

地球規模課題対応国際科学技術協力

(生物資源研究分野「生物資源の持続可能な利用に資する研究」領域)

フィリピン国統合的沿岸生態系保全・適応管理

(フィリピン共和国)

平成 21 年度実施報告書

代表者：灘岡 和夫

東京工業大学・大学院情報理工学研究科・教授

<平成 21 年度採択>

1. プロジェクト全体の実施の概要

生物多様性が豊かな東南アジア沿岸域では、人為的環境負荷や地球環境変動の影響が複合的に作用することによって、生態系の劣化が急速に進行しつつある。本プロジェクトでは、フィリピンの沿岸生態系を対象として、高い生物多様性と防災機能を安定的に維持し、かつ、地域コミュニティーの持続的発展を可能とするための新たな沿岸生態系保全管理スキームを構築・展開することを目指す。具体的には、フィリピンにおける沿岸生態系の生物多様性維持機構を明らかにすると共に、環境ストレスの実態を包括的に評価し、多重ストレス下の生態系応答・回復過程や、ストレスをもたらす地域コミュニティーの社会経済構造を分析する。それらを踏まえて、ストレス制御や沿岸生態系回復力強化に有効な地域コミュニティー管理やMPA（海洋保護区）ネットワーク等のあり方を提示することを目的とする。

H21 年度はプロジェクト初年度であり、6 月から暫定研究期間が始まったが、H22 年 2 月 25 日に R/D が締結されたことから、JST-JICA スキームでのフィリピン側との共同調査研究は H22 年 3 月から開始することになった。そのため、H21 年度の大半は共同プロジェクト開始にむけての準備的な活動にあてられた。具体的には、H21 年 7 月 3-4 日と同年 9 月 28 日・10 月 2 日に、それぞれ日本国内（東京工業大学）、および相手国（フィリピン大学ディリマン校・ビサヤ校）において本プロジェクトの立ち上げ準備と具体的な共同研究の実施計画立案や運営体制の検討のためのキックオフ・ミーティングを開催した。また、フィリピン大学ディリマン校の Dr. Blanco と Dr. Parangit をそれぞれ 8 月下旬および 10 月下旬に 2 週間、招聘し、本プロジェクトの本格実施に備えた準備作業を共同で行った。さらに、各グループにおいて、生物・生態学的調査分析手法の確立のための予備的な検討、水質サンプルの効率的な処理・分析のための予備的な検討、様々な分野からなる合同調査体制のあり方についての検討、様々な数値モデルの開発に向けての検討等を行った。また、今後の本格的な合同調査研究実施に向けての予備的な調査を、H22 年 3 月 1 日-12 日に、フィリピンの数海域において実施する予定である。これらを通じて、H22 年 3 月からの JST-JICA スキームによる本格的な国際共同研究プロジェクトの実施に向けての順調な立ち上げと準備作業を行うことができた。

2. 研究グループ別の実施内容

(1) モデル開発・評価グループ（東京工業大学）

「統合モデル開発による多重ストレス環境変動の定量的評価と広域生態系応答予測」(Comprehensive assessment and prediction of multiple environmental stresses and ecosystem response based on an integrated simulation model system)

① 研究のねらい

生態学グループや地球化学グループあるいは各グループとの共同調査で得られる生物過程や物質循環に関する現地調査データをベースとして、多重環境ストレスの包括的な評価と予測、及び生態系のストレス応答を定量的かつ包括的に評価するための統合モデルを開発する。開発に当たっては、当該海域が、太平洋-インド洋結合海域に位置する多島海域であり、モンスーン・台風域という気象特性を有することから、それらを合理的に反映することが出来るこれまでにない統合物理流動・物質循環モデルを開

発する。そして、それをベースとして、沿岸生態系への多重ストレスの包括的・定量的評価を可能とするモデル体系を構築するとともに、さらに幼生分散過程モデルをカプリングさせることにより、reef connectivityへの多重ストレス影響の定量的評価と予測が可能なモデルを開発する。さらに、様々な環境負荷の発生源に関する地域コミュニティの社会・経済構造等の調査分析を行い、環境負荷発生の評価モデルの開発を行う。これらの成果に基づいて、地域社会の持続的発展を踏まえた合理的な環境負荷制御のための指針づくりに資する科学的知見を提供する。

②研究実施方法

1) フィリピン多島沿岸域を対象とした統合物理流動・物質循環モデル開発に向けての予備的検討
様々な時空間スケールでのフィリピン多島沿岸域統合物理流動・物質循環モデルを開発するべく、Mindoro 島・Puerto Galera 湾-Verde Island Passage 海峡、Luzon 島 Bolinao 沿岸-Lingayan Gulf、同 Laguna 湖-Manila 湾、Panay 島-Guimaras 島における海水流動・水質動態解析数値シミュレーションモデルの開発検討を行った。また、陸源負荷モデル開発に関して、Laguna 湖-Manila 湾周辺流域、Lingayan Gulf 周辺流域（特に Agno 川流域）、Panay 島内流域を対象とした、陸源負荷モデル開発のための基礎的検討を行った。さらに、Luzon 島全体、Panay 島全体を対象とした広域陸源負荷モデル開発のための予備的検討を行った。

2) フィリピンにおける現地調査（3月上-中旬）

上記のモデル開発予定海域及び陸域に関して、モデル開発及び検証に必要となる、海水流動、栄養塩・有機物等の水質動態、陸源負荷動態等に関する現地観測を行う。このうち、Bolinao、Puerto Galera、Guimaras (Taklong)の3海域においては、生態学グループならびに地球化学グループと共同で調査を行う。また、すべての現地調査は、フィリピン側共同研究者 (Fortes 氏、Campos 氏ら) の協力のもとに行う。モデル開発・評価グループでは、Lingayan Gulf-Agno 川流域、Laguna 湖、Panay 島周辺においても調査を実施予定である。

3) 相手国側研究メンバーの招聘

相手国研究参画機関の主要メンバーであるフィリピン大学ディリマン校のDr. BlancoとDr. Paringitをそれぞれ8月下旬および10月下旬に研究代表者の研究室（東京工業大学）に2週間招聘し、本プロジェクトの本格実施に備えた準備を行った。Dr. Blancoは、研究代表者の研究室（東京工業大学）において、「熱帯多島海域沿岸生態系における多重環境負荷評価」という本プロジェクトにおける主要テーマに関する研究実施計画策定に関わる詳細検討作業や、別予算で購入予定の新たな現地用計測機器（本プロジェクトでフィリピンにおいて使用予定）のパフォーマンスチェック作業を沖縄・石垣島において研究代表者らの調査チームと合同で行った。Dr. Paringitは、研究代表者の研究室（東京工業大学）において、本プロジェクトにおける主要アプローチの一つである衛星リモートセンシングをベースとした沿岸生態系マッピングに関わる実施計画策定検討ならびに予備的研究を行った。

③当初の計画（全体計画）に対する現在の進捗状況

本グループの全体計画における主たる役割は、様々な数値モデル開発とその応用解析・評価を行うことにあるが、そのベースとなる、フィリピン多島沿岸域を対象とした統合物理流動・物質循環モデルの開発や陸源負荷モデルの開発に関しては、全体計画よりある程度先行して進めていっており、既にある程度の成果が得られつつある。また、関連する現地調査に関しても、Bolinao-Lingayan GulfやLaguna Lake、Puerto Galera等で現地データが得られつつあり、モデル開発／検証に活かされ

ている。

④カウンターパートへの技術移転の状況（日本側および相手国側と相互に交換された技術情報を含む）
上記のキックオフ会合での議論や2人の招聘者との共同作業等を通じて、今後の共同研究を通じての技術移転のあり方や研修候補者の選定方法について検討した。

⑤当初計画では想定されていなかった新たな展開があった場合、その内容と展開状況（あれば）
特になし。

（2）生態学グループA（北海道大学・仲岡雅裕、高知大学・中村洋平、横浜市立大学・田中義幸）

研究題目：「生態学的アプローチによる熱帯沿岸生態系の生物多様性・生態系機能維持機構と多重ストレス応答評価」（Ecological approach to elucidate maintenance mechanisms and multiple stresses responses of biodiversity and functioning of tropical coastal ecosystem）

①研究のねらい

フィリピン沿岸海域における人為的開発の程度および種類が異なる複数のモデル海域を対象に、生物学的モニタリング、群集動態の広域比較解析、室内・野外操作実験などの生態学的アプローチを用いることにより、サンゴ礁・海草藻場・マングローブ連成系の基本的特性と、多重ストレスに対する生物群集および生態系プロセスの反応機構を解明する。さらに、他グループとの共同解析により、幼生や種子による分散を通じた海洋生物の空間動態を明らかにすることにより、多重ストレスに対する生物群集および生態系の応答を広域空間スケールで評価する。また、持続的な生物学的モニタリングを通じた沿岸生態系の影響評価を可能にするための現地スタッフ・学生等に対する生態学的手法に関する教育・技術指導を行う。

②研究実施方法

フィリピンにおいて選定した複数の調査域において、現地の生物多様性および生物群集構造の概括的な評価を目的とした観測とサンプリングを実施する。具体的には、①主要一次生産者（海草類、サンゴ類、マングローブ類）低次消費者・分解者（無脊椎動物）、高次消費者（魚類）の時空間変動を標準化したモニタリング方法で調査し、方法論を確立させると共に、主要生物の生物量および種多様性の空間変異様式を明らかにする。②local habitat 内での生物多様性・生態系機能の相互連成構造を明らかにするため、主に高次消費者（キーストン種）である魚類を対象に耳石解析および音響テレメトリーによる分散移動プロセスの解析を検討する。

また、生態学グループB（分子生態学グループ）と合同で、フィリピン全域および各調査域の2つの空間スケールで主要植物、ベントス種の広域空間動態・分散様式を明らかにすることにより、生物多様性・生態系機能の変動に対する沿岸生態系の空間構造の影響を評価する。

さらに、地球化学グループおよびモデル開発・評価グループと合同で、各調査海域における主要な環境ストレスを特定し、その強度および生態系に与える影響の評価方法の検討を開始する。本グループは、人為的に環境条件を操作した室内および野外実験系を確立し、環境ストレスに伴う主要生物群集の生産性の変異について、生理生態学的・個体群生態学的な測定により明らかにする。

これらの実施に当たっては、現地スタッフ・学生と共同で行い、方法論および技術の習得に向けて指

導する。

③当初の計画（全体計画）に対する現在の進捗状況

全体計画に記載された研究は 22 年 3 月から開始されたばかりである。平成 21 年度は日本国内および相手国におけるミーティングと予備的な現地視察を通して、研究計画の実施可能性を調査するとともに、計画内容の具体化させ、現地カウンターパートの連携の在り方の確認、調査地の選定作業、各調査予定地における調査環境（設備等）の整備状況のチェックを行った。

④カウンターパートへの技術移転の状況（日本側および相手国側と相互に交換された技術情報を含む）

本年度は技術移転の進め方、および候補者の選定方法について議論を行った。

⑤当初計画では想定されていなかった新たな展開があった場合、その内容と展開状況（あれば）

特になし。

(3) 生態学グループ B（東京大学・練春蘭）

「分子生物学的アプローチによる熱帯沿岸生態系の生物多様性・生態系機能維持機構と多重ストレス応答評価」(Molecular biology approach to elucidate maintenance mechanisms and multiple stresses responses of biodiversity and functioning of tropical coastal ecosystem)

①研究のねらい

熱帯沿岸生態系における生物多様性・生態系維持機構の解明やストレス影響評価、さらには本研究プロジェクトで重要テーマの一つとして掲げている海洋保護区 (MPA) の合理的設定ならびに維持管理手法の開発・提言を行う上で鍵となる reef connectivity の実態解明を、集団遺伝学的解析に基づいて行う。具体的には、フィリピン各地の沿岸域でフィリピン側との共同調査により採取した海草やその他のサンゴ礁海産生物のサンプルについて、遺伝子解析を行う。主要種については、多型性が高くかつ共優性の DNA マーカーであるマイクロサテライトマーカー (SSR) を用いた DNA 多型解析を行い、集団間の交流頻度の推定を行う。各個体群からランダムに採集した個体を対象に、集団内多様性 (平均アليل頻度など)、集団間遺伝距離 (Fst など) を求め、遺伝子頻度の差異からメタ個体群のソース・シンク構造を推定する。さらに、全種の結果を総合してフィリピンの沿岸域の生物多様性評価を行う。

②研究実施方法

本研究グループでは、①フィリピン側との共同調査により、海草やその他のサンゴ礁海産生物は情報収集・現地調査によって、フィリピン全域における分布が明確化される。②主要種について SSR マーカーを開発し、集団単位で遺伝子解析を行い、遺伝的多様性や集団間遺伝距離、集団間の遺伝子流動、遺伝構造などのパラメーターを明らかにする。③最終的に、モデル開発・評価グループとの協力により、フィリピン全域での調査対象種の個体群のソース・シンク構造を推定し、reef connectivity の実態を明らかにする。

③当初の計画（全体計画）に対する現在の進捗状況

平成 21 年度は、①フィリピン側の協力により、フィリピン全域における海草分布情報を入手した。これに基づいて調査予定地を確定した。②2009 年 9 月下旬から 10 月上旬にかけて、Bolinao, Puerto Galera, Taklong Island の 3 箇所から、研究対象海草 5 種、Cymodocea rotundata, Cymodocea serrulata,

Syringodium isoetifolium, Enhalus acoroides と Thalassia hemprichii, それぞれ 20~40 個体をサンプリングした。③Syringodium isoetifolium から、10 個の有効な SSR マーカーを作成した。

④カウンターパートへの技術移転の状況（日本側および相手国側と相互に交換された技術情報を含む）

フィリピン側のカウンターパートに DNA 解析用の海草の採集法について教授した。

⑤当初計画では想定されていなかった新たな展開があった場合、その内容と展開状況（あれば）特になし。

（4）地球化学グループ（東京大学海洋研究所・宮島利宏、長崎大学水産学部・梅澤有）

研究題目：「物質循環把握に基づく沿岸生態系への多重ストレス波及過程の解明」

(Evaluation of multiple environmental stresses and their propagation process across coastal ecosystems -- a biogeochemical approach)

①研究のねらい

本年度を含めた研究期間全体の前半においては、熱帯沿岸海域における多重環境ストレスの伝播と生態系の応答を解明することをねらいとする包括的な沿岸海域モニタリングのシステムを構築し実用化することを主たる目標とする。今年度は研究活動を開始する準備として、調査対象海域の視察と選定の作業を進めた。

②研究実施方法

地球化学グループでは、(1)現場設置型各種計測装置による連続モニタリングを基盤として、(2)年 2 回程度の集中観測による環境負荷の生物・堆積物マッピング調査、(3)環境解析のための先端的な化学分析手法（同位体比質量分析、核磁気共鳴法など）の適用、(4)モデル開発・評価グループとの協力による栄養塩・懸濁物等の流出負荷モデルの開発とそれを利用した環境予測、(5)生態学グループとの協力による生物群集-環境相互作用の解析という複合的なアプローチを併用していく予定である。

③当初の計画（全体計画）に対する現在の進捗状況

全体計画に記載された研究は 22 年 3 月から開始されたばかりである。平成 21 年度は日本国内および相手国におけるミーティングと予備的な現地視察を通して、研究計画の実施可能性を調査するとともに、計画内容の具体化させ、現地化カウンターパートの連携の在り方の確認、調査地の選定作業、各調査予定地における調査環境（設備等）の整備状況のチェックを行った。

④カウンターパートへの技術移転の状況（日本側および相手国側と相互に交換された技術情報を含む）

本年度は技術移転には着手していない。

⑤当初計画では想定されていなかった新たな展開があった場合、その内容と展開状況（あれば）特になし。

3. 成果発表等

(1) 原著論文：国内 0 件、国際 0 件

(2) 特許出願：(国内：0 件、海外：0 件)

4. プロジェクト実施体制

(1) モデル開発・評価グループ (統合モデル開発による多重ストレス環境変動の定量的評価と広域生態系応答予測)

① 研究グループリーダー：灘岡 和夫 (東京工業大学・教授)

② 研究項目

- ・多重ストレス評価モデルのベースとしての「大気－陸域－沿岸域－海洋」統合物理流動・物質循環モデルの開発
- ・統合モデルに基づく熱帯沿岸生態系への多重ストレス変動の定量的評価と生態系の動的応答予測
- ・統合物理流動・物質循環モデルと幼生分散過程モデルのカプリングによる reef connectivity への多重ストレス影響の定量的評価と予測
- ・台風や油流出等の episodic event による沿岸生態系への負荷評価モデル開発と応用

(2) 生態学グループ A (生態学的アプローチによる熱帯沿岸生態系の生物多様性・生態系機能維持機構と多重ストレス応答評価)

① 研究グループリーダー：仲岡 雅裕 (北海道大学・教授)

② 研究項目

- ・沿岸主要生物群集の時空間動態把握のためのモニタリング方法の標準化の検討
- ・local habitat 内での生物多様性・生態系機能の相互連成構造
- ・耳石解析および音響テレメトリーによる熱帯沿岸生態系の高次消費者の動態の解明
- ・多重ストレスに対する生物群集および生態系プロセスの反応機構の解明

(3) 生態学グループ B (分子生物学的アプローチによる熱帯沿岸生態系の生物多様性・生態系機能維持機構と多重ストレス応答評価)

① 研究グループリーダー：練 春蘭 (東京大学・准教授)

② 研究項目

- ・熱帯沿岸生態系における海草やその他のサンゴ礁海産生物の集団遺伝学的解析による生物多様性評価
- ・集団遺伝学的解析による熱帯沿岸生態系における reef connectivity の実態解明

(4) 地球化学グループ (物質循環把握に基づく沿岸生態系への多重ストレス波及過程の解明)

① 研究グループリーダー：宮島 利宏 (東京大学・助教)

②研究項目

- ・熱帯沿岸生態系への陸源負荷の作用過程の解明
- ・熱帯沿岸生態系を含む広域系としての海－陸統合系における物質循環の時空間動態解明
- ・地球環境変動影響とローカル環境ストレスの複合作用過程の解明
- ・CO₂ 放出・吸収特性から見た沿岸生態系の評価

以上