

国際科学技術共同研究推進事業
地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム (SATREPS)

研究領域「地球規模の環境課題の解決に資する研究」

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」

採択年度：平成28年（2016年）度/研究期間：6年/

相手国名：フィリピン共和国・インドネシア共和国

終了報告書

国際共同研究期間^{*1}

2017年4月1日から2023年3月31日まで

JST側研究期間^{*2}

2016年6月1日から2023年3月31日まで

(正式契約移行日2017年4月1日)

*1 R/D に基づいた協力期間（JICA ナレッジサイト等参照）

*2 開始日=暫定契約開始日、終了日=JST との正式契約に定めた該年度末

研究代表者： 灘岡 和夫

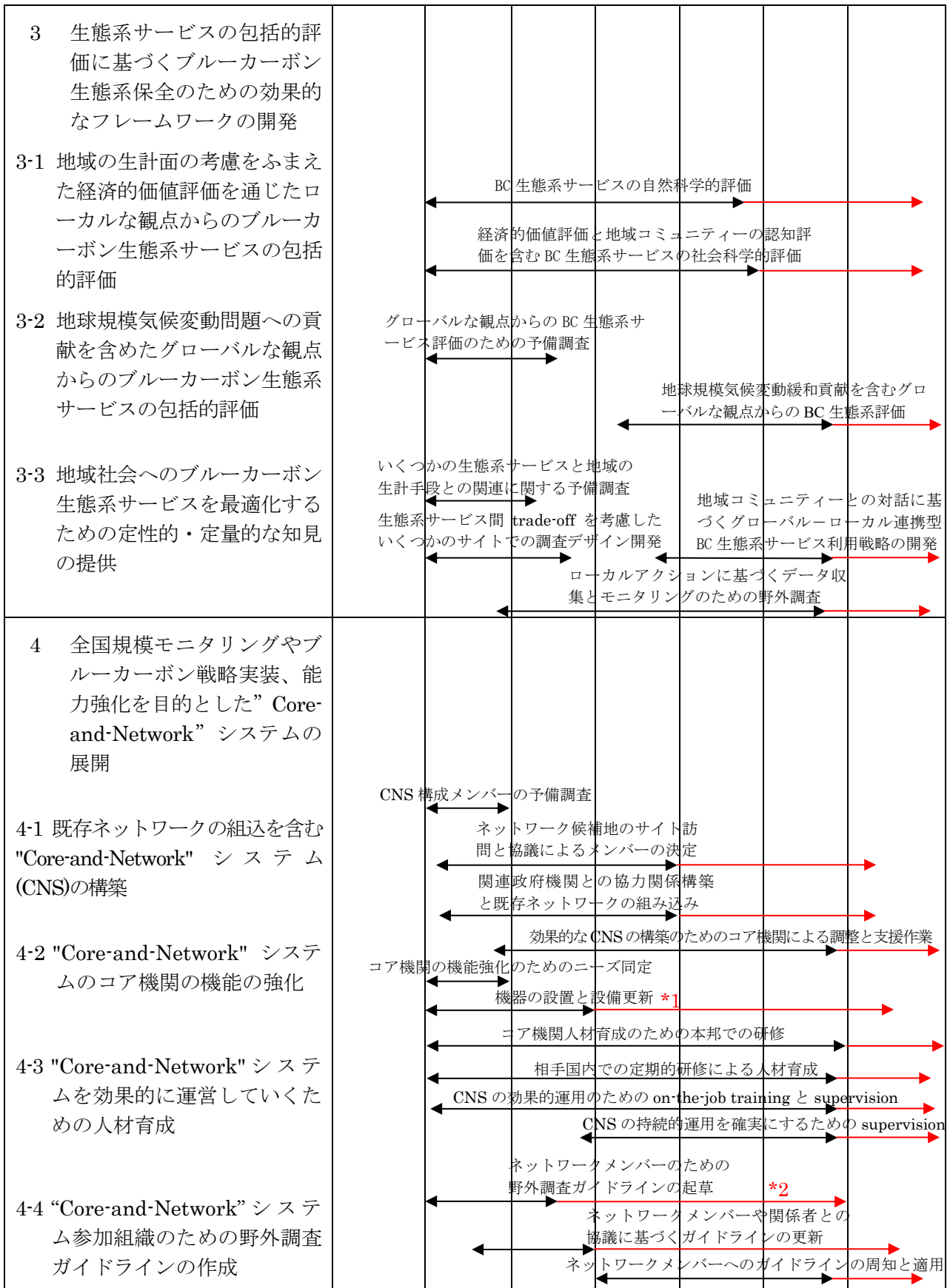
東京工業大学・特任教授

I. 国際共同研究の内容 (公開)

1. 当初の研究計画に対する進捗状況

(1) 研究の主なスケジュール

研究題目・活動	2016年度 (10ヶ月)	2017 年度	2018 年度	2019 年度	2020 年度	2021 年度	2022年度 (12ヶ月)
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							
1-1 新たな視点に基づくブルーカーボン(BC)生態系と炭素動態に関する包括的・多角的観測・評価手法の開発		事前調査 BC生態系とその動態の観測・評価手法の開発	BC生態系への陸域影響観測・評価手法開発 複合環境ストレス下のBC生態系応答観測・評価手法開発	外洋へのカーボンフラックス観測・評価手法開発			
1-2 リモートセンシングと地上計測に基づくブルーカーボン生態系の広域マッピング手法の開発	手法開発準備と関連野外調査	BC生態系の多重スケール・リモートセンシング手法開発 Ground truth並びに広域マッピングのための地上観測手法開発					
1-3 複合ストレス下でのブルーカーボン生態系応答解析・予測のための統合モデルの開発	モデル開発準備	各コアモデル開発	複合ストレス下のBC生態系応答の解析・予測のための統合モデルシステム開発	野外観測と室内実験に基づくモデル検証			
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							
2-1 開発した多角的・包括的観測・評価手法(1-1)に基づいた複数のサイトにおけるブルーカーボン生態系と炭素動態の詳細観測の実施			BC生態系とその動態に関する野外観測	BC生態系への陸域影響に関する野外観測	複合環境ストレス下のBC生態系応答観測	外洋へのカーボンフラックス観測	
2-2 開発技術(1-2)と“Core-and-Network”システム(4-1)に基づくブルーカーボン生態系の広域マッピングの実施			リモートセンシングによる広域マッピング展開	Ground truth並びにbelow groundを含む広域マッピングのための地上観測			
2-3 開発した統合モデル(1-3)に基づく複合ストレス下でのブルーカーボン生態系動態ならびに関連する炭素動態の解析					複合ストレス下のBC生態系応答の解析・予測への統合モデルシステムの適用		



<p>4-5 様々なジョイント活動を通じたコーラル・トライアングル主要国間の連携強化</p> <p>4-6 フィリピンにおけるプロジェクト成果を用いたブルーカーボン市民科学教育教材の開発と社会実装</p>		<p>両国間の協議と調整作業を通じた南南協力スキームの開発とその持続的運用</p>	<p>合同調査の準備と実施①</p> <p>相互研修プログラムの準備と実施①</p>	<p>合同調査の準備と実施②</p> <p>相互研修プログラムの準備と実施②</p>	<p>*3</p>	<p>地域シンボ開催</p>
<p>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</p> <p>5-1 様々な将来発展・環境負荷シナリオに対応するブルーカーボン生態系の将来予測,と地域社会にとっての意味づけ</p> <p>5-2 いくつかの地域でのアクションの実践とその結果のブルーカーボン戦略策定への反映</p> <p>5-3 様々なステークホルダーとの協議を踏まえたブルーカーボン戦略の策定</p> <p>5-4 ブルーカーボンに関わる中央及び地方レベルでの政策立案機関ならびに関連組織に対するブルーカーボン戦略の重要性についての情報提供</p>	<p>プロジェクト成果を用いた教科課程の開発</p> <p>魅力的な教科課程の採用に関する学校関係者との協議</p> <p>教科課程の実践と BC 問題に関する学校講義の提供</p>	<p>将来予測手法の確立</p> <p>様々な将来シナリオに対する BC 生態系応答予測結果の解析</p> <p>上記の予測結果が持つ地域社会への意味合いの解析</p> <p>選定したいくつかのサイトでのニーズに応じた実装すべきアクションの同定</p> <p>ローカルアクションの実施と結果の評価</p> <p>各サイトでの協議と教訓に基づく更新</p> <p>BC に関連する現状の政策のレビューと政策ニーズの調査</p> <p>BC に関する地域社会の認知とニーズについての調査</p> <p>BC 戦略の草稿作成</p> <p>ステークホルダーとの協議を通じての BC 戦略の確定</p> <p>リーフレット・小冊子の作成と BC 戦略情報提供</p>	<p>合同調査の準備と実施②</p>	<p>*4</p>		

- *1 JICA 供与機材の調達手続き等の遅延で遅れ、その後さらに、残る一部の機材の供与がコロナ禍の影響でできなくなり、機材供与の完了が遅れていることによる遅延。
- *2 当初、CNS 構成メンバー機関の選定とネットワーク体制の確立を優先したことに加え、ガイドライン作成にかかわる技術的な検討が進まなかったことによる遅延。
- *3 当初予定ではプロジェクト 2 年目と 4 年目に 3 カ国合同調査をフィリピンで実施予定だったが、JCC-3 での議論により、プロジェクト期間中 1 回のみの実施に変更することとした。
- *4 ローカルアクションの実施先のサイト選定やアクションの内容の絞込み作業の遅れによる。コロナ禍の甚大な影響により、プロジェクト期間が 1 年間延長になったことから 2022 年度の欄を設け、赤線矢印で示すように、多くの活動項目について 2022 年度まで活動計画を延長した。

(2)中間評価での指摘事項への対応

以下に、主要な指摘事項と対応内容・方針について述べる

a) 各研究成果をどう統合し、ブルーカーボン戦略をどうまとめ上げるかについては両国の研究者との意識共有が不十分と考えられる。また、ブルーカーボン戦略の実装役となる NPO 法人や行政のコミットメントを引き出し、海草藻場・マングローブ林での炭素機能をモニタリングする体制を維持するための道筋をつけることが望まれる。プロジェクト後半にかけて、個別研究から得た研究成果を統合化し、どのようなブルーカーボン戦略を立案するかを明確にし、その継続性を担保するよう両国関係者と検討することを期待する。主要な研究グループ間の有機的な関係がやや不明確であり、プロジェクト後半にかけて社会実装（ブルーカーボン戦略の取りまとめ）に向けた研究成果の統合が求められる。

→ プロジェクトの目標の中心をなすブルーカーボン戦略の構築のためには、統合モデル開発・リモートセンシング、地球化学、生態学、社会・政策科学の4つのグループ間の密接な連携と成果の統合化が不可欠になる。そのことは、2021年1月21-22日の2日間にわたって開催された、日本、フィリピン、インドネシア3か国のメンバーによるプロジェクト会合などの機会に、inter-group approach の重要性といった形で灘岡からたびたび言及し、メンバー間で意識を共有するようにしている。同プロジェクト会合では、灘岡から、ブルーカーボン戦略 eBook 版の詳細目次案が示され、それを基本骨格として3か国のメンバーが共有し、具体的な戦略開発を進めることとなった。そして、フィリピンに関しては、2022年7月に地域版ブルーカーボン戦略策定のためのワーキンググループを3つのプロジェクトサイトごとに立ち上げ、それぞれのWGで各グループからの成果の統合に基づく戦略策定の作業工程を具体化した。さらに、BC戦略の持続的な社会実装とさらなる発展のために、Aklan と Eastern Samar において様々な関係者を招聘した地元会合を複数回開催し、特に Aklan では本プロジェクトで提案した G-B Link に基づく広域資源管理・環境保全のための連携運営組織 (ABC Council) 設立のため地元の様々な自治体や関係機関・組織等による協定書 (MOU) が締結された。そして、さらには、ABC Council を中心とした地元の持続的な推進体制や、付随した Funding メカニズム等を制度化することを可能とする州条例が 2023 年内にも制定される見込みとなっている。その成功を受けて、インドネシアでの地域版 BC 戦略開発サイトである Berau においても、様々な地元関係者を招聘した会合が複数回開催された。そこで、Aklan と同様の G-B Link に基づく広域資源管理・環境保全スキームを導入することの重要性が共有され、それを既存の流域森林再生プロジェクト PKHB (Berau Forest Carbon Program) と本プロジェクトをリンクさせた G-B Link 型統合プロジェクトに発展させる形で具体化することで Berau での地域版 BC 戦略開発が行われることとなった。国レベル BC 戦略の開発と実装に関しても、フィリピンでは、DENR や CCC などの関連政府機関との会合を開催し、BC 戦略の主要なポイントの開発状況などについて説明し、同戦略を政府機関にとって有用な内容とするための意見交換や、プロジェクト後も見据えたその社会実装の在り方等についての意見交換を行っている。なお、インドネシアについては、代表機関である KKP が同国での BC 関連政策・計画立案で中心的な役割を担う立場になっていることから、本プロジェクトによる BC 戦略を有効に反映させることが十分期待できる。(以上についての詳細は、【活動 5-3】、II.(6)、III.(1)、III.(2)の1)を参照。)

b) フィリピン側カウンターパートの 2018 年秋以降の予算措置がとられておらず予算が逼迫している

→ II (1) 3) に詳述しているように、カウンターパート側の努力により、2021 年 6 月以降、UPD 学内予算としてのマッチングファンド (UPBlueCARES) が措置され、本プロジェクト終了時 (2023 年 3 月末) まで同ファンドが継続されることとなった。

c) インドネシア側での土壌サンプルの処理や総合的分析・フィードバックを担う分析支援スタッフの補充など、相手国研究機関のコミットメントを引き出すための協議が引き続き求められる

→ インドネシアでの政府系調査研究機関・部署の BRIN への統合に伴ってプロジェクト推進組織体制がプロジェクト終盤に大幅に変更になり、Project Lab の管理責任組織も、KKP-MRC から上記の AUP

に代わることとなった。Project Lab の管理責任組織が AUP になった大きな理由の一つは、本プロジェクト終了後も予算面や人員配置面上での継続的な配慮が見込めることである。その点では、本プロジェクト終了後も Project Lab の持続的な利用が期待できるが、同 Lab をインドネシアでの BC 調査研究センター的な組織の一つとして発展させていくには、BRIN などの KKP 外の他の政府系調査研究機関や大学等に開放することが重要で、KKP 外の機関・組織からの利用時の費用負担を含む利用ルールを早急に整備する必要があることが確認された。

d) インドネシア側のプロジェクト運営管理体制が脆弱であり、強化策が必要

→ インドネシア側のプロジェクト運営管理体制の問題は、コロナ禍の影響が顕在化する以前からの重大な懸念事項であり続けている。その内容の詳細についてはⅡ(1)2)に記載しているが、同1)に記載している最近の政府系調査研究組織の BRIN への統合とそれに伴う本プロジェクトメンバーの BRIN への異動に起因する諸問題が重なることにより事態がより複雑化している。しかし、2022 年終盤になってインドネシア側の新たなプロジェクト推進組織構成がようやく固まり、それに伴うプロジェクト実施・運営体制も、新たな PI、Co-PI の指名等を経て具体化することになり、2023 年 1 月になって、インドネシアでの BC 戦略開発に必要となるいくつかの重要テーマへの取り組みが、一気に再開・加速することとなった。

e) 現時点では現地の政府・地方行政関係者、現地コミュニティの巻き込みが弱く、ブルーカーボンに関連する定期モニタリングがどこまで実施できるかが今後の課題である。特に、フィリピンでは行政機関が参画しておらず、全国的なモニタリングを担当する組織がはっきりしない。また、研究成果の社会実装に向けて、地方自治体・NPO・地域住民にはブルーカーボン生態系の維持や拡大の重要性を理解してもらうことも重要

→ Ⅲ.(2)の2)に述べているように、2020 年度後半に入って CNS-Philippines (BCnet) の立ち上げ・運用に向けての検討が加速しており、地域クラスターベースの検討会合が開催されるようになってきている。その後、上記のように UPD の内部予算措置としての”Bridging fund”が 2021 年 6 月から支給されることになり、BCnet 構築・運用に向けての動きがさらに加速してきている。その結果、クラスター別の BCnet ワークショップが数多く開催されており、特に Luzon クラスタでは、2021 年 2 月 5 日以降 2022 年 4 月 22 日にかけて 4 回ものワークショップが開催されており、学術機関のみならず、中央・地方政府機関、NPO など、様々な機関・組織から、毎回 100 名前後の参加者を得ている。Luzon クラスタ以外でも、同様の BCnet ワークショップが何度か開催されており、それらのワークショップでは、BC 生態系の保全・再生の重要性といった基本事項の理解を促進するための取り組みも行っている。

→ プロジェクト目標の達成においてキーとなるのは Blue Carbon (BC)戦略の構築とその社会実装に向けての方策の具体化である。本プロジェクトで構築を目指している BC 戦略は、国レベルの中央政府等に向けたものと自治体レベルでの地域向けのもの 2 つのレベルのものを想定しているが、いずれにおいても、実装先から見たときに大いに有用なものとならなければ、意味のある「使われる BC 戦略」とはならない。その意味で、BC 戦略に反映すべきポイントをプロジェクトの早い段階から把握することが極めて重要なステップになる。そのような意図から、本プロジェクトでは、国レベル、地方レベルでの各種会合を関係する中央・地方政府機関関係者等を招聘する形で開催してきている。(詳しくは、Ⅲ.(2)の 1) 参照)

f) プロジェクト終了後のモニタリングを含む体制の維持強化策を相手国関係者と十分に検討してほしい。特に、全国規模でのマングローブ林のマッピングは、フィリピンでは既に成功しているとのこと。今後、これをどのような体制で更新していくのか、またインドネシア側では同様のプロダクトを誰がどのように作成・更新するのか検討いただきたい。

→ フィリピンでは、その人員体制や実績等から見て、これまで全国規模マッピングを主導してきている UPD の Geomatics グループが、プロジェクト終了後も全国規模マッピングを発展的に更新・進化

させていくことが十分期待される。一方、インドネシアでは、政府系研究機関の **BRIN** への統合に伴うプロジェクト推進組織体制が大きく変わったことなどから、全国マッピングがなかなか進展しなかったが、**2023** 年 1 月になって、新たなプロジェクト実施体制のもとに様々な重要課題への取り組みが再開・加速するようになった。その中で、衛星画像解析による全国マッピングも、**KKP** メンバーを中心に、**BRIN** や大学、**NGO** のリモセン専門家からなるグループによって一気に進んだ。プロジェクト終了後も、本プロジェクトで開発した画像解析技術に基づく全国マッピング体制が維持されて、定期的に全国マッピングが実施されていくことが期待される。

(3)プロジェクト開始時の構想からの変更点(該当する場合)

次頁以降の各該当項目参照。

2. プロジェクト成果の達成状況とインパクト (公開)

(1) プロジェクト全体

- ・ 成果目標の達成状況とインパクト等

以下に、各研究題目に関する主要な成果（アピール・ポイント）に総括的に記載する。

研究題目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」

1) 調査・分析手法関係での革新的手法開発

- ・ マングローブの地上部、地下部の生物量推定、および細根現存量・生産量の計測に関する新しい解析方法を開発した。
- ・ 東アジアおよび東南アジアに分布するマングローブを対象として、林冠高からバイオマスを推定する汎用モデルを開発した。開発されたモデルは、UAV や航空機 LiDAR を用いて作成されたマングローブの3D マップに適用されてフィリピンやインドネシアの調査地のバイオマスマップが作成された。また、バイオマスマップの作成過程において、モデルにはさらなる改良が加えられ、実用面においてより深化したモデル開発が展開されている。
- ・ 海草藻場のブルーカーボンの系内・系外の動態について、広域マッピングと吸収計数を用いて評価する従来の方法を改良し、精度の高い評価が可能になった。

2) リモートセンシングによる広域マッピング手法開発：

マングローブ分布の全国規模マッピングに関して、Mangrove Vegetation Index (MVI) と名付けた指標を開発するとともに、Google Earth Engine (GEE) 等と組み合わせた衛星画像解析手法を無料画像である Sentinel-2 や LANDSAT 等の画像に適用する体系を構築している。この全国広域マングローブマッピング手法は、マッピング精度が高いだけでなく、GEE 等と組み合わせることにより画像処理が半自動的に迅速に行えること、無料画像を主な対象とした手法であることから様々な機関で継続的に応用してもらいやすいこと、LANDSAT 画像をも対象としていることから過去にさかのぼって長期的なマングローブ分布の変遷を検出できること、といった優れた点を有している。そこで、この手法を過去までさかのぼって適用することによって、両国でのマングローブ林の変遷過程をかなり網羅的に精度よく明らかにすることが可能になる。しかもその変遷の駆動要因（流域の土地利用変化など）の抽出にもリモートセンシング画像解析が応用できることから、本プロジェクトでの成果としてのこれらのマッピング結果は、政策立案関係者らにとっては大変有用な情報になるものと期待できる。さらにマングローブの主要樹種ごとの広域マッピングやバイオマスのマッピング手法も開発している。また、海草藻場の全国規模マッピングに関しては、AI と GEE 等を組み合わせた全国規模マッピング手法を開発している。なお、リモートセンシングによる全国規模マッピング手法の精度精度を行うには、地上検証データの取得も全国規模である必要がある。本プロジェクトでは、全国規模地上モニタリングネットワークである CNS を構築していることから、その利点を活かし、CNS での全国のサイトの中から適切なサイトを選定して検証データを取得する体制を構築している。

3) 統合モデルシステム開発

マングローブや海草藻場、サンゴ礁等に関するコアモデルの開発、そしてそれらを包含した多重スケール統合モデルシステムの開発、いずれも、先進的なモデル群としての開発を行った。その中で、特質すべき成果を以下に示す。

- ・ マングローブや海草などの主要ブルーカーボン生態系やサンゴも含めた重要な沿岸生態系の構成要素それぞれについて、それぞれの生体内応答プロセスを詳細に記述することで複合的な環境変化に対する生態系の応答を表現できるモデル群を開発した。これらの環境応答モデルを用いることで、現在のマングローブや海草の植生パターンを精度良く再現できるようになった。

- ・ブルーカーボン生態系に関して、特にマングローブ林用に新しい海水流動-波浪-土砂輸送モデルを開発することで、ブルーカーボン動態について生物学的側面だけでなく物理過程についても評価が可能となった。
- ・独自に開発・改良を加えた流域モデルに沿岸域の流動-水質モデル、さらには上記のブルーカーボン生態系モデルを多重にネスティングすることで、陸域から沿岸域へ流出するグリーンカーボンも含めた沿岸域からコーラル・トライアングル海域全体までを包含したブルーカーボン動態を包括的に扱える統合モデルシステムを開発した。
- ・上記のモデルシステムにカーボントレーシングモジュールを組み込むことで、沿岸域からのブルーカーボンの流出から外洋海底に至る過程を追跡可能とした。

研究題目 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」

1) ブルーカーボン生態系と炭素動態の解明

- ・マングローブ地上部・地下部の生物量と生産量の評価について、フィリピンのパナイ島北部、およびインドネシアのカリムンジャワ島において、開発した手法を用いた精度の高い評価を行うとともに、コアサイト以外の主要マングローブに適用するための調査体制の整備を行った。
- ・海草藻場について、フィリピンのブスアング島およびインドネシアのカリムンジャワ島で広域スケールでのブルーカーボン量の評価を行うとともに、フィリピンのパナイ島北部バタン湾、および対照サイトのサロマ湖において海草機能群ごとの分布動態を明らかにした。
- ・フィリピンのパナイ島北部およびインドネシアのカリムンジャワ島のマングローブと海草藻場等によるブルーカーボンストック量の広域的な分布を評価した。また、台風によるマングローブ動態の影響について、インドおよびバングラデッシュなど他地域のマングローブに適用可能な一般的関連性を明らかにした。
- ・マングローブおよび海草藻場のリモートセンシングデータを検証する野外データの広域取得をめざして、市民参加型野外モニタリングの手法を整備し、フィリピンのブスアング島、パタンガス海域、東サマール海域、インドネシアのベラウ川河口からデラワン島にかかる海域でデータ収集を行った。

2) リモートセンシングによる全国規模マッピング

開発した MVI と GEE 等と組み合わせた画像解析手法に基づいて、フィリピンのマングローブ分布を全国規模でマッピングすることに成功した。そして、その成果をクラウド上で一般に公開することを通じて、政府機関や大学等研究機関、NPO 団体などの関係者から高い評価と今後のさらなる進展への高い期待が多数寄せられている。これらの成果は、国際学術誌で発表するとともに、COP26 のサイド・イベント等の国際的なイベントでの発表も行っている。フィリピンでは、さらに、マングローブの主要樹種やバイオマス、海草藻場分布の全国規模マッピングにも成功している。インドネシアにおいても、同様の手法を適用することにより、マングローブと海草藻場分布の全国規模マッピングに成功している。

3) 統合モデルシステムの応用解析

- ・統合モデルシステムによって、観測データの不足しているコーラル・トライアングル海域の海面 CO₂ 分圧や炭酸系パラメータの時空間的な分布パターンを明らかにした。
- ・カーボントレーサーモジュールをサブサイトである八重山諸島に展開することで、数値シミュレーションによって予測したブルーカーボンの外洋への輸送および海底堆積物への蓄積パターンとの海底表層堆積物から検出されたマングローブ環境 DNA の空間分布と整合的な結果を得ることができ、ブルーカーボンの外洋海底への到達過程を追跡するための本手法の有用性が確認された。
- ・ローカルスケールでは、開発したモデルをインドネシアの Berau 沿岸域やフィリピンの Aklan 沿岸域に適用することで、海草藻場やマングローブ林の土壌炭素保持機能の役割を定量的に示した。

- ・将来予測される巨大化する台風についてシナリオ解析を行い、台風最大風速に対しブルーカーボン生態系の土壌炭素損失リスクが非線形的に増加する可能性を示した。

研究題目 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」

- ・現地の住民、漁業や観光業の関係者、行政の担当者等の多様なステークホルダーのブルーカーボン生態系に対する認識を評価し、現地において問題として認識されているブルーカーボン生態系の劣化のドライバー等を特定する統合的な調査分析のフレームワークを構築することができた。特に既存のブルーカーボン生態系保全に関する政策の分析手法も確立し、保全政策と現地のステークホルダーの認識のミスマッチ等を特定して政策の改善につなげる方法論も構築した。
- ・調査対象地における現地及びオンラインでの会合を通じた研究成果の共有化や、リージョナルな観点から PEMSEA 等の取り組みにおいて成果還元を行い、ブルーカーボン生態系の包括的な評価方法の確立と多様なステークホルダーとの連携、成果の共有化を進めることができた。
- ・地域住民のブルーカーボン生態系サービスの利用を評価する手法として **Vulnerability Index** の適用の有効性・有益性を検討し、フィリピンのブスアング島の集落間での変異および共通性を解明した。
- ・インドネシアのカリムンジャワ島の地域住民を対象とした社会調査に基づき、ブルーカーボン生態系を通じた **human well-being** の評価手法を確立した。

研究題目 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” システムの展開」

1) CNS の構築

本プロジェクトにおける特筆すべきユニークな成果の一つとして **Core-and-Network System (CNS)** をフィリピンとインドネシアの両国において構築・展開することが出来た。CNS は、ブルーカーボン戦略の更新や政策立案者への提言更新に反映していく順応的管理のための根幹をなす持続的な全国規模モニタリングの基盤を形成するものであるとともに、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を提供するものであり、それを通じて国内の様々な地域レベルの取り組みと中央政府の政策立案・更新を結び付ける有効なツールになり得るものである。CNS でのモニタリングは、既存のモニタリングネットワークのように、BC 生態系の個別要素（マングローブや海草藻場など）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、水質などの沿岸生態系動態の支配パラメータ、ひいては社会経済的な要素をも含む、かなり包括的な要素をモニタリング対象としていることから、政策立案サイドにとっても格段に有用なモニタリング結果を提供し得る。CNS ネットワークサイトの中には、本プロジェクトで提唱している **G-B Link** (図 5) に基づく広域資源管理・環境保全スキームのための統合的モニタリングを行うことになることから、その意味でも従来にない重層的なモニタリングシステムとなっている。

なお、CNS に関して今後想定している展開の柱の一つとして、フィリピン・インドネシア以外のコーラル・トライアングル域内外への CNS の導入展開を模索している。すでに、JST、DOST、UKRI による STAND プログラムで採択されたパイロット・プロジェクト「SEA 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」において、CNS のマレーシアへの導入のための体制づくりなどの具体的な検討を行っている。そして、フィリピン、インドネシア、マレーシア 3 か国での CNS をコアとして SEA 域を広くカバーする形の CNS-SEA の構築・展開に向けての戦略検討を行い、それに関連して、PEMSEA や SIMSEA (Sustainability Initiative in the Marginal Seas of South and East Asia) などの regional な組織やイニシアティブとの今後の連携構築の具体化に向けての取り組みも進めている。

2) CNS コア機関の機能の強化

特筆すべき取り組みとして、インドネシアにおける CNS のコア機関としての Project Lab を、相手国代表機関 KKP 内に新たに設置した。同 Lab は CNS コア機関としての機能のみならず、インドネシアにおけるブルーカーボン調査研究センターの一つとしての発展も期待される。

3) 人材育成

CNS のコア・サブコア組織の人材育成を目的として、JICA 短期研修生として、フィリピンから 17 名、インドネシアから 8 名の計 25 名を JICA 短期研修生として日本側メンバー機関で受け入れるとともに、東京工業大学にフィリピンとインドネシアから各 1 名を JICA 長期研修生として受け入れた。また、両国での様々な合同現地調査等の機会に、相手国参加メンバーへの on-site training を実施した。さらに、CNS 研修 workshop を、特にフィリピンにおいて数多く実施している。

4) CNS モニタリング・ガイドラインの開発

CNS の参加団体、特に科学者以外の地域住民が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として整備した”CNS Monitoring Guideline”を執筆し公表した。

5) 関係国間の連携強化

灘岡の 18 回にも及ぶ基調・招待講演をはじめ、3 か国のプロジェクトメンバーが様々な国際会議等で本プロジェクトに関連する情報発信や意見交換を行うことを通じて、フィリピン・インドネシアからの参加者のみならず、コーラル・トライアングル内外の周辺国等からの参加者に向けて本プロジェクトの紹介を行うとともに、将来的な連携展開の可能性の拡大に努めた。

6) Citizen Science Toolkit の作成

本プロジェクトでは、Citizen Science の担い手としての一般市民や NGO 等における非専門家の CNS モニタリング等への積極的な参加を重要視している。そのための教材として、”Citizen Science Toolkit”を作成した。

研究題目 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」

研究題目 1～4 の成果に基づいて、中央・地方政府や NGO など様々な関係団体・組織が、ブルーカーボン生態系を効果的に保全・再生するための、新たな情報と種々の手法群、調査ガイドライン、持続的体制づくり、人材育成、等々に関わる包括的なパッケージとしての「ブルーカーボン (BC) 戦略」を構築した。この「戦略」は、BC 及び BC 生態系動態の「理解」のみならず、保全・再生に向けての具体的な「アクション」を如何にして実現させるかと、いう観点を重視した内容になっている。同戦略は、表 2 の目次構成のもとで eBook の形で取りまとめられている。同戦略では、フィリピンとインドネシアの 4 か所のメインサイトを対象として地域版の BC 戦略もとりまとめており、その 1 例としてフィリピン・Aklan での地域版戦略についての eBook 目次構成を表 3 に示してしている。地域版を含む BC 戦略の開発にあたっては、それらの持続的、効果的な社会実装を実現するため、プロジェクトの初期段階から様々な関係者との会合を開催している。特にフィリピンでは 3 つの主要プロジェクトサイト (Aklan, Eastern Samar, Busanga) での地域会合や関係中央政府機関との会合を数多く開催し、プロジェクト終盤では、本プロジェクトの持続的な社会実装を実現させるための地域会合を Aklan, Eastern Samar で複数回開催している。典型例として、Aklan では、本プロジェクトで提案している G-B Link (図 5) に基づく広域資源管理・環境保全のための Aklan Province Rivers, Bays, and Coasts Integrated Management Council ("ABC Council") の設立に関する協定書 (MOU) が締結され、さらには、ABC Council を中心とした地元の持続的な広域連携推進体制と、付随する Funding メカニズム等を制度化することを可能とする州条例が 2023 年内にも成立する見通しとなっている。このような取り組みの成果については中央政府 (DENR や CCC など) から注目されており、Aklan の取り組みはフィリピンにおける National showcase としてアピールし得るものとなっている。そして、CNS や全国規模マッピングに代表される全国レベルでの成果もフィリピンにおける BC 戦略の主要な目玉として中央・地方政府等への貢献が強く見込まれる状況となっている。インドネシアでは、相手側代表機関でのプロジェク

ト推進体制の大幅な変更などの影響から BC 戦略の開発がかなり遅れたが、新たな推進体制が固まったプロジェクト最終盤で一気に取り組みが加速し、BC 戦略の柱となる CNS 構築、全国規模マッピング、Berau での地域版 BC 戦略構築に関わる地元会合の開催などが集中して行われ、BC 戦略の構築が行われた。このうち Berau での地域版 BC 戦略構築は、フィリピンの Aklan と同様に G-B Link に基づく広域資源管理・環境保全の枠組みを構築することをメインとしたもので、本文中に記載しているように、インドネシアでの National showcase になり得るものとなっている。また、本プロジェクトの国内外の関係者・機関への BC 戦略を中心とした発信と意見交換等のための National Symposium を、フィリピンにおいて 2 回、インドネシアにおいて 1 回開催しており、プロジェクト最終盤に、3 개국合同での Blue Carbon Regional Symposium (BCRS)を開催している。

- ・プロジェクト全体のねらい

本研究は、世界的に見て生物多様性がきわめて高い「コーラル・トライアングル」と呼ばれる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、沿岸生態系が蓄える炭素であるブルーカーボンに着目し、沿岸生態系の保全や回復力の強化がブルーカーボンの増強につながり、ひいては地球環境改善にも貢献する「ブルーカーボン戦略」を、さまざまな調査やモデル開発・分析等に基づいて策定・提言することを主な目的としている。そのために、両国沿岸域におけるブルーカーボンならびにブルーカーボン生態系の動態を規定する諸過程を定量的に明らかにするための現地調査を多角的に実施し、その成果に基づいて、物質循環・炭酸系動態・生態系応答などに関する新たな統合モデル体系を構築する。さらに、全国各地の沿岸生態系の状態とその変動状況を定期的にモニタリングし政策立案・更新に反映させるための全国規模モニタリングネットワーク Core-and-Network System (CNS)の構築や、ブルーカーボン生態系サービスの包括的評価等に基づく沿岸生態系保全・再生への地域コミュニティの積極的な関わりの強化策の立案、等からなる「ブルーカーボン戦略」を策定し、両国政府に提言する。

- ・地球規模課題解決に資する重要性、科学技術・学術上の独創性・新規性（これまでと異なる点について）

新たな調査手法開発やその応用、リモセン画像解析手法開発と応用、多重統合モデリングシステムの開発と応用、生態系サービスの包括的評価など、研究題目（1）～（3）に関わる科学技術・学術上の独創性・新規性を示す様々な成果は、それぞれの研究題目のセクションで個々に記載している。ここでは、本プロジェクト全体としてのユニークな取り組みである Core-and-Network System (CNS)の構築について述べる。CNS は、ブルーカーボン戦略の更新や政策立案者への提言更新に反映していく順応的管理のための根幹をなす持続的な全国規模モニタリングの基盤を形成するものであるとともに、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を提供するものであり、それを通じて国内の様々な地域レベルの取り組みと中央政府の政策立案・更新を結び付ける有効なツールになり得るものである。CNS でのモニタリングは、既存のモニタリングネットワークのように、BC 生態系の個別要素（マングローブや海草藻場など）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、水質などの沿岸生態系動態の支配パラメータ、ひいては社会経済的な要素をも含む、かなり包括的な要素をモニタリング対象としていることから、政策立案サイドにとっても格段に有用なモニタリング結果を提供し得る。CNS ネットワークサイトの中には、本プロジェクトで提唱している G-B Link に基づく広域資源管理・環境保全スキームのための統合的モニタリングを行うことになることから、その意味でも従来にない重層的なモニタリングシステムとなっている。

- ・研究運営体制、日本人人材の育成(若手、グローバル化対応)、人的支援の構築(留学生、研修、若手の育成)等

2017 年度では、本プロジェクトを構成する 4 つのグループのうち、社会・政策科学グループの構成メンバーが大幅に更新された。特に、石川智士氏が 2017 年度より総合地球環境研究所から東海大学に異動になった関係で、同グループのリーダーが 2017 年度から石川氏から東北大学（当時）の香坂玲氏に

交代することになった。また、生態学グループでは、マングローブ関係の専門家として小野賢二氏（森林総合研究所・東北支所）が2017年5月から加わることとなった。本プロジェクトで主として雇用される研究者として、統合モデリング・リモートセンシンググループにおいて2017年5月から吉開仁哉氏が、また地球化学グループにおいてRaghab Ray氏が2018年2月から加わることとなった。留学生関係では、インドネシアからの留学生2名を東京工業大学の中村隆志准教授（統合モデル開発・リモセングループ）の研究室に2017年9月から受け入れている。1名はバンドン工科大学からの国費留学生で修士・博士一貫型コースの修士課程に、もう1名はインドネシア政府奨学金に基づくインドネシア国家航空宇宙局（LAPAN）からの留学生で博士後期課程に入学している。

2018年度では、統合モデル開発・リモートセンシンググループに宇宙システム開発利用推進機構国際部部長の広瀬和世が2018年10月から加わった。また、生態学グループでは、本プロジェクトで主として雇用される研究者としてAngela Quiros氏が2018年8月から加わり、諏訪鍊平氏の異動に伴って同氏の所属が森林総研からJIRCASへ2018年4月から変更になっている。一方、地球化学グループでは、渡邊敦氏が海洋政策研究所への転出に伴って2018年度4月から本プロジェクトから離れることとなった。留学生関係では、統合モデル開発・リモートセンシンググループの中村隆志准教授（東京工業大学）の研究室に2017年度で受け入れたインドネシアからの2名の留学生に引き続いて、2018年度に、インドネシアからの留学生1名をJICAのInnovative Asiaプログラムによって受け入れている。また、社会・政策科学グループでは、東北大学において、インドネシアからの留学生1名とフィリピンからの留学生1名を2018年度に受け入れている。このうち後者は、SATREPS 枠国費留学生として受け入れたものである。本プロジェクトでの相手国における合同調査には、これらの留学生に加えて、東工大と北大から合わせて延べ数名の日本人学生が参加している。JICA 短期研修生として、2018年度は、フィリピンから4名、インドネシアから4名、合計8名を日本側メンバーの所属機関（東工大、東大・AORI、東北大、北大・厚岸臨海実験所）で受け入れている。

2019年度では、社会・政策科学グループの柿沼薫氏が上海大学アジア人口研究所准教授（任期付）として5月1日付で東北大から転出されたことから本プロジェクトから外れることとなった。一方、同グループには、NPO 法人海辺つくり研究会理事長の古川恵太氏が2019年7月から、2020年4月から（公財）地球環境戦略研究機関研究員の三輪幸司氏が加わった。また、生態学グループに檀浦正子氏が2020年2月から加わっている。留学生関係では、JICA 長期研修生としてフィリピンからAyin Tamondong氏、インドネシアからJoko Prihantono氏の計2名を統合モデル開発・リモートセンシンググループの中村隆志准教授（東京工業大学）の研究室に受け入れた。このうちJoko Prihantono氏はインドネシア側の事情で来日が大幅に遅れ、当初予定の4月からではなく9月からの就学開始となった。JICA 短期研修生として、フィリピンから4名、インドネシアから4名、合計8名を日本側メンバーの所属機関（東工大、東大・AORI、北大・厚岸臨海実験所、森林総研）で受け入れている。

2020年度では、コロナ禍で相手国への渡航が全くできず、相手国メンバーもプロジェクトサイトでの活動がほとんどできなかったことから、zoom 等を用いたオンライン会議やウェビナーの開催に重点を置く形となった。また、JICA 短期研修生の日本への招へいも全くできなかった。なお、2020年度における日本側のプロジェクトメンバーの追加はなかった。JICA 長期研修生（フィリピン1名、インドネシア1名）やSATREPS 特別枠1名（フィリピン）を含む国費留学生の日本側メンバー大学での博士論文研究は中断することなく実施されたが、研究に必要な追加現地調査データの取得が出来なくなるといった影響が出ている。同様の問題は、本プロジェクト雇用の若手研究員の研究活動にも生じている。

2021年度では、前年度に引き続いてコロナ禍で相手国への渡航が全くできず、相手国メンバーもプロジェクトサイトでの活動が大きく制約されたことから、zoom 等を用いたオンライン会議やウェビナーの開催に重点を置く形となった、また、JICA 短期研修生の日本への招へいも全くできなかった。なお、2021年度における日本側の新たなプロジェクトメンバー（学生以外）として、地球化学グループに木田森丸氏（神戸大学）を、また社会・政策科学グループに渡邊敦氏（海洋政策研究所）に加わって頂くこととなった。JICA 長期研修生（フィリピン1名、インドネシア1名）やSATREPS 特別枠1名

(フィリピン)を含む国費留学生の日本側メンバー大学での博士論文研究は中断することなく実施されたが、前年度と同様に、研究に必要な追加現地調査データの取得が出来なくなるといった影響が出ている。同様の問題は、本プロジェクト雇用の若手研究員の研究活動にも生じている。

2022年度は、プロジェクト終盤の2022年11-12月に、生態学グループ(北大・JIRCAS)でフィリピンからの短期研修生3名を、統合モデル開発・リモセングループ(東工大)でフィリピンからの短期研修生6名(うち1名はオンライン参加)を出張ベースの3名とともに受け入れた。

プロジェクト期間を通じて、本プロジェクト雇用の研究員の3名、すなわち、統合モデリング・リモートセンシンググループの吉開仁哉氏、地球化学グループのRaghab Ray氏、生態学グループのAngela Quiros氏、そして国費留学生として参加した社会・政策科学グループの2名、すなわちJay Mar Quevedo氏とKevin Muhamad Lukman氏(博士課程修了後、それぞれ東大、BRINでの研究員)は、本プロジェクトで目覚ましい活躍を示し、先進的な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ている。また、フィリピン側においては、本プロジェクトでのRAとして多くの大学院生が様々な現地調査やその準備、データ分析、衛星画像解析、モデル開発・応用、各種会合の準備や運営等々、フィリピン側のプロジェクト推進にあたっての「エンジン」とでもいうべき素晴らしい活躍を示している。これらのことが示すように、日本側、フィリピン側ともに若手人材が本プロジェクトで大いに活躍し、様々な経験を積んでいる。それらは彼ら・彼女らの将来にとって貴重な財産となるはずで、本プロジェクトの成果の一つとしてアピールし得るものである。

(2) 研究題目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」

1) 研究題目1の当初の計画(全体計画)に対する当該年度の成果の達成状況とインパクト

【活動1-1】 新たな視点に基づくブルーカーボン(BC)生態系と炭素動態に関する包括的・多角的観測・評価手法の開発:

地球化学グループ(リーダー: 宮島利宏)

地球化学グループではコロナ禍以前の2019年度までは、主にフィリピンのブスアング島西側海域とパナイ島北部マングローブ林を中心として、フィリピン側地球化学グループとの共同調査を行って来た。インドネシアではジャワ海のカリムンジャワ諸島沿岸海域と東カリマンタンのベラウ川河口・デラワン群島海域を中心に調査を実施した。

ブスアング島西側沿岸域ではブルーカーボン生態系(マングローブ、海草藻場)から流出した有機炭素が沖合の堆積物に移送されて隔離されるプロセスの存在を検証し定量的に評価手法の開発、およびマングローブにおけるブルーカーボン生成の重要な一翼を担う難分解性溶存有機炭素の生成量の評価を主な目的とする調査を実施してきた。

2017年9月にサブボトムプロファイラーを用いた予備調査を実施し、2018年2月にはより詳細な調査と表層堆積物の面的採集を実施した。さらに同年9月には広域的な採水調査を実施した。この海域は自然な沿岸生態系が比較的良好な状態で保存されている場所である。この海域の北側にはブスアング川からの流出物と思われる陸起源堆積物が卓越するのに対し、河川流入の少ない南側海域では生物由来の炭酸塩堆積物が卓越することがわかった。面的採集された堆積物に含まれる有機炭素の濃度と安定同位体比の分析を進め、海草藻場やマングローブから沖合に流出した炭素が沖合堆積物に隔離されるための地形的条件について解明を進めた。また2019年度には、別の事業で開発しているDNAプローブ法をこの海域の堆積物に適用することによって、マングローブや海草に由来する有機炭素が実際に沖合堆積物中に隔離貯留されていることを直接的に実証した。特に、海草藻場には海草自身によって生成された有機炭素だけでなく、周辺のマングローブで生成されて流出した有機炭素をトラップして堆積物中に長期貯留する機能があらることが直接的に実証された。外洋流出に関してはさらに沖合の深海まで含めた評価を本来は実施すべき

であるが、コロナ禍による渡航規制のためブスアング島沿岸での調査の継続が困難になったため、2020年の初頭からは、後述のように日本国内の海域（琉球列島沿岸）から得られた試料を利用して、ブルーカーボンの深海隔離に関する代替的な実証研究を実施した。

パナイ島北部地区では、マングローブから外洋に炭素が流出するダイナミクスを潮汐スケールで解明する手法の開発、マングローブ土壌の長期コア試料を使ってマングローブ植生の長期的な遷移過程とブルーカーボンの蓄積履歴の関係を明らかにする手法の開発を進めたほか、生態学グループと協力してマングローブリターと枯死体（coarse wood debris）の分解に伴う土壌呼吸量や溶存有機炭素流出量のモニタリングを行った。

2017年9月（雨季）と2018年2月（乾季）に Katunggan It Ibajay Mangrove Ecopark (KII)の現地調査においてマングローブ流出水の24時間採水調査を行い、潮汐による溶存無機炭素、溶存有機炭素、懸濁態有機炭素の系外流出のダイナミクスを明らかにした。具体的には、①上流の集水域からマングローブに石灰岩由来と思われる高濃度の溶存無機炭素（DIC）が流入していること、②マングローブ林内でも土壌から大量のDICが生成して海域に流出していること、③それに対して溶存有機炭素（DOC）や懸濁態有機炭素（POC）の流出は限定的であること、などが判明している。これらの成果は既に *Limnology and Oceanography* 誌に論文として発表されている。

KIIは陸域側の開発が進んでいるために新たな土壌の流入がほぼ停止し、浸食がかなり進んでいることがわかっている。いくつかの地点で土壌コアを採取して放射炭素年代測定を行ったところ、上流部マングローブ土壌では数百年以上前の古い有機炭素がかなり温存されていたのに対して、下流部マングローブ土壌では古い炭素の残留がほとんど認められなかった。またDNAクローンライブラリ法をいくつかの土壌試料に適用したところ、部位によっては淡水湿地や外来性植物に由来する有機炭素の蓄積が認められ、マングローブの土壌であっても必ずしもブルーカーボンだけから成っているわけではないことが判明している。ただし高等植物に対するDNA分析技術にはなお解消に至っていない技術的問題が残されていることから、2022年の段階では成果の公表は控えている状態である。その後、コロナ禍がほぼ収束した2022年の10月末に同じ場所を訪問して、検証用の追加の土壌コアのサンプリングを実施したが、時間的制約のため、プロジェクトが終了する2023年春の段階ではまだ分析作業が進んでいない。

2018年9月と2019年2月にはこの地域の最も大きな河川であるAklan川河口域に分布するマングローブにおいて、植林後の林分の生長に伴うブルーカーボン蓄積の発達についてのクロノシーケンスを利用した研究、流出する溶存有機炭素濃度とその化学組成（起源）に関する研究、ブラックカーボンの寄与の評価、土壌呼吸速度の測定等を行った。このうち特殊な装置を必要とする溶存有機炭素の構造解析とブラックカーボンの評価の手法開発に関しては海外の研究機関の協力を得る必要があったため、特任研究員のRaghab Rayが2019年1月にアメリカ合衆国のNortheastern UniversityとStony Brook Universityを訪問して関係者と打合せを行った。しかしその後コロナ禍のために米国の研究機関が一時的に閉鎖されるなどしたため、実際の分析作業は大幅に遅延しており、2022年の段階でようやく緒に就いたばかりとなっている。また2019年9月と2020年2月には、マングローブ生態系の代謝モデルの精緻化のために必要となる支持根・気根・枯死体などからのCO₂発生量のモニタリング、および土壌有機炭素の構造解析のための試料採取を行った。クロノシーケンスを利用した研究に関しては、その成果は *Biogeosciences* 誌に2022年に公表された。それ以外の成果についても今後順次論文化を進める。

パナイ島北部のもう一つのプロジェクト重点サイトであるバタン湾においては、2019年2月（乾季）と同年11月（雨季）に水質と底質に関するシノプティック調査を実施し、生態系モデルの構築のために必要となるパラメータの採取を行った。底質と懸濁物の分析を日本側が担当し、水質分析を主にフィリピン側（フィリピン大学海洋科学研究所）が担当した。当然ながら乾季と雨季とでは水循環様式が大きく異なることが明らかとなり、また特に湾奥部における富栄養化の進行が認められた。またこの海域でさかんに行われている魚類養殖による環境負荷に対する海草藻場の水質改善効果の検証、この海域における重要な産業である二枚貝養殖（カキ・イガイ）に対する海草藻場の効果（餌料供給など）の検証を目的とした調査を並行して進めた。その後、コロナ禍による3年間の中断を経て、2022年10月に本プロジェクトと

しては最後となる調査を実施した。環境 DNA の分析結果から、湾内に分布するウミシヨウブを中心とする海草藻場は、養殖二枚貝の好適な餌料となる珪藻類が豊富に生産される場となっていることが示された（未公表データ）。

インドネシアにおいては 2018 年 3 月と 8 月にカリムンジャワ諸島周辺海域、2019 年 3 月に東カリマンタンのデラワン群島海域において、それぞれ採水調査と海草藻場堆積物コア試料・マングローブ土壌コア試料の採集、ならびに海草・マングローブ生体試料の採集を行った。この時の土壌・堆積物・植物体の試料を 2019 年度の短期研修の際にインドネシア側の研究者が持参し、日本国内において有機炭素濃度や安定同位体比分析を実施した。得られたデータはインドネシア側の研究者が持ち帰り、インドネシア側で分析した採水試料のデータと併せて取りまとめているところであるが、2020 年度以降はコロナ禍の影響に加えてインドネシア側カウンターパートにおける大規模な組織改編のあおりを受け、分析と取りまとめの作業に支障が出て進展が止まっている。

また 2019 年 3 月と 8 月にはデラワン群島のマングローブにおいて、トランセクトごとの土壌呼吸量の測定や溶存有機物試料のサンプリング等を実施している。

2020 年 4 月以降はフィリピン・インドネシアともコロナ禍による渡航制限のため現地調査が止まっているが、それまでに得られているサンプルの分析やデータの取りまとめと成果発表の作業を継続した。①コーラル・トライアングル域に特徴的な炭酸塩堆積物のブルーカーボン貯留特性について取りまとめた研究結果、②KII マングローブ土壌コアの分析結果に関する速報的なまとめ、③アクラン川河口域と沖縄のマングローブとでの溶存有機炭素の生成に関する比較調査結果を、2019 年 5 月の日本地球惑星科学連合大会（JpGU）で発表した。また 7 月にはフィリピン国内の海洋関連学会である PAMS 2019 においてフィリピン側の地球化学グループのメンバーがアクラン地区のマングローブに関する調査結果の報告 3 件を行った。また特任研究員の Ray は 2019 年 6 月末にシンガポールで開催された AOGS 年会においてマングローブ関係のセッションを企画し、その中で KII マングローブの炭素収支に関する発表を行った。2020 年度には、①ブスアング海域におけるブルーカーボンの系外移出と沖合堆積物における貯留状況について、および②バタン湾の水質と養殖カキに関する速報的なデータを、7 月の JpGU-AGU Joint Meeting（オンライン）で発表した。パナイ島マングローブ土壌コアの分析結果とブスアング島沖合海域のブルーカーボン貯留状況に関しては多くの新知見を含んでいるので、できるだけ早急に論文化して発表することを計画している。

2020 年度後半から 2021 年度にかけて国内での野外調査活動が徐々に再開されたところから、国内の調査地でも代替的に実施可能なブルーカーボンに関する調査を実施した。例えば琉球列島周辺海域で行われた地質調査総合研究センターの航海の過程で得られた堆積物試料を利用して、周辺ブルーカーボン生態系からこの海域の深海に有機炭素が移出・隔離されているかどうかを検証するための研究を実施した（成果の一部は 2021 年 5 月の JpGU Annual Meeting（オンライン）で速報。次項「活動 2」で詳述）。

また、特にインドネシアでは浅海域を利用した海藻の養殖が沿岸漁業の重要なセクションとなっていることから、海藻養殖に伴うブルーカーボン隔離・貯留のポテンシャルをさぐるため、国内のいくつかの海藻養殖場において方法論的検討を主な目的とする予備的な調査を行った。養殖された海藻そのものは基本的には水揚げされ消費されるので炭素貯留には結びつかないが、養殖の過程で発生する離脱藻類の堆積物移行や溶存有機炭素の外洋流出が炭素隔離に貢献する可能性があるため、それらを定量的に把握することが目的である。現段階ではこれらの可能性を支持するポジティブなデータはまだ得られていない。

日本からの渡航制限が続いている中で相手国の地球化学グループの研究者だけで実施された項目のひとつとして、フィリピン Bolinao 海域における海草藻場と養殖漁業の調査が挙げられる（フィリピン大学の臨海実験施設があるため）。これに関しては 2021 年以降、UPMSI の McGlone 教授を中心として調査が進められた。2022 年度の段階では全ての試料分析が終わっているわけではないが、得られた成果の一部が 2022 年 5 月にフィリピンで行われた National Blue Carbon Symposium 2 において発表されている。一方、インドネシアではコロナ禍による活動制限に加えて、同国国立研究機関の大規模な統廃合が進行中であるため研究体制が組織できない状態に陥っており、2021 年度以降、研究の進捗がほぼ止まっている。

2021年度は引き続き渡航制限と現地での活動制限によりフィリピン・インドネシアにおける現地調査を含めた全ての活動の中断を余儀なくされた。その代わりに日本国内において、当初の研究計画には含まれていなかったことであるが、ブルーカーボン生態系における炭素動態、特に長期貯留に寄与する難分解性有機炭素の分布と成因を探る手法の一つとして、核磁気共鳴法を応用したマングローブ土壌有機物の構造解析法の検討に着手した。このために神戸大学の木田森丸博士に新たに地球化学グループの構成員として参加して頂いた。21年度には、20年度初めに渡航中断前の最後の調査の機会に採集されフィリピン大学に保管されていたマングローブ土壌をフィリピンから空輸して解析を行い、マングローブ生態系の発達史と関連した土壌有機物組成の変遷が見られる（芳香族化合物やオレフィン類の存在比が次第に減少し、脂肪族炭化水素や炭水化物が相対的に増加する）ことを確認した。またそれと並行して、堆積物中の有機態硫黄の安定同位体比を指標とする研究手法について検討し、そのために必要となる分析設備の立ち上げと改良を進めた。

生態学グループ（リーダー：仲岡雅裕、サブ・リーダー：諏訪鍊平）

2017年度にはサイト予備調査を4月（フィリピン）、9月（フィリピン）に行い、野外観測を実施するマングローブ、および海草藻場を選定した。マングローブについては、フィリピン・パナイ島北部の複数のサイトを優先調査サイトとすることに決定し、また海草藻場については、ブスアング島の海草藻場の選定を行った。それぞれの現地の構成種や分布域に関する予備調査および文献資料などをもとに、マングローブおよび海草藻場におけるブルーカーボンの生産量、蓄積量および系外への流出量を推定する方法を検討するとともに、必要な機材の選定、発注、現地配置などに関する準備、調査に必要な人員の確保、調査許可に関する手続きを進めた。これに基づき2017年9月にはフィリピン・パナイ島北部のマングローブで永久調査区の設置、測定樹木の標識等を行い、2018年2月より本格観測を開始した。また、海草藻場についても2018年2月よりブスアング島で観測を開始した。インドネシアのサイト予備調査については、2018年3月に実施をし、カリムンジャワ島における調査対象マングローブ、海草藻場を選定した。また、ブルーカーボン系外流出量の推定方法に関しては、統合モデリング・リモートセンシンググループおよび地球化学グループと共同で検討を行った。また、もう1つのコアサイトであるデラワン島については、KKPおよびその他の連携機関がこれまで行った調査資料の解析を通じて、マングローブ、海草藻場の調査地選定を進めた。

2018年度には、前年度に選定した4か所のコアサイト（フィリピンのブスアング島およびパナイ島北部、インドネシアのカリムンジャワ島、デラワン島）における本格的な方法論の検討を開始・継続した。パナイ島北部地区のマングローブでは2018年9月（雨季）と2019年2月（乾季）にKatunggan It Ibajay Mangrove Ecopark (KID)およびの現地調査を実施した。一方、インドネシアでは、マングローブについては2018年8月および2019年3月にカリムンジャワ島で、海草藻場については2018年8月にカリムンジャワ島で、2019年3月にデラワン島周辺海域で同様の調査を実施した（現地観測・調査の概要は【活動2-1】で詳述する）。これらの調査結果を、統合モデル開発・リモートセンシンググループおよび地球化学グループの成果を合わせることで、調査域全体の炭素動態にマングローブ、海草藻場が与える影響を評価する方法を検討した。

2019年度には、2018年度までに本格調査を開始したフィリピンのブスアング島・パナイ島北部および、インドネシアのカリムンジャワ島・デラワン島周辺域にて、マングローブ林、海草藻場のブルーカーボン動態に関する本格的な観測調査を継続し、ブルーカーボンの供給および蓄積に関する季節動態を含めたデータを入手した。特に、マングローブにおいては、落葉落枝量、細根生産量、粗大有機物量、樹木成長量に関するデータを収集した。海草藻場については、2019年10月にカリムンジャワ島、11月にパナイ島北部、2020年2月にブスアング島にて、ブルーカーボンの供給および蓄積の季節変動に関するデータの集積を続けるとともに、ブスアング島では海草藻場からのブルーカーボン系外流出量の推定方法に関するデータを取得した。しかし、2019年10月および2020年3月に予定していたデラワン島周辺域での野外調査については、それぞれ、日本における台風によるフライトの欠航、およびCOVID-19感染拡大に伴う渡航中止により実施することができず、2020年度以降に改めて実施することになった。また、フィリピンの第3コアサ

イトとして検討されたサマール島東部海域についてはマングローブおよび海草藻場の分布に関する基礎的情報の収集を本年度より開始した。

2020年4月以降はコロナ禍によって、現地調査が実施できなかったが、これまでに得られている結果の取りまとめや情報交換を行うことができた。フィリピンのマングローブにおいて実施したイングロース・コアを用いた細根生産量の算出結果を7月に学会 JpGU-AGU Joint Meeting (オンライン) において報告した。パナイ島のマングローブに埋設したスキャナーによる細根画像の解析を開始した。また、国際誌 *Ecological Research* において、Blue Carbon に関する特集号を提案し採択された(編集委員として本プロジェクトの仲岡雅裕、諏訪鎌平、Raghab Ray を含む)。本特集号において、細根生産量や林分構造に関する研究成果を発表した。海草藻場の動態解析においても海草藻場からのブルーカーボン系外流出量の推定方法に関するデータを整理し、論文化を進めた。

2021年度以降は引き続き渡航制限によりフィリピン、インドネシアにおける現地調査が実施できなかったため、引き続きこれまでに得られている結果の取りまとめや情報交換により本活動を進めた。マングローブについては、フィリピンのマングローブにおいて実施したイングロース・コアを用いた細根生産量の算出結果を7月に学会 JpGU-AGU Joint Meeting (オンライン) において報告した。西表島の船浦湾に埋設したスキャナーによる細根画像および細根呼吸の解析を開始した。また、国際誌 *Ecological Research* の Blue Carbon に関する特集号においては、マングローブの細根生産量の新しい解析方法に関する発表を行った(Ono et al. 2022)。石垣島の宮良川においてマングローブのモニタリングサイトを設置した。海草藻場については、後述する【活動 1-2】による広域マッピング結果と吸収計数を用いてブルーカーボンの系内・系外の動態を推定する方法の有効性について、本課題以外の方法との精度に関する比較解析を行い、その評価を進めた。

2022年度は COVID-19 感染拡大に伴う渡航制限が解除されたことから、フィリピンにおける現地調査を実施することができた。マングローブにおいては、Bakhawan ecopark の固定試験地において成長データを取得、KII ecopark においては固定試験地において細根現存量の測定のためのサンプルを取得、ボタン湾においては放棄養殖池におけるマングローブの回復状況等を調査した。また、国際誌 *Ecological Research* の Blue Carbon に関する特集号に、石垣島宮良川のマングローブのモニタリングサイトの林分構造に関する論文(Bassar 他)を投稿した。

【活動 1-2】リモートセンシングと地上計測に基づくブルーカーボン生態系の広域マッピング手法の開発

統合モデル開発・リモートセンシンググループ (リーダー：灘岡和夫、サブ・リーダー：中村隆志)

暫定研究期間中(2016年度)において、沖縄・西表島仲間川流域を対象として、受動型衛星リモートセンシングを用いたマングローブ林の検出および精度評価を行った。また、フィリピン・ネグロス島北部に位置するビクトリアシティのマングローブ林を対象として能動型リモートセンシングの一つである LiDAR によるマングローブ林域の検出と調査地全域における炭素貯蔵量の広域的評価を行った。解析対象衛星画像として、Landsat8、Rapid Eye、Google Earth ならびに Landsat8 と Google Earth のフュージョン画像を設定し、画像分類アルゴリズムとして、Support Vector Machine 等複数のアルゴリズム及びそれらの Hybrid 型のアルゴリズムを用いた画像分類解析を実施した。その結果、対象画像としてフュージョン画像がマングローブ林検出において最も有効であることや、数値標高データ(DEM)の併用がマングローブの検出精度を向上させることが示された。また、画像分類アルゴリズムの中では Hybrid 型が最も高い分類精度結果を示すことや、能動型リモートセンシング LiDAR を適用することで受動型衛星リモートセンシングより高精度な画像分類が可能となることが示された。さらに、能動型リモートセンシング LiDAR を用いた調査地全域における広域的なバイオマスの評価結果から、これまで行われてきた現地調査による局所的なバイオマス評価に対して、調査地全域の地上部および地下部バイオマス推定が可能であることを示した。

2017年度には、フィリピン・ブスアング島、パナイ島北部・東部沿岸域を主たる対象として、ドローン

やヘリコプターによるローカルスケールのリモートセンシング画像を取得し、マングローブ・海草藻場を対象とした解析を行った。また、Sentinel-2 や Planet 等の衛星リモセン画像の解析も進めた。マングローブについては、Mixture-Tuned Matched Filtering 等のアルゴリズムに基づいてある程度の樹種判別も含めた高解像度マッピングが可能であることが示された。一方、海草藻場に関しては、海水濁度が高い場合の精度が低下することが大きな課題であることが確認された。さらに、ブルーカーボン評価において重要となる地下部、特にマングローブの根系マッピングを目的とした地下部リモートセンシングの可能性を探るため、Sub-Bottom Profiler (SBP)および Electrical Resistivity Imaging (ERI)による試行的計測をプスアンガ島、パナイ島で実施した。なお、比較対象サイトである沖縄・石垣島のサンゴ礁域において、機械学習アルゴリズムを用いた水深・海底被覆マッピング手法の開発を行い、良好な推定精度が得られることを示した。

2018年度には、前年度までの成果に基づいて、複数の衛星リモセン画像 (Sentinel-2、Planetscope、RapidEye、ALOS 2 (JAXA より提供)等)、航空機リモセン(LiDAR など)、drone 搭載型リモセンといった多重スケール・リモートセンシング手法の開発を関連する ground truth 調査とともに進め、フィリピン・プスアンガ島、パナイ島北部・東部海岸、インドネシア・Karimunjawa 島、石垣島吹通川マングローブ域等に適用した。マングローブに関しては、マングローブ域の抽出を Sentinel-2 画像で高精度に行う手法を開発した。また、地上部バイオマス推定を Sentinel-2、RapidEye、Planetscope 画像で行うアルゴリズムを開発し、それとともに ALOS-2 の合成開口レーダ画像、ならびに LiDAR に基づいて行う手法を開発した。さらに、最近増加傾向にある放棄養殖地をリモセン画像から検出するアルゴリズムを開発した。そして、drone によるマングローブマッピングに関して、Object-based imaging や分光反射特性に基づく樹種判定アルゴリズムを開発するとともに、樹高推定手法の開発を進めた。マングローブの地上モニタリングの試みとして、3次元可搬型地上レーザースキャナーを用いたマングローブ林のモニタリングを実施し、特に、複雑な気根の3次元形状の計測を、フィリピン・パナイ島の Bakhawan Ecopark と石垣島吹通川河口マングローブ域において実施した。その結果はマングローブ気根の3次元 parametric modeling に活かされ、さらに3次元マッピングデータに基づいて3Dプリンターによる縮尺模型の作成を行うことにより、実際に近い複雑な3次元形状の気根による流水抵抗室内実験を可能とすることが出来た。一方、マングローブ域とともに重要なブルーカーボン生態系要素である海草藻場の多重スケール・リモートセンシング手法の開発を進めた。Landsat、Sentinel、PlanetScope、CASI (hyperspectral sensor)、drone による画像や、LiDAR point cloud データに基づいて、海草藻場の地上部バイオマス、LAI、Percent Cover 等を抽出するアルゴリズムを開発した。ただし、海水濁度がある程度高くなった場合に解析対象画像の S/N 比が大きく低下し推定精度が低くなる課題についての検討は十分に進めることが出来なかった。また、海草藻場での有機炭素貯蔵量の多くが海草本体ではなく底質部分に存在することから、底質もマッピング対象に含めるべきと考え、「海色リモートセンシング」にならった「海底色リモートマッピング」を展開するべく、drone による海草藻場の「海底色リモートセンシング」を石垣島吹通川河口前面海域と白保海域において試みた。その結果、drone による海底画像の分光反射情報から、底質表層の SOM 含有率をある程度推測可能であることが示された。これは海底表層土壌の SOM 情報しか得られないという制約があるものの、面的に SOM 分布情報の抽出を可能とする手法であることから、従来の限られたポイントでの底質コアサンプルから得られる情報を補完する新たなアプローチになり得る。

2019年度は、前年度までに開発した、複数の衛星リモセン画像 (Sentinel-2、Planetscope、RapidEye、ALOS-2 (JAXA より提供)など)、航空機リモセン(LiDAR など)、drone 搭載型リモセンなどによる多重スケール・リモートセンシング手法の開発を、関連する ground truth 調査とともにさらに進めた。フィリピンについては新たな主プロジェクトサイトとして設定することになった Samar/Leyte 沿岸域等を、インドネシアについては Berau/Derawan 沿岸域等を本格的な適用対象に加えた。Samar/Leyte 沿岸域については、2013年11月に同エリアを襲った巨大台風 Haiyan (現地名 Yolanda) によるマングローブ域での急激な土壌侵食/堆積に関して、SAR 干渉法によって台風来襲前後のマングローブ域の地

表面変化を検出する検討を開始した。また、マングローブ林の同台風による被災後の回復状況の空間的な変化をリモセンで検出する試みを Samar 沿岸域と Busuanga 島沿岸域を対象に実施した。さらに、土壌コアサンプルの有機炭素量の定量計測に関する光学的な分光計測手法の適用性の検討を開始した。これらとは別に、両国での広域マッピング（数値目標：両国の Coral Triangle 域内の沿岸域全体の 80% 以上）を両国共通の標準化された手法でマッピングするとともに、プロジェクト終了後も持続的に発展させていくためのマッピング手法の開発を進めた。その目的のために、統合モデリング・リモセングループの 3 国の主要メンバーとインドネシアのリモセン関係の主要協力機関が参加する形の技術会合を 2019 年 4 月 14-15 日と 2020 年 1 月 16-17 日にインドネシア・ジャカルタで開催した。2019 年度の特筆すべき成果として、マングローブ林分布を全国規模で広域マッピングするための手法開発を UPD のリモセングループが中心となって行い、Mangrove Vegetation Index (MVI) と名付けた指標を開発するとともに、Google Earth Engine (GEE) 等と組み合わせた画像解析手法を無料画像である Sentinel-2 や LANDSAT 等の画像に適用する体系を構築し、それによって、フィリピンのマングローブ林分布を全国規模でマッピングすることに成功している（それらの成果は ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing で発表済み）。この成果は上記の 2020 年 1 月に開催された第 2 回リモセン技術会合において報告されたが、短期間に多数の衛星画像を高精度で分析処理することが可能なツールであることから、フィリピンよりもかなり広大な沿岸域を有するインドネシアにも適用することが合意され、インドネシアにおいてもマングローブ林分布の全国規模マッピングを推進していく体制が整いつつある。また、全国規模広域マッピングにおいては、その地上検証データの取得も広域多地点で実施する必要があるが、それには、本プロジェクトで構築・運用を目指している Core-and-Network System (CNS) を役立てることができる。その際の地上検証データ取得には drone を用いたリモセンも積極的に取り入れる必要があり、drone-based mapping 手法の標準化のための検討を生態学グループとともに進め、CNS モニタリング・ガイドラインに組み込むための検討を行った。全国規模広域リモセンマッピングと CNS 地上モニタリングとのリンクの重要性と具体的な進め方に関しては、2019 年 6 月 25-26 日にインドネシア・ジャカルタの KKP で開催された第 2 回 CNS-Indonesia workshop においても重要なテーマとなった。同 workshop ならびに上記の第 2 回リモセン技術会合では、各地の CNS 参加機関・グループが独自に手軽に衛星リモセンを行える簡便かつ安価な手法として、LANDSAT や Sentinel-2 などの無料の衛星画像を SAGA 等の無料の画像処理ソフトで処理することを基本とした、zero-cost approach と称する広瀬が考案した手法が紹介された。同手法は、フィリピンにおいても、9 月 19 日に UPD で開催した training workshop 等を通じて紹介された。なお、これらの workshop では、スマホを用いた簡便な現地調査地点ロギング手法も広瀬によって紹介され、様々な調査に役立つツールとして注目された。

2020 年度は、コロナ禍による影響が、衛星ならびに drone 搭載型モートセンシング手法の開発にも及んだ。このうち、drone 搭載型リモセンに関しては、現地での drone 観測作業がコロナ禍によって大幅に制限されたため、手法開発に必要なデータ取得ができず、ほとんど進展が得られていない。一方、衛星リモセンに関しては、フィリピンについてある程度の進展が得られており、前年度に開発した MVI によるマングローブ分布マッピング結果に関して、クラウド上で一般に公開するシステムを構築し、政府関係機関や大学等研究機関、NPO 団体などの関係者から高い評価と、今後のさらなる進展への高い期待が多数寄せられた。また、このマングローブ林分布全国マップの結果に基づいて、さらに、Sentinel-2A, 2B 画像を用いた主要マングローブ樹種分布 (zonation) の広域マッピング手法を開発した（その成果は Frontiers in Remote Sensing 誌で発表済み）。海草藻場に関しては、沿岸水の濁りによる衛星画像の S/N 比低下や、大きな季節変動、水柱の存在によって使用可能なバンドが可視バンドに限られること、といった技術的な難題によって手法開発が遅れているが、2020 年度は、適切な手法開発のための検討を進めた。しかし、コロナ禍により、手法開発に必要な地上検証データ取得のための現地調査がほとんどできない状態になったため、大幅な進展は得られていない。そのような状況にあつて、次年度での現地調査の再開を想定して、衛星画像およびドローン画像を使用した海藻藻場マッピングおよび地上検証用モニタリングでの連携について、2021 年 1 月 29 日にミンダナオ州立大学 Naawan 校のグループと

オンラインで協議した。

2021年度は、コロナ禍での影響が続き、衛星リモートセンシングの現地検証データ取得のための調査や drone によるリモセン調査などが実施できない状態が続き、コロナ感染者が低レベルで推移していた 2021年10-12月頃にフィリピンで drone 観測が行われた程度となった。そのため、drone を用いた手法開発はあまり進んでいないが、衛星リモセンでのマングローブ全国規模マッピングに関しては、フィリピンにおいて、前年度からさらに進展が得られ、マングローブ林面積マッピング手法の高度化や、主要樹種分布、バイオマスのマッピング手法のさらなる開発が行われている。

2022年度は、マングローブに比べて難易度が高い海草藻場の全国規模マッピングのための手法開発が、UPDのDr. Ayin Tamondongらが中心となって進められた。無料画像である Sentinel-2 を主たる解析対象とし、AIをベースとしたアルゴリズムと GEE に基づくものとなっている。インドネシアにおいても、類似の手法開発がプロジェクト終盤になって行われた。また、インドネシアでは、マングローブ域の検出のための指標として、MVI だけでなく AMMI など最近発表された他の指標も含めてそれらの適用可能性が検討された。ただし、インドネシアでは、BRIN に関連するプロジェクト推進組織体制の大幅な変更などの影響から現地調査がほとんどできていないことから、精度検証のための現地データが、ごく限られたサイトでしか得られていない。プロジェクト最終盤になって、CNS-Indonesia の構築が完了して運用体制に入ったことから、CNS をベースとした全国規模の地上検証データの取得に着手しており、プロジェクト終了後もその取り組みは継続される見込みである。それに対してフィリピンでは、すでに 9 か所に及ぶサイトで drone 調査を実施しており、その成果が全国規模マッピングの検証に活かされている。

生態学グループ（リーダー：仲岡雅裕、サブ・リーダー：諏訪鍊平）

2017年度は統合モデル開発・リモートセンシンググループが進める複数の衛星リモセン、航空機リモセン(LiDAR など)、drone 搭載型リモセンといった多重スケール・リモートセンシング手法を用いたマングローブの判別、3次元マッピング/バイオマス推定の精度を評価するための地上検証方法について、4月、9月および12月のフィリピン側のカウンターパートと共同で、具体的な検証調査地の選定、調査地における調査方法の確立に取り組んだ。

2018年度は、まず広域をカバーする衛星リモセンとフィリピン・インドネシアにおけるマングローブ、海草藻場の既存分布情報を基に、各国の海岸線全域を対象に、マングローブの属レベルおよび海草の種レベルでの分布を推定する手法の開発を行った。一方、コアサイトレベルの高解像度のマッピングについては、上記【活動1-1】の各サイトにおいて、ドローン調査と地上踏査およびスノーケリングによる種多様性・生物量調査を組み合わせた調査を行うことにより、種レベルの詳細分布情報を解明する手法の開発に本格的に着手した。

2019年度は、統合モデル開発・リモートセンシンググループが進める多重スケール・リモートセンシング手法を利用して、マングローブおよび海草類の種判別、3次元マッピング、バイオマス推定について手法の開発に向けた調査を継続した。マングローブについては、林冠高を用いたバイオマス推定方法について結果をまとめて学術誌へ投稿した。海草藻場では、まず、フィリピン・インドネシアの全海岸線を対象とした広域マッピングについては、全球レベルでのオープンソースの藻場分布情報と OBIS 等に記録されている海草各種の分布情報、および広域環境情報を用いて、種分布推定モデルを作成することにより、解像度での海草各種の分布推定を行った。この結果の精度検証については次年度以降取り組む必要がある。一方、コアサイトレベルの種・機能群ごとの高解像度マッピングおよびバイオマス推定については、衛星リモセンと LiDAR で作成された広域分布情報を、drone 搭載型リモセンおよびスマートフォンを用いた現地調査により検証、高精度化する手法の開発を継続し、コア海域の1つであるパナイ島北部のボタン湾では全域における海草藻場の機能群分類とブルーカーボンの推定まで行うことができた。

2020年度は、林冠高を用いたマングローブのバイオマス推定方法についての研究結果をフィリピンとインドネシアのカウンターパートらとの連名で国際誌 *Estuarine Coastal and Shelf Sciences* において発

表した。また、得られた推定方法を応用してバイオマスの地図化を実施するために、カウンターパートであるフィリピン大学の Dr. Ariel Blanco、インドネシア海洋水産省の Dr. Novi Susetyo Adi およびディポネゴロ大学の Dr. Anindya Wirasatriya らと議論した結果、フィリピンおよびインドネシアにおいて様々なスケールで応用・検証していく方向性が確認された。海草藻場については種分布推定モデルに利用する東南アジアにおける 2000 年から 2018 年に出版された海草藻場分布情報を整理し、Data Paper (Sudo & Nakaoka 2020, Ecological Research)として出版した。さらに 2020 年までの情報を更新して経年変動および保護状態を解析した論文の執筆を進めた。

2021 年度は、前年度出版した Data Paper に基づいた文献・データベース解析をさらに進め、東南アジアにおける海草藻場の経年変動および保護状態を解析した論文を出版した(Sudo et al. 2021, Frontiers in Marine Science)。コロナ禍が続くなかフィリピンおよびインドネシアにおける野外調査は引き続きできなかったが、マングローブについては、2021 年度に発表した林冠高を用いたマングローブのバイオマス推定方法をインドネシアのカリムンジャワ島のマングローブのバイオマス推定に適用して、インドネシアのカウンターパートらとの連名で国際誌 Sustainability において発表した (Wirasatriya et al. 2022)。また、得られた推定方法を応用してバイオマスの地図化を実施するために、カウンターパートであるフィリピン大学の Dr. Ariel Blanco、インドネシア海洋水産省の Dr. Novi Susetyo Adi およびディポネゴロ大学の Dr. Anindya Wirasatriya らと議論した結果、フィリピンおよびインドネシアにおいて様々なスケールで応用・検証していく方向性が確認された。海草藻場については、衛星画像、ドローン撮影、現地調査の 3 スケールのデータを用いたマッピング手法の高度化について、青森県浅所海岸をケーススタディサイトとして試行調査を開始し、適切な地上検証データの取得法の検討を進めた。また石垣島、フィリピンルソン島南部パタンガス地方でも他プロジェクトで得られている海草藻場の分布データを用いて同様の検討を行い、2022 年度のフィリピンおよびインドネシアのコアサイトにおける調査に適用した。

2022 年度は、コロナ禍による渡航制限の解除を受けた後、東サマールの調査地でこれまで議論した方法に基づき海草藻場のデータを取得し、他のサイト (ブスアング島、カリムンジャワ島) と比較解析を進めた。また、国際誌 Ecological Research の Blue Carbon に関する特集号に、フィリピンの KII ecopark のマングローブを対象とした航空機 LiDAR データに本プロジェクトで開発したバイオマス推定モデル (Suwa et al. 2021) を適用した結果をとりまとめた論文(Mandal 他)を投稿した。

【活動 1-3】複合ストレス下でのブルーカーボン生態系応答解析・予測のための統合モデルの開発

統合モデル開発・リモートセンシンググループ (リーダー：灘岡和夫、サブ・リーダー：中村隆志)

本プロジェクトで開発予定の統合モデルシステムは、下記をコアモデル群として構成予定である。

- ① マングローブ動態モデル (SEIB-DGVM モデルをベースに基本モデル開発済み)
- ② 海草群落動態モデル (SAV モデルをベースに基本モデル開発済み)
- ③ サンゴ群体動態モデル (複合環境ストレス下でのサンゴ群体の動的内部応答過程を定量的に記述できるサンゴポリプモデル (Nakamura, et al. (2013) をベースにサンゴ礁スケールに拡張済み (Nakamura et al., 2017))
- ④ Coral triangle 海域高精度 3 次元流動モデル (POM をベースとしたモデル (Kartadikaria et al, 2011) を開発済み)
- ⑤ 陸域負荷モデル (SWAT をベースにフィリピンを対象としたモデル (Yamamoto et al, 2018) と沖縄・石垣島を対象としたモデル (Ratino & Nadaoka, 2017) を開発済み。)
- ⑥ 地域気象モデル (WRF をベースにフィリピンを対象としたモデル (Yamamoto et al, 2018) を開発済み。)

2017 年度は、それまでの検討成果を踏まえて、これらのコアモデル群について、本プロジェクトでの統合モデルシステムへの組み込みを前提として、そのために必要となるモデル開発上の課題について検討した。そして、①②③については、モデル開発・高度化のための準備作業を行うとともに、具体的な

モデル開発作業を進めた。特に①については、陸上の森林成長モデルである SEIB-DGVM モデルをベースに、塩分耐性に応じた種間の致死率の違い等を表現可能な形に改良したマングローブ林生長モデルを開発し、それにマングローブからのリター供給等を反映したマングローブ土壌堆積モデルや、マングローブ域流動・水質動態モデルを開発して組み込むことにより、マングローブ林の炭素循環における、土壌、マングローブ、水域の動的連成過程を計算可能とするモデルシステムを開発し、さらに海面上シナリオに対する将来予測解析を実施した。また、同モデルの高度化に向けた現地観測としてマングローブ林の根系によるリター等のトラップ効果や海水流動抵抗、リターの流出・分解過程の評価に関する現地計測を、比較対象サイトである沖縄石垣島の吹通川マングローブ域において2017年8月に実施した。さらに、モデルの検証や高度化に必要な現地データの取得のために、2017年9月上・中旬（雨季）と2018年2月下旬・3月上旬（乾季）にフィリピン・パナイ島 KII Ecopark において、地球化学グループや生態学グループと共同で現地調査を実施した。④については、POM ベースのモデルから ROMS ベースへのモデルに転換するための検討や、同モデルへの低次生態系モデルや炭酸系モジュール等の組み込みのための基本的な検討を進めた。⑤については、モデル駆動に必要な DEM や土地利用・植生被覆状態・土壌条件等の基本データの収集可能性の検討を行った。また、流域からの有機炭素流出量評価のために、比較サイトである沖縄・石垣島の轟川流域において2017年8月に現地調査を実施し、それに基づいて、SWAT-CENTURY モデルに浸食や浸透による土壌から河川への有機炭素輸送モジュールを付け加える形で、対象流域からの有機炭素流出量を評価できるモデルの基本形を開発した。流域からの有機炭素は出水イベント時に多く流出し、特に出水規模が大きくなると非線形的に増大するものと想定されることから、出水時の流出状況をインターバルカメラ撮影によってモニタリングする試みをパナイ島の2流域において2018年2月から開始した。⑥については、モデル検証に必要な地上気象データの収集・利用可能性の検討を行った。

2018年度は、①に関して、前年度に開発した土壌、マングローブ、水域の動的連成過程を計算可能とするモデルシステムを高度化するとともに、マングローブの地中根からの水分の取り込み、蒸発、光合成への土壌塩分依存性を取り込んだ形のモデルを導入することによってマングローブ林生長モデルを進展させ、石垣島吹通川マングローブ域の土壌塩分勾配に対応したマングローブ2種のDBHや地上部バイオマスの空間分布を再現することに成功した。そして、このマングローブ成長支配要因の一つである土壌塩分に関する詳細な観測を石垣島吹通川マングローブ域やインドネシア・Karimunjawa 島マングローブ域で行った。また、マングローブ動態モデルの検証データの一つとして、Karimunjawa マングローブ林の海側フロント部の若年期マングローブの樹幹高分布を drone によって計測し、成長年齢ごとのコホート群樹高データの形で整理した。そして、マングローブ林を特徴付ける気根に関して、石垣島吹通川マングローブ域やフィリピン・パナイ島北岸の Bakhawan Ecopark、インドネシア・Berau/Derawan 域並びに Karimunjawa 島のマングローブにおいて、Rhizophora を主な対象として気根形状計測を行った。それらのデータをもとに、従来にない気根形状 parametric model を開発することに成功した。さらに気根によるリタートラップ機能を気根周辺のリターの動きの画像解析から明らかにする試みを石垣島吹通川と Bakhawan Ecopark のマングローブ域で実施し、併せて、気根による流水抵抗の現地計測を両マングローブ域で行った。④の Coral triangle 海域高精度3次元流動モデルに関して、ROMS ベースの3次元海水流動モデルに低次生態系モデルや炭酸系モジュール等を組み込む形でモデルの基本形を構築し、流動場については良好な再現結果が得られるところまで開発を進めた。ただし、炭酸系についてはまだ十分な再現性が得られておらず、改良を試みているところである。⑤の陸域負荷モデルについては、SWAT-CENTURY モデルに浸食や浸透による土壌から河川への有機炭素輸送モジュールを付け加える形で対象流域からの有機炭素流出量を評価できるモデルについてさらに進展させるとともに、現地検証データの取得を行った。

2019年度は、①については、前年度収集した Rhizophora 属の気根の3次元形状データと、土壌塩分・土壌硬度・層厚といった環境要因との関連性について分析し、それらを気根形状 parametric モデルのパラメータとして組み込むことで、モデルを高度化・汎用化させた。また、マングローブ域での海

水流動モデルの高度化や、気根によるリター・土砂等のトラップ機能のモデルへの取り込みのため、フィリピン・パナイ島の **Bakhawan Ecopark** において、気根による流動抵抗の観測や、海水流動・セディメント動態の長期観測のための測器設置を行った。また、マングローブ林における CO_2 フラックスの定量評価及びモデル化のため、マングローブの幹・枝・気根・倒木など様々なコンポーネントからの CO_2 排出速度の測定をフィリピン・パナイ島 **Bakhawan Ecopark**・**KII Ecopark** 及び、インドネシア・**Derawan**・**Karimunjawa** 島において実施した。②については、海草群落動態モデルに、海草の光を巡る種間競争のモジュールを追加し、フィリピン・**Bolinao** の海草藻場における海草 2 種の地上部バイオマスの空間分布再現性の精度向上を行った。また、同海域海草藻場における SOM の蓄積・変動過程のモデル化への進展のため、ベースとなる海水流動モデルについて、**Delft-3D** から **ROMS** への転換及び精度向上を試みた。③については、サンゴの捕食、粘液による有機物の放出など、サンゴの炭素動態に関するプロセスの高度化を行った。また、地球温暖化に伴う白化現象などの突発イベントについても対応できるようにモデルを深化させた。④については、前年度開発したモデルの低次生態系モジュールに新たな石灰質ナノプランクトンのコンパートメントの追加や **DOM** の細分化（難分解性/可分解性）、**POM** の細分化（粗大/細粒）等の大幅改修を行い、炭酸系の挙動の再現性を向上させた。また、この低次生態系モジュールに炭素同位体モジュールを追加し、ブルーカーボン生態系から流出した炭素の動態を追跡できるようにした。これらに加え、**Coral Triangle** 領域モデルからの多重ネスティングによって、重点調査サイトであるフィリピンの **Busuanga** 周辺海域およびインドネシアの **Berau-Derawan** 周辺海域にダウンスケールすることで、ローカルスケールモデルの開発を進めた。また、**Busuanga** や **Berau-Derawan** 周辺域において、各種海洋観測機器の設置や空間的な採水や鉛直プロファイリング等を行うことで、現象の理解やモデルの検証に必要なデータの収集を行った。⑤については、**SWAT** の最新版である **SWAT+** に開発のプラットフォームを完全移行し、さらに **CENTURY** モデルを改良して **DOC** や **POC**、リターなどの粗大有機物 (**CPOM**) などの陸源の有機物 (グリーンカーボン) の流出過程を **SWAT+** に新たに組み込んだ (**SWAT+C**)。また、河川の動画撮影から **CPOM** を自動判別するアルゴリズムを開発し、精度の高い **CPOM** の流出量の連続観測手法を開発した。また、地下水の影響の強い **Karimunjawa** のマングローブ域においては、**SEAWAT** をベースとした地下水動態モデルの開発を進めるとともに、そのモデル検証に必要な **Electrical Resistivity Imaging (ERI)** を行い地下水の分布と挙動を精査した。

2020 年度は、コロナの影響でフィリピン・インドネシアともに現地調査を行うことが出来なかったが、これまでに得られているデータの整理や、モデルの精度向上・高度化のための作業を集中的に行なった。①については、開発した *Rhizophora* 属気根形状 parametric モデルに関する研究結果をフィリピンとインドネシアのカウンターパートらとの連盟で国際誌 **Estuarine Coastal and Shelf Sciences** において発表した (Yoshikai et al., 2021a)。また、マングローブ林生長モデルについて、個体密度・光・土壌条件等に応じて変動する樹冠・幹・根へのバイオマスアロケーションに関するモジュールを組み込むことで、様々な条件下 (例えば植林地におけるマングローブの密植等) における地上部・地下部バイオマスの空間分布を再現できるモデルへと高度化させた。この成果の一部は 7 月の **JpGU-AGU Joint meeting** (オンライン) で発表した。さらに、成長モデルの中の気孔コンダクタンスモデルを改良することで、マングローブ林の成長に対する気候条件の影響を評価することができるモデルへと発展させた。②については、フィリピンの **Bolinao** 海域を対象に開発した海草藻場成長モデルに関する研究結果を国際誌 **Estuarine Coastal and Shelf Sciences** で発表した (Yoshikai et al., 2021b)。またベースとなる海水流動モデルの精度向上を行った。③については、サンゴ白化現象のモデル化に取り組み、特に白化における内部応答や光阻害のメカニズムなどを精査し、モデルに組み込んだ。④については、フィリピンの **Busuanga** 周辺海域およびインドネシアの **Berau-Derawan** 周辺海域の流動モデルはほぼ完成し、後述の陸源負荷モデルとのカップリングも完了した。外洋域への有機物流出を追跡するための低次生態系モデルに炭素同位体モジュールを組み込んだモデルもほぼ完成し、そのモデルを応用した八重山諸島域のブルーカーボンの流出に関する論文の執筆を進めている。⑤については、昨年までに開発を行った **SWAT+C** を③の流動モデルとのカップリングを行い、陸域—海域統合モデルのフレームワークがほぼ

完成し、Derawan-Berau や Busuanga に適用した。

2021 年度は、引き続きコロナの影響でフィリピン・インドネシアともに現地調査を行うことが出来なかったが、これまでの野外調査で得られたデータや、衛星リモートセンシングなどで得られたで情報を最大限活用することで、統合モデル開発を進めた。マングローブの植生動態モデルの開発はほぼ完了し、それを石垣島吹通マングローブ域に適用した結果、土壌塩分に応じたマングローブ植生分布を良好に再現した。この成果は国際誌 *Biogeosciences* にて発表した (Yoshikai et al., 2022a)。また、マングローブ域内における流水抵抗に関する現地計測データを整理し、これまで開発した *Rhizophora* 属気根形状 parametric モデルを用いることで流水抵抗を精度良く予測することが可能であることを示し、この研究結果を国際誌 *Journal of Geophysical Research: Oceans* にて発表した (Yoshikai et al., 2022b)。上記知見を元に開発中のモデルシステム内の流動モデルについてマングローブによる流水抵抗の影響を考慮できるように改良した。また、フィリピン Busuanga の陸域—沿岸生態系統合モデルも基本フレームワークはほぼ完了した。衛星リモセンや再解析データ等を用いて Busuanga 周辺海域・陸域の解析した結果、Busuanga の海草藻場は年変動が大きいものの緩やかな減少傾向が確認され、同時に森林面積の減少も続いていることから、陸域の森林の消失と海草藻場の減少がリンクしている可能性が示唆され (Tamondong, et al., 2021)、統合モデルの結果も、陸域からの土砂流入が海草藻場へネガティブな影響を与えていることが示唆された。この成果は現在投稿準備中である。インドネシアの Derawan-Berau 域の統合モデルも基本フレームワークはほぼ完成した。その統合モデルを用いて Berau 浅海域の濁質の原因について解析を行った結果、Berau 沿岸域の濁質の遠因は Berau 川からの土砂の流入であるものの、主に浅海域に堆積した土砂が再懸濁することによってもたらされていることが明らかとなった。また、数値シミュレーションによるシナリオ解析の結果、浅海域に海草藻場が繁茂することで、再懸濁が抑制され、海域の濁度が有意に減少することが示された。ただし、現状では濁度が高すぎて海草の繁茂が抑制され、それによって濁度が増すという負のスパイラルに陥っている可能性が高い。また、仮に陸域からの土砂の流入を抑制できたとしても、すぐには海域の濁度は戻らないことも示唆され、長期的な視点で統合沿岸管理を行っていく必要があることも分かってきた。

2022 年度は、これまでに開発してきたすべてのモデル群を有機的に連成させ、様々なローカル・グローバルな環境変化に対するブルーカーボン生態系の応答を評価・予測できる統合モデルの開発に取り組んだ。ローカルスケールでのモデルに関しては、フィリピン・パナイ島ア克蘭州のマングローブ林 Bakhawan Ecopark にて 10 月、11 月に現地調査を行い、同マングローブ林及びその周辺域の流動・土砂輸送モデルを開発した。そして、マングローブ林による流水抵抗が土壌、すなわち炭素の保持に大きな役割を果たしていることを示した。また開発したモデルシステムを用いて、将来巨大化が予測される台風に対するマングローブ林の土壌炭素の浸食による損失リスクの評価を行い、台風の最大風速に対して土壌炭素の損失量が非線形的に増加する可能性を示した。これは、将来マングローブ林を適切に保全・管理する上で巨大台風の襲来といったイベントによる突発的な土壌炭素の損失リスクを考慮する必要があることを示している。

2) 研究題目 1 のカウンターパートへの技術移転の状況

相手国での合同調査の実施に際して、合同調査時に各種調査手法や調査のポイント等に関するオンサイト・トレーニングを実施するとともに、調査上の課題や次回以降の調査に向けての調査方針・技術的な課題等についての意見交換・確認作業を行った。これらの活動は、いずれも相手国への技術移転の一環としての側面を有する。また、相手国主要機関の人材育成に関わる JICA 短期研修生として、2018 年 11 月に 2 週間程度フィリピンとインドネシアから各 4 名を、また 2019 年 8 月と 10 月に 2 週間程度フィリピンとインドネシアから各 4 名を日本側メンバー機関（東京工業大学、東京大学 AORI、北海道大学厚岸臨海実験所、森林総合研究所）で受け入れ、各種の研修を通じて、調査計画の立て方や調査法、室内分析法、各種モデル開発・応用等に関する指導を行うことで技術移転を行った。2020 年度と 2021 年度はコロナ禍の影響により短期研修生を受け入れることが出来なかったが、プロジェクト終盤の 2022

年 11 月に、生態学グループ（北大・JIRCAS）でフィリピンからの短期研修生 3 名を約 2 週間受け入れ、沖縄・石垣島において海草藻場やマングローブの調査に関するオンサイト・トレーニングを実施した。また 12 月前半に 2 週間程度、統合モデル開発・リモセングループ（東工大）でフィリピンからの短期研修生 6 名（うち 1 名はオンライン参加）を出張ベースの 3 名とともに受け入れ、モデル開発・応用に関する研修・共同研究打合せを実施している。

2020 年 3 月以降、コロナ禍で相手国への渡航が全くできなくなったことから、それ以前に行っていた相手国での合同調査の際の各種調査手法や調査のポイント等に関する相手国でのオンサイト・トレーニングが、2020 年 10 月のフィリピン・Aklan での日本側メンバーの合同調査への参加まで実施できなかった（インドネシアでは 2020 年 3 月以降実施できていない）。また、相手国主要機関の人材育成に関わる JICA 短期研修生の招へいも、その間できなかったことから、各種の研修を通じての、調査計画の立て方や調査法、室内分析法、各種モデル開発・応用等に関する指導を行うこともできなかった。

JICA 長期研修生については、フィリピンから Ayin Tamondong 氏、インドネシアから Joko Prihantono 氏の計 2 名を統合モデル開発・リモートセンシンググループの中村隆志准教授（東京工業大学）の研究室に 2019 年に博士課程留学生として受け入れており、それぞれの博士論文研究を通じて、モデル開発やリモートセンシング解析、それらに関連する各種現地調査手法、データ解析技術等について習得してきている。Ayin Tamondong 氏は、2022 年 3 月に博士課程を無事修了し、学位を取得している。中村研究室では、国費留学生としてインドネシア・バンドン工科大学から Faisal Amri 氏を修士・博士一貫型課程に受け入れており、Coral Triangle 域を対象とした regional scale モデルシステム開発をテーマとして研究を進め、大きな成果を上げつつある。また、同研究室では、JICA イノベティブアジアプログラムにより、インドネシア・バンドン工科大学から Dominika Wara Christiana 氏を修士課程学生として受け入れており、同氏は、インドネシアの Berau 川流域 - 沿岸域を対象としたモデル開発や関連データ解析をテーマに修士論文研究を進め、2021 年 3 月に修了している。

3) 研究題目 1 の当初計画では想定されていなかった新たな展開

インドネシアにおいては、最初の合同調査を 2018 年 3 月に Karimunjawa で実施する予定であったが、研究許可（FRP）の入手手続きが間に合わなかったことから、けっきょく「調査」ではなく「視察」の位置づけでインドネシア側の調査にお付き合いです、という形をとらざるを得なくなった。その結果、インドネシアにおいては、2017 年度は合同調査ゼロということに残念ながらなってしまった。

フィリピンでは、プロジェクトのメインサイトの一つとして当初予定していた Honda Bay にかえて、2013 年 11 月に来襲した巨大台風 Haiyan（現地名 Yolanda）によって多数の人命が失われ、沿岸生態系にも甚大なダメージが生じたフィリピン東部の Samar と Leyte をプロジェクトのメインサイトに設定することとなった。それに関連して、地元の協力研究機関候補のフィリピン大学ピサヤ・タクロバン校（UPV-Tacloban）と研究協力協定（MOA）を結ぶ方向で検討を進め、2020 年 2 月に MOA の署名締結を完了した。また、図 1 に示す外洋への export に伴う外洋海底でのブルーカーボン貯留隔離については、本プロジェクトの申請段階から BC 動態の全体像を把握していく上での重要性をアピールしてきている課題の一つであることから、外洋調査が可能な調査船を有しているインドネシア海洋地質研究所（MGI）との共同研究体制を実現させ、プロジェクトサイトの一つである Makassar 海峡に面した Berau/Derawan 沿岸域の沖合海域等で調査を実施することを検討してきていた。しかし、2019 年 3 月になって MGI が石油掘削等に関連した商業目的の研究機関に大きく様変わりしてしまい、MGI との共同研究の可能性がなくなった。そこで、インドネシア側メンバーと協議し、MGI にかわる候補として、Ambon にある LIPI の Deep sea research center との共同研究の可能性を模索することにしたが、2020 年に入ってからインドネシアの政府系研究機関の管理体制の大幅な変更に伴って LIPI との共同研究の可能性が見通しづらくなったことと、COVID-19 影響により相手国への渡航が当分の間再開できそう

もない状況となっていることなどから、実現の可能性はかなり低くなった。その後、外洋調査の実施という形ではなく、MGI が採取・保管している多数の海底コアサンプルを利用する目的での MGI との共同研究協定の締結の可能性を、インドネシア側を通じて検討した。しかし、MGI との共同研究協定締結に基づいて海底コアサンプルの提供を受け、それを本プロジェクト側で分析するという形式が不可能であることが分かった。そこで、分析まで MGI 側で行う前提で、その内容の提案書を経費の見積もりとともに MGI から提出してもらったところ、予算面も含めて非現実的な提案内容であったことから最終的に断念することとなった。このような経緯から、残念ながら外洋海底でのカーボン貯留隔離に関する現地データについては、少なくともプロジェクト期間内に取得することは不可能になった。

コロナ禍により、2020 年 3 月以降、相手国への渡航が出来なくなり、相手国側メンバーもそれぞれの国内での現地調査等の活動が大きく制約を受けることとなった。現地調査による各種試料・データ取得が必須となる地球化学グループや生態学グループだけでなく、リモートセンシングのような、デスクワーク的な作業が中心となる分野でも、画像解析アルゴリズムの検証に必要な新たな地上データの取得ができにくくなり、モデル開発においても、必要となる新たな検証用現地データが得にくい状況がしばらく続いた。フィリピンでは、コロナ禍による移動制約が緩和されて、現地への移動が実施可能となった 2021 年 10 月以降、これらの目的での現地調査がようやく可能となり、様々な現地調査が精力的に実施されている。一方、インドネシアでは、コロナ禍の移動制限が緩和されて以降も、現地観測の実施は限定的であった。これには、コロナ禍以前からの問題であったインドネシア側のプロジェクト推進体制上の問題に加えて、BRIN に関連したインドネシア側のプロジェクト代表機関の変更という組織上の大きな変更の影響が大きく関わっている。それでも、新たなプロジェクト実施体制が固まった 2023 年 1 月以降は、Berau での現地調査など、さまざまな課題への取り組みが再開・加速した。

4) 研究題目 1 の研究のねらい・研究実施方法 (参考)

【活動 1-1】新たな視点に基づくブルーカーボン(BC)生態系と炭素動態に関する包括的・多角的観測・評価手法の開発

ブルーカーボンに関する従来研究の多くは、マングローブや海草藻場といった主要なブルーカーボン生態系要素のバイオマス量の計測によって対象エリアの全カーボン量を推定し、それが現状の消失速度で減少していった場合にブルーカーボンとしての隔離貯留機能が将来的にどの程度失われるかを推定する、といったパターンでの研究がほとんどである。しかし、それでは、対象とする系全体としての炭素動態を十分に評価したことにはならない。光合成生産物はマングローブや海草藻場等のブルーカーボン生態系構成要素内に貯留されるだけでなく、リター等の形で各要素から離脱し、様々な分解・変質過程を経て系外に export される。その経路の最終過程において、海底への沈降・堆積等の形で貯留・隔離され得る (図 1)。したがって、ブルーカーボンの全体像を明らかにするには、ブルーカーボン生態系内のストック量の把握だけでは不十分で、沿岸域から外洋に export されるフラックスと、その後の貯留・隔離過程を解明する必要がある。また、ブルーカーボン生態系の各要素からの炭素は、各要素間の相互作用過程を含めた複雑な物理・化学・生物的プロセスを経て外洋に export されるので、そのような複合的相互作用プロセスを解明しなければ、外洋へのフラックス量を定量的に評価することは出来ない。そのような観点に立つと、これまでブルーカーボン生態系の構成要素としては積極的に評価されてこなかったサンゴ群集に関しても、サンゴの光合成生産物を起点とするサンゴ粘液の生態系内への供給・変質過程とその後の外洋への流出過程を明らかにすることも、ブルーカーボンの枠組みでの炭素動態解明における重要な課題として浮かび上がってくる。本プロジェクトでは、ブルーカーボン動態の全体像を把握する上での上記の新たな視点に基づく多角的・包括的なモニタリングスキームを構築する。(目標年次：4 年目)。

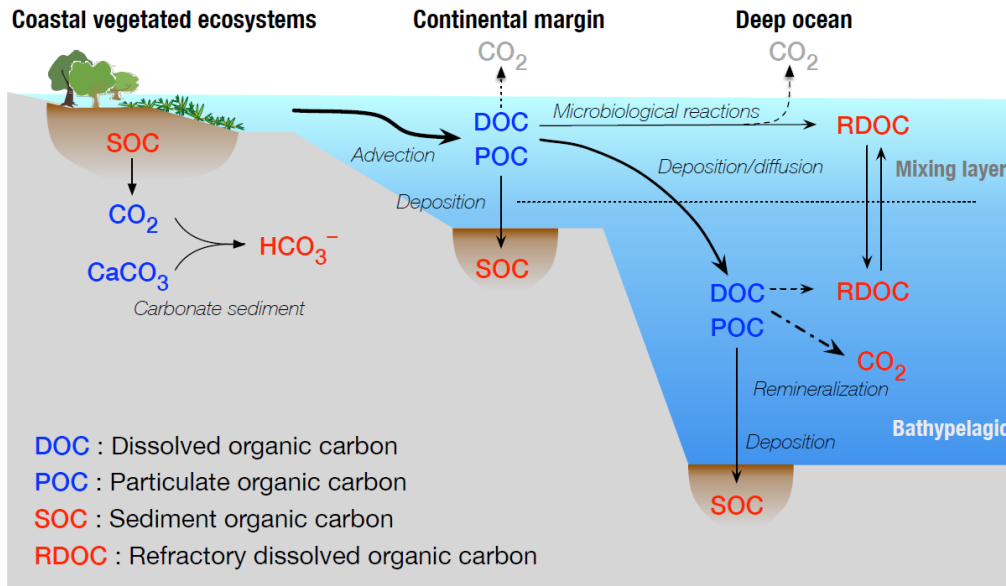


図1 沿岸生態系から外洋への export に伴うブルーカーボン貯留隔離の主要想定経路 (Miyajima and Hamaguchi, 2019)

【活動 1-2】 リモートセンシングと地上計測に基づくブルーカーボン生態系の広域マッピング手法の開発

レーザーパルスを用いた能動的リモートセンシング技法である LiDAR を陸上の森林マッピング等に用いる例が最近見られるようになってきているが、沿岸生態系のマッピングに応用する試みはまだ限られている。沿岸生態系を対象とした場合、マングローブの樹高（キャノピー層厚）や地盤高の検出のみならず、サンゴ礁や干潟といった音響測深が難しい極浅海域での水深の高精度マッピングも可能となることから、その潜在的応用可能性は極めて高い。さらに LiDAR と衛星リモートセンシングを組み合わせることにより、マングローブの主要樹種判別、葉面積密度検出や海草藻場判別等を高精度で行うことも可能になると期待される。本プロジェクトでは、そのような sensor fusion に基づく広域マッピング技術の開発を行う（目標年次：3.5 年目）。この広域マッピング技術の本格的な運用に当たっては、高額な LiDAR システムや carrier としての航空機の運用、膨大な取得データの処理体制といったトータルシステムの導入・確立が必要となるが、フィリピンにおいてはすでに基本的に整っている。インドネシアにおいては、まだ本格的な LiDAR システムの導入が行われていないことから、フィリピンとの技術面・人材面（人材育成を含む）との連携により、インドネシアでの LiDAR システムの導入に向けての同国政府への提言を行い、LiDAR システムの導入を図る。ただし、その実現可能性は相手国政府の判断に依存することから、プロジェクト期間中実現不可能となることも想定しておく必要がある。そこで、LiDAR 導入が実現しない場合でも、合成開口レーダ（SAR）画像の活用などによりインドネシアにおける広域沿岸マッピングが可能な手法開発を併行して行う（目標年次：3.5 年目）。さらに、リモートセンシングによるマッピングの ground truth データやリモートセンシングでは直接計測が不可能な below ground データを現地調査によって取得することなどを通じて、ブルーカーボンストック量推定精度を大幅に向上させるための調査手法の開発を行う（目標年次：3.5 年目）。

【活動 1-3】 複合ストレス下でのブルーカーボン生態系応答解析・予測のための統合モデルの開発

先述のように、ブルーカーボンに関する既往研究の多くは、ブルーカーボン生態系の個々の構成要素に関してカーボンストック量を評価するパターンがほとんどである。しかし、現実の沿岸生態系においては、マングローブ、海草藻場、サンゴ群集等からなる主要構成要素間の系内相互連成過程や周辺系との相互作用過程のもとに生態系全体としての動態が支配されている。そのため、様々なグローバル・ロー

カル環境ストレス要因のもとに劣化が進行しつつあるコーラル・トライアングル域の沿岸生態系の保全を図り、それに基づいてブルーカーボン機能を強化していくには、ローカル・グローバル複合的環境負荷要因のもとでブルーカーボン生態系が全体としてどのように応答・変化するかを予測を踏まえた上でブルーカーボン動態の将来変化を明らかにすることが必要になる。そこで、そのためのコアモデルシステムとして、灘岡らのグループが開発してきている、陸上森林を対象とした SEIV-DGVM モデルをマングローブに適用可能な形に大幅に拡張したモデル（基本モデルシステム開発済み）、複合ストレス応答を定量的に評価可能とした海草群落モデル（コアモデル開発済み）、複合環境ストレス下でのサンゴ群体の動的内部応答過程を定量的に記述できるサンゴポリプモデル（Nakamura, et al., 2013）をそれぞれ発展させ、これらのモデル群を有機的に連動・統合させた形のブルーカーボン生態系動的応答予測モデル体系を構築する（目標年次：3年目）。

また、活動 1-1 で述べた広域的な炭素動態に関して、外洋への export の起点（供給源）は沿岸生態系だけでないことに留意する必要がある。すなわち、河川等を通じた上流域（陸域）からのフラックスも重要な供給経路であり、そこでは、沿岸生態系は上流からのフラックスの一種のフィルター効果（土壌粒子や有機物等のトラップ効果など）をもたらす存在となる。したがって、沿岸生態系の劣化や消失はそのようなフィルター機能の有意な変化をもたらすことになる。また、陸域の都市化や森林伐採といった要素も、外洋域での炭素動態を大きく変化させる可能性がある。例えば、渡邊・灘岡らはインドネシア側メンバーの Kartadikaria 氏とともにインドネシアのいくつかの海域で海洋表層の CO₂ 分圧を計測し、開発が進んだジャワ島に接するジャワ海が CO₂ の有意な放出域となっていることを明らかにしている（JGR, 2015）。これは、沿岸・外洋生態系の炭素貯留・放出の問題が陸上生態系の炭素貯留・放出の問題と密接にリンクしていること（ブルーカーボン・グリーカーボン統合問題）を示しており、広域的な炭素動態の解明と将来予測に当たっては「陸域－沿岸域－外洋域」の広域システムとしてのモデル開

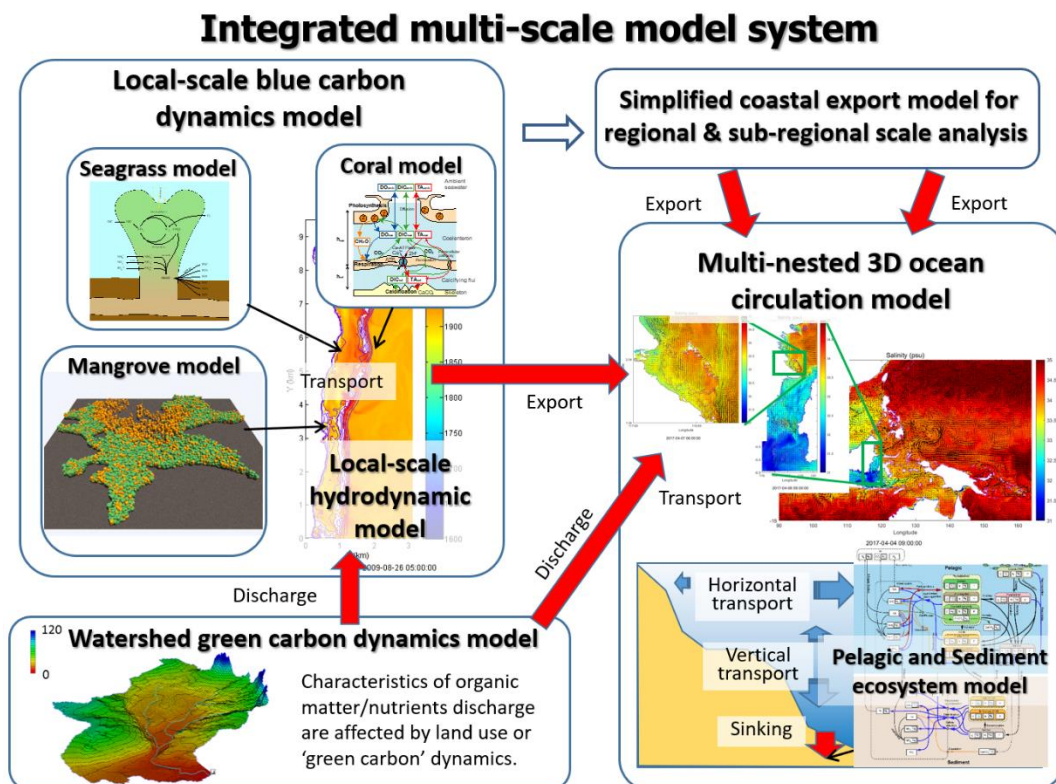


図2 複合ストレス下の「マングローブ－海草藻場－サンゴ礁」連成系応答と「陸域－沿岸－外洋」システムにおける広域炭素動態の解析・予測を可能とする統合モデルシステムの構成図

発も必要となる。そこで、本プロジェクトでは、そのような広域＞ローカルスケールの多段階層的な統合モデルシステム（図 2）の構築を行う。（目標年次：4.5 年目）

(3) 研究題目 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」

1) 研究題目 2 の当初の計画（全体計画）に対する当該年度の成果の達成状況とインパクト

【活動 2-1】開発した多角的・包括的観測・評価手法（1-1）に基づいた複数のサイトにおけるブルーカーボン生態系と炭素動態の詳細観測の実施：

地球化学グループ（リーダー：宮島利宏）

本プロジェクトの先行プロジェクトである CECAM において既にフィリピン側カウンターパートに導入されて使用された実績のある Sub-bottom profiler という底質音波探査装置を適用して堆積物の分布状況を調査する手法、先行プロジェクトから開発を進めている堆積物の比表面積等の物性諸量からブルーカーボンの隔離貯留ポテンシャルを予測する手法、別の事業で開発中の DNA プローブを応用した手法等を組み合わせることによって、ブルーカーボンの系外隔離を実証し定量的に評価する方法論の開発を(1-1)において進めてきた。2017～18 年度においては、開発中の手法を用いて、自然環境が比較的温存されているフィリピン・ブスアンガ島近海浅海域の堆積物におけるブルーカーボンの蓄積状況を比較調査した。2017 年 9 月には主にブスアンガ川河口から沖に向かう測線について陸起源堆積物の蓄積状況を調べ、2018 年 2 月には対象海域を南西側に広げて広域調査するとともに、海草藻場の豊富な Dicoayan 島周辺を重点的に調べた。2018～19 年度には対照的に天然の生態系が大幅に改変され養殖池化が進んでいるフィリピン・パナイ島のバタン湾海域において適用した。これらの成果は前述のように一部を学会発表の形で公表しているが、包括的な論文化は進行中の段階である。

2020 年度以降はコロナ禍による渡航制限・移動制限のため現地調査が実施できない状況がほぼ 3 年間続いたが、本プロジェクトの比較調査サイトとなっている琉球列島周辺で 2019 年に実施した調査によるサンプリング、また 2021 年にかけて他機関によって実施された観測航海の採取試料の譲渡を受ける等の方法で、琉球列島のマングローブや海草藻場から外洋域に流出されたブルーカーボンの外洋堆積物における貯留状況の調査を実施した。その結果、八重山諸島沿岸に見られるマングローブや海草藻場からの流出有機炭素が近傍の深海に移送されて貯留されていることが確認され、特に水深 1000 m 以深の深海底からマングローブに由来する有機炭素が高頻度で見出された。また中国大陸沿岸の広大な大型海藻群落に由来すると思われる *Sargassum* 類を中心とする大型藻類由来有機物が沖縄トラフの北部にまで移出されて深海底に到達していることが明らかにされた。これらの結果の概要の一部は産業技術総合研究所地質調査総合センターの発行する英文機関誌（オープンアクセス）に公表された。その後、対象を亜熱帯域だけでなく温帯域まで広げて 2022 年度も調査を継続している。本研究は熱帯・亜熱帯の極浅海域生態系で生産されるブルーカーボンが深海まで移送されて隔離されていること、またマングローブや海草だけでなく、大型藻類が特に外洋堆積物におけるブルーカーボン貯留に大きな貢献をしていることを実証するものであり、琉球列島周辺の海洋環境・底質環境はコーラル・トライアングル海域と類似しているため、本比較調査により得られる知見と開発された方法論は、将来的にフィリピン・インドネシアでの研究活動に実装することが可能である。

2019 年度後半から、【活動 1-1】の一環として、安定同位体比による食性解析の手法や別事業で開発している微生物環境 DNA による衛生環境評価の手法を、ブルーカーボン生態系の炭素隔離以外の生態系サービスの評価のために応用する試みを開始した。【活動 2-1】として、日本国内も含めた複数サイトで実地検証を進めていくことを計画していたが、コロナ禍による渡航制限のため見るべき成果が得られなかった。

生態学グループ（リーダー：仲岡雅裕、サブ・リーダー：諏訪鍊平）

2017年度は、1-1において調査サイトの適合性が確認され、かつ調査に必要な機材の調達が終了したフィリピン・パナイ島北部の調査サイトにおいて、マングローブ調査のための調査区設置を2017年9月に実施した。その調査区における観測を2018年2月から開始した。また、海草藻場についても1-1において選定したブスアング島のアマモ場を対象にブルーカーボン動態追跡のための調査方法の検討を進めた。インドネシアについては、2018年3月の調査において、予定候補サイト（カリムンジャワ）の適合性を検討した。

2018年度は、マングローブでは2018年9月（雨季）と2019年2月（乾季）にパナイ島北部地区のKatunggan It Ibajay Mangrove Ecopark (KII)およびBakhawan Ecoparkの現地調査を実施し、地上部の成長の定期調査の他に、胸高直径の連続調査法、地下部の成長の光学的計測、リタートラップによる炭素の系内・系外輸送量の推定にかかる調査を実施した。海草藻場については、2018年9月（雨季）と2019年2月（乾季）にブスアング島西部において現地調査を実施し、海草藻場の種多様性、生物量の観測の他、攪乱に伴う草体流出量の種間変異に関する実験を実施し、炭素動態の推定のための基礎資料を入手した。また、フィリピンの第3のコアサイト選定について、サマル島東部の候補地の視察を2018年9月と2019年2月に行った。インドネシアにおいては2018年8月と2019年3月に、マングローブについてはいずれもカリムンジャワ島の調査地で、海草藻場ではカリムンジャワ島（8月）とデラワン島周辺海域（3月）に、上記と同様の観測を実施するための予備的検討を行った。

2019年度は、フィリピン・パナイ島北部の調査サイトにおいて、マングローブの種ごとの成長量、炭素流出量に関する野外調査を継続するとともに、他の2か所（ブスアング島、サマル島東部）における比較調査の手法を検討した。海草藻場は、2018年度のブスアング島の成果を基に、パナイ島北部のバタン湾およびカリムンジャワ島での観測を行った。その結果、バタン湾では湾全体の海草藻場のブルーカーボン蓄積量の定量的評価のための基礎資料を得ることができた一方、カリムンジャワ島で行った海草種別の分布推定においては、種の識別精度が低いため誤差が大きくなることが判明した。そこで、2020年2月にブスアング島において、海草藻場の分布および種構成の検証手法の改良に新たに着手した。同様の手法を2020年3月にカリムンジャワ島およびデラワン島海域でも実施予定であったが、COVID-19の拡大に伴い調査が次年度以降に延期になった。

2020年度は、COVID-19の拡大に伴い野外調査の実施ができなかったが、パナイ島のカウンターパートであるアクラン州立大学の研究グループらと連絡を取り、マングローブ林の動態観測を継続した。また、似た動態観測を実施しているアジアの研究者らと連絡を取り、多点における動態観測の実施・継続のために必要な情報を収集した。海草藻場については、バタン湾に引き続き、ブスアング島の分布データを取りまとめ投稿に向けた解析を続けるとともに、海草機能群毎の炭素動態推定の精度向上のための方法論の検討を引き続き行った。2021年度は、前年度に引き続きCOVID-19の影響により野外調査の実施ができなかったが、これまでに得られたマングローブの動態観測結果の取りまとめに着手することができた。海草藻場については、フィリピン側研究者が野外調査可能な代替地として選定したポリナオ周辺の海草藻場の観測を行っており、そのデータを取り込んだ解析について手法を検討した。

2021年度以降は渡航制限により引き続き現地調査ができなかったため、マングローブについては、パナイ島のカウンターパートであるアクラン州立大学の研究グループらと連絡を取り、マングローブ林の動態観測を継続する方向性に関して議論した。結果として、本プロジェクト終了後に新たなプロジェクト等を獲得あるいは既存のプロジェクトに活用するなどして、底生動物等の観測を含めて発展させていく方向性を得たが、2022年3月に関連する課題がJSTのe-Asiaプロジェクトに採択され、2022年4月から始動している（研究者代表：諏訪鍊平、本プロジェクトメンバーを多数含む）。また、本プロジェクトと同様に植生動態観測を実施しているマレーシアやミクロネシアを対象とする研究者らと連絡を取り、多点における動態観測の実施・継続のために必要な情報を収集し、本プロジェクトによって得られた結果等をさらに広域で観測していく可能性について検討した結果、本プロジェクトにおいて採用している現地調査方法の汎用性が確認されたことから、本プロジェクトにおいて実施されている観測が本プロジェクトの対象国を超えて実施されネットワーク化されていく可能性が確認された。海草藻場については、【活動 1-2】で記載した国内代替地

である青森県浅所海岸を対象に炭素蓄積量およびその変動の評価を進めるとともに、その手法を熱帯性海草藻場に適用する方法について検討を進めた。また、石垣島・西表島、およびルソン島パタンガスで新たに入手した他事業のデータを基に、海草機能群毎の炭素動態推定の精度向上のための方法論を確立した。

2022年度においては、東サマルコアサイト、およびサブサイトである石垣島において、前年度までに確立した手法を用いたマングローブおよび海草藻場のブルーカーボン貯留量に関する推定評価を行い、これまでにを行ったサイトのデータおよび既存文献データとの比較を行い、その特性の解析を進めた。

【活動 2-2】開発技術(1-2) と“Core-and-Network”システム (4-1) に基づくブルーカーボン生態系の広域マッピングの実施

統合モデル開発・リモートセンシンググループ（リーダー：灘岡和夫、サブ・リーダー：中村隆志）

2017年度は、1-2 で開発された多重スケール・リモートセンシング手法に基づいて、マングローブや海草藻場等のブルーカーボン生態系多重スケールマッピングを、フィリピンにおいて先行的に着手した。また、ブルーカーボン動態を、隣接流域の特性（流域面積、平均勾配、雨量、表層土壌、植生被覆・土地利用、閉鎖性湾域の場合には湾域面積／流域面積比など）や外洋側の特性（入射波、潮差、台風・高潮影響の有無など）、地盤沈降・隆起特性、海岸海底部地形条件（海底勾配など）などから大局的に整理・把握するための検討に着手した。また、巨大台風によるマングローブ倒木、海草藻場の blowout の発生やその後の回復過程のリモートセンシングモニタリングを開始した。さらに、過去数十年にわたるマングローブ林から養殖地へ土地利用改変と最近の放棄養殖地の増加、上流域の森林伐採など人為的な改変（およびそれらに起因すると想定される沿岸域の海草藻場やサンゴ群集の衰退）が目立っているパナイ島北部・東部沿岸域を対象として、これらの歴史的変遷を探るために、リモセン画像解析、文献調査、地元関連機関への聞き取り等の調査を社会・政策科学グループとともに開始した。

2018年度は、さらに高度化された 1-2 での多重スケール・リモートセンシング手法に基づいて、フィリピンのメイン・プロジェクトサイトであるブスアング島沿岸域やパナイ島北部・東部沿岸域、サブ・プロジェクトサイトであるルソン島 Bolinao 等でマングローブと海草藻場のマッピングを進めた。さらに、パナイ島の Aklan 川上流域の森林伐採の歴史的変遷や河口域に位置する Bakhawan Ecopark の 1990 以降のマングローブ域の時間発展過程についてのマッピングを行った。さらに新たなメイン・プロジェクトサイトとして設定した Samar/Leyte において台風 Yolanda によるマングローブ被災エリアの試行的な drone 観測を行った。また、1-2 で開発した放棄養殖池の画像検出アルゴリズムによって、パナイ島北部の Batan 湾の放棄養殖池の空間分布のマッピングを行った。ブルーカーボン動態を、隣接流域の特性や外洋側の特性、地盤沈降・隆起特性、海岸海底部地形条件（海底勾配など）などから大局的に整理・把握する課題については、引き続き関連情報の入手可能性などについて検討した。インドネシアについてはプロジェクトサイトの Karimunjava 島と Derawan 島沿岸域においてマングローブや海草藻場を対象とした drone 画像撮影・解析を行った。しかし、フィリピンで実施しているブルーカーボン生態系多重スケールマッピングを本格的に実施する段階にはまだ至っていない。

2019年度は、前年度に引き続き、1-2 で開発中の多重スケール・リモートセンシング手法に基づいて、マングローブや海草藻場等からなる BC 生態系の多重スケールマッピングを進めた。特に、これまで進捗が遅れ気味のインドネシアに関して、これらの作業を加速させるよう取り組んだ。具体的には、マングローブ域に関して、Karimunjava 島での drone 計測によるマングローブ林樹高の季節変動特性の検出と土壌塩分や水分量など土壌特性の季節変動との相関関係の解析、マングローブ林の健全度の空間的分布の検出とその支配要因の検討、といった課題に取り組んだ。Derawan/Berau エリアでは、Berau 河口域の riverine mangrove や周辺沿岸域の fringing mangrove、Derawan 周辺のいくつかの低島のマングローブなど、対象域内にバラエティーに富んだマングローブ生態系が存在していることから、それぞれのマッピング、および土壌条件等の環境パラメータとの関連性の解明を進めていくための検討を行った。また、Berau 川流域の土地利用や植生被覆状態の経年的な変化（特に表層土壌流出増加の原因と

なる palm oil farming や coal mining 開発による変化) の衛星リモセン画像解析を開始した。Berau 沿岸域内の Derawan 周辺海域では 2019 年 3 月調査でウミガメ (特にアオウミガメ) による grazing pressure が有意に効いていることが強く示唆されたため、それを re-generation potential の決定要因の一つとして加えるための検討を生態学グループと共同で行った。一方、フィリピンに関しては、前年度に引き続いて、Busuanga 島と Panay 島の BC 生態系リモセン解析を進めるとともに、Samar や Busuanga 島沿岸のマングローブや海草藻場の台風 Haiyan (Yokanda) による被害の痕跡とその後の回復過程に関するリモセン解析を行った。特に、同台風によるマングローブ域土壌の急激な侵食・堆積に関して ALOS-2 の SAR 干渉法による検出を試みた。全国規模 BC 生態系広域間ピングに関しては、UPD のグループが中心になって開発した Mangrove Vegetation Index (MVI) と Google Earth Engine (GEE) 等と組み合わせた画像解析手法を Sentinel-2 に適用することにより、フィリピン全域のマングローブ林分布のマッピングを実現させた。この成果は 2020 年 1 月 16-17 日ジャカルタで開催された第 2 回リモセン技術会合において報告され、短期間に多数の衛星画像を高精度で分析処理することが可能なツールであることから、インドネシアでのマングローブ林分布の全国規模マッピングにも適用していくことが合意され、その進め方・体制づくりについて議論された。

2020 年度は、前年度に開発した MVI によるマングローブ分布マッピング手法に基づくマングローブ域全国マッピングの成果をクラウド上で一般に公開するシステムを構築した。同システムによる成果公開・共有に関して、政府機関や大学等研究機関、NPO 団体などの関係者から高い評価と今後のさらなる進展への高い期待が多数寄せられた。また、2020 年度の新たな全国マッピングとして、フィリピンでの前年度のマングローブ分布マッピング結果をもとに、さらに主要樹種分布 (zonation) マッピングを行い、対象領域を 100% カバーする形で画像分析作業を完了した。ただし、コロナ禍によって現地調査が実施できない状況であるため、マッピング結果の検証に必要な地上データがまだ得られていない状態になっている。MVI を応用したローカルなマングローブマッピングとして、フィリピンのプロジェクトサイトの一つである Samar 島東海岸のマングローブ域に関して、2013 年 11 月に来襲した巨大台風 Haiyan によるダメージとその後の回復過程の時空間的な変化を検出することに成功した。また、インドネシアに関しては、MVI 等に基づくマングローブ分布域全国規模マッピングの取り組みを、2020 年 1 月にジャカルタで開催された第 2 回リモセン技術会合で取組み体制 (作業分担など) 等を確認しスタートさせたが、地上検証データを得るための現地調査が直後の 2020 年 3 月からコロナ禍によって実施できない状態になったことから、あまり進展が得られていない。海草藻場マッピングに関しては、やはりコロナ禍のため、新たな手法開発のための新規データは得られていないが、過去の LANDSAT 画像データの linear spectral unmixing 法による分析によって、フィリピン Buruanga 島周辺沿岸域での海草海底被覆割合の長期的低減傾向を示す結果を得ている (Tamondong, et al., 2021)。

2021 年度は、先述のように、コロナ禍での影響で、衛星リモートセンシングの現地検証データ取得のための調査や drone によるリモセン調査などが実施できない状態が続き、コロナ感染者が低レベルで推移していた 2021 年 10-12 月頃にフィリピンで drone 観測が行われた程度となった。一方、衛星リモセンでのマングローブ全国規模マッピングに関して、【活動 1-2】で開発されたマングローブ林分布面積や主要樹種分布等に関するモニタリング手法の応用が活発に行われた。例えば、多時点での衛星画像に応用することでこれらの経年的な変化を抽出するとともに、その変化要因のマッピングや関連データ解析を行うことによって、例えば、フィリピンのマングローブ面積がマングローブから養殖池への転換がほとんど行われていない 2000 年代以降も最近に至るまで引き続き減少傾向にあることが示され、その要因として気候変動に関わる要因が関与していることが見出された。その成果は、2022 年 11 月に英国グラスゴーで開催された COP26 でのサイド・イベント 4th World Symposium on Climate Change Adaptation において、UPD の Alvin Baloloy 氏によって発表された。

2022 年度は、進捗が遅れていた海草藻場の全国規模マッピングに関して、開発した画像解析システムに基づいて、全国規模マッピングを完了した。インドネシアに関しても、プロジェクトの最終盤になってマングローブとともに海草藻場の全国規模マッピングが完了している。

生態学グループ（リーダー：仲岡雅裕、サブ・リーダー：諏訪鍊平）

2017年度は、統合モデル開発・リモートセンシンググループと共同で、1-2で開発予定のリモートセンシングと地上計測に基づく広域マッピング技術に基づいたマングローブや海草藻場等によるブルーカーボンストック量の広域的な評価とその経年的変化量の検出に着手した。具体的には、2018年2～3月に行った最初の本調査において、フィリピンおよびインドネシアの各カウンターパートの協力を得て、地上検証用の最初のデータを取得した。また、海草藻場についても、前SATREPSプロジェクトであるCECAMで確立したマッピング方法について、新たなサイトであるブスアング島およびカリムンジャワ島への適用可能性について2018年2月～3月の調査で予備的な検討を行った。

2018年度は、前年度に入手した地上検証データに基づき、マングローブ、海草藻場において広域的な分布面積およびカーボンストック量の長期変動を解明するための解析を開始した。フィリピンではパナイ島北部バタン湾、インドネシアではカリムンジャワ島において先行的な解析を継続している。また、フィリピンのブスアング島、インドネシアのベラウ川河口域～デラワン島周辺海域における地上検証用データの取得も統合モデル開発・リモートセンシンググループと共同で、2019年2月～3月の調査で実施した。

2019年度は、1-2で開発したリモートセンシングと地上計測に基づく広域マッピング技術、および2-1で取得した現地検証データに基づき、まず、フィリピンのパナイ島北部およびインドネシアのカリムンジャワ島のマングローブと海草藻場等によるブルーカーボンストック量の広域的な分布とその経年的変化量の評価を進めた。その結果、パナイ島北部については、主要マングローブ林および海草藻場の全域スケールでのブルーカーボン蓄積量の推定を行うことができた。海草藻場についてはさらに、フィリピンのブスアング島では、昨年度まで手法開発サイトとして調査を実施してきた Concepcion 海域で発展させた手法を、島内の環境や社会状況の異なる8自治体の海草藻場にも適用し、ブスアング島全体スケールでのブルーカーボン生態系動態の把握に向けた基盤資料を得ることができた。同様の解析をインドネシアのベラウ川河口～デラワン島周辺海域においても行う予定であったが、2019年10月の調査が日本における台風に伴うフライトの欠航、および2020年3月の調査がCOVID-19拡大に伴う渡航取りやめにより次年度以降に延期になった。

2020年度は、COVID-19拡大に伴うフィリピン、インドネシア両国での現地調査ができなかったが、前年度までに入手した情報、およびインターネットを介した追加情報収集を行い、ブスアング島のマングローブ・海草藻場の動態の把握とその脆弱性に関する解析を行った。その成果は論文に取りまとめ投稿中である。また、インドネシアのカリムンジャワ島についても現地カウンターパートと連絡と引き続き取り合い、ブルーカーボン生態系動態に係る情報収集を継続した。

2021年度は渡航制限により本プロジェクトによるフィリピンおよびインドネシアでの広域マッピングは実施できなかった。この間、マングローブについては、本プロジェクトにおいて開発されたMVIをGoogle earth Engine (GEE) 上で整備した。また、過去の台風に関する基本統計や植生指数NDVIについてもGEE上において整備した。結果として得られたマングローブと台風に関する広域情報を元にして、インドおよびバングラデッシュに跨る世界最最大のマングローブであるスダーバン地域について、2020年に発生した熱帯低気圧アンファンの影響を解析した結果、これまでにフィリピンのカウンターパートが台風とマングローブに関する現地観察によって得られた知見と合致するような結果が得られたことを、国際誌 Sustainability にて発表することができた (Sahadev et al. 2022)。そして、本手法をこれまでにフィリピンなどに接近した過去の台風について適用し、汎用性を確かめる作業に着手した。また、新たに“Core-and-Network”への参画をしたルソン島パタンガスのNGOが独自にマングローブと海草藻場の広域マッピングを行うことになったため、オンライン会議により手法に関する指導を行ったうえで、予備的調査を2022年3月に実施してもらった。得られたデータについては本事業で管理して、2022年度の広域マッピングの実施の参考情報として活用した。インドネシアについては引き続き広域マッピングのサイト選定や手法に関する議論を継続した。

2022年度においては、海外渡航の再開とともに、東サマールで広域マッピング結果の精度検証のた

めの野外調査を実施するとともに、石垣島で市民科学調査を用いた地上検証データの取得方法の検討を行った。その結果確立した方法論は後述の CNS Monitoring Guideline に事例集として掲載、出版した。

【活動 2-3】開発した統合モデル (1-3) に基づく複合ストレス下でのブルーカーボン生態系動態ならびに関連する炭素動態の解析

統合モデル開発・リモートセンシンググループ (リーダー：灘岡和夫、サブ・リーダー：中村隆志)

2019 年度は、1-3 で開発したモデル群を組み合わせる形で、以下のテーマでの解析ならびに関連する現地調査を行った。

1) フィリピン Aklan 川流域・沿岸域を対象にした Green-Blue carbon 統合型解析 :

Aklan 川上流の森林伐採が様々な粒径集団の土砂流出の増加をもたらし、粗粒土砂の増加については Aklan 川下流部の河床上昇をもたらすことから Kalibo 市街地周辺への洪水浸水リスク増大につながり、微細土粒子の増加は周辺沿岸域での海水濁度の増加をもたらして海草藻場の衰退を引き起こしてきている可能性がある。その過程を再現するとともに、上流域の森林再生が下流域や沿岸域にどの程度の改善効果をもたらすかを定量的に評価するためのモデル解析を進めた。Aklan 川上流域での森林伐採の経年的変化を衛星リモセン画像解析で把握した結果等から、流域モデルを用いて、出水時の流域からの土壌・土砂、栄養塩・有機物等の流出量の経年的変化過程を再現し、多粒径土砂動態モデル等を用いて Aklan 川の河床変動と沿岸域の濁度変化を再現することを試みた。そして、Aklan 川河口域に位置する Bakhawan Ecopark の Mangrove 域に関して、1-3 で開発予定のマングローブ森林生長との相互作用過程を考慮したマングローブ域土砂動態モデルを同マングローブ域に適用し、マングローブ域の平面的な成長過程を再現するとともに、同マングローブ域への Aklan 川からの流入土砂の変動の影響を評価するための準備を行った。

2) フィリピン Batan 湾持続的統合型管理計画 (“Batan Bay Plan”) 策定に向けてのシステム開発と解析:

Batan 湾では、これまで湾内のマングローブ林の多くが伐採されて養殖池になり、最近では放棄養殖池が増えつつある。一方で、養殖池外での湾内の漁獲高が湾内環境の悪化等で減少傾向が顕著になっている。Batan 湾持続的統合型管理計画 (“Batan Bay Plan”) の目玉の一つになり得る “Bay-scale silvo-fishery system” の実現や湾域全体としての CO₂ 吸収-放出特性評価等のために、それらのベースとなる湾スケール 3 次元流動モデルの開発を開始した。その際、流動モデルの再現精度を大きく左右する湾内水深分布について、通常の音響測深器や本プロジェクトでの供与機材として導入した無人水上艇 (USV) を用いた計測等により、水深分布データを湾域全体で取得することを試みた。統合モデル開発・リモートセンシンググループでは、他グループとの連携のもとに、湾スケール 3 次元流動モデルに各種物質輸送過程モデルや炭酸系動態モデル、湾周辺流域からの流入負荷モデル等を連結させ、湾内環境の変化を長期的に再現することを試みるとともに、ASU によってこれまでの調査で蓄積されてきている水産関係のデータと対比させることで湾内環境と漁獲高の経年変化の関連性について検討し、それとともに、湾全体としての CO₂ 吸収-放出特性の経年変化を評価する計画である。また、放棄養殖池へのマングローブの自然加入再生に関わる propagule の分散過程等を評価するためのモデルを流動モデルをベースに開発することを検討した。2019 年度は、湾内 3 次元流動モデルとそれをベースとした各種物質輸送過程モデルの開発を中心に取組み、モデル開発・検証に必要となる現地データ取得のための調査を実施した。

3) フィリピン Samar/Leyte を対象とした巨大台風災害による BC 生態系の脆弱性と回復過程の評価 :

2013 年 11 月に来襲した台風 Haiyan (Yolanda) による強風や高潮・高波浪によって Samar/Leyte 沿岸の BC 生態系が大きなダメージを受けたが、2018 年 9 月と 2019 年 2-3 月に実施した同沿岸域の視察調査の結果、特にマングローブ域に関しては、いまだに回復傾向がほとんど見られていないところと、顕著な回復傾向 (植林だけでなく自然加入に基づく自然再生による) を見せているエリアと大きなコントラストが存在することが確認されている。また、いまだに回復傾向を見せていないエリアのごく近傍

である程度の回復が見られるところが隣接しており、ローカルサイト内でも大きなコントラストが現れている。このように、巨大台風によるマングローブ林への影響に関しては、被災状況そのものが大きな空間的なコントラストがあることに加えて、その後の回復過程にも様々なスケールでの違いがもたらされている。その原因を明らかにするべく、衛星リモセンやdroneを用いたリモセン解析を行うとともに、回復過程にローカルスケールで大きなコントラストが現れている典型的なサイトの一つである Samar 島東海岸の Balangkayan において、マングローブ樹種ごとの自然再生・回復状況と微地形や土壌層厚・塩分等との関連性を明らかにするための現地調査を 2019 年 6 月と 9 月、2020 年 2 月に実施した。

4) インドネシア Berau/Derawan 域を対象とした陸域 - 沿岸 - 外洋統合モデル解析 :

Berau 川流域の土地利用や植生被覆状態の経年的な変化に伴う、Berau 川沿岸域への淡水、土壌粒子、栄養塩、有機物等の流出量の変化を定量的に明らかにし、それが沿岸域の海草の re-generation potential の経年的な変化にどのようにつながっているかをモデル解析により明らかにすることを目指している。その際にキーとなる Berau 川からの河川プルームの挙動を正確に再現するために重要となる外洋側影響を合理的に取り込むため、陸域-沿岸域-外洋統合モデルの枠組みでのモデル開発を進めた。このモデルシステムは Berau 川流域からの green carbon や沿岸域からの blue carbon の外洋への移出過程・沈降・堆積過程の評価にも有力なツールとなる。このモデルシステムの開発・検証に必要となる現地データ取得のための合同調査を 2019 年 8 月下旬に実施した。さらに、複数の濁度計や水温・塩分計、流速計などのロガータイプ計測器によって、乾季 - 雨季の違いによる陸域負荷や風系の季節変動の影響や、外洋からのインドネシア通過流 (ITF) の沿岸域への間欠的な影響等を検出するための長期連続計測 (少なくとも 6 か月間、できれば 1 年間) を開始するべく、それらの測器の設置を 2020 年 3 月に実施予定であったが、COVID-19 問題によりインドネシアへの渡航が不可能になり、当分の間実施できない見込みとなってしまった。

2020 年度は、コロナ禍の影響により、前年度の取り組みを進展させるための各種現地調査がほとんどできなかった。そのため、モデル開発や衛星リモートセンシング画像解析作業がメインとなったが、関連して必要となる検証データ取得のための新規の現地調査は実施できていない。Green-Blue carbon 統合型解析に関しては、フィリピンについては、Aklan 川流域・沿岸域に関して、UPD の Herrera 氏のグループが中心となって流域モデル・沿岸モデルの開発を進め、Busuanga に関して、東工大グループが、流域・沿岸モデルの開発とリモセン画像解析による過去 30 年程度の長期的な海草藻場の変遷状況の解析を行っている。インドネシアについては、東工大グループが中心となって、Berau 川流域・沿岸域に関するモデル開発と流域の土地利用・植生被覆の変遷リモセン解析を行った。フィリピン Batan 湾持続的統合型管理計画 ("Batan Bay Plan") 策定に向けてのシステム開発に関しては、UPD の Herrera 氏のグループが中心となって、湾内の 3 次元流動モデルと土砂動態モデル等の開発を進めた。フィリピンの Samar/Leyte を対象とした巨大台風災害による BC 生態系の脆弱性と回復過程の評価に関して、UPD の Blanco 氏らのグループが、MVI と NDVI 等に基づくリモセン画像解析によって、2013 年の巨大台風 Haiyan の来襲前から最近に至るまでの期間のマングローブ林の被災・回復過程を明らかにした。

2021 年度は、コロナ禍の影響が続き、前年度と同様、2019 年度の取り組みを進展させるための各種現地調査や衛星リモートセンシング画像解析に関連して必要となる検証データ取得のための新規の現地調査は実施できなかった。Green-Blue carbon 統合型解析に関しては、フィリピンについては、Aklan 川流域・沿岸域に関して、UPD の Herrera 氏のグループが中心となって流域モデル・沿岸モデルの開発を引き続き進め、Busuanga に関して、東工大グループが、流域・沿岸モデルの開発とリモセン画像解析によって陸域の土地利用・植生被覆の変遷等と長期的な海草藻場の変遷状況の関連性の解析等を行った。インドネシアについては、東工大グループが中心となって Berau 川流域・沿岸域に関するモデル開発を引き続き行うとともに、KKP-MRC のメンバーも含めて、同流域の土地利用・植生被覆の変遷リモセン解析を行った。フィリピン Batan 湾持続的統合型管理計画 ("Batan Bay Plan") 策定に向けてのシステム開発に関しては、UPD の Herrera 氏のグループが中心となって、引き続き湾内の 3 次元流動モデルと土砂動態モデル等の開発を進めた。ただし、モデル開発・検証に必要となる現地データ取得のための調査

は、当初 2022 年 2 月に実施予定だったが、コロナ禍の影響によって、2022 年 4 月に順延となった。フィリピンの Samar/Leyte を対象とした巨大台風災害による BC 生態系の脆弱性と回復過程の評価に関して、UPD の統合モデル開発・リモセングループや生態学グループなどが合同で 2022 年 1 月に現地調査を行う予定だったが、やはりコロナ禍の影響で 4 月に順延となった。

2022 年度は、フィリピンの Aklan で 4 月下旬、10 月中・下旬、11 月上・中旬、1 月下旬、Eastern Samar で 10 月中・下旬、11 月中旬、2 月中旬、そしてインドネシアでは Berau で 2023 年 2 月上旬に、それぞれ現地調査を実施することが出来た。これらにより、先述の各サイトで開発しつつあるモデルシステムに必要な現地データをさらに取得することが出来、各モデル開発が進んだ（ただし、当初開発を目指していた、先述の湾全体としての CO₂ 吸収-放出特性を評価するためのモデル開発は、時間不足で達成できていない）。開発されたモデルシステムは、各サイトでの地域版 BC 戦略の作成に活かされた。また、研究題目 1 で開発したカーボントレーサーモジュールを組み込んだ統合モデルシステムをサブサイトである八重山諸島に適用することで、地球化学グループが検出した八重山沖の海底表層堆積物から検出されたマングローブの eDNA の空間パターンと、数値シミュレーションによって予測したブルーカーボンの外洋への輸送および海底堆積物への蓄積パターンとが整合的な結果を得ることができ、ブルーカーボンの行く末を追跡するための本手法の有用性が確認された。また、開発した統合モデルシステムによって、コーラル・トライアングル海域の流動、物質循環、炭酸系動態の数値シミュレーションを行うことで、観測データの不足しているコーラル・トライアングル海域全体の海面 CO₂ 分圧や炭酸系パラメータの時空間的な分布パターンを明らかにした。

2) 研究題目 2 のカウンターパートへの技術移転の状況

相手国での合同調査の実施に際して、合同調査時に各種調査手法や調査のポイント等に関するオンサイト・トレーニングを実施するとともに、調査上の課題や次回以降の調査に向けての調査方針・技術的な課題等についての意見交換・確認作業を行った。これらの活動は、いずれも相手国への技術移転の一環としての側面を有する。また、相手国主要機関の人材育成に関わる JICA 短期研修生として、2018 年 11 月に 2 週間程度フィリピンとインドネシアから各 4 名を、また 2019 年 8 月と 10 月に 2 週間程度フィリピンとインドネシアから各 4 名を日本側メンバー機関（東京工業大学、東京大学 AORI、北海道大学厚岸臨海実験所、森林総合研究所）で受け入れ、各種の研修を通じて、調査計画の立て方や調査法、室内分析法、各種モデル開発・応用等に関する指導を行うことで技術移転を行った。2020 年度と 2021 年度はコロナ禍の影響により短期研修生を受け入れることが出来なかったが、プロジェクト終盤の 2022 年 11 月に、生態学グループ（北大・JIRCAS）でフィリピンからの短期研修生 3 名を約 2 週間受け入れ、沖縄・石垣島において海草藻場やマングローブの調査に関するオンサイト・トレーニングを実施した。また 12 月前半に 2 週間程度、統合モデル開発・リモセングループ（東工大）でフィリピンからの短期研修生 6 名（うち 1 名はオンライン参加）を出張ベースの 3 名とともに受け入れ、モデル開発・応用に関する研修・共同研究打合せを実施している。

先述のように、2020 年 3 月以降、コロナ禍で相手国への渡航が全くできなくなったことから、それ以前に行っていた相手国での合同調査の際の各種調査手法や調査のポイント等に関する相手国でのオンサイト・トレーニングが、2020 年 10 月のフィリピン・Aklan での日本側メンバーの合同調査への参加まで実施できなかった（インドネシアでは 2020 年 3 月以降実施できていない）。また、相手国主要機関の人材育成に関わる JICA 短期研修生の招へいも、その間できなかったことから、各種の研修を通じての、調査計画の立て方や調査法、室内分析法、各種モデル開発・応用等に関する指導を行うこともできなかった。

JICA 長期研修生については、フィリピンから Ayin Tamondong 氏、インドネシアから Joko Prihantono 氏の計 2 名を統合モデル開発・リモートセンシンググループの中村隆志准教授（東京工業大学）の研究室に 2019 年に博士課程留学生として受け入れており、それぞれの博士論文研究を通じて、モデル開発やリモートセンシング解析、それらに関連する各種現地調査手法、データ解析技術等について

て習得した (Ayin Tamondong 氏は 2022 年 3 月に博士課程を修了し学位取得済み)。中村研究室では、国費留学生としてインドネシア・バンドン工科大学から Faisal Amri 氏を修士・博士一貫型課程に受け入れており、Coral Triangle 域を対象とした regional scale モデルシステム開発をテーマとして研究を進め、大きな成果を上げつつある。また、同研究室では、JICA イノベティブアジアプログラムにより、インドネシア・バンドン工科大学から Dominika Wara Christiana 氏を修士課程学生として受け入れており、同氏は、インドネシアの Berau 川流域 - 沿岸域を対象としたモデル開発や関連データ解析をテーマに修士論文研究を進め、2021 年 3 月に修了している。

3) 研究題目 2 の当初計画では想定されていなかった新たな展開

先述のように、フィリピンでは、プロジェクトのメインサイトの一つとして当初予定していた Honda Bay にかえて、2013 年 11 月に来襲した巨大台風 Haiyan (現地名 Yolanda) によって多数の人命が失われ、沿岸生態系にも甚大なダメージが生じたフィリピン東部の Samar と Leyte をプロジェクトのメインサイトに設定することとなった。それに関連して、地元の協力研究機関候補のフィリピン大学ビサヤ・タクロバン校 (UPV-Tacloban) と東工大との間の研究協力協定 (MOA) を 2020 年 2 月に締結完了した。また、図 1 に示す外洋への export に伴う外洋海底でのブルーカーボン貯留隔離については、本プロジェクトの申請段階から BC 動態の全体像を把握していく上での重要性をアピールしてきている課題の一つであることから、外洋調査が可能な調査船を有しているインドネシア海洋地質研究所 (MGI) との共同研究体制を実現させ、プロジェクトサイトの一つである Makassar 海峡に面した Berau/Derawan 沿岸域の沖合海域等で調査を実施することを検討してきた。しかし、2019 年 3 月になって MGI が石油掘削等に関連した商業目的の研究機関に大きく様変わりしてしまい、MGI との共同研究の可能性がなくなった。そこで、インドネシア側メンバーと協議し、MGI にかわる候補として、Ambon にある LIPI の Deep sea research center との共同研究の可能性を模索することにしたが、2020 年に入ってからインドネシアの政府系研究機関の管理体制の大幅な変更に伴って LIPI との共同研究の可能性が見通しづらくなったことと、COVID-19 影響により相手国への渡航が当分の間再開できそうもない状況となっていることなどから、実現の可能性はかなり低くなった。その後、外洋調査の実施という形ではなく、MGI が採取・保管している多数の海底コアサンプルを利用する目的での MGI との共同研究協定の締結の可能性を、インドネシア側を通じて検討した。しかし、MGI との共同研究協定締結に基づいて海底コアサンプルの提供を受け、それを本プロジェクト側で分析するという形式が不可能であることが分かった。そこで、分析まで MGI 側で行う前提で、その内容の提案書を経費の見積もりとともに MGI から提出してもらったところ、予算面も含めて非現実的な提案内容であったことから最終的に断念することとなった。このような経緯から、残念ながら外洋海底でのカーボン貯留隔離に関する現地データについては、少なくともプロジェクト期間内に取得することは不可能になった。

コロナ禍により、2020 年 3 月以降、相手国への渡航が出来なくなり、相手国側メンバーもそれぞれの国内での現地調査等の活動が大きく制約を受けることとなった。現地調査による各種試料・データ取得が必須となる地球化学グループや生態学グループだけでなく、リモートセンシングのような、デスクワーク的な作業が中心となる分野でも、画像解析アルゴリズムの検証に必要となる新たな地上データの取得ができにくくなり、モデル開発においても、必要となる新たな検証用現地データが得にくい状況がしばらく続いた。フィリピンでは、コロナ禍による移動制約が緩和されて、現地への移動が実施可能となった 2021 年 10 月以降、これらの目的での現地調査がようやく可能となり、様々な現地調査が精力的に実施されている。一方、インドネシアでは、コロナ禍の移動制限が緩和されて以降も、現地観測の実施は限定的であった。これには、コロナ禍以前からの問題であったインドネシア側のプロジェクト推進体制上の問題に加えて、BRIN に関連したインドネシア側のプロジェクト代表機関の変更という組織上の大きな変更の影響が大きく関わっている。それでも、新たなプロジェクト実施体制が固まった 2023 年 1 月以降は、Berau での現地調査など、さまざまな課題への取り組みが再開・加速した。

4) 研究題目 2 の研究のねらい・研究実施方法 (参考)

【活動 2-1】 開発した多角的・包括的観測・評価手法（1-1）に基づいた複数のサイトにおけるブルーカーボン生態系と炭素動態の詳細観測の実施

活動 1-1 で構築した新たなブルーカーボン動態統合モニタリングスキームに基づいて、フィリピンとインドネシアにおけるいくつかの重点調査サイトにおいて実際の計測を試み、1)ブルーカーボン生態系における堆積物中有機炭素の貯蔵量ならびにフラックスを規定している要因の解明、2)ブルーカーボン生態系から移出される有機炭素量・移出経路・二次的隔離の解明、等に関わる様々なデータを得る（目標年次：5年目）。

【活動 2-2】 開発技術(1-2) と“Core-and-Network”システム（4-1）に基づくブルーカーボン生態系の広域マッピングの実施

活動 1-2 で開発されたリモートセンシングと地上計測に基づく広域マッピング技術に基づいて、フィリピンとインドネシアのマングローブや海草藻場等によるブルーカーボンストック量の広域的な評価とその経年的変化量の検出といった課題をプロジェクト期間中に達成することを目指す。これらによって、両国での国レベルでのカーボンストック量の評価（各国での沿岸域総面積の8割以上のカバー率）とその経年的変化の検出を実現させる（目標年次：5年目）。

【活動 2-3】 開発した統合モデル（1-3）に基づく複合ストレス下でのブルーカーボン生態系動態ならびに関連する炭素動態の解析

活動 1-3 で開発された統合モデルを用いて、様々なローカル・グローバル複合ストレス下でのブルーカーボン生態系動態ならびに関連する炭素動態の解析を行う。それによって、現地観測データでは捉えきれない、ブルーカーボン生態系内相互連成過程や系外移入・移出過程、外洋深部への沈降・堆積過程、局所一広域スケール連成過程、等を解析する。そして、将来的なグローバル環境変動下でのブルーカーボン生態系と炭素動態の応答予測解析を行う。（目標年次：5年目）

(4) 研究題目 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」

1) 研究題目 3 の当初の計画（全体計画）に対する当該年度の成果の達成状況とインパクト

【活動 3-1】 地域の生計面の考慮をふまえた経済的価値評価を通じたローカルな観点からのブルーカーボン生態系サービスの包括的評価

生態学グループ（リーダー：仲岡雅裕、サブ・リーダー：諏訪鍊平）

2017 年度においては、ブルーカーボン生態系における、ブルーカーボン以外の各種生態系サービスの評価方法について予備的な検討を開始した。まず、社会・政策科学グループと共同で、各地で着目すべき生態系サービスについて、現地カウンターパートへの聞き取り調査などを踏まえて特定すると共に、その生態系サービスの評価方法について、先行研究のレビューを通じて方法を検討した。検討した生態系サービスは漁業資源量、ブルーカーボン量、災害緩和機能、観光利用等多岐にわたる。このうち、漁業資源量、ブルーカーボン量、災害緩和機能については、既存の資料よりまずフィリピンで調査サイト周辺をカバーする情報の入手可能性について文献およびインターネットを介した調査を開始した。

2018 年度においては、前年度の調査を継続した。特にフィリピンのカリムンジャワ島およびパナイ島のバタン湾において、現地の海草藻場およびマングローブを利用した漁業について、漁業者や行政管理者への聞き取り調査を含めて把握し、活動 1 および活動 2 で解析している海草藻場・マングローブのブルーカーボン機能との関連性の解析方法の検討を始めた。既存の経済的価値評価法および Ocean Health Index などの生態系サービス評価方法、また、本プロジェクトのポスドクである Angela Quiros が開発した Vulnerability Index などを比較検討したが、最も有効な手法の絞り込みにはより広域にわ

たる情報の収集、解析が必要であることが判明した。またフィリピンのサマール西部、およびインドネシアのカリムンジャワ島およびデラワン島周辺海域については、現地カウンターパートおよび社会・政策科学グループと共同で、多重生態系サービス評価のための生態系および社会経済学的情報の入手方法について検討を始めた。

2019年度は、昨年度まで収集してきた漁業資源量、漁獲量、ブルーカーボン量、災害緩和機能、観光利用の諸指標とマングローブ・海草藻場の生態系機能の関連性について、特にフィリピンのブスアング島をモデルサイトに、環境条件および社会的条件が異なる9自治体で集中的な調査を行った。その結果、マングローブ・海草藻場の生態系サービスの利用が、人口構造や産業構造の異なる自治体間で大きく異なることが明らかになった。また、フィリピンのバタン湾についてもマングローブおよび海草藻場からの生態系サービスの調査を継続して進めた。一方、インドネシアでは現地協力者と共同で、フィリピンのブスアング島と同じ手法でマングローブ・海草藻場の生態系サービスの利用様式の地域変異にかかる調査に着手した。また、インドネシアのデラワン島海域でも本解析を進めるために必要な事前情報の調査を進めた。

2020年度は、コロナ禍で日本側研究者における調査ができなかったが、フィリピンのブスアング島については現地カウンターパートであるC3-Philippineに前年度までに得られなかったデータの収集を依頼するとともに、解析対象とした9自治体のマングローブ・海草藻場の広域な生態系サービスについて【活動1-2】で開発し、【活動2-2】で得られたデータから定量的評価し、前年度までに得られた社会データとの関連性を解析し、Vulnerability Indexの適用の有効性・有益性を明らかにし、その内容をまとめた論文を投稿した。一方、インドネシアのカリムンジャワ島、デラワン島海域については現地カウンターパートも訪問できない状況が1年間続いたため、次年度に向けた調査計画の立案をオンライン会議を通じて進めた。

2021年度以降はフィリピンのブスアング島で行ったVulnerability Indexを用いた包括的評価について論文を出版し(Quiros et al. 2021, *Frontiers in Marine Science*)、引き続きフィリピンの他海域およびインドネシアに適用する方法について検討を続けた。また、ブルーカーボン生態系を通じたhuman well-beingの評価にかかる解析についても、インドネシア・カリムンジャワ島、フィリピン・ブスアング島で得られたデータを取りまとめ、複数の国際会議(オンライン)で発表を行い、論文執筆に向けた準備を進めた。

2022年度は取りまとめのため、各コアサイト(ブスアング島、アクラン、東サマール、カリムンジャワ島、ベラウ川河口域)のこれまでの活動を総括するとともに、カリムンジャワ島の解析においては、コロナ禍中にカウンターパートであるディポロネゴロ大学の研究グループが取得した社会生態学的データを参照にしたHuman well-beingに関する解析を進めた。また、社会生態学的調査方法のプロトコルについては後述するCNS Monitoring Guidelineに概論とケーススタディについてとりまとめ上程した。

社会・政策科学グループ (リーダー：香坂 玲、サブ・リーダー：古川恵太)

2017年は、既存の統計データの入手先の情報収集及び一部データの収集を行い、ブルーカーボンの活用状況の異なる調査地域を選定する方法論の構築を進めた。なお、調査地域の選出に当たっては、ブルーカーボンの利用状況に加え、収入や生業など生活面の多様性も考慮することとした。選定された地域のうち、フィリピンにおいては、アンケート調査やインタビュー調査を実施した。その結果、住民のブルーカーボン生態系サービスに関する意識について把握するための調査及び分析法の構築を進めることができた。

2018年度は、生態系を活用した防減災(Eco-DRR)の視点を含む社会・政策科学的な観点から特に重視すべき対象地の絞り込みを進めた。インドネシアにおいても養殖池に関するアンケートをカウンターパートと実施した(2019年3月5-14日)。インドネシアでは、地域環境を活かした観光事業に関わる漁業者と、そのような観光事業に関わらない漁業者について、ブルーカーボン生態系に関する認識の

差異について調査（2018年12月18日-2019年1月4日）し、今後の調査に向けた仮説を構築することができた。カリムンジャワ島では2018年12月と2019年1月及び3月に学生が別予算で現地入りし、観光と資源利用のトレードオフに関する基礎的聞き取り調査を実施した。結果、観光によって収入を得ている漁業関係者とそうではない漁業関係者の間に、資源の利用と保全に関する意識の差が示唆されたが、サンプル数が限定的であることから、次年度以降に検証をすることが必要となった。フィリピンについては、住民のブルーカーボン生態系サービスに関する意識について把握するための調査及び分析法の構築を進めることができた（2019年2月14-21日、3月14-21日）。台風ヨランダの被災地でもある西サマル、東ビサヤで各々200名以上のサンプルを収集し、どのような生態系サービスが認識されているのかというデータを収集することができた。フィリピンにおいてはブルーカーボン生態系サービスの利用状況に関して、行政や住民等を含む異なるアクターに対して調査を行うことができ、生態系の利用頻度、重要度の認識、生態系までの距離等の今後の分析必要な情報を得ることができた。また2019年2月12日にドイツボンで開催された国連大学環境・人間の安全保障研究所（UNU-EHS）が主催するEco-DRRのセミナーに別予算で香坂が参加し、欧州・北米・アジア等の研究者と最新の知見を共有した。

2019年度は、これまでに行った調査によって入手したデータの解析と現地調査を行った。具体的なデータの解析内容としては、生態系サービスの利用状況に関する住民を対象とした調査結果と、現地の実際の生態系の状況等を比較すること等により、対象地の生態系サービスの包括的評価に向けた情報の整備と解析を進めた。特に、住民意識と関連性が強い変数（保全活動への参加状況、職業等）を見出すこと等により、活動3-3につながる分析を行った。成果は、**Journal of Forest Research** 及び **Ocean & Coastal Management** において出版することができた。現地調査では、インドネシアにおいてはベラウ及びデラワンにおいて、ブルーカーボン生態系に対する認識と、現地の土地利用変化に対する住民意識の調査を行った（2019年8月21-31日）。また、カリムンジャワ島においても、これまでの補足と土地利用変化に関する意識の調査を実施した（2019年10月4-14日）。結果、ブルーカーボン生態系の変化を評価するうえで有用な、住民、漁業者等を含むローカルなアクターの土地利用変化に関する認識を特定することができた。フィリピンにおいても、これまでの調査を踏まえつつ、東サマル、ブスアンガ及びアクランにおいて調査を行っている。東サマル（2019年6月6-11日、11月15-25日）では、土地利用の調査と合わせて、現地の生業に関わる漁業及び観光に係る生態系の活用状況や、生態系への影響について現地アクターの認識を調査した。ブスアンガ及びアクランについては、2019年7月15-29日には、ブスアンガを中心に現地の観光産業の生態系やコミュニティへの影響について定量的なアンケート調査を行った。2020年2月10-26日には、ブスアンガにおいて各インタビュー対象者に比較的長く時間をかけて現地の生態系や産業の歴史的な変遷や、問題意識について調査を行い、アクランにおいても基礎的な調査を実施した。結果、今後観光開発の進度の異なる地域間比較等にも活用可能な調査結果を得ることができた。

2020年度は、これまでの調査結果の取りまとめを進め、論文として出版することを継続するとともに、ブルーカーボン生態系サービスの包括的評価に必要な方法論について DPSIR（Driver-Pressure-State-Impact-Response）等の枠組みを援用して実証研究を遂行した（**Marine Policy** 誌に採択）。現地に比較的長期に滞在し、詳細なインタビューを現地の主要なステークホルダーに対して行うことを計画していたが、新型コロナウイルスの感染拡大の影響により、現地調査を行うことができなかつたため、これまでの調査結果の分析、論文の執筆・投稿等に注力した。その結果、インドネシアのベラウ地域の海草に対する住民意識を対象とした研究は **Ocean & Coastal Management** 誌にて、フィリピンのアクラン州におけるエコパークのマングローブ生態系の保全への影響を分析した研究は **Coastal Engineering Journal** 誌にて採択され、フィリピンのブスアンガ島とインドネシアのカリムンジャワ島の観光セクターのブルーカーボン生態系の保全意識について比較分析を行った研究は、**Sustainability** 誌において採択された。出版された成果は、インドネシア・フィリピンのカウンターパートと共有を行っており、成果を論文として取りまとめることで、現地調査が可能となった段階で、各サイトの特性を

踏まえた生態系サービスの評価の方向性について調査・考察を行うための基盤情報を形成することができた。

2021年度は、ブルーカーボン生態系を対象とした、ローカルな観点からの生態系サービス評価手法の確立に向けて科学的データとしての土地被覆の変化の情報と対象地域の住民の視点を総合的に考慮し、地域における環境変化が如何に意識されているのかを解明し、沿岸域等の環境管理政策に示唆を得る方法論を形成した。フィリピン（東サマル）、インドネシア（デラワン）における対象地におけるそれらの評価・分析結果は、それぞれ、**Ambio**、**Human Ecology** の両国際誌において論文として発表し、成果の発信・共有を進めた。また、これまで発表した生態系サービス評価に関する論文等の成果についても、カウンターパートとの打合せやワークショップ等機会を活用して成果の共有を進めた。

2022年度は、これまでに構築にした評価手法について、現地の関係者や研究者に発信、共有することを意図した整理を行った。また補足的現地調査を、2022年10月19-22日に東サマル地域で実施し、調査手法の妥当性の検証や現地関係者への共有化を行った。インドネシアの海草生態系については、**Karimunjava** の観光及び漁業の関係者を含むステークホルダーの同生態系に対する意識に関する調査分析結果を取りまとめた論文が**Journal of Coastal Conservation** に採択され、同生態系の**Nature-based Solutions** の枠組みを用いたレビュー論文についても**Ambio** 誌に採択された。また、インドネシアのマングローブ生態系のDPSIRの枠組みを用いたレビュー論文については**Marine Policy** 誌にて発表することができた。

【活動 3-2】地球規模気候変動問題への貢献を含めたグローバルな観点からのブルーカーボン生態系サービスの包括的評価

統合モデル開発・リモートセンシンググループ（リーダー：灘岡和夫、サブ・リーダー：中村隆志）

2017-2021年度で、1-3で開発予定の広域>ローカルスケール多段階層統合モデルシステムを用いての広域システムでのブルーカーボン機能の維持・回復という視点も含めた地球環境変動対策貢献の評価を行うための予備的調査を実施した。

生態学グループ（リーダー：仲岡雅裕、サブ・リーダー：諏訪鍊平）

2017年度は、統合モデル開発・リモートセンシンググループと共同で、1-3で開発予定の広域>ローカルスケール多段階層統合モデルシステムを用いて、広域システムでのブルーカーボン機能の維持・回復という視点も含めた地球環境変動対策貢献の評価を行うための予備的調査に着手した。特に生態系サービスの定量的評価の部分について、利用できる既存情報の網羅的検索を進めた。

2018年度は、3-1で抽出した多重生態系サービスの評価項目について、インドネシアおよびフィリピン全土を含むデータの入手方法の検討を行い、その精度、解像度、データギャップがあった場合の空間補完の可能性について検証に着手した。得られることが期待される広域スケールのデータを、1-3で開発予定の広域>ローカルスケール多段階層統合モデルシステムに搭載するための統計的手法の検討も進めた。

2019年度は、まず、フィリピン・インドネシア両国の多重生態系サービスの評価の基盤になる全国スケールでの海草藻場の種毎の分布推定結果をもとに、各地域の生態系サービスの変異の評価に着手した。この結果を3-1の調査によって詳細な生態系サービス情報が得られたフィリピン・ブスアング島およびパナイ島北部のデータと比較解析した結果、海草の種構成情報を用いた簡易的な生態系サービス評価の外挿が可能であることが明らかになった。この結果に基づき、インドネシアのカリムンジャワ島およびデラワン海域における詳細野外調査による外挿予測の評価に取り組む予定であったが、COVID-19拡大に伴い調査が延期になった。

2020年度は引き続きコロナ禍による現地検証調査ができなかったため、フィリピン・インドネシア両国の全国スケールでの多重生態系サービスの評価の精度を高度化するための手法について着手した。別プ

プロジェクトで行っている日本全国レベルのブルーカーボン評価事業により、ハビタット分布推定モデルを用いた解析により、海草類の種構成の情報がなくてもサイズに基づく機能群構成で、全国の海岸線一帯にわたる包括的評価が可能になることが判明したため、これを熱帯海草藻場に適用する予備解析に着手するとともに、解析に必要な東南アジア全域における海草藻場分布情報を統合し、Data Paper として出版するとともに、そのデータペーパーに未入手であったより最新のデータをさらに入手して、東南アジア全域での海草藻場の 2020 年終了時点での最新の分布状況を統合し、論文として投稿した。

2021 年度と 2022 年度は種分布推定モデルにより、マングローブ、海草藻場の機能群タイプ別の分布推定によりフィリピン・インドネシア両国の全国スケールでの多重生態系サービスの評価の精度を高度化するための手法について引き続き解析を進めた。そのもとになる広域スケールでの海草藻場の広域分布データについては、2020 年出版の Data Paper (Sudo and Nakaoka, 2020, Ecological Research) に引き続き、東南アジア全域での海草藻場の 2020 年終了時点での最新の分布状況をまとめて出版することができた (Sudo et al. 2021, Frontiers in Marine Science)。これを基に、ハビタット分布推定モデルを用いた解析を進め、今後の気候変動に伴うブルーカーボン生態系の変動評価も含めた解析を進めた。

社会・政策科学グループ (リーダー：香坂 玲、サブ・リーダー：古川恵太)

2017 年度は、地球規模での環境変動がローカルな生活へ与える影響について項目を整理した。同時に、ローカルな生活が、リージョナル、そして地球規模の環境変動に影響を与える重点要素を把握した。インドネシアについては両者のインターフェースにおける現地の法令の整理を行なった。なお、ローカルから地球規模、地球規模からローカルへの双方向の影響に関する項目の関係性の概念的な整理を行った。

2018 年度は、ローカル、リージョナル、地球規模の環境変動に関わる、インドネシアの法令に関して、2017 年度に整理を行った結果等を踏まえて、各州の特徴を解析し、インドネシア国内において、本プロジェクトの対象地の制度的な観点からの位置づけを明らかにすることができた。フィリピンについても、沿岸環境マネジメントに関する法令の整理を進めた。両国内の各州の法令の特徴は、各州における生態系サービスの供給、需要状況と関連があることが予想され、本活動 3-2 の目標達成に向けて、制度的な側面の情報収集と考察を進めることができた。また、生態系サービスの評価に必要な時系列の統計データについても、インドネシアを中心にデータを入手することができた。

2019 年度は、グローバルな観点からのブルーカーボン生態系サービスの評価に関して、既存のグローバルスケールの統計や GIS 等のデータについて整理を進め、関連研究の論文レビューも同時並行で進めることにより、評価に必要なデータの整備状況と、課題となっている研究トピックについて知見を得ることができた。特に、各国の法令と生態系サービスの関係性についても考察を進め、インドネシアにおいては、州単位の政策について比較研究を行い、マングローブの位置づけについて、ブルーカーボンとしての価値の認識が進んでいないことや、地域毎のマングローブの位置づけの差異等を把握することができた。成果は、Journal of Forest Research において出版した。

2020 年度は、既存のグローバルな観点からのブルーカーボン生態系評価の整理と、各地の政策の分析を継続して進めた。結果、これまでの生態系評価の試みにおける課題について特定し、各地における政策の特性把握を進めることができた。さらに、課題と地域特性の整理を進めることにより、グローバルな観点からの評価に求められる方法論的な要点と、リージョナルな評価結果を、グローバルな評価へとスケールアップする際に留意すべき項目について整理を進めた。既存の研究の整理は、レビュー論文として取りまとめを進めた。

2021 年度は、ブルーカーボン生態系に関する既存研究の包括的なレビューを重点的に進め、グローバル及びローカルな観点から実施された研究のレビューを通じて、ローカル・リージョナルな生態系サービス評価のスケールアップや、社会・政策科学等の領域において取り組む必要のある研究課題等について示唆を得ることができた。また、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。

2022年度は、前年度のレビューの成果を論文として発表すべく取りまとめを進め、国際学術誌に投稿し、一部の成果は *Ocean & Coastal Management* 誌にて発表した。ブルーカーボン生態系に関する研究のレビューについては、同生態系の生態系サービスのうち、文化的サービスに着目したレビュー等も行い、論文を取りまとめて投稿を行っている。

【活動 3-3】地域社会へのブルーカーボン生態系サービスを最適化するための定性的・定量的な知見の提供
生態学グループ (リーダー：仲岡雅裕、サブ・リーダー：諏訪鍊平)

2017年度は、海草藻場、マングローブが有するブルーカーボンにかかわる生態系サービスとそれ以外の生態系サービスの関連性を解明するための調査方法の確立に向けた予備調査に着手した。1-1、1-2、および 3-1 の予備調査の結果を比較して生態系サービスのトレードオフを検出する手法について、他地域で行われている既存研究の知見を集積した。その内容をもとに、2月にはフィリピン、3月にはインドネシアで現地調査およびワークショップを行い、両国での適用可能性および課題について議論を行った。

2018年度は、フィリピンおよびインドネシアにおけるコアサイトにおいて、前年度までに検討した生態系サービスのトレードオフを検出する手法を実際に適用し、トレードオフが存在する生態系サービスを検出すると共に、その関係性がサイトによりどのように異なるかについて検証するための手法の開発に着手した。2018年のフィリピンのカリムンジャワ島およびパナイ島北部バタン湾を対象とした予備的解析では、ブルーカーボンサービスと、漁業資源供給サービスおよび観光利用サービスの間に正・負の両方の関係性があり、その方向性が解析対象のスケール(自治体やステークホルダーの対象範囲)で変異する可能性が指摘された。

2019年度は、フィリピンの両コアサイトにおいて、前年度予備的に検討した生態系サービスのトレードオフを検出法の条件依存性を解明するために、漁業関係データ、観光利用データをより多角的かつ広域・長期的に取得し、トレードオフおよびシナジー効果が生ずる条件およびそのスケール依存性を明らかにする解析に取り組んだ。その結果、食料資源供給サービス、ブルーカーボン蓄積サービス、観光利用サービスがそれぞれ最大になる生態系構造は異なることが明らかになったが、その最適化には、各サービスの利用頻度および利用需要の情報が必要であることも判明した。そこで、フィリピン・ブスアング島、およびインドネシア・カリムンジャワ島にて、主要ステークホルダーを対象にしたブルーカーボン生態系の多重サービスの認識、利用、需要に関する社会調査の設計を社会・政策科学グループと共同で行い、予備調査を実施した。

2020年度は、フィリピン・ブスアング島の前年度の社会調査で得られたデータの解析を行った。その結果、ブルーカーボン蓄積化の最大化は当地においては他の供給的サービスとはシナジー効果があることが明らかになったが、エコツーリズムなどの観光サービスについては条件によりトレードオフおよびシナジー効果の両方が生ずることが明らかになり、その条件依存性について検討を進めることになった。その過程でコロナ禍によるブスアング島の観光業の大幅な変更が生じつつあることが明らかになり、コロナ禍の前後の比較により、文化的サービスとブルーカーボン蓄積サービスの関連性を詳細に解明することができる機会が図らずしも得られることになった。そこで、ブスアング島の現地カウンターパートである C3-Philippines のスタッフとのオンライン会議を通じて、現地の社会状況の変化の最新情報を入手、整理するとともに、その内容を生かした新たな解析方法の検討に着手した。インドネシア・カリムンジャワ島においても同様の状況が予想されることから、現地研究協力者であるディポロネゴ大学の担当者とオンライン会議を行い、コロナ禍前後の比較によるブルーカーボン各種生態系サービスの変化に係る情報収集および新たな社会調査計画について検討を行った。

2021年度以降は、2020年度に引き続き、フィリピン・ブスアング島においてコロナ禍に伴う経済活動の変化も含めたブルーカーボン生態系利用の状況について、定期的なオンライン会議を通じて情報を収集するとともに、【活動 3-1】の結果を踏まえた情報の提供を行った。インドネシアにおいても、カリム

ンジャワ島を対象に、ブルーカーボン生態系サービス利用の最適化を検討するための、観光業および漁業の状況、および地域住民の社会状況や認識に関する調査方法の検討を続けた。

2022年度はコロナ禍の渡航解除に伴い、フィリピンおよびインドネシアに渡航し、特にブスアンガ島およびカリムンジャワ島の研究データを取りまとめるとともに、その内容を Blue Carbon Strategy eBook に掲載した。

社会・政策科学グループ（リーダー：香坂 玲、サブ・リーダー：古川恵太）

2017年度は、ブルーカーボン生態系サービスと住民生活ならびに住民意識と、活動 3-2 で抽出される項目の関係性を分析するための方法論の構築を進めた。特に、住民の生活とブルーカーボン生態系サービスの有効活用を同時に達成可能なローカルアクションの可能性について調査し、その実施可能性や新たな活動の展開について関係者と協議すべくカウンターパートと詳細計画の調整を進めた。

2018年度は、本活動 3-3 の目標である、地域社会への知見の提供に向けて、活動 3-1 を進める際に、住民の意見を的確に抽出するための質問票の作成、調査デザインの開発を進め、住民、地域社会へのアプローチに関しては、各地の行政、公的機関の関係者と新たなネットワークを構築することができた。具体的には、インドネシア、フィリピンにおいて、本プロジェクトのカウンターパートの他に、インドネシアでは漁業関連の組織と観光業関係者、フィリピンでは、基礎自治体との連携を深め、調査、研究のフィードバックを得つつ、コミュニケーションを継続する体制を確立することができた。

2019年度は、活動 3-1、3-2 において得られた知見の地域社会への還元も意図して、これまで調査の遂行において協力を得た関係者を中心に、結果のフィードバックを進め、具体的なローカルアクションの策定につながる関係者間での情報の共有化を進めた。生態系サービスを最適化するための定性的・定量的な知見の提供の方法自体も、現地の関係者とのコミュニケーションを通じて、改善策の提案に向けた知見の蓄積を行った。また、これまでの成果としての論文や調査結果について、現地において効果的な情報共有を行うための情報整理に着手した。

2020年度は、新型コロナウイルスの感染拡大の影響により、現地カウンターパートとの共同調査や現地での情報共有を行うことができなかったが、活動 3-1、3-2 の成果をカウンターパートと共有を進めることにより、生態系サービスの最適化に資する方法論的な知見の共有を進めることができた。地域コミュニティとの対話の促進については研究題目 5 の活動と連携し、2020年度に香坂が申請し、採択が決定した APN (Asia-Pacific Network for Global Change Research) のプロジェクトと連動させる計画を立案した。

2021年度は、前年度に引き続き、成果の共有化を中心に進めるとともに、APN のプロジェクトと連動させることで、現地のカウンターパートや自治体関係者とネットワークを形成しつつ、オンラインでワークショップ等を実施し、双方向的な遣り取りにおいて成果及び各地の政策課題の共有化を行うことができた。特にフィリピンにおいては、東サマール地域の自治体関係者と直接遣り取りを行うワークショップを実施することができた。インドネシアにおいても、成果の共有化を進めた。また、東アジア海洋会議 2021 (2021年 12月 1-2日：カンボジア開催) の関連イベントを開催しアジア・太平洋におけるブルー・エコノミーの推進の共益について関係国を始めとする参加者に啓発した。

2022年度は、東サマールサミット準備会議 (2022年 11月 9日)、第二回ア克蘭川・バタン湾サミット (2023年 1月 24日)、東サマール・ブルーカーボンステークホルダーサミット (2023年 2月 15日) に参加し、論文等に取りまとめた調査研究の成果について現地で直接的に研究者等の関係者に共有を行った。

2) 研究題目 3 のカウンターパートへの技術移転の状況

現地カウンターパートとは、調査の設計に必要な知見や具体的な質問項目等について共有を進め、社会調査の実施については、日本側の蓄積と、カウンターパート側の蓄積を相互に利用した。特に住民やローカルな視点を包括するような質問票に関しては密接な意見交換をすることで、住民参加型の意味決

定と戦略策定に向けた素地となる、いわば「ソフトな技術移転」を進めた。短期研修生として社会・政策科学グループで受け入れを行った、KKPのDr. Irwan Muliawanは、2018年11月1日～11月14日の期間において東北大学に滞在し、インドネシアで行う調査設計等について集中的に意見交換を行うなかで、質問票の構成や分析手法等について共有を行った。また、社会・政策科学グループでは、東北大学において、インドネシアからの留学生1名とフィリピンからの留学生1名を2018年度に受け入れ、後者は、SATREPS 枠国費留学生として受け入れた（両名とも、2021年9月に博士課程を修了し、学位取得済み）。いずれの留学生も現地カウンターパートとの連携において連絡調整や情報共有に積極的に貢献し、カウンターパートとの連携体制の深化に寄与した。

一方、生態学グループのブルーカーボン生態系サービス利用評価に関する課題についても、インドネシアのカウンターパート機関のディポネゴロ大学の教員1名、ボゴール農科大学の大学院生3名、およびフィリピン・ブスアンガ島で海洋保全活動に携わるNGOであるC3-Philippineのスタッフ2名を2019年7月下旬から8月上旬に招聘し、北海道大学厚岸臨海実験所における調査手法の技術移転や今後の研究展開に向けた議論を行った。その後の共同調査では、定量的なデータは補足することが難しい可能性のある社会背景や関係者意識等について、現地でのヒアリング等の定性的なデータの分析も共同で行うことに加えて、質問票の設計や調査結果の解析手法を含む方法論の共有化も重点的に進め、将来的に現地カウンターパートが時系列的な調査やデータ解析を行うことが可能な素地を形成した。2020年3月以降については、コロナ禍で相手国への渡航が全くできなくなったことから、それ以前に行っていた相手国での合同調査の際の各種調査手法や調査のポイント等に関するオンサイト・トレーニングが2021年度は実施できなかった。また、相手国主要機関の人材育成に関わるJICA短期研修生の招へいもできなかったことから、各種の研修を通じての、調査計画の立て方や調査法、室内分析法、各種モデル開発・応用等に関する指導を行うこともできなかった。

3) 研究題目3の当初計画では想定されていなかった新たな展開

SATREPS 枠の国費留学生が現地での調査の連絡調整を実施するなかで、現地の研究機関以外の行政関係者からも当初の想定以上に協力を得ることができた。同留学生は、国際学術誌 *Journal of Forest Research* や *Ocean & Coastal Management* 等においてプロジェクトの成果を論文として発表するなど、研究の内容面でも貢献した (Quevedo et al. 2020a; Quevedo et al. 2020b)。そして、研究成果の還元に向けて、行政機関との連携を必須であるため、調査を連携して進める中で、ローカルな行政関係者とも連携を進めた。現地でのローカルアクションの策定、実践に向けて、上記の留学生が現地カウンターパートとの調整に貢献したことに加えて、社会・政策科学グループに2019年度より加わった、古川氏と三輪氏は、それぞれ現地での研究実践の経験が豊富であり、調査研究やローカルアクションの手法の考察、成果発信等に貢献した。また、生態系サービス評価にかかる研究においては、フィリピン・ブスアンガ島の環境保全NGOであるC3-Philippinesのスタッフ、およびインドネシア・ディポネゴロ大学の教員・大学院生とも共同研究が2019年度より進めることができるようになった。これにより日本側研究者が訪問できない時期やサイトでもデータを詳細に集めることができるようになった。特に、2020年度末以降、COVID-19の拡大により海外渡航ができない状況が続く中では、このような現地協力者によるデータ取得が重要となった。

2021年度も、引き続き新型コロナウイルスの感染拡大の影響を受けつつも、フィリピンにおいては、東サマール地域の自治体関係者と直接遣り取りを行うワークショップを、関連プロジェクトで連携してオンラインで実施するなど、当初は相当な困難が予想された現地の研究者以外の関係者との連携も部分的に実行することができた。実際に現場で行うワークショップと比較すると、オンライン・ワークショップは、効率性や啓発や能力開発等の効果の面で劣る面もあるが、オンラインならではの利点も活かしつつ実施することができた。

4) 研究題目3の研究のねらい・研究実施方法 (参考)

【活動 3-1】地域の生計面の考慮をふまえた経済的価値評価を通じたローカルな観点からのブルーカーボン生態系サービスの包括的評価

① フィリピン、インドネシアを含む東南アジア諸国の沿岸域のマングローブ、海草藻場、サンゴ礁のブルーカーボン生態系は、水産資源供給、水質浄化や維持機能、マングローブやサンゴ礁におけるエコツーリズムやダイビングなどの観光産業など実に多様な生態系サービスを地域住民に提供している(Nakaoka et al., 2014)。ブルーカーボン以外の多面的な生態系サービスの定量的評価およびその変化動向の把握は、ブルーカーボン貯留・隔離機能の有効活用にも重要である。そこで、いくつかの重点調査サイトにおいて、水産資源供給、観光資源供給、木材等の資源の供給、防災機能、水質浄化機能、生態系生息場機能、気候変動適応・緩和機能など、ブルーカーボン生態系の有する多様な生態系サービスの包括的な評価を通じて、地域住民の生態系保全努力がどの程度の便益となって地域社会が受け取ることが出来るかの定量的な関係を解明する。(目標年次：4年目)

② ブルーカーボン生態系破壊による産業の成立が及ぼす内外部経済・外部不経済を推計し、上記①のブルーカーボンの評価と比較分析する。このために、代表的なブルーカーボン生態系が広がる地域が開発によって破壊された地区を調査地に選定し、経済・不経済に関する要因選定、その要因を定量的に推計する調査及び解析方法の開発、そして各々代用的な調査地を定量的に比較分析する。(目標年次：3年目)

③ いくつかの重点調査サイトの関係者に対するアンケート調査と現地調査等を通じ、生態系サービスの利用状況とブルーカーボン生態系サービスに対する関係者の認識の現状を把握する。これまでの研究により、生態系サービスに対する人の価値は、人と自然との様々な関係性により異なる可能性が指摘されている。そこで本プロジェクトでは、重点調査サイトにおける生態系サービスの中でも、特にブルーカーボン生態系サービスに着目し、現地における人と海との関係性と、活動 2-1 の自然科学的評価結果をふまえ、アンケートを設計・実施する。(目標年次：3年目)

④ 上記①と②および活動 3-3 で収集された情報を基に、現在利用されている生態系サービスに加え、潜在的な生態系サービスを探索し、その利活用のプランを提案する。その上で、ブルーカーボン生態系サービスを含む包括的な生態系サービスの利用を通じたモニタリングの可能性検証のためのアクション計画を、住民と行政とともに作成する。(目標年次：4年目)

⑤ いくつかの重点サイトにて地域住民・行政および研究者からなるコンソーシアムを形成し、活動 2-4 で整理された潜在的な生態系サービスの活用方法の社会実装の可能性や計画案の作成を行う。また、準備が揃ったものからパイロット的な活用をローカルアクションとして開始し、利用を通じたモニタリングの可能性やブルーカーボン生態系サービス利用の効果の検証方法について議論を進める。(目標年次：4年目)

⑥ 上記③～⑤によって、どのような変化が表面化しているかを住民目線で調べるためのアンケート調査を実施する。また、自然科学的変化の結果と合わせ、生態系サービス利用を通じたモニタリングの有効性と課題を検討し、戦略作成時の参考データを提供する。(目標年次：4年目)

⑦ 上記の①～④と活動 3-3 の結果を比較し、いくつかの重点サイトにおいて、経済性やレジリエンス側面および文化的側面からブルーカーボン生態系サービスの活用がもたらす各種影響について考慮すべき項目を整理する。これに基づき、重点サイトにおけるローカルレベルでのブルーカーボン利用戦略立案に活用するとともに、ステークホルダーの選定を行い、⑧の活動に必要なアクション項目案を作成する。(目標年次：4年目)

⑧ 国レベル・地域レベルでの長期的発展の方向性や住民の希望について調査し、ブルーカーボン生態系利用との関係性を考察する。また、⑤のアクションがどのような住民意識と住民組織の涵養につながったかについて調査を実施し、長期的な生態系サービス利用促進案作成に寄与する。加えて、①～⑦で入手した情報やデータを基に、ブルーカーボン生態系サービスを活用した際の、地域社会のレジリエンスの強化および地域の可能性強化の側面を含めた経済的効果の評価方法を作成する。また、

この評価を行うために必要な情報や解析方法について整理し、活動 3-2 へ情報を提供する。(目標年次：4年目)

これまでに明らかにした生態系サービス利用による各種便益を地域住民が理解しやすい形で説明する方法を検討し、その結果をブルーカーボン戦略立案に資する。

【活動 3-2】地球規模気候変動問題への貢献を含めたグローバルな観点からのブルーカーボン生態系サービスの包括的評価

ブルーカーボン生態系の健全性が維持・回復された場合の効果は、ローカルな生態系内に貯留されるブルーカーボンを維持・回復する効果に留まらない。外洋への export や上流域からのカーボンのトラップ機能の維持・回復という視点も重要である。そこで、活動 1-3 で開発した広域>ローカルスケール多段階層統合モデルシステムを用いて、そのような広域システムでのブルーカーボン機能の維持・回復という視点も含めた地球環境変動対策への貢献の評価を行う。(目標年次：5年目)

【活動 3-3】地域社会へのブルーカーボン生態系サービスを最適化するための定性的・定量的な知見の提供

生態系サービスの一環としてのブルーカーボン貯留・隔離効果の増強は、沿岸域の水質浄化など他の生態系サービスと正の相関があり、相乗的に向上させられるケースがある(シナジー効果)。一方、陸上の森林域でも見られるように、炭素排出権取引をにらんだ植林事業の展開が、原生林やそこに生息する希少生物の多様性の保全に拮抗するようなトレードオフの関係、すなわちブルーカーボン保全・増進が、必ずしも他の生態系サービスを含めた全体の便益の増進に繋がらないケースも起こり得ることが想定される。そこで、活動 3-1 で明らかにした当該重点調査サイト地域での多面的生態系サービスについて、その関連性を現地計測、GIS による時空間変動解析、および統計解析など多様な方法により解明する。そのうえで、ブルーカーボン生態系サービス全体の増強とブルーカーボン貯留・隔離効果の増強が適度なバランスで最大化するケースを数値モデルにより明らかにする。その成果をもとに、ブルーカーボン機能と他の多面的生態系サービスが両立・最大化し得るブルーカーボン生態系の保全管理計画論を開発する。(目標年次：5年目)

(5) 研究題目 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” システムの展開」

1) 研究題目 4 の当初の計画(全体計画)に対する当該年度の成果の達成状況とインパクト

【活動 4-1】既存ネットワークの組込を含む "Core-and-Network" システム (CNS) の構築

全グループ (リーダー：灘岡和夫)

2017 年度は、両国での CNS を構成するメンバー候補機関・組織についての予備調査を実施し、候補機関・組織のリストを具体化する作業を行った。特にフィリピンについては、候補リストの具体化がかなり進み、候補機関・組織との間の協定文書 (MOU) の締結に向けての準備を行った。そして、特に重要性が高い主要地方パートナー機関については、後述の collaboration workshop の開催・協議等を通じて緊密な協力関係の構築を目指した(プロジェクトサイトの一つであるパナイ島北部のアクラン州立大学 (ASU) とはフィリピン側代表機関の UPD と日本側代表機関の東工大との間でそれぞれ MOA を締結した)。インドネシアについては、関連する政府系研究機関 (LIPI, LAPAN, BIG, MGI) や地方有力大学への訪問・協議 (Java 島中北部沿岸の Semarang にあるディボネゴロ大学(UNDIP)、3月15日訪問)を通じて協力関係を構築するとともに、既存ネットワークの調査と CNS への組み込みを検討した。そして、両国での効果的な CNS の構築のためのコア機関(相手国代表機関)による調整と支援作業のスキームの実現に向けての検討を開始した。

2018 年度は、フィリピンでは、前年度からの CNS 構成メンバー機関の選定作業の結果に基づいて、第

1回 CNS-Philippines Workshop を4月26-27日にUPDで開催し、第2回 CNS-Philippines Workshop を9月22日にSubicで開催した。また、第1回workshopでの議論で3つの regional cluster で CNS を構成することになったことを受けて、6月1日にDavaoでMindanao Regional Cluster 立ち上げに向けての Partnership Meeting and R&D Workshop for the Mindanao Blue Carbon Ecosystem と題した会合を開催した。(なお、フィリピン側では、第2回から、CNSに代えてBCnetという名称を使うようになっている。) これらに基づいて、フィリピンについては図3に示す構成でCNSが立ち上げられ運用される見込みとなった。また、ネットワーク体制構築に当たって重要となるMOUの締結に関しても、すでにdraftが出来上がり、2019年度早々にMOUの署名手続きに進む予定となった。これによって、フィリピンでは図3に示されているようにCNS構成メンバー組織が64になる予定であるが、これは本プロジェクトの成果目標の一つとして掲げているフィリピンでのCNS参加組織15以上という数値目標を大幅に超える数になっている。なお、CNS-Philippinesの設立に中心的な役割を果たしてきているDr. Miguel Fortesによると、2019年3月に開催された後述のFEPP-SIMSEAの会合でCNS-Philippinesの発表を行ったところ、同ネットワークがフィリピン・フューチャーアースプログラムFEPPの活動プログラムの一つとして位置づけられるとともに、FEPP-SIMSEAを通じて、ネットワークの一層の広がりが期待できる可能性が出てきているとのことであった。

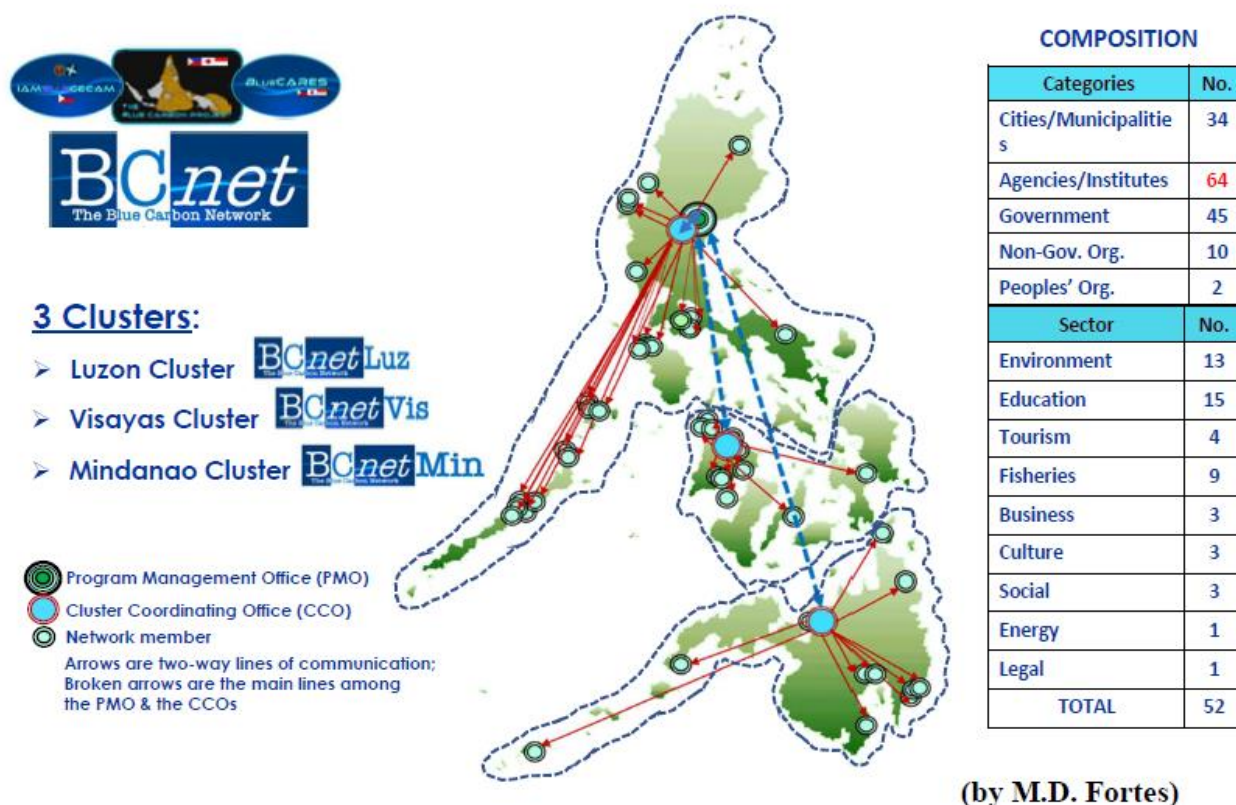


図3 CNS-Philippines (BCnet)の構成図

一方、インドネシアでは、前年度から検討してきている既存のネットワーク組織のCNSへの組み込みについてさらに検討を進め、相手側代表機関であるKKPが有している全国ネットワーク組織と、LIPIが有しているCOREMAPプロジェクト・ネットワークをCNSに有機的にリンクさせる形として構成する

案が有力となった。一方、CNS の機動的運用や本プロジェクト終了後の CNS の持続的発展を可能にする上で、地方の有力大学の参画が不可欠との認識に至り、上記の Semarang の UNDIP 訪問に引き続いて、7月9日に Kalimantan 島東部 Samarinda の Mulawarman 大学 (UNMUL) を、また7月13日に Kalimantan 島北東部沿岸の Tarakan の Borneo 大学 (UBT) を訪問し、本プロジェクトの紹介を行うとともに CNS を含むプロジェクト活動への連携について協議した。これらと併行して、CNS-Indonesia の構成メンバー機関の選定作業を進め、それに基づいて、CNS の主要関係機関を招へいする形で、11月26日に第1回 CNS-Indonesia workshop を KKP で開催した。なお、2018年3月の Karimunjawa で実施した drone を用いた調査によりその有用性が確認できたことから、現地での中村、田中、吉開らとの議論に基づいて、灘岡が Drone-based CNS monitoring のアイデアを取りまとめ、フィリピン側、インドネシア側に提案したところ、賛同を得た。それを受けて、両国の CNS 主要構成メンバー機関に配布するべく、フィリピン10台、インドネシア15台の drone を JICA 供与機材として追加供与することとした。

2019年度は、フィリピンについては、図3に示す CNS 構成案が構成組織リスト案とともにすでに来上がっており、ネットワーク体制構築に当たって重要となる MOU の締結に関しても、すでに draft が出来上がっていることから、まずは MOU 締結を急ぐこととした。しかし、フィリピン側の大型マッチングファンドの後継ファンド申請が受理されず、その修正・更新版のファンド申請も見通しがつかない状態になったことから MOU 締結に至らなかった。インドネシアについては、既存ネットワークとの有機的な連携のあり方や有力地方大学の参画の可能性についてさらに検討を行い、CNS-Indonesia の構成組織案の素案を作成した。それに関連して、2019年6月25-26日にインドネシア・ジャカルタの KKP で第2回 CNS-Indonesia workshop を開催した。

2020年度は、コロナ禍の影響により、両国での CNS 構築・展開の活動が大幅に制限されたが、数回にわたるオンライン会議で、CNS メンバー構成や運営体制等のさらなる検討が行われた。特に、フィリピンでは、フィリピン側の関係メンバーによる国内会合も活発に行っており、クラスターごとの会合も開催している。例えば、2021年2月5日には、65名程度の参加者を得て、第1回 BCnet Luzon Cluster meeting が開催されている。そして、Luzon、Visayas、Mindanao の各クラスターにおける地域コア機関とそこの Focal person が確定するとともに、Mindanao クラスターのコア機関である MSU-Naawan 校と UPD (および東工大) との MOA が締結され、さらに、JCCP-4 会合で MSU-Naawan 校が本プロジェクトに新たな collaborating agency として加わることが了承された。また、Blanco 氏が中心になって BCnet 参加予定メンバー機関にアンケート調査を行い、BCnet への積極的な参加の意向確認と、BCnet ベースでの活動予定項目の集計等が行われた。インドネシアに関しては、LIPI や KKP が有する既存の全国規模ネットワークとリンクさせる形での CNS-Indonesia の構成案の検討がすすめられたが、インドネシアでの CNS 構築・運用に向けての検討が KKP-MRC の Novi 氏にもっぱら依存する形になっていることもあり、フィリピンでの進展に比べると限られていると言わざるを得ない状況であった。

2021年度は、フィリピン側の CNS (BCnet) (図3) については、前年度までの活動実績に加えて、2021年6月から UPD の学内予算によるマッチングファンド (UPBlueCARES) がスタートしたことから、さまざまな具体的な展開が図られた。すなわち、第2回と第3回の BCnet Luzon Cluster workshop、および第1回 BCnet Mindanao Cluster workshop が、それぞれ2021年7月30日、10月1日、11月26日に開催され、中央・地方政府機関、NPO など様々な機関・組織から、約70名、110名、約90名の参加者を得て開催された。それらの workshop には、大学関係者だけでなく地方自治や政府機関から数多くの参加者があった。また、BCnet 参加者向けに 2022 BCnet Calendar が作成され、その中で BCnet でのモニタリングにおける Citizen Science アプローチの重要性がわかりやすく表示された。インドネシア側の CNS については、III (1) 1) や 2) に記載しているインドネシア側のプロジェクト推進体制の問題により、大きな進展が得られていないが、LIPI や KKP 等が有する既存の全国規模ネットワークを有効利用し有機的にリンクする形で CNS 構築を図る方針を踏まえて、KKP の地方組織を中心とした CNS 構成とする方向で検討が進むこととなった。

2022年度は、フィリピンでは、引き続き BCnet ワークショップがいくつか開催されており、Luzon ク

ラスターでは 2022 年 4 月 22 日にワークショップが開催され、2023 年 1 月 25-26 日と 2 月 16-17 日にも、それぞれ、Aklan と Tacloban において、直前に行われた Summit 会合（後述）に引き続き形で、BCnet ワークショップが開催されている。また、CNS の 9 サイトで drone によるモニタリングを実施している。インドネシアでは、相手国側代表機関が KKP 傘下の AUP に変更になる動きに並行して CNS 構成メンバーが固まり、AUP の地方組織や KKP の地方 MPA 組織が中心となる形で、33 の参加メンバーで CNS-Indonesia が設立された（図 4）。それに関連して、CNS モニタリング研修ワークショップやコア機関である Project Lab でのサンプル分析研修等も開催されている。また、プロジェクト最終盤で、CNS の多くのサイトで、底質コアサンプリングや drone によるモニタリングが実施された（ただし、いくつかのサイトでは悪天候により順延となった）。

なお、CNS に関して今後想定している展開の柱の一つとして、フィリピン・インドネシア以外のコーラル・トライアングル域内外への CNS の導入展開を模索している。すでに、JST、DOST、UKRI による STAND プログラムで採択されたパイロット・プロジェクト「SEA 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」において、CNS のマレーシアへの導入のための体制づくりなどの具体的な検討を行っている。そして、フィリピン、インドネシア、マレーシア 3 か国での CNS をコアとして SEA 域を広くカバーする形の CNS-SEA の構築・展開に向けての戦略検討を行い、それに関連して、PEMSEA や SIMSEA（Sustainability Initiative in the Marginal Seas of South and East Asia）などの regional な組織やイニシアティブとの今後の連携構築の具体化に向けての取り組みも進めている。これに関連して、2022 年 10 月 25-29 日にインドネシア・ジャカルタ近郊のタンゲランで開催された 2022 PEMSEA Network of Local Governments for Sustainable Coastal Development (PNLG) Forum において、「Toward integrated network-based management for SEA Coastal Zone including G-B Link framework」と題した招待講演を灘岡が行っている。

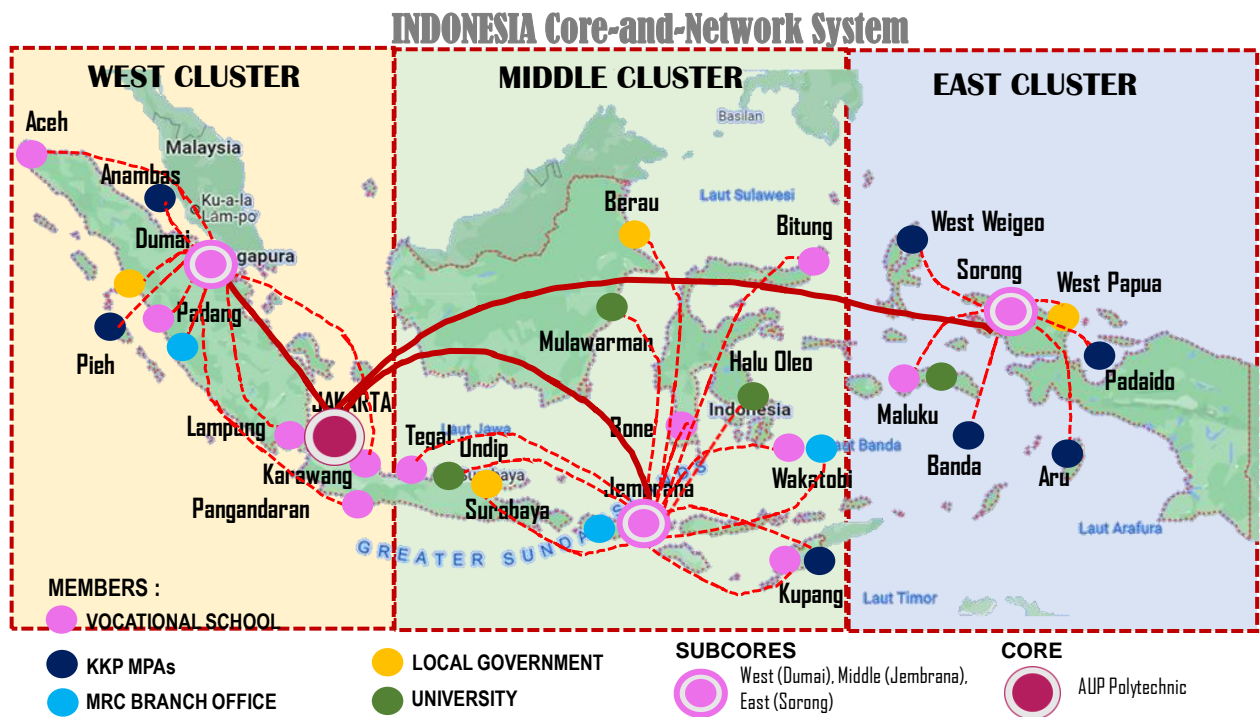


図 4 CNS-Indonesia の構成図

【活動 4-2】 "Core-and-Network" システムのコア機関の機能の強化

全グループ（リーダー：灘岡和夫）

2017年度では、CNSにおけるコア機関であるとともに、両国におけるブルーカーボン調査研究・政策提言の拠点としての機能を持つことが期待される相手国代表機関のセンター機能強化を図るべく、相手国代表機関の現状と具備すべきセンター機能との差異を把握することで、機能強化のためのニーズの具体的な同定を行った。それとともに、センター機能強化に直結する機器の設置と設備更新のための検討を行い、フィリピンについては供与予定機材のうちの一部を供与した。インドネシア側代表機関においては、CNSでの本格的定期モニタリングの開始やプロジェクト重点サイトでの合同調査実施によって得られる数多くの現地採取試料を効率よく確実に分析するためのラボがまだ存在しないことから、ラボの適地選定・場所の確保から着手し、ジャカルタ市内のPasar Mingguにある相手国代表機関所有の建物内にラボを立ち上げることにした。そしてラボに必要な電源・給排水・空調等設備の整備にとりかかるとともに、導入すべき各種分析機器の検討を行った。

2018年度では、CNSのセンター機能強化に関わる相手国代表機関への機材供与等を引き続き実施した。その結果、フィリピン・インドネシア両国において2018年度中に供与予定機材の多くが調達・納品できる見込みとなったが、一部の機材については、調達手続き等の遅れによって2019年度に調達・納品が繰り越されることになった。また、インドネシアに関しては、プロジェクト・ラボの立ち上げのための営繕工事等を進めた。

2019年度では、相手国代表機関のCNSセンター機能強化に関わる機材供与に関して、2018年度中に完了できなかった機材の両国への供与を2020年度中にほぼ完了させた。インドネシアについては、プロジェクト・ラボに必要な電源・給排水・空調等設備の整備に関して2018年度中に完了できなかった工事を2019年度に完了させ、各種分析機器の導入を行った。そして、2020年1月20日にプロジェクト・ラボの開所式を現地で開催した。同ラボの運用のための人員体制の整備の観点から数名の分析支援スタッフの雇用を予定していたが、インドネシアの政府機関での雇用ルールの変更に伴って、2019年度中の支援スタッフの雇用は残念ながらできなかった。また高額室内分析機器の導入に当たっては、納品業者による納品時機器研修を実施したが、Auto analyzerに関しては、機材の導入は年度中に完了したものの、納品時研修に関してはCOVID-19問題によって実施することができなかったため、次年度実施することとなった。プロジェクト・ラボは、地球化学関係だけでなく、他のグループも利用可能で、グループ間の連携分析・ディスカッションの場としての機能を持った統合プラットフォームとしての構築を目指している。そのため、同ラボでは、KKPの各分野の本プロジェクト関連メンバーが9名、業務調整員とともに常駐するためのオフィススペースや会議室等が設けられた。一方、フィリピンの中核機関であるフィリピン大学にはUP-MSIを中心に既に研究設備・試料保管施設が存在しているが、プロジェクトの目的に即ち適するようにレベルアップを進め、かつ必要に応じて人材育成も実施した。室内分析技術のスキル向上に関しては、フィリピン・インドネシアからの短期研修員として本邦に招へいした際にも、地球化学グループや生態学グループによって研修が行われている。

2020年度では、インドネシアのプロジェクト・ラボに関して、予定していたAuto analyzerの研修等がコロナ禍の影響により実施できなかった。また、プロジェクト終了後も見据えた持続的な運用体制の確立のうえで重要となる人員体制整備の面では、先述のように、数名の分析支援スタッフの雇用を予定していたがインドネシア政府機関での雇用ルールの変更に伴って実現できなかった。その代替策として、ラボ・メンバー自身による分析作業体制の強化と、IPB等の関連大学・研究機関からの学生の実習等を兼ねたラボでの利用機会の提供といった方策が検討された。また、ラボ運営管理体制強化の目的でラボ・メンバーの中からラボ運営責任者を任命した。フィリピンに関しては、コア機関であるUPD-MSIの地球化学関連のラボが、コロナ禍による教員や学生の登校制限により、あまり運営できない状態に置かれ、同ラボの主要機器（CNS Analyzer）の不具合の対策等も進まなかった。

2021年度は、コロナ禍の影響が続いたことから、インドネシアのプロジェクト・ラボに関して、予定していたAuto analyzerの現地設置調整作業や現地研修等が出来ない状態が続いた。そこで、同機器の本邦納入業者の技術スタッフが、オンライン形式で、初期の機器設置と研修を行うこととした。同ラボ

の分析支援スタッフ雇用に関しては、後述（III（1）1）の理由から、インドネシア側のプロジェクト推進体制が大きく変更になる見込みとなって関係で、相手国側の内部予算等の自己努力で支援スタッフの雇用が当面できない状況となった。そこで、特例的な経過措置として、本プロジェクトの JICA 在強費により、分析支援スタッフを雇用することとなった。

2022 年度は、インドネシアでは、政府系調査研究機関・部署の BRIN への統合に伴ってプロジェクト推進組織体制が大幅に変更になり、Project Lab の管理責任組織も、KKP-MRC から上記の AUP に代わることとなった。Project Lab の管理責任組織が AUP になった大きな理由の一つは、本プロジェクト終了後も予算面や人員配置面上での継続的な配慮が見込めることである。その点では、本プロジェクト終了後も Project Lab の持続的な利用が期待できるが、同 Lab をインドネシアでの BC 調査研究センター的な組織の一つとして発展させていくには、BRIN などの KKP 外の他の政府系調査研究機関や大学等に開放することが重要で、KKP 外の機関・組織からの利用時の費用負担を含む利用ルールを早急に整備する必要があることが確認された。

【活動 4-3】"Core-and-Network"システムを効果的に運営していくための人材育成

全グループ（リーダー：灘岡和夫）

プロジェクト終了後の持続的運用を可能とする上で、コア機関の人材がネットワーク参加組織に対して定期的に適切な研修を行うなどの形で支援するスキームを実現していくことが重要になることから、その観点を加えたコア組織の人材育成を目的として、2017 年度以降の合同現地調査で on-the-job training を行うとともに、2018 年 11 月にフィリピン 4 名、インドネシア 4 名の計 8 名を日本側メンバー機関（東京工業大学、東京大学 AORI、北海道大学厚岸臨界実験所）に 2 週間程度に招へいして JICA 短期研修を実施した。また、CNS の主要メンバー機関・組織（特にプロジェクト重点サイト）の現地担当者の人材育成を、合同現地調査での on-the-job training や 2018 年 3 月 15 日にインドネシア UNIDIP で行ったアルカリ度測定講習会（講師：地球化学グループ・渡邊）等を通じて実施した。

2019 年度では、引き続き、プロジェクト終了後の持続的運用を可能とする上でキーとなるコア組織の人材育成を、合同現地調査での on-the-job training や本邦での短期研修（2019 年度はフィリピン 4 名、インドネシア 4 名の合計 8 名を招へい）、長期研修（2019 年度から 3 年間、両国の代表機関から 1 名ずつの長期研修生を、ともに東京工業大学・中村研究室が受入れ先となって博士号の取得を目指している）等を通じて行った。また、CNS の主要メンバー機関・組織（特にプロジェクト重点サイト）の現地担当者の人材育成を合同現地調査での on-the-job training や研修会合の開催等を通じて相手国代表機関担当者を中心に実施した。

2020 年度は、コロナ禍の影響により、合同調査での on-site training や JICA 短期研修もともに全く実施できない状態となった。そこで、短期研修に関しては、2020 年度に受け入れ予定だったフィリピン 4 名、インドネシア 6 名の短期研修生の枠を 2021 年度にスライドすることとした。東工大中村研究室で受け入れている JICA 長期研修生 2 名は、博士号の取得を目指して引き続き博士論文研究を推進させた。

2021 年度は、コロナ禍の影響が続き、前年度と同様に、日本側が参加する合同調査での on-site training や JICA 短期研修が全く実施できない状態となった。そのため、短期研修に関しては、2020 年度からの繰り越し枠を含めて、合計、フィリピン側 8 名、インドネシア側 10 名の枠を繰り越すこととした。JICA 長期研修生として東工大中村研究室で受け入れている 2 名のうち、フィリピンからの Ayin Tamondong 氏は、2022 年 3 月に博士号取得し、博士後期課程を無事修了した。インドネシアからの Joko Prihantoro 氏は、来日時期が数カ月遅れたため、長期研修期間の延長手続きを行ったうえで、202 年 9 月での博士後期課程の修了ならびに博士号取得を目指すこととした。

2022 年度は、11 月から 12 月にかけて、フィリピンから、生態学グループで 3 名、統合モデル開発・リモセングループで 6 名（うち 1 名はオンライン参加）の合計 9 名を短期研修生として受け入れた。また、出張ベースでさらに 3 名を統合モデル開発・リモセングループで受け入れている。インド

ネシアについては、短期研修生の受け入れ枠は用意していたものの、候補者選定の時期が BRIN に関連するインドネシア側のプロジェクト推進組織体制が大幅に変更になる時期と重なったことから、期限内に具体的な研修要望票を取りまとめることが出来ず、2022 年度の短期研修生受入れはゼロとなった。インドネシアからの長期研修生 Joko Prihantoro 氏については、来日が KKP 内部の事情で予定より数カ月遅れただけでなく、東工大在学期間中、博士論文研究の調査サイトであるインドネシアの Karimunjawa で調査がコロナ禍の影響で出来なくなったことから、さらに半年間、研修期間の延長を JICA に申請し認められた。それによって、2023 年 3 月での博士後期課程の修了ならびに博士号取得を目指したが、博士論文は完成したものの、博士号授与の要件の一つである審査付学術論文 2 編の公表が間に合わず、3 月に単位取得満期修了でいったん帰国し、上記の要件が満たされ次第、学位取得手続きに入ることとなった。

【活動 4-4】“Core-and-Network”システム参加組織のための野外調査ガイドラインの作成：

地球化学グループ（リーダー：宮島利宏）および生態学グループ（リーダー：仲岡雅裕、サブ・リーダー：諏訪錬平）

2018 年度までは CNS が具体化していないため、ガイドラインの作成に向けた活動は行わなかった。しかし現地調査の具体的なテクニックの統一については特にフィリピン側とは従来からメールベースでの討議を続けており、特に 2017 年 12 月にセブで行われた本プロジェクト共催のシンポジウムにおいては堆積物試料の分析方法に関する情報、および生態系トレードオフの解析方法に関する情報をフィリピン側研究者と共有し、今後のマングローブ調査における試料採取方法の改善案を検討した。またインドネシア側については、野外調査の方法については今後の討議に委ねられているが、カウンターパート側で試料処理に必要な実験施設の整備を進めており、実験室の要求仕様や設備に関する助言を随時行ってきた。実験設備については COVID-19 対策の影響で完成が遅れたものの、大部分の設備は既に供用されている。2018 年 3 月には Diponegoro University において溶存炭酸塩分析の講習会が渡邊敦によって行われた。さらに、両国における調査方法の統一化を図る試みの一環として、2018 年 11 月にはフィリピン側から 1 名、インドネシア側から 2 名、2019 年 8 月には両国から 2 名ずつの短期研修生を招聘し、土壌・堆積物の有機炭素貯留量評価のための試料採取法・処理法・分析法、海草藻場の生物量の変異を解析するための野外調査方法の講習を実施した。

2019 年度は地球化学グループおよび生態学グループのメンバーが協力して、引き続きマングローブの野外調査法ならびに試料処理・分析法について検討を進めた。9 月に行われた炭素隔離貯留評価に関する ASEAN の第 2 回ワークショップで提示された、海草藻場における炭素貯留の評価マニュアルに対して専門家の立場からコメントを加え、CNS 参加組織のためのガイドラインの底本としても妥当なものとなるように、必要な修正を要請した。海草藻場の調査に関しては、インドネシアのカウンターパートは一定の水準の調査技術を既に有しているが、フィリピン側には現地調査にあたる人材が相変わらず乏しく、調査手法の標準化が遅れている。この問題を解決するため、統合モデル開発・リモセングループと共同で、スマートフォンを利用した現地調査とドローン撮影を組み合わせた市民モニタリング調査手法の開発を行うこととし、2020 年 2 月にブスアング島で試行調査を実施した。

2020 年度は COVID-19 感染拡大のため現地での市民モニタリング調査手法の開発のための調査は行うことができなかったが、2020 年 2 月に得られたブスアング島のデータを元に解析を行い、より詳細な機能群毎のハビタットマップを得るための手法について検討を継続した。

2021 年度は複数回のオンライン会議を踏まえて野外調査ガイドラインの基本的アウトラインを検討した。その結果、対象者を科学者と非科学者（ブルーカーボン生態系にかかる各ステークホルダー）の両方にし、章、セクションごとに専門的な情報の程度を変えること、野外調査の必要性、取り組み方を説明する Introduction を加えること、これまで行ったケーススタディを補遺としてできるだけ多数掲載することなど、基本方針を確定した。その上で、目次および担当執筆者の選定、分担を決め、作成に向けた準備を整えた。

2022年は前年度までに定めた方針に従い、各章およびケーススタディの執筆を進めた。その結果、2023年3月に本ガイドラインが完成した。その内容（目次）は下表（表1）のようになった。

表1 野外調査ガイドライン目次

CNS Field survey guidelines for the monitoring of Blue Carbon ecosystems

Chapter 1: Introduction

- 1.1. Blue Carbon Ecosystems and their importance
- 1.2. Why do we need to monitor blue carbon ecosystems
- 1.3. How to plan and design monitoring of blue carbon ecosystems?
- 1.4. What to monitor
- 1.5. Who works? Collaboration among scientists and citizens
- 1.6. Where and when?

Chapter 2: Monitoring of oceanographic conditions

- 2.1. Background –Blue-Carbon Ecosystems and the need for monitoring
- 2.2. Water temperature and salinity
- 2.3. Light, turbidity and transparency
- 2.4. Nutrient and Chlorophyll-a
- 2.5. Other abiotic variables

Chapter 3: Monitoring of seagrass ecosystems

- 3.1. What is seagrass and how to monitor?
- 3.2. Mapping Seagrass area by remote sensing (UAVs, Aerial survey, Satellites)
- 3.3. Seagrass areal extent (ground-truth survey using cameras/smartphones)
- 3.4. Seagrass species diversity and biomass
- 3.5. Monitoring of animals associated with seagrass ecosystems
- 3.6. Biogeochemical analyses-Carbon and nitrogen contents of seagrasses and sediments

Chapter 4: Monitoring of mangrove ecosystems

- 4.1. Mangrove areal extent (UAVs, Aerial survey, Satellites, ground-truth surveys)
- 4.2. Field Survey on Mangrove Biomass
- 4.3. Estimation of Mangrove Soil Carbon stocks
- 4.4. Diversity of flora and fauna
- 4.5. Biogeochemical analyses of mangrove and sediments

Chapter 5: Monitoring of socio-economic attributes

- 5.1. Introduction
- 5.2. Socio-economic attributes
- 5.3. Management actions (Local communities, NGOs, NPOs, private sectors, etc.)
- 5.4. Socio-economic monitoring methods

Chapter 6: Establishing a successful monitoring program

- 6.1. Data management and data sharing

- 6.2. Employing Citizen Scientists in your monitoring program
 - 6.3. How to utilize monitoring data for better decision-making?
 - 6.4. Toward sustainable monitoring
-

【活動 4-5】 様々なジョイント活動を通じたコーラル・トライアングル主要国間の連携強化

全グループ（リーダー：灘岡和夫）

2017 年度では、コーラル・トライアングル主要構成国であるフィリピンとインドネシアの間の連携体制の強化に向けて、両国間の協議と調整作業を通じた両国間協力スキームの開発に着手するとともに、同スキームの持続的運用のための課題の同定とその解決に向けての検討を行った。また、2018 年 3 月 8-9 日にジャカルタのインドネシア側代表機関において開催したワークショップにフィリピン側代表者（Dr. Ariel Blanco）と数名のフィリピン側若手メンバーを招へいし、フィリピン側が先行して実施してきている LiDAR によるリモートセンシングに関する研修ワークショップを、インドネシアのいくつかの関係機関からも参加者を募る形で、同機関において 3 月 9 日に実施した。さらに、研究代表者の灘岡が下記の国際会議に基調講演ないしは招待講演者として出席するとともに、特に、SCESAP 国際シンポジウムでは、灘岡に加えてフィリピン側代表者の Dr. Ariel Blanco も招待講演を行い、本プロジェクトの他のメンバーも様々な発表を行った。これらにより、本プロジェクトの宣伝とアジア・太平洋域の関係研究者等との意見交換・ネットワーク形成の機会を得ることができた。

- 17th SCA Conference（フィリピン・マニラ、6/14-16、2017）での招待講演
- 1st MSAT conference（インドネシア・バリ、8/3-5、2017）での基調講演
- World Blue Carbon Conference（インドネシア・ジャカルタ、9/7-9、2017）での招待講演
- SCESAP 3rd International Biodiversity Symposium（フィリピン・セブ、12/4-9、2017）での招待講演

2018 年度には、当初案では、2019 年 2 月にフィリピンにおいて、インドネシア側代表機関から数名の中心メンバーを招へいする形で 3 国間合同調査を実施する予定であったが、フィリピン側マッチングファンドの 2 年目以降の後継プロジェクト申請が却下された関係で実施が不可能になった。3 国のメンバー参加型の会合として、2018 年 8 月 2-3 日に、日本側代表機関の東京工業大学において、統合モデル開発・リモセングループの technical meeting を開催し、フィリピン側からグループ代表者の Dr. Ariel Blanco と主要メンバーの Dr. Eugene Herrera、Ayin Tamondong 氏、Alvin Boloyloy 氏を、またインドネシア側からグループリーダーの Dr. Novi Susetyo Adi を招へいし、本プロジェクトにおける各種モデリングとリモセン・マッピングに関する技術的な検討を集中して行った。また、10 月 2-5 日に Jakarta で開催された、海草藻場 BC モニタリングを主要テーマとした ASEAN Workshop on Carbon Sink and Sequestration in Coastal Ecosystem from Science to Economic Value and Policy に、日本から灘岡が、フィリピンから Dr. Miguel Fortes と Ayin Tamondong 氏が、インドネシアから Dr. Novi Susetyo Adi が数名のメンバーとともに参加した。さらに、11 月に行った 8 名の JICA 短期研修において、両国からの数名の短期研修生の研修スケジュールが一定期間東工大で重なる形になったことから、その期間を利用して、その数名のメンバーによる 3 国間打合せ会合を実施した。そして、11 月 26 日にジャカルタで開催した第 1 回 CNS-Indonesia workshop では、フィリピンから CNS-Philippines の設立に中心的役割を果たしている Dr. Miguel Fortes を招聘し、日本からの参加者(灘岡、仲岡、宮島)を含めて 3 カ国のメンバーが参加する形での workshop とすることが出来た。これらに加えて、研究代表者の灘岡が下記の国際会議に基調講演ないしは招待講演者として出席することにより、フィリピン・インドネシアからの参加者のみならず、コーラル・トライアングル内外の周辺国等からの参加者に向けて本プロジェクトの紹介を行うとともに、将来的な連携展開の可能性の拡大に努めた。

- 第4回アジア太平洋サンゴ礁シンポジウム (APCRS、フィリピン・セブ、6/4-8、2018) での招待講演
- ASEAN Workshop on Carbon Sink and Sequestration in Coastal Ecosystem (インドネシア・ジャカルタ、10/2-5、2018) での基調講演
- RTRC MarBEST Training Course on Coral Health Index (インドネシア・バリ、10/22-23、2018) での招待講演
- 4th Int. Conf. on Tropical and Coastal Region Eco-Development (インドネシア・スマラン、10/31、2018) での基調講演
- Launching of Future Earth Philippines Program (FEPP) (フィリピン・マニラ、11/19、2018) での招待講演
- 2nd Regional Conference on Sustainability of Marginal Seas in South and East Asia (SIMSEA) (フィリピン・マニラ、11/19、2018) での招待講演
- EAS congress 2018 (フィリピン・イロイロ、11/28、2018) での招待講演

上記のうちの5)の会合は、2018年に設立されたフィリピン・フューチャーアースの発足イベントで、同イベントにはフューチャーアース国際本部日本ハブ事務局長の春日文子氏も招待講演者として出席されていた。灘岡の講演のあと同氏からのアプローチがあり、本プロジェクトがフューチャーアースに関連する具体的なプロジェクト活動の事例として位置づけられる可能性があるため、今後連携をとっていきたい、とのコメントを頂いた。さらに、5)に引き続いて開催された6)のSIMSEA (Sustainability Initiative in the Marginal Seas of South and East Asia ; フューチャーアースの支援プログラムの一つとして立ち上げられた地域プログラム) 第2回地域会議での講演後、SIMSEAのScience Steering Committee (SSC)メンバーへの就任依頼が灘岡にあり、それを受諾した。今後、SIMSEAの運営にも関わることによって、本プロジェクトの東・南アジア地域での連携展開の可能性が高まっていくことが期待される。

なお、2019年1月にオーストラリア連邦科学産業研究機構 (CSIRO) のCoasts Oceans & Atmosphere部門のResearch DirectorであるDr. Andy Stevenから灘岡にコンタクトがあり、同氏がプロジェクトリーダーとなっているインドネシアでのブルーカーボンに関する3年間の大型プロジェクトに関して、本プロジェクトとの連携の可能性を検討したい旨の申し出があった。コーラル・トライアングル国からの申し出ではないが、本プロジェクトと同じインドネシアを対象としたブルーカーボン関連プロジェクトであり、有機的な連携を図ることによってより大きな成果が得られ、それをオーストラリアも含めて国際的により広く普及させていく上で有効と考えられることから、連携を実現させていく方向で検討することとした。

2019年度では、フィリピンとインドネシアの間の連携体制の強化に向けて、両国間の協議と調整作業を通じた両国間協力スキームの開発をさらにすすめるとともに、同スキームの持続的運用のための課題の同定とその解決に向けての検討を引き続き行った。また、第1回目の3国間合同調査をフィリピンで2019年度もしくは2020年度に実施するべく検討を行ったが、本プロジェクト全体のJICA予算の制約から、プロジェクト期間中2回から1回の開催に変更することがJCC-3で検討・承認されたことから、3国間合同調査実施のスケジュールを大幅に見直すこととなった。また、2019年9月2-5日にジャカルタで開催された2nd ASEAN Workshop on Carbon Sink and Sequestration in Coastal Ecosystem: from Science to Policyに、3国の関係メンバーが参加し、海草藻場を対象としたブルーカーボン調査・解析手法のガイドライン作成に関わる議論に貢献するとともに、本プロジェクトからのインプットを行った。さらに、両国沿岸域のそれぞれ80%以上のカバーすることを本プロジェクトの数値目標として掲げている広域リモートセンシングマッピングを、両国共通の対象衛星画像、画像解析手法等のもとに進めるために、統合モデル開発・リモセングループの3カ国の主要メンバーが参加する形の第1回、第2回リモセン技術会合を、それぞれ2019年4月15-16日と2020年1月16-17日にインド

ネシア・ジャカルタで開催した。また、本年度も、研究代表者の灘岡が下記の国際会議に基調講演ないしは招待講演者として出席することにより、フィリピン、インドネシアを中心とする、コーラル・トライアングル内外からの参加者に向けて本プロジェクトの紹介を行うとともに、将来的な連携展開の可能性の拡大に努めた。

- 2nd ASEAN Workshop on “Carbon Sink and Sequestration in Coastal Ecosystem” (インドネシア・ジャカルタ、9/2-5、2019) での基調講演
- RTRC MarBEST training course on assessment of carbon stock and sequestration in seagrass ecosystem (インドネシア・ビンタン、11/4-11、2019) での基調講演
- 5th International Conference on Fisheries and Aquatic Sciences (ICFAS) (フィリピン・タクロバン、11/6-7、2019) での基調講演
- Joint workshop by JST, UKRI and DOST on “Working together for sustainable coastal communities: a multi-funder approach to maximize development impact” (フィリピン・ボラカイ、12/4-5、2019) での招待講演

2020年度は、コロナ禍の影響により、大幅に活動が制約されたが、2021年8月13日に、The Role of the Blue Carbon Science in Supporting Climate Change and Conservation Policiesと題したウェビナーをインドネシア側主催で開催し、3か国から数百名規模の参加者があった。

2021年度は、コロナ禍の影響が続いたことや、インドネシア側のプロジェクト推進体制の問題等で、フィリピンとインドネシア間の連携強化を図るジョイント活動は行われていない。本プロジェクトの対外的な場でのアピールとしては、日本側代表者の灘岡が、下記の2件の招待講演を行っている。

- COP26でのサイド・イベント“The Ocean Decade: catalysing climate action in Asia and the Pacific” (英国,グラスゴー、11/6、2021) での招待講演 (オンライン参加)
- 15th Regional Conference in Environmental Engineering: Environmental Engineering at the Forefront of Global Environment and Health Challenges (オンライン、1/17、2022) での招待講演

上記のCOP26に関しては、上記のサイド・イベントとは別のサイド・イベント4th World Symposium on Climate Change Adaptationにおいて、フィリピンにおける全国規模マングローブマッピングの成果をUPDのAlvin Baloloy氏が発表している。

2022年度は、フィリピンのAklanで実施を予定していた、懸案の、日本、フィリピン、インドネシアの3か国チームによる合同調査は、最終的に断念せざるを得なくなった。この判断は、フィリピン側では前年の10月以降現地調査が再開できているものの、日本側の参加による合同調査が再開できたのが2022年の10月になってであり、また、インドネシア側では、BRINに関連したプロジェクト推進組織体制の大幅な変更の内容が固まるのにかなり時間を要し、新体制に基づく具体的な活動が再開できたのが2023年1月になってから、という状況に基づいている。一方、プロジェクト最終盤の3か国合同での大型イベントとして、2023年3月15-16日に、Blue Carbon Regional Symposium (BCRS)を、日本、フィリピン、インドネシアのプロジェクトメンバーだけでなく、フィリピン、インドネシアの政府機関、PEMSEA、Wetlands International、Conservation International、Y Kan (TNC-Indonesia)などからの出席者を得て、ハイブリッド形式で開催している (対面会場はUPD内のInstitute of Environmental Science and meteorology (IESM))。

【活動 4-6】 フィリピンにおけるプロジェクト成果を用いたブルーカーボン市民科学教育教材の開発と社会実装

全グループ (リーダー：灘岡和夫)

2018年度では、本活動項目の主担当である“Dr. Miguel Fortes”により、“Citizen Science Toolkit. Vol.

1: Boracay”のプランが示された。これは、本プロジェクトのフィリピンにおけるサブサイトの一つである Boracay 島を対象として作成するものであり、必ずしも学校教育カリキュラム用に限定して作成するものではない。今後も、本活動項目の対象が学校教育のみならず一般の地域住民等も対象とした Citizen Science Education (CSE)の方向で展開すべきであろう、との議論がなされ、本活動項目のタイトルを、もとの”Enhance school curricula using project outputs in the Philippines” (プロジェクト成果を用いた学校教育カリキュラムの強化(フィリピン))から、“Developing and implementing the Blue Carbon Citizen Science Education (CSE) materials using project outputs in the Philippines” (フィリピンにおけるプロジェクト成果を用いたブルーカーボン市民科学教育教材の開発と社会実装)に変更することを、2019年度のJCCP-3とJCC-3で提案し了承されている。

2019年度では、フィリピンにおいて、“Citizen Science Toolkit. Vol. 1: Boracay”の作成や印刷・配布の検討を進めたが、フィリピン側後継マッチングファンドはまだ得られていないことから、具体化しなかった。一方で、他のサイトも対象とした Citizen Science Toolkit の開発や、同 Toolkit を学校教育や地域の環境保全活動等でどのように活用し、結果をどのようにフィードバックして Toolkit の向上につなげていくかについて関係者と議論した。また、10月24-26日に Boracay で開催した”Blue Carbon and Sustainable Tourism in Boracay: Building Capacity in Science and Policy Towards Best Practice”等において同 Toolkit のプランを紹介するとともに、Boracay での持続的観光開発の実現における Citizen Science ベースの取り組みの重要性と課題について議論した。

2020年度は、“Citizen Science Toolkit. Vol. 1: Boraca”に引き続いて、“Citizen Science Toolkit. Vol. 2: Busuanga”の作成が検討された。しかし、やはりコロナ禍の影響により、掲載すべき本プロジェクトの成果が、必要な現地調査データ等の取りまとめや現地会合等の実施が進まなかったため、同 Vol.2 の作成は進展していない。一方で、このテーマの担当者である Dr. Fortes からのプロジェクトメンバーへの要請として、今後のプロジェクト成果の取りまとめにおいて、一般読者に分かりやすい平易で簡潔な表現での取りまとめの重要性が繰り返し示されるとともに、Citizen Science Toolkit.シリーズの具体化に向けて、そのような形での各グループからの成果の提供が依頼された。

2021年度は、フィリピン側の Fortes 氏が中心となって Citizen Science Toolkit.シリーズの具体化が引き続き検討され、関連する Citizen Science 現地調査・ワークショップを2022年2月に実施予定だったが、コロナ禍の影響等で順延となった。

2022年度は、前年度後半から再開された様々な現地調査が引き続き実施されたが、Citizen Science Toolkit シリーズ作成に必要な、各プロジェクトサイトでの調査データ等の取りまとめにかなり時間を要することが判明したことから、Toolkit のコンテンツとして、Boracay と Busuanga の調査結果のみを対象とすることとして、両者を統合した内容の”Citizen Science Toolkit”として制作を完了した。

2) 研究題目4のカウンターパートへの技術移転の状況

上記1)で述べた合同調査時のオンサイト・トレーニングを通じての技術移転を実施するとともに、地球化学グループが中心になって行っているインドネシア代表機関のコア機能強化のためのプロジェクト・ラボの立ち上げのための施設整備計画や機器導入計画の細部打合せ等を通じてのインドネシア側メンバーの専門知識等の向上を図った。また、やはり地球化学グループが中心となって、2018年3月16日にディポネゴロ大学において、アルカリ度測定に関する技術講習会を実施した。そして、2018年11月と2019年8&10月にそれぞれJICA短期研修生8名の受入れることを通じて技術移転につながる各種研修を行った。

インドネシアにおいて、2020年3月に予定されていた日本側納品業者によるプロジェクト・ラボでの Auto-analyzer の設置作業や技術研修が、コロナ禍による渡航制限のため実施できていなかったが、2022年2月、および、ラボ管理責任組織がKKP-MRCからKKP傘下のAUPに代わり、それに伴ってラボの運営担当者が大幅に入れ替わって以降の2023年3月に、オンラインの形で研修を行った。

また、相手国主要機関の人材育成に関わるJICA短期研修生の招へいもコロナ禍の影響で長い間実施

できない状況が続いたが、プロジェクト終盤の2022年11-12月の時期に、フィリピンから、生態学グループで3名、統合モデル開発・リモセングループで6名（うち1名はオンライン参加）の合計9名を短期研修生として受け入れた。また、出張ベースでさらに3名を統合モデル開発・リモセングループで受け入れている。一方、インドネシアについては、新たなプロジェクト実施体制への移行時期と重なったことから申請期限内に具体的な研修要望票を取りまとめることが出来ず、2022年度の短期研修生受け入れはゼロとなった。

3) 研究題目4の当初計画では想定されていなかった新たな展開

当初計画では、相手国への機材供与を2018年度中に終了する予定だったが、JICA自体の全体予算がかなり逼迫状態にあることから本プロジェクトの2018年度予算額を抑えるようJICA本部から強い要請があり、インドネシア向けの一部の高額機器の購入・納品を2019年度にまわさざるを得なくなった。また、Ⅲ(1)の3)に詳述しているように、両国での供与機材の購入手続きが大幅に遅れたことが原因で、上記のインドネシア向けの一部の高額機器だけでなく、両国での供与機材のうちのいくつかが2018年度内の供与が間に合わない状況が生じてしまった。これはPOに記載している機材供与の期限である2018年度中の納品という目標が達成できなかったことを意味しているだけでなく、当初使用予定であった、2019年2-3月のフィリピン・インドネシアでの合同調査に間に合わなかったことを意味しており、さらに、インドネシアに設置予定のプロジェクト・ラボへの装置導入も大幅に遅れ、現地調査で得られた様々なサンプルの処理の開始も大きく遅れる事態を招いていることから、プロジェクトの進捗に大きなマイナス要因となってしまった。

一方、CNSでのモニタリング・ツールの一つとして、droneを用いたリモートセンシングを導入することを日本側から提案したところ、両相手国からの賛同を得ることができた。そこで、droneを両相手国に複数台（目安として、フィリピン10台、インドネシア15台）を2019年度までに供与する計画を新たに組み込むとともに、droneベースのCNSモニタリングのためのガイドライン開発も新たに組み込むこととした。

また、当初案では、2019年2月にフィリピンにおいて、インドネシア側代表機関から数名の中心メンバーを招聘する形で3国間合同調査を実施する予定であったが、フィリピン側マッチングファンドの2年目以降の後継プロジェクト申請が当面却下された関係で実施が不可能になった。そのことから、2019年9月に開催されたJCC-3において、PDMに記載している「プロジェクト期間中2回以上」という数値目標を、「プロジェクト期間中1回以上に変更することが承認された。

コロナ禍で2020年3月以降相手国への渡航が全くできなくなってしまったことは、研究課題4にも甚大な影響が生じている。その中であって、オンラインベースでプロジェクト活動を推進するべく、CNS構築等の重要課題についてのzoom会合シリーズやwebinarの開催等を行った。

II. (1)の4)にも述べているように、2020年度以降、日本側メンバーの相手国への渡航が全くできず、相手国側メンバーによる現地調査の実施も限られる状況がかなり続いたことから、本プロジェクトのJICA予算の2020年度と2021年度の予算枠が大幅に繰り越される状況になった。そこで、その予算をCNS構築の加速や運用体制の強化のための追加機材の供与や相手国側の現地調査費用の補助等に有効利用することが2022年3月17日に開催されたJCC-5会合で承認された。しかし、フィリピン側では、かなりの予算を投入して追加機材の供与を行うこととしたものの、JICA内部での手続きにかなりの時間を要したことから、追加機材供与が完了したのがプロジェクト最終盤の2023年1月～3月となり、それらをプロジェクト期間内に有効利用することが十分できなかった。インドネシア側では、2023年1月上旬になって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出来たが、CNS-インドネシアの本格的な運用に必要となるdroneの追加供与の要請について、プロジェクト最終盤での要請となったことから、残念ながらJICA本部に受け入れられなかった。

4) 研究題目4の研究のねらい・研究実施方法（参考）

【活動 4-1】 既存ネットワークの組込を含む "Core-and-Network" システム(CNS)の構築

フィリピン・インドネシアでのブルーカーボン動態を定期的にモニタリングし、その結果をブルーカーボン戦略の更新や、政策立案者への提言更新に反映していく順応的管理のための持続的モニタリング体制として、両国において、様々な関係機関・組織をネットワーク化し、相手国代表機関をコアセンター組織とする“Core-and-Network”システムを構築する（目標年次：5年目、参加組織・グループ数：フィリピン15以上、インドネシア：20以上）。

【活動 4-2】 "Core-and-Network" システムのコア機関の機能の強化

上記の“Core-and-Network”システムにおけるコア組織であるとともに、両国におけるブルーカーボン調査研究・政策提言の拠点としての機能を持つことが相手国代表機関に期待される。そこで、これらの相手国代表機関のセンター機能の強化を図るべく、ブルーカーボン調査・分析に必要な種々の機材投入や、我が国のメンバー機関への人材派遣・研修（短期研修：延べ15～20名以上、長期研修：延べ1～2名以上）、さらにはプロジェクトサイトでのオンサイト・トレーニング等による人材育成を実施する。特に、インドネシア側代表機関では、重点プロジェクトサイトや“Core-and-Network”システム内の各サイトで得られる数多くの採取試料を分析できるラボ環境が存在しないことから、新たなラボの立ち上げを行う。（目標年次：5年目）

【活動 4-3】 "Core-and-Network"システムを効果的に運営していくための人材育成

“Core-and-Network”システムを効果的に運営していくために、プロジェクトサイトでのオンサイト・トレーニング等による人材育成を実施する。プロジェクト終了後の持続的運用を可能とする上で、コア機関の人材がネットワーク参加組織に対して定期的に適切な研修を行うなどの形で支援するスキームを実現していくことが重要になる。その観点からのコア組織の人材育成をプロジェクト期間中に行う。（目標年次：5年目）

【活動 4-4】 “Core-and-Network”システム参加組織のための野外調査ガイドラインの作成

活動 1-1 で述べた重点調査サイトでの最先端の多角的・包括的モニタリング調査と異なり、“Core-and-Network”システム参加機関のモニタリング担当者が、比較的簡便かつ確実に実施可能なレベルでの調査を実施することを想定して、その調査内容・調査手順・サンプルの後処理やコア機関への発送手続きなどをデザインし、それを分かりやすく記載した調査ガイドラインを作成する（目標年次：2年目）。その上で、ネットワークメンバーへの周知と適用を行う（目標年次：5年目）。

【活動 4-5】 様々なジョイント活動を通じたコーラル・トライアングル主要国間の連携強化

フィリピン大学ディリマン校の Blanco 氏の所属専攻では、すでにリモートセンシングや GIS に関わる人材育成のためのトレーニングセンターを有しており、同氏はセンター長を務めている。また、同氏をヘッドとして進められているフィリピンの国家プロジェクトの一つである Phil-LiDAR2 プロジェクトの成果は本提案プロジェクトに直接活かせる。そのような実績に基づいて、インドネシア側中堅・若手メンバーが上記のトレーニングセンターで研修を受けるといった形での両国間連携をすすめる。インドネシア側が主催する研修についても、数値シミュレーション解析関係での研修ワークショップ(ITB)の可能性等を検討する。それらにより、プロジェクト期間中2回以上の研修ワークショップを開催する。また、重要プロジェクトサイトでの両国のメンバーと日本側メンバーによる合同調査を実施する（プロジェクト期間中2回以上）。さらに、プロジェクト期間中に1回以上、コーラル・トライアングル地域シンポジウムを開催し、3国間連携を強化するとともに、周辺国への本プロジェクトの成果の波及に努める。（目標年次：5年目）

【活動 4-6】 プロジェクト成果を用いた学校教育カリキュラムの強化（フィリピン）

生態系保全と両立させた持続的な地域づくりの実現の上で、次世代の人材育成の重要性は論を待たな

い。本プロジェクトでは、フィリピンにおいて、若年層（Youth）の育成のための学校教育カリキュラムの開発をプロジェクト成果を踏まえて行うとともに、各プロジェクトサイト並びにネットワークサイトでのいくつかの学校で、同カリキュラムに基づく授業を試行的に実践する（目標年次：5年目）

(6) 研究題目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」

1) 研究題目5の当初の計画（全体計画）に対する当該年度の成果の達成状況とインパクト

【活動5-1】様々な将来発展・環境負荷シナリオに対応するブルーカーボン生態系の将来予測, と地域社会にとっての意味づけ

統合モデル開発・リモートセンシンググループ（リーダー：灘岡和夫、サブ・リーダー：中村隆志）

様々な将来発展・環境負荷シナリオに対応するブルーカーボン生態系の将来予測のベースとなる図1の多重スケール統合モデルシステムの開発をすすめるとともに、将来発展・環境負荷シナリオの与え方等に関する検討を行った。ただ、II.(1)5)に述べているように、当初予定していた多重スケール統合モデルシステムの精度検証に必要となる外洋海底でのコアサンプルの入手ができなくなったことから、モデルの定量的な再現性を保証できる段階には至らなかった。そのため、将来発展・環境負荷シナリオに伴うシナリオ分析への応用は出来ていない。

社会・政策科学グループ（リーダー：香坂 玲、サブ・リーダー：古川恵太）

2020年度は、新型コロナウイルスの感染拡大により、現地において科学的データの地域社会における意味づけについて調査等を行うことは困難であった。ただし、これまでの調査結果の分析を進めることにより、調査の方法論的枠組みとして、DPSIR（Driver-Pressure-State-Impact-Response）の枠組みの有用性を確認でき、結果を取りまとめた論文はMarine Policy誌に採択された。DPSIRは、ブルーカーボン生態系の将来予測の結果を現地のステークホルダーと共有、議論する際に、望まれない生態系の劣化等に対する対応や、生態系保全に関する望ましい傾向を促進する対策等を整理する際等に有用であると考えられる。

2021年度は、予定していた現地でのステークホルダーとのブルーカーボン生態系の将来予測結果の共有等を行う調査・ワークショップの開催はできなかったが、現地カウンターパートと調査手法やワークショップの形式等について議論を進め、自治体関係者とは、APN（Asia-Pacific Network for Global Change Research）のプロジェクトと連動させるかたちで、オンライン・ワークショップを実施し、プロジェクト期間の活動を通じて得られた知見の共有化等を進めることができた。また、東アジア海域環境管理パートナーシップ（PEMSEA）の活動に主体的に参加し、地域戦略計画（SDS-SEA）実施プラン、東アジア海洋会議2021に伴い発出された閣僚級宣言、PNLCの憲章作成を支援し、地域社会にとってのブルーカーボン生態系の重要性を広く啓発した。

2022年度は、2022年10月19-22日の現地調査及び、次の3回の会合（東サマーサミット準備会議（2022年11月9日）、第二回ア克蘭川・バタン湾サミット（2023年1月24日）、東サマー・ブルーカーボンステークホルダーサミット（2023年2月15日））への参加を通じて、ブルーカーボン生態系の地域社会における意味づけを理解するための調査手法や、これまでの調査結果等の共有化を行った。

【活動5-2】いくつかの地域でのアクションの実践とその結果のブルーカーボン戦略策定への反映

社会・政策科学グループ（リーダー：香坂 玲、サブ・リーダー：古川恵太）

2018年度は、現段階でシナリオを踏まえた地域住民との協働や意味づけには至っていないが、イン

ドネシアにおける中央政府と州政府におけるマングローブ林に関わる法令の体系について分析を進めた。具体的には国の空間計画に関わる法律(No. 26/2007)に基づいた「州における空間条例」(Provincial Spatial Plan)の法令(34州中27を分析)を分析した結果、住民活動の「禁止」、並びに「観光」に関わる項目が数多く存在することが確認された。一方、「炭素の貯蔵効果」は限定的であった。政策的示唆として比較的トップダウン型での「禁止」という意識がインドネシアについては強く、またブルーカーボンの利点についても「観光」等の利用についての記述が、「炭素貯蔵」に比べて多い実情が明らかとなった。なお、明確な地域的な傾向は確認されず、例えばカリマンタン島内でも異なる条例の傾向が確認された。フィリピンにおいても、法令及び行政、住民等に関して調査を行い(2019年2月14-21日、3月14-21日)、暫定的な提言として、行政の法令と住民の感じているサービスとの整合性とギャップを特定したうえで、住民視線を取り入れた形での湾岸計画(BayPlan)の政策立案の必要性が確認された。インドネシアのカリムンジャワ島においては、2019年3月にカウンターパートのKKPと連携する形でフォーカスグループインタビューが実践され、漁業、観光、行政等のセクターの異なる立場での意見交換を行ない、各生態系サービスのトレードオフ、価値・意味づけについての議論が実施された。2018年度の現階では、具体的なアクションプランにまでは至らなかったが、ブルーカーボン戦略の基礎となるステークホルダーの意識や視線についての知見を得た。

2019年度は、インドネシア及びフィリピンにおいて、地域住民目線の生態系サービスに関するデータの集積を進め、その視線と資源量と変動の傾向を踏まえたアクションプランを参加型で策定していくプロセスを開始した。これまでに構築した関係者のネットワークを活用しつつ、対話の機会を設定すること等を通じて、ローカルアクションの策定と実践に向けて、必要とされる生態系サービス等の情報の特定や、関係者の組織化に向けた知見を部分的に得ることができた。他のグループとも連携しつつ活動を展開し、各地での具体的なアクションに結びつく地域住民の認識や、現地で意識されている、ブルーカーボン生態系をめぐる問題、必要と考えられている施策や対応について知見を得ることができた。尚、2018年度に分析を進めたインドネシアの州単位の条例の分析については、論文として取りまとめ、*Journal of Forest Research* において分析結果を出版した。

2020年度は、他のグループと連携し、現地におけるアクションの実施とその結果の評価等を行うことを計画していたが、新型コロナウイルスの感染拡大により、現地での実践を行うことができなかったが、ローカルアクションについて、これまでの調査で採用したDPSIR(Driver-Pressure-State-Impact-Response)の枠組みの活用方法や既存研究のレビューを行うことを通じて要点を取りまとめることができた。特に、DPSIRの枠組みは、研究者が対象地の状況を把握するためのみならず、現地のステークホルダーとDPSIRの各項目について情報を共有するプロセスを通じて、ステークホルダー間で問題点と問題への対応の立案を促し得る可能性が特定された(成果は*Marine Policy*誌に発表済)。これまでの調査結果等の研究成果の現地ステークホルダーとの共有については、香坂が代表を務めるAPN(Asia-Pacific Network for Global Change Research)のプロジェクトが2020年度に採択されたことも契機となり、現地においてフィードバックを得ると同時に、より多くの関係者を巻き込むことが可能な手法についての検討を進めることとした。

2021年度は、APNのプロジェクト等と連動させることで、現地の自治体関係者や研究者等の関係者とオンライン・ワークショップを通じた意見交換や、知見の共有化を進めることができた。ローカルアクションについては、モニタリング手法等に関してオンラインの交流を進め、各地でアクションを促進するための知見の蓄積・共有化を行った。研究題目3の研究において蓄積、出版を行った成果を中心に現地カウンターパートと成果の共有を進めることもでき、ブルーカーボン戦略に反映させる情報の整理等を行うことができた。

2022年度は、2022年5月にフィリピンで開催されたNational Blue Carbon Symposium 2において発表を行い、マングローブ、海草を含む統合的なマングローブ生態系の保全に資する地域戦略(coastal management plan)の必要性等を現地のステークホルダーと共有した。また、その後の現地調査及び会合への参加を通じてDPSIRの枠組み等を用いたローカルアクションの要点を抽出する手法について、

研究成果を発信した。

【活動 5-3】 様々なステークホルダーとの協議を踏まえたブルーカーボン戦略の策定

全グループ（リーダー：灘岡和夫）

2017 年度は、ブルーカーボンに関連する現状の政策のレビューと政策ニーズの調査を両国において実施した。また、プロジェクト紹介を兼ねた、ブルーカーボンに関する地域社会の認知とニーズを把握するための会合として、“Blue Carbon Collaboration Workshop”を、2017 年 11 月 16 日にフィリピン・パナイ島のカリボで（地元の主要パートナー：アクラン州立大学 (ASU))、また 2018 年 1 月 29 日に同島のイロイロにおいて（地元の主要パートナー：フィリピン大学ビサヤ校 (UPV))、それぞれ地元のさまざまな関係者を招へいする形で開催した。さらに同様の Collaboration Workshop を 2018 年 3 月中旬にプエルト・プリンセッサで開催した（地元の主要パートナー：パラワン州立大学 (PSU))。なお、これら地元会合やプロジェクト会合において、日本側代表者の灘岡より、最終的なブルーカーボン戦略に盛り込むべきガイドラインの一つとして、現在まで数多く行われている「マングローブ植林再生プロジェクト」といった個別再生要素のみの再生プロジェクトではなく、マングローブ-海草藻場-サンゴといった主要構成要素が互いにリンクした統合生態系としての再生を目指すことを意図した「沿岸生態系再生プロジェクト」（仮称）を提起すべきことを提案し、基本的な賛同を得た、その際、人為的な「植林」ではなく、自然加入過程をベースとした自然の回復力（レジリエンス）をベースとして、それを促す環境を整備することの重要性を指摘し、それによって生物多様性が高くレジリエントな生態系を目指すことができることもアピールした。

2018 年度は、フィリピンでは、9 月 20-21 日に第 1 回 National Blue carbon Symposium (NBCS-1)を Subic において開催した。また、地域会合として、前年度に引き続いて第 4 回目になる Blue Carbon Collaboration Workshop を Boracay において 4 月 24 日に開催した。また、11 月 29 日に Aklan 州庁舎において、Aklan 川上流域から下流・沿岸域の様々な自治体の関係者や PENRO (DENR の出先機関)等を招へいした形の流域・沿岸域統合管理に関する会合を開催した。同会議は、今後、Aklan 川流域・沿岸域と Batan 湾を含むエリアを対象にした Green-Blue carbon 統合型 (G-B Link、図 5) の持続的 SES 管理を目指したフォーラム形成へと発展させていく予定である。それに関連して、2019 年 2 月 26 日に ASU で開催されたプロジェクト会合で、今後の Batan 湾に関して、Batan 湾の持続的統合型管理計画 (“Batan Bay Plan”) の策定に向けてプロジェクト活動を展開していくことを灘岡から提案し、具体的な研究課題の設定方針等について議論した。これらについては、フィリピンでの BC 戦略の地域版策定に向けて具体的な事例を提起するものと位置づけられる。インドネシアでは、7 月 12 日に Tanjung Redeb において開催された“Program Karbon Hutan Berau; RKHB” (Berau Forest Carbon Program) 2016-2021 に関する地元会合に参加し、その後の関係者との面談において、同プログラムがこれまでもっぱら陸上の森林を対象としていることから、本プロジェクトと密接な連携をとることによりマングローブ等のブルーカーボン沿岸生態系を対象に含む形で同プログラムを発展させていくことに期待が表明された。このプログラムには、地元自治体等のみならず、国家開発企画省 (BAPPENAS) や環境林業省 (KLHK)、海事水産省 (KKP) 等の中央政府機関、国際的な NPO 団体である TNC 等が関わっており、かなり注目度が高いプログラムである。したがって、Berau/Derawan エリアをプロジェクトサイトの一つに設定している本プロジェクトでは、比較的早い段階から同プログラムと具体的な連携体制の構築を図り、本プロジェクトの成果に基づいて BC 戦略の地域版の一つとして具体化させていくことが有効と考えられた。

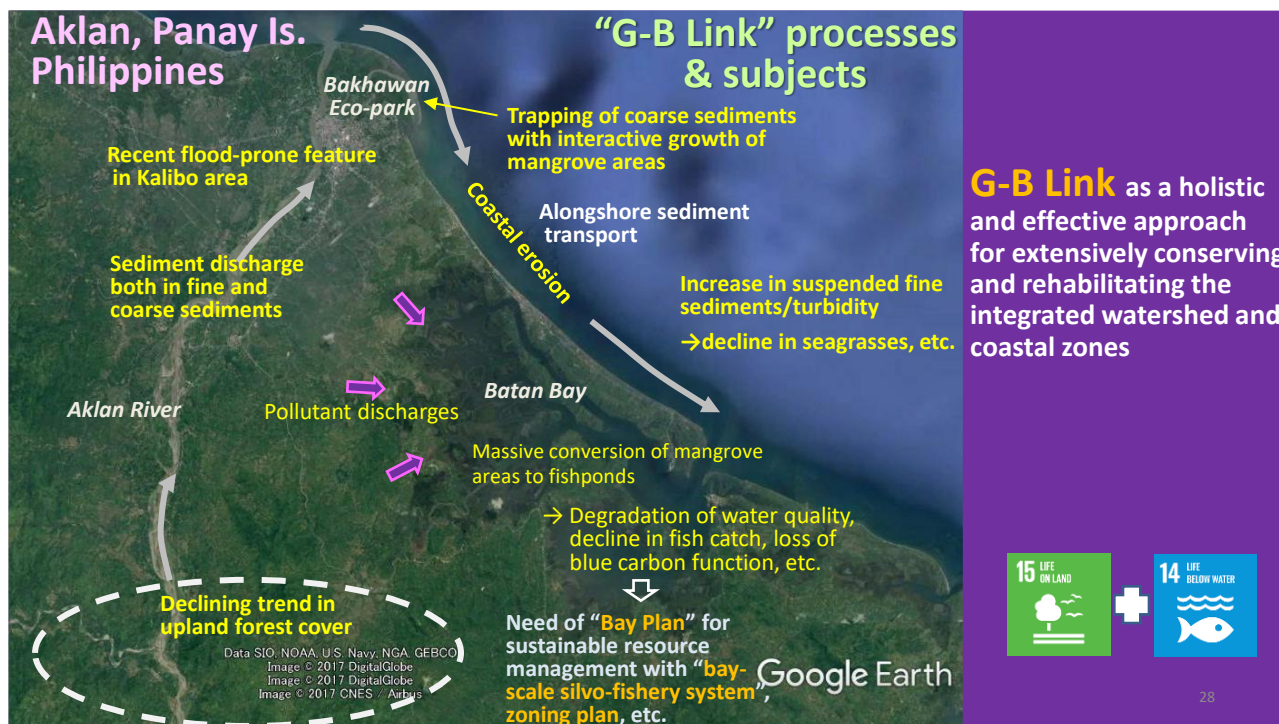


図5 フィリピン・Aklanを対象としたG-B Linkフレームワークの概念図

2019年度は、フィリピンにおいては、本プロジェクトの成果発表とプロジェクト成果に基づくBC戦略作成に向けての議論の場として、当初、第2回National Blue Carbon Symposium (NBCS-2)を前年度のNBCS-1に引き続いて開催することを予定していたが、フィリピン側後継マッチングファンドがまだ得られていないことから実現しなかった。それとは別に、10月28-29日にBlue Carbon Strategy workshopをケソン市で開催した。地域会合としては、先述のAklan川流域・沿岸域とBatan湾を含むエリアを対象にしたGreen-Blue carbon統合型(G-B Link)の持続的SES管理を目指したフォーラムの形成を具体化させ、それとともに、Batan湾の持続的統合型管理計画(Batan Bay Plan)の策定に関わる地元会合を定期的で開催する体制を構築するべく、2020年2月24日にアクラン州立大学(ASU)Bangaキャンパスで第1回Batan Bay and Aklan River Summitを開催した。また、前年度にHonda湾に代わる新たなサイトとして設定したSamar/Leyteに関して、巨大台風のリスクの下でのBC沿岸生態系の管理のあり方を、SES並びにEco-DRR的観点からBC戦略の重要項目の一つとして具体化していくための各種調査の推進のために、地元大学であるUCV-Taclobanと東工大とのMOAを締結した。もう一つの主要調査サイトであるBusuanga島では、持続的な観光開発や沿岸資源管理の実現の観点からBC生態系保全の在り方を模索することが重要な課題になっていることから、それに関連する各種調査や地元workshop等の開催といった活動を加速させるために、地元の有力NPOであるC3とUPD、東工大3者間のMOAの締結を進めた。一方、インドネシアにおいては、上記のBerau川流域のRKHBとの連携体制を具体化していくために、連携に当たっての重要項目を同定し、それを本プロジェクトに反映させる方策を検討した。関連して、2020年1月21日にTanjung Redebの地元関係者を訪問し、本プロジェクトとの連携構築について協議した。Karimunjawaでは、水産と観光の2大セクターによる持続的島嶼システムの実現とそれとリンクした形でのBC生態系の管理方策のあり方について検討しBC戦略構築につなげていくためのスキームを検討した。これらの両国でのBC戦略作成につなげていくための地元会合等の開催と併行して、BC戦略の全体骨格のデザイン検討に着手し、BC戦略の基本構成としての目次案と、BC戦略でアピールすべきコンテンツとして組み込む候補としての新たなアプローチ、フレームワーク、手法の項目案のリストが灘岡によって提案された。

2020年度は、コロナ禍の影響により、当初予定していた、各主要サイトでの地域レベル BC 戦略策定に関するステークホルダーとの協議のための地元会合等が開催できなかった。一方、BC 戦略の目次構成案の具体化に関して、2021年1月21日と22日の2日間にわたって、3か国のプロジェクトメンバーがほぼ全員参加する形でのプロジェクト会合を開催し、灘岡から BC 戦略の詳細目次案を提示して、メンバー間で意見交換することにより同目次案をほぼ確定させた（表2）。そして、同目次案をベースに、各項目のコンテンツを具体化するための活動の在り方等を議論した。

2021年度は、コロナ禍の影響が続いたことや、インドネシア側のプロジェクト推進体制の問題（III(1)1）および2）参照）等で、3か国合同での BC 戦略検討会合開催等が出来ていない。2022年6月頃にはインドネシア側の新たなプロジェクト推進体制が明らかになる見込みであったことから、そのスケジュールに合わせて、表2の BC 戦略詳細目次案の更新や各章・節の担当者/グループの分担等を定めるための国内会合ならびに3か国合同会合を開催予定だったが、インドネシア側の新たなプロジェクト推進組織体制が固まり、その下でのインドネシア側の主要プロジェクトメンバー（PI、CoPI など）が決まるのが、当初見込みより大幅に遅れる状況となったことから、3か国合同 BC 戦略検討会合等は開催できなかった。

2022年度は、フィリピンの3つのプロジェクトサイト（Aklan、Eastern Samar、Busuanga）とインドネシアの1つのプロジェクトサイト（Berau）を対象に開発することとした地域レベル BC 戦略に関して、実装先の各プロジェクトサイトで出来るだけ有用で持続可能なものとするべく、Aklan と E. Samar については、それぞれ2022年10月21日と11月10日に地元会合を開催し、それぞれの地域版 BC 戦略の開発状況と最終的な内容構成案を説明するとともに、それらに関する要望等を聴取し、さらにはプロジェクト終了後の持続的・発展的な実装戦略等についての意見交換を行った。同会合では、地元の様々な関係自治体・行政機関や NGO、地元大学などからの参加があり、特に、Aklan では、10月21日の会合後、Aklan 州知事のイニシアティブにより、本プロジェクトで提案している G-B Link に基づく広域資源管理・環境保全のための Aklan Rivers, Bays, and Coasts Integrated Management Council ("ABC Council")の設立に関する、地元の様々な自治体や関係機関・組織等による協定書(MOU)を締結することとなった。そして、2023年1月24日に開催された、第2回 Aklan River, Batan Bay and Coast Summit と称する地元会合(参加者総数197、地元自治体や政府機関関係者50名、NPO/NGO関係者15名、メディア関係者6名を含む)において、この MOU の調印式が行われるとともに、プロジェクト終了後の持続的な発展戦略に関していろんな観点からの意見交換が行われた。そして、この Summit の成功を受けて、MOU からさらに進んで、州条例を制定する方向で準備が進められ、条例案に本プロジェクトからの提言を反映するべく、灘岡と Dr. Rene Rollon が2023年2月23日に開催された、地元での Technical Working Group 会合に参加した。この州条例は順調に進めば2023年内に成立の見込みである。これにより、ABC Council を中心とした地元の持続的な推進体制や、付随した Funding メカニズム等を制度化することが可能となる。このような経緯から、Aklan は、プロジェクト終了後の社会実装の持続的な発展性が最も期待できるサイトであり、G-B Link に基づく広域資源管理・環境保全導入の典型的な例としての National Showcase としてアピールできるものとなっている。G-B Link に基づく広域資源管理・環境保全スキームを必要とする地域は、フィリピン国内に限らず、インドネシアを含めた周辺国にも数多く存在する。実際、インドネシアの主要サイトの一つである Berau では、同様に G-B Link に基づく広域資源管理・環境保全スキームを導入することを目指している。そこで、Aklan での取り組みを先行優良事例として Berau に活かすべく、上記の1月24日の Aklan での Summit 会合に、インドネシア側メンバーである KKP の Dr. Maulana Firdaus を招聘した。そして、Aklan での取り組みの内容を活かす形で、2023年2月2日と9日に Berau の様々な地元関係者を招聘した会合を開催した。その結果、Aklan と同様の G-B Link に基づく広域資源管理・環境保全スキームを導入することの重要性が改めて共有され、その具体化に基づいて、Berau を対象とした地域版 BC 戦略開発を加速させることとなった。インドネシアでの G-B Link の導入は、陸上の森林等についての管轄は環境・林業省 (KLHK)、沿岸海域に関する管轄は海事水産省 (KKP) といった省庁間の強いセクショナリズム

ムによって、本格的な統合的広域資源管理の導入が妨げられてきている同国の中央政府の体制の大きな弊害を打破する重要なステップの一つになり得る。その意味で、Berau は、そのような意義も含めた形でのインドネシアでの National Showcase になることが期待でき、そして、Aklan、Berau での G-B Link の取り組みは、同様の問題構造・必要性を抱えている Coral Triangle 域内外の様々な地域にも導入し得ることから、National レベルを超えてさらに Regional レベルの showcase にもなり得るものと期待される。Eastern Samar に関しては、今後さらに増大が見込まれる巨大台風のリスクの下での BC 沿岸生態系の管理のあり方を、Socio-ecological system (SES)並びに Eco-DRR 的観点から地域版 BC 戦略の開発を目指した。先述の 2022 年 11 月 10 日に開催した予備的な地元会合を踏まえて、2023 年 2 月 15 日に様々な地元の関係者の参加を得て Summit 会合を開催し、Eastern Samar を対象とした地域版 BC 戦略の内容を紹介するとともに、その持続的実装のために、Eastern Samar 州内の 13 の自治体と州、中央省庁の関連地方事務所などが参加する形の広域連携組織の設立のための協定 (MOU) 締結に向けての議論が行われた。

国レベル BC 戦略に関して、フィリピンでは、環境天然資源省 (DENR) の Biodiversity Management Bureau が、後述する 2nd National Blue Carbon Symposium の開催に際してまとまった額の資金提供をしてきた点に現れているように、本プロジェクトに対する強い関心と期待を示している。政府レベルでは、他にも、CCC (Climate Change Commission)や DENR-CCS (Climate Change Service) との会合を 2022 年 11 月に開催して、BC 戦略の主要なポイントの開発状況などについて説明し、同戦略を政府機関にとって有用な内容とするための意見交換や、プロジェクト後も見据えたその社会実装の在り方等についての意見交換を行った。

全国規模のシンポジウムとして、フィリピンでは、5 月 24-25 日に、第 2 回 National Blue Carbon Symposium (NBCS-2)をオンラインで開催した。また、インドネシアでは、2023 年 3 月 8 日に、National Symposium “Integrated Blue Carbon Ecosystem Management to Promote Indonesia’s Blue Economy”をハイブリッドで開催した (対面会場は KKP-Ancol)。そして、プロジェクト最終盤の大型イベントとして、2023 年 3 月 15-16 日に、Blue Carbon Regional Symposium (BCRS)をハイブリッド形式で開催した (対面参加会場は UPD 内の Institute of Environmental Science and meteorology (IESM))。BCRS は、日本、フィリピン、インドネシアのプロジェクトメンバーだけでなく、フィリピン、インドネシアの政府機関、PEMSEA、Wetlands International、Conservation International、Y Kan (TNC-Indonesia) などからの出席者を得て、本プロジェクトの成果を主として National & Local level BC Strategy として紹介するとともに、それをプロジェクト終了後において持続的に実装し、さらに発展させていくための議論を行った。

以上の経緯のもとに、表 2、表 3 の目次案に基づいて、eBook の形で BC 戦略を取りまとめた (未完原稿部分を一部残している)。

表 2 BC 戦略詳細目次

Detailed Table of Contents of BC Strategy

BLUE CARBON IN THE CORAL TRIANGLE New Knowledge, Methods, Strategies and Policy Perspectives

PREFACE OR FOREWORD

ACKNOWLEDGEMENTS

BACKGROUND & INTRODUCTION

1. What is a Blue Carbon Strategy? Why is it important?
 - 1-1 Definition of Blue Carbon (BC) and BC ecosystems
 - 1-2 Significance of BC and BC ecosystems as the keys for linking local efforts of coastal management and contributions for climate change mitigation
 - 1-3 Various benefits and services provided by BC ecosystems
 - 1-4 Threats to BC ecosystems
 - 1-5 Existing initiatives relating to BC and BC ecosystems
 - 1-6 Brief overview of the current status of BC studies
 - 1-7 Key questions on BC ecosystems to answer for implementing effective actions and policies
 - 1-8 Definition and purposes of BC Strategy
 - 1-9 Description of the study sites

2. Current status of BC ecosystems and their changes
 - 2-1 Brief overview of relevant information
 - 2-2 National level
 - 1) Philippines
 - 2) Indonesia
 - 2-3 Local levels
 - 1) Aklan, Panay Is., Philippines
 - 2) Busuanga Is., Philippines
 - 3) Samar & Leyte, Philippines
 - 4) Berau & Derawan Is., East Kalimantan, Indonesia
 - 2-3 Policy implications*

3. What are the drivers of coastal degradation and responses of the BC ecosystems?
 - 3-1 Local anthropogenic and socio-economic factors
 - 3-2 Chronic stresses and episodic disturbances by climate changes and their increasing concerns
 - 3-3 Causal relationships between multiple stresses and BC ecosystem responses and key factors governing resilience of the BC ecosystem
 - 3-4 Policy implications*

4. How do we predict the future status of the BC ecosystems under changing environmental conditions? - An innovative multi-scale integrated model system developed for evaluating the best policy/practice
 - 4-1 Significance of local-regional-global linkages for properly and quantitatively assessing the roles of local and national level actions
 - 4-2 An innovative multi-scale integrated model system: concept, structure, and function
 - 4-3 Various possibilities of applications of the model system
 - 4-4 Examples of application
 - 1) Regional-scale application
 - 2) Local-scale application
 - 4-5 Policy implications*

5. How to convince people of the importance of BC based on comprehensive ecosystem service assessment, etc?
 - 5-1 Current status of people's awareness on BC and BC ecosystems ([based on the survey results by Social & Policy Science Group and Ecology Group](#))
 - 5-2 Factors governing the gaps between the BC ecosystem significance and people's awareness
 - 5-3 Significance of recognition of inter-connectivity among key coastal ecosystems and socio-ecological system (SES) framework
 - 5-4 Providing effective action plan for BCE conservation and restoration based on comprehensive ecosystem assessment as a total package for maximizing the total benefits for the community considering tradeoff between BCE related services and others
 - 5-5 Sustainable funding for supporting the community's activities via PES, etc.
 - 5-6 Policy implications*

6. How to properly involve people in undertaking effective actions?
 - Significance of citizen science approach
 - 6-1 Citizen science education materials using project outputs in the Philippines ([Materials appear in Appendices](#))
 - 6-2 Effective coordination mechanisms for sustaining and developing people's involvement
 - 6-3 Introduction of new interactive tools with smartphones, web-GIS, etc., for facilitating people's participation in the joint local actions
 - 6-4 Capacity development - How to mobilize them to apply the new knowledge and techniques learned?
 - 6-5 Policy implications*

7. How to sustain the periodic monitoring of the status of BC ecosystems and their changes as the key factor for adaptive management?
 - 7-1 Current status of the monitoring of the BC ecosystems in Philippines and Indonesia
 - 7-2 Need for effective periodic monitoring schemes both for national and local levels as the basis for the adaptive management of BC ecosystem and effective policy making
 - 7-3 Key aspects to realize and sustain the periodic monitoring system
 - 7-4 Core-and-Network System (CNS), its basic concept, functions, and benefits
 - 7-5 Structures, operation schemes and feedback mechanisms of CNS
 - 1) CNS-Philippines (*BCnet*)
 - 2) CNS-Indonesia ([including Project Lab](#))
 - 7-5 Field surveys guideline for CNS members ([its details appear as an appendix](#)) and mechanism for providing training opportunities
 - 7-6 CNS as an effective platform for linking various local actions and national policy planning
 - 7-7 Enhancement of local community involvement with citizen science approach in CNS via participatory monitoring, etc.
 - 7-8 Policy implications*

8. How to effectively conserve and restore the BC ecosystems?

- 8-1 “G-B Link” approach
- 8-2 Combined natural re-generation and plantation method
- 8-3 Abandoned fish/shrimp ponds rehabilitation/restoration based on, e.g., “bay-scale silvo-fishery”
- 8-4 Community-based ecological restoration and best management practices
- 8-5 Policy implications*

9. Local level BC Strategy based on the project outputs; issues

- 9-1 Aklan, Panay Is., Philippines
- 9-2 Busuanga Is., Philippines
- 9-3 Samar & Leyte, Philippines
- 9-4 Berau & Derawan Is., East Kalimantan, Indonesia
- 9-5 Karimunjawa Is., Indonesia
- 9-6 Policy implications*

10. How to include and implement BC policies in nationally determined contributions (NDCs) and others?

- 10-1 Philippines
- 10-2 Indonesia

11. Toward a regional and inclusive development of BC Strategy for the Coral Triangle and its surrounding areas based on *BlueCARES* outputs.

REFERENCES

GLOSSARY of the project products and keywords

APPENDICES

- (A) Innovative multi-scale integrated model system developed by the Project
- (B) Innovative methodologies for BC ecosystem monitoring developed by the Project
- (C) Citizen science education materials using project outputs in the Philippines
- (D) Field survey guideline for CNS members
- (E) Outline of the joint survey results for each project site

表 3 Aklan での地域版 BC 戦略の例

9-1 Aklan, Panay, the Philippines

- 1) Introduction - key issues in Aklan River watershed, coastal and Batan Bay areas
- 2) Basic features of Aklan in natural and social aspects
- 3) Current status and historical changes of natural resources in the areas and their linkages with human activities
- 4) Direct/indirect drivers and causal relationships in a green and blue carbon ecosystem linkage (“G-B Link”) perspective
- 5) Current efforts and initiatives for ecosystem conservation and restoration
- 6) How to realize sustainable socio-ecological system (SES) in a G-B Link framework?

- a) How to improve the people's awareness and thereby to involve various stakeholders? How to enhance the capacity of various stakeholders? (-> Jay, Furukawa, SPS Gr, Yasmin) (2)
 - b) Monitoring the socio-ecological system (SES) status and its changing features based on CNS-PH (BCnet) including participatory monitoring as citizen science
 - c) Applications of the integrated model system for scenario analyses, etc.
 - d) Co-development and implementation of effective policies/plans for realizing sustainable SES
 - Integrated watershed and coastal zone resource management
 - Establishment of ABC council as the integrated holistic resource management and environmental conservation and rehabilitation planning based on a G-B Link framework
 - "Bay-scale silvo-fishery system"
 - Development of "Batan Bay Plan"
- 7) Summary and recommendations
-

【活動 5-4】ブルーカーボンに関わる中央及び地方レベルでの政策立案機関ならびに関連組織に対するブルーカーボン戦略の重要性についての情報提供

全グループ（リーダー：灘岡和夫）

本プロジェクトによる BC 戦略のコンテンツに関しては、プロジェクト途中段階でも、関連する中央省庁や自治体、NPO など関連組織・団体に適宜、内容紹介・共有を行う、という基本方針を確認している。その観点から、例えば、2-2 で述べた全国規模広域リモセンマッピングの成果については、すべてのマッピング項目の成果が出揃ってから関連する中央政府機関等に提供するのではなく、例えば、最初の全国規模マッピング項目であるマングローブ分布の広域マッピング（および過去からの変遷解析結果）が出た段階で提供するようにする方針とした。そこで、2020 年度にフィリピン側 Blanco 氏らのチームが MVI によるマングローブ分布全国マッピング結果をクラウド上で一般に公開するシステムを構築し、様々な関係機関に成果公開のアナウンスをしたところ、政府機関や大学等研究機関、NPO 団体などの関係者から高い評価と、今後のさらなる進展への高い期待が多数寄せられた。2021 年度以降もその後の全国規模マッピングの成果等が同システムで一般公開されている。インドネシアについては、本プロジェクトの代表機関が政府機関（KKP-MRC）であったことや、その主要メンバーである Novi 氏が大臣直属のタスクフォースメンバーになっていることなどから、もともと中央政府との密接な関連がとりやすい体制が出来ている。その体制のもとにプロジェクト成果を中央政府の政策立案等に反映させやすい利点があるものの、残念ながら後述（II (1) 1）および 2）の理由から、インドネシア側ではプロジェクトの進展がフィリピン側に比べて大きく遅れた。新たなプロジェクト運営組織体制が固まり、インドネシア側の PI、Co-PI 等の主要メンバー体制が整理されたのは、ようやく 2022 年の終盤になってからで、プロジェクト終了まで 3 カ月程度しか残されていない状況だったが、2023 年 1 月以降、BC 戦略の主要テーマである CNS-インドネシアの構築やそれに伴う各種の研修ワークショップ、CNS モニタリングの実施、全国規模リモートセンシング、Berau を対象とした地域版 BC 戦略策定のための地元 stakeholder 会合の開催など、プロジェクトの重要課題への取り組みが加速した。

2) 研究題目 5 のカウンターパートへの技術移転の状況

特に記載すべき事項はない。

3) 研究題目 5 の当初計画では想定されていなかった新たな展開

ブルーカーボン戦略に組み込むべき主要テーマの一つであるブルーカーボン生態系再生戦略に関して、そのターゲットの一つとしてフィリピン・インドネシア両国で広範に造成されてきているマングローブ伐

採による養殖池 (fish/shrimp pond) にプロジェクト開始当初から着目してきたが、現地視察・調査の結果から、最近では養殖池の中で放棄池が目立って増大してきていることが明らかとなったことから、放棄養殖池のマングローブ林への再生を加速するための調査・研究を重要課題の一つとして追加することとした。

また、本プロジェクトで開発・提言を目指しているブルーカーボン (BC) 戦略は、両国の中央政府への提言を意図したに全国レベルの BC 戦略と、いくつかのプロジェクトサイト等での提言・社会実装を目指した地域レベルの BC 戦略の 2 種類を想定している。そのうち後者に関しては、フィリピンでは、3 つのメインサイト、すなわち Panay 島 Aklan 川流域・沿岸域、東 Samar 沿岸域、Busuanga 島のそれぞれに関して地域レベル BC 戦略を開発することとした。

インドネシアに関しては、プロジェクトのメインサイトの一つである Karimunjawa も持続的な観光・水産開発に関わる地域版 BC 戦略の構築・提言のサイトとして想定されていたが、上記のように、Berau/Derawan エリアが Green-Blues carbon 統合型 (G-B Link) の持続的 SES 管理スキームの実現を目指した地域版 BC 戦略構築・提言サイトとしてより有望であることが明らかになってきた。そして、インドネシア側ではコロナ禍の影響のみならず、II (1) 1) および 2) に記載しているプロジェクト推進体制の問題によって、プロジェクトの推進がフィリピン側に比べてかなり遅れたため、地域版 BC 戦略開発の対象を 1 サイトに絞ることが現実的な状況となった。これらのことから、インドネシアでは、Berau/Derawan エリアのみを対象として、地域版 BC 戦略を開発することとした。

4) 研究題目 5 の研究のねらい・研究実施方法 (参考)

【活動 5-1】様々な将来発展・環境負荷シナリオに対応するブルーカーボン生態系の将来予測, と地域社会にとっての意味づけ

ブルーカーボン生態系動態の実態解明とモデルシステム開発結果に基づいて、社会経済的パラメータを組み合わせた様々な将来発展・環境負荷シナリオに対応するブルーカーボン生態系の将来予測を実施する。そして、そのシナリオ分析・予測結果が地域社会にとって意味するところを具体的に掘り下げ、その検討結果を 5-2 で選定した複数のプロジェクトサイトでの実践活動に活かすとともに、ブルーカーボン戦略の策定・更新に反映させた。(目標年次: 5 年目)

【活動 5-2】いくつかの地域でのアクションの実践とその結果のブルーカーボン戦略策定への反映

選定した複数のプロジェクトサイトにおいて、各サイトのニーズをブルーカーボン戦略策定に活かしていくべく、想定されるアクションを試行的に実践する。そして、その結果を分析し、その評価結果をブルーカーボン戦略の策定に反映させた。(目標年次: 5 年目)

【活動 5-3】様々なステークホルダーとの協議を踏まえたブルーカーボン戦略の策定

成果 1~4 の結果を踏まえて、各地域の沿岸生態系の健全性・レジリエンスを維持・増強させ、同時に地球温暖化対策にも貢献し得るグローバル・ローカル統合型戦略としての「ブルーカーボン戦略」を、いくつかの地域でのアクションの試行的な実践や様々なステークホルダーとの協議結果も反映させた形で策定した。(目標年次: 5 年目)

【活動 5-4】ブルーカーボンに関わる中央及び地方レベルでの政策立案機関ならびに関連組織に対するブルーカーボン戦略の重要性についての情報提供

活動 5-3 で策定したブルーカーボン戦略について、それぞれの中央政府や各地域の保全活動主体に対して効果的な提言を行うために、同戦略の内容をわかりやすく表現したリーフレットと、同戦略とともにその基礎となるプロジェクト成果をコンパクトにとりまとめた小冊子を作成した。(目標年次: 5 年目)

II. 国際共同研究実施上の課題とそれを克服するための工夫、教訓など（公開）

(1) プロジェクト全体

1) インドネシア側プロジェクト推進組織体制の大幅な変更

インドネシア政府の方針により、すべての政府系研究機関・部署が国家研究イノベーション庁（National Research and Innovation Agency, BRIN）に統合されることになり、本プロジェクトのインドネシア側代表機関（implementing agency）の KKP-MRC も調査研究部署であることから大きな影響を受けることとなった。政府系研究機関・部署の BRIN への統合が具体化しそうとの情報は 2021 年 7 月頃には届いていたが、KKP 側の組織改編の具体的な内容が明らかになるのはそれから 1 年以上経過してからであった。それに対応して本プロジェクトの代表機関も KKP-MRC から KKP 傘下の Jakarta Technical University of Fisheries (AUP) に代わることになった（関連する RD 更新のための MM 決済が完了したのは 2023 年 1 月であった）。そして、それまでの代表機関 KKP-MRC に所属していた本プロジェクトメンバーのうち Novi 氏以外全員が 2022 年 7 月上旬に BRIN に異動することとなった（上記の政府方針により、研究者としてのキャリアの維持することを望む政府職員は BRIN に所属する必要がある）。そして、CNS-インドネシアの Core ユニットとして設立した Project Lab の管理責任組織も、KKP-MRC から上記の AUP に変更になることになり、Lab 担当メンバーも大幅に入れ替わることとなった。そのため、本プロジェクト予算の多くを使って同 Lab に導入した様々な分析機器を十分使いこなせるよう、改めて研修等を実施する必要性が生じた。BRIN に関連した大規模な組織改編の影響は、SATREPS プロジェクトに限らず、インドネシア政府系機関をカウンターパートにしている多くの国際プロジェクトに多大な影響を与えていると聞いているが、本プロジェクトの場合、プロジェクト終盤の最も大事な時期にプロジェクト推進組織体制の根幹的な部分での変更が生じたため、インドネシアでのプロジェクト推進に極めて甚大な影響をもたらされた。それでも、次項に記載しているように、新たなプロジェクト推進体制のもとに、2023 年 1 月から、様々な課題への取り組みが再開・加速した。

2) インドネシア側のプロジェクト運営管理・コミュニケーション体制強化の必要性

上記の最近のインドネシア側の組織体制変更の問題に加えて、それ以前からの長年にわたる問題として、インドネシア側のプロジェクト管理体制やそのベースとなるコミュニケーション体制の問題があり、それが、インドネシア側のプロジェクトの進展を遅らせる大きな要因となった。フィリピン側では、Project Director（当初 Dr. Ariel Blanco、その後 Dr. Rene Rollon）と Co-director (Dr. McGlone) のリーダーシップのもと、各グループのリーダーも積極的にプロジェクト運営に関与する形で、良好にプロジェクト運営が行われた。それに対して、インドネシア側では、プロジェクト初期段階から実質的に KKP-MRC（当時）の Novi 氏のみで依拠した推進体制になっていて、そのことがプロジェクト運営上様々な困難をもたらすこととなった。そこで、その状況を改善すべく、Co-PI 的なメンバーやサポートメンバーの選出により、複数メンバーによる推進体制に移行するよう、コロナ禍以前から、KKP の長官や MRC の Director（当時）に何度か強く要請したが、状況は変わらずに推移した。2022 年秋頃になってようやく KKP-AUP が新たな Implementing Agency となるなどの新たなプロジェクト推進組織体制がほぼ固まり、それに合わせて、PI が Novi 氏から変更になって AUP の Dr. Meuthia が指名され、Novi 氏は Co-PI となった。しかし、その後もしばらく Novi 氏頼みの状況が続いたことから、残りのプロジェクト期間に成果を上げられるよう、主要な実施テーマごとに担当者を決めて推進するよう具体的に強く働きかけたところ 2023 年 1 月初旬になってようやく、Novi 氏以外の KKP メンバーのプロジェクト推進への関与が具体的に見えるようになった。そして、その新たな推進体制のもとにインドネシア側のプロジェクト活動が一気に進むようになり、懸案の CNS-インドネシア構築に伴う各種の研修ワークショップや CNS モニタリングの実施、Berau を対象とした地域版 BC 戦略策定のための地元 stakeholder

会合の開催や関連する各種現地調査の実施など、プロジェクトの重要課題への取り組みが加速した。

3) 相手国側予算

フィリピン側では、プロジェクト初期に大型マッチングファンド *IAMBlueCECAM* が獲得でき、多くの RA が雇用され、プロジェクトが大いに進んだが、1年間のみのファンドとして終了した。その後継マッチングファンドがなかなか得られない状況の中、*JICA* フィリピン事務所に配慮頂いて14名の RA (Part-time RA を含む) 等の雇用を確保できたが、それも2020年2月に終了し、それ以降、本プロジェクト関連雇用の RA が不在の状況がしばらく続いた。その間、RA 不在状況を補う形で、フィリピン側の他のさまざまなプロジェクトで雇用している RA が時折サポート要員として加わったり、UPD の卒論・修論生や学部実習生が複数名加わったりする形で、*Aklan* を対象にした各種モデル開発や全国規模マングローブ分布マッピングのための衛星画像解析作業などを進展させる努力がなされた。しかし、本プロジェクトの本格的な進展を図るうえで本プロジェクト関連での RA の雇用を再度実現させることが不可欠であったことから、当時のフィリピン側 Project Director (Dr. Ariel Blanco) らの努力で UPD 学内予算としての”bridging fund” を獲得できる見込みとなり、2019年9月27日に開催された *JCCP-3* で UPD 側からその旨が表明された。当該マッチングファンド (*UPBlueCARES*) は、当初2020年5月頃に実現する見込みだったが、コロナ禍の影響により UPD の学内手続きが大幅に遅延する事態となっていた。予算規模も当初申請額より減額されたが、ようやく2021年6月から使用可能となり、一定数の RA の雇用が実現することとなった。これにより、フィリピン側でのプロジェクト進展を加速できる体制が実現し、様々な活動が実施された。ただし、同ファンドによる支援期間が1年間のため、2022年6月以降については、RA 雇用継続等のためにさらに新たなファンドの獲得が必要となっていた。そのこともあり、日本側代表者の灘岡は、*STAND* や *e-ASIA* などの国際共同研究公募への申請を強く働きかけて申請書作成に主導的に関わり、両方について採択されることとなった。ただし、それらは予算規模がそれほど大きくなく雇用可能な RA の数も限られるため、フィリピン側のファンド獲得の努力が引き続き必要となった。その後、2022年3月17日に開催された *JCCP-5* 会合において、同会合の議長を務めた UPD 学長の *Nemenzo* 氏より

、2022年6月以降も、本プロジェクトの終了までの期間、*UPBlueCARES* の後継予算を UPD として支援する旨表明された。それにより、RA 雇用がプロジェクト終了時点まで維持されることとなった。

インドネシア側については、代表機関が政府系調査研究機関であり、代表機関の職員がプロジェクトメンバーとして多く関わる形となったことから、フィリピン側のような多数の RA の雇用の必要性はなかった。また、十分な額とは言えないものの、本プロジェクト用の *KKP* 内部予算が経常的に配分されてきた。先述のように、プロジェクト終盤で、政府系調査研究機関・部署の *BRIN* への統合に伴ってインドネシア側プロジェクト推進組織体制が大幅に変更になり、*Project Lab* の管理責任組織も、*KKP-MRC* から上記の *AUP* に代わることとなった。*Project Lab* の管理責任組織が *AUP* になった大きな理由の一つは、本プロジェクト終了後も予算面や人員配置面上での継続的な配慮が見込めることである。その点では、本プロジェクト終了後も *Project Lab* の持続的な利用が期待できるが、同 *Lab* をインドネシアでの *BC* 調査研究センター的な組織の一つとして発展させていくには、*BRIN* などの *KKP* 外の他の政府系調査研究機関や大学等に開放することが重要で、*KKP* 外の機関・組織からの利用時の費用負担を含む利用ルールを早急に整備する必要がある。

4) CNS 構築・運営体制強化等のための本プロジェクト予算の全体計画の見直し

2020年度以降、日本側メンバーの相手国への渡航が全くできず、相手国側メンバーによる現地調査の実施も限られる状況がかなり続いた。そのため、本プロジェクトの *JICA* 予算の2020年度と2021年度の予算枠が大幅に繰り越される状況になった。そこで、それらを有効利用するべく、プロジェクト全体の予算計画を次の観点から見直して、この予算を有効利用することが2022年3月17日に開催された *JCC-5* 会合で承認された。a) 両国での *CNS* 構築を加速させ、運用体制を強化するために、各クラスターの地方コア機関の能力向上のためのモニタリング・分析機器の導入支援を行うとともに、代表機

関（CNS コア機関）の分析体制や計算機環境等の向上を図る。b）コロナ禍により日本側メンバーが相手国への渡航ができない期間がかなり続き、その間、相手国側メンバー単独でのプロジェクトサイトでの調査等の活動を行うことになる事態が想定されたことから、そのための旅費や用船費等の予算上のサポートを行う。上記 a）に関し、フィリピン側では、かなりの予算を投入して追加機材の供与を行ったが、JICA 内部での手続きにかなりの時間を要したことから、機材供与が完了したのがプロジェクト最終盤の 2023 年 1 月～3 月となり、それらをプロジェクト期間内に有効利用することが十分できなかった。インドネシア側では、2）に記載したように、BRIN に関わるプロジェクト推進組織体制の大規模な変更による影響などでプロジェクト予算の追加投入はほとんど実現しなかった。2023 年 1 月上旬になってようやくプロジェクトが一気に進む体制が出来たが、CNS-インドネシアの本格的な運用に必要な drone の追加供与の要請について、プロジェクト最終盤での要請となったことから、残念ながら JICA 本部に受け入れられなかった。

5) 外洋への export に伴うブルーカーボン貯留隔離分析のための海底コアサンプル入手

図 1 に示す外洋への export に伴う外洋海底でのブルーカーボン貯留隔離については、本プロジェクトの申請段階から、BC 動態の全体像を把握していく上での重要性をアピールしてきている課題の一つだが、外洋での海底コアサンプル入手のための大型調査船の利用可能性がフィリピンではほとんど期待できないこと、インドネシアでは大型調査船を所有する機関が複数あるが利用料が高額であることなどの制約から実質的には利用できる状況にないことが判明した。そこで、代替アプローチとして、インドネシア海洋地質研究所（MGI）が採取・保管している多数の海底コアサンプルを利用するべく、MGI との共同研究協定の締結の可能性を、インドネシア側を通じて検討してきた。しかし、MGI との共同研究協定締結に基づいて海底コアサンプルの提供を受け、それを本プロジェクト側で分析するという形式が不可能であることが分かった。そこで、分析まで MGI 側で行う前提で、その内容の提案書を経費の見積もりとともに MGI から提出してもらったところ、予算面も含めて非現実的な提案内容であったことから最終的に断念することとなった。このような経緯から、残念ながら外洋海底でのカーボン貯留隔離に関する現地データについては、少なくともプロジェクト期間内に取得することは不可能になった。外洋への export 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てきており、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・堆積過程を評価できるようになってきている。ただし、モデルの精度検証に必要な海底コアサンプルの入手ができなくなったことから、定量的な再現性を保証できる段階には至っていない。ただ、本プロジェクトの比較検証サイトとして設定している沖縄・八重山に関して、外洋の表層堆積物試料からマングローブや海草・ガラモ類由来の eDNA が検出され、関連して実施されたモデル追跡解析の結果と整合する結果が得られており（宮島・中村ら）、本モデルの妥当性の一端が示されている。また、「ブルーカーボンの全体像を明らかにする」という大きな目標の中では、外洋の海底貯留隔離に至る過程を明らかにすることに加えて、隣接流域とのつながりや、沿岸域内部での複雑な動態を明らかにする必要がある、その点に関する様々な調査・データ分析やモデル開発・応用解析も行っている。

6) 国際情勢の変化

2020 年 9 月に習近平主席が中国のカーボンニュートラル化に関して 2060 年までの期限を宣言したことを皮切りとして、国際情勢が脱炭素化に向けて急展開し、脱炭素化手法の一つとしてブルーカーボンにも大きな期待が寄せられるようになったことは、本プロジェクトの意義と期待される役割をいっそう高める結果になっているが、それと同時に、国際情勢の変化に対応したブルーカーボン戦略の見直しと目標設定の先鋭化が求められている。

(2) 研究題目 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」

統合モデル開発・リモートセンシンググループ（リーダー：灘岡和夫、サブ・リーダー：中村隆志）

統合モデル開発に関しては、マングローブや海草藻場、サンゴ礁等に関するコアモデルの開発、そしてそれらを包含した多重スケール統合モデルシステムの開発、いずれも、先進的なモデル群としての開発が進んだが、それらを担ったのはもっぱら日本側の東工大チームである。一般的に、モデル開発や関連する数値シミュレーション技術の開発・応用に関わる人材は途上国においては極めて限られているのが現状で、本プロジェクトにおいても、フィリピンでは UPD の Dr. Eugene Herera のグループ、インドネシアでは KKP のモデリングチームや ITB の Dr. Ayi Tarya らに限られる。そのようなことから、この分野での相手国での人材育成の必要性やニーズはかなり高いといえる。本プロジェクト終了後に、統合モデルシステムを着実に使いこなし、発展・応用させていける人材を育てるという意味でも、プロジェクト期間中に JICA 短期・長期研修生の受け入れや東工大チームと相手国とのリモートでのやり取り等を通じて、この分野の人材育成に力を入れた。一方、リモセン分野においては、両国ともある程度の人材がそろっている。特に、フィリピンでは、本プロジェクトのフィリピン側代表者である Dr. Ariel Blanco のグループがかなりアクティブで人材も豊富である。その結果、Mangrove Vegetation Index (MVI) と名付けた指標を開発するとともに、Google Earth Engine (GEE) 等と組み合わせた画像解析手法を無料画像である Sentinel-2 や LANDSAT 等の画像に適用する体系を構築し、それによって、フィリピンのマングローブ林分布を全国規模でマッピングすることに成功するなど、全国マッピングを十分な精度で、高速かつ廉価に実施するための基礎を構築している。インドネシアでは、残念ながら代表機関である KKP のグループはリモセン分野の人材や活動レベルが限られているが、協力機関の中にはかなりアクティブなグループが存在する。そこで、それらの協力機関からのメンバーに UPD の Dr. Ariel Blanco らが加わった Working Group を 2019 年に立ち上げ、インドネシアでの全国規模マッピングのための手法開発を含めた実施体制を構築したが、同 WG のインドネシア側の中心メンバーである Novi 氏らの対応がかなり緩慢で、なかなか十分な成果が得られていない状態が続いた。しかし、BRIN に関連するプロジェクト運営組織体制の大幅変更やそれに伴うインドネシア側の PI、Co-PI 等の主要メンバー体制が整理された 2023 年 1 月以降、全国規模マッピングの実施体制も再整備され、最終的にインドネシアでの全国規模マッピングをその手法開発を含めて一気に進めることが出来た。

地球化学グループ (リーダー：宮島利宏)

モニタリングシステムの開発に関しては、プロジェクト全体についての上述に述べられている諸課題、特に 2, 3, 7 について認識を共有している。それに加えて、プロジェクト開始時点での研究体制の問題として、インドネシア側のカウンターパートは比較的分野間のバランスの取れた体制となっているが、フィリピン側のカウンターパートはマングローブの研究に圧倒的にウェイトが偏っており、海草藻場を担当する研究者がほぼ皆無であった。この問題はプロジェクト開始当初から再三指摘されていたことであるが、プロジェクト期間の後半に入って特にリモートセンシングの分野と地球化学の分野においてフィリピン側の海草藻場研究要員が増強されており、プロジェクト終了時までにはかなりの改善が見込まれる。一方、最近その重要性が認識されている外洋域への炭素隔離や大型藻類群落の寄与について調査研究を推進することのできる人材の探索と確保も求められる。

生態学グループ (リーダー：仲岡雅裕、サブ・リーダー：諏訪錬平)

特に記載すべき事項はない。

- (3) 研究題目 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」

統合モデル開発・リモートセンシンググループ (リーダー：灘岡和夫、サブ・リーダー：中村隆志)

フィリピン側については、統合モデル開発・リモセングループのリーダーである Dr. Ariel Blanco のリーダーシップのもと、多くの RA を含むアクティブな若手メンバーの努力により、マングローブ関連

の全国規模マッピングが一気に進んだ。マングローブよりも技術的な難易度が高い海草藻場に関しても、同グループの Dr. Ayin Tamondong が中心となり、プロジェクト最終年度に全国規模マッピングが進んだ。リモートセンシング技術開発・応用のみならず、インドネシア側の代表機関の各グループ・分野の研究・調査実施能力は、フィリピン側と比べると概して低い。一方で、インドネシアはフィリピンに比べて国土面積がかなり広く、調査対象となる沿岸域の BC 生態系も広大であることから、投入すべきエフォートの総量もかなり大きくなる必要がある。そのため、その大きなギャップを埋めるための体制作りが重要なポイントの一つになる。特に本プロジェクトでは、数値目標の一つとして、沿岸域の 80% 以上をカバーした全国規模 BC 生態系マッピングを行うこととしている。その目標をインドネシアにおいて実現させるため、2019 年 4 月と 2020 年 1 月にジャカルタで開催した 2 回のリモセン技術会合に、インドネシア科学院 (LIPI)、インドネシア国家航空宇宙局 (LAPAN)、インドネシア地理空間情報庁 (BIG) 等の関連機関やいくつかの有力大学からリモセン関係者を招聘し、全国マッピングのための具体的な方法論等を検討するとともに、先述のように、全国マッピングを加速させていくための体制づくりの一環としての Working Group を立ち上げた（そこには、全国マッピングをすでに成功させているフィリピンの Dr. Ariel Blanco のグループも加わっている）。しかし、同 WG のインドネシア側のその後の動きが緩慢な状態が続き、その後さらに、先述の BRIN に関連するプロジェクト運営組織体制の大幅変更の影響が加わって、なかなか全国規模マッピングが実施できなかった。新たなプロジェクト運営組織体制が固まり、インドネシア側の PI、Co-PI 等の主要メンバー体制が整理された 2023 年 1 月以降、全国規模マッピングの実施体制がようやく再整備され、最終的にインドネシアでの全国規模マッピングをその手法開発を含めて一気に進めることが出来た。

地球化学グループ（リーダー：宮島利宏）

地球化学グループでもインドネシア側での相対的な研究の遅れを認識している。カウンターパート側の人的なポテンシャルは必ずしも低いとは思わないが、実験設備等のハードウェア面の未整備と、研究許可取得のための手続きの煩雑さ・厳格さが大きな障害となっている。

フィリピンでは新しい調査研究手法に基づく生態系諸過程の解明はケーススタディとしてはそれなりに進んでいるのに対して、プロジェクト前半の段階では、解明された諸過程を社会実装の観点から今後どのようにブルーカーボン戦略に結びつけていくのかという目標設定と道筋が十分に明らかになっているとは必ずしも言えなかった。しかしプロジェクト期間の後半に入ってフィリピンでは CNS の形成が順調に進んでおり、それに伴い社会実装の観点からのブルーカーボン戦略が具体化しつつある。

インドネシアにおいてはプロジェクト期間後半において、コロナ禍のために技術者の派遣が困難になったことと、研究機関の大規模な組織改編が実施されたことから、特に実験設備の整備が立ち後れた状況にとどまっている。

得られている成果をグループ間・参加国間で共有すること、それを通してブルーカーボン戦略の内容を早期に具体化することが求められる。

生態学グループ（リーダー：仲岡雅裕、サブ・リーダー：諏訪錬平）

生態系のモニタリングにおいては種多様性や生物量の計測に自動センサーやロガーなどの機器が使えず、人による観察が必要なため、雇用費や旅費を含めた現地カウンターパートの支援が必要であるが、現在の SATREPS のスキームではその体制が十分ではない。特に各地において生態系保全に地方自治体と共に重要な役割を果たしている環境 NGO との協働においては、JICA 現地事務所の現在の規定では、一般の営利企業と同様に入札・落札手続きが必要になる等、共同事業の実施に非常に障害になっている点があり、この解決が望まれる。

- (4) 研究題目 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」

社会・政策科学グループ（リーダー：香坂 玲、サブ・リーダー：古川恵太）

インドネシアにおいては、プロジェクト対象地において調査を進めることができたが、カウンターパート側からの調査データの共有がやや遅れる傾向にあるという問題があった。計画に沿って円滑に進めるには、プロジェクトの計画と論文等のアウトプットを再度共有し、定期的な連絡、打合せ等を行うことで、問題の克服を目指した。インドネシア側のカウンターパートの、本業に関連する漁業領域での課題に対して実施されている一定のセンサス型の調査等の蓄積を活用していくことは、既存のリソースを活用することによって効率的に調査研究等を進めることができる方法として有用である可能性が指摘された。2021年9月に東北大学の博士課程を修了した Lukman 氏は、インドネシア帰国後も本プロジェクトの社会・政策科学グループと連携し、2022年度からは BRIN におけるポスドク研究員として活動し、現地での調査研究、ワークショップ等において大きく貢献した。

フィリピンについては、2021年9月に東北大学の博士課程を修了し、プロジェクトにおいてポスドク研究員として活動したフィリピン出身の Quevedo 氏の貢献により、当初のカウンターパートが予算的な面で調査等の遂行に困難さを抱えている状況においても、現地の行政関係者との連携及び調査を進めることができた。カウンターパートとは調査計画、調査結果等を定期的に共有した。特に住民の視点での調査や、住民との共同での調査等については、両国のカウンターパートと調整を進め、実施に向けた連携を進めることができた。

類似プロジェクト・類似分野への今後の協力実施にあたっての教訓としては、研究計画と聞き取り調査での質問内容等に関して、相手国側との丁寧なすり合わせが肝要であり、そのためのコミュニケーションにおける具体的な工夫（オンライン会議の開催等）についてプロジェクト関係者やカウンターパートと共有を進めた。

生態学グループ（リーダー：仲岡雅裕、サブ・リーダー：諏訪錬平）

特に記載すべき事項はない。

統合モデル開発・リモートセンシンググループ（リーダー：灘岡和夫、サブ・リーダー：中村隆志）

特に記載すべき事項はない。

(5) 研究題目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”システムの展開」

全グループ（リーダー：灘岡和夫）

フィリピンでは CNS の具体的なデザインや協力協定締結に向けての動きが早くから行われてきたが、相手国側の予算獲得の不調により、その後の CNS 構築に向けての動きがしばらく止まってしまっていた。しかし、その後、III(1)3)に述べているように、JICA による予算上の一時的支援を経て、UPD の学内予算 (UPBlueCARES) の支援が得られることになった。それによってフィリピンでの CNS 構築が大いに進むこととなり、関連するワークショップ等が頻繁に開催されるようになった。インドネシアでは、LIPI や KKP 等が有する既存の全国規模ネットワークを有効利用し有機的にリンクする形で CNS を展開する予定としていたが、インドネシア側の動きが遅く、なかなか進展が見られない状況が続いていた。2021年に入ってようやく、KKP の地方組織を中心とした CNS 構成とする方向で検討が進むこととなり、2022年になって相手国側代表機関が KKP 傘下の AUP に変更になる動きに並行して CNS 構成メンバーが固まり、AUP の地方組織や KKP の地方 MPA 組織が中心となる形で、33 の参加メンバーで CNS-Indonesia が設立されることとなった。2022年11月4日にキックオフ会合（オンライン）を開催している。

(6) 研究題目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」

全グループ（リーダー：灘岡和夫）

コロナ禍の影響でプロジェクト期間が1年間延長になったものの、コロナ禍による渡航制限は2020年以降長らく続き、フィリピンで現地調査等が再開できたのは、2021年10月になってからであった。それもフィリピン側メンバーのみによる調査であり、日本側メンバーも加わった合同調査は、さらにその1年後の2022年10月で、プロジェクト終了のわずか半年前、という段階であった。インドネシア側は、フィリピン側よりも、少し早く現地調査を再開できているが、かなり単発的で、しかも、日本側メンバーも加わった合同調査は、2020年3月以降全く行わなかった。このような状況の中で、BC戦略の策定にあたって必要になる様々な現地調査（インタビュー調査等も含む）や地元関係者との会合開催はかなり限定的であったが、フィリピンでは、このような状況を何とか打開するべく、2週間に1度の定例プロジェクト会合に加えて、地域版BC戦略開発対象であるAklan、Eastern Samar、Busuangaの3つのメイン・プロジェクトサイトごとに、2週間に1度程度の頻度でBC戦略開発WG会合を開催することとし、それぞれ10数回ものWG会合を開催した。それらの会合を通じて、策定すべきBC戦略の基本骨格やキーとなるアウトプット・テーマを同定し、それらをメンバー間で共有したうえで、残されたプロジェクト期間で、それらを実現するための調査・研究を如何にして効果的に連携して実施していくかといった議論を行った。また、各サイトでの地元関係者会合の開催等を通じて、如何にして効果的・持続的な社会実装を実現して行くかという検討を行った。その結果、【活動5-3】やIII.(2)の1)に詳しく述べているように、AklanとEastern Samarについては、それぞれ、2022年10月21日と11月10日に地元準備会合を開催し、2023年1月24日と2月15日に地元の様々な関係者を招聘してSummit会合を開催している。その成果として、特に、Aklanでは、G-B Linkに基づく広域資源管理・環境保全のためのAklan Rivers, Bays, and Coasts Integrated Management Council ("ABC Council")の設立に関する、地元の様々な自治体や関係機関・組織等による協定書(MOU)が上記のSummit会合で調印され、その成功を受けて、さら州条例を制定することとなった。順調に進めば2023年内に成立の見込みで、それにより、ABC Councilを中心とした地元の持続的な推進体制や、付随したFundingメカニズム等を制度化することが可能となる。国レベルBC戦略の開発に関しても、上記の定例プロジェクト会議で議論し、BC戦略eBookの全体構成の確認や執筆担当の割り振りを行うとともに、国の関係機関へのBC戦略の概要説明や社会実装に向けての意見交換の場を持つこととなった。その結果、CCC (Climate Change Commission)やDENR-CCS (Climate Change Service)との会合を2022年11月に開催して、BC戦略の主要なポイントの開発状況などについて説明し、同戦略を政府機関にとって有用な内容とするための意見交換や、プロジェクト後も見据えたその社会実装の在り方等についての意見交換を行っている。

インドネシアに関しては、コロナ禍の影響に加えて、インドネシア側のプロジェクト運営体制の問題や、BRINに関連するインドネシア側代表機関の大幅な組織改編の影響によって、BC戦略開発の取り組みが長らく停滞していたが、新たなプロジェクト推進体制が固まった2023年1月以降、BC戦略開発に関わる様々な取り組みが一気に進んだ。インドネシアでの地域版BC戦略開発の唯一のサイトとして設定したBerauに関して、2023年2月2日と9日に様々な地元関係者を招聘した会合を開催した。その結果、Aklanと同様のG-B Linkに基づく広域資源管理・環境保全スキームを導入することの重要性が改めて共有され、それを既存の流域森林再生プロジェクトPKHB (Berau Forest Carbon Program)と本プロジェクトをリンクさせたG-B Link型統合プロジェクトに発展させる形で具体化し、Berauを対象とした地域版BC戦略開発が行われることとなった。

そして、プロジェクト最終盤の大型イベントとして、2023年3月15-16日に、Blue Carbon Regional Symposium (BCRS)をハイブリッド形式で開催した（対面参加会場はUPD内のInstitute of Environmental Science and meteorology (IESM)）。BCRSは、日本、フィリピン、インドネシアのプロジェクトメンバーだけでなく、フィリピン、インドネシアの政府機関、PEMSEA、Wetlands International、Conservation International、Y Kan (TNC-Indonesia)などからの出席者を得て、本プロジェクトの成果を主としてNational & Local level BC Strategyとして紹介するとともに、それをプロジェクト終了後において持続的に実装し、さらに発展させていくための議論を行った。

Ⅲ. 社会実装（研究成果の社会還元）（公開）

(1) 成果展開事例

COVID-19 の甚大な影響のため、2020 年度以降、相手国への渡航がほとんどできず、相手国メンバーも、プロジェクトサイトでの活動が大きく制約されたため、社会実装としての成果展開の取り組みが限られてきたが、プロジェクト終盤になって、次項に詳しく記載しているように、地域レベル BC 戦略に関し、フィリピンの Aklan において、本プロジェクトで提案した G-B Link に基づく広域資源管理・環境保全のための Aklan Rivers, Bays, and Coasts Integrated Management Council ("ABC Council") の設立に関する地元の様々な自治体や関係機関・組織等による協定書 (MOU) が締結され、さらには州条例を制定することとなった。順調に進めば 2023 年内に成立の見込みで、それにより、ABC Council を中心とした地元の持続的な推進体制や、付随した Funding メカニズム等を制度化することが可能となる。同様の G-B Link に基づく広域資源管理・環境保全スキームを導入することを主眼とした地域レベル BC 戦略がインドネシアの Berau 流域・沿岸域に関して開発され、それにより、流域の森林 (Green) 再生に関わる既存プログラム“Program Karbon Hutan Berau; PKHB (Berau Forest Carbon Program)”に Blue Carbon 保全・再生をリンクさせた G-B Link 型統合プロジェクトに発展させることとなった。これらの試みは、両国での National showcase としてアピールし得るものであり、実際、例えば、フィリピンでは、DENR や CCC といった中央政府機関がこの G-B Link に基づく広域資源管理・環境保全スキームに大いに関心を示しており、今後の国内の他の地域での導入・発展が期待される。また、インドネシアでの G-B Link の導入は、陸上の森林等についての管轄は環境・林業省 (KLHK)、沿岸海域に関する管轄は海事水産省 (KKP) といった省庁間の強いセクショナリズムによって、本格的な統合的広域資源管理の導入が妨げられてきている同国の中央政府の体制の大きな弊害を打破する重要なステップの一つになり得るものと期待される。

本プロジェクトでさらに特筆すべきユニークな取り組みは、全国規模モニタリングネットワーク CNS の構築である。CNS は、ブルーカーボン戦略の更新や政策立案者への提言更新に反映していく順応的管理のための根幹をなす持続的な全国規模モニタリングの基盤を形成するものであるとともに、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を提供するものであり、それを通じて国内の様々な地域レベルの取り組みと中央政府の政策立案・更新を結び付ける有効なツールになり得るものである。両国での CNS は、ともに 3 つのクラスターからなる構造のもとに構築済みであり、構築に至る経緯は【活動 4-1】や次の(2)の 2) 項で詳述しているが、コロナ禍という両国に共通する影響に加えて、フィリピンではマッチングファンドがプロジェクト中盤でなかなか確保できなかったこと、インドネシアでは、プロジェクト運営管理体制の問題や BRIN に関連する相手側代表機関の大幅な組織変更の問題 (II. 1) (1),(2)参照)などを乗り越えて CNS 構築を実現している。また、インドネシアでは、CNS のコア組織としての Project Lab を新たに設立しており、BRIN に関連した相手国側代表機関の変更のもとに KKP 傘下の AUP が新たな運営責任組織となり、インドネシアでの BC 調査研究の national center の一つとなるべく、プロジェクト後の持続的な運用・発展が期待される。なお、CNS でのモニタリングは、既存のモニタリングネットワークのように、BC 生態系の個別要素 (マングローブや海草藻場など) 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、水質などの沿岸生態系動態の支配パラメータ、ひいては社会経済的な要素をも含む、かなり包括的な要素をモニタリング対象としている。また、上述の G-B Link に基づく広域資源管理・環境保全スキームは、CNS のネットワークサイトから適宜選出して導入することになる。そこでは、G-B Link 全体としての現状や動態把握のための統合的・包括的なモニタリングを行うことになる。

衛星リモートセンシングによる全国規模 BC 生態系マッピングも、社会実装がすでに実現してきている本プロジェクト重要な取り組みの一つである。特にフィリピンでは、次の(2)の 3)に詳しく述べているように、新たに開発した Mangrove Vegetation Index (MVI)と名付けた指標を Google Earth Engine (GEE)

等と組み合わせた画像解析手法を無料画像である Sentinel-2 や LANDSAT 等の画像に適用する体系を構築し、それによって、フィリピンのマングローブ分布を全国規模でマッピングすることに成功している。この画像処理体系は、高いマッピング精度、短い画像処理時間、低コストといった特長を具備している。フィリピンでは、マングローブ分布域の検出のみならず、主要樹種分布、バイオマス分布の全国規模マッピング、さらには海草藻場分布域の全国規模マッピングにも成功している。すでに、これらの全国規模マッピングの成果をクラウド上で一般に公開するシステムを構築しており、政府機関や大学等研究機関、NPO 団体などの関係者から高い評価と今後のさらなる進展への高い期待が多数寄せられている。インドネシアについても、プロジェクト最終盤になって、全国規模 BC 生態系マッピングを実現しており、これまで、限られた年の衛星画像を対象とした全国マッピングを多大な労力と時間をかけて行っている同国での衛星画像解析に基づく全国規模マッピングを、短時間に効率よく実施する体制の構築に寄与しつつある。これにより、今後、定期的に同国の BC 生態系の全国規模マッピングを行うことが容易になり、BC 生態系の経時的変遷状況を把握することが可能になることから、上述の CNS モニタリングの成果とともに、BC 生態系保全・再生等に関する政策・計画の立案や更新に大きく貢献することが期待される。

なお、本プロジェクトでは、衛星画像解析に基づく全国規模マッピングとともに、上記の CNS の構築を並行して進めたが、それは両者での長所・短所（例えば、衛星画像解析では空間情報を連続した形で取得可能だが、カーボン現存量が多い地下部の検出が原理的に不可能であるのに対し、CNS による地上モニタリングはその逆）を互いに補う形で、包括的な全国規模モニタリングを実現させるという意図に基づくものである。また、衛星画像による全国規模マッピングの精度を担保するには、地上検証データも全国の様々な地点で取得する必要がある、その意味でも、CNS での全国のいくつかのサイトで検証データを取得できるという関係も存在する。このようなことから、CNS と衛星画像による全国規模モニタリングを互いに密接にリンクする形で実現させることで、より有効にプロジェクト成果が活かせる形となる。

本プロジェクトでのユニークな取り組みとしては、さらに、多重スケール統合モデリングシステムが挙げられる。同モデルシステムの Coral Triangle 域全体への具体的な社会実装のための応用例はプロジェクト期間中に示すことは出来なかったが、ローカルスケールについては、例えば、フィリピン・Aklan でのアクラン川河口部のマングローブ林成長と土砂動態の相互作用過程のシミュレーションなど、学術的な新規性と現地での問題解決への貢献を兼ね備えた応用例を提示しており、その成果は、地域版 BC 戦略の中に組み込まれている。なお、モデリングでは、時空間的に連続した情報を出力することが出来、将来予測を行うことも可能という、モニタリングにはない大きな利点があるが、モデル開発や検証の過程で何らかのモニタリングデータを必ず必要とすることから、モニタリングとの密接な相互依存関係がある。その意味で、本プロジェクトでは、多重スケール統合モデリングシステムの開発を、CNS モニタリングシステムおよび衛星画像解析による全国規模マッピングシステムの開発と並行して行って来たことに大きな強みを持っている。

(2) 社会実装に向けた取り組み

1) 社会実装に関わる各種会合の開催：

プロジェクト目標の達成においてキーとなるのは Blue Carbon (BC)戦略の構築とその社会実装に向けての方策の具体化である。本プロジェクトで構築を目指している BC 戦略は、国レベルの中央政府等に向けたものと自治体レベルでの地域向けのものとの 2 つのレベルのものを想定しているが、いずれにおいても、実装先から見たときに大いに有用なものとならなければ、意味のある「使われる BC 戦略」とはならない。その意味で、BC 戦略に反映すべきポイントをプロジェクトの早い段階から把握することが極めて重要なステップになる。そのような意図から、本プロジェクトでは、国レベル、地方レベルでの各種会合を開催してきている。

プロジェクト初年度から大型マッチングファンドを獲得したフィリピンでは、早い段階から各種会合を活発に開催している。国レベル会合としては、2018年9月20-21日に第1回 National Blue Carbon Symposium (NBCS-1)を Subic において、また、2022年5月24-25日に第2回 National Blue Carbon Symposium (NBCS-2)をオンラインで、それぞれ政府関係者や各地域からの関係者等を招聘する形で開催している。また、CNS 関係で、第1回と第2回の CNS-Philippines Workshop を2018年4月26-27日と同年9月22日にそれぞれ UPD と Subic で開催している。そして、2019年10月28-29日にケソン市で Blue Carbon Strategy Workshop を様々な政府機関の関係者等を招聘する形で開催し、各機関の BC 関連の取組みについての情報共有と BC 戦略構築に向けての意見交換を行っている。さらに、CCC (Climate Change Commission)や DENR-CCS (Climate Change Service) との会合を2022年11月に開催して、BC 戦略の主要なポイントの開発状況などについて説明し、同戦略を政府機関にとって有用な内容とするための意見交換や、プロジェクト後も見据えたその社会実装の在り方等についての意見交換を行っている。

一方、地域レベルでは、“Blue Carbon Collaboration Workshop”と題した地元会合を、第1回：2017年11月16日にフィリピン・Panay島のKaliboで、第2回：2018年1月29日に同島のIloiloで、第3回：2018年3月12日にPuerto Princesaで、第4回：2018年4月24日にBoracayで開催した。これらの開催場所は、本プロジェクトのメインサイトもしくはサブサイトであるが、特にKaliboが位置するPanay島のAklan州は、BC戦略の地方版の開発・実装先として最有力サイトの一つとして位置づけている。そこで、2018年11月29日にAklan州庁舎において、Aklan川上流域から下流・沿岸域の様々な自治体の関係者やPENRO (DENRの出先機関)等を招聘した形の流域-沿岸域統合管理に関する会合を開催している。同会議は、Aklan川流域・沿岸域とBatan湾を含むエリアを対象にしたGreen-Blue carbon 統合型 (G-B Link) の持続的 SES 管理を目指したフォーラム形成へと発展させていくことを意図して開催したもので、その後、その目的での大規模な地域会合としての“Batan Bay and Aklan River Summit”を、2020年2月24日にアクラン州立大学 (ASU) Banga キャンパスで開催している (参加者138名)。関連して、2019年2月26日にASUで開催されたプロジェクト会合において、今後のBatan湾に関して、Batan湾の持続的統合型管理計画 (“Batan Bay Plan”) 策定に向けてプロジェクト活動を展開していくことを灘岡から提案し、具体的な研究課題の設定方針等について議論している。これらについては、フィリピンでの地域版 BC 戦略の策定に向けての具体的な事例を提起するものと位置づけられる。その他のプロジェクト・メインサイトであるBusuangaやSamar/Leyte (Honda湾から変更)でも地元会合を複数回開催し、本プロジェクトの紹介とともに各サイトでの「地元へ貢献し得る」BC戦略の地域版の在り方等について議論している。そして、各サイトでの地元との協働体制の強化やBC戦略の社会実装を確実に進めて行くための地元キーパートナーとの協力関係構築のために、各メインサイトのキーパートナー機関 (Aklan: ASU、Busuanga: 地元 NPO である C3、Samar/Leyte: UPV-Tacloban) との協力協定書 (MOA) を締結してきている。プロジェクトの最終年度 (2022年度) では、【活動5-3】に詳述しているように、AklanとE. Samarについては、それぞれ2022年10月21日と11月10日に地元会合を開催し、それぞれの地域版 BC 戦略の開発状況と最終的な内容構成案を説明するとともに、それらに関する要望等を聴取し、さらにはプロジェクト終了後の持続的・発展的な実装戦略等についての意見交換を行った。そのうち、Aklanでは、その後、Aklan州知事のイニシアティブにより、本プロジェクトで提案しているG-B Linkに基づく広域資源管理・環境保全のためのAklan Rivers, Bays, and Coasts Integrated Management Council (“ABC Council”)の設立に関する、地元の様々な自治体や関係機関・組織等による協定書 (MOU) を締結することとなり、2023年1月24日に開催された、第2回Aklan River, Batan Bay and Coast SummitにMOUの調印式が行われた。その成功を受けて、さらにMOUからさらに進んで、州条例を制定することとなった。順調に進めば2023年内に成立の見込みで、それにより、ABC Councilを中心とした地元の持続的な推進体制や、付随したFundingメカニズム等を制度化することが可能となる。Eastern Samarに関しては、今後さらに増大が見込まれる巨大台風のリスクの下でのBC沿岸生態系の管理のあり方を、Socio-

ecological system (SES)並びに Eco-DRR 的観点から地域版 BC 戦略の開発を目指し、2023 年 2 月 15 日に様々な地元の関係者の参加を得て Summit 会合を開催し、Eastern Samar を対象とした地域版 BC 戦略の内容を紹介するとともに、その持続的実装のために、Eastern Samar 州内の 13 の自治体と州、中央省庁の関連地方事務所などが参加する形の広域連携組織の設立のための協定 (MOU) 締結に向けての議論が行われた。

インドネシアでは、Implementing Agency が KKP-MRC で、Collaborating Agency にも LAPAN, BIG, LIPI, BPPT といった政府系研究機関が多く含まれているところに特徴がある。それは、インドネシアではフィリピンに比べて概して政府系研究機関が重要な役割を有しており、BC 戦略の構築やその社会実装において、そのような政府系機関の存在が有利になると考えてのことである。もちろん Co-implementing Agency (の一つ) としてバンドン工科大学 (ITB) に加わって頂くなど、いくつかの全国規模の有力大学にも参加して頂いており、UPD のみが際立っているフィリピンに比べてインドネシアの実施体制は参加機関が多岐にわたっている。そこで、プロジェクトの初期においては、本プロジェクトの目標や主要課題等について各参加機関からのメンバーの認識を深めイメージを共有するための機会として、技術会合 (2017 年 7 月) や workshop (2018 年 3 月) 等をジャカルタで開催した。また、BC 戦略における主要ツールの一つとしての CNS の関連で、CNS workshop を 2018 年 11 月と 2019 年 6 月の 2 回にわたってジャカルタで開催している。さらに、BC 戦略での主要アウトプットの一つとしての全国規模 BC 生態系マッピングに関するリモセン技術会合を 2019 年 4 月と 2020 年 1 月にジャカルタで開催している。CNS workshop とリモセン技術会合には、プロジェクト参画機関としての政府系機関のみならず、国家開発企画庁 (BAPPENAS) といった BC 戦略をインドネシアの国策に反英させていくうえでキーとなる機関からも関係者を招聘している。地方レベルの会合としては、プロジェクトサイトでの地元協力機関および CNS における地方コア機関候補としての地方有力大学として、Java 島中北部 Semarang の Diponegoro 大学 (UNDIP)、Kalimantan 島東部 Samarinda の Mulawarman 大学 (UNMUL) 等を訪問し Collaboration Meeting を開催した。インドネシアでの地方版 BC 戦略の構築と実装の最有力候補サイトとしては Kalimantan 島東部の Berau 川流域沿岸と Derawan 諸島域を想定しているが (プロジェクト終盤で後者のみに限定することとなった)、そこでの “Program Karbon Hutan Berau; PKHB” (Berau Forest Carbon Program) と本プロジェクトをリンクさせた G-B Link 型統合プロジェクトに発展させるための地元関係機関訪問や会合開催を 2018 年 7 月以降行ってきた。その過程で、同プログラムがこれまでもっぱら陸上の森林を対象としていることから、本プロジェクトと密接な連携をとることによりマングローブ等のブルーカーボン沿岸生態系を対象に含む形で同プログラムを発展させていくことに期待が表明された。このプログラムには、地元自治体等のみならず、国家開発企画庁 (BAPPENAS) や環境林業省 (KLHK) 等の中央政府機関、国際的な NPO 団体である TNC 等が関わっており、かなり注目度が高いプログラムである。したがって、Berau/Derawan エリアをプロジェクトサイトの一つに設定している本プロジェクトでは、比較的早い段階から同プログラムと具体的な連携体制の構築を図り、本プロジェクトの成果に基づいて BC 戦略の地域版の一つとして具体化させていくことが有効と考えられた。しかし、その後の COVID-19 の甚大な影響やインドネシア側のプロジェクト推進体制の大幅変更の動きなどから、上記の G-B Link 型統合プロジェクトへの発展のための具体的な動きが進展しなかった。2023 年 1 月になって、インドネシア側の新たなプロジェクト推進体制のもとに活動が再開・加速されることとなり、先行して G-B Link スキームの導入の成功例となってきたフィリピンの Aklan での取り組みを参考にすべく、2023 年 1 月 24 日の Aklan での Summit 会合に、インドネシア側メンバーである KKP の Dr. Maulana Firdaus が参加し、Aklan での取り組みの内容を活かす形で、2023 年 2 月 2 日と 9 日に Berau の様々な地元関係者を招聘した会合を開催した。その結果、Aklan と同様の G-B Link に基づく広域資源管理・環境保全スキームを導入することの重要性が改めて共有され、それを上記の流域森林再生プロジェクト PKHB (Berau Forest Carbon Program) と本プロジェクトをリンクさせた G-B Link 型統合プロジェクトに発展させる形で具体化し、Berau を対象とした地域版 BC 戦略開発が行われることとなった。

2) Blue Carbon 戦略のキーとしての CNS 構築と運用

本プロジェクトでは、フィリピン・インドネシアでのブルーカーボン動態を定期的にモニタリングし、その結果をブルーカーボン戦略の更新や、政策立案者への提言更新に反映していく順応的管理のための持続的モニタリング体制として、両国において、様々な関係機関・組織をネットワーク化し、相手国代表機関をコアセンター組織とする“Core-and-Network” System(CNS)を構築することを目指している。CNS は主要地域パートナーのいくつか、「地域版」BC 戦略の実装先としても位置づけられていることから、BC 戦略の開発・実装の上で重要な位置づけを持つ。CNS は両国をほぼカバーする全国規模のネットワークであり、その構築は大変チャレンジングな試みであるが、本プロジェクトではその重要性から、多くのエフォートをプロジェクト初年度から投入してきている。

フィリピンでは、64 の参加予定パートナーを 3 つの地域クラスターに構造化する形のデザインが早々と具体化され、各パートナーとの MOU 締結に向けての協定文書案も準備された。また、CNS workshop が 2018 年 4 月と 9 月の 2 回にわたって開催されている。しかし、残念ながら、相手国側の 2 年度目以降の後継ファンドの採択がなかなか決まらず、2020 年に COVID-19 問題が猛威を振るうようになって以降、後継ファンドの採択がまず見込めない状況になった。このような状況から、フィリピンでは CNS-Philippines (BCnet)の具体的なデザインや協力協定締結に向けての動きが早くから行われてきたにもかかわらず、相手国側の予算獲得の不調により、その後の CNS 構築に向けての動きがほぼ止まってしまった。しかし、2020 年度後半に入って BCnet の立ち上げ・運用に向けての検討が再び加速しており、地域クラスターベースの検討会合が開催されるようになった。その後、UPD の内部予算措置としての”Bridging fund”が 2021 年 6 月から支給されることになり、BCnet 構築・運用に向けての動きが加速した。その結果、クラスター別の BCnet ワークショップが数多く開催されており、特に Luzon クラスターでは、2021 年 2 月 5 日以降 2022 年 4 月 22 日にかけて 4 回ものワークショップが開催されており、学術機関のみならず、中央・地方政府機関、NPO など、様々な機関・組織から、毎回 100 名前後の参加者を得ている。その後、さらに、2023 年 1 月 25-26 日と 2 月 16-17 日にも、それぞれ、Aklan と Tacloban において、直前に行われた Sumit 会合に引き続く形で、BCnet ワークショップが開催されている。

インドネシアでは、フィリピンよりも少し遅れて CNS 構築に向けての検討が始まったが、フィリピンと違って、インドネシアでは、国土が広大であることから全国規模のネットワーク構築にはかなりの労力が必要とされる面があるものの、一方で、LIPI や KKP 等が有する既存の全国規模ネットワークが存在する、という大きなアドバンテージがある。例えば、LIPI にはサンゴ礁を主対象とした COREMAP ネットワークがあることから、それにマングローブといった BC 生態系の主要要素をモニタリング項目に加えることで、CNS としての全国規模ネットワークが実現出来る可能性がある。相手国代表機関である KKP も COREMAP ほどではないが全国ネットワークを持っている。そのような既存ネットワークをベースに、カリマンタン島やスラウェシ島などの大きな島をクラスター単位とし、各クラスターの地域コア組織として地方有力大学を組み込んだ形とすることによりインドネシアの CNS の基本構造とすることで合意された。これらの検討は、LIPI 等の関係諸機関からのメンバーが参加する形で開催した 2 回にわたる CNS workshop (2018 年 11 月と 2019 年 6 月開催) 等を通じて行われた。また、2020 年 1 月には、CNS-Indonesia 全体のコア機関として KKP の中に Project Lab が新たに開設された。(フィリピンでは、UPD が CNS-Philippines のコア機関としての能力を設備面・人材面であらかじめある程度有していることから、コア機関の強化としては、JICA 供与機材数点の投入や短期研修生の受け入れ等を通じた人材育成程度で対応できている。) このように、インドネシアでは、LIPI や KKP 等が有する既存の全国規模ネットワークを有効利用し有機的にリンクする形で CNS を展開することとなったが、インドネシア側の動きが遅く、COVID-19 の影響も加わって、なかなか進展が見られない状況が続いた。2021 年に入ってようやく、KKP の地方組織を中心とした CNS 構成とする方向で検討が進むこととなり、2022 年になって相手国側代表機関が KKP 傘下の AUP に変更になる動きに並行して CNS 構成メンバーが固まり、AUP の地方組織や KKP の地方 MPA 組織が中心となる形で、33 の参加メンバーで CNS-Indonesia が設立された。それに関連して、CNS モニタリング研修ワークショップやコア機関である Project Lab でのサンプル分析研修等も開催され

ている。

3) BC 戦略の主要コンテンツの具体例としての全国規模マングローブ分布マッピング

先述のように、2019 年度の特筆すべき成果として、マングローブ分布を全国規模で広域マッピングするための手法開発を UPD のリモセングループが中心となっており、Mangrove Vegetation Index (MVI) と名付けた指標を開発するとともに、Google Earth Engine (GEE) 等と組み合わせた画像解析手法を無料画像である Sentinel-2 や LANDSAT 等の画像に適用する体系を構築し、それによって、フィリピンのマングローブ分布を全国規模でマッピングすることに成功している (Baloloy et al., 2020, ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing)。2020 年 1 月に開催されたインドネシアでの第 2 回リモセン技術会合でこの手法が詳しく紹介され、この手法をベースとして、インドネシアの全国規模マングローブマップを完成させることが合意された。新たに開発された MVI に基づく全国広域マングローブマッピング手法は、マッピング精度が高いだけでなく、GEE 等と組み合わせることにより画像処理が半自動的に迅速に行えること、無料画像を対象とした手法であることから様々な機関で継続的に応用してもらいやすいこと、LANDSAT 画像をも対象としていることから過去にさかのぼって長期的なマングローブ分布の変遷を検出できること、といった優れた点を有している。そこで、この手法を過去までさかのぼって適用することによって、両国でのマングローブ林の変遷過程をかなり網羅的に精度よく明らかにすることが可能になる。しかもその変遷の駆動要因 (流域の土地利用変化など) の抽出にもリモセン画像解析が応用できることから、本プロジェクトでの成果としてのこれらのマッピング結果は、政策立案関係者らにとっては大変有用な情報になるものと期待できる。実際、フィリピンでのマングローブ域全国マッピングの成果については、すでにクラウド上で一般に公開するシステムを構築しており、同システムによる成果公開・共有に関して、政府機関や大学等研究機関、NPO 団体などの関係者から高い評価と今後のさらなる進展への高い期待が多数寄せられている。なお、これらの成果は、国際学術誌での発表とは別に、COP26 でのサイドイベント等の国際的なイベントでの発表も行っている。

4) 国際会議・ワークショップ等への参加と本プロジェクトからの貢献・広報活動：

2018 年 10 月 2-5 日と 2019 年 9 月 2-5 日にジャカルタで開催された海草藻場 BC モニタリングを主要テーマとした第 1 回および第 2 回 ASEAN Workshop on Carbon Sink and Sequestration in Coastal Ecosystem (下記の⑥と⑫) に、灘岡が、フィリピンからの Dr. Miguel Fortes, Ms. Ayin Tamondong (第 1 回のみ)、インドネシアからの Dr. Novi Susetyo Adi や KKP の数名のメンバーらとともに参加した。この ASEAN Workshop では、灘岡の基調講演を通じて本プロジェクトの紹介やプロジェクト成果に基づく ASEAN での BC 生態系モニタリングへの貢献の可能性等についてのプレゼンを行うとともに、海草藻場モニタリングのガイドライン作成に向けての議論に積極的に関わった。また、他の日本側メンバー (宮島、仲岡ら) もメールを通じてガイドライン作成のための詳細なコメントを提供した。作成されたガイドラインは“Protocol for the assessment of carbon stock and carbon sequestration in ASEAN seagrass ecosystems”というタイトルで公表されている。これらに加えて、研究代表者の灘岡が下記の国際会議に基調講演ないしは招待講演者として出席することにより、フィリピン・インドネシアからの参加者のみならず、コーラル・トライアングル内外の周辺国等からの参加者に向けて本プロジェクトの紹介を行うとともに、将来的な連携展開の可能性の拡大に努めた。

- ① 17th SCA Conference (フィリピン・マニラ、6/14-16、2017) での招待講演
- ② 1st MSAT conference (インドネシア・バリ、8/3-5、2017) での基調講演
- ③ World Blue Carbon Conference (インドネシア・ジャカルタ、9/7-9、2017) での招待講演
- ④ SCESAP 3rd International Biodiversity Symposium (フィリピン・セブ、12/4-9、2017) での招待講演
- ⑤ 第 4 回アジア太平洋サンゴ礁シンポジウム (APCRS、フィリピン・セブ、6/4-8、2018) での招待講演

- ⑥ 1st ASEAN Workshop on “Carbon Sink and Sequestration in Coastal Ecosystem” (インドネシア・ジャカルタ、10/2-5, 2018) での基調講演
- ⑦ RTRC MarBEST Training Course on Coral Health Index (インドネシア・バリ、10/22-23, 2018) での招待講演
- ⑧ 4th Int. Conf. on Tropical and Coastal Region Eco-Development (インドネシア・スマラン、10/31, 2018) での基調講演
- ⑨ Launching of Future Earth Philippines Program (FEPP) (フィリピン・マニラ、11/19, 2018) での招待講演
- ⑩ 2nd Regional Conference on Sustainability of Marginal Seas in South and East Asia (SIMSEA) (フィリピン・マニラ、11/19, 2018) での招待講演
- ⑪ EAS congress 2018 (フィリピン・イロイロ、11/28, 2018) での招待講演
- ⑫ 2nd ASEAN Workshop on “Carbon Sink and Sequestration in Coastal Ecosystem” (インドネシア・ジャカルタ、9/2-5, 2019) での基調講演
- ⑬ RTRC MarBEST training course on assessment of carbon stock and sequestration in seagrass ecosystem (インドネシア・ビントラン、11/4-11, 2019) での基調講演
- ⑭ 5th International Conference on Fisheries and Aquatic Sciences (ICFAS) (フィリピン・タクロバン、11/6-7, 2019) での基調講演
- ⑮ Joint workshop by JST, UKRI and DOST on “Working together for sustainable coastal communities: a multi-funder approach to maximize development impact” (フィリピン・ボラカイ、12/4-5, 2019) での招待講演
- ⑯ COP26でのサイド・イベント"The Ocean Decade: catalysing climate action in Asia and the Pacific" (英国・グラスゴー、11/6, 2021) での招待講演 (オンライン参加)
- ⑰ 15th Regional Conference in Environmental Engineering: Environmental Engineering at the Forefront of Global Environment and Health Challenges (オンライン、1/17, 2022) での招待講演
- ⑱ 2022 PEMSEA Network of Local Governments for Sustainable Coastal Development (PNLG) Forum (インドネシア・タンゲラン10/25-29, 2022) での招待講演

上記のうちの⑨の会合は、2018年に設立されたフィリピン・フューチャーアースの発足イベントで、同イベントに同じく招待講演者として出席されていたフューチャーアース国際本部日本ハブ事務局長の春日文子氏から、灘岡の講演のあとアプローチがあり、本プロジェクトがフューチャーアースに関連する具体的なプロジェクト活動の事例として位置づけられる可能性があるため、今後連携をとっていきたい、とのコメントを頂いた。さらに、⑨に引き続いて開催された⑩の SIMSEA (Sustainability Initiative in the Marginal Seas of South and East Asia ; フューチャーアースの支援プログラムの一つとして立ち上げられた地域プログラム) 第 2 回地域会議での講演後、SIMSEA の Science Steering Committee (SSC)メンバーへの就任依頼が灘岡にあり受諾した。SIMSEA の運営にも関わることによって、本プロジェクトの東・南アジア地域での連携展開の可能性が高まっていくことが期待される。

IV. 日本のプレゼンスの向上（公開）

本プロジェクトでは、ブルーカーボン戦略の社会実装を通じてブルーカーボン生態系の持続的利用を実現するとともに、コーラル・トライアングルとその周辺域のネットワーク展開を目指している。具体的には、本プロジェクトでは、1) 革新的スキームに基づく統合的モニタリングシステムやモデリングシステムの開発と応用展開、2) ブルーカーボン生態系の有する多様な生態系サービスの包括的な評価、3) ”Core-and-Network”システムの構築と人材育成、を進展させるとともに、4) グローバル・ローカル統合型戦略としての「ブルーカーボン戦略」の策定と提言、に結実させることを目指している。その過程において、日本－フィリピン、日本－インドネシアの協働活動に加えて、フィリピン－インドネシア間の共同調査や相互研修・人材交流等を通じて、これまで必ずしも十分進んでいない南南協力的連携を進展させている。そして、この日本－フィリピン－インドネシアの3国間連携をコアとして、コーラル・トライアングル＋日本の国際連携体制の構築・展開に発展させ、同地域から世界に発信するプラットフォーム形成を目指している。

特記事項として、本プロジェクトは、2017年6月に国連本部で開催されたSDG14実施支援会議において、日本側の自主的な取り組みの一つとして選ばれている。

(外務省 HP、http://www.mofa.go.jp/mofaj/ic/ge/page25_000851.html)。

また、国連海洋科学の10年に関する研究会」が作成した「国連海洋科学の10年に関する日本の取り組み事例集」(下記サイト参照)で、本BlueCARESプロジェクトが「沿岸生態系の保全に向けた国際貢献」のセクションで紹介された。

<日本語版> <https://oceandecade.jp/ja/refs/activity/ver1/>

<英語版> <https://oceandecade.jp/en/refs/activity/ver1/>

そして、社会・政策科学グループでは、Springer社のSDGsに特化した書籍であるThe Encyclopedia of the Sustainable Development Goals: Transforming the World We Wantの目標17ならびに目標11の項目において、ブルーカーボン生態系を有する地域の社会、生態系の評価に有用な知見として、伝統的知識、産品認証としての地理的表示保護制度、生物多様性指標に関する項目についての章の執筆を行っている。また、関連して、目標12については、Cambridge University Pressにおける森林科学とSDGsの関係に特化した書籍(Sustainable Development Goals: Their Impacts on Forests and People)において、持続可能な調達に関する章の分担執筆を行い、熱帯地域を含むグローバルな観点からの調達の問題について考察を行っている。

V. 成果発表等【研究開始～現在の全期間】（公開）

VI. 投入実績【研究開始～現在の全期間】（非公開）

VII. その他（非公開）

以上

VI. 成果発表等

(2) 学会発表【研究開始～現在の全期間】(公開)

① 学会発表(相手国側研究チームと連名)(国際会議発表及び主要な国内学会発表)

年度	国内/ 国際の別	発表者(所属)、タイトル、学会名、場所、月日等	招待講演 /口頭発表 /ポスター発表の別
2017	国際学会	Masaya Yoshikai (Tokyo Tech)、Takashi Nakamura (Tokyo Tech)、Yoshiyuki Tanaka (Hachinohe IT)、Masahiro Nakaoka (Hokkaido Univ.)、Atsushi Watanabe (Tokyo Tech)、Toshihiro Miyajima (AORI, UT)、Eugene C. Herrera (UPD)、Ariel C. Blanco (UPD)、Miguel D. Fortes (UPD)、Maria Lourdes San Diego-McGlone (UPD)、Kazuo Nadaoka (Tokyo Tech): A dynamic model to assess mariculture-induced environmental impacts on seagrass beds along coasts of Bolinao and Anda, Philippines. JpGU-AGU Joint Meeting 2017、千葉県千葉市(幕張メッセ)、2017年5月20日-25日	口頭発表
2017	国際学会	Herrera, E.C. (UPD), Nadaoka, K.(Tokyo Tech), and Blanco, A.C. (UPD): Investigation of the wind-driven, density-induced circulation and seawater intrusion of a shallow, tropical, lacustrine environment, Engineering Research and Development for Technology (ERDT) Conference, Metro Cebu, Philippines, October 18-20, 2017.	口頭発表
2017	国際学会	Masaya Yoshikai (Tokyo Tech), Takashi Nakamura (Tokyo Tech), Yoshiyuki Tanaka (Hachinohe IT), Masahiro Nakaoka (Hokkaido Univ.), Atsushi Watanabe (Tokyo Tech), Toshihiro Miyajima (AORI, UT), Eugene C. Herrera (UPD), Ariel C. Blanco (UPD), Miguel D. Fortes (UPD), Maria Lourdes San Diego-McGlone (UPD), Kazuo Nadaoka (Tokyo Tech): Development of seagrass bed dynamics model for assessment of environmental impacts of intensive mariculture activities on seagrass ecosystem in Bolinao, Philippines. SCESAP 3rd International Biodiversity Symposium Cebu 2017, University of the Philippines Cebu, 2017年12月4日-9日(発表12月6日)	ポスター発表
2017	国際学会	Yoshiyuki Tanaka (Hachinohe IT), Takashi Nakamura (Tokyo Tech), Masaya Yoshikai (Tokyo Tech), Toshihiro Miyajima (AORI, UT), Kazuo Nadaoka (Tokyo Tech), Atsushi Watanabe (Tokyo Tech), Fernando P. Siringan (UPD), Masahiro Nakaoka (Hokkaido Univ.), Rempei Suwa (FFPRI), Miguel D. Fortes (UPD): Evaluation of seagrass rhizome and root system tolerance against external forces to assess their sediment stabilization function. SCESAP 3rd International Biodiversity Symposium Cebu 2017, University of the Philippines Cebu, 2017年12月4日-9日(発表12月6日)	ポスター発表
2017	国際学会	T. Miyajima (AORI, UT), Y. Tanaka (Hachinohe IT), M. Nakaoka (Hokkaido Univ), M. Hori (FRA), H. Yamano (NIES), K. Nadaoka (Tokyo Tech), M.D. Fortes (UPD): Characteristics of sediment organic carbon stored in East and Southeast Asian seagrass beds. SCESAP 2017, UP Cebu Campus, Cebu, 2017年12月6日	口頭発表
2018	国内学会	Yoshiyuki Tanaka (Hachinohe Tech), Mikko L. Garcia (UP Dilliman), Takashi Nakamura (Tokyo Tech), Masaya Yoshikai (Tokyo Tech), Toshihiro Miyajima (Univ Tokyo), Kazuo Nadaoka (Tokyo Tech), Atsushi Watanabe (Tokyo Tech), Fernando P. Siringan (UP Dilliman), Masahiro Nakaoka (Hokkaido Univ), Rempei Suwa (JIRCUS), Miguel D. Fortes (UP Dilliman): Evaluation of seagrass rhizome and root system resistance against external forces to assess their sediment stabilization function, Japan Geoscience Union Meeting 2018, Makuhari Messe, Chiba, 2018年5月24日	ポスター発表
2018	国際学会	Atsushi Watanabe (Tokyo Tech), Toshihiro Miyajima(AORI, UT), Maria Lourdes San Diego-McGlone (UPD), Iris Orizar (UPD), Masaya Yoshikai (Tokyo Tech), Kazuo Nadaoka (Tokyo Tech): Carbon transport from a riverine mangrove forest on Panay Island in the Philippines, Japan Geoscience Union Meeting 2018, Makuhari Messe, Chiba, May 20-24, 2018.	口頭発表
2018	国内学会	N. Morimoto (AORI UT), Y. Umezawa (Nagasaki Univ), A. Watanabe (Tokyo Tech), M.L. San Diego-McGlone (UPMSI), C.M. Ferrera (UPMSI), G. Regino-Monponbanua (UPMSI), T. Miyajima (AORI UT). Characteristics of water quality in the rivers of the Philippines. Japan Geoscience Union Meeting 2018, Makuhari Messe, Chiba, May 20-24, 2018.	ポスター発表
2018	国際学会	Yoshiyuki Tanaka (Hachinohe Tech), Takashi Nakamura (Tokyo Tech), Masaya Yoshikai (Tokyo Tech), Toshihiro Miyajima (Univ Tokyo), Kazuo Nadaoka (Tokyo Tech), Atsushi Watanabe (Tokyo Tech), Fernando P. Siringan (UP Dilliman), Masahiro Nakaoka (Hokkaido Univ), Rempei Suwa (JIRCUS), Miguel D. Fortes (UP Dilliman): Evaluation of the function of seagrass to stabilize sediments, World Seagrass Conference 2018, National University of Singapore, Singapore, 2018年6月12日	ポスター発表
2018	国際学会	Rempei Suwa (JIRCAS), Kenji Ono (FFPRI, Tohou Research Center), Rene Rollon(UP Dilliman), Gianne M. G. Albano (UP Dilliman), Green A. A. Cruz (UP Dilliman), Racoma R. B. P (UP Dilliman), Russel C. B. Corcino (UP Dilliman), Cruz J. R (UP Dilliman), Ronald J. Maliao (Aklan State Univ), Yasmin H. Primavera-Tirol (Aklan State Univ), Hisashi Kurokura (Hunet ASA), Kazuo Nadaoka (Tokyo Tech): Dwarfing phenomenon and biomass estimation of a mangrove in the Philippines. 55th Association of Tropical Biology and Conservation. Malaysia. 2018年7月4日	口頭発表
2018	国際学会	Alvin B. Baloloy (UPD), Ariel C. Blanco (UPD), Reginald Jay L. Argamosa (UPD), Christian G. Candido (UPD), John Bart Lovern.C. Dumalag (UPD), Masaya Yoshikai (Tokyo Tech), Takashi Nakamura (Tokyo Tech), Kazuo Nadaoka (Tokyo Tech): Development of a Sentinel 2-Based Mangroves Zonation Mapping Workflow: Application in the Philippines and Japan, 1st National Blue Carbon Symposium, Philippines Red Cross Logistics and Training Center, Subic, Philippines, 2018年9月20日-21日	口頭発表
2019	国内学会	M.D. Fortes (UPMSI), A.C.Blanco (UPCE), K. Nadaoka (Tokyo Tech). The Blue Carbon Project: Mainstreaming Blue Carbon Into the Future Earth Philippines Program (FEPP). Future Earth Philippines Meeting. QC. 5 April 2019.	口頭発表

2019	国内学会	R. Ray (AORI UT), T. Miyajima (AORI UT), C.M Ferrera (UPMSI), C-J Lu (AORI UT), M.L San Diego-McGlone (UPMSI), H. Ogawa (AORI UT), K. Nadaoka (TokyoTech). Dissolved organic carbon and optical properties in tropical and subtropical mangrove environments. JpGU Meeting 2019, A-CG44 28.05.2019	口頭発表
2019	国内学会	T. Miyajima (AORI UT), R. Suwa (JIRCAS), K.L. Bejasa (UPMSI), R.N. Rollon (UPD), M.L. San Diego-McGlone (UPMSI), C.M.B. Jaraula (UPMSI), F.P. Siringan (UPMSI), K. Ono (FFRPI), Y.H. Primavera Tirol (Aklan State Univ), Y. Miyairi (AORI UT), Y. Yokoyama (AORI UT). Accumulation and persistence of organic carbon stock in sediment of secondary mangrove forests in Aklan, Philippines. JpGU Meeting 2019, A-CG44 28.05.2019	口頭発表
2019	国内学会	Masaya Yoshikai (Tokyo Tech), Takashi Nakamura (Tokyo Tech), Reginald Argamosa (UPD), Dominic Bautista (UPD), Takuya Okamoto (Tokyo Tech), Rempei Suwa (JIRCAS), Eugene Herrera (UPD), Ariel Blanco (UPD), Yasmin Primavera (Aklan State Univ.), Kazuo Nadaoka: Modeling mangrove root morphology and its drag effects on hydrodynamics, 第29回日本熱帯生態学会年次大会, 札幌, 2019年6月14-16日	口頭発表
2019	国際学会	Suwa R (JIRCAS), Ono K (FFPRI), Rollon R, Blanco C. A, Albano M. G. G, Cruz J. R (UPD), Maliao J. R, Primavera-Tirol H. Y (ASU), Nadaoka K (Tokyo tech). Biomass Estimation Based on Canopy Height Measurement for Mangroves in Panay Island, Philippines. Mangrove Macrobenthos & Management 2019, Joyden Hall, Singapore, 2019年7月1-5日.	口頭発表
2019	国内学会	M.D. Fortes (UPMSI), A.C. Blanco (UPCE), K.Nadaoka (Tokyo Tech).The BCnet: A Bridge Over Troubled Waters in CC Mitigation and Coastal Ecosystem Conservation. 5th PAMS, ASU, Aklan, 4-6 July 2019.	口頭発表
2019	国内学会	K.L. Bejasa (UPMSI), T. Miyajima (AORI UT), W.P. Dimalanta (UPMSI), C.M.B. Jaraula (UPMSI). Bulk Carbon and Nitrogen Isotopic Compositions of Sedimentary Organic Matter in a Mangrove Ecopark in Katunggan It Ibajay (KII) and its Implications. Philippine Assosication of Marine Science 2019	口頭発表
2019	国内学会	C.M.B. Jaraula (UPMSI), W.P. Dimalanta (UPMSI), R. Rollon (UDP), M.L. San Diego-McGlone (UPMSI), K.L. Bejasa (UPMSI), T. Miyajima (AORI UT), F. Siringan (UPMSI), G. Albano (UPD), K.P. Landicho (UPD), E. Sta. Maria (Philippine Nuclear Res Inst), J. Munar (UPMSI), I. Orizar (UPMSI), J. Clemente (UPMSI), A. Blanco (UPD). Co-Evolution of Landscape, Forest and Soil in a Planted Mangrove Eco-Park in Kalibo, Aklan. Philippine Assosication of Marine Science 2019	口頭発表
2019	国内学会	M.L. San Diego-McGlone (UPMSI), M.C.S. Tañedo (UPMSI), R.D. Villanueva (UPMSI), M.V. Baria (UPMSI), R. Gonzales-Geronimo (UPMSI), T. Miyajima (AORI UT), H. Kurihara (Univ Ryukyus). Screening coral species resilient to multistressor impacts (acidification, warming, eutrophication). Philippine Assosication of Marine Science 2019	口頭発表
2019	国際学会	Masaya Yoshikai (Tokyo Tech), Takashi Nakaura (Tokyo Tech), Rempei Suwa (JIRCAS), Reginald Argamosa (UPD), Ariel Blanco (UPD), Eugene Herrera (UPD), Ronald Maliao (Aklan State Univ.), Yasmin Primavera (Aklan State Univ.), Kazuo Nadaoka (Tokyo Tech): An empirical model for morphological structures in mangrove areal root system with multiple-order roots. AOGS 16th Annual Meeting, Convention Centre, Singapore, 2019年7月28日-8月2日	口頭発表
2019	国際学会	R. Ray (AORI UT), A. Watanabe (OPRI), T. Miyajima (AORI UT), I. Orizar (UPMSI), M.L. San Diego-McGlone (UPMSI), C.M. Ferrera (UPMSI), M. Yoshikai (TokyoTech), K. Nadaoka (TokyoTech). 2019 Origin and transport of carbon from riverine mangroves in the Panay Island (Philippines), AOGS, 16th Annual meeting 2019, BG01-A003, Singapore, 29.07.2019	口頭発表
2019	国際学会	E. Duffy (Smithsonian Inst.) with M.D. Fortes (UPMSI), M. Nakaoka (Hokkaido Univ), etc. Toward a coordinated global observing system for seagrasses and marine macroalgae. 2019. Ocean Obs'19, Hawai'i, USA, 16-20 September 2019.	ポスター発表
2020	国際学会	T. Miyajima (AORI UT), R. Basina (Aklan State Univ), C.M. Ferrera (UPMSI), N. Morimoto (AORI UT), Y.H. Primavera Tirol (Aklan State Univ), M.L. San Diego-McGlone (UPMSI), M. Hamaguchi (FRA). Spatial and seasonal variation of water quality in Batan Bay, Philippines. 2020 JpGU-AGU Joint Meeting, July 12, 2020	ポスター発表
2020	国際学会	T. Miyajima (AORI UT), M. Hamaguchi (FRA), M. Hori (FRA), J. Munar (UPMSI), J. Abad (UPMSI), N. Morimoto (AORI UT), M.L. San Diego-McGlone (UPMSI). Evaluation of carbon export from blue carbon ecosystems and allochthonous sequestration using eDNA techniques. 2020 JpGU-AGU Joint Meeting, July 12, 2020	ポスター発表
2020	国際学会	ONO K., FUJIMOTO K., SUWA R, ROLLON Rene, BLANCO CA, ALBANO MGG, CRUZ AAG, PRIMAVERA-TIROL HY, MALIO JR, BASINA MR, TANIGUCHI S, WATANABE S, HIRATA Y, LIHPAI S, NADAOKA K: Comparison of belowground root production of the mangrove forests in the Western Pacific Ocean islands among tropical and subtropical regions and mangrove species. 2020 JpGU-AGU Joint Meeting July 12, 2020	ポスター発表
2020	国内学会	Dominika W. CHRISTIANA (東工大), Takashi NAKAMURA (東工大), Faisal AMRI (東工大), Masaya YOSHIKAI (東工大), Ayi TARYA (Bandung Institute of Technology), Novi S. ADI (Ministry of Marine Affairs and Fisheries, Indonesia), Kazuo NADAOKA (東工大): Hydrodynamic Modeling for Impact Assessment of Berau River Plume on Coastal Ecosystem in Derawan Islands, East Kalimantan, Indonesia. 日本サンゴ礁学会第23回大会、オンライン, 2020年11月21日-23日	ポスター発表

2021	国内学会	Masaya Yoshikai (東工大), Takashi Nakamura (東工大), Dominic Bautista (UPD), Eugene Herrera (UPD), Takuya Okamoto (東工大), Rempei Suwa (JIRCAS), Kazuo Nadaoka (東工大). Quantification of drag force and material trapping ability of a planted mangrove forest in the Philippines. Japan Geoscience Union Meeting 2021、オンライン、2021年5月30日－6月6日	口頭発表
2021	国際学会	M. Sato, K. Honda, K.O. Bolisay, Y. Nakamura, L.P.C. Bernardo, H. Kurokochi, Y. Nakajima, C. Lian, W. Uy, M.D. Fortes, K. Nadaoka, M. Nakaoka. Hydrodynamics rather than geographic setting predicts self-recruitment in anemonefishes. ASLO 2021 Aquatic Sciences Meeting、オンライン、2021年6月22日－6月27日	口頭発表
2021	国内学会	Masaya Yoshikai (東工大), Takashi Nakamura (東工大), Rempei Suwa (JIRCAS), Sahadev Sharma (マラヤ大学), Rene Rollon (UPD), Jun Yasuoka (東工大), Ryohei Egawa (東工大), Kazuo Nadaoka (東工大). Modeling mangrove biomass dynamics influenced by substrate, climate conditions, and tree competition. 第31回日本熱帯生態学会広島大会 JASTE31, 2021年6月26－27日	口頭発表
2021	国際学会	Dominika Wara CHRISTIANA (Tokyo Tech), Takashi NAKAMURA (Tokyo Tech), Faisal AMRI (Tokyo Tech), Masaya YOSHIKAI (Tokyo Tech), Novi Susetyo ADI (KKP), Kazuo NADAOKA (Tokyo Tech). Watershed-ocean coupled modeling for Impact assessment of Berau river plume on coastal ecosystem in Derawan Islands, East Kalimantan, Indonesia. Asia Oceania Geoscience Society 18th Annual Meeting, Online, Aug. 1-6, 2021	口頭発表
2021	国際学会	Venus LEOPARDAS, Tadashi KAJITA, Masahiro NAKAOKA: Toward establishment of Asia-Pacific eDNA monitoring network: The Philippine node. 2021 ILTER-EAP、オンライン、2021年9月9日	口頭発表
2021	国際学会	T. E. Angela L. Quiros, Frida Purwanti, Masahiro Nakaoka, Coastal communities' well-being benefits from blue carbon cultural ecosystem services, XXIV International Conference of the Society of Human Ecology、オンライン、2021年10月17-23日	口頭発表
2021	国際学会	Baloloy, A.B. (UPD), Martinez, K.P. (UPD), Blanco, A.C. (UPD), Neri, M.E.P. (UPD), Ticman, K.D.V. (UPD), Burgos, D.F. (UPD), Principe, J.A. (UPD), Reyes, R.B. (UPD), Salmo III, S.G. (UPD) and Nadaoka, K. (Tokyo Tech.) Mapping multi-decadal mangrove forest change in the Philippines:Vegetation extent and impacts of anthropogenic and climate-related factors, 4th World Symposium on Climate Change Adaptation (WSCCA- 2021), A side event of COP26, Glasgow, Online, November 3, 2021	口頭発表
2021	国際学会	T. E. Angela L. Quiros, Frida Purwanti. Linking coastal resources value to human well-being: Socio-ecological systems in Indonesia and the Philippines, UN Decade of Ocean Science for Sustainable Development (2021-2030) Regional Kickoff Conference for the Western Pacific and its Adjacent Areas、オンライン、2021年11月25日	口頭発表
2021	国際学会	Masaya Yoshikai (東工大), Takashi Nakamura (東工大), Dominic Bautista (UPD), Eugene Herrera (UPD), Alvin Baloloy (UPD), Rempei Suwa (JIRCAS), Ryan Basina (Aklan State Univ), Yasmin H. Primavera-Tirol (Aklan State Univ), A.C. Blanco (UPD), Kazuo Nadaoka (東工大). Field measurement and prediction of drag in a planted Rhizophora mangrove forest. Ocean Science Meeting 2022, Online, February 22 - March 4, 2022	口頭発表
2021	国際学会	Faisal Amri (Tokyo Tech), Takashi Nakamura (Tokyo Tech), Atsushi Watanabe (OPRI), A. R. Kartadikaria (ITB), Kazuo Nadaoka (Tokyo Tech). Seasonal and Interannual Variability of Carbon Cycle in Tropical Maritime Continent over the Last Decade: Results from Newly Developed Regional Scale Model. Ocean Science Meeting 2022, Online, February 22 - March 4, 2022	口頭発表
2022	国際学会	Raghab Ray, Toshihiro Miyajima, Rempei Suwa, Jeffrey Munar, Masaya Yoshikai, Maria Lourdes San Diego-McGlone, and Kazuo Nadaoka. Blue carbon dynamics based on chrono-sequential analysis in a planted mangrove forest of Panay Island, Philippines. 2nd National Blue Carbon Symposium, Online, May 24-25, 2022.	口頭発表
2022	国際学会	Frida Purwanti, T. E. Angela L. Quiros, and Masahiro Nakaoka. Blue carbon ecosystems provide well-being benefits to coastal communities through cultural ecosystem services. 2nd National Blue Carbon Symposium, Online, May 24-25, 2022.	口頭発表
2022	国際学会	T. E. Angela L. Quiros, Joal Ascalon, Job Ochoa, Camille Rivera, Emman Cababarro, Angela Mariz Obsina, Severino G. Salmo, and Masahiro Nakaoka. Piloting Citizen Science tools for monitoring and management of blue carbon ecosystems. 2nd National Blue Carbon Symposium, Online, May 24-25, 2022.	口頭発表
2022	国際学会	Emman Cababarro, Angela Mariz Obsina, Frances Camille Rivera, and T. E. Angela L. Quiros. University student's perception of the blue carbon citizen science training. 2nd National Blue Carbon Symposium, Online, May 24-25, 2022.	口頭発表
2022	国際学会	T. E. Angela L. Quiros, Kanji Sudo, Reynante V. Ramilo, Helbert G. Garay, Muammar Princess G. Soniega, Alvin Baloloy, Ariel Blanco, Ayin Tamondong, Kazuo Nadaoka, and Masahiro Nakaoka. How can Blue Carbon work to achieve Sustainable Development Goals? Opportunities to Reduce Social Vulnerability in Fishing Communities. 2nd National Blue Carbon Symposium, Online, May 24-25, 2022.	口頭発表
2022	国際学会	Kristina Di Ticman, Diana Burgos, T. E. Angela L. Quiros, Miguel Fortes, Maria Lourdes San Diego-McGlone, Ariel Blanco, and Severino III Salmo. Blue Carbon Network (BCnet): Lessons, Challenges, and Opportunities for Improved Blue Carbon Management. 2nd National Blue Carbon Symposium, Online, May 24-25, 2022.	口頭発表

2022	国内学会	Ayin Modina Tamondong, Takashi Nakamura, Faisal Amri, Kazuo Nadaoka. Development of a Coupled Watershed-Ocean-Vegetation Model of Busuanga, Palawan, Philippines. JpGU Meeting 2022, Hybrid (in-person & online), 2022年5月22日-27日	口頭発表
2022	国内学会	Yuta Alexander Takagi, Takashi Nakamura, Dominika Wara Christiana, Faisal Amri, Masaya Yoshikai, Novi Susetyo Adi, and Kazuo Nadaoka. A coupled watershed-ocean-ecosystem model for assessing the turbidity and nutrient reduction ability of seagrass meadows. JpGU Meeting 2022, Hybrid (in-person & online), 2022年5月22日-27日	ポスター発表

招待講演	0	件 件 件
口頭発表	34	
ポスター発表	11	

②学会発表(上記①以外)(国際会議発表及び主要な国内学会発表)

年度	国内/ 国際の別	発表者(所属)、タイトル、学会名、場所、月日等	招待講演 /口頭発表 /ポスター発表の別
2016	国際学会	中村隆志(東工大)、灘岡和夫(東工大)、渡邊敦(東工大)、山本高大(Kuwait Institute for Scientific Research)、Reef-scale model system for evaluating and predicting coral responses to ocean acidification and sea-level rise, 13th International Coral Reef Symposium, Honolulu Hawaii USA (Hawaii Convention Center), 2016年6月19日-24日	口頭発表
2016	国際学会	江川遼平(東工大)、Sahadev Sharma(ハワイ大)、Ratino Sith(東工大)、田野倉佑介(東工大)、灘岡和夫(東工大)、Relationship between bioturbation and environmental characteristics of mangrove forest in Fukido estuary, Japan, Mangrove & Macrobenthos Meeting, Florida USA (Flagler College), 2016年7月17日-22日	ポスター発表
2016	国内学会	仲岡雅裕(北大)、藻場生態系の生態系サービス評価方法について、沿岸における生態系サービスや海洋健全度に関するセミナー、港湾空港技術研究所、横須賀市、2016年10月14日	口頭発表
2016	国内学会	中村隆志(東工大)、サンゴ礁生態系のモデリングと数値シミュレーション、日本サンゴ礁学会第19回大会 自由集会、沖縄県那覇市(沖縄タイムスビル)、2016年12月1日-4日	招待講演
2016	国内学会	天野慎也(東工大)、出浦敬之(東工大)、中村隆志(東工大)、栗原晴子(琉大)、渡邊敦(東工大)、宮島利宏(東大・大海研)、灘岡和夫(東工大)、サンゴ、海藻および海草の代謝応答のモデル化、日本サンゴ礁学会第19回大会、沖縄県那覇市(沖縄タイムスビル)、2016年12月1日-4日	ポスター発表
2016	国内学会	出浦敬之(東工大)、天野慎也(東工大)、中村隆志(東工大)、渡邊敦(東工大)、栗原晴子(琉大)、宮島利宏(東大・大海研)、灘岡和夫(東工大)、飼育実験によるサンゴ群体の有機物動態の解明、日本サンゴ礁学会第19回大会、沖縄県那覇市(沖縄タイムスビル)、2016年12月1日-4日	ポスター発表
2017	国際学会	Ryo Kohsaka (Tohoku Univ), Yuta Uchiyama (Tohoku Univ) Local strategies on conservation of urban biodiversity: Relationships between the conservation and sustainable urban forest management for quality of life. The 3rd International Conference on Landscape and Human Health, Austria, 2017年5月17日	ポスター発表
2017	国内学会	宮島利宏(東大・大海研): 亜熱帯マングローブから海域への栄養塩・懸濁物流出特性の季節間比較. 日本地球惑星科学連合2017年大会. 幕張メッセ(千葉市). 2017年5月24日	口頭発表
2017	国際学会	中村隆志(東工大)、灘岡和夫(東工大)、樋口富彦(東大)、宮島利宏(東大)、山本高大(Kuwait Institute for Scientific Research)、渡邊敦(東工大): サンゴポリプ内における褐虫藻の個体群動態と活性酸素種の動態を基にしたサンゴの白化現象のモデル化. JpGU-AGU Joint Meeting 2017、千葉県千葉市(幕張メッセ)、2017年5月20日-25日	口頭発表
2017	国際学会	渡邊敦(東工大)、中村隆志(東工大)、中野義勝(琉大)、灘岡和夫(東工大): 現場チャンバー実験によるサンゴ礁一次生産者の光合成、石灰化および有機炭素・窒素フラックスの測定. JpGU-AGU Joint Meeting 2017、千葉県千葉市(幕張メッセ)、2017年5月20日-25日	ポスター発表
2017	国内学会	灘岡和夫(東工大): 危機にあるコーラル・トライアングル沿岸生態系 ~その保全に向けての挑戦~、平成29年度区民大学・第20回東京工業大学提携講座「生物とその多様性」、東京都目黒区(東京工業大学)、2017年5月31日	招待講演
2017	国際学会	Kazuo Nadaoka (Tokyo Tech): Introduction of two coastal ecosystem conservation projects for Coral Triangle areas funded by SATREPS program, 17th SCA Conference, Philippine International Convention Center in Manila, 2017年6月14日-16日	招待講演
2017	国内学会	Masaya Yoshikai (Tokyo Tech)、Ryohei Egawa (Tokyo Tech)、Jun Yasuoka (Tokyo Tech)、Takashi Nakamura (Tokyo Tech)、Atsushi Watanabe (Tokyo Tech)、Sahadev Sharma (Univ. Hawaii)、Kazuo Nadaoka (Tokyo Tech): Elucidating blue carbon dynamics in mangrove and adjacent coastal ecosystem based on development of an integrated model system. 第27回日本熱帯生態学会年次大会、鹿児島県奄美市(奄美文化センター)、2017年6月17日-18日	口頭発表
2017	国際学会	Kazuo Nadaoka (Tokyo Tech): Reef ecosystem modeling and subjects for its further development, 1st MSAT conference, Udayana University, Bali, Indonesia, 2017年8月3日-5日	招待講演
2017	国際学会	Kazuo Nadaoka (Tokyo Tech): Blue CARES - a challenge for enhancing and bridging coastal ecosystem conservation efforts and mitigating global warming, World Blue Carbon Conference, Jakarta Convention Center, Jakarta, Indonesia, 2017年9月7-9日	招待講演

2017	国際学会	Yuta Uchiyama (Tohoku Univ), Ryo Kohsaka (Tohoku Univ). How much are biodiversity mainstreamed in urban municipalities? Status of mainstreaming efforts with urban biodiversity indicators in major Japanese cities. The International Society for Ecological Modelling Global Conference 2017, South Korea, 2017年9月19日	口頭発表
2017	国際学会	Kazuo Nadaoka (Tokyo Tech): Reef ecosystem modeling and subjects for its further development, SOI Coral Reef Planning Workshop, Hotel Nikko San Francisco, USA, 2017年10月30-31日	招待講演
2017	国際学会	Masahiro Nakaoka (Hokkaido Univ), Kenji Sudo (Hokkaido Univ), Takehisa Yamakita (JAMSTEC), Teruhisa Komatsu (Univ of Tokyo), Hiroya Yamano (NIES), Hiroya Sugisaki (FREA), Kazuaki Tadokoro (FREA), Katsunori Fujikura (JAMSTEC), Hiroyuki Yamamoto (JAMSTEC), Yoshihisa Shirayama (JAMSTEC). Integrative Observations and Assessments of Asian Marine Biodiversity by J-BON and related activities in Japan. CERF2017, Providence Convention Center, U.S.A., 2017年11月5日-9日	口頭発表
2017	国内学会	Lawrence Patrick Bernardo (Tokyo Tech), Kazuo Nadaoka (Tokyo Tech), Takashi Nakamura (Tokyo Tech), Atsushi Watanabe (Tokyo Tech): Linking regional and local water temperature trends for Shiraho Reef, Okinawa, Japan based on sensor data analyses and numerical simulations. 日本サンゴ礁学会第20回大会、東京都目黒区(東京工業大学)、2017年11月23日-26日	口頭発表
2017	国内学会	中村隆志(東工大)、安岡潤(東工大)、Sahadev Sharma(ハワイ大)、江川遼平(東工大)、森尚大(東工大)、吉開仁哉(東工大)、出浦孝之(東工大)、諏訪 鍊平(森林総研)、灘岡和夫(東工大): マングローブ植生動態モデルの開発のための植生動態モデルSEIB-DGVMと3次元流動モデルROMSの結合システム. 日本サンゴ礁学会第20回大会、東京都目黒区(東京工業大学)、2017年11月23日-26日	口頭発表
2017	国内学会	灘岡和夫(東工大): サンゴ礁生態系のレジリエンス向上のための包括的陸現負荷対策の必要性と課題、日本サンゴ礁学会第20回大会、東京都目黒区(東京工業大学)、2017年11月23日-26日	口頭発表
2017	国内学会	天野慎也(東工大)、中村隆志(東工大)、渡邊 敦(東工大)、Lawrence Bernardo(東工大)、Ratino Sith(カンボジア工大)、宮島利宏(東大)、灘岡和夫(東工大): 石垣島名蔵湾を対象とした三次元海水流動・水温シミュレーションによるサンゴ白化リスク評価と生残可能域の検討. 日本サンゴ礁学会第20回大会、東京都目黒区(東京工業大学)、2017年11月23日-26日	ポスター発表
2017	国内学会	渡部耕太(東工大)、中村隆志(東工大)、渡邊 敦(東工大)、Lawrence Patrick BERNARDO(東工大)、白井秀治(東工大)、灘岡和夫(東工大): 白保裾礁内における水・熱収支モデルの構築. 日本サンゴ礁学会第20回大会、東京都目黒区(東京工業大学)、2017年11月23日-26日	ポスター発表
2017	国内学会	山田武輝(東工大)、中村隆志(東工大)、中山美織(東工大)、灘岡和夫(東工大): Google Earth画像を用いたSpectral Unmixing法によるサンゴ礁域の水深および生物群集被度の同時推定. 日本サンゴ礁学会第20回大会、東京都目黒区(東京工業大学)、2017年11月23日-26日	ポスター発表
2017	国内学会	白井秀治(東工大)、中村隆志(東工大)、渡邊 敦(東工大)、渡部耕太(東工大)、灘岡和夫(東工大): 流動環境下における造礁サンゴ群集の代謝応答の現場観測. 日本サンゴ礁学会第20回大会、東京都目黒区(東京工業大学)、2017年11月23日-26日	ポスター発表
2017	国内学会	Kazuo Nadaoka (Tokyo Tech): How can we contribute for Coral Triangle coastal ecosystem conservation under changing local and global environments? 日本サンゴ礁学会第20回大会公開シンポジウム、東京都目黒区(東京工業大学)、2017年11月26日	口頭発表
2017	国際学会	Kazuo Nadaoka (Tokyo Tech): Blue CARES project - a new challenge for elucidating blue carbon ecosystem dynamics and services to enhance its conservation and climate change mitigation, SCESAP 3rd International Biodiversity Symposium Cebu 2017, University of the Philippines Cebu, 2017年12月4日-9日	招待講演
2017	国際学会	Masaya Yoshikai (Tokyo Tech), Takashi Nakamura (Tokyo Tech), Ryohei Egawa (Tokyo Tech), Jun Yasuoka (Tokyo Tech), Atsushi Watanabe (Tokyo Tech), Sahadev Sharma (Univ. hawaii), Kazuo Nadaoka (Tokyo Tech): Development of a vegetation-soil-hydrodynamics coupling model for assessing blue carbon dynamics in mangrove areas. SCESAP 3rd International Biodiversity Symposium Cebu 2017, University of the Philippines Cebu, 2017年12月4日-9日	口頭発表
2017	国際学会	Takashi Nakamura (Tokyo Tech), Masaya Yoshikai (Tokyo Tech), Kazuo Nadaoka (Tokyo Tech): Developing an integrated model system of blue carbon dynamics: From local-scale organic-carbon productions to regional-scale dispersion, decomposition and deposition. SCESAP 3rd International Biodiversity Symposium Cebu 2017, University of the Philippines Cebu, 2017年12月4日-9日	口頭発表
2017	国際学会	Masahiro Nakaoka (Hokkaido Univ), Mizuho Namba (Hokkaido Univ), Kenji Sudo (Hokkaido Univ), Hyojin Ahn (Hokkaido Univ) and Jun Shoji (Hiroshima University). Evaluation of multiple ecosystem services from seagrass beds in Japan: Synergetic effects or trade-offs of blue carbon services?. SCESAP 3rd International Biodiversity Symposium Cebu 2017, University of the Philippines Cebu, 2017年12月4日-9日	口頭発表
2017	国際学会	Ryo Kohsaka (Tohoku Univ), Yuta Uchiyama (Tohoku Univ), Ai Tashiro (Tohoku Univ), Mi Sun Park (Seoul National Univ). Sustainable Tourism Managements with Regional Designations and Geographical Indications: Experience from Rural Areas in Japan. The 83rd TOSOK International Tourism Conference, South Korea, 2018年2月12日	口頭発表
2017	国内学会	仲岡雅裕・須藤健二(北大): 海洋生物多様性の現状と将来予測、保護区選定、第65回日本生態学会大会. 札幌市(札幌コンベンションセンター)、2018年3月18日	口頭発表

2017	国内学会	脇田和美(東海大)・石川智士(地球研)・黒倉 壽(Hunet ASA): 沿岸環境保全行動に影響を及ぼす要因: フィリピン・パナイ島の漁村Pololにおける住民アンケート調査結果. 平成30年度日本水産学会春季大会. 東京都港区(東京海洋大学品川キャンパス)、2018年3月27日-29日	口頭発表
2018	国際学会	Yuta Uchiyama (Tohoku Univ), Ryo Kohsaka (Tohoku Univ): Why urban biodiversity matters? The motivations for cities to develop conservation and education programs. The 8th EAFES International Congress, Nagoya University, Nagoya, 2018年4月21日	口頭発表
2018	国際学会	Haruka Imai (Tohoku Univ), Ryo Kohsaka (Tohoku Univ), Thoru Nakashizuka (RIHN): Citizen science data as an approach for study of connection with nature: Trends of 15 years in observation frequency for 12 species by students and adults in Sendai. The 8th EAFES International Congress, Nagoya University, Nagoya, 2018年4月21日	口頭発表
2018	国際学会	Takashi Nakamura (Tokyo Tech), Masaya Yoshikai (Tokyo Tech), Jun Yasuoka (Tokyo Tech), Sahadev Sharma (University of Malaya), Ryohei Egawa (Tokyo Tech), Naohiro Mori (Tokyo Tech), Takayuki Ideura (Tokyo Tech), Rempei Suwa (JIRCAS), Kazuo Nadaoka (Tokyo Tech): Coupled model system of vegetation model SEIB-DGVM and ocean model ROMS for modeling mangrove vegetation dynamics, Japan Geoscience Union Meeting 2018, Makuhari Messe, Chiba, May 20-24, 2018.	口頭発表
2018	国内学会	Kevin Muhamad Lukman (Tohoku Univ), Yuta Uchiyama (Tohoku Univ), Ryo Kohsaka (Tohoku Univ): Community Based Management of Mangrove Ecosystem in Java Island. 日本評価学会春季第15回大会, JICA地球ひろば, 東京, 2018年5月26日	口頭発表
2018	国内学会	Tomoshi Ichikawa (Tohoku Univ), Yuta Uchiyama (Tohoku Univ), Ai Tashiro (Tohoku Univ), Ryo Kohsaka (Tohoku Univ): Trends Academic discourse of environmental ODA: Quantitative Approaches in review research. 日本評価学会春季第15回大会, JICA地球ひろば, 東京, 2018年5月26日	口頭発表
2018	国際学会	Kazuo Nadaoka (Tokyo Tech): Various connectivity processes in tropical land-coastal-ocean coupling systems under changing environmental conditions, 4th Asia-Pacific Coral Reef Symposium, Marco Polo Plaza Hotel, Cebu, Philippines, 2018年6月4日-8日	招待講演
2018	国際学会	Kenji Sudo (Hokkaido Univ), Masahiro Nakaoka (Hokkaido Univ): Broad-scale estimation of distribution and biomass of tropical seagrass beds covering the whole coastlines of Southeast Asia, World Seagrass Conference 2018, National University of Singapore, Singapore, 2018年6月12日	ポスター発表
2018	国際学会	Masahiro Nakaoka (Hokkaido Univ), Kenji Sudo (Hokkaido Univ): Revising the distribution map of tropical seagrass beds in southeast Asia. World Seagrass Conference 2018, National University of Singapore, Singapore, 2018年6月14日	口頭発表
2018	国際学会	Shuichiro Kajima (Tohoku Univ), Ai Tashiro (Tohoku Univ), Yuta Uchiyama (Tohoku Univ), Ryo Kohsaka (Tohoku Univ): Diffusion of Forest Policy towards Sustainable Use and Governance of Natural Resources: Event History Analysis of Regional Forest Policy in Japan. Circular Economy for Agri-Food Resource Management 2018, Seoul University, Seoul, 2018年6月15日	口頭発表
2018	国際学会	Ai Tashiro (Tohoku Univ), Yuta Uchiyama (Tohoku Univ), Ryo Kohsaka (Tohoku Univ): Marine Circular Economy towards Community-Based Post-Disaster Reconstruction: Experience of a Small Coastal Town, Northeast Japan. Circular Economy for Agri-Food Resource Management 2018, Seoul University, Seoul, 2018年6月15日	口頭発表
2018	国際学会	Yuta Uchiyama (Tohoku Univ), Ai Tashiro (Tohoku Univ), Shuichiro Kajima (Tohoku Univ), Ryo Kohsaka (Tohoku Univ): REDD+ for Blue Carbon Ecosystems: A Literature Review. Circular Economy for Agri-Food Resource Management 2018, Seoul University, Seoul, 2018年6月15日	口頭発表
2018	国際学会	Ryo Kohsaka (Tohoku Univ), Shuichiro Kajima (Tohoku Univ), Ai Tashiro (Tohoku Univ), Yuta Uchiyama (Tohoku Univ), Misun Park (Seoul Univ): The Political Ecology of Regional Names on Agricultural Products; Governing Boundaries and Qualities through Geographical Indications. Circular Economy for Agri-Food Resource Management 2018, Seoul University, Seoul, 2018年6月15日	口頭発表
2018	国際学会	Ryo Kohsaka (Tohoku Univ): Transition to a Cycle-Oriented Society in Japanese Agriculture and Knowledge System: From Traditional Knowledge in Satoyama, Geographical Indications and Agriculture 4.0. Circular Economy for Agri-Food Resource Management 2018, Seoul University, Seoul, 2018年6月15日	招待講演
2018	国際学会	Yuta Uchiyama (Tohoku Univ), Ryo Kohsaka (Tohoku Univ): How Does Accessibility Affect the Perceived Values by Visitors of Tourism Resources? Quantitative Analysis of Academic Literature of MAB and GIAHS. COMSA 2018, Mitsui Garden Hotel, Hiroshima, 2018年8月3日	口頭発表
2018	国際学会	Kazuo Nadaoka (Tokyo Tech): Integrated multi-scale models on coastal ecosystem dynamics under changing local and global environmental conditions, 1st National Blue Carbon Symposium, Philippines Red Cross Logistics and Training Center, Subic, Philippines, 2018年9月20日-21日	招待講演
2018	国際学会	Masaya Yoshikai (Tokyo Tech), Takashi Nakamura (Tokyo Tech), Sahadev Sharma (University of Malaya), Jun Yasuoka (Tokyo Tech), Ryohei Egawa (Tokyo Tech), Rempei Suwa (JIRCAS), Kazuo Nadaoka (Tokyo Tech): Modeling of Mangrove Growth and Species Composition along Soil Salinity Gradient, 1st National Blue Carbon Symposium, Philippines Red Cross Logistics and Training Center, Subic, Philippines, 2018年9月20日-21日	口頭発表

2018	国際学会	Ryo Kohsaka (Tohoku Univ), Shuichiro Kajima (Tohoku Univ), Yuta Uchiyama (Tohoku Univ): Citizen science and science-policy interface: Towards sustainable forest managements. 10th International Conference on Ecological Informatics, Universität Jena, Germany, 2018年9月24日	口頭発表
2018	国際学会	Kazuo Nadaoka (Tokyo Tech): Roles and Applicability of Seagrass Bed Remote Sensing for Blue Carbon Assessment, ASEAN Workshop on Carbon Sink and Sequestration in Coastal Ecosystem from Science to Economic Value and Policy, LIPI-PO2, Jakarta, Indonesia, 2018年10月2日-5日	招待講演
2018	国際学会	Kazuo Nadaoka (Tokyo Tech): Climate change and ecosystem health - How to properly adapt and mitigate climate change?, RTRC MarBEST Coral Health Index Training, Bali, Indonesia, 2018年10月22日-25日	招待講演
2018	国際学会	Kazuo Nadaoka (Tokyo Tech): Integrated coastal ecosystem dynamics modeling for coral triangle areas under changing environmental conditions, 4th Int. Conf. Tropical and Coastal Region Eco-Development, Patra Hotel and Convention, Semarang, Indonesia, 2018年10月30日-31日	招待講演
2018	国内学会	Kevin Muhamad Lukman (Tohoku Univ), Shuichiro Kajima (Tohoku Univ), Kaoru Kakinuma (Tohoku Univ), Yuta Uchiyama (Tohoku Univ), Ryo Kohsaka (Tohoku Univ): Comparative Analysis of Indonesia's Mangrove Policy at National and Regional Level -An Experience from BlueCARES Project for Governance of Blue Carbon Ecosystem. 林業経済学会2018年秋季大会, 筑波大学, 2018年11月18日	口頭発表
2018	国際学会	Kazuo Nadaoka (Tokyo Tech): Climate change and blue carbon, Launching of Future Earth Philippines Program (FEPP), Manila Hotel, Philippines, 2018年11月19日	招待講演
2018	国際学会	Kazuo Nadaoka (Tokyo Tech): A blue carbon project for coral triangle based on various integrated approaches, 2nd Regional Conf. on Sustainability Initiative in the Marginal Seas of South and East Asia (SIMSEA), Manila Hotel, Philippines, 2018年11月19日	招待講演
2018	国内学会	灘岡和夫(東工大): コーラル・トライアングル沿岸生態系保全と温暖化緩和貢献に向けてーフィリピン・インドネシアとのSATREPSプロジェクト紹介、日本サンゴ礁学会第21回大会公開シンポジウム「アジア太平洋のサンゴ礁・沿岸環境保全・管理における日本の役割」、那覇市(沖縄県青年会館)、2018年11月22日	招待講演
2018	国内学会	中村 隆志(東工大), 灘岡 和夫(東工大), 樋口 富彦(東大・大海研), 宮島 利宏(東大・大海研), 山本 高次郎(東工大), 渡邊 敦(東工大), Ariel C. BLANCO (UPD): サンゴの生体内応答を基にした白化現象のモデル化と礁スケールへの拡張、日本サンゴ礁学会第21回大会、沖縄県中頭郡西原町(琉球大学)、2018年11月22日-25日	口頭発表
2018	国際学会	Yuta Uchiyama (Tohoku Univ), Ai Tashiro (Tohoku Univ), Ryo Kohsaka (Tohoku Univ): Sustainable managements of green and blue infrastructures in urban areas with rapid aging: Citizens' attitudes toward their neighboring environment. Urban Transitions 2018, Meliá Sitges Hotel Congress Centre, Spain, 2018年11月26日	ポスター発表
2018	国際学会	Ryo Kohsaka (Tohoku Univ), Yuta Uchiyama (Tohoku Univ): Municipal urban biodiversity managements with participation of citizens and collaboration of multiple sectors: Challenges and potentials. Urban Transitions 2018, Meliá Sitges Hotel Congress Centre, Spain, 2018年11月26日	ポスター発表
2018	国際学会	Ai Tashiro (Tohoku Univ), Yuta Uchiyama (Tohoku Univ), Ryo Kohsaka (Tohoku Univ): Residents' preferable option for Green infrastructure: A case study of disaster-stricken urban areas, Japan. Urban Transitions 2018, Meliá Sitges Hotel Congress Centre, Spain, 2018年11月26日	ポスター発表
2018	国際学会	Kazuo Nadaoka (Tokyo Tech): The BlueCARES Project and the EAS Initiative, East Asian Seas (EAS) Congress 2018, Iloilo Convention Center, Iloilo, Philippines, 2018年11月27日-30日	招待講演
2018	国際学会	Marie Rogel (Tohoku Univ), Garry Jay Montemayor (UPD), Yuta Uchiyama (Tohoku Univ), Ryo Kohsaka (Tohoku Univ): Human-Nature Perspectives and Intention to Participate: Engaging Forest Dwellers in Citizen Science for Biodiversity Conservation. 15th International Conference on Environmental, Cultural, Economic & Social Sustainability, UBC Robson Square, Vancouver, Canada, 2019年1月17日	口頭発表
2018	国際学会	Marie Rogel (Tohoku Univ), Garry Jay Montemayor (UPD), Yuta Uchiyama (Tohoku Univ), Ryo Kohsaka (Tohoku Univ): Citizen Science for Forest Biodiversity Conservation: What Shapes Intention to Participate? Citizen Science Association Conference 2019, Raleigh Convention Center, North Carolina, USA, 2019年3月13日	口頭発表
2018	国内学会	柿沼薫(東北大), 内山愉太(東北大), 梶間周一郎(東北大), 香坂玲(東北大): 極端な気象現象による人々の移動: アジアにおける比較、日本生態学会第66回全国大会、兵庫県神戸市(神戸国際会議場)、2019年3月17日	ポスター発表
2018	国内学会	仲岡雅裕(北大)・山北剛久(JAMSTEC)・荒木仁志(北大)・山野博哉(国立環境研)・白山義久(JAMSTEC): AP-MBON によりアジアの海洋生物多様性の研究を推進する、第66回日本生態学会大会、神戸国際会議場、神戸、2019年3月17日	口頭発表
2019	国内学会	中村 隆志(東工大)、樋口 富彦(東大)、宮島 利宏(東大)、Bernardo Lawrence Patrick C.(東工大)、灘岡 和夫(東工大)、渡邊 敦(笹川平和財団)、藤村 弘行(琉大): サンゴのポリプスケールにおける白化現象のモデル化とリーフスケールへの拡張。日本地球惑星科学連合2019年大会、千葉県千葉市(幕張メッセ)、2019年5月26日-30日	招待講演

2019	国内学会	Lawrence Patrick Cases Bernardo(東工大), Takashi Nakamura(東工大), Kazuo Nadaoka(東工大). Numerical simulation of typhoon events in Sekisei Lagoon, Okinawa, Japan using a coupled ocean-wave model. 日本地球惑星科学連合2019年大会、千葉県千葉市(幕張メッセ), 2019年5月26日-30日	ポスター発表
2019	国内学会	Jay Mar Quevedo (Tohoku Univ.), Ryo Kohsaka (Nagoya Univ.), 内山愉太(Nagoya Univ.). Perceptions of coastal communities on blue carbon ecosystems services at the municipalities of Eastern Samar and Western Visayas, Philippines. 日本地球惑星科学連合2019年大会、千葉県千葉市(幕張メッセ), 2019年5月26日-30日	ポスター発表
2019	国内学会	Jay Mar Quevedo (Tohoku Univ.), Ryo Kohsaka (Nagoya Univ.), 内山愉太(Nagoya Univ.). Ecosystems services of Mangrove Ecosystems from local perspectives: utilization and awareness in the municipalities of Aklan and Eastern Samar, Philippines. 第29回 日本熱帯生態学会年次大会、北海道大学, 2019年6月16日	口頭発表
2019	国際学会	Masaya Yoshikai (Tokyo Tech), Takashi Nakamura (Tokyo Tech), Sahadev Sharma (Univ. Malaya), Jun Yasuoka (Tokyo Tech), Ryohei Egawa (Tokyo Tech), Rempei Suwa (JIRCAS), Kazuo Nadaoka (Tokyo Tech): Modeling coupled dynamics of mangrove photosynthesis, transpiration, and species composition under soil salinity gradient. Mangrove Macrobenthos & Management 2019, Joyden Hall, Singapore, 2019年7月1-5日	ポスター発表
2019	国際学会	Ryo Kohsaka(Nagoya Univ.), Yuta Uchiyama(Nagoya Univ.), Kaoru Kakinuma(Shanghai Univ.), Jay Mar, D. Quevedo(Tohoku Univ.), Kevin Muhamad Lukman(Tohoku Univ.), Dheanara Pinka(Tohoku Univ.): Evaluating the Current Issues and Challenges on Blue Carbon Ecosystems from Social Science and Policy Perspectives. Mangrove Macrobenthos & Management 2019, Joyden Hall, Singapore, 2019年7月1-5日	ポスター発表
2019	国際学会	Jay Mar, D. Quevedo(Tohoku Univ.), Kaoru Kakinuma(Shanghai Univ.), Yuta Uchiyama(Nagoya Univ.), Ryo Kohsaka(Nagoya Univ.): Blue carbon local governance in the Philippines: Analysis of the mangrove management plans in municipal level. Mangrove Macrobenthos & Management 2019, Joyden Hall, Singapore, 2019年7月1-5日	ポスター発表
2019	国際学会	Kevin Muhamad Lukman(Tohoku Univ.), Ryo Kohsaka(Nagoya Univ.), Yuta Uchiyama(Nagoya Univ.), Kaoru Kakinuma(Shanghai Univ.): Local Policies and Activities for Mangrove Conservation in Indonesia: Suggestion for Sustainable Aquaculture. Mangrove Macrobenthos & Management 2019, Joyden Hall, Singapore, 2019年7月1-5日	ポスター発表
2019	国内学会	Kazuo Nadaoka (Tokyo Tech): Challenges in Blue Carbon Studies, PAMS15, ASU Banga, Kalibo, Phippines, 2019年7月4-6日	口頭発表
2019	国際学会	T E Angela Quiros, Masahiro Nakaoka, Reynante Ramilo, Muammar Soniega, Helbert Garay: Blue Carbon and Ecosystem Services in Mangroves and Seagrasses: a comparative case study approach, 29th International Congress for Conservation Biology (ICCB 2019), Kuala Lumpur, Malaysia, 2019年7月21-25日	口頭発表
2019	国際学会	Faisal Amri (Tokyo Tech), Takashi Nakamura (Tokyo Tech), Lawrence Patrick C. Bernardo (Tokyo Tech), Kazuo Nadaoka (Tokyo Tech): Regional Scale Seawater CO2 System Modeling in Coral Triangle Area: Preliminary Result. 16th Annual Meeting of the Asia-Oceania Geosciences Society (AOGS), Suntec City, Singapore, 2019年7月28日-8月2日	ポスター発表
2019	国際学会	Masahiro Nakaoka (Hokkaido University): Biodiversity and ecosystem service of seagrass beds in East and Southeast Asia: Current status and challenges, International Conference on Climate Change and Natural Disasters in the Asia-Pacific Region, FEFU, Vladivostok, 2019年8月14日	招待講演
2019	国際学会	Jay Mar, D. Quevedo(Tohoku Univ.), Yuta Uchiyama(Nagoya Univ.), Ryo Kohsaka(Nagoya Univ.): Mangrove Forests & Coastal Residents: Understanding the Management and Local Threats in the Municipalities of Eastern Samar and Aklan, Philippines. Transforming Approaches to Forests & Forestry through Traditional and Local Knowledges, Canada, Vancouver, 2019年8月22日	口頭発表
2019	国際学会	Kazuo Nadaoka (Tokyo Tech): Recent Progress in Blue Carbon Ecosystem RS Monitoring and Modeling, 2nd ASEAN Workshop on "Carbon Sink and Sequestration in Coastal Ecosystem: from Science to Policy", Jakarta, Indonesia, 2019年9月2-5日	招待講演
2019	国際学会	Ryo Kohsaka (Nagoya Univ.), Yuta Uchiyama(Nagoya Univ.), Kaoru Kakinuma(Shanghai Univ.), Jay Mar, D. Quevedo(Tohoku Univ.), Kevin Muhamad Lukman(Tohoku Univ.): Application of REDD+ scheme for Blue Carbon Ecosystem Management: Potentials and Challenges, XXV IUFRO World Congress. Brazil, Curitiba, 2019年10月1日	口頭発表
2019	国際学会	Kazuo Nadaoka (Tokyo Tech): Remote Sensing Application for Seagrass Beds Blue Carbon Monitoring, RTRC MarBEST training course on assessment of carbon stock and sequestration in seagrass ecosystem, Bintan,, Indonesia, 2019年11月4-11日	招待講演
2019	国際学会	Kazuo Nadaoka (Tokyo Tech): Toward sustainable and resilient blue carbon ecosystem management under changing environments, 5th International Conference on Fisheries and Aquatic Sciences (ICFAS), Tacloban, Philippines, 2019年11月6-7日	招待講演
2019	国内学会	中村 隆志(東工大)、樋口 富彦(東大)、宮島 利宏(東大)、Agostini Sylvain(筑波大)、湯山 育子(筑波大)、安田 直子(琉大)、藤村 弘行(琉大): 光阻害過程とサンゴの白化現象のモデル化。日本サンゴ礁学会第22回大会、北海道札幌市(北海道大学), 2019年11月8日-11日	口頭発表

2019	国際学会	Kazuo Nadaoka (Tokyo Tech): Brief Introduction of BlueCARES Project, Joint workshop by JST, UKRI and DOST on “Working together for sustainable coastal communities: a multi-funder approach to maximize development impact”, Boracay, Philippines, 2019年12月4-5日	招待講演
2019	国内学会	T.E. Angela L. Quirosa (Hokkaido University), Masahiro Nakaoka (Hokkaido University): Blue carbon and ecosystem services: a case of small-scale fisheries in mangroves and seagrasses. Rufford Small Grants Philippines conference, Quezon City, Philippines, 2020年2月7日	招待講演
2019	国内学会	Satoru Tahara (Hokkaido University), Kenji SUDO (Hokkaido University), Takehisa Yamakita (JAMSTEC), Masahiro Nakaoka (Hokkaido University): Application of deep learning for mapping seagrass beds: is it possible to classify seagrass species from drone images? 第67回日本生態学会大会、名城大学、名古屋市、2020年3月7日	ポスター発表
2019	国内学会	T. Miyajima (AORI UT). Characteristics of organic carbon in coastal carbonate sediment accompanied by seagrass meadows. JpGU Meeting 2019, A-CG44 28.05.2019	口頭発表
2019	国際学会	R. Ray (AORI UT). Coastal Blue Carbon: Recent Assessments, New Methods, Data Syntheses and Advance in Carbon Finance. Biogeoscience (BG10, Session Chair), Asia Oceania Geoscience Society (AOGS), Singapore, 31.07.2019	口頭発表
2019	国際学会	Takehiro Tanaka and Keita Furukawa, “Prospects for practical “Satoumi” implementation for Sustainable Development goals: lessons learnt from the Seto Inland Sea, Japan”, Proceedings of Coast Bordeaux Symposium and of the 17th French – Japanese Oceanography Symposium, 2019.10., pp.309-317	口頭発表
2020	国際学会	Masahiro Nakaoka (Hokkaido University), Takehisa Yamakita (JAMSTEC), Mark J. Costello (Nord University), Development of Asia-Pacific Marine Biodiversity Observation Network (AP MBON), GEOBON Open Science Conference 2020、オンライン、2020年7月8日	口頭発表
2020	国内学会	中村 隆志 (東工大)、Bernardo Lawrence Patrick C. (東工大)、宮島 利宏 (東大): 沿岸域における系外流出した有機物の追跡シミュレーション手法の開発、JpGU-AGU Joint Meeting 2020、オンライン、2020年7月12日	ポスター発表
2020	国内学会	Lawrence Patrick Cases Bernardo (東工大)、Takashi Nakamura (東工大)、Kazuo Nadaoka (東工大): Detection of fine scale water temperature trends through long-term continuous monitoring in Shiraho Reef, Okinawa, Japan, JpGU-AGU Joint Meeting 2020、オンライン、2020年7月12日	ポスター発表
2020	国内学会	Masaya Yoshikai (Tokyo Tech), Takashi Nakamura (Tokyo Tech), Sahadev Sharma (Univ. Malaya), Jun Yasuoka (Tokyo Tech), Ryohei Egawa (Tokyo Tech), Rempei Suwa (JIRCAS), Kazuo Nadaoka (Tokyo Tech): Modeling mangrove growth dynamics affected by soil salinity and species composition. JpGU-AGU Joint Meeting 2020、オンライン、2020年7月12日	ポスター発表
2020	国際学会	T.E. Angela L. Quirosa (Hokkaido University), Masahiro Nakaoka (Hokkaido University): Blue Carbon and Ecosystem Services: small-scale fisheries in mangroves and seagrasses; Busuanga Island, Philippines. International Marine Conservation Congress (IMCC), Online, 2020年8月20日	口頭発表
2020	国内学会	中村隆志 (東工大)、岡本拓也 (東工大)、Ratino SITH (Institute of Technology of Cambodia), Lawrence P. C. BERNARDO (東工大、北大)、灘岡和夫 (東工大): 沿岸生態系における陸源負荷影響評価のための陸域—海域統合モデルシステム。日本サンゴ礁学会第23回大会、オンライン、2020年11月21日—23日	口頭発表
2020	国内学会	Amri F (東工大)、Nakamura T (東工大): Examination of Sea Surface Current and Temperature Pattern in the Central Part of Coral Triangle Area after 2015-2016 El Niño: A Modeling. 日本サンゴ礁学会第23回大会、オンライン、2020年11月21日—23日	口頭発表
2020	国際学会	Masahiro Nakaoka (Hokkaido University), Angela Quiros (Hokkaido University), Kenji Sudo (Hokkaido University): Current distribution of seagrass beds in Southeast Asia. World Conference of Marine Biodiversity 2020、オンライン、2020年12月14日	ポスター発表
2020	国際学会	Masahiro Nakaoka (Hokkaido University), Takehisa Yamakita (JAMSTEC), Mark J. Costello (Nord University): Establishing Asia-Pacific Marine Biodiversity Observation Network (AP MBON). オンライン、2020年12月14日	口頭発表
2020	国内学会	Masahiro Nakaoka (Hokkaido University), Angela Quiros (Hokkaido University), Kenji Sudo (Hokkaido University): Recent distribution, temporal change and conservation status of tropical seagrass beds in Southeast Asia. 第68回日本生態学会、オンライン、2021年3月19日	ポスター発表
2021	国際学会	Takashi Nakamura (Tokyo Tech), Faisal Amri (Tokyo Tech), Lawrence Patrick C. Bernardo (Hokkaido Univ), Kazuo Nadaoka (Tokyo Tech), Masakazu Hori (FRA), Masami Hamaguchi (FRA), Toshihiro Miyajima (AORI, UT). Two-way nested blue carbon tracing simulation for elucidating fate of effused organic carbon from coastal ecosystems. JpGU-AGU Joint Meeting 2021、オンライン、2021年5月30日—6月6日	口頭発表
2021	国際学会	Takashi Nakamura (Tokyo Tech), Takafumi Sakuma (Tokyo Tech), High-spatiotemporal-resolution hindcast simulation for reproducing coral reef environments in Sekisei Lagoon, Okinawa, Japan. JpGU-AGU Joint Meeting 2021、オンライン、2021年5月30日—6月6日	口頭発表

2021	国際学会	R. Kohsaka(Nagoya Univ.), J.M.D. Quevedo(Tohoku Univ.), K.M. Lukman(Tohoku Univ.), Y. Uchiyama. Local perception as a scientific evidence for managing blue carbon ecosystems for climate mitigation and adaptation. UN Climate Change Conference (online), 1-2 June 2021.	ポスター発表
2021	国内学会	J.M.D. Quevedo(Tohoku Univ.), Y. Uchiyama(Nagoya Univ.), R. Kohsaka(Nagoya Univ.). Applying DPSIR framework for blue carbon ecosystems assessment: The case of Busuanga Island, Philippines. JpGU Annual Meeting 2021 (online), 3 June 2021.	ポスター発表
2021	国内学会	T.Miyajima (AORI, UT), M. Hamaguchi (FRA), T. Nakamura (Tokyo Tech), H. Katayama (AIST), M. Hori (FRA). Detecting mangrove- and seagrass-derived eDNA from deep-sea sediment around Yaeyama Islands: Implication for offshore blue carbon sequestration. JpGU Annual Meeting 2021 (on-line), 3 June 2021.	ポスター発表
2021	国内学会	木原友美, 檀浦正子, 諏訪鍊平, 小野賢二, 西表島におけるマングローブ(Brugiera gymnorrhiza)の細根呼吸量の測定, 第31回熱帯生態学会, 2021年6月	口頭発表
2021	国内学会	小野賢二, 藤本 潔, 平田泰雅, 田淵隆一, 谷口真吾, 渡辺 信, 古川恵太, 諏訪鍊平, Saimon, L., Continuous inflow estimate法によるミクロネシア連邦におけるマングローブ林細根生産量の定量と群落間比較, 日本地球惑星科学連合2021年大会, 2021年6月	口頭発表
2021	国内学会	Suwa, Rempei and Sahadev, Sharma, Blue Carbon Researches on Mangroves in Asian Regions to achieve SDGs, 第31回熱帯生態学会, 2021年6月	口頭発表
2021	国際学会	Takashi Nakamura (Tokyo Tech), Modeling coral polyp-scale bleaching phenomenon and upscaling to reef-scale. 14th International Coral Reef Symposium, Online, July 19-23, 2021	口頭発表
2021	国際学会	Faisal Amri (Tokyo Tech), Takashi Nakamura (Tokyo Tech), Kazuo Nadaoka (Tokyo Tech). Low-Frequency Sea Surface Warming Mode Surrounding the Maritime Continent. The 3rd International Conference on Maritime Sciences and Advanced Technology (MSAT), Online. Aug. 5-6, 2021	口頭発表
2021	国際学会	Keita Furukawa, Kazuo Nadaoka, Midori Kawabe, Lou Xiaobo, Masashi Kodama, Hiroshi Yagi, Takashi Nakamura, Yushi Morioka, ICM Scale-up: Exploring a Public-Private Partnership Framework for the Revitalization of Tokyo Bay, Japan, EMECS13 (on-line), 7-8 Sep. 2021.	口頭発表
2021	国際学会	T. E. Angela L. Quiros, Kenji Sudo, Masahiro Nakaoka Blue carbon and ecosystem services: a case of small-scale fisheries in mangroves and seagrasses in the Philippines, World Fisheries Congress 2021, オンライン, 2021年9月21-24日	口頭発表
2021	国際学会	Keita Furukawa, Stakeholder Engagement for Process of Coastal Ocean Assessment for Sustainability and Transformation (COAST Card), 20th International River Symposium, 28 Sep. 2021.	口頭発表
2021	国際学会	Nadaoka, K. Comprehensive Assessment and Conservation of Blue Carbon Ecosystems and their Services in the Coral Triangle (BlueCARES) Project, A COP26 side event, Glasgow, "The Ocean Decade: catalysing climate action in Asia and the Pacific", November 6, 2021	招待講演
2021	国際学会	Masahiro Nakaoka, Introduction of ML2030 and related activities/organization, UN Decade of Ocean Science for Sustainable Development (2021-2030) Regional Kickoff Conference for the Western Pacific and its Adjacent Areas, オンライン, 2021年11月25日	口頭発表
2021	国内学会	Takashi Nakamura (Tokyo Tech), Atsushi Watanabe (OPRI), Lawrence P. C. Bernardo (Hokkaido Univ), Oumou K. D. Ba (Tokyo Tech), Takafumi Sakuma (Tokyo Tech), Soyoka Muko (FRA), Kazuo Nadaoka (Tokyo Tech), Hiroyuki Fujimura (Univ. Ryukyus), 26-year high spatiotemporal resolution hindcast simulation for reproducing the coral reef environment in Sekisei Lagoon, Okinawa, Japan. 日本サンゴ礁学会第24回大会, 2021年11月27日-29日	口頭発表
2021	国内学会	古川恵太・藤本 潔・小野賢二・渡辺 信・谷口真吾・平田泰雅・羽佐田紘大・諏訪鍊平・Saimon Lihpai, 海面上昇によるマングローブ林の土砂輸送過程変化に関する予察的検討ー長期変化解析への試案ー, 第27回日本マングローブ学会, 2021年12月5日	口頭発表
2021	国内学会	木原友美, 檀浦正子, 諏訪鍊平, 小野賢二, 渡辺信, 藤本潔, 西表島のマングローブ2種(オヒルギ、ヤエヤマヒルギ)における細根呼吸特性, 第27回マングローブ学会, 2021年12月	口頭発表
2021	国際学会	Nadaoka, K., Combating combined threats of climate change and local drivers on coastal ecosystems in Coral Triangle, 15th Regional Conf. in Environ. Eng., Online, Jan 17, 2022	招待講演
2022	国際学会	Masaya Yoshikai, Takashi Nakamura, Keita Furukawa, and Kazuo Nadaoka. Numerical analysis of tidal flow and sedimentation in mangrove forests using a new drag model. 2nd National Blue Carbon Symposium, Online, May 24-25, 2022.	口頭発表
2022	国際学会	Jay Mar D. Quevedo, Yuta Uchiyama, Kevin Muhamad Lukman, and Ryo Kohsaka. Analyzing coastal management plans of select municipalities in the Philippines for Blue Carbon concepts. 2nd National Blue Carbon Symposium, Online, May 24-25, 2022.	口頭発表

2022	国内学会	Ahmed Eladawy and Takashi Nakamura. Integrated Modelling and Mapping for Assessing Red Sea Coastal Ecosystem Vulnerability to Multiple Stressors. JpGU Meeting 2022, Hybrid (in-person & online), 2022年5月22日 - 27日	口頭発表
2022	国内学会	Faisal Amri, Takashi Nakamura, and Kazuo Nadaoka. Anthropogenically Forced Multidecadal Sea Surface Temperature Variability in the Indo-Pacific Warm Pool. JpGU Meeting 2022, Hybrid (in-person & online), 2022年5月22日 - 27日	口頭発表
2022	国内学会	中村 隆志、宮島 利宏、樋口 富彦、Agostini Sylvain、湯山 育子、藤村 弘行. 流動-物質循環-サンゴポリブスケール白化の結合モデルによる石西礁湖のサンゴ白化シミュレーション, JpGU Meeting 2022, Hybrid (in-person & online), 2022年5月22日 - 27日	口頭発表
2022	国内学会	平田 皓大、寺山 玲美、樋口 富彦、中村 隆志、藤村 弘行、アゴスティーニ シルバン. 熱ストレス下における造礁サンゴの光合成と光阻害, JpGU Meeting 2022, Hybrid (in-person & online), 2022年5月22日 - 27日	ポスター発表
2022	国内学会	吉開 仁哉、中村 隆志、古川 恵太、灘岡 和夫. Numerical analysis of tidal flow in mangrove forests using a new drag parameterization accounting for three-dimensional root structures, JpGU Meeting 2022, Hybrid (in-person & online), 2022年5月22日 - 27日	口頭発表
2022	国際学会	Furukawa, K., How can economic measures enhance BCE conservation?, 2nd National Blue Carbon Symposium, Online, 2022年5月24日 - 25日	口頭発表
2022	国内学会	Masahiro Nakaoka. Introduction to Seagrass Ecosystem, OBPS Workshop "Best Practices in Seagrass Monitoring: Towards Global and Long-term Monitoring System" Online, 2022年10月7日	口頭発表
2022	国内学会	仲岡雅裕. 世界と日本のアマモ場～国際共同研究でわかってきたその役割と現状～. 全国アマモサミット2022, 千葉県立館山総合高等学校水産校舎, 2022年10月28日	招待講演
2022	国際学会	Nadaoka, K., "Toward integrated network-based management for SEA Coastal Zone including G-B Link framework", 2022 PEMSEA Network of Local Governments for Sustainable Coastal Development (PNLG) Forum, Tangerang Regency, Indonesia, 25-29 October 2022	招待講演
2022	国際学会	Furukawa, K., Blue Carbon Ecosystem Restoration as Climate Action - with Local, National and Regional Cooperation -, The Symposium on Global Maritime Cooperation and Ocean Governance 2022, 2022年11月3-4日	招待講演
2022	国内学会	古川恵太・藤本潔・小野賢二・渡辺信・羽佐田紘大・柳澤英明・木原友美・中村航, 海面上昇下における群落レベルでのマングローブ立地変動とその規定要因の定量分析ー短期砂泥輸送観測の試行ー, 第28回マングローブ学会, 2022年12月3日	口頭発表

招待講演

29

件

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)	灘岡 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

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

付随的成果

日本政府、社会、産業への貢献	<ul style="list-style-type: none"> ・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	<ul style="list-style-type: none"> ・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	<ul style="list-style-type: none"> ・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	<ul style="list-style-type: none"> ・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(ポスドク・学生)の育成
技術及び人的ネットワークの構築	<ul style="list-style-type: none"> ・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)	<ul style="list-style-type: none"> ・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

ブルーカーボン生態系統合モデルシステム開発
複合ストレス下でのブルーカーボン生態系の多段階的応答過程の解析・予測を可能とする

ブルーカーボン生態系広域マッピングリモセンと地上観測による広域的カーボンストック量とその経年変化の評価を可能とする

ブルーカーボン動態モニタリング
新たな包括的モニタリング手法によりブルーカーボン生態系・炭素動態を解明する

温暖化対策貢献評価
沿岸生態系保全のブルーカーボンを通じての地球環境対策貢献の内容を評価可能にする

生態系サービスの一環としてのブルーカーボン機能強化策
トレードオフ関係にある全生態系サービス向上とブルーカーボン機能増進の両立を可能にする計画論

ブルーカーボン生態系の多様な生態系サービスの包括的評価
地域住民が生態系保全努力によって得られる多様な便益を定量的に評価可能にする

フィリピン・インドネシア間連携
合同調査:1回以上、相互研修交流:2回以上

相手国代表機関センター機能強化
短期研修招聘:プロジェクト期間中延べ15~20名以上、長期研修(学位取得):同1~2名以上、機材供与・施設整備:2年目までに実施

Core-and-Networkシステム構築
インドネシア側:20組織以上、フィリピン側:15組織以上の参加、持続的広域モニタリング体制の構築と運用

ブルーカーボン戦略の策定
いくつかの地域での試行的実践やステークホルダーとの協議を踏まえた戦略の策定。提言のための冊子等の作成

ブルーカーボン生態系将来予測
統合モデルシステム等に基づき種々の将来発展・環境負荷シナリオに対する将来予測を可能にする

関連政府機関等との協議によるブルーカーボン戦略立案方針設定と更新
1年目以降随時

(備考) 12個の各ボックス項目の達成度を、ボックス下端から上端までを100%として、ボックス内の青色のセグメントの長さで示している

モニタリング・モデリング

生態系サービス評価

Core-and-Network構築

ブルーカーボン戦略