

## 褐藻ジヨロモクとアカモクの幼体切片の再生

誌名	日本水産學會誌
ISSN	00215392
巻/号	595
掲載ページ	p. 789-794
発行年月	1993年5月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター  
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council  
Secretariat



## 褐藻ジョロモクとアカモクの幼体切片の再生

難波 信由

(1993年1月10日受付)

### Regeneration from Segments of Sporelings in *Myagropsis myagroides* and *Sargassum horneri*

Nobuyoshi Nanba\*<sup>1</sup>

Regeneration from segments of sporelings in *Myagropsis myagroides* and *Sargassum horneri* was studied in laboratory culture. They were cut into a series of four segments: first leaf, upper portion of stem with basal part of first leaf and second leaf, lower portion of stem with basal part of rhizoids, and rhizoids. These segments were cultured for 2 weeks at 20°C under three different light intensities with 12L/12D. In *M. myagroides* cultured at 2000-2800 lx, rhizoids regenerated from segments of the first leaf and the upper portion of the stem. Moreover, both rhizoids and adventitious branches regenerated from segments of the lower portion of the stem. In *S. horneri* cultured at 2000-2800 lx, rhizoids regenerated from segments of the upper portion of the stem, while adventitious branches regenerated from segments of rhizoids. Furthermore, both rhizoids and adventitious branches regenerated from segments of the first leaf and the lower portion of the stem. These results indicate that segments of the upper and lower portion of the stem of *M. myagroides* and a series of four segments of *S. horneri* have totipotency. Regeneration of segments was inhibited in both species cultured in total darkness and at 200-300 lx.

ヒバタマ目藻類は波浪や食害により藻体が損傷した場合には顕著な栄養再生を示し、付着器は藻体の葉状部が失われた場合には不定枝を形成することにより藻体を再生する。<sup>1-3)</sup> また、枝は付着器官を再生することは無く、いわゆる流れ藻となり生長する。<sup>1,2,4-10)</sup> このように、ヒバタマ目藻類では生長した藻体の再生に関してはいくつかの報告があるが、幼体の再生についてはヒバタマ属4種の仮根が不定胚を再生すると報告されているだけである。<sup>11)</sup>

本研究では、ヒバタマ目藻類のジョロモク *Myagropsis myagroides* とアカモク *Sargassum horneri* の幼体を第1葉、茎上部、茎下部、仮根に分離し、各切片の再生能力および照度の影響を観察した。

#### 材料および方法

ジョロモクとアカモクの幼胚を水温 20°C、照度 2000~2800 lx、1日12時間照明の条件下でポリカーボネートの基盤に付着した状態で、PESI培地<sup>12)</sup>中で培養した。これらの幼胚が第1葉を伸長し、第2葉が芽生えた段階に生長して、ジョロモクで藻長約8mm、アカモクで

約3.5mmに達した幼体を材料とした。

上記の発生段階のジョロモク、アカモク各60個体を、第1葉 (Figs. 1A, E)、第1葉基部と第2葉を含む茎上部 (Figs. 1B, F)、仮根基部を含む茎下部 (Figs. 1C, G)、基板に付着した仮根部 (Figs. 1D, H) の4部分1シリーズに分離した。次に、PESI培地を用い水温 20°C、1日12時間照明の照度 200~300 lx、照度 2000~2800 lxの実験区と、光を与えない暗区の3つ実験区を設定し、各実験区につき20切片を2週間培養して、切片の各部の伸長および再生能力を観察した。

また、第1葉切片、茎上部、茎下部の切片では、培養後他の切片や培養容器に付着していた切片が見られたので、これらの切片を付着切片とし付着率を算出した。なお、仮根部切片では基盤に付着したままの切片を付着切片とした。

#### 結 果

**切片各部の伸長** ジョロモクでは照度 2000~2800 lxの実験区では第1葉切片 (Table 1, Fig. 2A)、茎上部切片の第2葉および茎に伸長が認められ (Table 1, Fig.

\*<sup>1</sup>九州大学農学部水産学科 (Department of Fisheries, Faculty of Agriculture, Kyushu University, Hakozaki, Fukuoka 812, Japan).

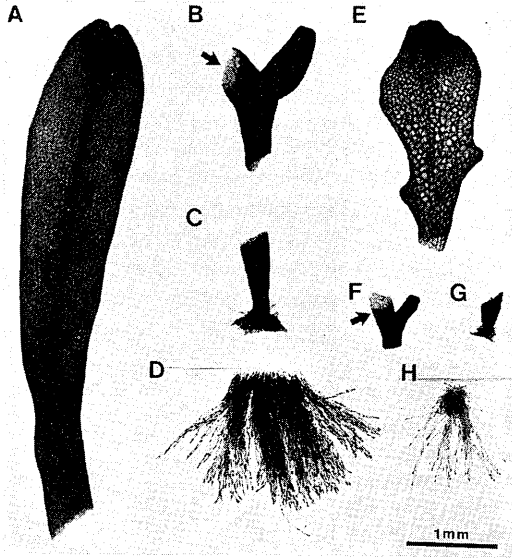


Fig. 1. Segments of *M. myagroides* (A-D) and *S. horneri* (E-H).

(A, E) First leaf. (B, F) Upper portion of stem with basal part of first leaf (arrow). (C, G) Lower portion of stem with basal part of rhizoids. (D, H) Rhizoids settled on substratum. Scale in H applies to all figures.

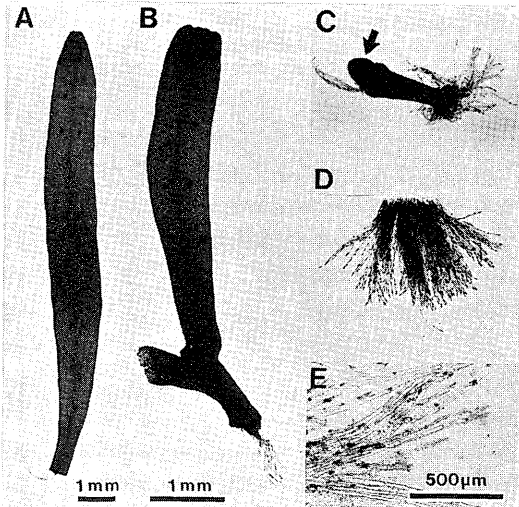


Fig. 2. Segments of *M. myagroides* after 2 weeks in culture at 2000-2800 lx.

(A) First leaf. Rhizoids regenerate from the section. (B) Upper portion of stem. Second leaf elongates and rhizoids regenerate from the section of the stem. (C) Lower portion of stem. Rhizoids elongate from the basal part of rhizoids. Adventitious branch (arrow) and rhizoids regenerate from the section of the stem. (D) The same segment as shown in Fig. 1D. (E) Portion of D showing collapse of rhizoidal cells. Scale in B applies to C and D.

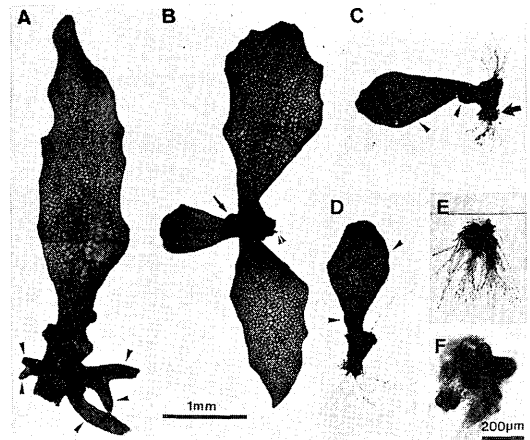


Fig. 3. Segments of *S. horneri* after 2 weeks in culture at 2000-2800 lx.

(A) First leaf. Adventitious branches regenerate from the lower surface of the segment. (B) Upper portion of stem. Second, third, fourth, and fifth (small arrow) leaves elongate. Rhizoids (double small arrows) regenerate from the section of the stem. (C) Lower portion of stem. Rhizoids elongate from the basal part of rhizoids (large arrow) and regenerate from the section of the stem. Adventitious branches regenerate from the surface of the stem. (D) Lower portion of stem. Rhizoids elongate from the basal part of rhizoids. Adventitious branch and rhizoids regenerate from the section of the stem. (E) The same segment as shown in Fig. 1F. (F) Portion of E showing regeneration of adventitious branches. Scale in B applies to A and C-E.

2B), 茎下部切片の仮根基部 (仮根切断面) から仮根が伸長した (Table 1, Fig. 2C)。暗区や照度 200~300 lx の実験区においても茎下部切片の仮根基部で仮根の伸長が認められた。そして、仮根が最も伸長したのは照度 2000~2800 lx の実験区であった (Table 1)。これらの仮根の培養後の本数は照度 2000~2800 lx の実験区で平均 41.5 本と非常に多く、照度 200~300 lx の実験区では 9.6 本、暗区では 9.0 本であった。また、照度 2000~2800 lx の実験区の茎上部切片では 13 個の切片で第 3 葉が芽生えた。仮根部切片ではすべての実験区で伸長は認められず (Table 1, Fig. 2D), 仮根細胞の一部が崩壊している切片も見られた (Fig. 2E)。

アカモクでは照度 2000~2800 lx の実験区で第 1 葉切片 (Table 1, Fig. 3A), 茎上部切片の第 2 葉と茎に伸長が認められ (Table 1, Fig. 3B), 茎下部切片の仮根基部 (仮根切断面) から仮根が伸長した (Table 1, Fig. 2C)。照度 200~300 lx の実験区の第 2 葉もわずかに伸

**Table 1.** Correlation between initial length of various parts of segments in *M. myagroides* and *S. horneri* and length of those after 2 weeks in culture at different light intensities.

Species	Segments	Parts	Light intensities (lx)	Length (mm)*1		P-value	Conclusions
				Initial	After 2 weeks		
<i>M. Myagroides</i>	First leaf	First leaf	T.D.*2	5.39±0.13	5.42±0.14	0.8076	NS*3
			200-300	5.43±0.20	5.79±0.15	0.1941	NS
			2000-2800	5.40±0.19	11.74±0.34	0.0001	Significant
	Upper portion of stem	Basal part of first leaf	T.D.	0.45±0.04	0.47±0.03	0.9784	NS
			200-300	0.43±0.05	0.40±0.03	0.9568	NS
			2000-2800	0.42±0.04	0.34±0.04	0.1940	NS
	Upper portion of stem	Second leaf	T.D.	0.37±0.09	0.39±0.09	0.6651	NS
			200-300	0.43±0.08	0.44±0.09	0.8286	NS
			2000-2800	0.48±0.12	3.05±0.33	0.0001	Significant
	Lower portion of stem	Upper part of stem	T.D.	1.06±0.04	1.06±0.04	0.8498	NS
			200-300	1.07±0.04	1.10±0.03	0.5160	NS
			2000-2800	1.09±0.03	1.26±0.03	0.0007	Significant
	Lower portion of stem	Lower part of stem	T.D.	0.96±0.04	0.98±0.03	0.7556	NS
			200-300	0.99±0.03	0.95±0.03	0.4016	NS
			2000-2800	0.98±0.04	1.04±0.02	0.2501	NS
Rhizoids	Basal part of rhizoids	T.D.	0.47±0.04	0.93±0.04	0.0001	Significant	
		200-300	0.49±0.03	0.90±0.05	0.0001	Significant	
		2000-2800	0.52±0.03	1.18±0.05	0.0001	Significant	
Rhizoids	Rhizoids	T.D.	1.79±0.08	1.80±0.08	0.7868	NS	
		200-300	1.87±0.09	1.89±0.09	0.7660	NS	
		2000-2800	1.73±0.07	1.76±0.07	0.8077	NS	
<i>S. horneri</i>	First leaf	First leaf	T.D.	2.53±0.11	2.60±0.11	0.5700	NS
			200-300	2.50±0.09	2.72±0.10	0.0699	NS
			2000-2800	2.59±0.12	3.75±0.13	0.0001	Significant
	Upper portion of stem	Basal part of first leaf	T.D.	0.27±0.02	0.31±0.02	0.4407	NS
			200-300	0.29±0.03	0.34±0.03	0.2393	NS
			2000-2800	0.27±0.03	0.33±0.03	0.1264	NS
	Upper portion of stem	Second leaf	T.D.	0.44±0.06	0.44±0.07	0.9031	NS
			200-300	0.31±0.04	0.48±0.05	0.0256	Significant
			2000-2800	0.29±0.04	2.42±0.11	0.0001	Significant
	Lower portion of stem	Upper part of stem	T.D.	0.33±0.02	0.35±0.02	0.5338	NS
			200-300	0.32±0.02	0.36±0.02	0.2559	NS
			2000-2800	0.29±0.02	0.45±0.03	0.0002	Significant
	Lower portion of stem	Lower part of stem	T.D.	0.28±0.01	0.31±0.01	0.0810	NS
			200-300	0.33±0.01	0.36±0.02	0.1367	NS
			2000-2800	0.33±0.01	0.37±0.02	0.0677	NS
Rhizoids	Basal part of rhizoids	T.D.	0.36±0.02	0.47±0.04	0.0087	Significant	
		200-300	0.33±0.02	0.57±0.04	0.0001	Significant	
		2000-2800	0.33±0.02	0.83±0.06	0.0001	Significant	
Rhizoids	Rhizoids	T.D.	0.92±0.06	0.93±0.06	0.8181	NS	
		200-300	1.04±0.05	1.05±0.06	0.8924	NS	
		2000-2800	1.05±0.05	1.01±0.05	0.5249	NS	

Differences are analyzed by Mann-Whitney U-test

\*1 Mean ± S.E.

\*2 Total darkness.

\*3 No significant.

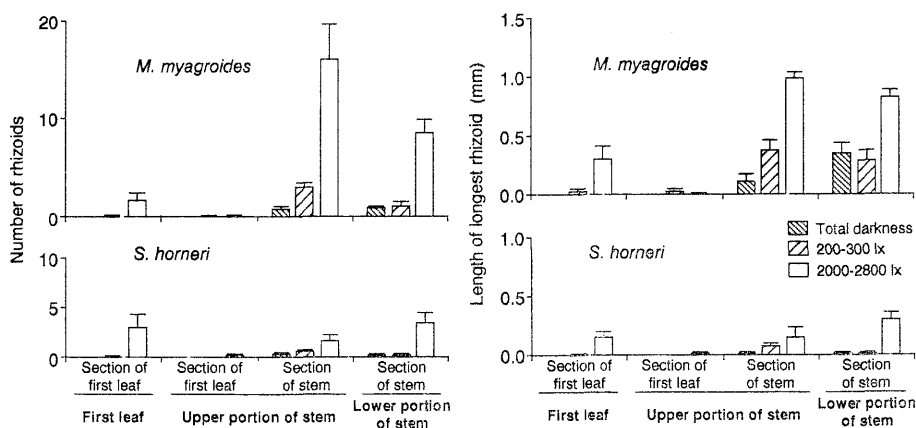


Fig. 4. Mean number of rhizoids and length of longest rhizoid regenerated from segments of *M. myagroides* and *S. horneri* after 2 weeks in culture. Vertical bars indicate S.E.

長した (Table 1)。暗区や照度 200~300 lx の実験区においても茎下部切片の仮根基部で仮根の伸長が認められたが、茎下部切片の仮根基部の仮根が最も伸長したのは照度 2000~2800 lx の実験区であった (Table 1)。これらの仮根の培養後の本数は照度 2000~2800 lx の実験区で平均 24.6 本と非常に多く、照度 200~300 lx の実験区では 9.4 本、暗区では 6.0 本であった。また、照度 2000~2800 lx の実験区の茎上部切片ではすべての切片が第 3 葉を持ち、6 個の切片が第 5 葉を持っていた (Fig. 3B)。アカモクにおいても仮根部切片に伸長は認められなかった (Table 1)。

**各切片の再生** ジョロモクでは照度 2000~2800 lx の実験区で第 1 葉切片の切断面 (Fig. 2A)、茎上部切片の第 1 葉および茎切断面 (Fig. 2B)、茎下部の茎切断面 (Fig. 2C) から仮根が再生した。照度 200~300 lx の実験区でも照度 2000~2800 lx の実験区と同様の切断面から仮根が再生したが、暗区では茎上部および茎下部切片の茎切断面でのみ仮根は再生した。茎上部切片の第 1 葉切断面ではすべての実験区で再生仮根の本数は非常に少なかったが、他の切断面では再生仮根の本数および最大長は照度 2000~2800 lx の実験区で顕著に高い値を示し、第 1 葉切片の切断面で平均 1.7 本、0.30 mm、茎上部切片の茎切断面で平均 16.0 本、0.99 mm、茎下部切片の茎切断面では平均 8.6 本、0.83 mm に達した (Fig. 4)。また、茎下部切片では照度 2000~2800 lx の実験区で茎切断面と茎自身から不定枝が再生し (Fig. 2D)、その本数および最大長は平均 0.6 本、0.58 mm であった。

アカモクでは照度 2000~2800 lx の実験区で第 1 葉切片の切断面 (Fig. 3A)、茎上部切片の第 1 葉および茎切断面 (Fig. 3B)、茎下部の茎切断面 (Figs. 3C, D) から仮根が再生した。照度 200~300 lx の実験区では第 1 葉切

片の切断面、茎上部および下部の茎切断面、暗区では茎上部および下部の茎切断面から仮根が再生した。再生仮根の本数 および最大長はすべての切断面で照度 2000~2800 lx の実験区が顕著に高い値を示し、第 1 葉切片の切断面で平均 3.0 本、0.16 mm、茎上部切片の第 1 葉切断面で平均 0.2 本、0.02 mm、茎切断面で平均 1.8 本、0.15 mm、茎下部切片の茎切断面では平均 3.6 本、0.30 mm に達した (Fig. 4)。

アカモクでは照度 2000~2800 lx の実験区で第 1 葉切片の下部 (Fig. 3A)、茎下部切片の茎自体 (Fig. 3C) と茎切断面 (Fig. 3D)、仮根部切片 (Fig. 2F) から不定枝が再生した。照度 200~300 lx の実験区では第 1 葉切片の下部、茎下部切片の茎自体と茎切断面、暗区においても茎下部切片の茎切断面から不定枝が再生したが、茎上部切片ではすべての実験区で不定枝の再生は見られなかった (Fig. 5)。また、照度 2000~2800 lx の実験区では、第 1 葉切片の不定枝の多くは 1~数枚の葉を持ち (Fig. 3A)、茎下部切片の大多数の不定枝は 2 枚の葉を持っていた (Figs. 3C, D)。不定枝の本数および最大長 (葉を持つ不定枝では、不定枝と葉を合わせた長さ) の値はすべての切片で照度 2000~2800 lx の実験区が最も高く、第 1 葉切片で平均 3.5 本、0.69 mm、茎下部切片で平均 1.1 本、1.12 mm、仮根部切片では平均 1.6 本、0.05 mm に達した (Fig. 5)。なお、仮根部切片の不定枝では培養期間中、葉の形成は見られなかったが、不定枝を再生した仮根部切片の一部をさらに 2 週間培養したところ、多くの不定枝が 1~数枚の葉を形成していた。

**各切片の付着率** ジョロモクでは、茎下部のすべての実験区と茎上部の照度 2000~2800 lx の実験区ですべての切片が他の切片や培養容器に付着し、茎上部の暗区、照度 200~300 lx の実験区と第 1 葉の照度 2000~

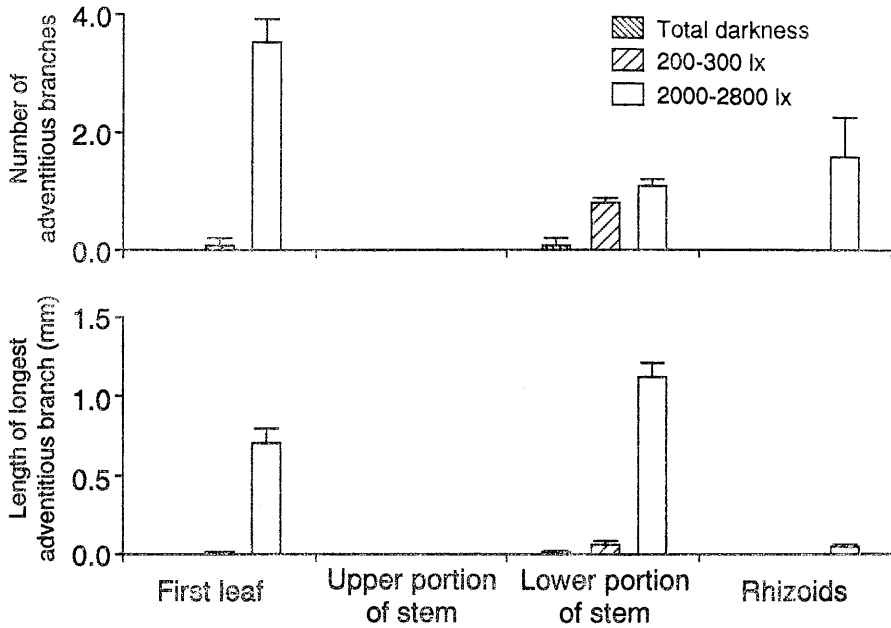


Fig. 5. Mean number of adventitious branches and length of longest adventitious branches (including the length of the leaf) regenerated from segments of *S. horneri* after 2 weeks in culture.

Vertical bars indicate S.E.

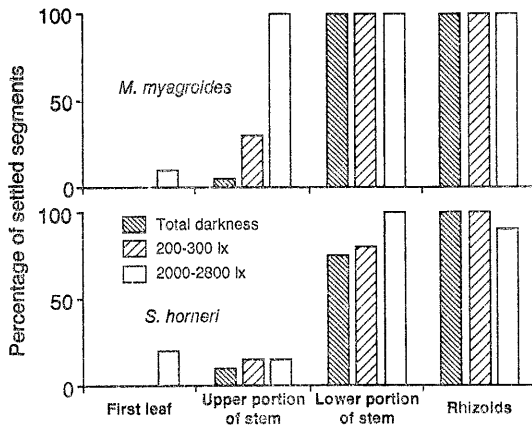


Fig. 6. Percentage of segments of *M. myagroides* and *S. horneri* settled on substratum after 2 weeks in culture.

2800 lx の実験区においても若干の切片が付着していた。また、仮根部ではすべての実験区で付着率は 100% であった (Fig. 6)。

アカモクにおいても茎下部の切片で付着率は高く、暗区で 75%, 照度 200~300 lx の実験区で 80%, 照度 2000~2800 lx の実験区では 100% に達した。また、茎上部のすべての実験区と、第 1 葉の照度 2000~2800 lx の実験区においても若干の切片が付着していた。仮根部の暗

区や照度 200~300 lx では付着率は 100% であったが、照度 2000~2800 lx の実験区では 10% がはがれていた (Fig. 6)。

### 考 察

本研究の結果から、ジョロモク、アカモクともに第 1 葉が伸長し第 2 葉が芽生えた幼体から得た切片は不定枝や仮根を再生することが明らかになった。また、不定枝からは葉が形成されたことから、この不定枝は茎と葉を合わせた器官であると考えられる。従って、ジョロモクでは茎上部と茎下部の切片、アカモクでは第 1 葉、茎上部、茎下部、仮根部のすべての部位の切片で、仮根や不定枝が再生することにより本来幼体を持つ葉、茎、仮根がそろったことになり、これらの切片で幼体の再生が可能であることを示していた。

また、上記の切片の中でも、ジョロモクの茎上部の切片では第 2 葉の伸長が著しく、茎切断面からは多くの仮根が再生された。アカモクの茎下部の切片においても茎切断面から再生した不定枝が葉を発生させ、仮根切断面からは多くの仮根が伸長した。従って、ジョロモクの茎上部とアカモクの茎下部の切片の再生能力は他の部位の切片よりも高いと考えられる。更に、これらの切片では再生仮根や伸長した仮根による付着率も他の切片よりも高かった。

本研究では、照度を変えた3つの実験区で分離された各切片を培養したが、各切片の伸長および再生仮根と不定枝の発出本数や伸長は暗区と照度 200~300 lx の実験区で著しく阻害され、各切片の生長や再生は低照度下では抑制されることが明らかになった。

筆者らはジョロモク<sup>\*2</sup>とアカモク<sup>\*3</sup>の幼胚を培養し、ジョロモクの仮根からは何も形成されなかったが、アカモクの仮根からは不定枝の形成を観察しており、本研究の両種の仮根部切片の観察と同様の結果を得ている。また、このことはアカモクの仮根が分離されてもされなくとも不定枝を再生する能力をもつことを示している。

他のヒバマタ目藻類では、幼体の再生に関して *Fucus distichus* subsp. *distichus* 等 4 種<sup>11)</sup>の仮根切片についての報告があり、これらの種の仮根部切片は不定胚を再生し、この不定胚からは葉や仮根が形成されるとしている。今回観察したアカモクの仮根部切片も不定枝を再生し、不定枝からは葉が形成されたが、仮根の形成は観察されなかった。また、ジョロモクの仮根部切片からは何も再生されず、これらのことは発生段階の等しい幼体においても、種により仮根部の再生能力が異なっていることを示していた。

ヒバマタ目藻類の生長した藻体では、枝の先端と生殖器官を除く色々な器官が切断面から不定枝を再生したとされているが、付着器官を再生したという報告は見当たらない。<sup>1-6)</sup>しかし、本研究で用いたジョロモクやアカモクの幼体では、分離された第1葉、莖上部、莖下部の切片の切断面からは仮根が再生し、これらの報告とは異なる結果が得られた。この違いは種が異なっているからであるとも考えられるが、本研究で用いた2種は幼体であり、発生段階の違いに起因するとも考えられ、この点については、今後色々な生長段階の藻体切片の再生について観察し、検討する必要がある。

## 謝 辞

本研究を行なうにあたり、御指導を賜った九州大学農学部教授奥田武男博士に深く感謝する。

## 文 献

- 1) R. L. Fletcher: Studies on the recently introduced brown-alga *Sargassum muticum* (Yendo) Fensholt. II. Regenerative ability. *Bot. Mar.*, **18**, 157-162 (1975).
- 2) T. A. Norton: Ecological experiments with *Sargassum muticum*. *J. mar. biol. Ass. U. K.*, **57**, 33-43 (1977).
- 3) L. J. McCook and A. R. O. Chapman: Vegetative regeneration of *Fucus* rockweed canopy as a mechanism of secondary succession on an exposed rocky shore. *Bot. Mar.*, **35**, 35-46 (1992).
- 4) B. Moss: Wound healing and regeneration in *Fucus vesiculosus*. *Proc. 4th Intl Seaweed Symp.*, 117-122 (1964).
- 5) B. Moss: Apical dominance in *Fucus vesiculosus*. *New Phytologist*, **64**, 387-392 (1965).
- 6) R. G. Fulcher and M. E. McCully: Histological studies on the genus *Fucus*. IV. Regeneration and adventive embryony. *Can. J. Bot.*, **47**, 1643-1649 (1969).
- 7) D. F. Kane and A. H. L. Chamberlain: Laboratory growth studies in *Sargassum muticum* (Yendo) Fensholt. I. Seasonal growth of whole plants and lateral sections. *Bot. Mar.*, **22**, 1-9 (1979).
- 8) A. H. L. Chamberlain, D. F. Kane and S. A. Lewey: Laboratory growth studies in *Sargassum muticum* (Yendo) Fensholt. II. Apical dominance. *Bot. Mar.*, **22**, 11-19 (1979).
- 9) S. A. Lewey and J. Gorham: Pigment composition and photosynthesis in *Sargassum muticum*. *Mar. Biol.*, **80**, 109-115 (1984).
- 10) T. Tsukidate: Studies on the regenerative ability of the blown algae, *Sargassum muticum* (Yendo) Fensholt and *Sargassum tortile* C. Agardh. *Hydrobiologia*, **116/117**, 393-397 (1984).
- 11) J. McLachen and L. C.-M. Chen: Formation of adventive embryos from rhizoidal filaments in sporelings of four species of *Fucus* (Phaeophyceae). *Can. J. Bot.*, **50**, 1841-1844 (1972).
- 12) M. Tatewaki: Formation of a crustacean sporophyte with unilocular sporangia in *Scytosiphon lomentaria*. *Phycologia*, **6**, 62-66.

\*2 難波信由, 奥田武男: 低照度下の褐藻ジョロモクの幼胚の生長 (未発表).

\*3 難波信由, 奥田武男: 低照度下の褐藻アカモクの幼胚の生長 (未発表).