

地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム (SATREPS) 研究課題別終了時評価報告書

1. 研究課題名

「コーラル・トライアングルにおけるブルーカーボン生態系とその多面的サービスの包括的評価と保全戦略」

(2016年6月～2023年3月)

2. 研究代表者

2-1. 日本側研究代表者：灘岡 和夫 (東京工業大学 特任教授)

2-2. 相手国側研究代表者：レネ ロロン (フィリピン)

(フィリピン大学 デリマン校環境科学・気象学研究所 教授)

ムティア アウラ ジャバー (インドネシア)

(インドネシア海洋水産省 ジャカルタ水産工科大学 准教授)

3. 研究概要

本プロジェクトは、コーラル・トライアングルと呼ばれる生物多様性が極めて高い地域の中心に位置するフィリピンとインドネシアを対象にブルーカーボン（海洋生態系が蓄える炭素）に関する調査やモデル分析を行い、沿岸生態系（マングローブ林、海草藻場、沿岸湿地）の保全や回復力強化・地球環境の改善に資する戦略を策定する。具体的には、両国の沿岸生態系におけるブルーカーボンの空間分布の把握のみならず、その動態を規定するフラックス（炭素移動量）を定量化するための現地調査を多角的に実施し、その成果に基づき、海水流動+物質循環・炭酸系動態+生態系応答に関する統合モデル体系を構築する。さらに、社会経済的パラメータをリンクさせたモデルに基づいたシナリオ分析を行い、沿岸生態系のレジリエンス向上のための実効性の高い戦略（ブルーカーボン戦略）を策定することを目的とした。

本プロジェクトは以下の研究題目で構成されている。

- (1) ブルーカーボン動態に関する革新的統合モニタリング・モデリングシステムの開発
- (2) 開発されたモニタリング・モデリング手法に基づくブルーカーボン動態とそれに伴う生態系諸過程の解明
- (3) 生態系サービスの包括的評価に基づくブルーカーボン生態系保全のための効果的なフレームワークの開発
- (4) 全国規模モニタリングやブルーカーボン戦略実装、能力強化を目的とした”Core-and-Network”システム（CNS）の展開
- (5) 中央ならびに地方レベルの政策策定組織に対するブルーカーボン戦略の提言

4. 評価結果

総合評価 A-

(所期の計画とほぼ同等の取組みが行われ、一定の成果が期待できる)

本プロジェクトでは、コーラル・トライアングルと呼ばれる生物多様性が極めて高い地域の中心に位置するフィリピンとインドネシアを対象に、リモートセンシングによる広域マッピングやブルーカーボンの外洋への輸送から海底貯留隔離に至るプロセスを追跡する手段として多重スケール統合モデルシステムを開発し、それによって外洋へのフラックスに伴うその後の3次元的な移流・沈降・堆積過程を評価する統合モデルを構築し、ブルーカーボン生態系についての定量的な把握を行うなど多数の科学的成果を創出した。しかしながら、本統合モデルはシミュレーション研究に留まり、海底コアサンプルなどによる検証に至らなかった。また、Mangrove Vegetation Index (MVI) と名付けた指標を開発し、フィリピン全国規模でのマングローブ林分布のマッピングなどマングローブ面積や地上部バイオマスの広域評価を実施したが、地下部・土壌のカーボンの評価は、全国規模地上モニタリング・ネットワークである CNS 参加機関による全国規模調査がコア・サンプラー等の機材供与の大幅遅れ等によって実施が限られたことなどから、ローカルな事例研究にとどまった。

コロナ禍に加えインドネシアでの政府系研究部門の統合に伴うプロジェクト実施体制の再編が長期に渡り確定せず、相手国側代表機関の本プロジェクトメンバー研究者のほとんどが他機関に異動するなど、共同研究遂行に多くの困難があったことも理解したい。そのため、本プロジェクトでは個別に多くの研究成果が出たが、その統合が遅れた。

ブルーカーボン戦略については、eBook の形での取りまとめは未完部分を残しているものの、さまざまな中央・地方政府機関関係者や NPO 団体等を含むマルチステークホルダーが参加するシンポジウム等でその内容を具体的に示す形で提案され、同戦略の持続的な社会実装の方策等が議論された。地方レベルでは、MOU 締結等による社会実装体制構築が具体化しつつあり、州条例制定が予定されているケースも見られた。全国レベルでは、同戦略の持続的な社会実装の向けての動きはまだ限られており、今後の具体的な展開が期待される。

4-1. 地球規模課題解決への貢献

【課題の重要性とプロジェクトの成果が課題解決に与える科学的・技術的インパクト】

2009 年の国際連合環境計画 (UNEP) の報告書において、海洋生態系に取り込まれた炭素が「ブルーカーボン」と命名され、地球温暖化対策としての吸収源の新しい選択肢として世界的に注目されている。

本プロジェクトでは、コーラル・トライアングルと呼ばれる生物多様性が極めて高い地域の中心に位置するフィリピンとインドネシアを対象にブルーカーボン生態系が炭素を貯留・隔離する機能と変動過程を、統合モニタリング・モデリングシステムの開発等に基づき評価・予測すると

ともに、生態系サービスの包括的な評価を行い、更に沿岸生態系の保全や回復力強化・地球環境の改善に資する戦略の策定を目指したもので、科学的・技術的なインパクトは高い。

【国際社会における認知、活用の見通し】

個別題目での研究の成果は論文（国際誌共著 32 報、国際誌非共著 60 報）として数多く発表されており、国際的にも認知されていると理解する。

また、フィリピン・インドネシアにおけるマングローブ・海草藻場でのバイオマスの広域評価結果は、地球規模での評価において活用可能なデータを提示しており、今後の国際的アセスメントにおいて活用されることが期待される。フィリピンでのマングローブ域全国マッピング等の成果は学術誌のほか、COP26 でのサイドイベントでの発表も行われている。しかしながら、策定されたブルーカーボン戦略に関しては、今後さらに発展させるとともに、特に国レベルの社会実装の取り組みを具体化させることが望まれる。同戦略に基づく CNS (Core-and-Network System: 全国規模の地上モニタリング・ネットワークで、両国における様々な地域の関係機関・組織を全国規模でネットワーク化するプラットフォーム機能や人材育成機能も有する) の構築は、フィリピンで 64 機関、インドネシアでは構築が遅れたが 33 機関が参加するまでに至ったが、ブルーカーボン生態系保全方策にどう活用されるかの評価は今後の活動を見守る必要がある。

【他国、他地域への波及】

周辺地域への成果の展開も進めており、STAND プログラム (JST) での「東南アジア沿岸域における統合型ネットワークベース管理 (InMSEA) プロジェクト」により、CNS のマレーシアへの導入が検討されている。また、本プロジェクトの成果をもとに東アジア海域環境管理パートナーシップ (PEMSEA) による地域版海洋状態報告 (Regional State of Ocean and Coasts 2021: 地域におけるブルーカーボン生態系の状況報告を含む) の作成を支援したほか、SIMSEA (Sustainability Initiative in the Marginal Seas of South and East Asia) などの組織を介して周辺地域展開と今後の連携構築の具体化に向けた取り組みも進められている。

【国内外の類似研究と比較したレベル】

マングローブ・海草藻場生態系サービスの個別研究はこれまでも数多く行われているが、広い沿岸海域を対象として、気候変動との関係で統合的にそのブルーカーボン生態系サービス (効果) を評価した例は少ない。また、国内外の類似の地域スケールの研究に比べて、高い精度の成果を出していると判断される。国際誌での多くの共著論文発表や国際学会での講演などを行っており、本プロジェクトの研究成果のレベルは高い。

ただ、当初予定していた CO₂ 吸収-放出特性を評価するためのモデル開発には至っていない。また、DGVM (動的グローバル植生モデル/Dynamic-Global-Vegetation-Model) をベースに開発したマングローブ動態モデルによるシミュレーションでは、南北トランセクトでの違い等の評価が十分でなく、広域ブルーカーボンの評価とどう関係する成果なのかが不明であった。

4-2. 相手国ニーズの充足

【課題の重要性とプロジェクトの成果が相手国ニーズの充足に与えるインパクト】

ブルーカーボンに関する科学的評価の重要性はフィリピン、インドネシア両国においてよく認識されている。フィリピンでは基礎的なデータの収集も行われ、相手国ニーズに応えたと評価する。一方で、インドネシアについてはコロナ禍に加え相手国代表機関の大幅な組織改編の影響もあり十分なデータが得られておらず、相手国のニーズに十分に応えたとは言えない。本プロジェクトの成果は両国における実効性の高い沿岸生態系保全およびブルーカーボンの増強に資する政策の立案に資するものと期待される。フィリピンではブルーカーボン戦略の重要性の認識のもと、地方自治体や関係機関・組織間で MOU が締結され、さらには州条例策定が予定されるなど、持続的社会的実装のための体制構築が具体化しつつある。また、インドネシアにおいても、主要プロジェクトサイトにて同様の体制構築が始まっている。一方、国レベルのブルーカーボン戦略の持続的社会的実装に向けての取り組みはまだ緒に就いた段階であり、現時点では国家施策へのインパクトはやや不明である。

【課題解決、社会実装の見通し】

本プロジェクトではブルーカーボン戦略を提言する Blue Carbon Strategy eBook において、G-B リンク（Green-Blue carbon 統合型）を重視し、ブルーカーボン生態系の個別要素（マングローブや海草藻場等）のみを対象とするのではなく、サンゴなど沿岸生態系の他の主要構成要素や、隣接陸域の土地利用・植生被覆状態、水質等の陸上生態系（グリーンカーボン）の保全・再生を関連づけた対策を検討している点は現実的である。研究の統合的成果としてのブルーカーボン戦略は、地域レベルおよび国レベルにおいて策定されたが、同戦略の持続的な社会実装に向けての取り組みは、地域レベルでは具体的な進展が見られたものの、国レベルでは緒に就いた段階にとどまった。しかし、同戦略に基づき、相手国代表機関をコアセンター組織とする CNS が構築され、ブルーカーボン生態系保全・再生計画の立案や更新に活かす体制が形成されており、今後の持続的な社会実装とさらなる発展に期待をしたい。

【継続的発展の見通し（人材育成、組織、機材の整備等）】

JICA 長期研修生 2 名の博士号の取得支援、短期研修生としてフィリピン 17 名、インドネシア 8 名がトレーニングを受けており、人材育成には有意義な貢献ができた。

フィリピンでは組織や機材の整備も進んでいる。インドネシアに関しては政府系調査研究組織全体の変革に伴う本プロジェクトの推進組織体制の再編にかなりの時間が費やされ、2023 年 1 月上旬ようやく新たな代表機関のもとにプロジェクトが一気に進む体制が整備されたにとどまった。

4-3. 付随的成果

【日本政府、社会、産業への貢献】

日本は生物多様性条約加盟国として、生物多様性条約ナショナルレポートにおいて海外での生物多様性フットプリントへの対応についても言及する必要があるとあり、本プロジェクトでのマレーシア・インドネシア沿岸域におけるマングローブ・海草藻場等の沿岸生態系の保全・再生への貢献は、日本政府が同レポートにおいて紹介できる実績である。

【科学技術の発展】

マングローブ・海草藻場等の沿岸生態系のバイオマスについてのリモートセンシングによる評価技術を改良し、広域評価データを提示した点や、シミュレーション研究にとどまったとはいえ、沿岸生態系からのカーボン流出量を評価した点は、この分野の発展への大きな貢献である。

しかしながら、炭素の系外流出量の調査が実施できなかったことなどから、精度検証が不十分な部分が残っている。

【世界で活躍できる日本人人材の育成（若手、グローバル化対応）】

大学院生やプロジェクト雇用の若手研究員が本研究を通じて国際経験を積み、活躍している。また、プロジェクト期間を通じて、本プロジェクト雇用の日本人研究員は、論文を数多く発表しただけでなく、様々な現地調査の実施等において、その計画立案段階を含めて中心的な役割を演じた。若手以外の日本人研究者の交流も、コロナ禍の影響を受けたものの十分に行われた。また、相手国研究者の受け入れを通じて、日本人研究者のグローバル化対応が行われたと理解したい。

【その他の具体的成果物（提言書、論文、プログラム、試作品、マニュアル、データなど）】

国際誌を中心に95論文（国際誌共著32件、それ以外での国際誌60件等）が発表されており、個別の研究題目では十分な学術的成果を挙げた。ブルーカーボン戦略に向けてのブルーカーボン生態系の状況とその変動モデル、継続的な定期観測手順、更には地域特性も考慮した eBook が一部未完ながらまとめられた。

【技術および人的ネットワークの構築（相手国を含む）】

フィリピンでは、リモートセンシング、地上検証、モデリング、社会科学等の異なる専門家の間での連携が活発であり、技術的・人的ネットワークはしっかり構築された。インドネシアに関しては、人材育成は進んでいると考えられるが、研究機関の組織再編の影響で、組織的なネットワーク形成には遅れが見られた。

4-4. プロジェクトの運営

【プロジェクト推進体制の構築（他のプロジェクト、機関などとの連携も含む）】

フィリピン・インドネシアの2か国を対象とするプロジェクトであり、推進体制の構築は容易ではなかったと思われる。日本・フィリピン・インドネシアの研究メンバーが合同調査を実施し、連携強化が図られた点は特に評価できる。フィリピンではこれまでの実績もありプロジェクト推進体制は十分に構築できた。インドネシアでは、国立研究革新庁（BRIN）の新設に伴い、代表機関の研究部門が統合されたことから、推進体制の構築が計画どおりに進められなくなった。このような状況変化に対応しつつ、妥当な推進体制が構築されたと評価する。

【プロジェクト管理および状況変化への対処（研究チームの体制・遂行状況や研究代表者のリーダーシップ）】

予定していた外洋へのカーボン流出・貯留過程を観測するための調査船が用意できず、インドネシアでは政府系研究部門統合に伴うプロジェクト推進体制の再編に大きな遅れが生じた。また、新型コロナウイルス感染症流行の影響で渡航が長期に制限された。このような状況下において不安定な研究体制が続くインドネシアとは JICA 事務所の協力も得ながらオンライン会議等を行ったほか、フィリピン側とは 2022 年に 60 回を超えるオンラインでの打ち合わせを実施するなどプロジェクト管理・研究開発を最後までリードした研究代表者の努力は妥当であったと評価する。

【成果の活用に向けた活動】

フィリピンでは、カウンターパートの研究機関が市民科学向けの Toolkit を編集するなどの実績をあげている。ブルーカーボン生態系のモニタリングを包括的かつ持続的に進めるための手法をとりまとめた CNS モニタリング・ガイドラインが作成されたほか、未完成の部分はあるが、ブルーカーボン戦略に向けての eBook も作成された。プロジェクト終了後に向けた活動も実施され、様々な連携体制・ネットワークなどが構築されてきている。

インドネシアにおいても研究サイト Berau にて地域版ブルーカーボン戦略が構築されつつあり、国のモデルになり得る活動が動き始めていることから、その成果に期待したい。

【情報発信（論文、講演、シンポジウム、セミナー、マスメディアなど）】

学術論文は 90 件を超え（うち国際誌共著は 32 件）十分に成果の発信が行われた。フィリピンを中心にマルチステークホルダーを集めての大規模なシンポジウムの開催や、国際学会を中心に 29 件もの招待講演などを介し情報発信も十分に行われている。

【人材、機材、予算の活用（効率、効果）】

JICA 長期研修生や国費留学生の受け入れの他、両国より 25 名の短期研修生を受け入れた。また、相手国での様々な合同調査の機会にオンサイト研修を実施した。このように人材育成は、長期の渡航制限を考慮すれば十分に行われたと評価できる。

JICA 供与機材を用いた総合的分析のため、インドネシア側の CNS コア機関にプロジェクト

ラボを開設した。インドネシアでのブルーカーボン関連のハブ機関としての発展を目指しており、機材の他組織への解放が進むことで優れた活用例となる。

5. 今後の研究に向けての要改善点および要望事項

- ・ 個別の科学的成果は数多く創出され、ブルーカーボン生態系の実態解明に貢献したが、それらを総合的にまとめる部分がやや物足りなかった。特に、本プロジェクトの成果の社会実装に向けては、フィリピン、インドネシアにおいて相手国研究者の持続的・積極的な関与により、ブルーカーボン戦略が、国また地域の機関にて、さらなる具体的なアクションとして展開されることを期待する。
- ・ 周辺の東南アジア各国への CNS 導入のため、STAND-InMSEA プロジェクトの成果等を踏まえた取組の実現に向けて努力してほしい。

以上

成果目標シート

研究課題名	コーラル・トライアングルにおけるブルーカーボン生態系とその多面的サービスの包括的評価と保全戦略
研究代表者名 (所属機関)	瀬岡 和夫 (東京工業大学 特任教授)
研究期間	H28採択(平成29年4月1日～令和5年3月31日)
相手国名/主要相手国研究機関	フィリピン共和国/フィリピン大学ディリマン校 インドネシア共和国/インドネシア海洋水産省・ジャカルタ水産工科大学

付随的成果

日本政府、社会、産業への貢献	・経済成長著しいフィリピン・インドネシア及び周辺国での日本のプレゼンス向上と海洋政策面での連携強化 ・ブルーカーボンによるCSR活動等の具体策の提示
科学技術の発展	・ローカルな生態系保全とグローバルな地球環境問題貢献を具体的に結びつける新たな学術的・政策論的スキームを提案 ・ブルーカーボン動態の全体像の解明を可能とする新たなモニタリング・モデリング手法体系の確立
知財の獲得、国際標準化の推進、生物資源へのアクセス等	・熱帯沿岸生態系のブルーカーボン動態モニタリング法の標準化 ・熱帯沿岸生態系の保全方法
世界で活躍できる日本人人材の育成	・超学際的共同研究プロジェクトをmanage出来る次世代リーダーの育成 ・国際的に活躍可能な日本側の若手研究者(ポストク・学生)の育成
技術及び人的ネットワークの構築	・国連や欧州委員会などブルーカーボンや気候変動に取り組む国際機関とのネットワーク構築
成果物(提言書、論文、プログラム、マニュアル、データなど)	・ブルーカーボン戦略の策定と政策提言 ・統合モニタリング・モデリングシステムの開発 ・Core-and-Networkシステム構築 ・多様な分野の国際学術誌等での論文発表

上位目標

ブルーカーボン戦略を通じたブルーカーボン生態系保全活動が両国で実施される

本プロジェクトで提言されるブルーカーボン戦略がインドネシア・フィリピン国内の政策等に活かされるとともに、構築したCore-and-Networkシステム等が継続的に活用される

プロジェクト目標

統合的モニタリング・モデリングシステム開発によるブルーカーボン動態評価・予測等に基づくグローバル・ローカル統合型ブルーカーボン戦略の提言と実施体制の構築

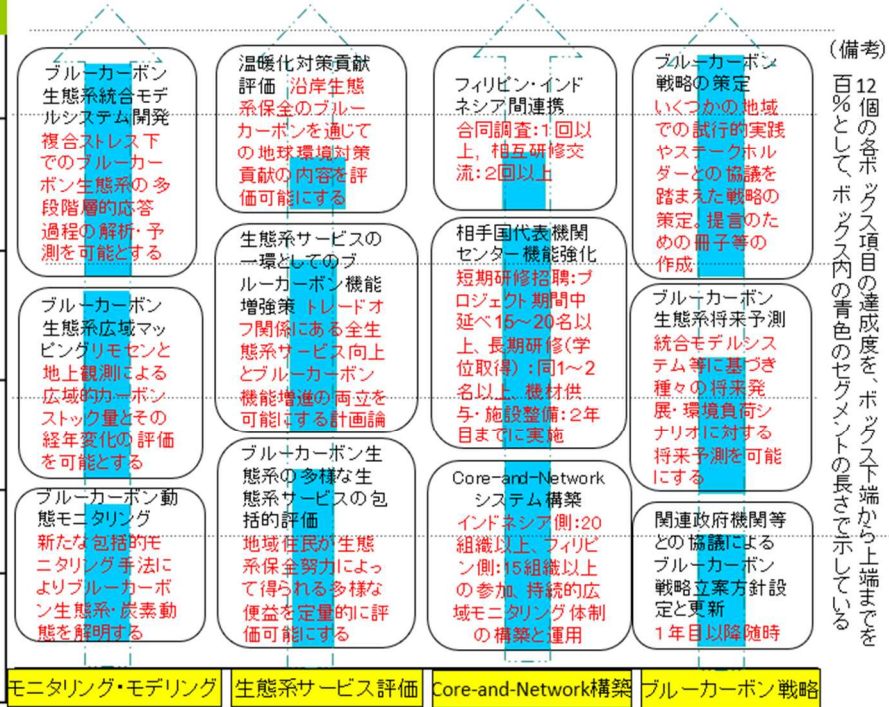


図1 成果目標シートと達成状況 (2023年3月時点)