

エダミドリイシの有性生殖による増殖法に関する現地試験

Field Test on Breeding Technique of the Zoogamy for *Acropora tumida*

岩瀬文人¹・中野 晋²・安藝浩資³・岡田直也⁴・清水里香⁵

Fumihito IWASE, Susumu NAKANO, Hiroshi AKI, Naoya OKADA and Rika SHIMIZU

This study is aimed for establishment of the breeding technique by the zoogamy of *Acropora tumida*. The natural restoration works for coral communities has been carried out in the Takegashima underwater park located in Southeast Shikoku. A breeding by the zoogamy is effective for the restoration of the coral. Therefore we conducted field works about the growth process of this coral from eggs to juveniles. As a result of investigation of three years, we obtained some important ecological characteristics of this coral, such that laying eggs occurs about on July 3 in lunar calendar.

1. はじめに

四国東南部に位置する竹ヶ島海中公園（1972年指定、図-1）では2005年9月より、サンゴの1種であるエダミドリイシの復元・再生をめざした自然再生事業が行われているが、本種の生育特性に関する知見は極めて乏しい。また、現在、本種の減少を食い止め、豊かなサンゴ生息場を取り戻すため、地元漁業者を中心とした有志の手で、破片移植活動が行われている。しかし、この方法は同一サンゴからのクローンを移植する無性生殖によるものであるため、本種を取り巻く環境に急激な変化が生じた場合、復元が困難となる大規模な被害を受ける可能性が高い。従って、本種の保全を確実に進めるためには有性生殖による増殖手法を確立するとともに、本種の生態特性を深く理解することが不可欠である。有性生殖による増殖手法はこれまで沖縄海域などの亜熱帯域で開発されている。サンゴの一斉産卵後に潮目に集積したプラヌラ幼生を大量に採取し、着生した海域に輸送後、放流する幼生放流方式（青田徹ら、2003）や採卵後に水槽内で幼生を飼育し、ある程度成長した稚サンゴを現地海域に放流する稚サンゴ放流方式（三上ら、2007）などである。本研究の対象海域は温帯域であり、低温耐性の高い種が優占しており、沖縄海域で開発された技術を応用する場合にも地域特性に合わせた手法の検討が必要である。これまでの調査でエダミドリイシの幼生が自然着生する可能性が低いことを踏まえ、後者の稚サンゴ放流方式による増殖技術の確立を目的に研究を進めている。つまり、現地での採卵、実験水槽での稚サンゴの育成、放流、追跡観察を実施し、本種の産卵から成長までの過程について詳細な現地調査・室内試験を実施した。

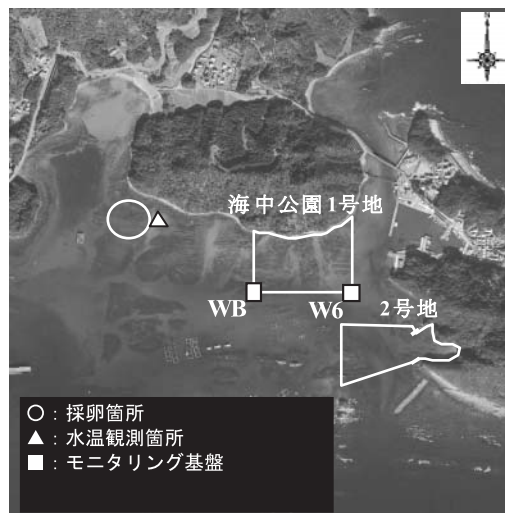


図-1 竹ヶ島海中公園と調査位置

2. 調査内容と方法

2006年～2008年に、採卵、水槽内での飼育・観察、中間育成・放流した稚・幼サンゴの追跡観察の3段階の調査を行った。これと併行して調査対象地区における水温観測、着生板を用いた稚サンゴの加入量調査も実施した。各調査の目的と内容および方法について以下に述べる。

(1) 採卵

本種の受精卵を得ることと、産卵に関する知見を得ることを目的として行った。採卵作業は、本種の断面を専門家が直接観察し、産卵時期が近いと判断した日から開始した。方法は、潜水土により18時頃、採卵器を図-1に示す箇所に設置し（採卵器の設置状況を写真-1に示す）、同日の23時頃に回収する。この一連の作業を、産卵が行われるまで毎日行った（但し波浪等の影響により調査ができない日を覗く）。

(2) 水槽内での飼育・観察

本種において、プラヌラ幼生の初期段階から、サンゴ

1	理修	黒潮生物研究所長
2	正会員	博(工) 徳島大学教授環境防災研究センター
3	正会員	博(工) ニタコンサルタント(株)環境部
4	学生会員	学(水) 徳島大学大学院先端技術科学教育部
5	学生会員	学(工) 徳島大学大学院先端技術科学教育部

幼体までの生育特性に関する知見を得ることを目的とした。方法は、採取した受精卵を室内に搬送し、水温が27から29℃に保たれた水槽に移す。その後、プラヌラ幼生が着生期に入る時期（受精後約3日）に着生板（10×10cmのフレキシブルボード）を水槽内に設置し、飼育期間中の幼生の挙動、形態の変化等について、注意深く観察しながら飼育した。

(3) 中間育成, 放流・追跡観察

有性生殖による本種の幼体が、順調に生育できる環境が竹ヶ島海域に整っているかどうかを知ることと、図-1に示す本海域内の2地点（W6, WB）において、本種の生長の比較を行うことを目的として行った。

両地点については、2006年に流向、流速観測を行った結果、W6は4cm/sから5cm/s、WB地点では3cm/sから4cm/sの流れが常時存在し、両地点共、北方向から南方向への流れが卓越していた。

a) 中間育成

稚サングが付いた着生板を、図-1に示すW6, WB地点の海底に設置されたコンクリートブロック（以下モニタ

リング基盤と呼ぶ）に串刺し状にして固定した。固定状況を写真-2に示す。

b) 放流・追跡観察

幼サングの付いた着生板を、モニタリング基盤の斜面上に水中ボンドを用いて固定し、追跡観察を行った。観察は数ヶ月毎に行い、放流直後の2007年9月から開始し、2009年2月までに6回行った。固定状況と、観察時の様子を写真-3に示す。

(4) 加入量調査

竹ヶ島海域における稚サングの加入状況を明らかにするため、2005年から2008年にかけて加入量調査を行った。着生板の設置は、産卵時期の前に行い、回収は、産卵後、着生・生長して骨格を形成し、属の判別ができるようになる時期に行った。図-2に2005年から2008年の着生板の設置箇所、写真-4に着生板の設置状況、表-1に2005年から2008年の着生板設置日と回収日をそれぞれ示す。

(5) 水温観測

本種の産卵日と水温との関係を検討することを目的として行った。また、観測結果をもとに、積算水温を算出した。サングの卵成熟は水温変化と密接な関係にあり、これ



写真-1 採卵時の採卵器設置状況（2006年7月27日）



着生板設置状況

写真-4 加入量調査での着生板の設置状況



写真-2 着生板の固定状況

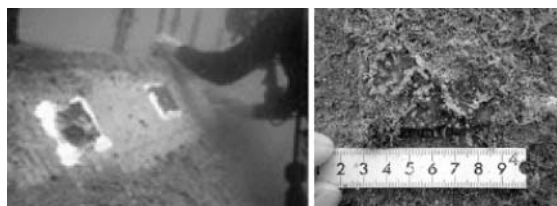


写真-3 着生板設置状況と観察状況

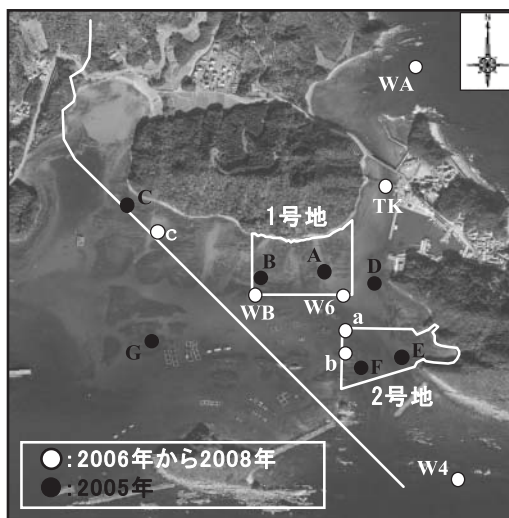


図-2 着生板設置箇所

表-1 着生板の設置と回収日

西暦	着生板設置日	着生板回収日
2005	6月15日, 6月16日	10月9日, 10月10日
2006	7月1日	10月2日, 10月3日
2007	6月22日	9月28日, 9月29日
2008	6月17日	10月20日

までに積算水温とミドリイシ属の産卵日との関係について検討されている(下池ら, 1999)。なお, 積算温度とは, 元来植物の生育期間について考え出されたもので, 一定期間の平均温度の積算値のことで, この値が一定値を越えた場合に生物における生育段階の変化が起こるという考え方である。サンゴにおいても, 積算水温における一定値を算出することができれば, 産卵日の予想が可能になると推察される。

a) 観測方法

図-1に示す採卵器設置箇所内において, データロガー式の水温計を設置し, 2005年10月から連続観測を開始した。なお, 観測間隔は1時間毎とした。

b) 積算水温算出方法

阿嘉島では, ミドリイシ属の卵黄蓄積に伴う生殖腺の成熟が急速に進む時期の平均水温が22℃で(これ以後基準水温と呼ぶ)、その時期を含んだ月の初日から, 産卵日までの日毎の水温の合計値を積算水温としている。なお, 基準水温については, サンゴの生息地や種類による違いを考慮して, 本種においては, 22℃に限定せず, 19℃~26℃の7通りについて積算水温を算出し, 3ヵ年(2006,2007,2008)を比較した。

3. 調査結果と考察

(1) 受精卵採取

3年間の調査の結果, 2006年7月27日, 28日, 2007年

表-2 大規模産卵が行われた日

産卵日				
年(西暦)	新暦日付	旧暦日付	月齢	月の周期
2006	7月27日	7月3日	1.9	中潮
	7月28日	7月4日	2.9	中潮
2007	8月14日	7月2日	1.2	大潮
	8月15日	7月3日	2.2	中潮
2008	7月31日	6月29日	28	大潮
	8月1日	7月1日	29	大潮

□ (大規模産卵が行われた日)

8月14日, 15日および2008年7月31, 8月1日に, 竹ヶ島湾内の広範囲において産卵が確認された。3年間の産卵日を旧暦に当てはめた結果, いずれの年も, 6月29日から7月4日の間に行われたことがわかった, また, 月齢においては, 新月の3日前後に2日間連続で行われることが分かった。2006年から2008年の産卵日について, 新暦, 旧暦および月齢を表-2にそれぞれ示した。

サンゴの産卵日の特定には月齢周期が関係しており, 多くのサンゴは満月の夜に一斉産卵すると言われているが, 産卵日の同調性は地域によって異なり, オーストラリアのグレートバリアリーフでは, 満月の2, 3日後に100種を越えるサンゴが一斉に産卵するが, 沖縄の慶良間列島の阿嘉島周辺では, 年や月によって満月の4日前から7日後の期間でミドリイシ属の産卵日が前後している(下池ら, 1999)。

本種の産卵日は, 比較的短期間に集中しているが, 3年間のみの結果であるので, 以後, 調査を継続する必要があると考えられる。

(2) 水槽内での飼育・観察

エダミドリイシ幼生が着生し, 生長する様子を図-3に示す。各写真に表示した時間は写真撮影時の受精からの

表-3 飼育・観察により判明したエダミドリイシの生育特性

産卵に関する特性	・多くのミドリイシ属のサンゴと同様、雌雄同体・卵塊放出型の繁殖を行う。
	・産卵時期はおおよそ旧暦6月下旬から7月上旬
	・産卵開始時刻は日没から約3時間後。多くのミドリイシ類の産卵は日没から2~4時間後に行われ、今回確認された産卵時刻もこの範囲内
胚発生,幼生期の特性	・卵(胚)の輸送や幼生期までの飼育水温は環境水温(27~29℃程度)で正常に生育
	・胚、初期プラヌラ幼生は水面付近に浮遊する
	・着生期プラヌラ幼生は水槽全体に散布する
	・他のミドリイシ類とはほぼ同様な発生の経過を示し、同じ手法で飼育が可能
着生期の特性	・受精後3~10日頃に着生のピーク
	・着生率は高い(1,627個体/10,000粒受精卵)
	・ミドリイシ類は一般に緩やかな水流があり、やや明るい所に多く着生するが、エダミドリイシも同じ傾向を示す
サンゴ幼体の特性	・着生から数日で骨格形成、10日ほどで共生藻が発現し、100日ほどで群体形成開始(他のミドリイシ類と同様)
	幼体の飼育にあたっては、特に給餌を行う必要はなく、昼夜で明暗のある明るい室内程度の環境で生育する

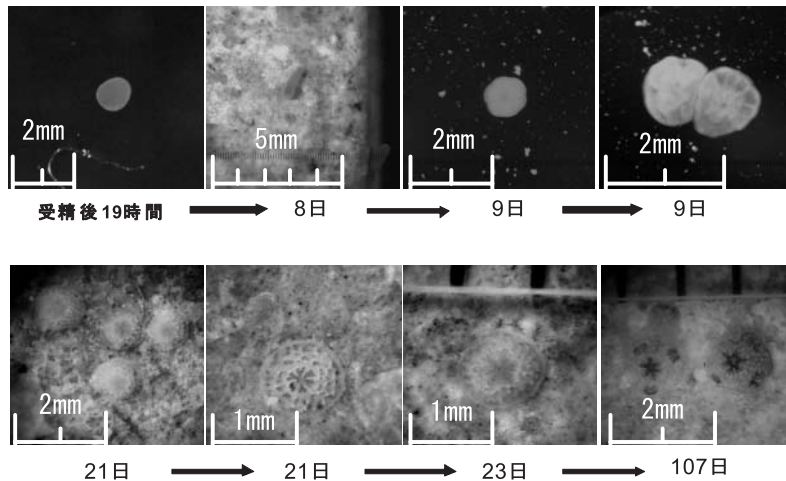


図-3 エダミドリイシの生長 (2006年7月27日産卵個体)

経過時間である。なお、同一の個体を時間を追って撮影したものではないので、経過時間は発達や生長の単なる目安である。プラヌラ幼生の初期段階からサンゴ幼体までの飼育・観察により判明した生育特性を表-3に示す。

飼育中に判明したこれらの特性は、多くのミドリイシ類とほぼ同様であることがわかった。

(3) 中間育成、放流・追跡観察

a) 中間育成

約1年間の育成期間を経て、W6とWBの2地点での生残群体数の変化を比較した結果、W6では、開始時の生残群体数は124群体であったが、育成後の放流時になると20群体に減少し、生残率は16%であった。一方、WBでは、開始時に99群体あった個体が、放流時には38群体に減少し、生残率は38%となり、W6に比べ、WBにおいて生残率が高いことがわかった。

b) 放流・追跡観察

2地点において、幼サンゴ放流直後からの追跡観察を行った結果、W6では平成21年2月時点では生残率90%であった。一方、WBでは、平成21年2月までに8群体が斃死し、生残率79%であった。生長率は、W6では平成19年9月の放流時から平成21年2月時点で、964%であった。また、WBについては、放流時から平成21年2月時点で、282%となり、WBに比べ、W6において生残率が1.14倍、生長率が3.42倍と、生残率・生長率共に高いことがわかった。現地での観察では、W6に比べ、WBの着生板に、シルトが多く堆積していたため、生残率・生長率に影響している可能性が高いと考えられる。なお、図-4、図-5の地点WBにおいて、平成20年6月のデータが示されていないのは、観察が不可能であったためである。図-4、図-5に放流サンゴの生残率、生長率をそれぞれ示した。

(4) 加入量調査

4年間（2005年～2008年）を通じて着生した個体は合計で104個体、種別内訳はハナヤサイサンゴ6個体、カワラサンゴと思われるもの79個体、不明種19個体で、

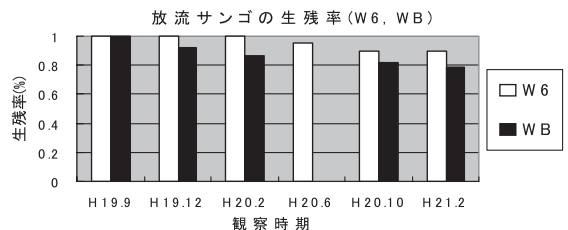


図-4 放流サンゴの生残率

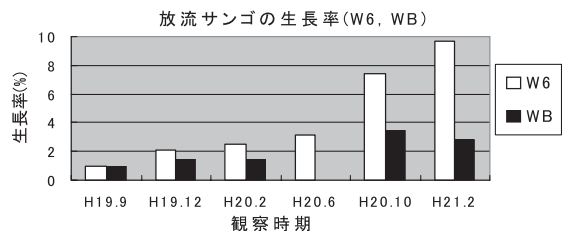


図-5 放流サンゴの生長率

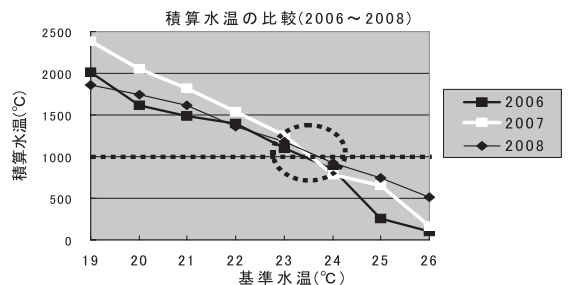


図-6 積算水温の比較

表-4 加入量調査の結果

調査年	地点	2005			C		A					D	E	G
		2006, 2007, 2008	WA	TK	c	WB	W6	a	b	W4				
2005年	確認種 (1)					L					L			
	個体数				0	6	0		0	P	19	0	0	
2006年	確認種 (1)							P	L	1				
	個体数	0	0	0	0	0	0	1	40	0				
2007年	確認種 (1)	P		L	L	P	P							
	個体数	1	0	2	1	1	2	0						
2008年	確認種 (1)			L	L	×	L	×	L	×				
	個体数													

P: ハナヤサイサンゴ科 L: カワラサンゴと思われるもの ×: 不明種 2008年の個体数は不明

ミドリイシ類の加入は検出されなかった。加入量調査の結果を表-4に示す。四国南西部の同様の調査では、少ないながらもミドリイシ属の加入が検出されている。また、本海域は閉鎖的な環境であり、潮汐による海水の交換量もそれほど多くないことが安藝ら（2008）の数値シミュレーションで明らかになっている。これにより、卵塊放出から幼生の着生にいたる1週間程度の間に、湾内のエダミドリイシ幼生のほとんどが湾外に拡散するとは考え難い。当海域のようなミドリイシ群生海域において4年間の加入量調査を行ったにも関わらずミドリイシ属の加入が全く検出できないことはミドリイシが本来他の種に比べて着生しにくいのか、ミドリイシ属の加入を妨げる何らかの要因が存在する可能性がある。

(5) 水温観測

観測年ごとの積算水温を比較した結果を図-6に示す。3年間（2006年から2008年）において、基準水温を23～24℃として計算した積算水温が1000℃前後で大規模産卵が生じていることがわかる（図中破線）。しかし、仮に基準水温を24℃とした場合を考えると2006年は782.4℃と2008年は920℃であり、この差を日数に換算すると、約6日間となる。従って、大規模産卵日の予測をするには、若干信頼度に乏しいと考えられる。なお、3ヶ年の結果であるため、さらに調査を継続してデータを蓄積する必要があると考えられる。また、光量子など、水温以外に考えられる生殖腺成熟因子についても今後検討する必要がある。

4. おわりに

本報告では、竹ヶ島海域におけるエダミドリイシの、有性生殖による増殖手法確立に向けて一連の調査を行い、産卵特性等の生育特性について、これまでの調査結果を踏まえて考察した。その結果、①3年間（2006年～2008年）の採卵調査では、各年共、旧暦6月29日から7月4日の、新月の3日前後に2日間連続で行われている。

②水槽内での飼育・観察では、本種の生活史における各段階での特性。③中間育成および放流・追跡観察では、稚サンゴ時期にはWBが、幼サンゴの時期にはW6が生育環境に適している。加入量調査においては、4年間（2005年～2008年）の調査を行ったにも関わらず、ミドリイシ類の加入が全く検出できなかった。④産卵日と積算水温との関係を検討した結果、基準水温が24℃の場合に、産卵日までの3年間（2006年～2008年）の積算水温が、概ね一致していること、がそれぞれわかった。

今後、本調査の結果を生かして、より詳細に本種の生育特性を把握していく必要がある。例えば、中間育成・放流段階の、稚、幼サンゴの設置地点を、生育段階毎に移動することにより、生残率および成長率の向上を図ること、加入量調査においては、着生板の形状等の改良、着生板設置地点の追加などが課題である。

謝辞：本研究は徳島県県民環境部自然共生室、海陽町、穴喰漁業協同組合など、竹ヶ島自然再生協議会の関係各位のご協力の下実施された。ここに、謝意を表する。

参 考 文 献

- 青田 徹・綿貫 啓・大森 信・谷口洋基（2003）：ブラヌラ幼生の大量運搬によるサンゴ礁回復技術の開発，海洋開発論文集，19，pp.379-384.
- 安藝浩資・中野 晋・盛 治夫（2008）：PHSIモデルによるサンゴの生息環境評価と自然再生計画の策定，海岸工学論文集，55，pp.1116-1120.
- 下池和幸（1999）：慶良間列島阿嘉島において新たに確認されたイシサンゴ類の産卵と産卵パターン，阿嘉島臨海研究所機関誌「みどりいし」，10，pp.29-31.
- 日本サンゴ礁学会（2007）：サンゴ礁Q&A，サンゴの生態，<http://www.soc.nii.ac.jp/jcrs/index.html>，（2009年5月18日閲覧）
- 服部昌之（2008）：ミドリイシサンゴ一斉産卵の謎はいまだに闇の中，阿嘉島臨海研究所機関誌「みどりいし」，19，pp.3-5.
- 三上信雄・安藤 亘・石岡 昇・中村良太・河野大輔・北野倫生（2007）：沖ノ鳥島のサンゴの維持・拡大を目的とした種苗生産技術と増殖技術の開発，海洋開発論文集，23，pp.931-935.