

高知県大月町西泊におけるイシサンゴ類の産卵パターン
**Spawning patterns of high latitude scleractinian corals from 2002 to 2006 at Nishidomari,
Otsuki, Kochi, Japan.**

By

目崎拓真¹・林徹・岩瀬文人²・中地シュウ²・
野澤洋耕²・宮本麻衣³・富永基之
**MEZAKI, Takuma¹, Tohru HAYASHI, Fumihito IWASE², Shuu NAKACHI²,
Yoko NOZAWA², Mai MIYAMOTO³ and Motoyuki TOMINAGA**

概要
Abstract

Field observations of spawning behavior of scleractinian corals at a high latitude coral community at Nishidomari, Otsuki, Kochi, Japan were carried out annually from early to late summer in 2002 to 2006. Spawning of 28 species from 12 genera, 6 families were observed *in situ*, occurring from the end of June to the beginning of September. The majority of observed species were hermaphroditic broadcast spawners. At Nishidomari spawning between species was not as synchronous as previously seen in Okinawa and on the central Great Barrier Reef. However, some Faviid species were observed to spawn synchronously in predictable timing patterns, around the last quarter moon in middle July to middle August.

はじめに
Introduction

世界的に有名なサンゴ礁として知られるグレートバリアリーフ（以下 GBR）では、1980 年代より造礁サンゴ（以下サンゴ）の配偶子放出（以下産卵）についての研究が盛んに行われ、100 種を超えるサンゴが初夏の満月頃数日間に亘り集中して産卵する現象（一斉産卵）が報告されている（Babcock *et al.* 1986; Harrison *et al.* 1984; Willis *et al.* 1985）。しかし、紅海、カリブ海、熱帯太平洋など他海域での研究が進むにつれ、GBR で見られた一斉産卵のような高い同調性を持つ産卵現象はむしろ稀で、海域によって産卵における種間・種内の同調性は異なることが分かってきた（reviewed in Richmond & Hunter 1990）。また、GBR の南約 700km、高緯度域に位置する Solitary Islands (30° S) からは、種によっては 2, 3 ヶ月にも亘る同調性の低い産卵が報告されている（Wilson & Harrison 2003）。

-
1. Department of Earth Science, Graduate School of Science, Tohoku University, Aobayama, Sendai 980-8578, Japan. E-mail: cdh04700@par.odn.ne.jp
 2. Biological institute on Kuroshio, 560 Nishidomari, Otsuki, Kochi 788-0333, Japan
 3. Department of Marine Science and Technology, Graduate school of Tokai University, Shimizu, Shizuoka 424-8610, Japan

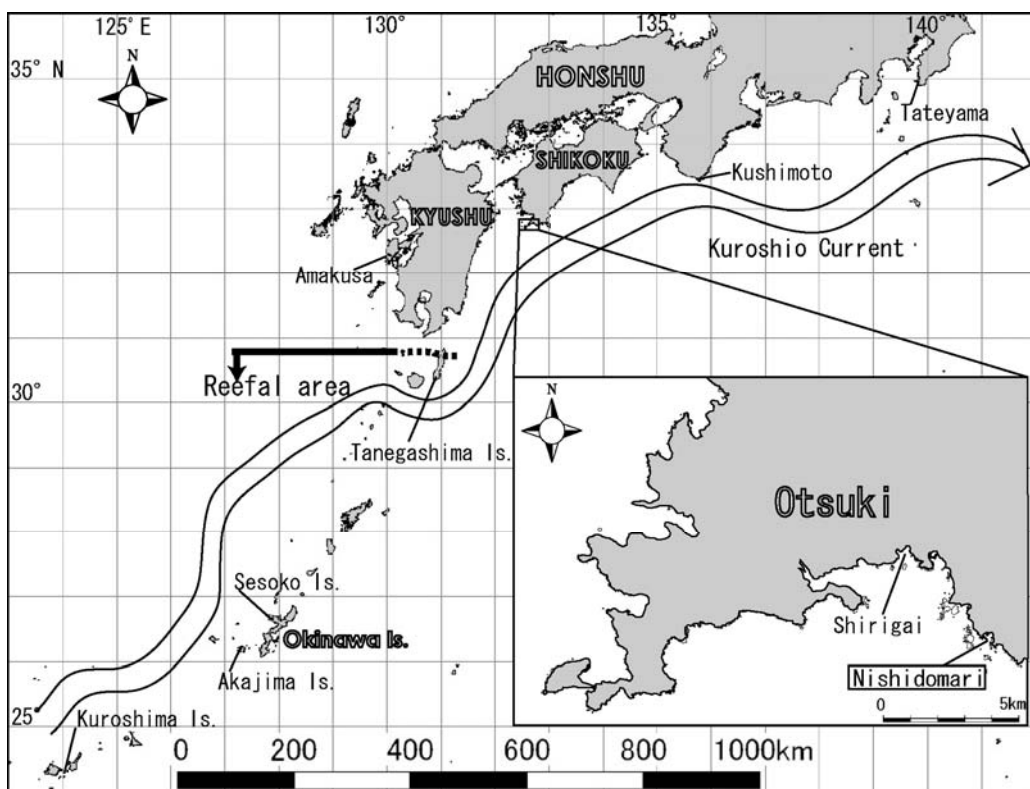


図 1. 高知県大月町西泊を示す地図。点線は日本におけるサンゴ礁地形の北限を示す。
 Fig. 1. Map of study site at Nishidomari, Otuki, Kochi, southwestern Japan. The dotted line shows the northern limit of coral reef distribution in Japan.

日本国内のサンゴ礁域では、平均水温が 25 °C を越える 5 月下旬から 8 月の満月前後にかけて主な産卵が見られる (Hayashibara *et al.* 1993)。沖縄県瀬底島 (Fig. 1) では 1986 年と 1987 年にそれぞれ 9 種と 18 種 (Heyward *et al.* 1987)、阿嘉島周辺海域からは 1989～1998 年にかけて合計 29 属 107 種の産卵が報告されている (Hayashibara *et al.* 1993; 下池 1999)。沖縄の南方に位置する石西礁湖内の黒島では、1991～93 年にかけて合計 28 種の産卵が観察され、満月の 2～3 日後の満潮時 1 時間前後に産卵が最も集中した (御前 1994)。

日本国内の非サンゴ礁域においても多くの研究が行われている。和歌山県串本 (33° 22' N) (Fig. 1) では 1987～1990 年、1994～2006 年の 17 年間にかけて、水中及び水槽観察により計 21 種の産卵が観察され、水温や月齢と産卵時期の関係や野外と水槽での産卵の同調性についての考察が行われている (御前 1989-1990, 1994-2001, 2003-2006)。四国では本調査地域に隣接する高知県大月町尻貝 (32° 46' N) において、1993 年 8 月の満月から 10 日後の小潮に Faviidae 10 種と *Montipora* 2 種の同調性の高い産卵が直接観察されている (van Woessik 1995) (Table 1)。熊本県天草 (32° 11' N) では 1988～90 年の 7～9 月にかけて、計 22 種の産卵が水槽内で確認され (Yeemin 1991)、2001 年～2003 年にかけて計 7 種の産卵が野外で観察されている (Nozawa *et al.* 2006)。

表 1. 本研究 (2002~2006 年、西泊) と van Woesik (1995) (1993 年、尻貝) により産卵が記録された種リスト。+ は生殖腺の観察による記録を表す。

Table 1. A list of species spawned from 2002 to 2006 at Nishidomari in the present study and in 1993 at Shirigai (van woesik 1995). + indicates inferred spawning based on examination of gonads.

Species	2002	2003	2004	2005	2006	van Woesik(1995)
<i>Montipora informis</i>					○	
<i>M. mollis</i>						○
<i>M. turgescens</i>						○
<i>M. venosa</i>					○	
<i>Acropora dendrum</i>		○	○			
<i>A. formosa</i>	○	○	○	○	○	+
<i>A. gemmifera</i>						+
<i>A. glauca</i>						+
<i>A. hyacinthus</i>	○	○	○	○	○	+
<i>A. japonica</i>		○	○	○	○	
<i>A. microphthalmia</i>						+
<i>A. aff. samoensis</i> red type		○				
<i>A. aff. samoensis</i> white type	○	○	○			
<i>A. aff. samoensis</i> yellow type			○	○	○	
<i>A. solitaryensis</i>	○	○	○	○	○	
<i>A. sp.1</i>					○	
<i>A. tumida</i>			○	○		
<i>A. valida</i>	○	○			○	
<i>A. willisae</i>					○	+
<i>Cyphastrea serailia</i>				○	○	
<i>C. chalcidicum</i>					○	
<i>Favia fava</i>					○	○
<i>F. speciosa</i>						○
<i>Favites abdita</i>				○	○	○
<i>F. flexuosa</i>						○
<i>F. halicora</i>						○
<i>F. pentagona</i>				○	○	○
<i>Goniastrea aspera</i>			○		○	
<i>G. australiensis</i>			○	○	○	○
<i>G. deformis</i>		○		○	○	
<i>G. favulus</i>				○		
<i>G. pectinata</i>						○
<i>Montastrea valenciennesi</i>				○	○	
<i>Oulophyllia crispa</i>						○
<i>Platygyra contorta</i>		○	○	○	○	
<i>P. daedalea</i>						○
<i>P. sinensis</i>		○		○	○	
<i>Echinophyllia aspera</i>		○	○	○	○	
<i>Micromussa amakusensis</i>					○	
<i>Hydnophora exesa</i>				○	○	
<i>Turbinaria</i> spp.					○	

国内の太平洋側においてサンゴが生息する海域の北限である千葉県館山 (34° 58' N) では、8 月下旬～9 月上旬にかけて産卵があり、月齢周期と関係がない *Acropora tumida* の産卵が報告されている (萩原 2003)。

このような産卵情報は、その地域における幼生の加入や定着量を予測する基礎資料となるだけではなく、放出された配偶子を用いた種苗生産や、様々な生殖実験を可能にさせる。また、分類学の分野においても産卵の時期や時刻の情報が、形態や遺伝についての情報と併せ、重要な知見となってきている。本研究では、2002～2006 年の 5 年間の産卵情報が得られたので、高知県大月町西泊におけるイシサンゴ類の産卵パターンや産卵時刻についての新たな知見を報告する。

材料と方法

Materials and Methods

調査海域である大月町西泊は四国の南西部に位置し (32° 46' N, 132° 44' E)、太平洋岸に沿って流れる黒潮の影響を強く受ける海域であるため、非サンゴ礁地域ながらサンゴの種多様性が高い (Fig. 1)。野村・目崎 (2005) では、大月町全海域からイシサンゴ類 15 科 102 種、アナサンゴモドキ類 1 種の計 103 種を記録した。岩瀬 (1995) の結果と合わせると、総出現種数は 123 種となり、優占科は Faviidae である。一般にサンゴ礁域では、Acroporidae が優占科であるのに対し、日本の非サンゴ礁域では Faviidae がそれに置き換わる相反関係にあり、大月町を含む種子島～串本にかけての黒潮海域は、両者の交差域となっている (野村 2006)。調査を実施した入り江は、「スルギの浜」と呼ばれ、幅 400 m、奥行き 500 m で南向きに湾口を開いている (Fig. 2, Pl. 1 A & B)。湾口

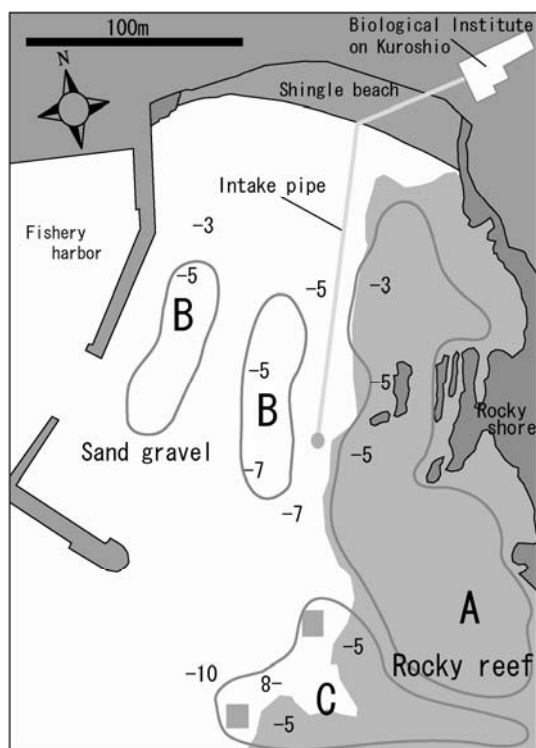


図 2. 西泊での本調査における観察エリア。A) *Acropora hyacinthus* が卓越し塊状・被覆状種が混成する群集、B) *A. formosa* と *A. tumida* の枝状群体が優占する群集、C) 沖側の *A. solitaryensis* が卓越し、塊状・被覆状種が混成する群集。

Fig. 2. Observed areas for this study at Nishidomari. Three types of scleractinian coral assemblages were identified: A) *Acropora hyacinthus* dominated, massive and encrusting species assemblage. B) *A. formosa* and *A. tumida* dominated assemblage. C) *A. solitaryensis* dominated massive and encrusting species assemblage.

部には「マツ簪」や「ヒラ簪」の岩礁部があるため、その内側では波が穏やかとなり、礫や砂地の底質では枝状の *Acropora tumida* や *A. formosa* が優占している。入り江の東側では多くの岩盤が峰や谷をなし、峰上部に卓状の *A. hyacinthus* が、峰の斜面や基部に塊状や被覆状のサンゴが生息している。

産卵観察は、調査者 1～3 名がスキューバを用いて遊泳し、目視観察により実施した。西泊の湾内には、*Acropora hyacinthus* が卓越し、塊状・被覆状種が混成する群集 (Fig. 2 A, Pl. 1 C)、*A. formosa* と *A. tumida* の枝状群体が優占する群集 (Fig. 2 B, Pl. 1 D)、沖側の *A. solitaryensis* が卓越し、塊状・被覆状種が混成する群集 (Fig. 2 C, Pl. 1 E) の 3 タイプの群集を観察することができる。調査期間は 2002–2006 年の 6～9 月の下記の間で、荒天時以外は毎日潜水による直接観察を行い、産卵したサンゴの種名とその時刻、群体数を記録した。通常の観察時間は 19 時半～23 時頃までの 2 時間程度で、特にバンドルのセットを確認してから産卵までの時間が長いものや、バンドルのセット時刻が遅いものを観察する時は 2 時間以上の観察を行った。産卵を確認した種については、Veron (2000) ならびに西平 & Veron (1995) に基づいて種を同定した。各年度の調査期間は以下の通りである。

2002 年：昼間の卵の成熟状態の確認は調査期間中ほぼ毎日していたが、夜間の産卵調査は 6 月 21～30 日、7 月 11～13 日、19～28 日、8 月 5 日～9 日の計 28 日間。

2003 年：6 月 14～20 日、6 月 26 日～8 月 15 日の調査期間で、台風の影響で調査できなかった 8 月 5～9 日を除く計 54 日間。

2004 年：6 月 26 日～8 月 17 日の調査期間で、台風の影響で調査できなかった 8 月 1 日を除く、計 52 日間。

2005 年：6 月 23 日～8 月 12 日の調査期間で、台風 7 号の波浪によって潜水できなかった 7 月 25 日を除く計 50 日間。

2006 年：6 月 12 日～9 月 4 日の調査期間で、荒天により潜水できなかった、6 月 15 日、7 月 8 日、13 日、8 月 9 日、17～19 日を除く計 78 日間。

結果

Result

2002～2006 年の 5 年間の調査で、西泊地先の海域から 6 科 12 属 28 種のサンゴの産卵を観察することができた (Table 1, Pl. 2-5)。観察された 28 種のうち *Turbinaria* spp. のみが雌雄異体で、他は雌雄同体であった。

産卵時間 (Spawning time)

2002～2006 年に観察した産卵時刻 (日没から産卵するまでの経過時間) の結果を Fig. 3 にまとめた。*Acroporidae* は、日没後 2～4 時間の間に大部分の *Acropora* が産卵したが、*Montipora* では日没後 1～1.5 時間と早い時間に産卵を行った。*Faviidae* の産卵時刻は、*Acropora* と比較して早く、日没後 1～3 時間に、その他の科である *Echinophyllia aspera* と *Hydnophora exesa* は *Faviidae* と似た時刻に産卵が集中した。ほとんどの種において、日や年によって最大 2 時間程度の産卵時刻のばらつきがあったが、同じ日の種内における産卵時刻は、最大でも十数分程度であり、同調性は極めて高かった。

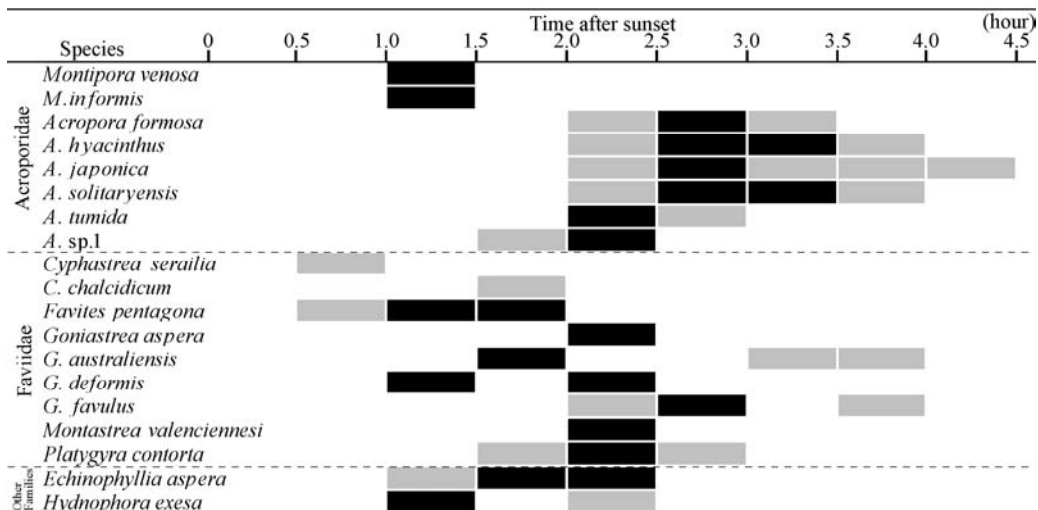


図 3. 西泊での日没からの産卵時間（黒= 観察例が多い；灰色= 観察例が少ない）。

Fig. 3. Time of spawning after sunset at Nishidomari (number of observations: black bar = many, gray bar = a few).

産卵の時期と同調性 (Timing and Synchrony of spawning)

1. ミドリイシ科 (Acroporidae) : 西泊地先で優占度の高い *Acropora* 3 種の産卵パターンには次のような特徴がみられた (Fig. 4)。*A. formosa* は 6 月下旬～7 月上旬にかけての早い時期に産卵が集中しており、種内の同調性は高かった。湾内の広範囲に生息している *A. hyacinthus* は 6 月下旬～8 月上旬で、産卵期間が他の優占する 2 種と比較して最も長く、*A. solitaryensis* は 7 月下旬～8 月下旬にかけての遅い時期に産卵が集中した。3 種については産卵期間に幅があるため同じ日に産卵することはあったが、種内で最も産卵が集中する時期は *A. formosa*、*A. hyacinthus*、*A. solitaryensis* の順に遅くなる傾向が見られた。また、20 群体以上同調して産卵した日の平均水温は、*A. formosa* (24.3 °C) < *A. hyacinthus* (25.7 °C) < *A. solitaryensis* (27.6 °C) の順に高くなる傾向がみられた (Fig. 5)。

その他の *Acropora* の種では優占する 3 種のいずれかと同じ日に産卵する傾向が見られ、*Acropora* における種間の同調性が僅かに確認された (Fig. 4)。主な種の産卵期間は、*Acropora* aff. *samoensis* では 6 月下旬から 7 月中旬、*A. japonica* では 7 月上旬から下旬にかけてであった。*Montipora* では 2006 年に初めて 2 種の産卵が観察され、産卵期間は西泊でこれまでに記録されている種では最も遅く、8 月下旬から 9 月上旬であった。

2002～2005 年の結果では、Acroporidae は上弦から満月前後にかけての産卵は少なく、その他の月齢に平均的に産卵する傾向があった (Fig. 6)。

2. キクメイシ科 (Faviidae) : 2006 年には小規模な産卵が様々な月齢に観察されたが、Faviidae において産卵の規模が大きく同調性の高い日は、7 月中旬から 8 月中旬の下弦の月前後に集中する傾向が見られた (Figs. 6 & 7)。また、産卵が集中する日の月齢と平均水温との関係を見ると、日平均海水温が 26 °C を超えた次の下弦の月前後に産卵する

傾向が見られた (Fig. 7)。

3. その他 (Other families) : Mussidae の *Echinophyllia aspera* の産卵は、2003～2006 年にかけて観察され、比較的様々な月齢期に産卵が見られたが、Faviidae の産卵が集中する下弦の月前後に産卵する傾向が見られた。同じ Mussidae の *Micromussa amakusensis* も、2006 年のみの観察であるが Faviidae の産卵が集中する下弦の月に産卵を行った。Merulinidae の *Hydnophora exesa* の産卵の観察例は少ないが、新月前後に産卵を行った。

分割産卵 (Split spawning)

2005 年まで特に注目していなかったため記録は少ないが、2006 年では 7 種において群体内分割産卵を確認することができた (*Acropora solitaryensis*, *A. sp. 1*, *A. willisae*, *Hydnophora exesa*, *Montipora informis*, *M. venosa*, *Goniastrea aspera*)。分割産卵は、同じ群体が 1 週間程度の期間中に、又は連続して 2～3 日に分けて産卵する短期的なもの、1 ヶ月程度間隔をあけて群体間や群体内で起こる長期的なものがあつた。短期的な分割産卵の例として、*Acropora solitaryensis* では 26 群体のうち、17 群体が 2～3 日に亘って分割産卵を行った。また、長期的な例では、*A. solitaryensis* が 20 日もの間隔をあけて産卵していた。分割産卵により放出される配偶子の量は日によって大きく異なり、少ない日は群体全体の 1 割程度で、多い日は群体の 8 割以上が産卵した。

考察

Discussion

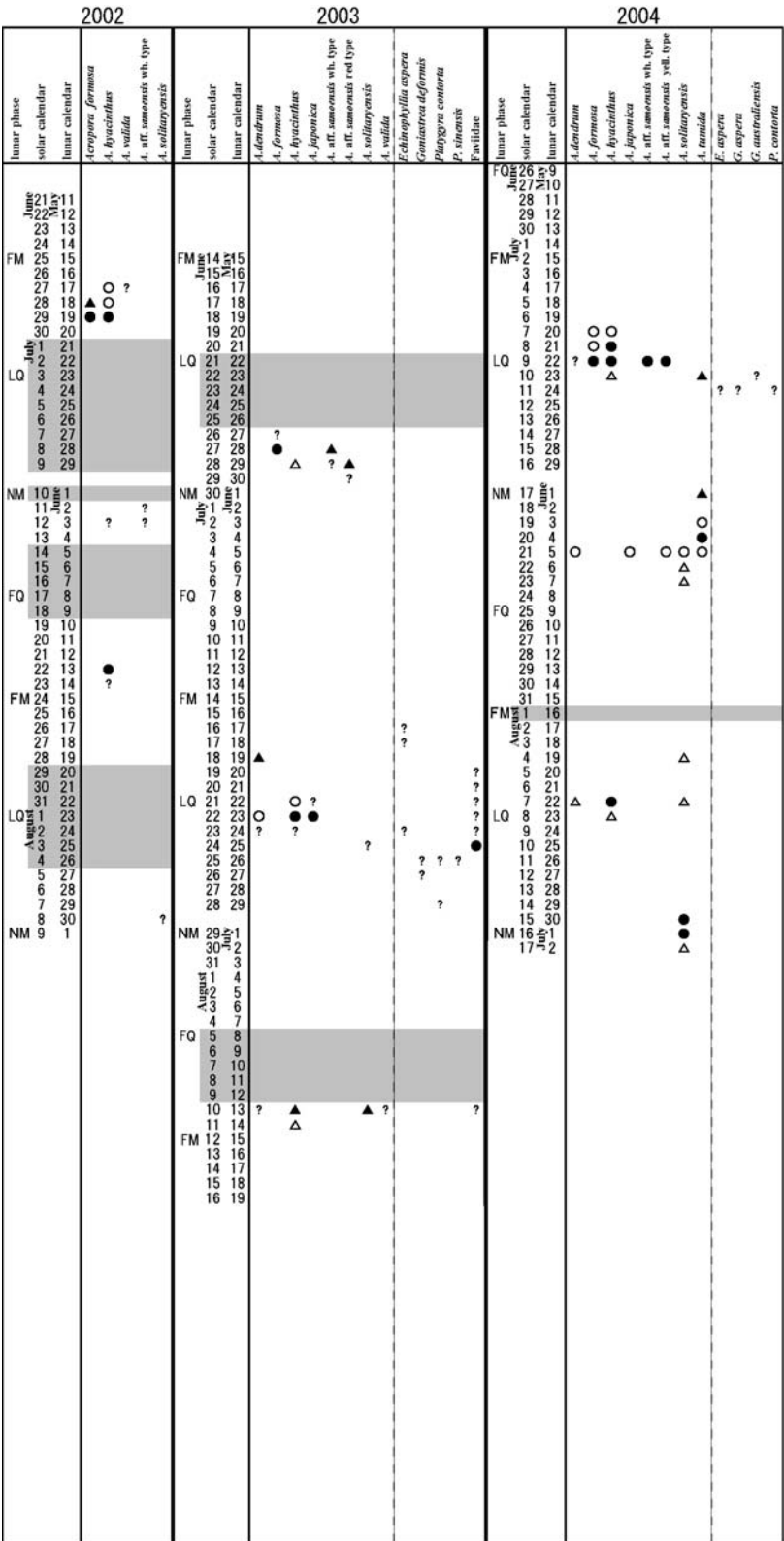
van Woelk (1995) は、大月町尻貝での直接観察により 2 科 6 属 12 種、配偶子の有無による間接的な観察で 1 科 1 属 6 種、計 18 種のサンゴの産卵を報告している。今回の 5 年間に及ぶ研究では、計 6 科 12 属 28 種の産卵を野外で直接観察することができ、4 科 6 属 21 種の産卵が同海域で新たに記録された。しかし、両研究を合わせても、産卵が確認された種は大月町海域に生息している種の約 25 % であり、不明なものがほとんどである。大月町で採取され、水槽内で飼育されていた *Cycloseris* spp. 3 個体が、2005 年 8 月 18 日午前 9 時頃同時に放精をしたことがある。まだ産卵状況が不明なものについては、この例のように、産卵時刻が日没から大きくずれている、又はこれまで行ってきた 6 月中旬～9 月上旬までの調査期間外に産卵している可能性が考えられる。

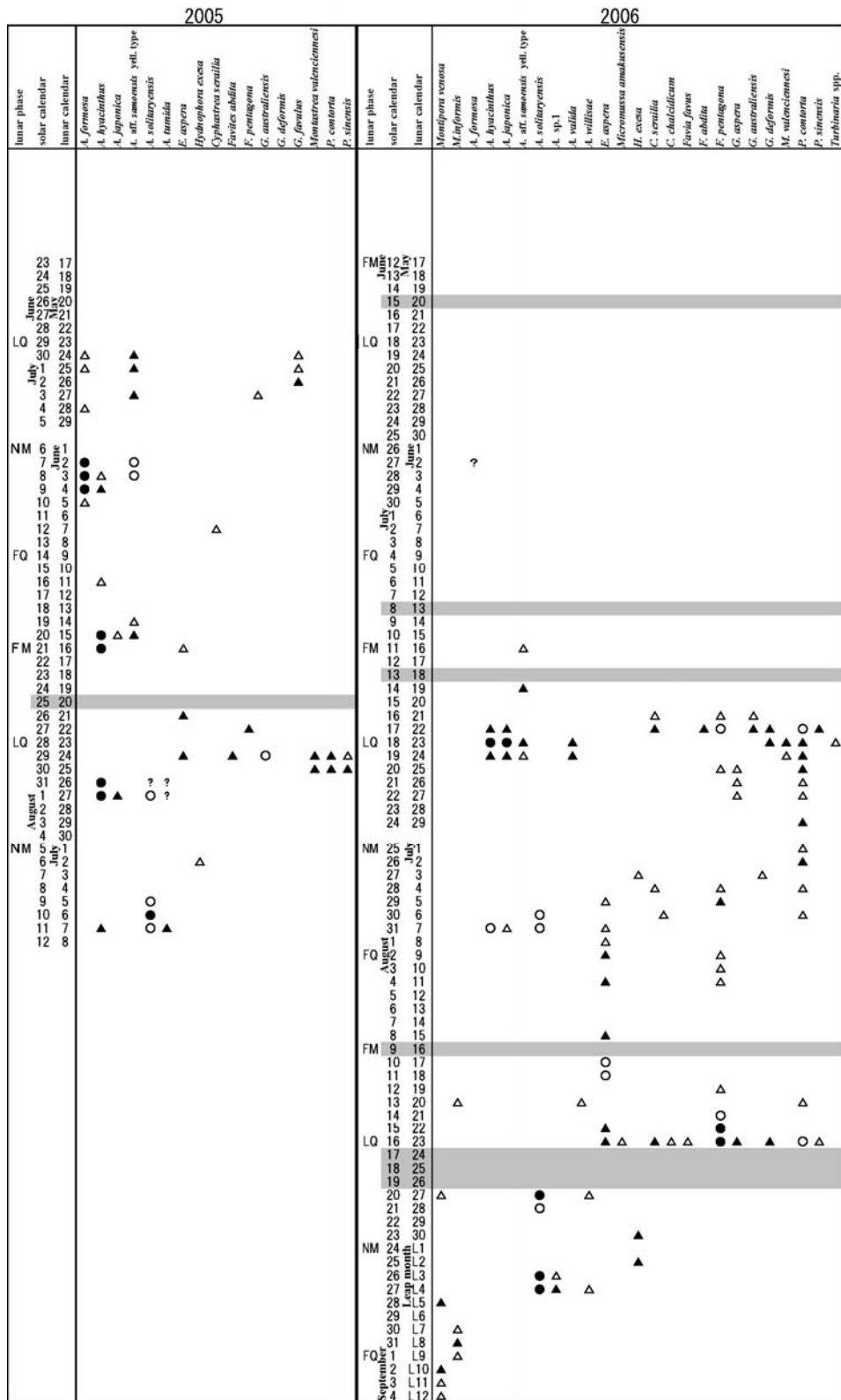
今回の研究では 19 種について産卵の集中する時刻 (日没から産卵するまでの経過時間) を明らかにした (Fig. 3)。また、今回の結果は van Woelk (1995) が 1993 年に同海域で観察した産卵時刻と一致し、特に *Favites pentagona* は他の Faviidae の種と比較して産卵時刻が早いという点も同じであった。サンゴ種の産卵時刻は、遺伝的に決まっていることが報告されており (服田・深見 2004)、西泊地先の海域でも種ごとに産卵時刻が決まっていることが示唆された。

西泊地先の海域では、梅雨明け頃の 6 月下旬から 9 月上旬にかけて主要な種の産卵が行われることがわかった (Fig. 4)。サンゴ礁域の沖縄県阿嘉島周辺では、*Acropora* は 5～6 月、それ以外のサンゴは主に 6～8 月に集中して産卵することが報告されており (Hayashibara et al. 1993)、西泊の傾向と比較すると *Acropora* では 1～2 ヶ月産卵時期が遅く、それ以外のサンゴでは産卵開始時期は 1 ヶ月遅いが終了時期はほとんど同じであった。今回の観察では 3 例を除いて *Acropora formosa* と *A. hyacinthus* の産卵が最も早く

図 4. 2002～2006 年の直接観察による西泊地先のサンゴの産卵記録（産卵を観察できた群体数：△＝1 群体のみ産卵、▲＝2～5 群体、○＝5～20 群体、●＝20 群体以上、？＝群体数の記録なし。灰色の帯は悪天候で調査できなかった期間を示す。）。

Fig. 4. Results of direct observations of scleractinian coral species spawned *in situ* from 2002 to 2006 at Nishidomari (Number of spawned colonies: △＝1, ▲＝2～5, ○＝5～20, ●＝20, ?＝no record. The gray areas show period in which observation was canceled due to bad weather.).





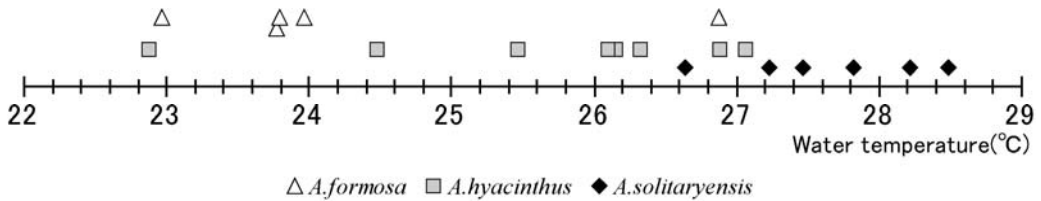


図 5. 優占するミドリイシ 3 種の産卵と水温の関係。各種が西泊で 1 夜に 20 群体以上産卵した日の平均水温を示している。

Fig. 5. Relationship between seawater temperature and spawning of three dominant *Acropora* species. Daily average temperatures of days when over twenty colonies spawned in one night at Nishidomari are plotted for each species.

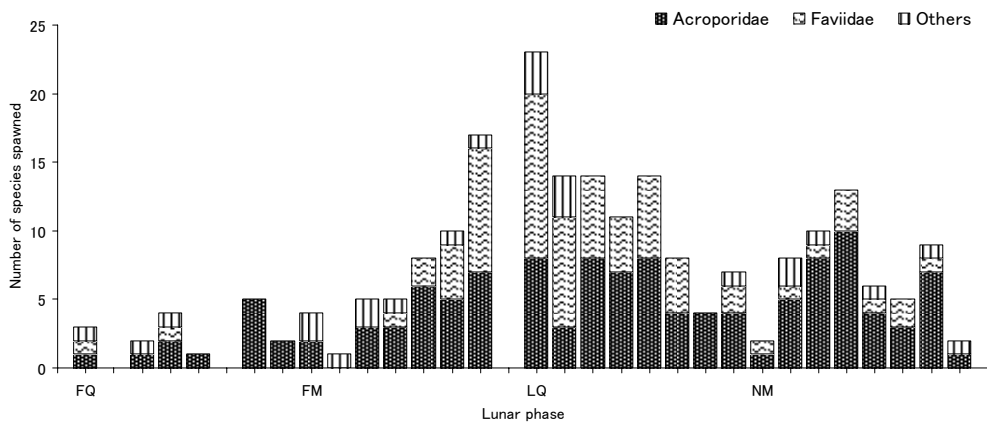


図 6. 2002～2006 年の月齢と産卵種数の関係性。

Fig. 6. Relationship between lunar phase and number of species spawned from 2002 to 2006.

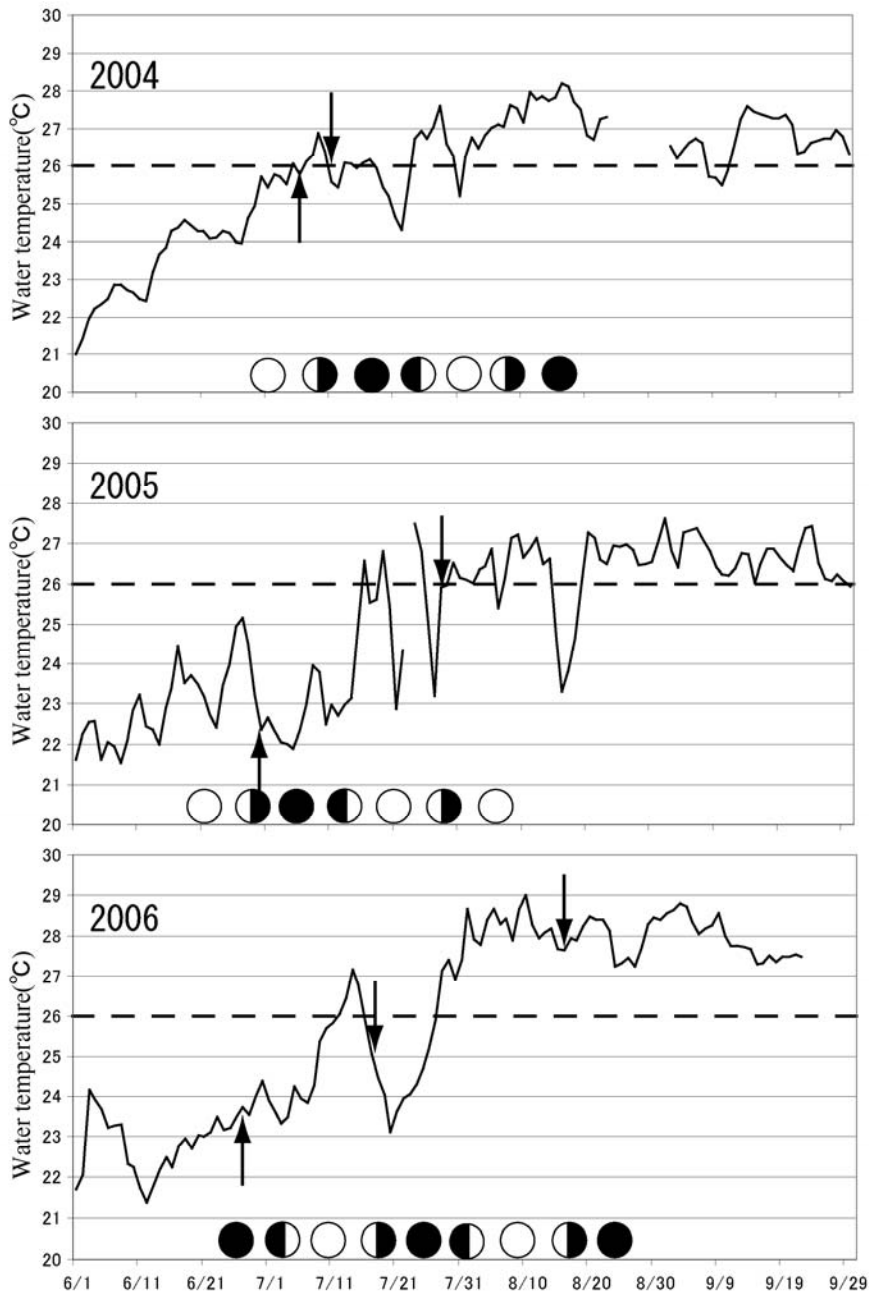


図 7. 2004～2006 年の西泊の日平均水温。(↑)は産卵開始日、(↓)は同調性の高い Faviidae の産卵日を示している。

Fig. 7. Daily average water temperatures at Nishidomari in 2004 to 2006. Arrows indicate (↑) the start of spawning period and (↓) the day of highly synchronized spawning of Faviidae species in each year, respectively.

(Fig. 4)、産卵日の平均水温は 23.8 °C (22.3~25.8 °C) であった。八重山から天草までの海域では、水温が 24~26 °C に達した後産卵することが多いと報告されており (野島 2006)、今回の結果はその範囲よりわずかに低かったが、同程度であった。

今回の研究では *Acropora* は特定の月齢に産卵が集中せず、上弦の月から満月前後以外の月齢に平均的に産卵する傾向があった。これに対し、*Faviidae* の産卵は下弦の月後に産卵することが多く、月齢との強い同調性が見られた (Fig. 6)。産卵開始日の月齢について野島 (2006) は、八重山から天草までの海域では 24~26 °C に達したに達した最初の満月に産卵が多いとしている。しかし、西泊ではこのような現象は見られなかった。

西泊地先では、*Acroporidae* の 5 種と *Faviidae* の 2 種で分割産卵が観察された。国内における群体内の分割産卵は、下池 (1993) と Nozawa *et al.* (2006) で報告されており、その主な原因を前者では、群体内における卵体積が産卵可能成熟レベルに達成しているか否かで、又後者では産卵期である 7 月の水温が例年より低かったためと報告している。2006 年では *Acropora solitaryensis* が群体内で、*Faviidae* が群体間で長期的な分割産卵を行った。その原因は、水温 26 °C を下回った日が 7 月中旬~下旬頃にかけて約 2 週間継続したため、その低水温の期間が影響している可能性が考えられる (Fig. 5)。

要約

Summary

1. 西泊地先海域で 2002~2006 年の 5 年間に 6 科 12 属 28 種のサンゴの産卵を直接観察した。このうち 4 科 6 属 21 種の産卵が初記録であった。
2. 西泊地先海域の産卵時刻は種ごとに決まっていた。
3. *Faviidae* では海水温度が 26 °C を超えた最初の下弦の月後に同調性の高い産卵をおこなった。
4. *Acropora* の産卵は *Faviidae* と異なって種間の同調性が低く、上弦の月~満月頃以外の月齢に平均的に行われた。
5. 西泊地先の海域において優占する *Acropora* 3 種の産卵が集中する時期は、*A. formosa* (6 月下旬~7 月上旬)、*A. hyacinthus* (7 月上旬~下旬)、*A. solitaryensis* (7 月下旬~8 月下旬) の順で、平均水温はそれぞれ 24.3 °C、25.7 °C、27.6 °C であった。

謝 辞

Acknowledgements

本報は、2005 年度で黒潮生物研究所を卒業退職された林徹氏による本所発行の『カレント』(2002-2004) で報告された産卵情報をまとめ、共同で調査した 2005 年、その後を引き継いだ目崎拓真が実施した 2006 年の調査結果をもとに書かれたものである。本研究を行うにあたって、ご助言くださった御前洋 (串本海中公園センター)、深見裕伸 (京都大学)、林原毅 (西海区水産研究所石垣支所) の諸氏に、論文執筆にあたっては指導教官である中森亨助教授 (東北大学) の多大なご指導に深く感謝致します。昼夜の水中観察調査に協力してくれた東海大学の阿蘇良介・別所学・高橋結衣・椎野明菜・時岡さつき・渡辺美穂の皆さんと、大月町橘浦の卵成熟度の確認に多大なご協力を賜った中野正夫氏に厚く御礼申し上げます。最後に、いつもの確に産卵現場に案内してく

れた、チョウチョウウオ達にも、心からの感謝をささげたい。ありがとう、今後ともよろしく。

引用文献

References

- Babcock, R.C., G.D. Bull, P.L. Harrison, A.J. Heyward, J.K. Oliver, C.C. Wallace and B.L. Willis. 1986. Synchronous spawnings of 105 scleractinian coral species on the Great Barrier Reef. *Mar. Biol.*, 90: 379-394.
- 萩原 良太. 2003. 千葉県館山湾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. *みどりいし*, 14: 24-30.
- 服田昌之・深見裕伸, 2004. ミドリイシサンゴにおける産卵タイミングと生殖隔離. *みどりいし*, 15: 23-25.
- Hayashibara, T., K. Shimoike, T. Kimura, S. Hosaka, A. Heyward, P. Harrison, K. Kudo and M. Omori. 1993. Patterns of coral spawning at Akajima Island, Okinawa, Japan. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 101: 253-262.
- Harrison P.L., R.C. Babcock, G.D. Bull, J.K. Oliver, C.C. Wallace and B.L. Willis. 1984. Mass spawning in tropical reef corals. *Science*, 223: 1186-1189.
- Heyward, A., K. Yamazato, T. Yeemin and M. Minei. 1987. Sexual reproduction of corals in Okinawa. *Galaxea*, 6: 331-343.
- 岩瀬文人, 1995. 足摺海域のイシサンゴ相. 平成 6 年度生態系多様性地域調査 (足摺宇和海海域) 報告書: 20-31. 環境省自然保護局・海中公園センター.
- 御前洋, 1987. ハナヤサイサンゴの産卵. *マリンパビリオン*, 16 (12): 70.
- 御前洋, 1988. タバネサンゴの放卵について. *マリンパビリオン*, 17 (10): 53.
- 御前洋, 1989. 串本で観察されたイシサンゴの産卵について. *マリンパビリオン*, 18 (10): 58-59.
- 御前洋, 1990. 串本で観察されたイシサンゴの産卵について (1990 年). *マリンパビリオン*, 19 (10): 58-59.
- 御前洋, 1994. 黒島におけるイシサンゴ類の産卵状況. *マリンパビリオン*, 23 (7): 40-41.
- 御前洋, 1995a. イシサンゴの産卵と幼サンゴの定着状況—1994 年の観察より—. *マリンパビリオン*, 24 (5): 26-27.
- 御前洋, 1995b. イシサンゴの産卵と幼サンゴの定着状況—1995 年の観察より—. *マリンパビリオン*, 24 (11): 62-63.
- 御前洋, 1996. イシサンゴの産卵と幼サンゴの定着状況—1996 年の観察より—. *マリンパビリオン*, 25 (12): 80.
- 御前洋, 1997. イシサンゴの産卵と幼サンゴの定着状況—1997 年の観察より—. *マリンパビリオン*, 26 (11): 62-63.
- 御前洋, 1998. イシサンゴの産卵と幼サンゴの定着状況—1998 年の観察より—. *マリンパビリオン*, 27 (12): 68.
- 御前洋, 1999. イシサンゴの産卵について—1999 年の観察結果—. *マリンパビリオン*, 28 (11): 64-65.
- 御前洋, 2000. イシサンゴの産卵について—2000 年の観察結果—. *マリンパビリオン*, 29 (12): 68.

- 御前洋, 2001. イシサンゴの産卵について—2001 年の観察結果—. マリンパビリオン, 30 (12): 68-69.
- 御前洋, 2003. イシサンゴの産卵について—2002 年の観察結果—. マリンパビリオン, 32 (4): 26-27.
- 御前洋, 2004. イシサンゴの産卵について—2003 年の観察結果—. マリンパビリオン, 33 (1): 2-3.
- 御前洋, 2005. イシサンゴの産卵について—2004 年の観察結果—. マリンパビリオン, 34 (3): 18-19.
- 御前洋, 2006a. イシサンゴの産卵について—2005 年の観察結果—. マリンパビリオン, 35 (1): 2-3.
- 御前洋, 2006b. イシサンゴの産卵について—2006 年の観察結果—. マリンパビリオン, 35 (6): 42-43.
- 西平守孝・J. E. N. Veron. 1995. 日本の造礁サンゴ類. 439 pp. 海游舎, 東京.
- 野島哲, 2006. 造礁サンゴの個体群生態. 天草の渚 浅海性ベントスの生態学 菊池泰二編, 東海大学出版, 神奈川, 240-274.
- 野村恵一, 2006. 串本のサンゴ群集 (14) 総括: 1. 種数と代表種. マリンパビリオン, 35 (2): 10-11.
- 野村恵一・日崎拓真, 2005. 高知県大月町海域から記録された造礁サンゴ類. Kuroshio Biosphere, 2: 29-41.
- Nozawa Y., M. Tokeshi and S. Nojima. (2006) Reproduction and recruitment of scleractinian corals in a high-latitude coral community, Amakusa, southwestern Japan. Mar. Biol., 149: 1047-1058.
- Richmond, R.H. and C.L. Hunter. 1990. Reproduction and recruitment of corals: comparisons among the Caribbean, the tropical Pacific, and the Red Sea. Mar. Ecol. Prog. Ser., 60: 185-203.
- 下池和幸, 1993. 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.
- 下池和幸, 1999. 慶良間列島阿嘉島において新たに確認されてイシサンゴ類の産卵と産卵パターン. みどりいし, 10: 29-31.
- van Woesik, R. 1995. Coral communities at high latitude are not pseudopopulation: evidence of spawning at 32°N, Japan. Coral Reefs, 14: 119-120.
- Veron, J.E.N., 2000. Corals of the world. 1, 463pp; 2, 429pp; 3, 490pp. AIMS, Townsville.
- Willis, B.L., R.C. Babcock, P.L. Harrison, J.K. Oliver and C.C. Wallace. 1985. Patterns in the mass spawning on the Great Barrier Reef from 1981 to 1984. Proc. 5th Int. Coral Reef Cong., 4: 343-348.
- Wilson, J.R. and P.L. Harrison. 2003. Spawning patterns of scleractinian corals at the Solitary Islands—a high latitude coral community in eastern Australia. Mar. Ecol. Prog. Ser., 260: 115-123.
- Yeemin, T. 1991. Ecological studies of scleractinian coral communities above the northern limit of coral reef development in the western Pacific. Ph.D dissertation, Kyushu University, Fukuoka.

Explanation of plates

PLATE 1

A) 2005. 10. 29. Nishidomari, B) 2006. 8. 6. Nishidomari, C) *Acropora hyacinthus* dominated, massive and encrusting species assemblage (A in Fig. 2), D) *A. formosa* dominated assemblage (B in Fig. 2), E) *A. solitaryensis* dominated massive and encrusting species assemblage (C in Fig. 2).

PLATE 2

A) *Acropora formosa* (スギノキミドリイシ) depth: 5 m, B) *A. aff. samoensis* yell. Type (サモアミドリイシ) depth: 3 m, C - D) *A. hyacinthus* (クシハダミドリイシ) depth: 3 m, E) *A. willisae* (コシバミドリイシ) depth: 8 m, F) *A. valida* (ホソエダミドリイシ) depth: 5 m.

PLATE 3

A - E) *Acropora solitaryensis* (エンタクミドリイシ) depth: 8 m, F) *A. sp. 1*, depth: 7 m.

PLATE 4

A - B) *Montipora informis* (ノリコモンサンゴ) depth: 8 m, C) *M. venosa* (コモンサンゴ) depth: 5m, D, E) *Hydnophora exesa* (トゲイボサンゴ) depth: 5 m, F) *Micromussa amakusensis* (アマクサオオトゲキクメイ) depth: 3 m.

PLATE 5

A - B) *Goniastrea deformis* (ミダレカメノコキクメイシ) depth: 5 m, C) *G. aspera* (パリカメノコキクメイシ) depth: 5 m, D) *G. australiensis* (ウネカメノコキクメイシ) depth: 3 m, E, F) *Platygyra contorta* (ミダレノウサンゴ) depth: 5 m, G) *Cyphastrea serailia* (フカトゲキクメイシ) depth: 5 m, H) *C. chalcidicum* (コトゲキクメイシ) depth: 5 m

PLATE 1



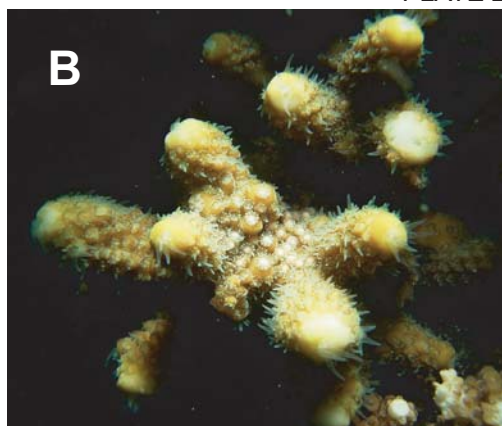
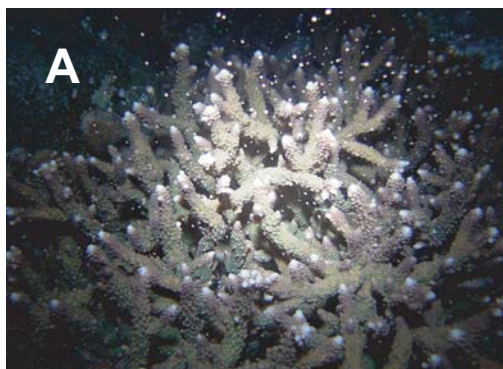
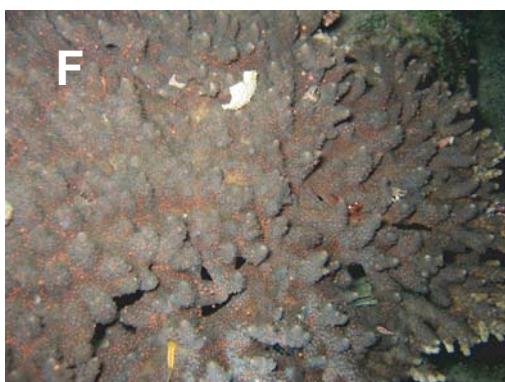
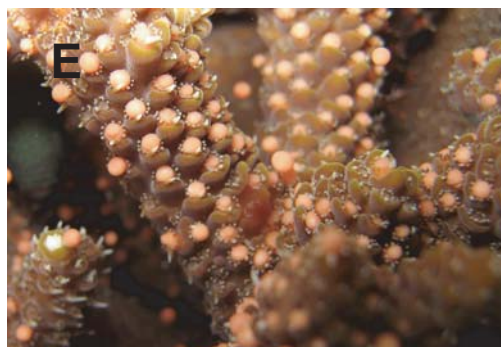
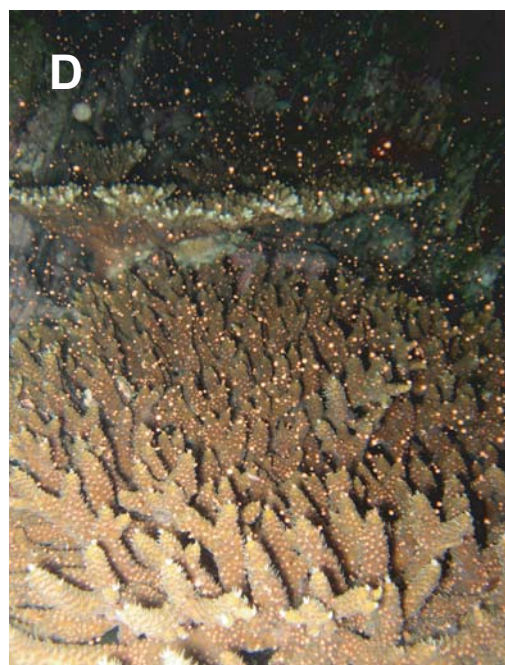
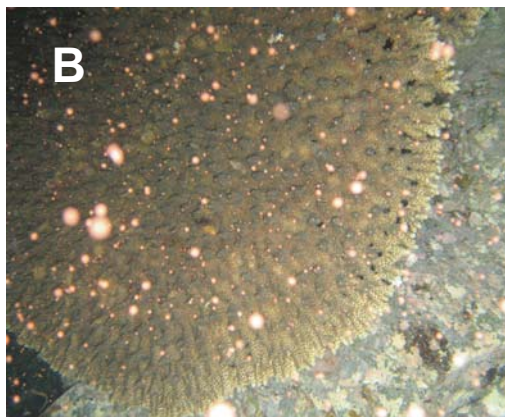


PLATE 3



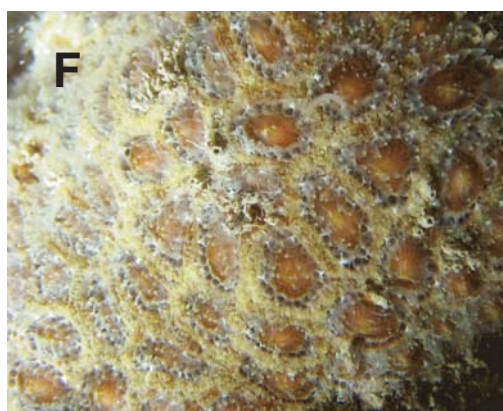
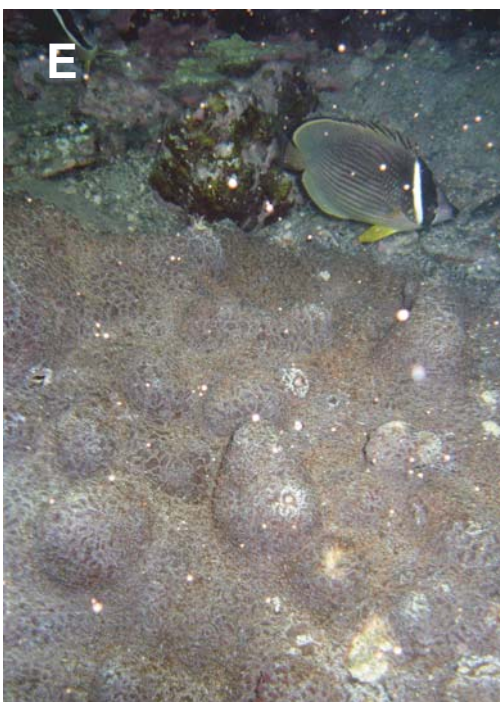
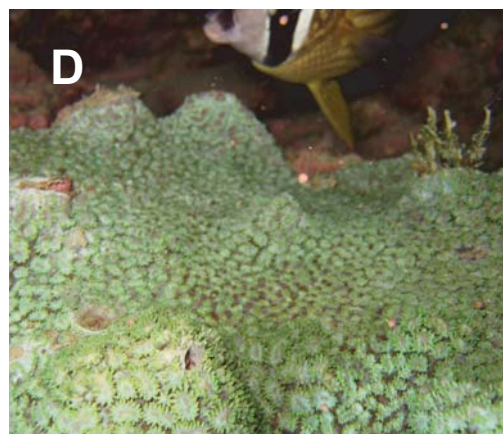
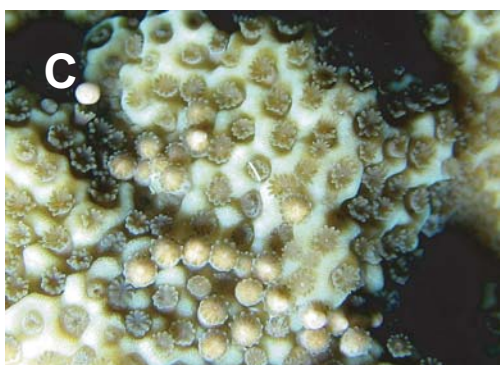
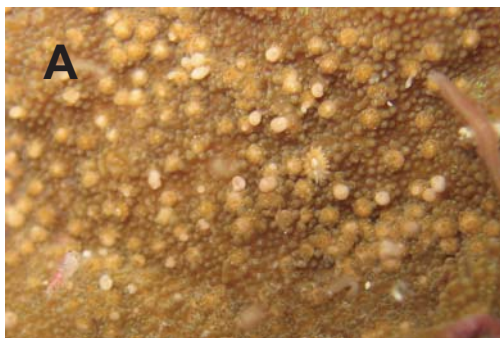


PLATE 5

