

0. 要旨

本事業は、ナラヤングンジ市ハリプール地区において、新規火力（コンバインドサイクル）発電所を建設するとともに、発電所全体の運営体制の強化および効率化を支援することにより、電力需要増への対応を図り、もって産業競争力の強化および民生の向上に寄与することを目的に実施された。

新規発電所の建設を通じて電力需要増への対応を図った本事業は、増加を続ける電力需要を満たすための発電量の拡大とエネルギー効率の改善を重視してきたバングラデシュの開発政策、電力供給量を確保するための設備の増設に向けた開発ニーズ、電力インフラを持続的成長のための重点支援分野と位置付けていた日本の援助政策に合致しており、妥当性は高い。本事業は、事業費は計画内に収まったものの、コンサル選定・契約の遅延や政情不安による建設工事への影響、ガスタービンの破損の発生により、事業期間が計画を大幅に上回ったことから、効率性は中程度である。事業効果については、稼働開始後の一定期間に機械故障による発電停止が生じたが、最大出力、設備利用率、稼働率、所内負荷率、発電端熱効率、送電端発電電力量はいずれも目標値に達した。また、発電所近隣の地域において安定した電力供給による工場や市場での停電の減少が、収益の向上や雇用の促進といった地域経済の向上に貢献するとともに、一般家庭においても生活の利便性の向上に繋がっている。女性の雇用や所得促進活動への参画といったインパクトも確認されており、有効性・インパクトは高い。運営・維持管理については、制度・体制、技術、財務、維持管理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。

以上より、本事業の評価は非常に高いと評価される。

1. 事業の概要



事業位置図



ハリプール新発電所

1.1 事業の背景

本事業の審査時、バングラデシュでは堅調な経済成長に伴い電力需要が増加していた。しかし、発電能力はこの電力需要の伸びに追いついておらず、2006年のピーク時の電力需要が4,700MW程度とされていたのに対し、供給可能設備容量は3,800MW程度にとどまっていた。さらに、設備の老朽化等の問題から最大出力は定格出力を大きく下回り、ピーク時を中心に計画停電を余儀なくされていた。当時、バングラデシュ政府は、「2020年までに全国民に対して、手頃な価格で安定した電力の供給を行う」という国家目標を掲げ、設備投資に取り組んでいた。しかし、新規発電所の建設は計画通り進んでいないことに加えて、稼働中の発電所の老朽化に伴う廃止が計画されており、需給ギャップはさらに拡大することが見込まれていた。さらに、需給ギャップの解消と電力の安定供給を達成するためには、新規の電源開発に加えて、発電所の稼働率の向上やシステムロスの改善を通じて、セクター全体の効率を向上させていくことが大きな課題とされていた。

1.2 事業概要

ナラヤンガンジ市ハリプール地区において新規火力（コンバインドサイクル）発電所を建設するとともに、発電所全体の運営体制の強化および効率化を支援することにより、電力需要増への対応を図り、もって産業競争力の強化および民生の向上に寄与する。

円借款承諾額/実行額	17,767 百万円 / 17,435 百万円 (I) 22,210 百万円 / 20,641 百万円 (II)
交換公文締結/借款契約調印	2007 年 12 月 / 2007 年 12 月 (I) 2009 年 2 月 / 2009 年 3 月 (II)
借款契約条件	金利 0.01% (I) (II) 返済 40 年 (I) (II) (うち据置 10 年) (I) (II) 調達条件 アンタイド (I) (II)
借入人/実施機関	バングラデシュ人民共和国政府 / バングラデシュ発電会社
事業完成	2020 年 6 月
事業対象地域	ナラヤンガンジ市ハリプール地区 (ダッカ近郊)
本体契約	土木工事: 丸紅 (日本) (I) (II) 機器調達: 丸紅 (日本) (II)、丸紅パワーシステムズ株式会社 (日本) (II)
コンサルタント契約	・SMEC International Pvt. Ltd. (オーストラリア) / ACE Consultants Ltd. (バングラデシュ) / SNC-Lavalin Inc. (カナダ) / AECOM New Zealand Ltd. (ニュージーランド) / Sargent & Lundy LLC (アメリカ合衆国) (JV) (I) (II)

	<ul style="list-style-type: none"> ・IRG Development Services Ltd (バングラデシュ) / Ernst & Young LLP (インド) / Tractebel Engineering (インド) (JV) (I) (II)
関連調査 (フィージビリティー・スタデ イ：F/S) 等	<ul style="list-style-type: none"> ・フィージビリティー・スタディ (EGCB、2006年) ・「発電能力開発事業」にかかる案件形成促進調査 (SAPROF) (2006年)
関連事業	<ul style="list-style-type: none"> 【円借款】 ・ハリプール発電所拡張事業 (1993年9月) 【他機関案件】 ・アジア開発銀行：電力セクター改革支援プログラム (2003年)、電力セクター改革支援プログラム II (2004年) ・世界銀行：Bakhrabad-Sidhirganj Gas Transmission Pipeline Project (2007～2018年)

2. 調査の概要

2.1 外部評価者

高橋 久恵 (EY 新日本有限責任監査法人)

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：2020年11月～2022年1月

現地調査：2021年3月、4月、8月 (現地調査補助員により実施)

2.3 評価の制約

本事後評価は COVID-19 の感染拡大の影響により、評価者による現地調査を実施することができなかった。このため、現地調査業務は評価者の指示のもと、現地調査補助員が実施し、評価者は現地調査補助員による情報収集・受益者調査、サイト実査等の結果を基に机上評価を行った。また、バングラデシュでは、COVID-19 感染防止のためのロックダウンが長期にわたり継続されたため、予定していたエンドユーザーへのインタビューも限定的となった。よって、サイト視察で得られた情報は、限られたインタビューにおいて確認できた情報を反映したものとなっている。

3. 評価結果（レーティング：A¹）

3.1 妥当性（レーティング：③²）

3.1.1 開発政策との整合性

本事業 (I) (II) の審査時のバングラデシュの開発政策の貧困削減戦略文書 (Poverty Reduction Strategy Paper、以下「PRSP」という。)³「可能性の解放：更なる貧困削減のための国家戦略」(2005年) および「新 PRSP」(2008年) は、電力セクター改革の必要性に触れつつ、同セクターを貧困削減につながる経済成長のための重要インフラに位置付けていた。また、当時の電力・エネルギー分野のセクター計画「電力セクター改革における政策綱領」(2000年) は、2020年までにバングラデシュの全ての人々が電気を使用できる供給能力を確保すること、高品質かつ信頼性の高い電力を供給すること、適切な価格での電力の供給を行うこと、の3点を電力セクターの長期ビジョンとして掲げていた³。

事後評価時の同国の開発計画「第8次五か年計画2021～2025年」は、第6次および第7次五か年計画の方針を踏襲し、電力・エネルギー分野を同国の経済成長に中心的な役割を果たす分野としている。この計画では、同分野の戦略として、需要を満たすための発電量の拡大とエネルギー効率の改善を重要課題に掲げている⁴。また、2041年までの電力・エネルギー開発計画を示した「Power System Master Plan 2016」は、経済成長に伴い増加する電力需要を満たすため、さらに国内の天然ガスの供給の減少を受け、国内資源の効率的な利用や大規模な電源開発、高品質・安定性の高い電力の提供等をビジョンとして掲げている。図1に示す通り、同国では、主要なエネルギー源である国内天然ガスの産出が減少しており、発電分野でのエネルギー源の多様化とともに効率性の向上や質の改善が求められている。

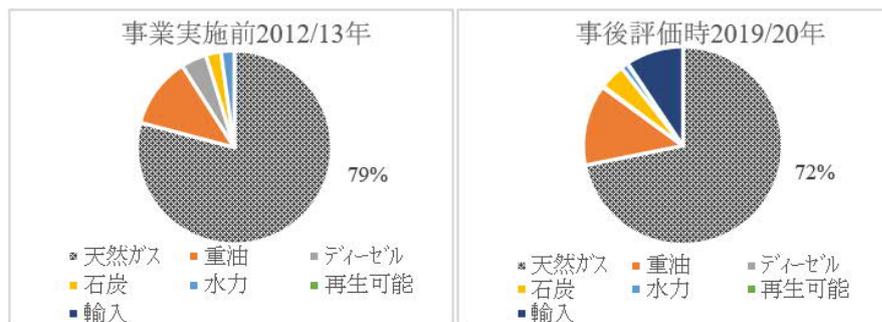


図1 バングラデシュの電源構成

出所：バングラデシュ電力開発庁 (BPDB) *Annual Report* 各年版

¹ A：「非常に高い」、B：「高い」、C：「一部課題がある」、D：「低い」

² ③：「高い」、②：「中程度」、①：「低い」

³ 出所：JICA 提供資料

⁴ 出所：8th Five Year Plan FY 2020-FY 2025

上記のとおり、審査時・事後評価時における開発文書および開発政策は、電力・エネルギー分野を同国の経済成長に資する重要分野に位置づけ、同分野のインフラ整備を重視してきた。本事業は、発電所の建設を通じて、電力需要増への対応を図ることを目的としたものであり、同国の開発政策との整合性が確認できる。

3.1.2 開発ニーズとの整合性

審査時において、バングラデシュでは堅調な経済成長に伴い、電力需要が増加を続けていた。その一方で、発電供給能力が同需要の伸びに追いつかず、需給ギャップが拡大していた。その結果、各地域でピーク時間帯を中心に計画停電を余儀なくされ、2005年には1,400時間に及ぶ計画停電が実施された⁵。さらに、当時のピーク時電力需要は年率約8～10%の伸び率を示しており、2010年には6,608MWに増加すると見込まれていた。そのため、新規電源開発・リハビリには、2012年までに4,355百万ドルを必要としていたが、資金不足により設備投資が遅れていた。全国の電化率も42%（都市部72%、地方部23%）にとどまり、国民一人当たり電力消費量は約140kWh/年と世界でも最低の水準とされていた⁶。また、セクター全体としての非効率性も指摘されており、特に電力開発庁（Bangladesh Power Development Board、以下「BPDB」という。）が維持管理する発電所の稼働率は、人員や資金や燃料不足、不適切な維持管理、設備の老朽化等により本来の設備容量の約6割に留まっていた。

事後評価時までには、同国の電力供給能力は需要の96%（ピーク時電力需要13,300MW、ピーク時最大発電量12,738MW）（2019/20年）へと改善した。電化率も都市部で97.8%、地方部では88.9%⁷へ、国民一人当たり電力消費量も約378kWh/年へと増加した⁸。一方で、電力需要は年率9～10%で増加を続け、引き続きさらなる増加が見込まれている。今後の需給ギャップの解消のためには、2025年までに約21,977MWの新規発電が必要と試算されている⁹。

上記の通り、バングラデシュは、経済の発展とともに電力のピーク需要が増加しており、その増加に耐えうる供給量を確保するための設備の増設が必要とされている。よって電力供給設備の増設ニーズは事後評価時においても確認できる。

3.1.3 日本の援助政策との整合性

審査時の対バングラデシュ「国別援助計画」（2006年）では、設備投資の不足や非効率な経営、不適正な電気料金水準等が電力セクターの課題として指摘され、「セクター全体の政策・経営・運営・財務改善への支援」「発電設備増強」等の支援に焦点を当

⁵ 出所：JICA 提供資料

⁶ 出所：JICA 提供資料

⁷ 出所：世界銀行ウェブサイト <https://data.worldbank.org/indicator/EG.ELC.ACCS.ZS>（2021年9月3日閲覧）

⁸ 出所：BPDB *Annual Report 2019*

⁹ 出所：質問票回答および BPDB *Annual Report 2019*

てるとしていた。また、「海外経済協力業務実施方針」（2005年）においても、電力分野の支援として、経済成長促進のための基幹経済インフラ整備がセクターに位置づけられていた。「国別業務実施方針」（2006年）は、電力を重点支援分野の一つとし、セクター改革を支援・促進する借款の供与、実施機関の能力開発と組織体制構築に取り組むことを示した。本事業は、バングラデシュのダッカ近郊において発電所を建設し、発電供給量の増強とともに、BPDB から分社化されたバングラデシュ発電会社（Electricity Generation Company of Bangladesh Limited、以下「EGCB」という。）の発電所の運営体制強化・効率化を支援するものであり、日本の援助政策と整合している。

以上より、本事業の実施はバングラデシュの開発政策、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：②）

3.2.1 アウトプット

本事業の主なアウトプットは、コンバインドサイクル火力発電所の建設とコンサルティング・サービスからなる。主なアウトプットの計画と実績は表1のとおり。

表1 アウトプットの計画と実績

計画	実績
ガスコンバインドサイクルの建設	
1) 360MW ガスコンバインドサイクルおよび付属施設の建設	1) 412MW ガスコンバインドサイクルおよび付属施設の建設
2) 長期メンテナンスサービスの契約	2) 計画どおり
3) 発電所建設予定地にある既存変電所の移設・解体	3) 計画どおり
4) ガス供給のためのパイプライン建設	4) 計画どおり
コンサルティング・サービス	
5) エンジニアリングサービスコンサルタント ・発電所建設および変電所移設に係る詳細設計、調達支援、施工管理（HIV/エイズ対策を含む） ・「長期メンテナンスサービス」に係る入札・契約交渉支援	5) 計画どおり
6) 組織強化コンサルタント ・本事業対象の新規発電所、既設発電所につき独立採算制である事業本部制（SBU）の導入に際し、その運営維持管理体制構築・活性化を支援	6) 新規発電所のみを対象として実施 （既存発電所は本事業の対象外）

出所：JICA 提供資料、Project Completion Report (PCR)、実施機関への質問票回答

表1に記載の通り、主要なアウトプットの変更として、建設されたガスコンバインドサイクルの出力が増加したこと、ハリプール新発電所と既設発電所の両発電所を対象に計画されていた6) 組織強化コンサルタントの支援が、新発電所のみを対象として実施されるという変更が生じた。各変更内容と変更に至った理由は下記のとおりである。

【ガスコンバインドサイクルの出力の変更】

本事業で建設されたガスコンバインドサイクルの出力が360MWから412MWへ増加した。これは、コントラクターより、価格を変更せずに出力を増加することが可能となる提案を受け、変更に至ったものである。本事業の目的である電力需要の増加への対応に資する変更であり、同変更の問題はないといえる。

【コンサルティング・サービス：組織強化コンサルタントの支援対象の変更】

本事業対象のハリプール新発電所に加え、既設発電所に対しても運営・維持管理のための支援が行われる計画であった。審査時において、EGCBは管轄する発電所を有しておらず、本事業実施後にはハリプール新発電所とあわせ、ハリプール既設発電所もBPDBからEGCBに移管される予定であった。そのため、新規発電所と同じく組織強化コンサルタントの配置が計画されていたという背景がある。しかし、事業完了時に既設の発電所がEGCBに移管されることはなく、ハリプール既設発電所への支援は本事業の対象には含まれないこととなった。新設の発電所およびEGCB職員に対しては、計59名を対象にハリプール新発電所の運営・維持管理に関する研修(42人月)が実施されている。



写真 ガスタービン



写真 主変圧器

3.2.2 インプット

3.2.2.1 事業費

表2に本事業のI期審査時の事業費について計画と実績を示す。記載のとおり、事業費は計画内に収まった(計画比80%)。

表2 事業費の計画と実績

	計画 ^{注2}	実績	計画比
総事業費 ^{注1}	54,409	43,690	80%
(I) の事業費	—	21,748	—
(II) の事業費	—	21,942	—
うち円借款	41,066	38,076	93%
(I) の事業費	17,767	17,435	98%
(II) の事業費	23,229	20,641	89%

出所：JICA 提供資料、PCR

注1：審査時の資料には、円借款対象額以外に(I) (II) 毎の内訳が記載されていないため、(I) (II) 毎の差異分析は行っていない。

注2：計画時の金額は (I) の審査時の事業費に基づいて記載。

実績が計画費を下回った要因は、主に事業期間中の為替レートの変動であった。審査時の為替レートは1タカあたり1.66円であったのに対し、事業期間中の平均レートは1.33であった。さらに、建設工事・調達の契約時(2011年)には1.08円、作業が本格的に稼働を始めた2012年には1円をきる状況となった。このほか、審査時に計画されていたコンサルティング・サービスのうち、既設発電所へのコンサルタント配置が中止となったことも費用が削減された理由である。

3.2.2.2 事業期間

本事業の事業期間¹⁰は96カ月と計画されていたが、実際には2007年12月～2020年6月までの151カ月となり、計画を大幅に上回った(計画比157%)。

表3 本事業の事業期間

	計画	実績
L/A	2007年12月	
コンサル選定	2007年9月 - 2009年4月	2010年6月
入札・契約	2008年2月 - 2009年9月	2010年6月 - 2011年2月
建設工事	2009年10月 - 2012年9月	2011年2月 - 2014年3月
保証期間	記載なし	2014年3月 - 2018年1月
長期メンテナンス契約	2012年10月 - 2015年9月	2017年6月 - 2020年6月
コンサルサービス	2008年6月 - 2013年6月	2008年12月 - 2017年12月
事業完了	2015年9月	2020年6月
事業期間	96カ月	151カ月

出所：JICA 提供資料、PCR、実施機関への質問票回答

主な理由には、入札・契約の遅延、政情不安によるハルタル¹¹や道路の封鎖が資機材の運搬や労働者の動きを遅らせたことによる影響が挙げられる。また、2015年5月に発電所が急停止し、ガスタービンに破損が見つかった。そのため、検査

¹⁰ 事業期間は借入契約(L/A)締結月～長期メンテナンスサービス完了月と定義する。

¹¹ 「ゼネラル・ストライキ」に当たる活動で、主に南アジアで行われる政治活動の一環。

やガスタービンの交換が必要となり、保証期間が延長された。それに伴い長期メンテナンス契約（Long Term Service Agreement、以下「LTSA」という。）の開始が延期となり、事業期間の遅延に繋がった。なお、政情不安に係るハルタル等による工事への影響やガスタービンの破損による発電所の急停止は、想定外の事情によるものであり、実施機関や事業関係者のコントロールが可能な範囲を超えた事項であった。コンサル選定・契約については事業管理上の問題といえるが、実施機関によれば、関心表明（Expression of Interest、以下「EOI」という。）と提案依頼書（Request for Proposal、以下「RFP」という。）の2つのプロセスで構成される入札プロセスでは、各種書類の作成、修正、協議など契約に至るまでの作業に多くの時間を要し、本事業においても事業の遅延に繋がった。

3.2.3 内部収益率（参考数値）

本事業の審査時と事後評価時に計算した内部収益率とその条件は表4のとおり。

表4 内部収益率と条件

	財務的内部収益率	経済的内部収益率
内部収益率	審査時：(I) 6.7%、(II) 8.8% 事後評価時：4.2%	審査時：(I) 20.7%、(II) 20.6% 事後評価時：13.4%
費用	事業費、運営・維持管理費	事業費（税金を除く）、運営・維持管理費
便益	売電収益	想定電力卸売価格に基づく売電収益 ¹²
プロジェクト・ライフ	25年	

出所：JICA 提供資料

財務的内部収益率（FIRR）

事後評価時の FIRR は審査時よりも低い数値となった。為替変動等による事業費の減少、売電価格の上昇、売電収益の増加¹³等が確認できた一方、事業期間の延長による施設の稼働開始の遅延、維持管理コストが審査時の想定を上回っている¹⁴ことが、その要因といえる。

経済的内部収益率（EIRR）

EIRR については、事業費に関連する税金を除くが、費用の考え方は基本的に FIRR と同じである。FIRR と同様に、事業期間の延長と維持管理コストが審査時の

¹² EIRR の想定電力卸売価格については、審査時の条件に合わせ世界銀行の調査による小売価格をもとに見積もった価格を用いている。

¹³ 稼働率が審査時の想定（70%）を10%程度上回っていることによる。

¹⁴ 実施機関の経理チームに確認をしたものの、維持管理コストが審査時の想定を上回っている理由は不明との回答を得た。審査時（2007年）以降、物価、特に燃料代等が想定を上回り増加した等が要因の一つとして考えられる。

想定を上回ったことから、事後評価時の EIRR は審査時よりも低い数値となった。

以上より、本事業は事業費については計画内に収まったものの、事業期間が計画を上回ったため、効率性は中程度である。

3.3 有効性・インパクト¹⁵（レーティング：③）

3.3.1 有効性

3.3.1.1 定量的効果（運用・効果指標）

本事業の審査時に設定した各運用・効果指標について、施設建設完成年以降の実績値を表5に取りまとめた。

表5 本事業の運用・効果指標

	目標値	実績値					
	2017年	2014/5年	2015/6年	2016/7年	2017/8年	2018/9年	2019/20年
	建設完成3年後 ^{注1}	建設完成年	建設完成				
		1年後	2年後	3年後	4年後	5年後	
最大出力 (MW) ^{注2}	360→412	474	466	477	483	472	469
設備利用率 (%)	70	49	34	85	89	80	81
稼働率 (%)	86.3	54	41	89	94	90	93
所内負荷率 (%)	5	3.8	4.1	3.8	3.9	4.1	4.2
発電端熱効率 (%)	50	47	46	58	58	53	54
原因別停止時間							
人為ミス	0	0	0	0	0	0	0
機械故障	0	3,325	5,095	31	14	105	53
計画停止	1,200	696	0	0	324	668	0
原因別停止回数							
人為ミス	0	0	0	0	0	0	0
機械故障	0	15	7	6	4	8	8
計画停止	1	1	0	0	1	1	0
送電端発電電力量 (GWh/年)	2,097	1,783	1,232	2,855	3,008	2,706	2,783

出所：JICA 提供資料、実施機関への質問票回答

注1：通常円借款事業の事後評価は事業完成2年後であるが、本事業では長期メンテナンスサービスが建設完成後3年間提供されるため、運用効果指標の目標値の設定は建設完成3年後に設定された。

注2：ガスコンバインドサイクルのアウトプットが審査時の360MWから412MWへ増加したため、目標値も412MWに修正した。

本事業では、発電所建設後に長期メンテナンスサービスが3年間提供されるため、審査時に設定された運用・効果指標の目標がガスコンバインドサイクルの建

¹⁵ 有効性の判断にインパクトも加味して、レーティングを行う。

設完成 3 年後に達成することが見込まれていた。施設の建設は 2014/5 年に完了したものの、「3.2.2.2 事業期間」に既述のとおり長期メンテナンスサービスの提供が終了したのは 2020 年となった。よって、本評価では施設建設完成年以降の推移も確認しつつ、2019/20 年の実績に基づき目標値の達成状況を分析する。最大出力、設備利用率、稼働率、所内負荷率、発電端熱効率、送電端発電電力量の 2019/20 年の実績は、いずれも目標値に達している。なお、2015/6 年の設備利用率および稼働率が目標値の 5 割程度となったのは、蒸気タービンの微調整を実施したことが理由である。また、2015 年 5 月にガスタービンに破損が生じ、2016 年 1 月まで稼働が停止していたため、2015/6 年の設備利用率・稼働率は目標値の 5 割に満たない状況であった。その後、いずれのタービンも順調に稼働しており、それ以降、設備利用率及び稼働率はいずれも目標値を超える数値を維持している。なお、2017/18 年以降、2018/19 年、2019/20 年の出力・送電端発電電力量が減少している。これは 2018/19 年に蒸気・ガスタービンの定期点検の実施、2019/20 年はガスタービンの機器¹⁶修理およびガスコンプレッサーの制御装置に問題が生じ、対応が必要になったことによる。

停止時間・停止回数に関しては、人為ミスによるものは 0 時間・0 回と目標値どおりとなった。しかし、機械故障による停止時間の実績は 53 時間、停止回数の実績も 8 回となり、目標値（いずれも 0 と設定）を上回った。機械故障による停止時間は、建設完成年およびその 1 年後には、それぞれ 3,000 時間、5,000 時間を超えていたが、上記のとおり予想外に生じたタービンの事故とその修理に時間を要したことが主な要因である。その後、問題は解決しており、同時間数・回数は大幅に改善している¹⁷。なお、計画停止に伴う停止時間は計画時間 1,200 時間に対し、2017/8 年には 324 時間、2018/19 年は 668 時間、2019/20 年は 0 時間となり、計画されたメンテナンスの実施が想定よりも少ないことが懸念される¹⁸。なお、年 1 回を目標としていた計画停止に起因する停止回数は、2017/8 および 2018/19 年は計画どおり、2019/20 年の実績は 0 回となった。

3.3.1.2 定性的効果（その他の効果）

審査時には「地域経済の活性化および住民の利便性向上」の発現が定性効果として想定されていたが、その内容はインパクトと判断されるため、インパクトの項で評価する。

¹⁶ バイパス煙突消音器（Bypass Stack Silencers）

¹⁷ 機械故障による停止時間及び回数に関しては、審査時の資料に指標の目標値の設定につき「機械故障は突然発生する可能性もあるが目標として設定」との記載がある。そのため、目標値は 0 としたものの、一定程度発生することも想定されていたといえる。

¹⁸ 本事業では、計画停止に伴う停止時間は年間 1,200 時間と計画されていた。一方、円借款の支援で建設されたガスコンバインドサイクル火力発電所に関しては、同指標の目標値はシマル発電所 2 号機（400MW）（アゼルバイジャン）で年間 775 時間、ベラマラ発電所（360MW）（バングラデシュ）で 192 時間と設定されており、本事業の目標値は類似事業に比べ高い可能性もある。

定性的効果としては、実施機関よりハリプール新発電所の建設により、負荷制限¹⁹が減少するなど、システムの信頼性が増加した点が挙げられた。また、ハリプール新発電所は、ダッカ管区にある他の発電所より熱効率²⁰が高く（表6参照）、燃料の使用量の削減、発電効率の改善に貢献しているといえる。実際に、EGCBの有する他の2つの発電所との比較では、ハリプール新発電所の単位発電量当たりの燃料コストが最も低いことが確認されている（表7参照）。

表6 各発電所の熱効率

発電所名	ハリプール（新）	ハリプール（旧）	Sidhirganj 2 x120MW PPP ^{注1}	Ghorasal Unit 1&2	Ghorasal Unit 7	Sidhirganj 335 MW CCPP ^{注2}
熱効率	55.2 %	18.5%	24.6%	25.0 %	47.2 %	36.6%

出所：BPDB *Annual Report* 2019-20

注1：尖頭負荷発電所（Peaking Power Plant）

注2：コンバインドサイクル発電所（Combined Cycle Power Plant）

表7 EGCBの有する発電所の単位発電量当たりの燃料コスト

（単位：タカ/kWh）

	Sidhirganj 2 x120MW PPP ^{注1}	ハリプール（新）	Sidhirganj 335 MW CCPP ^{注2}
2018/19年	1.20	0.58	0.88
2019/20年	1.72	0.82	1.05

出所：EGCB *Annual Report* 各年版

注1：発電容量は210MW。

注2：発電容量は335MW。

3.3.2 インパクト

3.3.2.1 インパクトの発現状況

（1）地域経済の活性化への貢献

本事後評価では、配電公社に発電の効果が行き渡っている地域を確認したうえで、情報を入手し、本事業実施によるインパクトを分析することを検討していた。しかし、バングラデシュでは発電した電力は各発電所から全国の電力網に統合されているため、特定の地域における経済への影響を厳密に把握することは困難であった。したがって、地域を厳密には特定できないものの、施設建設完成時、ハリプール新発電所の発電容量はバングラデシュの全発電設備の発電容量の約4.2%、事後評価時には約2%を占めていることから²¹、同国の電力

¹⁹ 電力の使用量が増加した際に需要が供給を上回り、過負荷になって全体が停電するのを防ぐため、一時的に決められた場所や装置への給電を停止するもの。

²⁰ 熱効率は、燃料の熱エネルギー（発熱量）を電気エネルギー（発電量）に変換できる割合を示したものである。熱効率が高くなるほど、少ない燃料で多くの電力を作ることができる。

²¹ ハリプール新発電所の発電容量420MWに対し、施設建設完了時の同国の全発電設備の発電容量は9,821MW、事後評価時の同容量は18,961MW。（出所：実施機関への質問票回答）

システムに一定の貢献があったといえることができる。

さらに、実施機関および受益者へのインタビュー²²によれば、本事業により停電の頻度や回数が減少し、電力の安定供給が工場の稼働状況にポジティブな影響をもたらしたとの回答を得た。具体的には、以下のインパクトが報告された。

- 工場の稼働時間の増加、作業の中断時間・回数の減少による作業の効率化、それに伴う生産量の増加、製品の質の向上
- (特に食品を扱う工場等における) 作業の中断に伴う食品のロスの減少、その分の利益の増加
- 稼働時間の延長、生産量の増加による労働者の雇用の増加

また、実施機関によれば、ハリプール新発電所では建設後に 130 名の職員が雇用され、事後評価時においても勤務を継続している。雇用の促進に関しては、職員に加えて、発電所の稼働に関わる多くのサプライヤーやコントラクターのサービスも拡大しており、近隣地域の経済の活性化に貢献しているといえる。

(2) 住民の利便性向上・生活²³への貢献

住民へのヒアリングを通じ、本事業実施後の変化として回答者全員が停電時間・回数とも改善していると回答した。その効果として、主に以下の生活面・経済面における変化が報告された。

- 児童の勉強時間の増加、PC やインターネットの活用による勉学の促進
- 電化製品 (扇風機、オーブン、冷蔵庫、充電器、ミキサー、電熱気等) の活用、それに伴う家事の軽減や生活面の利便性の向上
- 夜間における地域の治安の改善
- ランプの燃料代に係るコストの削減、ランプ利用による火災リスクの軽減
- 市場の営業時間の延長による利便性の向上
- 雇用の促進 (飲料・縫製・製粉等工場、病院等) および収入の創出/増加

これらの効果を通じて、本事業による電力の安定化が生活の利便性の向上および地域の貧困削減にも貢献していると考えられる。

3.3.2.2 その他、正負のインパクト

(1) 自然環境へのインパクト

本事業は、「環境社会配慮確認のための国際協力銀行ガイドライン」(2002 年 4

²² 既述のとおり、ハリプール新発電所からの発電の効果が行きわたる地域を厳密に特定はできないものの、実施機関によれば、同発電所はその立地からダッカ近郊にある Load Center に近いこと、ダッカ近郊地域への貢献が大きいと考えられる。よって、インタビュー調査はダッカ近郊かつ同発電所のあるナラヤンガンジ市近隣で実施した。現地調査補助員によるヒアリング調査をナラヤンガンジ市近隣で実施した。実施日は 4 月 1 日および 2 日、化学工場、食品工場、製鋼工場、紡績工場の 4 か所で行った。

²³ 現地調査補助員によるエンドユーザーへのインタビューをナラヤンガンジ市近隣で実施した。実施日は 3 月 23 日および 24 日。ヒアリング対象者は男性 6 名 (20 代 2 名、30 代 3 名、40 代 1 名)。

月)に掲げる火力発電セクターに該当するため、カテゴリ A に該当する。本事業に係る環境影響評価 (Environmental Impact Assessment、以下「EIA」という。) 報告書は、2006 年 9 月に環境森林省環境局 (Department of Environment、以下「DOE」という。) により承認済みである。本事業実施中には、求められていた排水処理施設が建設され、排気についても高さ 65 メートルの排気ダクトから排出する対策が取られた他、リサイクル用冷却塔の建設や吸音装置設置等の対策が取られた。EIA で定められた上記以外の項目 (工事中の粉塵・騒音、供与後の騒音・大気質・排水) に関しても、モニタリングが実施され、DOE や世界銀行の定める基準値を満たしている²⁴。本事後評価のサイト視察時にモニタリング記録も現地で確認済みであり、工事中・完成後において、本事業実施による負の影響はない点を実施機関に確認済みである。

(2) 住民移転・用地取得

ハリプール新発電所は、既存発電所敷地内に建設されたため、用地取得および住民移転はいずれも発生しないことが計画されていた。審査時の計画どおり、実際に住民移転・用地取得とも発生していない点を実施機関に確認済みである。

(3) その他のインパクト

ジェンダー面でのインパクト²⁵

本事業の実施により、電力が安定的に供給されることで、ナラヤンガンジ市近隣地域では市場や工場の活動が活発化している。併せて電化製品等の活用により女性の家事負担が軽減したことで、その時間を活用して所得創出の活動に関与する、または職を得る等、女性の雇用機会の拡大にも貢献したと考えられる。

例えば、ハリプール新発電所内では建設中に 17 名の女性が雇用され、発電所の稼働後も運営や清掃業務等に従事している²⁶。同発電所で職を得た女性によれば、職を得たことで経済的に自立すること、家族を経済的に支えることが可能になった。さらに経済的に自立したことで、家族や親戚が意思決定の過程で彼女の意見やアイデアを尊重するようになったという。また、市場や工場の営業・稼働時間の延長により、女性が各種工場や病院等で職を得る機会も増加した。女性が服の仕立て屋やハンディクラフトの作成・販売により収入を得る事例も報告され、得られた収入により、子どもの教育費や家賃を賄うことが可能になっている²⁷。

²⁴ 出所：JICA および実施機関提供資料、実施機関への質問票回答

²⁵ 2021 年 8 月にハリプール新発電所およびナラヤンガンジ市近郊で事業完了後に職を得たまたは所得創出活動を開始した女性 10 名 (20 代 4 名、30 代 3 名、40 代 3 名) を対象にインタビューを実施した。職業の内訳は、発電所職員 5 名、仕立て屋 2 名、ミルク工場勤務 1 名、病院勤務 1 名。

²⁶ 出所：ハリプール新発電所の近隣住民へインタビュー

²⁷ 出所：実施機関への質問票回答

上記のとおり、ハリプール新発電所では、設備利用率、稼働率、所内負荷率、発電端熱効率、人為ミス・計画停止による停止時間・回数、送電発電電力量は概ね目標値に達している。また、タービン修復後には機械故障による停止時間・回数も大幅に減少した。その結果、継続的かつ安定的に電力の供給が可能となり、発電所近隣の近隣地域では工場や市場で停電に左右されず業務を安定して行うことで、収益の向上や雇用の促進といった地域経済の向上に貢献した。また、一般家庭等においても生活の利便性の向上が確認されている。以上より、本事業の実施によりおおむね計画どおりの効果の発現がみられ、有効性・インパクトは高い。

3.4 持続性（レーティング：③）

3.4.1 運営・維持管理の制度・体制

本事業の実施機関である EGCB は BPDB から 2004 年に分社化された発電会社で、ハリプール新発電所は EGCB の下部組織となる。分社化後間もない審査時には 71 名であった EGCB の職員数は、事後評価時には 553 名へ増加した（各発電所の職員数を含む）。現在、EGCB はハリプール新発電所に加え、他 2 か所の発電所を管轄している。

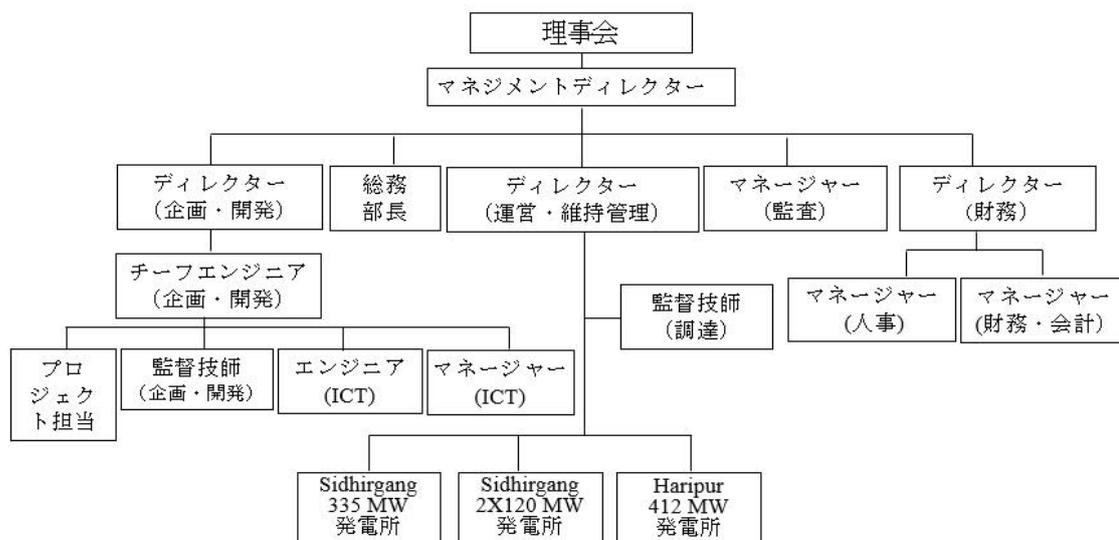


図2 EGCB 組織図

出所：EGCB ウェブサイト <http://www.egcb.gov.bd/site/page/bb844d1c-13ad-4689-9bc9-7c3028c56c48/>（2021年9月3日閲覧）

ハリプール新発電所には、事後評価時において 143 名の職員が配置され、同発電所のオペレーション部門およびメンテナンス部門のエンジニアが運営・維持管理を担当し、運転手等の労働者を含む 107 名の職員が維持管理に従事している。一部の定期メンテナンスは製造メーカーの支援を得つつ実施しているが、人員数の不足などの問題は生じていない。

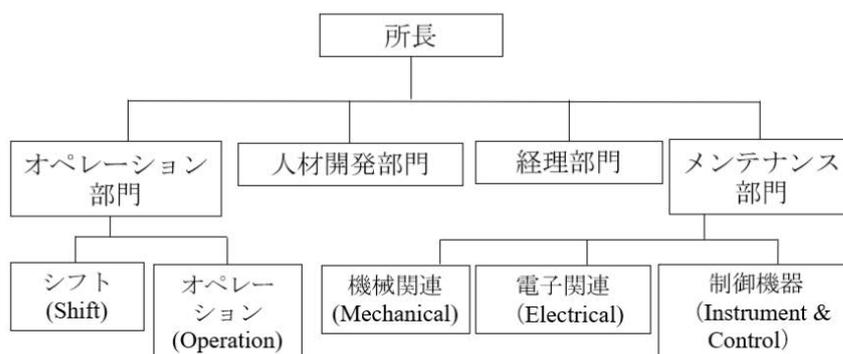


図3 ハリプール新発電所組織図

出所:EGCB ウェブサイト <http://www.egcb.gov.bd/site/page/bb844d1c-13ad-4689-9bc9-7c3028c56c48/>
(2021年9月3日閲覧)

EGCB の組織図 (図3 参照) にも記載の通り、ハリプール新発電所は EGCB の傘下であり、十分な連絡体制が図られている。また、EGCB では管轄する発電所の数の増加に合わせ、審査時以降職員数も増加、ハリプール新発電所についても適切に人員が配置されており、制度・体制面に問題はないといえる。

3.4.2 運営・維持管理の技術

EGCB の中核には、BPDB の火力発電所建設および運営経験を持つ人材が配置されてきた。ハリプール新発電所は、ガスコンバインドサイクル発電であり、審査時にバングラデシュで普及していた単純ガス火力発電所よりも高度な運営・維持管理能力が必要とされたが、ハリプール新発電所を含む EGCB のエンジニアは、コンサルティング・サービスを通じて、技術面のキャパシティを向上する機会を得た。EGCB のエンジニアはこのコンサルティング・サービスを通じて、発電所の建設中に現場に立ち会うことで、新たに導入される発電所設備や機材の機能について学び、詳細を把握することが可能となった。現場では、日本のメーカーの技術者とオーバーホールの作業を協働で行うなど、実地での経験を通じ、最新の技術を用いた設備の維持管理を身近な作業として行うことが可能となった。また、30名を超えるスタッフが韓国での海外研修に参加し、維持管理に関する研修を4週間にわたり受講している。EGCB の職員によれば、これまで彼らが扱ってきた単純ガス火力発電所の設備と比較し、ガスコンバインドサイクルで設置された最新のガスタービンや排熱回収ボイラー²⁸、タービンバイパス²⁹、その他多数の機材がこれまで扱ったことのない設備・機材であった。本事業で十分な研修の機会が提供されたことで、ハリプール新発電所稼働後は、これらの経験に基づき、運営・維持管理に従事する職員が必要な運営・維持管理業務を実

²⁸ 排熱回収ボイラーは、熱効率が高く CO2 排出量が少ないガスタービン複合発電プラントを構成する主要な機器の一つ。排ガスの熱を利用し蒸気を発生させる熱交換器である。

²⁹ 主にボイラー起動時間の短縮を図り起動性の向上を目的に設置する装置。

施している。また、EGCBは、職員向けに能力育成および業績向上のための研修をアレンジしている。研修は一人当たり年間70時間確保することを目標としており、2018/19年には83時間を達成するなど、職員の能力向上に取り組んでいる。

なお、審査時の計画どおり、ガスタービンに関しては、LTSAをメーカーと交わし、メンテナンスの支援を受けてきた。事後評価時には、既に3年間の初回契約を終え、その契約を更新している。LTSAの内容としては、その約90%が主にガスタービンに必要なスペアパーツの調達業務である。残り、10%程度が専門家によりサービスで、ガスタービンの遠隔によるモニタリングやスペアパーツの交換が必要となるメンテナンス時の一部支援となっている。

上記の通り一部支援を受けつつであるが、ハリプール新発電所を含むEGCB職員は必要な運営・維持管理の実施に求められる技術能力は有している。また、消耗品やスペアパーツの入手に時間とコストがかかる点は指摘されているものの、LTSAを通じて適切に実施されており、発電所の稼働に深刻な影響を与える懸念事項はないといえる。

3.4.3 運営・維持管理の財務

表8に記載のとおり、EGCBの過去3年の収支は増加傾向にある。販売高も年々増加していることから安定的に料金収入が得られていると考えられる。主要な財務指標（表9参照）に関しても、債務返済能力、財務的持続性、収益性ともに安定しており、財務状況は概ね健全といえる。

表8 EGCBの収支状況

(単位：百万タカ)

	2017/18年	2018/19年	2019/20年
収入			
電力販売高	8,340	9,353	11,786
他の営業収入	689	590	727
収入合計	9,029	9,943	12,513
支出			
売上原価	5,954	6,982	8,854
事務管理	279	226	232
財務費用	793	740	782
為替差損益	103	21	(2)
その他	95	99	132
支出合計	7,224	8,068	10,000
税引き前利益	1,805	1,875	2,513
税引き後利益	1,751	1,816	2,439

出所：EGCB Annual Report 各年版

表 9 EGCB の主要な財務情報

		2017/18 年	2018/19 年	2019/20 年
債務返済能力	1.流動比率(%)	1.30	1.38	1.43
	2.負債資本比率 (%)	4.12	3.74	3.47
	3. デットサービスカバーレッジレシオ(%)	1.50	1.22	1.24
財務的持続性	4.資本資産比率 (%)	0.17	0.18	0.19
収益性	5.営業利益率 (%)	29.00	5.99	4.75
	6.総資産利益率 (ROA) (%)	2.13	2.15	2.69
	7.資本利益率(ROE) (%)	12.90	12.12	14.01

出所：EGCB Annual Report 各年版

ハリプール新発電所の運営・維持管理額も過去 5 年分のデータから増加傾向が確認できる。なお、LTSA に係る契約費は運営・維持管理予算から支出されており、今後再契約となる場合も問題なく支出を計上することが可能である³⁰。ハリプール新発電所へのインタビューでも、運営・維持管理に係る必要な予算が配賦されていることが報告されており、運営・維持管理における財政面の懸念はない。

表 10 ハリプール新発電所の運営・維持管理費

(単位：百万タカ)

	2015/16 年	2016/17 年	2017/18 年	2018/19 年	2019/20 年
運営・維持管理費	2,184	3,554	3,689	3,522	4,488

出所：EGCB Annual Report 各年版

3.4.4 運営・維持管理の状況

本事業で整備されたガスコンバインドサイクル・付属施設の運営・維持管理状況に問題はなく、事後評価時の状況は概ね良好である点を、実施機関への質問票回答およびサイト視察を通じて確認した。

稼働開始後に、パイプラインを通じてガスが供給される際、金属粒が混入し、発電所の稼働を妨げる例や変圧器の電流の流れが悪く、出力の力率が良くない状況等も生じたが、いずれも既に解決済みであり、事後評価時の稼働率の高さからも発電所の稼働への影響は生じていないといえる。また、実施機関によれば、週次のメンテナンス計画に沿い、維持管理が行われており、マニュアルも適宜現場で活用されている。ただし、有効性に記載のとおり、設備の計画停止時間が目標値に満たない実績となっている。計画停止時間の目標値が高い設定である可能性はあるものの、いずれにしても 0 時間の年もある点は、若干の懸念事項といえる。事後評価時点において、設備に深刻な問題は生じていない事が実施機関への確認およびサイト視察を

³⁰ 出所：EGCB へのインタビュー

通じて確認されているものの、今後あらためて定期メンテナンスの計画を確認の上、適切な実施が必要といえる。

なお、「3.4.2 運営・維持管理の技術」に記載の通り、本事業のコンサルティング・サービスを通じて、EGCB およびハリプール新発電所の技術者は、新たに導入されたコンバインドサイクル発電の仕組み、運営・維持管理活動につき OJT を通じて学んでおり、その経験が事業完了後の実際の運営・維持管理で活かされている。また、LTSA は施設建設 3 年後に契約を延長し、事後評価時においても LTSA の支援を受けつつ必要なスペアパーツや消耗品の調達が問題なく行われている。

以上より、本事業の運営・維持管理は制度・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。

4. 結論および提言・教訓

4.1 結論

本事業は、ナラヤングンジ市ハリプール地区において、新規火力（コンバインドサイクル）発電所を建設するとともに、発電所全体の運営体制の強化および効率化を支援することにより、電力需要増への対応を図り、もって産業競争力の強化および民生の向上に寄与することを目的に実施された。

新規発電所の建設を通じて電力需要増への対応を図った本事業は、増加を続ける電力需要を満たすための発電量の拡大とエネルギー効率の改善を重視してきたバングラデシュの開発政策、電力供給量を確保するための設備の増設に向けた開発ニーズ、電力インフラを持続的成長のための重点分野と位置付けていた日本の援助政策に合致しており、妥当性は高い。本事業は、事業費は計画内に収まったものの、コンサル選定・契約の遅延や政情不安による建設工事への影響、ガスタービンの破損の発生により、事業期間が計画を大幅に上回ったことから、効率性は中程度である。事業効果については、稼働開始後の一定期間に機械故障による発電停止が生じたが、最大出力、設備利用率、稼働率、所内負荷率、発電端熱効率、送電端発電電力量はいずれも目標値に達した。また、発電所近隣の地域において安定した電力供給による工場や市場での停電の減少が、収益の向上や雇用の促進といった地域経済の向上に貢献するとともに、一般家庭においても生活の利便性の向上に繋がっている。女性の雇用や所得促進活動への参画といったインパクトも確認されており、有効性・インパクトは高い。運営・維持管理については、制度・体制、技術、財務、維持管理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。

以上より、本事業の評価は非常に高いと評価される。

4.2 提言

4.2.1 実施機関への提言

本事業では、運用効果指標に設定された計画停止に伴う停止時間が計画時間 1,200 時間に対し、実績は 324 時間となった。類似事業と比較し審査時に設定された本事業の目標値が高い可能性はあるものの、停止時間が 0 時間の年もある点は若干の懸念事項といえる。事後評価時に、設備に深刻な問題は生じていない事が実施機関への確認およびサイト視察を通じて確認されているものの、EGCB は今後あらためて定期メンテナンスの計画を見直したうえで、計画に沿った適切な実施を行う必要がある。

4.2.2 JICA への提言

なし

4.3 教訓

運営・維持管理に係る長期的なサポートによる持続性の確保

本事業で建設した発電所は、ガスコンバインドサイクル発電であり、それまでバングラデッシュで普及していた単純ガス火力発電所よりも高度な運営・維持管理能力を要する。本事業では、発電所建設中に製造メーカーが OJT の形式で新発電所の運営・維持管理活動を指導し、施設完成後にも LTSA を通じてスペアパーツ調達の確保を行うなど、新発電所の運営・維持管理担当者は必要に応じた支援を受けることが可能であった。その結果、事後評価時点まで、適切な維持管理が継続されている。本事業のように、これまで対象国で普及してきた施設・機材よりも高度な能力や対応が運営・維持管理に求められる場合には、実施中・実施後も一定期間の運用・維持管理の支援を継続することが適切な運営・維持管理活動の継続に有効である。

コンサルタント選定に係る入札期間の設定

本事業では、事業期間が計画比 157%と計画を大幅に上回った。主な要因の一つに、コンサルタント選定に係る入札・契約の遅延が挙げられる。同遅延は事業管理上の問題ではあるが、実施機関によれば、EOI と RFP の 2 つのプロセスによる入札プロセスでは契約に至るまでの作業に多くの時間を要するため、本事業に限らず同国では入札期間の遅延が事業の遅延に繋がるケースが散見されている。また、一般的にも、有償資金協力事業では、入札の遅延が事業期間の延期の要因となっている例が非常に多い。今後、同国の事業形成に際し、案件形成にかかわる担当者や実施機関は、過去の案件で入札プロセスに要した時間を検証した上で、同プロセスに要する期間として現実的な設定を行い、また、事業実施中においても、入札プロセスの迅速な実施に努める等、入札に係る事業遅延の軽減を検討することが望ましい。

以上

主要計画/実績比較

項目	計画	実績
①アウトプット		
ガスコンバインドサイクルの建設	1) 360MW ガスコンバインドサイクルおよび附属施設の建設 2) 長期メンテナンスサービスの契約 3) 発電所建設予定地にある既存変電所の移設および解体 4) ガス供給のためのパイプライン建設	1) 412MW ガスコンバインドサイクルおよび附属施設の建設 2) 計画どおり 3) 計画どおり 4) 計画どおり
コンサルティング・サービス	5) エンジニアリングサービス コンサルタント ・発電所建設および変電所移設に係る詳細設計、調達支援、施工管理（HIV/エイズ対策を含む） ・LTSAに係る入札・契約交渉支援 6) 組織強化コンサルタント ・本事業対象の新規発電所、既設発電所につき独立採算制である事業本部制 SBU の導入、運営維持管理体制構築・活性化支援	5) 計画どおり 6) 新規発電所のみを対象に実施（既存発電所は本事業の対象外）
②期間	2007年10月～2015年9月 (96カ月)	2007年12月～2020年6月 (151カ月)
③事業費		
外貨	34,976 百万円	37,193 百万円
内貨	19,433 百万円	883 百万円
	(11,706 百万タカ)	(664 百万タカ)
合計	54,409 百万円	43,690 百万円
うち円借款分	34,976 百万円	38,076 百万円
換算レート	1タカ = 1.66円 (2006年9月時点)	1タカ = 1.33円 (2007年12月～2020年6月平均)
④貸付完了		
	2013年 3月 (I)	
	2018年 6月 (II)	

以上