The Study is aimed at efficiency enhancement of existing coal-fired thermal power plants in India, thereby leads to the reduction of global greenhouse gas emission in thermal generations. Power plant operation and management system, which have helped Japan to accomplish records of high efficiency in operating thermal power plants, is the main focus area in the technology transfer of the Study.

Several power plants will be selected as candidate power plants as case study for the 'Study' to practically demonstrate various technologies and practices to the Indian counterpart personnel, such as for plant diagnosis, O&M systems review and preparation of measures for recovery of power generation



Dr. M. Yamada  
30/5

efficiency. Application to CDM schemes will be initiated to utilize the resultant carbon emission reduction by the measures. JICA study team shall also prepare a Project Development Document (PDD) and shall make presentation to Executive Board of the Clean Development Mechanism, if required. Finally, economic and financial viabilities of the planned efficiency enhancement measures will be evaluated for each of candidate power plants.

Capacity development will be emphasized during the whole process of the Study both on the job, at workshops and seminars and training in Japan. The outcome of the technology transfer will include compilation of standard manuals and guidelines on efficiency enhancement for future use for all related parties in Indian thermal power generation sector.

## **5. Candidate Power Plants / Units**

How many and which power plants / units will be candidate ones (hereinafter referred to as "candidate plants") will be decided between NTPC and the JICA study team after kick-off workshop during the first work in India by the team.

Both parties agreed that the number of candidate plants should be around three (3).

Both parties also agreed along with the statement of candidate power plants in the draft Scope of Work that candidate plants should be selected from power plants which are reliable or periodically collecting data to conduct performance diagnosis, that candidate plants should be selected in a balanced manner from power plants which were built in 1980s, around 1985, or in 1990s, and that candidate plants should be selected from power plants which are interested in Japanese power generation technology.

## **6. Demonstration of New Practice and Technology**

The JICA study team will demonstrate Japanese practice and technology that will contribute to enhancing NTPC's power generation efficiency during the Study. Equipment and tools will be brought from Japan, as mutually agreed, for this purpose on returnable basis. Such new technologies could be, for example, study of critical problems of boiler, on line life assessment of boiler and turbine components, diagnosis technologies, application of high efficiency turbine blade or nozzle, any other area of concern, operation and maintenance tools and systems including overhaul. NTPC counterparts and the JICA study team will discuss and decide the target technologies during the first work in India by the JICA study team.

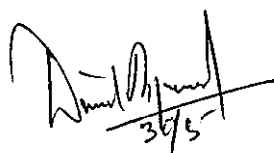
## **7. Institutional Framework for the Study**

Both parties agreed to organize a steering committee and counterpart teams as shown below.

### **(1) Steering Committee**

The function of steering committee is to ensure smooth collaboration among relevant organizations of the Indian side and the JICA study team and to monitor the progress of the Study.

The committee will be chaired by NTPC Director (Operation). The committee shall be composed of representatives from NTPC, candidate plants, and the JICA study team. CenPEEP will coordinate the



F. A.

committee. The first committee will be held to confirm the contents of Inception report prepared by the JICA study team at the time of commencement of the Study. Similarly committees will be held to exchange views on Interim report and Draft Final report.

## **(2) Counterpart Teams**

To conduct the Study smoothly and efficiently and to realize technology transfer to people in related institutions in the course of the Study, counterpart teams shall be organized by NTPC. Several counterpart teams may be established according to each of the following themes. Members shall be composed of right persons from candidate plants and NTPC headquarters including CenPEEP. Counterpart teams are expected to work together with the JICA study team to receive on-the-job training in Japan and in India and to offer adequate information and data to carry out the Study.

- a. Diagnosis of power plant and preparation of measures to recover efficiency
- b. Review of O&M practice and preparation of measures to recover efficiency
- c. Preparation of CDM application
- d. Economic and Financial Analysis

## **8. Workshops**

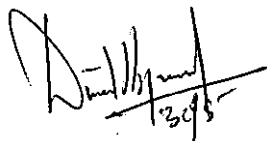
Each counterpart team and the JICA study team will hold workshops other than on-the-job training so that all members of each team can acquire skills and knowledge systematically, share information they will obtain during the Study, and make necessary decisions.

The JICA study team will conduct a kick-off workshop to NTPC counterparts at the beginning of the Study at India. The JICA study team will make presentation levels of efficiency achieved in Japan, and technology & practices in use to achieve these levels. Further, workshop will focus on how to sustain the efficiency through O&M skills, technology, and so on in NTPC power plants. After that presentation NTPC and the JICA study team will jointly list up practices and technologies that will contribute to enhancing NTPC's power generation efficiency, and then select candidate power plants to transfer such practices and technologies.

Aside from the kick-off workshop, workshops are expected to be held every time during each work in India by the JICA study team as shown in the Tentative Study Schedule attached to the draft Scope of Work. The details of when and where workshops will be held will be discussed at the first steering committee during the first work in India by the JICA study team. Members of counterpart teams might initiatively be lecturers at some workshops, in addition to Japanese lecturers , so that they will demonstrate they have acquired skills and knowledge.

## **9. Technology Transfer Seminar**

Technology transfer seminar will be held once or twice other than workshops. Seminars aim at sharing skills and knowledge with people beyond counterpart team members. The JICA study team shall develop guidelines and manuals for enhancing power generation efficiency as described in the draft Scope of Work. The guidelines, manuals and various outputs counterpart teams and the JICA study team will wrap up



might be introduced at seminars. The details of when and where how many technology transfer seminars will be held and who should be invited will be discussed at the first steering committee. Members of counterpart teams might initiatively be lecturers at seminars.

#### 10. Study Schedule

In order to identify concrete measures for enhancing efficiency and to let the measures taken into NTPC's annual plan even during the Study not waiting for the conclusion of the Study, the schedule from performance diagnosis to workshops and seminars shall be hopefully planed in time of season of drafting annual plan.

#### 11. Counterpart Training

- (1) JICA would conduct on the job training in India during the Study. NTPC requested JICA for training of NTPC counterpart team at Japan's utilities also. The training in Japan is expected to expose NTPC team to Japanese practice and technology in efficiency enhancement through observation of operation and maintenance activities such as performance test etc. Both NTPC and JICA strongly feel that this training is one of the important constituent of the program. JICA informed that a separate application is required to be submitted by NTPC through MoP for further processing. JICA will ensure that the time of training matches with the study program and they will strongly take up with the Govt of Japan to adopt this request as it is important component for success of the program.
- (2) The numbers of training programs are as shown in tentative schedule attached to SOW. Field and duration of the training in Japan shall be discussed and mutually agreed to after the commencement of the Study.

#### 12. Technical Cooperation after the Study

The Team explained that JICA could not commit anything about technical cooperation after the Study now because budget for each of cooperation is allocated after receiving request on the cooperation and also it is the Government of Japan that decides which request should be adopted. The Team also explained that JICA would tell the JICA study team to identify during the Study suitable technical cooperation area after the Study and to consult with MOP, NTPC and JICA. NTPC responded that if it finds identified recommendation as useful, it would request Govt of Japan through MoP to adopt the same and JICA will recommend the same to Govt of Japan for consideration.

#### 13. Undertakings of NTPC Side

- (1) Budget allocation

The budget for NTPC counterpart personnel related to the Study will be borne by NTPC..

- (2) Office space

Office space with enough office furnishing for the JICA study team to implement the Study shall be

provided by NTPC.

(3) Information/data offering

NTPC shall provide the JICA study team with information/data necessary to carry out the Study. The Team requested NTPC to provide information/data described in 2. (3) of the draft Scope of Work. NTPC responded that it would provide such information /data at time of selection of candidate power plants to the extent it is available And JICA team restated diagnosis of power plants cannot be conducted without information / data provided.

(4) NTPC will not share with third party any data available from Japanese institution during the study.

**14. Undertaking of JICA Side**

For the implementation of the Study, JICA shall take the following measures;

- (1) To dispatch, at its own expense, JICA study team to India. All the expences of JICA team will be borne by JICA.
- (2) To pursue technology transfer to India counterpart personnel in the course of the Study.
- (3) Not to share NTPC data (which NTPC may consider as 'commercially sensitive') with any third party in India or Japan.

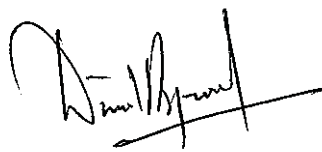
**15. Procedure before Implementation of the Study**

Some procedures as follows should be taken before the Study starts.

- (1) Preparatory study for finalizing the scope of work for the Study, if necessary.
- (2) Signing the scope of work by representatives of both parties (Ministry of Power, NTPC and JICA).

Attachment I: List of Main Attendants

Attachment II: Draft Scope of Work



F.A.

List of Main Attendants

**NTPC Limited**

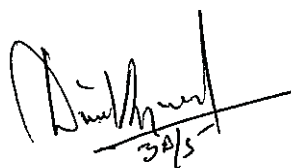
Mr. R.S.Sharma, CMD  
Mr. Chandan Roy, Director (Operations)  
Mr. R.K.Jain, Director (Technical)  
Mr. D.K.Agrawal, GM (CenPEEP)  
Mr. Pankaj Bhartiya, AGM (CenPEEP)  
Mr. Subodh Kumar, Sr. Manager (CenPEEP)

**JICA Project Preparatory Study Team**

Ms. ADACHI Fumio, Team Leader  
Dr. NIWA Akira, Technical Cooperation  
Mr. FURUKAWA Shuji, Thermal Power Plant  
Mr. HANAOKA Hiroshi, Thermal Power  
Mr. TAKADA Kenji, Study Planning

**JICA India Office**

Mr. Subroto Talukdar, Senior Program officer



F. A

**SCOPE OF WORK  
FOR  
THE STUDY  
ON  
ENHANCING EFFICIENCY  
OF  
OPERATING  
THERMAL POWER PLANTS  
IN  
NTPC- INDIA**

**AGREED UPON BETWEEN**

**THE MINISTRY OF POWER,  
NTPC Limited**

**AND**

**THE JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY**

Delhi, ,2008

\_\_\_\_\_  
Mr.

The Ministry of Power  
India

\_\_\_\_\_  
Mr FUJII Tomoyuki  
Resident Representative  
India Office  
Japan International Cooperation Agency

\_\_\_\_\_  
Mr.

NTPC Limited  
India



F.A.



## **I. INTRODUCTION**

In response to the official request of the Government of India, the Government of Japan decided to conduct the Study for Enhancing Efficiency of Operating Thermal Power Plants in NTPC-India (hereinafter referred to as "the Study") in accordance with the relevant laws and regulations in force in Japan.

Accordingly, the Japan International Cooperation Agency (hereinafter referred to as "JICA"), the official agency responsible for the implementation of the technical cooperation programs of the Government of Japan, will jointly undertake the Study with the authorities concerned of the Government of India. The present document sets forth the scope of work with regard to the Study.

## **II. OBJECTIVES OF THE STUDY**

The objectives of the Study are:

1. to improve efficiency of coal-fired power plants per unit of electricity produced from coal-fired power plants through intensive studies of efficiency improvement,
- and
2. to transfer relevant skills and technologies to NTPC Limited (hereinafter referred to as "NTPC") to achieve the first object by adopting approach of acquisition, demonstration, dissemination and system to sustain the same.

## **III. STUDY AREA**

The Study will cover NTPC's coal-fired power plants.

## **IV. SCOPE OF THE STUDY**

In order to achieve the objectives mentioned above, the Study will cover the following items. All works will be done by the JICA study team in collaboration with the Ministry of Power (hereinafter referred to as "MOP"), NTPC.

### **1. Review of Past and Present Efforts on Energy Efficiency**

The JICA study team shall refer plan and achievement to date in Japan for efficiency enhancement in coal-fired power plants to Center for Power Efficiency and Environment Protection (hereinafter referred to as CenPEEP). The JICA study team shall discuss with CenPEEP current activities for efficiency enhancement including activities by donor agencies.

### **2. Selection of Candidate Power Plants for the Study**

#### **(1) Nomination of candidate power plants**

The JICA study team shall consult with NTPC on the nomination of candidate power plants taking into consideration plant conditions, such as plant reliability and data availability, capacity size, and eagerness for efficiency enhancement after the kick-off workshop.

#### **(2) Selection of candidate power plants**

The JICA study team shall conduct site survey of the nominated power plants to select candidate power plants for the Study jointly with NTPC.

#### **(3) Collection of additional data**

The JICA study team shall collect additional data to the extent it is available, such as plant specification, plant design data, control & instrumentation configuration, historical operation data, record of overhaul maintenance including data/information of original equipment manufacturer (OEM), and reports on performance monitoring/testing, etc.

### **3. Preliminary Study and Preparation of Work Schedule**

#### **(1) Preliminary analysis**

The JICA study team shall conduct preliminary assessment of the operating condition of the candidate power plants by analyzing the data collected in the 2(3) above and identify main issues to be addressed.



F. A.

**(2) Preparation of work schedule**

The JICA study team, consulting with NTPC, shall prepare a detailed work schedule for each of the candidate power plants to execute performance diagnosis and to make plan for measures.

**(3) Establishment of counterpart team and OJT with NTPC**

NTPC shall set up a team of counterpart personnel from candidate power plants and CenPEEP (hereinafter referred to as "the C/P team") so that the JICA study team will provide on-the-job training (OJT) on enhancing efficiency. The JICA study team shall determine how to perform OJT with NTPC including the C/P team.

**4. Performance Diagnosis at Candidate Power Plants**

**(1) Plant performance diagnosis**

The JICA study team, together with the C/P team, shall conduct a sequence of performance diagnosis at the candidate power plants using current technologies being followed in Japan to identify root causes of efficiency deviation from the design values.

**(2) Review of O&M practice**

The JICA study team, together with the C/P team, shall review the records of operation & maintenance and identify the root causes of reduced efficiency attributable to the operation and maintenance practice in the candidate power plants.

**5. Measures at Candidate Power Plants**

**(1) Improvement in equipment performance through repair, replacement and refurbishment**

The JICA study team shall examine efficiency deterioration of plant equipment, and prepare a plan to repair and replace equipment to recover and/or upgrade the efficiency. This also includes demonstration of performance diagnosis.

**(2) Improvement of O&M procedure**

The JICA study team shall analyze the operation & maintenance practice and assess measures for improvement of operation & maintenance procedure in the candidate power plants.

**(3) Preparation of CDM Application**

The JICA study team, in consultation with NTPC, shall prepare a project development document (PDD) for Clean Development mechanism (CDM) application of the measures of 5. (1) and (2).

**6. Cost Estimate, Economic and Financial Analysis**

The JICA study team shall estimate the cost to implement the measures of 5. (1) and (2). The team shall examine economic and financial viabilities to implement the measures and prepare implementation plan for each of the candidate power plants.

**7. Development of Guideline and Manual**

The JICA study team shall reorganize the various outputs obtained during the process of the study on the candidate power plants, and integrate the output into a form of unified guideline and manual.

**V. SCHEDULE OF THE STUDY**

The Study will be carried out in accordance with the schedule as attached in the Appendix. The schedule is tentative and should be finalized among NTPC and the JICA study team during the first work in India by the team. The schedule could be modified when NTPC and the team agree during the course of the Study.

**VI. REPORTS**

JICA shall prepare and submit the following reports in English to MOP and NTPC.

**1. Inception Report:**

Thirty (30) copies, at the time of commencement of the Study

**2. Progress Report :**



F. A

- Thirty (30) copies, within ten (10) months after commencement of the Study
3. Interim Report :  
Thirty (30) copies, within fifteen (15) months after commencement of the Study
4. Draft Final Report:  
Thirty (30) copies, within twenty two (22) months after commencement of the Study  
MOP and NTPC will provide JICA with its written comments within one (1) month after receipt of the Draft Final Report.
5. Final Report:  
Forty (40) copies and three (3) sets of CD-ROM within half (0.5) month after receipt of the comments on the Draft Final Report.

## **VII. UNDERTAKINGS OF THE GOVERNMENT OF INDIA**

1. To facilitate the smooth conduct of the Study, the Government of India shall take necessary measures:
- (1) to permit the members of the JICA study team to enter, leave and sojourn in India for the duration of their assignments therein and exempt them from foreign registration requirements and consular fees;
  - (2) to exempt the members of the JICA study team from taxes, duties and any other charges on equipment, machinery and other material brought into India for the implementation of the Study;
  - (3) to exempt the members of the JICA study team from income tax and charges of any kind imposed on or in connection with any emoluments or allowances paid to the members of the Team for their services in connection with the implementation of the Study;
  - (4) to provide necessary facilities to the JICA study team for the remittance as well as utilization of the funds introduced into India from Japan in connection with the implementation of the Study.
2. The Government of India shall bear claims, if any arises, against the members of the JICA study team resulting from, occurring in the course of, or otherwise connected with, the discharge of their duties in the implementation of the Study, except when such claims arise from gross negligence or willful misconduct on the part of the Team.
3. NTPC shall act as counterpart agencies to the JICA study team and also as coordinating bodies with other relevant organizations for the smooth implementation of the Study, on behalf of the Government of India.
4. NTPC shall, at its own expense, provide the JICA study team with the following, in cooperation with other organizations concerned.
- (1) Security-related information and measures to ensure the safety of the JICA study team.
  - (2) Information and support to obtain medical service.
  - (3) Available data and information related to the Study.
  - (4) Counterpart personnel.
  - (5) Suitable office space with necessary office equipment at NTPC and/or MOP. And,
  - (6) Credentials or identification cards.
5. NTPC shall, as the executing agencies of the Study, take responsibilities that may arise from the products of the Study.

## **IX . CONSULTATION**

MOP, NTPC and JICA shall consult with each other in respect of any matters that may arise from or in connection with the Study.

Appendix I: Tentative Study Schedule

Appendix II: Division of Technical Undertaking

End



F. A.

## Tentative Study Schedule

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1. Review of Past and Present Efforts on Energy Efficiency	■																							
2. Selection of Candidate Power Plants for the Study																								
2-1. Nomination of candidate power plants		■																						
2-2. Selection of candidate power plants		■																						
2-3. Collection of additional data		■																						
3. Preliminary Study and Preparation of Work Schedule																								
3-1. Preliminary analysis			■																					
3-2. Preparation of work schedule							■																	
3-3. Establishment of Counterpart team and OJT with NTPC								■																
4. Performance Diagnosis at Candidate Power Plants							■																	
5. Measures at Candidate Power Plants																								
5-1. Equipment repair and replacement									■															
5-2. Improvement of O&M procedure									■															
5-3. Preparation of CDM Application									■															
6. Cost Estimate, Economic and Financial Analysis																								
7. Development of Guideline and Manual for Dissemination																								
Reports ▲	▲									▲					▲						▲		▲	
Workshop ▲		▲							▲					▲							▲			
Counterpart training ★			★								★				★					★				

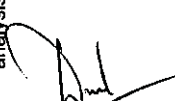
Legend : ■ Work in India

■ Work in Japan

Reports: Ic/R: Inception Report  
Iu/R: Interim ReportP/R: Progress Report  
Df/R: Draft Final Report  
F/R: Final Report

## Remark

The progress report and Interim report will contain all study and analysis from the commencement of the Study



F. A.

Appendix II

**Division of Technical Undertakings**

	JICA	NTPC
<b>1. Confirmation of Past and Present Efforts on Energy Efficiency</b>	to collect data and information	to provide data and information
<b>2. Selection of Candidate Power Plants for the Study</b>		
2-1 Nomination of candidate power plants	to receive and investigate in the proposal	to propose candidate power plants
2-2 Selection of candidate power plants	to carry out the Study	to work with the Study team
2-3 Collection of additional data	to collect data and information	to provide data and information
<b>3. Preliminary Study and Preparation of Work Schedule</b>		
3-1 Preliminary analysis	to carry out the Study	to work with the Study team
3-2 Preparation of work schedule	to carry out the Study	to work with the Study team
3-3 Establishment of Counterpart team and OJT with NTPC	to carry out the Study	to work with the Study team
<b>4. Performance Diagnosis at Candidate Power Plants</b>	to carry out the Study	to work with the Study team
<b>5. Measures at Candidate Power Plants</b>		
5-1 Equipment repair and replacement	to carry out the Study	to work with the Study team
5-2 Improvement of O&M procedure	to carry out the Study	to work with the Study team
5-3 Preparation of CDM Application	to carry out the Study	to work with the Study team
<b>6. Cost Estimate, Economic and Financial Analysis</b>	to carry out the Study	to work with the Study team
<b>7. Development of Guideline and Manual for Dissemination</b>		

*Phil*

F.A.

**Record Notes of Discussions with JICA Project Preparatory Study Team on Proposal  
on 'Enhancing Efficiency of Operating Thermal Power Plants in NTPC - India'**

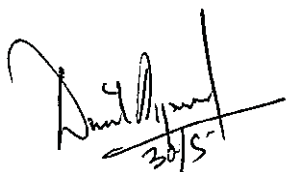
***Dated 15<sup>th</sup> – 28<sup>th</sup> May, 2008***

**(1) Background of Discussions:**

- i) As part of India Japan Energy Dialogue, Ministry Of Power (MoP) submitted a formal proposal to Govt of Japan to setup a '*Centre for Excellence for Efficiency (CEE)*' in NTPC and establish *Strategic Monitoring and Assistance Remote Terminus (SMART 24X7)* at central location.
- ii) Further, a study team on cooperation on electric sector from JICA visited MOP, NTPC Corporate, power plants at Badarpur & Dadri in February 2008 and had discussions at various levels.
- iii) JICA communicated to MoP by letter dated May 6, 2008 for visit of JICA Project Preparatory Study Team (hereafter referred to as 'JICA Team') from May 15, 2008 onwards, for discussions on the project proposal with NTPC.
- iv) During the discussions, JICA has submitted an alternate proposal to NTPC on 'Enhancing Efficiency of Operating Thermal Power Plants in NTPC- in India' in place of earlier proposal of SMART. On persuasion of NTPC and MoP for SMART proposal in different meetings, JICA Team has shown their inability to provide the same and requested to consider the alternate proposal. Keeping in view the inability expressed by JICA to meet the original proposal requirement, MoP suggested to explore the alternate proposal.

**(2) The following meetings have taken place to discuss the alternate proposal and its contents:**

- i) Meeting between NTPC and JICA Team on May 15, 2008 and May 23, 2008
- ii) Meeting between MoP, JICA Team and NTPC on 22<sup>nd</sup> May 2008
- iii) Visit of JICA consultant to Dadri on May 17, 2008
- iv) Visit of JICA Team led by Deputy Director General, Industrial Development Department, JICA to Ramagundam STPS on May 24, 2008.
- v) Meeting between JICA Team and NTPC on 26<sup>th</sup> May, 2008 at NTPC-SCOPE. Meeting held with CMD, Director (Operations) and Director (Technical) on original and alternate proposal.

  
30/5

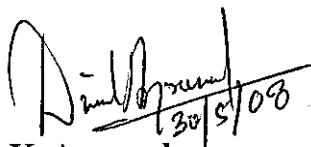
1


F. A.



- (3) On the alternate proposal, during the discussions, both JICA Team and NTPC strongly feel that counterpart training (training of NTPC engineers at Japan utilities) is one of the important constituents of the program. However, due to procedural issues JICA Team suggested that a separate application is required to be moved by NTPC and submitted to MoP for further processing. JICA Team stated that on receipt of application from MoP, they will strongly take up with Govt of Japan to adopt the request as it is important component of the program. JICA Team will also ensure that the time of training matches with study program.
- (4) The JICA team has incorporated other suggestions of NTPC in alternate proposal as best as can be done along with 'Scope of Work (SOW)' document. The SOW is to be signed by NTPC, MoP and JICA.
- (5) The final proposal has been reviewed by NTPC. The study provides NTPC to acquire Japanese practice and technology in O&M of the coal fired power plant. Customization and dissemination of the acquired technology and practices is provided through Workshops / seminars / demonstrations during the study. Accordingly, the proposal is found to be useful.
- (6) As per the schedule, which is a part of SOW, the program duration is for 24 months. JICA expects the program to commence from November 2008.
- (7) The mutually agreed proposal in the form of '**Minutes of Meeting (MOM) for the Study on Enhancing Efficiency of Operating Thermal Power Plants at NTPC-India**' has been jointly signed by JICA & NTPC and enclosed herewith.

The proposal is submitted for consideration of MoP.

  
**D. K. Agrawal**  
**GM (CenPEEP)**  
**NTPC**

  
**Ms. Adachi Fumio**  
**Team Leader**  
**Project Preparatory Study Team, JICA**





## 2. 面談議事録

日時：	2008 年 5 月 16 日 10 時 30 分～16 時 30 分	
相手国機関：	NTPC	
場所：	NTPC CenPEEP 事務所	
出席者	NTPC	Mr. Agrawal、Mr. Bhartiya, Mr. Kutty, Mr. Subodh, Mr. Arora 他 2 名
	JICA インド事務所	小早川所員、Subroto Talukdar 所員
	専門家	花岡
協議内容		
<p>1) 要求データ</p> <p>a) Mr. Agrawal から 3 Plant 分の一貫したデータ提供は 5 月 21 日 JICA 派遣団メンバーとの第 1 回打合せ時となるとの話があった。</p> <p>小生としては、派遣団が到着する前に内容を分析して派遣団にアドバイスしたいと主張したが、彼らも 3 Plant 選択の打合せをした後にデータ収集するので時間がかかるとの説明があり、彼らの戦術性も感じないわけではないがやむを得ず、了解した。</p> <p>b) 要求リストの Table ごとの Typical なデータは入手した。</p> <p>c) “Demonstration”の事例のドキュメントを要請したところ、“Turbine Studs 等の開閉に際して適用した Eddy Current Induction Heating Technique”の事例の paper を入手した。</p> <p>2) R&amp;M Eng グループ訪問</p> <p>Mr. Singh: General Manager, Mr. Ireenivasan: Dy. General Manager と面会</p> <p>a) 彼らのグループの業務 Scope を記した paper (A 4 × 2 枚) を入手</p> <p>b) Vindhyachal (1989 運開) 及び Ramagundam (1985 年運開) の大きなリハビリはないという。I&amp;C の小さなものしかない。</p> <p>c) Badarpur の LE works は検討中であるといって、他の Sample として消化設備の改造 Spec を見せてくれた。消化設備ではあるが、約 300 ページはありそうな Spec であり、西欧/イギリス流の詳細 Spec であった。さすがにそのコピーの入手は困難と判断した。</p> <p>d) 派遣団全員到着後に再度見せてもらってもよいかと尋ね、それは了解された。</p> <p>3) CenPEEP の関心事項</p> <p>a) 日本の省エネ事例 Paper がほしい。(日本語でも良い)</p> <p>→省エネセンター事例は日本語であるが良い事例を探してみる。(インターネットにて)</p> <p>b) 日本の石炭火力の運転データは入手可能か?</p> <p>→電力会社として外部に公開するの限られた範囲のデータ(インドと同じ)であり、一般的には困難。派遣団到着後に別途相談してはみる。</p> <p>c) インドでのボイラトラブルの事例</p> <p>下記項目への対処方法に関心あり。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・主蒸気温度(左右管の)偏差大(Max30℃)、再熱蒸気温度も同様</li> <li>・再熱温度制御・・・RH スプレー量大(Tilting バーナ方式との組み合わせ)</li> <li>・Boiler metal temp 大・・・現在は SH spray や RH spray で温度上昇を抑制している。</li> <li>・ボイラの排気ダクト及び Expansion joint の Erosion が大きい</li> </ul> <p>蒸気温度などは運開時には正常だったのか?と確認したら、保証試験は Power とボイラ効</p>		

率だけで他の条件は含まれないので不明。インドでは BHEL は電力会社より優位な面もあり異常だった可能性も有りとのこと。

4) 最初の訪問 Site

Dadri 発電所に変更・・・彼らの誇る発電所であり、そこを見ておく意味はあると思い了解  
以上

日時：	2008 年 5 月 17 日 11 時 30 分～16 時 00 分	
相手国機関：	NTPC Dadri Power Station	
場所：	NTPC Dadri Power Station	
出席者	NTPC	Mr. S.N. Ganguly (General Manager) 他 Mr. Subodh (CenPEEP)
	JICA インド事務所	Mr. Subroto Talkdar 所員
	専門家	花岡
協議内容		
<p>1) 挨拶</p> <p>a) Subroto 氏による紹介のあと、小生より Dadri 発電所訪問は、インドで最善に維持されていると聞く発電所のレベルを知り、改善目標の一つを知る上で大変ありがたいと思う旨を説明した。</p> <p>b) 所長室へ案内されると、発電設備の主要データが確認できる遠隔監視機能がもうけられている。主要性能データと計画値からの効率偏差、タービン振動などの主要監視項目である。(イランも一部はあったがデータ不良が多かったのとは違っている)</p> <p>Heat rate データは計画値より約 3 % くらい低い (2, 330kca/kg) 程度を示していたが、大気温度等の補正は含まれておらず、大気温度 30 度位なので悪化要素となっている。</p> <p>2) Ash mound への案内</p> <p>使用石炭は 30% もの Ash を含んでおり、その処理として Ash mound を設けその上を緑化するようにしており、そこに最初に案内された。そこで訪問者の名前による記念植樹をさせられたのには驚いた。土地が広いことはあるが、このような計画的緑化努力は素晴らしい事。</p> <p>3) 発電設備見学 (主要仕様は 3、4 ページ参照)</p> <p>中央制御室、次にボイラ燃焼設備エリア、タービン／過熱器／BFP 周りを視察した。</p> <p>a) 中央制御室</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・運転監視盤は今では旧式の個別操作器付きの大形盤であり、いわゆる CRT／マウス監視操作はなかった</li> <li>・下記 2 点はプラントが正常に運転できていることの証であり驚き (日本並み)</li> <li>・オペレータ員数は通常 2～3 名とのこと</li> <li>・運転設備警報はほとんどなく (実質 1 個) 運転されている</li> <li>・制御装置は DDC(Direct Digital Control) と称していたが、日本流には DCS</li> </ul> <p>しかし、所謂プラントの自動起動化はほとんどなされていない (起動頻度が少ない背景あり)。</p> <p>b) ボイラ周り</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・石炭設備に一般的な石炭粉は設備周りには意識されることはなく、よく整備されていると判断した</li> <li>・燃焼バーナ周りは起動用の重油用ガンの設置。清掃状況も問題ない</li> <li>・石炭 Pulverizer も振動・騒音など少なく良好</li> <li>・ボイラ壁からの Radiation 熱がやや大きいように感じるが、大気温度が高いことから、その程度だったかという感じもあり</li> </ul>		

c) タービン周り

- 本体の外部ケーシングの外は振動、温度共に異常はなし
- 給水過熱器からの Radiation 熱もやや大きいように感じるが、やはり大気温度が高いことから、その程度だったかという感じ
- 給水ポンプ（モータ駆動 50%容量×3 台）はかなり高周波騒音が大きい。ただ、日本でも経験しないわけではない騒音レベル

以上

## NTPC Dadri Power Station

### 1. 発電所設備構成

840 MW Coal based station (4 × 210 MW)

829 MW Gas based station (GTs 4 × 130.19 MW-STs 2 × 154.5 MW) 2 × 490 MW Coal based

Units under expansion plan (2010 年試運転予定) 既設石炭火力外観 (構内写真撮影は不許可)



### 2. 既設石炭火力発電設備 (210MW × 4 units) 概要

運転開始	1991 年 10 月～1994 年 3 月
燃料	100%Coal 又は 100%Oil
石炭産地	North Karanpura coal fields in Jharkhand 発電所から 1,200km
石炭輸送	インド鉄道輸送
石炭消費量	3.66Million Ton／年
水資源	Upper Ganga canal あるいは多くの井戸水源
灰処理	Dry ash 廃棄
煙突	集合煙突／225m 高
クーリングタワー	各ユニットごとに自然通風タワー／120m 高
ボイラ	BHEL 社製／米国 Combustion Engg 社設計 自然循環／平衡通風／2 重通風
タービン	BHEL 社製／ドイツ KWU 社設計 再熱 3 車室
発電機	BHEL 社製 2 極回転界磁型

### 3. 石炭性状

項目	内容	項目	内容
発熱量	4250kcal/kg	揮発性物質	25.2%
固定カーボン	33.8%	水分	6.5%
灰分	33.65%	硫黄分	0.5%

日時：		2008 年 5 月 21 日（水）14 時 30 分～17 時 30 分
相手国機関：		NTPC
場所：		NTPC CenPEEP
出席者	NTPC	Agrawal センター長、Bhartiya 副センター長、Subodh 職員
	JICA 調査団	丹羽専門員、古川団員、高田団員、花岡団員
	JICA インド事務所	Subroto Talukdar 所員
協議内容		
<p>1 S/W 案に対するインド側のコメント</p> <p>(1) 我々としては日本の発電所の効率が高いことを承知しており、日本から学びたいと考えている。</p> <p>(2) NTPC は、USAID と 1994 年から火力発電所運用改善について取り組んでおり、発電所の実情についてのデータ収集、データ解析、改善のための実証などを行っている。いただいた S/W 案は、同様のことに取り組む印象があり、USAID と同様のことをするのであれば、この調査の必要性はないと言わざるを得ない。</p> <p>(3) 特に納得できないのは、デモンストレーションについての記述が S/W にないことであり、1 年半近く調査をするということも疑問である。調査後に改善案に取り組むというのでは遅すぎる。USAID とともに作成した既存資料と、発電所の現地踏査を行うことにより、発電所にかかる基本情報収集については、1 ヶ月半もあれば十分に収集できると思われる。</p> <p>(4) 日本側からは、情報提供をしてから検討するということ言われているが、インド側としては協力の方向性が明確になったら必要となるすべての情報を提供する意思はある。重要なことは情報提供が先ではなく、どのような協力を行う枠組みとするか決定することである。</p> <p>(5) NTPC としては、スタッフの能力向上よりも、新しい手法を各発電所に普及していくことが重要と考えている。またそのための経費は日本側が用意するのかもしれない。</p> <p>(6) 協力内容については、新たな手法を導入すること（Do Something New）であり、それは、「システム構築」または「効率改善」の 2 案がある。CenPEEP としては、NTPC 本社が「効率改善」を日本側の提案に基づいてやるということに合意することが重要と考えている。そのためには、5 月 26 日（月）14 時 30 分からの NTPC との打ち合わせで方向性について合意することが重要である。そこで NTPC 本社が納得すれば、実施の段階に移りたいと考えている。</p> <p>(7) 2 月末に「次は Take Off の段階」と Kumal 課長ともども合意したと理解している。現在、ドイツやフランスとも国際協力について意見交換をしているところであり、日本の協力を時間がかかるようであれば、他のドナーと話をしなくてはならないかもしれない。全体スケジュールについても教えてほしい。</p> <p>2 調査団からのコメント</p> <p>意見交換に先立ち、古川団員から北海道電力の石炭火力の状況について説明を行った。</p> <p>(1) 同様の手法でも、日本のやり方で熱効率が上がることは十分に考えられる。</p> <p>(2) デモンストレーションを行うことについては、S/W ではなく M/M に記載する項目であるため、NTPC からの要望を M/M に記載することで対応も可能と考えている。デモンスト</p>		

レーションについては、5月26日（月）に NTPC 本社との会合の際に意見交換をしたいと考えている。

- （3）事前調査団帰国後に、日本でのコンサルタント選定に3ヶ月以上要するため、今回協力の枠組みが明確になれば、11月頃から本格調査を開始するようなタイミングになると考える。

以上



日時：		2008 年 5 月 22 日（木）15 時 00 分～16 時 00 分
相手国機関：		NTPC
場所：		NTPC CenPEEP
出席者	電力省	Shukla 国際局課長、Sangiay 課長補佐
	CenPEEP	Agrawal センター長他 1 名
	JICA 調査団	丹羽専門員、古川団員、高田団員、花岡団員
	JICA インド事務所	Subroto Talukdar 所員
協議内容		
<p>1 電力省からのコメント</p> <p>(1) 電力省としては、センターオブエクセレンス（以下、COE）に関心があり、COE に寄与する協力を期待して日本側に要請した。発電所の効率改善は、COE と対立する概念ではないが、COE につながるよう NTPC と共同で取り組んでほしい。</p> <p>(2) 日本に COE の経験がないからといって COE への支援ができないということにはならない。日本のコンサルタントチームにやらせてもらいたい。やってみたらうまくいくかもしれない。</p> <p>(3) 日本側から COE に対応できないということであれば、代替案を示してほしい。電力省としては、その代替案の審査を 15～20 日程度かけて検討していく。そのプロセスとしては、JICA からの提案を NTPC と協議し、協議後の内容を電力省にあげるというプロセスが必要。そのため、NTPC と協議した段階での M/M に電力省がサインをするということはありません。事実、JBIC と締結している MOD（Minutes of Discussion）にしても、MOP はサインをしていない。</p> <p>(4) M/M には、インド側の要望について合意したこと、合意できなかったことの両方を記載すべき。</p> <p>(5) 仮に、本調査期間の後に何らかの協力を想定しているのであれば、その内容も S/W には記載すべきと考える。それぞれの段階で、その都度検討するというのはあまり現実的ではない。</p> <p>(6) 電力省も日本の協力に対して疑念があるわけではない。ただ、COE と異なる協力内容を提案するのであれば、全体像を示していただかなくては判断ができないということを承知してほしい。</p> <p>(7) 日本の協力期間が 1 年というのでは短い。電力省は他ドナーとも協議をしており、その中から、どのドナーにどの分野を任せるか考えている。</p> <p>(8) S/W 案を作成する場合、どの分野で、何を、こういった行程で実施するのかを明示してほしい。例えば、協力内容の実態は異なっても、協力のタイトルは COE とすることも一案である。一緒にベストプラクティスを作成していくのであれば、NTPC としても協力していきたい。</p> <p>2 調査団からのコメント</p> <p>(1) COE は日本に類似したシステムがないので対応できないため、発電所の効率改善と、あらたな手法についてのデモンストレーションを行い、効率改善する方法を考えている。協力期間は、NTPC と共同で行うことで、1 年を想定している。その後、資金協力や技術協力を実施する可能性もあるが、現時点ではいかなる投入が妥当か判断できていない。</p>		

- (2) 26 日 (月) に NTPC 本社と協議するときに、協力内容について精査していきたい。
- (3) M/M は JICA と NTPC で締結することは承知している。また、S/W は、M/M 締結後に関係省庁で検討し、JICA インド事務所長と電力省が締結するものである。通常でも 2 ～ 3 週間かかる。
- (4) 5 月 29 日、30 日に、経済産業省の豊田経済審議官がインドを訪問し、エネルギー対話のためインドの高官を訪問する予定であり、その中でも本案件について引き合いに出す予定である。本案件は、日イエネルギーフォーラムの中で取り上げられるもののひとつであり、今後の日イの協力関係の更なる発展のモデルケースとも言えるものである。そのため、日本側としては、豊田審議官がインドに来られる前に M/M は締結したい。

以上

日時：		2008 年 5 月 23 日（金）11 時 00 分～13 時 30 分
相手国機関：		NTPC
場所：		NTPC CenPEEP
出席者	CenPEEP	Agrawal センター長、Bhartiya 副センター長、Kutty 職員、Subodh 職員
	JICA 調査団	丹羽専門員、古川団員、高田団員、花岡団員
協議内容		
<p>1 S/W 案に対する CenPEEP のコメント</p> <p>(1) S/W 案は JICA と CenPEEP とが Joint で作成するものと考えているので、いただいた S/W 案に対してコメントをする。JICA が単独で作成するというのであれば、その点も伝えてほしい。</p> <p>(2) いまのところ案件名が「The study on enhancing...」となっているが、これを「The project on enhancing...」に修正したい。調査だけをわれわれは期待していない。よって 2 ページ目の 2 行目の「conduct the Study」も「take up the project」に修正してほしい。</p> <p>(3) NTPC は、2 年前から名称を「NTPC Limited」にしたので、組織名は修正願う。</p> <p>(4) Objective についても 1 行目の冒頭「reduce energy consumption」を「improve efficiency of coal-fired power plants」に修正し、2 の the first object の後に「by adapting approach of acquisition, demonstration, dissemination and system to sustain the same」と修正したらよいと考える。</p> <p>(5) Scope of the study の「1 Confirmation～」については、NTPC と共同で事業を実施する以上、NTPC が把握している内容を整理する必要は感じられない。30 年以上も取り組んでいる内容をレビューするのは時間の無駄であり、早く効率改善にかかる具体的な取り組みを始めしてほしい。</p> <p>(6) model power plant という表現はおかしい。candidate power plant が将来 model になるものであり、最初からモデルを選択することはできないと考える。また選定はコンサルタントが行うのではなく、「jointly with NTPC」というように、共同で行うことを記載してほしい。</p> <p>(7) 具体的な OJT を行う前に、NTPC の主要なメンバーを日本で視察する機会を盛り込んでほしい。特に定期点検の期間に、日本で視察をすることができれば、有意義と考える。</p> <p>(8) CDM については、このプロジェクトとの関係が理解できない。</p> <p>(9) これだけの内容を調査するのに 1 年では短い。また、調査だけを 2 年間やるというのも不毛であるので、調査期間中に同時並行で具体的なプロジェクトを実施することを必要条件としたい。この点は譲ることができない内容である。JICA も CenPEEP も成果をだすことが最も重要であると考えている。そのため、具体的な投入を予定していることも記載すべきと考える。</p> <p>2 調査団からのコメント</p> <p>(1) 具体的な協力内容を考えるにあたって、すでに NTPC で実施している技術リスト（例えばボイラーの化学洗浄は実施済みであるというようなリスト）をいただければ、今後どのような準備を日本側ですべきか明確になるので入手したい。（27 日までには用意するとの回答あり。）</p> <p>(2) S/W に反映させるべき内容と M/M に記載すべき内容があるので、いただいたコメントを</p>		

可能な限り反映させる形で対応していきたい。（どのような形式で作成してもかまわないが、上記 1（9）については譲れないポイントであるので十分検討してほしい、との回答あり。）

- （3）26 日（月）14 時 30 分から NTPC 本社との打ち合わせがあるが、午前中に可能であれば時間をとっていただき、当方の案について最終検討をしたい。（必要があれば追って連絡をしてほしいとの回答あり。）

以上

日時：		2008 年 5 月 26 日（月）14 時 40 分～18 時 00 分
相手国機関：		NTPC
場所：		NTPC 本社
出席者	NTPC 本社	R.S.Sharma 総裁、Chandan Roy 理事（Operation）、R.K.Jain 理事（Technical）
	CenPEEP	Agrawal センター長、Bhartiya 副センター長、Subodh 職員
	JICA 調査団	足立団長、丹羽専門員、古川団員、高田団員、花岡団員
協議内容		
<p>1 S/W 案に対する NTPC コメント</p> <p>(1) インドでは、すでに発電所に PI システムを導入しており、そのシステムをベースにして効率改善に取り組んでほしい。仮にシステムと関連なく取り組むとしても、日本側から学んでいきたい。</p> <p>(2) 日本の協力を実施する発電所の選定は、CenPEEP とともに選定し、現地での不具合について日本の診断技術で原因分析と対策をたてるようにしてほしい。NTPC としては、日本から学び、発電効率が向上することを期待している。</p> <p>(3) 現行案では、Undertaking Indian side と記載されているが、これを Undertaking NTPC side と修正し、また、Undertaking JICA side（調査団派遣や C/P 研修の費用負担など経費の内訳）を追記してほしい。</p> <p>(4) 今後の流れについては、電力省から求められている、NTPC が当初作成した要請書、JICA 側からの代替案、協議議事録（ミニッツ）、JICA 側の代替案に対する NTPC コメントを電力省に NTPC が提出する必要があるため、調査団と内容をさらに詰めていきたい。</p> <p>(5) 日本からどのような技術を学ぶかははっきりさせるために、NTPC のしかるべき立場の人間が、まずは日本に行き、技術を視察することは重要である。MOP が NTPC で人選をした人間が選考されるようなことは望ましくないため、NTPC が人選した人間が日本に行けるように、NTPC 自前予算で日本に派遣する費用を持つことも考えている。そのようなことは可能なのか。また、自前予算で日本に行った場合、日本での発電所視察にかかる一定の便宜供与（最寄駅からの送迎、質疑応答対応など）を日本側に期待している。</p> <p>(6) モニタリング技術（ボイラー、タービンなど）の信頼性を向上させ、Workshop をとおしてその技術が普及していくことを期待している。</p> <p>2 調査団からのコメント</p> <p>(1) JICA はこれまで全世界約 50 ヶ国で、案件数としては約 400 案件に及ぶ協力を実施しており、今回の協力も調査だけで終わらせることはしたくないと考えている。</p> <p>(2) 日本には、インド側から要望があったシステム構築をしてきていないため、システム面での協力はできないが、オペレーションとメンテナンスを適切に実施することにより、効率改善は可能であると考えている。</p> <p>(3) 日本での研修については、NTPC 自前予算で行うことが可能であるか確認をして、より適切な方法で実施することができるよう検討したい。</p> <p style="text-align: right;">以上</p>		

日時：		2008 年 5 月 27 日（火）14 時 15 分～22 時 00 分
相手国機関：		NTPC
場所：		NTPC CenPEEP
出席者	CenPEEP	Agrawal センター長、Bhartiya 副センター長、Subodh 職員
	JICA 調査団	足立団長、丹羽専門員、古川団員、高田団員、花岡団員
協議内容		
<p>1 S/W 案に対する NTPC コメント</p> <p>(1) 開発調査の期間は、24 ヶ月として、18 ヶ月目を目処にそれまでの調査結果をまとめて、その後は日本の技術の定着にむけた取り組みを実施してほしい。また、24 ヶ月の期間が終わっても、今後も継続して日本からの支援は必要と考えているので、前向きに検討してほしい。</p> <p>(2) 特に日本での研修は重要と考えている。24 ヶ月の間に、4 人×4 回×10 営業日で実施してほしい。日本の定期点検での取り組みや、使用している機材について学びたい。また、サーモグラフィーのようにすでにインドでも導入している機材についても、クオリティを上げるためにどのようなやり方で実施しているのか学びたい。経費については、NTPC の負担でもかまわないが、その場合でも日本国内の最寄の空港または最寄駅から発電所までの送迎は対応をお願いしたい。</p> <p>(3) 本邦研修コースは、次の 3 コースを希望する。</p> <p>① 効率管理 (Efficiency Management 2 回)</p> <p>② 診断技術 (Performance Monitoring 1 回)</p> <p>③ 定期点検 (Best practice for Overhaul 1 回)</p> <p>(4) 機材については、メーカーによるプレゼンテーションも実施してほしい。</p> <p>(5) M/M について原案を次のように修正し、記載してほしい。</p> <p>① 案件名は、NTPC という組織名を加えて、「Enhance Efficiency of Operating Thermal Power Plant in NTPC-India」としてほしい。</p> <p>② Steering Committee の代表は電力省ではなく、NTPC 理事 (Director Operation) とする。</p> <p>③ CDM については、必要があれば、Executive Board への説明にも支援する旨記載してほしい。</p> <p>④ 候補となる発電所だけでなくユニットも対象となるので、Plants / Units と記載してほしい。</p> <p>⑤ 最初の現地作業では、Kick-off Workshop を開催することを記載してほしい。</p> <p>⑥ C/P 研修の要望について JICA から日本側関係機関に働きかけることを記載してほしい。</p> <p>⑦ 現時点で了承できないとしても、開発調査後の技術協力について可能性を明記してほしい。</p> <p>⑧ NTPC から提供するデータについて、JICA 側の守秘義務を明記してほしい。</p> <p>(6) JICA に期待する協力分野については、「Probable area of cooperation with JICA」という文書にまとめているので、参照してほしい。</p> <p>2 調査団からのコメント</p> <p>(1) 開発調査の期間を 24 ヶ月にすることについては意義あると考えるので、持ち帰り検討し、</p>		

日本側関係者と協議をしたい。

- (2) 日本での研修については、NTPC 独自予算での実施よりは、正式に要請を提出するやり方としたほうがよい。日本側関係機関には、本調査団からも本邦研修の重要性について強調したい。
- (3) 機材についてメーカーによるプレゼンテーションは、輸送上もしくは法的な問題がない場合に限定して実施可能と考えているので、そのような表記としたい。その他の要望事項については M/M に盛り込みたい。

以上





***Brief Introduction of Coal-Fired  
Thermal Power Station in Japan  
(Hokkaido EPCO Case)***



**JEPIC-ICC**  
Japan Electric Power Information Center, Inc.  
International Cooperation Center.

Copyright w Hokkaido Electric Power Co, Japan Electric Power Information Center, 2007

***Topics***

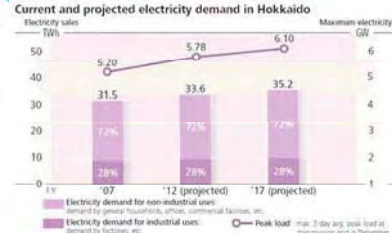
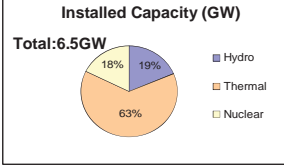
- 1) Outline of Hokkaido Electric Power Co**
- 2) Location of 3 Coal-Fired PS**
- 3) Thermal Efficiencies of 3 Coal-Fired PS**
- 4) Example Of Improving Thermal Efficiency ①**
- 5) Example Of Improving Thermal Efficiency ②**
- 6) Periodical Inspection**
- 7) Organization of Thermal Power Dept**
- 8) Organization of PS**

Copyright w Hokkaido Electric Power Co, Japan Electric Power Information Center, 2007

## ■ Outline of Hokkaido Electric Power Company (HEPCO)

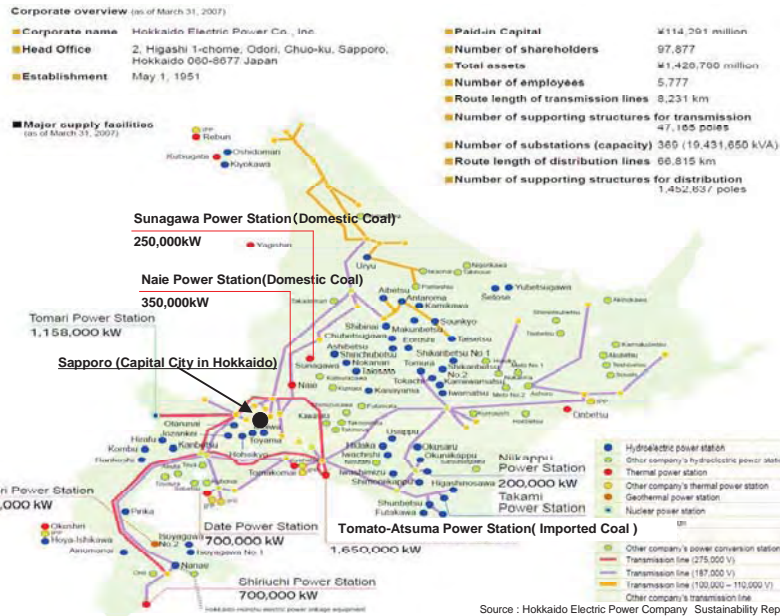


**HEPCO**



Source : Hokkaido Electric Power Company Sustainability Report 2007

## ■ Location of 3 Coal-fired Thermal Power Stations



## ■ Thermal Efficiencies of

### 3 Coal-fired Thermal Power Stations

Plant Name	Installed Capacity (MW)	Start Year	Age	Plant Efficiency (Design)	Plant Efficiency (Average Record)	Boiler type	Fuel
Sunagawa	No.3 125	1977	31	37.4%	38.6%	Drum	Domestic Coal
	No.4 125	1982	26	39.2%	40.4%	Once-through	
Naie	No.1 175	1968	40	39.3%	38.3%	Drum	
	No.2 175	1970	38	39.4%	38.3%	Drum	
Tomato-Atsuma	No.1 350	1980	28	39.4%	38.1%	Drum	Imported Coal
	No.2 600	1985	23	41.9%	41.1%	Once-through	
	No.4 700	2002	6	44.2%	44.9%	Once-through	

Copyright w : HEPCO: Hokkaido Electric Power Company

## ■ Example of improving thermal efficiency ① (Operation Side)

### ● Reduction of Start up Loss

- Negative Mismatch Start Up of Steam Turbine  
→ first stage Inner metal T > main steam T
- Review of Drum temperature rising rate
- Review of Boiler Clean Up time (Once-Through)

### ● Reduction of Self Electricity Consumption

- Low O<sub>2</sub> boiler operation  
→ contribute to decrease the load of FDF, IDF

Copyright w : HEPCO: Hokkaido Electric Power Company

## ■ Example of improving thermal efficiency ② (Facility Side)

Unit(year)	Contents of Remodeling	Improved efficiency
Naie 1 (1981)	• Adopting new nozzle for middle pressure turbine,	Turbine efficiency 44.43→45.72%(up by 1.29%)
Naie 2 (1980)	• Adopting new nozzle for middle pressure turbine.	Turbine efficiency 44.35→45.44%(up by 1.09%)
Tomato-Atsuma 1 (1992)	• Changing into High Performance Turbine Blade	Turbine efficiency 44.35→45.25%(up by 1.1%)
Tomato-Atsuma 1 (2002)	• Expanding Heat Exchange Area Of RH → Reducing gas recirculation flow and then decrease an unburned matter	Boiler efficiency 87.66→89.21%(up by 1.55%) Unburned matter reduction 12.5→6.4%(down by 6.1%)
Shiriuchi 1 (2002)	• Boiler Chemical Washing Recovery of Heat absorption of Furanance	Boiler efficiency improvement 87.3→88.7%(up by 1.4%)

Copyright w : HEPCO: Hokkaido Electric Power Company

## ■ Periodical Inspection

### • Regulation (Electric Utilities Industry Law)

**Boiler : Every 2 year**

(Allowed to extend the interval up to 4 years if we fulfill certain conditions)

**Turbine : Every 4 year**



### • HEPCO'S Basic Inspection Interval

**Large Scale Maintenance : Every 4 year (Boiler/Turbine)**

**Interim Maintenance : Once Between Large Scale Maintenances**

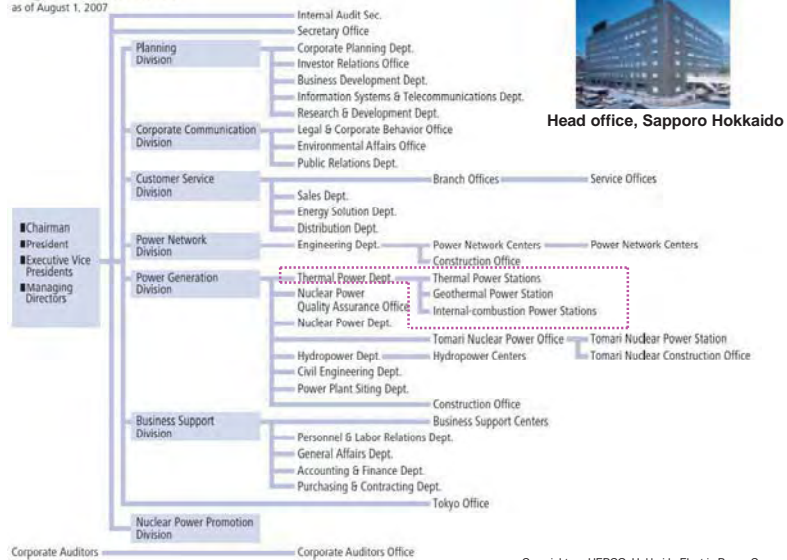


Copyright w : HEPCO: Hokkaido Electric Power Company

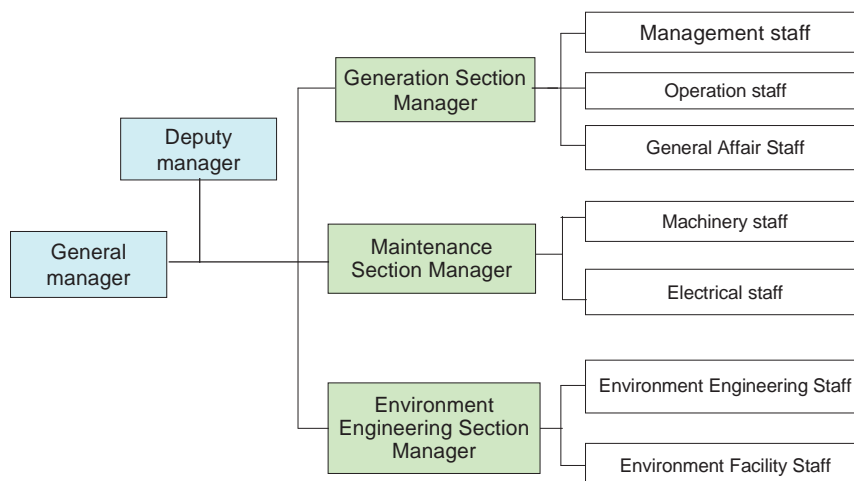
## ■ Organization of Thermal Power Dept

### Organization Chart

as of August 1, 2007



## ■ Organization of Power Station



Copyright w : HEPCO: Hokkaido Electric Power Company

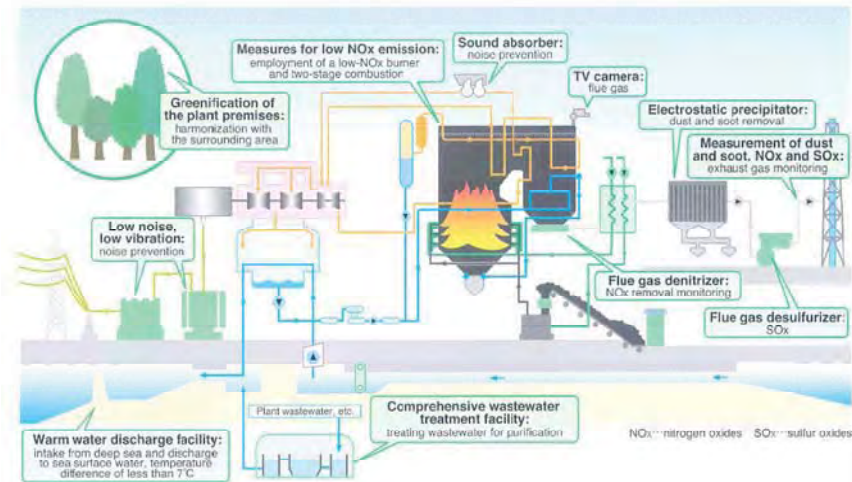
# Material

## ■ Layout of Tomato-Atuma Thermal PS (Imported Coal)



Copyright w : HEPCO: Hokkaido Electric Power Company

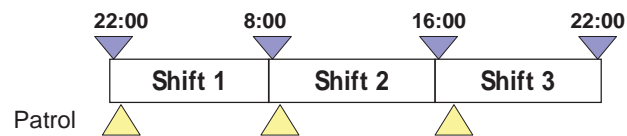
## ■ Measure for Environmental Conservation



Copyright © HEPCO: Hokkaido Electric Power Company

## ■ Operation Work

- 5-Operation Groups (A,B,C,D,E)
- 4-Shift, 3-Rotation, 1-Shift → Day Off



Each shift conducts 1 patrol

Specific patrol is done at the end of shift case by case

- 1 group works day time for 1 month by turns  
→ Mainly doing daily maintenance during that period

Copyright © HEPCO: Hokkaido Electric Power Company



## ■ Central Control Room (Tomato-Atuma Unit No.4)



Copyright w : HEPCO: Hokkaido Electric Power Company

***Thank you for your  
attention***

**JEPIIC-ICC**

URL : <http://www.jepic.or.jp>

5F, Shibaura Shimizu Building, 15-33, Shibaura 4-chome,  
Minato-ku, Tokyo 108-0023, JAPAN



SCOPE OF WORK  
FOR  
THE STUDY  
ON  
ENHANCING EFFICIENCY  
OF  
OPERATING  
THERMAL POWER PLANTS  
IN  
NTPC- INDIA

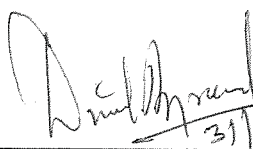
AGREED UPON BETWEEN

THE MINISTRY OF POWER, GOI,  
NTPC Limited

AND

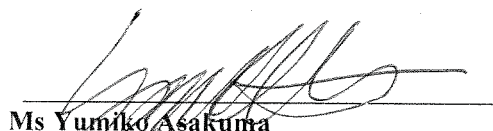
THE JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

Delhi, October 31, 2008



31/10/08

Mr. D K Agrawal  
General Manager  
NTPC Limited  
India



Ms Yumiko Asakura  
Senior Representative  
India Office  
Japan International Cooperation Agency(JICA)



Mr. K C Sharma  
Under Secretary to The Govt. of India  
The Ministry of Power के. सी. शर्मा/K. C. SHARMA  
Government of India अवर सचिव/Under Secretary  
विद्युत मंत्रालय/Min of Power  
नई दिल्ली/New Delhi

## **I. INTRODUCTION**

In response to the official request of the Government of India, the Government of Japan decided to conduct the Study for Enhancing Efficiency of Operating Thermal Power Plants in NTPC-India (hereinafter referred to as "the Study") in accordance with the relevant laws and regulations in force in Japan.

Accordingly, the Japan International Cooperation Agency (hereinafter referred to as "JICA"), the official agency responsible for the implementation of the technical cooperation programs of the Government of Japan, will jointly undertake the Study with the authorities concerned of the Government of India.

The present document sets forth the scope of work with regard to the Study.

## **II. OBJECTIVES OF THE STUDY**

The objectives of the Study are:

1. to improve efficiency of coal-fired power plants per unit of electricity produced from coal-fired power plants through intensive studies of efficiency improvement, and
2. to transfer relevant skills and technologies to NTPC Limited (hereinafter referred to as "NTPC") to achieve the first object by adopting approach of acquisition, demonstration, dissemination and system to sustain the same.

## **III. STUDY AREA**

The Study will cover NTPC's coal-fired power plants.

## **IV. SCOPE OF THE STUDY**

In order to achieve the objectives mentioned above, the Study will cover the following items. All works will be done by the JICA study team in collaboration with the Ministry of Power (hereinafter referred to as "MOP") and NTPC.

### **1. Review of Past and Present Efforts on Energy Efficiency**

The JICA study team shall refer plan and achievement to date in Japan for efficiency enhancement in coal-fired power plants to Center for Power Efficiency and Environment Protection (hereinafter referred to as CenPEEP). The JICA study team shall discuss with CenPEEP current activities for efficiency enhancement including activities by donor agencies.

### **2. Selection of Candidate Power Plants for the Study**

#### **(1) Nomination of candidate power plants**

The JICA study team shall consult with NTPC on the nomination of candidate power plants taking into consideration plant conditions, such as plant reliability and data availability, capacity size, and eagerness for efficiency enhancement after the kick-off workshop.

#### **(2) Selection of candidate power plants**

The JICA study team shall conduct site survey of the nominated power plants to select candidate power plants for the Study jointly with NTPC.

#### **(3) Collection of additional data**

The JICA study team shall collect additional data to the extent it is available, such as plant specification, plant design data, control & instrumentation configuration, historical operation data, record of overhaul maintenance including data/information of original equipment manufacturer (OEM), and reports on performance monitoring/testing, etc.

### **3. Preliminary Study and Preparation of Work Schedule**

#### **(1) Preliminary analysis**

The JICA study team shall conduct preliminary assessment of the operating condition of the candidate power plants by analyzing the data collected in the 2(3) above and identify main issues to be addressed.



**(2) Preparation of work schedule**

The JICA study team, consulting with NTPC, shall prepare a detailed work schedule for each of the candidate power plants to execute performance diagnosis and to make plan for measures.

**(3) Establishment of counterpart team and OJT with NTPC**

NTPC shall set up a team of counterpart personnel from candidate power plants and CenPEEP (hereinafter referred to as "the C/P team") so that the JICA study team will provide on-the-job training (OJT) on enhancing efficiency. The JICA study team shall determine how to perform OJT with NTPC including the C/P team.

**4. Performance Diagnosis at Candidate Power Plants**

**(1) Plant performance diagnosis**

The JICA study team, together with the C/P team, shall conduct a sequence of performance diagnosis at the candidate power plants using current technologies being followed in Japan to identify root causes of efficiency deviation from the design values.

**(2) Review of O&M practice**

The JICA study team, together with the C/P team, shall review the records of operation & maintenance and identify the root causes of reduced efficiency attributable to the operation and maintenance practice in the candidate power plants.

**5. Measures at Candidate Power Plants**

**(1) Improvement in equipment performance through repair, replacement and refurbishment**

The JICA study team shall examine efficiency deterioration of plant equipment, and prepare a plan to repair and replace equipment to recover and/or upgrade the efficiency. This also includes demonstration of performance diagnosis.

**(2) Improvement of O&M procedure**

The JICA study team shall analyze the operation & maintenance practice and assess measures for improvement of operation & maintenance procedure in the candidate power plants.

**(3) Preparation of CDM Application**

The JICA study team, in consultation with NTPC, shall prepare a project development document (PDD) for Clean Development mechanism (CDM) application of the measures of 5. (1) and (2).

**6. Cost Estimate, Economic and Financial Analysis**

The JICA study team shall estimate the cost to implement the measures of 5. (1) and (2). The team shall examine economic and financial viabilities to implement the measures and prepare implementation plan for each of the candidate power plants.

**7. Development of Guideline and Manual**

The JICA study team shall reorganize the various outputs obtained during the process of the study on the candidate power plants, and integrate the output into a form of unified guideline and manual.

**V. SCHEDULE OF THE STUDY**

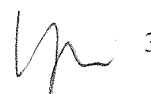
The Study will be carried out in accordance with the schedule as attached in the Appendix. The schedule is tentative and should be finalized among NTPC and the JICA study team during the first work in India by the team. The schedule could be modified when NTPC and the team agree during the course of the Study.

**VI. REPORTS**

JICA shall prepare and submit the following reports in English to MOP and NTPC.

**1. Inception Report:**

Thirty (30) copies, at the time of commencement of the Study

 3

2. Progress Report :  
Thirty (30) copies, within ten (10) months after commencement of the Study
3. Interim Report :  
Thirty (30) copies, within fifteen (15) months after commencement of the Study
4. Draft Final Report:  
Thirty (30) copies, within twenty two (22) months after commencement of the Study  
NTPC will provide JICA with its written comments within one (1) month after receipt of the Draft Final Report.
5. Final Report:  
Forty (40) copies and three (3) sets of CD-ROM within half (0.5) month after receipt of the comments on the Draft Final Report.

## **VII. UNDERTAKINGS OF THE GOVERNMENT OF INDIA**

1. To facilitate the smooth conduct of the Study, the Government of India shall take necessary measures:
  - (1) to permit the members of the JICA study team to enter, leave and sojourn in India for the duration of their assignments therein and exempt them from foreign registration requirements and consular fees;
  - (2) to exempt the members of the JICA study team from taxes, duties and any other charges on equipment, machinery and other material brought into India for the implementation of the Study;
  - (3) to exempt the members of the JICA study team from income tax and charges of any kind imposed on or in connection with any emoluments or allowances paid to the members of the Team for their services in connection with the implementation of the Study;
  - (4) to provide necessary facilities to the JICA study team for the remittance as well as utilization of the funds introduced into India from Japan in connection with the implementation of the Study.
2. The Government of India shall bear claims, if any arises, against the members of the JICA study team resulting from, occurring in the course of, or otherwise connected with, the discharge of their duties in the implementation of the Study, except when such claims arise from gross negligence or willful misconduct on the part of the Team.
3. NTPC shall act as counterpart agencies to the JICA study team and also as coordinating bodies with other relevant organizations for the smooth implementation of the Study and for counter part training in Japan, on behalf of the Government of India.
4. NTPC shall, at its own expense, provide the JICA study team with the following, in cooperation with other organizations concerned.
  - (1) Security-related information and measures to ensure the safety of the JICA study team.
  - (2) Information and support to obtain medical service.
  - (3) Available data and information related to the Study.
  - (4) Counterpart personnel.
  - (5) Suitable office space with necessary equipment at NTPC and/or MOP. And,
  - (6) Credentials or identification cards.
5. NTPC shall, as the executing agencies of the Study, take responsibilities that may arise from the products of the Study.

## **VIII. JICA UNDERTAKING**

For the implementation of the Study, JICA shall take the following measures;

1. To dispatch, at its own expense, JICA study team to India. All the expenses of JICA team will be borne by JICA.
2. To pursue technology transfer to India counterpart personnel in the course of the Study.
3. Not to share NTPC data (which NTPC may consider as 'commercially sensitive') with any third party in India or Japan.





**IX. CONSULTATION**

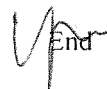
MOP, NTPC and JICA shall consult with each other in respect of any matters that may arise from or in connection with the Study.

Appendix I: Tentative Study Schedule

Appendix II: Division of Technical Undertaking

Appendix-III: Record Notes of Discussions dated May 30, 2008 between NTPC and JICA  
Project Preparatory Study Team

Appendix-IV: MOM dated May 30, 2008 agreed upon between NTPC and JICA.



Appendix-I: Tentative Study Schedule

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1. Review of Past and Present Efforts on Energy Efficiency	■																							
2. Selection of Candidate Power Plants for the Study																								
2-1. Nomination of candidate power plants	■																							
2-2. Selection of candidate power plants	■																							
2-3. Collection of additional data	■																							
3. Preliminary Study and Preparation of Work Schedule																								
3-1. Preliminary analysis			■																					
3-2. Preparation of work schedule						■																		
3-3. Establishment of Counterpart team and OJT with NTPC							■																	
4. Performance Diagnosis at Candidate Power Plants						■																		
5. Measures at Candidate Power Plants																								
5-1. Equipment repair and replacement								■																
5-2. Improvement of O&M procedure								■																
5-3. Preparation of CDM Application									■															
6. Cost Estimate, Economic and Financial Analysis																								
7. Development of Guideline and Manual for Dissemination																								
Reports ▲	▲								▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲
Workshop △									△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△
Counterpart training ★			★								★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★

Legend : ■ Work in India

▨ Work in Japan


Reports: Ic/R: Inception Report  
Iv/R: Interim Report  
P/R: Progress Report  
Df/R: Draft Final Report  
F/R: Final Report

Remark

The progress report and Interim report will contain all study and analysis from the commencement of the Study

## Appendix-II: Division of Technical Undertakings

	JICA	NTPC
<b>1. Confirmation of Past and Present Efforts on Energy Efficiency</b>	to collect data and information	to provide data and information
<b>2. Selection of Candidate Power Plants for the Study</b>		
2-1. Nomination of candidate power plants	to receive and investigate in the proposal	to propose candidate power plants
2-2. Selection of candidate power plants	to carry out the Study	to work with the Study team
2-3. Collection of additional data	to collect data and information	to provide data and information
<b>3. Preliminary Study and Preparation of Work Schedule</b>		
3-1. Preliminary analysis	to carry out the Study	to work with the Study team
3-2. Preparation of work schedule	to carry out the Study	to work with the Study team
3-3. Establishment of Counterpart team and OJT with NTPC	to carry out the Study	to work with the Study team
<b>4. Performance Diagnosis at Candidate Power Plants</b>		
<b>5. Measures at Candidate Power Plants</b>		
5-1. Equipment repair and replacement	to carry out the Study	to work with the Study team
5-2. Improvement of O&M procedure	to carry out the Study	to work with the Study team
5-3. Preparation of CDM Application	to carry out the Study	to work with the Study team
<b>6. Cost Estimate, Economic and Financial Analysis</b>		
<b>7. Development of Guideline and Manual for Dissemination</b>	to carry out the Study	to work with the Study team



**Record Notes of Discussions with JICA Project Preparatory Study Team on Proposal  
on 'Enhancing Efficiency of Operating Thermal Power Plants in NTPC - India'**

*Dated 15<sup>th</sup> – 28<sup>th</sup> May, 2008*

(1) Background of Discussions:

- i) As part of India Japan Energy Dialogue, Ministry Of Power (MoP) submitted a formal proposal to Govt of Japan to setup a '*Centre for Excellence for Efficiency (CEE)*' in NTPC and establish *Strategic Monitoring and Assistance Remote Terminus (SMART 24X7)* at central location.
- ii) Further, a study team on cooperation on electric sector from JICA visited MOP, NTPC Corporate, power plants at Badarpur & Dadri in February 2008 and had discussions at various levels.
- iii) JICA communicated to MoP by letter dated May 6, 2008 for visit of JICA Project Preparatory Study Team (hereafter referred to as 'JICA Team') from May 15, 2008 onwards, for discussions on the project proposal with NTPC.
- iv) During the discussions, JICA has submitted an alternate proposal to NTPC on 'Enhancing Efficiency of Operating Thermal Power Plants in NTPC- in India' in place of earlier proposal of SMART. On persuasion of NTPC and MoP for SMART proposal in different meetings, JICA Team has shown their inability to provide the same and requested to consider the alternate proposal. Keeping in view the inability expressed by JICA to meet the original proposal requirement, MoP suggested to explore the alternate proposal.

(2) The following meetings have taken place to discuss the alternate proposal and its contents:

- i) Meeting between NTPC and JICA Team on May 15, 2008 and May 23, 2008
- ii) Meeting between MoP, JICA Team and NTPC on 22<sup>nd</sup> May 2008
- iii) Visit of JICA consultant to Dadri on May 17, 2008
- iv) Visit of JICA Team led by Deputy Director General, Industrial Development Department, JICA to Ramagundam STPS on May 24, 2008.
- v) Meeting between JICA Team and NTPC on 26<sup>th</sup> May, 2008 at NTPC-SCOPE. Meeting held with CMD, Director (Operations) and Director (Technical) on original and alternate proposal.

1

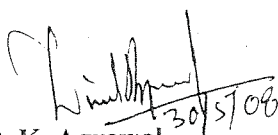


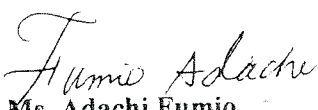
F A



- (3) On the alternate proposal, during the discussions, both JICA Team and NTPC strongly feel that counterpart training (training of NTPC engineers at Japan utilities) is one of the important constituents of the program. However, due to procedural issues JICA Team suggested that a separate application is required to be moved by NTPC and submitted to MoP for further processing. JICA Team stated that on receipt of application from MoP, they will strongly take up with Govt of Japan to adopt the request as it is important component of the program. JICA Team will also ensure that the time of training matches with study program.
- (4) The JICA team has incorporated other suggestions of NTPC in alternate proposal as best as can be done along with 'Scope of Work (SOW)' document. The SOW is to be signed by NTPC, MoP and JICA.
- (5) The final proposal has been reviewed by NTPC. The study provides NTPC to acquire Japanese practice and technology in O&M of the coal fired power plant. Customization and dissemination of the acquired technology and practices is provided through Workshops / seminars / demonstrations during the study. Accordingly, the proposal is found to be useful.
- (6) As per the schedule, which is a part of SOW, the program duration is for 24 months. JICA expects the program to commence from November 2008.
- (7) The mutually agreed proposal in the form of '**Minutes of Meeting (MOM) for the Study on Enhancing Efficiency of Operating Thermal Power Plants at NTPC-India**' has been jointly signed by JICA & NTPC and enclosed herewith.

The proposal is submitted for consideration of MoP.

  
**D. K. Agrawal**  
 GM (CenPEEP)  
 NTPC

  
**Ms. Adachi Fumio**  
 Team Leader  
 Project Preparatory Study Team, JICA

MINUTES OF MEETING  
FOR  
THE STUDY  
ON  
ENHANCING EFFICIENCY  
OF  
OPERATING  
THERMAL POWER PLANTS  
IN  
NTPC-INDIA

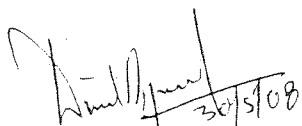
AGREED UPON BETWEEN

NTPC Limited

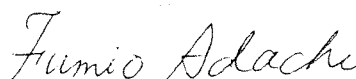
AND

THE JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

Delhi, May 30th, 2008



Mr. D.K. Agrawal  
General Manager, CenPEEP  
NTPC Limited  
(NTPC)



Ms. ADACHI Fumio  
Team Leader of the Project Preparatory Study Team  
Japan International Cooperation Agency  
(JICA)

The Government of India officially requested the Government of Japan to implement the Study for Enhancing Efficiency of Operating Thermal Power Plants in NTPC-India (hereinafter referred to as "the Study") in August 2007. In response to the request, the Project Formulation Study Team (hereinafter referred to as "the Team") organized by the Japan International Cooperation Agency (hereinafter referred to as "JICA") was dispatched and had a series of discussions with the authorities concerned of the Government of India and NTPC Limited (hereinafter referred to as "NTPC") from May 14th to June 4th, 2008 (List of Main Attendants from JICA and NTPC is shown in Attachment I.).

The discussions were conducted in a cordial atmosphere and both parties agreed to record the following points as summarized conclusions of the discussions between NTPC and the Team.

#### 1. Basic Mutual Understandings

India's power demand is rapidly increasing, and power generation capacity, which is presently above 135,000 MW, is planned to increase to 212,000 MW by 2012, and 425,000 MW by 2022. Around 66% of the present capacity is based on thermal, and coal is considered to remain dominant source in future also, making full use of coal that is abundant in India. Enhancing efficiency of operating existing thermal power plants is largely expected to meet power demand along with increasing power generation capacity. That will also lead to global greenhouse gas emission reduction. Considering the present power generation efficiency, there is potential available for improving efficiency.

It has great significance that NTPC and JICA will collaborate for enhancing power generation efficiency in India since Japanese technology to realize high power generation efficiency will contribute to India's power sector, and alleviation of global warming.

#### 2. Agreement of Draft Scope of Work

Based on the above mutual understandings, both parties discussed detailed contents of the Study and reached an agreement on the draft Scope of Work as Attachment II.

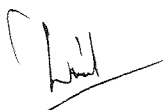
#### 3. Title of the Study

Both parties agreed that the title of the Study shall be **"The Study for Enhancing Efficiency of Operating Thermal Power Plants in NTPC-India"**

#### 4. Understanding of the Draft Scope of Work

The Study is aimed at efficiency enhancement of existing coal-fired thermal power plants in India, thereby leads to the reduction of global greenhouse gas emission in thermal generations. Power plant operation and management system, which have helped Japan to accomplish records of high efficiency in operating thermal power plants, is the main focus area in the technology transfer of the Study.

Several power plants will be selected as candidate power plants as case study for the 'Study' to practically demonstrate various technologies and practices to the Indian counterpart personnel, such as for plant diagnosis, O&M systems review and preparation of measures for recovery of power generation



efficiency. Application to CDM schemes will be initiated to utilize the resultant carbon emission reduction by the measures. JICA study team shall also prepare a Project Development Document (PDD) and shall make presentation to Executive Board of the Clean Development Mechanism, if required. Finally, economic and financial viabilities of the planned efficiency enhancement measures will be evaluated for each of candidate power plants.

Capacity development will be emphasized during the whole process of the Study both on the job, at workshops and seminars and training in Japan. The outcome of the technology transfer will include compilation of standard manuals and guidelines on efficiency enhancement for future use for all related parties in Indian thermal power generation sector.

### 5. Candidate Power Plants / Units

How many and which power plants / units will be candidate ones (hereinafter referred to as "candidate plants") will be decided between NTPC and the JICA study team after kick-off workshop during the first work in India by the team.

Both parties agreed that the number of candidate plants should be around three (3).

Both parties also agreed along with the statement of candidate power plants in the draft Scope of Work that candidate plants should be selected from power plants which are reliable or periodically collecting data to conduct performance diagnosis, that candidate plants should be selected in a balanced manner from power plants which were built in 1980s, around 1985, or in 1990s, and that candidate plants should be selected from power plants which are interested in Japanese power generation technology.

### 6. Demonstration of New Practice and Technology

The JICA study team will demonstrate Japanese practice and technology that will contribute to enhancing NTPC's power generation efficiency during the Study. Equipment and tools will be brought from Japan, as mutually agreed, for this purpose on returnable basis. Such new technologies could be, for example, study of critical problems of boiler, on line life assessment of boiler and turbine components, diagnosis technologies, application of high efficiency turbine blade or nozzle, any other area of concern, operation and maintenance tools and systems including overhaul. NTPC counterparts and the JICA study team will discuss and decide the target technologies during the first work in India by the JICA study team.

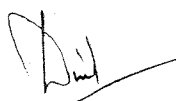
### 7. Institutional Framework for the Study

Both parties agreed to organize a steering committee and counterpart teams as shown below.

#### (1) Steering Committee

The function of steering committee is to ensure smooth collaboration among relevant organizations of the Indian side and the JICA study team and to monitor the progress of the Study.

The committee will be chaired by NTPC Director (Operation). The committee shall be composed of representatives from NTPC, candidate plants, and the JICA study team. CenPEEP will coordinate the



committee. The first committee will be held to confirm the contents of Inception report prepared by the JICA study team at the time of commencement of the Study. Similarly committees will be held to exchange views on Interim report and Draft Final report.

## (2) Counterpart Teams

To conduct the Study smoothly and efficiently and to realize technology transfer to people in related institutions in the course of the Study, counterpart teams shall be organized by NTPC. Several counterpart teams may be established according to each of the following themes. Members shall be composed of right persons from candidate plants and NTPC headquarters including CenPEEP. Counterpart teams are expected to work together with the JICA study team to receive on-the-job training in Japan and in India and to offer adequate information and data to carry out the Study.

- a. Diagnosis of power plant and preparation of measures to recover efficiency
- b. Review of O&M practice and preparation of measures to recover efficiency
- c. Preparation of CDM application
- d. Economic and Financial Analysis

## 8. Workshops

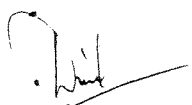
Each counterpart team and the JICA study team will hold workshops other than on-the-job training so that all members of each team can acquire skills and knowledge systematically, share information they will obtain during the Study, and make necessary decisions.

The JICA study team will conduct a kick-off workshop to NTPC counterparts at the beginning of the Study at India. The JICA study team will make presentation levels of efficiency achieved in Japan, and technology & practices in use to achieve these levels. Further, workshop will focus on how to sustain the efficiency through O&M skills, technology, and so on in NTPC power plants. After that presentation NTPC and the JICA study team will jointly list up practices and technologies that will contribute to enhancing NTPC's power generation efficiency, and then select candidate power plants to transfer such practices and technologies.

Aside from the kick-off workshop, workshops are expected to be held every time during each work in India by the JICA study team as shown in the Tentative Study Schedule attached to the draft Scope of Work. The details of when and where workshops will be held will be discussed at the first steering committee during the first work in India by the JICA study team. Members of counterpart teams might initiatively be lecturers at some workshops, in addition to Japanese lecturers, so that they will demonstrate they have acquired skills and knowledge.

## 9. Technology Transfer Seminar

Technology transfer seminar will be held once or twice other than workshops. Seminars aim at sharing skills and knowledge with people beyond counterpart team members. The JICA study team shall develop guidelines and manuals for enhancing power generation efficiency as described in the draft Scope of Work. The guidelines, manuals and various outputs counterpart teams and the JICA study team will wrap up



might be introduced at seminars. The details of when and where how many technology transfer seminars will be held and who should be invited will be discussed at the first steering committee. Members of counterpart teams might initiatively be lecturers at seminars.

#### 10. Study Schedule

In order to identify concrete measures for enhancing efficiency and to let the measures taken into NTPC's annual plan even during the Study not waiting for the conclusion of the Study, the schedule from performance diagnosis to workshops and seminars shall be hopefully planed in time of season of drafting annual plan.

#### 11. Counterpart Training

- (1) JICA would conduct on the job training in India during the Study. NTPC requested JICA for training of NTPC counterpart team at Japan's utilities also. The training in Japan is expected to expose NTPC team to Japanese practice and technology in efficiency enhancement through observation of operation and maintenance activities such as performance test etc. Both NTPC and JICA strongly feel that this training is one of the important constituent of the program. JICA informed that a separate application is required to be submitted by NTPC through MoP for further processing. JICA will ensure that the time of training matches with the study program and they will strongly take up with the Govt of Japan to adopt this request as it is important component for success of the program.
- (2) The numbers of training programs are as shown in tentative schedule attached to SOW. Field and duration of the training in Japan shall be discussed and mutually agreed to after the commencement of the Study.

#### 12. Technical Cooperation after the Study

The Team explained that JICA could not commit anything about technical cooperation after the Study now because budget for each of cooperation is allocated after receiving request on the cooperation and also it is the Government of Japan that decides which request should be adopted. The Team also explained that JICA would tell the JICA study team to identify during the Study suitable technical cooperation area after the Study and to consult with MOP, NTPC and JICA. NTPC responded that if it finds identified recommendation as useful, it would request Govt of Japan through MoP to adopt the same and JICA will recommend the same to Govt of Japan for consideration.

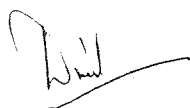
#### 13. Undertakings of NTPC Side

##### (1) Budget allocation

The budget for NTPC counterpart personnel related to the Study will be borne by NTPC.

##### (2) Office space

Office space with enough office furnishing for the JICA study team to implement the Study shall be



provided by NTPC.

(3) Information/data offering

NTPC shall provide the JICA study team with information/data necessary to carry out the Study. The Team requested NTPC to provide information/data described in 2. (3) of the draft Scope of Work. NTPC responded that it would provide such information /data at time of selection of candidate power plants to the extent it is available And JICA team restated diagnosis of power plants cannot be conducted without information / data provided.

(4) NTPC will not share with third party any data available from Japanese institution during the study.

**14. Undertaking of JICA Side**

For the implementation of the Study, JICA shall take the following measures;

- (1) To dispatch, at its own expense, JICA study team to India. All the expenses of JICA team will be borne by JICA.
- (2) To pursue technology transfer to India counterpart personnel in the course of the Study.
- (3) Not to share NTPC data (which NTPC may consider as 'commercially sensitive') with any third party in India or Japan.

**15. Procedure before Implementation of the Study**

Some procedures as follows should be taken before the Study starts.

- (1) Preparatory study for finalizing the scope of work for the Study, if necessary.
- (2) Signing the scope of work by representatives of both parties (Ministry of Power, NTPC and JICA).

Attachment I: List of Main Attendants

Attachment II: Draft Scope of Work



## Appendix-IV

### Attachment I

#### List of Main Attendants

##### **NTPC Limited**

Mr. R.S.Sharma, CMD  
Mr. Chandan Roy, Director (Operations)  
Mr. R.K.Jain, Director (Technical)  
Mr. D.K.Agrawal, GM (CenPEEP)  
Mr. Pankaj Bhartiya, AGM (CenPEEP)  
Mr. Subodh Kumar, Sr. Manager (CenPEEP)

##### **JICA Project Preparatory Study Team**

Ms. ADACHI Fumio, Team Leader  
Dr. NIWA Akira, Technical Cooperation  
Mr. FURUKAWA Shuji, Thermal Power Plant  
Mr. HANAOKA Hiroshi, Thermal Power  
Mr. TAKADA Kenji, Study Planning

##### **JICA India Office**

Mr. Subroto Talukdar, Senior Program officer

