

千葉県館山湾坂田地先に生息する造礁サンゴ類の分布、生息環境および有性生殖

萩原 良太
東京水産大学大学院

Distribution, environmental conditions and sexual reproduction of the zooxanthellae corals at the Banda area of Tateyama Bay, Chiba, Japan

R. Hagiwara

はじめに

房総半島の館山湾は、黒潮が本州から離岸して東方へ向かう北緯35°というライン上にあつて、そこはイシサンゴ類を含む多くの亜熱帯性海産動物の分布北限となっている(藤岡 1994)。日本の造礁サンゴ類はその分布範囲からトカラ海峡以南にのみ出現する沖縄型と、伊豆半島や房総半島まで見られる南日本沿岸型に分けられるという考えがあり(福田ほか 1991、野島ほか 1992)。館山湾に生息する種は沖縄などの亜熱帯サンゴ礁域では全く出現しないか、また出現してもその数は少ない。

館山市の沼と呼ばれる海拔15~20mの所には沼サンゴ層とよばれる約5000~6000年前の化石サンゴ層がみられ、地質学的にも重要な場所として知られている。そこでの化石サンゴの研究では、千葉県地学教育研究会(1963)が74種、江口ほか(1973)が約100種を報告している。最近ではVeron(1992b)が55種の化石を分類し、また過去の知見と合わせて当時は約70種が生息していたと考えている。そして沼サンゴ層での出現種のうち、現在生息している19種を含め、館山湾で24種の分布を報告した。

近年、館山湾では8月下旬に*Acropora tumida*と*Favida* sp. の産卵が確認されて(三瓶私信)、マスコミでも取り上げられた。また*Alveopora japonica*でも有性生殖が報告されている(Harii et al. 2001)。これらによって分布北限域でも体内に共生藻をもつ造礁サンゴ類は有性生殖により、種を維持・拡散している可能性が出てきた。本報は、館山湾坂田地先での造礁サンゴ類の分布と生息環

境を調査し、成長速度と有性生殖を測定・観察して、分布北限域での造礁サンゴ類の生態を明らかにしようとしたものである。

方法

造礁サンゴ類がみられる坂田地先の水深5m付近に観測定点を設定し(図1)、海域の水温、塩分、懸濁物量(沿岸環境調査マニュアル、日本海洋学会編 1990による定法)を1996年12月から1997年11月

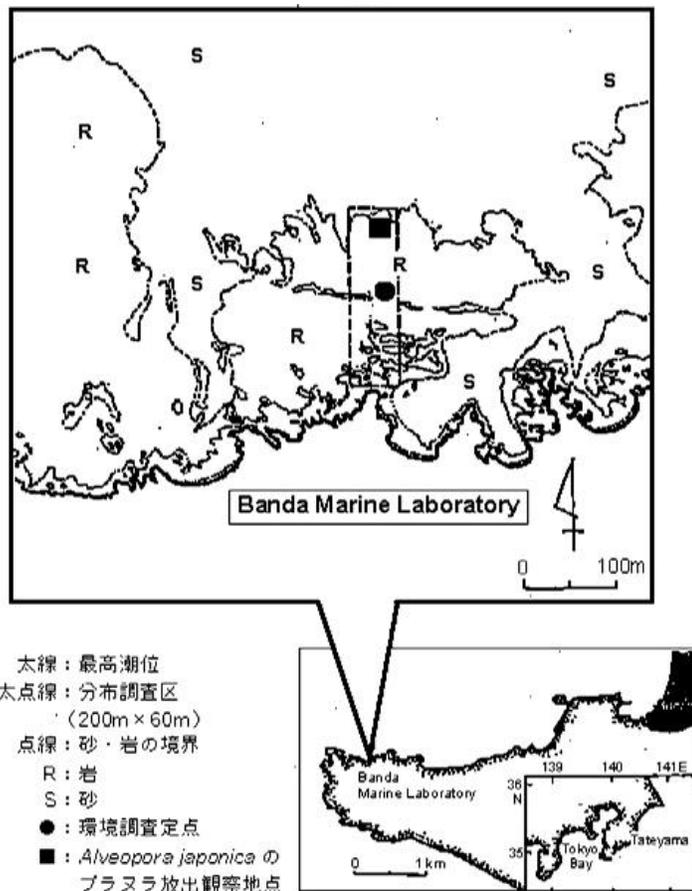


図1. 坂田実験実習場における調査区の位置

表 1. 分布調査区内に出現した造礁サンゴ類と群体数およびその生息水深

種 名	群体数	生息水深(m)
Family Astrocoeniidae (ムカシサンゴ科)		
<i>Stylocoeniella guentheri</i> Bassett-Smith, 1890 (ムカシサンゴ)	65	3.0-7.2
Family Poritidae (ハマサンゴ科)		
<i>Alveopora japonica</i> Eguchi, 1968 (ニホンアワサンゴ)	227	4.5-8.3
<i>Porites heronensis</i> Veron, 1985 (フタマタハマサンゴ)	6	3.6-6.9
Family Siderastreidae (ヤスリサンゴ科)		
<i>Psammocora profundacella</i> Gardiner, 1898 (アミメサンゴ)	11	3.1-7.2
<i>Psammocora superficialis</i> Gardiner, 1898 (ベルベツトサンゴ)	5	5.7-5.9
Family Merulinidae (サザナミサンゴ科)		
<i>Hydnophora pilosa</i> Veron, 1985 (イボサンゴ)	1	6.6
Family Faviidae (キクメイシ科)		
<i>Favia fava</i> Forskal, 1775 (スボミキクメイシ)	1	6.0
<i>Favia speciosa</i> Dana, 1846 (キクメイシ)	1	6.5
<i>Goniastrea deformis</i> Veron, 1990 (ミダレカメノコキクメイシ)	6	5.8-7.0
<i>Oulastrea crispata</i> (Lamarck, 1816) (キクメイシモドキ)	22	4.8-8.1
<i>Plesiastrea versipora</i> (Lamarck, 1816) (コマルキクメイシ)	2	6.2-6.4

まで毎月1回、水中照度(水中照度計: ALK・アレック電子株式会社製)を1997年7月24日、8月13、24日、1998年1月25、26日に測定した。また、1994年2月以降の水深5mの水温・塩分の変化を東京水産大学坂田水産実験所の自記記録計のデータから得た。

造礁サンゴ類の群体分布と周辺環境の調査は、1997年7月16日～11月22日の間に、2人組でスキューバ潜水および素潜りで行い、約60m×200m(水深0～8m)の調査区を設定し、その範囲内に出現した造礁サンゴ類を同定し、それぞれの群体の長径・長径と直角に交わる最大径・高さなどを測定した。同時に、底質とサンゴ群体周辺にみられる藻類・ベントス類も調べた。調査区内に出現した造礁サンゴ周辺すべてを50cm×50cmのコドラートで被い、その中をデジタルビデオで撮影し、家庭用の大型モニター画像に再生して調査の正確性を期した。造礁サンゴ類の種の同定には西平(1991)、西平・Veron(1995)、Veron(1985)などを用いた。

館山湾の造礁サンゴの成長速度は、1997年9月～同年12月の約3か月間、*Acropora tumida* 2群体と、*Stylocoeniella guentheri* 4群体、および *Psammocora*

profundacella 2群体について調べた。この内 *A. tumida* は同湾、沖の島地先に分布したものである。群体サイズ(長径)は *A. tumida* が約25cm、*S. guentheri* が約6cm、*P. profundacella* が約60～100cmであった。それらを水温26℃、12時間明期12時間暗期の恒温飼育水槽中で1週間以上馴致させた後、*A. tumida* は枝の先端部を折って、4cm×4cmの塩ビ板にアロンアルファで固定し、*S. guentheri* と *P. profundacella* は、ペンチで砕いて約1.5cm四方の小片にして、エポキシ水中ボンドで4cm×4cmの塩ビ板に接着した。そして、水温14℃区(館山湾の3月の平均水温)、25℃区(同、8月の平均水温)、コントロール(流水)区の3実験区を恒温飼育水槽に設置し、サンゴ固着基盤をそれぞれ6個、4個、6個ずつ入れた。光条件は12時間明12時間暗とし、明期の照度は7000luxに設定した。別に、採集現場近くにも野外実験区を設け、同じサンゴ固着基盤を同数設置した。これらは1ヶ月毎に、ノギスを用いて骨格の接着面からの「高さ」を0.005mm単位まで計測した。また、水槽中で固着基盤をのせたシャーレを吊り下げ、電子天秤(メトラーAT200)を用いて、水中重量を測定した。

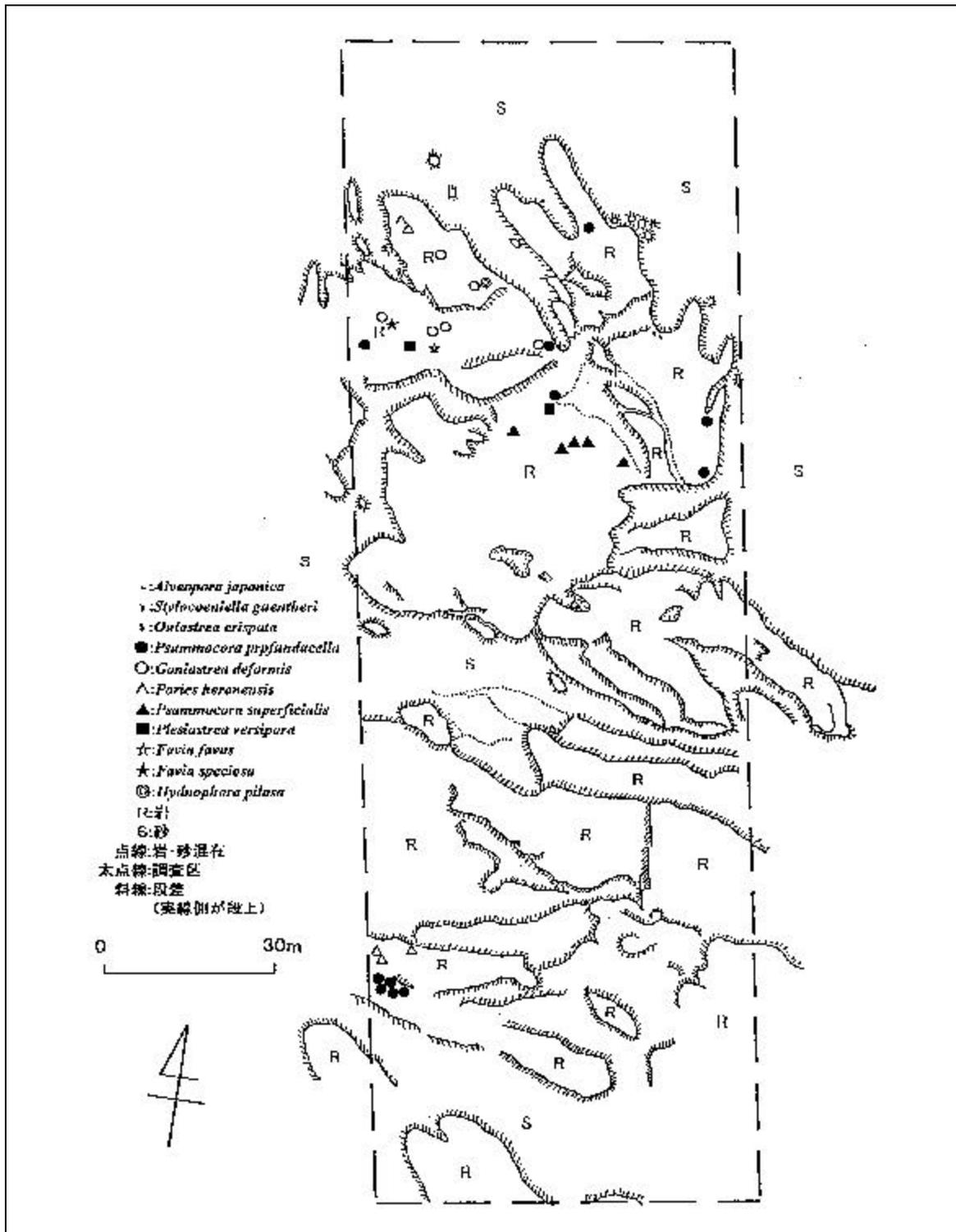


図2. 坂田地先における造礁サンゴ類の分布

表2. 調査区内の造礁サンゴ類の水深別単位面積当たり群体系数 (×0.1/100m²) および多様度示数

水深(m)	3.0-3.9	4.0-4.9	5.0-5.9	6.0-6.9	7.0-7.9	8.0-8.9
各水深の基底面積(m ²)	1089	978	1845	1797	2112	426
<i>Alveopora japonica</i>	0.0	3.1	1.1	22.8	66.3	98.6
<i>Stylocoeniella guentheri</i>	8.3	15.3	4.9	14.5	2.8	0.0
<i>Oulastrea crispata</i>	0.0	1.0	0.5	2.2	5.7	9.4
<i>Psammocora profundacella</i>	4.6	0.0	1.1	1.7	0.5	0.0
<i>Goniaastrea deformis</i>	0.0	0.0	1.1	1.7	0.5	0.0
<i>Porites heronensis</i>	1.8	2.0	0.0	1.1	0.0	0.0
<i>Psammocora superficialis</i>	0.0	0.0	2.2	0.0	0.0	0.0
<i>Plesiastrea versipora</i>	0.0	0.0	0.0	1.1	0.0	0.0
<i>Favia fавus</i>	0.0	0.0	0.0	0.6	0.0	0.0
<i>Favia speciosa</i>	0.0	0.0	0.0	0.6	0.0	0.0
<i>Hydnophora pilosa</i>	0.0	0.0	0.0	0.6	0.0	0.0
多様度H'	0.089	0.116	0.081	0.235	0.213	0.209

また、3カ月後に2次元的な成長を確認するための写真撮影を行った。そしてそれらの結果を基に、年間成長速度を推定した。

*Acropora tumida*と*Alveopora japonica*の産卵についてはそれぞれ沖の島地先と坂田地先に見られた群体系数個について確認し、*A. japonica*については放出されたプラヌラを採集して水槽中で行動を観察した。

結果

1994年2月から1997年7月までの4年間の平均水温(水深5m)は、最高が8月の23.8、最低が3月の14.3で、12月~5月の6ヶ月間は、18以下であった。塩分は年間を通じておよそ33.0~35.0PSUで安定しており、年間平均は34.3PSUであった。懸濁物量は、0.50mg/l(1997年1月)~2.88mg/l(1997年4月)で、平均1.27mg/lであった。水中照度は、夏季(1997年7~8月)11,000~30,000lux(平均18,677lux)、冬期(1998年1月)7,800~26,000lux(平均16,900lux)であった。因みに、懸濁物量の年平均値は沖縄県阿嘉島(林原 1995)のそれより、2.1~4.0倍大きな値であった。懸濁物量は1月に最低値を記録したにもかかわらず、水深5mの照度は夏季と冬期で近似していた。これは、冬期に大型褐藻類を中心とした藻類が急速に成長し、水中の光を遮った結果と考えられる。

造礁サンゴはこれまで館山湾で記録のなかった*Stylocoeniella guentheri*と*Favia fавus*を含む11種347群体系の分布が確認された(表1、2、図2)。各

種分布について述べると、*Alveopora japonica*は最も多く出現し、砂地と岩場の境目の岩盤斜面によくみられ、多いところでは30群体系/m²ほどのパッチ状群落がみられた。群体系の長径は0.1~7.4cmであった。*Stylocoeniella guentheri*もパッチ状に長径10cmに満たない小さな群体系が分布しており、全出現種中もっとも浅い水深3mにも生息していた。*Oulastrea crispata*は周りがほとんど砂に囲まれているような場所によくみられ、周辺には石灰紅藻類・アラメ・マメダワラが多かった。一般に本種は長径10cm以内の群体系が多いとされている(西平・Veron 1995)が、坂田地先では18.3cmのものが確認された。*Psammocora profundacella*は水深3.1~7.2mに長径18.0~107.0cmの群体系がみられ、サイズも生息水深もかなりばらついた。また、3m付近にみられた群体系は、その形状から、同一群体系が部分死して分かれたものと思われた。*Goniaastrea deformis*は、水深5.8~7.0mの、割合平らな岩盤上にみられ、群体系サイズは長径で18.0~95.0cmであった。*Porites heronensis*は水深3.6~6.9mでパッチ状に分布していた。群体系サイズは長径で23.8~95.0cmであった。*Psammocora superficialis*は水深5.7~5.9mの狭い範囲にみられ、長径37.0~105.0cmであった。*Plesiastrea versipora*は水深6.2mと6.4mの平らな岩盤上に2群体系が確認された。群体系の長径はそれぞれ148.0cm、68.0cmであった。*Favia fавus*、*F. speciosa*、および*Hydnophora pilosa*は、それぞれ水深6.0m、6.5m、

6.6mに1群体ずつ出現した。*Favia fava* は若干傾斜のある岩に付着していたが、後の2種はほぼ平らな岩盤上にみられた。いずれのサンゴ類でも群体の死亡部分には石灰紅藻類や紅藻類や緑藻類がよくみられ、ケヤリムシ類が穿孔している群体もみられた。

Shannon-Weaver の情報指数H'で表した種の多様度示数は、水深6.0~6.9mの間で最も高く、次いで7.0~7.9mであった。水深3m以浅ではサンゴ類はみられなかった(表2)。別に、群体の面積をGrigg & Matagos (1974)の方法 ($S=(R \cdot r) / 4$ 但しSは群体の面積、Rは長径、rは長径と直角に交わる最大径)で求め、水深別の基底の面積と群体の面積から、各水深毎の種別の占有率を求めた結果、占有率は水深6.0~6.9mの間で最も高く、約0.3%で、5.0~5.9m間の約0.1%がこれに次いだ。また、全調査区内(60m×200m)の造礁サンゴ類の占有面積は0.08%であった。

*Stylocoeniella guentheri*と*Psammocora profundacella*および*Acropora tumida*の成長速度を表3、4に示す。実験期間中に死んだ群体がかなりあったので、測定結果が必ずしも正確とは言えないが、成長速度は14区より25区の方が大きく、現場実験区よりコントロール区がいく分大きいようであった。

*Acropora tumida*の産卵は1996年9月4、5、7、8日の午後8時20~40分と、1997年8月19、20、22、23、25~27、30~9月2日、7~9日の午後7時53分~9時20分に確認された。産卵は全て日没から約2時間10分後に開始されている。1996年は2群体で、それぞれの一部分ずつが産卵したので、群体としては4日間連続して産卵したが、同種他群体との産卵の同調は確認されなかった。1997年は2群体あるいは3群体が同調して産卵し、同一群体で6~11日間に涉って分割産卵をした。産卵と月齢周期の関係は見られなかった。またこの間、他の種の産卵は観

察されなかった。

一方、*Alveopora japonica*は、1群体のみがプラヌラ幼生を放出した。1997年10月24日の午前9時25分~10時37分間に17個体、25日は午前9時25分~10時41分間に32個体、28日は午前10時8分~11時2分間に20個体が放出された。全ての幼生は、こん棒状の形態(長径 1.83 ± 0.28 mm (n=19))であった。プラヌラを飼育瓶に移し、着生のための基盤を入れたところ、計13個体が着生した。着生したプラヌラは正常に発生し、約2週間で変態を完了した。

考察とまとめ

造礁サンゴの分布の世界最北限域にあたる館山湾坂田地先の水温(水深5m)は13.5~26.9、塩分は33~35PSU、懸濁物量は0.50~2.88mg/l(年平均1.27mg/l)であった。

坂田地先の水深0~8mでは、60m×200mの調査区内にこれまで未記録の2種を含む11種計347群体の造礁サンゴが観察された。最も群体数が多かったのは*Alveopora japonica*で、種の多様度は水深6~7mの間で最も高かった。一般に造礁サンゴ類は、水深の深いところで被覆状に成長するタイプが多くみられ、水の濁っている場所ではこぶ状に成長する種がよくみられるといわれている(山里1978、Riegl et al. 1996)。坂田地先は造礁サンゴが普通にみられる沖縄の阿嘉島水域に比べて水が濁り、光量が少ないために、被覆状やこぶ状に成長する種が優占したものと考えられる。

サンゴ類の周辺には石灰紅藻類が多くみられ、また、サンゴ類の部分死した個所には下草的なマクサやキントキなどの紅藻類と有節石灰藻類が目立ったことから、紅藻類や石灰藻は造礁サンゴ類と生息場所をめぐって何らかの有機的な関係があると思われる。検討する必要がある。調査区内の水深3m以浅にはサンゴ類がみられなかった。そこには大型藻類およ

表3. 3種の造礁サンゴの89日間平均成長(高さ, mm±1SD)
()内の数値は標本群体数を示す。

	14°C	25°C	コントロール (流水)	野 外
<i>Stylocoeniella guentheri</i>	-	0.35(1)	0.05(1)	坂田 0.45(1)
<i>Psammocora profundacella</i>	0.03±0.06(6)	0.95±0.53(6)	0.69±0.28(6)	坂田 0.43±0.10(6)
<i>Acropora tumida</i>	0.34±0.36(6)	4.75±6.30(6)	4.67±4.64(6)	沖の島 0.10±0.20(4)

び石灰・紅藻類が繁茂したり、移動しやすいゴロタ石が多かったりしたが、浅いことによる水温や塩分の変動、それに波浪の影響が大きかったことがサンゴ類の生息を阻んだ原因と考えられる。造礁サンゴ類が多く生息し、多様度が高かった水深6m前後では岩盤上を砂がよく移動し、藻類は減少した。その深さでは砂などの堆積物や水温変動に対して強いサンゴ種だけが物理的影響を受けにくい場所に着生できたものと思われる。

館山湾に生息する *Acropora tumida*, *Stylocoeniella guentheri*, *Psammocora profundacella* の年間推定成長速度は、いずれも25 区で、それぞれ 1.97 ± 2.62 , 0.15 , 0.39 ± 0.21 (cm/年 \pm 標準偏差) であった。

造礁サンゴ類の成長に関する報告は、研究に用いた種の成長型や研究者によって、測定方法が異なるので比較する際に問題が生じるが、本研究で得られた *P. profundacella* の値を同属の *P. togianensis* の成長速度 (2.9cm/年: Knutson et al. 1972) と比較すると、最高値 (25 区) でさえ、その約13%にすぎない。また、*A. tumida* の最高値 (25 区) は、駿河湾における同種の25 区下での推定年間成長速度 (3.56cm: 峰岸・上野 1994) の約55%であった。本研究から、館山湾の造礁サンゴ類の成長は相対的にかなり低いことが示された。

Acropora tumida の産卵は月齢周期と関係なく起こり、かなり長期にわたって行われた。また、同一群体内で分割産卵することが確認された。分割産卵については下池ほか(1992)が、阿嘉島の *Acropora* 属3種で、同一群体の日のよく当たる部分と日陰になる部分で卵と精子の成熟度が異なり、産卵日がずれることを観察しているが、他の地域からの報告はない。また本種のような、数日間隔で最高11回にもおよぶ分割産卵はこれまで報告されていない。そして、群体間で産卵の同調がみられたことから、館山湾内でも有性生殖によって再生産している可能性がある。

Alveopora japonica のプラヌラ放出はわずかに

1 群体であったが、野外で観察された。幼生放出日は下弦の時期にあたり、本種の幼生放出のピークが上弦と下弦の頃にみられたという五十嵐ほか (1993) の報告に一致していた。プラヌラは放出された後、ゆっくりと波に揺られて水底付近を漂っていたことや、波利井 (1995) が本種の初期生活史の観察において着生基盤がないと浮遊期間が長くなると報告していることから、こん棒状のプラヌラは着生に適した場所があればすぐに着生し、変態するものと考えられる。

現在館山湾に生息する造礁サンゴ類は、最適な生息環境ではないが、限られた着生の場を見出して新規加入し、わずかずつではあるが着実に成長し、有性生殖を行う能力を持っていると考えられる。しかし、その分布密度から、有性生殖がすべての種においてそのまま再生産につながるとは考えにくい。Woesik (1995) は紀伊半島串本において数種の造礁サンゴ類の産卵を観察し、それらは新規加入する潜在的な能力を持つとしているが、今回の調査結果から考えると、館山湾に生息する造礁サンゴ類の多くは、三宅島や伊豆半島における報告同様 (Tribble & Randall 1985, 五十嵐・濱田 1995) 南日本太平洋側を北上し、本州沿いに流れる黒潮によって輸送されたプラヌラが加入・着生したものであろう。もうひとつの可能性として、沼サンゴ層の化石にみられる完新世の造礁サンゴが生き残っていることが考えられる。Veron (1992b) によって種まで確認された沼サンゴ層の化石サンゴ類中、沖縄以南に現在生息しているものが47種ある。完新世には日本列島沿いにサンゴ礁域、あるいは造礁サンゴ類の生息域がより高緯度にも形成されたが、その後の環境の変化によって淘汰され、次第に種数を減じていったと考えられることでもあるからである。

謝辞

本報は萩原良太による平成9 (1997) 年度 東京

表4. 3種の造礁サンゴの日間平均増加量 (mg/日 \pm 1SD)
() 内の数値は標本群数を示す。

	14°C	25°C	コントロール (流水)	野 外
<i>Stylocoeniella guentheri</i>	0.702(1)	0.478(1)	0.875(1)	坂田 0.795 \pm 0.105(3)
<i>Psammocora profundacella</i>	0.421 \pm 0.180(6)	4.176 \pm 1.922(6)	2.180 \pm 1.119(6)	坂田 2.191 \pm 0.566(6)
<i>Acropora tumida</i>	0.380 \pm 0.258(5)	9.049 \pm 2.097(6)	6.502 \pm 3.836(6)	沖の島 1.871 \pm 0.823(5)

水産大学大学院水産学研究科修士論文「館山湾に生息する造礁サンゴ類の分布、生息環境および有性生殖」から抜粋し、書き改めたものである。本研究を行うにあたり、終始適切なご指導および助言を賜った東京水産大学資源育成学の大森 信元教授、山川 紘助教授、石井晴人助手に御礼申し上げます。また、潜水調査や室内の実験に多大なるご協力を頂いた東京水産大学付属坂田実験実習場の小池康之助教授と技官の方々、水族生態学研究室の勝本昭良氏と波利井佐紀さん、そして私の伴侶となった田中房子さんに心からお礼申し上げます。

引用文献

- 千葉県地学教育研究会編（濱田隆士・中島竹利・近藤正夫・大木 竹・小山天佑・小川竹丸・川崎逸郎・鹿股信雄・神尾明正・近藤精造・佐野 誠・真田三郎・鈴木欣也・鈴木 信・高井憲治・田附治夫・辻 貞司・手塚高清・根元敬義・平野公称・平野登志恵・前田四郎・宮内和子・宗政行英・山岸忠夫・山本達男・山口幸雄・萩原利一）1963.千葉県地学図集第4集サンゴ編.国際文献印刷社,東京.119pp.
- 江口元起・森 隆二 1973.千葉県館山市およびその付近の化石珊瑚と千葉県沖現生珊瑚動物群について.東京家政大学研究紀要,13:41-57.
- 福田照雄・野村恵一・松本健作 1991.黒潮流域のイシサンゴ類と魚類の分布に関する知見.海中公園情報,93:3-14
- 藤岡義三 1994.南西日本のイシサンゴ生物相.南西水圏ニュース,51:7-10.
- 波利井佐紀 1995.温帯域に生息する造礁サンゴ*Alveopora japonica* Eguchi, 1968の繁殖と初期生活史.東京水産大学修士学位論文.37pp.
- Harii, S., M. Omori, H. Yamakawa and Y. Koike 2001. Sexual reproduction and larval settlement of the zooxanthellate coral *Alveopora japonica* Eguchi at high latitudes. *Coral Reefs*, 20:19-23.
- 林原 毅・王 文樵・大池将一 1992.ミドリイシサンゴの受精・初期発生に及ぼす水温、塩分の影響(予報).みどりいし,4:13-15.
- 林原 毅 1995.慶良間列島阿嘉島周辺の造礁サンゴ類とその有性生殖に関する生態学的研究.東京水産大学博士学位論文.123pp.
- 五十嵐健志・東 禎三・濱田隆士 1993.伊豆半島における造礁サンゴ*Alveopora japonica*のプラヌラ放出.1993年度日本海洋学会春季大会講演要旨集,pp.331-332.
- 五十嵐健志・濱田隆士 1993.伊豆半島における造礁サンゴ類の生殖生態について.第7回日本ベントス学会要旨集,p.23.
- Knutson, D. W., R. W. Buddemeier and S. E. Smith 1972. Coral chronometers: Seasonal growth bands in reef corals. *Science*, 177: 270-272.
- 峰岸宣遠・上野信平 1994.駿河湾沼津市沿岸域におけるイシサンゴ、エダミドリイシ群集の規模.第8回日本ベントス学会大会要旨集, p.36.
- 西平守孝 1991.フィールド図鑑-造礁サンゴ(増補版).東海大学出版会,東京.266pp.
- 西平守孝・J. E. N. Veron 1995.日本の造礁サンゴ類.海遊社,東京.440pp.
- 西平守孝・酒井一彦・佐野光彦・土屋 誠・向井 宏 1995.サンゴ礁-生物がつくった生物の楽園 共生の生態学,5.平凡社,東京.234pp.
- 野島 哲・市川 聡・松本 毅・砂川 聡・小原比呂志 1992.屋久島の造礁サンゴについて(予報).海中公園情報,96:3-7.
- Riegl, B., C. Heine and G. M. Branch 1996. Function of funnel-shaped coral growth in a high-sedimentation environment. *Marine Ecology Progress Series*, 145: 87-93.
- 下池和幸・林原 毅・木村 匡・大森 信 1992.阿嘉島におけるミドリイシサンゴの群体内分割産卵の観察.みどりいし,4:16-18.
- Tribble, G. W. & R. H. Randall 1985. A description of the high-latitude shallow water coral communities of Miyake-jima, Japan. *Coral Reefs*, 4:151-159.
- Veron, J. E. N. 1985. Corals of Australia and the Indo-Pacific. Angus & Robertson Publishers, Australia. 644pp.
- Veron, J. E. N. 1992a. Conservation of biodiversity: a critical time for the hermatypic corals of Japan. *Coral Reefs*, 11:13-21.
- Veron, J. E. N. 1992b. Environmental control of Holocene changes to the world's most northern hermatypic coral outcrop. *Pacific Science*, 46:405-425.
- Woesik, R. V. 1995. Coral communities at high latitude are not pseudopopulations.: Evidence of spawning at 32°N, Japan. *Coral Reefs*, 14:119-120.
- 山里 清 1978.珊瑚の生態.科学の実験,29(9):7-30.