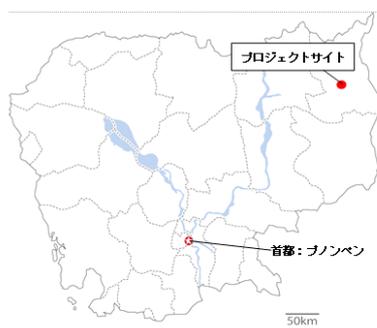


0. 要旨

本事業は、カンボジアの地方部における電力の安定供給、エネルギー源の多様化を図ることを目的に、同国北東部のラタナキリ州において、小水力発電所の新設と既設の小水力発電所の設備の更新を行った。クリーンエネルギーである本事業の水力発電所整備を通じた電力供給の拡大や地方電化の推進は、カンボジアの開発政策、開発ニーズ及び日本の援助政策と合致しており、妥当性は高い。事業実施面では、事業費は計画どおりで、事業期間は計画内に収まったため効率性は高い。事業効果について、定量的効果は、最大出力は目標値を達成し、水量の減少から設備利用率、発電端電力量、CO₂排出量は未達であったが、雨量データの傾向から、今後実績値の改善が見込まれる。定性的効果は、周辺住民及び大口需要家へのインタビューから、本事業により電力の安定供給と地方電化の推進が図られていることが確認された。したがって、本事業の効果はある程度達成したと判断できる。インパクトについて、ラタナキリ州の工場数や主要な公共施設数は増加傾向にあり、また、周辺住民及び大口需要家へのインタビューからも、本事業が経済／社会開発の向上に貢献していると考えられる。更に、本事業は、自国内の水資源を活用した電源の拡充、電力自給率の向上に寄与している。本事業が実施されていなければ火力発電等に由来する電力の更なる輸入が必要であったことを考慮すると、CO₂排出量削減にも貢献している。このことから本発電所はおおむね計画どおりの効果発現がみられ、有効性・インパクトは高い。自然環境及び住民移転における負の影響は報告されていない。本事業は日本の中小企業の優れた製品・技術が活用されている。運営・維持管理については、制度・体制、技術、財務、状況とも良好で、順調に運営されていることから、発現した効果の持続性は高いと考える。

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



オチュム第二発電所（水車、発電機）

1.1 事業の背景

カンボジアでは、2003年～2008年の間に最大電力・発電電力量ともに年平均20%以上増加していた¹。他方、供給電力量のうち輸入電力の割合は61.5%にもなり、また国内の発電電力量の90%以上を小規模ディーゼル発電に依存していたことから、周辺国に比し電気料金水準が高いものになっていた²。また、都市の電化率（2008年）は87%であるのに対し、地方部では13%に過ぎなかった³。同国北東部、ベトナムと国境を接するラタナキリ州は、農業を主要産業とする人口16万人の州で、人口増加率は年率4%以上と高いが、電化率は16%と低い（2011年）⁴。一方、同地域は山がちであることから、小水力開発のポテンシャルは高い。同州の電力供給は、州都バンルン近郊のオチュム郡にある小水力発電所及びベトナムからの輸入電力により賄われていたが、同発電所敷地内には小水力発電に利用可能な落差があるにもかかわらず活用されておらず、既設の発電所についても運用開始から20年以上が経過し、設備の老朽化による不具合から出力の低下が発生していた。本事業は、ラタナキリ州に小水力発電所の新設及び既設小水力発電所の設備更新を行うことを通じて、事業対象地域における電力の安定供給を図り、地方電化を推進するものである。

1.2 事業概要

カンボジア北東部のラタナキリ州において、小水力発電所の建設と既設小水力発電所の設備を更新することにより、地方部における電力の安定供給、エネルギー源の多様化を図り、もって同国の経済／社会開発の向上及び温室効果ガス排出量の削減に寄与する。

| | | |
|-------------------|--|--|
| 供与限度額/実績額 | 1,487 百万円 / 1,486 百万円 | |
| 交換公文締結/贈与契約締結 | 2013 年 3 月 / 2013 年 3 月 | |
| 修正交換公文締結/修正贈与契約締結 | 2015 年 3 月 / 2015 年 4 月 | |
| 実施機関 | カンボジア電力公社 (Electricite du Cambodge : EDC) | |
| 事業完成 | 2015 年 11 月 | |
| 事業対象地域 | ラタナキリ州オチュム村 | |
| 案件従事者 | 本体 | 西澤株式会社 / 株式会社鴻池組 (JV) |
| | コンサルタント | 電源開発株式会社 / 中電技術コンサルタント株式会社 / 中国電力株式会社 (JV) |
| | 調達代理機関 | — |
| 協力準備調査 | 2012 年 7 月～2013 年 3 月 | |
| 関連事業 | — | |

¹ JICA 提供資料より。

² 同上。

³ 同上。

⁴ 同上。

2. 調査の概要

2.1 外部評価者

島村 真澄 （三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング株式会社）

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：2018年8月～2019年9月

現地調査：2018年10月28日～11月16日

3. 評価結果（レーティング：A⁵）

3.1 妥当性（レーティング：③⁶）

3.1.1 開発政策との整合性

計画時におけるカンボジア政府の「国家戦略開発計画」（2009年～2013年）では、電力供給力の確保、低廉な電気料金、電力関係機関の強化と能力開発に重点が置かれ、また、2011年に策定された「地方電化促進戦略計画」では、2020年までにバッテリー照明を含め村落電化率100%、2030年までにグリッド接続（系統連系）により世帯電化率70%を達成するとの目標を掲げていた。本事業は、ベトナムとの国境付近に位置するラタナキリ州における電力の安定供給や住民の生活環境の改善を目指しており、計画時の開発政策と整合していたといえる。

事後評価時におけるカンボジア政府の「第三次四辺形戦略」（2013年～2018年）及び同戦略を具体化する「国家戦略開発計画」（2014年～2018年）では、「インフラ開発：電力開発」が重点の一つに掲げられ、電力供給の拡大、電力アクセスの実現（村落電化率の向上）、地域間での電力の連携（送電網の連携）が重視されている。更に、2018年9月に発表された「第四次四辺形戦略」（2019年～2023年）においても電力料金の引き下げ、電力供給の拡大、電力供給の信頼性向上の重要性が指摘されている。また、「エネルギーセクター開発方針」（2005年～2024年）及び「地方電化促進戦略計画」⁷において、地方電化が重要課題であることが示されており、カンボジア政府は、引き続き、2020年までに村落電化率100%、2030年までに世帯電化率70%を達成するという目標を掲げて取り組んでいる。本事業の実施は、事後評価時においてもカンボジアの開発政策と合致している。

3.1.2 開発ニーズとの整合性

計画時、ラタナキリ州は、人口増加率は年率4%以上と高いが、電化率は16%と低か

⁵ A：「非常に高い」、B：「高い」、C：「一部課題がある」、D：「低い」

⁶ ③：「高い」、②：「中程度」、①：「低い」

⁷ 2011年に策定され、2030年までの目標が明示されている「地方電化促進戦略計画」は事後評価時点においても有効である。

った。同州の電力供給は既設のオチュム第二発電所及びベトナムからの輸入電力により賅われていたが、同発電所敷地内には小水力発電に利用可能な落差があるにもかかわらず利用されておらず、既設の発電所についても運用開始から20年以上が経過し、設備の老朽化による不具合から出力の低下が発生していた。

事後評価時において、地方部における電力の安定供給は経済／社会開発のために引き続きニーズが高い。具体的には、2012年～2018年の最大電力需要、ピーク需要時の電力供給、電力消費量は、カンボジア全国ではいずれも年平均20%前後と高い伸び率を示しているが、北東部ではいずれも年平均30%超、本事業が位置するラタナキリ州では同30%前後と、一層高い伸び率となっている。2018年の村落電化率は、カンボジア全国が86.85%であるのに対して、北東部、ラタナキリ州はそれぞれ52.27%、55.97%と依然として電化率の向上が課題となっている。(表1)

以上より、本事業は計画時及び事後評価時のカンボジアの開発ニーズと合致する。

表1：カンボジア全国、北東部、ラタナキリ州の
最大電力需要、ピーク需要時の電力供給、電力消費量、村落電化率

| | 2012年 | 2013年 | 2014年 | 2015年 | 2016年 | 2017年 | 2018年 |
|------------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| カンボジア全国 | | | | | | | |
| 最大電力需要 (MW) | 486.3 | 626.0 | 784.4 | 951.3 | 1,068.0 | 1,269.4 | 1,518.2 |
| ピーク需要時の電力供給 (MW) | 825.0 | 1,088.0 | 1,359.0 | 1,986.0 | 2,115.0 | 2,322.0 | 2,650.0 |
| 電力消費量 (GWh) | 3,527.4 | 4,051.6 | 4,861.4 | 6,015.4 | 7,033.1 | 8,072.8 | 9,307.0 |
| 村落電化率 (%) | 49.65 | 51.07 | 60.32 | 66.55 | 74.74 | 81.58 | 86.85 |
| カンボジア北東部 (モンドルキリ州、ラタナキリ州、ストゥントレン州) | | | | | | | |
| 最大電力需要 (MW) | 6 | 9 | 12 | 20 | 22 | 28 | 32 |
| ピーク需要時の電力供給 (MW) | 6 | 9 | 12 | 20 | 22 | 28 | 32 |
| 電力消費量 (GWh) | 28 | 36 | 46 | 53 | 73 | 110 | N.A. |
| 村落電化率 (%) | 13.10 | 18.56 | 19.00 | 23.14 | 29.50 | 45.77 | 52.27 |
| ラタナキリ州 | | | | | | | |
| 最大電力需要 (MW) | 3.69 | 4.17 | 5.40 | 5.89 | 7.20 | 12.57 | 14.01 |
| ピーク需要時の電力供給 (MW) | 3.69 | 4.17 | 5.40 | 5.89 | 7.20 | 12.57 | 14.01 |
| 電力消費量 (GWh) | 17.2 | 22.73 | 27.91 | 33.36 | 37.42 | 47.40 | 45.48 |
| 村落電化率 (%) | 8.75 | 15.42 | 16.25 | 20.83 | 30.86 | 52.26 | 55.97 |

出所：カンボジア電力庁 (Electricity Authority of Cambodia: EAC) への質問票回答

3.1.3 日本の援助政策との整合性

計画時の日本政府の「対カンボジア国別援助方針」(2012年)及び「事業展開計画」(同年)では、「経済基盤の強化」を重点分野に掲げており、電力セクターへの協力が本分野

に位置づけられていた。また、日本政府は日本再生戦略の中で、新エネルギー分野での優れた日本技術の活用とグリーン成長の実現を後押しする方針を掲げていた。

本事業は、地方部における電力の安定供給、カンボジアの経済／社会開発の向上、温室効果ガス排出量の削減への寄与等を目的としており、また、日本の中小企業等の優れた製品・技術の活用を前提として設計方針等の検討が行われていることから、上記の方針に合致している。

以上より、本事業の実施はカンボジアの開発政策、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、事業対象地域における電力の安定供給を図るため、オチュム第一発電所の新設（265kW）とオチュム第二発電所の設備更新（480kW×2基）を行うものである。主なアウトプットの計画と実績の比較は表2のとおり。

表2：主なアウトプットの計画と実績の比較

| 項目 | 計画 | 実績（差異） |
|-----------------|---|--|
| オチュム第一発電所（新設） | | |
| 取水口 | コンクリート構造物、高さ 7.15m、幅 2.20m | 計画どおり |
| 水圧管路 | 内径 1.0～1.5m、延長 457m | 計画どおり |
| 水車発電機器 | クロスフロー型水車 295kW 3 相交流誘導発電機 350kVA | 計画どおり |
| 発電所設備出力 | 265kW | 計画どおり |
| 発電所建屋 | 平屋建て、床面積 64m ² | 床面積を 92 m ² に拡張（各種盤の寸法が当初設計より大型化したため） |
| 管理用道路 | 延長 624m、全幅 4.0m（車道 3.0m＋路肩 0.5m×2）簡易舗装 | オチュム第一ダムの漏水対策工、漏水対策工を踏まえた新管理用道路の設置 |
| オチュム第二発電所（設備更新） | | |
| 水車発電機器 | 横軸フランシス水車 507kW×2 台 3 相交流ブラシレス同期発電機 600kVA×2 台 | 計画どおり |
| 発電所設備出力 | 480kW×2 台（合計 960kW） | 計画どおり |

| | | |
|----------------------------------|--|---------------------------------------|
| 管理用道路補修 | 延長 383m、全幅 5.0m（車道 4.0m＋路肩 0.5×2）、簡易舗装 | 本工事開始前に実施機関（EDC）にて修復済 |
| 送配電設備（新設） ⁸ | | |
| 22kV 中圧配電線 | 亘長 730m | 計画どおり |
| コンサルティング・サービス | | |
| 項目 | | 実績（差異） |
| 設計・施工管理 | | 漏水対策工事に関する設計・施工管理業務が追加 |
| 入札業務監理 | | 計画どおり |
| 工事（調達）管理 | | 漏水対策工事に関する工事（調達）管理が追加 |
| 発電所の運転要員に対する運転・保守についてのソフトコンポーネント | | オチュム第一ダム水位・漏水量の測定、貯水池周辺の保守に関する技術移転が追加 |

出所：実施機関（EDC）への質問票回答

当初計画時からの大幅な変更（スコープ増加）として、既設オチュム第一ダムの漏水対策工事が追加で実施された。本体工事開始後の2014年8月にオチュム第一ダムから多量の漏水が発生していることが判明し、緊急対策として、ダムからの漏水が認められる管理用道路部分の基礎掘削部に排水工を敷設した上でフィルター材にて埋め戻す措置により安定的に集水することができていたが、ダムの安全性確保（ダム浸透破壊防止）の観点から恒久的な対応の必要性が認められ対策が講じられた。本件スコープ増加に際しては、2015年4月に修正贈与契約が締結され、同月から追加工事（漏水対策工事）が開始された。具体的には、オチュム第一発電所の新管理用道路の設置、漏水対策工事に係る調査、設計、施工管理業務が追加で行われた。また、発電所の運転要員に対する運転・保守にかかるソフトコンポーネントについて、オチュム第一ダム水位・漏水量の測定、貯水池周辺の保守に関する技術移転が追加された。実施機関のカンボジア電力公社（Electricite du Cambodge、以下「EDC」という。）及び実施コンサルタントによると、本事業の詳細設計時の調査・検討段階において、ダム周辺は草木が生い茂っていたこと、及び、雨季であったため、雨水により地面が濡れていて漏水の詳細を把握することは困難で、計画時において漏水のリスク把握は難しかったとのことだった。EDCによると、漏水発生について、事業実施中に特段の問題は発生しておらず、追加工事により、発電所の供用開始以降、漏水量を警告レベル以下に抑えることができている、ダムの安全性

⁸ 事業事前評価表には記載はないが、実施計画には記載されていた。

確保と効率的なダム管理が図られているとのことだった。

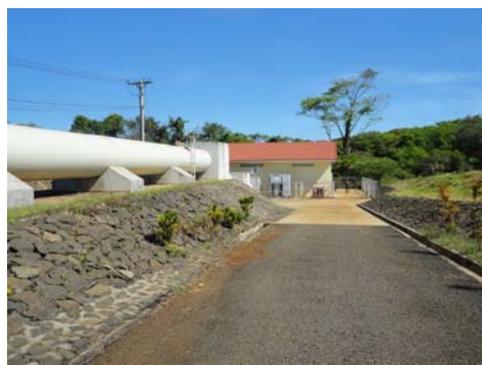
その他の主なアウトプット変更点として、新設のオチュム第一発電所の建屋の床面積が当初計画の 64m^2 から 92m^2 に拡張された。これは、本事業用にコントラクターが最適な設計を行った結果、発電機器類など各種盤の寸法が当初想定された設計より大型化したためである。

上記のアウトプットの変更について EDC 及び実施コンサルタントによると、追加工事及びそれに伴う追加範囲は、ダムの安全性確保の観点から対策を講じる必要があったこと、発電所建屋の床面積拡張は、基盤の寸法にあわせる必要があったことから適切な変更であったとのことだった。漏水対策の追加工事に関しては、カンボジア側からの要請に基づき、その妥当性・必要性を十分検討した上で修正贈与契約が締結されたこと、オチュム第一発電所の建屋の床面積の拡大については、発電所設備の円滑かつ安全な運用のための変更であったことから、適切な変更であったと考えられる。

建設工事のために必要な用地の確保や工事実施に要する許認可の取得など本事業実施に必要なカンボジア政府負担事項について、EDC 及び実施コンサルタントへのヒアリングの結果、全て問題なく実施されたことを確認した。



オチュム第一ダムの取水塔



オチュム第一発電所（発電所建屋、水圧管路）



オチュム第一発電所（漏水対策工）



オチュム第一発電所（水車、発電機）



オチュム第二発電所（建屋）



オチュム第二発電所（水圧管路）

3.2.2 インプット

インプット（事業費及び事業期間）の分析に際しては、上記、スコープ増加の妥当性・適切性を踏まえ、追加工事の実施に想定された事業費と事業期間を計画に加味して実績と比較した。つまり、修正贈与契約締結時の事業費と事業期間を計画とみなして実績と比較した。

3.2.2.1 事業費

本事業の総事業費は、計画は 1,488 百万円であったのに対し、実際は 1,487 百万円と、計画どおりであった（対計画比 100%）。このうち、カンボジア政府側の負担は、計画どおり 1 百万円の支出が行われた。

なお、修正前の贈与契約の供与限度額は 1,206 百万円、修正後の贈与契約の供与限度額は 1,487 百万円であり、差額の 281 百万円は漏水対策工事及びそれに関連した事業スコープの増加分であることを EDC 及び実施コンサルタントに確認した。追加工事及びそれに伴う追加スコープは、インプットに見合った適切なものであったと判断できる。

3.2.2.2 事業期間

本事業の実施期間は、計画（修正贈与契約締結時の計画）では 33 カ月であったが、実際には計画より 1 カ月短い 32 カ月であり、計画内に収まった（計画比 97%）。EDC 及び実施コンサルタントによると、追加で実施された漏水対策工事は、特に乾季（4～5 月）の間に実施促進が図られた結果、計画よりも 1 カ月早く工事を終了させることができたとのことだった。

表 3 は、事業期間の計画と実績の比較を整理したものである。

表3：事業期間の計画と実績の比較

| 計画 | 実績 |
|-------------------------|--|
| 2013年4月～2015年12月（33カ月） | 2013年4月～2015年11月（32カ月） |
| 内訳：詳細設計・入札補助 | |
| 2013年4月～2013年9月（6カ月） | 2013年4月～2013年9月（6カ月） |
| 内訳：本体工事 | |
| 2013年10月～2015年12月（27カ月） | 2013年10月～2015年11月（26カ月） うち、漏水対策工事期間： 2015年4月～2015年11月（8カ月） |

出所：事業事前評価表、JICA 提供資料

注1) 事業完成の定義は、追加で実施された漏水対策工事の完了時。事業期間には、計画・実績共に瑕疵担保期間は含まれていない。

以上より、本事業の事業費は計画どおりであり、事業期間は計画内に収まった。したがって、効率性は高い。

3.3 有効性・インパクト⁹（レーティング：③）

3.3.1 有効性

3.3.1.1 定量的効果

計画時、本事業の定量的効果として、最大出力、設備稼働率、発電端発電量、CO₂排出量の削減効果が設定されていた。各指標の基準値、目標値、2015年～2018年の実績値を表4にまとめた。事業完成は2015年11月であることから、比較対象となる目標年は3年後の2018年である。

⁹ 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。

表 4：本事業の定量的効果

| 指標名 | 基準値 | 目標値 | 実績 | | | |
|---|--------------|----------------------|--------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| | 2012年 | 2018年 事業完成 3年後 | 2015年 事業 完成年 | 2016年 事業完成 1年後 | 2017年 事業完成 2年後 | 2018年 事業完成 3年後 |
| 【効果指標】 最大出力 (kW) | | | | | | |
| ①オチュム第一発電所 | — | 265 | 265 | 265 | 265 | 265 |
| ②オチュム第二発電所 | 820 | 960 | 960 | 960 | 960 | 960 |
| 【運用指標】 設備利用率 (%) 注1) | | | | | | |
| ①オチュム第一発電所 | — | 34 | 8.11 | 9.17 | 22.53 | 24.66 |
| ②オチュム第二発電所 | 31 | 45 | 26.83 | 22.24 | 38.69 | 37.07 |
| 【効果指標】 発電端発電量 (MWh/年) 注2) | | | | | | |
| ①オチュム第一発電所 | — | 771 | 188.43 | 212.95 | 523.07 | 563.50 |
| ②オチュム第二発電所 | 2,620 注3) | 3,747 | 2,256.56 | 1,887.74 | 3,254.39 | 3,068.80 |
| 【環境関連指標】 CO ₂ 排出量の削減効果 (t/年) 注4) | | | | | | |
| ①オチュム第一発電所 | — | 315.3 | 77.07 | 87.10 | 213.94 | 230.47 |
| ②オチュム第二発電所 | 1,071.5 | 1,532.5 | 922.93 | 765.13 | 1,331.05 | 1,255.14 |
| 【参考情報】 事業対象地域においてグリッドに接続され、本事業より電力が供給されている村落数 | 6 | — | N.A. | N.A. | N.A. | 21 |
| 【参考情報】 事業対象地域において配電線につながり、本事業より電力供給を受けている世帯数 | 230 | — | N.A. | N.A. | N.A. | 1,360 |

出所：JICA 提供資料、EDC ラタナキリ事務所への質問票回答

注1) 設備利用率 (%) = 年間発電量 / (定格出力 × 年間時間数) × 100

注2) 発電端発電量 (MWh/年) = 年間発電量 (グロスの発生発電量)

注3) 既設オチュム第二発電所の過去6年間の年平均発生電力量

注4) CO₂排出削減量：オチュム第一及び第二発電所における発生電力 (増加分) × ベトナムの排出係数 (発電端) 409 kg CO₂/MWh

注5) 参考情報の基準値 (2012年) データは、既設オチュム第二発電所より電力供給を受けていた村落数及び世帯数

最大出力については供用開始後毎年目標を達成している。設備利用率は目標を達成していない。2018年の実績値をみると、オチュム第一発電所は目標値の73%、オチュム第二発電所は目標値の82%の達成率である。発電端発電量は設備利用率にほぼ連

動しており¹⁰、2018年の実績値は、オチュム第一発電所は目標値の73%、オチュム第二発電所は目標値の82%の達成率となっている。CO₂排出量の削減効果も同様に¹¹、2018年の実績値は、オチュム第一発電所は目標値の73%、オチュム第二発電所は目標値の82%の達成率である。

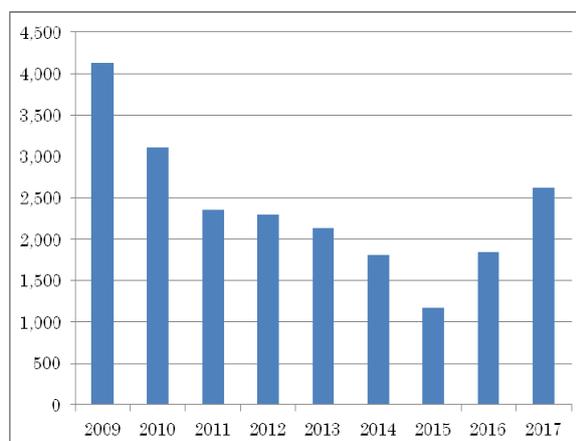
設備利用率（及び、それに連動する発電端発電量とCO₂排出量の削減効果）が目標値に達していない主な理由は以下のとおり。

(1) 水力発電は水資源を利用することから、設備利用率はその年の降雨量に大きく影響を受ける。発電所の供用開始後、雨期の雨量が減少しているため（特に2015年はエルニーニョ現象により極端に雨量が少なかった）。EDC及び実施コンサルタントによると、計画時に設定された目標値は、協力準備調査報告書の作成時

（2012年）以前の降雨の状況を踏まえて設定されたものであり、当時の雨量は近年の雨量よりも多かったとのことだった。発電所が位置するオチュム地区に隣接するバンルン市（ラタナキリ州の州都）の雨量データ¹²は図1のとおり。

(2) ここ2～3年、オチュム第一ダムの貯水池周辺のキャッチメントエリア（集水エリア）においてコシヨウ、ゴム、カシューナッツのプランテーション開業が急増しており、それぞれの農園で大量の水が消費され、貯水池の水量が減少しているため。

上記より、発電所の供用開始後から事後評価時点における降雨量の動向を踏まえて振り返ってみると、計画時における目標値の設定自体が高めであったと考えられる。なお、米国エネルギー省エネルギー情報局が公表している各国の水力発電所の設備利用率の平均値¹³を見ると、アジアでは日本：40%、中国37%、インド：34%、韓国25%



出所：実施機関提供資料に基づき作成

図1：バンルン市の雨量データ（単位：mm）

¹⁰ 表4の注記で指標の定義を示しているとおおり、設備利用率及び発電端発電量はいずれも年間発電量の変数となっており、両者は正の相関にある。すなわち、発電所の定格出力及び年間時間数は一定であるため、設備利用率が増加すれば年間発電量が増える（つまり、発電端発電量が増加する）ことになる。

¹¹ 表4の注記のとおり、CO₂排出削減量は、各発電所の発生電力（増加分）に一定の係数を乗じたものであるため、発電量が増えればCO₂排出削減量も増加する。

¹² 本事業の計画時、「オチュム第一発電所の発電計画を行うに当たり、オチュム第一ダムの貯水位、流入量、流出量データが存在しないということだったので、バンルン市の雨量データから推測したオチュム第一ダムへの流入量を用いて発電計画を行う」（協力準備調査報告書 p.33）とのことから、計画時との対比のために、事後評価時においてもバンルン市の雨量データを利用した。

¹³ 米国エネルギー省エネルギー情報局“Electric generator capacity factors in various countries and regions, 2008-2012 average” <https://www.eia.gov/todayinenergy/detail.php?id=22832>（アクセス日：2019年4月23日）

となっている。本事業との単純比較は妥当ではないが、参考値として見た場合、オチュム第二発電所の 45% という目標設定はやや高めである。

両発電所は供用開始後順調に稼働しており、最大出力については毎年目標値を達成していること、その他の指標については雨量データの傾向から今後雨量の回復と共に実績値の改善が見込まれること、また、受益者（周辺住民及び大口需要家）へのインタビュー（後述）から



オチュム第一ダムの貯水池
(対岸がコショウのプランテーション)

からも、本事業で水力発電所が整備されたことにより、電力の安定供給と地方電化の推進が図られていることから、事業の効果はある程度達成したと判断できる。

なお、オチュム第二発電所の 2018 年の設備利用率実績が 2017 年の実績を下回るの
は、オチュム第二ダムの貯水池に堆積物が蓄積してきたことにより貯水池の水量が減少したためである。これについて、本事業の運営・維持管理を行う EDC ラタナキリ事務所は 2020 年までに堆積物の除去を予定しており、貯水池の水量回復、設備稼働率の上昇について具体的な見通しは立っている。

3.3.1.2 定性的効果（その他の効果）

本事業の定性的効果として、電力の安定供給、地方電化の推進、エネルギー源の多様化が実現することが想定されていた。

電力の安定供給及び地方電化の推進については、前記表 1 において、本事業が位置するラタナキリ州の最大電力需要、ピーク需要時の電力供給、電力消費量、村落電化率について、両発電所が供用開始した 2015 年前後の推移をみると、いずれも増加傾向を示しており、本事業は電力供給の増加及び地方電化の推進に貢献していると考えられる。また、事業サイト実査時に実施した周辺住民及び大口需要家（いずれもバンルン市及びオチュム地区に居住もしくはビジネスを行う本事業の受益者）へのインタビュー¹⁴では、ほぼ全ての回答者より本事業が電力供給地域¹⁵における電力供給量の

¹⁴ インタビュー先の内訳は、男性 9 名（30 代 7 名、50 代 1 名、60 代 1 名）、女性 8 名（10 代 1 名、20 代 1 名、40 代 2 名、50 代 2 名、60 代 2 名）の計 17 名。周辺住民は、本発電所の電力供給地域に居住する住民。職業は、レストラン・屋台での開業者、売店の店主（雑貨・食料品販売等）、住み込みの家政婦、キャッサバ農家、カシューナッツ農家、主婦等。大口電力需要家は、本発電所の電力供給地域に位置するスーパーマーケット&コーヒーショップ、銀行の支店、レストラン、私立大学、ガソリンスタンド&コーヒーショップのオーナーもしくはマネージャー。

¹⁵ 本事業で発電された電力はバンルン市、オチュム地区、バーカエブ地区、オヤタブ地区にも供給されている。本事業実施後、グリッドに未接続だった周辺地域の 15 村全てがグリッドに接続して電化された。これにより、1,130 世帯が新たに配電線につながり、本事業からの電力供給を受けている。（注：バンルン市には 6 つの村落があり、オチュム地区、バーカエブ地区、オヤタブ地区もそれぞれ複数の村落から構成さ

増大、安定供給や地方電化の推進に寄与しているとの指摘があった。インタビューによると、事業実施前、電力供給地域は、既存のオチュム第二発電所及びベトナムからの輸入電力によって電力供給されており、一部、配電線につながっていないオチュム地区の未電化地区（少数民族のクルン族が住む地域等）があった。そうした場所では、住民はバッテリーの電気で生活していたが、事業実施後は未電化地区も配電線から電気が供給されるようになった。また、バンルン市及びオチュム地区で事業実施前から既に配電線につながっていた地区は、事業実施前は計画停電や突然の停電が発生し、復旧に時間がかかるなど¹⁶安定的な電力供給ではなかった。事業実施後は停電が全くなかったわけではないが、事業実施前と比較すると格段に改善していることを確認した。したがって、本事業は電力の安定供給と地方電化の推進に貢献していると考えられる。

エネルギー源の多様化については、カンボジア北東部及びラタナキリ州における発電エネルギー構成比データを見ると（表5）、両発電所が供用開始した2015年は北東部、ラタナキリ州共に水力発電のシェアが増加している。その後、電力需要の増加により水力発電のシェアは変動しているが、ラタナキリ州については、2016年、2017年の電源は水力とベトナムからの輸入のみであり、本事業は輸入の削減に貢献している（本事業が実施されていなければ更なる輸入が必要であった）といえる。このことから、本事業は、自国内の水資源を活用した電源の拡充、電力自給率の向上に寄与しているといえる。

なお、2018年のストゥントレン州からの電力融通はラタナキリ州に隣接するストゥントレン州で建設されていたローワーセサン第2水力発電所¹⁷が完成し、供用開始されたことによるものである。また、EDCによると今後も同州への電力融通が行われる予定である。カンボジア政府はこれまで近隣国からの輸入に依存していた電力供給を、国内での電力発電を増やしていくことで、電力自給率の向上、エネルギー安全保障の確保を目指している。

れている。）

¹⁶ 配線の具合や引込線が異なるため場所によって状況は異なるが、ひどい地区では1カ月に1～2回程度、1回半日～1日の停電が発生したとのこと。

¹⁷ ローワーセサン第2水力発電所は、総工費約8億1,600万ドルで、中国ハイドロランチャン国際エネルギーが51%、カンボジアの財閥ロイヤル・グループが39%、ベトナム電力グループ（EVN）10%を出資する合弁事業体が、期間45年（うち運営40年間）のBOT方式で受注。（BOT方式（Build, Operate and Transfer Scheme）は、民間事業者が自ら資金調達を行い、施設等を建設して一定期間運営・管理し、期間終了後に所有権を委譲する方式のこと。）2017年10月にまず50MW程度の発電を開始し、2018年には全8機稼働して400MWとなる予定。カンボジアでは最大の発電所となる。発電された電力は、EDCに6.95セント/kwhで売り渡すこととなっている。

（出所）<https://www.morningstar.co.jp/msnews/news?rncNo=1811860>（アクセス日：2019年4月9日）

表 5：カンボジア北東部及びラタナキリ州における発電エネルギー構成

| | 2012年 | 2013年 | 2014年 | 2015年 | 2016年 | 2017年 | 2018年 |
|---|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| カンボジア北東部（モンドルキリ州、ラタナキリ州、ストゥントレン州） | | | | | | | |
| 水力 | 6.54% | 4.61% | 3.32% | 18.31% | 4.13% | 4.06% | 24% |
| ディーゼル | 21.70% | 7.99% | 1.16% | 0.46% | 0.16% | 1.20% | 0.005% |
| バイオマス | - | 0.50% | - | - | - | - | 2.2% |
| 輸入（ベトナム） | 71.76% | 86.90% | 95.52% | 56.55% | 51.67% | 48.75% | 25.4% |
| 輸入（ラオス） | - | - | - | 24.67% | 44.04% | 45.99% | 39% |
| ラタナキリ州 | | | | | | | |
| 水力 | 20.98% | 15.30% | 1.91% | 7.33% | 5.57% | 7.38% | 5.31% |
| ディーゼル | - | - | 0.22% | 0.59% | - | - | - |
| ストゥントレン州からの電力融通（35kV National Grid を利用） | - | - | - | - | - | - | 47.60% |
| 輸入（ベトナム） | 79.02% | 84.70% | 97.87% | 92.07% | 94.43% | 92.62% | 47.09% |

出所：EAC 及び EDC への質問票回答

注 1) 四捨五入の関係で一部合計が 100%にならない。

3.3.2 インパクト

3.3.2.1 インパクトの発現状況

本事業では、(1) 経済／社会開発の向上と (2) 温室効果ガス排出量の削減がインパクトとして期待されていた。これらのインパクトの発現状況は以下のとおりである。

(1) 経済／社会開発の向上

ラタナキリ州における工場、ホテル・ゲストハウス、病院、学校（小中高）の数、及び、街路灯が設置されている公道の距離の推移を表 6 に示した。

表 6：ラタナキリ州における工場・ホテルの数及び人口と主要公共施設数等の推移

| | 2015年 | 2016年 | 2017年 | 2018年 |
|-----------------|---------|---------|---------|---------|
| 工場数 | 29 | 32 | 61 | 63 |
| ホテル・ゲストハウス | 49 | 49 | 49 | 50 |
| 人口 | 183,092 | 188,981 | 194,773 | 201,547 |
| 病院数 | 81 | 82 | 82 | 82 |
| 小学校数 | 195 | 203 | 218 | 218 |
| 中学校数 | 17 | 19 | 25 | 25 |
| 高校数 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| 街路灯のある公道の距離（km） | 9 | 10 | 13 | 15 |

出所：EDC ラタナキリ事務所提供資料に基づき作成

ラタナキリ州における工場数は、プランテーションの増加により農作物の加工工場が年々増加しており、本事業による電力事情の改善が工場設置のためのインフラ基盤整備に貢献していると考えられる。公共施設については、ラタナキリ州は表 6 記載のとおり人口増加が進んでおり、病院・学校や街路灯が設置されている公道の距離も増え、市民生活向上の方向にあると考えられる。

また、事業サイト実査時に実施した周辺住民及び大口需要家へのインタビュー¹⁸の結果、ほぼ全ての回答者より本事業が経済／社会開発の向上に寄与していることが確認された。周辺住民は、ここ 2～3 年でバンルン市内に店や食堂が増えて経済が活性化されてきていると感じると回答しており、各家庭でも家電製品（冷蔵庫、炊飯器、洗濯機、テレビ、給水ポンプ）が増えた、24 時間電力が供給されるようになったため夜も家事ができるようになった（明るいうちに急いで家事を終える必要がなくなった）、夜もテレビを見られるようになった、と回答する人も多かった。また、建物の照明や外灯などで夜もバンルン市内が明るくなって雰囲気が変わった、夜も安心してバイクを運転できるようになった、といった治安や安全面での効果も挙げられた。

大口電力需要家からは、安定的な電力供給が実現したことにより、新たにコーヒーショップを開く等ビジネス拡大の要因の 1 つになった（スーパーマーケット&コーヒーショップ、ガソリンスタンド&コーヒーショップのオーナー）、業務拡充や ATM 等の機器の追加設置の追い風になった（銀行のマネージャー）、大学ではエアコンやパソコンなどの設置台数が増え、夜間授業（17:30～20:30）のコマ数が、これまでの 3 コマから 4 コマに増えた、また、夜道も明るくなり、大学の教職員及び学生は安心だと感じている（私立大学の事務員）といった回答があった。

電力料金については、表 7 のとおり、これまでラタナキリ州は、産業・商業・住宅いずれも一律 670 リエル/kWh の料金設定で変化はなかったが、カンボジア政府の方針により、2018 年以降、同州の電力料金はバンルン市を除きカンボジア全国の料金に統一された。政府の地方電化促進政策の一環で、これまでラタナキリ州では、プノンペン近郊の住宅（≦50kWh/月）を除き、電力料金は都市部よりも低く抑えられており、2018 年以降もバンルン市の電力料金は低く抑えられる見込みである。

¹⁸ インタビュー対象者は脚注 14 に記載した 17 名と同じ。

表 7 : EDC の電力料金の推移

| | | 2015 年 | 2016 年 | 2017 年 | 2018 年 |
|---------------------------------|--------------------------------|--------|--------|--------|--------|
| ラタナキリ州 (産業・商業・住宅) (リエル/kWh) | | 670 | 670 | 670 | 670 |
| プ ノ ン ペ ン 近 郊 | 産業・商業向け 22kV 受電 (USD/kWh) | 0.177 | 0.172 | 0.167 | 0.165 |
| | 住宅 (>200kWh/月) (リエル/kWh) | 820 | 780 | 770 | 750 |
| | 住宅 (>50kWh/月) (リエル/kWh) | 720 | 720 | 720 | 720 |
| | 住宅 (≤50kWh/月) (リエル/kWh) | 610 | 610 | 610 | 610 |

出所 : EAC 及び EDC ラタナキリ事務所提供資料に基づき作成

注 1) 単位は、プノンペン近郊の産業・商業向けは USD/kWh、それ以外はリエル/kWh。(2015 年～2017 年 : 1USD=4,000 リエル、2018 年 : 1USD=4,100 リエル)

注 2) 2018 年のラタナキリ州の料金はバンルン市内の料金を示した。カンボジア政府の方針により、2018 年以降、ラタナキリ州の電力料金は、バンルン市内を除き、カンボジア全国の料金に統一された。

(2) 温室効果ガス排出量の削減

CO₂ 排出量削減効果については、前述 (有効性の定量的効果) のとおり、2018 年の実績値は、オチュム第一発電所は 230t で目標値の 73%、オチュム第二発電所は 1,255t で目標値の 82% の達成率であった。本事業の水力発電による発電電力量はベトナムからの輸入電力量の代替となっている。本事業が実施されていなければ火力発電等に由来する電力の更なる輸入が必要であったことを考慮すると、クリーンエネルギーである本事業の水力発電は CO₂ 排出量の削減に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、「国際協力機構環境社会配慮ガイドライン」(2010 年 4 月公布) に掲げる水力発電、ダム・貯水池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、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ため、カテゴリ B と分類された。本事業に係る環境影響評価及び初期環境影響評価報告書作成は、カンボジア国内法上義務付けられていない。

EDC によると、事業実施中及び供用開始後の環境モニタリング (水質、騒音、振動、土壌、廃棄物) を目視等にて実施している。いずれも自然環境に対する負の影響は報告されておらず、住民からクレームもないとのことだった。また、工事中に生じる水

質汚濁対策として、コントラクターにより掘削土砂の河川への流入を防止する等の緩和策が適切に講じられ、特段問題は指摘されていない。EDC や周辺住民からのインタビュー、及び、事後評価時のサイト実査結果からも自然環境への大きな問題はないと考えられる。

(2) 住民移転・用地取得

本事業の土木工事は全て EDC の敷地内で実施されたため、用地取得は発生しなかった。住民移転については、EDC の敷地内に、住民 2 世帯が不法に小屋を建ててカシューナッツ農業を行っていたが、カンボジア国内法及び JICA 環境社会配慮ガイドラインに沿って適切な補償（再取得価格による補償）が EDC により行われ、当該住民は問題なく退去した。

退去した 2 世帯はいずれも少数民族（クルン族）の親戚同士で、サイト実査時に、1 世帯にインタビューを行った。それによると EDC との協議プロセスや補償の手続きは特段問題なく、補償額についても異存はなかったとのことだった。当該世帯の家長が事業完成後に EDC ラタナキリ事務所に雇用され、新たな収入源を得ている。

以上より、住民移転について特段問題はなかったと考えられる。

(3) その他のインパクト

本事業の発電機及び関連機材は日本の中小企業が製造した。EDC によると、近代的な運用システムを備えた優れた製品であり、操作は容易で、電力供給開始後問題なく順調に稼働しているとのことだった。なお、無償資金協力で過去に実施された「モンドルキリ州小水力地方電化計画」の発電機及び関連機材も同じ企業製で、両事業とも日本の中小企業の優れた製品・技術が活用されていて、最新の操作システムの導入により運転・保守が容易であることを確認した。（現地調査時、EDC モンドルキリ事務所の協力を得て、当該水力発電所のサイトも視察した。）

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

事業完成後の発電所の運営・維持管理は、EDC 本部（発電部）の監督の下、EDC ラタナキリ事務所が行っている。事後評価時、同事務所には 109 名の職員が在籍しており、所長を筆頭に、技術、経理・営業、管理等の各部門に人員が配置されている。技術部門は、発電所の運転・保守を行う発電部門と送配電線網の運転・保守を管理する送配電部門から構成されている。EDC ラタナキリ事務所と EDC 本部は常時コミュニケーション

がとられ、緊密な連携体制が取られている。また、運営・維持管理費の予算確保や職員の採用・配置については、EDC ラタナキリ事務所から EDC 本部に申請が行われ、本部（予算については理事会）の承認を得た後、予算配賦や人員採用・配置が行われる。更に、スペアパーツの調達については、EDC ラタナキリ事務所が EDC 本部に申請を行い、EDC 本部にて入札手続きが行われる。

EDC ラタナキリ事務所のオチュム第一、第二発電所の発電部門の体制・人員は図 2 のとおり。各発電所にはそれぞれ常時 2 名が勤務し、6 時間ずつの 4 シフト制で運営・維持管理が行われている（合計 17 名を配置）。こちらの体制で流入量・貯水池水位・漏水量の定期測定も実施されている。更に、貯水池、貯水池周辺、取水口、水路、発電所建屋等の点検が問題なく定期的（毎月・毎年）に実施されており、EDC 本部に報告されている。設備規模等を考慮すると十分に人員は確保されていると考えられる。

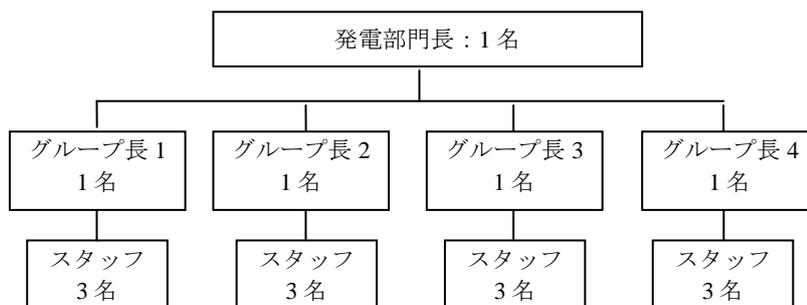


図 2：EDC ラタナキリ事務所発電部門の体制・人員

出所：EDC ラタナキリ事務所提供資料に基づき作成

送配電部門は、事業完成前（2013 年）は 24 名だったが、事後評価時点で 36 名に増員されており、本事業で新設された配電設備の維持管理も行っている。本事業の配電設備を担当する専属の職員はいないが状況に応じて適宜対応が行われており、問題はない。

本事業の計画時、オチュム第一発電所は運転員を配置せず、オチュム第二発電所から遠方制御する想定だったが、事後評価時、第一発電所は有人化されていた。EDC ラタナキリ事務所によると、第二発電所から第一発電所の遠方制御は制度的・技術的には可能であるが、インターネット回線が不安定なこと、無人化した場合盗難や外部からの人為的な破損等のリスクがあることから第一発電所も有人化して常時 2 名体制で運営・維持管理することにしたとの説明があった。現地の状況を踏まえると、この判断は適切であると考えられる。

以上より、運営・維持管理の制度・体制に特段の問題は認められない。

3.4.2 運営・維持管理の技術

運営・維持管理を担当する現場の職員はいずれも工学系（電気・機械等）の学士もしくは専門学校等の修了者で、発電設備の運営・維持管理業務に関して十分な技術と経験を蓄積した技術職員が配置されている。EDC ラタナキリ事務所へのヒアリングによると、技術職員の業務従事年数は3～15年である。

本事業のソフトコンポーネントにおいて、コンサルタントより、運営・維持管理に関する研修・技術移転が実施された（2014年10月中・下旬及び2015年1月上旬～2月上旬の合計約2カ月間）。また、発電機・機材の製造業者より機械の整備に関する指導が行われた（2014年11月上・中旬及び2015年2月上旬～3月上旬の合計約1.5カ月間）。研修・指導内容は、新規採用された職員を含めEDC ラタナキリ事務所内で共有・活用されている。各発電所では、ソフトコンポーネントで整備されたマニュアル及び保守・点検ガイドラインに沿って運営・維持管理や定期検査が行われている。マニュアル及び保守・点検ガイドラインは英語及びクメール語で作成されており、発電部門の職員に共有され、日々の業務に活用されている。

EDC では人材育成マネジメント体制が構築されており、毎年、発電部門の職員1～2名がプノンペンで水力発電所の維持管理研修を受講している。現場では新規採用者を含めOJTによる指導も実施されている。

また、発電部門の職員により、流入量、貯水池の水位、漏水量等の定期的な測定と記録が行われており、発電記録、点検記録、故障記録と共に保管され、将来の大規模補修の検討に役立てられる予定である。

EDC ラタナキリ事務所の体制及び現時点での良好な設備の運営・維持管理状況から技術的側面に特段の問題はないと考えられる。

3.4.3 運営・維持管理の財務

運営・維持管理費は、EDC ラタナキリ事務所が必要額を見積もった後、EDC 本部（発電部）に予算申請され、同部にて精査される。その後、理事会に諮られ、承認を経た後、EDC ラタナキリ事務所に予算が配賦される。

本発電所の運営・維持管理費の予算（EDC ラタナキリ事務所の申請額）、配賦実績と支出実績は表8のとおり。EDC ラタナキリ事務所からの予算申請額よりも配賦・支出実績が多い場合があるが、EDC ラタナキリ事務所内での流用もしくは年度途中で本部からの追加配賦により必要額が全て問題なく手当てされている。従って、財政的に足りていない状況は発生していない。

表 8 : 本発電所の運営・維持管理費

(単位 : USD)

| | 2015 年 | 2016 年 | 2017 年 | 2018 年 |
|----------|---------|---------|---------|---------|
| 予算 (申請額) | 188,623 | 306,313 | 292,187 | 323,077 |
| 配賦実績 | 200,527 | 232,048 | 276,825 | 267,490 |
| 支出実績 | 272,400 | 197,206 | 312,602 | 381,393 |

出所 : EDC への質問票回答

注 1) 運営・維持管理費には人件費が含まれている。

注 2) 2015 年の配賦実績が予算 (申請額) より多いのは、EDC 本部にて精査した結果、本事業完成直後の必要な残務経費を増額したため。支出実績が配賦実績より多いのは木の伐採や貯水池周辺のキャッチメントエリアの清掃等の追加支出が発生したため。増額分は EDC ラタナキリ事務所の他部門から流用した。

注 3) 2017 年の支出実績が配賦実績より多いのは、木の伐採や貯水池周辺のキャッチメントエリアの清掃等の追加支出が発生したため。増額分は EDC ラタナキリ事務所の他部門から流用した。

注 4) 2018 年の支出実績が配賦実績より多いのは、EDC 本部がスペアパーツの追加発注を行い予算の追加手当を行ったため。まとめて購入したことにより長期的に見ると経費を節約することができた。

本発電所の売電収入は表 9 のとおり。上記表 8 の運営・維持管理費の支出実績と単純比較すると、いずれの年も本事業の小水力発電の売電収入は本事業の運営・維持管理費を上回っていることがわかる。

表 9 : 本発電所の売電収入

(単位 : USD)

| | 2015 年 | 2016 年 | 2017 年 | 2018 年 |
|-----------|---------|---------|---------|---------|
| オチュム第一発電所 | 30,059 | 33,971 | 83,442 | 92,084 |
| オチュム第二発電所 | 359,975 | 298,428 | 519,153 | 501,487 |
| 合計 | 390,034 | 332,398 | 602,595 | 593,571 |

出所 : EDC への質問票回答

注 1) 四捨五入の関係で一部数字が一致しない。

2018 年 9 月時点における EDC ラタナキリ事務所の顧客数 (契約数) は 6,311 で、料金徴収率は 99% と非常に高い数字を維持している。この背景には、徴収率向上に向けた同事務所の努力がある。具体的には、毎月の電気使用量の計量 (メーターの検針) の精度向上を図っていること、顧客データ及び財務データを日々更新し適切に管理していること、EDC ラタナキリ事務所 1 階に設置された料金支払窓口の営業時間を延長したこと (これまで午前中 (7:30~11:30) のみの営業だったが、2017 年以降は 14:00~16:30 も営業)、料金滞納者への迅速な対応がとられていること (大口顧客には適時に警告を発出、一般家庭には支払期限 14 日超の滞納は送電停止) が挙げられる。

EDC ラタナキリ事務所、EDC（本部）の財務データはそれぞれ表 10、表 11 のとおり。

表 10：EDC ラタナキリ事務所 財務データ

(単位：USD)

| | 2015 年 | 2016 年 | 2017 年 |
|-------------|-----------|------------|------------|
| 電力売上（本事業） | 390,034 | 332,398 | 602,595 |
| 電力売上 | 4,326,783 | 4,945,127 | 6,368,170 |
| その他収益 | 106,274 | 140,869 | 177,477 |
| 営業収益計 | 4,823,091 | 5,418,395 | 7,148,243 |
| 電力輸入費（ベトナム） | 3,066,422 | 3,376,452 | 4,517,758 |
| 人件費 | 510,291 | 641,460 | 876,973 |
| 維持管理費 | 157,343 | 227,756 | 454,155 |
| 減価償却費 | 263,261 | 1,290,705 | 1,629,261 |
| 電力輸入税 | 367,878 | 422,950 | 565,807 |
| その他営業費用 | 394,202 | 587,193 | 662,857 |
| 営業費用計 | 4,759,396 | 6,546,516 | 8,706,811 |
| 営業利益 | 63,695 | ▲1,128,121 | ▲1,558,569 |
| 営業外利益 | 10,991 | 11,443 | ▲3,706 |
| 特別利益 | 2,550 | ▲10,257 | ▲2,024 |
| 税金等調整前当期純利益 | 77,236 | ▲1,126,935 | ▲1,564,299 |
| 法人税 | 49,028 | 53,890 | 69,764 |
| 当期純利益 | 28,208 | ▲1,180,826 | ▲1,634,063 |

出所：EDC への質問票回答

注 1) 四捨五入の関係で一部数字が一致しない。

表 11 : EDC (本部) 財務データ

(単位 : USD)

| | 2015 年 | 2016 年 | 2017 年 |
|-------------|---------------|---------------|---------------|
| 電力売上 | 3,763,629,241 | 4,186,986,746 | 4,621,417,322 |
| 接続サービス料 | 34,298,112 | 31,110,473 | 35,284,199 |
| その他収益 | 15,722,090 | 17,836,957 | 23,115,531 |
| 営業収益計 | 3,813,649,443 | 4,235,934,176 | 4,679,817,052 |
| 電力購入費 | 2,820,985,078 | 2,949,421,687 | 3,314,063,910 |
| 燃料費 | 6,927,267 | 18,332,808 | 5,277,383 |
| 人件費 | 153,172,713 | 185,441,109 | 227,268,471 |
| 減価償却費 | 82,468,483 | 141,379,081 | 137,409,477 |
| 償却費 | 195,512 | 233,077 | 379,207 |
| 電力輸入税 | 29,065,630 | 28,005,342 | 25,500,387 |
| その他営業費用 | 214,287,293 | 272,541,286 | 327,671,791 |
| 営業費用計 | 3,307,101,976 | 3,595,354,390 | 4,037,570,626 |
| 営業利益 | 506,547,467 | 640,579,786 | 642,246,426 |
| 純金融費用 | 39,682,849 | 46,293,765 | 76,392,568 |
| 税金等調整前当期純利益 | 466,864,618 | 594,286,021 | 565,853,858 |
| 法人税 | 98,108,272 | 119,012,184 | 101,335,662 |
| 当期純利益 | 368,756,346 | 475,273,837 | 464,518,196 |

出所 : EDC 年次報告書

注 1) 四捨五入の関係で一部数字が一致しない。

EDC ラタナキリ事務所の財務データを見ると、営業収益が大きく伸びている (2016 年 : 前年比 12% 増、2017 年 : 同 32% 増) 一方で、営業費用がこれを上回る増加率で伸びている (2016 年 : 前年比 38% 増、2017 年 : 同 32% 増)。これは、カンボジア政府の地方電化推進政策に基づいて、公共サービス義務を負う EDC が、採算のあわない未電化村へのグリッド接続を整備しているためで、EDC ラタナキリ事務所はこの方針に従って未電化の遠隔地域への送配電網を拡大しており、それに伴う経常コスト増である。顕著な増収がみられるものの、前述のとおり、電力料金は都市部に比べて低く抑えられており (表 7 参照)、EDC ラタナキリ事務所の財務は、こうした政策的な背景により純利益の赤字が拡大している。但し、EDC 本部がこれらの赤字を全て吸収し、必要な予算手当てを行っていることから、EDC ラタナキリの業務に支障は生じていない。実際、EDC 本部の財務データを見ると、営業利益は堅調に伸びており、純利益も黒字である。すなわち、EDC 全体としては財務に問題はなく、EDC ラタナキリ事務所の財務は本部の収益により支えられ、運営・維持管理費は問題なく手当されている。

上記より、本発電所の運営・維持管理費は適正に手当てされており、EDC ラタナキリの財務状況の本事業に対する直接の影響はないものと考える。

3.4.4 運営・維持管理の状況

本事業で整備された発電設備は良好に維持管理され、2015年3月の引き渡し以後、事後評価時まで大きな不具合、故障も発生せず、順調に運転されている。現地調査時のサイト



水道料金支払窓口
(EDC ラタナキリ事務所 1F)

実査で、両発電所設備の運転状況や追加工事が実施された漏水対策の状況を点検し、問題なく運営・維持管理されていることを確認した。

EDC ラタナキリ事務所は保守・点検ガイドラインに基づき、日常的パトロールと点検、定期的メンテナンス（毎週、毎月、毎年）を行っており、将来の大規模修繕に向けた準備に役立てられる予定である。前述（有効性の定量的効果）のとおり、オチュム第二ダムの貯水池の堆積物については 2020 年までに掘削機による堆積物の除去を予定しており、貯水池の水量回復の見通しは立っている。

スペアパーツは EDC の倉庫及びオチュム第二発電所建屋内に保管されており、在庫リストは毎年更新されている。スペアパーツの調達については、EDC ラタナキリ事務所が EDC 本部に申請を行い、EDC 本部にて入札手続きが行われる。EDC によると、カンボジア国内で調達可能なスペアパーツについては、発注後約 12 週間で入手が可能とのことで、これまで適時に調達されている。

事後評価時点ではまだ実績はないが、将来的には発電機・関連設備固有の 1 点もののスペアパーツ（例えば、水車の回転数を一定に保つための调速機）を日本の製造業者に発注する必要がある。調達には時間とコストがかかることが想定されるため、EDC ラタナキリ事務所は計画的な準備が必要である。前述のとおり、無償資金協力で過去に実施された「モンドルキリ州小水力地方電化計画」の発電機・関連設備も本事業と同じ製造業者で、EDC モンドルキリ事務所が调速機を当該業者に発注したところ、更新版の製品が送られてきたとのこと。既存の製品との互換性があったためそのまま使用可能で問題はなかったが、今後、技術の進歩により、互換性のあるスペアパーツが製造中止になる恐れがあり注意が必要、とのことだった。

したがって、運営・維持管理状況は事後評価時点において特段問題は見受けられないが、今後計画的な調達準備が必要である。

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. 結論及び提言・教訓

4.1 結論

本事業は、カンボジアの地方部における電力の安定供給、エネルギー源の多様化を図ることを目的に、同国北東部のラタナキリ州において、小水力発電所の新設と既設の小水力発電所の設備の更新を行った。クリーンエネルギーである本事業の水力発電所整備を通じた電力供給の拡大や地方電化の推進は、カンボジアの開発政策、開発ニーズ及び日本の援助政策と合致しており、妥当性は高い。事業実施面では、事業費は計画どおりで、事業期間は計画内に収まったため効率性は高い。事業効果について、定量的効果は、最大出力は目標値を達成し、水量の減少から設備利用率、発電端電力量、CO₂排出量は未達であったが、雨量データの傾向から、今後実績値の改善が見込まれる。定性的効果は、周辺住民及び大口需要家へのインタビューから、本事業により電力の安定供給と地方電化の推進が図られていることが確認された。したがって、本事業の効果はある程度達成したと判断できる。インパクトについて、ラタナキリ州の工場数や主要な公共施設数は増加傾向にあり、また、周辺住民及び大口需要家へのインタビューからも、本事業が経済／社会開発の向上に貢献していると考えられる。更に、本事業は、自国内の水資源を活用した電源の拡充、電力自給率の向上に寄与している。本事業が実施されていなければ火力発電等に由来する電力の更なる輸入が必要であったことを考慮すると、CO₂排出量削減にも貢献している。このことから本発電所はおおむね計画どおりの効果発現がみられ、有効性・インパクトは高い。自然環境及び住民移転における負の影響は報告されていない。本事業は日本の中小企業の優れた製品・技術が活用されている。運営・維持管理については、制度・体制、技術、財務、状況とも良好で、順調に運営されていることから、発現した効果の持続性は高いと考える。

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

日本企業への発注が必要となる 1 点もののスペアパーツの計画的な調達的重要性

本事業は、発電機・関連設備固有の 1 点もののスペアパーツを製造業者である日本企業に発注する必要がある。以下教訓でも述べるとおり、調達には時間とコストがかかることが想定されるため、EDC は適時に調達できるよう、予算措置を含め計画的な準備が必要である。

4.2.2 JICA への提言

なし。

4.3 教訓

日本の中小企業等の優れた製品・技術を活用する場合の、事業完成後の持続性確保のためのリスク要因排除の重要性

本事業は、小水力分野における日本の中小企業等の優れた製品・技術を活用することが前提とされていた。実際、近代的な運用システムを備えた日本企業の製品が活用されており、発電所の供用開始以降、事後評価時点に至るまで問題なく順調に稼働している。将来的には発電機・関連設備固有の1点もののスペアパーツを当該日本企業に発注する必要性が出てくるが、調達には時間とコストを要することから、実施機関は予算面を含め、計画的な準備が必要となる。また、1点ものゆえ、技術の進歩により、今後、互換性のあるスペアパーツが製造中止になる恐れがある。日本の中小企業等の優れた製品・技術を活用することは、事業の持続性の観点からこうしたリスクを内包していることを認識しておくことが重要である。JICAは、事業計画時において、プロジェクトライフの間、互換性あるスペアパーツが適時に確保されるよう予め確認しておくことが重要である。

以上より、実施機関及びJICAは、日本の中小企業等による1点もののスペアパーツの確保について、事業完成後の来るべきリスクに十分備えておく必要がある。

地方電化（特にクリーンエネルギー）を推進していく場合の実施機関の自主的・継続的な運営の重要性

本事業は、カンボジア政府の地方電化促進の取組の一環として実施されている。公共サービス義務を負う実施機関のEDCは政府の方針に従って、採算のとれない未電化村へのグリッド接続を進めており、EDCラタナキリ事務所の財務単体で見ると、経常コストの増加により純利益の赤字が拡大している。他方、EDC本部の営業利益は堅調に伸びており、純利益も黒字で、EDC組織全体として財務健全化が図られている。また、EDCラタナキリ事務所自らの努力により、料金徴収率は99%と非常に高い数字を維持しており、営業収益が大きく伸びている。このことから、地方電化（特にクリーンエネルギー）推進という政策的観点から採算のとれない事業を実施する場合、実施機関は組織全体としての財務健全化を図ると共に、担当事務所による自立的な運営を促進することが重要である。

水力発電所の発電量推測に関する留意事項

本事業は、計画時においてオチュム第一ダムの貯水位、流入量、流出量データが存在しなかったため、バンルン市の雨量から推測したオチュム第一ダムへの流入量を用いて発電計画を行った（雨量から自然蒸発量等を差し引いたものがダムに流入するものと仮定して計画）。しかし、発電所の完成後、エルニーニョ現象等の影響で雨量が大きく減少し、このため計画時に設定した指標の多くが目標値に達成していない。結果的に、定量的効果の目標値の設定自体が高めであったと考える。本来、水力発電所を計画する場合、最低でも10年間にわたって本河川及び支流の水量の測定を実施して発電量を推測する。実際、大型の

水力発電所計画（プロジェクト予算規模が数百億円）では水量データの把握がその後のプロジェクトの成否、すなわち計画に見合った目標を立てられるかの鍵を握る。しかし、本事業のような小水力案件の場合、規模が小さいことから、予算や人員確保等に制約があるなどの理由で水量データが存在しないことが多いことから、本事業と同様の状況となる可能性がある。今後、小水力案件の案件形成にあたってはこうした点にも留意の上、発電計画（発電量推測）を行うことが重要である。具体的な方策として、JAXA（宇宙航空研究開発機構）が公表している雨量データの活用が考えられる。JAXA の世界の雨分布速報¹⁹を活用することにより雨量予測の向上が期待されるため、今後、水力発電計画の事業化調査に役立つものとする。

以上

¹⁹ JAXA の「世界の雨分布速報」は以下の URL にて公表されている。
https://sharaku.eorc.jaxa.jp/GSMaP/index_j.htm