

I-5 種苗生産と稚サンゴの移植

稚サンゴを大量に生産するには、種苗生産によって着床具に稚サンゴを着底させ、中間育成を行う。着床具を移植海域へ運搬し、海底の基盤等に着床具ごと接着剤やボルト等で固定する。一部のミドリイシ類のサンゴに対して、この方法で増殖できることが可能となってきたが、さらに多くの種に対し、安価な生産方法の開発が期待される。

【解説】

サンゴの幼生を飼育し、着床具上に着底・変態させることを「種苗生産」と呼ぶ。生産した着床具上のサンゴ幼体を移植サイズまで人工管理下で飼育することを「中間育成」と呼ぶ。サンゴの種苗生産については、阿嘉島臨海研究所および水産総合研究センター西海区水産研究所石垣支所が中心となって開発を進め、すでにマニュアル「サンゴ礁修復に関する技術手法－現状と展望－大森 信 編著」が作成されており、非常に詳しく参考になる。この章では、種苗生産の概要を説明し、その後の中間育成と移植方法について示す。

稚サンゴの移植を目的とした種苗生産から稚サンゴの移植の手順を図 I-5-1 に示す。多くのミドリイシ類のサンゴは、年に一度産卵する。わが国では初夏の満月の大潮時を中心に産卵する種が多いものの、産卵日を特定することは容易ではない。そのため、サンゴの幼生を確保するため、親サンゴの飼育などが重要となる。確保できた受精卵は、幼生に変態するが、着底行動を示すまで飼育する。そして、着床具などに幼生を着底させ、陸上水槽や実海域等で飼育（中間育成）する。着床具に着生した稚サンゴを、移植場所まで運搬し、移植する。

このようなサンゴの種苗生産は、現段階ではミドリイシ類の限られた数種で成功しているだけである。サンゴの産卵時間や受精の確度、幼生の耐久性、着底行動を示すまでの時間など、ほとんどの種で明らかにされていない。種によっては種苗生産が難しいものもあり、水槽内で産卵するが、幼生の段階で大きく減耗するものもある。これまでに種苗生産の実績がない種を対象とする場合、慎重な取り組みが必要である。今後、さらに多くの種に対して、種苗生産の可能性を把握し、安価で簡便な生産方法の開発が望まれている。

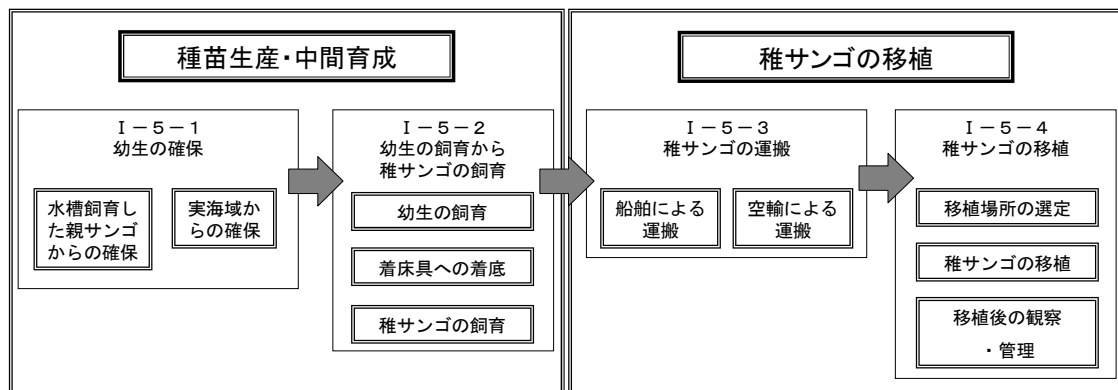


図 I-5-1 種苗生産と稚サンゴの移植の手順

I-5-1 幼生の確保

幼生を確保する方法には、実海域から採取した親サンゴ（群体全体あるいは群体の一部）を水槽内に移して産卵・受精させる方法と、実海域で産卵した卵あるいは幼生を、スリックから採取したり、バンドルコレクターを使用して実海域の群体から採取したりする方法がある。

【解説】

水槽内で親サンゴを飼育し、水槽内で幼生を確保する方法と実海域から卵または幼生を採取する方法について以下に解説する。

1) 水槽内の親サンゴからの幼生の確保

産卵前に親サンゴを採取して、水槽内で飼育・産卵させ幼生を確保するもので、高い確率で幼生を確保できる。以下に、ミドリイシ類の親サンゴを対象として、その採取・水槽内での飼育・産卵について示す。

(1) 親サンゴの採取

①採取計画

採取する親サンゴの寸法や数量は、最終的に必要とする幼生または稚サンゴの数量を想定して決定する。飼育期間を短くするために、採取は産卵の直前が効率的である。表 I-1-2-1（主なサンゴの産卵時期）などを目安に、採取時期を決める。産卵後は、受精時、幼生時、着底時、その後の中間育成の各ステージで減耗していくので、これらの減耗率を設定して採取すべき親群体数を決める。

サンゴ群体の大きさと得られる卵の数量との関係に関する知見は少ないが、北田(2002)は、ウスエダミドリイシ (*Acropora tenuis*) の1群体あたりの産卵数を調査した。これによると、直径約30cmの群体から、約24万個の卵が放出される。同じ群体の卵と精子では受精しないので、他の群体から放出された卵や精子が必要であり、複数群体を採取しなければならない。また、受精率は、95%以上である場合があるが、群体の組み合わせによっては受精率が低い場合もあるので、群体数は多いほどよい。

これまでに、大量の種苗生産の例は少なく、研究が進んでいるウスエダミドリイシ（「II-4移植用稚サンゴの生産」参照）であれば、具体的な採取計画を作成できる。例えば10万群体のウスエダミドリイシの稚サンゴが必要とする場合、中間育成時の生残率が60%、幼生着床率が50%、幼生飼育時の生残率が80%、受精率が90%とすれば、約46万個の卵が必要となり、最低でも直径30cmの群体を2群体以上必要となる。上述のように、群体の組み合わせによっては受精率が低いこともあるので、この例では少なくとも3群体以上の親サンゴを用意することが望ましい。なお、ウスエダミドリイシは他に比べて減耗率が比較的少ない種だが、他のサンゴの場合は、より多くの親サンゴが必要になるであろう。今後も様々な種を対象に、各ステージでの減耗率を把握することが望まれる。

②採取サンゴの探索

採取する親サンゴの種類と数量を決定し、採取するサンゴ群体を探索する（図 I-5-1-1）。対象種が分布するおおよその範囲を決定し、探索を開始する。探索と同時に採取する場合

は、採取用の器具および運搬用の容器などを携帯する。後ほど採取する場合は、発見場所の緯度・経度をGPSで測位し、水深等を水中ノートに記載する。また、対象種が分布する海底の状況を写真撮影しておく、後の再探索が容易になる。

③採取方法

1 群体全体を採取する場合は、群体に損傷を与えないように、サンゴを折るのではなく、根元の岩盤をノミ等で割って岩盤ごと採取する。群体の一部を採取する場合、採取部位以外の枝を折ったり損傷させたりしないよう注意深く採取する。なお、採取時の振動をできる限り小さくする。

④仮置き・養生

採取した親サンゴは、損傷や運搬によるストレスを緩和させ、ダメージの状態を確認するため、しばらくの間、採取場所の近傍に仮置きして養生する。採取場所から仮置き場所まで近距離の場合は、そのまま水中を運搬し、長距離の場合は、次節の「(2) 親サンゴの運搬」を参考にして運搬する。

仮置き場所は、荒天時でも波浪の影響が小さく、周辺にサンゴが分布する安定した環境の場所を選定する。仮置き場では、波浪でサンゴ群体が移動・動揺をしないように、プラスチックや金属製の格子を海底に設置し、その格子に結束バンドなどで固定するとよい。サンゴ体をかじる魚やオニヒトデ等の食害動物の影響が危惧される場合、ネットで仮置き場を覆い、サンゴを保護する。養生期間中は、粘液を出す頻度、触手の伸長状況や白化の有無等を観察する。サンゴの状態が正常なら、飼育水槽に運搬する。状態が悪いと判断されたサンゴは、採取場所に戻し、接着剤などを使用して固定する。

⑤所用人員および資機材

必要となる人員および資機材は、表 I-5-1-1 を参考にして決定する。

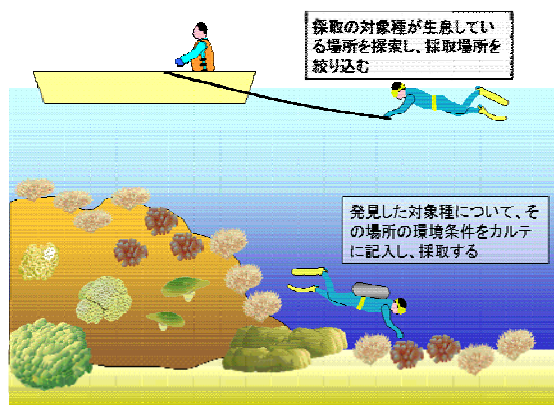


図 I-5-1-1 親サンゴ探索状況

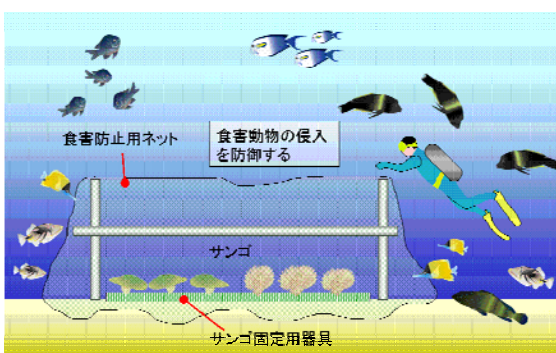


図 I-5-1-2 親サンゴ仮置き状況

表 I-5-1-1 必要な人員および資機材

人 員	船長 (小型船舶)、船上作業員、潜水士
機 械 類	小型船舶、潜水器材、水深計、水中時計、水温計、水中カメラ、その他の必要となる機器 (GPS、光量子計、塩分計など)
器具・資材	ロープ、ハンマー、タガネ、水中ノート一式、ゴム製の手袋、密閉容器、サンゴ用緩衝材、サンゴ固定用資材、食害防止用ネット、水中バンドなど

(2) 親サンゴの運搬

親サンゴの運搬状況の模式図を図 I-5-1-3 に示す。仮置き場において、状態が良い親サンゴを選定し、適当な容器に入れ、容器内で動揺しないようにして、空気に曝さずに運搬する。陸上(船上)運搬では、容器内の温度上昇を防ぐため、遮光ネットで覆い、冷却のための撒水を行う。運搬時間が長いときは、水温をモニタリングしながら、適宜、海水交換を行う。

飼育水槽に親サンゴを搬入する際、容器の蓋を一部分開け、容器ごと飼育水槽に入れて水温馴致する。水温に差がなくなったら、サンゴを飼育水槽へ移す。作業中は、サンゴを空气中に曝さないように注意する。また、ゴム手袋を着用して素手でサンゴを触れないようにする。

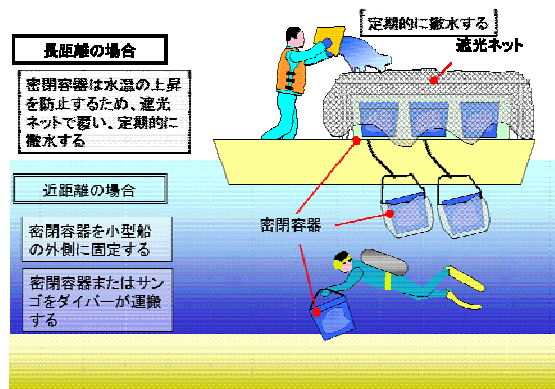


図 I-5-1-3 親サンゴ運搬状況

(3) 親サンゴの養成

① 飼育環境

採取した親サンゴは、良好な飼育環境下で産卵時期まで養成しなければならない。

陸上水槽での飼育では、可能な限り採取場所の環境に近づけることが望ましい。特に採取場所と水深が浅い水槽内では光量が異なるので、遮光ネットで光量を減じ、流量を多くする等の工夫を行い、水温を現地にできるだけ合わせる。餌料生物や有機物、光合成に必要な栄養塩類などの確保という点では、水流が強い方がよいが、ポンプの強い水流をサンゴの体に直接当てると、共肉が剥がれるなどの事例もあり、水流の方向や強弱に留意する。なお、水流の強弱の調整が困難な場合は、水槽壁面に一度当ててから、水流を分散させてもよい。実海域に設置する場合も、採取場所と類似した環境（水温、光量、流れ等）の場所を選定し、親サンゴが波で動揺・滑動しないように、海底の基盤や格子等にしっかりと固定する。

競合生物は、光量が大きい場所では藻類、光量が小さい場所ではイソギンチャク、海綿やホヤなどの付着動物が挙げられる。水槽内では、植食性の魚類や巻貝類を水槽内に収容することで藻類を除去できる。ミゾレチョウチョウオを水槽内に入れると、イソギンチャク類の駆除ができる。実海域では、競合する藻類や付着動物の他に、食害生物にも注意が必要である。オニヒトデやシロレイシガイダマシなどは、移動速度が比較的遅いので、メンテナンス時にそれらを除去することが望ましい。しかし、サンゴをかじるブダイの仲間や、ポリプを食べるチョウチョウオの仲間などの魚類は、移動速度が速いので、駆除しにくい。可能であれば、親サンゴを食害防止カゴ等で覆うことが望ましい。

②成熟状況

サンゴの種類により、その産卵形態と産卵時期が異なるため、表 I-1-2-1 を参考に産卵時期を想定し、産卵時の作業計画を立てる。産卵日を特定する場合は、群体の一部を切断し（写真 I-5-1-1）、成熟状況を観察することで、概ね特定できる。

大矢・岩尾（1998）は、阿嘉島周辺のミドリイシ属サンゴ6種について、産卵直後の卵の体積を計測しており、産卵日を想定する上で参考となる。また、林原ら（2006）は、親サンゴから生殖線を含む組織を取り出し、近似的に卵体積を算出して、産卵時期の推定を試みており、ミドリイシ属サンゴでは卵体積が $0.08 \sim 0.085\text{mm}^3$ を超えると産卵間近であると推測している。



写真 I-5-1-1 サンゴの切断面
（ピンク色が成熟した卵）

(4)産卵および受精

多くのミドリイシ類は他家受精なので、同一種の複数群体が同時に産卵しなければ受精できない。サンゴの表面を観察し、ポリプの口にバンドルが観察されれば、その日の夜に産卵する可能性が高いので、群体ごとに別の容器に移し、産卵が終了するまで待機する。産卵すると、卵は水面上に浮かび、精子は海水を白濁させるので、それぞれ違う親の卵と精子を水槽内でかき混ぜることで受精が進む。受精後は海水が濁るので、水換えによって受精卵を随時洗卵する。この段階での減耗が大きいので、最も注意を要する過程である。なお、親サンゴの群体数が少なく、複数群体の同時産卵が期待できない場合は、強制的に産卵誘発させる方法（Hayashibara et al, 2004）や、光条件の操作により産卵時刻を変更させる方法（岩尾, 2000）が特定の種を対象に実施されているので、参考にすると良い。

2) 実海域からの幼生の確保

(1)スリックからの採取

この方法は、一斉産卵後、海面の潮目付近に形成されるサンゴの卵や精子、受精卵等を含んだ浮遊物（スリック）をヒシヤク等ですくいとり、受精卵や幼生を確保するものである（図 I-5-1-4）。産卵日の夜や翌朝の作業になるが、海象の影響を大きく受け、波が高いとスリックを発見できないこともある。受精卵や幼生以外の、ゴミやバンドルがはじけたとき出る油脂等が混入すると水槽壁面にこびりつき、卵がそれらに付着し、へい死することがある。この段階でのへい死率は高いので、採取した卵または幼生は、直ぐにきれいな海水に換水することが望ましい。

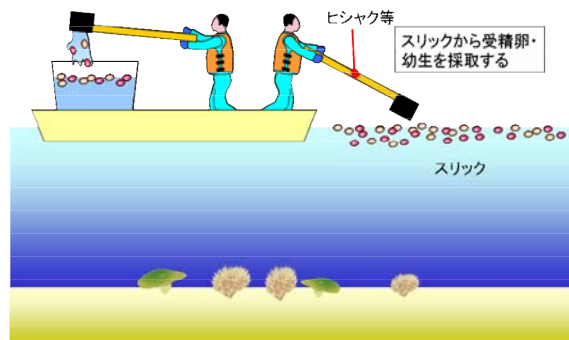


図 I-5-1-4 スリックからの採取模式図

(2) 採取器具の使用

多くのサンゴは、卵と精子が入った海水よりも比重が小さいカプセル状のバンドルを放出するため、バンドルコレクターなどの採取器具をサンゴ群体の直上や海面付近に設置することで、卵や精子を確保する（図 I-5-1-5）。コレクターに集積した卵・精子は、産卵終了直後（あるいは、なるべく時間を置かず）に回収し、濾過海水に移してすすめる。

受精の作業工程を減らす目的で、成熟した対象種のサンゴが 2 群体以上分布する場所において、それらの群体を覆うことができる大型のバンドルコレクターを設置する試みが沖ノ鳥島で実施された。しかし、この方法では、健全な受精卵は少なく、更なる技術開発が必要である。

同種の成熟したサンゴが数群体ほど、まとまって分布する場合、さらに大型のバンドルコレクターで卵を採取した事例がある。岩尾ら(2005)は、1 辺が約 5m の魚類生け簀用の筏に、4m 四方、深さ約 1m、底面が開閉式のビニルシート製のプールを設置し、産卵時には底面を開放して卵を大量に採取した。この場合、受精率は高かったと報告している。

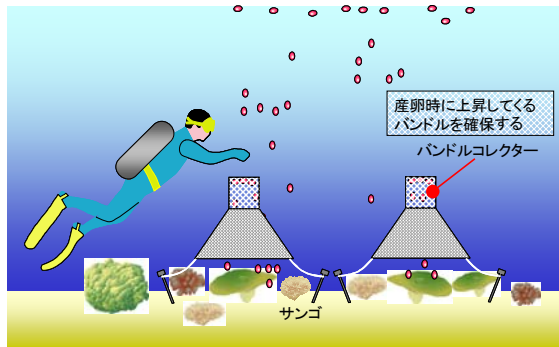


図 I-5-1-5 バンドルコレクター設置模式図

I-5-2 幼生の飼育から稚サンゴの飼育

サンゴの幼生を飼育し、着床具に着底させることを種苗生産、生産したサンゴ幼体を移植サイズの稚サンゴにまで人工管理下で飼育することを中間育成という。高い生残率を達成し、大量に移植用稚サンゴを生産するため、陸上施設を使った中間育成では、親サンゴ養成と同様に、水槽内の飼育環境を適正な状態に保つことが必要である。

【解説】

稚サンゴの飼育は、陸上水槽や実海域で実施されるが、以下に基本的な方法を示す。

1) 幼生の飼育

受精卵や幼生は、初期の段階では水面付近に浮遊するが、水面での密度が高くなりすぎるとへい死することが多い。卵が水面を覆う被度は20%程度以下に調整する。卵は、油脂を多く含み、卵同士が接して一箇所に固まると、酸素が欠乏して腐敗が起こる。特に、初期の卵割の時期には注意が必要で、卵が水面上で分散するようにする。例えば、水槽の底付近にて、プロペラ式等の攪拌装置などを用いて緩やかな流れを作り、卵同士が離れるようにすると良い。なお、斃死した卵を放置すると腐敗して海水が汚れ、次々に卵がへい死するので、頻繁に水換えをする。

実海域を利用する場合は、急な気象・海象の変化に耐えられるように、静穏な海域で飼育をする。単管や浮子で筏を製作し、幼生よりも目合いの小さいネットやシート製の水槽を、筏より垂下して使用する(図I-5-2-1)。このような水槽では、周囲が海水なので、水温変化が小さく、水温調整は必要ない。しかし、陸上水槽と同様に水換えが必要となるため、水中ポンプによる揚水により、常に新鮮な海水を水槽内に放水するとよい。これにより、水槽内に緩やかな流れが発生し、卵同士の付着などの抑制となる(Omori et al., 2007)。

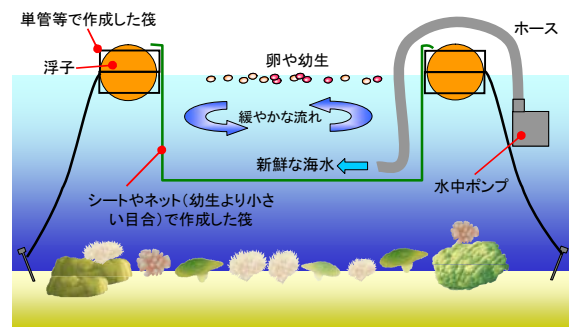


図 I-5-2-1 筏を利用した水槽の模式図

2) 着床具への着底

ミドリイシ類のサンゴの幼生は、通常、産卵後5、6日目頃になると、水面付近から沈降し始め、着底行動(水槽の底に降りて、適当な着底場所があるかどうか探索する行動)を示す。この段階になると、着床具に幼生が着底し、ポリプに変態する。着床具に着底させる方法としては、幼生の飼育水槽内に着床具を設置する場合と、新鮮な海水と着床具を設置した別の水槽内に幼生を投入することもある。

着床具は、移植時の作業を考慮した形状が望ましい。着床具の素材は、コンクリート、素焼き陶板(タイル)などの実績が良い。幼生の着底率は、素材よりも着床具上に先行して石灰藻(無節サンゴモ)が着生していることが望ましい。サンゴ幼生の着底は、石灰藻やある種の細菌によって誘引されると考えられている(Morse et al, 1996; Negril et al, 2001)。実際に、石灰藻を着床具に付着させておくと、幼生の着底・変態がかなり

促進される。石灰藻をより多く付着させるためには、予定している着生面を上にして着床具を海底に1ヶ月以上放置するとよい。水槽内なら、強い水流(20cm/秒程度)やエアレーションによる空気を、直接、着床具に当てる方法が有効である。

石灰藻が着生した着床具は、幼生を着底させる前に、付着しているホヤやカイメンなどの付着動物や緑藻や珪藻はブラシ等で剥離する。着床具の表面に石灰藻が薄く付着している程度とする。着底行動を示した幼生の水槽内に着床具を入れると幼生が着底し始める。着底・変態が済むまでは水槽内の海水を交換せず、1~2日程度は放置する。

目視で幼生が着底し、着床具を揺すっても幼生が剥がれないようであれば、着底・変態が終了したので、海水を新鮮なものに少しずつ換える。着床具上への最適な幼生の着生数がどの程度がよいか種によっても異なるようで、はっきりしたことはまだ判っていない。これまでの事例では、10×10cmのプレートであれば百個体以上の着底があれば安心できる。ポリプは成長と共に淘汰され、このサイズのプレートでも最終的に数群体に減少する。大量に着底すると同じ種のポリプが融合して、成長が早まる可能性がある。

3) 稚サンゴの飼育

Omori(2005)やOmori et al.(2008)が稚サンゴの飼育を報告しており、参考になる。

(1) 飼育水槽

水槽の形状は、太陽光が十分に入り込むものを選択する。水温・水質を安定させるには、容量の大きい水槽がよい。サンゴ幼生を着生させた着床具は、底に堆積するシルトやゴミが稚サンゴに付着するのを防ぐため、カゴやネット等で水槽底を数cm上げた方がよい。

(2) 飼育環境

親サンゴの水槽飼育と同様だが、飼育環境として水温、光量、水流を適正に管理する。稚サンゴの飼育水温は、急激に大きな変化をしないようにする。光量は、サンゴの生息海域を再現するように遮光ネット等で調整する。なお、エアレーションにより光の揺らぎを作ることがよいようである。水流は、流速5cm/秒程度でよく、エアレーションで発生させた水流で十分である。

(3) 競合生物の除去

藻類は、稚サンゴと着生場所を競合し、藻類が繁茂すると稚サンゴがへい死することがある。親サンゴの水槽飼育と同様だが、藻類の駆除はタカセガイ稚貝などの植食性の貝類や魚類を用いる。植食性貝類の飼育密度は、藻類の繁茂状態を見ながら調整する。やや多めに入れて、藻類が生えないようであれば、貝類の密度を減少させる。なお、イソギンチャク類の駆除は、ミズレチョウチョウオを用いる。

(4) サンゴの健康診断および飼育条件の調整

稚サンゴ群体の活性(健康状態)は、親サンゴと同様に触手の伸び具合や共肉の色によって判断できる。ただし、群体が小さいので、長径2mmくらいまでは実体顕微鏡、それ以上のサイズではルーペで観察する。長径5mmくらいからは、肉眼でも判断が可能である。稚サンゴに異常が見られたら、その原因を把握し、飼育条件の改善を行う。また、水槽底に溜まる貝類や魚類の糞などは稚サンゴの成育に望ましくないので、1~2週間に1回程度は水槽底の掃除を実施する。

I-5-3 稚サンゴの運搬

中間育成した稚サンゴを他の海域に移設するには、稚サンゴにできるだけストレスを与えないように水槽に入れて運搬する。運搬時は、稚サンゴの外観を観察し、水質・水温の変化、光量に留意する。長距離運搬では、しだいに移設先の環境に合わせていくように、海水を交換しながら、水質や水温調整を行う。

【解説】

稚サンゴは、飼育環境の変化や振動などの物理的な影響などのストレスを、可能な限り与えないような状態で、水槽等で飼育して運搬する。

1) 船舶による運搬

(1) 船上水槽による長距離運搬

数日間の長距離を運搬する方法について、その留意点を示す。

着床具上の稚サンゴへの衝突や衝撃などの影響を緩和するには、着床具をしっかり固定し、また、着床具周囲を保護する容器（以下、着床具容器）等を使用することが望ましい。図 I-5-3-1 は、一例として、平板タイプの着床具を運搬用に串刺し状にし、着床具容器に設置した状況である。このような収納方法であれば、着床具上のサンゴを保護できる。着床具容器ごと水槽内に入れて運搬すると稚サンゴを安定にすることができる。また、船の甲板上に水槽を設置して運搬する時は、船体の動揺で水槽外に海水が溢れるので、透過性の高いフタで密閉するなどの対策が必要となる（図 I-5-3-2）。

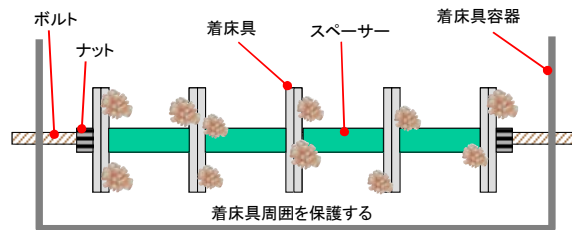


図 I-5-3-1 着床具を容器に収納した例

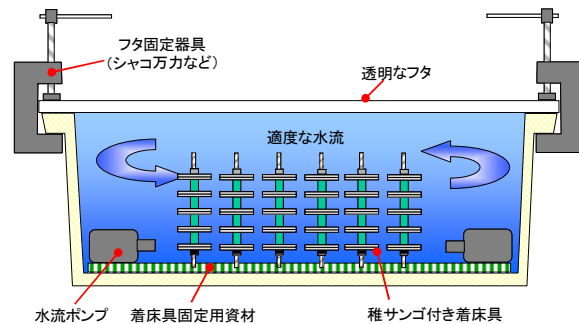


図 I-5-3-2 密閉式の船上水槽の例

屋内水槽で運搬するには、光量を確保するため、脊椎動物飼育用蛍光灯などの光源を設置しなければならない。光源機器は高価なので、屋内水槽の規模が大きいと、費用がかさむ設備となる。光源には発熱しやすいものもあり、水温や気温調整に配慮が必要である。その他、水温調整のためのヒーター、タンパク質・脂質を除去する装置（プロテインスキマー）、海水攪拌のための水中ポンプもしくはエアレーション装置などを、必要に応じて設置する。なお、エアコンで室内の気温が調整できることが望ましい。

屋外水槽では、光量が大きすぎることもあるので、運搬用の水槽の上に、遮光ネットを設置し、飼育時の光量と同程度に調整する。また、気温が高く、水槽内の水温が上昇するような場合、水槽周辺へ撒水し、水温上昇を抑制する（図 I-5-3-3）。逆に、水温が低くなる可能性があるなら、ヒーターで加温できるようにする。その他、ポンプやエアレーション装置は必要に応じて設置する。

運搬用の水槽への稚サンゴの移動にあたっては、環境変化を小さくするため、運搬用の水槽と飼育水槽で同じ水温に調整した方がよい。なお、水槽に稚サンゴを入れる際は、次第に馴致させる。

運搬中の水換えは、少なくとも1日に2～4回の頻度で、水槽の1/3程度を交換すると良い。この時も水温の急激な変化がないように留意する。水換え後は、稚サンゴの概観をよく観察し、触手の伸ばし方、外観色の変化、部分的な白化、粘液の放出などを確認する。粘液の放出やサンゴの状態に変化が見られた場合は、海水交換を一旦中断し、その原因について検討し、対策がとれるようであれば対策を実施してから、水換えする。不健康な群体は別水槽に隔離するとよい。なお、飼育水槽の水温と移植先の水温に大きな差がある場合、徐々に移植先の水温に変化させるように運搬水槽の水温を制御する。

屋内水槽の場合は、午前6時から午後6時（屋外での日照時間相当）の間に、無脊椎動物飼育用蛍光灯などを点灯して、光量を確保する。

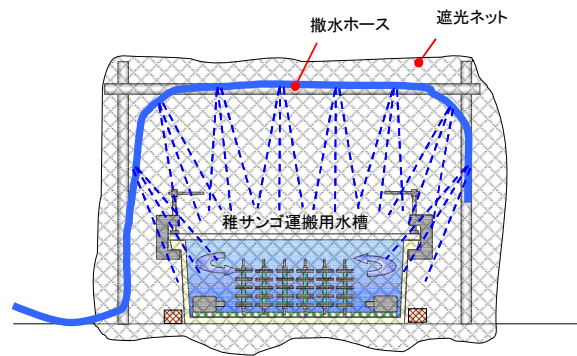


図 I-5-3-3 屋外水槽の遮光ネットおよび撒水の例

(2) 小型船による運搬

稚サンゴを、1日以内で短距離運搬する場合は、小型船などにより運搬する（図 I-5-3-4）。

短時間の運搬であれば、稚サンゴを入れた容器をそのまま運搬する。数時間を要する運搬であれば、稚サンゴ用の容器の水温上昇を防ぐため、小型船上に水槽を準備し、海水

を入れた後に稚サンゴ付き着床具を収めた容器を入れ、船舶の動揺時に海水がこぼれないよう蓋を被せる。一連の作業では、空気に曝さず、サンゴ枝の損傷に注意して運搬する。運搬中の水温は、運搬先の水温と大差がないように管理する。水温上昇を抑制するには、遮光ネットを設置し、水槽の蓋へ撒水するのが効果的である。

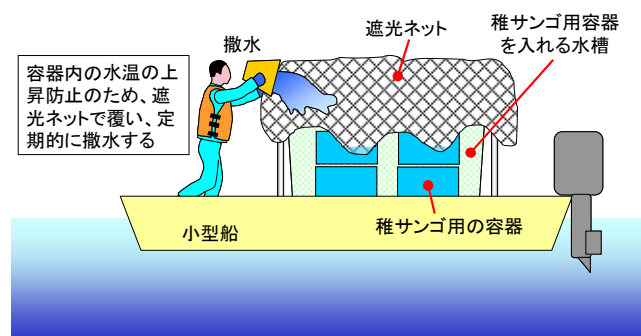


図 I-5-3-4 小型船での稚サンゴの運搬例

2) 空輸による運搬

稚サンゴを遠方に短時間で運搬する場合は空輸方法がある。着床具は、動揺しないように海水の入ったビニール袋に入れる。ビニール袋には、酸欠防止のため酸素を注入しておく。ビニール袋は、クーラーボックスのような容器に入れて運搬する。容器内の水温を一定に保つため、保冷剤もしくはカイロ等を入れて温度調節を行う。なお、実施にあたっては、運搬工程の環境変化をあらかじめ試験しておくことが望ましい。

I-5-4 稚サンゴの移植

移植場所周辺のサンゴの分布状況を観察して、移植場所を選定する。運搬した稚サンゴは、水中ボンドや結束バンドを用いて海底の岩盤やサンゴ増殖礁に固定する。

【解説】

1) 移植場所の選定

稚サンゴの移植は、対象とするサンゴの成育環境にありながら、一時的な親サンゴの衰退で、幼生の供給量が少ない場合に実施するものである。したがって、稚サンゴの移植場所は、対象とするサンゴが分布できる環境でなければならない。移植場所は同種のサンゴが着生している場所が望ましく、I-3-3 の計画、I-3-4 の設計に従って決める。特に、サンゴが成育できる海底からの高さ、水温、水質、光量、方位、傾度、流動あるいは食害動物の有無など、対象とする種が成育できる環境であることを総合的に判断しなければならない。さらに、その適地の中でも、作業性を十分考慮して、具体的な移植場所の詳細地形を事前に把握した後に移植する。

稚サンゴの移植で最も重要な事項は適地選定であり、対象とする種の生息の可能性を見極めないで移植すると、生残率が低く、失敗に終わることもある。十分な検討が必要であり、サンゴ群集の形成阻害要因が、親サンゴや幼生の加入不足以外にあるなら、その要因を除去あるいは緩和しつつ、移植適地を決定すべきである。

2) 移植方法

移植方法は、着床具の形状により異なる。着床具の固定の例を図 I-5-4-1 に示す。着床具を、水中ボンド等で岩盤上に接着する場合は、事前に、岩盤の表面に着生している付着物をワイヤーブラシ等で剥がし、水中ボンドが付着し易くしておく。ボルトやナットを利用して固定する場合は、水中ドリル(通常、エアードリル)で岩盤に削孔し、孔にボルトを固定し、そのボルトに着床具を固定する。また、結束バンドや針金などを使用する場合は、海底の凹凸や必要に応じて釘等を海底に打ち込み、それらに縛り付けて固定する。

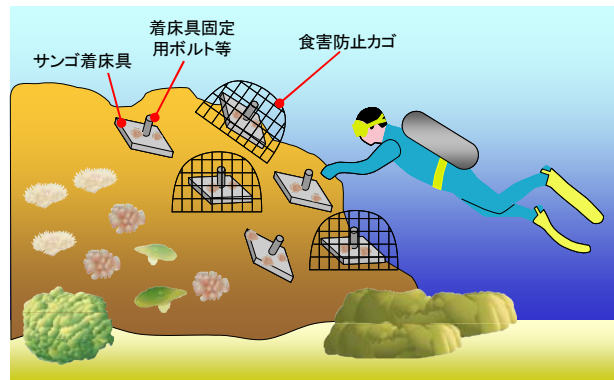


図 I-5-4-1 着床具の固定状況(ボルト使用例)

新たに着床具を岩盤に固定すると、着床具が岩盤から突出し、サンゴをかじる魚類の食害を受けやすくなる。食害が危惧されるなら、食害魚が侵入しないように、移植した着床具を、太陽光を大きく遮断しない程度にカゴ等で覆うと良い。

新たに着床具を岩盤に固定すると、着床具が岩盤から突出し、サンゴをかじる魚類の食害を受けやすくなる。食害が危惧されるなら、食害魚が侵入しないように、移植した着床具を、太陽光を大きく遮断しない程度にカゴ等で覆うと良い。

3) 移植後の観察・管理

食害魚が周辺に生息していると、移植した稚サンゴは、早ければ1日で食害を受けてしまう。また、成育環境が合わないと、直ぐに白化する可能性がある。移植後できるだけ早いうちに成育状態を観察し、異常があればその対策を施す。成育が適さなく白化し始めたら、移植場所を変更することになるので、他の移植適地も用意しておくが良い。

I-5-5 種苗生産施設

親サンゴや稚サンゴを飼育するには、陸上施設での飼育環境を、海域の状態に近づけることができるように、種苗生産施設および設備を整えることが必要である。

【解説】

陸上種苗生産施設および設備を設計する際の留意点を示す。

1) 立地条件

- ・ 水温条件では、サンゴが成育する熱帯・亜熱帯性と同じ気候帯の場所、あるいは海域より 22～30℃の海水を大量に取水できる場所が望ましい。
- ・ 飼育サンゴに十分な日光が当たる広い場所が良い。ただし、産卵時は光の影響を受けやすいため、人工光の影響を受けにくい場所がよい。
- ・ 風が強い場所は、水温が低下しやすいので避ける。
- ・ 水温変動が少なく、水質が安定している深場（水深 20m程度）や地下から、十分な量の清浄海水を得られる場所が望ましい。

2) 取水・排水

- ・ 取水口は、塩分低下およびシルトの混入が想定される河川の近くを避ける。
- ・ 取水は、砂ろ過を行い、シルトや生物の混入を防ぐ。また、排水は、飼育サンゴの卵が海域に流出しないように、砂ろ過などの処置を施した後に、排水する。
- ・ 漁港などの管理区域内を配管する場合は、配管設計を管理者と協議し、占有手続きが必要となる。

3) 施設規模

- ・ 水槽は、搬入する親サンゴと生産する稚サンゴの数量が、十分確保できる水槽の容量が必要であり、その水槽分の海水量を確保できる施設規模が必要である。

4) 施設設備

(1) 水槽

- ・ 水槽容量は、水温・水質が安定しやすい 5 トン以上が望ましい。
- ・ 水槽数は、飼育するサンゴの量により異なるが、以下の基準を目安とする。ただし、これは暫定的な値であり、より正確な数値は今後の研究に期待する。
 - 親サンゴ（直径 30cm 程度） 飼育海水量 1 トンあたり 6 群体程度
 - 稚サンゴ（直径 1cm 程度） 飼育海水量 1 トンあたり 5,000 群体程度
- ・ 形状および材質は、水槽内にできるだけ長時間にわたり直射日光が入り込むタイプ（例えば、ポリカーボネート製など）が好ましい。

(2) サンゴの配置

- ・ サンゴ群体の上端から水面までの距離は、親サンゴの場合は 60cm 以上、稚サンゴの場合は 40cm 以上となることが望ましい。この水深が確保できない場合は遮光ネットで光

量を調節する。

- ・ 水槽の底に沈降、堆積する貝類の糞やシルトなどが、サンゴに影響を及ぼさないように、底にはスノコのようなものを使用し、15cm以上嵩上げする構造が望ましい。

(3) 生息環境

- ・ 換水率は、0.5回転/時間以上を確保できるように、取水ポンプ、貯水槽、濾過装置等の能力を決定し装備する。
- ・ 海水温は22～30℃とする。必要であれば、加温・冷却装置、遮光ネット、水槽の周りをウレタンマットや毛布などで覆うなどの設備が必要である。ただし、屋内施設の場合は、室内の気温が上がり過ぎない(36℃以下)ように注意する。
- ・ 食害生物の成体や卵稚仔が、水槽内に入り込むのを防ぐ装置が必要である。
- ・ サンゴの呼吸や生理機能が良好に保つため、水槽内の海水は循環させる必要がある。海水循環はエアレーションを用いるのが効率的で経済的だが、ポンプを用いてもよい。流れは5～20cm/秒程度とするが、サンゴの種によって好適な水流や許容範囲が異なること、ポンプからの流れを直接サンゴに当てないことに留意する。また、水槽内に海水が滞留する場所ができないようにする。
- ・ 遮光ネットは、水槽内に入り込む光量の調整および水温調節のために必要である。可能であれば、遮光率の異なる数種類のネットを用いて10～50%程度の遮光率にすることが望ましい。遮光ネットは、トリカルネット等のプラスチック製の網や魚網などでも代用できる。

参考文献

- 岩尾研二(2000) ; 造礁サンゴ産卵時刻のコントロール, みどりいし, 11, pp.24-25.
- 岩尾研二ら(2005) ; 野外大型囲い水槽を用いた造礁サンゴ配偶子の確保, 日本サンゴ礁学会第8回大会講演要旨集, p.81.
- 大森 信(2003) ; 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, 81p.
- 大矢正樹・岩尾研二(1998) ; ミドリイシ属サンゴの卵放出量, みどりいし, 9, pp.30-31.
- 北田英之(2002) ; 阿嘉島周辺に生息するウスエダミドリイシの群体あたり産卵数, みどりいし, 13, pp.26-29.
- 林原 毅ら(2006) ; 沖ノ鳥島におけるミドリイシ属イシサンゴ5種の産卵期の推定, 日本水産学会講演要旨集, p.285.
- Hayashibara T. et al. (2004) ; Induction and control of spawning in Okinawan stag horn corals, Coral Reefs, 23, pp.406-409.
- Morse A. et al. (1996) ; Ancient chemosensory mechanism brings new life to coral reefs, Biol. Bull., 191, pp.149-154.
- Negril A. et al. (2001) ; Metamorphosis of broadcast spawning corals in response to bacteria isolated from crustose algae, Mar. Ecol. Prog. Ser., 223, pp.121-131.
- Omori M. (2005) ; Success of mass culture of *Acropora* corals from egg to colony in open water, Coral Reefs, 24, p.563.
- Omori M. et al. (2007) ; Survivorship and vertical distribution of coral embryos and planula larvae in floating rearing ponds, Galaxea, JCRS, 8 (2), pp.77-81.
- Omori M. et al. (2008) ; Growth of transplanted *Acropora tenuis* 2 years after egg culture, Coral Reefs, 27, p.165.