

I-3 サンゴ増殖計画

I-3-1 基本的な考え方

サンゴ増殖を計画する場合は、予定海域の自然環境の特性を理解するとともに、対象とするサンゴの生態的特徴を十分に踏まえて、事業計画・設計を行う必要がある。また、一度に大規模なサンゴ群集を造成するのではなく、小規模な造成から始め、サンゴの成長をモニタリングしながら、順応的に規模を広げて行くことが望ましい。

【解説】

サンゴは、環境変動に敏感な生物である。サンゴの増殖にあたっては、対象海域の環境特性を知り、対象とするサンゴの生態的特徴を十分に踏まえ、サンゴ群集の形成阻害要因を特定した上で、その要因を除去あるいは緩和する必要がある。また、対策後は原則として、サンゴの成育をモニタリングしながら、その結果に応じて増殖手法や管理のあり方を修正する柔軟かつ迅速な対応が必要である。このような考え方は「順応的管理手法（アダプティブマネージメント）」と呼ばれ、各種公共事業で取り入れられている。

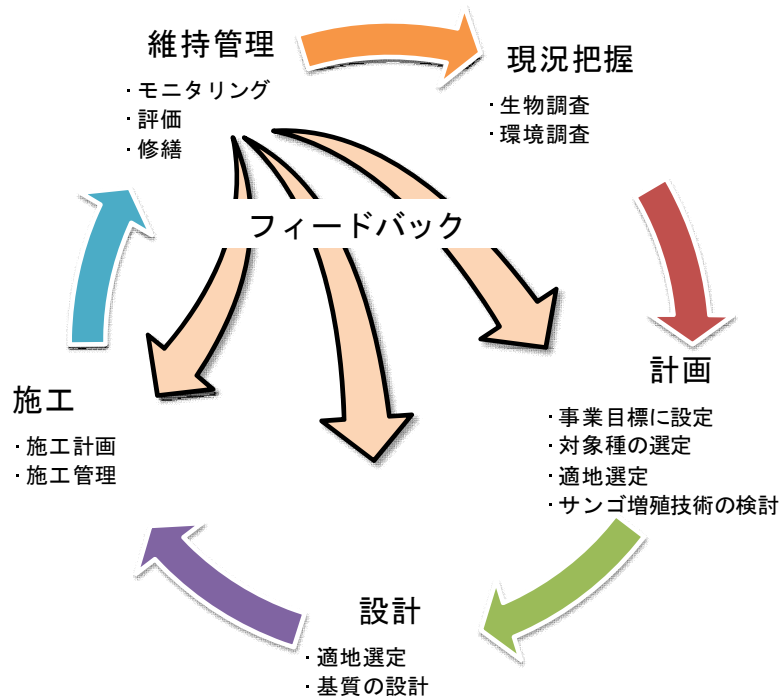


図 I-3-1-1 順応的管理手法のサンゴ増殖フロー

図 I-3-1-1 に順応的なサンゴ増殖フローを示す。最初に、サンゴの生態や成育環境の現況を把握する調査を実施する。調査内容は、サンゴの種類や想定されるサンゴ群集の形成阻害要因によって、その程度や重要度を考慮する。特に、サンゴの成育と環境との関係は、すぐに全体像が捉えにくいこともあるので、できるだけ最小限必要な調査項目や調査手法、労力・経費などを、総合的に判断して決定する。

次の計画段階は、現況把握の結果を受けて、漁業従事者や海域の利用者（ダイビング協会、一般市民など）との合意形成を得ながら、事業目標を設定するとともに、対象種や具

体的な適地選定、目標が達成できる最適なサンゴ増殖技術の選定について検討する。この時、関連する他の事業と連携してサンゴ増殖が促進できるように留意する。また、設計段階では、対象とするサンゴ種の生態、自然条件、材料条件、施工条件、経済性等を考慮して、目的の機能が十分発揮できるよう設計する。施工段階では、計画・設計の考え方を踏まえ、周囲の環境や現地の状況に配慮しながら施工する。年数の経過とともにサンゴは成長するが、必ずしも想定していたサンゴ群集が形成されないこともありうる。そこで、施工時にモニタリングを開始し、サンゴの成長に支障のない補修、改良を行う維持管理を行う。ただし、重大な問題が生じた場合は、問題を生み出した段階（計画・設計・施工）までフィードバックし、対策を取り解決しながら事業を進めて行く。

【コラム 1-3-1-1】 順応的管理

「順応的管理手法」の考え方は、予測が不可能な状態、絶えず状態が動的に変わる中でも、新しい情報をモニタリングしながら、それを活用し、柔軟に対応して行うものである。これは、生態系が複雑で不確実性の高い沿岸域では、現実的な手法と考えられているが、「順応的管理手法」はやや定義が曖昧なところもあるので、導入にあたっては以下の点に留意する必要がある。

- ◎順応的管理とは、「とりあえずよくわからないから、やってみて後で考えましょう」という無責任なものではない。事業を始める際には必ず目標設定が必要である。例えば、長期的な目標であれば、□□地区の△△サンゴ群集と同様なサンゴ群集を〇〇年までに創り豊かな漁場を形成する。短期的な目標であれば、移設したサンゴの被度が、〇年までに周辺の良好なサンゴ群集の平均被度〇〇%を下回らないなど。長期的な目標には、夢があって関係者全員のインセンティブが保てる目標を、短期的な目標には達成可能な数値目標を設定し、それに係る必要年数を明記することが望ましい。
- ◎順応的管理手法で行うモニタリングは、サンゴの個体群動態にのみ焦点をあてるのではなく、サンゴを取り巻く物理環境や生物環境も含め長期的に実施する必要がある。
- ◎サンゴの生育を阻害する要因や成長の過程を表す評価のための指標（例えば、生殖腺の形成・卵の保有、サンゴガニの生息など）を想定したモニタリング計画を策定するとともに、結果の対応も事前に考えておく必要がある。
- ◎サンゴ増殖の方針・計画・手法を検討する行政諸機関は、漁業従事者や海域を利用する人たちなどに対して合意形成を得ておく必要がある。彼らは多様な考えを持っているので、それぞれの価値を顕在化させ、相互の意見を一致させることが重要である。これによって、関係者間に連携が生まれ、例えば、モニタリングの強化（実施回数の増加、人員の増強、モニタリングエリアの拡大、経費の縮減化など）やオニヒトデ対策などの維持管理が容易になることがある。

I-3-2 現況把握

現況把握では、予定海域におけるサンゴの生態や環境条件の正確な情報を得る調査を実施し、その調査結果を評価して事業計画や増殖手法などに役立てる。

【解説】

1) 基本的な考え方

サンゴ増殖を考える時、予定海域における成育状況・環境などについて、正確な情報を定量的に把握する必要がある。例えば、「この種のサンゴは、予定海域にどの程度成育しているのか」と言った基本的なものから、「この種は減っているのか、あるいは増えているのか」、「減っているなら、その原因は何か」などの情報は、事業計画を検討する際の根拠として重要となる。特に、サンゴ増殖技術の選定においては、サンゴ群集の形成阻害要因を特定しておかなければならない。このため、現況把握では、定量的なデータを取得する調査を実施する。また、施工直後から行うモニタリングでは、この現況評価の結果を用いて事業を評価することになる。

調査項目は、サンゴの生態を把握する観察を主体とするものと波浪・流況や水温など観測を主体とするものに大別される。これらのうち表 I-3-2-1 に示す調査を基本とし、必要に応じて食害動物調査、幼生の新規加入調査、水質・底質調査などを組み合わせて実施する。ただし、最近では、栄養塩・微量金属・農薬等の増加、赤土の流出などの人為的な影響による阻害要因も多いので、海域ばかりではなく陸域にも目を向けて、河口や排水口的位置、陸域の利用状況などにも留意して調査を行う必要がある。

また、調査には、多くの時間と費用を要するため、調査項目の選定にあたっては次の点に留意し、調査の価値や有効性を吟味して決定する。

- サンゴ増殖において必要な調査と優先度を明らかにする。
- それを「知ること」が技術的に可能かどうか、また、それに要する労力・費用、安全性などを検討する。
- 調査手法は、目的に適しており、期限内に効率的に実施できるか検討する。
- 上記の比較からその調査を実行すべきかどうか、どの程度にすべきかを判断する。

表 I-3-2-1 現況把握のための調査項目

調査項目	事前調査
水深（地形）	○
サンゴ分布	○
水温	○
波浪・流況	○
食害動物（オヒトデ ^① ・魚類等）	△
幼生の新規加入調査	△
水質	△
底質（砂礫の移動）	△

凡例； ○ 必ず調査する △ 必要に応じて調査する

また、調査実施前には、漁業協同組合への調査の同意の取り付け、サンゴの採捕に対する特別採捕許可申請書および海上保安部への作業申請書等の提出や許可証の受理、調査時期の気象海象条件・近隣工事・漁期等を考慮したスケジュールの調整、作業船舶や機材の調達など準備する。これらの作業は煩雑で手間がかかるので、余裕をもった工程を計画を立てる必要がある。

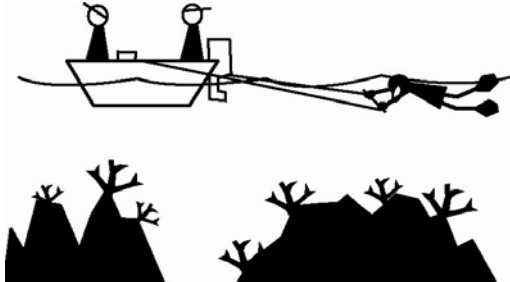
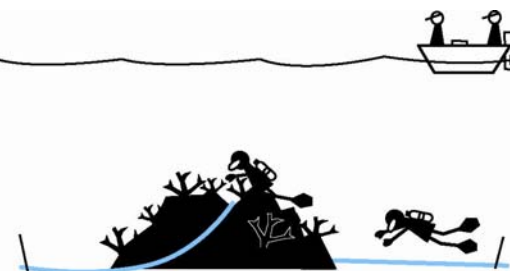

2) 調査手法

現況把握で行う主な調査手法の概要について以下に示す。また、第Ⅱ編ではこれらの調査手法を用いた沖ノ鳥島の調査の事例を解説した。

(1) 生物調査

サンゴ礁域に成育する動植物群集の分布状況を調べ、予定海域のサンゴのハビタットマップを作成する。サンゴのハビタットマップとは、サンゴの分布に加えて、環境的にサンゴが成育できる可能性のある場所も記述した地図のことである。表 I-3-2-2 に主な調査方法を示す。調査範囲は、予定海域の航空写真などを用いて、周辺的环境因子が把握できること、周辺のサンゴ礁の範囲を含むことに留意して設定する。また、調査の時期・回数は、少なくとも産卵時期を含む 1 回以上を実施することが望ましい。

表 I-3-2-2 主なサンゴ分布調査の手法

<p>広域調査</p> <p>設定した調査コースに沿って観察員を小型船にて一定速度(1~1.5 ノット)で曳航し、底質、サンゴなどの動植物の分布状況を目視で観察し記録する。ただし、調査コースの距離が長く、地形や海底概観、水深が異なる場合は、区間を設定して観察する。</p>	
<p>ベルトトランセクト調査</p> <p>その海域のサンゴの分布を代表する場所に 50m または 100m のロープを引いて、そのロープに沿って一定の区間ごとに、水深、底質、サンゴなどの分布状況を詳細に目視で観察し記録する。</p>	
<p>定点調査</p> <p>海域を代表する地点の経年変化を把握するため、一辺が 50cm、1.0m、3.0m、5.0m などの方形枠を設定し、継続的にサンゴの被度・群体数・サイズ・白化の程度を目視で観察し記録する。</p>	

(2) 環境調査

サンゴの成育、幼生の着底に影響を及ぼす、流況、水温、水質、光量子などを、広域で、かつ長期間観測し、予定海域の環境特性を把握する。特に、サンゴ群集の形成阻害要因を想定し、その要因を特定するように調査計画をたてる必要がある。

環境要因は観測位置や時間により常に変化し、阻害要因が生じる時期・期間が想定しにくく、長期の観測では多大な経費がかかる。このため、既存の観測データを用いた数値計算による検討が実施されることもある。ただし、予定海域が波浪観測地点から離れていたり、地形が複雑であったりする場合は、現地観測を実施することが望ましい。また、観測結果は、地形に大きく左右されるので、同じ特性を示す範囲内毎に代表的な観測地点を何点か設定することが望ましい。調査時期は、流況調査は対象とするサンゴの産卵時期、大きな外力が発生する台風時期を選定するとよい。1回の観測期間は、目的・予算等によって異なるが、通常、波浪は30日以上、流況は15日以上観測する。水温は年間を連続観測することが望ましい。なお、赤土流出は事前に調査時期や範囲を設定しにくいので、発生時にすばやく現地に赴き、比較的安定している底質中の赤土濃度（SPSS）を測定することが望ましい。



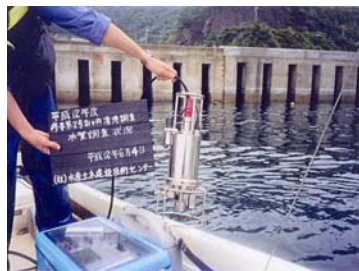
ドップラー流速計



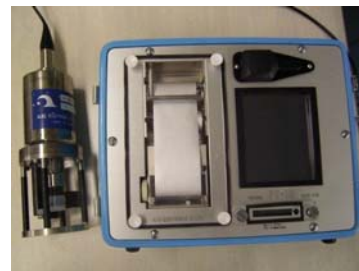
波高計(電磁流速計付)



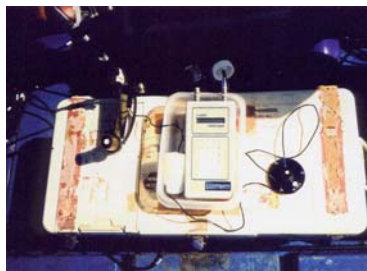
漂流桿



水温・塩分計



多項目水質計



光量子計



自記式水温計



漂流砂トラップ



セジメントトラップ

写真 I-3-2-1 環境調査の主な観測機器

I-3-3 計画

現況把握の結果をもとに、サンゴ群集を造成する予定海域を評価し、事業目標を設定する。そして、サンゴの生態や生活史に留意しながら、対象種や適地の選定、増殖手法や工程等の検討を行い、事業計画を立案する。ただし、これらの計画立案には、漁業従事者や海域利用者の考えやニーズを踏まえた合意形成が必要である。

【解説】

1) 事業目標の設定

事業目標の設定では、現況把握の結果などから予定海域を評価し、予定海域のどこで、どのような方法で増殖事業が展開できるか、技術のみならず制度、予算などの制約を考慮し、総合的に判断して達成可能な目標を設定する必要がある。また、サンゴを取り巻く生態系は予測不能で変動を起しやすく、安定した群落を形成するにも数年を要するため、目標達成に掛かる必要年数も想定しておくことが望ましい。

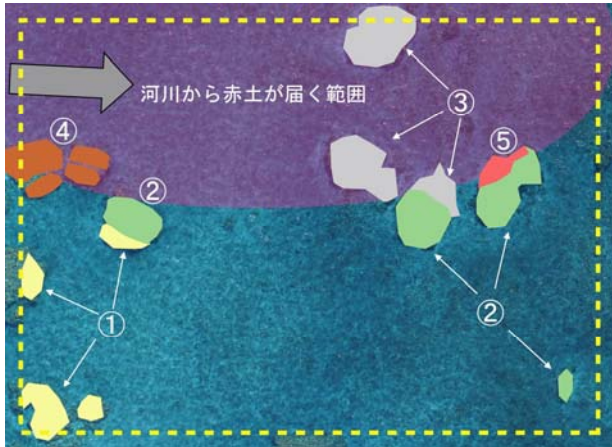
目標を設定する際には、漁業従事者や海域を利用する人たちの多様な価値観を理解し、合意形成を図りながら目標を設定することが大切である。合意形成にあたっては、長期的かつ広域的な目標と短期的な目標の共有化、増殖手法や維持管理のあり方について、様々な知恵や創意工夫が出やすいように進める必要がある。なお、合意形成の手法や技術については、確立されたものはないが、他の事業では、実情に合わせて専門家などを交えながら段階的にワークショップや会議を開催して合意形成を図っているものが多い。

2) 対象種の選定

増殖対象種の選定では、予定海域の環境因子、地形性状に対応して、優占するサンゴ種の中から選ぶことが望ましい。優占種とは、その海域の環境に現時点で適している種と考えられ、増殖ポテンシャルも高いと考えられるからである。ただし、優占するサンゴ種と言っても、例えば、波の荒い場所に細い枝のミドリイシを選定したり、波の穏やかなところに散房花状群体（コリンボース状群体）を選定したりしても群集形成がほとんど期待できないので、局所的な環境因子、地形性状についても注意しながら選定する必要がある。

3) 適地選定

適地選定では、予定海域のサンゴのハビタットマップと環境因子、地形性状など考慮し、対象種が成育できる場所を選定する必要がある。適地選定の考え方は、現況把握から予定海域をゾーニング（図 I-3-3-1）し、これにサンゴ増殖技術を照らし合わせて、適地を絞り込んで行くことである。例えば、サンゴ群集が健全な状態で存在する場所では、幼生の加入・成長のよい環境であると判断されることから、人為的なサンゴ増殖を行うのではなく保全すべき場所と考えるべきである。一方、以前はサンゴ群集が存在していたが、今は存在しない、またはサンゴ群集は存在するが、サンゴは弱った状態にあるような場所では、その原因の対策が可能であると判断できれば、対策を前提として適地とすることも可能である。しかし、現況の評価が難しい、または対策が難しい場所であれば、無理に適地と選定しない方がよい。



【例】

黄色点線枠の予定海域を、現況把握したところ、次のようにゾーニングが検討された。

- ①健全なサンゴ群集が存在する場所
- ②サンゴ幼生の加入が少ない場所
- ③赤土の影響でサンゴ群集が弱っている場所
- ④赤土が堆積してサンゴ群集が消失した場所
- ⑤オニヒトデが発見された場所



ゾーニングから対策の検討までのフローは次のようなイメージとなる。

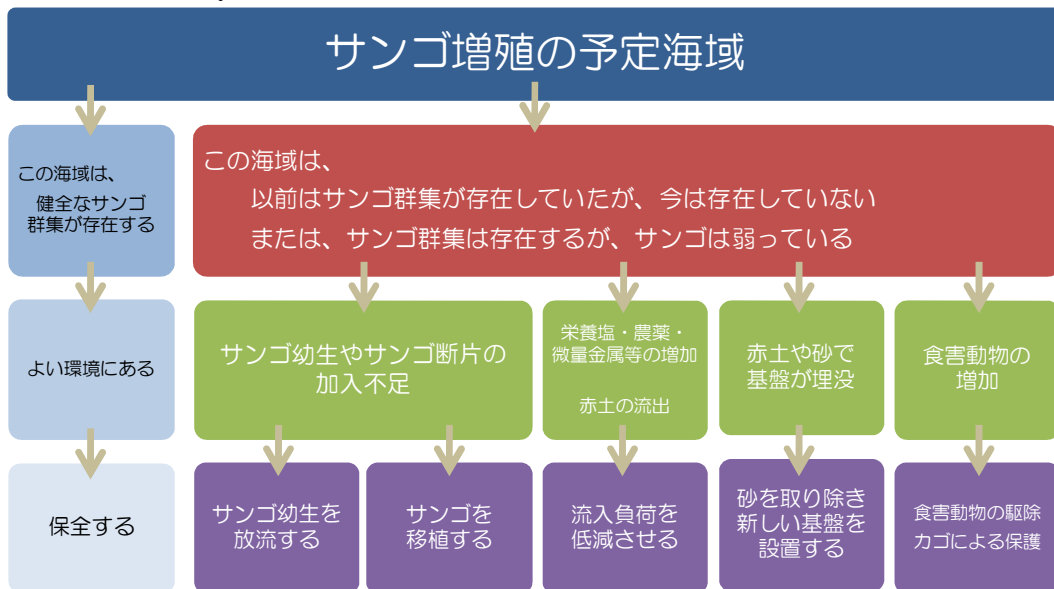


図 I-3-3-1 適地選定のための予定海域のゾーニング（例）

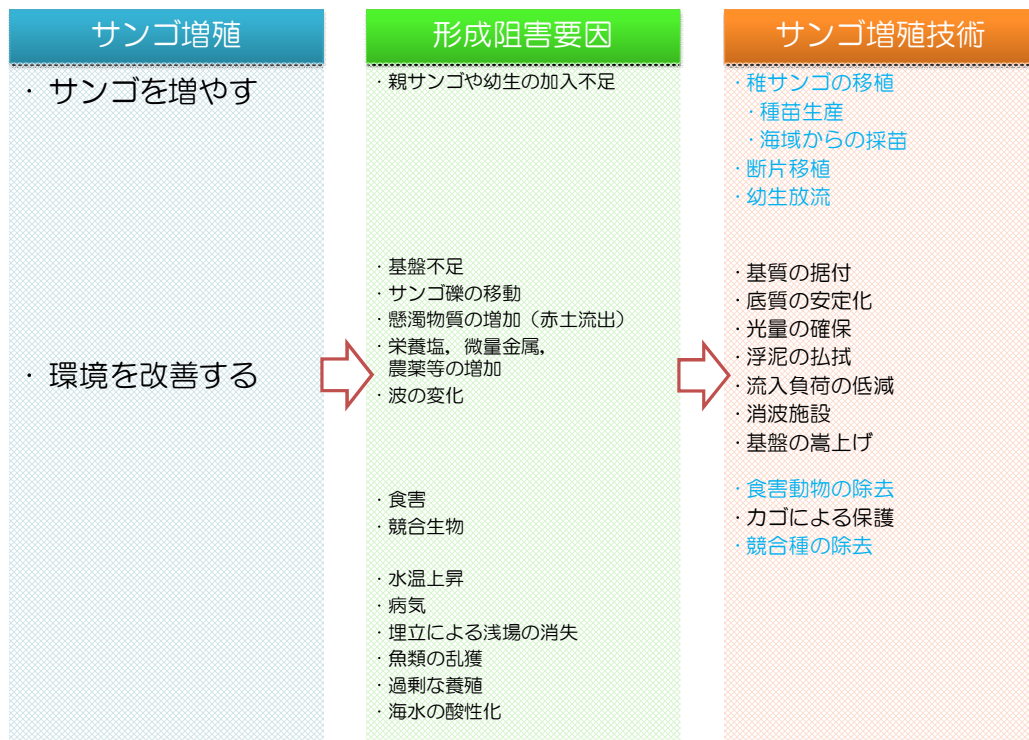
場所を絞り込む方法には、例えば、対象サンゴ種の断片移植の実験を行い、生残・成長の良い場所を判断して絞り込む方法、あるいはサンゴハビタットマップに、広域の物理環境（波浪・水質など）を把握する数値シミュレーションモデルを重ね合わせ、ゾーニングによって絞り込む方法などが考えられる。第Ⅱ編で示した沖ノ鳥島に稚サンゴを移植するための適地選定の絞り込みは、サンゴハビタットマップに、産卵時と台風時における流動場（波高分布、流速分布）の数値シミュレーションモデルの結果を重ね合わせてゾーニングを行い、これに①ノルは存在するが新規加入が少ない場所であること、②台風時でも砂の移動による影響が少ない場所であることを条件として選定している。

4) サンゴ増殖技術の選定

サンゴ増殖では、現況把握で特定した予定海域のサンゴ群集の形成阻害要因を除去または緩和する技術を選定することが重要である。

サンゴ群集の形成阻害要因は、大別して、親サンゴが少なく幼生の新規加入が期待できない場合と対象とするサンゴの成育環境が不良になってしまった場合に分けられる。対象海域によっては、環境が悪く、幼生の加入も少ない場合もある。サンゴ群集の形成阻害要因には、温暖化に起因する水温上昇による白化や海水の酸性化による成育不良のようなグローバルな要因がある。これらは地先ではなかなか対策のとれない要因である。一方、ローカルな形成阻害要因として、埋立による浅場の喪失、サンゴの着生基盤の不足、サンゴ礫の移動によるサンゴの損傷、赤土・高栄養塩・農薬の流出、波高の変化、食害、他種との競合、病気、魚類の乱獲、過剰な養殖などがある。浅場の喪失、赤土や高栄養塩・農薬等の流出は他の事業や陸域に関連する要因であり、関係する行政との連携が重要になる。漁業・養殖業における対策としては、魚類の乱獲対策として、海洋保護区（MPA）や禁漁期の設定、漁獲体長制限など水産資源管理を徹底するほか、環境負荷の少ない養殖を推進する等、制度的な対策が必要である。その他の要因に対しては、地先でも技術的に制御可能なものであり、その対策としてのサンゴ増殖技術を図 I-3-3-2 に示した。

サンゴ増殖技術は、サンゴの生産力を補強する手法（**生物的手法**）と環境を改善する手法（**工学的手法**）に大別される。この中には、すでに実績のある手法もあれば、水温上昇や病気に対する対策など今後の技術開発を期待するものもある。表 I-3-3-2 に実施可能で、実績のあるサンゴ増殖技術を示す。サンゴ群集の形成阻害要因が複数になる場合が多いので、複数の対策の検討が必要となる。例えば、サンゴ幼生が着底できる基質が少なく、かつ周辺から幼生の供給が少ないことが阻害要因とされる場合には、着定基質の設置とサンゴの移植を行う対策を選定することになる。



注) サンゴ増殖技術の青字は生物的手法、黒字は工学的手法を表す

図 I-3-3-2 サンゴ群集の形成阻害要因と主なサンゴ増殖技術

表 I-3-3-1 主なサンゴ増殖技術の概要

要因	増殖技術の名称	技術の概要	特徴	参照
卵・幼生の供給不足	稚サンゴの移植	数cmに成長した稚サンゴを移植適地に運搬し、水中ボンド等を用いて基盤に固定する。	・有性生殖法を用いた種苗生産は、大量の稚サンゴを確保することが可能である。	I-4-1
	断片移植	親群体(ドナー)を株分けして、移植用の断片を作り、移植適地に運搬し、水中ボンド等を用いて基盤に固定する。	・断片を作る際に、親群体にストレスを与えるので、大きな損傷を与えないように注意する。 ・断片の採捕にあたっては、自治体の許可が必要な場合がある。	I-4-2
	幼生放流	スリックや親サンゴから幼生を採集し、着底行動時に適地に運搬し、シート等で囲った基盤の中に放流する。	・幼生の着底行動前まで水槽、あるいは生簍等による飼育が必要である。 ・海況によって、タイミングよくスリックを採集できないこともある。 ・スリックの採集にあたっては、自治体の許可が必要な場合がある。	I-4-3
環境改善	サンゴ増殖礁の据付	サンゴの増殖に適した基質を据付する。	・波浪による滑動、転倒のしない安定した基質とする。 ・基質は移植しやすい、あるいは幼生の着底に効果のある工夫などを施してある。	I-4-4
	底質の安定化	不安定な瓦礫サンゴの除去や被覆ブロックにより、底質を安定化させる。	・海外で小型の被覆ブロックや人工礁の設置で底質を安定化させた事例がある。	I-4-5
	光量確保と浮泥の払拭	サンゴの成育に必要な光量を確保し、海水流動で浮泥を払拭するため、基盤を嵩上げする。	・基盤が高くなると、基盤を安定させるための所要質量が大きくなる。	I-4-6
	波浪制御	波当たりが強い場合は、前面に消波施設を築造し、波浪を低減させる。反対に波浪が小さい場合は、潮通しを良くする必要がある。	・近傍のサンゴの成育状況と波当たりの関係から消波施設の構造や規模を検討する必要があるが、そのための事例はまだない。	I-4-7
	食害動物の除去・保護	オニヒトデ・シロレイシガイダマシなどは駆除し、ブダイ類の食害からは、サンゴをカゴで覆って保護する。	・定期的に食害動物の除去作業が必要である。 ・カゴで保護する場合は、定期的にカゴの点検・修繕が必要である。	I-4-8
	競合種の除去	基質を競合する海藻や付着動物を除去する。	・サンゴの周辺を定期的にモニタリングし、状況に応じて競合種を除去する。	I-4-9

(注)詳細については参照欄の各節に示した。

I-3-4 設計

サンゴ群集の形成阻害要因を除去あるいは緩和し、持続的にサンゴ群集が形成できるように設計する。

【解説】

予定海域のサンゴ群集の形成阻害要因を明らかにし、その要因を除去あるいは緩和することで、持続的にサンゴ群集が形成できるように設計する。ただし、阻害要因は複数の環境要因が密接に関連している場合が多いので特定しにくい場合も多い。このため、現段階では、対象種の良いサンゴ群集の環境条件を調査し、この良好な状態を模倣してサンゴ群集を造成する方法が適切である。ここでは、適地選定およびサンゴの増殖技術の中から、特にサンゴ増殖礁の設計の考え方について解説する。

1) 適地選定

対象種が良好な状態で分布している海域は、その種の生存できる海域と考えられるが、局所的に大きく環境が変わる場合があるので、適地選定においては、対象種に良好な環境と造成予定地の環境を比較しながら、造成予定地のサンゴ群集の形成阻害要因を特定する必要がある。そして、この要因に対して、サンゴ増殖技術が対応可能であるかどうか判断して、適地として選定する。

また、広い海域から対象種の生残・成長に適している適地を選定する場合で、下記に示す条件の場合には、良好なサンゴ群集の環境を判定条件として、数値シミュレーションを用いて適地を検討することが考えられる。

- 高波浪によるサンゴの断片化によって、生残・成長が制限されていると思われる場合
- 幼生加入が少ないため、生残・成長が制限されていると思われる場合
- サンゴ片やサンゴ礫の移動による摩耗によって、生残・成長が制限されていると思われる場合
- 高水温の持続による白化によって、生残・成長が制限されていると思われる場合

ただし、数値シミュレーションは、目的に応じて、望ましいモデルを使用するものとし、サンゴ礁海域は複雑な地形であることが多いので、専門家のアドバイスをもとに検討することが望ましい。

【コラム I-3-4-1】 数値シミュレーション

数値シミュレーションで扱う波浪の計算は、位相平均モデルと位相解析モデルに大別され、位相平均モデルの代表はエネルギー平衡方程式、位相解析モデルの代表はブシネスク方程式がある。礁内の波浪流況は、高波浪時において礁嶺部の複雑な地形における砕波を伴い、サンゴ礁内は大きな水位上昇が生じるとともに、礁内への強い流れ、水位上昇量と同程度の波高および数分周期のサーフビートが生じている。このために、サンゴ礁域においては、ブシネスク方程式が用いられることが多い。

2) サンゴ増殖技術の計画とサンゴ増殖礁の設計

稚サンゴの移植、サンゴ増殖礁の設置あるいは底質の安定化等では海底に基質や基盤を設置することとなるが、波浪に対して十分に安定で砂礫の移動などで埋没や沈下がないように十分な検討が必要である。サンゴ礁内は複雑な流動環境にあるので、構造物の設計外力を見積もることが難しい面もあるが、対象海域で良好なサンゴ群集があれば、その環境条件が参考になる。

サンゴ増殖礁の設計方法については、I-4-4において解説するが、基本的には周辺の良好なサンゴ群集の環境条件を模倣して設計する。設計にあたって必要となる波や流れについては、実測することが望ましいが、困難な場合には、数値シミュレーションや水理模型実験を行い推算することが望ましい。設計条件が決まれば、設置水深の波力や潮流を計算し、所要質量を求める。計算方法に関しては、礁内の波高が、「漁港・漁場の施設の設計の手引（2003年版）」資料2.7リーフ上の波の変形を、所要質量は、同手引きの第12編第2礁磯根増殖場 2.2.3着定基質を参照する。

サンゴの移植に適した材質については、（大久保，2003）はスギノキミドリイシの断片を固定したところ、コンクリートがサンゴ岩や素焼きよりも固着率が高く、鉄筋では低いことを実験的に示しているが、他の種については情報がなく、十分な知見は得られていない。那覇港の防波堤の消波ブロック上には高被度のサンゴ群集が形成された（森田ら，1992）ことから、プレキャストのコンクリートブロックはサンゴ幼生の新規加入に問題はないと考えられる。また、基質の表面粗度に関する現地実験によると、平滑なコンクリート面より1 cm程度の突起があるとサンゴが着生しやすいという報告がある（吉見ら，1998）ので、凹凸処理はサンゴ幼生の加入を促進する可能性が高いと思われる。

サンゴ増殖礁の配置は、漁場としての利用やサンゴ群集の広がりを想定して配置することが望ましい。また、着床具の間隔は、サンゴが成長し親サンゴになった場合を想定して、周辺の対象とするサンゴの長径以上の間隔とすることが望ましい。

サンゴ増殖礁工事の積算にあたっては、「漁港漁場関係工事積算基準」（水産庁）に準拠する。ただし、これにより難しい場合は、別途、施工方法を示し、製造者の見積り書等を参考に決定する。

I-3-5 施工

環境の変化や移植後のサンゴの成長状況をモニタリングしながら、計画や設計の意図に沿って柔軟に対応する。

【解説】

施工段階では、周辺環境や施工方法、施工時期について配慮するとともに、計画・設計段階の工夫や意図を十分踏まえて施工することが必要である。また、移植等を伴う場合は、移植時期とサンゴ増殖礁を沈設する時期を調整した工程管理が必要となる。このためには、設計者と施工者の協議、あるいは勉強会において、施工者に計画・設計段階の意図を十分把握させておくことが必要である。この他、各種の許可書（例えば、特別採補許可など）の準備、資機材の調達などが必要となるため、余裕のある施工計画を策定することが望ましい。

施工中は定期的にモニタリングを実施し、問題が生じた場合でも速やかな対応ができる体制づくりをしておく必要がある。施工段階における環境配慮については、「施工環境マニュアル」（水産庁 2005）を参照する。

サンゴ増殖礁の施工方法については、魚礁や増殖場の据付と基本的に同じと考えられる。ただし、サンゴ増殖礁を据付する海域は、水深が浅く、所々にノルが存在することが想定されるため、大型の作業船でサンゴ増殖礁を運搬したとしても、途中で瀬取りを行ってから据付ける、あるいは人力で施工せざるを得ないことが想定される。したがって、このような場合には、作業能力の低下、工期の長期化を招く恐れがあるので、船団構成、使用する作業機械、人員配置など、入念な施工計画を立てておく必要がある。

移植計画については、まだ十分わかっていない点も多いが、成長後の空間を考慮して移植することが望ましい。

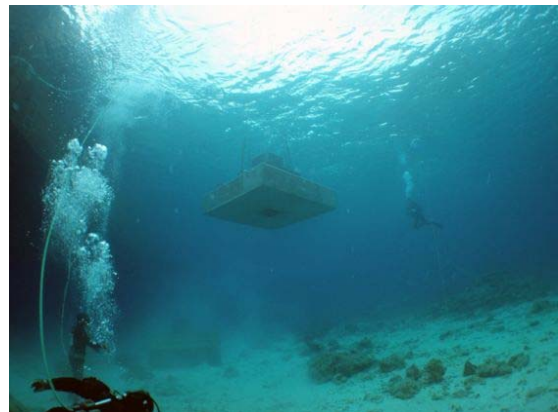


図 I-3-6-1 サンゴ増殖礁の据え付け工事（イメージ）

I-3-6 維持管理

維持管理では、サンゴ増殖を実施した区域において、サンゴ群集の生育状況や周辺的环境について継続的にモニタリングを行うとともに、問題が生じた場合には、その原因側となる計画・設計・施工へ戻して（フィードバック）、問題を減らす対策を行うことが必要である。

【解説】

サンゴが成長し親となるまでには施工後数年以上かかり、その間、環境は不変であるとは限らない。また、増殖施設の変状や劣化による機能の低下（例えば、海藻に基質が覆われる、サンゴ礫に埋没するなど）も想定されることから、造成後も継続してモニタリングを行うことが必要である。モニタリングの期間は、漁業従事者や海域の利用者などと協働し、経済性を踏まえてできる限り長期的に取り組むことが重要である。さらに、モニタリングの結果は関係者間で共有し、設計や施工技術の向上にも活用することも重要である。

1) モニタリング

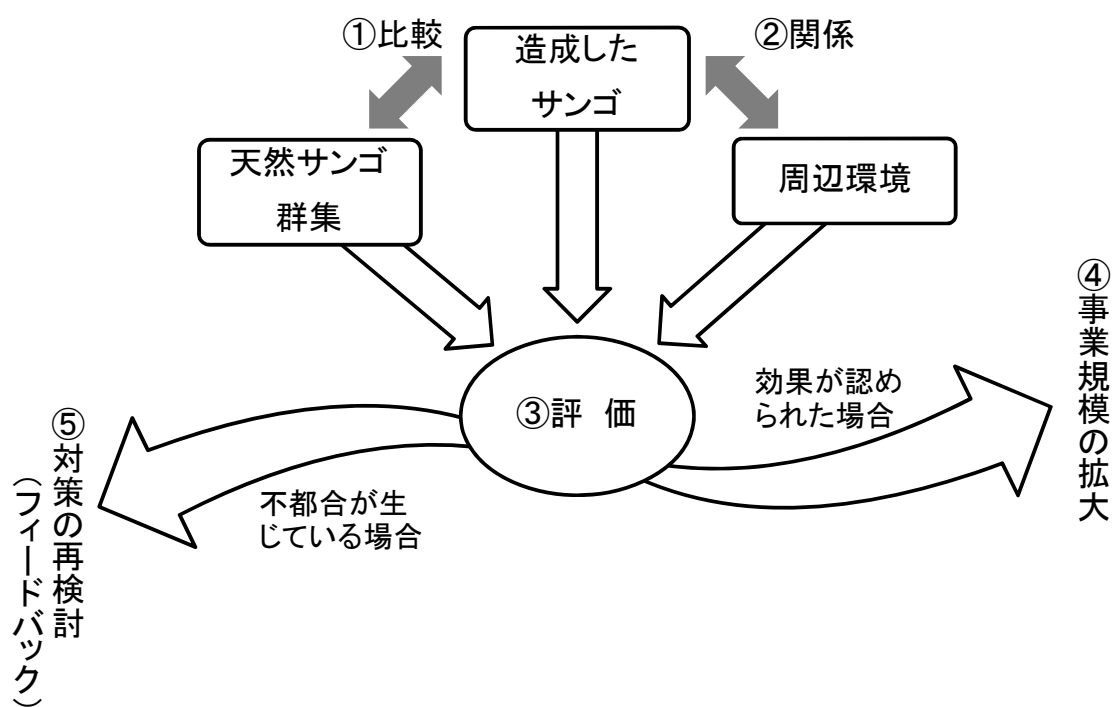
モニタリングでは、目標値の達成度を定量的に評価するため、対象の実態を正確に把握する必要がある。ただし、実態を把握するとは、移植等を行ったサンゴの生残数や被度だけではなく、それを取り巻く環境因子や周辺の良いサンゴ群集についても、その実態を把握する必要がある。調査方法としては、「I-3-2 現況把握」の表 I-3-2-2 と同様である。また、実態を正確に把握するにしても実際には次に示す課題が存在するため、厳密に考えると矛盾することがある。このため、モニタリングの難しさ、特殊性を理解し、何度も繰り返して同じ対象の観測を行うこと（モニタリングの長期化）、十分な調査能力をもつ調査員にモニタリングを行わせることが重要である。

- サンゴの分布は空間的・時間的な変動が大きい。
- 実際に見える範囲が限られている（地理的制約、調査員の能力）。
- サンゴは個体識別が難しい。
- 調査ができる十分な能力をもつ人材が少ない。
- サンプルングが難しい。

2) 維持管理

維持管理では、モニタリングで得られた正確な実態をもとに図 I-3-6-1 に示す「比較」「関係の分析」「評価」を行う必要がある。

特に、評価はその後の事業全体の計画に影響を及ぼす恐れがあるので、評価にあたっては、まず最も大きな影響を与えると思われる環境因子の傾向を分析することから始め、それから、その他の環境因子間の相互作用や傾向の組合せから将来起こり得る状況を予測し、対策を改善する必要性を検討する。ただし、このための作業には十分なデータを整えなければならないが、前述したとおり調査が難しいため、十分な評価ができていない場合が多い。したがって、今後の評価手法の確立を期待するとともに、事前に必要データの収集方法を十分検討しておく必要がある。



- ① 造成したサンゴ群落と良好な天然のサンゴ群集を比較する
- ② 造成したサンゴ群落と周辺環境との関係を分析する
- ③ 目標の達成度を評価する
- ④ 効果が認められた場合は、引き続き事業規模の拡大を図る
- ⑤ 不都合が生じている場合は、結果を原因側に戻し対策の再検討を行う
(フィードバック)

図 I-3-6-1 維持管理の模式図 (番号は検討手順)

参考文献

- 大森信編著(2003)；サンゴ礁修復に関する技術手法, 環境省自然環境局
- 大久保奈弥(2003)；無性生殖を利用したサンゴ礁修復. 大森信(編) サンゴ礁修復に関する技術手法－現状と展望－, 環境省自然環境局, pp. 31-36.
- 環境省・日本サンゴ礁学会(2004)；日本のサンゴ礁, 142-151, (財)自然環境研究センター 国土交通省港湾局監修, 海の自然再生ワーキンググループ著(2003)；海の自然再生ハンドブック, 4, サンゴ礁編, ぎょうせい
- 国土交通省港湾局監修, 海の自然再生ワーキンググループ著(2007)；順応的管理による海辺の自然再生
- 自然共生型海岸づくり研究会編著(2003)；自然共生型海岸づくりの進め方, (社)全国海岸協会
- 水産庁(2003)；漁港・漁場の施設の設計の手引, (社)全国漁港漁場協会, pp. 697-703.
- 水産庁(2007)；磯焼け対策ガイドライン, 水産庁
- 寺脇利信ら(2005)；瀬戸内海の干潟・藻場の現状と順応的管理, 海洋開発論文集, 21, 土木学会, pp. 83-88.
- 森田 晋ら(1992)；サンゴの人工構造物への着生状況, 海岸工学論文集, 39, pp. 1001-1005.
- 吉見昌宏ら(1998)；サンゴの人工構造物への着生状況-3, 海岸工学論文集, 45, pp. 1111-1115.
- 善見政和ら(2006)；米国での自然再生事業の順応的管理の実践と評価, 海洋開発論文集, 22, 土木学会, pp. 39-44.