

春・秋に成熟するトゲモクの卵放出，胚発生および光合成速度の季節変化

本多正樹*・奥田武男**

*電力中央研究所我孫子研究所水理部 (270-11 我孫子市我孫子1646)

**九州大学農学部水産学教室 (812 福岡市東区箱崎6-10-1)

HONDA, M. and OKUDA, T. 1990. Egg liberation, germling development and seasonal changes in photosynthetic rates of autumnal *Sargassum micracanthum*. Jpn. J. Phycol. 38: 263-268.

This paper presents the results of studies on egg liberation, germling development and seasonal changes in photosynthetic rates of autumnal *Sargassum micracanthum* from the coast of Tosa, Kochi Pref. In this population, 1) egg liberation does not synchronize with the lunar cycle; 2) egg size varies within a receptacle and also among receptacles in a plant; 3) division of a rhizoid cell is 16-celled type as in the ordinary *S. micracanthum*; and 4) the photosynthetic rate is highest in autumn. The photosynthetic rate of the ordinary vernal *S. micracanthum* from Tsuyazaki, Fukuoka Pref., follows the change in temperature, being highest in summer.

Key Index Words: egg liberation—egg size—Phaeophyceae—photosynthesis—rhizoid—Sargassaceae—*Sargassum micracanthum*.

Masaki Honda, Hydraulics Department, Central Research Institute of Electric Power Industry, 1646 Abiko, Chiba, 270-11 Japan

Takeo Okuda, Fisheries Laboratory, Faculty of Agriculture, Kyushu University 46-04, Fukuoka, 812 Japan

褐藻ホンダワラ類のトゲモク (*Sargassum micracanthum*) は漸深帯上部に生育し，晩冬から春に成熟する種である (YOSHIDA 1983)。本種を対象とした研究のうち成熟に関するものはそれを裏付けるものが多く，神奈川県三崎 (猪野1932)，山口県秋穂湾 (河本・富山1968)，長崎県野母崎 (四井ら1984) では5-6月に卵放出が行われている。また福岡県津屋崎 (OKUDA *et al.* 1984) では本種を含む10種で幼胚を用いた実験が4-5月に行われている。一方，土佐湾に生育するものでは成熟期は11-12月と報告されているので (大野1984)，トゲモクには春に成熟するものと秋に成熟するものの2つの個体群が存在することになる。

本研究は，これら両者間の類似点，相違点を明らかにするために行ったもので，さきに報告した (本多・奥田1989) 春と秋のアカモクと同様，卵放出，幼胚の発生様式について観察を行い，生長と密接な関係がある光合成速度の季節変化を調べた。

材料と方法

1984年11月22日より12月14日まで，高知県土佐市 (Fig. 1) に生育する秋に成熟するトゲモクの卵放出間

隔，放出卵の大きさ，幼胚の発生様式を調べた。光合成速度についてはこのトゲモクと，福岡県津屋崎 (Fig. 1) に生育し春に成熟するトゲモクの両者を調べて比較した。

秋に成熟するトゲモクの卵放出間隔は1日1回のスキューバ潜水により観察した。放出卵の大きさは，高知大学付属海洋生物教育研究センターに持ち帰った藻体を用い，藻体における生殖器床の部位，生殖器床上の放出卵の部位に留意して測定を行った。幼胚の発生様式については持ち帰った母藻を同センターで培養し，観察した。

光合成速度の測定は，土佐の個体群では1984年3，7，9，11月に，津屋崎のものでは1984年2，5，7，9，11月に，それぞれ藻体上部の葉を用いた。土佐で採取した葉は3，9月には約1時間でセンターに，7，11月には1日後に九州大学に持ち帰った。津屋崎で採取した葉は数時間で九州大学に持ち帰った。持ち帰った葉は現地と同水温に保った。光合成速度は2，3月には Winkler 法，他は酸素電極法で測定した。実験には Lyman & Fleming の人工海水を用い，光源には東芝フォトリフレクタランプ (100V 500W フラッド) を用いた。

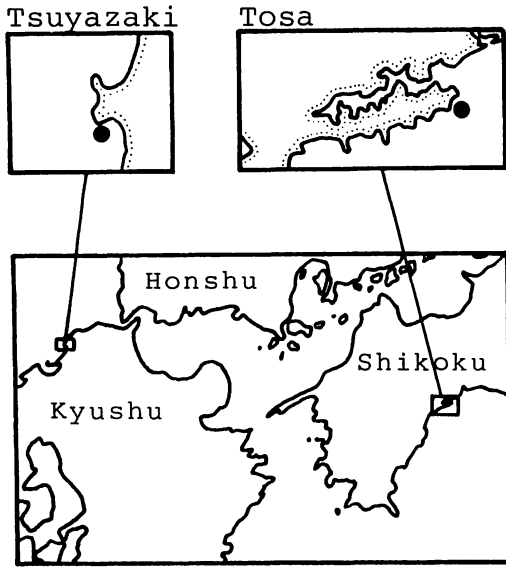


Fig. 1. Maps of sampling stations.

実験の光条件は2月は0, 170, 500, 1000, 2000 $\mu\text{E}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{sec}^{-1}$ の5段階, 3月は0, 180, 550, 1000, 2000 $\mu\text{E}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{sec}^{-1}$ の5段階, 5月は0, 300, 500, 1000, 1500, 2000 $\mu\text{E}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{sec}^{-1}$ の6段階, 7, 9, 11月は0, 140, 200, 300, 500, 1000, 1500 $\mu\text{E}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{sec}^{-1}$ の7段階であった。温度条件は秋に成熟するトゲモクでは3月15°C, 7月25°C, 9月25°C, 11月20°Cであり, 生育場所の水温はそれぞれ15, 23.5, 26, 20.9°Cであった。春に成熟するトゲモクでは2月10°C, 5月20°C, 7月30°C, 9月25°C, 11月20°Cであり, 生育場所の水温はそれぞれ10.2, 19.8, 28.8, 26, 20.1°Cであった。

結 果

卵 放 出

卵放出日を Table 1 に示す。卵放出は11月22, 26, 27日, 12月2, 13日に見られた。但し11月26日にはごく僅かの個体で放出卵が見られたに過ぎなかった。放出間隔は主に5日と11日で, 太陰周期との関係は認められなかった。水深の浅いところに生育する個体も深いところに生育する個体も同じ日に卵放出した。生殖

Table 1. Dates of egg liberation in autumnal *Sargassum micracanthum* at Tosa, 1984.

Moon's Phase	Nov. 1984								
	22	23	24	25	26	27	28	29	
	☉				☉	☉			
Moon's Phase	Dec.								
	30	1	2	3	4	5	6	7	
			☉						
Moon's Phase									
	8	9	10	11	12	13	14		
						☉			

☉: A small number of eggs liberated.

☉☉: A large number of eggs liberated.

器床上の幼胚の残留日数は2日から3日であった。1回目の卵放出が生殖器床の2/3以上の範囲で行われるものが多く, 2回目以降の放出卵は相対的に少なかった。

放出卵の大きさは中部で大きく, 藻体の上部, 生殖器床の先端部側で小さくなる傾向が認められた (Table 2)。同様の傾向は津屋崎の春に成熟するトゲモクでも認められた (Table 3)。

幼胚の発生様式

秋に成熟するトゲモク幼胚の発生様式を Fig. 2 に示す。放出卵は8核を有し (Fig. 2a), 受精後1核のみ残り他の核は消える。第一分割は長軸に対して垂直に起こり (Fig. 2b), 第二分割でレンズ状の仮根細胞が形成される (Fig. 2c)。この仮根細胞は4回の引続いて行わ

Fig. 2. Germling development of autumnal *Sargassum micracanthum* at Tosa. a, egg with 8 nuclei; b, first segmentation; c, second segmentation, forming a rhizoid cell; d, first segmentation of the rhizoid cell; e, second segmentation of the rhizoid cell; f, third segmentation of the rhizoid cell; g, rhizoid cell in a 16-celled stage; h & i, rhizoids somewhat elongated; j, rhizoids further elongated; k, rhizoids ramified.

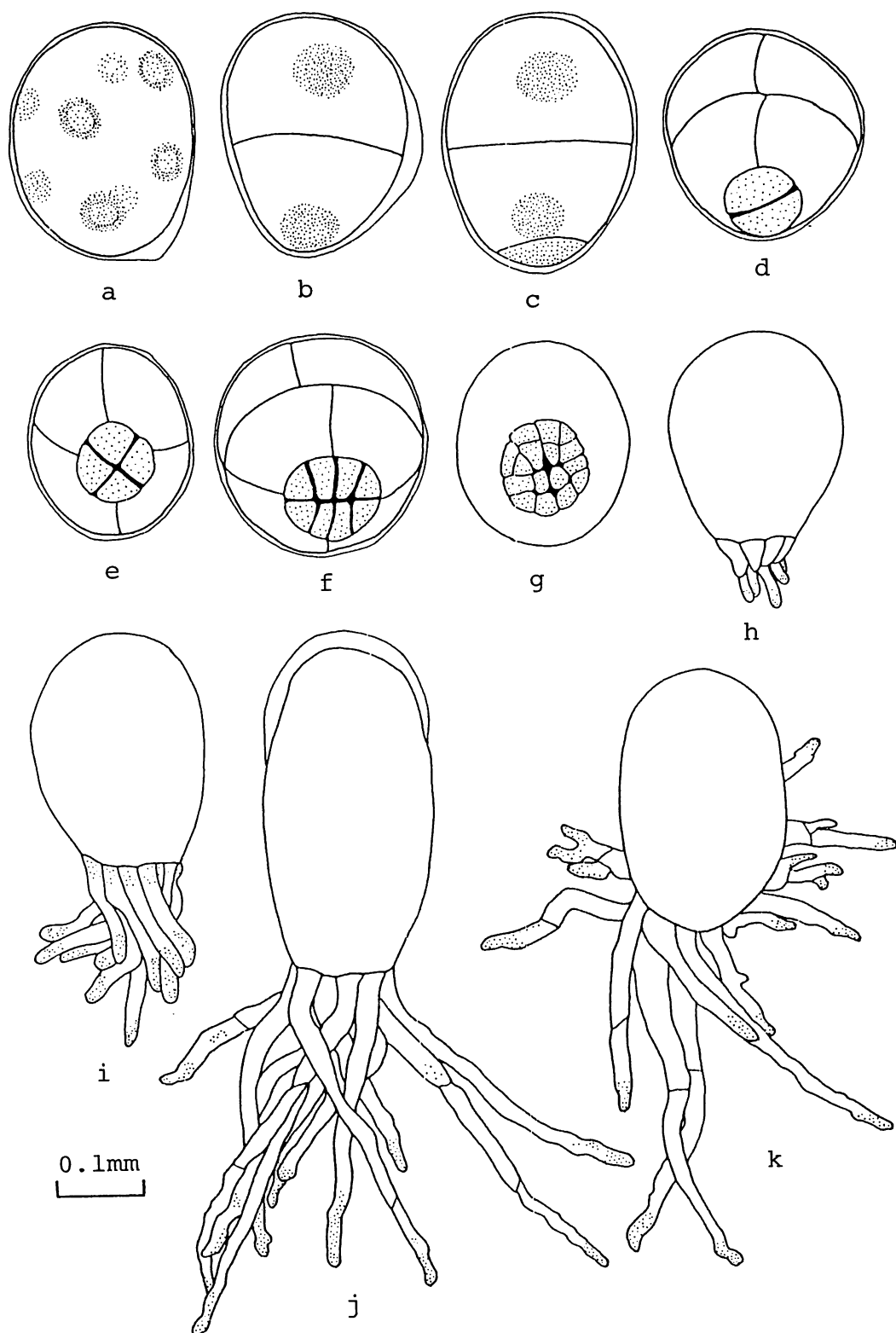


Table 2. Egg size in mean value (μm) for autumnal *Sargassum micracanthum* at Tosa.

Position in one plant	Position in one receptacle	
	Basal	Upper
Upper	229 X 170	> 216 X 179
Middle	257 X 199	> 246 X 194
Basal	252 X 192	> 243 X 188

|| : Difference is not significant ($P < 0.05$).

^, > : Difference is significant ($P < 0.05$).

Table 3. Egg size in mean value (μm) for *Sargassum micracanthum* at Tsuyazaki.

Position in one plant	Position in one receptacle	
	Basal	Upper
Upper	217 X 171	> 209 X 161
Middle		^ 235 X 179
Basal	245 X 180	> 217 X 165

V, ^, > : Difference is significant ($P < 0.05$).

れる細胞分裂で16の細胞に分割される (Fig. 2d, e, f, g)。その後それぞれの細胞から1本ずつ計16本の仮根が伸長する (Fig. 2h, i, j)。仮根は受精後約6日で枝分かれを始め、付着面を増大する (Fig. 2k)。

光合成速度の季節変化

津屋崎の春に成熟するトゲモクの2, 5, 7, 9, 11月の単位面積当りの純光合成速度に基づいて作成した光-光合成曲線を Fig. 3 に示す。2月には純光合成速度は $170 \mu\text{E} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{sec}^{-1}$ で光飽和に達しており、その値は $1.32 \mu\text{molO}_2 \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{hr}^{-1}$ であった。成熟期盛期の5月には $500 \mu\text{E} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{sec}^{-1}$ でほぼ光飽和に達しており、その値は $0.71 \mu\text{molO}_2 \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{hr}^{-1}$ であった。7月には $500 \mu\text{E} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{sec}^{-1}$ で光飽和に達しており、その値は $4.83 \mu\text{molO}_2 \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{hr}^{-1}$ であった。Ik値は約 $440 \mu\text{E} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{sec}^{-1}$ となった。9月には $500 \mu\text{E} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{sec}^{-1}$ で光飽和に達しており、その値は $3.92 \mu\text{molO}_2 \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{hr}^{-1}$, Ik値は約 $400 \mu\text{E} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{sec}^{-1}$ となった。

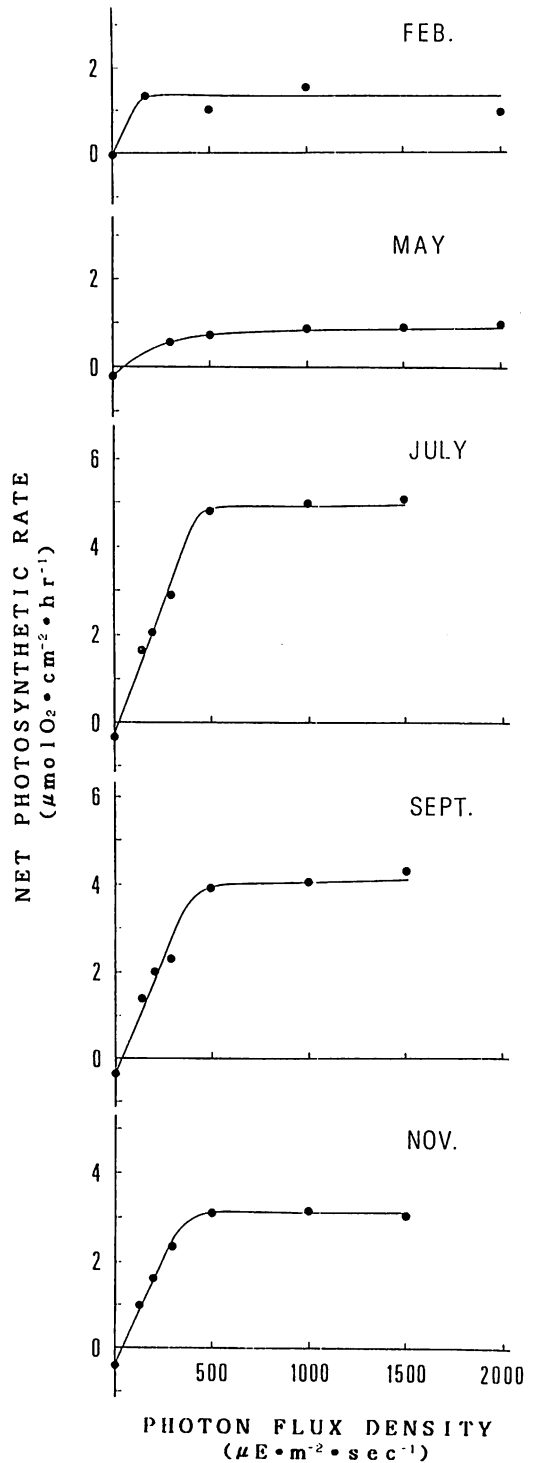


Fig. 3. Seasonal changes in photosynthesis-light relationships of *Sargassum micracanthum* at Tsuyazaki.

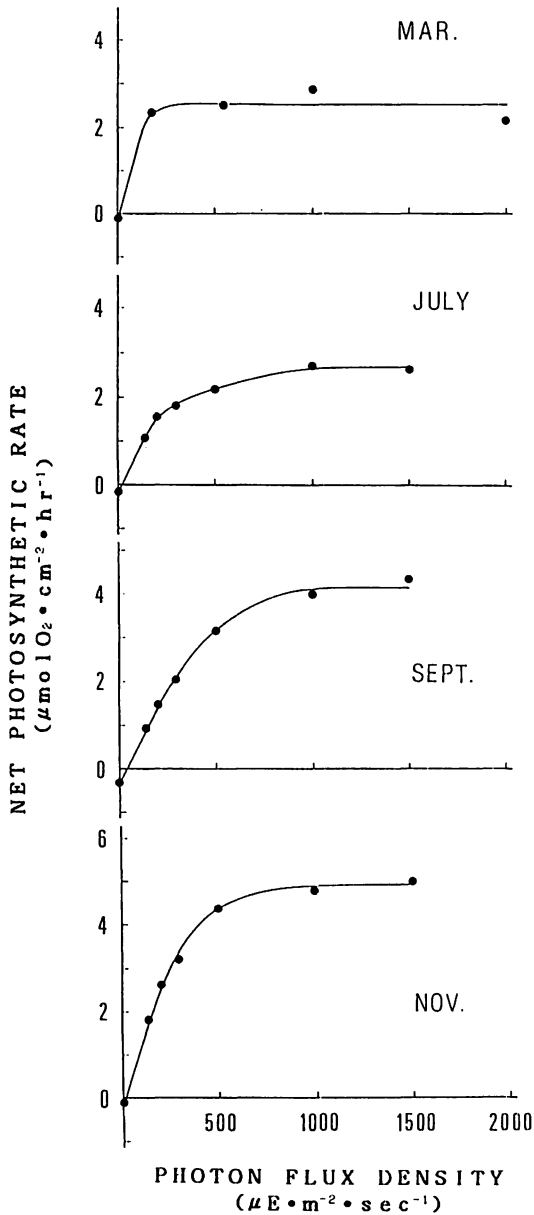


Fig. 4. Seasonal changes in photosynthesis-light relationships of autumnal *Sargassum micracanthum* at Tosa.

11月には $500 \mu\text{E} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{sec}^{-1}$ で光飽和に達しており、その値は $3.08 \mu\text{molO}_2 \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{hr}^{-1}$ 、Ik 値は約 $340 \mu\text{E} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{sec}^{-1}$ となった。

土佐の秋に成熟するトゲモクの3, 7, 9, 11月の単位面積当りの純光合成速度に基づき作成した光-光合成曲線を Fig. 4 に示す。3月には純光合成速度は $180 \mu\text{E} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{sec}^{-1}$ で光飽和に達しており、その値は

$2.30 \mu\text{molO}_2 \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{hr}^{-1}$ であった。7月には $1000 \mu\text{E} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{sec}^{-1}$ で光飽和に達しており、その値は $2.69 \mu\text{molO}_2 \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{hr}^{-1}$ 、Ik 値は約 $330 \mu\text{E} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{sec}^{-1}$ となった。9月には $1000 \mu\text{E} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{sec}^{-1}$ でほぼ光飽和に達しており、その値は $3.98 \mu\text{molO}_2 \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{hr}^{-1}$ 、Ik 値は約 $520 \mu\text{E} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{sec}^{-1}$ となった。11月には $1000 \mu\text{E} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{sec}^{-1}$ でほぼ光飽和に達しており、その値は $4.76 \mu\text{molO}_2 \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{hr}^{-1}$ 、Ik 値は約 $360 \mu\text{E} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{sec}^{-1}$ となった。

考 察

河本・富山 (1968) は山口県秋穂湾のトゲモクの卵放出時期の水温は約 $15-23^\circ\text{C}$ であると報告している。今回、津屋崎での卵放出時期の水温は $15-20^\circ\text{C}$ 程度であった。今回、土佐の秋に成熟するトゲモクの卵放出時期の水温は約 20°C であり、春に成熟期を持つトゲモクと同水温範囲にあった。

ホンダワラ類の卵放出は大潮時に起こることが多く報告されている (猪野1939, 須藤1948, FLETCHER 1980)。しかし OKUDA (1981) や四井ら (1984) は必ずしも大潮時とは限らず、むしろ潮汐周期との関係は認められないことを示している。河本・富山 (1968) も山口県秋穂湾では一般的には大潮時としながらも、小潮時に卵放出があったことも述べている。土佐の秋に成熟するトゲモクの卵放出間隔は5日と11日、および一部の個体では4日であり、強い同時性は認められたものの潮汐との関係はなかった。奥田 (1982) は津屋崎の春に成熟するトゲモクにおいて卵放出間隔は6日から9日で、その中でも7日間隔の頻度が高いと報告している。卵放出の潮汐の影響について考察するためにはさらに異なる多くの場所での観察が必要であろう。

猪野 (1947) は卵の大きさは各属各種で一定しており、一般に体制の複雑な、分類学的に上位にあるものほど大きいと述べている。トゲモクについては三崎で5月から7月に得た放出卵の大きさを $384 \times 275 \mu\text{m}$ としているが、この値は今回報告した土佐および津屋崎のものに比べて非常に大きい。1個体内、また1生殖器官内でも差のあることから、今後大きさの比較を行う場合にはこのような条件も考慮することが必要と思われる。

秋に成熟するトゲモクの仮根細胞は十六細胞型に分裂し、16本の仮根が伸長する点、猪野 (1947) の報告するトゲモクと同じであった。

春に成熟するトゲモクの光合成の光飽和点および Ik 値は冬季に低く、夏季に高かった。純光合成速度

は成熟期の5月を除いてIk値が高くなるほど高くなっており、現場水温が最も高かった7月に最高となった。秋に成熟するトゲモクでは冬季には光合成の光飽和点が下がり、高水温期に光飽和点およびIk値が高いのは同様であった。しかし11月には光-光合成曲線の立ち上がり勾配が大きいためIk値が9月より低いにも拘らず純光合成速度は最高となり、春に成熟するトゲモクの光合成活性の季節変化とは異なる型を示した。土佐湾の秋に成熟するトゲモクについて大野(1984)は3月は主枝長が短くなり、5月から7月にかけて最も短く、その後伸長すると報告しており、今回の光合成活性の季節変化の結果はその成長のパターンと適合している。植物は生殖成長に移行するまでに一定量以上の栄養成長を達成しなければならず、成長は光合成に依存する。ホンダワラ類のように季節的消長の著しい海藻において、光合成活性の季節変化の違いは生殖成長に移行できるだけの栄養成長を達成する時期に大きな影響を与える。秋に成熟するトゲモクは、その光合成能の季節変化のパターンゆえに、水温が成熟期と同程度(約20°C)の春季には藻体は小さく、生殖成長への移行に十分な栄養成長を達成することができない。このため春に成熟するトゲモクとは異なる個体群を形成すると考えられる。

謝 辞

本研究を行うにあたり、逐次便宜を計ってくださった高知大学海洋生物教育研究センター大野正夫教授をはじめとする職員の方々に謝意を表す。

文 献

- FLETCHER, R. L. 1980. Studies on the recently introduced brown alga *Sargassum muticum* (YENDO) FENSHOLT. III. Periodicity in gamete release and "incubation" of early germling stages. Bot. Mar. 23: 425-432.
- 本多正樹・奥田武男 1989. 秋に成熟するアカモクの卵放出、胚発生および光合成速度の季節変化. 藻類 37: 46-52.
- INOH, S. 1932. Embryological studies on *Sargassum* and *Cystophyllum*. J. Fac. Sci. Hokkaido Univ. Ser. V. 1: 125-133.
- 猪野俊平 1939. イソモク、マメタハラ、ノコギリモクの生殖細胞の同時的且周期的放出について. 植・動 7: 781-783.
- 猪野俊平 1947. 海藻の発生. 北隆館, 東京.
- 河本良彦・富山 昭 1968. ホンダワラ類の増殖に関する研究—I. クレモノ化繊維による採苗, 培養について. 水産増殖 16: 87-95.
- OKUDA, T. 1981. Egg liberation in some Japanese Sargassaceae (Phaeophyceae). Xth Int'l Seaweed Symp. Proc.: 197-202.
- OKUDA, T., KAREI, H. and YAMADA, M. 1984. Settlement of germlings in ten fuclean species. Hydrobiologia 116/117: 413-418.
- 奥田武男 1985. ホンダワラ類における幼胚の入手と着生機構. 海洋科学 17: 38-44.
- 大野正夫 1984. 土佐湾沿岸のホンダワラ類の季節的消長. 大槌臨海研究センター報告(10): 79-81.
- 須藤俊造 1948. ホンダワラ類の受精に就いて. 植雑 61: 34-36.
- YOSHIDA, T. 1983. Japanese species of *Sargassum* subgenus *Bactrophyucus* (Phaeophyta, Fucales). J. Fac. Sci. Hokkaido Univ. Ser. V. 13: 99-246.
- 四井敏雄・中村信司・前追信彦 1984. 長崎県野母崎沿岸におけるホンダワラ類8種の成熟期. 長崎県水産試験場研報(10): 57-61.