

地球規模課題対応国際科学技術協力(SATREPS)
分野・領域「生物資源の持続可能な利用に資する
研究」

課題・案件名「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」
(相手国:フィリピン)

終了報告書

期間 平成 22年 3月～平成 27年 2月

代表者氏名:灘岡和夫
(東京工業大学、教授)

§ 1 プロジェクト実施の概要

背景・目的： 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・展開することを目的としている。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した。

実施内容・経緯： 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、それぞれ異なる環境負荷構造を有している 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(主要負荷:過剰養殖)、2)同 Laguna 湖－Manila 湾および周辺流域(主要負荷:周辺流域からの負荷・過剰水利用・養殖)、3)Mindoro 島・Puerto Galera 湾－Verde Island 海峡(主要負荷:観光開発)、4)Panay 島沿岸－Guimaras 海峡および周辺流域(主要負荷:濁質流入等の陸源負荷)、5)Mindanao 島 Naawan 周辺沿岸域および周辺流域(人為的負荷が少なく比較的健全な状態のコントロールサイト)、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た。また、Panay 島北西端近くに位置する Boracay 島(主要負荷:観光開発)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。また、H26 年 2 月下旬～3 月中旬と 9 月中旬～10 月上旬に、これらのサイトで追加的調査を実施している。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～中旬、9 月中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(サンゴ礁間連結性)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、モニタリングを開始・継続した。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 の開発等を進めた。

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 月以降数回の国内会合を開催するとともに、フィリピン国内において、National Conference もしくは Bilateral Technical Workshop と題した全国レベルの会議を H22 年 6 月、H23 年 6 月、H25 年 6 月、H26 年 6 月に計 4 回開催した。さらに、H24 年 11 月には第 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地元会合(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た。これまで、6つの重点サイトで開催した地元会合は合計28回に及ぶ。さらに、本プロジェクトでの主要な成果項目の1つである統合的意志決定支援システム(IDSS)の社会実装に際して重要となる、実装先である Laguindingan を除く5つのサイトでの地元関係者を対象とした地元研修会を、H26年7月以降順次、各サイトで複数回開催している。

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、H26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、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)を受け入れた。

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。

そして、本プロジェクト最終段階のH27年1月末に第2回のregional symposiumを開催し、フィリピン国内の中央政府関係者や周辺国の関係者の参加も得て、本プロジェクトの成果の周辺国も含めた様々な関係普及とさらなるネットワーク展開を目指した意見交換を行った。

§ 2. プロジェクト構想(および構想計画に対する達成状況)

(1) 当初のプロジェクト構想

本国際共同研究では、グローバル環境変動が様々な人為活動によるローカルな環境負荷に重畳した形の多重ストレスによって急速に劣化が進行しつつあるフィリピン及びその周辺海域における沿岸生態系を対象として、その合理的な保全策の立案に資する様々な科学的な知見を提供するとともに、その成果の社会実装プロセスを通じて人材育成にも寄与することを目的とする。基本的な方針として、本研究では、保全策の主要項目の一つである緩和策としての、沿岸生態系の劣化をもたらしている上記の多重ストレスを低減させるための適切な制御スキームの構築を目指す。一方、保全策のうちのもう一つの柱である適応策として、先述の生態系のダメージからの回復過程の促進策（resilience 強化策）の一つとして有視されている MPA（海洋保護区）の合理的設定と管理のためのスキームを提示する。

これらの基本方針のもと、本研究ではまず、沿岸生態系への多重環境ストレスの発生・波及・作用プロセスを解明する。その際、その基礎となる熱帯沿岸浅海生態系内のローカルな物質循環や生物過程と、それを含む海—陸統合系における広域的な物質循環過程を明らかにする。それによって得られる知見に基づいて、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を考慮した上での多重環境ストレスの沿岸生態系への作用過程を解明する。

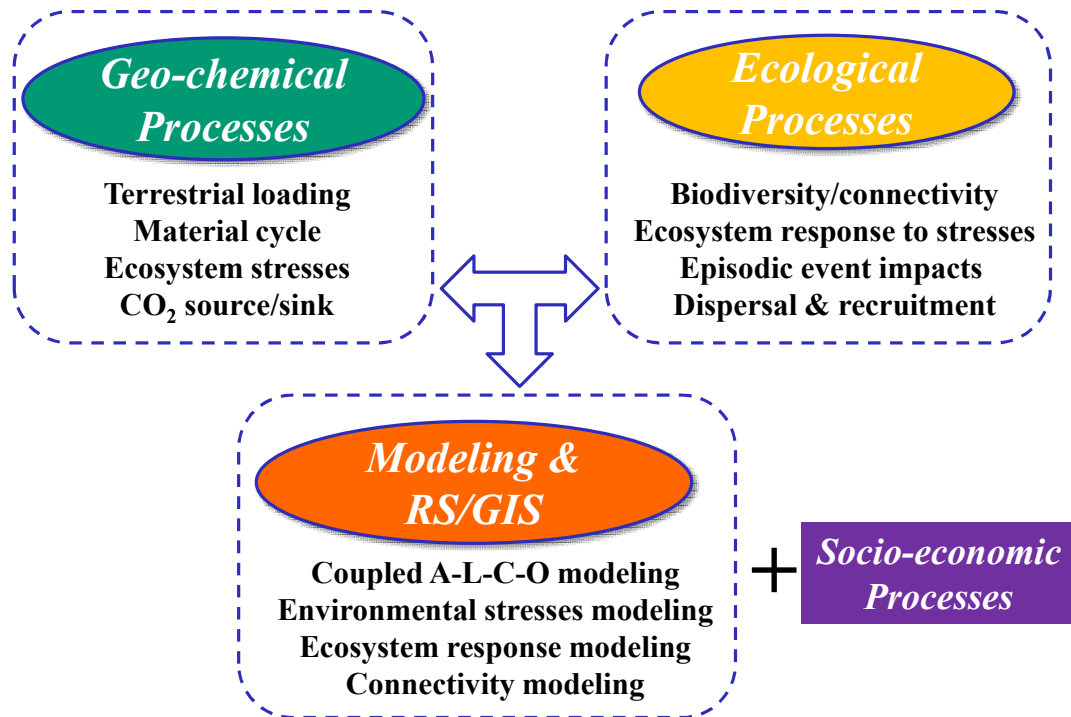
また、多重ストレスによる沿岸生態系の応答過程を明らかにするべく、対象海域の沿岸生態系が高い生物多様性を有し安定的に維持されているメカニズムを、ローカルな浅海生態系内部の物質循環や生物過程の構造と、広域的な物質循環や reef connectivity（サンゴ礁間連結性）の構造に着目して解明する。

これらの物質循環や生物過程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のもとにあることから、それらを合理的に反映することができる「大気—陸域—沿岸域—海洋」統合物理流動・物質循環モデルを新規に開発する。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ブ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。

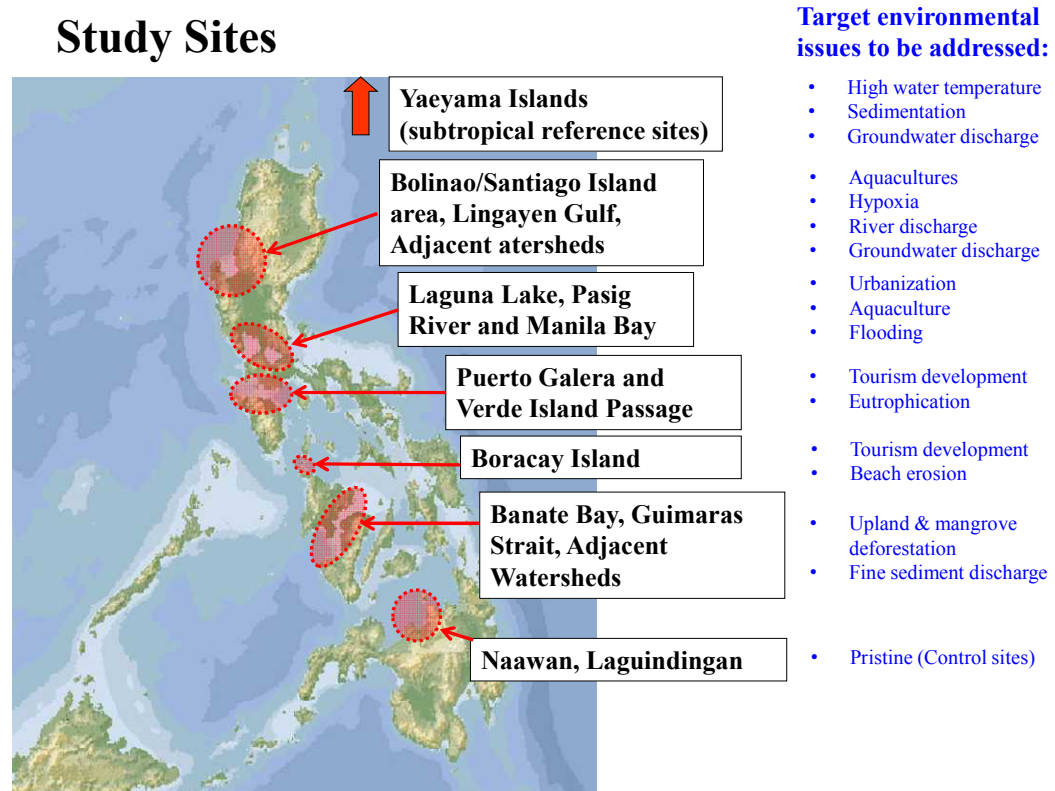
以上の成果に基づいて、それらを統合する形で、複合ストレス下での熱帯沿岸生態系の緩和・適応スキームを構築する。具体的な目標としては、以下の5テーマを設定する。このうち、a)、b) が緩和策と適応策に対応する。c) は統合沿岸管理に資するためのもので、d)、e) とともに、相手国への本研究の成果の具体的な社会実装ツールとして期待できる項目である。

- 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) 熱帯沿岸生態系の回復力（resilience）強化策としてのコア・ハビタート同定による MPA ネットワーク設定とその維持方策の提言
- 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) の構築とその運用のための人材育成

以下に、本プロジェクトの研究構成図を示す。



図－1 本プロジェクトの研究構成図



図－2 本プロジェクトにおける重点調査研究サイト(3年目から追加になった Boracay を含む)

沿岸生態系の保全・適応策を具体的に検討する上で、自然条件や社会経済的条件の相違によって様々な環境負荷構造が存在し得ることに留意する必要がある。そこで、本プロジェクトでは、それぞれ異なる環境負荷構造を有している5つの重点調査研究サイトとして図－2に示すフィリピン国内の5つのサイト、すなわち、1) Luzon 島 Bolinao 沿岸－Lingayen 湾および周辺流域(主要負荷:過剰養殖)、2)同 Laguna 湖－Manila 湾および周辺流域(主要負荷:周辺流域からの負荷・過剰水利用・養殖)、3)Mindoro 島・Puerto Galera 湾－Verde Island 海峡(主要負荷:観光開発)、4)Panay 島沿岸－Guimaras 海峡および周辺流域(主要負荷:森林伐採等による濁質流入等の陸源負荷)、5)Mindanao 島 Naawan 周辺沿岸域および周辺流域(人為的負荷が少なく比較的健全な状態のコントロールサイト)、を設定し、さらに比較研究サイトとして亜熱帯に位置する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た。同図には、プロジェクト3年目に追加された Panay 島北西端近くに位置する Boracay 島(主要負荷:観光開発)も示している。

(2) 新たに追加・修正など変更したプロジェクト構想

1) 重点調査サイトの追加

Panay 島北西端近くに位置する Boracay 島(図－2 参照)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観光リゾート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、H24 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。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、H26 年 3 月上旬、9 月中旬に調査を実施するとともに、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きわめて高い期待が有り、さまざまな協力も得ている。そのようなことから、地元での workshop 等を数度開催しており、IDSS/GIS に関する training workshop も複数回実施している。

2) 対象とするサイトの広域ネットワーク展開(主としてモデル開発・評価グループ)

Bolinao と Banate/Guimaras Strait の2つのサイトでの統合的意志決定支援システム(IDSS)の応用解析結果(後述)によって、前者では、Bolinao の LGU (Local Government Unit) 海域のみならず、隣接する Anda 等の海域や流域の複数の LGU が広く協力して水質改善の努力をしなければ、同海域で問題となっている養殖魚の大量斃死等のリスクを軽減することができないことを示した。また、後者においては、Banate 湾等で漁獲量の近年の大幅な低下をもたらしている主因と考えられている沿岸水の濁りに、隣接する流域のみならず、Guimaras 海峡に面する他の複数の流域からもたらされる濁質も相当程度の割合で寄与していることを示した。そのような関係は、Banate 湾のみならず、Guimaras 海峡に面する様々な沿岸海域に当てはまる。すなわち、ある沿岸域サイトの水質(濁り)改善のためには、通常想定されているような、当該沿岸域に直接隣接する流域とのローカルな1対1の関係のみならず、周辺の複数の流域からの広域的な多重連結型ストレス波及構造(後述の「陸源負荷コネクティビティー・マトリクス」参照)に基づいて問題を把握することが重要となることが IDSS による解析結果によって定量的に示されたのである。

このようなことから、これら Bolinao と Banate の2サイトにおいては、それぞれ、周辺の関連する複数の LGU との連携・協力体制(Inter-LGU Network)を構築することによって地域

全体の問題解決に取り組む体制づくりに向けて、本プロジェクト（CECAM）が本格的に支援する形が出来てきている。例えば、Bolinaoにおいては、H26年4月に Bolinao と周辺の関連 LGU の関係者が UPD の現地施設 BML (Bolinao Marine Laboratory) に集まり、“Common Problems, Common Goals” と題した Inter-LGU Forum を開催し、地域が連携・協力して取り組むべき課題と解決の方向性を議論しており、その際に、IDSS によるアウトプット例（後述）を示すことによって、LGU 間連携の必要性を具体的に実証している。そして、同地域の社会経済的な調査を精力的に行うことによって、これまで LGU 間連携を阻んできている社会経済的要因の把握やそれを乗り越えていくための具体的な方策の検討等に取り組んでいる。その後、さらに11月中旬に”Western Pangasinan Inter-LGU, Local Chief Executive Forum”と題した地域会合が Bolinao で開催され、Bolinao とその周辺の複数の LGU の代表者が参加して持続的な沿岸資源管理に関する問題点と解決策について意見交換を行い、協定書(covenant)のドラフトを作成し、H27年1月に各 LGU の市長が署名している。

また、Banate 周辺サイトにおいても、上記のように Banate 湾でのスポット的な水質改善努力では明らかに限界があることを、これまでの数度にわたる地域 workshop 等を通じて地道にアピールし、“Integrated Watersheds Alliance around Guimaras Strait (IWAGS)”（仮称）の立ち上げの必要性を訴えてきていることが実を結び、H26年6月には UPV イロイロ市キャンパスにおいて、Banate だけでなく、Guimaras 海峡に面する Panay 島側の複数の LGU 関係者が参加した地域 workshop を開催することが出来た。また、7月31日・8月1日には同じく UPV イロイロ市キャンパスにおいて IDSS/GIS training workshop を開催し、IDSS および関連する GIS に関する研修を 13 の関係組織（LGU：10、中央政府出先機関：2、UPV）からの合計 22 名の参加者を得て実施した。

設置エリア・場所	実装先	追加
Bolinao area	Bolinao Marine Laboratory (BML), UPD	
	Bolinao LGU	○
	Anda LGU	○
	Bani LGU	○
	Alaminos LGU	○
	Sual LGU	○
Banate area	Banate Barotac Bay Resource Management Council Inc (BBBRMCI)	
	The University of the Philippines, Visayas (UPV)	○
	Department of Environment and Natural Resources (DENR), Local Office	○
	Provincial Environment and Natural Resources Office	○
Puerto Galera area	Puerto Galera LGU	
Laguna Lake area	Laguna Lake Development Authority (LLDA)	
Boracay area	Malay LGU	
Dr. Ariel Blanco's laboratory	The University of the Philippines, Diliman (UPD)	○
Dr. Eugene Herrera's laboratory	The University of the Philippines, Diliman (UPD)	○

表ー1 IDSS 実装先リスト（○印は追加となった実装先）

3) IDSS 社会実装におけるネットワーク展開（主としてモデル開発・評価グループ）

IDSS は、各地域の具体的な問題解決や将来計画等に資する目的の支援ツールであることから、Laguindingan を除く 5 つのサイトごとに、それぞれのニーズに対応した site specific な支援ツールとして開発している。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催している。それらの過程で、当初、実装先を各サイト 1 カ所と想定していたものが、上記のように、サイトによっては Inter-LGU タイプの展開の必要性が明らかになり、その場合には実装先を複数とすることに変更した。また、このような重層的な実装体制となったことと、IDSS のプロジェクト終了後のシステム運用サポート・更新機能を高めておく必要性がより明瞭になったことから、専用ソフト ASNARO をベースとして、各サイト IDSS とフィリピン大学 (UPD) および東工大とを繋ぐネットワークシステム化を行った。表-1 に、IDSS の実装先(全 15 箇所)のリストを示す。このうち無印が当初の実装先、○印が上記の理由から追加した実装先である。

4) 生態学グループ A 関係の計画変更

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。

5) 地球化学グループ関係の計画変更

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。また、地球化学グループが生態学グループ 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。さらに、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められていなかったため、本 SATREPS の枠内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いたため、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、それ以降は通常の稼働状態に復している。

6) 生物資料採取・持ち出し許可手続きの大幅遅延に伴う変更(特に地球化学グループと生態学グループ)

生物試料の採集と日本への持ち帰りのための許可申請手続きが、様々な問題によって遅々として進まず、大幅な遅れを生じてしまった。そのため、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 月になっ

てようやく日本に持ち運ぶことが出来た。また 25 年 9 月以降は新たな生物試料の採集のための許可が一部を除いて留保されたため、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た。このようなことから、関連する調査研究課題の推進が大幅に遅れることになってしまったのは、本プロジェクトにおける最大の誤算の一つと見てよい。今後、生物採取・持ち出しを伴う類似の調査プロジェクトを実施する際には、許可申請手続きに関わる様々な教訓を活かす必要がある。

7) 最終的な成果広報手段としての広報用ポスター・パンフレット・ビデオの作成

プロジェクト成果の公表は、学術論文や国内外での学会等での発表に加えて、プロジェクト・ウェブサイトや Guideline/Guide Book の印刷・配布等を通じて行った (Guidebook の pdf ファイルはプロジェクト HP からダウンロード出来る)。さらに、H26 年 6 月に開催した 2nd National Conference 等での議論にもとづいて、一般向けにプロジェクト成果を分かりやすく端的に示すための広報用ポスターを作成した。最終的に、各サイトに共通するテーマや、各サイトでの様々な重要テーマごとに、合計 34 種類もの広報用ポスターを作成し、いくつかは、各地元での人目につきやすい公的な場所に掲示した。広報用ポスター以外にも、各サイトでのプロジェクト成果を簡潔にまとめて紹介するためのパンフレットの作成を行っており、さらには、プロジェクト成果全体の主要部分を広報用ビデオに最終的にとりまとめ、プロジェクト HP (<http://www.cecami-project.net/japanese/>) 上で公開している。

(3) 活動実施スケジュール（実績）

(Plan of Operation に実績のバーチャートを線引きしたもの)

Research Subjects	FY2009	FY2010	FY2011	FY2012	FY2013	FY2014
1. 海－陸統合系における物質循環把握に基づく熱帯沿岸生態系への多重ストレス波及過程の解明【成果1】（地球化学グループ）						
1-1 熱帯沿岸生態系への陸源負荷の作用過程の解明【活動1-1】	←→	←→	←→	←→	←→	←→
1-2 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【活動1-2】	←→	←→	←→	←→	←→	←→
1-3 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【活動1-3】	←→	←→	←→	←→	←→	←→
1-4 CO2放出・吸収特性から見た沿岸生態系の評価【活動1-4】	←→	←→	←→	←→	←→	←→

2. 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【成果2】 (生態学グループ) 2-1 サンゴ礁、藻場、干潟、マングローブ等から構成されるlocal habitat内での生物多様性・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【活動2-1】 2-2 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【活動2-2】 2-3 超多島複雑海域におけるreef connectivity (サンゴ礁間連結性) の実態解明ならびに幼生分散・加入過程における多重ストレス影響の定量的評価【活動2-3】	
3. 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】 (モデル開発・評価グループ) 3-1 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【活動3-1】 3-2 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【活動3-2】 3-3 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【活動3-3】 3-4 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【活動 3-4】	

4. 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】（統合グループ）

4-1 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【活動4-1】

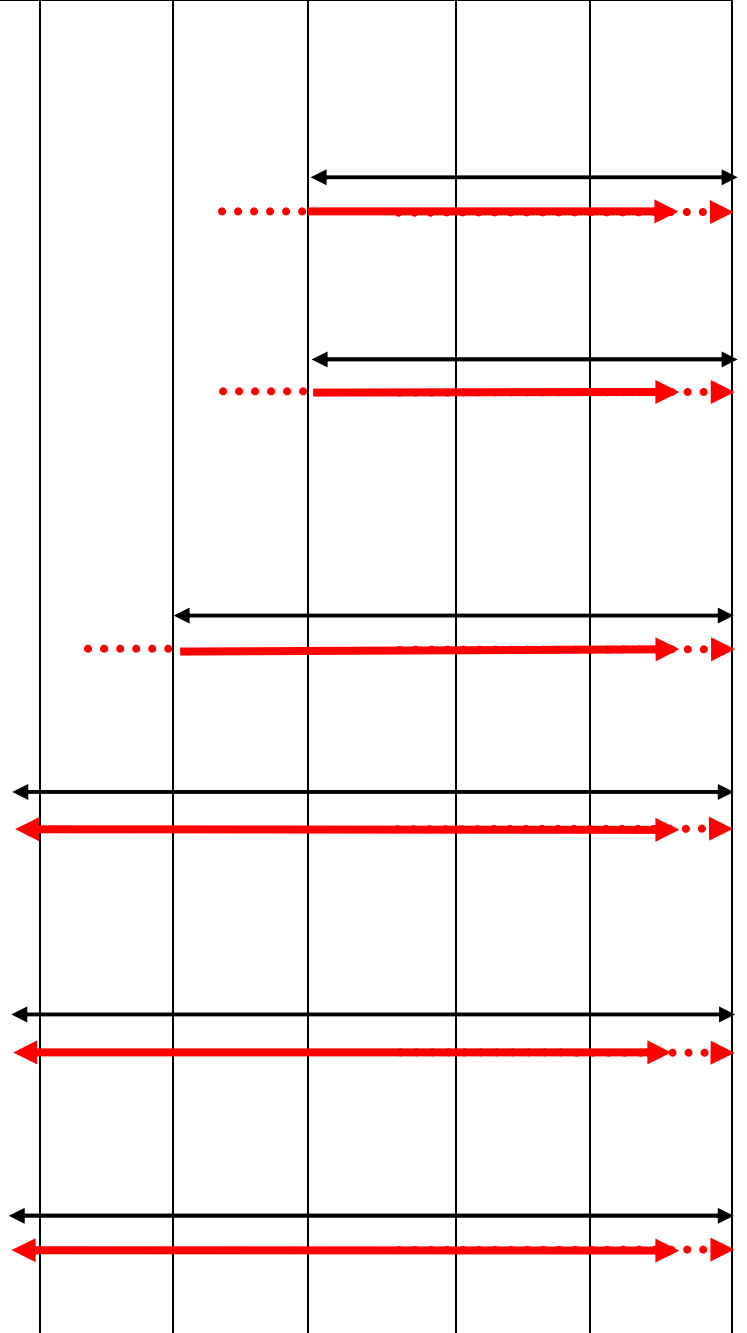
4-2 沿岸生態系ネットワークにおけるコア・ハビタート同定および環境ストレス評価に基づく熱帯沿岸生態系の回復力強化策としてのMPAネットワーク設定とその維持方策の提言【活動4-2】

4-3 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【活動4-3】

4-4 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【活動4-4】

4-5 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）の構築とその運用のための人材育成【活動4-5】

4-6 環境ストレス発生源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【活動4-6】



§3 プロジェクト実施体制・投入実績

3. 1. 実施体制

(1) モデル開発・評価グループ

【日本側】

グループ リーダー	氏名	所属	役職 (身分)	研究参加期間				備考
				開始		終了		
				年	月	年	月	
○	灘岡和夫	東京工業大学大学院情報理工学研究科情報環境学専攻	教授	H21	6	H27	2	
	鹿熊信一郎	沖縄県八重山支庁農林水産整備課	主幹	H22	4	H24	9	
	栗山善昭	独立行政法人 港湾空港技術研究所	特別研究官	H24	4	H27	2	
	新保輝幸	高知大学総合科学系黒潮圏科学部門	教授	H24	10	H27	2	
	中村隆志	東京工業大学大学院情報理工学研究科情報環境学専攻	ポスドク	H22	7	H26	3	他予算で専任雇用, H26年4月より JICA 専門家予定
	同上	東京工業大学大学院情報理工学研究科情報環境学専攻	講師	H26	4	H27	2	
	Tanuspong Pokavanich	東京工業大学大学院情報理工学研究科情報環境学専攻	ポスドク	H22	2	H22	11	
	山本高大	東京工業大学大学院情報理工学研究科情報環境学専攻	大学院生	H21	6	H23	9	H23 年 9 月博士課程修了
	同上	同上	ポスドク	H23	10	H27	3	H23 年 10 月より JST 予算で専任雇用
	Eugene Herrera	東京工業大学大学院情報理工学研究科情報環境学専攻	東工大特別研究員	H21	6	H24	5	H23 年 4 月より、JST 予算により東工大特別研究員として現地雇用
	Aditya R. Kartadikaria	東京工業大学大学院情報理工学研究科情報環境学専攻	大学院生	H21	6	H23	9	H23 年 9 月博士課程修了
	同上	同上	ポスドク	H23	10	H25	9	H23 年 10 月より日本学術振興会外国人特別研究員および東工大特別

								研究員
	Sahadev Sharma	東京工業大学大学院情報理工学研究科情報環境学専攻	ポスドク	H25	1	H27	2	H24年10月より日本学術振興会外国人特別研究員および東工大特別研究員
	杉本あおい	LEAD-JAPAN	非常勤職員	H26	4	H27	2	
	豊島淳子	東京工業大学大学院情報理工学研究科情報環境学専攻	大学院生	H21	10	H27	2	H21年10月東工大社会人博士課程入学(H23年10月1日～H25年9月25日まで一時登録削除)
	土屋 匠	東京工業大学大学院情報理工学研究科情報環境学専攻	大学院生	H22	4	H26	3	H26年3月修士課程修了
	Lawrence P. C. Bernardo	東京工業大学大学院理工学研究科土木工学専攻	大学院生(D2)	H23	10	H27	2	
	森 尚大	東京工業大学大学院理工学研究科土木工学専攻	大学院生	H23	10	H25	3	H25年3月修士課程修了
	阿部友理子	東京工業大学大学院情報理工学研究科情報環境学専攻	大学院生	H23	10	H25	9	H25年9月修士課程中退
	竹内友哉	東京工業大学大学院情報理工学研究科情報環境学専攻	大学院生	H23	10	H26	3	H26年3月修士課程修了
	岩井健太郎	東京工業大学大学院情報理工学研究科情報環境学専攻	学部生(M2)	H24	4	H27	2	
	佐々木 めぐみ	東京工業大学大学院情報理工学研究科情報環境学専攻	研究補助員	H25	4	H26	3	
	藤井彩子	東京工業大学大学院情報理工学研究科情報環境学専攻	研究補助員	H26	4	H26	5	
	森田美枝	東京工業大学大学院情報理工学研究科情報環境学専攻	研究補助員	H26	7	H27	2	

	安岡 潤	東京工業大学大学院情報理工学研究科情報環境学専攻	大学院生 (M2)	H25	9	H27	2	
	中川 大嗣	東京工業大学大学院情報理工学研究科情報環境学専攻	大学院生 (M2)	H25	9	H27	2	
	石坂 美帆	東京工業大学大学院情報理工学研究科情報環境学専攻	大学院生 (M2)	H25	9	H27	2	
	吉開 仁哉	東京工業大学大学院情報理工学研究科情報環境学専攻	大学院生 (M1)	H25	9	H27	2	

【相手国側】

グループ リーダー	氏名	所属	役職 (身分)	研究参加期間				備考
				開始		終了		
				年	月	年	月	
○	Ariel Blanco	フィリピン大学・ディリマン校	Assistant Professor	H21	6	H27	2	
	Cesar Villanoy	フィリピン大学・ディリマン校	Professor	H22	3	H27	2	
	Enrico. Paringit	フィリピン大学・ディリマン校	Assistant Professor	H21	6	H23	6	
	Eugene Herrera	フィリピン大学・ディリマン校	Assistant Professor	H24	6	H27	2	
	Jeark A. Principe	フィリピン大学・ディリマン校	Assistant Professor	H24	10	H27	2	
	Lawrence Bernardo	フィリピン大学・ディリマン校	Research Assistant	H21	9	H23	9	
	Marilou Martin	フィリピン大学・ディリマン校	Research Assistant	H24	7	H27	2	
	Ed Carla Mae Tomoling	フィリピン大学・ディリマン校	Research Assistant	H21	9	H26	3	
	Ayin Tamondong	フィリピン大学・ディリマン校	Assistant Professor	H21	9	H27	2	
	Homer Pagkalinawan	フィリピン大学・ディリマン校	Research Assistant	H25	7	H27	2	
	Roseanne Ramos	フィリピン大学・ディリマン校	Research Assistant	H25	7	H27	2	
	Bryan Clark B. Hernandez	フィリピン大学・ディリマン校	Research Assistant	H25	7	H27	2	

研究項目：

- ① 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。

② 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。

③ 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。

④ 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

【日本側】

グループリーダー	氏名	所属	役職 (身分)	研究参加期間				備考
				開始		終了		
				年	月	年	月	
○	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	H21	6	H27	2	
	中村洋平	高知大学大学院総合人間自然科学研究科黒潮圏総合科学専攻	准教授	H21	6	H27	2	
	田中義幸	海洋研究開発機構むつ研究所	研究員	H21	6	H27	2	
	伊佐田智規	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	助教	H25	8	H27	2	
	本多健太郎	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	ポスドク	H22	4	H25	7	平成22年4月からJST予算で雇用(一部他予算)。平成24年度はJST予算で専任雇用
	同上	同上	特任助教	H25	8	H27	2	
	頼末武史	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	ポスドク	H25	10	H27	3	
	佐藤允昭	北海道大学大学院環境科学院生物圏科学専攻	大 学 院 生 (D1)	H23	6	H27	2	
	百田恭輔	北海道大学大学院環境科学院生物圏科学専攻	大 学 院 生 (M2)	H23	4	H27	2	

	Venus E. Leopardas	北海道大学大学院環境科学院生物圏科学専攻	大学院生 (D1)	H24	10	H27	2	
	青江翔太郎	北海道大学理学部生物科学科	学部4年生	H23	9	H24	3	H24年2-3月のフィリピン調査出張参加.
	伊藤美菜子	北海道大学理学部生物科学科	学部生 (B4)	H25	8	H27	2	
	寺西琢矢	北海道大学理学部生物科学科	学部生 (B3)	H26	2	H27	2	
	濱田信吾	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	大学院生 (D3:RA)	H26	2	H27	2	

【相手国側】

グループリーダー	氏名	所属	役職 (身分)	研究参加期間				備考
				開始		終了		
				年	月	年	月	
○	Miguel D. Fortes	フィリピン大学・ディリマン校	Professor	H21	6	H27	2	
	Wilfredo Campos	フィリピン大学・ビサヤ校	Associate Professor	H21	6	H27	2	
	Willy Uy	ミンダナオ州立大学	Professor	H21	6	H27	2	
	Klenthon O. Bolisay	フィリピン大学・ディリマン校	Research Assistant	H21	9	H25	11	
	Gay Amabelle Go	フィリピン大学・ディリマン校	Research Assistant	H21	9	H27	2	
	Francisco Paciensia	フィリピン大学・ディリマン校	Research Assistant	H21	9	H27	2	
	Joemarie Caballero	フィリピン大学・ビサヤ校	Research Assistant	H21	11	H24	3	
	Joshua Regalado	フィリピン大学・ビサヤ校	Research Assistant	H21	11	H24	3	
	Mary Ann Cielo Malingin	フィリピン大学・ビサヤ校	Research Assistant	H24	4	H27	2	
	Ma. Marivic Pepino	フィリピン大学・ビサヤ校	Research Assistant	H24	4	H27	2	
	Venus Leopardas	ミンダナオ州立大学	Research Assistant	H21	9	H24	9	
	Allyn Pantallano	ミンダナオ州立大学	Research Assistant	H21	9	H27	2	

	Ivane Gerasmio	ミンダナオ州立大学	Instructor	H25	1	H27	2	
	Tom Gerald Taer Genovia	ミンダナオ州立大学	Research Assistant	H25	5	H27	2	

(3) 生態学グループ B

【日本側】

グループリーダー	氏名	所属	役職 (身分)	研究参加期間				備考
				開始		終了		
				年	月	年	月	
○	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	H21	6	H27	2	
	松木 悠	東京大学アジア生物資源環境研究センター	ポスドク	H22	5	H25	3	平成 22 年 5 月から他予算で雇用。部分的に JST 予算でも雇用
	中島祐一	東京大学アジア生物資源環境研究センター	ポスドク	H22	4	H25	12	平成 22 年 4 月から JST 予算で雇用。他予算でも部分的に雇用
	黒河内寛之	東京大学アジア生物資源環境研究センター	特任助教	H25	4	H27	2	平成 25 年 4 月から JST 予算で雇用。他予算でも部分的に雇用

【相手国側】

グループリーダー	氏名	所属	役職 (身分)	研究参加期間				備考	
				開始		終了			
				年	月	年	月		
○	Miguel D. Fortes	フィリピン大学・ディリマン校	Professor	H21	6	H27	2		
	Wilfredo Campos	フィリピン大学・ビサヤ校	Associate Professor	H21	6	H27	2		
	Willy Uy	ミンダナオ州立大学	Professor	H21	6	H27	2		
	Klenthon O. Bolisay	フィリピン大学・ディリマン校	Research Assistant	H21	9	H27	2		
	Gay Amabelle Go	フィリピン大学・ディリマン校	Research Assistant	H21	9	H27	2		

	Francisco Paciencia	フィリピン大学・ディリマン校	Research Assistant	H21	9	H27	2	
	Joemarie Caballero	フィリピン大学・ビサヤ校	Research Assistant	H21	11	H24	3	
	Joshua Regalado	フィリピン大学・ビサヤ校	Research Assistant	H21	11	H24	3	
	Mary Ann Cielo Malingin	フィリピン大学・ビサヤ校	Research Assistant	H24	4	H27	2	
	Ma. Marivic Pepino	フィリピン大学・ビサヤ校	Research Assistant	H24	4	H27	2	
	Venus Leopardas	ミンダナオ州立大学	Research Assistant	H21	9	H24	9	
	Allyn Pantallano	ミンダナオ州立大学	Research Assistant	H21	9	H27	2	
	Ivane Gerasmio	ミンダナオ州立大学	Instructor	H25	1	H27	2	
	Tom Gerald Taer Genovia	ミンダナオ州立大学	Research Assistant	H25	5	H27	2	

研究項目：(生態学グループ A と B の合算)

- ① サンゴ礁、藻場、干潟、マングローブ等から構成される local habitat 内での生物多様性・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。
- ② 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 超多島複雑海域における reef connectivity (サンゴ礁間連結性) の実態解明ならびに幼生分散・加入過程における多重ストレス影響の定量的評価。

(4) 地球化学グループ

【日本側】

グループリーダー	氏名	所属	役職 (身分)	研究参加期間				備考
				開始		終了		
				年	月	年	月	
○	宮島利宏	東京大学大気海洋研究所	助教	H21	6	H27	2	
	渡邊 敦	東京工業大学大学院情報理工学研究科情報環境学専攻	助教	H21	6	H27	2	
	梅澤 有	長崎大学水産学部海洋資源動態科学講座	准教授	H21	6	H27	2	
	栗原晴子	琉球大学亜熱帯島嶼科学超域研究推進機構	助教	H24	2	H27	2	

	森本直子	東京大学大気海洋研究所	ポスドク	H22	8	H27	3	JST 予算で専任雇用
	WYATT, Alex S. J.	東京大学大気海洋研究所	ポスドク	H24	2	H25	9	日本学術振興会外国人特別研究員
	山口 聖	長崎大学大学院水産・環境科学総合研究科	大学院生 (D3)	H22	5	H26	3	梅澤が研究指導中
	野崎 龍	長崎大学大学院水産・環境科学総合研究科	大学院生 (D1)	H24	9	H27	2	梅澤が研究指導中
	尾崎 健史	長崎大学大学院水産・環境科学総合研究科	大学院生 (M1)	H25	3	H26	3	梅澤が研究指導中
	Maria Vanessa Baria Bunda	琉球大学理工学研究科	大学院生 (D3)	H25	3	H27	2	栗原が研究指導中
	Judith Wouters	琉球大学理工学研究科	大学院生 (M2)	H25	3	H26	3	栗原が研究指導中
	Charissa Ferrera	東京工業大学大学院情報理工学研究科情報環境学専攻	大学院生 (D3)	H24	10	H27	2	宮島、渡邊が研究指導中

【相手国側】

グループリーダー	氏名	所属	役職 (身分)	研究参加期間				備考
				開始		終了		
				年	月	年	月	
○	Ma. Lourdes San Diego-McGlone	フィリピン大学・ディリマン校	Professor	H21	6	H27	2	
	Fernando Siringan	フィリピン大学・ディリマン校	Professor	H22	3	H27	2	
	Genevieve Regino	フィリピン大学・ディリマン校	Research Assistant	H21	9	H25	7	
	Charissa Ferrera	フィリピン大学・ディリマン校	Research Assistant	H21	9	H24	9	
	Danica Mancenido	フィリピン大学・ディリマン校	Research Assistant	H21	9	H23	8	
	Rhodelyn Saban	フィリピン大学・ディリマン校	Research Assistant	H24	4	H24	5	
	Mikko Garcia	フィリピン大学・ディリマン校	Research Assistant	H24	6	H27	2	
	Gabrielle Grace F.	フィリピン大学・ディリマン校	Research Assistant	H25	4	H27	2	

	Mendoza							
	Maria Teresa Escobar	フィリピン大学・ディリマン校	Research Assistant	H25	11	H26	10	

研究項目：

- ① 熱帯沿岸生態系への陸源負荷の作用過程の解明。
- ② 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。
- ③ 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。
- ④ CO₂ 放出・吸収特性から見た沿岸生態系の評価。

§ 4 プロジェクト実施内容及び成果

4. 0 プロジェクト全体

(1) グループを統合した全体の成果

プロジェクトの全グループを統合した全体の成果に関わる課題は、§ 2(3)の「4. 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（統合グループ）」に記載されている6テーマである。以下に、それぞれのテーマごとに得られた成果について概説する。

1) 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

沿岸域に波及する環境ストレスは、様々なソースから複雑な時空間変動過程を経て沿岸域に作用する形になる。しかも、対象とする沿岸海域は、周辺の沿岸や外洋域とも接続していることから、それらとの複雑な相互作用過程の下で物理・化学・生物過程の変動が規定される形となる。そこで、例えば、BolinaoやBanate湾、Puerto Galeraなどでは、その海域に隣接する陸域からの環境負荷の把握のみならず、それぞれのローカル海域がおかれているLingayen湾やGuimaras海峡、Verde Island Passageといったより広域スケールのシステムとの相互作用過程をふまえた上での動態を把握する必要がある。本プロジェクトでは、そのような周辺海域との関係や大気経由負荷、底泥系も含めた立体的・重層的な相互作用過程を解明するべく、様々なロガータイプ・センサーによる連続観測や、広域多地点・多時点採水観測などを実施した。また、得られた現地データの分析結果をベースとして流動・水質・低次生態系モデルシステムを開発し、当該サイトのIDSS開発の基本モジュールの一つとして組み込んだ。

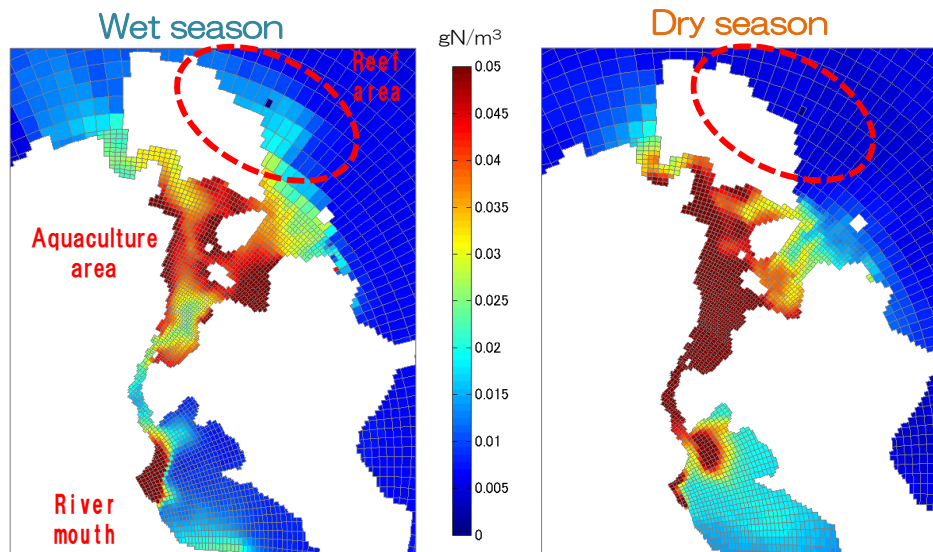


図-3 IDSS-Bolinao用に開発された流動・水質・低次生態系モデルシステムによる計算例(NH₄)

図-3は、そのモデルシステムによるシミュレーション結果の一例を示したもので、Bolinao海域での養殖エリアからの汚濁水がサンチアゴ島の北東側に位置するサンゴ礁海域に波及する様子を雨季と乾季の両方のケースでNH₄濃度で示したものである。これにより、雨季では養殖エリアからの汚濁水がサンゴ礁域まで有意に波及することが分かる。

このような複合的な環境ストレスのもとでの生物多様性・生態系機能の変動特性については、それを具体的に把握するための統合的生物学モニタリング方法論を確立することができている。沿岸生態系の主要生産者(海草類)および消費者(魚類)については、ストレス応答の具体的な測定法が確定し、基礎的なデータが集積された。また、local habitatの相互連成構造の解明に上記モニタリングデータを用いた解析と、音響テレメトリーを利用した高次消費者のハビタット利用様式の解析法、遺伝子マーカーを用いた集団内構造解析法を併用することにより、さまざまなスケールでの連成構造の把握が可能となった。また、大型藻類と堆積物の元素組成・安定同位体比に着目したマッピング調査も実施しており、例えば、堆積物の窒素安定同位体比から、地下水流入に伴う窒素負荷の影響範囲等が明らかになってきている。

これらの環境ストレス・生態系応答構造の解明のもとに、当該海域での環境容量(carrying capacity)を定量的に把握することは、持続的な沿岸資源管理を実現させる上できわめて重要となる。環境容量の評価対象となるのは、例えば、過剰養殖が問題となっているBolinaoでは、当該海域全体として、どの程度までの養殖生け簀の数や密度、投与餌総量までであれば養殖魚の大量斃死のリスクをおさえて持続的な養殖管理が可能になるか、という問題となる。また、観光開発による様々な人為影響によって沿岸生態系の劣化が進行しているBoracayやPuerto Galeraでは、観光開発と沿岸生態系保全を両立させた持続的な観光開発を実現させる上で、例えば、あるシーズンに何人までの観光客を受け入れることが可能かといった問題設定となる。さらに、陸域からの濁質流入による沿岸域の濁りによる光環境の劣化によって海草藻場が衰退し、ひいては漁業資源減少をもたらしているBanate湾では、どの程度までの陸域からの濁質流入であれば海草藻場の衰退が防げ、回復の基調に転換させられるかが重要な課題設定になる。

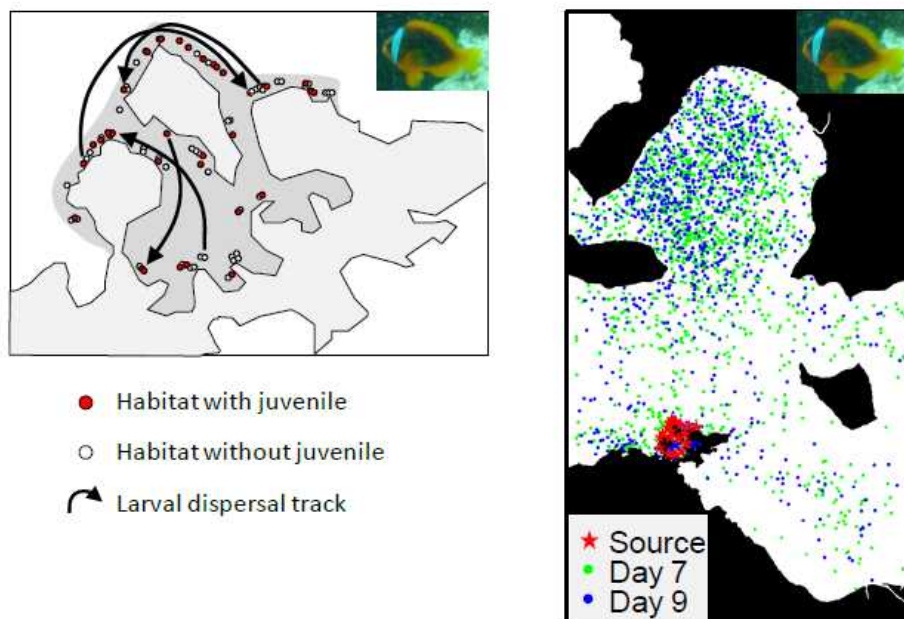
これらの環境容量の具体的な定量化に当たっては、各ケースでの、環境ストレスの生成・波及・生態系応答の一連の過程を定量的に評価するスキームを確立し、そのもとで生態系の状態が持続可能な作用負荷レベルから逆に辿って、対象とする負荷の発生許容上限レベルを算定する、というプロセスが基本となる。このプロセスの計算モジュールは各サイトのIDSSに組み込まれている。それによって、例えばBanate湾のケースでは、流域からの濁質排出量を海草藻場の衰退を防ぎ・さらには回復させていく上で必要となるレベル以下に抑えるには、上流域での植林や営農活動の改善等によってどの程度まで表層土壌流出を抑える必要があるか、という政策課題に定量的な指針を示すことが出来るようになってきている。ただし、観光客数や養殖量といった、地域コミュニティーの

収入源に直接関わる量が制御対象になる場合には話は簡単ではない。地域のコミュニティーの経済的持続性の観点を度外視して、生態系保全のみの観点からこれらの変数の目標値を決めることは非現実的だからである。したがって、そのような場合には、観光や水産養殖といったマーケットにおける期待収入額と観光客や養殖量等の増加に伴う沿岸資源のダメージ・リスクのバランスの観点からの検討が必要になる。後述の5)で例示するBoliniao用IDSSでは、そのような観点からの検討を行っている。

2) 沿岸生態系ネットワークにおけるコア・ハビタッ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力強化策としてのMPAネットワーク設定とその維持方策の提言

沿岸生態系ネットワーク解明とそれに基づくMPAネットワーク設定の基礎となるのは、幼生等の分散過程解析に基づくreef connectivityの解明である。その方法論としては、(1) 野外調査に基づく主要ハビタットおよび主要種の分布状況と生物量の把握、(2) 海水流動モデルとリンクした幼生分散シミュレーション、(3) 集団遺伝学的な解析を統合的に利用することが有効であり、それぞれにおいて具体的な手法開発を進めた。(1)については、フィリピン全域、(2)については、Lingayen湾、Verde Island Passage、Guimaras海峡を主対象域に、さらに(3)については、フィリピン全域と琉球列島、中国沿岸域を含むregional scaleから、sub-regional scale、local scale（海峡・大規模湾スケール）といった多段スケール的な解析を進めた。その結果に基づき、(A)フィリピン全域スケール、(B)海峡スケール（メソスケール）、(C)各海域スケール、の3階層を統合的に組み合わせた沿岸生態系ネットワークの解明、およびそれに基づくMPAネットワーク設定および保全維持施策に繋げるスキームを開発した。

まず、フィリピン全域スケールにおける保全指針のグランドデザインの確立について、海草藻場を例にした解析結果を示す。主要種ウミシヨウブやリュウキュウアマモについて、マイクロサテライトマーカーを用いた集団遺伝的解析を行った結果、フィリピンの各集団間の遺伝的分化を示す F_{ST} は一般に大きく、地点間の分化が進んでいること、遺伝的距離と地域距離には有意な正の相関が見られ、種子や果実の分散が制限されており長距離分散の頻度が低いことが判明した。また、集団の遺伝構造のパターンと海流のパターンは概ね一致しており、種子や果実の分散は海流によって分散することが明らかになった。これらのことから、フィリピン全域スケールでは、地域ごとに特有の遺伝子が保存されている可能性が高く、フィリピン全域でMPAを設定・評価する際には、複数の異なる遺伝資源を守るような観点から、海流動態に基づく保全海域単位をまず設定し、その海域ごとに、適切なMPAの面積や配置計画を考える必要性が明らかになった。



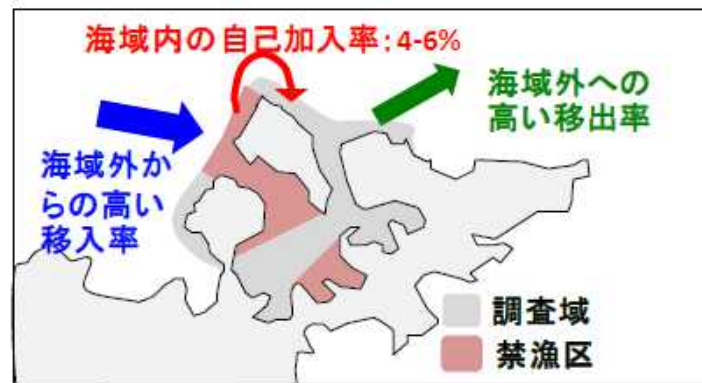


図-4 プエルトガラレラおよび Verdi Island Passage におけるクマノミの一種 *Amphiprion frenatus* の幼生分散パターンの解析結果。左上: マイクロサテライトマーカーを用いた親子解析の結果に基づくプエルトガラレラ内の幼生移動経路の推定。右上: 幼生分散シミュレーションモデルによるプエルトガラレラ由来の幼生の分散パターンの解析。下: 上記の2方法により、プエルトガラレラ内のクマノミノ自己加入率は非常に低く、海域内外の移入出率が高いことが明らかになった

次に、海峡スケールでの reef connectivity (サンゴ礁間連結性) の評価については、野外センサス、遺伝的解析、および海流動態を考慮した幼生分散シミュレーションモデルを統合的に扱うアプローチにより、各海域内の海流動態や地形的障壁に伴う海洋生物の分散過程を考慮した MPA ネットワークの設計が可能になった。例えば、Verdi Island Passage のプエルトガラレラにおいて、サンゴ礁性魚類の分散研究のモデル生物であるクマノミ類を対象にした統合的解析の結果、(この海域は一見すると半閉鎖的な地形に見えるにもかかわらず) 浮遊幼生期間が平均的な主要魚類では、幼生の移出入はより広域な空間で頻繁に生じることが判明した。このことにより、同海域で MPA による保全を効果的に進めるためには、プエルトガラレラ地域だけでなく、その周辺海域の MPA との連携した保全施策 (MPA ネットワークによる管理) が有効なことを明らかになった。

さらに、各海域毎の遺伝的多様性(クローン多様性)の局所的変異の解析、およびハビタット間(サンゴ礁、海草藻場、マングローブ)のローカルコネクティビティに関する野外センサスおよび音響テレメトリー解析により、各 LGU で管理する MPA の設計について検討した。海草類を対象にしたクローン多様性の研究では、対象海草種および海域内のサイトにより、その値が大きく異なることが判明した(下記 4.3 を参照)。MPA の設置場所の検討においては、より多数の種の遺伝的多様性が最大になるようなサイトを選定することが求められる。また、海草藻場に対する人為攪乱が海草の局所的遺伝的多様性にマイナスの影響を与えることが示唆された(下記 4.3 を参照)ことから、設定された MPA を健全に維持するには人為攪乱を防ぐ対策が求められる。一方、大型魚類を対象にした研究では、主要魚類は、成長に伴いハビタットをシフトさせること、また多くの個体が日常的にバックリーフ(海草藻場)からフォアリーフまで移動することが確認された。このことより、MPA の配置においては複数のハビタットを含む形で設置することが効果的であることが明らかになった(下記 4.2 を参照)。

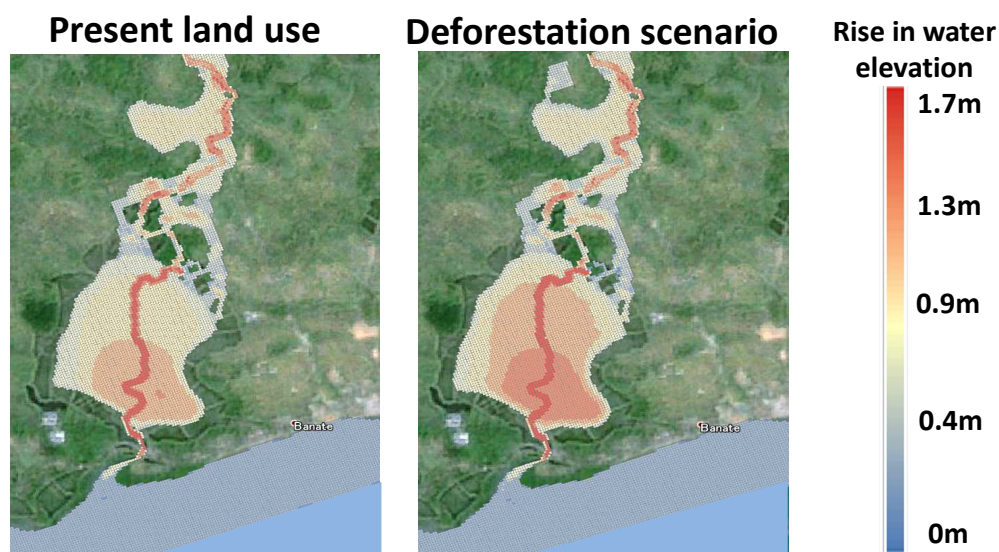
以上の 3 つの異なる空間スケールでの解析結果は、それぞれ、(A) 中央政府レベルでの立案、施策への提言、(B) 沿岸流域の複数の LGU にまたがる MPA ネットワークの設定、(C) 各 LGU での MPA 設計・管理への提言に結びつくものであり、これにより、異なる空間スケールでの海域利用保全に責任を持つ多様なステークホルダーを対象に、海域保全、持続的利用に向けた意思決定プロセスを支援できることが期待される。

3) 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

上述1)のストレス生成・波及プロセスの観測・解析・評価手法の成果に基づいて、沿岸域への様々な環境負荷によるダメージや台風等による洪水・高潮災害のリスク評価を行うことが可能となる。図-5 は、Banateエリア用のIDSSに組み込まれている台風による洪水氾濫シミュレーションモジュールによつ

て、現状の土地利用・植生被覆の場合に比べて、将来的に上流の森林の伐採がさらに3割増加した場合の沿岸域の洪水氾濫の増加状況を示したものである。このような解析によって、流域の土地利用・植生被覆状態の将来的な変化が、下流の沿岸域における洪水氾濫ポテンシャルのどの程度の増加となって現れるか(あるいはその逆)を定量的に明らかにすることができる。

台風接近時には洪水とともに高潮が来襲するリスクを同時に考慮する必要がある。そのような場合の氾濫ダメージポテンシャルを減少させるには、上流域での植林や営農法の改善等に加えて、沿岸域のマングローブ林の保全もしくは植林といった施策が考えられるが、IDSSにはそのような高潮が洪水と同時に生じるケースも対応して解析できる機能を組み込んでいる。さらに、マングローブ林の高潮・高波緩衝機能だけでなく、陸域からの微細土砂のトラップ機能など、マングローブ林の持つ多彩なリスク軽減機能を定量化することによって、衛星画像解析に基づくフィリピンの広域マッピングによって得られているマングローブの分布状況のデータをもとに、現状でのリスク評価と、将来的に植林等で改善したマングローブ分布によるリスク低下の可能性の評価を行うことが可能になる。



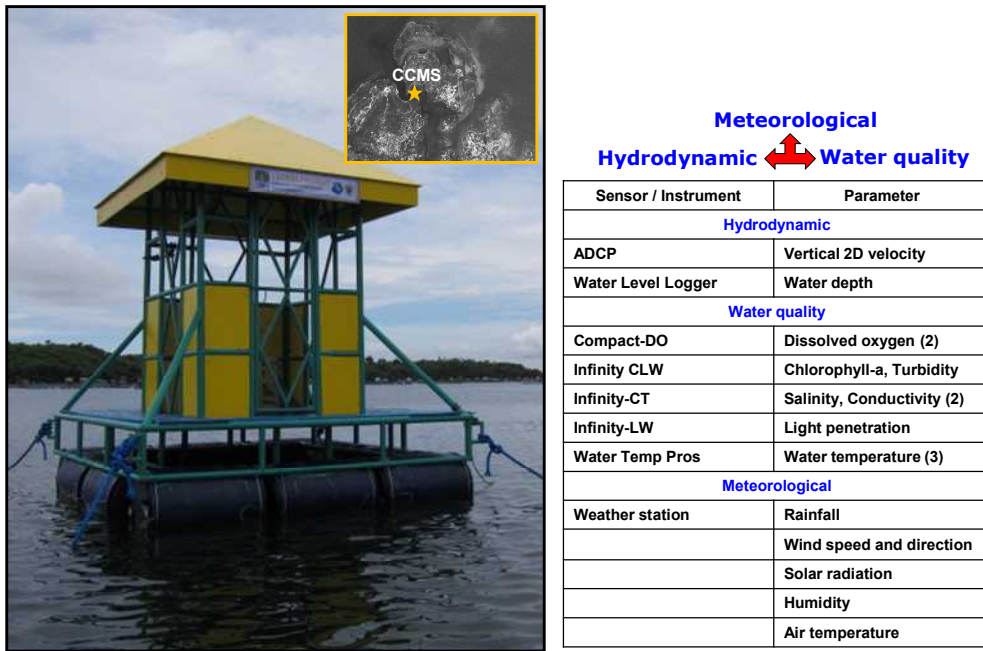
図－5 Banate沿岸域でのDamage Potential Mapの例－上流域での森林伐採が30%進んだ場合の沿岸域での洪水リスクの増加

4) 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

対象とする沿岸生態系にどのような複合的な環境負荷が作用し、その結果としてその生態系がどのような変遷を示しているかを知ることは、生態系保全・適応管理を合理的に行っていく上で基盤的重要性を持つ。しかし、そのような重要性にもかかわらず、特に、途上国においては、モニタリングシステムの導入がきわめて限定的で、その結果、信頼できるデータがきわめて不十分な状況のもとで、将来の沿岸資源保全・適応管理計画を検討しなければいけない状況に置かれている。

本プロジェクトでは、導入すべきモニタリングシステムとして、連続性(もしくは定期継続性)と包括性を2つの重要なキーワードとした包括的常時モニタリングシステム(Continuous & Comprehensive Monitoring System; CCMS)をデザインし、それを各重点調査サイトに展開・運用している。具体的には、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)、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。図－6に、プラットフォーム・ベースCCMSの例として、Bolinaoの過密養殖海域に設置した浮体形式CCMSを示す。同図中の表に示しているように、このプラットフォームには、水温、塩分、流向・流速、波高・水位、溶存酸素DO、クロロフィルa、濁度、光量に加えて、気温、湿度、風向・風速、雨量、日射量、といった気象諸量も含めて、それらを連続計測するための種々のロガータイプ・センサーが装着されている。

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に、H24年12月からBanate湾ならびに周辺沿岸域において定期的採水ならびに生物モニタリングを開始している。さらに、流域からの負荷の連続モニタリングのために、ロガータイプの濁度計、水位計、そして雨量計からなるシステム(TOMAS; Terrestrial Output Monitoring and Assessment System)をいくつかの流域にH23年9月から設置している。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。



図－6 プラットフォーム・ベースCCMSの例－Bolinaoの過密養殖海域に設置した浮体形式CCMS

5) 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)の構築とその運用のための人材育成

統合的意思決定支援システム(Integrated Decision Support System; IDSS)は、本プロジェクトで開発した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多面的・包括的な観点からの情報を提供し、合理的な問題解決と政策決定を支援するためのシステムで、いわば本プロジェクトのハイライトとも言うべき重要成果目標項目の一つである。IDSSが解決支援対象とする問題はサイトごとに異なることから、IDSSは、6つの重点サイトのうちのLaguidinganを除く、Bolinao, Laguna 湖, Banate, Boracay, Puerto Galeraのサイトごとに開発している。図－7にネットワーク型IDSSの全体構成概念図を示す。

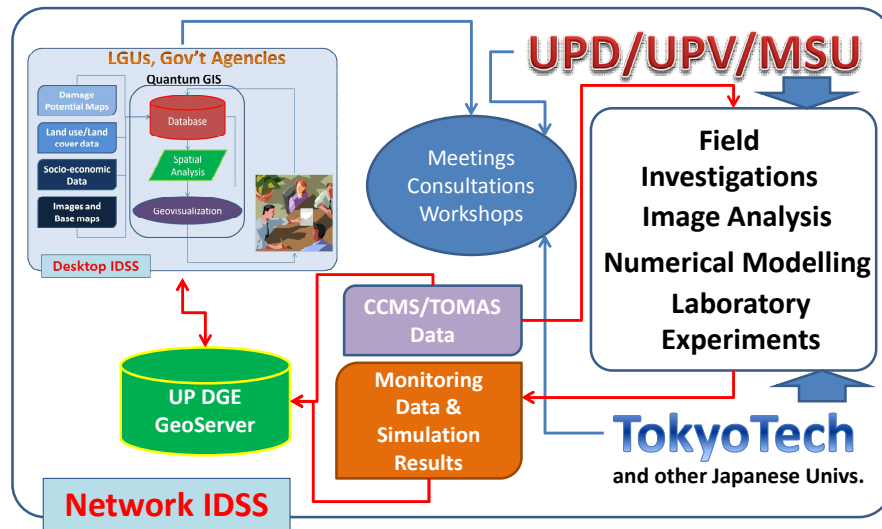


図-7 ネットワーク型IDSSの全体構成概念図

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、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催している。IDSS の社会実装については、それに伴って必要となる各サイトでの一連の training workshop の開催とともに H27 年7月下旬から順次実施した。そして、これらの IDSS のさらなる高度化に向けて、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併行して進めた。

図-8は、Boliniao 用 IDSS のシステム構成図を示したものである。

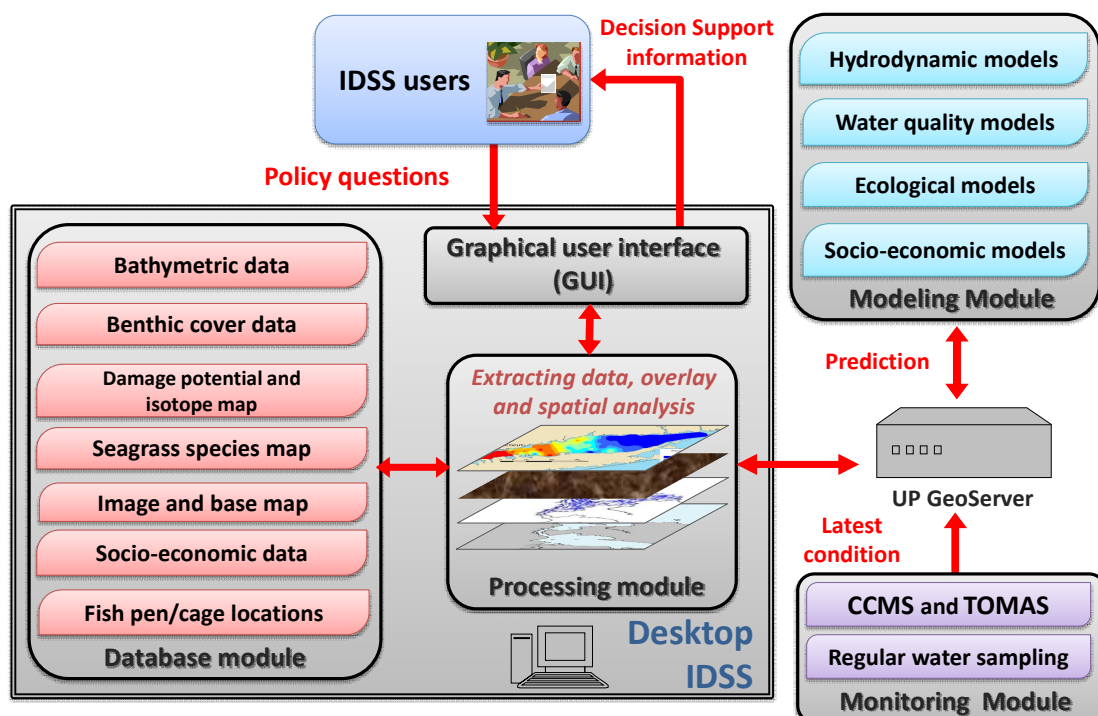
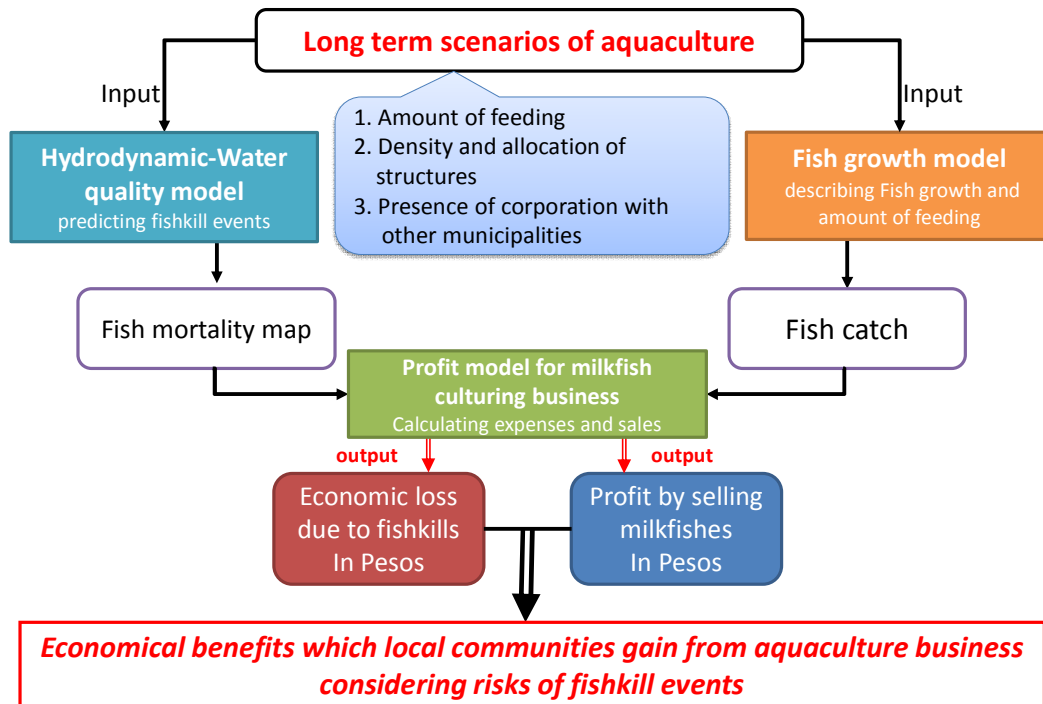
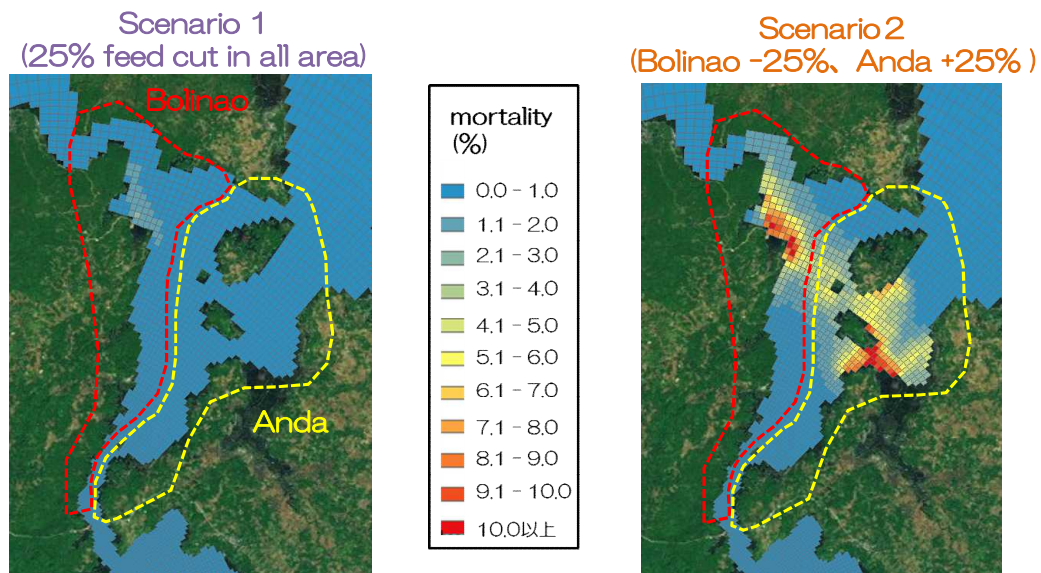


図-8 IDSS-Boliniaoのシステム構成図



図－9 与えられた養殖パラメータ(養殖生け簀空間密度や餌投与量)に対応する養殖魚の大量斃死リスクと市場での期待収入量の算定フローの模式図



図－10 Bolinaoとそれに隣接するAndaの水域において、両方で餌投与量を25%カットした場合(左)と、Bolinaoのみカットし、Andaは将来的に増加傾向を続けた場合(右)の二つのシナリオに対する魚の斃死リスクの算定値。・・・Bolinaoのみの水質改善努力では斃死リスクが減らないことを示している

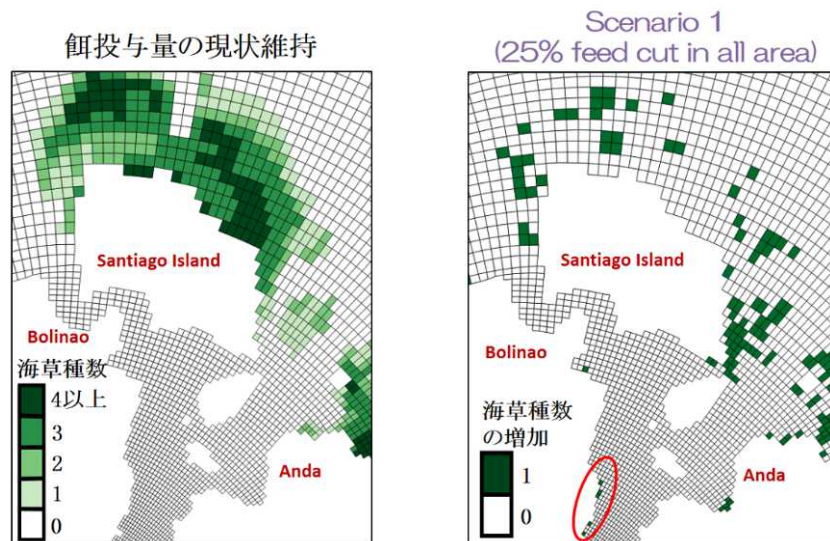
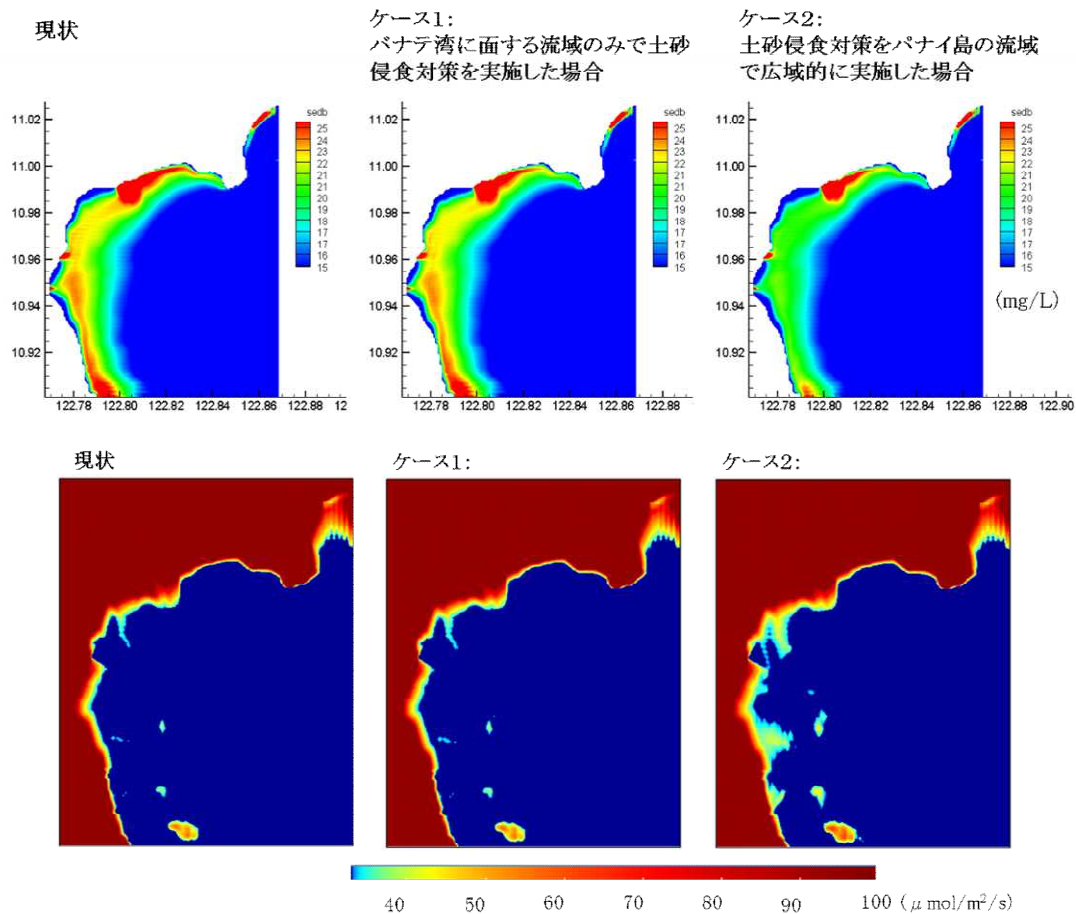


図-11 将来の海草種数の予測結果。左は餌投与量の現状維持の場合に予測される種数、右はBolinaoとAndaにおいて共に25%カットした場合に予測される、現状維持のケースからの増加数を表す。餌投与量のカットによる水質改善効果によって将来的に海草種数が有意に増加する可能性があることを示している

先の1)で述べたように、観光客数や養殖量といった、地域コミュニティの収入源に直接関わる量を沿岸資源管理の制御対象とする場合には、観光や水産養殖といったマーケットにおける期待収入額と観光客や養殖量等の増加に伴う沿岸資源のダメージ・リスクのバランスの観点からの検討が必要になる。図-9は、そのための定量的な検討を実現するためのモデル構成をBolinaoの養殖管理を例として示したもので、与えられた養殖パラメータ(養殖生け簀空間密度や餌投与量)に対応する養殖魚の大量斃死リスクと市場での期待収入量の算定フローを示したものである。

図-10 は、図-9のシステムによるアウトプットの一例として、Bolinaoとそれに隣接するAndaの水域において、両方で餌投与量を25%カットした場合(左)と、Bolinaoのみカットし、Andaは将来的に増加傾向を続けた場合(右)の二つのシナリオに対する魚の斃死リスクの算定値を空間分布の形で示したものである。これから、シナリオ2で示されているBolinaoのみ餌やり量を減らして水質改善努力を行うのでは斃死リスクは減らず、Anda水域の養殖業者も連携して水質改善努力をしなければならないことが分かる。このことは、個々のLGUの水域のみの個別の管理という枠組みを超えて、LGU間(Inter-LGU)の広域管理スキームの構築と運用が不可欠であることを示している。

また図-11は、モデル開発・評価グループによって開発された流動・水質モデルから得られる物理化学的環境予測変数(栄養塩、SS、クロロフィル濃度等)と、生態学グループで得られた海草藻場の生物多様性、生物量を関連づけ、それに基づいて、異なるシナリオ下で将来的に期待される生物多様性および生態系機能を予測するモデルを開発し算定された結果の一例で、海草種数の予測値を示したものである。左側の図は餌投与量の現状維持の場合に予測される種数、右側の図はBolinaoとAndaにおいて25%カットした場合に予測される、現状維持のケースからの増加数を表す。これらから、Bolinao、Andaの養殖エリア全域での水質改善努力により、将来的に海草種数が有意に増加し、特に過剰養殖によって海草が衰退したエリアの一部である図12右の赤線で囲った地点においても海草が回復する見込みがあることが分かる。このことは、LGU間連携による広域管理が、養殖業そのものだけでなく沿岸生態系の保全においても有効であることを示している。



図－12 雨季におけるBanate湾の平均な濁度(上段)および底層の光量(下段)。土砂侵食対策をBanate湾に面した流域のみで実施した場合(ケース1)には、現状の濁度(左)に比べてほとんど改善がみられないが、土砂侵食対策をPanayt島のほかの流域でも実施した場合(ケース2)では大幅な濁度の改善が期待できる。光量についても濁度の改善に対応する形でケース2において改善がみられる。Banate湾の周辺自治体のみの水質改善努力だけでは濁度が十分に改善しないことを示している。

図－12は、Banate用IDSSを用いたシナリオ解析の一例として、流域の農地において土砂侵食対策を実施した場合におけるBanate湾の濁度である。土砂侵食対策については、Panay島流域における主要な農作物のひとつであるサトウキビの農地においてマルチングの導入を想定している。土砂侵食対策をBanate湾に面した流域のみで実施した場合(ケース1)では、Banate湾域の海水の濁度やそれに付随する海底での光量条件はそれほど大きく改善しないことがわかる。一方、土砂侵食対策をBanate湾の流域に加えてGuimaras海峡に面するPanay島の複数の流域においてより広域的に実施した場合(ケース2)、Banate湾の濁度や海底光量条件は大幅に改善する可能性が示された。これはBanate湾の濁度が隣接する流域由来の土砂に起因しているだけでなく、湾外から流入するPanay島の他の流域由来の土砂の影響を強く受けているからである。さらにBanate湾の濁度から水柱における光量の計算を行い、海草の生育に適した範囲をそれぞれのシナリオについて抽出した。なおこれら光量の計算および生息範囲の抽出を行うにあたっては、濁度－光モデルの開発や海草の生息に必要なとなる光量といった地球化学グループや生態学グループによって得られた知見をモデル開発・評価グループが数値モデルに組み込むことで得られている。解析の結果、ケース1では例えばBanate湾で生息が確認されている海草のひとつであるHalophila Ovalisが生存するために必要となる光量が得られる範囲は現状のそれと比べてほとんど違いが確認できないが、ケース2では少なくとも光量の条

件からより広域的な範囲でHalophila Ovalisが生息可能となることが示唆された。以上のことから濁度や光環境を改善するためには土砂流出対策などの流域管理をBanate湾周辺のみならずPanay島にわたりより広域範囲で実施することが必要であり、ここでもLGU間(Inter-LGU)の広域管理スキームの構築と運用が不可欠であることを示している。

このように、IDSSは、個々のユーザーの意志決定・政策支援の範疇を超えてLGUの広域連合としての意志決定スキームの導入を促すことにつながる科学的な情報を提供し得る。実際、H26年3月上旬にBolinaoで開催された地元ワークショップこの結果を参加者に示したあと、Inter-LGUスキームの立ち上げの動きが加速し、4月末にInter-LGU Forumの形で再びBolinaoで地域会合が開催され、Bolinaoだけでなく、周辺のLGUの関係者が一堂に会し、地域が連携・協力して取り組むべき課題と解決の方向性を議論している。その後、さらに11月中旬に”Western Pangasinan Inter-LGU, Local Chief Executive Forum”と題した地域会合がBolinaoで開催され、Bolinaoとその周辺の複数のLGUの代表者が参加して持続的な沿岸資源管理に関する問題点と解決策について意見交換を行い、協定書(covenant)のドラフトを作成し、H27年1月に各LGUの市長が署名している。

Inter-LGUスキームについては、Banate周辺エリアについても、Banate用IDSSのアウトプットを同様に示して、その必要性をアピールし続けた。その結果、Banateだけでなく、Guimaras海峡に面するPanay島側の数多くのLGU関係者が参加した地域workshopの開催やIDSS/GIS training workshopの開催を通じて、Inter-LGUスキームが実現する見込みとなっている。

なお、IDSSの実装先として、当初案ではBolinaoとBanateで各1であったが、BolinaoとBanateでのInter-LGU体制の具体化の動きに対応した地元からの要望を受けて、Bolinaoで6とBanateで4と大幅に拡充することとなった(表-1参照)。

6) 環境ストレス発生源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

沿岸生態系保全と調和し得る持続可能な沿岸資源管理の実現のためには、環境負荷発生源であるとともにその制御主体としての両面性を持つ地域コミュニティの理解が欠かせない。そのために、本プロジェクトでは、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た。その成果は、IDSS の開発・応用において活かされる形になっている。社会経済的調査はモデル開発・評価 G によって主として実施されたことから、具体的内容は、後述の4.1で示す。

(2)今後期待される効果

フィリピンにおける沿岸生態系保全の関心は、わが国のそれに劣らず高いと言える。実際、本プロジェクトでこれまで数多く主催して来ている各調査サイトでの地元会合においても、参加者の熱気を感じる事がしばしばあり、大変熱心な議論が行われている。そのような経験を通じて、彼らは何とかしてみずからの貴重な資産である沿岸生態系を守りたいと望んでいる、と実感することが多かった。しかし、現実には、各地の沿岸生態系の劣化の傾向が一向に止まる気配が見えない。その大きな原因は、概して言えば、様々な stakeholder 間の何らかの conflict の存在によって、議論はしても一向に本格的な問題解決に向けての合理的かつ効果的な方針が打ち出せないということが多いからである。場合によっては、先述のように、行動主体そのものが、なかなか個別の LGU の内部に留まってしまっており、LGU の枠を超えた広域連合的な行動主体へと広げていくためのしっかりとした根拠とメカニズムが存在しなかった、ということも大きいものと思われる。

そのような現状にあって、本プロジェクトは、全ての重点調査サイトにおいて、大変大きな期待を持って迎えられた。それは、本プロジェクトが、地元の複雑な conflict 構造に無関係な客観的な学術的立場から、しかも様々な専門分野からなる学際的なチームによって包括的・多面的な観点から有用な情報を提供し、それを IDSS や CCMS 等の具体的なツールの形で地元の方々に目に見える貢献をすることを目指すものであるからである、と確信している。さらに、たんなる地元実装に留まらず、それらの持続的な有効利用を継続していくために、各サイトでの training workshop もそれぞれ

れ複数回実施している。これらの試みが、各地域に根付き、その有用性が各地域のみならず、中央政府の関係部局にも広く認知されるようになれば、今後フィリピンの他の沿岸域にも同様の試みが相手国の自助努力で継続・発展していくことが期待できる(そのための中央政府へのいくつかのアプローチを、プロジェクト成果の紹介を兼ねて、プロジェクト終盤に実施している)。

また、各サイトで、CCMS 展開やそれと連動した IDSS の開発・実装・運用を中心として沿岸生態系保全・適応管理を本格的に支援・推進するという試みは、学術的な観点から見ても他に類例をほとんど見ないものであり、本プロジェクトでの成功は、相手国のみならず、わが国も含めた様々な国への波及が期待できる。

4.1 モデル開発・評価グループ(東京工業大学、高知大学、港湾空港技術研究所、LEAD-JAPAN)

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)研究実施内容及び成果

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ブ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力強化策としての 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

を開発した。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－Verde Island 海峡、Luzon 島 Bolinao 沿岸－Lingayen 湾、同 Laguna 湖－Manila 湾、Panay 島沿岸－Guimaras 海峡を主たる対象としてモデル開発を行った。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った。（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た。）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－陸域－沿岸域－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した。陸源負荷モデルの開発対象としては、Laguna 湖－Manila 湾周辺流域、Lingayen Gulf 周辺流域（Bani 川、Agno 川流域など）、Panay 島内流域、比較サイトとしての沖縄石垣島を主対象とした。さらに、Guimaras 海峡に面する複数流域にまたがる広域陸源負荷モデル開発等を行った。また、生態系応答モデルに関しては、比較サイトの石垣島沿岸サンゴ礁域を対象として先行して開発を進めた後、環境負荷－生態系応答の定量的把握が特に重要となる Bolinao と Banate 湾に関して、主として海草群落を対象とした負荷応答モデルを生態学グループや地球化学グループとの共同で開発した。また、Bolinao に関しては、過剰養殖に伴う養殖魚の大量斃死リスクの予測モデルシステムを開発した。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の開発を試みた。Connectivity モデル開発と応用解析にあたっては、生態学グループと密接に連携を取ることにした。なお、6重点サイトのうちの Bolinao エリア、Boracay 島、Banate 周辺エリア、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等を行った。

2) リモートセンシング画像解析とGIS開発

沿岸生態系の状態やその変遷およびそれに関連すると考えられる種々の要因の把握のために、各重点調査対象サイトでの周辺流域を含む土地利用・土地被覆状態や海底被覆状態の変遷に関する多時点リモートセンシング衛星画像の解析を行った。そして、そのアウトプットや社会経済データ等からなるGIS開発を行った。その成果はIDSSの主要モジュールの1つであるGIS・RSモジュールとして活かされた。また、各サイト別の上記の解析・開発に加えて、フィリピン全域での沿岸域のマングローブ林のリモートセンシングマッピングといった、全国スケールでのリモートセンシング解析を実施した。その成果は、1)のモデル開発の成果とともにダメージポテンシャルマップ開発等に活かされることになる。

3) 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した。H22 年は、3月上～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、9月下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。

4) 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、陸源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 Tamondong 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 Arriesgado、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 Arriesgado 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、H26 年 7 月には、上記5名を再び短期研修員として受け入れ、IDSS 開発・応用解析や IDSS の社会実装とそれに関わるネットワーク化等の検討を行った。

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 月下旬に行い、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。

5) 常時モニタリングシステム(CCMS)の構築・展開

モデル開発・評価グループが中心となって、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、ただし仮想的構造物)、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。Laguna 湖に関しては H27 年 1 月に仮想的構造物にかわる本格的なプラットフォームを設置した。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。さらに、流域からの負荷の連続モニタリングのために、ロガータイプの濁度計、水位計、そして雨量計からなるシステム(TOMAS;

Terrestrial Output Monitoring and Assessment System)をいくつかの流域に 2011 年 9 月から設置している。また、追加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、複数地点で 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4 台の設置が完了し運用を開始した。なお、CCMS の各サイトでの有効かつ持続的運用に当たっては、各サイトでの地元の理解・協力と地元からの要望の反映が重要なことから、各サイトで数回開催した地元会合(Site-based workshop)では、CCMS に関する話題を主要テーマの一つとして何度か設定した。その結果、プロジェクト以降も見据えた持続的運用の上でキーとなる地元の協力体制(定期的メンテナンス実施や電池等の経常経費的費用の負担、それらに関する MoU 締結など)を構築することが出来た。

6) 統合的意思決定支援システム IDSS および Damage Potential Map の開発・展開

やはりモデル開発・評価グループが中心となって、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)に開発した。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、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催し、併行して IDSS の社会実装を進めた。社会実装に当たっては、各実装先サイトのユーザーが IDSS を十分使いこなせるようになることが重要になることから、H26 年 7 月以降、各サイトにおいて、IDSS ならびに関連する GIS についての地元研修会をそれぞれ複数回開催した。また、IDSS の運用に当たっては、UPD 等の大学機関によるサポート体制の確立が重要となることから、ネットワーク・ソフト(ASNARO)によって各サイトの IDSS と大学機関(UPD、UPV、東工大)とをネットワークで連結したシステムを構築した。

7) 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 研究成果

リーフスケールモデルについては、比較サイトである石垣島東海岸リーフ海域を対象に、物理・流動モデル、熱・濁質輸送モデル、炭酸系動態モデル、有機物・栄養塩動態モデルといったモデル群を先行して開発した。生態系応答モデルについても石垣島東海岸リーフ海域を対象に開発を進めた。そして、プロジェクトサイトの中で環境負荷－生態系応答の定量的把握が特に重要となる Bolinao と Banate 湾に関して、主として海草群落を対象とした負荷応答モデルを生態学グループや地球化学グループとの共同で開発した。また、Bolinao に関しては、過剰養殖に伴う養殖魚の大量斃死リスクの予測モデルシステムを開発した。湾・海峡スケールや島全体スケールのモデルについては、Bolinao 周辺－Lingayen 湾、Manila 湾－Laguna 湖連成系、Puerto Galera－Verde Island 海峡、Guimaras 海峡を対象に開発した。フィリピン全体スケールモデルについては、太平洋－インド洋結合モデルからの多重ネスティングモデルをベースに開発を行った。

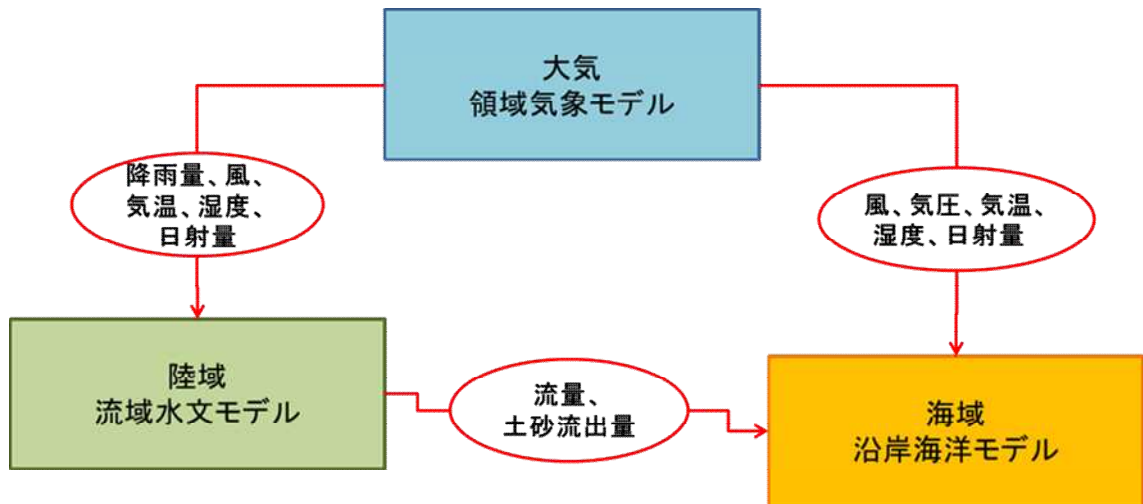


図-13 「大気－陸域－沿岸海洋」統合物理流動・物質循環モデルにおける各モデルの関係

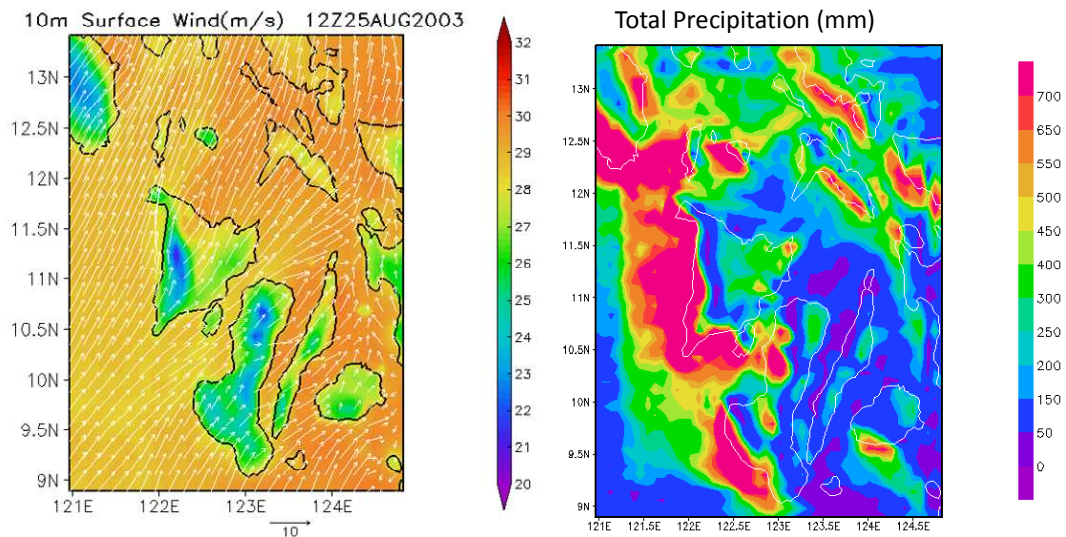


図-14 領域気象モデルによる Panay 島周辺の気象場の計算出力結果の例。左：雨期の地上風系・気温分布のスナップショットの例。右：雨期(9月)の1ヵ月積算雨量の例。

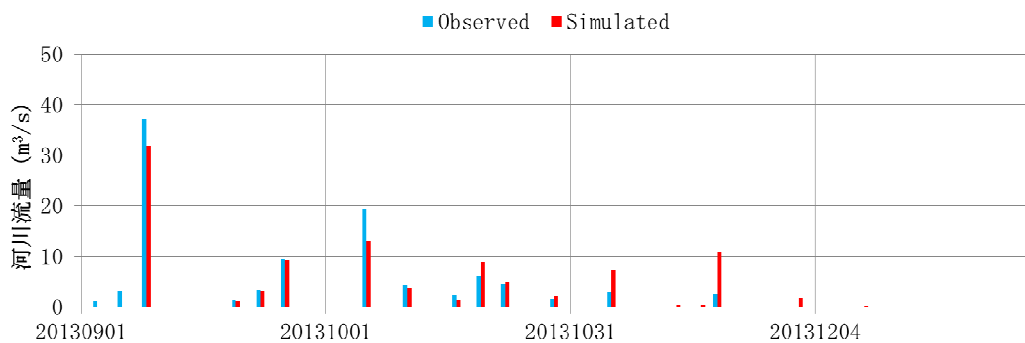
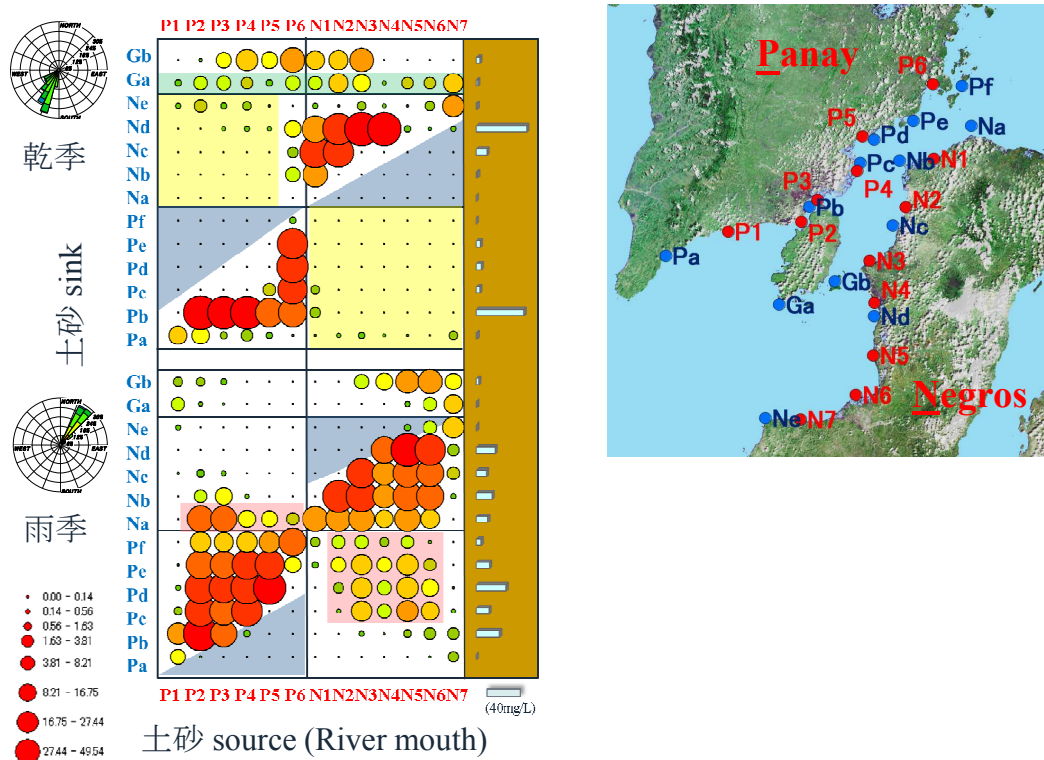


図-15 Panay 島 Anilao 川における河川流量の計算値(陸源負荷モデル)と観測値の比較

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－陸域－沿岸域－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した。図－13に、同カプリングモデルの概念図を示す。陸域モデルについては、流域スケールでは Lingayen 湾に流入する Agno 川流域や Bani 川流域等と、比較サイトである石垣島轟川流域を中心に開発を進めた。また島スケールでは、Panay 島を対象に開発を進めた。領域気象モデルは、フィリピン全域モデルとそれに nesting したローカルモデルを開発し、Lingayen 湾周辺域や Panay 島周辺域について風系場や降雨分布の計算を可能にした。これらの情報は、海域計算の forcing データおよび陸源負荷計算における入力降雨データとして用いられる（フィリピンのような開発途上国では風向・風速、雨量といった基本的な気象ですら入手が困難、ないしは、きわめて限定的なデータしか存在しない場合が多く、陸域モデルや沿岸海洋モデルを駆動するための気象情報を合理的に算定できるツールを開発することに意味はきわめて大きい）。図－14に、領域気象モデルによって計算された雨季での地上風系・気温分布のスナップショットならびに1ヵ月累積降雨量分布の例を示す。また、図－15は、陸域モデルの検証を行った例として、Panay 島の Anilao 川における出水イベントごとの河川流量についての観測値と計算値との比較結果を示したもので、これから、本モデル計算により、妥当な計算結果が得られていることが分かる。

この陸源負荷モデルから得られる淡水や濁質等の河川から沿岸域への流入フラックス（陸源負荷）情報は、Lingayen 湾での河川プルーム挙動とそれに伴う濁質輸送解析計算や、Guimaras 海峡での隣接する各流域からの多重陸源負荷解析と多重負荷のもとでの海峡内水質動態解析計算等に用いられた。特に、Guimaras 海峡周辺沿岸域での陸域からの表層土壌流出負荷の評価では、通常の流域一隣接する沿岸といったローカルな対応関係としてではなく、ある沿岸域への負荷が海峡スケールにわたる様々な流域からの多重負荷構造によって規定されることを明らかにし、そのことを明示的に評価するための「陸源負荷コネクティビティー・マトリクス」（図－16）を提示した。



図－16 Guimaras 海峡に面した様々な流域からの流出負荷が他の沿岸域に互いに影を及ぼす多重負荷構造関係を示す「陸源負荷コネクティビティー・マトリクス」の計算結果

モデル開発・評価グループは、本プロジェクト全体の主要成果項目である、各サイトでのCCMSおよびIDSSの開発・展開・社会実装に関して中心的な役割を示している。CCMSとIDSSのそれぞれの内容に関しては、先の4.0の4)、5)に述べているのでここでは割愛するが、本項では、IDSSの主要部分を構成する数値シミュレーションモジュールに関して、Bplinao用IDSSを例に挙げて述べる。同IDSSは、物理流動モデルー水質変動・低次生態系動態モデルー斃死発生リスク評価モデルー斃死に伴う経済的ロスを含めた期待収入額評価モデルといった一連のサブシステムからなる統合システムである(図-8, 9)。これによって、過剰養殖がもたらす大量斃死のリスクの評価やその経済的な側面からの評価をも可能としている。このモデルシステムは、同海域における流動・水質・低次生態系モデルシステムがベースとなっており、それによって、例えば、適切な養殖の規模や空間構造等についてのシナリオ分析も可能としている。図-17は、Bolinaoにおけるモデルシステムの基本となる流動モデルの出力結果であり、乾季・雨季における1潮汐平均流の空間分布を示している。これから、海水流動パターンに顕著な季節変動があることが分かる。特に、雨季には、養殖エリアからSantiago島東側のサンゴ礁域に向かう平均流が現れているが、この流動特性が、先の図-3に示した雨季での養殖エリアからSantiago島東側のサンゴ礁域に向かう汚濁水の輸送を支配している。

なお、モデルのアウトプットについては、CCMSをはじめとする実測データと比較することで検証を行っている。図-18の上図は、Bolinao CCMS Aqua 地点における底層での東西方向流速(流動モデル)の実測値との比較である。流速変動の位相が少しずれている期間があるため誤差の程度が若干大きくなっているが、実測に近い流速変動パターンを再現することが出来ている。また図-18の下図は、同じ地点の表層での溶存酸素濃度(水質モデル)の実測値との比較である。実測値に比べて計算値の方が変動幅が小さくなっているものの、重要となる最低DO値で比較すると、実測値とほぼ同程度の計算値となっている。

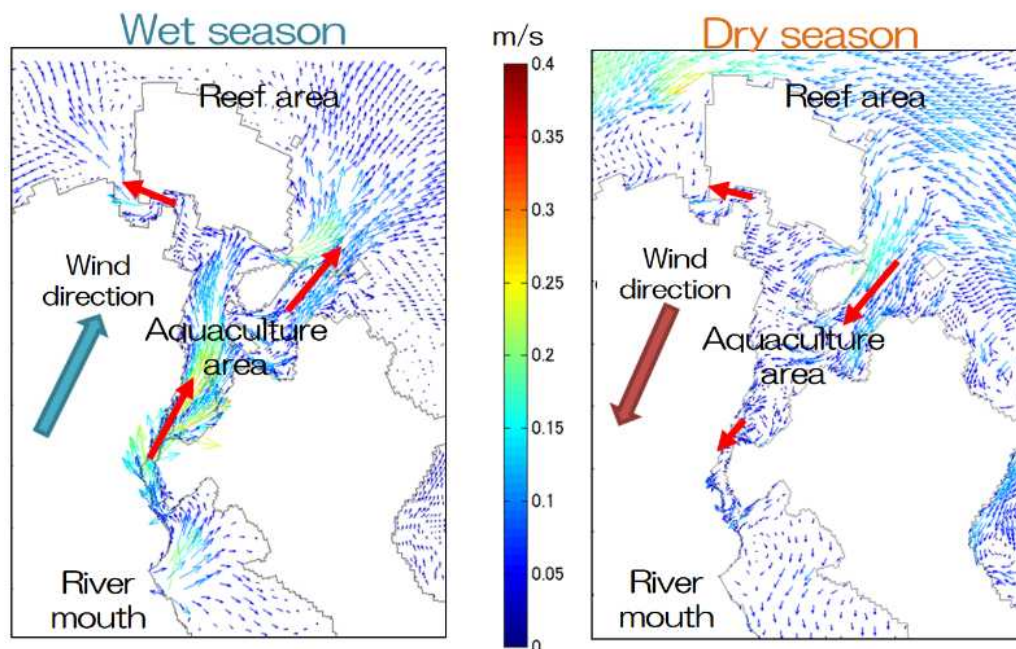
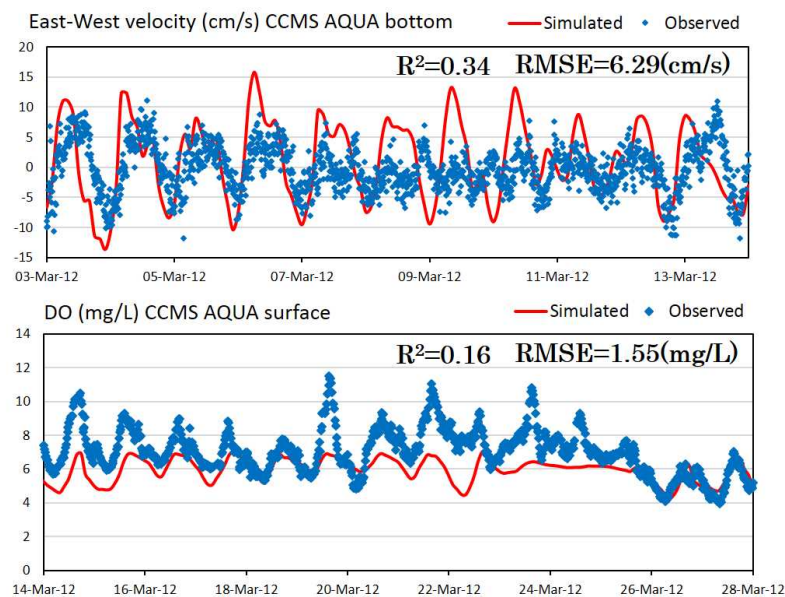


図-17 Bolinao における雨季(左)、乾季(右)での1潮汐平均流(潮汐残差流だけでなく、吹送流等の寄与も含む)の計算値の空間分布



図－１８ Bolinao CCMS AQUA 地点における東西方向流速(上)と溶存酸素濃度の(下)の計算値と観測値の比較検証

Reef connectivity 解析に関しては、サンゴ幼生等の分散シミュレーション解析をフィリピン全域で可能とする広域モデルの開発を行うとともに、湾・海峡スケールを対象とした幼生分散解析を Lingayen 湾や Verde Island 海峡を対象として実施した。

これらのモデル開発と並行して、主として地球化学グループと連携する形で、関連するフィリピン側メンバーとともに、Bolinao 周辺－ Lingayen 湾及び周辺流域、Puerto Galera－Verde Island 海峡、Guimaras 海峡及び周辺流域、Laguindingan、Boracay 島においてさまざまな現地観測を実施した。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た。さらに、比較サイトである沖縄・石垣島においても調査を実施した。これらにより、モデル開発対象とする種々のプロセスの基本的特徴を明らかにするとともに、モデル検証に必要な種々の現地データを得ることができた。社会経済的な調査にもプロジェクト中盤から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、IDSS の開発・応用においても活かされる形になっている。(比較サイトの石垣島でも同様の社会経済調査を精力的に行っている。)

このうちの Bolinao では、Bolinao と近隣自治体における Inter-LGUs の持続的養殖管理の実現に向けた社会経済調査を行った。具体的には、Bolinao と隣接自治体である Anda において、LGU 職員、住民組織リーダー、養殖オペレーター、地元漁民への聞き取り調査を実施した(現地調査期間延べ 38 日間)。以下が主要な結果である。１) 養殖業において地元漁民は操業の意思決定にほぼ無関係であり、その結果 Anda の養殖地域では零細の漁獲漁業者が養殖の導入により、以前に増して零細化・周縁化されていた。２) Anda と Bolinao 地域の養殖ガバナンスについて調べた結果(表－２参照)、その成功度合は異なっており、またその違いに大きく影響していたのは、他組織(住民組織や学術機関)との協働枠組みの有無であった。３) Bolinao においては住民組織の能力開発に成功し、またその住民組織に対し LGU から活動のための年次予算が付いていることで一定の養殖管理の水準を達成していた。これらの調査結果に基づいて、以下の提言を行った。１) 養殖業においては、まず第一に、大資本、外資に対する政府による統制が不可欠である。しかし、政府だけでできることは

多くの場合限られているので、その規制を持続的・実践的にするため、地元住民組織や学術機関との「協働」が肝要である。2) 複数の近隣 LGU と住民組織の協働により持続的養殖管理が実施されていくためには、複数 LGU が人的・財政的資源をプールし独立した組織を作りその組織が協働管理を推進していくことが望ましい。

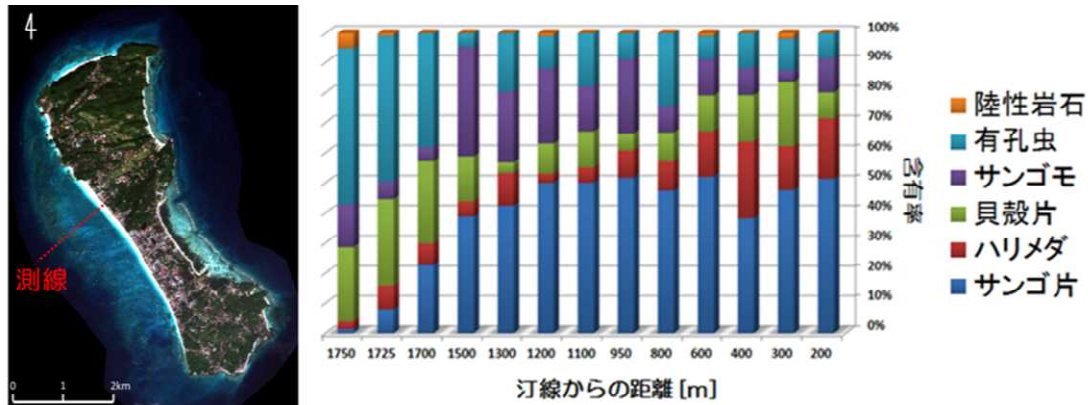
Regulation	Anda	Bolinao
calculation of carrying capacity	yet	done (with assistance by UP)
registration of facilities (tagging)	insufficient	sufficient (with assistance by PO)
organize operators' association	yet	done
regular WQM	quite limited (only 1 person has continued it) June, 2014	sufficient (with assistance by PO) 2011
Last fish kill incident	(still several times a year)	

表－2 AndaとBolinao地域の養殖ガバナンスの状況

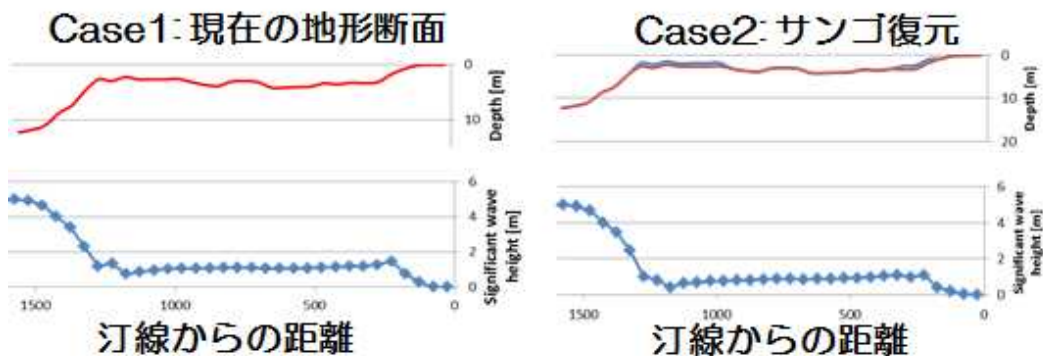
つぎに、Boracay島での社会経済的調査の概要と結果について述べる。ボラカイ島では2000年代以降、観光客が大幅に増加し、それに伴う沿岸域の水質悪化と海洋レジャーによる過剰利用によりサンゴ礁の劣化が報告されている。2018年までに270万人の観光客受け入れを目指す同島に関して、地元の行政機関や地域のステークホルダーが形成する中間団体等が沿岸環境資源の保全・管理のためにどのような施策や活動を行っているかを調査した。調査では、Malay町の各部局とその関連団体、ダイビング事業者団体BASSやIsland Hopping業者団体、BIHA等のステークホルダーの中間団体、DOT、DENR等の政府機関、半官半民の上下水道会社BIWC、及びその他関係者や地元住民・観光客に対し聞き取りやアンケート調査を行うと共に、関連資料収集、レジャーダイバーの負荷調査等を行った。主要な結果は下記のとおりである。1) 下水道は島の面積の31%をカバーするが、土地の権利関係等の問題があり一般世帯の接続率は十分ではない(55%が尿尿を直接排出)。特に所有権がない土地に住み着いたIllegal Settlerはほとんど排水対策を行っていないとみられる。2) 海域のレジャー利用に伴う負荷の対策について明らかにした。BASSは自主ルール(アンカリング禁止等)による規制と管理(ブイの維持等)を行っている。罰金等の罰則規定の他、加盟店に対するcertificate(各業者が営業許可を取る際に必要)の発行業務を通してルールの実効性を高めている。だが、インストラクターの教育が十分でなく、ダイバーによる接触がサンゴへの負荷・破壊を招いている。3) 町は条例によりMPAを設立、Bantay Dagatを組織してパトロールや法執行等の管理を行っている。MPAでは、アンカリングや釣り、サンゴ・生物の採取等が禁止されているが遊泳は可能であり、シュノーケリング・エリア(SA)として利用されている。シーレンジャーがSAに張り付き、監視や係留ブイの管理の他、20ペソ/人のシュノーケリング料をBIHAの業者が運ぶシュノーケリング客等から徴収し管理費用に充てている。以上の調査結果に基づいて、以下の提言を行った。すなわち、持続的ツーリズムのため、1) 排水対策に関し、町は下水道接続に関する権利問題に関し積極的な介入を行うとともに、貧困世帯に対する政策的な助成を行い、接続を促すことが求められる。Illegal Settlerに関しても責任ある地域住民として社会的に包摂し、排水対策への参画を促すことが望まれる。2) ダイビング等による過剰利用の圧力を緩和するため、沿岸環境への科学的認識の共有、利用ルール強化、入域人数制限、入域料徴収、インストラクターを教育しダイビング客にサンゴに負荷をかけないダイビングを促す等の対策が考えられる。MPAの条例を改正しダイビングのエリアとルールを定義する他、町が営業許可証発行の権限等を有効に行使して中間団体と協力関係を作り、その内部統制力を活用しルールの実効性を高めることが肝要である。3) 現在町はMPA拡大や海洋レジャーのゾーニングを行う条例改正を準備中だが、それにとど

まらずさらにサンゴ礁保全に関する専門的知見を改正案に反映させるべきである。

なお、追加サイトのBoracayでは、モデル評価・開発グループが中心となり、生態学グループのProf Fortesのグループとともに、上記の社会経済的調査以外にも様々な観点から調査・分析を進め、それらの成果をBoracay用IDSSの開発に集約させている。



図－１９ White Beach での底質サンプリング測線（左図）と成分分析の結果（右図）



図－２０ 設定した地形断面（上）と波浪変形計算結果。現在の地形断面 Case1 と1980年代のサンゴ礁地形を再現したCase2で計算を行った（沖合有義波高5m, 周期11.5秒）

図－１９は、Boracay島の主要な観光資源であるWhite Beachにおける堆積物特性を把握するために行った底質調査分析の結果である。これから、同ビーチの底質が、サンゴ・ハリメダ（石灰藻の一種）・有孔虫（太陽の砂、星砂）等のサンゴ礁棲の生物が多数を占め、特に汀線付近ではサンゴとハリメダが主要な構成要素となっていることが分かる。

図－２０は、サンゴ群集の有無の両ケースで、荒天時の砂浜への波の遡上距離を流動計算により算出した結果である。サンゴ群集が衰退した現在の地形を用い計算したCase1に対し、サンゴ群集を復元したCase2では沖合波高5mの荒天時においてサンゴ礁上での波浪減衰が大きくなり、結果的に遡上距離が約8m短くなることが示された。以上の結果より、サンゴ礁生態系は貴重な観光資源であるだけでなく、White Beachの砂の供給源となるとともに、地形性碎波によるエネルギー消散機能によって高波浪からビーチを守る役割も果たしており、砂浜形成・維持に重要な役割を果たしていることが示された。しかし近年、沿岸のサンゴやハリメダの個体数の急激な減少が報告されている。図－２１は、本グループで行った高解像度衛星画像の分析により得られた同島周辺の海底被覆状況の変遷を示した

もので、サンゴ（ピンク）に着目すると、観光業が本格的に開始された1996年以降、White Beach 沖で急激にサンゴ被覆面積が減少していることがわかる。このような状況は、White beach において砂の供給量の減少と侵食量の増加につながり、砂浜侵食問題をさらに加速させるものと考えられる。すなわち、サンゴ生態系の劣化問題は同島の最も重要な観光資源である White Beach の侵食問題に直結しており、観光開発がサンゴ礁生態系の劣化をもたらし、ひいては White Beach の侵食を直接・間接的にもたらしめている構造が存在することが定量的に示された。サンゴ礁生態系保全と観光開発・利用を両立させるスキームの実現が喫緊の課題である。

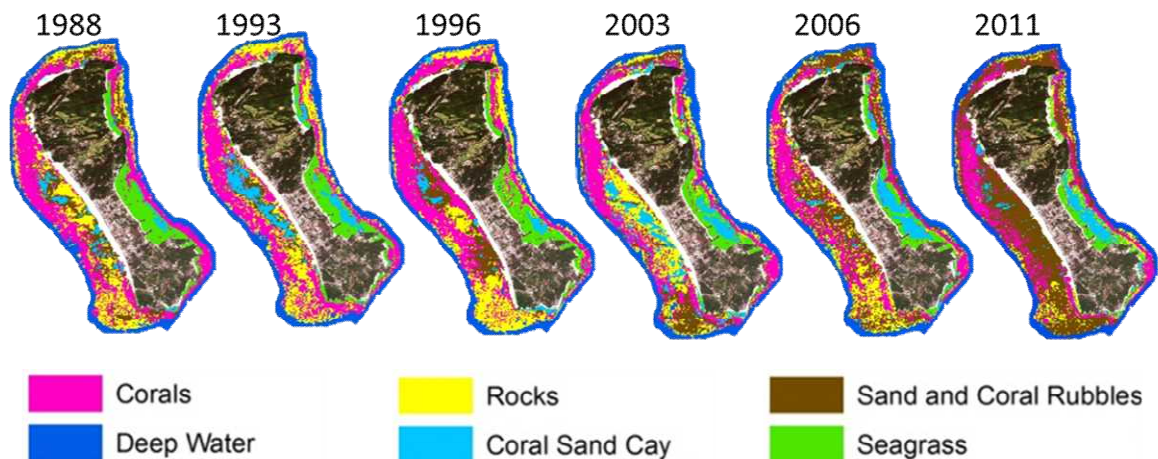


図-2 1 衛星画像より抽出した Boracay 島周辺海域における海底被覆状況の推移

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。特に、モデル開発・評価グループが中心となって進めた IDSS や CCMS の構築と現地展開・社会実装は、カウンターパート側との緊密な協働体制によって行っており、その成果は、相手国においてプロジェクト終了後も着実に活かされて行くことが見込まれている。そのようなプロセスを通じて、カウンターパートへの技術移転は十分行われたと言える。

(2)研究成果の今後期待される効果

解析対象であるフィリピン沿岸域は、a) 超多島複雑海域としての地形的特徴、b) モンスーン・台風域としての気象上の特徴、c) 太平洋－インド洋結合域としての大局的海洋構造上の特徴、と言ったさまざまな観点からの特徴を併せ持っている。このような特徴を有する解析対象領域に対して、本グループでは、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スケールでの物理流動・物質循環・生態系応答統合モデルシステムを開発することを目的としており、これは従来にない新たなチャレンジである。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－陸域－沿岸域－海洋」統合物理流動・物質循環モデルの開発は、将来的な地球環境変動も考慮した多重ストレス評価・予測モデルの新たな可能性を示すものである。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って実施する多段階スケールでの

reef connectivity 解析は、reef connectivity への多重ストレス影響の定量的評価・予測を可能とするもので、connectivity 研究に新たな展開をもたらし得る。また、本グループが中心となって開発・現地実装している CCMS や IDSS は、コミュニティが抱えている沿岸生態系保全・適応戦略の課題に対する強力な支援ツールとなる。特に IDSS は、本プロジェクトのすべてのグループによる主要成果をシステム統合する形となるもので、他分野連携体制の下での問題解決型のプロジェクトの最終的な成果統合の在り方として、今後の一つのひな型となり得るものである。

4.2 生態学グループ A(生態班) (北海道大学、高知大学、海洋研究開発機構むつ研究所)

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)研究実施内容及び成果

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行った。その検討結果に基づき、平成 26 年度には、IDSS に必要な野外観測および陸上水槽における実験を行った。得られたデータをモデル開発・評価グループ、地球化学グループと共同で解析することにより、IDSS に搭載する沿岸生物多様性・生態系機能のシナリオ予測のコンポーネントを作成した。

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 Laguindingan、6 月および 9 月に Puerto Galera、平成 24 年 11 月には Bolinao と Laguindingan、平成 25 年 2～3 月に Laguindingan 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 Bolinao 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・データを得た。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た。生物群集のコン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 Laguindingan で集中的な調査を行い、音響テレメト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、Bolinao 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、Banate Bay 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。平成 26 年 2～3 月には Bolinao 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。

平成 26 年度においては、IDSS への生物多様性・生態系機能項目の追加に向けて、前年度の検討結果に基づき、4～6月に Bolinao と Banate Bay で野外観測を行うと共に、Bolinao の陸上水槽施設で光量と底質の酸化還元電位を操作した実験を行った。さらに、9～10月には海洋酸性化が海草群集に与える影響、および海草の炭素貯留機能(ブルーカーボンシンク)に関する実験とデータ解析を行った。ここで得られたデータをモデル開発・評価グループ、地球化学グループと共同で解析することにより、IDSSに搭載する沿岸生物多様性・生態系機能のシナリオ予測のコンポーネントを作成した。

3) 相手国側研究メンバーの招聘・研修

平成 22 年度においては、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 年度においては、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ワン校の Ms. Venus Leoparadas 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. Leoparadas 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. Leoparadas 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、室蘭で実施した。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。

平成 26 年度においては、生態学グループB、および地球化学グループと共同で、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、陸域から沿岸域への物質循環解析法に関する研修を、8月に厚岸で実施した。生態学グループAにおいては、Ms. Pantallano および Mr. Tom Gerald Genovia の2氏を招へいた。

③ 研究成果

さまざまな時空間スケールで変異する生物多様性・生態系機能の変動様式を把握するための統合的生物学的モニタリング方法論が確定した。これは、本グループが主に担当する「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」の基幹であり、この方法により今後得られる広域・長期データは、「サンゴ礁、藻場、干潟、マングローブ等から構成される local habitat 内での生物多様性・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」、および「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」の遂行に向けたベースラインデータとして利用することができる。

アマモ場を対象にしたモニタリングでは、海草類の種多様性および生物量については、全球的に行われているスタンダードな方法である SeagrassNet の手法(仲岡・渡辺 2011)を元に、より効率的かつ短時間でできる目視方法を利用した(Fortes et al. 2012)。アマモ場の無脊椎動物群集については、同じく世界的な標準方法である NaGISA プロトコルを基盤に、アマモ場の環境条件や出現生物の量に合わせて採集面積を調整する方法を開発した(Leopardas et al. 2014)。さらに、アマモ場周辺の魚類群集については、ライトランゼクトを用いた目視センサス法を採用した(Honda et al. 2013)。この組み合わせにより、環境勾配および環境変動に伴う生物群集全体の多様性および機能の変異を統合的に評価することが可能になった。Bolinao 海域のモニタリングデータに基づいた解析では、当海域で主要なストレス要因である過剰養殖に伴う栄養塩の負荷がアマモ場に与える影響は、対象とする種により異なっており、その結果、主要種の生物量および群集の構成が養殖場からの距離に応じて、変化することが判明した(Fortes et al. 2012, Yorisue et al. 2014)。

Bolinao 海域の海草類については、さらに養殖開始前の 1990 年代に取られたデータとの比較を行い、17 年間の長期かつ広域な変動を検討した。アマモ場周辺の環境については、17 年間で、水質中の POM およびクロロフィル a 濃度が増加するのに伴い、光減衰率が増加していることが明らかになり、それに伴い、特に養殖施設に近いサイトで、種数および株密度の著しい減少が生じていることが明らかになった(Tanaka et al. 2014)。

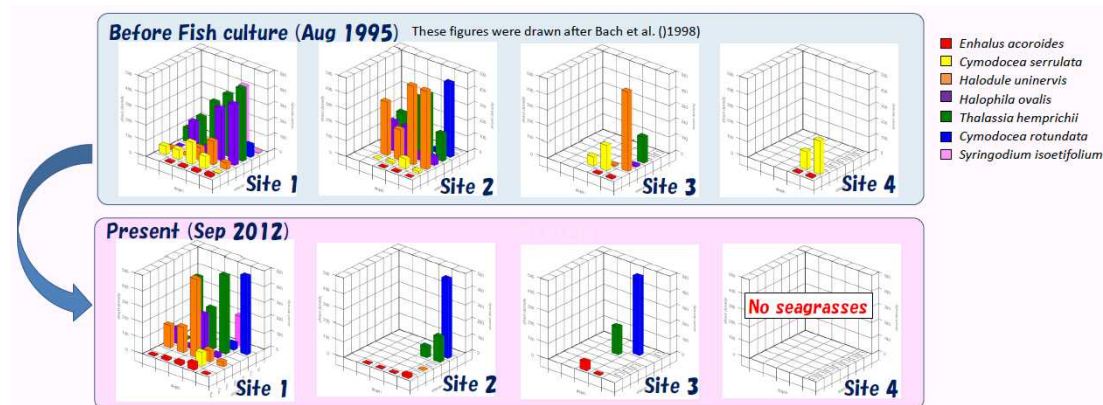
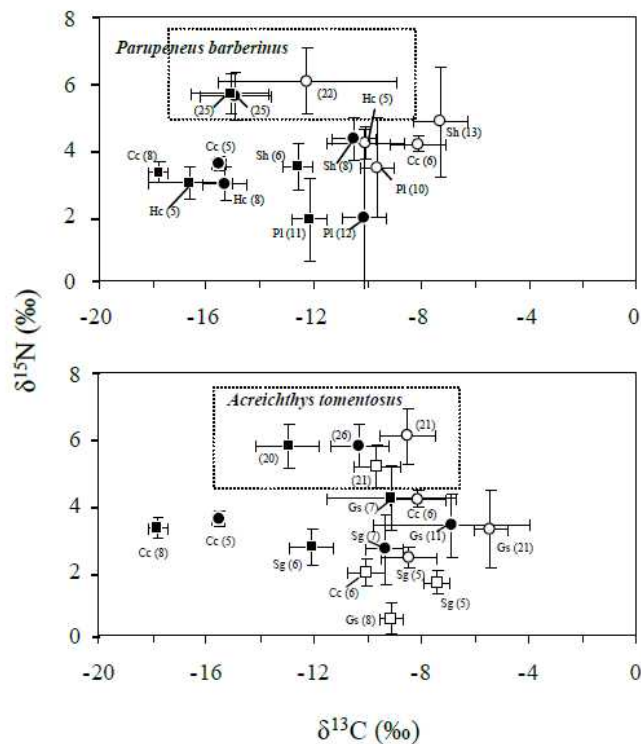


図-22 Bolinao 海域の 4 サイトにおける海草各種の密度の長期変化。各グラフの異なる色のバーは種を、中央から左にかけての軸は異なる水深帯を、縦軸は株密度を表す。

沿岸生態系の主要生産者(海草類)および消費者(魚類)についてはストレス応答の具体的な測定法を確立した。海草類については、Diving PAM を用いた光合成能の現地測定法や海草の生元素分析法が有効であることが確認された。一方、魚類については、安定同位体解析(地球化学グループとの共同研究)および耳石を用いた新規加入個体の初期成長量の変異解析を、Bolinao のアマモ場に生息する魚類に対して行ったところ、主要魚種およびその餌源の $\delta^{13}\text{C}$ 値、および一部の魚種の初期成長量が養殖海域からの距離に応じて変わることが示され、多重ストレスに対する主要生物群集の応答様式を評価する方法として有効であることが示された(Watai et al. in press)。



図－23 Bolinao 海域の主要魚種である *Parupeneus barberinus*、*Acreichthys tomentosus*、およびその餌種の安定同位体マップ。サイトは養殖施設がある海域に近い方から順に St. 1 (■), St. 2 (●), St. 3 (○), St. 4 (□)。点線の枠内が魚類、それ以外が餌種の安定同位体値を示す。

local habitat の相互連成構造の解明に関しては、上記モニタリングデータを用いた解析と、音響テレメトリーを利用した高次消費者のハビタット利用様式の解析法、さらに生態学グループ B と共同で行っている遺伝子マーカーを用いた集団内構造解析法を併用することにより、さまざまなスケールでの連成構造の把握が可能となった。

まず、Puerto Galera および Laguindingan におけるマングローブ、アマモ場、サンゴ礁の関連性については、前述のモニタリング方法に基づき魚種の種構成およびサイズ構成を調べた結果、*Lethrinus harak* などの主要魚種の生息域は、成長に伴い、マングローブ・海草藻場からサンゴ礁に変化することが明らかになった (Honda et al. 2013)。また、音響テレメトリーにより、大型魚類は日常的にバックリーフ (海草藻場) からフォアリーフまで移動することが確認された。これより、ハビタット間のローカルコネクティビティを考慮した MPA 設計については、複数のハビタットを含む形で設置することが効果的であることが明らかになった。なお、モデル解析・評価グループや生態学グループ B との共同研究で進めている、より広域スケール (メソスケール) で「超多島複雑海域における reef connectivity (サンゴ礁間連結性) の実態解明、およびそれに基づく海洋保護区デザインに対する提言」については、「4.0 プロジェクト全体」のセクションで述べている。

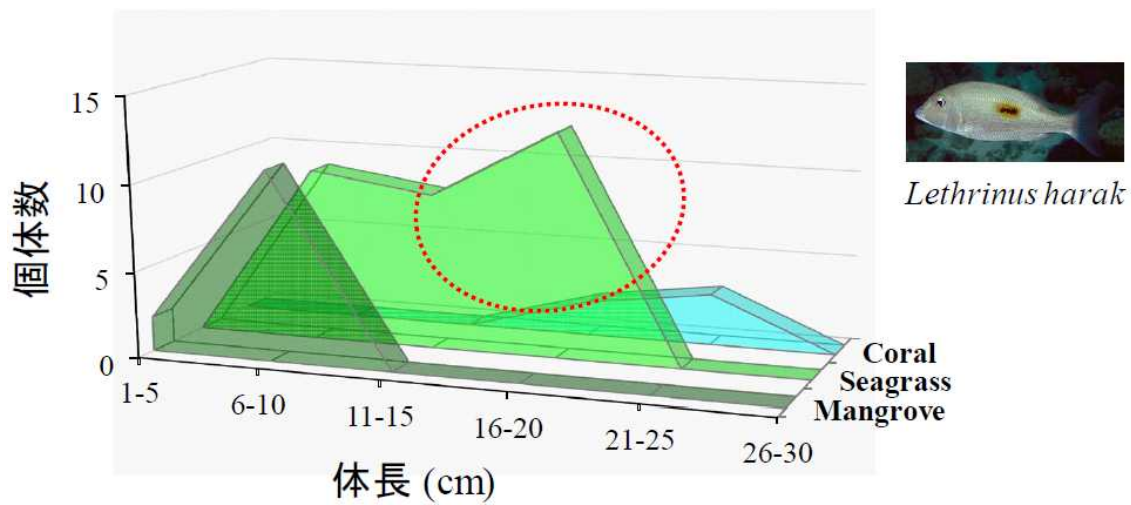


図-24 Puerto Galera における *Lethrinus harak* の生息場所(ハビタット)ごとのサイズ構成

これらの成果をIDSSを用いたシナリオ予測モデルに導入するため、海草各種について、Bolinaoの陸上水槽施設を用いて、養殖施設および陸域からのシルト流入による光減衰率の上昇、および底質の還元化が、生物量の変化に与える影響を実験的に解析した。その結果、海草は底質の酸化還元電位の変化より、光量の変化に速やかに反応すること、リュウキュウスガモ *Thalassia hemprichii* はウミシヨウブ *Enhalus acoroides* やベニアマモ *Cymodocea rotundata* よりも還元化に耐性があることが判明した。

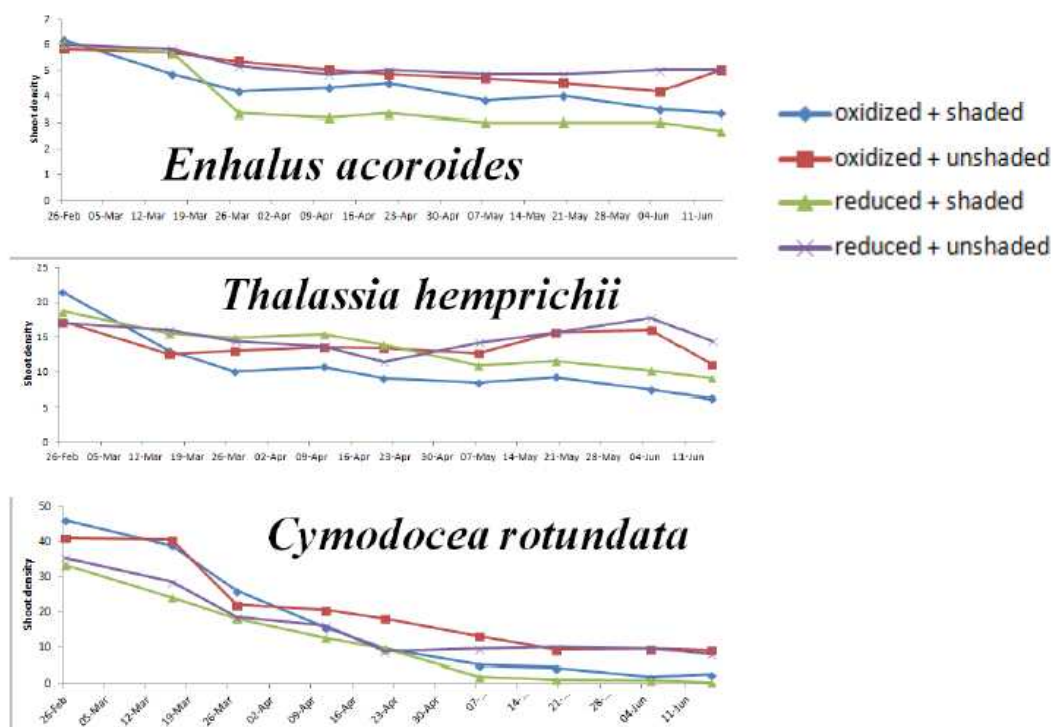


図-25 Bolinao の陸上水槽施設における海草 3 種の光減衰と底質の還元化に伴う密度の変化

これらのデータより、IDSS の物理化学的環境予測変数(栄養塩濃度、SS、クロロフィル濃度等)と海草藻場の生物多様性、生物量との関連性を探索するモデルを作成し、IDSS による異なるシナリオ下でのアマモ場の生物多様性および生態系機能の予測を行った。海草の種数については、SS の年間最大値および水深との間に高い関連性が見られ、これを元に異なる養殖管理シナリオ下での種数の変化を予測したところ、養殖餌の給餌量の削減により海草種数が増加する可能性のある海域があることが判明した(詳細は、上記 4.0-5)を参照)。

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おり、これにより、沿岸生態系の保全管理の基礎となる生態系サービス評価がより正確に進むことが期待される。

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、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んでいる。

(2)研究成果の今後期待される効果

本プロジェクトで確立した生物学的モニタリング方法は、生産者である海草・海藻類、低次消費者・分解者である無脊椎動物、および高次消費者である魚類を同一の海域・同一の空間スケールで広域かつ長期に実施する体制を作るものであり、生物間相互作用の変化を含めた生物多様性・生態系機能の長期的な監視ができるようになることが期待される。これは、世界の他地域で行われている特定の対象生物に絞ったモニタリングでは解明できないものであり、今後の標準的な方法として国内外に波及効果をもたらすことが期待される。また、local habitat 内で連続する生息場間の高次消費者による空間利用様式を理解するための野外センサス法と音響テレメトリー法を併用した解析法、および、フィールド観測、分子遺伝学的手法、海洋流動モデリングを統合したメソスケールでの reef connectivity の解析法とその結果を用いた海洋保護区の効果的な設計法についても、他海域への展開が期待される。

このモニタリングで得られるデータをベースラインとして、本グループによる海洋生物のストレス反応の解析、および本課題他グループによる環境諸変数の広域空間変動の解析結果を合わせることで、他の先行研究では困難であった多重ストレスが生物多様性・生態系機能にあたる影響を統合的に評価することが可能になった。この方法論は、生物多様性・生態系機能の減少が深刻な問題となっている世界各地の沿岸生態系に応用できるモデルケースとして今後利用されていることが期待される。

4.3 生態学グループB(遺伝解析班)(東京大学アジア生物資源環境研究センター)

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)研究実施内容及び成果

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。

③ 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。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。

さらに、ローカルスケールにおける集団解析を通して、主要な海草の繁殖動態を明らかにする。

④ 研究成果

海草のサンプリングについては、中国、日本の琉球列島全域、フィリピン全域でサンプリングを進めており、82 地点でサンプリングが完了した。Bolinao と Laguindingan で、それぞれ、異なる生育環境である 9 プロットの調査地 (1つのプロット: 50×50 m と 10×10 m) における対象海草種 5 種 (ウミショウブ、リュウキュウスガモ、シオニラ、ベニアマモ、リュウキュウアマモ) をコドラート法でサンプリングを行った。

[SSR マーカー開発]

平成 21 年度、シオニラについて、10 個の有効な SSR マーカーを開発した。平成 22 年度、リュウキュウスガモについて、9 個の多型性の高いマーカーを開発した。平成 23 年度、ウミショウブについて、12 個の多型性の高いマーカーを開発した。平成 24 年度、シオニラ、ベニアマモとコブヒデについて、それぞれ、13、3 と 19 個の多型性の高いマーカーを開発した。平成 25 年度、リュウキュウアマモについて、16 個の多型性の高いマーカーを開発した。

[集団遺伝学的解析 (フィリピン全域、日本琉球列島、中国海南島を対象)]

ウミショウブは、集団の遺伝的多様性はフィリピンで高く、集団間の遺伝的分化が顕著であった。集団遺伝構造は、中国、フィリピン西部、フィリピン南部、フィリピン東部～琉球列島の 4 グループに分けられた。フィリピン東部は琉球列島との遺伝的分化が低いことから、ウミショウブの遺伝子流動 (種子散布と栄養繁殖体の散布など) が黒潮の影響を強く受けていることが推定された。

リュウキュウアマモは、フィリピンでは種子繁殖が、日本では栄養繁殖が、それぞれ優占していることが示唆された。遺伝的分化はほぼ全ての集団間で認められた。プライベートアレルはフィリピンの集団に多く、本種の起源がフィリピンにあることが示唆された。集団遺伝構造は、フィリピンにおいて北太平洋海流分岐後の北側と南側で遺伝的な差が検出された。このことから、黒潮とミンダナオ海流がフィリピンにおける本種の明瞭な遺伝構造を維持していると推測された。

リュウキュウスガモは、フィリピンの集団が遺伝的に最も多様で、集団間の分化も顕著であり、各集団が独自に分化していた。そのため、本種の多様性を維持するためには多くの集団を広く保全することが必要であることが示唆された。

シオニラは、集団毎に栄養繁殖の割合が大きく異なり、集団によってクローンの伸長度合いの差が示された。また、各集団の遺伝的多様性も大きなばらつきを見せた。各集団の生育環境がシオニラの成長・繁殖戦略に影響していることが考えられ、環境要因との関係を明らかにすることが今後の課題である。

ベニアマモは、栄養繁殖と種子繁殖に関して、リュウキュウアマモと同様の傾向を示した。

コブヒデは、主に有性生殖で維持されていることが判明した。また、集団間の遺伝的分化が起こっており、海域間で分散が制限されていることが示唆された。しかし、遺伝的距離と地理的距離との間には相関が無かった。コブヒデの幼生分散期間は 10～14 日程度と比較的長いことが知られているが、フィリピンの複雑な地形やそれに伴う海流パターンがコブヒデの分散を制限している可能性がある。

本グループで扱ったいずれの種に関して、遺伝的多様性はフィリピンの方が高く、フィリピンは海草のホットスポットとして重要な場所であることが確認された。また、遺伝的には大きく「フィリピン北部～日本」と「フィリピン中部～フィリピン南部」の 2 つのグループに分けられた。一つの原因としては、強い海流の影響が示唆されるが、フィリピン全域スケールでの保全施策を設計する上で、まず、この 2 海域ごとに考慮する必要がある。一方、海草は数キロ離れた藻場間でも遺伝的分化が大き

かった。さらに、いくつかの藻場では特有な遺伝情報が認められた。局所的な保全のレベルとしては、藻場レベルで生態系を管理しなくてはならないことが明らかとなった。

[主要海草の繁殖動態の解析(BolinaoとLaguindinganのプロットを対象)]

ウミショウブ、リュウキュウスガモ、ベニアマモの3種を解析した。3種とも栄養繁殖を行っていたが、ウミショウブとリュウキュウスガモが栄養繁殖によって個体群を拡大させる可能性は低いことが示唆された。一方、ベニアマモは栄養繁殖によって大きな個体群を形成することが示唆された。また、栄養繁殖の割合はBolinaoで高いプロットが多かった。人為攪乱が多いBolinaoと人為攪乱の少ないLaguindinganの環境条件が異なることが一因と推測される。3種とも、プロット内では多くの個体間に遺伝的類似性が見出されるが、プロット間ではほとんど見いだせず、多くのプロット間で有意な遺伝的分化が検出された。もし海草藻場が攪乱等により消失した場合、その被度が元に戻るには長い時間がかかることが予想される。科学的根拠に基づき、人為攪乱が藻場の遺伝的多様性にマイナスの影響を与えうることが示唆されたことから、設定されたMPAを健全に維持するには人為攪乱を防ぐ対策が求められる。

⑤ 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日にはミンダナオ州立大学ナーワン校のMr. Arriesgadoを、さらに、平成25年1月14日～2月9日には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とフィリピン大学ビサヤ校の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。

(2)研究成果の今後期待される効果

これまで生物多様性の豊かな熱帯域、特にフィリピンを中心とした海草類とサンゴ礁海産生物の集団遺伝学的解析は行われてきておらず、解析に共優性かつ多型性が高い遺伝子解析ツール(マイクロサテライトマーカー)の開発が必須であった。本研究では、開発したマイクロサテライトマーカーを用いて、上記の通りの異なるスケールにおける海草の異なる遺伝的多様性や特異な遺伝構造を明らかにした。これらの遺伝情報は、今後、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・提言をする際の科学的根拠になると期待される。

さらに、今回対象とした種以外の繁殖様式や行動様式が異なる生物種(マングローブ、底生動物、魚類)についても、本研究の戦略を応用し、各生物種の遺伝情報を総合的に解析し、それらの結果からより効果的な生態系保全・適応管理法を提言する重要性が、本研究結果から示された。

4. 4 地球化学グループ(東京大学大気海洋研究所、東京工業大学、長崎大学、琉球大学)

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)研究実施内容及び成果

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した。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した。得られたデータはモデ

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した。

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た。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した。

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た。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だ。

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た。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、大気降下物による越境汚染の連続観測を実施した。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・運用し、現地研究者への技術移転を行った。

集中的な調査の対象地域は、(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箇所である。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た。

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実施した。河川および大気降下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た。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た。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が取られた。

③研究成果

a) 22 年 9 月および 23 年 3 月の現地調査において Lingayen Gulf を中心とした Luzon 島北部地域および Guimaras Strait を中心とした Panay 島南部・Negros 島北部地域において、海域における測線調査と陸域における流程調査をほぼ同時期に実施した(図 26, 27)。23 年 9 月および 24 年 3 月の現地調査においては Bolinao 周辺海域、Puerto Galera 周辺海域、および Banate 湾の精密な時空間観測を中心に実施した。24 年 9 月と 25 年 3 月及び 11 月には Bolinao, Banate, Laguindingan に設置されている CCMS 周辺における集中水質調査を実施した。Bolinao 海域と Puerto Galera 海域においては汚染物質負荷のマッピングのための堆積物の平面サンプリングもこの2年間で完了している。26 年 3 月には Cagayan de Oro 川の流程調査を補完的に実施した。

海域の測線調査の結果から、Lingayen Gulf では Agno 川などからの大量の淡水供給を受けて典型的なエスチュアリー循環が鉛直構造を支配しているのに対して、Guimaras 海域では表層部における一次生産と底層部における分解活性とが鉛直構造に強く影響していることが判明した。淡水流入による水塊構造は雨季である9月において特に顕著であり、乾季である3月には弱体化した。栄養塩負荷という観点から見ると、河川水の栄養塩濃度は例えば日本国内の河川に比べると概ね低く、河川由来の栄養塩負荷の生態系影響はあまり高くないことが推測された。こうした知見の精度を上げるため、溶存有機炭素濃度や水安定同位体比を利用した水塊構造解析が行われた。Bolinao と Puerto Galera において得られている知見についてはこれまでにプロジェクト主催のシンポジウム等で随時公表しており、現在、最終的な成果を論文として投稿する準備をしている段階である。また陸域負荷の特徴と CCMS 周辺集中観測の結果に関しては 25 年 6 月のワークショップにおいて報告した。

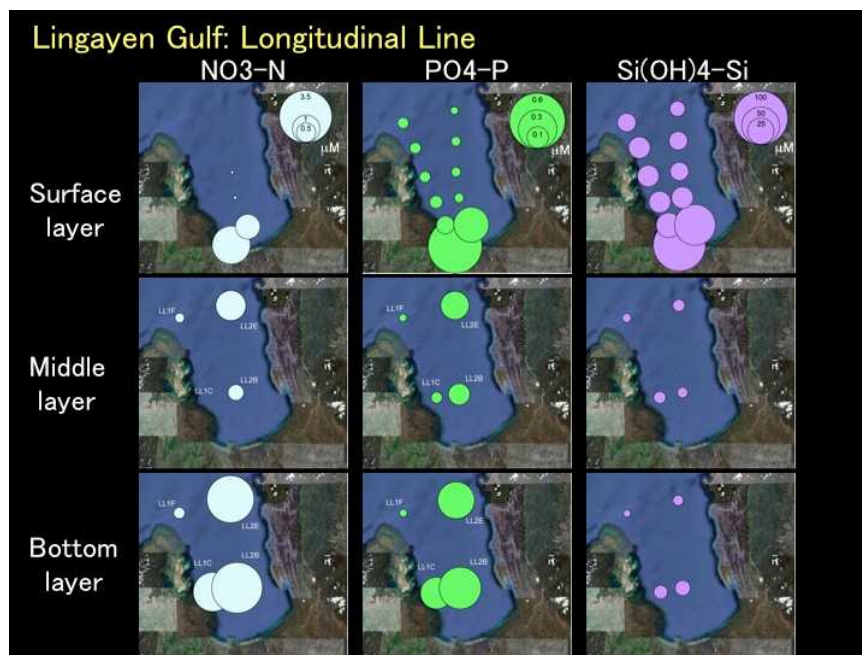


図-26 Lingayen Gulfにおける測線調査結果の一例(2010年9月)。湾奥部において陸域由来とみられる硝酸・リンの負荷が見られるが、東京湾などの日本国内の内湾域に比べると汚染の度合いは軽微である。

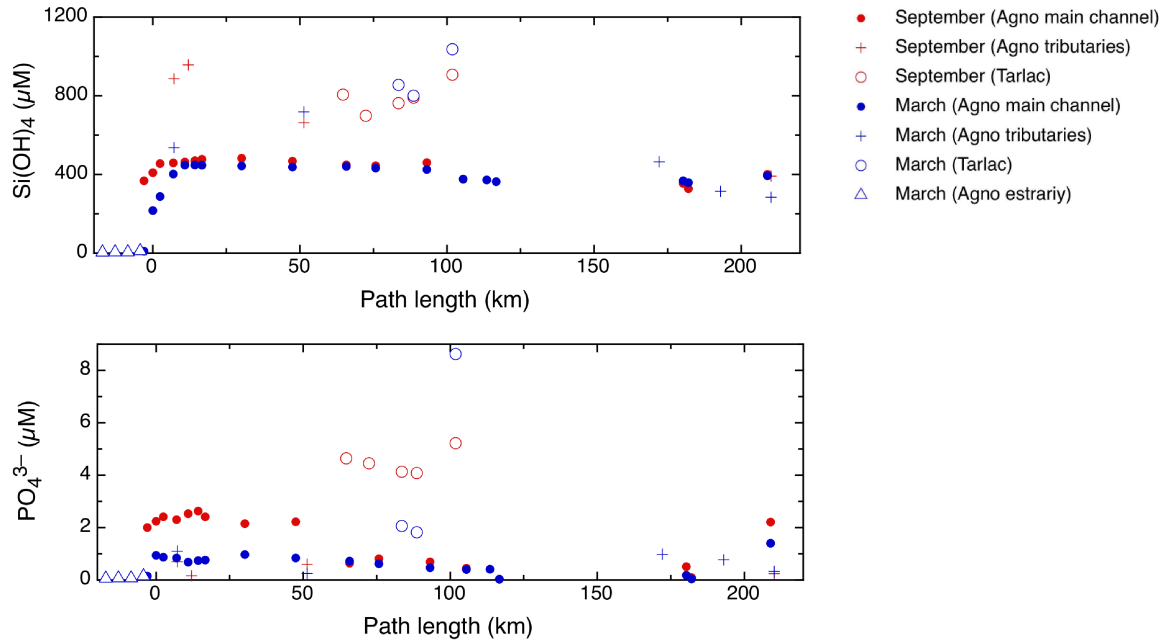


図-27 Lingayen Gulfに流入する主要河川である Agno 川におけるケイ酸とリン酸の流程変化。両者とも特にピナツボ火山の火山灰地を流域に有する支流 (Tarlac 川) において高いが、自然河川のレベルである。これに対して硝酸は河口部でも 20 μM 以下、アンモニアも 4 μM 以下と低く、N:P 比が Redfield 比よりも著しく低いことが特徴である。

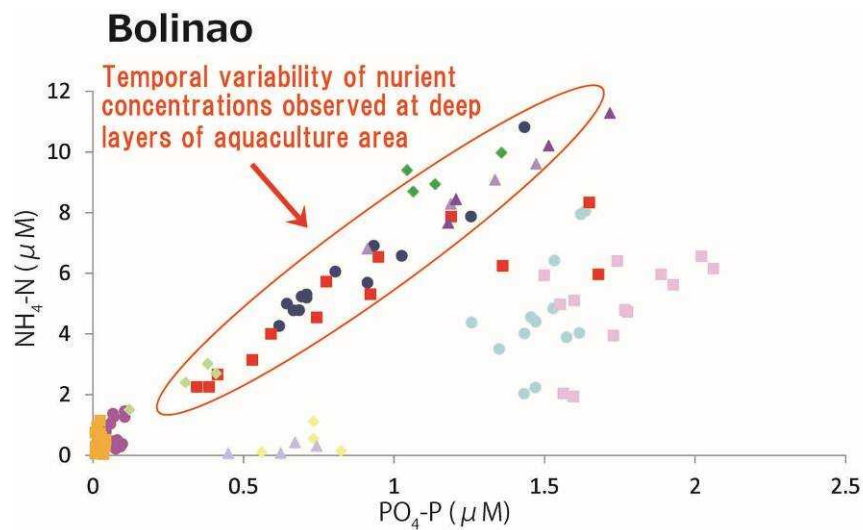


図-28 Bolinao 養魚場周辺海域におけるアンモニアとリン酸の濃度。養魚場周辺の深部の海水中では両者の相関が非常に高く、養魚場で用いられている餌料の分解無機化に由来する栄養塩が蓄積していることがわかる。

Bolinao 海域では養魚施設が過密になっており、養魚施設に由来する栄養塩負荷と、有機物の分解による貧酸素化が問題となっている。このため養魚場周辺海域における栄養塩・懸濁態有機物・溶存態有機物の動態を詳細に調べた。養魚場周辺海域の底層水ではアンモニアとリン酸の濃度が顕著に高くなっており、また両者に高い相関があることから、餌料の分解無機化に由来する栄養塩負荷がこの海域における主要な富栄養化因子となっていることが示唆された (図 28)。この海域で生育している植物プランクトンの窒素安定同位体比も、餌料のそれと同じ範囲にあった。これ

らのことから、この海域では餌料の分解無機化に由来する栄養塩がリサイクルして植物プランクトンのブルームを引き起こしていることが推定された。この植物プランクトンは潮汐に伴う移流によって外部海域に流出し、海域の食物網に広い影響を与えていることが後述する移植実験や生態学グループによる魚の同位体比分析から明らかになっている。また、溶存有機物濃度も養魚場海域で顕著に高く、特に遊離体アミノ酸のような易分解性溶存有機物がこの海域で活発に生産されていることがわかった(図29)。このような易分解性有機物は植物プランクトンのブルームに伴って生成したものと考えられ、移流・拡散によって深層部に移行して分解されることにより、深層水の貧酸素化の一因となっていることが推定された。

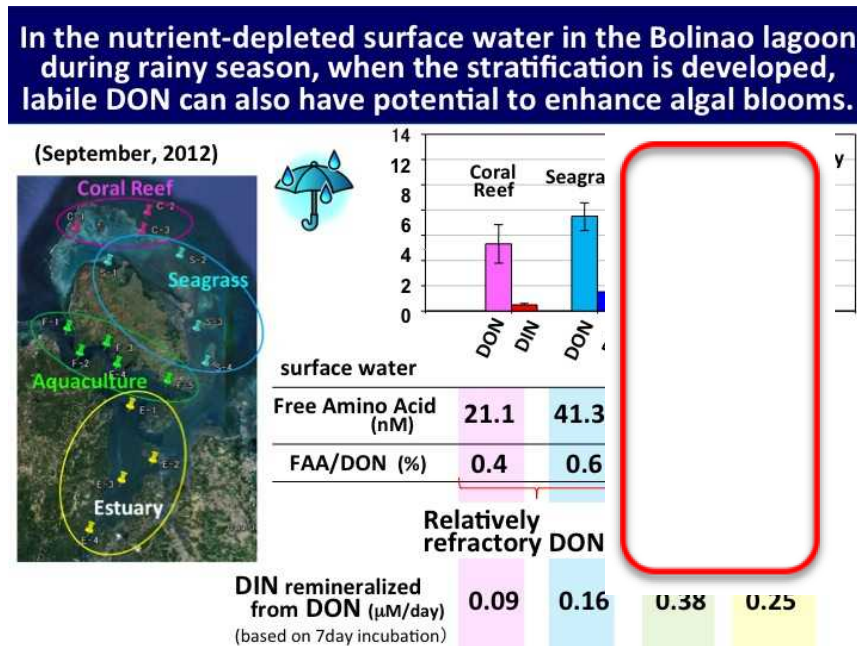


図-29 Bolinao 養殖場周辺海域での海水中のアミノ酸の分布。養殖場に近い海域では、アミノ酸の中でも分解されやすい遊離体アミノ酸(FAA)の比率が高く、また分解による DIN の生成速度も高いことが分かった。この海域で深刻な問題となっている季節的な貧酸素化の原因を解明するためには、遊離体アミノ酸に代表されるような易分解性溶存有機物の動態を解明してモデル化することが不可欠である。

b) Bolinao 周辺地域では沿岸部の地下水調査を実施した。また 22 年度から Bolinao において、23 年度から Banate において、24 年度からは Naawan においても、越境汚染負荷のモニタリングのための降雨の通年観測を実施している。Bolinao 地域における地下水中の栄養塩濃度は地域差があるものの概して高く、比較対象地域として並行して研究を進めている八重山地方の地下水よりも汚染が進んでいる場合が多かった(図 30))。これは集水域が広いことが一因と見られる。

一方、降雨に含まれる栄養塩濃度の季節変化は、対照観測地域である八重山地方に比べると概して小さく、ボリナオではまだはっきりした季節変化があるものの、Banate ではほとんど見られなくなっていた。これは主要な大気汚染源である中国大陸の工業地帯から距離が遠くなるにつれ、モンスーンによる越境汚染物質の影響が届きにくくなるためと推定される(図 31)。ただし濃度は低いものの季節によっては降水量が非常に多いため、海域の栄養塩環境に有意な影響を及ぼしている可能性がある。地下水・降雨の観測結果の一部は 24 年度の Regional Workshop において既に報告されているが、観測自体は 26 年 9 月まで継続されており、分析未了の測定項目があるため、論文としての公表は保留している。

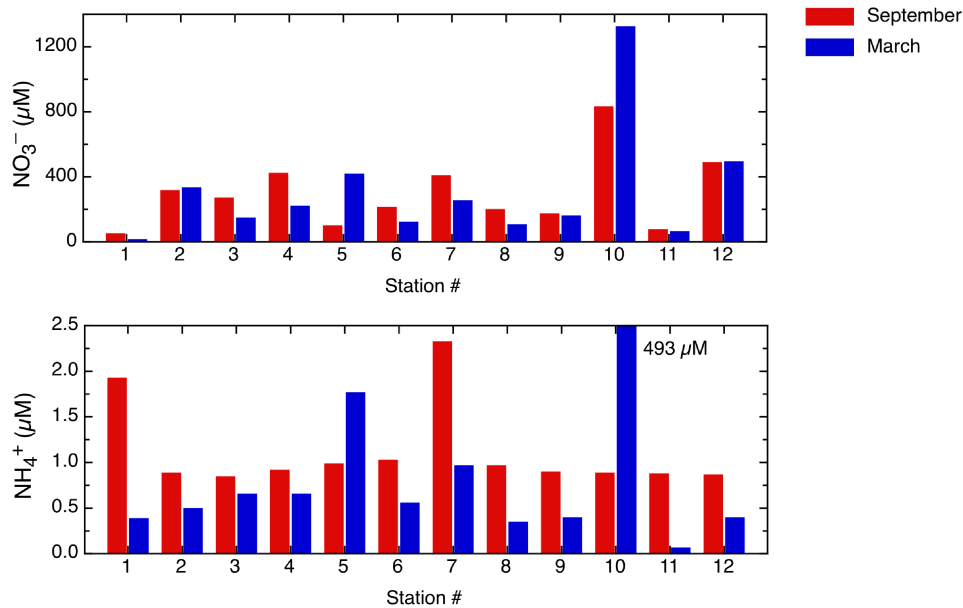


図-30 Bolinao 周辺における地下水中の硝酸とアンモニアの濃度。地点 10 を除くとリン酸の濃度は 2 μM 未満であり、河川水の場合とは対照的に Redfield 比よりも顕著に高い。したがって沿岸海域では、河川と地下水のいずれの影響が卓越するかによって生態系への影響が異なる可能性がある。

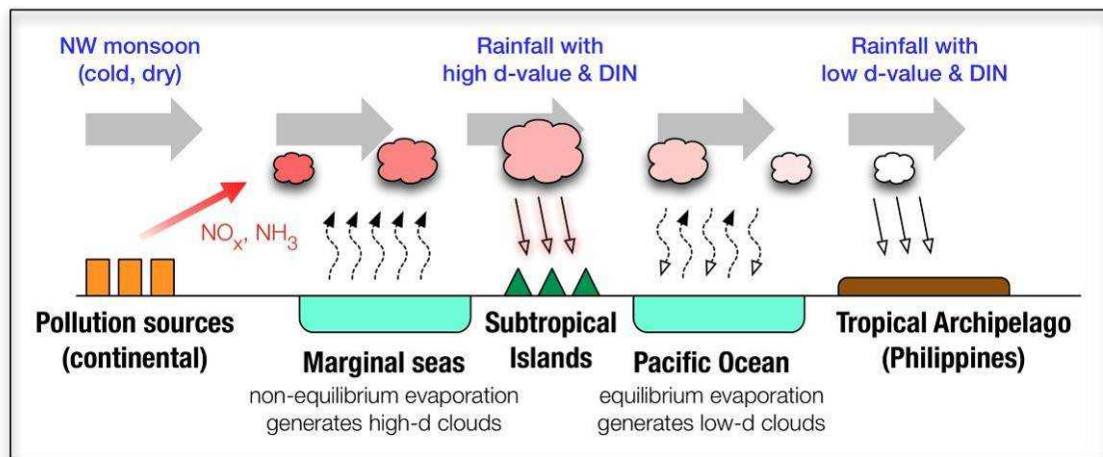
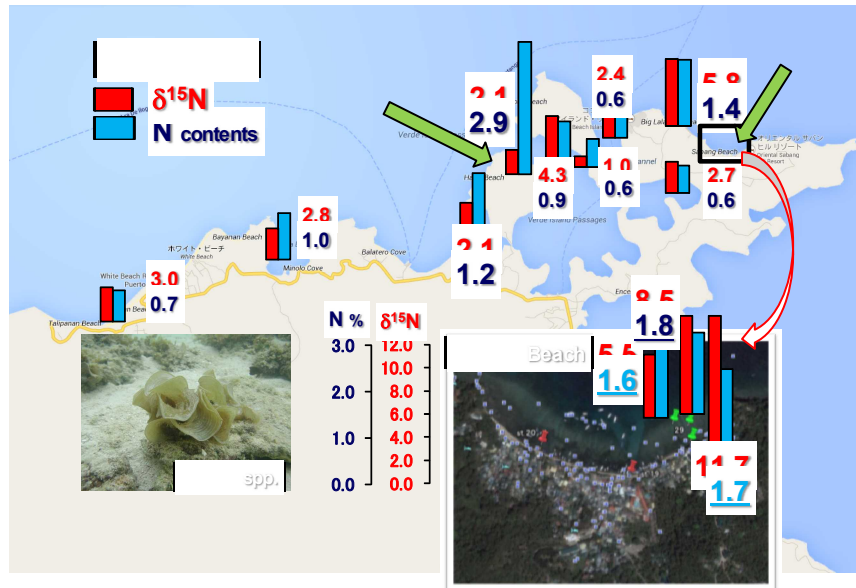


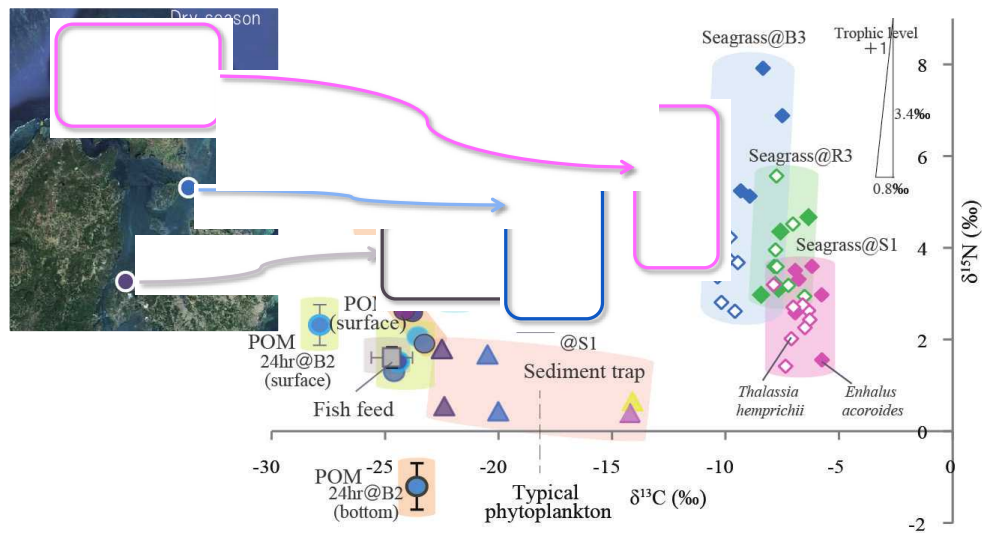
図-31 大気降下物による越境汚染のメカニズム。フィリピンへの到達度は小さいが、Bolinao 地区では季節によっては高い大気降下物由来窒素が観測された。

c) 生態系への複合ストレスの影響解析として、Bolinao 周辺海域と Puerto Galera 周辺海域における大型藻類と堆積物の元素組成・安定同位体比に着目したマッピング調査を実施した。藻類と堆積物の窒素安定同位体比から、主として地下水流入に伴う窒素負荷の影響範囲が明らかにされた(図 32)。このうち、Bolinao 周辺海域での調査結果のみ、プロジェクト主催のシンポジウムで発表しているが、Santiago 島周辺の沿岸地下水流出(SGD)の想定されている海域で、藻類の窒素同位体比が高くなることが分かっており、SGD の生物影響に対する指標として有効であることが確認された。同地域ではフィリピン大学の大学院生によるサンゴに対する SGD の影響評価が進められており、本プロジェクトでもこれを支援した。24 年度後半からは、リン酸の酸素同位体比を利用した新しい手法によるリンの動態解析を試み、その最初の成果は現在、論文化して投稿中の段階である。



図－32 海藻の窒素含有量と窒素安定同位体比を利用した沿岸域の環境汚染状況のマッピング(プエルトガレラの例)。観光施設が集中する Sabang 地区の沿岸で汚染度が高いが、それ以外の地域では顕著な汚染がないことが示された。

これに加え、生態学グループと共同して底生動物と魚類の安定同位体比・脂肪酸組成の分析を進めており、一部の成果は既に論文化された。生態学グループによる生長量解析によると Bolinao 地域の養殖場における餌料負荷の影響が漁獲対象外魚類や底生動物に及んでいることが判明した。こうしたストレスが生物分布に及ぼす影響を検証するための別のアプローチとして、生物移植実験を Bolinao と Puerto Galera において実施した。図 33 にその結果の一例を示す。



図－33 二枚貝の移植実験を用いた養殖場由来懸濁物の流出影響範囲の推定。養殖場由来の懸濁態有機物は自然環境のものに比べて炭素同位体比($\delta^{13}\text{C}$)が著しく低いいため、こうした懸濁物を摂食して生育した二枚貝を $\delta^{13}\text{C}$ によって判別することができる。季節的に養殖場由来の海水の通り道となるチャネル付近に移植した二枚貝では明らかに養殖場由来の懸濁物の影響が見られた。

d) 生物環境指標を利用した環境負荷解析手法開発の分野では、アミノ酸の分子種別窒素安定同位体比および脂肪酸組成を利用した生態構造の解析を試みた。23 年度後半からは、Bolinao と Puerto Galera において、生物移植実験とこれらの手法を組み合わせたアプローチに取り組んだ。生物試料の輸出許可がなかなか得られなかったため研究が滞っている面があり、プロジェクト終了時点でもなお未分析の試料を数多く残した状態であるが、比較調査地として指定している沖縄県八重山地方で得られたサンプルの解析により予備的な知見が蓄積している。例えば、陸域から負荷される窒素の沿岸生態系内における流通を解明するために造礁サンゴのアミノ酸窒素同位体比分析が有力な手法となることを検証した。八重山地方での調査結果については既に国内の学会等で発表しており、現在論文化の段階にある。

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)

プロジェクト期間中の 3 月と 9 月に実施した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、フィリピン大学の教員と大学院生だけで実施してもらった。炭酸系の精密分析に関しては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。さらに 26 年 8 月には 2 名の大学院生を受け入れ、東京大学においてサンゴの宿主組織、共生藻、骨格の安定同位体比分析技術について、また長崎大学において沿岸海洋観測について、それぞれ実習を行った。また長期研修員として、東京工業大学大学院博士課程に 1 名の留学生を受け入れ、リン酸の酸素安定同位体比技術を応用した先端的な海洋化学研究に取り組んでもらっている。

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開始した。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。

(2)研究成果の今後期待される効果

地球化学グループの成果は主として学術的方面にかかわっている。本プロジェクトにおける革新性は下記の点にある。①従来の多くの研究例では陸域側の負荷要因、または海域側での影響評価のいずれかのみを直接的な調査研究対象として行われているが、本プロジェクトでは両者を一体的に調査して、総合的にモデル化することを目指している。②複合的なストレスの影響を同時に評価するために、移植実験や操作実験等の各種の野外実験的手法と、各種の同位体比分析のような先端的試料解析技術を組み合わせて適用し、それにより得られる環境化学的データをシミュレーション・モデルに組み込むことにより、これまでにないレベルの解像力を有する生態系モデルを構築することを目指している。③化合物別同位体比分析のような新鋭の機器分析技術を生物

試料に適用し、かつ移植実験等のバイオアッセイ手法を組み合わせることにより、サンゴや海草などの主要な生態系構成生物に対する環境負荷の影響を、これまでにないきめ細かさで査定する方法論の確立を目指している。

§ 5 成果発表等

(1)原著論文発表 (国内(和文)誌 1 件、国際(欧文)誌 69 件)

- 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
- 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
- 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
- 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
- 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, 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, 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
- 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
- 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
- Nakamura Y. (2010): Patterns in fish response to seagrass bed loss at the southern Ryukyu Islands, Japan. *Marine Biology*, 157:2397-2406
- Sasai, Y., A. R. Kartadikaria, Y. Miyazawa and K. 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, 11-17
- 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
- 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
- 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
- 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
- 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
- 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
- Hata H and Umezawa Y. (2011): Nutritional ecology of a territorial farmer fish, *Stegastes nigricans*. *Ecological Research*, 26: 809-818
- 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: 427-43
- 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
- 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
- Paringit, E.C. and Nadaoka, K. (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
- 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), .67, 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*, 62, 1, 31-44, DOI:10.1007/s10236-011-0489-1
- 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 N., 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*, 7, 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*, 27, 6, 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., Leopoldas, 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*, 180, 47-56, DOI:10.1016/j.jsb.2012.05.17
- Estomata, M. T. L., Blanco, A. C., Nadaoka, K., Tomoling, E. C. M. (2012) Extraction of benthic cover information from video tows and photographs using object-based image analysis. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Volume XXXIX-B8, 2012. ISSN Number: 1682-1750, eISSN Number: 2194-9034
- Reyes, S. R. C., Blanco, A. C. (2012) Assessment of coastal vulnerability to sea level rise of Bolinao, Pangasinan using remote sensing and geographic information systems. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Volume XXXIX-B6, 2012. ISSN Number: 1682-1750, eISSN Number: 2194-9034
- 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*, 32, 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
- 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., Arriesgado, 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*, 21, 12-15, ISBN:978-4-86459-119-5

- Lecchini D, Miura T, Lecellier G, Banaigs B, Nakamura Y. (2014): Transmission distance of chemical cues from coral habitats: implications for marine larval settlement in context of reef degradation. *Marine Biology*, 161:1677-1686
- 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 amangrove creek. *Fisheries Science*, 80, 21-41
- Arriesgado, 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
- Tanaka, Y., Go, G.A., Watanabe, A., Miyajima, T., Nakaoka, M., Uy, W.H., Nadaoka, K., Watanabe, S., Fortes, M.D. (2014): 17-year change in species composition of mixed seagrass beds around Santiago Island, Bolinao, the northwestern Philippines. *Marine Pollution Bulletin*, 88: 81–85
- Collin, A., Nadaoka, K. Nakamura, T. (2014): Mapping VHR water depth, seabed and land cover using google earth data, *ISPRS Int. J. Geo-Information*. 3, 1157-1179; doi:10.3390/ijgi3041157
- Watai M, Nakamura Y, Honda K, Bolisay KO, Miyajima T, Nakaoka M, Fortes MD (2014): Diet, growth, and abundance of two seagrass bed fishes along a pollution gradient caused by milkfish farming in Bolinao, northwestern Philippines. *Fisheries Science*: DOI. 10.1007/s12562-014-0824-9
- Sato M., Honda, K., Bolisay, K.O., Nakamura, Y., Fortes, M.D. and Nakaoka, M. (2014) Factors affecting the local abundance of two anemonefishes (*Amphiprion frenatus* and *A. perideraion*) around a semi-closed bay in Puerto Galera, the Philippines. *Hydrobiologia* 733:63-69
- Sato, M., Kurokuchi, H., Tan, E., Asakawa, S., Honda, K., Bolisay, K.O., Nakamura, Y., Lian, C., Fortes, M.D. and Nakaoka, M. (2014) Fifteen novel microsatellite markers for two *Amphiprion* species (*Amphiprion frenatus* and *Amphiprion perideraion*) and cross-species amplification. *Conservation Genetics Resources*. 6:685-688
- Leopardas, V., Uy, W., Nakaoka, M. (2014) Benthic macrofaunal assemblages in multispecific seagrass meadows of the southern Philippines: Variation among vegetation dominated by different seagrass species. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 457 : 71–80
- Yamamoto, S., Kayanne, H., Tokoro, T., Kuwae, T., Watanabe, A. (in press): Total alkalinity flux in coral reefs estimated from eddy covariance and sediment pore-water profiles. *Limnology and Oceanography*
- Blanco, A.C., Pagkalinawan, H., Tsuchiya, T., Nadaoka, K. (2014) Elucidating factors of seagrass fractional cover change using spatial regression. *Proceedings of the 7th ASEAN Environmental Engineering Conference*, 21-22 November 2014, Puerto Princessa City, Palawan, Philippines
- Herrera, E.C., Nadaoka K., Blanco A.C., Hernandez E.C. (in press): Hydrodynamic investigation of a shallow tropical lake environment (Laguna Lake, Philippines) and associated implications for eutrophic vulnerability. *ASEAN Engineering Journal*

(2) 研修コースや開発されたマニュアル等

① 研修コース概要

List of IDSS/GIS training courses

Bolinao

Date	Training course title	Purpose of training	Number of certificates	Audience (LGU staffs, etc.)
2014.8.26-2014.8.28	Demonstration and Operation of Integrated Decision Support System and Introduction to Geographic Information Systems	Training on how to use IDSS	18	LGU staff, official
2014.11.18-2014.11.19	Training of Integrated Decision Support System and Introduction to Geographic Information Systems	Training on how to use IDSS	10	LGU staff, official

Laguna Lake

Date	Training course title	Purpose of training	Number of certificates	Audience (LGU staffs, etc.)
2014.8.1	IDSS, Modeling & GIS Training Workshop “Laguna Lake Integrated Decision Support System, Modeling, Monitoring and Output Visualization using GIS”	Training on how to use IDSS	26	LLDA staff, LGU staff

Banate&Iloilo

Date	Training course title	Purpose of training	Number of certificates	Audience (LGU staffs, etc.)
2013.9.17	Site-based Workshop in Banate Focused on introduction of IDSS in Banate	Dissemination of CECAM activities, research results and IDSS Obtaining of feedback from participants	37	LGU staff, local stakeholders

2014.4.28	Site-based Workshop in Banate Focused on dissemination of the results based on IDSS in Banate	Dissemination of CECAM activities, research results and IDSS Obtaining of feedback from participants	28	LGU staff, local stake holders
2014.6.20	Site-based Workshop in Banate Current condition of coastal ecosystem in Banate Bay and decision making toward its conservation and adaptive management in inter-LGU cooperation scheme	Dissemination of IDSS, CECAM activities, and research results Obtaining of feedback from participants	17	LGU staff, official
2014.7.31-2014.8.1	IDSS Training Workshop “Demonstration and Operation of Integrated Decision Support System and Introduction to Geographic Information Systems”	Training on how to use IDSS	33	LGU staff, official
2014.9.18-2014.9.19		Training on how to use IDSS	25	LGU staff, official

Boracay

Date	Training course title	Purpose of training	Number of certificates	Audience (LGU staffs, etc.)
2014.7.31-2014.8.1	Introductory Course on Geographic Information Systems (GIS) Data and Analysis	Introduction of basic GIS knowledge and operations.	20	LGU staffs, NGOs, other local stakeholders

2014.9.18-2014.9.19	2nd IDSS Workshop and Training in Boracay Island, Malay	Application of topics covered in the previous training - geovisualization of land use and zoning ordinances and nitrate load modeling. Introduction of CCTV camera monitoring system and onsite inspection of CCTV camera stations. Demonstration of transparency monitoring using Secchi disk	16	LGU staffs, NGOs, other local stakeholders
2015.1.15-2014.1.16	3rd IDSS Training in Boracay Island, Malay	Basic Image Interpretation.		LGU staffs, NGOs, other local stakeholders

① 開発したテキスト・マニュアル類

Name of text book or Manual	Purpose	Year
QGIS Training Manual Source: http://docs.qgis.org/2.2/pdf/en/QGIS-2.2-QGISTrainingManual-en.pdf	GIS Training	2014
Introductory Course on Geographic Information Systems (GIS) Data and Analysis Manual	Introduction of basic GIS knowledge and operations.	2014
2nd IDSS Workshop and Training Manual	Application of topics covered in the previous training - geovisualization of land use and zoning ordinances and nitrate load modeling. Introduction of CCTV camera monitoring system and onsite inspection of CCTV camera stations. Demonstration of transparency monitoring using Secchi disk	2014
Delft Hydraulics, Simulation of multi-dimensional hydrodynamic flows and transport phenomena, User Manual for Delft3D-FLOW, WL/ Delft Hydraulics, Netherlands, 642 447 pp, 2007	IDSS Modeling Training	2014
Neitsch, S.L., J.G. Arnold, J.R. Kiniry, J.R. Williams & K.W. King. 2002. SWAT Manual. USDA,	IDSS Modeling Training	2014

Agricultural Research Service and Blackland Research Center. Texas A&M University, USA.		
---	--	--

(3) その他の著作物(総説、書籍など)

- 中村洋平(2010)魚の成育場についてー大きな魚も海辺が大切ー,高知大学ラジオ公開講座読本「LIIBERATION」, 高知大学出版会, vol.17, 6-21
- Miyajima T. and Umezawa Y. (2010) Stable isotope composition of nitrogen ($\delta^{15}\text{N}$) as a tool for investigating nitrogen cycling in coral reef ecosystems. pp.197-222. In: Ohkouch N et al. (eds.) Earth, Life, and Isotopes, Kyoto University Press.
- Nakamura, T. and T. Nakamori (2011): A simulation model for coral reef formation: reef topographies and growth patterns responding to relative sea-level histories. In: Linda L. Wright (ed.) Sea Level Rise, Coastal Engineering, Shorelines and Tides, Nova Science Publishers, pp.251-261
- 宮島利宏 (2011): 8.2. 栄養塩(窒素・リン・ケイ素), 日本分析化学会編『環境分析ガイドブック』, 丸善, 印刷中
- 仲岡雅裕・渡辺健太郎 (2011) アマモ場の生物多様性・生態系モニタリング. 海洋と生物 **33**(4): 315-322
- 中村洋平(2011): サンゴ礁魚類の生産機構と生態系サービス, 小路・堀・山下(編)「浅海域の生態系サービスー海の恵みと持続的利用」, 7章、水産学シリーズ 169, 日本水産学会監修, 恒星社厚生閣, pp.93-106
- 仲岡雅裕・松田裕之 (2011) 地球環境変動と生態系サービス、人間活動の関連性の解明に向けて, 小路・堀・山下(編)「浅海域の生態系サービスー海の恵みと持続的利用」, 10章、水産学シリーズ 169, 日本水産学会監修, 恒星社厚生閣, pp.129-143
- 灘岡和夫(2011): サンゴ礁環境のダイナミクス, 土屋・大葉・鈴木(編)「サンゴ礁学」, 第2章, 日本サンゴ礁学会監修, 東海大学出版会, pp.31-48.
- 中村洋平(2011): サンゴ礁の魚たち, 土屋・大葉・鈴木(編)「サンゴ礁学」, 第7章、日本サンゴ礁学会監修, 東海大学出版会, pp.153-176
- 佐藤永・嶋田正和・竹門康弘・仲岡雅裕・村岡裕由 (2012) 生態系の保全と地球環境(日本生態学会編)生態学入門 第2版. 東京化学同人、pp. 227-263
- 仲岡雅裕 (2012) 藻場. (白山義久・桜井泰憲・古谷研・中原裕幸・松田裕之・加々美康彦編) 海洋保全生態学. 講談社、pp. 66-68
- 宮島利宏 (2013) 安定同位体技術を利用した異地性流入評価における最近の展開.水環境学会誌 **36**: 225-230
- 栗原晴子 (2013) ベントス I (棘皮動物、甲殻類など)に対する海洋酸性化影響.海洋と生物 **207**: 332-338
- 栗原晴子 (2013) 海洋酸性化が海洋生態系に及ぼす影響.海洋と生物 **207**: 356-365
- 田中義幸 (2013) 野外研究サイトから(24) ボリナオ海洋実験所、フィリピン.日本生態学会誌 **63**:283-286
- Nakaoka, M., Lee, K-S., Huang, X., Almonte, T., Sidik Bujang, J., Kiswara, W., Ambo Rappe, R., Maryam Yaakub, S., Prabhakaran, M.P., Abu Hena M.K., Hori, M., Zhang, P., Prathep, A. and Fortes, M. D.(in press) Regional comparison of the ecosystem services from seagrass beds in Asia. In: (S. Nakano et al. eds.) Integrative Observations and Assessments. Ecological Research Monographs, Springer, pp. 367-391

(4)国際学会発表及び主要な国内学会発表

① 招待講演 (国内会議 4件、国際会議 23 件)

灘岡和夫, 安田仁奈 (2010):サンゴ礁海産生物の幼生分散とリーフ・コネクティビティ, プランクトン・ベントス合同大会公開シンポジウム「プランクトンとして見るベントスの研究」2010. 10. (東京柏)

Fortes, M.D. (2011). “How Successful are Biosphere Reserves in Adapting to the Impacts of Local and Global Change? A Case Study in the Philippines. 6thSeaBRnet (South-East Asian Biosphere Reserve Network) Meeting, UNESCO Man and Biosphere Reserve Programme, Bogor, Indonesia. 23-25 Feb 2011.

Fortes, M.D. (2011). Seagrass ecosystems and climate change in Southeast Asia: A community-based approach in mitigation and adaptation. 8th IOC/WESTPAC Scientific Symposium, UNESCO IOC/WESTPAC, Busan, Republic of Korea. 28-31 Mar 2011.

Fortes, M.D. (2011). The Seagrass Factor in Coastal Conservation in Southeast Asia. International Marine Conservation Congress, Univ. of British Columbia, Victoria, Canada, 14-18 May 2011.

Fortes, M.D. (2011). Establishment of Research & Education Network on Coastal Marine Science in Southeast Asia (2011-2015)”: The Philippine Component. Horiba Conference, Univ. of Tokyo, Japan, 4 Dec 2011.

Fortes, M.D. (2011). The Philippine program of action on ecosystem research and conservation. Workshop on biodiversity of Southeast Asia. Tokyo, Japan. Biodiversity Center, Ministry of Environment Japan and Japan Society for the Promotion of Science. 3-7 Dec. 2011.

Nakaoka, M. (2011): Scaling up our (your?) research for better understandings of coastal ecosystem dynamics, International Symposium on the Sustainability and Productivity of Coastal Resources, 2011.1. (Nagasaki University, Nagasaki)

Umezawa Y. (2012): “Impact of Isahaya dike construction on physical environments and ecosystems in Ariake Bay, Kyusyu, Japan.” International Workshop on Coastal Observations and Sediment Transport in Coastal Zones, National Central University, Taiwan, June 2011

Kurihara H. (2012): Impacts of ocean acidification on marine life. Coral Biology Workshop, Okinawa, Japan, 2012, 12 March

Kurihara H. (2012): Ocean acidification impacts on Cnidarian. The 9th Okazaki Biology Conference, Marine Biology II, Okazaki, Japan 2012, 14-19 Oct

Fortes, M.D. (2013). Seagrass-Mangrove ecosystem: Bioshield against biodiversity loss and impacts of local and global change along Indo-Pacific coasts. ECSA 53: Estuaries and coastal areas in times of intense change, Shanghai, China, 13 - 17 October 2013.

Fortes, M.D. (2013). Gaps and Options in the Assessment of Impacts on Marine Biodiversity in Areas Beyond National Jurisdiction. Ad hoc Open-ended Informal Working Group to Study Issues Relating to the Conservation and Sustainable Use of Marine Biological Diversity Beyond Areas of national Jurisdiction. United Nations, New York, 6-7 May 2013.

Fortes, M.D. (2013). Gaps and challenges in knowledge and management of seagrass as a blue carbon source in CTI countries. UNESCO-IOC, CI, University of Technology Sydney. Sydney, Australia, 15-17 May 2013.

Fortes, M.D. (2013). Gaps and challenges in the assessment of the health of the seas of Southeast Asia. PD 2013: International Conference on Sustainable Development of Tropical Coastal Zones: ‘A case study of Port Dickson’s marine ecosystem’. Port Dickson, Malaysia, 5-6 September 2013.

Nadaoka, K.(2013): Dynamic behavior of hypoxic water in Tokyo bay, International workshop on “Eutrophication sources and mitigation techniques in semi-enclosed bays”, 7 & 8 April 2013, Kuwait (Invited Keynote)

中村隆志, 灘岡和夫, 渡邊敦, 宮島利宏, 渡邊剛(2013):サンゴ骨格に記録される炭素同位体比

- の vital effect の実態解明に向けたサンゴポリプモデルの開発, 日本地球惑星科学連合 2013 年大会, 千葉県千葉市(幕張メッセ), 2013 年 5 月
- Kurihara H. (2013): Biological and ecosystem impacts of ocean acidification. KIOST Annual forum, Korea 2013 June 11-12
- Kurihara H. (2013): Another threat to coral reefs -Ocean acidification-. Japan-Australia Marine Forum “Coral Reefs and Global Change” Tokyo, Japan, 2013, 13 July
- 灘岡和夫(2013): 沿岸生物多様性研究におけるメタシステム・アプローチの必要性と可能性, 第16回日本サンゴ礁学会公開シンポジウム, 2013 年 12 月(沖縄 恩納村)
- 仲岡雅裕(2013): 沿岸景観の多様性・連続性が生態系機能に与える影響, 第16回日本サンゴ礁学会公開シンポジウム, 2013 年 12 月(沖縄 恩納村)
- Fortes, M.D. (2014). Seagrass factor in a shifting paradigm in coastal conservation in Southeast Asia. Invited paper as an Affiliate Faculty of the Hawaii Pacific University, Honolulu, Hawaii, 5 Sept. 2014.
- Fortes, M.D. (2014). Seagrass Mapping in the Philippines: Perception Survey to Satellite Imagery. UNESCO-IOC, Conservation International, Federal University of Rio Grande, Brazil, 18-28 October 2014.
- Fortes, M.D. (2014). “Seagrass Factor in Meeting the Conservation Challenges of the 21st Century in SE Asian Coasts: From Science to Action”. Keynote address at the 11th International Seagrass Biology Workshop (ISBW-11), Sanya City, Hainan, China, 6-10 Nov 2014.
- Nadaoka, K. (2014): Numerical modeling on reef ecosystem response to various environmental stresses and monitoring on blue carbon related parameters in coral triangle areas, Int. Blue Carbon Symposium, Manado, Indonesia, 15 May 2014
- San Diego-McGlone, M.L. The 2012 Fish kill in Western Pangasinan, why it happened? Workshop on Modeling impacts of aquaculture production and the use of common water bodies, BFAR-NFTDC Bonuan Binloc, Dagupan City, 6 June 2013.
- San Diego-McGlone, M.L. Fish production and the environment. Dean Domiciano K. Villaluz Memorial Lecture, SEAFDEC/AQD Tigbauan, Iloilo, 10 July 2013.
- San Diego-McGlone, M.L. Environmental impacts of mariculture. 50th Conservation Week Technical Symposium, SM Megatrade Hall, 15-17 October 2013.

② 口頭発表表 (国内会議 41 件、国際会議 91 件)

- Nakaoka, M., Miguel Fortes: Towards an integrated coastal ecosystem conservation and adaptive management of coastal areas of Southeast Asia. 9th International Seagrass Biology Workshop, Trang, Thailand, Nov. 27-30, 2010
- Sasai, Y., A.R. Kartadikaria, Y. Miyazawa, and K. Nadaoka (2010): The influence of river discharge on marine ecosystem in the South East Asia and West Pacific (SEA-WP) region, 日本地球惑星科学連合 2010 年大会, 2010/5/23-28、幕張
- 灘岡和夫, 渡邊敦, 山本高大, 前田勇司, 宮島利宏, 田中泰章 (2010): 数値モデルに基づくサンゴ礁生態系への複合ストレスと生態系応答の包括的評価. 日本地球惑星科学連合 2010 年大会. 2010 年 5 月 26 日. 幕張メッセ(千葉)
- 山本高大, 渡邊敦, 田中泰章, 灘岡和夫, 宮島利宏, 前田勇司(2010): サンゴ礁海域における栄養塩動態モデルの開発. 日本地球惑星科学連合 2010 年大会, 2010 年 5 月 26, 幕張メッセ(千葉)
- Sowa K., T. Sakamoto, T. Nakamura, S. Sakai, K. Iijima and T. Watanabe (2010): A new method for estimating calcification rate of coral skeletons using a transparent X-ray 2D-imaging scanner (TATSCAN-X1) in conjunction with geochemical analyses. 2nd International Sclerochronology Conference, July 24-28th 2010, Mainz, Germany
- Watanabe A., Y. Maeda, K. Nadaoka, T. Yamamoto, T. Miyajima, and Y. Tanaka (2010): Evaluation

- of CO₂ flux in Shiraho reef using a newly - developed carbonate system dynamics model, 2nd Asia Pacific Coral Reef Symposium, Phuket, Thailand, 20–24th June 2010.
- Yamamoto T., A. Watanabe, Y. Tanaka, K. Nadaoka, T. Miyajima, and Y. Maeda (2010): Development of a nutrient dynamics model in coral reef ecosystem. 2nd Asia Pacific Coral Reef Symposium, MSS: Modeling for Conservation of Coral Reefs, June 20th–24th 2010, Phuket, Thailand
- Yasuda N., S. Nagai, C. Taquet, and K. Nadaoka (2010): Strong structuring in reef-building octocoral *Heliopora coerulea* along Southeast Asia and West Pacific region revealed by microsatellite analysis. Oral communication (mini-symposium “Reef Connectivity”) during the 2nd Asia Pacific Coral Reef Symposium, Phuket, Thailand, 20–24th June 2010.
- Blanco AC, Watanabe A, Nadaoka K, Yamamoto T (2010): Spatio-temporal characterization of groundwater discharge and associated nutrient delivery in a coastal watershed-reef environment. 2nd Asia Pacific Coral Reef Symposium, June 21, 2010, Phuket, Thailand
- Nadaoka K, Watanabe A, Yamamoto T, Maeda Y, Miyajima T, Tanaka Y (2010): Toward comprehensive assessment and prediction of multiple environmental stresses on coral reef ecosystems and their responses based on numerical simulation models. 2nd Asia Pacific Coral Reef Symposium, June 21, 2010, Phuket, Thailand
- Pokavanich T, Ashikawa K, Nadaoka K, Villanoy CL, Eugene CH (2010): Seasonal larval dispersal characteristics and sediment discharge impacts on the coral reefs in the Lingayen Gulf, Philippines towards coastal ecosystem conservation. 2nd Asia Pacific Coral Reef Symposium, June 20, 2010, Phuket, Thailand
- Pokavanich T, Yamamoto T, Nadaoka K, Blanco AC (2010): Seasonal variability of water quality around patch reefs inside a lagoon from its interaction with outer sea. 2nd Asia Pacific Coral Reef Symposium, June 21, 2010, Phuket, Thailand
- Kartadikaria AR, Nadaoka K, Miyazawa Y, Sasai Y, Watanabe A (2010): The role of eddy inside “Wallace line” regions by using high resolution nutrient-ocean circulation coupled model. 2nd Asia Pacific Coral Reef Symposium, June 20, 2010, Phuket, Thailand
- Taquet C., S. Nagai, N. Yasuda, T.-Y. Fan, M. D. Fortes, and K. Nadaoka (2010): Study of phylogeny and population genetic structure of holothurian species in SEA-WP region using mitochondrial markers (SEA-WP Connectivity Project). Oral communication (mini-symposium “Coral Reef Genetics and Genomics”) during the 2nd Asia Pacific Coral Reef Symposium, Phuket, Thailand, 20–24th June 2010.
- Yasuda N., C. Taquet, K. Nadaoka, Y. Sasai, Y. Miyazawa, S. Nagai, and A. R. Kartadikaria (2010): Introducing SEA-WP Project: reef connectivity of marine invertebrate species around SEA-WP region. Oral communication during the Special Seminar on the Prospective Coastal Environmental Studies in the South of Thailand & Examples of Advanced Studies in Japan from Nadaoka Laboratory, Phuket, Thailand, 25th June 2010
- 仲岡雅裕 (2010): 地球環境変動と生態系サービス、2010 年度日本水産学会春季大会シンポジウム「魚介類生産の場としての浅海域の生態系サービス」、日本大学生物資源科学部、藤沢市、2010年3月26日
- 中村洋平(2010): サンゴ礁海域における魚類の生産機構、2010 年度日本水産学会春季大会シンポジウム「魚介類生産の場としての浅海域の生態系サービス」、日本大学生物資源科学部、藤沢市、2010年3月26日
- 中村洋平(2010): 海草藻場の消失が魚類群集の構造に及ぼす影響、2010 年度日本水産学会春季大会、一般発表、日本大学生物資源科学部、藤沢市、2010 年 3 月 27 日
- 中村隆志・渡邊敦・渡邊剛・灘岡和夫(2010): サンゴ礁生物群集の帯状分布パターンの解析と環境応答モデルの構築. 日本サンゴ礁学会第 13 回大会、茨城県つくば市、2010 年 11 月 4 日
- 山本将史・茅根創・本郷宙軌・渡邊敦・灘岡和夫 (2010): 石垣島白保サンゴ礁砂地における Mg-Calcite 溶解の影響評価～現場実験と観測、室内実験の比較～. 日本サンゴ礁学会第 13

- 回大会、茨城県つくば市、2010 年 11 月 4 日
 渡邊敦・山本高大・灘岡和夫・前田勇司・宮島利宏・田中泰章 (2010): 新たに開発した炭酸系動態モデルを用いた裾礁型サンゴ礁での二酸化炭素フラックスの時空間変動特性解析. 日本サンゴ礁学会第 13 回大会、茨城県つくば市、2010 年 11 月 4 日
- 安田仁奈, Coralie Taquet, 長井敏, 灘岡和夫, John Benzie, Catherine Vogler, Gert Worhede (2010) サンゴ礁ヒトデ類の種分化と幼生分散, 2010. 10. 日本ベントス・プランクトン学会合同大会, 要旨集 p73
- Fortes, M.D. (2011). Seagrass Factor in Biodiversity Conservation and Climate Change Mitigation In Southeast Asian Coasts. International Conference on Biodiversity and Climate Change, Manila. 1-3 Feb 2011.
- Umezawa Y: Introduction of the coastal areas & the studies on nutrient dynamics around Nagasaki, International Symposium on the Sustainability and Productivity of Coastal Resources. Nagasaki, Japan, January 19-21, 2011
- 宮島利宏・由水千景・山本高大・陀安一郎・永田俊・森本直子・渡邊敦・灘岡和夫: 八重山諸島サンゴ礁域における大気降下物由来窒素負荷の状況とそのサンゴ礁生態系への潜在的影響. 日本地球惑星科学連合 2011 年大会、千葉県千葉市(幕張メッセ)、2011 年 5 月 24 日
- Dadhich, A. and K. Nadaoka (2011): Hydrologic Response to Land use Change and its Impact on Coastal Ecosystem of Fiji. 日本地球惑星科学連合 2011 年大会、千葉県千葉市(幕張メッセ)、2011 年 5 月 25 日
- Kartadikaria AR, Atsushi Watanabe, Kazuo Nadaoka, Muswerry Muchtar, Hanif Budiprayitno, Novi S Adi, Adi Purwandana, Suharsono: SSpCO₂ Distribution in Tropical Indonesian Seas and Its Implication to Blue Carbon Proposal. 日本地球惑星科学連合 2011 年大会、千葉県千葉市(幕張メッセ)、2011 年 5 月 24 日
- Tomoling, E.C.M. and Blanco, A.C. (2011) Agno River Discharge: Insights on the Impacts of Land Use Land Cover (LULC) and Climate Change. Coastal Ecosystems Conservation and Adaptive Management 1st National Conference/Workshop, UP Marine Science Institute, Diliman, Quezon City
- Reyes, S.R. and Blanco, A.C. (2011) Remote Sensing and GIS-based Assessment of Coastal Vulnerability of Bolinao, Pangasinan to Sea Level Rise. 1st CECAM National Conference. UP Marine Science Institute, Diliman, Quezon City
- Tamondong, A. and Blanco, A.C. (2011) Mapping and geospatial analysis of seagrass coverage in Bolinao, Pangasinan using Remote Sensing and Geographic Information System” 1st CECAM National Conference. UP Marine Science Institute, Diliman, Quezon City
- Nakaoka, M. Honda, K. Nakamura, Y. Watai, M., Tanaka, Y., Go, G.A.G, Bolisay, K., Leopardas V., Uy, W.H., Campos, W.L., Fortes, M.D. (2011) Broad-scale comparisons of species diversity patterns of seagrass community in Okinawa and the Philippines. JST-JICA CECAM 1st National Conference, Manila, the Philippines, June 20th, 2011
- 中村隆志, 渡邊敦, 灘岡和夫, 中野義勝, 山本将史, 山本高大, 宮島利宏: サンゴ礁生態系モデルの構築にむけて. 第 14 回日本サンゴ礁学会、沖縄県那覇市(沖縄県男女共同参画センターにいる)、2011 年 11 月 5 日
- 山本将史, 茅根創, 所立樹, 桑江朝比呂, 中村隆志, 渡邊敦, 灘岡和夫: 石垣島白保サンゴ礁砂地における流動環境を考慮した Mg-Calcite の溶解メカニズム. 第 14 回日本サンゴ礁学会、沖縄県那覇市(沖縄県男女共同参画センターにいる)、2011 年 11 月 5 日
- 金城孝一, 仲宗根一哉, 灘岡和夫: 礁池内の栄養塩および濁りの現状とこれらがサンゴの生息状況に及ぼす影響. 第 14 回日本サンゴ礁学会、沖縄県那覇市(沖縄県男女共同参画センターにいる)、2011 年 11 月 4 日
- 安田 仁奈, Coralie Taquet, 長井 敏, Suharsono, Miguel Fortes, Nippon Phongsuwan, Catherine Vogler, Gert Worhede, John Benzie, 灘岡 和夫: Coral Triangle 周辺におけるヒトデ類の種分化と遺伝子流動について. 第 14 回日本サンゴ礁学会、沖縄県那覇市(沖縄県男女共同参画セ

- ンター ている)、2011 年 11 月 4 日
- Fortes, M.D. et al. (2012). Structural changes in seagrass communities in response to nutrient and silt gradients in Bolinao, northwestern Philippines. LIPI - JSPS Asian CORE Seminar 2012 “Coastal Ecosystems in Southeast Asia”, LIPI Convention Hall, Jakarta, Indonesia, 12-14 November 2012.
- Fortes, M.D. (2012). Seagrass and mangrove biodiversity in Southeast Asia: Gaps in knowledge and management. Biodiversity in Changing Coastal Waters of Tropical & Subtropical Asia”, Reihoku-Amakusa, Japan, 30 November - 4 December 2012.
- Nakaoka, M. (2012) Broad-scale variation in biodiversity and functions of seagrass beds along the Pacific coast of eastern Asia. The 5th EAFES International Congress, Ohtsu, Shiga, Mar. 21st 2012.
- Umezawa Y, Yamaguchi A, Ishizaka J, Hasegawa T, Yamawaki N, Morii Y and Yoshimura H: Seasonal shift of the contribution of Changjiang River and Kuroshio water to nutrient dynamics at continental shelf of East China Sea. Ocean Science Meeting, Salt Lake City, USA, February 20-24, 2012.
- Matsuki Y, Nakajima Y, Lian C, Fortes M, Uy W, Campos W, Nakaoka M, Nadaoka K (2012) Genetic structure of seagrass (*Thalassia hemprichii*) in the Philippines. 2012 年度日本生態学会、滋賀県大津市、2012 年 3 月 19 日
- 中島祐一, 松本悠, 練春蘭, Fortes M, Uy W, Campos W, 仲岡雅裕, 灘岡和夫(2012) Genetic diversity and structure of *Enhalus acoroides* in tropical and subtropical coastal areas. 2012 年度日本生態学会、滋賀県大津市、2012 年 3 月 21 日
- 中村隆志・灘岡和夫・渡邊敦: Trans-calcification メカニズムを組み込んだ造礁サンゴの光合成・石灰化の内部モデル. 日本地球惑星科学連合 2012 年大会、千葉県千葉市(幕張メッセ)、2012 年 5 月 25 日
- Nakamura T, Watanabe A, Nadaoka K, Nakano Y, Yamamoto S, Yamamoto T, Miyajima T: A coral-reef ecosystem model: short-term responses against the multiple stresses. 12th International Coral Reef Symposium. Cairns, Australia, July 2012.
- Watanabe A, Nadaoka K, Kayanne H, Nakamura T: Evidence of ocean acidification in seawater around Ishigaki Island, subtropical NW Pacific. 12th International Coral Reef Symposium. Cairns, Australia, July 2012.
- Yamamoto T, Watanabe A, Nakamura T, Nadaoka K, Miyajima T, Tanaka Y, Suzuki Y, Casareto B, Blanck AC: 3-D Biochemical Ecosystem Model Analysis on Dissolved Organic Carbon Dynamics in a Fringing Reef. 12th International Coral Reef Symposium. Cairns, Australia, July 2012.
- Watanabe, T., A. Yamazaki, T. Kawamura, J. Isasa, T. Nakamura, K. Sowa, F. Iwase, K. Nomura, K. Sugihara, O. Abe, T. Sakamoto, M. Murayama and H. Yamano: Effect of environmental change on *Porites* growth during the last 100 years, 12th International Coral Reef Symposium (ICRS2012), 13th July 2012, Cairns, Australia
- Yamamoto, S., H. Kayanne, T. Tokoro, T. Kuwae, T. Nakamura, A. Watanabe and K. Nadaoka: Mg-calcite dissolution rate determined by field observation and laboratory experiment, 12th International Coral Reef Symposium (ICRS2012), 9th July 2012, Cairns, Australia
- Yasuda, N., C. Taquet, S. Nagai, M. Fortes, Suharsono, H.A. Susanto, N. Phongsuwan and K. Nadaoka: Genetic structure of *Culcita* sp. pincushion starfish in the Coral Triangle, 12th International Coral Reef Symposium(ICRS2012), July 9-13, 2012, Cairns, Australia
- Honda, Kentaro, Yohei Nakamura, Wilfredo Uy, Darwin Baslot, Allyn Pantallano, Masahiro Nakaoka, Miguel Fortes: Interconnectivity of reef systems of migratory fishes in the Philippines. 12th International Coral Reef Symposium. Cairns, Australia, July 2012. Nakaoka, Masahiro, Kentaro Honda, Yohei Nakamura, Mikio Watai, Yoshiyuki Tanaka, Gay Amabelle Go, Klenthon Bolisay, Venus Leoparadas, Wilfredo Uy, Miguel Fortes: Broad-scale comparisons of species diversity patterns of seagrass community in Okinawa and the Philippines, 12th International

- Coral Reef Symposium. Cairns, Australia, July 2012.
- Fortes, Miguel, Gay Amabelle Go, Klenthon Bolisay, Janice Leriorato, Rose Lopez, Francisco Paciencia, Jr., Masahiro Nakaoka, Kentaro Honda, Mikio Watai, Venus Leoparadas: Responses of seagrass to mariculture-induced physico-chemical gradients in Bolinao, Philippines. The 12th International Coral Reef Symposium. Cairns, Australia, July 2012.
- 中村隆志, 灘岡和夫, 渡邊敦, 宮島利宏 (2012): サンゴ内部モデルを用いた骨格中の $\delta^{13}\text{C}$ 記録の再現と古環境指標の有用性の検討. 日本地球化学会年会, 2012 年 9 月 11-13 日, 筑波大学
- Nakaoka M, Honda K, Nakamura Y, Watai M, Tanaka Y, Go GAG, Bolisay K, Leoparadas V, Uy WH, Fortes MD (2012) Broad-scale comparisons of species diversity patterns of seagrass community in Okinawa and the Philippines. The 12th International Coral Reef Symposium, July 10, 2012, Cairns, Australia
- Estomata, M.T., Blanco, A.C., Nadaoka, K., and Tomoling, E. (2012) Spatio-Temporal Analysis of Water Quality of Urban Waterways in Manila Towards a Catchment-Based River Restoration Program, The XXII Congress of International Society for Photogrammetry and Remote Sensing, 25 August-1 September 2012, Melbourne, Australia
- Reyes, S.R., Blanco, A.C., Nadaoka, K., and Tomoling, E. (2012) Assessment of Coastal Vulnerability to Sea Level Rise of Bolinao, Pangasinan Using Remote Sensing and Geographic Information Systems, The XXII Congress of International Society for Photogrammetry and Remote Sensing, 25 August-1 September 2012, Melbourne, Australia
- Yamamoto, T., K. Nadaoka, A. Watanabe, T. Tsuchiya, T. Miyajima, S. Reyes, N. Morimoto, Y. Umezawa, E. Herrera, G. Regino, C. Ferrera, W. Campos E.C.M. Tomoling, A. Tamondong, A.C. Blanco (2012): Field observation and model simulation of water quality in Guimaras Strait, Western Visayas, Philippines. 1st Regional Symposium on Coastal Ecosystem Conservation and Adaptive Management, November 7, 2012, Quezon, the Philippines
- Tamondong, A., A. Blanco, M. Fortes, K. Nadaoka (2012): Mapping of Seagrass and Other Benthic Habitats Using Worldview-2 Multispectral Satellite Image. 1st Regional Symposium on Coastal Ecosystem Conservation and Adaptive Management, November 7, 2012, Quezon, the Philippines
- Reyes, S.R.C., A. Blanco, K. Nadaoka (2012): Remote Sensing and GIS-based Assessment of Coastal Vulnerability of Bolinao, Pangasinan to Sea Level Rise. 1st Regional Symposium on Coastal Ecosystem Conservation and Adaptive Management, November 7, 2012, Quezon, the Philippines
- Nakaoka M, Honda K, Nakamura Y, Watai M, Go GAG, Bolisay K, Leoparadas V, Pantallano A, Uy WH, Fortes MD (2012) Diversity patterns of seagrass community in Okinawa and the Philippines. 1st Regional Symposium on Coastal Ecosystem Conservation and Adaptive Management, November 7, 2012, Quezon, the Philippines
- Nakaoka M, Lee K-S, Huang X, Almonte T, Sidik Bujang J, Kiswara W, Ambo Rappe R, Yaakub SM, Prabhakaran MP, Abu Hena MK, Hori M, Zhang P, Prathep A, Fortes MD (2012) Regional comparison of the ecosystem services from seagrass beds in Asia. 1st Regional Symposium on Coastal Ecosystem Conservation and Adaptive Management, November 7, 2012, Quezon, the Philippines
- Boliday K, Nakamura Y, Honda K, Fortes M, Leriorato J, Watai M, Pantallano A, Nakaoka M. (2012) Spatio-temporal variation of fish assemblage structures in seagrass beds of Bolinao, Pangasinan. 1st Regional Symposium on Coastal Ecosystem Conservation and Adaptive Management, November 7, 2012, Quezon, the Philippines
- Honda H, Uy W, Baslot W, Pantallano A, Nakamura Y, Nakaoka M (2012) Migratory patterns of several commercial fishes between coral reef and seagrass bed inside and outside a marine protected area in Laguindingan, Mindanao Island. 1st Regional Symposium on Coastal

- Ecosystem Conservation and Adaptive Management, November 7, 2012, Quezon, the Philippines
- Sato M., Honda K, Bolisay KO, Nakamura Y, Nakajima Y, Lian C, Nakaoka M, Fortes MD, Nadaoka K (2012) Metapopulation structures of coral reef fish in open coast and sheltered bay in the Philippines. 1st Regional Symposium on Coastal Ecosystem Conservation and Adaptive Management, November 7, 2012, Quezon, the Philippines
- Sugimoto, A., M.L.S.D. McGlone, F. Paciencia, S. P. Milan, E. T. Tomas, C.C. Ramirez, K. Nadaoka, and M. D. Fortes (2014) “Strengthening Collaborative Governance in Coastal Resource Management beyond Administrative Borders (progress report): Case studies in Anda and Bolinao, Luzon island, Philippines”, The Sixth International Forum for Sustainable Asia and the Pacific
- 安田仁奈, Coralie Taquet, 長井敏, M. Fortes, T.Y. Fan, N. Phongsuwan, 波利井佐紀, 灘岡和夫: 生きる化石アオサンゴの遺伝的多様性と遺伝子流動[バイオミネラリゼーションと石灰化 ―遺伝子から地球環境まで―], 東京大学大気海洋研究所, 2012 年 11 月 8-9 日
- 安田仁奈, Coralie Taquet, 長井敏, M. Fortes, T.Y. Fan, N. Phongsuwan, 波利井佐紀, 灘岡和夫: 生きる化石アオサンゴにおけるミトコンドリアと核 DNA の遺伝子多型, 第 21 回 DNA 多型学会, 京都, 2012 年 11 月 7-8 日
- 安田仁奈, C. Taquet, 長井敏, J. Benzie, 灘岡和夫, C. Vogler, G. Worhide: メタ個体群構造とミトコンドリア系統樹の対立-種の境界はどこにあるのか-, 第 21 回 DNA 多型学会, 京都, 2012 年 11 月 7-8 日
- Nakaoka M, Honda K, Nakamura Y, Watai M, Go GAG, Bolisay K, Leopardas V, Pantallano A, Uy WH, Fortes MD (2012) Variation in diversity gradient of seagrass and fish assemblages along the Ryukyus and the Philippines coastal areas. Amakusa Biodiversity Symposium 2012, December 2, 2012, Reihoku, Amakusa
- Sato M, Honda, K, Boliday KO, Nakamura Y, Nakaoka M, Fortes MD (2012) Application of metapopulation model to explain occurrence patterns of two anemone-fishes around a sheltered bay of Puerto Galera, the Philippines. Amakusa Biodiversity Symposium 2012, December 2, 2012, Reihoku, Amakusa
- Leopardas V, Uy W, Nakaoka M (2012) Macrofauna communities in different seagrass vegetation of Lopez Jaena, Misamis Occidental, Philippines. The First Asian Marine Biology Symposium, December 14, 2012, Phuket, Thailand
- Nakaoka M, Lee K-S, Huang X, Almonte T, Sidik Bujang J, Kiswara W, Ambo Rappe R, Yaakub SM, Prabhakaran MP, Abu Hena MK, Hori M, Zhang P, Prathep A, Fortes MD (2012) Evaluation on ecosystem services from seagrass beds in Asia based on experts' knowledge. The First Asian Marine Biology Symposium, December 14, 2012, Phuket, Thailand
- Kurihara H (2012) Impacts of ocean acidification on marine life. Coral Biology Workshop, Okinawa, Japan, March 2012
- Kurihara H, Kobuchi T, Takahashi A, Watanabe T, shikota T, Fuda N (2012) Diverse responses of coral reef organisms to ocean acidification. International Coral Reef Symposium, Cairns Australia, July 2012
- Inoue S. Kayanne H., Yamamoto S, Kurihara H (2012) Community shift from hard to soft coral in acidified water. International Coral Reef Symposium, Cairns Australia, July 2012
- Kurihara H (2012) Ocean acidification impacts on Cnidarian. The 9th Okazaki Biology Conference, Marine Biology II, Okazaki, Japan October 2012
- Kurihara H, Akiha F, Sasaki H (2012) Impacts of ocean acidification on the ecophysiology of pteropod *Limacina helicina* 第3回極域科学シンポジウム November 2012
- Kurihara H (2012) Possible change on coral community structure and diversity by ocean acidification. International Symposium on “Biodiversity in Changing Coastal Waters of Tropical and Subtropical Asia” Amakusa, Japan, December 2012

- 瀬岡和夫:複合ストレスの包括的評価・予測とサンゴ礁生態系応答モデル解析, 第 15 回日本サンゴ礁学会, 東京都文京区(東京大学), 2012 年 11 月 25 日
- 中村隆志, 瀬岡和夫, 渡邊敦, 宮島利宏, 中野義勝, 鈴木款, 樋口富彦:サンゴの内部素過程を考慮したストレス応答モデルの開発, 第 15 回日本サンゴ礁学会, 東京都文京区(東京大学), 2012 年 11 月 23 日
- 安田仁奈, Coralie Taquet, 長井敏, Miguel Fortes, Tung-Yung Fan, Nipphon Phongsuwan, 波利井佐紀, 瀬岡和夫:東南アジア西太平洋におけるアオサンゴの集団遺伝構造, 第 15 回日本サンゴ礁学会, 東京都文京区(東京大学), 2012 年 11 月 22 日
- 中島祐一, 安田仁奈, 松木悠, Arriesgado DM, 練春蘭, Fortes M, Uy W, Campos W, 仲岡雅裕, 瀬岡和夫. 2012. フィリピン沿岸域に生息するコブヒトデ *Protoreaster nodosus* の遺伝的分化. 第 15 回日本サンゴ礁学会, 東京大学, 2012 年 11 月 22 日
- Nakaoka M (2013), Disaster resilience and coastal ecology, 第 60 回日本生態学会大会, 2013 年 3 月 6 日, 静岡市
- 中島祐一, 松木悠, Arriesgado D, 練春蘭, Fortes M, Uy W, Campos W, 仲岡雅裕, 瀬岡和夫. 2013. 遺伝マーカーを用いた熱帯性海草ウミショウブの地域個体群維持機構の解明. 第 60 回日本生態学会, 静岡市, 2013 年 3 月 27 日
- 栗原晴子(2013)海洋酸性化がサンゴ群集に及ぼす影響の評価 日本海洋学会 2013 年度春季大会 2013 年 3 月
- Fortes, M.D. (2014). The EBSA factor in marine biodiversity conservation and vulnerability in Southeast Asia. Ninth WESTPAC International Scientific Symposium, “A Healthy Ocean for Prosperity in the Western Pacific: scientific challenges and possible solutions”, Nha Trang, Vietnam 22–25 April 2014.
- Kurihara H (2013) Response of reef organisms to ocean acidification in the near future. Past and present changes in marine ecosystem and biodiversity in the Asia-Pacific region. Okinawa Japan March, 2013
- Kurihara H (2013) Response of reef organisms to ocean acidification in the near future. Past and present changes in marine ecosystem and biodiversity in the Asia-Pacific region. Okinawa, Japan March 18, 2013
- 栗原晴子 (2013) 海洋酸性化がサンゴ群集の多様性および生産性に及ぼす影響. 日本地球惑星科学連合大会、幕張メッセ
- Sharma, S., A. Watanabe, T. Nakamura, and K. Nadaoka(2013): Standing aboveground and belowground biomass, and carbon stock in Fukido River mangroves, Ishigaki Island, Japan, Proceedings of the 23rd Annual Meeting of Tropical Ecology in Fukuoka 2013, 14–16 June 2013, Kyusyu university, Fukuoka, Japan
- Hernandez, B.C.B., Moya, R.B. Blanco, A.C., Tanchuling, M.A.N. and Nadaoka, K. (2013) Groundwater Resource Assessment and Monitoring along the Coasts of Guimaras Island: A GIS-based Approach. 12th South East Asian Survey Congress, 18–20 June 2013, PICC, Manila
- Blanco, A.C., Fortes, M.D., Herrera, E.C., Nadaoka, K., San Diego-McGlone, M., Pacheco, B., Villanoy, C., Siringan, F. (2013) Development of an Integrated Decision Support System for Sustainable Coastal Resource Use and Conservation. International Symposium on Coastal Cities, Marine Resources and Climate Change in the Coral Triangle. 3–4 July 2013, Jakarta, Indonesia
- Schutter M., Kurihara H., Nozawa Y. (2013) Coral reproduction in the face of climate change: the effect of temperature and pCO₂ on fertilization success of different broadcast-spawning coral species. Mexico Sep, 2013
- Nakamura, T., K. Nadaoka, and A. Watanabe: A coral polyp model of photosynthesis, respiration and calcification incorporating a transcellular ion transport mechanism, Workshop on “Ocean acidification in Coral Reefs– bridging gaps between field to laboratory studies– ” 30 September 2013, the University of Tokyo, Japan
- Watanabe, A., T. Nakamura, K. Nadaoka, T. Yamamoto, and T. Miyajima: Spatiotemporal variations

- in CO₂ flux and carbonate system parameters in a fringing reef simulated using newly developed models, Workshop on "Ocean acidification in Coral Reefs- bridging gaps between field to laboratory studies- "30 September 2013, the University of Tokyo, Japan
- Miyajima T. (2013) Nutrient sources and export production in coral reefs: A case study on Shiraho coral reef (Southwest Japan). International Workshop of Ocean acidification in Coral Reefs - Bridging gaps between field to laboratory studies, The University of Tokyo, October 2013.
- Kurihara H. (2013) Impacts of Ocean acidification on Coral Reef Organisms. Workshop of Ocean Acidification in Coral Reefs-Bringing gaps between field and laboratory studies. Tokyo, Japan 29 Sep -3 Oct
- Blanco, A.C., Nadaoka, K. (2013) Evaluation of Pansharpening Techniques for Pixel-based and Object-based Classification of WV-2 Image. 34th Asian Conference on Remote Sensing, 20-24 October 2013, Bali, Indonesia
- Principe, J.A., Blanco, A.C., Yamamoto, T., Nadaoka, K. (2013) Improved Classification of Moderate Resolution Satellite Image Using Ratio, NBAI, and PC Transform. 34th Asian Conference on Remote Sensing, 20-24 October 2013, Bali, Indonesia
- Sith, R., Blanco, A.C. (2013) Phenological Changes in Alaminos and Bani Watersheds Derived using MODIS Data: Indications of Salinity Intrusion. 34th Asian Conference on Remote Sensing, 20-24 October 2013, Bali, Indonesia
- Tamondong, A.M., Blanco, A.C., Fortes, M.D. (2013) Comparison of Water Column Correction Techniques in Mapping Seagrasses Using Worldview-2. 34th Asian Conference on Remote Sensing, 20-24 October 2013, Bali, Indonesia
- Tomoling, E.C.M.A., Blanco, A.C., Iwai, K., Tamondong, A.M., Nadaoka, K. (2013) Assessment and Modeling of Environmental and Socio-Economic Impacts of Urban Development using RS and GIS for Integrated Coastal Land Use Planning. 34th Asian Conference on Remote Sensing, 20-24 October 2013, Bali, Indonesia
- Leopardas V, Uy W, Nakaoka M (2013) Variation in benthic macrofaunal assemblages in multispecific seagrass meadows in the southern Philippines: effects of different seagrass species on epifauna and infauna. Coastal and Estuarine Research Federation 22nd Biennial Conference. San Diego, USA, November 2013
- Sharma, S., J. Yasuoka, K. Nadaoka, A. Watanabe, A.D.S. Pantallano, D.I. Baslot, T.G. Genovia, W.H. Uy, and M.D. Fortes (2013): Vegetation Structure and Carbon Sequestration Rate of Planted Mangrove Forest in Laguindingan, The Philippines, International Workshop Monitoring of Forest Ecosystems: Where Do We Stand?, 2-3 December, 2013, The University of Tokyo, Japan
- 中嶋亮太、山崎春華、中富伸幸、戸田龍樹、坂巻隆史、栗原晴子 (2013) 沖縄・瀬底島のサンゴ礁における動物プランクトン群集の栄養構造. 沖縄 第16回日本サンゴ礁学会 2013年12月.
- Yamazaki H., Nakajima R, Kurihara H., Ichikawa T (2014) Seasonal variations of zooplankton community structure and production in the fringing reef of Okinawa Island, Japan. ASLO Ocean Sciences Meeting, Honolulu, Hawaii 23-28 Feb, 2014
- Alex S.J. Wyatt, James J. Leichter, Benoit Thibodeau, Toshihiro Miyajima, Craig A. Carlson, Craig E. Nelson, Toshi Nagata (2014) Linking hydrodynamics and organic matter fluxes offers ecosystem-scale understanding of inputs and recycling over coral reef communities. ASLO Ocean Science Meeting, Honolulu, Hawaii Feb. 28, 2014.
- 佐藤允昭, Lawrence P. C. Bernardo, 黒河内寛之, 本多健太郎, Klenthon O. Bolisay, 中村 洋平, 練春蘭, 灘岡和夫, Miguel D. Fortes, 仲岡雅裕 (2014) 遺伝解析と幼生分散モデルの統合によるクマノミ属魚類の幼生分散プロセスの解明. 第61回日本生態学会, 広島, 2014年3月
- Dan M. Arriegado, Chunlan Lian, Yuichi Nakajima, Yu Matsuki, Hiroyuki Kurokuchi, Jianmin Tao, Miguel D. Fortes, Wilfredo H. Uy, Wilfredo L. Campos, Masahiro Nakaoka, Kazuo Nadaoka (2014) Range-wide population genetic structure and clonality of a tropical seagrass,

- Cymodocea rotundata across the Western Pacific region. 第61回日本生態学会, 広島, 2014年3月
- 本多健太郎, Uy WH, Baslot DI, Pantallano ADS, 佐藤允昭, 中村洋平, 仲岡雅裕 (2014) フィリピン南部サンゴ礁域における水産有用魚種の礁斜面付近の鉛直利用様式. 平成26年度日本水産学会春季大会, 函館市, 2014年3月
- 山崎春華、中嶋亮太、栗原晴子、坂巻隆史、市川忠史、戸田龍樹 (2014) 亜熱帯沿岸における動物プランクトン群集構造の周年変動 第48回日本水環境学会 仙台 2014年3月17-19
- 栗原晴子 (2014) 海洋酸性化が沿岸生物ならびに生態系に及ぼす影響 日本海洋学会2014年春季大会 東京 2014年3月26-30
- Sharma,S., J.Yasuoka, A.Watanabe, T.Nakamura, and K.Nadaoka (2014) Standing dead and downed woody debris biomass in Fukido mangrove forest, Ishigaki Island, Japan, Proc. 24th Annual Meeting of The Japan Society of Tropical Ecology, Utsunomiya University, Japan, 2014年6月13-15日
- Morimoto, N., Y. Umezawa, Y. Tanaka, G. L. Regino, A. Watanabe, M.L.S.D. McGlone, and T. Miyajima(2014) Propagation of suspended matter from aquacultures as traced by stable C and N isotope ratios of bivalves on the west coast of Luzon Island, “Coastal Ecosystem Conservation & Adaptive Management” 2nd National Conference/Workshop of the Philippines-Japan Collaborative Project, 17-18 June 2014, Quezon City, Philippines
- Miyajima,T., N.Morimoto, Y.Umezawa, M.L.S.D.McGlone, C.M.Ferrera, G.R.Monponbanua, F.Siringan, A.Watanabe, H.Kurihara, Y.Tanaka, and K.Nadaoka (2014) Environmental evaluation of Bolinao-Santiago Island coastal system in view of nutrient/organic matter dynamics and isotope systematics, “Coastal Ecosystem Conservation & Adaptive Management” 2nd National Conference/Workshop of the Philippines-Japan Collaborative Project, 17-18 June 2014, Quezon City, Philippines
- Kurokochi, H., C.Lian, D.Arriesgado, Y.Matsuki, and Y.Nakajima (2014) Genetic analyses of tropical seagrasses for conservation and management, “Coastal Ecosystem Conservation & Adaptive Management” 2nd National Conference/Workshop of the Philippines-Japan Collaborative Project, 17-18 June 2014, Quezon City, Philippines
- Nadaoka,K., A.C.Blanco, E.C.Herrera, T.Tsuchiya, T.Yamamoto,M.D. Fortes, A.Tamondong, B. C.B.Hernandez, E.C. M. Tomoling, R. Ramos, and H.Pagkalinawan (2014) The IDSS Bolinao: Structure, Models, and Implementation for Supporting Decision-Making, “Coastal Ecosystem Conservation & Adaptive Management” 2nd National Conference/Workshop of the Philippines-Japan Collaborative Project, 17-18 June 2014, Quezon City, Philippines
- E.C.Herrera, B.C.B. Hernandez, and K.Nadaoka (2014) Continuous and Comprehensive Monitoring System (CCMS) of Bolinao and Puerto Galera: A Case of Two Coastal Ecosystems , “Coastal Ecosystem Conservation & Adaptive Management” 2nd National Conference/Workshop of the Philippines-Japan Collaborative Project, 17-18 June 2014, Quezon City, Philippines
- Tomoling,E.C.M, A.C. Blanco, K. Nadaoka,and K. Iwai (2014) The Role of IDSS in Addressing Coastal Issues in Boracay Island, Philippines, “Coastal Ecosystem Conservation & Adaptive Management” 2nd National Conference/Workshop of the Philippines-Japan Collaborative Project, 17-18 June 2014, Quezon City, Philippines
- Yoshikai,M., K.Nadaoka, T.Yamamoto, A.Sugimoto, M.A.C.L. Malingin, M.Pepino, H. Pagkalinawan, R.V.Ramos, W.Campos (2014) Increase in combined risk of flood and storm surge disaster around Banate Bay area elucidated by computer simulation analyses and field surveys including socioeconomic aspects, “Coastal Ecosystem Conservation & Adaptive Management” 2nd National Conference/Workshop of the Philippines-Japan Collaborative Project, 17-18 June 2014, Quezon City, Philippines
- Iwai,K., K.Nadaoka, A.C. Blanco, E.C.M.Tomoling, H.Pagkalinawan, T.Shinbo, J. Toyoshima, M.D. Fortes, Y.Kuriyama, T.Yamamoto, and A.Watanabe (2014) Beach erosion problem including

- socio-economic aspect and CCTV camera monitoring system for Boracay Island, “Coastal Ecosystem Conservation & Adaptive Management” 2nd National Conference/Workshop of the Philippines-Japan Collaborative Project, 17-18 June 2014, Quezon City, Philippines
- Yamamoto, T., K. Nadaoka, A.C. Blanco, M. A. C. L. Malingin, M. Pepino, K. Iwai, M. Yoshikai, W. Campos (2014) How do we improve turbidity condition in Banate Bay and how does Integrated Decision Support System contribute to it? , “Coastal Ecosystem Conservation & Adaptive Management” 2nd National Conference/Workshop of the Philippines-Japan Collaborative Project, 17-18 June 2014, Quezon City, Philippines
- Nakamura, T., K. Nadaoka, A. Watanabe and T. Yamamoto (2014) Reef-Scale Modeling System for Evaluating and Predicting Coral Responses to Future Environmental Changes, 3rd Asia-Pacific Coral Reef Symposium, Pingtung, Taiwan, 2014 年 6 月 25 日
- Yasuda, N., S. Nagai, C. Taquet, T-Y. Fan, M. Fortes, K. Okaji, E. Yamakawa and K. Nadaoka (2014) Genetic Connectivity along the Kuroshio Current, 3rd Asia-Pacific Coral Reef Symposium, Pingtung, Taiwan, 2014 年 6 月 25 日
- Yamamoto, S., H. Kayanne, T. Tokoro, T. Kuwae and A. Watanabe (2014) Total Alkalinity Flux in Coral reefs Estimated from Field Observation, 3rd Asia-Pacific Coral Reef Symposium, Pingtung, Taiwan, 2014 年 6 月 24 日
- 中村隆志, 灘岡和夫, 山本高大, 渡邊 敦(2014):サンゴポリプモデルの拡張に基づくリーフスケール白化シミュレーション, 第 17 回日本サンゴ礁学会, 高知市, 2014 年 11 月 28 日
- 渡邊 敦, 中村隆志, 灘岡和夫, 宮島利宏, 茅根 創(2014):石西礁湖周辺海域における海洋酸性化の現状と炭酸系動態, 第 17 回日本サンゴ礁学会, 高知市, 2014 年 11 月 28 日
- Maria Vanessa B. BARIA, Haruko KURIHARA, Ronald VILLANUEVA, Atsushi WATANABE, Toshihiro MIYAJIMA, Maria Lourdes SAN DIEGO-MCGLONE, Saki HARII (2014): Latitudinal variation on the effects of ocean warming and acidification on the early life stage of corals, 第 17 回日本サンゴ礁学会, 高知市, 2014 年 11 月 28 日
- Blanco, A.C., Tamondong, A., Tagle, E., Fortes, M., Nadaoka, K. (2014) Seagrass Cover Change Mapping in the Bolinao-Anda Area. National Remote Sensing Conference, University of the Philippines, Diliman, Quezon City, Philippines
- Pagkalinawan, H. M., Blanco A. C., Tomoling, E. A. , Nadaoka, K. (2014) Geovisualization of Land Use and Zoning Ordinances in Boracay Island, Malay, Aklan, Philippine Geomatics Symposium 2014, University of the Philippines, Diliman, Quezon City, Philippines
- Lagumen, M.T., M.L. San Diego-McGlone. Changes in carbonate parameters during dry season in mariculture area in Bolinao, Pangasinan. 12th National Symposium in Marine Science, UP Tacloban College, Tacloban City, 24-26 October 2013.
- Masahiro Nakaoka, Kentaro Honda, Masaaki Sato, Takefumi Yorisue, Yohei Nakamura, Mikio Watai, Yoshiyuki Tanaka, Yuichi Nakajima, Chunlan Lian, Gay Amabelle G. Go, Klenthon Bolisay, Venus Leopargas, Allyn Pantallano, Wilfredo H. Uy, Mary Ann Cielo L. Malingin, Ma. Marivic Pepino, Wilfredo L. Campos, Kazuo Nadaoka and Miguel D. Fortes (2014) Responses of biological communities to various environmental stressors in tropical coastal ecosystem: A broad-scale comparative study of seagrass beds in the Philippines. WESTPAC 9th International Scientific Conference, Nha Trang, Vietnam, 24, April, 2014.
- Masahiro Nakaoka, Yoshiyuki Tanaka, Yohei Nakamura, Kentaro Honda, Takefumi Yorisue, Masaaki Sato, Venus Leopargas, Wilfredo L. Campos, Wilfredo Uy, Gay Amabelle Go, Klenthon Bolisay, Rose Lopez, Janice Leriorato, Francisco Pacencia, Jr., Mary Ann Cielo L. Malingin, Marivic C. Pepino, Allyn Duvin Pantallano, Tom Gerald Genovia, Darwin Baslot, Miguel Fortes (2014) Variation of biological communities along multiple environmental gradients of the Philippine coastal areas. , “Coastal Ecosystem Conservation & Adaptive Management” 2nd National Conference/Workshop of the Philippines-Japan Collaborative Project, 17-18 June 2014, Quezon City, Philippines

Masahiro Nakaoka (2014) Latitudinal gradient of species diversity in seagrass community from SE Asia to Japan. The 4nd Taiwan-Japan Ecology Workshop, National Dong Hwa University, Hualien, Taiwan, 16 November, 2014

③ ポスター発表 (国内会議 37 件、国際会議 40 件)

- Yamamoto T., A. Watanabe, Y. Tanaka, K. Nadaoka, T. Miyajima, and Y. Maeda (2010): Model development for simulating nutrient dynamics in coral reefs. Japan Geoscience Union Meeting 2010, B-BG: Biogeosciences & Geosphere-Biosphere Interactions, May 23th-28th 2010, Chiba, Japan
- 渡邊敦, 灘岡和夫, 前田勇司, 山本高大, 宮島利宏, 田中泰章 (2010): サンゴ礁における炭酸系動態モデルによる CO₂ 吸収量評価. 日本地球惑星科学連合 2010 年大会, 2010 年 5 月 26 日. 幕張メッセ (千葉)
- Dadhich A., K. Nadaoka, and T. Yamamoto (2010): Analysis of coral bleaching and elevated Sea water temperature using Quickbird data for Ishigaki Island. 2nd Asia Pacific Coral Reef Symposium, 20-24 June 2010, Phuket, Thailand
- Takanori Fujii, Toshihiro Miyajima, Hiroshi Ogawa, Yasuaki Tanaka, Atsushi Watanabe, Kazuo Nadaoka (2010): Determination of nitrogen sources for scleratinian corals by compound-specific isotope ratios of amino acids. International Symposium on Isotope Ecology 2010, Kyoto, Nov. 2, 2010.
- Yasuda N., S. Nagai, C. Taquet, K. Nadaoka, C. Vogler, and G. Worheide (2010): Species boundary of *Linckia laevigata* and *L. multifora* across Indo-Pacific. Poster communication during the 2nd Asia Pacific Coral Reef Symposium, Phuket, Thailand, 20-24th June 2010.
- Blanco A.C., K. Nadaoka, A. Watanabe, Y. Motomura, T. Tsuchiya, and S. Chin (2010): Reef Submarine Groundwater Discharge: Rates and Spatial Correspondence with Benthic Cover and Benthic Microalgal Growth. 日本サンゴ礁学会第 13 回大会、茨城県つくば市、2010 年 12 月 2 日
- 古堅好美・灘岡和夫・熊谷航 (2010): 聞き取り調査に基づく八重山地域における観光の現状と課題. 日本サンゴ礁学会第 13 回大会、茨城県つくば市、2010 年 12 月 2 日
- 斉藤宏・石丸隆・灘岡和夫・渡邊敦 (2010): 可視、近赤外水中写真画像をもちいたサンゴ健康度の季節変動モニタリング. 日本サンゴ礁学会第 13 回大会、茨城県つくば市、2010 年 12 月 3 日
- 斉藤衛・灘岡和夫・佐藤大樹・小林朋代 (2010): 石西礁湖および周辺海域におけるサンゴ礁生態系の変遷と攪乱要因に関する包括的解析. 日本サンゴ礁学会第 13 回大会、茨城県つくば市、2010 年 12 月 2 日
- 渡邊康志・灘岡和夫 (2010): 空中写真分析による石垣島周辺のサンゴ礁海底被覆と土地利用の変遷評価: その 3, 日本サンゴ礁学会第 13 回大会、茨城県つくば市、2010 年 12 月
- 松本悠, 中島祐一, 練春蘭, Miguel Fortes, Wilfredo Uy, 仲岡雅裕, 灘岡和夫 (2011): 東南アジア沿岸域に生育する海草リュウキュウスガモの集団遺伝構造、2010 年度日本生態学会大会、一般発表、札幌市、2011 年 3 月 8 日
- Blanco, A.C., Tomoling, E.C.M., Macatulad, E., Siringan, F., and Nadaoka, K. (2011) Preliminary Investigation of Nearshore Submarine Groundwater Discharge Dynamics in Bolinao, Pangasinan Using Electrical Resistivity Tomography and Radon Monitoring. Coastal Ecosystems Conservation and Adaptive Management 1st National Conference/Workshop, UP Marine Science Institute, Diliman, Quezon City
- Herrera, E.C., Nadaoka, K., Blanco, A.C., Pokavanich, T., and Tamura, H. (2011) Monitoring and modeling Laguna Lake and Manila Bay: results of analyses from continuous and comprehensive field observation and numerical simulation. Coastal Ecosystems Conservation and Adaptive Management. 1st National Conference/Workshop, UP Marine Science Institute, Diliman, Quezon City

- 藤井堯典・宮島利宏・楨洗・小川浩史・町田真通・田中泰章・森本直子・渡邊敦・灘岡和夫: 造礁サンゴ・褐虫藻間の共生的窒素交換 ―アミノ酸窒素安定同位体比による解析―. 日本地球惑星科学連合 2011 年大会、千葉県千葉市(幕張メッセ)、2011 年 5 月 22 日
- Ankita Dadhich, Kazuo Nadaoka: Hydrologic Response to Land use Change and its Impact on Coastal Ecosystem of Fiji. 日本地球惑星科学連合 2011 年大会、千葉県千葉市(幕張メッセ)、2011 年 5 月 25 日
- 山本高大・渡邊敦・中村隆志・灘岡和夫・宮島利宏・田中泰章・鈴木款・B. E. Casareto・Ariel C. Blanco: 裾礁型サンゴ礁域を対象とした 3 次元物質循環・低次生態系モデルの開発と溶存有機物動態特性の解析. 第 14 回日本サンゴ礁学会、沖縄県那覇市(沖縄県男女共同参画センター ているる)、2011 年 11 月 4 日
- 灘岡和夫, 中村隆志, 渡邊敦, 中野義勝, 山本将史, 宮島利宏, 鈴木款, B.E. Casareto, 茅根創: 流動付加制御機構付き新型チャンバーシステムの開発と応用. 第 14 回日本サンゴ礁学会、沖縄県那覇市(沖縄県男女共同参画センター ているる)、2011 年 11 月 5 日
- Nadaoka K, Miyajima T, Morimoto N, Watanabe A, Nakamura T, Yamamoto T, Nakano Y, Kakuma S (2012): Comprehensive assessment and prediction of multiple stresses and model analysis of reef ecosystem response. The 12th International Coral Reef Symposium. Cairns, Australia, July 2012.
- Nakamura, Y., K. Hirota, T. Shibuno, Y. Watanabe (2012) Variability in nursery function of seagrass beds during fish ontogeny. The 12th International Coral Reef Symposium. Cairns, Australia, July 2012.
- Machida, M., Nishikawa, J., Yusoff, F. Md., Kuppan, P., Razak, S.B.B.A., Miyajima, T., Nishida, S. (2012): Food habit analysis of commercially harvested jellyfish in the Perak River estuary, Bagan Datoh, Malaysia: a stable isotopic approach. 2012 ASLO Aquatic Science Meeting, 8-13 July 2012, Otsu, Japan.
- Tsuchiya, T., E. Herrera, T. Yamamoto, K. Nadaoka, A. Watanabe, L.P. Bernardo, T. Pokavanich, T. Miyajima, Y. Umezawa, N. Morimoto, C. Villanoy, A.C. Blanco, G. Regino, C. Ferrera, D.L. Mancenido, A. Tamondong, E.C.M. Tomoling, S.R. Reyes, M.T. Estomata (2012): Seasonal variations of material transport connectivity and biogeochemical characteristics in Bolinao Area, Philippines. 1st Asia-Pacific Regional Symposium "Coastal Ecosystems Conservation & Adaptive Management in Response to Change", 7-8 November 2012, Quezon City, Philippines
- Hernandez, B.C.B., T.B. Moya, A.C. Blanco, M.A.N. Tanchuling, K. Nadaoka (2012): Saltwater Intrusion Monitoring and Assessment along the Coasts of Guimaras Island: Challenges, Technologies and Opportunities. 1st Asia-Pacific Regional Symposium "Coastal Ecosystems Conservation & Adaptive Management in Response to Change", 7-8 November 2012, Quezon City, Philippines
- Marilou Martin and Cesar Villanoy (2012): Finite Element High-resolution Hydrodynamic Model for Lingayen Gulf and Bolinao, Pangasinan. 1st Asia-Pacific Regional Symposium "Coastal Ecosystems Conservation & Adaptive Management in Response to Change", 7-8 November 2012, Quezon City, Philippines
- Watanabe, A., T. Miyajima, K. Nadaoka, Y. Umezawa, N. Morimoto, T. Yamamoto, T. Tsuchiya, T. Nakamura, M.L.S.D. McGlone, G.L. Regino, C.M. Ferrera (2012): Local stressors and CO2 system dynamics in some coastal areas of the Philippines. 1st Asia-Pacific Regional Symposium "Coastal Ecosystems Conservation & Adaptive Management in Response to Change", 7-8 November 2012, Quezon City, Philippines
- Miyajima, T., M.L.S.D. McGlone, Y. Umezawa, T. Nakamura, A. Watanabe, G.L. Regino, C.M. Ferrera, N. Morimoto, R.G. Albino, M.V.A. Garcia, F.P. Siringan, W.H. Uy, K. Nadaoka, M.D. Fortes (2012): Seasonal and regional variability in nutrient inputs to sea surface by precipitation. 1st Asia-Pacific Regional Symposium "Coastal Ecosystems Conservation & Adaptive Management in Response to Change", 7-8 November 2012, Quezon City, Philippines

- Ferrera, C.M., G.S. Jacinto, C.T.A. Chen and M.L.S.D. McGlone: Dissolved CO₂ Measurements and Indications of Acidification in the Sulu Sea, Philippines, 1st Asia Pacific CECAM Regional Symposium, 7-8 November 2012, Quezon City, Philippines
- Leopardas V, Uy W, Fortes M, Go GA, Nakaoka M (2012) Seagrass vegetation structure in Mindanao: preliminary results of long-term monitoring. 1st Regional Symposium on Coastal Ecosystem Conservation and Adaptive Management, November 7, 2012, Quezon, the Philippines
- Go GAG, Fortes MD, Nakaoka M, Leopardas V, Lopez R, Bolisay K, Honda K, Edralin M, Paciencia F (2012) Seagrass cover, density and biomass along a nutrient gradient in Bolinao, Pangasinan. 1st Regional Symposium on Coastal Ecosystem Conservation and Adaptive Management, November 7, 2012, Quezon, the Philippines
- Takahashi A, Kurihara H (2012) Experimental response variation among coral populations to ocean acidification. ICRS, Cairns, Australia, July, 2012
- Kurihara H, Takahashi A, Watanabe T, Inoue S, Kayanne H (2012) Impacts of ocean acidification on the coral-reef organisms and ecosystem. High CO₂ World Montrey, USA September 2012
- 樋口富彦, B.E. Casareto, 中村隆志, P.K. Chumun, 湯山育子, 石川義明, 藤村弘行, 鈴木 敦: 高水温・強光と硝酸塩による複合ストレスと活性酸素生成, 第 15 回日本サンゴ礁学会, 東京都文京区(東京大学), 2012 年 11 月 23 日
- 渡邊敦, 宮島利宏, 灘岡和夫, 梅澤有, 森本直子, 山本高大, 土屋匠, 中村隆志, R. Gonzales, G.L. Regino, C.M. Ferrera, M.L.S.D. McGlone (2012): フィリピン国の沿岸生態系における地域的環境負荷と炭酸系動態. 第 15 回日本サンゴ礁学会、東京都文京区(東京大学)、2012 年 11 月 24 日
- 森尚大, 灘岡和夫, A. Blanco, 渡邊敦, 中村隆志, 山本高大, 阿部友理子 (2012): 石垣島・吹通川河口沿岸部におけるサンゴ礁海域への地下水流入特性. 第 15 回日本サンゴ礁学会、東京都文京区(東京大学)、2012 年 11 月 24 日
- Lawrence Bernardo, Kazuo Nadaoka, Lifeng Lu, and Cesar Villanoy (2012): Modeling marine connectivity of coral reefs in Sekisei Lagoon and selected sites in Philippines. 第 15 回日本サンゴ礁学会、東京都文京区(東京大学)、2012 年 11 月 24 日
- 竹内友哉, 灘岡和夫 (2012): サンゴ礁生態系への畜産起源栄養塩負荷発生構造の把握. 第 15 回日本サンゴ礁学会、東京都文京区(東京大学)、2012 年 11 月 23 日
- 内藤明, 佐川鉄平, 秋田雄一, 下地理仁, 平野敦, 春口洋貴, 野口定松, 灘岡和夫 (2012): 石垣島周辺海域の水平透明度の調査. 第 15 回日本サンゴ礁学会、東京都文京区(東京大学)、2012 年 11 月 24 日
- 中島祐一, 安田仁奈, 松木悠, D.M. Arriesgado, 練春蘭, M.D. Fortes, W.H. Uy, W.L. Campos, 仲岡雅裕, 灘岡和夫: フィリピン沿岸域に生息するコブヒトデ *Protoreaster nodosus* の遺伝的分化, 第 15 回日本サンゴ礁学会, 東京都文京区(東京大学), 2012 年 11 月 22 日
- 高橋麻美 栗原晴子 (2012) 海洋酸性化が造礁サンゴに与える影響の種間・群体間比較サンゴ礁学会 2012 年 12 月
- 山崎春華 中嶋涼太 栗原晴子 戸田龍樹 (2013) 沖縄瀬底島サンゴにおけるカイアシ類群集構造の季節動態 海洋学会 2013 年 3 月
- 松木悠, 中島祐一, 練春蘭, Fortes M, Uy W, Campos W, 仲岡雅裕, 灘岡和夫. 2013. 琉球列島及びフィリピンにおける海草シオニラの集団遺伝構造. 第 60 回日本生態学会, 静岡市, 2013 年 3 月 27 日
- 宮島利宏, 渡邊敦, 中村隆志, 森本直子, 灘岡和夫 (2013) サンゴ礁の炭素循環研究への溶存無機炭素安定同位体比の応用. 2013 年日本地球惑星科学連合大会, 幕張メッセ, 2013 年 5 月 23 日
- Tamondong, A.M., Blanco, A.C., Fortes, M.D., Nadaoka, K. (2013) Mapping of Seagrass and

- Other Benthic Habitats in Bolinao, Pangasinan Using Worldview-2 Satellite Image. International Geoscience and Remote Sensing Symposium, 21-26 July 2013, Melbourne, Australia
- Herrera, E.C., Nadaoka, K., Blanco, A.C., and Hernandez, E.C., 2013. Hydrodynamics and Water Quality Characteristics of a Tropical, Tidally-affected Lake (Laguna de Bay, Philippines) from Field Observations and Numerical Simulations. The Laguna Lake Water and Flood Management Imperative Conference. Philippine International Convention Center, Pasay City, Philippines, October 3 to 4, 2013
- Bernardo, L., A. Watanabe, T. Nakamura and K. Nadaoka (2013): Hydrodynamic trends derived from short-term and long-term oceanographic sensor developments in Sekisei Lagoon and Shiraho Reef, Okinawa, Japan, 第16回日本サンゴ礁学会, 沖縄科学技術大学院大学, 2013年12月13日
- 池原浩太, 安田仁奈, 齊藤佑太, 長井敏, 鈴木豪, 福岡弘紀, 山下洋, 亀田卓彦, 甲斐清香, 中村隆志, 渡邊敦, L. Bernardo, 北沢駿介, 灘岡和夫 (2013): オニヒトデ幼生広域分布調査のための簡易ソーティング方法の探索と応用, 第16回日本サンゴ礁学会, 沖縄科学技術大学院大学, 2013年12月14日
- 齊藤佑太, 長井敏, 灘岡和夫, 波利井佐紀, 上野光弘, 安田仁奈 (2013): 石西洋子周辺におけるアオサンゴとその共生褐虫藻の遺伝構造, 第16回日本サンゴ礁学会, 沖縄科学技術大学院大学, 2013年12月14日
- 福岡弘紀, 山下洋, 鈴木豪, 亀田卓彦, 甲斐清香, 中村隆志, L. Bernardo, 北沢駿介, 長井敏, 安田仁奈, 齊藤佑太, 池原浩太, 渡邊敦, 灘岡和夫 (2013): 2013年オニヒトデ産卵期の石西礁湖および周辺水域におけるクロロフィルa濃度分布, 第16回日本サンゴ礁学会, 沖縄科学技術大学院大学, 2013年12月14日
- 岩井健太郎, 灘岡和夫, 栗山善昭, 渡邊敦, 山本高大 (2013): フィリピン・ボラカイ島ホワイトビーチにおける砂浜浸食問題とサンゴ礁生態系劣化の関連性についての考察, 第16回日本サンゴ礁学会, 沖縄科学技術大学院大学, 2013年12月13日
- Umezawa, Y., A. Watanabe, T. Miyajima, N. Morimoto, M.L.S.D. McGlone, F. Siringan, G.L. Regino, D.L. Mancenido, C.M. Ferrera and K. Nadaoka (2013): フィリピン Bolinao 海域における養魚場等起源の有機物・栄養塩が隣接するサンゴ礁に与える影響の解析, 第16回日本サンゴ礁学会, 沖縄科学技術大学院大学, 2013年12月13日
- Judith Wouters, Camile Paxton, Haruko Kurihara, 2013. Long-term ocean acidification study on *Acropora digitifera* from 2 sites in Okinawa. 第16回日本サンゴ礁学会, 沖縄, 2013年12月
- 頼末武史, 仲岡雅裕, 本多健太郎, Venus Leopardas, 田中義幸, 中村洋平, 宮島利宏, Miguel D. Fortes, Gay Amabelle Go, Klenthon Bolisay, Francisco Paciencia Jr., Monica Edralin, Monica Sarceda, Wilfredo H. Uy, Allyn Pantallano, (2014) フィリピン・ボリナオにおけるサバヒー養殖漁業が沿岸生態系に与える影響. 平成26年度日本水産学会春季大会, 函館市, 2014年3月
- Tanaka, Y., G. A. Go, A. Watanabe, T. Miyajima, M. Nakaoka, W.H.Uy, K. Nadaoka, S. Watanabe, and M. D. Fortes (2014) 17-year change in species composition of mixed seagrass beds around Santiago Island, Bolinao, the northwestern Philippines, "Coastal Ecosystem Conservation & Adaptive Management" 2nd National Conference/Workshop of the Philippines-Japan Collaborative Project, 17-18 June 2014, Quezon City, Philippines
- Morimoto, N., Y. Umezawa, Y. Tanaka, G. L. Regino, A. Watanabe, M. L. S.D. McGlone, and T. Miyajima (2014) Propagation of suspended matter from aquacultures as traced by stable C and N isotope ratios of bivalves on the west coast of Luzon Island, "Coastal Ecosystem Conservation & Adaptive Management" 2nd National Conference/Workshop of the Philippines-Japan Collaborative Project, 17-18 June 2014, Quezon City, Philippines

- Pagkalinawan, H. M., R. V. Ramos, S. B. Remollo, A. C. Blanco, and K. Nadaoka (2014) Damage Potential Mapping of Mangroves Based on Forest Cover Change in Puerto Princesa City, Palawan, “Coastal Ecosystem Conservation & Adaptive Management” 2nd National Conference/Workshop of the Philippines-Japan Collaborative Project, 17-18 June 2014, Quezon City, Philippines
- Sato, M., K. Honda, L. Bernardo, H. Kurokuchi, K.O. Bolisay, Y. Nakamura, C. Lian, K. Nadaoka, M.D.Fortes, M. Nakaoka (2014) Estimation of larval dispersal of two anemonefish species based on genetic analysis and larval dispersal model, “Coastal Ecosystem Conservation & Adaptive Management” 2nd National Conference/Workshop of the Philippines-Japan Collaborative Project, 17-18 June 2014, Quezon City, Philippines
- Malingin, M. A. C. L., M. C. Cadenas, K. P. Nuñez, Ma. M. C. Pepino, T. Yamamoto, M. Nakaoka, and W.L.Campos (2014) Benthic infaunal assemblages and zooplankton biomass in Banate Bay, Philippines: Initial results, “Coastal Ecosystem Conservation & Adaptive Management” 2nd National Conference/Workshop of the Philippines-Japan Collaborative Project, 17-18 June 2014, Quezon City, Philippines
- Blanco, A.C., A.Tamondong, E.Tagle, M.D. Fortes, and K.Nadaoka (2014) Seagrass Cover Dynamics (1993-2014) in Bolinao and Anda, Philippines Based on Satellite Image Analysis, “Coastal Ecosystem Conservation & Adaptive Management” 2nd National Conference/Workshop of the Philippines-Japan Collaborative Project, 17-18 June 2014, Quezon City, Philippines
- Ramos, R. V., H.M. Pagkalinawan, A.C. Blanco, and K. Nadaoka (2014) MANGROVE MAPPING IN THE PHILIPPINES USING REMOTE SENSING AND GIS, “Coastal Ecosystem Conservation & Adaptive Management” 2nd National Conference/Workshop of the Philippines-Japan Collaborative Project, 17-18 June 2014, Quezon City, Philippines
- Leopardas, V., Nakaoka, M., Fortes, M., Uy, W., Go, G.A., Bolisay, K., Pantallano, A.D., Lopez, R., Leriorato, J., Honda, K., Pacencia, Jr., F. (2014) Variation of macrofauna in mariculture-impacted seagrass meadows of Bolinao, northwestern Philippines: Does patterns exist? “Coastal Ecosystem Conservation & Adaptive Management” 2nd National Conference/Workshop of the Philippines-Japan Collaborative Project, 17-18 June 2014, Quezon City, Philippines
- Sugimoto, A., M.L.S.D. McGlone, F. Paciencia, S. P. Milan, E. T. Tomas, C.C. Ramirez, K. Nadaoka, and M. D. Fortes (2014) Collaborative Governance on Aquaculture Management between Bolinao and Anda, Pangasinan (Ongoing research), “Coastal Ecosystem Conservation & Adaptive Management” 2nd National Conference/Workshop of the Philippines-Japan Collaborative Project, 17-18 June 2014, Quezon City, Philippines
- Shinbo, T., K. Iwai, M. D. Fortes, and K. Nadaoka (2014) Socioeconomic Countermeasures against Coastal Resource Deterioration Problem in the Boracay Island, “Coastal Ecosystem Conservation & Adaptive Management” 2nd National Conference/Workshop of the Philippines-Japan Collaborative Project, 17-18 June 2014, Quezon City, Philippines
- Tomoling, E.C.M., A.C. Blanco, K. Nadaoka, and K. Iwai (2014) Stakeholders’ View and Socio-economic Impacts of Rapid Urban Growth in Boracay Island, Philippines, “Coastal Ecosystem Conservation & Adaptive Management” 2nd National Conference/Workshop of the Philippines-Japan Collaborative Project, 17-18 June 2014, Quezon City, Philippines
- Tomoling, E.C.M., A.C. Blanco, K. Nadaoka, and K. Iwai (2014) Assessment of Environmental Impacts of Rapid Urban Development in Boracay Island, Philippines Using RS and GIS, “Coastal Ecosystem Conservation & Adaptive Management” 2nd National Conference/Workshop of the Philippines-Japan Collaborative Project, 17-18 June 2014, Quezon City, Philippines

- Fortes, M.D., A.C. Blanco, K.Bolisay, G.A.Go, K.Honda, H.Kurihara, J. Leriorato, M. R. Lopez, K. Nadaoka, M. Nakaoka, M. L. S. D.McGlone, M.Sarceda, A.Tamondong, Y. Tanaka, T.Tsuchiya, W.Uy, A. Watanabe, and M. Watai (2014) Milkfish culture is a major determinant of coastal environmental sustainability in Bolinao and vicinity, “Coastal Ecosystem Conservation & Adaptive Management” 2nd National Conference/Workshop of the Philippines-Japan Collaborative Project, 17-18 June 2014, Quezon City, Philippines
- Ferrera, C., A. Watanabe, T. Miyajima, Y. Umezawa, N. Morimoto and K. Nadaoka (2014) Dynamics of the Uptake of Nitrate and Phosphate of Three Coral Species in the Subtropical and Tropical Western Pacific Following Nutrient Enrichment, 3rd Asia-Pacific Coral Reef Symposium, Pingtung, Taiwan, 2014 年 6 月 23-24 日
- Saito, Y., S. Nagai, K. Nadaoka, S. Harii, M. Ueno, T. Yoshida and N. Yasuda (2014) Genetic Structure of Two Cryptic *Heliopora coeluea* Species and Their Symbiont around Sekisei Lagoon, 3rd Asia-Pacific Coral Reef Symposium, Pingtung, Taiwan, 2014 年 6 月 23-24 日
- Watanabe, A., T. Nakamura, K. Nadaoka and Y. Nakano (2014) Nutrient Dynamics in Relation to Ecosystem Production in Coral Reefs Studied Using a Benthic Chamber, 3rd Asia-Pacific Coral Reef Symposium, Pingtung, Taiwan, 2014 年 6 月 23-24 日
- 齊藤佑太, 長井 敏, 灘岡和夫, 波利井佐紀, 上野光弘, 谷中絢貴, 安田仁奈(2014):アオサンゴ隠蔽種 2 種は何か?・遺伝子的・生態学的な比較-, 第 17 回日本サンゴ礁学会, 高知市, 2014 年 11 月 28 日
- 池原浩太, 安田仁奈, 長井 敏, 鈴木 豪, 福岡弘紀, 山本 洋, 亀田卓彦, 甲斐清香, 中村隆志, 渡邊 敦, Lawrence Patrick C.Bernardo, 北沢駿介, 灘岡和夫(2014):オニヒトデ幼生の同定~2013 年と 2014 年の調査比較, 第 17 回日本サンゴ礁学会, 高知市, 2014 年 11 月 29 日
- 向 草世香, 中村隆志, 鈴木 豪, 灘岡和夫 (2014):モニタリングサイト 1000 データに基づく 石西礁湖および周辺沿岸海域のサンゴ被度変遷の解析, 第 17 回日本サンゴ礁学会, 高知市, 2014 年 11 月 28 日
- Lawrence C.BERNARDO, Kazuo NADAOKA, Takashi NAKAMURA, Atsushi WATANABE (2014): Investigation of hydrodynamic circulation in Sekisei Lagoon, Okinawa, Japan during normal and typhoon conditions using oceanographic sensors and numerical simulations, 第 17 回日本サンゴ礁学会, 高知市, 2014 年 11 月 29 日
- 福岡弘紀, 山本 洋, 亀田卓彦, 鈴木 豪, 渡邊 敦(2014):石垣島沿岸域におけるオニヒトデ産卵期の植物プランクトン環境, 第 17 回日本サンゴ礁学会, 高知市, 2014 年 11 月 28 日
- San Diego-McGlone, ML, F Sirigan, M Garcia, MT Escobar, T Miyajima. 2014. Carbon and nitrogen loading from fish cages using sediment traps. “Coastal Ecosystem Conservation & Adaptive Management” 2nd National Conference/Workshop of the Philippines-Japan Collaborative Project, 17-18 June 2014, Quezon City, Philippines
- San Diego-McGlone, ML, MC Lagumen, MT Escobar, G Benico, PP Rivera, RV Azanza. 2014. Eutrophication, algal blooms, and fish kills: A Continuing Story (1995-2013). “Coastal Ecosystem Conservation & Adaptive Management” 2nd National Conference/Workshop of the Philippines-Japan Collaborative Project, 17-18 June 2014, Quezon City, Philippines
- Go, GA, ML San Diego-McGlone, MD Fortes, MT Escobar, M Nakaoka, V Leopardas, R Lopez, W Uy, K Bolisay. 2014. Seagrass response to nutrient gradient in a mariculture site in Bolinao, Pangasinan. “Coastal Ecosystem Conservation & Adaptive Management” 2nd National Conference/Workshop of the Philippines-Japan Collaborative Project, 17-18 June 2014, Quezon City, Philippines

(5)知財出願

①国内出願 (0 件)

②海外出願 (0 件)

③その他の知的財産権
特になし。

(6)受賞・報道等

① 受賞

梅澤 有 2010 年 12 月 : 日本サンゴ礁学会「川口奨励賞」受賞

梅澤 有 2011 年 9 月: 日本海洋学会「海洋環境科学賞」受賞

栗原 晴子 2013 年 3 月: 日本海洋学会「海洋環境科学賞」受賞

灘岡和夫 2013 年 4 月: 「みどりの日」自然環境功労者環境大臣表彰受賞(調査・学術研究部門)

Dan M. Arriesgado 2014 年 2 月: ANESC Seminar「口頭発表賞」受賞

② マスコミ(新聞・TV等)報道

H25 年 8 月 26 日の朝日新聞朝刊第1面および第2面に「地球異変 波に消されるビーチ」のタイトルの記事が掲載され、本プロジェクトの重点サイトの一つである Boracay での観光開発等に伴う砂浜侵食の問題が取り上げられた。同誌の Web 版の記事としても、同日に和文・英文記事がそれぞれ下記の URL で掲載されている。

http://www.asahi.com/international/update/0825/TKY201308250262.html?ref=comtop_fbox_d1&tr=pc (和文)、http://ajw.asahi.com/article/behind_news/social_affairs/AJ201308260092 (英文)

その後、同年 9 月 17 日から 20 日にかけて朝日新聞夕刊に「地球異変 消えるビーチ」と題した4回の連載記事が掲載され、関連する写真特集記事が 10 月 9 日の朝日夕刊に掲載された。この中で、同島の抱える上記の問題が詳しく報じられるとともに、本プロジェクトが紹介されている。

H25 年 8 月 26 日の朝日新聞朝刊第1面および第2面に「地球異変 波に消されるビーチ」のタイトルの記事が掲載され、本プロジェクトの重点サイトの一つである Boracay での観光開発等に伴う砂浜侵食の問題が取り上げられた。同誌の Web 版の記事としても、同日に和文・英文記事がそれぞれ下記の URL で掲載されている。

http://www.asahi.com/international/update/0825/TKY201308250262.html?ref=comtop_fbox_d1&tr=pc (和文)、http://ajw.asahi.com/article/behind_news/social_affairs/AJ201308260092 (英文)

その後、同年 9 月 17 日から 20 日にかけて朝日新聞夕刊に「地球異変 消えるビーチ」と題した4回の連載記事が掲載され、関連する写真特集記事が 10 月 9 日の朝日夕刊に掲載された。この中で、同島の抱える上記の問題が詳しく報じられるとともに、本プロジェクトが紹介されている。

③ その他

特になし

(7)成果展開事例

①実用化に向けての展開

特になし。

②社会実装(研究成果の社会還元)への展開活動

主要社会実装成果項目である、包括的常時モニタリングシステム(CCMS)や統合的意志決定支

援システム(IDSS)、Guideline/Guidebook、リーフレット・ポスター・ビデオ等について、「§ 2. プロジェクト構想(および構想計画に対する達成状況)」、および「§ 4 プロジェクト実施内容及び成果」に詳しく記載している。

§ 6 プロジェクト期間中の主なワークショップ、シンポジウム、アウトリーチ等の活動

① “ワークショップ、シンポジウム”

年月日	名称	場所 (開催国)	参加人数 (相手国からの招聘者数)	概要
2010.6.14	Bilateral Technical Workshop	フィリピン大学ディリマン校	44名 (内日本人 14 名)	フィリピン国内の沿岸生態系保全に関わるプロジェクト実施者及び関係機関担当者を招待し、各プロジェクトから活動報告するとともにプロジェクト間の協調関係を検討した。
2010.6.14	日比合同グループミーティング	フィリピン大学ディリマン校	22名 (内日本人 13 名)	下記合同調整委員会の前に行われた。各研究グループごとに今後の調査活動の展開について日比研究者が意見交換を行った。
2010.6.15	合同調整委員会	フィリピン大学ディリマン校	30名 (内日本人 17 名)	技術協力プロジェクトにおけるプロジェクト運営の一つのツールである。日本側、フィリピン側代表者が集い、プロジェクトの進捗状況、今後の計画の承認、運営上の問題点を確認する
2010.7.22	Site-based Workshop in Bolinao	MSI, Bolinao Marine Laboratory	68名 (内日本人 1 名)	主要調査サイトの一つ Bolinao において地域の組織及び住民を対象にプロジェクトの紹介、及び沿岸生態系保全に関する現在の意識、今後の問題点を確認しあうことを目的に行われた
2010.8.2	Site-based	White Beach Resort,	57名	上記と同様のワーク

	Workshop in Puerto Galera	Puerto Galera	(内日本人 1 名)	ショップを他のサイトである Puerto Galera で実施した。
2011.3.10	Stakeholder seminar in Banate	Banate Bay Integrated Small Fisherfolks Multi Purpose Cooperative, Banate	31 名 (内日本人 6 名)	Banate において地域の組織及び住民を対象にプロジェクトの紹介、及び沿岸生態系保全に関する現在の意識、今後の問題点を確認しあうことを目的に行われた。
2011.6.2	Meeting for local fishermen in Tubajon	Barangay hall, Tubajon, Laguindingan	101 名 (内日本人 1 名)	調査地のひとつである Laguindingan の地元住民を対象に、本多専門家が実施している調査について理解を得ることを目的に行われた。
2011.6.20	1 st National Conference	フィリピン大学ディリマン校	71 名 (内日本人 19 名)	これまでにプロジェクトで得られた成果をプロジェクト内外で共有する目的で実施された。
2011.6.21	Workshop in Metromanila	フィリピン大学ディリマン校	65 名 (内日本人 14 名)	プロジェクトメンバーとワークショップ招待者によって、プロジェクトの進捗状況の確認を行い、グループ間のギャップを埋め、今後の活動のフレームワークが議論された。
2011.6.22	合同調整委員会	フィリピン大学ディリマン校	38 名 (内日本人 18 名)	日本側、フィリピン側代表者が集い、プロジェクトの進捗状況、今後の計画の承認、運営上の問題点を確認した。
2011.7.3 - 7.9	日本側メンバー研究機関訪問並びにプロジェクト会合	東京大学・大気海洋研究所、同・アジア生物資源環境研究センター、東京工業大学・情報理工学研究科・北海道大学・厚岸臨海実験所	17 名 (内日本人 10 名)	フィリピン側メンバーを招へいし、日本側メンバーの各研究機関を訪問して頂き、主としてフィリピン側若手メンバー (RA など) の研修先の研究環境を視察して頂くとともに、プロジェクト会合を実施し、2011 年 9 月合同調査や、

				CCMS、IDSS 開発関係などの重要テーマについての打ち合わせを行った。
2011.8.5	Seminar on Laguna Lake continuous monitoring and collaborative research	Taytay, Rizal	20 名(3 名)	ラグーナ湖開発公社にて CCMS モニタリングと共同研究についてのセミナーを開催した。
2012.2.16 – 2.21	エコ・スタディツアー Puerto Galera	Puerto Galera	42 名 (内日本人 13 名)	日本・フィリピン双方のプロジェクトメンバー数名の案内で、本プロジェクトの重点調査サイトの一つである Puerto Galera を見学するとともに、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うことによって、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。
2012.3.6	Site-based Workshop in Puerto Galera	The Moorings, Puerto Galera	23 名 (内日本人 5 名)	主要調査サイトのひとつ Puerto Galera において地域の組織及び住民を対象にプロジェクトの環境保全への取り組みについて説明し、地元住民と意見交換を行った。
2012.3.24	Meeting with LGU and local peoples in Laguindingan	Tubajon Elementary School, Laguindingan	400 名 (内日本人 0 名)	主要調査サイトのひとつ Laguindingan において地域組織及び住民を対象にプロジェクトの紹介をし、今後のプロジェクト活動について説明をした。
2012.11.7-8	1 st Regional	Imperial Palace Suite	85 名	これまでにプロジェク

	Symposium on Coastal Ecosystem Conservation and Adaptive Management	Hotel, Quezon City	(内日本人 20 名)	トで得られた成果をプロジェクト内外で共有する目的で実施された。
2012.11.9	JCC	Balay Kalinaw Hall, フィリピン大学	43 名 (内日本人 21 名)	日本側、フィリピン側代表者が集い、プロジェクトの進捗状況、今後の計画の承認、運営上の問題点を確認した。
2013.3.5	Banate	CRCI Beach Resort, Banate	54 名 (内日本人 3 名)	主要調査サイトのひとつ Banate において地域組織及び住民を対象に IDSS の進捗状況紹介、今後のプロジェクト活動について説明をした。
2013.3.13	Site-based Workshop in Boracay	Boracay Action Center, Boracay	26 名 (内日本人 5 名)	主要調査サイトのひとつ Boracay において地域の組織及び住民を対象にプロジェクトの環境保全への取り組みについて説明し、地元住民と意見交換を行った。
2013.3.15	Workshop on Laguna Lake Integrated Decision Support System Development and Application	フィリピン大学ディリマン校	33 名 (内日本人 3 名)	主要調査サイトのひとつ Laguna Lake の IDSS について Laguna Lake 開発公社や地域の組織及び住民を対象に現在の取り組みについて説明し、意見交換を行った。
2013.6. 18-19	Bilateral Technical Workshop 2	フィリピン大学ディリマン校	45 名 (内日本人 19 名)	日本側、フィリピン側メンバーが集い、各サイト別調査の進捗状況や問題点を報告し、今後プロジェクトとして取り組むべき課題(IDSS、社会・経済調査、中間評価での提言)や計画について議論した。
2013.6. 20	合同調整委員会	SEAMEO-INNOTECH, Quezon City	52 名 (内日本人 21 名)	日本側、フィリピン側代表者が集い、Bilateral Workshop 2

				で議論された点を踏まえ、進捗状況、今後の計画の承認、運営上の問題点を確認した。
2013. 9・17	Site-based Workshop in Banate	Villa Francisca, Banate	44名 (内日本人 5 名)	主要調査サイトのひとつバナテにおいて、地域の組織、住民を対象に、丘陵地域からの土壌の流出に関する調査結果を説明し、意見交換を行った。
2013. 9. 18	Site-based Workshop in Boracay	Boracay Regency, Boracay	73名 (内日本人 6 名)	主要調査サイトのひとつボラカイにおいて、地域の組織、住民を対象に、砂浜の浸食問題やこれまでの調査結果について説明し、意見交換を行った。
2013. 9. 21	Site-based Workshop in Bolinao	UP, Bolinao Marine Laboratory, Bolinao	38名 (内日本人 4名)	主要調査サイトのひとつボリナオにおいて、地域の関連政府機関、NGO を対象に、プロジェクトが取り組んでいる CECAM の活動を発表し、デシジョンメーカーとのグループディスカッションを通じて意見交換を行った。
2013. 10.12	Site-based Workshop in Laguindingan	Barangay hall, Tubajon, Laguindingan	46名 (内日本人 3名)	主要調査地のひとつである Laguindingan の地元住民を対象に、本多専門家が実施している調査について理解を深めてもらうことを目的に行われた。
2014.1.17	Workshop on Laguna Lake CCMS and IDSS Scenario Application, focused on IDSS development	Taytay, Rizal	35 名(3 名)	ラグーナ水未開発公社にて IDSS の発展に関して議論するため、CCMS の情報を共有するとともに IDSS について LLDA などと意見交換をした。

	on Laguna Lake			
2014. 3. 3	Addressing the coastal environmental issue in Bolinao	UP, Bolinao Marine Laboratory, Bolinao	28 名 (内日本人 6名)	主要調査サイトのひとつボリナオにおいて LGU を対象に、プロジェクトが取り組んでいる IDSS について発表し、意見交換を行った。
2014. 3. 4	Site-based Workshop in Boracay	Action Center, Boracay Island, Malay	40名 (内日本人 11 名)	主要調査サイトのひとつボラカイにおいて、地域の LGU、関係組織、住民を対象にボラカイにおけるプロジェクト活動の進捗を発表し、意見交換を行った。
2014. 4.28	Site-based Workshop in Banate	Villa Flancisca, Banate	39 名 (内日本人 9 名)	主要調査サイトのひとつバナテにおいて、地域の LGU、関係組織、住民を対象にバナテにおけるプロジェクト活動の進捗を発表し、意見交換を行った。
2014. 4.30	Western Pangasinan Inter-LGU Common Action Agenda to Address Priority Coastal Issue Bolinao	UP, Bolinao Marine Laboratory, Bolinao	37名 (内日本人 4名)	4 つの市 (Alaminoa, Anda, Bani, Bolinao) の代表が沿岸環境保全に関する問題点と解決策について発表があり、プロジェクト側から IDSS による説明や、LGU 間の協力なくしては沿岸環境保全の効果が低いことを説明し、意見交換を行った。
2014.6.17-18	2 nd National Conference	フィリピン大学ディリマン校	62 名 (内日本人 18 名)	日本側、フィリピン側メンバー、LGU が集い、各サイト別調査の進捗状況や問題点を報告し、今後プロジェクトとして取り組むべき課題や計画について議論した。
2014.6.19	合同調整員会	フィリピン大学ディリマン校	43 名 (内日本人 20 名)	日本側、フィリピン側代表者が集い、プロジェクトの進捗状況、

				今後の計画の承認、運営上の問題点を確認した。
2014.6.20	Site-based Workshop in Banate	Villa Francisca Resort, Banate	25 名 (内日本人 4 名)	主要調査サイトのひとつバナテにおいてステーキホルダーに対してバナテ湾沿岸における最新の知見を発表した。
2014.7.30	IDSS Workshop and Training in Boracay	Eurotel Hotel, Boracay Island	44 名 (内日本人 3 名)	Malay LGU と合同で IDSS と GIS に関するワークショップを開催した。
2014.7.31-8.1	GIS トレーニング in Boracay	Malay Action Center, Boracay Island	20 名 (内日本人 0 名)	Boracay GIS のデータや解析の紹介を行った。
2014.7.31-8.1	IDSS training Banate	フィリピン大学ビサヤス校イロイロキャンパス	37 名 (内日本人 4 名)	バナテにおける IDSS のトレーニングを周辺 LGU の職員や DENR を対象に実施した。
2014.8.1	IDSS training for Laguna Lake	LLDA, SRA compound	29 名 (内日本人 2 名)	主要調査サイトのひとつラグーナ湖用の IDSS について地域の組織、LLDA 職員を対象にプレゼンテーションを行った。
2014.8.26-28	IDSS training in Bolinao	UP, Bolinao Marine Laboratory, Bolinao	21 名 (内日本人 2 名)	主要調査サイトのひとつボリナオにおいて、地域の組織、住民を対象に、IDSS と GIS のデモンストレーションとを行った。
2014.9.18-19	第二回 GIS トレーニング in Boracay	Malay Action Center, Boracay Island	19 名 (内日本人 3 名)	Boracay GIS のデータや解析について解説をした。参加者はそれぞれパソコンを持参して GIS ボラカイを実践をした。
2014.9.18-19	第二回 IDSS and GIS training Banate	フィリピン大学ビサヤス校イロイロキャンパス	29 名 (内日本人 2 名)	バナテにおける第二回 IDSS のトレーニングを周辺 LGU の職員や DENR を対象に実施した。
2014.9.29	合同調整委員会	フィリピン大学ディリマン校	46 名 (内日本人 22 名)	日本側、フィリピン側代表者が集い、終了時評価報告書の承認、進捗状況、今後

				の計画の承認、運営上の問題点を確認した。
2014.11.17	Western Pangasinan Inter-LGU, Local Chief exective forum Bolinao	UP, Bolinao Marine Laboratory, Bolinao	16 名 (内日本人 4 名)	3 つの市 (Alaminoa, Anda, Bolinao) の代表が沿岸環境保全に関する問題点と解決策について意見交換をし、covenant のドラフトを作成し、今年中に署名することに同意した。
2014.11.18-19	IDSS training in Bolinao	UP, Bolinao Marine Laboratory, Bolinao	14 名 (内日本人 3 名)	主要調査サイトのひとつボリナオにおいて、ボリナオ周辺地域の地方行政組織のメンバーに対して IDSS のトレーニングを実施した。

② 合同調整委員会開催記録

年月日	出席者	議題	概要
2010. 6. 15	フィリピン大学ディリマン校学長(議長役)ら30名(内日本人 17 名)	年間活動計画の承認、今年度の本邦研修計画、メンバー紹介	技術協力プロジェクトにおけるプロジェクト運営の一つのツールである。日本側、フィリピン側代表者が集い、プロジェクトの進捗状況、今後の計画の承認、運営上の問題点を確認する
2011. 6. 22	フィリピン大学ディリマン校学長(議長役)ら 38 名(内日本人 18 名)	JCC-1 議事録の承認、年間活動計画の承認、今年度の本邦研修計画、プロジェクトガイドラインの承認、新メンバー紹介	技術協力プロジェクトにおけるプロジェクト運営の一つのツールである。日本側、フィリピン側代表者が集い、プロジェクトの進捗状況、今後の計画の承認、運営上の問題点を確認する
2012. 11. 9	フィリピン大学ディリマン校学長(議長役)ら 43 名(内日本人 21 名)	JCC-2 議事録の承認、年間活動計画の承認、中間評価ミッションの報告、Regional Symposium ハイライト紹介、今年度の本邦研修計画、新メンバー紹介、新調査地(ボラカイ)の承認	日本側、フィリピン側代表者が集い、プロジェクトの進捗状況、今後の計画の承認、運営上の問題点を確認した。
2013. 6. 20	フィリピン大学ディリマン校学長(議長役)	JCC-3 議事録の承認、カウンターパートプロジェクトの	日本側、フィリピン側代表者が集い、Bilateral Workshop

	ら 52 名 (内日本人 21 名)	紹介、Bilateral Workshop 2 ハイライトの紹介、年間活動計画の承認、今年度の本邦研修計画、生物試料持出についての懸念事項、Project Director の変更、新メンバー紹介	2 で議論された点を踏まえ、進捗状況、今後の計画の承認、運営上の問題点を確認した。
2014.6.19	フィリピン大学ディリマン校学長(議長役)ら 43 名 (内日本人 20 名)	JCC4 議事録の承認、中間評価レビューコミッティーへの回答、カウンターパートプロジェクトの紹介、指標の説明と承認、National Conference 2 のハイライトの紹介、今年度の本邦研修計画、生物試料持出についての現状報告、今後のプロジェクト活動計画の説明、新メンバー紹介	日本側、フィリピン側代表者が集い、National Conference 2 で議論された点を踏まえ、進捗状況、今後の計画の承認、運営上の問題点を確認した。
2014.9.29	フィリピン大学ディリマン校学長(議長役)ら 46 名 (内日本人 22 名)	JCC5 議事録の承認、最終評価報告書の承認、今後のプロジェクト活動計画の説明	日本側、フィリピン側代表者が集い、終了時評価報告書の承認、進捗状況の確認、プロジェクト終了時までの計画を承認した。

§ 7 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

(1) 共同研究全体

・研究体制上の課題：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、研究体制強化のために社会経済調査分析を担当するメンバーを加える必要がある。しかし、たんに社会経済分野の専門家をメンバーに迎えてもうまく連携が図れなくなる可能性が高いというのが、多くのメンバーの経験に基づく意見であったことから、社会経済調査分析を担当するポスドクを新たに加えることを検討してきた。しかし、そのための予算追加申請が残念ながら JST に認められなかったことから、この分野の研究体制の本格的強化がなかなか図れなかった。なお、H24 年 9 月に、水産資源管理や海洋保護区を専門分野とする鹿熊信一郎氏(当時、沖縄県八重山支庁農林水産整備課主幹)が所属組織の事情で本プロジェクトから離れることになったが、それを補う形で H24 年 10 月から、高知大学教授の新保輝幸(専門分野：環境経済学)に加わって頂くことができた。また、H26 年 4 月から、沿岸生態系保全に関わる社会経済的調査の若手研究者である杉本あおい氏(LEAD-Japan 非常勤職員)に加わって頂いた。

・JICA 規定に関わる課題と対応策：SATREPS スキームに基づく本プロジェクトは、フィリピン国内での活動については JICA 予算に基づくが、その執行にあたっては JICA 科学技術協力案件の枠組みでの JICA 規則に従うことになる。JICA 規則では、原則として、相手国側の雇用費や国内旅費は相手国側の負担ということになっていることから、フィリピン側の RA 雇用費や国内旅費を JICA 予算でカバーすることが出来ない。しかし、プロジェクト開始段階からフィリピン側が RA 雇用費や国内旅費を賄うことが出来るマッチングファンドを用意することは現実的に不可能であることや、フィールド調査を主体とする本プロジェクトの性格上、ある程度の人数の RA やフィリピン側の国内旅費の確保がプロジェクト遂行に不可欠である。そこで、チーフアドバイザーである灘岡がプロジェクト開始前に

JICA 担当者と度重なる交渉を行い、その結果、JICA 担当者のご努力により、プロジェクトの開始段階での例外的措置として、フィリピン側 RA 雇用費や国内旅費を JICA 予算で賄えることになった。ただし、この措置はプロジェクト開始段階の経過的措置であることから、フィリピン側メンバーには、RA 雇用費や国内旅費をフィリピン側で賄えるように、なるべく早い段階でのマッチングファンド獲得に努力して頂く必要があった。幸い、相手国側代表者である Fortes 教授を中心に、フィリピン科学技術省(DOST)やフィリピン大学等にファンド申請して頂き、Commission on Higher Education (CHED) への申請が採択になってフィリピン大学ディリマン校 (UPD) を通じて、平成 25 年 2 月からそのファンドが使用できるようになった。ただし、同ファンドは、対象が Bolinao と Puerto Galera に限られているため、本プロジェクトの調査対象サイトを全てカバーできないという問題を抱えていることから、フィリピン側には、引き続きマッチングファンドの獲得の努力をお願いした。ミンダナオ州立大学(MSU)の Uy 教授やフィリピン大学ビサヤ校(UPV)の Campos 教授も、それぞれファンド獲得に努力して頂き、プロジェクトの後半から比較的小規模ながらファンドが使用できる状況となった。さらに、UPD の Blanco 氏や Herrera 氏もファンド獲得を行ってきており、その一部をマッチングファンド的に使用できる状況になった。これらの経緯から明らかなように、本プロジェクトに対応したマッチングファンドに関して、プロジェクト開始当初から相手国側メンバーが獲得することは難しかったものの、プロジェクト中盤から終盤にかけて様々なマッチングファンド獲得の努力が実り、ファンドサイズや使用条件面での制約の問題が残るもののプロジェクト全体の推進に重要な基盤を得ることが出来たのは大変大きな成果であった。相手国側のこれらの努力は、本プロジェクト終了後も継続していくことが期待でき、彼らのリーダーシップのもとに本プロジェクトの対象分野のさらなる持続的進展を図るための基盤の一つが出来ていくものと想定し得る。

・JST 規定に基づく課題と対応策：プロジェクトの発足当初の段階では、日本側の学生がフィリピンでの調査活動に参加する上でさまざまな制約があった。学生は JICA 専門家とみなすことが出来ない、というのがその大きな理由である。しかし、フィールド調査を主体とし、しかも 6 つの重点調査サイトを設定している本プロジェクトでは、日本側の学生の参加がきわめて重要である。しかも、日本側学生は、わが国が今後、海外科学技術協力を広範に展開していく上で、次世代のリーダーとなり得る人材であることから、日本側の人材育成の観点からも、本プロジェクトへの日本側学生の積極的な参加が求められた。そのような事情から、灘岡が JST 担当者とは度重なる交渉を行い、その結果、JST 担当者のご努力により、JST 予算での学生のフィリピン調査が可能となるなど、その後大きな進展が得られた。ただし、日本側学生が調査活動を行う場合には、日本側メンバー(ポスドクを含む)の引率を必要とするという制約が残っており、複数の調査サイトで並行して調査を実施することが多い本プロジェクトではそのことが制約要因の一つとなった。これに関しては、例えば、フィリピン側メンバー(RA を含む)の同伴があれば日本側学生の調査を可能とする、といったようなさらなる改善が求められる。

・安全管理：フィールド調査を主体とする本プロジェクトでは安全管理がきわめて重要になる。渡航危険地域に隣接する Mindanao 島 Naawan 周辺での調査のような場合には JICA での事前安全確認に基づく渡航計画の承認を得ることはもちろんであるが、各調査サイトで、ダイビングやスノーケリング調査や船上作業等を行うことが多いため、十分な安全管理策の立案とその徹底を図る必要がある。例えば研究代表者のチームでは、調査ミッションごとに安全管理対策書を作成して大学に提出するとともに、調査参加者に対策書に則った安全管理の徹底を図った。

・供与機材購入に関わる問題と対応策：フィリピン側からのリクエストによる 25 項目にのぼる供与機材の購入手続きが大幅に遅れてしまい、当初使用を予定していた H22 年 9 月の合同集中調査には間に合わなかった。当時、購入手続きを担当していた JICA 業務調整員によると、H23 年 3 月調査にも間に合わない可能性が高いとのことだったため、かなりの数の供与機材を研究代表者の所属する大学事務を通しての本俸調達に切り替えることにした。その結果、H23 年 3 月調査には納品が何とか間に合った。しかし、それでも R/D 締結から 1 年以上に経っての納品となってしまったこと

から、プロジェクトの遂行にあたっては大きなダメージがあったといわざるを得ない。このことは、本プロジェクトの主要アウトプットの一つである CCMS の現地設置・展開の全体スケジュールにも少なからず影響を与えた。なお、一部の供与機材については、ボリナオ（リンガエン湾を含む）、プエルトガレラ、ラグナ湖、イロイロ・バナテ湾、石垣において、設置中に、盗難や禁漁区における違法な漁労活動、台風等が原因で亡失した。これらの機材の設置に際しては地元関係者や自治体との事前の調整を十分に行っていたほか、機材を海面下に沈めてまわりから認識しづらくしたり、逆に測定中であることを知らせるメッセージとともに設置するなど亡失対策を施していた。亡失判明後は、大規模な捜索を行うとともに周辺自治体や警察署などの関係機関に連絡を行った。またその後、該当供与機材については JICA に亡失の報告を行った。その後の野外における機材展開においては、周辺の自治体や関係者・団体とのより入念な調整を行うことや、より強固な設置方法を採用すること、設置期間中に監視役をつけることなどの改善を図った。

・JICA業務調整員に関わる課題：プロジェクトの円滑な推進にとってJICA 業務調整員の果たす役割はきわめて大きい。SATREPS スキームでのプロジェクトに求められる業務調整員としての能力や適格性は、通常の ODA 案件の場合とかなり異なる新たな要素を多分に含むことから、業務調整員の雇用に当たっては適切な人材の選出が大きなポイントになる。その点、JICAによる業務調整員の公募に当たって、当初、業務調整員の経験があることが応募条件の一つに設定されたのは大きな問題であったといわざるを得ない。その後の選出方法の改善が図られ、業務調整員の経験は応募要件から外されることとなり、大きな前進が見られた。

(2) モデル開発・評価グループ

本グループが中心的に担当することになる本プロジェクトにおける主要アウトプットとして、統合意思決定支援システム (IDSS) の構築とその運用のための人材育成、および常時モニタリングシステム (CCMS) の構築と現地展開がある。CCMS に関しては全てのプロジェクトサイトでの実装が H25 年 3 月までにほぼ完了し運用が開始された。CCMS の各サイトでの有効かつ持続的運用に当たっては、各サイトでの地元の理解・協力と地元からの要望の反映が重要なことから、各サイトで数回開催した Site-based workshop では、CCMS に関する話題を主要テーマの一つとして何度か設定した。その結果、CCMS に関する基本的な理解(期待)を得ることが出来、プロジェクト以降も見据えた持続的運用の上でキーとなる地元の協力体制(定期的メンテナンス実施や電池等の経常経費的費用の負担、それらに関する MoU 締結など)を構築することが出来た。IDSS に関しては、Laguindingan を除く5つの重点サイトごとに開発した。IDSS 開発に当たって留意したことは、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、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催するようにしたことである。また、IDSS の社会実装に当たっては、各実装先サイトのユーザーが IDSS を十分使いこなせるようになることが重要になることから、H26 年 7 月以降、各サイトにおいて、IDSS ならびに関連する GIS についての地元研修会をそれぞれ複数回開催した。また、IDSS の運用に当たっては、UPD 等の大学機関によるサポート体制の確立が重要となることから、ネットワーク・ソフト (ASNARO) によって各サイトの IDSS と大学機関 (UPD、UPV、東工大) とをネットワークで連結したシステムを構築した。

(3) 生態学グループ A

生物学的モニタリングの計画・実施においては、生産者、低次消費者、高次消費者、分解者を含む生物群集全体の同時的な観測が有効である。研究開始時より、特に相手側の研究体制において、生産者および高次消費者については、適切な人材およびサポート体制が確保されているものの、低次消費者および分解者を担当するメンバーが不足しており、前2者に比べると進捗が遅れた。これらの研究課題に参加を希望するフィリピン側の若手研究者や大学院生はいるものの、国内旅費等の財政的な支援の不足が、事業への参加を困難にしているのが現状である。これを解決するためには、フィリピン側の持続的な観測研究が確立するまでの数年間については日本側(JICA)による財政的なサポートを充実することが何よりも有効であると考えられる。なお、生物試料の採集・国内外の輸送についての許可申請に多大な時間がかかっており、分析の遅延にもつながった。関係者との協議によ

り早急にこれらの問題の解消を図る必要があった。

(4) 生態学グループ B

フィリピン全国に生育する海草について集団遺伝学的解析を行うためには、フィリピン各地からの網羅的な試料採集が必要となる。日本側のメンバーは現在精力的な試料採集を行ったが、フィリピン国内の治安上の問題もあり、日本側メンバーのみでは全地域を網羅するのが不可能な状況であった。このようなことから、フィリピン側から、遺伝学的解析を前提とした試料採集に協力可能な若手研究者や大学院生を募ることで、試料採集の効率化を目指すことが必要となった。加えて、遺伝解析で得た情報をモデリンググループや地球科学グループで得られた生態環境情報と共に統合的解析することで、海草とサンゴ礁海産生物の遺伝的多様性と集団の遺伝構造に対する環境要因の影響を考察する必要性が本プロジェクトを通じてより明確となった。

(5) 地球化学グループ

- ・ 本プロジェクトではフィリピンの北部から南部に至る各所に主要調査地があるが、フィリピン側のスタッフはそれぞれ固有の地盤があるために、必ずしも同一人がすべての調査地に関心を持ってくれるわけではない。このことがフィリピン側との共同観測体制の確立の上で若干の障害となった。
- ・ サンゴ礁は熱帯沿岸生態系の保全再生策の立案における根幹的な重要性を持つとともに、最も扱いの難しいコンポーネントでもある。このサンゴ礁の保全再生策を研究するためにサンゴの生体を採取分析したり、各種の操作実験等を今後精力的に実施する必要がある。しかしサンゴ生体の採集の許可を受けるためには煩雑な手続を要し、また CITES 対象生物であるため国外への試料の持出が強く制限されていることも障碍となって、当初のスケジュールどおりの研究の進展が得られなかった。プロジェクトのフィリピン側のメンバーの中にたまたまサンゴの専門家が含まれていないことも間接的な一因となった。こうした手続に関する事前の情報収集や人員配置に当初から不十分な面があったことを認めざるを得ない。
- ・ 上記の問題に対する取り組みとしては、フィリピン側への技術移転によりフィリピン国内での研究技術の水準を上げ、現状では日本に持ち帰らなければ分析できないような分析項目もフィリピン国内で実施できるようにすることが、本来目指すべき解決策であると考えられる。現実には電源事情や資金的制約がしばしば障害となるが、本プロジェクトで投入された実験設備等の使用経験に刺激を受けてフィリピン側研究者が独自に具体的な外部資金獲得に向けた活動を始めているのは、この観点から見て望ましい影響と考えられる。

§ 8 結び

本プロジェクトは、たんなる学術的な国際共同プロジェクトとしてではなく、①学術的な調査研究、に加えて、②Implementation & Dissemination, ③Capacity Development という2つの大きな柱をさらに設定し、そのことを常に強く意識してプロジェクトを推進してきた。その成果が、CCMS や IDSS 等に代表されるプロジェクトの主要成果の社会実装とその運用・有効利用のための人材育成といったところにシンボリックに現れており、それらが具体化されたことで、本プロジェクトの基本目標がほぼ達成されつつあると自己評価している。このようなプロジェクトの推進に当たって常に強く意識した最も重要なキーワードは”integration”であった。それは、本プロジェクトが各地域の問題の解決に実際に役立つことを目指した solution-oriented 型プロジェクトであることを強く志向したためである。というのも、問題解決に役立つためには、自ずと、様々な観点からの新たな知見を総動員した分野統合的な体系を創出し、それをさまざまな stakeholder から見て役立つものとならなければならないからで、”Integration”は必然の帰結だからである。その最たる成果物が IDSS で、まさしく「統合的」意志決定支援システムとなるべきものである。この IDSS が文字通り「統合的」に仕上がる過程は、本プロジェクトの全てのグループの主要成果の有機統合のプロセスでなくてはならず、実際、特に Bolinao や Banate/Guimaras Strait 用の IDSS はモデル開発・評価グループに加えて、生態学グループや地球化学グループの成果が統合されたものとなっている。

本プロジェクトでの advantage の一つとして、UPD-MSI の Fortes 教授をはじめとする相手国側のカウンターパートメンバーがきわめてアクティブであったことがあげられる。研究能力の高さのみならず、上記②や③の2つの柱の推進に当たってもきわめて熱心に取り組むメンバーが多く、そのことが本プロジェクトの成功に大きく寄与した。また、本プロジェクトでは、相手国側で合計28名のRAが本プロジェクトないしは相手国のマッチングファンドで雇用される形で関わった。また、日本側においても、合計9名が本プロジェクトによるポスドクとして関わり、そのほかにも、多くの大学院生等が関わっている。その結果、本プロジェクトの推進の過程で、数多くの若手人材が育っており、そのことも本プロジェクトの重要な成果と位置づけている。

本プロジェクトでのテーマである「統合的沿岸生態系保全・適応管理」については、フィリピンに限らず、インドネシアなどの周辺国においてもその必要性が近年ますます大きくなっている。というのも、このエリアは、もともと世界的に見て沿岸生態系の生物多様性が最も高いエリアである Coral Triangle に位置し、同時に、様々な人為的な環境ストレスの影響によって、その劣化の進行が急速に進行しているという共通の課題を有しているからである。これらの諸国においては、問題が共通していると言うだけでなく、このエリアの特徴である超多島海域における複雑な海水流動による幼生分散に基づく reef connectivity (サンゴ礁間連結性)によって、物理・生物過程的に広域的なネットワークによって互いに繋がっている。したがって、この地域における、沿岸生態系の保全・適応管理においては、そもそも、国内での地域間連携に留まらず、国境を越えた多国間連携の枠組みが必要となる。SATREPS は、基本的には2国間プロジェクトとして運営されている例がほとんどであるが、今後は、多国間プロジェクトとしての取り組みが具体化されるべきで、その好対象の一つがこの Coral Triangle 域での多国間プロジェクトへの拡大・発展ではないかと考えている。

§9 PDM の変遷 (該当する場合)

該当なし。

以上。