

平成 27 年度（通算第 7 回）
石西礁湖自然再生協議会学術調査ワーキンググループ
議事概要

時間：平成 28 年 2 月 13 日（土）14:00～18:15

場所：国際サンゴ礁研究・モニタリングセンター

1. 開会

吉田座長代理：学術調査 WG は通算 7 回目になる。各分野の専門家に集まっていただき、話題提供を行っていただくので、活発なご議論をお願いしたい。

2. 話題提供

（1）劣化する石西礁湖北礁のミドリイシ群集

岡本 峰雄

- ・ 石西礁湖、特に北礁におけるミドリイシ群集の 1998 年の大白化以降～現在に至るまでの変化について研究を行った。
- ・ 2008～2014 年で石西礁湖の北礁で調査を行った。
- ・ 群体識別追跡では、ミドリイシが正常に育つ群体が多くないことがわかり、5 歳までの生存率は 8～9%でそのうち健康な群体は 3 割に満たなかった。
- ・ 群集構造調査では、健全なサンゴ礁の代表種であるクシハダミドリイシの劣化が著しく、2012 年では 28%あったものが、2014 年には 8%まで低下した。
- ・ 近年、水温が 30℃以上となる白化環境が、1998 年より弱い連続発生している。
- ・ 有性生殖を利用したサンゴ再生の試みは有効であるが、この手法を利用できる期間はあまり長くないと考える。早期的な対応が必要である。1998 年を大きく超える白化があれば再生はますます困難になる。

<質疑・応答>

鈴木款委員：ミドリイシの成長の違いを決めているものは何か。

岡本委員：成長の違いの解明はまだできていない。

土屋会長：1998 年以降に発生した白化の原因はどのように考えるのか。

岡本委員：北礁については、2010 年まで白化の影響はなかった。それが、2014 年以降、劣化が著しくなっている。2007 年レベルの白化環境が何度も発生していることが原因の 1 つではないかと考えている。

（2）陸域からの環境負荷とサンゴの病気の関係

鈴木 款（静岡大学創造科学技術大学院 特任教授）

- ・ 陸域から流入する環境負荷（赤土・生活排水等）に含まれる陸起源微生物（バクテリア）が石西礁湖におけるサンゴの白化・病気に関係している。
- ・ 備瀬の病気になったサンゴの表面には、絨毛虫が寄生していることがわかった。絨毛虫の中には褐虫藻が見られた。

- ・ 石西礁湖のサンゴの病気に特に関与しているバクテリアは 3 種 (*Vibrio coralliilyticus* , *Paracoccus carotinifaciens* , *Treponema lecithinolyticum*) であることがわかった。
- ・ バクテリアがサンゴの病気に関与するプロセスは、褐虫藻に強い影響を与えるものやサンゴの組織に致命的な影響を与えるものなど種によって異なる。また、バクテリアによる感染でサンゴや褐虫藻が致命的なダメージを受ける期間も種によって異なることが明らかになった。
- ・ サンゴは、捕食者（特にオニヒトデ、貝類）によってバクテリアに感染することが明らかになった。
- ・ Pink pigmentation response は病気ではなく、サンゴの身を守る免疫システムである。
- ・ サンゴに病原菌を加えた際、同時にウイルスを加えた方は病気の様子がほぼ見られなかった。

<質疑・応答>

土屋会長：オニヒトデが病原菌を運ぶ仕組みはどこまでわかっているのか。

鈴木款委員：まだ仮定の段階だが、サンゴに接触している際にオニヒトデの病原菌を含んだ粘液が体内に入っているのではないかと考えている。

土屋会長：バクテリアがサンゴの白化に影響を及ぼしている仕組みを知りたい。

鈴木款委員：バクテリアは、サンゴが傷ついたところから侵入することが多い。このため魚類等が関係している可能性がある。

土屋会長：絨毛虫が褐虫藻を食べるといった話があったが、表面だけでなく組織の中にも入るのか。

鈴木款委員：組織の中では見つかっていない。

土屋会長：では、褐虫藻を食べるメカニズムはどうなっているのか。

鈴木款委員：わからない。ただし、絨毛虫の体内にあるのは確かである。今後の検討課題である。

灘岡委員：オニヒトデの発生状態とサンゴの病気の発生状態の因果関係を示すデータはあるのか。

鈴木款委員：定性的な情報はあるものの、石西礁湖や海外において因果関係のデータはない。オニヒトデが同じような病原菌を持つことが分かった初めての知見であり、今後、定量的なデータの蓄積をする必要がある。

灘岡委員：陸域の影響を受けた水がオニヒトデへ供給されているというデータも必要である。

鈴木豪委員：オニヒトデだけでなく、棘皮動物との関連はどうなっているのか。

鈴木款委員：今は、サンゴとオニヒトデの直接的な関係がわかったところである。今後、それ以前の過程についても検討の必要がある。

(3) コーラルネット®を用いたサンゴ群集の修復について

鹿島建設(株) (技術研究所 葉山水域環境実験場 山木氏)

- ・ サンゴ群集修復について低コスト、地元参加、環境配慮の素材・方法、成功率向上を目的とし、コーラルネットを開発した。
- ・ 自然分解型コーラルネットは、①高率で着生、加工、選別が楽、②軽量のため、運搬、作業が楽、③海域への設置(移植)が安全で楽、という特徴を持ち、慶良間諸島国立公園における再生事業や台風により崩壊したサンゴ群集の再生事業では、スピード再生に成功している。
- ・ 再生が困難な港内側における耐久性コーラルネットを用いた実験では、2011年に設置後、現在では各プレートに10群体以上のサンゴがついている。とても効果的と考えられる。
- ・ 生息環境評価技術として、流れ、波及び光に着目して、サンゴの棲みやすさを評価した。

- ・ 石西礁湖事業でも試験活用されたが、海中での安定性が問題となった。現在、比重を調整して新型コーラルネットを開発している。
- ・ コーラルネットは、シンプルな方法で、環境にも優しい。また有性生殖、無性生殖いずれにも対応し、砂礫底、岩盤などでの再生が容易となっている。

<質疑・応答>

鈴木款委員：生息環境の指標の点数の割り振りはどうなっているのか。

鹿島建設(株)(山木氏)：それぞれS Iモデルで1点満点とし、基本的にはS I同士を掛けて点数を出している。

鈴木款委員：たとえば光の強さの指標の場合、どういう基準で出すのか。

鹿島建設(株)(山木氏)：過去の光とサンゴの関連の文献を全て収集し、さらに自分たちが調べた場の環境とサンゴの成長や、文献と自分たちの実験データを含めて点数づけを行っている。

(4) 微弱電場下におけるサンゴの成長促進効果 (GMC)

エム・エムブリッジ(株)(木原氏)

- ・ サンゴ再生に寄与する技術を開発することを目的として本事業を行っている。
- ・ これまでの研究成果として、微弱電流を流電陽極法で発生させ、微弱電流(電場)の効果でサンゴの初期成長を助けることや、流電陽極法の原理を応用した電着基盤の効果でサンゴ幼生の着床確率を向上させることがわかってきた。
- ・ 竹島・黒島等の浮棧橋の経験より、電場がサンゴの成長に寄与していると判断されたが、成長段階のどこに寄与しているかは不明。
- ・ これまでの実験で微弱電場での枝折り寸法数 cm のサンゴの成長と電着基盤のサンゴの着床のしやすさは実証された。
- ・ 今後の課題として、幼サンゴ着床から成長までの効果の確認の必要があり、0歳齢と1歳齢のサンゴ成長プレ実験を行う予定である。

<質疑・応答>

鈴木款委員：電場におけるポリプの成長とバランスはどうなっているのか。また、サンゴの結晶密度はどうなっているのか。

エム・エムブリッジ(株)(木原氏)：電場とポリプの成長とバランスについては、今のところわからない。骨密度については、実験を行った結果、成長速度の違いで骨密度に違いが出ることはなかった。

鈴木款委員：電場の周りにおける藻類付着の有無等、様々な検討項目がある。

エム・エムブリッジ(株)(木原氏)：石灰藻のプレ実験は行ったことがあり、電場下で少し早くなったという結果を得られた。しかし、まだ差があり今後の課題となっている。

(5) 石西礁湖自然再生事業データの整理と利活用について

環境省(齋藤、日本工営(株)(福島氏)

【環境省(齋藤自然保護官)】

- ・ 平成19年度に策定した全体構想には、自然再生の目標として長期目標と短期目標、それを達成するための展開すべき取組を掲げているが、達成期間10年の短期目標の達成時期に近づい

ており、取組みの評価と見直しに向けた検討を進めていく時期となっている。

- ・ これまで石西礁湖では自然再生にかかる様々な調査研究が行われてきたが、サンゴ礁の生態系の変遷や全体構想の展開すべき取り組み等の関係性を把握し、評価に役立てるため、それらを整理・利活用することは重要である。
- ・ 環境省では、事業実施計画に掲げた協議会の評価手法の確立を実施するため、生態系の変遷や全体構想の展開すべき取り組みごとに評価指標の設定に向けた関連データの整理と利活用に着手し始めたところ。具体的には、GIS等を使用した保有データのデータベース化や有識者のヒアリングに向けたデータの重ね合せや見える化等を行っている。
- ・ 具体的な実施内容については、日本工営から説明する。

【日本工営(株) (福島氏)】

- ・ 平成 27 年度石西礁湖自然再生事業評価手法検討業務について説明。
- ・ 本年度の業務として、他の自然再生等の評価に係る事例収集、展開すべき取組ごとの関連データのデータベース化と指標検討に向けた可視化を行っている。
- ・ 平成 27 年度業務では、優先的に実施する検討項目として、(1)攪乱要因の除去として、1)オニヒトデ等による食害及び病気への対応、2)赤土等流出防止対策、3)排水等対策、(2)良好な環境創成として、1)サンゴ礁生態系の再生、移植等、2)沿岸域の生態系の再生を行っている。

<質疑・応答>

鈴木款委員：オニヒトデの分布と病気分布を見たいが、今まで蓄積されたデータを使用できるような形にしてもらえるのか。

日本工営(株) (福島氏)：活用できるよう、データベース化する予定である

鈴木款委員：サンゴの病気の分布については見ることができるのか。

日本工営(株) (福島氏)：モニタリングサイト 1000 のデータでは、腫瘍、黒帯病(Black band Disease)、ホワイトシンドロームがその地点において、出たのか出てないのかというデータしかとられていないため、どの程度見えてくるかはわからない。病気ではないが、テルピオスについては、ランク 1、2、3 の区分で 1 カ所程度、数カ所規模単位等で分けている。

土屋会長：評価についての具体的な話題が出たのは、これが初めてである。現在のこのWGは協議会の中に位置づけられている。このため協議会全体の評価や環境省の活動の評価も必要であると考え。現在、進めている評価業務について、もう少し説明いただきたい。

環境省(齋藤)：今年度の業務では、膨大なデータからサンゴ礁生態系のデータを整理し、自然再生を開始してからのサンゴ礁生態系の変遷の把握を優先的に行っている。今後は、展開すべき取組ごとに関連するデータ整理を進め、生態系の評価と環境省事業を含む展開している取組との関係性について評価指標の設定に向けて検討していくことになる。

土屋会長：協議会の中で WG は活動している。このため、協議会は全体構想の中の目標に対して評価を行い、協議会として、WG としてそれぞれのわかりやすい検討項目の整理を行う必要がある。

環境省(齋藤)：WGで評価が可能かも含め、誰が評価を実施するか等、評価の方法についても、これから、委員同士で議論を交しながら進めていくことになる。

3. 特別講演

(1) 島嶼－サンゴ礁－外洋統合ネットワーク系動態解明に基づく石西礁湖自然再生への貢献(環境研究総合推進費プロジェクト)の最終報告について

灘岡 和夫(国立大学法人東京工業大学 教授)

- ・ 大規模白化後のサンゴ群集の回復力の低下について、その中身を把握し、因果関係を明らかにすることを目的として研究を進めている。
- ・ 石西礁湖においても、陸域からの栄養塩流入によるオニヒトデの大量発生という栄養塩仮説は各サブテーマの調査結果より成り立つ可能性がある。
- ・ 陸域負荷物質の発生やそれらの海域への広がりを推定する、陸域-海域の統合モデルの開発を行った。
- ・ また、陸域-海域の統合モデルの開発により流動場や餌環境を付加し、オニヒトデの加入・死滅過程について再現するオニヒトデ動態モデルが完成した。
- ・ これまでの研究で、いろいろなことがやられるようになってきた。今後は、例えば栄養レベルが効いている場合には、それをどの程度まで押さえたら、幼生の生残率を減らせるのか等、シナリオ分析に使える可能性があるため、今後検討していきたい。

<質疑・応答>

鈴木款委員：珪藻は窒素だけでは増えない。シリカの濃度は測定しているのか。また、陸域からのどの程度来るのか。また、キートセラスの分析方法について知りたい。

鈴木豪委員：ケイ酸は測定していない。名蔵湾では高い。キートセラスは水で分析している。

鈴木款委員：海水中のオニヒトデはデトライタスも食べている。海水中の栄養塩について、海底からのまき上がりも加味して、オニヒトデが食べている量を推定する必要がある。

灘岡委員：別の専門家の先生からも同様の助言をいただいた。今後はそれも踏まえた評価方法について検討していく。

鈴木款委員：クロロフィルとオニヒトデの関係については情報が無い。この0.25という数値もどこまで正確なのか分からない。この数値についても検討の必要がある。

土屋会長：サンゴとオニヒトデの因果関係だけではなく、全体としてのオニヒトデの生態系における影響(例えば魚類・漁業)について検討はしているのか。

灘岡委員：現状では、検討を行っていない。

土屋会長：良好と示された2つのグループについて、増減が逆のパターンを示している。1B(北礁)は2008年以降の減少している。しかし、1Aについては、その時増えている。これについてどう考えるか。

灘岡委員：成長が早いミドリイシ類の加入のレベルと、オニヒトデの食害のダメージの総体的なバランスではないかと考えている。

土屋会長：被度だけではなく、サンゴのサイズに着目した解析はされているのか。モニ1000にはないが、別調査にはサイズに関する情報があるので、うまく組み合わせた議論が今後、必要であると考えます。

灘岡委員：別調査についても統合して、議論を行いたいと思う。

鈴木款委員：オニヒトデがキートセラスを本当に食べていたか気になる。オニヒトデ幼生が食べるにはキートセラスは大きすぎると思う。

西海区水産研究所(福岡氏)：植物プランクトンは、採水したものをネットでこして計数している。

オニヒトデ幼生がキートセラスを食べているかは確認していない。現在は2μ以上で区切って全て対象で行っているため、今後確認の必要がある。

鈴木款委員：オニヒトデ幼生が何を食べるか、明確に知りたい。

西海区水産研究所(福岡氏)：メタゲノムでは、うまくいかなかったため、飼育実験等も検討して、オニヒトデ幼生が何を食べているのか確認を行いたい。

木村匡委員：このプロジェクトについて、サンゴの生育を阻害するくらいの陸域の影響がある場所をピンポイントに押さえることはできるのか。また、具体的に影響がありそうな場所はどこか。

灘岡委員：陸域負荷モデル等を活用すれば、推測できると思う。具体的に影響のありそうな場所としては、轟や宮良が挙げられる。

木村匡委員：石垣とは反対側だが、新城の北側、外洋に面したところは全然回復しない。何の影響があるのか。

藤原委員：リーフの南側は、リーフの発達が非常に大きくて、南からのうねりがそこで崩れる。このため、幼生が加入しても物理的に削られてしまっていて発達しない可能性がある。あそこで見られるのはヘラジカや、非常に強固なハナヤサイサンゴだけである。だから波浪の影響と地形の勾配が効いていると思う。

鈴木款委員：回復するためにはどういう条件が要するのか、様々のことを挙げたときに何か浮き彫りにされたかどうかがやはり全部見るべきである。

鈴木款委員：サンゴの生育・成長に関して、様々なファクターについて今わかっている範囲のことはできる。今ある情報を整理して、足りないもの整理をし、なぜ回復しないのか、どうして回復したのかという検討が進むと考える。それを灘岡先生のところで行っているが、まだ、足りないこともある。

灘岡委員：基本的なモデル体系は構築できたので、今後は、実際にモニタリングをしている人たちの意見も出していただきながら、検討を進めたい。

鈴木款委員：栄養塩環境がどの程度サンゴに影響を与えるか検討を行いたい。

灘岡委員：リーフ内の物理環境は、地形に強く依存している。今後は、地形について現場の声も聞きたい。

吉田座長代理：竹富の西側では、潮止まりの時間が変わる。どのような要因でそうなっているのかも見当がつかない。

4. その他

土屋会長：石西礁湖を再生させる上で、今後、何をすればいいのかという議論を行うことを提案する。

鈴木款委員：サンゴの病気の研究は世界でも多く研究されているが、まだまだわからないことばかりである。ぜひ、皆さんに今後ともご支援していただいて、あるいは参加していただきたい。

鹿島建設(株)(山木氏)：石西礁湖においても、地元の方が参加できるコーラルネットを用いた再生を行いたい。

土屋会長：HSIを用いてサンゴ群集を回復させるためには、どのファクターをどうコントロールということの議論はどこまで進んでいるのか。

鹿島建設(株)(山木氏)：S I の評価では、人為的なコントロールができるものは光強度しかない。

土屋会長：電場を用いた手法は、港湾以外の自然界に応用することは可能なのか。

エム・エムブリッジ(株)(木原氏)：可能だと思っているが、人為的にやるので、周りの環境が悪化すれば、多分難しいと思う。

灘岡委員：電場やコーラルネットは、今後どう活かすかということを考えるべきである。具体的な使い方の検討を行っていく必要がある。

土屋会長：今後の評価にむけ、今ある膨大なデータをどのように整理すれば、うまく評価が行えるか、皆さんのアイデアを出してほしい。

嶋倉委員：観光客を巻き込みながら一緒に自然再生について考える仕組みを考えていくことも必要である。

鷺尾委員：栄養塩の話に関連して、住民自身に排水がサンゴにどの程度影響を与えているか。自分の排水に関心を持ってもらうことが大事であると思う。

灘岡委員：排水については、下水道の質の向上や接続率も問題となってくると思う。今後は行政の役割、民間の役割等、それぞれの役割分担も踏まえて検討するべきである。

鈴木款委員：自然環境を良くするうえで、生活する際の、安全性・快適性をどうするかという問題で答えを出す必要がある。

鷺尾委員：一般の方によくわかるよう形にすることが重要。学術調査WG全体として、ここだけの議論に終わらないで、住民の方がわかるような形で発信していくことも必要。

木村委員：石西礁湖再生事業において、長期目標、短期目標というビジョンをもった、戦略的な計画が必要であると思う。

岡本委員：石西礁湖の現状は厳しい。有性生殖を使った形で短期的対応を検討すべきである。

5. 閉会

那覇自然環境事務所（所長）：閉会の挨拶

以上