

広島湾大野瀬戸産ノコギリモク幼体の成長に及ぼす 光量・水温の影響

吉田 吾郎・新井 章吾・寺脇 利信

Effects of Irradiance and Temperature on the Germling Growth of *Sargassum macrocarpum* (Phaeophyta) from Ohno-Seto Strait, Hiroshima Bay

Goro Yoshida, Shogo Arai and Toshinobu Terawaki

The effects of irradiance and temperature on germling growth of *Sargassum macrocarpum* sampled from Ohno-Seto Strait, Hiroshima Bay were studied under laboratory conditions. Increase of the total thallus-area (primary leaves and stipes) and attachment-area (rhizoid and holdfast) were used as indexes of growth.

The increase of the total thallus-area saturated at an irradiance of $50 \mu \text{Em}^{-2}\text{s}^{-1}$ in the range of 12.5-400 $\mu \text{Em}^{-2}\text{s}^{-1}$ at 20°C. On the other hand, the attachment-area increased up to 200 $\mu \text{Em}^{-2}\text{s}^{-1}$. Under a constant illumination of 100 $\mu \text{Em}^{-2}\text{s}^{-1}$, the most rapid increase of the total thallus-area was shown at 25 and 30°C through the culture period, and attachment-area achieved its highest increase at 20 or 25°C during the initial 2 weeks of culture, but at 15°C for the succeeding 2 weeks.

The ratios of thallus-area to attachment-area were so variable between culture conditions and durations. This results indicate that the allocation of assimilatory products for the organ development of young plants is changeable in accordance with environmental conditions and the developmental stages.

Key words: *Sargassum macrocarpum*, germling growth, irradiance, temperature, allocation of assimilatory products

ガラモ場は多くの沿岸性動物の生育場となり、水産業にとって重要であることが古くから認識されている(布施 1962)。また近年はそのCO₂固定能等が環境保全の立場からも注目されている(Smith 1981)。このような理由からガラモ場を形成する褐藻ホンダワラ類の生理生態について大きな興味を持たれ、その成長と光量・水温・塩分等の環境要因との関係について多くの種類で調べられている(De Wreede 1978, 月館 1984, Hales and Fletcher 1989, 新井・三浦 1991, 難波・奥田 1993, 小河 1994, 小河他 1994, 吉田他 1995)。しかし、これらの研究においては、幼胚から初期葉・付着器を形成する幼体期を対象としたものが多い。幼体期はサイ

ズ的にも扱いやすく、大量に培養実験に使用できること(De Wreede 1978)、また幼体期が生活史を通して最も環境要因の影響を受けやすく(De Wreede 1978, Hales and Fletcher 1989)、藻場が成立していく過程で重要であると考えられているためである。

ホンダワラ類の幼体の体は、成長点を有して初期葉を連続的に形成する葉状部と、生育基盤に固着して体の流失を防ぐ付着器とから構成される。それぞれが異なる形態・構造と生態的な機能を有し、ともに個体の生存にとって重要な役割を担っている。しかし、数多くある幼体の成長の研究の中で、両者の発達を同時に検討し、個体の生存等の生態的な視点で論じた例

は見あたらない。また従来の研究では、葉状部・付着器（仮根）とも、主に長さを指標としてその発達に定量されてきたが、光の捕捉・生育基盤の確保という生態学的機能を評価するためには、それぞれを平面的な拡がりとして定量することが妥当であると考えられる。

今回、広島湾大野瀬戸産のノコギリモク *Sargassum macrocarpum* C. Agardh の幼体の、葉状部と付着器の発達に及ぼす光量・水温の影響を、それぞれの投影面積を測定することで調べた。

材料と方法

母藻の採集場所および特徴 実験に用いた幼体の母藻は、1996年5月に広島湾奥部の大野瀬戸で採取した。大野瀬戸は広島県大野町と厳島の間にあり、最大幅およそ2 kmの東西に細長い水道で、船の航行により引き起こされる後流が目立つ程度の静穏な場所である。ノコギリモクの群落は大野町側の人工護岸沿岸にあり、護岸を形成している径1 m程度の敷き石上の水深2~3 m付近に形成されている。海底の敷き石上には浮泥の沈積が目立ち、ノコギリモクの藻体も同質のものに覆われている。1995年の群落付近の海底（水深2.3 m）の昼中（13~14時）の光量子量の年間変動はおおよそ50~800 $\mu\text{Em}^{-2}\text{s}^{-1}$ （平均300 $\mu\text{Em}^{-2}\text{s}^{-1}$ ）であり、海面直下光量のほぼ30%であった。水温は2月下旬に年間最低値の10.0°C、8月下旬に最高値の29.9°Cを記録した（吉田他1997）。

本種（Fig. 1）の主枝の形状は、主枝下部が肥厚して断面が楕円形であり、中部断面が二稜形、上部が三稜形である。主枝下部の葉は長楕円形で周囲に明瞭な浅い鋸歯が形成されている。上部の葉の切れ込みは中肋付近まで到達する。葉の形態はヨレモク *Sargassum siliquastrum* (Mertens) Turner C. Agardh の特徴を示すが、主枝下部の葉はヨレモクのように反曲しないこと、また葉の形態より変異の幅が小さい主枝の形状（新井他1996）がノコギリモクの記載により近いことから、ここではノコギリモクと同定した。ノコギリモクとヨレモク群は種の識別が

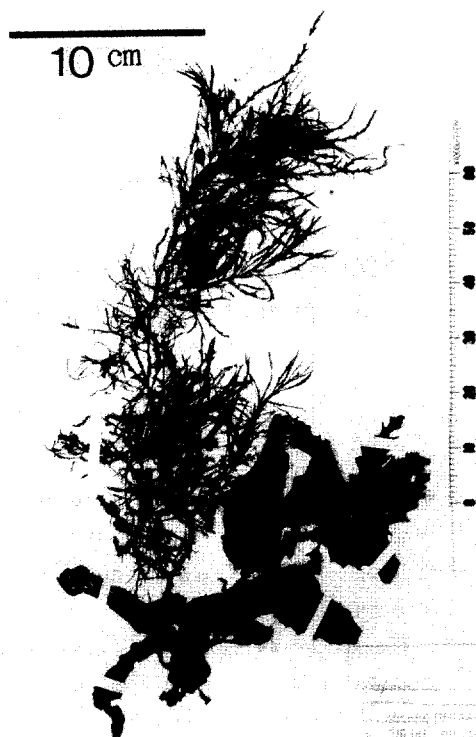


Fig. 1. *Sargassum macrocarpum* in Ohno-Seto Strait, Hiroshima Bay.

難しいとされてきたグループで、分類学的にさらに詳細な検討が必要とされている（吉田1985）。本研究に用いた母藻と同一群落から採集した標本が、北海道大学大学院理学研究科に保存されている。

培養法及び成長測定 屋外水槽で培養していた母藻から1996年6月11日に幼胚を採取した。その時の水槽の水温は17.7°Cであった。得られた幼胚の平均サイズは長径274 ± 31 μm 、短径214 ± 23 μm (n = 20) で、仮根は形成されていなかった。

採取した幼胚を滅菌海水で洗浄後、PESI添加海水培地（Tatewaki 1966）を25 ml入れたペトリ皿（直径90 mm、深さ15 mm）1枚あたりに、80~90個体をまんべんなく散布した。そのまま遮光して実験室内（室温24.0°C）に1晩静置して着生を待ち、様々な培養条件（Table 1）下に移した。光量実験区では20°C、12時間照明の下で、光源からの距離と遮光ネットで光量を6段

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

	Irradiance variable	Temperature variable
Photoperiod (hrs) (light-dark)	12-12	12-12
Irradiance ($\mu\text{Em}^{-2}\text{s}^{-1}$)	12.5, 25, 50, 100, 200, 400	25, 100
Temperature ($^{\circ}\text{C}$)	20	5, 10, 15, 20, 25, 30

階に調節した。水温実験区には多段温度式培養庫を用いて、12時間照明の下で水温を6段階に調節した。水温実験区では、異なる光量下での水温への反応の違いを見るために25, 100 $\mu\text{Em}^{-2}\text{s}^{-1}$ と2段階の光条件を設定した。

培養開始から1週間ごとに、ペトリ皿1枚につき、10~20個体をランダムに間引いて10%ホルマリン海水で固定した。2週間目と4週間目の固定サンプルに対して、成長測定を行った。サンプルの中から旺盛な成長を見せているものを10個体ずつ選び、スライドガラスとカバーガラスの間にはさんでできるだけ平面的な状態とし、葉状部と付着部（仮根部と後から形成された仮根の束のような盤状組織部：後述）を実体顕微鏡あるいは倒立顕微鏡下で写真撮影した。葉状部に数枚の初期葉が形成されている場合は、互いの葉が重なり合わないよう注意した。Macintosh用の画像解析ソフト「NIH-image」を用いて、撮影した写真から葉状部・付着部の投影面積をそれぞれ測定した。NIH-imageにおいて面積を測定するときには、測定の対象と背景とのコントラストが明瞭である必要があるため、必要に応じては写真上の測定部位を油性インクで黒く塗る等の処理を施した。面積測定と同時に初期葉の枚数を数え、葉状部の最大長（付着部との境界から最も長い初期葉の先端までの長さ）、最大仮根長も測定した。

結 果

初期形態形成 母藻から分離して1晩静置後の幼胚は、全体的に細長く伸長し、仮根の形成も見られた (Fig. 2.1)。培養開始時の葉状部長、葉

状部面積はそれぞれ $0.521 \pm 0.061 \text{ mm}^2$, $0.097 \pm 0.015 \text{ mm}^2$, 最大仮根長、付着部面積はそれぞれ $0.010 \pm 0.008 \text{ mm}$, $0.012 \pm 0.008 \text{ mm}^2$ であった。

その後も幼胚は伸長を続け、線形全縁の第1葉になるとともに仮根も伸長した。成長の良好な培養条件下では2週間後には第1葉の上部が広がり、屈曲したへら型に変形した (Fig. 2.2)。それとともに、屈曲部に第2葉となる突起が出現した。最初に形成された仮根の間隙を埋めるように、多数の仮根を束ねたような組織が形成され (Fig. 2.3)、時間の経過とともに広がり盤状の形態となった (Fig. 2.4)。4週間後には成長の良好な培養条件下では、第1葉が長楕円形となり、第2葉以降の初期葉も次々と形成されていた (Fig. 2.5)。

光量と成長 Fig. 3に、6段階の光量下で培養2週間後と4週間後のノコギリモク幼体の葉状部と付着部の面積を示した。実験条件下では全ての光量下で葉状部、付着部ともに成長した。葉状部面積は、50 $\mu\text{Em}^{-2}\text{s}^{-1}$ までは光量の増加に伴って増大したが、それ以上の光量下では飽和に達し、4週間後で10 mm^2 前後であった。しかし、飽和した光量下では、葉状部は面積では同様ながら、光量が大きいほど葉が短く多数となる傾向があり、葉1枚あたりの面積は50 $\mu\text{Em}^{-2}\text{s}^{-1}$ 下の幼体が最も大きかった (Table 2)。一方、付着部面積は光量200 $\mu\text{Em}^{-2}\text{s}^{-1}$ まで増加し続け (Fig. 3)、培養4週間後の200 $\mu\text{Em}^{-2}\text{s}^{-1}$ 下で $1.34 \pm 0.32 \text{ mm}^2$ と、ほぼ飽和に達した。付着器は、まず仮根が長く伸長し、その後さらに多数の仮根の束がその間隙を埋めていったため、最大仮根長で見た付着部の成長は、面積と

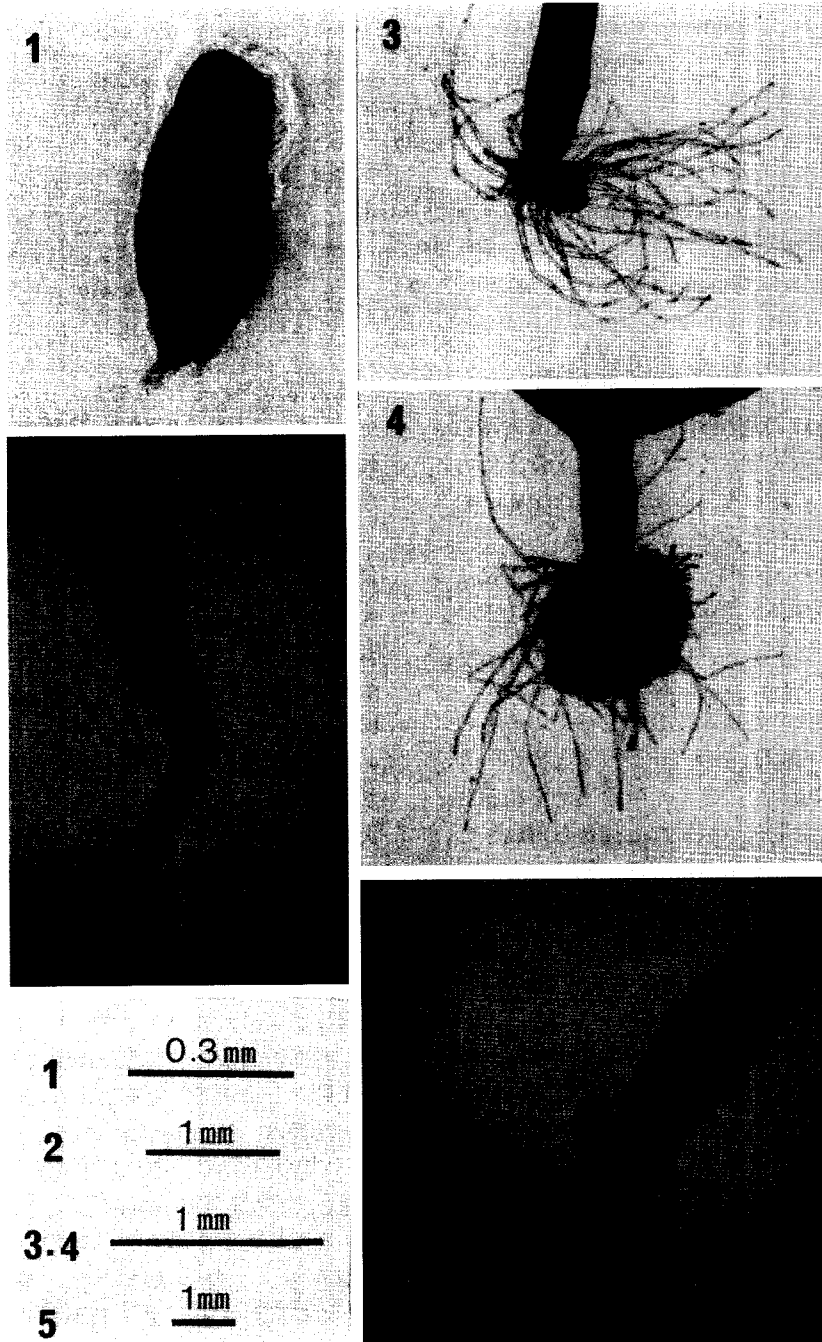


Fig. 2. Morphogenesis of *S. macrocarpum* germlings during the experiments.

- 1: At the start of culture experiments. Rhizoid starts to elongate.
- 2: Young plant after 2 weeks under 20°C, 100 $\mu\text{Em}^{-2}\text{s}^{-1}$.
- 3: Attachment area after 2 weeks under 200 $\mu\text{Em}^{-2}\text{s}^{-1}$.
Rhizoids and discoidal holdfast only.
- 4: Attachment area after 4 weeks under 200 $\mu\text{Em}^{-2}\text{s}^{-1}$.
- 5: Young plant after 4 weeks under 20°C, 100 $\mu\text{Em}^{-2}\text{s}^{-1}$.

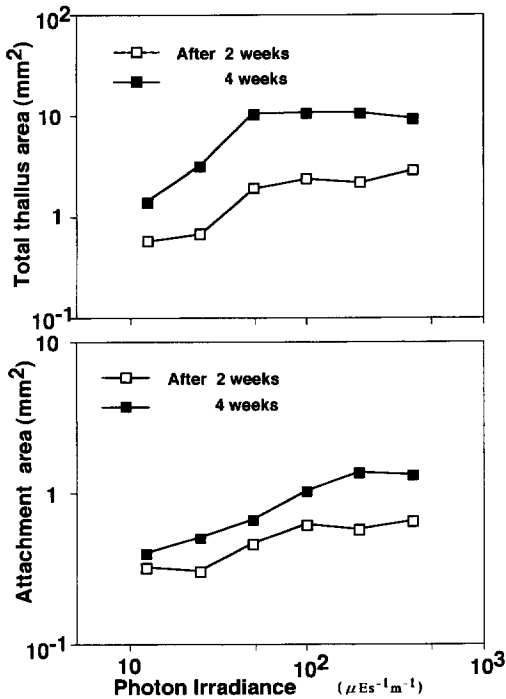


Fig. 3. The growth of *S. macrocarpum* germlings estimated as the total-thallus-area (upper) and the attachment-area (lower) at different irradiance levels. Initial: 0.097 mm^2 (total-thallus-area) and 0.012 mm^2 (attachment-area).

比較して各光量間で明瞭な差は見られなかった (Table 2)。

水温と成長 Fig. 4 及び 5 に, 水温 $5\sim 30^\circ\text{C}$, 2 段階の光量条件 ($100, 25 \mu\text{Em}^{-2}\text{s}^{-1}$) 下で培養 2 週間後, 4 週間後のノコギリモク幼体の葉状部, 附着部面積を示した。どちらの光量下にお

いても 5°C 下では幼体はほとんど成長しなかった。

光量 $100 \mu\text{Em}^{-2}\text{s}^{-1}$ 下における葉状部面積は水温の上昇に伴って増大し, 25°C 下で最大 ($10.40 \pm 1.86 \text{ mm}^2$) となった (Fig. 4)。形成される葉の枚数は 25°C で最大となり, 初期葉 1 枚あたりの面積は 30°C 下で最大値を示した (Table 3)。光量 $25 \mu\text{Em}^{-2}\text{s}^{-1}$ 下では $100 \mu\text{Em}^{-2}\text{s}^{-1}$ と比較して高温域における良好な成長は目立たなくなり, 20°C 下で最大 ($3.12 \pm 0.55 \text{ mm}^2$) となった (Fig. 5)。

これに対し, 附着部では特徴的な結果を示した。 $100 \mu\text{Em}^{-2}\text{s}^{-1}$ 下での附着部面積の拡がり, 培養 2 週間後では $20\sim 25^\circ\text{C}$ で最も良好であったが, 4 週間後では 15°C 下で最大 ($1.25 \pm 0.17 \text{ mm}^2$) となった (Fig. 4)。Table 4 に光量 $100 \mu\text{Em}^{-2}\text{s}^{-1}$ 下の各水温下での培養 0-2 週間, 2-4 週間の葉状部・附着部面積の日平均増加量を示す。葉状部面積の増加量の各水温間での傾向が 0-2 週間と 2-4 週間とは変わらないのと比較して, 附着部面積の増加量は 0-2 週間では $20\sim 25^\circ\text{C}$ が最大であるのに対し, 2-4 週間では 15°C が最大となった。高温域 ($25\sim 30^\circ\text{C}$) の附着部面積の日平均増加量は後半の 2 週間では減少した。特に 30°C 下では 0-2 週間では比較的良好な増加を見せているのに対し, 2-4 週間では全く増加せず, 培養期間を通じて良好な成長を見せた葉状部とは対照的であった。光量 $25 \mu\text{Em}^{-2}\text{s}^{-1}$ 下では $100 \mu\text{Em}^{-2}\text{s}^{-1}$ 下ほど顕著ではなかったが, やはり $25, 30^\circ\text{C}$ での附着部面積の日平均増加量は 2-4 週間後では減少した (Fig. 5)。

Table 2. Growth of *Sargassum macrocarpum* germlings after 4 weeks of culture under various irradiance levels. Each value is the average of 10 individuals

Irradiance ($\mu\text{Em}^{-2}\text{s}^{-1}$)	12.5	25	50	100	200	400
Maximum length of thallus (mm)	2.51	3.65	6.02	6.22	5.75	5.41
Maximum length of attachment area (mm)	1.54	1.79	1.47	1.37	1.80	1.60
Number of leaves	1.0	1.7	2.4	3.0	4.0	4.3
Average area per leaf (mm^2)	1.37	1.84	4.32	3.50	2.64	2.15

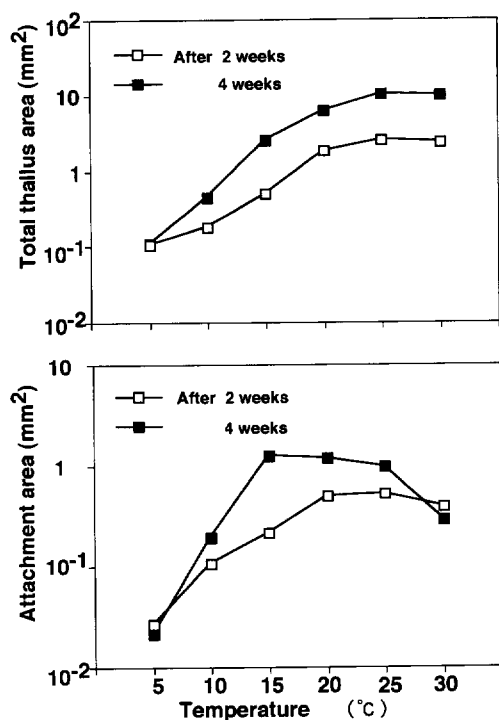


Fig. 4. The growth of *S. macrocarpum* germlings estimated as the total-thallus-area (upper) and the attachment-area (lower) at different temperatures at the illumination of $100 \mu \text{Em}^{-2}\text{s}^{-1}$.
Initial: 0.097 mm^2 (total-thallus-area) and 0.012 mm^2 (attachment-area).

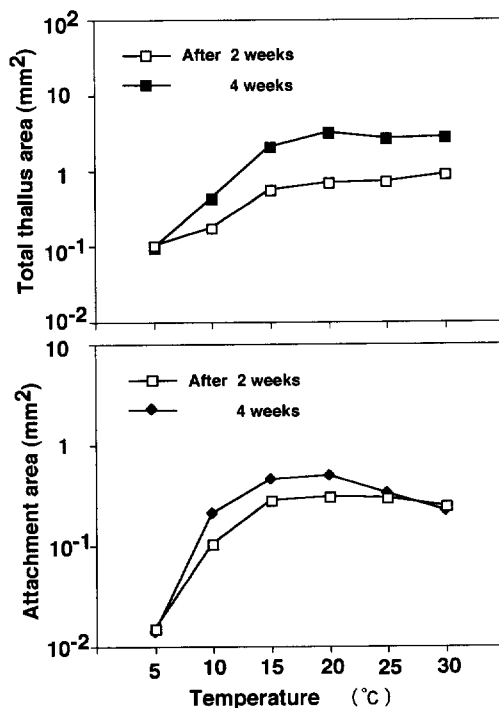


Fig. 5. The growth of *S. macrocarpum* germlings estimated as the total-thallus-area (upper) and the attachment-area (lower) at different temperatures at the illumination of $25 \mu \text{Em}^{-2}\text{s}^{-1}$.
Initial: 0.097 mm^2 (total-thallus-area) and 0.012 mm^2 (attachment-area).

考 察

ホンダワラ類群落では、水深・波浪の影響 (Yoshida *et al.* 1963), 基質の安定度や砂底からの比高 (今野 1985, 寺脇他 1996) 等環境の勾配により優占する種類が異なること, また同一場所でも時間の経過に伴い, 1年生種から多年生種へ種構成が変化すること*)も報告されている。このようなホンダワラ類の分布と遷移の機構を明らかにするためには, それぞれの種の生活史特性全体を考慮する必要がある (中原 1986) が, 入植に関わる幼体の成長能を調べ,

様々な環境に対する適応性を考察することも重要な手がかりとなると思われる。

ホンダワラ類の初期の減耗は極めて大きく (名畑他 1981, 吉田他 1997), その主要因の1つとして波浪等物理的な力による流失があり, 基盤への付着力は個体の生存に大きく関わっていると考えられる。付着力の強さは付着器の大きさや構造等にも左右されるが, それほど発達した付着器を持たない幼体期には, 葉状部と付着部のバランスも重要であると思われる。すなわち, 付着部に比して大きな葉状部を持つ個体は, 小さな葉状部を持つ個体よりも弱い海水流動で基盤からはがされやすく, 波浪による減耗

* 吉川浩二, 1995: 山口県東和町松ヶ鼻におけるホンダワラ類群落について—主として, 9年間の種組成変化—平成7年春季水産学会講演要旨, p. 98.

Table 3. Growth of *Sargassum macrocarpum* germlings after 4 weeks of culture under various temperatures. Each value is the average of 10 individuals

		Temperature (°C)	5	10	15	20	25	30
100 $\mu\text{Em}^{-2}\text{s}^{-1}$	Maximum length of thallus (mm)		0.56	1.30	3.35	5.42	5.93	5.67
	Maximum length of attachment area (mm)		0.26	0.85	1.50	1.89	1.86	1.10
	Number of leaves		1.0	1.0	1.9	2.9	3.9	2.9
	Average area per leaf (mm^2)		0.11	0.45	1.34	2.18	2.67	3.42
25 $\mu\text{Em}^{-2}\text{s}^{-1}$	Maximum length of thallus (mm)		0.54	1.36	2.94	3.65	3.58	3.87
	Maximum length of attachment area (mm)		0.18	0.92	1.25	1.79	1.36	1.01
	Number of leaves		1.0	1.0	1.7	1.7	1.8	1.6
	Average area per leaf (mm^2)		0.09	0.43	1.18	1.84	1.47	1.72

Table 4. Daily increase of the total-thallus-area and the attachment-area of *S. macrocarpum* germlings during 0-2 and 2-4 weeks of culture under various temperatures at $100 \mu\text{Em}^{-2}\text{s}^{-1}$

		Temperature (°C)					
		5	10	15	20	25	30
Duration							
Daily increase rate of total-thallus-area ($\text{mm}^2 \text{d}^{-1}$)	0-2 weeks	0	0.01	0.03	0.13	0.18	0.16
	2-4 weeks	0	0.02	0.15	0.32	0.56	0.54
Daily increase rate of attachment-area ($\text{mm}^2 \text{d}^{-1}$)	0-2 weeks	0	0.01	0.01	0.04	0.04	0.03
	2-4 weeks	0	0.01	0.07	0.05	0.03	0

Table 5. Thallus-area/attachment-area ratios of *S. macrocarpum* germlings after 2 and 4 weeks of culture under various irradiance levels at 20°C

Irradiance ($\mu\text{Em}^{-2}\text{s}^{-1}$)	12.5	25	50	100	200	400
After 2 weeks	1.8	2.3	4.3	3.9	3.8	4.5
After 4 weeks	3.5	6.3	15.7	10.3	7.9	7.1

が大きいと考えられる。

今回調べたノコギリモクでは、投影面積で見た葉状部、付着部の成長の光量、水温の最適条件は異なっていた。葉状部は、 20°C 下では比較的 low 光量 ($50 \mu\text{Em}^{-2}\text{s}^{-1}$) で成長が飽和したのに対し、付着部は $200 \mu\text{Em}^{-2}\text{s}^{-1}$ まで増加し続けた。また、光量 $100 \mu\text{Em}^{-2}\text{s}^{-1}$ 下では葉状部の成

長の最適水温が培養期間を通じて高温域 ($25\sim 30^\circ\text{C}$) にあったのに対し、付着部の発達の最適水温は培養期間の前後半では $20\sim 25^\circ\text{C}$ から 15°C 付近に低下し、特に後半では高温域での停滞が顕著であった。

Table 5 及び 6 に、それぞれ光量実験区・水温実験区の各条件下の幼体の葉状部/付着部面積

Table 6. Thallus-area/attachment-area ratios of *S. macrocarpum* germlings after 2 and 4 weeks of culture under various temperatures

Temperature		5	10	15	20	25	30
100 $\mu\text{Em}^{-2}\text{s}^{-1}$	After 2 weeks	4.0	1.7	2.3	3.7	4.8	6.1
	After 4 weeks	5.1	2.3	2.0	5.3	10.7	34.2
25 $\mu\text{Em}^{-2}\text{s}^{-1}$	After 2 weeks	6.6	1.7	2.0	2.3	2.4	3.6
	After 4 weeks	6.7	2.1	4.5	6.3	8.0	12.6

比を示す。培養条件間で葉状部と付着部の面積比が大きく異なることがわかる。また同一条件下でも培養 2 週間後と 4 週間後で大きく異なり、各条件間の違いは 4 週間後でより顕著になる。4 週間後の光量実験区では $50 \mu\text{Em}^{-2}\text{s}^{-1}$ まで面積比が増加し、それ以上の光量下では減少する。また水温実験区では 4 週間後には特に高温域 (25~30°C) で、極めて葉状部/付着部面積比が大きくなり、その傾向は光量 $100 \mu\text{Em}^{-2}\text{s}^{-1}$ 下で顕著である。

これらの結果から、ノコギリモクの幼体内では、藻体の成長に関わる同化産物の体各部位への分配の様式が環境条件と成長段階により異なることが示唆される。幼体にとって生育基盤を確保することは必須であるため、まず仮根を形成する。このため光量実験区の $12.5, 25 \mu\text{Em}^{-2}\text{s}^{-1}$ 下のように、光量が極めて低い時は葉状部/付着部面積比が小さくなる。しかし、ある程度の光を受けることができれば、獲得したエネルギーをより葉状部へ向けて効率的な光の捕捉に努めるものと考えられる。光条件がさらに好転すれば、エネルギーは再び付着器の発達の方へ向けられ、固着力を強化するものと考えられる。また幼体の成長段階がすすむにつれて、特に付着器の発達に対する最適水温は下がり、光量 $100 \mu\text{Em}^{-2}\text{s}^{-1}$ 下における高温環境下 (25, 30°C) では付着部の成長は止まり、面積比は増大する。なぜ高温下では付着部の成長のみが抑えられるのかは不明であるが、このような環境下においては、葉状部と付着部の面積のバランスが崩れて、より基盤からはがれやすくなることが考えられる。

実験に用いた幼胚を得たのは 6 月中旬で、そ

の時の海水温は 17.7°C であった。母藻を採取した大野瀬戸は 7 月下旬に表層水温が 27~28°C になり、8 月下旬には 30°C 近くまで上昇する。また 7, 8 月の群落付近の海底における日中の (13-14 時) 光量子量は、 $160\sim 800 \mu\text{Em}^{-2}$ であった (吉田他 1997)。今回得られた培養実験の結果から推察すれば、この時期の幼体は高い流失の危険にさらされることになる。しかし、Table 6 に見られるように、高温下においても低光量 ($25 \mu\text{Em}^{-2}\text{s}^{-1}$) ならばそれほど葉状部/付着部面積比が大きくなることはない。従って夏季を幼体で過ごすノコギリモクにとって、光に恵まれた場所よりも、比較的隠蔽された場所で生育する方が望ましいと思われる。多年生のノコギリモクは生育に適した場所を長期保持し「樹冠」を形成するので、群落内の海底に着生した幼体はその下部の低光量の環境である期間過ごすものと推測される。このような幼体は形態的に流失しにくくなるだけでなく、群落内では海水の流動も緩和される (大野 1985) ので、さらに生存しやすいものと考えられる。このような生態特性は、樹冠を構成する個体が寿命や波浪などの影響で流失した後、空いたギャップをあらかじめ入植していた幼体が速やかに埋める等、個体群の維持に有利に働くことができる。

今後は、今回培養下で観察されたノコギリモク幼体の成長特性が、天然の現場でどのように発揮されているか、またそれが個体群の維持・更新機構にどのように作用しているかを明らかにする必要がある。同時に、他のホンダワラ類の幼体にも同様の成長測定を行い、種によってその特性に違いが見られるのか等についても検

討していく予定である。

謝 辞

本原稿を校閲いただいた京都大学農学部の中
原紘之教授、種の同定について御教示いただ
いた北海道大学理学部の吉田忠生教授に深く感謝
する。また本稿を取りまとめるに当たって御助
言いただいた南西海区水産研究所の森岡泰啓博
士、またデータ解析に御協力いただいた奥新美
鈴さんに御礼申し上げます。

文 献

- 新井朱美・三浦昭雄, 1991: オオバモク幼体の生長に
及ぼす塩分と照度の影響. 水産増殖, **39**(3), 315-
319.
- 新井章吾・筒井功・寺脇利信, 1996: 能登半島に生育
するホンダワラ類の概要と生態的視点を背景とし
た検索表. のと海洋ふれあいセンター研報, **2**, 7-
16.
- 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.
- 布施慎一郎, 1962: ガラモ場における動物群集. 生理
生態, **11**(1), 23-45.
- 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.
- 今野敏徳, 1985: ガラモ場・カジメ場の植生構造. 月
刊海洋科学 **17**(1), 57-65.
- 中原紘之, 1986: 褐藻類の生活史 XXVI 生物間の相互
作用と生活史 (7) 群落の遷移と安定性-5. 海洋
と生物, **44**, 220-225.
- 名畑進一・新原義昭・松谷実・武井文雄, 1981: 利尻
島におけるフシスジモク *Sargassum confusum* の生
態. 北水試報, **23**, 53-64.
- 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-
1295.
- 大野正夫, 1985: 概論: ガラモ場—その環境と水産資
源的効用—月刊 海洋科学 **17**(1), 4-10.
- 小河久朗, 1994: タマハハキモクの初期発生におよぼ
す温度と塩分濃度の影響. 水産増殖, **42**(1), 25-31.
- 小河久朗・金谷夏広・木内悦子, 1995: エゾノネジモ
クの仮根形成に及ぼす温度と塩分の影響. 水産増
殖, **43**(4), 445-448.
- Smith, S. V., 1981: Marine macrophyte as a global carbon
sink. *Science*, **211**, 838-840.
- Tatewaki, M., 1966: Formation of a crustacean sporophyte
with unilocular sporangia in *Scytosiphon lomentaria*.
Phycologia, **6**(1), 62-66.
- 月館潤一, 1984: ヤツマタモクとヨレモクの幼体の最
適生長条件について. 南西水研報, (16), 1-9.
- 寺脇利信・吉田吾郎・吉川浩二・有馬郷司, 1996: 瀬
戸内海西部における基面の高さ別のホンダワラ植
生の観察. 南西水研報, (29), 49-58.
- 吉田吾郎・有馬郷司・内田卓志, 1995: 褐藻アカモク
の初期生長に及ぼす日長, 照度, 水温の影響. 南
西水研報, (28), 21-32.
- 吉田吾郎・寺脇利信・吉川浩二・有馬郷司, 1997: 広
島湾大野瀬戸における秋に成熟するアカモクの初
期成長と減耗. 南西水研報, (30), 127-137.
- Yoshida T., T. Sawada and M. Higaki, 1963: *Sargassum*
vegetation growing in the sea around Tsuyazaki, North
Kyushu, Japan. *Pac. Sci.*, **17**(2), 135-144.
- 吉田忠生, 1985: ホンダワラ類の分類と分布 (8), 海洋
と生物, **41**, 450-453.

1997年1月13日受理 (Accepted on January 13, 1997)

南西海区水産研究所業績 A 第57号 (Contribution No. A 57 from the Nansei National Fisheries Research Institute)

吉田吾郎・寺脇利信: 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, T. Terawaki: Nansei National Fisheries Research Institute, 2-17-5 Maruishi, Ohno, Saeki, Hiroshima 739-04, Japan)

新井章吾: (株)海藻研究所 〒811-01 福岡県粕屋郡新宮町湊坂 3-9-4 (S. Arai: Marine Algae Research Co., Ltd, 3-9-4 Minatozaka, Shingu, Kasuya, Fukuoka, Japan)