

## 緑藻リボンアオサの培養における生活史

右田 清治・藤田 雄二

長崎大学水産学部 (〒852 長崎市文教町1-14)

MIGITA, S. and FUJITA, Y. 1987. The life history of *Ulva fasciata* DELILE (Chlorophyceae, Ulvales) in culture. Jap. J. Phycol. 35: 226-230.

The life history of *Ulva fasciata*, collected from Nomozaki, western Kyushu, was studied in laboratory culture. The formation of gametes and zoospores was observed almost throughout the year at Nomozaki. The gametes are pear-shaped, with two flagella, one eyespot and showing positive phototaxis. The gametes from different sex conjugated anisogamously. The zygotes began to germinate and developed into lanceolate thalli, having single and lobed blades. Parthenogenetic germination of female and male gametes was also observed. The dentate cells began to form along the marginal parts after the thalli attained to length of 1-2 cm. They were abundant on young thalli, but scarce on fully grown or adult thalli. The zoospores were produced on the thalli developed from zygotes. The zoospores are bigger than the gametes and have four flagella, but their shape and behavior closely resemble those of the gametes. The chromosome number of this alga was counted to be nine in haploid phase and eighteen in diploid phase. The results show that the life history of *Ulva fasciata* consists of an alternation of isomorphic generations.

**Key Index Words:** *Ulva fasciata*; Chlorophyceae; Life history; Chromosome number.  
Seiji Migita and Yuji Fujita, Faculty of Fisheries, Nagasaki University, Nagasaki, 852 Japan.

緑藻リボンアオサ *Ulva fasciata* は、体がリボン状の裂葉に分かれ、縁辺に顕微鏡的鋸歯を持つアオサ属の1種で、世界各地の暖海域に生育する。日本ではYAMADA (1935) によって沖縄でその生育が報ぜられ、その後日本の中南部に広く分布することが知られている。本種の生殖については配偶子や遊走子が知られているが (GAYRAL 1963, SUBBARAJAIAH 1970, MSHIGENI and KAJUMULO 1979), 生活史の一循環は明らかにされていない。また、日本では梶村 (1973) が島根県産のリボンアオサで配偶子の単為生殖を繰返していると報告している。

筆者らは、長崎市付近に生育するリボンアオサで、配偶子と遊走子の形成、放出を以前から観察していたが、1984年に室内培養でその生活史を完結し、葉体一葉体のアオサ・アオノリ型 (シオグサ型) をとることを明らかにしたので、生育生態や染色体数の観察と合せて報告する。

### 材料と方法

培養実験に用いたリボンアオサは、長崎県野母崎町の野母港内に設置してある長崎大学水産実験所の養殖

筏より1984年6月に採集した。それらを1個体毎に管瓶に入れ、まず2鞭毛の配偶子を放出したものをを選び、さらに接合を調べて雌雄の組合せで配偶子液を等量同一シャーレに入れ、負の走光性で暗所に集まった接合子をピペットアップして培養を開始した。接合子の発芽体は約1mmの長さまではシャーレの止水中で培養し、その後は枝付平底フラスコで通気培養した。また、それらの生長した孢子体が成熟し、放出した遊走子を接合子の場合と同様にして培養した。培養は20~22°C, 12:12の光周期、白色蛍光灯光2,500 luxのもとで行ない、培養液にはPES液を用い、止水では1週間、通気では2日毎に換水した。

天然の生育生態は、前記水産実験所の筏および長崎港内の浮棧橋に付着生育するリボンアオサ群落から、1984年より2年間機会ある毎に20~30個体を採集し、形態、生殖、繁茂状態などの概略を調査した。また、染色体数を観察した核染色には、酢酸アルコール固定、WITTMANN法を用いた。

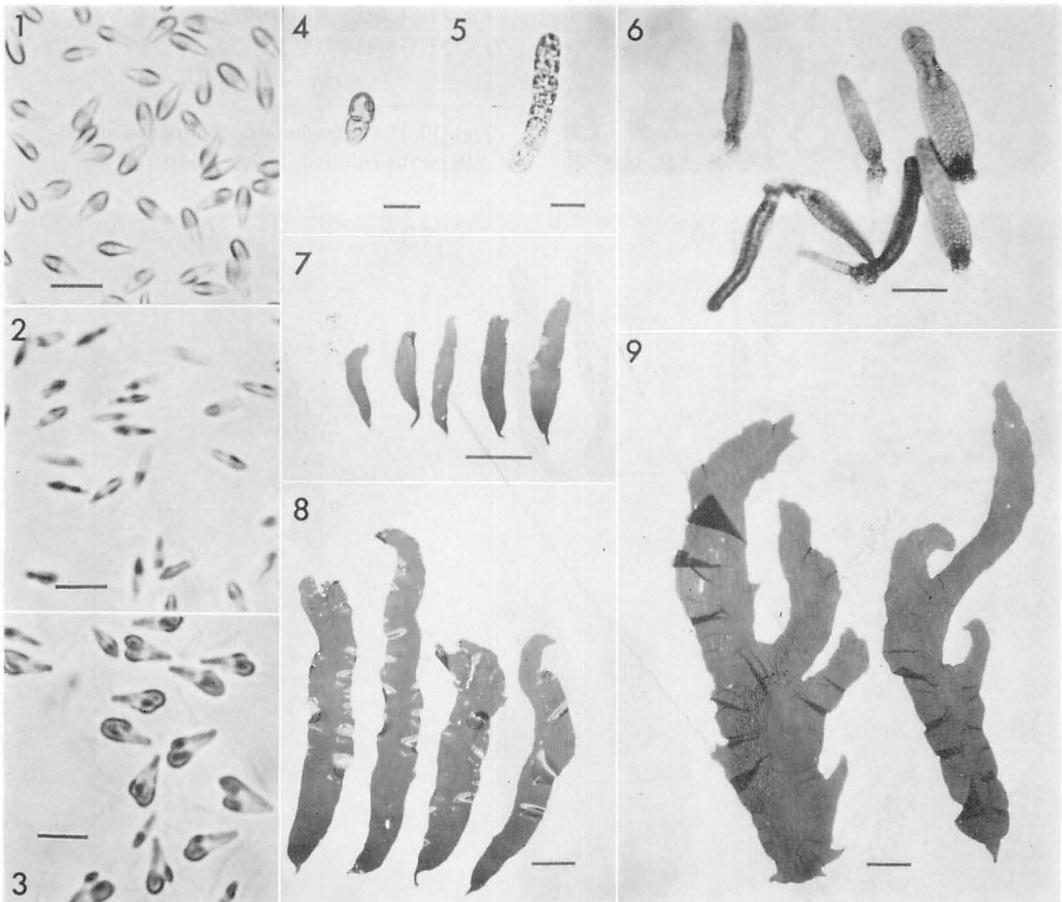
### 結 果

リボンアオサは、長崎市周辺では潮間帯下部の岩上

にもまれにみられるが、常時海中にある筏や棧橋の側壁で多く生育している。本種の葉体は周年みられ、一般に春より初夏にかけてよく繁茂し、初秋の一時期衰微する。これらの場所ではアナアオサと混生するが、本種はアナアオサのように穴があかず色がややうすく、とくにリボン状の裂葉を持つなど、両種の区別は容易である。生育期間中は何時でも成熟葉体のみられ、それらの放出胞子は時期や場所により配偶子が多い場合、遊走子が多い場合があるが、常に両者がみられた。また、1年間を通じてみると配偶体の雌雄比はほぼ1:1であった。

リボンアオサの配偶子は、長い西洋梨型で1個の色素体と眼点を有し、等長の約  $11\ \mu\text{m}$  の2鞭毛を頂生

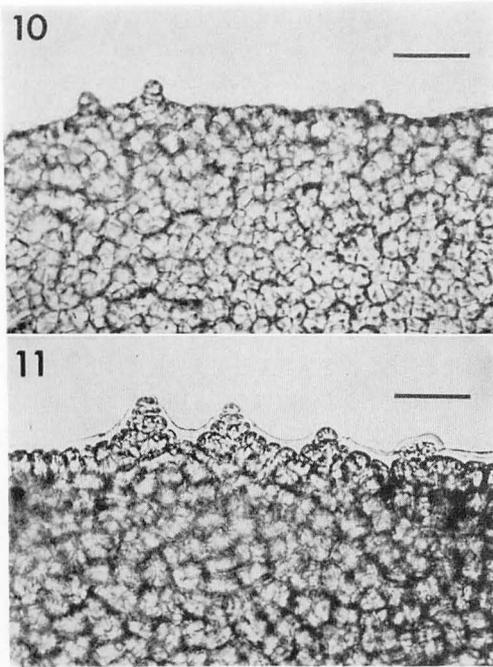
する。配偶子は雌雄で大きさが若干相違し、雌性配偶子は長さ  $6.5\sim 8.0\ \mu\text{m}$  太さ  $3.0\sim 4.2\ \mu\text{m}$  で (Fig. 1), 雄性配偶子は長さ  $5.5\sim 7.0\ \mu\text{m}$  太さ  $2.0\sim 2.5\ \mu\text{m}$  であった (Fig. 2)。なお、雌性配偶子嚢内では8, 16まれに32個、雄性配偶子嚢内では16, 32きわめてまれに64個の配偶子がつくられた。雌雄の配偶子は1, 2分以内の短時間でよく接合し (Fig. 3), 配偶子が正の走光性を示すのに、接合子は負の走光性でシャーレの暗い方に集るので、ピペットアップで容易に接合子のみを分離培養できた。接合子は付着後径  $4.2\sim 5.0\ \mu\text{m}$  の球状となり、直ちに発芽して3日後には上下に2分裂し (Fig. 4), 7日後には6~8細胞の1列の体に生長した (Fig. 5)。発芽体はやがて下部の細胞から糸状



Figs. 1-9. *Ulva fasciata*. Gametes and development of zygotes.

1. Female gametes. 2. Male gametes. 3. Fusion of gametes. 4. 3-day-old germling from the zygote. 5. 7-day-old germling. 6. 25-day-old germlings. 7. Young sporophytes from the zygotes after 35 days culture. 8. 45-day-old sporophytes, forming lobes. 9. 2-month-old sporophytes, having deeply lobed blades.

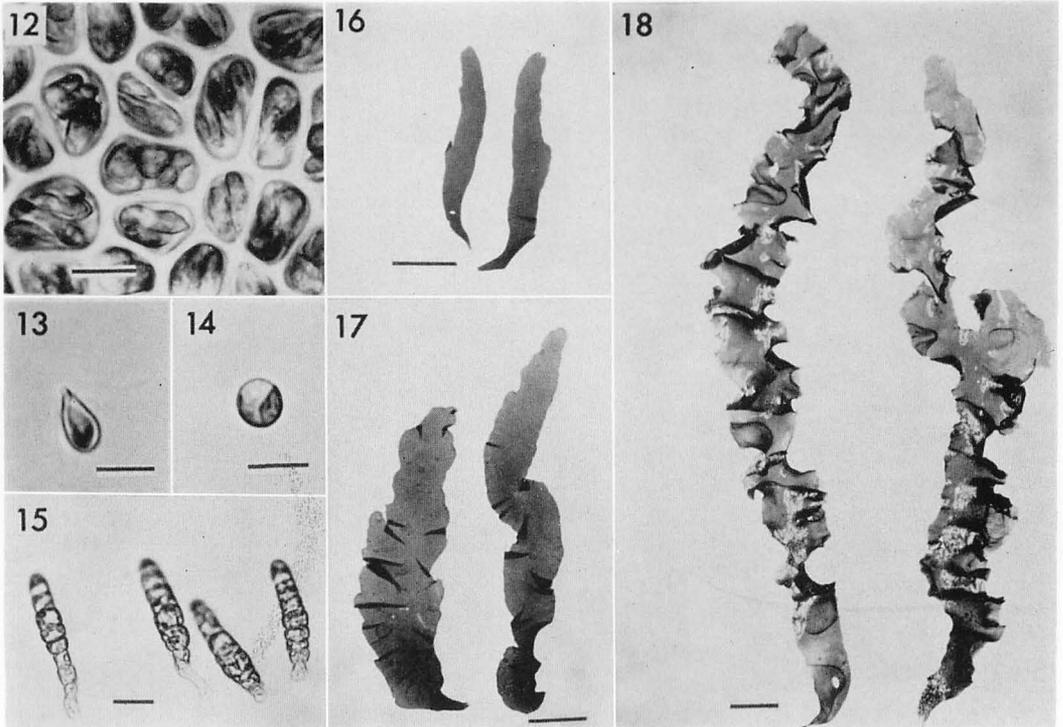
Scale: Figs. 1-5  $10\ \mu\text{m}$ ; Fig. 6  $100\ \mu\text{m}$ ; Figs. 7-9 1 cm.



の仮根を出し20日後には長さ0.7~0.9 mm 幅 250  $\mu$ m に生長し (Fig. 6), その後枝付フラスコで通気培養したところ, 25日後には 1.8~2.2 mm, 35日後には 2~3 cm (Fig. 7), さらに45日後には 5~6 cm に達した (Fig. 8)。

この間, 1~2 cm に伸長した葉体の縁辺に, 顕微鏡的鋸歯が形成されるようになった (Fig. 10, 11)。通気と止水培養では, 前者で鋸歯が早く多く形成され, 止水では鋸歯形成が遅れる傾向がみられた。また, 5 cm 以上の葉体になって縁辺部で分裂するものがみられるようになったが, 裂葉の初期のもので鋸歯が起原となって分れたような部分も観察された。培養2カ月後になると, 葉体は 12~15 cm に達し, 裂葉もリボン状に細長くなり, 天然の葉体に類似した体に生育した (Fig. 9)。しかし, 培養葉体のなかには 15 cm 以上になっても分裂せず単葉のものも少なくなかった。な

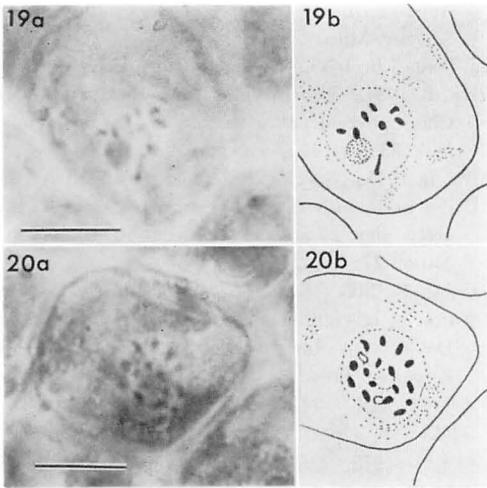
Figs. 10, 11. *Ulva fasciata*. Formation of dentate cells on the cultured thallus. Scale: 50  $\mu$ m.



Figs. 12-18. *Ulva fasciata*. Zoospore formation and development of zoospores.

12. Zoospore formation on the cultured sporophytes. 13. Zoospore. 14. Settled zoospore. 15. 7-day-old germlings from zoospores. 16, 17. 30-day-old (16) and 45-day-old (17) gametophytes. 18. 2-month-old mature gametophytes.

Scale: Figs. 12-15 10  $\mu$ m; Figs. 16-18 1 cm.



Figs. 19, 20. *Ulva fasciata*. Chromosomes in somatic cell division.

19a. Chromosomes at late prophase in the gametophyte. 19b. Drawing of Fig. 19a ( $n=9$ ). 20a. Chromosomes at late prophase in the sporophyte. 20b. Drawing of Fig. 20a ( $2n=18$ ).

Scale: 10  $\mu\text{m}$ .

お、接合しなかった雌雄の配偶子は両者ともに単為生殖で成体まで生長した。

遊走子嚢は、接合子の培養2カ月後の葉体で縁辺部から形成され、その形成部は黄褐色を呈し肉眼でも識別できた。遊走子は、孢子嚢内で4, 8個まれに16個つぐられ (Fig. 12), 配偶子と同じ外観を呈し、約 11  $\mu\text{m}$  の4鞭毛を頂生し、長さ 10.0~11.5  $\mu\text{m}$  太さ 5.5~7.0  $\mu\text{m}$  で、正の走光性を示した (Fig. 13)。遊走子は付着後径 7.0~7.5  $\mu\text{m}$  の球状になり (Fig. 14), 直ちに発芽し7日後には数細胞に生長した (Fig. 15)。約 1 mm になったものを通気培養に移したところ、発芽30日後には 2~3 cm (Fig. 16), 40日後には 7~8 cm になり (Fig. 17), 2カ月後には 12~15 cm に達し、一部の葉体は成熟して配偶子嚢を形成した (Fig. 18)。遊走子の発芽体でも 1, 2 cm 以上で鋸歯の形成がみられ、10~15 cm の体で裂葉を出すものもあったがその個体数は少なかった。

本種の染色体数を WITTMANN の核染色法で調べてみたところ、体細胞の核分裂前期の終りの像で、配偶子を放出した葉体で  $n=9$  の染色体がみられ (Fig. 19 a, b), 一方遊走子を放出した孢子体では  $2n=18$  の染色体が観察された (Fig. 20 a, b)。

## 考 察

アオサ属の生活史については、多くの種で葉体—葉体の同型世代交代をすることがよく知られている (FÖYN 1934, YAMADA and SAITO 1938, SMITH 1947, BLIDING 1968, CHIHARA 1968)。リボンアオサにおいても、配偶子や遊走子の形成が報告されているが (GAYRAL 1963, SUBBARAMAIAH *et al.* 1966, SUBBARAMAIAH 1970, MSHIGENI and KAJUMULO 1978), 梶村 (1973) は島根県産の本種で配偶子の単為生殖を繰返していると述べている。この研究で、長崎市周辺に産するリボンアオサは、アオサ属の他の多くの種と同様に、配偶子と遊走子を形成し、単相の配偶体と複相の孢子体の両世代が交代することが明らかになった。

アオサ属では、配偶子の接合で異型または同型配偶が報ぜられているが、異型配偶を行なう種が多いようである。すなわち、外国産の種では *Ulva lobata*, *U. angusta*, *U. stenophylla*, *U. linza* (SMITH 1947), *U. lactuca* (FÖYN 1934, 1955, BLIDING 1968), *U. rigida*, *U. gigantea*, *U. rotundata*, *U. curvata* (BLIDING 1968) などで、日本産ではアナアオサ、ナガアオサ (CHIHARA 1969) などで異型配偶とされている。リボンアオサでもこれらの種と同じく、雌雄配偶子の大きさが異なり、異型配偶を行なうことが判明した。接合子および遊走子の発生形式は、梶村 (1973) が配偶子の単為生殖で述べているように直接型を示し、新崎 (1946) のアオサ・アオノリ型、FÖYN (1934, 1955) の *Ulva lactuca* type であった。

ところで、リボンアオサは縁辺に顕微鏡的鋸歯を有することが種の一つの特徴として知られている (AGARDH 1883, DE TONI 1889, COLLINS 1909)。この培養実験でも 1~2 cm 以上の葉体で鋸歯形成がみられた。しかし、天然では若い葉体には鋸歯があるが、成体ではほとんどみられなくなる。これは、大型葉体では一般に鋸歯の形成が少ないこと、また縁辺部が孢子放出、流失を繰返すことなどのためと考えられる。SEGAWA (1936) は三宅島産の鋸歯のあるアオサを *Ulva spinulosa* (新種) として記載している。その後、一木 (1956) は同種が長崎県女島に分布するが、リボンアオサなど他の鋸歯のある種と比較検討する必要があると述べている。著者らは、三宅島、女島産のアオサ属を調べていないので即断はできないが、両産地がリボンアオサの分布範囲の温暖な海域であること、裂葉を有すること、また葉長が 2~3 cm でリボンアオサとすれば鋸歯の多い長さであることなどから、*U. spin-*

*ulosa* はリボンアオサの幼体ではないかと考える。また、アマアオサ (岡村 1936), ボタンアオサ (一木 1956) に鋸歯があるような記述もあるが, アマアオサでは確認できず (右田・藤田 1984), 長崎産のボタンアオサの培養でも著者らのこれまでの観察では鋸歯はみえていない。

なお, 本種は熱帯地方で肥料, 飼料藻として利用され, 海での移植, 養殖試験が試みられており (SUBBARAMAI AH 1970, MSHIGENI and KAJUMULO 1979), 波静かな場所で生長が良好であるとされているが (MSHIGENI and KAJUMULO 1979), 長崎市付近でもやや内湾で生育が多いようである。

アオサ属の染色体数については, *U. lactuca* で  $n=10$  (CARTER 1926),  $n=13$ ,  $2n=26$  (FÖYN 1934), アナアオサで  $n=9$ ,  $2n=18$  (YABE and PARK 1968) とされている。この研究でリボンアオサの染色体数は  $n=9$ ,  $2n=18$  で, 上記のアナアオサの数と一致した。

最後に, この研究を進めるにあたり, 文献などのご教示をいただいた北海道大学吉田忠生, 九州大学奥田武男の両教授に心から感謝の意を表する。

#### 引用文献

- AGARDH, J.G. 1883. Till algerne systematik. VI Ulvaceae. Lunds Univers Årsskr. **19**: 114-115.
- 新崎盛敏 1946. アオサ科及びヒトエグサ科植物の胞子の発芽に就いて. 生物 **1**: 281-287.
- BLIDING, C. 1968. A critical survey of European taxa in Ulvales, II *Ulva*, *Ulvaria*, *Monostroma*, *Kornmannia*. Bot. Notiser **121**: 535-629.
- CARTER, N. 1926. An investigation into the cytology and biology of the Ulvaceae. Ann. Bot. **40**: 665-689.
- CHIHARA, M. 1968. Field and laboratory culture studies and taxonomy of *Ulva fenestrata* P. et R. and *Ulva scagelii* sp. nov. (Chlorophyceae) in British Coloumbia and Northern Washington. Syesis **1**: 87-102.
- CHIHARA, M. 1969. *Ulva arasakii*, a new species of green algae: its life history and taxonomy. Bull. Nat. Mus. Tokyo **12**: 849-862.
- COLLINS, F.S. 1909. The green algae of North America. p. 216. Tufts College Studies. vol. 2 Sci. Ser. Mass.
- DE TONI, J.B. 1889. Sylloge Algarum. **1**: 114-115.
- FÖYN, B. 1934. Lebenszyklus und Sexualität der Chlorophyceae *Ulva lactuca* L. Arch. Protistenk. **83**: 154-177.
- FÖYN, B. 1955. Specific differences between northern and southern European populations of the green alga *Ulva lactuca* L. Pubbl. Staz. Zool. Napoli **27**: 261-270.
- GAYRAL, P. 1963. Résultats concernant la reproduction et la culture en laboratoire d'*Ulva fasciata* Delile. 4th Int. Seaweed Symp. p. 79-88. Pergamon Press.
- 一木明子 1956. 女島の海藻. 植物研究雑誌 **31**: 93-96.
- 梶村光男 1973. 島根県産リボンアオサについて. 藻類 **21**: 29-32.
- 右田清治・藤田雄二 1984. アマアオサの形態形成. 長崎大水産研究報告 **56**: 1-6.
- MSHIGENI, K.E. and KAJUMULO, A.A. 1979. Effects of the environment on polymorphism in *Ulva fasciata* Delile (Chlorophyta, Ulvaceae). Bot. Marina **22**: 145-148.
- 岡村金太郎 1936. 日本海藻誌. 内田老鶴圃. 東京.
- SEGAWA, S. 1936. On the marine algae of Susaki, Prov. Izu, and its vicinity II. Sci. Pap. Inst. Algal. Res., Fac. Sci., Hokkaido Imp. Univ. **1**: 175-179.
- SMITH, G.M. 1947. On the reproduction of some Pacific coast species of *Ulva*. Amer. J. Bot. **34**: 80-87.
- SUBBARAMAI AH, K. 1970. Growth and reproduction of *Ulva fasciata* Delile in nature and in culture. Bot. Marina **13**: 25-27.
- SUBBARAMAI AH, K., KALE, S.R. and KRISHNAMURTHY, V. 1966. Gametes and germlings of *Ulva fasciata* Delile. Curr. Sci. **36**: 128-129.
- YABU, H. and PARK, C.H. 1968. Nuclear division in *Ulva pertusa* KJELLM. Bull. Fac. Fish., Hokkaido Univ. **19**: 161-163.
- YAMADA, Y. 1935. Notes on some Japanese algae VI. Sci. Pap. Inst. Algal. Res., Fac. Sci., Hokkaido Univ. **1**: 27-35.
- YAMADA, Y. and SAITO, E. 1938. On some culture experiments with swarmers of certain species belonging to the Ulvaceae. Sci. Pap. Inst. Algal. Res., Fac. Sci., Hokkaido Univ. **2**: 35-51.