



サンゴ礁学 NewsLetter

—複合ストレス下の生態系と人の共生・共存未来戦略—

Vol.4

文部科学省科学研究費補助金(新学術領域研究)の支援を受けた、人とサンゴ礁の新たな共生関係を構築するための研究プロジェクト「サンゴ礁学」の進捗状況をお伝えします。

9/13~9/18 瀬底島で第2回サマースクールを開催しました

酒井 一彦 (AO1班・総括班 / 琉球大学熱帯生物圏研究センター瀬底研究施設)

2010年9月13日(月)~18日(土)の間、琉球大学瀬底研究施設において、本領域の第2回サマースクールを開催しました。全国7大学から、学部学生を主体にオブザーバーを含め27人が受講生として参加し、本領域に関わる教員や博士研究員など20人が講義や実習を担当しました。日中にはサンゴ礁に面した臨海施設である瀬底研究施設の特徴を生かした講義と実習、夜には本領域計画研究6班の研究内容を紹介する講義を行いました。実習内容はスノーケリングによるサンゴ礁の観察、サンゴの生物学と生態学、サンゴのストレスへの応答、サンゴ礁無脊椎動物の分布調査、海洋酸性化がサンゴ礁生物に及ぼす影響など、多岐に及びました。参加学生が学部学生主体であったために、担当者はなるべく平易に解説することに努めました。

今回のサマースクールで特筆すべきは、博士研究員を主体とする本領域「若手の会」が、サマースクール4日目に実習と講義を担当したことです。「若手の会」はサンゴのストレス反応を評価するための画像解析と水槽実験を実習に取り入れるなど、意欲的な実習を行いました。また受講生にとっては忙しいスケジュールとなりましたが、昼食時にも「ランチ講

義」があり、サンゴ礁を研究する若手の熱気が、さらに若い学部学生に伝わっていると実感されました。

また研究計画班の講義内容が生物学、地学、文化人類学と多岐にわたったことから、「サンゴ礁学」は学際的に構築されるべきであることが受講生に伝わったと思われます。講義と実習への受講生からの質問も活発にあり、「サンゴ礁研究に参入する若手を増やす」という目的が、十分に達成されたサマースクールでした。



若手の会「ランチ講義」

■ サマースクールに参加した学生の感想 ■

※終了日に提出された感想文から抜粋しました。

学生1

私の中で特に印象として残っているのはスノーケリング実習です。海の中でも温度は様ではなく、温かい場所と冷たい場所がある。サンゴのストレス応答実験に使われる温度設定はその平均水温なのですが、実際の天然環境ではその温度の寒暖の変化はそれ以上の値をもって上下しています。それを肌で実感することができました。

講義の中では、私は山口先生の内容に感銘を受けました。私は常々科学の中で文と理がどのようにかかわっていくことができるのかと疑問を抱いていましたが、人の生活史からサンゴと人の関係をひもとくという手法の有効性を理解することができました。



学生2

サンゴ礁のみの学問は大学でも少なく、また自分がサンゴ礁研究をしたいと思っていたため日ごろから不満だった。今回のサマースクールのようにサンゴ礁学に特化した実習はまさに至福だった。一年中こうした授業を受けたいと思った、サンゴ礁についての知識も増え、サンゴ礁保全の考え方や将来進める道のことについてもわかったの、実際の展望をもってこれからの研究に望んでいけると思った。今まではサンゴ礁研究はオーストラリアなど他の国の方が進んでおり、本格的に研究をするには海外に出ることが必須だと思っていたが、日本にもこんなに真剣にサンゴ礁学を成そうとして

いる人たちがいて本当によろしかった。何年後には教える側として参加したいと強く思った。



●スケジュール

9月13日(月)

午後 実習の説明・施設案内
夜 講義: 茅根 創(東京大)・日高道雄(琉球大)



9月14日(火)

午前 講義「サンゴの生態学」酒井一彦(琉球大)
「サンゴの分子生態学」井口 亮(琉球大)
午後 実習「スノーケリングの練習とサンゴ礁の観察」酒井一彦・中野義勝(琉球大)
夜 講義: 山野博哉(国環研)・山口 徹(慶應大)

9月15日(水)

午前 講義「サンゴの生物学」・実習「生体・骨格・褐虫藻観察」波利井佐紀(琉球大)
午後 実習の続きおよびスノーケリング実習

9月16日(木)

午前 若手の会による実習・講義
(下記2班に分かれ午前午後で入れ替え)
「サンゴの画像解析実習」
湯山育子(琉球大)、石原光則(国環研)、島村道代
「サンゴの光合成・呼吸測定実習」
樋口彦彦・藤村弘行(琉球大)、浪崎直子(国環研)、
山本将史・井上志保里(東大院生)
昼 ランチ講義 本郷宙軌(東京大)
午後 実習の続きおよび講義
「複合ストレス下のサンゴと褐虫藻の生理応答と微生物群集解析」鈴木利幸(静岡大)
夜 講義: 鈴木 款(静岡大)・中野義勝(琉球大)

9月17日(金)

午前 実習「測線調査」中村崇(琉球大)
午後 講義「海洋酸性化のサンゴ礁生物での研究」
栗原晴子(琉球大)
実習「測線調査結果のまとめ」「海洋酸性化実習」の2班に分かれ入れ替え
夜 BBQ

9月18日(土)

午前 アンケート・感想文記入後解散



若手の会「サンゴの光合成・呼吸測定実習」

● 異分野連携 ● 3つの連携課題



サンゴ礁は、社会経済システムから様々な複合ストレスを受け、これにตอบสนองしてストレスが閾値を越えると急激に劣化し、生態系サービスにも影響します。サンゴ礁学では、下記の「3つの連携課題」を設定して、研究分野の垣根を超えた研究に取り組んでいます。

研究分野の垣根を越えた「3つの連携課題」

茅根 創 (領域代表・C01班/東京大学理学系研究科)

サンゴ礁学の目標は、複合ストレスに対するサンゴ礁の応答モデルを構築し、これに基づいてサンゴ礁と人との新たな共生・共存系構築のための学術的基盤を作ることです。本領域は、6つの異分野からなりますが、ミクロな生物過程からマクロな生態系、人間社会まで含んだ本領域の目標を達成するために、複合ストレス評価、生態系応答評価、社会システム評価の3つの連携課題を設定し、異分野の連携を進めています。ここではこうした連携による成果のいくつかを紹介します。

サンゴの白化は、高水温と強光ストレスによって活性酸素が産み出され酸化ストレスが高まり、共生藻だけでなく宿主のサンゴも損傷するため、サンゴは損傷した共生藻を体外に放出することによって起こることがわかりました。白化の閾値は、実験室、野外とも30度ですが、サンゴの種による応答の差異と、水温環境の時間・空間的変異によって、群集レベルでの応答は異なることが、フィールド調査とモデルによって明らかになりました。

サンゴ群集は、陸からの栄養塩ストレスが増加すると藻場にシフトしてしまいます。サンゴは、海水

の栄養塩濃度が上がると海水とのやり取りが増え、微細藻類が増殖することがわかりました。白化によってその傾向は強まります。こうしたサンゴ内部の栄養塩循環を、生態系スケールの栄養塩循環モデルに結合して、藻場へのシフトを予測することができるサンゴ礁生態系の応答モデルの構築に取り組んでいます。

リモートセンシングによる農地開発の歴史として復元された栄養塩ストレス増加と、サンゴ礁生態系の衰退が相関することがわかりました。さらに、栄養塩ストレス増加は、サンゴ年輪の中に刻まれていました。サンゴ礁に対する人間社会のストレスは、最近のことと思われがちですが、農地開発が始まった近世以降、サンゴ礁へのストレスが加わっていたことがわかりました。

サンゴ礁学では、生態系スケールのストレス応答を記述し、予測することができるモデルの構築を進

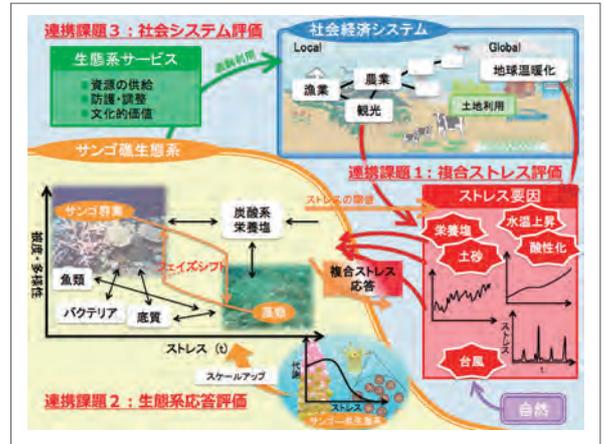


図. 本領域の構成と3つの連携課題

めています。これに基づいて、サンゴ礁を維持するためのストレスの閾値を提示します。さらに人間社会を、ストレスを与えるとともに、サンゴ礁から生態系サービスを受け、ストレスを制御する主体としてこのモデルに組み込むことによって、サンゴ礁と共存する社会システムのあり方を提案します。

連携課題① 複合ストレス評価

様々な時空スケールの複合ストレス評価

山野博哉 (B01班/国立環境研究所)

サンゴ礁は、地球規模(温暖化による水温上昇など)と地域規模(赤土の流入など)両方のストレスにさらされています。さらに、サンゴとその他の生物との関係(オニヒトデなど)もサンゴにストレスを与える原因となります。こうしたストレス要因を挙げ、それらをグローバルな環境要因、ローカルな負荷要因と、それらにより影響されるサンゴ礁の生物的要因に区分し、各計画研究の対象を示したのが下の図です。複合ストレスとそれらの関係を示すことにより、重要なストレス要因と各計画研究の役割が示されました。一方で、系内の攪乱要因に関する研究が手薄であることも明らかになり、今後公募研究やプロジェクト外との連携の方針を策定することができました。

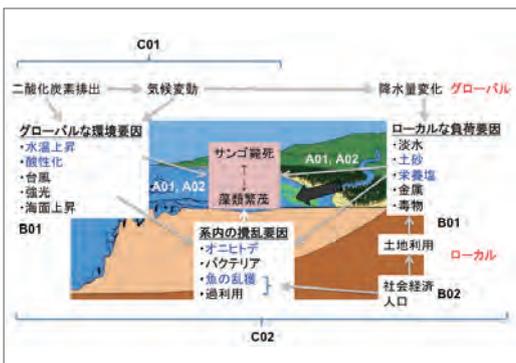


図. サンゴ礁に影響を与えるさまざまなストレス要因と、各計画研究の対象。青字が重要と考えられるストレス。

複合ストレス下におけるサンゴとサンゴ礁のストレスマーカー指標の検索

鈴木 款 (A02班/静岡大学創造科学技術大学院)

サンゴのストレスを定量的に評価できるストレス指標を検索するため、共同の飼育実験を行いました。これまでの成果として、A01班では炭酸脱水素酵素や緑色蛍光タンパク質の遺伝子発現、DNA損傷および脂質組成の変化がサンゴの高水温下におけるストレス指標として有効であることを見出しました。A02班は高水温ストレス下ではサンゴがタンパク質やアンモニアを高濃度で放出すること、それに伴いタンパク質分解酵素であるプロテアーゼが放出され、褐虫藻、サンゴの組織の一部が損傷を受けることを

見出しました。また高温および紫外線増加のストレス下ではサンゴ内に共生する褐虫藻の色素であるペリジニンとクロロフィル a 濃度が減少すること、アミノ酸組成も変化し、プロリン等のアミノ酸が増加することを見出しました。これらはサンゴのミクロスケールのストレス指標として有効であることを確認しました(図)。今後は、サンゴの高水温、紫外線の増加および富栄養化によるストレス指標として、細胞内酸化ストレス状態の指標となる酸化型チオレドキシン、活性酸素除去系のカタラーゼ、サンゴの石灰化および褐虫藻の光合成に重要な役割を果たす炭酸脱水素酵素に焦点を当て、ストレスパラメータとしての有用性の研究を推進し、共生体のストレス防御機構の研究を連携して進めます。

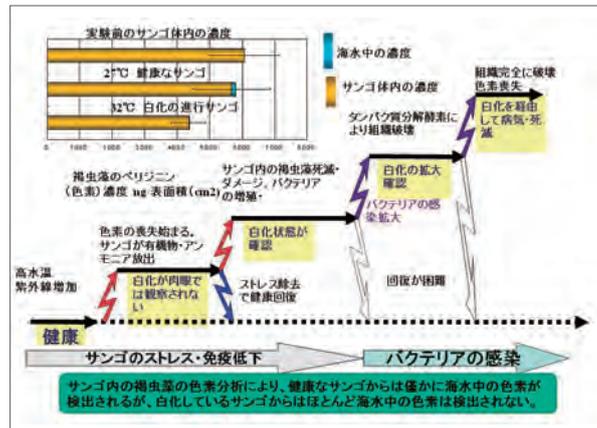


図. 複合ストレス下におけるサンゴの白化の進行過程におけるストレス指標による定量化

連携課題② 生態系応答評価

サンゴ礁物質循環・生態系応答モデル構築における連携展開

鈴木 款 (A02班/静岡大学創造科学技術大学院)

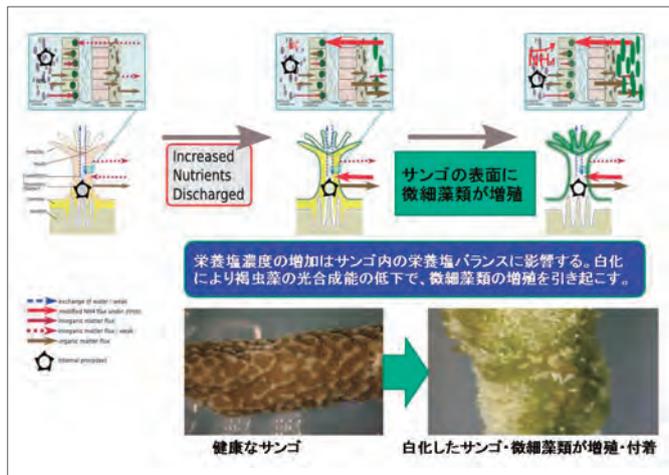
サンゴ礁生態系を構成する要素は、栄養塩、有機物、微量金属、炭酸系の動態とサンゴ、褐虫藻、海草、大型藻類、植物プランクトン、シアノバクテリア、サンゴの骨の中の藻類など多様です。サンゴ礁生態系応答モデルの構築のためには、基礎生産者を支える栄養塩はどこから、どれだけ供給されているのか、有機物の再生速度は栄養塩の窒素、リン、ケイ素、微量金属等の組成比は生物生産と種組成にどのような影響を与えているのか等々の課題に対して定量的な評価を行うとともに、それらの物質循環過程が複合ストレス下でどのように変化するかを予測するためのサンゴ礁物質循環モデルの開発が不可欠です。サンゴ礁生態系応答モデルの構築は、C02班が中心的に担っていますが、複合ストレス下でのサンゴの応答素過程に関するA01-A02-C01班による研究成果のサンゴ礁物質循環モデルへの組み込みや、サンゴの応答素過程自体のモデル開発(A01-A02-C02班)、モデル検証や高度化のための合同調査(A02-B01-C01-C02班)など、さまざまな連携によってモデル体系の構築を進めつつあります。

これまでの成果として、生態系応答モデル開発に関して、サンゴが海水に対して半閉鎖系の循環システムを形成していることを示唆するA02班の最新の研究成果に基づく概念モデルを構築しました。この

概念モデルを具体的に定式化するために、石垣島白保海域で、A02-C01-C02-B01班による物理観測、化学成分、生物調査、基礎生産量等の合同調査を8月から9月にかけて行い、複合ストレス下で

のサンゴ内部応答とそれがサンゴ礁物質循環過程において果たす役割を評価する上でキーとなるサンゴ粘液に着目した観測を合同で実施しました。

今後は、サンゴ礁物質循環モデルをベースとした生態系応答モデル体系を具体化するため、さらに連携を深め、連携・統合のプラットフォームとしてのモデルシステム開発の役割を強化していきます。



連携課題③ 社会システム評価

歴史の変遷

山口 徹 (B02班/慶應義塾大学文学部)

よく知られるように、1728年に琉球王府の国相に就任した蔡温は、寄せ百姓による新村建設と耕地開発を進めました。石垣島の未開地には、島内の既存集落に加えて、黒島、竹富島、小浜島、波照間島、西表島からの強制移住が進められました。近代以降は、日清戦争後の南進政策や台湾開発と連動してさまざまな思惑をもった人びとが入ってきました。沖縄本島の糸満系漁民、宮崎県から入ったカツオ漁船の船主、鹿児島出身の寄留商人、サトウキビ栽培と製糖業を目論んだ四国の起業家と移民、昭和初期にパイナップル栽培のために来島した台湾の人びとなどです。戦後はさらに、沖縄本島や本土から4000人近い自由移民や計画移民が石垣島に入りました。近年は、流通や交通手段の発達によって観光産業や畜産業が拡大しています。石垣島の社会システムは閉鎖系ではなく、外の世界と常につながりながら複雑化してきていると考えるべきで、さまざまな立場の人びとが絡み合い、多様な利害が交差しているはずで、サンゴやサンゴ礁を直接利用する人びとだけがステイクホルダーではありません。環境への負荷を抑えるためのハード(沈砂池や下水処理場など)・ソフト(対話促進やマナー向上など)の施策は、複雑化する社会システムを適切に把握することによって、より効果を上げると私たちは考えています。

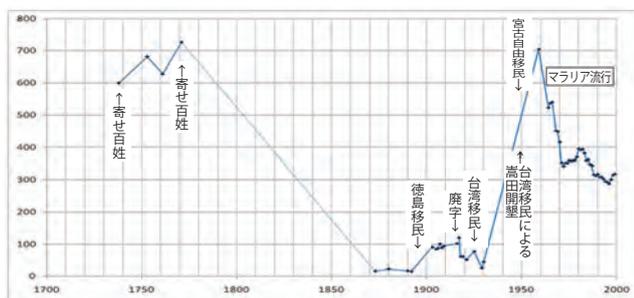


図. 近世-近現代の石垣島「名蔵地区」人口動態と移民

社会システム評価とサンゴ礁生態系との共存戦略スキーム研究

瀬岡和夫 (C02班/東京工業大学理工学研究所)

近年、八重山諸島では、人・物・経済を巡る流動性が飛躍的に増大してきています。人口圧レベルが低く上記の意味での流動性が限られていた過去における地域社会とサンゴ礁生態系との調和的状況への単純な回帰を目指すことが非現実的である以上、「生態系と人との共生・共存未来戦略」を標榜する本新学術領域研究では、過去の歴史に学びつつ、地域社会の現状とその将来動向を踏まえた上での新たな生態系調和型地域社会の実現に向けての具体的な提言を行う必要があります。この目的のため、環境負荷発生源ならびに負荷制御主体としての社会システムの両面(図参照)から、その現状と将来動向についての分析を行います。前者については、地域社会特性を反映したセクター別人口・経済動態モデルや地域内負荷発生・評価モデル等の開発を行い、これらのモデル群をサンゴ礁生態系応答モデルに組み込んだ「統合モデル」の構築を目指します(C02班、B02班等)。後者については、環境収容力の定量的評価手法や環境負荷発生原単位低減に関する普及啓発活動の効果の定量的評価手法等の開発を行います(C02班、B02班等)。

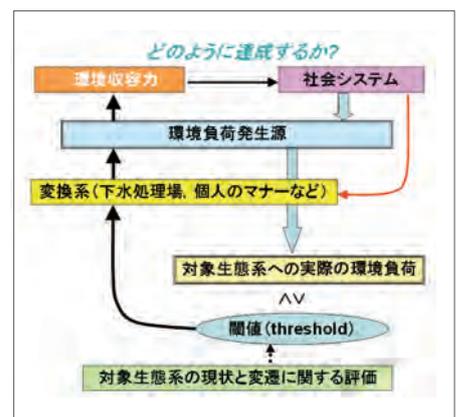


図. サンゴ礁生態系保全と地域社会の持続的発展が両立し得るスキーム構築に向けて

計画研究班の研究紹介

今年で3年目を迎えたサンゴ礁学は、10月5日に中間評価を受ける時期となり、これまでの「研究の進展状況及び成果の概要」をまとめました。ここでは、6つある計画研究班の成果と今後の方針を要約してご紹介します。

現在の仕組みを解明する 研究項目A ● ストレス応答の素過程解明

計画研究 A01班

複合ストレスに対するサンゴ-褐虫藻共生系の応答

日高道雄 (琉球大学理学部)

私たちは、生殖様式、褐虫藻獲得様式など生活史戦略の異なるサンゴについて、それぞれ代表的なサンゴ種を用いて、そのストレス応答を各生活史段階において調べることを試んでいます。これまで、ストレス要因として高温と光をとりあげ、生残や成長、脂質組成に基づく栄養状態、骨格の微細形態、そして細胞内酸化ストレスや共生に関連する遺伝子の発現変化に着目して解析してきました。

これまでに、放卵放精型でかつ毎世代外界より褐虫藻を獲得する水平伝播型のミドリイシ属サンゴを材料として、プラヌラ幼生や一次ポリブに異なるタイプの褐虫藻を感染させ、そのストレス応答を調べる実験系を開発しました。ウスエダミドリイシを用いて、サンゴの骨格形成や褐虫藻への二酸化炭素供給に関与すると考えられている炭酸脱水素酵素(CA)遺伝子を3種同定しました。炭酸脱水素酵素(CA)のmRNA発現量は、高温(32°C)下で減少しますが、共生する褐虫藻のタイプによりその発現量は大きく変化しました(図)。蛍光タンパク質(GFP・RFP)のmRNA発現量も高水温下で減少する傾向を示しますが、共生する褐虫藻の種類により増加する場合も見られました。これらの結果は、サンゴ-褐虫藻の組み合わせにより、成長やストレス耐性が異なるメカニズムを解明する端緒となる発見です。

様々な種類のストレスの強度や持続時間とストレス応答の関係を解析するためには、共通のストレス反応の指標が必要です。このような指標として、細胞内酸化ストレスの測定を目指しています。細胞内酸化ストレスシグナルとして働いているチオレドキシニンに着目し、サンゴ細胞のチオレドキシニン遺伝子発現や酸化型チオレドキシニン測定のための準備を進めています。また、私たちはこれまで、高温・強光ストレス下で褐虫藻が活性酸素発生源となり、サンゴの酸化ストレスを高めることを明らかにしてきましたが、その一方で、褐虫藻がサンゴ-褐虫藻共生体のストレス防御機構に貢献している可能性もあると考え、そのモデルを構築しようとしています。

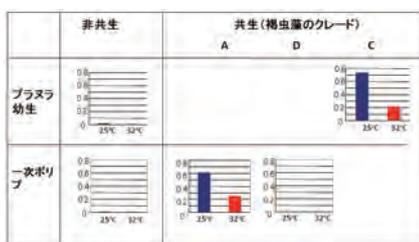


図.炭酸脱水素酵素(CA)遺伝子3種のうちの1種の発現変化を示す(縦軸は遺伝子発現量の相対値)。プラヌラでもポリブでも、褐虫藻の共生により発現量が上昇するが、高温ストレス下で低下する。また、クレードD褐虫藻を共生させた場合発現の上昇は見られなかった。

計画研究 A02班

複合ストレス下におけるサンゴ礁生態系・物質循環共生系の素過程

鈴木 款 (静岡大学創造科学技術大学院)

A02班では、生物素過程と化学の素過程の緊密な連携・融合を進めながら、複合ストレス下における生態系がどのように維持されているのかを明らかにすることを目的としています。3年間の研究により主に3点で新しい学術的成果・コンセプトが得られました。

(1)サンゴ礁基礎生産量の再評価:従来基礎生産量の評価は海水中の溶存酸素、溶存無機炭素、pH、炭素の安定同位体添加の変化量から行われました。サンゴ礁の基礎生産者はサンゴ内の褐虫藻、堆積物(砂地を含む)中の微細藻類、藍藻、有孔虫等に共生している微細藻類、サンゴの瓦礫中の微細藻類等があるため、サンゴ礁の基礎生産量を正確に測定するためには、海水だけでなく、サブ環境での基礎生産量の測定が必要であることを定量的に明らかにしました。

(2)サンゴの白化のメカニズムに関する素過程研究と大型培養実験装置の設計:サンゴの白化に関しては水温の上昇(主として30°C以上)に伴い、サンゴ内に共生する褐虫藻の光合成活性が50%程度低下すること、また細胞そのものから色素を失うこと、サンゴの外に放出される色素の量はサンゴ内の全体重の1%にも満たないことが明らかになりました。サンゴの白化はサンゴ内での色素を失うことであることを示しました。バクテリアはサンゴの白化を促進する役割があることを確認しました(図参照)。

(3)サンゴ内部のマイクロセンサーおよび微量成分による素過程の研究・サンゴ内部の動態研究:サンゴは褐虫藻・バクテリア・シアノバクテリアの複合共生システムを形成している新たな共生系を提案しました。サンゴの胃腔中のバクテリア、栄養塩、ビタミンB12濃度はサンゴの外側の海水中の濃度に比較してかなり高いことを明らかにしました。このことからサンゴの周りの海水に対してサンゴは半閉鎖的な振る舞いをしていることが示されました。

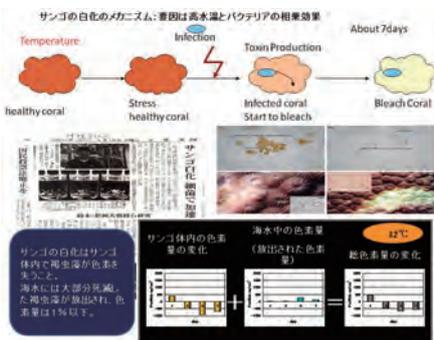


図.サンゴの白化のメカニズム:要因は高水温とバクテリアの相乗効果

過去からの変化を解析する 研究項目B ● 歴史的变化

計画研究 B01班

ストレスとサンゴ礁の歴史的变化

山野博哉 (国立環境研究所)

B01班では、空中写真、衛星データ、地図、報告書データ、サンゴ年輪解析データなど客観的なデータに基づいて過去100年間のストレス要因とサンゴ礁の歴史的变化を解析し、ストレスの増加とサンゴ礁の衰退を検証します。これまでに、石垣島において、陸域では、1924年から現在にかけて土地利用図、空中写真、衛星データ、農業センサを集め、農地面積が増えて陸からの赤土流入が増加している可能性を示しました。海域では、化石と現在の塊状のサンゴのコアを採取して、サンゴの骨格中に含まれる蛍光、同位体比、微量金属、密度を分析しました。その結果、最近になって陸からの栄養塩の流入が増大していることと、それともなっていてサンゴの成長(骨格密度)が減少している可能性があることが明らかになりました。今後は、以下の項目を重点的に進めていきます。

(1)土地利用の変化とサンゴ礁の変化との関係:石垣島において、土地利用の歴史の復元を進め、赤土や栄養塩の流入量を復元するとともに、空中写真と衛星データを用いてサンゴ礁の変化を解析します。サンゴ礁の変化と、土地利用の変化との対応を検討し、陸域からのストレスの変化とサンゴ礁の変化の関係を明らかにします。

(2)サンゴコアの分析、土地利用変化との関係:現在取得できているサンゴコアは短く、1994年から現在までの環境変動しか解析できません。そこで、さらに長いコアを取得し、過去100年間における環境変動とサンゴの成長(骨格密度)との関係を明らかにすることを目指します。また、化石のサンゴのコアを分析して古環境を復元し、地形の形成と人間の居住の歴史との対応を明らかにします。

図は、衛星データから作成した石垣島轟川流域の最新の土地利用図です。緑は森林、黄緑は牧草地、水色は水田、赤は農地及びその他を表します。農地およびその他が大きな割合を占めています。

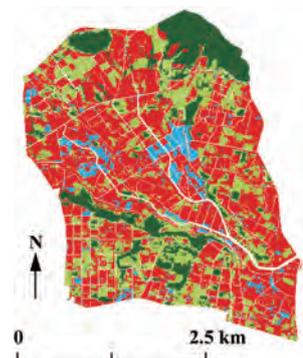


図.衛星データから作成した石垣島轟川流域の最新の土地利用図

過去からの変化を解析する 研究項目B ● 歴史的变化

計画研究 **B02班****サンゴ礁
—人間共生系の景観史**

山口 徹 (慶應義塾大学文学部)

私たちの班では、環境変化と人間居住の長期的関係の解明を研究トピックの一つと位置づけています。特に、現在のサンゴ礁環境が形成されてくる完新世中期以降に焦点をあて、陸域と海域のはざまにある地形を対象にボーリング調査を進めています。2009年8月と2010年3月は石垣島南西部名蔵地区で調査おこないました。名蔵地区には、最低位段丘の前面に、砂州によって閉塞したマングローブ湿地が広がります。その範囲のなかには化石マイクロアトールが数多く点在し、ハマサンゴが群集する浅海から湿地環境へのドラスティックな変化が過去に生じたことを示しています。こうした長期的な環境変化を解明するために、陸域10地点、アンパル内化石マイクロアトール3地点、名蔵湾内化石マイクロアトール1地点のボーリングコアをB01班やC01班の研究者と協力しながら採取しました。このうち、一部のコアサンプルについては、XRF分析、花粉・珪藻分析、年代測定分析が終了し、以下の諸点が明らかになっています。①約4000年前の完新世中期まで現アンパル内はハマサンゴの群集が点在する浅海だった。②約3000年前には現名蔵川下流域にマングローブ林が形成された。③約1600年前には名蔵湾浅海域に堆積した砂礫によってハマサンゴの生育が阻害された。④約200-150年前の近世期になって急速に陸化が進行し、周辺植生はマツ類や草本類が卓越するようになった。

サンゴ礁と直接かかわるわけではありませんが、④は「絡み合う人と自然の歴史学」にとって興味深い所見です。琉球王府の支配によって強化された森林開発(ソマ山)や、石垣村・登能城村、黒島からの寄せ百姓(強制移住)による耕地開発の影響が考えられるからです。少なくとも近世以降は、陸域での人間活動が海域環境に影響をあたえてきたようです。今まさに問題となっている赤土流出の規模に比べれば小さな影響かもしれませんが、しかし、そのオーダーの差を何らかの方法で評価できないものかと、他班の皆さんと議論しているところです。

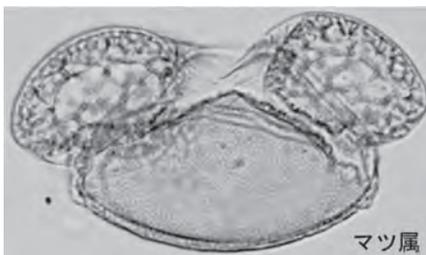


図. 名蔵川河口域のボーリングコアから検出したマツ属の花粉化石

未来を予測し、新たな人との共生関係を構築する 研究項目C ● 複合ストレス応答モデル

計画研究 **C01班****地球温暖化に対する
サンゴ礁の応答**

茅根 創 (東京大学理学系研究科)

C01班の目的は、温暖化、酸性化、海面上昇の影響を、サンゴ礁生態系スケールで検出し、温暖化に対するサンゴ礁の応答を評価することです。

(1) 温暖化応答: 高温ストレスに対して、白化して大規模にへい死するが成長による回復が著しい枝サンゴ、白化するがへい死には至らない塊状サンゴ、白化しにくいアオサンゴなど、サンゴの種類によってその応答が異なることがわかりました。1998年白化後には、この3グループとも5年で白化前の規模まで回復しました。しかしながら、2004年以降、高温ストレスは小規模であるにも関わらず、枝サンゴの被度が大幅に減少しており、高温ストレス以外の要因が関わっている可能性があります。

(2) 酸性化応答: 白保サンゴ礁で夜間の高二酸化炭素時に群集代謝を見積もったところ、6割のデータが溶解を示しました。溶解実験でも、高Mgカルサイトからなる有孔虫殻や石灰藻は、アラレ石の飽和度3.5(過飽和)で溶解が始まり、将来の二酸化炭素濃度上昇の影響を真っ先に受けることがわかりました。一方、硫黄島では、火山ガスによって海水のpHが7.7程度と低下した海域では、造礁サンゴが分布せずソフトコーラルが密生していることを発見しました。このことは、海洋酸性化によって造礁サンゴ群集が石灰質骨格を持たないソフトコーラル群集にシフトする可能性を示唆しています。

(3) 海面上昇: サンゴ礁地形の維持には、サンゴ礁礁縁(砕波帯)のミドリイシ類など特定のサンゴ群集が、重要な役割を担っていることがわかりました。将来の海面上昇に対してサンゴ礁地形を維持するためには、礁縁部の特定種の維持・再生が必要です。

温暖化、酸性化、海面上昇という、それぞれ単独のストレスによって、サンゴ礁は様々な影響を受けます。さらに、これらの影響が複合し、ローカルなストレスが加わるとサンゴ礁の衰退はより深刻になります。今後は、様々なストレスの複合的な効果や、長期的なストレスに対するサンゴ礁の適応について検討を進めます。

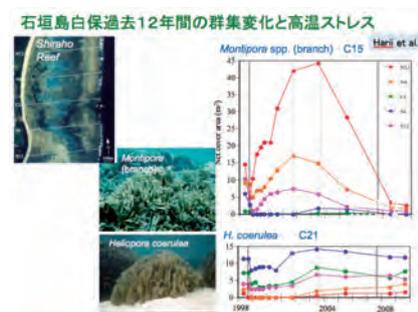


図. 石垣島白保過去12年間の群集変化と高温ストレス

計画研究 **C02班****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**

灘岡和夫 (東京工業大学理工学研究科)

サンゴ礁内海水流動モデルをベースとして、サンゴ礁内での高水温・赤土濃度の波及過程を高精度で評価する数値モデル体系を構築し、これらのストレス要因がサンゴ礁内で高い時空間変動性を示すことを明らかにしました。また、サンゴ礁内での複合ストレスの時空間変動評価ならびに生態系応答評価の両面に関わるモジュールとして、サンゴ礁内における炭酸系動態モデルならびに有機物・栄養塩動態モデルの構築を行いました。炭酸系動態モデルについては基本モデルの開発がほぼ終了し、沖縄・石垣島東海岸サンゴ礁域での現地調査データを良好に再現することに成功しています。同モデルによる解析の結果、サンゴ礁内での炭酸系動態がサンゴ礁内海底被覆分布や海水流動変動に基づく大きな時空間変動性を示し、特に二酸化炭素吸収・放出特性がサンゴ礁内で大きなコントラスト分布を示すことが明らかになりました(図参照)。この成果は、サンゴ礁内でのたかだか1、2点での定点観測データの解析に基づく従来の炭酸系動態研究の限界を打破するものです。モデル開発と併行して、石垣島東海岸リーフ海域を対象とした長期連続観測ならびに短期集中多点連続観測を実施することにより、同リーフ海域への陸源負荷(河川・地下水経由での流量・赤土・栄養塩フラックス等)、高水温・pH等から見た外洋からの負荷のリーフ内波及過程、リーフ内物質循環過程(有機物・栄養塩動態、炭酸系動態等)などの特徴を明らかにしました。今後は、複合ストレス評価モデル体系やサンゴ礁内物質循環モデルの高度化を図るとともに、短期ならびに長期生態系応答モデルの開発を進めます。短期応答モデル開発では、そのキーとなる複合ストレス下でのサンゴ群体内の応答素過程を表す「内部モデル」の開発をA02班等と共同で開始しています。さらに、環境負荷発生源ならびに負荷制御主体としての社会システムの調査・分析・モデル化をB02班等と共同で進める予定です。

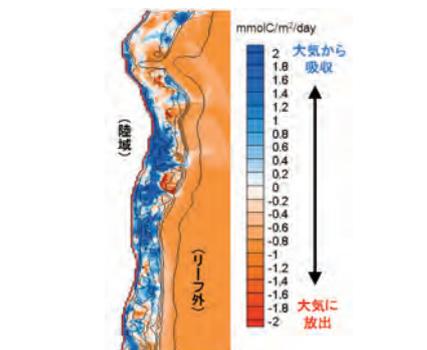


図. 一日平均大気・海水間二酸化炭素フラックスの計算例

総括班からのお知らせ

2010年8月19日・20日 B02班成果公開講演会の報告

下田健太郎 (B02班/慶應義塾大学大学院文学研究科後期博士課程)

石垣市教育委員会文化課の方々にご後援を頂き、2010年8月19日に石垣島の名蔵公民館で、8月20日に石垣市立図書館にて、サンゴ礁学B02班の成果公開講演会を開催しました。山口徹先生(慶應大)が、ポーリング調査の成果をもとに数千年にわたる名蔵アンパルの景色の変化について、吉田俊爾先生(日本歯科大)がサンゴ礁の島に住んできた人々の古人骨の骨密度とサンゴカルシウムの関係についてそれぞれ発表し、二日間で50人以上の方々にお越し頂きました。教師、学生、研究者、会社員、公務員、農家、郷土史家、染織家、自営業、エコツアー事業者といったさまざまな職業に従事する、10代から80代までの幅広い年齢層の方々にお集まり頂きました。会の終了後、様々な方とお話できたことは、大学院生である自分にとっても貴重な体験となりました。ひとつだけ、講演会終了後の時間が短かったことが残念でした。もし次の機会に恵まれましたら、みなさんと一緒にシマ(泡盛)を飲みながらお話をさせて頂きたいです。



写真:石垣市立図書館での講演風景

2010年8月31日 サンゴ礁学白保成果発表会の報告

藤村弘行 (A02班/琉球大学理学部海洋自然科学科)

石垣空港に降り立った我々を夏の日差しが照りつける。1時間前に見た那覇の空とはまるで違う世界。2010年8月31日、この日は台風7号が沖縄本島を直撃し、我々の乗った朝の便までが遅く運航されました。残念ながら当初講演予定だった渡邊剛氏(北海道大学B01班)は那覇で足止めに。このため急遽、白保サンゴ礁で調査中だった本郷宙軌氏(東京大学C01班)が「石垣島のサンゴ礁あれこれ」と題して名蔵湾のサンゴ礁について講演を行いました。私は白保サンゴ礁の農業の分布とサンゴへの影響について、農業のジウロンが白保サンゴ礁や轟川から検出されたこと、人間には影響のない濃度であっても、サンゴにとっては基本的な代謝活動が阻害されるレベルに到達しそうな時季もあることなどを発表しました。どちらの講演にも会場を埋め尽くした白保地区や近隣の方々から熱心な質問が続いたため、予定時間を1時間以上も超過し、サンゴ礁学の成果に対する住民の関心の高さが感じられました。



写真:白保公民館での成果発表会の様子

研究紹介

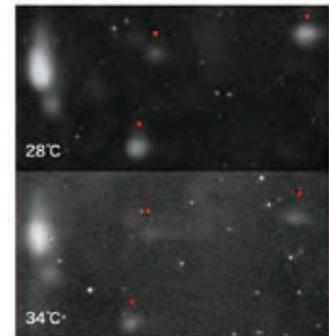
公募研究採択課題の中から、北里大学海洋生命科学部の神保 充さんの研究を紹介します。

ストレスで発現が変化する褐虫藻のタンパク質の同定

神保 充

公募研究/北里大学海洋生命科学部

ストレスによりサンゴが白化すると、褐虫藻が脱落したり、褐虫藻自体の色素が消失して、サンゴは光合成産物を受け取れなくなってしまいます。この時、褐虫藻の状態も悪くなっているため、褐虫藻の活動を支えているタンパク質も変化するはずですが、褐虫藻はサンゴ体内に存在していますが、海水中でも単独で生活することが出来、実験室でも培養されています。そこで、私は培養している褐虫藻を普段より高い温度で培養することで人為的にストレスを加え、白化の初期に起るであろう褐虫藻の状態変化をタンパク質の変化として観察しようと考えています。現在、二次元電気泳動により温度変化に伴って発現が変化する褐虫藻のタンパク質を解析している最中です。図は二次元電気泳動によりタンパク質を分離したもので、上が 28℃、下は 34℃で培養したものです。赤の矢印のスポットは 34℃で減少しています。



News & Information

沖縄科学の最前線 2010に出展

2010年9月19日~26日に、沖縄県立博物館・美術館で開催された「沖縄科学の最前線2010」に出展し、サンゴ礁学のポスターを掲示・ニュースレターを配布しました。当日は沖縄を科学する研究者が集い、一般の来場者に最新の研究成果を解説。サンゴ礁学は「沖縄の人の営みと環境」をテーマとするブースに出展しました。

沖縄科学の最前線2010の詳細は下記をご覧ください。
<http://w3.u-ryukyuu.ac.jp/saizen10/>

中間評価でA評価

サンゴ礁学では10月5日、専門家による中間評価を受け、A+, A, B, Cの4段階で、A評価(期待どおりの進捗が認められる)をいただきました。

着実な研究成果を挙げており、人文社会系・理工系・生物系が有機的に結びつき、統合的理解に向かっている点は、複合領域研究として高く評価できるとコメントをいただきました。

あと2年半、終了後も発展できるような成果をあげるよう努めて行きたいと思えます。

今後の予定



12月4日(土) 13:15 ~ 16:00
公開ワークショップ
「サンゴ礁学の新しい展開」

@茨城県つくば市「つくばカピオ」(日本サンゴ礁学会第13回大会会場)
オーガナイザー: 茅根 創(東京大)

日本サンゴ礁学会第13回大会の詳細は下記をご覧ください。

<http://www.soc.nii.ac.jp/jcrs/conference/2010/2010.html>

事務局から

今年のサマースクールは、琉球大学の瀬底研究施設を利用して開催しました。

5日間、3食の食事から宿泊まで終日ともに過ごした参加学生は年齢も大学も学部も様々にも関わらず、すぐに打ち解け、最後には名残惜しそうに瀬底を去ってゆきました。

サマースクールが終了した直後にこのニュースレターを発行。なんとか間に合いはっとしていきます。

事務局 浪崎直子



サンゴ礁学 NewsLetter [Vol.4] ●発行日:2010年11月22日

●編集発行:サンゴ礁学事務局

Tel: 029-850-2933 E-mail: admin@coralreefscience.jp

住所: 〒305-8506 茨城県つくば市小野川116-2

独立行政法人国立環境研究所地球環境研究センター 浪崎直子 気付

●サンゴ礁学ウェブサイト <http://www.coralreefscience.jp>