



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.1

文部科学省科学研究補助金(新学術領域研究)の支援を受け、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がはじまりました。

本領域の目指すところ

領域代表：茅根 創（東京大学理学系研究科教授）



サンゴ礁は、様々な階層で生物と地形、人が相互作用し合う共生・共存系です。現在、このサンゴ礁は、ローカルな環境ストレスと地球温暖化が複合したストレスによって、劣化・破壊の危機にあります。しかし現状では、サンゴ礁の階層的な共生系の維持機構とそのストレス応答が不明なため、科学的根拠に基づく再生策をとることができません。

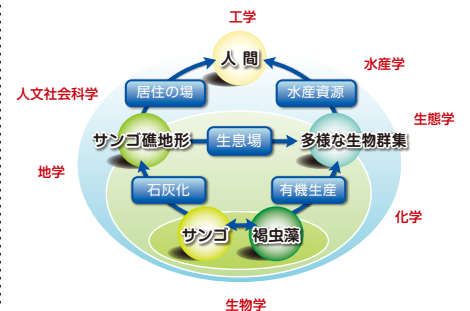
サンゴ礁学では、サンゴ礁共生系の複合ストレスに対する応答モデルを構築するとともに、応答モデルに基づいてサンゴ礁の監視・診断を行う手法を開発して、適切なストレス制御と修復・再生のために必要なガイドラインを示し、人とサンゴ礁、人と生態系との新たな共生・共存系構築のための学術的基礎を創ることを目的とします。

人の行きすぎた資源利用とストレスという関係を改め、サンゴ礁の維持・再生をはかって、人とサンゴ礁との新たな共生・共存関係を構築するためには、サンゴ礁共生系を人まで含めたシステムとして理解しなければなりません。そのためには自然科学の融合は言うまでもなく、再生のための工学、ストレス低

減や資源利用のための人文社会科学も取り込んだ新たな学術領域を創らなければなりません。本学術領域ではまず、サンゴ礁の基盤を形成するサンゴと褐虫藻や微生物としての共生系の、複合的な環境ストレスに対する応答と、生態系レベルでの応答を、生物・化学的な素過程として室内実験と野外調査において明らかにします。次に、サンゴ礁への人為的な働きかけとその影響の長期的傾向をふまえた上で、過去数10年間に急激に増加した環境ストレスと生息場の断片化を復元・評価します。さらに、今世紀中に甚大な影響を及ぼすことが予測される地球温暖化について、すでに現れている影響と適応過程の解析と実験によってその影響を評価します。また、フィードバックを持つ複合的な環境ストレスとサンゴ礁の非線形応答過程のモデル化を行います。モデルは、復元された過去のストレスとサンゴ礁劣化の歴史によって検証します。

ローカルな環境ストレスと地球温暖化を、人間活動以前の原初の状態まで戻すことは困難でしょう。増大する環境ストレスに対

して人と生態系の持続可能な共生を図ることは、生態系や環境を対象とするすべての学術領域に共通の課題です。サンゴ礁は、生物が地形を作り高い生産を持つという点で、生物生態・地学・化学分野の融合にもっとも近い対象であり、破壊の危機という課題設定によって、自然科学と工学・人文社会科学が現実的に融合し得る領域です。地球温暖化の影響を白化という形で初めて顕在化させたサンゴ礁との共生のための学術領域は、温暖化した地球における人間と生態系の共生・共存を考えるモデルケースとなることが期待されます。

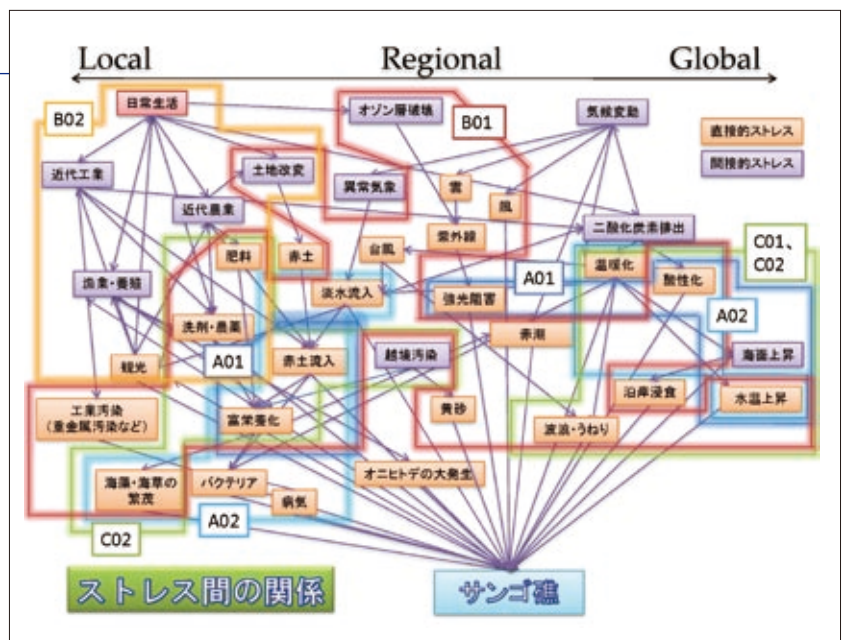


本領域で対象とするストレス間の関係

渡邊 敦 (CO2 班 / 東京工業大学情報理工学研究所)

「サンゴ礁学」で対象とするストレスや現象は、漁業、農業、観光の様なローカルなものから水温上昇や海洋酸性化のようなグローバルなものまで、空間的・時間的に多岐に渡ります。現時点で各計画研究班が扱おうとしているストレスは、図に示してみると複雑に連関していることに改めて驚かされます。各班の興味が重複する部分を手始めに、徐々に異分野間の対話が始まっています。こうした対話を続け、分野の垣根をこえた新たな研究を開始することで、サンゴ礁同様に多様な学問や人材を包み込む、魅力的な学術分野を創出することを目指します。

※図作成：湯山育子 (A01)、藤村弘行・樋口富彦・鈴木利幸 (A02)、石原光則・島村道代 (B01)、緑川弥生・深山直子 (B02)、波利井佐紀・本郷宙軌 (C01)、渡邊敦・田中泰章 (C02)、浪崎直子 (総括班)





計画研究班の研究紹介

本領域では、下記の3つの研究項目を設けて、多分野が協力して、現在・過去・未来のサンゴ礁を研究します。また、領域代表者(茅根)のもとに事務局(浪崎直子・山野)、フィールド支援(酒井)と6つの計画研究の代表者(日高・鈴木・山野・山口・茅根・灘岡)からなる総括班を設置し、西平守孝(海洋博覧会記念公園)・小池勲夫(琉球大学)を助言ボードに研究を推進します。ここでは、各計画研究班の研究内容を紹介します。

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

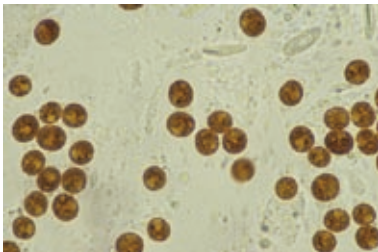
計画研究 A01班

複合ストレスに対するサンゴ・褐虫藻共生系の応答

A01班では、サンゴ・褐虫藻共生系のストレス応答を、(1)骨格形成、(2)共生、(3)脂質代謝、(4)細胞死の機構の4点に着目し、プラナ幼生から成体サンゴまで様々な生活段階で調べることを目的とします。褐虫藻の有無、共生する褐虫藻のタイプによりストレス応答がどのように異なるかにも着目します。

生体がストレスを受けると、ストレスの種類によらない共通の反応過程(ストレス反応)を経て細胞の損傷や死に至ると考えられています。一方でストレスの種類に特異的な反応も起こると考えられます。しかしサンゴでは、各種ストレスにより特異的に発現する遺伝子や、特定ストレス要因によって変化するパラメータについてはほとんど分かっていません。サンゴ・褐虫藻共生系において、ストレス特異的な遺伝子やパラメータを見つけることが最初の目標です。異なるストレス要因が複合して作用した場合には、これら遺伝子発現やパラメータの変化も、一種類のストレスが単独で作用した場合に比べ異なってくると考えられます。様々なストレスが複合した場合の影響を網羅的に調べるのは困難です。

私たちは、各種ストレスの作用機構に関する情報を整理し、複合ストレスが作用した場合の生体反応のモデルを考え、そのモデルを検証する形で研究を進めていきたいと考えています。野外のサンゴ群集で、遺伝子発現やその他のパラメータを調べることで、主要なストレス要因を推定できるようにすることが最終ゴールです。



サンゴの体内に共生する褐虫藻：
大きさは約1/100mm

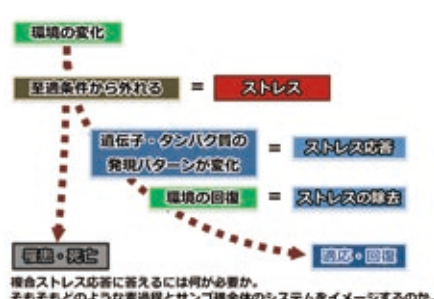
計画研究 A02班

サンゴ礁生態系・物質循環共生系の素過程

サンゴ礁は生物群集がとて多様で環境変動に対する応答も速く、人間活動と環境変動による影響を迅速に反映する場所です。特に地球温暖化による海水温の上昇や二酸化炭素濃度の増加による海洋酸性化により、サンゴ礁に急速に異変が起こっています。温度やpHの他にもさまざまな環境因子の変化が起こっており、これらの複合ストレス環境下でサンゴとサンゴ礁内生物がどのような応答を示しているのかはまだ明らかにされていません。

A02班では地球規模と地域規模のスケールの複合ストレス下における生物素過程と連携した分子レベルの有機物、栄養塩、微量金属の統合的物質循環過程と生態系との相互作用の解明と複合ストレス下におけるサンゴ礁応答モデルの素過程パラメータの確定を行います。「**サンゴ礁生態系と物質循環過程の素過程を統合的に解明し、サンゴ礁の保全・再生の科学的理解を深めるための新たな学術貢献を目指しています**」

- 複合ストレス因子とサンゴ礁生態系応答の定量化に関する化学素過程の解明：栄養塩・有機物の循環・特性把握・因子解析、安定同位体あるいは分子化学によるストレス因子の指標の探索に関する研究
- 複合ストレス因子のマイクロ生態系への影響評価：サンゴ礁の基礎生産・窒素固定、白化および病気の病原菌・かび・シアノバクテリア等の影響評価、バイオマスの変動と物質循環過程の関係
- サンゴ礁のマイクロ生態系における炭酸系・pH・金属酵素の動態、役割の解明：基礎生産・代謝過程における金属と金属酵素の動態、サンゴの白化・病気における金属および金属酵素の役割解明



複合ストレスに対するサンゴの健康状態の変化

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

陸・海域における様々なストレスに対してサンゴ礁は実際にどのような変化をとげてきたのでしょうか？ 実は、客観的なデータは非常に少ないのが現状です。B01班では、空中写真、衛星データ、地図、報告書データ、サンゴ年輪分析データに基づいて過去100年間のストレスとそれに対応するサンゴ礁の歴史的变化を明らかにし、両者の関係を解析します。

B01班は画像チームと年輪チームとで構成され、画像チームは、空中写真、衛星データ、地図、報告書データから、土地利用とその変化を明らかにし、それらを気象データなどとともに土砂流出モデルに入力することにより、陸域からの赤土などの流出量の変化を推定します。さらに、海域においては、サンゴ礁の変化を明らかにします。年輪チームは、塊状のサンゴからコアを採取し、そのサンゴ年輪に含まれる同位体比や微量金属を分析することにより、水温・降水量・汚染などの時系列変化を明らかにします。さらに、骨格の密度を測定することにより、ストレスの変化に対するサンゴ自身の応答を評価します。このように、二つのチームが補完して研究を進め、得られた情報を統合することにより、サンゴ礁に対するストレスの変化と、それが実際にサンゴ礁に与えてきた影響を明らかにします。

現在、画像チームでは過去からの画像・報告書データのデータベース化と解析手法の開発、年輪チームではサンゴ年輪分析の集約化を行うサンゴコアセンターの設立を進めており、次年度から本格的に解析を開始する予定です。



B01班の構成と研究の枠組み

A01班メンバー

代表：日高道雄 (琉球大学理学部)
伊藤彰英 (琉球大学教育学部)
酒井一彦 (琉球大学熱帯生物圏研究センター)
山城秀之 (沖縄工業高等専門学校)
湯山育子 (琉球大学理工学研究科)
磯村尚子 (沖縄工業高等専門学校)
栗原晴子 (琉球大学亜熱帯島嶼科学超域研究推進機構)

A02班メンバー

代表：鈴木 聡 (静岡大学創造科学技術大学院)
カサレト・ヘアトリス (静岡大学創造科学技術大学院)
藤村弘行 (琉球大学理学部)
アゴスティニ・シルバン (静岡大学創造科学技術大学院)
鈴木利幸 (静岡大学創造科学技術大学院)
樋口富彦 (琉球大学理学部)
塩井祐三 (静岡大学創造科学技術大学院)
吉永光一 (静岡大学創造科学技術大学院)

B01班メンバー

代表：山野博哉 (国立環境研究所)
井上麻夕里 (東京大学海洋研究所)
鈴木 淳 (産業技術総合研究所)
長谷川均 (国土館大学文学部)
渡邊 剛 (北海道大学理学研究科)
小黒宏之 (国立環境研究所)
白井厚太郎 (日本学術振興会特別研究員)
石原光則 (国立環境研究所)
島村道代 (北海道大学理学研究科)
林 誠二 (国立環境研究所)

過去からの変化を解析する 研究項目B ● 歴史的変化

計画研究 **B02班****サンゴ礁
—人間共生系の景観史**

島の人びとは、遠く先史時代から現在にいたるまでサンゴ礁を利用し、その恩恵を受けてきました。サンゴ礁に住むさまざまな魚類が食卓を賑わせるばかりでなく、死んだサンゴのブロックそのものが建材として活用されています。とはいっても、人びとはサンゴ礁にだけ頼ってきたわけではありません。先史の遺跡からは陸上生態系を構成するさまざまな動植物が出土しますし、農耕や家畜飼育がはじまると陸域からえられる食物エネルギーは急速に拡大したはずで。そうした活動がときには内陸斜面から赤土を流出させ、サンゴ礁にダメージをあたえてきました。逆に、流出した赤土が沖積低地を発達させ、イネやイモの水耕栽培にとってむしろ都合のよい環境が広がったことも事実です。サンゴ礁と人間の共存関係を考えるためには、人間の生活全般のなかでサンゴ礁の価値を冷静に評価してみることも必要なのではないでしょうか。

B02班では、海域—陸域を含めた島の物理的環境と人間の生活世界の両方を包括する概念として「景観」をもちいます。その動態的な変化のなかで、サンゴ礁と人間の関係史を読み解いていきます。長期的な歴史は、ジオアーケオロジー・動物考古学・形質人類学の諸学が担当します。また、文化人類学・歴史人類学と物質文化研究は、短期的ですが、近現代の人間の諸活動をより詳細に検討します。八重山諸島の石垣島が共通のフィールドです。こうして、サンゴ礁の新たな価値を考えるために基盤となる情報を蓄積していきます。



名蔵アンバール：4千年前のハマサンゴを埋めるマングローブの湿地環境が今では国立公園として価値付けされている

B02班メンバー

代表：山口 徹（慶應義塾大学文学部）
朽木 量（千葉商科大学政策情報学部）
棚橋 訓（お茶の水女子大学人間文化創成科学研究科）
吉田俊爾（日本歯科大学生命歯学部）
佐藤孝雄（慶應義塾大学文学部）
緑川(名島)弥生（慶應義塾大学文学研究員）
深山直子（日本学術振興会特別研究員）

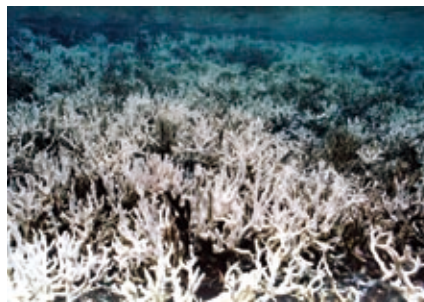
未来を予測し、新たな人との共生関係を構築する 研究項目C ● 複合ストレス応答モデル

計画研究 **C01班****地球温暖化に対する
サンゴ礁の応答**

サンゴ礁は、温暖化による白化、二酸化炭素濃度上昇に伴う酸性化による石灰化抑制、海面上昇による水没と、地球温暖化シナリオのすべての要因によって重大な影響を受けます。それぞれの要因に対するサンゴ礁の応答は単純ではなく、しかも相互に関係し合っています。さらに、こうしたストレスにサンゴ礁が適応する可能性も示唆されています。

C01班の目的は、すでに現れた温暖化・酸性化・海面上昇の影響を、サンゴ群集や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。そのために、現在および過去の環境要因の変化に対する群集の変化を野外において明らかにするとともに、飼育実験によって応答過程を明らかにして、地球温暖化の様々なシナリオに対するサンゴ礁の非線形応答を評価・予測します。さらに、サンゴ礁の光合成や溶解が、大気中の二酸化炭素濃度にもたらすフィードバックも評価します。

C01班は、複合ストレスに対するサンゴ礁の応答という本学術領域の目的の内、地球温暖化に対するサンゴ礁の応答に焦点を絞り、生物・化学過程については研究項目Aと、過去の生態系変遷は研究項目Bと共同で研究を進め、最終的には同じ研究項目Cの C02班とともに、ストレスに対するサンゴ礁応答モデルを構築して、温暖化する地球におけるサンゴ礁との共生・共存戦略を提案します。



1998年8月石垣島白保：白化したエダゴモンサンゴ

C01班メンバー

代表：茅根 創（東京大学理学系研究科）
菅 浩伸（岡山大学教育学研究科）
杉原 薫（福岡大学理学部）
波利井佐紀（東京大学理学系研究科）
本郷由軌（東京大学理学系研究科）

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**

サンゴ礁生態系には、海水温上昇や酸性化などの様々なグローバル（地球規模）ストレス要因に、隣接する陸域からの赤土流入や窒素・リン等の栄養塩流入といったローカルストレス要因が重なる形で複合的に作用しています。しかも、これらのストレス要因はそれぞれ独立に作用するのではなく、様々な物理・生化学的プロセスに基づく相互作用過程を経由してサンゴ礁生態系に作用しているものと考えられます。

C02班では、このようなグローバル+ローカル環境要因が複合的にサンゴ礁生態系に波及するプロセスを包括的に評価するとともに、複合ストレスの将来予測を可能とするスキームの構築を目指します。そして、そのような複合ストレスに対するサンゴ礁生態系の応答過程を記述するためのモデル開発を行い、ローカルな土地利用形態やグローバルな温暖化ガス排出等に関する様々な複合ストレス生成将来シナリオのもとでのサンゴ礁生態系の応答を定量評価することにより、サンゴ礁生態系が維持可能な複合ストレスレベルを同定し、ストレス制御のための科学的指針を提供することを目的とします。

サンゴ礁生態系応答モデル開発にあたっては、物質循環・炭酸系動態モデルをベースとして、A01・A02・C01班による複合ストレス下におけるサンゴの生物学的・化学的応答素過程に関する知見を組み込むとともに、群集間相互作用等も考慮した形での物理・化学・生物学的連成過程統合モデルの構築を行います。



サンゴ礁を中心とする沿岸生態系に対する複合ストレスとその主要な波及効果

C02班メンバー

代表：瀬岡和夫（東京工業大学情報理工学研究科）
宮島利宏（東京大学海洋研究所）
渡邊 敦（東京工業大学情報理工学研究科）
田中泰章（東京工業大学情報理工学研究科）

2009年3月27日～30日 石垣島&瀬底島巡検報告

一人とサンゴ礁の新しい関係を模索する試みが、本格的にスタート！

田中 泰章 (C02 班 / 東京工業大学大学院情報理工学専攻)

今回の巡検は、人文・自然科学の多岐にわたる研究分野から総勢40人以上が参加して行われました。各研究班がこれまでに行ってきた調査の概要や今後の計画、「サンゴ礁学」の共通目標などを現場で共有することが狙いです。石垣島では、名蔵川・轟川流域に広がる先史時代の遺跡や、津波によって海から打ち上げられたと思われる大浜地区崎原公園内の巨大な津波石、白保のサンゴ礁池内に広がるハマサンゴ・アオサンゴ群集などを見学しました。また、瀬底島では琉球大学の臨海実験所を探访し、飼育水槽や実験室の設備を確認するとともに、シュノーケリングで実験所周辺の海洋生物を観察しました。巡検期間中には、環境省国際サンゴ礁研究・モニタリングセンターと、WWFサンゴ礁保護研究センター「しらほ

サンゴ村」にて三度の会議が行われ、今後の「サンゴ礁学」の方針について、様々な観点から活発な議論が行われました。主な議題は、①サンゴ礁における現実的な環境変動(地球温暖化のような長期的変化や台風・赤土などの突発的な変化)は時空間的に様々なスケールを持つが、それを実験室レベルの研究でどのように評価するのか、②サンゴ礁という海の保全・再生だけを考慮するのではなく、そこに生活する人々との調和をどのように保ち、評価するのか(人文科学と自然科学のリンク)、③得られた研究成果を最終的にどのような形でサンゴ礁に適用していくのか(行政・社会・研究者のネットワーク)、などです。人とサンゴ礁の新しい関係を模索する試みが、本巡検から本格的にスタートしました。



遺跡巡検風景：名蔵湾沿岸に立地する平地原遺跡にて



1日目セミナー風景：環境省国際サンゴ礁研究・モニタリングセンターにて

参加者の感想

大慈彌 みち子 (A01 班 / 琉球大学理工学専攻後期博士課程)

これまでに石垣島には何度か訪れてはいたものの、もっぱら海に行くのに忙しく、陸上についてはレンタカーでドライブする程度で、思いを馳せたことは恥ずかしなありませんでした。今回の巡検で、河川を見学する機会があったのですが、自然と海に向かい歩いていたら、『そっちゃんなくて川上に行くよー！』と言われてしまいました。いかに「海」しか頭にないかが思い知らされた場面でした。巡検に参加させて頂き、陸域から観る海域の変遷、人間活動による海の変遷、そして、海の変遷による人間活動の変化等、海の中だけではなく、サンゴ礁域を幅広い視点でとらえていく重要性を再認識することができました。資料作成や案内役をして頂いた関係者の皆様、どうもありがとうございました。



名蔵川の「川上」を見学している一行

小林 竜太 (B02 班 / 慶応義塾大学文学部前期博士課程)

今回の巡検で、名蔵湾沿岸の遺跡巡検を担当させていただきました。巡検中、「石垣には何度も訪れているが、名蔵の内陸は初めて歩いた。」というお話を聞いて、私はギョッとしました。いままで「名蔵」と聞けばその周辺の遺跡ばかりが頭に浮かびました。けれども、思えば私も海に出て白保のサンゴ礁をみたのは、初めてのこと。また考古学の巡検では遺跡立地地点まで行き、そこから海を眺めて終わることが多かったのですが、現地での議事や瀬底の施設見学で、この遠く眺めていたサンゴ礁も一枚岩として語ることが出来ない多様な様相をもつことを強く感じました。今回の巡検を通じて、海と陸両方からみる視点と両方の多様な様相を認識する重要性を再確認しました。



名蔵湾沿岸の遺跡を案内している筆者

News & Information

「サンゴ礁学」
公式ロゴマーク決定

2009年5月より「サンゴ礁学」ロゴ・デザインをメンバーから公募しました。ご応募いただいた4つの作品の中から、ウェブ投票の結果、B02班の深山直子さん(日本学術振興会特別研究員)の応募案に決定しました。本領域の「人とサンゴ礁の新たな共生・共存系構築」という目的を図案化したロゴマークです。

「サンゴ礁学」
公式ホームページも
ご覧ください

<http://www.coralreefscience.jp/>
サンゴ礁学公式ホームページではより詳細な研究内容を紹介しています。「ニュース」では、今後の進捗状況をリアルタイムでお伝えするとともに、若手の会からの研究紹介や、サンゴ礁学メンバーによる日記など、様々な情報を発信します。あわせて、ご覧ください。

今後の予定

●7月～9月
石垣島&瀬底島にて
領域合同調査

●8月22日～25日
石垣島サマースクール開催
(本領域学生対象)

詳細は決定次第、ホームページでご案内します。



事務局から

昨年度から始まった「サンゴ礁学」は、これまで4回の総括班会合を重ね、いよいよこの夏の合同調査に向けた最終調整に入りました。サンゴ礁学若手の会も発足し、6月24日には事務局のあるつくばで若手研究会を開催。異分野の研究発表はとても刺激的で、今後もこういった機会を増やし、異分野の連携を進めていければと思っています。事務局 浪崎直子



2008年12月27日 第一回総括班会合の集合写真



サンゴ礁学 NewsLetter 【 Vol.1 】 ●発行日：2009年8月1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16-2

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>