

沖縄島泡瀬産リュウキュウアマモ *Cymodocea serrulata* の開花過程

野中圭介^{1,2}・與那覇健次^{3,4}

¹ 財団法人港湾空港建設技術サービスセンター沖縄支部 (〒900-0016 沖縄県那覇市前島 2-21-13 ふそうビル 12 F)

² 現所属：沖縄環境調査株式会社 (〒900-0003 沖縄県那覇市安謝 2-6-19)

³ 沖縄総合事務局那覇港湾・空港整備事務所中城湾港出張所 (〒904-2162 沖縄県沖縄市海邦町 3-25)

⁴ 現所属：内閣府沖縄振興局 (〒100-8970 東京都千代田区霞が関 3-1-1 中央合同庁舎)

Keisuke Nonaka^{1,2}, Kenji Yonaha^{3,4}: Flowering process of *Cymodocea serrulata* (R. Brown) Ascherson and Magnus at Awase, Okinawa Island, Japan. Jpn. J. Phycol. (Sôruï) 58: 123-128, July 10, 2010

Cymodocea serrulata (R. Brown) Ascherson and Magnus is one of the representative species forming tropical seagrass beds. While male flowers, female flowers, and seeds of this species were found overseas, only few studies were reported in Japan. During the research we conducted over 2 years from 2004 in Awase, Okinawa Island, Japan, we observed 116 male flowers in 67 shoots and elucidated their flowering process and period, while 70 female flowers in 70 shoots were observed in the research conducted in 2005. As a result, we determined their approximate formation period. Moreover, the bearing fruits rate was suggested to be very low in view of the fact that we could not find any female plant bearing fruit during our observation.

Key Index Words: *Cymodocea serrulata*, flowering, Okinawa, seagrass

¹ Service Center of Port Engineering, Okinawa Branch Office, 2-21-13-12F Maejima, Naha, Okinawa, 900-0016 Japan

² Present address: Okinawa Environmental Research Co., Ltd, Aja 2-6-19, Naha-City, Okinawa, 900-0003 Japan

³ Okinawa General Bureau, Naha Ports and Airport Office, Nakagusuku Bay Office, 3-25 Kaihou, Okinawa-city, Okinawa, 904-2162 Japan

⁴ Present address: Cabinet Office, Okinawa Development and Promotion Bureau, 3-1-1 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo, 100-8970 Japan

リュウキュウアマモ *Cymodocea serrulata* (R. Brown) Ascherson et Magnus は、インド洋および西太平洋に広く分布し、我が国では奄美諸島以南に分布する熱帯性海草である (Miki 1934, 田中ら 1962, den Hartog 1970, 野沢 1974, 当真 1999, 大森 2000, Green and Short 2003)。本種は雌雄異株であるが (Waycott *et al.* 2004), その開花生態や生殖に関する知見は少ない。海外では den Hartog (1970) により雌花と果実の形態について報告され, Kay (1971) は雌花の形態を詳しく図示している。一方, 雄花は Kirkman (1975) によってオーストラリアで初めて確認され, Kuo and den Hartog (2001) は雄花, Waycott *et al.* (2004) は雄花と種子の写真をそれぞれ掲載している。さらに本種の開花時期について Brouns (1987) がパプアニューギニアにおいて, Waycott *et al.* (2004) が北東オーストラリアにおいて述べている。また, McMillan (1980a, 1980b) は本種を室内培養し, 花の形成要因について述べている。

国内における本種の花の報告も少なく, 沖縄の海草について述べられている Miki (1932, 1934), 田中ら (1962), 野沢 (1974), 当真 (1999) でも確認されていない。しかし 2002 年によやく金本 (2003) によって初確認された。これは当初種子として報告されたが, のちに雄花であることが判明したものである (金本私信)。また, 本調査で得られた雄花・雌花の写真を提供した大場・宮田 (2007) があり, 国

内ではこの 2 例のみである。

筆者らは, 沖縄島泡瀬においてリュウキュウアマモの雄花と雌花の開花過程を水中にて継続的に観察し, 日本国内で初めて花の形態やその詳細な過程, 開花時期を明らかにすることができたので報告する。

材料と方法

沖縄島泡瀬の海草藻場 (Fig. 1) で, 2004 年 11 月 15 日から 2005 年 2 月 16 日と 2005 年 10 月 7 日から 2006 年 3 月 20 日にスキューバとスノーケリングによる潜水でリュウ

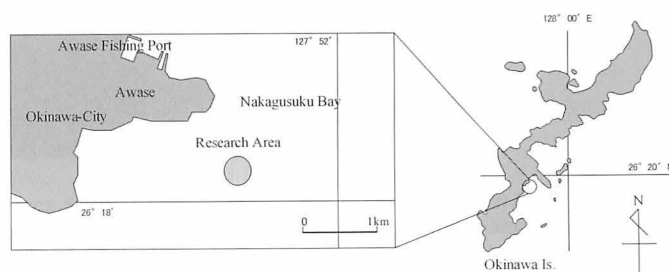


Fig. 1. Map showing the research area at Awase, Okinawa Island, Japan.

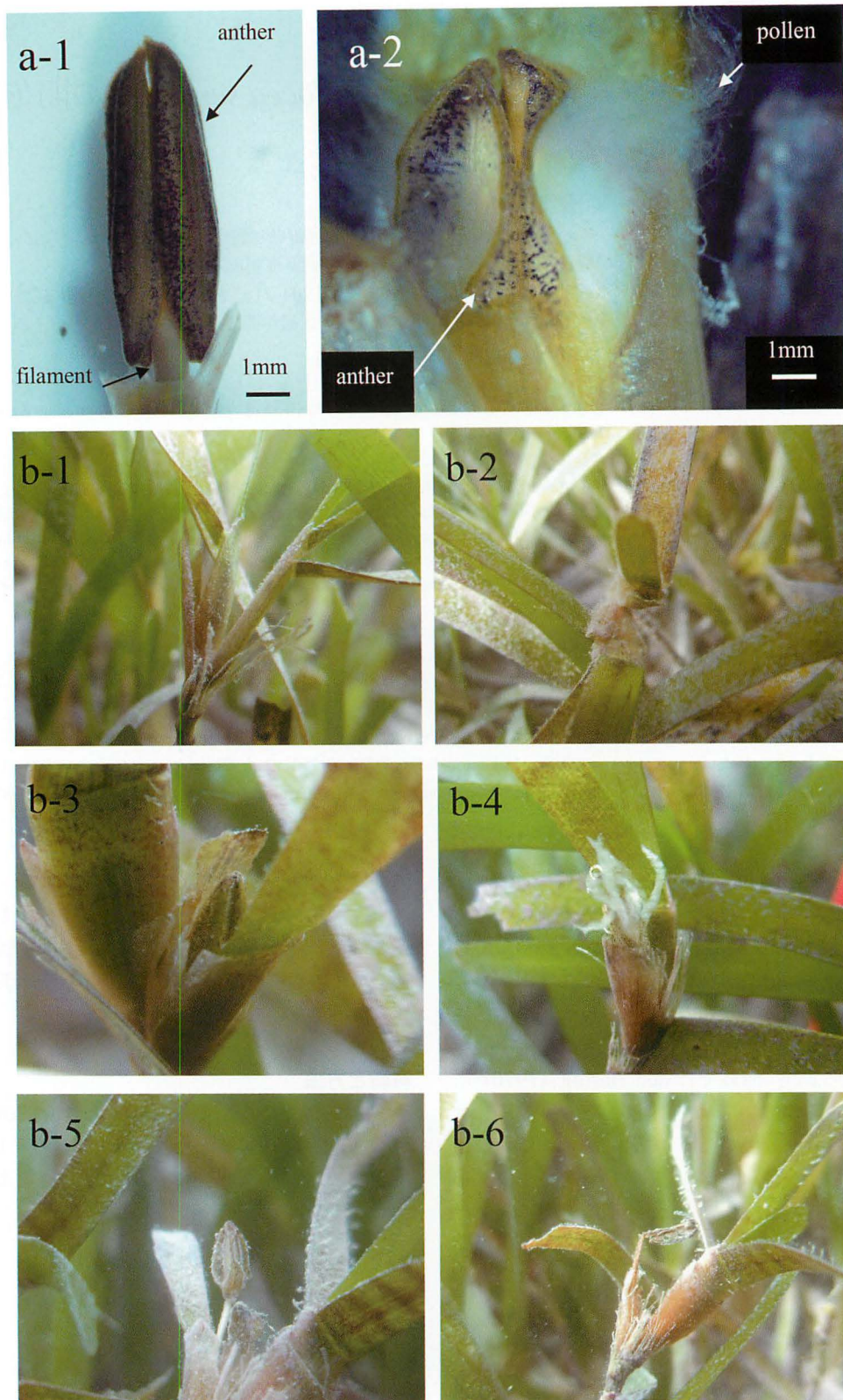


Fig. 2. Male flower of *Cymodocea serrulata* of Awase area in Okinawa Island (a) and its flowering process (b). a-1: Anther and filament (November 19, 2004). a-2: Release of pollen from dehisced anther (November 11, 2004). b-1: Male flower is formed inside leaf sheath and as a result the leaf sheath swells out showing the existence of male flower (November 19, 2004). b-2: Male flower grows and the upper part of the leaf sheath is open (November 30, 2004). b-3: Male flower grows and comes out of the leaf sheath (November 15, 2004). b-4: Anther dehiscence and releases pollen (November 16, 2004). b-5: Male flower turned brown after the flowering remains (November 17, 2004). b-6: Only filaments are left over (November 26, 2004). (The photographs of b-3–b-6 were taken from the same shoot.)

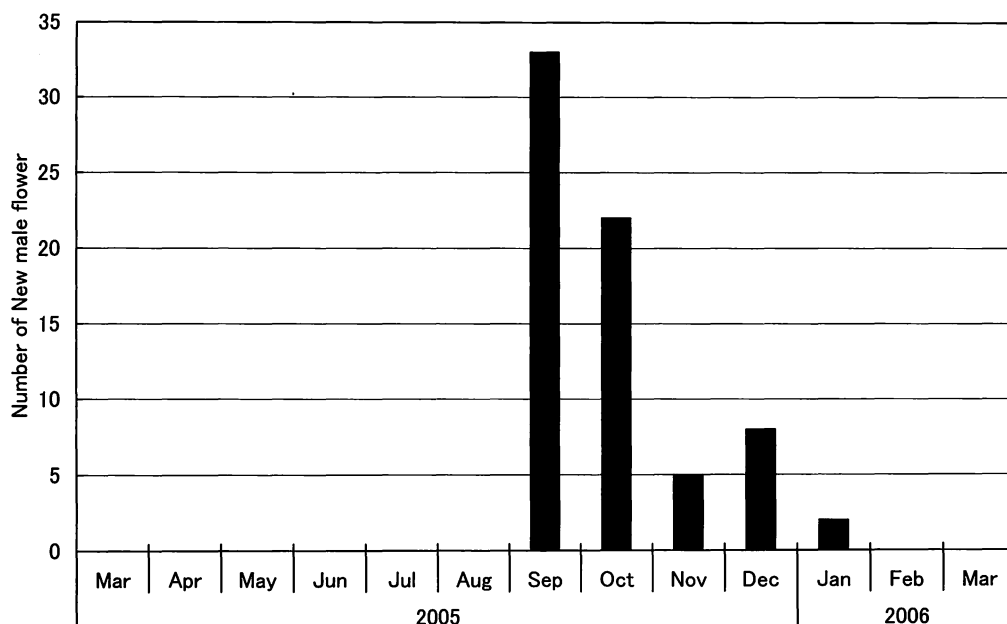


Fig. 3. Occurrence of male flowers of *Cymodocea serrulata* at Awase, Okinawa. The numbers of male flowers found in a 4 x 4 m quadrat were counted between March 2005 and March 2006.

キュウアマモの花の観察を行った。雄花の調査は2004年11月15日から2005年2月16日まで、雄花を付けた計26シュートにプラスチック製の標識を付け、開花過程を計34回の潜水で追跡調査を繰り返した。その後同所で2005年3月より不定期に観察を行い、雄花の形成開始を確認した時点で4x4mの調査区を設け2005年10月7日より調査を開始した。その後は調査区内で雄花を確認したシュートに随時標識を付け、最終的に計41シュートを2006年3月2日まで計40回にわたり追跡調査した。雌花についての調査は、雄花の調査区から約200m離れた海域で雌花を付けた20シュートに標識を付け、2005年10月18日から2006年1月27日までに26回にわたって雌花の発達過程を観察した。また2005年11月11日には結実の有無を確認するために雌花を付けた50シュートに標識を付け2006年3月20日までの間で計12回の観察調査を行った。

なおこの調査においては、「雄花の葯が裂開し糸状の花粉を放出する」段階を「開花」とした。

結果

雄花の観察

2004年11月から2005年2月まで実施した調査では26シュートから44個、2005年10月から2006年3月まで実施した調査では41シュートから72個の雄花をそれぞれ確認し、全調査期間で確認された雄花は合計116個であった。2004年の調査で確認したリュウキュウアマモの雄花の形態をFig. 2に示す。このうち、a-1は開花前、a-2は開花中の写真である。本種の雄花は、花糸と葯からなり、葯は4つの葯室で構成されている。その花糸 (filament) は幅が約1

mm、葯 (anther) の長さは約10mmで、個々の葯室の幅は開花前には約1mmの大きさであった (Fig. 2, a-1)。また、この葯室の中には繊維状の花粉の束が螺旋状に収縮して収まっていた。花粉の放出が認められた葯では、黄緑色の地に黒または赤褐色系の斑紋が観察された (Fig. 2, a-2)。開花については、雄花は葉鞘の中に分化し、その後葉鞘から伸び出てきた葯から糸状の花粉が綿のようになって放出することが確認された。それによれば、まず葉鞘内に雄花が形成され、およそ5mm程度に成長すると膨らんだ葉鞘から触感で確認できた (Fig. 2, b-1)。その後は、雄花が成長して膨らんだため、葉鞘の上部が開き雄花が目視できる状態になり (Fig. 2, b-2)、さらに雄花が成長して10mm程度になると葉鞘から伸び出した状態になった (Fig. 2, b-3)。そこから雄花が開花し、葯が裂開し花粉を放出した (Fig. 2, b-4)。開花後の雄花は、裂開した葯が開いたまま褐色になり (Fig. 2, b-5)、その後は葯が消失し花糸のみが残った (Fig. 2, b-6)。2005年10月から実施した調査で、毎月新たに調査区内で葉鞘内に形成された雄花の個数をまとめると、10月から2月にかけて雄花が形成されることが分かり、なかでも10月が最も多かった (Fig. 3)。また、同一の葉鞘から複数の雄花が形成された。葉鞘内で1つの雄花が開花してから新たな雄花が形成されるだけでなく、複数の雄花が成熟の差をもちながら形成される様子も確認され、1つの葉鞘内に成熟段階の異なる雄花が3個同時に観察されることもあった。一方、本種の開花時期は、開花もしくは開花後の雄花が確認された時期から10月から1月であった。さらに雄花の形成開始から開花までの時間は、葉鞘内で確認した雄花が開花もしくは開花後に至るまでの日数が平均で19.6日であり、葉鞘から雄花が伸び出た後、開

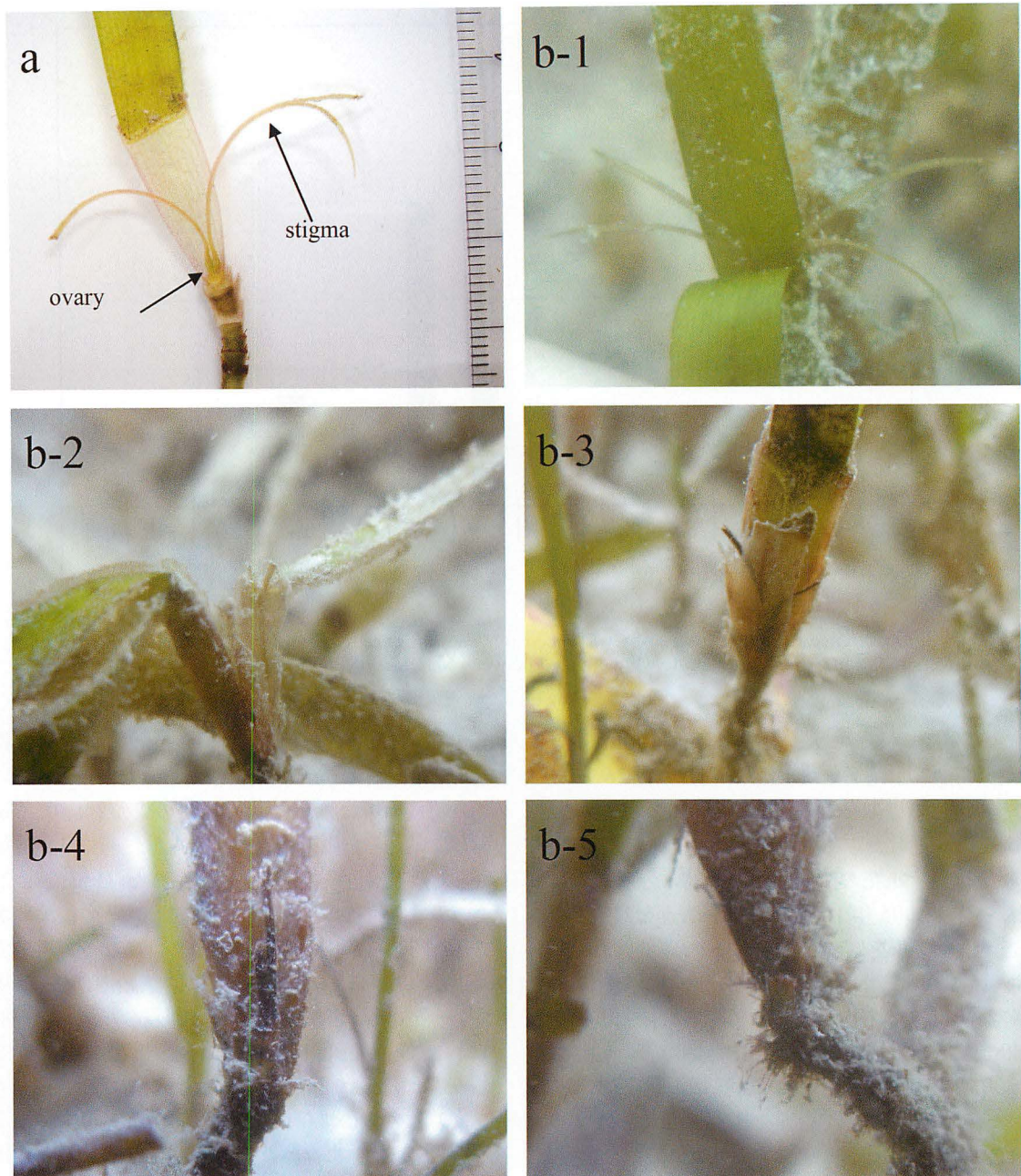


Fig. 4. Female flower of *Cymodocea serrulata* of Awase area in Okinawa Island, Japan (a) and its flowering process (b). b-1: A bifurcated stigma can be seen among leaf sheath (October 20, 2005). b-2: The stigma becomes shorter and the leaf sheath itself begins to breakdown (October 21, 2005). b-3: The stigma turns brown (November 25, 2005). b-4: Brown-colored female flower exposes itself, once the leaf sheath has been lost (December 28, 2005). b-5: Only base of the pedicel remains (December 12, 2005). (All the photographs were taken from different shoots.)

花または開花後までに至る日数は平均 6.6 日であった。なお、本調査期間中に筆者らが確認した開花は 6 個で、その全てが水面下で開花していた。そのうちの 1 個の雄花は 11 月の夜間 (3:00) の干潮時に開花を確認し、その後 12 時間後の観察でも花粉を放出していることを確認した。

雌花の観察

2005 年 10 月 17 日に、先に述べた雄花の調査区から約

200 m 離れたリュウキュウアマモの群落の中に多数の雌花を発見した。この雌花では、葉鞘内に 2 つの子房があり、そこからそれぞれ花柱および柱頭が伸び、柱頭の先が二分岐していた。また、子房から柱頭の先端までの長さは 2 ~ 3 cm であった (Fig. 4, a)。本調査では、この 1 葉鞘内に形成された 1 対の子房およびそこから伸びる 2 本花柱・柱頭を 1 個の雌花として観察し、その雌花の過程を示した (Fig. 4, b)。当初は葉鞘の間から伸長し二分岐した 2 本の柱頭が確認

され (Fig. 4, b-1), やがてこの柱頭は次第に短くなり葉鞘も壊れ始め (Fig. 4, b-2), 雌花全体も褐色に変色した (Fig. 4, b-3)。その後は柱頭が短くなった雌花が露出した (Fig. 4, b-4)。受粉をすれば子房が膨らみ果実を形成するはずだが、それは見られずに雌花は脱落し最終的に花柄基部のみが残った (Fig. 4, b-5)。この雌花を形成したシュートは5 m 四方の海域に局所的にはあるが200~300シュートの群落として密生していた。10月18日に観察を開始した20シュートにそれぞれ形成された20個の雌花は、先述の過程を経て翌年の1月10日まで見られたが、やがて花柄基部だけを残して1月16日に消失した。同じ群落内の11月11日に観察を開始した50シュートも形成された50個の雌花について同様の追跡調査を行なったが、3月20日になっても結実をしないまま花柄基部を残し消滅した。今回調査を行った合計70個の雌花の全てで結実を確認できなかった。なお、雌花の調査区内およびその周辺では雄花は見られなかったが、この雌花の調査区から10 m程離れた海域ではわずかに少数の雄花が観察された。

考 察

リュウキュウアマモの雄花は、1973年にオーストラリアのクイーンズランドにて初めて発見された (Kirkman 1975)。一方、我が国においては2002年に沖縄島与那城町地先 (現うるま市) において観察されたのが雄花の初めての報告である (金本 2003)。当初、この報告では成熟前の種子とされていたが後に雄花であることがわかり、その後本調査海域の近くでも雄花が見つかったという (金本私信)。

本種は雌雄異株で、雄花は葉鞘の中にあり、成熟すると葉鞘から雄花が伸び出て、暗赤色もしくは紫色の葯から花粉が放出されるという (Waycott *et al.* 2004)。また、本属は糸状の花粉を有し、水中で開花することが知られている (Ackerman. 2006)。本調査で確認した雄花はその色調では異なる点もあるものの、生殖器官の形態的な特徴はこれらの記述と概ね一致していた。

本種の開花時期について、大場・宮田 (2007) は花期を9~10月としている。しかし、2005年の観察により雄花は10~2月に形成され、そのうちの確認した全72個のうち75%にあたる55個が10~11月に形成された。また開花時期は10~1月であった。しかし、葉鞘内に形成された雄花が開花までに要する時間は平均19.6日であったが、これを開花した月別にまとめると各月の平均は10月開花10.4日、11月開花16.6日、12月開花15.6日に対して、1月開花46.0日と大きな差が確認された。以上のことから本種の雄花は10~11月に形成され、それが約10~15日経て10~12月に開花するものと推察された。また今回の調査では、12月頃以降に形成される雄花は先に述べた雄花の開花過程と異なり、非常に小型のものや褐色を呈すものなどがみられた。これらはその後開花の形跡もなく消失するものが多く、これはこの時期の花粉が受精に関与していないことを示唆す

るものであった。

今回の調査で開花を観察した6個の雄花は、水面下で花粉が放出され、昼夜共に確認された。また開花時間については、1個の雄花は開花確認後から12時間後の観察でも花粉の放出が確認されたこと、それ以外では開花確認の翌日には花粉放出後の雄花を観察できたことから、花粉の放出は長くても1日程度であろうと推察された。さらにこれらの開花は全て (財) 日本気象協会 (2003) による中潮に行われた。しかし、大潮後の中潮、小潮後の中潮の両方で確認されており、本調査から潮位や月齢、明暗などとの明確な関連性は確認できなかった。また、雄花が互いに同調して一斉に開花するような現象も確認されなかった。しかし、ウミショウブ *Enhalus acoroides* (L. f.) Royle (Hydrocharitaceae) のように大潮干潮時に一斉に開花が見られる種もある (横地 1985) ことから、今後より詳細な観察を続けたい。

リュウキュウアマモの雌花の報告は、我が国ではこれまでに本調査の写真を提供した大場・宮田 (2007) のみである。しかし、海外ではニューカレドニアやケニアで確認されており、その報告によれば雌花の子房はその長さがわずかに1.5 mmで、花柱は2~4 mm、柱頭は23~27 mmであるという (den Hartog 1970)。また雌花の形態も詳しく研究されており、2つの小さな子房からそれぞれ細長く花柱および柱頭が伸び、先が二叉する特徴を有している (Kay 1971)。今回確認された雌花は、これらの報告に概ね一致した。また、筆者らは本調査の翌年 (2006年) の10~11月に同海域で多数の雌花を観察している (未発表資料)。このことから、本種の雌花は雄花と同様に10~11月に形成されている可能性があるが、この点については更に今後観察を続けたい。

さらに、本種は長径10 mm程度の楕円形で褐色の硬い種子を作り、その表面に3本の隆起線があるという (Waycott *et al.* 2004)。しかし、筆者らの調査では果実や種を確認できなかった。本種の繁殖は、地下茎の伸長による栄養生殖によるものではないかともいわれている (当真 1999)。今回種子を観察されなかったことから、沖縄島泡瀬の本種では、種子よりも地下茎で繁殖している可能性が高いことが考えられた。今後も観察を継続し、本種の繁殖戦略の解明につなげたい。

謝 辞

本稿をまとめるにあたり、鹿児島大学水産学部学部長の野呂忠秀教授には、貴重なご意見や文献をご紹介頂くと共に本稿の校閲をして頂いた。また、独立行政法人港湾空港技術研究所の内村真之博士にもご指導を頂いた。宮田昌彦博士 (千葉県立中央博物館)、大場達之博士 (同) にも、それぞれ貴重なご意見や文献のご紹介を頂いた。沖縄総合事務局那覇港湾・空港整備事務所の三宅光一所長 (当時)、中城港湾出張所の池原興栄出張所長 (当時) には研究の機会を与えて頂き、(財) 港湾空港建設技術サービスセンターの久保宗賢氏 (当時) には現地調査において多大なご協力を頂いた。この場を借り

て心より感謝申し上げたい。最後に懇切丁寧に査読していた
だき、貴重なご意見を頂いた二人の審査員に深く感謝申しあ
げる。

引用文献

- Ackerman, J. D. 2006. Sexual Reproduction of Seagrass: Pollination in the Marine Context. In: Larkum, A. W. D, Orth, R. J and Duarte, C. M. (eds.) Seagrass: Biology, Ecology and Conservation. pp. 89-109. Springer, Dordrecht.
- 相生啓子 2004. アマモ場造成と環境保全機能. 海洋と生物 153: 303-308.
- Brouns, J. J. W. M. 1987. Aspects of production and biomass of four seagrass species (Cymodoceoideae) from Papua New Guinea. Aqua. Bot. 27: 333-362.
- den Hartog, C. 1970. The Sea-grasses of the world. pp. 171-176. North Holland Publishing Company, Amsterdam.
- Green, E. P and Short, F. T. 2003. World Atlas of Seagrasses. University of California Press, Cambridge.
- 金本自由生 2003. 日本初記録のリュウキュウアマモの種子. 沖縄生物学会第 40 回大会講演要旨集, pp. 11.
- Kay, Q. O. N. 1971. Floral structure in the marine angiosperms *Cymodocea serrulata* and *Thalassodendron ciliatum* (Cymodocea ciliatum). Bot. J. Linn. Soc. 64: 423-429.
- Kirkman, H. 1975. Male floral structure in the marine angiosperm *Cymodocea serrulata* (R. Br.) Ascherson and Magnus (Zannichelliaceae). Bot. J. Linn. Soc. 70: 267-268.
- Kuo, J. and den Hartog, C. 2001. Seagrass taxonomy and identification key. In: Short, F. T. and Coles, R.G. (eds.) Global Seagrass Research Methods. pp. 31-58. Elsevier, Durham.
- McMillan, C. 1980a. Flowering under controlled conditions by *Cymodocea serrulata*, *Halophila stipulacea*, *Syringodium isoetifolium*, *Zostera capensis* and *Thalassia hemprichii* from Kenya. Aqua. Bot. 8: 323-336.
- McMillan, C. 1980b. Staminate flowers under controlled conditions by *Cymodocea serrulata* from Kenya. Aqua. Bot. 9: 291-295.
- Miki, S. 1932. On the sea-grass new to Japan. Bot. Mag. Tokyo, 46: 774-788.
- Miki, S. 1934. On the sea-grass in Japan (II). Cymodoceae and marine Hydrocharitaceae. Bot. Mag. Tokyo, 48: 131-142.
- 森田健二 2004. アマモ場造成の実践からみた生物多様性の保全とアマモ場成立条件の検証. 海洋と生物 153: 330-335.
- 野沢治治 1974. 海の遺伝. 遺伝 28(8): 43-49.
- 大場達之・宮田昌彦 2007. 日本海草図譜. pp. 12, 54-55. 北海道大学出版会, 北海道.
- 沖縄県文化環境部自然保護課 2000. 藻場のはなし. 香村真徳 (監). 第一印刷 (株), 沖縄.
- 大森雄治 2000. 日本の海草—分布と形態—. 海洋と生物 131: 524-532.
- 田中剛・野沢治治・野沢ユリ子 1962. 南西諸島に産する Seagrass について. 鹿児島大学南方産業科学研究報告 105-111.
- 当真武 1999. 琉球列島の海草—I. 種類と分布. 沖生誌 37: 75-92.
- 海の自然再生ワーキンググループ 2003. 海の自然再生ハンドブック. 第 3 巻藻場編. 国土交通省 (監). ぎょうせい, 東京.
- Waycott, M. McMahon, K. Mellors, J. Calladine, A. and Kleime, D. 2004. A guide to tropical seagrasses of the Indo-West Pacific. pp. 28-29. James Cook University, Townsville.
- 横地洋之 1985. 海に咲く花—西表島のウミシヨウブについて. 海中公園情報 64: 7-9.
- 財団法人日本気象協会沖縄支店 2003. 平成 16 年沖縄の気象暦. 沖縄.

(Received September 12, 2008; Accepted April 15, 2010)