

インド

## シマドリ石炭火力発電所建設事業 (I) (II) (III) (IV)

外部評価者：OPMAC 株式会社 宮崎 慶司

### 1. 案件の概要



プロジェクト位置図



シマドリ火力発電所

#### 1.1 事業の背景

インド南部の農業州であるアンドラ・プラデシュ州（以下、AP 州という）では、売電収入に農業向け電力需要が大きく、例えば 1992～1995 年度の売電金額に占める農業部門のシェアは約 4 割と大きく、全国平均の約 3 割を超えていた。このため、工業部門向けの電力供給が不足し、同州経済発展のボトルネックとなっていた。1996 年当時のアンドラ・プラデシュ州電力庁（以下、APSEB という）によれば、AP 州の電力需要は過去 5 年間で平均 9.6%の伸びを示しており、現在計画中の全発電所が予定通り完成したとしても、本事業が完成予定の 2004 年末時点でピーク時において約 8%の供給不足が生じることが見込まれていた。インド政府は中央政府及び州政府による新規発電事業の促進とともに、民間発電事業者（以下、IPP という）を後押し、官民全体での発電設備の増強を通じて電力供給能力を強化する方針であったが、現実には、計画されていた IPP による電源開発事業の進捗が遅れており、AP 州の電力需給ギャップは更に拡大する可能性が高かった。

#### 1.2 事業概要

インド南部 AP 州のビジャカパトナム市近郊に、国産炭（インド東部オリッサ州産）を使う発電出力 1,000MW（500MW×2 基）の大規模石炭火力発電所を建設することにより、同州における電力需要の増加への対応及び電力の安定供給を図り、もって同州の産業の活性化、それによる雇用拡大、農村電化や家庭電気普及等による地域住民の生活改善に寄与する。

	(I) ID-P120	(II) ID-P138	(III) ID-P140	(IV) ID-P144
円借款承諾額／ 実行額	19,817 百万円／ 19,371 百万円	12,194 百万円／ 12,191 百万円	27,473 百万円／ 27,294 百万円	5,684 百万円／ 1,251 百万円
交換公文締結／ 借款契約調印	1997 年 1 月／ 1997 年 2 月	2001 年 3 月／ 2001 年 3 月	2002 年 2 月／ 2002 年 2 月	2003 年 3 月／ 2003 年 3 月
借款契約条件	金利 2.3% 返済 30 年 (うち据置 10 年) 一般アンタイド	金利 1.8% 返済 30 年 (うち据置 10 年) 一般アンタイド	金利 1.8% 返済 30 年 (うち据置 10 年) 一般アンタイド	金利 1.8% 返済 30 年 (うち据置 10 年) 一般アンタイド
借入人／実施機関	国営火力発電公社 ／同左 (インド政府 保証)	国営火力発電公社 ／同左 (インド政府 保証)	国営火力発電公社 ／同左 (インド政府 保証)	国営火力発電公社 ／同左 (インド政府 保証)
貸付完了	2007 年 4 月	2007 年 4 月	2007 年 4 月	2007 年 4 月
本体契約	Baharat Heavy Electricals Ltd. (インド)、Hindustan Steel Works Construction Ltd. (インド)、Larsen & Toubro Ltd. (インド)			
コンサルタント契約	該当なし			
関連調査 (フィージビリティ ・スタディ: F/S) 等	F/S: 国営火力発電公社により 1995 年 7 月に作成 SAPI: JICA により「シマドリ石炭火力発電所建設事業(I)(II)」に係る案件実施支援調査 (SAPI) を 2001 年に実施			
関連事業	円借款事業 シマドリ・バイザック送電線建設事業 第 1 期 (1997 年) 及び 第 2 期 (2002 年)			

## 2. 調査の概要

### 2.1 外部評価者

宮崎 慶司 (OPMAC 株式会社)

### 2.2 調査期間

今回の事後評価にあたっては、以下のとおり調査を実施した。

調査期間: 2010 年 2 月～2010 年 11 月

現地調査: 2010 年 5 月 2 日～5 月 15 日、2010 年 8 月 9 日～8 月 15 日

### 2.3 評価の制約

なし。

## 3. 評価結果 (レーティング: A)

### 3.1 妥当性 (レーティング: a)

#### 3.1.1 開発政策との整合性

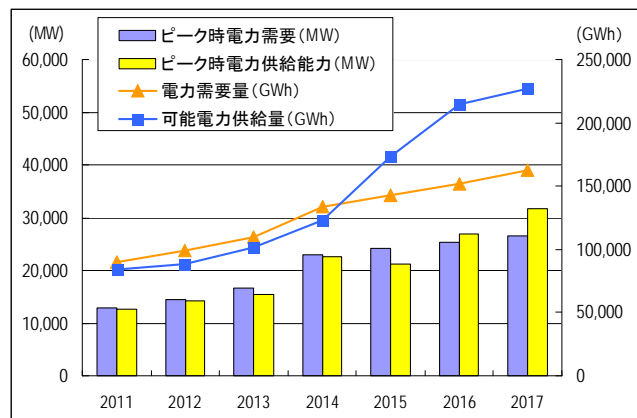
審査時では、第 8 次 5 年計画 (1992～1997) における公共部門総投資額 (4 兆 3,410 億ルピー) のなかで電力セクターに対する投資額は 18.3% (7,959 億ルピー) であり、全セクター中トップシェアであった。同計画では、①発電設備稼働率の向上、②送配電ロスの削減、③電力供給機関の財務体質の改善、④新規電源開発事業の促進、⑤民間投資の活用等

に重点が置かれていた。本事業は AP 州の発電能力の増強を行なうものであり、新規電源開発の促進という重点項目と整合性があった。

事後評価時では、第 11 次 5 年計画（2007～2012）期間中の中央政府、州政府、民間部門の全てを含むインフラへの総投資額（20 兆 5,610 億ルピー）のなかで電力セクターに対する投資額は 32.42%（6 兆 6,652 億ルピー）を見込んでおり、全セクター中トップシェアである。同計画では、電力セクターに対する開発戦略として、①中央電力規制委員会（CERC）、州電力規制委員会（SERC）の能力強化、②送配電ロスの削減、③地方電化の促進、④電力セクターへの民間投資の促進等に重点が置かれている。本事業は AP 州の発電能力の増強を通じて、同州の産業の活性化、それによる雇用拡大、農村電化や家庭電気普及等による地域住民の生活改善に寄与することを目指しており、同計画の開発戦略のひとつである地方電化の促進と整合性を持つ。

### 3.1.2 開発ニーズとの整合性

審査時、インド南部の農業州である AP 州では、農業向け電力需要の伸びが大きく、また IT 関連産業を中心とした産業発展により、工業部門向けの電力供給が不足し、同州経済発展のボトルネックとなっていた。当時計画中の全発電所が予定通り完成したとしても、本事業完成予定の 2004 年時点でピーク時において約 8%の不足が生じることが見込まれていた。従って、本事業による新規電源開発の緊急性は高かった。



出所：APTRANSCO

図 1: AP 州における電力需要及び電力供給予測

事後評価時では、本事業完成後も AP 州における電力供給不足は解消されておらず、工業部門、農業部門、及び一般家庭部門における将来的な電力需要の増加も予想されている。AP 州の送電部門を担うアンドラ・プラデシュ送電公社（以下、APTRANSCO という）によれば、現在、計画・実施中の電源開発事業が完成しても、2014 年までは需要が供給能力を上回る状況であり、同州における発電能力の増強に対するニーズは引き続き高い（図 1 参照）。

### 3.1.3 日本の援助政策との整合性

審査時点において、対インド国別援助計画は策定されていなかったが、これまでの調査研究、インド政府との政策対話等を踏まえて、外務省の対インド援助計画（平成 18 年 5 月）における重点目標のなかに、第 11 次 5 年計画の優先目標である電力、運輸セクターを中心とした「インフラ整備を通じた経済成長」の推進が含まれていた。

以上より、本事業の実施はインドの開発政策、開発ニーズ、日本の援助政策と十分に合致しており、妥当性は高い。

## 3.2 効率性（レーティング：a）

### 3.2.1 アウトプット

本事業は AP 州ビジャカパトナム市の西南約 25km に出力 1,000MW の石炭火力発電所を建設するものであり、計画された主要アウトプットは、メインプラント（ボイラー2基（循環式）、タービン（出力 500MW×2 基）、発電機（出力 588MW×2 基、力率 0.85）、灰処理施設（面積 249ha、全容量 4,816 万 m<sup>3</sup>、25 年分の排出量）、貯水池（面積 112ha）、電気集塵機、燃料油供給施設、冷却水装置（自然通風式、6 万 t/h）<sup>1</sup>、変圧器、開閉装置などであった。これらアウトプットについては計画通りに実施された。

本事業ではコンサルタント部分は円借款対象外であり、施工管理部分は国営火力発電公社（以下、NTPC という）が自ら担当した。本事業は計画事業期間内に全てのアウトプットが完成し、予定よりも前倒して商業運転の開始が出来た<sup>2</sup>。

なお、本発電所に関連する送変電設備については、円借款事業「シマドリ・バイザック送電線建設事業 第 1 期及び第 2 期」<sup>3</sup>としてアンドラ・プラデシュ送電公社（APTRANSCO）により実施されることになっていたが、同事業は既に 2005 年 12 月に完成している。



図 2：事業サイト地図

### 3.2.2 インプット

#### 3.2.2.1 事業期間

計画事業期間<sup>4</sup>は 1997 年 2 月の事業開始<sup>5</sup>から 2004 年 8 月の事業完成<sup>6</sup>までの 91 ヶ月であったのに対して、実際の事業期間は 1997 年 2 月から 2004 年 1 月までの 84 ヶ月であり、計画を下回った（計画比 92%）。試運転開始は、第 1 号基及び第 2 号基でそれぞれ 1 ヶ月及び 4 ヶ月早く稼動した。商業運転開始は、第 1 号基及び第 2 号基でそれぞれ 2 ヶ月及び 3 ヶ月前倒しとなった（表 1 参照）。

<sup>1</sup> 本事業では冷却水として海水が使われている。

<sup>2</sup> このことにより、2005 年に国際プロジェクトマネジメント協会（IPMA）から本事業に対して最優秀プロジェクトマネジメント賞が与えられた。

<sup>3</sup> 同事業は、AP 州ビジャカパトナム市～州都ハイデラバード間約 600km を含む地域において、400kV 及び 220kV の送電線敷設、変電所建設等を行なうもので、2005 年 12 月に完成した。

<sup>4</sup> 事後評価における計画・実績比較の基準として、第 II 期審査時（2001）の計画事業期間を適用。この理由は 1998 年 5 月のインド核実験を受けて日本政府による対印経済措置が発動されたことにより、第 II 期の借款契約締結が 2001 年まで延期されたため、第 II 期審査時に事業期間及び事業費の見直しが行われたことによる。

<sup>5</sup> 事業開始の定義は、第 I 期の借款契約の調印年月とする。

<sup>6</sup> 事業完成の定義は、主要アウトプットが完成し本格的な商業運転が始まった年月とする。

表 1：計画及び実績事業期間の比較

項目	計画値*	実績値
1. 円借款（第Ⅰ期）契約締結	1997年2月	1997年2月
2. メインプラント（一括請負契約）		
a) 入札準備・手続き・契約	1997年10月～1998年8月	1997年10月～1998年11月
b) 1号基 試運転開始	2002年3月	2002年2月
商業運転開始	2002年7月	2002年9月
引渡し	2002年9月	2002年7月
c) 2号基 試運転開始	2002年12月	2002年8月
商業運転開始	2003年6月	2003年3月
引渡し	2003年6月	2003年1月
3. 石炭輸送施設（入札～引渡し）	1998年2月～2003年6月	1998年2月～2003年3月
4. 冷却水施設（入札～引渡し）	1998年4月～2003年6月	1998年3月～2003年3月
5. 水供給施設（入札～試運転調整）	1997年11月～2003年1月	1997年11月～2002年11月
6. 冷却塔（入札～試運転調整）	1998年4月～2002年11月	1998年4月～2002年7月
7. 煙突（入札～試運転調整）	1998年4月～2002年2月	1998年4月～2001年9月
8. 水処理施設（入札～試運転調整）	1998年5月～2002年9月	1998年3月～2001年12月
9. 排水処理施設（入札～試運転調整）	1998年5月～2002年9月	1998年3月～2001年6月
10. 鉄道引込み線（入札～試運転）	1997年10月～2001年12月	1997年10月～2001年12月
11. 灰処理施設（入札～建設工事完成）	1998年5月～2002年8月	1998年5月～2002年8月
12. 事業完成**	2004年8月	2004年1月

出所：JICA 審査資料及び NTPC

注1：計画事業期間は第Ⅱ期審査時（2001）の事業期間を適用。

注2：事業完成の定義は、主要アウトプットが完成し本格的な商業運用が始まった年月。

NTPC へのヒアリングをもとに事業期間が計画内に収まった要因を以下のとおり分析した。

- ① 本事業は NTPC のモデル事業として位置付け、各部署から優秀な人材を配置するとともに、最優先事業として進め、かつ手厚い事業予算配分を行なうなど、本事業に対しては NTPC が優先的に資源の投入を行なったこと。
- ② コントラクターの実施能力及び信用力が高かったこと。
- ③ NTPC が過去実施した他事業での施工管理の経験と実績が活かされたこと。また長年の経験による NTPC の事業実施能力が高かったこと。
- ④ AP 州政府、ビジャカパトナム市政府など地元自治体から本事業に対して積極的な支援があったこと。AP 州では当時の州知事が強力なリーダーシップで電力セクター開発及び電力セクター改革<sup>7</sup>に取り組んでおり、またシマドリ発電所から発電される電力全てが AP 州向けであったことから、AP 州における本事業の優先度及び重要度が高かった。そのため、例えば環境クリアランス取得手続きなども、通常プロジェクトに比べて非常に短時間で行なわれた。また用地取得・住民移転に対する州政府、地元自治体からの支援もあった。

<sup>7</sup> AP 州はインドでも最も電力セクター改革が進んだ州のひとつであり、1998 年の州電力改革法の成立以降、州電力庁（SEB）の発電、送電、配電会社への分割、州電力規制委員会の設置、電力料金の合理化などの諸改革に取り組んでいる。

- ⑤ 社会配慮プログラムと一体となった用地取得及び住民移転に対する補償スキームが適用されたことより、用地取得及び住民移転手続きがスムーズに実施されたこと（詳細は後述の「3.4.4 住民移転・用地取得に係る社会的インパクト」を参照）。

### 3.2.2.2 事業費

計画事業費<sup>8</sup>は 97,369 百万円であったのに対して、実際の事業費は 90,946 百万円であった（計画比 93%）。費目別としては、灰処理設備の建設費が計画の 2,014 百万円から 4,812 百万円（実績）へと増えた。これは石炭灰量の増加に対応するための建設工法の変更によるものであった。また鉄道引込線の出発地点の変更および電化を行なったことにより、鉄道引込線の建設費が計画の 2,177 百万円から 3,460 百万円（実績）へと増加した。それ以外の費目は概ね計画事業費と同じかそれ以下であった。全体としては計画事業費内に収まった（表 2 参照）。

表 2：計画及び実績事業の比較

費目	計画値*			実績値		
	外貨 (百万円)	内貨 (百万ルピー)	合計 (百万円)	外貨 (百万円)	内貨 (百万ルピー)	合計 (百万円)
1 メインプラント	14,919	14,297	49,804	15,366	15,546	54,428
2 石炭輸送施設	153	871	2,278	151	910	2,438
3 水処理・冷却水施設	333	1,550	4,116	352	1,892	5,106
4 水供給施設	-	235	573	-	216	543
5 冷却塔	-	831	2,027	-	835	2,098
6 灰処理施設	-	826	2,014	-	1,915	4,812
7 煙突	-	232	565	-	194	487
8 鉄道引込線	-	892	2,177	-	1,377	3,460
9 管理棟・付属設備等	-	1,509	3,682	-	1,536	3,860
10 用地取得	-	864	2,107	-	894	2,246
11 その他資機材	-	281	686	-	178	447
12 エンジニアリング費、管理費、 コンサルティング・サービス費、 コミッションング費など	-	2,098	5,120	-	1,993	5,008
13 税金	-	600	1,464	上記の各費目に含まれる		
14 プライスエスケーション	359	5,043	12,664	上記の各費目に含まれる		
15 予備費	788	1,506	4,464	-	42	106
16 建中金利	3,628	-	3,628	-	1,356	3,407
17 為替変動調整					995	2,500
合計	20,180	31,635	97,369	15,869	29,879	90,946

出所：JICA 及び NTPC

注 1：計画事業費は第 II 期審査時(2001)の事業費を適用。

注 2：交換レート：1 ルピー＝2.44 円(1999 年 12 月)(計画)、1 ルピー＝2.5127 円(1999～2004 年平均)(実績)

<sup>8</sup> 計画事業費については、第 II 期審査時(2001)の事業費を適用。理由は、1998 年 5 月のインド核実験を受けて日本政府による対印経済措置が発動され、第 II 期の借款契約が凍結された。その後、事業費の見直しを主目的として 1999 年 12 月に実施された中間管理ミッションの結果を受けて、第 II 期審査時に事業費の変更を行なった。この変更により、事業費が第 I 期審査時(1996)の 140,159 百万円から、第 II 期審査時(2001)には 97,369 百万円へと約 7 割の規模に縮小した。そのため、事後評価における計画・実績比較の基準として、見直し後の第 II 期審査時の計画時事業費を適用することとしたため。

以上より、本事業は事業費及び事業期間ともに計画内に収まり、効率性は高い。

### 3.3 有効性（レーティング：a）

#### 3.3.1 定量的効果

##### 3.3.1.1 運用・効果指標

表3は、2003/04年度から2009/10年度までのシマドリ発電所の主要運用効果指標を示したものである。最大出力、設備利用率、稼働率、所内率、発電端熱効率、送電端電力量など、全主要指標が計画値（目標値）を十分達成している。とりわけ2008/09～2009/10年度にかけての過去2年間の設備利用率は、97%を超えている。2008/09年度におけるインド国内の発電所の設備利用率は、中央政府管理下の国営発電所が平均84.3%、州政府管理下の発電所が平均71.2%、IPPが平均91%、全インド平均が77.2%である<sup>9</sup>ことを考えると、シマドリ発電所の設備利用率97%超は、全国でもトップレベルの高水準といえる<sup>10</sup>。

また原因別の停止時間・回数は、2007/08年度を除いては、全て計画値（目標値）を達成している（表4参照）。2007/08年度の計画停止時間のみが、計画値の1,402時間に対して実績値が1,878時間（2号基）となり目標が達成されていないのは、この年に実施した2号基のオーバーホールの際に、タービンのベアリングに不具合（振動）が発見され、その修理に追加的な時間を要したためであった。その後、不具合は解消した。

表3：主要運用効果指標

		2003/04	2004/05	2005/06	2006/07	2007/08	2008/09	2009/10
最大出力 (MW)	計画	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
	実績	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
設備利用率 (%)	計画	56.08	66.31	85	85.00	85.00	85.00	85.00
	実績	87.90	92.72	88.38	92.10	88.57	97.41	97.27
稼働率 (%)	計画	80.00	85.00	89.00	89.00	89.00	89.00	89.00
	実績	90.30	93.23	93.72	92.44	87.68	94.54	94.38
所内率 (%)	計画	8.00	7.50	7.50	7.50	7.50	7.50	6.00
	実績	8.00以下	7.50以下	7.50以下	7.50以下	7.50以下	7.50以下	6.00以下
発電端熱効率 (%)	計画	33.60	35.00	35.00	35.00	35.00	35.00	35.00
	実績	33.60以上	35.00以上	35.00以上	35.00以上	35.00以上	35.00以上	35.00以上
送電端発電量 (GWh)	計画	4,495	5,344	6,962	6,962	6,962	6,962	6,962
	実績	7,244	7,663	7,304	7,622	7,324	8,080	8,051

出所：NTPC

注：設備利用率（%）＝年間発電量／（定格出力×年間時間数）×100

稼働率（%）＝（年間運転時間／年間時間数）×100

所内率（%）＝（年間所内消費電力量／発電端発電量）×100

発電端熱効率（%）＝（年間発電端発電量×860）／（年間燃料消費量×燃料発熱量）×100

送電端発電量（GWh）＝発電端発電量－所内消費電力量

<sup>9</sup> インド電力省「2009/10年度年次報告書」より（Ministry of Power, Annual Report 2009-10）。

<sup>10</sup> ちなみに、2008/09年度におけるNTPC傘下の全発電所の設備利用率の平均は91%であった（2008/09年度NTPC年次報告書より）。

表 4：原因別の停止時間及び回数（停止時間：時間/年間、停止回数：回/年間）

		2003/04		2004/05		2005/06		2006/07		2007/08		2008/09		2009/10	
		時間	回数	時間	回数	時間	回数	時間	回数	時間	回数	時間	回数	時間	回数
人員ミス	計画	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1号基	実績	0	0	0	0	4.39	2	0	0	0	0	0	0	1.68	1
2号基	実績	3.57	2	0	0	0	0	0	0	1.8	1	0	0	0	0
機械故障	計画	876.00	72	876.00	72	526.00	48	526.00	48	526.00	48	526.00	48	526.00	48
1号基	実績	551.14	19	138.39	7	234.74	10	101.31	6	204.24	7	69.25	1	121.52	2
2号基	実績	512.11	16	124.55	7	67.82	5	130.09	6	80.44	6	96.74	2	183.50	6
計画停止	計画	2,102.40	4	2,102.40	4	1,402.00	4	1,402.00	4	1,402.00	4	1,402.00	4	1,402.00	4
1号基	実績	642.47	1	410.43	1	429.77	1	699.90	1	0	0	789.90	1	0	0
2号基	実績	0	0	512.12	1	363.31	1	393.47	1	1,878.61	2	0	0	677.31	2

出所：NTPC

### 3.3.1.2 内部収益率の分析結果

#### (1) 財務的内部収益率（FIRR）

事後評価時の本事業の FIRR の再計算結果は 12.6% であり、計画時<sup>11</sup>の 12.03% とほぼ同じであった。なお計画時の FIRR 算出の前提条件は以下のとおりであった。

##### < 計画時の FIRR 前提条件 >

- 費用：建設費（建中金利除く）、燃料費、運営・維持管理費
- 便益：売電収入（11,690 百万ルーピー／年）
- プロジェクトライフ：商用運転開始後 25 年
- 設備利用率：65%（年間発電量約 6,000GWh）
- 発電コスト：2.12 ルーピー／kWh

#### (2) 経済的内部収益率（EIRR）

審査時の本事業の EIRR は 36.63% であった。EIRR の再計算については、再計算に必要な情報データの入手が困難であったため、本事後評価では再計算は行なわなかった。なお EIRR 算出のための計画時の前提条件は以下のとおりであった。

##### < 計画時の EIRR 前提条件 >

- 費用：建設費、燃料費、運営・維持管理費
- 便益：誘発効果、代替効果
- プロジェクトライフ：商用運転開始後 25 年
- 設備利用率：65%（年間発電量約 6,000GWh）

<sup>11</sup> 本事後評価では計画時の IRR として、第 III 期審査時（2002 年）に積算された IRR を適用した。理由としては、本事業では第 II 期審査時に大幅な事業費の変更を行なったため、IRR 再計算の比較対象としては第 II 期以降に積算された IRR が妥当であると思われること、さらに第 II 期～第 IV 期審査資料のうち計画時の詳細な積算根拠を追跡することができるデータが入手可能なものは、第 III 期の審査資料のみであったため。

### 3.3.2 定性的効果

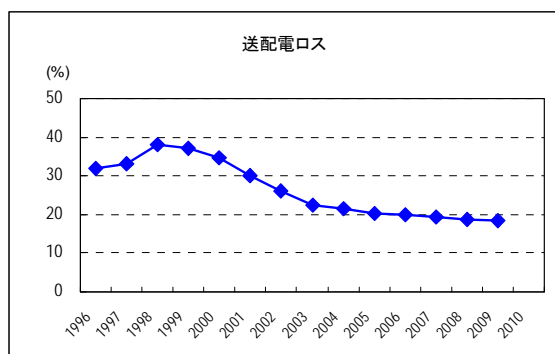
#### 3.3.2.1 受益者からのヒアリング結果

シマドリ発電所で発電される全ての電力は APTRANSCO に売電され、その後、各配電会社を通じて AP 州内の各電力需要家へ届けられる。APTRANSCO によれば、2004 年の事業完成時よりシマドリ発電所からは安定的な電力供給を受けており、このことは APTRANSCO の送電サービスの信頼性の向上にも貢献しているとのことであった。また、シマドリ発電所は発電効率が高いため他発電所と比較して売電価格が安く、同発電所からの安定的な電力供給は、間接的に同送電会社の財務体質の健全化にも貢献したとのことであった。

また、アンドラ・プラデシュ中部配電会社 (APCPDCL)<sup>12</sup>も、シマドリ発電所の完成後、以前に比べて電圧昇降が一定で安定的な電力供給が可能となり、停電時間も減少したとのことであった。APCPDCL によると AP 州ではアンドラ・プラデシュ発電公社 (APGENCO) の設備利用率が約 85%、民間発電事業者 (IPP) の設備利用率が約 85~90%に対して、97%を超えるシマドリ発電所の設備利用率は AP 州の全ての発電施設のなかで最も高いことから、シマドリ発電所は AP 州で最も効率的で生産性が高い発電所であるとの認識であった。電力需要家である 5 つの地元企業<sup>13</sup>に対するヒアリングにおいても、シマドリ発電所の完成後、量及び質の両面で、電力供給の改善がみられたとの見解であった。

このことから、シマドリ発電所は AP 州のベースロード発電として安定的な電力の供給に重要な役割を果たしているといえる。

一方、近年 AP 州では送配電部門の能力強化及び効率化を含む電力セクター改革に積極的に取り組んでおり、2001 年以前は 30%以上あった送配電ロスが、2010 年には 18.5%まで改善している。本事業実施後に電力の量及び質の両面で改善効果があったとの電力需要家の認識は、送配電部門の効率性の改善による効果も含まれていると考えるのが妥当である (図 3 参照)。



出所：APTRANSCO

図 3：AP 州における送配電ロスの推移

以上より、本事業の実施により概ね計画通りの効果発現が見られ、有効性は高い。

<sup>12</sup> AP 州では 4 つの配電会社があり、首都ハイデラバードをカバーする中部配電会社 (APCPDCL) のほかに、南部配電会社 (APSPDCL)、東部配電会社 (APEPDCL)、北部配電会社 (APNPDCL) がある。

<sup>13</sup> ヒアリングを行なった電力需要家 5 社は、ハイデラバード近郊の Jeedimetra 工業団地内で操業する地元製造業者から選定した。この工業団地はアンドラ・プラデシュ中部配電会社 (APCPDCL) から電力供給を受けている。

写真：ハイデラバード市内の電力需要家へのヒアリング



化学薬品製造業者



梱包材製造業者



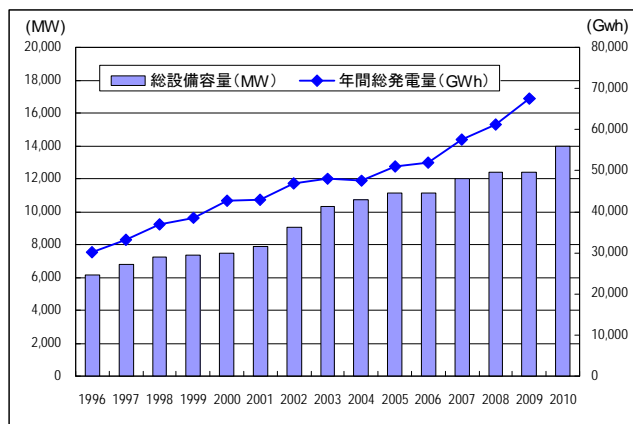
金属線製造業者

### 3.4 インパクト

#### 3.4.1 アンドラ・プラデシュ州の電力需給ギャップ縮小に対するインパクト

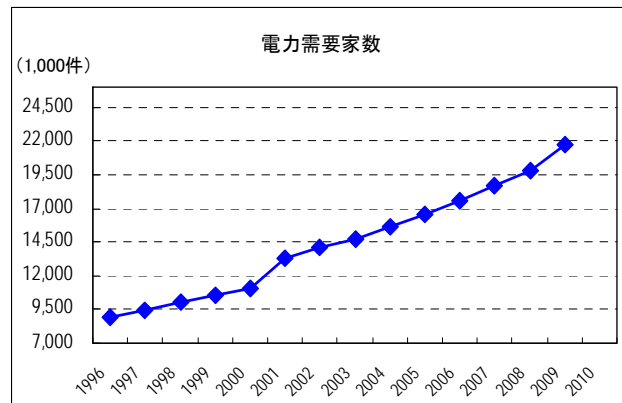
AP 州では恒常的な電力不足の解消のため、電源開発に積極的に取り組んでおり、本事業がスタートした1996年から2009年までの13年間で、AP 州の総発電設備容量は6,163MW（1996年）から12,427MW（2009年）へと2倍に、年間総発電量も30,119GWh/年（1996年）から67,387GWh/年（2009年）へと2.2倍の規模に拡大した（図4参照）。2009年時点において、シマドリ発電所はAP 州の総発電設備容量の8%、総発電量の11.9%を占めており、AP 州の発電部門において重要な役割を果たしている。記述のとおりシマドリ発電所はAP 州のベースロード発電として年間約8,000GWhの安定的な電力を供給していることから、本事業はAP 州の電力需給ギャップ縮小に一定の貢献をしている。

しかしながら、AP 州の電力需要家の急激な増加（2000年1,110万人→2009年2,171万人）に伴い、AP 州最大の電力部門である農業部門を始め、工業部門及び一般家庭での電力需要は毎年拡張を続けており、現在でも電力需要に対して供給能力が追いついていない状況である（図5）<sup>14</sup>。



出所：APTRANSCO

図4：AP 州の総発電設備容量及び年間総発電電量

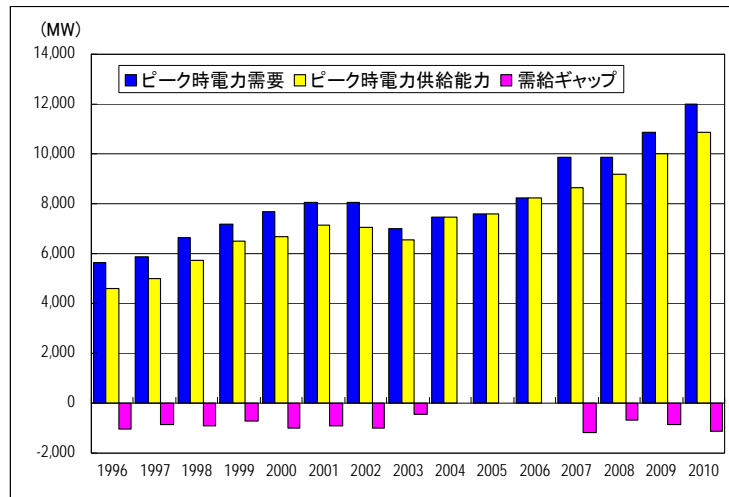


出所：APTRANSCO

図5：AP 州の電力需要家数の推移

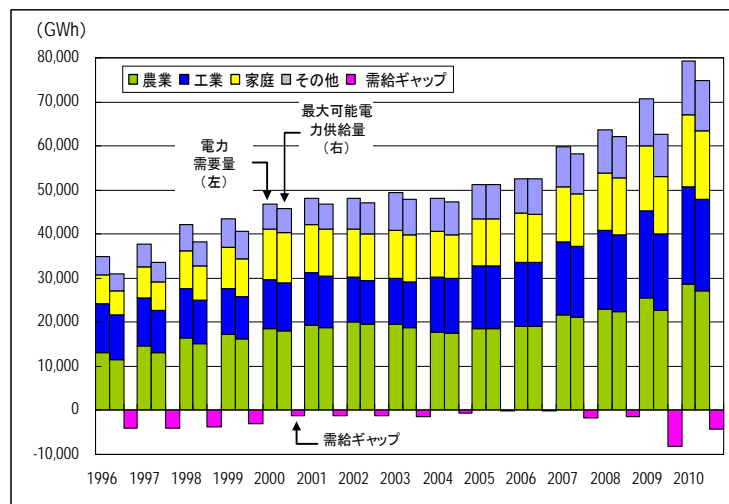
<sup>14</sup> そのため、AP 州では日常的に計画停電が発生し、工場、企業などの大口電力需要家は、自家発電にも依存している。

図 6 及び図 7 に示すように、AP 州の電力需給ギャップがほぼ解消されたのは、1996～2010 年の 15 年間で 2004～2006 年の 3 年間のみである。現在、NTPC により本事業の第 2 フェーズ事業が実施中であり、2011/12 年(予定)の完成後はシマドリ発電所の発電能力が 1,000MW から 2,000MW へと増強されることになり、AP 州の電力需給ギャップの更なる解消に貢献することが期待されている<sup>15</sup>。



出所：APTRANSCO

図 6：AP 州の電力需要量及び最大可能電力供給



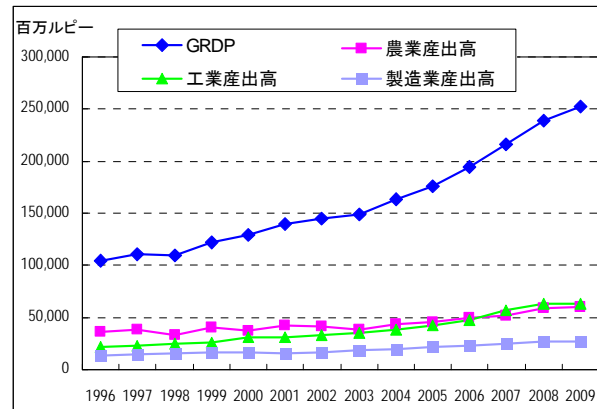
出所：APTRANSCO

図 7：AP 州のピーク時電力需要及び電力供給能力

<sup>15</sup> なお第 2 フェーズ事業での追加分 1,000MW の発電設備から発電される電力については、AP 州だけでなく近隣のカルナタカ州、ケララ州、タミルナド州へも送電される計画となっている。

### 3.4.2 アンドラ・プラデシュ州の産業の活性化とそれによる雇用拡大に対するインパクト

AP 州の州内総生産（GRDP）、農業、工業、製造業産出高は毎年、順調に伸びている（図 8 参照）。シマドリ発電所は AP 州のベースロード発電としての安定的な電力供給を通じて、同州の産業の活性化を下支えする役割を果たしたと思われる。雇用拡大に対するインパクトについては、本事業のスコープとの関係性から検証は困難であった。



出所：AP 州政府

図 8: AP 州の GRDP、工業、農業、製造業産出高

### 3.4.3 農村電化や家庭電気普及等による地域住民の生活改善に対するインパクト

AP 州では、本事業が完成する前の 2002 年時点において、電化率<sup>16</sup>は 100%を達成しており、本事業による農村電化及び家庭電気普及等へのインパクトの把握は困難であった。同様に農村電化や家庭電気普及等によりもたらされる地域住民の生活改善に対するインパクトについても、把握が困難であった。そのためこれらインパクトについては評価を行っていない。

### 3.4.4 自然環境に対するインパクト

#### (1) 大気汚染及び水質汚濁に係るインパクト

本事業では事業実施前の 1994 年に NTPC により環境影響評価（EIA）が実施され、1996 年 7 月に AP 州政府の環境クリアランス（Techno-economic Clearance）を取得していた。また 2001 年に JICA による「シマドリ石炭火力発電所建設事業（I）（II）」に係る案件実施支援調査（SAPI）が実施され、インド国の環境基準、環境対策技術及び日本、米国における国際的な環境基準、対策技術を踏まえた上での本事業の環境影響評価及び環境対策に対する改善措置、ならびに石炭灰再利用計画の見直し案<sup>17</sup>などの提言が行なわれた。これらの SAPI の提言内容<sup>18</sup>は、本事業の環境対策及び石炭灰再利用計画に反映された。NTPC は AP 州公

<sup>16</sup> 2004 年 2 月に改定された「電化」の定義は、①居住区の基本配電設備の整備、②公共の場所（学校、会議所、診療所、薬局、公民館など）への電気供給、③村落内の世帯電化率が 10%以上、の 3 つの条件を満たすことである。

<sup>17</sup> インド政府が 1999 年 9 月 14 日付けで交付した石炭灰利用に関する新規制「Dumping and Disposal of Fly Ash Notification」に対応するため。

<sup>18</sup> SAPI では環境対策に関する提言として 9 つ、石炭灰有効利用に関する提言として 6 つの提言を行なった。これら提言に対する実施機関の対応状況は以下の通り。①石炭中の重金属及び微量元素の分析＝実施中、②石炭灰中の重金属及び微量元素の分析＝実施中、③ 4 ヶ所以上の環境大気モニタリング地点の設置＝6 ヶ所に設置済み、④開放的な地形の地点（地上高 10m）における気象観測設備の設置＝実施済み、⑤飲料水水質基準パラメータを地下水モニタリングパラメータに含めること＝実施済み、⑥既存の上流側 6 井戸に加えた下流側 6 井戸における地下水水質モニタリング地点の設置＝上流下流合わせて 9 井戸にモニタリング地点を設置済み、⑦コミュニティ開発計画のモニタリングの維持＝シマドリ発電所 CSR 課がモニタリングを実施中、⑧ ISO14001 認証取得＝2004 年に取得済み、⑨環境モニタリングデータが基準値を超えた場合の対応策の作成＝実施中、⑩石炭灰利用の潜在的市場開拓のための戦略策定＝実施済み、⑪石炭灰製品・

害監査局（以下、APPCB という）及び環境森林省のガイドラインに沿って排煙、排水等のモニタリングを毎月実施し、定期的に当局へ報告を行なっている<sup>19</sup>。

シマドリ発電所では、プラント周辺 6 カ所に環境大気モニタリング地点を設け、煙突から排出される大気汚染物質のモニタリングを行なっている。本事業では高煙突の採用、電気集塵機の設置、低硫黄炭の使用等により、主要パラメータである浮遊粒子状物質 (SPM)、二酸化硫黄 (SO<sub>2</sub>)、窒素酸化物 (NOx) 等の着地濃度 (24 時間値) は、全てインド環境基準を満たしている (表 5 参照)。上記 6 カ所のモニタリング地点のうち 3 カ所については SAPI の提言を踏まえて追加設置されたものである。排水に関しても全てのパラメータの値 (年平均値) は、インド環境基準を満たしている。これら排出ガス及び排水モニタリングデータは、オンラインで同発電所中央制御室にて監視されており、NTPC 本部及び環境森林省でも常時閲覧可能なシステムを構築している (表 6 参照)。

表 5：プラント周辺の排出ガスモニタリングデータ

パラメータ	単位	2002/03	2003/04	2004/05	2005/06	2006/07	2007/08	2008/09	2009/10	インド環境基準
浮遊粒子状物質 (SPM)	µg/m <sup>3</sup>	88.3	74.4	80.0	81.9	88.0	81.9	74.5	73.6	200
粒径 10 ミクロン以下の吸入性粒子状物質 (RPM)	µg/m <sup>3</sup>	-	37.0	44.4	47.8	48.9	47.0	42.2	35.7	100
二酸化硫黄 (SO <sub>2</sub> )	µg/m <sup>3</sup>	18.0	15.8	15.2	14.2	15.4	12.3	8.9	17.0	80
窒素酸化物 (NOx)	µg/m <sup>3</sup>	25.7	24.5	20.8	18.8	18.5	15.3	10.3	11.5	80

出所：NTPC

注：上記の着地濃度データは 24 時間値を示す。着地濃度は週 2 回、6 カ所の環境大気モニタリング地点で測定される。煙突出口前での排出濃度は 24 時間連続測定される。

表 6：排水モニタリングデータ

パラメータ	単位	2002/03	2003/04	2004/05	2005/06	2006/07	2007/08	2008/09	2009/10	インド環境基準
水素イオン濃度	pH	8.10	8.47	8.25	8.10	7.61	8.00	8.17	7.96	5.50-8.50
取水温度に対する排水温度の差*	°C	3.40	2.30	2.10	0.90	1.40	2.33	1.80	2.5	5
総浮遊物質 (TSS)	ppm	51.8	21.45	14.58	10.00	19.92	12.83	12.59	19.8	100
遊離塩素含有量	ppm	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	<0.1	0.5
リン酸態リン含有量 (PO <sub>4</sub> -P)	ppm	ND	3.84	3.84	0.136	0.42	0.26	N/A	0.6	20
鉱油類含有量	ppm	ND	3.7	N/A	1.03	2.42	1.38	<0.2	3.5	20
クロム含有量	ppm	BDL	0.146	0.16	0.071	<0.01	0.13	N/A	<0.01	0.2
鉄含有量	ppm	0.37	N/A	0.13	0.05	0.08	0.048	N/A	0.07	1.0
亜鉛含有量	ppm	0.025	0.476	0.240	0.063	N/A	0.330	0.138	0.060	1.0
銅含有量	ppm	0.078	0.052	0.050	0.033	0.009	0.080	0.061	0.040	1.0

出所：NTPC

注 1：上記データは年平均値を示す。発電所からの排水は排水処理装置出口で 24 時間連続測定される。

注 2：ND=検出不能、BDL=検出可能レベル以下、N/A=データなし。

注 3：シマドリ火力発電所では、タービン発電機で使用した蒸気を取水口から取り入れた海水で冷却し、放水口から温排水を海へ放流している。

道路工事及び農業への石炭灰の利用=実施中、⑫露天採掘鉱山と荒廃地の開発への石炭灰の利用=発電所敷地内の荒廃地の埋立への石炭灰の利用は実施済み、発電所周辺の荒廃地開発について実施中、⑬石炭灰有効利用促進のためのインセンティブ=石炭灰製品製造業者に対する石炭灰の無償提供、石炭灰の輸送費の一部負担等の対策を実施中、⑭石炭灰の環境影響調査及び粉塵対策=実施中、⑮石炭灰利用に関する追加的調査=実施中。

<sup>19</sup> 本事業では、火力発電によって生じる排煙、排水等のモニタリング結果を APPCB に対しては毎月、環境森林省中央公害監査局 (CPCB) に対しては 3 ヶ月ごとに報告することが義務付けられている。

本事後評価では、AP州環境局、ビジャカパトナム市政府、近隣住民及び村長数名に対するヒアリングを行なったが、本事業による発電所周辺住民への健康被害及び周辺地域への環境被害は確認されなかった<sup>20</sup>。

## (2) 石炭灰処理

本事業では環境森林省のガイドラインに基づき、運用開始から3年後に30%、9年後に100%の石炭灰を再利用することを目指していた。表7は石炭灰の再利用状況実績及び予測を示しているが、2007/08年度、2008/09年度には石炭灰の再利用は70%まで達した。用途としては、プラント敷地内の低地の埋め立てや灰処理施設拡張のための土木用資材としての再利用が最も多く、次いでセメント、コンクリート、煉瓦、タイル等の灰製品の原材料としての再利用であった。2009/10年度には、インドの景気後退に伴う建設業界の低迷により土木用資材としての石炭灰に対する需要が落ち込んだこともあり、再利用率は45%まで低下した。

現在、NTPCでは2013/14年度に石炭灰再利用100%達成を目標に、2010/11～2014/15年度にかけての5カ年間計画（ローリングプラン）を作成しており、NTPCでは新たな顧客層の開拓のための市場調査、セメント工場とのタイアップ、インド国道庁（NHAI）への営業活動、石炭灰を利用した農業モデル事業の実施、セミナーの開催などを行い、石炭灰再利用促進に取り組んでいる。

表7：石炭灰再利用計画及び実績

(単位：1,000トン)

	石炭灰発生量	再利用目標値	石炭灰再利用							合計	再利用率
			低地埋め立て工事	セメント・コンクリート	灰処理施設拡張工事	灰製品(レンガ・タイル等)	道路工事	その他			
2003/04	1,950	165	179	30	62	2	-	-	273	14.0%	
2004/05	2,065	410	443	13	29	28	-	4	517	25.0%	
2005/06	1,765	600	628	115	28	37	32	10	850	48.2%	
2006/07	2,043	735	799	227	222	70	4	6	1,328	65.0%	
2007/08	2,304	890	1,107	258	2.5	107	139	10	1,624	70.5%	
2008/09	2,364	1,050	888	222	319	182	14	35	1,660	70.2%	
2009/10	2,217	1,300	174	190	304	216	2	114	1,000	45.0%	
2010/11	2,012	1,267	60	235	525	235	66	146	1,267	63.0%	
2011/12	2,020	1,414	200	175	600	200	100	139	1,414	76.0%	
2012/13	2,024	1,821	300	250	600	250	100	321	1,821	90.0%	
2013/14	2,050	2,050	400	275	600	300	100	375	2,050	100.0%	
2014/15	2,050	2,050	400	275	600	300	100	375	2,050	100.0%	

出所：NTPC

注：2003/04～2009/10年は実績値。2010/11年以降は計画値。

<sup>20</sup> なお、ヒアリングを行なった住民の一部からは、夏季に灰処理施設からの浮遊物の飛来があり、それによる塩田への被害、住民への健康被害が生じているとの苦情が聞かれた。この問題について AP 州環境局へ確認したところ、発電所の付近にはセメント工場などもあり、住民が申告している健康被害の原因の特定や本事業との因果関係については、科学的には確認はされていないとのことであった。

写真：環境大気モニタリング施設、灰処理施設、石炭灰再利用例



気象観測機器および環境大気  
モニタリング設備



灰処理施設



石炭灰再利用（煉瓦製造）

シマドリ発電所周辺では近年、宅地開発が進められており、将来、住宅地になることも想定され、新たな住民から環境問題が持ち上がる懸念がある。AP 州環境局からは NTPC がプラント周辺地区の土地を取得し、植林等により緩衝地帯（グリーン地帯）とすることに関して提言があった。NTPC では既に灰処理施設周辺や発電所周辺の近隣村落への植林を実施済みであり、第 2 フェーズ事業においても石炭輸送施設周辺への追加的な植林等を行なっているが、発電所周辺の既存道路のロケーション、追加的財源の必要性などもあり、NTPC は緩衝地帯となる追加的な土地の取得は行っていない。

以上のことから、事後評価時においては自然環境に対するマイナスのインパクトは確認されていない。

### 3.4.5 住民移転・用地取得に係る社会的インパクト

本事業の実施に伴い 1,369ha の用地取得が行われ、80 世帯が住民移転の対象となった。移転対象世帯数が当初計画の 71 世帯から 80 世帯に増加した理由は、本事業計画地周辺の放水路の流路変更等によるものであった。当該 80 世帯は土地家屋に対する補償を得た上、希望者には NTPC が用意した移転区画に 1 世帯当り 163m<sup>2</sup>の土地が無償供与された。また移転区画には、道路、電気、井戸などが整備された（表 8 参照）。

表 8：用地取得面積及び住民移転対象世帯数

項目	計画	実績
1. 用地取得面積	1,369ha	計画どおり
2. 住民移転地区面積	2ha	計画どおり
3. 補償を受けた住民数	不明	2,272 人
4. 住民移転対象世帯数	71 世帯	80 世帯

出所：NTPC 及び SAPI 報告書（2001 年）

上記の用地取得及び住民移転手続きは、NTPC と地区開発諮問委員会（VDAC）<sup>21</sup>との協議に基づいて策定され「シマドリ火力発電所に係る住民移転リハビリテーション・ポリシー（1993年策定）」及び「同住民移転・リハビリテーション・ガイドライン及びコミュニティ開発計画（1999年策定）」の枠組みで実施された。本事業では土地補償費の基準価格として、市場価格に比べて3～4倍高い1エーカー当たり225,000ルピーが適用<sup>22</sup>されており、通常の場合と比べて好条件であった。その他にも家屋の有無、農作物の種類などに応じて追加給付金（インセンティブ）も供与された<sup>23</sup>。このような好条件の土地補償価格が可能となった理由は、NTPC では迅速な用地取得の実現を優先しており、そのため用地取得交渉が地権者と NTPC の当事者間のみではなく、VDAC を加えた参加型で行なわれ、土地の買取価格も地権者との交渉によって決められたこと、またそのための十分な予算も事業費のなかに準備されていたことなどであった。

またコミュニティ開発計画（事業費：約50百万ルピー）に基づいて、旧土地所有者、移転住民を含むシマドリ発電所周辺住民を対象として、生活環境の向上、雇用機会の創出などを目的に、ハード及びソフト両面の様々な支援が行なわれた。ハード面での支援としては、道路、上水道、医療施設、教育施設、公共施設等のインフラ整備などに加えて、移転住民に対しては優先的な店舗区画の割当てが行なわれた。ソフト面での支援としては、地元職業訓練校<sup>24</sup>での職業教育・訓練、コンピュータ訓練、女性を対象とした仕立て技術訓練<sup>25</sup>等のほか、家族計画支援、白内障手術なども行なった。さらに、51人の移転住民をシマドリ発電所で直接雇用したほか、同発電所内の園芸、清掃、雑務等の小規模作業を周辺の住民組織（Cooperative Societies）<sup>26</sup>へ外部委託したり、職業訓練を受けた移転住民を同発電所の保守管理を請け負う民間会社への就職斡旋、本事業実施中の建設工事作業員として短期雇用<sup>27</sup>するなどの支援を行なった。（表9及び表10参照）。上記の周辺住民・コミュニティに対する社会的配慮は、シマドリ発電所のCSR（企業の社会的責任）活動の一環として現在でも継続的に取組まれており、本事業完成後も同発電所では、周辺村落の道路、学校、保健所の建設、地元住民に対する職業教育訓練、シマドリ発電所の一部作業の外部委託、植林<sup>28</sup>などの支援を行なっている。NTPCによるとこれまで仕立て訓練を受講した85人の女性のうち75人以上が近隣のアパレル企業への就職に結びついたとのことであった。

<sup>21</sup> 地区開発諮問委員会（VDAC）は地区代表1人、NTPC代表2人、州政府代表4人、村長8人、旧土地所有者10人からなる25のメンバーで構成された（SAPI報告書）。

<sup>22</sup> NTPCによると事業対象地域の土地価格の相場は、1エーカー当たり50,000～60,000ルピー程度であった。

<sup>23</sup> 補償金を受領した2,376人のうち1,448人がVDACで決定された認定基準以下（補償額が300,000ルピー以下）であった。これら1,448人は要援助者と認定され、要援助者認定カード（LINFO Card: Land Oustees Information Card）が給付された。要援助者認定カード保有者は生計に関する相談、店舗の割当て、訓練などが優先的に受けられることになっていた（SAPI報告書）。

<sup>24</sup> Industrial Training Institute (ITI)。

<sup>25</sup> この仕立て訓練（研修期間は3ヶ月）は地元自治体と協力して行なわれており、近隣の経済特区にある外資アパレル企業の求める技術を備えた人材の育成を目指していた。

<sup>26</sup> 現在、12の住民組織があり200人のメンバーを擁している。

<sup>27</sup> 現在実施中の第2フェーズ事業の建設工事でも周辺住民を作業員として優先的に短期雇用している。

<sup>28</sup> NTPCは1998/99年よりシマドリ発電所周辺及びビジャカパトナム市内における植林活動を行っており、2006/07年までの8年間で合計600,797本の木が植樹された。

表 9：コミュニティ開発計画の概要

(2003年4月までの実績)

	項目	数量
1	主要道路の建設	5カ所
2	村落道路の建設	17カ所
3	公民館の建設	11カ所
4	バス待合所の設置	7カ所
5	既存学校内の追加校舎の建設	6カ所
6	女子高へのトイレ設備の設置	1カ所
7	墓地内の納屋の設置	7カ所
8	市場の整備	1カ所
9	手押しポンプ付き飲料水道管の設置	46カ所
10	給水管の整備	4.5km
11	職業訓練校 (ITI) での職業教育訓練	150人
12	コンピュータ訓練	40人
13	女性に対する仕立て技術訓練	40人
14	各戸トイレ設備の設置	117戸
15	家族計画支援	450人
16	白内障手術	300人
17	店舗割り当て	10カ所
18	小学校の備品の整備	16校
19	高校の備品の整備	8校
21	短期大学の備品の整備	1校
21	学校・大学の実験器具の整備	4校
22	診療所の備品の整備	2カ所

表 10：コミュニティ開発計画支出実績

(単位：千ルピー)

	項目	金額
1	社会経済調査	510
2	追加社会調査	385
3	要援助者に対する相談サービス	1,826
4	要援助者認定カードの準備	47
5	立ち退き対象者に対する訓練	828
6	コミュニティ開発計画関連	
	a. 道路整備	36,697
	b. 教育・訓練サービス	3,167
	c. 保健サービス	125
	d. 飲料水設備整備	1,365
	e. その他	4,475
7	コミュニティ福祉プログラム	804
8	社会学者の雇用	124
9	雑費	195
10	公共情報センター建設	-
	合計	50,548

出所：表 9 及び表 10 とも NTPC

注：コミュニティ開発計画支出実績は、2003年4月までの累計額。

このように、用地取得及び住民移転手続きが、VDAC の関与のもと NTPC、地権者を始め地元自治体関係者が参加し、ガイドライン等の基準を明確にして進められたこと、補償額が通常のケースに比べて高かったこと、生活環境の向上及び雇用機会の創出のための社会配慮プログラム（コミュニティ開発計画）と一体で進められたことなどにより、住民の理解と協力を得ることが容易となり、結果として用地取得・住民移転手続きはスムーズになされ、特段の問題は生じなかった。

アンドラ大学が 2007 年に実施した社会インパクト調査<sup>29</sup>では、本事業による住民移転及びコミュニティ開発計画の実施後、シマドリ発電所周辺住民の一人当たり所得の向上、就学率の向上、とりわけ女子児童の就学率の向上、教育、保健、飲み水、交通、公共サービス等へのアクセスの著しい向上などがあったと評価している<sup>30</sup>。本事後評価でも移転住民数名へのヒアリングを行なったが、アンドラ大学の調査結果と同様、本事業実施後、住民移転地区を含む同発電所周辺地域において、生活水準の向上、教育、保健、交通のアクセスの向上が認められた。

<sup>29</sup> “Social Impact Study of Simhadri Project”, Andhra University, 2007.

<sup>30</sup> 上記社会インパクト調査は、本事業により土地家屋の収用を受けたり移転を余儀なくされたシマドリ発電所周辺の住民 2,790 人（20 村落に在住）のうち 547 人を対象として実施された。

一方、本事後評価で行なった移転住民へのヒアリングでは、彼らが雇用問題を抱えていることもわかった。移転住民は、本事業実施以前は僅かな土地を所有する零細農家及び小作農家が大半であったが、移転後の農業から新たな職業への移動が必ずしも順調に進んでいないケースが見受けられた。移転住民のなかには補償金を元手に新たに商売を始めたり、職業教育訓練を受けた後に新たな職業に就くものもいる一方、訓練を受けても就職に結びつかなかったり、能力的に農業以外の仕事に付くことが難しい一部の住民（特に老人）も存在した。これまで、NTPC は住民の雇用機会の向上に繋がるような支援を行なってはいるが、地元の経済状況、移転住民の能力面等の要因もあり、この問題の解決が容易でないこともわかった。

この問題については、全国農村雇用保障法<sup>31</sup>に基づく農村雇用振興策など公的支援の活用を始め、地元自治体及び NGO 等と連携したマイクロファイナンスを活用した生計向上活動の取り組みの可能性など幅広い対応策の検討が求められる。

以上のことから、事後評価時点においてはマイナス面の社会的インパクトは総じて生じていないと判断される。

写真：移転住民へのヒアリング



住民移転地区



移転住民へのヒアリング 1



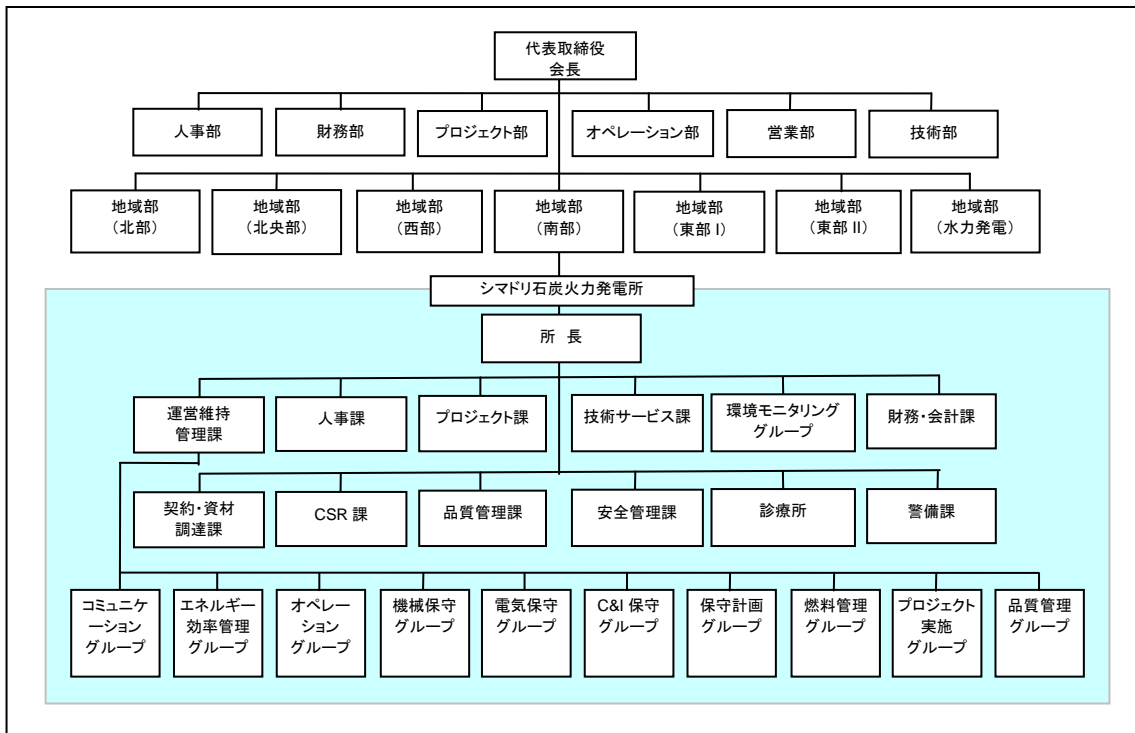
移転住民へのヒアリング 2

### 3.5 持続性（レーティング：a）

#### 3.5.1 運営・維持管理の体制

本事業の運営・維持管理機関は NTPC である。NTPC はインド全土の総発電設備容量の 19%、総発電量の 29%を占めるインド最大の電力会社である。2010 年 6 月現在、NTPC の総従業員数は 24,955 人である。本事業施設の直接の運営・維持管理を担当するシマドリ発電所の職員数は 615 人（うち 73 人は第 2 フェーズ事業の従事者）。また、シマドリ発電所は、ISO9001（品質マネジメントシステム）、ISO14001（環境マネジメントシステム）、OHSAS18001（労働安全衛生マネジメントシステム）の適合事業者の認定を取得している。NTPC 本社及びシマドリ発電所の組織体制には問題は認められない。NTPC の組織図は、下記の図 9 に示すとおり。

<sup>31</sup> 全国農村雇用保障法（National Rural Employment Guarantee Act 2005）は 2005 年 8 月に施行され 2006 年 2 月より実施された法律。同法の目的は農村地域のインフラ建設事業を通じて雇用を創出し、農村住民の生活を安定させることであり、農村の貧困ライン以下の住民に、本人が希望すれば一世帯あたり最低年間 100 日の非熟練作業の雇用機会を成人に保障する内容になっている。



出所：NTPC

図 9：NTPC 組織図

### 3.5.2 運営・維持管理の技術

NTPC 及びシマドリ発電所はこれまで数々の賞<sup>32</sup>を受賞するなど、職員の技術レベルはインドでもトップクラスと政府から認められている。NTPC では職員研修制度を設けており、全ての職員は毎年 7 日間の研修を受講することが義務付けられている。シマドリ発電所は、毎年、NTPC 本社の技術監査を受けており、技術面での問題は認められない。

### 3.5.3 運営・維持管理の財務

2003/04～2009/10 年度の維持管理予算・実績は表 11 に示すとおりである。維持管理費用は毎年増加している。2007/08 年度に実績額が予算額を超えた理由は、第 2 基のタービン修理のための追加費用であった。また 2008/09～2009/10 年度に人件費が増加したのは、職員の給与体系、退職金等の見直しを行なったことによるものであった。シマドリ発電所によると、維持管理予算は必要に応じて NTPC 本部より配分されているとのことであった。電力の売電先である APTRANSCO からの NTPC に対する買電料金支払いの延滞も発生しておらず、2005/06～2008/09 年度までの過去 4 年間の NTPC の財務指標を見てみると、総資本純利益率は 7～8%、売上高純利益率は 18～21%、総資本回転率は 0.37～0.41%などと高く、収

<sup>32</sup> シマドリ発電所はインド政府電力省より、優れた業績を示した発電所に対して送られる賞を度々受賞している。例えば、National Award (Gold) for Meritorious Performance in Power Sector (金賞：2003/04 年度、2004/05 年度、2008/09 年度に受賞)、National Award (Silver) for Meritorious Performance in Power Sector (銀賞：2002/03 年度に受賞)、Gold Shield for Outstanding Performance among Thermal Power Stations (金の盾賞：2005/06 年度、2006/07 年度、2007/08 年度に受賞) など。

益性が高いことを示している。また流動比率は 252～305%、自己資本比率は 52～61%などと高く、支払い能力についても高いことがわかる。NTPC の財務体質は健全であり、財務面での問題は認められない (表 12 参照)。

表 11：シマドリ発電所の維持管理予算

(単位：百万ルピー)

	2003/04		2004/05		2005/06		2006/07		2007/08		2008/09		2009/10	
	計画	実績	計画	実績	計画	実績	計画	実績	計画	実績	計画	実績	計画	実績
人件費	412	257	375	257	300	238	385	275	377	398	507	636	639	664
維持管理費	404	175	159	216	197	228	242	246	273	362	274	365	415	426
間接費	202	181	249	176	203	196	198	198	216	226	218	261	249	310
合計	1,018	613	783	649	700	662	825	719	865	986	999	1,262	1,303	1,400

出所：NTPC

表 12：NTPC 財務分析 (NTPC グループ連結決算)

主要営業収支指標

(単位：百万ルピー)

項目	2005/06	2006/07	2007/08	2008/09
(1) 売上	275,478	338,392	386,350	442,453
(2) 営業支出	232,768	276,897	310,038	382,005
(3) うち減価償却費	20,710	20,998	22,060	24,949
(4) 営業利益	42,710	61,495	76,312	60,448
(5) 税引前利益／損失	66,407	89,614	103,510	93,073

注：売上は利息等のその他収入は除く。

主要財務実績・指標

(単位：百万ルピー)

項目	2005/06	2006/07	2007/08	2008/09
財務実績				
① 総資本	742,069	841,294	935,527	1,100,541
② 流動資産	160,305	228,224	263,157	324,633
③ 流動負債	63,574	76,935	86,225	120,334
④ 自己資本	450,006	487,125	528,629	574,076
⑤ 売上高	275,478	338,392	386,350	442,453
⑥ 純利益	58,408	68,983	74,699	80,925
財務指標				
総資本利益率 (%) ⑥／①	8%	8%	8%	7%
売上高純利益率 (%) ⑥／⑤	21%	20%	19%	18%
総資本回転率 (回) ⑤／①	0.37	0.40	0.41	0.40
流動比率 (%) ②／③	252%	297%	305%	270%
自己資本比率 (%) ④／①	61%	58%	57%	52%

出所：NTPC年次報告書 (2006/2007年度, 2007/2008年度, 2008/2009年度)

### 3.5.4 運営・維持管理の状況

シマドリ発電所では、年間計画に基づく事業施設の日常保守、予防保守、オーバーホー

ル等を実施しており、コンピュータによるメンテナンス管理システムを導入している。オーバーホールなどの大規模保守は製造メーカーへ、ボイラーの保守点検は民間メンテナンス会社へそれぞれ委託しており、NTPC の役割は維持管理の監督が主となっており、維持管理マニュアルも整備されている。

発電所で使用する石炭燃料は、オリッサ州の国営石炭会社との長期契約（20 年）に基づき安定的に供給されており、石炭会社からシマドリ発電所までの石炭の輸送についても、インド国鉄との契約に基づき安定的に運搬される体制が敷かれている。APTRANSCO へのヒアリングでは、シマドリ発電所から同社に対して安定的な電力供給がなされており、これまで大きなトラブルも無かったことから、NTPC による本事業施設の維持管理には問題が無いと同社は評価していた。

サイト訪問時に本事業主要設備（ボイラー、発電機、冷却塔、灰処理施設、貨物引込み線、管理センター、環境大気モニタリング設備等）の視察を行ない、各施設の担当者に施設の稼働状況、維持管理手順等の確認を行なったが、各施設において特段の問題は観察されなかった。従って、施設の維持管理状況に問題は認められない。

以上より、本事業の維持管理は体制、技術、財務状況ともに問題なく、本事業によって発現した効果の持続性は高いと判断される。

## 4. 結論及び教訓・提言

### 4.1 結論

本事業の実施はインドの開発政策、開発ニーズ、日本の援助政策と十分に合致しており、妥当性は高い。事業アウトプットも計画どおりに実現し、事業費及び事業期間ともに計画内に収まり効率性は高い。また、最大出力、設備利用率、稼働率、熱効率、発電量などの主要運用効果指標も目標値を十分達成しており、プラスのインパクトも認められることから、概ね計画通りの効果発現が見られ有効性も高い。さらに本事業の持続性も高い。

以上より、本事業の評価は、(A) 非常に高いといえる。

### 4.2 提言

#### 4.2.1 実施機関への提言

##### (1) 緩衝地帯の拡張

現在、シマドリ発電所では第 2 フェーズ事業を実施中であり、完成後は発電規模も現在の 1,000MW から 2,000MW へと増強される。これまでのところ、周辺地区及び住民に対する環境問題は生じていないが、将来、発電所周辺の宅地開発が進み人口増加が生じた場合、住民から環境問題が持ち上がる懸念がある。このような将来のリスクに対応するために、プラントから一定範囲内の周辺の土地を追加取得し、植林等を行い、プラントと周辺村落との間に設けられた既存の緩衝地帯（グリーン地帯）を拡張することを検討することが望ましい。

## (2) 移転住民の雇用機会の促進

一部の移転住民は依然として雇用問題を抱えており、NTPCはこの問題の解決のために引き続き努力することが期待される。NTPCは従来同様、CSR活動の一環として、住民に対する教育、職業訓練の支援等を引き続き行なうとともに、全国農村雇用保障法に基づく農村雇用振興策の活用などの公的支援を始め、地元自治体及びNGO等と連携したマイクロファイナンスを活用した生計向上活動に対する取り組みの可能性なども検討することが望ましい。

### 4.2.2 JICA への提言

なし。

## 4.3 教訓

多くの ODA 事業では用地取得、住民移転のプロセスに問題を抱え、そのことが事業実施の大きな障害となる例が多く見られる。本事業では、事業実施者、地権者、地元自治体及び住民代表など利害関係者の関与のもと明確なガイドラインに基づいて透明性を持った補償手続きが進められた。また土地買取価格も市場価格を参考に地権者との交渉により決められたため、通常の場合よりも高く好条件であった。そして、生活環境の向上及び雇用機会の創出のための社会配慮プログラム（コミュニティ開発計画）と一体で進められたことなどにより、住民の理解と協力が得易くなり、結果として、用地取得・住民移転手続きはスムーズに実施された。用地取得、住民移転に対するこのような包括的なアプローチは、成功事例として他事業の参考となろう。

以上

## 主要計画／実績比較

項 目	計 画	実 績
①アウトプット	a) ボイラー：2基（循環式） b) タービン：出力500MW×2基 c) 発電機：出力588MW×2基 力率0.85 d) 灰処理施設：面積249ha 全容量4,816万 m <sup>3</sup> e) 貯水池：面積112ha f) 電気集塵機 g) 燃料油供給施設 h) 冷却水装置：自然通風式 6万トン/時 i) 変圧器 j) 開閉装置	全て計画どおり
②期間 全体 試運転開始 商業運転開始	1997年2月～2004年8月（91ヶ月） 第1号基：2002年3月 第2号基：2002年12月 第1号基：2002年7月 第2号基：2003年6月	1997年2月～2004年1月（84ヶ月） 第1号基：2002年2月 第2号基：2002年8月 第1号基：2002年9月 第2号基：2003年3月
③事業費 外貨 内貨 合計 うち円借款分 換算レート	21,180 百万円 77,189 百万円 (31,635 百万ルピー) 97,369 百万円 65,168 百万円 1 ルピー = 2.44 円 (1999年12月現在)	15,869 百万円 75,077 百万円 (29,879 百万ルピー) 90,946 百万円 60,109 百万円 1 ルピー = 2.5127 円 (1999年～2004年平均)

### **Third Party Opinion on Simhadri Thermal Power Station Project (I) (II) (III) (IV)**

Dr. Subrata K Mandal, Senior Economist  
National Institute of Public Finance and Policy, New Delhi

#### **Relevance**

Simhadri Thermal Power Station Project (I) (II) (III) (IV) was undertaken to cope with growing electricity demand and to assure stable electricity supply in the Andhra Pradesh State, thereby contributing to the industrial and agricultural development, employment creation and improvement of people's living standards through the electrification in the rural area and households in the State. It is consistent with the power sector development strategy for the promotion of economic development of Andhra Pradesh.

#### **Impact**

As of 2009, Simhadri Power Plant shared 8% of the total installed power generation capacity and 11.9% of the generated electrical energy in AP State, and thus the project has played an important role in the power generation sector in the State. The project contributed to mitigating the electricity demand and supply gap in AP State through the provision of 8,000GWh of a stable electrical energy supply per year as a base-load power generation plant.

All the parameters for effluent water and the ground concentration of major air polluting parameters of the power plant fully met Indian environmental standards. NTPC has prepared a five year rolling plan in order to achieve 100% of fly ash utilization by 2013/14.

The land acquisition and resettlement process of this project was implemented in a participatory manner with the involvement of all stakeholders and the process was based upon clear standards and guidelines. Consequently, the land acquisition and resettlement process progressed smoothly.

#### **Effectiveness**

The project outputs were realized as planned, the project period and the cost were within the plan, and therefore the efficiency of the project is high. Since the key operation and effect indicators such as maximum output, plant load factor, available factor, gross thermal efficiency and net electricity energy production fully met the targets, this project has largely achieved its objectives, and thus its effectiveness is high.

(End)