

四国における人工繁殖によるクシハダミドリイシの成長と成熟について

GROWTH AND MATURATION OF THE ARTIFICIALLY BRED  
*ACROPORA HYACINTHUS* IN SHIKOKU, JAPAN

By

林徹・岩瀬文人<sup>1</sup>

Tohru HAYASHI and Fumihito IWASE<sup>1</sup>

概要

Abstract

Gametes of *Acropora hyacinthus* were collected in situ in front of the Biological Institute on Kuroshio (BIK) at Nishidomari, Otsuki Town, Kochi Prefecture in Japan on July 22, 2002. These gametes were fertilized, settled on artificial bases, and grew in the aquarium at BIK for ca. one year and became two colonies of seedlings. These two seedlings were fixed on the sea bed, and their growth records were collected.

The juvenile colonies of *A. hyacinthus* grew up to the encrusting form in the first year. Colony A showed low growth speed of 9.3 mm/year for four years as it could not obtain enough sunlight as another, natural coral colony grew up over it. After the competing colony was removed, growth speed increased greatly to 30.5 mm/year. Colony B showed a growth speed of 11.0 mm/year while kept in the aquarium. After Colony B was fixed on the seafloor on the 745th day from fertilization, growth speed increased to 49.2 mm/year, and the first gamete spawning was observed on July 6, 2007 at the age of five years (1,810 days). This is the first record of gamete spawning of an artificially bred colony of *A. hyacinthus*, and the second record of gamete spawning of any artificially bred colony of genus *Acropora*.

The growth speed of *A. hyacinthus* was similar to *A. japonica* in Kushimoto, Wakayama until four years from the fertilization, and became faster after the fifth year. This may be attributed to the differences of colony shape between these two species.

In this study, age of maturity was one year later and the maturity size was almost twice as large as a previous study performed in the tropical Great Barrier Reef on *A. hyacinthus*. The results of this study were similar with the maturity age and the maturity size of *A. japonica* in a previous study of breeding colonies at Kushimoto (33°N).

はじめに

Introduction

近年、水槽におけるサンゴの飼育技術が進歩し、各地の水族館や個人愛好家によってサンゴが飼育されるようになった。1990年代まではサンゴの生活史に関する知見はごく限られていたが、2000年以降、飼育技術の進歩に支えられてサンゴの飼育が容易に行われるようになると、大学や研究機関のみならず各地の水族館などからも繁殖や生育状況に関する知見が公表されるようになり (Babcock *et al.* 2003 ; 舟尾 2006 ; 舟尾・小松 2001 ; Hayashi & Iwase 2006 ; 岩下ら 2002 ; 御前 2001 ; 2003 ; 2008 ; 森滝ら 2006 ; 登別マリンパークニクス 2007 ; Petersen *et al.* 2007 ; 東海大学海洋科学博物館 2007 など)、

---

1. 〒788-0333 高知県幡多郡大月町西泊 560 番イ 黒潮生物研究所  
Biological Institute on Kuroshio, 560 Nishidomari, Otsuki, Kochi 788-0333, Japan  
e-mail: iwase@kuroshio.or.jp

サンゴの生活史は徐々に明らかになってきている。

しかしながら、多くの研究事例は胚の発生から浮遊幼生および着生といった生活史のごく初期のものか、あるいは天然の成熟した親群体に関するものであって、着生したサンゴがどのように群体を形成し、サイズを拡大し、何年で成熟するか、という最も基本的な知見でさえ、まだほとんどの種でわかっていない。日本国内においてサンゴの発生から成熟に至る過程を観察した事例は非常に少なく、御前 (2003) に記載されたハナヤサイサンゴ *Pocillopora damicornis* (Linnaeus 1758)、タバネサンゴ *Caulastrea tumida* Matthai, 1928、オヤユビ状ミドリイシ *Acropora* aff. *gemmifera* (=ニホンミドリイシ *Acropora japonica* Veron, 2000 (著者註)) の3種に過ぎない。このうち成長等の詳細な記載がなされているのは、1994年にニホンミドリイシを水槽内で繁殖させ、水槽内 (8年) および野外 (6年) で配偶子の放出を観察した御前 (2001; 2008) の例のみである。

黒潮生物研究所では、研究所設立準備を行っていた1997年からクシハダミドリイシ *Acropora hyacinthus* (Dana 1846) を用いて、研究所完成後にはエンタクミドリイシ *Acropora solitaryensis* Veron & Wallace, 1984 も用いて、野外で放出された配偶子を採用し、水槽内で人工基盤に着生させ、飼育することにより種苗の生産技術の確立を目指して研究を続けてきた (林 2003; 2004a; 2004b; 2005a; 2005b; 2007; 林・岩瀬 2005; Hayashi & Iwase 2006; 林ら 2000; 岩瀬 2006; 岩瀬ら 2006; 中地 2003a; 2003b; 野澤 2007a; 2007b; 2007c; Nozawa & Harrison 2007)。これら2種は、我が国の非サンゴ礁域において最も優占する卓状ミドリイシで、日本では紀伊半島、四国、九州から沖縄にかけての太平洋沿岸に広く分布している (西平・Veron 1995)。

今回、2002年に得られた配偶子を用いて作成したクシハダミドリイシ種苗を野外に放流して観察を続けたところ、この内の1群体で5年後の2007年に配偶子の放出が観察され、サンゴ群体の成熟が確認できたので、ミドリイシ類について国内で2種目の記録として、その経過を報告する。

## 材料と方法

### Materials and methods

#### 配偶子の採取

配偶子の採取は、2002年7月22日21時40分、高知県幡多郡大月町西泊、黒潮生物研究所 (図1) 地先の水深3~5mの海域で配偶子を放出したクシハダミドリイシの群落で行った。採卵は、採卵器を群体に被せて放出された卵塊を採取する方法で行い (林 2003; Hayashi & Iwase 2006; 岩瀬 2006)、採取した卵塊を実験室内で受精させるにあたり、受精率を高めるために3群体以上から採取した卵塊を用いた。卵塊が捕捉された採卵器は、産卵終了後ねじ蓋により密封して研究所の実験室まで運搬した。

#### 胚及び幼生の飼育

50  $\mu$ m フィルターで濾過した海水を満たした容量約30ℓの水槽内で、22時15分に採取した卵塊を混合・攪拌して受精させた。クシハダミドリイシは1個の卵塊中に平均7.0個の卵母細胞と無数の成熟した精子が固められており (中地 2003a; 2003b)、水槽内で卵塊が混合・攪拌されると卵と精子に分離して受精が始まり、受精開始からおよそ2時間後に卵割が始まる (林 2004a; Hayashi & Iwase 2006)。

受精卵の飼育水槽は新鮮海水が常時給水されているウォーターバスによって採卵海域とほぼ同じ水温である25~26℃程度の水温に保った。クシハダミドリイシの受精卵は受精からおよそ48時間で回転運動を始めてプラヌラ幼生になり、泳ぎ始めて1日程度で、水面付近に浮いていた幼生は前後軸が伸びて洋梨形になり、水槽底に向けて遊泳するようになる。プラヌラ幼生は水槽底に向けて遊泳するようになると着生基質を探す

ような行動も見られるようになり、この時期に適当な基盤を水槽に設置すると基盤に着生してポリプに変態する（林 2004a; Hayashi & Iwase 2006）。



図 1. 黒潮生物研究所の位置

Figure 1. Location of the study site

### 稚サンゴの飼育

着生基盤には、フレキシブルボードと呼ばれる石綿をセメントで固めた厚さ 5 mm の板状の新材を、10×10 cm に切断したプレートを用いた。現在は建材に石綿を用いることはなくなり、石綿の代わりにガラス繊維などが用いられている。切断したプレートは、溶出する化学成分や表面のアルカリ度がプラヌラ幼生の着生に問題のないレベルに安定するまで、半年以上流水の水槽または海中に浸けて「アク抜き」した後、表面に着生した生物等をワイヤーブラシやヘラで除去してから用いた（林 2004a; Hayashi & Iwase 2006）。

受精卵からプラヌラ幼生期までは水槽外への流出を防ぐため止水飼育を行ったが、着生確認後は速やかに新鮮海水による常時給水飼育に切り替えた。稚サンゴはイソコエビ類等による食害、ウニ類や腹足類などのグレーザーによる剥削によって容易に死滅するため、飼育水には 50  $\mu\text{m}$  フィルターで濾過した新鮮海水を使用し、専用水槽による単独飼育とした。この水槽は 3 波長形メタルハイドランプによる水槽照明が午前 6 時から午後 6 時まで点灯し、午後になると寒冷紗により 50% 減光した太陽光が入射する光環境の室内に設置した（林 2004b; Hayashi & Iwase 2006）。

### リーフタンクへの移動と海域への移植放流

受精から 1 年ほど水槽で飼育すると、群体は直径 1～3 cm ほどの平盤形になり、中軸サンゴ個体が形成されて枝が伸びはじめる。2003 年 9 月の時点で生残したのは 2 枚の基盤にそれぞれ 1 群体と 2 群体の合計 3 群体だったが、同一基盤上に隣接して着生した 2 群体は完全に融合したため、これ以後 1 群体として扱い、前者を群体 A（元々 1 群体だったもの）、後者を群体 B（元は 2 群体だったもの）とした。

この程度に成長すると親サンゴと同等の環境で飼育が可能になり、ウニ類や腹足類などのグレーディングにも耐えるようになると考えられたため、群体 A は 2003 年 9 月 15 日に採卵した海域の水深約 3 m の岩礁上に移植放流し、群体 B は 2003 年 9 月 29 日に

それまでの水槽に比べてより自然に近い環境であるリーフタンクに移動して、水槽内と野外の成長の違いを比較した（林 2005a）。リーフタンクとは、水槽中に海中から採取した砂礫や岩塊を配置し、造礁サンゴのみならず岩塊と共に水槽内に導入される小型の甲殻類や腹足類など多様な生物を混在させて飼育することによって、より自然に近い環境を創出したものである。ここで使用したリーフタンクの大きさは  $2\text{ m} \times 2\text{ m} \times 0.5\text{ m}$  で、寒冷紗により 50%減光したサンルーム内にあり、常時無濾過の海水が供給されている。

なお、群体 B についても、飼育水槽設備の故障によって、2004 年 8 月 5 日に群体 A の隣に移植放流した（林 2005a）。

移植放流の方法は、海底にステンレス製のボルトを水中ボンドによって取り付け、着生板の中央にあらかじめあけておいた穴にボルトを通し、ステンレス製のナットで締め付けて固定した（林 2005a）。

### 成長の計測

飼育開始からおよそ 1 年後の 2003 年 7 月 15 日以降、群体 A 及び群体 B について、適時最大径 (longer diameter) と投影面積 (projected area) を記録した。投影面積は対象群体をメジャーと共に群体の真上からデジタルカメラで撮影し、得られた画像からコンピュータ画面上で面積を算出した。

ミドリイシ類の成長は枝の伸長であると考ええると群体形に関係なく種間あるいは群体間の比較が可能である (Gladfelter *et al.* 1978; Harriott, V.J. 1999; Wallace 1985 など)。また、平面的に成長する卓状あるいは被覆状のサンゴの成長は概略楕円形の群体を造るため、群体の直径 (長径) を計測して成長を比較する事がある (御前 2008; van Moorsel 1988 など)。本研究でも群体長径の計測を行ったが、波浪や魚類の被害など、突発的な事故により群体の一部が破損すると、群体全体としては成長しているにもかかわらず長径が減少することが珍しくない。また、卓状ミドリイシ類の群体の形状は必ずしも楕円形ではなく、群体毎に異なる複雑な形状に成長するため、場合によっては極めていびつな形になることもある。そのため、卓状ミドリイシ類といえども長径のみを用いて群体サイズの指標とすると群体の面積の増加を反映しない可能性があるため、本研究では群体の長径とともに投影面積を計測した。

投影面積を  $\pi$  で除して平方根を求めることによって、同一面積の円の半径を算出することができる。本報ではこの数値を放流群体の「推算半径 (estimated radius)」として成長の指標とした。推算半径を用いることにより、群体形に関係なく群体の面的な成長を一次式で表わすことができる。また、長径や枝の伸長をミドリイシ類群体の成長の指標として表わした既往の文献とも比較可能となる。

## 結果 Results

### 群体の成長

クシハダミドリイシ 2 群体について、2008 年夏までの成長記録を表 1 に示した。また、長径の 2 分の 1 (長半径) と推算半径および投影面積の推移を図 2 に示した。

着生直後の稚サンゴの大きさは直径約 0.8 mm の円形で、元々 1 個体で始まった群体 A の投影面積は  $0.5\text{ mm}^2$  程度、2 個体が融合してできた群体 B は合計  $1\text{ mm}^2$  程度であり、この面積を元に推算した群体 B の推算半径は約 0.6 mm になる。

群体 A は 2003 年 9 月 15 日に 420 日令で研究所地先の海中岩盤上に移植放流し、群体 B は 2003 年 9 月 29 日に 434 日令でリーフタンクに移した。この時点で群体 A の推算半径は 6.5 mm、群体 B の推算半径は 15.8 mm で、着生直後の幼体からの成長量は、群体 A が 6.1 mm、群体 B が 15.2 mm と 2 倍以上の差があった。

さらに群体 B では、2004 年 8 月 5 日 (745 日令) に推算半径 25.0 mm で研究所地先の海中岩盤上に移植放流するまでのリーフタンク内における 311 日間の成長量は、推算半径で 9.2 mm の増加となった。同じ時期の群体 A は 747 日令で推算半径 13.9 mm であり、野外における 319 日間の成長量は推算半径で 7.9 mm の増加となり、両群体の成長速度は大差なかった。

表 1. クシハダミドリイシ人工繁殖群体の成長記録

Table 1. Growth record of artificially bred colonies of *Acropora hyacinthus*

| 日付<br>date | 日齢<br>age in<br>day | colony A                          |                                               |                                     | colony B                          |                                               |                                     | 備考<br>remarks                                |
|------------|---------------------|-----------------------------------|-----------------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------------------|
|            |                     | 長径<br>longest<br>diameter<br>(mm) | 面積<br>projected<br>area<br>(mm <sup>2</sup> ) | 推算半径<br>estimated<br>radius<br>(mm) | 長径<br>longest<br>diameter<br>(mm) | 面積<br>projected<br>area<br>(mm <sup>2</sup> ) | 推算半径<br>estimated<br>radius<br>(mm) |                                              |
| 22-Jul-02  | 0                   |                                   |                                               |                                     |                                   |                                               |                                     | fertilization                                |
| 15-Jul-03  | 358                 | 16                                |                                               |                                     |                                   |                                               |                                     | A: fixed on seafloor<br>B: moved to reeftank |
| 15-Aug-03  | 389                 |                                   |                                               |                                     | 27                                | 460                                           | 12.1                                |                                              |
| 15-Sep-03  | 420                 | 15                                | 132                                           | 6.5                                 |                                   |                                               |                                     |                                              |
| 23-Sep-03  | 428                 | 14                                | 113                                           | 6.0                                 |                                   |                                               |                                     |                                              |
| 29-Sep-03  | 434                 | 15                                |                                               |                                     | 33                                | 783                                           | 15.8                                |                                              |
| 06-Oct-03  | 441                 | 16                                | 125                                           | 6.3                                 |                                   |                                               |                                     |                                              |
| 10-Nov-03  | 476                 |                                   |                                               |                                     | 40                                | 862                                           | 16.6                                |                                              |
| 08-Dec-03  | 504                 | 15                                | 132                                           | 6.5                                 |                                   |                                               |                                     |                                              |
| 29-Dec-03  | 525                 |                                   | 159                                           | 7.1                                 | 41                                | 839                                           | 16.3                                |                                              |
| 28-Jan-04  | 555                 |                                   | 172                                           | 7.4                                 |                                   |                                               |                                     |                                              |
| 05-Feb-04  | 563                 |                                   |                                               |                                     | 43                                | 919                                           | 17.1                                |                                              |
| 24-Feb-04  | 582                 |                                   | 187                                           | 7.7                                 |                                   |                                               |                                     |                                              |
| 10-Apr-04  | 628                 |                                   | 236                                           | 8.7                                 |                                   |                                               |                                     |                                              |
| 10-May-04  | 658                 |                                   | 313                                           | 10.0                                |                                   |                                               |                                     |                                              |
| 26-May-04  | 674                 |                                   | 338                                           | 10.4                                |                                   |                                               |                                     |                                              |
| 01-Jun-04  | 680                 |                                   | 344                                           | 10.5                                | 57                                | 1,338                                         | 20.6                                |                                              |
| 06-Jul-04  | 715                 |                                   | 525                                           | 12.9                                |                                   |                                               |                                     |                                              |
| 05-Aug-04  | 745                 |                                   |                                               |                                     | 64                                | 1,963                                         | 25.0                                | B: fixed on seafloor                         |
| 07-Aug-04  | 747                 |                                   | 609                                           | 13.9                                |                                   |                                               |                                     |                                              |
| 02-Sep-04  | 773                 |                                   | 668                                           | 14.6                                | 67                                | 1,995                                         | 25.2                                |                                              |
| 08-Oct-04  | 809                 |                                   | 896                                           | 16.9                                | 71                                | 2,010                                         | 25.3                                |                                              |
| 15-Oct-04  | 816                 |                                   |                                               |                                     | 72                                | 2,430                                         | 27.8                                |                                              |
| 03-Nov-04  | 835                 |                                   | 941                                           | 17.3                                | 73                                | 2,600                                         | 28.8                                |                                              |
| 22-Nov-04  | 854                 |                                   | 1,082                                         | 18.6                                | 74                                | 2,828                                         | 30.0                                |                                              |
| 06-Dec-04  | 868                 |                                   | 992                                           | 17.8                                | 80                                | 2,943                                         | 30.6                                |                                              |
| 21-Dec-04  | 883                 |                                   | 1,154                                         | 19.2                                | 84                                | 3,400                                         | 32.9                                |                                              |
| 27-Mar-05  | 979                 | 43                                | 1,180                                         | 19.4                                | 90                                | 3,863                                         | 35.1                                |                                              |
| 15-Jul-05  | 1,089               | 48                                | 1,478                                         | 21.7                                | 121                               | 7,542                                         | 49.0                                |                                              |
| 23-Nov-05  | 1,220               | 66                                | 2,477                                         | 28.1                                | 173                               | 12,614                                        | 63.4                                |                                              |
| 14-Mar-06  | 1,331               | 53                                | 1,507                                         | 21.9                                | 181                               | 14,496                                        | 67.9                                |                                              |
| 22-Nov-06  | 1,584               |                                   |                                               |                                     | 286                               | 39,383                                        | 112.0                               | B: spawning                                  |
| 06-Jul-07  | 1,810               |                                   |                                               |                                     |                                   |                                               |                                     |                                              |
| 12-Jul-07  | 1,816               | 66                                | 2,491                                         | 28.2                                | 349                               | 88,454                                        | 167.8                               |                                              |
| 10-Nov-07  | 1,937               |                                   | 3,226                                         | 32.0                                | 307                               | 112,955                                       | 189.6                               |                                              |
| 08-Jul-08  | 2,178               |                                   | 10,271                                        | 57.2                                | 320                               | 137,603                                       | 209.3                               |                                              |
| 23-Jul-08  | 2,193               |                                   |                                               |                                     |                                   |                                               |                                     | B: spawning                                  |

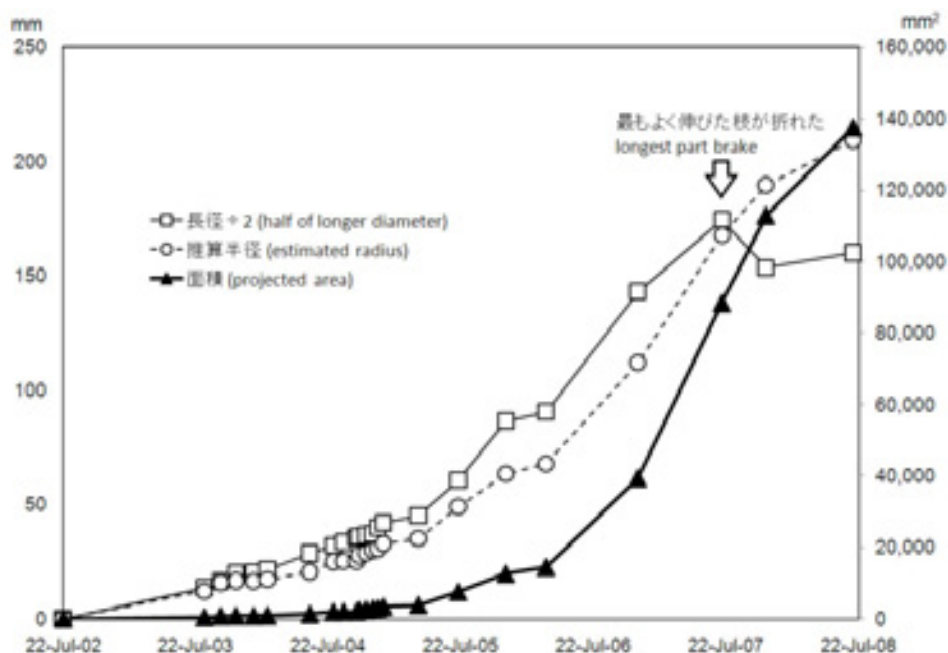


図 2. 群体 B の成長を、長半径（長径÷2）、投影面積、推算半径で表わしたグラフ。長半径の減少（2007 年から 2008 年）は群体一部の破損による。

Figure 2. Growth curve of Colony B by half of longer diameter, projected area, and estimated radius methods. The longest diameter of the coral has become smaller as the longest coral branch broke in July 2007. The estimated radii from the projected areas were not as influenced by this event.

図 3 にクシハダミドリイシ 2 群体の推算半径による成長記録を示す。

群体 A が海域に移植放流された 2003 年 9 月 15 日から群体 B が海域に移植放流された 2004 年 8 月 5 日までの約 1 年間の群体 A の成長を推算半径で示して直線で近似させると、

$$y = 0.0254x - 4.8745 \quad (R^2 = 0.9058)$$

同じ期間の水槽内での群体 B の成長を推算半径で示して直線で近似させると、

$$y = 0.0302x + 1.2083 \quad (R^2 = 0.9125)$$

となり、成長速度はそれぞれ 0.025 と 0.030 mm/day、年間成長量に換算すると 9.3 と 11.0 mm/year で両者間で大差なく、群体の直径が 1 年でおおよそ 2 cm 大きくなる速度であった。

海域に移植した群体 A では、当初平面的だった群体（図版 1 a）は枝をあまり伸ばさず、着生板を覆うように平面的に成長した（図版 1 c）。一方、水槽内で育った群体 B は、当初は群体 A と同様平面的な群体だったが、群体 A に比べてむしろ枝を伸ばして立体的に成長する傾向が強かった（図版 1 d）。

群体 B は 2004 年 8 月 5 日に自然の海底に移植放流されると明らかに成長速度が増した。放流後の成長を推算半径で示して直線で近似させると、

$$y = 0.1348x - 87.742 \quad (R^2 = 0.9702)$$

となり、年間の推算半径の成長量に換算すると 49.2 mm/year、年間に群体の直径がおおよそ 10 cm 大きくなる速度になった。

一方、群体 A は野外に放流されても成長速度に大きな変化は見られず、9.3 mm/year 程度、即ち年間に群体の直径がおよそ 2 cm 大きくなる速度のままだった。

群体を放流した岩盤上には、放流群体の他にも天然のクシハダミドリイシが多数生育しており、2005 年頃から隣接する群体が徐々に群体 A の上方を覆うように成長した。図版 2 h 左端の群体の下に群体 A が隠れている。放置すると群体 A の上方が完全に覆われて斃死する恐れがあると判断されたため、2007 年 7 月、群体 A に十分な光が当たるように、上方を覆っていたサンゴを他の場所に移した。図版 2 j の左上に写っている四角いプレートは、群体 A が着生している基盤である。

その結果、2007 年 7 月以降の群体 A の成長を推算半径で示して直線で近似させると、

$$y = 0.0836x - 126.11 \quad (R^2 = 0.955)$$

となり、年間の推算半径の成長量に換算すると 30.5 mm/year、年間に群体の直径がおよそ 6 cm 大きくなる成長速度になり、群体 B の成長速度に近づいた。また、着生板上を覆うように成長していた群体形も枝が水平に広がるクシハダミドリイシ本来の形態になった（図版 2 i）。

### 配偶子の放出

受精から 1,810 日にあたる 2007 年 7 月 6 日に、移植先周辺に生息する他のクシハダミドリイシと同時に群体 B が配偶子を放出するのが観察された。配偶子放出から 6 日後の 1,816 日齢、2007 年 7 月 12 日の測定では、群体の長径は 349 mm、投影面積は 88,454 mm<sup>2</sup>、推算半径は 167.8 mm であった。

また、2,193 日齢にあたる 2008 年 7 月 23 日には 2 度目の配偶子放出が確認された。配偶子放出の 15 日前の 2,178 日齢、2008 年 7 月 8 日に測定した群体の長径は 320 mm と、前年の測定時から 27 mm 短くなっていたものの、投影面積は 137,603 mm<sup>2</sup> に増加し、推算半径は 209.3 mm に成長していた。長径が減少したのは、2007 年の台風通過に伴う波浪の影響で群体の一部の枝が折れたためである。

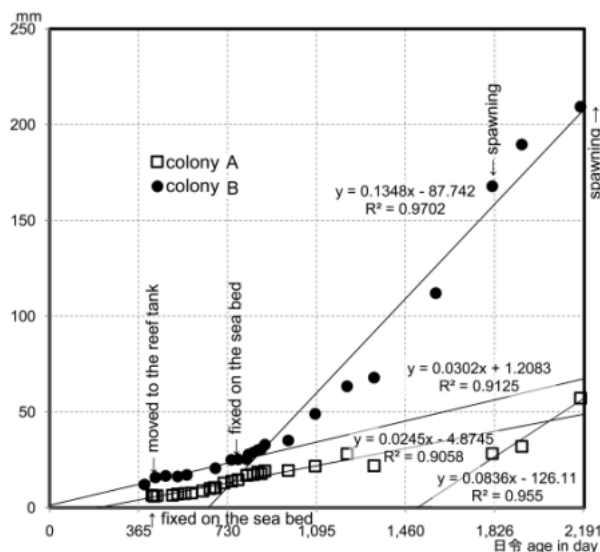


図3. 推算半径によるクシハダミドリイシ人工繁殖群体の成長記録および成長の近似直線（2008 年 7 月生残群体）

Figure 3. Growth record of the artificially bred colonies of *Acropora hyacinthus* and approximated growth curves (on surviving colonies in 2008 ).

## 考察

### Discussion

#### 群体による成長形の違い

クシハダミドリイシの幼群体は、着生から 1 年間程度は略円形の被覆状群体を形成する（林 2004b）。本研究における群体 A 及び群体 B も、着生から 1 年後の 2003 年 9 月には平面的な群体を形成していた（図版 1 a & b）。しかし海域に移植放流した群体 A は放流後 1 年以上の間、枝をあまり伸ばさず平面的な成長を続けた（図版 1 c & e）のに対して、水槽内で飼育した群体 B は枝を伸ばして立体的に成長する（図版 1 d）という違いが見られた。

水槽内の環境には食害生物やグレーザーは存在せず、波浪の影響もない。一方、自然の海にはサンゴの捕食者やウニや藻食性腹足類などのグレーザーが存在し、波浪の影響も大きい。このような環境の違いが群体の成長型に大きな影響を与えた可能性が考えられる。しかし、2 群体の成長型の違いは、群体 B が 2004 年に海底に移植放流された後も長期間にわたって継続的に見られた（図版 1 e & f）。そのため群体形の差異が単に水槽と海という環境の違いだけが原因で生じたとは言い切れず、遺伝的な要因や、群体 B はもともと 2 個体のポリプが融合して形成されたものである事、あるいはこれらの複合的な作用によるのかは判然としない。観察事例を増やして将来的に検討したい。

#### 群体の成長速度

本研究において、海域に移植放流した後の群体 A と群体 B の間に大きな成長の差が生じた。成長に差が生じた原因のひとつに、上述した群体形の違いがあると考えられるが、群体 A の成長が遅かった原因には、隣接する同種の群体との競合も関わっていると考えられる。結果に記述したように、放流した岩盤上には放流群体の他にも天然のクシハダミドリイシ群体が多数生育しており、隣接する天然群体が 2005 年頃から徐々に群体 A の上方を覆うように成長した。そのため群体 A は成長に必要な太陽光を十分に得ることができず、成長速度が低下したと考えられる。2007 年 7 月に群体 A の上方に生育していた天然群体を移動し、群体 A に十分な光が当たるようにしたところ、成長速度が大幅に増加したことは、群体 A の低い成長速度の主要な原因が光量不足であったことを示唆している。

Harriott (1999) は世界各地における世界各地の 27°N から 32°S の間に生息するミドリイシ類 10 種について、平均海水温とサンゴの成長の記録をまとめている。それによると年平均水温 20.5°C の Solitary Islands（豪州東岸 30° S）における *Acropora valida* が 23.6 mm/year、*A. cytherea* が 20.9 mm/year、*A. robusta* が 22.4 mm/year、平均水温 21°C の Houtman Abrolhos（豪州西岸 28° S）における *A. formosa* が 37-76 mm/year、Rottnest Island（豪州西岸 32° S）における *A. youngi* が 69.3 mm/year、平均水温 21.5°C の Lord Howe Island（グレートバリアリーフ 31.5° S）における *A. youngi* が 49.4 mm/year であると記載されている。

Gladfelter *et al.* (1978) は、成長に適した温度範囲であれば水温が高い方がサンゴの成長速度が速いことを示している。本研究が行われた高知県大月町西泊地先は 32°46'N と高緯度にあるが、水温は 2003 年から 2008 年の平均で 21.9°C であり、推算半径による成長速度は群体 A が 31 mm/year、群体 B が 49 mm/year であった。サンゴの種によって成長速度は異なるものと考えられるため、単純に比較する事はできないが、この成長速度は平均水温 20.5°C の Solitary Islands においてクシハダミドリイシとよく似た成長型を示す *A. cytherea* より速く、平均水温 21-21.5°C の Houtman Abrolhos、Rottnest Island、Lord Howe Island に生息する成長の速い樹枝状ミドリイシとほぼ同等の値であった。



御前 (2008) は 12 年以上にわたるニホンミドリイシ人工繁殖群体の成長記録を示しており、最も大きく育った群体の長径から算出した成長速度はおおよそ 30 mm/year である。御前 (2008) が示したグラフに本研究のクシハダミドリイシ 2 群体の成長を重ね、各群体が最初に配偶子を放出した時点を矢印で示したのが図 4 である。本研究のクシハダミドリイシ群体 B の成長は着生から 4 年間はニホンミドリイシの成長と変わらないが、5 年目に入ると成長速度が増加してニホンミドリイシより速い成長が見られた。御前 (2008) の実験地である串本の 1994 年から 2008 年の平均水温は 21.8°C であり (串本海中公園センター私信)、本研究の行われた高知県大月町西泊地先と変わらない。クシハダミドリイシは細い枝が互いに癒着をくり返しながら網目状の薄い円卓形の群体を形成し、ニホンミドリイシはクシハダミドリイシに比べて太い枝を伸ばし、枝は互いに癒着してクシハダミドリイシよりも厚くて隙間のない盤状あるいは被覆状の群体を形成する。4 年を経過したクシハダミドリイシ群体 B は、すでに枝を水平に伸ばして卓状部を形成しており (図版 2 h)、この卓状部の伸長すなわち群体の投影面積拡大に必要なエネルギーが、上述した群体形状の違いからニホンミドリイシよりも小さくてすむために、直径の拡大速度が速くなったのではないかと考えられる。

#### 配偶子の形成について

本研究結果から、四国南西部においてクシハダミドリイシは受精から 5 年、群体の直径 32 cm 程度で性的に成熟し、産卵が可能になることが明らかになった。

Wallace (1985) は、グレートバリアリーフ熱帯海域においてクシハダミドリイシは 3 年、群体の直径 7 cm 以上で生殖腺が発達しはじめ、4 年で配偶子を放出するとしており、本研究の結果はこれに比べて 1 年遅かった。群体 B の配偶子形成が始まったと思われる満 4 年の群体サイズは、推算半径 10 cm 足らず (図 3)、直径にして 15~20 cm 程度であると考えられ、グレートバリアリーフ熱帯海域に比べて 2 倍以上大きい。

御前 (2008) によると、ニホンミドリイシ繁殖群体の配偶子放出は着生 6 年後、長径 167~218 mm に初めて確認されたと記されており、配偶子形成が始まったと考えられる満 5 年の群体サイズは本研究における満 4 年の群体 B とほぼ同様の長径 15~20 cm 程度である (図 4)。御前 (2008) の調査地点は本研究よりもさらに高緯度の和歌山県串本町 (33°28'N) にあるが、前述のように近年の海水温は本研究を実施した海域と変わらない。熱帯海域と高緯度地域におけるミドリイシの成熟年令と成熟サイズの違いが何に起因するのか、今後の研究を待ちたい。

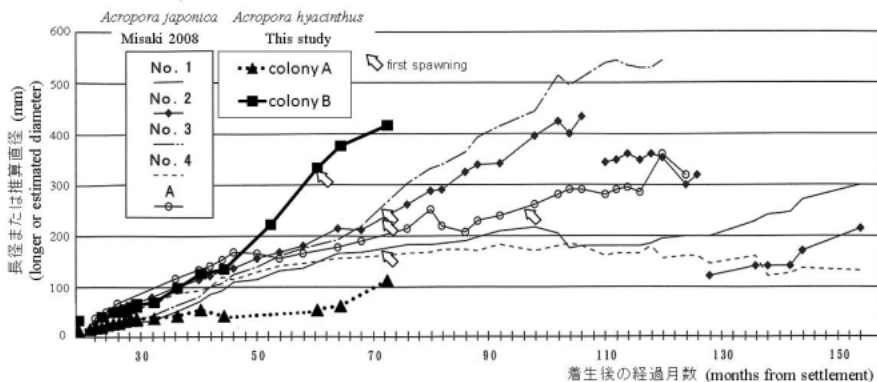


図 4. 御前 (2008) のニホンミドリイシ成長記録と本研究のクシハダミドリイシ成長記録の比較 (御前 2008 を改変)

Figure 4. Comparison of growth records of *Acropora japonica* from Misaki (2008) and *A. hyacinthus* in the present study (modified from Misaki 2008).

## 謝辞

## Acknowledgements

研究所前の海で毎夜サンゴの産卵を観察し続け、本研究でも使われている貴重な産卵データを提供していただいた黒潮生物研究所の目崎拓真博士に謝意を表す。また本研究は、黒潮生物研究所の開所以来最大のテーマのひとつとして全ての職員が何らかの形で関わっている。その間、研究所の研究員として活動を共にした中地シュウ氏、田中幸記氏、長岡知香さん、野澤洋耕博士、James D. Reimer 博士に謝意を表す。さらに、串本海中公園センターの御前洋前館長には、ニホンミドリイシに関する資料をはじめ、日本各地の水族館におけるサンゴの繁殖に関する貴重な資料を提供していただいた。感謝申し上げる。

最後に、研究所周辺の海域において、研究所の研究員や関係者が自由に研究することを許し、温かく見守っていただいている大月町西泊の住民の皆様に心より感謝申し上げます。皆様のご支援がなければ、この研究を完遂することはできませんでした。

## 引用文献

## References

- Babcock, R.C., A.H. Baird, S. Piromvaragorn, D.P. Thomson and B.L. Willis. 2003. Identification of Scleractinian Coral Recruits from Indo-Pacific Reefs. *Zoological Studies*, 42(1):211-226.
- 舟尾隆, 2006. 駿河湾におけるイシサンゴ目エダミドリイシの繁殖と稚サンゴの成長(第50回水族館技術者研究会発表要旨 8). 動物園水族館雑誌, 47(4): 126.
- 舟尾隆・小松恒久, 2001. 沼津市内浦沿岸におけるエダミドリイシ群集の現在及び観察地と水槽内で得られたエダミドリイシ配偶子と成長. 日本サンゴ礁学会第4回大会講演要旨集. 13.
- Gladfelter, E.H., R.K. Monahan, and W.B. Gladfelter. 1978. Growth rates of five reefbuilding corals in the northeastern Caribbean. *Bull. Mar. Sci.*, 28(4): 728-734.
- Harriott, V.J. 1999. Coral growth in subtropical eastern Australia. *Coral Reefs*, 18: 281-291.
- 林 徹, 2003. クシハダミドリイシの卵採集法について. *CURRENT*, 4(2): 2-3.
- 林 徹, 2004a. クシハダミドリイシの飼育法について ―卵の受精からプラヌラの飼育まで―. *CURRENT*, 4(4): 2-3.
- 林 徹, 2004b. クシハダミドリイシの飼育法について ―プラヌラから稚サンゴの飼育―. *CURRENT*, 5(1): 2-4.
- 林 徹, 2005a. クシハダミドリイシの飼育法について ―海への移植と稚サンゴの成長―. *CURRENT*, 5(4): 6-7.
- 林 徹, 2005b. ミドリイシ属サンゴの種苗生産について ―いかだを使った中間育成―. *CURRENT*, 6(2): 2-3.
- 林 徹, 2007. クシハダミドリイシの飼育法について ―5年目の稚サンゴの成長―. *CURRENT*, 8(2): 2.
- 林徹・岩瀬文人, 2005. 垂下式筏によるミドリイシ属サンゴの中間育成について. 日本サンゴ礁学会第8回大会講演要旨集. 85.
- Hayashi, T. and F. Iwase. 2006. Artificial breeding method of *Acropora hyacinthus* (Scleractinia, Cnidaria). *Proc. 10th. Int. Coral Reef Symposium, Okinawa*: 1684-1688.
- 林 徹・中地シュウ・岩瀬文人, 2000. ケイ酸カルシウムチップを用いたクシハダミドリイシ種苗の作成. 日本サンゴ礁学会第3回大会講演要旨集. 10.

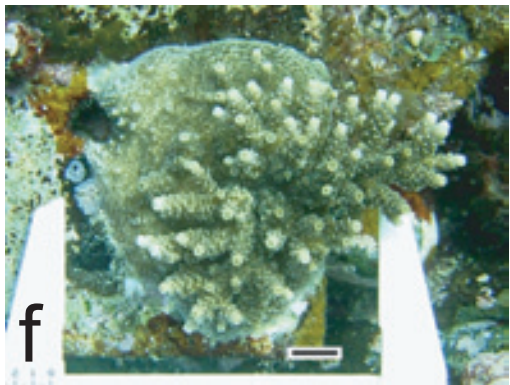
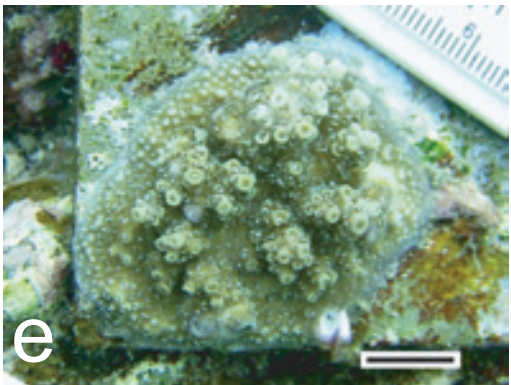
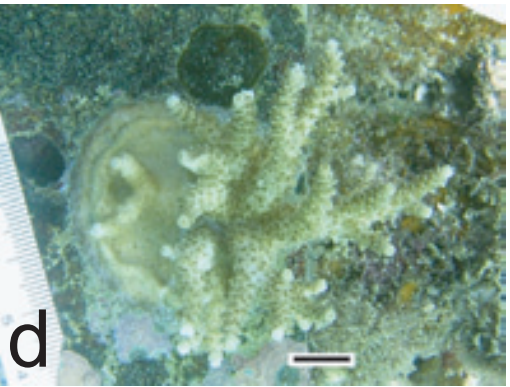
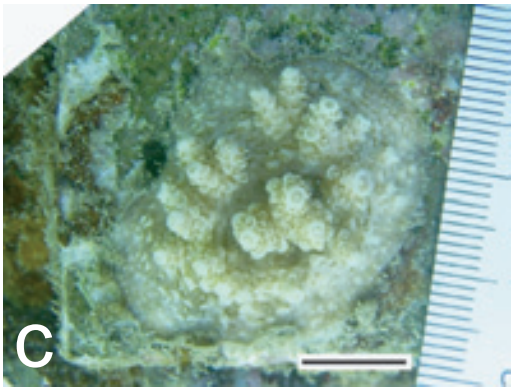
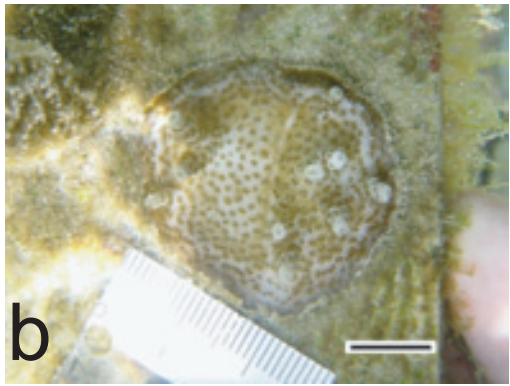
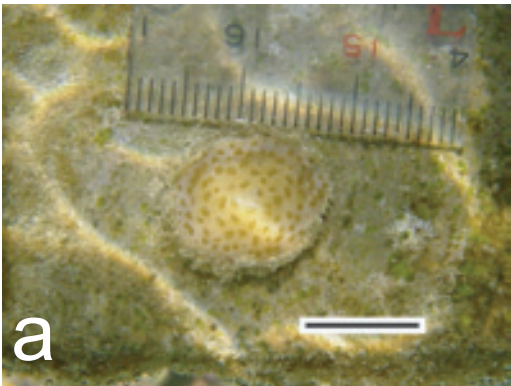
- 岩下 勉・二宮早由子・横地洋之, 2002. ミドリイシ科の造礁サンゴ3種の初期成長について. 日本サンゴ礁学会第5回大会講演要旨集. 18.
- 岩瀬文人, 2006. サンゴ採卵器の改良. CURRENT, 7(2): 4-5.
- 岩瀬文人・深見公雄・目崎拓真・野澤洋耕, 2006. イシサンゴ類幼生の着生場所の選択について. 日本サンゴ礁学会第9回大会講演要旨集. 99.
- 御前洋, 2001. 生後6年ではじめて配偶子を放出したオヤユビミドリイシについて. 海中公園情報, 132: 18-20.
- 御前洋, 2003. 飼育下におけるイシサンゴ類の繁殖について(第47回水族館技術者研究会発表要旨18). 動物園水族館雑誌, 44(4): 114.
- 御前洋, 2008. 飼育下におけるニホンミドリイシの生長と繁殖について. 動物園水族館雑誌, 49(2): 29-36.
- 森滝丈也・高村直人・小坪祐子・浅野四郎, 2006. 水槽内におけるイシサンゴ類の飼育と繁殖(第50回水族館技術者研究会発表要旨7). 動物園水族館雑誌, 47(4): 126.
- 中地シュウ, 2003a. クシハダミドリイシの生殖腺の構造. CURRENT, 4(2): 4-5.
- 中地シュウ, 2003b. クシハダミドリイシの生殖腺の構造. 日本サンゴ礁学会第6回大会講演要旨集. 6.
- 西平守孝・J.E.N. Veron. 1995. 日本の造礁サンゴ類. 海游舎, 東京. pp. 439.
- 野澤洋耕, 2007a. 造礁サンゴ類における幼生の分散機構の解明にむけてーエンタクミドリイシ幼生を用いて行った予備実験の報告ー. CURRENT, 8(1): 2-3.
- 野澤洋耕, 2007b. 造礁サンゴ、ミドリイシ類2種における幼生の生存期間について. CURRENT, 8(3): 4-5.
- 野澤洋耕, 2007c. 稚サンゴの生存における微地形(ギャップ)の効果. 日本サンゴ礁学会第10回大会講演要旨集. 83.
- Nozawa, Y., P.L. Harrison. 2007. Effects of elevated temperature on larval settlement and post-settlement survival in scleractinian corals, *Acropora solitaryensis* and *Favites chinensis*. Mar. Biol., 152: 1181-1185.
- 登別マリンパークニクス, 2007. 31. ウチウラタコアシサンゴ *Rhizotrochus typus* (自然). 平成18年度繁殖表彰ー受賞動物の記録資料(18-36)ー. 動物園水族館雑誌, 48(2): 72-73.
- Peterson, D., J. Falcato, P. Gilles and R. Jones. 2007. Sexual reproduction of scleractinian corals in public aquariums: current status and future perspectives. Int. Zool. Yb., 41: 122-137.
- 東海大学海洋科学博物館, 2007. 31. キクメイシ *Favia speciosa* (自然). 平成18年度繁殖表彰ー受賞動物の記録資料(18-36)ー. 動物園水族館雑誌, 48(2): 72.
- van Moorsel, G.W.N.M. 1988. Early maximum growth of stony corals (Scleractinia) after settlement on artificial substrata on a Caribbean reef. Mar. Ecol. Prog. Ser., 50: 127-135.
- Wallace, C.C. 1985. Reproduction, recruitment and fragmentation in nine sympatric species of the coral genus *Acropora*. Marine Biology, 88: 217-233.

図版 1 の説明  
**Explanation of plate 1**

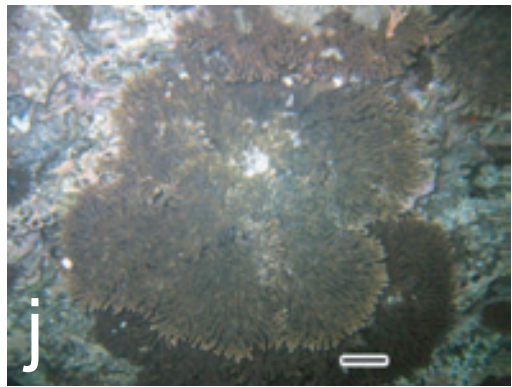
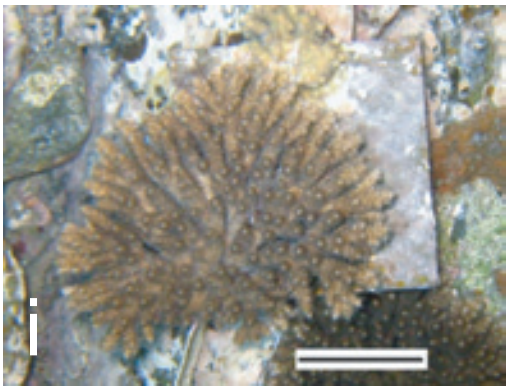
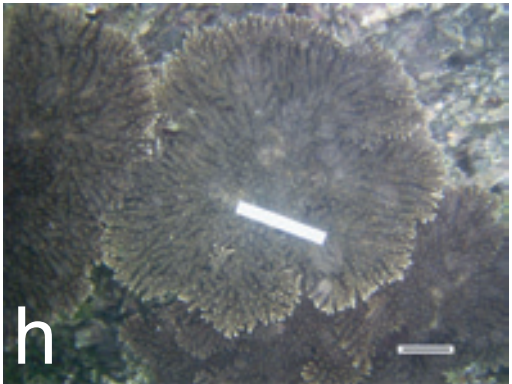
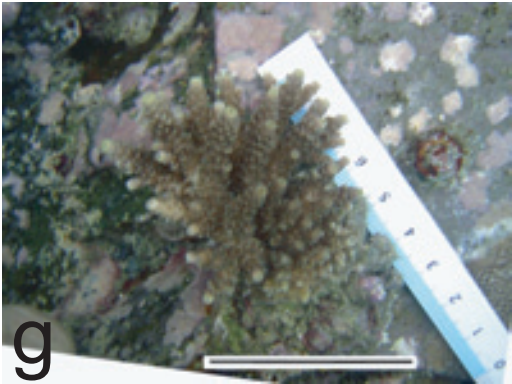
|   |            |            |          |
|---|------------|------------|----------|
| a | : colony A | 2003/09/15 | 420 days |
| b | : colony B | 2003/09/29 | 434 days |
| c | : colony A | 2004/08/07 | 747 days |
| d | : colony B | 2004/08/05 | 745 days |
| e | : colony A | 2004/12/21 | 883 days |
| f | : colony B | 2004/12/21 | 883 days |

図版 2 の説明  
**Explanation of plate 2**

|   |            |            |            |
|---|------------|------------|------------|
| g | : colony A | 2007/07/12 | 1,816 days |
| h | : colony B | 2007/07/12 | 1,816 days |
| i | : colony A | 2008/07/13 | 2,183 days |
| j | : colony B | 2008/07/13 | 2,183 days |



Bar: 1cm



Bar: 5cm