

インド

バクレシュワール火力発電所建設事業 (1)(2)

バクレシュワール火力発電所 3号機増設事業 (1)(2)

外部評価者¹：園田 元

評価技術移転専門家：K. Ramanathan, Shahid Hasan, Anirban Ganguly

合同評価参加機関：西ベンガル州電源開発公社

現地調査：2006年11月

1. 事業の概要と円借款による協力



事業地域の位置図



バクレシュワール火力発電所

1.1 背景

西ベンガル州（面積 88,752km²、1991 年人口約 6,798 万人）は米、ジュート（インド麻）紅茶などの農業が盛んであるが、コルカタを中心とした商工業地域を擁し、1992 年度の電力需要量（12,833GWh）はインド全体の 4.2% を占めていた。1990 年代前半、同州では深刻な電力不足により頻発する長時間の停電が経済活動と住民生活の大きな障害となっていた。当時、同州の電力需要は年率約 7% で増加しており、電力不足を緩和するために新たな電源設備を開発することが不可欠と考えられていた。

バクレシュワール火力発電所は、同州北西部で採掘される石炭を利用した火力発電により電力不足を緩和することを目的に計画された。1994 年 1 月から 2004 年 4 月までに、第 1～3 号機の建設が円借款により実施された。

1.2 目的

西ベンガル州カルカッタ市北西約 230km のビルブム地方ムタベリア村に、近隣の炭

¹ 本事業は西ベンガル州電源開発公社（WBPDC）との合同評価を行い、同社の S. Mahapatra（Managing Director）、D. Dey（Sr. Manager）、Tapas Roy（Sr. Manager）等が参画。また、インド電力セクターにおける評価能力向上を目的とし、K Ramanathan, Shahid Hasan, Anirban Ganguly（The Energy Research Institute）が専門家として参画している。

田で生産される国内炭を燃料とする定格出力 630MW (210MW×3 基) の石炭火力発電所 (全体計画では 5 基) および関連送・変電設備を建設し、同州における増加する電力需要に対応し電力の安定的な供給をはかり、もって同州の産業振興ならびに電化による住民生活改善に寄与する。

1.3 借入人 / 実施機関

インド国大統領 / 西ベンガル州電源開発公社²

1.4 借款契約概要

	バクレスワール火力発電所建設事業 第 1 次
円借款承諾額 / 実行額	27,069 百万円 / 26,981 百万円
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)
貸付完了	1999 年 3 月
	バクレスワール火力発電所建設事業 第 2 次
円借款承諾額 / 実行額	34,151 百万円 / 32,300 百万円
交換公文締結 / 借款契約調印	1997 年 10 月 / 1997 年 12 月
借款契約条件	金利 2.3%、返済 30 年 (うち据置 10 年)
貸付完了	2003 年 2 月
	バクレスワール火力発電所 3 号機増設事業 第 1 次
円借款承諾額 / 実行額	8,659 百万円 / 8,336 百万円
交換公文締結 / 借款契約調印	1994 年 12 月 / 1995 年 2 月
借款契約条件	金利 2.6%、返済 30 年 (うち据置 10 年)
貸付完了	2002 年 3 月
	バクレスワール火力発電所 3 号機増設事業 第 2 次
円借款承諾額 / 実行額	11,537 百万円 / 9,695 百万円
交換公文締結 / 借款契約調印	1999 年 3 月 / 1999 年 3 月
借款契約条件	金利 1.8%、返済 30 年 (うち据置 10 年)
貸付完了	2004 年 4 月
本体契約 (10 億円以上のみ記載)	伊藤忠商事 (日本) ・ MacNally Bharat Engineering Co. Ltd. (インド) ・ KEC International Ltd. (インド) ・ Subhash Project and Marketing Ltd. (インド) ・ Bharat Heavy Electricals Ltd. (インド) ・ 富士電機 (日本) (JV)

² West Bengal Power Development Corporation (WBPDC)

コンサルタント契約 (1億円以上のみ記載)	EPDC インターナショナル(日本)
事業化調査等	西ベンガル州電力公社(1984年)

2. 評価結果(レーティング:A)

2.1 妥当性(レーティング:a)

2.1.1 審査時点における計画の妥当性

電力部門はインドの5カ年計画において経済開発の主要手段の一つであり、一貫してプライオリティが高い。電力量ベースで8%、ピーク対応ベースで20%の深刻な電力不足に対処するため³、第8次5カ年計画(1992-97年度)では国内産業の健全な発展のためにきわめて重要なセクターとして電力部門への公共投資が重視され、全予算の18.3%が配分されていた。

西ベンガル州では1970年代以来、発電能力の不足、火力発電所設備稼働率の低さ、高い送配電ロスなどによる深刻な電力不足が続いており、1991年度には9%の電力不足があった。同州は発電能力の95%を火力に依存していたためピーク時の電力不足は特に深刻で、1992年度のピーク時供給不足は26%に達していた。頻発する長時間の停電は経済活動を阻害し、産業部門が停滞する一因ともなっていた。電力需要は引き続き年率7%程度で増加することが予想され、発電能力の増強は同州の重要課題であった。

バクレスワール火力発電所は産炭地近くに立地するベースロード対応の火力発電所として1980年代なかばに計画された。また、同州西部にはピーク対応のためプルリア揚水発電所(900MW)が計画されており、揚水用電力として同発電所の夜間余剰電力が利用されることになっていた。

以上を総合すると、審査時における本事業の妥当性は高いと判断される。

2.1.2 評価時点における計画の妥当性

電力部門はインドの第10次5カ年計画(2002-07年)で予算の16%が配分され、引き続き重要セクターである。審査時に比べピーク時の電力不足は軽減したが、それでも電力量ベースで2.4%、ピーク時対応ベースで2.2%と不足が続いている⁴。

他方、西ベンガル州では本事業を含む発電能力増強、設備稼働率向上、送配電ロスの改善などにより電力不足は大幅に改善された。数パーセント程度のピーク時供給不足が続くものの、2002年度には非ピーク時の余剰電力を他の州に売電する余裕が生まれた⁵。

³ 1992年度

⁴ “Power Supply Position, 2007”(中央電力庁)

⁵ 売電による多額の収入(05年度に100億ルピー)は、電力インフラに再投資されるほか、電力料金の抑制につながっている。西ベンガル州の電力需給については2.3.2で詳述する。

しかし、今後 10 年間、電力需要は年率 7.1%、ピーク需要は年率 5.2%で増加すると予想されており、安定した電力供給を維持するためには発電能力の継続的な増強が必要である。

バクレスワール発電所では本事業に続き 4、5 号機（210MW×2 基）が 2007 年内に運用開始の予定であるほか、6 号機（500MW）の建設が計画されている。また、プルリア揚水発電所は 2007 年末までに運用開始が見込まれ、バクレスワール発電所が夜間の余剰電力を揚水用に提供する取り決めとなっている。

このように、電力需要が増加し続ける西ベンガル州で安定した電力供給を維持し、電力不足がより深刻な国内他州に売電を通じて電力を供給するためにも、本事業は今後も重要な役割を果たすと考えられる。

以上を総合すると、事後評価時においても本事業は高い妥当性を維持しているといえる。



左から 1、2 号機、3 号機、4、5 号機（建設中）の煙突

2.2 効率性（レーティング：a）

2.2.1 アウトプット

本事業では、石炭灰有効利用プラントがキャンセルされたほかは、計画通り出力 630MW の火力発電所ならびに既存送電網と接続するための送電線が建設された。

発電所が外部企業に依存せず、より自立して円滑に操業できるように、1997 年（バクレスワール火力発電所建設事業第 2 期審査時）に、石炭運搬用貨車、石炭陸揚設備、水素製造設備が追加された。また、本発電所職員の技術研修を主眼に発電機コントロール・ルームのシミュレーターを備えた研修施設が追加されたが、この施設はインド全土の他の電力会社の職員研修に定期的に利用される有用な施設であった⁶。

最初の計画では発電所から出る乾燥石炭灰を再利用し、敷地内でレンガ、セメント、骨材を製造するプラントの建設が予定されていたが⁷、詳細な調査の結果、当時は石炭灰再利用製品のそのような市場が未成熟と判断され、キャンセルされた。実際には、石炭灰の再利用製品は一般にも広く使われるようになったため、本発電所が排出する石炭灰は、再利用製品の原料として 2003 年から外部企業数社に廉価で提供されている。2005 年度の再利用率は 60%を超え、数年後には 100%に達する見込みである。プラント建設を取りやめた結果、同発電所にとってリスクの少ない石炭灰再利用が実現したといえる。

⁶ 研修施設は宿泊施設を備え、2～20 週の研修を年間 30 コース以上実施している。2005 年度は 300 人以上の研修生を全国から受け入れた。

⁷ インド政府環境森林省の政策により、石炭火力発電所は運転開始 9 年以内に乾燥石炭灰を 100%再利用することが義務づけられていた。

なお、発電用水は 15km 離れたティルパラ貯水池の水を利用するが、その水が利用できない 3 カ月間のバックアップとして、発電所の北西約 3km にバクレスワール貯水池（貯水量 229 万 m³、貯水池最大面積 10km²、借款対象外）が建設された。



シミュレーターによる研修



石炭灰運搬車への積み込み

表-1 発電ユニット運転開始の計画と実績

	審査時計画	実績
1号機	1999年11月	1999年6月
2号機	2000年5月	2000年5月
3号機	2000年9月	2001年3月

2.2.2 期間

バクレスワール火力発電所は 3 号発電機が審査時計画より 6 カ月遅れて 2001 年 3 月に完成し、フルキャパシティで運転を開始した。3 号発電機の完成が計画より遅延したのは、2000 年に大規模な洪水があり建設資材を運ぶ鉄道や道路が大きな被害を受けたためである。なお、1 号機は審査時計画より 6 カ月早く完成した。これは発電機が計画より早く完成する国家記録となった。また、石炭陸揚設備の調達が審査時計画より 36 カ月遅れたが、この設備は石炭運搬用貨車の予備設備であったため、運転開始には影響していない。本事業全体の完成（運転開始）は 2001 年 6 月で審査時計画より 9 カ月遅れ、事業実施期間は 77 カ月（計画比 113%）であった。

2.2.3 事業費

競争入札の結果、総事業費は 937 億円（計画比 82%）に抑えられた。

2.2.4 効率性の評価まとめ

以上から、全体として本事業の実施にかかる効率性は非常に高いといえる。

2.3 有効性（レーティング：a）

2.3.1 バクレスチュワール火力発電所の運用と発電

バクレスチュワール火力発電所では2号発電機は2004年のオーバーホール後にタービンの振動が増大し、点検・保守のため一時的に稼働率が低下したが、発電所全体としては高い稼働率を保っている。3号発電機は452日間連続運転を達成し、国家記録となった。なお、5路線の送電線の平均稼働率は97.5%（2005年度）と十分高い⁸。

表-2 バクレスチュワール火力発電所の運用・発電実績

	設備稼働率	最大出力	設備利用率	年間発電量	所内率	送電端発電量
審査時計画	80.0% ^(注)	630 MW	68.5%	3,780 GWh	9.5%	3,421GWh
2000年度	50.2%	-	63.9%	1,274 GWh	12.4%	1,117 GWh
2001年度	73.7%	-	69.2%	3,147 GWh	10.6%	2,814 GWh
2002年度	83.0%	670 MW	72.9%	4,023 GWh	10.0%	3,619 GWh
2003年度	91.8%	647 MW	78.2%	4,325 GWh	9.7%	3,905 GWh
2004年度	83.0%	645 MW	75.7%	4,175 GWh	9.8%	3,764 GWh
2005年度	87.6%	636 MW	79.3%	4,374 GWh	9.5%	3,953 GWh
2006年度	93.2%	640 MW	89.0%	4,913GWh	9.3%	4,454 GWh

（出所：西ベンガル州電源開発公社）

（注）設備稼働率（Plant Availability Factor）（%）＝（年間運転時間／年間時間数）×100
 （設備稼働率の計画値80%はインド政府が定める計画基準）
 設備利用率（Plant Load Factor）（%）＝年間発電量／（定格出力×年間時間数）×100
 所内率（Auxiliary Power Ratio）（%）＝（年間所内消費電力量／年間発電量）×100
 送電端発電量（Ex-bus Power Generation）（GWh）＝年間発電量－所内消費電力量

2001年3月に3号機の運転開始以来、バクレスチュワール火力発電所は計画設備能力630MWを超える最大出力（最高で2002年度の670MW）を達成してきた。

設備利用率と年間発電量も2001年度以降は計画を上回る。2006年度には設備利用率は89%と非常に高い水準を達成し、年間発電量は計画を30%上回った。

運用が安定するまでの所内率は高めだったが、その後改善され2005年度には目標を達成した。送電端発電量（実際に送電網に送り出される発電電力量）は2002年度からは審査時の計画を上回り、2006年度には計画値を30%上回る4,454GWhを達成した。

所内率、タービン熱効率、石炭消費率、重油消費率、水消費率など発電効率に関する指標はいずれも計画値を上回っており、効率的な発電が行われている。減価償却と支払い利子を除く発電コストは1.27Rs/KWh（2005年度）で、西ベンガル州電源開発公社が所有する4つの火力発電所中、最も低い。

このような優れた運用実績により、バクレスチュワール火力発電所は2003年度にオイル消費率の優良賞ならびに総合運用パフォーマンスの銀賞をインド政府から授与された。2002、03、05年度には西ベンガル州から環境優秀賞を与えられた。

⁸ 送電容量には余裕があり、一部路線が稼働できなくても本事業からの送電には問題はない。



発電所周辺の灌漑稲作



排水調整池に写る発電所の夜景

2.3.2 西ベンガル州の電力需給への貢献

審査時資料(1994年6月)によると、西ベンガル州では1991年度に8.4%の電力不足、22.5%のピーク時供給不足があった。1990年代初期、コルカタでは1日数回、合計10時間にもおよぶ停電が起きていた。

表-3 西ベンガル州の電力需給バランス

	電力余剰率	ピーク時電力余剰率
1998年度	2.8%	-5.8%
1999年度	1.9%	-6.4%
2000年度	0.9%	-4.7%
2001年度	-0.5%	-5.5%
2002年度	-1.5%	-8.9%
2003年度	-2.2%	-4.8%
2004年度	-1.6%	-3.7%
2005年度	-1.7%	-3.0%

(出所：中央電力庁)

しかし、90年代末からは、西ベンガル州の電力不足は90年代初期に比べると大幅に緩和されている。(表-3参照)ピーク時供給能力はいまだにやや不足しており電力需給が逼迫するときに計画停電が必要なこともあるが、コルカタ市内の停電は多くて週に1、2回、長くても1回30分程度である⁹。今も西ベンガル州の電力需要は急速に増加し続けているが、2007年内にバクreshワール発電所第4、5号機(420MW)とプルリア揚水発電所(900MW)が発電を開始すれば、ピーク時の不足は当面解消される見込みである。

バクreshワール火力発電所は発電開始以来、西ベンガル州の電力需要およびピーク時電力需要に対して最大で約18%を供給しており、近年の西ベンガル州の電力供給の

⁹ コルカタ市内の住民および企業へのヒアリングによると、停電はちょうどバクreshワール発電所が運転を開始した5年ほど前から大幅に改善された。

安定化に重要な役割を果たしている。(図-1、2 参照)

2.3.3 内部収益率 (IRR) の再計算

審査時に本事業の発電電力の販売収入を便益とし、本事業の建設費、維持管理費、燃料費を費用とし、プロジェクト・ライフを 25 年として財務的内部収益率 (FIRR) を算出したところ、0.6%という結果を得た。本評価において同様の条件にて再計算したところ、8.3%と算出された。審査時の値を上回った理由は、審査時の想定に比べて建設費が少なく、発電量が多かったこと、および電力販売単価が高く、燃料単価が低かったことである。

図-1 西ベンガル州の電力需給とバクreshuワール火力発電所による電力供給量
(出所：中央電力庁、西ベンガル州電源開発公社)

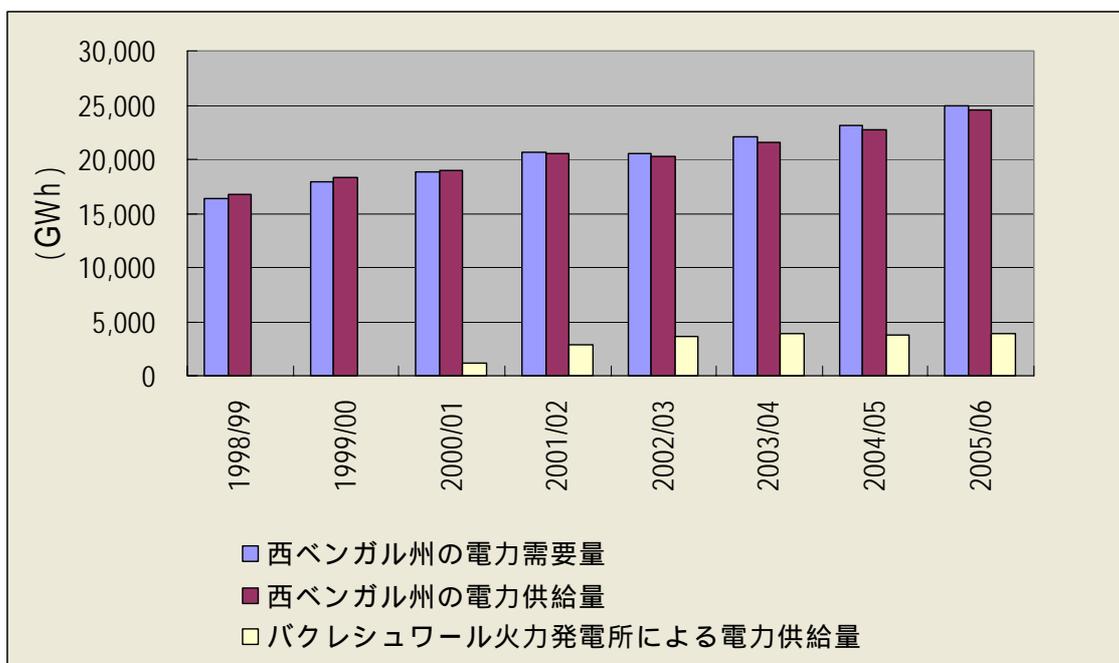
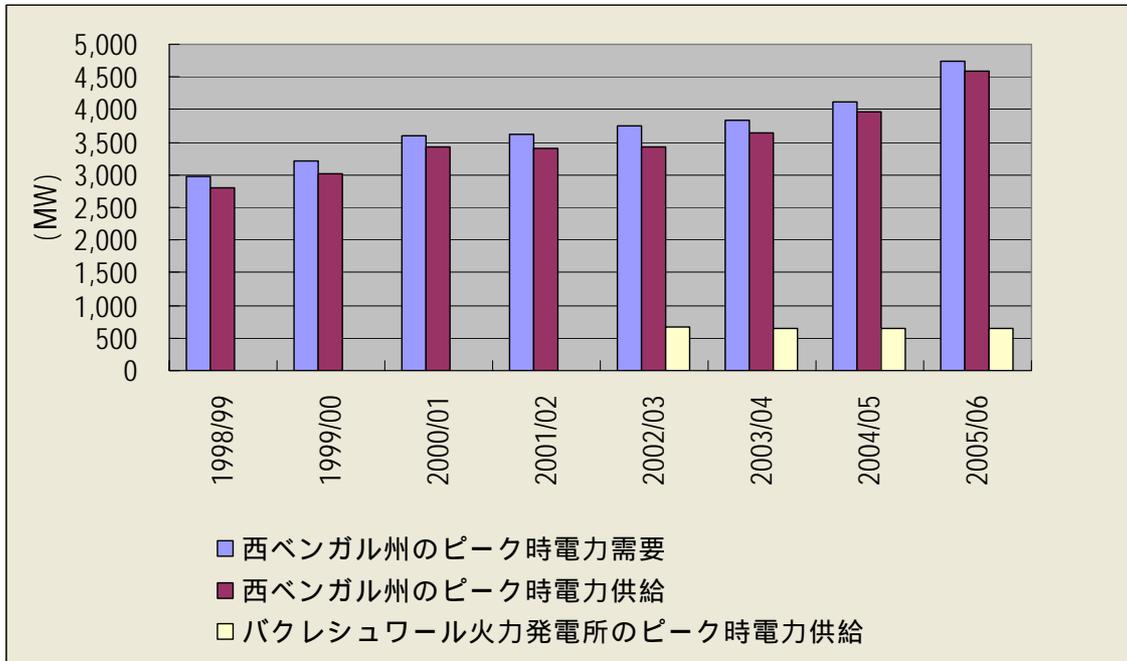


図-2 西ベンガル州のピーク時電力需給とバクレスワール火力発電所によるピーク時電力供給（出所：中央電力庁、西ベンガル州電源開発公社）



2.3.4 まとめ

本事業は設備稼働率、設備利用率ともに十分高く、フル稼働開始以来の5年間の発電量、送電端発電量は計画を約15%上回った。この期間、本事業は西ベンガル州の電力需要量、ピーク時電力需要のそれぞれ2割近くを供給しており、同州における電力供給の安定に重要な役割を果たしてきた。したがって事業目的は十分に達成されており、本事業の有効性は高いと判断される。

2.4 インパクト

2.4.1 産業振興へのインパクト

西ベンガル州は1960年代には全国1位の工業州であったが、州政府が農業重視政策を採った80年代以降、人員過剰と頻繁な労働争議、道路・電力などのインフラ未整備を理由に同州工業部門への投資は伸び悩み、多くの企業が他州に流出した。インド全体で工業部門が年率7%の成長を見せるなか、同州の工業部門は停滞し、全国工業生産に占めるシェアは1995年までの15年間で半減した。その後、工業部門は年率6%近くの成長を取り戻したが、これは都市と農村のインフォーマル製造業の高成長によるところが大きい¹⁰。

¹⁰ 西ベンガル州では1980年代以降、農地改革と地下水灌漑を利用した生産性の高い稲作により農業部門が高い成長を示した。1990年代はサービス部門の急成長に支えられ国内第2位の経

2001年に誕生した州現政権は積極的な投資促進による産業優先政策をとり、労働争議の制度改善、産業インフラの整備に努めるなど、産業振興への強い政治的意思を示した。これに応じて国内外の大企業が州内の経済特区等への巨額の投資に関心を示し、コルカタではIT関連産業が急成長し、民間フォーマル・セクターの雇用が回復している¹¹。

工業部門は西ベンガル州の電力供給量の42%を消費し(2004年度)その消費量は年率8.4%と高い伸びを示す。したがって、工業部門の成長に電力の安定供給は重要な条件である。

表-4 西ベンガル州の部門別成長率・州総生産シェア

	州総生産実質成長率 (1993 ~ 2003年)	州総生産シェア (2003年度)
農業	3.5%	27%
工業	5.8%	20%
サービス業	9.9%	53%
合計	7.1%	100%

(出所：西ベンガル州政府)

事実、この10年で電力不足による停電はほとんどなくなり、加えて、送電設備の強化と電力網の地域間連携運用が奏功して2003年頃からは電圧変動が大幅に減少した¹²。2002年には西ベンガル州の電力インフラは全国で最も優れているとされるなど、同州の産業振興、投資促進において電力はもはや大きな問題ではない¹³。

本事業は、前述のように、西ベンガル州の電力の安定供給に重要な役割を果たしており、同州における近年の急速な産業振興を可能とした要因の一つであったと言える。

2.4.2 電化による生活改善へのインパクト

西ベンガル州の村落電化率は2000年度の79%から2006年度の91%まで上昇し、2008年度には全村落電化を完了する計画である。しかし、2003年度末の時点で同州の世帯電化率は37.5%と全国18州中13位にとどまり、全人口の3分の2はまだ電化されてい

済成長率を維持した。2001-2004年の経済成長率は7.6%と全インドの成長率5.6%を大幅に上回り、国内第3位である。

¹¹ 1980年度に1,084万人だった民間フォーマル・セクターの雇用者数は、工業部門の衰退を反映して2002年に692万人まで減少し、その後、現政権の産業振興政策を受けて2004年には752万人まで回復した。

¹² 本評価の現地調査で訪問したコルカタ市内の印刷インキ製造工場(月産1,200トン)によると、1990年代初期は自家発電機を年間2,000時間ほど運転する必要があったが、今は年間50時間程度で済む。同社はコルカタ本社工場の他にもムンバイ(マハーラシュトラ州)、アーメダバード(グジャラート州)、ノイダ(ウッタル・プラデシュ州)で工場を操業しており、10年前の電力事情はムンバイが一番良かったが、今はコルカタが一番良いと考えている。コルカタ工場内の電圧変動(450V)は2-3%以内と低く、電力の質にも満足している。

¹³ 米Gartner社とインドNASSCOM(ソフトウェア・サービス業協会)は2002年、西ベンガル州の電力インフラを全国1位にランキングした。

なかった¹⁴。2004年度の1人当たり電力消費量は414KWhで、全国平均の3分の2である。

本事業の西ベンガル州における生活改善へのインパクトは電力サービスの安定化を通じた間接的なもので、2003年度末の時点で総人口約8,300万人の3分の1、約5,200万人がその便益を享受した。しかし、同州の1人当たり電力消費量、世帯電化率はいずれも全国平均を大きく下回り、電化による生活改善の余地は大きいといえる。

表-5 1人当たり年間電力消費量

	西ベンガル州	全インド
2003年度	410.2 KWh	592.0 KWh
2004年度	413.5 KWh	612.5KWh

(出所：中央電力庁)

2.4.3 発電所周辺へのインパクト

本事業実施による短期雇用は約4,500人(約90万人日)、その半数は周辺住民であった。発電所運営のために約1,350人が雇用されており、その3分の1が周辺住民である。他に、発電所の清掃などの短期的な業務に周辺住民が80~100人ほど随時雇用される。

発電所に隣接して750世帯の社宅居住地が建設され、敷地内には小・中・高等学校とクリニック、マーケットも設置された。近接する集落では多数の商店、サービス業、小規模製造業などが増加し、新たに銀行支店が2店舗開設するなど、経済活動が著しく増加した。石炭灰を利用したセメント工場建設の計画もあり、さらなる雇用の増加が期待されている。

発電所および貯水池の建設により土地を失う住民に対しては、移転民居住区への移転、代替地・金銭・雇用の提供により補償が行われた。3カ所の移転居住区が用意され、合計107世帯が居住している。移転や補償に関しては特に大きな問題は発生していない。

さらに、西ベンガル州電源開発公社は発電所周辺において、次のようなさまざまな活動により積極的に地域の社会経済開発と福祉向上を支援している。

- ・ 社宅居住区内のクリニックで無料サービスを提供(薬は有料)
- ・ 医療・教育啓蒙行事、近隣住民の高齢者を対象とした定期眼科検診を実施
- ・ 社宅居住区内の初等・中等・高等学校で地域住民を受け入れ、無料通学バス提供
- ・ 移転民居住区に建設した小学校で移転住民以外の地域住民を受け入れ
- ・ 4カ所の学校の配電設備改修、教育機材供与(パソコンなど)
- ・ 貧困世帯への教育資金支援

¹⁴ インドネシア政府の全世帯電化政策に沿って、西ベンガル州政府は2011年中に世帯電化率を100%にすることを目標としている。同州の世帯電化率は2006年度には都市で72%、農村で29%、全体で約40%に達する見込みである。

- ・ 社宅居住区内の職員研修施設を利用した職業訓練（電気工養成、自助グループの研修、電力サービスの申し込みと利用についての啓蒙など）
- ・ 近隣集落で地下水を用いた飲料水供給施設を建設
- ・ 発電所に隣接して鉄道駅を建設
- ・ 公園や貯水池を利用したレクリエーション施設建設、スポーツ大会の開催



移転民居住区

同会社はこのように地域のコミュニティ開発に大きく貢献し、発電所における多数の雇用創出も手伝って、地元住民と非常に良好な関係を築くことに成功した。このことは発電所の円滑な建設と運営に役立っている。

発電所周辺で実施した世帯調査によると¹⁵、発電所の建設により農地が減少し、全体としては農業所得がやや減少したが、それを補って余りある非農業所得の増加があった。

発電所から 2～3km の近距離にある村落では 3 割以上の世帯が発電所に雇用されており、過去 10 年間に実質所得は 4～5 割増加した。なかには貯水池や発電所の放流水を利用した灌漑により農業所得が大きく増加し、10 年間で実質所得が 8 割増加した村落もある。発電所から約 6km 離れたある村落では 1 割の世帯が発電所に雇用され、賃労働所得の明らかな増加が見られた。貯水池により水没するため発電所近くの移転居住地に移った 33 世帯は、農業所得がほぼ消滅した一方、過半数が発電所で雇用され、平均実質所得は 10 年間で 3 割以上増加した。

世帯電化率は 65% で、州平均（29%）より高い。ほとんどの世帯で 10 年前に比べて食生活が向上し、3 分の 1 の世帯では教育・医療のための実質支出が 5 割以上増加した。住民の就学率が大幅に高まり、発電所に最も近い学校（中等・高等学校）では生徒数が 3 倍に増えた。ほぼすべての回答者が、バクレスワール発電所は子女の教育に良い影響を与えたと考え、4 分の 3 が医療に良い影響を与えたと考えている。



¹⁵ 周辺の 6 村落から無作為抽出した 316 世帯を対象に質問票を用いたインタビュー調査を実施。

本発電所の排出物管理は優秀で排出基準はすべてクリアしており、環境へのネガティブな影響は確認されていない¹⁶。新たに建設された貯水池の集水域（約 100km²）の多くは荒廃地であったが、約 1,350ha の植林やため池の建設などにより自然環境は保全され、水鳥が飛来するようになった¹⁷。

2.5 持続性（レーティング：a）

2.5.1 実施機関による事業の継続性

2.5.2.1 技術

西ベンガル州電源開発公社の設備稼働率と設備利用率は 2001 年以来向上している。同公社の 4 つの火力発電所の平均設備利用率は 59.5%（2005 年度）と決して高くないが、これは耐用年数を超えた古い発電所を 2 つ運用しているためで、本事業を含む新しい 2 つの発電所の設備利用率は十分高い¹⁸。バクレスワール火力発電所の優れた運用実績から見ても、同公社の技術パフォーマンスは満足できる水準にあると考えられる。

表-6 西ベンガル州電源開発公社の設備稼働率・設備利用率

	設備稼働率	設備利用率
2001 年度	72.6%	50.5%
2002 年度	75.6%	54.8%
2003 年度	75.4%	55.6%
2004 年度	78.7%	59.2%
2005 年度	81.2%	59.5%

2.5.2.2 体制

西ベンガル州電源開発公社は 1985 年に西ベンガル電力庁から分離して設立された西ベンガル州政府 100% 出資公社で、同州における一部の火力発電所の建設・運営を行う。職員数は 4,028 人（2005）である。

西ベンガル州はインドのなかでも先駆けてさまざまな電力事業改革に取り組んできた。1985 年にはカルカッタ地域の配電事業を民営化したほか、州電力庁の部分的な機構分離を行った。1998 年には州政府が電力セクター改革案を策定し、火力発電所の統

¹⁶ 2002 年度以降、3 回にわたり州の「環境優秀企業賞」を受賞している。

¹⁷ 植林等は本発電所建設の一環として、州森林局の技術支援を受けて西ベンガル州電源開発公社が実施した。この植林は貯水池建設と同様、円借款の対象ではない。

¹⁸ 2005 年度の発電所別設備利用率は、バクレスワール火力発電所（運用開始後 6 年）が 79.0%、コラガート発電所（同 16 年）が 67.0%、サンタルディ発電所（同 32 年）が 30.0%、バンデル発電所（同 41 年）が 38.7%であった。

合・分離、配電部門の分離等の機構改革を提言した。2001年には中央政府と覚書を締結し行動計画を策定、中央政府からの資金援助を受けつつ、州電力庁の更なる機構分離、電力料金合理化と料金構造の透明性確保、送配電ロス削減などの改革を進めている。

西ベンガル州の電力セクターのパフォーマンスは全国第5位にランキングされており¹⁹、西ベンガル州電源開発公社は本事業の運営についても十分な継続性を確保できる体制にあると考えられる。

2.5.2.3 財務

本事業完成後、西ベンガル州電源開発公社の売上げと純利益は堅調に推移している。(表-7 参照) 2001年度にバンデル、サントルディ両火力発電所(計1010MW)が州電力庁から移管されたこともあり、売電収入は急増した。2003年度からの3年間で純利益が大きく伸びたが、その理由は、主要売電先である州電力庁からの支払い遅延が大幅に解消されたためである。

現在、同公社はバクレスワール火力発電所第4、5、6号機を含む新たな火力発電所を建設中・計画中である。また、今後は州電力庁以外への売電が可能となったことによる設備利用率の向上が見込まれる。このように売電収入・純利益は今後も順調に増加する見通しであり、本事業の運営について今後も十分な財源が確保できると考えられる。

表-7 西ベンガル州電源開発公社の財務状況(単位:100万ルピー)

	売電収入	純利益
2000年度	9,107	32.7
2001年度	16,936	70.6
2002年度	20,097	13.3
2003年度	21,989	91.3
2004年度	24,316	104.9
2005年度	23,306	225.9

(出所:西ベンガル州電源開発公社)

2.5.2 本事業の維持管理状況

2004年度に起きた2号発電機の振動は、運用を止めて調整した結果半年後には許容範囲内に収まり、その後の運用は順調である。本発電所は稼働率、設備利用率をはじめ

¹⁹ 電力省による調査“State Power Sector Performance Ratings”(2006年6月)によると、西ベンガル州電力庁の財務は他州への売電、送配電ロス改善、電力料金回収率向上などにより改善したほか、配電部門の改革は大きな成果を上げた。2001年度からは州政府からの補助金も不要となった。他方、州電力庁の財政構造改革、世帯電化率の向上は遅れているとされていた。その後、州電力庁は2007年4月に州送電公社(West Bengal State Electricity Transmission Co. Ltd.)と州配電公社(West Bengal State Electricity Transmission Co. Ltd.)に分離されたほか、世帯電化率が約40%まで向上した。

とする各種運用指標は計画を十分に達成し、総合的な運営パフォーマンスは高い。

機器の維持管理は 15 件のメンテナンス契約により外部委託されているが、一部の機器については製造業者にオーバーホールと修理を委託することがある。機械故障による停止を未然に防ぐべく、1,000 以上の機器を対象にオンライン化されたメンテナンス・在庫管理情報システムを構築してデータを蓄積し、メンテナンス作業のパフォーマンスとスペア・パーツ在庫の最適化がはかられている。

シミュレーター研修施設は、今はまだスペア・パーツの在庫もあり維持管理上の問題はない。2005 年度には研修費として 750 万ルピーの収益があり、維持管理に使われた。送電施設は計画通り西ベンガル電力庁に移管され、適切に運用・維持管理されている。

本発電所では間もなく第 4、5 機が運用を開始し、将来は第 6 号機が建設されることにより石炭と水の消費量が大幅に増大する。石炭は、当初予定していた Bengal Emta 露天掘炭鉱（高品位・高コスト）に加え、ジョイントベンチャーにより開発した Pachwara North 炭区（低品位・低コスト）を利用し、1998 年からは両炭鉱の石炭を混合して使っている。これにより、より経済的な燃料確保が長期的に可能となった。水供給については、水の再利用により発電用水の消費を計画より相当少なく抑えることができたため、既存の貯水池などにより今後も継続的な用水確保が可能である。

以上を総合すると、本事業の維持管理状況は良好で、今後も継続的な運用・維持管理が可能と判断される。

3. フィードバック事項

3.1 教訓

- ・ 事業地周辺地域に対する社会経済支援・福祉活動は、地元住民の事業に対する理解と支持をもたらし、事業の円滑な実施と運用に結びつく。
- ・ 事業開始の初期段階で周辺地域の社会・経済・環境に関するベースライン調査を実施することにより、より正確に事業地周辺へのインパクトを把握し、具体的に提示することができる。

3.2 提言

- ・ 西ベンガル州電源開発公社はバクreshuワール発電所のベスト・プラクティス、なかでも地元に対する優れた社会経済支援・福祉活動とその成果について、ほかの電力会社と共有できるように資料を取りまとめることが望まれる。
- ・ 西ベンガル州電源開発公社は、西ベンガル配電公社への売電およびほかの販路を通じた売電を拡大することにより、設備利用率をさらに改善することが望まれる。
- ・ 西ベンガル州政府は、改善されつつある同州電力セクターの便益が広く行き渡るように、2011 年を目標とした全世帯電化計画を着実に実施することが望まれる。

主要計画 / 実績比較

項目	計画	実績
アウトプット	a) 発電所 (出力 210MW×3 基) ・ メインプラント (ボイラー、タービン、発電機、付属設備) ・ 石炭取扱設備 ・ 給水、冷却水処理設備 ・ 石炭灰有効利用プラント ・ 石炭運搬用貨車 ・ 石炭陸揚設備 ・ 水素製造設備 ・ トレーニング・シミュレーター b) 送変電設備 ・ 送電線 400KV×1 回線:2 区間 302km 220KV×2 回線:3 区間 158km ・ 変電所増設 5カ所 c) コンサルティング・サービス	a) 発電所 石炭灰有効利用プラントがキャンセルされた以外、ほぼ計画通り b) 送変電設備 ほぼ計画通り c) コンサルティング・サービス ほぼ計画通り
期間		
主発電機・タービン	1996年7月～2000年9月	1996年7月～2001年3月
付帯設備	1996年8月～2000年1月	1996年8月～2003年1月
送変電設備	1996年7月～1999年8月	1996年7月～2000年3月
コンサルティング・サービス	1994年2月～2000年9月	1994年2月～2001年6月
事業費		
外貨	29,240百万円	25,717百万円
内貨	85,338百万円 (25,264百万ルピー)	68,003百万円 (21,251百万ルピー)
合計	114,578百万円	93,720百万円
うち円借款分	91,107百万円	77,314百万円
換算レート	1ルピー = 3.26円	1ルピー = 3.20円