

褐藻アカモクの初期生長に及ぼす日長, 照度, 水温の影響

吉田 吾郎・有馬 郷司・内田 卓志

Effects of Photoperiod, Light Intensity and Water Temperature on the Early Development of *Sargassum horneri* (Phaeophyta)

Goro Yoshida, Satoshi Arima and Takuji Uchida

The early development of *Sargassum horneri* was observed under laboratory culture, in relation to several environmental factors: photoperiod, light intensity and water temperature.

Between the five photoperiods (8 hL-16 hD to 16 hL-8 hD in 2 hr steps), germling growth on the basis of total leaf length was promoted with increasing daylength from 8 hL to 14 hL, however no significant difference was observed between 14 hL and 16 hL. Stem differentiation and elongation was fastest in the 12 hL-12 hD regime and delayed under longer or shorter photoperiods. Transferring young thalli to other photoperiod regimes in the course of culture also indicated that 12 hL-12 hD highly promoted stem elongation. Germling growth was proportional to light intensities from 700 lx to 4000 lx and heavily inhibited at 700 lx. All water temperatures tested in the present study (from 15 to 25°C) appear favorable for germling growth of *S. horneri*.

The favored conditions for germling development obtained in the present study agree with field observations reported so far; young thalli grow in the summer (long daylength), and rapid stem elongation occurs after the autumnal equinox. This suggests that photoperiod and light intensity are important factors for the growth of early life stages of *S. horneri*.

Key words: *Sargassum horneri*, early development, photoperiod, light intensity, stem elongation

アカモク *Sargassum horneri* (Turner) C. Agardh は, 1年生で漸深帯に生育し, 波の弱いところで大きな群落を作り, 北海道東部を除く日本全土から, 朝鮮半島, 中国にまで分布する最も普通にみられるホンダワラ類である (吉田 1985)。藻場の人工造成が各地で試みられるにあたって, 生産力が大きく, 再生産が容易なアカモクは, 「ガラモ場」造成の素材として, 最も注目されている種類の一つである (徳田他 1987)。ホンダワラ類の天然海域における生

態の調査研究例は比較的多いが, 個々の種についての情報は限られている。アカモクの天然個体群の生長を経時的に追跡した例も少なく, 小浜湾 (Umezaki 1984), 三浦半島 (寺脇 1986) での例しかない。これらはいずれも晩秋から冬にかけて急激な生長を見せ, 春に成熟した後枯死流失している。奥田 (1987) は, 瀬戸内海のアカモクの個体群には秋に成熟するものと, 春に成熟するものがあることを報告しているが, 現場における生長の追跡はなされていない。藻

場の造成、管理には対象種の生態的知見が不可欠であるが、アカモクをはじめとするホンダワラ類では、生活環と環境要因との関係といった極めて基本的な知見さえ十分であるとは言えない。ひとつには上記のように天然個体群からの情報が少ないこと、またひとつにはホンダワラ類の室内培養系が確立されていないことにより、形態形成、生長、成熟などが具体的にどのような環境要因によって制御されているかが解明できなかったためである。

ところが、近年タマハハキモク *Sargassum muticum* (Yendo) Fensholt (Uchida *et al.* 1991)、アカモク (Uchida 1993) の両種の生活環の室内完結に相次いで成功し、初めて培養系が確立された。これによって単年生の両種で種々の環境要因を制御した生理実験が可能になり、これらの生態への実験室からのアプローチができるようになった。

Uchida (1993) は、2段階の日長条件 (15時間明期-9時間暗期, 9時間明期-15時間暗期, 以下 15 hL-9 hD, 9 hL-15 hD と記載) を設定した培養実験の中で、初期の葉の形成は長日条件下で活発であったこと、茎の伸長は短日条件下で促進されたこと、また成熟には短日から長日条件への移行が必要であったことから、アカモクの生活環が日長によって制御されていることを示唆した。日長については陸上植物一般だけでなく、海藻にとっても、形態形成、成熟等を制御する重要な要因であることは、いくつかの種類について報告がある (Bird and McLachlan 1976)。そこで、本研究ではアカモクの生活環と日長との関係をより明確にするために、天然を模した日長条件を細かく設定し、それらの下での初期生長及び形態形成の様子を比較した。また、あわせて重要な要因と考えられる照度、水温の及ぼす影響も観察し、考察を加えた。

本文に入るに先立ち、御校閲を賜った南西海区水産研究所資源増殖部長の森岡泰啓博士、データの統計処理の情報を提供して頂いた同部介類増殖研究室の薄浩則氏、また実験に際し、適切な御助言を頂いた同部藻類増殖研究室の寺脇利信氏、吉川浩二氏に深謝する。

材料と方法

材 料

1994年3月24日に、伊予灘の二神島で成熟雌雄アカモクを数個体採取し、持ち帰った後屋外水槽中で流水下で蓄養した。4月9日の放卵時に光学顕微鏡下で受精後の卵割を確認し、生殖器床上の卵を滅菌海水中でふるい落としした。得られた受精卵 (幼胚) はパスツールピペットで数回洗浄し雑藻を除いて単藻培養とした。幼胚 (平均長径 289 μm , 短径 252 μm) は、直ちに実験に供した。後述の照度実験区については、5月10日に放卵した受精卵 (平均 298 $\mu\text{m} \times 278 \mu\text{m}$) を上記と同様に処理した。

培養方法

幼胚の培養には、PESI 培地 (Tatewaki 1966) を用い、生長に応じて容器をマルチウェルプレート (6穴) から、50 ml 容スナップカップ (直径 50 mm, 深さ 50 mm) へと移した。茎の伸長の実験では、スナップカップによる静置培養と、1 l のフラスコ中での通気培養と両方を行った。培地の交換は毎回測定の後後に行った。

初期形態形成と生長の観察

初期生長についての観察は、後述の3つの実験区において、週に1回約5週間にわたって行った。すなわち、形態を写真撮影によって記録し、初期生長の指標として各個体の葉の数と各葉の長さの合計長 (全葉長) を測定し、各培養条件ごとに平均値を求めた。

日長実験区 日長条件として、8 hL-16 hD から 16 hL-8 hD まで2時間ごとに計5段階を設定した (Table 1)。18°C に調節した室内に5段式のスチール棚を設置し、各段上部に 30 W 蛍光灯を取り付け、タイマーにより照灯時間を制御した。各段ごとに垂らしたビニール製暗幕により外光を遮断し、照灯時間の差異に伴う各段間の温度差を抑えるためにそれぞれに排気用のパイプを設置し、小型換気扇で強制排気し、空気を循環させた。照灯、消灯に伴う段内の1日

Table 1. Culture regimes used in growth studies on *Sargassum horneri* germlings

	Photoperiod experiment	Light intensity experiment	Water temperature experiment
Photoperiod (hrs) (light-dark)	8-16, 10-14, 12-12, 14-10, 16-8	15-9	12-12
Light intensity (lx)	3000	4000, 2500, 1500, 700	3000
Water temperature (°C)	18-24 (16 hL, 18-21)	20	25, 20, 15
Number of embryos at the start of experiments	18-24	18-24	12

の温度の変動範囲は 18~24°C (16 hL-8 hD 条件では 18~21°C) であった。照度は培養容器表面で 3000 lx になるように調整した。

照度実験区 15 hL-9hD (以下 15 hL と略記)、20°C に設定した培養庫を用い、照度は蛍光灯光源からの距離によって、700~4000 lx の範囲(培養器表面)で4段階に調節した (Table 1)。
水温実験区 水温実験は、12 hL-12 hD, 3000 lx に設定した多段温度式培養庫を用いて、15°C, 20°C, 25°C の3条件で実施した (Table 1)。

茎の伸長と日長の関係

ホンダワラ類では、初期生長に続き茎の急速な伸長がみられる。初期生長観察の終了後、日長実験区において、茎の伸長の開始時期と伸長の様子を引き続き追跡した。茎の伸長を促進するために、各条件で3~5個体を1ℓフラスコに移し、通気しながら培養した。アカモクの葉の配列は開度2/5の螺旋状 (Umezaki 1984) で、初期には葉が藻体の中心軸から次々と連続的に形成され、葉同士の上下の判別が困難であるが、茎の伸長に伴って分かりやすくなる。隣接する葉の葉柄の基部の間隔が1 mm 以上となったときに、茎の伸長を開始したものと便宜的にみなし、各条件下において、培養個体の半数以上に茎の伸長が確認された時点を茎の伸長開始時期とした。また、伸長開始後の茎の長さを1週間から2週間に1度測定した。仮根基部から、生長端までの距離をもって茎長とした。

また、日長の変化が茎の伸長に及ぼす影響を明らかにするために、培養開始後55日目にそれ

Table 2. Experiments of transferring young *Sargassum horneri* to another photoperiod regime after 55 days of culture

Transfer			
1.	8 hL-16 hD	→	12 hL-12 hD
2.	16 hL- 8 hD	→	12 hL-12 hD
3.	12 hL-12 hD	→	16 hL- 8 hD
4.	8 hL-16 hD	→	16 hL- 8 hD
5.	16 hL- 8 hD	→	8 hL-16 hD

ぞれ3個体ずつを異なる日長条件下に移し (Table 2)、通気培養下で同様の観察を行った。

結 果

日長実験区の初期生長と形態

日長実験区の初期形態形成の特徴は基本的には第1葉及び第2葉までは線形全緑で、実験30日目までには全ての条件下でアカモク特有の線形で羽状の切れ込みを持つ葉が見られ、寺脇他 (1983) の鹿兒島湾における同種についての観察と同じであった。しかし、同一条件下においても個体差はあるものの、葉の形態は各条件間で若干異なっていた。すなわち、8 hL 条件下では、葉は短く、切れ込みは比較的浅く、重鋸歯の発達が認められた。明期が長くなるにつれて葉長は増大し、切れ込みの深い葉が多くなる傾向がみられた (Plate 1)。16 hL 条件下ではこの傾向はさらに強く、ほとんどの個体で鋸歯が発達せず、針状の突起を持つ細長い葉を有していた。

1個体が保有する葉の数は、全条件下で培養

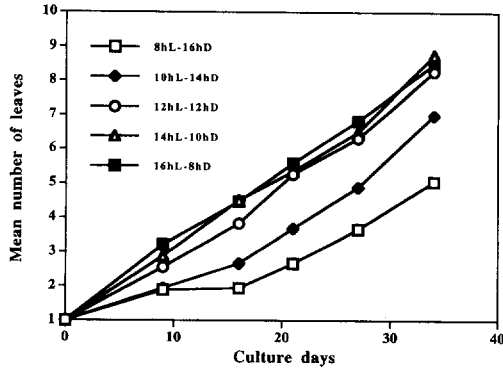


Fig. 1. Mean number of leaves of *Sargassum horneri* germlings under various photoperiod regimes

期間とともに増加した。しかし、その増加速度は 8 hL から 12 hL までは明期が長いほど大きくなったのに対し、12 hL 以上では大きな差が見られなかった (Fig. 1)。培養開始後 37 日目の葉の平均枚数は、8 hL で 5.1 枚、10 hL で 7.0 枚、12 hL で 8.3 枚と増加し、14 hL で 8.8 枚、16 hL で 8.5 枚であった。

全葉長の平均は、実験開始後日数の経過に伴い、指数関数的に増加した (Fig. 2a)。ここでも、8 hL から 12 hL では、日長が長くなるほど生長が良くなったが、12 hL~16 hL では差が認めにくかった。同じデータを対数で表すと、どの条件下でも実験開始後最初の 10 日程度の間急速に立ち上がり、それ以降は直線的に上昇した (Fig. 2b)。これらの条件での生長を比較するために、直線回帰が可能と思われる 2 回目測定以降について回帰式を求めると、これらの回帰係数は 0.035 から 0.040 の間にあった (Table 3)。共分散分析の結果、8 hL から 16 hL の範囲で、14 hL 条件の回帰係数のみが他の条件と比較して有意な差を示した (Table 4)。しかしながら、14 hL と 16 hL 条件の間では有意な差がみられなかったことから、基本的には 5 本の回帰直線は、設定した x の範囲ではほぼ平行と考えられた。また、Y 軸切片については、14 hL 条件と 16 hL 条件との間には有意な差は無いが、他の可能な全ての組み合わせでは有意な差があった。以上のことから、8 hL から 14 hL の間では、日長が長くなるにつれ生長は促進されるが、14 時間以上ではそれ以上

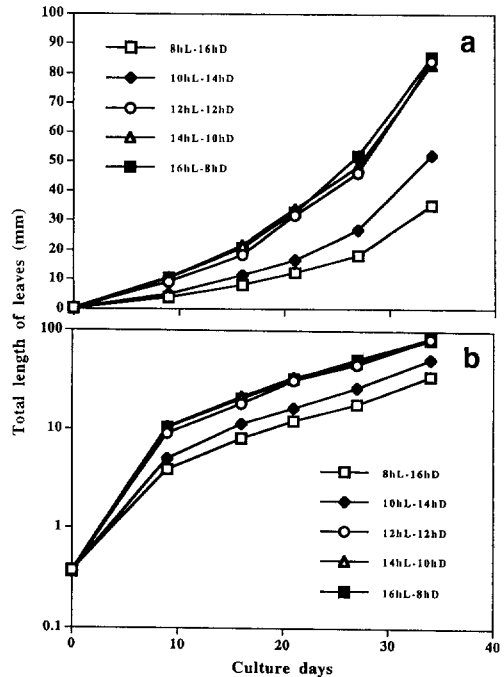


Fig. 2. Germling growth of *Sargassum horneri* under various photoperiod regimes
a. Total leaf length of germling
b. Total leaf length (semi-logarithmic scale)

Table 3. Regression lines ($\log Y = \alpha X + \beta$) of the combinations between culture days (X) and total leaf length (Y) of *Sargassum horneri* germlings (after second measurement) under various photoperiods

Regimes	α	β	r	n
8 hL-16 hD	0.038	0.284	0.971	75
10 hL-14 hD	0.040	0.367	0.974	75
12 hL-12 hD	0.038	0.639	0.967	75
14 hL-10 hD	0.035	0.756	0.974	75
16 hL- 8 hD	0.036	0.742	0.979	75

の伸びはみられないことが示された。

照度区の初期生長と形態

Plate 2 に、培養 50 日後の異なる照度下の形態を示す。形態形成の過程は日長区同様、寺脇他 (1983) の観察の通りであったが、照度が高くなるにつれて、葉の長さが長くなり、鋸歯が細くなる傾向がみられた。700 lx では明らかに

Table 4. Results of analysis of covariance for each pair of regression line ($\log Y = aX + \beta$) between culture days and total leaf length of *Sargassum horneri* germlings (after second measurement) under various photoperiods

Regimes	1	2	3	4	5	Results of α
1. 8 hL-16 hD		n.s.	n.s.	+	n.s.	
2. 10 hL-14 hD	++		n.s.	++	++	
3. 12 hL-12 hD	++	++		+	n.s.	
4. 14 hL-10 hD	-	-	-		n.s.	
5. 16 hL- 8 hD	++	-	++	n.s.		
	Results of β					

n.s. = non-significant difference
 + = significant difference at 5%
 ++ = significant difference at 1%

生長が遅れ、本種に特有の葉の深裂の発達は不完全であった。また、葉の形成枚数も照度が高くなるにつれて増え (Fig. 3), 36日目目の葉の枚数の平均は、700 lx 1.7枚、1500 lx 3.7枚、2500 lx 5.3枚、4000 lx 7.4枚であった。

全葉長は指数関数的な増加を示したが (Fig. 4a), 片対数で表してみると、日長区と同様どの条件下でも最初の1週間強の期間に急速に立ち上がり、それ以後はゆるやかになることがわかった (Fig. 4b)。2回目測定以降の全葉長の平均の対数と、培養経過後日数との回帰式を Table 5 に示す。共分散分析の結果では、700 lx の回帰直線のみ係数 (0.025) が他の3つの

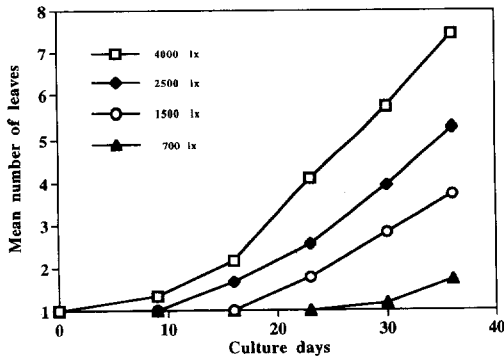


Fig. 3. Mean number of leaves of *Sargassum horneri* germlings under different light intensities

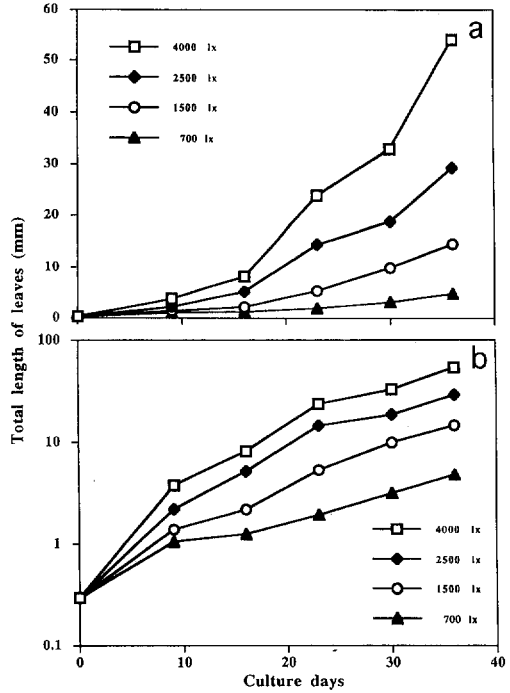


Fig. 4. Germling growth of *Sargassum horneri* under different light intensities
 a. Total leaf length of germling
 b. Total leaf length (semi-logarithmic scale)

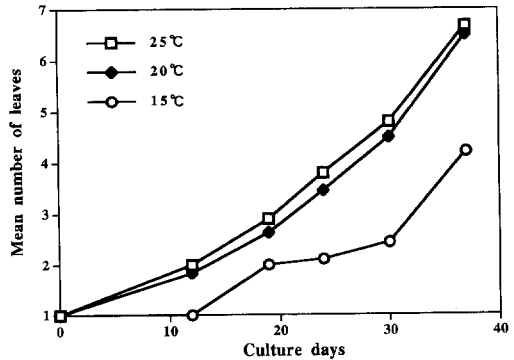


Fig. 5. Mean number of leaves of *Sargassum horneri* germlings under different water temperatures

回帰係数 (0.040~0.043) よりも明らかに有意に小さかった (Table 6)。また傾きに有意差がみられなかった他の3本の回帰直線では、それらの Y 軸切片の間には有意な差があった (Table 6)。以上により、700~4000 lx の範囲では照度が高いほど生長は良いことがわかった

Table 5. Regression lines ($\log Y = \alpha X + \beta$) of the combinations between culture days (X) and total leaf length (Y) of *Sargassum horneri* germlings (after second measurement) under different light intensities

Regimes	α	β	r	n
4000 lx	0.043	0.235	0.971	90
2500 lx	0.041	0.038	0.955	90
1500 lx	0.040	-0.238	0.965	90
700 lx	0.025	-0.258	0.922	90

Table 6. Results of analysis of covariance for each pair of regression line ($\log Y = \alpha X + \beta$) between culture days and total leaf length of *Sargassum horneri* germlings (after second measurement) under different light intensities

Regimes	1	2	3	4	
1. 4000 lx		n.s.	+	++	Results of α
2. 2500 lx	++		n.s.	++	
3. 1500 lx	—	++		++	
4. 700 lx	—	—	—		
	Results of β				

n.s. = non-significant difference
 + = significant difference at 5%
 ++ = significant difference at 1%

が、700 lx のような低照度では、他の条件と比較して生長に質的な差異がみられることが示唆された。

水温区の初期生長

25°C 及び 20°C 条件では、37日目にそれぞれ平均で6.7, 6.5枚と、1個体あたりの葉の形成枚数に差が見られなかった。15°C では、葉の形成は30日目まで停滞気味であったが、それ以降に急速な形成がみられた (Fig. 5)。全葉長は、3条件とも指数的な増加を見せた (Fig. 6a)。片対数プロットでは、初期の急速な立ち上がり、その後のなだらかな直線的増加との区別は、日長区、照度区ほど明瞭ではなく、変曲点は前の2つの実験区よりも遅れ気味 (20日前後) であった (Fig. 6b)。

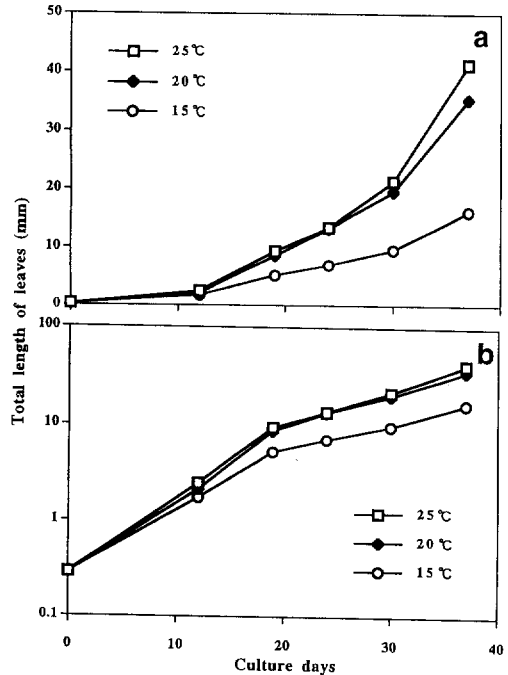


Fig. 6. Germling growth of *Sargassum horneri* under different water temperatures
 a. Total leaf length of germling
 b. Total leaf length (semi-logarithmic scale)

茎の伸長に及ぼす日長の影響

5段階の日長では、12 hL 条件で最も早く実験開始後40日目で茎の伸長の開始が確認された (Plate 3a, Table 7)。このときアカモクの茎特有の先端の2又する棘条突起 (寺脇他 1983) も見られた。その他の条件では、日長が長くても短くても茎の形成は遅れ、16 hL 条件では実験開始後100日目と大幅に遅れた。形成後の伸

Table 7. Period required prior to the stem elongation initiation of young *Sargassum horneri* under various photoperiods (stem differentiation was defined as when the distance between the nearest petioles was over 1 mm)

Regimes	Culture days
8 hL-16 hD	70
10 hL-14 hD	50
12 hL-12 hD	40
14 hL-10 hD	50
16 hL- 8 hD	100

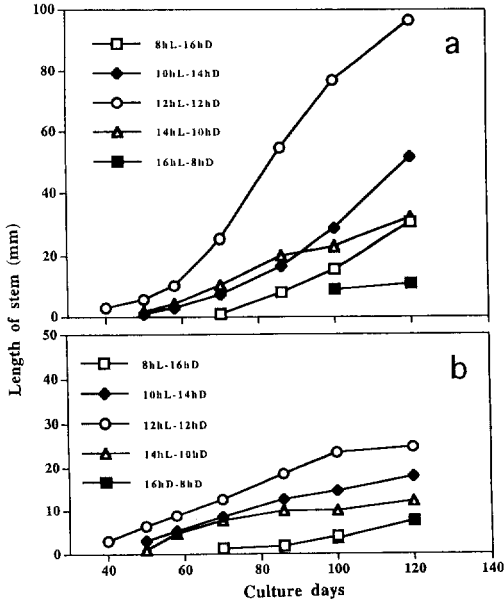


Fig. 7. Elongation of stems of young *Sargassum horneri* under various photoperiod regimes

- a. Aerated
b. Non-aerated

長も 12 hL 条件で最も著しく、特に通気したときに顕著であった (Fig. 7a)。それに対し、静置下では伸長は抑制された (Fig. 7b)。いずれの条件下で形成された茎にも、本種特有の縦溝 (寺脇他 1983) が通り、茎に沿って形成された葉の形態には、初期生長段階で各条件間に見られたような差異は確認できなかった (Plate 3b)。

培養途中に異なる日長条件下に移した実験では、茎の伸長に及ぼす日長の影響はより明瞭になった。8 hL, 16 hL 条件から 12 hL 条件に移すと、移殖 2 週間目に茎の伸長が開始され、それぞれ元の条件よりも急速な伸びを示した (Fig. 8a, b)。特に、16 hL 条件から移したものは茎の伸長開始が 1 カ月近くも短縮され、その後の伸びも顕著であった。逆に 12 hL から 16 hL 条件に移すと、茎の伸長は抑制された (Fig. 8c)。8 hL から 16 hL 条件へ、また 16 hL から 8 hL 条件へ移殖しても、茎の伸長は抑制されたままであった。

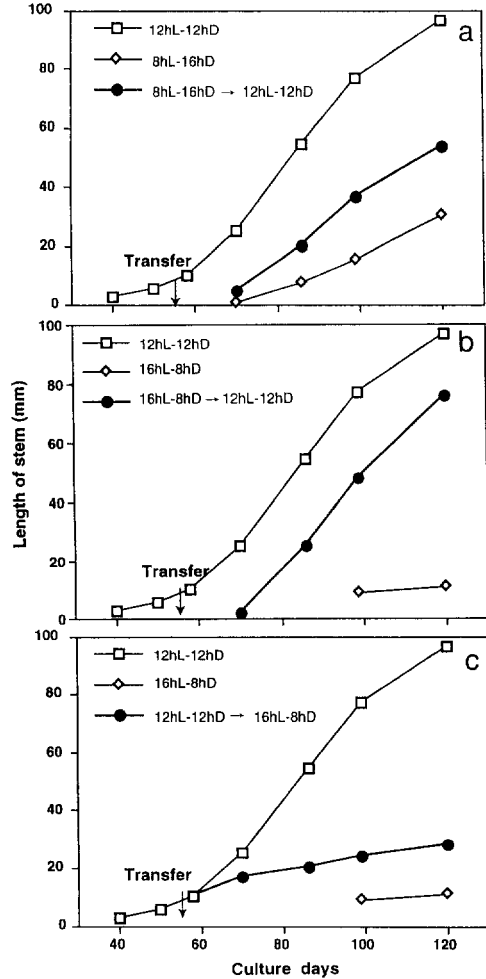


Fig. 8. Elongation of stems of young *Sargassum horneri* transferred to another photoperiod regime after 55 days of culture

- a. 8 hL-16 hD → 12 hL-12 hD
b. 16 hL- 8 hD → 12 hL-12 hD
c. 12 hL-12 hD → 16 hL- 8 hD

考 察

海藻類の生活環を制御している環境要因の中で、日長の変化が特に成熟の引き金になっている例が、アサクサノリの糸状体 (Dring 1967) やヒバマタの仲間 (Bird and McLachlan 1976) で報告されている。ホンダワラ類では、南フロリダの *Sargassum pteropleuron* の個体群が、短日条件への移行によって成熟が誘引されているという推測がある (Prince and O'Neal 1979)。また、Uchida (1993) は、アカモクの

成熟は室内培養において短日（9時間）から長日（15時間）に培養条件を替えることによって進行したと報告している。しかし、Uchida *et al.* (1993) は同時に、「秋に成熟する」アカモクも同じ条件によって成熟が進行したことから、日長条件だけが成熟を制御している要因ではないとしている。

いくつかの褐藻で、基底部からの直立体の分化が主に水温によって促進されたという例はあるが (Ajisaka 1979, Sakai and Saga 1981), 形態形成に日長が主に関わるという報告はほとんど無い。Uchida *et al.* (1991), Uchida (1993) は、初めてホンダワラ類の形態形成に及ぼす日長の影響が大きいことを示唆した。今回の結果からは、アカモクの初期段階の生長は14時間以下では日長に比例して生長は促進されるが、それ以上では差が認められないことが明らかになった。日長区の5条件で、1日に藻体を受ける光量子量は、 $1000 \text{ lx} = 18 \mu\text{Em}^{-2}\text{s}^{-1}$ (Hales and Fletcher 1989) とすると $15.2 \sim 30.4 \text{ Em}^{-2}/\text{day}$ の範囲にあり、照度区の範囲内 ($6.7 \sim 38.0 \text{ Em}^{-2}/\text{day}$) にある。後者の実験範囲内で光量子量が増えるに比例して生長量が大きくなったことを考えれば、初期生長は日長によっても制御されていることは明かである。また茎の形成は日長12時間で最も早く、その後の伸長も顕著であった。日本沿岸の天然個体群では、夏の間は鉛直方向への生長は抑えられ気味であるが、秋に急速な伸長期を迎える (Umezaki 1983, 寺脇 1986)。今回の結果では、日長条件の変換、特に 16 hL から 12 hL 条件への変換により、茎の伸長が顕著に促進された。このことから、アカモクの生活環の中で、秋分の頃の日長の変化が、生長の初期段階から次の茎の急速な伸長へと移行させる「誘導効果」を有している可能性が考えられる。ただし、日長とともに急激に変化する水温と減少する日射量も考慮にいれた綿密な実験を行うことも今後の課題と思われる。

光量の初期生長に及ぼす影響は大きいと思われる。今回実験した 700~4000 lx の範囲では、照度が高いほど生長は促進される。1500 lx 以上の3条件では生長速度はパラレルに近いのに

対し、低照度 (700 lx) 下では他と比較して大幅に遅れた。今回は茎の伸長等、その後の生長の追跡はできなかったが、培養を続けていた 700 lx 条件下の個体の生長は数カ月後も抑制されたままであった。このことは、天然海域においても光がアカモクの生長と分布の大きな制限要因になっている可能性を示唆する。多くのホンダワラ類の幼胚は、数百 lx の低照度下でも生長する能力を有している (Hales and Fletcher 1989, 難波・奥田 1993)。しかし、光量の不足している場所に定着した幼胚の生長は著しく遅れ、茎の伸長、成熟などの生活環の次のステップへ進むまでの生理令に達し難く、逆に、光量があるレベル以上であれば、多少の遅速はあっても幼胚は着実に生長すると考えられる。陸上植物に一般的に見られるようにある一定の生理令に達した後、日長の制御によって生活環の次の段階に進行するという事はあり得であろう。好適な照度については下限と同時に上限もあると思われるが、今回はそれを確かめることはできなかった。

水温も、大きく年変動を示し、褐藻類の生活環に影響を及ぼしている要因である (Ajisaka 1979, Sakai and Saga 1981)。今回の結果から、アカモクの初期生長は 20°C と 25°C で最も良く両者で差はみられなかったことから、初期生長に最適な水温はおそらくこの範囲にあるものと考えられる。しかし、 15°C でも着実な生長が見られたので、少なくとも $15 \sim 25^{\circ}\text{C}$ の水温の範囲は、アカモクの初期生長にとって好適であると考えられた。De Wreede (1976) はオアフ島の3種のホンダワラ類では、現場における低水温期がこれらの種の幼胚の生育に適していることから、水温変動に合わせて成熟が起きていることを報告している。日本のホンダワラ類は一般的に温度耐性が広いと言われ、*Sargassum muticum* の幼体は 10°C から 30°C (最適は 25°C) の幅広い温度範囲で生長が可能で、北大西洋の沿岸に広まったという報告もある (Hales and Fletcher 1989)。アカモクも北海道東部を除く日本本土から、朝鮮半島、中国にまで広く分布しており (吉田 1985)、広い温度範囲に適応性を有しているものと考えられる。

今回の実験の対象は、瀬戸内海では「春に成熟する」(奥田 1987) アカモクと呼ばれるものであった。採集地が Umezaki (1984) や寺脇 (1986) の調査地とは異なるが、今回アカモクが様々な培養条件に対してみせた反応は、彼らの報告したそれぞれ若狭湾、三浦半島小田和湾における環境と生長との関係に符合すると思われる。すなわち、春に放出された卵は、晩春から夏にかけて、日長が1年のうちで最も長く、水温も上昇する時期に幼植物時代を過ごし、秋分を過ぎて秋も深まり出す頃に急速な茎の伸長期を迎える。そして、前述したように日長の変化はその伸長期への移行を誘導する効果を持つものと考えられる。

日長への反応は、葉の形態の違いにも現れた。ホンダワラ類では、同種の中でも、季節によって、藻体の成長段階によって、また生育環境によって葉の形等の形態変異が非常に大きく、分類学的混乱の原因となっている (Kilar and Hanisak 1988)。今回の結果は、アカモクの形態形成の変異の幅の広さを裏付けている。

奥田 (1987) の報告した「秋の」アカモクと「春の」アカモクの間には非常に興味深い。後者は前者と比較して藻体全体が細作りなこと、生殖器巢の形成過程が異なるなどの違いがあるが (Okuda and Satoh 1989), Uchida (1993b) は実験室内で成長を制御した両者の交配に成功し、得られた第一世代も稔性を有することを確認した。両者は天然海域では異なる日長、水温変動条件の下で生活していることになるが、両者の関係及び、それらの生活環を制御する要因をより明瞭に行くためには、現場における個体群の追跡が不可欠であろう。そして、個体群の動態を解明するためには、幼体期の生理生態を明らかにする必要がある (De Wreede 1978)。今回は全葉数と全葉長を用いたが、ホンダワラ類の幼体の生長をどのような指標によって表すかは、そのサイズと複雑な形態から非常に難しい問題であり、いまだ研究者によってまちまちである。今後はそれらに十分な検討を加え、適切な方法を考案し、現場と室内と両方でホンダワラ類の初期生態について知見を積み上げていくことが重要ではないかと思われる。

文 献

- Ajisaka, T., 1979: The life history of *Acrothrix pacifica* Okamura et Yamada (Phaeophyta, Chordariales) in culture. *Jpn. J. Phycol.*, 27, 75-81.
- Bird, N.R. and J. McLachlan, 1976: Control of formation of receptacles in *Fucus distichus* L. subsp. *distichus* (Phaeophyceae, Fucales). *Phycologia*, 15 (1), 79-84.
- De Wreede, R.E., 1976: The phenology of three species of *Sargassum* (Sargassaceae, Phaeophyta) in Hawaii. *Phycologia*, 15 (2), 175-183.
- De Wreede, R.E., 1978: Growth in varying culture conditions of embryos of three Hawaiian species of *Sargassum* (Phaeophyta, Sargassaceae). *Phycologia*, 17 (1), 23-31.
- Dring, M.J., 1967: Effects of daylength on growth and reproduction of the conchocelis-phase of *Porphyra tenera*. *J. Mar. Biol. Ass. U. K.*, 47, 501-510.
- Hales, J.M. and R. L. Fletcher, 1989: Studies on the recently introduced brown alga *Sargassum muticum* (Yendo) Fensholt. IV. The effect of temperature, irradiance and salinity on germling growth. *Botanica Marina*, 32, 167-176.
- Kilar, J. A. and M. D. Hanisak, 1988: Seasonal patterns of morphological variability in *Sargassum polyceratum* (Phaeophyta). *J. Phycol.*, 24, 467-473.
- 難波信由・奥田武男, 1993: 褐藻ジョロモクとアカモク幼胚の低照度下の生長. *日水誌*, 59 (8), 1289-1285.
- 奥田武雄, 1987: アカモクにおける雌雄同株個体と秋季の成熟. *藻類*, 35, 221-225.
- Okuda, T. and Y. Satoh, 1989: Conceptacular development in *Sargassum filicinum* and autumnal *S. horneri* (Phaeophyceae). *Jpn. J. Phycol.*, 37, 279-283.
- Prince, J. S. and S. W. O'Neal, 1979: The ecology of *Sargassum pteropreuron* Grunow (Phaeophyceae, Fucales) in the waters off South Florida. I. Growth, reproduction and population structure. *Phycologia*, 18 (2), 109-114.
- Sakai, Y. and N. Saga, 1981: The life cycle of *Pogotrichum yezoense* (Dictyosiphonales, Phaeophyceae). *Sci. Pap. Inst. Algal Res., Fac. Sci., Hokkaido Univ.*, 7, 1-25.
- Tatewaki, M., 1966: Formation of a crustaceous

- sporophyte with unilocular sporangia in *Scytosiphon lomentaria*. *Phycologia*, 6(1), 62-66.
- 寺脇利信・野沢治治・新村 巖, 1983: ホンダワラ類の初期形態形成に関する研究-Ⅲ アカモク. 藻類, 31, 97-101.
- 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(4), 177-181.
- 徳田 廣・大野正夫・小河久朗, 1987: 海藻資源養殖学. 緑書房, 東京, 219-230.
- Uchida, T., K. Yoshikawa, A. Arai and S. Arai, 1991: Life-cycle and its control of *Sargassum muticum* (Phaeophyta) in batch cultures. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 57(12), 2249-2253.
- Uchida, T., 1993: The life cycle of *Sargassum horneri* (Phaeophyta) in laboratory culture. *J. Phycol.*, 29, 231-235.
- Uchida, T. and S. Arima, 1993: Crossing experiments between autumn- and spring- fruiting types of *Sargassum horneri* (Phaeophyta). *Nippon Suisan Gakkaishi*, 59(10), 1685-1688.
- Umezaki, I., 1984: Ecological studies of *Sargassum horneri* (Turner) C. Agardh in Obama Bay, Japan Sea. *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.*, 50(7), 1193-1200.
- 吉田忠生, 1985: ホンダワラ類の分類と分布 [3] *Bactrophyucus* 亜属の節. 海洋と生物, 7, 24-27.

1994年12月1日受理 (Accepted December 1, 1994)

南西海区水産研究所業績A第34号 (Contribution No. A34 from the Nansei National Fisheries Research Institute)

吉田吾郎, 有馬郷司・内田卓志: 南西海区水産研究所 〒739-04 広島県佐伯郡大野町丸石2-17-5 (G. Yoshida, S. Arima, T. Uchida: Nansei National Fisheries Research Institute, 2-17-5 Maruishi, Ohno, Saeki, Hiroshima 739-04, Japan)

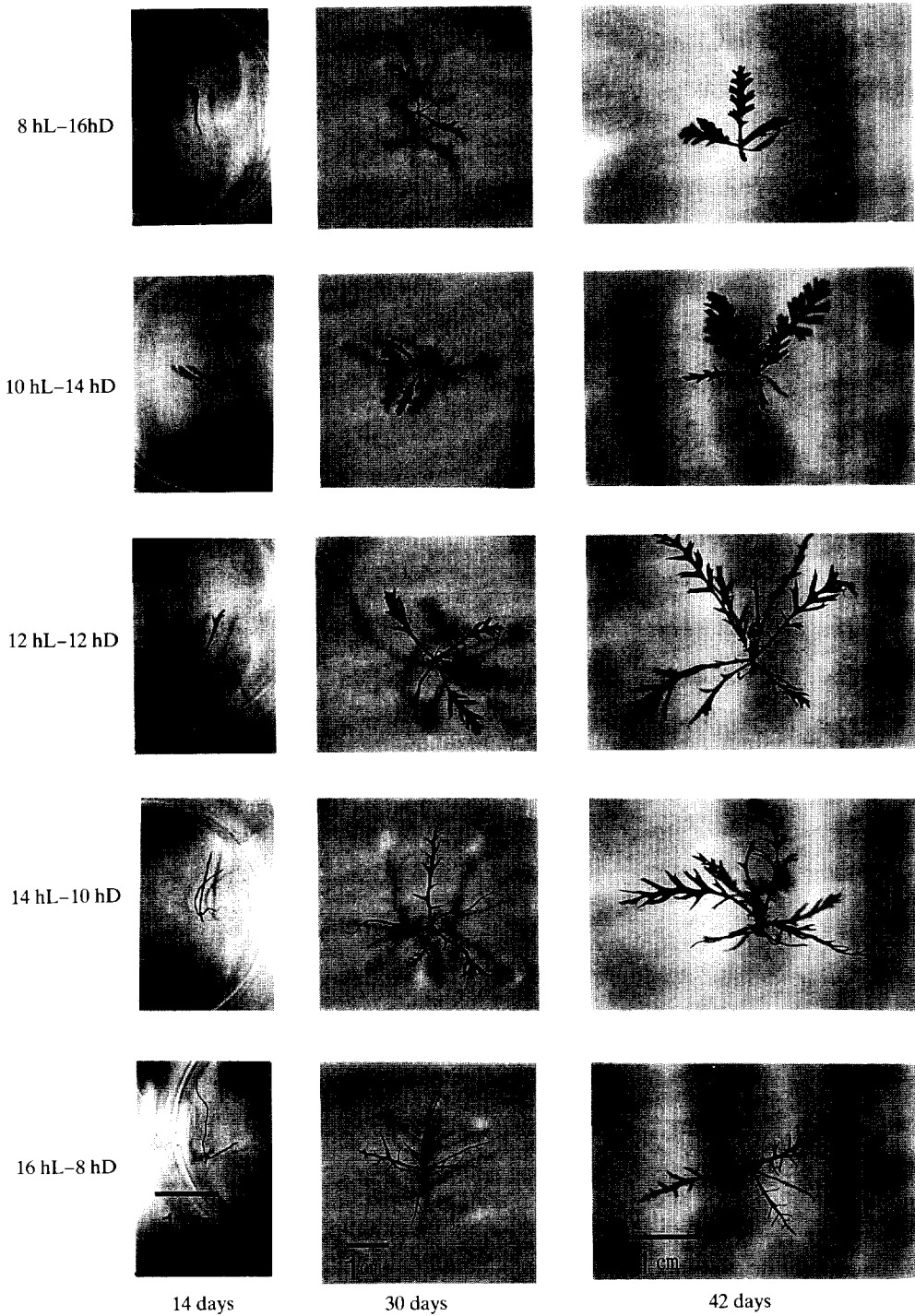


Plate 1. The early development of *Sargassum horneri* under various photoperiod regimes

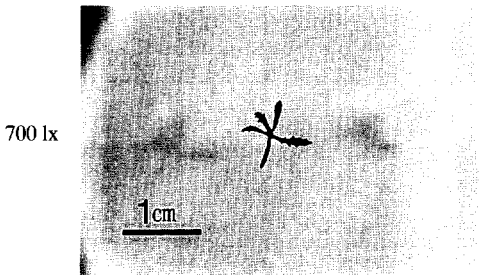
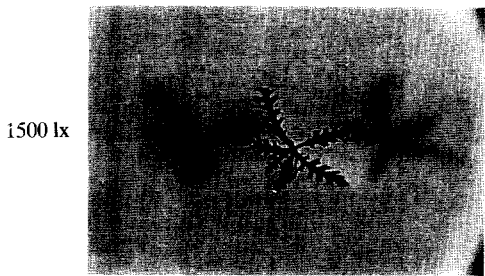
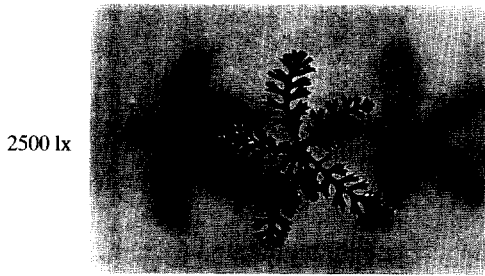


Plate 2. The early morphology (after 50 days of culture) of *Sargassum horneri* under different light intensities



Plate 3a. The initiation of stem elongation after 40 days of culture under 12 hL-12 hD regime

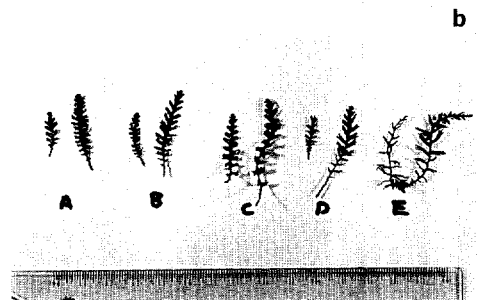


Plate 3b. The morphology of the stem leaves in the photoperiod experiment
 A: 8 hL-16 hD B: 10 hL-14 hD
 C: 12 hL-12 hD D: 14 hL-10 hD E: 16 hL-8 hD