

4. 事業のまとめと今後の課題・展望

4.1 まとめ

これまでに示してきたように、本事業では3.42haの面積に、約150,000本の種苗の植付けを実施することができた。事業対象海域ごとに異なる種苗生産手法や管理手法を適用した結果、恩納村海域における無性生殖法によって生産された種苗の植付け面積が最も広く、植付け本数も最も多かった。次いで、恩納村海域の有性生殖、読谷村海域の無性生殖種苗の植付けが大規模に実施できた。これに対して、座間味村海域における植付けで行った天然海域に分布する幼生やバンドルを用いた有性生殖種苗の作成では、浮遊幼生の加入・着生量が少なかったことや、陸上水槽での幼生の着生に関する管理手法などで試行錯誤が続いたことによって他の海域に比べて狭い植付け面積となった。

海域における植付けの実施に加え、将来実施されるサンゴの移植・植付けにも参考となる重要な情報が既往の研究・資料の収集整理、解析によって総論にとりまとめられ、さらに、将来の展望についても言及された。

サンゴ礁の再生事業に関する多角的なアプローチを可能にするために、サンゴのゲノム解析、種苗に使用されることが多い無性生殖株のミドリイシ類個体群の遺伝学的多様性を検証し、沖縄県全体でのサンゴ礁保全にはサンゴが豊富にある場所だけでなく、地域ごとに取り組む必要があることなど、本事業で初めて明らかになった多くの情報が得られた。

さらに、サンゴ種苗を植付ける際の種苗間の距離を考察するため、サンゴ群集の再生産に寄与する植付け群体間の距離についての調査・研究を行い、受精を可能にする群体間の適正な距離は2m以内であることが推定された。

以上のように、本事業ではこれまでのサンゴの保全検討では検証されてこなかった新たな情報を得ることができ、そのような検討を踏まえながら、事業目標としたサンゴ種苗の植付け規模を達成することができた。

しかしながら、本事業の遂行過程において、2013年や2016年に発生した白化現象に対する対応や、そのほか種々の課題が存在することもわかった。

4.2 サンゴ礁保全再生に向けた今後の展望と課題

(1) 遺伝的多様性確保の技術

本事業で実施されたサンゴのゲノム解析では、コユビミドリイシは地域ごとにDNAレベルで違いがあり、地域ごとのサンゴ礁の保護に取り組む必要があること、種苗植付けでは植付け場所に近い海域から採取された種苗や親株を利用すべき

であることが判った。また、恩納村で既に利用されているミドリイシ類の植付け種苗は遺伝学的に多様であることや、今後のサンゴ群集再生でも、遺伝的多様性確保のために、有性生殖による種苗の生産、親株の遺伝子型判定により群体識別を行った上で植付けることなどが提唱された。

これらは、本事業において新たに判明した成果であり、各種のサンゴ礁保全事業の実施において、有用な情報がもたらされた。この分野の研究は、自然のサンゴ礁群集構造、生態系を保全するために、今後もさらに進められる必要がある。

(2) 有性生殖による種苗生産技術の多様化

有性生殖による種苗生産について、このような視点での取り組みが始められた時期はセラミック製のサンゴ幼生着床具による天然採苗方法が初めての技術であった。その後は、様々な着生基盤が開発され、種苗生産方法も事業者ごとに創意工夫されてきたところである。本事業においては、飼育された親株から得られる受精卵の確保、スリックやバンドルを用いた受精卵確保、天然採苗などの複数の手法に組み、種苗の中間育成の方法においてもタカセガイ礁の利用など多くの技術を用いて取り組んだ。その結果、親株の人工飼育による産出幼生やバンドルの利用が多く種苗を効率的に生産するのに有利であることが示された。今後は、前述のゲノム解析では有性生殖による種苗生産が望ましいとされていることから、海域の特性や施設の条件などに応じた技術開発を経て有性生殖による種苗生産を検討することが期待される。

(3) サンゴ種苗生産から植付けまでのコストの低減化

1) 種苗生産

天然採苗による種苗生産は、大量に幼生の着生があり、種苗が大量生産できればメンテナンス時のコスト低減に優位であると考えられる。しかし、本事業の慶良間海域での例のように、サンゴ幼生の加入量が安定せず、これによって種苗が安定供給できない場合には、天然採苗による種苗生産は不適である。また、地域ごとのサンゴの遺伝的要素や高温耐性株の育種などを考慮した種苗生産を行うことになれば、陸上水槽を用いた種苗生産を行うことになる。

陸上水槽を用いた種苗生産には水槽数基、取排水設備などの施設と一定期間の複数の技術者が必要となる。さらに、種苗の単価を低減するためには、できるだけ既存の施設を活用しながら、健全な親群体採捕や配偶子の確保、適正な幼生着生基盤の選択など、事業の効率化に向けた更なる改善が必要となる。

また、本事業の慶良間海域で実施できたように、事業実施海域周辺において生息していたサンゴ群落を除去したり、埋立てしまう行為がある場合、沖縄県の漁業調整規則に準じた手順を踏まえた上で、これを採取し、移植するという種苗確

保について可能性を検討するべきである。

2) 中間育成と植付け

中間育成や植付け作業については、できるだけ様々な人々が参加できる体制を作ることを検討する。例えば行政・指導機関、漁業協同組合、市民グループ（観光業者、観光客を含む）が連携しながら、事業が速やかに進行するような仕組みを構築することによって事業規模が拡大し、植付け面積当たりのコスト低減につながることができる。

(4) 白化現象等、サンゴ礁の健全性低下への対策

最終年度である 2016 年は、2015 年に続き形成された強力なエルニーニョ現象により、これまで白化現象が知られていない場所でも発生した (Eakin et al. 2016)。沖縄県下では八重山諸島の石西礁湖において、サンゴ被度全体の約 91% が白化し、約 70% が死亡していたということが環境省の調査によって示された(環境省、2017 年 1 月 10 日)。沖縄島周辺における白化現象は石西礁湖に比べると限定的であったといわれているものの、本事業で植付けたサンゴ種苗にも白化から死亡してしまうという状況がみられた。このように、琉球列島では、大規模な白化現象は 1998 年以降、複数回発生しており、今後も発生することが予想される。

白化現象のほか、水質の変化や赤土の海域への流出、オニヒトデ等の食害生物の大発生、沿岸域の開発などサンゴ礁への影響も継続して存在している。

水質変化や沿岸域開発などの人の活動からの影響については、サンゴ礁の健全性が低下している現状を一般住民や観光で沖縄を訪れる人々に周知するとともに、大規模開発工事や農業活動のほか一般家庭からの污水排水などを含めて、陸域からの負荷削減に関する認識を高める方策が必要であると考えられる。そのためには、後述のようなイベントを踏まえてサンゴ礁の現状に関する広報を継続して行っていくことも必要である。

オニヒトデ等の食害生物による影響については、近年、オニヒトデの生態等について研究が進められ (例えば Fabricius et al. 2010 や Suzuki et al. 2016)、新たな発見もなされようとしているところである。さらに、NPO 団体等によって直接的なオニヒトデ駆除作業も実施されている。これらの活動に対して沖縄県からは支援してきたところであるが、今後もこのような研究や活動の継続は必要である。

白化現象については、本事業では 2013 年、2016 年に比較的高い割合で白化から死亡に至った群体が存在した。白化の原因は高水温によるとされているが、その影響過程についてはサンゴ体内に共生している褐虫藻をサンゴが放出することによるとされてきたが、最近ではサンゴに共生するバクテリア群の変化によると

いう報告 (Ziegler et al. 2016 など) もあり、原因は未解明な部分が多い。

本事業では、高水温期を避けて種苗を植付けるという状況に応じた管理手法も取り入れられ、生残率を維持することに貢献できたと考えられる。また、浅所での植付けについては夏季の強い日射の影響を軽減させるための工夫も有効であると考えられる (谷田ら 2016)。このような作業面での工夫も植付けた種苗の維持管理面として重要である。

また、読谷村海域での植付け結果から、隣り合って植付けられたウスエダミドリイシのオレンジ蛍光を出す群体は高温に強く、青色蛍光を出す群体は弱いという事実が確認された。今後、これらの群体の生理的・遺伝的な特徴を研究することにより、高温耐性サンゴ種苗の選定や育種に結び付け、効率的な再生事業を展開させる可能性が示唆された。

(5) 本事業の取り組み成果の市民活動への展開

本事業は、県下のサンゴ礁の健全性が低下している現状への対策としてサンゴ種苗の植付けや、その事業達成に関する種々の検討を行ったものである。事業で挙げられた技術的成果等は、これまでの事業進捗過程における公表に加えて、2016年6月の国際サンゴ礁学会での発表に続き、県内4地域で全5回のシンポジウムでサンゴ礁保全の啓発と合わせて県内外に周知してきた。今後も継続して、本事業を含めサンゴ礁保全の取り組みとその推進を一般市民に向けて周知し、さらにこれらを地域の市民活動の展開に結びつけることが求められる。

地域におけるサンゴ礁保全は、地域住民や行政、漁業や観光業、農業の従事者、教育関係者そして研究機関などできるだけ多様な人々が参加できる体制として協議会を組織することが重要であると考えられる。協議会を柱として、活動の計画から実施、周知、改善、そして人や情報、技術、設備、資金の確保などを協議することで、持続的に自立的な活動への展開がはかられることが期待される。