

#### IV-8. 検討委員会の主な指摘事項と対応



表-IV.8.1 令和2年度 第1回検討委員会の主な指摘事項と対応 (1/3)

主な意見等	意見等に対する対応
<b>1. 実証スケジュールの確認について</b>	
・特に意見なし。	
<b>2-①. サンゴ幼生供給規模拡大技術の開発・実証について</b>	
<p>1</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・断続移動式放流ならば「100 個体/㎡」の幼生着底が達成できそうで期待している。そのうえで、環境省では水産庁事業で開発した幼生放流技術を採用して石西礁湖でサンゴ再生事業を進める予定であるが、成長途中で間引いたサンゴを周辺基盤に移植することを考えている。その方が、効率性が高いと思われ、参考にして欲しい。</li> <li>・環境省事業では、4-5 年後に「3 群体/㎡」生残を目指しており、恩納村でも「2.8 群体/㎡」程度の密度で移植している。そう考えると、本事業で目指す「100 個体/㎡」の幼生着底密度は高すぎるのではないかと？</li> </ul>	<p>○環境省の「石西礁湖自然再生事業環境省事業実施計画（2020 年 3 月変更）」をみると、サンゴ群集修復事業においてはまだ目標を達成できている状況ではないため、今後の事業進捗とその成果を参考にしながら、本調査事業を進めていきたい。</p> <p>○事業開始時に設定した「100 個体/㎡」というのは、幼生着底密度であり、5 年後に親サンゴとして残るのは「6 群体/㎡」と想定している。幼生着底密度と移植密度とは考え方が異なる。</p>
<p>2</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・幼生供給基地を作って再生産を高め、指数関数的に再生産を増やしていくという考え方が土台にあったと考えている。事業全体のフレームワークを示したうえで、何のための実証技術かを意識してほしい。</li> </ul>	<p>○ご指摘を踏まえ、事業全体をフレームワークとして整理した。</p>
<p>3</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・実証結果の着底密度から天然加入の影響を除外する方法については、より精査しなくてはならないだろうが、本年の結果では放流した幼生数が少なく、更なる解析は難しいかもしれない。着底サンゴが天然由来か放流由来か判断できれば良い。</li> <li>・装置内の DO が低下した原因は高波浪だけではなさそうだが、幼生数と密度、DO の関係から計算による予測が可能になればより良い。</li> </ul>	<p>○DNA 分析結果からウエダミドリイシ割合を求め、天然由来か放流由来かの割合から、放流由来の着底率を推測した結果を報告する。対照点の着底コンタ図から値を除外する方法と誤差がみられたため、今後、産卵時期が同じミドリイシ属の親サンゴが実証海域に存在する場合、DNA 分析結果を行い、天然由来を除外して放流個体の着底量を評価することとしたい。</p> <p>○顕著な DO の低下は、風浪による浮遊幼生の装置側面への付着、大量へい死によるバクテリア増殖によるものと考えおり、今後、風浪低減対策を行う。装置内密度と DO との関係については、データが少なく現時点では具体的な関係式を提示できないが、これまでの幼生収集放流時の DO 観測結果から現在の直径 1.7m の装置の大きさであれば 1,000 万程度で低酸素傾向になると考えられる。このことから、装置の大型化（φ1.7m→φ2.2m）の開発に取り組む。</p>
<p>4</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・連続移動式の実証では計画と実際に放流量が大きく異なる。徐々に変化する装置内の幼生密度は計算の際に考慮しているか。</li> <li>・ホースを通過するバンドル数の計測については、現状の 1 分間隔の写真では難しいだろう。より短い間隔で撮影し、専用ソフトを使って計測してはどうか。</li> </ul>	<p>○密度も考慮して計画値を計算している。なお、10 月及び 12 月に現地実証し（幼生放流はなし）、その結果、曳航時の装置上面からのあふれ出しが幼生放流量が異なる要因である可能性が高いと考えられた。従って、あふれ出し防止対策を図ったうえで、放流流量(流速)を観測し、適切な放流量の計算方法を見直すこととしたい。</p> <p>○撮影された動画のバンドルの量や動きから専用ソフトで計測できないと確認された。このため、1 分間隔の写真の解析結果よりバンドル発生量の時間推移とピークを整理。</p>
<p>5</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・装置内の貧酸素による幼生の斃死は事業に大きな影響を与える。収集可能な幼生数の目安はあるのか？また、斃死を防ぐ改善方法はあるのか？</li> </ul>	<p>○これまでの検証結果と経験則から現装置では 1000 万程度まで幼生を収集可能と考える。改善方法は装置の大型化と装置に収集する幼生数（親サンゴ数）の調整が有効と考えている。</p>
<b>2-②. サンゴ幼生着床・育成基盤の開発と実証について</b>	
・特に意見なし。	

表-IV.8.2 令和3年度 第1回検討委員会の主な指摘事項と対応 (2/3)

	主な意見等	意見等に対する対応
<b>2-③. 面的拡散シミュレーションについて</b>		
1	<ul style="list-style-type: none"> <li>ここでもフレームワークにおける位置づけを意識して欲しい。</li> <li>直接放流の可能性検証においては、前項で「100 個体/m<sup>2</sup>」以上の天然加入が確認されたのならば、天然サンゴ分布からどの程度の親サンゴが必要かシミュレーションできるのではないか？</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○シミュレーションの位置づけをわかるようにフレームワークを作成した。</li> <li>○ご指摘を踏まえ整理した結果、親サンゴ群体の分布する数キロ四方の範囲が幼生供給に必要と推察された。</li> </ul>
2	<ul style="list-style-type: none"> <li>沖ノ鳥島モデルについては礁内の鉛直方向が1層しかないことになる。2007年のADCPデータがあるので1層で良いかを確認して欲しい。</li> <li>計算モデルについて、礁内の実測条件を300km×300kmの計算範囲全体で使っているとのことだが、その妥当性についてNCEPの再解析の気象データも使って大きな差がないことを確認いただきたい。</li> <li>波の計算について、ネスティングしていないとの説明があったが、その妥当性を検証いただきたい。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○2007年のADCPデータから、礁内の流速が鉛直方向に概ね一様であることを確認した。</li> <li>○ERA5の風向・風速・波浪データを新たに入力することとした。</li> <li>○波浪の計算範囲を広め（流動モデルの100m格子領域）に設定しているので問題ないとする。</li> </ul>
3	<ul style="list-style-type: none"> <li>普通の海域では風の影響が大きいことが多く、風速の約2%が流速になり、平均5mぐらい風が吹けば、10cm/sになる。特にサンゴ幼生は表層を漂うので、風の影響にはしっかり反映していただきたい。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○観測期間のうち、風が強い時期を再現対象期間の一つとした。</li> </ul>
4	<ul style="list-style-type: none"> <li>JCOPEデータは潮汐が除去されているが、潮汐の影響はシミュレーションで反映されていると思う。サンゴの産卵する初夏前後は朔望期のため潮汐流が効いてくることもあり、計算の際は留意してほしい。</li> <li>サンゴへの気候変動の影響が心配されているが、将来的には気候変動の影響（水温・水位等）も考慮すべきだろう。JAMSTECが公開しているモデルがあるので今回の計算の後で構わないので検討してほしい。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○モデルにはJCOPEと潮汐を入力している。観測結果との比較により、礁内の流れの外力は、波浪や風、海流の影響が比較的強く、潮汐流の影響は小さいと考えられる。</li> <li>○長期的な課題として、参考にさせていただく。</li> </ul>
<b>2-④. 海域特性の把握による面的保全・回復海域の選定について</b>		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>特に意見なし。</li> </ul>	
<b>3-①. サンゴ被度計測技術の高度化について</b>		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>特に意見なし。</li> </ul>	
<b>3-②. サンゴ幼生着床・育成基盤の費用対効果分析について</b>		
1	<ul style="list-style-type: none"> <li>資料にあるような木材・石材付き増殖礁ではサンゴの外敵生物を呼び込む可能性もあり、基質だけのタイプも検討して欲しい。また、事業化されれば190基の基盤を想定されており、基盤の設置確度等の条件を変えた複数種の基盤でデータを集めると良い。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○プロジェクトの整備内容については様々な指摘があるが、本検討においては、既存の資料から費用対効果を算定できるような事業内容を参照して設定したものであり、実際の事業内容を検討するものではない。効果の算定項目ごとの検証は、水産基盤整備事業費用対効果分析のガイドラインに反映していく性格のものであり、本委員会で議論している大規模な有性生殖による増殖技術とは、少し分野が異なることから、個別の報告事項として、第2回委員会では取り扱わないこととした。</li> </ul>
2	<ul style="list-style-type: none"> <li>試算される費用対効果は幼生供給基地そのものを設置した効果と捉えて良いか？</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○参考にさせていただく。</li> </ul>
3	<ul style="list-style-type: none"> <li>過去に環境省が同様の費用対効果を実施しており、それによると水産部分の便益は106億円程度で、観光業では2千億超であった。沖縄の漁業資源が昔に比べ1/5程度となった状態で試算しているので過小評価かもしれないが参考情報としてほしい。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○参考にさせていただく。</li> </ul>

表-IV. 8. 3 令和2年度 第1回検討委員会の主な指摘事項と対応 (3/3)

	主な意見等	意見等に対する対応
<b>4-①. リスキニング手法の開発について</b>		
1	・リスキニング技術を開発したフロリダのモート海洋研究所ではリスキニングした断片が融合して産卵したという情報を得た(詳細の数値等は不明)。従来の断片移植だとコンクリート基盤を覆うのに数十年かかるものをかなり短期間で可能となり、遮蔽物があることで底質近くのサンゴが荒天時に守られることに役立つ技術だと考える。	○今後の参考とさせていただく。
2	・付着物の有無はどのように評価しているのか? ・モニタリング結果の死亡や生残の要因は分析されているか?	○ミリ単位の付着生物を物理的な阻害要因と考え、その有無を評価した。 ○生残と死亡の要因分析はできていない。昨年、死亡した群体の生長は確認したが、少し成長して死亡していたが、要因分析はできていない。今後の分析では検討していく。
3	・オオハマサンゴは死滅が多かったが、ポリプが長く切断時にポリプの基部が切れていた可能性がある。オオハマサンゴがリスキニングに適しているか確認するためにも注意して欲しい。 ・リスキニングにおける効率、例えば使用したドナー量に対する被覆面積や、作業にかかるコスト等について計算してみたい。	○オオハマサンゴをリスキニングする際の留意点として、ポリプの基部の取り扱いについて注意していきたい。 ○使用したドナー量に対する被覆面積について整理した。
<b>4-②. 高温耐性を持つサンゴ種苗生産技術について</b>		
1	・暴露試験の水温 31.5℃というのはどう設定したのか?	○サンゴの白化指標 DHW (温度と期間で決まる) では 4 以上で白化、8 以上で斃死を伴う深刻な白化が生じる可能性があるとされている。31.5℃で 1 か月暴露すると DHW10 を超えるため判断のひとつとしている。また、これまでの経験から 31℃だと多くの稚サンゴが生残し、32℃だとすぐに死んでしまう。そのため、31.5℃に設定している。
<b>5. 沖ノ鳥島調査結果の報告について</b>		
1	・ミドリイシの生息状況は惨憺たる状況だが、去来年度以降は、種苗生産した高温耐性サンゴを用いて、沖ノ鳥島のミドリイシを復活させる方向になるのか? そうすると、沖ノ鳥島のベースラインとして来年度の状況を新規加入も含めて確認してほしい。	○2023 年度以降の実証実験で高温耐性サンゴを用いる計画である。継続調査の定点調査、新規加入調査を今後も実施するとともに、実証実験範囲においてベースラインとなる事前調査を実施していく。
<b>6. 全体を通じて</b>		
1	・全体のフレームワークを整理して実証しなければ実証内容が迷走する原因となる。開発している技術がどの段階を想定してしる物かを意識した実証・検証を行わなければならない。	○事業年数を経て実証を重ね、事業開始時と状況が変わってきた部分もある。これまでの成果を踏まえて、全体のフレームワークを資料に整理した上で、個別項目(資料)ごとに目的・位置づけを記載。

表-IV.8.4 令和3年度 第2回検討委員会の主な指摘事項と対応 (1/3)

	主な意見等	意見等に対する対応
	<b>1. 実証事業の全体構成の確認について</b>	
	<p>・サンゴ産卵ファームの規模(基盤の規模、幼生放流規模)をどの程度に設定するのかに留意する必要があると考える。</p> <p>・幼生供給基地の面積は基盤自体の総面積なのか。</p>	<p>○サンゴ産卵ファームの規模は最終的に周辺サンゴを10ha回復できる規模に設定する。そのためにはシミュレーションによって逆算する必要があるため、沖ノ鳥島のシミュレーションモデルを一定程度構築した後でサンゴ産卵ファームの規模を決めることになる。</p> <p>○その通りである。</p>
	<b>2-①. サンゴ幼生供給規模拡大技術の開発・実証について</b>	
1	<p>・幼生の沈降速度について室内実験を次年度実施することだが、資3-1-17を見るとD1とD2、D3とD4で実証結果における沈降速度が異なる。この違いの要因がある程度分かっておかないと、室内試験をしても結果が十分に活かさないのではないか。</p>	<p>○収集装置2基を同時に運用しているので、潮汐等の条件の違いはないはずだが、装置内部の幼生の活性や幼生密度による差が出たのではないかと考えている。条件を変えて複数パターンでの室内実験を実施して、沈降速度の範囲を把握する計画。</p>
2	<p>・流速や水温等のパラメータに影響されるだろうが、着床具の幼生補足率を把握すればシミュレーションにも有益だろう。</p>	<p>○検討する。</p>
3	<p>・室内実験について、幼生を入れた容器の内部も撮影した方が良いと考える。幼生を入れる容器は奥行きが短い長方形のものを使えば歪みなく幼生が撮影しやすいだろう。もしくは円筒形であっても撮影しやすいようスリットを入れておく等の工夫ができる。</p> <p>・沈降速度試験についてはシミュレーションモデルにも大きく影響しそうなので重要だと考える。幼生は自律的に遊泳して沈降するのか。</p>	<p>○装置(容器)を出た幼生の撮影を考えているが、装置内の撮影についても検討する。装置から出た幼生を撮影できるよう、板を入れて幼生を見やすくする等の工夫を検討する。</p> <p>○幼生の遊泳能力は大きく影響するが、個体差もあると考える。ある程度の幅を持った沈降速度の結果が得られると想定している。</p>
4	<p>・連続移動式放流の際に水の抵抗を少なくする案として、フロートの形状を船首のようにして工夫することが出来るのではないか。</p>	<p>○検討する。</p>
	<b>2-②. サンゴ幼生着床・育成基盤の開発・実証について</b>	
	<p>・海藻の基盤等はメンテ必須と考えられているが、今回の結果を見ているとメンテナンス不要に見える。これはどのような要因が考えられるか?今後漁業者が活用することも考えてメンテナンス面にも留意してモニタリングを実施し、知見を集めていただきたい。</p>	<p>○年数が浅いこともあり、メンテが要らないとまで断言できないが、多年生で形状が安定しているサンゴの特性もあるのだと考える。メンテの必要性に関しても今後注視したい。</p>

表-IV.8.5 令和3年度 第2回検討委員会の主な指摘事項と対応 (2/3)

	主な意見等	意見等に対する対応
<b>2-③. 面的拡散シミュレーションについて</b>		
1	<ul style="list-style-type: none"> <li>・沖ノ鳥島でのシミュレーションでは2015年に大量のサンゴ幼生が礁内に到達したとの結果が示されているが、それを示唆するような状況は現地で確認されているか。到達海域がサンゴ生残の適地でなければ、死んだ稚サンゴが確認できる可能性もある。</li> <li>・再現結果について、概ね再現できているとの判断のようだが、P19の5/23-24やP21の5/29-30は再現できていないように見える。原因を説明できるか。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○シミュレーションで示された礁内南東部はサンゴ被度が高いエリアではない。実際にサンゴ被度が高いのは礁内中央部であるため、被度だけ見ればシミュレーション結果を示すような状況は確認できない。念のため2015年の新規加入のモニタリング結果を確認する。</li> <li>○波を入れずに計算するとほぼ一致するので、波の条件を見直すことで改善の余地があると考える。</li> </ul>
2	<ul style="list-style-type: none"> <li>・石垣島での幼生放流実証の再現性について、沈降速度より流速の影響の方が大きいと考えられるので、シールズ数や摩擦係数といった何らかの係数で着底を表現していると思うが、これらの係数をうまく調整して実証結果に近づけて欲しい。また、着床具の補足率は現状モデルに入っていないが、実証試験ではこれが効いていると考える。</li> <li>・地形の再現が結果に大きく影響しているのか。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○検討する。</li> <li>○地形の再現性は十分でないと考える。それ以外に沈降速度や幼生の自律移動に改良の余地があり、検討する。</li> </ul>
3	<ul style="list-style-type: none"> <li>・沖縄海域モデルについて、4日齢でどれほどが海域内に残っているのか。</li> <li>・何か条件を少し変えるだけで結果が大きく変わると思われるので、感度分析が必要と感じる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○90数%が域外に無効分散している。</li> <li>○検討する。</li> </ul>
4	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ソースとシンクが把握しづらく混乱してしまうので、そのあたりをしっかりと記載して欲しい。</li> </ul>	○了解した。
<b>2-④. 海域特性の把握による面的保全・回復海域の選定について</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>・特に意見なし。</li> </ul>		
<b>3-①. サンゴ被度計測技術の高度化について</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>・サンゴと非サンゴの2分類の精度が約8割というのは高いとは言えない。以下の3点に留意してAIモデルの見直しも視野に入れて再検討してはどうか。</li> <li>①AIモデルの妥当性 ②教師データの妥当性 ③他分野の事例・文献の参照</li> </ul>		

表-IV.8.6 令和3年度 第2回検討委員会の主な指摘事項と対応 (3/3)

	主な意見等	意見等に対する対応
<b>4-①. リスキニング手法の開発について</b>		
1	・垂直面の方が水平面よりも成長が早い理由や想定される原因は何か。	○明確には分からないが、堆積物が基盤上にないことが考えられる。 水平面は光が強過ぎて強光阻害が起こっている可能性もある（委員意見）。
2	・どのくらいの面積を覆うのに、どのくらいのドナーが必要かを整理して欲しい。大量のドナーが必要と思われるので、ドミノ移植も組み込んで検討すると良いと考える。 ・着床育成基盤に対して必要なドナー量も試算して欲しい。	○了解した。モニタリング結果を元に整理したい。  ○了解した。
3	・水平方向は生残率が高く、成長率は垂直の方がよい。生残率と成長率に相関関係があると思ったが、ここでは真逆の結果になっている。考察してほしい。	○了解した。
<b>4-②. 高温耐性を持つサンゴ種苗生産技術について</b>		
1	・高温暴露することによって、高温耐性を持ち元から強い群体が残ったのか、または高温暴露によってスイッチが入り遺伝子の表現型が変わったのかということか。	○両方の可能性が考えられると思うが、そこまでは分からない。今回は、あくまでも、2018年の高温耐性暴露試験で生き残ったものと死んだもので、特異的な遺伝子配列の違いが見つかったということ。今後、データの信頼性を上げていくことが重要と考える。
2	・高温耐性の親のペアの組み合わせから、次世代で高温耐性をもつ子が得られるのかを検証していくと証拠として強くなる。	○令和4年度に実施する計画である。
<b>5. 実証事業6年目以降のスケジュールについて</b>		
1	・沖ノ鳥島での実証が具体化してきたことを嬉しく思う。良い成果が得られるよう頑張ってもらいたい。	○了解した。