T-1

フィールドワークを基にしたサンゴ礁地形研究

菅　浩伸

九州大・地球社会統合科学府

キーワード：測量，礁形成過程，マルチビーム，学際研究，琉球列島

フィールドにて地形を測り，記載することは地形学研究の基本である．高橋達郎先生は 1960～70 年代にかけて，主に西南日本をフィールドとして，岩石海岸の侵食地形であるショアプラットフォームの研究で大きな成果を上げられた．現地での緻密な観察と数百に及ぶ精密な断面測量を基に，ショアプラットフォームの地域的分布と形態について明らかにし，形成機構および形成高度と海水準との関係について論じた．1970 年代半ばからは，サンゴ礁地域の海岸地形に研究フィールドを広げられ，徳之島，トカラ列島口之島， 多良間島，粟国島，久米島，石垣島などで精密な断面測量や記載を中心としたフィールドワークと，空中写真を用いた地形判読を進めた．また，「サンゴ礁地形は，沿岸水域における生態系と極めて密接な関係をもつ．礁構造解明には，サンゴをはじめとする諸生物群集の生態学的調査なくしては充分でないといってよい.」（高橋ほか 1983）との考えのもと，石垣島白保・川平などをフィールドとして，琉球列島の礁地形とサンゴの帯状配列・棲み分けなどの関係を追求してきた．さらに，1984 年～85 年には久米島西銘崎で完新世サンゴ礁を貫く 13 本の掘削調査を行い，琉球列島のサンゴ礁の堆積構造と形成過程に関する理解を大きく前進させた．

高橋達郎先生の研究は，その後の琉球列島のサンゴ礁の地形・堆積構造・形成過程を明らかにする研究（沖縄島南部海岸や石西礁など）につながった．精密な断面図からは低平なサンゴ礁および海岸で起こる様々な現象を理解し，説明することができるが，先生の緻密な測量法はインド洋大津波後のモルディブにおける調査でも，多くの事実を明らかにすることにつながった．現在，演者らは空中写真で判読できない礁斜面の地形について，マルチビーム測深を用いた地形計測を行っている．作成した精密海底地形図を基に，様々な分野の研究者が共同で学際的フィールドワークを行い，現象の記載と説明に向けて努力している．

「分布を捉え，地形分類を行って分類図を作成することは，地形学における一つの任務であり，基礎的作業でもある．地形地域の特性を浮き彫りにする上で必須であり，地理学的作業でもある.」（高橋 1980）．地形学の原点に立ち返り，今後のフィールドベースのサンゴ礁研究へ向けての展望を議論する．

T-2

裾礁礁原上の微地形，「サンゴ塊」の定義と成因についての検討

中井 達郎

国士舘大学非常勤講師

キーワード：微地形，サンゴ塊，coral mass, coral head，裾礁，礁原，礁池

サンゴ礁上の地形調査において地形計測による断面調査は基本となる．描かれた断面図上に微地形や底生生物の分布が記載され，サンゴ礁の地形学－生態学的構造が明らかにされてきた．高橋達郎先生は琉球列島各地でこのような研究の先駆者であり発表者も大いに触発されてサンゴ礁地形研究に取り組んだひとりである．その中で気になってきた微地形がある．的確な地形学的定義がなされていないのである．

この微地形は，裾礁礁原上，特に礁池の礁嶺（前方礁原）寄りの一帯に分布する．基本的形状は，石灰岩塊に造礁サンゴなどの生物に付着したものである（図）．基部の水深は２～３ｍ以浅で，頂部は低潮位に対応する．頂部が低潮位に対応するのは，造礁サンゴ群体の常であるが，微地形本体の石灰岩塊も低潮位以下であり，これも造礁サンゴの成長による現地性のものと考えられる．なお，micro atoll もこの微地形と同じ一帯に分布するが，単一種の群体からなる micro atoll とは異なるものとして区別される．この微地形は，一般に coral head と呼ばれることがある．しかし，サンゴ礁の地形，微地形を図示し，用語を整理した Battistini,R., et al. (1975)では，coral head は環礁や堡礁の lagoon 浅所（裾礁の礁池より深い）に分布が示されており，かつ頂部は低潮位に達しないものとして描かれている．中森・井龍（1990）は，琉球列島の礁池内の同様の微地形に対して「サンゴの小さなパッチ」と表現している．このようにこの微地形について適切な定義と用語が与えられていない．そこで，裾礁礁原上，特に礁池の礁嶺寄りの一帯に分布する当該微地形を「サンゴ塊（coral mass）」と名付け，区別したい．なお，Battistini,R., et al. (1975)には，環礁や堡礁の礁原で顕著な微地形として，礁縁に直交する線状のパターン（reef flat with transverse stripes）が示されている．それは礁原の内側は lagoon となっており，外洋からの海水流動が陸地に遮られることなく，沖から直線的に作用するためだと考えられる．裾礁礁原上のサンゴ塊（coral mass）の配列は，部分的には短い直線状～弧状の配列もあるが，基本的には指向性の弱いランダムな配列となる．裾礁礁原を特徴づける微地形である．

サンゴ塊（coral mass）の成因には，２つのタイプがあることが予想される．それは，礁形成史ともかかわりを持つものと考える．タイプ１：主に塊ハマサンゴなどの micro atoll が死滅し，それが基礎の石灰岩塊なって，サンゴ塊が形成されたもの．これは現在の地形とそれが形成した礁池内の環境に対応するものと考える．タイプ２：過去の礁形成過程において，礁嶺が未発達の時期に，縁溝-縁脚系がそのまま礁原奥に延長し，縁脚に相当する部分がパッチ上となったもの．その場合，石灰岩塊はより波あたりの強い環境に生息する盤状などの形態の造礁サンゴによって形成されたものと考えられる．礁が発達した現在は２つのタイプが混在しており，タイプ２が多く残

るところでは，配列がやや直線上～弧状になっているものと推察される．

今回は，研究テーマのひとつを提示したに過ぎない．今後，さらなるデータ収集・整理と検討が必要である．

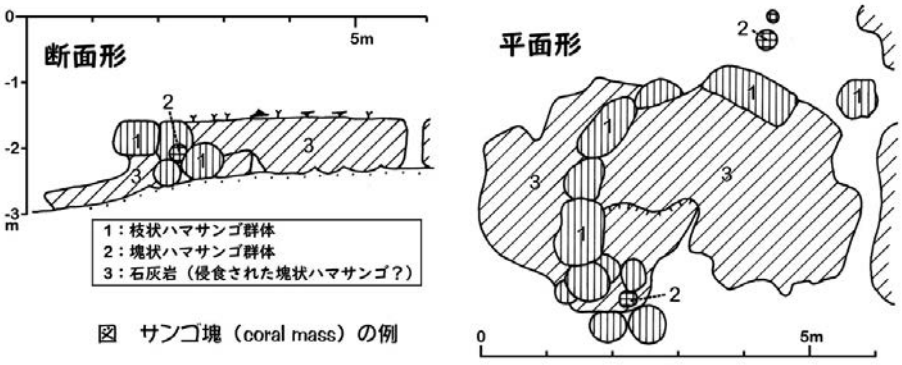


図　サンゴ塊（coral mass）の例

【引用文献】

Battistini,R., et al. (1975) Éelements de terminologie récifale indopacifique. téthys, vol.7, no.1, p1-111.

中森 亨・井龍 康文（1990）サンゴ礁の地形区分と造礁生物の礁内分布．サンゴ礁地域研究グループ編『熱い自然ーサンゴ礁の環境誌』古今書院, p39-56.

T-3

有孔虫の測線調査から見えてきた現在と過去のサンゴ礁環境

○藤田 和彦[1]

[1]琉球大・理

キーワード：生態分布，堆積物，石灰岩，IODP

測線調査はサンゴ礁地形の帯状構造，サンゴ礁生物の生態分布，生物－地形相互作用が創り出す環境勾配を理解する上で欠かせない調査手法である．演者も大学院での研究以降，琉球列島のさまざまなサンゴ礁域で測線調査を用いて有孔虫（生体・遺骸）分布と地形・環境との相関を調べてきた．本発表では，これまでの有孔虫測線調査の成果を紹介し，そこから見えてきた現在と過去のサンゴ礁環境に関する研究成果について概説する．

最初に測線調査を行った伊良部島佐和田の浜のサンゴ礁は幅の広い礁池をもつため，環境勾配に対する各有孔虫のすみ分けが明瞭に現れた．石垣島の川平・吉原の礁原と礁斜面において生体群集と遺骸群集の組成を比較した結果，生体群集のすみ分けが遺骸群集組成にも反映されており，化石群集への適用の可能性が広がった．阿嘉島では，生体有孔虫の分布・密度と，島の方位によって異なる流動環境（潮流・波浪）とを比較した結果，ホシスナ（*Baculogypsina sphaerulata*）はタイヨウノスナ（*Calcarina gaudichaudii*）に比べて波浪・潮流が大きい島の西部に多い傾向がみられた．沖縄本島では，人為影響（人口密度，人工護岸，埋立）との関連を調べた結果，人口が多くなるほど，また，港湾内など閉鎖的な環境では，有孔虫（生体・遺骸）の密度が減少する傾向を示した．瀬底島や久米島ハテノハマでは，有孔虫殻の放射性炭素年代を測定することで，堆積物の運搬経路や運搬時間を推定することができ，砂浜は過去（約700～1500年前）の堆積物で形成されていることが明らかとなった．

有孔虫の測線調査に基づく現世有孔虫の分布情報は過去のサンゴ礁環境の復元にも役立つ．沖縄諸島の沿岸に分布する港川層（粟石石灰岩）は有孔虫殻を主な構成分とし，浅い礁池で堆積した石灰岩と考えられてきたが，現世有孔虫の分布との比較から傾斜の緩やかな礁斜面の砂底に堆積したという新しい解釈を提案した．国際統合深海掘削計画（IODP）において，従来入手が困難であった最終氷期最盛期から最終後氷期のサンゴ礁堆積物コアを国際共同研究する機会を得た．第 310 次タヒチ航海で掘削されたコアの有孔虫化石群集を解析した結果，ターミネーションII（今から 2 つ前の氷期から最終間氷期への移行期）の海水準上昇過程の復元に成功した．さらに第 325 次豪グレートバリアリーフ航海では，最終氷期最盛期における 2 度の急激な海水準低下に伴って，サンゴ礁が形成されたことを明らかにした．

T-4

沖縄県久米島の離水サンゴ礁地形と年代

○山野 博哉[1]，佐々木 圭一[2]，北野 裕子[1]，佐久間 東陽[1,3]

[1]国立環境研 生物・生態系環境研究セ，[2]金沢学院大・基礎教育機構，[3]筑波大・システム情報工学

キーワード：海面変動，隆起，段丘，久米島

沖縄県久米島においては，現成のサンゴ礁に加えて離水サンゴ礁や州島などサンゴ礁に由来する多様な海岸地形が観察され，フィールドベースの研究の魅力的な対象となっている．離水サンゴ礁からなる海岸地形の形成史を明らかにするため，久米島の数カ所において地形断面測量と化石サンゴ（*Acropora robusta*，コリンボース状 *Acropora*，太枝状 *Pocillopora*，塊状及びマイクロアトール状 *Porites* 及びマイクロアトール状 *Leptoria*）の年代測定を行った．

久米島北部（熱帯魚の家）においては，地形面は四つ（仮 I 面～仮 IV 面とする）に区分され，仮 I 面（高度は平均海水面 MSL+350cm）の形成時期は 5500-4700 yBP（^{14}C 年代未補正値），仮 II 面（MSL+100~160cm）の形成時期は 3500-3000 yBP，仮 III 面（MSL+0cm）の形成時期は 2700-2600 yBP，仮 IV 面（MSL-60~100cm）の形成時期は 900 yBP から現世と推定された．久米島東部（スハラ川河口）においては，離水サンゴ礁の地形面は二つ（MSL+20cm 及び MSL-50~0cm）しか観察されなかったが，高位面は *Acropora* からなる礁嶺–塊状 *Porites* が分布する礁池の一連の帯状構造を持っており，年代は 4700-4600 yBP を示した．この年代は久米島北部の仮 I 面に相当する年代である．礁嶺の海側の低位面には塊状の *Porites* が広く分布しており，年代は 4000-3300 yBP を示した．また，ハテノハマ近くにおいては，マイクロアトール状の *Porites* が分布しており，仮 I 面に相当する 4700 yBP の年代を示した．

Kan et al. (1991, Geographical Review of Japan)によると，久米島北西部の離水サンゴ礁の表層の年代は約 5000 yBP であった．我々のデータとあわせると，5000-4700 yBP ごろに久米島の周囲に広く仮 I 面が発達する時期があったと考えられる．琉球列島の完新世海面変動史（Yamano et al., 2019, Estuarine, Coastal and Shelf Science）を考慮すると，仮 I 面は中期完新世の海面安定後間もなく発達したと考えられる．スハラ川河口においては，ハテノハマ周辺の仮 I 面を形成するサンゴ礁が 4700 yBP に形成されて波当たりが穏やかになったことにより，サンゴ群集が *Acropora* から *Porites* に変化したと考えた．

地形面形成には隆起が関わっていると考えられる．隆起時期は，仮 I 面と仮 II 面の間は 4000 yBP 前後，仮 II 面と仮 III 面の間は 3000 yBP 前後，仮 III 面と仮 IV 面の間は 1500 yBP 前後と推定され，離水ノッチの高度により相対的海面変動を復元した Pirazzoli and Delibrias (1983, Bulletin of Department of Geography, University of Tokyo)が示した年代値と矛盾しない．久米島北部と久米島東部の仮 I 面の高度差は 330cm 程度あり，傾動が強く示唆される．

今後，久米島の他の地域の離水サンゴ礁調査を進め，久米島の海岸地形の形成史を明らかにする予定である．

T-5

中部琉球喜界島に分布する MIS-6～5e の融氷期に沈水した化石サンゴ礁

○佐々木 圭一[1]，稲垣 美幸[2]

[1]金沢学院大 基礎教育機構，[2]金沢大 先端科学・社会共創推進機構

キーワード：サンゴ礁，礁性石灰岩，浅層掘削，氷期，αスペクトル法ウラン系列年代，喜界島

熱帯～亜熱帯の浅海域に豊かな生態系を築くサンゴ礁が，氷期–間氷期スケールの気候変動にどの様に応答してきたのか？その解明には氷期のデータが必要だが，海水準が 100m 以上低下していたため，試料の入手など困難で研究例が限られる．近年，約２万年前の最終氷期最盛期（海洋酸素同位体ステージ２: MIS-2）と一つ前の氷期 MIS-6 からそれに続く融氷期 Termination II（16～13 万年前）のサンゴ礁について，タヒチやグレートバリアリーフでの国際深海掘削や，サンゴ礁段丘の発達するバルバドスやパプアニューギニア・ヒュオン半島で成果が挙げられている（Thomas *et al*., 2009, Science など）．

熱帯域での研究が進む一方で，サンゴ礁分布域の拡大・縮小を検討するのに適した亜熱帯～温帯域での研究は更に少ない．サンゴ礁の北限に近く 28°19’N に位置する喜界島には琉球層群が広く分布し，明瞭な不整合面で，下位の百之台層（40 万年前より古い）と上位の湾層に二分される．活発な隆起運動に伴い，湾層から構成されるサンゴ礁段丘が発達する．標高 200 m の最高位「百之台」が 12.5 万年前（MIS-5e）に形成されたと考えられてきたが，その後の再検討により約 10 万年前（MIS-5c）と修正され，MIS-6 のサンゴ化石が分布・露出していることが報告された（Inagaki & Omura, 2006, 第四紀研究）．しかし，地層の分布や層序について十分に解明されていない．

本研究では，その後の露頭およびボーリング掘削（６地点 11 孔：㈱ジオアクト）調査とサンゴ化石のαスペクトル法ウラン系列年代に基づいて，百之台段丘に分布する礁性石灰岩（湾層）の層序を示し，MIS-6 の氷期サンゴ礁の特徴を報告する．各地点での岩相層序を対比し，信頼性の高いウラン系列年代から以下の層序が組み立てられた．下位から百之台層を不整合で覆う層厚 60～100cm のロドリス石灰岩，層厚 30～150 cm のサンゴ石灰岩，層厚 100～200 cm のサンゴやロドリスを伴う生砕屑性石灰岩，層厚 30～110 cm の *Cycloclypeus-Operculina* 石灰岩およびロドリス石灰岩，そして明瞭な境界を挟んで最上部を層厚 50～320 cm のサンゴ石灰岩が覆う．主に塊状から板状の造礁サンゴ化石から構成されている下位のサンゴ石灰岩は，15.5～13.0 万年前のウラン系列年代に基づき，MIS-6 からその後の融氷期に対比される．そして上下を島棚堆積物に挟まれることから，島棚環境から浅海化し，再び島棚環境に戻るという相対的低海面期にこのサンゴ石灰岩が堆積したと考えられる．以上の結果から，喜界島では MIS-6 の低海水準期（氷期）に，層厚 1 m 前後の石灰岩として残るサンゴ礁が形成され，その後に続く融氷期 T-II の海水準上昇についていけずに沈水，埋没したことが明らかになった．

T-6

サンゴ礁研究におけるフィールドワークの記録・資料とその活用

佐藤 崇範

琉球大・島嶼地域科学研究所

キーワード：サンゴ礁，フィールドワーク，調査記録，研究資料，研究データ管理

高橋達郎先生は，ご自身の「研究史を整理する意図」も込めて『サンゴ礁』(1988)を上梓された．本書は，サンゴ礁という自然環境の素晴らしさを，そしてそこで行うフィールドワークの楽しさを，一般の読者や若手研究者にも分かり易く平易な文章で綴られているが，その内容は具体的かつ学術的な事例を基にされており，サンゴ礁におけるフィールドワークの記録としても大変重要な文献である．

フィールドワークを行う研究者は，フィールドノートや調査日誌，調査票，図面，写真，音声，動画などで調査記録を残し，また標本やサンプルを採集・採取する．それらを元にして刊行された研究論文や報告書などの研究成果によって，明治期以降の近代科学をベースとしたサンゴ礁研究におけるフィールドワークの時空間的広がりを概観することが可能であり，調査地域のサンゴ礁環境の歴史を知るための重要な情報源にもなっている．しかし，論文等で記述される情報は，研究者がフィールドで見聞きし，考え，記録した膨大な情報のごく一部でしかない．フィールドワークで得られた記録には，調査手法や対象とする生物・自然現象の詳細な情報のみならず，研究を進めるにあたっての内的・外的な要因，当時の地域社会や周辺の自然環境の状況などにつても言及されている場合が多い．そのため，科学史・地域史，社会学など様々な分野にわたる学術資源として多面的な価値をもつ．しかし，これらの記録はこれまでほとんど顧みられることがなく，高橋先生の『サンゴ礁』のように研究史としてまとめられることは稀であり，多くは散逸・消失しているのが現状である．

本発表では，まず，1980 年代までの日本におけるフィールドワークを主としたサンゴ礁研究について，拠点となる施設・機関や研究グループ等の活動に注目して概観する．次に，それらの活動を担ったサンゴ礁研究者のフィールドワークの記録等について，その保存・管理状態の現状を報告する．最後に，自然科学全般におけるフィールドワークの記録等の利活用事例を紹介し，サンゴ礁研究においても同様なアプローチが有効か検討する．

これまでに残されてきた，フィールドワークの記録も含めた研究の過程で作成・収受された様々な「研究資料」を適切に保存・管理し，具体的な利活用事例を示していくことは，これからの研究者に求められる「研究データ管理（RDM)」・「研究記録管理（RRM)」の意義について理解を深め，オープンデータ，オープンサイエンスを推進していくためにも，重要な役割を果たすものと考えられる．

T-7

地形研究から漁撈研究へ——奄美大島大和村の漁師の導き

渡久地 健

元琉球大

キーワード：サンゴ礁，微地形，底質，民俗分類，漁法

高橋達郎先生はその著『サンゴ礁』の中で記している．「サンゴ礁の地形をより詳細に知っているのは，漁民である．漁をする人にとって，海底の地形を熟知していることは必須のことであろう．一つ一つの微地形を識別し，名称を与え，それを伝承してきた．表 5 は，サンゴ礁地形の沖縄方言を琉球大学の島袋伸三さんが収集したものである．その識別の細かさと的確さには，驚嘆させられる．これこそ，まさに地についた文化である」（高橋 1988, p. 159／引用文中の「表 5」は，島袋 1983 所載の表である）．長年サンゴ礁地形研究に携わってきた者のなかには，サンゴ礁で漁をする漁師の環世界 Umwelt（漁師が捉えているサンゴ礁の世界）に，自らそれを調査することがないにしても，強い関心を寄せる人がいる．高橋先生は，そのような研究者の一人であった．

戦後日本の地理学におけるサンゴ礁地形研究の嚆矢である堀信行は，早くも 1970 年代後半に，与論島のサンゴ礁微地形をめぐる民俗分類に関して，微に入り細を穿つような研究を重ねた（堀 1979 ； 1980 など）．演者も，堀の研究に啓発されて，サンゴ礁微地形の民俗分類の研究を久高島で着手した（渡久地・高田 1991）．しかし，この久高島における研究を含めて，それまでの地理学におけるサンゴ礁微地形の民俗分類に関する研究は，漁撈活動との関係にまで踏み込んではいない．サンゴ礁微地形の民俗分類や地名という知識が，具体的な漁撈活動においてどのように実践されているかを明らかにする研究は，生態人類学の高橋そよによる伊良部島における研究（高橋 2004）が最初である．

演者は，2008 年以来，奄美大島大和村大棚の一漁師に，サンゴ礁における漁撈活動について聞き書きを続けている．最初は，サンゴ礁微地形の地元での呼び名（方名）や具体的な漁場に施された地名の調査であったが，漁師の導きによって，捕獲される海洋生物と地形・底質との結びつき，捕獲方法（漁法）にまで調査を広げていく結果となった．高橋達郎先生がいみじくも記しているとおり，サンゴ礁で漁獲をあげるには，「海底の地形を熟知していることは必須のこと」であった．

本発表では，サンゴ礁地形学をバックグランドにする演者が，奄美大島大和村の漁師の導きによって開始した，奄美・沖縄における漁撈研究の成果の一端を紹介し，サンゴ礁微地形・底質と漁撈活動の生態的な関係について論じることにする．末筆ながら，学会などにおいて，温かい励ましをいただいた高橋達郎先生のご冥福をお祈りいたします．

T-8

フィールドベースの長期サンゴ研究の実例と提案

○酒井 一彦
琉球大学・熱生研

キーワード：サンゴ群集，サンゴ個体群，サンゴ幼生定着，長期変動，潜水調査

私は大学院生であった時から約 40 年間，潜水調査を主にサンゴ集団（個体群と群集）の野外調査を続けてきた．特に 1998 年に沖縄島で起こった高水温によるサンゴの大規模白化によるサンゴの大量死後は，大規模攪乱後のサンゴ集団回復のダイナミクスを知るべく，性的に成熟したサンゴ群体（以下，「親サンゴ」）量と幼生定着量の変動の時空的関連を，沖縄島西海岸と慶良間諸島で約 20 年にわたり毎年調査してきた．本発表では 1998 年の大規模白化によるサンゴ群集の変化を概観した後に，大規模白化後 20 年間の調査を経てようやく明らかとなってきた，これら地域での親サンゴ量と幼生定着量が関連する時空的パターンを紹介し，長期のフィールドベースの研究によってはじめて解明できることの実例を紹介する．またフィールドベースのサンゴ研究には，比較的短期間で完結する研究もあることを，2016 年に沖縄島で起こった中程度の高温ストレスがサンゴに及ぼした影響に関する研究で紹介する．

私の場合上述の“親サンゴ－幼生定着”研究では，開始後 10 年程度は複数の地域で共通な両者の関係のパターンが見えず，研究を終了しようかとも考えた．しかし研究を継続した結果，やっとパターンが見えてきた．このことは，長期のフィールドベース研究によってしか解明できない課題があり，これら研究はとにかく続けることが必要であることを意味するだろう．またフィールドベースの研究でも，研究途中で変わる可能性も織り込んだ上で，適切な仮説を立て，それを検証する研究計画が不可欠であろう．

特に若手研究者にとっては，長期間研究を続けてやっと論文となる研究課題のみを実施することは危険であろう．このため私は長期にわたるフィールドベースの研究を行う際には，短期的に結果の出るフィールドベースやラボベースの研究も組合わせて実施して行くことを提案する．

T-9

礁形成モデルと簡易測深機による検証：太平洋とインド洋を中心に

○堀　信行

奈良大・総合研究所

キーワード：礁形成モデル，礁形成海域，デイリー点，核心域，周辺域，

高橋達郎先生が，『サンゴ礁』（1988）を出版されてから 31 年になる．先生のサンゴ礁への熱い思いを胸に，サンゴ礁の魅力が地形研究者の目を通して語られている．お人柄を反映して，語り口は穏やかで控えめながら，フィールドで培った実感と見識は，論理的で力強い．サンゴ礁を総合的な視点からまとめられたこの本は，サンゴ礁研究を志す人たちにも今なお親しまれ，その魅力を保っている．

この本が出版された 10 年前に演者は，表題の礁形成モデルを提唱した（Hori,1977）．その 3 年後，モデルを日本のサンゴ礁に焦点を当て，その地形的特徴を世界全体の中に位置づけた（堀，1980）．高橋先生は本の第Ⅱ部 9 章「世界サンゴ礁分布図」において演者の提唱したモデルの要点を汲み取って，丁寧に紹介してくださった．一方，この本が出た当時，演者は海図の地形計測から得た礁形成モデルの問題点として，礁縁部付近の測深値が海図では極めて少ないため，礁斜面の地形把握が詳細にできていないことを実感していた．このため現地で実測値を得てモデルを検証することの重要性を一層強く感じていたので，演者は簡易測深機を持参して琉球列島を皮切りに，1980 年代から 90 年代にかけて世界各地に赴き，礁斜面の測深に取り組んでいった．

当時，サンゴ礁の地形研究において，礁斜面の地形的意義や重要性は殆んど注目されていなかった．しかし，演者は礁形成モデルから礁斜面の基底深度（デイリー点）と斜面の地形が，礁地形の形成史の謎を解く鍵を握っていると確信して，太平洋側ではグアム，パラオ，ニューカレドニア，ポーンペイ（ポナペ），フィジー，トンガ，ハワイ，ラロトンガ，ボラボラ，インド洋側では，紅海のポートスーダン，ケニア，スマトラの東隣ニアス島の東，ヒナコへと測深して歩いた．ここに列挙した測深地点は，それぞれに選択理由があるが，全体的な理由としては以下の通りである．

海図の地形計測から作業仮説が検証され，その結果として氷期の低海水準期にもサンゴ礁の形成が行われた礁形成海域である「核心域」を実測値で確定するために，「核心域」の縁辺部付近の島々を意図的に選んだ．「核心域」の礁斜面ならば，礁縁部から礁斜面の基底部（デイリー点）までの斜面勾配は極めて急で，垂直に近い斜面形を示すはずである．

このようにして現地調査で得た測深結果は，簡易測深機としての精度の問題はあるが，全体としては海図による地形計測の結果を支持するものであった．ただ一部に，例えば紅海のポートスーダン周辺のサンゴ礁は，間氷期に入ってから礁形成が行われたとして「周辺域」に入れてあったが，測深の結果，礁斜面が「核心域」の特徴を示すものが多く，将来への検討課題も得ることができた．

P-1

硬骨海綿を使った過去の海水 pH の推定

○田中　健太郎[1]，白井　厚太朗[1]，北村　晃寿[2]，上野　大輔[3]
矢島　健[4]，佐々木　猛智[5]，新城　竜一[6]
[1]東大・大海研，[2]静大・理，[3]鹿大院・理工，[4]東大・物性研，[5]東大・総合博物館，[6]琉大・理

キーワード：海洋酸性化，炭素循環，サンゴ礁，硬骨海綿

海洋は炭素を貯蔵する働きを持ち，大気と海洋では二酸化炭素（CO_2）の交換が起きるため，大気中二酸化炭素と海水 pH には相関が生じる．産業革命以降，大気中に排出された人為起源の CO_2 の一部が海洋に溶解し pH が低下する海洋酸性化が進行している．また，化石燃料を起源とする炭素同位体が低い CO_2 が海洋に溶解するため，海洋の溶存無機炭素の炭素同位体比が低下している．こうした海洋による炭素貯蔵は大気中 CO_2 濃度の上昇を抑制し，炭素貯蔵量の変動は地球温暖化の進行にも影響を及ぼすと考えられる．したがって，将来の海洋酸性化と海洋の炭素貯蔵量の推移を予測することは重要であり，そのためには海水の pH と溶存無機炭素の炭素同位体比を過去に遡って推定する必要がある．

有孔虫やサンゴ骨格のホウ素同位体比を利用して過去の pH を推定する研究が広く行われてきた．特に数十~百年以上の寿命を持つハマサンゴ骨格のホウ素同位体比を利用して，海洋酸性化の進行が活発となった 20 世紀以降の海洋 pH を復元する試みが広く行われた．一方，サンゴの骨格が形成される石灰化母液 pH は海水の値よりも高く，呼吸や光合成など代謝の影響を受けて変化することが近年の研究で明らかとなった．こうした代謝の影響はサンゴ骨格のホウ素同位体比を利用した海水 pH 復元の精度・確度を著しく低下させる場合がある．

本研究では，サンゴ骨格の代わりに硬骨海綿の骨格を利用して過去の pH を推定した．沖永良部島（水深 4.8 m）から採取された硬骨海綿骨格（*Acanthochaetetes wellsi*, 高マグネシウムカルサイト）のホウ素同位体比から推定した pH は海水 pH とほぼ一致し，サンゴと比較して代謝の影響は軽微と示唆された．硬骨海綿骨格の成長軸に沿って測定した炭素同位体比は低下傾向を示し，海洋の無機溶存炭素の同位体比低下を記録すると考えられる．これらの結果から，硬骨海綿のホウ素同位体比と炭素同位体比を組み合わせれば，海洋の pH と炭素貯蔵量を過去にさかのぼって推定できると期待される．また，本研究では伊江島の海中洞窟の堆積物コアから採取した硬骨海綿（*Astrosclera willeyana*, アラゴナイト）の化石骨格を分析した結果も合わせて発表する．

P-2*

ハワイオアフ島の現生サンゴ骨格を用いた Sr/Ca 比と水温のキャリブレーション

○内山 遼平[1], 渡邊 剛[1,2], 野尻 太郎[3], 渡邉 貴昭[1,4], Samuel.E.Kahng[5], 山崎 敦子[1,2,6]

[1] 北大・院理, [2] 喜界島サンゴ礁研究所, [3] 北大・理, [4]Universität zu Kiel, [5]Hawaii Pacific University, [6] 九大・理

キーワード: サンゴ, ハワイ, Sr/Ca 比, 古環境復元

造礁サンゴ骨格中の微量元素濃度や同位体比は生育環境の指標として用いられており,サンゴ骨格を用いることで過去の海洋環境を復元することが可能である.なかでもサンゴ骨格中のストロンチウム/カルシウム比（Sr/Ca 比）は過去の表層の海水温(SST)を調べるために用いられている.これらの指標としての精度を調べ,過去の環境変動の復元に応用するためには,微量元素の取り込みと生息環境の関係についてさらに解明する必要がある.本研究で用いたサンゴはハワイオアフ島東岸で 2019 年 3 月 14 日に採取されたものである.この地域での水温は一年間に 21℃～30℃で変動しており,本研究では現場観測水温がサンゴ骨格中 Sr/Ca 比とどれほど相関をもっているかを調べた.この採取地点の特徴は周囲に川がないことや,後背地の崖によって風による陸起源の影響を受けづらいことである.これにより水温と Sr/Ca 比の相関がより純粋にあらわれることが期待されるため,広域な北太平洋の環境記録となる可能性を秘めている.本研究ではまず,板状にスライスした試料の軟 X 線画像を撮影し,密度の濃淡を繰り返す縞々を観察した.この縞々が成長方向に垂直に形成されることを踏まえ,成長方向に沿ってサンプルを 0.2 mm 毎にミリングし,骨格中の Sr/Ca 比を ICP-OES で分析した.さらに,試料採取地点に設置されたデータロガーで 2018 年 3 月 1 日からサンゴ採取日まで測定された一年間分の SST を用いて,Sr/Ca 比の変動と比較した.分析された範囲では Sr/Ca 比の周期的変動が 10 回確認された.Sr/Ca 比変動のグラフと軟 X 線画像を重ね合わせることで,その増減は骨格密度の高低と一致しており,高密度部分では Sr/Ca 比が高く,低密度部分では Sr/Ca 比は低くなっていることがわかった.この密度の変動を季節変動により刻まれる年輪であると仮定すると,Sr/Ca 比分析の 1 スポット(0.2 mm)が 2 週間以内の時間解像度をもつことがわかった.Sr/Ca 比の最大値と SST の最小値,Sr/Ca 比の最小値と SST の最大値をそれぞれ結び,その間の成長速度を一定と仮定することで,Sr/Ca 比変動の時間軸を作った.これによって同じ日時に相当する Sr/Ca 比と SST の相関を調べるとこれらが強い相関を持つことが明らかになり，さらに Sr/Ca 比と SST の換算式の傾きは先行研究によるものと概ね一致していた．これらのことから本研究はハワイのサンゴ骨格中 Sr/Ca が水温指標として有意であることを示し,高解像度での古環境復元の可能性を示唆した.

P-3

20 世紀後半の環境変動に対する石西礁湖塊状ハマサンゴの頑健性

○岨 康輝 [1,2,3]

[1]JAMSTEC，[2] 東邦大学理学部化学科，[3] 東京大学地震研究所

キーワード：石西礁湖，ハマサンゴ，日射量，高水温ストレス，オニヒトデの大量発生

塊状ハマサンゴは北西太平洋でサンゴ礁を形成する主要なサンゴ種であり，地球・地域規模の環境変動に対する耐性が高い．そのため，塊状ハマサンゴの骨格成長はサンゴ礁生態系の健全性指標ではなく，礁地形の形成・崩壊指標となる可能性がある．この指標は，効率的なサンゴ礁保全政策の策定にとって重要な指針の１つになることが期待される．指標開発のためには，自然環境下で塊状ハマサンゴの骨格成長に大きく影響を与える環境要因を明らかにする必要がある．しかしながら，塊状ハマサンゴの骨格成長と生息海域の環境情報が不足しているため，両者の関係性を十分に明らかにできていなかった．

石西礁湖は，日本を代表するサンゴ礁である．1970 年代以降のオニヒトデの大量発生やサンゴの白化現象の観測を契機に，近年同サンゴ礁のモニタリング調査が開始された．また，石西礁湖周辺では，気象庁等によって海洋･気象情報が日単位で記録されてきた．以上から，石西礁湖は環境変動に対する塊状ハマサンゴ骨格の成長応答を明らかにするための最適な研究海域の１つであるといえる．実際に 2000 年には，石西礁湖から多数の塊状ハマサンゴの円柱試料が採取され，骨格成長率が計測された (Omata *et al*., 2002)．しかしながら，塊状ハマサンゴの骨格成長率は海水温の効果に限定された議論だけ行われてきた．

そこで本研究では，報告された塊状ハマサンゴの骨格成長率と海水温以外の環境要因との関係性を検討した．塊状ハマサンゴの骨格成長率偏差を応答変数とし，説明変数を海水温，降水量，日射量とオニヒトデの大量発生強度に設定した．一般化線形モデルの選択にはベイズ情報量規準を用い，傾きの推定値が有意(p<0.05) である説明変数をモデルとして採用した．選択したモデルの説明変数の傾き値の推定には，自己相関構造を考慮した状態空間モデルを用いた．その結果，日射量の傾きのみ, 94%のベイズ信頼区間で 0 を含まない値であった．この結果は，石西礁湖の塊状ハマサンゴ骨格の成長率は日射量に大きく影響を受けてきたことを示唆する．同時に，塊状ハマサンゴは 2000 年までに起こった高水温ストレスやオニヒトデ大量発生に対して高い頑健性があることを示唆する．

P-4

台湾緑島ハマサンゴに記録された 1997/98 年白化イベント；サンゴと渦鞭毛藻の共生系におけるレジームシフト

○池田　昌隆[1]，渡邊　剛[2]，渡邉　貴昭[2]，山崎　敦子[3]，大森一人[4]，
Chiang Hong Wei[5]，Chuan-Chou Shen[5]
[1]北大・高等教育，[2]北大・理，[3]九大・理，[4]道総研，[5]NTU

キーワード：エルニーニョ，炭素同位体比，レジームシフト，年輪，白化

1997/1998 に起きたエルニーニョにより世界中の多くのサンゴが大きな被害を受け白化した．台湾に生息するサンゴも 1997/1998 エルニーニョの影響を受け一部は死滅し一部は生き残った（Goreau *et al*. 2000）．台湾本島の南東 35km の太平洋上に位置する緑島で採取した *Porites* の骨格中の Sr/Ca 比は 1998 年夏に大きなピークがあり，骨格中の $\delta^{13}C$ と Mg/Ca 比には 1997/1998 エルニーニョ後に大きな減少がみられるが，骨格中 $\delta^{18}O$ には Sr/Ca 比や $\delta^{13}C$ などのような異常は見られなかった. Wang *et al.*（2018）によるとこのような $\delta^{13}C$ のレジームシフトの原因として，成長速度の変化，サンゴに共生する渦鞭毛藻のタイプの変化，そしてサンゴ中の渦鞭毛藻密度の減少が考えられる．本研究の場合 1997/1998 エルニーニョの前後において成長速度は変わらない．さらに *Porites* 中の渦鞭毛藻のタイプは C15 の単一であると D'Angelo らが報告している（2015）．これらのことから本研究で見られるサンゴ骨格中 $\delta^{13}C$ のレジームシフトは 1997/1998 エルニーニョによる高水温のために共生藻密度が大きく減少したためと考えられ本発表で議論する．

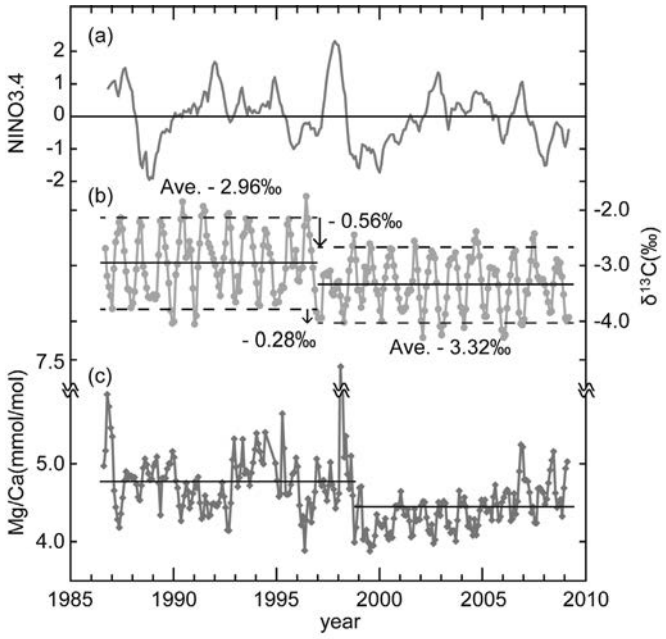


図　(a)エルニーニョ指標 NINO3.4　(b)サンゴ骨格中の炭素同位体比 $\delta^{13}C$
(c)サンゴ骨格中の Mg/Ca 比　の時系列

P-5

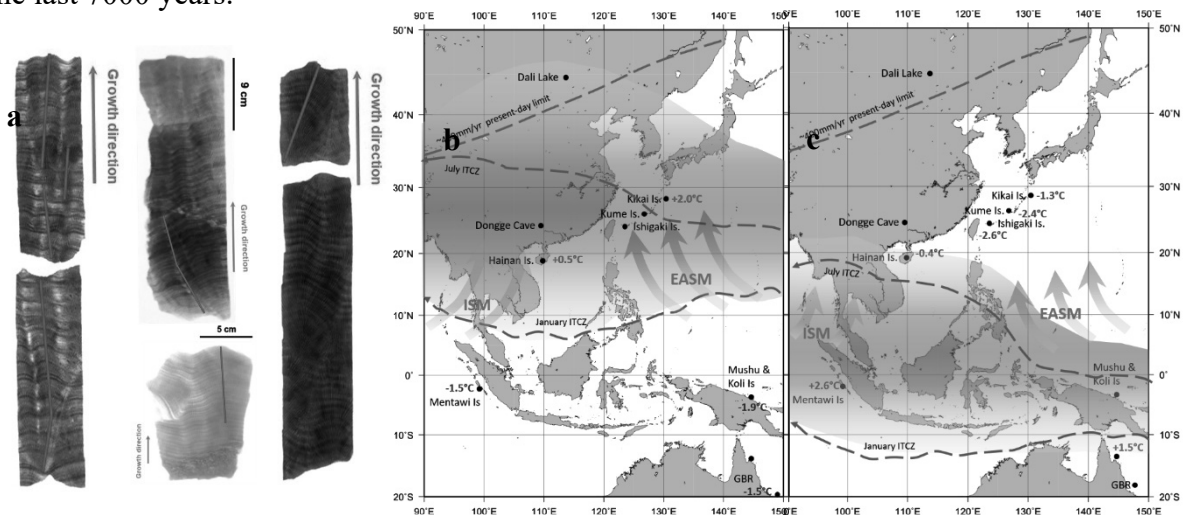
Corals reveal interhemispheric ITCZ migration in western Pacific over the last 7000 years

Kevin L. Garaso[1,4,5], Tsuyoshi Watanabe[2,4], Atsuko Yamazaki[3,4]

[1] Graduate School of Science, Hokkaido University, [2] Faculty of Science, Hokkaido University, [3] Faculty of Science, Kyushu University, [4] Kikai Institute for Coral Reef Sciences, Kikai Town, Kagoshima, [5] Mines and Geosciences Bureau, Department of Environment and Natural Resources

Keywords: corals, Sr/Ca, oxygen isotope, ITCZ, monsoon

The intertropical convergence zone (ITCZ), driven by cross-equatorial temperature gradient, affects monsoon rainfall variability. Two contrasting mechanisms: 1) north-south migration and 2) expansion-contraction, result in a continuous debate on the ITCZ dynamics in the Holocene. Here we present coral-based interhemispheric sea surface temperature (SST) anomalies from northwestern Pacific and southwestern Indo-Pacific to show ITCZ migration over the last 7000 years. Coral Sr/Ca records show that the divergent interhemispheric SST trends indicate a northern position of ITCZ from ~5000 to 7000 years ago, then migrated southward towards ~3000 years ago. The northern position of ITCZ and enhanced East Asian summer monsoon (EASM) led to the advance of rainfall to mid-latitude, thus depriving rainfall in the Indo-Pacific. The southward ITCZ migration and weakened EASM resulted in the aridification of the northwestern Pacific. Monthly $\delta^{18}O_{seawater}$ shows that ITCZ position influences the onset and duration of boreal summer rainfall. Our findings suggest that ±1-2°C changes in seasonal SST gradient ($\Delta SST_{summer-winter}$) triggered drastic changes in northwestern Pacific hydroclimate from the last 7000 years.



a. Xray photographs of corals (modern and fossils) from Kikai Island

b. Schematic diagram of rainfall distribution in Western Pacific during mid-Holocene indicating a northern position of ITCZ due to warmer Northern hemisphere and enhanced EASM

c. ITCZ migrated southward due to cooler northern hemisphere and weakened EASM resulted in arid

P-6

フィリピン産化石サンゴに記録された鮮新世温暖期のエルニーニョ南方振動

○加山 新[1]，渡邊 剛[2,4]，山崎 敦子[3,4]，加瀬 友喜[5]

[1]北海道大・B4，[2]北海道大・院理，[3]九州大・院理，[4]喜界島サンゴ礁科学研究所，[5]国立科学博物館

キーワード：サンゴ礁，鮮新世，ENSO，XRD，SEM

エルニーニョ南方振動（ENSO）とは大気ではインドネシア付近と南太平洋東部で海面の気圧がシーソーのように片方の気圧が平年より高いと，もう片方が低くなる傾向に変化することである．海洋では赤道太平洋の海面水温や海流が変動することである．鮮新世温暖期の気候は地球に届く太陽光の密度，大陸の地理的な配置，二酸化炭素濃度が現在の地球環境に近いとされている．また，全世界の平均気温は今日より 2－3℃高いということも報告されている．このことより鮮新世温暖期の気候は地球温暖化が進んだ将来の地球環境に似ていることが考えられる．したがって鮮新世温暖期のエルニーニョ南方振動を復元することは将来の気候変動を予測することにつながる．本研究ではフィリピンのタルタロから採集した鮮新世温暖期のサンゴ化石を用いて分析を行う．サンゴはアラゴナイトの骨格を形成するが続成を受けるとカルサイトに変化してしまう．そのためどの程度アラゴナイトからカルサイトに変化してしまっているのか続成作用を見る必要がある．X 線回折法（X-ray Diffractometer：XRD)及び走査電子顕微鏡（Scanning Electron Microscope：SEM）を用いて続成作用を計測した．XRD は一定波長の X 線を分析試料に照射し，回折パターンからカルサイトの含有量を測定した．SEM は電子顕微鏡の写真から続成作用の有無を確認した．そして続成を比較的受けていない個体は，安定同位体質量分析装置（MAT253）で酸素同位体比を測定する．サンゴ骨格の酸素同位体比は析出した時の水温と海水の酸素同位体比に依存する．エルニーニョ現象時の海水温と降水量の異常はサンゴ骨格の酸素同位体の変化方向と一致するためエルニーニョ現象をとらえることができる．本研究では将来の温暖化におけるエルニーニョ現象を予測するために重要な知見を与える鮮新世温暖期のエルニーニョ南方振動を復元することを目的とする．

P-7

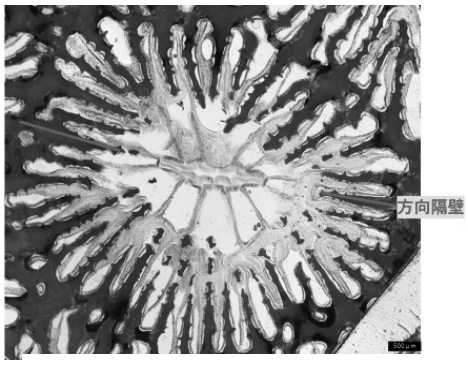
薄片によるキクメイシモドキの硬組織と軟組織の同時観察

○田尻 理恵[1]，徳田 悠希[2]，江﨑 洋一[1]

[1]大阪市大・院理，[2]鳥取環境大

キーワード：キクメイシモドキ，軟組織硬組織，薄片，褐虫藻，euendoliths

特徴的な黒色骨格を有する六放サンゴのキクメイシモドキ（*Oulastrea crispata*）は，時には汚損物質が被覆するようなタイドプールなどの極浅海域に生息し，有藻性サンゴとしては最北域まで分布している．従来その軟組織のみ，もしくは硬組織のみを用いた研究は行われてきた．しかし，その硬組織と軟組織との直接的な関係や莢の内部での褐虫藻の分布などはよくわかっていなかった．今回発表者らは，硬組織と軟組織を同時に観察できる薄片技術（田尻・藤田 2013）およびその脱水方法（田尻・江﨑 2018 古生物学会講演要旨）を用いて，キクメイシモドキの硬組織と軟組織を同一の薄片にした．この技術では，生物の軟組織に樹脂を浸透させて固化させたのち，地質学の薄片技術を用いて試料を磨り減らす．脱灰を行うことなく生物の硬組織と軟組織の同時観察を可能にする．この技術で作成した薄片の実体顕微鏡・蛍光顕微鏡観察および SEM 観察を行った．



水平断面透過光像（濃茶部：硬組織）

ポリプ内部に共生する褐虫藻は，ポリプ内部を放射状に仕切る隔壁を取り囲むように列状に密集している．口盤部を含む水平断面の薄片では，対の隔膜が 6 ヶ所で明瞭に観察でき，口盤部を取り囲むように褐虫藻が分布している．また，隔膜の配列パターンから，硬組織である隔壁の中から方向隔壁を特定することができる．また，キクメイシモドキの硬組織では，これまでにも euendoliths（岩石や動物組織に穿孔するシアノバクテリアや藻類，菌類などを含む微小生物）による穿孔痕が確認されていた．本研究の薄片技術を用いることで，骨格部だけではなく euendoliths の軟組織自体にも樹脂が浸透し，その形態を観察することができる．euendoliths のフィラメントが，キクメイシモドキの硬組織部だけでなく，サンゴの軟組織をも貫いて穿孔している場合もある． これらの薄片観察によって明らかになった事柄は，今後キクメイシモドキの内部構造や成長様式の解明に有効である．

＜引用文献＞

田尻・藤田，2013，樹脂包埋と研磨による動物組織観察試料作製法 －硬組織と軟組織の同時観察－．動物分類学会誌タクサ，No.35，24-34

田尻・江﨑，2018，樹脂包埋薄片作成における脱水方法の比較．古生物学会年会講演予稿集 P55

P-8

四国南西海域におけるショウガサンゴの初期成長及び骨格形成過程

○福﨑 扶美[1]，目﨑 拓真[3]，中村 雅子[1,2]

[1]東海大・院・海洋，[2]東海大・海洋，[3]黒潮生物研究所

キーワード：四国南西海域，ショウガサンゴ，初期骨格，莢径

有藻性イシサンゴ(以下, サンゴ)類の初期段階の骨格形成や形態に関する研究は，インドー太平洋域やオーストラリアの熱帯・亜熱帯域に生息する種を対象として行われてきた．付着基盤を用いた幼生定着量調査では，これらの知見に基づき，定着したサンゴ個体の骨格を同定し定量化されてきた．しかし，定着初期の骨格では属や種間で形態の違いは明らかになっておらず，定着したサンゴの同定は科レベルに留まっている．そこで，本研究では，サンゴの生息域として高緯度に位置する四国南西海域において，主な加入種であるハナヤサイサンゴ科のショウガサンゴを対象とし，定着初期の骨格の形成及び成長過程を明らかにすることを目的とした．加えて，基盤に定着したサンゴ群体と各成長段階の飼育群体との形態の比較を行った．

高知県大月町西泊の沿岸域から成熟したショウガサンゴを 5 群体採集し, 採捕器を設置した流海水水槽で，幼生放出まで飼育した．採捕した幼生と濾過海水をシャーレに入れ，水温 26℃，LED ライトを設置したインキュベーター内で飼育した．幼生の定着を確認後，12，24，48，72，96 時間後のポリプと軟体部を除いた骨格の写真撮影を行った．また，96 時間以降も飼育を続け，成長過程を観察し，ポリプと骨格の写真撮影を行った．撮影した骨格は，莢径，サンゴ個体上部，サンゴ個体底部の長径と短径の計測を行った．また，幼生付着基盤（以下，基盤）を 60 枚，5 月から 9 月の間に西泊沿岸域に設置した. 回収後, 基盤上に見られるサンゴ個体の骨格を撮影し, 莢径, サンゴ個体径の長径と短径を測った．

飼育実験では, 7 月 11 日から 8 月 7 日までショウガサンゴの幼生放出が見られた．定着 12 時間では三次隔壁までの形成が見られ，24 時間後には隔壁の一部が肥大し，莢の内側にセプトテカが形成され始めた．48 時間後にはセプトテカが大きな鋸歯状になり，72 時間後には隣接したセプトテカの密着がみられ，96 時間後には完全に連結した莢壁が形成された．本発表では，飼育実験で得られた結果と基盤に定着したサンゴ骨格の解析を進めるとともに，四国南西海域のショウガサンゴにおける骨格形成の形態的特徴について考察する．

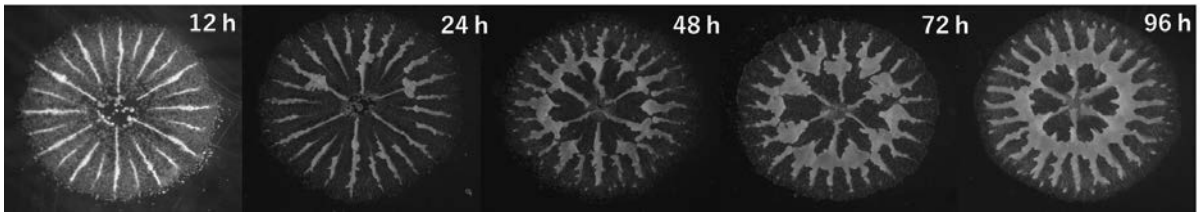


図 1．定着後の経過時間におけるショウガサンゴ初期骨格の形成

P-9

日本周辺海域における *Plesiastrea* 属の緯度勾配による骨格形成変化と地球化学的特徴

○小山 都熙[1]，渡邊 剛[1,2]，杉原 薫[3]，中谷 理愛[1]，山崎 敦子[2,4]

[1]北大・理，[2]喜界島サンゴ礁科学研究所，[3]筑波大・生命環境，[4]九大・院理

キーワード：高緯度サンゴ，炭素同位体比，酸素同位体比，成長速度，温帯域

日本の造礁サンゴの生息域は，近年の地球温暖化に伴う海水温上昇により，高緯度域に拡大している．しかし，熱帯域より海水温が低く，日射量が少なく，栄養塩濃度が高いという高緯度の温帯域の環境条件に造礁サンゴがどのように適応するかは未だ明らかになっていない．造礁サンゴの骨格は生息場の環境情報を復元するために利用されてきた．本研究では，日本沿岸に分布する *Plesiastrea* 属の骨格形成速度と骨格中の酸素・炭素安定同位体比（$\delta^{18}O$, $\delta^{13}C$）の緯度勾配による地球化学的特徴を明らかにするため，黒潮流域に沿って亜熱帯から温帯域 24°N~34°N の 9 地点で *Plesiastrea versipora* を採集し，X 線画像解析と骨格中の酸素・炭素安定同位体比分析を行った．

サンゴ骨格の $\delta^{18}O$ は主に骨格形成時の海水温（SST）と海水の塩分濃度（SSS）によって変化し，$\delta^{13}C$ は環境因子（日射量，DIC，湧昇など）と生理的因子（光合成，呼吸，産卵，栄養段階など）によって変化する．サンゴ骨格の $\delta^{18}O$ の平均値は高緯度ほど大きく，各地点の SST は高緯度ほど低く，季節変動は共に高緯度ほど増大していることから，$\delta^{18}O$ は SST の変動をより強く反映することがわかった．サンゴ骨格の $\delta^{13}C$ の平均値は高緯度ほど小さい傾向にあるが，各地点の日射量はほぼ緯度勾配がないことから，高緯度サンゴの $\delta^{13}C$ は日射量以外の要因の強い影響を受けたことを示唆する．また，高緯度サンゴの成長速度は低緯度サンゴのものより小さいことがわかった．本研究の結果から，生息環境の緯度変化がサンゴの地球化学的指標や骨格形成へ与える影響の理解や高緯度域の厳しい環境における造礁サンゴの適応機構の解明に貢献することが期待される．

P-10

日本温帯域のサンゴの起源を探る

○深見 裕伸[1]，野澤 洋耕[2]

[1]宮崎大・農・海洋，[2]台湾中央研究院

キーワード：分類，台湾，形態，種多様性，分子系統

有藻性イシサンゴ類（以下，サンゴ）が生息する日本の温帯域（種子島以北～千葉館山周辺）には，約 100 種ものサンゴが報告されているが，その中で温帯域に特有と考えられている種はわずか 3～5 種であるとされている．これは，暖流である黒潮が沖縄以南の南方域からサンゴの幼生を温帯域に供給しているため温帯特有の種は少なく，ほぼ南方にいる種と同様であると考えられているためである．しかしながら，近年，集団遺伝学的な研究が進み，沖縄方面からの移入はそれほど起こっていないのではないかと考えられるようになってきた．一方で台湾北部では日本温帯域と群集が類似していることが知られている（図 1）．ただしその詳細は不明なままである．そこで，本研究では，日本の温帯域のサンゴがどこから来たのかを探ることを目的として，台湾と日本の温帯域のサンゴ群集の種組成および被度を比較した．また，特定の種については分子系統学的な解析を行った．その結果，日本温帯域と台湾北部のサンゴの種組成は非常に似通っていることが判明した．特にこれまで日本の温帯に特異的であると考えられているミダレカメノコキクメイシが台湾北部でも発見された．これらのことから，日本温帯域の起源もしくは供給源として台湾の北部域が有力である可能性が高くなった．

図 1. 台湾北部のサンゴ群集の風景

P-11

気候変動が日本温帯域のサンゴ分布に及ぼす影響予測

○赤松 知音[1]，高尾 信太郎[2]，藤井 賢彦[1]
[1]北大・院環境，[2]国立環境研究所

キーワード：サンゴ分布，北上，海洋酸性化，将来予測，適応策

【背景と目的】

近年,地球温暖化に伴う海水温上昇の影響により,熱帯・亜熱帯性の海洋生物の生息域が高緯度側に拡大している事例が世界中の様々な海域で報告されている.日本の温帯域でもここ数十年間に亜熱帯性の造礁サンゴ種やサンゴ礁に依存する海洋生物の加入が報告されている.このような傾向は今後も継続すると考えられており,沿岸生態系の変化により日本沿岸域の漁業や観光業も対応を余儀なくされると懸念される.加えて人為起源 CO_2 の過剰排出に伴う海洋酸性化がサンゴ等炭酸カルシウムの殻や骨格を形成する石灰化生物に及ぼす悪影響も懸念されている.本研究では,日本近海の造礁サンゴの分布域の変化に着目し,温帯域を対象に（1）数値シミュレーションによる現在の海洋環境の再現,（2）海水温上昇と海洋酸性化が造礁サンゴの分布変化に与える影響評価と将来の分布変化の予測を行った.

【方法】

領域海洋循環モデル ROMS-Agrif(Penven et al.,2006)に海洋生態系モデル PISCES を組み込むことで,沿岸域における物理・生物化学パラメータの数値計算を行った.本モデルを駆動する境界値として,現在気候では物理データは COADS05(Da Silva et al.,1994)と WOA2009(Locarnini et al.,2010; Antonov et al.,2010),生物化学データは WOAP ISCES(Goyet et al.,2000; Aumont and Bopp.,2006; Garcia et al.,2006)を,将来予測では水温と溶存無機炭素濃度をそれぞれ全球気候モデル MIROC-ESM (Watanabe et al., 2011)の RCP（代表的濃度経路）8.5（高位参照）シナリオによる 2086～2095 年の出力に置換して計算を行なった.数値シミュレーションの対象サイトとして,Yara et al.(2012)で示されているモニタリングサイトを参照し,温帯域に属する大月,串本,伊豆,館山の 4 地点を選定した.

【結果と考察】

4 地点ともに最寒月における水温上昇が顕著に見られたことで,今後の海水温上昇に伴い,熱帯・亜熱帯性の造礁サンゴのさらなる加入・定着が示唆された.一方で,RCP8.5 シナリオ下では現在よりも pH や炭酸カルシウム飽和度(Ωar)が低下し,サンゴをはじめとした石灰化生物にとって危険な水準（pH≦7.9,Ωar≦2.3）にほぼ通年達していることで海洋酸性化影響も同時に懸念される.現在,より詳細な時空間規模でのシミュレーションを行っているところであり,得られた結果から,観光資源としてのサンゴの役割の変化や漁業対象種の変化など,気候変動適応策を地域で講じていくための科学的指針として提示していく予定である.

P-12

“熱帯化”が日本沿岸の生物分布に及ぼす影響の評価

○前原 せり菜[1]，須藤 健二[2]，仲岡 雅裕[1,2]，藤井 賢彦[1,3]
[1]北大・院環境，[2]北大・北方セ，[3]北大・院地球環境

キーワード：熱帯化，危険生物，種の分布モデル，MaxEnt，将来予測

【はじめに】　日本近海において，温帯生態系が熱帯・亜熱帯の生態系に入れ替わる“熱帯化”が顕著であり，南方性の生物の分布が拡大している．近年，そうした分布の変化に伴い危険生物が増加しており，接触や喫食による被害の報告がある．これらの諸問題を未然に防ぐためにも，危険生物の分布予想を行う意義は大きい．予測のためには，どのような要因で分布が変化しているのかという環境変動との関係分析が重要となる．そこで本研究では，漁業や危険生物対策といった社会的な活用を目標に，藻場，サンゴ礁といった沿岸に生息する生物のうち，近年とくに生息域の顕著な北上が報告されている種の分布推定を行うとともに，環境要因との関連性について解析を行う．さらに，環境要因について気候変動に関する政府間パネル(IPCC)の地球温暖化シナリオに基づく将来予測を実施し，複数のシナリオ下での分布の変化を推定する．

【方法】　研究対象種は漁獲による影響が少ないこと，視覚的に判別が容易な外見であることを条件に，ソウシハギ *Aluterus scriptus* やアオブダイ *Scarus ovifrons* など複数種を選定した．生物確認位置は，地球規模生物多様性情報機構(GBIF)等で提供されているデータベースやダイビングでの目撃情報から収集した．解析範囲は東経 122～143 度，北緯 24～38 度，空間解像度は水平 1 km グリッドとした．環境変数として，人工衛星(Terra/Aqua MODIS)で取得された最寒月の海面水温，スペースシャトル立体地形データ(SRTM15+)の深度，海底地形デジタルデータ M7000 シリーズの海底傾斜角，環境省自然環境基礎調査で得られたサンゴ形状別分布・被度，藻場種別分布を用いた．これらの生物位置情報と広域環境情報から，機械学習法の一つである MaxEnt により種の分布モデル(SDM)を構築し，地図上に生息可能な領域を確率表現することで，範囲内での分布域を推定した．

【結果と考察】　今回の対象種の存在確率は沖縄や九州，黒潮の影響を強く受ける高知や和歌山，房総半島の周辺で高かった．全変数の中で最寒月の海面水温の寄与率が最も高く，生息適地を決定する要因として水温が重要であり，今後の地球温暖化に伴う水温上昇によってこれらの生息域がさらに北上することが示唆された．また，サンゴや藻場が存在している場所で対象種の存在確率が高い傾向が見られたが，これはサンゴや藻場がエサ場や生息場であることを示唆している．今後は，将来予測モデルから得られる環境変数を適用することで対象種の将来の分布予測を行い，その結果を踏まえたレジャースポットや漁場での危険生物対策への活用に対する提言を行う予定である．

P-13

Latitudinal variation in growth and survival of juvenile corals

○Yoko Nozawa[1], R.D. Villanueva[2], Munasik[3], K.A. Roeroe[4], T. Mezaki[5], T. Kawai[6], J. Guest[7], S. Arakaki[8], G. Suzuk[9], J.J.B. Tanangonan[10], P.O. ANG, Jr.[11], P. Edmunds[12]

[1]Academia Sinica, [2]Phil U, [3]Diponegoro U, [4]Sam Ratulangi U, [5]BIK, [6]Tokyo Kyuei, [7]Newcastle U, [8]Kyushu U, [9]SNFRI, [10]Kindai U, [11]CUHK, [12]California State U

Keywords: seawater temperature, irradiance, taxonomic variation, demographic dynamics

Reef-building corals inhabit a wide range of temperature and irradiance environment from the tropics to subtropics, up to >30 degrees in latitudes. However, we know little about the latitudinal variation and its extent in their biological performance. Here, we examined annual growth and survivorship of juvenile corals at 11 locations over 17º S to 33º N latitude in the central and western Pacific, and compared results among four common coral genera; two fast-growing taxa (*Acropora* and *Pocillopora*) and two slow-growing taxa (*Dipsastraea* and *Porites*). Exponential regression estimated 16 and 14% increase in growth rates for *Acropora* and *Pocillopora*, compared to 6 and 1% for *Porites* and *Dipsastraea*, for each degree Celsius increase in annual average seawater temperature. Survivorship of juvenile corals did not show clear latitudinal patterns. This study provided the first step toward better understanding of latitudinal variation in coral biological performance. Given the size-dependency of coral demography, the results suggest a significant latitudinal variation in coral dynamics, especially, in fast-growing coral taxa.

P-14*

四国南西海域におけるサンゴ群集の維持機構の検討

○大森 昌文[1]，吉岡 武瑠[1]，倉地 伊吹[1],福﨑 扶美[2]
喜多村 鷹也[3]，目﨑 拓真[3]，中村 雅子[1,2]
[1]東海大・海洋，[2]東海大・院・海洋，[3]黒生研

キーワード：群集被度，幼生定着量，稚サンゴ

近年，海水温上昇や食害生物の大量発生などの撹乱によって，サンゴが世界的に減少傾向にあり，サンゴの現状の把握と保全が急務となっている．今後，地球温暖化が進んだ場合，サンゴの生息域が北上し，温帯域の重要性がさらに増すことが予想されていることから，同域におけるサンゴ群集の現状把握と維持機構の理解は不可欠である．サンゴ群集は主に，群体の生残，成長，新規加入により維持されている．本研究と同じ海域で実施されてきた過去3年間の先行研究により，ミドリイシ科は現存するサンゴ群体の生残と成長，ハナヤサイサンゴ科は新規加入により維持されている可能性が高いことが示唆されてきた．しかし，新規に加入したサンゴの生残や成長過程についての知見が乏しく，温帯域のサンゴ群集がどのような機構によって維持されているのかを体系的に捉えた研究はない．そこで，本研究では四国南西海域におけるサンゴの定着から群集形成までの過程を明らかにすることを目的とした．

本海域から4地点（沖の島・柏島・西泊・竜串）を選定し，各地点には3つのサブ地点を設け，幼生の定着量と群集被度の調査を行った．さらに，西泊には観察定点を設置し，稚サンゴの群体数やサイズ組成の定量化を行った．各サブ地点に100×100㎜のフレキ板を2枚1組とした付着基盤を，垂直と水平に各5組ずつ計10組設置し，幼生の定着量を定量化した．また，ベルトトランセクト法を用いて，各サブ地点に10mのラインを4本設け，1×1 mの方形枠を各ラインの4カ所にランダムに設置して被度を計測した．西泊の各サブ地点には，1×1 mの観察定点を10ヵ所設置し，面積が25 ㎠までの群体を稚サンゴとして，その水平面積を計測した．

2019年の4地点のサンゴ被度は，ミドリイシ科が16.3～56.9％，ハナヤサイサンゴ科は0.01～2.6 %を占め，これまでの3年間と変わらず，ミドリイシ科が優占した．さらに，西泊の観察定点で確認された331群体のうち，1 ㎠未満の稚サンゴは63群体（19.0％），1～3 ㎠の稚サンゴは119群体（36.0％）を占めていた． また，1 ㎠未満の稚サンゴのうち，ミドリイシ科は46群体（13.9 %），ハナヤサイサンゴ科は15群体（4.5 %）を占めた．1～3 ㎠の稚サンゴのうち，ミドリイシ科は71群体（21.5 %），ハナヤサイサンゴ科は31群体（9.4 %）を占めた．稚サンゴにおいても，ミドリイシ科が主だった構成科であった．一方で先行研究より付着基盤の定着量は，ハナヤサイサンゴ科のサンゴがもっとも多く，定着から1 ㎠までの成長過程でハナヤサイサンゴ科の減少要因があることが示唆された．

P-15

南西諸島域における造礁サンゴ群集の南北比較

○中村 崇[1]，塚本 陸[1]，徳田 侑大[1]，石田 潤一郎[1]，竹市 このみ[1]，池田 香菜[2,3]，Mariam Shidha Afzal[3]

[1]琉球大・理，[2]海の再生ネットワークよろん，[3]琉球大・理工

キーワード：サンゴ群集，南西諸島，野外調査，

近年，海水温の上昇など様々な要因によるサンゴ礁生態系の衰退が世界的な問題となっており，直近では,2014 年から 2017 年に記録上 3 回目となる世界規模の白化現象が発生した（木村ら, 2017）．特に 2016 年には南西諸島・南琉球の石西礁湖において平均白化率 96%,平均死亡率 49%と過去最悪の被害が記録され（環境省,2017; 小島ら, 2017），中琉球に位置する沖縄島や奄美大島周辺でも高い白化率がみられた．生態系を衰退させる様々な攪乱の影響を客観的に評価するには，定量的な基礎情報としてのベースラインデータが必要であるとされている．今後，地球温暖化に伴う高水温の影響がより高緯度域にも広がることが予想されており，被害が広がる前に，南西諸島のサンゴ群集の現状を把握することが求められているといえる．そこで本研究では，南西諸島の島々の周辺海域に見られるサンゴ群集の現状について，トランセクト調査法を中心としてより定量的に把握すること，得られたデータを基に，島ごとの特徴の比較や過去のデータとの比較を行うことで，より詳細にサンゴ群集の現状を評価しつつ，撹乱の影響がどの程度広がっているのかを明らかにすることなどを目指した．本研究によって，南西諸島の各海域に広がるサンゴ群集の現状の一端が判明した．例えば，奄美大島周辺では他の海域では著しく減少したミドリイシ属の高被度群落が複数地点で記録され，浅場に良好なサンゴ群集が残されていることが確認された一方で，沖縄島周辺では浅場のサンゴ被度が著しく低い状況が示され，与論島では 2016 年と比較して微細・芝状藻類被度の有意な上昇が記録されるなど，沖縄島，与論島を中心としたサンゴ群集の衰退傾向がみられた．南琉球では大規模白化による石西礁湖でのサンゴ被度の低下に続く芝状藻類の優占状態が確認された．造礁サンゴの多様性の面では，元々南西諸島において，サンゴ種数は北上するにつれて減少するとされており（西平・Veron, 1995），今回の結果はそれを間接的に支持するものであった．サンゴ属多様性の面では，明確な衰退は見られなかったと言えるが，南・中琉球海域ではそれぞれ白化耐性の高いハマサンゴ属，シコロサンゴ属などが優占サンゴ属として記録され，高水温撹乱の影響が示唆された．今後，高緯度域にも攪乱影響が広がることも考えられ，温帯域と亜熱帯域の境目を含む南西諸島海域での継続的なモニタリング調査が重要になると考えられる．

P-16

沖縄島中城湾における 1975-1976 年と 2018 年の造礁サンゴ群集の比較

○山極 広孝[1]，James D. REIMER[1]

[1]琉球大・院理

キーワード：サンゴの多様性，富栄養化，濁度，Reef compression，Historical data

近年，地球温暖化に伴った海水温上昇による造礁サンゴ(以下，サンゴ)の白化や病気，人間活動に伴う埋め立てや水質汚染などを原因とするサンゴの減少が世界中で問題となっている．沖縄島中城湾では，中城湾港泡瀬地区開発に伴う埋め立てや浮泥の堆積，水質汚濁といった人為的攪乱があることが知られている．ところが，中城湾におけるサンゴの多様性調査は 1975-1976 年以降行われていない．したがって，本研究では，1975-1976 年の調査と同じ地点においてサンゴの多様性調査を実施し，43 年間でサンゴの多様性がどのように変遷したのかを明らかにすることを目的とする．

2018 年 6 月から 10 月にかけて，沖縄島中城湾計 16 地点において，スキューバ潜水およびシュノーケリングによって，水深 1mから 15mにかけてサンゴの多様性の調査を行った．1 地点につき 20 個の 1 ㎡のコドラートを，ランダムに設置した．その後，各コドラートの全体像，およびコドラート内に出現したそれぞれのサンゴを撮影した．サンゴを撮影する際は，サンゴの群体全体，拡大写真，スケールを含めた写真を撮影した．同定は Corals of the World に基づき，写真を用いて属レベルまで行った．また，Coral Point Count with Excel (CPCe)を用いて画像解析を行い，各地点におけるサンゴ被度の平均値を算出した．

1975-1976 年と 2018 年の調査結果を比較すると，43 年間で枝状サンゴの割合が減少し，被覆状サンゴと塊状サンゴの割合が増加していた．一般的に，枝状サンゴは熱ストレスや環境変化，物理的なダメージに弱く，被覆状サンゴや塊状サンゴはそのようなストレスに強いと言われている．中城湾のサンゴは，被覆状サンゴや塊状サンゴの優占度が以前と比べて高いため，環境変化へのストレス耐性が強い生物相へと変化しつつあると考えられる．

また，1975-1976 年と 2018 年のサンゴの各属の平均水深を比較すると，浅い水深にいたサンゴはより深場へ遷移し，深い水深にいたサンゴはより浅瀬へ遷移しており，リーフコンプレッションが起こっていると示唆された．サンゴは，海面温度の上昇や，強い紫外線にさらされるとより深場へ遷移し，濁度が上昇すると，光合成のための光を求めて浅瀬へ遷移することが知られている．したがって，中城湾では 43 年間で，海面温度や濁度の上昇や紫外線量の増加などの環境変化が起きてきた可能性が考えられる．

P-17

沖縄島における希少種ヒメサンゴ *Stylaraea punctata* (Linnaeus, 1758) の分布

○今泉 久祥[1]，伊藤 馨司[2]，川﨑 貴之[1]，中山 翼[2]，栖原 有里[1]，眞喜志 一[1]，
金澤 遼[1]，岡田 亘[1]，安武 陽子[1]

[1]（株）エコー，[2]（株）沖縄環境分析センター

キーワード：ヒメサンゴ，絶滅危惧種，分布

【はじめに】

ヒメサンゴは，インド洋・太平洋に広く分布しており，2002 年に初めて日本国内での分布が報告された．その後，報告から 17 年経過しているものの国内の報告例が少ない状況にあり，環境省により 2017 年に環境省版海洋生物レッドリストにおいて準絶滅危惧として掲載されている．このような背景には，一般のサンゴ類に比べ，本種の群体サイズが非常に小さく，サンゴがほとんど分布しない得意的な環境を好む特徴が一般的なサンゴ類等の調査結果に挙げられにくいことなどが考えられる．そこで，本稿は，本種の生息特性の把握に寄与する情報を得るため，沖縄島におけるヒメサンゴを対象とした分布状況調査を実施した結果を報告するものである．

【方法】

航空写真と既往文献から，沖縄島を網羅し，本種の生息環境とされる砂礫を有する礁池の海域を抽出し，表中 14 地点を選定した．調査は，岸沖方向に 200ｍの測線を設定し，幅約 10m を潜水観察した．

【結果】

潜水調査を実施した結果，表にある通り 4 地点で確認され，過半数の地点で確認されなかった．改めて，限定的な環境に生息する生態が観察された．ただ，確認地点に規則性が見られず，本種の保全のために，地点数を増やすとともに，詳細な生息環境を調べることで正確な分布特性や生息の制限要因を把握する必要性がある．

表 調査地点と確認地点

調査地点		確認地点
西海岸	国頭村	
	大宜味村	○
	本部町	
	恩納村	
	読谷村	○
	浦添市	○
	糸満市	
東海岸	国頭村	
	東村	○
	宜野座村	
	金武町	
	うるま市	
	中城村	
	南城市	

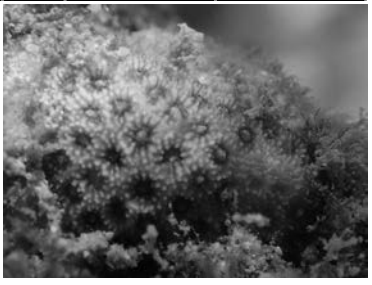


図 発見されたヒメサンゴ

P-18

水面浮体型ドローンを用いた慶良間諸島海域のサンゴ礁モニタリング

○山木　克則，板川　暢，秋山　完幸

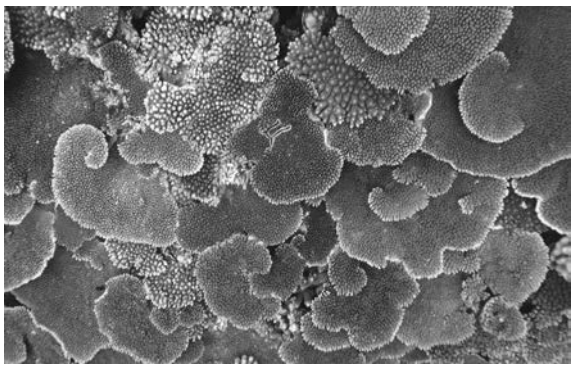
鹿島建設 株式会社

キーワード：サンゴ，ドローン，モニタリング，SfM

1.はじめに

遠隔操作により調査地点へ飛来し，正確な位置情報とともに，着水による水面下の鮮明な映像が取得できる水面浮体ドローン「SWANS ®」（System of Water and Aerial Nearshore Survey，写真－1）を用い，慶良間諸島海域におけるサンゴ群集のモニタリングを実施した． モニタリングは，従来のトランセクト法に準じ，サンゴ群集の被度や群体形状毎の分析を行った．さらに，海底面の連続した水中画像と位置情報の取得により，SfM（Structure from Motion）による三次元モデル，およびオルソ画像を構築した．

写真－1 水面浮体型ドローン



写真－2 SWANS による撮影画像（例）

2.主な結果

モニタリングは，阿嘉島ウナン崎の東側において，2018 年 10 月 24 日に実施した．設定した 2 測線について，SWANS を速度約 1.7km/h で水面移動させた．撮影は，2 秒間隔で海底面の写真を連続的に撮影し（写真－2），同時に水深と位置情報を取得した．今回のモニタリングの所要時間は，ライン A（長さ 200m）で約 7 分間，ライン B（同 275m）で約 10 分間であった．

スキャンモニタリングは，慶良間諸島国立公園の安芸名敷島の西側沿岸にて 2018 年 4 月 23 日，同年 10 月 23 日に実施した．現地で計測した約 1m の卓状サンゴの寸法と比較した結果，取得画像の座標のみからでも長辺・短辺ともに 5cm 程度の誤差でオルソ画像を得ることが出来た．

3.まとめ

SWANSの活用により，水深計測による海底地形とサンゴ群集の映像を効率よく取得することができ，従来のラインとランセクト法やベルトトランセクト法と比較して大幅な時間短縮ができた．特に，船舶やダイバーが近づけない浅場や遠隔域でも，海底形状やサンゴなどの生物相の分布の把握ができることが明らかになった．

P-19

石垣島川平湾におけるサンゴ群集構造の変化

○矢代 幸太郎[1]，金城 孝一[2]，中村 由行[3]

[1]（株）東京久栄，[2]沖縄県環境部環境保全課，[3]横浜国立大学都市イノベーション研究院

キーワード：閉鎖性内湾，群集構造，枝状ミドリイシ類，白化，濁り

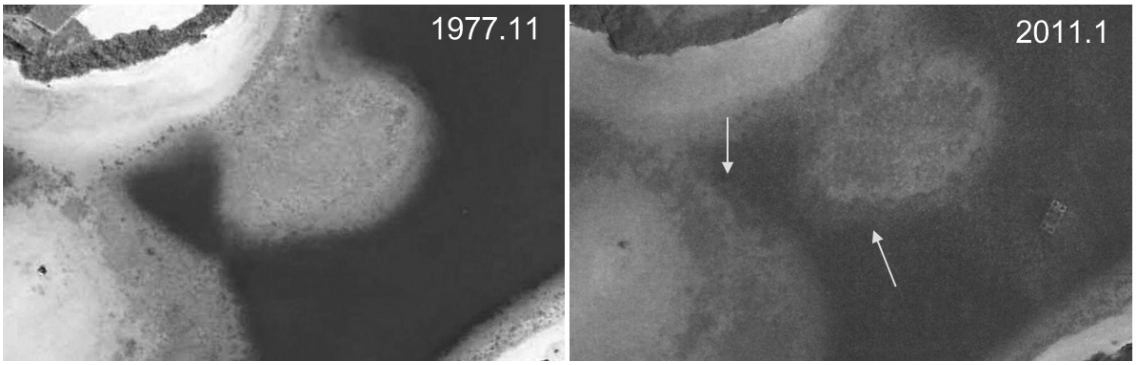
風光明媚な名勝である石垣島川平湾は，約 6000 年前の海面上昇により生じた閉鎖性内湾である．湾内には顕著な内湾性のサンゴ群集が生息するが，優占種や分布は大きく変化している．湾内のサンゴ群集構造の変化とその要因について考察した．

航空写真を用いてサンゴ群集の分布の変化を調べ，文献にある 1970 年代後半の優占種と近年の現地調査結果とを比較した. その結果, ①近年, 湾中央の東側を中心に, 枝状ミドリイシ類, 枝状コモンサンゴ類が大規模に消失したこと, ②湾奥部では, 1970 年代後半はクサビライシ類，センベイサンゴ類等が優占していたが，近年は洗瓶ブラシ状ミドリイシ類，枝状ミドリイシ類が新たな優占種となっていることがわかった．

水温，濁度，流域の土地利用等の調査結果から，湾内の枝状ミドリイシ類は高水温と光ストレスで白化・死亡する場合があるが，湾奥部では濁りが光ストレスを低減するために生残し，その状態が長期間続いたことで優占種が交代したと考えられた．

優占種一覧表．表記は各ラインにおける被度順．1976～1978 年の優占種は堀越（1979）より改変．ハッチはミドリイシ科を意味する

	West coast of central part of the bay				West coast of inner part of the bay				East coast of inner part of the bay		East coast of central part of the bay			
	L1		L2		L3		L4		L5		L6		L8	
Year	0-5 m	5 m<	0-5 m	5 m<	0-5 m	5 m<	0-5 m	5 m<	0-5 m	5 m<	0-5 m	5 m<	0-5 m	5 m<
1976 ~ 1978	*Pavona*	*Leptoseris*	*Porites*	*Leptoseris*	*Porites*	*Danafungia*	*Porites*	*Leptoseris*	*Porites*	*Acropora*	*Acropora*	*Acropora*	*Montipora*	*Anacropora*
	Porites	*Anacropora*	*Porites*	*Pleuractis*	*Pleuractis*	*Pleuractis*	*Cyphastrea*	*Fungia*	*Acropora*	*Anacropora*	*Montipora*	*Lithophyllon*	*Acropora*	*Porites*
		Echinopora	*Pleuractis*	*Anacropora*	*Porites*	*Palauastrea*	*Pavona*		*Fungia*	*Leptoseris*	*Porites*	*Seriatopora*	*Pavona*	*Pavona*
		Pavona									*Pavona*			
		Porites												
2012 ~ 2013	*Porites*	*Acropora*	*Porites*	*Leptoseris*	*Porites*	*Anacropora*	*Porites*	*Leptoseris*	*Porites*	*Leptoseris*	*Fungia*	*Leptoseris*	*Porites*	*Leptoseris*
	Millepora	*Porites*	*Cyphastrea*	*Lithophyllon*	*Pavona*	*Leptoseris*	*Acropora*	*Acropora*	*Pavona*	*Porites*	*Lithophyllon*	*Lithophyllon*	*Millepora*	*Lithophyllon*
	Acropora	*Anacropora*	*Millepora*	*Porites*	*Cyphastrea*	*Porites*	*Lithophyllon*	*Lithophyllon*	*Acropora*	*Pleuractis*	*Pleuractis*	*Pleuractis*	*Pavona*	*Pleuractis*
													Pleuractis	



湾奥の航空写真の比較図．矢印は枝状ミドリイシ類の分布が拡大した部分

P-20

西表島網取湾におけるサンゴ群集の復元力と持続性

◯中村 雅子[1]，村上 智一[2]， 河野 裕美[3]，横地洋之[1]
[1]東海大・ 海洋，[2]防災科学技術研究所，[3]東海大・沖縄センタ
キーワード：幼生加入，群集被度，ミドリイシ，西表島，復元力

地球および地域規模の撹乱により，熱帯～亜熱帯域のサンゴ群集は縮小傾向にある．沖縄地域も例外ではなく，夏の異常高水温やオニヒトデの大発生などによりサンゴの激減が観察されてきた．ただし，生残群体や新規加入個体の生存や成長により，サンゴ群集はある程度の回復をみせてきた．しかし，近年，撹乱の発生頻度が増し，回復に十分な期間をあけず，次の撹乱が起こるため，サンゴ群集の持続性が危ぶまれている．そこで本研究では西表島網取湾を対象に，群集被度と維持や回復の源とされる幼生供給量の変動から，サンゴ群集の復元力と持続性を検討した．

西表島網取湾は，島北西部に位置し，最大幅約 2 km，奥行約 4 km の湾である．また，最大水深が 70 m に達し，湾奥に 2 つの河川が流れ込むことから，湾口から湾奥にかけて大きな環境勾配が観察されている．本研究では，湾内に 3 つの地点を設け，1 m x 1 m または 2 m x 2 m の方形区を用いてサンゴ群集の被度を定量した．また，2 枚の 10 cm x 10 cm のフレキ板を一組とした付着基盤への幼生定着量を，幼生供給量として定量した．調査は，(1) 1995 年～2001 年，(2) 2006 年～2008 年，(3) 2016 年～2018 年に行った．加えて，2017 年～2018 年にはミドリイシ属サンゴの産卵の有無を観察した．

西表島網取湾では，本調査期間内の 1998 年と 2007 年，そして 2016 年に夏季の異常高水温を主な原因とするサンゴの大規模な白化が記録された．1998 年から 1999 年にかけてミドリイシ属が大規模に減少したものの，2006 年には 3 地点共に 50%以上の高い被度を示した．その後，2016 年には全地点で 20%以下へと被度の減少が見られた．これらの地点への幼生供給量は年変動が見られるものの，ほとんどがミドリイシ科に占められていた．また，幼生供給量の年間での変動幅は 1998 年以前に大きく，付着基盤 1 組当たりの平均が 100 を超える年があった．しかし，1998 年以降，平均が 100 を超える年は観察されていない．また，白化の翌年には，ミドリイシ科の幼生供給量はゼロまたは大幅な減少を示した．網取湾のミドリイシ科群集は主に自己加入によって維持されている可能性が示されており，白化後の幼生供給量の減少は被度の低下との関係が大きいと考えられる．一方で，ミドリイシ属における産卵群体数の割合は 2017 年から 2018 年にかけて増加が観察されており，白化後の生残群体の繁殖能力の回復が今後の幼生供給量の増加につながる可能性がある．ただし，2000 年代に入ってから，1990 年代のような大量の幼生供給が観察されていないため，今後，撹乱の頻度が高くなれば，現存群集の減少や新規加入個体数の低下につながり，網取湾内のサンゴ群集の存続が困難となる可能性も否めない．

P-21

気候変動影響評価の基礎情報としてのサンゴ礁分布図の作成

○佐野 滝雄，角田 里美，有安 恵美子，五島 幸太郎
アジア航測株式会社

キーワード：サンゴ被度，モニタリング，衛星画像解析，底質指標，経時変化

１．背景・目的

近年，気候変動の影響は様々な面で顕在化しており，2016 年夏に南西諸島の広い海域で発生した大規模なサンゴの白化現象は記憶に新しいところである．2018 年に閣議決定された気候変動適応計画では，亜熱帯域におけるサンゴの白化現象に重大な懸念が示され，モニタリング等の調査を重点的に実施し，気候変動影響の評価を行うことが謳われている．これを受けて，サンゴ礁の現況を広く面的に把握し，その変化を捉えるために，宮古列島・久米島・与論島・沖永良部島を対象に衛星画像解析によりサンゴ礁分布図を作成し，過去の調査結果との比較を行った．

２．方法

サンゴ礁の現況を正確に把握するため，2016 年の大規模白化以降に撮影された衛星画像の中から，比較的低コストで高分解能な SPOT-6/7 衛星の画像（解像度：マルチスペクトル 6m，パンクロマチック 1.5m）を選択した．リモートセンシングにより海底の状態を把握する際，水深が深くなると判別が困難になるという問題がある．そこで，水中での光の消散の影響を除去するため，底質指標（Bottom Index ;BI）のアルゴリズムを用いて水深補正を施した上で ISODATA 法による分類を行い，簡易的にサンゴ礁域の底質分類図を作成した．この図をもとに選定した調査地点において，現地の海域で目視観察によりサンゴの被度および底質等を確認し，画像解析でサンゴ被度の推定に用いるシートゥルースとした．

３．結果・考察

画像分類結果に一部目視判読による修正を加えたサンゴ礁分布図の凡例を過去調査と揃え，GIS でオーバーレイ解析を行ったところ，与論島と沖永良部島ではサンゴの分布面積が減少し，被度も大きく低下している傾向が見られた．一方，宮古列島と久米島では，過去調査と比べてサンゴ分布域の面積が大きく増加する傾向となった．ただし，過去調査は航空写真の目視判読によりサンゴの分布状況を図化しており，宮古列島と久米島については浅海域全体の面積に対してサンゴの分布域が非常に狭く表現されている．今回の試行では BI による水深補正を施して詳細な抽出を行っていることから，後者の 2 島については航空写真の目視判読と抽出精度の差が表れた可能性が考えられる．今後は有効性が確認された画像解析の手法を適用し，面的なサンゴの分布状況を一定精度で定期的にモニタリングしていくことが望まれる．

※ 本発表は，環境省生物多様性センターより受託した「平成 30 年度気候変動適応計画推進のための浅海域生態系現況把握調査業務」の成果の一部を報告するものである．

P-22

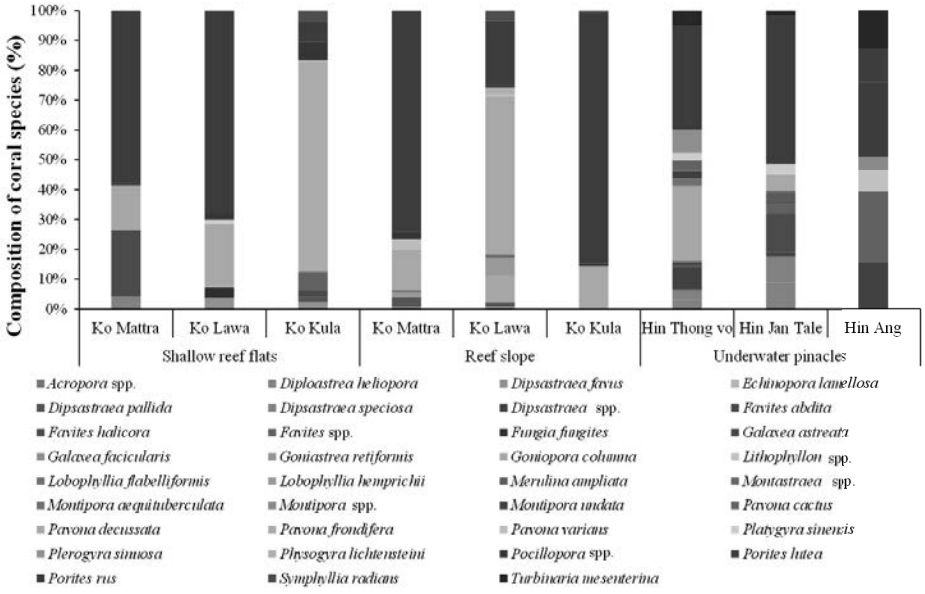
Coral community structures on shallow reef flat, reef slope and underwater pinnacles in the Western Gulf of Thailand

○Wanlaya Klinthong[1], Thamasak Yeemin[1], Makamas Sutthacheep[1], Sittiporn Pengsakun[1], Chainarong Ruangthong[2], Prarop Plangngan[3]

[1]Marine Biodiversity Research Group, Ramkhamhaeng Univ., THAILAND, [2]Dep. of National Parks, Wildlife and Plant Conservation (Chumphon), THAILAND, [3]Dep. of National Parks, Wildlife and Plant Conservation (Phuket), THAILAND

Keywords: coral bleaching, shading, mortality, recovery, Gulf of Thailand

The coral reef ecosystem is one of the most highly diverse and productive marine ecosystems in the world. Coral reefs provide high species diversity which giving a community survival option when the condition of the environment has changed. Coral reefs are commonly found widely distributed in shallow depths to deep water. The different community compositions may result from various environmental factors. This study examined coral community structures on shallow reef flat, reef slope and underwater pinnacles in the Western Gulf of Thailand. The field surveys were conducted at three coral reefs, including Ko Mattra, Ko Lawa, and Ko Kula and three underwater pinnacles i.e. Hin Thong Vo, Hin Jane Tale and Hin Ang in Mu Ko Chumphon by using a belt transect method. The results revealed that the percentages of live coral cover at most study sites were relatively high (over 50%). We founded high species diversity of corals at the underwater pinnacles. The most dominant coral at all three study sites was *Porites lutea.* The dominant corals on underwater pinnacles were also *Favites* spp., *Dipsastraea* spp. and *Diploastrea heliopora*. This study highlights the importance of underwater pinnacles in the Gulf of Thailand for their ecosystem services, particularly providing fishery products and incomes from tourism.



Composition of coral species at the each study sites

P-23

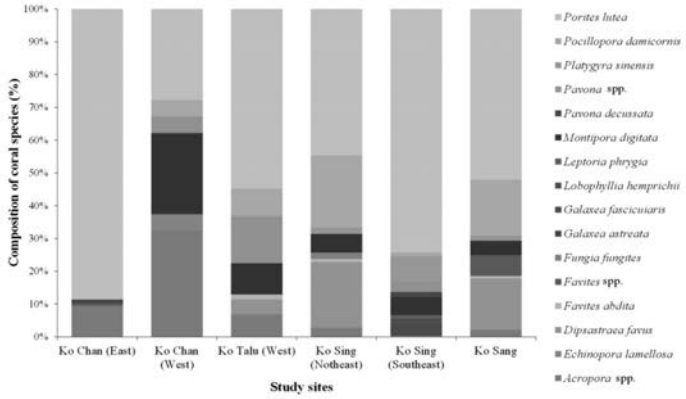
Community structure and species diversity of corals on shallow reef flat in the Western Gulf of Thailand

○Wiphawan Aunkhongthong, Thamasak Yeemin, Makamas Sutthacheep, Sittiporn Pengsakun, Charernmee Chamchoy, Wanlaya Klinthong, Mantana Wongsricha

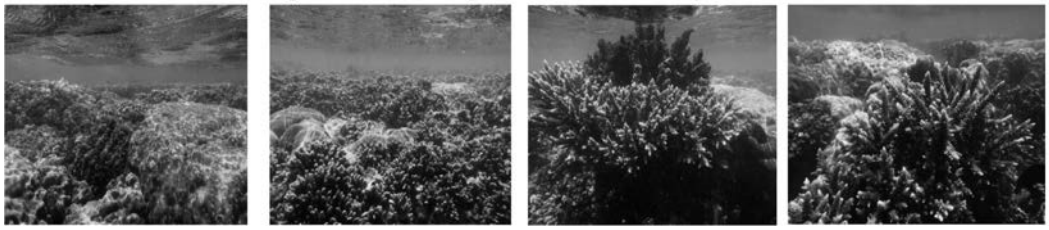
Marine Biodiversity Research Group, Faculty of Science, Ramkhamhaeng University, Thailand

Keywords: community, coral, Gulf of Thailand, shallow reef flat

Shallow reef flats are in extreme environment, particularly exposure during low tides. The corals on shallow reef flats experience high temperatures and light intensity. Therefore, survival corals and some benthic organisms on shallow reef flats can adapt to the global climate change crisis. Some scleractinian corals can be found in these conditions, particularly the susceptible corals to bleaching events. This study examined coral community structure and species diversity on shallow reef flats at six reef sites, i.e. Ko Chan (East), Ko Chan (West), Ko Talu (West), Ko Sing (Notheast), Ko Sing (Southeast) and Ko Sang in Prachuap Khiri Khan Province, the Western Gulf of Thailand. The field surveys were conducted on shallow reef flats, about 1 m in depth during high tides, by using a belt transect method. The highest percentage of live coral cover was 75.0 at Ko Chan (East) while the lowest one was 20.2 at Ko Sing (Norteast). Sixteen coral species were commonly found. The most abundant coral was Porites lutea followed by *Acropora* spp., *Montipora digitata, Pocillopora damicornis, Pavona decussata,* and *Dipsastraea favus*. The shallow reef flats in the Gulf of Thailand can provide parent colonies of some coral species contributing to the natural recovery of impacted coral reefs following the bleaching events. These corals can be also used to support the coral restoration projects.



Composition of coral species at the each study sites



P-24

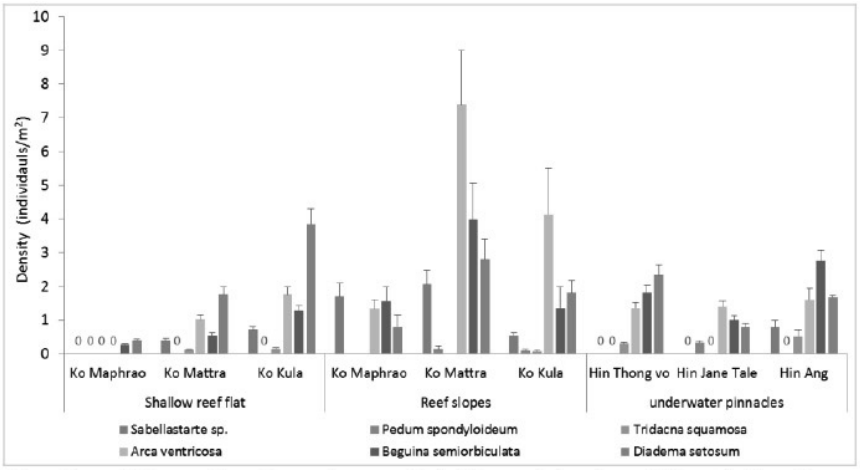
Diversity of coral-associated invertebrates on different reef zones and underwater pinnacles in the Western Gulf of Thailand

○Siriluck Rongprakhon, Thamasak Yeemin, Makamas Sutthacheep, Orathep Mue-suea, Supphakarn Phoaduang, Pronsiri Sriwisait, Darika Buathong

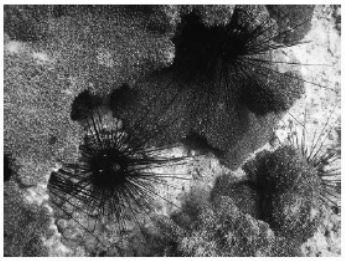
Marine Biodiversity Research Group, Faculty of Science, Ramkhamhaeng University, Bangkok, Thailand

Keywords: coral reef, diversity, Gulf of Thailand, invertebrate, pinnacle

Corals reef ecosystems are one of the important marine habitats and critical for maintaining biodiversity and supporting marine and coastal production. Studies on population ecology of coral-associated invertebrates is limited although it is a very important aspect for sustainable use of coral reef ecosystems. This study aimed to examine diversity of coral-associated invertebrates on different reef zones and underwater pinnacles in the Western Gulf of Thailand. The field surveys were conducted on the shallow reef flats and reef slopes at three study sites i.e. Ko Maphrao, Ko Mattra, Ko Kula, and three study sites on underwater pinnacles, i.e. Hin Thong Wo, Hin Genthalea and Hin Ang by using a belt transect method. The results revealed that the dominant coral-associated invertebrates were polychaete worms, particularly *Sabellastarte* sp., bivalves *Pedum spondyloideum*, *Tridacna squamosa*, *Arca ventricosa, Beguina semiorbiculata*, the sea urchin *Diadema setosum*. The most dominant invertebrate in the shallow reef flats was *D. setosum* while the most dominant invertebrate on reef slopes was *A. ventricosa.* The most dominant coral-associated invertebrate on underwater pinnacles was *B. semiorbiculata*. Most coral-associated invertebrates in the Gulf of Thailand are declining because of overharvesting and coral reef degradation. Appropriate coral reef management plans in the Gulf of Thailand are required to maintain ecosystem services of coral reefs and sustainable uses of the coral-associated invertebrates.



Density of diversity of coral-associated invertebrates at the study sites



Diadema setosum

Beguina semiorbiculata

P-25

Macrofauna composition of sandy beach and soft-bottom of coral reef in the Western Gulf Thailand

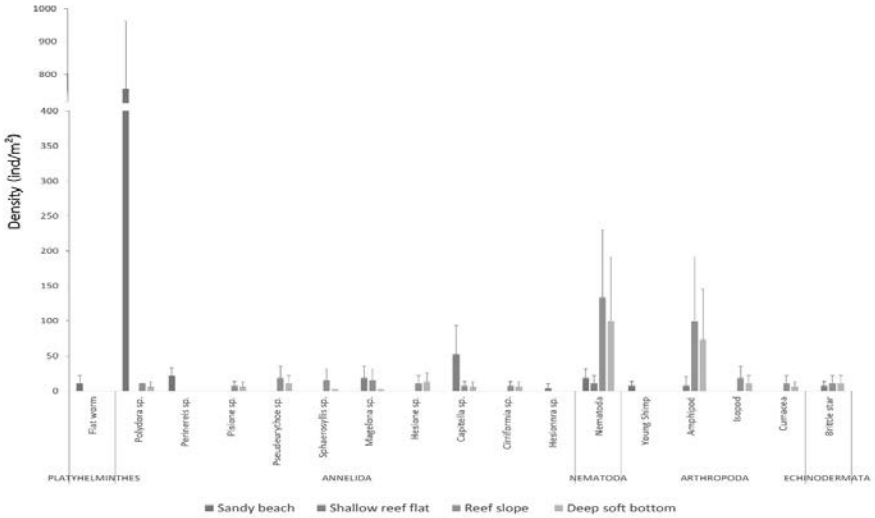
○Laongdow Jungrak[1], Thamasak Yeemin[1], Makamas Sutthacheep[1], Suraphol Chunhabundit[1], Wasana Phantewee[2], Rattanawadee Niamsiri[1]

[1]Marine Biodiversity Research Group, Department of Biology, Faculty of Science, Ramkhamhaeng University, Bangkok 10240, Thailand

[2] Faculty of Science and Technology, Rajamangala University of Technology Krungthep, Bangkok, Thailand

Keywords: coral reef, Gulf of Thailand, macrofauna, sandy beach

Macrofauna in sedimentary environment of coastal habitats such as sandy beach, mangrove and coral reef are one of important components of coastal ecosystems. Understanding connectivity between coral reef and its associated communities is needed to examine and the complexity of food webs in marine and coastal ecosystems. There are no studies on gradient of infauna communities between coral reef and sandy beach at the same location. This study aimed to investigate composition and abundance of macrofauna living in sandy beach, soft bottom parts of shallow reef flat and reef slope, and deep soft bottom zone at Ko Mattra, Chumphon Province, the Western Gulf of Thailand. The results revealed that nematods and polychaetes were the major groups in the sandy beach and the soft-bottom of coral reef. The species diversity of macrofauna on coral reef was much higher than that of sandy beach. The densities of polychaetes and amphipods on coral reef were also much higher than those of sandy beach. Several polychaete taxa were found only on the coral reef. However, the polychaete *Polydora* sp. was found abundantly on the sandy beach. The polychaete *Capitella* sp. was found abundantly on the shallow reef flat. This study highlights future applications of macrofauna for a bioindicator of sandy beach and coral reef ecosystem, utilization for fisheries, mariculture, natural products for pharmaceutical and cosmetic industries.



Density of macrofauna from the study sites at Ko Mattra, Chumphon

P-26*

日本に分布するハナガササンゴ属は何種か？

○北野 裕子[1]，深見 裕伸[2]

[1]国立環境研 生物・生態系環境研究セ，[2]宮崎大・農・海洋生物環境

キーワード：形態分類，分子系統解析，*Goniopora*

ハナガササンゴ属（ハマサンゴ科）はサンゴ礁域では目立たない分類群ではあるものの，インドー太平洋に広く分布し，亜熱帯域では水深 10 m を超える少し深めの場所や，内湾的な環境によく見られ，温帯域にも多く分布している．昼間に長く伸ばしたポリプが目立つことから，ポリプの特徴で簡易に同定されてしまうことも多いが，種分類に用いられている形質はポリプではなく骨格形態である．一方で，骨格形態も形態変異が大きく，またその変異が連続的であるため，骨格形態のみに基づいて種の範囲を推定するのも非常に困難である．

西平・Veron (1995) にはハナガササンゴ属は 14 種が掲載されているが，これまでに日本沿岸域の広い範囲でハナガササンゴ属の調査・採集を行ってきたところ，14 種のうち未だに認識できない種の存在や，どの種の特徴にも当てはまらない種が存在することが分かってきた．また，分子系統解析の結果からは，日本沿岸域のハナガササンゴ属は大きく 8 つの遺伝的なクレードに分かれ，骨格形態に基づいて同定した種の多くが多系統となる一方で，ハナガササンゴ *Goniopora lobata* およびキクメハナガササンゴ *G. djiboutiensis* など，遺伝的にも骨格形態でも区別の難しい種群も明らかになった．

そこで本研究では分子系統解析の結果をもとに，骨格形態のみならず生時のポリプの特徴や採集場所などの比較を行い，はっきりと異なる種として認識できるものは日本沿岸域に何種存在するのかについて議論を行いたい．

P-27

ヒメエダミドリイシ（*Acropora pruinosa*）の分類に関わる染色体の特徴と特異的 DNA マーカー作製

○田口 尚弘[1]，目崎 拓真[2]，富永 明[1]，久保田 賢[1]

[1]高知大学・院・総合人間自然・黒潮圏科学専攻，[2]黒潮生物研究所

キーワード：ヒメエダミドリイシ，染色体，rDNA，FISH，塩基配列解析

【はじめに】造礁性サンゴは約 800 種類あるといわれるが，その中でミドリイシサンゴ属は世界中の暖海に約 200 種が分布し，サンゴ礁を形成するサンゴのなかで最も造礁性の高い仲間であり，同時に分類が難しい種といわれている．サンゴの系統分類研究は従来，形態および DNA 塩基配列を指標としていたが，本研究では染色体の特徴を分類指標として利用できるか調べるため，西日本沿岸で見られるヒメエダミドリイシ（*Acropora pruinosa*; 雌雄同体）の染色体解析を試みた．

【材料・方法】ヒメエダミドリイシは高知県大月町にある黒潮生物研究所の前湾で採取した．精子から DNA を抽出，染色体標本は受精後約 12 時間の胚から作成した．rDNA の解析にはサンゴ特異的プライマーによる PCR 産物を使った．

【結果】核型を調べると，染色体数 28 と 29 の細胞（2n）が存在し，モザイクであることが分かった．また，このモザイク状態が 1 つの胚の中でも存在していた．2 つの rRNA 遺伝子（5S と 18/28S）座位を FISH で決定した．モザイク間で異なる 1 本の染色体は精子特異的な DNA を含むことを見出した．この精子特異的 DNA を持つ染色体は動原体が非常に不安定であることも分かった．さらに，rRNA 遺伝子プライマーによる PCR 産物をクローニングして 3 つの FISH マーカーを得ることに成功し，各クローンの塩基配列を明らかにした．rRNA 遺伝子から得られたクローンは，その塩基配列からサンゴに共通した 5S と 18/28S の一部であることが確認できた．

【考察】ヒメエダミドリイシは染色体数 28 と 29 のモザイクであり，付加的な 1 本は精子特異的 DNA を持つ特徴的なものであることが分かった．雌雄同体であるミドリイシとの関連は現在のところ不明であるが，精子特異的な DNA の存在から性に関連する可能性がある．また，3 つの FISH マーカーは rRNA 遺伝子プライマーから得られたので，他種サンゴからも同様に分離できる可能性があり，それらはミドリイシ分類のための有用なツールとなりうる．

【まとめ】ヒメエダミドリイシは染色体数が 28 本と 29 本の細胞からなるモザイクである．2n=28 に比べ，2n=29 の細胞では精子特異的 DNA を含む染色体が付加されている（精子関連染色体）．精子関連染色体は動原体が不安定である（fragile centromere）．精子関連染色体を持つ細胞は，一つの胚の中に不均等に含まれる．rRNA 遺伝子に関連する FISH マーカーの分離に成功し，また精子関連染色体の長腕部にハイブリダイズする DNA をクローニングし，FISH マーカーを作製および塩基配列決定できた．これらの FISH マーカーは，ミドリイシサンゴ属の分類に役立つと思われる．

P-28

高 CO2 高水温環境を示すパラオニッコー湾におけるサンゴ加入

o栗原晴子，木村夏歩

[1] 琉大・理生

キーワード：サンゴ，加入，パラオ，

パラオのニッコー湾は，入り組んだ地形を示すサンゴ礁内湾域に位置することから閉鎖的な環境を示し，本湾の海水の滞留時間は 70 日間以上と極めて長い（Golbuu et al.2016）．このため本湾内の海水温は常に周囲の環境よりも 1-2 度高く，さらに海水中の CO2 濃度も高く保たれており，気候変動によって今世紀末に予測される環境に近い環境となっている．その一方で，湾内のサンゴ被度は約 70%と極めて高く属レベルでのサンゴの多様度も高く維持されていることがこれまでの研究より明らかとなっている．ただし，湾内のサンゴ群集は湾外とは異なり，ミドリイシ属の占める割合は低くハマサンゴ属が優先していた．さらに移植実験などから本湾内に生息するサンゴはある程度高水温・高 CO2 環境に適応している可能性が示唆されており，本湾のサンゴ群集は，生物による環境への適応力の理解や気候変動下での「逃避地」としての重要な役割を果たす可能性が示唆される．しかし本湾のサンゴ群集の保全維持や高水温・高 CO2 環境下のでサンゴ群集構造やその遷移を理解する上では本湾におけるサンゴの加入量などに関する情報が欠かせない．そこで本研究は，本湾における属レベルでのサンゴの加入量を評価することを目的とした．

本湾内外にて 2017 年３月に異なる環境を示す５地点に着底基盤を１５枚設置し６月に回収した．回収した着底基盤に着底したサンゴは全て，属レベルで同定しサンゴの加入量を評価した．さらに着底基盤上で観察されたその他生物（石灰藻類，藻類など）も評価した．その結果，湾内のサンゴ被度（約 60~70%）と湾外（約 30%）に比較して高い一方で，サンゴの加入量は湾外に比較して有意に低く，海水の pH に相関して低下することが明らかになった．またミドリイシ属とハナヤサイサンゴ属は湾外に比較して湾内では低い一方，ハマサンゴ属には有意な違いが見られなかった．またサンゴの加入量と着底基盤上の石灰藻類に相関が見られた．そこで，さらに 2017 年に１2 月に湾内２カ所と湾外１カ所にそれぞれ着底基盤を 45 枚 3 月まで設置した後，回収し，基盤中に見られた稚サンゴは全て除去した．その後，各３地点にそれぞれ着基盤を相互移植し 6 月に再び回収し，サンゴの加入量を評価した．その結果，湾内にて事前処理された基盤ではサンゴの加入量が低くなることが示された．本結果から，本湾のサンゴの加入量は高 CO2 環境による石灰藻への影響によって湾外よりも低く保たれている可能性が示唆された．従って本湾のサンゴ被度は現在高く維持されているが，攪乱に対して極めて脆弱な生態系である可能性が示唆された．

P-29

炭酸塩飽和度の自然変動におけるサンゴ礁の石灰化応答

○与那城 仁[1]，藤村 弘行[2]

[1]琉球大・院・理工・海洋自然，[2]琉球大・理・海洋自然

キーワード：サンゴ礁，海洋酸性化，炭酸塩飽和度，石灰化速度

【序論】人為起源の CO_2 が毎年 3~6Gt-C 大気中に放出され，そのうち約 1/3 が世界中の海洋に吸収されている(IPCC 2014)．CO_2 の吸収は表層海水の pH 低下を引き起こし，海洋酸性化の原因となっている．サンゴは $CaCO_3$ の骨格を持った石灰化生物であり，海水の pH 変動，CO_3^{2-}の変動に敏感かつ脆弱な動物である．実験的にサンゴを低い pH 環境にした多くの研究では石灰化速度の低下が報告されている(e.g. Barkley *et al*. 2017, Ohde and Hossain 2004)．また Albright *et al*. (2015)は，人為的に野外サンゴ礁の pH を産業革命以前の状態にした結果，石灰化速度の上昇がみられたことから，既に海洋酸性化によって世界中の海洋で石灰化速度が低下していることを明らかにした．しかし自然条件下での日常的な pH 変動と，それに伴う炭酸塩飽和度(Ω_{arag})の変動に対するサンゴ礁の石灰化の応答を定量的に調べた研究は少ない．本研究では，瀬底ビーチサンゴ礁における Ω_{arag} と石灰化速度を測定し，自然条件下での石灰化応答および海洋酸性化による将来的な石灰化速度の予測を行う．

【実験方法】沖縄県本部町瀬底島西海岸の瀬底ビーチサンゴ礁にて，干潮時に礁原内に現われる潮だまりに停留した海水の化学種変化を時間ごとに追い，その変化量から底生生物の代謝速度を算出する停留法を用いて調査を行った．停留時に 30 分おきに 2~3 時間にわたって 100 ml プラスチック瓶に海水を採取し，同時に溶存酸素量と光量，水深をそれぞれ携帯型溶存酸素計(YSI ProODO)と照度計(Onset HOBO)，メジャーを用いて測定した．

採水した海水を 0.45μm のメンブレンフィルター(東洋濾紙 CP045AN)を用いてろ過し，pH と塩分をそれぞれ pH メーター(ThermoFisher Orion)と電気伝導計(東亜 DKK CM-41X)を用いて測定した．また自動滴定装置(Metrhom Titrino)による HCl を用いた電位差滴定を行いアルカリ度を決定した．得られた pH と塩分，アルカリ度から全炭酸，Ω_{arag} を CO_2sys を用いて算出し，代謝速度を計算した．

【結果と考察】瀬底ビーチサンゴ礁の石灰化速度は Ω_{arag} の自然変動に対して有意な応答を示し，Ω_{arag} の低下と共に石灰化速度は減少していった．IPCC の CO_2 排出シナリオの一つ(SRES A2 シナリオ)によると，今世紀の終わりまでに大気中の CO_2 分圧は 840ppm を超え，熱帯域の太平洋では Ω_{arag} が 1.54 減少すると予測されている(Feely *et al*. 2009)．今後さらに海洋酸性化が進行していくと，瀬底ビーチにおける Ω_{arag} の自然変動範囲が低い方へ推移し，日常的に $CaCO_3$ の骨格の正味溶解を生じる可能性が示唆される．

P-30

サンゴの白化対応策の検討—遺伝子発現レベルでの評価—

○湯山 育子 1，安田 直子 2，比嘉 彩也香 2，Sung-Yin Yang 3，Sylvain Agostini 3，樋口富彦 4，宮島 利宏 4，中村隆志 4，藤村 弘行 2

1 筑波大・生命環境系，2 琉球大・理，3 筑波大・下田，

4 東大・大海研

キーワード：RNA-seq，白化現象，給餌効果，*Acropora hyacinthus*

本研究の目的は，サンゴの白化現象に対する生物化学的技術による防止・救済策の確立を目指すことである．水温上昇によりサンゴの白化現象がおきる際，サンゴに共生する褐虫藻から発生する活性酸素が白化の引き金になることが知られている．そこで，この活性酸素種（ROS）を除去する抗酸化酵素に着目した．スーパーオキシドデスムターゼ（SOD）などの抗酸化酵素は，Fe,Mn,Zn などの金属タンパク質を含むタンパク質であり，海水中ではこれらの金属が生体内の SOD 生成の律速要因になると考えられている．そこで，金属を含む餌をサンゴに添加し，サンゴのストレス応答性に変化があるかどうかを調べた．

ナンヨウミドリイシ（*Acropora hyacinthus*）を瀬底島近海から採取し，アルテミア，金属強化した酵母を添加した．さらにサンゴを高水温で飼育し，サンゴの白化の程度やストレス状況を調べるとともに，サンゴの遺伝子発現レベルでの応答を調べた．今回特に遺伝子レベルでの応答について報告する．

白化応答が見られたところでサンゴを固定し，RNA-seq による大規模遺伝子発現解析を行った．その結果，温度ストレスにより，proto-oncogene，CuZnSOD などの遺伝子が共通して発現上昇することがわかった．そのほか，給餌による白化現象緩和の効果について，遺伝子発現レベルで明らかになったことを報告する．

P-31*

なぜサンゴは白化から回復しないのか

○岸本 真理子[1]，丸山 真一朗[2]，皆川 純[1]，高橋 俊一[1]
[1]総研大・生命科学 基礎生物学研究所，[2]東北大・生命科学

キーワード：褐虫藻，白化，高温感受性，モデル生物

海水温の上昇によるサンゴの白化（サンゴと褐虫藻の共生崩壊）は，緊急の環境問題とされている．そんな中，白化したサンゴが回復したという事例も報告されている．サンゴが褐虫藻を完全に失い飢餓状態となる前に再び褐虫藻を獲得すると，このような回復が起こると考えられる．しかし，世界全体で見ると，大規模白化とそれに伴うサンゴの大量死は頻繁に観察されており，ほとんどの場合サンゴは白化から回復しないと予測される．なぜ回復が困難であるか，そのメカニズムまでは分かっていない．そこで本研究は，セイタカイソギンチャク（Aiptasia），褐虫藻（*Symbiodiniaceae*）を用いたモデル実験により，刺胞動物の褐虫藻密度回復を抑制する要因を明らかにすることを目的とした．本研究では，まず高温ストレスに着目し，白化した Aiptasia の褐虫藻密度回復への影響を調べた．Aiptasia に褐虫藻を与え，通常温度下（２５℃）または高温下（３２℃）で共培養したところ，高温下の Aiptasia が獲得した褐虫藻密度は，通常温度と比べ有意に低かった．重要なことに，このような低下は，褐虫藻のみを高温処理した後に共培養した場合でも見られるが，Aiptasia だけを高温処理した場合には見られなかった．この結果は，高温により褐虫藻側の共生能力が低下し，ホストの褐虫藻獲得が低下することを示す．次に，褐虫藻の共生能力が高温処理後に回復する可能性を調べた．４８時間以内の高温（３２℃）期間を与えた場合，５日間通常温度（２５℃）で培養することで，共生能力を完全に回復した．しかし，７２時間の高温期間では，１０日間通常温度で培養しても，共生能力は完全には回復しなかった．この結果は，温度が低下すれば褐虫藻は共生能力を回復しうるが，高温が長期になるほど回復率が低下することを示唆する．近年，海水温が頻繁に上昇する中，褐虫藻側が高温を感受しやすく，水温が低下してもすぐには共生能力が回復しないことが，サンゴの褐虫藻密度回復を抑制する一つの原因であると考えられる．

P-32

Supplement treatment on enhancing bleaching resilience - Effects on Acropora coral microbial community

○ Sung-Yin Yang[1], Ikuko Yuyama[2], Naoko Yasuda[3], Sayaka Higa[3], Tomihiko Higuchi[4], Hiroyuki Fujimura[3], Toshihiro Miyajima[4], Takashi Nakamura[5], Sylvain Agostini[1,2]

[1]Shimoda Mar. Res. Cent., Univ. of Tsukuba, [2]Fac. of Life and Env. Sci., Uni. of Tsukuba, [3]Dep. of Chem., Bio and Mar. Sci., Uni. of the Ryukyus, [4]Atm. and Ocean Res. Ins., The Uni. of Tokyo, [5]Sch. of Env. and Soci., Tokyo Ins. of Tech.

Keywords：coral microbiome, heat-stress, feeding, supplements

Over the past decades, climate change has led to an increase in the frequency of mass coral bleaching. The 1.5ºC report by the Intergovernmental Panel on Climate Change, states that without reduction of greenhouse gas emissions, up to 99% of the coral reefs around the world could disappear. While ocean warming is hard to manage on a short term, actions to mitigate its impact on coral reefs can be developed. The coral microbiome has been shown to be essential for coral health through its role in nutrient cycling, resistance and resilience to stress, and pathogen control. The change of microbial community can be a sign of stress and can be observed even before any signs of bleaching. Although the coral microbiome bacterial diversity is often specific to a single coral species, a core bacterial species are common across coral species and could be an indicator of host health. For instance, *Endozoicomonas* is often found associated with healthy coral, while *Vibrio* is commonly dominant under thermal stress. Our research group is testing the effects of supplements to assist corals to overcome bleaching events. We targeted three type of supplements, Artemia as nutrient, and, Iron and Manganese enriched yeast to provide additional metals required for the superoxide dismutase enzymes that reduce the damage from reactive oxygen species produced under heat stress. We monitored the changed in the microbiome composition along with the host and photosymbiont physiology under supplementation (no supplement, Artemia, Yeast-Fe, and Yeast-Mn) and heat stress (27ºC and 31ºC) for the common hermatypic coral, *Acropora hyacinthus*. We expect to see a drastic change in the associated microbial community under heat stress, change that may be mitigated by the supplementation, especially under the Artemia treatment which was the most effective in increasing the resilience of the corals to the heat stress.

P-33*

褐虫藻と *Acropora tenuis* の共生機構に関するプロテオーム解析の試み

○吉野 真由[1]，神保 充[1]，山下 洋[2]，鈴木 豪[2]，波利井 佐紀[3]，
服田 昌之[4]，新里 宙也[5]，天野 春菜[1]，安元 剛[1]
[1]北里大・海洋，[2]西海水研，[3]琉球大・熱帯生物圏，[4]お茶大・理，[5]東大・大気海洋研

キーワード：サンゴ，褐虫藻，共生，プロテオーム，アポトーシス

【目的】 サンゴの生存に褐虫藻との共生は不可欠である．しかし海水温の上昇などのストレスにより，サンゴは褐虫藻を体外に放出し，その共生関係は崩壊してしまう．この共生関係を確立するために，サンゴと褐虫藻はミトコンドリアの機能の低下やリソソームの融合に関わるタンパク質の発現抑制といった様々な反応をしていると報告されている．そこで，サンゴと褐虫藻が共生しているときのタンパク質発現を定量することによりサンゴと褐虫藻の共生機構をさらに明らかにできると期待される．そこで，*Acropora tenuis* に NBRC102920 と AJIS2-C2 の 2 株の褐虫藻をそれぞれ獲得させ，共生時にどのような変化があるのかプロテオーム解析によって明らかにすることを試みる．

【方法】 サンゴ底面積と褐虫藻の測定を行う場合，ヒドラ神経ペプチド Hym-248 で変態させた稚ポリプに褐虫藻株 NBRC102920 と AJIS2-C2 を添加し 3 日ごとに顕微鏡撮影した．カスパーゼ活性を調べる場合，AJIS2-C2 と NBRC102920 をそれぞれ獲得した稚ポリプを 40 日間飼育した後，8 穴プレートに移し Rhodamine 110 で染色した．プロテオーム解析はタンパク質を還元アルキル化した後，リシルエンドペプチターゼとトリプシンで消化し，脱塩して LC-MS/MS により，各タンパク質のペプチド配列を決定した．タンパク質を分画する場合，高速液体クロマトグラフィーを用いた．また，プロテアーゼ消化産物を分画する場合，陽イオン交換カラム MonoSpin SCX で分画した．

【結果】 AJIS2-C2 を獲得した稚ポリプでは褐虫藻を獲得してから 30 日間は体内で褐虫藻が増加した．一方 NBRC102920 を獲得した稚ポリプでは，体内での褐虫藻の増加があまり見られず，12 日目まで増加し安定したが，24 日目以降は減少した．また，褐虫藻添加 30 日後の稚ポリプの底面積は AJIS2-C2 を獲得した個体と比べ NBRC102920 を獲得した個体では有意に小さかった．これらのことから，*A. tenuis* は AJIS2-C2 と共生状態が良く，NBRC102920 とは共生状態が良くないと推定される．また，NBRC102920 を獲得した稚ポリプでは添加 21 日目以降に褐虫藻の塊が周辺に観察された．稚ポリプ内に共生した褐虫藻の付近でもカスパーゼ活性がみられたことから，アポトーシスによりサンゴ稚ポリプ内の褐虫藻が放出されることで，稚ポリプ内の褐虫藻数が減少したと推定される．現在，プロテオーム解析を進めており，*A. tenuis* では 1,798 個，AJIS2-C2 株では 941 個のタンパク質が同定された．今後，同定できるタンパク質を増やした後，発現タンパク質の定量を行い，プロテオーム解析でもアポトーシス関連タンパク質が増加するか検討する．

P-34

Seasonal dynamics of Symbiodiniaceae in *Leptoria phrygia*

○ Ya-Yi Huang[1], Rodrigo Carballo-Bolaños[1], Chao-Yang Kuo[1], Shashank Keshavmurthy[1], ChaolunA. Chen[1,2,3*]

[1]BRC, Academia Sinica, [2] Institute of Oceanography, National Taiwan University, [3]Department of Life Science, Tung-Hai University, Taiwan

Keyword: *Leptoria phrygia*, ITS2 amplicon, Symbiodiniaceae, shuffling

Stable symbioses between scleractinian corals and dinoflagellates algae (Symbiodiniaceae) is one of the key factors that coral reefs thrive in tropical waters. Interruption of such symbiosis may cause coral bleaching, e.g., thermal stress from rising SST. To survive, both corals and their symbiotic algae need to acclimatize to a warmer ocean. Shuffling between thermal-tolerant and thermal-sensitive symbionts is one of the mechanisms found in some reef corals with multiple Symbiodiniaceae species. It is believed that corals may have a better chance to survive a warmer ocean by symbiont shuffling. In this study, we used *L. phrygia* to perform a one-year experiment of reciprocal transplantation between WLT (SST steady site) and OL (SST variable site) in Southern Taiwan to investigate seasonal dynamics of the Symbiodiniaceae community. We used NGS approach to analyze ITS2 amplicons. Illumina MiSeq paired-end sequencing of 80 amplicons resulted in 80,236 ITS2 sequences, representing 132 *Cladocopium* spp. and 14 *Durusdinium* spp. Our study demonstrated that regardless of the sites, most *L. phrygia* colonies were all *Durusdinium* dominated without distinct seasonal variations. But one native WLT colony displayed shuffling between *Durusdinium* and *Cladocopium*. Our transplant experiments indicated that when moving from WLT to OL, *L. phrygia* colonies tended to hosted exclusively only *Durusdinium*. But only one out of five colonies became *Cladocopium* dominated after they were transplanted from VS to SS. Symbiodiniaceae profiling further indicated that *Durusdinium* dominated colonies all hosted the same top three species ranking in the same order of *D.* sp. 17, *D. trenchii* and *D. glynii*. But the top three species in *Cladocopium* dominated colonies were variable. Our results suggest that *L. phrygia* had acclimatized relatively successful to survive in temperature variable site and might even be able to sustain recurrent and prolong thermal stress in the future.

P-35*

Effect of symbiont acquisition at larval stage on the survival and growth of juvenile corals

○Sanaz Hazraty-Kari[1], Frederic Sinniger[2], Saki Harii[2]

[1]Grad. Sch. of Eng. and Sci., University of the Ryukyus,[2]TBRC, University of the Ryukyus

Keywords: aposymbiotic larvae, symbiotic larvae, *Acropora tenuis*, symbiosis

Larval dispersal and post-settlement survival of corals play important roles in maintaining their populations. Most of the corals acquire their symbiotic algae (Symbiodiniaceae) from environment at each generation (horizontal transmission). For the horizontal transmitters, quick establishment of symbiosis may be important for their survival since it provides energy via the photosynthetic activity of the algae. However, recent studies suggested that the oxidative stress resulting from photosynthesis may also harm the larvae. Therefore, it is still unclear whether symbionts in larvae are beneficial to the early life stage of corals. In the present study, we investigated the effect of symbiont acquisition on the larval stage and growth of juveniles. In May 2018, gametes of the coral *Acropora tenuis* around Sesoko Island, Okinawa were collected and fertilized after spawning. We provided the algae *Durusdinium* (former *Symbiodinium* clade D) to one part of the larvae for acquisition, while the other part remained aposymbiotic as control. Both symbiotic and aposymbiotic larvae were then kept at 25°C under a 12 h light (~160 μmol m^{-2} s^{-1}) and 12 h dark cycle for 26 days. We compared survival and settlement rates of larvae, the size of newly settled polyps as well as survival rate and size of settled polyps (juveniles) from both treatments. Survival rate and size of aposymbiotic larvae were significantly lower than symbiotic larvae throughout the experiment. Initially, the settlement rate of symbiotic larvae was significantly lower than aposymbiotic ones but became significantly higher than aposymbiotic larvae on 14th and 22nd days. The size of newly settled polyps was significantly higher for symbiotic ones throughout the experiment. Our data suggest that symbiotic larvae had higher fitness. Overall, these findings suggest that the effect of symbiotic algae in larvae of the coral *A. tenuis* are beneficial especially under normal seawater temperature condition.

P-36*

Correlation between pigmentation intensity and mortality rates in larvae of *Acropora digitifera*

○Mariyam Shidha Afzal[1], Akira Iguchi[2], Takashi Nakamura [1]

[1]University of the Ryukyus, [2]Geological Survey of Japan, AIST

Keywords: Acropora digitifera, Larvae, Pigmentation, Coral reef,

Coral reefs are among one of most vulnerable ecosystems to environmental disturbances such as climate change. Globally coral reefs are in decline due to high temperature anomalies and anthropogenic impacts. One of the main factors for reef resilience is successful dispersal of coral larvae across a large environmental gradient, however in depth knowledge on these disturbances on coral larvae and juvenile stages are fragmented. Larval pigmentation is known to correspond to larval settlement behavior and mortality rates. For this study, we hypothesized that pigmentation intensity of coral larvae of *Acropora digitifera* corresponds with its mortality rate and settlement timings as during spawning period, eggs of different colonies are highly varying in color intensity mainly due to fluorescent proteins, pigment carotenoids, symbionts and cynobacteria. We predicted that mortality rates of low-pigmented larvae are higher than that of high-pigmented larvae. For this study two sets of samples (A & B) containing 96 individual each of *A. digitifera* larvae were categorized into three categories (high, medium and low pigmented) depending on their pigment intensity. Mortality rates observed first 10 day post fertilization was only between 15-21% for both samples, which is comparatively low compared to other similar studies which reports 50% mortality rates during these first 10 days. After the 30-day experiment period, mortality rates of high pigmentation category were 43% in both samples. In sample A, 50% mortality rate was observed for medium pigmented samples. In sample B, 58% mortality rate was observed for medium pigmented larvae. The highest mortality rate of 65% was observed in the low pigmented categories for both sample A and B. Our results supports a connection between pigmentation intensity and mortality rates as low pigmented larvae produced could be attributed to stressful conditions during spawning, hence the likelihood of high mortality observed in these categories.

P-37

Comparing composition and abundance of juvenile corals on shallow reef flat, reef slope and underwater pinnacles in Mu Ko Chumphon, the Gulf of Thailand

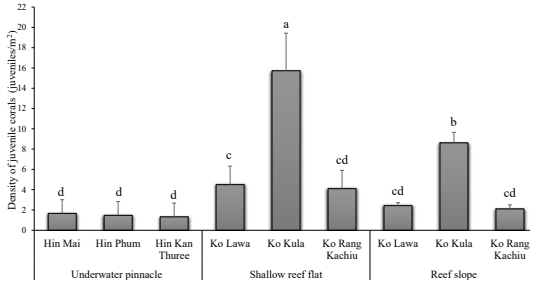
○Charernmee Chamchoy[1], Thamasak Yeemin[1], Makamas Sutthacheep[1], Chainarong Ruangthong[2], Wanlaya Klinthong[1], Parichat Niyomthai[1]

[1]Marine Biodiversity Research Group, Faculty of Science, Ramkhamhaeng University, Thailand

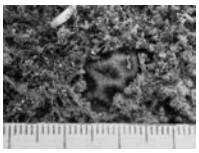
[2]Department of National Parks, Wildlife and Plant Conservation, Bangkok, Thailand

Keywords: abundance, Gulf of Thailand, juvenile coral, recovery

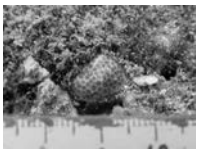
Composition and abundance of juvenile corals are generally influenced by planktonic larval duration, physical and chemical properties of seawater, availability and location of substrates and competition with other species. Understanding on the ecology of juvenile corals, and coral larval supply are crucial for enhancing reef biodiversity, recovery and resilience in responding to disturbances. This study examined composition and abundance of juvenile corals on natural substrates in shallow reef flats, reef slopes and underwater pinnacles in Mu Ko Chumphon, the Gulf of Thailand. At each study site, quadrats (16x16 cm^2 for each) were randomly placed on available substrates using SCUBA diving and the number of visible juvenile corals (≤ 5 cm in diameter) was counted and identified. The results showed that the highest density of juvenile coral was found on the shallow reef flats following by reef slopes and the lowest one was found on underwater pinnacles. The surveys revealed as diverse as 15 genera of juvenile corals commonly observed at the study sites. High diversity of juvenile corals was recorded at Ko Kula on the shallow reef flat and the reef slope. The corals *Pocillopora* spp. were found in high density of juvenile corals on shallow reef flats and reef slopes but low density on underwater pinnacles. The juvenile corals on shallow reef flats can be resources for active coral restoration projects in Thailand. A long-term coral reef monitoring program should examine maintenance mechanisms and connectivity of coral reefs and underwater pinnacles to provide proper management strategies of coral communities in the Gulf of Thailand.



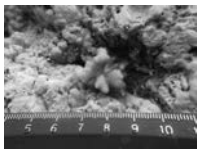
Density of juvenile corals at the study sites



Favites sp.



Porites sp.



Pocillopora sp.

P-38

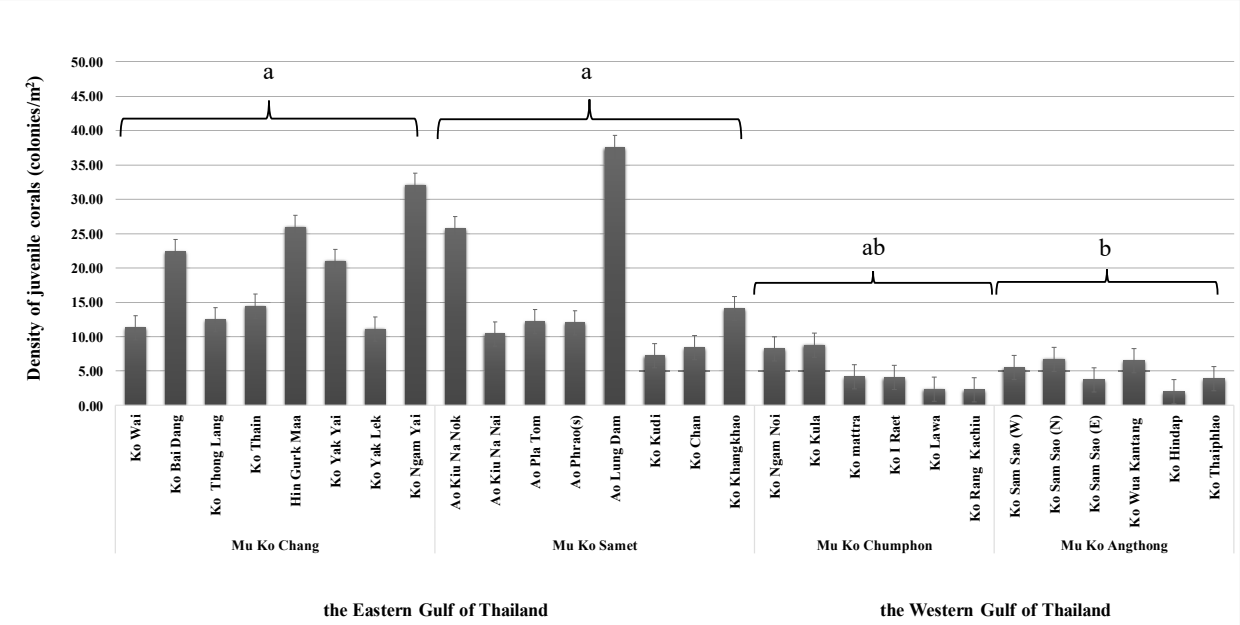
Spatial variation of juvenile coral densities in the Gulf of Thailand

○Makamas Sutthacheep, Sittiporn Pengsakun, Wanlaya Klinthong, Charernmee Chamchoy, Thamasak Yeemin

Marine Biodiversity Research Group, Faculty of Science, Ramkhamhaeng University, Thailand

Keywords: Gulf of Thailand, juvenile coral, management, resilience

Coral recruitment is a key factor for the maintenance of corals reefs. Monitoring coral recruitment can provide an important indication of coral reef resilience. The mass coral bleaching events in the Gulf of Thailand occurred in the years 1998 and 2010. The capacity of coral reefs to respond to coral bleaching impacts relies on the ability to maintain and regain ecological functions after the bleaching events. This study quantitatively investigated diversity and abundance of juvenile corals in Mu Ko Samet, Rayong Province, Mu Ko Chang, Trat Province, the Eastern Gulf of Thailand, Mu Ko Chumphon, Chumphon Province, and Mu Ko Ang Thong, Surat Thani Province, the Western Gulf of Thailand. The densities of juvenile corals at the study sites in the Eastern Gulf of Thailand were higher than those in the Western Gulf of Thailand. The dominant juvenile corals were *Pocillopora*, *Porites*, *Favites*, *Fungia*, and *Turbinaria.* The juvenile corals of *Porites* and *Favites* were widely distributed. All reef sites in Mu Ko Ang Thong exhibited low densities of juvenile corals. The high sediment load is suggested as an important factor controlling juvenile coral density in the Gulf of Thailand. We highlight the importance of management interventions for reducing the negative impacts of coastal development in the Gulf of Thailand. This study provides necessary scientific data for coral reef management plans and coral reef restoration projects in Thailand.



Density of juvenile corals on available substrates at the study sites

P-39*

瀬底島周辺に生息するヤッコミドリイシの生殖と種分化の関係

○古川 真央[1]，北之坊　誠也[1]，守田 昌哉[1]

[1]琉球大・熱生研,

キーワード：生殖, 種分化

ミドリイシ属サンゴの多くは多種同調産卵を行う．ミドリイシ属サンゴの産卵後，海中に様々な種由来の配偶子が混在したなかで受精がおこる．その状況は，一見すると，多種由来の配偶子が受精し交雑体が出来てしまうように推察されるが，ミドリイシ属サンゴの種は維持されていることから，受精選択時において何らかのメカニズムがあると考えられる．実際，カリブ海では，産卵時刻が重なる *Acropora cervicornis* と *A. palmata* の交雑体が確認されている．また，インド太平洋では産卵時刻にほぼ違いのない *A. donei* と *A. tenuis* は in vitro において配偶子が交差することが確認されており，さらに野外においてこの２種の中間形態を示す群体が報告されている．一方，産卵時刻が一致しない *A. pulchura* と *A. aspera* では，野外においてこの２種由来の配偶子の交差は見られないが，in vitro では配偶子が交差することが確認されている．上記から，産卵のタイミングや配偶子選択が種の維持または種分化において重要な役割を担っていることが示唆される．このように，ミドリイシ属サンゴのように同所的に生息し多種同調産卵を行う生物において，生殖と生殖隔離に起因した種の維持または種分化は密接な関係にあると言える．今回，我々は瀬底島周辺に生息する形態の異なる 2 タイプのヤッコミドリイシ(*A. divaricata*)を比較し，この 2 タイプのヤッコミドリイシが別種であるのか，または種内多形であるかを明らかとするため，産卵時刻の確認，及び Microsatellite マーカーを使用した集団遺伝解析を行った．結果として，ヤッコミドリイシの産卵期は他のミドリイシ属とは大きくてずれて，8 月から 9 月に産卵が見られた．さらに，この 2 タイプの産卵時刻および産卵日の一致は確認されなかった．しかし，２年前には集団内の１部の群体間で同日の産卵が確認されていることから，野外において産卵時刻が一致する可能性は否定できないと推察された．また産卵日が一致した群体間では，配偶子の交雑も見られた．そこで，Microsatellite マーカーを使用した集団遺伝解析から，この 2 タイプ間で浸透交雑が起きているか確認したところ，２タイプ間では遺伝子移入が殆ど見られず，それぞれ異なる集団を形成していることが確認された．以上のことから，瀬底島周辺に生息する形態の異なる 2 タイプのヤッコミドリイシは別種であることが推測され，産卵日および産卵時刻が異なることが要因ではないかと推察された．

P-40

沖縄島周辺海域における熱帯性ナマコ類の生殖周期の推定

○岩橋 浩輔[1]，岩永 洋志登[1]，大城 哲[1]，河村 伊織[2]，海老沢 明彦[3]

[1]（株）沖縄環境分析センター，[2]琉球大・院理工，[3]沖縄県水産海洋技術センター

キーワード：熱帯性ナマコ，生殖巣指数，生殖周期

【背景・目的】

沖縄島周辺海域には多種の熱帯性ナマコ類が生息し 10 種以上が漁獲されているが，2010 年頃より主に中国へ乾燥ナマコとして輸出するために過剰な漁獲圧にさらされ，ナマコ資源は衰退し枯渇状態にあるとされる．国外では商業的価値の高い一部の熱帯性ナマコ類を対象に種苗生産がおこなわれているが，個体群維持・資源増大のために必要な生殖周期の解明は多くの種で進んでいない．そこで，今後の沖縄周辺海域における熱帯性ナマコ類の資源増大と漁獲量の安定化に寄与するため，沖縄島周辺海域から採取したナマコ類の生殖巣発達の観察から生殖周期の把握を試みた．

【材料・方法】

2017 年 10 月から 2019 年 9 月までの期間中，沖縄島周辺海域の共同漁業権 14 海域（第 1・2・3・5・6・7・8・9・10・11・18・20・22・23 号）において，調査で得られたナマコ類 19 種 146 個体を解剖し，生殖巣を観察・重量を計測して生殖巣指数（GI）を求めた．

【結果・課題】

期間中に成熟が確認されたのは，トゲクリイロナマコ *Actinopyga echinites*，クロナマコ *Holothuria atra*，ハネジナマコ *H. scabra*，イシナマコ *H. whitmaei* であった．水温が高い時期（夏季）に生殖巣の発達がみられたのは，トゲクリイロナマコ，クロナマコ，ハネジナマコ，水温の低い時期（冬季）に生殖巣の発達がみられたのは，イシナマコであり，南半球での先行研究と一致した．チズナマコ *Bohadschia* sp. cf. *vitiensis*，ヨコスジオオナマコ *Stichopus herrmanni*，バイカナマコ *Thalenota ananas* は水温が高い時期において成熟する可能性が示された．

沖縄県内では一部の漁協が独自に夏季の禁漁期（6～8 月を中心）を設定して資源保護に取り組んでいるが，上記結果から冬季に繁殖するイシナマコの禁漁期間については再考の必要性がある．また，商業的価値が特に高いイシナマコやバイカナマコなどは，本研究を実施するために必要な検体数を確保することが困難なほど生息密度が小さく，乱獲の実状が反映される結果となった．

P-41

沖縄～宮古諸島における熱帯性ナマコ類の現状について

○岩永洋志登[1]，岩橋浩輔[1]，大城哲[1]，山城篤[1]，河村伊織[2]，渡辺利明[3]，
海老沢明彦[4]

[1]沖縄環境分析セ，[2]琉球大・院理工，[3]元沖縄水海技セ，[4]沖縄水海技セ

キーワード：熱帯性ナマコ，資源量，生息環境

【背景・目的】ナマコ類は中国で高級食材として珍重され，取引価格が上昇するに伴い沖縄県でも熱帯性ナマコ類の輸出量が増加し，財務省貿易統計によると 2012 年には 208t となった．しかしそれ以降は輸出量が下降しており，2014 年に 70t，2018 年は 14t となった．これは水揚げ量が減少したためであり，その要因として沖縄沿岸海域に生息するナマコ類資源量の枯渇が指摘されている．2013 年には乱獲防止を目的に漁業権の設定によるナマコ類の漁獲規制が実施されたが資源量の回復はみられない．

そこで本研究ではナマコ類の生産安定に向けた方策を検討するため，沖縄沿岸域に生息するナマコ類の資源量の推定を目的とした調査を実施した．

【方法】2017 年 10 月～2018 年 12 月の期間，沖縄～宮古諸島にかけての共同漁業権 11 海域（176 測点，53 測線）で潜水調査を実施した．調査箇所の選定にあたっては共同漁業権内に存在するサンゴ礁地形とその環境を網羅的に把握できるよう航空写真および GIS データを用いて生息環境を区分（類型区分）し，地元漁業関係者のナマコ類の漁獲に関する聞き取り結果も考慮し決定した．

測線（岸沖方向に幅 2m のベルトトランセクト）ではナマコ類の種毎の個体数，生息環境（底質，水深，サンゴ類・海藻草類等の生育状況等）を記録し，測点（20m.20m 方形枠）ではさらに個体毎の体長を記録した．

測線と測点で確認された種に対し，それぞれ学名，和名（地方名含む），体長，生息環境，生息密度について整理した．

【結果】漁業関係者や仲買業者への聞き取りや FAO（2012）等の資料に記載されている漁獲対象の熱帯性ナマコ類のうち，クロナマコ科 spp.16 種，シカクナマコ科 spp.6 種の合計 22 種が確認された．ハネジナマコは局所性が高い等，種により分布特性が異なる傾向がみられた．大型で商業的価値の高いイシナマコ，バイカナマコの生息密度は総じて低く，小型で商業的価値が低いクロナマコやキュビエ器官を吐いて漁獲時に忌避されるジャノメナマコ属の生息密度は比較的高かった．

ナマコ類の分類や和名については混乱している種もあり，このうち分類については記載論文との比較や DNA による分子系統解析による整理が必要である．

P-42*

サンゴを覆う海綿 *Terpios hoshinota* の自他認識

○廣瀬 友里香[1]，山城 秀之[2]
[1]琉大・院理工，[2]琉大・熱生研・瀬底

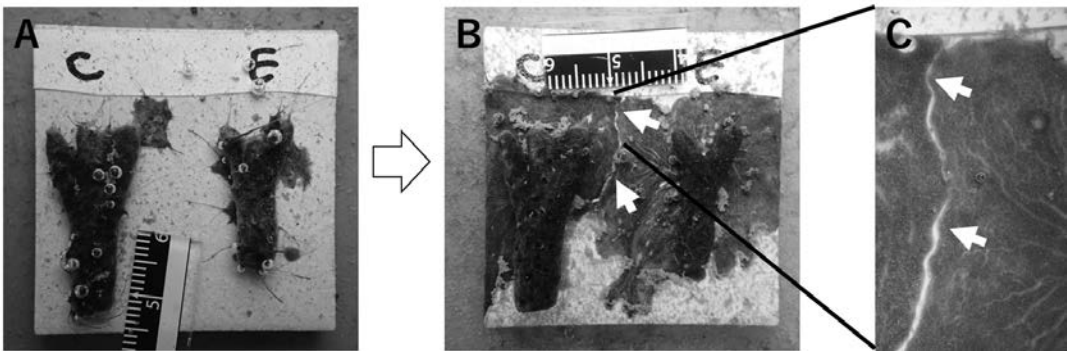
キーワード：海綿，テルピオス，自他認識

被覆性の海綿 Terpios hoshinota（Rützler & Muzik, 1993，以下「テルピオス」）は，サンゴを覆い殺すため問題となっている．サンゴに加え，周辺の貝殻や海藻，岩なども基盤にして成長する．今回，沖縄県北部で局所的に蔓延する複数の場所において，テルピオスの群体間で自他認識があることを確認したので報告する．

＜材料および方法＞　沖縄県今帰仁村と大宜味村の浅瀬に優占するサンゴ Montipora digitata（エダコモンサンゴ）他の群落を数 10cm～数 m でパッチ状に覆うテルピオスを材料に用いた．15～25m 四方内の複数のテルピオス群体からサンゴ枝を採集し，約 2cm 片に切断した．同一あるいは異なる群体由来のテルピオス 2 片を 4.5cm 角のタイル上に置き，被覆状に成長した末端部の接触反応，および枝同士を直接接触させる 2 つの方法によりテルピオスの自他認識を調べた（1 つの組み合わせで各 5 枝ずつ）．併せて，野外でも同様の現象が起きているかを調査した．

＜結果と考察＞　異なる群体由来のテルピオスが成長し両者が接触すると，その面に明確な境界線が形成された（図）．直接接触でも両者が癒合することはなく，相手側に触れる糸状の組織が観察される程度であった．一方，同一群体間（クローン）では，成長端での接触および直接接触ともに組織が癒合した．野外でも，異群体間の接触実験と同様の境界線の形成を確認した．

これらの結果より，同所的に生息するテルピオスが，群体間で自他を認識することが強く示唆された．今後，自他認識の過程を形態学的に明らかにしていく必要がある．



図．A) 異群体から採集したテルピオス．
B) 成長端の接触部に形成された境界線（矢印，実験開始後 10 日）．
C) 境界線部（幅約 0.2 ㎜）の拡大写真（実体顕微鏡）．

P-43*

サンゴ食巻貝ヒメシロレイシダマシ (*Drupella fragum*) の浮遊幼生に対する特異的ポリクローナル抗体の開発

○喜多村 鷹也[1,2]，岩井 俊治[2]，三浦 智恵美[2,3]，目﨑 拓真[1]，三浦 猛[2]

[1]黒生研，[2]愛媛大・院農，[3]広島工業大・環境

キーワード：ヒメシロレイシダマシ，*Drupella fragum*，ポリクローナル抗体，大発生

サンゴ食巻貝は，サンゴを主な食物とする巻貝の総称であり，世界各地のサンゴ群生域に生息する．これらの巻貝は，通常 1〜10 個体程度の集団を形成してサンゴを摂餌するが，*Drupella* 属に分類される巻貝は稀に大発生することが知られており，世界各地のサンゴ群集に深刻な被害をもたらしてきた．日本における *Drupella* 属の大発生は三宅島にて初めて記録され (Moyer et al., 1982)，その後は黒潮流域の様々なサンゴ群生地にて確認された．四国西南部に位置する愛媛県愛南町では，1990 年頃からヒメシロレイシダマシ (*Drupella fragum*) が大発生し，駆除活動が開始された (石川ら, 1993)．現在の駆除個体数は当時の 10 分の 1 程度となっているが，巻貝の駆除個体数には年変動があり，大発生の要因も解明されていない．

愛南町にて 2015 年から 2017 年に駆除された巻貝の約半数をヒメシロレイシダマシが占めており，駆除数の変動には本種が関係していることが示唆された．また，2017 年に四国西南部で駆除されたヒメシロレイシダマシの殻高を計測した結果，高密度集団が確認された地点の巻貝のサイズ組成は，ばらつきが少ないことが明らかとなった．そのため，サンゴ食巻貝の高密度集団は，同時期の幼生の大量加入によって形成されている可能性が示唆された．本研究では，サンゴ食巻貝の浮遊幼生の動態を明らかにすることで，大発生のメカニズムを解明することを目的とした．しかし，巻貝幼生はどれも形態が類似しており，幼生の形態での種同定や浮遊量の把握は極めて難しい．そこで，サンゴ食巻貝幼生を特異的に染色できる免疫染色技術の開発を，本海域にて最も注視する必要のあるヒメシロレイシダマシの幼生を対象として行った．作製した抗体はシロレイシダマシ幼生 (*D. cornus*) を用いて検証し，高い特異性が確認された．

2016 年の 1 月から 12 月の期間に，四国西南部の 5 地点にて採集した巻貝の浮遊幼生を作製した抗体にて染色し，野外におけるヒメシロレイシダマシ幼生の浮遊数を計測した．その結果，幼生は 6 月から 11 月に多く出現した．低水温期である 3 月にも幼生の出現が確認されたが，その出現数は極めて少なかった．そのことから，低水温期における本種の産卵は水温による制約を受けている可能性が考えられた．また，成貝の生息が確認された地点は，幼生の浮遊数が多い傾向がみられ，高密度な成貝の集団が確認された地点では，5 地点中で最も多くの浮遊数が記録された．

作製された抗体によって，海中のヒメシロレイシダマシ幼生を正確に同定し，計測することが可能となった．今後も幼生の浮遊数と巻貝の分布状況を継続的に調査することで，将来起こるであろう大発生の前兆を捉えることが出来ることが期待される．

P-44*

造礁サンゴの摂餌による抗酸化能の促進

○比嘉 彩也香[1]，藤村 弘行[2]
[1]琉球大・院・理工，[2]琉球大・理・海洋自然
キーワード：サンゴ礁，白化，抗酸化酵素

【序論】 白化現象は,サンゴと共生している褐虫藻が強い紫外線と高水温によりサンゴから抜け出し,サンゴの骨格が透けて白く見える現象のことである.サンゴの白化メカニズムは,強い紫外線で褐虫藻の光合成系が損傷し,高水温が続くことで損傷部分が修復されなくなるため,余剰の電子と周囲の酸素が結合し有害な活性酸素を生成することで生じると考えられている(光阻害モデル).白化が生じると,光合成で固定される炭素が減少し,サンゴは貯蔵していたエネルギーの消費および組織のバイオマスの異化(分解)を強いられ,やがて死滅する.捕食によって十分なエネルギーを蓄えているサンゴの種類は白化に強いという報告があり(Ferrier-Pages *et al.* 2010),従属栄養摂餌はサンゴの白化耐性を向上させている可能性がある.また,サンゴに微量の無機態金属を添加することで抗酸化酵素活性の上昇が示されており,サンゴの摂餌はエネルギーの補給にとどまらず,餌に含まれる微量金属元素が,酵素の活性中心金属に利用されている可能性がある.したがって,本研究では,従属栄養摂餌によって抗酸化能が促進されるのかどうかを実験的に調べることを目的とする.

【実験方法】 沖縄県瀬底研究施設の野外水槽で飼育しているアザミサンゴ(*Galaxea fascicularis)*からポリプを採取し,屋内水槽内で培養実験を行った.サンゴが活発に触手をのばし,捕食行動をとる明け方(AM5:00～8:00)に動物プランクトンを与える給餌操作を 20 日間継続した.その後,3 日間かけて水温を上げ,最終的に 31℃の高水温条件下にサンゴを暴露した.給餌操作と高水温操作の後に,それぞれ一次生産速度の測定を行った.最後に,サンゴを組織と褐虫藻に分離し,それぞれ抗酸化酵素のスーパーオキシドディスムターゼ(SOD)酵素活性と,タンパク質に含まれる金属元素濃度の測定を行った.

【結果・考察】 餌を与えていない高水温下のサンゴは,SOD酵素活性の急激な増加が見られたが,餌を与えたサンゴでは,活性の増加は見られなかった.27℃条件下において,餌を与えたサンゴの活性は,与えていない場合より高かったことから,高水温下で生成される活性酸素種の除去が容易となり,急激なSOD酵素活性の増加を必要としなかったことが示唆された.これらのことから,餌を与えたサンゴは温度ストレスに対して高い恒常性を示し,与えていないサンゴは,温度変化による活性酸素に対応するために急激に活性を増加させ,体内環境を大きく変化させる必要があったと考えられる.

P-45

沖縄島西海岸における栄養塩類について

○糸洲 昌子[1]，友寄 喜貴[1]，座間味 佳孝[1]，城間 一哲[1]，金城 孝一[2]，
山川 英治[3]，金井 恵[3]，岡地 賢[4]
[1]沖縄県衛生環境研究所，[2]沖縄県環境保全課，[3]沖縄県環境科学センター，[4]コーラルクエスト

キーワード：オニヒトデ，水質，栄養塩類

【目的】既存の研究から，オニヒトデの大量発生は初期生活史（浮遊幼生期および稚ヒトデ期）における生残率が高まることにより起きるとされ，生残率に影響を与えている要因として餌料の植物プランクトン密度を示すクロロフィルa量が挙げられている．恩納村を中心とした沖縄島西海岸サンゴ礁海域では過去にオニヒトデの大量発生が起こったことから，沖縄県におけるオニヒトデ大量発生要因における水質の寄与について評価することを目的として，2013年から水質調査（窒素，りん，有機炭素，クロロフィルaなど）を実施している．

【経過】これまでの結果から，沖縄島西海岸のサンゴ礁海域における各年のクロロフィルaは0.19～0.30μg/L（幾何平均値）であり，市街地が分布している沖縄島南側沿岸海域は0.31μg/L（同），対して恩納村付近の沿岸海域は0.20μg/L（同）となっていた．市街地沿岸で水質濃度が高値となる傾向があり，降雨後にも高値をとる傾向があった．多くの地点及び時期において通常はオニヒトデ大量発生につながる水質ではないが，市街地沿岸でオニヒトデ幼生が発生した場合や，オニヒトデ浮遊時期と降雨が重なった場合に，オニヒトデ幼生の生残率上昇に寄与する可能性が示唆された．また，沖縄島西海岸の水質濃度は沖では低く，沿岸では高い傾向をとる濃度勾配を示しており，水質濃度上昇は陸からの負荷に起因することが示唆された．陸域負荷削減などの水質対策がオニヒトデの発生を抑制する一助となることが考えられたため，陸域負荷の実態について検討した．

【結果】海域の水質と隣接する流域の土地利用種別ごとの面積について，「住宅地等」や「サトウキビ畑」の面積と，窒素成分及び有機物量との間で相関が見られた．このことから，市街地が分布している中南部では生活系及び事業系由来の汚染源が大きな割合を示し，恩納村等では農地等からの負荷が大きな割合を示すと考えられ，負荷実態は地域によって異なることが示唆された．さらに点源負荷となる流域内の人口，事業場，面源負荷となる土地利用状況など実態把握に必要な情報を収集し，詳細な調査を行った．

P-46

栄養塩濃度を低減する造礁サンゴの飼育方法

渡邉 裕介[1]，鈴木 淳[2]，○林 正裕[1]，山本 雄三[1]，諏訪 僚太[3]

[1]海生研，[2]産総研・地質情報，[3]OIST

キーワード：造礁サンゴ，栄養塩濃度，飼育方法，飼育システム

【背景・目的】造礁サンゴは，一般的に貧栄養海域に生息しており，海水の栄養塩濃度が高くなるとサンゴの成長や生存に負の影響を及ぼす可能性がある（井口・磯村，2012；田中，2012）．従って，造礁サンゴの飼育には，海水の栄養塩濃度が低い方が適している．しかし，海水の栄養塩濃度は海域によって異なるため，造礁サンゴの飼育に適した栄養塩濃度の海水を調達可能な海域は限られている．例えば，本州以北の海域では，海水の栄養塩濃度が造礁サンゴの生息海域の海水より高く，造礁サンゴの生育に適しているとは言い難い．そのため，海水の調達が容易な沿岸部の施設であっても，調達できる海水の栄養塩濃度が造礁サンゴの生育に適した栄養塩濃度よりも高い場合，造礁サンゴを飼育するためには海水の栄養塩濃度を下げる必要がある．そこで，本研究では，海水の栄養塩濃度が造礁サンゴの飼育に適した濃度より高い場合であっても，容易に栄養塩濃度を低減させて造礁サンゴの飼育を可能にする方法を開発することを目的とした．

【方法】造礁サンゴの飼育海水における栄養塩濃度を低減させるために，以下の方法を実施した．①飼育水槽への注水量を極力減らし，供給される栄養塩を抑制した．本研究では，水槽内に貯水された水量の 50%～100%の水量を 24 時間で入れ替える注水速度とした．この注水速度は，一般的な魚類飼育等における注水速度の 1/12 から 1/24 程度である．②照明として，水耕栽培等で使用される T5 蛍光灯（ランプの直径が 15.5mm と細い蛍光灯）や LED 照明といった比較的発熱が少ない器具を使用し，飼育水の蒸発に伴う栄養塩濃度の上昇を抑制した．③多孔質材（ゼオライト）を飼育水槽に組み込み，飼育水中の栄養塩を除去した．④プロテインスキマー（泡沫分離装置）を飼育水槽に組み込み，飼育水中のタンパク質を含む不純物を除去した．

【結果】本研究で開発した飼育方法及び飼育システム（特許出願中：特開 2019-13182）を用いた結果の一例として，飼育水中の硝酸態窒素（NO_3-N）が約 87%，ケイ酸態ケイ素（SiO_2-Si）が約 90%及びリン酸態リン（PO_4-P）が約 47%減少した．しかし，アンモニウム態窒素（NH_4-N）及び亜硝酸態窒素（NO_2-N）については，低減効果は認められなかった．また，この飼育方法及び飼育システムを用いて，12 種の造礁サンゴを 2 年間以上（現在も継続中），健常な状態で飼育できた．

【出典】（1）井口 亮・磯村 尚子，2012．造礁サンゴの環境変化に対する順応機構と適応の可能性．海の研究，21（5），147－158．／（2）田中 泰章，2012．造礁サンゴの栄養塩利用と生態生理学的影響．海の研究，21（4），101－117．

P-47*

サンゴ精子の冷蔵保存法

○北之坊 誠也[1]，守田 昌哉[1]，古川 真央[1]，Radosław Kajetan Kowalski[2]
[1]琉球大・熱生研・瀬底 [2]Institute of Animal Reproduction and Food Research

キーワード：精子冷蔵保存，精子常温保存，ミドリイシ属サンゴ

多くのミドリイシ属サンゴは，年に 1 度配偶子を海中に放出する．ミドリイシ属サンゴにおいては，どのように配偶子形成が完了し，どのような因子によって配偶子放出が起きるのか明らかになっていない．限られた実験回数に起因し，精子の分子機構および機能解析等の研究は，あまり行われていない．また，いくつかの種において凍結保存法は確立されているが，凍結保存精子は，凍結による損傷を受け，解凍後すぐに運動能を失ってしまう．

そこで本研究は，ミドリイシ属サンゴ精子の in vitro 条件での長期冷蔵保存方法の開発を目的に行った．2017 年度は *Acropora floroda*（サボテンミドリイシ），2019 年度は，*A. tenuis*（ウスエダミドリイシ）と *A. digitefera*（コユビミドリイシ）を用いた．冷蔵保存溶液に，ペニシリンーストレプトマイシンーアンホテリシン抗生物質—抗真菌剤溶液とスクロース及び塩化カリウムを添加し，16℃にて冷蔵保存した．保存精子は，交配実験および精子運動解析システム（CASA）を用いて受精能の確認または精子運動解析をした．その結果，2017 年度 *A. florida* 精子では，2 日後で 99%，3 日後で 22%の受精率だった．2019 年度 *A. tenuis* 精子では，1 日後で 41%，*A. digitefera* 精子では, 2 日後で 28%の受精率だった. また, *A. florida* 精子を用いた運動機能解析では，5 日後の直進性（LIN）は新鮮な精子と変わらない数値を保持していたが，直線速度(VSL)に関しては有意に低くなっていた．

本研究においては，最長で３日間受精能を保持した状態でミドリイシ属サンゴ精子を冷蔵保存することができた．また，5 日後精子においても精子運動は保持されていたが，受精実験ができなかったために受精能を確認することはできなかった．開発した冷蔵保存方法は，簡便で安価な精子の運搬が可能になることや，また精子受精機構の解析するにあたって有用な方法だろう．

P-48*

Transcriptome analysis reveals parallel mechanisms in hyperosmosis-induced polyp bail-out

○Po-Shun Chuang, Satoshi Mitarai

OIST

Keywords: Polyp bail-out, Pocillopora acuta, hyperosmosis, apoptosis, mechanism

Coral polyp bail-out represents a novel stress response in scleractinian corals. Typical morphological features in polyp bail-out include colony dissociation and detachment of solitary polyps. In the recent decades, successful induction of polyp bail-out has been reported with many different methods. Molecular studies on polyp bail-out point to the involvement of apoptosis and ECM degradation in the colony-dissociation and polyp-detachment processes, respectively. However, the regulation of these cellular responses is still poorly understood. In this study, we conducted a transcriptomic analysis along the development of polyp bail-out under hyperosmotic stress in *Pocillopora acuta*. The activation of integrin-mediated signaling pathway along with small GTPases and MAPK cascade suggests a possible signaling pathway to caspase activation and the observed colony dissociation. For the polyp detachment process, many matrix metalloproteinases (MMP) and cathepsins have been identified up-regulated along the hyperosmotic stress. Gene expression patterns suggest a distnct regulatory pathway for these ECM-degrading proteases in comparison to caspases and a possible engagement of the FGF signaling pathway. Furthermore, separataion of colony dissociation and polpy detachment was observed in different salinity-raising rates, providing strong support to the independence of these two processes in their regulatory mechanisms. This study provides the inslight of molecular regulation in the coral polyp bail-out repsonse and new perspective of its ecological funciton for scleractinian corals.

P-49

移植サンゴの生残率向上を目的とした嵩上げ式移植棚の効果

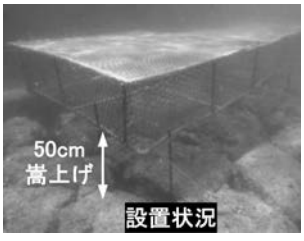
林 輝幸[1]，與那覇健次[2]，長田 淳[1,2]，池田公嘉[1]，國場幸恒[2]，○眞喜志 一[3]，
岡田 亘[3]，山口奈津美[3]

[1]内閣府沖縄総合事務局平良港湾事務所(H30)，[2]内閣府沖縄総合事務局平良港湾事務所(R1)，[3](株)エコー沖縄環境部

キーワード：移植サンゴ，嵩上げ，オニヒトデ，食害，幼生供給基地

【目的・方法】 平良港湾事務所では，港湾整備に伴う防波堤の改良等に際し，工事の影響を受けるサンゴ類についてH16より環境保全措置(避難措置)として移植を行ってきた．移植後，サンゴの被度は概ね増加傾向にあったものの，H24頃から大量発生したオニヒトデによる食害でH26に著しく低下した．こうした状況から，今後のサンゴ移植ではオニヒトデの食害対策が求められた．オニヒトデは管足を用いて移動することから，小径で円柱状の部材は，その表面積が小さいためオニヒトデが登り難いと考えられた．そこでH30に実施した440群体のサンゴ移植では，嵩上げ式移植棚を採用した．本稿では，「移植棚の形状検討のプロセス」，「移植1年後のサンゴの生残率」を報告する．また，過年度に移植されたサンゴの移植1年後の生残率を比較することで移植棚の有効性を検討した．

【結果】 作製する移植棚の形状を検討するにあたり，過去に報告されている嵩上げ式移植棚の特徴を整理した．H19に那覇港で採用されたメッシュ状基盤の移植棚は，建材ブロックを土台として海底から30cm嵩上げされた構造で，通水性改善による生残率向上を目的としていた．しかし，移植2年後，建材ブロックを登って棚上部まで達したオニヒトデの食害を大きく受けた．これを踏まえ，オニヒトデがより登り難い構造として，今回の嵩上げ式移植棚の脚部にはΦ19mmの鉄筋を採用し，海底面から50cm以上嵩上げした．また，移植6ヵ月後までは魚類からの食害も防ぐため，棚の側面及び上部に食害防止ネットを取り付けた．なお，移植棚にサンゴを配置する際は，幼生供給基地の概念を参考に，交配可能な同種のサンゴを近接して配置し，受精率を高める工夫をすることで再生産による周辺への波及効果を期待した．移植1年後のモニタリングでは，周辺にオニヒトデは確認されず，生残率は約95%であった．一方，同様にオニヒトデによる食害を受けていない期間(H16～H25)のサンゴ移植(n=10)では，移植1年後の生残率の平均75%であった．これより，主に嵩上げによる通水性改善効果と，魚類の食害対策効果により，過去と比較して本移植結果が高い生残率であると評価できる．オニヒトデの侵入防止効果については，モニタリング調査を継続し検証予定である．



P-50*

QCM と μCT を利用したサンゴと再生足場の界面解析

○猿渡 ちひろ，上田 正人，池田 勝彦
関西大・化学生命工

キーワード：チタン，酸化チタン，骨格形成，基盤密着，微細構造解析

【緒言】サンゴの骨格形成は，物質こそ異なるが，メカニズムは骨のそれと酷似している．これまでに，骨は酸化チタン（TiO_2）に早期密着することが多数報告され，現在，同物質は各種インプラントのコーティング物質として利用されている．その物質と現象をサンゴにおける再生足場に利用できないかと考えた．また，医療デバイスの開発においては，水晶振動子マイクロバランス（QCM）法や μCT を利用し，細胞や骨とインプラントの界面における詳細な解析が行われている．そこで，本研究では，サンゴと TiO_2 の界面における様々な現象を，QCM と μCT を利用して観察することを目的とした．

【実験方法】工業用純 Ti 棒（直径 2 mm）に陽極酸化処理（0.1M リン酸水溶液，印加電圧 80V）を施し，表面に TiO_2 をコーティングした．その基材にサンゴ片を SUS304 製ワイヤーで固定し，界面における骨格形成の経時変化を μCT で観察した．なお，その撮影はサンプルを海水に浸漬させた状態で行った．透明導電膜（ITO）を電極とした水晶振動子に，純 Ti をターゲットとした RF スパッタリングにて TiO_2 を成膜した．PEEK 製ウェル型セル（内容積 750 μL，直径 8 mm）に海水とプラヌラを入れ，共振周波数と共振抵抗を測定した．同時に底面から光学顕微鏡でプラヌラを観察した．

【結果】TiO_2 表面において，ポリプの群体が旺盛に拡張している様子が目視で観察された．その界面における μCT 像を図 1 に示す．明瞭な骨格形成を捉えることができた．また，QCM によって測定された共振周波数と共振抵抗の経時変化を図 2 に示す．共振周波数は数分オーダーで周期的に変化した．また，数時間オーダーでみると，共振周波数は減少し，共振抵抗値は増加する傾向を捉えることができた．これらはプラヌラの遊泳，基板への着床に起因していると考えられる．QCM 法，μCT は，サンゴの再生足場に関する研究においても有用であることが示唆された．

図 1　サンゴ/Ti 界面における μCT 像

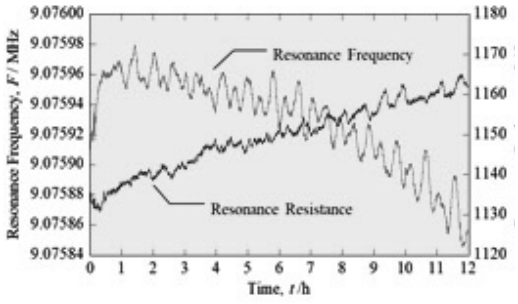


図 2　共振周波数と共振抵抗の変化

【謝辞】本研究は（公財）黒潮生物研究所の助成，科研費（19K22936）を受けて行った．

P-51*

Prioritizing coral reef resilience: an assessment and suggested re-zoning of Kenting National Park, Taiwan

○Ashley H.Y. Bang[1,2], Chao-yang Kuo[1,3], Ming-Jay Ho[1], Nien-Yun Cheng[1, 4] ,Yen-Chia Chen[1], Colin Kuo-Chang Wen[5], Kah-Leng Cherh[5,6], Chaolun Allen Chen[1,7,8]

[1]Biodiversity Research Center, Academia Sinica; [2]The Fulbright Scholarship Program; [3]ARC Centre of Excellence for Coral Reef Studies, James Cook University, Australia; [4]Institute of Marine Biology, National Taiwan Ocean University; [5]Department of life science, Tunghai University; [6]Taiwan Environmental Information Association; [7]Institute of Oceanography, National Taiwan University; [8]Department of Life Science, National Taiwan Normal University/Taiwan International Graduate Program, Academia Sinica, Taiwan;

Keywords: Resilience assessment, marine protected areas, management, Taiwan

In recent years, resilience-based management has become an important local-scale solution to combatting the effects of climate change on coral reef ecosystems. This management strategy differs from traditional approaches by focusing on preventing regime shifts rather than maintaining an optimal, static state. There is a diverse array of potentially applicable resilience assessment approaches, ranging from broad and holistic to locally-specific. In this study, two different resilience assessment frameworks are used to assess ecological survey data from Kenting National Park (KNP), Taiwan, with the goal of informing management strategies and suggesting updates to the zoning system. KNP spans 152km^2 of Taiwan's coast and is home to over 300 coral species and 1,600 reef fish species. The current zoning plan divides the southern coast into four zones: Marine Ecological Protected Area (MEPA), Marine Landscape Area (MLA), Marine Recreational Area (MRA), and Marine Limited Use Area (MLUA). These zones were established in the 1990s under traditional management approaches and have not been recently updated. Given the rapid environmental and anthropogenic changes taking place across Taiwan, it is unknown whether the current zonation system successfully prioritizes or promotes reef resilience.

The first resilience assessment method applies the evidence-weighted framework of McClanahan et al. It ranks each site through the summation of eleven resilience indicators scored with a Likert scale (1 to 5). These scores are determined through observational estimation in the field, allowing for the quantification of aspects that would otherwise be difficult or time-consuming to measure in the field (e.g. physical human impacts). The second approach modifies the framework of McClanahan et al. by adding locally-relevant indicators (e.g. typhoon-resistant coral species) and using metrics calculated from current ecological monitoring data to determine the indicator score. By applying these two methods to rank the resilience of 92 sites in KNP, this study seeks to identify operational indicators that will be useful for future assessments. Additionally, the site-based resilience ranking will help determine areas where KNP's zoning system can be updated to prioritize reef resilience.

P-52

Coastal erosion protection by coral reefs in the Gulf of Thailand

○Arirush Wongnutpranont, Laongdow Jungrak, Siriluck Rongprakhon, Wiphawan Aunkhongthong, Bancha Lawang, Thamasak Yeemin, Makamas Sutthacheep

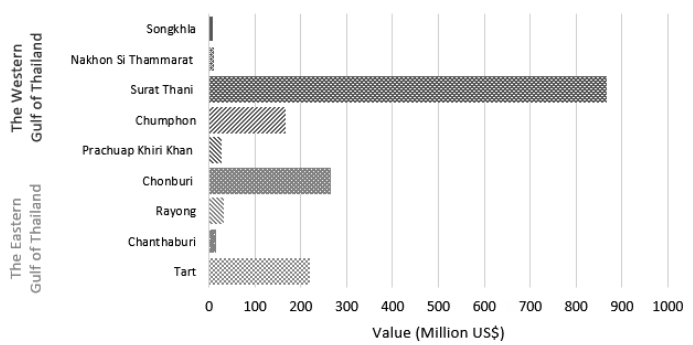
Marine Biodiversity Research Group, Faculty of Science, Ramkhamhaeng University, Thailand

Keywords: climate change, coral reef, ecosystem service, erosion, Gulf of Thailand

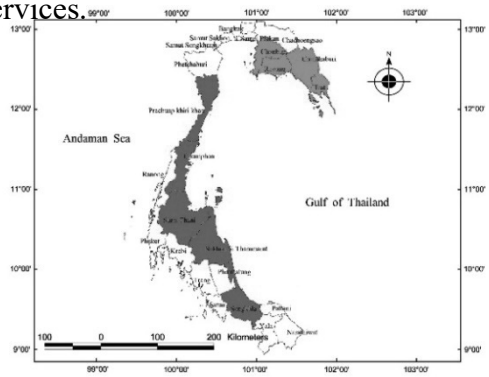
The shorelines of Thailand in the Gulf of Thailand are an essential area for the national economic values, consisting of sandy beach, rocky shore, and mangrove forest with a length of approximately 1,660 kilometers. The coast of the Gulf of Thailand is high tourism potential and popular with both domestic and international tourists and has the 4th highest tourism in the world in 2018. In recent years many shores in countries around the world have experienced problems with coastal erosion. Thailand has lost coastal areas due to coastal erosion because of increased global climate change and human activities and lead to deterioration of the country's tourism resources. The coastal erosion in the Gulf of Thailand affects both the eastern and the western parts in the flooded areas and wetlands. Almost all the erosion problems on sandy beaches in the Gulf of Thailand are tourism, residential, and industrial areas. The ecosystem services of the coral reefs have a variety of value provide to tourism activities, fisheries, coastal protection, and non-use values. The coastal erosion protection by coral reefs observed as the reefs dissipate wave energy. Therefore, quantitative data of coastal erosion protection by coral reefs are essential for the management of coral reefs and coastal areas.

Assessment of economic values of coral reefs is plentiful in many facets, including tourism, fishery and coastal erosion protection. Assessing the worthiness of coastal erosion protection services from coral reefs is a very important aspect in coral reef studies, but the scientific data in Thailand is still limited. This study assessed economic values of coastal erosion protection by coral reefs in 9 provinces, consisting of Trat, Chanthaburi, Rayong, Chonburi, Prachuap Khiri Khan, Chumphon, Surat Thani, Nakhon Si Thammarat and Songkhla. The total protected shoreline in nine provinces in the Gulf of Thailand was 236.99 kilometers. The estimated economic value of coral reef ecosystem services for coastal erosion protection in the Gulf of Thailand was about 1,579.95 million US$.

The management strategies for coastal erosion and coral reefs in the Gulf of Thailand is essential for enhancing coral reef resilience, particularly recovery from natural and anthropogenic impacts to maintain coral reef ecosystem services.



Value of coral reef for coastal erosion



Map of the study sites in the Gulf of

P-53

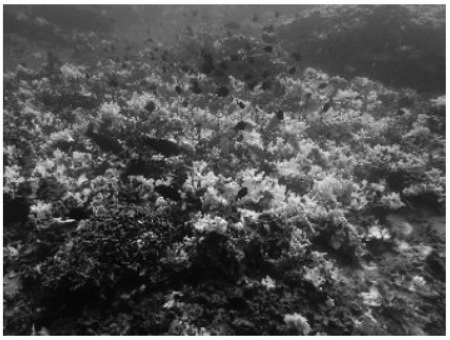
Monitoring coral bleaching at Ko Losin, an offshore Island of Thailand

○ Sittiporn Pengsakun, Thamasak Yeemin, Makamas Sutthacheep, Charernmee Chamchoy, Wanlaya Klinthong, Sirirat Jaiharn

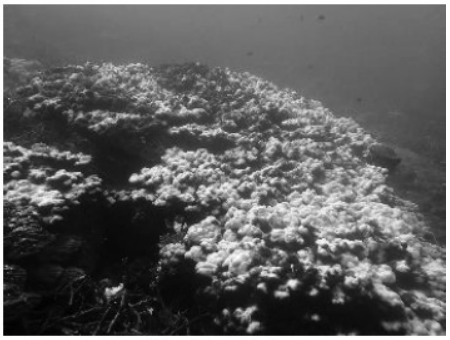
Marine Biodiversity Research Group, Faculty of Science, Ramkhamhaeng University, Thailand.

Keywords: coral bleaching, Gulf of Thailand, Ko Losin, temperature

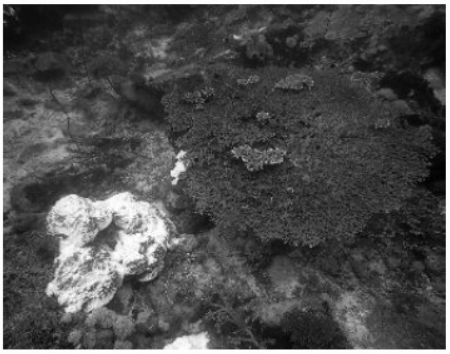
The severe coral bleaching events in the Gulf of Thailand occurred in 1998, 2010 and 2016. There were significant differences in the susceptibility of the coral species to bleaching events in the Gulf of Thailand. The intensive studies of coral bleaching in the Gulf of Thailand in 2016 showed that the levels of coral bleaching varied significantly among the coral reefs. Ko Losin, an offshore reef site in Pattani Province, the Western Gulf of Thailand is becoming a tourist dive site. This study provides quantitative data of the coral bleaching impacts in the year 2019 at Ko Losin. The sea surface temperature anomaly was recorded in the Gulf of Thailand during April-June. The field surveys in May revealed that there were no signs of coral bleaching at Ko Losin. However, we founded a significant level of coral bleaching at Ko Losin in September although the sea water temperatures were in normal conditions. The levels of bleaching susceptibility varied greatly among coral taxa. Most colonies of *Pavona cactus* and *Porites lutea* had high bleaching susceptibility. The soft coral *Sinularia* sp. also showed a high degree of bleaching. It is hypothesized that this coral bleaching caused by some phenomena of the changes of physical properties and dynamic processes of the ocean. Protection of coral reefs at Ko Losin from the impacts of fishing and tourism is required to enhance coral resilience to coral bleaching.



Pavona cactus



Porites lutea



Porites lutea

Sinularia sp.

P-54

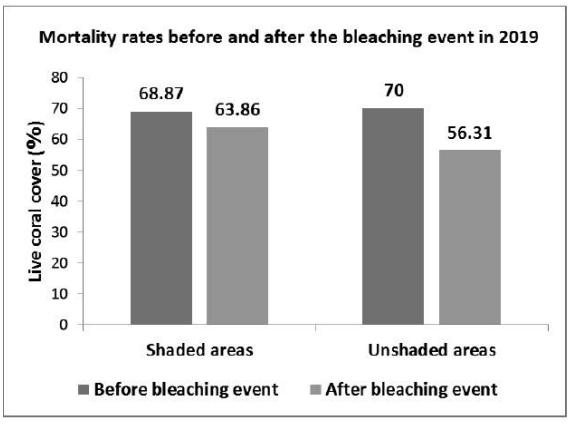
Shading for reducing the impacts of coral bleaching in the Gulf of Thailand

○Ploypailin Rangseethampanya[1], Thamasak Yeemin[1], Makamas Sutthacheep[1], Sittiporn Pengsakun[1], Chainarong Ruangthong[2], Panuwat Dampupha[2]

[1]Marine Biodiversity Research Group, Ramkhamhaeng Univ., THAILAND, [2]Dep. of National Parks, Wildlife and Plant Conservation (Chumphon), THAILAND

Keywords: coral bleaching, shading, mortality, recovery, Gulf of Thailand

Severe coral bleaching events have been reported as a major threat to tropical reefs worldwide, which can change the composition of coral communities and decrease their ecosystem services capacity. Shading is proposed to be a measure to protect corals from bleaching impacts during the bleaching events. We designed and created a field experiment during the coral bleaching event in 2016 to investigate if shading could reduce mortality rates and enhance recovery rates of corals following the bleaching. We found that our previous experiment substantially reduced the degree of bleaching and mortality rates of some coral species. Therefore, we applied our coral shading structure to protect corals in a large-scale during the coral bleaching event in 2019. The anomaly of sea surface temperature in the Gulf of Thailand was predicted in a few months before the bleaching event in 2019. The shading structure was established and implemented before the bleaching event at Ko Ngam Noi, Mu Ko Chumphon National Park, the Western Gulf of Thailand. The corals were shaded under midwater floating shading nets, 2 m x 12 m for each. The results showed that under the shaded areas, both light intensity level and sedimentation rates were lower than the unshaded areas. However, coral bleaching was observed in both shaded and unshaded areas. Additionally, the recovery rates of bleached corals under the shaded areas were higher than those in the unshaded areas. The coral mortality rates after the bleaching event under shading areas were also lower. The dominant corals at the study site were *Acropora muricata*, *Fungia fungites*, *Lobophyllia hemprichii*, *Pavona decussata*, *Pocillopora acuta* and *Porites lutea*. This study demonstrates the first large scale initiative in Thai waters to prevent corals from bleaching impacts by shading during the coral bleaching event. Several lessons learned from this study can be applied for future coral bleaching events in Thailand and other countries in the Western Pacific.



P-55

Assessing coral communities on underwater pinnacles as new marine protected areas in the Western Gulf of Thailand

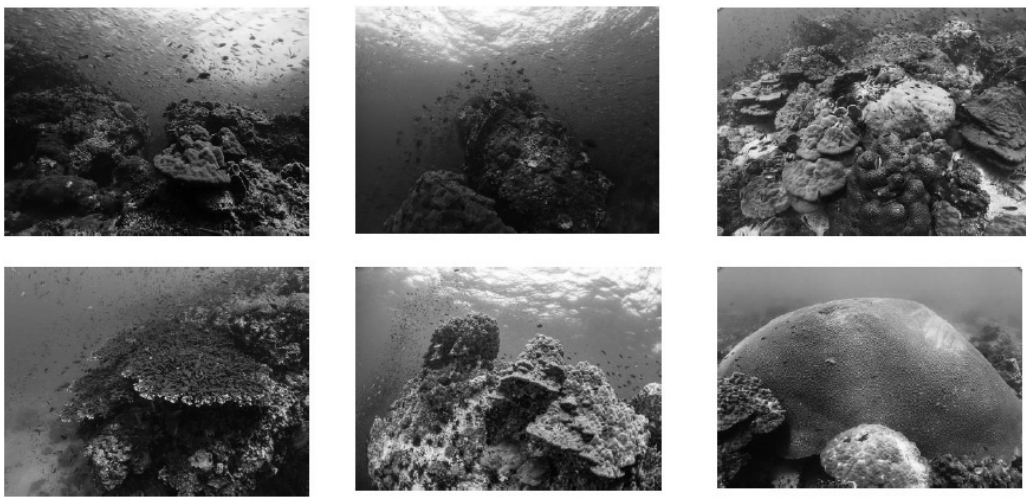
○Thamasak Yeemin[1], Makamas Sutthacheep[1], Supawadee Hamanee[2], Sittiporn Pengsakun[1], Wanlaya Klinthong[1], Bancha Lawang[1]

[1]Marine Biodiversity Research Group, Faculty of Science, Ramkhamhaeng University, Bangkok, Thailand

[2]School of Business Administration, Sripatum University, Jatujak, Bangkok, Thailand

Keywords: coral reef, Gulf of Thailand, marine protected area, underwater pinnacle

The Target 5 of the Sustainable Development Goal 14 is: by 2020, conserve at least 10 percent of coastal and marine areas, consistent with national and international law and based on the best available scientific information. To achieve this target, new marine protected areas in Thailand should be established. Scientific data concerning coral communities on underwater pinnacles in the Gulf of Thailand are very limited. The field surveys were conducted at 26 underwater pinnacles in Mu Ko Chumphon, the Western Gulf of Thailand. Our results revealed that percentages of live coral cover at some study sites were over 50%. The dominant coral species were *Porites lutea*, *Favites* spp., *Dipsastraea* spp. *Diploastrea heliopora*, etc. Enhancing marine ecotourism is a strategy for reducing pressures on major dive sites in Thailand. Many underwater pinnacles in the Gulf of Thailand can be developed as ecotourism sites. The Cabinet Resolution on 3rd March 1992 regarding Thailand's coral management master plan reveals that coral communities on underwater pinnacles must be protected. Several human activities which may have negative impacts on coral communities are prohibited. Therefore underwater pinnacles in the Gulf of Thailand should be categorized as a type of marine protected areas. A total of approximately 95 km^2 of underwater pinnacle areas of our study sites in Mu Ko Chumphon can be considered as new marine protected areas in the Gulf of Thailand. Law enforcement is essential to stopping illegal human activities in the underwater pinnacle areas.



P-56

Valuation of ecosystem services from reef fishes in the Gulf of Thailand

○Felipe M G Mattos, Makamas Sutthacheep, Thamasak Yeemin,

Marine Biodiversity Research Group, Faculty of Science, Ramkhamhaeng University, Thailand

Keywords: Ecosystem functions, stock value, fisheries, tourism

Valuing ecosystem services is one of the main strategies for raising environmental awareness worldwide. Services provided by marine organisms can be divided in Fundamental and Human-demand Ecosystem Services. In Thailand, a great portion of the country's economy depends on marine ecosystems, either for human consumption or tourism. We here try to evaluate the ecosystem services provided by coral reef fishes in the Gulf of Thailand. In site species abundance data was compiled from eight different sites in the Gulf. We analyzed the human-demand services by selecting only species with market value according to official reports from the Department of Fisheries. To estimate the economic potential in each site, we collected the mean price per Kg of target groups, then multiplied by the expected weight and recorded abundances. Weight was calculated from the observed common lengths, using the length-weight tool on fishbase.org. Finally, we multiplied the mean density of target species by the calculated reef area per site. Estimations were done as the maximum abundance potential each site has, which was then converted to monetary values. We recorded 43 reef fish target species to commercial or subsistence fisheries. The highest economic potential was found in Mu Ko Chang, Eastern Gulf of Thailand, estimated to reach between 3.6-3.8 million US Dollars. Two more sites, namely Mu Ko Samet and Mu Ko Chumphon, were estimated to hold up to 2.3-2.6 and 0.4-0.7 million USD respectively, high economic potentials probably due to the priciest species found there. Altogether, surveyed sites potentially guard from 8 to 9 million US Dollars, for Thai fisheries, calculated based on 43 species only, in a single snapshot. We estimate the real monetary value to be much higher considering that reefs in the Gulf of Thailand hold up to 100 marketed species, and that replicated surveys can enrich current data. In addition, we found 53 ornamental species, commonly marketed worldwide. Although little is known about aquarium trades in Thailand, there is no doubt about the contemplation value of those fishes, and their potential to attract tourism to coral reefs. In fact, studies indicate fish sighting as the most important characteristic for people who seek marine ecotourism. Although the higher popularity of Andaman Sea sites, this activity has a high potential in the Gulf of Thailand, and generated more than 60.000 USD in 2018, at 4 Marine National Parks. A sum that, if well managed, can potentially outcompete other impacting anthropogenic activities, such as aquarium trades and mineral extractions. Lastly, fishes provide a wide range of fundamental ecosystem services, due to their various ecological niche, and their high motility. Services attributed to this group range from recycling nutrients from substrate to the water column and

vice versa and regulation of plankton equilibrium, to linking energy and nutrients between different aquatic ecosystems. These high value functions are still impossible to valuate economically for aquatic ecosystems and until now, millions of dollars have already been spent in localized attempts to improve marine production (e.g. trying to artificially input iron in oligotrophic areas) to no success. We conclude that coral reef fish communities in the Gulf of Thailand potentially hold millions of USD in human-demand services, that should be properly managed, as well as inestimable sums that could easily reach several million dollars in fundamental ecosystem services.

P-57

Lonely giant on the sand: unexpected massive Taiwanese coral, *Polycyathus chaishanensis* in the Datan algal reef demands a conservation focus

○Chao-yang Kuo[1], Aichi Chung[1], Shashank Keshavmurthy[1], Ya-Yi Huang[1], Sung-Yin Yang[1], Chaolun Allen Chen[1,2,3]

[1]Biodiversity Research Center, Academia Sinica, Nangang, Taipei 115, Taiwan. [2]Institute of Oceanography, National Taiwan University, Taipei 115, Taiwan. [3]Department of Life Science, Tunghai University, Taichung 407, Taiwan.

Keywords: Datan algal reef, Crustose coralline algal (CCA) , Taiwanese coral, Endangered species, Conservation

Polycyathus chaishanensis (Lin, Kitahara, Tachikawa, Keshavmurthy & Chen 2012) is an extant caryophyllid first observed in 1990 in a single tidal pool (<3 m in depth) containing less than 50 small individual colonies at Chaishan, Kaohsiung, Taiwan. Due to its rarity and vulnerability to anthropogenic disturbances, namely coastal development and pollution at the holotype locality, it is listed as a highly-endangered species by the Taiwan Wildlife Act (COA 2017). Remarkably, a second population of *P. chaishanensis*, located at 150 - 170 cm below average sea level and exposed to air during the monthly low tide, was discovered during a recent biodiversity survey of the unique crustose coralline algal (CCA) reef in Taoyuan, Taiwan. The colony size averaged 13.49 cm in diameter (n=29), and the range was between 3.3 to 27 cm, similar to the holotype described from Chaishan. A third location with a massive colony of *P. chaishanensis*, 110 cm long and 80 cm wide, was discovered at the southern Datan CCA reef (N25.03898°, E121.04770°). This colony and other smaller colonies nearby lie on a CCA platform surrounded by sand at 200 cm below average sea level, and are exposed to cold air (12 ^{0}C) around sunrise during the annual spring low tide in winter. Exposure to high wave stress and occasional exposure to low air temperature, combined with competition for space from CCA suggests that *P. chaishanensis* might be adapted to highly-disturbed natural environments. However, large-scale anthropogenic disturbance, such as recent approval of an environmental impact assessment for the planned construction of a liquefied natural gas receiving terminal not only threatens the unique ecosystem of the CCA reefs, but also raises great concerns over the future survival of those endangered and giant *P. chaishanensis* colonies.

P-58

喜界島におけるサンゴ礁文化の掘り起こしと活用に向けた取組み

山崎 敦子[1]，田邉 大智[2]，駒越 太郎[2]，佐々木 奏[2]，外内 淳[3]，
萩原 和己[4]，上村 真仁[5]，○鈴木 倫太郎[6,7]
[1]九州大学, [2]喜界島サンゴ礁科学研究所, [3]朝日酒造, [4]喜界町役場,
[5]筑紫女学園大学, [6]WWF ジャパン, [7]駒澤大学応用地理研究所

キーワード：サンゴ礁文化，サンゴ礁保全行動計画，資源の掘り起し，地域による活動

環境省は，2016 年 4 月に「サンゴ礁生態系保全行動計画 2016-2020」を新たに策定した．この計画では，2020 年度までに重点的に取り組む課題として「地域の暮らしとサンゴ礁生態系のつながりの構築」が挙げられている．喜界島ではこの目標について，サンゴ礁生態系の恵みを活用しながら，保全を進める関係性を構築する活動を，喜界島サンゴ礁科学研究所，喜界町役場，WWF ジャパンが協働し，「サンゴの島の暮らし発見プロジェクト」として取り組んでいる．

喜界島は奄美群島の北東部に位置し，隆起性サンゴ礁の島でサンゴを起源とする石灰岩で形成されている．喜界島には 37 の集落が存在するがその多くにサンゴ礫を積み重ねた石垣，「フムラー」と呼ばれるハマサンゴをくり抜いて作られた石桶，ハマサンゴを削って作られた墓石など，サンゴ礁から得られた材料を利用した物が多く見られる．また，隆起サンゴ礁地形を活かした追い込み漁や採集活動など，サンゴ礁と繋がりを持った文化が残っている．これらの文化は，喜界島で古来よりサンゴ礁からの恩恵を受けた生活が存在していたことを証明しているが，現在は生活とサンゴ礁との繋がりは以前よりも希薄になっている．そこで，喜界島に多く残るサンゴ礁を利用した文化を「サンゴ礁文化」と位置付け，これらを継承・活用する事によりサンゴ礁からの恩恵を再認識することを目的とした活動に着手した．まず，海に近くサンゴ礁との繋がりが強い早町，志度桶，上嘉鉄，荒木の 4 集落を選定し，サンゴ礁からの恩恵を継承するための資源調査を集落の住民とともに実施した．その結果，2019 年 3 月までに各集落において，サンゴ礁文化に関連するサンゴ礁資源リストが完成した．またこの資源リストから特徴的な文化を抽出し，喜界高校美術部がイラスト化を行い，そのイラストを基に各集落の地図を作成した．今年度からは，これらの資源を将来的に活用する事を目標に，荒木集落においては住民が主体となったサンゴ礁文化の活用を，早町・志度桶集落を含む早町小学校区においては，サンゴ礁文化を継承・活用する事を目的とした活動の実施と人材バンクの整備を行う活動を実施している．本発表では，これまでのプロジェクトにおける活動の経過と成果について紹介する．

P-59

サンゴ礁の危機を学び保全を考える「サンゴすごろく」の作成と検討

○梅澤 有[1]，栗原 晴子[2]，安田 仁奈[3]，水山 克[2,4]，北野 裕子[5]，
中村 隆志[6]，佐藤 崇範[2]，今宮 則子[7]

[1]東京農工大，[2]琉球大，[3]宮崎大，[4]産総研，[5]国環研，[6]東京工業大，[7]海の自然史研究所

キーワード：サンゴ礁，教育教材，環境要因，生態系応答，多様性，アウトリーチ

大学等の研究機関で国や民間からの資金によって行っている研究の成果を，子供達や一般市民の方々にわかりやすい形で伝えていくアウトリーチ活動は，近年では，義務の 1 つとして考えられるようになってきている．しかしながら，年齢や知識量・興味が多様である対象者に対し，限られた時間内に，科学的内容の正確性と簡略化のバランスをとりながら伝えていくことは難しい．日本サンゴ礁学会の教育・普及啓発委員会では，研究者による教育・普及啓発関連コンテンツ作りのサポートや，コンテンツ自体を貸与・販売する形でのアウトリーチ活動の支援について取り組んできている．　2019 年度の取り組みとして，「NPO 法人海の自然史研究所」による環境教育用のシミュレーションゲーム「サンゴのテリトリーウォーズ」にヒントを得て，教材「サンゴすごろく」の作成を行った．これは，サンゴ礁生物に正負の影響を与える様々な環境要因があること，また，サンゴ礁を構成するサンゴ種（例：塊状ハマサンゴ，枝状ミドリイシ，ハナヤサイサンゴ，キクメイシ，アオサンゴ）が，温暖化やオニヒトデなどの環境ストレスに対する応答性が異なることを学ぶことを通して，サンゴ礁生態系の保全を考えてもらうものである．作成にあたって，科学的知見をきちんと取り入れつつも，キャラクターを多く入れて子供達に親しみをもってもらうことを意識した．また，作成の過程では，プロトタイプの作品を，サンゴ礁ウィークのイベントで一般の方々に体験してもらったり，東京農工大学や東京工業大学におけるアクティブラーニングを取り入れた授業において大学生からの感想を取り入れたりするなどして，改良を行ってきた．例えば，QR コードを用いてオヒニトデやサンゴの一斉産卵の映像にアクセスできるようにすること，また，負の影響だけでなく，産卵や移植技術によってコマを前に進めることが出来る内容を組み込むなどの改良を行ってきている．参加者からは，すごろくを楽しみながら正確に理解するには，すごろくに書かれている内容をきちんと補足説明していくファシリテータの存在が重要であるとの指摘もあった．ポスター発表では，皆さまからのアイディアもいただいて，改良を行っていきたいと考えている．

写真：東京農工大学の基礎ゼミでの授業の様子

P-School1

喜界島におけるハワイビーチと小野津港の海水の炭酸系とサンゴの分布

○津田 和忠[1,2]，駒越 太郎[1]，山崎 敦子[1,3]，渡邉 剛[1,4]

[1]喜界島サンゴ礁科学研究所，[2]鹿児島県立喜界高等学校，[3]九州大学大学院理学研究院，

[4]北海道大学大学院理学研究院

キーワード：サンゴ群衆，炭酸系

（目的）隆起サンゴ礁である喜界島の海岸には干潮時に閉鎖的になるタイドプールが多く存在する.タイドプールの海水の炭酸系を解析することで,それぞれの地点における海水のアラゴナイト飽和度を求めることができる.また，このタイドプール内の底質調査による結果より,海水の炭酸系がサンゴの分布に与える影響を評価することができる.

（方法）本研究では，タイドプール内の海水の採水によって得た塩濃度,全アルカリ度,全炭酸,ｐH とラインとランセクト法による底質調査の結果を比較し,現在の海水の環境とサンゴの分布を調べた.干潮時にタイドプールとなる喜界島のハワイビーチでは,陸地の点から距離を測った合計十カ所の地点の水面下 50ｃｍの海水を採水した.小野津港では４か所の水面下 50ｃｍの海水を採水した.比較として，沿岸に防波堤のある小野津港はサンゴが見られ始める地点と多く見られる地点,防波堤の近く,港の入り口の 4 ヶ所を採水した.海水の測定方法として,まず電子天秤で重量を測り,導電率計を用いて塩濃度を測定した.この情報をもとに全アルカリ滴定を行い,全アルカリ度,全炭酸,ｐH を求めた.先に求めた値から CO2Sys プログラムを用いてアラゴナイト飽和度を計算した.

（結果）ハワイビーチでは陸からの距離に対する塩濃度の相関関係が顕著に見られた.ｐH は陸から離れるほど高くなった.全炭酸・全アルカリ度は陸から離れるにつれ低下した.小野津港では最も砂浜に近い場所の塩濃度が一番低かったものの残りの 3 地点は塩濃度にあまり差は見られなかった.全炭酸・全アルカリ度はサンゴ礁や堤防沿いの場所は増えていくものの港の入り口の部分のみ低い値となった．CO2Sys を用いた計算の結果,ハワイビーチでは陸から離れるにつれアラゴナイト飽和度は高くなり,小野津港では港の入り口のみ低い値となった.

（考察）これらの結果より,ハワイビーチでは陸からの距離に対して塩濃度や pH に相関があることが分かった.また小野津港では港の入り口の pH の値が低くなっているため，アラゴナイト飽和度が低くなっていると考えられる.また陸から離れるにつれサンゴが増えることから,サンゴの分布にアラゴナイト飽和度などの環境要因が影響することが考えられる.

P-School2

ハマサンゴ属の骨格内部の形態は種同定に使えるのか

○日吉 慎太郎[1,2]，北野 裕子[3]，Samuel Kahng[4]，駒越太郎[1]，山崎敦子[1,5]，渡邊剛[1,6]

[1]喜界島サンゴ礁科学研究所，[2]鹿児島県立喜界高等学校，[3]国立環境研究所 生物・生態系環境研究センター，[4]Hawaii Pacific university，[5]九州大学大学院理学研究院，[6]北海道大学大学院理学研究院

キーワード：ハマサンゴ属，骨格形態，化石標本，種同定

元来，イシサンゴの分類は骨格形態に基づいて行われてきたが，分子統計解析と伝統的な分類形質との不一致が多くの分野で報告されている．分子系統解析の結果と一致するような形態形質の発見も一部の分類群では行われているが，未だに系統を反映している形質の見つかっていない分類群も多く，これまで分類に用いられてこなかった形質について，種分類に有効かどうか検討することが求められている．また，分類に用いられる骨格形態はその多くが骨格表面に見られるものであるが，化石標本や，風化などによって表面の特徴が失われた骨格については表面の形質に基づいた同定を行うことができない．本研究の目的は，現生サンゴと化石サンゴの内部の骨格形態の共通点を見つけることにより，化石サンゴの種同定のキーキャラクターを発見することである．2019 年 8 月 10 日に鹿児島県喜界島のハワイビーチで同種と判断されるハマサンゴを 2 群体採取した. 比較として完新世のハマサンゴの骨格化石を使用した. ハマサンゴ骨格は岩石カッターで半分に切った後，断面の骨格形態がはっきりと見える個所を選定し，1cm 角のブロックに加工した．ブロックは走査型電子顕微鏡と実体顕微鏡で撮影し，画像処理ソフト Image J で計測を行った．計測項目は，莢径，莢壁の厚さ，莢壁の長さ(×莢壁数)，軸柱の長径，軸柱の短径，単位面積あたりの個体数，莢壁間の距離の 7 項目である．

（結果）全ての化石サンゴ試料の計測項目の値が現生サンゴ試料に比べ 14~62%大きかった．また，現生サンゴ試料では各計測項目内のばらつきは小さかった．対して，化石サンゴ試料の計測項目内では莢径と軸柱の短径でばらつきが大きく，隔壁の長さではばらつきが少なかった. 莢壁間の距離では化石試料一群体の 3 箇所の値の中央値はほぼ同一で，現生試料 2 群体の中央値もほぼ同一であった．

（考察）全体を通して，化石サンゴ試料と現生サンゴ試料で値が異なった原因として，環境の違いと種の違いがあげられる．化石サンゴ試料の年代は完新世の約 6000 年前より新しいと推測されるため，サンゴの成長を左右する水温が大きく違うことは考えにくい．莢壁間の距離を見ると，同種の別群体で中央値がほとんど同一であり，ばらつきが小さいことから，群体間の差異が少ない形質であると推測される．さらに，化石サンゴ試料と現生サンゴ試料で中央値に違いが生じたことから，種の違いが関係した可能性がある．本研究では，サンゴ骨格の切断面に着目して種分類に使える特徴を調査した．風化を受けやすい骨格表面と違い，骨格内部の形質は保存されやすく，特に，莢壁間の距離は化石ハマサンゴの分類のキーキャラクターの一つとなる可能性がある. 今後，別種の現生ハマサンゴも同様の計測を行いさらに研究を深めて行きたい．

P-School3

ハマサンゴ骨格のろ過能力　～より効率的なろ過材の開発をめざして～

○石坂 悠希

[1] 中央大学附属高等学校

キーワード：化石サンゴ骨格，ろ過能力，喜界島，資源活用，続成作用

現在，世界中の海ではサンゴの白化現象が度々起きており，日本国内でも沖縄や奄美群島で大きな問題となっている．鹿児島県の奄美群島に位置する喜界島は化石サンゴ礁でできた島であり，世界的に見ても希少な地域である．喜界島に多くある化石サンゴは資源として利用されている例はなく，これを新しい資源として利用することができれば，白化現象が進んでしまったサンゴ礁や化石サンゴ礁でできた島を有効活用することができる．そこで，化石サンゴを使った資源活用のひとつとしてサンゴの骨格のろ過能力に着目した．これまでの研究では化石ハマサンゴ骨格とキクメイシ骨格のろ過能力を検証し，ハマサンゴ骨格はろ過材として資源利用できる可能性が示された（石坂, in press）．

本研究では，鹿児島県喜界島で採取した化石ハマサンゴを試料として２つの実験（ろ過材の形状比較実験・サンゴ骨格の続成比較実験）を行った．ろ過材の形状比較実験では，ハマサンゴのろ過材を立方体と砂状の２種類に成型して，赤チョーク溶液と油（ごま油の製油過程の途中で採取したもの）をろ過する実験を行った．立方体よりも砂状の方がろ過能力が高い結果となった．また，砂の粒径の大きさも関係していた．サンゴ骨格の続成比較実験では，続成作用を受けていない現生サンゴ骨格と，続成作用を受けた化石サンゴ骨格をろ過材として，ろ過実験を行った．続成作用を受けていないサンゴ骨格がろ過材として適していることがわかった．以上より，ろ過材の形状とサンゴ骨格の続成作用は，ハマサンゴ骨格が有するろ過能力に影響することが示された．

P-School4

ハワイビーチのサンゴと生き物

○村上 ゆうか[1,2]，○中川 玲菜[1,3]，工藤 悠暉[1,4]，西山 侑希[1,5]，種田 悠李[1,6]，
三島 好誠[1,7]，丸本 昌幸[1,8]，藤井 琢磨[1,9]

[1]喜界島サンゴ礁科学研究所，[2]藤女子高等学校，[3]清泉女学院中学校，[4]立命館慶祥中学校，[5]亀津小学校，[6]嶺町小学校，[7]早町小学校，[8]水俣第二小学校，[9]鹿大・島嶼研

キーワード：無脊椎動物，生理学，生存戦略，生態

2019 年のサンゴ礁生物班は，昨年までと同じく，「喜界島のハワイ海岸礁池内には，どんな生き物が，どれのくらいいるのか」を調べ，科学的に解説することを目的に調査を行った．調査は，目視による 3〜4 時間の簡易スポットチェック法と，50 m メジャー1 本によるラインインターセプトトランセクト（LIT）法によって行った．LIT 法では 1 本のラインを複数名で分担した．さらに高校生と中学 3 年生，小 3〜5 年生と中学生 1 年生で同じラインを調べることで記録者によっても認識の差が生じることを確かめた．また，徒手採集と刺し網を用いた追い込み漁による生物相の定性調査も行いフィールドガイドを参照して種同定を行った．

研究目的ごとに多様な手法が存在することを理解した上で上記の調査を行い，考察から発表まで，相違工夫をこらした研究に仕上がった．本ポスターでは，見つかった生物種やサンゴの被度，それらの結果から班員が行った考察の発表を行う．本調査実習では，子どもたちが実際にみるサンゴ礁は想像よりもサンゴだけで埋め尽くされているわけではないこと，普段は気にも留めない小さな生物が沢山いること，実は生物の種類を調べるのは難しいこと，見る人によって自然の感じ方が異なること等，さまざまな発見があった．

P-School5

蟹式サバイバル術～どうして完璧なカニはいないのか～

千田 唯乃[1,2]，○日吉 慎太郎[1,3]，花田 理成[1,4]，椎根 凜空[1,5]，コワル 汎夏[1,6]，杉俣 駿[1,7]，藤原 潮路[1,8]，橋本 昊[1,9]，橋本 昊，Samuel Kahng[1,10]

[1]喜界島サンゴ礁科学研究所，[2]渋谷教育学園渋谷高等学校，[3]喜界高等学校，[4]志學館中等部，[5]渋谷教育学園幕張中学校，[6]白馬中学校，[7]早町小学校，[8]柏野小学校，[9]常盤台小学校，[10]Hawaii Pacific university

キーワード：無脊椎動物，生理学，生存戦略，生態

サンゴ礁は多様な無脊椎動物たちの住処となっている．無脊椎動物は基本的な体の構造は他の生き物と共通しているが，サンゴ礁内で生き残るための特別な戦略・体の構造をもち，その特徴にはトレードオフが存在している．本研究では，喜界島ハワイ海岸礁池内に生息するカニがサンゴ礁内で生き残るために，どのように餌を見つけ・敵から逃げ・成長しているかについて形態から検討した．

4 種のカニについて甲羅の大きさに対する身体の各パーツの大きさの比率を求めた．ハサミと足の長さの比率では，足が長くハサミが短いグループ，足が短くハサミが長いグループの 2 つに区分できた．また，ハサミの挟む力と腕の長さの比率は，腕が短く挟む力が弱いグループ，腕が長く挟む力が強いグループの 2 つに区分できた．結果からハサミの長さと足の長さ，そしてハサミの長さと幅でトレードオフの関係が推測された．足の速いカニのハサミは小さく，柔らかいものしか食べることができない．逆に足の遅いカニは，ハサミが大きいため硬いものでも食べることができ，それぞれのカニが身体の特徴に合わせた生存戦略をとっていることを確認した．

P-School6

うみぼうずハンターズ ハマサンゴ が住んでいる環境を調べよう

荒井 陽花[1,2]，笹井 心[1,3]，池田 雪流[1,4]，山田 美月[1,5]，○板倉 誠一郎[1,6]，
幸得 真虎[1,7]，矢野 健[1,8]，鹿島 悠人[9]，山崎 敦子[1,10]

[1]喜界島サンゴ礁科学研究所，[2]中央大学付属高等学校，[3]東京都立農産高校，[4]佐渡中等教育学校，[5]文京区第十中学校，[6]喜界中学校，[7]いつま小学校，[8]喜界小学校，[9]成城学園初等部，[10]九州大・院理

キーワード：ハマサンゴ，サンゴ骨格成長，塩分，pH，底質

サンゴとはどのような生き物かを学ぶ過程で，サンゴはどんな環境で，どのように成長するのかという疑問が生まれた．本研究では，喜界島のハワイビーチにおいて，ハマサンゴが生息する環境とサンゴの成長速度は関係があるのかを調査した．

喜界島ハワイビーチに 50 m の測線を引き，0～50 m まで 10 m おきに水深と底質を記録し，採水を行なった．また，生息しているハマサンゴの水深，高さ，距離，表面の大きさを計測した．採水した水の水温，塩分，pH を多項目水質計と電気伝導度計，アルカリ度計を用いて計測した．さらに，側線上でフカアナハマサンゴとイワハマサンゴ群体を採取した．採取したサンゴ群体はカッターで成長方向追えるように骨格を薄い板状に成形したのち，レントゲン写真を撮影した．

塩分は 10mとタイドプール外の外洋が高く，0 m と 40 m地点で低くなった．pH は 0m，30m，外洋でその他の地点と比較して高くなった．採取したサンゴの成長量を年輪ごとに計測した結果，フカアナハマサンゴは 8.2 mm/年，イワハマサンゴは 20 mm/年だった．測線上に存在したハマサンゴにこれらの成長量を当てはめると，2 つのハマサンゴの年齢は，312.5 歳と 281.3 歳，2 つのイワハマサンゴの年齢は， 40 歳と 15 歳であることが推定できた．

また，年輪幅の計測より，2013～2014 年に起きた長期干ばつの影響により，湧水が減少し塩分が高くなったことで，ハマサンゴの成長が低下していたことが推測された．ハワイビーチには 300 歳を超えるハマサンゴがあることから，数百年に渡り，サンゴにとって生息しやすい環境であったと考えられる．

P-School7

喜界島を作った化学反応

寺山 里奈[1,2]，○津田 和忠[1,3]，林 哩央[1,4]，渡邊 翔太朗[1,5]，向井 康道[1,6]，
田中 沙織[1,7]，安西 大地[1,8]，夏目 一郎[1,9]，田中 健太郎[1,10]
[1]喜界島サンゴ礁科学研究所，[2]中央大学付属高等学校，[3]喜界高等学校，
[4]秋田大学教育文化学部付属中学校，[5]羊丘中学校 [6]早町小学校，[7]右京小学校，[8]LCA 国際小学校，
[9]喜界小学校，[10]東京大学・大気海洋研究所

キーワード：炭酸塩，化学反応，カルシウム濃度

隆起サンゴ礁からなる南西諸島喜界島に存在する岩石や化石などが何からできているのか，島がどの様に形成されたのかを化学的なアプローチを使って調査を行った．喜界島の各地を巡り，岩石試料および湧水，海水などの水試料を採取した．岩石試料などは希塩酸と反応させ，二酸化炭素が生成されるか確認した．水試料はカルシウムイオンメータ（LAQUAtwin Ca-11，堀場製作所）を用いて水試料のカルシウム濃度，リトマス紙を使い pH を測定した．さらに，採取した水試料と炭酸水や炭酸ナトリウム水溶液を混ぜることで，炭酸カルシウムを析出させる実験を行った．実験の結果，喜界島の岩石や巻貝化石には炭酸が含まれていることを明らかにした．水試料のカルシウム濃度は淡水よりも海水で高く，同じ淡水の湧水でも場所によってカルシウム濃度に差が生じた．また，炭酸カルシウムの析出実験から，カルシウムイオンが高い海水と塩基性の炭酸ナトリウム水溶液を混合し析出することを確認した．これらの実験の結果より，造礁サンゴ類も海水中のカルシウムイオンと炭酸イオンを利用して炭酸カルシウムの骨を形成し，骨格が隆起サンゴ礁として喜界島を形作っていることが示唆された．

P-School8

古代を発掘！サンゴの化石発掘隊

竹原 綾音[1,2]，○勝野 瑛太[1,3]，江口 胡夏[1,4]，後藤 瑞喜[1,5]，内村 亮介[1,6]，
岡野 穣太郎[1,7]，滿 怜音[1,8]，佐々木 圭一[1,9]

[1]喜界島サンゴ礁科学研究所，[2]中央大学附属高等学校，[3]昭和学院秀英中学校，[4]落合中学校，
[5]荒田小学校，[6]帖佐小学校，[7]成蹊小学校，[8]平野小学校，[9]金沢学院大・基礎教育機構

キーワード：サンゴ骨格化石，微小化石，砂粒子，顕微鏡観察

本研究では，南西諸島喜界島の隆起サンゴ礁には，サンゴや貝の化石が含まれており，島内各所で化石の採取と記録を行い当時の環境を推測する．調査地点は，喜界島の伊砂，手久津久，早町港の 3 地点で，主にハンマーとタガネを用い化石の採集を行った．その結果，早町港ではキクメイシ属を中心とした 10 種，手久津久では貝類，単体サンゴ, コケムシ, ロドリスなど, そして伊砂では貝類や有孔虫化石を採取した．

化石から推測される当時の環境は，早町港付近では，キクメイシ属の化石が多く採取できたことから，約 3000 年前は浅瀬だったと考えられる．また，手久津久では二枚貝，巻貝，単体サンゴ，コケムシが採取されたことから，約 8 万年前は水深が深かったことが推測された．サンゴ化石については，各自が採集した標本について，図鑑を参考にサンゴの種類を決めることができた．海岸部の化石サンゴは，島北端のハワイ・ビーチでシュノーケリングにより観察した現生サンゴと似た，礁原に多い種類であった．一方，内陸部には単体サンゴや薄い群体サンゴなど，礁斜面の深い環境に生息する種類が多いことが明らかになった．

P-School9

喜界島にすんでいる魚の食性と体のつくり

山田 順正[1,2]，宮崎 紗世[1,3]，滝原 諒一[1,4]，佐藤 結[1,5]，杉俣 克磨[1,4]，山村 杏[1,6]，海老原 元紀[1,7]，脇谷 量子郎[1,8]

[1]喜界島サンゴ礁科学研究所，[2]京華高等学校，[3]喜界中学校，[4]公文国際学園，[5]蕨島小学校，[6]早町小学校，[7]北小学校，[8]相模台小学校，[9]中央大学研究開発機構

キーワード：魚類，体のつくり，形態，食性

サンゴ礁には多様な魚類が生息するが, その生態についてはまだ未知の部分が多く残されている．本研究では，喜界島に生息する魚類の生態，形態を調べることを目的として，釣り，刺し網，投網，仕掛け（筒）など複数の方法で，さまざまな場所で魚を採集した．そして，採取した魚を解剖し，歯や消化管の長さを計測し魚のエサを推測した．ハワイビーチにて刺し網により，ハゲブダイ，シリテンスズメダイ，サザナミハギを，早町漁港にて釣りにより，コトヒキ，オキフエダイ，カスミアジを，筒により，ヘリシロウツボを採取した．採取した魚の頭長と歯長，および全長と消化管の長さを比較したところ，肉食の魚は鰓耙(さいは)が粗く，消化管が太く短く，頭長に対して歯が長いこと，草食の魚は鰓耙が細かく，消化管が細く長く，頭長に対してはが短いことが明らかになった．また，ウツボ科の個体については昨年と同様に調査を行った 8 月上旬に生殖巣の発達が見られることが明らかになった．

P-School10

貝の種類と成長線の関係

吉原 悠大[1,2]，○今井 康聖[1,3]，○栗原 萌花[1,4]，新里 海[1,5]，高橋 唯桜[1,6]，
永田 悠[1,7],柚木 遼太郎[1,8]，椎根 大地[1,9]，駒越 太郎[1]
[1]喜界島サンゴ礁科学研究所，[2]中央大学附属高等学校，[3]喜界中学校，[4]中央大学付属中学校，[5]甲府市立中学校，[6]喜界小学校，[7]谷山小学校，[8]錦江小学校，[9]海浜打瀬小学校

キーワード：サンゴ礁，貝殻，成長線，ピール法

サンゴ礁には多様な無脊椎動物が生息しており，二枚貝や巻貝なども炭酸カルシウムの貝殻を形成するため，サンゴ礁の形成に寄与している．本研究では，喜界島島の砂浜やタイドプールに生息する二枚貝・巻貝の貝殻を採取し，種類の同定と貝殻の成長線の観察を行い二枚貝の成長と生態を調査した．

貝殻は，喜界島の中で最大級の砂浜である塩道長浜公園とタイドプールのハワイビーチにて，ビーチコーミングで徒手採取を行なった．採取した貝殻は，図鑑を用いて種類の同定と，スケッチを行なった．また，貝殻の成長を調べるために，貝殻断面の成長線は，切断面を研磨・エッチングし凹凸をアセテートフィルム写し取るピール法を用いてレプリカを作成し，光学顕微鏡で観察を行なった．

観察の結果，ピール法でベッコウガサガイ，リュウキュウマスオガイ，アラスジアマガイ，イモガイ科，コウイカの甲について成長線を観察することができた．ベッコウガサの同一個体では若い頃と成長後の成長線幅を比較すると，若い頃の方が成長速度が早い事が明らかになった．また，貝殻の成長線幅の平均と殻長の比較から，成長線の幅は個体の殻長の大きさよりも年齢による変化が大きいことが明らかになった．

P-School11

「海洋教育パイオニアスクール」でのサンゴ礁活動校

○中村 修子

笹川平和財団　海洋政策研究所

キーワード：海洋教育パイオニアスクール，サンゴ／サンゴ礁活動，

笹川平和財団海洋政策研究所では 2016 年度より，日本財団，東京大学海洋アライアンス海洋教育促進研究センター（現 教育学部附属海洋教育センター）との共同で全国の学校への海洋教育支援（助成）制度「海洋教育パイオニアスクールプログラム」を展開している．参加校は北海道から沖縄まで，初年度の 64 校（小・中・高校・特別支援学校）に始まり，4 年目の今年は市町村自治体教育委員会に対する助成にまで広げ，4 年間でのべ 542 校が学校授業において様々な海洋教育活動を試み，単元開発に取り組んできている．

このパイオニアスクールの中でサンゴ/サンゴ礁をテーマに活動する参加校は 2016–2018 年に 20 校ほどあった．この参加校を見ると，サンゴ礁が校区に近く日常生活や地域文化にサンゴが身近で根ざした沖縄・奄美地方のほか，サンゴの海が近くにあった場合でも特に意識が向いてこなかった地域（小笠原ほか），また都市圏でサンゴ礁から遠く離れている学校（東京，大阪）と区分される．これらの学校の取組みから見えてくる，サンゴ/サンゴ礁をテーマとする海洋教育の活動特性や課題を俯瞰し，紹介したい．

P-School12

与論の海から問いを見出し，主体的に向き合い探求する児童の育成

前園　麻美

与論町立茶花小学校

キーワード：与論島，サンゴ礁，取組，

茶花小学校は，鹿児島県奄美群島の最南端の与論島にある．与論島はサンゴ礁が隆起してできた島で,周囲をサンゴ礁が囲む．そのような身近にある海という地域資源を生かして，探求的な総合的な学習の時間を展開することはできないかと考え，本校では総合的な学習の時間における探求課題の開発と実践を行ってきた．海洋教育のコンセプトをもとに，３年生は海（島の自然）に親しむ，４年生は海（島の自然や人々）を知る，５年生は海（島の自然）を島の人々とともに守る，６年生は海（島のよさ）を発信するというように，段階的に活動テーマを決めている．

そこで,昨年度の取組を一部紹介する．３年生では，海に親しむ活動を中心に学習を行った．実際に海に行き,サンゴ礁や生き物に触れたりサンゴを用いた造形物を製作したりした．五感を存分に働かすことで，自然と疑問や課題を見付け，子供の問いから学習を展開することができた．

４年生では，３年生での取組を基に生き物とサンゴ礁の関わりについて学びを深めたり，海の恵みを基に何か地域の人々へ還元できるものはないかと課題を設定したりすることで，より体験的な活動を展開することができた．その中でも海の恵みで作成した商品を，バザーで販売する一連の活動には特に意欲的に取り組む子供の姿が見られた．

５年生では，主に海を守るというコンセプトの下，環境保護の視点で学習を展開した．まずは，海を知るということで既習の学びを整理したり，生態系の中心にいるサンゴの生態について学習したりした．そして,海や環境を保護するための取組として,昨年度は５つを実践した．１つ目がゴミ拾い，２つ目が植林体験，３つ目が観光客や島民への意識調査，４つ目が拾い箱作り，５つ目がパンフレットやマラソン大会での環境保護の発信である．ゲストティーチャーによる講話やグラスボートでのサンゴウォッチングを行ったことで，より課題意識をもって保護活動の取組を意欲的に行う子供の姿が見られた．

６年生では，４年間のまとめとして，これまでの学びや与論島の魅力を発信することを中心に学習活動を展開した．地域の協力を得て実施したプレゼン大会では,与論の魅力をアピールし得るアイデアを出し合った．その中から,与論にいる多様な海の生き物をより多くの人に知ってもらいたいという願いをもったグループのプレゼンから，魚の形をしたクッキーやキーホルダーの商品化が決定し，島内のイベントで販売することになった．これまでの学びを基により充実した学習活動を展開することができた．

このように子供たちから出た問いを基に職員がより良い探究課題を話し合うことで，それぞれの学年が地域と協力し，地域の素材に触れて課題意識をもったり，探究活動をしたりすることができた．当たり前にある海やサンゴ礁のことを深く追究していくことで，これまで以上に海や地域に対する関心や愛着心を抱くことができたのではないかと思う．

P-Conse1

浦底湾におけるコーラルネットを活用したサンゴ保全活動

○内藤 明[1]，中村 幹[1]，山川 桃果[1]，相良 菜央[1]，多羅尾 拓也[2]，山木克則[3]
[1]エコツアーりんぱな，[2]ネイチャー石垣島ダイビングサービス，[3]鹿島建設(株)技術研究所

キーワード：石垣島，浦底湾，サンゴ，モニタリング，保全 ,コーラルネット

１．はじめに

サンゴの保全地点は，石垣島北部の浦底湾であり，特に沿岸部に近いエリアではサンゴの被度が小さい．その原因として，陸域からの赤土の流入や海水温の上昇などの複合的な作用が考えられた．そこで，簡易な赤土対策として，コーラルネットを活用したサンゴの地域保全活動を 2018 年から実施している．

写真－1 コーラルネットにサンゴを設置

写真－2 設置したサンゴの状況

写真－3 設置したサンゴの成育状況の例

２．方　法

湾内の水深や流れなどが異なる 3 地点において，海底面から 15～20 センチ嵩上げしてコーラルネットを設置し，そこへ台風等で折れたサンゴを集め，バンドを用いてネット上に固定した（特別採捕許可取得）．サンゴの撮影データからサンゴの成長量を把握し，海底砂礫帯上で成育するサンゴについても対照区としてモニタリングした．

サンゴのモニタリングと同時に，水温や光量子，流速などの連続観測や，エコツアー開催時は白色盤を用いた水平透明度の観測などを行い，啓発も含めたサンゴ礁環境の定量化にも努めている．

３．経　過

海底面の砂礫上で成育するサンゴは限定され，多くのサンゴが砂礫に埋もれるなどの原因で死亡した．一方でコーラルネット上のサンゴはこれまでに多くが生残し，成長が見られている．

今後，　各地点におけるネット上のサンゴの定量化とともに，物理環境の分析結果と合わせた詳細な分析を実施する予定である．また，本活動成果は，石西礁湖自然再生事業をはじめ，各地のサンゴの保全技術として提案して行きたい．

P-Conse2

有性生殖によるサンゴ増殖とサンゴ礁の面的保全・回復への展望

山﨑 将志[1]，井上 真仁[1]，○完山 暢[2]，中村 良太[2]，田村 圭一[3]，山本 秀一[3]，小松 俊晶[4]，米澤 泰雄[4]，鈴木 豪[5]

[1]水産庁，[2]水産土木センター，[3]エコー，[4]国際航業，[5]水研機構西海区水研，

キーワード：有性生殖，種苗生産，中間育成，移植，幼生供給

本報告では，水産庁が取り組む有性生殖によるサンゴ増殖技術開発事業を紹介している．事業の成果はこれまでに論文等で複数発表されているが，今年，平成 21～29 年度に開発した技術を「改訂有性生殖によるサンゴ増殖の手引き（水産庁漁港漁場整備部，平成 31 年 3 月）」（以下，手引き）として公表した＊．手引きでは，有性生殖法によって大量にサンゴの「種苗生産」をし，これを「中間育成」して「移植」する一連の３つの技術でサンゴを面的に増殖する技術（サンゴ面的増殖技術）を解説している．この技術は無性生殖によるサンゴ移植に比べ技術的なハードルが高いが，増殖したサンゴの遺伝的多様性を確保できることや，次世代サンゴの幼生供給基地としても期待できる等のメリットが多い．手引きにはサンゴ面的増殖技術を構成する各技術についても詳述しており，「種苗生産」に関しては，遠隔離島のように海況が厳しく不安定な場合に陸上施設を用いる方法，静穏な海域で幼生収集装置を用いる方法について解説しており，対象海域の条件に適した方法が選択できる．加えて，種苗を実海域で一定サイズまで育成する「中間育成」，選定した移植適地へサンゴを植え付ける「移植」までの手順と方法も纏めている．現在，水産庁では，より大規模なサンゴ増殖技術の開発を目指し，平成 30 年度より「厳しい環境条件下におけるサンゴ増殖技術開発実証委託事業」を実施している．その主要課題として，幼生供給基地から生まれたサンゴ幼生を適所に的確に供給する技術とともに，着生後のサンゴの生残を高めるための技術開発を進めている．

＊ http://www.jfa.maff.go.jp/j/seibi/sango_tebiki.html

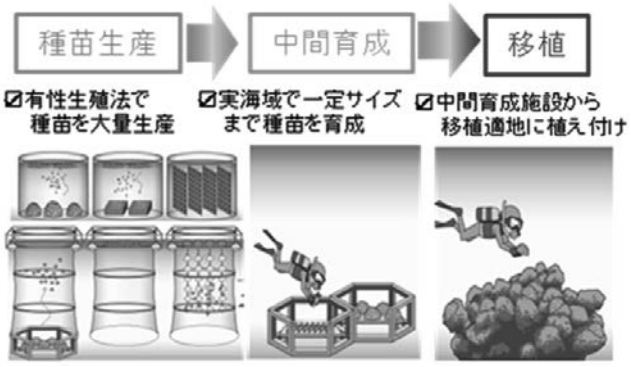


図１　サンゴ面的増殖技術のイメージ

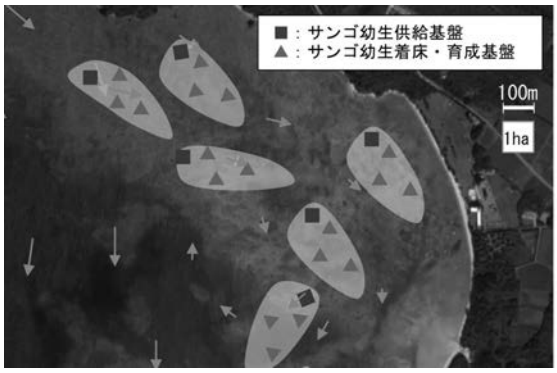


図２　サンゴ幼生の面的供給イメージ

自由集会 / Themed meeting

自由集会① / Themed meeting①

『サンゴの分類を学ぶ』

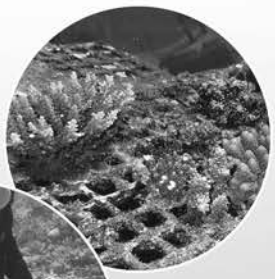
オーガナイザー：深見裕伸（宮崎大学）・野中正法（沖縄美ら島財団）
日時：11 月 9 日（土）　18:30-20:30
会場：北海道大学理学部 5 号館 2 階　5–201 室
概要：最近 10 年の間に慣れ親しんでいたイシサンゴ目の分類体系が劇的に変化した．その影響もあり，いくつかの種については，どの和名や学名を使用すればよいのかわからないという問題も発生している．これらの結果として，基盤知識となるべき分類学が研究者に忌避されているという状況である．そこで，イシサンゴ類も含めた動物分類学を身近に感じてもらうことを目的として本自由集会を企画した．まず動物分類学の基礎的な知識を知ってもらうことから始め，イシサンゴ目を含めたサンゴ全般の分類の最近の変更点や問題点ついて発表を行う．また当学会の保全委員会内で活動している分類ワーキンググループの成果についても発表する．

自由集会② / Themed meeting②

『喜界島サンゴロジー』

オーガナイザー：山崎敦子 （喜界島サンゴ礁科学研究所）
日時： 11 月 9 日（土）　18:30〜20:30
会場：北海道大学理学部 5 号館 2 階　5–206 室
概要：サンゴ礁は研究分野の多様性の高いフィールドであり，サンゴ礁科学は多様な視点から複雑系に挑むサイエンスである．これを”サンゴロジー（Coralogy)”と表現する．喜界島サンゴ礁科学研究所はサンゴロジーを進める拠点となるよう設立され，５年が経った．研究はもちろんのこと，サンゴ礁を通じた教育，喜界島の発展に寄与する拠点に成長している．本集会ではユニークなサンゴ礁段丘と現生サンゴ礁生態系を有する喜界島を舞台に，サンゴ礁科学を発展させるための今後を議論する．

コーラルネット®による
サンゴ礁の再生



港湾環境での再生
（那覇港：耐久型）

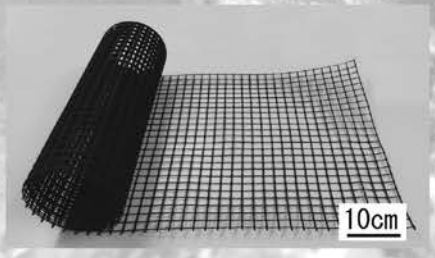
台風被害から再生
（慶良間：自然分解型）

- サンゴの着生・成育を妨げる**赤土等の影響を排除**
- 海底に設置するだけの**簡単施工**
- 従来の移植に比べて**工期短縮、コスト低減を実現**
- サンゴが**成長後に自然分解*する**環境に優しい素材
- **サンゴ移植、種苗生産の基盤**としても高い生残率

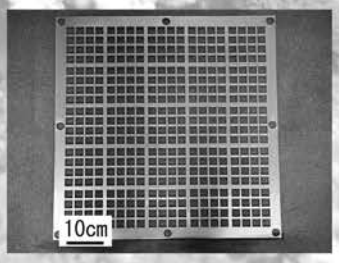
＊自然分解型のみ

コーラルネット®

自然分解型
大日本プラスチックス(株)・タキロンプロテック(株)との共同開発



耐久型



NETIS:OKK-150002-A
特許:第4749848号,他

100年をつくる会社

鹿島

www.kajima.co.jp

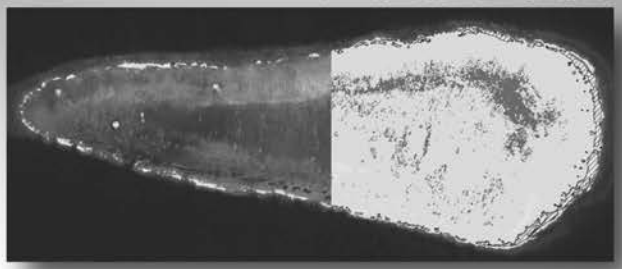
サンゴ礁の保全を通じ
持続可能な環境・社会に貢献します

国際航業は、地理空間情報技術のリーディングカンパニーとして、サンゴ礁調査に欠かせない高度なリモートセンシング技術を提供しています。
近年では、航空機や衛星によるハイパースペクトルデータや、水中ビデオ解析画像を用いた精度の高いサンゴ礁地形測量、サンゴ分布解析を実現しています。
また、得られたデータをもとに、サンゴ礁の保全を含む生物多様性保全など、さまざまなソリューションを提供しています。

現地調査

航空測量

衛星画像のサンゴ被度解析事例：沖ノ鳥島
（左：衛星画像　右：解析結果）



◀厳しい環境条件下における
サンゴ増殖技術開発実証委託事業
（水産庁、H21-29）

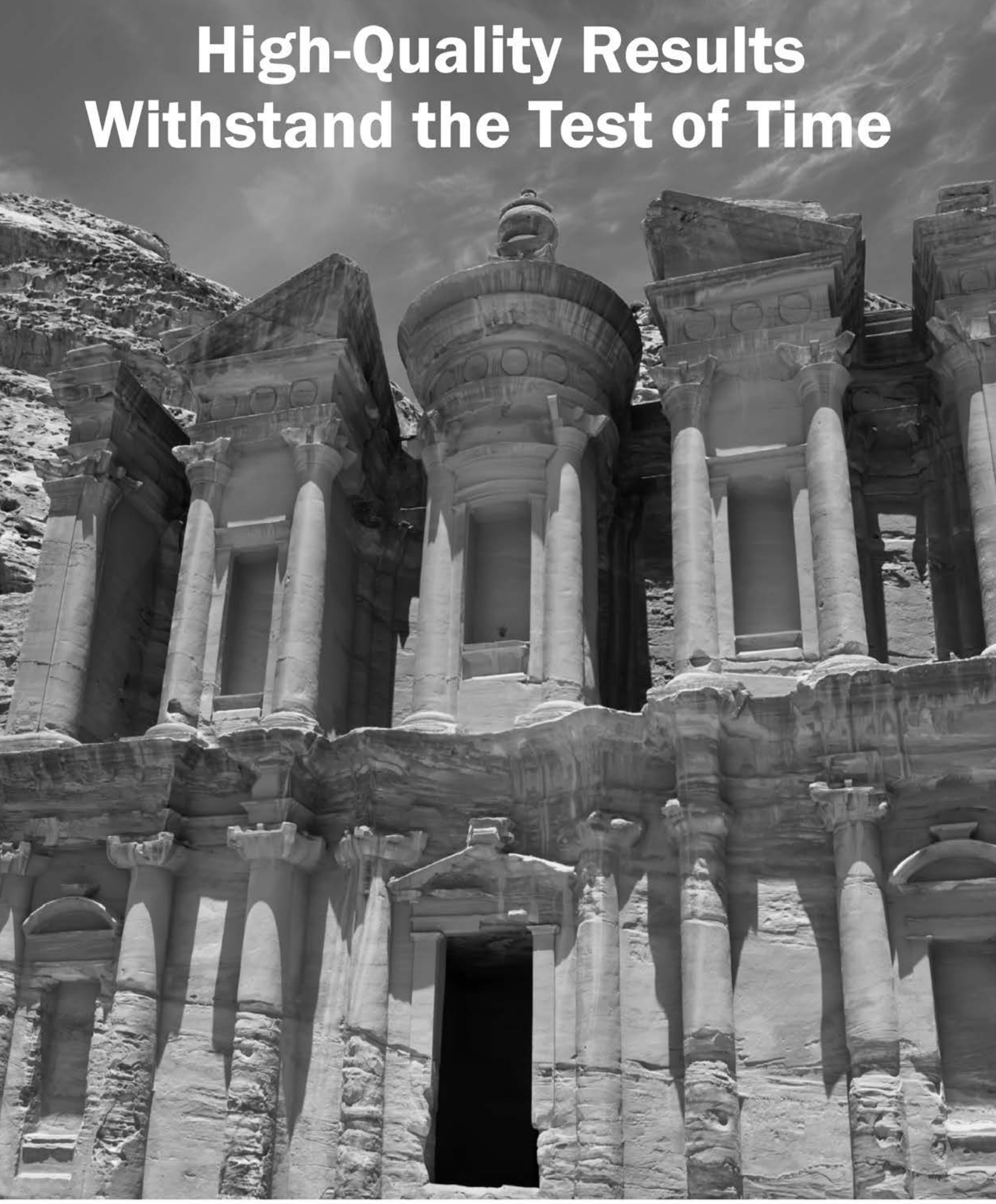
●主な業務例
- 琉球諸島沿岸におけるサンゴ等を活用した防災機能向上に資する海岸整備手法検討業務（内閣府沖縄総合事務局、H20）
- ツバル国におけるエコシステム評価及び海岸防護・再生計画調査（JICA、H21）
- 厳しい環境条件下におけるサンゴ増殖技術開発実証委託事業（水産庁、H21-29）
- 厳しい環境条件下における サンゴ礁の面的保全・回復技術 開発実証委託事業（水産庁、H30）
- 「サンゴ礁の環境配慮ハンドブック」作成調査（JICA、H27）

Japan Asia Group
国際航業

国際航業株式会社　https://www.kkc.co.jp/

本　　社	〒102-0085	東京都千代田区六番町２番地	TEL：03-3262-6221
東京事業所	〒183-0057	東京都府中市晴見町 2-24-1	TEL：042-307-7100
関西事業所	〒660-0805	兵庫県尼崎市西長洲町 1-1-15	TEL：06-6487-1111
九州事業所	〒812-0013	福岡県福岡市博多区博多駅東 3-6-3	TEL：092-451-5001

High-Quality Results Withstand the Test of Time



確度・精度の高いデータを迅速に

Beta Analytic の C14年代測定

日本総代理店　株式会社 地球科学研究所

www.radiocarbon.jp

サンゴなど炭酸塩試料の14C測定料金には、13Cおよび18O測定が含まれています。

BETA

RADIOCARBON DATING

Consistent accuracy
Delivered on time

LssLaboratory は
世界最先端の珊瑚飼育・育成用品を
アクアストア・水族館・研究者に提供しています

筑波大学 下田臨海実験センター
PH/TEMP/ORP/塩分濃度フルオート&ログ/遠隔システム
研究室の実験水槽システム設計・施工

業界最安 ICPテスト ¥3,500

トータルコントロールシステム　FUSION

Kessil (特定波長 photoredox led)

ダイヤモンドソー / プラグ
Dip/ グルー等のコーラル
スケービングアイテム

フルスペクトル LED
iOS/Android コントロール

LssLaboratory
042-799-3889　http://e-lss.jp　okabe-jcrs@e-lss.jp

当社から指定の販売店はございません。
大学・研究機関様に直接のご提案も可能です。

「地球規模の提案」

揺るぎない技術力と時代の先見性をベースに、
人・自然・地球が夢見る理想の姿へ
向かって前進する。
私たち五洋建設は、潤い豊かな未来を育んでまいります。

その先の向こうへ
GOING FURTHER

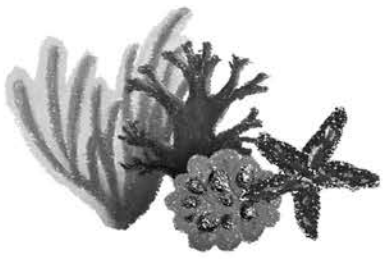
五洋建設
PENTA-OCEAN CONSTRUCTION

東京都文京区後楽2-2-8
www.penta-ocean.co.jp

海を彩る、色鮮やかなサンゴ礁が今、色を失っている。

たくさんの生命を育む海のオアシスをこれからも守っていきたい。

そのために、私たちができることを。



三菱商事は、「サンゴ礁保全プロジェクト」に取り組んでいます。

三菱商事

Environmental Consultants for Ocean and Human

青い地球を豊かに！
それが私たちの願いです。

Sustain the Prosperity of the Blue Globe!
This is Our Goal.

沿岸部門
Coastal Designing
海岸域・港湾・漁港等の水際空間に関する
あらゆる調査・計画・解析・設計・施工監理

河川部門
River Environment
河川・湖沼の治水・利水・環境機能
など、多様な機能についての調査・
計画・解析・設計

海外部門
Overseas Operations
開発途上国の経済開発及び
福祉の向上のための、港湾・漁港・
海岸等の整備計画・設計・施工監理

ECOH 建設コンサルタント 株式会社エコー

本　社　〒110-0014　東京都台東区北上野 2-6-4　TEL：03-5828-2181
技術研究所　〒300-0006　茨城県土浦市東中貫町 2-7　TEL：029-831-7415

○ 事務所：北海道，東北，秋田，岩手，北陸，富山，茨城，横浜，中部，近畿，神戸，中国，鳥取，四国，高知，九州，福岡，大分，鹿児島，沖縄，ソウル，マダガスカル