

0. 要旨

本事業は首都エレバン市近郊において、電力供給能力の増大を目的に、コジェネレーション火力複合発電所（Combined Cycle Co-generation Power Plant; 以下、「CCPP」という。）を新設した。本事業は、アルメニアの「公共事業向け統合財政修復計画」（2003 年～2007 年）、「2036 年までの電力セクター開発の主要計画」（2015 年）等、電力セクター整備方針と整合している。事業開始前、1960 年代前半に運転を開始したエレバン火力発電所の設備が老朽化し、新規発電設備を整備し、電力供給の安定化を図る必要があったが、事後評価時も同国政府は新規電源の開発・誘致を計画中であり、本事業は開発ニーズに合致している。加えて、日本の援助政策との整合性も確認されることを踏まえると、事業の妥当性は高い。計画事業費に対して実績額は計画内に収まり、事業期間も計画内に収まったため効率性は高い。事業効果に関して、最大出力・設備利用率（発電）・稼働率・所内率・原因別の停止時間及び回数・送電端発電量は、おおむね当初の想定どおり、もしくは想定以上の実績値を達成している。その反面、単位時間当たり最大熱供給量・設備利用率（熱供給量）・総合熱効率・熱供給量は、主にナイリット化学工場の稼働停止の影響を受けて実績値が当初の目標値を達成していない。したがって、有効性・インパクトは中程度である。運営・維持管理の体制・技術・財務面に特に問題は見受けられないことから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いえる。

1. 事業の概要



事業位置図



エレバン・コジェネレーション火力複合
発電所

1. 1 事業の背景

アルメニアでは発電設備の多くが老朽化し、電力設備や供給能力への信頼性が低下し、新規発電設備の開発・推進を通じた電力供給能力の増強・電力不足の緩和に取り組む必要性に直面していた。首都エレバン市近郊に位置するエレバン火力発電所は、天然ガスを燃料とする熱併給（コジェネレーション）火力発電所として 1960 年代に運転を開始したが、発電施設は老朽化し、供給能力が著しく低下していた。同国の電力需要の約 5 割は全人口¹の約 3 分の 1 を擁する首都エレバン市が占めていたが、その最大需要地である同市近郊に新規発電設備を整備し、同市周辺の電力供給の安定化を図る必要性があった。

1. 2 事業概要

首都エレバン市近郊に CCPP を新設することにより、同国の電力供給能力の増大を図り、もって予見される電力不足の緩和及び経済の持続的成長に寄与する。

円借款承諾額／実行額	26,409 百万円／26,399 百万円
交換公文締結／借款契約調印	2005 年 3 月／2005 年 3 月
借款契約条件	金利：0.75% 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	アルメニア共和国政府／ エレバン火力発電公社（Yerevan Thermal Power Plant Closed Joint Stock Company；以下、「YTPP」という。）
貸付完了	2013 年 7 月
本体契約（契約額 10 億円以上）	三井物産株式会社（日本）／GS Engineering and Construction Corporation（韓国）
コンサルタント契約	東電設計株式会社（日本）
関連調査 （フィージビリティ・スタディ：F/S）等	F/S（2003 年 1 月）
関連事業	【円借款】 ・「送配電網整備事業 ² 」（借款契約調印は 1999 年）

¹ 約 320 万人（2004 年データ。出所は国際通貨基金（IMF））

² アルメニア全国を送配電網を整備し、電力の安定性・信頼性を向上させ、送配電会社の経営強化を図る世界銀行との協調融資事業。

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：2015 年 9 月～2016 年 10 月

現地調査：2016 年 1 月 16 日～30 日、2016 年 4 月 2 日～4 月 8 日

3. 評価結果（レーティング：A³）

3. 1 妥当性（レーティング：③⁴）

3. 1. 1 開発政策との整合性

本事業開始前、アルメニア政府は公共サービス部門の国家計画である「公共事業向け統合財政修復計画」（2003 年～2007 年）策定し、エネルギーの安全保障の観点等を優先課題とし新規発電設備整備を計画していた。その中で、エネルギー安全保障の観点から国家事業として本事業を実施することを明記し、かつ、重要視していた。

事後評価時、アルメニア政府は「2036 年までの電力セクター開発の主要計画」（2015 年）を策定し、その中で今後の電力セクター整備方針を定めるとともに、天然ガス輸入増による電力供給の増加を目指すエネルギーの安全保障の重要性を指摘している。

以上より、審査時・事後評価時ともにアルメニアでは国家開発計画において電力セクターの整備が重要視されており、それぞれにおいて本事業と政策・施策との整合性が認められる。

3. 1. 2 開発ニーズとの整合性

本事業開始前、アルメニアでは発電設備の多くが操業開始後 30 年以上を経過し、電力供給能力や設備の信頼性が著しく低下していた。そのため、新規発電設備開発の推進により、電力供給能力の増強・電力不足の緩和に取り組む必要性に直面していた。特にエレバン火力発電所は、天然ガスを燃料とする熱併給（コジェネレーション）火力発電所として、1960 年代に設備容量 550MW で運転を開始したが、主に発電ユニットの老朽化が進み、本事業開始前においてその最大供給能力は 85MW に低下していた。そのため、将来の電力需給には

³ A：「非常に高い」、B：「高い」、C：「一部課題がある」、D：「低い」

⁴ ③：「高い」、②：「中程度」、①：「低い」

差異が生じることが予見されていた。特に、同国の電力需要の約 5 割は全人口の約 3 分の 1 を擁する首都エレバン市が占めていたが、その最大需要地である同市向けに新規発電設備を整備し、同市周辺の電力供給の安定化を図る必要性は高かった。また、最大需要家（熱供給の需要の 90%以上を占める）であるナイリット化学工場⁵の操業状況に応じて熱供給の運用が行われていたが、将来的にその需給状況の逼迫が見込まれていた。このため、将来運転が停止される既存発電所の代替としても熱併給設備の併設・整備の需要が高かった。

事後評価時、本事業により設備容量 220MW、環境負荷が低く熱効率が高いCCPPが整備された結果、国内への安定的な電力供給、近隣国への電力輸出に貢献していることが確認された⁶。2015 年の国全体の送電端発電量⁷（7,798.19GWh/年）のうち、本事業からの送電端発電量は 1,594.6GWh/年、その割合は約 20%と大きい。国内の火力発電所には他に、ラズダン火力複合発電所 5 号機⁸、ラズダン火力発電所⁹があるが、後者については既に建設から 40 年以上が経過し、老朽化により 2017 年に稼働停止予定である。そのため、事後評価時においてアルメニア政府は新規電源の開発を計画中であるが、同国の電源設備の安定・増強のため、その候補のひとつとして本事業敷地の隣でのCCPPの増設が検討されている。

以上より、事後評価時においても安定した電力の確保はアルメニアにとって主要課題であり、本事業は引き続き重要である。したがって、審査時及び事後評価時ともに開発ニーズとの整合性が認められる。

3. 1. 3 日本の援助政策との整合性

1992 年に閣議決定された「政府開発援助大綱（ODA 大綱）」、及び同年に策定された「政府開発援助に関する中期政策」等を踏まえて、JICA は円借款の全体方針、重点地域や分野などを明確した「海外経済協力業務実施方針」を策定した。その中で、①持続的成長のための経済体質の強化、及び成長制約的要因の克服（適正なマクロ経済運営、産業構造強化、経済インフラ整備）、②貧困緩和と地方間格差の是正、③防災を含む環境保全と防災対策、④人材育成・制度造りを重点分野として支援に取り組むことを決めた。

⁵ YTPP の近隣に位置する。ラテックス、クロロプレン等の合成ゴムの生産を主力とする大規模な化学工場である。旧ソ連時代は国営企業であったが、その後民営化されてロシア企業の傘下となった。審査時において、同工場の製品は国内市場に供給されているほか、ロシアやウクライナなど諸外国にも輸出されていた。

⁶ 3. 4. 1. 1 インパクト・将来の電力不足の緩和にて後述する。なお、アルメニアの主要電源構成は原子力、火力、水力である。事後評価時における国内全体の発電設備容量に関して、原子力は約 400MW（1 ヶ所）、火力が約 1,500MW（計 3 ヶ所）、水力が 1,880MW（計 11 ヶ所）である。

⁷ 送電端発電量とは発電所で生産した電力量（電力生産量）から発電所内で使用された電力を引いた電力量を示す。

⁸ 設備容量は約 285MW、送電端発電量は約 638GWh/年（2015 年データ）。供用開始は 2012 年。

⁹ 設備容量は約 810MW、送電端発電量は約 547GWh/年（2015 年データ）。供用開始は 1969 年。

本事業は、電力インフラ施設整備を通じて電力供給の安定化及び経済成長を目指すアルメニアに支援を行うものであり、上記①持続的成長のための経済体質の強化、及び成長制約的要因の克服（適正なマクロ経済運営、産業構造強化、経済インフラ整備）と合致することから、日本の援助政策との整合性は確保されていたといえる。

以上より、本事業の実施はアルメニアの開発政策、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：③）

3. 2. 1 アウトプット

本事業は、エレバン市南部に位置する既存のエレバン火力発電所に隣接した遊休地に、発電量 205MW級、熱供給量 103Gcal/hのCCPPを建設するものであった¹⁰。表 1 は、本事業のアウトプット計画及び実績である。当初の計画どおりアウトプットは実施された。

表 1： 本事業のアウトプット計画及び実績

審査時計画（2005 年）	事後評価時実績（2016 年）
1) コージェネレーション火力複合発電所建設一式（ガスタービン発電設備、蒸気タービン発電設備、排熱回収ボイラ、付属設備、スペアパーツ）	1) ～4) は計画どおり実施された
2) 既存関連設備の改修（冷却等、循環水ポンプ及び配管、ケミカルショップ、屋外開閉所、熱供給配管、工業用水・消火用水配管）	
3) 関連土木・建設工事（事業サイトの整地を含む）	
4) コンサルティング・サービス（詳細設計、資格審査・入札書類・契約書の作成、調達補助、施工監理、性能評価、運用・保守の補助、環境モニタリング補助、設備運用・維持管理にかかる技術移転と人材育成）	

出所：JICA 提供資料、質問票回答及び現場視察（事後評価時実績）

¹⁰ 本事業完成後、既存のエレバン火力発電所の発電・熱供給設備（2 機）は 2010 年及び 2013 年に順次停止したことを YTPP へのインタビュー及び現場視察により確認した。



写真 1：発電所施設内の様子



写真 2：同施設内の中央制御室

3. 2. 2 インプット

3. 2. 2. 1 事業費

審査時の当初計画では総事業費 21,224 百万円（うち円借款対象は 15,918 百万円）であった。効率性の判断は当初計画との比較が原則であるが、本事業においては 2008 年 5 月に借款契約変更（追加借款供与）がなされたこと¹¹、その背景は後述のとおり世界市況の変化による急激な価格高騰であり、調達手続きはおおむね予定通りに行われ、調達手続きの遅延による事業費増加ではないことから、変更後の事業費との比較を行った。変更後の計画事業費は 38,444 百万円（うち円借款部分 26,409 百万円）となった。

借款契約変更時の計画事業費（38,444 百万円）に対して実績額は 33,720 百万円であり、対計画比約 88%となった（計画額を下回った理由は、主に為替変動¹²によるものである）。なお、追加借款実施に至った経緯は次のとおりである。

2007 年 9 月、国際競争入札を経て締結された本体工事の契約金額は当初の想定を大幅に上回った¹³。この背景には世界規模での建設需要の増大や投機的資金が市場に流れ込んだことによる鋼材価格の世界的な高騰があった。また新興国を中心とした発電需要の増加により、火力複合発電所建設の需要も伸び続け、2007 年（本体工事契約時）において本事業と同規模のガスタービン（火力複合発電所の主要機器）の国際価格は 2004 年比約 160%、本事業のプラント全体（ガスタービン他関連設備を含む）の建設価格（ドル建て）は、2004 年比約 200%に増加していた¹⁴。当該契約金額は、特段高い水準ではなく、当時の市場価格を反映した妥当な金額であったが、アルメニア政府は短期間でその差額分の財政負担を行

¹¹ 追加借款の供与に際して、交換公文署名当時（2005 年 3 月）と同様の円借款供与条件（金利：0.75%、償還期間：40 年（うち据え置き期間 10 年）、一般アンタイド）が適用された。

¹² 事業実施中は円高/US ドル及びアルメニア・ドラム（AMD）安が進行していた。

¹³ 当初本体工事に振り分けられていた金額（計画費）14,361 百万円に対し、契約金額は 24,538 百万円であった。

¹⁴ JICA 提供資料

う余裕はなく¹⁵、国内の電力需給が逼迫する中、さらなる価格高騰を避けるための時間的制約に鑑み、日本政府に対して追加借款の要請を行った。

このように事業開始年（2005 年）以降の予想を上回る鋼材価格の上昇とそれに伴うガスタービンを含むプラント価格高騰、ガスタービン市場の活況による需給の逼迫により事業費が大幅に増加したことは予測不可能かつやむ得ない事情であった。さらにアルメニアにおける電力需給の逼迫状況からスコープの縮小は困難であり、当時鋼材価格等の高騰が継続していた状況を踏まえると、再入札を行っても価格が当時より低く抑えられる可能性も低かった。このことから、追加借款は妥当な判断であったと考えられる。

3. 2. 2. 2 事業期間

審査時、本事業の期間は 2005 年 3 月～2011 年 9 月までの 6 年 7 カ月（79 カ月）と計画されていた。しかし上述のとおり、借款契約変更（追加借款供与）がなされ、その際に計画期間は 2005 年 3 月～2012 年 5 月までの 7 年 3 ヶ月（87 ヶ月）に変更された。このため、本事後評価では変更後の事業期間との比較を行った。実績期間は 2005 年 3 月～2012 年 4 月までの 7 年 2 カ月（86 カ月）で対計画比約 99%となった。

3. 2. 3 内部収益率（参考数値）

財務的内部収益率（FIRR）

電力料金収入を便益、本事業に要する建設費及び維持管理費を費用、プロジェクト・ライフを30年として財務的内部収益率を審査時と同じ条件で再計算したところ16.08%となり、審査時の13.4%と比較して上昇した。その理由は、審査時の売電収入が想定より上昇し¹⁶、便益を押し上げていること等が挙げられる。

以上より、本事業は事業費、事業期間ともに計画内に収まり、効率性は高い。

¹⁵ ガスタービンスペアパーツ等の費用の増加分を自己負担で補うなどアルメニア側の自助努力もあった（JICA 提供資料）。

¹⁶ 審査時：15.69AMD/kWh、事後評価時：27.82AMD/kWh、売電（卸し）単価ベースで約 1.77 倍の上昇。

3. 3 有効性¹⁷（レーティング：②）

3. 3. 1 定量的効果（運用・効果指標）

本事業では、発電量 205MW級、熱供給量 103Gcal/hのCCPPを建設し、電力供給能力の増大を図った。表 2 は本事業の定量的効果を示す目標値・実績値である¹⁸。

表 2：定量的効果にかかる基準値・目標値・実績値

指標	目標値	実績値		
	2011 年 事業完成時	2013 年 事業完成 1 年 後	2014 年 事業完成 2 年 後	2015 年 事業完成 3 年 後
【運用指標】				
1) 最大出力	205MW*	220MW	220MW	220MW
2) 単位時間当り最大 熱供給量	103Gcal/h	0	0	0
3) 設備利用率（発電）	70.0%	85.0%以上	80.6%	88.8%
4) 設備利用率（熱供 給量）	50.0%	0	0	0
5) 稼働率	86.7%	90.0%以上	82.9%	91.2%
6) 所内率	2.8%	3.1%	3.1%	3.1%
7) 総合熱効率（発電 ＋熱供給）	68.0%	49.0%以上**	49.3%**	49.3%**
8) 原因別の停止時間	人員ミス: 0 時間/年 機械故障: 0 時間/年 定期点検: 1,160 時間/年	人員ミス: 0 時間/年 機械故障: 0 時間/年 定期点検: 240 時間/年	人員ミス: 0 時間/年 機械故障: 0 時間/年 定期点検: 1,089 時間/年	人員ミス: 0 時間/年 機械故障: 0 時間/年 定期点検: 240 時間/年
9) 原因別の停止回数	人員ミス:0 回/年 機械故障:0 回/年 定期点検:1 回/年	人員ミス: 0 回/年 機械故障: 0 回/年 定期点検: 1 回/年	人員ミス: 0 回/年 機械故障: 0 回/年 定期点検: 1 回/年	人員ミス: 0 回/年 機械故障: 0 回/年 定期点検: 1 回/年
【効果指標】				
1) 送電端発電量	1,222GWh/年	1,764GWh/年	1,398GWh/年	1,594GWh/年
2) 熱供給量	451,100Gcal/年	0	0	0

出所：JICA 提供資料（審査時目標値）、質問票及び YTPP 回答（事後評価時）

注*：電力需要の高い冬季 220MW と低い夏季 190MW の平均値

注**：発電部分のみのデータ

¹⁷ 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。

¹⁸ 審査時の目標値は事業完成時の値である。本事業の事業完成は 2012 年であるが、同年のデータは入手できなかったため、事後評価においては、事業完成後 1 年（2013 年）以降の実績値を評価対象とした。

表2の各指標について、今次調査では質問票及びYTPPへのインタビューを通じて事後評価時の状況について次のとおり確認した。まず運用指標に関しては、

- 1) 最大出力の目標値(205MW)は、実態として電力需要の高い冬季の出力220MWと低い夏季の出力190MWの平均値であった。本事業実施により、当初の想定どおり220MWの最大出力が確保されている。
- 2) 単位時間当り最大熱供給量¹⁹は、本事業の供用開始(2010年4月)から事後評価時まで供給されていないため「0」である。その主な要因として、審査時に想定されていたナイリット化学工場が2010年初旬に経営上の問題により稼働を停止し、熱供給の需要が無くなっていることが挙げられる。本事業開始前にナイリット化学工場単体で90%以上の熱供給の需要を見込んでいたYTPPにとっては、同工場の稼働停止が大きな影響となり、供給を行えない状況にある。
- 3) 設備利用率(発電)²⁰は、発電部分は当初の想定以上の実績を上げている。
- 4) 設備利用率(熱供給量)は、上記2)の理由のため供給が行われておらず数値は「0」である²¹。
- 5) 稼働率²²は、おおむね当初の想定どおりである。2014年の数値が若干低いのが、これは後述の4年に1度の大がかりな定期維持管理(C定期点検)²³の実施が影響している。
- 6) 所内率²⁴とは、発電設備の性能維持状況を確認する指標である。おおむね当初の想定どおりである。
- 7) 総合熱効率²⁵とは、性能維持度状況及び省エネ水準を確認する指標である。熱供給部分がないため目標値と比べ若干低いものの、発電単体の割合としてはおおむね当初の想定どおりである²⁶。
- 8) 及び9) 原因別の停止時間・回数に関しては、おおむね当初の想定どおりである。2013年と2015年は通常の定期点検(後述のA及びB定期点検)の実施により、それぞれ240時間(計10日間)の停止が確認された。2014年は、4年に1度の大がかりな定期点検(C定期点検)の実施により1,089時間の停止が確認された。C定期点検は、ガスタービンなど主要ユニットの解体点検・内部チェック等を伴うため多くの時間を要するが、その他の年に

¹⁹ 同発電所から供給される「熱」は、平均295度の高温である。審査時、本事業からのパイプラインを通じて化学製品の製造等に使用されることが想定されていた。

²⁰ 年間発電量÷(定格出力×年間時間数)×100により算定される。

²¹ YTPPによると、仮に熱供給の需要があれば、直ちに供給可能とのことである。

²² (年間運転時間÷年間時間数)×100により算定される。

²³ YTPPでは4年の一度の大がかりな維持管理点検はC定期点検として実施している。

²⁴ (年間所内消費電力量÷発電端発電量)×100により算定される。

²⁵ (年間発電端発電量×860)÷(年間燃料消費量×燃料発熱量)×100により算定される。

²⁶ YTPPによると、仮に熱供給の需要がある場合、発電+熱供給の割合は70%以上を達成できる見解を示している。

おける点検（A 及び B 定期点検）は機材・制御機器の基盤、各関連設備の稼働確認と必要に応じて修繕を行うものである。なお、本事業完成后、当初の想定どおり人員ミス・機械故障は一度も発生していない。

次に効果指標に関しては、

- 1) 送電端発電量は、当初の想定以上の供給を実現している。なお、2014 年は他の年より数値が低い、これは上記の大がかりな定期点検（C 定期点検）を行った結果、発電ユニットの稼働時間が少なかったことによるものである。
- 2) 熱供給量は、上述のとおり本事業開始以降～事後評価時まで供給が行われていないため数値が確認されていない。



写真 3：ガスタービン発電設備



写真 4：熱供給配管

3. 3. 2 定性的効果（その他の効果）

環境負荷の低減

審査時、環境負荷の少ない最新式のCCPPが建設されることにより、首都エレバン市を中心とした地域への環境負荷の低減が見込まれていた。本事業では、最新式のCCPPが建設され、老朽化した既存の発電設備は運営を停止した。CCPPにおける発電は天然ガスを利用するが、天然ガスの生産時に硫黄分などが取り除かれ、硫黄酸化物や煤塵の発生がなく環境負荷は少ない。本事業のCCPPは従来型（既存）の火力発電所と比較して、低窒素酸化物（NOx）型バーナーの採用、適正な燃焼管理の実施等を踏まえると優位性があり²⁷、同市周辺の環境負荷の低減に寄与していると考えられる。

3. 4 インパクト

3. 4. 1 インパクトの発現状況

²⁷ 具体例として、本事業のCCPPにおけるNOx排出量は従来型の発電所のそれと比較して半分以上である。

3. 4. 1. 1 将来の電力不足の緩和

審査時、本事業を通じて不十分な予備電力供給力への対応が図られ、将来予見される深刻な電力供給能力の不足を緩和することが見込まれた。表3は、事業開始時～事後評価時までのアルメニア全国の送電端発電量、電力輸入量・輸出量、国内電力消費量の推移である。

表3：送電端発電量*・電力輸出入量・国内電力消費量の推移**

(単位：GWh/年)

	2005 年	2006 年	2007 年	2008 年	2009 年	2010 年
1) 送電端発電量	5,943	5,602	5,572	5,779	5,341	6,183
2) 電力輸入量	320	352	409	338	266	246
3) 電力輸出量	1,045	608	313	360	366	1,061
4) 国内電力消費量	5,032	5,117	5,443	5,543	5,090	5,219
	2011 年	2012 年	2013 年	2014 年	2015 年	
1) 送電端発電量	7,105	7,667	7,381	7,389	7,433	
2) 電力輸入量	189	79	137	191	160	
3) 電力輸出量	1,383	1,578	1,226	1,236	1,339	
4) 国内電力消費量	5,637	5,924	6,077	6,142	6,050	

出所：エネルギー天然資源省

注*：送電端発電量とは発電所で生産した電力量（電力生産量）から発電所内で使用された電力を引いた電力量を示す。

注**：送電端発電量に輸出入量を±した数値と国内電力消費量は一致しない。その理由は実際の電力消費までには送配電ロスが発生するためである。

1) 送電端発電量は過去10年においておおむね増加傾向にある。既出表2のとおり、2015年の本事業による送電端発電量は1,594GWh、表3の国内全体の送電端発電量は7,433GWh/年であり、その割合は約20%である。仮に本事業がなければ、4) 国内電力消費量の需要を満たせない可能性が高かったことから、電力供給の安定化に対する貢献度合いは高いといえる。2) 電力輸入量に関しては、国際送電線を通じて近隣国から一時的に輸入に頼ることがあるものの、減少傾向にある。その理由は、国内の電力生産量・送電端発電量が年々増加し、1年を通して安定した電力供給が実現しつつあるためである。一方、3) 電力輸出量はおおむね増加傾向にある。その理由として、アルメニアはロシア（ジョージア経由）及びイランから天然ガスの輸入と引き替えに（バーター取引²⁸⁾、電力輸出量を年々増やしていることが挙げられる。表4は参考までにアルメニアの天然ガス輸入量データを示すが、年々増加傾向にあることがその裏付けとなる。なお、2019年以降、アルメニア政府はイランからの天然ガス輸入量を大幅に増やすことを決定している²⁹⁾。そのため近い将来、イラン向け

²⁸⁾ 基本的に天然ガスを1m³輸入するのと引き換えに、3kWhの電力を輸出している。

²⁹⁾ 事後評価時現在、イランからの天然ガス輸入量は約390百万m³/年であるが、2019年には約1,160百万m³/年に大幅に増えることが決まっている（YTPPへのインタビュー結果）。

の電力輸出量も増える見込みである。したがって、天然ガスを燃料とし、全国の送電端発電量の約20%を担っている本事業の役割も一層重要になると推察される。

表4：アルメニアの天然ガス輸入元・輸入量

(単位：百万 m³/年)

輸入元	2011 年	2012 年	2013 年	2014 年
ロシア*	1,609	1,967	1,956	2,062
イラン	460	488	405	389
合計	2,069	2,455	2,361	2,451

出所：公共サービス規制委員会（Public Service Regulatory Commission（PSRC））

注*：アルメニアはロシアと国境を接していないため隣接国のジョージアを経由する国際ガスパイプラインを通じてロシアより輸入されている。

3. 4. 1. 2 経済の持続的成長への貢献

表5は事業開始後～直近の国内総生産額（GDP）である。2008年～2009年の世界金融危機の影響を受けた時期を除き、GDPはゆるやかな増加傾向にある。本事業はアルメニア国内における電力の安定供給の実現、天然ガス輸入増による電力供給の増加を目指すエネルギーの安全保障の実現に寄与すると共に、国家経済を下支えする役割を担っていると考えられる。

アルメニアの経済・産業団体であり、電力料金を管轄している公共サービス規制委員会（以下、「PSRC」という。）にインタビューを行ったところ、「本事業が仮に実施されていなければ、現在の電力料金はもっと高い水準で推移している可能性がある³⁰。CCPPは比較的低コストで発電が可能であり、民生向上・経済の活性化に役立っているはずである。また、イランは人口・経済規模³¹も大きく、電力需要は旺盛だ。今後はさらに電力輸出を図ることが期待される」といったコメントがあった。このようなコメントからも、本事業の同国経済成長及び社会的安定への貢献は小さくないと考えられる。

表5：アルメニアの国内総生産額（GDP）

(単位：10 億 US ドル)

2005 年	2006 年	2007 年	2008 年	2009 年
4.90	6.38	9.21	11.66	8.65
2010 年	2011 年	2012 年	2013 年	2014 年
9.26	10.14	9.96	10.43	10.88

出所：世界銀行

³⁰ 補足情報であるが、2015 年 6 月に同国では電力料金の値上げが決まり、直後に値上げに対するエレバン市民によるデモが発生した。同年 8 月以降はそれまでの 41.82AMD/kWh から 48.78AMD/kWh に上昇したが、もし仮に本事業のような低コストによる発電が実現していなかったならば、48.78AMD/kWh を上回った水準であることがインタビュー調査により確認された。つまり、市民の間で電力料金に対する不安はより拡大した可能性が考えられる。

³¹ 人口は 7,850 万人（出所：2014 年世界人口白書）、国内総生産（GDP）は 4,027 億ドル（出所：2014 年の IMF 推計）

3. 4. 2 その他、正負のインパクト

3. 4. 2. 1 自然環境へのインパクト

審査時、本事業は 2 段階の環境影響調査（EIA）の実施及び承認等が必要とされていた。第 1 段階では 2003 年 9 月に既に環境保護省の承認を得ていた。第 2 段階では本事業の本体工事着工までの 2008 年 9 月に同省により承認された。承認プロセスに特に問題や遅延は生じなかったことを YTPP へのインタビュー及び EIA 資料により確認した。

また、事業完成後において、質問票及び YTPP へのインタビュー、現地視察を通じて大気汚染、水質、騒音・振動、生態系への負の影響は発生していないことを確認した³²。

環境モニタリングは、YTPP の生産技術課が担っている。仮に、何らかの問題が発生すれば直ちに解決に向けた対応がとられるが、本事業完成後、特に環境に関する負の影響や問題は発生していないため、モニタリング結果を踏まえて実施された対策はない。

3. 4. 2. 2 住民移転・用地取得

事業開始前、本事業の建設予定地（約 20ha）の用地は既に取得されていた。同用地は、エレバン市が保有する遊休地であったが、アルメニア政府の調整の下、YTPP に移管手続きが行われた。遊休地であったため、住民移転は発生しなかった。金銭補償も発生せず、円滑に手続きが行われたことも YTPP へのインタビューにより確認した。

3. 4. 2. 3 その他正負のインパクト

表 6 は、事後評価時における本事業と他の火力発電所の kWh 当たりの売電単価と電気料金金である。

表 6：アルメニア国内の他火力発電所との比較における本事業の優位性

火力発電所	事後評価時	
	売電単価	電気料金
①本事業 *供用開始は 2010 年	27.825AMD/kWh	48.78AMD/kWh
②ラズダン火力複合発電所 5 号機（Hrazdan CCPP No.5）*供用開始は 2012 年	35.00AMD/kWh	
③ラズダン火力発電所（Hrazdan TPP）*供用開始は 1969 年	44.445AMD/kWh	

出所：YTPP

備考：1 アルメニア・ドラム（AMD）=0.247 円（2016 年 1 月下旬の為替レート）

³² 本事業周辺には住宅や商業施設はなく、大気汚染物質による影響、騒音・振動、健康被害も発生していない。

売電単価は各発電所がアルメニア配電網公社（以下、「ENA」という。）に卸す単価、電気料金は末端需要家（一般家庭等）が支払う単価である。電気料金から各発電所の売電単価を差し引いた金額は ENA の収入となる。発電所運営のパフォーマンスとして、①本事業と②ラズダン火力複合発電所 5 号機はおおむね高い水準にある。どちらも熱効率の高い発電設備を運用しているが、YTPP によると本事業は運営面・維持管理技術面の高さが相まってやや低コストによる発電が可能としている。一方、③ラズダン火力発電所は供用開始後 40 年以上が過ぎ、老朽化・運用面において優位性に欠け、維持管理費用等が嵩み、売電単価も高い。かかる状況より、ENA にとって、本事業は収益性に富む存在であり、同国の配電事業の安定性にも寄与していると推察できる。

本事業の運用・効果指標（定量的効果指標）に関して、最大出力・設備利用率（発電）・稼働率・所内率・原因別の停止時間及び回数・送電端発電量は、当初の想定どおり、もしくは想定以上の実績値を示している。その反面、単位時間当り最大熱供給量・設備利用率（熱供給量）・総合熱効率（発電＋熱供給）・熱供給量は、主にナイリット化学工場の稼働停止の影響を受けて当初の目標値を達成していない。送電端発電量、電力輸出力、国内電力消費量は過去 10 年にわたっておおむね増加傾向にあり、その中で本事業の貢献度合いは小さくないと考えられる。以上より、本事業の実施により一定の効果の発現がみられ、有効性・インパクトは中程度である。

3. 5 持続性（レーティング：③）

3. 5. 1 運営・維持管理の体制

事後評価時における実施機関は YTPP である。YTPP はアルメニア政府が 100%の株式を保有する組織であり、エネルギー天然資源省の監督を受けている。同省は YTPP が行う事業の監督に加え、総裁の任命、理事会の運営等も担っている。

YTPP 全スタッフ数は約 450 名、組織の代表である総裁の直属として、本事業の担当部が施設の運営・維持管理を担っている。当部内には 4 つの課（運営課、自動制御監督課、中央修繕課、上下水処理システム課）が存在する。事後評価時において、当部のスタッフ総数は 67 名である。同スタッフ数は十分と見受けられ、過不足なく、適材適所に各課にスタッフが配置されて業務が行われていることを現地視察時及び YTPP 幹部へのインタビューを通じて確認した。

以上より、運営・維持管理にかかる体制面での問題は見られないと判断される。

3. 5. 2 運営・維持管理の技術

YTPP では、本事業実施中にはスタッフ向け研修・トレーニングが随時行われた。2011 年に JICA 課題別研修「ガスタービン・火力発電技術研修」に 4 名が参加した。また、同年に欧州系研修機関による「水冷塔・火力発電施設研修」に 4 名、2012 年に「火力発電の化学システムの分析・マネジメント研修」に 2 名が参加した。また、事業完成後の 2014 年には国際労働機関（ILO）の国際トレーニングセンター（ITC）による「コンサルタントの選定・雇用及び国際財務報告書の作成研修」に 2 名、2015 年には世界銀行による「財務マネジメント・ディスバース手続き研修」に 2 名、といった研修・トレーニングへのスタッフ参加実績がある。

本事業には業務経験が豊富なスタッフが多く従事している。実際、熟練したスタッフが適材適所に配置されていることを現地視察を通じて確認した。ほぼ全てのスタッフが大卒以上であり、厳しい入社試験や徹底した新規スタッフ向けの OJT 研修も実施されている。これらより、運営・維持管理の技術力が確保されている³³。

運営・維持管理にかかるマニュアルも各部署配備されており、適時活用されていることを現場視察により確認した。

以上より、運営・維持管理にかかる技術水準は十分であり、問題はないと判断される。

3. 5. 3 運営・維持管理の財務

表 7 は本事業の運営・維持管理費である。

表 7：本事業の運営・維持管理費

(単位：千 AMD)

2012 年	2013 年	2014 年	2015 年
10,600,000	9,900,000	19,900,000	10,800,000

出所：YTPP

2014 年以外はおおむね毎年同じ水準である。2014 年は、既出の 4 年に 1 度の大がかりな維持管理（C 定期点検）が実施され、その費用として 100 億 AMD（約 24 億円）が投入されたため、他の年より実績額が多い。YTPP によれば、「毎年十分な予算を運営・維持管理に投じている。C 定期点検に必要な費用も問題なく配賦している。費用の不足による運営・維持管理の問題は発生していない。本事業の設備に特に故障・不具合も発生していないため、毎年ほぼ同じ金額を投じている」といったコメントがあったことを踏まえると運営・維持管理の財務面は特に問題はないと考えられる。

³³ 運営・維持管理を担う全スタッフは 2 年に 1 度試験を受け、その業務知識が定期的に確認されている。仮に落第すれば、3 ヶ月後に再試が行われ、再度落第すれば退職となる体制が存在する。

参考として、表 8 は YTPP の直近 3 カ年の財務収支報告書、表 9 は YTPP の直近 3 カ年の貸借対照表である。

(参考) 表8：YTPPの財務収支報告書

(単位：千AMD)

費目	2012 年	2013 年	2014 年
①営業収入 (売電収入等)	54,852,441	55,343,815	64,409,966
②営業費用	(56,705,089)	(60,101,520)	(65,440,741)
③=①+②	(1,852,648)	(4,757,705)	(1,030,775)
④販管費	(521,942)	(490,066)	(827,114)
⑤総収支③+④)	(2,374,590)	(5,247,771)	(1,857,889)
⑥その他収入	99,816	16,483	359,421
⑦その他費用	(620,977)	(786,254)	(1,329,210)
⑧=⑤+⑥+⑦	(2,895,751)	(6,017,542)	(2,827,678)
⑨財務費用	(997,671)	(1,027,427)	(1,535,994)
⑩営業外収入 (金利・為替収入等)	2,218,746	23,596,441	4,372,302
⑪税引前損益 (⑧+⑨+⑩)	(1,674,676)	16,551,472	8,630

出所：YTPP

注：カッコ内の数値はマイナスを示す。

(参考) 表9：YTPPの貸借対照表

(単位：千AMD)

費目	2012 年	2013 年	2014 年
①固定資産	151,880,246	155,619,283	160,717,026
②流動資産	14,501,809	19,208,932	26,569,903
③資産合計 (①+②)	166,382,055	174,828,215	187,286,929
④固定負債	137,999,274	120,433,583	126,699,809
⑤流動負債	16,246,460	23,364,365	34,134,065
⑥資本	12,136,321	31,030,267	26,453,055
⑦負債資本合計 (④+⑤+⑥)	166,382,055	174,828,215	187,286,929

出所：YTPP

表 8 のとおり、営業費用が営業収入をわずかに上回っている状態が続いているが、その差はさほど大きくない。2013 年以降税引前損益はプラスに転じている。その要因として、営業外収入（金利・為替収入等）が同年において大きかったことが挙げられる。2014 年の税引前損益もプラスであったが、同じく営業外収入による要因が作用している。いずれにしても、表 7 の運営・維持管理費用の捻出が圧迫されるような事態は発生していない。表 9 に関しては、2013 年・2014 年の資本が 2012 年に比べて増加していることがわかる。また YTPP によれば、今後イランからの天然ガス輸入量の増加及びアルメニアでの発電量の増加が着実であり、本事業の稼働率が上がり、YTPP にとっても収益増が見込まれるとしている。そのため、近い将来の財務状況は事後評価時以上に好転が見込まれる。

以上より、本事業の運営・維持管理の財務面に大きな懸念はないと判断される。

3. 5. 4 運営・維持管理の状況

本事業で整備されたガスタービン発電設備、蒸気タービン発電設備、排熱回収ボイラ、及び関連設備の稼働状況は良好である。事業完成以降、故障や不具合は発生していない。

YTPP では毎年維持管理実施計画を策定し、同計画に基づき運営・維持管理業務が実施されている。定期的と日常的維持管理に分類されて実施されている。定期的維持管理は毎年実施され、一例として、既出のとおり4年に1度は大規模な予算（約24億円）が手当され大がかりな維持管理（C 定期点検）が実施されている。日常的維持管理については半年毎・3ヶ月毎・毎月・毎週・毎日、それぞれ発電施設にかかる維持管理業務が分担されて実施されている。また、スペアパーツも適切に調達・確保されている。調達体制も問題なく、配達に遅延は生じていない。

以上より、本事業の運営・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。

4. 結論及び教訓・提言

4. 1 結論

本事業は首都エレバン市近郊において、電力供給能力の増大を目的に、CCPP を新設した。本事業は、アルメニアの「公共事業向け統合財政修復計画」（2003 年～2007 年）、「2036 年までの電力セクター開発の主要計画」（2015 年）等、電力セクター整備方針と整合している。事業開始前、1960 年代前半に運転を開始したエレバン火力発電所の設備が老朽化し、新規発電設備を整備し、電力供給の安定化を図る必要があったが、事後評価時も同国政府は新規電源の開発・誘致を計画中であり、本事業は開発ニーズに合致している。加えて、日本の援助政策との整合性も確認されることを踏まえると、事業の妥当性は高い。計画事業費に対して実績額は計画内に収まり、事業期間も計画内に収まったため効率性は高い。事業効果に関して、最大出力・設備利用率（発電）・稼働率・所内率・原因別の停止時間及び回数・送電端発電量は、おおむね当初の想定どおり、もしくは想定以上の実績値を達成している。その反面、単位時間当り最大熱供給量・設備利用率（熱供給量）・総合熱効率・熱供給量は、主にナイリット化学工場の稼働停止の影響を受けて実績値が当初の目標値を達成していない。したがって、有効性・インパクトは中程度である。運営・維持管理の体制・技術・財務面に特に問題は見受けられないことから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いえる。

4. 2 提言

4. 2. 1 実施機関への提言

熱供給の需要についてアルメニア側（エネルギー天然資源省）は、今後取りうるべきアクションについて協議を行うことが望ましい。事後評価時において、ナイリット化学工場の再稼働の話が浮上しているが、特にエネルギー天然資源省は同工場が再稼働する場合には、本事業からの熱供給の実現や、その他将来的な廃熱の有効利用方法について今後も検討を継続することが望ましい。

4. 2. 2 JICA への提言

特になし。

4. 3 教訓

研修機会・OJT等を通じた円滑な事業実施への貢献

YTPP は、事業実施全般を通じて、また完成後の運営・維持管理において、円滑に事業の推進・維持を行っており、将来の維持管理においても問題となる状況は見受けられない。YTPP では研修機会や OJT が充実していることに加え、維持管理能力の維持・向上のためのスタッフ向けの定期試験が導入され、能力のある人材が定着しており、これらが事業を成功に導く要素であった。類似事業形成の際には、JICA 及び実施機関は、人材育成の仕組みや課題を精査し、必要に応じてスタッフ向けの研修機会の充実や定期試験の導入を図るなど、事業効果の継続的な発現に必要な人材の育成・定着の仕組みを検討することが重要であると考えられる。

以 上

主要計画／実績比較

項 目	計 画	実 績
① アウトプット	1) コージェネレーション火力複合発電所建設一式（ガスタービン発電設備、蒸気タービン発電設備、排熱回収ボイラ、付属設備、スペアパーツ） 2) 既存関連設備の改修（冷却等、循環水ポンプ及び配管、ケミカルシヨップ、屋外開閉所、熱供給配管、工業用水・消火用水配管） 3) 関連土木・建設工事（事業サイトの整地を含む） 4) コンサルティング・サービス（詳細設計、資格審査・入札書類・契約書の作成、調達補助、施工監理、性能評価、運用・保守の補助、環境モニタリング補助、設備運用・維持管理にかかる技術移転と人材育成）	1) ～4) は計画どおり実施された
② 期間	2005 年 3 月～2012 年 5 月 (87 カ月)	2005 年 3 月～2012 年 4 月 (86 カ月)
③ 事業費		
外貨	28,725百万円	27,318百万円
内貨	9,719百万円	6,402百万円
		(約24,910百万 AMD)
合計	38,444百万円	33,720百万円
うち円借款分	26,409百万円	26,399百万円
換算レート	1 USD=108円、1AMD=0.326円 (2008年2月時点)	1 USD=98.46円、1AMD=0.257円 (事業実施中平均：出所は国際通貨基金 (IMF) の国際金融統計 (IFS) データ)