

## アカモク促成種苗に観察された二期成熟について

吉田吾郎・吉川浩二・寺脇利信

独立行政法人水産総合研究センター 瀬戸内海区水産研究所 (〒739-0452 広島県佐伯郡大野町丸石 2-17-5)

Goro Yoshida, Koji Yoshikawa and Toshinobu Terawaki: Biannual maturation observed in forced seedlings of *Sargassum horneri* (Phaeophyta, Fucales). Jpn. J. Phycol. (Sôru) 51: 173-175, Nov. 10, 2003

Biannual maturation was observed in forced seedlings of *Sargassum horneri* (Phaeophyta, Fucales), an annual species which matures in a certain season of a year. Embryos for culture were isolated from natural plants in December, and the early growth was forced under optimal conditions for growth (20°C, 100 $\mu$ M m<sup>-2</sup>s<sup>-1</sup>, 12hL:12hD or 9hL:15hD) in the laboratory until they grew to around 10cm in length by May. In May, when the control seedlings having been cultured outside over winter were still at a young stage (2cm in length), the forced seedlings were transferred and cultured in an outdoor tank. The forced seedlings produced receptacles within one month after the transfer to the outdoor tank, but they did not wither in summer. The forced seedlings showed almost the same growth pattern as the control seedlings after autumn, and produced receptacles again in December when the control seedlings also produced receptacles.

Key Index Words: *Sargassum horneri*, forced seedling, biannual maturation

National Research Institute of Fisheries and Environment of Inland Sea, Maruishi 2-17-5, Ohno, Saeki, Hiroshima 739-0452, Japan

アカモク *Sargassum horneri* は我が国沿岸に広く分布し、最も普通に見られるホンダワラ類の1種である(Yoshida 1983)。また、本種は沿岸環境及び水産増殖において重要な役割を担っているガラモ場の主要構成種であり、藻場造成の対象ともなっている(徳田ら 1987)。アカモクは1年生の種類とされており、生育地により差異があるものの、特定の個体群においては、その成長・成熟は毎年ほぼ同じ時期に繰り返されている(Umezaki 1984, Yoshida *et al.* 2001)。本種は、瀬戸内海西部の広島湾及びその近傍海域においては、水深0-2mの比較的浅い場所に群落を形成し(寺脇ら 2001)、湾奥部の個体群は11月-1月に成熟する(Yoshida *et al.* 2001)。母藻から落下した幼胚は、基質に着生後直ちに発芽し、初期成長期を経た後、茎の伸長を開始して藻体を垂直的に急速に立ち上げる。藻体全長がピークになる頃成熟期を迎え、枝上に多数の生殖器床を形成する。成熟の進行した生殖器床からは卵と精子が放出され、その後藻体は速やかに枯死して着生基質から流失し、新生の発芽体にその位置を譲る(Yoshida *et al.* 2001)。個体レベルにおいては、成長から成熟、枯死へと至る過程は不可逆であり、そのサイクルが年1回であることが真1年生とされる所以である(片田 1963)。本研究では、培養庫内で初期の成長を促進させ、その後屋外水槽中で育成したアカモクの種苗において、その一生を通じて生殖器床を2回形成する現象を観察した。この現象はアカモクにおける成長と成熟が必ずしも不可逆ではないことを示唆するものであり、それについて若干の考察を加えたので報告する。

1997年12月に広島湾奥部の大野地先(広島県佐伯郡大野町丸石)において生殖器床を有したアカモクの雌雄個体を採集し、同地にある瀬戸内海区水産研究所の海水かけ流し式の屋外水槽中で培養した。12月22日に雌性生殖器床からの放卵が

見られたので、受精を確認した後、吉田ら(2000)の手法により、シャーレ中に大量の幼胚を集めた。1部はレンガに着生させ、対照種苗として屋外水槽(深さ1.2mの10トン円形水槽)で直ちに育成を開始した。また幼胚の1部は、1個ずつ滅菌海水中でパスツールピペットで数回洗浄し、単藻培養とした。単離後の幼胚のサイズは、長径239 $\pm$ 25 $\mu$ m、短径187 $\pm$ 19 $\mu$ mであった。単離した幼胚は組織培養用の24穴プレートの1穴に1つずつ、2mlのPESI強化海水培地(Tatewaki 1966)とともに入れ、直ちに培養庫内で育成を開始した。培養庫内の温度及び光条件は既報(Yoshida *et al.* 1999)により最も速やかな初期成長が観察されている20°C、100 $\mu$ M m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>に設定した。また光周期は12hL:12hDもしくは9hL:15hDに設定した。3週間後、葉が数枚の幼体になってから、成長の良好なものを100mlのガラス製カップに移植し、さらに3週間後には500ml用プラスチック内に移し、通気を開始した。通気開始後、育成個体においては茎の伸長が見られ、1ヵ月半から2ヶ月程度で、全長5-10cm程度に成長した。一方、冬季の自然水温下ではアカモクの初期成長は極めて緩慢であることが明らかとなっている(Yoshida *et al.* 1999, 吉田ら 2001)。同期間中の屋外水槽中の水温は10-12°C (Fig. 1)であり、同水槽中で育成されていた対照種苗は、ほぼ発芽体の段階に留まっていた。従って本稿では、培養庫で初期成長を促進した個体を「促成」種苗と定義する。

同年5月25日に、培養庫内で育成していた10個体を、プラスチック製のパイプに通したPPロープに根元を挟み込み、対照種苗と同じ屋外水槽中で育成を開始した。全長はすでに7-15cmになっていたが、気胞の形成はまだ見られていなかった。プラスチック製の標識を同じロープに挟み込み、個体識別を行った。5月にはすでに水温が20°C程度まで上がっていたため(Fig. 1)、温度馴致などは特に行わなかった。同時

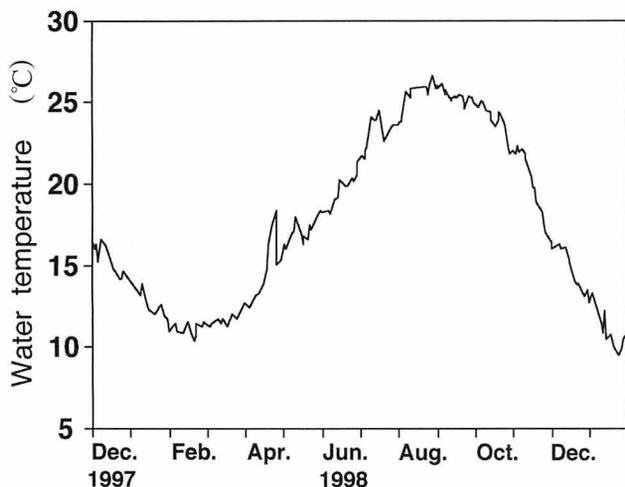


Fig. 1 Water temperature in the outdoor tank in which the seedlings of *S. horneri* were cultured.

期, 最初から屋外で育成していた対照種苗においては明瞭な茎の形成は見られず, 平均全長は2cm程度であった。

屋外に出した直後の促成種苗は, 急速な環境変化のためか, 成長点付近の組織の崩壊が見られる個体もあった。しかし, 茎を伸長させ, 新組織を活発に形成する個体も見られた。茎の伸長の見られる個体には, 気胞の形成も見られた。屋外に出した後形成された組織は, 明褐色であり, 室内培養中に形成された暗褐色の組織とは明瞭に区別できた。屋外に出しておよそ2週間後の6月10日には2個体において, 生殖器床の形成が開始されていた。さらに2週間後の6月24日には, 新たに2個体が生殖器床を形成していた (Fig. 2)。茎の先端が生殖器床として膨らみ始めたと同時に, 同じ箇所から気胞や葉が形成される個体もあった。生殖器床の形成を開始した4



Fig. 2 A *S. horneri* plant from the forced seedlings bearing receptacles in June 1998, one month after being transferred to the outdoor tank. Arrows indicate receptacles.

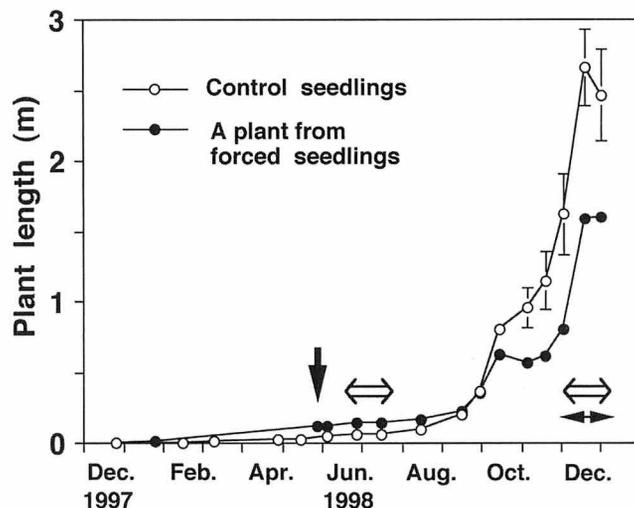


Fig. 3 Changes in the total length of *S. horneri* from forced and control seedlings from Dec. 1997 to Dec. 1998. Arrow indicates the time of transference of the forced seedlings to the outdoor tank on May 25, 1998. Horizontal double headed arrows show the maturation period of the forced seedlings ( $\Leftrightarrow$ ), and the control seedlings ( $\leftrightarrow$ ). Vertical bars on the data of control seedlings show the standard deviation.

個体の平均全長は11.3cm (最大個体14.0cm, 最小個体9.5cm) であり, 一方形成の見られなかった6個体の平均全長は10.5cmであり大きな差異は無かった。生殖器床は7月に入り, 雌性と雄性の区別がつくまでに肥大し, 雌性生殖器床からは放卵も観察された。一方, 同時期 (6月中旬) の対象種苗の平均全長は5.8cmであり, 長さ1-2cmの茎が形成されていたが, 成熟個体は見られなかった。

その後, ロープにはさんだ部分が腐敗したりして, いくつかの個体が脱落したが, 生殖器床を形成したうちの3個体については, 観察を続行した。夏季以降, 3個体はほぼ同等の成長を示したので, 代表的な1個体の全長の変化と, 対照種苗の全長 (大型10個体の平均) の変化をFig. 3に示す。生殖器床は8月には藻体の上から消失したが, 藻体の枯死は見られなかった。ただし, 促成種苗は夏季の間ほとんど成長しなかった。対照種苗は9月以降急速な茎の伸長を開始し, 全長が急激に増加して, 促成種苗を追い抜いた。10月中に何らかの理由で若干停滞したが, 伸長は12月まで続き, 12月12日には年間の最大長266cmに達し, 生殖器床の形成が確認された。一方, 促成種苗も同時期に伸長を開始した。10月に見られた成長停滞は促成種苗においてより顕著に現れたが, 12月まで藻体の伸長は続き, 12月にそれぞれ全長143cm, 160cm, 188cmに達した。12月12日の観察時には3個体全てに生殖器床の形成が観察された。12月下旬には, 対照・促成種苗とも枯死が急速に進行し, 葉や気胞の落下が顕著になり, やがて枯死した。

アカモクはホンダワラ類においては室内培養下の生活環の制御と完結が報告されている数少ない種類の1つである (Uchida 1993, Uchida & Arima 1993)。その生活環の制御において, 重要なのは培養過程における光周期の変換である

とされている。Uchida (1993) の報告においては、アカモクの幼体は9hL:15hD条件下で茎の伸長を開始し、100日程度培養した後全長8-14cm程度になり、さらにそれを15hL:9hD条件下に移すと27-40日で生殖器床を形成した。今回の実験においては、室内で7-15cmに育った個体を、屋外水槽に出して2週間から1ヶ月以内に生殖器床が形成された。屋外に出したのが5月下旬で日長時間の長い時期であったことと、屋外に出してから生殖器床が形成されるまでの期間を考えると、屋外移植による環境変化が生殖器床の形成を誘導したものとと思われる。

今回用いたアカモクの幼胚は12月に採取した。母藻は11月から1月くらいにかけて生殖器床を有する個体群であり、年間で最も日長時間の短い時期に成熟する。Uchida & Arima (1993)は、やはり12月に採集された幼胚を培養しても、9hL-15hD下では成熟せず、15hL-9hDに移して初めて成熟したとしている。これは現場の成熟期の日長時間と矛盾するよう感じられるが、天然の生育条件下では、日長だけでなく他の様々な要因が複合的に働いていると推測されている(Uchida & Arima 1993)。

促成種苗の第1回目の成熟において、成熟した個体の最小サイズは10cm程度であり、同じ時期の対照種苗は全長5-6cm程度である。ともに、天然の群落においてはまだ幼体とも言える。吉田ら(2001)は、8ヶ月間冷蔵庫で保存した幼胚を屋外水槽中で育成した結果、対照種苗とはほぼ同時期に成熟し、最小の成熟サイズは10cm程度であったと報告している。従って、少なくともその程度のサイズに達していれば、何らかの外部要因の刺激により、成熟が可能であると考えられる。しかし、同じような大きさに育っていても成熟に至らない個体もあり、サイズだけでなく何らかの生理的な準備が成熟の開始には必要であると思われる。

促成種苗においては培養庫から屋外へ出した時点で環境の変化により成熟が誘導されたが、その後枯死せず、越夏して秋から再び成長を開始し、それ以降の成長・成熟は完全に対照種苗と同調した。多くのアカモクの生態研究において、成熟の開始とともに藻体の伸長の停止が見られている(丸伊ら1981, Umezaki 1984, 寺脇 1986, 谷口・山田1988, Yoshida et al. 2001)。1年生のアカモクにおいては、成熟期に藻体の伸長から生殖器床の形成へエネルギー配分の振り替えが起こり、卵・精子を放出した後藻体を維持できず、枯死するものと考えられる。今回観察した現象は、成長から成熟へエネルギーの振り替えが完全に進行せずに、何らかの要因により成長への再振り替えが起こったものと考えられる。

多年生のコンブ目 *Laminaria setchellii* (tom Dieck 1991) や、*Pterygophora californica* (Lüning & Kadel 1993) 等の成長には内在性のリズムがあり、日長時間の季節的な変化が同調因子として作用し、明瞭な年周のリズムとして表れているという。ホンダワラ類の季節的消長においても、同様の機構が存在している可能性がある。アカモクは1年生の種類

であるが、今回観察された促成種苗における本来の成長・成熟の回復についても、その背後には何らかの同調因子の作用と、それを感知し連動する内在性のリズムの存在が感じられる。

#### 引用文献

- 片田実 1963. 海藻の生活形と遷移. 日水誌 29: 798-808.
- Lüning, K. & Kadel, P. 1993. Daylength range for circannual rhythmicity in *Pterygophora californica* (Alariaceae, Phaeophyta) and synchronization of seasonal growth by daylength cycles in several other brown algae. *Phycologia* 32: 379-387.
- 丸伊満・稲井宏臣・吉田忠生 1981. 北海道忍路湾におけるホンダワラ類の生長と成熟について. 藻類 29: 277-281.
- 谷口和也・山田秀秋 1988. 松島湾におけるアカモク群落の周年変化と生産力. 東北水研研報 50: 59-65.
- Tatewaki, M. 1966. Formation of a crustacean sporophyte with unilocular sporangia in *Scytosiphon lomentaria*. *Phycologia* 6: 62-66.
- 寺脇利信 1986. 三浦半島小田和湾におけるアカモクの生長と成熟. 水産増殖 33: 177-181.
- 寺脇利信・吉川浩二・吉田吾郎・内村真之・新井章吾 2001. 広島湾における大型海藻類の水平・垂直分布様式. 瀬戸内海水研報 3: 73-81.
- 徳田廣・大野正夫・小河久朗 1987. 海藻資源養殖学. 緑書房, 東京.
- tom Dieck, I. 1991. Circannual growth rhythm and photoperiodic sorus induction in the kelp *Laminaria setchellii* (Phaeophyta). *J. Phycol.* 27: 341-350.
- Uchida, T. 1993. The life cycle of *Sargassum horneri* (Phaeophyta) in laboratory culture. *J. Phycol.* 29: 231-235.
- Uchida, T. & Arima, S. 1993. Crossing experiments between autumn- and spring-fruited types of *Sargassum horneri* (Phaeophyta). *Nippon Suisan Gakkaishi* 59: 1685-1688.
- Umezaki, I. 1984. Ecological studies of *Sargassum horneri* (Turner) C. Agardh in Obama Bay, Japan Sea. *Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish.* 50: 1193-1200.
- Yoshida, G., Murase, N. & Terawaki, T. 1999. Comparisons of germling growth abilities under various culture conditions among two *Sargassum horneri* populations and *S. filicinum* in Hiroshima Bay. *Bull. Fish. Environ. Inland Sea* 1: 45-54.
- 吉田吾郎・吉川浩二・寺脇利信 2000. 低温保存したアカモク幼胚の発芽率と成長. 日水誌 66: 739-740.
- Yoshida, G., Yoshikawa, K. & Terawaki, T. 2001. Growth and maturation of two populations of *Sargassum horneri* (Fuciales, Phaeophyta) in Hiroshima bay, the Seto Inland Sea. *Fish. Sci.* 67: 1023-1029.
- 吉田吾郎・吉川浩二・内村真之・寺脇利信 2001. 1年生ホンダワラ類アカモク冷蔵種苗の成長と成熟. 藻類 49: 177-184.
- Yoshida, T. 1983. Japanese species of *Sargassum* subgenus *Bactrophyucus* (Phaeophyta, Fuciales). *J. Fac. Sci., Hokkaido Univ. Ser. V (Botany)*, 13: 99-246.

(Received 10 Apr. 2003, Accepted 25 Sept. 2003)

