

モンゴル

2024年度外部事後評価報告書

円借款「ウランバートル第4火力発電所効率化事業」

外部評価者：オクタヴィアジャパン株式会社 稲澤 健一

0. 要旨

本事業は、モンゴル最大の発電容量を持つ第4火力発電所においてタービン调速機²、制御システム、微粉炭機³ローラの更新、煤吹機（スーツブロウ）⁴等の関連設備の新設・更新を通じて、発電効率の向上及び電力供給の安定化を図り、もって同国の社会・経済の安定的成長に資するものであった。妥当性に関して、本事業では「開発政策との整合性」「開発ニーズとの整合性」が確認できる。整合性に関して、「日本の開発協力方針との整合性」に整合している。「内的整合性」及び「外的整合性」は具体的な連携や相乗効果が確認できなかった。以上より、妥当性・整合性は高い。事業費及び事業期間は計画内に収まったため、効率性は非常に高い。有効性について、定量的効果指標の実績値は目標値を達成している。インパクトに関して、本事業はウランバートル市を中心に電力供給の安定化及び社会経済の促進に貢献している。したがって、有効性・インパクトは高い。持続性に関して、政策・制度面、組織・体制面、技術面、財務面、環境社会配慮、リスクへの対応、運営・維持管理状況に特段懸念はない。したがって、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いえる。

¹ モンゴルは南側を中国、北側をロシアと国境をそれぞれ接する内陸国である。輸入の約 65%を中国とロシア（内訳：中国は 35%、ロシアは 30%）が占め、輸出の約 85%を中国が占めており、隣接国との経済的結びつきが強い。うち、輸出の約 84%は鉱産物（金、銀、銅、石炭、非鉄金属等。2022年データ、出所はモンゴル統計局）である。日本の約 4 倍の面積に人口約 350 万人が居住する（2023 年データ、出所はモンゴル統計局）。総人口の約半数が首都ウランバートル市に居住している。

² 回転などの運動の速度を自律的に調整する機器

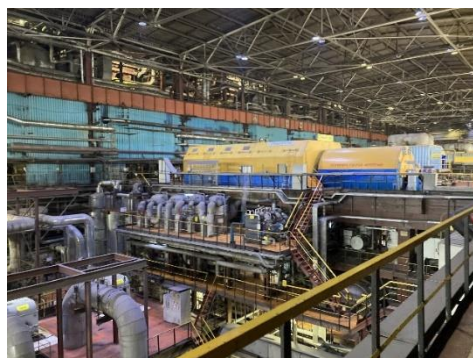
³ 直接燃焼方式で石炭を燃焼させるために微粉にし、粉碎する装置。微粉にすると燃焼効率は高まる。

⁴ 圧縮空気や蒸気をボイラーなど伝熱管に吹付け、伝熱管表面に付着・堆積するダストを除去する装置。石炭が燃えると煤が発生する際に、ボイラー内に煤が付着する。火力発電設備では、燃料を燃やし熱で水を加熱し蒸気を発生させるが、伝熱面に煤が付着すると熱の伝わりが悪くなり効率が落ちる。温度差による金属疲労も生じる。煤吹機を用いて圧縮空気や蒸気を噴射することで煤を落とし、熱伝導の効率を高めることが可能である。また、作業員の安全面にも寄与する。

1. 事業の概要



事業位置図（出典：JICA）



第4火力発電所内の蒸気タービン・発電機（出典：評価者撮影）

1.1 事業の背景

モンゴルは豊富な鉱物資源の開発に牽引される経済発展が顕著である。本事業開始前、同国では経済発展に伴い電力需要が大きく伸び、将来はウランバートル市を管轄する中央電力系統⁵において年率6～7%の伸び率が見込まれていた。同国では電力需要の約80%が石炭火力発電により賄われており、国内で安価に入手可能な石炭を燃料とする火力発電所の役割は非常に大きい。同国最大の熱併給発電所である第4火力発電所は1983年に旧ソ連の支援により稼働を開始し、約30年を経て施設の老朽化等に伴う発電効率の低下、タービンの計画外停止等による不安定な電力供給等に直面していた。同発電所運営の効率化、電力供給の安定化は喫緊の課題であった。かかる背景の下、同国政府は我が国に融資支援を要請した⁶。

1.2 事業の概要

モンゴル最大の発電容量を持つ第4火力発電所において関連設備を新設・更新することにより、同発電所の発電効率の向上及び電力供給の安定化を図り、もって同国の社会・経済の安定的成長に寄与する。

円借款承諾額/実行額	4,201 百万円 / 4,170 百万円
交換公文締結/借款契約調印	2013 年 11 月 15 日 / 2013 年 11 月 15 日
借款契約条件	本体（改修工事部分）： 金利 0.3% 返済 40 年（うち据置 10 年）

⁵ モンゴルでは東部電力系統、西部電力系統、中央電力系統の 3 つの系統より構成される。首都ウランバートル市は中央電力系統の管轄下にある。本事業開始前、全国の発電容量 856MW のうち、814MW が中央電力系統に存在していた。（出所：JICA 資料）

⁶ 1992 年以降、我が国は第 4 火力発電所に対し、円借款・無償・技術協力を通じて電力・熱（温水）の安定供給を目的に支援している。主に、石炭供給装置、集塵装置、熱（温水）供給装置、ボイラー制御装置等の改良・更新に支援している。本事業も電力の安定供給とエネルギーの安全保障確保に資するものである。

	調達条件 一般アンタイド コンサルタント部分： 金利 0.01% 返済 40年（うち据置10年） 調達条件 一般アンタイド
借入人/実施機関	モンゴル国政府／第4火力発電所
事業完成	2023年3月
事業対象地域	第4火力発電所（ウランバートル市近郊）
本体契約（10億円以上のみ記載）	電源開発株式会社（日本）
コンサルタント契約（1億円以上のみ記載）	横河電機株式会社（日本）、三菱日立パワーシステムズ株式会社（日本）・MCS International LLC.（モンゴル）（JV）
関連調査（フィージビリティ・スタディ：F/S）等	JICAによる協力準備調査（2012年12月）
関連事業	<p>【円借款】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・「ウランバートル第4火力発電所改修事業（I）⁷」（借款契約調印は1995年） ・「ウランバートル第4火力発電所改修事業（II）⁸」（借款契約調印は2001年） <p>【無償資金協力】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・「ウランバートル第4火力発電所改修計画⁹」（1992年） ・「第2次ウランバートル第4火力発電所改修計画」（1996年） <p>【技術協力】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・長期専門家、シニアボランティア派遣¹⁰（1995年～2013年） ・「ウランバートル市大気汚染対策能力強化プロジェクト・フェーズ2」（2013年～2017年） ・「ウランバートル市大気汚染対策能力強化プロジェクト・フェーズ3」（2018年～2024年） <p>【その他国際機関、援助機関等】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・世界銀行「エネルギーセクタープロジェクト¹¹」（2001年） ・KfWによる融資事業（第4火力発電所において負荷運転タービン圧縮器管洗浄システム及び冷却水ろ過システムの設置、逆浸透法ボイラー給水処理プラントの設置、ボイラー給水ポンプの供給に関する融資支援） ・チェコ政府による第4火力発電所の水浄化装置の自動制御システム導入への支援（本事業開始時に実施）

⁷ 微粉炭燃焼システムの改良、ボイラー制御装置の取替、火炉管、過熱器管の取替等が行われた（ボイラー1～4号機を対象に実施）。

⁸ ボイラー5号機～8号機を対象に上記同様の改良・取替等が行われた。

⁹ 微粉炭供給システムの改善、灰処理システムの詰まり対策等が行われた。後続の無償案件である「第2次ウランバートル第4火力発電所改修計画」では温水供給設備の改修等が行われた。

¹⁰ 主に、電力供給、発電所の修理・改造に関する指導、保守管理、微粉炭ボイラー燃焼改善、経営資源管理等への支援が行われた。

¹¹ ウランバートル配電公社による9県の配電ロス削減などを支援、ウランバートル市内のゲル地区の配電線の更新や時間帯別電力量計の設置等が行われた。

2. 調査の概要

2. 1 外部評価者

稲澤 健一（オクタヴィアジャパン株式会社）

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：2024年11月～2026年2月

現地調査：2025年3月22日～4月4日、2025年9月1日～6日

3. 評価結果（レーティング：A¹²）

3.1 妥当性・整合性（レーティング：③¹³）

3.1.1 妥当性（レーティング：③）

3.1.1.1 開発政策との整合性

本事業開始前、モンゴル政府は「国家開発戦略」（2006年）を策定し、その中で資源外交による海外からの援助や投資の呼び込みを重要視していた。社会・経済開発の推進により、2021年までの15年間において年率14%の経済成長達成を見込んでいた。その達成のため、同政府は経済基盤インフラの整備方針として、「エネルギー部門の効率向上と供給信頼度の確保」を優先事業のひとつに掲げていた。また同政府は、2012年9月に「政府行動計画」（2012年～2016年）を国会で承認し、産業化政策推進のために優先事業10項目を掲げ、ウランバートル市における電気・熱供給インフラの更新の必要性を掲げていた。

事後評価時、モンゴル政府は社会主義から民主主義への体制移行からの30年を踏まえて長期開発政策「Vision 2050」を策定¹⁴し、社会的・経済的発展の追求を提唱している。また同政府は、中期計画「新再生政策」を策定し、COVID-19からの再生として、社会経済への負の影響の排除、困難の克服や課題解決を目指している。6つの課題・項目を掲げ、そのうちの「エネルギー分野の再生」の項目では、老朽化した火力発電所の更新や送電網の整備方針を示している。加えて、同政府は2030年までのエネルギーセクター中長期目標である「エネルギー国家政策¹⁵」を策定しており、その中でエネルギー安全保障を構築し、電力セクターの持続可能性の確保に取り組む方針を示している。

以上より、事業開始前及び事後評価時においてモンゴル政府は老朽化した火力発電所の更新や送電網の整備方針を示し、エネルギー安全保障構築の必要性を示している。したがって、国家計画、セクター計画等において政策・施策との整合性が認められる。

¹² A：「非常に高い」、B：「高い」、C：「一部課題がある」、D：「低い」

¹³ ④：「非常に高い」、③：「高い」、②：「やや低い」、①：「低い」

¹⁴ 2020年5月に策定

¹⁵ 2015年にモンゴル国会で承認

3.1.1.2 開発ニーズとの整合性

本事業開始前、モンゴルでは好調な経済成長に牽引される形で電力需要が伸び、将来はウランバートル市を含む中央電力系統において年率6～7%の電力需要増加¹⁶が見込まれていた。同国では石炭火力発電が主力である。第4火力発電所は同国最大規模を誇る熱併給発電所であり、1983年に旧ソ連の支援により稼働を開始した。その一方、約30年を経て施設の老朽化等に伴う発電効率の低下、タービンの計画外停止等による不安定な電力供給等に直面していたため、同発電所運営の効率化、電力供給の安定化は喫緊の課題であった。

事後評価時、モンゴルの電力生産量は85億2,827万kWh（2023年）に達し、前年比で3億4,970万kWhの増加（4.3%）を記録している。近年、第4火力発電所、ダルハン火力発電所、エルデネット火力発電所の発電容量の増設事業が行われ、国家全体の総発電容量¹⁷は2015年以降で159MW増えている。同国では気温がマイナス30度まで低下する冬季に発電施設はフル稼働している。第4火力発電所によると、近年の熱電併給システムに限ると消費量は年平均7～8%で増加している¹⁸。発電容量が増えなければ、冬季の電力供給に支障が生じる可能性を示唆している。その上で、同発電所の電力生産効率を高めること、電力供給の安定化に取り組むこと、送配電網を含む電力インフラ施設の老朽化に対処することが喫緊の課題と示唆している。なお、モンゴルの石炭埋蔵量に関して供給余力に懸念はない。バガヌール炭鉱とシベオボ炭鉱において豊富な埋蔵量が確認されている。直近の残存埋蔵量は前者が7億5,900万トン、後者が27億870万トンである。年間発掘量はそれぞれ400万、200万トンである。発電所運営における供給余力は十分である。

以上より、事業開始前及び事後評価時においてモンゴルでは安定した電力の確保が至上命題である。電力生産効率を高め、安定的な電力供給実現に関するニーズは高い。したがって、開発ニーズとの整合性は認められる。

3.1.1.3 事業計画やアプローチ等の適切さ

本事業の計画及び方針・アプローチ・事業効果にかかる公平性の担保において問題はなかった。

3.1.2 整合性（レーティング：②）

3.1.2.1 日本の開発協力量針との整合性

JICAは「モンゴル国 JICA 国別分析ペーパー」（2011年6月）を策定し、その中で「インフラ整備と都市計画・管理能力の向上」を重点課題に掲げていた。また、本邦外務省は「対モンゴル国国別開発協力量針」（2012年5月）を策定し、開発課題のひとつにウランバ

¹⁶ 出所は ADB “Mongolia: Ulaanbaatar Low Carbon Energy Supply Project Using a public-Private Partnership Model”（2011）及び JICA 資料

¹⁷ 事後評価時における総発電容量は 1,664MW である（出所：第 4 火力発電所）。石炭火力発電が 7 割以上を占める。

¹⁸ 熱電併給システム以外の消費量に係る情報は調査を通じて得られていないため、ここでは他の消費量については言及しない。

ートル市都市機能強化を掲げ、持続可能な経済成長への支援を明記していた。

本事業は、第 4 火力発電所において関連設備を新設・更新し、発電効率の向上と電力供給の安定化、同国の経済成長への支援を企図するものであり、「モンゴル国 JICA 国別分析ペーパー」や「対モンゴル国国別開発協力方針」に示されている課題等への対応と合致している。したがって、日本の援助政策としての整合性が認められる。

3.1.2.2 内的整合性

本事業とほぼ同時期に、排出ガスの抑制を目的とした技術協力プロジェクト「ウランバートル市大気汚染対策能力強化プロジェクト・フェーズ 2」（協力期間は 2013 年 12 月～2017 年 6 月）が実施された。同プロジェクトでは、第 4 火力発電所の蒸気発生装置（ボイラー）から排出される大気汚染物質を分析するための定置型の監視分析装置が導入・据付された¹⁹。同発電所にかかる技術協力プロジェクトにおいて大気汚染対策に関する能力強化に取り組み、大気汚染物質のモニタリング手法など必要な運用手法や知識を習得し、本事業対象である蒸気発生装置（ボイラー）から大気中に放出される汚染物質量を監視している。これは、本事業実施と同時期に大気汚染物質のモニタリング能力の強化を目指したといえるが、事業関係者へのヒアリング等を通じて両事業に実施による具体的な相乗効果の発現は確認できなかった。両事業はそれぞれの目的を追求する相互補完的關係であったといえる。

3.1.2.3 外的整合性

本事業開始前までに、世界銀行はウランバートル配電公社が担う配電事業における配電ロス削減に支援を行っていた。ADB は熱供給分野に対する支援を通じて、熱供給網の改修や計量メーターの設置、地方の熱併給施設・システムの整備等に取り組み、熱併給システムにより生産される熱（温水）に伴う温室効果ガスの排出や公害問題への対策、低所得コミュニティに対する電力供給サービスの強化等の課題に取り組んでいた。KfW は第 4 火力発電所において負荷運転タービン凝縮器管洗浄システム及び冷却水ろ過システムの設置、逆浸透法ボイラー給水処理プラントの設置、ボイラー給水ポンプの供給に関する融資支援を実施した。チェコ政府は同発電所の水浄化装置にかかる自動制御システム導入を支援していた。しかし、これらの組織による支援と本事業との間では具体的な連携や相乗効果が創出された実績はなかったことを実施機関への質問票やヒアリングにより確認した。

本事業の妥当性に関して、「開発計画との整合性」「開発ニーズとの整合性」は確認される。整合性に関して、「日本の開発協力方針との整合性」は整合している。「内的整合性」

¹⁹ 第 4 火力発電所ではボイラーのみ大気汚染物質排出の発生源である。同プロジェクトでは酸素測定分析機器（2 台）と粉塵濃度測定分析機器（1 台）を用いて窒素酸化物（NOx）、二酸化硫黄（SO₂）、一酸化炭素（CO）、二酸化炭素（CO₂）が計測された。分析装置製造会社技術社員が分析装置のテストと調整を目的としてモンゴルに来訪し、第 4 火力発電所側で操作・サービスを担当する職員向けに熱制御計器・自動化ワークショップを開催した。

と「外的整合性」は具体的な連携や相乗効果は確認できなかった。以上より、妥当性・整合性は高い。

3.2 効率性（レーティング：④）

3.2.1 アウトプット

本事業は第 4 火力発電所においてタービン及びボイラー関連設備の一部新設・更新を行うものであった。表 1 に本事業のアウトプット計画と実績を示す。

表 1：本事業のアウトプット計画と実績

審査時計画	実績
1) 土木工事、機器調達等の内容 ・タービン調速機 ・制御システムの更新 ・煤吹機（スーツブロワ）設置 ・微粉炭機ローラの更新	1) 土木工事、機器調達等の内容 ⇒計画どおり実施された。
2) コンサルティング・サービス ・詳細設計 ・入札書類作成、入札補助、入札評価及び契約の補助 ・施工監理	2) コンサルティング・サービス ⇒計画以上であった。（左記の内容に加えて、運営・維持管理支援、運営・維持管理職員への技術移転、トレーニングプログラム提供等が提供された）

出所：JICA 資料（審査時計画）、事業完了報告書・質問票回答（実績）

以下に事業アウトプット計画と実績の差異について説明する。

1) 土木工事、機器調達等の内容

本事業では、タービン調速機・制御システムの更新、煤吹機（スーツブロワ）の設置、微粉炭機ローラの更新が行われた。蒸気タービン・発電機 6 台を対象に調速機・制御システムの更新が行われた。煤吹機は全ボイラー（8 台）を対象に全自動かつ最新式のユニット 192 基が設置された²⁰。微粉炭機ローラ（写真 2）はボイラー 4 台を対象として高効率の発電や長寿命化を目的に 4 基設置された²¹。なお、第 4 火力発電所では本事業開始後の 2015

²⁰ 本事業開始前の状況として、ボイラー内の伝熱面への石炭灰の付着（スラッジング）が深刻であった。2 ヶ月程度連続運転をするとタービンの出力が低下し発電効率が低下していた。第 4 火力発電所では、緊急対策として過熱器下部などに蒸気を噴射して石炭灰を除去するとともに、簡易的なスーツブロワを一部設置して、石炭灰の堆積を防いでいた。また、電力需要の低い夜間に低負荷運転を行うことで石炭灰の温度を下げ、炉壁への付着を防いでいた。しかし、簡易的なスーツブロワでは煤吹き効果が十分ではなく、低負荷運転により重油の消費も多かった。このため本事業で調達するスーツブロワを過熱器部等に設置することで、ボイラーの炉壁に付着する石炭灰を減少させる必要があった。それにより発電効率が上がり、重油消費量が減少する効果も期待されていた。現場職員にインタビューを行ったところ、「本事業のスーツブロワの性能は高い。作業上の安全性は高まった」との意見が、また幹部からは「スーツブロワは高性能であるため、さらに発電効率を高めボイラー内での火力のムラをなくしている。将来、可能であれば追加で調達することを検討したい」といった意見も出た。

²¹ 2017 年、第 4 火力発電所のボイラー 5～8 号機に設置された。1～4 号機には旧型タイプのもものが引き続き設置されており、年に 1 度修理・交換が求められている。旧型（金属製）は摩耗が激しく、石炭を砕く際にばらつきが生じている（写真 3）。そのため、ボイラー内の火力や蒸気タービン・発電機の稼働にも多少の影響が生じている。その中で、本事業で調達された微粉炭機ローラ（セラミック製）の性能の高さを示す意見は多かった。

年3月に蒸気タービン・発電機を1台導入している²²。それにより、蒸気タービン・発電機は7台による運転体制となった。また、2019～2020年にかけて1～4号機のターボユニットを改修し出力が増強した（69MW増強）。事後評価時現在、ボイラー8台と蒸気タービン・発電機7台、出力は772MWの体制である。

2) コンサルティング・サービス

詳細設計、入札書類作成、入札補助、入札評価及び契約の補助、施工監理に加えて、運営・維持管理支援、運営・維持管理職員への技術移転、トレーニングが提供された。これは、将来に亘り安定的な発電所運転が実現するよう、日本側コンサルタントから第4火力発電所に対して提案されたためである。



写真1: 煤吹機（スーツブロワ）（全自動式）
（出所：評価者撮影）



写真2: 微粉炭機ローラ（セラミック製）
（出所：評価者撮影）



写真3: 旧型（金属製）の微粉炭機
（摩耗状態を示す。年1回、修理・再利用されている）（出所：評価者撮影）

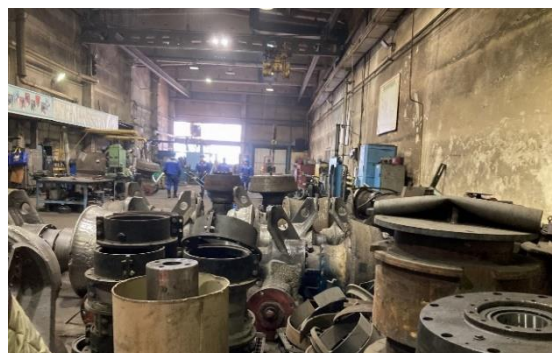


写真4: 第4火力発電所内の修理工房
（出所：評価者撮影）

²² モンゴル開発銀行（政府系金融機関）の融資による導入。

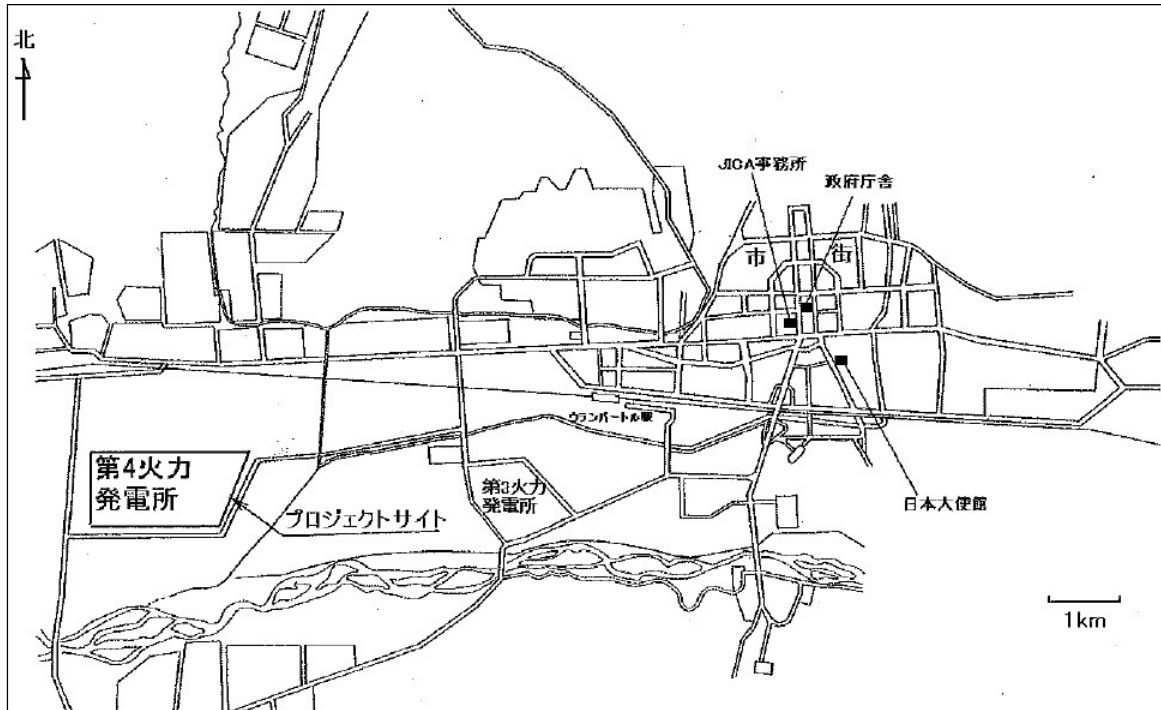


図 1: プロジェクトサイト位置図²³ (出典: JICA 資料)

3.2.2 インプット

3.2.2.1 事業費

審査時の計画では総事業費 5,035 百万円 (うち円借款対象は 4,201 百万円) であったのに対し、実績額総額は 4,262 百万円 (うち円借款対象は 4,170 百万円) であった。このうち、モンゴル側の負担想定であった管理費・実績額の詳細は確認できず、税金は免除されたが免税額が不明のため、モンゴル側の負担総額の特定は困難であった。したがって、事業費は円借款分のみで判断すると、対計画比で 99% であり、おおむね計画どおりであったといえる。

3.2.2.2 事業期間

審査時、事業期間は 2013 年 11 月～2020 年 6 月までの 6 年 10 カ月 (82 カ月) と計画されていた²⁴。一方、実績期間は 2013 年 11 月～2020 年 2 月の 6 年 4 カ月 (76 カ月) であった。

(対計画比約 93%)。資機材調達・据付工事は 2018 年 9 月に完了した一方で、4 号機タービンの関連機器は初動後に不具合が確認されたため、施工業者により 2019 年 2～5 月に確認・復旧対応が行われた。再検査と稼働確認を経て 2020 年 2 月に運転開始となった。

表 2 に事業期間の当初計画と実績を示す。

²³ 図中の JICA モンゴル事務所は事後評価時現在別の場所に移転している。

²⁴ 審査時、本事業の完成時期の定義は「導入機器の運転開始」とされていた。

表 2：事業期間の当初計画と実績

	当初計画	実績
(事業全体)	2013年11月～2020年6月 (82カ月)	2013年11月～2020年2月 (76カ月)
1) コンサルタント選 定	2014年1月～5月 (5カ月)	2013年11月～2015年1月 (15カ月)
2) コンサルティン グ・サービス	2014年6月～2020年6月 (72カ月)	2015年2月～2018年11月 (45カ月)
3) 入札・契約	2014年6月～2015年1月 (8カ月)	2015年5月～12月 (8カ月)
4) 資機材調達、据付 工事	2015年1月～2020年6月 (66カ月)	2016年1月～2020年2月 (50カ月)

出所：JICA 提供資料（当初計画）、事業完了報告書・質問票回答・ヒアリング（実績）

3. 2. 3 内部収益率（参考数値）

経済的内部収益率（EIRR）

「ロシアからの電力輸入等と比較した場合の費用削減効果」を便益、「事業費、運営・維持管理費」を費用、プロジェクトライフを 25 年とした経済的内部収益率（EIRR）の再計算値は 43.21 %となり、審査時の想定（26.8%）より高い値になった。その理由として、事後評価時の費用（事業費、運営・維持管理費）は審査時の算定より低かったこと²⁵、2013 年以降、本事業とは別に第 4 火力発電所では資機材の更新が行われ、使用する燃料使用量も抑えられ、便益が高まったこと等が挙げられる。

財務的内部収益率（FIRR）

「電力収入増等に伴う収入増」を便益、「事業費、運営・維持管理費」を費用、プロジェクトライフを 25 年とした財務的内部収益率（FIRR）の再計算値は 5.01%となり、審査時の想定（4.0%）を若干上回った。事業費と維持管理費は計画以内に収まり、3.3.1.1 定量的効果で説明するとおり電力生産量が増加傾向にあることが要因である。

本事業では、アウトプットは計画どおり実施され、事業費及び事業期間は計画内に収まった。以上より、効率性は非常に高い。

²⁵ 審査時（2012 年頃）、特に資機材の改修・更新費用は日本円で積算されていた一方、IRR 計算上では US ドルが用いられていた。2012 年当時は円高ドル安（1 ドル約 78 円）で、円⇒US ドル換算では相対的に大きな金額であった一方、実績金額は事業実施中の平均為替レートを用いた。平均レートは 1 ドル約 110 円である。IRR の計算上、影響は小さくない。

3. 3 有効性・インパクト²⁶（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）

審査時、本事業の効果として第 4 火力発電所の発電効率の向上及び電力供給の安定化が企図されていた。表 3 に本事業の定量的効果指標（基準値・目標値・実績値）を示す。

表 3：本事業の定量的効果指標（基準値・目標値・実績値）

指標名	基準値 *注	目標値 2022 年 【完成 2 年後】	実績値	
			2023 年 【完成 3 年後】	2024 年 【完成 4 年後】
1) ボイラー稼働率 (単位：%) ²⁷	73.6	74.9	81.1	100.9
2) タービン稼働率 (単位：%) ²⁸	77.1	80.5	85.2	90.9
3) 機械故障による ボイラー停止時間 (単位：時間/年)	1,245	1,132	596	676
4) 機械故障による タービン停止時間 (単位：時間/年)	1,267	967	556	371
5) 送電端発電量 (単位：GWh/年)	2,395	2,621	4,330	4,436

出所：JICA 資料（基準値・目標値）、事業完了報告書（2023 年実績値）、質問票回答及びヒアリング（2024 年実績値）

注：本事業開始前、各指標にかかる実績値は年毎の変動幅が大きかった。そのため、2007～2011 年の平均値が基準値とされていた。

本事業の目標値は事業完成 2 年後に設定されていた。本調査では、完成後 3 年目（2023 年）と 4 年目（2024 年）の実績値について、質問票やヒアリングにより確認した。以下のとおり、各指標の目標値と実績値について確認内容・分析を示す。

1) ボイラー稼働率

ボイラーは石炭を燃焼して高温高圧の蒸気を発生し、蒸気タービン・発電機に供給する装置である。ボイラー稼働率はボイラーで発生する蒸気消費量に基づいて計算される。表 3 のとおり、実績値は目標値を上回っている。第 4 火力発電所によると、①冬季は電力と熱

²⁶ 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。

²⁷ 審査時、年間稼働時間（ボイラー総数）/（24 時間×365 日×ボイラー総数）にて計算されていた。事後評価時、実績値の計算方法は確認できず、第 4 火力発電所の提出情報に基づく数値である点に留意する必要がある。

²⁸ 審査時、年間稼働時間（タービン総数）/（24 時間×365 日×タービン総数）にて計算されていた。事後評価時、実績値の計算方法は確認できず、第 4 火力発電所の提出情報に基づく数値である点に留意する必要がある。

(温水)の需要は高くなり²⁹、ボイラー8台と蒸気タービン・発電機7台が高出力・連続稼働していること、②審査時の目標値はモンゴル国内のバガヌール炭鉱とシベオボ炭鉱の石炭を混合させる場合の燃焼能力(450t/h)を用いて計算されていたが、完成後は相対的に良質なバガヌール炭鉱の石炭のみを用いて8台中6台で使用(この場合の燃焼能力は500t/h)していることを上回っている理由に挙げている³⁰。

2) タービン稼働率

実績値は目標値を上回っている。上述のとおり、冬季には電力と熱(温水)供給の需要が高い傾向にある中で第4火力発電所ではボイラー8台と蒸気タービン・発電機7台が高出力・連続稼働していることが要因である。また、本事業により蒸気タービン・発電機6台を対象に调速機・制御システムの更新が行われ、制御装置の信頼性の向上、運転監視性の向上、安定的な運転、職員による操作性向上が実現し、蒸気タービン・発電機が安定的に稼働していることも要因に挙げられる。

3) 機械故障によるボイラー停止時間

実績値は目標値を満たしている。本事業による微粉炭機ローラや煤吹機(スーツブロウ)の導入はボイラーの効率的な稼働に寄与し、故障時間が減少している³¹。稼働率の上昇に加え、機械故障による停止時間減少の結果、以下5)の送電端発電量(電力生産量)の増加にも寄与している。なお、2024年は前年より停止時間が若干増えている。これは、サーボモータの潤滑油漏れ、計器類プローブの交換等に対処したためである。

4) 機械故障によるタービン停止時間

実績値は目標値を満たしている。蒸気タービン・発電機において调速機・制御システムの更新が行われ、制御装置の信頼性や運転監視性が高まったことが要因である。機械故障によるタービン停止時間は減少している³²。

5) 送電端発電量

実績値は目標値を上回っている。その理由として、上述の機械故障によるボイラー及びタービン停止時間・回数の減少、そして稼働率向上が挙げられる。また、本事業開始前に

²⁹ ウランバートル市の冬季の気温はマイナス30度に達する日もある。市内の家屋やビルには発電所からの温水供給による暖房設備が設置されており屋内は暖かい。年間を通じて電力供給が行われることに加え、冬季は熱(温水)供給による暖房設備の運転が日常となっている。

³⁰ 実績値が100%以上となっている点について、第4火力発電所より詳細な計算式は得られなかったが、同発電所は「ボイラー稼働率のベース計算において初期稼働率として燃焼能力はやや低い値(燃焼能力:420t/h)を用いていた一方、本事業で調達・更新された微粉炭機ローラや煤吹機(スーツブロウ)がボイラーの安定的・効率的な稼働に想定以上に寄与し、その燃焼能力の高さは計算上、当初計算値を超過することを要因に挙げている。すなわち、本指標のボイラー稼働率を計算する際、初期稼働の燃焼能力420t/hをベースに用いて計算するが、ボイラー8台のうち石炭を混合させ使用している2台(5号機・6号機)は石炭を混合させる燃焼能力450t/h、他の6台の燃焼能力はバガヌール炭鉱のみの石炭を利用した燃焼能力500t/hであり、それぞれ燃焼状況・能力が異なることが要因となり、稼働率の計算上100%超過となったとの説明があった。

³¹ 第4火力発電所によると、審査時における目標値の設定(時間算定)は、各ボイラーの機器類の故障や修理によるダウンタイムの時間を基に算定したとのことである。また、微粉炭機ローラ(セラミック製)の品質・機能は審査時において見込みが立てられず、停止時間の設定(=目標値の設定)は困難であったことも述べている。

³² 第4火力発電所によると、審査時における目標値の設定(時間算定)は、各蒸気タービン・発電機の機器類の故障や修理によるダウンタイムの時間を基に算定したとのことである。

において蒸気タービン・発電機（6 台）を根拠として目標値が設定されていたが、3.2.1 効率性・アウトプットの項目にて述べたとおり、本事業開始後に第 4 火力発電所はタービン 1 台を新たに導入し、2019～2020 年に 1～4 号機の改修も行われた。その結果、発電容量が増えている³³。かかる経緯により送電端発電量（電力生産量）は増えている。なお、仮に 6 台体制であっても、ボイラー及びタービンの稼働率向上、停止時間の減少により当初目標値は超えることを第 4 火力発電所へのヒアリングにより確認した。加えて、仮に何らかの理由により同発電所のボイラー及びタービンが稼働停止に至る場合、電力需給の安定確保・供給のための電力の相互融通（他の発電所と電力融通）できる体制が構築されていることをヒアリングにより確認した。

3.3.1.2 定性的効果

審査時、定性的効果として発電効率の向上、電力供給の安定化、石炭及び低負荷運転のための重油使用量の削減等に伴う温室効果ガスの排出削減が期待されていた。本調査では、質問票や第 4 火力発電所へのヒアリング、統計情報を基に以下のとおり確認・分析を行った。

<発電効率の向上>

蒸気タービン・発電機の制御及び管理システムの更新（最新化）を通じて、発電タービン制御システムの故障による予期せぬタービン停止回数・時間の減少、自動運転化レベルの向上、発電タービンの起動・停止の自動制御化が可能となった。タービン稼働率は高まり、機械故障による停止時間も減少している。運転監視性の向上や職員による操作性向上も実現した結果、総じて発電効率を高める要因となっている。

<電力供給の安定化>

ボイラー 8 台と蒸気タービン・発電機 7 台を有する第 4 火力発電所は、モンゴル最大の発電所である。石炭を燃焼して発生した蒸気から総出力約 70 万 kW の電力と最大約 1,430Gcal/h の熱（温水）を供給している。全国の約 52%の電力消費量を満たし、約 55%の熱（温水）をウランバートル市に供給している。上述のとおり、完成後は機械故障による停止時間は減少傾向にあるが、その背景には蒸気タービン・発電機に調速機・制御システムの更新による制御装置の信頼性や運転監視性の向上等が挙げられる。それにより、電力供給の安定化と発電量の増加が実現している。

<石炭及び低負荷運転のための重油使用量の削減等に伴う温室効果ガスの排出削減>

第 4 火力発電所の平均燃料消費量を表 4 に示す。電力、熱（温水）の生産単位に必要な石炭量は事業実施前・完成後において減少していることが窺える。既出のとおり、同発電所の 5～8 号機に微粉炭機ローラ（セラミック製）が導入されたことにより、修理に要する時間に余裕ができた。石炭粉砕能力は高まり、石炭消費量も一定程度削減している。同発電所において、重油は蒸気・発電タービン始動時に限り使用される。機械故障による停止

³³ 審査時における第 4 火力発電所の発電容量は 580MW（ボイラー 8 台と蒸気タービン・発電機 6 台）であった。事後評価時における発電容量は 772MW（ボイラー 8 台と蒸気タービン・発電機 7 台）である。

時間が減少した結果、始動回数は減り、重油の使用回数・量も減少している。それにより、モンゴル全体の温室効果ガス排出削減に寄与していると推察される。第4火力発電所によると、本事業開始時～事後評価時（約10年間）において、同国国内の石炭と重油価格は2.5～3.3倍程度上昇している。環境負荷の低減状況（例：CO₂排出削減量）に関する正確なデータは入手できなかったが、調達された設備・機器類は同発電所の効率的な運転に寄与し、燃料購入費の抑制に結びついていると推察できる。

表4：第4火力発電所の平均燃料消費量

(単位：g/kWh)

	2012年（実施前）	2023年（完成後）
電力	298.831	271.95
熱（温水）	173.477	171.69

出所：第4火力発電所

以上の状況を踏まえると、本事業の果たした役割は小さくなく、当初の想定どおりの効果が発現していると判断できる。

3.3.2 インパクト

3.3.2.1 インパクトの発現状況

安定的な電力供給実現によるモンゴルの社会・経済の安定的成長への貢献

表5は本事業開始以降～直近年のウランバートル市のピーク需要時の電力供給状況、表6はウランバートル市の電力消費量、表7は全国の電気サービス契約者数を示す。

表5：ウランバートル市のピーク需要時の電力供給状況

(単位：MW)

2015年	2016年	2017年	2018年	2019年	2020年	2021年	2022年	2023年
965	975	1,016	1,117	1,153	1,303	1,424	1,469	1,636

出所：質問票回答

表6：ウランバートル市の電力消費量

(単位：千MWh)

2015年	2016年	2017年	2018年	2019年	2020年	2021年	2022年	2023年
4,010	4,105	4,347	4,789	5,017	5,103	5,854	6,195	6,666

出所：質問票回答

表7：全国の電気サービス契約者数

(単位：数)

2018年	2019年	2020年	2021年	2022年	2023年
685,237	718,696	737,397	752,205	812,110	871,089

出所：モンゴル電力規制委員会（2023年報告書）

2023年におけるモンゴル全体の総発電設備容量のうち、火力発電所は1,269MWを占め

ている。うち、第 4 火力発電所の発電能力は 772MW であり、国内最大規模である³⁴。表 5～7 のとおり、直近年（2023 年：事後評価時）に至るまで上昇傾向にあることが窺える。ウランバートル市の電力需要増加が要因であるが、モンゴルでは全人口の約半分が同市に居住し、事後評価時現在、地方から同市への流入も続いている。同首都圏を中心に生活インフラと社会成長を下支えする意味において第 4 火力発電所の発電能力は不可欠といえる。

経済成長に関する考察として、本事業開始以降における国内総生産額（GDP）とウランバートル市の域内生産額（GRDP）の推移を表 8 に示す。同様に大きな伸びが確認できる。本事業では蒸気タービン・発電機を対象に调速機・制御システムの更新が行われた。制御装置の信頼性の向上、運転監視性の向上、職員による操作性の向上が実現し、煤吹機（スーツブロワ）の設置や微粉炭機ローラの更新により、ボイラーの安定的・効率的な運転が実現した結果、首都圏地域の電力需要を満たしている。すなわち、第 4 火力発電所による安定的な電力供給は、同首都圏の経済成長を下支えするといえる。

（参考）表 8：国内総生産額（GDP）（上段）、ウランバートル市の域内生産額（GRDP）（下段）

（単位：10 億 MNT）

2015 年	2016 年	2017 年	2018 年	2019 年	2020 年	2021 年	2022 年	2023 年
22,894.8	23,931.3	28,010.7	32,582.6	37,839.2	37,453.3	43,555.5	53,851.5	70,441.5
14,704.1	15,725.8	18,262.6	21,765.8	25,217.0	24,187.8	27,444.3	33,851.1	46,877.3

出所：モンゴル統計局資料、質問票回答

参考情報：1 MNT=0.04307 円（2025 年 3 月 JICA 公表レート）

【発電事業と地域経済・社会への影響に関するインタビュー】

第 4 火力発電所で生産される電力や熱（温水）は主にウランバートル市に供給されている。本調査では同市の経済団体幹部（建設セクター）と小零細企業（ゲル地区）に対し、発電事業と地域経済・社会を取り巻く状況について簡易インタビュー調査を行った。以下は得られたコメントの一部である。

<経済団体幹部（建設セクター）>

- 「モンゴルの発電所は旧ソ連と関係が深い時代に建設された。第 4 火力発電所は旧ソ連製の車に日本が改良・更新して走っているようなものである。旺盛な電力需要を満たすため電力生産はフル稼働していると思う。いくら日本による改良・更新が優秀といっても、いつ不具合が出るか心配なときがある。仮に不具合が出て電力供給量が低下すると、我々の生命は脅かされる。社会経済への影響も計り知れない」
- 「冬季、月に 1-2 回程度は計画停電がある。その際、1 日に数時間、電力供給が止ま

³⁴ 残りはその他に分類される発電施設であるが小規模である。各火力発電所の容量は次のとおり：第 4 火力発電所（772MW）、第 3 火力発電所（186MW）、第 2 火力発電所（24MW）、エルデネト火力発電所（36MW）、ダルハン火力発電所（83MW）、ドルノド火力発電所（86MW）、ダランザドガド火力発電所（11MW）、エルデネト工業火力発電所（53MW）、ウハーフダグ火力発電所（18MW）。

る。我々建設業は納期があるが、計画停電により工事に遅れが出てしまう事態は時に感じることもある。冬季は気温の都合で基礎・コンクリート工事ができないため、仮に長期間、電力供給が滞るようなことがあると売上にも影響が大きい。安定的な電力供給は重要と考える」

<小零細企業（ゲル地区）>

- 「ゲル地区の住民の約 8 割はアパート（共同住宅）に住みたいと考えている。快適な住まいを選びたい。同地区の建物は断熱性が低く、熱（温水）供給がないことが理由である。政府は住宅供給数を増やす政策を推し進めるべきであるが、その余裕はなく熱（温水）供給管等を整備する余裕もないと思う」
- 「ゲル地区では夜間の電力料金はかからない³⁵。昼間の利用のみに賦課されている。電気サービスの制限は特にない。冬季は電気を熱源としたヒーター³⁶で暖を取っているが、ここ数年は電力料金が上昇傾向にあるため、生活費を圧迫し生活に影響が出ていると思う。昔は石炭を燃やして暖を取る人がいたが、最近は再び増えてきていると思う。その場合、大気への影響があると思う。ただし、石炭は昔に比べて煙が出ないような燃やし方になっている。以前は、煙が多いため道路上で前に走っている車が見えないこともあった」

以上のコメントを踏まえると、ゲル地区では電力料金が上昇傾向にあるため、住民の生活に影響がある様子がうかがえたが、第 4 火力発電所はウランバートル市における電力の安定供給に寄与していることは確認できた。本事業は直接的・間接的に同市の市民生活の安定・経済の安定的成長に資するものといえる。

3.3.2.2 その他、正負のインパクト

1) 環境へのインパクト

本事業は、「国際協力機構環境社会配慮ガイドライン」（2010 年 4 月公布）に掲げる火力発電セクターのうち大規模なものに該当せず、環境への望ましくない影響は重大でないと判断され、かつ、同ガイドラインに掲げる影響を及ぼしやすい特性及び影響を受けやすい地域に該当しないと判断された（カテゴリ B）。本事業に係る環境影響評価（EIA）報告書は、同国国内法上作成が義務付けられなかった。

本事業開始前、汚染対策として煤吹機（スーツブロワ）設置時に既設ボイラーに使用されているアスベストが飛散しないよう配慮することに加え、工事中に発生する廃棄物が適切に運搬・処理されるように十分な対策が施される予定であった³⁷。また、第 4 火力発電

³⁵ 低所得者・居住困難者層への政府の施策である。

³⁶ エアコンなどの空調機器ではない。

³⁷ 本事業対象の作業区画にアスベストを含む断熱材、保温材が使用されている箇所があった。同区画への関係者以外の立ち入りを禁止するほか、同区画を隔離養生材で囲み、作業中の外部へのアスベストの飛散防止や、同区画内作業者の保護具着用を義務付けるとともに、アスベスト含有材は専用回収袋に袋詰めし

所は工事中にアスベストの適正処理をモニタリングする方針であった。本調査では、第 4 火力発電所への質問票やヒアリングを通じて、かかる対策や定期的なモニタリングが行われたこと、重大な問題は生じなかったことを確認した。

事業実施中、環境面における負のインパクト（大気汚染、水質、騒音・振動、生態系への負の影響等）は発生していないことを、質問票及びヒアリングにより確認した。事業完成後も同様に発生していないこともヒアリング及び現地視察により確認した。

第 4 火力発電所の一部門である管理室が発電所全体の環境モニタリングを定期的に行っている。表 9 は、同発電所で計測されている主な環境モニタリング指標、モンゴル政府が定める環境基準（規制値）、同発電所周辺の実測値（2024 年最新データ）を示す。いずれの指標も環境基準内である。同発電所周辺には住宅は存在せず、大気汚染物質による影響、騒音・振動、健康被害といったことは発生していない。2023 年以前においても、実測値は政府の環境基準を超えたことはなかったとのことである。

表 9：第 4 火力発電所で計測されている主なモニタリング指標、実績値、環境基準

環境モニタリング指標	2024 年実測値	モンゴル政府の環境基準
NO _x (単位：g/s)	28.6	67 以下
SO ₂ (単位：g/s)	73.97	112.5 以下
CO (単位：g/s)	0.375	18.3 以下
揮発性浮遊物質 (単位：mg/Nm ³)	63.0	200 以下

出所：第 4 火力発電所、モンゴル環境規制値（MNS 5919：2008）³⁸

2) 住民移転・用地取得

第 4 火力発電所内においてタービン及びボイラー関連設備の一部新設・更新等が主たる事業コンポーネントであるため、住民移転・用地取得は発生しなかった。補償金等も発生しなかったことを確認した。

3) ジェンダー平等、公平な社会参加を阻害されている人々、社会的システムや規範、人々のウェルビーイング、人権

本事業は、モンゴルで最大の発電容量を持つ第 4 火力発電所において設備の新設・更新を行い、発電効率の向上や電力供給の安定化を図るものである。ジェンダーへの影響や平等の実現、社会システムの規範、人々のウェルビーイング・人権に関して、本事業が直接的に影響を及ぼしている具体的な事例は、質問票やヒアリング、現地視察を通じて確認できなかった。しかし、ウランバートル市近郊で電力供給体制を強化する本事業は、社会経済活動を下支えする存在といえる。安定的な電力供給により住民の生活基盤が整うことで、

て搬出し、専用の仮置き場を設ける対策が検討されていた。また、廃アスベスト廃棄物の運搬・処理方法として、専用の仮置き場から専門の産業廃棄物処理業者がトラックで搬出し、埋め立て廃棄が予定されていた。

³⁸ 2008 年 12 月 23 日決議第 53 号により国会で可決。以降、この環境基準（規制値）が適用されている。

住民は労働意欲を高め、所得を得る機会も増える。企業は安定的な電力供給により収益安定性の機会を享受し、雇用強化にも取り組むこともできる。それにより、広く平等に多くの人々や地域社会に恩恵をもたらすものである。すなわち、人々は生き方における選択肢を広げ、ウェルビーイングの向上につながるような事象も生み出す可能性がある。本事業は、そうした社会的価値の創出に寄与する一助となっていると考えられる。

本事業の実施により期待されたアウトカムやインパクトはおおむね計画どおりに達成され、長期的にも社会（人権やジェンダー平等を含む）、環境面や経済面でマイナスのインパクトはほとんどないといえる。以上より、本事業の実施により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。



写真 5：第 4 火力発電所の全景
（出典：評価者撮影）



写真 6：第 4 火力発電所から市内に供給する熱（温水）管（出典：評価者撮影）

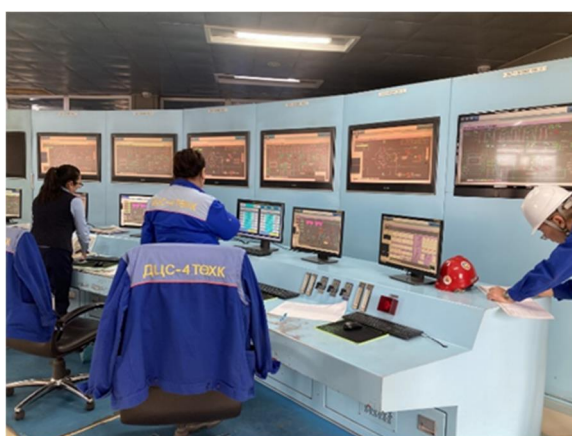


写真 7：第 4 火力発電所内の管理制御室
（出典：評価者撮影）



写真 8：蒸気タービン・発電機の稼働確認用電子機器（出典：評価者撮影）

3.4 持続性（レーティング：③）

3.4.1 政策・制度

モンゴル政府が策定した「新再生政策」において、6つの課題のうち、「エネルギー分野の再生」では老朽化した火力発電所の更新や送電網の整備方針が示されている。同様に策定した「エネルギー国家政策」では、エネルギー安全保障の構築を通じて、電力セクターの持続可能性確保への取り組みが提唱されている。これは、事後評価時においても同国政府の政策や方向性に合致するものといえる。

3.4.2 組織・体制

実施機関は第4火力発電所である。モンゴル政府決議第335号（2018年10月31日付）によると、エネルギー部門の国有企業の株式の70パーセントはエネルギー省が所有し、30パーセントは国家財産政策規制省が所有する。第4火力発電所もこれに該当する。両省は、株式割合に応じて当社の取締役会に参画し、同発電所は取締役会により監督を受ける³⁹。

第4火力発電所の総職員数は1,489人である。このうち、運営職員は525名、維持管理・保守業務を担う職員は679名である。質問票、ヒアリングを通じて、タービン调速機・制御システム、煤吹機（スーツブロウ）、微粉炭機ローラ等の維持管理業務を担っている職員数は必要十分であると見受けられた。同発電所によると、職員数は充足し今後の見通しも問題はないとコメントしている。

主要な運営・維持管理業務は、タービン調整システム機器の油圧部品の維持管理・点検、煤吹機（スーツブロウ）の電気制御回路等の保守点検・調整、シリコン分析計、塩分計、pH計の動作、サンプルライン、バルブ状態等の確認である⁴⁰。水蒸気漏れの有無の検査、必要に応じた修理・調整、微粉炭機ローラ等の計測・制御のほか、定期的なモニタリング、故障・不具合が生じた場合の修復業務も行う体制が構築されている。

以上より、本事業の運営・維持管理の体制面には特に問題はないと判断される。

3.4.3 技術

第4火力発電所には運営・維持管理の経験が豊富な職員が多く配属されている⁴¹。業務経験が豊富な職員の指導の下、運営・維持管理職員向けに継続的な研修（技術、理論、実地）も行われている。一例として、溶接工の能力開発、回転機構の振動原因の診断方法に関する研修、昇降機構のオペレーターの専門ライセンス取得、安全性・責任性を養う研修、電気技術系の研修、事故や危険の作業・技術的ミスを防ぐための研修、健康管理研修など幅

³⁹ エネルギー省は定期的に第4火力発電所施設内の視察を通じて監督を行っている。同省幹部によると、「第4火力発電所の職員は、他の発電所に比べても優秀な人材が揃っている。他の発電所にとって模範となる」と述べている。

⁴⁰ 蒸気タービン・発電機の一部の保守・維持管理について、第4火力発電所は外部委託先と年間契約を交わし、遠隔サポートを含め維持管理を行う体制が構築されている。

⁴¹ 2024年現在の勤続年数の割合は、0～5年が約37%、6～10年が約14%、11～15年が約13%、16～20年が約12%、21年以上が約24%である。平均年齢は約38歳である。

広いテーマの内容が開講されている。質問票やヒアリングを通じて、多くの職員が研修に参加していることを確認した⁴²。また、新規入職者は OJT 研修を通じていち早く業務に関する経験・知識を習得する機会があることも確認した。

タービン調速機・制御システム、煤吹機（スーツブロワ）、微粉炭機ローラの操作説明書やガイドラインは保管されている。維持管理職員は手順や指示に従っている。同職員は機器類やトラブルを理解し、不具合への対応を円滑に行えるよう業務能力を身につけていることを質問票やヒアリングにより確認した。

以上より、本事業の運営・維持管理に係る技術レベルに特段問題はないと判断される。

3.4.4 財務

表 10 にタービン調速機、制御システムに係る発電施設運営・維持管理に要する予算額・実績（直近 3 カ年）を示す。第 4 火力発電所は、「毎年、発電設備や機器類の状況を点検し、その状況に見合った管理計画を作成し、保守や修理を行っている」と述べている。2023 年はサーボモータの交換（2 台）に多額の費用を要したが、2024 年は顕著な支出は発生しなかった。同発電所によると、運営・維持管理に要する予算は必要に応じて割り当てし、過不足なく支出する方針を続けるとのことである。

微粉炭機ローラについて、本事業実施中（2017 年）に施工業者により納入された。その後、2024 年に調達・交換が行われた。つまり、約 7 年間稼働し、再度調達・交換時期を迎えたことになる。第 4 火力発電所によると、「当初、微粉炭機ローラは稼働後 16,000 時間（約 2 年強）で交換を想定していた。しかし、品質・機能性が高く長期間の使用に耐えることが判明し、2024 年まで使用した。2024 年は単年の支出額としては大きいですが、稼働 7 年分の総費用と考える。今後も定期的交換が想定されるが長期間の品質には信頼を置いている」と述べている⁴³。

⁴² 第 4 火力発電所は、国内他の発電所からの要請に応じて専門的な助言、研修・トレーニング、技術支援を提供している。一例として、国内の他の発電所（ダランザドガドとブルルジュート火力発電所）の技術職員向けに研修・訓練の場を提供している。具体的には、ポンプユニットと回転機構シャフトにかかる修理やバランス調整、電気系をはじめとするトラブルシューティング、DC インバーターの検査・診断方法などである。また、国内の大学生（工学分野）に実践的な職場経験を得る機会を企業の社会的責任として提供している。

⁴³ 表 10 内の 4,485,088 千 MNT は、①据付後 2~4 年目に積算していた交換・修繕予算を翌年以降に繰り越したこと、②第 4 火力発電所は「交換は 1 年と少し前（2022 年頃）より想定していた」と言及している。その観点から、予め大がかりな予算編成に着手していたと推察され、財務面に問題がない証左といえる。

表 10：本事業のアウトプットに係る運営・維持管理予算及び実績額（直近3カ年）
（単位：千 MNT）

	2022年	2023年	2024年
タービン制御、調速機システムに係る予算額	129,001	282,829	82,251
上記の実績額	126,398	244,433	90,473
微粉炭機ローラの調達・交換費用（実績額）	-	-	4,485,088

出所：質問票回答

参考情報：1 MNT=0.04307 円（2025年3月 JICA 公表レート）

参考として、表 11 に第 4 火力発電所の損益計算書（P/L）を示す。2022 年と 2024 年の最終損益は赤字である。2022 年に関しては、2012～2015 年にモンゴル開発銀行の融資を受けて蒸気タービン・発電機の交換を行い、同年はその返済が大きかったことが要因である。同行の方針により第 4 火力発電所はユーロで借入れを行い、2022 年は為替差損（MNT 安・ユーロ高）が生じたことも影響している。また、原価（コスト）が高いが、電力料金収入（卸売価格）が大きくないことも要因である。2024 年も同様に売上より原価が大きい。電力料金水準が低く抑えられていることで収益が改善されず、税引後損益は赤字であった。その一方、同国政府は売上総利益のマイナス分（約 28 億 MNT）を補填した。政府補填分は費目の性質上、利益に計上されないため赤字決算となったが、同国政府が補填しているため、同発電所の財務面に懸念は生じていない。

表 12 は同発電所の貸借対照表である。直近 3 年では大きな変動はないが、政府資本が大きい中で、非流動資産（固定負債）等が大きく、流動資金がやや少ない点は脆弱性を示すかもしれない。第 4 火力発電所は、「いずれの場合でも蒸気タービン・発電機やボイラーに対して十分な運営・維持管理予算を確保・支出できている。首都圏の電力供給を担う施設であり、予算不足により稼働停止を避けることが求められている。維持管理予算の支出に特段問題は生じていない」と言及している。

（参考）表 11：第 4 火力発電所の損益計算書（P/L）

（単位：百万 MNT）

	2022年	2023年	2024年
売上	319,326	430,277	453,738
売上原価	324,812	408,997	482,607
売上総利益	-5,486	21,280	-28,869
税引前損益	-50,055	5,677	317
税引後損益	-50,410	1,162	-1,557

出所：第 4 火力発電所

参考情報：1 MNT=0.04307 円（2025年3月 JICA 公表レート）

(参考) 表 12 : 第 4 火力発電所の貸借対照表

(単位: 百万 MNT)

	2022年	2023年	2024年
流動資産	61,234	72,116	83,691
非流動資産	949,565	921,596	896,664
資産の部合計	1,010,800	933,712	980,355
短期負債	154,907	39,250	87,445
長期負債	329,338	427,452	366,009
株主資本	526,555	527,010	526,901
負債の部合計	1,010,800	933,712	980,355

出所: 第 4 火力発電所

参考情報: 1 MNT=0.04307 円 (2025 年 3 月 JICA 公表レート)

また、表 13 に第 4 火力発電所の電力・熱（温水）供給に係る料金（いずれも卸値ベース）と生産コスト等を示す。電力はシングルバイヤーである国家電力送電公社（National Power Transmission Grid State-Owned Stock Company）へ、熱（温水）はウランバートル熱供給会社（Ulaanbaatar District Heating Co.）へ販売している。電力は黒字であるものの、原価（コスト）も上昇傾向にある。近年においてモンゴル政府による電力料金の改定がなければ赤字に陥っていた。次に、熱（温水）供給は赤字が続いている。生産コストが年々上昇する一方、料金は同国政府の方針により抑えられている。原価（生産コスト）が上昇している理由は、物価上昇（インフレ）や石油・石炭価格の上昇、市内に送る熱（温水）管は断熱施工や保守管理等が必要であり、総じて費用面の負担が大きいことが背景にある。第 4 火力発電所は、せめて原価（生産コスト）と料金の差がないようなバランスを取りたい意向を述べている。同国政府は 2024 年下半期に、2025 年 5 月以降は熱（温水）料金を従前より 85% 上昇させる方針を打ち出したが、国内各方面から反発に遭い、方針を撤回した。電力料金上昇に対する国民の不満も大きいと、現状において電力料金と熱（温水）を取り巻く状況は綱渡りといえるかもしれない。

(参考) 表 13 : 第 4 火力発電所の電力・熱（温水）の料金と生産コスト等

項目		2022年	2023年	2024年
電力 (単位: MNT/kWh)	料金	63.3	89.7	94.5
	原価	52.8	63.4	74.1
	差異	10.5	26.3	20.4
熱（温水） (単位: MNT/Gcal)	料金	12,996.5	9,052.5	7,299.7
	原価	26,260.4	32,175.6	37,015.6
	差異	-13,263.9	-23,123.1	-29,715.9

出所: 第 4 火力発電所

上述のとおり課題はあるものの、第 4 火力発電所では設備・機材に対する運営・維持管理予算が着実に配賦されている実態を踏まえると、財務面に重大な問題はないと考える。

3.4.5 環境社会配慮

3.3.2.2 その他、正負のインパクト 1) 環境へのインパクトで述べたとおり、事後評

価時まで環境面で大きな負の影響は生じていない。

3.4.6 リスクへの対応

本事業開始前、外部条件・リスクコントロールすべき事象は定められなかった。事業実施中においても想定外のリスクは特段生じなかった。

3.4.7 運営・維持管理の状況

第4火力発電所の維持管理職員へのヒアリング、現場視察を通じてタービン調速機、制御システム、煤吹機（スーツブロワ）、微粉炭機ローラの稼働状況や機能等に問題はないことを確認した。

運営職員の勤務体系は4交代制である。365日間、蒸気タービン・発電機の運転、施設・機材の点検、維持管理等に取り組んでいる。

スペアパーツは適切・適時に調達・確保されている。調達先は国外に及ぶことがあり、その場合は調達に数ヶ月を要することもある。しかし、調達の遅れによる発電機器の稼働に影響が出るようなことはないことをヒアリングにより確認した。

定期的な維持管理は適切に行われている。毎年、第4火力発電所では維持管理計画を策定している。同計画に基づき維持管理が行われている。

以上より、第4火力発電所の運営・維持管理状況に問題はないと判断される。

以上より、政策・制度面、組織・体制面、技術面、財務面、環境社会配慮、リスクへの対応、運営・維持管理状況に特段懸念はない。したがって、事業によって発現した効果の持続性は高い。

4. 結論及び提言・教訓

4.1 結論

本事業は、モンゴル最大の発電容量を持つ第4火力発電所においてタービン調速機、制御システム、微粉炭機ローラの更新、煤吹機（スーツブロワ）等の関連設備の新設・更新を通じて、発電効率の向上及び電力供給の安定化を図り、もって同国の社会・経済の安定的成長に資するものであった。妥当性に関して、本事業では「開発政策との整合性」「開発ニーズとの整合性」は確認できる。整合性に関して、「日本の開発協力方針との整合性」に整合している。「内的整合性」及び「外的整合性」は具体的な連携や相乗効果は確認できなかった。以上より、妥当性・整合性は高い。事業費及び事業期間は計画内に収まったため、効率性は非常に高い。有効性について、定量的効果指標の実績値は目標値を達成している。インパクトに関して、本事業はウランバートル市を中心に電力供給の安定化及び社会経済の促進に貢献している。したがって、有効性・インパクトは高い。持続性に関して、政策・制度面、組織・体制面、技術面、財務面、環境社会配慮、リスクへの対応、運営・維持管理状況に特段懸念はない。したがって、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いえる。

4.2 提言

4.2.1 実施機関への提言

特になし。

4.2.2 JICA への提言

特になし。

4.3 教訓

長期的視点でインフラ施設整備を考慮し、着実な維持管理体制の構築に取り組む重要性

第 4 火力発電所はモンゴルの社会・経済、国民の生活に欠かすことができない重要エネルギー施設である。我が国は円借款、無償資金協力、技術協力プロジェクトを通じて第 4 火力発電所に支援を長年に亘り行っている。継続的な支援により、同発電所の幹部や職員は発電施設の運営・維持管理業務を熟知し業務経験も豊富である。定期的・日常的業務への対応も十分な水準である。これは、JICA ではモンゴルの社会経済事情を踏まえて継続的に電力セクターへの支援を行いつつ、モンゴル側も経験・技能が豊富な職員が継続して発電所の運営を担える環境を整えている。これらは、両者が長期的視点でプロジェクトの重要性を理解し、電力供給の安定運用と電力需要増加にかかるニーズを的確に捉えている証左といえる。今後の類似案件の形成に際しても、基幹のエネルギー施設であり、経済成長が著しく、その成長の根幹となる重要なセクターへの支援は、援助国側・被援助国側双方が長期的視点でインフラ施設整備の重要性を考慮しつつ、案件形成の準備段階から着実に維持管理体制の構築に取り組むことは有意義と考える。

5. ノンスコア項目

5.1 適応・貢献

5.1.1 客観的な観点による評価

なし。

5.2 付加価値・創造価値

なし。

以上

主要計画/実績比較

項 目	計 画	実 績
①アウトプット	1) 土木工事の内容 <ul style="list-style-type: none"> ・タービン調速機 ・制御システムの更新 ・煤吹機（スーツブロワ）設置 ・微粉炭機ローラの更新 2) コンサルティング・サービス <ul style="list-style-type: none"> ・詳細設計 ・入札書類作成、入札補助、入札評価及び契約の補助 ・施工監理 	1) 土木工事の内容 ⇒計画どおり実施された。 2) コンサルティング・サービス ⇒計画以上であった。（左記の内容に加えて、運営・維持管理支援、運営・維持管理職員への技術移転、トレーニングプログラム提供等が提供された）
②期間	2013年11月～2020年6月 (82カ月)	2013年11月～2020年2月 (76カ月)
③事業費		
外貨	3,243百万円	4,170百万円
内貨	1,792百万円	92百万円
合計	5,035百万円	4,262百万円
うち円借款分	(4,201百万円)	(4,170百万円)
換 算 レ ー ト	1USD = 77.5円 (2012年11月時点)	1USD=111.37円 (2015年～2020年（主な事業コンポーネント実績期間中のIMFの国際財務統計(IFS)の平均値))
④貸付完了	2023年3月	