

## 山口県沿岸のホンダワラ類の生育適温と上限温度

原口展子<sup>1</sup>・村瀬 昇<sup>1</sup>・水上 譲<sup>1</sup>・野田幹雄<sup>1</sup>・吉田吾郎<sup>2</sup>・寺脇利信<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 水産大学校生物生産学科 (759-6595 山口県下関市永田本町 2-7-1)

<sup>2</sup> 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)

Hiroko Haraguchi<sup>1</sup>, Noboru Murase<sup>1</sup>, Yuzuru Mizukami<sup>1</sup>, Mikio Noda<sup>1</sup>, Goro Yoshida<sup>2</sup>, Toshinobu Terawaki<sup>2</sup>: The optimal and maximum critical temperatures of nine species of the Sargassaceae in the coastal waters of Yamaguchi Prefecture, Japan. Jpn. J. Phycol. (Sôri) 53: 7 - 13, Mar. 10, 2005

Culture experiments were established at 5°C intervals from 10°C to 35°C and 1°C intervals from 25°C to 35°C to determine the optimal and maximum critical temperatures for growth of eight species of *Sargassum* and *Myagropsis myagroides*. Experimental thallus samples were collected during the summer of 2002 from the coastal areas of the Seto Inland Sea and Sea of Japan, Yamaguchi Prefecture, Japan. The nine species are segmented into two narrow (15-20°C or 20-25°C) or two broad (10-25°C or 15-25°C) optimal growth temperature regimes. Species included in the narrow, colder temperature regime are *Sargassum horneri*, *S. piluliferum*, *S. hemiphyllum* and *S. micracanthum*. Species included in the narrow warmer temperature regime are *S. patens*, *S. fulvellum* and *S. macrocarpum*. The broad temperature tolerating species include *S. thunbergii* and *Myagropsis myagroides*. The maximum critical temperatures are 27°C for *Sargassum horneri*, *S. hemiphyllum* and *S. micracanthum*, 30°C for *S. piluliferum*, *S. fulvellum* and *Myagropsis myagroides* and 31°C for *S. patens*, *S. macrocarpum* and *S. thunbergii*.

Key words: critical temperature, culture, growth, Myagropsis, optimal temperature, Sargassum, thallus

<sup>1</sup>Department of Applied Aquabiology, National Fisheries University, 2-7-1 Nagatahonmachi, Shimonoseki, Yamaguchi 759-6595, Japan

<sup>2</sup>National Research Institute of Fisheries and Environment of Inland Sea, Fisheries Research Agency, 2-17-5 Maruishi, Ohno, Sacki, Hiroshima 739-0452, Japan

ホンダワラ類は、褐藻綱ヒバマタ目に属する大型海藻で、北海道から南西諸島に至る日本沿岸の岩礁域に広く分布する (Yoshida 1983, 吉田 1998)。ホンダワラ類の群落は、ガラモ場と呼ばれ、多様な生物を育む生態系を構成し、沿岸の一次生産者として水産生物資源を支えるとともに、環境保全上においても重要な役割を担っている。

海藻は海底に固着して生活するため、温度や光などの環境変動の影響を強く受ける。その中でも温度は海藻の水平分布を規制する主な要因と考えられている (横浜 1986, Lüning 1990)。近年、二酸化炭素の排出が主な原因とされる温暖化が地球規模で進行し、世界的にこの問題について早急な対処が望まれている。温暖化による海洋への影響は、海水温および平均海面の上昇などが予測される (原沢 2003)。また、海水温は表層の方が大気的气温変動に応答しやすいことから (小池 2003)、沿岸浅海域で繁茂する藻場は温暖化の影響を受けやすいと考えられる。温暖化などによる水温上昇が藻場へ及ぼす影響については、高知県土佐湾で 1990 年からの 10 年間の水温が過去 25 年間と比べて 0.5 - 1.0°C 上昇し、藻場構成種が変化したとの報告がある (大野 2003)。このように、温暖化などによる水温上昇が藻場へ及ぼす影響については現象面で報告されているにすぎず、藻場構成種の生育限界と温度との関係に着目した詳細な研究は極めて少ない (Morita *et al.* 2003a, b)。そこで、本研究では山口県沿岸でガラモ場を構成するホンダワラ類の葉状部を用いて培養実験を行ない、生育適温および生育上限温度を求め、ホンダワラ類の生育特性を明らかにした。

### 材料および方法

材料として、褐藻ホンダワラ科のアカモク *Sargassum horneri* (Turner) C. Agardh, ヤツマタモク *S. patens* C. Agardh, マメタワラ *S. piluliferum* (Turner) C. Agardh, ノコギリモク *S. macrocarpum* C. Agardh, ホンダワラ *S. fulvellum* (Turner) C. Agardh, ウミトラノオ *S. thunbergii* (Mertens ex Roth) Kuntze, イソモク *S. hemiphyllum* (Turner) C. Agardh, トゲモク *S. micracanthum* (Kützinger) Endlicher および ジョロモク *Myagropsis myagroides* (Mertens ex Turner) Fensholt (吉田ら 2000) の 9 種を用いた。

アカモク, ヤツマタモク, マメタワラ, イソモク および トゲモクを山口県の瀬戸内海に面した田布施町馬島沿岸で、ノコギリモク, ホンダワラ および ジョロモクを山口県の日本海側に面した下関市蓋井島沿岸で、さらに、ウミトラノオを日本海に面した豊浦町川棚漁港沿岸でそれぞれ採集した (Fig. 1)。馬島沖の 1987 年から 1992 年の表層平均水温は、3 月に最低 11.1°C, 8 月に最高 25.8°C であった (村瀬ら 1993)。また、蓋井島および川棚沖の 1984 年から 1991 年の表層平均水温は、3 月に最低 12.8°C, 8 月に最高 25.7°C であった (下関沿岸漁業振興調査計画検討委員会 1993)。材料については、8 - 10 月に採集し、採集時の水温は 23.0 - 28.6°C であった (Table 1)。

採集した藻体を水産大学校水産植物学研究室に持ち帰り、傷がつかないように付着生物を取り除き、生長点を含む主枝 (アカモクのみ茎) の先端から約 2cm の長さの葉状部を切り出した (松井ら 1994)。切り出した葉状部を光量 100 μmol m<sup>-2</sup>

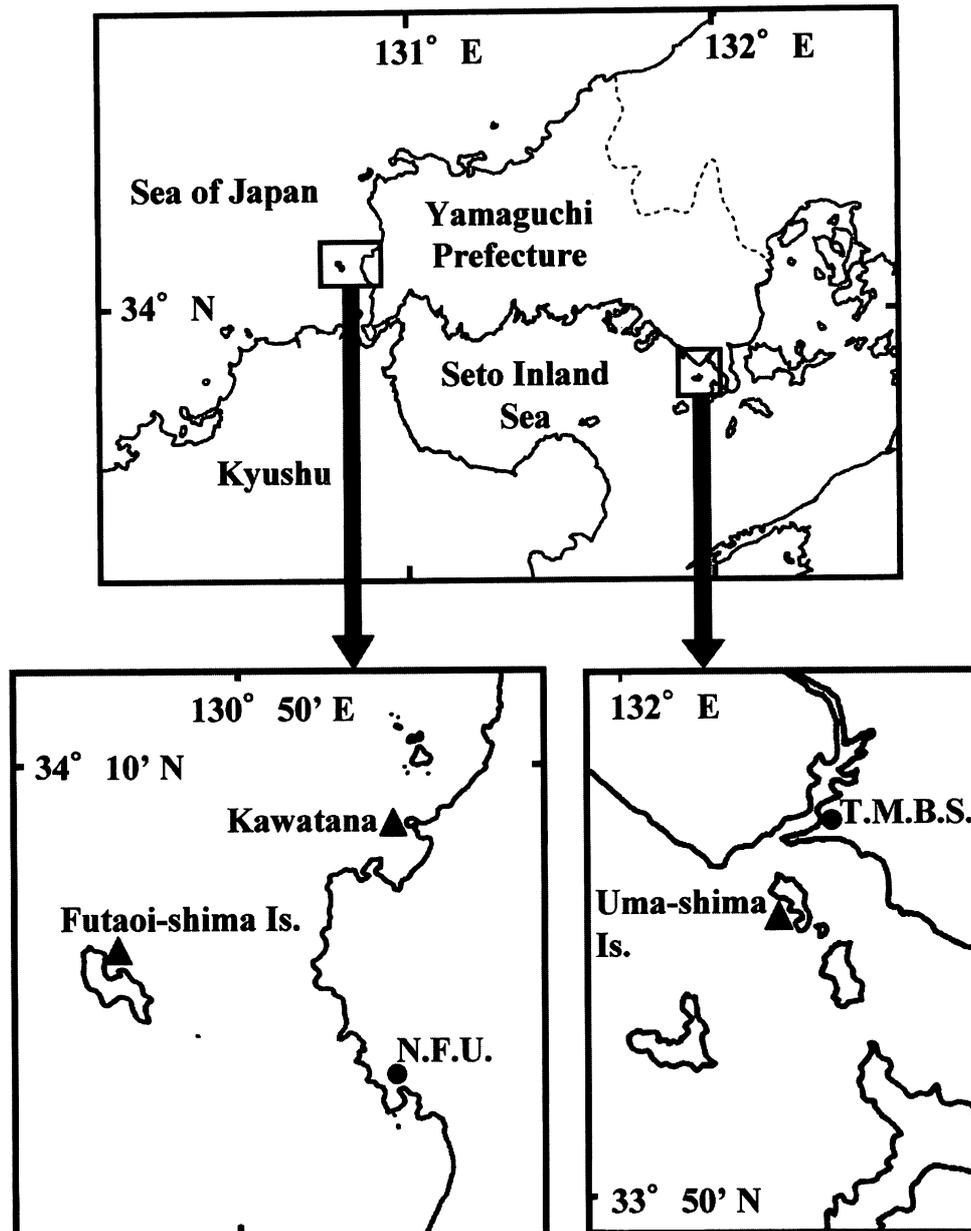


Fig. 1. Maps indicating sampling sites (▲) at Futaoui-shima Island, Kawatana and Uma-shima Island in Yamaguchi prefecture. N.F.U., National Fisheries University; T.M.B.S., Tana Marine Biological Station of National Fisheries University.

$s^{-1}$  (白色蛍光灯, 20W × 3本), 明暗周期 12L : 12D, 20°C で約 1 週間通気して予備培養した。

まず, 10 – 35°C の 5°C 間隔で生育適温および生育上限温度の範囲を培養実験で調べた。次に, 生育上限温度を明らかにするため, 25 – 30°C もしくは 30 – 35°C の 1°C 間隔で培養実験を行なった。培養期間中, 藻体の先端からの主枝 (もしくは茎) の長さを主枝長 (茎長) として 5 個体ずつ 3 日ごとに 12 日間測定した。生長の評価については以下の計算式によって求め, 相対生長率で表わした。

相対生長率 =  $\log_e(\text{最終日の値} / \text{開始日の値}) / \text{培養日数} \times 100$

5°C 間隔の培養実験には空冷式恒温器 (SANYO, MIR-153) を使い, 1°C 間隔の培養実験には流水式 6 連温度勾配培養装置 (Morita *et al.* 2003a) を用いた。これらの培養装置には, 予備培養後の材料と培地が入った容量 1L の平底フラスコを各

温度区に設置し, 光量  $100 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , 明暗周期 12L : 12D の光条件下で通気して培養した。培地には PESI 海水を用いた (Tatewaki 1966)。

## 結果

### 1. 生育適温

5°C 間隔の培養実験結果を Fig. 2 に示す。アカモクは, 実験開始時の茎長が  $1.57 \pm 0.13 \text{cm}$  であった (Table 1)。培養 12 日間の相対生長率は 10°C で最も低く, 15 および 20°C では高かった (Fig. 2a)。相対生長率は 15 および 20°C では, それぞれ  $3.8 \pm 2.0\% \text{ day}^{-1}$ ,  $3.4 \pm 3.3\% \text{ day}^{-1}$  で有意な差が認められなかった (*t*-test,  $p < 0.05$ )。25°C では相対生長率が低下し, 30 および 35°C では, 藻体が柔らかくなり, 葉や生長点の脱落が認められ, すべての藻体が枯死した (Fig. 3)。よっ

Table 1. Sargassaceae sampling data and experimental results

Species	Sampling			Experiment	
	Site	Date	W.T.* (°C)	T.L.** (cm)	Length*** (cm)
<i>Sargassum horneri</i>	Uma-shima Is., Tabuse	Sept. 2002	26.6	2.4±0.4	1.57±0.13
<i>S. patens</i>	Uma-shima Is., Tabuse	Aug. 2002	28.6	23.5±2.0	2.14±0.03
<i>S. piluliferum</i>	Uma-shima Is., Tabuse	Oct. 2002	23.8	26.3±6.0	1.98±0.08
<i>S. macrocarpum</i>	Futaoi-shima Is., Shimonoseki	Oct. 2002	23.0	31.0±1.5	1.50±0.06
<i>S. fulvellum</i>	Futaoi-shima Is., Shimonoseki	Oct. 2002	23.0	30.9±2.7	2.10±0.07
<i>S. thunbergii</i>	Kawatana, Toyoura	Sept. 2002	28.2	12.7±2.1	2.31±0.07
<i>S. hemiphyllum</i>	Uma-shima Is., Tabuse	Aug. 2002	27.7	19.0±1.4	2.18±0.09
<i>S. micracanthum</i>	Uma-shima Is., Tabuse	Oct. 2002	23.8	24.7±3.1	1.54±0.06
<i>Myagropsis myagroides</i>	Futaoi-shima Is., Shimonoseki	Oct. 2002	23.0	27.8±3.6	1.83±0.02

\*, Water temperature; \*\*, Total length (Means±95% confidence level, n=20); \*\*\*, Length of main branches or stems (Means±95% confidence level, n=50).

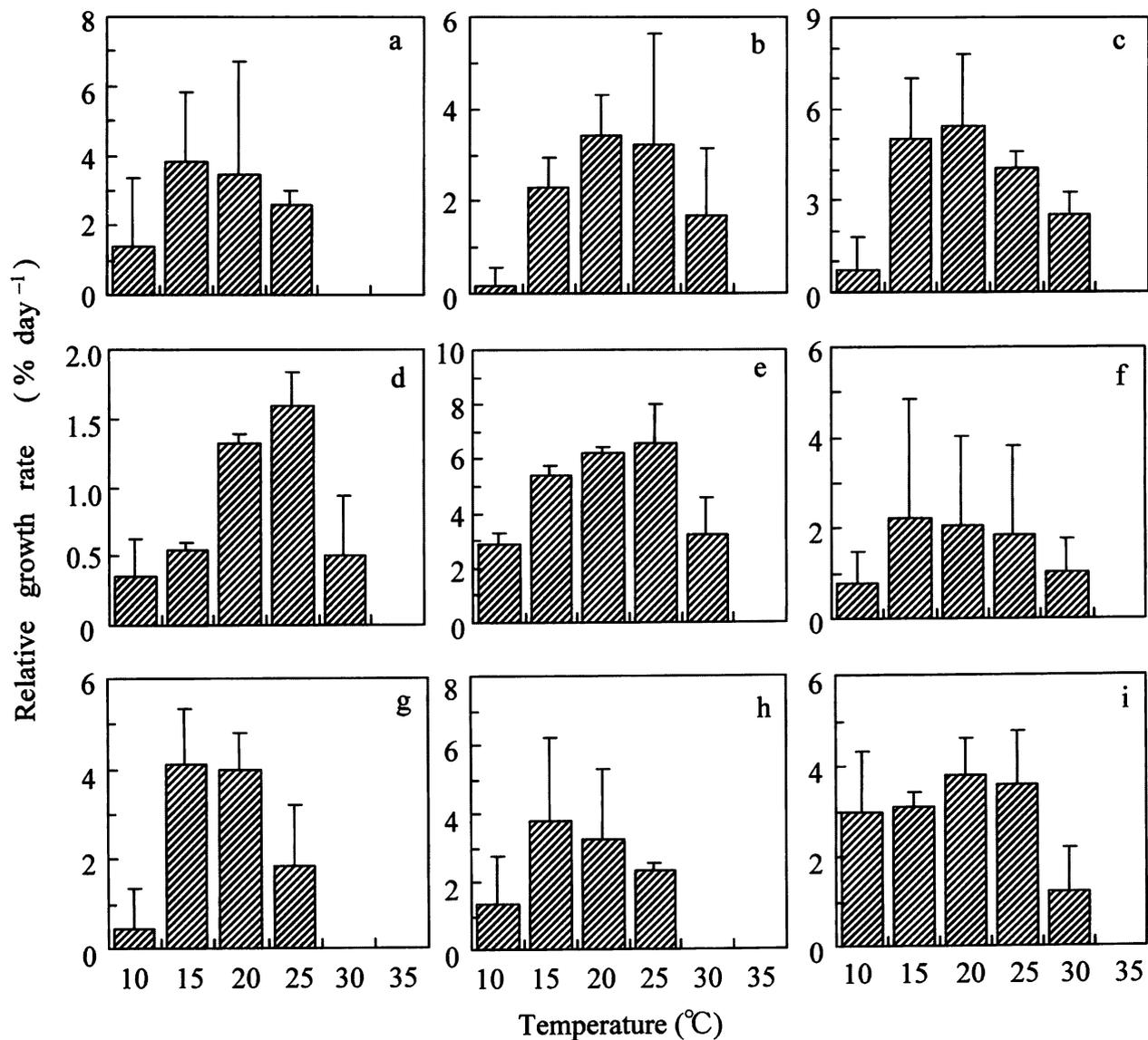


Fig. 2. Relative growth rates of thallus tips of *Sargassum horneri* (a), *S. patens* (b), *S. piluliferum* (c), *S. macrocarpum* (d), *S. fulvellum* (e), *S. thunbergii* (f), *S. hemiphyllum* (g), *S. micracanthum* (h) and *Myagropsis myagroides* (i) at 5°C intervals from 10°C to 35°C. The culture experiments were carried out under the light intensity of 100  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  for 12 days. Upper bars are 95% confidence level. n=5.

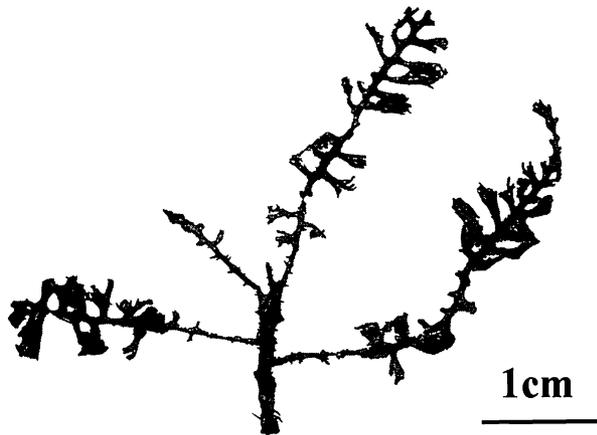


Fig. 3. Withering thallus tip of *Sargassum horneri*.

て、アカモクの生育適温は15および20°Cであった (Table 2)。ヤツマタモクは、実験開始時の主枝長が  $2.14 \pm 0.03$  cmであった (Table 1)。培養12日間の相対生長率は10–20°Cの範囲で温度が上昇するにつれて高い値を示した (Fig. 2b)。相対生長率は20および25°Cでは、それぞれ  $3.4 \pm 0.9$  day<sup>-1</sup>、 $3.2 \pm 2.4$  day<sup>-1</sup> で有意な差が認められなかった (t-test,  $p < 0.05$ )。30°Cでは相対生長率が低下し、35°Cではすべての藻体が枯死した。よって、ヤツマタモクの生育適温は20および25°Cであった (Table 2)。マメタワラは、実験開始時の主枝長が  $1.98 \pm 0.08$  cmであった (Table 1)。培養12日間の相対生長率は10°Cで最も低く、15および20°Cでは高かった (Fig. 2c)。相対生長率は15および20°Cでは、それぞれ  $5.0 \pm 2.0$  day<sup>-1</sup>、 $5.4 \pm 2.3$  day<sup>-1</sup> で有意な差が認められなかった (t-test,  $p < 0.05$ )。25および30°Cでは相対生長率が順に低下し、35°Cではすべての藻体が枯死した。よって、マメタワラの生育適温は15および20°Cであった (Table 2)。ノコギリモクは、実験開始時の主枝長が  $1.50 \pm 0.06$  cmであった (Table 1)。培養12日間の相対生長率は10–25°Cの範囲で温度が上昇するにつれて高い値を示した (Fig. 2d)。25°Cの相対生長率は  $1.6 \pm 0.3$  day<sup>-1</sup> であった。30°Cでは相対生長率が低下し、35°Cではすべての藻体が枯死した。よって、ノコギリモクの生育適温は25°Cであった (Table 2)。ホンダワラは、実験開始時の主枝長が  $2.10 \pm 0.07$  cmであった (Table 1)。培養12日間の相対生長率は10–25°Cの範囲で温度が上昇するにつれて高い値を示した (Fig. 2e)。相対生長率は20および25°Cでは、それぞれ  $6.2 \pm 0.2$  day<sup>-1</sup>、 $6.6 \pm 1.4$  day<sup>-1</sup> で有意な差が認められなかった (t-test,  $p < 0.05$ )。30°Cでは相対生長率が低下し、35°Cではすべての藻体が枯死した。よって、ホンダワラの生育適温は20および25°Cであった (Table 2)。ウミトラノオは、実験開始時の主枝長が  $2.31 \pm 0.07$  cmであった (Table 1)。培養12日間の相対生長率は10°Cで最も低く、15–25°Cでは高かった (Fig. 2f)。相対生長率は15–25°Cでは、 $1.9 \pm 2.0$ – $2.2 \pm 2.6$  day<sup>-1</sup> で有意な差が認められなかった (t-test,  $p < 0.05$ )。30°Cでは相対生長率が低下し、35°Cではすべての藻体が枯死した。よって、ウミトラノオの生育適温は15–25°Cであった (Table 2)。イソモクは、実験開始時の主枝長が  $2.18 \pm 0.09$  cmであった (Table 1)。培

養12日間の相対生長率は10°Cで最も低く、15および20°Cでは高かった (Fig. 2g)。相対生長率は15および20°Cでは、それぞれ  $4.1 \pm 1.3$  day<sup>-1</sup>、 $4.0 \pm 0.8$  day<sup>-1</sup> で有意な差が認められなかった (t-test,  $p < 0.05$ )。25°Cでは相対生長率が低下し、30および35°Cではすべての藻体が枯死した。よって、イソモクの生育適温は15および20°Cであった (Table 2)。トゲモクは、実験開始時の主枝長が  $1.54 \pm 0.06$  cmであった (Table 1)。培養12日間の相対生長率は10°Cで最も低く、15および20°Cでは高かった (Fig. 2h)。相対生長率は15および20°Cでは、それぞれ  $3.8 \pm 2.4$  day<sup>-1</sup>、 $3.3 \pm 2.0$  day<sup>-1</sup> で有意な差が認められなかった (t-test,  $p < 0.05$ )。25°Cでは相対生長率が低下し、30および35°Cではすべての藻体が枯死した。よって、トゲモクの生育適温は15および20°Cであった (Table 2)。ジョロモクは、実験開始時の主枝長が  $1.83 \pm 0.02$  cmであった (Table 1)。培養12日間の相対生長率は10–25°Cの範囲で高い値を示した (Fig. 2i)。相対生長率は10–25°Cでは、 $3.1 \pm 0.3$ – $3.8 \pm 0.8$  day<sup>-1</sup> で有意な差が認められなかった (t-test,  $p < 0.05$ )。30°Cでは相対生長率が低下し、35°Cではすべての藻体が枯死した。よって、ジョロモクの生育適温は10–25°Cであった (Table 2)。

## 2. 生育上限温度

1°C間隔の培養実験結果を Fig. 4 に示す。アカモクは、25–27°Cで生長が認められ、相対生長率が  $2.3 \pm 1.8$ – $2.8 \pm 0.4$  day<sup>-1</sup> であった (Fig. 4a)。28°Cでは培養12日目までに、29および30°Cでは培養9日目までにすべての藻体が枯死した。よって、アカモクの生育上限温度は27°Cであった (Table 2)。ヤツマタモクは、30および31°Cで生長が認められ、相対生長率はそれぞれ  $1.7 \pm 1.5$  day<sup>-1</sup>、 $1.1 \pm 1.1$  day<sup>-1</sup> であった (Fig. 4b)。32°Cでは培養6日目までに、33°C以上では培養3日目までにすべての藻体が枯死した。よって、ヤツマタモクの生育上限温度は31°Cであった (Table 2)。マメタワラは、30°Cで生長が認められ、相対生長率は  $2.5 \pm 0.8$  day<sup>-1</sup> であった (Fig. 4c)。31および32°Cでは培養9日目までに、33°C以上では培養3日目までにすべての藻体が枯死した。よって、マメタワラの生育上限温度は30°Cであった (Table 2)。ノコギリモクは、30および31°Cで生長が認められ、相対生長率はそれぞれ  $0.5 \pm 0.4$  day<sup>-1</sup>、 $1.0 \pm 1.1$  day<sup>-1</sup> であった (Fig.

Table 2. The optimal temperature (O.T.) and the maximum critical temperature (M.T.) for growth of nine species of Sargassaceae collected in summer of 2002

Species	O.T. (°C)	M.T. (°C)
<i>Sargassum horneri</i>	15–20	27
<i>S. patens</i>	20–25	31
<i>S. piluliferum</i>	15–20	30
<i>S. macrocarpum</i>	25	31
<i>S. fulvellum</i>	20–25	30
<i>S. thunbergii</i>	15–25	31
<i>S. hemiphyllum</i>	15–20	27
<i>S. micracanthum</i>	15–20	27
<i>Myagropsis myagroides</i>	10–25	30

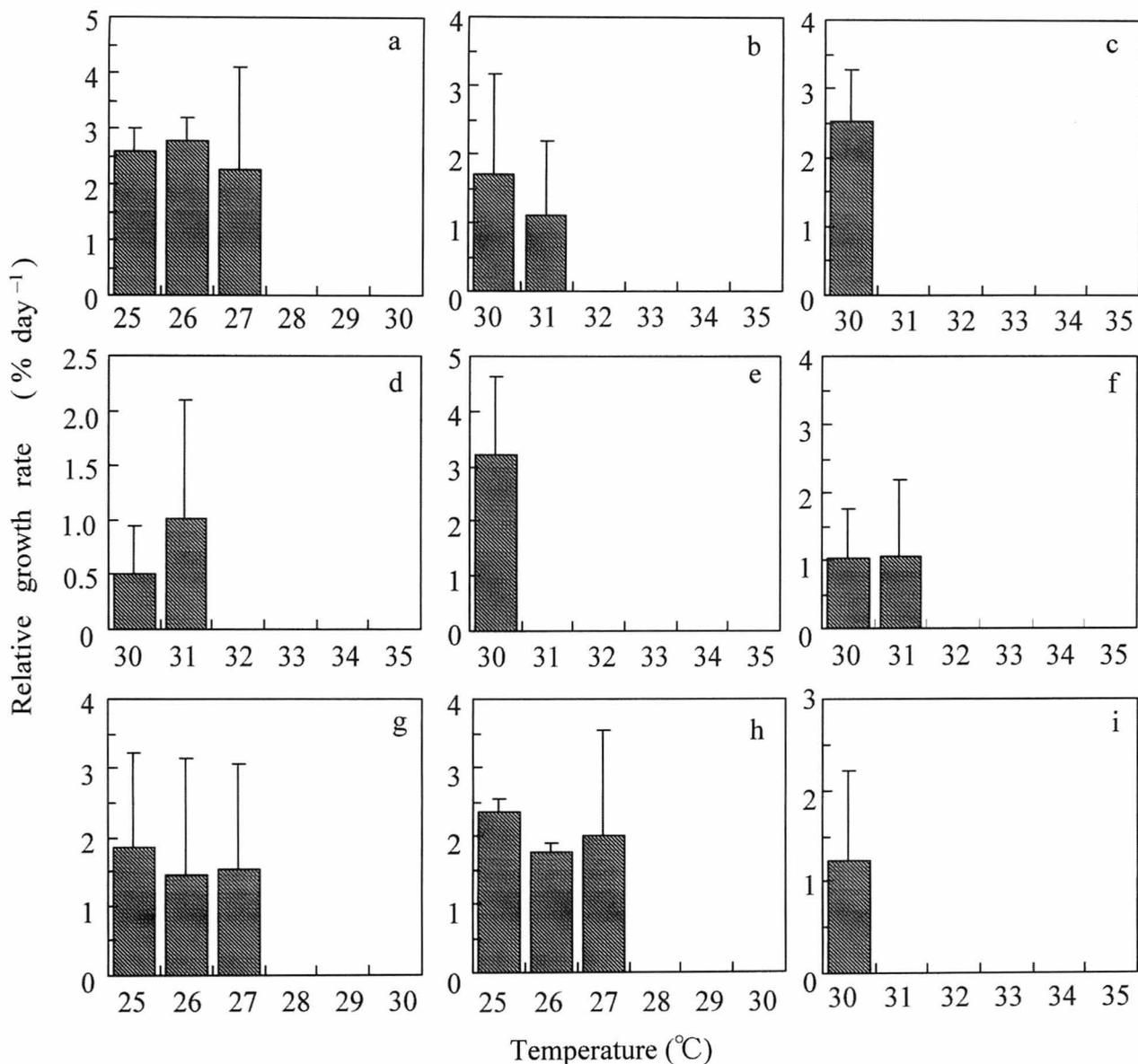


Fig. 4. Relative growth rates of thallus tips of *Sargassum horneri* (a), *S. patens* (b), *S. piluliferum* (c), *S. macrocarpum* (d), *S. fulvellum* (e), *S. thunbergii* (f), *S. hemiphyllum* (g), *S. micracanthum* (h) and *Myagropsis myagroides* (i) at 1°C intervals from 25°C to 30°C or from 30°C to 35°C. The culture experiments were carried out under the light intensity of 100  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  for 12 days. Upper bars are 95% confidence level.  $n=5$ .

4d)。32–35°Cでは培養3日目までにすべての藻体が枯死した。よって、ノコギリモクの生育上限温度は31°Cであった (Table 2)。ホンダワラは、30°Cで生長が認められ、相対生長率は  $3.2 \pm 1.4\% \text{ day}^{-1}$  であった (Fig. 4e)。31°Cでは培養6日目までに、32–35°Cでは培養3日目までにすべての藻体が枯死した。よって、ホンダワラの生育上限温度は30°Cであった (Table 2)。ウミトラノオは、30および31°Cで生長が認められ、相対生長率はそれぞれ  $1.0 \pm 0.7\% \text{ day}^{-1}$ 、 $1.1 \pm 1.1\% \text{ day}^{-1}$  であった (Fig. 4f)。32および33°Cでは培養12日目までに、34°Cでは培養9日目までに、35°Cでは培養6日目までにすべての藻体が枯死した。よって、ウミトラノオの生育上限温度は31°Cであった (Table 2)。イソモクは、25–27°Cで生長が認められ、相対生長率が  $1.5 \pm 1.7$ – $1.9 \pm 1.4\% \text{ day}^{-1}$  であった (Fig. 4g)。28–30°Cでは培養12日目までにすべての藻体が枯死した。よって、イソモクの生育上限温度は27°Cで

あった (Table 2)。トゲモクは、25–27°Cで生長が認められ、相対生長率が  $1.8 \pm 0.1$ – $2.4 \pm 0.2\% \text{ day}^{-1}$  であった (Fig. 4h)。28–30°Cでは培養12日目までにすべての藻体が枯死した。よって、トゲモクの生育上限温度は27°Cであった (Table 2)。ジョロモクは、30°Cで生長が認められ、相対生長率は  $1.2 \pm 1.0\% \text{ day}^{-1}$  であった (Fig. 4i)。31°Cでは培養6日目までに、32–35°Cでは培養3日目までにすべての藻体が枯死した。よって、ジョロモクの生育上限温度は30°Cであった (Table 2)。

#### 考察

本研究で明らかにした生育適温は、15–20°Cの低温型、20–25°Cもしくは25°Cの高温型および10–25°Cもしくは15–25°Cの広温型の3つに分けることができた。低温型にはアカモク、マメタワラ、イソモクおよびトゲモクが、高温型には

ヤツマタモク、ノコギリモクおよびホンダワラが、広温型にはウミトラノオおよびジョロモクが相当した。低温型の成熟時期の水温は、アカモクが13–24°C (秋穂湾 (河本・富山 1968), 忍路湾 (丸伊ら 1981), 小浜湾 (Umezaki 1984), 小田和湾 (寺脇 1986), 松島湾 (谷口・山田 1988), 広島湾 (Yoshida *et al.* 2001)), マメタワラが19–25°C (土佐湾 (Ohno 1979), 野母崎 (四井ら 1984)), イソモクが18–20°C (野母崎 (四井ら 1984)) およびトゲモクが15–23°C (秋穂湾 (河本・富山 1968), 野母崎 (四井ら 1984), 津屋崎 (本多・奥田 1990)) と報告されている。高温型の成熟時期の水温は、ヤツマタモクが18–25°C (飯田湾 (谷口・山田 1978), 野母崎 (四井ら 1984)), ノコギリモクが20–28°C (飯田湾 (谷口・山田 1978), 津屋崎 (難波・奥田 1992), 深川湾 (Murase and Kito 1998)) およびホンダワラが15–23°C (秋穂湾 (河本・富山 1968)) と報告されている。広温型の成熟時期の水温は、ウミトラノオが15–28°C (舞鶴湾 (Umezaki 1974), 忍路湾 (丸井ら 1981), 野母崎 (四井ら 1984)), ジョロモクが10–16°C (津屋崎 (難波・奥田 1992)) と報告されている。本研究で明らかにした各種の生育適温は既に報告された成熟時期の水温範囲に含まれているか、それとほぼ近い値を示した。温度はホンダワラ類の生長を促進し、成熟を誘引する要因の一つとして考えられており (De Wreede 1976, Ohno 1979, Prince & O'Neal 1979), 本研究の結果もこれを支持するものと考えられる。

本研究で明らかにした生育上限温度は、アカモク、トゲモクおよびイソモクが27°C, マメタワラ、ホンダワラおよびジョロモクが30°C, ヤツマタモク、ノコギリモクおよびウミトラノオが31°Cであった (Table. 2)。一方、須藤 (1992) は海藻の水平分布と現場海域での海水温との関係を調べ、ホンダワラ類が生育する海域の夏季の最高水温は27–28°Cと報告し、種による違いを明瞭に示さなかった。本研究においては、生育上限温度が種により1–4°Cの違いが認められた。これは、25–35°Cの高温域で1°C間隔という詳細な培養実験を行なったためであり、ホンダワラ類の葉状部の水温応答に関わる生理的特性を明らかにできた。

Morita *et al.* (2003a, b) はワカメおよびヒロメにおいて1°C間隔の培養実験を行ない、配偶体では成熟水温、幼孢子体では生育下限温度が両種の水平分布を規制する要因のひとつであると指摘している。このため、ホンダワラ類の水平分布について温度特性の面から解明するために、生育段階別や低温域での培養実験を実施中である。

温暖化に伴う水温上昇は、沿岸の浅所で繁茂する藻場に大きな影響を与えると考えられる。高知県土佐湾では、コンブ科のカジメ *Ecklonia cava* Kjellman 群落水温上昇により衰退し、南方産のホンダワラ類で構成されるガラモ場に変化したとの報告がある (大野 2003)。本研究の結果に基づいて水温上昇の影響を予測してみると、現存のガラモ場を構成する種のうち、生育上限温度の低い種が衰退し、生育上限温度の高い種に交代することが推察される。すなわち、本研究の調査海域では、水温の上昇が顕著であった場合、生育上限

度の低いアカモク、イソモクおよびトゲモク (生育上限温度27°C) の群落衰退し、生育上限温度の高いヤツマタモク、マメタワラ、ノコギリモク、ホンダワラ、ウミトラノオおよびジョロモク (同30–31°C) の群落が優占して繁茂することが予測される。また、生育上限温度および生育適温と水平分布との関係については、生育上限温度が27°Cと低く、生育適温が低温型であるアカモクは、北海道 (東部を除く) から九州にかけて分布し、本研究で用いた材料の中では北に位置する種である (Yoshida 1983, 吉田 1998)。一方、生育上限温度が31°Cと高く、生育適温が高温型であるヤツマタモクは、日本海側の青森から九州、太平洋側の関東地方から南西諸島にかけて分布し、本研究で用いた材料の中では南に位置する種である (Yoshida 1983, 吉田 1998)。また、生育上限温度が31°Cと高く、生育適温が広温型であるウミトラノオは、北海道から南西諸島にかけて広範囲に分布する種である (Yoshida 1983, 吉田 1998)。このように、生育上限温度と生育適温は、水平分布を反映するひとつの指標になり得るものと考えられる。しかし、他の種においてはこれらの関係を明瞭に示すことができなかった。今後は、温度以外にも光、波浪および干出などの他の環境要因についても考慮する必要がある (Uchida 1993, 吉田ら 1997), これらを反映させた室内実験系を開発する必要がある。

本研究ではホンダワラ類の葉状部の生育上限温度を求めることで、各種の生育特性の違いを温度の面から明らかにすることができた。本研究で実施した詳細な温度条件下での培養実験手法は、藻場や海藻養殖における水温上昇の影響を評価する上で新たな手がかりを提供するものと思われる。

## 謝辞

本研究の実験材料の採集にあたり、海域の提供を賜った山口県田布施漁業協同組合の各位、ならびにご理解と調査船の便宜を賜った水産大学校田名臨海実験実習場の半田岳志博士および事務官三木浩一氏に厚くお礼申し上げます。また、英文校閲にあたりご教示下さった University of Southern Maine の Dr. Ike Levine に心から感謝致します。

## 文献

- De Wreede, R. E. 1976. The phenology of three species of *Sargassum* (Sargassaceae, Phaeophyta) in Hawaii. *Phycologia* 15: 175-183.
- 原沢英夫 2003. 地球温暖化の影響問題. p 77-89. 吉田正敏・福岡義隆 (編) 環境気候学. 東京大学出版会. 東京.
- 本多正樹・奥田武男 1990. 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. *藻類* 38: 263-268.
- 河本良彦・富山昭 1968. ホンダワラ類の増殖に関する研究-I. クレモナ化繊糸による採苗、培養について. *水産増殖* 16: 87-95.
- 小池勲夫 2003. 地球の気候はどのように変化してきたか?. p. 17-22. 総合科学技術会議環境担当議員, 内閣府政策統括官 (科学技術政策担当) (編) 地球温暖化研究の最前線. 財務省印刷局. 東京.
- Lüning, K. 1990. Introduction to vertical and geographical distribution. p. 3-21. Seaweeds. *John Wiley & Sons, Inc.* New York.

- 丸井満・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.
- 松井敏夫・大貝政治・村瀬昇 1994. 褐藻類アカモク・ヤツマタモクの幼胚および葉状部の成長に及ぼす光質・光量の影響. 日本誌 66 : 727 - 733.
- Morita, T., Kurashima, A. & Maegawa, M. 2003a. Temperature requirements for the growth and maturation of the gametophytes of *Undaria pinnatifida* and *U. undarioides* (Laminariales, Phaeophyceae). *Phycol. Res.* 51: 154-160.
- Morita, T., Kurashima, A. & Maegawa, M. 2003b. Temperature requirements for the growth of young sporophytes of *Undaria pinnatifida* and *U. undarioides* (Laminariales, Phaeophyceae). *Phycol. Res.* 51: 266-270.
- 村瀬昇・松井敏夫・大貝政治 1993. 山口県瀬戸内海沿岸東部海域の海藻相. 水産大研報 41 : 237 - 249.
- Murase, N. & Kito, H. 1998. Growth and maturation of *Sargassum macrocarpum* C. Agardh in Fukawa Bay, the Sea of Japan. *Fisheries Science* 64: 393-396.
- 難波信由・奥田武男 1992. 福岡県津屋崎に生育するジョロモク藻体の季節的消長. 水産増殖 41 : 333-337.
- Ohno, M. 1979. Culture and field survey of *Sargassum piluliferum*. *Rept. Usa Mar. Biol. Inst.* 1: 25-32.
- 大野正夫 2003. 地球温暖化に順応した藻場創生. 日本水産資源保護協会 460 : 9 - 12.
- Prince, J.S. & O'Neal, S.W. 1979. The ecology of *Sargassum pteropleuron* Grunow (Phaeophyceae, Fucales) in the waters off South Florida. *UJ. Growth, reproduction and population structure. Phycologia* 18: 109-114.
- 下関沿岸漁業振興調査計画検討委員会 1993. 5 海域の海洋環境. p. 65-172. 下関市北浦沿岸海域環境調査漁業振興対策検討報告書.
- 須藤俊造 1992. 海藻・海草相とその環境条件との関連をより詰めて求める試み. 藻類 40 : 289 - 305.
- 谷口和也・山田悦正 1978. 能登半島飯田湾の漸深帯における褐藻ヤツマタモクとノコギリモクの生態. 日本水産研報 29 : 239 - 253.
- 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. 東北水産研報 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.
- Uchida, T. 1993. The life cycle of *Sargassum horneri* (Phaeophyta) in laboratory culture. *J. Phycol.* 29: 231-235.
- Umezaki, I. 1974. Ecological Studied of *Sargassum thunbergii* (Mertens) O. Kuntze in Maizuru bay, Japan Sea. *Bot. Mag. Tokyo* 87: 285-292.
- Umezaki, I. 1984. Ecological studies of *Sargassum horneri* (Turner) C. Agardh in Obama bay, Japan Sea. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.* 50: 1193-1200.
- 横浜康継 1986. 海藻の分布と環境要因. p. 251-308. 秋山優, 有賀祐勝, 坂本充, 横浜康継 (編) 藻類の生態. 内田老鶴圃. 東京.
- 吉田吾郎・新井章吾・寺脇利信 1997. 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. 南西水産研報 30: 137-145.
- Yoshida, G., Yoshikawa, K. & Terawaki, T. 2001. Growth and maturation of two populations of *Sargassum horneri* (Fucales, Phaeophyta) in Hiroshima Bay, the Seto Inland Sea. *Fisheries Science* 67: 1023-1029.
- Yoshida, T. 1983. Japanese species of *Sargassum* subgenus *Bactrophyucus* (Phaeophyta, Fucales). *J. Fac. Sci. Hokkaido Univ. Ser. V (Botany)* 13: 99-246.
- 吉田忠生 1998. ひばまた目. p. 359-416. 新日本海藻誌. 内田老鶴圃. 東京.
- 吉田忠生・吉永一男・中嶋泰 2000. 日本海藻目録 (2000年改訂版). 藻類 48 : 113 - 166.
- 四井敏雄・中村伸司・前迫信彦 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. 長崎水試研報 10 : 57-61.

(Received 4 Jun. 2004; Accepted 1 Feb. 2005)

