

平成 28 年度（通算第 8 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 29 年 2 月 18 日（土）14：00～17：35

場所：国際サンゴ礁研究・モニタリングセンター

## 1. 開会

●照屋 和久 座長（西海区水産研究所亜熱帯研究センター）：昨年の夏に高水温によって、石西礁湖で大規模な白化が起こり、かなり大きな被害があった。今回はそれに関連する報告を 7 つ、それぞれの機関から発表していただく。

## 2. 話題提供

### （1）石西礁湖の現状について

伊藤 珠実（環境省石垣自然保護官事務所）

- ・ 35 地点で実施した、石西礁湖群集モニタリング調査の結果を紹介する。
- ・ 3 回目（11 月下旬～12 月下旬）の調査では、死亡率 70.1%、被度 12%という結果であった。
- ・ 2007 年 9 月上旬の死亡率が 16.3%であったのに対し、2016 年の 9 月下旬～10 月上旬の死亡率が 56.7%であった。
- ・ S27（北礁）、S7、S8、S13 は 2007 年同様白化の影響が小さかった。
- ・ S26、S28 では、2007 年と比べて白化の影響が大きかった。
- ・ 水温計を設置している 15 地点のうち、30℃以上の高水温への暴露時間が少なかった S22、S27（北礁）は生残がみられた。
- ・ S27（北礁）と S23 の 2 地点では 4 つの水深に水温計を入れているが、S27（北礁）は深い層に 27℃以下の冷たい水が存在する期間があったが、S23 では深い層に冷たい水がなく高水温のままであった。

< 質疑・応答 >

- 鈴木 款（静岡大学）：水温が北礁で下がっているのは混合が良いということか。
- 伊藤：外洋に面しているため外の水が入ってきて、水温が下がりやすいと考えている。
- 灘岡 和夫（東京工業大学）：1998 年の大規模白化の時は逆で、北礁がかなりやられて南はあまりやられなかった。これは黒潮水系の周辺のダイナミクスで変わっていると考えており、三次元の流動モデルを使って去年の流動と水温のダイナミクスを再現しようとしている。
- 中村 崇：最後の図で温度の変化のところに、サイクル性があるように見えたが、潮汐などの影響を考慮すれば理解できるのか。
- 伊藤：潮汐の影響と考えている。

●照屋：同じ場所のミドリイシで白化しているものと白化していないもので、群体の特徴の違いは見られたか。

●矢代 幸太郎（株式会社東京久栄）：同じところで生き残っているサンゴと死んでしまったサンゴの両方がある場合もあったが、外見上の違いは気が付かなかった。

## （２）2016年の石西礁湖大規模白化現象におけるサンゴ種別差

中村 崇（琉球大学）

・9月3日から12日に35地点で種別を実施した白化調査の結果では、11種の内10種が98%以上白化していた。唯一、コブハマサンゴだけが58%であった。

・白化指数は2007年の大規模白化以降、低い値で推移していたが、2016年に跳ね上がっており、これまでの白化に比べてひどい状況だと分かる。

・2007年9月の白化の時には塊状のサンゴ種の死亡率は小さかったが、2016年はかなり高めの死亡率であり、今までと比べると塊状のサンゴ種での被害がひどかった。

・生き残ったサンゴについても弱っているため、産卵期に次世代を作る能力がかなり落ち込む可能性がある。すぐに回復するのはなかなか難しいのではないか。

・しっかりモニタリングを実施し、回復が速やかに行われる場所がどこか、こういった条件が必要なのかを調べ、そのための環境を整備する必要がある。

<質疑・応答>

●鈴木 款：2007年と比較するときに死亡というのを同じ条件で判断しているのか。

●中村：死んだサンゴというのは間違えようがないので、判定基準のずれはないと思う。

●鈴木 豪（西海区水産研究所亜熱帯研究センター）：2007年と2016年で白化の被害エリアが違うという印象を持っているが、場所をある程度統一して比較した方が白化の影響の評価がきちんとできると思う。

●中村：今回は被害があまりにひどすぎて、地点間で比較すると、ほとんど変わらない。

●土屋 誠（琉球大学）：過去の白化の時に生き残ったものが次に白化しにくいというような経験はないか。

●中村：ミドリイシ等のグループが白化でやられたところに生き残っていた群体が、次の白化のイベントの時に生き残りやすいというのは経験的に知られている。

●土屋：県のプロジェクトで議論しているのは、生き残ったものが本当に白化に強いとすれば、その群体をうまく使って移植するなりして再生に利用できないかという事を話し合っている。石西礁湖でも今後のディスカッションのポイントになるかもしれない。

●秋田（沖縄県水産海洋技術センター）：2007年と2016年で種構成の変化はあるか。

●中村：データから見てみる限り大きな変化はない。かなりいい状態に回復してきたところで、がくんとやられたという印象である。

●灘岡：調査範囲は水深13m位までであったが、若干深いところの様子はどうだったか。

●中村：30m位のところでは、まばらにあるサンゴがほとんど白くなっている状態で、ヤギの長いなども真っ白になっていた。

### （3）2016年沖縄県周辺海域の高水温とその気象要因

#### 林 和彦（沖縄気象台）

- ・大規模白化の起こった2016年は、前年から強いエルニーニョが春先まで発生していた。
- ・春以降、高気圧に覆われることが多く、気温・海水温共に高い状態が続いた。
- ・エルニーニョの影響を受けて台風が接近せず、高い海水温を助長した。
- ・9月に台風の接近により一時的に水温が低下したが、その後は高気圧に覆われ、年末まで海水温の高い状態が続いた。
- ・同じく大規模白化の起こった1998年と比較すると、前年からのエルニーニョが春先まで続いており、高気圧に広く覆われ、気温も水温も高いということが共通していた。

#### <質疑・応答>

●鈴木款：今までは低気圧が発生すれば鉛直混合して、比較的早く高水温が解消されてきたが、2016年はかなり深いところの水温も高く、なかなかそれが解消できていない印象がある。

●林：その通りで、1998年も含めてそういう深いところまでチェックするようにしたい。また、前の質疑応答で石西礁湖内の海水温の南北勾配が違っていたという話があったので、その辺の細かいところも調べてみたい。

●灘岡：琉球列島をもう少し広い範囲で見ると、一様に高水温だったのか、石西礁湖近くで特に高かったのか。

●林：一様に高水温だった。

●灘岡：白化の程度は石西礁湖のサンゴは今回7割死亡、9割以上白化だったが、琉球列島の他のエリアと比べてどうだったのか。

●中村：与論島と沖縄島を見ているが、与論島ではほとんど白化は起きていない。沖縄島では浅いところで局所的に100%白化したりというのはあったが、死亡群体数は多くはなかった。

●鈴木豪：研究所のある浦底湾は東シナ海側に位置し水温的に低かった。石垣島の北側はオニヒトデに1回全滅させられて、稚サンゴが増えている段階だが深刻な影響は受けていない。

●竹内（竹富町ダイビング組合）：西表島の北側～西側にかけてはサンゴの70～80%は生きている状態で、いい状態を保っていると思う。

### （4）サンゴの病気と媒介生物の役割

#### 鈴木 款（静岡大学）

- ・サンゴの病気や白化はバクテリアの寄与が大きいといわれているが、海水中にはバクテリアはほとんどいない。
- ・サンゴが病気になったり、白化するメカニズムを把握するために実験を行った。

・高水温とバクテリア感染の影響を見るために 27℃、27℃+バクテリア感染、32℃、32℃+バクテリア感染の 4 つの条件で実施した実験では、実験開始時に褐虫藻密度が数 100 万細胞/cm<sup>2</sup>であったものが、8 日後には 40~60%まで低下した。それでも一番少なかった 32℃+バクテリア感染のケースでも 100 万細胞程度の褐虫藻が残っていた。

・バクテリアの種類によって、対象とするサンゴの白化を促進するものとそうでないものがあることが分かった。例えば Vibrio はミドリイシの白化を起こすがエダコモンサンゴにはほとんど影響がない。それに対し、Treponema (赤土由来、虫歯の病気) はミドリイシに対して影響が少ないが、エダコモンサンゴを白化させた。

・サンゴの表面に媒介生物が傷をつけると、病原菌の侵入が容易ではないかと考え、サンゴに意図的に傷をつけた実験を行った。実験は Vibrio や Pseudoalteromonas を用い、スギノキミドリイシを対象に、27℃、27℃+傷、32℃、32℃+傷の 4 つの条件でおこなった。

・32℃のケースでは、白化の兆しが見え、32℃+傷のケースでは、32℃のケースより白化が強く出ていた。

・白化した状態であっても、褐虫藻は 50 万細胞/cm<sup>2</sup> 以上残っていることが分かった。しかも、健全な褐虫藻だけでなく、縮まったものや透明なものも残っていることが確認された。健全な褐虫藻のクレードは同一であり、高水温に耐性のあるものが選択されて残っていくと推測される。

< 質疑・応答 >

●中村：媒介生物というのは通常いるものと急激に増えるものがあると思うが、それが結果白化被害を起こしてしまうには条件が揃わないといけないと思う。どういう条件で増えるとお考えか。

●鈴木款：高水温と連動していると考えている。

●中村：さまざまなバクテリアの相が出ていたという事だが、嫌気状態でしか増えないとか、特定の条件でしか増えないというものはあるのか。

●鈴木款：還元バクテリア、硫黄バクテリアが結構見ついている。

●中村：石西礁湖内では最近浚渫工事をやっており、そういったところで調べることは可能か。ぜひ進めていただきたい。

●灘岡：一見死んだように見えても、共生藻がいっぱい残っていて、復活するものもあるかもしれないという事か。

●鈴木款：そう思っているが、どういう風にサンゴが復活するのかというのは分かっていない。

## (5) 重要漁場となる枝状ミドリイシの産卵礁の造成

鈴木 豪 (西海区水産研究所)

・水産上有用な枝状ミドリイシに注目して再生方法を検討した。ミドリイシは水深に応じて種や群体形が変化し、魚類の漁場や稚魚育成場となる。

・ミドリイシの幼生の加入をみると、礁斜面は 1000~10000 個体のオーダーで推移しているが、石西礁湖内は 100 個体未満となっている。幼生加入量が約 100 分の 1 と少ないことがわかる。

・人工的に天然を上回る大量の幼生を持続的に供給できないか、というコンセプトで、産卵の核となる群集を造成し、幼生の分散を防ぎ、礁池内や内湾域において幼生供給を高めるための検討を行っている。

・海上で幼生を収集できる装置を開発した。この中でうまく卵が留まり、受精して幼生となれば、外洋に分散せずに着生するというものである。陸上の施設などが必要なく、誰でも何処でもできる。目合が重要で30ミクロンが良い。生残率は90%以上である。1基あたり300万個体くらい生産できることを実証済みである。

・コンクリート礁に放流したところ、着生はしたが、1年後にはほとんど生き残らなかったため、格子状の人工着生基盤を開発したところ、枝状のサンゴがたくさん生えてくる理想の状態を作ることができた。5年後には人工の枝状サンゴ群集となった。

・石西礁湖全体でサンゴを回復させるために、どの程度の幼生供給基地が必要か試算してみた。枝状ミドリイシを約500ha回復させたければ、石西礁湖内に1000㎡の産卵礁を造成すれば良い計算となる。

・格子状基盤は少なくとも1年間は白化に強い状態で維持できる。光に対しても、遮光ネットを被せることで対策できる。白化がきそうなときに深い所に移動させることもできる。かさ上げしてあるためオニヒトデも防げる。

#### <質疑・応答>

●灘岡：1000㎡つまり0.1haの基地を造成すれば5000倍の500haを回復できるということか。回復させたい約500haは全滅しているわけではなく、1%でも自然のサンゴが5haある。ここで言っている0.1haよりはるかに多いのに回復していない状況がある。

●鈴木豪：産卵礁は産卵に特化するものを人工的に作り、同じ種類の受精可能なサンゴを極端に密集させるため、はるかに効率が良いと考えている。

●灘岡：1000㎡というのは、実際に着生して生き残ったもののことを言っているのか。一方で、採卵して50~100万個体と書いてあるが、それがすべて着生成功という事で良いのか。

●鈴木豪：ここはもう一歩技術開発が必要だが、現在でも40~50%着生することができる。100万個体の内の1%しか着生しないというようなことではない。

●灘岡：結局広い範囲に回復させようと思ったら、どうやってそこにもって行くかという話になる。その効率はそんなに期待できるか。

●鈴木豪：幼生の放流の方法を工夫していくのはより効率化を進めるうえで必要なことだと思う。

●鈴木款：格子状の人工着生基盤で白化を免れた理由は何か。

●鈴木豪：原因を突き止める実験はしていないが、格子構造で影がたくさんできるので光の影響を受けにくく生残率が上がると思う。

●鈴木款：0.1haやるのにコストはどれくらいかかるのか。

●鈴木豪：今コストをなるべく下げようといういろいろ努力している。今後の方向性として、一番重

要な漁業者が中心となって進めることを模索している。

#### (6) コーラルネット®を用いたサンゴ群集の再生について

山木 克則 (鹿島建設株式会社)

・コーラルネットは格子状の基盤である。この基盤の裏側に石灰藻が着生し、これにサンゴの幼生が誘引される。室内実験では95%以上のサンゴが石灰藻に付着した。また、細粒分が堆積しにくく、流れを通しやすく、サンゴの白化を防げ、食害も受けにくい基盤である。

・慶良間では、自然分解性のネット、那覇港では、少し頑丈なステンレスタイプを用いている。周辺で白化が起きている場所があったが、このネットの部分では白化は起きなかった。

・2010年から自然分解性のコーラルネットを用い、自然に幼生を着生させて、それを移植するという方法を行っている。こちらは産卵を確認している。

・2013年からは海底に落ちている枝状のサンゴを拾ってきて、インシュロックで止め、再生させるということをやっている。非常に効率が良く、3年くらいで成長することが分かっている。

・台風でバラバラになった場所でコーラルネットを被せ再生させることができた。面積的に非常に小さいので、もう少し中規模な試験を今後実施していきたい。

・水産土木技術センターでは陸上施設で有性生殖により着底させたものを半年後に海底に入れている。ノーメンテナンスだが、ウスエダミドリイシが生育して群体となっている。

・那覇港内はブロック状にシバクサ性の藻類が繁茂しており、そこに細粒分が流れ出してきて付着しており、この辺りが、サンゴが付いていない原因だと思う。ステンレス製のコーラルネットを高さ10cm程かさ上げしたものを置いており、1平方メートル当たり20~40群体付いている。

・コーラルネットを用いた方法は、シンプルな方法であるということで、ダイビング協会の方と一緒に、モニタリングや設置の活動をしている。

#### < 質疑・応答 >

●中村：インシュロックも自然分解性の素材で作ったりできるのか。

●山木：市販の自然分解性のインシュロックがあり、今年度からそれを使う予定である。

●鈴木款：サンゴはストレスがかかると栄養塩を出すので、ネットの表面に藻類が繁殖しないか。

●山木：藻類は生えてくる。いろいろ実験をやって網目の寸法を検討し、20mmより狭いと藻類の繁殖基盤として優勢になることが分かっている。この検討により20mmを採用している。

●灘岡：台風などで枝状のサンゴがボキボキ折れて死んでいる。そのときに、ネットで覆ってある程度固定すると付きやすくなる効果があると思うが。

●山木：2012年の時に慶良間諸島の内湾で台風の接近により枝状のサンゴが折れてしまったが、このネットを掛ける実験をすると、3ヶ月でサンゴがネットに活着しながら掛けたところだけ生育できたという試験結果がある。ネットを置くだけであれば特別採捕に関する手続きはいらないので手軽である。

## (7) 石西礁湖自然再生事業データの整理と利活用について

### 中野 圭一（環境省那覇自然環境事務所次長）

- ・昨年度より、土屋委員はじめとする有識者の知見、助言をいただきながら、今まで行われてきた調査データの解析、可視化を進めている。
- ・環境省としてはこの成果を石西礁湖自然再生全体構想にある短期目標の評価に活用していきたい。

### 石森 博雄（いであ株式会社）

- ・今回から、礁斜面、礁池、礁湖内縁、礁湖、水路と地形ごとに分けて考えることを取り入れた。
- ・モニタリングサイト 1000 のデータの経年変化では、1980 年代に大量発生したオニヒトデの食害の影響を受けて南・北礁、1998 年の白化で北礁・新城島周辺、2007 年の白化で南礁や新城島・黒島周辺でそれぞれ被度の低下が見られた。
- ・群集モニタリング調査による経年変化の結果では、北側のヨナラ水道や北礁でミドリイシが優先し、サンゴ被度が高い状況であったのが、2011 年に同じ場所でオニヒトデ個体数が増えてサンゴの被度が低下した傾向が見られる。
- ・モーリシャスや沖縄県 104 海域での調査でサンゴの被度と水質の関係が比較されている。サンゴ被度 50%以上に必要な水質と石西礁湖の水質モニタリング結果を比較した。
- ・石西礁湖の水質モニタリング結果はサンゴ被度 50%以上に必要な水質を超過しているものが散見されたため、水質汚染対策を強化するために重点海域における水質モニタリングを進めて行くことが必要である。
- ・(1) 攪乱要因の除去 7) について海浜清掃活動の実績を一覧に整理した。
- ・(5) 調査研究・モニタリングの実施状況として、日本サンゴ礁学会誌及び阿嘉島臨海研究所より発行されている機関誌「みどりいし」に掲載されている 10 年間に行われた調査について一覧に整理した。
- ・社会的な項目は他の項目も整理を進めているが、いつどこでどういったことをやったかということ年表にしていく、あるいは地図上に落とし、どういった場所で盛んに活動がされているのかを可視化していこうと考えている。

### <質疑・応答>

- 灘岡：石西礁湖は重点海域だが、協議会の取り組むべき対象はその周辺海域も含むと宣言している。なぜ 10 年目の大事な評価の対象が重点区域だけで、周辺関連区域が含まれていないのか。
- 土屋：とりあえず重要なところをやってみようということで、周辺海域はこれからだと考えてほしい。
- 灘岡：社会的観点の話は今日の説明では一部だったが、これから他をやられるという理解でよいか。いろいろな主体がいろいろな取り組みをされていて、それをキッチリ評価するということは非常に重要である。評価、吸い上げ、とりまとめのプロセスはどうなっているのか。
- 中野：取り組みを整理しているところである。どのような取り組みをしたかについて今後各協

議会の委員からお聞きして吸い上げていき、評価していきたい。

●灘岡：短期目標のサンゴ礁生態系の回復の兆しがみられたのかという所はどういう物差しで評価される予定なのか。個人的には去年の白化前までのものを対象にするべきだと思うが、そこで回復の兆しが見られたと言えるのか。もし仮に見られたとしたら、協議会のどういう活動がそれに結び付いたのかといった評価が本当はされるべきである。そこが議論できるようなデータが出てくると多面的、包括的な評価がしやすいと思う。

●中野：構成員の皆様には評価をお願いするにあたって、どういう状況であったという客観的なものを分かりやすく可視化してご説明すべきだと思います、やっているところである。評価の物差しについては私の考えだが、来年度の協議会の評価のところで、皆さんの総意を作っていくことになると思う。

●灘岡：包括的に、客観的にというのは絶対しなければいけないことである。いろいろな主体が大変努力されているわけなので、包括的に全部洗いださなければならないし、うまくまとめないといけない。これが出来ないとならば協議会の活動としては発展的に進展してアピールできない。

●土屋：昨年、短期目標のゴールが近付いているので今までの活動をしっかり見直して反省すべきことは反省し良かったところは良かったということで今後に生かそうという話をした。夏に事件が起きてしまったので、明日の協議会も白化中心の話題となるが、評価は間違いなくしなくては行けないので、次の協議会は次年度なるべく早く開催しようということをお話している。

●鈴木款：協議会では人為的影響という外的要因、攪乱要因を減らそうと言っており、それを減らすことによって何か少し改善したのかを評価しなければいけない。また、科学的な成果としていろいろなことが分かってきたということをきちんと評価してほしい。

●灘岡：陸域からの負荷は絶対にやらなければいけない。レジリエンスの低下には直接間接に絶対に効いているということがある。

### 3. その他

●伊藤：明日の協議会では多くの話題を提供いただいて意見交換を行う予定としている。

### 4. 閉会

●西村 学（環境省那覇自然環境事務所長）：来年平成 29 年度が全体構想の 10 年、短期目標の評価の時期にあたる。その前年に白化という大きなイベントが起きた。その白化に対する対応をこの協議会でどのように行うかということをお話しして、しっかりと評価、見直しが必要だと思っている。その点については明日の全体協議会で議論させてもらい、来年度の評価と見直しの作業を事務局としてしっかりと進めたい。すべてを網羅的にやるというのは難しいと思うが、陸域の環境負荷についてはしっかりとやっていかなければならないと思う。サンゴの自然再生事業は地域全体でサンゴの生態系を保全していくという視点が重要だと思っており、委員の各人がしっかりと取り組みを考えられるような体制と作業を進めたい。