

2017年度案件別外部事後評価
パッケージⅡ-2（ラオス）

平成30年10月
(2018年)

独立行政法人
国際協力機構（JICA）

委託先
有限会社ADAMIS
株式会社航空システムコンサルタンツ

評価
JR
18-17

本評価結果の位置づけ

本報告書は、より客観性のある立場で評価を実施するために、外部評価者に委託した結果を取り纏めたものです。本報告書に示されているさまざまな見解・提言等は必ずしも国際協力機構の統一的な公式見解ではありません。

また、本報告書を国際協力機構のウェブサイトに掲載するにあたり、体裁面の微修正等を行うことがあります。

なお、外部評価者とJICAあるいは相手国政府側の事業実施主体等の見解が異なる部分に関しては、JICAあるいは相手国政府側の事業実施主体等のコメントとして評価結果の最後に記載することがあります。

本報告書に記載されている内容は、国際協力機構の許可なく、転載できません。

ラオス

2017年度 外部事後評価報告書

無償資金協力「国道九号線（メコン地域東西経済回廊）整備計画」

外部評価者¹：有限会社 ADAMIS 島田 徹

株式会社航空システムコンサルタンツ 安川 隆廣

0. 要旨

本プロジェクトは、隣国のタイとベトナムを結ぶ重要路線であり、更にラオスの経済活動の促進に対し重要な役割を担う国道九号線の損傷区間のアスファルト舗装構造や道路構造を改修することにより、交通状況に応じた国際幹線道路として十分な走行速度、安全性、快適性を有する道路に整備し、もってラオス中部地域における貿易・投資の促進及び後背地域の経済発展に寄与するものであった。

本事業の実施は、ラオスの開発政策、開発ニーズ、日本の援助政策と十分に合致しており、妥当性は高く、事業費、事業期間ともに計画内に収まり効率性は高い。有効性については、走行速度は測定方法の違いのため単純比較はできないものの、実測において計画時に期待された走行速度を大幅に上回っており、ドライバーインタビューでも晴天時・雨天時の安全性、所要時間、快適性の全てにおいて一定の効果が確認できた。インパクトについても、国道九号線の改修が輸送時間・輸送費用の削減をもたらし、農業振興や生産拡大の意欲向上につながっていることが確認でき、インタビューを通して貿易・投資環境の改善、農業・商業活動の活発化、地域経済の発展への寄与を確認できた。また、その他の負のインパクトは確認できなかった。よって、概ね計画どおりの効果の発現が見られ、有効性・インパクトは高いと評価できる。さらに運営・維持管理体制は人的にも組織的にも改善されている。また、技術はソフトコンポーネントの研修参加者が維持管理業務に引き続き従事している。財務状況も、厳しい状況であるが将来的には定期的な補修予算が割り当てられることが期待でき、ともに問題ないことから、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言える。

¹ 本事後評価では、外部評価者による評価分析に加えてより専門的・技術的な分析を行うために、ケオラ・スックニラン研究員（日本貿易振興機構 アジア経済研究所 バンコク事務所（バンコク研究センター））による有識者分析を実施した。同研究員は国際分業、国有企業、計量経済学、ラオス経済を専門とし、ラオス国を中心とした情勢分析、特に衛星情報を活用したリモートセンシングおよびその分析で活躍している。本事後評価の第一次現地調査に参加し、現地視察、実施機関からの情報収集、住民へのインタビューを行った上で有識者分析ペーパーを作成した。本事後評価では、有識者分析ペーパーの要約をコラムとして掲載した。

1. 事業の概要



図1 本事業の対象地域



写真1 第一工区開始地点



写真2 第二工区終了地点

1.1 事業の背景

ラオス政府は、運輸交通に重要な役割を果たしている道路交通網の整備に力を注いでいたが、厳しい予算環境のため、国道さえも舗装率は55%と十分な整備がなされていなかった。そのような中、我が国の無償資金協力とアジア開発銀行（ADB）の支援ローンによって、国道九号線の改修が1999年から2004年にかけて実施された。

国道九号線はサバナケットからベトナム国境のデンサワンに至る約240kmの幹線国道であり、インドシナ半島を横断して東シナ海へのアクセスを確保する重要な東西経済回廊の一部を構成している。また、当時はASEAN統合に向けた域内経済格差の是正という観点からも重要な意味を持っていた。

しかし改修工事後、鉱山の開発等により当時想定されていた以上に大型車両の通行量が増加したため、大規模かつ広範囲にわたる損傷が生じ、円滑な通行に支障をきたすようになった。

ラオスは国道九号線の東西経済回廊としての役割に鑑みて、国全体の道路維持管理予算の1/4を国道九号線の補修工事に充てるなど、最大限の努力を行ったが、前述の道路損傷にかかる大規模なリハビリテーションは、従来のラオス政府自身で確保可能な実施予算で対応することが困難な状況であった。

このことから、国際幹線道路である国道九号線の円滑な交通を回復するため、損傷の著しい舗装構造箇所を要求される強度に改修し、さらに排水設備を充実した道路の構造強化

に対する支援が不可欠となっていた。加えて適時適切な維持管理ができなかったことが、損傷の大規模化につながったことから、ラオス側の道路維持管理業務の一層の適正化が必要であった。

1.2 事業概要

国道九号線（セノ〜ムアンピン）において、損傷区間の舗装構造や道路構造を改修する（図2）ことにより、交通状況に応じた国際幹線道路として十分な走行速度、安全性、快適性を有する道路に整備し、もってラオス中部地域における貿易・投資の促進及び後背地域の経済発展に寄与する²。

表1 事業概要

供与限度額/実績額		3,273 百万円/2,969 百万円
交換公文締結/贈与契約締結		2011 年 8 月/2011 年 8 月
実施機関		公共事業運輸省
事業完成		2015 年 3 月
案件従事者	本体	株式会社大林組 大林道路株式会社 共同企業体
	コンサルタント	株式会社オリエンタルコンサルタンツ 株式会社国際開発センター 共同企業体
基本設計調査		2010 年 10 月~2011 年 8 月
関連事業		(技術協力) 道路維持管理能力強化プロジェクト、2011 年 9 月~2018 年 5 月 (円借款) 第 2 メコン国際橋架橋事業、2001 年 12 月 (無償資金協力) 国道 9 号改修計画、1999 年 7 月 第二次国道 9 号線改修計画、2001 年 5 月 国道 9 号線橋梁改修計画、2016 年 12 月 (その他国際機関、援助機関等) 国道九号線改修事業（ムアン・ピン〜ラオバオ）、2000 年 3 月、ADB

出所：国際協力機構（JICA）提供資料

² 事業事前評価表では「ラオスの経済活動促進において重要な役割担う国道九号線の損傷区間の舗装構造や道路構造を改修することにより、東西経済回廊のより円滑な通行の実現を図る。」とされているが、アウトカムとインパクトの設定が明確でないため、事前調査や事前評価における記述を基に、このように再整理した。

2. 調査の概要

2.1 外部評価者

島田 徹（有限会社 ADAMIS）

安川 隆廣（株式会社航空システムコンサルタンツ）

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：2017年9月～2018年10月

現地調査：2018年1月7日～1月31日、2018年4月2日～4月11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

計画時の国家開発計画である「国家社会経済開発計画（2006-2010）」では、ガイドラインのひとつとして「既存インフラの維持を確立すること。特に貿易、投資、観光を促進することを目的とした社会経済発展活動を支援するための追加的なインフラを確立すること。社会経済発展のためのインフラへの投資を増加させること。人的資源を含む国家資源を効果的な発展のための潜在力として活用するため探索すること。また、効果的な経済構造を確立し、国際競争において優位な位置を占め備えるために、優先度をもった投資プロジェクトを確立すること。」と述べ、内陸輸送戦略の1つとして、「ラオスの近隣諸国へつながる国道は標準的な道路に改良されるであろう。優先度は、国境に伸びる高速道路および南北道路のうちボケオ、ルアンナムサへのセクション、サバナケットへの東西道路のうちのいくつかのセクション、ラオス - ベトナム - カンボジアの経済三角地帯（アタペプ、セコン、サラヴァン）へ続く道路、またラオス - タイ - カンボジア経済三角地帯（サラヴァン、チャンパサック）へ続く道路である。」と掲げていた。

現在の国家開発計画である「第8次5カ年国家社会経済開発計画（2016-2020）」では、3つの目標の1つとして「成長支援に必要なレベルまで低下した経済的脆弱性の中での持続包括的経済成長」を設定し、持続包括的経済成長を確保するための（インフラ）建設の優先活動を以下の通り設定している。

- ・「メコン地域圏回廊、アジア高速道路、東西回廊、南北経済回廊など、近隣諸国とつながる道路を改良する」

したがって、東西経済回廊としての国道九号線の改善は、開発政策と整合している。

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」

3.1.2 開発ニーズとの整合性

本事業計画時、国道九号線の迂回路がないため、著しい道路損傷区間や箇所に対する改修には緊急性を要していた。また、ラオス国国内においても東西経済回廊を利用した中部地域の経済発展に資する道路として重要な位置づけにあった。

事後評価時において、公共事業交通省（Ministry of Public Works and Transport、以下「MPWT」と言う。）及びサバナケット県公共事業交通局（Department of Public Works and Transport、以下「DPWT」と言う。）によれば、国道九号線は、東はベトナムのダナン港、西はタイを通過してミャンマーのモーラマイン港までの全長 1,450km の東西経済回廊の一部をなし、内陸国であるラオスの経済発展にとって引き続き重要である。2011 年 11 月の第三タイ・ラオス友好橋の開通で国道 12 号線がタイとベトナム北部を結ぶ最短ルートになったが、ラオス国内からダナン港、モーラマイン港への海運ルートにつながる国道九号線がラオスの経済発展に果たす役割は依然として大きい。

以上から、計画時、事後評価時ともに、本事業の開発ニーズは高い。

3.1.3 日本の援助政策との整合性

「対ラオス国別援助計画」（2006 年 9 月）の重点分野に「社会経済インフラ整備及び既存インフラの有効活用」が含まれており、既存国道を改修する本事業は日本の援助政策との整合性が高い。

また、JICA ラオス事務所から入手した「国別分析ペーパー」（2011 年 4 月 Version 1.1）では、環境・格差是正に配慮した経済成長を促進するインフラ整備を重点分野の一つに掲げ、道路網の整備の重要性をその理由として挙げており、当時の JICA の方針との整合性も確認できた。

3.1.4 事業計画やアプローチ等の適切さ

計画と実績の大きな差として、工事期間中に行われた既設下層路盤の置き換えとアクセス道路及びそれに付随する横断排水管の新設が挙げられる。既設下層路盤の置換えは、1~1.5km 毎に実施した修正路床土支持力比（California Bearing Ratio、以下「CBR」と言う。）を含む材料物理試験の結果を基に既設下層路盤層を新しい舗装構造の路床層と位置付けて既設下層路盤上面での強度を CBR6%として舗装構造を設計したのに対して、施工段階で路面状態が悪い部分で行った現場 CBR 試験では平均 CBR が 3%と設計上の想定値より低いことが確認されたことから、既設下層路盤の健全性が損なわれていると確認された部分について行ったものであり、適切な舗装強度を実現するために必要であった。また、置換えが必要な箇所は事業区間全体に散在していることから、工事実績に基づいて数量を確定し精算したことは適切な措置であった。さらに、アクセス道路及びそれに付随する横断排水管の新設は近隣から国道九号線への出入りを円滑にするために必要な措置であった。

これらの設計変更は適切なものと考えられるが、設計変更によって業者契約金額が当初の約 2,188 百万円から約 2,678 百万円に増加したことには留意すべきである。

以上より、本事業の実施はラオスの開発政策、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

本事業のアウトプットの計画と実績を表2に示す。

表2 事業アウトプット（計画・実績対比）

項目		計画	実績
道路舗装	アスファルト舗装	第一工区（新たな路盤材量による打替え）： 47.6km 第二工区（路上再生路盤工法による打替え）： 10.2km 合計 57.8km	47.0km 11.1km 58.1km
	コンクリート舗装	軸重検量所接続道路：215m	225m
道路土工	切土工 盛土工	13,100m ³ 48,100m ³	5,100m ³ 19,900m ³
ボックスカルバート		1基	同左
排水	道路側溝	53.4km（V型、蓋付U型、三面張）	105.64km
	横断排水	11箇所（φ800mm、φ1000mm）	66箇所
道路付帯工		1式（ガードレール、照明等）	同左
ソフトコンポーネント		アスファルト舗装による大規模補修工事の施工監理を適切に実施するための知識習得	同左

出所：準備調査報告書、JICA 提供資料、コンサルタント



図2 本事業の工区区分と過去の無償資金協力区間

詳細設計における設計照査の結果、各工区の長さ、コンクリート舗装の長さ、土工数量等の変更が適切に行われた。また、工事期間中に既設下層路盤の置き換えとアクセス道路及びそれに付随する横断排水管の新設の設計変更が行われた。

実施機関によれば、「既設下層路盤の置き換えは、既設下層路盤上面での強度が設計上の想定値より低い部分について行ったものであり、適切な舗装強度を実現するために必

要であった。また、アクセス道路及び横断排水管の新設は、近隣から国道九号線への出入りを円滑にするために必要であった。」とのことであり、下層路盤の置き換えは効果の持続性、アクセス道路の新設は国道九号線使用の容易性の向上に有効なものと判断できる。

以上のように舗装構造などの適切な設計変更を実施し、目標達成に必要なアウトプットは概ね計画通りに産出された。また、コンサルタントによれば、相手国負担事項の「電柱・配電線の移設」及び「仮設ヤードの確保」も適切に実施された。

3.2.2 インプット

3.2.2.1 事業費

事業費は表3に示す通り、日本側負担が競争入札により計画の91%に減少、ラオス側負担はDPWTの所掌範囲外で免税措置が取られたため計画の9%と大幅に減少し、全体で計画の85%に収まった。

表3 事業費（計画・実績対比）

項目	計画	実績	差異
事業費	3,523百万円	約2,991百万円	計画の85%
日本側負担	3,273百万円	2,968百万円	計画の91%
ラオス側負担	250百万円	約23百万円	計画の9%

出所：準備調査報告書、JICA提供資料、実施機関提供資料

注：日本側負担は、当初契約時には2,464百万円であった。ラオス側負担には、免税措置等、DPWTの所掌範囲外の費用が含まれていない。

3.2.2.2 事業期間

本事業の期間は、詳細設計⁵から完工まで43ヶ月の計画で、実際のコンサルタント契約日（2011年9月-）から計算すると計画上の完工日は2015年4月となり、44ヶ月の計画となる。実際の完工は2015年3月で、事業期間は43ヶ月（計画の93%）であった。

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、適切な変更を行って概ね計画通りのアウトプットを生み出しており、効率性は高い。

⁵ 事業事前評価表に記載の計画期間は起点が不明であったため、協力準備調査報告書に記載の工程表を採用した。工程表では、本事業の計画期間に交換公文締結日や贈与契約締結日は含まれておらず、事業期間の開始は詳細設計（コンサルタント契約締結日）からとされていた。そのため、本事後評価における事業の開始は、計画・実績ともに、詳細設計開始からとみなした。

3.3 有効性・インパクト⁶（レーティング：③）

3.3.1 有効性

3.3.1.1 定量的効果

本事業の計画時には、舗装耐荷重（軸重）の増加と平均走行速度の向上が定量的効果として掲げられていた。舗装耐荷重（軸重）については、本事業以前に軸重規制が 9.1t から 11t に緩和されていたため、効果指標には採用できない。なお、設計期間の累積軸重⁷が従前の 1.72×10^6 から本事業により 2.88×10^6 に増加したが、これも設計基準値であるため効果指標としては採用できない。

一方、平均走行速度については、基準値も交通ネットワーク解析ソフト上で、区間ごとの道路状況や地形条件に基づいて交通容量や自由流速度等のパラメータを設定して、国道九号線全体の平均を求めたものであるが、計算に使用した具体的パラメータの記録がコンサルタントにも残っていないため、再計算による検証は不可能であった。そのため、参考として 8 人乗りワンボックスカーで事業対象区間を 1 往復して平均速度を実測した。その結果は、表 4 に示すとおり、目標値を大幅に上回る結果となった。

表 4 平均走行速度

基準値 (2011 年)	目標値 (2018 年)	実績値 (2018 年)
44.8 km/h	56.3 km/h	改修区間 1: 69～83 km/h 改修区間 2: 69～82 km/h

出所：準備調査報告書

注：基準値、目標値は交通ネットワークソフトによる計算値、実績値は走行による実測値。

交通ネットワーク解析ソフト上で計算した基準値及び目標値と借上車両による 1 往復の実測値を単純に比較することはできないが、関係者やドライバーのインタビュー調査（下記の定性的効果）でも走行速度が相当向上したことに疑いはない。

平均走行速度に加えて、補助指標として交通量の採用を検討したが、国道九号線の同一観測地点における交通量の経年データとしてはベトナム及びタイとの国境通過交通量のみが入手できた。ベトナムとの国境における年間車両通過台数は 2012 年と 2013 年の平均 6,633 台が 2016 年には 27,321 台に、タイとの国境では 71,443 台が 135,420 台と大幅に増加している。しかしながら、ベトナム及びタイとの国境と本事業対象区間の間に国道 1 号線及び国道 13 号線との交差点があるため、これらの交通量と本事業対象区間の交通量との相関の有無は確認できていない。

⁶ 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。

⁷ 累積軸重とは、18kip = 8.16ton の軸重が解析・設計期間等の対象期間内に対象道路を通過した回数で、計算によって求められる。

3.3.1.2 定性的効果

計画時には、改修後の道路の平坦性が保たれ、通過車両の安全性・快適性が向上することを定性的効果として挙げていた。これを検証する目的で、ベトナム国境付近、第一工区内の検量所及び検量所付近の警官詰所において、ドライバーに対し、晴天時の安全性、雨天時の安全性、所要時間、快適性について五者択一、自由回答形式のインタビューを実施した⁸。

インタビューの結果は表5～8に示すとおり、否定的な意見は皆無で、晴天時・雨天時の安全性、所要時間、快適性の全てにおいて向上の傾向がみられた。なお、車両が大型になるほど評価が高くなる傾向が見られた。これは、車両が大きくなるほど路面の影響を受けやすいためと推測される。

表5 晴天時安全性インタビュー結果

回答	人数
非常に改善した	24
やや改善した	4
変わらない	0
やや悪化した	0
非常に悪化した	0

表6 雨天時安全性インタビュー結果

回答	人数
非常に改善した	23
やや改善した	5
変わらない	0
やや悪化した	0
非常に悪化した	0

表7 所要時間インタビュー結果

回答	人数
非常に短縮された	22
やや短縮された	6
変わらない	0
やや伸びた	0
非常に伸びた	0

表8 快適性インタビュー結果

回答	人数
非常に改善した	25
やや改善した	2
変わらない	1
やや悪化した	0
非常に悪化した	0

主な変化の理由としては以下の様な回答を得ている。

晴天時安全性：「路面の状態が良い」、また「舗装面が厚い」「穴が無い」等

雨天時安全性：「路面の状態が良い」、また「白線が引かれて視認性が良い」等

所要時間：「路面の状態が良い」、また「道幅が広く高速になった」等

快適性：「路面の状態が良い」、また「移動時間が短縮された」等

なお、これらの回答の中には本事業対象区間以外の評価も含まれている可能性もあるが、本事業は最も状態が悪い区間を対象に改修を実施したものであるため、回答の大半

⁸ サンプルサイズ：運転手 28 名。ベトナム国境付近：大型車 4 (男 4)・中小型車 1 (男 1)、検量所付近警官詰所：大型車 5 (男 5)・中小型車 7 (男 7)・自動二輪車

8 (男 4、女 4)、検量所：大型車 3 (男 2 女 1)

は本事業の効果と考えてもよい。

質問書に対するサバナケット県警察の回答によれば、国道九号線における交通事故は2012～2014年の平均211件/年から2015～2016年の平均85件/年に、死者も50名/年から19名/年に減少しており、国道九号線における安全性が向上していることが確認された。ただし、この統計は国道九号線全線に対する統計であり、本事業対象区間以外の事故も含まれていると考えられる。

3.3.2 インパクト

3.3.2.1 インパクトの発現状況

計画時には以下の定性的インパクトが挙げられている。

- 中部地域(サバナケット県、カムアン件、ポリカムサイ県、サイソムブーン県、ビエンチャン県及びビエンチャン都)における貿易・投資が促進される。
- 農業や商業活動が活発化し、地域経済の発展に寄与する。

(1) 貿易・投資環境

2012年と2017年の国道九号線国境での貿易額は表9に示すとおりで、中継貿易額と輸入額は大きく増加、輸出額は微減している。中継貿易額の増加については本事業による国道九号線通行の安全性・快適性の向上が寄与しているものと考えられるが、寄与の程度は不明である。輸入額、輸出額の変化については、本事業対象区間を経由せずに国道13号線や国道1号線に接続するルートがあるため、本事業との関連は不明である。

表9 国道九号線国境での貿易額 (単位:米ドル)

		2012年	2017年	増加比
タイ 国境	輸入	1,549.63 百万	3,014.34 百万	1.94
	輸出	873.21 百万	784.5 百万	0.90
ベトナム 国境	輸入	83.56 百万	200.87 百万	2.39
	輸出	73.60 百万	73.44 百万	0.99
中継貿易		83.19 百万	700.65 百万*	8.45

出所：第2メコン友好橋管理事務所、デンサワン国際国境税関

注：中継貿易*2016年のデータ

2012年～2017年の中部地域の投資承認額は表10に示すとおりで、特段の傾向は認められない。

表10 中部地域の投資承認額 (単位:米ドル)

2012年	2013年	2014年	2015年	2016年	2017年
457 百万	1,112 百万	535 百万	158 百万	2,447 百万	1,395 百万

出所：計画投資省 計画投資局提供資料

本事業によるサバナケット県における貿易・投資の促進効果を検証する目的で、サバナケット県において貿易・投資環境の状況変化及びそれらに対して本事業が与えた影響について五者択一、自由回答形式のインタビューを実施した⁹。

インタビューの結果は以下に記載するとおり、貿易環境、投資環境ともに改善したことを示している。

表 1 1 貿易環境インタビュー結果

回答	人数
非常に改善した	6
やや改善した	1
変わらない	0
やや悪化した	0
非常に悪化した	0

表 1 2 投資環境インタビュー結果

回答	人数
非常に改善した	4
やや改善した	3
変わらない	0
やや悪化した	0
非常に悪化した	0

なお、主な変化の理由としては以下の様な回答を得ている。

貿易環境：「路面の状態が良く物流が早くなった」、「タイ・ベトナム国境間の移動が容易、短時間になった」等

投資環境：「路面の状態が良く物流が早くなった」、「道路が良くなり外国からの投資が増えた」、「工事期間中は不便であった」等

なお、国道九号線が貿易環境、投資環境に与えた影響については、「大きい」とする回答と「少ない」とする回答が拮抗した。また、これらの改善には「道路維持管理能力強化プロジェクト¹⁰」（以下「関連技術協力」と言う）の下でラオス側が実施している国道九号線の整備効果も含まれていると思われる。

(2) 農業・商業活動

サバナケット県の農業生産額は表 1 3 に示すとおり、4 年間で 1.5 倍に増加し、農業活動の活発化を裏付けている。サバナケット県農林局によれば、農業生産額増加の主な要因は JICA、ADB、世界銀行、その他による農業振興事業（灌漑による作付け面積の拡大等）、外国投資による砂糖、ゴム等の工場の生産拡大等であり、国道九号線の改良は輸送時間・費用の削減をもたらし、農業振興や生産拡大の意欲向上につながっている。

⁹ サンプルサイズ：7 名（産業商業州局（Provincial Department of Industry & Commerce、以下「PDIC」と言う。）職員 3（男 3:総務課長、計画課長、輸出入課副課長）、貿易会社経営者 4（男 3、女 1）

¹⁰ 2011 年 9 月から 2017 年 9 月まで、サバナケット県とビエンチャン県公共事業・運輸局の維持管理計画の立案能力向上、技術マニュアルやガイドライン類の整備、技術者の能力向上を支援し、対象県の道路・橋梁の維持管理能力の強化を図った JICA の技術協力事業。

表 1 3 サバナケット州農業生産量 (単位: ラオキープ)

2012 年	2013 年	2014 年	2015 年	2016 年
3,773 百万	4,471 百万	4,671 百万	5,508 百万	5,690 百万

出所: 実施機関提供資料

本事業による後背地(沿道)における農業・商業の促進効果を検証する目的で、本事業の対象区間とほぼ重なるアットサバントーン、パラサイおよびピン郡において、後背地の農業・商業活動の状況変化及びそれらに対して本事業が与えた影響について五者択一、自由回答形式のインタビューを実施した¹¹。

インタビューの結果は表 1 4 ~ 1 6 に示すとおり、輸送時間は短縮、輸送コストは低下、および商店数は増加の傾向にある。

なお、主な変化の理由としては以下の様な回答を得ている。

輸送時間: 主に「路面の状態が良く多くの物を早く運べる」、「バスで物が運べるようになった」等

輸送コスト: 「路面の状態が良く早く運べる」、「燃料の節約」、「車両の損傷が少ない」等

商店数: 「路面の状態が良く便利」、「観光客が増えた」「7割くらい店舗が増えた」等

表 1 4 輸送時間インタビュー結果

回答	人数
非常に短縮された	31
やや短縮された	3
変わらない	0
やや伸びた	0
非常に伸びた	0

表 1 5 輸送コストインタビュー結果

回答	人数
非常に低下した	27
やや低下した	7
変わらない	0
やや上昇した	0
非常に上昇した	0

¹¹ サンプルサイズ: 34 名(農林業州局(Provincial Department of Agriculture and Forestry 以下「PDAF」と言う。)職員 4(男 4:畜水産課副課長、農業課副課長、計画課副課長、広報課副課長)、ピン郡公共事業交通事務所(Office of Public Work and Transport、以下「OPWT」と言う。)職員 2(男 1:所長、女 1:副所長)、商業従事者 3(男 3:コンビニ経営 2、食料品店経営)、農業従事者 6(男 6)、パラサイ郡商業従事者 5(男 5:携帯販売店経営、ガソリンスタンド店員、食料品店経営、バイク店経営、飲料品店経営)農業従事者 4(男 4)、アットサバントーン郡 OPWT 職員 1(男 1:所長)、商業従事者 6(男 4:食料品経営 2、雑貨店経営、運送業経営、女 2:食料品店経営、雑貨店経営)、農業従事者 3(男 3))

表 1 6 商店数インタビュー結果

回答	人数
非常に増加しれた	22
やや増加しれた	7
変わらない	1
やや減少した	3
非常に減少した	1

商店数に関する否定的意見の 4 名はアットサパントーンAt Sapantoneの店主で縁石の設置により顧客や納品業者が店舗前に車を止められなくなったため営業がしにくくなったことを主張している。これについて、DPWT は交通安全上必要な措置であるとし、設計担当コンサルタントは開口部を設けて悪影響を最小限にしたとしている。しかしながら、アットサパントーンでは一部に比較的長区間にわたって開口部が設けられていない部分があり、住民が行ったと思われる縁石撤去も確認された。そのため、アットサパントーン郡 OPWT は開口部の増設を検討している。



写真 3 住民が開けたと思われる開口

(3) 周辺の土地の浸水状況

準備調査報告書には明記されていないが、本事業はパランサイParansiの盛土区間周辺の土地の浸水状況に正のインパクト（浸水の減少）を与えることが想定されたため、パランサイの盛土区間周辺地域において、浸水状況の変化及びそれらに対して本事業が与えた影響について五者択一、自由回答形式のインタビューを実施した¹²。

インタビューの結果は表 1 7 及び 1 8 に示すとおり、浸水範囲は改善、浸水時間は 1 名を除いて改善したことを示している。パランサイ盛土区間では、既設の管渠を排水能力が高い 2 連函渠two parallel pipesに改良したことによって、国道九号線の北側の水田の冠水の範囲及び時間が減少したことが周辺住民のインタビューで



写真 4 国道九号線北側の排水路

¹² サンプル数：11 名（OPWT 職員 2（男 2:所長、総務課長）、商業従事者 5（男 5:食料品店経営、携帯販売店経営、バイク販売店経営、飲料品店経営、ガソリンスタンド店員）、農業従事者 4（男 4））

確認できた。

表 1 7 浸水範囲インタビュー結果

回答	人数
非常に減少した	10
やや減少した	1
変わらない	0
やや増加した	0
非常に増加した	0

表 1 8 浸水時間インタビュー結果

回答	人数
非常に減少した	10
やや減少した	0
変わらない	0
やや増加した	0
非常に増加した	1

主な変化の理由としては以下の様な回答を得ている。

浸水範囲：「排水が良い」、「水の流れが良い」等

浸水時間：「排水が良い」、「以前は3日間くらい浸水していたが、今は1日で水がなくなる」等

「浸水時間が非常に増大した」と回答した1名の農業従事者によれば「田が3日間50cmくらい浸水する」とのことである。現場で状況を確認したところ、本事業実施前からあるハウアイカオ橋（パラサイ郡）の下を流れてくる水が増えたとのことであった。周辺ではADB支援による灌漑事業も行われていること



写真5 ホウアイカオ橋下流側の状況

もあって断定はできないが、本事業で整備した国道九号線北側の排水路が浸水増加の一因となっている可能性も否定できないとの評価者の意見に実施機関も同意した。いずれにしても、パラサイ盛土区間周辺地域を俯瞰した場合、本事業によって浸水状況が改善したことは間違いない。なお、当該地域の浸水の根本的原因は国道九号線北側約1.4kmのセサムソイ川の屈曲部（パラサイ郡）における越流であり、二次的にはハウアイカオ橋の下流に当たる河川の流下能力不足が原因である。

3.3.2.2 その他、正負のインパクト

本事業の初期環境評価は「JICA 環境社会配慮ガイドライン」（2004年4月）に基づいて実施された。

(1) 自然環境へのインパクト

「初期環境評価報告書」（2011年6月）（Initial Environmental Evaluation : (IEE)）で、「国道九号線はドンカポ生産保護林を横切っているが、改良区間の部分ではない。第二工区はドンプーヴィエング国立公園の北側境界の外に位置する。本事業は拡幅を伴わない改

修であるため周辺の自然環境への負の影響はない。」とされており、実施機関によれば自然環境への負の影響はなく、特段の緩和策も講じられなかったとのことであった。

また、環境モニタリング等の記録に基づく確認はできなかったが、DPWTによれば、工事中の環境影響は無かった。IEEによれば、本事業に土壌侵食や水質汚染が発生する工事はなく、汚染防止対策としては散水による砂ぼこりの防止等が必要としている。これらの汚染対策は道路工事においては一般的なものであり、適切に対応され、特筆すべき工事中の環境汚染は無かったものと思われる。

これらより、計画通り自然環境への望ましくない影響は最小限であったと考えられる。

(2) 住民移転・用地取得

本事業は拡幅を伴わない既存国道の整備であるため用地取得は発生していない¹³。IEEによれば、道路中心線から市街地では10m、郊外では14mを工事の影響を受ける可能性がある範囲と想定して、46世帯、218名を被影響住民として特定し、撤去・移転が必要な部分は特定しない状態で、第一回の住民協議を行った結果、43世帯は公道用地内の構造物（柵、ひさし等の小構造物）を補償無しで撤去・移転することに合意し、残り3世帯の内の1世帯は「必要であれば、補償無しで撤去・移転する」、1世帯は「補償があれば撤去・移転する」、1世帯は「収入源を失うため、撤去・移転できない」との結果であった。DPWTによれば、その後の住民協議で、設計の進捗に伴って、影響範囲・程度が少なく、収入源も失わない事が明らかになった段階で全世帯が、2002年7月16日付の公道用地指定に係る合意書に基づき、補償無しで影響範囲内の構造物（柵、ひさし等の小構造物）を撤去・移転することに同意したとのことである。住民移転計画は、被影響世帯が50世帯未満であるため、政令PM/WREA No.12により不要と判定された。

なお、沿道の農業・商業従事者へのインタビュー調査の際に「店につながる道路の国道九号線との接続部分の舗装が工事によって壊され、修復されなかった」というコメントがあった¹⁴が、この住民は上記の46世帯には含まれていなかった。

これらより、公道用地内に設置された小構造物（柵、ひさし等）の撤去は必要であったが、店舗や住居本体の取壊し、住民移転、用地取得は発生していない。

上記のとおり、有効性については測定方法の違いがあるため単純な比較はできないものの実測では計画時に期待された走行速度を大幅に上回っており、インタビューでも一定の効果は確認できた。また、安全性、快適性の向上については定性的に確認できた。

インパクトについては農業活動の活発化が定量的に確認でき、貿易・投資環境の改善、農業・商業活動の活発化、地域経済の発展への寄与が定性的に確認でき、その他の負のインパクトは確認できなかった。

¹³ 国道では中心線から25mが公道用地となっており、許可を得れば公道用地を使用することが出来る。

¹⁴ 同発言者は「補償を求めているわけではない」としていた。

以上により、本事業の実施によりおおむね計画通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・維持管理の体制

国道九号線の道路維持管理体制は計画時と事後評価時で表19のように変化し、実態に即したより迅速な対応を図るべく地方への権限移譲が進められている。一例として、日常維持管理は、計画時においてはMPWTが点検計画と維持管理計画を行い、実施は全てDPWTが行ったが、評価時は維持管理計画と事業評価はDPWTとOPWTが共同で行う以外は全てOPWTが行っている。

表19 国道九号線の道路維持管理体制

維持管理項目 ¹⁵	日常維持管理		定期維持管理		改修/緊急補修	
	計画時	評価時	計画時	評価時	計画時	評価時
点検計画	MPWT	OPWT	MPWT	DPWT	MPWT	DPWT
点検実施	DPWT	OPWT	MPWT	DPWT	DPWT	DPWT
データベース更新・管理	DPWT	OPWT	MPWT	DPWT	MPWT	MPWT/ DPWT
維持管理計画	MPWT	DPWT/ OPWT	MPWT	MPWT/ DPWT	MPWT・ 地方政府	MPWT/ DPWT
予算計画・配分	MPWT	MPWT/ OPWT	MPWT	MPWT/ DPWT	MPWT・ 地方政府	MPWT/ DPWT
維持管理実施	委託業者		委託業者		委託業者	
事業評価	DPWT	DPWT/ OPWT	MPWT	MPWT/ DPWT	MPWT・ 地方政府	MPWT/ DPWT
監査	道路基金	OPWT	道路基金	DPWT	道路基金	DPWT

事後評価時において、全国の国道の維持管理の総責任は道路局（Department of Road、以下「DOR」と言う。）にあり、維持管理業務の実施には各県のDPWTとOPWTがDORに協力している。道路維持管理に関連する職員数はDORが98名、サバナケット県DPWTが142名、県内15郡のOPWTが125名（国道九号線の運営維持管理に関わるカイソン、オウソムフォン、アットサパントーン、パランサイ、ピン、セポンの6郡の合計人員数

¹⁵ 「日常維持管理」とは、草刈や排水施設の清掃等のように日常的に行う管理であるが、今後はパトロールや簡易な補修なども行えるようにする方向である。「定期維持管理」とは、路面標識の塗り直し等のように一定期間ごとに行う管理である。

は 55 名) であり、計画時の 279 名から 365 名 (国道九号線の運営維持管理に関わる 6 郡の OPWT 職員は 28 名から 55 名) に増強され、地方組織への権限移譲に伴って地方組織に多くの人員が配置されている。

また、DPWT/OPWT は保守班を新たに設立して、定期的な点検と軽微な補修を自らが行う事を計画している。

以上により、運営・維持管理体制は計画時と比較して改善されていると考えられる。

3.4.2 運営・維持管理の技術

運営・維持管理の技術については、関連技術協力によって、DOR、DPWT、公共交通事業訓練センター、公共交通事業研究所から選抜されたプロジェクトメンバーに対し、その技術能力開発・強化が行われた。2017 年 3 月に実施された関連技術協力の終了時評価によれば、サバナケット県の DPWT は維持管理活動の全ての側面で、目標に向けて能力が向上している。

DOR、DPWT 及び国道九号線の維持管理に関わる 6 郡の OPWT 職員の内 28 名は本事業のソフトコンポーネントまたは関連技術協力の研修参加者である¹⁶。また、OPWT では関連技術協力で作成した道路マニュアル (Technical Manual for Road Maintenance and Management) が業務に活用されている。さらに、本事業の工事に下請けとして従事した工事会社が研修等で移転された技術を活用して国道九号線の他の区間の補修工事を行っており、アスファルト舗装工事の技術は蓄積されている。

なお、DOR、DPWT、OPWT には自前の職員研修制度はなく、諸外国の援助プロジェクトの機会を捉えて職員の研修を行っており、関連技術協力の終了時評価によれば、日本における国別研修及び長期研修を含んだ JICA の戦略的協力計画を最大限に活用して、更なる高等教育の機会を可能性のある人材に継続的に提供することが期待されている。

これらのことから、ソフトコンポーネント及び関連技術協力の研修参加者の大半が現在も道路維持管理業務に従事しており、研修で移転された運営維持管理技術が道路維持管理業務に生かされ、民間においてもアスファルト舗装工事の技術が蓄積されていることから、運営・維持管理の技術に問題はないと考えられる。

3.4.3 運営・維持管理の財務

国道九号線の維持・補修費は表 2 0 に示すとおりで、2012 年と 2017 年を比較すると維持費は 1.6 倍、補修費は 9.2 倍に増加している。

¹⁶ 研修参加者の内の数名は、組織内の移動によって道路維持管理業務から離れてしまっている。

表 2 0 国道九号線の維持・補修費（執行額、単位：ラオキープ）

	維持費	補修費
2012 年	242 百万	22,195,000 百万
2013 年	242 百万	-
2014 年	242 百万	-
2015 年	387 百万	202,376,000 百万
2016 年	562 百万	202,376,000 百万
2017 年	387 百万	202,376,000 百万

出所：実施機関提供資料

注：2013 年、2014 年は本事業により補修が行われた。

しかしながら、実施機関によれば、維持費は定期的な草刈りや水路の清掃に充てられており、定期補修のために予算の増額が必要である。ちなみに、2017 年の国道九号線（全 244km）の維持費は約 159 万 LAK/km であり、準備調査で推計された当初 4 年間の事業対象区間（58km）の年間維持管理費 747USD/km の約 27%に留まっている。

国道の運営・維持管理の財源として道路基金が設けられており、その歳入・歳出の推移は表 2 1 に示すとおりである。

表 2 1 道路基金歳入出（単位：ラオキープ）

	歳入	歳出	累積残高
2012 年度	370,600 百万	416,400 百万	25,400 百万
2013 年度 (10 月～9 月)	392,400 百万	360,300 百万	57,600 百万
2014 年度 (10 月～9 月)	549,300 百万	437,700 百万	169,100 百万
2015 年度 (10 月～9 月)	625,600 百万	392,100 百万	402,700 百万
2016 年 (10 月～12 月)	148,100 百万	142,100 百万	408,600 百万
2017 年 (1 月～12 月)	664,300 百万	948,700 百万	124,200 百万

出所：実施機関提供資料

注：2016 年は会計年度の変更（従前の 10 月～9 月を 1 月～12 月に変更）に伴う経過措置のため 10 月～12 月の 3 か月間

2017 年の道路基金の歳入は、燃料税の増税（1.4 倍）等により、計画時に参照した 2008 年度の 3.8 倍に増加しているが、更なる増税は容易でなく、自然増に留まる可能性がある。

2017 年を例にとると、DOR は道路基金の歳入の約 300 倍の資金を投入して国道九号線の他区間の大規模補修工事を実施し、道路基金の累積残高を大きく減少させている。そのため定期的な補修を含む維持管理の予算確保が困難な状況にあることは計画時の状況とほぼ変わらない。ただし、今後は国道九号線の他区間の補修工事が一段落することも

あって、後述する「国道九号線の定期的な補修に必要な予算を確保すること」という提言の実行が期待できる。

3.4.4 運営・維持管理の状況

現地視察の結果、本事業による改良区間の運営・維持管理の現状に特筆すべき問題は見受けられなかった。また、関連技術協力の効果も大きいと思われるが、ラオス政府による国道九号線の他区間の補修工事が継続されている。さらに、第一工区内の検量所における過積載（軸重 11t 超の）車両台数は表 2 2 に示すとおりで、関連技術協力による過積載車両管理の強化が進行中である。

表 2 2 検量所過積載車両数

年	2014 年	2015 年	2016 年	2017 年
台数	96 台	5 台	0 台	6 台

出所：実施機関提供資料

上記のとおり運営・維持管理状況に特筆すべき問題は見られない。

過積載車両は 2014 年に比べて少なくなっているが、検量所を正式に稼動して過積載の管理をさらに強化することが望まれる。

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. 結論及び提言・教訓

4.1 結論

本プロジェクトは、隣国のタイとベトナムを結ぶ重要路線であり、更にラオスの経済活動の促進に対し重要な役割を担う国道九号線の損傷区間のアスファルト舗装構造や道路構造を改修することにより、交通状況に応じた国際幹線道路として十分な走行速度、安全性、快適性を有する道路に整備し、もってラオス中部地域における貿易・投資の促進及び後背地域の経済発展に寄与するものであった。

本事業の実施は、ラオスの開発政策、開発ニーズ、日本の援助政策と十分に合致しており、妥当性は高く、事業費、事業期間ともに計画内に収まり効率性は高い。有効性については、走行速度は測定方法の違いのため単純比較はできないものの、実測において計画時に期待された走行速度を大幅に上回っており、ドライバーインタビューでも晴天時・雨天時の安全性、所要時間、快適性の全てにおいて一定の効果が確認できた。インパクトについても、国道九号線の改修が輸送時間・輸送費用の削減をもたらし、農業振興や生産拡大の意欲向上につながっていることが確認でき、インタビューを通して貿易・投資環境の改善、農業・商業活動の活発化、地域経済の発展への寄与を確認できた。また、その他の負のインパクトは確認できなかった。よって、概ね計画どおりの効果の発現がみられ、有効性・インパクトは高いと評価できる。さらに運営・維持管理体制は人的にも組織的にも改

善されている。また、技術はソフトコンポーネントの研修参加者が維持管理業務に引き続き従事している。財務状況も、厳しい状況であるが将来的には定期的な補修予算が割り当てられることが期待でき、ともに問題ないことから、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言える。

4.2 提言

4.2.1 実施機関への提言

ラオス実施機関への提言は以下の通りである。

- ・MPWT/運輸局（DOT）は、事業の効果を長く持続させるために、関連技術協力で支援中の検量所を正式に稼働して過積載の管理を強化すること。
- ・MPWT/DOR は、事業の効果を更に高めるために、関連技術協力で支援中の国道九号線の他の区間の改修を完了すること。また、DPWT/OPWT による保守班が国道九号線の定期点検及び軽微な補修を行えるよう、制度・予算面で支援すること。
- ・DOR/DPWT は、国道九号線の定期的な補修に必要な予算を確保すること。

4.2.2 JICA への提言

なし

4.3 教訓

(1) 設計精度の向上

本事業では幸いにも残余金が発生したために、工事期間中に確認された既設下層路盤上面での強度不足に対応するための設計変更が可能であった。道路整備・改良事業において設計時に全線の状況を正確に把握することは容易でないかもしれないが、予備的経費には限りがあるので、概略設計、詳細設計において十分な土質調査等を行って設計精度を高めることが必要である。

(2) 定量的効果指標の明確化

本事業では、準備調査で設定された2つの定量的効果の指標が、一つは不適當であったため、もう一つは測定方法が不明となってしまったために、事後評価に使用できなかった。このような事態を避けるために、協力準備調査報告書に指標の定義及び測定方法を明記すると共に、事業完了時にそれらの測定をコンサルタントと実施機関が共同で行うことにより、事後評価時に実施機関が独自に測定できるようにすることが必要である。

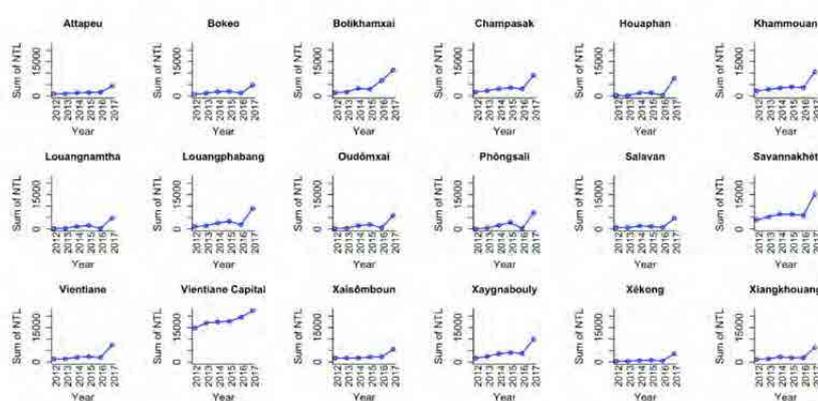
以上

コラム：ラオス地域経済に対する国道9号線改修事業の効果の要約

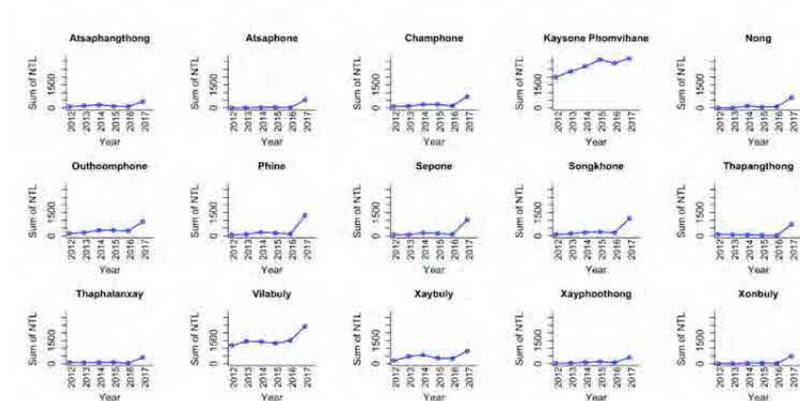
日本貿易振興機構バンコク・バンコク研究センター
 研究員
 ケオラ・スックニラン

本稿は空間を明示的に考慮しながら、2012年から2015年にかけて国際協力機構（JICA）により実施された無償資金協力「国道九号線（メコン地域東西経済回廊）整備計画」において、国道9号線（National Road Number 9、以下「NR9」という。）の改修事業が、ラオスの地域経済にどのような効果をもたらしたかを検証した。空間情報の不足・欠如している行政データの問題に対処するため、高精細な時空間情報をもつリモートセンシングデータを活用した。

図1. 行政界別夜間光量の変化（2012～2017年）



a. 県別



b. サバナケット県の郡別

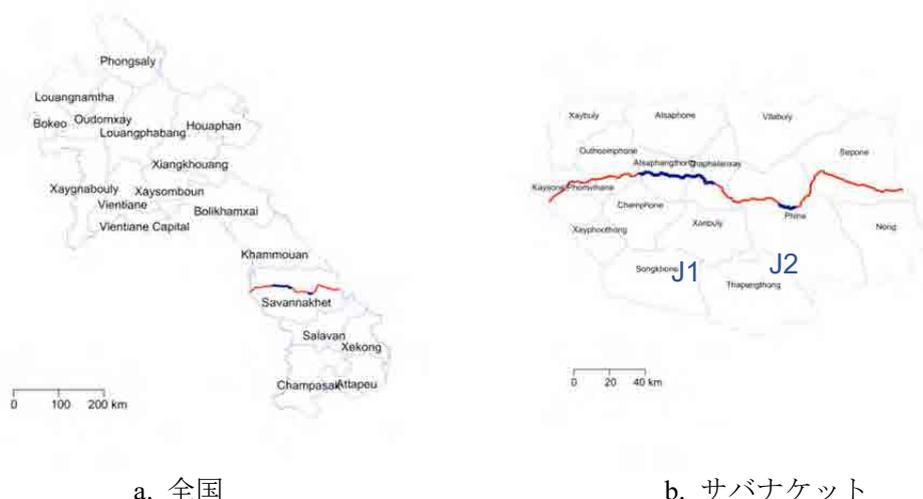
出所: GADM（Global Administrative Areas）及び Suomi NPP-VIIRS に基づき、筆者作成

Henderson et al. (2012) や Keola et al. (2015)¹⁷に従い、上空にある人工衛星から得られた夜間光（Nighttime Light、以下「NTL」という。）を地上の経済活動の代理変数として

¹⁷ Henderson, J. Vernon, Adam Storeygard, and David N. Weil. "Measuring economic growth from outer space." American economic review 102.2 (2012): 994-1028. Keola, Souknilanh, Magnus Andersson, and Ola Hall. "Monitoring economic development from space: using nighttime light and

る。しかしながら、最新版のデータが 2013 までしか公表しておらず、今回の分析対象期間の一部しかカバーしていないため、既述の先行研究が利用しているアメリカ軍の気象衛星 (DMSP : Defense Meteorological Satellite Program) に搭載された Operation Line Scan (OLS) センサーではなく、Suomi National Polar-orbiting Partnership (Suomi NPP) に搭載された Visible Infrared Imaging Radiometer Suite (VIIRS) センサーから得られた NTL のデータを利用した。図 1 a (2012 年から 2017 年の県別の 12 月の NTL) ではラオスの県別の相対的な経済規模の違いを合理的に表している。一方、サバナケット県では、県都であるカイソン・ポムヴィハーン郡以外、2017 年に NTL が急激に増加していることが分かる。NR9 の相対的な位置は、図 2 で示されている。本分析は改修区間のインパクトを図ることに重きを置く。

図 2. ラオスにおける国道 9 号線



a. 全国
b. サバナケット
出所: 県・郡の境界は GADM に基づく。赤い線は NR9、青線は JICA の改修区間を示す。

約 500 メートル x 500 メートルメッシュの NTL と NR9、そして JICA が実施した二つ補修区間 (J1 と J2、図 2 参照) の関係に関する計量分析の結果は次のように要約できる。まず、ラオスにある約 140 の郡の違いをコントロールした場合、NTL と NR9、J1 と J2 への距離の逆数の係数は、頑健かつ有意な正の関係をもつ。言い換えれば、すべての他の条件が同じ場合、NR9 に近いメッシュの方がより多い NTL が観測される (表 1 および図 4)。しかしながら、NTL は NR9 の相対的な重要性は距離とともに、またはアクセス条件がいい郡かどうかで小さくなる。郡のダミー変数の係数が、サバナケットや隣接及びカムアン、サラワン、アタプーなど周辺県で負の値となっていることがその根拠である (図 4)。負の係数は、NR9 への当該郡のより高い依存度を表している。これに対し、その他の県やメコン川に面するサバナケット郡ではどの変数の係数も正の値となっている。

次に、J1 と J2 とも改修効果は、改修された区間からの 2 キロメートルのバッファごとに区切られた地域を、工事が基本的に完了した 2015 年と 2017 年の年効果 (year effect) の差異を計算することによって検出した。図 3 にこの差異を示している。年効果は、道路補修による効果を含む多くの要因を捉えている。J1 の場合、年効果の差異は距離 50 キロメートルから補修された区間に向かって上昇傾向をたどる。補修以外の要因による年効果が同じと考えることができれば、2015 年から 2017 年間では、本事業の道路改修により、改修された場所に近いところで地域経済への正の効果が強く発現しており、そして距離とともに減少していくと解釈できる。J2 では 45 キロメートルから 30 キロメートル距離まで

land cover data to measure economic growth." World Development 66 (2015): 322-334 を参照。

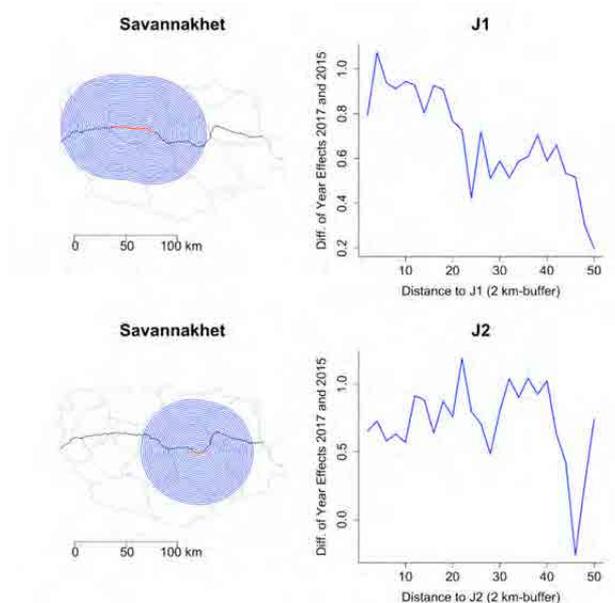
の領域で上昇傾向が明らかであるが、それより短い距離では横ばいか若干減少する。しかしながら J2 区間の距離は J1 の 4 分の 1 以下である。これが J2 におけるこのような結果に影響していると考えられる。筆者が 1 月に実施した本事業改修道路沿いの 10 数名の住民に対する聞き取り調査では、その全員が、自信を持って即座に道路の補修はビジネスまたは生活に良い変化をもたらしたと回答している。県庁の各課などが整備した NR9 を通るヒト、モノや交通量のマクロ統計データからも 2016 年からの増加が明らかである。本分析では、宇宙空間より観測し、作成されたりモートセンシングデータによって、地上において行われた調査で得られた主観的な洞察を補完するものであり、包括的かつ比較可能な数量的な分析結果を提供している。

表 1. NR9 の主要結果

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
log(1/dis_r9)	0.293	0.002	125.524	0.000
factor(year)2012	(0.885)	0.015	(57.137)	0.000
factor(year)2013	(1.372)	0.015	(91.537)	0.000
factor(year)2014	(1.940)	0.015	(131.560)	0.000
factor(year)2015	(1.990)	0.015	(135.217)	0.000
factor(year)2016	(1.187)	0.015	(79.067)	0.000
factor(year)2017	(1.241)	0.015	(84.624)	0.000

Residual standard error: 0.9277 on 1885886 degrees of freedom
 Multiple R-squared: 0.8978, Adjusted R-squared: 0.8978
 F-statistic: 1.119e+05 on 148 and 1885886 DF, p-value: < 2.2e-16
 注：郡ダミー変数の係数は図 4 で示す。

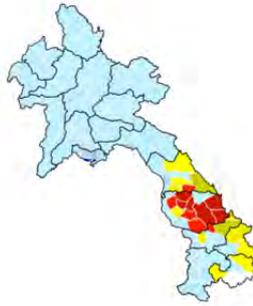
図 3. 2017 年と 2015 年の年効果の差異



出所: 筆者の計算。

図 4. 郡ダミー変数の係数

- 5 and higher
- 4 to less than 5
- 3 to less than 4
- 2 to less than 3
- 1 to less than 2
- more than 0 to less than 1
- 0
- less than 0 to more than -0.1
- -0.1 to more than -0.2
- -0.2 to more than -0.3
- -0.3 to more than -0.4
- -0.4 to more than -0.5
- -0.5 and smaller



出所: 筆者の分析による。

ラオス

2017年度 外部事後評価報告書

無償資金協力「小水力発電計画」

外部評価者：有限会社 ADAMIS 島田 徹

株式会社 航空システムコンサルタンツ 高尾 寛弘

0. 要旨

本事業は、ポンサリ県ニャットウー郡において小水力発電所を建設し配電線を敷設することにより、再生可能エネルギー利用を促進し、温室効果ガス排出量の削減に寄与するとともに、特に地方部における電化の促進を図り、もって当該国の経済/社会開発の向上に寄与することを目的とした。本目的は、計画時及び事後評価時ともに、ラオスの開発政策及び開発ニーズ並びに日本の援助政策と整合していることから妥当性は高い。本事業に要した期間は計画どおりであったものの、事業費が計画を上回ることから、効率性は中程度である。本事業により定性的な効果の発現はみられるが、小水力発電所の設備利用率や年間発生電力等の運用指標が目標を大きく下回ることから、有効性・インパクトは中程度である。施設の運営・維持管理については、体制、技術、財務状況及び管理状況に一部問題があり、持続性は中程度である。

以上より、本事業は一部課題があると評価される。

1. 事業の概要



事業位置図



小水力発電所



取水ぜき

1.1 事業の背景

ラオスは内陸国であり、熱帯モンスーン気候に属していることから、水力電源開発のポテンシャルが 26,000MW 以上と推測されている¹。ラオス政府はこの水資源を活用すべく、独立系発電事業者も取り入れて電源開発を進める政策をとっている。その結果、全国世帯電化率は堅調な伸びを示し、2000 年の 36%から 2010 年には 73%に達した。地域別には、首都を含む中部では 96%と高いが、北部は 59%と低い水準にある（2010 年）。ラオス政府は都市部と地方部の格差是正、遠隔地における貧困削減の観点から地方電化を積極的に進める方針で、「第 7 次国家社会経済開発計画」（2011 年～2015 年）において全国世帯電化率を 2015 年までに 80%、2020 年までに 90%とすることを目標にしていた。

地方電化において挙げられる課題の一つは、財政的な問題である。これは、国境付近の村落の電力は、隣接国からの高額な輸入電力によるものであるため、電化を普及するには電力輸入量若しくは輸入電力価格の抑制が必要である。また、技術的な問題として、長距離配電網による電力供給の信頼性が低いこと、及び配電網とつながっていない電源を導入しても、運用するための技術や運営能力が乏しいということもある。

本事業対象地域のポンサリ県はラオスの北部に位置し、その電化率は全国で最も低く、遠隔地の電化が進んでいない状況であった。これは、県内の発電所がナムガイ小水力発電所（1,200kW）及びマイハイブリッド発電所（小水力 110kW＋太陽光 40kW）のみで電源容量が不足しており、国内電力を 22kV 配電線で長距離送電するために供給の信頼度及び適正電圧の維持が困難なうえ、中国からの電力買電価格が高額な状況であるためである。

本事業は、このような状況を解消すべく、ポンサリ県最北部のニャットウー郡における小水力発電所の建設及び配電線延伸のために、無償資金協力として実施されたものである。

1.2 事業概要

ポンサリ県ニャットウー郡において、小水力発電所を建設し配電線を敷設することにより、再生可能エネルギー利用を促進し、温室効果ガス排出量の削減に寄与するとともに、特に地方部における電化の促進を図り、もって当該国の経済/社会開発の向上に寄与する。

【無償】

供与限度額/実績額		1,775 百万円 / 1,772 百万円
交換公文締結/贈与契約締結		2013 年 3 月 / 2013 年 3 月
実施機関		エネルギー鉱業省
事業完成		2015 年 2 月
案件従事者	本体	株式会社安藤・間
	コンサルタント	東電設計株式会社

¹ 井上友幸、朝倉立行、佐々木敏雄「ラオスのエネルギーと電力の現状と今後の動向」、一般財団法人日本エネルギー経済研究所ホームページ 2003 年 10 月掲載（URL <http://eneken.ieej.or.jp/data/pdf/749.pdf>（2018 年 6 月 11 日アクセス））

基本設計調査	2012年8月～2013年3月
関連事業	技術協力：「ラオス国北部小水力発電計画策定調査」 (2003年～2005年) その他国際援助機関、援助機構等：「北部送配電計画」 (2011年～2015年) アジア開発銀行、「地方電化計画フェーズⅡ」(2010年～2013年) 世界銀行

2. 調査の概要

2.1 外部評価者

島田 徹 (有限会社 ADAMIS)

高尾 寛弘 (株式会社 航空システムコンサルタンツ)

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：2017年9月～2018年10月

現地調査：2018年1月7日～1月31日、2018年4月1日～4月10日

3. 評価結果 (レーティング：C²)

3.1 妥当性 (レーティング：③³)

3.1.1 開発政策との整合性

計画時点でのラオスの「第7次国家社会経済開発計画」(2011年～2015年)の電力分野のアプローチとして、国家開発のための電力の国内供給及び輸出という二つの目的のために配電線を延長すること、及び東南アジア諸国連合のバッテリーとなることを述べていた。また、同計画においては地方電化を推進する目標を掲げていた。

事後評価時点での「第8次国家社会経済計画」(2016年～2020年)では、エネルギー統合の活動としてクリーンで環境にやさしいエネルギーの開発と利用に重点を置くこと、及び遠隔地域やアクセス困難地域への電化を推進して国内全世帯の電化率を2020年までに90%以上にすることが述べられている。

以上、計画時の「第7次国家社会経済計画」に加えて「第8次国家社会経済計画」においても地方部の電化を推進する方針が掲げられていることから、本事業は開発政策と整合している。

3.1.2 開発ニーズとの整合性

本事業対象地域であるポンサリ県内には、計画時には二つの小規模発電所があるのみで

² A：「非常に高い」、B：「高い」、C：「一部課題がある」、D：「低い」

³ ③：「高い」、②：「中程度」、①：「低い」

あった。また、ニャットウー郡においては、中国国境にある変電所を経由した電力輸入で電力が供給され、県道沿いに設置された 22kV 配電線の沿線の村落は電化されていたが、配電線から離れた地域は電化されていなかった。このような状況で、ポンサリ県の 2012 年上期の電化率は 23%と全国で最も低かった。ラオス政府は、ポンサリ県の世帯電化率向上の目標として、2015 年までに 60%、2020 年までに 70~80%の達成を挙げていた。さらに、ポンサリ県は、kWh 当たり 9.2 米セントと高額な電力を中国から輸入しており、電力輸入量の抑制が電力セクターの課題の一つとされていた。

事後評価時点において、ポンサリ県の電化率は 59.04% (2017 年 11 月)、全国の電化率は 93.82%で、ポンサリ県の電化率は依然として全国で最も低い。

中国からの電力輸入量 (MWh) と平均価格 (US ¢ /kWh) は表 1 のとおりである。中国からの電力輸入量はポンサリ県内の需要の増加に伴って増加し、輸入電力の平均価格は輸入量の増加に伴って低下傾向にあるが、家庭用電力の最低単価 (25kWh まで、355Kips/kWh) の約 2 倍といまだに高額である。

表 1 中国からの電力輸入量と平均価格

	2014 年	2015 年	2016 年	2017 年
輸入量(MWh)	8,261	10,119	11,385	11,129
平均価格(US ¢ /kWh)	9.41	9.25	8.73	8.59

出所：ラオス電力公社 (Electricite du Laos、以下「EdL」という。) 提供資料

以上から、本事業はポンサリ県の電化率向上に貢献するという点で、対象地域が有する開発ニーズと整合している。

3.1.3 日本の援助政策との整合性

計画時における日本の援助政策である「対ラオス人民民主共和国 国別援助方針」(2012 年 4 月)では、重点分野の一つである「経済・社会インフラ整備」において「安全かつ安定的な電力供給の拡大による国内の電力へのアクセス格差是正と電力輸出に向けた支援を行う」としている。また、国別援助方針別紙の「対ラオス国事業展開計画」において、電力分野は「電力整備プログラム」に位置づけられており、安定的、持続的かつ効率的な電力供給の拡大を図るため、電力事業管理能力強化に対する協力を行うとともに、政府所有の発電設備や基幹送電網の整備、さらには地方電化に係る設備整備に係る協力を行うとの方針が示されている。また、2012 年度の日本政府予算案においても、我が国の優れた新エネルギー技術を利用した途上国のグリーン成長支援 (マイクロ水力や太陽光電池技術等の新エネルギーの導入) 方針が示されている。したがって計画時点において、本事業は日本の対ラオス援助方針並びにグリーン成長支援方針に合致していた。

以上より、計画時及び事後評価時において、ラオスの開発政策で世帯電化率の向上を目

指していること、ポンサリ県の電化率が全国最低で開発ニーズが高いこと、日本の援助政策で国内の電力アクセス格差是正を目指していることから、本事業はラオスの開発政策、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

本事業は、ポンサリ県ニャットウー郡において小水力発電所を建設し、配電線を敷設するものであり、アウトプットと計画時の内容を比較すると表 2 及び表 3 に示すとおりとなる。主な変更点は、北東地域の配電設備の除外と出力増加対策としての有効落差の拡大であった。

表 2 本事業のアウトプット

項目	計画	実績
発電形式	水路式・流れ込み式	水路式・流れ込み式
最大使用水量	7.02m ³ /s	7.02m ³ /s
有効落差	8.8m	8.92m
設備容量	450kW	450kW
取水堰堤高さ、堤長	4.5m, 41.1m	4.5m, 37.6m
取水口幅、高さ、延長	4.2m, 3.3m, 16.8m	5.2m, 3.0m, 18.0m
沈砂池幅、高さ、延長	10.7m, 3.5m, 31.2m	13.2m, 3.5m, 31.8m
導水路幅、高さ、延長	2.0m, 2.5m, 680.5m	2.0m, 2.5m, 695.0m
水槽幅、高さ、延長	5.0m, 6.2m, 32.7m	10.4m, 7.0m, 33.5m
水圧管路徑、延長、条数	1.2m, 5.2m, 3 条	1.2m, 5.1m, 3 条
発電所短辺、長辺、高さ	8.9m, 14.0m, 6.7m	8.9m, 14.0m, 8.4m
水中ポンプ水車台数、出力、回転数	3 台, 173.5kW, 600rpm	3 台, 173.5kW, 600rpm
縦軸 3 相同期発電機台数、出力、回転数	3 台, 166.7kVA, 600rpm	3 台, 166.7kVA, 600rpm
制御装置	主機起動・停止制御、保護停止制御、電圧・電流・出力監視、自動同期装置、保護継電器、単独運転検出装置	水車・発電機用保護制御盤、発電機主回路盤、送電線保護制御盤、DC 電源盤、室内変電盤
主要変圧器型式、定格容量、電圧	油入自冷三相変圧器 500kVA, 22kV/440V	油入自冷三相変圧器 500kVA, 22kV/440V
屋外開閉装置	ヒューズ付三相負荷断路器、計器用変圧器、計器用変流器、避雷器	ヒューズ付三相負荷断路器、計器用変圧器、計器用変流器、避雷器

22kV 配電線	北東地域 76.3km 西側地域 47.5km (3相鋼心アルミより線 (ACSR)裸線、鉄筋コンクリート柱高さ 12m)	西側地域 51.9km (3相 ACSR 裸線、鉄筋コンクリート柱高さ 12m)
400V 配電線	北東地域 10.0km 西側地域 6.1km (3相4線 ACSR 被覆電線、鉄筋コンクリート柱高さ 8m)	西側地域 6.0km (3相4線 ACSR 被覆電線、鉄筋コンクリート柱高さ 8m)
変圧器(22kV/440V)	北東地域 13 個 西側地域 10 個	西側地域 10 個

表3 本事業のアウトプット（ソフトコンポーネント）

計画	実績
ポンサリ県地方電化基金（Provincial-Rural Electrification Fund、以下「P-REF」という。）の設立（基金運用マニュアルが整備される。基金が設立される。基金の管理員が的確な財務管理ができる。）	<ul style="list-style-type: none"> 基金運用マニュアルの最終案を提案した P-REF はソフトコンポーネント修了の約 17 ヶ月後（2016 年 8 月 1 日）に設立された。 PDEM は P-REF の収支内訳の詳細を十分に把握できていない。
運転維持管理組織（Special Purpose Organization、以下「SPO」という。）の選定・調達（SPO 選定基準が準備される。SPO が選定され、ライセンスが与えられる。）	<ul style="list-style-type: none"> SPO 選定基準(案)を作成した。 SPO のライセンスはソフトコンポーネント修了の約 2 か月後（2015 年 5 月 22 日）に与えられた。
運転・維持管理モニタリング体系の確立（ポンサリ県エネルギー鉱業局（Provincial Department of Energy and Mines、以下「PDEM」という。）職員が発電所モニタリングのために、発電設備の構造・設計を理解する。運転・維持管理（Operation and Maintenance、以下「O&M」という。）マニュアルが整備される。PDEM 職員が発電所のモニタリング・監督業務を実施できる。）	<ul style="list-style-type: none"> 基礎研修と実地訓練が行われた。 英文の O&M マニュアル（土木構造物）が作成された。機器の O&M マニュアルやラオス語版は作成されていない。

北東地域の配電設備は、円安進行（1米ドル＝概略設計時 80.41 円、詳細設計時 99.80 円）に伴う事業費の増大に対応するため、詳細設計時の設計変更において、本事業から除外し、ラオス側の負担で実施することとされた。

出力増加対策工事による有効落差の拡大について、経緯と理由は以下のとおりである。

本水力発電所の設計出力は 450kW（150kW×3 台）であるが、2015 年 2 月の竣工検査時の出力試験の際には 1 台運転で 152kW を確認したものの、水量不足により 3 台同時運転による出力は確認できなかった。その後、1 年間の運転実績を確認した結果、雨季の豊水期にお

いても3台同時運転で400kW～407kWしか出力が出ていないため、出力増加の対策が求められた。観測結果と机上計算により、有効落差を拡大する対策として、水槽余水吐のかさ上げと放水路溺堤の撤去が挙げられ、対策工事と出力確認試験が2016年4月に実施された。出力確認試験時は、当該地域の最渇水期であったため、3台同時運転は実施できなかったが、1台運転では165kWと、対策実施前と比較して13kWの出力増加が確認できた。この結果は、机上計算での期待値と同等であり、3台同時運転時の設計出力450kWはほぼ確保できると判断された。

アウトプットについて、小水力発電所の建設は計画と実績に特筆すべき差異はなく、おむね計画どおりに実施されたが、配電網は北東地域が除外されたことから、22kV配電線が計画の41.9%、400V配電線が56.6%、変圧器が43.5%となった。

ソフトコンポーネントは、P-REFの設立については、基金運用マニュアル最終案を作成したものの、基金の設立までには至らず、SPOの選定・調達については、選定基準(案)を作成し、調達手続きを支援したものの、調達・契約までには至らず、運転維持管理体系の確立については、小水力発電の基礎研修と実地訓練を実施し、土木構造物に係る英文のO&Mマニュアル(案)を作成したものの、機器のO&Mマニュアルやラオス語版は作成されないまま終了している⁴。

3.2.2 インプット

3.2.2.1 事業費

表4に事業費の計画と実績の比較を示す。日本側の負担は、計画比100%以内におさまっているが、アウトプット減少を考慮すると実質的には上回った。なお、計画時の北東地域配電網を除く事業費は1,560百万円で、実質的には計画を13%上回ったとの評価となる。ラオス側事業費は計画時の3百万円に対し、実績を再生可能エネルギー促進局(Institute of Renewable Energy Promotion, Ministry of Energy and Mines、以下「IREP」という。)等に確認したが、不明であった。そのため総事業費は不明となり、日本側負担部分のみで比較を行った。

表4 事業費の計画・実績比較

	計画	実績
日本側負担分	1,775 百万円	1,722 百万円
ラオス側負担分	3 百万円	不明
総事業費	1,778 百万円	不明

⁴ コンサルタントによれば、ラオス語版を作成しなかったことについては「ラオス語にマニュアル上のテクニカルタームに相当する概念そのものが存在しない中で翻訳してしまうと、誤訳による誤操作等、安全上重要な事態を招く可能性を否定できないことが明らかになったため」、機器のO&Mマニュアルについては「メーカーマニュアルを通じたトレーニングなどにより、代替することが、安全面からも妥当との判断があった」とのことである。

出所：国際協力機構（JICA）提供資料

3.2.2.2 事業期間

事業期間は、計画の23カ月（2013年4月～2015年2月）に対して、実績が2013年4月～2015年2月までの23カ月であり、計画どおり（100%）であった⁵。

以上より、事業期間については計画どおりであったものの、事業費が実質的に計画を上回ったことから、効率性は中程度である。

3.3 有効性・インパクト⁶（レーティング：②）

3.3.1 有効性

3.3.1.1 定量的効果（運用・効果指標）

定量的効果（運用・効果指標）の達成状況を表5に示す。2017年の実績値は事業完成2.8年後のデータであるため、目標年（事業完成3年後）と同等とみなせる。

表5 定量的効果の達成状況

	基準値	目標値	実績値		
	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
最大出力(kW)	0	450	407	NA	約430
設備利用率* ¹ (%)	0	79.6	NA	NA	43.4
小水力発電所年間発生電力及び電力輸入量の削減(MWh/年)	0	3,141	1,631	2,089	1,714
ニャットウー郡世帯電化率(%)	32	60	51.27	58.26	58.86

出所：最大出力はSPOからの聞き取り、その他はEdL提供データ

注：*1 設備利用率=年間発生電力÷(設備容量×24×365)

設備利用率と年間発生電力の目標達成率が54.6%に留まっている主な原因を実施機関に確認したところ、小水力発電所下流における土砂の堆積により下流の水位が上昇し雨季における有効落差が減少したこと、主変圧器の誤動作による発電停止の頻発を2017年10月まで長期にわたって解決できなかったこと、及び配電システムの故障による発電停止とのことであった。

小水力発電所の各年の月別発電量は図1に示すとおりで、いずれの年も10月から12月の発電量が、水量が増える雨季（5月から10月）の発電量よりも多く、雨季における有効落差の減少を裏付けている。なお、2017年6月から9月にかけて他の年より発電量が低い

⁵ ラオス側で実施することとされた北東地域配電網の整備は、アクセス道路整備事業の遅れが原因となつて、事後評価時においても13村中3村の整備に留まっている。

⁶ 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。

のは、主変圧器の誤動作が頻発したためと考えられる。また、工事業者の月例報告書の記録から、2014年における発電所の水位は7月が最高で平均739.71m、12月が最低で738.47mであり、これらの水位は準備調査報告書の放水水位737.90mよりも1.81～0.57m高い値であった。これは、準備調査終了後から事業着工前までの間に発生した地滑りによる水位上昇があったためと推定される。したがって、設備利用率と年間発生電力の目標を達成するためには、雨季における下流側の水位を低下させることが必要と考えられる。

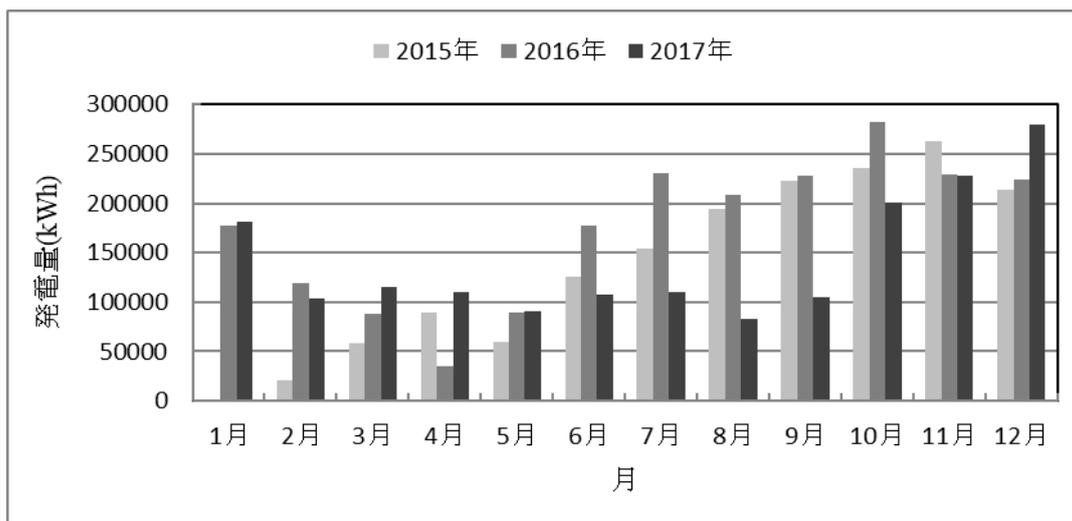


図1 小水力発電所の月別発電量

なお、小水力発電所で発電された電力はニャットゥー郡内で有効に使用され、中国からの輸入電力料金を約3年間で約289万米ドル節約している。

ニャットゥー郡の世帯電化率が、ラオス側による北東地域の配電網の整備が計画13村中3村にとどまっているにもかかわらず、目標値の98.1%を達成できた主な要因は、①目標値がポンサリ県全体の2015年目標値と同一に設定されたこと、及び②郡内の他地域で電化が進行したことと考えられる。

また、参考指標とはなるが、2017年末の西側地域の電化戸数は627戸で、準備調査で期待された戸数(581戸)の108%であり、本事業対象地域の電化戸数は計画を上回った。なお、本事業対象から除外された北東地域の電化戸数は185戸で計画の641戸の29%にとどまっている。

3.3.1.2 定性的効果 (その他の効果)

(1) プロジェクト周辺地域の電力供給力の強化

計画時点では、ニャットゥー郡は、今後も配電システムの末端に位置することから、系統末端に電源設備を設置することにより、周辺地域の電力供給安定化と送配電ロスの低減が期待されるとしていた。

事後評価においては、対象地域周辺の以前から電化されていた世帯の住民や PDEM、ニャットゥー郡エネルギー鉱業局 (District Department of Energy and Mines、以下「DDEM」と

いう。)及びEdLの職員の計13名にインタビュー調査⁷を実施した。その結果13名中12名から、以前に比べ停電が減り生活がしやすくなった、安心して食料が保存できる、夜の時間を有効に活用できる等の好意的意見を得た。また、PDEM、DDEM及びEdL職員からは、電圧安定度は改善したという回答を得た。

以上から、本事業によって計画どおりに周辺地域における停電が減少、電圧安定度が改善したものと考えられる。

(2) 再生可能エネルギーの導入促進

計画時点では、小水力発電は地元資源を利用した再生可能エネルギーの一つであり、ポンサリ県での再生可能エネルギーの導入促進に貢献でき、またP-REF資金を活用し、さらなる再生可能エネルギーの導入促進が期待されるとしていた。

ポンサリ県では本事業の他に2015年にナムオウ5と6(計420MW)の水力発電所が稼働しているが、230kVの高圧線でウドムサイ県の変電所に送られるため、ニャットウー郡の電力供給にはほとんど影響しない。中国の技術で建設されたナムボウ小水力発電所(0.11MW)は県内の22kV配電網に接続されているが、準備調査当時に稼働していたナムガイ小水力発電所(1.2MW)及びマイハイブリッド発電所(0.15MW)は稼働停止している。

したがって、本事業そのものがポンサリ県における再生可能エネルギーの導入を促進しているが、それ以外にポンサリ県において目立った再生可能エネルギーの促進は見られない。

一方、事後評価時点において、P-REF資金の主な用途は、P-REFの運営費(会議費、交通費等)と小水力発電所の運転員詰所前の小屋根の設置費のみで、再生可能エネルギーの導入促進には使用されておらず、P-REF資金を活用したポンサリ県内でのさらなる再生可能エネルギーの導入促進を期待するのは時期尚早と考えられる。

3.3.2 インパクト

3.3.2.1 インパクトの発現状況

(1) 温室効果ガスの削減

計画時点では、本事業は中国雲南省から35kV/22kV配電線を通して電力を輸入している地域を対象としており、実施後は年間約3,141MWhの電力輸入を削減できると期待されていることから、中国において温室効果ガスが3,367tCO₂/年削減されるとしていた⁸。

事後評価時点において再計算したところ、削減された電力輸入量は約3年間の平均で1,916.5MWh/年、計画時での排出原単位0.9873tCO₂/MWhを使用して2,081tCO₂/年(計画段

⁷ PDEM: 1名(男)、DDEM: 4名(男3名、女1名)、EdL(ポンサリ県): 2名(男)、EdL(ニャットウー郡): 2名(男)、ニャットウー郡村民: 4名(男2名、女2名)(調査対象者について、職員は対象地を管轄するPDEM、DDEM及びEdL支社の中でインタビューの主旨を伝えたいうえで適切な部門の職員を先方が指定し、村民は配電網整備対象地域以外から成人男女を均等に有意抽出した。)

⁸ JICA提供資料。

階時と同様に送電ロス率を 1.1 とした。) の温室効果ガスが削減されているとの結果となった。これは計画時の期待値の 62%で、年間発電量が計画を下回っていることがその原因である。

(2) 経済/社会開発の向上

計画時点では、地方電化の促進と電力の安定供給により、電力を利用した地元産業の活性化が図られ、住民の生活様式が変化し生計向上につながると期待されていた。

事後評価時点において、ポンサリ県計画投資局、ニャットゥー郡計画投資局及び商店オーナーを含む村民の計 26 名にインタビュー調査⁹を実施し、本事業による地方経済や家計の変化及び社会サービスや住民の生活環境への変化を調査した。その結果、地方経済や家計については、全員が変化したとの回答し、その内容は、火の使用の減少、生活の快適化、収入増と良い方向への変化であった。社会サービスや住民の生活環境も全員が変化したと回答し、具体的な内容としては、テレビや冷蔵庫等の利用、調理の労力及び時間の削減、夜間の仕事や勉強ができるようになったという良い方向への変化であった。

このように、全員が生活環境や家計への好ましい影響があったと回答しており、本事業によって計画どおりに住民の生計が向上したものと考えられる。また、今後機織り機や精米機の購入を考えている等の回答もあり、本事業は計画どおり地元産業の活性化に貢献している。

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

初期環境影響評価書 (*Gnod Ou Mini-Hydro Power Project Initial Environment Examination 28 December, 2012 Chareun and Associates Co.Ltd.*、以下「IEE」という。) の環境管理計画によると、本事業は、工事中の大気汚染対策として散水の実施、水質汚濁対策として一時沈殿池の形成等の緩和策を実施することで、影響を最小限にする予定であった。

IEE では各種の汚染対策が示されているが、実施された汚染対策や環境基準への適合度の情報は現地では確認できなかった。DDEM からは、環境汚染はなく、住民からの苦情もなかったとの回答を得た。また、工事業者の 2014 年 12 月 (土工事はほぼ終了した時点) の月例報告書によると、当月の水質は表 6 に示すとおり環境基準に適合していた。

表 6 水質検査結果 (2014 年 12 月)

項目	場所	15 日	31 日	基準	判定
水素イオン指数	上流	7.5	7.5	6.6-9.5 (EU)	○
	下流	7.5	7.5		○
溶存酸素量 (mg/l)	上流	6.0	7.0	>5 (日本)	○
	下流	6.0	7.0		○

⁹ ポンサリ県計画投資局：1 名 (男)、ニャットゥー郡計画投資局：2 名 (男)、配電網整備地域の商店：2 名 (女)、住民：21 名 (男：12 名、女 9 名) (調査対象者について、職員はインタビューの主旨に沿った適切な部門から先方が指定し、村民は配電網整備地域のウータイに近い村落から順次、インタビュー可能な商店や世帯を有意抽出し、成人男女をほぼ均等に選定した。)

出典：Monthly Progress Report No.14 (December 2014)

したがって、環境モニタリングレポートは入手できなかったものの、DDEM による質問票の回答及び土工事がほぼ終了した時点における工事業者による水質検査によれば工事中の環境汚染は最小限に抑えられたものと考えられる。

(2) 住民移転・用地取得

本事業は公有地（0.8ha）上の農作物について補償の必要があり、当該農作物は国際協力機構環境社会配慮ガイドライン及びラオス国内法制度に基づき補償される予定であった。

IEE によると、住民協議が 2012 年 9 月と 12 月に実施され、用地の取得の必要はないが、洪水被害の可能性がある 2.66ha の稲田（13 世帯）と導水路の建設による影響を受ける 0.8ha のトウモロコシ畑に対して、“*Technical Guideline on Compensation and Resettlement of People Affected by Development Projects*”（Decree 192/MONRE）に基づいて農作物 3 年分に相当する補償額が計算されている。IREP からのヒアリングによれば、金銭による補償ではなく代替耕作地を与えることで了解を得た。また、DDEM からのヒアリングによれば、適切に補償が行われ、影響住民からの苦情はなかった。

したがって、農作物等の補償の詳細は確認できなかったが、おおむね適切に行われたものと思われる。

以上、定性的効果である周辺地域における停電の減少、電圧安定度の改善、再生可能エネルギーの導入促進はみられるものの、定量的効果のうち、設備利用率と年間発生電力の 2017 年における目標値達成度が 54.6%であることから、有効性の達成度は中程度である。住民の生計向上及び地元産業の活性化が定性的に確認されたが、温室効果ガスの削減量が計画時の期待値の 62%であることから、インパクトの達成度は中程度である。その他正負のインパクトに特筆すべき事項はない。

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。

3.4 持続性（レーティング：②）

3.4.1 運営・維持管理の体制

計画時点では、小水力発電所は PDEM が施設を所有し、SPO が発電所の運転・維持管理（発電所運転、保守点検、部品交換、発電事業管理）を行うこととなっていたが、PDEM と SPO 間の契約で、SPO はダム の 運営維持管理及び発電量のモニター・記録・報告を行うことが要求されているものの、定期的な保守転換や部品交換については要求されていない。また、問題が発生した場合には PDEM と SPO が協同して解決することと規定されているが、

SPO は保守点検や部品交換を行っていない。また、DDEM による定期検査が導入され、IREP は P-REF に関与しない体制に変更されている。

人員に関しては、IREP の地方電化部門の職員は計画時の 4 名から 5 名に、PDEM のエネルギー部門の職員は 10 名から 12 名に増員されている。DDEM のエネルギー部門の職員は 3 名、SPO の現場職員は 3 名（内、技術者は 2 名）である。

DDEM は月に 2 回小水力発電所の検査を行い、毎月 PDEM に報告している。SPO は PDEM 及び IREP に月次報告をするようになっているが、提出されないこともある。また、P-REF の管理体制でポンサリ県財務局（Provincial Department of Finance、以下「PDOF」という。）による P-REF の監査が行われておらず、PDEM も P-REF の収支内訳の詳細を十分に把握できていないことは資金管理の上で望ましくない。

配電網は、建設後、EdL が施設を保有し、既設配電網と併せて運営・維持管理を行っており、計画時からの変更はなかった。

したがって、本事業で整備した小水力発電所の運営・維持管理の体制について、資金管理等の面で懸念がある。

3.4.2 運営・維持管理の技術

計画時点では、技術面および資金面で能力のあるものが SPO として選定され、そのモニタリングを行う PDEM は、県内の既存設備であるナムガイ小水力発電所やマイハイブリッド発電所の運転維持管理実績を有し、モニタリングを行える素地はあるが、さらに、ソフトコンポーネントにより能力強化が求められると考えられていた。

事後評価時点で、ソフトコンポーネントの研修を受けた職員はすべて PDEM と DDEM に勤務していた。SPO の運転要員としてソフトコンポーネントの研修を受けた大卒者が従事しているが、SPO 自体が配電網（変圧器を含む）の運営・維持管理の経験しか有しておらず、発電所の運営・維持管理について技術面で能力が不足している。また、故障時の対応において、SPO は外部の有志に頼っており、PDEM との調整を含めて対応策の実施までに時間がかかっていた。

メーカー作成の O&M マニュアルは PDEM にあり、小水力発電所にはなかった。DDEM は月に 2 度小水力発電所の検査を行っているが、検査項目等は定められていなかった。計画時にはソフトコンポーネントにおいて「メーカーが用意する設備マニュアルとは別に、運転員が日頃実施すべき運転・記録・点検・修理の仕方、ポイント、手順、さらに洪水時、洪水後、故障時等異常時のトラブルシューティング、国境の変電所とのコミュニケーションの取り方等を含む、ローカルの運転員でも理解しやすい運転・維持管理マニュアルが必要である。」「日本人コンサルタントは、運転員が容易に理解できるような図や写真を多用したラオス語の運転・維持管理マニュアル（案）を作成する。」としていたが、実際に作成されたのは土木施設の O&M マニュアル（英語版）のみで運転員にも理解しやすい機器 O&M マニュアルは作成されていない。また、ソフトコンポーネント完了時に土木施設の O&M マ

マニュアルの翻訳ならびに正式活用をラオス側に提案したものの、事後評価時に PDEM に確認したところでは、その存在は担当者に認知されていなかった。このようなマニュアルの不在・不活用は、適切な運営・維持管理を継続的に実施していくために、早急に解消すべきである。

SPO に故障時に対応可能な専門技術者がおらず、主変圧器の誤動作の頻発を長期間解決できなかったことから、SPO 及び PDEM の技術能力は、ソフトコンポーネントの実施にもかかわらず、必ずしも十分ではないと考えられる。

したがって、本事業で整備した小水力発電所の運営・維持管理について技術面で懸念がある。

配電網の運営・維持管理について、計画時点では、EdL は地方部を含む全国での電力供給を行っており、ポンサリ支社においても、中国からの電力輸入用の既設変電設備 (35/22kV) ならびに 22kV 配電線、400V 配電線の運営・維持管理、並びにメータ計測、電気料金徴収等を含めた送配電事業を適切に実施中であり、十分な技術水準を有するものと考えられていた。

現地調査において、「日本側が整備した配電網は他の配電網と同じ仕様で整備されており、EdL にとって運営・維持管理に特段の問題はない」という回答を EdL ポンサリ支社から得た。しかしながら、22kV 配電線が設置された道路は未舗装の悪路であり、点検作業は容易ではないと思われる。

以上を総合すると、本事業で整備した施設・機材の運営・維持管理には技術上の懸念がある。

3.4.3 運営・維持管理の財務

計画時点では、小水力発電所については、将来のオーバーホールや設備の更新費用を管理する組織として、P-REF を創設し、ここが発電所の運転・維持管理の資金管理を担うこととしていた。

事後評価で P-REF の財務状況等を確認した結果、その収支は表 7 のとおりであった。EdL への売電収入の半分は米ドル、残りは現地通貨 (キープ) で受取っている。SPO の経費 (運用・管理費) を差し引いた利益の 60% が P-REF に入金され、40% は SPO が O&M Charge として受け取っている。

表 7 P-REF 収支 (単位: Kips)

	2015 年	2016 年	2017 年
売電収入	634,290,613	547,198,332	461,546,799
SPO 経費	154,175,000	152,510,000	139,200,000
O&M Charge	191,807,020	156,988,841	128,939,533
P-REF 入金	288,308,593	239,200,124	193,407,266
P-REF 支出	0	22,122,090	146,142,139
P-REF 収支	288,308,593	217,078,034	47,265,127

(単位: US\$)

	2015年	2016年	2017年
売電収入	51,911	67,893	55,711
SPO 経費	0	0	0
O&M Charge	20,764	27,157	22,284
P-REF 入金	31,146	40,736	33,427
P-REF 支出	0	0	0
P-REF 収支	31,146	40,736	33,427

出所：PDEM 提供データ

2017 年末までの EdL への売電収入は合計約 35 万米ドルで、SPO の運用・管理費約 6 万米ドルを差し引いた利益の 60%が P-REF に入金され、約 17.4 万米ドルが貯まっている。この額は準備調査で見積もられた額の約 1.2 年分にしかない。その原因としては、総発電量が計画の約 61%であったことに加えて、SPO 経費と O&M Charge の合計額が準備調査で見積もられた SPO 運転管理経費（3.79 億 Kips/年）を約 30%上回っていることも挙げられる。

有効性の項に記載した雨季における有効落差の減少が解消されなければ、計画どおりの売電収入を得ることは期待できない。さらに、新たな予備品の調達や経年劣化による故障率の増加、定期オーバーホール等で支出の増加も見込まれるため、P-REF の運用は慎重に行う必要がある。

配電網を運営維持管理する EdL については、計画段階において「EdL の歳入の大半は国内電力販売による収入、歳出の大半は電力輸入と独立発電事業者等からの電力購入のための支出によるものあり、歳入・歳出ともに、電力消費量の増加により着実に伸びている。2008 年から 2011 年の収支では、2011 年に赤字を計上したが、主な理由としては、2010 年 12 月に発電部門が分社化され、電力購入の資金が流出したためである。」と認識されていた。

今回 EdL の損益状況（発電部門を含む連結決算）を調査した結果は、表 8 のとおりである。

表 8 EdL の損益状況 (単位 百万 Kips)

	2014年	2015年	2016年
営業収入	3,276,662	3,695,640	4,273,879
営業支出	2,963,655	4,018,523	4,664,194
営業利益	313,007	-322,883	-390,315
営業外収支	10,788	350,747	-339,287
純利益	323,795	27,864	-729,598

出所：EdL 提供データ

2014 年は営業黒字であったが、2015 年は営業赤字を営業外収支で穴埋めして、純利益を上げたものの、2016 年は赤字となっている。赤字の原因は、独立系発電事業者からの電力購入価格と一般利用者への販売価格の逆ざや及び乾季における外国からの電力輸入にある。

以上を総合すると、本事業で整備した施設・機材の運営・維持管理には財務上の懸念がある。

3.4.4 運営・維持管理の状況

事後評価時の現地調査では、以下のような状況を確認した。

- ・3台同時運転の状態の主変圧器の異常を示す保護装置が作動し、運転停止となる現象が頻発する状況が長期間放置されていたが、現地操作員によれば2017年9月に温度計をスペアパーツと交換したことで解決した。
- ・運転記録装置が2016年6月から故障して使用できない状態である。2016年10月に納入業者から修理費用の見積を取得したが、原因究明のみで91万円と高額であったため、修理は実施されず、運転記録は手書きで行っている。現地調査時には第三国製の同等品の購入を含めて対応が検討されていた。
- ・瑕疵担保期間に大洪水により護床工コンクリートブロックが流出したため、復旧を行ったが、その2か月後（2016年9月）に再度流出し、図2のようにいまだに復旧されていない。現地調査時にはP-REFを使用して対応する方向で検討されていた。
- ・配電網について、日本側整備の22kV配電線の電柱が図3のように傾きかけている。これは、緊急に対応が必要な状態ではないと思われるが、定期点検等で傾斜の拡大などに注意を払う必要がある。



図2 流出した護床工ブロック



図3 傾きかけた電柱

これらの状況から、小水力発電所の運営・維持管理状況は必ずしも十分ではない。P-REFを使用した対応策が検討され始めていることは評価に値するが、いつどのように実施されるのかの懸念は残っている。対応策の確実な実施のためには、上記の技術面の改善を早急に図る必要がある。

以上を総合すると、本事業で整備した施設・機材の運営・維持管理状況には問題がある。

PDOFによるP-REFの監査が行われていないこと、故障時に対応可能な専門技術者がSPOにおらず、小水力発電所にはO&Mマニュアルがなく、DDEMによる定期検査も検査項目等が定められていないこと、雨季における有効落差の減少が解消されなければ計画どおりの売電収入を得ることは期待できないこと、運転記録装置の故障と護床工ブロックの流出が数年間放置されていることなどが本調査で明確になった。

以上より、本事業の運営・維持管理は体制、技術、財務及び状況に一部問題があり、本

事業によって発現した効果の持続性は中程度である。

4. 結論及び提言・教訓

4.1 結論

本事業は、ポンサリ県ニャットウー郡において小水力発電所を建設し配電線を敷設することにより、再生可能エネルギー利用を促進し、温室効果ガス排出量の削減に寄与するとともに、特に地方部における電化の促進を図り、もって当該国の経済/社会開発の向上に寄与することを目的とした。本目的は、計画時及び事後評価時ともに、ラオスの開発政策及び開発ニーズ並びに日本の援助政策と整合していることから妥当性は高い。本事業に要した期間は計画どおりであったものの、事業費が計画を上回ることから、効率性は中程度である。本事業により定性的な効果の発現はみられるが、小水力発電所の設備利用率や年間発生電力等の運用指標が目標を大きく下回ることから、有効性・インパクトは中程度である。施設の運営・維持管理については、体制、技術、財務状況及び管理状況に一部問題があり、持続性は中程度である。

以上より、本事業は一部課題があると評価される。

4.2 提言

4.2.1 実施機関への提言

(1) PDEM への提言

PDEM は、運転記録装置の修理または交換、護床ブロックの復旧・改良を早急に行う必要がある。また、メーカー作成の機器に関する O&M マニュアル等を参考にして小水力発電所運転員用の機器に関するラオス語の O&M マニュアル及び DDEM 職員用の検査要領書・チェックリストを早急に整備する必要がある。さらに、SPO に非常勤の専門技術者を雇用させ、定期点検・保守計画を早急に作成し、計画に則った定期点検・保守を実施させる必要がある。

年間発電量不足の問題を解決するために、下流側の雨季における水位上昇を確認し、水位低下の可能性を検討し、対策工事の財務的妥当性を確認の上、適切な対応をとることが望ましい。

(2) PDOF への提言

P-REF は、今後の運営・維持管理のみならず、故障時等の交換部品の調達や 25 年後の設備更新等に必要な経費を確保する上で重要である。収入が計画より少ない状況においては、より適切な運用が求められる。したがって、PDOF は過去の収支を監査するとともに、以後定期的に監査を行う必要がある。

(3) EdL への提言

図 3 の傾いた電柱は、村民インタビューの道中で発見されたもので、すべての電柱を確認した結果ではない。2015 年 6 月の配電網瑕疵検査から 3 年未満であるにも関わらず、このような現象がみられたことから、他の電柱の状況も確認する必要がある。電柱が傾き、ケーブルに張力が掛かるような状態では好ましくないため、定期的に電柱を確認し、傾き具合等を経過観察し、傾きの進行が確認されれば、早急に修理する必要がある。

4.2.2 JICA への提言

JICA ラオス事務所は、上記実施機関への提言の実施状況をモニターし、必要に応じて助言することが必要である。

4.3 教訓

適切な実施体制の構築

本事業の準備調査では、エネルギー鉱業省は電力分野整備事業の経験を数多く有しているとする一方で、IREP の体制の不十分さが指摘されていた。しかしながら、本事業の実施は IREP が担当し、SPO の選定や契約の実施経験を有するビジネスエネルギー局等の参画・協力を得るような体制を構築できなかった。この実施体制の弱さが運営・維持管理上の問題発生の要因の一つと考えられる。よって今後の類似案件においては、事業の計画・実施に当たって、事業を実際に担当する部門の体制・技術能力を確認の上、必要に応じて実施機関全体の能力を有効に活用できるような体制を構築すべきである。

また、事後評価時に IREP から本事業は基金を設立して運営・維持管理資金を賄うパイロットプロジェクトとしての位置づけであったという IREP からの発言があったが、準備調査報告書や JICA 提供資料にそのような認識の記述は見当たらない。体制の構築にあたっては、準備段階においてよく議論の上、JICA と実施機関の間での共通認識を構築し、その結果の記録を残しておく必要がある。