

V. 調査結果

2. サンゴ種苗生産技術の開発

目 次

2. サンゴ種苗生産技術の開発	V-2-1
2.1 実施概要	V-2-1
2.2 種苗生産施設	V-2-1
2.3 親サンゴ飼育	V-2-2
2.4 種苗生産	V-2-8
2.5 稚サンゴの中間育成	V-2-12
2.6 種苗生産における課題のまとめ	V-2-16

2. サンゴ種苗生産技術の開発

2.1 実施概要

これまで、「生育環境が厳しい条件下における増養殖技術開発調査」（水産庁，平成 18～20 年度）において、種苗生産に関する技術の開発が行われてきた。同調査では、ミドリイシ属 3 種（*Acropora tenuis*、*A. globiceps?*、*A. sp4?*）について種苗生産試験を実施し、*A. tenuis* については、大量種苗生産の技術が概ね開発された。

今年度からは、この技術に基礎をおき、沖ノ鳥島に生息する複数のサンゴ種について有性生殖法による種苗生産技術を開発することと、より効率的かつ大量に種苗を生産することを目的として、技術の改良ならびに新たな技術の開発を行った。

対象種は、沖ノ鳥島のミドリイシ属 4 種（*A. tenuis*、*A. globiceps?*、*A. sp4?*、*A. aculeus*）、ハナヤサイ属 1 種（*Pocillopora verrucosa*）の合計 5 種類とした。ただし、ハナヤサイ属については、生殖生態に不明な点が多いので、まず産卵時期について把握することとした。

以上の試験は、沖縄県座間味村阿嘉島のサンゴ種苗生産センターにおいて実施した。

2.2 種苗生産施設

サンゴの種苗生産を行うための施設は、沖縄県座間味村阿嘉島に所在するサンゴ種苗生産センター（以下、種苗センター）を用いた。同施設は、座間味村が所有するもので、本事業を実施するにあたり座間味村より無償で貸与されている。

【敷地】	コンクリート土間、23×23m（529m ² ）
【建物】	管理棟（管理室及び機材置き場、40m ² ）、 幼生飼育棟（63m ² ）、 親サンゴ飼育棟（47m ² ）、 機械室（22m ² ）
【主な設備】	取水ポンプ（水中ポンプ 2 台、揚水最大能力 450ℓ/分/2 台） 取水場所（阿嘉新港地先、水深約 5m） 貯水槽（30 トン、1 基） ろ過機（密閉式砂ろ過機、ろ過能力毎分 450ℓ/台、2 台） 海水冷却装置（冷却能力 3,360kcal/時間/台、4 台） 親サンゴ飼育水槽（2 トン FRP 製、L240×W100×D90cm、8 面） 親サンゴ飼育水槽（1 トン・円形ポリカーボネイト製、5 面） 稚サンゴ飼育水槽（1.4 トン FRP 製、L520×W75×D35cm、16 面） エア・ブローア（吐出圧力 8.8kpa、風量 3m ³ /分/台、2 台） 非常用発電機（28KVA、1 台） 倉庫（20ft 海上コンテナ、1 台）

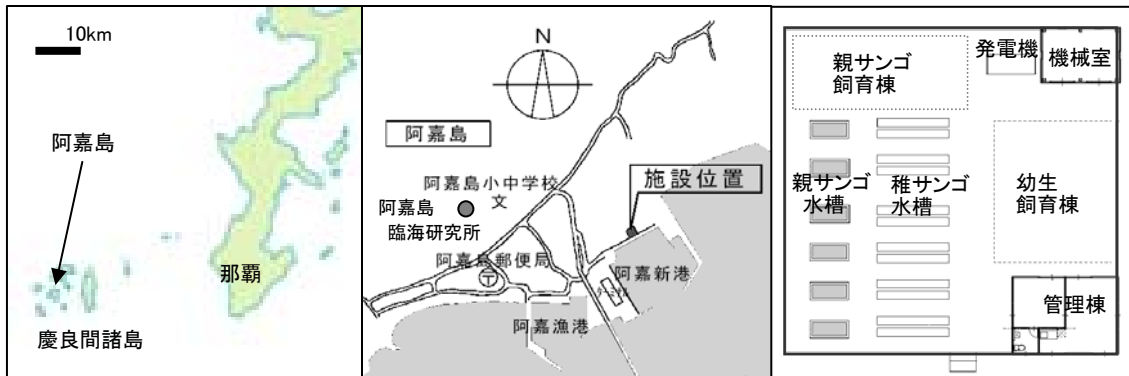


図-V.2.2.1 種苗センターの位置および施設内配置



写真-V.2.2.1 種苗センター概観
(写真左が北側)

2.3 親サンゴ飼育

これまで開発してきた飼育技術の向上を図り、また新規対象種の適切な飼育方法を探るために、沖ノ鳥島で採取した親サンゴを陸上水槽で長期飼育した。

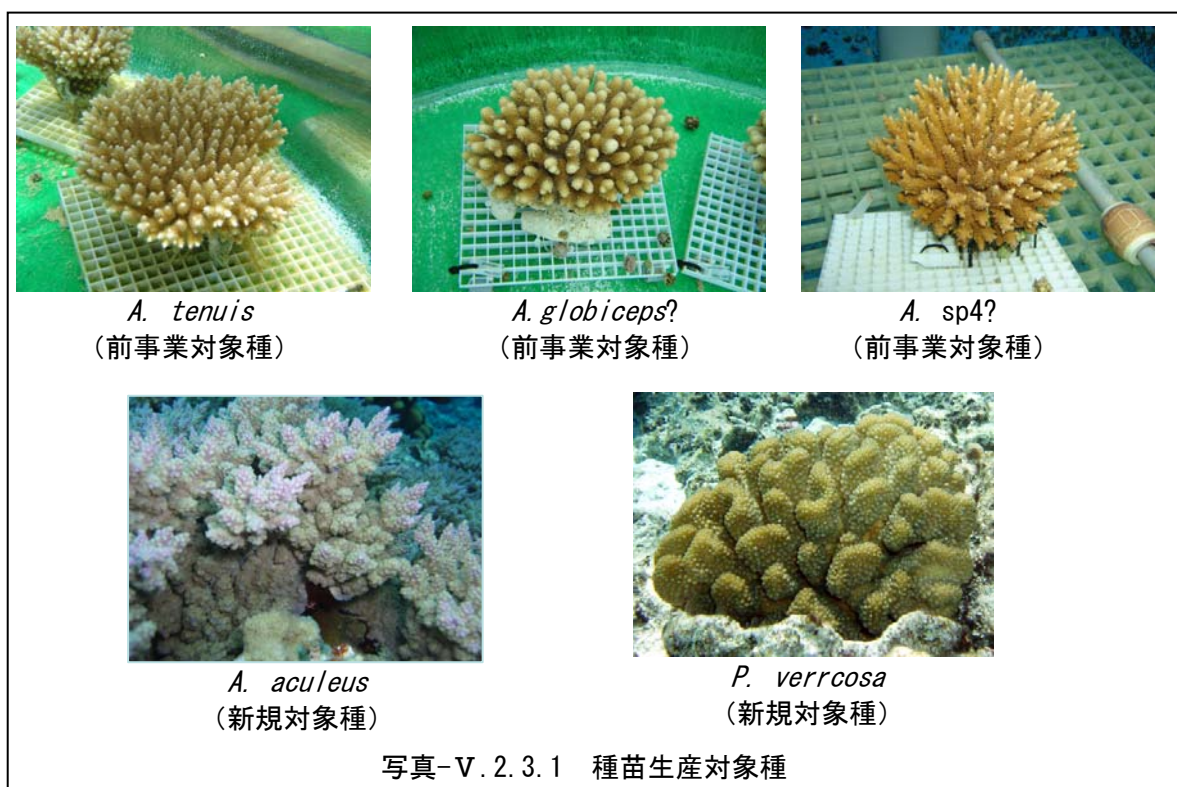
(1) 搬入した親サンゴの種と群体数

沖ノ鳥島の環礁内において、2009年5月16～19日に採取した親サンゴを船で輸送し、同年5月25日に種苗センターへ搬入した。搬入した種と群体数は以下のとおりであった。

表-V.2.3.1 親サンゴの搬入数

種	標準和名	搬入群体数
<i>Acropora tenuis</i>	ウスエダミドリイシ	5
<i>A. sp4?</i>	和名なし	10
<i>A. globiceps?</i>	和名なし	10
<i>A. aculeus</i>	ハリエダミドリイシ	6
<i>Pocillopora verrucosa</i>	イボハダハナヤサイサンゴ	5
合計		36

(注) *A. aculeus* は、輸送中に 1 群体が 2 つに割れたため、それぞれを 1 群体として飼育した。



(2) 親サンゴ飼育環境

親サンゴの飼育には、屋外においては角型 2 トン FRP 水槽、屋内においては 1 トン円形ポリカーボネイト透明水槽を用いた (写真-V.2.3.2)。前事業において、透明水槽で飼育したサンゴのほうに、サンゴの基部の部分 (岩盤に固着している部分) や枝の裏側まで十分な光が届くため、FRP 水槽内の群体と比較すると、これらの部分の健康状態 (共肉の色および触手の伸び具合) が良い傾向がみられた。このため、おもに 1 トン円形ポリカーボネイト水槽を用いて親サンゴ飼育を行った。

すべての水槽 (親・稚サンゴ水槽とも) は開放式とし、海水は阿嘉漁港(新港)地先の水深約 5m より水中ポンプを用いて汲み上げた。各水槽の換水率は、基本的に 0.5 回転/時間とした。

水槽内では藻類の繁茂を防ぐため藻食性の生物（貝類、魚類）を収容した。また、サンゴ飼育には水流が必須とされるが、強めのエアレーションにより、約 10cm/s の流れを水槽内に発生させた。これらの条件下では、水槽の壁面が石灰藻（無節サンゴモ）で覆われ、サンゴ飼育中に余計な藻類が繁茂するのを軽減できた。

水槽内の光量については、本調査においてサンゴを採取した沖ノ鳥島海域（水深約 4m）の光量（概ね $1,000 \mu \text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ ）に近づけるため、遮光ネットおよびプラスチック製ネット（品名トリカルネット）を用いて陰を作ることにより調整を行った。

冬期（12～3月）において水温が 24°C を下回る場合には、水中ヒーターを用いて飼育海水の加温を行った。一方、夏期においては、基本的には海水の冷却は行わなかった。しかし、高水温により白化した群体は、通常の飼育水槽から取り上げて、チラー（海水冷却装置）により水温を約 2.5°C 下げた別の水槽に収容した。



写真-V.2.3.2 親サンゴ飼育水槽
(1トン・ポリカーボネイト水槽)

(3) 飼育水温

親サンゴ飼育海水の月平均水温を図-V.2.3.1 に示した。月平均水温は、概ね $23\sim 29^\circ\text{C}$ の範囲にあった。夏期に飼育海水の冷却を行わなかったため、7月中旬から9月中旬までほぼ毎日、最高水温が 30°C を超えていた。冬期（12月上旬～）には、ヒーターを用いて飼育海水の加温を行い、 1.5°C 程度水温を上げることができた。

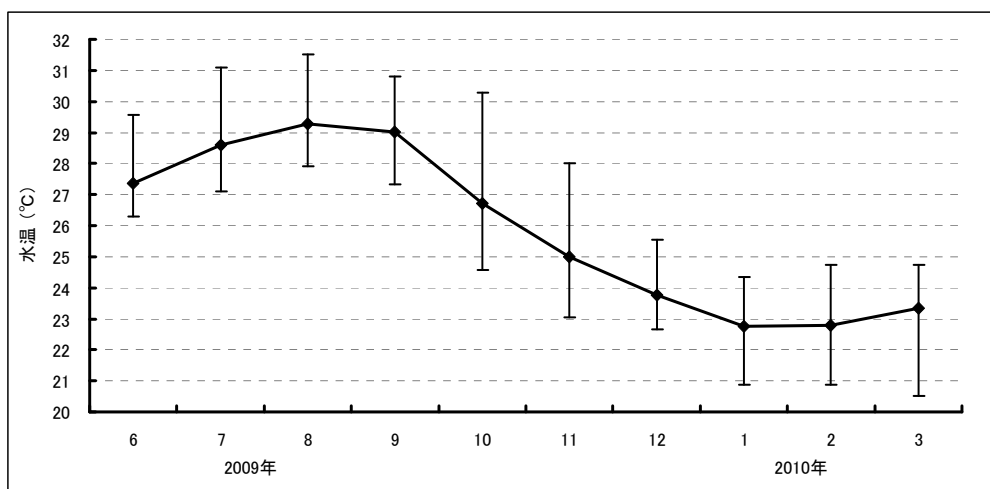


図-V.2.3.1 親サンゴ飼育水槽の月平均水温
垂直棒は、月最高・最低水温を示す

(4) 光量

親サンゴ水槽内において、概ね 2 ヶ月間隔で水中光量子量を測定した。また、水中の光量子量の減衰率を求めるために、水中光量を測定した際に、同時に空中の光量子量も測定した。

夏至付近の水中光量子量は、晴天日の南中時付近において約 $1,100 \mu \text{ mol/m}^2/\text{s}$ であった（減衰率約 50%）。真夏の期間（7～9 月）は、遮光ネット等により水槽内に入り込む光量を抑えたことにより、水中光量子量は約 $700 \mu \text{ mol/m}^2/\text{s}$ （晴天日の南中時）（減衰率 70%）であった。

(5) 親サンゴの飼育結果

親サンゴの飼育結果を表-V.2.3.2 に示した。夏期に、親サンゴ群体の白化（共生藻の放出）が見られた。7 月上旬より、半数ほどのサンゴにおいて共肉部の色が若干薄くなる傾向が見られた。7 月下旬には、*P. verrucosa* の 1 群体 および *A. tenuis* の 2 群体が完全に白化し、9 月上旬に斃死した。また同時期に、*A. sp4?* の 4 群体も群体の一部が白化した。水温が下がり始めた 10 月以降は、新たな白化や斃死は発生していない。しかし、白化した *A. sp4?* は、斃死してはいないものの、3 月現在でも共生藻が戻っていない。これらについては、群体に当たる光量を少なくして飼育を行っている。

白化は、高水温や強光等のストレスにより引き起こされると考えられている。水温については、7 月中旬から日中の最高水温が 30°C を越えていたものの、月の平均水温 29°C 程度であり、さほど高いとは思えない。また、光量については、採集海域の値とほぼ近いものであった。5 月下旬に搬入したばかりのサンゴは、輸送や異なる飼育環境下でストレスを受けていたため、多少の高水温および強光に耐えられなかった可能性もある。搬入後から徐々に飼育環境に馴化していく方法についても、課題として取上げる必要があるかもしれない。

また、沖縄においては、梅雨明け後に急に晴天日が続き、日差しも強くなる。この時期に、水槽内の光量を徐々に増加させる工夫も必要かもしれない。

表-V.2.3.2 水槽内における親群体の飼育結果

	5 月 26 日	10 月 31 日		3 月 23 日	
	搬入数	生残数	(生残率)	生残数	(生残率)
<i>A. tenuis</i>	5	3	(60%)	3	(60%)
<i>A. sp4?</i>	10	10	(100%)	10	(100%)
<i>A. globiceps?</i>	10	10	(100%)	10	(100%)
<i>A. aculeus</i>	6	6	(100%)	6	(100%)
<i>P. verrucosa</i>	5	4	(80%)	4	(80%)
合計	36	33	(92%)	33	(92%)

9月初旬には、*A. aculeus*において共肉の組織の壊死が発生した（6群体中5群体）。

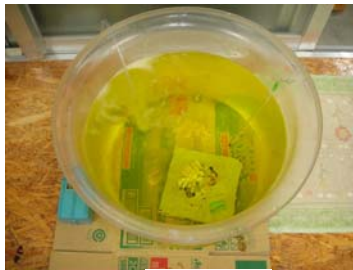
細菌の異常発生が原因と疑われているが、これまで有効な治療方法は報告されていない。対策として、壊死の発生した枝を折り取って、壊死が他の部位に拡大するのを抑えるとともに、試験的に抗菌剤（3種類）を用いて薬浴を行った。そのうちニフルスチレン酸ナトリウムにより壊死部分の拡大が抑えられた。今後、病原菌の特定と同抗菌剤の有効性の再確認および有効濃度等について試験を行う必要である。



写真-V.2.3.3 部分的に共生藻の戻らない *A. sp4*?



病気の発生



薬浴



治癒した共肉

写真-V.2.3.4 組織の壊死および薬浴の状況

(6) 産卵

親サンゴの産卵結果を表-V.2.3.3に示した。

*A. tenuis*の産卵は、6月17、18日（満月後9、10日目）に観察された。*A. sp4*? および *A. globiceps*? は、7月の満月後8日目からの1週間の間に産卵が集中した。これら3種については、大量種苗生産に十分な量の卵を確保することができた。

A. sp4? および *A. globiceps*?は、昨年度まで産卵が群体間においてあまり同調せず（同じ日に一斉に産卵しなかった）、良好な受精卵を得ることが難しかった。この原因として、夜間に街灯等の人工光がサンゴに当たることにより、産卵日を決定する何らかのメカニズムを攪乱している可能性もあるのではないかと考えられた。このため、今年度は、日没後に親サンゴ飼育棟にカーテンを掛けることにより余分な人工光を防いだ。この結果、昨年度よりは短期間に産卵日が集中する傾向があったが、しかし一斉産卵には至らなかった。夜間に人工光を当てないことが、産卵日の同調に効果的であったかどうかははっきりとは分からなかった。今後、上記2種については、産卵日の同調性をさらに高めるために、光だけでなく他の要因も含めて検証を行う必要がある。

*A. aculeus*は、7月初旬に2群体（長径25、35cm）に白色の卵が、8月初旬には大型の群体の一部の枝に成熟卵が見られた。しかし、産卵は観察されず、9月初旬には卵は消失し

ていた。他のミドリイシ属のサンゴは、直径 20cm 程度で放卵・放精が可能なサイズとなる。*A. aculeus* の生物学的最小形は、他種より大きいのではないかと考えられる。

P. verrucosa については、搬入後から 8 月 31 日までの期間において観察を行ったが、放卵・放精および幼生放出は行わなかった。5 月の採集以前に生殖を行った可能性ある。

表-V.2.3.3 水槽内における産卵群体数および産卵卵数

種	群体数		産卵卵数			
	飼育数	産卵数	6月	7月	8月	合計
<i>A. tenuis</i>	5	4	678,113	0	0	678,113
<i>A. sp4?</i>	10	10	0	999,207	30,767	1,029,974
<i>A. globiceps?</i>	10	10		683,929	77,747	761,676
<i>A. aculeus</i>	6	0	0	0	0	0
<i>P. verrucosa</i>	5	0	0	0	0	0
合計						2,469,763

(7) 採卵作業の効率化

これまで、サンゴが放出したバンドル（卵と精子の塊）をカップで掬う方法で採卵を行っていた。この方法では、1 群体の採卵に 30 分程度の時間が掛かっていた。今回は、バンドル・コレクターを用いて採卵を行った。これにより、採卵時間は 1 群体あたり 5~10 分に短縮された。

受精後の卵には余分な精子が付着しているため、これらを洗い流す“洗卵”を行わなければならない。これまでは、水槽に浮かんだ卵をカップで掬い、きれいな海水の入った別の水槽へ移すことにより洗卵を行っていたが、この作業に 1 時間程度を要していた。今回は、40 ミクロンのプランクトンネットで受精卵を濾す方法で洗卵を行った。所要時間は、10 分程度に短縮された。また、受精卵の発生率は、カップで掬う方法とネットで濾す方法で違いはなかった。

これらの作業の効率化により、大幅に採卵～卵の飼育開始までの時間を短縮し、多種の大量生産に対応することが可能となった。



従来のカップで掬う方法



バンドル・コレクターの採用



収集したバンドル

写真-V.2.3.5 バンドル・コレクターによる採卵の効率化

2.4 種苗生産

複数種のサンゴについて、大量の種苗生産を行う方法を開発することを目的として、沖ノ鳥島産親サンゴが陸上水槽内で産卵した卵を用いて試験を行った。特に、これまでの種苗生産において課題であった以下の2点について解決を図った。

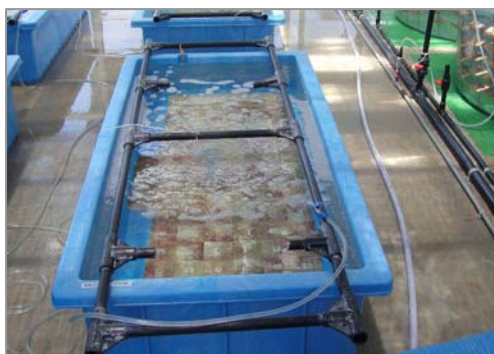
- ・ *A. globiceps*? の幼生浮遊期間における生残率の向上
- ・ *A. sp4*? および *A. globiceps*? の幼生着床率の向上

(1) 種苗生産方法の概要

平成21年6~7月に、沖ノ鳥島産ミドリイシ類サンゴが種苗センターの水槽内で産卵した卵を用いて種苗生産を行った。

口部にバンドルが認められた群体に、速やかにバンドル・コレクターをセットし、コレクター内で産卵を行わせた。2群体以上が同じ日に産卵した場合は、その日に放出されたすべての精子と卵を1つの容器に収容し受精させた。約1時間の媒精後、洗卵処理した受精卵を複数の30, 100, 500ℓの円形ポリカーボネイト容器に分けて収容し飼育を開始した。なお、1群体しか産卵放精しなかった日の卵は受精できないため廃棄した（同一群体の卵と精子はほぼ受精しないため）。

換水は1日1回、飼育水槽の約3/4の海水を交換した。また、一部の幼生においては、作業効率化および生残率向上のため、常時流水式の換水方法を試用した。産卵の3~6日後、プラヌラ幼生が着底行動を示し水槽の底に集まるようになった段階で、着底用水槽（500ℓ角型水槽および円形パンライト水槽等）に幼生を移した。角型着底用水槽には、幼生を収容する前に着床具として素焼きタイル（縦横10cm、厚さ0.5cm、平板）を水槽の底に敷き詰めた。円形パンライト水槽では、10枚のタイルをステンレス棒に串刺した状態で収容した。着床具は、事前に3~4ヶ月間、水槽内において石灰藻を培養したものを用いた。幼生を着床具入り水槽に収容した後は毎日、水槽の約半分の海水を交換した。幼生が着底した着床具は、屋外の1.4トンFRP水槽（稚サンゴ水槽）へ移した。着底した幼体の計数とサイズの測定は、骨格が形成される着底後100時間以降に実施した。



角型着床水槽



円形着床水槽

写真-V.2.4.1 着床水槽および収容した着床具

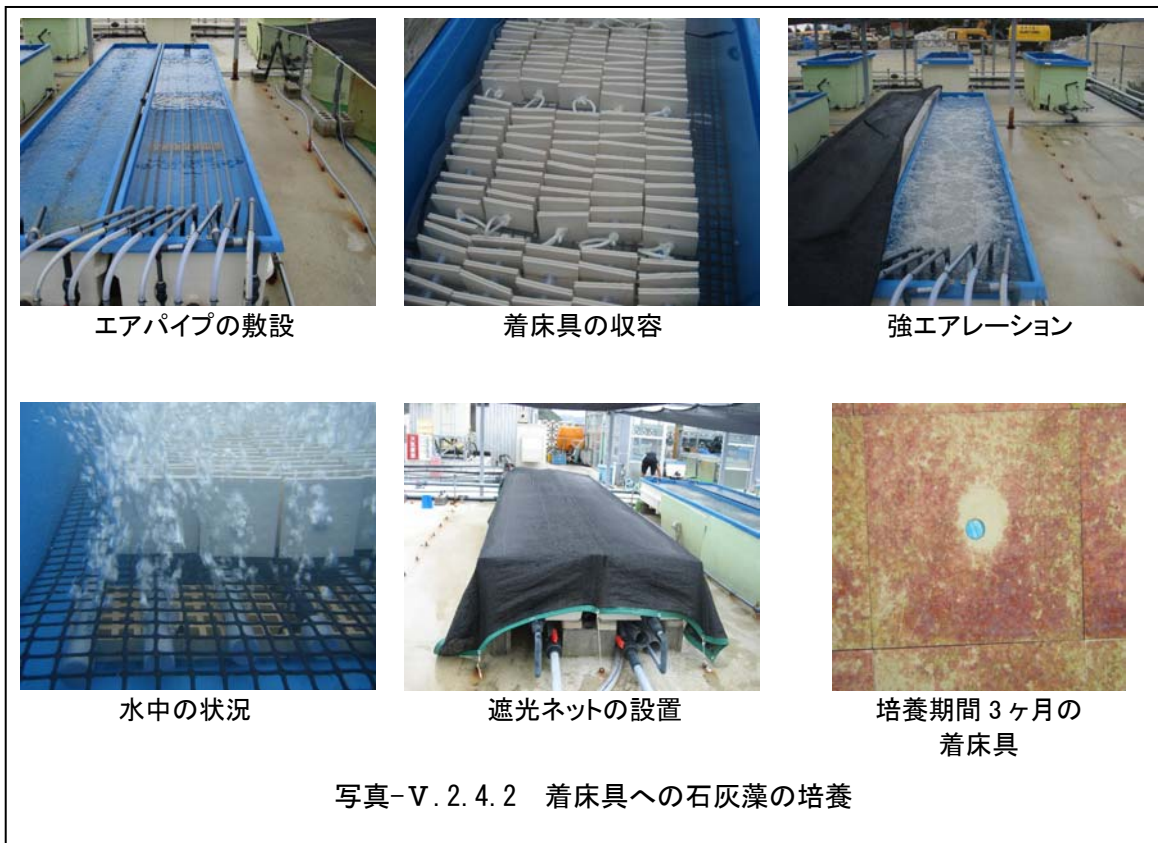
(2) 種苗生産方法の改良点

① 着床具の改良

無節サンゴモおよびバクテリアの1種がミドリイシ類サンゴの着底・変態を誘引する付着生物として報告されている。そこで、昨年度、水槽内における無節サンゴモの培養試験および無節サンゴモを培養した着床具を用いた幼生着床試験を行い、基礎的な知見が得られた。

今年度は、これらの知見を基礎として、水槽内において大量の着床具に石灰藻を培養する方法を開発した。培養用の水槽は、稚サンゴ水槽（1.4トンFRP水槽）を用いた。水槽の底に、数センチ間隔で穴を開けた塩ビパイプを10本程度設置し、水槽内に強めのエアレーションを施した。海水は、0.5時間/回転の換水率で掛け流した。水槽内では、着床具の表面にエアが当たるように、着床具を収容した。水槽に生える藻類は、タカセガイ稚貝およびカンギクガイを収容して駆除した。水槽上面には、50%遮光ネットを2枚かぶせて光量の調節を行った。

結果として、約3ヵ月後に着床具の表面に石灰藻が十分に付着し、4ヵ月後には石灰藻の量はより多くなった。これらの着床具を用いた結果、後述のように幼生の着床率が向上した。しかし一方、高水温時には、着床水槽内で石灰藻が腐敗するという問題が生じてしまった。この点については今後の課題である。



②流水式幼生飼育

これまで、幼生の飼育期間の約4日間、毎日1回、サイホンで海水と一緒に幼生を飼育水槽から抜き取り、幼生を100 μ もしくは200 μ のプランクトンネットでろ過する方法で換水を行ってきた。この方法では、20万個体程度の幼生を飼育している複数の水槽を換水するために、1名で3時間程度を要していた。複数のサンゴ種において大量種苗生産を行うためには作業時間の短縮が必要であった。

今回、換水方法の作業効率化および幼生の生残率向上を目的として、常時流水式の飼育方法を試験した。内径8mmのエアチューブにより、ゆっくりと海水を幼生飼育水槽へ常時注水し、水槽より流れ出た幼生は100 μ もしくは200 μ ネットで受けて、1日に数回(2~8時間間隔)、ネット内の幼生を飼育水槽へ戻した。換水率は、約0.5時間/回転であった。

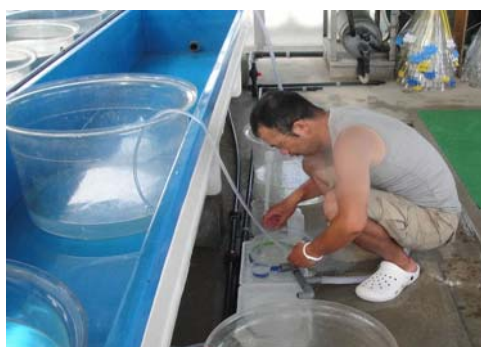
幼生の生残率の結果を表-V.2.4.1に示した。*A. globiceps?*においては、流水式換水方法において生残率が向上した。元々、*A. globiceps?*の卵は脂質が多く腐りやすいため、換水率を上げたことにより腐敗しにくくなり、幼生の生残率が向上したと考えられる。*A. sp4?*においては、従来の換水方法において生残率が100%を超えてしまった。これは、換水の際に幼生に衝撃を与えてしまったため、胚や幼生が分割してしまったことによると考えられる。

(胚や幼生は分割しても生残することが可能である。)流水式換水方法においては、いっぺんに多量の幼生をネットでろ過することがないので、従来の換水方法と比較して幼生に与えるダメージは少ないと考えられ、胚や幼生の分割も少ないはずである。このことから、*A. sp4?*においては、2つの換水方法において、さほど生残率の違いはないと思われる。

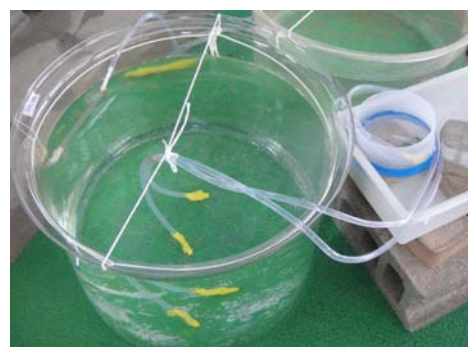
流水式飼育では、一旦幼生を飼育水槽に収容し、周辺の機材をセットしてしまえば、ほぼ手間が掛からない。対象とするサンゴ種や幼生数が増えても対応が可能である。

表-V.2.4.1 異なる換水方法による幼生の生残率

	幼生の生残率	
	<i>A. globiceps?</i>	<i>A. sp4?</i>
従来式換水方法	50.8%	102.1%
流水式換水方法	64.8%	94.2%



従来のサイホンによる換水方法



新たに採用した流水式換水方法

写真-V.2.4.3 幼生飼育水槽の換水方法の改良

(3) 種苗生産結果

幼生の生残および着床の結果を表-V.2.4.2 に示した。また、過去の実績との比較のため、2007 年および 2008 年における結果を表-V.2.4.3 に示した。今回、いずれの種においても種苗生産数が大幅に増加し、また着床率においても向上が見られた

しかし、石灰藻による着床促進効果によって多量の幼生が着床していたが、水槽内で着床具の腐敗が発生し、着床していた幼体が計数を行う前に斃死してしまった。腐敗発生後、直ちに着床水槽へ海水の掛け流しを行ったところ、徐々に腐敗の拡大が収まった。

着床具の腐敗に伴う着床直後の幼体の斃死は、*A. tenuis* では、着床水槽へ収容後 10 日目頃に発生した。着床した幼体の斃死はわずかであった。他の 2 種では、着床水槽へ収容後 2 日目に腐敗が発生し、特に *A. sp4?* においては大量の幼体が斃死した。

水温が高い止水の着床水槽内において石灰藻が弱り、大量の細菌が発生したことが腐敗の原因と思われる。腐敗を防止するために、以下の対策案が考えられる。

- ・着床水槽を最初から流水式とし、エアレーションにより強めの水流を発生させる
- ・着床水槽内に着床具を沈水する期間を短くする（幼体が着生した着床具は、直ちに流水式の稚サンゴ水槽へ移槽し、新たな着床具を着床水槽へ沈水して幼生を付ける）
- ・着床水槽が止水の場合は、海水の冷却を行う

表-V.2.4.2 幼生の生残および着床結果

種	幼生飼育			幼生着床		
	受精卵数 (粒)	幼生数 (個体)	幼生 生残率	使用幼生数 (個体)	着床幼生数 (個体)	着床率
<i>A. tenuis</i>	630,749	627,417	99.5%	626,420	402,517	64.3%
<i>A. sp4?</i>	787,160	788,667	100.2%	410,415	35,690	8.7%
<i>A. globiceps?</i>	489,291	208,427	42.6%	208,428	68,803	33.0%
合計	1,907,200	1,624,511	85.2%	1,245,263	507,010	40.7%

表-V.2.4.3 過去における幼生の生残および着床の実績

種	2007 年		2008 年	
	着床幼体数	着床率	着床幼体数	着床率
<i>A. tenuis</i>	110,848	54.1%	17,720	54.8%
<i>A. sp4</i>	1,704	2.3%	0	0%
<i>A. globiceps?</i>	655	1.9%	3,756	31.9%

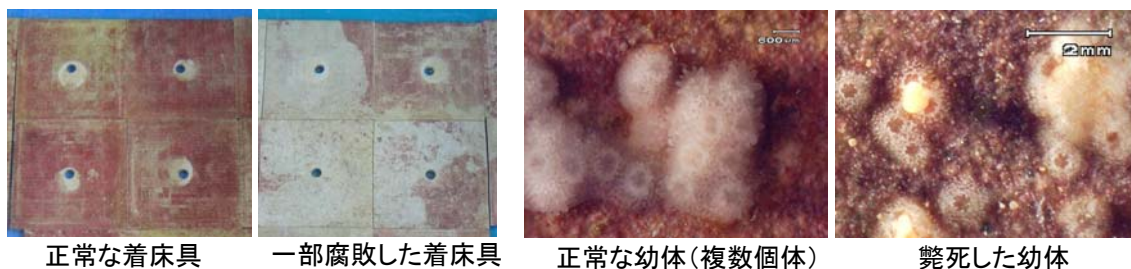


写真-V.2.4.4 着床具の腐敗と幼体の斃死

2.5 稚サンゴの中間育成

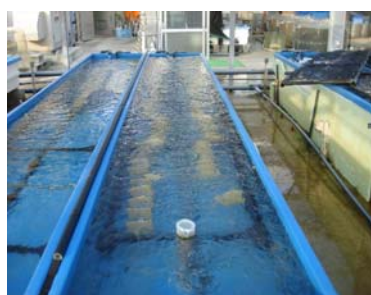
種苗生産した稚サンゴを陸上水槽において移植サイズまで飼育するとともに、生残率および成長率を向上させ、効率的に稚サンゴを生産する技術を開発することを目的とした。

(1) 稚サンゴ飼育環境

屋外に設置した 1.4 トン FRP 水槽において、稚サンゴの飼育を行った（写真-V.2.5.1）。親サンゴの場合と同様に、水槽は開放式とし、換水率は 0.5 回転/時間とした。藻食性の生物（貝類、魚類）も稚サンゴ飼育当初から一緒に収容した。水流の強さは約 5cm/秒であった。

夏期（9月～10月）に、*A. tenuis* の水槽においてのみ、海水の冷却を行なった（*A. tenuis* 稚サンゴの大量斃死が発生したため。この大量斃死については稚サンゴの飼育結果の項で詳細を記述）。冬期（12～3月）には、*A. tenuis* の一部の水槽と *A. globiceps?* および *A. sp4?* のすべての水槽において、水中ヒーターを用いて飼育海水の加温を行った（前年までの試験において、*A. globiceps?* および *A. sp4?* は低水温時に斃死する群体が多くなる傾向が見られたため）。また、12月～3月においては、飼育海水を保温するために、すべての稚サンゴ水槽を透明ビニールテントで覆った。テントは終日掛けた状態とした。

水槽内の光量については、稚サンゴ飼育当初、水槽ごとに遮光の度合いを変えて、空中の光量に対して減衰率が概ね 60～85% となるような 4 つの試験区を設けていた。しかし、8月上旬に *A. tenuis* 稚サンゴの大量斃死が発生したため、すべての水槽において遮光を強めて光量を減らした（結果として、減衰率は 75～90% 程度となった）。遮光には、遮光ネットと目合 8～25mm のトリカルネットを用いた。ビニールテントの設置以降は、遮光ネットおよびトリカルネットを撤去した。ビニールテントの遮光率は 20～40% 程度で、テントを掛けた水槽内の光量の減衰率は 40～70% 程度であった。



通常の水槽の様子



水槽内の着床具の収容状況



強遮光を行った状態

写真-V.2.5.1 稚サンゴ飼育状況

(2) 飼育水温

稚サンゴ飼育海水の月平均水温を図-V.2.5.1 に示した。冷却も加温も行わなかった水槽における月平均水温は、概ね 21～29℃ の範囲にあった。夏期に海水冷却を行なった水槽では、約 1℃ 水温が下がった。冬期に加温を行った水槽では、約 1℃ 水温が上がった。

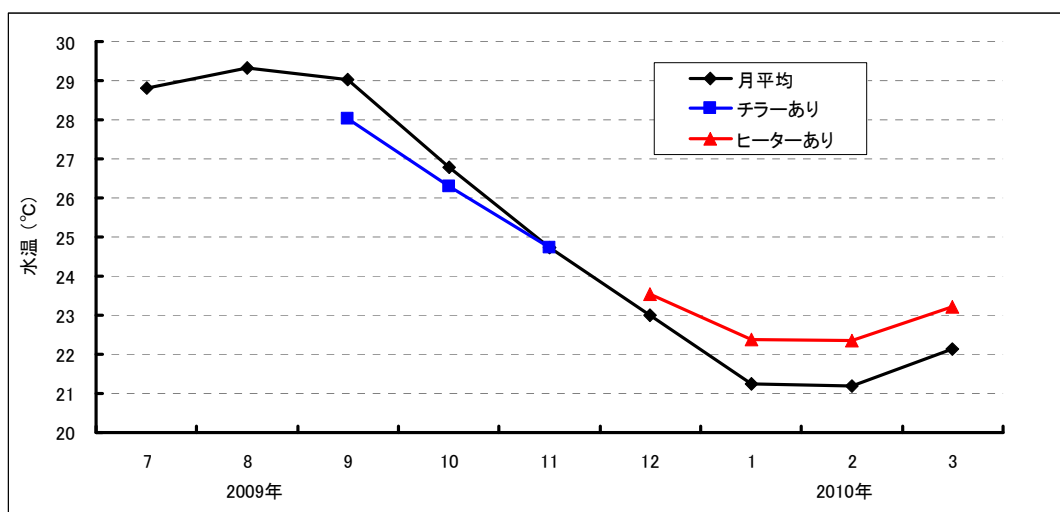


図-V.2.5.1 稚サンゴ飼育水槽の月平均水温

(3) 光量

稚サンゴ水槽内においても、親サンゴ水槽と同様に水中光量子量を測定した。

夏至付近の水中光量子量は、各水槽の遮光状況により異なり、晴天日の南中時付近において $450\sim 1,000 \mu \text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ 程度であった。真夏の期間（7～9月）は、遮光ネット等により水槽内に入り込む光量を抑えたことにより、水中光量子量は $250\sim 500 \mu \text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ 程度（晴天日の南中時）であった。

(4) 稚サンゴの飼育結果

稚サンゴの飼育結果を表-V.2.5.1 に示した。

A. *tenuis* 稚サンゴにおいて、8月初旬に大量斃死が発生した。異なる光量条件下（暗い～明るい）の4つの試験区）のいずれにおいても発生し、試験区間において減耗率の違いは見られなかった。光によるストレスが主な原因になったとは考えにくい。水温に関しては、大量斃死が発生する数日前に急激な上昇があった（図-V.2.5.2）。今回の場合、水温が斃死の原因となったように思われる。2008年にも、水温が急激に上昇した際に A. *tenuis* 稚サンゴの大量斃死が発生している。

しかし一方、2007年には、6月から7月にかけて月平均水温が急上昇しており、さらに同年6月中旬に数日間で 4°C 水温が急激に上昇したが大量斃死は起こらなかった。この結果を踏まえると、現在のところ、大量斃死の原因が水温であると限定とすることは難しい。

今後、斃死原因を探るために、同じ親由来の稚サンゴ（性質が一緒）を用いて、まずは強光と高水温が稚サンゴの生残へ及ぼす影響を調べる必要がある。

大量斃死の要因を探るとともに、疑われる要因に関しては対策を行っておく必要がある。光に関しては、今回の稚サンゴ飼育で実施したように、遮光ネット等により段階的に光量の異なる水槽を設けて、水槽間における生残率の違いを観察しながら光量調整を行う方法

で良いのではないかと思われる。水温については、急激な水温変化と極力 30℃以上の高水温を避けるための対策を行う必要がある。種苗センターにおいて、コスト的また技術的に実現可能な対策としては、チラーの増設が考えられる。

また、大量斃死の要因として気になることがもう一点ある。2007年において、*A. tenuis* 幼体は、着床後 10 日～2 週間ではほとんどの個体が体内に共生藻を取り込んでいた。しかし、2009 年においては、共生藻を取り込むのに約 1 ヶ月掛かっていた。共生藻の取り込みが遅かったため、幼体が十分な栄養を得ることができなかつた可能性もあるかもしれない。2007 年の種苗生産においては、シラナミ（シャコガイの 1 種、共生藻を持つ）を着床直後のサンゴ幼体と共に水槽に収容していた。シャコガイ等の共生藻を持つ生物との混養について、さらに試験を行う必要がある。

A. globiceps? および *A. sp4?* の生残率は概ね良好である。しかし、これまでこれらの 2 種は冬期に斃死群体が多くなる傾向が見られている。今回は、これら 2 種のすべての水槽において、テントによる保温およびヒーターによる加温を行っている。

A. tenuis は高水温に対して、他の 2 種は低水温に対して耐性が低いのかも知れない。それぞれの種の水温耐性について、詳しく調べる必要がある。

今回の試験では、チラーおよびヒーターを用いて水温調節を行った。この方法では、実用化し生産量が大规模になった場合、コスト的に課題が残る。遺伝的な攪乱の心配のない沖縄産サンゴの種苗生産を行う場合には、ある程度稚サンゴが大きくなった時点で生簀等を用いて海域で中間育成を行うことにより、コストの節減を図る方法が現実的であると思われる。水温や水質等の条件は、水槽内より海域のほうが良い。しかし、着床直後のサンゴ幼体を生簀で飼育した場合、1 年後の生残率は 1～3% であると報告されている。試験を通して、生簀での飼育に耐えられる稚サンゴのサイズを知る必要がある。

稚サンゴの成長の結果を図-V.2.5.3 に示した。今回のデータとの比較のため、過去 2 回の成長結果も合わせて示した。2009 年においては、稚サンゴの成長が明らかに他の 2 年より劣っている。今回の場合、8 月以降において遮光率を上げたため、稚サンゴ内の共生藻の光合成が活発に行われず、稚サンゴの成長が遅れたことは明らかである。成長を促進するためには水槽内に入る光量を増やす必要があるが、高水温時には強い光がストレスとなり、白化や斃死を引き起こす恐れがある。生残率だけでなく、成長率の向上も考慮しつつ、稚サンゴ水槽内の光量および水温を設定する必要がある。

表-V.2.5.1 稚サンゴの飼育結果

種	着生幼体数	着生 2 ヶ月後*1		着生 3 ヶ月後*2		着生 6 ヶ月後*3	
		生残群体数	生残率	生残群体数	生残率	生残群体数	生残率
<i>A. tenuis</i>	402,517	20,750	5.2%	3,614	0.9%	2,684	0.7%
<i>A. sp4?</i>	35,690	-	-	31,524	88.3%	26,492	74.2%
<i>A. globiceps?</i>	68,803	-	-	48,556	70.6%	40,869	59.4%

*1: 観察日は 8/27

*2: *A. tenuis*, *A. sp4?*, *A. globiceps?* の観察日は、それぞれ 10/1、10/28、10/28

*3: *A. tenuis*, *A. sp4?*, *A. globiceps?* の観察日は、それぞれ 12/28、1/21、1/21

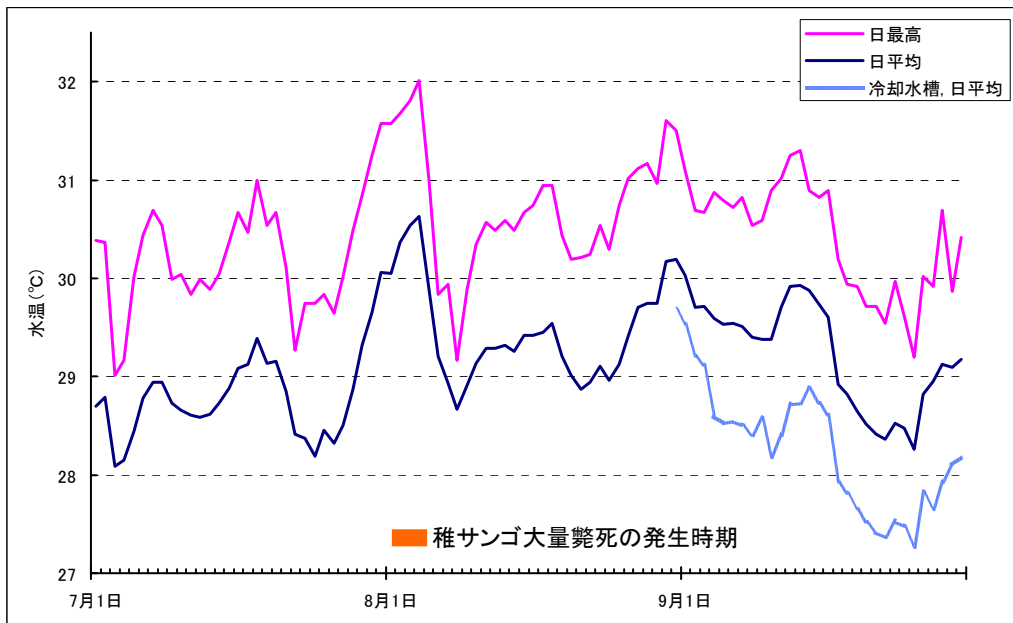


図-V.2.5.2 *A. tenuis* 稚サンゴの大量斃死と水温の関係

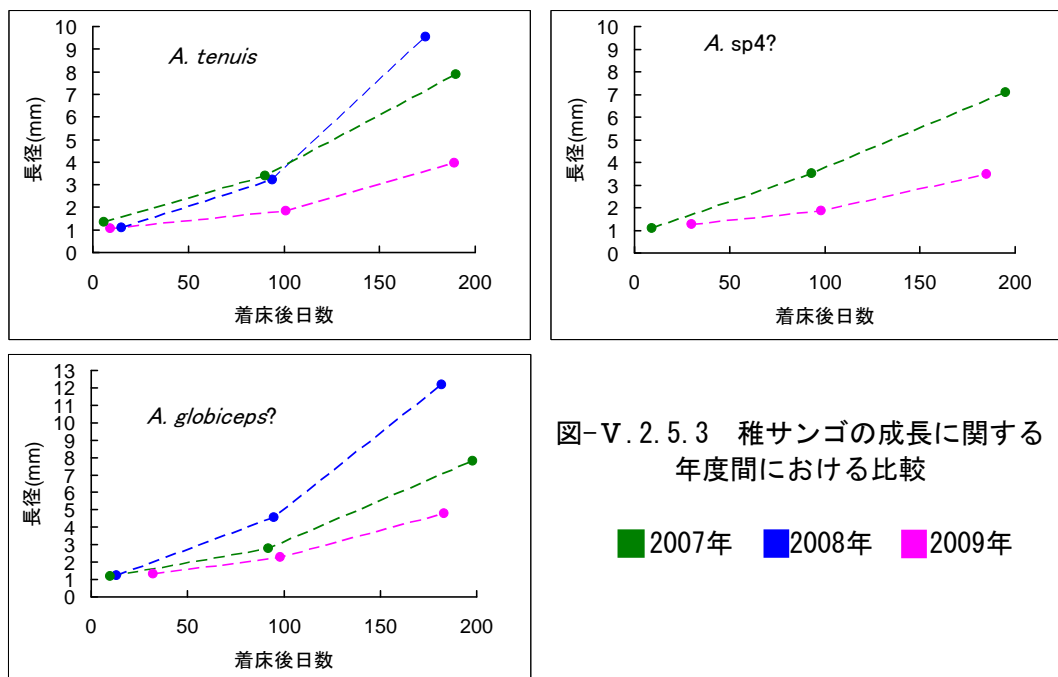


図-V.2.5.3 稚サンゴの成長に関する年度間における比較

(5) 効率的な稚サンゴ飼育のための予備試験

稚サンゴの生残率および成長率の向上のために、以下の課題に関して試験を実施中である。それぞれの試験は、2009年7月から11月の間に開始しており、予定試験期間は1年間である。

- ・稚サンゴ同士の融合による成長および生残の促進と阻害
- ・給餌による成長の促進および効果的な餌の種類
- ・着床具（タイル）1枚あたりの適正な稚サンゴ群体数
- ・*A. globiceps?*および*A. sp4?*の低水温および適正水温における成長と生残の比較
- ・*A. globiceps?*および*A. sp4?*における適正な換水率
- ・より効率的に種苗生産および移植を行うための着床具の材質および形状の改良

2.6 種苗生産における課題のまとめ

今年の種苗生産において明らかとなった課題を以下にまとめた。

- ・親サンゴ群体を白化させる要因の特定および飼育環境の改善による白化原因の除去
- ・サンゴの組織の壊死を引き起こす病原菌の特定および抗菌剤の有効性の再確認、ならびに薬剤の有効濃度の把握
- ・*A. globiceps?*および*A. sp4?*における産卵日の同調性の向上
- ・着床具に培養した石灰藻の腐敗の防止
- ・*A. tenuis* 稚サンゴの大量斃死の防止
- ・シャコガイ等の共生藻を持つ生物と稚サンゴの混養の有効性についての検証
- ・チラーおよびヒーターに代わる低コストの水温調節方法の考案