

# 目標は植込み 3 年後の 生残率 40%以上 —サンゴ移植の現状 および課題と方向—

大森 信  
阿嘉島臨海研究所前所長

A goal for >40% coral survival rate after 3 years out-planting:  
a reasonable requirement and prospect of active reef restoration

M. Omori  
E-mail: makomori@sk2.so-net.ne.jp

## ●はじめに

人為的なさんご礁の修復再生方法である「移植」は広く用いられている用語だが、サンゴの移植は、1. 自然のサンゴ群体から採取した群体断片や波浪などで折れ落ちた群体断片をそのまま海底の岩場に固定する、2. 採取した多数の断片を人造基盤に固着させ、種苗として中間育成施設で一定期間養成したのち、基盤ごと固定する(無性生殖法)、3. 卵から幼生を育て、基盤に着生・変態した稚サンゴを施設で育てて種苗にして、基盤ごと固定する(有性生殖法)、4. 港湾作業などのために他の場所に避難させなければならないサンゴを、そのままあるいは岩盤ごと別の場所に移動する、の 4 つを含んでいる。そこで、混乱を避けるために、1 を直接移植(direct transplantation または low-tech method)、2と3を植え付け(out-planting)、4を移設(translocation)と呼ぶことにしたい。

このうち、直接移植はもっとも安価で、かつ容易な方法である。誰にでもできる方法だが、折れ落ちたサンゴ断片を固定する場合を除いて、断片の採取のために自然のサンゴを破壊しなければならない。また移植後のサンゴの死亡率が比較的高い。移設は人為的なさんご礁の破壊を修復するミチゲーションで、あくまで避難的措置である。積極的にサンゴを増やしてさんご礁

を修復する手段は、現在では植え付けが一般的である。

サンゴ移植の工程は、大まかに二つの段階に分けられる。種苗生産と中間育成が第一段階、植込み(固定)が第二段階である。前者に関しては、これまで種々の技術開発がなされてきた。しかし、後者に関しては、植込み方法、耐波性、種や適地の選択、植込みの間隔、遺伝子の多様性を保持した種苗の組み合わせ、幼生加入の促進など、いろいろな課題が、いまだ、ほとんど手つかずに残っている。

これまでの約 10 年間に、沖縄では、沖縄県サンゴ礁再生実証事業(2011 年発足)で約 54,000 本(2017 年までに 100,000 本の予定)、阿嘉島臨海研究所が約 6,000 本、有限会社海の種が約 120,000 本(金城浩二氏私信)、沖縄県かりゆしビーチなどからの恩納村漁協への委託事業で約 6,200 本、ANA グループのチーム美らサンゴ事業で約 3,200 本、そのほか移植ツアアなどで約 800 本の種苗が植込まれた(比嘉義視氏私信)。阿嘉島臨海研究所からの種苗を除いて、すべて直接移植と無性生殖法による植込みである。加えて、環境省の石西礁湖自然再生事業(2005 年から)で、天然サンゴが着生した連結式サンゴ幼生着床具(岡本・野島 2003)約 23,000 個が石西礁湖に

---

植込まれた(環境省 2012)。これらとは別に、水産庁の沖ノ鳥島サンゴ増殖技術開発プロジェクト(2009年から)では、沖縄で有性生殖法によって生産された沖ノ鳥島由来の種苗 60,000 本以上が沖ノ鳥島に運ばれて植込まれている(Nakamura et al. 2011)。

しかしながら、サンゴ移植の総面積は数ヘクタールに過ぎない。この数字は、広範に衰退してしまったさんご礁の面積から比べると圧倒的に小さい。それ故に、移植の直接的効果が期待できるのは、国策として戦略的な重要性を持つ沖ノ鳥島のケースや、例えばダイビングスポットの修復再生とかさんご礁環境の保全への普及啓発材料としての見学地の造成など、空間的に小規模でも十分な費用対効果が見込まれるケースだけに見えるかも知れなかった。しかし、植込んだサンゴが成長して、毎年産卵することによって周辺に幼生を供給し、広い範囲のさんご礁の修復再生を促進するという働きが認識されてからは、衰退し、周辺からの幼生供給量が大幅に減ってしまったさんご礁域に、まとまった規模でサンゴ種苗を植込んで、ローカルなサンゴ幼生供給基地を造成することによる効果が期待されている。費用対効果面を考慮したコストの低減は必須だが、そのためにもさんご礁の人為的な修復再生事業と研究を継続し、技術開発をさらに進めることが望まれる。

数年前までは、サンゴの移植は、面積が限られていることや開発の免罪符になってしまうこと(これには現在も警戒が必要である)から、サンゴ研究者の多くは積極的に取り組んでこなかった。しかし、いくら保全してもさんご礁を守りきれない状況や、地球温暖化や海洋酸性化の進行を前に、風向きは少しずつ変化してきているように思われる。地球温暖化や海洋酸性化に耐性の強い遺伝特性を持つサンゴを導入してさんご礁の改良を図るための研究計画さえあり(例えば Mascarelli 2014)、これまでわが国で蓄積されたサン

ゴの移植技術は、今後大きく寄与するだろうと思われる。

### ●種苗生産

無性生殖法では、自然に折れ落ちたサンゴを材料にする場合を除いて、親(ドナー)サンゴ群体から一度に多くの断片(種苗)を採取すれば、ドナーと、ひいてはさんご礁を傷めることになる。また、ドナーの数が少なければ、種苗の遺伝的多様性が限られる。遺伝的多様性の低い種苗を大量に植込むと、環境の変化に全体が同様に反応して、一挙に白化現象や病原菌の伝染が広がるようなことが懸念される。このような短所を補うために、無性生殖法を採用している沖縄県恩納村漁協では 15 種類、数千株のドナーサンゴを海底に立てた高さ 50cm の鉄筋上で育てて、それから断片を採取して中間育成施設で養成し、大量の種苗を比較的容易に生産することができるようになった(Higa and Omori 2014)。また、ドナーの遺伝子型の解析から種苗の出所を明らかにして(Shinzato et al. 2014)、クローンを含まない種苗の組み合わせで、遺伝子の多様性を維持しながら植込むことが可能である。一方、有性生殖法も阿嘉島臨海研究所やサンゴ種苗生産センター(水産土木建設技術センター所属)などの研究によって相応の進歩を遂げた(Omori and Iwao 2014; 水産庁漁港漁場整備部 2009)。この方法では、多数のサンゴから配偶子を得て種苗を生産するので高い遺伝的多様性を保てるが、無性生殖法より多くの時間と労力を要する。また、基盤に着生した稚サンゴの生残が安定せず、年によって死亡率が壊滅的に高まることが問題である。その技術は、稚サンゴを植込みに適した大きさまでいかに経済的かつ安定的に育てることができるかにかかっている。

## ●植込み

今日まで、世界各国で移植されたサンゴの種類は86種以上に及び、種苗数は10万本を越えている(Rinkevich 2014)が、長期にわたるモニタリングが少なく、多くが植込み1年後程度までの生残率を報告するにとどまっている。限られた資料によれば、沖縄本島で移植されたサンゴの3年後の生残率は40%以下で、場所によっては10%以下になってしまったところもある。私は10年も前に、沖縄県でのサンゴ移植に関して、生残率の低さに警鐘を鳴らしたが(大森 2004)、今日でもその数値はあまり変わっていない。このような状況ではさんご礁の人為的な修復再生に大きな成果は望めない。移植事業に関わる関係者はもっと真剣に技術の進歩を心がけ、植込み3年後の生残率40%以上を確実に約束できるようになってほしい。因みに、ウスエダミドリイシ *Acropora tenuis* を例にあげると、植込み3年後の生残率が40%であれば、被覆面積は植込み時の約10倍に増える。

植込みには以下の諸点を十分に考慮することが求められる。

- 1) 植込む場所がサンゴの生育に不適切な環境では、健全な生育は望めない(水産庁 2015)。また、植込み面積がある程度の規模でなければ、さんご礁生態系の機能の回復はあまり期待できない。種と移植場所の選定のために十分な調査と検討が必要である。
- 2) できるだけ高い遺伝的多様性を保ちながら、植込む。多くのサンゴではクローン間は受精しない。クローンを含まない種苗をどんな組み合わせと間隔で植込むのか、植込みのデザインが必要である。
- 3) 植込んだサンゴが自然のサンゴと同じように産卵・受精し、多くの健全な幼生を自然界に供給できれば、次代のサンゴ群集の広がりが期待できる。

- 4) 植込みが成功(3年後の生残率40%以上)かどうかを確かめるために、3年以上のモニタリングを続ける必要がある。

## ●これからの課題

移設はサンゴ群体をそのままあるいは岩盤ごと移動する避難的技術であるが、移設方法の向上につながるマニュアルはまだなく、移設した群体の固着を促進したり、耐波性や生残率を高めたりするためには、更なる技術開発が望まれる。大きな群体をそのまま移設するより、適当な大きさに断片化して、中間育成施設で育てた種苗を植込むほうが、群体の寿命が延びるという考えもある。また、直接移植、植え付け、移設のいずれの場合でも、その後の魚類の“齧り”や無脊椎動物による破壊を避ける方法についても、更なる研究が望まれている。

最後に、わが国で行われている移植に関する情報や知識の共有を図るために、実施状況とモニタリングの結果を一元化して収集管理する機関を設置することの大切さを指摘しておきたい。

## ●引用文献

- Higa Y, Omori M (2014) Production of coral colonies for outplanting using a unique rearing method of donor colonies at Onna Village, Okinawa, Japan. *Galaxea*, JCRS 16: 19-20
- 環境省 (2012) 資料 1: これまでの環境省事業のレビューと評価. 42pp. 石西礁湖ポータルウェブサイト <http://sekiseisyoko.com/szn/entry/support-2012-21.html>
- Mascarelli A (2014) Designer reefs. *Nature* 508: 444-446
- Nakamura R, Ando W, Yamamoto H, Kitano M, Sato A, Nakamura M, Kayanne H, Omori M (2011) Corals mass-cultured from eggs and

- 
- transplanted as juveniles to their native, remote coral reef. *Marine Ecology Progress Series* 436: 161-168
- 岡本峰雄・野島 哲 (2003) 6-1.有性生殖を利用したサンゴ礁修復法開発の試み. 大森 信 (編著) 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.51-61
- 大森 信 (2004) 4年後生残率 20%以下:問題点多いサンゴ移植事業. 琉球新報(論壇) 2004年4月15日
- Omori M, Iwao K (2014) Methods of farming sexually propagated corals and outplanting for coral reef rehabilitation; with list of references for coral reef rehabilitation through active restoration measure. *Akajima Marine Science Laboratory, Okinawa, Japan*. 63pp (大森 信・岩尾研二「有性生殖を利用したサンゴ種苗生産と植え付けによるサンゴ礁修復のための技術手法」)
- Rinkevich B (2014) Rebuilding coral reefs: does active reef restoration lead to sustainable reefs? *Current Opinion in Environmental Sustainability* 7: 28-36
- Shinzato C, Yasuoka Y, Mungpakdee S, Arakaki N, Fujie M, Nakajima Y, Satoh N (2014) Development of novel, cross-species microsatellite markers for *Acropora* corals using next-generation sequencing technology. *Frontiers in Marine Science*. Doi:103389fimars.2014.00011
- 水産庁 (2015) サンゴ礁保全活動の手引き. 水産庁, 東京. 69pp
- 水産庁漁港漁場整備部 (2009) 有性生殖によるサンゴ増殖の手引き:生育環境が厳しい沖ノ鳥島におけるサンゴ増殖. 水産庁, 東京. 172pp