

**2016 年度案件別外部事後評価：
パッケージⅡ-8
(SATREPS)**

**平成 30 年 1 月
(2018 年)**

**独立行政法人
国際協力機構 (JICA)**

**委託先
OPMAC 株式会社**

評価
JR
17-38

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。

0. 要旨

本事業は火災検知と火災予測システムの開発、泥炭地や森林における効率的な水管理の実現をもって泥炭地を回復し、主に炭素を中心とする温室効果ガスの有効な吸収源及び貯蔵庫とするべくインドネシアにおける REDD+²の実施推進を目的とした。

インドネシアの開発政策において温室効果ガス削減に対する森林管理の重要性、カリマンタンの地域的重要性は一貫しており、政策的に整合している。また、インドネシアにおける泥炭地回復と管理に対するニーズは一貫して大きく、近年さらに増大している。日本の援助政策では、気候変動分野が重視され、統合的な取組みの推進を支援する方針と整合している。したがって、妥当性は高い。有効性に関して、炭素排出量の評価に関する研究、炭素の管理方法は多角的かつ具体的に検討され、一部は達成したと考えられる。他方、インドネシア政府、国際社会との泥炭地や森林の適切な管理方法等の共有体制の確立及び地球温暖化防止体制の構築は、事業実施中に計画された活動が実施されなかったため達成されていない。インパクトに関しては、泥炭地の「MRV (Measuring, Reporting, Verification) システム」³の実用化に向けた努力が継続している。ただし、上位目標が設定されていない案件であるため、これをインパクトの評価に加味していない、他方、派生したその他のインパクトとして、本事業で活用された水文データ計測システムによる幅広い水利管理の効率化があった。したがって、有効性・インパクトは中程度である。本事業は、事業期間は計画どおりであったが、事業費が計画を上回ったため、効率性は中程度である。他方、インドネシアの泥炭地回復に対するニーズを反映し、本事業の効果の持続に必要な政策制度、体制面、技術面、財務面は継続しており、持続性は高いと判断される。

以上により、本事業の評価は高いといえる。

¹ 地球規模課題対応国際科学技術協力 (Science and Technology Research Partnership for Sustainable Development)

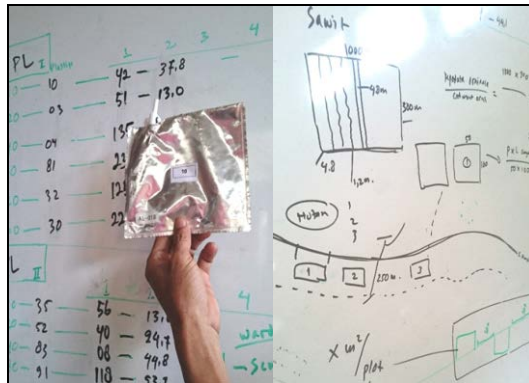
² 2005 年、第 11 回締約国会合 (The 11th Conference of the Parties : COP11) で提案された「途上国の森林減少・劣化に由来する排出の削減 (Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation in Developing Countries : REDD)」に、2007 年の COP13 による「森林炭素ストックの保全、持続可能な森林経営、及び森林炭素ストックの向上」という概念を追加したものが REDD+ (レッドプラス)。REDD+はこれまでの「京都議定書」では位置付けられていなかったが、COP21 の「パリ協定」(2016 年 11 月発効、2020 年以降適用)では、その第 5 条 1 項にて「全ての締約国は森林を含む温室効果ガスの吸収源及び貯蔵庫を保全、強化するための行動をとることが責務 (中略)」として定められ、続く第 5 条 2 項にて「参加国による REDD+の実施支援の措置を推奨される (中略)」として正式に位置づけられた。

³ 測定 (Measuring)、報告 (Reporting)、検証 (Verification) の一連の流れを MRV システムとして体系化することによって温室効果ガスを科学的に定量化し、排出削減努力推進、実効性確保のための諸策の基礎となる制度とされる。

1. 事業の概要



事業位置図



試薬を使って泥炭地の生態を分析

1.1 事業の背景

インドネシアの低湿地は、20 世紀末以降、急激な開発が行われ、その結果、熱帯泥炭が破壊され、膨大な温室効果ガスが火災や微生物分解で大気中に放出されるようになった⁴。特に、スハルト政権下の中部カリマンタン州泥炭地に対する農地改革の試みである、「メガライズプロジェクト」は、泥炭の強い酸性土壌が農地に適さないことから失敗に終わり、跡地の荒廃が進んだ。一方で、灌漑施設建設によって泥炭地の排水が進行し、それに伴う地下水位の低下により火災発生確率が高まった。特に、エルニーニョ現象⁵が発生した年には、泥炭地を中心に発生した火災により、膨大な温室効果ガスが発生したと推定されている。煙霧（ヘイズ）等による泥炭地周辺の住民への健康に対する社会経済的な被害、泥炭劣化に伴う雨季における土砂災害も深刻な状況であった。

上記の地球温暖化や開発問題に対し、インドネシアの大学研究機関等と北海道大学は中部カリマンタン州の泥炭地を対象に、熱帯泥炭の問題点に関する研究を実施してきた。そこで、地下水位の適正なコントロールが泥炭地火災の抑制に最も重要なカギであることが解明されてきたが、その成果を土台として、インドネシア政府より政策的に実行可能な方法論の確立が求められていた。

本事業は「地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム」（SATREPS）の一案件として採択され、科学技術振興機構（JST）と国際協力機構（JICA）の連携のもと実施された。同プログラムは環境・エネルギー、防災、及び感染症対策といったグロー

⁴ 熱帯泥炭の世界的な分布は東南アジア地域が 68%と割合が圧倒的に多く、さらにそのうちの 85%は同国に存在すると言われている。

⁵ エルニーニョ現象は太平洋赤道域の日付変更線付近から南米沿岸にかけて海面水温が平年より高くなり、その状態が 1 年程度続く現象で、数年おきに発生する。2000 年以降の主な発生年は 2002～2003 年、2009～2010 年、2014～2016 年となっている。

気象庁 HP http://www.data.jma.go.jp/gmd/cpd/data/elnino/learning/faq/elnino_table.html (2017 年 8 月現在)

バルな開発課題への対処に向け、開発途上国と共同研究を実施し、途上国の能力向上を行うものである。

1.2 事業の概要

本事業の事前評価時点では、SATREPS 案件にはプロジェクト・デザイン・マトリックス（Project Design Matrix：PDM）の作成が義務付けられておらず、討議議事録（Record of Discussion：R/D）において基本計画が合意された。その後、中間レビューで、指標とその目標値、活動計画が見直され、改訂された基本計画に沿って評価が行われた。終了時評価では、改訂された基本計画の内容を踏襲し、通常 PDM で設定されるプロジェクト目標及び成果の各達成度について合意された。なお、本事業では上位目標は設定されなかったため、終了時評価においてインパクトとして取り上げられたもののうち、「社会実装」への取組みとして位置づけることができるものを「期待される正のインパクト（上位目標）」とみなして、事業完了後の状況について確認を行った。なお、「期待される正のインパクト」として設定したものは、本事業において関係者間で正式に合意されたものではなく、評価者により設定されたものであることから、上位目標の達成度として評価判断に加味することはせず、インパクトの一部として試行的に検証を行うこととした。

上位目標		設定されていない
プロジェクト目標		泥炭・森林における火災と炭素管理を行うモデルが構築される
成果	成果 1	火災検知および火災予測システムが構築される
	成果 2	炭素量評価システムが構築される
	成果 3	炭素管理システムが構築される
	成果 4	総合的な炭素管理を行うための基礎が整備される
日本側の協力金額		384 百万円
事業期間		2009 年 11 月 ～ 2014 年 3 月
実施機関		事業開始時（R/D 署名）：国家標準機構（BSN） 事業終了時：技術評価応用庁（BPPT）
その他相手国 協力機関など		パランカラヤ大学（UPR）（主に成果③に関する活動に従事） インドネシア科学院（LIPI）（主に成果②に関する活動に従事） 国家航空宇宙局（LAPAN）（主に成果①に関する活動に従事） 林業省森林研究開発庁 ⁶ （FORDA） ※成果④に関してはすべての機関が取り組む想定となっていた。

⁶ 本事業完了後、ジョコウィ政権（2014 年 10 月発足）により環境省と林業省は統合され環境林業省となり、林業省傘下であった FORDA は環境林業省の下に再編されたため、事後評価時には FOERIDA と改名されていた

我が国協力機関	代表者所属機関：北海道大学 協力研究機関：愛媛大学、東京大学、宇宙航空研究開発機構
関連事業	【技術協力】 - 森林地帯周辺住民イニシアティブによる森林火災予防計画プロジェクト（2006年～2009年） - 衛星情報を活用した森林資源管理支援プロジェクト（2008年～2011年） - 国家森林計画実施支援プロジェクト（2009年～2012年） - インドネシア国泥炭湿地林周辺地域における火災予防のためのコミュニティ能力強化プロジェクト（2010年～2015年） - 日本インドネシア REDD+実施メカニズム構築プロジェクト（2013年～2016年） 【その他（民間連携調査事業）】 - 平成25年度外務省政府開発援助海外経済協力事業（本邦技術活用等途上国支援推進事業）委託費「インドネシア共和国携帯電話通信網を利用したリアルタイム・モニタリングシステム普及のための案件化調査」 - 平成27年度「インドネシア国多目的ダム管理や気候変動対策のデータ収集効率化に向けたリアルタイム監視システム（SESAME システム）普及・実証事業」

1.3 終了時評価の概要

事前評価表及び終了時評価報告書に記載されている、プロジェクト目標の「泥炭・森林における火災と炭素管理を行うモデル」は、「泥炭・森林における炭素収支（放出量と吸収量）を明らかにし、泥炭・森林を適切に管理するための方策や手法を検討し、それらの情報・方策・手法をインドネシア政府や国際社会と共有し、一体となって地球温暖化防止に貢献していくための体制をカウンターパートが構築すること」と定義されている。

これには、「①泥炭・森林における炭素収支（放出量と吸収量）の明確化」「②泥炭・森林を適切に管理するための方策や手法の検討」「③情報・方策・手法に対するインドネシア政府、国際社会との共有体制」「④カウンターパートによる地球温暖化防止体制の構築」と、4つの指標が含まれている。

ただし、①、②の指標については本事業の活動内容と整合的に計画されていたものの、③、④については具体的な活動内容が含まれておらず、どのように目標を達成するのかについて指針が欠けていたにもかかわらず、実施期間中に達成されるべきプロジェクト目標の指標の中に設定されていた。

1.3.1 終了時評価時のプロジェクト目標達成見込み

終了時評価時において「プロジェクト目標は完了時までに達成される見込み」とされた。ただし、プロジェクト目標の「モデル」の構築を対象の一部である「手法」の構築と読み替えて判断しており、計画の不明瞭さに起因する問題として結果的に正確さに欠くと考えられる。

1.3.2 終了時評価時の上位目標達成見込み（他のインパクト含む）

事前評価時において、本事業の上位目標は設定されていなかった。しかし、終了時評価時において、「社会実装に向けた取組み」とみなせるインパクトとして、「インドネシアの REDD+推進に資する炭素削減方法のモデル構築」及び「泥炭地に関する MRV システムの実用化」⁷の 2 点が提示された。なお、このほか、終了時評価においては、本事業の研究活動から派生した官民の調査活動等の「インパクト」が列記され、日本・インドネシア両国の協力関係は深化したことは示された。

インドネシアの REDD+推進に資する炭素削減方法のモデル構築

終了時評価時には達成の見通しは不明とされた。成果 1「火災検知および火災予測システム構築」と成果 3「炭素管理システム構築」が連携して、実用的なモデルが構築される予定であった。事後評価時には社会実装の道筋への取組みとしてはそれぞれの成果を地域社会において実用化することにより、中部カリマンタンの泥炭地回復を通じて REDD+の推進を目指したと想定した。

泥炭地に関する MRV システムの実用化

終了時評価時には事業完了時までの達成度の見通しは不明とされた。一方で、MRV システムの重要な部分である成果 2 の「炭素量評価システム構築」の研究成果については、実用的な測定ができるようになり、現地で実施可能な評価システムとして確立される見通しがあつた。事後評価時には、MRV システムが実用化された場合、中央省庁において REDD+を管轄している現在の環境林業省が最終的な利用者になると想定した。

⁷ インドネシアの REDD+の実施にあたっての主要課題となっている。実際の排出量を算定するためには、泥炭・森林減少及び劣化などの状況（面積と炭素蓄積量の変化）を定期的にモニタリングする必要がある。それらのモニタリングは、リモートセンシングと地上調査を組み合わせる行うことが有効であることは広く認識されているが、広域（国レベルまたは準国レベル）で精度が高くかつ実現可能なモニタリング手法を確立していくためには多くの課題の検討が必要とされている。

1.3.3 終了時評価時の提言内容

プロジェクト成果の説明上の留意点
プロジェクト成果に対するインドネシア政府関係者の理解は必ずしも十分でなく、政策策定や意思決定に利用する段階には至っていない。泥炭森林管理手法や MRV システム等のプロジェクト成果を政策策定者が活用するために、わかりやすく翻訳することが必要であり、簡明な提案書を政策決定権限者に提示すること。
プロジェクト目標と社会経済的側面の両立への配慮
将来の土地利用変化を予測することが中部カリマンタン州の主要関心事項であることが確認されたこともあり、プロジェクト目標である泥炭森林における火災と炭素管理を行うモデル構築のためには、事業の実施にあたっては、インドネシアの社会経済的側面を考慮をすることが重要である。
プロジェクト成果の利用者の特定とマニュアルの整備
プロジェクト終了後にプロジェクト成果を引き継ぐ組織を確定する必要がある。また、泥炭地火災対策、植林等の事業実施マニュアルがプロジェクト終了時まで準備される必要がある。
各指標の達成度に関する情報データの再確認
プロジェクトの PDM で設定した指標の達成度を確認したところ、プロジェクトから十分な情報が提供されていない箇所があることから、プロジェクト終了時点までに改めて定量指標の達成度について確認し、取りまとめること。
供与機材の管理に関する徹底
供与機材の使用状況・管理状況は、調査団が確認した範囲ではおおむね適当であった。一方で、大学が直接購入し、日本から輸送した供与機材は適切に機材管理簿に記載されていないものがあつたところ、早急な対応を求める。

2. 調査の概要

2.1 外部評価者

川初 美穂（OPMAC 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：2016 年 9 月～2018 年 1 月

現地調査：2017 年 1 月 2 日～1 月 17 日、2017 年 5 月 1 日～5 月 8 日

3. 評価結果（レーティング：B⁸）

3.1 妥当性（レーティング：③⁹）

3.1.1 開発政策との整合性

事前評価時において、インドネシア政府は温室効果ガスの排出削減義務を負わ

⁸ A：「非常に高い」、B：「高い」、C：「一部課題がある」、D：「低い」

⁹ ③：「高い」、②：「中程度」、①：「低い」

ない国でありながら、温室効果ガス削減に対する国家的な取り組みとして、2007年の国連気候変動枠組条約（United Nations Framework Convention on Climate Change：UNFCCC）第13回締約国会合（COP13）において、気候変動国家行動計画（National Action Plan Addressing Climate Change）を策定し、国際公約とした。さらに、本事業が対象とする中部カリマンタン州の泥炭地に対する政策的重要性については、2007年に大統領令（No.2/2007）「中部カリマンタンにおける泥炭開発のための再生と活性化の促進」が公布され、本格的な見直しが始まっていた。事業完了時においても、2009年開催のCOP15において、ユドヨノ大統領が表明した、2020年までの温室効果ガス削減目標が維持されており、2011年には同国において最も炭素排出削減に寄与する「天然林と泥炭地」セクターも対象とし¹⁰、大統領令No.61/2011で温室効果ガス排出削減に係る国家アクションプラン（Rencana Aksi Nasional Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca：RAN-GRK）が策定され、さらに各州政府による温室効果ガス削減行動計画（Rencana Aksi Daerah Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca：RAD-GRK）が策定されている。有効な泥炭地管理に対する政策的重要性の認識とともに国家的実施体制も強化され、2013年の大統領令（No.62/2013）により REDD+庁が設置された。なお、中部カリマンタン州は REDD+庁の下での REDD+パイロット州として先駆的取り組みが行われていた¹¹。

事前評価時から事業完了時まで、同国の温室効果ガス削減目標達成における泥炭地管理の重要性、特に泥炭地が広く分布する中部カリマンタン州の地域的重要性が開発政策に挙げられており、本事業の政策的な整合性は高い。

3.1.2 開発ニーズとの整合性

事前評価時において、森林から農地への土地利用転換やオイルパームプランテーション等の大規模開発等の要因で、全国各地で森林火災が発生していた。その結果、森林面積は大きく減少し、また、大気中への大量の温室効果ガス放出も深刻な問題として認識されるようになっていた。同国の温室効果ガス排出量は、森林減少等による土地利用の変化を考慮すると、アメリカ、中国に次いで世界第3位といわれており、その8割以上が森林・泥炭地火災由来といわれていた。事業完了時においても、毎年乾季に人為的な理由による火災に加え、周期的なエルニーニョ現象等の影響を受けた火災に見舞われている。特に、事業完了後のエルニーニョ現象の年とされた2015年に発生した火災は未曾有の大惨事といわれ、約250haもの森林と泥炭地を焼き尽くした。

¹⁰ 国際的には泥炭地が REDD+の対象となることについては必ずしも広いコンセンサスがあるわけではないが、インドネシアの国家的 REDD+戦略においては「天然林及び泥炭地」を対象とすることが明記されている。

¹¹ 2010年、同国に National REDD+ Task Force が設置され、2012年に同タスクフォースにより中部カリマンタン州は REDD イニシアティブの試験サイトとして選ばれた。

<http://theredddesk.org/countries/indonesia>（2017年8月現在）

事前評価時から完了時まで、開発ニーズは一貫して高い。特にインドネシアにおいては、火災をもたらす脆弱な泥炭地の回復、炭素管理に対する開発ニーズは常に大きく、より深刻な課題になっている。

3.1.3 日本の援助政策との整合性

2003年に策定された新ODA大綱において、「人間の安全保障」の視点を基本方針の一つに位置づけた上で、援助実施の原則に「環境と開発の両立」を掲げている。2004年11月策定の対インドネシア国別援助計画においては、重点分野の一つである「民主的で公正な社会造り」の中で環境保全が位置づけられている。気候変動対策を中心とした地球環境問題への関心が国際的に高まっている中、対インドネシア国別援助実施方針（2009年4月）において、援助重点分野「環境」、開発課題「環境」の下に、「気候変動対策支援協力プログラム」及び「自然環境保全協力プログラム」をそれぞれ設定し、統合的な取組を推進していくこととしている。したがって、事前評価時において、本事業は日本の援助政策と整合していた。

3.1.4 事業計画やアプローチの適切さ

本事業が最終的に目指す泥炭地のMRVシステム構築には、インドネシアにおける複数年度に亘るデータ計測、モニタリング、検証等を通じた現象の科学的解明に関する共同研究が必須のため、先鞭をつけるためにも実施機関の研究者との共同研究活動の支援を中心としたSATREPS案件としての事業実施は適当であったと考える。ただし、「1.3 終了時評価の概要」で述べたとおり、本事業では設定されたプロジェクト目標達成に至る一部の指標については具体的な活動、実施工程等は含まれておらず、組織としての責任分担も明確でなかった。これは研究機関が実施主体であるため、事業期間を超えた中長期的な研究目標との混同があったと考えられる。また、一般に研究活動においては仮説検証等の試行錯誤もあり、実測データの結果によっては研究計画の軌道修正が想定されることに加え、特に本分野においては気候変動枠組みにおける国内外の状況に関して予測可能性が低く、流動的であるため、目標達成の見通しが困難であったと理解できる。

以上より、本事業の実施はインドネシアの国際公約に伴う開発政策、泥炭地回復や炭素管理に関する開発ニーズ及び日本の政策に整合している。さらに、事業計画やアプローチ等の適切性に関しては、現地実施機関の自立的、持続的な活動のための計画に具体性が必要であったものの、同分野においては共同研究を通じた事業実施は適当であり、妥当性は高い。

3.2 有効性・インパクト¹²（レーティング：②）

3.2.1 有効性

3.2.1.1 成果

本事業は事業実施においては、①二酸化炭素フラックス¹³と濃度、②ホットスポット¹⁴の観測、③森林劣化及び構成樹種のマッピング、④森林減少、森林バイオマス、⑤地下水位及び土壌水分、⑥泥炭ドーム¹⁵の判別と泥炭層の厚さ、⑦泥炭の沈下、⑧水溶性有機炭素の合計 8 つの要素に関する検証が必須であると終了時評価報告書に示されていることから、事業完了時までにインドネシア側の実施機関とともに、各成果に分類された 8 つの要素の実測データを収集、データ分析を関連活動として各成果の達成度をもとに有効性を判断する。実施機関からの質問票回答及びヒアリングによる情報収集の結果、事業完了時における各成果の達成状況は以下のとおりである。

<成果 1>火災検知および火災予測システム¹⁶が構築される。

現地での同システムの実用化にあたっては、中部カリマンタン州政府の政策的措置が必要であり、課題が残るものの、アルゴリズムを中心とした学術的な手法構築やそれに基づくツール設計の観点ではほぼ達成していた。

<成果 2>炭素量評価システム¹⁷が構築される。

事業完了時においては火災から発生する炭素量評価に関する検証は実施されていたものの、終了していない段階であった。インドネシア側からは同システムにかかわる生態系への影響に対する取組みが不足していたとの回答がある。本成果については、事業完了後も研究が継続され、実測データに基づく評価モデルが確立されつつあるが、完了時においては当初の目標値に対しては未達であった。

¹² 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。

¹³ 単位時間あたりの二酸化炭素の移動量を指す。

¹⁴ 火災等で二酸化炭素が大量に排出する恐れのある場所を指す。

¹⁵ 低地における熱帯泥炭の形状はドーム型にもりあがった形が多いとされている。

¹⁶ 火災の検知や予測を行うための手法やツール（地図など）が開発され、インドネシア関係者がそれらを利用し、火災の検知や予測のための活動を行うことが出来る状態を指す。

¹⁷ 泥炭・森林における炭素収支（放出量と蓄積量）を把握する手法が開発されることを指す。

＜成果 3＞炭素管理システム¹⁸が構築される。

地下水位レベルの検証に関しては、本邦企業の SESAME システム¹⁹（フィールドデータ実測伝達システム）導入による実証研究の成果として達成されたと考えられる。他方で、植生回復計画と火災対策戦略の開発については、現地の実施体制に取り込まれていなかったという観点からは未達であり、効果発現に関して一部課題が残っていた。

＜成果 4＞総合的な炭素管理を行うための基礎が整備される。

「総合的な炭素管理を行うための基礎」の定義付けと達成度の判断基準が不明瞭であった。したがって、本成果に関する達成度の判断については、成果 4 の内容として示される「基礎」を維持するための成果 1、2、3 の関連活動も含む完了時の状況を判断の基準とした。その観点からは、終了時評価時から完了時までにデータベースの整備や管理等、一部停止された活動があり、課題が残った。ただし、本事業を通じて炭素排出量と地下水位の相関関係に基づく排出量評価を試みるモデルの基礎は本事業期間中において先鞭がつけられ、事後評価時まで研究開発が継続されていることが確認されているため、本成果は一部達成したと考える。

3.2.1.2 プロジェクト目標達成度

事後評価時において改めて整理した各成果とプロジェクト目標との関係性は、以下の図 1 のとおりである。成果 4 は、上記の成果 1、2、3 を統合した総合的なシステムを確立すると想定されていた。ただし、成果 4 の指標の中には成果 3 の次段階として「泥炭・森林における火災と炭素管理システムが政策形成や制度構築プロセスに導入される」ことが含まれていたが、基本計画にはこれに関連する具体的な活動が設定されていなかった。また、インドネシア側の実施機関に確認したところ、事業実施中において実質的な活動は報告されなかった。

¹⁸ 試験的に植林などの活動を行うことで情報収集や分析を実施し、関係者（行政、研究機関、地元住民など）の協力関係を構築し、炭素量を管理する（炭素放出を抑える）体制の整備を行うことを指す。

¹⁹ センサーにより地下水位や雨量等のフィールドデータを収集、その場で記録、携帯電話通信網を用いて遠隔地に設置したサーバーに伝送、伝送データを処理した後、分析に必要な形で出力し、その結果をクライアント・コンピュータに送付するという、クラウドサービスを活用したテレメトリシステムである。中でもデータのリアルタイム処理及びグラフやマップ上での表示機能により、遠隔からの広域モニタリングに効果を発揮するといった利点がある。

成果 1 火災検知および火災予測システムが構築される	成果 2 炭素量評価システムが構築される	成果 3 炭素管理システムが構築される
成果 4 総合的な炭素管理を行うための基礎が整備される（成果1, 2, 3を統合）		



プロジェクト目標 泥炭・森林における火災と炭素管理を行うモデルが構築される	
指標①	泥炭・森林における炭素収支（放出量と吸収量）が明確化される（成果 2, 3 と対応）
指標②	泥炭・森林を適切に管理するための方策や手法の検討される（成果 1, 3 と対応）
指標③	情報・方策・手法に対するインドネシア政府、国際社会との共有体制が確立する（具体的な活動、指標の設定なし）
指標④	カウンターパートにより地球温暖化防止体制が構築される（具体的な活動、指標の設定なし）

図 1 本事業の各成果とプロジェクト目標の関係性

プロジェクト目標の達成度に関するパランカラヤ大学等の実施機関からの質問票の回答によると、「森林・泥炭地の火災と炭素管理モデル」にはいくつかの検証が必要な課題が残っており、モデルが構築された段階にないとのことであった。特に、泥炭地火災にかかわる炭素量収支に関しては研究課題が残されており、検証が必要と考えられる。ただし、上記の成果 4 で述べたように、事業期間中の炭素排出量評価に関する研究の進展により方法論の有効性が明確化されつつあった。また、成果 1、成果 2、成果 3 で述べたように現地での実用化段階には至っていないものの、本事業の研究活動対象となる前述の 8 つの要素を炭素管理及び評価の検証の対象として多角的かつ具体的に研究が行われた。したがって、プロジェクト目標の指標①、②については達成したと考えられる。

他方、指標③、④に関しては上記で述べたとおり、具体的な活動や判断のための指標が計画に含まれていなかった。また、これらの指標は中部カリマンタン州だけではなく、中央政府レベルの極めて主体的な政策的関与も必要であり、研究機関を中心とする本事業の実施機関の組織上のミッションや活動の場とは次元が異なっているため、計画的かつ具体的な活動が実施されていないことが確認されている。したがって、指標の③、④部分に関しては達成していなかったとみなされる。

表 1 プロジェクト目標の達成度

目標	指標	実績
泥炭・森林における火災と炭素管理を行うモデルが構築される	指標① 泥炭・森林における炭素収支(放出量と吸収量)が明確化される	事業実施中、成果 2、3 の活動を中心に検証が行われ、完了時点においては当該地域の炭素収支のメカニズムによるモデル化は達成できなかったものの、活動を通じて貴重な実測データが収集、分析されたため、一部達成した。
	指標② 泥炭・森林を適切に管理するための方策や手法が検討される	成果 1、3 の活動を中心に当該地域において、主に植生回復や火災防止の観点から検証が行われた。
	指標③ 情報・方策・手法に対するインドネシア政府、国際社会との共有体制が確立する	事業実施中、計画的な活動は実施されておらず、共有体制は確立されていない。
	指標④ カウンターパートにより地球温暖化防止体制が構築される	事業実施中、計画的な活動は実施されておらず、地球温暖化防止体制の構築には至っていない。

以上により、プロジェクト目標については設定された活動に含まれていない指標が含まれており、本事業の活動の中で全てを達成することは困難であったため、プロジェクト目標は一部達成されていない。

3.2.2 インパクト

終了時評価の教訓に記載のあった内容を関係者の共通認識と捉え、評価者が上位目標のかわりに「期待されるインパクト」として評価を試みた。ただし、本事業では上位目標は設定されていなかったため、「期待されるインパクト」の達成度は評価判断に加味していない。

SATREPS 案件においては、学術的な成果だけにとどまらず、上位目標あるいは期待されるインパクトとして社会実装への道筋に向けた取り組みであることが求められているが、上記「1.2 事業の概要」で述べたとおり、本事業においては上位目標が設定されていない。他方、「1.3.2 終了時評価時の上位目標達成見込み」でも述べたとおり、達成の時間軸に明示はないものの、到達すべき目標として「インドネシアの REDD+推進に資する炭素削減方法のモデル構築」及び「泥炭地に関する MRV システムの実用化」の 2 点が提示されており、これを本事業で上位目標として事後評価時の状況を試行的に検証した。



3.2.2.1 上位目標達成度（参考）

上述のとおり、本事業では上位目標は設定されていなかったが、終了時評価で挙げられたインパクトのうち、「社会実装」に向けた取組みと位置付けることができる「泥炭地 MRV システムの実用化」及び「インドネシアの REDD+推進に資する炭素削減方法のモデル構築」を上位目標とみなして、試行的に達成度の検証を試みた。

まず、REDD+の枠組みを活用して推進する炭素削減努力を科学的見地から確認できる有効な MRV システムの確立の試みとして「泥炭地 MRV システムの実用化」が位置付けられている。その観点から、本事業の成果 2 を中心とした活動により、モデル化した水位予測に加え供与された SESAME システムによる地下水位の実測値を適用して開発した「炭素排出量評価モデル」を用いると、水位を一定に保つ管理を行った場合の炭素削減効果が量的に評価可能である研究段階に達成している。現在実施中の技術協力プロジェクトである「日本インドネシア REDD+実施メカニズム構築プロジェクト（Indonesia Japan Project for Development of REDD+ Implementation Mechanism : IJ-REDD+）」²⁰において、本事業の実施機関も参画し、州レベルの MRV 能力強化のために実践を念頭に置いたマニュアル²¹作成及び研修が実施されている。

他方、「インドネシアの REDD+推進に資する炭素削減方法のモデル構築」については上記の IJ REDD+により西部カリマンタン州にて実施されているが、本事業が対象とした泥炭地に絞ったものではなく、インドネシアの森林管理を対象としたより一般的な枠組みであり、本事業の成果 3 との直接的な関係性はない。

²⁰ REDD+の国際的な枠組みを最大限に活用し、インドネシアの温室効果ガス排出削減目標の達成努力に寄与するため、西部カリマンタン州及び中部カリマンタン州において、現場実証活動を通じた森林減少・劣化抑制のための方法論の開発及び REDD+制度構築支援を行うことにより、州レベル REDD+実施メカニズムの運用を図り、また、それらの成果を中央レベルによる国家 REDD+実施メカニズムに反映されることを目指している。本事業の成果を引き継ぐという観点では成果 4「中央カリマンタンにおける州レベルでの MRV 能力が強化される」において関連技術プロジェクトとの連携が図られている。

²¹ IJ REDD+ Project, Guidebook for Estimating Carbon Emissions from Tropical Peatlands in Indonesia, Feb. 2016

表 2 期待されるインパクトの達成度

期待されるインパクト	現状
泥炭地に関する MRV システムの実用化	- 本事業の成果 2 に関し、事後評価時点において、技術協力プロジェクト IJ-REDD+にて、炭素排出の測定に関する州レベルの運用のためのマニュアル作成等、具体的な試みが実施されている。 - 今後 2018 年までの IJ-REDD+の延長フェーズの活動でも本事業の研究成果の発展的な活用方法が施行されている。但し、泥炭地火災からの炭素排出量の評価には未だ研究上の課題解決を要しており、パルサー (PALSAR) で測る等の方法論²²の検証が予定されている。
インドネシアの REDD+ 推進に資する炭素削減方法のモデル構築	- 本事業の成果 3 に関し、中部カリマンタン州における 2015 年 8 月の熱帯泥炭地、森林火災の大惨事以降、実施機関による炭素削減方法の確立に向けた組織的活動の詳細については不明である。ただし、実施機関の各研究者は泥炭地の状況をモニタリングし、各々研究を継続している段階にある。 - 自然災害以外の活動停滞の原因としては、実施機関の回答によると、炭素削減方法の確立においては中部カリマンタンの地元利害関係者による人的動員等、主体的な取り組みが必須であるにもかかわらず、実施責任者やリーダーが不在の中、社会サービスの提供の対価が特にならない場合は遂行困難であると報告されている。 - 終了時評価時の提言「プロジェクト終了後にプロジェクト成果を引き継ぐ組織を確定する必要がある。また、泥炭地火災対策、植林等の事業実施マニュアルがプロジェクト終了時まで準備される必要がある」への対応状況は回答がなく、また、現地調査においても確認できていない。

出所：実施機関の質問票回答及びヒアリングによる。

「泥炭地に関する MRV システム」に関しては実用化に向けて開発が継続されており、パイロット地域である中部カリマンタン州でも試行されている。他方、インドネシアの REDD+推進に資する炭素削減方法のモデル化に関する本事業との関連においては、事業完了時の状況から捗々しい進捗はなく、組織的な活動は確認されていない。

以上により、試行的に設定した上位目標は一部達成されていない。

3.2.2.2 その他、正負のインパクト

(1) 自然環境へのインパクト

終了時評価、事後評価の両時点においても確認されていない。事業実施期間中にフラックス観測塔など観測機材が整備されたが、実施機関の敷地内に設置されており、自然環境へのインパクトは発生していない。また、事業実施期間中に泥炭地における基板層までのボーリング調査等が実施されたが、自然環境

²² パルサーとは国産衛星「だいち」に搭載されたフェーズドアレイ方式 L バンド合成開口レーダーのこと (Phased Array type L-band Synthetic Aperture Rader : PALSAR)。雲を透過して地表の情報を観測できるメカニズムを採用しており、熱帯地域の森林変化の把握に威力を発揮すると考えられている。PALSAR データの解析技術を高度化し、光学センサのデータを補助的に活用したモニタリング手法の開発により、REDD+の推進への貢献が期待されている。

<http://www2.ffpri.affrc.go.jp/labs/palsar/index.html> (2017 年 8 月現在)

への負の影響は報告されなかった。

（２）住民移転・用地取得

本事業は実施機関の既存の敷地内で実施されたため、住民移転や用地取得は行われなかった。対象地域住民に負の影響を及ぼす活動は行っていないため、特に住民への説明等の必要は生じなかった。

（３）SESAME システム活用による水利管理の向上

BPPT からのヒアリングによると、本事業の水位計測のための SESAME システムの概念に基づいて国産化された機材により、インドネシア各地で水文データの可視化に利用されており、下図に示すように BPPT-SESAME システムとして稼働している。地方での水位データが首都ジャカルタの BPPT 本部等にリアルタイムで送られ、ディスプレイ上にインドネシア各地の水位の動きが可視化されている。BPPTによると、国内の主要ダム²³に設置され、水位のリアルタイム監視が可能となっており、水利管理に関する最適化が図られ、農業給水や生活用水等、効率的な配分に役立っているとのことである。

さらに、実施機関で本事業に従事したインドネシア人研究者等、合計 18 人に対して質問票による調査²⁴を実施したところ、研究分野によって立場のばらつきはあるが、泥炭地の地下水位の管理と天然資源と土地利用に関する計画の質が向上したという点に最も多くの賛同があった。また、泥炭地管理に関する一般的な関心の高まりについてはほぼ全員が賛同しており、理由としてインドネシア人研究者による学術論文が増えたことによるとしている。特に、論文作成を通じた学位の取得は研究者個人としてのその後のキャリア選択や動機づけに影響しており、事業完了後の研究継続に貢献している。



<中部カリマンタン州のパランカラヤ近郊に設置された BPPT-SESAME>

²³ インドネシア最大のダムであるジャカルタ近郊の Jatiluhur ダムにおいても SESAME システムが導入されている。

²⁴ ASEAN 事務局にて整理されている泥炭地に対する 3 つの主要な問題点（政策・制度的問題、地域社会の在り方に起因する問題、泥炭地管理の問題）に対する本事業のインパクトの有無につきインドネシア側に質問した。<http://www.aseanpeat.net/index.cfm>（2017 年 2 月現在）

プロジェクト目標については、情報・方策・手法に対するインドネシア政府、国際社会との共有体制の確立及びカウンターパートによる地球温暖化防止体制の構築は、計画的な活動が実施されていないため達成されていないものの、事業実施中、炭素排出量評価に関する研究の進展により明確化されつつあり、また、炭素の管理方法は多角的かつ具体的に検討され、一部達成したと考えられるため、有効性は中程度である。正のインパクトとしては、インパクトとして、全国レベルでの SESAME システムの水利管理への活用やインドネシア研究者の学術的な貢献による関心の向上等、が確認された。

本事業の実施により一定の効果発現がみられ、有効性・インパクトは中程度であると判断する。

なお、試行的な上位目標の達成度の検証では、事業実施中からの活動は継続しており REDD+推進に資する炭素削減方法のモデル構築及び、泥炭地の MRV システムの実用化に向けて進捗がみられるが、上位目標の達成には至らなかったと判断される。

3.3 効率性（レーティング：②）

3.3.1 投入

本事業の投入内容（計画及び実績）は下表のとおりである。

表 3 本事業の投入内容（計画及び実績）

投入要素	計画	実績(事業完了時)
(1) 専門家派遣	長期専門家 1 人 短期専門家 94 人	専門家派遣のべ人数(148.7MM) - 長期専門家 2 人 - 短期専門家 239 人 - 活動毎の内訳 成果 1 426 日 成果 2 310 日 成果 3 2,488 日 成果 4 1,237 日
(2) 研修員受入	3 人／年	20 人 - JICA カウンターパート研修:長期 5 人(博士課程 3 人、修士課程 2 人)、短期 10 人 - 派遣元内訳 UNPAR(6 人)、LIPI(5 人)、BSN(1 人)、BPPT(4 人)、LAPAN(2 人)、FORDA(1 人)、中部カリマンタン政府(1 人)
(3) 機材供与	計画金額記述なし	日本国内での調達分:31 百万円 インドネシア国内での調達分:計 59 百万円
(4) 現地業務費	計画額記述なし	71 百万円(内訳は PC・カメラ等の購入及び航空運賃、日当宿泊、委託費等)
日本側の事業費 合計	215 百万円	384 百万円
相手国の投入		カウンターパート配置: UPR, LIPI, LAPAN, BSN, BPPT, FORDA 事務室使用経費(電気・水道代、電話・インターネット代)及びプロジェクト運営管理費(職員国内旅費、日当等)

出所：事業事前評価表（2009 年 8 月）、終了時評価報告書（2014 年 2 月）及び、実施機関関係者へのヒアリング。

3.3.1.1 投入要素

研究者の短期専門家派遣が予定と比較して大幅に増加している。活動毎の専門家滞在日数の内訳より、成果 3 の活動に最も多くの時間を要していることが分かる。長期専門家へのヒアリングによると、日本からの消火活動に使用するホースの輸送（3000 本程度）と泥炭層より下の基板層までのボーリング調査実施等、当初は計画されていなかった活動があった。成果自体の増加はなかったものの、現地にて本事業の成果 3 に関する活動内容が現地関係者に対してより具体的にイメージすることを促したという効果があったと報告されている。



研修員に対する研修内容や本事業の各成果に対する役割・貢献に対しては、実施機関にも元々北海道大学の留学経験者が多く、本事業の専門家である指導教官や知己の研究者との間に常時、円滑なコミュニケーションが行われ、共同作業を効率化する役割を果たした。

3.3.1.2 事業費

本事業の事業費は短期専門家派遣の増大と当初予定されていなかった調査活動や消火活動のためのホースの輸送等のために大幅に超過した。特に調達機材の追加分によりカリマンタン現地での活動が具体化しイメージが共有されやすくなったという効果はあったものの、成果に見合う事業費の増加とは判断できない。研修員の受入れについては、研究活動の継続等、持続性確保の観点から、学位取得という形態での研修員受け入れの効果は高いと考えられる。

本事業の事業費は計画値 215 百万円に対し、実績値 384 百万円となり、計画を大幅に上回った。（計画比：178%）。

3.3.1.3 事業期間

本事業は 2009 年 11 月から 2014 年 3 月にかけて実施され、事業期間は計画どおりであった（計画比：100%）。

以上より、本事業は、事業期間については計画どおりであったものの、事業費が計画を上回ったため、効率性は中程度である。

3.4 持続性（レーティング：③）

3.4.1 発現した効果の持続に必要な政策制度

事後評価時点のインドネシアの温室効果ガス削減に関する国際公約は、UNFCCC に提出された「各国が自主的に決定する約束草案」（Intended Nationally Determined Contribution, 2015-2019 : INDC）、パリ協定²⁵批准後の 2016 年 11 月提出の「国別目標案」（National Determined Contribution : NDC）及び 2015 年の「隔年報告書」（Biennial Update Report : BUR）で確認できるが、すべて一貫して、2020 年までの温室効果ガス排出量の削減目標を自国のみの努力による 26%、さらに国際支援を得られた場合は 41%としている。また、本事業に関連する明示的な方針として、2015 年 11 月のジョコ・ウィドド大統領による COP21 の首脳級会合での演説が挙げられる。泥炭地改善対策の重要性については、インドネシア国内で発生する自然災害の 8 割は気候変動と関係があるとし、上述した 2015 年の森林・泥炭地の大惨事について、エルニーニョによる異常気象などが火災を引き起こしたとの見解を示し、各国が協働して気候変動に取り組む必要性を指摘している。また、同削減目標につき同大統領は泥炭地対策の推進等により達成するとしている²⁶。具体的な方針として、スマトラ島やカリマンタン島の森林・泥炭地火災による泥炭地荒廃の再生や泥炭の管理・利用などを直轄する「泥炭地回復庁泥炭地回復庁（BRG）」の設立を表明し、ノルウェイ政府の基金²⁷からの支援を得て、環境林業省の傘下として 2016 年から 2020 年まで時限的に設置されている。なお、2013 年に前政権下で設置された REDD+庁は、政権交代に伴う省庁再編により環境林業省に合併され、現在の REDD+の関連政策や実施にかかわる責任は環境林業省の気候変動対策総局に引き継がれている。

以上により、事後評価時点において、REDD+メカニズムの推進における泥炭地対策はインドネシアにおいて喫緊の政策的課題でもあり、本事業で目指されていた泥炭地 MRV システムの確立は同国の気候変動対策を包括的且つ客観的に可視化し、REDD+メカニズムから同国が十分に裨益するために引き続き重要な取り組みであると位置づけられている。

3.4.2 発現した効果の持続に必要な体制

本事業は下表で示すように、計画時、事前評価時、終了時評価時、事後評価時

²⁵ 2016 年のパリ協定による REDD+メカニズムの画期的な点は、CDM では、植林や森林再生による森林（炭素ストック）の純増分にしか排出削減クレジットを賦与しないのに対し、森林減少の抑制に対しても排出削減クレジットを賦与するとしたことであり、それが森林面積の大きいインドネシア等の途上国の主体的参画を促す要素となっている。

²⁶ 再生可能エネルギーの国内電力比率を 2025 年までに 23%に増加させることも含まれる。

²⁷ ノルウェイ政府はインドネシア政府との基本合意書（Letter of Intent : LOI）において、森林減少劣化及び泥炭地から排出される温室効果ガス排出削減のために 2010 年より数年にわたり活動の成果に応じて最大 10 億米ドル規模の支援をすることを表明している。

https://www.regjeringen.no/globalassets/upload/SMK/Vedlegg/2010/Indonesia_avtale.pdf（2017 年 2 月現在）

において責任実施機関が変更されている。ただし、事業実施中の変更については、総括責任者である研究者の所属機関間の異動に伴うものであったため、事業実施において実質的な混乱はなかったとしている。他方で、協力実施機関の一部に関しては名称変更があるが、基本的に同一の実施機関である。また、プロジェクトサイトは中部カリマンタン州パランカラヤであるため、本事業の成果にかかわる実質的な研究活動は UPR の研究者が全般的に従事し、継続している。

表 4 実施機関体制の変遷と名称の変更

	事前評価時	終了時評価時	事後評価時
責任実施機関	BSN (R/D 署名時)	BPPT (総括責任者が BSN から異動したことによる組織変更)	RISTEK 研究技術省 BRG 泥炭地回復庁
協力実施機関	- UNPAR - LAPAN - LIPI - FORDA	- UNPAR - LAPAN - LIPI - FORDA	- BPPT - UPR (同一略称の大学が存在することから UNPAR から名称変更) - LAPAN - LIPI - FOERIDA (林業省と環境省の合併による FORDA からの名称変更)

UPR の学内における取りまとめ組織は、CIMTROP (Center for International Cooperation in Sustainable Management of Tropical Peatland) あり、事後評価時においても変更はない。現在、CIMTROP に所属する比較的若手の研究者が、日本人研究者と共同研究を継続し、上記の後続案件である IJ-REDD+ の中部カリマンタン州でのコーディネータ業務に従事している。



また、従来、LAPAN、LIPI は研究活動を専門とする公的機関であり、国内外の共同プロジェクトを通じて引き続き研究基盤の高度化を目指している。

さらに、上述した泥炭地回復を専管事項とする BRG が 2016 年より設立されており、学術的かつ実践的な研究成果の活用が目指されている。BRG に対するヒアリングによると、方針として「再湿潤 (Re-wetting)、再植生 (Re-vegetation)、地域社会の再活性 (Re-vitalization)」の 3R をスローガンに、全国 200 万 ha 泥炭地を対象にして 3 カ月ごとに大統領自らが状況を監視するという体制の構築を目指している²⁸。UPR を含め泥炭地研究を実施している内外の大学とも覚書を交換し、泥炭地回復において実践的な学術データの収集を目指しているとのことであった。

²⁸ BRG によると今後 200 機以上の SESAME システム器材を導入する予定とのこと。

以上より、事後評価時点において、協力実施機関の研究体制は継続されており、また、泥炭地回復に関する専管的機関の設置を通じ、研究成果の活用する体制が強化されており、おおむね問題はない。

3.4.3 発現した効果の持続に必要な技術

技術面においては、実施機関が本事業の研究成果の実用化に向けて研究活動や能力の向上を継続できることが重要である。

事後評価時において、研究能力の向上と利活用の状況にかかわる主要な研究者は日本留学経験者である。彼らは留学中、学位取得等のため、日本において分析機器等を使用する訓練を受けており、それらの維持管理方法についても既に熟知しており、現在の研究活動に活かしている。また、彼らが指導的な立場となり、若手研究者に対して供与器材での分析方法等を指導している。現地調査時点においてはインドネシア国内の大学研究機関では本事業で供与された機材である唯一のスペクトロメーターは研究に継続的に使用されており、国内の他大学からも研究目的のための指導を受けに訪れるとのことである。また、UPR において北海道大学との共同研究は委託によるデータ実測は現在も継続されているため、指導も含め、分析に必要な試薬の提供等も北海道大学側から行われているとのことである。事業完了後以降の特筆すべき論文発表として 2016 年にインドネシア、日本の研究者の共著論文集である「Tropical Peatland Ecosystems」²⁹が発行されている。国際的な論文発表、出版の機会が得られたことは、これを研究業績として将来の研究資金の獲得につながる等、個人の研究者の今後の研究活動継続にもつながっている。

さらに、協力実施機関のうち、LAPAN は人工衛星データ観測を専門とするが、これには先進諸国との国際共同研究の実施は不可欠であるとの認識がある。LAPAN は自身のリモートセンシング技術を活用し、様々な社会的な要請に応えることを使命としていることから、本事業の泥炭地火災に関する研究分析成果を、環境林業省の「インドネシア国家炭素勘定システム」(Indonesian National Carbon Accounting System : INCAS)³⁰にフィードバックし、提供するデータの精度や質を向上させる役割を認識している。

²⁹ Osaki M, Tsuji N (eds.) (2016) Tropical Peatland Ecosystems. Springer Tokyo.

³⁰ 2010 年策定のインドネシア気候変動分野別ロードマップ (ICCSR) において、REDD は①国家 REDD の構築、②レファレンス排出レベル、そして、③インドネシア国家炭素勘定システム (INCAS) が含まれていると定義している。INCAS は国レベル及び州レベルの森林減少及び劣化や泥炭地火災による炭素排出量を集計しており、森林炭素モニタリング勘定に関する能力のさらなる強化が必須となっている。

「国家森林計画実施支援プロジェクト」森林分野気候変動対策(REDD+)実施支援調査ファイナル・レポート、JICA、2011 年、3-7 頁、4-5 頁

上記により、事後評価時において、技術面の持続性については、共同研究を通じて国際学術誌に投稿する研究能力も向上し、必要な分析機器を自律的に使用し、維持管理能力も向上したため、研究継続に対する技術に関してはおおむね問題がない。

3.4.4 発現した効果の持続に必要な財務

財務面においては、成果の実用化に向けた研究や活動に予算が供与され、効果が継続されることが重要である。

UPR の研究資金のための外部資金獲得に関しては、制度的には大学研究機関を主管する研究技術省である RISTEK から研究資金が拠出される仕組みになっている。ただし、個人研究者の申請書に応じて比較的少額の研究費を配分する形になっており、国が指定する研究テーマを除き、大学側が提案する共同研究に対する拠出は行われていない。なお、本事業で調達された比較的高額な分析機器などの維持管理に関しては個人研究費を使っている。したがって、ある程度の規模の共同研究を実施する資金は基本的には国内外のドナーに依存する形になる。他方、UPR においては研究者が個人コンサルタントとしてのドナー等からの委託調査等を請け負うことができるため、比較的、個人の自由度は高い。以下は現状、UPR の研究者が共同研究の研究費申請の対象として研究費獲得を目指している助成基金一覧である。

- Indonesia Climate Change Trust Fund³¹
- Indonesia Toray Science Foundation³²
- USAID Sustainable Higher Education Research Alliances³³
- Dana Mitra Gambut Indonesia³⁴
- Indonesia Science Fund³⁵

その他の協力実施機関である LIPI、LAPAN からは財務状況のデータについては報告がなかったものの、本来、研究を中心的に行う公的研究専門機関であり、研

³¹ 気候変動分野の活動に対して国家承認を唯一得ているインドネシア国内 NPO が運営する基金。発足当初は UNDP が枠組み構築にかかわっている。<http://icctf.or.id/> (2017 年 8 月現在)

³² 東レ株式会社がインドネシア国内で運用する研究助成基金。<http://www.itsf.or.id/en/> (2017 年 8 月現在)

³³ 米国国際開発庁 USAID によるインドネシアに対する高等教育研究助成で 2016 年 11 月に公募が終了し、2017 年に 1 件当たり 300 万ドルを上限に 5 件採択が発表されている。
<https://www.iie.org/Programs/SHERA> (2017 年 8 月現在)

³⁴ BRG が推奨する助成基金。泥炭地域の各州(リアウ、ジャンビ、南スマトラ、中央カリマンタン)のプロジェクトに対し最高 24 カ月、300 百万ルピアを上限に助成される。
<https://indonesia.wetlands.org/id/publikasi/dmg-indonesia/> (2017 年 8 月現在)

³⁵ インドネシア科学アカデミー (Akademi Ilmu Pengetahuan Indonesia : AIPI) が運営する研究助成基金。<http://www.dipi.id/>

究者に対するヒアリングにおいては中心的な業務である研究予算と支出は国家予算により計画的に行われており、研究の継続や供与機材の運用・維持管理に対して財務的には問題ないとの回答があった。

上記により、実施機関において供与された精密機材は財務的にはほぼ問題なく運用・維持管理されており、UPR においても研究助成に対して資金獲得の努力が継続されていることから、おおむね問題はない。

以上により、本事業は、政策制度、体制、技術、財務、いずれも問題なく、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

本事業は火災検知と火災予測モデルの開発、泥炭地や森林における効率的な水管理の実現をもって泥炭地を回復し、主に炭素を中心とする温室効果ガスの有効な吸収源及び貯蔵庫とすべくインドネシアにおける REDD+の実施推進を目的とした。インドネシアの開発政策において温室効果ガス削減に対する森林管理の重要性、カリマンタンの地域的重要性は一貫しており、政策的に整合している。また、インドネシアにおける泥炭地回復と管理に対するニーズは一貫して大きく、近年さらに増大している。日本の援助政策では、気候変動分野が重視され、統合的な取組みの推進を支援する方針と整合している。したがって、妥当性は高い。有効性に関して、炭素排出量の評価に関する研究、炭素の管理方法は多角的かつ具体的に検討され、一部は達成したと考えられる。他方、インドネシア政府、国際社会との泥炭地や森林の適切な管理方法等の共有体制の確立及び地球温暖化防止体制の構築は、事業実施中に計画的な活動が実施されなかったため達成されていない。インパクトに関しては、泥炭地の MRV システムの実用化に向けた努力が継続している。ただし、上位目標が設定されていない案件であるため、これをインパクトの評価に加味していない、他方、派生したその他のインパクトとして、本事業で活用された水文データ計測システムによる幅広い水利管理の効率化があった。したがって、有効性・インパクトは中程度である。本事業は、事業期間は計画どおりであったが、事業費が計画を上回ったため、効率性は中程度である。他方、インドネシアの泥炭地回復に対するニーズを反映し、本事業の効果の持続に必要な政策制度、体制面、技術面、財務面は継続しており、持続性は高いと判断される。

以上により、本事業の評価は高いといえる。

4.2 提言

4.2.1 実施機関への提言

本事業により泥炭地の温室効果ガス排出のモニタリングにおいて貴重な実測データが蓄積された。インドネシアにおける MRV システムの REDD+の推進力となる潜在性、気候変動課題に対する貢献を鑑みれば、この研究成果を基盤とした泥炭地の MRV システムの完成が急務である。今後は、MRV システムの検証の作業を担うとされる環境林業省での効果的、効率的な実務レベルの活用において、解決すべき課題とそれに関する研究開発要素を整理しつつ、研究活動の出口戦略を明確にした研究プロジェクトの実施体制を構築することが望まれる。実用的な MRV システムの確立には国内の政府関係者及び産官学連携を土台とした社会科学と自然科学が融合した学際的なプラットフォームが必要となると考えられる。インドネシア政府による学際的なプラットフォームのマネジメントにおいては、実践性や透明性にかかわる問題意識の共有を図ることができるように、参画する全ての組織、構成員に対してシステム確立の工程やマイルストーンを可能な限り可視化し、各分野の貢献度を構成員全員が評価し得るオープンイノベーション型を採用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

達成可能性を考慮した気候変動課題に対応する SATREPS 案件の目標設定

本事業のプロジェクト目標は、泥炭地における炭素管理のモデル構築であり、同時に、気候変動課題における途上国政府や国際社会を含めた協力体制構築が目指された。他方、気候変動対策については、国際的な枠組みでの議論の動向の影響や、国内政権交代や省庁再編による影響があり、研究活動を計画どおりに進めることが困難であった。また、本事業で取り組んだ研究内容は、泥炭地における炭素排出量管理モデルの構築という野心的なものであり、5 年間の事業実施期間で必要なすべての研究活動を完了することは実施可能性の点で課題があったと考えられる。特に、炭素量評価システムの構築にあたっては、必要なデータ収集、分析・解析・検証のすべては完了したとは言えない状況であった。

限られた事業期間において、研究成果を計画どおりに産出し、プロジェクト目標を達成するには、検証すべき仮説を明確に設定し、必要な投入を集中して活動を行い、活動が計画どおりに進められない場合の代替案も含めた計画を行うことが望ましい。また、上位目標の設定については、取り組むべき「社会実装」について関係者間で共通の認識を醸成したうえで、事業完了後 3 年をめどとして達成されるマイルストーンとして検討されるべきであり、また、「社会実装」のユーザーについても具体的に想

定し、事業の中での働きかけを行い、実現可能性についての検討を行うことも望まれる。なお、事業完了時点までに一定の研究成果が達成され、「社会実装」に向けた取組みの道筋が明確になっている場合には、他のスキームや他ドナーとの連携も含め、「社会実装」に向けた取組みへのフォローアップを行うことが求められる。

インドネシアにおける研究資金の持続性

インドネシア国内の大学の研究資金は基本的には RISTEK から獲得することができる仕組みになっているが、比較的少額の個人研究費を配分する制度になっており、現時点では日本の文部科学省の科学研究費助成事業制度のような大型共同研究申請を含む多様な資金拠出の仕組みはない。したがって、カウンターパートが大学研究機関の場合、事業完了後の研究継続はドナー等の外部資金の有無に左右されることが多いため、当初から日本の大学と現地の大学研究機関の間の覚書や大学間協定が存在する場合、事業実施後の研究活動の持続性は確保されやすい。仮に長期の協力関係を担保するような大学間協定等がない場合は、研究の持続性のために、事業実施期間中に関連分野の国際的研究助成基金等に共同申請する等の具体的な活動を計画に加えておくことが望ましい。

SATREPS 事業の上位目標が設定されていない案件に対する評価方法

上位目標が設定されていない、すなわち、相手国政府と上位目標が合意されていない事業の場合は、研究開発のスーパーゴールに該当する情報データや、終了時評価時点のプロジェクト目標の達成度を踏まえた実績を「期待されるインパクト」として整理し、事業完了後の実用化に向けた実情に照らして、試行的に検討しつつ、インパクトの検証結果として情報として記載はするが、直接評価には加味しない。他方で、事業実施前には想定されていなかったが、当該事業から派生したインパクトの有無や内容を評価し、その上で、総合的に有効性・インパクトを判断する。なお、「期待されるインパクト」に関連する研究活動の継続性等は持続性で判断する。

以上

0. 要旨

本事業はザンビアにおいて結核及びトリパノソーマ症²に対する持続的に利用可能な迅速診断法の研究開発及び、トリパノソーマ症の治療薬の改良のための候補化合物の探索を目的とした。対象とする結核と「顧みられない熱帯病」(Neglected Tropical Diseases: NTDs)の一つであるトリパノソーマ症は、国家開発計画において重点項目として挙げられており、保健政策において政策的優先度は一貫して高い。また、双方とも公衆保健衛生上の深刻な感染症であり、迅速で正確な診断による治療と予防の実現等の対策を講じる必要性は一貫して高い。日本の援助政策に関しても「ザンビア国別援助計画」及び「アフリカ感染症行動計画」、アフリカ開発会議 (Tokyo International Conference on African Development: TICAD) 等 に示される保健分野の重点と本事業は整合しており、妥当性は高い。有効性に関して、迅速診断法に関する研究開発能力の向上は達成したと考えられるが、トリパノソーマ症の治療薬候補化合物の開発に関しては実質的な活動がなかったため達成されていない。インパクトについては、実施機関の実験室にて迅速診断法の改良努力は継続されているものの、保健省において公定法³の承認に関して進捗がない。ただし、上位目標が設定されていない案件であるため、これをインパクトの評価に加味していない。他方、派生したその他のインパクトとして、ザンビア大学獣医学部 (University of Zambia, School of Veterinary Medicine: UNZA-SVM) がその研究実績を認められ、世界銀行により東部、南部アフリカ地域における人獣共通感染症の高等教育研究拠点に採択され、教育研究の高度化、国際共同研究の拡大等の貢献が期待されている。したがって、有効性・インパクトは中程度である。本事業は、事業期間は計画どお

¹ 地球規模課題対応国際科学技術協力 (Science and Technology Research Partnership for Sustainable Development)

² トリパノソーマ症は牛、羊なども罹患する人獣共通感染症であり、診断技術や治療薬がその他の感染症と比べ大きく遅れている疾患の一つである。また、トリパノソーマという原虫の感染で起こる寄生虫病で、ツェツェバエによって媒介され、アフリカ 36 カ国で流行し、5 千万人が感染の危機に曝されていると考えられている。感染するとリンパ節腫脹、肝脾腫大などを示し、さらには頭痛、意識混濁、嗜眠、貧血などを起こし、全身衰弱で死亡に至る。マラリアと誤診されて重症化を招いている症例が多数報告されている。本事業の対象はヒトが罹患するトリパノソーマ症であるため、正確にはヒトアフリカトリパノソーマ症 (Human African Trypanosomiasis: HAT) と呼ばれ、アフリカでは地域により 2 種類の寄生虫が確認されている。ザンビアを含む東部、南部アフリカにおいては *Trypanosoma brucei rhodesiense* という寄生虫がヒトに感染後、神経系に侵入し、急性症状を呈するとされる。本事業はヒトに感染するトリパノソーマ症を対象としているため、一律「トリパノソーマ症」と記述する。

(出所: http://www.who.int/trypanosomiasis_african/country/HAT_rh_2014.png?ua=1)

³ 分析化学・微生物培養の分野で、成分の定性分析、定量分析、微生物の培養検出を行う際、国際機関や国家、もしくはそれに準ずる公定試験機関や研究所において指定された方法。

(出所: https://www.jica.go.jp/topics/notice/20150318_01.html)

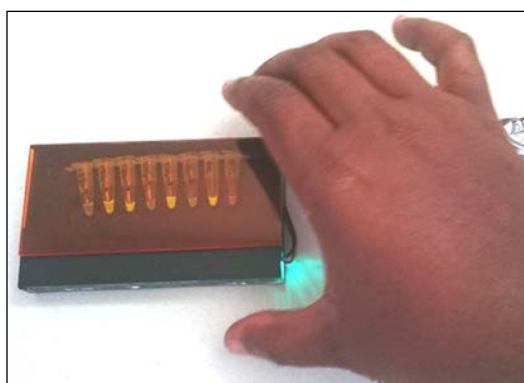
りで遅延もなく、事業費は計画内に収まったため、効率性は高い。持続性に関しては事業効果の持続に必要な政策制度は確保されているものの、本事業の研究成果の実用化に向けた具体的な取り組みにおいて体制面、技術面、財務面に課題が残っており、持続性は中程度と判断される。

以上により、本事業の評価は高いといえる。

1. 事業の概要



事業位置図



＜本事業で開発された迅速診断検査キット＞

1.1 事業の背景

ザンビアを含むアフリカ諸国においては HIV 感染者の増加に伴う重複感染による結核の再流行や、治療困難な多剤耐性結核及び超多剤耐性結核の蔓延が危惧されている。また、アフリカでは家畜と人との間の結核感染の流行が報告されており、その伝播の実態を明らかにすることも、人獣共通感染症である結核の対策には重要であった。

さらに、ザンビアにおいてマラリアは最大の疾患であり、原虫感染症⁴であるトリパノソーマ症はマラリアと症状が類似しているため極めて誤診が多く、適切な治療の遅延により病原体が脊髄に入る段階に進行すると著しく重篤化し、死に至ることが問題となっていた。他方で、現存する治療薬は副作用のある有機ヒ素が含まれるために重篤患者への投与には深刻な影響があり、安全性の高い治療薬が必要とされていた

本事業の共同研究は高感度かつ簡易な LAMP 法⁵（Loop-Mediated Isothermal Amplification）を結核及びトリパノソーマ症の診断技術に応用し、ザンビアの地方農村部においても持続的に利用可能な迅速診断法を開発する試みであると同時に、トリパノソーマ症の治療薬の改良のための候補化合物の探索を目指した。また、本事業の共同研

⁴ トリパノソーマ症を含む、ボレリア症、ブルセラ症、レプトスピラ症等の原虫類が病原体となり発症する感染症を指す。それらの多くは人獣共通感染症である。

⁵ 本事業で対象とする迅速診断法は栄研化学株式会社が基本特許を保有する LAMP 法を基に開発されたものである。LAMP 法（もしくは、ループ媒介等温（核酸）増幅法）は鎖置換反応を利用し、特別な機器を必要とせず、標的遺伝子を簡易かつ短時間で増幅させることができる。同社による結核遺伝子検査法は 2016 年に WHO 推奨を取得している。

（出所： <http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/249154/1/9789241511186-eng.pdf>）

究を通じて、UNZA-SVM 及びザンビア大学付属教育病院（University Teaching Hospital : UTH）の研究開発能力向上を目指した。

本事業は「地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム」（Science and Technology Research Partnership for Sustainable Development : SATREPS）の一案件として採択され、科学技術振興機構（JST）⁶と国際協力機構（JICA）の連携のもと実施された。同プログラムは環境・エネルギー、防災、及び感染症対策といったグローバルな開発課題への対処に向け、開発途上国と共同研究を実施し、途上国の能力向上を行うものである。

1.2 事業の概要

事前評価時点において SATREPS 案件にはプロジェクト・デザイン・マトリックス（Project Design Matrix : PDM）の作成が義務付けられていなかったが、本事業では上位目標を除き、PDM にプロジェクト目標、成果、指標などが設定され、実施機関と合意されている。中間レビュー調査時において、成果達成の目標時期が明記された PDM が実施機関と合意された。したがって、事後評価は中間レビュー調査時の PDM に基づき実施した。本事後評価においては、インパクトに関しては終了時評価の教訓に記載のあった内容を関係者の共通認識と捉え、上位目標を「期待されるインパクト」として、発現状況の確認を行った。ただし、上述のように、実施機関と合意された上位目標は設定されていなかったため、「期待されるインパクト」の達成度は評価判断に加味していない。

上位目標		設定されていない
プロジェクト目標		共同研究を通じて、ザンビア研究機関の結核及びトリパノソーマ症の迅速診断法、及びトリパノソーマ症治療薬候補化合物スクリーニングに関する研究開発能力が向上する
成果	成果 1	薬剤感受性試験法を含む結核の迅速診断法がザンビア国の検査室等で実施可能な手法として開発される
	成果 2	トリパノソーマ症の迅速診断法がザンビア国の検査室等で実施可能な手法として開発される
	成果 3	多様性志向型合成手法を用いてトリパノソーマ症に対する非臨床試験候補化合物が開発される
	成果 4	結核及びトリパノソーマ症に対する迅速診断法およびトリパノソーマ症に対する治療薬候補化合物スクリーニングのための研究体制が整備される
日本側の協力金額		332 百万円
事業期間		2009 年 11 月～2013 年 11 月

⁶ 2015 年 4 月に国立研究開発法人「日本医療研究開発機構（Japan Agency for Medical Research and Development : AMED）」が設立されたことにより、2015 年度以降の SATREPS 事業における感染症分野の研究領域は JST に代わって AMED が JICA との連携を担うこととなった。

実施機関	保健省/ザンビア大学附属教育病院（UTH）/ザンビア大学獣医学部（UNZA-SVM）
我が国協力機関	北海道大学（代表者所属機関）、鳥取大学
関連事業	【技術協力】 <UTH 対象> ・ザンビア大学医学部プロジェクト(1980～1989 年) ・感染症プロジェクト(1989～1995 年) ・感染症対策プロジェクト(1995～2000 年) ・エイズ及び結核対策プロジェクト(2001～2006 年) <UNZA-SVM 対象> ・ザンビア大学獣医学部技術協力計画(I)(1985～1992 年) ・ザンビア大学獣医学部技術協力計画(II)(1992～1997 年) ・アフリカにおけるウイルス性人獣共通感染症の調査研究プロジェクト(2013～2018 年) 【無償資金協力】 <UTH 対象> ・大学教育病院小児科改善計画(1996 年 1 月) ・ザンビア大学附属教育病院医療機材整備計画(2009 年 12 月) <UNZA-SVM 対象> ・ザンビア大学獣医学部設立計画(本体施設建設 G/A 1983 年 8 月、付帯設備、主要機材供与 G/A 1984 年 7 月) 【国内機関の関連プログラム】 <u>文部科学省</u> 《新興・再興感染症研究拠点形成プログラム(2005～2009 年)》 ・北海道大学人獣共通感染症研究・教育中核拠点 (UNZA-SVM との共同研究) <u>文部科学省/日本医療研究開発機構</u> 《J-GRID⁷「感染症研究国際ネットワーク推進プログラム」(2010～2014 年)》 ・人獣共通感染症克服のための国際共同研究 (UNZA-SVM との共同研究) 《アフリカにおける顧みられない熱帯病対策のための国際共同研究プログラム》(2015～2020 年)》 ・迅速診断法の開発とリスク分析に基づいた顧みられない熱帯病対策モデルの創成⁸(UNZA-SVM との共同研究)

1.3 終了時評価の概要

1.3.1 終了時評価時のプロジェクト目標達成見込み

終了時評価時のザンビア研究機関における各成果の達成度に基づき、抗トリパノ

⁷ 国立研究開発法人日本医療研究開発機構 (Japan Agency for Medical Research and Development, 以下、「AMED」という。) による感染症研究国際展開戦略プログラムを指す。

⁸ 上記、国際共同研究プログラムで採択されている北海道大学による同プロジェクトは、研究対象をトリパノソーマ症及びハンセン病としており、本事業と最も関連性のある後続案件と位置付けられている。なお、ハンセン病の原因であるらい菌は病原性抗酸菌として結核菌と同類、近縁であり、結核研究からの応用展開が比較的容易であると認識されている。

ソーマ活性を有する化合物のスクリーニングを除く、結核及びトリパノソーマ症の迅速診断法に係る研究能力について、プロジェクト目標の達成が見込まれると判断された。事業実施中において、ザンビア人研究者は本事業の研究活動や本邦研修を通じて知識、技能を獲得しており、本事業で整備された研究機器も十分に活用され、また、本事業による研究成果を国際学会等で発表しており、研究能力の向上がみられた。

1.3.2 終了時評価時の上位目標達成見込み（他のインパクト含む）

本事業は上位目標が設定されていないが、終了時評価時においても「学術的な成果」のみでは不十分で、「実用的な成果（品）」が求められていることが明示されており、終了時評価において、以下の3点を期待されるインパクトとして達成見通しが述べられている。終了時評価の達成見通しに基づいて、事後評価時点での達成状況を確認はするものの、サブレーティングや総合評価には加味しないこととする。

結核の迅速診断法（LAMP Tuberculosis Rapid Diagnostic Tool : LAMP-TB RDT）の実用化

感度や特異性などの科学的根拠に基づき、潜在的な患者数の多い地方農村部におけるポイント・オブ・ケア（Point-of-Care : POC）検査⁹の実用化を想定した診断法の改良がなされ、迅速かつ正確、操作性が高く低コストの診断法が開発された。しかし、喀痰を検体とする前処理方法の試験数が未だ少数であったことから、事業終了後も継続して検証実績を増やし、診断性能に関する科学的根拠をより強化することが求められた。

トリパノソーマ症の迅速診断法（LAMP Trypanosomiasis Rapid Diagnostic Tool : LAMP-Tryps RDT）の実用化

LAMP-Tryps RDT は、既にトリパノソーマ症の診断サービスに活用されているが、結核同様、プロジェクト期間終了後も継続して検証実績を増やし、診断性能に関する科学的根拠をより強化することが求められた。

その他のインパクト

事業実施中における結核菌薬剤感受性試験法の開発を通して、ザンビアにおける結核菌の薬剤耐性にかかわる新規の知見が得られており、結核の薬物治療の最適化に対する正のインパクトが期待された。また、LAMP-TB RDT 及び LAMP-Tryps RDT はヒトの疾病に対する診断法として開発されたが、UNZA-SVM で家畜動物の疾病に関するサーベイランスへの応用が可能であると見込まれていた。

⁹ 患者治療の現場もしくはその近隣の医療機関での診断検査と定義される。ここで簡易で迅速な診断を実施することにより速やかな治療開始が可能となり、早期治癒及び感染予防を促進する。

1.3.3 終了時評価時の提言内容

本事業の研究開発対象である2つのRDTの公定法としての活用	
ザンビア保健省	UTH、UNZA、その他の関連機関とともに、迅速診断法を公定法として認定し、全国の人々のために実際にこれらを活用するための行動計画を策定・実行するべき。
トリパノソーマ症の症例の検出・報告	
ザンビア保健省	トリパノソーマ症の検出・報告がよりの確に行われるための人材育成・住民啓発・サーベイランス体制の強化を進めるべき。
トリパノソーマ症の新規治療薬にかかる化合物同定	
北海道大学 及び UNZA-SVM	事業終了後においてどのように本課題の共同研究を進めていくか、北海道大学と UNZA-SVM の間で十分に協議しておくこと。
BSL-3 ¹⁰ 検査施設に関する予算措置	
ザンビア保健省	BSL-3 検査施設を使用・維持するための予算はザンビア政府が継続的に確保しなければならない。重篤感染症発生の際に疾病の検出や確定診断等の対応を含む同施設の有効活用が求められ、毎年の予算策定過程において、同施設に対する予算配分を最優先すべき
ザンビア人研究者の更なる学術的発展	
ザンビア実施機関 関係省庁(保健省、 高等教育省、農業 畜産省等)	事業終了後もザンビア人研究者によって本プロジェクトの成果を引き続き持続できるよう、関係省庁は UTH や UNZA-SVM の研究者の大学院レベルの学位取得を支援するべき。

2. 調査の概要

2.1 外部評価者

川初 美穂 (OPMAC 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：2016年9月～2018年1月

現地調査：2017年1月29日～2月14日、2017年5月21日～5月30日

3. 評価結果（レーティング：B¹¹）

3.1 妥当性（レーティング：③¹²）

3.1.1 開発政策との整合性

事前評価時、2006年策定の「第五次国家開発計画(Fifth National Development Plan :

¹⁰ Bio-Safety Level 3 の略、もしくは物理的封じ込め (Physical containment) として「P3」とも言われる。取り扱う病原体のリスクレベルにより、取り扱いが可能な実験室は1から4段階に分類される。レベル3以上は WHO ガイドラインで厳格に定められた封じ込め実験室となる。

¹¹ A：「非常に高い」、B：「高い」、C：「一部課題がある」、D：「低い」

¹² ③：「高い」、②：「中程度」、①：「低い」

FNDP) 2006 年～2010 年」における結核対策は保健政策の重点項目の一つに挙げられていた。また、具体的には策定された「国家結核対策プログラム (National TB Control Programme : NTP)」に基づき、直接監視下短期化学療法 (Directly Observed Treatment, Short course : DOTS)¹³、薬剤耐性結核対策、HIV/エイズとの重複感染対策、研究・開発支援等の多岐にわたる対策を行っていた。NTDs の一つとされるトリパノソーマ症に関しても、他の寄生虫感染症と同様に、診断法・治療薬ともに対策が遅れており、上記、FNDP において重点項目の一つとされていた。

事業完了時においても、「第 6 次国家開発計画 (SNDP : Sixth National Development Plan:SNDP) 2011 年～2015 年」が掲げる目標のうち、「費用対効果が高く、質の高い保健医療サービスの提供」に関する戦略において、国民の結核対策に対するアクセス拡大が挙げられている。また、「国家保健戦略計画 (National Health Strategic Plan) 2011 年～2015 年) における具体的な数値目標として、全ての結核患者のうち 70% の患者が診断を受けられること、さらに、受診した患者の治癒率は 85% と設定されている。また、トリパノソーマ症は同国の南西地域において 1～25% の罹患率を示していると報告され、これに対する戦略目標として主要な NTDs の罹患率を下げること、また、戦略としては同国における疫学的マッピング、医療関係者の臨床マネジメントや予防の訓練強化等が挙げられている。

以上により、結核の政策的優先度及び、研究開発のニーズは一貫して極めて高い。数値目標が設定されていないトリパノソーマ症に関しても、特に医療機関の少ない地方部においてマラリアとの誤診による重篤化といった深刻な問題がある。また、ザンビア国内のみならず、国境を接している隣国における発症事例も報告されており、地域特異性のある疾患として国際的な取り組みの重要性も高い。

事前評価時から完了時まで、ザンビアの国家開発計画に結核及び、NTDs が重点項目として挙げられており、本事業の政策的な整合性は高い。

3.1.2 開発ニーズとの整合性

事前評価時において、アフリカ地域において結核は HIV/エイズの蔓延により日和見感染症としての結核重複感染が拡大しており、特にザンビアにおいては結核発症者の 7 割が HIV/エイズとの重複感染者であり、保健分野の深刻な課題となっていた。トリパノソーマ症は結核と比較して患者数が少ないものの、地方において潜在的患者数は多数に上ることが考えられる一方、NTDs の一つとして診断法と治療薬の双方で対策が遅れた疾病であった。また、他の原虫感染症との誤診率が高いため、迅速かつ特異性の高い診断法開発のニーズは極めて高い状況であった。

事業完了時点でも、ザンビアにおいて結核は HIV/エイズとの重複感染が依然とし

¹³ DOTS (Directly Observed Treatment, Short course) を指し、国家的な保健システムの強化を必須とした WHO が示す総合的な結核治療戦略 (2006 年～2015 年)。

(出所：結核予防会結核研究所 <http://www.jata.or.jp/rit/rj/gtc99.html>)

て深刻と認識されており、地方の医療施設で迅速診断法の実用化による POC 検査の実施が求められていた。さらに、投薬中の結核患者の服薬非遵守によって変異が進んだ多剤耐性結核菌、超多剤耐性結核菌の出現も危惧されることから、簡便な薬剤感受性試験法の開発も必要であった。一方で、NTDs の一つであるトリパノソーマ症に関しては医療施設における従来の診断法は塗抹染色法による顕微鏡検査であるが、同じく原虫感染症のマラリアとの誤診が問題となっていた。また、既存の治療薬は有機ヒ素による薬物有害反応が治療継続に影響する場合もあり、薬物治療の選択肢も少ないため、有効で安全性の高い新規治療剤の開発が必要であった。

事前評価時から完了時まで、結核感染者の薬剤耐性等の深刻化や、増加する HIV/エイズ患者の重複感染により、正確で迅速な診断の重要性は一貫して高く、トリパノソーマ症に関しても、結核に比べて患者数は相対的に少ないものの、罹患が地方部に集中しており、感染源が特定しにくく、また、マラリアとの誤診も多いため、早期治療につながる正確かつ迅速な診断法の普及実用化に対する開発ニーズは高い。

3.1.3 日本の援助政策との整合性

2002 年 10 月の「対ザンビア国別援助計画」における重点分野の一つに費用対効果の高い保健医療サービスの充実があり、また人的資源と社会資本の観点による分野横断的な課題の一つとして結核等の感染症対策が挙げられていた。また、2005 年 6 月に「保健と開発に関するイニシアティブ」が発表されたが、この文脈におけるアフリカで具体的な支援として 2006 年 5 月に「アフリカ感染症行動計画」が策定され、アフリカにおける三大感染症対策、寄生虫対策等の分野におけるアジア・アフリカ協力（南南協力）等、具体的な対策を推進することとなった。さらに、2008 年 5 月の TICAD IV 及び洞爺湖サミットにおいても結核対策の必要性及び、NTDs の撲滅の取り組みに対する支援が表明されている。したがって、事前評価時において、本事業は日本の援助政策と整合していた。

以上より、本事業の実施はザンビアの開発政策、公衆保健、衛生上の開発ニーズ、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 有効性・インパクト¹⁴（レーティング：②）

3.2.1 有効性

3.2.1.1 成果

実施機関からの質問票回答及びヒアリングによる情報収集の結果、事業完了時における各成果の達成状況は以下のとおりである。

¹⁴ 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。

<成果 1> 薬剤感受性試験法を含む結核の迅速診断法が、ザンビア国の検査室等で実施可能な手法として開発される。

UTH への薬剤感受性試験の技術導入は達成された。他方、迅速診断法の導入自体は達成されたが、完了時における当該診断法の比較試験の結果は研究継続の必要性があったため、実施可能な手法としての開発は完了していなかった。特に、事業実施中に研究計画に追加された BSL3 の導入実施については予定どおり期間内にバイオセイフティ標準手順書を作成して UTH において結核検査体制を構築した。したがって、成果 1 はほぼ達成された。

<成果 2> トリパノソーマ症の迅速診断法が、ザンビア国の検査室等で実施可能な手法として開発される。

事業実施中においてトリパノソーマ症の迅速診断法である LAMP-Tryps RDT の有効性は検証され、実施可能な手法として開発されたため、成果 2 は達成された。

<成果 3> 多様性指向型合成手法を用いて、トリパノソーマ症に対する非臨床試験候補化合物が開発される。

UNZA-SVM において候補化合物のためのケミカルライブラリは構築されており、候補化合物の登録準備は進められていたが、非臨床試験の実施する前段階において十分な活性を示す化合物が発見されなかったために、非臨床試験は実施されなかった。したがって、成果 3 は未達成である。

<成果 4> 結核及びトリパノソーマ症に対する迅速診断法及びトリパノソーマ症に対する治療薬候補化合物スクリーニングのための研究体制が整備される

トリパノソーマ症の治療薬候補化合物スクリーニングのための標準操作手順 (Standard Operation Procedure : SOP) を除き、結核とトリパノソーマ症の迅速診断法の SOP については UNZA、UTH の両機関において導入・実施され、整備された。他方、事業実施を通じた研究マネジメント能力の向上は後続の研究プロジェクトや日常業務の遂行に有効と認識されている。したがって、成果 4 はほぼ達成した。

3.2.1.2 プロジェクト目標達成度

事後評価時において改めて整理した各成果とプロジェクト目標との関係性は以下の図 1 のとおりである。プロジェクト目標の結核とトリパノソーマ症に対する迅速診断法に関しては、成果 1、成果 2、成果 4 の達成状況により判断される。トリパノソーマ症の治療薬開発に関しては、成果 3 と成果 4 の一部を構成する関連 SOP の整備の有無によって、達成が判断される。

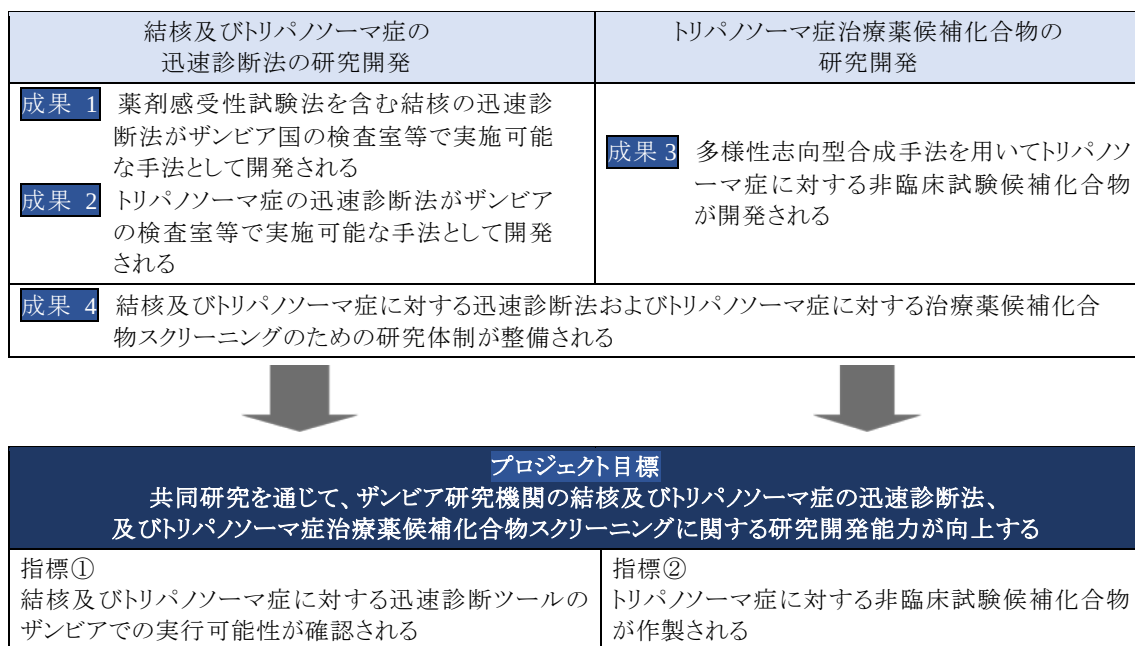


図 1 本事業の各成果とプロジェクト目標の関係性

なお、指標②の研究活動に関して、UNZA-SVM にヒアリングにて確認したところ、まずは、北海道大学の国内研究において抗トリパノソーマ活性を有する有効性と安全性が確認された候補化合物を絞り、それを受けて、UNZA-SVM において動物モデルを使って生体内で候補化合物の活性と細胞毒性を検証するという 2 段階の工程が計画されていたため、先行する JST 支援部分の国内研究の結果にザンビア側の実施の可否が左右されるものであった。したがって、日本国内の研究結果がザンビアでの活動実施の前提条件となっており、この部分を迅速診断法の成果と同等に評価することは必ずしも適切でない。

したがって、本事後評価におけるプロジェクト目標達成度の判断では、研究活動が実施され、また、その成果の実用化を通じて感染症対策に対する貢献が早期に見込まれるという観点から、指標①で示される迅速診断法の達成状況をより重視した。

表 1 プロジェクト目標の達成度

目標	指標	実績
共同研究を通じて、ザンビア研究機関の結核及び、トリパノソーマ症の迅速診断法及び、トリパノソーマ症治療薬候補化合物スクリーニングに関する研究開発能力が向上する。	指標① 結核及びトリパノソーマ症に対する迅速診断ツールのザンビアでの実行可能性が確認される。	◆完了時までに達成された。 <LAMP-TB RDT> - 本事業で提案された迅速診断法の試薬は約 1 米ドルと安価であり、製造機材のための大幅な設備投資も必要とせず、従来法と比較し財務性が高い。 - 一般の喀痰塗末検鏡法による方法よりも感度が高く約 40%以上検出率が高い。 <LAMP-Tryps RDT> - 技術及びコストの面から実用性があると検証された。 - 通常の寄生虫学的方法と比較し、より感受性が高いため、感染の検出率が高まった。 - 従来型の検鏡法よりも安定した結果が出ている。
	指標② トリパノソーマ症に対する非臨床試験候補化合物が作製される。	◆完了時までに達成されなかった。 本件に関わる化合物の同定に進捗が見られなかったため、実質的な研究活動が行われなかった。 ◆終了時評価時点で課題が残っていた。 非臨床試験に向けた候補化合物の同定には UNZA-SVM での感染マウスを用いた再現性評価及び、感染家畜での有効性、安全性評価を実施する必要があったが、終了時評価時点までに、北海道大学にて有効性と安全性が認められた化合物は得られていなかった。

表 1 で示すとおり、完了時までに結核とトリパノソーマ症の 2 つの疾病に対する迅速診断法の研究開発活動を通じた研究開発能力の向上は確認され、達成したと考えられるが、他方、トリパノソーマ症治療薬候補化合物スクリーニングに関しては、国内研究にて抗トリパノソーマ活性を十分に有する候補化合物が発見されなかったために関連する研究活動がザンビアにおいて具体的に実施されることなく、達成されていない。

以上により、プロジェクト目標は一部達成されていない。

3.2.2 インパクト

「1.2 事業の概要」で述べたように、終了時評価の教訓に記載のあった内容を、関係者の共通認識と捉え、評価者が上位目標のかわりに「期待されるインパクト」として採用し、現地調査で得られた情報によるインパクトの発現状況の評価を試みた。ただし、本事業では上位目標は設定されていなかったため、「期待されるインパクト」の達成度は評価判断に加味していない。

上述の教訓によると、「SATREPS 案件においては、研究開発の実施による学術的

な成果を得るとともに、上位目標あるいは期待されるインパクトとして社会実装に向けた取組み、すなわち、なんらかの実用的な成果を目指すものである」とされていた。しかしながら、本事業の計画においては、研究開発段階における検証期間、成果の産出達成等に要する時間は予測が困難であり、事業完了から 3 年後をめどに実施される事後評価時点において、上位目標として検証可能な状況とできるか否か判断することは難しい。さらに、実用化プロセス等、社会実装への取組み段階においては、その取組みの実施主体には行政や民間セクターなど、研究機関以外の関係者の関与が必要となる場合もある。

他方、「1.2 事業の概要」で述べたとおり、本事業においては上位目標が設定されなかったものの、本事業は、一貫して将来の社会実装に向けた取組みの必要性を念頭に、結核やトリパノソーマ症感染患者に近い地方の保健施設での迅速診断法の実用化やトリパノソーマ症の新規治療薬の開発を目指すという認識のもとに実施されていた。また、事業完了後に結核及びトリパノソーマ症の迅速診断法の実用化とその全国的普及や候補化合物の発見によるトリパノソーマ症の治療薬開発が想定されたが、こうした社会実装に向けた取組みにおいては、所管するザンビア保健省に移り、公的な立場から研究成果を再検討し、公定法として承認するプロセスを経ることが必須であったと考えられる。本事業のインパクトは研究開発後の実用化の進捗状況によって、地方農村部で実施されることによる感染患者の診断率の上昇、または早期診断の実現による治癒率の向上まで様々なインパクトの波及が想定できたが、ザンビアの公定法となることを前提とするがゆえに上位目標として明示されなかったと考えられる。

ただし、本事後評価においては、「1.3.2 終了時評価時の上位目標達成見込み」で述べたように、終了時評価時にインパクトとして達成見込みが述べられた①結核の迅速診断法の開発、②トリパノソーマ症の迅速診断法の開発、③トリパノソーマ症治療のための新薬開発につながる臨床試験候補化合物の発見の 3 点を本事業で想定される上位目標として事後評価時の状況を試行的に検証した。

3.2.2.1 上位目標達成度（参考）

上述のとおり、本事業では上位目標は設定されていなかったが、終了時評価において期待されるインパクトを上位目標とみなして、試行的に達成度の検証を試みた。

表 2 期待されるインパクトの達成度

期待されるインパクト	現状	達成度
LAMP-TB RDT が結核の検査キットとして実用化される	・保健省による公定法に向けた具体的な動きは確認されていない。 ・ UTH 検査室レベルでは検査キットとして活用されている。 ・ UTH の技術者の使用感としては、従来の方法と比較して処理工程が少なく、手技の手順も複雑でないため、長期間のトレーニングは必要でなく、診断機材が未整備の地方農村部の医療施設においても早期に正確な診断結果が期待できる。 ・ 現地製造、調達については事業実施中に UTH 検査室に技術移転されており、既に UTH の技術者による生産は可能。さらに、地方農村部での実用化を想定した大量生産に向けての自動生産システムはほぼ完成しており、北海道大学により来年度に導入予定。 ・ 地方医療施設への検査キットの消耗品である試薬配布、保管を想定して、北海道大学において有効期限を延長するべく開発、試験を実施中。 ・ 本事業実施中に小児結核を対象として尿を検体とする研究を開始したが、良いデータが得られなかったため、事後評価の時点においては、北海道大学において喀痰処理の簡便化を研究中。	ラボベースでは使用中。ただし、公定法でないため、裨益者の範囲が限定的。
LAMP-Tryps RDT がトリパノソーマ症の検査キットとして実用化される	・保健省による公定法に向けた具体的な動きは確認されていない。 ・ 事業実施中に技術移転が完了し、患者の診断要請に応じて適宜、診断サービスを実施しており、UNZA-SVM の実験室レベルでは検査キットとして活用されている。 ・ NTDs の中でも地域特異的なトリパノソーマ症を対象としているために、他の疾病のような診断法との競合関係は存在せず、新規性が高く、隣国のマラウィ、ジンバブエを中心にアフリカ域内からも注目されている。 ・ これまでトリパノソーマ症は感染源であるハエの生息地が東部の地方農村部の河川周辺地域に限定されるとみられていたが、UNZA-SVM の研究者は想定外の中中部地域での重篤事例やジンバブエとの南部国境地域での感染事例の診断経験より、本検査キットによるサーベイランス実施を通じた感染実態の解明が必要との見解をもっている。 ・ 高等教育研究機関である UNZA は保健省の監督下にはないが、他方、患者の治療を施す医療機関は保健省傘下の UTH や病院となるため、トリパノソーマ症患者に関しては診断からスムーズに治療行為につなげる省庁間の連携体制構築が必要と認識されている。	ラボベースでは使用中。ただし公定法でないため、裨益者の範囲が限定的。
トリパノソーマ症治療のための新薬開発につながる候補化合物が発見される	・ ザンビアにおいて抗トリパノソーマ活性を有する非臨床試験候補化合物に関する進捗は確認されていない。	未達成。

出所：実施機関の質問票回答及びヒアリングによる。

想定されていたインパクトに関しては、LAMP-TB RDT 及び LAMP-Tryps RDT は保健省による公定法に向けた工程表や承認手続き等は未だ確認されていないものの、実験室ベースでは適宜診断サービスが実施され、製造調達の観点も含めて地方農村部の医療施設での持続的な使用を念頭に開発が継続されており、POC 検査での実用化の前段階には達していると考えられる。他方、トリパノソーマ症の治療薬開発の進捗については、事業完了時の状況と変化はなく、確認されていない。

以上により、試行的に設定した上位目標の一部は達成されていない。

3.2.2.2 その他のインパクト

(1) 自然環境へのインパクト

終了時評価、事後評価の両時点においても確認されていない。

(2) 住民移転・用地取得

本事業は実施機関の既存の敷地内で実施されたため、住民移転や用地取得は行われていない。したがって、終了時評価、事後評価の両時点においても確認されていない。

(3) 研究能力強化と大学教育の高度化

2016 年、UNZA-SVM は世界銀行の支援による東部及び南部アフリカ・センター・オブ・エクセレンス (ACE-II : The Eastern and Southern Africa Higher Education Centers of Excellence Project¹⁵) において、人獣共通感染症に関する高等教育研究拠点として採択された¹⁶。採択の背景には本事業をはじめとする多くの国際共同研究の実績と研究論文の発表状況、さらに、JICA 支援により整備された病理や感染経路の科学的分析が可能な拠点に相応しい BSL-3 の実験施設、シークエンサー等々の精密検査分析機器の運用実績が評価されたとしている。

UNZA-SVM の南部アフリカ地域の中核的な高等教育研究機関への発展は、ザンビア人研究者の国際的貢献に対する高い意欲と矜持とともに、1980 年代にはじまる日本政府と北海道大学の無償資金協力による獣医学部の新規設置と、その

¹⁵ 本世銀プロジェクトでは同地域 8 カ国から 24 大学が高等教育研究拠点として採択された。対象となる重点分野は産業、農業、保健医療、教育、応用統計学。労働市場ニーズに合った質の高い大学院教育や応用研究の振興、国内外の研究機関や民間の産業界との連携、トップ高等教育研究機関としてのロールモデルの確立等が期待されている。採択された大学の拠点においては 5 年間に最大 600 百万米ドルの低金利の融資による拠出が認められる。

<http://documents.worldbank.org/curated/en/105551478248187571/pdf/109745-BRI-ACEII-finalOct-PUBLIC.pdf>

¹⁶ 本世銀プロジェクトにおいて UNZA-SVM の拠点は ACEEZD (Center of Excellence for Emerging and Zoonotic Diseases) と呼ばれる。

後の約 30 年間にわたる JICA や北海道大学獣医学部を中心にオールジャパンで実施された技術協力と教育支援、直近では SATREPS スキームの国内研修も含め、長きにわたるザンビア人留学生の受け入れによる研究人材養成の総体を土台として結実したといえる¹⁷。

以上により、プロジェクト目標については二つの疾患の迅速診断法に関する研究開発能力の向上は確認され、達成したと考えられるが、トリパノソーマ症の治療薬候補化合物スクリーニングに関しては国内研究による非臨床試験候補化合物リード化合物の発見が出来なかったことにより達成されていないため、有効性は中程度である。

上位目標の達成度に関する評価判断を排除したインパクトとして、これまでの国際的な研究実績が認められ、世銀の ACE-II プロジェクトの人獣共通感染症に高等教育研究拠点に採択される等、研究人材の育成や高度化の正のインパクトが確認された。

インパクトに上位目標の達成を加味した場合は、迅速診断法については既に実施機関のラボにおける使用は行われているものの、保健省が公定法登録の手続きを開始し、検討すべき状況であるが未だ承認の動きは確認されていない。また、トリパノソーマ症の治療薬候補化合物の発見についてはザンビア現地で活動が実施されなかったため、インパクトの発現に至っていない。したがって、加味した場合、確認されているインパクトに基づく評価が高い傾向にあるものの、上位目標達成に関する未確認事項が多いことから高いとまでは判断できず、有効性・インパクトは中程度である。

本事後評価においては、有効性・インパクトとして上位目標が未設定であることから、達成度を評価判断には加味しない。その結果、本事業の実施により一定の効果発現がみられ、有効性・インパクトは中程度であると判断する。

3.3 効率性（レーティング：③）

3.3.1 投入

本事業の投入内容（計画及び実績）は下表のとおりである。

¹⁷ 金川弘司「ザンビア大学獣医学部の創設—アフリカの未来を創る教育プロジェクトへの挑戦—」『農学国際協力』12 巻、2012.3, pp.65-71.

表 3 本事業の投入内容（計画及び実績）

投入要素	計画	実績(事業完了時)
(1) 専門家派遣	長期 3 名 短期 1～2 名 (チーフアドバイザー/結核診断法開発、トリパノソーマ症診断法開発、トリパノソーマ症候補化合物スクリーニング)	長期 2 名 (74.0 人月) (結核及びトリパノソーマ症の遺伝子診断法開発、業務調整) 短期 52 名 (31.0 人月)
(2) 研修員受入	2 名	7 名 (結核遺伝子診断法、トリパノソーマ症遺伝子診断法、抗トリパノソーマ症候補物質合成)
(3) 機材供与	※投入において具体的な供与予定機材の記載はないが、特記事項において人体に影響を及ぼす可能性のある病原体を取り扱うことから、BSL-3 実験施設整備の検討の必要性が示されている。	143 百万円 (ジェネティックアナライザー、超遠心機、超低温フリーザー、サーマルサイ클ラー等の研究施設及び機器、BSL-3 適合コンテナ型実験・診断室、BSL-3 実験室用発電機等)
(4) 在外事業強化費	記載なし	43 百万円
(5) 第三国研修	記載なし	UTH, UNZA-SVM より各 1 名 (計 2 名) (米国において安全キャビネットのメンテナンス方法、フィルター交換や安全性判定等の研修受講)
日本側の事業費合計	合計 350 百万円	合計 332 百万円
相手国の投入	1. カウンターパート配置: - 研究者 8 名 2. 施設及び資機材: - UTH 検査サービス部内 事務スペース - UTH 検査サービス部内 研究スペース - UNZA-SVM 内 研究スペース - 既存の研究機器類 3. ローカルコスト(研究活動のための日常経費等)	1. カウンターパート配置: - 保健省 3 名、 - 結核研究チーム:13 名 - トリパノソーマ症研究チーム:12 名 2. 施設・施設提供: - UTH 検査サービス部内事務スペース - UTH 検査サービス部内研究スペース - UNZA-SVM 内研究スペース、既存の研究機器類 3. ローカルコスト負担: - 研究活動に必要な経常経費(水道、電気、固定電話費用など)

出所：事業事前評価表（2009 年 10 月）、終了時評価報告書（2014 年 8 月）及び、実施機関関係者へのヒアリング。

3.3.1.1 投入要素

研究者の短期専門家派遣人数が予定と比較して大幅に増加しているが、実施期間中に迅速診断法の改良に関する新しい課題が複数あげられ、取り組みが開始されたため、必要性に応じて派遣が追加されたと考えられる。機材の投入に関しては、UTH に新規に設置された BSL-3 施設の運用開始は 2012 年末でプロジェクトの後半以降となっていたが、その後の効率的な機材活用により薬剤感受性試験の実施にかかわるプロジェクト目標は完了時までに達成されており、さらに、事後

評価時点においても結核の薬剤感受性試験と培養試験の 2 系統のコンテナ実験室において日常的に利用されていることを確認している。その他、本邦研修を受けた研究者からのヒアリングによると高度な分子解析技術¹⁸を習得する貴重な機会を得ることができ、病原体研究の高度化や学位の取得にもつながっているとしている。



3.3.1.2 事業費

本事業の事業費は計画値 350 百万円に対し、実績値 332 百万円となり、計画内に収まった（計画比：95%）。

3.3.1.3 事業期間

本事業は 2009 年 11 月から 2013 年 11 月にかけて実施され、事業期間は計画どおりであった（計画比：100%）。上述したように UTH の BSL-3 施設の運用開始がプロジェクト後半以降となったが、これによる活動の遅れは生じなかった。

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、効率性は高い。

3.4 持続性（レーティング：②）

上記、有効性・インパクトの項目で述べたように、本事業完了後の研究成果の実用化に関しては、ザンビア薬事当局である保健省の主体的な取り組みが必要不可欠であるため、研究実施体制の継続状況に合わせて、現在の薬事承認プロセスの体制整備状況に関する確認も行った。

3.4.1 発現した効果の持続に必要な政策制度

政策制度面においては、結核及びトリパノソーマ症に代表される NTDs 等、ザンビアにとって深刻な疾病に対する政策が維持されていることが重要である。

事後評価時において、2014 年策定の「改訂第 6 次国家開発計画（The Revised Sixth National Development Plan : R-SNDP）2013 年～2016 年」¹⁹が実施されており、保健政策における重点項目の中に 2016 年の結核治癒率の目標値は 80%と設定されている。

¹⁸ PCR（Polymerase Chain Reaction）やスポリゴタイピング（Spoligotyping）等を指す。PCR では酵素反応を利用し、必要とする DNA 塩基配列を選択的に増幅させることができる方法。スポリゴタイピングでは結核菌がどのような感染経路で人に感染しているのか明らかにする必要性から、臨床分離された結核菌を遺伝子タイピングするために使われる。ゲノム上に存在する 43 カ所のスペーサー配列（構造遺伝子間をつなぐ DNA 配列）の有無を調べる方法であり、従来法の欠点を解決する方法とされている。

¹⁹ 後続の第 7 次国家開発計画（2017 年～2021 年）は策定中につき、事後評価時点においては未発表。

る。また、HIV との重複感染による結核患者は 2010 年末には結核患者全体の 70%、2008～2010 年に通報された結核患者数は毎年 5 万人弱に上り全体的に増加傾向にあるため、正確な診断による治癒向上の重要性が指摘されている。また、「国家保健戦略計画」は事後評価時点において新規の計画が未だ公表されておらず、同計画が継続して実施されているため、事業完了時から大きな変更はないと考えられる。

「結核対策戦略計画 (National Strategic Plan for Tuberculosis Prevention, Care and Control) 2017 年～2021 年」も最終化の段階にあるが公表はされていない。ただし、保健省でのヒアリング等より、迅速診断法に対する政策的重要性がここに反映される方向とみられる。

事後評価時点において、結核や NTDs に対する政策上の重要性や制度面での大きな変更はなく、事業効果の持続に必要な政策制度はおおむね確保されている。

3.4.2 発現した効果の持続に必要な体制

体制面においては、本事業での迅速診断法の承認や改良に向けた研究体制及び、研究成果の実用化に向けた薬事承認に対する保健当局での実施体制が整備されていることが重要である。

事後評価時において、本事業において研究活動の主体であった UTH 及び UNZA-SVM の研究体制は以下のとおり。

UTH は研究機関ではなく、臨床教育訓練を行う病院であり、本事業の実施現場となった結核検査室は本来、従来法での結核検査が主な所掌業務であった。本事業実施を通じて BSL-3 が導入され、検査機材が拡充されたため、薬剤耐性や培養等に関する高い知識や技術をもつ検査技師が確保され、常任の正職員による検査体制が強化されており、LAMP-TB RDT の改良研究を含めた基盤体制が整っていると考えられる。

表 4 UTH 結核検査室における研究員数の動向

	実績									計画
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
常任研究員/検査技師	-	-	-	-	14	14	14	14	14	14
契約研究員/契約スタッフ	-	-	-	-	0	0	0	0	0	0
合計	-	-	-	-	14	14	14	14	14	14

出所：UTH 結核検査室の質問票回答

注：2007 年から 2010 年までのデータに関しては無回答。

UNZA-SVMにおいては後続の新規プロジェクト²⁰において、本事業を通じた研究体制整備の経験の活用を目指しており、これまで診断症例数が少ないトリパノソーマ症の確実なサーベイランスのために、ザンビア政府の LAMP-Tryps RDT の公定法登録を目指し、学内実験室において研究活動が継続されている。ただし、UNZA-SVM は高等教育省傘下であるため、ヒトに感染するトリパノソーマ症の診断治療に関しては保健省とのより強い連携が必要との認識がある。

表 5 UNZA-SVM における研究者数の動向

	実績									計画
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
常勤研究者(Ph.D.)	3	3	7	7	7	7	7	5	5	5
非常勤研究者	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
合計	3	3	7	7	7	7	7	5	5	5

出所：UNZA-SVM の質問票回答

他方、薬事承認に対する保健省内部の実施体制に関し、同省に対するヒアリングによれば、迅速診断法の重要性は強く認識しているものの、本事業で開発された迅速診断法のみならず、その他の新規迅速診断法も承認プロセスではなく、具体的な予定や予算も組まれていないとのことである。承認から実用化、さらに普及に進めるためには、追試験実施と検証後の承認を経て、検査キットの国内製造や流通体制の確立後に地方農村部での検査実施に拡大する等、様々レベルの活動を周到に計画する必要があるため、援助国からの支援が必要とのことであった。

以上より、事後評価時点において、保健省の実用化に向けた体制は整備されていないが、実施機関においては後続プロジェクトの実施や供与機材の活用を通じて、迅速診断法の改良に向けた研究体制は整っている。

3.4.3 発現した効果の持続に必要な技術

技術面においては、実施機関が本事業の研究成果の実用化に向けて研究活動や能力の向上を継続できることが重要である。

本事業の実施機関の一つ、保健省傘下にある UTH に関しては本事業による人材育成により、スタッフの中から博士号取得を目指す高度な研究人材を輩出したことが報告されている。また、機材の拡充と検査技師の育成により、ザンビア国内で WHO 認定トップリファレルラボである胸部疾患検査室、熱帯医学研究センターに続き、精度の高い培養検査が可能なラボとして機能している。

²⁰ 北海道大学との国際共同研究プロジェクト「迅速診断法の開発とリスク分析に基づいた顧みられない熱帯病対策モデルの創成」。主要な目的は、①ザンビアにおけるハンセン病、並びにトリパノソーマ症の実態把握、②ハンセン病、並びにトリパノソーマ症の迅速診断法の開発と現場実装、③ハンセン病、並びにトリパノソーマ症対策パッケージの立案と提供。

さらに、UNZA-SVM に関しては、ザンビア研究者により自発的な研究活動が行われており、ツェツェバエの生息地域とされる Mambwe 地域の Mwenya 村において無作為抽出した住民 100 人を対象に LAMP Tryps RDT を使用してトリパノソーマ症及びマラリアの診断を行っている。検鏡法で陰性が出た患者に対して LAMP Tryps RDT による再検証も行っている。また、本事業による機材拡充により研究論文の質が向上したとしている。



表 6 UNZA-SVM によるトリパノソーマ症に関する発表論文数

	事業前		事業期間中					事業完了後		
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
国際学術誌	0	0	0	0	0	2	2	1	5	2
国内学術誌	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
合計	0	0	0	0	0	3	2	1	5	2

出所：UNZA-SVM の質問票回答

保健省については国内で開発された医療品を精度保証し、公定法として検証し、承認する既存のメカニズムが存在せず、WHO 承認等を追従する形をとらざるを得ない。したがって、本事業の迅速診断法の承認メカニズムを構築する技術や知識は不足している。上記により、事後評価時において、保健省においては迅速診断法等の精度保証を行う公的なメカニズムを構築する知識と技術が不十分であるが、UTH 及び UNZA-SVM においては結核及びトリパノソーマ症の各迅速診断法の診断性能を検証する技術に関して可能なレベルに達しているといえる。

3.4.4 発現した効果の持続に必要な財務

財務面においては、疾病対策として実現可能性のある迅速診断法の完成と普及に関する活動が継続され、成果の実用化に向けた研究や活動に予算が供与されることが重要である。

本事業の供与資機材のうち、研究実施体制の維持に不可欠であるため実施機関による維持管理を必要とする施設である BSL-3 は UTH の結核検査室に新規に設置されたが、事後評価時点においても、日常の検査業務のために稼働しており、状態もほぼ問題なく、有効に活用されている。また、付帯する安全キャビネットのメンテナンス・サービスは南アフリカの専門会社に委託しているが、年間約 20,000 米ドルの費用は 2014 年以降、毎年確保されている。また、スペアパーツ購入費も別途予算を確保している。ただ、上記で述べたとおり、UTH の結核検査室は主管官庁の保健

省から結核検査業務を行う機関とみなされており、研究活動は想定されていないため研究費の確保は行われていない。

表 7 UTH 結核検査室の BSL-3 に対する維持管理費

単位：ZMK²¹

	2013	2014	2015	2016
スペアパーツ、消耗品の購入	--	459,620	600,000	873,330
安全キャビネットのメンテナンス委託費用	--	200,000	200,000	200,000

出所：UTH 結核検査室の質問票回答

UNZA-SVM においては本事業による研究能力の高度化を通じて後続の研究プロジェクト（SATREPS「アフリカにおけるウイルス性人獣共通感染症の調査研究プロジェクト」（2013～2018 年）及び AMED の「アフリカにおける顧みられない熱帯病対策のための国際共同研究プログラム」（2015 年）が採択されており、下表 7 が示すとおり、研究資金の獲得は継続している。また、上記「3.2.2.2 その他のインパクト」で示したように、世界銀行の ACE-II の高度教育研究拠点に採択されており、研究費の獲得は 2017 年以降も継続する見通しである。

表 8 UNZA-SVM の研究費収支

単位：ZMK

		2013	2014	2015	2016
研究資金	ザンビア政府	-	-	-	-
	ドナー	2,595,540	2,993,150	5,955,057	4,928,893
	その他（民間等）	-	-	-	-
支出		2,486,772	2,713,863	5,008,213	4,819,761
バランス		108,768	279,287	946,844	109,132

出所：UNZA-SVM の質問票回答

他方、保健省においては診断精度の検証ために第三者機関での追加試験が必須と想定され、また、必要なデータ数や試験内容などの試験デザインについて主体的に計画実施する必要があるが、その業務のための予算の確保はなされていない。

上記により、保健省においては成果の実用化に向けた業務に対する予算は確保されておらず、課題が残るが、UTH 及び UNZA-SVM においては供与された精密機材は維持管理されており、迅速診断法の診断性能を検証するための予算は確保されている。

以上より、本事業は、体制、技術、財務各面の一部に問題があり、本事業によって発現した効果の持続性は中程度である。

²¹ 事後評価時、現地通貨である ZMK（ザンビア・クワチャ）の為替レートは 1ZMK が約 0.1 米ドル。

4. 結論及び教訓・提言

4.1 結論

本事業はザンビアにおいて結核及びトリパノソーマ症 に対する持続的に利用可能な迅速診断法の研究開発及び、トリパノソーマ症の治療薬の改良のための候補化合物の探索を目的とした。対象とする結核と「顧みられない熱帯病」(NTDs) の一つであるトリパノソーマ症は、国家開発計画において重点項目として挙げられており、保健政策において結核の政策的優先度は一貫して高い。また、双方とも公衆保健衛生上の深刻な感染症であり、迅速で正確な診断による治療と予防の実現等の対策を講じる必要性は一貫して高い。日本の援助政策に関しても「ザンビア国別援助計画」及び「アフリカ感染症行動計画」、アフリカ開発会議 (TICAD) 等に示される保健分野の重点と本事業は整合しており、妥当性は高い。有効性に関して、迅速診断法に関する研究開発能力の向上は達成したと考えられるが、トリパノソーマ症の治療薬候補化合物の開発に関しては実質的な活動がなかったため達成されていない。インパクトについては、実施機関の実験室にて迅速診断法の改良努力は継続されているものの、保健省において公定法の承認に関して進捗がない。ただし、上位目標が設定されていない案件であるため、これをインパクトの評価に加味していない。他方、派生したその他のインパクトとして UNZA-SVM がその研究実績を認められ、世界銀行により東部、南部アフリカ地域における人獣共通感染症の高等教育研究拠点に採択され、教育研究の高度化、国際共同研究の拡大等の貢献が期待されている。したがって、有効性・インパクトは中程度である。本事業は、事業期間は計画どおりで遅延もなく、事業費は計画内に収まったため、効率性は高い。持続性に関しては事業効果の持続に必要な政策制度は確保されているものの、本事業の研究成果の実用化に向けた具体的な取り組みにおいて体制面、技術面、財務面に課題が残っており、持続性は中程度と判断される。

以上より、本事業の評価は高いといえる。

4.2 提言

4.2.1 保健省への提言

ザンビアの現地事情に適合した持続可能な迅速診断法を早期に実用化し、特に脅威にさらされている農村地域部の住民の診断及び陽性患者の治療を促進し、潜在的な感染を防止するといった本事業実施の目的に鑑み、保健省においては速やかに診断性能を検証し、課題を明確化することにより公定法登録の可否を検討することが推奨される。本事業の迅速診断法は既に実験室ベースにおいては実用化の前段階にあることから、保健省においては可能な限り早急に担当部局、責任者を選任し、国内の公定法登録に必要な検体データ数や試験内容等の科学的な審査枠組み、人員、予算を確定しつつ薬事体制を整備し、傘下にある胸部疾患検査室や熱帯医学研究センター等での追加試験の準備を行い、承認に向けた審査プロセスを開始するべきである。なお、本事業によるトリパノソーマ症迅速診断法による診断は、現在は高等

教育省傘下の UNZA-SVM で実施されるに留まっており、治療を担う医療機関を監督する保健省との連携体制の構築が必須と考える。

4.2.2 JICA への提言

本事業の研究成果である迅速診断法の実用化プロセスへの移行段階で停滞が見られた。保健省が本迅速診断法の公定化に取り組む際には第三者による科学的客観性の確保が重要であり、保健省に対して診断性能の保証に関する公定法登録の枠組み構築に対する支援が必要と考えられるため、薬事行政の課題別研修や専門家派遣等により保健省の取り組みをフォローアップすることが望ましい。なお、倫理審査委員会などの第三者委員会における承認審査の枠組みにおいては、ザンビア地方農村部の医療施設での普及と実施促進をプログラムとして想定し、実用化計画のスコープにおいて肝要となる製造調達、流通コスト、トレーニング等の具体的な実施要件を踏まえ、財務性、経済性を含む総合的な感染症対策推進の観点から審査を推奨、支援することが望ましい。

4.3 教訓

多角的かつ継続的な研究人材育成に対するコミットメントによるグッドプラクティス

日本による無償資金協力、技術協力、留学生プログラム等、長年にわたる多角的な研究人材育成支援が、途上国の研究者による自国の疾病に対する国際的レベルの医学的貢献を生み出した好例といえる。また、当地で培った研究能力を土台としてアフリカ全体に対する貢献が見込まれている。特に、その他のインパクトで示したように、UNZA-SVM においては日本側の強い組織的コミットメントを背景にした層の厚い人材交流が根底にある。一般的に研究人材の育成に関しては分析機材の習熟を含めた総合的な分析能力と同時に、未知の発見に取り組む課題発見能力を育成することが肝要である。本事業の研究人材育成支援はこのような観点から行われた結果、研究活動の持続性につながっていると考えられる。具体的に UTH 結核検査室で学位取得を希望する技術者の個人益とそれに対する公共益とのバランスの観点から述べると、BSL-3 等の設置し、共同研究グループとして技術者に日常的な活用を促すことによって、学位の取得を目指す技術者個人に分析機材の習熟に対する強いインセンティブを与えるだけでなく、実施機関全体のレベルの向上につながっており、包括的な研究支援として効果的であったと考えられる。

保健医療分野に対する長期的な研究開発支援の必要性

感染症対策にかかわる SATREPS 事業では、治療薬、検査機器等の製品開発だけでなく、新規に開発した研究手法をサーベイランスシステムに取り入れることにより、より検査精度の高いサーベイランスを実施可能にするという社会実装の形もあるが、途上国支援を中心とした保健医療分野の研究開発は、途上国の一般の人々がアクセス可能な新

規の治療薬やワクチン等の製品開発が多いと考えられる。これには、基礎研究、非臨床研究のみならず、途上国における対人臨床試験等のプロセスを含めた包括的且つ長期的戦略が必要とされている。これには、先進国における医薬品の研究開発と異なり、途上国を中心に蔓延している疾病に関しては民間の製薬会社にとっての商業的利益が低いことから、「顧みられない熱帯病」と称されるように市場原理に基づく途上国向けの製品開発の多くは実施されない。したがって、途上国における研究開発の観点からは、基礎研究を中心に行う SATREPS 事業単独では製薬会社等の民間企業の参画によって製品化にスムーズに移行することは極めて困難という点を念頭に、まずは、俯瞰的視点から相手国の保健行政に携わる関係者とともに基礎研究、非臨床研究の進捗を見つつ、SATREPS 事業実施後の中長期的な実用化施策についても戦略的に検討しておくことが望ましい。

保健医療分野の製品開発に関わる法規制に対する整備支援の並行的実施の必要性

SATREPS 事業が実施された国においては、医療分野の開発された製品の普及に必要なとなる公定法に関する自国内の承認プロセス推進に対する技術的支援が必要である。さらに、より一般的には SATREPS 事業が対象とする研究人材が育成されつつある中進国入りを目指す途上国においては、相手国の保健行政に携わる関係者とともに、中長期的観点から薬事法、知的財産政策、対人臨床試験に関する倫理等の研究開発政策、関連法規等、薬事行政の整備状況に留意、検討する必要がある。

SATREPS 事業の上位目標が設定されていない案件に対する評価方法

上位目標が設定されていない、すなわち、相手国政府と上位目標が合意されていないという事業の場合は、研究開発のスーパーゴールに該当する情報データや、終了時評価時点のプロジェクト目標の達成度を踏まえた実績を「期待されるインパクト」として整理し、事業完了後の実用化に向けた実情に照らして、試行的に検討しつつ、インパクトの評価自体には情報として記載はするが、直接評価には加味しない。他方で、事業実施前には想定されていなかったが、当該事業から派生したインパクトの有無や内容の評価し、その上で、総合的に有効性・インパクトを判断する。なお、「期待されるインパクト」に関連する研究活動の継続性等は持続性で判断する。

以上

タイ

2016 年度 外部事後評価報告書

技術協力プロジェクト (SATREPS¹)

「気候変動に対する水分野の適応策立案・実施支援システム構築プロジェクト (IMPAC-T)」

外部評価者：OPMAC 株式会社 中村 桐美

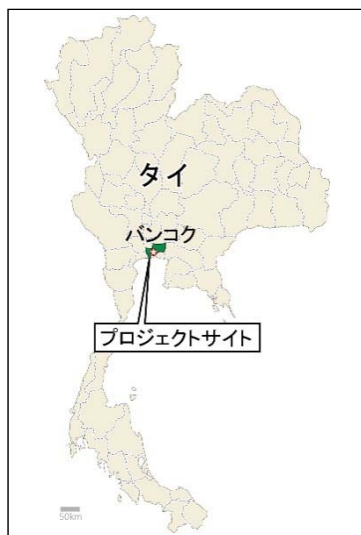
0. 要旨

本事業は、タイにおいて気候変動下における水文気象観測を行い、気候変動適応策の立案に資する研究の実施が求められる中、河川流量予測等に必要なシミュレーションモデルや技術の開発とその有用性の実証に基づき、治水・利水計画の立案から、農業セクターにおける洪水・干ばつ対策、防災セクターにおける洪水・土砂災害対策などの検討に、科学的根拠として幅広く利用可能な情報を提供するシステムの構築を行うことを目的としていた。本事業は、気象予測能力の向上や水資源に係る気候変動の影響評価のためのデータベースやモデルの開発等を掲げるタイの開発政策及び「環境管理体制支援」を重点分野とする日本の援助政策に合致しており、また、適切な水資源管理情報に基づく適応策の立案や政策判断というタイの開発ニーズにも合致しており、妥当性は高い。本事業では、事業完了時点までに、水文気象データ観測システムの整備、水循環モデル及び水関連リスク評価手法等の研究成果が達成され、水関連リスク軽減のための適応策立案を支援する水循環情報統合システムが、気候変動データセンターとして構築された。また、社会実装への取組みとして、本事業の実施機関による本事業の研究成果や開発されたモデル、日本人研究者から移転された解析技術等を活用した研究や水文気象データの解析等の活動が継続され、それらが、水資源管理や洪水・渇水対策、気候変動適応策を検討、実施する政府機関の政策・プログラムの立案に活用、反映されている。加えて、本事業の研究成果や整備された機材を活用して、博士論文の作成が行われるなど、若手研究者の育成に役立てられている。さらには、事業完了後においても、本事業に参加していた日本人研究者の指導の下、本事業に参加していたタイ側行政官が、より効果的な営農に向けたよりの確な水利用を検討するため、本事業で開発されたモデルの改良をテーマとした博士論文に取り組み、行政官の研究能力及び科学リテラシーの向上とともに、行政機関における科学的根拠に基づいた施策の立案という社会実装に向けた取組みが促進される、といった波及効果も見られ、本事業の有効性・インパクトは高い。本事業の事業費は計画内に収まり、事業期間は計画どおりであったことから、本事業の効率性は高い。本事業の実施機関である、KU、RID、TMD はいずれも研究体制及びモデルやデータ解析技術の活用体制を維持、強化しており、そうした活動に従事する人材の研究能力やデータ解析技術も維持されている。各実施機関は整備されたシステムや機材の維持管理費を確保し、また、研究活動や関連するデータ解析作業に必要な人員の確保に必要な予算は確保していることから、持続性は高い。

¹ SATREPS は、地球規模課題対応国際科学技術協力 (Science and Technology Research Partnership for Sustainable Development)

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



気候変動データセンターのサーバーと
解析結果を示すディスプレイ

1.1 事業の背景

タイでは、乾季における渇水及び雨季における洪水に加え、天候不順といった気候変動の影響が増大することが懸念されている。特に、水災害の発生頻度や規模の拡大が予測されており、適切な水資源管理の必要性が高まっていた。一方で、タイにおいては気候変動長期モニタリングや気候変動に伴う水循環変動に関する水文気象観測、水循環・水資源モデルの構築は不十分であり、的確な気候変動適応策の立案に資する研究の実施が求められていた。こうした背景の下、本事業ではチャオプラヤ川流域を対象に、気候変動にも対応できる治水・利水計画の立案から洪水・土砂災害警報まで広く利用可能な情報を提供するシステムの構築を目指し、河川流量予測、流域の水位の予測等の必要な技術の開発とその有用性の実証への支援が行われた。

本事業は「地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム」(Science and Technology Research Partnership for Sustainable Development : SATREPS)の一案件として採択され、科学技術振興機構(JST)と国際協力機構(JICA)の連携のもと実施された。同プログラムは環境・エネルギー、防災、及び感染症対策といったグローバルな開発課題への対応に向け、開発途上国と共同研究を実施し、途上国の能力向上を行うものである²。SATREPS 案件は、JST が設置する学識者の選考委員会が学術的な意義を評価し、案件採択を決定する。案件採択後も JST 及び学識者による SATREPS 案件への指導が継続的に実施された。

² JST ウェブサイト (<https://www.jst.go.jp/global/about.html>)

1.2 事業の概要

事前評価時点において SATREPS 案件にはプロジェクト・デザイン・マトリックス (Project Design Matrix : PDM) の作成が義務付けられていなかったが、本事業では PDM が作成され、日本側及びタイ側の関係者間で共有され、本事業の実施管理に活用された。本事後評価では、2012 年 5 月の中間レビュー後に改訂された PDM に基づき検証を行う。しかしながら、上位目標の設定も任意とされていたことから、PDM 上位目標は設定されたものの、上位目標の指標は設定されず、事業実施中に関係者間での上位目標に関する明確な合意もなかったことが確認された。したがって、本事後評価では、評価者が目標水準を設定し、上位目標の達成度はインパクトの一部として試行的に検証を行う。

上位目標		プロジェクトで開発されたシステムが気候変動下のリスクに対する意思決定や適応策策定を行うタイ当局に貢献する。
プロジェクト目標		気候変動下の水関連リスクを軽減する適応策立案支援システムが開発される。
成果	成果 1	気候変動にかかる水文気象観測能力が向上する。
	成果 2	水循環と人間活動を統合した水循環・水資源モデルが開発される。
	成果 3	気候変動の影響と人間活動を考慮した水関連リスク評価手法が開発される。
	成果 4	プロジェクトの手法や成果が普及され、タイ国における気候変動の影響への適応策に適用される。
日本側の協力金額		439 百万円
事業期間		2009 年 4 月 ～ 2014 年 3 月
実施機関		カセサート大学 (Kasetsart University : KU)、気象局 (Thai Meteorological Department : TMD)、王立灌漑局 (Royal Irrigation Department : RID)
その他相手国 協力機関など		キングモンクット工科大学 (King Mongkut's University of Technology Thonburi : KMUTT)、ナレスワン大学、パヤオ大学、チュラロンコン大学
我が国協力機関		東京大学、京都大学、東北大学、北海道大学、東京工業大学、福島大学、長崎大学、国立環境研究所
関連事業		• JICA 開発計画調査型技術協力「チャオプラヤ川流域洪水対策プロジェクト」(2011 年 2 月～2013 年 6 月) • JICA SATREPS「タイ国における統合的な気候変動適応戦略の共創推進に関する研究」(Advancing Co-Design of Integrated Strategies with Adaptation to Climate Change in Thailand : ADAP-T) (2016 年 6 月～2021 年 6 月)

1.3 終了時評価の概要

1.3.1 終了時評価時のプロジェクト目標達成見込み

終了時評価時点において、プロジェクト目標は達成された。本事業の研究成果を総合的にまとめたオンラインの水循環情報統合システムのソフトウェア開発は終了時評価時点までに完了した。2014年1月にKU内に水循環情報統合システムが気候変動データセンター（Climate Change Data Center：CCDC）として完成し、同センターのウェブサイトで、一般向けにデータや研究成果等が公開された。

1.3.2 終了時評価時の上位目標達成見込み（他のインパクト含む）

終了時評価では、上位目標の達成見込みについて明示的な言及はないが、社会実装に向けての取組みについて、①事業に参加する主要な政府機関による統合情報システムの活用状況または活用見込み、②研究の成果を活用するための協力体制の有無、の観点から見込みの判断を行った。終了時評価時点においては、①についてはRID及びTMDによる活用の見込みが示され、特筆すべき社会実装の例として、2011年に発生した洪水時に本事業の成果が、チャオプラヤ川流域管理マスタープランの改訂やRID洪水予報システムの構築に知見を提供したことなどがあげられた。

1.3.3 終了時評価時の提言内容

終了時評価において、事業実施期間中及び事業完了後に関する提言がなされた。

（事業実施期間中に行う活動に関する提言）

- ① 統合情報システムの管理枠組みの検討
- ② プロジェクトの成果の普及
- ③ 参加機関別機材リストの作成
- ④ 今後の研究テーマの検討
- ⑤ 統合情報システムへのフィードバックのとりまとめ
- ⑥ フラックス塔の管理

（事業完了後の活動に対する提言）

- ① KU、RID、TMDは統合情報システムの管理の枠組みで検討を開始した方針案を2015年3月までに最終化し、事業参加者に共有すること
- ② タイ側研究者は「今後の研究テーマ」として検討した研究の実現に向け努力すること
- ③ KUは、利用者からのフィードバックをとりまとめ、それらをもとに、統合情報システムの改善を図ること

2. 調査の概要

2.1 外部評価者

中村 桐美（OPMAC 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：2016 年 9 月～2018 年 1 月

現地調査：2016 年 12 月 11 日～12 月 23 日、2017 年 6 月 18 日～6 月 24 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

事前評価時において、国家水資源委員会が策定した「水の国家ビジョン」において、2025 年までに、生活の質の向上とすべての関係者の参加を考慮した、公平かつ持続可能な水資源利用を可能にする効率的な管理・組織・法的システムを通して、すべてのユーザーのために十分な品質と量の水を確保することが目指された。また、気候変動に関する政府間パネル（Inter-governmental Panel on Climate Change：IPCC）第 4 次報告（4th Assessment Report：AR4）の報告を受けて策定された「国家気候変動対策戦略（2008～2012 年）」では、気象予測能力の向上、水資源に対する気候変動の影響評価のためのデータベースやモデルの開発、洪水・渇水のリスク評価と被害地域の特定制定がうたわれていた。

本事業の終了時評価時点で、天然環境資源省（Ministry of Natural Resources and Environment：MONRE）天然資源環境政策計画室（Office of Natural Resources and Environmental Policy and Planning：ONEP）により策定が進められていた「気候変動マスタープラン（2013～2050 年）」⁵では、水資源管理は最も重要な気候変動適応策として位置付けられている。加えて、事業完了時に実施されていた、「国家経済社会開発計画（2014～2016）」においても気候変動に対する取組みが重視されていた。

このように、タイにおいては、事前評価時から事業完了時までにおいて、水資源管理の重要性が開発計画及び国家気候変動対策戦略で掲げられており、気候変動の影響評価に必要なデータやモデルを搭載した水循環情報統合システムの構築を目的とした本事業は、タイ政府の開発政策に合致している。

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」

⁵ 事後評価時点の 2017 年 6 月現在において、内閣の承認プロセス中である。

3.1.2 開発ニーズとの整合性

タイでは、洪水被害の増大、地下水の過剰汲上げによる地盤沈下、チャオプラヤ川の年流量の長期的な減少傾向と渇水、洪水年における大規模貯水池（含む、ダム）の適切な運用の必要性、メコン川の支流におけるダム開発問題、等が顕在化しており、適切な水資源管理情報に対する社会的ニーズは極めて大きい。

他方、事前評価時点において、MONRE、TMD、RID 等の関係機関が、気象・水文観測ならびに気象予測、洪水予警報に取り組んでいるものの、気候変動に対応可能な水災害・水資源管理能力を有するに至っていなかった。「国家気候変動対策戦略（2008～2012 年）」において、タイ政府自身が、気候変動に関する政策判断に必要な情報や知見がタイにおいて不足していることを認識していることを示していた。

2010 年 12 月にメキシコのカンクンで開催された国連気候変動枠組み条約第 16 回締約国会議（「カンクン合意」）では、気候データの収集・保存・分析・モデル化を目的とした研究と、より体系的な観測とを実施すること、国家・地域レベルの政策決定者に対し、より精密な気候関連データを提供することが提言されている。こうした国際的な気候変動に係る枠組みにおいても、より精密な気候関連データの提供が求められていることから、タイ政府が政策判断に必要な情報や知見へのニーズが高く、こうした必要なデータの提供を可能とする水循環情報統合システムの構築を目的とした本事業は、タイの開発ニーズに合致している。

3.1.3 日本の援助政策との整合性

2006 年 5 月に改定された外務省の「対タイ経済協力計画」の 4 つの重点分野のうち、「社会の成熟化に伴う問題への対応」として、「環境管理体制支援」があげられており、「中進国として、より積極的な環境管理の取組が必要となっていることから、都市環境改善、環境・防災に対して協力を行う」ことが掲げられた。また、外務省の「対タイ国別事業展開計画」では、タイのグローバル・イシューへの対応能力の強化によって、タイが積極的に地域・地球規模問題に取り組むことが東南アジア地域の持続的な成長と安定に裨益し重要であるとされ、防災・災害対応能力の強化は重点分野の一つに据えられた。JICA はこれらの方針のもと、気候変動に対する適応策・緩和策を含む、水資源・防災分野のキャパシティ・ディベロップメントへの幅広い支援を行っていた。

本事業で目的とする、気候変動への適応に向けた水循環情報統合システムの構築は、日本の対タイ援助政策に合致する。

以上より、本事業はタイの開発政策、開発ニーズ及び日本の対タイ援助政策と十分に合致していることから、本事業の妥当性は高い。

3.2 有効性・インパクト⁶（レーティング：③）

3.2.1 有効性

3.2.1.1 成果

事業完了時点における本事業の成果（アウトプット）の達成状況は以下のとおりであった。

成果 1：気候変動にかかる水文気象観測能力が向上する。

（指標）

- （1-1）気候変動影響評価の継続モニタリング推進にかかるタイ研究グループの役割が定義される。
- （1-2）継続観測に係る方法書、解説書、または学術論文が作成・提出される。
- （1-3）20 名以上のタイ研究者が気候変動の継続観測にかかるシステム開発、運用および管理に必要な知識と技術を習得する。
- （1-4）準リアルタイム水文気象データ転送システムがチャオプラヤ川流域の TMD および王立灌漑局によりそれぞれの気象観測所に導入される。

成果 1 のすべての指標は達成され、成果 1 は達成された。

プロジェクトの研究活動を推進する 19 の研究グループが設置されたが、それぞれのグループの定義は、2011 年 5 月までに完了した。フラックス観測、テレメトリ観測マニュアルが、2011 年 2 月に観測チームにより作成された。25 本の論文が終了時評価時点までにジャーナルに掲載された。

雨量推定技術の移転については、国内研修、本邦研修、ワークショップ、現地踏査等を通じて、延べ 56 名に移転され、フラックス観測については、本事業で建設したフラックス観測システムを用いて、グループ 8 のメンバー（5 名）に対し、気候変動と土地利用の変化が水循環変動に与える影響評価の実施に必要な観測データの入手方法と分析技術の移転が行われた。

準リアルタイム水文気象データ転送システム（テレメトリ化）は、RID の観測所 24 カ所、TMD の観測所 4 カ所、3 つのプロジェクト参加機関が管理する 4 つのフラックス観測塔の計 32 カ所で導入された。

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。

成果 2：水循環と人間活動を統合した水循環・水資源モデルが開発される。

(指標)

- (2-1) チャオプラヤ川流域の水循環モデルが開発される。
- (2-2) 人間活動のモデルが開発され、水循環モデルに統合される。
- (2-3) 統合水循環・水資源モデルにかかる方法論、解説書、または学術論文が作成・提出される。
- (2-4) 統合水循環・水資源モデルによる流出量（年間流出量及び月別のピーク時流出量）が±20%以内の精度で推定される。

成果 2 の指標はすべて達成され、成果 2 は達成された。

第 11 研究グループによりチャオプラヤ川全流域を対象とした 5 分解像能水循環モデル（H08）⁷、第 13 研究グループにより京都大学が開発した陸面過程モデルをチャオプラヤ流域用に改良したモデル（Simple Biosphere including Urban Canopy：SiBUC）⁸が開発された。

さらに、H08 水循環モデルに人間活動（チャオプラヤ川の 2 つのダム、プミボンダムとシリキットダムの操作）を追加したモデルが開発され、統合水循環・水資源モデルに係る解説書として、「H08 マニュアル ユーザー編（H08 Manual User's Edition）」がまとめられ、ウェブ上で公開された。モデルグループによりジャーナルに投稿された学術論文は 6 本であった。

また、H08 モデルを使用した、チャオプラヤ川全流域の過去（1981～2004 年）の流量再現の結果は、実績値と推測値の誤差は±20%程度であり、SiBUC モデルを使用した推測結果の平均は、年流量誤差 17.5%、ピーク月流量誤差 20.8%であり、実績値とモデルによるシミュレーション結果との誤差はおおむね目標値±20%以内に収まった。

成果 3：気候変動の影響と人間活動を考慮した水関連リスク評価手法が開発される。

(指標)

- (3-1) 水文気象データおよびシミュレーション結果が影響評価に統合される。
- (3-2) 現在および将来の災害ポテンシャルおよびリスク指数が定義される。
- (3-3) リスク評価および環境影響評価のための方法書、解説書、または学術論文が作成提出される。
- (3-4) 気候変動の適応策として準リアルタイムリスク指数が開発され、予警報システムに活用される。

⁷ 日本の国立環境研究所が開発したオープンソースの全球水資源モデル「H08」を改良したもの。

⁸ 生物圏モデル（Sib）に都市と水体（water body）の効果を加え、陸面過程モデルの精度を向上することを目的として開発されたモデル。気象学では、都市キャノピーは、建物で覆われた空間を指す。

成果 3 の指標のすべては達成され、成果 3 は達成された。

成果 1、2 の活動により水文気象データ及びシミュレーション結果が準備され、これらの情報を用いた各種影響評価が実施された。

斜面災害のリスク評価については、第 16 グループにより、タイ北部山岳域、中西部山岳域、マレー半島西部及び中央部の災害リスクを確認し、斜面災害ハザードマップが作成され、被害の大きい地域（チェンマイ、ウタラディット、ペチャブーン各県）に配布された。海岸浸食のリスク評価については、第 20 グループにより浸食が発生しうる地域と被害の度合いがタイ全土で確認され、2013 年 11 月の仙台におけるプロジェクト・ワークショップで発表された。熱帯豪雨下における洪水及び渇水に関するリスク評価については、第 3 グループにより影響評価に使用するリスク指数が選択され、タイ 22 県の洪水・渇水リスクが確認された。

上述のリスク評価に関するジャーナルに投稿された学術論文は、14 本であった。

本事業により準リアルタイムリスク指数が開発され、予警報に活用された。具体的には、河川情報センター（Foundation of River and Water Basin Integrated Communications of Japan：FRICS）が「チャオプラヤ川流域洪水対策プロジェクト」の一環として、RID で開発した早期洪水予警報システムにおいて、本事業の流水解析結果が活用された。また、チャオプラヤ川流域の水文気象状態が準リアルタイムでホームページに掲載された。さらに、第 16 グループにより、クラビ県の土砂災害頻発地域において土砂災害発生伝達システムが構築された。

成果 4：プロジェクトの手法や成果が普及され、タイ国における気候変動の影響への適応策に適用される。

(指標)

- (4-1) 水分野の政策立案者の間で IMPAC-T*の認知度が高まる。
- (4-2) 協力体制にかかる合意に署名がなされる。

*IMPAC-T は本事業の英文名の略称

成果 4 の指標 1 は達成され、指標 2 は部分的に達成され、成果 4 はおおむね達成された。

IMPAC-T に対する認知度の向上については、タイの水分野政策立案者の間での IMPAC-T への認識が高まったことが確認された。2011 年 11 月に日本政府により JICA を通じて派遣された緊急現地被害調査に参加した本事業の日本人専門家による、本事業で実施中の洪水調査の途中経過の報告、本事業による IMPAC-T ワークショップの開催、第 2 回アジア太平洋水サミット(The 2nd Asia Pacific Water Summit：APWS)における「水関連災害の課題」のサブテーマに係るテクニカル・セッションへの出展が、認知度の向上につながった。特に、タイ首相の臨席の下、

洪水対策への科学技術の貢献の可能性についての議論が行われたことで、IMPAC-T の貢献が政府関係者に認識されるようになった。RID 及び TMD の上層部の IMPAC-T 活動への参加も、認知度の向上に貢献した。さらに、タイ政府が開始した治水計画の検討において、本事業の専門家より洪水防止のためのダム貯水池操作を提案するなど、2011 年の洪水発生後の洪水対策の検討に貢献したことも認知度の向上につながった。

他方、本事業の終了時評価報告書によれば、本事業の研究成果等の普及や適用に向けた協力体制の合意、署名については、本来、「個人として参加しているメンバーが今後継続して研究に参加できる枠組みを提供すること」が想定されていたとされ、より多くのプロジェクト参加組織を含む協力体制が求められていたと考えられる。本事業に参加した研究機関が個別の目的で協力体制を結んだ事例は複数あったが、フラックス観測に係る共同研究と観測タワー建設に係る協力のために KU とパヤオ大学が覚書締結、KU と RID 間のデータ共有に関する協定等、覚書や部分的な協定の締結にとどまった。

3.2.1.2 プロジェクト目標達成度

本事業のプロジェクト目標である、「気候変動下の水関連リスクを軽減する適応策立案支援システムの開発」は、本事業で整備された RID 及び TMD の観測所やフラックス観測塔から転送される水文気象データの保存や処理、本事業で開発したモデルのダウンロード、本事業で収集したデータやモデルを用いたシミュレーションの実施、各研究チームの成果のアップロード等を可能とする、本事業での研究成果を総合的に取りまとめたオンラインの「統合情報システム」を指す。本事業で計画され

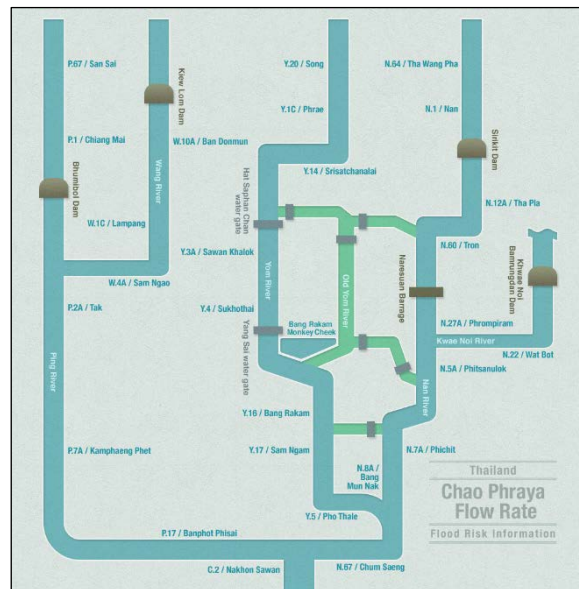


図 1 CCDC のウェブサイトで更新されているチャオプラヤ川流量データ

た成果である、①気候変動影響評価や観測体制の整備による水文気象観測能力の向上、②水循環・水資源モデルの開発、③水関連リスク評価手法の開発、④本事業で開発した手法・モデルの関係者による認知及び協力体制の合意、はおおむね計画どおりに達成されており、本事業で目指した、これらの成果を総合的にまとめたオンラインの水循環情報統合システムのソフトウェアが開発され、同システ

ムは KU 内の CCDC として完成し、水関連リスク軽減に資する情報や研究成果等がウェブ上で公開された。

表 1 プロジェクト目標の達成度

目標	指標	実績
プロジェクト目標 気候変動下の水関連リスクを軽減する適応策立案支援システムが開発される。	指標 同システムによる水関連リスク軽減に資する情報や提言がウェブ上に公開される。	達成。 本事業の研究成果を総合的にまとめたオンラインの水循環情報統合システムのソフトウェア開発は終了時評価時点までに完了。 2014 年 1 月に KU 内に水循環情報統合システムが CCDC として完成。同センターのウェブサイトで、一般向けにデータや研究成果等が公開されている。

以上より、プロジェクト目標は達成された。

3.2.2 インパクト

3.2.2.1 上位目標達成度

前述のとおり、本事業では PDM は作成され、上位目標も設定されたものの、達成度を検証するための指標は設定されなかった。したがって、本事後評価では、本事業の上位目標は、本事業の研究成果の社会実装に向けた取り組みが行われることを期待したものととらえ、上位目標は「期待されたインパクト」として試行的に検証を行うこととした。すなわち、本事業で構築されたシステム、研究成果の活用状況・活用方法、科学的根拠としての政策・プログラム等への反映を「社会実装に向けた取り組み」とみなし、参考として本事業の実施機関を含め、関係機関における社会実装に向けた取り組みの状況をもって、上位目標の達成状況として評価を試みた。

本事業において、社会実装に向けた取り組みの重要性が関係者に認識され、具体化に向けて動き出したのは、2011 年のチャオプラヤ川の洪水であった。チャオプラヤ川流域における洪水の予測・予見可能性については、本事業では、2011 年時点では水文気象データの解析や水循環モデルの開発に向けた活動の途上であり、洪水をタイムリーに予見することは困難であった。加えて、TMD や RID の職員であるカウンターパートは、洪水対策への対応で忙殺され、本事業の活動が停滞することとなった。しかしながら、これを契機に、水文気象データの解析能力の向上の重要性がタイ政府当局に認識されたことから、本事業の研究成果である H08 モデルや、水文気象データの解析結果、各種シミュレーション結果等が、関係政府機関の政策・施策立案に活用されるようになった。

事後評価時点で確認された、事業完了以降実施機関による社会実装に向けた取り組みは以下のとおり。

(1) KU

KU は、本事業で習得した衛星画像データの分析・活用技術・方法を利用した地理情報システム（Geographic Information System : GIS）マップのウェブサイト上での公開・アップデートを行い、政府機関に活用されている。また、現在実施中である SATREPS 案件 ADAP-T において、KU は実施機関の一つとして参加しており、本事業のカウンターパートであった研究者が ADAP-T の活動にも加わっている。ADAP-T の事業活動において、H08 などのモデルや研究成果を活用し、土地開発局（Land Development Department : LDD）、災害防止・軽減局（Department of Disaster Prevention and Mitigation : DDPM）、地下水資源局（Department of Groundwater Resources : DGR）と協働で土壌管理、災害対策、地下水開発等の政策立案への反映に向けた「共創（Co-Design）」を行っている。ADAP-T における「共創」の概念は、まさに社会実装に向けた取り組みであり、KU などの研究機関と政府機関の協働のもと、研究成果の活用が進められ、社会実装が図られている。

(2) RID

事後評価時点において、RID は本事業で整備したテレメトリ・システム⁹で収集されるデータの解析を継続し、本事業で開発した H08 モデル（チャオプラヤ川流域の水循環モデル）を活用して、洪水リスク管理を行っている。また、本事業のカウンターパートであった RID 職員は、H08 モデルを活用した農家向けの水利用の予測（作付けへの活用）モデルの研究を継続している。

(3) TMD

TMD は、本事業で移転された H08 モデルによる解析結果やデータ解析技術を活用した気象予測を TMD のウェブサイト上で公開し、各関係機関への情報提供を行っている。また、ONEP が策定中の気候変動対応計画（Climate Change Adaption Plan : CCAP）への情報提供を行っている。

本事業の実施機関以外の政府機関においても、本事業での研究成果が活用されていることが確認された。水資源局（Department of Water Resources）では、H08 モデルによる解析結果等を活用した干ばつ予測とその支援モデル、衛星画像を活用した干ばつ対策を行っている。また、上述の ADAP-T では、本事業で開発した H08 モデル等による降雨量等の科学的データの解析結果・予測・シミュレーションと地域の社会・経済データを統合し、地域ごとの適応策の検討に貢献している。具体的な例としては、洪水・干ばつに関する脆弱性マップを作成し、営農改善の検討を行う、などが挙げられる。

⁹ 対象から離れた地点から観測を行い、データを取得するシステム。観測対象地点に測定のためのセンサーや測定器・計測器及び測定データを電気信号などに変換して伝送するための送信機を置き、受信側に測定データを受信する受信機及びデータを蓄積、分析するためのシステムを設置する。

上述のとおり、上位目標の指標を「本事業で開発された水循環情報統合システム及び水文気象データの解析・シミュレーションモデルが科学的根拠に基づく長期的な政策の検討のためのツールとして活用される。」と仮定した場合、本事業の研究成果及び開発されたモデル等の活用による解析結果等が、複数の政府関連機関の政策・プログラムに参照されていることから、上位目標は達成されたと判断される。

表 2 上位目標の達成度

目標	指標	実績
上位目標 プロジェクトで開発されたシステムが気候変動下のリスクに対する意思決定や適応策策定を行うタイ当局に貢献する。	PDM 上では、指標は設定されなかったが、以下と想定して期待されたインパクトとして検証。 ・本事業で開発された水循環情報統合システム及び水文気象データの解析・シミュレーションモデルが科学的根拠に基づく長期的な政策の検討のためのツールとして活用される。	・ KU: 本事業で整備した KU の気候変動センターでは、水文気象データの収集・解析が継続して行われており、左記のとおり、IMPAC-T で整備したウェブサイトにより、データ提供が行われている。 ・ RID: 洪水対策に H08 モデルを活用されている。 ・ TMD: 水文気象データの解析に H08 モデルが活用されている。

3.2.2.2 本事業に関連する研究成果の活用

本事後評価では、社会実装への取組みと並んで、本事業の期待された正のインパクトとして、本事業に関連する研究成果の活用状況の検証を行った。事後評価時点で確認された、本事業に関連する研究成果の活用状況は以下のとおり。

(1) 水循環・水関連リスクに関する研究の継続状況、本事業での研究成果に基づく新たな研究への取組み、研究能力の向上等

KU では、本事業に参加した研究者の多くが本事業の後継案件である ADAP-T にも参加し、本事業の成果（データ、モデル）をベースにした研究を継続し、社会実装に向けた分析・解析に取り組んでいる。例としては、ADAP-T の事業活動として、気候変動対応の一環として、チャオプラヤ川上流域における洪水や干ばつなど水関連のリスク対策に向けたハザードマップの作成にあたり、H08 モデルを活用し、経済・社会活動、人口分布などのデータを組み合わせた分析を行っている。また、灌漑用水の管理を行う行政機関である RID においても、本事業のカウンターパートであった職員が、博士論文のテーマとして、H08 モデルの改良を行い、灌漑農業を行っている地域の社会・経済データを組み合わせることで、営農改善（水利用の可能性を予測し、最適な作付けを推奨する）を図るための解析を行っている。また、本事業に参加したチュラロンコン大学の講師（2 名）は、SiBUC を活用し、地下水、表流水の流出、水資源に関するデータの解析結果を灌漑用水管理に適用する研究を継続している。

(2) 本事業で構築されたシステム、研究成果による波及効果

若手研究者の育成という観点では、本事業で整備したフラックス観測塔で収集されたデータを活用した環境関連の研究が、ラチャブリ (KU)、ターク (NU)、パヤオ (PU) で継続されている。ラチャブリでは、KMUTT の学生が観測データを活用して博士論文を作成しており、本事業に参加した研究者がこれを指導している。なお、フラックス観測塔が設置されたナコンサワン (KMUTT) では、サトウキビ畑の中に設置されていたことから、地元農民が焼畑を行った際に焼失したが、KMUTT が自己予算で設置し、モニタリングを継続している。

この他、本事業に参加したカウンターパートの中にも、本事業に参加した日本人研究者の指導を受け、博士論文の作成を行っているケースがある。上述のとおり、本事業の RID のカウンターパートは、東京大学の博士課程に在籍し、H08 の改良モデルによる営農改善に関する博士論文に取り組んでいる。



写真 1 ラチャブリに設置された
フラックス観測塔

3.2.2.3 その他のインパクト

(1) 自然環境へのインパクト

本事業による自然環境への正負のインパクトは、確認されていない。

(2) 住民移転・用地取得

本事業による住民移転及び用地取得は発生していない。

(3) クラビ県における早期警報システムの構築

気候変動の影響と人間活動を考慮した水関連リスク評価手法の開発を目指した成果 3 の活動の一部として、土砂災害の発生頻度の高いクラビ県において土砂災害発生リスクを住民に周知するための早期警報システムの構築が行われた。これは、住民のニーズに沿ったシステム作りを行うためのパイロット的な活動として実施され、土砂災害発生の可能性の高い山の斜面に雨量を計測する機器を設置し、たまった雨水の量を短波ラジオ信号を使い、ふもとの村への警報として伝達するものであった。事業完了後も村人により維持管理されていたものの、事後評価時点においてはセンサーのバッテリーが切れてしまい、機能していなかった。

本事業の実施により計画どおり効果発現がみられ、有効性・インパクトは高い。水循環モデルや水文気象データの解析等、本事業の各成果は計画どおり達成され、そうした水文気象データの解析結果や研究成果を公開・提供する水循環統合システムは計画どおり完成し、プロジェクト目標は事業完了時点までに達成された。また、社会実装への道筋として、本事業の実施機関による本事業の研究成果や開発されたモデル、移転された解析技術等を活用した研究や水文気象データの解析等の活動が継続され、それらが、水資源管理や洪水・渇水対策、気候変動対策を検討、実施する政府機関の政策・プログラムの立案に科学的根拠として活用、反映されている。加えて、本事業の研究成果や整備された機材を活用して、博士論文の作成が行われるなど、若手研究者の育成が行われるといった波及効果も見られた。

3.3 効率性（レーティング：③）

3.3.1 投入

表 3 本事業への投入

投入要素	計画	実績(事業完了時)
(1) 専門家派遣	長期専門家 1 人(業務調整) 短期専門家 11 人(チーフアドバイザー、研究計画、水文気象観測、水文・人間活動モデリング、影響評価・リスク評価)	長期専門家 1 人(業務調整)、 短期専門家 16 人(チーフアドバイザー、研修企画/地球観測、気候変動を考慮した地球観測、人間活動を考慮した水循環・水利用モデルの構築、気候変動と人間活動を含めたインパクト・リスク評価)
(2) 研修員受入	50 名 (日本へのカウンターパート研修)	64 名 (本邦研修、東京大学、京都大学、東北大学他)
(3) 機材供与	水文気象データ統合システム関連(サーバー、大容量記憶装置、等) 準リアルタイム水文気象観測システム関連(通信機器、気象水文観測計器)、集中観測関連(超音波風速温度計、放射収支計、水質センサー、ウィンドプロファイラ)	気象観測センサー(雨量計、自動気象ステーション、土壌水分計等)、フラックス観測装置 4 サイト、フラックス観測塔建設(パヤオ大学構内)、テレメトリ用 GPRS モデム、スペクトロ・ラジオメーター、センサー設置工事費用、水循環情報統合システム用機材(システム用サーバー、KU サーバー用プロジェクト・システム、データサーバー、等)
(4) 在外事業強化費	記載なし	35 百万円 (フラックス観測装置等、供与された研究用機材用の消耗品購入費、研究アシスタント人件費、タイ国内旅費、等)
日本側の事業費合計	合計 450 百万円	合計 439 百万円
相手国の事業費合計	記載なし	KU:サーバー及びGPS購入費、サーバーの運営・維持管理費(年間 100 万バーツ)、サーバールーム工事費用(100 万バーツ)、通信費・電気代(年間 45 万バーツ)、供与機材の保管料・送料、論文投稿に係る費用、第 16 研究グループが使用する資機材購入費(2 万バーツ) RID:サーバーの通信費・維持管理費用、テレメトリ装置の運搬・設置・工事費用 TMD:サーバーの通信費・維持管理費用

出所：事前評価表、終了時評価調査報告書

3.3.1.1 投入要素

(1) 日本側

専門家派遣については、長期専門家は当初計画どおり 1 名が派遣されたが、短期専門家については計画値 11 名から実績値 16 名に増加したものの、派遣分野には変更はなかった。研修員受入れについても、計画値 50 名に対し実績値 64 名に増加したが、計画ではどのような研修に何名派遣するかについての詳細は明記されていない。JICA の本邦研修、東京大学、京都大学、東北大学、北海道大学、農業環境技術研究所において、本事業の成果を産出するための活動に必要な技術移転を行う目的で実施され、確実な成果の達成につながった。機材供与については、各成果の産出に必要な雨量計やフラックス観測装置、テレメトリ・システム等が整備されるとともに、プロジェクト目標である、「統合情報システム」の構築に必要なデータサーバー等も整備された。

(2) タイ側

タイ側では、実施機関である KU、RID、TMD の職員及び研究者を中心とし、KMUTT、ナレスワン大学、パヤオ大学及びチュラロンコン大学の研究者が、本事業のカウンターパートとして合計 51 名参加した。KU 内にプロジェクト事務所が設置され、必要な事務機器が提供された。この他、各実施機関は本事業の活動・成果の産出に必要なデータの提供を行った。また、各実施機関は、必要な機材の購入費を負担するとともに、本事業で整備した機材の設置等の費用、機材の活用に係る費用（維持管理費等）を負担した。

3.3.1.2 事業費

本事業の事業費は、計画値 450 百万円に対し、実績値 439 百万円であり、計画内に収まった（計画比：98%）。専門家派遣と研修員の受入れで実績値が計画値を上回っているが、計画段階での投入量は明記されていないため、計画値との比較が行えない。いずれの投入の増分も、アウトプットの達成のための研究分野をカバーするために必要な追加投入であり、かつ、協力金額は計画内に収まっていることから、効率的な研究成果の産出につながったと考えられる。

3.3.1.3 事業期間

本事業は 2009 年 5 月から 2014 年 3 月にかけて実施され、事業期間は 4 年 11 カ月と計画どおりであった（計画値：100%）。

以上より、本事業は、事業費は計画内に収まり、事業期間は計画どおりであったことから、効率性は高い。

3.4 持続性（レーティング：③）

3.4.1 発現した効果の持続に必要な政策制度

「国家気候変動マスタープラン（2015-2050）」において、4つのミッションのうちの一つとして、「気候変動への適応、低炭素開発に役立つ知識、データベースや技術を開発する。」が含まれ、また、6つの適応戦略の一つに水資源が含まれている。これにより、水循環や水文気象データの情報統合システムによる提供やモデルを使った解析といった研究活動の推進が図られている。ONEPが策定中の「気候変動対応計画（CCAP）」は、水文気象データの解析結果を活用して検討されており、本事業で開発されたモデル等を活用したデータのシミュレーション・解析結果の提供が本事業の実施機関に求められている。

こうした気候変動対策に係るタイ政府の政策により、本事業の効果の政策・制度面からの持続性は確保されている。

3.4.2 発現した効果の持続に必要な体制

本事業の効果に鑑み、効果の持続に必要な体制として、①本事業で構築した統合情報システムの運営・維持管理体制、②本事業の研究成果に関連する研究体制、③本事業の研究成果の活用に関する政府機関と研究者の連携体制、の3つの観点から検証を行った。

（1）本事業で構築した統合情報システムの運営・維持管理体制

統合情報システムとして、各観測地点からデータが伝送されるデータを蓄積、分析するための「統合情報システム」(サーバー)は、KU内のCCDCに設置されており、維持されている。また、CCDCのウェブサイトでは、事業完了移行もデータの更新が行われており、水文気象データの収集・解析作業を行う体制は維持されている。

（2）本事業の研究成果に関連する研究体制

本事業のカウンターパートであったKUの研究者、TMD及びRIDの職員の多くが、ADAP-Tにもカウンターパートとして参加しており、水文気象データや水循環に関連する研究・解析に関連する活動が継続されている。さらに、社会実装に向けた取組みを推進する体制が整備されつつある。KUとRIDは、水文気象に関連する研究協力について協定を結んでおり、また、TMDはNUとも研究協力に関する覚書（MOU）を締結している。



写真2 ADAP-Tの活動に
カウンターパートとして
参加しているRID職員

（３）政府機関と研究者の連携

上述のとおり、本事業の研究成果は、本事業に参加した KU と TMD、RID との連携体制を構築したにとどまらず、ONEP をはじめ、他の関連政府機関による本事業の研究成果やモデルを活用した解析結果に基づく科学的根拠の、水資源の利用、防災、洪水・干ばつ対策などの施策への反映が進められている。また、ADAP-T を通じて、地方レベルでの取組みを推進する体制が整備・強化されつつある。

3.4.3 発現した効果の持続に必要な技術

本事業の効果の持続に必要な技術について、①本事業の研究成果の活用に必要な技術・知識、②本事業の研究成果に関連する研究能力、③本事業の研究成果を政策に反映する科学リテラシー、の観点から検証を行った。

（１）本事業の研究成果の活用に必要な技術・知識

本事業に参加した KU、TMD 及び RID 等のカウンターパートは、「統合情報システム」や H08 や SiBUC といった本事業で開発されたモデル等を活用するのに必要な技術・知識を維持している。KU では、気候変動データセンターを維持管理し、「統合情報システム」に蓄積されたデータの解析・シミュレーション結果等を関係政府機関への提供を行っている。RID では、本事業で導入したテレメトリ・システムを活用したモニタリングを継続しており、灌漑用水管理における洪水・干ばつ対策を行っている。TMD では、H08 や本事業で移転された衛星画像データの活用に関する技術を気象予測等に適用し、TMD の通常業務の精度の向上につなげている。

（２）本事業の研究成果に関連する研究能力

本事業に参加した実施機関及び関係機関の本事業の研究成果に関連する研究能力は、維持・向上している。上述のとおり、本事業に参加した KU、KMUTT、ナレスワン大学及びパヤオ大学の研究者は、本事業で整備した機材を活用した研究活動を継続している。また、本事業で整備した機材を活用した研究を行い、博士論文の作成に取り組んでいる学生への指導を行うなど、若手研究者の育成も行っている。加えて、本事業に参加した RID のカウンターパートは、本事業完了後、本事業の研究成果を活用し、博士論文の執筆を行い、個人レベルでの研究能力も向上している。

（３）本事業の研究成果を政策に反映する科学リテラシー

上述のとおり、TMD、RID にとどまらず、ONEP をはじめとする気候変動対策関連の政府機関において、水資源開発、防災、農業向け洪水・渇水対策の検討の際に、科学的根拠として、本事業の研究成果やモデルを活用したデータのシミュレーション・解析の結果の活用が進められており、政府機関における科学リテラシーの向上が見られる。さらに、ADAP-T を通じて地方政府機関の科学リテラシーの向上が図

られつつある。

3.4.4 発現した効果の持続に必要な財務

本事業の効果の持続に必要な財務については、①本事業で整備した機材・設備の維持管理及び②本事業の研究成果に関連する活動、の観点から検証を行った。

(1) 本事業で整備した機材・設備の維持管理

本事業で整備された気候変動センター（特にデータサーバー）の運営維持管理については、必要な人件費と維持管理費（データサーバー室の冷房用の電気代、月 10 万バツ程度）は、設置された KU により確保されている。RID に供与されたテレメトリ・システム、サーバー及び PC は、事業完了後、RID の資産として登録され、維持管理費は RID の予算として計上され、確保されている。テレメトリ・システムが設置された 1 観測所当たりの年間予算は 1.2 万バツであり、本事業で設置された 20 カ所で合計 24 万バツとなっている。TMD に供与されたテレメトリ・システム（4 カ所に設置）は、事業完了後においても、TMD により活用されているものの、TMD の資産として登録はされておらず、維持管理費用は確保されていない。TMD では、維持管理費用の確保のため、供与された機材の登録の必要性は認識していたが、人事異動の際に新任の管理者に十分な引継ぎが行われず、登録手続きが行われていなかった。なお、事後評価時点では、登録手続きが開始されていることが確認された。PC 等については耐用年数を超えていることから、すでに使用されておらず、維持管理費は発生していない。フラックス観測塔 4 カ所は、1 カ所を除き維持・活用されており、移管された KU、KMUTT、パヤオ大学はいずれも維持管理費を確保している。焼失した観測塔についても、KMUTT は自己資金で再設置し、観測を継続している。

(2) 本事業の研究成果に関連する活動

本事業に参加した KU、RID 及び TMD のいずれにおいても、本事業の研究成果がそれぞれの業務に活用・適用されており、本事業に参加したカウンターパートの多くは本事業に関連する活動を継続しており、各機関は活動に係る人件費等の費用を確保している。また、研究成果の活用を含めた、社会実装への道筋への取組みとして、JICA の支援による ADAP-T が実施されており、ADAP-T の事業予算による、更なる研究への支援が行われている。

個人レベルでの研究能力の向上については、本事業の RID のカウンターパートによる博士課程での研究費の一部は、タイの研究機関である農業研究開発機構（Agricultural Research Development Agency : ARDA）の助成を受けている。

以上より、本事業の効果の持続性は、政策・制度面、体制面、技術面、財務面で問題は見られず、持続性は高い。

4. 結論及び教訓・提言

4.1 結論

本事業は、タイにおいて気候変動下における水文気象観測を行い、気候変動適応策の立案に資する研究の実施が求められる中、河川流量予測等に必要なシミュレーションモデルや技術の開発とその有用性の実証に基づき、治水・利水計画の立案から、洪水・干ばつ対策、洪水・土砂災害対策などの検討に、科学的根拠として幅広く利用可能な情報を提供するシステムの構築を行うことを目的としていた。本事業は、気象予測能力の向上や水資源に係る気候変動の影響評価のためのデータベースやモデルの開発等を掲げるタイの開発政策及び「環境管理体制支援」を重点分野とする日本の援助政策に合致しており、また、適切な水資源管理情報に基づく適応策の立案や政策判断というタイの開発ニーズにも合致しており、妥当性は高い。本事業では、事業完了時点までに、水文気象データ観測システムの整備、水循環モデル及び水関連リスク評価手法等の研究成果が達成され、水関連リスク軽減のための適応策立案を支援する水循環情報統合システムが、気候変動データセンターとして構築された。また、社会実装への取組みとして、本事業の実施機関による本事業の研究成果や開発されたモデル、移転された解析技術等を活用した研究や水文気象データの解析等の活動が継続され、それらが、水資源管理や洪水・渇水対策、気候変動対策を検討、実施する政府機関の政策・プログラムの立案に活用、反映されている。加えて、本事業の研究成果や整備された機材を活用して、博士論文の作成が行われるなど、若手研究者の育成が行われている。さらには、事業完了後においても、本事業に参加していた日本人研究者の指導の下、本事業に参加していたタイ側行政官が、より効果的な営農に向けたよりの確な水利用を検討するため、本事業で開発されたモデルの改良をテーマとした博士論文に取り組み、行政官の研究能力及び科学リテラシーの向上とともに、行政機関における科学的根拠に基づいた施策の立案という社会実装に向けた取組みが促進される、といった波及効果も見られ、本事業の有効性・インパクトは高い。本事業の事業費は計画内に収まり、事業期間は計画どおりであったことから、本事業の効率性は高い。本事業の実施機関である、KU、RID、TMD はいずれも研究体制及びモデルやデータ解析技術の活用体制を維持、強化しており、そうした活動に従事する人材の研究能力やデータ解析技術も維持されている。各実施機関は整備されたシステムや機材の維持管理費を確保し、また、研究活動や関連するデータ解析作業に必要な人員の確保に必要な予算は確保していることから、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 実施機関などへの提言

なし。

4.2.2 JICA への提言

なし。

4.3 教訓

社会実装への道筋の取組みに向けた関係機関の巻き込み

本事業では、研究機関である大学（KU）のみならず、研究成果としての水文気象データの解析結果や開発された水循環モデル等を通常業務に活用する政府機関（TMD、RID）を実施機関として巻き込んだことから、研究成果の活用の方向性を事業実施の中で検討することができ、さらに、気候変動対策を所管する政府機関（ONEP）や水循環に関連する水資源開発、防災、洪水・渇水対策（農業）といった分野に関連する政府機関に、科学的根拠に基づいたデータを提供し、政策・施策への反映を行う体制づくりに貢献した。さらに、本事業に引き続いて実施されている ADAP-T では、プロジェクト・デザインとして、社会実装への取組み（地方政府等との協働による研究成果を活用した施策の検討・立案）を意図した事業活動が組み入れられており、これは本事業の取組みでの効果を反映したものである。SATREPS のプロジェクト・デザインにおいては、社会実装への道筋を意識した取組みに向けて、事業で実施する研究内容、期待される研究成果の活用を想定し、事業の実施体制と事業完了後の研究成果の活用への体制づくりを、明確にすることが望ましい。かつ、案件計画段階から、支援を行う JICA がそうした取組みの重要性について日本側研究者と対象国側研究機関、関係機関等、関係者の理解を促し、調整を図ることが求められる。

以上

ツバル

2016 年度 外部事後評価報告書

技術協力プロジェクト (SATREPS¹)

「海面上昇に対するツバル国の生態工学的維持プロジェクト」

外部評価者：OPMAC 株式会社 小林 信行

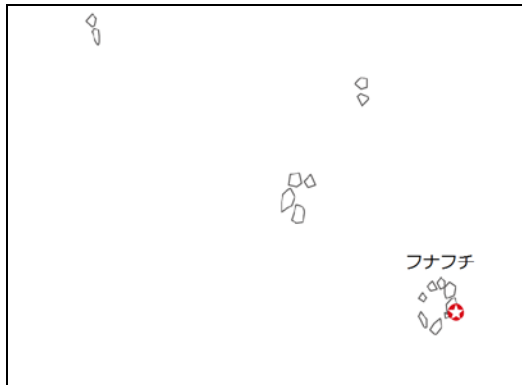
0. 要旨

本事業は、日本及びツバルの共同研究に基づく海岸保全策の立案を目指し、また、海岸地形及び珊瑚礁生態系の継続的モニタリングに向けた人材育成と体制整備を行い、研究を行った生態工学的な支援策がツバルの海岸保全策として採用されることを目的としていた。本事業は、島の自然な形成プロセスを考慮した海岸保全に活用できる研究成果の導出を進めており、本事業の研究内容はツバルの開発政策に合致している。しかし、本事業の立案した海岸保全策は護岸工事に比べて効果発現に時間を要するものであり、本事業単独では、ツバルにおける開発ニーズの喫緊さとは合致せず、妥当性は中程度であった。本事業は事業完了までに十分な研究成果を生み、海岸保全策の立案も行われた一方、実施機関における継続的なモニタリング体制の構築には至らなかった。事後評価時点では、海岸保全策の立案事項のうち、コーズウェイ開削がフナフチの地域開発計画に反映されたが、海岸保全策には位置づけられていない。実施機関による研究活動及びモニタリング活動はなく、近隣国における後続研究も確認されなかった。そのため、本事業の有効性・インパクトは中程度である。本事業は、事業期間については計画どおりであったが、事業費が計画を上回ったため、効率性は中程度である。事業費が計画値を超えた主な理由として、機材供与額の増加、専門家の現地派遣費用の増加、設計・施工管理を行う専門家の雇上に伴う費用発生が挙げられる。事後評価時点では、実施機関は本事業に関連する研究やモニタリングを所掌とはせず、後続研究の実施につながるような体制は整備されていない。また、事後評価時点では関連する研究やモニタリングに対して予算は配分されていない。体制面と財務面の課題を考慮すると、本事業によって発現した効果の持続性は低い。

以上より、本事業の評価は低いといえる。

¹ SATREPS とは、「地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム」(Science and Technology Research Partnership for Sustainable Development) を指す。

1. 事業の概要



事業位置図



フォンガファレ島 アラピ海岸

1.1 事業の背景

ツバルは低平な環礁により国土が形成されており、将来の海面上昇や異常気象によるサイクロン等により最も影響を受ける国の一つである。また、サンゴや有孔虫によって環礁が形成されていることから、近年進む人口増加により生態系への環境負荷が高まっていることも危惧されている。このような島の特徴から、本事業の事前評価時点（2009年）では、島の形成・維持メカニズムの理解に基づき、適切な海岸保全策を導入して、将来の海面上昇に備え、気候変動への適応を促進することが同国では求められていた。この背景のもと、本事業は、ツバル側との共同研究を通じて海岸浸食の原因を分析し、長期的な視点にたった海岸保全手法を開発し、それに基づく政策立案を目指した。本事業は長期的な視点にたち研究を行うものであるため、短期での効果発現を目的とする開発計画調査型技術協力（「エコシステム評価及び海岸防護・再生計画調査」、「沿岸災害対応のための礫養浜パイロットプロジェクト」）も同時並行で実施されており、長短の両面からツバルの気候変動への適応が支援された。

本事業は SATREPS の一案件として採択され、科学技術振興機構（JST）と国際協力機構（JICA）の連携のもと実施された。同プログラムは環境・エネルギー、防災及び感染症対策といったグローバルな開発課題への対処に向け、開発途上国と共同研究を実施し、途上国の能力向上を行うものである²。SATREPS 案件は、JST が設置する学識者の選考委員会が学術的な意義を評価し、案件採択を決定する。案件採択後も JST 及び学識者による SATREPS 案件への指導が継続的に実施された。

1.2 事業の概要

事前評価時点において SATREPS 案件にはプロジェクト・デザイン・マトリックス（Project Design Matrix : PDM）の作成が義務付けられておらず、本事業では PDM の

² JICA(2014)、「ツバル国 海面上昇に対するツバル国の生態工学的維持プロジェクト 終了時調査報告書」

「プロジェクトの要約」部分のみが詳細計画策定調査時に実施機関と合意された。さらには中間レビュー調査時に「プロジェクトの要約」が一部修正された上で、指標が設定され、実施機関と合意されている。本事後評価は中間レビュー調査時の「プロジェクトの要約」と指標に基づいて評価を実施した。

上位目標		人間活動と人工構造物の影響を組み込んだ沿岸域の砂の生産・運搬・堆積を促進する支援策がツバル国の海岸保全管理策として採用される。
プロジェクト目標		1. ツバルにおける人為影響及び地球温暖化影響を考慮した砂収支モデルが構築され、生態工学的な砂生産を促進する方策が立案される。 2. 海岸地形及び珊瑚礁生態系を継続的にモニタリングする体制が整備されるとともに人材が育成される。
成果	成果 1-1	ハビタット・砂収支地図が作成され、海岸の地域的特性と砂浜の生成過程が明らかになる。
	成果 1-2	人間活動と人工構造物及び海面上昇が沿岸域の砂の生産・運搬・堆積に与える影響が評価される。
	成果 1-3	砂の生産・運搬・堆積を促進する生態工学的技術が提案される。
	成果 2-1	共同研究に携わる研究スタッフ及び行政官の能力・技術が向上する。
	成果 2-2	島形成の成り立ちが理解されることで地域住民の沿岸環境・生態系保全に対する意識が高まる。
日本側の協力金額		266 百万円
事業期間		2009 年 4 月～2014 年 3 月
実施機関		天然資源環境省 環境局 ³
その他相手国協力機関など		南太平洋地球科学委員会（SOPAC）、南太平洋大学（USP）
我が国協力機関		東京大学、海洋プランニング株式会社、国土技術開発総合研究所、茨城大学、東京電機大学、琉球大学
関連事業		・ JICA「エコシステム評価及び海岸防護・再生計画調査」（2009 年～2011 年） ・ JICA「沿岸災害対応のための礫養浜パイロットプロジェクト」（2012 年～2017 年）

³ 事業完了時の実施機関は、外務・貿易・観光・環境・労務省 環境局、天然資源省 水産局及び同省 土地・測量局。

1.3 終了時評価の概要

1.3.1 終了時評価時のプロジェクト目標達成見込み

終了時評価時点においては、本事業はプロジェクト目標 1 を達成し、プロジェクト目標 2 も事業期間中に達成する可能性があると判断されていた。プロジェクト目標 2 に関しては、モニタリング計画（内規等を含む）の策定が未達成であったが、事業期間中に達成される見込みとなっていた。

1.3.2 終了時評価時の上位目標達成見込み（他のインパクト含む）

終了時評価では、上位目標の達成見込みについて明示的な言及はない。終了時評価時点では、生態工学的な手法が海岸保全策に採用されていない点に触れ、上位目標達成に向けた具体的な進捗が見られない点が指摘されていた。

1.3.3 終了時評価時の提言内容

終了時評価では 10 項目が提言されており、いずれも研究成果の普及、もしくは研究活動の継続に関連するものである。提言事項は以下のとおりである。

- ① 研究継続につながるモニタリング計画（内規等を含む）の作成
- ② ツバル政府によるモニタリング計画の承認
- ③ 研究成果を取りまとめ、政策提言を行った「最終報告書」の活用検討
- ④ 有孔虫増殖水槽及び関連施設の活用
- ⑤ 本事業で作成した資料を用いたコミュニティ・学校向けの環境保全に向けた意識啓発活動
- ⑥ 島の形成・維持メカニズムの理解に向けたプロジェクト成果の国内外への普及
- ⑦ 日本人側研究者とツバル側カウンターパートのモニタリング活動の協働継続
- ⑧ 研究活動の実施・継続に関する研究機関、援助機関、地域機関との連携
- ⑨ 海岸保全に関する生態工学的手法のテスト的实施
- ⑩ プロジェクトの成果に基づき意識啓発を行う政府職員の正式任命

2. 調査の概要

2.1 外部評価者

小林 信行（OPMAC 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：2016 年 9 月～2018 年 1 月

現地調査：2017 年 2 月 6 日～2 月 22 日、2017 年 4 月 24 日～5 月 5 日

3. 評価結果（レーティング：D⁴）

3.1 妥当性（レーティング：②⁵）

3.1.1 開発政策との整合性

事前評価時の国家開発計画「持続可能な開発に向けた国家戦略 2005-2015」（Te Kakeega II : National Strategy for Sustainable Development 2005-2015）において、同戦略の環境分野の目標には「気候変動に対する適応・緩和政策を確立すること」が含まれており、開発課題として「気候変動と海面上昇による悪影響、特にプラカ芋畑への海水侵入、海岸浸食、洪水」が認識されていた。ツバル政府は、気候変動への適応策として「気候変動に対する国家持続可能な開発のための適応プログラム」（National Adaptation Programme of Action : NAPA）を2007年に策定し、事前評価時には実施段階にあった。NAPAは海岸保全を含む主要分野の開発ニーズを抽出しており、海岸保全では沿岸部と居住地域における気候変動からの回復力強化が重視され、海岸浸食に対応するプロジェクトが提案されていた。

終了時評価時にはTe Kakeega II、NAPA共に継続されており、事業期間を通じて政策・施策レベルにおいて気候変動への適応が重視されている状況が維持された。事業期間中に、ツバル政府は「気候変動及び災害リスク管理のための国家戦略行動計画」（Tuvalu National Strategic Action Plan for Climate Change and Disaster Risk Management 2012-2016 : NSAP）を策定した。同計画は気候変動対策プログラムの一部に海岸保全と有孔虫砂に関するプロジェクトを組み込み、また島嶼の自然形成等を考慮した海岸保全活動を行う点にも言及していた。

事前評価時、事業完了時ともに開発政策では、気候変動への適応策の策定・実施が進められ、その一環として海岸保全が重視されていた。また、開発政策には海岸保全にあたり島の自然な形成プロセスを考慮すべき点も反映されていた。本事業は島の自然な形成プロセスを踏まえた上で、海岸保全に活用できる研究成果の導出を企図しており、本事業の研究内容は開発政策に合致している。

⁴ A：「非常に高い」、B：「高い」、C：「一部課題がある」、D：「低い」

⁵ ③：「高い」、②：「中程度」、①：「低い」

3.1.2 開発ニーズとの整合性

ツバルの国土はその大半が海拔 1～3m の低平な環礁から構成され、高潮時の後背地への超波や地下からの湧水⁶により住民に被害が生じていた。その背景には、複数の要因が存在していた。まず温暖化による海面上昇が挙げられ、事前評価時時点では、ツバルにおいては過去 20 年にわたって海面上昇が生じており、その傾向が継続すると考えられていた。IPCC⁷第 4 次評価報告書では、1980 年-1999 年の世界海面平均水位（実績値）と 2090 年-2099 年の世界海面平均水位（推定値）を比較し、最小で 0.18m～0.38m 上昇、最大推計で 0.26m～0.59m 上昇を予測していた。加えて、本事業が実施されたフォンガファレ島においては人為的影響も指摘されていた。前述のとおり、ツバルではサンゴや有孔虫によって環礁が形成されている。フォンガファレ島では人口増加により水質汚濁が進み、生態系が劣化した結果、自然のプロセスを通じた砂の生産が阻害されている可能性が危惧されていた。

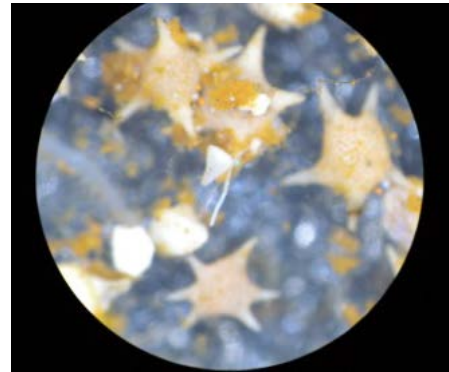


写真 1 有孔虫の顕微鏡写真

ツバルにおける開発ニーズは、国土が低平であるという地理的要因により高潮被害が生じやすい点から生じており、事前評価時から事業完了時までその要因に変化はない。2014 年 3 月に発生した低気圧通過に伴う高潮では、護岸の一部が損壊する被害が生じた。また、事業完了時においても海面上昇が長期的に継続する予想には変更はなかった。2014 年に策定された IPCC 第 5 次評価報告書では、第 4 次報告書の同様のシナリオと比較して 2100 年までの海面上昇が 20cm ほど上乗せされた⁸。フォンガファレ島への人口流入は継続し、2002 年から 2012 年にかけて、フナフチ⁹の人口は 4 割近い伸びを見せた（表 1 を参照）。その理由として、フナフチでは比較的就業機会があり、生活の利便性も高いことが挙げられる。人口増加を背景に水質の悪化が生じており、2010 年の水質検査では、フォンガファレ島のラグーン側の海水から日本の環境基準の 27 倍の大腸菌が検出された¹⁰。大量の大腸菌の検出は、生活排水の処理を通じた島周辺の水質改善の必要性を示唆している。

⁶ サンゴ礁の地下には海水が浸透しており、高潮は湧水を引き起こす一要因となる。

⁷ 国連気候変動に関する政府間パネル（Intergovernmental Panel on Climate Change：IPCC）

⁸ 国立環境研究所 地球環境研究センター（2015）、「IPCC 第 5 次評価報告書のポイントを読む」

⁹ フナフチは複数の島から構成されており、フォンガファレ島は最大の人口を有している。

¹⁰ 茅根創（2014）、『「海面上昇に対するツバル国の生態工学的維持」終了報告書』

表 1 ツバルの人口推移

	1991	2002	2012
フナフチ	3,839	4,492	6,194
その他	5,204	5,069	4,643
合計	9,043	9,561	10,837

出所：Tuvalu Central Statistics Division “2012 Population and Housing Census”

本事業は長期的な視野で海岸保全を目指し、自然の島嶼形成プロセスを利用した技術開発とそれに基づく海岸保全策の立案を目的としていた。本事業による研究は先進的な内容である上、ツバルには研究を本来業務とする機関がなく、ツバル側の関係者は研究の実践経験に乏しかったため、事前評価時点ではツバル側の関係者は研究成果の効果発現時期を明確に把握できていなかったと推察される。終了時評価でも、事業成果に関してのツバル側の誤解や計画の想定とは異なる期待があったとの事業関係者の意見が言及されている。事業実施段階において、研究成果が導出されるに伴い、ツバル側は本事業の提案する生態工学的手法による海岸保全が時間を要することを認識するようになった。ツバルにおいて海岸保全は喫緊の課題であることから、終了時評価において、研究活動は具体的な成果に直結する海岸保全事業に比べて優先度が低い点が、ツバル側により指摘された。

事前評価時、事業完了時ともに、高潮の被害低減に向け海岸保全のニーズがあり、本事業の目的はこの開発ニーズとおおむね合致する。しかしながら、本事業の立案した海岸保全策は一般的な海岸保全事業に比べて効果発現に時間を要するものであり、研究成果の効果発現時期につきツバル側関係者の認識が不十分なまま事業が開始された。その結果、事業実施中に長期的な視点による本事業の海岸保全策とツバル側の有する喫緊のニーズの不一致が明らかとなった。

3.1.3 日本の援助政策との整合性

2007年12月の日本・ツバル首脳会談において、ツバルのイエレミア首相(当時)が日本に対し気候変動分野における支援を要請し、福田首相(当時)のイニシアチブのもと本事業の形成が開始された。日本は、2008年にクールアースパートナーシップを提唱し、本事業も同パートナーシップの一環として実施された。同パートナーシップは、2008年より5年にわたり、途上国の排出削減への取組みに協力し、気候変動で深刻な被害を受ける途上国に対してその適応を支援するものであった¹¹。また、事前評価時の援助政策において、ツバルは気候変動に脆弱な島嶼国であり、同国の気候変動対策への支援が重視されていた。同国の重点協力分野には「持続可能な開発」が含まれ、気候変動対策は同分野における支援対象と位置けられた¹²。

¹¹ 外務省(2009)、「2008年版政府開発援助(O DA)白書 日本の国際協力」

¹² 外務省(2009)、「政府開発援助(O DA)国別データブック 2008」

事前評価時点において、途上国の気候変動への適応を支援する政府の構想があり、本事業はその取り組みの一部を成すものである。また、本事業はツバルにおいて海岸保全につながる研究を実施しており、プロジェクト目標はわが国の援助政策に合致している。

3.1.4 事業計画やアプローチの適切さ

事前評価時点で、日本側ではプロジェクト完了後の研究活動を行う要員確保の重要性は認識され、それを可能とする研究及びモニタリング予算の確保は、プロジェクト目標から上位目標に至る外部条件として理解されていた。この外部条件の達成を確実なものとするために、事業完了後の外部からの研究リソース獲得を念頭におき、第三国の研究機関を共同研究に関与させる方針が打ち出されていた。また、予算確保に先立って、モニタリング体制構築の必要性も認識されていた。研究機関のないツバルにおいて、SATREPS 案件を実施するには、共同研究の実施に加えて、将来の研究実施に道筋をつける体制構築を同時に進める必要があった。しかしながら、事前評価時には第三国の研究機関との正式な合意は結ばれず、外部条件の達成が不明確なまま事業が開始された。事前評価時にツバル側の研究機関がなく、事業効果の持続性が不透明な中、学術的意義と日本の援助政策との整合性が重視されて本事業は採択され、事業計画においても課題があったと考えられる。

事業実施には第三国の研究機関の研究者が関与したものの、この協力は研究者個人との関係に基づいており、事業完了までに研究機関との正式な合意は結ばれず、事業完了後に国外の研究機関がツバルで活動を継続し、ツバルの研究能力向上を継続的に支援する体制を構築するには至らなかった。

前述のとおり、本事業は生態工学分野の研究を実施したが、事業完了時点では研究活動の長期の視野とツバル側の喫緊のニーズが合致しない状況にあった。ツバル側は後続研究につながるモニタリング活動には強いインセンティブを有しておらず、外部からの研究リソース獲得にも消極的だった。そのため、本事業は海岸保全策の立案に利用できる研究成果を生み出す一方、事業完了までに実施機関における継続的なモニタリング体制の構築には至らなかった。その結果、事後評価時において、実施機関は後続研究につながる活動を行っていない。

事前評価時において、研究リソースが外部条件となることは認識されており、事業完了までにモニタリング体制を構築する必要性も理解されていた。しかしながら、本事業のアプローチがツバル側の開発ニーズと合致せず、継続的なモニタリング体制の構築が困難となり、第三国の研究機関との協力関係も構築できなかったため、当初計画に沿った事業実施が困難となった。

以上より、本事業の実施はツバルの開発ニーズと一部合致しない点があり、事業計画及びアプローチにも一部課題があったため、妥当性は中程度といえる。

3.2 有効性・インパクト¹³（レーティング：②）

3.2.1 有効性

3.2.1.1 成果

事業完了時点における本事業の成果（アウトプット）の達成状況は以下のとおりであった。成果 1-1、同 1-2、同 1-3 はプロジェクト目標 1 に、成果 1-2、同 2-2 はプロジェクト目標 2 に関するものである。

成果 1-1：ハビタット・砂収支地図が作成され、海岸の地域的特性と砂浜の生成過程が明らかになる。

成果 1-1 は達成された。フォンガファレ島及びテンガコ島周辺の有孔虫の生息域を示す地図が作成された。また、有孔虫による砂生産が推計され、沿岸漂砂量を予測するモデルが作成された。

成果 1-2：人間活動と人工構造物及び海面上昇が沿岸域の砂の生産・運搬・堆積に与える影響が評価される。

成果 1-2 は達成された。水質汚染による有孔虫生息域への影響評価、突堤やコーズウェイによる漂砂への影響評価、埋立て・護岸による堆積への影響評価に基づき、砂の生産・運搬・堆積に与える人為的な影響が把握された。

成果 1-3：砂の生産・運搬・堆積を促進する生態工学的技術が提案される。

成果 1-3 は達成された。本事業による研究結果として、有孔虫養殖技術、水質汚染対策技術、人工構造物対策、コーズウェイ開削等が海岸保全に寄与する生態工学的技術として提案された。

成果 2-1：共同研究に携わる研究スタッフ及び行政官の能力・技術が向上する。

成果 2-1 は部分的に達成された。水産局のカウンターパートが珊瑚生態系に関連するモニタリング能力、土地・測量局のカウンターパートが海岸地形変化のモニタリング能力をそれぞれ獲得した。ただし、事業計画で想定されていたアラピ海岸などの地形変化、サンゴ礁を中心とする沿岸生態系にかかる定期的なモニタリング結果の報告は行われていない。また、広報分野に関してはカウンターパートの配置がなされなかった。

¹³ 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。

成果 2-2：島形成の成り立ちが理解されることで地域住民の沿岸環境・生態系保全に対する意識が高まる。

成果 2-2 は部分的に達成された。カウンターパートや政府職員が住民説明会を設定し、研究成果を活用して事業期間中に地域住民への啓発活動が実施された。しかしながら、終了時評価では、啓発活動を契機とする住民の自発的な環境保全活動が見られない点が指摘されており、事後評価における関係者への聞き取り調査でも本事業で実施した啓発活動と住民の環境保全活動の関連性を確認することはできなかった¹⁴。

3.2.1.2 プロジェクト目標達成度

(1) プロジェクト目標 1 の目標達成度

本事業には 2 つのプロジェクト目標が設定されており、プロジェクト目標 1 として、生態工学的技術による海岸保全策の立案が想定されていた。プロジェクト目標 1 は達成されたと判断される。

事業完了までに本事業の専門家により「海面上昇に対するツバル国の生態工学的維持に係る最終報告書」（以下、「最終報告書」）が作成され、ツバル側に提出された。「最終報告書」では、砂の生産、運搬、堆積に関する人為影響を考慮した分析がなされ、本事業で開発した生態工学的技術に加えて、養浜や沿岸植林も含めた海岸保全策が提案された。「最終報告書」は単に海岸保全策を列挙するだけでなく、効果発現に必要と考えられる時間や科学的・技術的難易度に基づき個々の支援策の位置づけを明確にしており、政策としての検討がなされた。また、本事業実施中に JICA「エコシステム評価及び海岸防護・再生計画調査」対して、砂の堆積を阻害する可能性のある垂直護岸を行わず、礫養浜の実施が提言された。この提言は JICA「沿岸災害対応のための礫養浜パイロットプロジェクト」で採用された。

本事業で実施された研究により新たな生態工学的技術（有孔虫養殖技術、水質汚染対策技術等）が開発され、研究内容を踏まえた海岸保全に関する政策提案がなされており、プロジェクト目標 1 は達成されたと判断される。なお、プロジェクト目標 1 の各指標と事業完了時の達成度は、次表のとおりである。

¹⁴ 事後評価では、カウプレ（住民自治組織）の役職者、啓発活動を支援した教会、環境保護活動を行っている女性団体、ごみ処理局において関係者（合計 6 名）へのインタビューを行った。インタビューに際し、事業関係者より啓発活動に関与した団体を確認し、各団体で本事業の活動を認識している関係者を特定した。

表 2 プロジェクト目標 1 の達成度

目標	指標	実績
プロジェクト目標 1 ツバルにおける人為影響及び地球温暖化影響を考慮した砂収支モデルが構築され、生態工学的な砂生産を促進する方策が立案される。	指標(A) 沿岸生態系保全、人間活動の影響を組み込んだ砂の運搬・堆積促進支援モデルが開発される。	達成。本事業で開発した生態工学的技術（有孔虫養殖技術、コーズウェイ開削、人口構造物撤去、生活排水の処理技術）に養浜、沿岸植林も加えて、海岸保全策に関する提言を行っている。
	指標(B) 砂の生産・運搬・堆積を促進する生態工学技術を用いた設計事例が提案される。	達成。人口構造物対策（突堤の撤去、海中ボローピットの埋め立て、サンドバイパス）とコーズウェイ開削に関しては、初期費用、維持管理費用、留意点が検討された。本事業実施中に JICA「エコシステム評価及び海岸防護・再生計画調査」に対し、砂浜の再生を妨げない礫養浜が提言され、JICA「沿岸災害対応のための礫養浜パイロットプロジェクト」で採用された。

（２）プロジェクト目標 2 の目標達成度

本事業には、プロジェクト目標 2 として、海岸地形及び珊瑚礁生態系を継続的にモニタリングする体制構築とそれを支える人材育成が設定されていた。プロジェクト目標 2 は一部達成されたと判断される。

水産局、土地・測量局には研究に必要なモニタリング活動を実施する要員が配置され、本事業により研修が実施された。その結果、専門家がツバルに不在となる期間についてもデータが収集された。しかしながら、モニタリング活動は本事業の研究に関連するものに限定され、モニタリング活動は実施機関の通常業務に組み込まれなかった。終了時評価時点では事業期間内に想定された研究成果の導出に目途がついていたため、実施機関によるモニタリング活動は中止されていた。終了時評価では、今後の研究継続に向けた珊瑚礁生態系、アラピ海岸を中心とする海岸地形に関するモニタリング計画（内規等を含む）を策定することが提言されたが、事業完了時まで策定されず、モニタリング活動は再開されなかった。

本事業で行った研修によりカウンターパートは、モニタリングに必要な能力を獲得したものの、モニタリング活動を継続的に行う体制は構築されなかったため、プロジェクト目標 2 は一部達成されたと判断される。なお、プロジェクト目標 2 の各指標と事業完了時の達成度は、次表のとおりである。

表 3 プロジェクト目標 2 の達成度

目標	指標	実績
プロジェクト目標 2 海岸地形及び珊瑚礁生態系を継続的にモニタリングする体制が整備されるとともに人材が育成される。	指標 (A) モニタリングの実施体制(人員配置)について、関係部局の内規が整備される。	未達。終了時評価時に、水産局、土地・測量局がモニタリング計画(内規を含む)を策定し、それに基づき予算割り当てが検討される予定だったが、最終的には計画は策定されなかった。
	指標 (B) 各部局にモニタリングを実施する要員が配置される。	達成。プロジェクト実施中にモニタリングを実施し、研究に必要なデータ収集を行う要員が水産局、土地・測量局に各 3 名配置された。
	指標 (C) モニタリング結果が定期的に日本人専門家に報告される。	部分的に達成。研究実施中は珊瑚生態系や海岸地形変化のモニタリングがなされていたが、終了時評価時点ではモニタリングは中止されており、事業完了時までモニタリングは再開されなかった。

プロジェクト目標 1 に関しては、本事業は十分な研究成果を生み、それに基づく海岸保全策の立案も実施された。プロジェクト目標 2 に関しては、本事業はカウンターパートのモニタリング能力の育成には寄与したが、実施機関におけるモニタリング体制の構築には至らなかった。以上より、プロジェクト目標は一部達成されていない。

3.2.2 インパクト

3.2.2.1 上位目標達成度

中間レビュー(2011 年 8 月)にて、本事業の上位目標は、本事業が研究を行った生態工学的な支援策がツバルの海岸保全策に導入されることに修正された。事後評価時点では、上位目標は達成されていないと判断される。

事前評価時点の上位目標では砂浜の回復力の復活・強化となっていたが、生態系の回復力の強化には、事業完了後 3~5 年では難しかった。そのため、生態系の回復力強化に至るステップとして、研究成果がツバル政府の海岸保全策に反映されることが上位目標となった。上位目標は事業完了後 3~5 年での達成が期待されるため、この修正は適切と判断される。事業期間を通じて上位目標の指標は設定されなかったが、終了時評価では海岸保全分野における生態工学的な支援策に具体的な進捗があるかを評価判断の根



図 1 コーズウェイ位置図

拠としていた。

事後評価時点では、フナフチの地域開発計画である Funafuti Strategic Plan (2016-2020) に、本事業が提言したコースウェイ開削が言及されている。テンガコ島とフォンガファレ島の間は埋め立てられ、道路（コースウェイ）が建設されている。コースウェイを開削することで、海流により砂が大洋側からラグーン側に流入し、ラグーン側の砂浜が回復することが期待されている。コースウェイ開削は海岸保全への寄与が想定されるものの、上記地域開発計画においては、小規模漁業者の漁業資源アクセスへの改善（より具体的には、漁場への移動時間短縮、燃料費の節減など）を開削の事業目的としている。事後評価時点では、コースウェイ開削に関しては、設計、環境社会影響評価、事業費の確保といったプロジェクト具体化にむけた活動は実施されていない。

本事業の完了後、ツバル政府は養浜事業を行い、2016 年に完成した。但し、ツバル側の事業関係者、本事業の専門家、JICA「沿岸災害対応のための礫養浜パイロットプロジェクト」の専門家へのインタビューでは、同養浜事業の形成段階で本事業の研究成果を提供した、技術面でのアドバイスをを行った等は確認できず、本事業と同養浜事業の関連性を明確にすることはできなかった。緑の気候基金 (Green Climate Fund : GCF) が資金を提供し、UNDP が実施する Tuvalu Coastal Adaptation Project では養浜が検討段階にある。

なお、上位目標の指標と事後評価時の達成度は、次表のとおりである。

表 4 上位目標の達成度

目標	指標	実績
上位目標 人間活動と人口構造物の影響を組み込んだ沿岸域の砂の生産・運搬・堆積を促進する支援策がツバル国の海岸保全管理策として採用される。	事業期間中に指標は設定されなかった。	インパクトの発現は限定的。ツバル政府の海岸保全策に本事業の提言がどれだけ組み入れられたかを判断の根拠とした場合、事後評価時点では「最終報告書」で提案したコースウェイ開削が開発計画に取り入れられている。ただし、コースウェイ開削は、海岸保全策ではなく、小規模漁民の支援策として言及されている。

3.2.2.2 研究及びモニタリングの継続

上位目標に至る一つの経路として、ツバル政府による研究及びモニタリングの継続が挙げられる。研究やモニタリングを通じた研究成果やデータの蓄積は、将来的な海岸保全分野における政策立案につながる上、支援や研究に必要な情報源ともなるため、援助機関や研究機関の関心にもつながる。

事後評価時点において、実施機関のうち研究を所掌とする局は水産局のみで、同局も水産資源保護の観点から研究やそれに伴うデータ収集を実施するが、海岸保全や自然環境保全（有孔虫生息域の保護等）を目的とした研究は実施していない。水産局では、有孔虫養殖実験施設は運営費用が高額であるため、事業

完了に伴い運転を止めている。事後評価時点においても、実施機関より研究継続に向けたモニタリング計画は策定されず、研究継続に向けたモニタリング体制は整備されていない。

もう一つの上位目標に至る経路として、本事業の専門家や他研究者によるツバルや近隣島嶼国での後続研究が挙げられる。自然条件や社会的条件の類似する近隣島嶼国での研究成果はツバルの海岸保全策に導入できる可能性がある。

事後評価時の専門家への聞き取り調査では、本事業の専門家が日本においてサンゴ礁での有孔虫養殖といった後続研究を行っているが、ツバルや近隣島嶼国での後続研究の実施は確認されなかった。また、事業関係者や援助機関¹⁵への聞き取り調査でも、本事業の研究成果の発展を目的とした、ツバルや近隣島嶼国における研究活動は確認されなかった。

本事業で提言した生態工学的な支援策のうち、コースウェイ開削は地域開発計画に取り入れられたが、海岸保全策として位置づけられていない。実施機関により研究活動及びモニタリング活動は再開されず、近隣国における後続研究は確認されなかった。以上より、上位目標は達成されていない。

3.2.2.3 その他のインパクト

(1) 自然環境へのインパクト

終了時評価では、自然環境に対する負のインパクトは指摘されていない。本事業により有孔虫増殖水槽設備が建設されたが、2015年のサイクロンにより建屋が損壊したため、事後評価時点では建屋は撤去され、水槽等は他の供与機材と共に既存の政府施設内に保管されている。事後評価時点では、他の供与機材は既存の政府施設内に設置されている。そのため、本事業による自然環境への負の影響は極めて軽微と判断される。

(2) 住民移転・用地取得

本事業により有孔虫増殖水槽設備が建設されたが、ツバル政府の保有する土地に同設備が設置されたため、住民移転や用地取得は発生していない。

(3) 特許取得

本事業の研究成果に基づき、事後評価時までには2件の特許が取得された。東京大学と海洋プランニング株式会社が出願者となり、日本において有孔虫養殖技術の特許が取得された。同特許では、本事業の専門家とツバル側のカウンターパートが共同発明者となっており、カウンターパートはツバル初の特許発明

¹⁵ 太平洋共同体（SPC）、南太平洋地域環境計画（SPREP）、国連開発計画（UNDP）の職員（4名）に対して聞き取り調査を行った。

者となった。また、茨城大学が出願者となり、海水を利用した下排水処理方法についても日本において特許が認められている。

（４）環境啓発活動への寄与

環境教育を目的として、本事業の研究成果を踏まえて絵本が作成され、事業完了後に現地で配布された。絵本はツバル語で書かれ、島がサンゴや有孔虫で構成されており、その生息環境の保護が重要であるとの内容になっている。学校関係者への聞き取り調査では、事後評価ではこの絵本はフナフチの学校で教室に設置されており、関心のある児童が読めるようになっている。

JICA「沿岸災害対応のための礫養浜パイロットプロジェクト」では、本事業の研究成果内容（島が有孔虫でできており、沿岸の有孔虫生息域の保護が海岸保全に寄与する）に基づき啓発活動を実施してきた。事後評価時点では、同プロジェクトが造成した礫浜では定期的に住民による清掃活動が実施されている。

カウンターパートへの聞き取り調査では、水産局が水産資源保護地域を設定する際に、有孔虫ハビタットマップが住民向け説明に利用される参考資料として活用されている。

（５）業務への能力活用

本事業のカウンターパートは本事業で獲得した能力を日常業務に活用している。水産局のカウンターパートは本事業を通じてリサーチダイバーとしての能力を高め、事後評価時点ではシガテラ毒研究のためのサンプル収集を実施している。また、土地・測量局のカウンターパートは本事業を通じて最新の測量機器の利用に習熟し、事後評価時点では外部環礁の測量を実施している。

本事業の実施により一定の効果発現がみられ、有効性・インパクトは中程度である。プロジェクト目標については、本事業の研究活動により海岸保全策が提言された一方、実施機関におけるモニタリング体制の構築には至らなかった。上位目標の達成状況については、コーズウェイ開削が地域開発計画に反映されたが、海岸保全策の位置づけではない。実施機関の研究活動及びモニタリング活動はなく、近隣国における後続研究も確認されなかった。

3.3 効率性（レーティング：②）

3.3.1 投入

表 5 本事業への投入

投入要素	計画	実績(事業完了時)
(1) 専門家派遣	長期 1 名(業務調整、人月は記載なし) 短期 5 名(研究総括/海洋生態、リモートセンシング、海岸工学、海岸浸食効果、海洋地質、人月は記載なし)	長期 3 名(業務調整、60 人月) 短期 17 名(地形・生態 7 名、リモートセンシング 2 名、海洋工学 4 名、有孔虫 1 名、38 人月)
(2) 研修員受入	研修員受入人数は記載なし	3 名
(3) 機材供与	超音波流速計、水質分析機器、測量機器、生態調査観測機器等	有孔虫増殖水槽設備、超音波流速計、水質分析機器、測量機器等
(4) 在外事業強化費	10 百万円	15 百万円
日本側の事業費 合計	合計 160 百万円	合計 266 百万円
相手国の事業費 合計	記載なし	合計 1 百万円 (推計値、プロジェクト運営管理費)

出所：内部資料、終了時評価調査報告書

3.3.1.1 投入要素

日本側の投入に関しては、長期専門家が実績では 3 名となったものの、引継ぎ期間を除き現地に 1 名が常駐する体制であり、おおむね当初計画に沿った配置となった。短期専門家数は増加しており、その主な理由としては、①有孔虫増殖水槽施設を日本に加えて、ツバルでも運転することになり、施設を設計する海洋生態分野の短期専門家が増員された、②水質改善に係る研究を加えたことにより海洋工学分野の短期専門家が増員された、の 2 点が挙げられる。また、派遣された専門家のうち 1 名は外国人研究者で、カウンターパートに対する有孔虫養殖の指導を担当した。派遣された専門家の専門性に関しては、実施機関は研究内容と合致していたとの意見だった。有孔虫増殖実験が事業スコープに追加されたため、機材供与には有孔虫増殖水槽設備が加えられた。事前評価時点では、小さな水槽での有孔虫増殖実験が想定されていた。しかしながら、開発された養殖技術を実際に利用する際には大規模に導入される必要があり、その条件に近い環境での増殖実験を行うために、増殖水槽設備が建設された。

ツバル側の投入に関しては、事業期間中にカウンターパートとして 10 名が配置された。また、ツバル側は機材の一部（流し台、エアコン）、プロジェクト事務所、光熱費、プロジェクト運営管理費の一部（機材運搬費用、調査用ボート費用等）を提供した。ただし、有孔虫増殖水槽の電気代は実施機関には高額であり、その支払いが困難なため、日本側が負担した。

3.3.1.2 事業費

本事業の事業費は計画値 160 百万円に対し実績値 266 百万円となり、計画を大幅に上回った（計画比：166%）。事業費が増加した主な理由としては、①機

材供与額が計画を大幅に超えたこと（計画値：30 百万円、実績値：80 百万円）、②専門家の現地派遣に関連する費用が多額となったこと（契約ベースで約 63 百万円）、③業務支援要員経費（契約ベースで約 39 百万円）が発生したこと、の 3 点が挙げられる。機材供与額の増加は、前述のとおり大規模な有孔虫増殖水槽設備の建設が事業スコープに含められた上、それ以外の各種機材についてもその金額が増加した。専門家の現地派遣費用の増加は、短期専門家数の増加によりツバルへの渡航回数が増加したことに起因している。短期専門家の現地渡航回数は合計 90 回となった。業務支援要員経費は、有孔虫増殖水槽設備建設の設計・施工管理を行う専門家の雇上に関連する支出である。

3.3.1.3 事業期間

本事業は 2009 年 4 月から 2014 年 3 月にかけて実施され、事業期間は計画どおりであった（計画比：100%）。事業期間当初に供与機材の電圧の違いから変圧器が必要となり、一部機材の利用開始が遅れる等の軽微な問題が生じたが、深刻な活動の遅れにはつながらなかった。

以上より、本事業は、事業期間については計画どおりであったものの、事業費が計画を上回ったため、効率性は中程度である。

3.4 持続性（レーティング：①）

3.4.1 発現した効果の持続に必要な政策制度

政策制度面においては、本事業で提言を行った生態工学的手法による海岸保全策を導入し、関連研究を継続できる政策が維持されていることが重要である。

事後評価時における国家開発計画は、Te Kakeega III（2016-2020）である。Te Kakeega III では、開発課題 12 分野につき目標を設定しており、気候変動はツバルにおける深刻な影響を踏まえ、筆頭の開発課題と位置付けられている。気候変動の影響からツバルを守ることを目的として、気候変動への強靱性（レジリエンス）を高めるべく、各種施策の必要性が認識されている。環境分野では、人為的活動が自然に形成された海岸線に悪影響を与えているとの認識があり、建設活動の制限、砂・石の持ち去りの禁止、沿岸植生の保全や植林等といった自然のプロセスを妨げない海岸保全策を打ち出している。

NAPA は事後評価時においても継続中である。事後評価時において、同プログラムの実施は 3 フェーズに分割されており、フェーズ 2(NAPA2)が実施中である。前述のとおり、NAPA の重点分野として海岸保全が含まれるが、NAPA2 の主たる事業は防災と沿岸漁業に関するものである。そのため、本事業が提言した海岸保全策を導入する事業は、事後評価時点では実施されていない。なお、NSAP の後続計画は、事後評価時点では策定中であった。

ツバルは COP21 で成立したパリ協定（2015 年 12 月）を批准し、締約国として同協定に基づく適応計画の策定と行動（7 条 9 項）を求められている。また、同協定は、効果的な気候変動に向けた行動には、締約国のうち開発途上国、特に島嶼国の能力向上が必要な点についても言及している（11 条 1 項）。

国家開発計画の内容を考慮すると、事業効果の持続に寄与する政策面での条件が確保されている。

3.4.2 発現した効果の持続に必要な体制

体制面においては、本事業の後続研究の実施につながる研究体制やモニタリング体制が整備されていることが重要である。

事前評価時において、ツバルでは科学研究を行う研究機関が存在しないため、天然資源環境省の環境局を中心とする実施体制が構築された。また、ツバル国内で十分な研究リソースが確保できないことから、SOPAC や USP の研究者も本事業に参加する予定となっていた。この協力関係は将来の研究リソース確保も念頭においたものであった。研究内容から環境局、水産局、土地・測量局が本事業の実施機関となったが、事業実施中に環境局は外務・貿易・観光・環境・労務省の部局となる一方、水産局、土地・測量局は天然資源省の所属となった。

事後評価時においても、環境局は外務・貿易・観光・環境・労務省傘下の部局であり、水産局、土地・測量局は天然資源省の傘下にある。実施機関の所掌や人員面から、本事業の後続研究につながる体制は構築されていない。各実施機関の研究体制やモニタリング体制は次表のとおりである。

表 6 各実施機関の研究体制及びモニタリング体制

実施機関	現況
環境局	研究を所掌とはしないため、業務として継続的に研究を行う体制になっていない。また、環境局は継続的な環境データ収集を行っておらず、本事業の研究に関連するモニタリングは実施していない。事後評価時点において、同局の職員数は 1 名であり、研究及びモニタリングには、人員は配置されていない。
水産局	水産資源保護の観点から研究（水産資源の現況把握、シガテラ毒研究等）を行うが、海岸保全や自然環境保全を目的とする研究は行わない。水産局はモニタリングを所掌とするが、研究と同様に水産資源保護がその目的である。従って、本事業の後続研究につながる研究やモニタリングは、水産局では実施されていない。沿岸漁業関連では 4 名が研究とモニタリングを担当している。
土地・測量局	研究を所掌とはしないため、業務として継続的に研究を行う体制になっていない。測量は土地・測量局の主要業務であり、ツバルの地形データを継続的に収集している。事後評価時点では、同局では測量に 2 名が配置されているが、データ収集は本事業による研究継続とは関連しない。

出所：実施機関の質問票回答、事業関係者への聞き取り調査

表 7 事業完了後の実施機関職員数の推移

単位：人

	2014	2015	2016
環境局	3	1	1
研究	0	0	0
モニタリング	0	0	0
水産局	データなし	43	43
研究*	4	4	4
モニタリング*	4	4	4
土地測量局	6	8	8
研究	0	0	0
モニタリング**	2	2	2

出所：実施機関の質問票回答

注 1：*研究とモニタリングは同じ職員が担当する。

注 2：**測量・地図作成を担当する職員数

事前評価時に参加が想定されていた SOPAC と USP の研究者は本事業の研究に参加しなかったが、外国人研究者（事業開始時点 SOPAC 所属、その後 USP に移籍）が本事業の専門家となった。ただし、この協力関係は研究者との個人的なつながりに基づくものであり、事業完了後に外国の研究機関が同国で研究を継続し、ツバルの研究能力向上を支援する体制の構築には至らなかった。

ツバルにおいて、後続研究の実施につながるような研究体制やモニタリング体制は整備されておらず、体制面に関しては課題があると考えられる。

3.4.3 発現した効果の持続に必要な技術

技術面においては、後続研究の実施に向けて、カウンターパートが研修や実務を通じて研究能力やモニタリング能力を維持し、供与機材を利用できることが重要である。

事業実施中にカウンターパートによる研究データの収集が行われており、モニタリングに必要な能力は事業期間中に獲得された。事後評価時点では本事業に関連する研究やモニタリングは実施されていないが、カウンターパートは日常業務を通じてモニタリングにも必要となる能力を利用している。現地調査では、本事業が供与した各種機材の実査を行った。終了時評価時に作成された供与機材リストに基づく、ツバル側に供与された 111 品目のうち、水産局向けが 98 点、土地・測量局向けが 13 点となっている。

本事業に関連する研究やモニタリングは実施されていないが、各実施機関における日常業務に関連する供与機材の使用状況からは、事後評価時点では事業実施中に獲得されたモニタリングに必要な能力はある程度まで維持されていると推察される。

水産局では、本事業で実施した研究関連のモニタリングは実施されていないが、他研究に伴うサンプル収集のため、スキューバ用器材、顕微鏡が利用されている。水産局職員より、水質検査機材に関しては、研修で利用した機材と異なるため、利用することが難しいとの意見があった。水産局ラボに設置された機材に関しては、供与機材の品目数が多く、またラボ内が整理されていなかったため、機材供与リストと突合して全品目を網羅する確認作業ができなかったが、高額機材（50 万円以上）はおおむね揃っていることを確認した。



写真 2 水産局ラボの顕微鏡

土地・測量局では、GPS、トータルステーション¹⁶、測量用機材（測量ポール、三脚等）が測量業務に活用されている。事業完了後、GPS に関してはバッテリーの入手が困難で使えない時期があった。償却期間が短い機材（ウェブカメラ等）は損耗により廃棄されていたが、それ以外の機材は確認できた。

事後評価時点における各実施機関の研修活動のうち、本事業の効果継続に寄与する可能性のある活動の実施状況は次表のとおりである。

表 8 各実施機関の研修実施状況

実施機関	現況
環境局	援助機関により、海洋空間管理(自然保護区の設定等)の研修が実施されている。
水産局	沿岸漁業関連では、潜水センサス ¹⁷ の研修が実施されている。また、OJT を通じて水産局内部ではサンプル収集・分析手法に関する知識が共有されている。
土地・測量局	OJT による機材利用に習熟が主な研修となる。援助機関による研修(GIS ソフトウェアの利用等)も実施されている。

出所：実施機関の質問票回答、事業関係者への聞き取り調査

事後評価時において本事業に関連する研究やモニタリングは実施されていないが、水産局の研究業務や土地・測量局の測量業務に関連して、カウンターパートがデータ収集を行っていることを勘案すれば、事後評価時点でもモニタリングに必要な能力が保持されており、技術面の持続性はある程度確保されていると判断される。

¹⁶ 距離、角度等を同時に計測できる測量機

¹⁷ 目視により海中の生物種数を確認し、生物相の調査を行う手法。

3.4.4 発現した効果の持続に必要な財務

財務面においては、研究やモニタリングに予算が供与され、後続研究に関連する活動が継続されることが重要である。

事業完了後の実施機関の一般予算は、次表のとおりである。環境局の一般予算は減少傾向であるが、この減少は環境局の機能の一部が気候変動災害管理局に移管されたことに起因している。水産局については、本事業に直接関連する沿岸漁業部門の一般予算は横ばいとなっている。土地・測量局全体の一般予算は増加傾向にあり、測量・地図作成に係る予算は2016年度に大きく増加した。

表 9 事業完了後の各実施機関の一般予算

単位：オーストラリアドル

	2014	2015	2016
環境局	154,696	146,927	81,163
水産局	711,028	711,916	749,704
うち沿岸漁業	136,480	130,638	135,414
土地・測量局	202,868	210,532	291,797
うち測量・地図作成	60,329	50,300	78,278

出所：Government of Tuvalu (Minister for Finance and Economic Development)

一般予算配分から実施機関の財務状況は安定していると推察されるが、本事業に関連する研究やモニタリングは実施されておらず、後続研究につながる活動には予算配分がない状況にある。終了時評価の時点では、水産局、土地・測量局がモニタリングに必要な計画を計画・予算局に提出し、予算配分が検討される予定となっていた。しかし、事後評価時点までこの計画は提出されず、本事業の研究に関連するモニタリングには予算が配分されていない。

終了時評価時点では、有孔虫増殖水槽設備の有効活用に向け、事業完了後の利用が検討されていた。しかし、事業完了後、実施機関が水槽の運転費用（主として電気代）を負担できないため、運転が停止された。サイクロンにより施設が損壊したため、事後評価時点では、有孔虫増殖水槽設備は撤去され、水槽及び備品は倉庫やコンテナで保管されている。有孔虫増殖水槽設備の跡地には、ニュージーランドの支援により新しい建物が建設中である。

本事業に関連する研究やモニタリングが実施されておらず、予算も配布されていないため、財務面に関しては課題があると考えられる。

以上より、本事業は、体制及び財務に重大な問題があり、本事業によって発現した効果の持続性は低い。

4. 結論及び教訓・提言

4.1 結論

本事業は、日本及びツバルの共同研究に基づく海岸保全策の立案を目指し、また、海岸地形及び珊瑚礁生態系の継続的モニタリングに向けた人材育成と体制整備を行い、研究を行った生態工学的な支援策がツバルの海岸保全策として採用されることを目的としていた。本事業は、島の自然な形成プロセスを考慮した海岸保全に活用できる研究成果の導出を進めており、本事業の研究内容はツバルの開発政策に合致している。しかし、本事業の立案した海岸保全策は護岸工事に比べて効果発現に時間を要するものであり、本事業単独ではツバルにおける開発ニーズの喫緊さとは合致せず、妥当性は中程度であった。本事業は事業完了までに十分な研究成果を生み、海岸保全策の立案も行われた一方、実施機関における継続的なモニタリング体制の構築には至らなかった。事後評価時点では、海岸保全策の立案事項のうち、コースウェイ開削がフナフチの地域開発計画に反映されたが、海岸保全策には位置づけられていない。実施機関による研究活動及びモニタリング活動はなく、近隣国における後続研究も確認されなかった。そのため、本事業の有効性・インパクトは中程度である。本事業は、事業期間については計画どおりであったが、事業費が計画を上回ったため、効率性は中程度である。事業費が計画値を超えた主な理由として、機材供与額の増加、専門家の現地派遣費用の増加、設計・施工管理を行う専門家の雇上に伴う費用発生が挙げられる。事後評価時点では、実施機関は本事業に関連する研究やモニタリングを所掌とはせず、後続研究の実施につながるような体制は整備されていない。また、事後評価時点では関連する研究やモニタリングに対して予算は配分されていない。体制面と財務面の課題を考慮すると、本事業によって発現した効果の持続性は低い。

以上より、本事業の評価は低いといえる。

4.2 提言

4.2.1 実施機関などへの提言

事業期間中に供与機材は有効に活用され、事業期間内に学術的に一定の成果を得た。しかしながら、事後評価時点において、本事業が実施した研究に関連する活動が困難な状況となっており、水産局ラボに供与された機材のほとんどが利用されていない。ツバル側が関連する研究を再開し、それに基づく新たな海岸保全策の導出は困難であるが、供与機材には状態が良く、使用可能なものが残されている。2017 年中の水産局の新ラボ完成にあわせ、本事業による供与機材個々の有効活用の可否を検討し、検討結果を JICA に報告の上、2018 年度以降の活動に反映することが望ましい。

4.2.2 JICA への提言

前述のとおり、事後評価時点において、水産局ラボに供与された機材のほとんどが利用されていない。水産局による供与機材個々の利用可否に向けた検討について情報収集を継続し、可能な場合には、水産局に対して機材利用につきアドバイスを提供することが望ましい。

4.3 教訓

SATREPS スキームのカウンターパートとなる研究機関の選定

本事業は共同研究である一方、研究を所掌としない政府機関を共同研究先とする事業実施体制であった。そのため、本事業は研究継続に必要な継続的なモニタリング体制の構築をプロジェクト目標に含めたが、カウンターパートのモニタリング能力向上にはつながったものの、実施機関における継続的なモニタリング制度の確立には至らなかった。本事業においては、継続的なモニタリング体制の構築と共同研究を同時に実施することには困難が伴った。JST の選定委員会においてもカウンターパート機関の研究能力水準やその所掌の把握は研究継続の観点から採択時の審査において考慮されるべき項目と思料される。SATREPS 案件では、事前評価時に適切な水準の研究能力を有するカウンターパート機関を選定し、その所掌が研究継続と齟齬がない点を確認した上で、共同研究を通じ必要なモニタリング能力を強化することが望ましい。

島嶼国での研究リソース確保

本事業では、日本側は事業完了後の研究リソース確保を事業開始時点から課題と認識していたが、事業完了までにこの課題への対応の道筋をつけることができなかった。事前評価時点では将来的な外部からの研究リソース確保を念頭におき、第三国の研究機関を共同研究に関与させる方針であったが、研究機関の組織的な関与に至らなかった。研究リソースが乏しい島嶼国では、事前評価段階にて第三国の研究機関の参加を詳細に検討し、実施機関とも協議の上、具体的かつ実施可能な事業実施計画に盛り込み、事業期間中に進捗状況のフォローアップを行い、研究リソースの強化をより確実にすることが望ましい。

以上