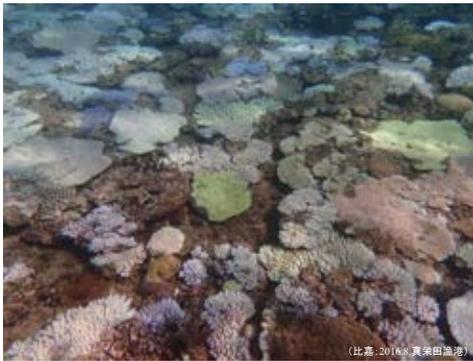


サンゴシンポジウム

サンゴの移植 ⑫

— サンゴの移植活動と白化現象 —

日時：2017年12月7日（木）10:00～17:00
（講演 10:00～16:40 ポスター等展示 9:00～17:00）
会場：名桜大学学生会館 SAKURAUM スカイホールA（6階）



主催（一財）沖縄美ら島財団 総合研究センター
共催：名桜大学総合研究所
後援：沖縄県・沖縄県サンゴ礁保全推進協議会・
日本サンゴ礁学会サンゴ礁保全委員会

2017.12.7
一般財団法人 沖縄美ら島財団 総合研究センター

(一財) 沖縄美ら島財団総合研究センター・名城大学総合研究所共催

「サンゴの移植①～⑫」

これまで行われたシンポジウムのポスター

市民が取り組む草の根的なサンゴ礁保全活動の一つとしてサンゴの移植活動を位置づけ、移植にまつわるさまざまなテーマを設定して、事例報告を中心に調査・研究・活動の成果を共有し、日々の活動に活かすことがねらいである

① 2007年1月



② 2008年3月



③ 2008年7月



④ 2009年11月



⑤ 2010年12月



⑥ 2011年12月



⑦ 2012年12月



⑧ 2013年12月



⑨ 2014年12月



⑩ 2015年12月



⑪ 2016年12月



一財団法人 総合研究センター サンゴシンポジウム

サンゴの移植 ⑫

— サンゴの移植活動と白化現象 —

パネル・ポスター展示 9:30～17:00
(会場内の指定区域に展示)

サンゴ移植金やサンゴの移植容器に預置した取り扱えないなどのパネルやポスター・パンフレット類などの配布などがある。当日は会場に各自の移植金、移植の紹介や感想等については随時交換などに活用下さい。

2017年12月7日 土

会場：名城大学学生会館
SAKURAIUM 6階ホール

開演：10:00-10:30

ポスター発表：9:30-17:00

定員100名・申し込み先着順

プログラム

開会挨拶 (10:00-10:05)

開会式 (10:05-10:05)

① 西平孝幸 (沖縄県立総合研究センター)：サンゴの移植と白化現象の発生からサンゴの移植活動の意義と今後の展望

② 中野健樹 (沖縄大学総合研究センター)：サンゴの移植と白化現象の発生

③ 佐藤雅之 (琉球大学総合研究センター)：サンゴの移植と白化現象の発生

④ 高橋一也 (琉球大学総合研究センター)：サンゴの移植と白化現象の発生

⑤ 吉田 浩 (琉球大学総合研究センター)：サンゴの移植と白化現象の発生

— 昼食・交流・休憩時間 60分 —

講演会 (11:00-12:00)

① 山本洋二 (琉球大学総合研究センター)：2016年の白化現象と今後の展望

② 高橋一也 (琉球大学総合研究センター)：サンゴの移植と白化現象の発生

③ 佐藤雅之 (琉球大学総合研究センター)：サンゴの移植と白化現象の発生

④ 高橋一也 (琉球大学総合研究センター)：サンゴの移植と白化現象の発生

⑤ 吉田 浩 (琉球大学総合研究センター)：サンゴの移植と白化現象の発生

閉会挨拶 (12:20-12:00) — 所要 20分 —

司会進行 佐藤雅之 (琉球大学総合研究センター)

主催：一財団法人 総合研究センター
共催：名城大学総合研究所 協賛：沖縄県 (neco)
*沖縄県サンゴ礁保全推進協議会・日本サンゴ礁学会サンゴ移植委員会

※参加申し込みとお問い合わせは下記まで

〒903-0206 沖縄県本部町字田1185番地 Tel: 0980-48-2246 Fax: 0980-48-2200
E-mail: san-go@okinawa.or.jp (※お申し込みの際は必ずこのメールアドレスへご連絡ください)

「サンゴの移植⑦～⑪」の講演要旨集のpdfは、沖縄美ら島財団のHPで公開されています。サンゴの移植⑫の講演要旨集のpdfは、このシンポジウムの終了後に公開される予定です。

サンゴの移植⑫ — サンゴの移植活動と白化現象 —

主催：一般財団法人 沖縄美ら島財団・総合研究センター

共催：名桜大学総合研究所

後援：沖縄県・沖縄県サンゴ礁保全推進協議会・日本サンゴ礁学会サンゴ礁保全委員会

日時：2017年12月7日（木） 9:00～17:00

会場：名桜大学学生会館 SAKURAUM 6階 ホール

コーディネーター・司会：西平守孝（沖縄美ら島財団・総合研究センター）

パネル・ポスターなどの展示 9:00～17:00

サンゴ礁保全やサンゴの移植活動に関連した取り組みなどのパネルやポスター・パンフレット・標本などの展示も可能です。展示やパンフレットなどの配布をご希望の方は、当日開始前に各自ご準備頂き、活動の紹介や宣伝あるいは情報交換などにご活用下さい。

プログラム

開会挨拶 (10:00-10:05)

野中正法（沖縄美ら島財団 総合研究センター）：開会の挨拶

講演Ⅰ (10:05-12:00)

- ① 西平守孝（沖縄美ら島財団 総合研究センター）：サンゴの移植と白化現象の考え方 — サンゴの移植⑫の趣旨説明をかねて —
- ② 中野義勝（琉球大学熱帯生物圏研究センター瀬底研究施設）：白化時代のサンゴの移植を考える
- ③ 比嘉義視（恩納村漁業協同組合）：恩納村におけるサンゴの海を育む活動
- ④ 横倉 厚（いであ株式会社）：サンゴ移植場所における生物群集の変動
- ⑤ 酒井一彦（琉球大学熱帯生物圏研究センター瀬底研究施設）：座間味阿真ビーチ移動サンゴ群集と棲み込み魚類群集：2017年の現状
- ⑥ 吉田 稔（有限会社 海游）：八重山におけるサンゴの産卵と移植などの取り組み

— 昼食＋交流＋情報交換 60分 —

講演Ⅱ (13:00-15:00)

- ⑦ 山里祥二（NPO法人コーラル沖縄）：2016年の白化現象 — 植付け3海域での比較 —
- ⑧ 高嶺翔太（沖電開発 株）：植付サンゴの白化
- ⑨ 川崎貴之（株式会社 エコー）：竹富南航路整備事業で移設したサンゴの白化状況の報告
- ⑩ 上原 直（グローイングコーラル）：サンゴの白化，サンゴ保全に何が必要か
- ⑪ 猪澤也寸志（エコガイドカフェ）：白化回復サンゴをドナーとした海面養殖と移植計画
- ⑫ 司会者講演：鹿熊信一郎（沖縄県海洋深層水研究所）：サンゴ幼生の供給基地造成

— 休憩 20分 —

総合討論： (15:20-16:40)

司会進行 鹿熊信一郎（沖縄県海洋深層水研究所）

平成29年度「サンゴの移植⑫—サンゴの移植活動と白化現象—」

開会のご挨拶

野中正法

(一財) 沖縄美ら島財団 総合研究センター 統括

皆様おはようございます。沖縄美ら島財団総合研究センターの野中でございます。本日は多くの皆様にご参加いただき、誠にありがとうございます。このシンポジウム開催にあたり、共催をいただき、会場を提供していただきました、名桜大学総合研究所、後援いただきました、沖縄県、沖縄県サンゴ礁保全推進協議会、日本サンゴ礁学会サンゴ礁保全委員会の皆様に、深く感謝申し上げます。

当総合研究センターでは、これまで長年にわたり亜熱帯性動植物に関する調査研究、技術開発や知識の普及啓発に関して取り組んでまいりました。殊にサンゴやサンゴ礁に関する普及啓発としましては、本部海域の長年にわたる有藻性イシサンゴ類のモニタリングと、その結果のウェブ上での公開、名護市嘉陽の美ら島自然学校等での自然海岸を利用した観察イベント、沖縄美ら海水族館でのサンゴ礁生態系の多様性を示す展示などの取り組みを進めてまいりました。

さて、このサンゴシンポジウムも開催から12回目を数えることとなりました。昨年、今年と沖縄地方に接近する台風の数の減少などもあり、夏の高水温の問題が指摘されております。これまでのシンポジウムでは保全のテクニック等の技術開発に関わる情報交換が主だったように思いますが、今年はこの環境に関する問題、具体的には高水温による有藻性イシサンゴの白化現象と、それに伴う大量斃死とどう向き合うか、が一つの課題となろうかと思っております。プログラムを拝見いたしますと、11名の演者の方々によるサンゴ移植による保全活動と白化現象との関係が、様々な角度からアプローチされております。これらの情報を共有し、最後の総合討論では、今後の保全活動の進展につながる有益な情報になることを期待しております。本日のシンポジウムが、出席者皆様にとって有意義なものになりますことを祈念いたしまして、私の挨拶とさせていただきますと思います。

本日はどうぞよろしくお願いたします。

サンゴシンポジウム「サンゴの移植⑫—サンゴの移植活動と白化現象—」開催趣旨 (西平)

琉球列島のサンゴ礁では、2016年にも再び大規模白化現象が起こり、海域によっては大量の造礁サンゴ類が死滅し、各地のサンゴ礁は今なおさまざまな攪乱に曝され続けている。場所によっては、白化が軽微であったところもあったが、今後何時再び白化によるサンゴの大量死亡が起こるかは予測しがたく、白化現象はサンゴ礁保全を考える際に避けては通れない事柄である。残念なことに、沖縄県が推進したサンゴ礁の再生事業でも、大面積に移植されたサンゴが事業の終了直前に白化に見舞われた事例があったといわれている。2017年12月開催の「サンゴの移植 ⑫」では、サンゴの移植活動によってサンゴ群集の再生を計ってサンゴ礁の保全活動に取り組む際、サンゴの白化現象とどのように向き合えばよいかを考える。漁業者・会社・行政・研究者・諸団体や一般市民など、サンゴ礁保全に関心のある多くの人々の参加をねがって、それぞれの取り組みの成果や問題点などを紹介し合い、古くて新しい白化現象に対応して、今後の移植活動をどのように進めるかを考える。これまでのシンポジウム①～⑪と同様、「サンゴ礁の保全」を目指すさまざまな活動の中で、サンゴの移植活動を中心に据え、立場や考え方の違いを超えて自由に活動内容を発表し、意見を述べ合い、情報を交換・共有し、討論を通して理解を深め、サンゴ礁の保全活動に役立てられるようにしたい。

サンゴの移植活動によって、面積の大小はあれ、サンゴ群集を半ば創出・再生させたものの、白化を含む諸攪乱要因によってサンゴが死亡し、移植サンゴの成長に伴って棲み込んだ多くの生物がその場から姿を消すことは、残念なことである。移植活動において、白化をどのように位置づけるかなど、更なる事態が起こりうることを考えてみることも有意義と思われる。サンゴ礁保全の一手法としての移植活動の進展に限らず、これから取り組もうという人々にも役立つようなシンポジウムにしたい。

サンゴの移植と白化現象の考え方 — サンゴの移植⑫の趣旨説明をかねて —

西平 守孝

(一財) 沖縄美ら島財団

荒廃したサンゴ群集を回復・再生・修復させようと移植活動を進めても、移植サンゴは死亡要因に曝されている。捕食・離脱。藻類や流砂などによる被覆、固形物や波の衝撃に機械的破壊などがあり、わけても大量死亡をもたらす白化現象がある。白化以外の要因に対しては、対処策もあるが、1998年と2016年に見られたような大規模な白化には対応策がない。とは言え、再生活動の休止はできず、白化は起こりうるということを織り込んでおく必要がある。沖縄にとって、総合的継続的価値を持つ自然資源の一つであるサンゴ礁の保全には、日常的・継続的な取り組みが求められよう。その際、移植サンゴも白化現象で大量死亡する可能性を織り込んでおき、いたずらに落胆せずできるだけおおらかに取り組むことがよいのではないと思われる。

今後何時再び白化によるサンゴの大量死亡が起こるかは予測しがたいことに鑑み、「サンゴの移植 ⑫」では、サンゴの移植活動によってサンゴ群集の再生を計ってサンゴ礁の保全活動に取り組む際、サンゴの白化現象とどのように向き合えばよいかを考える。漁業者・会社・行政・研究者・諸団体や一般市民など、それぞれの取り組みの成果や問題点などを紹介し合い、古くて新しい白化現象に対応して、今後の移植活動をどのように進めるかを考えたい。「サンゴ礁の保全」活動の中で、サンゴの移植活動を中心に据え、立場や考え方の違いを超えて自由に活動内容を発表し、意見を述べ合い、情報を交換・共有し、討論を通して理解を深め、白化に負けずにサンゴ礁の保全活動に役立てられるようにしたい。

移植活動において、白化をどのように位置づけるかなど、更なる事態が起こりうることを考えてみることも有意義と思われる。

サンゴの移植と白化現象の考え方
— サンゴの移植⑫の趣旨説明をかねて —

西平 守孝
(一財) 沖縄美ら島財団

① 沖縄におけるサンゴ礁の存在意義
文化の背景・多様な資源価値の宝庫

よく言われることなど

- 鳥・海岸の保護・鳥の防波堤
- 生物の生息環境の形成
- 生物生産の基盤・水産業の成立基盤・多様な生物の保存基盤・バイオテクノロジーなど諸産業の資源
- 水中景観の創成・観光産業の成立基盤
- 研究・学習の素材と環境
- 芸術的インスピレーションの背景・やすらぎと遊びの空間形成
- その他人間の知恵次第でいろいろ……

危惧: サンゴの衰退・サンゴ礁の劣化・総合的資源価値の減少……

1

② サンゴ礁の擾乱と再生・修復
擾乱要因・擾乱の影響・資源価値の低下

オニヒトデ
白化現象
赤土流入
産業活動
廃棄物流入

→ サンゴの消失 ↓

荒廃

← 復元 →

③ サンゴサンゴの移植と白化現象
サンゴ群集の修復・サンゴの移植・白化現象

環境変化・変動＝環境変動は必然
生物群集の反応も必然(程度の問題)
・人間にとって望ましい方向＝資源価値の増大(よかつた判断しがち)
・人間にとって望ましくない方向＝資源価値低下(困った判断しがち)

人間の反応

- ・無視・放置
- ・復元・保全の努力
- ・劣化影響軽減
- ・積極関与

サンゴの移植活動

擾乱要因除去
経度・色調助成・復元・創出

環境変動としての高水温＝白化現象(いわゆる温暖化)生物相・生物季節の変化→変化の受け止め方

2

④ 白化との向き合い方
焦らず・気負わず・楽しみつつ・先をみつめて

基本認識

- 環境変動は必然＝白化は起こり得る＝サンゴの白化・死亡も起こり得ること
- 影響は自然のサンゴ・移植サンゴの区別よし
- 移植サンゴも常に白化の危険に曝されうる
- 移植サンゴの大量死亡は起こりうること
- そのことを織り込んで 活動の継続・技術の革新・調査研究の展開・気を持ち方

市民も安心に活動に取り組める状況の整備

3

⑤ サンゴの移植活動の趣旨
情報交換と共有・気負わず・楽しみつつ・先をみつめて

- ・サンゴの移植活動によってサンゴ群集の再生をはかるサンゴ礁の保全活動
- ・サンゴの白化現象とどのように向き合えばよいかを考える
- ・漁業者・会社・行政・研究者・諸団体や一般市民など、それぞれの取り組みの成果や問題点などの事例報告 → 学習と共有
- ・再発があり得る白化現象と今後の移植活動のあり方
- ・立場や考え方の違いを超えて、自由な意見交換と情報の交換・共有
- ・討論を促した理解の拡大と深化
- ・移植活動における白化の位置づけ方

ご清聴ありがとうございました

4

白化時代のサンゴの移植を考える

中野 義勝

琉球大学熱帯生物圏研究センター瀬底研究施設

1998年の大規模なサンゴの白化現象以降、規模の差こそあれ白化現象は反復しており、琉球列島のサンゴ群集の回復は順調とは言えない。2016年に観測された大規模な白化現象でこの状況はさらに深刻さを増している。特に社会的に注目されたのは、環境省による報道発表に見られるように先島諸島におけるサンゴ類の総被度の著しい低下である。これを受けて、本学会サンゴ礁保全委員会による総括会議や環境省によるサンゴ大規模白化緊急対策会議などが相次いで開催された。これ等の場において、該当地域のサンゴ礁に生活を依存する人々に将来への不安や危惧が抱かれていることが示された。しかしながら、白化現象の将来的な発生について予見不能な現在において、白化現象にどのように向き合ったらよいかと言った不安に対して十分な説明が成されているとは言いがたい。本講演では、現在までの知見を整理するとともに、変遷するサンゴ礁と適応的に向き合う視点を検討したい。

陸上の生態系保全の基礎的な調査として植生調査は保全計画策定にとって重要な情報で、群集組成はもとより群集の成立する地理・地質や物理化学環境をも属性として含む。サンゴ群集はサンゴ礁生態系の骨格を成すものとして生物多様性を支えていることから、比喩的に海の森林と称される。サンゴの群集モニタリングはその生態学的機能の相似性をもとに設計されており、植生調査同様の役割が期待されている。サンゴの総被度はモニタリング結果のごく一部に過ぎず、保全計画に必要な情報は群集組成とその成立に必要な環境属性に他ならない。サンゴ群集の多様な種組成は多様なサンゴ礁地形とその環境属性によって成立しており、白化現象の発生状況も一様でない。今後はこれらの視点での既存の知見と再整理と、新たなモニタリングの実施が重要である。正確で詳細な知見を社会に提供することは、白化への理解を深め新たな保全意識の醸成に必須である。

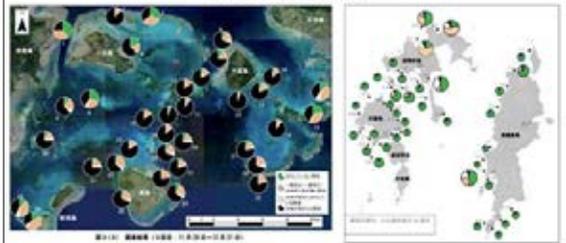
ミドリイシ類はサンゴ礁全体でも優占する種群であるが白化現象への感受性が高く、その死亡被害が集中していることが総被度の低下をもたらしている。このような状況でサンゴ礁保全の社会的インセンティブを維持するためには、残された自然状態のサンゴ礁生態系の利活用を工夫するばかりでなく、サンゴを養殖する人為的介入も失われたサンゴ礁生態系の機能補填として次善の策となり得る。このために多様な技術的オプションを持つことは、具体的な対策の処方と並んで社会的な不安の軽減にも効果的であろう。サンゴも含めた野生生物とその生息環境に人為的な技術展開を行う場合危惧される攪乱の回避には、前述のモニタリング成果のフィードバックは不可欠である。今後は、これらを考慮した白化時代のサンゴ礁との接し方を共有することが求められている。

白化時代のサンゴの移植を考える

中野義典
 琉球大学先端生物圏研究センター 調査研究施設
 2017/12/7
 総合研究センター サンゴシンポジウム
 『サンゴの移植 ④-サンゴの移植活動と白化現象-』
 名桜大学SAKURAIM 4階 ホールA

1

環境省報道発表



H28年11月8日発表
 石西礁湖
 35地点平均白化率: 97.0%、死亡群体の割合: 56.7%
 鹿児島県島
 36地点平均白化率: 15.2%、死亡群体の割合: 1.9%

2

サンゴの大規模白化現象に関する緊急宣言

平成29年4月21日サンゴ大規模白化現象対策会議

2019年に限り大規模な白化現象が発生し、半世、半百年程度より長い回復期間を要する。サンゴ復元の可能性は、大規模白化現象では、富栄養化からの富栄養化の削減と、気候変動による温暖化の抑制による回復の促進が、白化現象からの回復を促すには、人為的白化現象の発生を抑制する必要がある。白化現象からの回復を促すには、人為的白化現象の発生を抑制する必要がある。

推進すべき取組

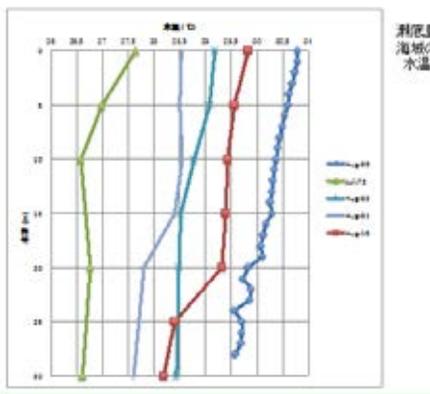
<p>1. モニタリングの推進</p> <p>1.1 2018年のモニタリング結果の整理</p> <p>1.2 白化現象の予兆や発生状況の把握</p> <p>1.3 モニタリングの地域的広域的展開</p> <p>1.4 国際的な連携の推進</p>	<p>2. 気候変動対策としての気候変動削減の取組</p> <p>2.1 気候変動削減の取組の推進</p> <p>2.2 健全な気候変動削減の取組の推進</p> <p>2.3 気候変動削減の取組の推進</p>	<p>3. サンゴ復元の取組の推進</p> <p>3.1 サンゴ復元の取組の推進</p> <p>3.2 サンゴ復元の取組の推進</p> <p>3.3 サンゴ復元の取組の推進</p>
<p>3. サンゴ復元 緊急対応計画2018-2020の重点課題に関する取組の推進</p> <p>3.1 復元に向けた取組の推進</p> <p>3.2 復元に向けた取組の推進</p> <p>3.3 復元に向けた取組の推進</p>	<p>4. 基礎的・学際的な取組</p> <p>4.1 基礎的・学際的な取組の推進</p> <p>4.2 基礎的・学際的な取組の推進</p>	<p>5. 基礎的・学際的な取組</p> <p>5.1 基礎的・学際的な取組の推進</p> <p>5.2 基礎的・学際的な取組の推進</p>
<p>7. 調査研究の推進</p> <p>7.1 基礎的・学際的な取組の推進</p> <p>7.2 基礎的・学際的な取組の推進</p>	<p>8. 基礎的・学際的な取組</p> <p>8.1 基礎的・学際的な取組の推進</p> <p>8.2 基礎的・学際的な取組の推進</p>	<p>9. 基礎的・学際的な取組</p> <p>9.1 基礎的・学際的な取組の推進</p> <p>9.2 基礎的・学際的な取組の推進</p>
<p>9. 基礎的・学際的な取組</p> <p>9.1 基礎的・学際的な取組の推進</p> <p>9.2 基礎的・学際的な取組の推進</p>	<p>10. 基礎的・学際的な取組</p> <p>10.1 基礎的・学際的な取組の推進</p> <p>10.2 基礎的・学際的な取組の推進</p>	<p>11. 基礎的・学際的な取組</p> <p>11.1 基礎的・学際的な取組の推進</p> <p>11.2 基礎的・学際的な取組の推進</p>

3

大規模な白化現象の発生から現在まで

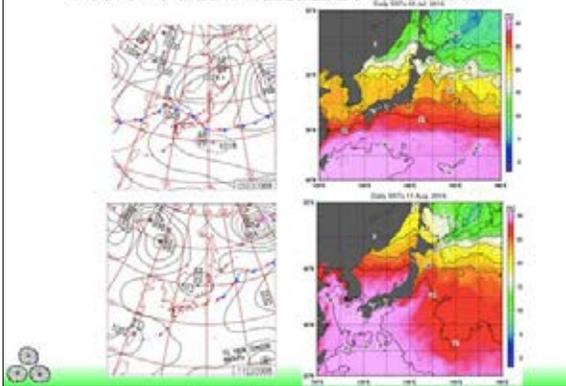
- 世界規模での白化現象の反復
 - 1998・2007・2014-17は過去最大
- 基礎研究に偏向
 - 白化メカニズムの解明> 不十分
 - ・ミドリイシ属中心の研究
 - 流れ・光
 - 代謝・共生機構
 - ・種による感受性の差異の検討が不足
- 適応技術開発の遅れ
 - 飼育技術の進歩
 - ・移植場所と種の検討・遮光などの減災技術
- 社会全体としての取り組みが不十分
 - 普及啓発に偏した取り組みが必要
 - 気象災害としての取り組みが必要
 - ・災害の予報と被害積算・補償
 - 予報: DHW
 - 息・観光
- フィールド調査における情報不足
 - モニタリングサイト1000・サンゴマップ・沖縄県自然資源調査

4



5

気象学的検討: 気圧配置と表層水温分布

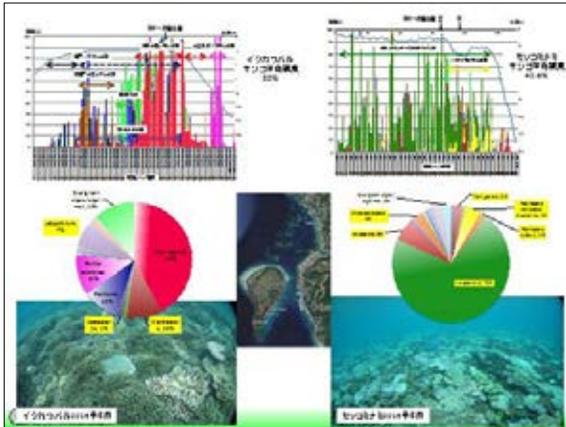


6

気象災害としての白化

- 気象現象によって生じる災害
 - 風害・大雨害・長雨害・干害・冷害・なだれ・視野不良害・日照不良害・熱中症
 - 白化被害: 夏期に長期に亘り晴天が続き、海水温の上昇・強い日照・波浪の低減などによってサンゴに引き起こされた白化が回復することなく死亡すること。→その他のストレスによる白化と区別する必要。
- 異常気象
 - 特定の場所・時期に起こる気象現象が異常と判断する場合、30年に1回以下の出現率で発生する現象を指す。
 - 白化の全体的出現頻度: 1998・2001・2007・2013・2016年 → 白化を引き起こす気象状態はもはや異常では無い。

7



8

伊是名・具志川島 2016/8/14



9

サンゴ礁地形に対応したサンゴの群落区分



開放性と地形区分ごとの出現率と対応する底質の構成

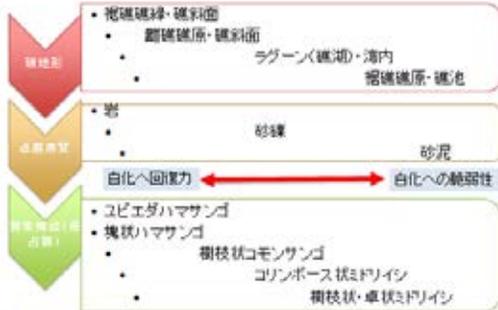
地形区分	地形別区分	底質の構成									
		サンゴ	藻類	砂	砂泥	岩	砂岩	砂泥岩	石灰岩	硬底	軟底
1. 密着サンゴ	密着サンゴ	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	密着サンゴ	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
2. 中層サンゴ	中層サンゴ	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
	中層サンゴ	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
3. 浅層サンゴ	浅層サンゴ	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
	浅層サンゴ	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
4. 開水域	開水域	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
	開水域	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
5. 開水域	開水域	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
	開水域	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	

開放性と地形区分ごとの底質構成の構成

サンゴ礁生態系保全推進委員会(2009), 2009-2011 からの調査に基づくサンゴ礁生態系プラットフォーム(サンゴプラットフォーム)より調製

10

スポットチェック法をもとにした保護地域選定のためのサンゴ群集の基本構成単位



11

恩納村 2017/9/22



12

恩納村 2017/9/22



13

読谷村 2016/8/23



14

白化現象への適応的対応 基礎研究から産業技術への移行期

- 恩納村: 広大な礁池環境を利用可能
 - 好適環境を選抜 > 必要条件の検索
 - > 基質から離れた養殖と魚群の養成
 - 飼育条件の適応的工夫 > 遮光ネットの使用
- 読谷村: 利用可能な環境が限定的
 - 技術的適応が要求される > 十分条件の検索
 - > 選抜育種・ゲノム編集の可能性
- 両者の統合
 - 産業技術の進歩 < 基礎データによるオーソライズ
 - 喪失した生態系サービスの代替補充
 - サンゴ礁漁場 / 観光資源の維持管理・生物多様性保全
- これからのサンゴ礁運営については、サンゴ礁地形と種群の多様性を意識し、区別を明確にした表現に努めるべき。

15

白化時代に適応的に取り組むべき課題

- サンゴ礁生態系の多様性保全について、定義と目標の再検討が必要
- COP13 → 生物多様性保全の主流化
 - モニタリングの活用再検討
 - 既存のモニタリングデータの再評価
 - モニタリング結果の活用方法の再検討
 - 保護地域の評価と選定
 - ミドリイシ群集の劣化の進行した先島のサンゴ礁の持続的利用法の検討
 - 養殖奨励
 - サンゴ礁地形とサンゴ群集の多様性に応じた利用法の再評価
 - 自然資源の再生についての再定義
 - 健全度の高い(中琉球以北(奄美群島)・小笠原諸島のサンゴ礁海域の保護
 - サンゴ礁地形とサンゴ群集の多様性に応じた保護評価法の策定
 - 養殖技術へサンゴ礁生態系の知見をフィードバック
 - 地域ごとの対応課題の抽出と対策
 - サンゴ養殖への参入インセンティブの強化と養殖のガイドラインの制定
 - 礁池・内湾群集の劣化への対応
 - 礁斜面群集の維持再生の阻害要因の除去
 - 先進国のサンゴ礁生態系保全
 - ハワイ州の取り組み(自然資源の持続的利用の産業としてのビジネスモデル)

16

恩納村におけるサンゴの海を育む活動

比嘉 義規

恩納村漁業協同組合 参事

1. はじめに

恩納村は、沖縄島北部西海岸に位置する人口約1万1千名の村である。沿岸にはサンゴ礁が広がり、国内有数の海洋性リゾート地であるとともに、その広い礁池で、モズク、ヒトエグサ、クブレズタ（海ぶどう）等の海藻養殖が盛んな地域である（スライドのP2）。恩納村漁協では、礁池の生物の帯状分布に従い、より岸に近い干潟部にはヒトエグサ養殖場、アマモ場にモズクの間育成場、モズク養殖場、シャコガイ養殖場、サンゴ養殖場と各漁場を岸から沖に向かって帯状に配置している（P3）。

恩納村漁協では、サンゴ礁保全に積極的に取り組むため、1998年より養殖やサンゴの植え付けにより親サンゴを育て、親サンゴが産卵することによる、サンゴ礁の自然再生を助ける「サンゴの海を育む活動」を行ってきた。この活動は、砂礫底に鉄筋を打ち込み、その鉄筋上や棚上でサンゴを育成する「サンゴひび建て式養殖」と呼ばれる方法と、養殖した親サンゴから断片を採取して海底に移植する「サンゴ植え付け」の2つの方法を組み合わせて行っている（P4）。

2. サンゴの養殖

サンゴ養殖場は、シャコガイ養殖に適した塊状のハマサンゴ類分布域の沖側の、十分な砂礫底が確保でき波浪の影響を受けにくい場所に、恩納漁港と前兼久漁港地先に特定区画漁業権漁場として設定した（P5）。養殖サンゴの初期種苗は、1999年と2000年に沖縄県の特別採捕許可を得て、両養殖場近くの海域より採集した2,000群体から得た。特別採捕は、その後数回行い親株を増やした。採捕に当たっては、1親株1断片の採取を基本とし、採捕する群体の損傷を最小限にとどめた。養殖には、杭、サンゴを取り付ける基盤（株式会社沖縄セメント社製）、基盤を杭上に設置するための台座の3つを用いた（P6）。

養殖しているサンゴは、2017年3月末の時点で11科15属54種、約24,000群体であった。ひび建て式養殖では、マグホホワイト基盤に活着する多くの種を育成することができた（P7）。また、樹枝状のスギノキミドリイシやトゲスギミドリイシは、天然環境では群体下部が死亡することが多いが、養殖群体は砂礫底に埋没せずまた反射等もあり、枝の下部が死亡しない（P8）。長さ10cm程度で基盤に取り付けたウスエダミドリイシ、クシハダミドリイシ *A. hyacinthus*、サボテンミドリイシ、*A. donei*などの成長の早いサンゴは、長径8cm程度から4年後には長径約40cmに成長した（P9）。

3. 養殖サンゴの繁殖

養殖群体の一斉放卵放精は、2013年より毎年確認した（P10）。養殖しているサンゴの幼生数は、養殖しているウスエダミドリイシの中から色の異なる8群体（長径30cm程度）を2014年6月11日に陸上水槽に移動し、自然産卵したものを受精させ、2日後に希釈法にて計測した。8群体から得られた幼生数は926,000、1群体あたり約115,000と推定された。北田（2002）は、直径30cmのウスエダミドリイシ1群体から放出される卵の数は、237,600程度と述べている。養殖しているサンゴ全体の有性生殖による再生産力としては、産卵2日後の幼生数では約27億、北田（2002）が推定している産卵数で計算すると約57億の卵放出が期待される（P11）。

4. 養殖サンゴに棲み込む魚類

養殖しているサンゴに棲み込んでいる魚は、2012年8月に目合1mmの防風ネット2m×2mを養殖サンゴの上面からサンゴを覆い、サンゴごと回収し棲み込んでいる魚を採取し、記録した。調査したサンゴは30群体であった。種の同定は、日本産魚類探索（中坊 2013）に従い、可能な限り下位の分類群まで同定した。養殖サンゴの生体及び死亡群体における蛸集動物の調査とその生態的意義の検討によると、蛸集動物のバイオマスは約500g / m³と推定されている（久保ら 2015）。具体的には2012年8月時点で、養殖サンゴ30群体に棲み込む魚類は、スズメダイ類を中心とする33種841個体であった。養殖サンゴ全体では、841個体÷30群体×24,000群体で約67万個体の魚が棲み込んでいると推定された（久保ら 未発表）（P12）。

5. 養殖サンゴの色の区分と伝子型判定

遺伝子型判定は、OISTが沖縄県サンゴ礁保全再生事業において、養殖場内のウスエダミドリイシ親株の遺伝的多様性を調べることになり、マイクロサテライトマーカー (Shinzato et al. 2014) を用いて合計163群体の遺伝子型を判定したところ、81群体由来であることが判明した (Omori et al. 2016 ; Zayasu et al. 投稿中)。2014年に遺伝子型を判定した20群体それぞれに101-120の番号を割り振り、群体全体と中軸ポリプの色をそれぞれ5色 (青、緑、黄、赤～ピンク、白～乳白色) とし、組み合わせから7つに区分された。遺伝子型判定の結果、102番と111番、106番と107番と110番と112番、103番と109番がそれぞれクローン (同じ遺伝子型を持つ群体同士) であった。クローンである群体同士はほとんど同じ色に区分されたが、103番のサンゴは、長径約10cm未満の小型群体であったため色の判別が難しかった (沖縄県環境部自然保護・緑化推進課 2015) (P13)。今回、色による白化耐性を検討したが、サンプル数の不足より明確な答えは出なかった。OISTが遺伝子解析を行った群体は、違う親株由来を寄せて養殖し、受精の確立を高めた (P14)。

6. 白化現象の影響

2016年夏の大規模な白化現象では、恩納漁港地先養殖場の1か所、前兼久漁港地先養殖場の2か所に水温計を設置した。水温観測は、HOBOデータロガーUA-022-64 (Onset Computer Corporation) を使用し、30分ごとに計測した。各養殖場で観測された水温記録より25時間移動平均を計測した (P15)。

サンゴの生存率は、白化現象が始まった7月下旬より毎月数回の観察を行い、サンゴにポリプが確認されず藻が生えた状態を死亡と判別し求めた。恩納漁港地先では、2016年11月15日と17日に9,424群体を観察した。前兼久漁港地先では、2017年1月になっても白化した群体が見られたことより、3月20日に北側1区画347群体、南側2区画997群体を観察した。また、恩納漁港地先では、2016年11月15日と17日に同じ親株を用いて賛同企業によるサンゴ再生プログラム「チーム美らサンゴ」が養殖場周辺に植付けたサンゴ634群体の生死を判別した。前兼久漁港地先南では、2016年11月21日に周辺の3地点に設置した側線上の天然のミドリイシ類の生死を判別した (L1:108群体、L2:123群体、L3:107群体)。なお、前兼久漁港地先北の養殖場周辺には、天然のミドリイシ類が少なかったので生存率の調査は行わなかった。

2016年夏の水温変化として25時間移動平均では、各地点とも水温が30°C以上となった7月末頃から白化が始まり、水温が30°Cを下回った9月も白化が続いていた (P18)。養殖サンゴ群体の多くは枝の先は白化していたが、日光が当たりにくい枝の下部や裏面には褐虫藻が残っていた (P20)。10月になると恩納漁港地先の養殖サンゴは群体全体に褐虫藻が戻る傾向が見られた。前兼久漁港地先北では、白化の度合いが強い群体や裏面まで白化したナンヨウミドリイシの多くは死亡した。前兼久漁港地先南では、白化した群体が2017年1月まで見られ、群体全体に白化の度合いが強い群体は死亡した。2016年夏の大规模な白化現象前後のひび建て式で養殖したサンゴ群体の生存率は、恩納漁港地先が99%以上、前兼久漁港地先北が約60%、前兼久漁港地先南が約89%であった (P16)。また、前兼久漁港地先の各地点における天然のミドリイシ類の生存率は、養殖場より水路側 (沖側) のL1で約46%、L2で約41%、岸側のL3で0%あった (沖縄県環境部自然保護課 2017) (P17)。

恩納漁港地先の養殖場周辺の海底に植え付けた2016年白化前後のサンゴの生存率は、種によって差はあるものの平均約70%であった (チーム美らサンゴ www.tyurasango.com/report) (P22~25)。

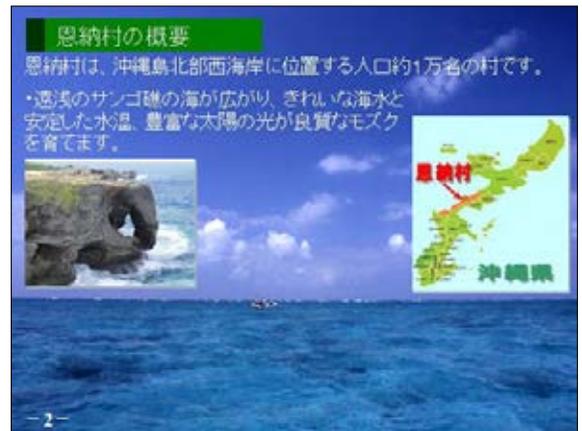
天然サンゴでは、万座毛以北で生存率が高く、また、礁池や礁嶺より礁斜面が生存率は高かった (P26~29)。

7. 礁斜面のサンゴ再生

2016年と2017年の高水温による白化現象では、礁池でのサンゴ養殖場及びサンゴ移植適地が狭くなったものと思われる。一方、礁斜面では、高密度に天然サンゴが生き残っている海域も見られた。2016年11月に礁斜面でサンゴ群集が回復しない海域を調査したところ、長径3cm未満の稚サンゴが多く見られた。これらの稚サンゴが生育できない要因としては、オニヒトデや貝類、魚類等による食害が考えられるので、サンゴ植付けを行いサンゴが育成できる場所を作り出したいとそのような状況の中、数十年前からサンゴ類を人為的に増やす試みを実施されてきている。



1



2



3



4



5



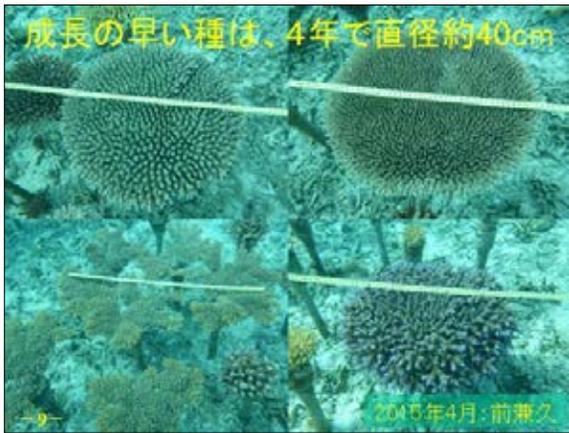
6



7



8



9



10



11



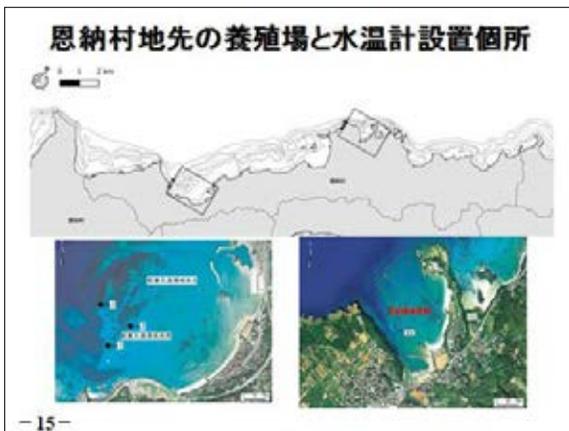
12



13



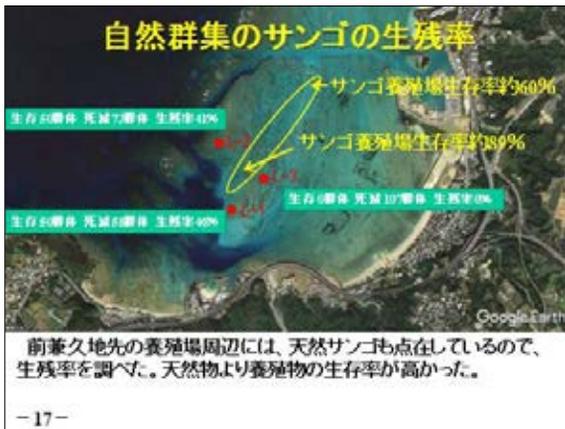
14



15



16



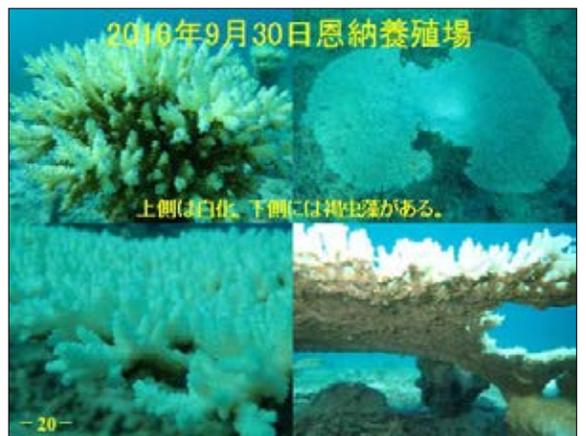
17



18



19



20

サンゴひび建て式養殖について

- ・サンゴ養殖は、親サンゴが産卵することにより、サンゴの自然再生を助けることを目的としています。
- ・24,000本のサンゴで、魚56万匹に棲み処を提供し、産卵数約57億、幼生約27億の生産が見込めます。
- ・大規模白化時には、半分以上の生存を期待していました。今回の生存率は、恩納地先は99%以上、前兼久地先は約80%でした。

-21-

21



22



23



24

白化について

サンゴの生存率は、細かな場所と種によって違います。生存率は、約70%でした。

チーム美らサンゴが植付けたサンゴの生存率(2016年白化)

植付け時期	本数	2016/11/17調査			種類
		生存	死滅	生存率	
26年春植えN	74	60	14	81%	ウスエダ
26年秋植えN	48	12	36	25%	クシハダ
27年春植えN	59	51	8	86%	ウスエダ
27年秋植えN	71	55	16	77%	ドネイ
28年春植付け(ANA)	134	120	14	90%	ウスエダ
28年春植付け(ANA)	148	48	100	32%	ドネイ
ハシヤンネシ	100	100	0	100%	
ウスエダミドリイシ	267	231	36	87%	
ドネイ	219	103	116	47%	
クシハダミドリイシ	48	12	36	25%	
計	634	446	188	70%	

- 25 -

25

2016年8月11日(かりゆしD1)

1998年と比較すると、蛍光色を持つサンゴが多い

26

2016年11月14日(かりゆし)

高い生存

- 27 -

27

2016年8月11日(万座D1)

浅い海域は、約半数が死滅

- 28 -

28

2016年9月12日万座

高い生存

- 29 -

29

今後の対応、礁斜面のサンゴ再生

サンゴが回復しない海域を調査

- 30 -

30

礁斜面の稚サンゴの状況

左上: ハナヤサイサンゴ, 右上: ミドリイシ
左下: ハマサンゴ, 右下: キクメイシ

- 31 -

31

礁斜面へのサンゴ植付け

表 調査地点別の1㎡当たりの出現数

種	ハナヤサイサンゴ	ミドリイシ	ハマサンゴ	キクメイシ	その他	合計
豊前	1.0	4.0	3.4	5.7	0.9	15.0
前原久	0.6	6.5	0.1	3.3	0.4	10.9
真栄田	0.5	3.7	1.2	4.1	1.7	11.2
福豊	0.8	2.1	0.8	3.1	0.8	7.6
平均	0.8	4.2	1.2	4.1	0.8	11.2

注: 調査は、1㎡あたり10個程度の稚サンゴの出現調査を実施。

調査海域は、1998年以来サンゴが再生していませんが、稚サンゴは見られます。サンゴ再生を効率的に行うため、稚サンゴが育成できるように、サンゴの植付けを行います。

- 32 -

32

サンゴ移植場所における生物群集の変動

横倉 厚

いであ株式会社

1. はじめに

サンゴ礁を保全再生するための手段のひとつに移植があります。そして、主に事業で実施される移植の目的や評価に使われるのが、「サンゴ礁生態系」です。これは、言い換えれば、植え付けたサンゴの成長に伴うサンゴ礁生態系の回復、保全に関する基礎データを蓄積し、可能な限り、魚類や底生動物の機能的・構造的な棲み込み連鎖（蛸集状況）を把握するという事です。そこで、本発表では、これまで県内で実施されてきた、あるいは実施されている3つの事例を引用して、その調査手法の特性や調査結果の評価を整理した上で、これらの課題をまとめます。

2. 事例1 石西礁湖航路整備事業

石西礁湖の航路では、特に礁湖内で水深が浅い場所が多く、座礁の危険が伴っていたため、夜間の急患搬送や定期船の運行時間の制限（日出から日没まで）など支障をきたしていました。そこで、地域住民の生活の安心・安全の確保を図ることを目的とし、航路浚渫による整備事業が計画されたなかで、航路浚渫域に分布するサンゴ群集の保全措置が必要となりました。これまで、砂・礫地の枝サンゴ群集を大規模かつ効率的に移設する手法はなかったことから、新たなサンゴ移設技術を開発し、移設を実施しました。移設後7か月経過した魚類、底生生物の種類数は、移設前と比べ、3倍以上も増加しました。

3. 事例2 新石垣空港整備事業

旧石垣空港は滑走路1,500mのままジェット化しているため、一部の路線について重量制限などの制約を課さざるを得ない等の問題を抱えていたため、空港需要に対応し、八重山圏域の振興発展を図るため、中型ジェット機が就航可能な2,000mの滑走路を有する新空港を建設しました（平成18年10月に着工し、平成25年3月7日に開港）。

工事中は、赤土対策等から海域への濁水の流出はなかったものの、海域生物・海域生態系は、様々な環境要因によって変動することが考えられることから、海域生物（サンゴ、海藻草類、魚類、底生動物）について環境監視を実施し、環境保全措置の効果及び環境影響評価の結果を検証する際の判断基準となる経年変化の把握及びデータの蓄積を目的に実施しています。平成27年度までの調査結果では、海域生物の生息状況とその種組成について、事業の実施に伴う環境影響はないものの、自然要因（白化現象、台風被害）と考えられる生物の種類数や個体数の変化が確認されています。

4. 事例3 サンゴ礁保全再生事業

近年、サンゴは、高海水温等による白化、オニヒトデによる食害、陸域からの赤土等や栄養塩等の流出などにより、健全性が低下しつつあることを受け、沖縄県は、平成22年度より、「サンゴ礁保全再生事業」を立ち上げ、恩納村海域、読谷村海域及び座間味村海域を事業実施海域として、主にサンゴの種苗生産・中間育成・植付けを行いました（平成28年度終了）。本発表では、恩納村海域及び読谷村海域におけるサンゴ礁生態系を構成する生物の多様性（サンゴ類、海藻草類、魚類、大型底生生物の出現種と概数）を調査し、これらの変化・推移を把握することで、植付けの効果を検証しました。

サンゴ移植場所における 生物群集の変動

いであ株式会社
横倉 厚

1

発表内容

- ・ 背景
- ・ 事例1: 石西礁湖航路整備事業
- ・ 事例2: 新石垣空港整備事業
- ・ 事例3: サンゴ礁保全再生事業
- ・ 今後の課題

2

事例1 石西礁湖航路整備事業

- ◆ 石西礁湖の航路では、特に礁湖内で水深が浅い場所が多く、座礁の危険が伴っていたため、航路浚渫による整備事業が計画された。
- ◆ 航路浚渫域に分布するサンゴ群集の保全措置(移設)を実施した。



3

事例1 当該海域のサンゴ群集

- 多様な群体形状
- 岩盤に固着
⇒ 安定な群集
- 枝状群体が優占
- 砂礫底に分布
⇒ 不安定な群集



4

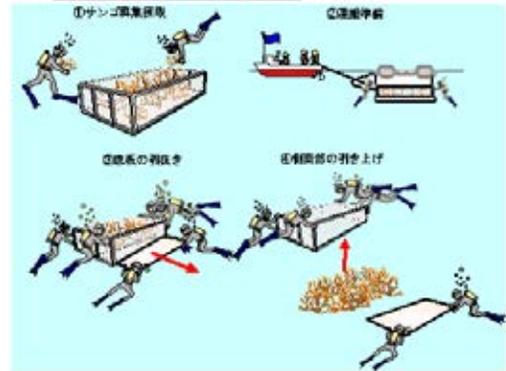
事例1 サンゴ移設手法の特徴

- 種が違ってても、サンゴ群体が一塊りに結合
- サンゴの融合や他群体との結合する特性を利用



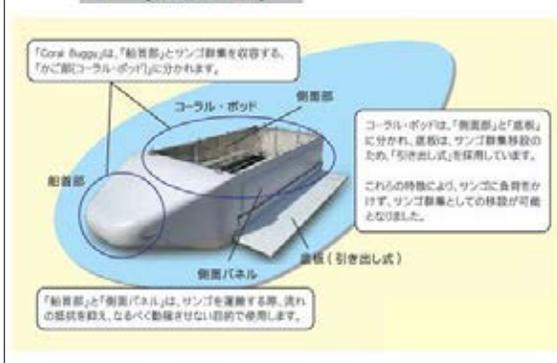
5

事例1 サンゴ群集移設法



6

事例1 コーラル・バギー

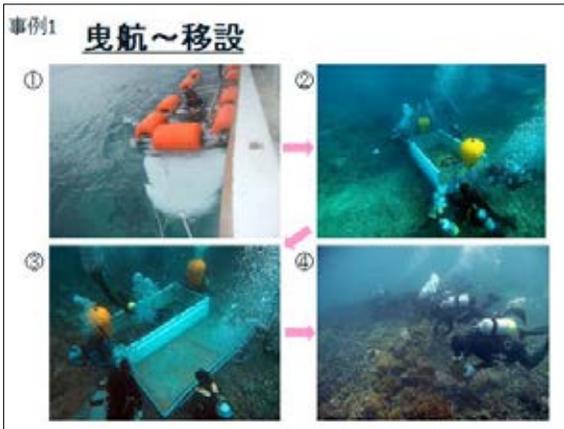


7

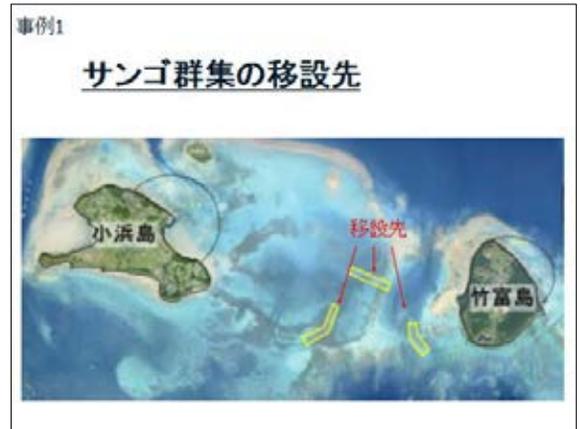
事例1 採取状況



8



9



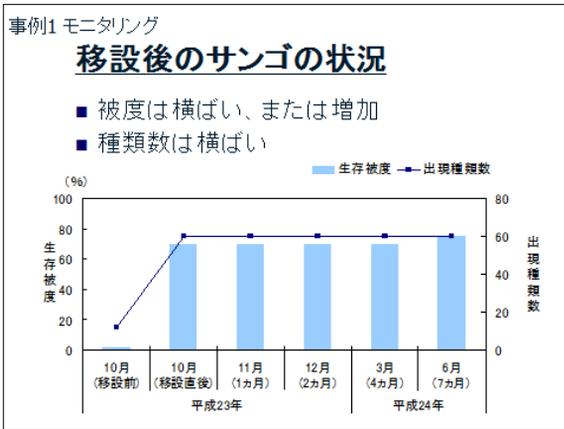
10



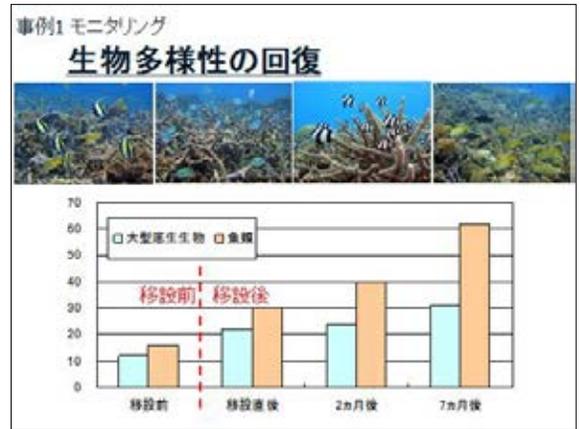
11



12



13



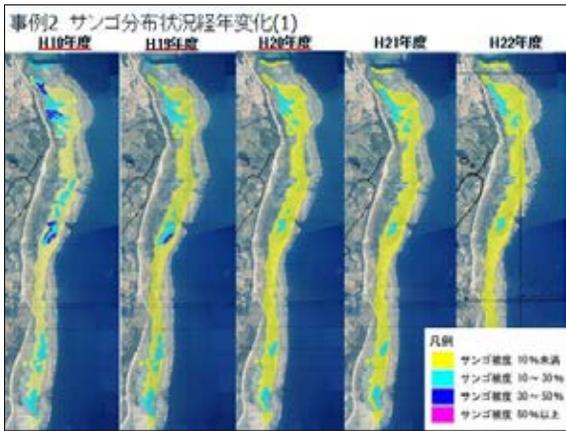
14



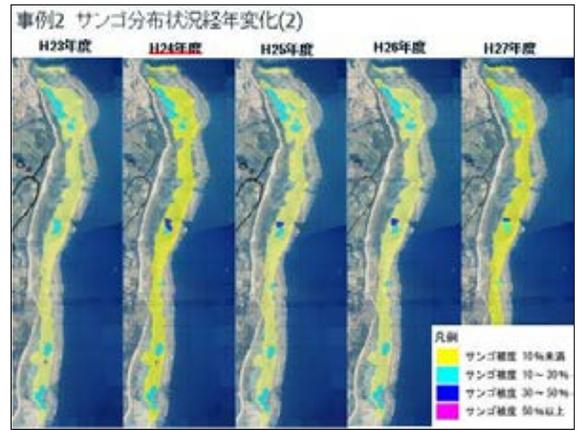
15



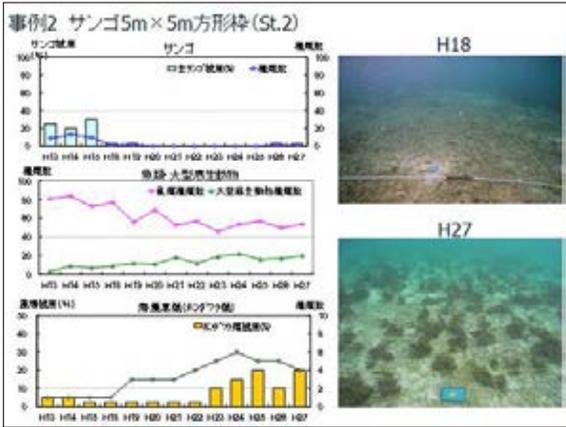
16



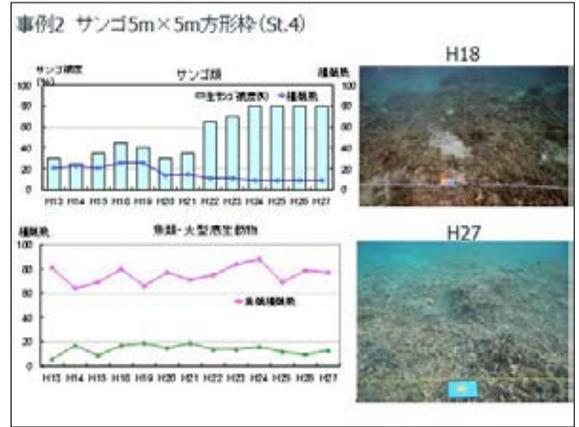
17



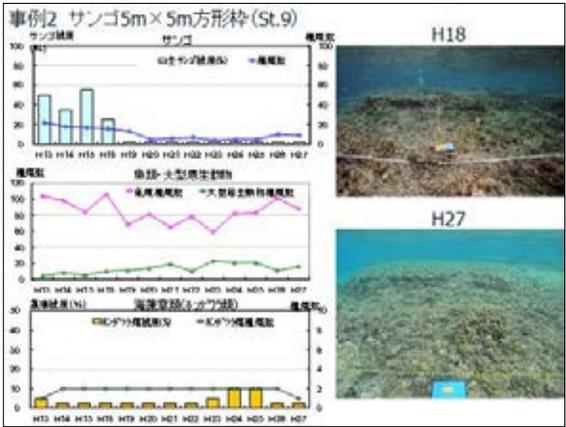
18



19



20



21

事例3

サンゴ礁保全再生事業

- 事業目的のひとつに、平成24年から平成28年にサンゴの植え付けを広域的に行い(約3ha)、サンゴ礁を創出する。
- 植え付けの効果の検証として、サンゴ礁生態系(機能的・構造的な棲み込み連鎖)を把握する。

22

事例3 調査方法(1)

5m×5mの方形枠

- ・サンゴ類、海藻草類、魚類※、大型底生生物
- ※ 方形枠を中心に30分間の潜水目視
- ・出現種
- ・概数(OR法)または被度(%)
- ・サンゴ類の形状
- ・底質外観

区分	基準	決定個体数
FF	非常に少ない	1～ 5個体
F	少ない	6～ 20個体
+	普通にみられる	21～ 50個体
C	多い	51～100個体
CC	非常に多い	101個体以上

23

事例3 調査方法(2)

1m×1mの方形枠

- ・5m×5mの方形枠を25分割し、そのうち1m×1m方形枠を5枠選定
- ・サンゴ類の大きさ(長径、短径、高さ)を計測
- ・出現種、個体数及び被度(%)を記録

選定の基準(5×5m方形枠内)

- ・サンゴ類の被度が比較的高い
- ・生物の棲みこめる空間の多い枝状サンゴがまとまっている
- ・サンゴ類の優占種を含む
- ・植付けたサンゴがまとまっている

24

事例3 考察手順

- STEP 1**
5m×5m方形枠
種類・個体数推移
- 出現リスト
 - 個体数(OR法)
 - 魚類・大型底生生物は、サンゴ類の依存性(食性、定着性)を区分※1
 - 方形枠内での出現サンゴ類の形状※2を区分
- STEP 2**
1m×1m方形枠
種類・個体数推移
- 出現リスト
 - 個体数
 - 魚類・大型底生生物は、サンゴ類の依存性(食性、定着性)を区分※1
 - 出現サンゴ類の体積(底面積×高さ)を算出
- STEP 3**
植え付け効果の検証
- 白化現象や台風等による生物変化を把握
 - サンゴ類の成長に伴う魚類、大型底生生物の群集構成を把握

25

事例3 参考文献(※1)

Rotjan, Randi D and Sara M. Lewis. 2008. Impact of coral predators on tropical reefs. *Marine Ecology Progress Series*, Vol.367: 73-91.

Sano, Mitsuhiro. 1989. Feeding habits of Japanese butterflyfishes (Chaetodontidae). *Environmental Biology of Fishes*, Vol.23, No.1-3: 193-203.

Sano, Mitsuhiro. 2000. Stability of reef fish assemblages: responses to coral recovery after catastrophic predation by *Acanthaster planci*. *Marine Ecology Progress Series*, Vol.198: 121-130.

Sano, Mitsuhiro. 2001. Short-term responses of fishes to macroalgal overgrowth on coral rubble on a degraded reef at Inomote Island, Japan. *Bulletin of Marine Science*, Vol.68(3): 343-356.

Sano, Mitsuhiro, Makoto Shimizu and Yukio Nose. 1984. Food habits of teleostean reef fishes in Okinawa Island, Southern Japan. The university museum, the University of Tokyo, Bulletin Vol.25: 128.

Sano, Mitsuhiro, Makoto Shimizu and Yukio Nose. 1987. Long-term effects of destruction of hermatypic corals by *Acanthaster planci* infestation on reef fish communities at Inomote Island, Japan. *Marine Ecology*, Vol.37: 191-199.

26

事例3 サンゴ類への依存性区分例(1)

科名	和名	幼成	食性	定着性	凡例
スズメダイ科	ミスジリュウキュウスズメダイ	A	O	R	C : (完全な)サンゴ食性
	ヨスジリュウキュウスズメダイ	A	H	R	R : 裸み込み
	ルリシロシガキスズメダイ	A	C	-	F : 任意・選択的なサンゴ食性
	イシガキスズメダイ	A	F	-	F* : 任意・選択的なサンゴ食性 (雑食性)
	ルリスズメダイ	A	O	R	O : 雑食性
	ルリスズメダイ	J	-	R	B : 底生動物食性
	ミヤコキケンスズメダイ	J	-	R	N : サンゴ以外の異質腐屑食性
	ウラカオスズメダイ	A	O	R	Z : (動物)プランクトン食性
	クロスズメダイ	A	O	R	H : 草食性
	アツロキスズメダイ	A	C	R	P : 魚食性
	オジロキスズメダイ	A	O	R	V : 草食
	オジロキスズメダイ	J	-	R	A : 成魚
	シタミソキスズメダイ	A	O	R	J : 幼魚
	キツミソキスズメダイ	A	O	R	
	ヒラタキスズメダイ	A	O	R	
ヒラタキスズメダイ	A	H	R		
クロソラスズメダイ	A	H	R		
クロソラスズメダイ	J	-	R		

27

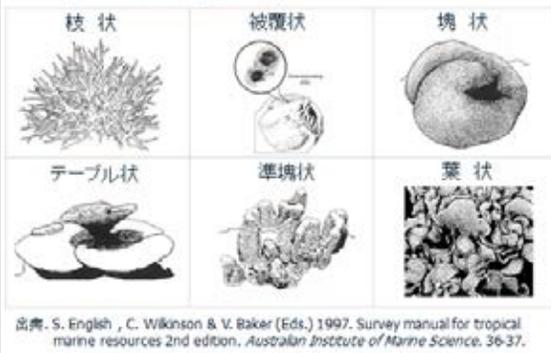
事例3 サンゴ類への依存性区分例(2)

大型底生生物

門	和名	依存性	凡例
棘皮動物門	マンジュウモヒトデ	B	A : (完全な)サンゴ食性
	オニモヒトデ	A	B : 任意・選択的なサンゴ食性
	アカトクモヒトデ	B	C : サンゴ上や枝内で多く観察
	クロクモヒトデ	B	
	ホウシャクモヒトデ	B	
	オオフサクモヒトデ	B	
脊索動物門	オニクモヒトデ	B	
	カラクサクモヒトデ	B	
	シトネボヤ	C	

28

事例3 参考文献(※2)



29

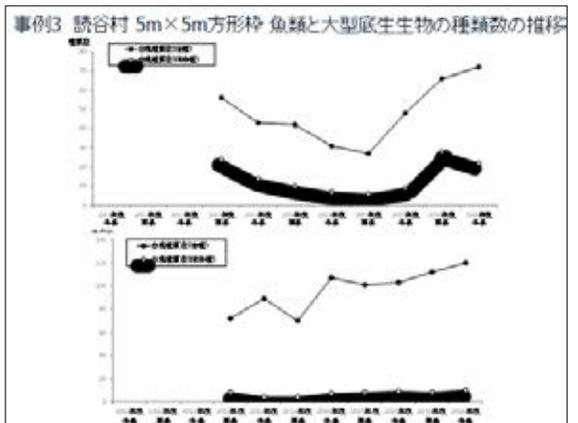
事例3 読谷村 調査地点



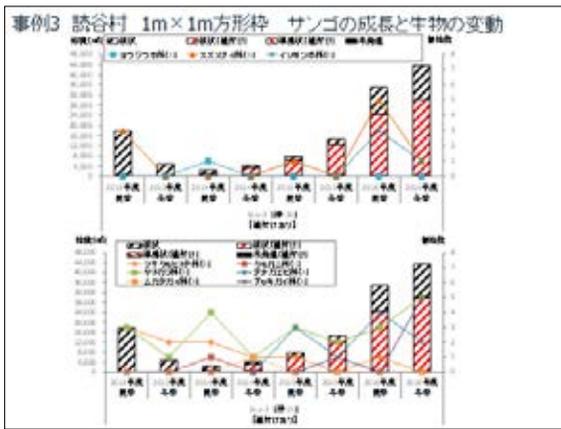
30



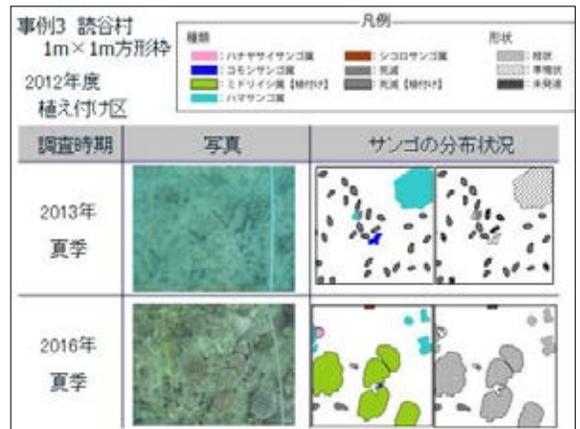
31



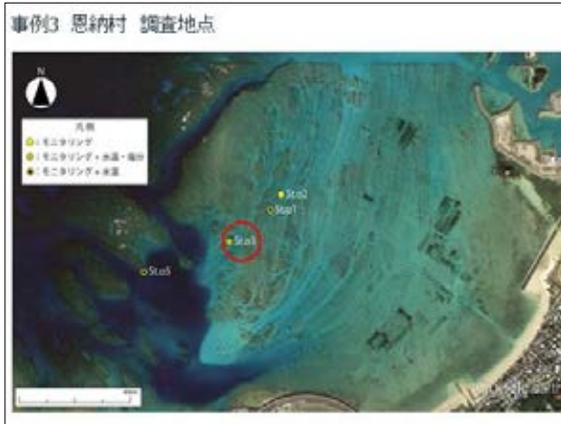
32



33



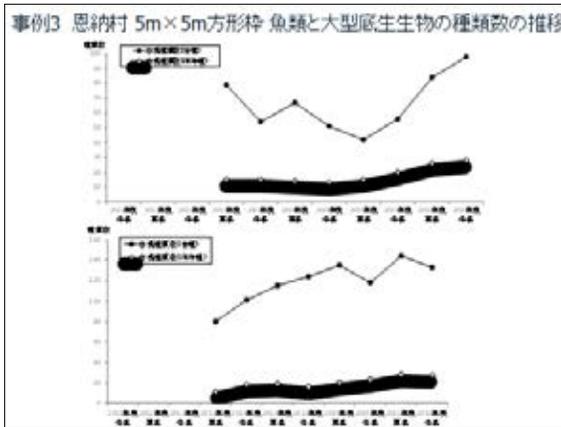
34



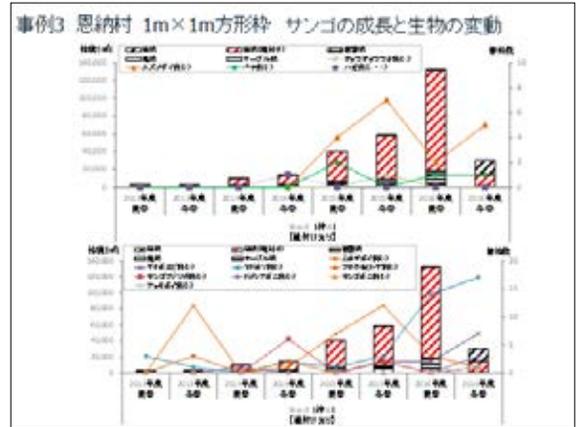
35



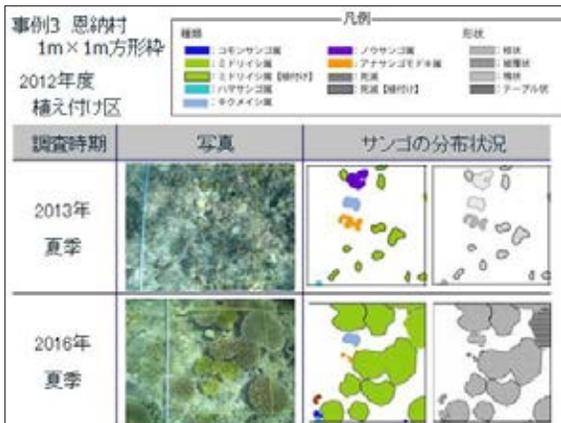
36



37



38



39

今後の課題

サンゴ礁生態系の考え方

①調査方法

- スケール(狭～広)
- モニタリング期間

②生物の知見の集積

- サンゴの特徴(環境条件、形状など)
- 注目種(上位性、典型性など)の生活史

40

ご清聴ありがとうございました。

本発表の事例(1～3)は、内閣府沖縄総合事務局石垣港湾事務所、沖縄県八重山土木事務所、沖縄県環境部自然保護課実施の事業に係る調査結果・写真を引用させていただきました。

厚く御礼申し上げます。

座間味阿真ビーチ 移動サンゴ群集と棲み込み魚類群集:2017年の現状

酒井 一彦 神座 森
琉球大学・熱帯生物圏研究センター

座間味村阿真港では、港への船舶の出入りのために作られた水路で樹状ミドリイシ属を主体に多くのサンゴが成育し、これらサンゴが垂直方向に成長し、干潮時に水路内を船舶が航行することが難しくなったため、2010年に浚渫工事が行われることとなった。サンゴの生態学的調査を座間味村周辺海域で実施させていただいている演者らに、座間味村ダイビング協会から、浚渫のために消失してしまうサンゴを阿真港水路から別の場所に移動させることについての相談があった。演者らは、移動元サンゴと魚類、移動先で移動前後のサンゴと魚類の調査を実施した。今回は、2017年11月（サンゴ移動後7年後）の、移動サンゴ群集と移動サンゴに棲み込む魚類群集の状況と、移動後の変化について、話題提供する。

1. 移動元での調査

2010年6月に阿真港水路の3地点（港からの距離、50、100、140 m）において、各地点に3×3の方形区域をランダムに設置し、造礁サンゴと魚類の調査を実施した。

造礁サンゴについては、方形区域内に出現したサンゴ群体ごとに種名を記録し、長径および短径を測定し、種ごとに最大の高さを記録した。群体の面積は、長円に近似して長径と短径から推定した。

魚類については、方形区域内に出現した種ごとの個体数を記録した。魚類の調査は、サンゴ調査による攪乱を避けるために、サンゴ調査より先に実施した（現九州大学・新垣誠司博士担当）。調査の結果、全ての地点でサンゴが成育している底質は砂で、比較的大きいミドリイシ属サンゴ群体が砂地に基部が埋もれた状態で成育し、これらミドリイシ属の砂に埋もれていない死亡部分にショウガサンゴやトゲサンゴが固着していた。ミドリイシ属サンゴ群体の多くは大きく、人が動かそうとしても、動かすことはできなかった。

2. 移動先での移動前後の調査

移動先は、浚渫予定の水路から北西に約50 m離れた満潮時の水深2 mの砂地である。移動先でも水路と同様な調査を行ったが、サンゴおよび魚類ともほとんど見られなかった。サンゴの平均被度は $0.4 \pm 0.3\%$ （1×1 m区画12）、魚類の出現個体数は0（/9m²）であった。

3. サンゴ移動

サンゴの移動は2010年11月に、座間味ダイビング協会の方々が実施した。移動の様子は <http://z-d-k.cocolog-nifty.com/blog/2010/11/112-eb80.html> に紹介記事がある。

4. 移動先でのサンゴ移動後のサンゴ及び魚類群集

移動後の2011年5月、2015年9月、2017年11月に、移動させたサンゴ全体をデジタル画像に撮影する調査と、目視による魚類の調査を行った。

(1) サンゴ群集

移動サンゴの面積は、2011年42、2015年23、2017年22 m²と、2011年から15年に減少は見られたものの、2015年から17年の間にほとんど変化はなかった。2011年から15年の減少は、サンゴ移動にともない細かく破片化した樹枝状ミドリイシ属サンゴが砂に埋没するなどして死亡したことと、トゲサンゴやショウガサンゴなどが死亡したことによると思われる。このことから、砂底にサンゴを移動させる場合には、群体片をできるだけ大きいままで移動させることがよいと考えられた。移動サンゴ群集の種組成は、2011年から17年まで、種による生存率に変異はあったものの、変化はなかった。

ソフトコーラルのエダアザミの一種（*Cespitularia* sp.）が移動サンゴの死亡部分に成長し、投影面積が2011年2、2015年25、2017年32 m²となった。移動サンゴは死骨格を提供することで、阿真ビーチ以外では稀な種であるエダアザミの一種に、生息場所を提供している見ることもできるかもしれない。

2016年夏季には沖縄県内のサンゴ礁で水温が平年よりも高くなり、多くのサンゴ礁でサンゴの白化現象と白化による死亡が報告された。2016年夏季に調査は行わなかったが、阿真ビーチ移動サンゴは2016年夏季に大きく死亡することはなかったと思われる。阿真ビーチ移動サンゴが2016年夏季に大きく死亡することがなかった理由としては、座間味島では沖縄本島よりも夏季の水温が低いこと、阿真ビーチではサンゴが、毎年夏季に高水温を経験していることが考えられる。

(2) 魚類群集

移動サンゴの被度が高い区域内に、ふたつの3×3 m区画を設定し、魚類の種ごとの個体数を記録した。魚類の種数は2011年30、2015年35、2017年27/9m²、総個体数は2011年199、2015年181、2017年213/9m²であった。2011年から17年の間、移動サンゴに棲み込む魚類群集の種数および総個体数に、大きな変化はなかったと言える。しかしノコギリダイは、2011年には出現せず、15年35、17年118/9m²と、大きく増加した。これは、大きい群体片として移動させた樹枝状ミドリイシ属サンゴが移動後順調に成長し、高さが増し、比較的個体サイズが大きいノコギリダイの棲み場所が増加したことによるのかも知れない。



1

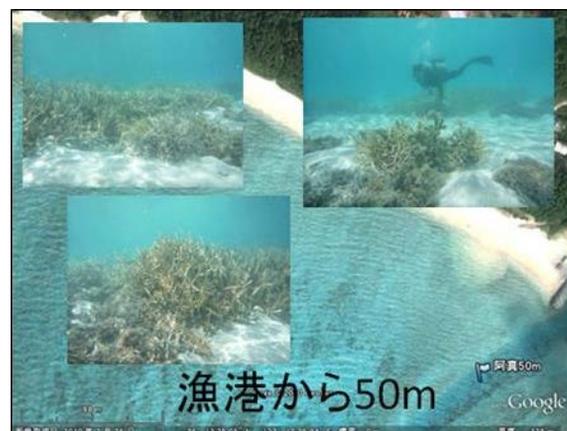
今日お話しすること

1. 座間味島阿真ビーチで2010年10月～11月に漁港水路から近くの砂底に移動した樹枝状ミドリイシ属サンゴは、2016年夏季に大きく死亡することなく、2017年11月も良好に成育していた
2. 移動サンゴに棲み込む魚類は、2015年から種組成に変化はあったが、2017年も良好な状態にあった

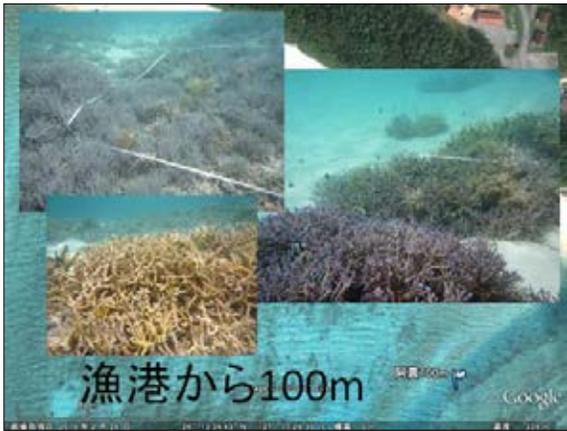
2

1. 移動サンゴについて

3



4



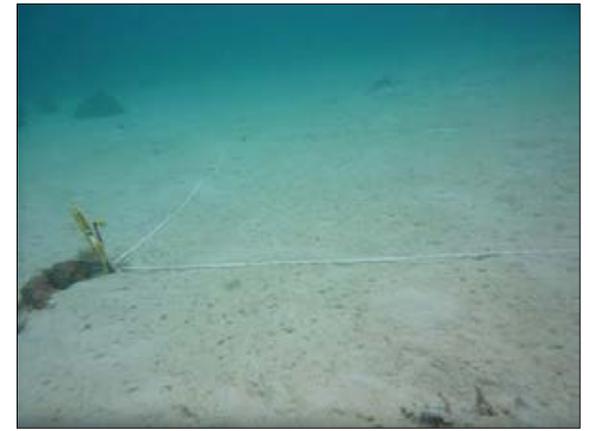
5



6



7



8



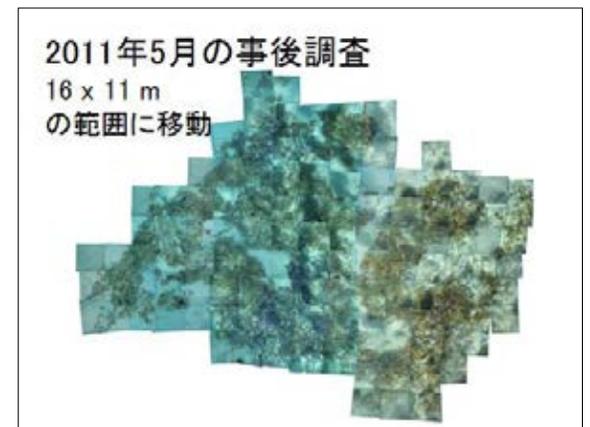
9



10



11



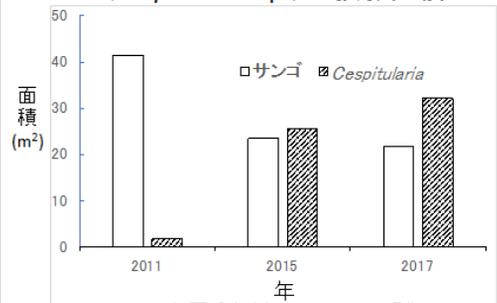
12

2017年11月：サンゴは元気に見えました



13

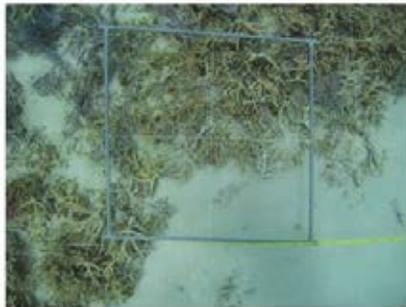
サンゴとエダアザミの一種
(*Cespitularia* sp.)の投影面積



2016年夏季高水温のサンゴへの影響は
軽微だったと思われる

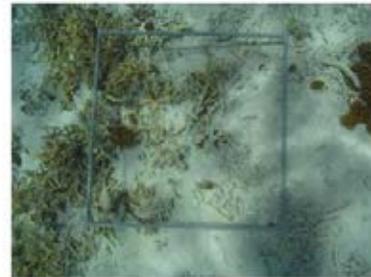
14

2011年 移動サンゴの一部が細かく
破片化し、投影面積が大きかった



15

2011年から2015年のサンゴ面積の減少は
主に小さく破片化したサンゴの死亡によると思われる



2011年5月に、すでに小さく破片化した
樹枝状ドロシシ属サンゴの死亡が見られた
→ 砂底へのサンゴの移動は
なるべく大きい群片で行うべき

16

2011年5月 "バラけた"状態



17

2017年11月 "こんもり"状態



生存した移動サンゴは、2017年まで順調に成長したと思われる

18

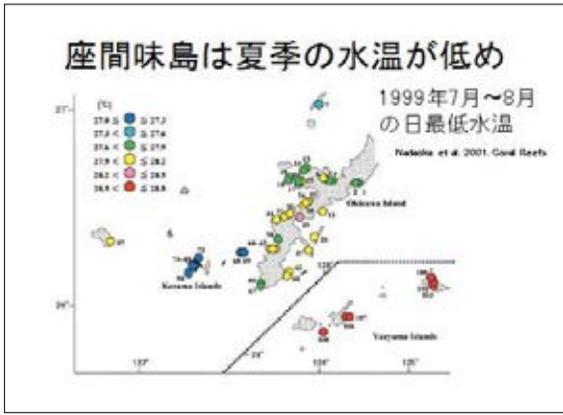
移動サンゴ種については
2017年まで種組成の変化は
見られなかった
しかしトゲサンゴやショウガサンゴは
量が減少した

↓
種による群体"寿命"の違い???

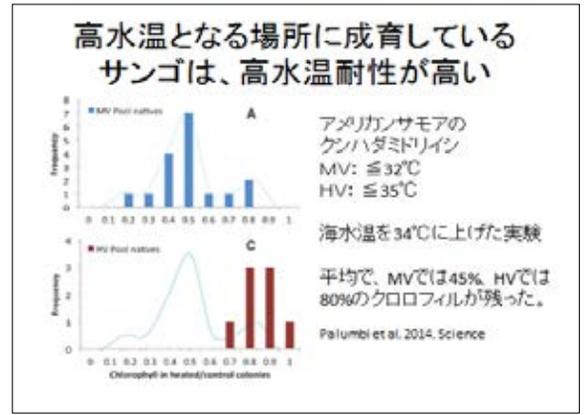
19

2016年夏季に沖縄県の
サンゴ礁で起こった高水温
の影響が、阿真ビーチ移動サンゴ
で小さかった理由の考察

20



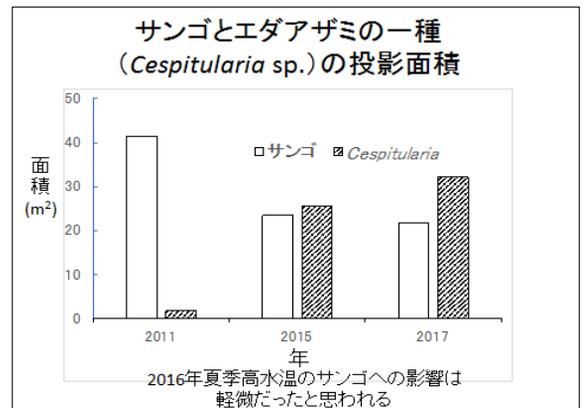
21



22



23



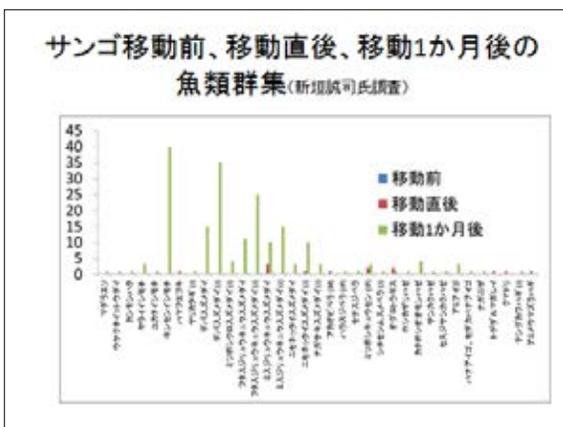
24

- ### エダアザミの一種
- 座間味ダイビングサービスの方々によると、座間味村海域では阿真ビーチ浅海のみで、多いらしい
 - 私は阿真ビーチ以外で、この種を見たことがない
 - 阿真ビーチ移動サンゴを殺して成長しているようには見えない
 - 阿真ビーチ移動サンゴは死亡骨格を作り出すことで、希少なエダアザミの一種の存続を支えているとも言えるかも知れない(???)

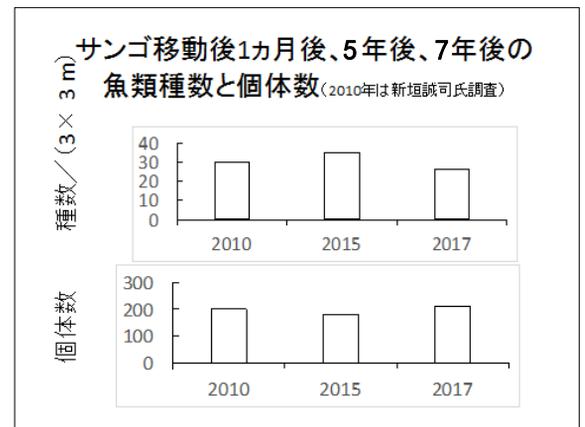
25

2. 移動サンゴに棲み込んだ魚類について

26



27



28

八重山におけるサンゴの産卵と移植などの取り組みについて

吉田 稔
有限会社 海游

我が国最大のサンゴ礁域を有する八重山海域のサンゴ礁において、昨年2016年のサンゴ類の白化現象で多くのサンゴ類が死亡し、海中景観までも大きく変化した。またオニヒトデの大発生は、2002年から始まり2012年にピークは過ぎたが、まだ一部の海域で局所的に発生している。その結果、多くのサンゴ類が減少している。そして赤土、生活排水などの海域への流入も続いており、サンゴ礁環境の状況は悪化の一步をたどっている。あと数十年でサンゴ類が地球上から絶滅するという研究者もいるようで、現在まだ健全な状態のあるうちにサンゴの増殖に関しては、研究機関、民間企業、地域住民がいかなる方法でも研究開発し、技術、細かいテクニックを確立しておくべきだと考える。

そのような状況の中、数十年前からサンゴ類を人為的に増やす試みが実施されてきている。環境省事業では有性生殖を用いたコマ型の着床具を用いて平成17年から平成28年まで数万個が移植されてきた。沖縄総合事務局（石垣港湾事務所）事業では平成23年から航路浚渫に伴う工事で消失するサンゴ類の移設事業で約3万群体と枝状のサンゴの移設が行われてきた。このようにサンゴの移植、移設の手法は経験が積み重ねられ確立した技術になっている。

今回、そのほかで取り組まれている八重山におけるサンゴの産卵、移植を紹介する。

まず、西海区水産研究所亜熱帯研究センターでは、数年前から水産庁の開発技術としてサンゴ産卵の収集装置の研究開発が行われている。事業の流れは、産卵収集装置を設置し、その中にサンゴを集め産卵させる。その収集装置の中に設置した着床具にサンゴを着生させ、そのあと2年、5年後と一切手を加えないで勝手に育っていくようにするものである。昨年は八重山漁協所属の漁業者と協同で産卵の収集、着床、養成が行われている。この事業は人為的に1種～数種のサンゴを大量に生産、着床させる技術として、今後のサンゴ礁の造成に大変有効であると考えられる。

つぎに八重山漁協所属の漁業者による無性生殖を用いたサンゴの養殖の紹介である。沖縄県内でもいろいろなところで海域保全や資源管理の面で期待されるサンゴ養殖が始まっているが、漁業者が作る一つの水産物として流通させ採算が合うようなところまでは到達していないのが状況である。八重山におけるサンゴ養殖も同様で今後の展開が期待される。

三つめは、サンゴ移植と観光業をマッチングさせた事業で、地元ダイビング事業者、一般ダイバー、漁業者などが中心になって、サンゴ保全のためサンゴ畑を作るというものである。サンゴ苗の供給は、上記の八重山漁協のサンゴ養殖で作られたものを利用している。サンゴの保全活動における新たな観光事業の創出が期待できる。

最後に弊社では、八重山海域で毎年5月の大潮の満潮時に見られるサンゴの一斉産卵時の受精卵のかたまり（スリック）を用いたサンゴ養殖の開発に挑戦している。方法としては受精卵を採取して、陸上水槽に移し種苗生産を行うというものである。

4年前から開始しているが昨年今年と一斉産卵で見られるスリックが見られないことで断念している。過去二回も着床具に利用した貝や陶器などに幼生は順調に着底するものの初期減耗が著しく、いずれも数日経過すると消失、死亡してしまう。主な原因としては、藍藻や糸状藻類などに覆われてしまうことがあげられる。

そこで、初期減耗を解消していく対策として、近年いろいろなところで使われているジェル（アルギン酸膜）を使って卵、幼生、稚サンゴをコーティングして、藻類、細菌など成長阻害要因から保護するというアイデアである。この技術は昆布胞子の着床を促進させる技術として、知的財産権も取られかなり実験・検証が進んでいる。

スリックからの受精卵を利用する効果として、最も期待できるのは様々な遺伝子をもった多様な種類のサンゴ類を大量に生産できることである。またジェルコーティング技術は専門性が問われず実施可能で、簡便で低コストの種苗生産法である。これはいろいろな親サンゴを養成していくことにつながり将来的に多様なサンゴ礁域を創成しておくためにも重要な技術になるかもしれない。

八重山におけるサンゴの産卵 と移植などの取り組み

2017年 12月7日
吉田 稔 有限会社 海游

1

八重山海域周辺の現況

- ◆2016年サンゴの大規模な白化現象が生じた。1998年から頻発し、2003年、2007年、2016年とその間隔が短くなっている。
- ◆オニヒトデ大発生は1980年代、2002～2012年にサンゴ礁域に大被害を与えている。
- ◆地球的、地域的な環境悪化、巨大台風の発生、ストレスなどにより、サンゴ類の産卵異常、サンゴの病気や矮小化が蔓延している(原因がわかりにくい)。

2



3



4



5

水産庁が開発しているサン増殖技術
(サンゴの産卵・幼生収集装置と着床技術)
西海区水産研究所亜熱帯研究センターが実施

【開発技術の流れ】

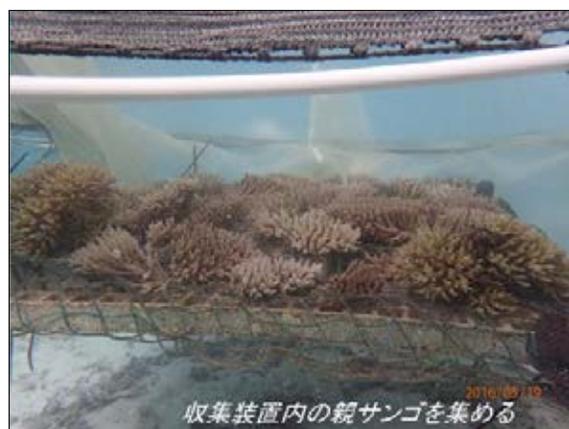
- サンゴ産卵の収集装置を海域に設置する。
- サンゴ類を集めて産卵させる。
- 収集装置の着床具に着生させる。
- 2年後、5年ごと一切手をかけないで勝手に育っていく状況を作り出す。

6



サンゴの産卵・幼
生収集装置の設
置状況

7

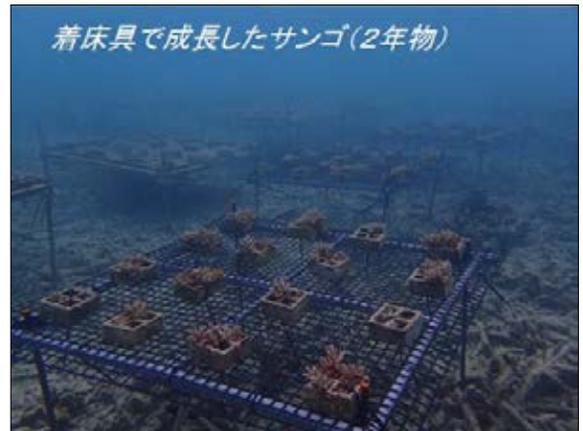


収集装置内の親サンゴを集める

8



9



10



11

八重山漁協所属の漁業者によるサンゴ養殖

- 八重山漁協所属漁業者の野里栄一氏を中心に数名の漁業者が、石垣島の崎枝湾において垂下式のサンゴ養殖を展開している。

12



13



14

「5000本のサンゴ畑」、「甞れ愛しき八重山の海」サンゴ養殖と観光業のマッチング事業

- 石垣市の委託を受けNPO法人観光事業活動研究会が事業を実施。
- その目的は、サンゴ保全活動における新たな観光事業の創出。
- サンゴの苗5000本は八重山漁協所属の漁業者が生産。
- サンゴの植え付けは、ダイビング事業者、一般ダイバー、八重山漁協所属の漁業者によって5000本をひび建て法によるサンゴ移植を実施。

15



16



17



18



19



20

一斉産卵時のスリック(受精卵)を利用した多種類のサンゴ種苗生産法

【作業の流れ】

- 5月の一斉産卵時に新鮮できれいなスリック(受精卵)をネットで採取、卵をよく洗浄し陸上タンクに移動。
- 卵から幼生までは着床具を入れた水槽でよく経過を観察。
- 着床したサンゴにジェルでカバーし保護して育成する。

21



22

ジェルを用いたサンゴ種苗生産法

一ヶ月程度、藻類、細菌などからジェル(アルギン酸ゲル)でサンゴを保護する。実用化すれば簡便で低コストの種苗生産となる。

【アイデアのもとになった技術】
 「海産育成用構造体およびその製造方法」、「コンブ目植物の孢子体の生産方法およびそれに用いる素材」という知的財産権を北海道大学、神GEL-Designが取得し、数多くの実証試験が実施されている。

23



24

2016 年のサンゴ白化現象—植え付け 3 海域での比較—

山里祥二

NPO 法人コーラル沖縄

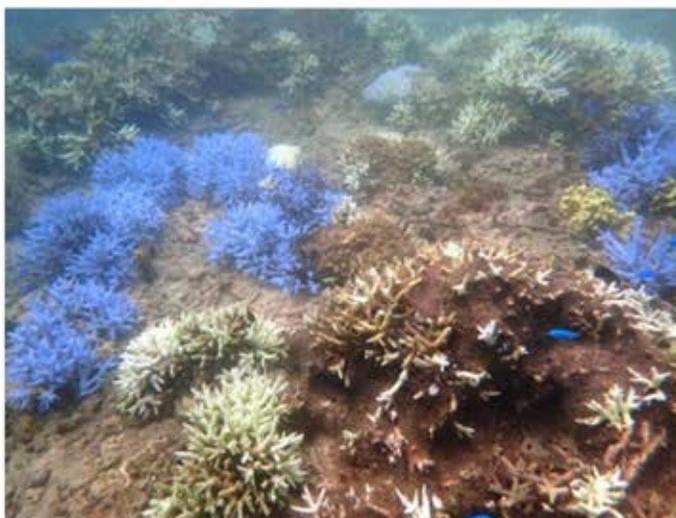
NPO 法人コーラル沖縄は、1998 年のサンゴ白化現象以降衰退したサンゴ礁の保全・再生をサンゴの植付けにより実現する事を目的に 2004 年に設立された。その後 2006 年から慶良間諸島慶伊瀬神山島、2007 年より宜野湾トロピカルビーチ地先、2010 年には中城湾港泡瀬地区において植え付け及び移植を行い、その後モニタリングを実施している。

慶良間諸島慶伊瀬神山島においては、当初裾礁礁原部および離礁部に植え付けを実施したのであるが、その後裾礁礁原部においては台風等の高波浪時における損傷が大きいため、離礁部（水深 6～8m）においてのみ植え付けを実施している。昨年の白化現象時には、礁原部の天然サンゴ群集には、多くのサンゴで白化や死滅が確認されたが植え付け群体においての白化率は、5%未満であった。

宜野湾トロピカルビーチ地先においては、礁池部（水深 0.5～2m）に植えておりその後高水温時及び冬季の低水温時においてたびたび白化が確認されている。昨年の白化現象時には、7 月より一部の群体に白化が確認されその後 9 月のピーク時には 80%以上の植え付け群体に白化が確認された。最終的に 11 月において、30%の植え付け群体が死滅し 70%の群体が生存していた。

中城湾港泡瀬地区において湾内（水深 2～5m）に移植した群体は、一部に白化が確認されたものの 8 月及び 9 月のモニタリングにおいては、5%未満の白化率であった。周辺の天然群体においては、ミドリイシ類やショウガサンゴ類において白化が確認された。

2009 年に整備した陸上養殖場においては、当初より夏季における高水温対策として遮光目的で屋根を設置し、現在ではハナヤサイサンゴ及びショウガサンゴの 2 種を飼育している。その 2 種においては、昨年の白化現象時においても飼育水深 0.5m にもかかわらず顕著な白化は確認されていない。



宜野湾において植えたサンゴ（2016 年 8 月）

2016年の白化現象ー植付け3海域での比較ー

山里祥二
NPO法人コーラル沖縄



1

NPO法人コーラル沖縄

- サンゴ礁の保全・再生をサンゴの植付けにより実現する事を目的に2004年設立
- サンゴ養殖、サンゴの植え付け、サンゴ礁保全再生を实践できる人材の育成
- 多くの人達にサンゴ礁保全と自然環境・社会環境のつながりを考える機会創出することを目的に参加型プログラムを実施

2

活動実績

サンゴの植え付け
2006年～ 沖縄近海に延べ8,500群体

サンゴ陸上養殖
2009年～

環境教育
2009年～ 参加者延べ7,000名

3

植え付け(移植)海域

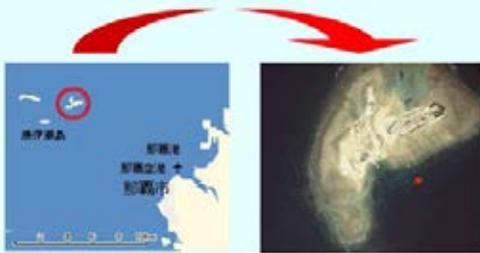


- 1、伊弉諾島神山島
- 2、宜野湾地先
- 3、沖縄市泡盛地先

4

2016年サンゴ白化状況 1

チービシ(神山島)南東海域



5

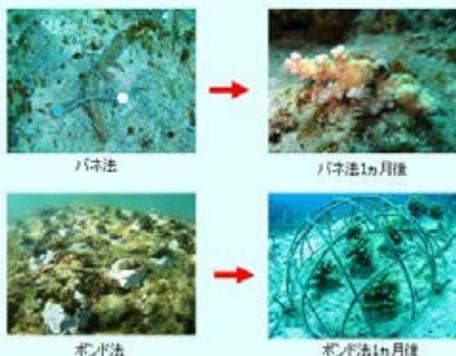
神山島植え付けの利点



多くのレジャーダイバーが参加できる

6

植付け手法



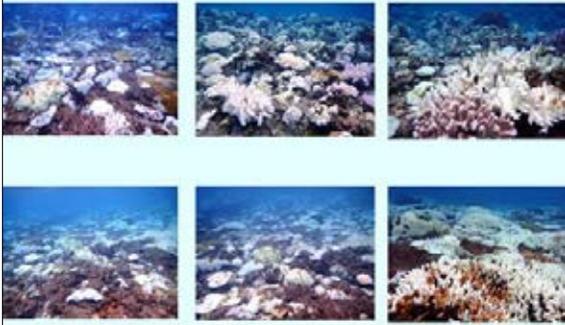
7

神山島植え付けサンゴ



8

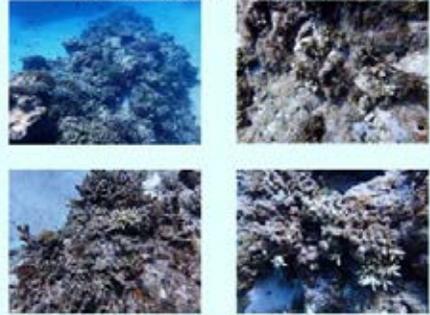
2016年チーベシにおける白化状況



2016.8月ナガンヌ島海岸上

9

植付け地点のサンゴ状況(水深8m)



植えつけたミドリイシ類において顕著な白化は認められなかった(2016.9月)

10

2016年サンゴ白化状況2

宜野湾トピカルビーチ



11

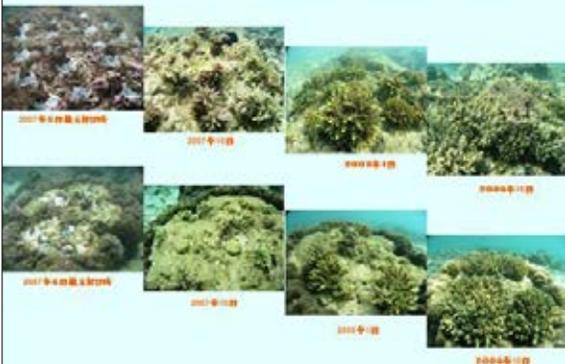
トピカルビーチでの利点



植え付け、メンテナンス、観察会が容易

12

宜野湾トピカルビーチ礁池内モニタリング調査結果



13

トピカルビーチ植付けサンゴ



14

2016年トピカルビーチにおける白化状況



2016.8月

15

白化からの回復状況



2016.11月

16

2016年サンゴ白化状況 3

沖縄市泡瀬地先



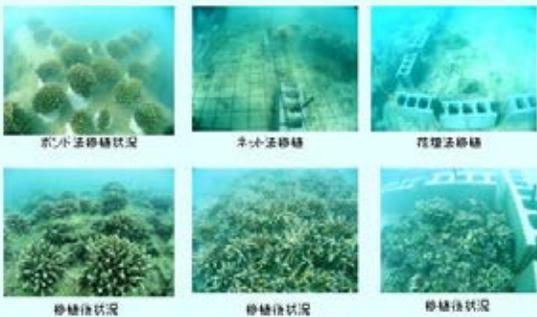
17

サンゴの種類・数量・移植方法

種類名	移植可能数量 (移植可能範囲)	移植数量 (ネット又は移植器の制限)	移植方法
① オヤユビミドリイシ	45kg (15㎡×15kg/㎡) 5㎡	15㎡	ポンド移植
② スギノキミドリイシ	1,000kg (40㎡×25kg/㎡) 40㎡	81㎡	ネット移植
③ リウキュウキッカサンゴ	300kg (15㎡×20kg/㎡) 15㎡	12㎡	石移植
④ ヤッコアミメサンゴ	400kg (20㎡×20kg/㎡) 20㎡	9㎡	石移植
⑤ ホリエゾミドリイシ	200kg (20㎡×10kg/㎡) 20㎡	14㎡	ポンド移植
⑥ コノハシコロサンゴ	600kg (30㎡×20kg/㎡) 30㎡	14㎡	ポンド移植

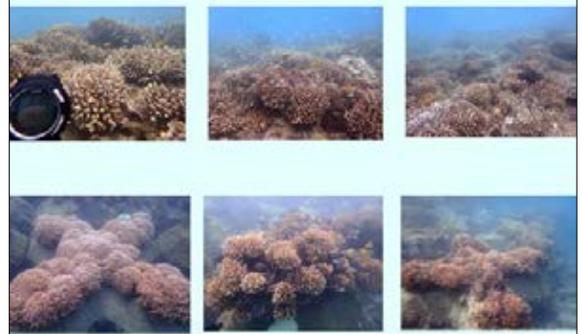
18

移植状況



19

2016年泡瀬海域における白化状況



20

2016年泡瀬海域における白化状況



21

サンゴ陸上養殖施設

2009年より経産省の予算により陸上養殖場(屋内・屋外)を整備



22

2016年陸上養殖施設におけるサンゴの白化状況



ハナヤサイサンゴ

ショウガサンゴ

養殖の2種において顕著な白化は認められなかった(2016, 9月)

23

今後に関する展望

- サンゴの固着法の更なる手法開発
- 有性生殖を用いた遺伝的多様性の保持
- サンゴ飼育施設の安定的管理及び拡充



24

サンゴの白化 ～高水温後のサンゴモニタリング実績～

高嶺 翔太
沖電開発株式会社

1. はじめに

弊社は、浦添市牧港漁港内の養殖場にて、地下浸透海水を利用してサンゴの陸上養殖を行っております。年間約2000株の植付け実績の中から、浅場の海域での植付け後6ヶ月後、1年後の数量モニタリング結果を抽出しました。高海水温環境による生残率の低下から今後の展望について考えていきます。

2. 浅場海域での生残状況

H22年より宜野湾市真志喜沖・トロピカルビーチ横への植付けを行ってきました。さらに、本年度より試験移植を経て浦添市港川海域での植付けを開始しております。宜野湾市の海域においては、H27年植付け1年後生残率が81%と高い生残率を維持していましたが、翌年H28年植付けでは高海水温の影響を受け、多くのサンゴが白化し、植付け1年後の生残率が45%まで低下しています。H29年植付けでは9月から10月においても高海水温状態が続いた事により植付けを11月に延期し、サンゴ苗の種類選定を行うことによって生残率向上が期待されますが、来年以降も高海水温による影響が懸念されます。

3. 生残率の推移

H21年からH22年にかけては坂名城海岸と宜野湾海域の両海域での植付けを行っており、両海域での生残率を比較し、H23年9月より宜野湾海域を中心に植付けを行っております。台風や冬季の波浪によるサンゴ苗の流出対策として、ステンレス線でサンゴを台座へ固定する(H23.10～)ことや、また、サンゴの活着や海底への強固な固定のため、マグホワイト製台座への変更(26年6月～)などの改良を行いながら生残率の向上に取り組んできました。H29年11月現在、今年の植付けは2097株を行い、6ヶ月モニタリングが終了した753株については86%と高い生残率に戻っています。

4. 高水温に耐えたサンゴ

H24年に植え付けた群集が成長しH28年4月には直径4m程の岩盤を埋め尽くすほどの成長を見せていますが、同年9月には高水温による白化が起き、3分の1程度が死滅しました。生き残ったスギノキミドリイシは白化からも回復し、また、オヤユビミドリイシは、白化せずに生き残りました。翌年H29年4月頃には生き残ったサンゴが再び成長している様子が伺えます。H29年11月のサンゴ群集撮影時には台風による枝折れがありましたが、H28年に比べると白化も少なく、多くのサンゴが生き残っています。H28年に生残率の低下はありましたが、高水温環境に耐えたサンゴも多数あり、同海域での成長が期待できます。

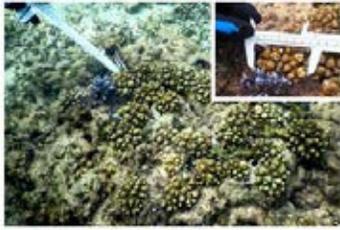
5. 沖電開発の取組み

本年度には弊社施設内の天然光棟を改築し、光不透過のビニルハウスにすることで、LED照射による光環境コントロールが可能となりました。

H29年度沖繩科学技術イノベーション共同研究促進補助金を活用して、LEDを使用したサンゴの波長と光周期への反応を研究しております。

人工光によってサンゴの性成熟を誘導し、産卵誘発まで行うシステムを開発し、高水温環境にも耐えるサンゴの生産技術を開発し、サンゴ礁を回復させていく事を目標としています。

植付けサンゴの白化
～高水温経過後のモニタリング実績～



平成29年12月
沖電開発株式会社
不動産事業部環境事業グループ
高嶺 翔太

1

1. 植付海域マップ(トロピカルビーチ横)



沖電開発株式会社
～「みらい」を創造、「ゆめ」を形に～

2

2. 浅場海域での生残率

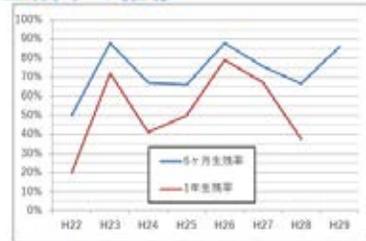
	トロピカルビーチ横 植付け				浅場市 瀬川海域 (H28～現在)
	H22～H26	H27	H28	H29	
9ヶ月モニタリング結果	3,529 株	512 株	1,187 株	589 株	600 株
9ヶ月生残率	80%	96%	58%	95%	52%
1年モニタリング結果	2940 株	512 株	1,187 株	—	567 株
1年生残率	69%	81%	45%	—	34%

※2017年11月31日時点での対象個体数をもとに算出

沖電開発株式会社
～「みらい」を創造、「ゆめ」を形に～

3

3. 生残率の推移



※ 2017年11月31日時点での対象個体数をもとに算出

年度	H22	H23	H24	H25	H26	H27	H28	H29
植付本数	1,676	516	1,280	1,256	1,254	1,281	2,167	2,057

沖電開発株式会社
～「みらい」を創造、「ゆめ」を形に～

4

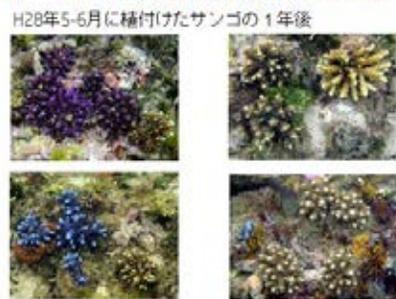
4-1. 高水温に耐えたサンゴ



沖電開発株式会社
～「みらい」を創造、「ゆめ」を形に～

5

4-2. 高水温に耐えたサンゴ



沖電開発株式会社
～「みらい」を創造、「ゆめ」を形に～

6

5. 沖電開発の取組み

天然光を遮断しLEDによるサンゴの養殖方法の開発



実施区画
1 階目：高層海水平円筒 2 階目：地下海水平円筒

各層に波長の異なる4種のLED区画

波長や照射時間、水深の違いにより異なる成長

環境によって異なる種サンゴの成熟度の制御

光刺激による性成熟・産卵誘発が目標



沖電開発株式会社
～「みらい」を創造、「ゆめ」を形に～

7

～ 100年先にもきれいな海を ～



ご清聴、誠にありがとうございました

沖電開発株式会社
～「みらい」を創造、「ゆめ」を形に～

8

竹富南航路整備事業で移植したサンゴの白化状況の報告

川崎 貴之
株式会社エコー 沖縄環境部

1. 事業の概要

国立公園の石西礁湖に位置する竹富南航路では、航路の整備事業が行われています。航路整備においては、必要機能を満足する水深や範囲を確保するために浚渫を行います。その工事の際に設置される汚濁防止膜内に生息するサンゴについて、環境保全措置としてのサンゴ移植を実施しました。本事業での移植は、大きさや成育形態の異なるサンゴを対象としていることから、各々の特徴に応じた群体移植と群集移植の手法を用いて行いました。また、移植後には継続的にモニタリングを実施し、移植の評価と技術向上に役立てています。

本報告は、H24.2からH28.6までに移植した群体移植を対象としています。(H28.7以降も継続中)。対象期間中に移植したサンゴの群体数は、約2.6万群体であり、種類数は126種類です。これは石西礁湖に成育すると言われる約400種類の32%に相当します。

なお、本報告の主な内容は、内閣府 沖縄総合事務局 石垣港湾事務所により実施された移植成果の一部となります。

2. サンゴ移植の流れと留意点

2-1. 移植計画の立案

計画立案に際しては、事前調査を実施し、移植元（採取場所）のサンゴの生息環境として、水深・水質・底質の状況、また、サンゴの生物的な情報として種類・群体形・大きさ・数量・食害や病気の有無などを把握しました。この調査から得られた情報を元に、移植対象群体の選定や移植先の候補地の選定を行います。移植先の選定基準は、①成育環境の適性の観点から採取元と同じ種類のサンゴが生息していること、②物理的破損の原因となる波浪の直接的な影響を受けにくく採取元と同様の水深や底質であること、③自然の加入サンゴが少なく自然での回復が遅れており移植可能な裸地があること、④サンゴ捕食生物であるオニヒトデ等による被害が目立たないこと、特に、⑤暴浪に伴う砂礫や転石による移植サンゴの破損等を極力避けるため「周辺に比べて凸地形となった場所への移植」、被災リスク低減のため「複数箇所への移植」¹⁾に留意して移植先を設定しました。

2-2. 群体の採取

群体の採取に際しては、可能な限り損傷などのストレスを与えないように注意し、多様な群体形や固着状況に応じて、群体基部または固着基盤ごとサンゴ全体を採取することを心掛けました。長径10cm以下の群体は、採取が難しく生残率が低いなどの理由により移植対象から除外した。また、採取時に群集規模での白化現象が確認された場合は、移植行為によるストレスで移植後の生残率が低下する恐れがあるため、採取時期や移植対象の変更を検討しました。

2-3. 運搬

移植元から移植先への運搬は、サンゴへのストレス軽減を心掛け、速やかな海中運搬および船による輸送を実施しました。船上水槽に収容したサンゴの管理は、水質・水温の急変、遮光対策および船の動揺による群体の破損が発生しないように、水槽内における群体の配置などに留意しながら実施しました。

2-4. 固定

移植先では、移植群体が安定する微地形を活用するほか、移植後の成長空間を確保できる場所を群体ごとに選定しました。固定方法は、水中ボンド（充填目地材）を用いています。固定時には、基盤および群体基部の付着藻類などを除去し、接着材が馴染みやすいように工夫して、移植後の剥離を予防しました。また、水中ボンドによる人工的な固着の他に、サンゴ自身の固着（活着）を促進させるため、群体の一部を基盤に接触するように固定する工夫も行いました。

3. モニタリング結果

モニタリングは、移植時期ごとに全移植群体数の1割程度を目安としてモニタリング対象サンゴを設定しました。調査内容は、移植サンゴの生残、成長状況、サンゴに集まる魚類や大型底生動物の状況。サンゴの放卵(再生産)の状況などを記録しました。

調査結果の一例として、移植初年度のH24.2に移植したサンゴの群体数の変化をみると、群体数の生残率は移植後44ヵ月まで約70%で維持されていたものが、移植後56ヵ月には約50%にまで低下している状況が確認されました。この移植後44ヵ月から移植後56ヵ月の間の期間（H27.11～H28.10）の水温変化を確認すると、6月中旬頃から一般にサンゴの成育に影響を与えるとされる30℃を超え、6月下旬から9月上旬までは30～32℃程度で推移していました。また、サンゴの白化現象の発生の目安となるDHW（Degree Heating Week）は、全地点の平均が9.367の値であり、大量死をもたらす深刻な白化が発生する可能性があるレベルに達していました²⁾。

なお、環境省がH28の11～12月に石西礁湖全域で白化現象の影響を調査した結果³⁾によると、サンゴの生残率は30%未満にまで低下しており、移植サンゴだけでなく自然サンゴも甚大な影響を受けたことも分かりました。

4. 高水温の影響による白化現象後の属別生残状況

H28夏季の白化現象について、サンゴの属別の生残状況の分析を行いました。H28.9～10に行った調査の結果を「白化後」のデータ、H27.8～11の調査結果を「白化前」のデータと定義し、白化前後のサンゴの群体数を比較することで、属別のサンゴの生残状況を分析しました。また、移植によるストレスが十分に解消されていると考えられる移植後1年以上経過したH24～26移植分の群体を対象とした分析も行いました。なお、白化前後にかけて死滅したサンゴには、白化現象の影響だけではなく他の要因も含まれているものと考えられます。しかし、本検討では、H27.8以降は台風による大規模な攪乱など移植サンゴに対する目立った影響は無かったことを踏まえ、死滅の主要因は白化現象であるとして差し支えないと判断して分析しました。

結果、移植後1年以上経過した群体のみを分析対象とした移植サンゴ全体の生残率は52%であり、属別にみると、特に白化現象の影響が大きかったのはミドリイシ属の18%でありことが分かりました。ミドリイシ属の死滅群体数は315群体であり、全死滅群体数391群体の81%を占めている状況でした。このことは一般にミドリイシ属が白化現象による影響を受けやすいとされる状況に合致します。

一方、生残率1位のアナサンゴ属等4属は生残率100%でした。また、2位から9位までの9属の生残率についてみても78～92%であり、ミドリイシ属の結果と異なり白化現象の影響が小さいことが分かりました。

5. 今後の展開

以上のことから、ミドリイシ属の移植先の設定については、移植後の生残率を高めるに高水温からのストレス軽減が重要な検討項目であることが示されました。このことは、従来の考え方にある「輸送に伴うストレス」を重視して、できるだけ採取元に近い場所に移植先を設定してきたことに対して、必ずしも採取元と移植先の距離によらず、高水温の影響を受けにくい場所を移植先として設定することが重要であることを示唆しています。具体的な対策としては、移植元よりも少し水深を下げた場所や、潮通しの良い場所、または白化後のモニタリング結果の中から生残率が高かった場所を抽出し、その周辺で移植先を設定することなどが考えられます。

<参考文献>

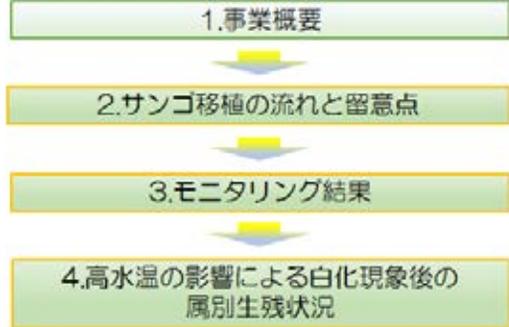
- 1) 前里尚・椎原康友・岩村俊平・片山理恵・高橋由浩（2016）：環境保全措置として実施した群体サンゴ移植事例の技術的レビュー，土木学会論文集B3（海洋開発）特集号，Vol.72，No. 2.
- 2) 第10回石西礁湖における航路整備技術検討委員会資料（資料6-1）：
http://www.dc.ogb.go.jp/ishigakikou/route_seki10.html，2017.11.06参照。
- 3) 環境省報道発表資料：<http://www.env.go.jp/press/103439.html>，2017.11.06参照。

竹富南航路整備事業で移植した サンゴの白化状況の報告

川崎 貴之
 株式会社エコー 沖縄環境部

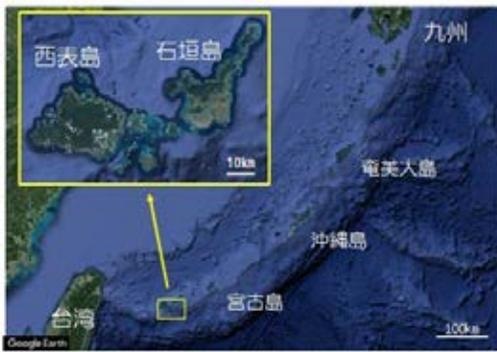
1/26
1

本発表の流れ



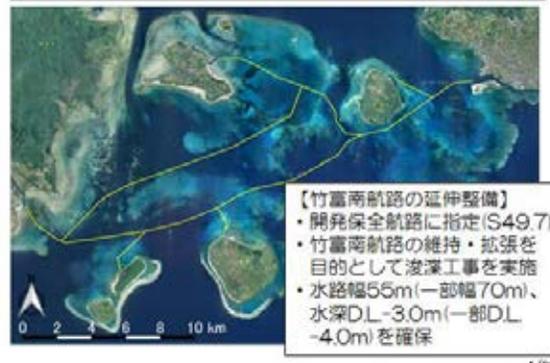
2/26
2

1. 事業概要（竹富南航路の位置）



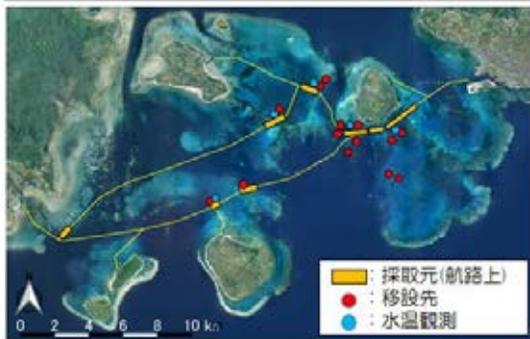
3/26
3

1. 事業概要（竹富南航路の位置）



4/26
4

1. 事業概要（竹富南航路の位置）



5/26
5

2. サンゴ移植の流れと留意点

移植したサンゴの概要 (対象：H24.2~H28.6)

移植群体数	種類数
26,242群体	13科・33属・126種



6/26
6

2. サンゴ移植の流れと留意点

2-1. 移植計画の立案

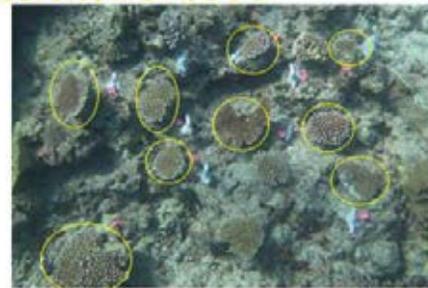
- ①採取元と同じ種類のサンゴが生息している
- ②採取元と同様の水深や底質であること



7/26
7

2. サンゴ移植の流れと留意点

- ③移設可能な裸地があること



移設先 (移設後) の状況

8/26
8

2. サンゴ移植の流れと留意点

2-1. 移植計画の立案

④サンゴ捕食生物であるオニヒトデ等による被害が自立できないこと



オニヒトデ

レイシガイダマシ類

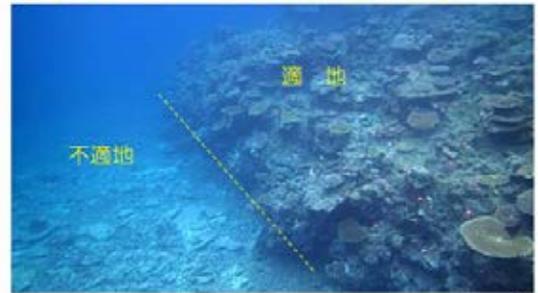
9/26

9

2. サンゴ移植の流れと留意点

2-1. 移植計画の立案

⑤周辺に比べて凸地形となった場所への移設



10/26

10

2. サンゴ移植の流れと留意点

2-2. 群体の採取



採取群体の収集

タガネとハンマーによる採取状況

11/26

11

2. サンゴ移植の流れと留意点

2-2. 群体の採取



採取前

採取後

12/26

12

2. サンゴ移植の流れと留意点

2-3. 運搬



船上水槽への収容作業

サンゴの収容状況

13/26

13

2. サンゴ移植の流れと留意点

2-3. 運搬



適切な換水

遮光対策

14/26

14

2. サンゴ移植の流れと留意点

2-4. 固定



基盤付着物の除去

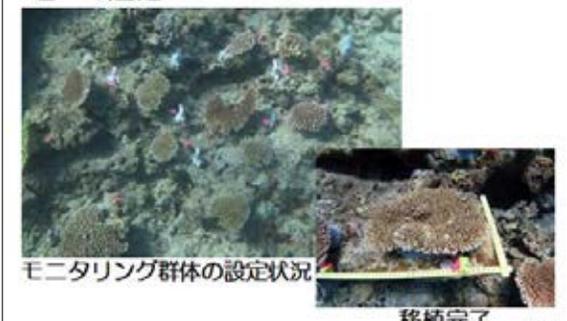
水中ボンドによる固定状況

15/26

15

2. サンゴ移植の流れと留意点

2-4. 固定



モニタリング群体の設定状況

移植完了

16/26

16

2. サンゴ移植の流れと留意点

2-4. 固定



移植前

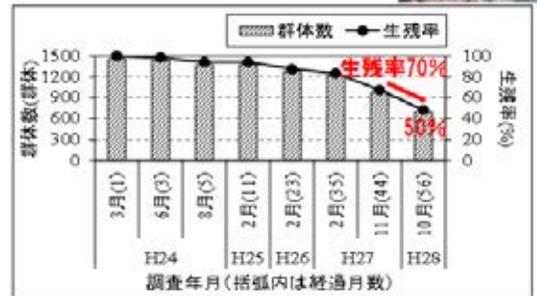
移植後

17/26

17

3. モニタリング結果

【H24に移設したサンゴの生残状況】



※ モニタリング群数(120群体)を全移植群体の1,456群体に換算

18/26

18

3. モニタリング結果

【H28に移植したサンゴの白化状況】

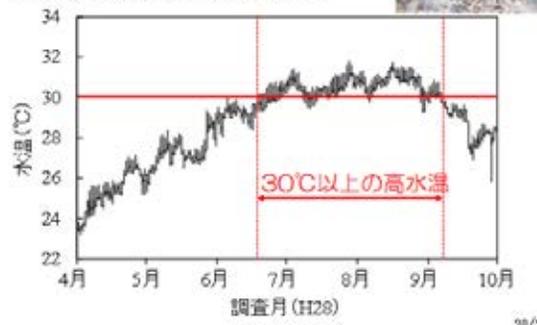


19/26

19

3. モニタリング結果

【H28における水温の経日変化】



20/26

20

3. モニタリング結果

【DHW指標による評価】

DHW=週平均水温から対象海域における最暖月の平均水温を引いた差分の積算水温

- 4以上~8未満: 白化の発生が懸念される
- 8以上: 大量死を伴う白化の発生が懸念される

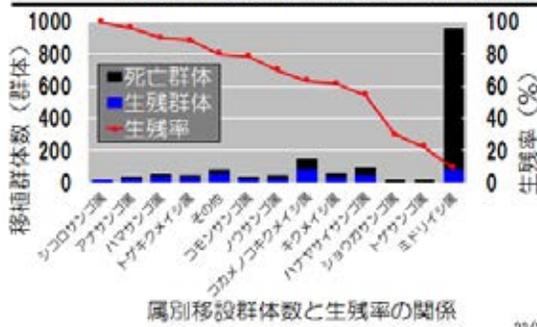
区域	DHW(Degree Heating Week)
1-5	9.358
2-3	9.308
3-1	10.745
6-1	8.257
7-2	9.167
全体	9.367

※ 最暖月の平均水温=29.7°C(8月)

21/26

21

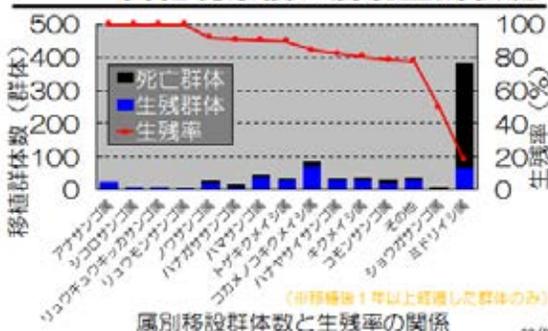
4. 高水温の影響による白化現象後の属別生残状況



22/26

22

4. 高水温の影響による白化現象後の属別生残状況



23/26

23

4. 高水温の影響による白化現象後の属別生残状況



生残率が低かったサンゴ属の例(ミドリイシ属)

24/26

24

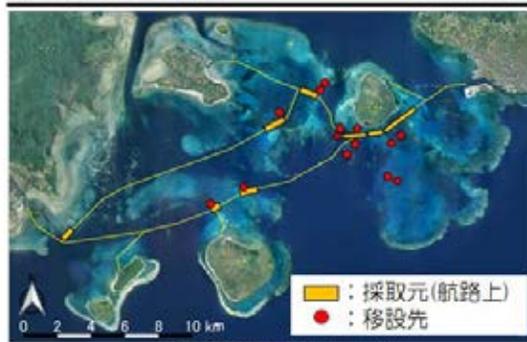
4. 高水温の影響による 白化現象後の属別生残状況



生残率が高かったサンゴ属の例（アナサンゴ属） 25/26

25

5. 今後の展開



現在の移設先の設定状況 26/26

26

サンゴの白化、サンゴ保全に何が必要か

上原 直
グローイング コーラル

2016年そして2017年とサンゴの白化が報道され、私の周りでも話題になりました。

彼らは、私も含めてサンゴに携わる人たちが、行政側から依頼を受けてサンゴ保全の業務を行っていると思い込んでいます。

しかし現状は、サンゴ保全関係の仕事が、グローイングコーラルに関していえば、聞き取りさえありません。おそらく他の方々も同じでしょう。

このような話を、漁師仲間になると皆びっくりします。報道の大きさから考えて誰かが、サンゴの白化の対策を取っていると思っているからです。

そこで今回は、沖縄のサンゴ保全に何が必要か、世界の現状はどんなものなのか話してみたいと思います。

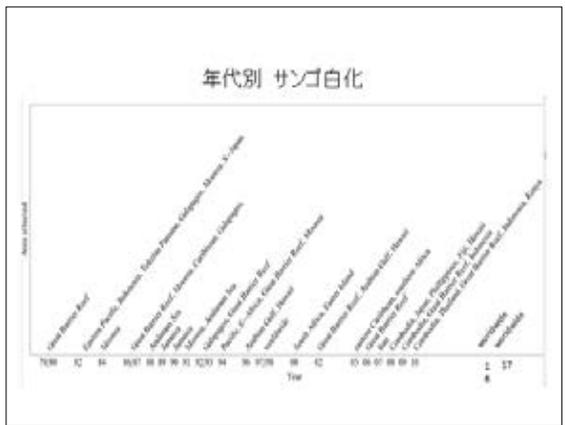
サンゴの白化、サンゴ保全に何が必要か
上原 直
グローイングコーラル

- 1 気温が人間の排出している二酸化炭素によって急速に上昇
- ↓
- 2 海水温も気温の上昇と同様に急速に上昇
- ↓
- 3 水温がサンゴの育成限界になり白化を起す

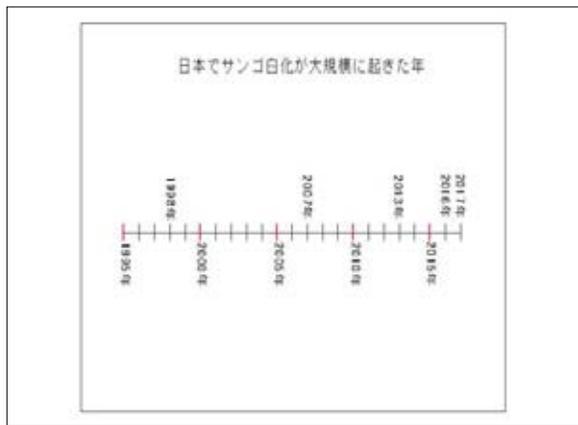
1



2



3



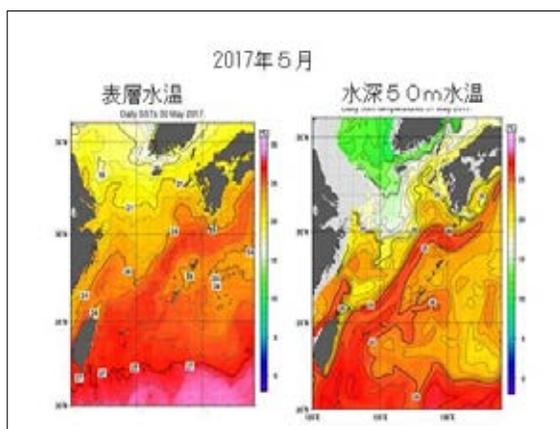
4

沖縄周辺の海水温の変化 表層及び水深50m

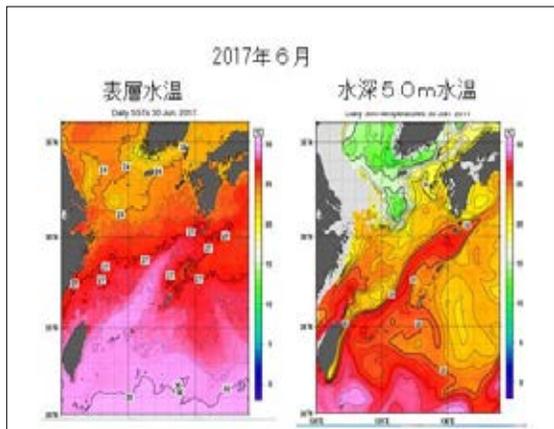
気象庁データ

http://www.data.jma.go.jp/kaiyou/data/db/kaikyo/jun/st_HQ.html?areano=3

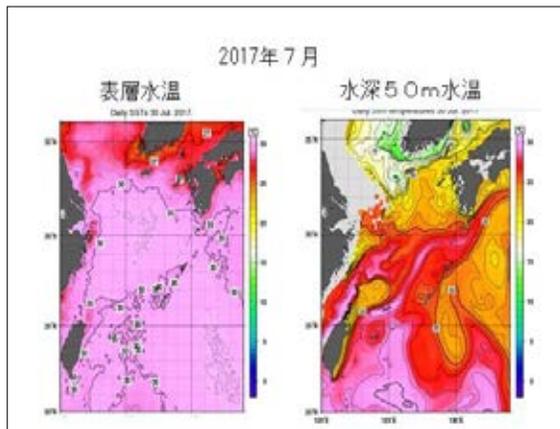
5



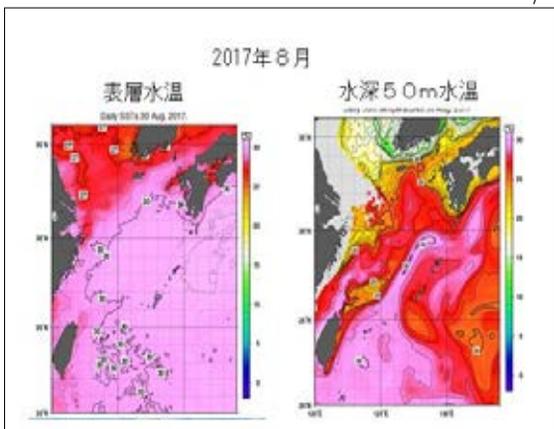
6



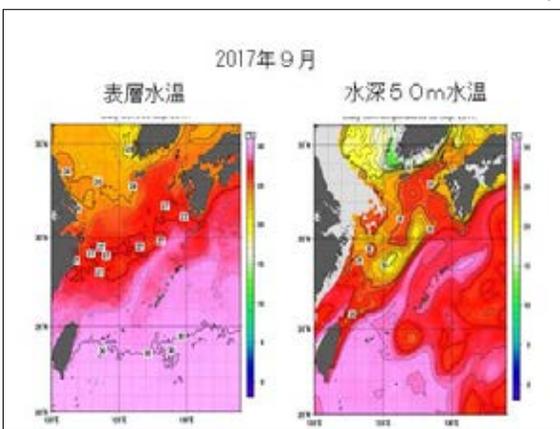
7



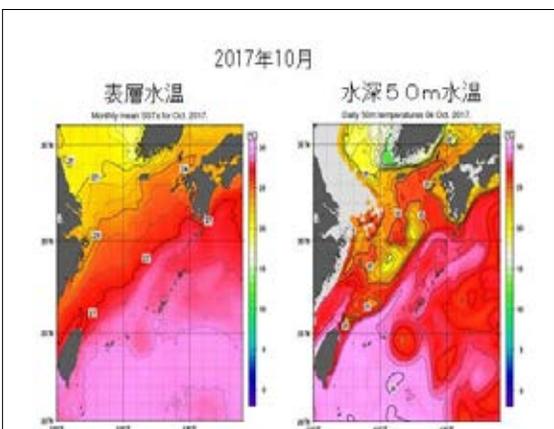
8



9



10



11

白化対策に何が必要か！

NPO法人グローイングコーラル

上原のアイデア

12



13



14



15

この方法がおすすめだと思う わけ！

いろいろな水深に設置ができる

いろいろな場所に設置ができる

サンゴの卵の供給源として使える

地域ごとのサンゴ遺伝子のBANKとして使える

16

では、世界で取られている対策は？

17



Scientists know why the Great Barrier Reef is dying, but they don't know how to stop it. That's why they're replicating nature. Building an artificial reef, they hope, might help save the real one.

18



Daniel Harrison thinks he has an answer to saving Australia's Great Barrier Reef from rising ocean temperatures: a high-powered water cannon.

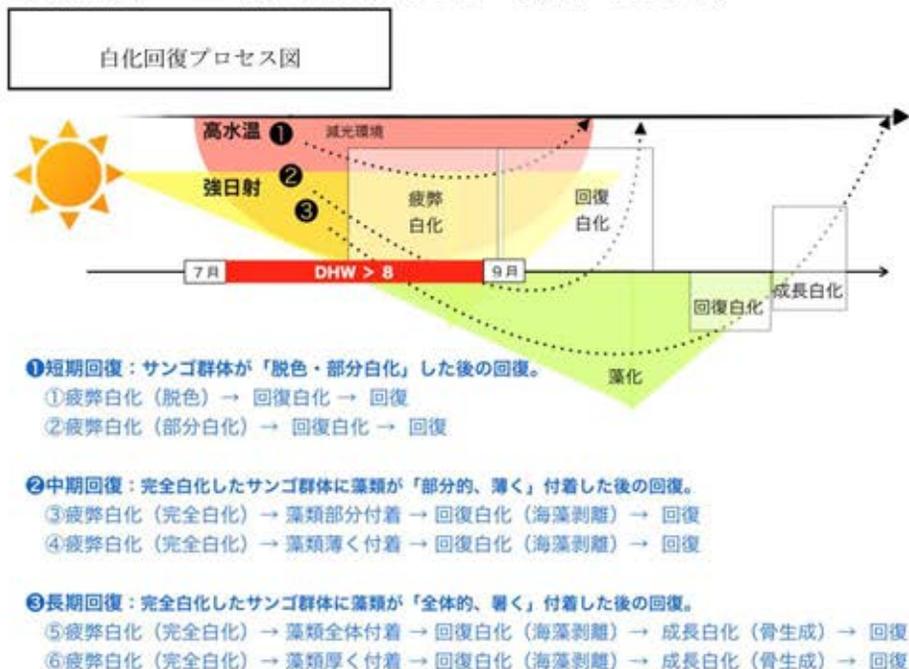
19

サンゴ回復支援のための海面養殖かつ移植計画

猪澤 也寸志
エコガイドカフェ

1. はじめに

宮古島において足かけ2年（2016.7～2017.11）にわたり通算100日間、サンゴ白化現象の野外観察を行い、下図（白化回復プロセス図）に整理しましたので報告いたします。



2. 野外観察の所見

図2で示したように、平年プラス1度以上の高水温が継続したことで大白化が生じたことは記憶に新しい。この大白化に伴って図1で示したように、①疲弊白化、②回復白化、③成長白化という3種類の白化を確認した。それぞれ読んで字のごとく①は疲弊に伴う白化、②は回復に伴う白化、③は成長に伴う白化である。本報告では、この3つの白化を観察写真を紹介しながら確認する。

また、図1で示したように、この大白化からの回復プロセスは、①短期回復、②中期回復、③長期回復という3種類を確認した。大まかに言えば、①は週単位、②は月単位、③は年単位である。本報告では、この3つの回復プロセスを観察写真を紹介しながら確認するが、以下に概要を示す。

- ①短期回復は、サンゴ群体が「脱色・部分白化・全体白化」したのち回復するプロセス。
- ②中期回復は、完全白化したサンゴ群体に藻類が「部分的、薄く」付着したのち回復するプロセス。
- ③長期回復は、完全白化したサンゴ群体に藻類が「全体的、暑く」付着したのち回復するプロセス。

なお、①と②は、環境ストレス（高水温や強光など）の緩和に伴う回復であったが、③は、昨年同様の環境ストレス（高水温や強光など）に晒されながらの回復である。昨年の完全白化に伴い分厚い藻類に覆われたまま半年間を経たミドリイシが回復している。さらに特筆すべきは、2年連続の環境ストレス（高水温や強光など）に晒されても、浅瀬のミドリイシでさえ疲弊白化しなかった。ちなみに、本年疲弊白化が目立ったのは、宮古島南岸のソフトコーラルであった。

3. サンゴ回復支援のための海面養殖かつ移植計画

【1】海面養殖&移植計画の背景

過去3年間の海面水温（夏季）を平年差で比較すると下図（海面水温比較図）のようになる。2015年は平年並みだが、2016年はプラス1.5度が8週を超えた。その結果、1998年から20年ぶりに大白化となった。そして、2017年もプラス1.0度が6週を超えた。今後、海面養殖や海域移植を計画する場合、このような海面水温変化に伴うサンゴの野外生態（白化回復等）解明が成否の鍵を握るものと思われる。



【2】海面養殖&移植計画の留意点

海面養殖&移植計画の留意点を、短期回復から長期回復に3分類して提言する。なお、褐虫藻等の代替に伴い白化ストレスに適応するサンゴを「適応サンゴ」と称するものとする。

<①短期回復>このサンゴ群体はもともと「適応サンゴ」の可能性はある。それゆえ適応範囲内の日射に調整する「調光対策」と、海水温を調整する「調温対策」がサンゴ回復支援には有効と考える。具体的には、1) 海面養殖群体の水深調整、2) 海面養殖場および移植先における遮光目的のテントや濁水装置、3) 調温目的の流水装置や流水調整壁等の設置、4) 適応環境に見合った移植先の選定等が考えられる。

<②中期回復>このサンゴ群体は「適応サンゴ」もしくは「非適応サンゴ」の可能性はある。双方とも各々の適応範囲を超えた数週間に及ぶ白化ストレスが要因と考える。それゆえ、回復支援策は短期回復と同様の「調光対策」と「調温対策」となる。なお「非適応サンゴ」の確認ができた場合には、適応が期待できる代替褐虫藻を添加することも、サンゴ回復支援には有効と考える。

<③長期回復>このサンゴ群体はもともと「非適応サンゴ」の可能性はある。適応範囲を超えた数ヶ月間に及ぶ白化ストレスが要因と考える。一見、完全に藻類で覆われた死滅パッチを形成するものの、希少なサンゴ群体と圧倒的な藻類で構成された双安定パッチも存在していると考えられる。この双安定パッチから回復白化の兆しがあったのは昨2016年11月だが、本夏に至っては、この回復白化と成長白化が顕著であった。双安定パッチという暗所部でのサンゴ生態は不明だが、回復白化のきっかけが代替褐虫藻との共生（光合成促進）とすれば、代替褐虫藻の放流もサンゴ回復支援には有効と考える。旧来のサンゴ群体生産性と比較して、代替褐虫藻の高い培養生産性が期待できることも見逃せない。

最後に、ここ数十年、研究環境・設備の整備により目覚ましい発展を遂げている造礁サンゴ類の分子・生理学などの新たな実験室知見と、高水温や強光など環境ストレスに対する造礁性サンゴの野外生態とをつなぐことも、本計画のミッションと考えている。

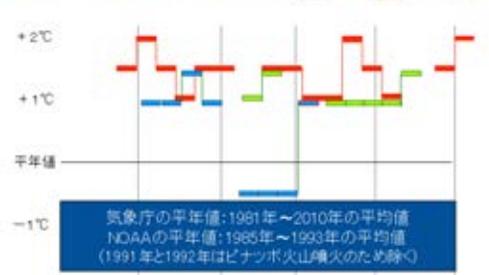
サンゴ回復支援のための海面養殖かつ移植計画



1

【1】計画の背景(海面環境)伊良部島沿岸海域

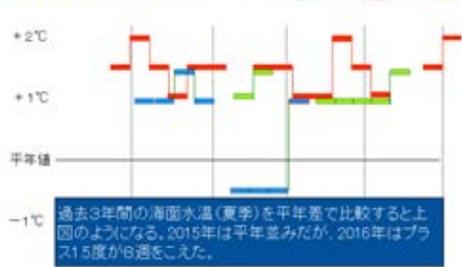
過去3年間の海面水温比較(平年差) 2015年/2016年/2017年



2

【1】計画の背景(海面環境)伊良部島沿岸海域

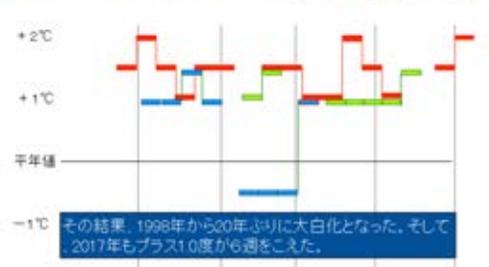
過去3年間の海面水温比較(平年差) 2015年/2016年/2017年



3

【1】計画の背景(海面環境)伊良部島沿岸海域

過去3年間の海面水温比較(平年差) 2015年/2016年/2017年



4

【1】計画の背景(海面環境)伊良部島沿岸海域

過去3年間の海面水温比較(平年差) 2015年/2016年/2017年



5

【2】計画の前提(サンゴ白化現象)

サンゴ白化現象の野外観察(2016.7~2017.11)

2年間100日の野外観察

- ・宮古島において足かけ2年(2016.7~2017.11)、にわたり通算100日間、サンゴ白化現象の野外観察(撮影)を行った。
- ・昨年に続く環境ストレス(高水温や強光など)に晒されながらも完全白化して海藻に覆われていたミドリイシが、本夏以降、着実に回復している。

6

【2】計画の前提(サンゴ白化現象)

野外観察の結果:3種類の白化(疲弊白化/成長白化/回復白化)

野外観察の結果

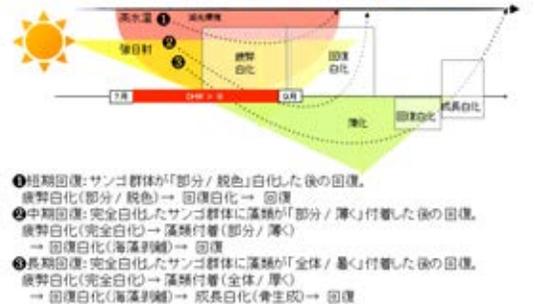
- ・平年プラス1度以上の高水温が継続したことで、昨2016年に大白化が生じたことは記憶に新しい。この大白化現象を野外観察した結果、疲弊に伴う疲弊白化、回復に伴う回復白化、成長に伴う白化 成長白化という3種類の白化を確認した。
- ・本報告は、この3種類の白化を区別して行うものとする。

説明ムービー(1)

7

【2】計画の前提(サンゴ白化回復プロセス)

野外観察の結果:3種類の白化回復プロセス①短期②中期③長期



8



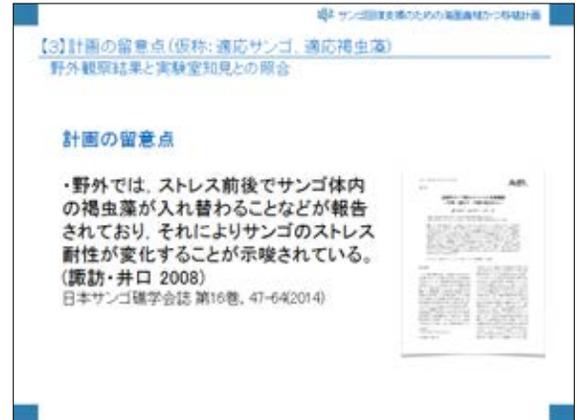
9



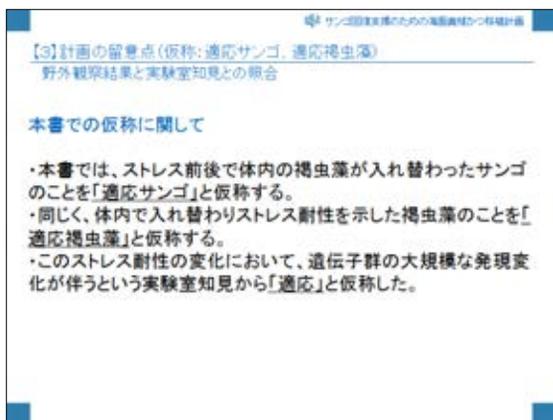
10



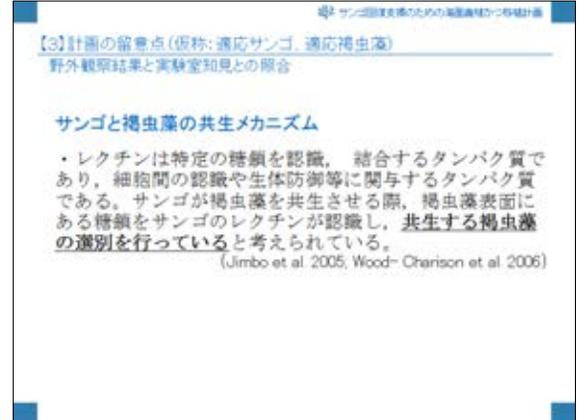
11



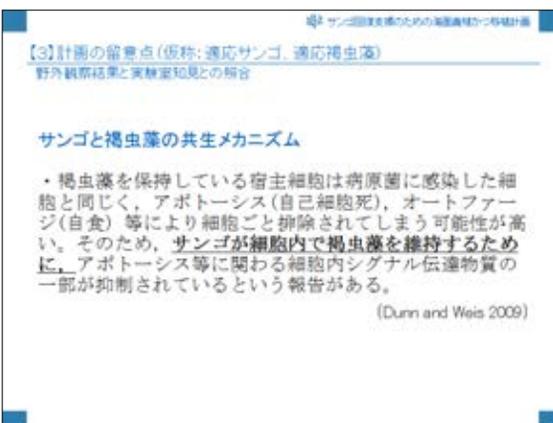
12



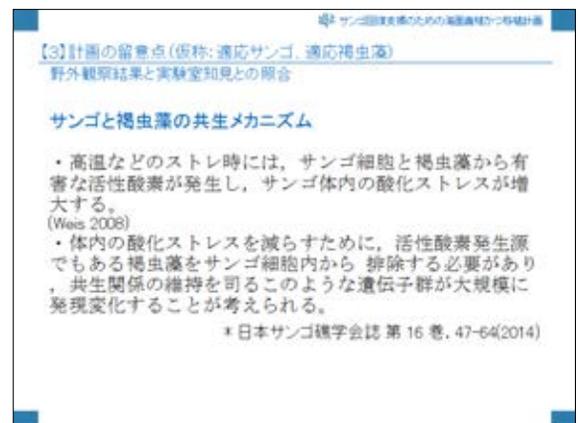
13



14



15



16

【4】計画の要点(サンゴ白化時代への対応)

① 短期回復サンゴの海面養殖と移植計画の要点

・白化ストレスに対して短期回復を支援するためには、養殖および移植期間中、適応範囲内の日射に調整する「調光対策」と海水温を調整する「調温対策」が有効と考える。
 ・具体的には、1)海面養殖群体の水深調整、2)海面養殖場および移植先における遮光目的のテントや濁水装置、3)調温目的の流水装置や流水調整壁等の設置、4)適応環境に見合った移植先の選定等が考えられる。

17

【4】計画の要点(サンゴ白化時代への対応)

② 中期回復サンゴの海面養殖と移植計画の要点

・白化ストレスに対して中期回復を支援するためには、養殖および移植期間中、適応範囲内の日射に調整する「調光対策」と、海水温を調整する「調温対策」が有効と考える。
 ・白化期間が週単位に長引き藻類の部分付着などが生じた場合は、養殖および移植サンゴの遺伝子解析結果に基づき、白化ストレスに対して適応が期待できる適応褐虫藻の添加も、サンゴ回復支援には有効と考える。

18

【4】計画の要点(サンゴ白化時代への対応)

③ 長期回復サンゴの海面養殖と移植計画の要点

・短中期回復サンゴと同く、適応範囲内の日射に調整する「調光対策」と海水温を調整する「調温対策」が有効と考える。
 ・白化期間が月単位に長引き藻類の全体付着などが生じた場合は、養殖および移植サンゴの遺伝子解析結果に基づき、白化ストレスに対して適応が期待できる適応褐虫藻の添加も、サンゴ回復支援には有効と考える。
 ・全体を藻類で覆われた一見しての死滅パッチも回復することから、藻類下の暗部でサンゴが生存している可能性がある。
 このような養殖および移植サンゴの長期回復を促進するためには、光合成を活性化させる適応褐虫藻の放流も有効と考える。

19

【5】今後の方針

今後の方針

・ここ数十年、研究環境・設備の整備により目覚ましい発展を遂げている遺種サンゴ類の分子・生理学などの新たな実験室知見と、高水温や強光など環境ストレスに対する遺種サンゴの野外生態とをつなぐことも、本計画のミッションと考えている。

20

【5】今後の方針

日本サンゴ礁学会誌 第16巻、47-64(2014)

・ストレス因子は一つではなく、サンゴの白化や白化からの回復には、野外における複合的なストレス因子が大きく影響してくる。サンゴ礁保全については、個々のサンゴ群体におけるストレス応答やその防御機構の理解を礎に、生態系レベルでのさらなる理解に向けた研究が進められることが望まれる。

21

【5】今後の方針

日本サンゴ礁学会誌 第16巻、47-64(2014)

・近年の流れとしては単一の研究分野のみでは解決不可能だった問題が複数の研究・学問分野の連携が進むことで解決の糸口が見えたり、一気呵成にその問題の理解が進むなど、多分野融合・連携がキーワードともなっている。

22

【資料】海中ストリートビュー方式のモニタリング体制



23

【資料】エコガイドカフェの宮古島におけるサンゴ礁保全の歩み

- <1997.09> ノーフンカーティング 提言実践(伊良部島周辺)
- <2005.04> 日本サンゴ礁学会口頭発表(八重平群上陸観光調査報告)
- <2008.04> 国際サンゴ礁年(エコノージャー-毎年3千名育成)
- <2010.10> 宮古島海中公園工事公費(平良市庁後)
- <2011.03> 第一回公議審評会(宮古島市)
- <2012.12> 宮古島市が工事との因果関係を認め(宮古島市)
- <2013.08> 同公園環境整備専門委員会発足(宮古島市)※以降、毎年開催
- <2012.03> オコヒチ大量発生(伊良部島周辺)35,000個体
- <2013.03> オコヒチ大量発生(伊良部島周辺)除去数:15,000個体
- <2014.03> オコヒチ大量発生(伊良部島周辺)除去数: 5,000個体
- <2015.03> オコヒチ大量発生(伊良部島周辺)除去数: 2,000個体
- <2016.08> 大白化(宮古島全域)
- <2017.02> 第5回同公園環境整備専門委員会(宮古島市)
- <2017.10> 国際サンゴ礁年(エコノージャー-3万名育成)内外国人5,000名
- <2017.11> 日本サンゴ礁学会口頭発表「宮古島100日間のサンゴ白化観測(報告)」
- <2017.12> 美ら島研究センター サンゴシンボジウムサンゴの移植

24

サンゴ幼生の供給基地造成 —ヤコウガイ、シラヒゲウニを事例に加えて—

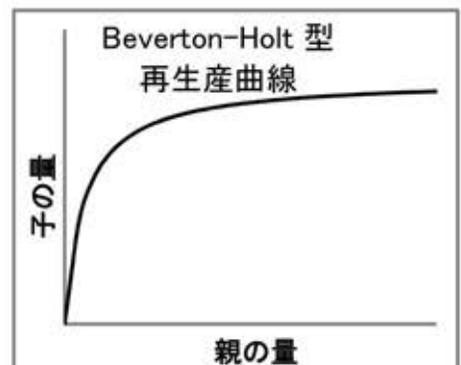
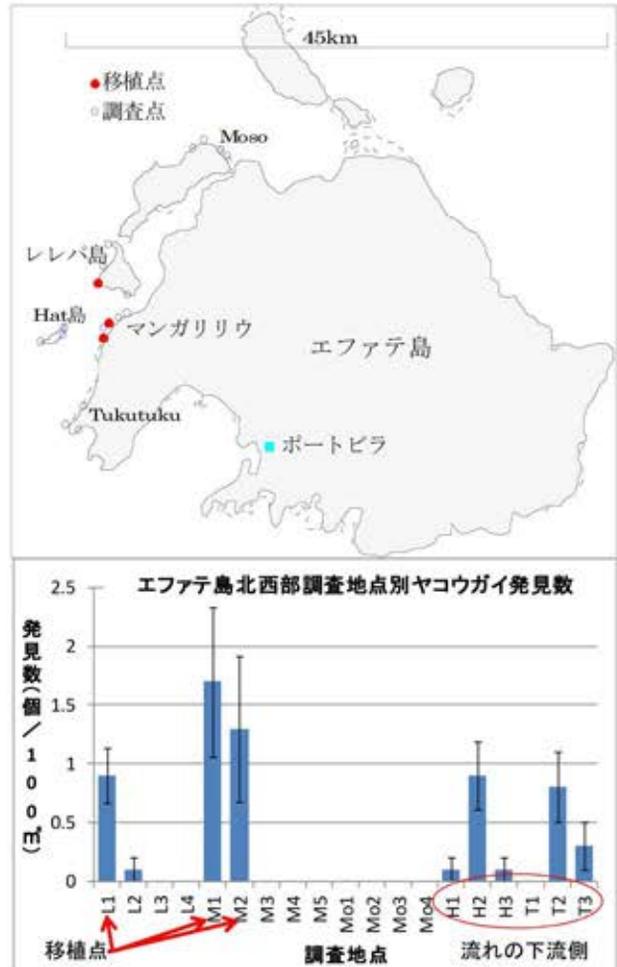
鹿熊 信一郎
沖縄県海洋深層水研究所

1. ヤコウガイ

バヌアツでは、2006年からJICAの「豊かな前浜プロジェクト」が実施されている。村落主体沿岸資源管理を支援するプロジェクトである。2006-09年にフェーズ1、2011-14年にフェーズ2、2017年からはフェーズ3が始まった。そのなかで、資源が枯渇したと言われていたエファテ島でヤコウガイが増えていると報告があり、その原因として、2007年に別の島からエファテ島に輸送・移植された812個体の親貝の産卵があげられた。しかし、これを科学的に示すデータはなかった。このため、2017年5-6月に、プロジェクト受託者などによる定量的な調査が実施された。筆者は、調査結果の評価をかねて2007年6月に現地を調査した。

エファテ島のマンガリリウでは467個体が2地区に移植された。2017年の調査結果では、それぞれ1.7, 1.3個体/100㎡の密度でヤコウガイが分布していた。この分布量はきわめて多い。地元の漁業者によれば、移植前にはこの海域でヤコウガイを観察することはなかった。2011-12年の調査では同じ海域で0.2個体/100㎡だった。5年間で約8倍増えたことになる。この密度は周辺海域と比較して明らかに高く、親貝移植が当海域における資源増の主因であると判断された。

右の図は、水産資源の親の量とそれ由来の子の量の関係を示したものである。親の量がある程度あれば、子の量は親の量に関わらず安定している。しかし、親の量がある限界を超えて減ってしまうと、子の量は急激に少なくなって資源も急減してしまう。水棲無脊椎動物では、受精率は精子の密度に左右される。親の量が減ると親間の距離が大きくなり、放卵放精しても受精できない可能性が高くなる。その結果、加入量が減って資源（親の量）も減るといふ悪循環に陥る。



殻高組成は210mmを中心とする個体が多かった。奄美での成長曲線などを考慮すると、これらの貝は2012-13年生まれで、この頃に移植貝とその第二世代の産卵・セルフシーディングにより卓越年級群が発生した可能性が高い。また、卓越する流れの下流部でヤコウガイ資源が増えているのは、移植海域からの幼生供給があったためと考えられる。

ヤコウガイ資源が増えたのは、移植海域がチーフを中心とする現地コミュニティのタブーエリア（海洋保護区）に設定されており、コミュニティが監視などの管理活動をしっかり行っていたことも重要な要因となっている。他の地区では、ヤコウガイの密漁が頻繁にあったことが報告されている。



バナアツのヤコウガイ

2. シラヒゲウニ

親を密に移植して産卵時の受精率を高める方法は、ヤコウガイ以外にも他の無脊椎動物にも応用可能である。フィリピン・ルソン島北部では、シラヒゲウニをケージ養殖することで周辺海域の資源増に成功している。親を密集して養殖することで、産卵時の受精率が高まったためと考えられている。沖縄でも2017年度より、フィリピンと同じ方法で激減しているシラヒゲウニ資源を回復させることができないか調査が開始された。



フィリピンのシラヒゲウニ

3. サンゴ

慶良間では、ミドリイシ類の一斉産卵が起りにくくなったと言われている。サンゴが減少し親サンゴ間の距離が開いたことが関係しているかもしれない。そうであれば、受精率にも影響することになる。

サンゴ礁の破壊とサンゴ移植のスケールギャップを埋める方法として、移植したサンゴを産卵させ、幼生供給基地にすることが提案されている。しかし、「移植し産卵可能なサイズまで生き残ったサンゴより、天然に残っている産卵可能サンゴのほうが圧倒的に多い」という批判があった。一方、遺伝的に多様な（クローンでない）サンゴ断片を密に移植し、受精率を飛躍的に高める方法が提示されている。恩納村では、2016年までに、養殖した遺伝的に多様なサンゴ断片12万本が3haの海域に移植された。

恩納村の移植用サンゴ断片は、鉄筋上で養殖したサンゴから得ている。これらのサンゴは、同じ種でも遺伝的に多様であることがわかっている。つまり、密に養殖することで産卵時の受精率を高めることが可能である。

2016年の高水温により移植したサンゴの約85%が白化で死亡したが、同じ海域の鉄筋上の養殖サンゴは約90%が生残した。海底よりも流速が速いことが、生残率の差の主因と考えられる。



サンゴ幼生の供給基地造成
ーヤコウガイ, シラヒゲウニを事例に加えてー

バヌアツのヤコウガイ

鹿熊信一郎 Ph.D.
沖縄県海洋深層水研究所
サンゴの移植⑩
2017年12月7日
名桜大学

フィリピンのシラヒゲウニ

1

バヌアツ豊かな
前浜プロジェクト

村落主体沿岸資源管理を支援するプロジェクト

● フェーズ1: 2006~09年
● フェーズ2: 2011~14年
● フェーズ3: 2017~20年
---2013年7月運営指導調査
---2016年2月詳細設計調査
---2017年6月ヤコウガイ資源評価調査

2

エファテ島のヤコウガイ資源

- 2006-07年頃, エファテ島のヤコウガイ資源は加入乱獲で枯渇状態にあったと考えられる(右の図).
- その資源が島全体で増えていると報告があった.
- 原因として, 2007年に移植された812個体のヤコウガイ親貝の産卵があげられた.
- しかし, これを科学的に示すデータはなかった.
- このため, 2017年5-6月に, プロジェクト受託者による定量的な調査が実施された.

3

ミスデリー島

ヤコウガイMPA

アネイチウム島

2013年

4

JICA International Cooperation Agency
Department of Fisheries, Vanuatu

Establishment of spawners group of green snail/trochus for restocking of future resources

Robert Jimmy, Simpa, Rena, Jayvan Hani, Andrew William, Patrick Tatuna and Kenichi Kikuchi 2007.12.18

5

6

マンガリリウ

エファテ島

2016年

25cm

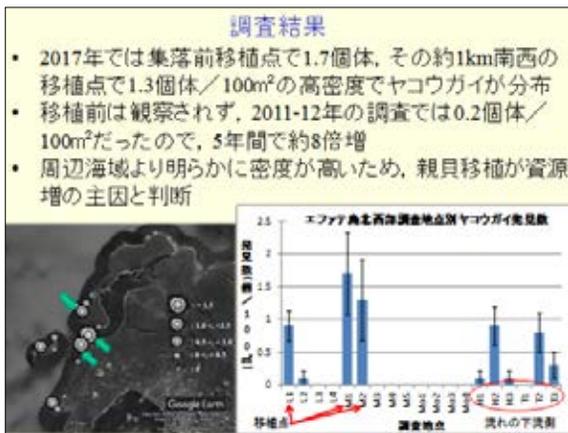
7

マンガリリウでのヤコウガイ移植と2017年調査

- 2007年に467個体が2地区に移植された(北のレレバ島には195個体).
- 2017年5-6月に, 各調査点で50mの調査線を4-5本引き, 調査線の両側2mに出現したヤコウガイの数と殻高を測定した(底質もビデオ撮影した).

矢印(MI,MLL1)が移植点

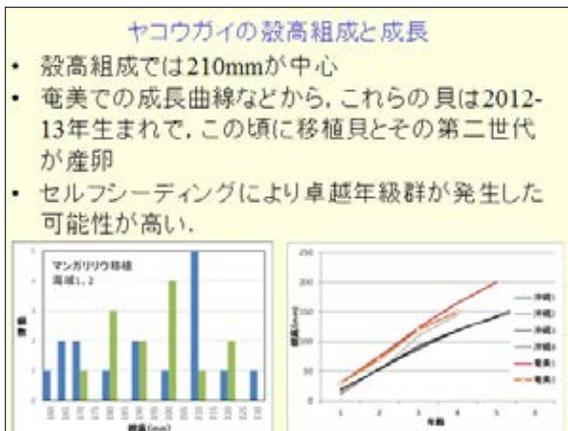
8



9



10



11



12

ヤコウガイ資源増のその他の要因

- ヤコウガイ資源が増えたのは、移植海域が現地コミュニティのMPAに設定されており、コミュニティが監視など管理活動を実施
- 他の地区では、ヤコウガイの密漁が頻繁にあった。(バヌアツではヤコウガイは全面禁漁)

Vanuatu Daily Post Sep 30, 2015
"Illegal harvesting of green snail a major problem"
Thanks to **restocking** support from Fisheries Department and the **Japanese Government** and Aneityum island for supplying shells in 2007 and the current ban.

13

- ### 卓越年級群が生じる条件
- 十分な量の受精卵がある。
 - 受精卵・幼生が流れて浅海域に運ばれる。
 - その浅海域に隠れ場と餌が十分ある。
- + 資源量が多くなる条件
- 卓越年級群が守られている。(MPAを設定して監視を強化)

14

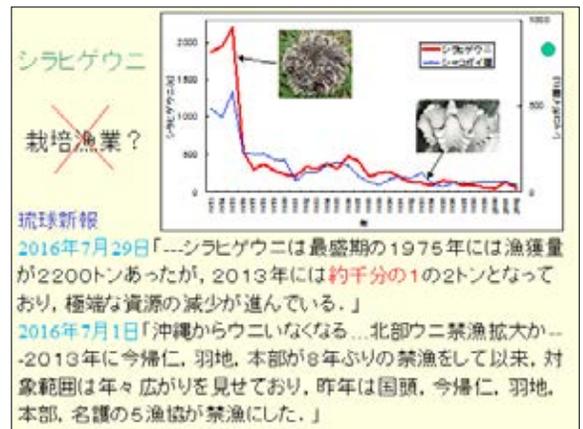
親を密に移植して受精率を高める

- 沖縄ではヤコウガイの稚貝放流を10年以上続けたが、生残率は極端に低かった。シャコガイを除き、熱帯・亜熱帯では栽培漁業はうまくいっていない。
- 親貝移植であれば、移植後すぐに産卵が期待でき、親を密に集めることで産卵時の受精率を飛躍的に高めることができる？

タヒチ島

- 1967年、それまで分布していなかったタヒチに、バヌアツから42個体のヤコウガイを移植した結果、資源が定着した。
- この方法は、ヤコウガイ以外にもシラヒゲウニなど、他の定着性無脊椎動物にも応用できる？

15



16

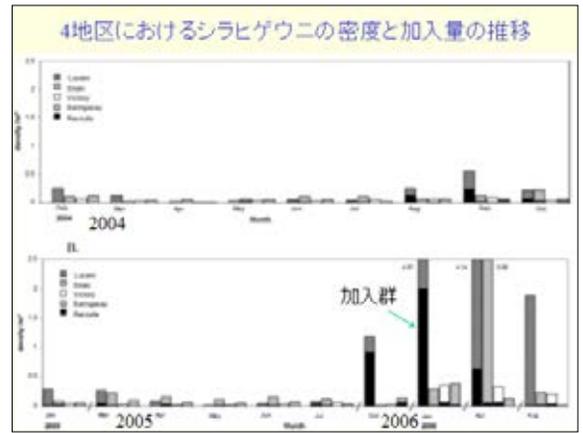
Reviews in Fisheries Science
 Publication details, including instructions for authors and subscription information:
<http://www.interscience.wiley.com/jpages/0161-2641>

Enhancing the Recovery of Depleted *Tripeustes gratilla* Stocks Through Grow-Out Culture and Restocking
 Marie Antonette Jara-Meltes, Helen Grace Bang, Maria Celia Malay, Davilyn Pastor
 * Marine Science Institute, University of the Philippines, Dilman Quezon City, Philippines

Online Publication Date: 01 January 2006
 To cite this Article: Jara-Meltes, Marie An, Maria Celia and Pastor, Davilyn (2006) 'Tripeustes gratilla Stocks Through Grow-Out Culture and Restocking', *Reviews in Fisheries Science*, 16: 1, 35 - 43

フィリピンでシラヒゲウニを籠養殖したところ、周辺海域の天然資源が増えた。ヤコウガイ同様、受精率が関係している？

17



18



19

養殖場がサンゴ幼生供給？

- ・OISTの研究→養殖サンゴは同種でも遺伝的に多様
- ・同種を密に養殖することで、受精率を高める→幼生供給
- ・2016年までに3haの海域に12万本移植
- ・2016年の白化で85%が死亡
- ・同じ海域の鉄筋上の養殖サンゴは90%が生残
- ・海底より流速が速いことが高い生残率の主因？

20

サンゴ移植の課題—サンゴ移植シンポ10 15/12/02発表

普及啓発・教育
 サンゴ保全に関心ある人を増やす
 啓蒙対象含む統合沿岸管理

制度上の改善
 特別保護許可 区画漁業権など

スケールギャップを埋める
 荒廃したサンゴ礁面積を移植した面積
 1) 小規模でも費用対効果が見込める
 海域・ダイビングポイント、産卵場、沖ノ鳥島
 2) 密植、高受精率、幼生供給基地
 同一種で遺伝的に多様な断片を密植→受精率を急激的に高→幼生供給基地
 3) 鉄筋上養殖を広める
 区画漁業権を各地で設定→鉄筋上で養殖して移植用断片を生産
 初期種苗は有性生殖法で遺伝的に多様なもの→移植後の受精率高→養殖場が幼生供給

技術上の課題
 1) 無性生殖法の課題
 海域特性とサンゴ種、大型断片、融合利用
 2) 有性生殖法の課題
 種苗率、陸上で着床、栄養塩対策、閉居手法
 3) 中間育成技術向上
 開始時期、種方式、生育方式
 4) 評価方法・水準
 1年後80%、本数/平米、植付け面積×5年後被度(生残+成長)
 5) 幼生供給効果把握
 6) 技術マニュアル

21

サンゴ幼生の供給基地造成

1. 有性生殖法によりサンゴ種苗を生産する
 同種で遺伝的に多様な種苗を大量に生産
2. 鉄筋上サンゴ養殖を広める
 1) 沖縄各地でサンゴの区画漁業権を取得
 2) 鉄筋上で養殖することで、白化を軽減
 3) 同種で遺伝的に多様なサンゴを密に養殖することで、受精率を高め、幼生を周辺海域に供給
3. 近隣の適地に移植する
 1) 養殖サンゴから断片をとり移植
 2) できれば高温耐性のあるサンゴを使う

22

●過去のサンゴシンポジウム要旨集について

サンゴの移植⑦～⑪の講演要旨集は、以下のURLからダウンロードできる。

サンゴの移植⑦⇒ <http://churashima.okinawa/event/detail/610>

サンゴの移植⑧⇒ <http://churashima.okinawa/event/detail/144>

サンゴの移植⑨⇒ <http://churashima.okinawa/event/detail/122>

サンゴの移植⑩⇒ <http://churashima.okinawa/event/detail/577>

サンゴの移植⑪⇒ <http://churashima.okinawa/event/detail/975>

●日本サンゴ礁学会サンゴ礁保全委員会（2008）「造礁サンゴ移植の現状と課題」 『日本サンゴ礁学会誌』10,73-84

https://www.jstage.jst.go.jp/article/jcrs/10/1/10_1_73/_pdf

●サンゴ礁保全に関するマニュアル

これまでサンゴ礁の保全やサンゴの移植に関するさまざまなマニュアルなどが公表されている。ダウンロードできるものもあるので、参考のためいくつかを紹介する。

“gefcoral.org”で検索

[PDF] [Restoration and Remediation Guidelines](#)



[PDF] [Reef Rehabilitation manual](#)



“サンゴ移植マニュアル”で検索

[PDF] [沖縄県サンゴ移植マニュアル](#)

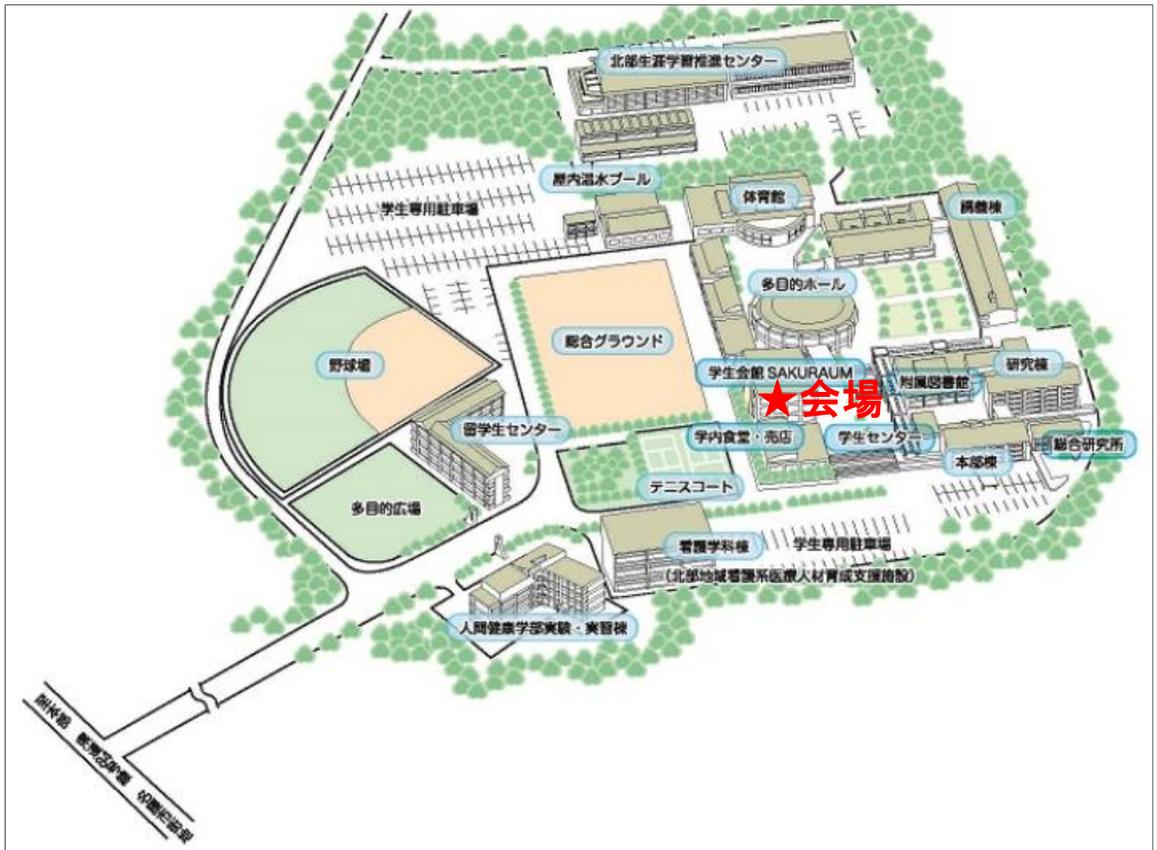


“サンゴ礁保全再生事業報告書”で検索

[PDF] [sangohosaisoukatsu1.pdf](#)

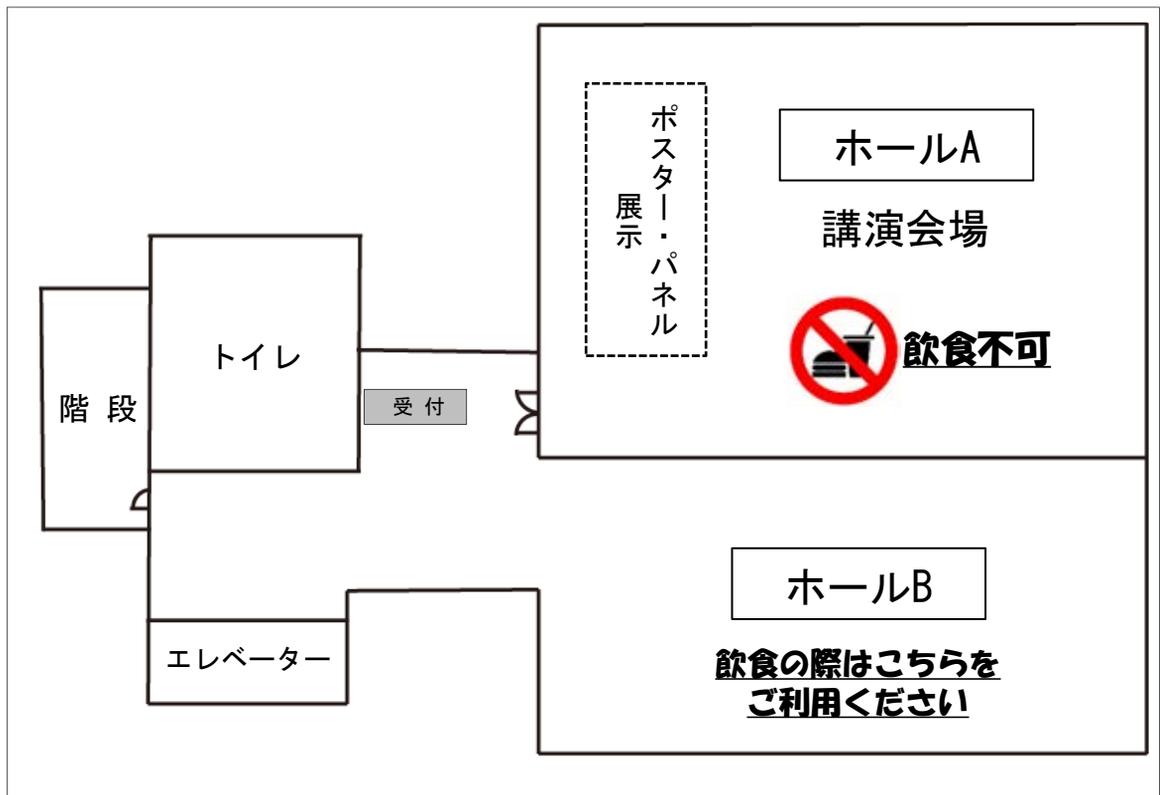


●名桜大学 学内の見取り図



(名桜大学HPに掲載されている図を一部改編)

●サンゴシンポジウム会場（名桜大学学生会館SAKURAUM 6階）の見取り図





2017.12.7.

一般財団法人 沖縄美ら島財団 総合研究センター
〒905-0206 沖縄県本部町字石川888番地
Tel: 0980-48-2266 Fax: 0980-48-2200