美ら島研究センター　サンゴシンポジウム

サンゴの移植 ⑦

― 環境影響緩和策としてのサンゴの移植・移設 ―

日時：2012年12月13日（木）9:00～17:00
会場：本部町産業支援センター（アジマーもとぶ）研修ホール
（ポスター等展示：試食・団欒室　9:00～17:00）

主 催：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

これまで行われた５回のサンゴの移植シンポジウムのポスター

2007年1月

2008年3月

2008年7月

2009年11月

2010年12月

2011年12月

2012年12月

美ら島研究センター　サンゴシンポジウム

サンゴの移植 ⑦ ― 環境影響緩和策としてのサンゴの移植・移設 ―

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：2012年12月13日（木）　9:00～17:00
会　場：**本部町産業支援センター（アジマーもとぶ）**
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　（会議室・ロビー）
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，パネルやポスター・パンフレット・標本・ビデオなどの展示。展示やパンフレットなどの配布希望者が，シンポジウム開始前に各自会場に準備して，活動の紹介や宣伝あるいは情報交換に活用。

プログラム

開会挨拶　　大橋謙一（美ら島研究センター）

基調講演：　(10:00-12:00)
・ 西平守孝　（美ら島 研究センター）：海中・海岸変革工事とサンゴの移植・移設
① 中西喜栄　（いであ㈱沖縄支社）：石西礁湖の航路整備におけるコーラル・バギーを用いたサンゴ群集移設について
② 酒井一彦　（琉球大学・熱帯生物圏研究センター）：座間味島におけるサンゴの移動：ダイビング業者と研究者の連携

― 昼食＋情報交換 ―

事例報告（1）　(13:30-14:45)
① 山城 篤・大城 哲・伊藤馨司（沖縄環境分析センター）：那覇西道路整備に伴う造礁サンゴとソフトコーラルの移植事例
② 伊福正義　（沖縄電力株式会社　環境部）：吉の浦火力発電所前面海域における蓄養サンゴの移植について
③ 猪澤也寸志　（エコガイドカフェ）：ミティゲーションの理想と現実：宮古島海中公園事例から学ぶ

― 休憩10分 ―

事例報告（2）　(14:55-16:10)
④ 高橋由浩　((株)エコー　沖縄事務所）：石西礁湖の航路整備におけるサンゴ群体移設
⑤ 中村　毅　（座間味ダイビング協会）：座間味ダイビング協会における阿真港路サンゴ移植について
⑥ 中野義勝　（琉球大学・熱帯生物圏研究センター ）：不法採取されたサンゴ群体の移植

―　休憩10分 ―

総合討論：　16:20-17:00
司　会：　西平守孝（美ら島 研究センター）

ごあいさつ

大橋 謙一
沖縄美ら島財団　総合研究センター
センター長

皆様，こんにちは。

本日は多くの方々にご参加いただき，誠にありがとうございます。このシンポジウムの開催にあたり，名桜大学や沖縄県を始め，多くの関係機関にご協力をいただきましたことに，まずは感謝申し上げます。

沖縄美ら島財団は，今年10月に海洋博覧会記念公園管理財団から名称変更しましたが，長年に亘って取り組んできた亜熱帯性動植物の調査研究や普及啓発については，引き続き実施することにしています。

当財団は，サンゴ礁の保全に関しては海洋博公園の前方に広がるサンゴ礁のモニタリングを長年行ってまいりましたが，その成果の一部はこの秋から財団ホームページで公開を始めました。一方で水族館での展示や環境学習にも取り組んでまいりました。

さて，このサンゴシンポジウムは今回で７回目となります。今回のシンポジウムでは，「環境影響緩和策としてのサンゴの移植や移設」をテーマに，県内の事例に関わられた方々をお招きして，移植や移設のプロセスや成果について報告していただくものです。

サンゴ礁の保全・再生には，いろいろな立場の方々が各種の取り組みや技術開発などを進められており，それらに関する情報を共有し，お互いに協力していくことが必要です。本日のシンポジウムでも事例報告のほかに，ポスターや資料の展示もございますので，多くの方々の情報交換の場として活用していただきたいと思います。本日参加された皆様にとって有意義なシンポジウムになることを期待して，私の挨拶とさせていただきます。

趣旨説明

海中･海岸変革工事とサンゴの移植･移設

西平守孝
美ら島 研究センター

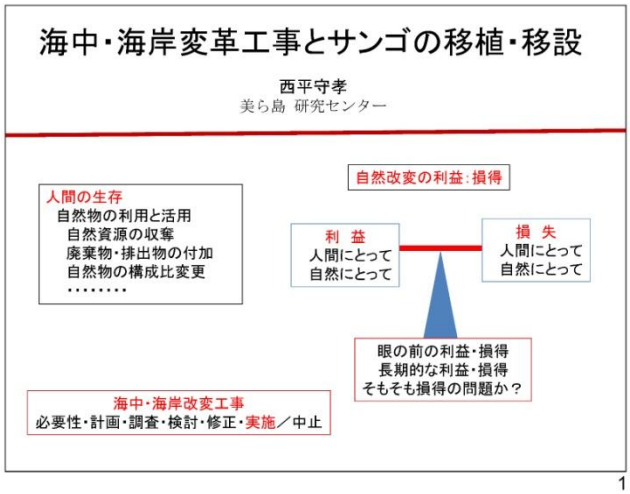
私たちは，さまざまな理由と目的のために，自然を改変し，利用してきた。現在もそうであるし，将来もそれは続くと考えられる。

沖縄でも，いろいろな場所で，海岸やサンゴ礁の改変工事が行われてきた。将来の改変計画も少なくない。現在計画あるいは実施中の規模の大きい改変計画のいくつかに対しては，根強い反対の意思も表明されている。護岸や海岸道路の建設，人工ビーチなどの養浜，港湾の建設や航路整備に伴う浚渫，土地拡張のための埋め立てなどなど，いろいろなタイプの改変工事が見られる。

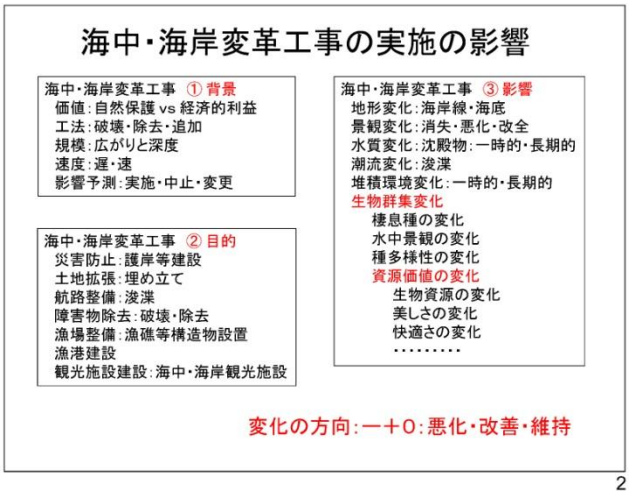
そのような自然の改変に伴って必ず環境が変化するが，影響は生物や生物群集におよび，さらに海域や海岸のもつ総合的な資源価値が変化し，多くの場合低下することが懸念される。

生物群集に及ぼす悪影響を軽減する手段の一つとして，生物群集のなかでもサンゴ群集の救済を目指してサンゴの移植や移設が行われることがあるが，このような移植に関して考えておかなければならないことがあるように思われる。

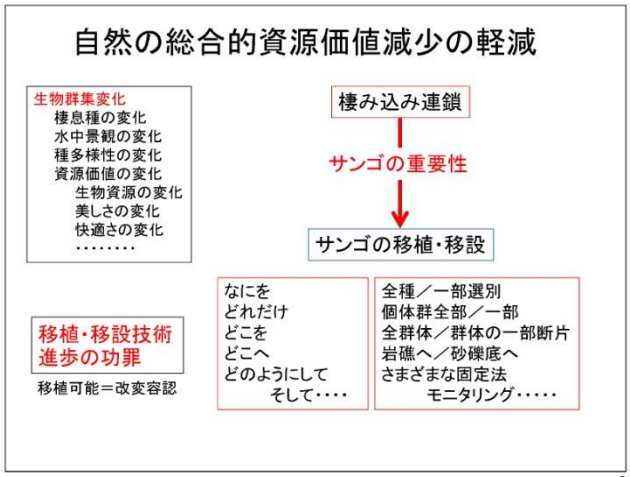
今回のシンポジウム「サンゴの移植⑦　環境影響緩和策としてのサンゴの移植・移設」の趣旨説明にかえて，このような場合のサンゴの移植に関わるいくつかの問題を考えてみたい。



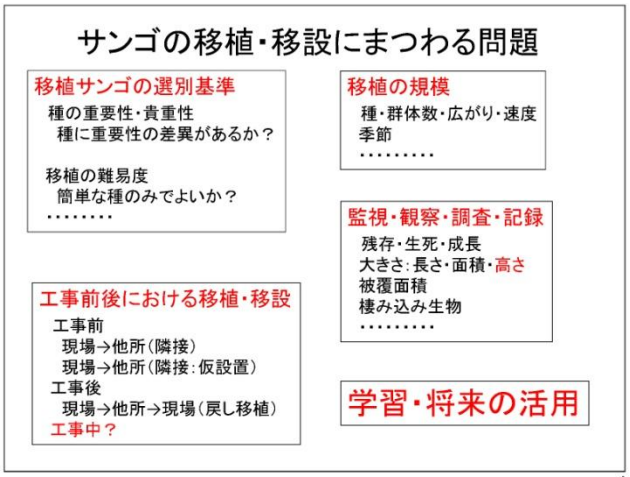
1



2



3



4

基調報告 ②

石西礁湖の航路整備におけるコーラル・バギーを用いたサンゴ群集移設について

中西喜栄
いであ株式会社

1. はじめに

サンゴ礁は，主にリーフエッジに代表される岩盤を基盤としたサンゴ群集や，礁湖や礁池内の砂礫底を基盤としたサンゴ群集で形成される。このうち岩盤を基盤とした群集では，サンゴ自体が岩盤に固着するため，構造上の安定度は高いことが特徴である。一方，砂礫底を基盤とするサンゴ群集は，付着基盤をもたない，あるいは付着基盤が礫であるため，高波浪時の海底土砂の攪乱に伴いサンゴも流出する等，前者の群集と比較して物理的な安定度は低いと考えられる。

これまでの海洋開発事業に伴う環境保全措置としてのミチゲーションでは，主に岩礁域のサンゴを対象とし，移設サンゴの早期安定を図るため，岩盤やコンクリート等の安定した基盤を移設先に選び，サンゴを1群体（1塊）ずつ，接着剤や固定具等で植え付ける手法が主流に実施されてきた。これらの手法では，確実にサンゴを１群体ずつ固定できるため，岩盤上の様々な群体形状のサンゴ移設には適している。反面，サンゴ群集を大規模に移設する際，労力やコストがかかり，費用対効果の面で限界があった。

しかしながら，自然界では礁湖や礁池内の基盤として不安定な砂礫底でも，多くのサンゴ群集が維持されていることに着眼し，環境負荷が小さく，効率的，低コストに大規模なサンゴ群集を移設できる手法として水中曳航式運搬具「コーラル・バギーを用いたサンゴ群集移設法」を開発した。本手法は，石西礁湖の航路整備事業における環境保全措置として実施されており，本発表ではその事例を通して概要について紹介する。

図1　コーラル・バギーにより移設したサンゴ群集

2. 開発の着眼点

サンゴは，同一の遺伝子をもつクローンの群体が近接する場合，それらの群体が融合し，一つの群体となる特性をもつことが，一般的に知られている。このようにして融合し，大型化した群体は，単独で生息する小型群体より波浪等の影響に対して安定度が増すと考えられる。これとは別に，自然界ではクローンの群体でない同種同士，あるいは別種であっても，群体の死亡部に固着･結合することによって近接群体同士が一つの塊（大型群体）となる特性がみられる。

砂礫底の基盤が安定しない場所でもサンゴ群集が維持されるには，前述の特性が群集の構造的な安定に一役かっていると考えられる。

そこで，サンゴを密に移設し，群体同士の結合作用を利用し，平面的に広く繋げることで，サンゴ群集の安定化が図れると考えた。

3. コーラル・バギーの特徴

「コーラル・バギー」は，船首部と採取したサンゴ群集を収容するかご部（コーラル・ポッド）によって構成され，水中作業中には別々に分けて用いる構造となっている。また，コーラル・ポッドの底板は，サンゴ群集移設のため「引出し式」を採用している。これらの構造により，サンゴに負荷をかけず，群集として移設することが可能となった。

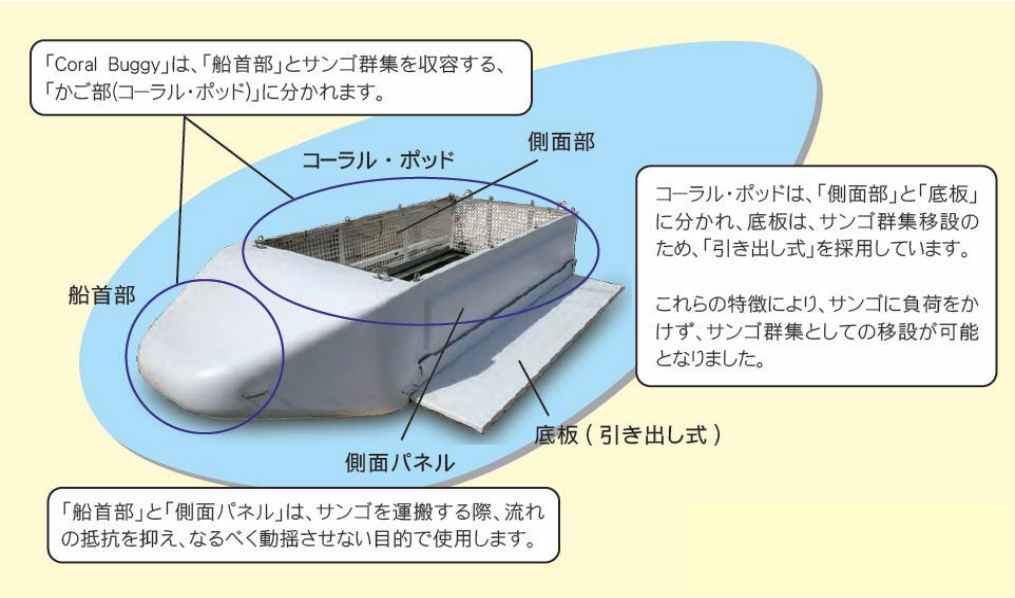


図2　コーラル・バギーの構成と特徴

4. 移設作業の流れ

サンゴ群集移設法の作業手順は次の通りである。採取場所では，サンゴ群集をそのままの組成で徒手により採取し，コーラル・ポッドに収容する。その後，採取した群集を移設場所に運搬する際には，コーラル・ポッドに船首部と側面パネル（流れの速い場合）を取り付け，作業船で曳航する。移設海域に到着後，ダイバーによりコーラル・ポッドを移設地点まで運搬し，底板を抜き，側面部を引き上げることで，群集の移設が完了する。

本手法は，サンゴが本来もつ結合作用を利用し，群集の安定化や基盤への固定を自然に促す技術である。そのため，これまでの移設作業で頻繁に用いられてきた接着剤等により水質に影響を与えることのない環境負荷の小さい技術である。

5. 技術的な特徴と効果

サンゴ群集移設法は，サンゴ群集を，一度に大規模に移設することを可能とした。当社ではこれまで約2,000㎡のサンゴ群集を対象に，本手法による保全措置を実施した。
本手法は，短時間で大規模な移設を，安価に行うことができる手法となり，費用対効果では従来の手法の2～5倍のサンゴ移設が可能となった。

接着剤や重機等は使用せず，サンゴが本来もつ自然の結合作用を利用し，サンゴ群集の安定化や基盤への固定を図る環境負荷の小さい技術が確立された。

これまで小型群体を個別に移設することが困難であった砂地や礫地への移設が可能となった。サンゴに蝟集するサンゴハゼ類やサンゴガニ類に加え，一部のスズメダイ類等も，同時に移設場所まで運搬され，蝟集生物も含めたサンゴ群集生態系としての移設が確認された。

移設直後から近接するサンゴ群体同士の結合が始まり，2～3ヵ月後に移設群体のぐらつきが小さくなり，より安定したサンゴ群集が形成された。
移設したサンゴ群集では，移設直後から，魚や底生生物が集まり，生物多様性に富んだ生態系の創出に役立った。
移設年次からサンゴの産卵がみられ，サンゴ礁の再生産に寄与した。
移設したサンゴ群集は，2012年夏季に台風の直撃を受けたものの，高波浪による移設サンゴ群集への影響はほとんどみられず，サンゴ本来がもつ自然の結合作用で，群集の安定化や基盤への固定が十分図れることが証明された。

6. 技術的特徴および今後の展開

①環境保全への展開
今後もコーラル･バギーを用いた環境への負荷の少ない「サンゴ群集移設法」でサンゴ群集のミチゲーションを行い，生物多様性に配慮したサンゴ礁生態系の環境保全に役立てていきたい。
②サンゴ礁の再生に向けた展開
自然の状態では回復が起こり難い砂礫底のサンゴ群集において，コーラル･バギーを用いた「サンゴ群集移設法」の技術的特徴を応用し，礁湖や礁池内のサンゴ群集再生に役立てていきたい。

※本発表の写真やデータは内閣府沖縄総合事務局石垣港湾事務所実施の結果を引用。
本手法および装置については，現在，特許出願中である（特開2012-213349）。

石西礁湖の航路整備における コーラル・バギーを用いた サンゴ群集移設について

いであ株式会社
中西喜栄

1

発表内容

- 開発の背景
- これまでの移設手法（環境保全措置）
- 移設に向けた課題
- 課題解決に向けた考え
- 新技術による移設
- 移設後のモニタリング
- 今後の課題と展開

2

開発の背景

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。
- そのため、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た。
- 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。
- 航路浚渫域に分布するサンゴ群集の保全措置が必要。

3

開発の背景

本事業におけるサンゴ保全の留意点

石西礁湖ならではの地域特性

- 国立公園内の貴重なサンゴ礁資源
  ⇒効率的に多くのサンゴを保全
  ⇒環境に配慮した技術

- 対象海域が航路近傍
  ⇒船舶の航行に支障がない手法

4

開発の背景

石西礁湖のサンゴ群集の特徴

岩礁域（リーフエッジ）

- 有性生殖
- 多様な群体形状
- 岩盤に固着
  ⇒安定な群集

礁湖や礁池

- 無性生殖
- 枝状群体が優占
- 砂礫底に分布
  ⇒不安定な群集

5

これまでの移設手法

これまでの保全措置としての移設手法

移設対象は、群体ごとの移設が基本。

- 移植⇒小型サンゴ群体（群体サイズ50cm程度まで）
- 移築⇒大型サンゴ群体（群体サイズ50cm程度以上）

6

これまでの移設手法

小型サンゴの移設法の特徴

小型サンゴ対象	メリット	デメリット
①接着剤等による移設	・前例が多く、実績がある。 ・枝、卓、塊状等の様々なサンゴに適用。 ・流出しにくく、比較的生存率が高い。	・移設対象のサンゴ群集が多い場合、相当の労力が必要となる。 ・大型のサンゴ類には不向き。
②ネット法	・ネットにインシュロックで固定しながら、移設するため、接着剤等の移設より多くののサンゴを一度に固定できる。 ・浮泥はネットの下に落ちるため、浮泥の影響を受け難い。	・ネットの設置やネットへのサンゴの固定に労力を要する。 ・波浪の強い海域には不向き。 ・大型で重量のあるサンゴには不向き。

7

これまでの移設手法

大型サンゴの移設法の特徴

大型サンゴ対象	メリット	デメリット
①岩盤採取法（水中バックホウ）	・大型の塊状サンゴに適した方法。 ・最大でバケット部の大きさのサンゴ移設が可能。	・壊れやすい枝状や卓状、被覆状等のサンゴ移設は困難。
②岩盤採取法（その他）	・岩盤ごとそのままの状態で移設可能。 ・岩盤に付着する生物やサンゴの間に生息する生物も含めて移設が可能。	・塊状サンゴ等の壊れ難いサンゴに主に使われており、岩盤に固着する枝サンゴや卓状サンゴ、砂礫地の枝サンゴ群集には向いていない。 ・1度に1個の塊しか輸送できない。
③水中コンクリート移設	・一度に大量のサンゴを固定することが可能。	・水中コンクリート打設前に型枠等の準備が必要。 ・基盤面の微小生物は埋没する。

8

移設に向けた課題

枝サンゴ群集の移設の課題

- これまでの移設手法は、岩礁域の固着サンゴや、大型群体に適したものが多く、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みあたらない。

9

課題解決に向けた考え

サンゴ移設技術開発のコンセプト！

①大規模にサンゴ群集が移設できる技術
②サンゴの種類（形状）を選ばずに移設できる技術
③付着基盤のない場所でも移設が可能
④接着剤やネット、重機等を使わず、コストのかからない環境に配慮した技術

10

課題解決に向けた考え

サンゴ移設技術開発のヒント！

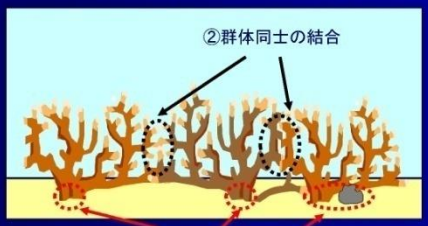
- 種が違っても、サンゴ群体が一塊りに結合
- サンゴの融合や他群体との結合する特性を利用

11

課題解決に向けた考え

砂礫地でサンゴ群集が安定化するには？

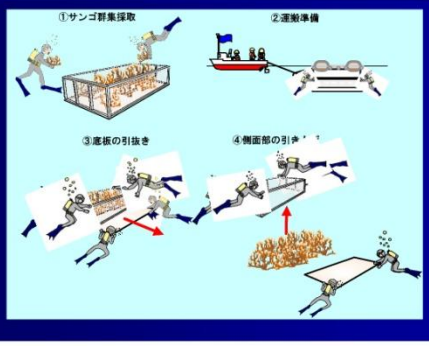
- 群体下部の基盤への埋没・固着 ⇒ 自然現象
- 群体同士の結合作用 ⇒ サンゴを密に移設



12

課題解決に向けた考え

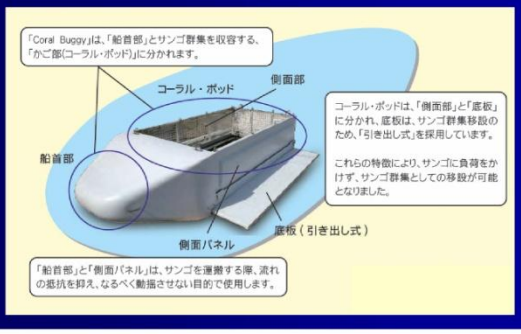
サンゴ群集移設法の作業手順



13

新技術による移設

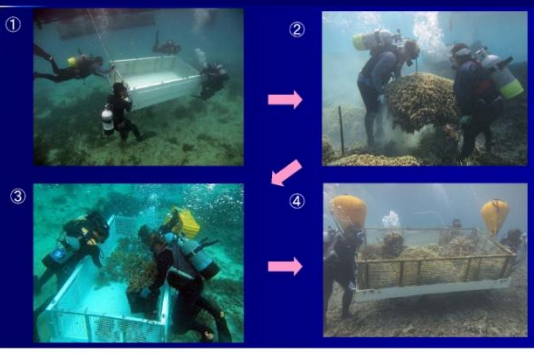
コーラル・バギー



14

新技術による移設

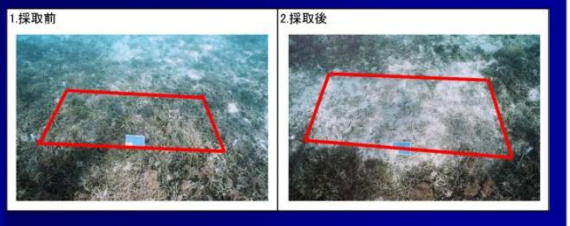
採取状況



15

新技術による移設

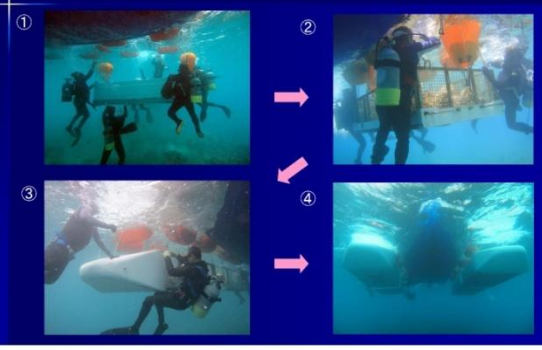
採取前後のサンゴ群集



16

新技術による移設

曳航準備



17

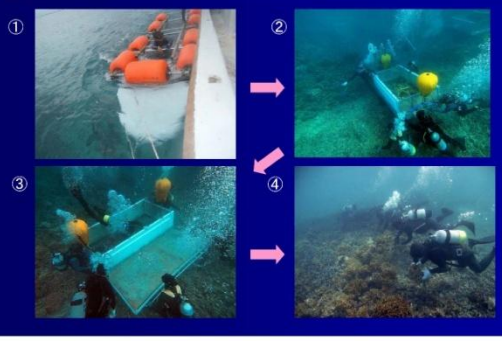
新技術による移設

採取されたサンゴ群集

18

新技術による移設

曳航～移設



19

新技術による移設

移設先の選定条件

- 波浪の影響が少ない場所
- サンゴが移設できる裸地
- 食害生物が少ない
- サンゴの生息環境条件
- 病気のサンゴの有無

20

新技術による移設

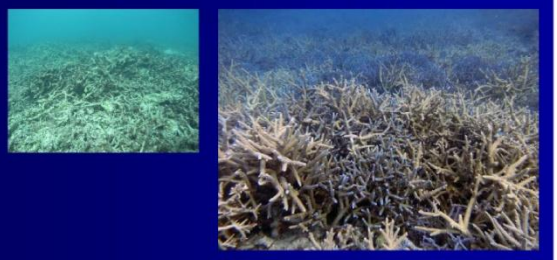
移設サンゴ群集の移設先

21

新技術による移設

移設前後の状況（1）

移設前 ➡ 移設後



22

新技術による移設

移設前後の状況（2）

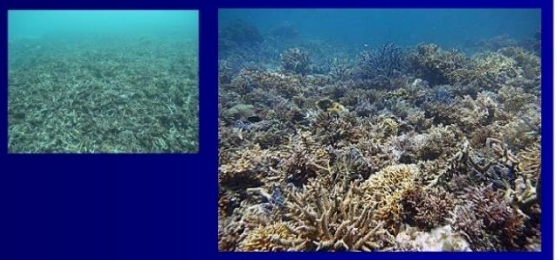
移設前 ➡ 移設後

23

新技術による移設

移設前後の状況（3）

移設前 ➡ 移設後



24

モニタリング

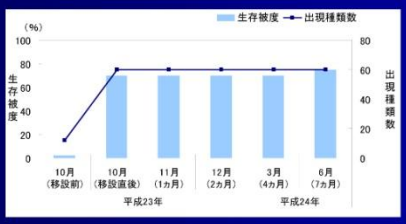
近隣群体との結合状況（移設後2ヵ月から観察）

25

モニタリング

移設後半年経過後のサンゴの状況

- 被度は横ばいあるいは増加
- 種類数は横ばい

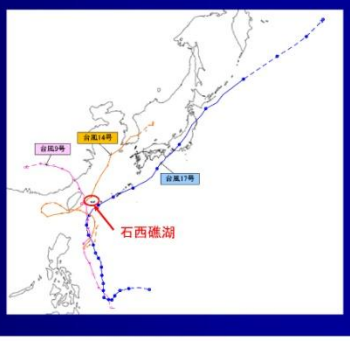


26

モニタリング

台風の襲来

- 台風9号　:7～8月
- 台風14号:8月
- 台風17号:9月

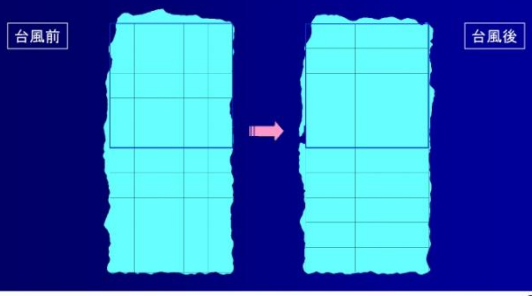


27

モニタリング

台風前後の移設サンゴ群集の変化

- 台風前後でサンゴの分布に影響はほとんどなし。



28

モニタリング

平成22年度の試験移設群集（サザンゲートブリッジより撮影）

29

モニタリング

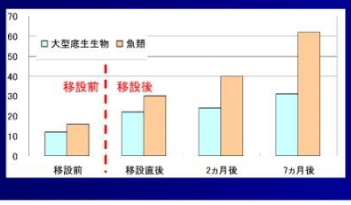
移設1年後に、サンゴの成長や破片分散で群集拡大！

平成22年11月 ➡ 平成24年1月（約1年後の状況）

30

モニタリング

生物多様性の回復



31

モニタリング

水産漁獲対象種も確認

32

モニタリング

移設年からサンゴの産卵を確認！
（平成24年5月29日撮影）

33

モニタリング

サンゴ群集移設法の特徴

- 環境へ配慮
  接着剤やネット等の人工物、重機を使わない手法
- 移設効率向上
  サンゴ群体を1群体ずつ基盤に固定する手間を省略
- 移設規模の増大、コスト削減
  これまでの手法の約2～5倍移設可能
- 移設基盤の多様化
  砂地や礫地への移設可能
- 生物多様性の回復
  蝟集生物増加、生物多様性の回復

34

今後の課題と展開

今後の課題

①サンゴ同士の競争

- サンゴを密に移設しており、サンゴ同士の結合は、群集を安定化させるという効果はあるものの、今後、サンゴ同士の競争が進み、サンゴ群集にマイナスの影響を及ぼす可能性がある。

②波浪耐性の知見が不十分

- この技術をサンゴ礁海域全域に適用するためには、波浪による影響の知見が不十分である。移設精度向上を図る上でも重要となる。

35

今後の課題と展開

今後の展開
岩礁域の枝状サンゴ群集にも応用

- サンゴ礁で広く分布する枝状サンゴ群集に適した移設技術の確立は、サンゴ礁の保全に重要！

36

今後の課題と展開

今後の展開
サンゴの回復は場所により相違

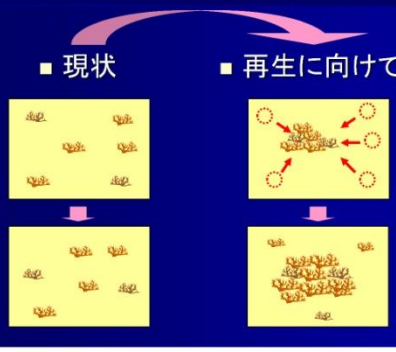
- リーフエッジ
  幼生加入で回復促進。
- 礁湖や礁池内
  回復が進まない。

37

今後の課題と展開

今後の展開
礁湖等のサンゴ群集再生に向けて

- 現状
- 再生に向けて改善



38

ご清聴ありがとうございました。

本発表では、内閣府沖縄総合事務局石垣港湾事務所実施の移設結果や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。

39

座間味島におけるサンゴの移動:ダイビング業者と研究者の連携

酒井 一彦
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（経緯の詳細は，座間味村ダイビング協会の中村毅氏にご説明いただきます）。

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。移動のための調査，移動方法と場所の選定，移動後の経緯などを，以下に要約する。

1. 現況調査

方 法

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（酒井担当）。

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（新垣誠司博士担当）。

結 果（造礁サンゴのみ）

50 m地点では9種のサンゴが出現し，3区域平均の群体密度が30.0±12.4/ 9 m^2（±標準誤差），平均被度が30.9±10.1%で，最大の群体は平均直径3.1 mのオトメミドリイシであった。

100 m地点では8種のサンゴが出現し，平均群体密度が24.3±3.2/ 9 m^2，平均被度が44.0±9.1%で，最大の群体は平均直径4.1 mのミドリイシの一種（同定不能）であった。

140 m地点では5種のサンゴが出現し，平均群体密度が12.7±2.9/ 9 m^2，平均被度が15.9±2.7%で，最大の群体は平均直径1.5 mのヒメヅツミドリイシであった。

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. サンゴ移動方法

調査結果より，水路内のミドリイシ属サンゴ群体は砂底に乗った状態であるため，移動方法はサンゴ礁岩盤に植え付けるのではなく，同様な砂底へただ置くことが適切であると考えられた。この考えを演者が，サンゴの移植を専門に研究されている西平守孝博士，サンゴの移植の有効性を数理モデルで解析している向草世香博士と個別に相談し，また座間味ダイビング協会の方々とも話し合った結果，サンゴ移動方法が以下のように決定された。

水路のサンゴ移動先は，水路に成育するサンゴが成育可能であることが予想される砂地とする。

サンゴはなるべく大きいまま移動させ，砂地に置くだけで，特に固定作業は行わない（自重での砂への基部埋まり込みを期待）。

サンゴは群体同士が絡み合ってより大きい塊となるように，なるべく近づけて置く。

3. 移動先の探索

上記の方針に基づき，水路付近で満潮時の水深が，10 mから2 mの範囲を広く探査した。その結果，水路から北西に約50 m離れた満潮時の水深2 mの砂地に，少数ながら樹枝状ミドリイシ属サンゴが見られた場所があり，座間味ダイビング協会の方々と話し合った結果，そこを移動先とした。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。

4. 移　動

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。実際の移動については，本シンポジウムで座間味ダイビング協会の中村　毅氏が発表される。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。

5. 移動後の経過

移動は，少なくとも現時点までは，成功したと言える。なるべく大きいサイズを保っての移動を行った結果，大きいサイズで移動できた樹枝状ミドリイシ属サンゴは自重で基部が砂地に埋まり，安定度も高かった。またサンゴ移動後すぐ，魚類の棲み込みも始まった。

サンゴ移動終了直後から，座間味村ダイビング協会の方々が写真撮影によるモニタリングを随時実施され，2011年6月には，移動したサンゴの放卵放精も確認されており，それらは
http://z-d-k.cocolog-nifty.com/blog/2011/06/post-5068.html
に紹介されている。

演者はこれまで，2011年5月と2012年5月に，移動後させたサンゴ全体（＝移動サンゴパッチ）をデジタル画像に撮影する調査を行った。この調査では，座間味ダイビング協会の方々が，移動サンゴパッチの外周を囲むように打ち込んだ鉄筋の中から，線で結べば，移動後サンゴパッチの長径を縦断できる2本を選び，その2本にメジャーを貼り，1×1 mの方形枠をメジャー上下に連続的に配置し，50×50 cmをひとつのデジタル画像に撮影した。後にパソコン上で画像を組み合わせて，移動サンゴパッチ全体の平面画像を作成した（神座森氏担当）

2011年5月には，移動サンゴパッチの周辺部で，折れて小片となった樹状ミドリイシ属サンゴの死亡と，移動サンゴパッチ内での位置に関わらないトゲサンゴの死亡が見られたが，移動させたサンゴの生存は，良好であった。

2011年5月の調査後から2012年5月調査の間に，沖縄・奄美地域へ7の台風が接近したが，これら台風が移動サンゴに及ぼした影響は軽微であった。2012年5月には，移動サンゴパッチのサンゴ密集部分では，3×3 m内の生サンゴ被度平均値は56.7±3.3%（N=3）と，2011年とほぼ同程度であった。また移動前にはほとんど見られなかった魚類も豊富に出現し，3×3 m内の平均種数15.7±0.9，平均総個体数64.7±3.0であった。魚類ではデバスズメダイやミスジリュウキュウスズメダイなどのスズメダイ科の個体数が最も多く，ハタ科やベラ科などの肉食性魚類も出現し，魚類の棲み込みが順調に続いていた。

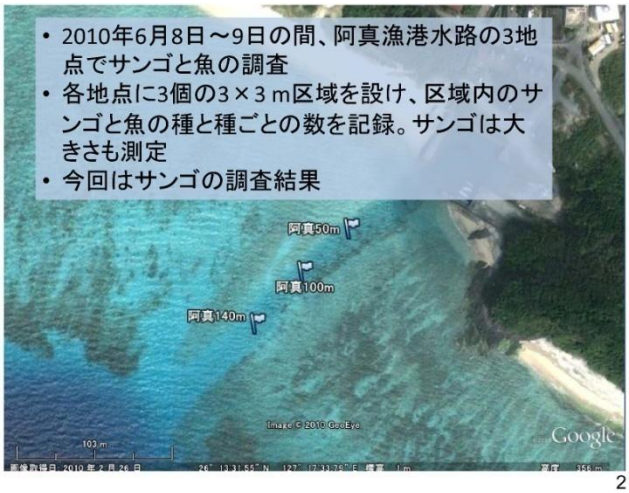
なお，2012年5月には，種名不明の黄色のソフトコーラルが，おそらく無性的に分散し，移動サンゴパッチの死亡部分に増加していた。しかしこのソフトコーラルが，サンゴを殺しながら成長しているようには見えなかった。

2012年には，沖縄本島に大きな被害をもたらした17号を含め，沖縄・奄美に年間12の台風が接近した。2012年の一連の台風後，演者は移動させたサンゴの調査を行えていないが，座間味村ダイビング協会の方々によれば，サンゴの被度は下がったが，壊滅的な被害は受けていないとのことである。

6. まとめと今後の課題

砂地に非固着で成育している樹枝状ミドリイシ属サンゴを，なるべく大きいサイズで，環境条件が同様な別の砂地に移動させ，特に固定はせず置くことは，有効なサンゴ移植法のひとつであり，水路浚渫などでサンゴが壊されてしまう場合には，採用してよい移植方法のひとつと言えるだろう。この方法による移植の今後の課題としては，移動距離が長い場合の移動方法である。今回の座間味阿真でのサンゴ移動は，移動元と移動先の距離が約50 mと近く，潜水作業のみによる移動が可能であったが，移動距離が長い場合は，船につりさげて移動するなどが必要になると思われる。

1



2

3

漁港から50 m

- 3個の3×3 mに9種のサンゴが見られた

種	数	平均直径（cm）	標準誤差
スギノキミドリイシ	32	20.8	2.3
コエダミドリイシ	26	23.9	4.6
ショウガサンゴ	15	9.6	1.1
トゲサンゴ	5	10.3	3.0
ハナヤサイサンゴ	5	6.8	1.9
ヒメアナサンゴモドキ	4	7.9	1.2
オトメミドリイシ	1	214.1	–
ヒメマツミドリイシ	1	100.4	–
ベニハマサンゴ	1	3.5	–

- サンゴの平均の数　30.0±12.4/ 9 m^2
- サンゴの平均被度　30.9±10.1%
- 最大のサンゴ：オトメミドリイシ（直径3.1 m）

4

5

6

7

8

漁港から100 m

- 3個の3×3 mに8種のサンゴが見られた

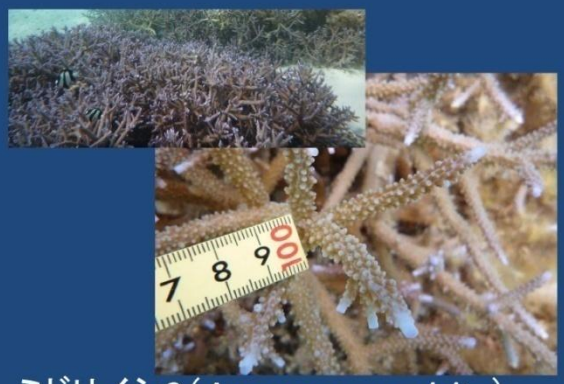
種	数	平均直径(cm)	標準誤差
ショウガサンゴ	34	6.5	0.6
トゲサンゴ	13	6.7	0.9
ハナヤサイサンゴ	11	6.2	0.8
スギノキミドリイシ	7	38.2	9.9
オトメミドリイシ	5	47.5	23.1
ミドリイシ1(*A. copiosa*)	1	102.8	–
ミドリイシ2(*A. exquisita*)	1	182.5	–
ミドリイシの一種(種不明)	1	261.1	–

- サンゴの平均の数　24.3±3.2/ 9 m²
- サンゴの平均被度　44.0±9.1%
- 最大のサンゴ:ミドリイシの一種(直径4.6 m)

9

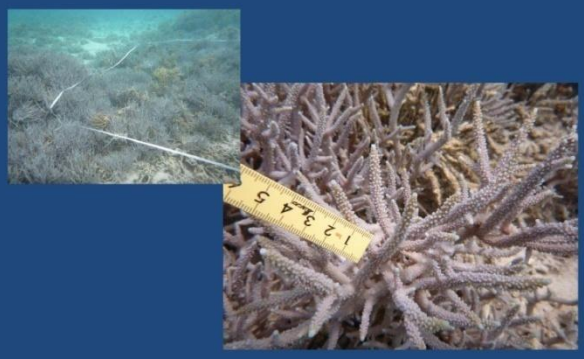
ミドリイシ1(*Acropora copiosa*)

10



ミドリイシ2(*Acropora exquisita*)

11



ミドリイシの一種(種不明)

12

13

漁港から140 m

- 3個の3×3 mに5種のサンゴが見られた

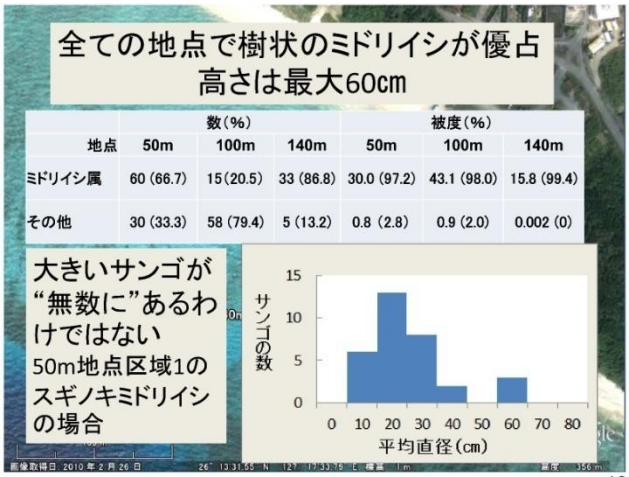
種	数	平均直径(cm)	標準誤差
ヒメヅツミドリイシ	25	20.5	5.7
ヒメマツミドリイシ	8	25.0	18.6
ヒメアナサンゴモドキ	3	8.7	0.6
ショウガサンゴ	1	2.4	-
トゲサンゴ	1	8.5	-

- サンゴの平均の数　12.7±2.9/ 9 m²
- サンゴの平均被度　15.9±2.7%
- 最大のサンゴ:ヒメヅツミドリイシ(直径1.5 m)

14

ヒメヅツミドリイシ

15



地点	数(%) 50m	数(%) 100m	数(%) 140m	被度(%) 50m	被度(%) 100m	被度(%) 140m
ミドリイシ属	60 (66.7)	15(20.5)	33 (86.8)	30.0 (97.2)	43.1 (98.0)	15.8 (99.4)
その他	30 (33.3)	58 (79.4)	5 (13.2)	0.8 (2.8)	0.9 (2.0)	0.002 (0)

16

17

18

なぜ水路にサンゴが多いのか

- 長い枝のミドリイシは、幼生の加入数が少ない
- 加入に成功すれば成長が速い
- 折れた枝で増えることができる
- 水路には周囲に加入したサンゴの枝が折れて転がり込み、水路で成長?
- 移動後台風でサンゴが飛ばされても、また水路に転がり込む可能性もある

19

クローナルなサンゴ
Montipora capitata

枝が折れる、あるいは基部から折れることで非固着化する

20

移動への提言（長崎大・向草世香）

- 最適な移転計画は、限られた労力の中で、できるだけ多くの種のサンゴを、できるだけ数多く運ぶことです。
- 今回の浚渫工事場所は樹枝状ミドリイシが大半であり、群体を割ることのストレスはほとんどないと考えられます。大きな群体は、ダイバーが無理なく運べる大きさに割っても差し支えないでしょう。ただし、枝がバラバラにならないよう、できるだけ根元から分割する方が良いでしょう。

21

- 移動後の生存率を考えると、できるだけ大きな群体、大きな破片から移動することが望ましいです。ある程度大きい群体（破片）は、自身の重みで徐々に砂に埋まり固定するようです（試験的移動の結果から）。小型の群体（破片）は、同じ個体の破片と組み合わせて設置すると比較的安定すると思われます。
- 枝など細かく割れてしまった破片は、移動しても砂をかぶったりして恐らくほとんどが死ぬでしょう。

22

- 大きな群体は間隔を空けて設置し、成長するスペースを残しておいた方が良いと思われます。小さな群体の集まりは、お互いに支え合うことで波浪の影響 和らぐ可能性も考えられるので、一つの箇所に固めて設置した方が良いかもしれません。
- 今回の移動対象は同じ樹枝状ミドリイシですが、複数の種からなっています。サンゴの種多様性を維持するためにも、できるだけ色の違う群体を選んで、移動することが望ましいと思われます。

23

移動作業　2010年10月～11月
（座間味村ダイビング協会ブログより）

http://z-d-k.cocolog-nifty.com/blog/2010/11/112-eb80.html

詳しくは午後、座間味村ダイビング協会の中村毅氏が説明してくれます。

24

移動終了後の移動サンゴパッチ
2010年11月10日

25

2011年5月の追跡調査

26

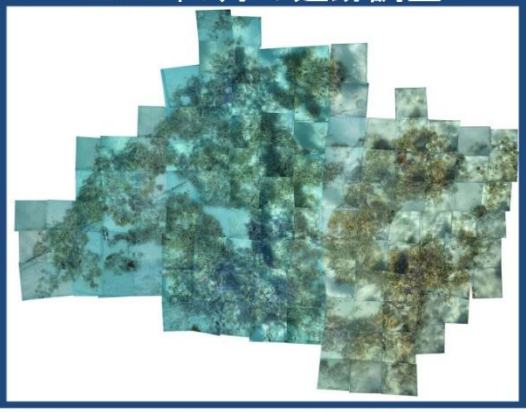
2011年5月の追跡調査

27

2011年5月の追跡調査

28

2011年5月の追跡調査



29

2012年5月の追跡調査

30

2012年5月の追跡調査

３×３ｍ内

サンゴ被度
56.7±3.3%

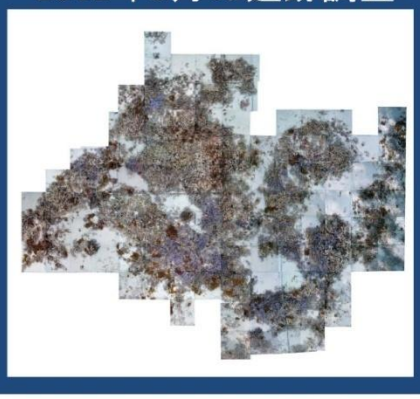
魚類
- 平均種数
  15.7±0.9
- 平均総個体数
  64.7±3.0

31

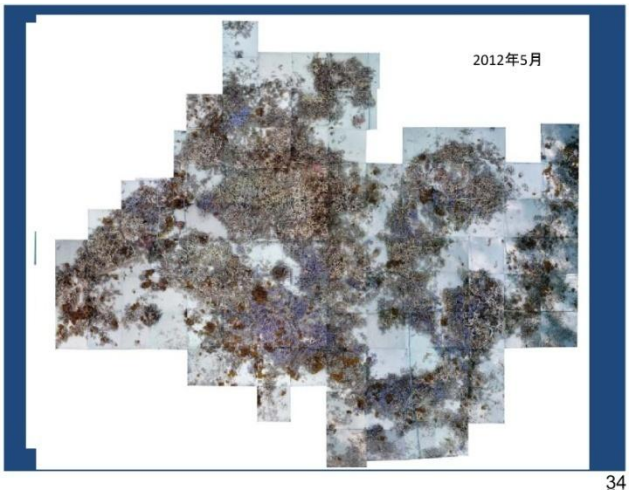
2012年5月の追跡調査

32

2012年5月の追跡調査



33



34

まとめと今後の課題

- 砂地に非固着で成育している樹枝状ミドリイシ属サンゴを、なるべく大きいサイズで、環境条件が同様な別の砂地に移動させ、特に固定はせず置くことは、有効なサンゴ移植法のひとつであり、水路浚渫などでサンゴが壊されてしまう場合には、採用してよい移植方法のひとつと言えるだろう。
- この方法による移植の今後の課題としては、移動距離が長い場合の移動方法である。今回の座間味阿真でのサンゴ移動は、移動元と移動先の距離が約50 mと近く、潜水作業のみによる移動が可能であったが、移動距離が長い場合は、船につりさげて移動するなどが必要になると思われる。

35

事例報告 ①

那覇西道路整備に伴う造礁サンゴとソフトコーラルの移植事例

○山城　篤・大城　哲・伊藤馨司
株式会社沖縄環境分析センター

1. はじめに

那覇西道路は，沖縄西海岸道路の一部として国道58号線の混雑の混雑緩和，那覇空港へのアクセス向上等を目的として，那覇市若狭を起点に鏡水まで全長2.5kmが平成23年8月に供用を開始している。

道路整備に伴い影響を受けるサンゴ類の影響緩和策として，サンゴ類を移植した結果について報告する。

2. 樹枝状サンゴとソフトコーラルの移植事例

（1）樹枝状サンゴの移植（移設）
移植先の候補となる類似環境の周辺海域には，造礁サンゴが生育し，新たにサンゴを移植すると競合による生態系を攪乱する恐れがあった。また，遠方への移植は遺伝子の地域攪乱につながることから不適と判断した。

造礁サンゴの生育が少ない砂礫底に移植することになったが，底質の巻き上げによるサンゴの影響が懸念された。そのため，砂の巻き上げ対策としてU字ブロックで海底面から嵩上げした金網基盤枠の中に，樹枝状サンゴの移植を行った。

移植したミドリイシ類，ハマサンゴ類，コモンサンゴ類，シコロサンゴ類の生存・死亡状況と蝟集魚類の面から，移植後約5年間のモニタリング試験結果を述べる。

（2）ソフトコーラルの移植（移設）
これまでソフトコーラルの移植の事例がほとんどなかった。造礁サンゴの硬い体に対しソフトコーラルの柔らかい体は，水中ボンドが固化する前の柔らかい接着面と密着できないので，その固定法は適用できないのが問題であった。

また，切断した群体は萎縮し，切断面が内側にめくれて元に戻すことができないため，歪な形状の接着面とブロック面に固定するのは困難であった。そのため，群体自ら活着を促すような固定法を検討した。

固定法の検討にあたって，ロープ固定及び番線等固定による予備試験結果を踏まえ，改良を加えつつ針金等による固定法でソフトコーラルの移植を行った。
移植したソフトコーラルについて生存率，活着率，成長量の面から，移植後約5年間のモニタリング及び追跡調査試験結果を述べる。

沖縄総合事務局南部国道事務所の平成15～20年度那覇西道路サンゴ移植・モニタリング調査の報告書を参考し，承諾を得て追跡調査を実施した。

那覇西道路整備に伴う造礁サンゴとソフトコーラルの移植事例

○山城 篤・大城 哲・伊藤馨司
株式会社沖縄環境分析センター

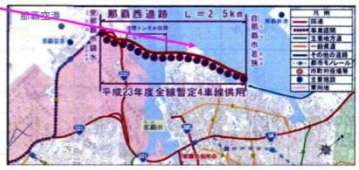
沖縄総合事務局南部国道事務所の那覇西道路サンゴ移植・モニタリング調査の報告書を参考にし、承諾を得て追跡調査を実施

1

はじめに

◆「那覇西道路」は、「沖縄西海岸道路」の一部として国道58号線の混雑緩和、那覇空港へのアクセス向上等を目的として、那覇市若狭を起点に鏡水まで延長2.5Kmが平成23年8月に供用を開始している。

◆ 道路整備に伴い影響を受けるサンゴ類の影響緩和策として、サンゴ類の移植を行った結果について報告する。



2

那覇西道路橋梁部に生息していたサンゴ類

造礁サンゴの被度：<5%～10%
ソフトコーラル被度：<5%～20%

移植元の環境

水深1～8m
やや波当りが弱い
やや濁りがある

造礁サンゴ 主に天然礁に生息 約1,800群体	ソフトコーラル 主に離岸堤等に生息 約1,500群体
樹枝状ハマサンゴ	ウミキノコ属
樹枝状ミドリイシ	カタトサカ属
キウメイシ属	ウネタケ属

3

移植先の選定

◆ 水深や波当り、着生基質が移植元と類似の環境を有する場所を考慮（ソフトコーラル）
◆ 移植した群体との競合を避けるため、移植先はサンゴ着生の少ない場所

4

樹枝状サンゴ移植作業の手順

1. タガネ等により樹枝状サンゴの採捕

2. 採捕したサンゴを散水しながら移植先へ運搬

3. U字ブロック上に金網基盤枠を海中に設置

4. 移植した樹枝状サンゴを上側のみ針金で固定

5

樹枝状サンゴにおける移植先の課題と対応策

現状の課題の整理

◆ 移植元との類似環境の岩盤底には樹枝状サンゴが生育し競合する
◆ 新たにサンゴを移植すると既存の生態系を攪乱する恐れがある
◆ 遠方の移植は遺伝子の地域攪乱により不適

課題への対応策

◆ 生育環境は異なるが周辺でサンゴの生育が少ない砂礫底へ移植先を検討
◆ 砂礫底での底質の巻き上げによるサンゴ群体への影響の軽減

●移植技術開発の検討

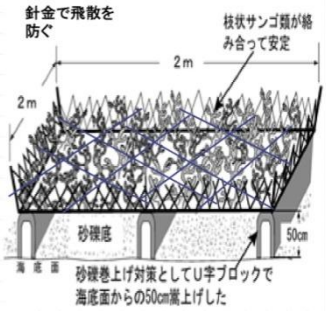
6

樹枝状サンゴの移植法

U字ブロックと金網枠を利用した移植法

●砂礫底にU字ブロックを敷設、その上に金網枠を設置して枝状サンゴ類を移植し、海底面からの嵩上げすることによって砂の巻上げの影響を低減させる新たな移植法。

●採取した枝状サンゴ類をそのまま金網枠に入れるだけでサンゴが絡み合って安定するため、短時間での移植が可能。



7

樹枝状サンゴのモニタリング法

◆ 生存・死亡状況の判定

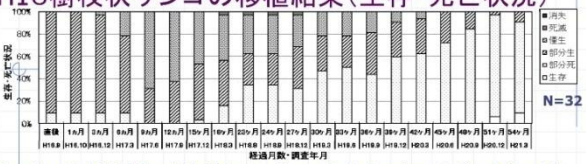
◆ 移植した樹枝状サンゴ群体の生存・死亡状況については、2m×2mの金網基盤枠内を便宜的に16分割し、50cm×50cmの枠ごとに記録した。
◆ 移植したサンゴ群体の生存・死亡状況の区分ランクは、環境省（2003）を参考にした。

	サンゴ被度	相当する被度
・生　存：死滅した部分が全くない	100%	
・部分死：部分的に死滅（死滅部分30%未満）	70～100%未満	85%
・部分生：部分的に生存（死滅部分30%以上～70%未満）	30～70%未満	50%
・僅　生：わずかに生存（死滅部分70%以上100%未満）	<1～30%未満	15%
・死　滅：生存部が全くない		
・消　失：群体が消失している		

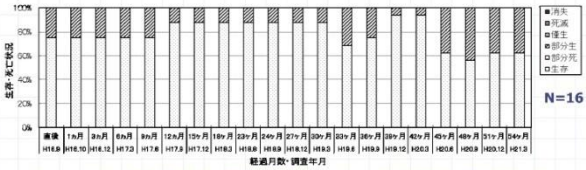
◆ なお、記録では枠内の空隙を含めた区分ランクとして示し、枠内のサンゴ被度に対応する表現になっている。

8

H16樹枝状サンゴの移植結果（生存・死亡状況）



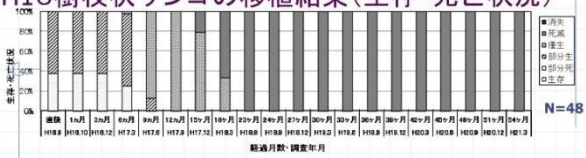
◆ ミドリイシ類は直後に概ね被度50%代で、9ケ月後にオニヒトデの食害により20%代と低下した。それ以降に回復傾向にあり、54ケ月後に80%代となる



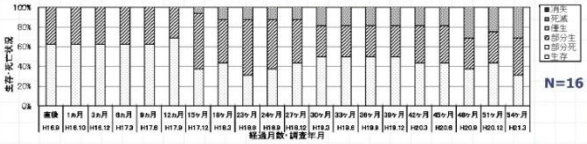
◆ ハマサンゴ類は直後に概ね被度80%代で、45ケ月後以降に70%代で大きな変化はみられない

9

H16樹枝状サンゴの移植結果（生存・死亡状況）



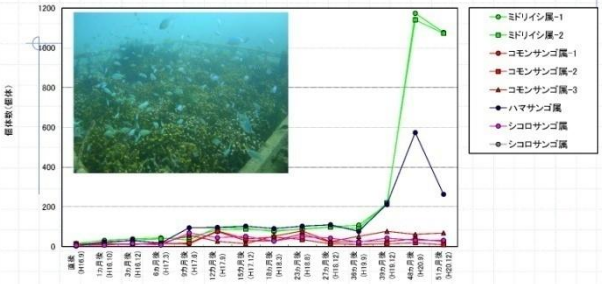
◆ コモンサンゴ類は直後に概ね被度60%代で、9ケ月後にオニヒトデによる食害の影響で被度が20%代に低下し、23ケ月後以降に全ての群体が死滅。濁り等によるストレスの影響が考えられるが原因は不明。



◆ シコロサンゴ類は直後に概ね被度70%代で、15ケ月以降に50%代に低下している。

10

H16樹枝状サンゴの移植結果（蝟集魚類）



◆ 蝟集魚類は定住性のスズメダイ類が中心で、個体数は9ケ月以降に増加し、48ケ月でピークを示している

◆ 移植後51ケ月後の蝟集魚類の個体数は、ミドリイシ類、ハマサンゴ類の順に多い。魚類の隠れ家となる空隙がミドリイシ類、ハマサンゴ類で多く、空隙の少ないシコロサンゴ類でやや少ない傾向にある。

11

樹枝状サンゴの移植事例のまとめ

◆ コモンサンゴ類以外のミドリイシ類、ハマサンゴ類、シコロサンゴ類では、底質の巻き上げ対策を行った金属基盤枠で、移植の成果が得られたと考える。

◆ 金属基盤枠は、5年程度であれば腐食による劣化の問題はなかった。

12

ソフトコーラル移植作業の手順

1. カッターを用いて群体の底部から切り取るよう採取する

2. 切り取った群体は海水に浸水した状態で移植先へ運搬する

3. 付着藻類等を取り除き、ロープや針金等でブロック基盤に固定する

4. Xブロックに移植したソフトコーラル

13

ソフトコーラルの固定法の検討

◆ソフトコーラルの特性把握

生　活　形：光合成により栄養を摂取、水温、塩分、光環境、栄養分等の生息環境

形態的特徴：骨片質の柔らかい体（造礁サンゴとの相違点）

◆移植における固定法の検討

水中ボンドを用いて直接接着するのは難しい。

（硬い基質のXブロックに対し、ピンや竹串による固定法は使用できない）

→ 群体自らの活着を促進することがポイント

◆固定法の実施

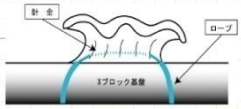
・予備試験1　ロープ固定法

・予備試験2　番線等固定法

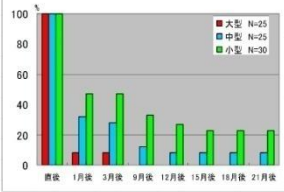
・本 試 験　　針金等固定法

14

ロープ固定法と予備試験結果（平成15年12月設置）



群体に直交する2本の針金に結んだロープで縛りつける



サイズ別の生存率　大型：60cm以上、中型：30～60cm、小型：10～30cm

・全てのサイズは移植1ケ月後に生存率が10～50%と著しく低下した。

・小型サイズの生存率が最もは高く、大きいサイズほど生存率は低くなる傾向にある。

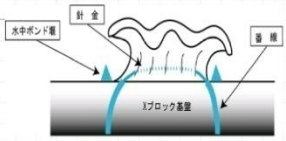
生存率の低下した原因

基質に固定する強度が弱かったため、波浪によって群体が揺さぶられ、ブロック面にほとんど活着できず、流失し低下したと考えられた。

15

番線等固定法と予備試験結果

（平成16年2月設置）



ロープの緩みを改善するため材質を番線に変えて、基盤に巻きつけた後、周りに水中ボンドで堰をつくり、群体を安定させるよう補強した。（サンプル数：25）

結　果

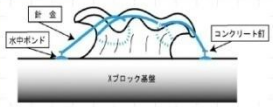
生存率は、移植後1ケ月で95%、12ケ月で80%であり、材質等の改善により密着具合が強くなり活着が促進されたため、高い値を示したと考えた。

生存している群体の一部では活着していない群体もあるので、さらに改良の余地があると考えた。

16

針金等固定法

Xブロック基盤（平成16年9月設置）



ソフトコーラルの体に直交するように2本の針金を2回通し水中ボンドで、固定した四隅の釘に針金で縛る

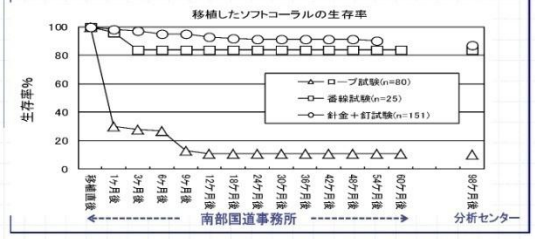
固定状況

移植98ケ月後のソフトコーラルの一例

17

ソフトコーラル移植結果（生存率）

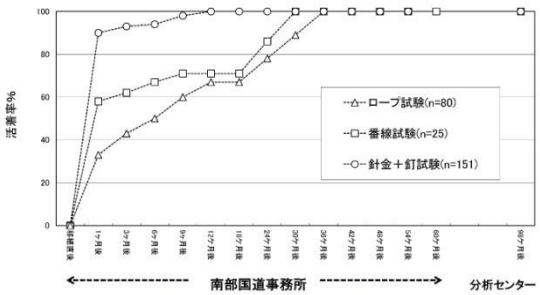
ロープ区：平成15年12月移植　番線区：平成16年2月移植
針金等区：平成16年9月移植
種　類　：ウミキノコ類、カタトサカ類、ウミトサカ類



- ロープ区は移植1ケ月後に約30%に低下、9ケ月以降は10%台で安定
- 番線区は移植1ケ月後に約95%に低下、3ケ月以降は80%台で安定
- 針金等区は移植1ケ月後に約98%に低下、6ケ月以降は90%台で安定

18

ソフトコーラルの移植結果（活着率）

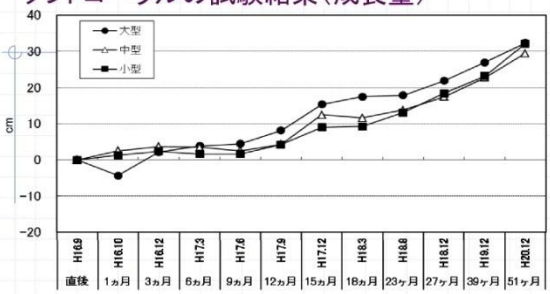


＊流失した群体数は、活着した群体数から除いて算出している

- 移植1ケ月後以内に基盤に活着できれば、生存率は高く維持できる
- 活着した群体は、台風等の高波浪の影響で剥離し流失することがほとんどない

19

ソフトコーラルの試験結果（成長量）



＊成長量は、群体の平均長径、平均短径×平均体高の3乗根の値を用いた

- サイズに関係なく成長量は、ほぼ増加傾向を示す
- 移植後51ケ月後には、大型で32cm、中型で29cm、小型で32cmの成長がみられた。

20

ソフトコーラルの移植事例のまとめ

- 基盤に密着させた針金等固定法による生存率は、移植後6ケ月から54ケ月まで90%代の高い生存率が得られた。
- ソフトコーラルは移植後約1ケ月程度の早い段階に活着できれば、生存率を高く維持することが可能である。
- 群体の成長量は漸次的に増加し、移植後51ケ月で平均30cm程度で成長した。
- 今年9月下旬の台風の暴浪による群体の消失はほとんどみられなかった。

21

事例報告 ②

吉の浦火力発電所前面海域における蓄養サンゴの移植について

伊福 正義
沖縄電力株式会社

1. はじめに

当社では，沖縄県中城村の油槽所跡地に吉の浦火力発電所を建設中であり，現在1号機が運転を開始（H24.11月）し，2号機が運転開始（H25.5月予定）に向けて建設工事を進めている。

建設工事に伴い撤去する旧桟橋の橋脚部分に生息していたサンゴのうち，枝状サンゴおよび移植事例の少ない葉状，被覆状，塊状のサンゴを採捕した（H20.10月）。採捕したサンゴは，一定期間（約１年間），陸上のサンゴ養殖施設（沖電開発所有）で蓄養したのち，同海域に移植し，その後約3年間のモニタリング調査（H21.11月～H24.12月）を行った。

2. 移植方法

採捕したサンゴを陸上のサンゴ養殖施設で一時的に蓄養することにより，採捕後のストレス低減や固定具への確実な活着などが期待できる。さらに生残数の向上を目的として，採捕したサンゴ73群体のうち49群体を用い，403群体に分割した。分割したサンゴは，夏季の高水温や台風による影響を避けるため，秋季まで蓄養したのちに，採捕した海域に移植した（H21.11月）。

一方，蓄養したサンゴの生長状況と比較評価を行うことを目的として，採捕したサンゴのうち蓄養しない残りのサンゴ24群体を用い，74群体に分割したのち同海域へ移植（以下，直接移植という）した（H20.10月）。

なお，サンゴの移植先には，沖縄県が設置したコンクリート製の魚礁(2m×2m×0.6m)を活用させていただいている。

3. 経過および今後の予定

移植後のモニタリング結果では，移植から約2年半後（H24.5月）において，蓄養したサンゴと直接移植したサンゴの生残率は，共に70%を超え同程度で推移していることを確認している。

今後は，蓄養したサンゴの移植後3年間分（H24.12月まで）のモニタリング調査結果を取りまとめ，日本サンゴ礁学会などで報告する計画である。知見については葉状，被覆状および塊状サンゴの移植技術として活用できればと考えている。

▲植え付け直後（H21.11月）

▲ 約2年半後（H24.5月）

事例報告 ③

ミティゲーションの理想と現実:宮古島海中公園事例から学ぶ

猪澤也寸志
エコガイドカフェ

ミティゲーションとは，開発事業による環境に対する影響を軽減するための，回避，最小化，修復，軽減，代償等，全ての保全行為のこと。本来，このミティゲーションは，開発事業者（宮古島市）が自主的に実施すべきものである。

［回避］ある行為またはその部分をしないことにより，環境影響を回避すること。
［最少化］ある行為の実施の程度や規模を制限して環境影響を最小化すること。
［軽減］事業期間中，繰り返しの保護や維持活動にて環境影響を軽減除去すること
［修復］影響を受けた環境を修復，回復，復元して，環境影響を矯正すること。
［代償］代用の資源や環境で置換またはこれらを提供して環境影響を代償すること。

【海中公園市民監視活動の概要】

宮古島海中公園事業目標は「日本一のサンゴ種が観察できる海中公園」を建設運営すること。この目標達成は，パーフェクトなミティゲーションを実施したとしても，その実現が容易ではない高度な工事が要求される。私は，伊良部漁協監事としての漁場保全，沖縄県サンゴ礁保全推進協議会理事としてのサンゴ礁保全双方の責務を負う立場から，この高度なサンゴ礁保全が要求される海中公園工事を市民監視することにした。

2010年3月，10月開始予定の建設現場の現地調査を行なった。波荒いことで有名な岬の先端は台風撹乱影響の大きい場所であり，5cm未満の塊状や卓状サンゴが疎らに生息する岩盤（裸地）に等しい環境であった。よって海中景観は，工事後のサンゴ移植に依存せざるを得ないものと実感した。

2010年10月下旬，防止膜内に生息するサンゴ群体（直径20cm以上）の採捕移設作業が終了したということで確認調査を行った。その結果，2000群体ほどが採り残されていたので宮古島市に追加採捕を要請した。ところが宮古島市は400群体を追加採捕しただけで掘削工事を開始した。監視映像を見れば明らかだが，防止膜付近には万規模の群体が密集生息していた。

2010年11月初旬，掘削工事開始直後，北風8mで防止膜はめくれ上がり周辺海域を大汚染した。即日，潜水調査を行った。その結果，岩礁破砕時に生じる石灰微粉がサンゴをほぼ即死させている実態が確認された。また，採捕移設したサンゴ700群体の大半が波浪で砂をかぶり死滅していた。宮古島市に石灰微粉対策と移設サンゴ管理対策を要請したが，対策は講じられないまま，掘削工事が継続された。

2011年11月中旬，北風12mで防止膜は崩壊し，アンカーを支点にして吹き流しのように海面を漂った。その結果，防止膜のチェーン部分で南側に生息する広範囲の高被度サンゴ礁を破損した。宮古島市に工事仕様書を遵守して防止膜を適切に管理するように要請したが，大破損した防止幕はしばらく放置された。

その後，北風強風ごとに防止膜は崩壊を繰り返し，12月以降は，破損で膜のなくなった防止膜のフロート部分のみが海面に浮き，あたかもコースロープのように設置された。12月中旬の宮古島市議会一般質問において工事仕様書通りに適正な防止膜管理がなされているかを問われた宮古島市は，適正になされていると議会回答した。翌朝調査し，そこで目の当たりにしたのが膜のない防止膜フロート，まさにコースロープそのものであった。私は，市議会さえも軽視する宮古島市に対して市民監視の限界を感じざるを得なかった。

2011年1月初旬，私は，国の公害紛争処理制度活用のため，調停と原因裁定の申請を行った。双方とも1月中旬には受理された。水中映像証拠が役立ったようである。

蛇足になるが，潜水調査は，工事開始前に実施するため，日の出と同時にエントリーする。光量不足かつ濁水影響で透視度は僅か1～3m程度，浚渫バージ船をつなぐ大直径の鉄鋼ワイヤーが海中で大きく上下に揺られている，きわめて危険な海域であった。宮古島市からは「工事域に立ち入れば警察に通報する」という警告書が送付されて来た。だが，潜水撮影をしなければ事実証拠がなくなる。私はサンゴ礁保全を選択した。危険な工事海域であったが，前述のワイヤーには近づかず，細心の注意で安全を心がけておよそ２ヶ月間，30日の陸上監視と15日間の潜水調査を実施した。

2011年3月11日，第一回目の沖縄県公害審査会を終えて，最初に耳にしたのが東北大津波の速報であった。生態系サービス（防波堤）の重要さが身に染みた。「人がサンゴを守る」と言うのは横柄で，実際はサンゴが人を守っている。

その後，第二回は4月12日，第三回は5月20日，第四回は6月21日，そして，9月21日に宮古島市と申請人の私が調停を締結した。主たる調停内容は「工事により発生した濁水を汚濁防止膜設置区域外に拡散させた事実があったことを受け，被申請人は，今後行う公共事業において海洋の水質汚濁を防止するために，工事の計画及び施行等に最善を尽くすことを確認する」であった。宮古島市の主張は「海域は汚濁させたが，汚濁によりサンゴが死滅したかどうか不明」というものであった。

そこで，このサンゴ死滅と工事との因果関係は，国の原因裁定に委ねることとなった。公害審査会において特筆すべきは，工事影響からサンゴ礁を守る法律が沖縄県にはないということだ。赤土等流出防止条例において，海面以下の土地の改変，つまり海底掘削は条例適用外として運用されている。これは公害審査会に同席した県環境保全課の公式見解である。

2011年7月下旬，国の現地調査（委託調査会社）が実施された。大きな台風が二度襲来し，工事から半年以上経過した時点での調査ゆえ，原因特定する上では，決して容易ではない調査であったと思われる。

実のところ，2012年1月下旬まで調査報告書を待つこととなった。報告内容においても，詳細な調査結果には敬意を表するが，考察に関しては，事実と乖離しかねない推論が見受けられた。それを是正するため，2月29日，申請人（私）は 国に現地調査報告書に対する意見書を提出した。

2012年5月16日，第一回原因裁定委員会が那覇で開催された。その後の経過は，2012年6月27日，専門委員（土屋先生）の意見書提出。2012年10月31日，調停条項（事務局案）の提示，2012年11月30日，調停条項の合意，2012年12月17日，調停締結予定である。

【原因裁定･調停条項の抜粋】

（１）今後行う公共事業において，海洋の水質汚濁の防止およびサンゴ礁等の自然環境保全のため，波浪や時化による汚濁防止幕の破損や汚濁防止幕設置区域外への濁水の流出・拡散等が発生することのないよう，工事の計画および施工等に最善を尽くす。
（２）宮古島海中公園施設周辺その他のサンゴが死滅・破損または移植できなかった海域において，専門委員意見書の内容を十分に踏まえ，サンゴが着床できる可能性が高い信頼できる手法や地点を選定して長期継続した事業として，効果的なサンゴの移植・移設・再生等を積極的に実施する。
（３）漁協，ダイビング事業者や関係機関と連携協力しながら，宮古島全体でのオニヒトデ対策を考慮しつつ引き続き前項に規定する海域におけるサンゴ礁の保全のためのオニヒトデの駆除活動等を実施する。
（４）上記の環境保全に資する取組を積極的に推進するため，必要な予算を確保する。
（５）上記のチェック機関として公開の連絡会議の設置等，長期継続して取り組める体制を構築する。

【オニヒトデ総合対策に関しての提案】

気候変動影響に加えて強い撹乱が生じた海域は，レジリエンスが低下しており，藻場やソフトコーラルへの遷移リスクも高まっています。保全現場においても，この遷移しかねない環境劣化に対して危機感が高まっています。それゆえ生態系を復元しつつ適切に保全するような活動が望まれています。消耗戦を彷彿させる「被害／保全」という後追い保全から脱却し，「撹乱／復元（修復）restoration」という生態系に内在するレジリエンス（回復力）resilience につながる復元保全に進化さるべきです。

オニヒトデ対策の場合，旧来の「食害／駆除」を「撹乱／調整捕獲」とします。サンゴとオニヒトデの生息バランスを整える「調整捕獲」は主たる復元保全活動となりえます。この生息バランスを見える化するマトリックスマネジメントなどを導入することで，生態系に内在するレジリエンスを高める道筋が保全現場でも明らかになるものと思います。

参考までに工事の場合。これも「被害／保全」から「撹乱／修復」とすることで，事業者によるミティゲーション（回避・最小化・軽減・修復・代償）は避け難くなります。旧来の事前補償（漁業権補償）だけでは済まなくなります。工事で人為撹乱すれば，それを人為修復する社会的義務が派生します。さすれば，計画段階での回避・最小化および施工中の軽減こそが工事事業者にとってのコストダウンとなりえます。

さらに台風の場合。これも「被害／保全」を脱し，新たに「撹乱／復元」とします。台風による撹乱はギャップ（空き地）を生み新規加入を促進します。森林と違って，拡散したサンゴ断片の一部は，新たな海域で分散成長します。また，死サンゴ断片もガレ場などをつくり生態系に寄与します。このように台風による撹乱が沖縄サンゴ礁の多様性維持に大きく貢献して来ました。

撹乱後のサンゴ断片（落ち木）を死滅する前に救済すれば，自然由来の復元リソース（多様性に富んだ生サンゴ断片）が持続供給されることになると思います。このリソースが復元保全現場を活性化するのは想像に難くはありません。養殖リソースに頼った移植はレジリエンスにつながらないと思われることから，自ずとフェードアウトする可能性があるように思えます。オニヒトデ対策や生態系の監視（モニタリング）そのものがレジリエンスを高める復元行為であるという位置付けが現場で確立されなければなりません。生態系に内在するレジリエンスに寄与する多彩な復元行為が，現場からボトムアップで提案され，科学者が知見を加え，実施されるような復元保全活動こそが，順応管理への道を切り開くものと思います。

以下に，エコシステムマネジメント用語の参考定義を記します。

撹乱とは，生態系，群集，あるいは個体群の構造を乱し，資源・基質の利用可能量・物質環境を変えるような時間的に顕著なイベントとされている（Picett & White 1985）。

生態系をコントロールし，無理矢理に不確実性を取り除くような行為は，生態系から多様性を奪い，生態系の弱体化を招く。ゆえに生態系の「予測不可能性」を認知し，環境変動に対する生態系の挙動をいかに尊重できるかが，生態系の復元と管理にとって重要である（Picett & White 1985）。

市民監視とミティゲーション

宮古島海中公園事例に学ぶ

エコガイドカフェ　猪澤也寸志

1

市民監視活動

2010年10月～12月

10月21日　海中公園のサンゴ8500群体がほぼ全滅の危機
10月29日　海中公園域のサンゴ礁保全対策を求める緊急要請
10月29日　採捕可能なサンゴが無いことの立証要請書
10月29日　海中公園工事・環境対策不備の是正要請書
11月11日　海中墓場公園にしないための公開質問状
11月22日　不適切な防止対策に関する改善要求書
11月30日　官製公害の差し止め請求書
12月13日　工事仕様書違反に関する市民警告書
12月19日　市議会一般質問「海中公園工事仕様書の遵守状況」

2

沖縄県公害審査会

2011年1月～9月

01月07日　公害紛争処理制度「調停」の申請
01月15日　公調委が同申請を受理
03月11日　第一回沖縄県公害審査会
04月12日　第二回同審査会
05月20日　第三回同審査会
06月21日　第四回同審査会
09月12日　調停締結

3

公調委・原因裁定委員会

2011年1月～2012年12月

2011年
01月07日　公害紛争処理制度「原因裁定」の申請
07月28日　原因裁定（事前現地調査）
2012年
01月27日　現地調査報告書（職１号証）
02月29日　現地調査報告書（職１号証）に対する申請人意見書
05月16日　第一回原因裁定委員会
06月27日　専門委員意見書（職２号証）
07月17日　専門委員意見書（職２号証）に対する申請人意見書
10月31日　職権による調停条項（案）
11月12日　職権による調停条項（案）に対する申請人意見書
11月30日　第二回原因裁定委員会（調停案の合意確認）
12月17日　第三回原因裁定委員会（調停締結）

4

ミティゲーション

開発事業による環境に対する影響を軽減するための、全ての保全行為のこと

【回　避】ある行為またはその部分をしない事により、
環境影響を回避すること。
【最小化】ある行為の実施の程度や規模を制限して、
環境影響を最小化すること。
【軽　減】事業期間中、繰り返しの保護や維持活動にて
環境影響を軽減除去すること。
【修　復】影響を受けた環境を修復、回復、復元して
環境影響を矯正すること。
【代　償】代用の資源や環境で置換または提供して、
環境影響を代償すること。

5

【回避】環境影響を回避するためには、海底掘削（10トンダンプ200台分）の影響が生じない立地や工法を選択しなければならない。ちなみに、海中公園の立地は、波当りが強いことで有名な岬の沖側である。特に、冬場の北風に伴う波浪影響が顕著な場所である。この波浪に耐えうる「仮設工」が技術的に不可能であれば、周辺のサンゴ死滅は不可避となる。

（サンゴの墓場を回避）

6

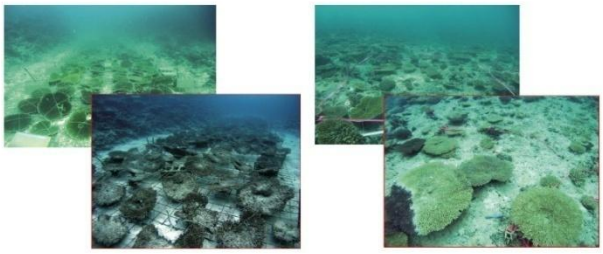
【回避】環境影響を回避するためには、水質汚濁防止膜の内側はもちろん、防止膜に隣接するサンゴ群体を移設しなければならない。予め工事影響外に移設管理して、工事終了後に適切な場所に適切な種類を移植しなければならない。そのためには、周到な移設移植計画を立て、沖縄県から採捕許可を得なければならない。ちなみに、当該工事において採捕許可を得たのは僅か700群体に過ぎない。

7

【最小化】環境影響を最小化するためには、周辺のサンゴ礁を死滅させない仮設工が前提条件となる、例えば、「鋼矢板打設による締切工法」である。それも内部をドライかつクリーンに保つ完全締切工法である。汚濁拡散する土砂を随時除去し、高波で浸水しても周辺汚染を生じない仮設工である。事業目的「日本一のサンゴ種が見れる海中観察施設」を達成する周辺サンゴを保護する工法が汚濁防止膜でないことは明らかである。

8

【最小化】環境影響を最小化するためには、海底掘削工事の規模を最小化しつつ、被害予測される生サンゴ群体を影響範囲外に移設して、生存させなければなりません。当該工事では、水深10m付近の砂底に移設したため、北風・波浪による海底攪乱にて一ヶ月以内に大半を死滅させました。（写真左）また、防止膜隣接域に移植した70群体のサンゴは、工事で全滅した。（写真右）



9

【軽減】環境影響を軽減除去するためには、少なくとも破損した防止膜を修繕しなければ汚濁防止膜は機能しない。また、崩壊した防止膜を放置すれば、膜やチェーン等がサンゴ礁に接触し破壊する。ちなみに、当該工事では、12月以降、上記写真のようなカーテン部分の無い防止膜を設置して、基礎工事が続けられた。（工事仕様書によれば、基礎工事が終える２月頃までは、汚濁防止幕は適切に補修管理され化ければならない）

10

【軽減】環境影響を軽減除去するためには、工事影響を順応管理しなければならない。主たるサンゴ死滅原因となった石灰微粉は、工事開始３日後には、市民監視者が宮古島市に指摘した。ところが軽減除去されることは無かった。
この石灰微粉は海底（琉球石灰岩）の岩礁破砕に伴い人為的に生じていることから。
今後、この石灰微粉対策が必須となる。

11

沖縄県公害審査会よる調停締結条項

工事により発生した濁水を汚濁防止膜設置区域外に拡散させた事実があったことを受け、被申請人は、今後行う公共事業において海洋の水質汚濁を防止するために、工事の計画及び施行等に最善を尽くすことを確認する。

12

公調委原因裁定による調停条項（合意案）

（１）今後行う公共事業において、海洋の水質汚濁の防止およびサンゴ礁等の自然環境保全のため、波浪や時化による汚濁防止幕の破損や汚濁防止幕設置区域外への濁水の流出・拡散等が発生することのないよう、工事の計画および施工等に最善を尽くす。

13

公調委原因裁定による調停条項（合意案）

（２）宮古島海中公園施設周辺その他のサンゴが死滅・破損または移植できなかった海域において、専門委員意見書の内容を十分に踏まえ、サンゴが着床できる可能性が高い信頼できる手法や地点を選定して、長期継続した事業として、効果的なサンゴの移植・移設・再生等を積極的に実施する。

14

公調委原因裁定による調停条項（合意案）

（３）漁協、ダイビング事業者や関係機関と連携協力しながら、宮古島全体でのオニヒトデ対策を考慮しつつ、引き続き、前項に規定する海域におけるサンゴ礁の保全のためのオニヒトデの駆除活動等を実施する。

15

公調委原因裁定による調停条項（合意案）

（４）上記の環境保全に資する取組を積極的に推進するため、必要な予算を確保する。

16

公調委原因裁定による調停条項（合意案）

（５）上記のチェック機関として公開の連絡会議の設置等、長期継続して取り組める体制を構築する。日本サンゴ礁学会の専門家等で構成される専門委員会の設置等。

17

国の調停遵守監視

宮古島市と一市民（私）との調停ですが、
調停遵守の監視機構として国が機能するので、
履行が担保されます。

この監視下で、工事行為で人為撹乱すれば、
それを人為修復する社会的義務が派生します。

計画段階での回避・最小化および
施工中の軽減こそが工事事業者にとってのコストダウンとなりえます。

18

保全から復元保全へ

エコシステムマネジメント

19

撹乱とは

撹乱とは、生態系、群集、あるいは個体群の構造を乱し、資源・基質の利用可能量・物質環境を変えるような時間的に顕著なイベントとされている。

(Picett & White 1985)

【人為撹乱】オニヒトデ、赤土、工事、観光
【自然撹乱】台風、波浪、

20

復元とは

消耗戦を彷彿させる「被害／保全」という保全概念を脱し「撹乱／復元restoration」というレジリエンスresilienceにつながる復元保全概念を確立する。

復元restorationは修復行為、レジリエンスresilienceは生態系に内在する回復力のこと。

レジリエンスが低下し環境劣化している現状においては、生態系を復元して適切に保全するのが順当と思います。

21

エコシステムマネジメント

生態系をコントロールし、無理矢理に不確実性を取り除くような行為は、生態系から多様性を奪い、生態系の弱体化を招く。
ゆえに生態系の「予測不可能性」を認知し、環境変動に対する生態系の挙動をいかに尊重できるかが、生態系の復元と管理にとって重要である。

(Picett & White 1985)

22

沖縄のサンゴ礁

環境変化に加えて強い撹乱が生じた海域は、
レジリエンスが低下しており、藻場やソフトコーラルへの遷移リスクも高まっています。
保全現場においても、この遷移しかねない環境劣化に対して危機感が高まっています。
この背景からか、サンゴを増やしたいという移植活動が賑わいを見せたように思います。
つまり、劣化した環境の保全より再生が活動課題になったものと思います。

23

オニヒトデ対策

オニヒトデ対策の場合、旧来の「食害／駆除」を脱し、新しく「撹乱／調整捕獲」とする。サンゴとオニヒトデの生息バランスを整える「調整捕獲」は重要な復元保全活動として位置付けられます。生息バランスを見える化するマトリックスマネジメントの導入や復元状況の目標設定との整合性も高く、生態系に内在するレジリエンスを高める道筋が保全現場でも明らかになるものと思います。

24

工事対策

参考までに工事の場合。これも「被害／保全」から「撹乱／修復」とする事で、工事事業者によるミティゲーション（回避・最小化・軽減・修復・代償）は避け難くなります。旧来の安易な事前補償（漁業権補償）だけでは済まなくなります。工事行為で人為撹乱すれば、それを人為修復する社会的義務が派生します。さすれば、計画段階での回避・最小化および施工中の軽減こそが工事事業者にとってのコストダウンとなりえます。

25

台風対策

さらに台風の場合。これも「被害／保全」を脱し、新たに「撹乱／復元」とします。台風による撹乱はギャップ（空き地）を生み新規加入を促進します。森林と違って、拡散したサンゴ断片の一部は、新たな海域で分散成長します。また、死サンゴ断片もガレ場などをつくり生態系に寄与します。このように台風による撹乱が沖縄サンゴ礁の多様性維持に大きく貢献して来ました。

26

持続供給可能な無数の復元リソース

撹乱後のサンゴ断片（落ち木）を死滅する前に救済すれば、自然由来の復元リソース（多様性に富んだ生サンゴ断片）が持続供給されることになると思います。このリソースが復元保全現場を活性化するのは想像に難くはありません。養殖リソースに頼った移植はレジリエンスにつながらないと思われることから、自ずとフェードアウトする可能性があるように思えます。

27

生態系を復元して適切に保全する順応管理

オニヒトデ対策や系監視（モニタリング）そのものがレジリエンスを高める復元行為であるという位置付けが現場で確立されなければなりません。
生態系に内在するレジリエンスに寄与する多彩な復元行為が、現場からボトムアップで提案され、科学者が知見を加え、実施されるような復元保全活動こそが、順応管理への道を切り開くものと思います。

28

事例報告 ④

石西礁湖の航路整備におけるサンゴ群体の移設

高橋 由浩
株式会社エコー　沖縄事務所

今回発表するサンゴ移設は，内閣府沖縄総合事務局石垣港湾事務所が発注し，(株)エコーが受注した業務です。目的は竹富南航路の整備に際し，海底の浚渫によって失われてしまうサンゴを避難措置として移設することにあります。

本シンポジウムに興味を持たれる皆さんの多くは，サンゴ礁の保全，再生を目的としたサンゴの移植，移設を行っていることと思います。しかし，私たちのように，港湾や道路等の社会資本整備の一環において，受注業務としてサンゴの移植，移設を行っている者がいることを知って頂こうと思い，今回の発表を致します。したがって，発表の内容は，サンゴの移植，移設の技術手法や結果だけでなく，業務受注の流れ，諸手続き，業務遂行上の管理等についても説明させて頂きます。

発 注 者：内閣府沖縄総合事務局　石垣港湾整備事務所
業務件名：竹富南航路周辺サンゴ移設外１件調査
工　　期：自；平成24年1月19日，至；平成24年3月30日
受 注 額：17,430,000（税込）（追加変更後）

業務内容

１．現況調査（浚渫予定箇所のサンゴ分布状況および移設先の確認）
　面積：0.69km^2
マンタ法による観察：移設元；10mピッチ，移設先；30mピッチ
２．スポット調査
　２箇所
　潜水調査による移設元，移設先の詳細調査
３．サンゴ移設
　サンゴ移設：1,450群体
　モニタリング調査：1,450群体（長期モニタリング120群体）

発表内容

１．業務受注の流れ
２．工程，フロー
３．実施方法
４．調査結果
５．今後の課題

沖縄美ら島財団　総合研究センター　サンゴシンポジウム
サンゴの移植⑦　2012.12.13

石西礁湖の航路整備におけるサンゴ群集移設

発表内容
1. 業務受注の流れ
2. 工程、フロー
3. 実施方法
4. 調査結果
5. 今後の課題

高橋　由浩　（株式会社エコー　沖縄事務所）

1

1. 業務受注の流れ

業務件名：竹富南航路周辺サンゴ移設外1件調査
発注者：内閣府沖縄総合事務局　石垣港湾事務所

入札方式：簡易公募型競争入札（総合評価型）
公示：2011.12.09（特記仕様書、入札説明書）
参加表明書締切：2011.12.19
指名通知：2011.12.22
技術提案書締切：2012.01.10
ヒアリング：（本業務では省略）
入札：2012.01.17
開札：2012.01.18
工期：2012.01.19～03.30

2

1. 業務受注の流れ

参加表明書の評価項目
1.参加表明者（企業）の経験及び能力
　資格要件：建設コンサルタント登録
　専門技術力：同種・類似業務の有無
　　過去の業務の評価点
　　表彰の有無
2.予定管理技術者の経験及び能力
　資格要件：技術士等資格の有無
　専門技術力：同種・類似業務の有無
　　過去の業務の評価点
　　表彰の有無
　情報収集力：当該事務所、沖縄での実績

3

1. 業務受注の流れ

技術提案書（技術評価点）の評価項目
1.予定管理技術者、予定担当技術者の経験・能力
　資格要件：技術士等資格の有無
　専門技術力：同種・類似業務の有無
　　過去の業務の評価点
　　表彰の有無
　情報収集力：当該事務所、沖縄での実績
2.実施方針
　業務理解度：目的・条件・内容の理解度
　実施手順：実施フロー、工程計画の妥当性
　その他：有益な代替案、重要事項の指摘
3.特定テーマ（本業務では省略）

4

1. 業務受注の流れ

総合評価の方法
1.評価点の算出方法
　評価点＝価格評価点+技術評価点
2.価格評価点の算出方法
　価格評価点＝（価格評価点の満点）×
　　（1−入札価格/予定価格）
3.技術評価点の算出方法
　技術評価点＝（技術評価点の満点）×
　　（技術評価の得点/技術評価の配分点）

注：本業務では、価格評価点、技術評価点ともに
　60点満点に設定されている。

5

2. 工程、フロー

	1月			2月			3月			備　考
現況調査										
調査準備			━							
現況調査										
踏査			▪							
調査（1）				━	━					0.32Km²
調査（2）				━	━					0.37Km²
サンゴ移設										
サンゴ移設						━	━			1,450群体
モニタリング調査							▪			1,450群体
報告書作成										
報告書作成							━	━	━	工期：3/30
協議・報告			● 事前		○ 第1回		○ 第2回	● 中間	● 最終	●協議 ○速報

6

2. 工程、フロー

調査準備
（業務計画書、作業許可申請、特別採捕許可申請、船主・漁協等関係者周知）
↔ 事前協議

↓

現況調査
・踏　査
・調　査(1)：採取元
・調　査(2)：移設先
↔ 速報①

↓

サンゴ移設
・サンゴ移設
・モニタリング調査
↔ 速報②

↓

業務完成図書作成
・報告書作成
↔ 中間報告
→ 最終報告 → 完了検査

7

3. 実施方法

8

3. 実施方法

現況調査(1)

浚渫影響範囲に存在するサンゴについて、マンタ法により、分布状況および被度を確認する。
→代表的なサンゴ種ごとに群体数をCR法で記録

現況調査(2)

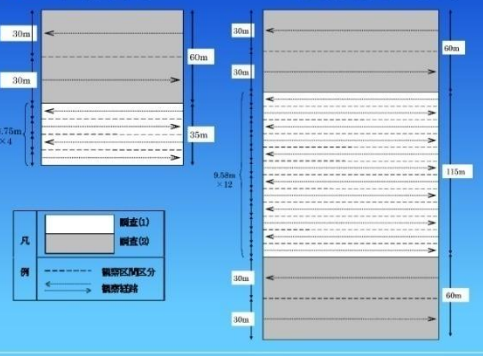
サンゴ移設の候補地について、マンタ法により、海底面状況及び食害生物等の現況を確認する。
→底質判別

航空写真、CAD図面を取り込んだパソコンを船上に配備し、D-GPSと接続することで現在位置および予め入力した調査予定測線が確認できるシステムを利用する。これにより、調査船を調査予定測線(10m、30mピッチ)に誘導する。実際に航行した航跡はパソコンに記録し、成果品として提出する。

9

3. 実施方法

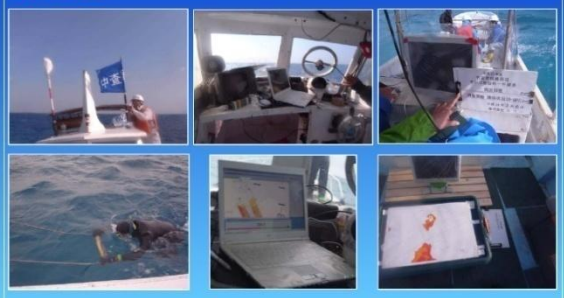
現況調査 座標番号1　　座標番号1以外



10

3. 実施方法

現況調査



11

3. 実施方法

現況調査(スポット調査)

直接浚渫する箇所および周辺に固着性サンゴが生育している地点を抽出し、浚渫工事のスケジュールなどから、2地点を選定した。2地点において、潜水目視観察により移設可能なサンゴの群体数、移設先の有無を確認した。

2-4:竹富島南

6-1:黒島北

12

3. 実施方法

サンゴ移設

移設するサンゴは、現況調査の結果から岩盤等に固着しているサンゴのうち移設に適したサンゴを1,456群体選定し、移設先の岩盤等に固着させる。サンゴ移設にあたり、可能な限り分割、折損しないように群体単位で採取する。輸送方法は、本調査では採取元から移設先の距離が近いため水中輸送を行い、サンゴへのストレスの軽減に努める。固定方法は「充填目地材法」を用いたほか、針金(ステンレス)とコンクリート釘を用いて固定する「緊縛法」により行う。

13

3. 実施方法

サンゴ移設

14

3. 実施方法

モニタリング調査

移設後のモニタリング調査は、1,456群体全ての固定の確認と生存・死亡状況を確認し、固定が不十分な群体については再固定する。
なお、天然礁に移設した場合、長期間経過すると移設サンゴと自然着生のサンゴが区別できなくなり、継続的なモニタリング調査が困難になる。そこで、移設サンゴのうち長期モニタリング用サンゴを120群体選定し、GPSによる位置確認およびコンクリート釘等による目印を設置するとともに各々のサンゴ群体の配置図を作成する。

15

3. 実施方法

モニタリング調査

全ての移設サンゴ(1,456群体)の観察項目

観察項目	内 容
固定状況	固定の確認、再固定
生存状況	生存の確認
その他	写真撮影

長期モニタリング用サンゴ(120群体)の観察項目

観察項目	内 容
成長量(サンゴサイズ計測)	短径・長径・高さ(cm)
生存・死滅状況	死亡部分の割合(%)
白化の状況	白化部分の割合(%)
破損の状況	破砕部分の割合(%)
食害状況	食害生物種、食痕の割合(%)
浮泥の堆積状況	堆積部分の割合(%)
活性状況	写真撮影
海藻類の繁茂状況	
周辺の水中景観	

16

3. 実施方法

その他（業務管理）

工程管理：工期内に現地調査、報告書作成、報告等が、計画通り進捗するよう管理する。

安全管理：主に、現地調査において、人身事故等を起こさないよう、調査内容の周知徹底、機材整備、調査員の健康等を管理する。

安全管理：監視船、鮫監視船、避難用鋼製檻

17

3. 実施方法

その他（業務管理）

品質管理：特記仕様書および技術提案に基づいて業務が実施され、調査項目、数量、解析内容等に遺漏が無いよう、管理する。

文書管理：契約時事務書類、協議書、承諾願、承諾書、立会願、提出書、記録簿、業務旬報、業務カルテ、完了時事務書類。

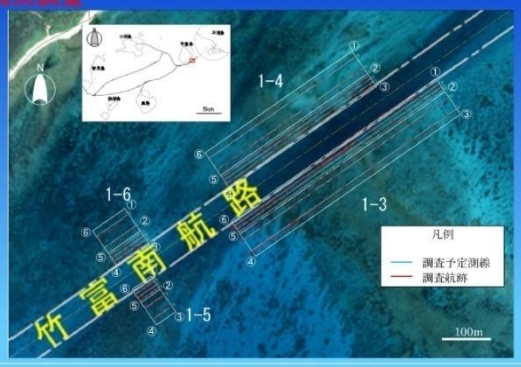
労務管理

原価管理

18

4. 調査結果

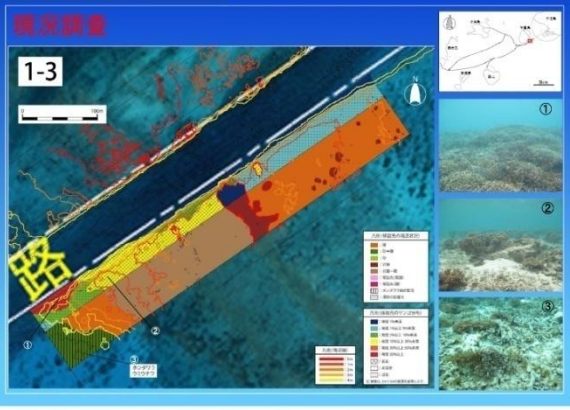
現況調査



19

4. 調査結果

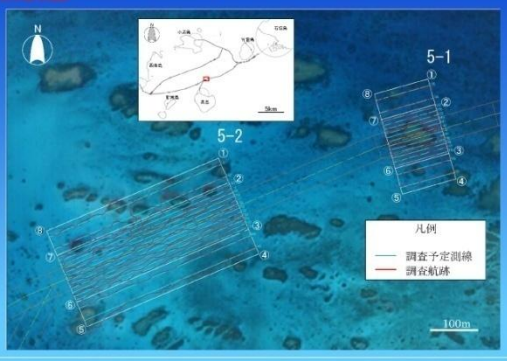
現況調査



20

4. 調査結果

現況調査



21

4. 調査結果

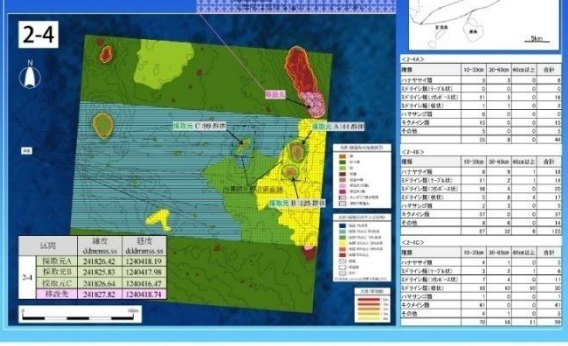
現況調査

22

4. 調査結果

現況調査（スポット調査）

座標区分2-4：竹富島南

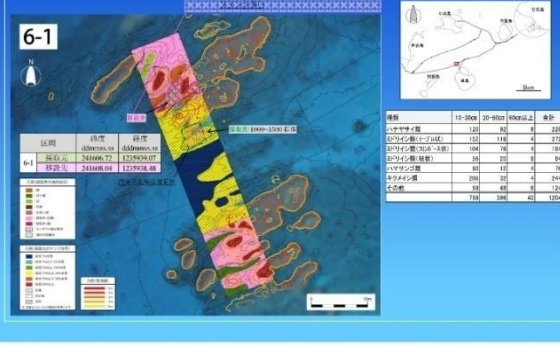


23

4. 調査結果

現況調査（スポット調査）

座標区分6-1：黒島北



24

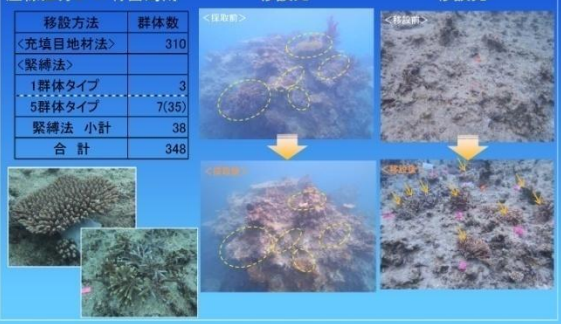
4. 調査結果

サンゴ移設

座標区分2-4：竹富島南

移設方法	群体数
<充填目地材法>	310
<緊縛法>	
1群体タイプ	3
5群体タイプ	7(35)
緊縛法　小計	38
合　計	348

移設元　　移設先



25

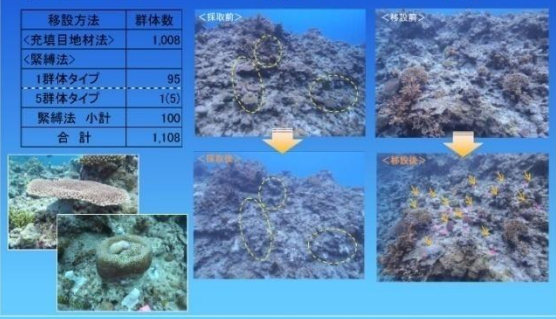
4. 調査結果

サンゴ移設

座標区分6-1：黒島北

移設方法	群体数
<充填目地材法>	1,008
<緊縛法>	
1群体タイプ	95
5群体タイプ	1(5)
緊縛法　小計	100
合　計	1,108

移設元　　移設先



26

4. 調査結果

モニタリング調査

全ての移植サンゴ（1,456群体）について、写真を撮影し、生存状況および固定状況の確認を行った。調査時において、移植サンゴは全て生存していた。

サンゴ種類（科別）	竹富島南（2-4）		黒島北（6-1）		合計
	充填目地材法	緊縛法	充填目地材法	緊縛法	
ハナヤサイサンゴ類	20	0	139	43	202
ミドリイシ類（テーブル状）	40	0	174	17	231
ミドリイシ類（コリンボース状）	67	0	38	11	116
ミドリイシ類（枝状）	50	38	17	4	109
ミドリイシ類（塊状・準塊状）	4	0	157	11	172
ハマサンゴ類	9	0	87	3	99
キクメイシ類	77	0	363	9	449
その他	43	0	33	2	78
合計	310	38	1008	100	1456
	348		1108		

27

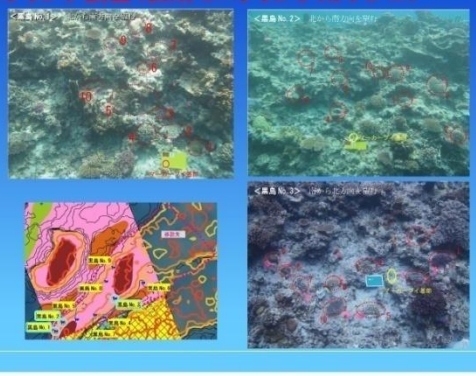
4. 調査結果

モニタリング調査（長期モニタリング用サンゴ）

28

4. 調査結果

モニタリング調査（長期モニタリング用サンゴ）



29

5. 今後の課題

サンゴ移設：移設元、移設先が接近している場合は水中輸送も可能であるが、調査員の疲労、タンクの空気消費量が増大する。効率的でサンゴにストレスを与えないような船上輸送が望ましい。

固定方法：緊縛法を試行した。今後のモニタリング調査により、有効性の確認を行う。

モニタリング調査：移設行為のストレスによる死亡と、自然現象（高水温、食害生物、寿命）による死亡が評価できるように、水温等の連続観測や、対照区として自然着生サンゴのモニタリングを行う。

30

座間味ダイビング協会における阿真港路サンゴの移動について

中村 毅
座間味ダイビング協会
サンゴ礁保全委員会　委員長

1. はじめに

座間味ダイビング協会では，自然の美しいサンゴ礁の海を保つため，増えすぎたオニヒトデ等の駆除や海岸清掃など，積極的に環境保全に取り組んできた。特に，オニヒトデの駆除については，異常発生しつつあった’97年からダイビング業者が自発的にボランティアをし始め，試行錯誤しながらその方法を模索してきた。地道な保全活動に共感した地元テレビ局が呼びかけた募金などのありがたい支援もあり，活動を継続している。これまでの反省を踏まえ，現在は，やみくもに全海域でオニヒトデの駆除を行うのではなく，最重要保全区域を設け，そこを徹底的にオニヒトデから守ることによって，他のポイントが食べつくされても，保全区域のサンゴが産卵することによって，自然の状態でサンゴが復活する取り組みを行っており，健全な海が保たれている。

2. 水路からのサンゴの移動

① 工事からサンゴを救おう
2010年12月，阿真港水路の浚渫工事が行われることになった。水路には枝サンゴが増えて広がっていたので，少しでも救おうと，別な場所に移動させることにした。

② サンゴの採取と運搬方法
県に採捕許可を申請してサンゴの採取と移動を行う。能率よく移動させようと，三又などの道具も用いて試行錯誤したが，結局，両手で丁寧に揺すって抜き，カゴに入れて運ぶのがよかった。サンゴにストレスを与えないよう，水面から出さず，採取してそのまま水中を泳いで移動先まで運んだ。意外にサンゴはかなり重たく，重労働になるため，カゴに浮きをつけるなど工夫して運ぶ。

③ サンゴの移動場所
元の生息場所と似たような環境で，工事の影響を受けない場所ということで，水路から約100m離れた広い砂地を選定。採取方法や移動場所などについては，研究者に相談して慎重に決めていった。移動後のサンゴの生存の大きなカギとなる。

④ 移動先のサンゴ
サンゴは砂に埋まるとその部分は死滅することが多いため，ひとかたまりのサンゴは砂地にそっと置くだけにし，自重で定着することを期待。ばらけたものについては，1本1本砂地に挿していった。

⑤ 移動後のサンゴ
移動から半年で，無事産卵し，その後，幾度となく台風の荒波も乗り越え，ざっと数千匹の稚魚たちが住み着くサンゴの群落となっている。海中環境の良さも成功の一因だろう。

座間味ダイビング協会における阿真港路サンゴ移動について

座間味ダイビング協会　サンゴ礁保全委員会
委員長　　中村毅

1

はじめに

* 座間味ダイビング協会では、自然の美しいサンゴ礁の海を保つため、増えすぎたオニヒトデ等の駆除や海岸清掃など、積極的に環境保全に取り組んできた。
* 特に、オニヒトデの駆除については、やみくもに全海域で行うのではなく、最重要保全区域を設け、そこを徹底的にオニヒトデから守ることによって、他のポイントが食べつくされても、保全区域のサンゴが産卵することによって、自然の状態でサンゴが復活する取り組みを行っており、健全な海が保たれている。

2

水路からのサンゴの移動

なぜ？

* 阿真港の水路が、砂で埋まり、浅くなってきたため、船が航行しやすいよう、2010年12月浚渫工事を行うことになった。
* 水路には、ミドリイシの仲間を中心に枝サンゴが増えて広がっていた。そのままにしておけば、工事で潰されることになるので、少しでも救おうと、別な場所に移動させることにした。

3

研究者との連携

サンゴ研究者（琉球大学・酒井一彦氏）に相談し、採取方法や移動先を選定。

移動場所の設定

* 浚渫工事の影響を受けない、元の環境と似たような場所ということで、水路から約100m離れた広い砂地を選定。

↓

* のちに、移動したサンゴの生き残りで、重要なポイントに！

4

- 県水産部にサンゴ採捕許可の申請をするなど、事前手続きを行った（漁協との連携）。
- 座間味ダイビング協会会員のダイバーが仕事の合間にボランティアで参加し、作業にあたった。期間は、2010年11月2日～11日の10日間。
- 特に水路（航路）での作業になるため、監視船を出し、安全管理の徹底を図った。

5

採取方法

* できるだけバラバラにならないよう、大きなひとかたまりで採取するようにする。
* ミツマタなど道具も試したが、両手で抱えて慎重に揺すりながら抜く方法が、結局のところ、一番よかった。
* 種によっては、まとまって抜けるものとすぐにバラバラになるものがある。

6

運搬方法

* 採取したサンゴにストレスを与えないよう、海面から出さず、そのまま水中をゆっくり泳いで運び、移動先へ持っていくことにする。

運搬方法1：手持ち

運搬方法2：カゴ

7

運搬の工夫

* サンゴは意外と重く、100m離れた移動先まで運ぶのは予想以上の重労働。
* 浅い砂地で円滑に作業するためには、BCDや自身の肺による浮力調整など、熟達したダイビング技術が必要。
* リフトバックなど浮力のある道具を使って、試行錯誤しながら運ぶ。

8

9

10

11

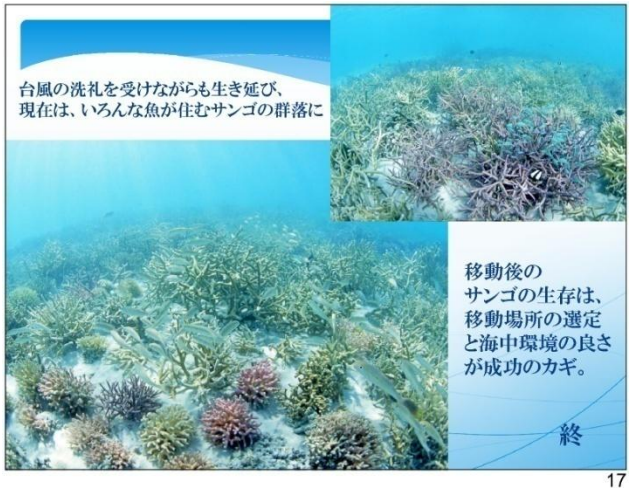
12

13

14

15

16


台風の洗礼を受けながらも生き延び、
現在は、いろんな魚が住むサンゴの群落に
移動後の
サンゴの生存は、
移動場所の選定
と海中環境の良さ
が成功のカギ。
終

17

事例報告 ⑥

不法採取されたサンゴ群体の移植

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
沖縄県サンゴ礁保全推進協議会

サンゴ礁保全の必要性は大きな社会的なコンセンサスを得ていると捉えて良いが，サンゴ礁の骨格を成す造礁サンゴ（以下サンゴ）の保護を支持する法的根拠は少ない。自然公園法は地域やそこに生息する動植物の保護を目的としており包括的にサンゴを含む，また，文化財保護法のもとに制定される各県の文化財保護条例でサンゴ群集域が県指定天然記念物として保護される場合もある。サンゴの保護については水産資源保護法の下に各県で制定される漁業調整規則がある。沖縄県漁業調整規則では，サンゴの採捕・販売・所持が禁止されている。例外的に調査研究等に採補が許可されるがこれを販売することはできない。

一方で，サンゴ礁の生き物はどれも魅力的で飼育愛好家はかなりの数に上り，サンゴの需要もまた増加している。供給されるサンゴは，海外から輸入される場合ワシントン条約による取引制限があり，通関時に養殖されたものであることを証明しなければならない。しかし，国内市場に出たものについては充分なトレーサビリティーがなく，小売り段階で密漁されたサンゴが混じっていても購買者には見分けられない。このような背景からサンゴの密猟者は市場を得ており，密漁の参入者は後を絶たない。

密漁の摘発は現行犯逮捕とされており，主務官庁である海上保安庁の長期に亘る地道な内偵調査と張り込みにより摘発される。押収されたサンゴは証拠物として鑑定・保管される必要があり，突然得られる摘発の機会に即応してこれを受け入れる体制は充分でない。また，公判が終了し判決が確定するまで保管は継続されるので，この間サンゴの健康を維持することも容易ではない。幸い，生命を維持し公判確定後に放流することができても，移植にかかる行為はボランティアに頼るほかなく，これを追跡管理することは困難である。このような状況でも，保安庁との協力で少しでも自然に戻す試みが成されるのは，サンゴ保護への啓蒙的効果と社会的良心の表れであろう。

現状では充分と言えないサンゴ保護について，どのような社会的な制度整備が必要か考えるとともに，盛んに行われるサンゴ礁保全のための移植も思わぬ所で密漁を呼び込む機運を招きかねないことも肝に銘じておく必要がありそうである。

不法採取されたサンゴ群体の移植

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
沖縄県サンゴ礁保全推進協議会
2012年12月13日
本部町産業支援センター

沖縄美ら島財団 総合研究センター　サンゴシンポジウム

1

野生生物に関する法律

（鳥獣に関する法律）

- 鳥獣保護及び狩猟の適正化に関する法律
- 特定外来生物による生態系等に係る被害の防止に関する法律
- 絶滅のおそれのある野生動植物の種の保存に関する法律
- 動物の愛護及び管理に関する法律

（サンゴの保護に関わる法律）

- 文化財保護法
- 自然公園法
- 水産資源保護法

2

造礁サンゴの密漁

沖縄県漁業調整規則（1975年4月施行、2002年3月改正）

- 第33条2　かめ類が放産した卵及び造礁さんご類（腔腸動物のうち石さんご目、ひどろさんご目、やぎ目、くださんご目をいう。）は、これを採捕してはならない。
- ３前2項の規定に違反して採捕した水産動植物又はその製品は所持し、又は販売してはならない。

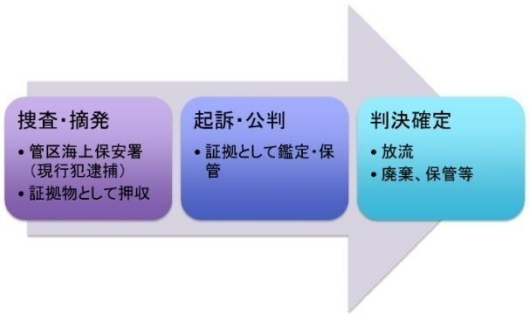
（試験研究等の適用除外）

- 第40条この規則のうち水産動植物の種類若しくは大きさ又は水産動植物の採捕の期間若しくは区域又は使用する漁具若しくは漁法についての制限又は禁止に関する規定は、試験研究、教育実習又は増養殖用の種苗（種卵を含む。）の供給（自給を含む。）（以下本条において「試験研究等」という。）のための水産動植物の採捕について知事の許可を受けた者が行う当該試験研究等については、適用しない。

- 第50条次の各号の一に該当する者は、6月以下の懲役若しくは10 万円以下の罰金に処し、又はこれを併科する。
- （1）第5条、第13条、第32条第１項、第33条から第37 条まで、第38条第１項又は第40条第6項の規定に違反した者
- ２前項の場合においては、犯人が所有し、又は所持する漁獲物、その製品、漁船又は漁具その他水産動植物の採捕の用に供される物は、没収することができる。ただし、犯人が所有していたこれらの物件の全部又は一部を没収することができないときは、その価額を追徴することができる。

3

摘発後の密漁サンゴの扱い



4

移植処分概要
（第十一管区海上保安本部）

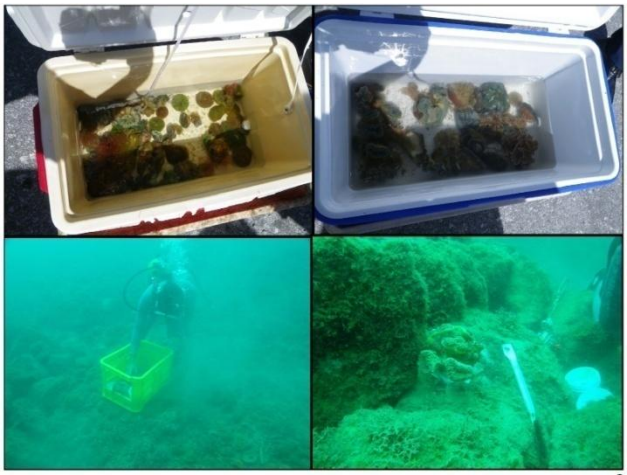
日時:平成23 年6 月1 1 日1040--1215

場所:那覇新港ふ頭地区南側護岸地先海域

実施者:沖縄県さんご礁保全推進協議会中野会長他1 名

概要:平成22 年12 月29 日那覇港内の地先海域において、造礁さんご類を違法に採捕・所持したとして男性2 名を沖縄県漁業調整規則違反で現行犯逮捕した事案において、証拠として、琉球大学熱帯生物圏研究センター瀬底研究所施設に保管依頼していた「造礁さんご類」につき、那覇地方検察庁からの嘱託を受け、刑事課職員立会のうえ沖縄県さんご礁保全推進協議会員により、那覇港内地先海域に移植処分作業を実施したもの。
なお、本移植処分作業においては、NHK及び琉球新報社の記者による取材等が行なわれた。

5



6

7

過去の密漁の事例

- 密猟されたサンゴを再び宮古の海に帰そうと平良市栽培漁業センターは、平良海上保安署が押収した密猟サンゴ90個を同市狩俣周辺の海域に移植した。（2002年）
- 2003年、当時の平良海上保安署（現宮古島海上保安署）が、サンゴ密漁容疑で6人を摘発
- １１管によると、容疑者は過去3年間でサンゴ約６５００個体、計約１２００万円相当を密漁し、東京都など関東方面の熱帯魚ショップに販売、生活費に充てていたという。押収されたサンゴは北谷漁協が移植した（嘉手納町、2005年）
- 鑑定依頼（中野分2005・2008・2010・2011年）

8

密漁サンゴの流通と対策

- 長期の内定調査と現行犯逮捕の必要から、捜査経済の負担が大きい。販売・所持の摘発もはさらに難しい。
- 大手卸業者の関与や安価な密漁サンゴの流通と購入など市場の問題も指摘されている。

国内で観賞用に流通

密漁（採捕）
- 直接採取

流通（販売）
- 買い上げ（卸業者）
- ペットショップ（海水魚）
- ネット販売

購入（所持）
- 飼育愛好家

監視の強化と協力
啓蒙普及

監視と協力
流通の適正化
啓蒙普及

啓蒙普及

期待される今後の法整備

9

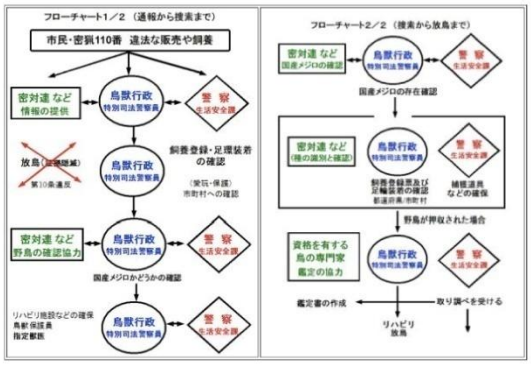
“鳥獣保護法”による野鳥保護の歴史

- 新・狩猟法制定、カスミ網による狩猟が禁止(1948)
- 愛玩飼養はメジロ、ホオジロ、ウソ、マヒワ、
- ヒバリ、ウグイス、ヤマガラに限定(1950)
- 「鳥獣ノ保護及狩猟ニ関スル法律」立法(1963)
- 愛玩飼養対象からウグイス削除メジロ、ホオジロ、ウソ、マヒワのみ(1980)
- 「飼養許可証」と足輪装着の義務付け(1989)
- カスミ網の捕獲目的所持、使用、販売が禁止(1991)
- 「全国野鳥密猟対策連絡会」発足(1992)
- 輸入鳥にも足輪の装着が義務付けられる。愛玩飼養はメジロ（1家に1羽）のみ。(2007)
- 現在、愛玩用の野鳥の捕獲を例外措置として認めている県11。5県が廃止の方向で検討。

鳥獣保護法の申請取り扱いは「自然保護課」

10

鳥獣保護法と連携した違法な販売・飼養の取り締まり



全国野鳥密漁対策連絡会ホームページより

11

一旦、自然界から離された野生生物保護の課題

- 保管管理場所がない
- 自然に帰すことの判断が難しい
  - ✓ 生息地の特定が難しい（遺伝的履歴が分からない）
  - ✓ 離す地域への撹乱の心配
  - ✓ 人の生活圏への影響

京都市下京区の京都水族館の展示プールに、鴨川から連れてきたオオサンショウウオ36匹がひしめくように展示されている。いずれも交雑種や外来種で、国の特別天然記念物に指定される日本固有種の保護調査のため捕獲したものの行き場のない「やっかいもの」たちだ。貴重な生物なので安易に殺すこともままならず、市は多額の餌代を負担しながら頭を悩ませている。（朝日新聞デジタル2012/10/28）

12

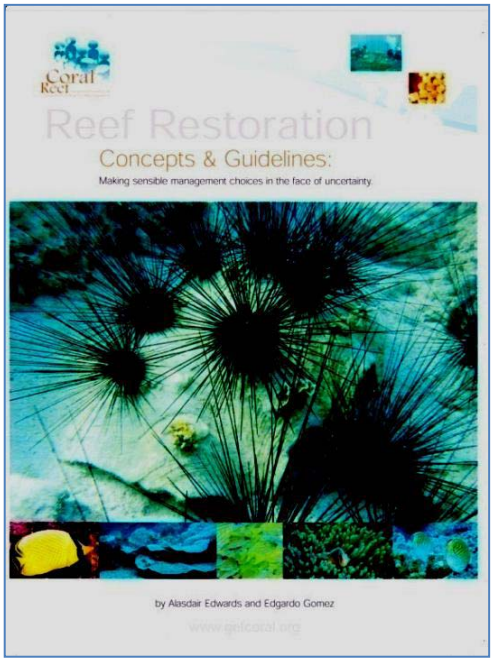
参考ＰＤＦ

●サンゴ礁保全に関するマニュアル

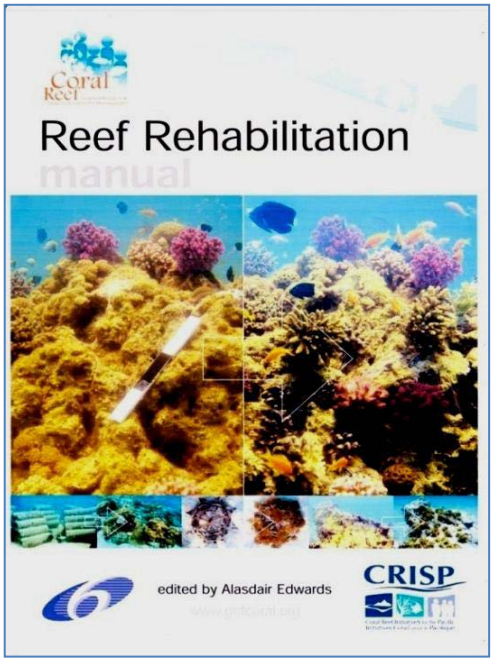
これまでサンゴ礁の保全やサンゴの移植に関するさまざまなマニュアルなどが公表されている。ダウンロードできるものもあるので，参考のため主なものを紹介する。

gefcoral.org　で検索

[PDF] Restoration and Remediation Guidelines

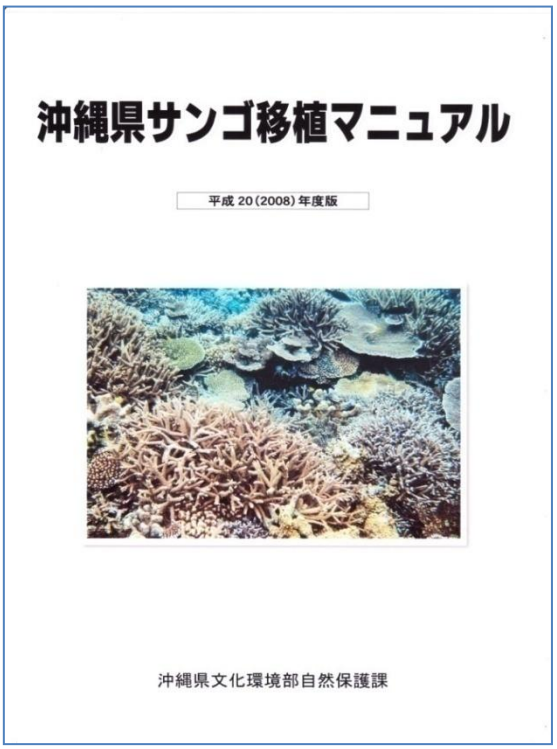


[PDF] Reef Rehabilitation manual



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



2012.12.13.

（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