

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生産・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・適応管理プロジェクト

(フィリピン共和国)

平成 25 年度実施報告書

代表者: 灘岡 和夫

国立大学法人東京工業大学大学院情報理工学研究科 教授

<平成 21 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ともに、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とともに、地域社会における沿岸生態系保全・適応戦略策定を支援するシステムの社会実装やそのベースとなるモニタリングシステムの現地展開を図ることを目的とする。

H21 年 6 月からの暫定研究期間を経て、H22 年 2 月 25 日に R/D が締結され、同年 3 月 1 日から、SATREPS スキームによる 5 年間プロジェクトである本プロジェクトが正式にスタートした。本プロジェクトでは、5 つの重点調査研究サイトとして、1) Luzon 島 Bolinao 沿岸－Lingayen 湾および周辺流域、2) 同 Laguna 湖－Manila 湾および周辺流域、3) Mindoro 島・Puerto Galera 湾－Verde Island 海峡、4) Panay 島沿岸－Guimaras 海峡および周辺流域、5) Mindanao 島 Naawan 周辺沿岸域および周辺流域、を設定し、さらに比較研究サイトとして 6) 沖縄・石垣島東海岸リーフ海域および周辺流域を設定している。また、Panay 島北西端近くに位置する Boracay 島を重点調査サイトとして追加することが H24 年 11 月に開催された第 3 回 JCC において承認された。プロジェクト開始直後の H22 年 3 月には、このうちの 1), 3), 4) において予備調査を実施し、また同年 6 月には 5) で現地視察を行った。そして、同年 8 月中旬～9 月上旬と H23 年 8 月中旬～9 月上旬、H24 年 7 月下旬～8 月上旬に 6) において、また H22 年 9 月中～下旬および H23 年 2 月～3 月、同年 8 月下旬～9 月、H24 年 2 月下旬～3 月中旬、同年 9 月下旬～9 月下旬、H25 年 2 月下旬～3 月下旬、同年 9 月上旬～10 月中旬に 1), 3), 4), 5) において合同集中調査を実施した。2) に関しては Laguna 湖開発公社(LLDA) との協定の下に長期連続定点モニタリング等を実施している。また、Boracay に関しては、H24 年 5 月中旬(現地視察)と同年 9 月下旬(予備的調査)、12 月中旬と H25 年 3 月中旬、9 月中旬、10 月下旬、H26 年 3 月上旬に調査を実施した。これらと並行して、さまざまな数値モデルの開発や、リモートセンシング/GIS 解析、reef connectivity 解析用遺伝子マーカー開発・分析、採水サンプル室内分析等が精力的に進められた。また、モデル・評価グループが中心となって、CCMS(Continuous and Comprehensive Monitoring System)のコアとなるプラットフォームの設置と種々のロガータイプ計測機器の実装を 5 重点サイトにおいて行い、モニタリングを継続している。さらに、やはり同グループが中心となって、本プロジェクトの主要な社会実装項目である IDSS(Integrated Decision Support System)の開発や Damage Potential Map の開発等を進めてきている。

本プロジェクトでは、日本側、フィリピン側双方ともさまざまな分野・研究機関の研究者が数多く参画していることから、メンバー間の十分な意思疎通を図り分野横断・統合的な調査研究計画を立てていくことが重要になる。そこで H22 年 4 月に国内会合を開催するとともに、同年 6 月には第 1 回合同調整委員会(JCC-1)の前日に Bilateral Technical Workshop (BTW-1) を開催した。H23 年 6 月には、第 2 回合同調整委員会(JCC-2)の前日に第 1 回 National Conference/Workshop を開催した。さらに、H24 年 11 月には第 3 回合同調整委員会(JCC-3)の前日に第 1 回 Regional Symposium を開催した。また、本プロジェクトでは沿岸生態系保全と地域コミュニティーの持続的発展の両立を可能とする新たな沿岸生態系保全管理スキームの構築・展開とその社会実装を目指していることから、対象とする地域コミュニティーの抱えている問題や要望の把握がきわめて重要になる。

また現地調査を実施していく上で、地元の理解と協力が不可欠である。そこで、上記の Boracay を含む 6 重点サイトを中心に site-based workshop を数多く開催することにより、各地元のさまざまな関係者に対してプロジェクトの説明を行うとともに意見交換を行う機会を頻繁に持つように努めている。H22 年は、7 月に Bolinao で、また 8 月に Puerto Galera で開催し、H23 年には 3 月に Guimaras 海峡に面する Banate および 6 月に Mindanao 島の Laguindingan で、H24 年には 3 月に Puerto Galera および Laguindingan で開催した。さらに、H25 年 3 月には、Banate、Boracay でそれぞれの IDSS 関係のテーマを中心に site-based workshop を開催するとともに、Laguna 湖の IDSS を中心としたテーマで UP-MSI において workshop を開催した。H25 年 6 月には第 4 回合同調整委員会 (JCC-1) の前日に 2nd Bilateral Technical Workshop (BTW-2) を開催した。さらに、H25 年 9 月に Banate、Boracay、Bolinao、H25 年 10 月に Laguindingan の計 4 サイトで Site-based workshop を開催し、プロジェクトの活動内容を紹介するとともに、地元からの本プロジェクトの成果の社会実装に向けての意見・要望を得る機会を持った。また、H26 年 3 月に Bolinao と Boracay で Site-based workshop を開催し、特に各サイトでの IDSS の開発の内容を紹介するとともに、その現地実装に向けての意見・要望を得る機会を持った。

本プロジェクトでは、人材育成も大きなテーマとして掲げている。H22、H23、H24 年、H25 年には、フィリピン側若手メンバー・RA をそれぞれ延べ 5 名、7 名、9 名、10 名日本に招へいし、現地計測・室内分析手法の習得や衛星画像解析技術、数値シミュレーション技術等のスキルアップを図る機会を提供するとともに、石垣島での合同調査への参加等を通してプロジェクトにおける各調査研究テーマに対する理解を深め、今後のプロジェクトの推進に際して主要な役割を担って頂けるように務めた。また 2 名の JICA 長期研修員を博士課程学生として受入れ、さらに国費留学生 2 名 (1 名は博士課程学生、もう 1 名は修士課程学生に入学しさらに博士課程進学) を受け入れ済みである。

また、一般の方々に本プロジェクトの活動を具体的に知って頂くとともに、環境・生態系保全に関わる現地の様々な問題点や日本の貢献の可能性などを学ぶ機会を提供することを目的として、HIS との共同で、Puerto Galera を訪問先とするエコ・スタディ・ツアーを H24 年 2 月に実施した。

2. 研究グループ別の実施内容

2.1 モデル開発・評価グループ (東京工業大学)

研究題目: 「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との共同調査で得られる生物過程や物質循環等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システムを開発する。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超多島複雑海域であり、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多段階スケール統合物理流動・物質循環モデルシステムを開発する。そして、それらをベースとして、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、多重ストレスの下での生態系応答評価、さらには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システムを開発する。さらに、様々な環境負荷の発生源に関わ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。これらのモデル開発と関連する現地調査は、生態学グループや地球化学グループ、フィリピン側メンバーとの密接な連携のもとに進める。それらの成果に基づいて、5年間のプロジェクト期間の後半では、本プロジェクトの基本ミッションである「多重ストレス下での熱帯沿岸生態系の緩和・適応スキームの構築」に関わるいくつかの具体的なアウトプット、すなわち、

- a) ストレス緩和策立案のためのストレス生成・波及過程と熱帯沿岸生態系の環境収容力の合理的評価スキームの構築
- b) 沿岸生態系ネットワークにおけるコア・ハビタート同定および環境ストレス評価に基づく熱帯沿岸生態系の回復強化策としての MPA ネットワーク設定とその維持・向上方策の提言
- c) 多重ストレス評価・予測に基づく熱帯沿岸生態系の広域的ダメージポテンシャルマップの作成
- d) 多重ストレス環境変動と生態系応答の常時モニタリングシステム(CCMS)の構築と現地展開
- e) 緩和・適応スキームの社会実装ツールとしての統合的意志決定支援システム(IDSS)の構築と運用のための人材育成
- f) 環境ストレス発生源および制御主体としての地域コミュニティの社会構造分析と統合沿岸管理

の達成に向けて、他グループやフィリピン側メンバーとともに重点的に取り組む。

②研究実施方法

1) フィリピン多島沿岸域を対象とした多段階スケール統合物理流動・物質循環・生態系応答モデル開発

リーフ・スケール<湾・海峡スケール<島全体スケール<フィリピン全域スケールという多段階スケールでのフィリピン多島沿岸域を対象とした物理流動・物質循環・生態系応答統合モデルシステムを開発する。5つの重点調査サイトおよびその周辺海域のうち、プロジェクト初期段階では、Mindoro 島・Puerto Galera 湾ーVerde Island 海峡、Luzon 島 Bolinao 沿岸ーLingayen 湾、同 Laguna 湖ーManila 湾、Panay 島沿岸ーGuimaras 海峡を主たる対象としてモデル開発を行う。また、比較研究サイトである沖縄石垣島東海岸リーフ海域を対象としたモデル開発も併行して行う。(プロジェクト後半からは、Mindanao 島 Laguindingan 海岸およびその周辺域をモデル開発対象として、Boracay 島沿岸域を数値シミュレーション解析対象として加えている。)また、海域モデルのみならず、隣接する流域からの陸源負荷モデル開発と、さらにそのモデルを駆動するための降雨等の気象条件を与えるための地域気象モデルをリンクさせた「大気ー陸域ー沿岸域ー海洋」統合物理流動・物質循環モデルの開発を行うことにより、多重ストレス評価・予測モデルのベースを構築する。陸源負荷モデルの開発対象としては、Laguna 湖ーManila 湾周辺流域、Lingayen Gulf 周辺流域(特に Agno 川流域)、Panay 島内流域、比較サイトとしての沖縄石垣島を当面の主対象とする。さらに、Luzon 島全体、Panay 島全体といったスケール、さらにはフィリピン全域を対象とした広域陸源負荷モデル開発を順次行う。さらに、上記海域モデルに幼生分散過程モデルをカプリングさせることにより多段階スケールでの reef connectivity 解析と多重ストレス影響の定量的評価・予測のためのモデルシステムを開発する。Connectivity モデル開発と応用解析にあたっては、生態学グループA、Bと密接に連携を取る。6重点サイトおよび比較サイトの石垣島を中心に環境負荷の発生源に関わ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。

2) フィリピンにおける現地調査

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現地データを取得するための海水流動、栄養塩・有機物等の水質動態、底質特性、陸源負荷動態、生物群集動態、生態系プロセス等に関

する現地観測を地球化学グループや生態学グループ、フィリピン側メンバーと共同で実施する。H22 年は、3 月上旬～中旬に Bolinao、Puerto Galera、Guimaras で予備的調査を実施し、また、6 月には Mindanao 北部沿岸と Cagayan de Oro 川流域を視察した。そして、8 月中旬～9 月上旬に石垣島東海岸において、また9 月中～下旬に Bolinao-Lingayen 湾および周辺陸域、Guimaras 海峡および周辺陸域、Puerto Galera-Verde Island 海峡において合同集中調査を実施した。H23 年の2 月下旬～3 月中旬と9 月上旬～下旬、および H24 年の 2 月下旬～3 月中旬に Bolinao-Lingayen 湾および周辺陸域、Guimaras 海峡および周辺陸域において合同集中調査を実施した。H25 年 2 月下旬～3 月中旬に Laguindingan、Banate 湾で合同調査を実施した。H25 年 9 月には Bolinao と Banate 湾周辺(流域調査も含む)で合同調査を実施し、H26 年 3 月には Guimaras 海峡に面する Panay 島側沿岸での高潮被災状況島の調査を行った。さらに H23 年の8 月中旬～下旬と H24 年7 月下旬～8 月上旬に石垣島東海岸で合同調査を実施した。追加重点調査サイトである Boracay に関しては、H24 年 5 月中旬(現地視察)と同年9 月下旬(予備的調査)、12 月中旬と H25 年 3 月中旬、9 月中旬、10 月下旬、H26 年 3 月上旬中旬に調査を実施した。Laguna 湖に関しては Laguna 湖開発公社(LLDA)との協定の下に長期連続定点モニタリング等を実施している。

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の一人であるフィリピン大学ディリマン校の Dr. Ariel Blanco を H22 年の 8 月中旬から9 月上旬にかけて研究代表者の研究室(東京工業大学)に招聘し、その間、本プロジェクトの比較サイトの一つである沖縄・石垣島での合同現地調査への参加を通じて、地下水を中心とした陸源環境負荷に関する現地調査を実施するとともに、調査データの整理・解析を行った。また、陸現環境負荷評価モデル開発に関する検討を上記研究室で実施した。また、H22 年 11 月下旬から 12 月上旬にかけて、同氏を上記研究室に同氏の RA である Ms. Ayin Tamondong とともに再び招へいした。その間、両氏は H22 年 12 月上旬につくばで開催された日本サンゴ礁学会第 13 回大会に参加し、関連する情報収集を行うとともに、Dr. Blanco は上記の H22 年 8 月の石垣調査で得られたデータ等に基づいて成果発表を行った。そして、上記研究室において、Dr. Blanco は上記の陸源負荷評価モデルを中心としたモデル開発検討を進め、Ms. Ayin Tamondongha は海草藻場の人工衛星マッピングや海草藻場を中心とした生態系モデル開発の予備検討を実施した。H23 年には、Dr. Siringan, Dr. Blanco, Ms. Danica Mancenido, Ms. Ed Carla Tomoling, Mr. Lawrence Bernardo の5 名を招へいし、沖縄石垣島の吹通川河口周辺沿岸域において、地下水流出に関する合同調査を実施した。また、フィリピン大学海洋研究所で修士課程を修了した Mr. Lawrence Patrick C. Bernardo を文科省国費留学生として H23 年 10 月から受け入れた。H24 年には、10 月から、MSU-Naawan の Assistant Professor の Mr. Dan Arriessgado、ならびに UP-MSI の RA の Ms. Charissa Ferrera を JICA 長期研修員として招聘し、ともに東京工業大学の博士課程学生として受け入れた。このうち Mr. Dan Arriessgado は H26 年 6 月までの殆どの時間、東大・練氏の研究室で指導を受ける形とし、生態学グループ B と密接に関わる形で活動している。また Ms. Charissa Ferrera は 1/3 程度の時間を東大・大気海洋研の宮島氏のもとで指導を受ける形とし、地球化学グループと密接に関わる形で活動している。さらに同年 10 月に Dr. Ariel Blanco, Mr. Jeark A. Principe, Ms. Sheryl Rose Reyes, Ms. Ed Carla Tomoling の 4 名を短期研修員として受け入れ、damage potential map 開発および IDSS 開発に関する検討を行った。H25 年には 12 月に、Dr. Ariel Blanco, Mr. Homer Pagkalinawan, Ms. Roseanne Ramos, Dr. Eugene C. Herrera, Mr. Bryan Clark Hernandez の 5 名を短期研修員として受け入れ、前年に引き続き damage potential map 開発および IDSS 開発に関する検討を行った。

さらに、Dr. Siringan を除くフィリピン側メンバー全員(Dr. McGlone, Dr. Fortes, Dr. Uy, Dr. Campos, Dr. Villanoy, Dr. Blanco, Dr. Herrera)を H23 年 7 月の第1 週に招へいし、東大大気海洋研究所、同アジア生物資

源環境研究センター、東工大大学院情報理工学研究科、北大厚岸臨海研究所の日本側プロジェクトメンバーの研究施設を視察して頂いた。また、厚岸臨海研究所の視察には日本側メンバーのほぼ全員も出席し同研究所でプロジェクト会合を行うとともに、周辺での巡検を行った。さらに、同様の試みを H24 年 6 月最終週に行い、フィリピン側メンバー全員(Dr. McGlone, Dr. Fortes, Dr. Uy, Dr. Campos, Dr. Siringan, Dr. Villanoy, Dr. Blanco, Dr. Herrera)を招へいして長崎大学において2日間にわたってプロジェクト会合を実施するとともに、長崎大学、高知大学の日本側メンバーの研究施設を視察して頂いた。また、長崎県・諫早湾干拓堤防や高知県・柏島などの沿岸生態系保全関連現地サイトの巡検を行った。

4) 常時モニタリングシステム(CCMS)の構築・展開

包括的常時モニタリングシステム(CCMS)のコアとなるプラットフォームを5つの重点調査サイト(Bolinao(2地点)、Puerto Galera(2地点)、Laguna 湖(1 地点、ただし仮説的構造物)、Bolinao (多点係留ブイ形式を採用)、Laguindingan(1 地点))で H25 年 3 月までに全て設置完了し、運用を開始した。また、CCMS プラットフォームでの常時連続モニタリングに、定期的採水分析による水質モニタリングや生物的なモニタリングを加えた CCMS トータルシステムの確立と展開のための検討を生態学グループおよび地球化学グループとの共同で着手し、H24 年 12 月から Banate 湾ならびに周辺沿岸域において UP Visayas の Dr. Campos らのグループが中心となって定期的採水ならびに生物モニタリングを開始した。また、新重点調査サイトである Boracay では、同島で問題になっている White Beach の海浜浸食の常時モニタリングシステムとして、4地点で合計5つの CCTV カメラ(ウェブカメラ)を設置し、高波浪時の動的な海浜浸食過程とその前面での波動場の常時モニタリングを行うことを計画し、H25 年3月末までに CCTV カメラの 5 台のうちの 4 台の設置が完了し運用を開始している。

5) 統合的意志決定支援システム IDSS および Damage Potential Map の開発・展開

上記の種々のシミュレーションモデル群や現地調査結果、リモートセンシング画像解析結果、GIS データ等に基づいて統合的意思決定支援システム IDSS (Integrated Decision Support System)を重点サイトごと(Laguindingan を除く)に開発する。すでに、Bolinao, Laguna 湖, Banate, Boracay の各サイト用の IDSS に関しては、パイロット・モデルの開発をほぼ終了している。Puerto Galera に関しても開発を進めている。IDSS 開発に当たっては、最終的なユーザーである各サイトの地元の方々にその意義を十分理解して頂き、地元の要望を IDSS 開発に反映させることが重要になることから、これまで、各サイトでそれぞれ複数回にわたって現地ワークショップを開始してきている。IDSS の社会実装については、すでに Laguna 湖に関して主たるユーザーである LLDA への実装を進めてきている。また、これら全ての IDSS の開発に向けて、関連する数値シミュレーションモデルの高度化・汎用化や種々のデータベース開発、リモートセンシング画像解析などを進めてきている。さらに、これらの IDSS にも反映される予定の Damage Potential Map の開発を進めている。

6) スタディ・ツアーの実施

一般の方々に本プロジェクトの活動を具体的に知って頂くとともに、環境・生態系保全に関わる現地の様々な問題点や日本の貢献の可能性などを学ぶ機会を提供することを目的として、HISとの共同で、Puerto Galeraを訪問先とするエコ・スタディ・ツアーをH24年2月16日から6日間の予定で実施した。このスタディ・ツアーでは、一般からの参加者に、本プロジェクトで活動している日本やフィリピンの専門家の案内で現地を見学して頂くだけでなく、地元の関係者やフィリピンの大学生、さらには沿岸環境・生態系保全研究に関わっている日本の大学生とチームを組んでフィールドビジット等を行って頂いた。それによって、通常のエコ・ツアーでは得られない新たなエコ・ツアーの可能性を示す、一つの高質なパイロット・モデルを実現することができた。

② 当初の計画(全体計画)に対する現在の進捗状況

全体計画において本グループが主として担当しているテーマである「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」(【成果3】)に関しては、後で示す5.2に詳述しているように、フィリピン多島沿岸域や比較サイトとしての沖縄・石垣島沿岸域を対象とした統合物理流動・物質循環モデルや陸源負荷モデル、生態系応答モデル、幼生分散解析モデルなど、種々のモデル群の開発に関して、全体計画よりある程度先行して進めてきており、既にかなり成果が得られつつある。最終年度に向けて、これらのモデル群のさらなる高度化と統合化を推進し、IDSSへの組み込み等を行うとともに、さまざまな応用解析を行う予定である。また、関連する現地調査に関しても、Bolinao-Lingayen 湾やLaguna湖、Puerto Galera、Guimaras海峡、Laguindingan、Boracay、比較サイトの石垣島等でさまざまな現地データが得られてきており、モデル開発/検証に活かされている。社会経済的な調査にも最近力を入れてきており、それぞれ観光開発、過剰養殖、森林伐採等の土地利用・植生被覆の改変が沿岸生態系への大きな環境負荷要因となっているBoracay、Bolinao、Banateにおいて、それらの人為的環境負荷の発生・制御に関する社会・経済的構造や歴史的な背景の調査を行っている。その成果は、上記のIDSSの開発・応用において活かされる形になっている。なお、H23年度のJST追加予算により、全窒素・全リン分析ユニットや有機炭素分析装置(TOC,DOC分析用)、分光反射測定装置を導入することが出来、水質データ分析等を加速することが可能となった。

また、全グループが共同で取り組む「多重ストレス下での熱帯沿岸生態系の緩和・適応スキームの構築」(【成果4】)について、本グループでは、【活動4-1】や【活動4-3】に関わる沿岸域への複合ストレスの生成・波及過程のモデル化や【活動4-2】に関わる幼生分散シミュレーションに基づくreef connectivity解析等を進めている。さらに、本プロジェクトにおける主要な社会実装ツールとして位置づけている常時モニタリングシステム(CCMS)の構築(【活動4-4】)と現地展開【統合的意志決定支援システム(IDSS)の開発(【活動4-5】)において本グループは中心的な役割を果たしてきており、CCMSについては、先述のように、すでに5重点サイトでのCCMSの基盤的施設の設置を完了(ただしLaguna湖は暫定構造物)順次運用を開始している。また、前述のように、IDSSについては、Bolinao、Laguna湖、Banate、Boracayを対象にパイロット・モデルの開発をほぼ終了している。Puerto Galeraに関しても開発を進めている。IDSSの社会実装については、すでにLaguna湖に関して主たるユーザーであるLLDAへの実装を進めてきている。また、IDSS開発に関連する数値シミュレーションモデルの高度化・汎用化や種々のデータベース開発、リモートセンシング画像解析などを進めてきており、併せて、これらのIDSSにも反映される予定のDamage Potential Mapの開発を進めている。

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)

H22年4月の国内会合(日本側メンバーのみ)や、同年6月、9月、12月およびH23年6月の様々な現地合同会合での議論、H23年7月の厚岸でのプロジェクト合同会合、H24年1月の国内会合(日本側メンバーのみ)、H24年6月の長崎でのプロジェクト合同会合、H25年12月の国内会合(日本側メンバー+フィリピン側短期研修メンバー)および上記の招聘者ら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

Panay 島北西端近くに位置する Boracay 島を重点調査サイトとして追加することが H24 年 11 月に開催された第 3 回 JCC において承認された。Boracay 島はフィリピン国内の有数な国際的リゾート観光地の一つとして知られているが、近年、その最も重要な観光資源の一つである美しい砂浜が失われつつあり、それを何とか保全し再生することが喫緊の課題となっている。砂浜浸食の原因として、その前面のサンゴ礁生態系の劣化が強く関与していることが疑われているが、サンゴ礁生態系劣化には観光開発に伴うさまざまな人間活動が関与している

と考えられることから、Boracay 島は、観光開発を主体とする地域の持続的発展と沿岸生態系の保全の両立、という本プロジェクトで対象とする典型的な課題を抱えたサイトとなっている。そのようなことから、同島の生態系や環境保全の問題に以前から深く関わってきている Prof. Fortes からの強い推薦があり、昨年5月の現地視察を経て、上記の第3回 JCC でのサイト追加提案とその承認に至った次第である。すでに、同島では、同年9月下旬(予備的調査)、12月中旬とH25年3月中旬、9月中旬、10月下旬に調査を実施しており、海浜浸食の常時モニタリングシステムとしての CCTV カメラ(ウェブカメラ)4台の設置・運用も実現している。同島では、地元自治体やフィリピン商工会議所、NPO 団体等からの本プロジェクトに対する高い期待が有り、さまざまな協力も得ている。そのようなことから、これまで地元での workshop 等も既に数度開催している。

2.2 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、海洋研究開発機構・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。

平成22年においては、調査対象海域の選定と、生物学的モニタリングの方法の確立、および海洋生物の多重ストレス応答の測定法の開発を主目的とした野外調査および教育・技術指導を実施した。平成23年においては、選定した調査地・調査法により生物学的モニタリングを開始するとともに、前年度に引き続き、海洋生物の多重ストレス応答の測定、および教育・技術指導を実施した。平成24年度においては、サンゴ礁・海草藻場・マングローブ連成系の実証的調査、海洋生物のメタ個体群動態、および多重ストレスに対する主要生物の応答に関する実験的解析を開始した。平成25年度においては、前年度までの課題を引き続き実施すると共に、研究成果および既存知見を用いて、モデル開発・評価グループが主体となって構築する IDSS に対して、生態学的データの入力方法について検討を開始した。

②研究実施方法

1) フィリピン多島沿岸域の対象域選定、調査方法確定のための検討

平成22年度までに収集した文献情報、現地研究者の聞き取り情報、および2009年9月の現地視察により得られた情報を分析し、生物多様性および生物群集構造の広域かつ長期的なモニタリングを行うための調査地の絞り込みを行うとともに、各候補地における対象生物群、およびそのモニタリング方法の検討を進めた。また、多重ストレス評価については、対象とするストレスの種類、対象生物、およびストレス評価法を検討した。さらに、local habitat 内での生物多様性・生態系機能の相互連成構造を研究に向けて、対象とする海域と調査スケール、および対象となる生物群の選定を進めた。これに基づき、平成22年9月より生物多様性・生態系機能の定期的

なモニタリング、および音響テレメトリーを用いた高次消費者(魚類)の local habitat 利用様式のための予備調査を開始し、段階的に本調査へと移行した。

2) フィリピンにおける現地調査

平成 22 年前半においては、上記で挙げた調査対象地、対象生物、調査方法の選定に向けて、現地調査を行い具体的な絞込みを行った。このうち、Bolinao、Puerto Galera においては、3 月上～中旬にモデル開発・評価グループならびに地球化学グループと共同で野外調査を行い、調査サイトおよび生物学的モニタリングの項目・手法を確定した。また、Mindanao 島北部においては、6 月の予備調査により、Laguindingan、Lopez Jaena に調査サイトを設定することを決定した。なお、Lopez Jaena については、日本人の渡航が認められていないため、フィリピン側の共同研究者のみでの調査を行うことになった。

平成 22 年 9 月にはこれらの選定サイトにおいて、1 回目の生物学的モニタリング、多重ストレス評価のための生態系機能測定、および local habitat 内の相互練成構造に関する調査を行った。また、Panay 島南部(Iloilo)においても比較調査対象となるサイトの選定のための予備的視察および情報収集を行った。また、12 月には、フィリピン側共同研究者(Fortes 氏ら)に依頼して、2 回目の生物学的モニタリングを行ってもらい、生物多様性、生態系機能の季節変動の把握を行った。

平成 23 年前半においては、上記で設定した生物多様性・生態系機能モニタリングを 2 月～3 月にかけて、日本とフィリピンの当該研究者および RA により、Bolinao、Puerto Galera、Laguindingan で実施した。3 月にはこれらの選定サイトにおいて、多重ストレス評価のための生態系機能測定、および local habitat 内の魚類の相互練成構造に関する調査を行った。6 月にはフィリピンのカウンターパートが上記モニタリングを継続し、季節変動に関するデータの収集を行った。また、Mindanao 島北部においては、平成 23 年 2 月より音響テレメトリーを用いた高次消費者(魚類)の local habitat 内での相互連成構造の解析法を確立するための予備調査を行い、5 月～6 月に 1 回目の本調査を実施した。

平成 23 年 9 月と平成 24 年 3 月には、上記 Bolinao、Puerto Galera、Laguindingan の 3 サイトにおいて、生物多様性・生態系機能モニタリング、多重ストレス評価のための生態系機能測定、および local habitat 内の魚類の相互練成構造に関する調査を継続した。また、平成 23 年 12 月にもフィリピン側の共同研究者のみでのモニタリングを実施した。一方、Panay 島-Guimaras 島海域においては平成 24 年 3 月に生物多様性の広域動態解析のための予備調査を実施した。さらに、Mindanao 島北部においては、音響テレメトリーを用いた高次消費者(魚類)の local habitat 内での相互連成構造に関する 2 回目の本調査を平成 23 年 8 月～9 月に実施した。

前述の、Puerto Galera を訪問先とするエコ・スタディ・ツアー(H24 年 2 月)についても、本グループの関係者 4 名が専門家として参加した。

平成 24 年度においては、上記調査項目を継続するとともに、より広域スケールでの生物群集のコンネクティビティを解明するために、モデル開発・評価グループと生態学グループ B と共同で指標種となる魚類を対象としたメタ個体群研究を開始した。このため、平成 24 年 5 月にラギンディンガン、6 月および 9 月にプエルトガラ、平成 24 年 11 月にはボリナオとラギンディンガン、平成 25 年 2～3 月にラギンディンガンで、魚類の目視観測、音響テレメトリー調査、および遺伝的構造解析のための採集を行った。また、多重ストレスに対する主要生物の応答の実証的解明をするための研究については、平成 24 年 9 月と平成 25 年 3 月にボリナオ海域において野外調査を行うと共に、大型水槽を用いた飼育培養実験を実施した。当地では、地球化学グループと共同で、沿岸海域の生態系機能の 1 つである炭素吸収・貯留機能についても現地調査により、評価のための資料・データを得つつあり、次年度以降、解析を本格化させる予定である。さらに、Episodic event に伴う沿岸生態系の反応の評価に関する課題については、評価のベースラインとなる生物多様性データについて探索・検討・解析するために、

平成 25 年 3 月にはボラカイとイロイロで現地カウンターパートへの聞き取り調査および現地調査を行い、データの管理用法および解析方法に関する議論を行った。

平成 25 年度においては、上記調査項目を継続し、生物多様性・生態系機能の長期変動に関するデータの取得に努める。特に、生物群集のコネクティビティ解明の課題については、平成 25 年 5～6 月、および 7 月にラギンディンガンで集中的な調査を行い、音響テレメリーを用いた魚類の MPA 利用様式、生態学グループ B と共同で進めている魚類の遺伝的構造解析のための野外調査および採集を行った。また、平成 25 年 10～11 月においては、ボリナオ海洋科学研究所の大型水槽を用いた飼育培養実験を引き続き実施し、多重ストレスに対する海草類の応答様式の研究を進めた。さらに、平成 25 年 10 月には、バナテ海域において、陸域負荷に対する海草藻場の生物多様性の応答を見るための現地調査を実施した。最後に平成 26 年 2～3 月にはボリナオにて上記飼育培養実験を継続すると共に、海草類および魚類の広域モニタリングを実施した。これらの得られた生態学的データの IDSS への入力方法について、グループ内およびグループ間で議論を開始した。

3) 相手国側研究メンバーの招聘・研修

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 Mr. Klenthon Bolisay と Ms. Gay Go Amabelle を、それぞれ 8 月上旬から下旬、8 月中旬から 9 月上旬にかけて招聘し、本プロジェクトの本格実施に備えた研究を行った。Mr. Bolisay は研究分担者である中村洋平氏(高知大学)の研究室において、魚類の成長解析のための主要な方法である耳石の測定法を学ぶとともに、石垣島のアマモ場において魚類のセンサス法を習得した。また、Ms. Amabelle は石垣島のアマモ場において海草類のセンサス法を習得するとともに、研究分担者である田中義幸氏(海洋開発研究機構むつ研究所)の研究室において海草の元素分析と Diving PAM を用いた光合成能の計測法について習得した。

平成 23 年前半においては招聘・研修はなかった。平成 23 年後半においては、相手国研究参画機関の主要メンバーであるミンダナオ州立大学ナーワン校の Ms. Venus Leopardas と Ms. Allyn Pantallano を、それぞれ 8 月中旬から 9 月上旬、および 10 月上旬から下旬に招聘し、本プロジェクトに関連した研究を行った。Ms. Leopardas は研究分担者である仲岡雅裕氏の研究室がある北海道大学厚岸臨海実験所にてアマモ場のベントス群集の生物多様性と生態系機能に関する解析法を習得するとともに、北海道大学札幌キャンパスにて長期生態系研究に携わる研究者と議論することにより、当該分野の最先端の動向について学んだ。一方、Ms. Pantallano は、沖縄本島で行われた本プロジェクトの関連野外調査に参加して、魚類センサスを中心とした生物多様性モニタリングの野外調査の基礎的な考え方及び技術を習得するとともに、研究分担者である中村洋平氏(高知大学)の研究室において、魚類生態学において重要な耳石解析技術を習得した。

平成 24 年度においては、地球化学グループと共同で、アマモ場・海藻藻場を対象とした野外調査方法。生理生態学的手法、生物統計学および同位体分析法に関する研修を 8 月に厚岸および柏で実施した。生態学グループ A においては、Mr. Bolisay、Ms. Amabelle および Ms. Leopardas の 3 氏を招へいた。

平成 25 年度においては、生態学グループ B と共同で、アマモ場の野外調査方法、海洋植物の生理生態学的計測法、生物多様性データの統計解析方法、遺伝的多様性解析法に関する研修を、7 月～8 月に東京および厚岸で実施した。生態学グループ A においては、Ms. Mary Ann Cielo L.MALINGIN および Ms. Ma.Marivic PEPINO の 2 氏を招へいた。

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平成 22 年 3 月から開始されたものであるが、生物学的モニタリングの対象域については、4 地域(Bolinao、Puerto Galera、Laguindingan および Lopez Jaena)において環境ストレス勾配および

強度に応じた複数の点の選定を早期に終えることができた。また、平成 22 年 3 月および 9 月の調査および 8 月の石垣島での予備調査・研修により、海草、海洋無脊椎動物群集および魚類のモニタリング方法については、方法論を確定させた。

平成 23 年度以降においても、生物多様性・生態系機能モニタリングについては、日本・フィリピンの研究者による共同調査が年 2 回、フィリピン研究者による補足調査が年 2 回、引き続き行われており、長期データが順調に集積しつつある。また、環境ストレスに対する生物の応答機構についても、環境勾配に沿って配置した複数の点での海洋生物の現存量や成長率の比較を通じて、基礎的なデータが集積しつつある。この成果をもとに、操作実験の詳細な計画を立案することにできた。さらに local habitat の相互練成構造については、モニタリングデータの分析が進むとともに、音響テレメリーを用いた解析法を確立し、高次消費者の移動分散およびハビタット利用様式に関するデータが集まりつつある。平成 24 年度以降は、モデル海域周辺域および他地域への調査の展開、および野外調査で明らかになった生物多様性・生態系機能の変動機構を解明するための実験的アプローチ、さらに、モデル開発・評価グループと生態学グループ B と共同での指標種となる魚類を対象としたメタ個体群動態研究を開始しており、順調に進展中である。さらに、生態系機能評価においては、地球化学グループと共同で、沿岸生態系の炭素吸収・貯留機能の定量的評価も進めている。これは現地カウンターパートの要請に基づく新しい課題であり、当初の計画以上の成果が得られることが期待される。

平成 25 年度においては、本課題の最終アウトプットである IDSS の構築に向けた議論が開始され、これまでに得られた生物多様性・生態系機能に関する諸データをモデル開発・評価に橋渡しするために必要な追加データの取得を開始した。特に、ボリナオ海域においては、海草類・魚類のデータを広域に多数の点で取得ことができ、これにより、生物多様性・生態系機能の広域変動が、リモートセンシングデータや海洋流動・物質輸送モデルに併せて解析可能な状態になった。この解析については、最終年度である平成 26 年度も継続し、IDSS に取り入れる予定である。

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)

平成 22 年 4 月の国内会合や 6 月、9 月の現地会合での議論、および平成 23 年以降の現地での会合や National Conference および JCC 会議等を通じて、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。それに基づいて、現地における共同調査、および日本における相手国側の若手研究メンバーの研修を通じて、技術移転は順調に進みつつある。

⑤ 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

平成 23 年 3 月後半には、Panay 島-Guimaras 島海域での調査地点の選定を、現地カウンターパートと行う予定であったが、3 月 11 日に発生した東日本大震災に伴い、渡航が中止になったため、平成 23 年後半期以降に延期されることになったが、平成 24 年 3 月より実施することができた。また、魚類のメタ個体群動態解析については、平成 24 年 10 月に当初予定だったボリナオ海域で対象魚種が乱獲のため激減していることが判明したため、急遽、調査海域をラギンディンガンに変更した。変更地では対象魚種は多く生息しており、当初予定の調査項目を順調に行うことができた。

2.3 生態学グループ B(東京大学・練春蘭)

研究題目:「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 reef connectivity の実態を集団遺伝学解析によって解明し、他の研究グループとの共同解析により、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・提言を目指す。

フィリピン各地、日本の琉球列島と中国の沿岸域から、海草とサンゴ礁海産生物を対象種としてサンプリングする。主要種について、多型性が高く共優性の DNA マーカーであるマイクロサテライトマーカー (SSR) の開発を行い、DNA 多型解析を行う。

② 研究実施方法

フィリピン側共同研究者 (Fortes 氏、Uy 氏、Campos 氏ら) との共同調査により、海草やその他のサンゴ礁海産生物のフィリピン全域における分布を明らかにし、サンプリングを行う。(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 当初の計画(全体計画)に対する現在の進捗状況

1) 海草のサンプリング

平成22年には、3月にフィリピン西部の Busuanga (4地点) および Puerto Princesa (3地点)、6月に Mindanao 島北部 (2地点) においてサンプリングを行った。また、フィリピン以外の地域と比較するため、3月に中国海南省 (3地点) でもサンプリングを行った。さらに、インドネシアにおいても海草の分布状況を視察した。また、8月の沖縄調査においては、沖縄本島 (4地点)、石垣島 (5地点)、小浜島 (1地点)、竹富島 (1地点)、西表島 (5地点)、宮古島 2地点の計 18地点で、9月のフィリピン調査においては、ボリナオ (4地点)、スービック湾 (ルソン島南西、2地点) とプエルトガレラ (7地点)、計 13地点より海草類の採集を行った。平成 23 年には、5月下旬～6月中旬に Batanes (2地点)、Cagayan (1地点)、Ilocos Norte (1地点)、Sorsogon (3地点)、Camatines Sur (1地点)、Aurora (1点) と Cagbalete Is. (Quezon, 1地点)、計 10地点で、海草とヒトデ類を採集した。

平成 23 年 8 月下旬～9 月中旬には、Visayas 諸島で海草類とヒトデ類のサンプリングを行った。また、平成 24 年 2 月下旬～3 月中旬まで、Bolinao で、海草の繁殖様式とスモールスケール (10 km) の connectivity を明らかにするため、異なる生育環境である 9 プロットの調査地を設定し、対象海草種 5 種 (*E. acoroides*, *S. isoetifolium*, *T. hemprichii*, *Cymodocea rotundata*, *C. serrulata*) をコードラート法でサンプリングを行った。同様に、平成 25 年 6 月に、Laguindingan においても、9 プロットの調査地を設定し、対象海草種 3 種 (*E. acoroides*, *T. hemprichii*, *Cymodocea rotundata*) をサンプリングした。

平成 24 年 9 月には、Guimaras 海峡 (Bantayan, Lakawon Island, Linawon, Nadulao Island, Inampulungan Island, Sabang, Sibunag, Looc Polopinia, Bulubadiangan Island, Banate Bay, Nogas Island)、計 10 地点で、海草とヒトデ類のサンプリングを行った。

2) マイクロサテライトマーカーの開発

平成 21 年度、*Syringodium isoetifolium* に、平成 22 年度、リュウキュウスガモ (*Thalassia hemprichii*) とウミシヨウブ (*Enhalus acoroides*) について、マーカー開発を行った。平成 24 年度、ヒトデ (コブヒトデ) と *S. isoetifolium* について、集団解析に十分なマーカーを作製した。平成 25 年度、*Cymodocea rotundata* と *C. serrulata* のマーカー

を作製した。

3) 集団遺伝学的解析

日本琉球列島全域、中国海南島、フィリピン沿岸全域から熱帯性海草類の生息地をほぼカバーする82地点から採集したリュウキュウスガモ(*Thalassia hemprichii*)、ウミシヨウブ(*Enhalus acoroides*)、シオニラ(*Syringodium isoetifolium*)、ベニアマモ(*Cymodocea rotundata*)とコブヒトデ(*Protoreaster nodosus*)の集団解析を完了した。*C. serrulata*の解析は進行している。

4) 海草の繁殖様式の解明

海草の繁殖様式を明らかにするため、Bolinao で異なる生育環境である9プロットの調査地から採集したウミシヨウブ(*Enhalus acoroides*)、リュウキュウスガモ(*Thalassia hemprichii*)、ベニアマモ(*Cymodocea rotundata*)のジェノタイピングを行っている。平成26年度は、Bolinao のサンプルの解析を終了させるとともに、Laguindingan のサンプルの解析も行う予定である。

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)

キックオフ会合や共同調査を通して、今後の技術移転について検討した。また、平成24年2月11日～16日においては、ミンダナオ州立大学ナーワン校の Mr. Arriego と平成25年1月14日～2月9日に、ミンダナオ州立大学ナーワン校の Ms. Ivane P. Gerasmio を招聘し、本プロジェクトに関連した技術研修を実施した。平成25年7月8日～8月30日に、ミンダナオ州立大学ナーワン校の Ms. Ivane P. Gerasmio とフィリピン大学ピサヤ校の Ms. Mary Ann Cielo L.MALINGIN を招聘し、本プロジェクトに関連した技術研修を実施した。

⑤ 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

特になし。

2.4 地球化学グループ(東京大学大気海洋研究所・宮島利宏、長崎大学水産・環境科学総合研究科・梅澤有、琉球大学理学部海洋自然学科・栗原晴子)

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

研究期間の前半においては、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し、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。陸域からの人間活動による負荷と海域における生態系の応答とを水循環ベースで包括的に解明するために、河川・地下水を中心とする流域系動態調査、降雨量と降雨水質の調査、海域側の総観的観測とを組み合わせ代表的な季節に実施する。得られるデータはモデル開発・評価グループに提供してモデルの構築と校正に資するとともに、モデル開発・評価グループから提供される流動場モデル・地理情報モデルを化学的データの解釈と将来予測のために積極的に活用する。

また化学的環境と生態系側の応答との関係を定量的に評価するため、生態学グループAとも密接に協力して研究を進める。温暖化・酸性化、陸域からの人為的物質負荷、漁業活動の影響など、時空間スケールの異なる環境ストレスに対する生態系とその構成生物(特に造礁サンゴ、海草、底生動物、魚類)の応答を、環境諸因子

と生物分布との関係解析、生物・生化学指標（安定同位体比、脂肪酸組成等）、生物移植実験、屋外水槽実験を通して複合的な手法により解明する。

平成 22 年度までは主として陸域からの人為負荷ストレスの沿岸海域における広域的な影響の評価を目的とする化学海洋学的観測を重点的に実施してきた。23 年度以降はサンゴ礁、海草藻場等の個別の生物相におけるストレス応答評価を重点課題として、有効なストレス診断手法の開発及び効果的な適応策の策定を目標とした研究を進めている。24 年度以降は、Bolinao, Banate Bay, Laguindingan に設置されている（もしくは年度内に設置される予定の）CCMS 観測点周辺の集中水質調査を行い、観測点の特性と追加採水点の配置について検討する一方、前年度から準備に着手している Bolinao Marine Laboratory における海洋酸性化応答研究用実験施設を完成させ、現地研究者に必要な技術移転を行い、運用を開始した。またこれまでの知見の集積と構築された研究環境をベースとして、生物移植実験等による環境ストレス評価法と生物試料等を利用した環境指標系の構築を進め、IDSS におけるモニタリングの方法論を強化することに取り組んでいる。

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陸域・海域調査、(3)生物・堆積物マッピング法と同位体比分析・有機質量分析等の先端的分析手法の組合せによる環境負荷の地理的広がり解析、(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研究を行っている。また平成 22 年度から現地に常駐する研究者の協力を得て、大気降水物による越境汚染の連続観測を実施している。平成 23 年度後半からは、フィリピン大学ボリナオ臨海実験所に海洋酸性化影響評価のための実験設備の構築を開始し、現地研究者への技術移転を目指している。

集中的な調査の対象地域として、(i) Luzon 島 Lingayen 湾海域/Agno 川集水域、(ii) Guimaras 海峡海域/Panay 島南部・Negros 島北部集水域、(iii) Mindanao 島 Macajalar 湾/Cagayan de Oro 川集水域、(iv) Puerto Galera 周辺海域の 4 箇所を指定している。また比較研究の対象として、主調査地のフィリピンに比べて中国大陸からの越境汚染の影響が強い沖縄県八重山諸島周辺海域を含める。

これらの観測において、特に海域側の観測はモデル開発・評価グループと密接に連携し、共同観測態勢を組んでいる。河川および大気降水物の観測調査は概ね地球化学グループが主導して実施している。地下水と堆積物および海底地下水湧出 (SGD) の調査はフィリピン側の地質学グループと共同で進める。生態学グループ A とは、移植実験および屋外水槽実験を利用したバイオアッセイによる海洋酸性化・水質汚濁等の環境ストレス評価、および生体試料の同位体・脂肪酸分析による生態構造解析、海草藻場の炭素隔離機能など生態系サービスの評価において協力体制を取る。

③当初の計画(全体計画)に対する現在の進捗状況

熱帯沿岸生態系への陸源負荷作用過程(活動 1-1)については、平成 22 年度に主として広域的な定点観測による海洋化学的調査を実施したことを受けて、平成 23 年度は 9 月と 3 月の集中観測において、ローカル・スケールにおける出水の影響、養殖漁業施設とその近辺の貧酸素堆積物からの栄養塩・有機物流出過程、および河川からの高濁度水の流出過程の解析を目的とした高密度平面観測、時系列観測、Lagrangian 法による観測等を Bolinao 沿岸海域ならびに Banate 湾海域において実施した。一部の観測試料は現在分析中であるものの、予定していたとおり活動 1-1 に対応する主要な調査観測活動は 23 年度までにほぼ完了した。ただし 24 年度から新たに追加された調査対象地域である Boracay については地球化学グループとして調査に着手しておらず、

25 年度以降に必要な応じて調査を実施する。また補完的に Mindanao 島 Cagayan de Oro 川の水質調査を 25～26 年度に実施する計画である。

海陸統合系における物質循環の時空間動態(活動 1-2)に関しては、①流動場や水交換速度などの海洋物理学的条件が生態系の物質循環の空間的多様性とストレス伝播にあたえる影響と、②雨季・乾季などの季節的な気候条件による物質循環系の時間変動との解明を主要な二つの目標として各種調査観測を実施している。平成 23～25 年度において、Bolinao, Puerto Galera, Banate, Laguindingan の各海域において CCMS 設置地点を中心に①の目的に沿う精密平面採水を雨季と乾季に実施した。Bolinao, Puerto Galera では堆積物の面的マッピングのためのサンプリングも行った。24 年度以降は主として海水中溶存有機物(養殖池に由来するものなど)の環境影響、および栄養塩循環のうちでも特にリンの動態について、集中的に調査する計画である。②に関しては、第一に降水による越境汚染負荷の季節変動のモニタリングを 22 年度から Bolinao および越境汚染の影響がより強い比較調査地である沖縄県八重山諸島において実施しているが、23 年度から Banate において、24 年度には Mindanao 島においても観測を開始した。また全体ミッションとして設置された CCMS を利用した海洋環境の長期変動に関する定期観測を計画しており、そのための精密空間水質調査を Bolinao, Banate Bay, Laguindingan において実施した。

全体計画において 23 年度後半から着手されることになっている地球環境変動とローカル環境ストレスの複合作用過程の解明(活動 1-3)に関しては、①Bolinao 臨海実験所の施設を利用した屋外水槽による操作実験、および実生態系における②付着基盤設置実験、③生物移植実験等の各種実験的手法によるアプローチを計画し実施している。23 年度は 9 月集中調査時に Bolinao 周辺海域において②の基盤設置実験を約 2 週間にわたり実施した。ただし調査手法の不備に加え、設置物の盗難という問題があり、計画通りには成果が得られていない。また 24 年 3 月の現地調査時に Bolinao および Puerto Galera 周辺海域において③の生物移植実験に着手し、24 年 9 月および 25 年 3 月に経過観測を行っている。ただし 25 年 9 月以降、生物の採集を伴う調査の許可がフィリピン大学当局から得られない状態が続いたため、現在のところ予備的な実験結果しか得られていない。26 年 6 月頃までには許可が得られる見通しではあるものの、プロジェクト期間が残り少ないことから、フィリピン国内での調査実現の見通しは不透明になっている。①の屋外水槽実験については Bolinao のフィリピン大学の水槽施設を利用して、海洋酸性化と懸濁物負荷の複合ストレスをテーマとした実験を計画中で、実験のために必要な施設の改修と設備の増強を 24 年末までにほぼ完了、25 年 3 月に実験試料の処理に必要な機材を投入し、4 月より本実験を開始した。同年 9 月に雨季における実験を行い、さらに 26 年 2 月末から別の実験を行っている。これらの実験はフィリピン大学の博士課程・修士課程の大学院生が中心となって行われている。

二酸化炭素放出・吸収特性による沿岸生態系評価(活動 1-4)に関して、平成 23 年度は主として海草藻場における二酸化炭素吸収量を評価するためのモニタリングを実施した。平成 24 年 4 月にはルソン島東方の黒潮源流域における広域的なモニタリングを実施した。この観測では、JST からの追加予算により導入された水同位体比分析計を応用して、海水の酸素水素同位体比精密分析による大規模水塊構造の解明を試みた。また 25 年 3 月には Bolinao の主調査地において $p\text{CO}_2$ -PAM 同時観測を実施している。26 年 3 月からは Bolinao の CCMS 設置地点で pH の長期観測を開始した。

これらの活動に加え、生態学グループ A との共同研究として、海草藻場の代表的な生態系機能の一つである炭素隔離容量の評価に向けた調査を実施した。これは、沿岸海洋生態系の重要な生態系サービスとして、主要な地球温暖化ガスである大気中に酸化炭素を吸収して有機炭素として海洋堆積物中に隔離する機能(Blue Carbon)が近年 UNEP の主導下で国際的な注目を浴び、炭素隔離容量の定量化が喫緊の研究課題となっている情勢を受けたものである。23 年度は主として Bolinao 海域を対象に堆積物調査を行い、24 年 9 月には Banate

海域で長期時系列調査のための堆積物ロングコアの採取を行った。

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)

毎年3月と9月に実施している集中合同観測の際にカウンターパート側の学生にも多数参加してもらい、地球化学的な現場観測(海洋観測・地下水調査・河川調査・生物調査)の実技を修得してもらった。重点サイトのうち Boracay での調査は、フィリピン大学の大学院生だけで実施してもらっている。炭酸系の精密分析に関しては本年度に別予算で調達した全アルカリ度分析装置等をフィリピン大学海洋研究所に設置して分析技術を直接指導した。また栄養塩分析・溶存有機炭素分析については、共通の試料を日本側とフィリピン側の双方で分析を行い、分析精度・確度に関する相互校正を実施した。

23年11月には、別経費による招聘を含め3名のフィリピン側若手研究者の日本国内における技術研修を実施した。東京大学と長崎大学における溶存有機物分析法、試料処理法、精密炭酸系分析法、各種同位体比分析法の修得、ならびに長崎大学と琉球大学の海洋酸性化実験施設の視察を主な内容とした。24年8月には生態学グループAと共同で4名の若手研究者を招聘し、藻場調査法、生態学的統計解析法(以上、北海道大学)、食性解析法、機器分析による生体成分解析法、Blue Carbon の調査手法(以上、東京大学)、リモートセンシング解析手法(東京工業大学)について講義と実習を行った。25年10月には別経費による招聘を含め2名の大学院生を受け入れ、特に海洋酸性化問題にかかわる理論と実験・分析技術について東京大学と琉球大学において研修を行った。

24年末までに、フィリピン大学ボリナオ臨海実験所の屋外飼育施設において、施設の改修(採光、海水供給)および設備の強化(コンプレッサーとガス混合装置の導入)を行い、海洋酸性化影響評価のために必要となるハードウェアに関する技術移転を終えた。24年9月から、設備の操作と実験方法に関する技術指導を行っている。数名の大学院生が実験技術を既に習得しており、フィリピン側の研究者が独自に獲得した外部資金を利用して SATREPS 終了後も研究が継続される予定である。

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

本プロジェクトの全般を通して、水循環に関する精密な情報を取得することが当初考えられていた以上に重要であることが判明したことから、地下水、河川、降雨などの試料を精力的に集め、それらの水安定同位体比のデータを遅滞なく取得していくために、最新の水同位体比アナライザーを平成22年度末に導入した。平成23年度から河川水や降水、沿岸海水などの数多くの水試料の分析を本格的に開始し、降水の起源、地下水の交換状況、海域の水塊構造などに関して極めて有益なデータを得ている。

生態学グループAと共同で進めている、ボリナオ臨海実験所における実験水槽施設を利用した実験生態学的研究(酸性化応答実験を含む)も、当初計画の範囲を超えた新しい展開に含まれる。これは同水槽施設のポテンシャルを追加投入により強化することに成功したこと、フィリピン大学側のスタッフや学生に実験的研究に対する強い要望があったことを背景としている。

また③にも記したとおり、近年の国際的な趨勢を受けて、生態系機能としての Blue Carbon の評価を重点課題の一つとして23年度より研究を行っている。これは広い意味では活動項目1-4「CO₂放出・吸収特性から見た沿岸生態系の評価」に深く関係する活動であるが、プロジェクト開始段階では Blue Carbon に特化した具体的内容が計画に含まれていなかったため、現段階では十分な調査を行うためには設備・マンパワーともに不足しており、今後の新事業等による支援が期待されている。

平成23年3月の東日本大震災では、本プロジェクトでも使用する中心的な分析装置である同位体比質量分析計が被災して使用不能となり、研究の遂行に若干の障害が出た。同年11月のフィリピン大学若手研究者の短

期研修の際は業者から一時的に借用した分析装置を使用してしのいだが、翌年 8 月に行われた短期研修の直前に新しい装置が復旧予算により配置され、現在は通常の稼働状態に復している。

生物試料の採集を伴う調査と得られた生物試料の日本への持ち帰りに関しては依然としてなかなか許可が得られない状況が続いている。過去に取得したサンプルの一部に対しては 24 年末までに許可を得て持ち帰ることが可能になったが、他のサンプルについては 26 年 6 月頃まで持ち帰ることができない見通しである。また 25 年 9 月から約半年間、新たな生物試料の採集のための許可が留保されたため、このことが研究の進行の障害となった。実際、25 年 9 月に予定されていた集中調査は、生物試料の採取が許可されないためにいったん 10 月に延期されたが、10 月になってもなお許可の見通しが立たなかったため、生物試料の採取を伴わない調査だけを 11 月に実施するという変則的な日程を強いられている。26 年 3 月 14 日付で生物試料採取の許可がおりたが、すでにプロジェクト期間が残り 1 年を切っている段階であり、今後精力的な最終調査を行ったとしてもプロジェクト終了までにまとまった成果が出る公算は低くなっている。

平成 25 年 11 月にフィリピン中部に甚大な被害をもたらした台風 Yolanda の接近・通過時には、上記の事情によりたまたま被災地の一つである Panay 島に滞在していた。調査メンバーには直接の被害がなかったが、フィリピン大学の数名の研究・アシスタントの実家が被災した(物的被害のみ)。我々は台風直後の出水状況等について予備的な調査を行ったが、事前の準備も日程も不十分であったため、必ずしもこの機会を有効に利用できたとは言えない。

3. 成果発表等

(1) 原著論文発表

- ① 本年度発表総数(国内 0 件、国際 14 件)
- ② 本プロジェクト期間累積件数(国内 5 件、海外 57 件)
- ③ 論文詳細情報

Abe O., A. Watanabe, V.V.S.S.Sarma, Y.Matsui, H. Yamano, N. Yoshida and T. Saino (2010): Air-Sea Gas Transfer in a Shallow, Flowing and Coastal Environment Estimated by Dissolved Inorganic Carbon and Dissolved Oxygen Analyses. *Journal of Oceanography*. 66, 363-372 Jun 2010

Blanco A.C., K. Nadaoka, T. Yamamoto, K. Kinjo (2010): Dynamic evolution of nutrient discharge under stormflow and baseflow conditions in a coastal agricultural watershed in Ishigaki Island, Okinawa, Japan. *Hydrological Processes*, 24 (18), 2601-2616 Aug 30 2010

Herrera, E.C., K. Nadaoka, T. Pokavanich et al (2010): Analysis of the Hydrodynamic and Water Quality Connectivity of a Marine and a Lacustrine Environment: Manila Bay-Pasig River-Laguna Lake System (Philippines), *Proceedings of Coastal Engineering, JSCE*, Vol.1, 11 November 2010

Takino T., A. Watanabe, S. Motooka, K. Nadaoka, N. Yasuda, and M. Taira (2011): Discovery of a large population of *Heliopora coerulea* at Akaishi Reef, Ishigaki Island, southwest Japan. *GALAXEA, Journal of Coral Reef Studies*, 12 (2), 85-86 Nov. 2010

Dadhich A., and K. Nadaoka (2010): Impact analysis of natural and socio-economic factors in Coral Coast area using remote sensing and GIS. *Proceedings of Coastal Engineering, JSCE*, 1, 2010, 51-55

Herrera, E.C., Nadaoka, K., Pokavanich, T. et al, (2010): Analysis of the Hydrodynamic and Water Quality Connectivity of a Marine and a Lacustrine Environment. *Proceedings of Coastal Engineering, JSCE*, 1, 2010, 46-50

- Lu L.F., Y. Miyazawa, W. Cui and K. Nadaoka (2010): Numerical study of surface water circulation around Sekisei Lagoon, southwest Japan. *Ocean Dynamics*, 60, 2, 359–375
- Nakamura Y. (2010): Patterns in fish response to seagrass bed loss at the southern Ryukyu Islands, Japan. *Marine Biology* 157: 2397–2406
- Tanaka Y., Ogawa H. and Miyajima T. (2010): Effects of nutrient enrichment on the release of dissolved organic carbon and nitrogen by the scleractinian coral *Montipora digitata*. *Coral Reefs* 29: 675–682 Sep 2010
- Hosono T, Siringan FP, Yamanaka T, Umezawa Y., Onodera S, Nakano T and Taniguchi M (2010): Application of multi-isotope ratios to study the source and quality of urban groundwater in Metro Manila, Philippines. *Applied Geochemistry*, 25: 900–909
- Osawa Y, Fujita K, Umezawa Y, Kayanne H, Ide Y, Nagaoka T, Miyajima T and Yamano H (2010): Human impacts on large benthic foraminifers near a densely populated area of Majuro Atoll, Marshall Islands.” *Marine Pollution Bulletin*, 60: 1279–1287
- Honda K., Hobday A. J., Kawabe R., Tojo N., Fujioka K., Takao Y. and Miyashita K. (2010): Age-dependent distribution of juvenile southern bluefin tuna (*Thunnus maccoyii*) on the continental shelf off southwest Australia determined by acoustic monitoring. *Fisheries Oceanography* 19(2): 151–158.
- Yoshikazu Sasai, Aditya R. Kartadikaria, Yasumasa Miyazawa and Kazuo Nadaoka (2011): Marine Ecosystem Simulation in the Indonesian Seas, *Interdisciplinary Studies on Environmental Chemistry—Marine Environmental Modeling & Analysis*, Eds., K. Omori, X. Guo, N. Yoshie, N. Fujii, I. C. Handoh, A. Isobe and S. Tanabe, pp. 11–17. Jan. 13 2011
- Hosono T, Wang CH, Umezawa Y., Nakano T, Yoshimizu C, Tayasu I, Nagata T, Onodera S, and Taniguchi M (2011): Multipule isotope (H, O, N, S, and Sr) approach elucidates the complex pollution causes in the shallow groundwaters of Taipei urban area. *Journal of Hydrology*, 397:23–36 Jan. 24 2011
- Kohzu A, Imai A, Miyajima T, Fukushima T, Matsushige K, Komatsu K, Kawasaki N, Miura S, Sato T (2011): Direct evidence for nitrogen isotope discrimination during sedimentation and early diagenesis in Lake Kasumigaura, Japan. *Organic Geochemistry* 42: 173–183 Feb 2011
- Blanco A., A. Watanabe, K. Nadaoka, S. Motooka, E.C. Herrera, and T. Yamamoto (2011): Estimation of nearshore groundwater discharge and its potential effects on a fringing coral reef. *Marine Pollution Bulletin*, doi:10.1016/j.marpolbul.2011.01.005 Apr 2011
- Hosono T, Su C, Delinom R, Umezawa Y., Toyota T, Kaneko S, Taniguchi M (2011): Recent decline in heavy metal pollution in marine sediments in Jakarta Bay, Indonesia due to the effects of environmental regulations. *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 92: 297–306 Apr. 10 2011
- Mora C, Aburto-Oropeza O, Bocos AA, Ayotte PM, Banks S, Bauman AG, Beger M, Bessudo S, Booth DJ, Brokovich E, Brooks A, Chabanet P, Cinner J, Cortés J, Cruz-Motta JJ, Magaña AC, DeMartini E, Edgar GJ, Feary DA, Ferse SCA, Friedlander A, Gaston KJ, Gough C, Graham NAJ, Green A, Guzman H, Hardt M, Kulbicki M, Letourneur Y, Pérez AL, Loreau M, Loya Y, Martinez C, Mascareñas-Osorio I, Morove T, Nadon MO, Nakamura Y, Paredes G, Polunin N, Pratchett MS, Bonilla HR, Rivera F, Sala E, Sandin S, Soler G, Stuart-Smith R, Tessier E, Tittensor DP, Tupper M, Usseglio P, Vigliola L, Wantiez L, Williams I, Wilson SJ, Zapata FA (2011): Global human footprint on the linkage between biodiversity and ecosystem functioning in reef fishes. *PLoS Biology*, 9(4). e1000606 Apr 2011

- Yasuda N., C. Taquet, S. Nagai, Suharsono and K. Nadaoka (2011): Reef-connectivity of *Acanthaster* sp. in Coral Triangle region. *DNA Polymorphism*, 19: 134-138 May 30 2011
- Taquet C., S. Nagai, N. Yasuda, and K. Nadaoka (2011): First report of the development of microsatellite markers for a tropical sea cucumber(*Stichopus chloronotus*). *Conservation Genetics Resources*, Vol.3, pp.201-203. DOI:10.1007/s12686-010-9322-2.
- Tanaka Y, Miyajima T, Watanabe A, Nadaoka K, Yamamoto T, Ogawa H (2011): Distribution of dissolved organic carbon and nitrogen in a coral reef. *Coral Reefs*, 30:533-541 Jun 2011
- Tanaka Y., Ogawa H. and Miyajima T. (2011) Bacterial decomposition of coral mucus as evaluated by long-term and quantitative evaluation. *Coral Reefs* 30: 443-449 Jun 2011
- Hata H and Umezawa Y. (2011): Nutritional ecology of a territorial farmer fish, *Stegastes nigricans*. *Ecological Research*, 26: 809-818, Jul. 2011
- Tanaka Y., Ogawa H. and Miyajima T. (2011) Production and bacterial decomposition of dissolved organic matter in a fringing coral reef. *Journal of Oceanography* 67: 427-437 Aug 2011
- Kartadikaria A.R., Y. Miyazawa, S. M. Varlamov, K. Nadaoka (2011): Ocean circulation for the Indonesian seas driven by tides and atmospheric forcings: Comparison to observational data. *Journal of Geophysical Research*, VOL.116, C09009, 21 PP. 2011, doi:10.1029/2011JC007196 Oct. 27 2011
- Nakada S, Umezawa Y, Taniguchi M and Yamano H (2011) :Groundwater Dynamics of Fongafale Islet, Funafuti Atoll. *Groundwater*, DOI: 10.1111/j.1745-6584.2011.00874. Oct 28 2011
- Enrico C. Paringit and Kazuo Nadaoka (2011): Simultaneous estimation of benthic fractional cover and shallow water bathymetry in coral reef areas from high-resolution satellite images. *International Journal of Remote Sensing*, 2011, 1-22 Nov. 11
- Blanco, A.C., Nadaoka, K. and Watanabe, A. (2011) Integrated use of electrical resistance tomography and Radon monitoring for characterizing submarine groundwater discharge dynamics in a fringing reef. *Proceedings of the Sixth International Conference on Asian and Pacific Coasts (APAC 2011) December 14-16, 2011, Hong Kong, China*
- Kartadikaria A.R., K. Nadaoka and Y. Miyazawa (2011): A numerical study on larval dispersal around the Southeast Asia and West Pacific (SEA-WP) regions using an Indo-Pacific ocean circulation model. *Proc. of International Session in Conference on Coastal Engineering, JSCE*, 2 , 46-50.
- Nanjo K, Nakamura Y, Horinouchi M, Kohno H, Sano M (2011): Predation risks for juvenile fishes in a mangrove estuary: a comparison of vegetated and unvegetated microhabitats by tethering experiments. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 405:53-58
- Lecchini D., Carassou L., Frederich B., Nakamura Y., Mills S.C., Galzin R. (2011) Effects of alternate reef states on coral reef fish habitat associations. *Environmental Biology of Fishes*, 94: 421-429
- Herrera,E.C., Nadaoka,K., Blanco, A.C., and Hernandez, E.C. (2011). A partnership for sustainable lake environment: collaborative monitoring and research on Laguna de Bay, Philippines, for management of resource use and ecosystem conservation. *Lakes and Reservoirs: Research and Management*, 16: 137-148.
- 金城孝一, 有田和宏, 灘岡和夫, 仲宗根一哉 (2011): 地形的特徴と海水循環流構造特性に基づく裾礁型サンゴ礁の類型化, *土木学会論文集 B2(海岸工学)*, Vol.67, No.2, 1336-1340
- Dadhich, A. P., Nadaoka, K., Yamamoto, T. and Kayanne, H. (2012) Detecting coral bleaching using

- high-resolution satellite data analysis and 2-dimensional thermal model simulation in the Ishigaki fringing reef, Japan. *Coral Reefs*, 31, 10.1007/s00338-011-0860-1
- Dadhich, A.P. and K. Nadaoka (2012): Analysis of Terrestrial Discharge from Agricultural Watersheds and Its Impact on Nearshore and Offshore Reefs in Fiji, *J. Coastal Research*, Vol.28, pp.1225-1235, DOI:10.2112/JCOASTRES-D-11-00149.1
- Kartadikaria A.R., Y. Miyazawa, K. Nadaoka, A. Watanabe (2012): Existence of eddies at crossroad of the Indonesian seas. *Ocean Dynamics*, Volume 62, Number 1, 31-44, DOI:10.1007/s10236-011-0489-1 Jan 2012
- Nakajima Y., Matsuki Y., Lian C.L., Fortes M., Uy W., Campos W., Nakaoka M., and Nadaoka K. (2012): Development of novel microsatellite markers in a tropical seagrass, *Enhalus acoroides*. *Conservation Genetics Resources*, 4: 515-517, DOI: 10.1007/s12686-012-9614 .
- Nakamura Y., Hirota K., Shibuno T., Watanabe Y. (2012): Variability in nursery function of tropical seagrass beds during fish ontogeny: Timing of ontogenetic habitat shift. *Marine Biology*, 159: 1305-1315.
- Yasuda Y., C. Taquet, S. Nagai, M. Fortes, Suharsono, H.A. Susanto, N. Phongsuwan and K. Nadaoka (2012) : Genetic structure of *Culcita* sp. pincushion seastar in the Coral Triangle. *Proceedings of the 12th International Coral Reef Symposium*
- Yasuda, N., M. Abe, T. Takino, M. Kimura, C. Lian, S. Nagai, Y. Nakano, and K. Nadaoka (2012): Large-scale mono-clonal structure in the north peripheral population of blue coral, *Heliopora coerulea*, *Marine Genomics*, vol.7, pp.33-35, DOI: 10.1016/j.margen.2012.02.001
- Yasuda, N., C. Taquet, S. Nagai, G. Worheide and K. Nadaoka (2012): Development of microsatellite loci in the common reef starfish *Linckia laevigata* and *Linckia multifora*. *Ecological Research*, Vol.27, Issue 6, pp.1095-1097, DOI:10.1007/s11284-012-0990-0
- Ohta K., N. Yasuda, S. Nagai, K. Oki, C. Taquet and K. Nadaoka ((2012): Observations of *Culcita novaeguineae* spawning events. *Galaxea*, 13, 1-2
- Matsuki Y., Nakajima Y., Lian C.L., Fortes M., Uy W., Campos W., Nakaoka M., and Nadaoka K. (2012): Development of microsatellite markers for *Thalassia hemprichii* (Hydrocharitaceae), a widely distributed seagrass in the Indo-Pacific. *Conservation Genetics Resources*, 4: 1007-1010.
- Fortes, M. D., Go, G. A., Bolisay, K., Nakaoka, M., Uy, W. H., Lopez, M. R., Leopardas, V., Leriorato, J., Allyn Pantallano, A., Paciencia Jr., F., Watai, M., Honda, K., and Edralin, M. (2012) Seagrass response to mariculture-induced physico-chemical gradients in Bolinao, northwestern Philippines. *Proceedings of the 12th International Coral Reef Symposium*, Cairns, Australia, 9-13 July 2012, http://www.icrs2012.com/proceedings/manuscripts/ICRS2012_15B_3.pdf
- Watanabe, A., Yamamoto, T., Nadaoka, K., Maeda, Y., Miyajima, T., Tanaka, Y. (2012) Spatio-temporal variations of CO₂ flux in a fringing reef simulated with a newly developed carbonate system dynamics model. *Coral Reefs*. DOI 10.1007/s00338-012-0964-2
- Takahashi A., Kurihara H. (2012): Ocean acidification does not affect the physiology of the tropical coral *Acropora digitifera* during a 5-week experiment. *Coral Reefs*. DOI 10.1007/s00338-012-0979-8
- Kurihara H., Takano Y., Kurokawa D., Akasaka K. (2012): Ocean acidification reduces biomineralization-related gene expression in the sea urchin, *Hemicentrotus pulcherrimus*. *Marine Biology* 159: 2819-2826

- Shirai, K., K. Sowa, T. Watanabe, Y. Sano, T. Nakamura and P. Clode (2012): Visualization of sub-daily skeletal growth patterns in massive *Porites* corals grown in Sr-enriched seawater, *J. Structural Biology*, Vol.180, pp.47-56, DOI:10.1016/j.jsb.2012.05.17
- Halsband C., Kurihara H. (2013): Potential acidification impacts on zooplankton in CCS leakage scenario. *Marine Pollution Bulletin* 73: 495-503
- Inoue S., Kayanne H., Yamamoto S., Kurihara H. (2013): Spatial community shift from hard to soft corals in acidified water. *Nature Climate Change* DOI:10.1038/NCLIMATE1855
- Matsuki Y., Takahashi A., Nakajima Y., Lian C.L., Fortes M., Uy W., Campos W., Nakaoka M., and Nadaoka K. (2013): Development of microsatellite markers in a tropical seagrass *Syringodium isoetifolium* (Cymodoceaceae). *Conservation Genetics Resources*, 5: 715-717. DOI 10.1007/s12686-013-9889-5.
- Nakamura, T., K. Nadaoka and A. Watanabe (2013): A coral polyp model of photosynthesis, respiration and calcification incorporating a transcellular ion transport mechanism, *Coral Reefs*, Vol.32, pp.779-794, DOI:10.1007/s00338-013-1032-2
- Honda, K., Nakamura, Y., Nakaoka, M., Uy, W.H., Fortes, M.D. (2013) Habitat use by fishes in coral reefs, seagrass beds and mangrove habitats in the Philippines. *PLoS ONE* 8: e65735 DOI 10.1371/journal.pone.0065735 (published August 20, 2013)
- Lecchini, D., Nakamura, Y. (2013): Use of chemical cues by coral reef animal larvae for habitat selection. *Aquatic Biology*, 19, 231-238. Oct 2013
- Thibodeau, B., Miyajima, T., Tayasu, I., Wyatt, A., Watanabe, A., Morimoto, N., Yoshimizu, C., Nagata, T. (2013) Heterogeneous dissolved organic nitrogen supply over a coral reef: First evidence from nitrogen stable isotope ratios. *Coral Reefs* 32:1103-1110.
- Kurihara H., Yin R., Nishihara G.N., Soyano K., Ishimatsu A. (2013) Effect of ocean acidification on growth, gonad development and physiology of the sea urchin *Hemicentrotus pulcherrimus*. *Aquatic Biology* 18: 281-292
- Nakajima ,Y., Yasuda, N., Matsuki, Y., Arriegado, D.M., Lian, C., Fortes, M., Uy, W., Campos, W., Nakaoka, M., Taquet, C., Nagai, S., Nadaoka, K .2013 Development of 10 novel polymorphic microsatellite markers for the Indo-Pacific horned starfish, *Protoreaster nodosus*. *Marine Genomics*, 11: 27-29.
- Yasuda, N., C. Taquet•S. Nagai, M.C. Fortes, T.Y. Fan, N. Phongsuwan, S. Harii and K. Nadaoka(2013): DNA polymorphisms of mtDNA and nuDNA in the living fossil *Heliopora coerulea*, *DNA polymorphisms*, vol. 21, pp12-15, ISBN:978-4-86459-119-5
- Nanjo, K., Kohno, H., Nakamura, Y., Horinouchi, M., Sano, M. (2014) Differences in fish assemblage structure between vegetated and unvegetated microhabitats in relation to food abundance patterns in a mangrove creek. *Fisheries Science*, 80, 21-41. Jan 2014
- Arriegado, D.M., Nakajima, Y., Matsuki, Y., Lian, C., Nagai, S., Yasuike, M., Nakamura, Y., Fortes, M.D., Uy, W.H., Campos, W.L., Nakaoka, M. and Nadaoka, K. (2014) Development of novel microsatellite markers for *Cymodocea rotundata* Ehrenberg (Cymodoceaceae), a pioneer seagrass species widely distributed in the Indo-Pacific. *Conservation Genetics Resources*, 6:135-138
- Sato M., Honda, K., Bolisay, K.O., Nakamura, Y., Fortes, M.D. and Nakaoka, M. (in press) Factors affecting

the local abundance of two anemonefishes (*Amphiprion frenatus* and *A. perideraion*) around a semi-closed bay in Puerto Galera, the Philippines. *Hydrobiologia*

Sato, M., Kurokochi, H., Tan, E., Asakawa, S., Honda, K., Bolisay, K.O., Nakamura, Y., Lian, C., Fortes, M.D. and Nakaoka, M. (in press) Fifteen novel microsatellite markers for two *Amphiprion* species (*Amphiprion frenatus* and *Amphiprion perideraion*) and cross-species amplification. *Conservation Genetics Resources*

(2) 特許出願

- ① 本年度特許出願内訳(国内 0 件、海外 0 件、特許出願した発明数 0 件)
- ② 本プロジェクト期間累積件数(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研究者グループリーダー名: 灘岡 和夫 (東京工業大学大学院情報理工学研究所・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研究者グループリーダー名: 仲岡 雅裕 (北海道大学北方生物圏フィールド科学センター厚岸臨海実験所・教授)
- ②研究項目
 - ・多重ストレス環境変動と生態系応答の常時モニタリングシステムの構築と現地展開
 - ・サンゴ礁, 藻場, 干潟, マングローブ等から構成される local habitat 内の生物多様性・生態系機能の相互連成構造の解明および多重ストレスに対する応答過程評価
 - ・サンゴ礁, 藻場, 干潟, マングローブ等から構成される local habitat 内の生物多様性・生態系機能の多重ストレスに対する応答過程評価
 - ・巨大台風や大規模出水, 油流出事故等の episodic event による熱帯沿岸生態系の攪乱と回復過程の解明

(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研究者グループリーダー名: 練 春蘭 (東京大学アジア生物資源環境研究センター・准教授)

②研究項目

- ・多重ストレス環境変動と生態系応答の常時モニタリングシステムの構築と現地展開
- ・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
- ・遺伝的解析による熱帯沿岸生態系における主要海産生物の繁殖特性の解明
- ・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研究者グループリーダー名: 宮島利宏 (東京大学大気海洋研究所・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