

地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム (SATREPS)

研究課題別中間評価報告書

1. 研究課題名

沿岸でのレジリエント社会構築のための新しい持続性システム (2022 年 9 月～2027 年 8 月)

2. 研究代表者

2. 1. 日本側研究代表者：森 信人

(京都大学 防災研究所 教授)

2. 2. 相手国側研究代表者：ムハンマド ファリド

(バンドン工科大学 沿岸海洋開発センター長)

3. 研究概要

本プロジェクトは、インドネシアにおける沿岸域の海岸保全のために、波浪や海浜変形のモニタリングおよびハザード評価を実施するとともに、グリーンインフラを用いた減災機能の評価を行うもので、防災・環境・経済のバランスのとれた対策を実現しようとする。

研究対象地域は、メインサイトとしてインドネシアのバリおよびアンボン、サブサイトとして新たに首都機能移転が計画・実行されている東カリマンタンである。

本プロジェクトでは、以下の4つのテーマを設定し、相互に連携して研究に取り組む。

研究題目 1：波浪・海浜変形のモニタリングによるリアルタイム・長期沿岸観測網の開発

研究題目 2：複合災害に対するハザード・リスク評価手法

研究題目 3：グリーンインフラストラクチャー評価のための持続的研究プラットフォームの開発

研究題目 4：エビデンスに基づいたレジリエントな沿岸社会形成のための地域共生プラットフォームの構築

4. 評価結果

総合評価：A

(所期の計画と同等の取組みが行われ、成果が期待できる)

プロジェクト開始時は COVID-19 の影響で渡航が制限され遅れが生じたが、その後遅れを取り戻し概ね当初の計画通り進んでいる。中でも沿岸モニタリングおよびハザード評価は順調に進捗しており、研究成果についてすでにいくつかの国際学会で発表をしていることは評価される。本プロジェクトでは、グリーンインフラによる Eco Disaster Risk Reduction (Eco-DRR) を基本とした環境と調和のとれた防護のあり方に対する研究を行うとしており、バリにおける先駆的調査は成果をあげているものの、マングローブ、あるいは土地被覆を用いたグリーンインフラ研究分

野の充実が待たれる。社会実装に向け多くの有意義な取組みがなされており、重要な課題を内包し、充実した研究の推進が期待されることから、総合評価はAとする（所期の計画と同等の取組みが行われている）。

長期的かつ広範囲な海岸侵食、気候変動による洪水の多発、海面上昇予測等、沿岸部の脆弱性が増すインドネシアで、科学的エビデンスに基づく沿岸地域の防御機能向上、社会実装として合意形成のためのプラットフォームの構築という課題と目標そのものの重要性は高い。相手国研究機関の一つである BRIN（インドネシア国家研究イノベーション庁）が AR/VR を用いた避難支援に関する公募研究プロジェクトを獲得するなど、インドネシア側研究メンバーの意欲も高く、継続的な発展の見通しが高いと評価される。

4-1. 国際共同研究の進捗状況について

プロジェクト全体は、暫定研究期間の初年目および2年目は COVID-19 による渡航制限があり、JICA 業務調整員の着任はじめプロジェクト開始の遅れを余儀なくされたが、その後は概ね計画通り進捗している。オンラインを有効に活用し継続的な研究活動をしており、各研究題目で目標・計画上の進捗が認められる。

メインサイトのバリにおいて、自然海岸および養浜海岸に波浪および海浜変形等のモニタリング拠点が設置・整備され、以降、継続的に各データが計測・取得されており、モニタリングシステムの構築が順調に進捗している。津波、波浪、洪水の数値解析、ならびにリスク評価に必要な各データの収集および整理の過程で、インドネシア政府が一般公開している標高データ及び水深データを統合する際、想定されていなかった海岸線の不連続が発生した。その問題を解決するため衛星画像や潮位解析等を用いて海岸線を補正する方法を開発、その方法のマニュアル化といった技術的インパクトのある成果が出ている。工学的分野では、国内外での研究としても十分なレベルに達していると考えられる。

本プロジェクトの特徴の一つであるグリーンインフラの検討においては、現地調査が進み、マングローブ、砂浜の特性の把握が進んでいる。マングローブについては生物の生長、衰退の観点からは長期で捉える必要があり、植林の方向性を定めるために潜在植生についての復元、砂浜については長期にわたる土地被覆の変化をリモートセンシングを用いて推進することも望まれる。環境教育、AR/VR を用いた避難支援、脆弱性評価について具体的な成果が出つつあり、関係者との一層の連携を図り、実装に結びつくよう今後の展開に期待する。各研究題目の成果がどのように統合されプロジェクト全体の成果となるか、各研究題目間の連携をより強く意識して研究を進めていただきたい。

4-2. 国際共同研究の実施体制について

研究代表者は、定期的にオンライン会議を実施し、プロジェクト全体の進捗把握とマネジメン

トについてチームリーダー間の情報共有を行っており、優れたリーダーシップを発揮し全体を取りまとめている。インドネシア側代表研究機関であるバンドン工科大学沿岸海洋開発センターの活動目標は、本プロジェクトの目的に合致しており、実施体制に問題はない。4つの研究題目のチーム内の研究者は適切に配置され、機能的に動いている。ガイドラインの実装に重要な役割を担う主要参画機関PUPR（公共事業省）のBalai Teknik Pantai（海岸技術研究所）の所長が人事異動により交代したが、オンライン会議とともに現地へ直接赴き引継ぎを確実にしており、プロジェクトへの理解と協力関係の継続に問題は生じていない。

モニタリングシステムの機材が計画に基づき適切に導入・運用され、システム構築が順調に進められている。ただし、Xバンドレーダ等の大型機器の日本からの輸出には、税関手続きや支払い等、大学では対応できない問題が生じており、JICAの指導、支援をもって早期の解決法、代替措置等の検討が求められる。

4-3. 科学技術の発展と今後の研究について

地球規模課題として、津波・洪水の減災計画の中でのグリーンインフラのあり方を考えることは、特に熱帯アジア地域において重要である。開発と自然環境劣化との関わりとも関連して、極めて重要な課題に取り組んでいることがわかる。このプロジェクトでグリーンインフラ計画を精緻化し、工学分野と生物学分野の複合的な防災計画を提案できるようになることで、さらに同様の課題を抱えている周辺諸地域に対しての技術移転が可能だろうと期待される。

海浜変形では、リアルタイムデータに加え、潮汐、地形、植生、気候などの長期間のデータの確保が重要だと思われる。リモートセンシングや研究事例データを利用し整備に努めていただきたい。また、モニタリングにおいて一部データの欠測があり、エラーの原因説明が図られているが、その過程を記録することも、持続的活動につなげる上で非常に重要だと思われる。データセットのみならず、どのようなデータが取得され、どのように活用され成果につながるか、具体的に示すことが必要である。

日本で開発された津波・洪水等の数値解析モデルは実績があり、これをインドネシアでの活用に成功し、状況が異なる国外での活用方法が確立されれば大変有意義である。グリーン・グレー複合インフラのガイドライン作成においては、工学的な工法とは異なり、生物の成育期間の長さを考えると、注目すべき時間軸が異なっていることで、工学・環境学の複合領域からの防災という新たな視点を生み出すことができるようになるのではないかと期待される。

若手研究者の育成については、参画人数、渡航実績からは十分だと思われる。本プロジェクトでの役割や貢献度を示していただき、研究のリーダーシップを取り、新たな研究計画を立案できることや、研究推進のための技術移転を行いうる人材の育成が図られることが望まれる。

4-4. 持続的研究活動等への貢献の見込みについて

インドネシアから大学院生を複数受け入れているため、開発された成果を維持・発展させるための人材となることが期待できる。BNPB（国家防災庁）の若手技術職員が国内研究機関の東北大学で習った技術をもって、サブサイトである東カリマンタンでの津波ハザード評価を実施するといった自立的な研究を進めている。研究を通じた相互交流が推進され、帰国後の技術移転ができるよう若手研究者の人材育成を行っていることがわかる。また、政府関係機関の主要メンバーを日本へ招聘し研修することで、インドネシア側メンバーの関係構築、チームワークの醸成に貢献したことは大きく、今後も密接な連携が図られることが期待できる。

研究成果の一部である津波リスク評価が相手国のデータベース（InaRISK）に反映されるなど、既存技術等に基づく研究については、大学、行政が積極的に活動し着実に実施されている。また、Eco-DRR、環境教育等といった大きな発展性が期待される研究は、最終的な成果が現時点では必ずしも明確ではないが、インドネシア側研究者の積極的かつ主体的な努力が認められ、持続的な発展の見込みはあると言える。

5. 今後の課題・今後の研究者に対する要望事項

本プロジェクト推進において、以下のような事項について引き続き尽力されたい。

- 1) 本プロジェクトにおける科学技術的インパクトが未だ見えにくい。研究題目 1、2 は既存技術の活用において、インドネシアでの観測・過去災害の解明が進むことで、新たな発見があるのではないかと期待はされるものの、まだ具体像が見えない。研究題目 3 はグリーンインフラの設計手法については本プロジェクトのキーとなる課題であるが、科学技術としてのインパクトを創出するためのハードルは高いと想定される。研究題目 4 は社会実装と直結するものと期待されるが、新たな科学技術的発見があるのかは未知数である。科学技術としてプロジェクトにどのような貢献ができるか今一度検討をお願いしたい。
- 2) グリーンインフラの時間変化を考慮したグリーン・グレー結合型の設計手法の構築は、挑戦的な内容を含むが、ガイドラインを提示しインドネシアでの設計法に資すると評価されれば、プロジェクトの魅力（インパクト）を高める成果となると期待される。グリーン・グレー複合インフラのガイドライン作成に向け PUPR との協議が進められているが、全体のコンセプトがまとまり次第、他関連省庁との協議がスタートすることから、可能な限り早くまとめる必要がある。特にマングローブについては、環境・生態系への影響を強く意識し、認識している単一種による問題の可能性などを上手く定量化し、科学的知見に則ったガイドラインを作成することが求められる。

- 3) Eco-DRR においては、防災、沿岸生態系、観光分野の主要な関係者を集めてワークショップを開催することで、効果的な災害リスク軽減と観光能力を向上し、適切なマングローブ再生の取り組みと VR などの先進技術を統合することで達成できると提案された。グリーンインフラの有用性について、他研究題目と連携し多様な評価をし、積極的な環境保全策を考慮した防災計画が作られることが望まれる。

- 4) 社会実装に向け多くの取り組みがなされているが、合意形成のためのプラットフォームが具体的にどのようなもので、各取り組みによる成果がどのようにつながるかが現時点では必ずしも明確に示されているとは言えない。VR デバイスやデジタルツインを活用した合意形成のあり方の確立とそのガイドライン作成に早期にとりかかるとともに、より具体的な説明が望まれる。また、インドネシアは、島毎に文化・歴史が異なり、地域社会の活動内容も差異がある。現在バリで検討しているプラットフォームを今後全国に展開するには、インドネシア側からも地域社会を俯瞰できる研究者に協力を得るなどし、調査地の各々の社会環境の違いを理解した上で最適値を求められることを期待する。

以上

成果目標シート

研究課題名	沿岸でのレジリエント社会構築のための新しい持続性システム
研究代表者名 (所属機関)	森信人 (京都大学防災研究所、教授)
研究期間	R3財形(令和3年6月1日～令和9年3月31日)
相手国名/主要 相手国研究機関	インドネシア/バンドン工科大学、国家防災庁(BNPF)、公共事業省(PUPR)、インドネシア大学など
関連するSDGs	目標 11. 包括的で安全かつ強靱(レジリエント)で持続可能な都市及び人間居住を実現する 目標 13. 気候変動及びその影響を軽減するための緊急対策を講じる 目標 9. 強靱(レジリエント)なインフラ構築、包括的かつ持続可能な産業化の促進及びイノベーションの推進を図る

成果の波及効果

日本政府、社会、産業への貢献	<ul style="list-style-type: none"> ・均衡ある発展を通じた安全で公正な社会の実現に向けた支援 ・防災ISO等を活用した防災技術の輸出産業化
科学技術の発展	<ul style="list-style-type: none"> ・気候変動に順応した国土 ・環境保全と防災との両立を可能とする技術の構築 ・エビデンスに基づく合意形成手法の確立
知財の獲得、国際標準化の推進、遠伝資源へのアクセス等	<ul style="list-style-type: none"> ・自然順応的沿岸防御技術に対する統合プラットフォームの国際標準化 ・沿岸モニタリング技術 ・沿岸域のグリーンインフラの設計法 ・機械学習等を用いた津波危険システム
世界で活躍できる日本人材の育成	<ul style="list-style-type: none"> ・国際的に活躍可能な日本側の若手研究者の育成(国際会議への指導力、レビュー付雑誌への論文掲載など)
技術及び人的ネットワークの構築	<ul style="list-style-type: none"> ・インドネシア国の大学関係者、ならびに行政関係者に対する日本国内の大学もしくは研究機関への研修の受け入れによるネットワーク構築
成果物(提言書、論文、プログラム、マニュアル、データなど)	<ul style="list-style-type: none"> ・沿岸モニタリング技術開発と拠点の整備 ・複合災害に対するハザード・リスク評価技術の構築 ・グリーンインフラの最適設計法の実施マニュアル ・沿岸社会のための地域共生プラットフォームの構築



上位目標

本プラットフォームによるハード面およびソフト面を合わせた高い防護技術が、国際的な標準プラットフォームとなり、防災技術が新たな輸出産業となる。

相手国内の政策に採用されるとともに、本プラットフォームが、東南アジアならびに太平洋島嶼国に活用される

プロジェクト目標

● 自然順応的沿岸防御技術に対する統合プラットフォームの開発
最新のモニタリング・モデリング・グリーンインフラ等の科学的エビデンスに基づく沿岸地域の防御機能向上および社会実装手法の構築ならびに、最新技術を用いたモニタリング網の整備および解析技術の移転



図1 成果目標シートと達成状況 (2024年12月時点)