

インド

アンバラ B 火力発電所建設事業（1）～（5）

外部評価者：中村 千亜紀（グローバル・リンクマネジメント(株)）

現地調査：2004 年 9 月

1．事業の概要と円借款による協力



事業地域の位置図



アンバラ B 火力発電所全景

1.1 背景

インドは、政府による経済自由化政策に基づいて、工業・公共・貿易部門における長期的構造改革を推進し、産業の対外競争力の強化を図ってきた。しかし、一方では、すべての産業インフラの鍵を握る重要セクターの一つである電力セクターが、依然として全国規模で恒常的電力不足問題を抱えていたため、経済産業活動にマイナス要因を与えていた。

日本の 6 割程度の面積に匹敵するウッタル・プラデシュ州（UP 州）は、人口において日本よりもやや大きい規模（約 1 億 4,800 万人）でありながら、発電所設備容量で見れば四国電力程度の規模であった。UP 州の発電設備能力は、1982 年 3 月末時点で 3,744MW であったが、その約 7 割を占める火力発電所の稼働率が低い等の理由により、実際の供給力は需要を下回っていた。こうした供給力不足の結果、電力供給制限が恒常的に行われ、UP 州の社会・経済に深刻な影響を与えていた。また、UP 州は農業部門向けの電力供給を優先していたため、工業部門における電力不足が著しかった。1988 年当時、UP 州のピーク需要は年 10% 程度の伸びが予想され、以後も依然として深刻な供給不足が予想された。

本事業は、同州におけるこのような電力不足の改善を目的として計画されたものであり、84 年 12 月から 2002 年 12 月まで 5 次にわたって実施された。

1.2 目的

ウッタル・プラデシュ州（UP 州）東南部のソネブハドラ地区において、設備容量 1,000MW（500MW×2 機）の石炭火力発電所を建設することにより、UP 州の電力不足の改善を図り、もって同州の経済発展に寄与する。

図1 本事業のサイト図



1.3 借入人 / 実施機関

インド国大統領 / ウットル・プラデシュ州火力発電公社 (UPRVUNL)¹

1.4 借款契約概要

	第1次
円借款承諾額 / 実行額	241 億円 / 241 億円
交換公文締結 / 借款契約調印	1982 年 8 月 / 1984 年 12 月
借款契約条件	金利 2.7%、返済 30 年 (うち据置 10 年) 一般アンタイド (コンサルタントは部分アンタイド)
貸付完了	1992 年 12 月
本体契約	三井物産・Bharat Heavy Electricals(日・インド)。
コンサルタント契約	東電設計・電源開発インターナショナル(日・日)。
事業化調査(フィージビリティ・スタディ: F/S)等	81 年 インド政府

¹ 2000 年 1 月の州電力庁の機構分離(アンバンドリング)により事業ごとに分割され、現在の実施機関(火力発電部門)は、ウットル・プラデシュ州火力発電公社(Uttar Pradesh Rajya Vidyut Utapadan Nigam Limited : UPRVUNL)となっている。

	第2次
円借款承諾額 / 実行額	142億9500万円 / 139億100万円
交換公文締結 / 借款契約調印	1987年9月 / 1988年2月
借款契約条件	金利2.75%、返済30年(うち据置10年) 一般アンタイド (コンサルタントは部分アンタイド)
貸付完了	1993年2月
本体契約	三井物産・Bharat Heavy Electricals(日・インド)。
コンサルタント契約	東電設計・電源開発インターナショナル(日・日)。
事業化調査(フィージビリティ・スタディ：F/S)等	81年 インド政府

	第3次
円借款承諾額 / 実行額	498億100万円 / 498億100万円
交換公文締結 / 借款契約調印	1990年9月 / 1991年1月
借款契約条件	金利2.5%、返済30年(うち据置10年) 一般アンタイド (コンサルタントは部分アンタイド)
貸付完了	1993年8月
本体契約	三井物産・Bharat Heavy Electricals(日・インド)。
コンサルタント契約	東電設計・電源開発インターナショナル(日・日)。
事業化調査(フィージビリティ・スタディ：F/S)等	81年 インド政府

	第4次
円借款承諾額 / 実行額	132億2400万円 / 132億円
交換公文締結 / 借款契約調印	1992年10月 / 1992年12月
借款契約条件	金利2.6%、返済30年(うち据置10年) 一般アンタイド (コンサルタントは部分アンタイド)
貸付完了	1995年12月
本体契約	三井物産・Bharat Heavy Electricals(日・インド)。
コンサルタント契約	東電設計・電源開発インターナショナル(日・日)。
事業化調査(フィージビリティ・スタディ：F/S)等	81年 インド政府

	第5次
円借款承諾額 / 実行額	176億3800万円 / 174億2600万円
交換公文締結 / 借款契約調印	1993年12月 / 1994年1月
借款契約条件	金利 2.6%、返済 30年（うち据置 10年） 一般アンタイド （コンサルタントは部分アンタイド）
貸付完了	2002年12月
本体契約	三井物産・Bharat Heavy Electricals(日・インド)
コンサルタント契約	東電設計・電源開発インターナショナル(日・日)。
事業化調査(フィジビリティ・スタディ：F/S)等	81年 インド政府

2. 評価結果

2.1 妥当性

2.1.1 審査時点における計画の妥当性

インドの国家開発計画（5カ年計画）では、一貫して経済成長の推進が主要課題として掲げられていた。

電力をはじめとするインフラ整備は、貧困削減・経済成長のために重要な要素であるが、UP州における電力不足は深刻な問題であった。そのため、同州の第六次（1980～84年）、第七次（85～89年）、第八次（92～96年）5カ年計画では、電力不足の改善を重要課題として掲げていた。

本事業はUP州東南部のソネブハドラ地区において、出力1,000MWの石炭火力発電所を建設するものであり、上記課題に対応するうえで優先度が高かった。

2.1.2 評価時点における計画の妥当性

現行の第十次（2002～07年）5カ年計画においても、貧困削減・経済成長はインドの主要課題に位置づけられている。

UP州の経済成長は鈍化傾向にあり、電力等、インフラ面での充実は、依然として重要課題である。同州では、電力供給不足の改善をめざし、1999年より電力セクター改革を実施中である。

なお、00年にUP州からウッタランチャル州が分離独立したが、ウッタランチャル州に水力発電所が多く立地していたことから（表1参照）、02年度のUP州のみの発電容量の電源別構成比をみると、火力発電所の比率が圧倒的に大きくなっている（図2参照）。これは、UP州に十分な水資源がなく、水力発電では急増する電力需要に対応しきれないためである。したがって、火力発電設備の増強に資する本事業の重要性は引き続き高いといえる。

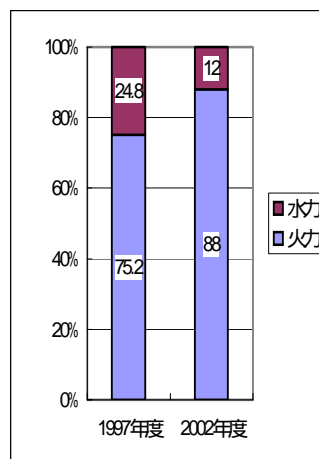
また、インドでは電力不足の緩和を図るうえで、近年、民間部門の参入に大きな期待が寄せられている。しかしながら、電力部門の民営化の早期実現は困難であり、長期的観点に立って実施される見込みである。そのため、現段階では公共部門の役割が依然として高く、本事業の重要性も高いものとなっている。

以上の観点から、本事業の重要性は現段階においても高いと考えられる。

表 1 各発電所発電容量（2000年3月末日時点）

燃料	発電所名	MW	%
石炭	Obra	1,442	26.6
	Anpara B	1,000	18.5
	Anpara A	630	11.6
	Harduaganji B.C.	374	6.9
	Panki	242	4.5
	Paricha	220	4.1
水力	Yamuna Stages I to IV	355	6.6
	Rihand	300	5.5
	Ramaqanga	198	3.7
	Chilla	144	2.7
	Khordi	120	2.2
	Obra	99	1.8
	Maneri Bhali	90	1.7
	Khara	72	1.3
	Khatima	41	0.8
	Mini/Micro Hydel	36	0.7
	Matatila	30	0.6
	Pathri	20	0.4
	合計		5,413

図 2 UP 州の火力・水力発電容量の推移（%）



出所：Planning Commission, 2002

注：網掛け部分は、ウッタランチャル州へ移管された発電所

出所：SEB Report 2001, 2002

2.2 効率性

2.2.1 アウトプット

アンパラ B 火力発電所の全体計画は、出力 500MW の発電設備 2 基から構成される。そのうち、1 号機は円借款対象であり、2 号機は旧日本輸出入銀行（旧輸銀）の融資対象である。なお、1 号機と 2 号機との共通設備は円借款の対象である。全体のアウトプットは下記のとおりである。

- (1) 出力 500MW の発電設備 2 基（ボイラー、タービン、発電機、電気設備）
- (2) 水・石炭・灰処理設備、土木工事資機材等の 1・2 号機共通設備。

旧輸銀コンポーネントを含む全体のアウトプットについては、おおむね計画通りに実施されている。アンパラ B 火力発電所の 1 号機は 1994 年 3 月に、2 号機は同年 10 月に

図 3 アンパラ B 火力発電所全景



完成した後、順調に稼働し、適切な維持管理が実施された。なお、発電所のスムーズな稼働の維持、および在庫補充のため、スペアパーツが追加調達された。また、99年9月に、インド政府により、全石炭火力発電所を対象に石炭灰の再利用が義務付けられたことを受け、2000年5月に国際協力銀行（JBIC）による中間監理調査が実施された。その提言を受け、石炭灰（フライアッシュ）²回収システム建設の追加が行われた。

2.2.2 期間

当初計画では1984年12月から91年7月まで（借款契約調印から石炭灰処理施設工事の完了まで）の80カ月であったところ、実際の期間は84年12月から2001年10月までの203カ月であった。主な遅延要因として、石炭灰捨て場建設における用地取得と住民移転が挙げられる。なお、住民移転（752世帯）にかかる金銭補償、土地提供、水道や道路等のインフラ整備は政府が実施済である。123カ月（約10年近く）の遅延があったものの、上述したとおり、発電所の操業自体は94年に開始されたため、諸効果の発現には影響を及ぼしていない。なお、上述したアウトプットの追加分に関しては、02年12月まで、計14カ月期間延長された。

2.2.3 事業費

アウトプットの追加実施を行ったにもかかわらず、事業費は1,401億8,300万円と当初予定額（1,458億6,600万円）の96%に収まっている。

以上から、本事業の期間には遅延がみられたものの、アウトプットはほぼ計画通り実施され、事業費も当初予定の範囲内に収まっているため、全体として本事業の実施にかかる効率性はおおむね問題ないといえる。

2.3 有効性

2.3.1 発電所の運用実績

1994年にアンパラB火力発電所の操業を開始して以降、本発電所の最大出力は1,000MW、設備利用率³は約87%、平均設備稼働率⁴は約91%（ともに2003年度）と順調であり、年間発電量も第5次審査時計画を上回っている（表2参照）。

特に、平均設備利用率は、UP州で59.7%、インド全体で69.9%に対し、本発電所の

表2 本発電所設備の運用状況

	計画 (1994年度)	実績 (2003年度)
最大出力(MW)	1,000	1,000
年間発電量(GWh)	6,318	7,616
設備利用率(%)	72	87
設備稼働率(%)	90	91

注：計画時のデータは、第5次審査時に基づく

出所：UPEVUNL

² 本事業による石灰石サイロをはじめとするフライアッシュ回収設備が建設され、2001年11月に運転開始。アンパラA、B火力発電所にて発生する灰の10%強に相当する量（900t/日）を処理する能力をもつ。

³ 設備利用率=年間発電量 / (最大出力 × 年間時間数) × 100

⁴ 設備稼働率= (年間運転時間 / 年間時間数) × 100

場合は 88.2% (01 年度) と高い利用率を示している。中央制御室からの集中監視システムによって、適切なオペレーションが可能となり、機械故障・人員ミス等を防止し、発電所の効率的な運用に貢献していると考えられる。

2.3.2 UP 州の電力需給状況への貢献

UP 州の電力供給不足状況については、1991 年度(10.3%、ピーク時には 17.8%) から 2001 年度 (9.9%) にかけて改善されつつある。しかし、前述のとおり、00 年に UP 州からウッタランチャル州が分離独立し、当該州に存在する発電所からの供給がなくなったこと等により、UP 州の電力需給状況は依然として厳しい状況にある。特に、送配電ロス率は上昇傾向にあり、高い送配電ロス率が供給不足の要因となっている (表 3 参照)⁵。

なお、アンパラ B 火力発電所の 00 年度の発電容量は 1,000MW であり、これは UP 州全体の総発電容量の 20% に相当する⁶。

表 3 UP 州の送配電ロス率の変化

	発電電力量 (GWh)	送配電ロス (GWh)	送配電ロス率 (%)	電力販売量 (GWh)
1996年度	35.853	8.812	24.6	27.041
1997年度	36.425	9.295	25.5	27.130
1998年度	38.985	10.359	26.6	28.626
1999年度	39.864	16.189	40.7	23.675
2000年度	40.661	15.528	38.2	25.132
2001年度	40.241	14.716	36.6	25.525

出所：UPPCL

2.3.3 財務的内部収益率 (FIRR) の再計算

審査時における財務的内部収益率 (FIRR) は、事業費および運営・維持管理費を費用とし、本事業による売電収入を便益、プロジェクト・ライフは稼働開始後 25 年として計算され、9.04% と算出された。本評価において、同様の条件にて再計算したところ、7.58% と算出された。審査時の値を下回った理由は、燃料費単価の増加等による。

2.4 インパクト

2.4.1 経済発展への貢献

一般的に電力インフラの改善は、産業の発展に結びつくといえる。本発電所の主要電力消費地であるラクノウ市等の GRDP の年平均成長率に関するデータが存在しないため、UP 州全体の経済発展状況を参考までに検証した。

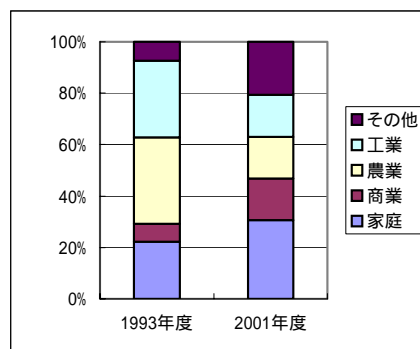
⁵ 2000 年 1 月のアンバンドリングにより、送配電部門の実施機関は、ウッタール・プラデシュ州電力公社 (Uttar Pradesh Power Corporation Limited : UPPCL) となっている。

⁶ 出所：The SEB Report, 2002

UP州における1993年度から2001年度までのGRDPの年平均成長率は4.5%であり、全国における年平均成長率5.7%を下回っている。90年代に入ってUP州経済が低迷を続けた最大の理由は、農業成長の鈍化であると考えられる⁷。

本事業との直接の関係は不確かなものの、発電電力量の大きな伸びがみられない状況下、UP州の需要家別販売電力量の内訳をみると、工業向けのシェアが93年度の約30%から01年度には18%と低下している。このことは、同州における工業部門が、不安定な電力を高い電力料金で購入することを回避して自家発電に移行しているためとも推測され、同州における電力供給不足が、経済発展を制約する一因となっていると考えられる（図4参照）。

図4 UP州需要家別販売電力量推移(%)



出所：Planning Commission, 2002

なお、上述のとおり（2.3.1）本事業対象発電所では年間7,616GWhの電力を供給しており、UP州の一人あたりの電力消費量（194kWh）を基にすれば、約3,900万人（日本の人口：約1億3,000万人の3割相当）に電力供給を行っている。

2.4.2 環境、周辺住民および移転住民に対するインパクト（インパクト評価調査結果）

本事業については、本評価調査と同時期に、法政大学大学院環境マネジメント研究科による「プロジェクト事後評価におけるインパクト評価」調査が実施された。同調査は、環境および移転住民に関する本事業のインパクトを調査したものである。詳細については、同インパクト評価報告書を参照されたい。

2.5 持続性

2.5.1 実施機関による事業の継続性

2.5.2.1 技術

新規採用を含めた全職員に対して、発電所の緊急事態等に備えるための、最新式シミュレーターを用いた訓練が定期的実施されており、また、発電所の設備は維持管理マニュアルに従って適切に運用されていることから、基本的な運営・維持管理を行っていくうえで技術的問題は見当たらない。

2.5.2.2 体制

本事業により建設されたアンパラB火力発電所の運営・管理は、2000年1月のアンバンドリング以前においては、ウツタル・プラデシュ州電力庁（UPSEB）により実施されていた。アンバンドリング以後は、ウツタル・プラデシュ州火力発電公社（UPRVUNL）

⁷ World Bank, India: Reducing Poverty, Accelerating Development, 2000.

が担当している。同発電所には、General Manager（所長）の下、全体で2,200人の職員が雇用されており、その内300人のエンジニアが配置されている。職員の平均雇用年数は23年であり、定着率は高く、安定している。

2.5.2.3 財務

過去10年間の財務諸表によると、本発電所の売電収入は着実に伸びており、事業運営費および燃料費を十分に賄っている（表4参照）。2003年度の売電価格は、1,598ルピー/kWhであるが、04年度には1,720ルピー/kWhに引き上げられる予定である。

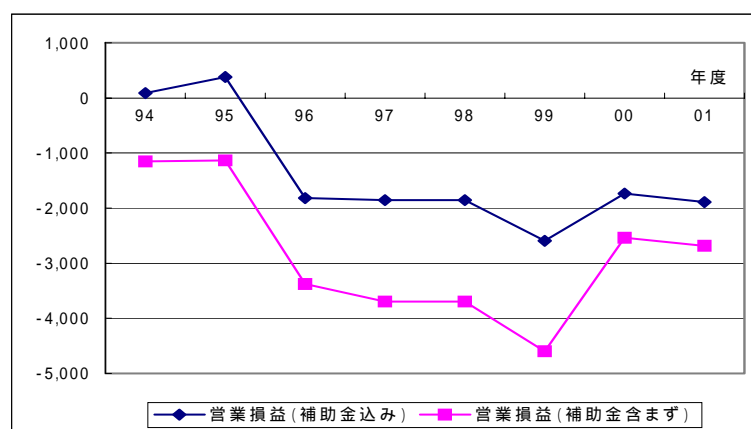
表4 アンパラB火力発電所の費用および収益の推移（百万ルピー）

年度	費用				売電収入 (2)	キャッシュ フロー(2)-(1)
	初期費用	燃料費	維持管理費	合計(1)		
1994	4204.50	1669.89	68.87	5943.17	7106.65	1163.48
1995	293.70	2487.08	139.30	2920.08	9463.29	6543.21
1996	110.00	2681.46	182.46	2973.92	9413.87	6439.95
1997	33.00	3311.72	288.41	3633.13	10701.18	7068.05
1998	-	3173.00	406.41	3579.41	10206.00	6626.59
1999	-	3944.58	362.09	4306.67	11155.70	6849.03
2000	-	3633.89	472.18	4106.07	10948.75	6842.68
2001	-	3855.77	407.12	4262.89	10234.25	5971.36
2002	-	3580.02	399.87	3869.89	10364.39	6366.50
2003	-	4320.66	386.10	4706.76	10878.23	6171.47

出所：UPEVUNL

一方、UP州の電力セクター全体では、電力料金の合理化および回収率等に課題が残されており、ウツタル・プラデシュ州電力公社（UPPCL）の赤字は補填しきれていない。また、UPPCLは州からの補助金を含んだ営業損益もマイナスとなっている（図5参照）。したがって、州財政健全化のためにも、電力セクター改革が喫緊に求められている。

図5 UPPCLの営業損益の推移（千万ルピー）



出所：Planning Commission, 2002

3 . フィードバック事項

3.1 教訓

なし。

3.2 提言

なし。

主要計画 / 実績比較

項目	計画	実績
アウトプット	(1) 出力500MW の発電設備2機 (ボイラー、タービン、発電機、電気設備、その他) (2) 水・石炭・灰処理設備、土木工事用資機材等の1・2号機共通設備)	(1) 計画通り (2) 計画通り (3) スペアパーツおよび石炭灰サイロ・システム建設を追加
期間 コンサルタント契約 基礎工事 発電設備 変電設備 その他設備	1984年12月～1991年7月 1986年11月～1989年3月 1986年11月～1990年10月 1986年11月～1990年8月 1986年11月～1989年12月	1984年12月～2001年10月 (追加アウトプットを含む)
事業費 外貨 内貨 合計 うち円借款分 換算レート	962億1,700万円 496億4,900万円 (119億9,600万ルピー) 1,458億6,600万円 1,190億5,800万円 1ルピー = 4.1円	984億300万円 417億8,000万円 (112億800万ルピー) 1,401億8,300万円 1,184億2,800万円 1ルピー = 3.7円