

### 3. サンゴ産卵ファームづくり

サンゴ産卵ファームは、最終的なサンゴ礁の保全・回復の目的海域への幼生供給を目的とした大規模な親サンゴ群集からなる場である。本章ではサンゴ産卵ファームづくりの計画を立てる場合の流れを説明している。

#### 3. 1 基本的な考え方（計画検討のフロー）

サンゴ産卵ファームはその規模やサンゴの成育期間から、数年をかけてつくっていくこととなる。そのためサンゴ産卵ファームづくりは、PDCA サイクルに落とし込んで順応的に進めていくことが望ましい。中でも計画（Plan）段階においては、サンゴ礁の回復対象海域とサンゴ産卵ファーム候補地の違いを意識しながら、現状把握、基本計画の立案、予測、設計を実施する必要がある。

##### 【解説】

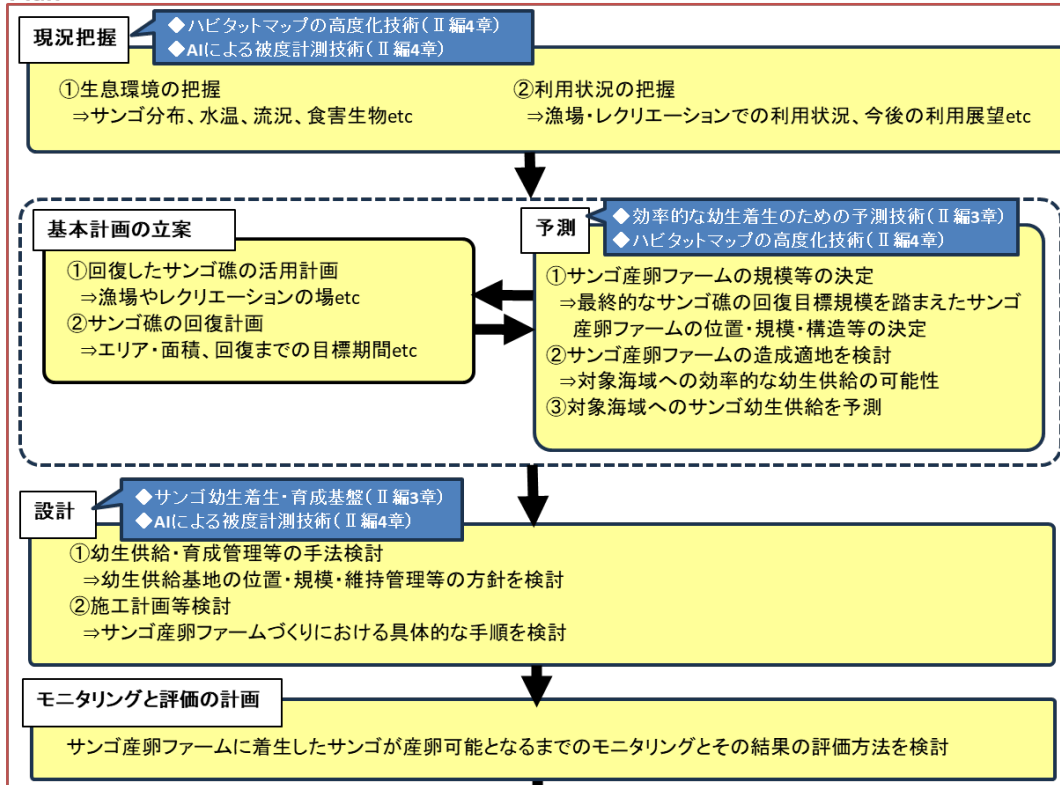
サンゴ産卵ファームづくりのための PDCA サイクルの全容を図Ⅱ. 3-1 に示している。中でも計画（Plan）部分はサンゴ産卵ファームづくりの成否に大きく関わるため、必要な情報を整理しつつ慎重に実施する必要がある。

Plan を立てるにあたっては、「サンゴ礁回復の対象海域」と「サンゴ産卵ファーム候補地」が異なる場所であるという点を認識しておく必要がある。「サンゴ礁回復の対象海域」とはサンゴ産卵ファームからサンゴ幼生を供給して最終的にサンゴ礁を保全・回復させたい場所であるのに対し、「サンゴ産卵ファーム候補地」は「サンゴ礁回復の対象海域」にサンゴ幼生を供給可能かつサンゴの成育に適した海域となる。

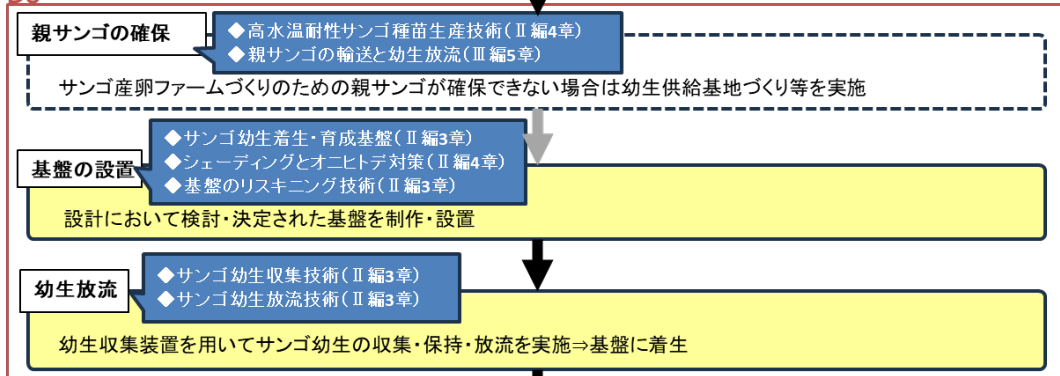
「サンゴ礁回復の対象海域」において現状把握を実施したうえで、どのようにサンゴ礁を回復させ活用するかといった基本計画を立案する。そして「サンゴ産卵ファーム候補地」の規模や位置を予測し、そこでも現状把握を実施する。その上で、サンゴ産卵ファームづくりの具体的手法の検討、その後の育成管理手法等を定める設計を行う。Plan の最後にモニタリングと評価の方法を検討・決定する。

その後、Plan に沿って Do、Check を実施していく。なお、Action において計画の見直しが必要と判断された場合には、Plan を再検討し実施可能な修正計画を立て、再び PDCA サイクルを回すこととなる。

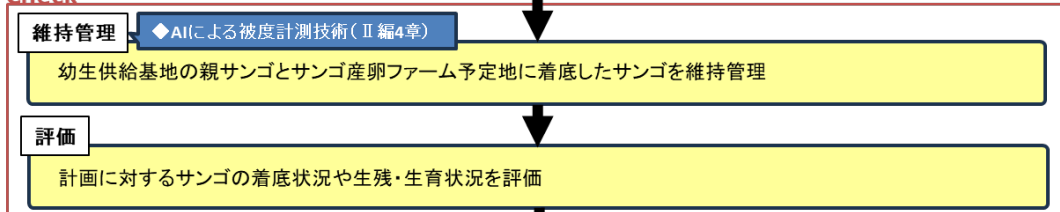
Plan



Do



Check



Action



図Ⅱ.3-1 サンゴ産卵ファームづくりの基本フロー

### 3. 2 現況把握

将来的にサンゴ礁を回復させたい海域を選定し、過去及び現在のサンゴ生息環境や利用状況の基礎資料を得ることを目的に事前調査を行う。

#### 【解説】

サンゴ礁の回復には、回復対象とする海域を適切に選定する必要がある。

サンゴの成育は、水質、流況、食害生物等の環境条件の影響を受けるため、場当たりの取組を行っても環境条件が適切でなければ十分な効果を得ることはできない。そのため、サンゴ礁を回復させる対象海域において、生息環境や利用状況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、選定海域のサンゴ分布、地形、水質、流況などの生息環境を把握することで、予定海域に生息するサンゴの種類や成育状況、かつて生息していたサンゴが衰退した原因、将来的にサンゴ再生が可能な環境であるかといった情報を得ることができ、ハビタットマップ作成（Ⅱ編4章にて説明）の基礎資料となる。また、生息環境の他に地元関係者（自治体、漁業関係者、NPO等）へのヒアリングを実施することで、地域の実情や利用状況を踏まえた検討が可能となり、事業計画の策定に資する基礎的な情報を得ることができる。これらの情報は、回復目標を設定する際の重要な根拠となる。

表Ⅱ.3-1 選定海域の事前調査項目

要素	調査項目	内容
生息環境	サンゴ分布	・サンゴ被度の記録
	サンゴ種類	・代表地点の主なサンゴ種類の記録
	サンゴ加入	・直径5cm以内の稚サンゴの記録
	地形	・水深、底質等の記録 ・基盤が設置可能な範囲の確認
	水質	・代表地点における水温、塩分、濁り観測
	波浪・流況	・代表地点の波浪・流況観測
	食害生物	・代表地点の食害生物（オニヒトデ、貝類、魚類）の記録
利用状況	漁業活動	・漁業従事者へのヒアリング
	レクリエーション活動	・自治体、一般市民、NPO団体、マリンレジャー業者等、海域利用者へのヒアリング
	今後の利用展望	・漁業活動、レクリエーション業者、NPO団体等へのヒアリング

### 3. 3 基本計画の立案

事前調査結果をもとに対象海域を評価し、回復した際のサンゴ礁の活用計画を立案し、回復目標の規模や目標期間を設定する。

#### 【解説】

##### ①回復したサンゴ礁の活用計画

事前調査結果をもとに対象海域を評価し、回復したサンゴ礁の活用目的（生態系保全、漁場、レクリエーション、教育、地域振興など）を明確にしたうえで保全と利用の両立を図る計画を立案する。

活用計画の立案にあたっては、漁業従事者や海域利用者（NPO、マリンレジャー業者等）との合意形成を図りながら計画を進めることが大切である。長期的及び短期的な計画目標、維持管理の体制や役割分担について意見交換を重ね、持続的な活用と保全が両立する仕組みを構築することが望ましい。

##### ②サンゴ礁の回復計画

回復したサンゴ礁の活用計画をふまえ、回復エリアや面積、サンゴ対象種、増殖手法といった技術の選定、予算などの制約を考慮し、総合的に達成可能な回復計画を設定する。また、サンゴを取り巻く生態系は変動を起こしやすく、安定した幼生供給源の形成に数年を要するため、目標達成に掛かる必要年数を想定して期間を設定することが望ましい。

近年の地球温暖化による影響によりサンゴを取り巻く環境はより一層変動が大きい状況となっている。科学的知見や既往の調査結果を踏まえ、将来的な評価や検証を見据えた柔軟な計画とすることが重要である。

### 3. 4 予測

サンゴ産卵ファームの造成位置や規模について計画するため、予測手法を用いて対象とする海域へサンゴ幼生を供給する場所を検討する。予測手法には面的拡散シミュレーションを用いた方法と、解析解によるサンゴ幼生の拡散範囲を推定する方法がある。これらいずれを用いるかは、海域の流れ場の特性や必要となる予測精度により選定する。予測手法による推定結果をもとに、サンゴ産卵ファームの位置・規模を検討する。

#### 【解説】

##### 1) 予測手法の検討

サンゴ産卵ファームから幼生が供給される場所を予測するため、図Ⅱ.3-2に示すフローに従い手法を検討する。予測手法には「面的拡散シミュレーション」と「解析解によるサンゴ幼生の拡散範囲推定」の2つが考えられ、基本的に「面的拡散シミュレーション」を採用することとする。

面的拡散シミュレーションでは、数十～百メートル程度の解像度で産卵場所と着生場所の位置関係を把握できるほか、対象海域の鉛直的な流れの構造を計算することで、日周鉛直移動を行うサンゴ幼生の挙動を詳細に再現できる。このように、比較的精緻な計算結果が得られる点が特徴である。

一方、より短時間かつ低コストでの検討が求められる場合には、対象海域の地形が複雑でなく、平均的な流れ\*の流速・流向が時間的に概ね一定で、空間的にもほぼ同様であることを条件として、「解析解によるサンゴ幼生の拡散範囲推定」による簡易的な予測も可能である。

※潮流により往復する流れであっても、時間平均した流速および流向が概ね一定であり、かつ空間的に同様である場合には適用可能である。

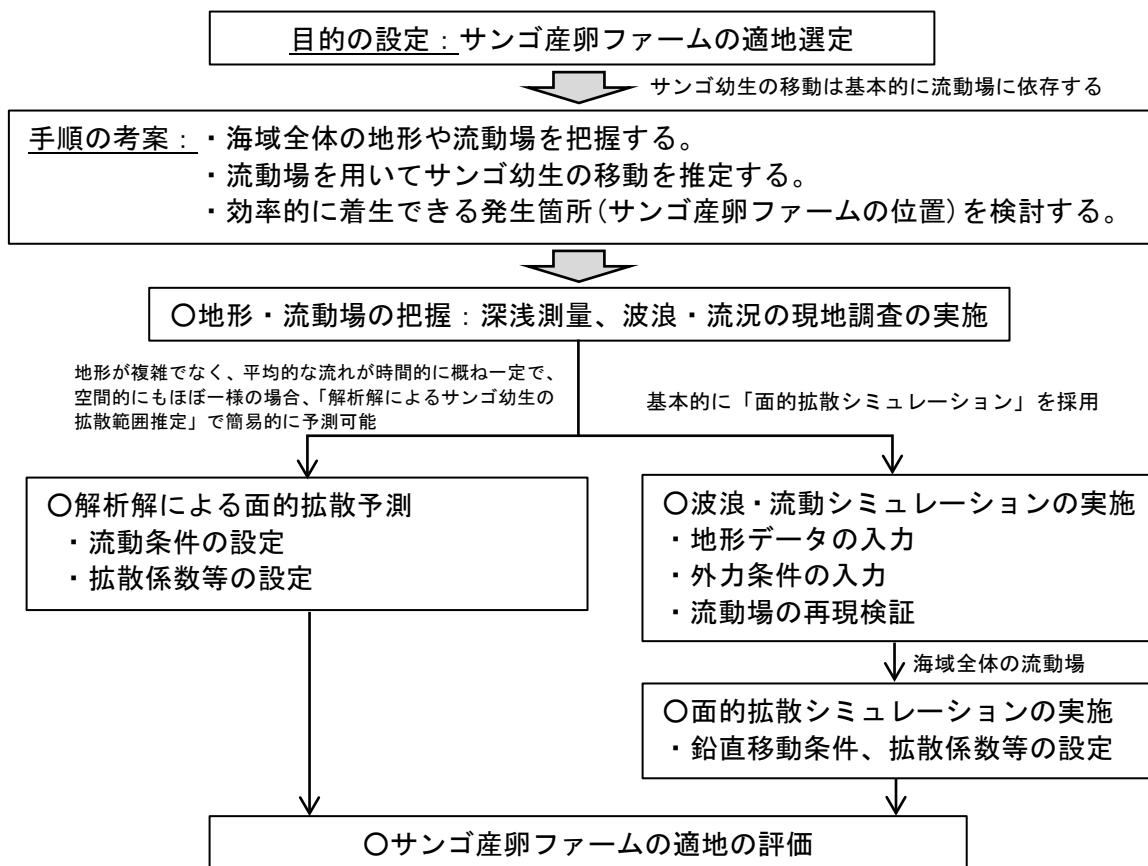


図 II. 3-2 予測手法の検討フロー

## 2) 予測手法の概要

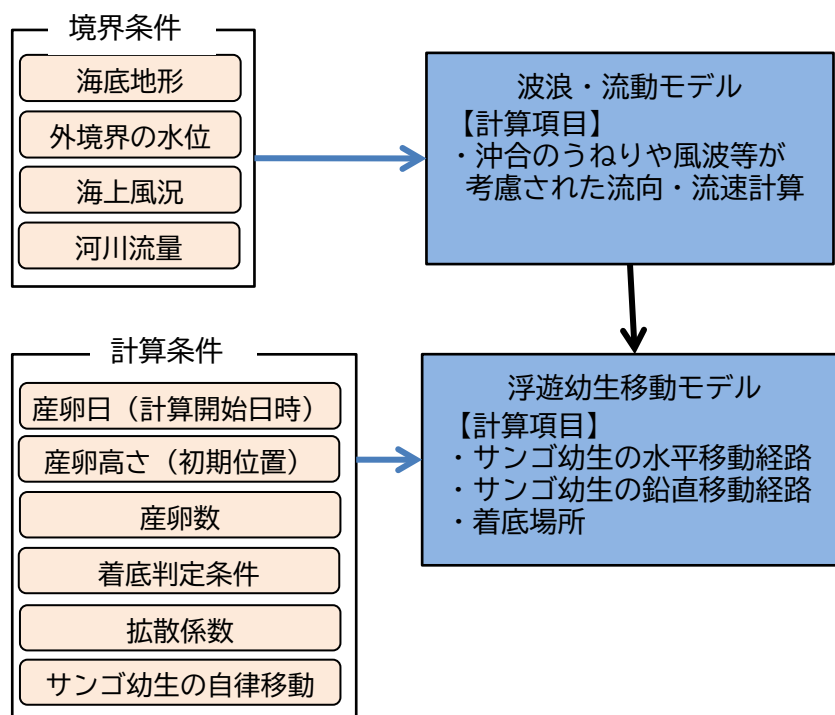
### (1) 面的拡散シミュレーション

面的拡散シミュレーションでは、「波浪・流動モデル」により対象海域内の流れを再現計算し、この結果を「浮遊幼生移動モデル」に代入し、サンゴ幼生に見立てた仮想粒子の産卵場から着生場までの移動経路を再現する。産卵場と着生場\*の位置関係が予測計算できるため、着生場が対象海域内となる産卵場を抽出することでサンゴ産卵ファーム適地選定を行うことができる。

※シミュレーションでは、仮想粒子の着底場所（海底面にたどり着いた場所）をサンゴ幼生の着生場とする。

表Ⅱ.3-2 数値シミュレーションモデルの概要

モデルの種類	モデルの特徴
波浪・流動モデル	波浪、潮流、吹送流(風による流れ)、海浜流、海流を考慮
浮遊幼生移動モデル	<ul style="list-style-type: none"> <li>サンゴ幼生を粒子に見たてて、流動モデルで計算された流れに沿って、粒子（サンゴ幼生）を追跡</li> <li>浮遊幼生の鉛直移動を考慮</li> </ul>



図Ⅱ.3-3 数値シミュレーションモデルの概要

## (2) 解析解によるサンゴ幼生の拡散範囲推定

解析解による予測は、物質拡散の様子を、数学的な公式や関数を用いて表現できる。海洋においては大久保・プリチャード式、岩井の解などが代表的である（水理公式集、2018）。地形が複雑でなく、平均的な流れの流速・流向が時間的に概ね一定で、空間的にもほぼ一様である場合、解析解により簡易的に予測可能である。

ただし、解析解で把握できるのは物質の水平方向の拡散方向とその範囲であり、サンゴ幼生の日周鉛直移動等の影響を考慮することは困難である。

## 3) サンゴ産卵ファームの規模等の決定

最終的な目標とするサンゴ礁の回復規模を踏まえ、シミュレーション結果等をもとにサンゴ産卵ファームの位置、規模等を決定する際の留意事項を示す。

### (1) サンゴ産卵ファームの対象エリア

後述する幼生供給基地からサンゴ幼生を効率的に着生させることにより、サンゴ産卵ファームを形成する。サンゴ産卵ファームは、最終的に再生・創出しようとするサンゴ礁の規模を踏まえ、シミュレーション結果等をもとに位置を決定する。サンゴ産卵ファームの対象エリアは、以下の事項を満足するエリアを選定する必要がある。

- サンゴ産卵ファームは 1ha 程度の規模を想定したものであるが、これらのエリアから恒常的に再生・創出しようとするサンゴ礁へとサンゴ幼生が供給され続ける必要がある。具体的なエリア選定は、幼生着生の数値シミュレーション等の予測を行うことにより、エリア設定を行う。
- サンゴ産卵ファームに着生したサンゴ幼生が親サンゴになり、次世代幼生を供給可能な状態になるまで生残・成長し続ける必要がある。
- サンゴ以外の他生物との競合にも留意する必要がある。特に、流れの緩やかな海域では、付着藻類に基盤が覆われ、サンゴの生息に支障を及ぼす可能性がある。また、海藻類やその他付着生物に覆われ、サンゴの成長を阻害する可能性もある。事前の現況把握により、対象海域での競合生物の有無にも配慮し、対象エリアを選定する必要がある。



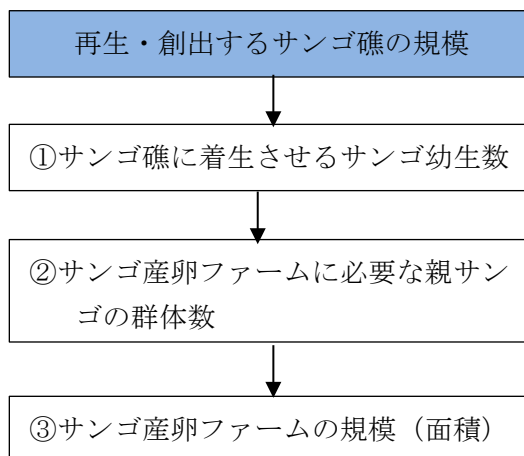
設置した基盤に繁茂する付着藻類等

なお、サンゴの産卵は、年により産卵時期や親サンゴの産卵数が異なること、産卵時の流況等の海象条件が異なるため、シミュレーション通りの結果が得られない可能性も高い。このため、サンゴ産卵ファームを継続して長期間維持することにより、対象とするサンゴ礁にサンゴ幼生が着生する確率を向上させる必要がある。

## (2) サンゴ産卵ファームの規模等

サンゴ産卵ファームの規模は、目標とするサンゴ礁の再生・創出規模を踏まえて決定することとなる。規模等を決定する流れは図Ⅱ.3-4に示す通りであり、具体的内容を以下に示す。

- ① サンゴ産卵ファームから、再生・創出を目指すサンゴ礁にどの程度のサンゴ幼生数を供給する目標とするかにより決定する。具体的には、数値シミュレーションによりサンゴ礁に着生させたいサンゴ幼生数を確保可能なサンゴ産卵ファームの規模、親群体数を決定する。
- ② サンゴ1群体当たりの幼生産卵数を想定して必要となる親サンゴ群体数を算出する。なお、幼生産卵数は、親群体のサイズにより異なるが、直径約30cmのウスエダミドリイシの群体から、約23万個程度産卵するとの報告がある（北田（2002））。
- ③ 親群体数が決定した後、サンゴが受精可能なサンゴ間の距離を踏まえ、単位面積当たりの群体数、基盤の配置・規模（面積）等を決定する（サンゴが受精可能なサンゴ間の距離については次節参照）。



図Ⅱ.3-4 サンゴ産卵ファームの規模等の決定手順

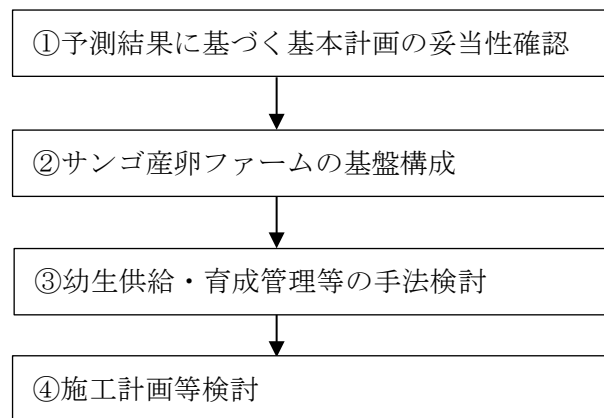
### 3. 5 設計

前章の予測により決定したサンゴ産卵ファームの位置、規模等を踏まえ、サンゴ産卵ファームの具体的な基盤の構成や施工計画等を定める必要がある。

また、サンゴ産卵ファームにサンゴ幼生を供給する役割を担う、幼生供給基地の具体について検討を行う。

#### 【解説】

サンゴ産卵ファームの設計・施工に係る検討は、下図に示す流れにより実施する。



図Ⅱ.3-5 サンゴ産卵ファームの設計・施工に係る検討手順

#### 1) 予測結果に基づく基本計画の妥当性確認

予測の結果、サンゴ産卵ファームの具体的な位置や規模等が算出された際、これらの結果が基本計画で定めた事業規模、工程、予算等に合致したものであるかを検証する。基本計画の内容を逸脱するものであれば、基本計画の見直し、予測の再計算も含め計画の見直しを行う。

#### 2) サンゴ産卵ファームの基盤構成

予測により算出したサンゴ産卵ファームの位置、規模等をもとに、ファーム内の基盤（底質）を踏まえてサンゴ産卵ファームの基盤構成を検討する。基盤は、①人工基盤、②天然基盤に大別される。サンゴ幼生の着生や生残率を考慮した場合、人工基盤が優位であるが、ファーム内に天然ノルが存在する場合には、天然ノルを活用することで、人工基盤に係るコストを抑制することが可能となる。ただし、天然ノルを利用する際には、以下の事項に留意する必要がある。

- ◎ 移植可能なスペースが存在するノルを選定する。なお、砂礫移動の影響を受ける海底面直上と低潮時の海面直下（海面から1m程度）はサンゴの生息に適さないため、その範囲を除外した部分でスペースを確保する必要がある。
- ◎ 他の付着生物が多く生息・生育しておらず、過去にサンゴの生息が確認されており、

何らかの理由で現在は生息が抑制されているようなノルが望ましい。

### 3) 幼生供給・育成管理等の手法検討

サンゴ産卵ファームにサンゴ幼生を供給するとともに、サンゴ産卵ファーム内のサンゴが減少した際に、再びサンゴ幼生を供給可能となるよう、親サンゴを継続的に生存させる場として、ファーム内及びその周辺にサンゴ幼生供給基地を整備する。

幼生供給基地とサンゴ産卵ファームの関係は、本編1章の「表Ⅱ.1-1 幼生供給基地とサンゴ産卵ファームの規模と役割」に示す通りである。

#### (1) 幼生供給基地の設置箇所

幼生供給基地は、親サンゴとなるサンゴ群集の成育に適しており、サンゴ幼生を恒常的に供給できる環境にあることが求められる。また、サンゴ産卵ファーム内のサンゴ群集が高水温に伴う白化やオニヒトデによる食害等により生息数が減少した際にも、幼生供給基地の親サンゴは死滅することなく、再びサンゴ産卵ファームにサンゴ幼生を供給することにより、サンゴ産卵ファームを継続的に維持する役割を担う。



幼生供給基地（イメージ）

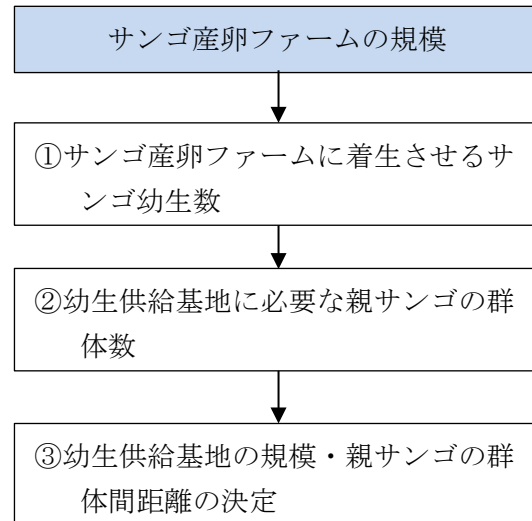
このため、幼生供給基地は、サンゴ産卵ファーム内及びその周辺において最もサンゴ群集の成育環境が適した箇所であるとともに、以下の事項に留意してエリアを選定する必要がある。

- ◎ 幼生供給基地は、原則として人工基盤を想定しているため、施設の配置が容易な環境であることが望ましい。特に、安定性を考慮した場合、外力による影響を受けにくく、海底地形が出来るだけ平坦な砂礫質環境であることが挙げられる。
- ◎ 他生物の食害、水温上昇に伴う白化等による影響についても考慮して配置や設置水深を決定することにより、これらの影響を極力受けにくい環境を維持する。
- ◎ 維持管理を想定した施設であるため、調査やアクセスのしやすさにも留意した設置箇所の選定を行う。

## (2) 幼生供給基地の規模

幼生供給基地の規模は、目標とするサンゴ産卵ファームの規模を踏まえて決定することとなる。規模等を決定する流れは図Ⅱ.3-6に示す通りであり、具体的内容を以下に示す。

- ① サンゴ産卵ファームにどの程度のサンゴ幼生数を供給するかにより決定する。具体的には、数値シミュレーション等によりサンゴ産卵ファームに着生させたい幼生数を確保可能なサンゴ群体数を決定する。
- ② 1 群体当たりの幼生産卵数を想定して必要となる親サンゴ群体数を算出する。なお、幼生産卵数は、親群体のサイズにより異なるが、直径約 30cm のウスエダミドリイシの群体から、約 23 万個程度産卵するとの報告がある。
- ③ 親群体数が決定した後、それらの群体が成長して重なり合うことにより干渉しあうことがないように、一定程度の距離を確保して、単位面積当たりの群体数、基盤の配置等を決定する必要がある。成長したウスエダミドリイシが直径 30cm 以上になることを考慮し、最大でも 6 群体/m<sup>2</sup>以下とし、具体的な密度は、基盤基数を踏まえ、以下に示す知見をもとに設定する。



図Ⅱ.3-6 幼生供給基地の規模等の決定手順

### 【サンゴが健全に成育するための群体間距離】

自然海域において、サンゴの放卵放精による受精が成功するか否かは、群体間の物理的距離に大きく依存する。幼生供給基地内では、親サンゴを高密度で生息させるため、再生産に群体間距離が影響を及ぼす可能性は低い。一方、健全で再生産に寄与するサンゴ礁を造成する際の指標としては、以下のものが挙げられる。

#### ① Edwards et al. (2007) Reef Rehabilitation Manual

サンゴ礁修復のためのマニュアルであり、枝状サンゴ (Fast-growing species) を移植する際、様々なトレードオフを考慮した結果、標準的な推奨値として、サンゴ群体間隔: 0.5m、密度: 4 群体/m<sup>2</sup>を挙げている。

#### ② Recovery Plan for Elkhorn Coral (*Acropora palmata*) and Staghorn Coral (*A. cervicornis*) (2015)

NOAA の「ミドリイシ類回復計画」において、本種の完全な回復には、有性生殖を支え生態系機能を提供する高密度な群集 (Thickets) の再形成が必須要件とされている。この要件を満たすため、Griffin et al. (2015) 等の知見に基づき、将来的に Thicket を形成しうる密度として、最終的な成体密度 3~4 群体/m<sup>2</sup>を到達目標として設定している。

### (3) 幼生供給基地の維持管理

幼生供給基地の親サンゴは生残し続けることが求められるため、一定の維持管理を行うことにより、サンゴ群集の健全性を確保する必要がある。

#### ① モニタリング

サンゴの生残、成育状況、再生産の状況等を把握するとともに、サンゴの生残、成育状況に支障が生じた際の要因分析に必要となる、幼生供給基地及びその周辺のサンゴの消長や水温等の周辺環境を併せて把握する。モニタリングの具体的な内容は、後述する「2.6 モニタリングと評価 1) モニタリング調査」を参考に、規模に応じた設定を行う。

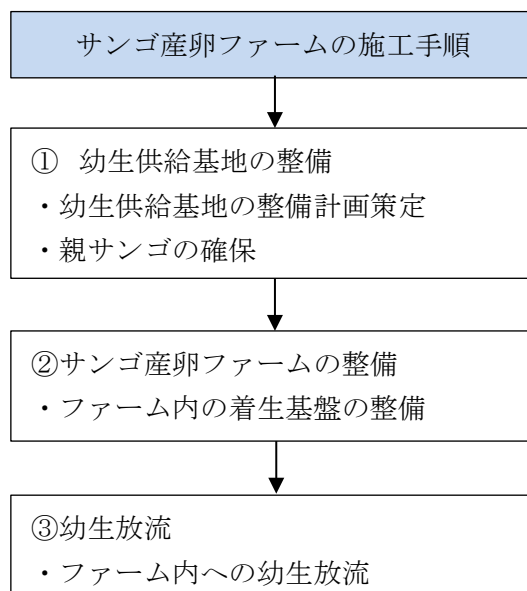
#### ② サンゴの育成管理等

サンゴ群体は時間経過に伴い徐々に成育していくが、藻類等の競合生物も繁殖するため、定期的な「藻類等除去」を行うことが望ましい。移植サンゴ周辺 30cm 程度の範囲の藻類等の付着生物や堆積する浮泥をブラシやスクレーパーを用いて除去する。また、食害生物であるオニヒトデやシロレイシガイダマシ等を定期的に駆除することにより、食害による影響を極力抑制する。さらに、大型の付着生物が基盤に付着した場合、サンゴの成育に影響を及ぼすだけでなく、基盤の安定性に支障を及ぼす可能性もあるため、大型の付着生物に留意し、定期的に除去を行う。

### 4) 施工計画等検討

サンゴ産卵ファームを造成する際の流れは図Ⅱ.3-7に示すとおりであり、具体的な手順を以下に示す。

- ① 幼生供給基地の整備計画として、幼生供給基地の整備計画を策定し、基盤を整備した後に親サンゴを確保する。親サンゴは、周辺海域で天然サンゴから採取する方法、天然サンゴから有性生殖により陸上水槽で増殖させる方法が挙げられる。
- ② サンゴ産卵ファームの整備として、対象海域の海底基質を把握した上で、人工基盤又は天然基盤による基盤整備を計画する。
- ③ 上記の整備が完了した上で、サンゴ産卵ファーム内への幼生放流を行う。



図Ⅱ.3-7 サンゴ産卵ファームの施工手順

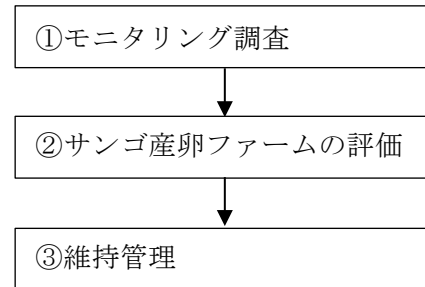
### 3. 6 モニタリングと評価

サンゴ産卵ファーム整備後、放流・着生したサンゴが再生産可能なサイズに成長し、保全・再生を目指すサンゴ礁へとサンゴ幼生を供給できているかをモニタリングし、その結果から適切な維持管理を実施するための計画を策定する。

#### 【解説】

サンゴ産卵ファームに稚サンゴが広く生息したとしても、それらの稚サンゴが成長し、周辺のサンゴ礁海域へ幼生供給を行うことができるようになるまで数年を要する。このため、サンゴ産卵ファームの整備後は一定のモニタリング調査を行うとともに、サンゴ産卵ファームの状況の評価し、必要に応じて改善等の措置を講じていく必要がある。

モニタリングと評価の計画の手順は図Ⅱ.3-8に示すとおりである。



図Ⅱ.3-8 サンゴ産卵ファームの維持管理

#### 1) モニタリング調査

##### (1) サンゴ産卵ファームのモニタリング

サンゴ産卵ファーム内のサンゴの生残、成育状況に関するモニタリング項目を表Ⅱ.3-2に示す。これらの状況を経年的に確認し、サンゴ産卵ファーム内に着生した稚サンゴが成育・再生産に寄与しているかを確認し、必要に応じて改善・改良を加えていくことが重要である。なお、サンゴ産卵ファームは1ha以上にも及ぶ規模のため、全域を確認することは多大な労力を必要とするため、サンプル調査を基本とする。また、サンゴ産卵ファームは人工基盤を中心に天然基盤（ノル等）も活用して整備する計画のため、モニタリング調査では、それぞれの環境でのサンプル調査が必要となる。特に、天然基盤では既にサンゴを始めとする多くの生物が基盤上に付着しているため、これらの先住生物の生息・生育状況の変遷にも留意して調査を行う必要がある。

また、サンゴ産卵ファームを人工基盤で整備する際には、サンゴの生残、成長状況に関するモニタリングに併せて、人工基盤の安定性についても確認する計画とする。

なお、サンゴ産卵ファームと同様に、幼生供給基地についても一定のモニタリング調査を行うとともに、必要に応じて改善等の措置を講じていく必要がある。モニタリング調査は、前述の表Ⅱ.3-2に示したうち、定点調査を幼生供給基地に対して実施する方法が挙げられる。親サンゴの群体数の減少が確認された際には、サンゴ産卵ファーム内から幼生供給基地へと移植を行い、幼生供給基地の親サンゴは、できるだけ一定数を維持するよう管理する。

表Ⅱ.3-2 サンゴ産卵ファームにおけるモニタリング調査

項目	内容	地点・頻度	備考
定点調査	サンゴ産卵ファーム内にコドラートを設定し、以下の事項についてモニタリングを行う。 <サンゴの生息状況> ・放流サンゴの新規加入群体数・サイズ ・天然サンゴの群体数・種類数・サイズ <sup>注)</sup> ・サンゴ被度 ・白化や食害等による死滅サンゴの状況 ・競合生物の生息・生育状況 ・放流サンゴの再生産の有無（卵保持の有無） <物理環境> ・経時的な水温変化（連続観測）	地点：人工基盤並びに天然基盤（ノル等）内の代表箇所 に複数点 頻度：1回/年程度	放流直後には稚サンゴの確認は困難なため、放流後半年程度から開始する。
AIによる被度計測技術	サンゴ産卵ファーム内にラインを設定し、水中画像を取得・解析することによりサンゴ被度を計測する。 （具体的な内容は、「第Ⅱ編 4.2 AIによるサンゴ被度計測技術」を参照）。	地点：人工基盤並びに天然基盤（ノル等）内の代表箇所に複数測線 頻度：1回/年程度	サンゴ幼生の放流直後は、サンゴ被度は計測できないため、数年後からの被度上昇を確認する。
基盤の安定性	人工基盤により整備を行う際には、基盤の安定性を確認するため、以下の事項を確認する。 ・基盤の移動の有無 ・埋没、異常堆砂の有無 ・破損・摩耗等の有無 ・基盤上部の格子部の目詰まり 等	地点：人工基盤の代表箇所 頻度：1回/年程度	同一地点からの写真撮影による観測も有効である。

注) ノル等の天然基盤を稚サンゴの着生基盤として利用する場合、幼生放流前から生息しているサンゴ群集についても併せて調査する。

## (2) 周辺海域のモニタリング

サンゴ産卵ファームから発生したサンゴ幼生により、再生・創出を計画するサンゴ礁のサンゴの消長を把握し、サンゴ産卵ファームの効果を検証する。また、サンゴ産卵ファーム周辺海域のサンゴの消長を把握することにより、サンゴ産卵ファーム内のサンゴの生残・成長の変化が、サンゴ産卵ファームの構造的な要因か、周辺環境の変化によるものかを判断する。

サンゴの増減等の生息状況を把握する調査としては、サンゴ産卵ファームでのモニタリング調査内容（表Ⅱ.3-2 参照）に準じた調査とするが、周辺海域のモニタリングは、調査範囲がサンゴ産卵ファーム内に比べて広範囲に及ぶこととなるため、衛星画像や航空写真の画像解析による方法（「衛星画像によるサンゴ被度分布解析手法」（改訂 有性生殖によるサンゴ増殖の手引き（平成31年3月）水産庁漁港漁場整備部）参照）を有効活用して効率的な調査計画を立案する。

表Ⅱ.3-3 周辺海域におけるモニタリング調査

環境要素等	確認項目	調査方法
サンゴ生息状況	サンゴの被度、種類、新規加入の推移 食害状況の推移	潜水目視調査 画像解析
水温	経時的な水温変化	水温連続観測
気象・海象	台風の経路・勢力 波浪、流況	気象庁観測データ 波浪、流況観測
食害生物	食害生物の有無、個体数	潜水目視調査
競合生物	サンゴと競合する海藻類等の被度の 推移	潜水目視調査 画像解析

## 2) サンゴ産卵ファームの評価

サンゴ産卵ファームでは、着生した稚サンゴが成長し、親サンゴになった上で再生産に寄与し、最終目標を達成するまでの期間を継続して監視・評価する必要がある。このため、サンゴ産卵ファームの評価は、事業のタイミングで評価基準が異なる。表Ⅱ.3-4に、事業タイミング別の評価基準を示す。

サンゴが成育して再生産に寄与できるようになった際、受精が成功するか否かは、群体間の物理的距離に大きく依存する。最も効果的に受精させるためには、群体間の距離を0.5～1m程度に抑える必要があると考えられる。したがって、親サンゴの生息密度は1～6 群体/m<sup>2</sup>程度を目安とする。

なお、上記を達成するためには、サンゴが再生産をできるようになるまで5年程度と仮定すると、幼生着生段階で13～100 群体/m<sup>2</sup>（平均生残率60%/年として算出）が必要となる。なお、人工基盤上での生残率は60%程度を確保できると想定されるが、天然基盤の際には、成育条件により生残率が大きく変動する可能性があるため注意が必要である。

なお、当該事業では再生産に寄与できる段階で6 群体/m<sup>2</sup>、幼生着生段階で100 群体/m<sup>2</sup>を目標として実証事業を実施した。

表Ⅱ.3-4 サンゴ産卵ファームの評価基準

評価時期	評価基準
サンゴ成育後(再生産に寄与できる段階であり、幼生着生後5年経過を目安とする)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 群体間距離を0.5~1m程度、最大でも3m以内におさめるため、1~6群体/m<sup>2</sup>程度。</li> <li>・ 産卵可能な程度まで成長する必要があるため、直径20~30cm以上。</li> </ul>
幼生着生段階	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 稚サンゴの着生数が13~100群体/m<sup>2</sup></li> </ul>

注) ウスエダミドリイシは群体直径が約10~20cmの間で、ある一定の高さに達すると、卵形成が始まると考えられており、直径20cmで10万、30cmで23万程度の産卵が期待される(北田2003)。

【再生産が期待される親サンゴの群体間距離】

前述にも示す通り、サンゴの放卵放精による受精が成功するか否かは、群体間の物理的距離に大きく依存する。サンゴ群体間の距離と受精率の関係についての主な研究事例は以下に示すとおりである。また、Iwao et al. (2014)によると、ミドリイシ属には自家不和合性があり、さらにペアごとの交配成功率にもばらつきがある。そのため、単一ペア(2群体)ではなく、複数群体(推奨6群体以上)の配偶子を混合することで、受精率が飛躍的に安定・向上するとしている。以上を踏まえると、複数群体を近接して配置し、群体間距離は1m以内に抑えることが望ましい。

親サンゴの群体間距離と受精の関係に関する研究

研究者	群体間の距離	備考
Mumby et al. (2024)	0.5~1m	パラオでの実測値。3m以上で他家受精が激減し、15~20mで受精率ゼロとなる。
Levitan et al. (2004)	数m以内 (10mで急激に受精率減少)	精子濃度が10 <sup>5</sup> /mlを割ると受精できない物理的限界となる。
Teo & Todd (2018)	10m以下	30m離れると受精率が無視できるレベルになる。

3) 維持管理

サンゴ産卵ファームは、1haにも及ぶ大規模な施設のため、全域を対象とした詳細な育成管理の実施が難しい。したがって、原則として定期的な維持管理は行わず、必要最低限な対応とし、以下の事項を中心に検討する。

- ・ サンゴ被度が計画よりも大きく低下したエリアが確認された際には、その要因を検討し、対策を立案する必要がある。必要に応じて再度、幼生供給基地の親サンゴを用いて再放流を実施する場合の判断基準を定めておく。
- ・ オニヒトデ等の食害生物が大量に確認された際に必要となる、駆除対策の人材や資材の確保方法について予め検討しておくことが望ましい。

### 3. 7 サンゴ産卵ファームづくりに要する期間

サンゴ産卵ファームを活用した漁場整備を、実際に計画 (Plan) から実施 (Do) を経てファームのサンゴの成熟を確認する評価 (Check) まで行う場合は、10 年程度は掛かると考える必要がある。ただし、サンゴ産卵ファームの規模・海域特性・実施体制によってはさらに長期に渡る可能性がある。

#### 【解説】

#### 1) 大まかな流れとスケジュール

大まかな流れについては、「Ⅱ編 3.1 基本的な考え方」に記載する通りであるが、ここでは実際に行政によってサンゴ産卵ファームを活用した漁場整備を実施しようとする場合にどの程度の年数を要するかを例示する。なお、対象はPDCA サイクルにおける計画 (P) から実施 (D) までの「サンゴ産卵ファームづくり」に相当する部分、および評価 (C) によってサンゴ産卵ファームのサンゴ成熟を確認するまでとする。

また、要する期間は条件によって大きく変わる可能性があるため、今回は以下の条件において例示している。

- 「予測」においてはシミュレーションモデルを構築・活用する
- 海域にはすでに幼生供給基地として活用可能な小規模なサンゴ群集が存在する
- サンゴ産卵ファームの規模は1 ha (10000 m<sup>2</sup>) とし、ファーム全域への幼生放流には2年を要するものとする
- モニタリングを含めた評価は、サンゴ産卵ファームのサンゴの成熟 (または産卵) を確認するまでとする

表Ⅱ. 3-5 サンゴ産卵ファームづくりのスケジュール例

段階	実施項目	1年目	2年目	3年目	4年目	5年目	6年目	7年目	8年目	9年目	10年目
計画(P)	現状把握	→									
	基本計画の立案	→	→								
	予測	→	→								
	設計			→							
実施(D)	親サンゴの確保(本表では既にあるものと仮定している)										
	基盤の作成・設置				→	→					
	幼生放流					→	→				
評価(C)	維持管理・評価						→	→	→	→	→

#### 2) 留意点

実際にサンゴ産卵ファームづくりを行う際には以下の点に留意する必要がある。また、場合によっては上で例示した期間より更に数年の期間が必要となる可能性がある。

- 「現況把握」においては対象海域の既存データも活用し、数年分のデータから海域環境の変化・経緯も把握することが望ましい

- 「現況把握」「基本計画」の段階においては行政・漁業者・観光業者等の関係機関からのヒアリングや協議の場を設けることが望ましい
- 実施（Do）においては幼生供給基地に相当する「親サンゴの確保」の要否によって全体の工期が大きく変わり、新たに種苗生産をして親サンゴまで育成する場合には更に5年程度が必要となる