

解 説

造礁サンゴ移植の現状と課題

日本サンゴ礁学会サンゴ礁保全委員会**

要旨 最近、造礁サンゴ移植の取組が活発になってきている。しかし、サンゴ礁保全・再生に移植がどの程度寄与するのか、また、どのようにすれば寄与できるのか、十分に検討されているわけではない。サンゴ礁生態系の攪乱要因は様々であり、これに対処するには移植だけでは不十分で、サンゴ移植は全体的なサンゴ礁保全策、統合沿岸管理の一部として位置づけるべきである。また、遺伝的攪乱やドナー群体の損傷など、移植が負の効果をもつ可能性を認識するとともに、不必要な開発の免罪符にされたり、より重要な保全行動へ向かうべき努力の「すり替え」に使われることには注意しなければならない。さらに、サンゴ礁の破壊と移植による再生のスケール、移植のコスト・便益も十分考慮し、システム技術として展開していく必要がある。移植活動は参加者にとってわかりやすく、サンゴ礁保全への導入点としては適している。このため、大きな普及啓発効果をもつと期待できるが、その後、より重要な保全策、例えば赤土・過剰栄養流入対策などにも運動を発展させられるかどうかが課題となっている。

サンゴ移植の技術には大別して2種類の方法がある。天然海域からサンゴ断片を採取し、育成後、移植先に水中ボンド等で固定する「無性生殖を利用する方法」と、サンゴの卵や幼生を何らかの方法で採取し利用する「有性生殖を利用する方法」である。技術的な課題として特に重要なのは、移植適地の選定方法である。移植場所は、サンゴ幼生の自然加入が少ない、赤土の流入など陸域影響が少ない、高水温になりにくい、将来的に幼生の供給源となる可能性がある、等が選定基準となる。着生後のサンゴが減耗する要因として、漂砂や、死んだ枝状サンゴのレキ等が荒天時に海底を動いてサンゴを傷つけることが問題となっている。このため、サンゴを移植する場所、高さ、構造物などを決める際は、この点も意識すべきである。移植断片の固定方法には様々なものがあるが、サンゴが自分でしっかりと固着できるよう断片が容易に動かないこと、軟体部が基盤に接触することが重要である。有性生殖を利用する方法は、ドナー群体を傷つけることがなく、多様性のある種苗が使えるため有望だが、技術開発段階であり課題も多い。移植後の管理とモニタリングは、移植を成功させるために必須である。当然コストを伴うが、計画段階でこれを組み込んでおかなければならない。管理には、海藻類の除去、オニヒトデ等の食害生物の駆除、食害魚類対策などがある。モニタリングは、サンゴの生残率と成長を調べるのが主となるが、サンゴの死亡要因や自然加入の状況なども記録しておくべきである。

沖縄では造礁サンゴは原則採取禁止である。しかし、試験研究や養殖目的などでは、特別採捕許可をとることで採取が可能になる場合もある。特別採捕許可には、密漁の防止、ドナーサンゴの保護、流通段階での管理など課題が多いが、台風などで自然に断片化したサンゴ片を移植に利用する方法など、許可の運用を検討する余地もあると考えられる。

キーワード サンゴ移植, サンゴ礁保全, 統合沿岸管理, 理念的課題, 技術的課題, 特別採捕許可

はじめに

最近、様々な民間グループや行政機関などでサンゴ礁保全・再生のための造礁サンゴ^{註1}（以下、サンゴ）移植の取り組みが行われるようになってきている。その理由としては、サンゴ移植活動の長所の一つである参加者にとっての分かり易さ、イメージのし易さ、個人や小グループでも実施可能な「手軽さ」が挙げられるだろう。しかし、実際に保全・再生にサンゴ移植がどの程度効果があるのか、サンゴ礁生態系再生に向けての実際上の効果を上げるにはどう

*連絡著者：灘岡和夫（サンゴ礁保全委員長）

E-mail: nadaoka@mei.titech.ac.jp

**本解説は、サンゴ礁保全委員会の保全・再生プロジェクトチームリーダーである鹿熊信一郎（沖縄県）が素案を作成し、2回にわたるサンゴ礁保全委員会での議論やメールリングリスト上での意見交換を通じてとりまとめたものである。

担当編集者：山野博哉（編集委員長）

すればよいのか、ということになると、途端に「分かりにくく」なる。

そもそも、移植しようとする海域からサンゴが消滅したり衰退したのにはそれなりの原因があるはずで、その原因を取り除くか適当なレベルまで抑えない限り本格的なサンゴの回復は望めないのではないかと考えるのは自然な発想であろう。実際、サンゴ移植に熱心に関わっている人たちにも、「そもそもなぜサンゴが死んでしまったのか?」「自然状態でなかなか回復しないのはなぜなのか?」「移植したサンゴがうまく成長してくれる場合とそうではない場合があるのはなぜなのか?」という根元的な問題意識を持ちながら移植活動に関わっている方達が少なからずいるはずである。

本文中に述べているように、サンゴ礁生態系の保全・再生の基本は、サンゴ礁にダメージをもたらしている様々な攪乱要因を除去ないしは抑制することによって「サンゴが健全に棲める海を守り、とり戻す」ことにある。それなくして本格的なサンゴ礁の保全・再生はなし得ない。サンゴ移植はサンゴ礁再生を促進することを意図したものだが、少なくともこの「サンゴが健全に棲める海を守り、とり戻す」ための具体的な努力が併行して行われないう限り、サンゴ移植の効果は望めない。また、サンゴ移植の技術レベルは、陸上の植林と違って、まだまだ発展途上であり、遺伝的攪乱やドナー群体の損傷などの負の効果をもたらし得るものであることを十分認識しておく必要がある。さらに重要なこととして、サンゴ移植が不必要な開発の免罪符にされる可能性についても注意しなければならない。

サンゴ移植活動は、上記のように参加者にとって分かり易く取り組み易いという意味で、「参加し易い活動」である。したがって、サンゴ移植活動には、サンゴ礁保全活動の導入点としての役割、普及啓発活動の一環としての役割が期待される。しかし、現実には、サンゴ移植活動をきっかけとして、上記の「サンゴが健全に棲める海を守り、とり戻す」ための赤土・過剰栄養塩流入対策などのより本質的、本格的な保全活動へ発展して行っている例はまだかなり限られている。今後、この方向での活動がどの程度広範な運動として実現していくかが、サンゴ移植活動がサンゴ礁保全普及啓発活動の一環としての意味を実際に持つものになり得るかを決定づけることになるが、もしそうならなければ、サンゴ移植活動

は、本来の保全活動に向かうべき努力をそいでしまう役割を演じかねない。

本解説記事は、このような背景と問題意識のもとに、サンゴ礁保全・再生戦略の全体の枠組みの中で、そもそもサンゴ移植をどのように位置づけるべきか、サンゴ移植の抱える問題点や留意すべき点はどのようなことがあるのか、単なる個別技術論的課題を超えてサンゴ移植を意味のある有効なものにして行くには、今後どのような課題に取り組むべきかなど、基本的な諸課題について整理したものである。

現在の日本のサンゴ礁は、行政・研究者・民間が協力して対処しなければ、再生どころか荒廃がくい止められない状態にある。このため、この解説記事は、日本サンゴ礁学会の会員・会友のみならず、民間グループや行政機関の人達を含め、さまざまなサンゴ礁保全・再生活動に関わっておられる方や関心のある方々にも読んで頂くことを意図している。

なお、日本サンゴ礁学会サンゴ礁保全委員会では、サンゴ移植を一項目として含む、サンゴ礁保全・再生の基本理念や方針、具体的課題をまとめた「サンゴ礁保全再生行動計画（アクションプラン）」を2007年に策定し、学会ウェブ (<http://www.soc.nii.ac.jp/jcrs/>) で公開しているので参照されたい。

サンゴ移植の理念的課題

2004年に沖縄で開催された第10回国際サンゴ礁シンポジウムのプロシーディングスによると、その時点で20以上の国でサンゴの移植活動が実施されている。現時点では、さらに多くの国がサンゴ移植に取り組んでいると考えられる。日本は、特に有性生殖を利用した技術で進んでいると評価できる。このシンポジウムでは、最終日に「危機にある世界のサンゴ礁の保全と再生に関する沖縄宣言」（沖縄宣言）が決議された。同宣言には4つの鍵となる戦略が示されているが、そのなかの一つとして「サンゴ礁再生の新たな技術開発」が掲げられている。ただし、「サンゴ礁再生技術」＝「サンゴ移植技術」ではないことに注意する必要がある。「サンゴ礁再生技術」は、サンゴ移植技術の一部を含む、総合的技術体系と考えるべきである。

上記のことからも明らかのように、サンゴ移植技術はサンゴ礁再生技術の一つなのであり、サンゴ礁

再生技術は数あるサンゴ礁保全・再生戦略の中の一項目である、ということ意識しておく必要がある。以下では、サンゴ礁保全・再生戦略の全体の枠組みの中でのサンゴ移植の位置づけ、あり方や今後に向けての課題について述べる。

サンゴ礁生態系攪乱要因の除去・低減と統合沿岸管理

サンゴ礁生態系の攪乱要因は様々で、人為的影響の強いものに、赤土・過剰栄養・化学物質の流入、埋立、浚渫、サンゴの違法採取、漁業・養殖、過剰な観光利用などがある。自然的影響の強いものに、台風、大規模白化、オニヒトデ・貝類の食害、病気などがある^{注2}。

サンゴ礁生態系の保全は、サンゴ移植やオニヒトデ駆除のような活動だけでなく、基本的には人為的影響を改善する活動が重要である。それによって、「サンゴが健全に棲める海を守り、とり戻す」（この場合の「サンゴ」はもちろんサンゴ礁生態系のシンボリック的存在としての意味）ことが基本になる。

重大な攪乱要因に陸域影響があるので、対策には海域だけでなく陸域も含めた統合沿岸管理^{注3}が必要となる。例えば、赤土対策、畜産・生活排水などの過剰栄養塩流入対策、農薬や船底塗料などの化学物質対策、埋立抑制、サンゴの密漁防止、過剰観光対策、保護区の設定、等である。このように、サンゴ移植は全体的なサンゴ礁保全策の一つの手段に過ぎない。

逆に、サンゴ移植がサンゴ礁保全にマイナスに働く可能性もある。例えば、遺伝的攪乱を起こす、ドナー群体を傷つける、密漁を助長する、病原菌などを持ち込む、等の可能性である。最も危険なのは、移植によって簡単にサンゴ礁回復を実現し得るかのよう行政や企業などが誤解し、移植が免罪符となって不必要な開発を抑制できなくなる可能性や、より重要な保全行動へ向かうべき努力をすり替えさせてしまう可能性である。

生物多様性保全・再生と構造的生物

サンゴ移植の本来の目的はサンゴ礁生態系の保全・再生であって、サンゴの保全・再生ではない。また、移植の場合は、許可を受け採取したサンゴ、あるいは成長・生残の良いサンゴ等が選ばれるので、移植先のサンゴ種の多様性は低くなると予想さ

れる。

しかし、サンゴ、海藻・海草、マングローブのような「構造的生物」が増えると、少数種の群落でも、その複雑な空間を住処にする多くの生物により種の多様性は増大する。また、サンゴの場合には、様々な生物が順に他の生物の生息場を提供する「棲み込み連鎖」の過程でも生物多様性は増大する（西平1996）。

現状は、数少ないサンゴ種の移植を成功させる「要素技術」の開発段階であるが、将来は、「量」のみならず「質」（生物多様性）も考慮した再生技術、移植適地選定技術や統合沿岸管理まで含む「システム技術」の開発に進まなければならない。

ゴール

サンゴの移植活動、事業では明確なゴールを定める必要がある。移植活動のゴールは移植活動の目標によって決まる。目的は、基本的にはサンゴ礁生態系を再生させることであるが、具体的な目標は実施主体によって若干異なることもある。例えば、行政が実施する場合には生物多様性の保存、観光産業・水産業の振興などが重要な目標となるだろうし、地域の住民、ダイビング業者、NPO等が実施する場合には、地先の海において、それほど大きな規模でないサンゴ群集の再生が目標となるかもしれない^{注4}。最終ゴールは、種構成を含め、荒廃する前のサンゴ礁生態系の状態に戻すことだろうが、これは長期的なゴールであり、サンゴの移植だけで到達できるゴールではない^{注5}。移植以外の対策を含め、全体的なサンゴ礁保全策をとらなければならない。

サンゴ移植活動に限れば、当面は、任意に定めた対象海域の目標面積において、サンゴの目標被度を達成することがゴールとなる。このゴールの達成状況は移植サンゴの生残と成長を指標とするため、これをモニタリングする。また、自然な回復過程と比較するため、自然加入の状況（小さなサンゴの生育状況）もチェックしておく。移植したサンゴが産卵し周辺海域へ幼生を供給するようになれば、移植の効果は高まる。このため、次のゴールは移植群体が正常に産卵し、再生産に寄与するようになることである。

「サンゴ礁生態系は、できるだけ人為的な影響を除き『原生』の状態をめざすべきだ」という考えもある。しかし、これは沿海の人口密度が高く、人々

がサンゴ礁のすぐ近くで伝統的にサンゴ礁資源を利用してきた沖縄や熱帯アジア太平洋では難しい。アジア太平洋では相当前から原生のサンゴ礁はほとんどみられず、それでも近年までは持続的に近い状態で推移していたはずである。これが崩れてきたことが問題なので、人間活動を取り除くのではなくコントロールし、サンゴ礁と人間が共存できる関わり方を模索していくべきである。

再生のスケールと普及啓発効果

サンゴ礁の破壊のスケールと移植のスケールを常に考慮する必要がある。現状のサンゴ移植は実施面積が小規模であり、現在の技術・予算レベルでは、1年間に1ヘクタール以上の海域で有効な移植を実施した事例はない。したがって、数百～数千ヘクタールの海域のサンゴ礁を移植の直接効果だけで再生させることは、今のところ不可能と言ってよい。例えば、この規模のサンゴ礁海域を埋め立て、その面積を移植だけで再生させることは、ほぼ不可能である。他の保全策の効果、移植したサンゴが産卵し周囲の海域に幼生を供給する効果を組み合わせて考えなければならない。

今後、移植の規模を拡大していくことが必要であるが、小規模な移植でも、多くの場所で、地域の人々が草の根的に何年も実施すれば、その効果は期待できる。現在の沖縄島のようにサンゴ幼生の供給源が不足している地域では、移植したサンゴが正常に産卵するまで育てれば、ソース（供給源）とシンク（供給先）のネットワークを形成できることになる。草の根サンゴ移植では、研究者・行政だけでなく、様々な人々が活動に参加することになる。その最大のメリットは普及啓発効果である。サンゴ礁保全の普及啓発は、陸域からの汚染を含む人為的攪乱要因に対処する上で非常に重要である。

移植のコストと便益

サンゴ移植にはコストが伴うので、活動を持続させるにはコストと便益を意識しておく必要がある。

便益はサンゴ礁の機能と関係している。サンゴ礁には様々な機能があるが、人間が恩恵を受けている機能としては、沿岸漁業を支える機能、生物多様性を保存する機能、生物や砂浜による環境浄化機能、天然の防波堤としての防災機能、景観・観光資源としての機能、教育サイト機能などがあげられる。沿

岸漁業を支える機能として、まず、漁業対象生物の成体の生息場を提供することで漁場を形成する。産卵場、餌場、幼稚仔の保育場としても機能する。サンゴ礁がこのような「場」として優れているのは、サンゴ群集の複雑な構造が隠れ場を提供し、波や流れを緩和し、付着基盤を提供するためである。また、サンゴそのものが水産生物の餌料として利用されるとともに、サンゴが出す粘液も重要な栄養源となっている。

サンゴ礁保全を進めるには、このようなサンゴ礁の機能と価値（利用価値・非利用価値）^{注6}を一般に周知し、世論や政治的意志を喚起する必要がある。大手民間企業が、CSR（企業の社会的責任）としてサンゴ移植を含むサンゴ礁保全活動を実施する場合は、その企業にとって企業イメージの向上なども便益に含まれると考えられる。

移植のコストには、種苗（サンゴ断片）の生産に関わる費用及びそれを購入する費用、断片を固定するための道具類等の費用、移植作業の人件費、用船料などがある。移植後の管理やモニタリングにも、移植と同程度、あるいはそれ以上の経費がかかることもある。なお、沖縄県は、民間参加型サンゴ礁保全推進事業の一環として、平成20年度に「沖縄県サンゴ移植マニュアル」を作成する予定である。このマニュアルに移植コストの具体例が掲載される予定である。小規模な移植実施者にとって、コストの考え方は若干異なる。事業で実施する場合は大きな費用となる移植作業や管理・モニタリングの人件費が、ボランティア活動によって不要となることも考えられる。

日本サンゴ礁学会のガイドライン（日本サンゴ礁学会2004）

日本サンゴ礁学会は、2004年11月の大会で「造礁サンゴの移植に関するガイドライン」を決議した。当時、サンゴ礁の再生をめざしてサンゴの移植活動が活発に行われるようになっていたが、明確な指針のない活動は、逆にサンゴ礁生態系に悪影響を与える恐れがあったからである。

このガイドラインでは、まず基本的見解として、研究者・行政・民間が連携する必要があること、移植先の環境が保全されなければ意味がないこと、沿岸域の乱開発を容認するものでないことを明示している。続いて、a. 遺伝的攪乱に最大限注意する、b.

サンゴの密漁を助長させない, c. 親群体への影響を極力抑える, d. 特別採捕許可をとる, e. 調査と移植後の管理を行う, f. 単なる集客目的のイベントにしない, という6項目について指針を示している。

サンゴ移植技術の現状

本解説記事は移植「技術」の詳細を紹介することを目的とするものではないので, ここでは, その現状を概括するにとどめる。詳細については, 大森 (2003), 海の自然再生ワーキンググループ (2003), 藤原・大森 (2004), 日本サンゴ礁学会 (2004), Precht (2006), Edwards and Gomez (2007), 環境省 (2007), Shafir and Rinkevich (2008) 等の, 既存のサンゴ移植のガイドライン・マニュアル・ハンドブック類, および本解説記事の付録2を参照されたい。

サンゴ移植技術には大別して2種類の方法がある。天然海域からサンゴ断片を採取し, 育成施設で移植用断片に育てた後に移植先に水中ボンド等で固定する「無性生殖を利用する方法」(以下, 無性生殖法)と, 卵や幼生を何らかの方法で採取し, これを利用する「有性生殖を利用する方法」(以下, 有性生殖法)である。サンゴの増殖過程には, 卵と精子が受精した後, プラヌラと呼ばれる幼生期を経て基盤に着底し1個のポリプとなる有性生殖と, ポリプが次々とクローンを作って群体を形成していく無性生殖がある。波浪による物理的衝撃などで群体が断片化し, 周辺に分散したものが基盤に再固着し成長することもある。無性生殖法はこの現象を利用したものである。

無性生殖法

無性生殖法は, 現時点では制度上, 天然海域から採取したサンゴ断片を育成施設で成長させる過程を必要とするため, その技術開発も必要とされる (Shafir and Rinkevich 2008)。サンゴ断片を岩盤などに固定する方法により, 無性生殖法はさらにいくつかに分けられる。どのような方法を使うにせよ, サンゴが自分でしっかりと固着できるよう断片が容易に動かないこと, 軟体部が基盤に接触することが重要である (西平 2006)。

移植の成否は, 直接的には移植断片の生残率と成長で評価する。これを少なくとも3年~5年後まではモニタリングする必要があるが, 長期間モニタリングした事例は多くない。花城ら (2004) によると, 港湾施設に移植したサンゴについては生残率と成長が5年以上モニタリングされており, 石垣港では3種類のミドリイシ類 (n=48) の10年後の生残率は30%以上だった。この生残率は特別に高い方で, 他の種類ではもっと低くなっている。那覇港や平良港では生残率はずっと低いが, 生残した群体は成長してサンゴ場の面積は広がった。Okubo et al. (2007) は, サイズの異なるミドリイシ類断片を移植し, 生残・成長・産卵を3年間モニタリングした結果, 移植後1年目では大きいサイズの方が生残も生殖腺の発達も良かったが, 2年目は一部のみが産卵し, 3年目は全く産卵しなかったと報告している。沖縄島の北谷地先で民間グループが実施した断片移植では, 移植後2年目から移植群体の産卵が確認されている。また, 沖縄美ら海水族館では, 断片から育てたミドリイシ類が数年後から毎年放卵放精している (山本ら 2007)。移植後のモニタリング結果は, 大久保・大森 (2001), 大森 (2003), 亜熱帯総合研究所 (2006), 環境省 (2007) 等に一部整理されている。

無性生殖法のうち, 水中ボンドで断片を直接固定する方法, 素焼きピンやボルトを用いる方法, 伸縮性素材を用いる方法, 分割可能な板を用いる方法 (板チョコ方式), 電着技術を用いる方法, サンゴの移築について技術の概要を付録2にまとめた。

有性生殖法

有性生殖法によるサンゴ礁再生技術は, 無性生殖法に比べて, 断片を採取するドナー群体を傷つけることがなく, また, 多様性のある種苗が使えるため, いくつかの方法が開発中である。これらの方法の機能には, 複雑な物理的・生物的要因が関与しているはずである。実際にどの要因が最もサンゴの生残・成長に効いているかはよくわかっていないが, これまで得られた知見からセラミック着床具の方法, 硬質ネットを使う方法, タカセガイ育成礁を利用する方法, 幼生を放流する方法, 阿嘉島方式について技術の概要を付録にまとめた。前の3つの方法は自然の幼生着底を利用する方法であり, 後の2つの方法は人為的な産卵あるいは幼生育成の過程を含むものである。

サンゴ移植の技術的課題

調査研究と順応的管理

サンゴ移植の歴史は浅く、技術はまだ確立されたわけではない。このため、効果的な移植に資する調査研究が必要とされる。また、移植活動の結果をモニタリングし、順応的に方法を改良していくべきである。日本・世界のサンゴ礁の現状、サンゴ移植に関する残された技術的課題の多さを考えれば、本格的・総合的な調査研究が不可欠であり、そのための予算措置も必要である。

サンゴ移植に関係するステークホルダーは、行政、研究者、NPO、一般市民など様々であり、調査研究結果などの情報を共有するためのネットワークの構築を急がなければならない。

物理的修復

海外では、生物的な修復ではなく物理的な修復の事例がある。座礁船により破壊された瓦礫をコンクリートで固める方法や、亀裂や穴を埋める方法などである。大規模白化で全滅した枝状サンゴの残骸が残る海域では、波や流れで死サンゴレキが動くため、サンゴ幼生の新規加入が望めない。日本でも将来、このような海域において、ブロック等を設置して移植サンゴの基盤とする事業などが始まる可能性もある。

レキ・漂砂の問題

着生後のサンゴが減耗する要因として、死んだ枝状サンゴのレキ、より大きいレキ、あるいは砂が荒天時に海底を動くことが問題となっている。インドネシアでは、爆弾漁で破壊されたサンゴレキがサンゴ幼生の新規加入を妨げている。このため、サンゴ礁の再生には、石をパイル状に積み上げる方法が最も安価で効率的だとしている (Fox et al. 2005)。

亜熱帯総合研究所が平成 16~17 年度に北谷、読谷、瀬底、渡嘉敷で実施した実証試験 (亜熱帯総合研究所 2006)、石西礁湖、沖ノ鳥島、宮古島北東海域でもレキの悪影響が確認されている。このため、サンゴ礁再生、特に稚サンゴの育成には、レキの動きや漂砂を考慮し移植場所を選定するとともに、これを物理的にブロックするか、着生基質を海底からある程度上に設置する等の工夫が必要とされる。

移植の適地選定

移植の適地選定は重要な課題である^{注7}。石西礁湖自然再生事業では、移植場所として幼生の自然加入が少ない場所、赤土の流入など陸域影響の少ない場所、高水温になりにくい場所が選定された。

移植場所を海洋保護区 (MPA) に設定する方法も考えられる。この際、サンゴ等の幼生のソースとシンクの間関係を考え、MPA のネットワークを構築することを意識する。このためには流れと幼生の生態に関する情報が必要である。例えば、対象のサンゴが放卵放精型か幼生保育型かにより、幼生の分散距離は異なる。

移植する環境と同じ環境のドナーを使う

水深、流れ、波あたり、濁り等によって移植サンゴの生残・成長は大きく異なる。断片移植の場合、断片を採るドナーサンゴの海域環境は、できるだけ移植海域の環境に近いものであるべきである。有性生殖法の場合も、幼生を得る海域が移植海域と異なる場合は同様である。また、移植断片が病気にかかりやすくなる可能性や、移植できるサイズまで人間の保護下の環境で育ったサンゴが、より厳しい環境で生き残れるかどうかは注意しなければならない。

高温耐性のある種苗

移植したサンゴが高水温による白化で死亡する (最悪の場合、全滅する) ことも十分考えられる。この可能性を移植実施者に明確に理解してもらうとともに、高温耐性をもつサンゴ^{注8} 種苗を生産する技術開発や、移植海域のサンゴのストレスを減らし、レジリエンス (抵抗力・回復力) を高める等の対策が必要である。

移植するサンゴの種

移植するサンゴの種は、海域の元の状態で多かった種が基本となるが、現在の多くの方法では種苗が手に入りやすい種、移植しやすい種などを選択せざるを得ないことになる。

サンゴは他の生物に生息場を提供するとともに、共生する褐虫藻の光合成に必要な光を求めて、サンゴ同士で、あるいは他の生物と激しい競争を行っている。サンゴ礁生態系は、この共生と競争の微妙なバランスの上に成り立っている。遠隔地から移入種を導入することには細心の注意が必要であり、移植

海域からできるだけ近い海域のドナー・親サンゴを利用すべきである。移植サンゴをどの程度の距離まで移動してよいかは、サンゴの種・流れ・移植先の状況などにより異なるため難しい問題であり、現在、検討が始まったばかりである。

移植サイズ

断片移植の場合は、サンゴ断片は大きい方が生残の可能性は高くなる。しかし、断片の数、ドナーへの負担、移植前の養成期間とのバランスの問題であり、現在は5~10 cm のものが使われることが多い。移植後の再生産を効果的にするためには、生殖腺の発達状況を考慮した断片採取の時期、サイズも検討する必要がある (Okubo et al. 2007)。有性生殖法の多くは、通常は着生後1年以上たち数 cm に成長したサンゴ群体を使うことになる。

種苗の輸送

移植後の生残を高めるには、サンゴ断片や着床具に付いたサンゴの輸送にも気を遣う必要がある。できるだけ短時間に行う、海水に浸かった状態で運ぶ、直接手で触れない、等である。

移植後の管理

移植後の管理は重要である。海藻類の除去、オニヒトデ・シロレイシガイダマシ等の食害生物の駆除などである。移植後しばらくは目の粗い籠や網を被せて、食害魚類から守る対策が必要な海域もある。

モニタリング

移植後のモニタリングは必須である。主に生残率と成長を調べることになるが、死亡した場合はその原因も記録する。頻度と期間は使える資源(人・金・物)にもよるが、研究者の意見や各種マニュアルを参考にする。移植を行わなかった場所に比較点を設定し、移植の効果を検討することも必要である。モニタリングの結果は、次のステップや順応的管理、他地区への重要な情報となる。

サンゴ移植の制度的課題

特別採捕許可

沖縄では、サンゴの採取は沖縄県漁業調整規則で

原則として禁止されている。だが、試験研究や養殖などの目的であれば、県知事から特別採捕許可を受けることでサンゴの採取は可能な場合もある。

2003年頃にサンゴ移植をツアーとして取り組む動きが増えるとともに、2004年にサンゴ養殖の漁業権の数が急増したため、移植用断片や種苗として天然サンゴを大量に採取してしまう危険性が表面化した。当時、サンゴの移植・養殖に関連して以下の問題点が指摘された。

- (1) 移植ツアーの拡大に伴う需要の拡大で採取量が急増し、いき過ぎたサンゴの採取が行われる恐れがあった。
- (2) 移植ツアーでは、潜水技術の稚拙な参加者によるサンゴ破壊の恐れがあった。
- (3) 移植技術は開発途上にあり、方法により生残に大きな差があった。また、サンゴ種苗のドナーの死亡を招く恐れもあった。
- (4) 遠距離の種苗移動に伴う遺伝的攪乱が生じる恐れがあった。
- (5) 漁業調整規則では、制度上、サンゴの移植活動そのものは規制できない。
- (6) 養殖サンゴの流通が活発になった場合、違法採取が横行し、取締りが困難となる恐れがあった。
- (7) 沖縄島ではドナーが十分でない状況にあった。また、観賞用サンゴ養殖では、マニアに好まれる種(希少種?)に集中すると予想された。
- (8) 養殖が名ばかりとなり、採取後短期間の蓄養で出荷する恐れがあった。
- (9) 流通段階で養殖物と違法採取したものの区別が困難と判断された。

このため、サンゴ確保保全委員会は、2004年末に「造礁サンゴの特別採捕許可についての要望」と「造礁サンゴの特別採捕許可にあたっての提案」を沖縄県に提示した。内容は多岐にわたるが、重要な点は、むやみに特別採捕許可を増やさないこと、希少種を守ること、密漁を助長しないこと等である。

この要望や提案を受け、沖縄県はいくつかの方針を内規として定めた。例えば、a. 養殖目的では、採取後6カ月は移動を認めない。b. 資源量の多い種に限定して採取を認める。c. 採取量は必要最小限とする。d. 養殖用の場合、同一申請者には同一種の特別採捕許可は1回だけとする。e. 養殖では日付を書いた人工基質へのサンゴの付着を義務づける。f. 試験研究目的では、移植後のモニタリング

を義務づける、等である。

このうち、採取後サンゴの移動を6カ月認めない理由は、名目だけの養殖で採取後すぐ出荷することを防ぐためである。このため、海域のサンゴを採取してすぐ移植する行為は許可されないことになる。移植したサンゴが成長した群体をドナーとして、移植目的で断片を採取することも同じである。現在、このような方法で特別採捕許可を受けているのは試験研究が目的のものだけである。つまり、増殖が目的の断片移植には、6カ月以上養殖したサンゴ断片を使わなければならないことになる。

台風などにより破壊され断片化したサンゴを移植に使うことも、故意による破壊と区別が難しいため、許可しない方針である。このような方針は、今後、地域の人達が草の根的に無性生殖法で行うサンゴ移植に制約となる可能性があり、見直しも必要だと考えられる。

サンゴの養殖

サンゴ養殖には移植用と観賞用の2種類の需要があるが、特にいき過ぎた観賞用サンゴの養殖はサンゴ礁生態系に悪影響を及ぼす可能性がある。また、サンゴ養殖には陸上タンクで行う方法と海域で行う方法がある。陸上養殖には漁業権は不要だが、海面養殖には特定区画漁業権が必要となる。現時点で、沖縄には19のサンゴ養殖漁業権漁場がある。サンゴ海面養殖の大きな問題点は、養殖を隠れ蓑に、漁業権区域内で密漁したサンゴを保持する恐れがあることである。

観賞用サンゴは色が良くなければ売れないため、陸上養殖では特殊なライトを使って色をコントロールしている。このため、漁業者が海面養殖で育てた観賞用サンゴの需要が、今後、大きく伸びることはないかもしれない。だが、無性生殖法によるサンゴ移植に必要なサンゴ断片の需要は、今後増大すると考えられる。

付録1：用語集（あいうえお順、全て本解説記事内での意味）

遺伝的攪乱：外来種による在来種への脅威、交雑による生物多様性へのダメージ等

攪乱要因：サンゴ礁生態系に悪影響を及ぼす原因

褐虫藻：サンゴに共生する直径10ミクロン程の藻類。光合成でサンゴに栄養を与える。

加入：この場合は、サンゴ幼生が着底して稚サンゴに育つこと

クレード：褐虫藻の遺伝的特徴をもとに便宜的に分けられたグループ。現在、8つのクレードが知られている

クローン：遺伝子組成が完全に等しいサンゴ群体、群集、群落：共通の親から生まれたサンゴのポリプ（個体）が分裂等で増えたものが群体、ある場所に存在しているサンゴ群体の集合体が群集、優占種の名を冠して表現する群集が群落

減耗：死亡等により数が減ること

再生産：親から有性生殖によって子供が作られ、それが育つこと

種苗：水産学用語では養殖のための稚魚等をさすが、ここではサンゴ断片のこと

順応的管理：不確実性に対し、仮説検証型の管理計画と管理実施後のモニタリングを通じた検証によって、状況変化に応じて管理方策を変える管理

生残率：サンゴが生き残る率

ソースとシンク：サンゴ幼生の供給源と供給先のこと

ドナー群体：断片移植において、育成前の移植断片を採取するサンゴ群体

白化：高水温などによって褐虫藻が抜け出してしまい、骨格が透けてサンゴが白く見える現象。長期間続くとサンゴは死亡する

被度：海底面で生きているサンゴの割合

プロシーディングス：シンポジウムの後に出される講演・発表内容等を整理した論文集

放卵放精型：卵や精子を海中に放出するタイプのサンゴ

幼生保育型：卵を体内で受精させ、幼生を保育した後、放出するタイプのサンゴ

レキ：粒径が2mm以上の粒子の総称。死サンゴレキは死亡した枝状サンゴ等のレキ

付録2：サンゴ移植技術の概要

無性生殖法

(1) 水中ボンドで断片を直接固定する方法

無性生殖法では最も一般的に用いられている方法で、断片を移植海域の岩盤などに水中ボンドで固定

する方法である。初期は枝状の断片を、成長する方向である縦に固定することが多かったが、最近では固着面積が大きくなる横に固定することが多い。

(2) 素焼きピンやボルトを用いる方法

サンゴ断片をT字型の素焼きのピンや金属のボルトに固着させ、これを水中ドリルで岩盤にあけた穴に固定する方法である。素焼きのピンは、穴に砂やヘチマ片をいれて固定する。ボルトは、水中ボンドやナットを利用して固定する。

(3) 伸縮性素材を用いる方法

ゴムひもや巻きバネを利用してサンゴ断片を固定する方法である（西平 2006）。ゴムやバネを伸ばした状態でサンゴ断片を岩盤に密着させ、釘を使って固定する。試験結果では、巻きバネの成績が良いようである。

(4) 分割可能な板を用いる方法（板チョコ方式）

移植作業の作業性を良くするため、あらかじめ分割可能なタイル等の板にサンゴ断片を固着させ、海中でこれを分割して水中ボンド等で固定する方法である。平坦で固い人工構造物に移植する場合に特に適した方法である。

(5) 電着技術を用いる方法

海中の金属棒に微弱電流を流すと、海水中のカルシウムイオン等が金属棒に付着する現象を利用した方法である（大森 2006）。海中に巨大なジャングルジム状の構造物を設置し、低電圧の電流を流すバイオリックという技術は、インドネシア等でワークショップが開かれており、世界各国の人々が参加している。科学的に十分立証されているわけではないが、金属棒に固着させたサンゴの成長が格段に速くなると言われている。

(6) サンゴの移築

港湾工事などで死亡することが確実なサンゴ群集を、別の海域に移築することもある（藤原・大森 2003）。この場合、増殖が目的ではないが、サンゴ群体全体を移植する無性生殖法の一つと考えることができる。

有性生殖法

(1) セラミック着床具の方法

環境省は石西礁湖自然再生事業の一環として、この方法によりサンゴの移植事業を実施している（環境省 2007；藤原・山田 2007）。セラミック着床具のサンゴ育成に影響する構造は、コマ状構造と連結構

造である。物理的機能として新着生面・着生空間（隙間）・裏面の提供、流れの緩和・渦流の発生、漂砂・レキ・浮泥の防御があり、生物的機能として食害魚類、幼生をグレイジングする（齧りとる）ウニ類・サンゴの競合生物である海藻の防御がある。これらの機能がサンゴ幼生の着生促進、稚サンゴの生残・成長改善に役立つと考えられる。

セラミック着床具の最大の特徴は、コマ状着床具の裏面に細かい溝が入っており、これを連結することで約1cmの隙間構造を作り出し、魚類・ウニ類の食害を防止していることである。この方法は、事業規模の拡大を考慮し、施工を効率的に行うための様々な工夫もある。一例を示すと、直径40mmのコマ状着床具12個を連結した柱10本をケースに収容する。このケース8個を57×57×35cmの専用架台に取り付ける（1架台に着床具960個となるが、最近では柱の密度を下けている）。小さな海底面に多数の着床具をセットできると同時に、ハンドリングが容易になる。約1.5年後に着床具をばらすと、コマの棒状部分には付着生物が付いておらず、同じ規格のドリルの穴に固定できる（岡本・藤原 2006）。

(2) 硬質ネットを使う方法

山木ら（2007）は、数年間この方法を座間味で試験している。方法はシンプルで、まず1cmメッシュのポリプロピレンネット^{註9}を海底から10cm上に張る。サンゴの一斉産卵の数ヶ月前に張り、サンゴ幼生の誘因物質が付着するようにする。すると、ネットの裏側にサンゴ幼生が多数着生するので、ネットをカットし岩盤に固定する。この方法も施工性は優れている。ネットを10cm四方程度にカットし、サンゴの付いている裏面をひっくり返して岩盤に釘などで固定するだけである。

この方法でサンゴ育成に影響する構造は、ネット構造とネットの高さである。物理的機能として裏面の提供、漂砂・レキ・浮泥の防御、十分な光環境があり、生物的機能として食害魚類・ウニ類の防御、誘因物質の付着があげられる。

座間味漁業協同組合のシャコガイ養殖用ネトロンネットに、多くのサンゴが付着していたため、硬質ネットにサンゴが着生することは以前より知られていた。基質の裏側に着生することも、セラミック着床具試験の初期の段階（2002年）でわかっていた。魚類の食害、ウニのグレイジング、マット状海藻や浮泥に覆われてしまうことを避けるためと考えられ

る。基質の裏側に着生したサンゴは、約1年後に光が十分あたる表側に伸びてくる。

座間味の硬質ネットの試験では、着生したのはショウガサンゴ類がほとんどだった。養殖用ネトンネットにはハナヤサイサンゴ類が多く付いていた。しかし、着生するサンゴの種は、基質の材質ではなく設置場所に左右されると思われる。別の場所の試験ではミドリイシ類も着生した。

(3) タカセガイ育成礁を利用する方法

この方法が検討されたのは、2003年頃に、宮古島北東海域に設置されたタカセガイ育成礁のなかで、サンゴが周囲の海域より高密度で生育していたことがきっかけとなっている。タカセガイがサンゴと競合する海藻を食べたことが、サンゴ生育の理由の一つと考えられた。

タカセガイ育成礁は、人工的に生産されたタカセガイ種苗を、外敵に襲われにくい大きさまで中間育成するための柵状コンクリート構造物（約5m×3m×1m、重量26トン）で、大潮干潮時には一部干上がる礁嶺に設置される。内部に、隠れ場を作るための格子状プラスチック構造物（グレーチング）を入れる。

タカセガイ育成礁のサンゴ育成機能に影響する構造としては、柵（プール）構造、格子構造、高さ（底上げ）がある。サンゴを増やす機能として想定されるものは、Omori et al. (2007) に詳しいが、物理的機能として波・流れの緩和・渦流の発生、水深確保^{注10}、漂砂・レキ・浮泥の防御、垂直面提供があり、生物学的機能としては食害魚類^{注11}・ウニ類の防御、タカセガイによる海藻防御がある。

2007年の宮古島北東部における調査では、タカセガイ育成礁の外で、60cm海底から上に上げた格子構造物に稚サンゴが多く着生した。この結果では、稚サンゴの着生・育成に限れば、多くの機能のうち漂砂・レキの防御、食害魚類の防御、波・流れの緩和が最も効いたと考えられる。

(4) 幼生を放流する方法

海中または陸上でサンゴ群体から卵を集め人工授精させるか、海面のスリック（卵や胚が海面で密集して帯状になったもの）を採集し、これを着底可能な幼生まで育成した後、海域に放流する方法である（青田ら2006; 林原ら2007）。大規模かつ短期間で実施できる利点がある。また、陸上で種苗生産をするのであれば、天然のドナー群体を傷つけることが

なく、採取の許可も不要となる。ただし、最も手軽なスリックを採集する方法は天候に左右される。

一斉産卵を行うミドリイシ類が主な対象となる。幼生の放流は日中を避けた方がよい。幼生の拡散を防止するためテント等を使うことも考えられるが、大規模な放流では難しい。幼生の着底基質の少ない海域では、人工礁や人工基盤の使用も考えられる（林原ら2007）。

(5) 阿嘉島方式

阿嘉島方式とは、次のステップを経る有性生殖法である。a) スリックを採集するか、複数のサンゴ群体からバンドル（卵や精子が入ったカプセル）をコレクターで採集し、受精させて大量の幼生を得る。b) 静穏海域の海面生け簀において、幼生が着底できるようになるまで（3-6日）育成する。c) タイル等の人工基質に着底させる。d) 海中に垂下したかごの中で、移植できるサイズに育つまでサンゴを育成する（約1.5年）。この際、タカセガイと一緒に収容して海藻を除去する。e) サンゴの着生した人工基質を移植先の海底に水中ボンド等で固定する（服田ら2003; Omori 2005; Omori et al. 2008; Omori in press）。

水産庁は、阿嘉島方式を応用し、沖ノ鳥島を対象としてサンゴ増殖技術を開発している。手順は、沖ノ鳥島の親サンゴを採取し、これらを約1,100km離れた阿嘉島の種苗生産センターへ運搬する。陸上水槽において親サンゴの養成、種苗生産、稚サンゴの飼育を行い、その稚サンゴを沖ノ鳥島に移植するものである（佐藤ら2008）。

注

注1「さんご」と呼ばれる刺胞動物は、分類学的には六放サンゴと八放サンゴ、その他に大きく分けられるが、本稿では骨格をもち浅い海で育つ造礁サンゴ、深い海で育つ宝石珊瑚、骨格をもたないソフトコーラルに分け、このうち造礁サンゴだけをとりあげる。サンゴ礁は、厳密には生物であるサンゴ等が造った「地形」をさすが、「サンゴ礁生態系」を意味することも多く、本稿では主に後者の意味で用いる。この他、文末に用語集を添付した。

注2 白化は地球温暖化が関係しており、オニヒトデの大発生や病気の蔓延も人間活動と関係している可能性がある。

注3 統合沿岸管理とは、空間的には海での対策と沿

岸の陸域・河川などでの対策を統合する管理であり、政策的には行政の国土交通、農林水産、環境、観光などのセクターを統合する管理を意味する。白化現象にはグローバルな地球温暖化対策が必要であるが、地域で可能な対策（例えば、重要海域を特定しそこを重点的に守る等）もある。人為的攪乱要因への対策は、サンゴの抵抗力・回復力（レジリエンス）を高めるので、間接的に自然的攪乱要因への対策にもなる。

注⁴ 日本サンゴ礁学会のガイドラインでは、移植を「単なる集客目的のイベント」にするべきでないとしている。この点は、CSR（企業の社会的責任）として企業イメージを高める目的にも同じことが言える。

注⁵ また、ダイビングポイントのアンカーブロックや防波堤構造物など、元はサンゴがなかった場所への移植も考えられる。さらに、港湾工事などでサンゴ群集を別の海域に移築することもある。

注⁶ 慶良間のサンゴ礁の非利用価値は、CVM（仮想評価法）で228～254億円と評価された（呉 2003）。非利用価値とは、景観や生態系などのもつ利用できない価値を意味する。漁業や観光で利用できる利用価値については、WWFが琉球諸島のサンゴ礁の利用価値を約2000億円と推計した（Cesar et al. 2003）。

注⁷ 草の根的に移植する場合は、移植実施者の再生させたい場所が選ばれることになる。

注⁸ 例えば、1998年以降の高水温に耐えたサンゴ、高温耐性があると言われているクレードの褐虫藻をもつサンゴ等。

注⁹ 生物分解性のネットも開発中である。

注¹⁰ 構構造のため起こる夏場の高水温、海水交流の減少は、稚サンゴやサンゴ群集の生残・成長にはマイナスに働く。

注¹¹ 干潮時に柵内にトラップされたサンゴ食の魚類は、その後、満潮時でも柵内に入りにくくなると言われる。

引用文献

亜熱帯総合研究所（2006）平成16・17年度サンゴ礁修復実証試験研究事業報告書（CD版）
青田 徹，柴田早苗，綿貫 啓（2006）サンゴ幼生の大量飼育，運搬，基盤着生によるサンゴ礁回復

技術の開発. みどりいし 17: 4-10

Cesar H, Burke L, Pet-Soede L (2003) The economics of worldwide coral reef degradation. Cesar Environmental Economics Consulting, Arnhem, the Netherlands (和訳：サンゴ礁の世界的な衰退による経済への影響)

Edwards A, Gomez E (2007) Reef restoration, concepts & guidelines, Coral reef targeted research & capacity building for management programme

Fox E, Mous PJ, Pet JS, Muljad AH, Caldwell RL (2005) Experimental assessment of coral reef rehabilitation following blast fishing, *Cons Biol* 19: 98-107

藤原秀一，山田幸一郎（2007）八重山群島石西礁湖におけるサンゴ礁再生プロジェクト. *Civil Eng Consultant* 234: 46-49

藤原秀一，大森 信（2003）5. 全群体の移植及びサンゴ群集（礁全体）の移築. 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，東京，pp 40-45

藤原秀一，大森 信（2004）5-1 修復と再生の技術. 環境省・日本サンゴ礁学会編 日本のサンゴ礁. 環境省，東京，pp 142-151

服田昌之，岩尾研二，谷口洋基，大森 信（2003）3-1. 種苗生産，有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，東京，pp 13-25

花城盛三，具志良太，高橋由浩，山本秀一，田村圭一（2004）港湾におけるサンゴ移植技術. 日本サンゴ礁学会第7回大会講演要旨集：25

林原毅，加藤雅也，玉城泉也，伏屋玲子，清水弘文（2007）幼生放流によるサンゴ群集の修復技術. みどりいし 18: 7-11

環境省九州地方環境事務所，那覇自然環境事務所（2007）サンゴ幼生着床具を用いたサンゴ群集修復マニュアル

日本サンゴ礁学会（2004）造礁サンゴの移植に関するガイドライン. <http://www.soc.nii.ac.jp/jcrs/information/ishoku-guideline.pdf>

西平守孝（1996）足場の生態学. 平凡社，東京

西平守孝（2006）伸縮性素材を用いたサンゴ片の新たな固定法. 名桜大学総合研究所紀要 9: 71-75

- 岡本峰雄, 藤原秀一 (2006) 1-2 セラミック着床具を使った有性生殖法 (平成 17 年度). 平成 16・17 年度サンゴ礁修復実証試験研究事業報告書 (CD 版). 亜熱帯総合研究所, 那覇, pp 40-49
- 大久保奈弥, 大森 信 (2001) 世界の造礁サンゴの移植レビュー. 日本サンゴ礁学会誌 3: 31-40
- Okubo N, Motokawa T, Omori M (2007) When fragmented corals spawn? Effect of size and timing on survivorship and fecundity of fragmentation in *Acropora formosa*. Mar Biol 151: 353-363
- Omori M (2005) Success of mass culture of *Acropora* corals from egg to colony in open water. Coral Reefs 24: 563
- Omori M, Kajiwaru K, Matsumoto H, Watanuki A, Kubo H (2007) Why corals recruit successfully in top-snail aquaculture structure? Galaxea, JCRS 8: 83-90
- Omori M, Iwao K, Tamura M (2008) Growth of transplanted *Acropora tenuis* 2 years after egg culture. Coral Reefs 27: 165
- Omori M (in press) Coral reefs at risk: the role of Japanese science and technology for restoration. In: Leewis RJ, Janse M (eds) Advances in coral husbandry in public aquaria. Arnhem, the Netherlands
- 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, 東京
- 大森 信 (2006) B2 電着技術の応用 第3回バイオロックワークショップに参加して. 平成 16, 17 年度サンゴ礁修復実証試験研究事業報告書 (CD 版)
- 呉 錫畢 (2003) 沿岸域の保全と利用に関する社会科学研究 慶良間諸島におけるサンゴ礁の生態系及び景観の価値評価. 亜熱帯総合研究所, 那覇
- Precht WF (2006) Coral reef restoration handbook. CRC Press, Florida
- 佐藤昭人, 渡邊浩二, 中村良太, 安藤 亘, 石岡 昇 (2008) 有性生殖手法による沖ノ鳥島のサンゴ増殖. 日本サンゴ礁学会第 11 回大会講演要旨集: 14
- Shafir S, Rinkevich B (2008) The underwater silviculture approach for reef restoration: an emergent aquaculture theme, Chapter 9. In: Schwartz SH (ed) Aquaculture research trends. Nova Science Publishers, New York, pp 279-295
- 海の自然再生ワーキンググループ (2003) 海の自然再生ハンドブック 第4巻サンゴ礁編. 国土交通省港湾局, 東京
- 山木克則, 宮城 清, 和山通年, 大場英雄, 日野林 穰二 (2007) 慶良間諸島における網状基盤を用いたサンゴ群集再生の試み. 日本サンゴ礁学会第 10 回大会講演要旨集: 85
- 山本広美, 高岡博子, 金谷悠作 (2007) 飼育下ドゲスギノキミドリイシから得られた卵と幼生の健康状態. 日本サンゴ礁学会第 10 回大会講演要旨集: 79

© 日本サンゴ礁学会

Commentary

Present status and critical issues on coral transplantation and reef restoration

Reef Conservation Committee, Japanese Coral Reef Society*

* Corresponding author: K. Nadaoka
E-mail: nadaoka@mei.titech.ac.jp

Communicated by Hiroya Yamano (Editor-in-Chief)

© Japanese Coral Reef Society