

短 報

ホンダワラ類 8 種の発芽体の高温耐性

馬場将輔

Thermal Tolerance of Germlings of Eight Sargassaceous Species

Masasuke Baba*

要約: ホンダワラ類 8 種の発芽体の生育上限温度について, 温度30, 31, 32, 33, 34, 35°Cの 6 段階で高温接触により調べた。その結果, 10日間の高温接触による発芽体の生育上限温度は, ジョロモクとアカモクが31°C, フシスジモク, ヒジキ, イソモク, マメタワラ, ヨレモクが32°C, ヤツマタモクが33°Cであった。

キーワード: ジョロモク属, ホンダワラ属, 発芽体, 生育上限温度

Abstract: Culture experiments on germlings of eight Sargassaceous species were carried out under laboratory conditions to determine the upper critical temperature. The maximum temperature without affecting the survival of germlings after ten days' exposure was as follows: 31°C for *Myagropsis myagroides* and *Sargassum horneri*; 32°C for *S. confusum*, *S. fusiforme*, *S. hemiphyllum*, *S. piluliferum* and *S. siliquastrum*; 33°C for *S. patens*.

Key words: *Myagropsis*, *Sargassum*, germling, upper critical temperature

温度は海藻類の成長, 成熟, 再生産, 地理的分布などを左右する最も重要な環境要因のひとつであり (van den Hoek, 1982; Breeman, 1988; Lüning, 1990), 近年の水温変動に伴う海藻類の分布域の変化が国内 (寺田ら, 2004; Serisawa *et al.*, 2004; 平岡ら, 2005; 原口ら, 2006), および国外 (Lima *et al.*, 2007; Müller *et al.*, 2009; Rilov and Treves, 2010) から報告されている。この環境変化に対する海藻類の適応性を予測するには, 温度耐性などの生理・生態的特性に関する知見の整備が不可欠である (谷口, 1991; 村瀬, 2010)。ホンダワラ類は沿岸域に藻場を形成する大型褐藻類であり, その水平分布と海水温の関係を検討するためには, 種別の成長適温, 温度耐性を検討することが重要である。しかし, これまでにホンダワラ類の生育上限温度を詳細に検討した

報告は, 主枝 (成体の先端部) を材料にした研究が中心であり (原口ら, 2005; Haraguchi *et al.*, 2009), 発芽体と主枝について比較されたのはオオバモク *Sargassum ringgoldianum* とウミトラノオ *S. thunbergii* の 2 種に過ぎない (馬場, 2011)。そこで, 本研究ではホンダワラ類 8 種の発芽体について生育上限温度を室内培養により検討した。

実験に用いたホンダワラ類発芽体は成熟した雌性体から採取した。ジョロモク *Myagropsis myagroides*, フシスジモク *S. confusum*, イソモク *S. hemiphyllum*, アカモク *S. horneri*, ヤツマタモク *S. patens*, マメタワラ *S. piluliferum*, ヨレモク *S. siliquastrum* の成熟藻体は, それぞれ2004年4月から5月に新潟県柏崎市の岩礁域で採集した。ヒジキ *S. fusiforme* の成熟藻体は2003年5月に千葉県鴨川市の岩礁域で採集した。

(2010年12月10日受付, 2011年1月4日受理)

* 財団法人海洋生物環境研究所 実証試験場 (〒945-0017 新潟県柏崎市荒浜4-7-17)

E-mail: baba@kaiseiken.or.jp

Table 1 Survival of *Myagropsis* and *Sargassum* gemlings exposed for 1, 4 and 10 days at different temperature conditions

Species	Exposure period * (days)	Temperature (°C)					
		30	31	32	33	34	35
<i>M. myagroides</i>	1	++	++	+-	--	--	--
ジョロモク	4	++	++	--	--	--	--
	10	++	++	--	--	--	--
<i>S. confusum</i>	1	++	++	++	--	--	--
フシスジモク	4	++	++	++	--	--	--
	10	++	++	++	--	--	--
<i>S. fusiforme</i>	1	++	++	++	++	--	--
ヒジキ	4	++	++	++	--	--	--
	10	++	++	++	--	--	--
<i>S. hemiphyllum</i>	1	++	++	++	++	++	--
イソモク	4	++	++	++	++	--	--
	10	++	++	++	--	--	--
<i>S. horneri</i>	1	++	++	++	--	--	--
アカモク	4	++	++	--	--	--	--
	10	++	++	--	--	--	--
<i>S. patens</i>	1	++	++	++	++	++	--
ヤツマタモク	4	++	++	++	++	--	--
	10	++	++	++	++	--	--
<i>S. piluliferum</i>	1	++	++	++	+-	--	--
マメタワラ	4	++	++	++	--	--	--
	10	++	++	++	--	--	--
<i>S. siliquastrum</i>	1	++	++	++	++	--	--
ヨレモク	4	++	++	++	--	--	--
	10	++	++	++	--	--	--

++, all plants alive; +-, plants partly dead; --, all plants dead.

*Irradiance and photoperiod conditions were 50 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ and 12L:12D, respectively.

これらの成熟藻体から生殖器床がよく発達した枝を切り取り、海水を満たしたビニール袋に入れたのちアイスボックスに収容した。そして当日中に、財団法人海洋生物環境研究所実証試験場（新潟県柏崎市）に運び、以下の培養操作を行った。生殖器床の成熟状況を実体顕微鏡下で観察しながら、ピンセットで付着物を取り除いた。それらの生殖器床を滅菌海水で数回洗浄したのち、滅菌海水150mLを満たした直径15cmのガラス製シャーレに入れた。生殖器床からシャーレ底面に自然落下した幼胚をパスツールピペットで集め、滅菌海水で

数回洗浄したのちに、単藻培養を開始した。なお、本研究で用いた培養液は、海水を濾過滅菌した後、PESI培地（Tatewaki, 1966）を添加したものである。培養装置はユニット恒温槽（タイテック製、サーモミンスター SX-10R）を23°Cに設定した培養室内に設置して使用した。温度は30, 31, 32, 33, 34, 35°C ($\pm 0.1^\circ\text{C}$) の6段階に設定した。光源には白色蛍光灯を使い、光量50 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$, 12時間明期・12時間暗期とした。発芽体は、培養液50mLをあらかじめ入れた50mLガラス製管ビンに50個体を収容し1温度区あたり6本準備して静置培

養を行った。1, 4, 10日間の培養を行い、温度接触の終了後に培養液の全量を交換し、20℃, 50 μ mol/m²/s, 12時間明期・12時間暗期で10日間培養を継続して、最終的な生死の判別を行った。その際、実体顕微鏡による観察を行い、成長がみられず体表面が変色した個体を枯死と判断した。

ホンダワラ類8種の発芽体について行った接触期間別の温度耐性の結果をTable 1に示す。ジョロモクは、1日間接触で30~32℃, 4, 10日間接触で30, 31℃においてそれぞれ生残した。フシスジモク発芽体は、接触期間に係わらず30~32℃においてすべて生残した。ヒジキ発芽体は、1日間接触で30~33℃, 4, 10日間接触で30~32℃においてそれぞれ生残した。イソモク発芽体は、1日間接触で30~34℃, 4日間接触で30~33℃, 10日間接触で30~32℃においてそれぞれ生残した。アカモク発芽体は、1日間接触で30~32℃, 4, 10日間接触で30~31℃においてそれぞれ生残した。ヤツマタモク発芽体は、1日間接触で30~34℃, 4, 10日間接触で30~33℃においてそれぞれ生残した。マメタワラ発芽体は、1日間接触で30~33℃, 4, 10日間接触で30~32℃においてそれぞれ生残した。ヨレモク発芽体は、1日間接触で30~33℃, 4, 10日間接触で30~32℃においてそれぞれ生残した。

本研究の結果をもとに、10日間接触による温度耐性から推定したホンダワラ類の発芽体の生育上限温度および関連する既往知見をTable 2に示す。これら10種の発芽体の高温接触による生育上

限温度は31~34℃の範囲にある。各種の生育上限温度と地理的分布の関係をみると、生育上限温度が33℃であるヤツマタモクおよび34℃であるウミトラノオの分布南限はともに琉球列島にあり、また、ヒジキを除く他7種では生育上限温度が31℃もしくは32℃でありその分布南限は九州にあることから、発芽体の高温耐性は琉球列島まで分布する種で高いことが推測される。このほか、卵の放出期はジョロモクとアカモクが4~5月、ヤツマタモクが5~6月、ウミトラノオが6~7月、オオバモクが9~10月であり(梅崎, 1975)、水温が低い春季に卵を放出する種ほど、発芽体の生育上限温度が低くなる傾向が示唆される。日本沿岸での海藻類の水平分布と海水温の関係を整理した須藤(1992)によると、Table 2に示した10種のホンダワラ類では夏季の生育水温範囲の上限側が27~28℃にある。したがって、本研究で明らかになった発芽体各種の生育上限温度はそれよりも3~6℃高いことになる。

今後100年間にわたる水温の上昇予測に基づき、ホンダワラ類の水平分布の変化予測がウガノモク *Cystoseira hakodatensis*, ヤツマタモクおよびノコギリモク *S. macrocarpum* (桑原ら, 2006), アカモク(小松, 2008)で報告されている。ホンダワラ類の水温変動による分布域の変化をより詳細に推定するためには、発育段階別の成長適温と生育上限温度、成熟に係わる温度条件を考慮するとともに、海域の富栄養化、濁りおよび浮泥の増加、植食性動物の採食圧などの要因も併せて総合

Table 2 Upper critical temperature of germling and geographical distribution in *Myagropsis* and *Sargassum* species

Species	Upper critical temperature (°C) *1	Geographical distribution *2				
		Hokkaido	Honshu	Shikoku	Kyushu	Ryukyu Isl.
<i>M. myagroides</i> ジョロモク	31	-	+	+	+	-
<i>S. horneri</i> アカモク	31	+	+	+	+	-
<i>S. confusum</i> フシスジモク	32	+	+	+	+	-
<i>S. fusiforme</i> ヒジキ	32	+	+	+	+	+
<i>S. hemiphyllum</i> イソモク	32	-	+	+	+	-
<i>S. piluliferum</i> マメタワラ	32	-	+	+	+	-
<i>S. ringgoldianum</i> オオバモク	32	-	+	+	+	-
<i>S. siliquastrum</i> ヨレモク	32	+	+	+	+	-
<i>S. patens</i> ヤツマタモク	33	-	+	+	+	+
<i>S. thunbergii</i> ウミトラノオ	34	+	+	+	+	+

*1 Determined by 10 days duration of temperature. Data for *S. ringgoldianum* and *S. thunbergii* from Baba (2011).

*2 Based on Yoshida (1998). -: absent, +: present.

的に検討することが望まれる。

謝 辞

著者は本論文を御校閲下さった、東京大学名誉教授 沖山宗雄博士、東京大学名誉教授 日野明德博士、(財)海洋生物環境研究所顧問 城戸勝利博士、同理事 清野通康博士に厚くお礼申し上げます。

引用文献

- 馬場将輔 (2011). オオバモクとウミトラノオの成長と生残に及ぼす温度の影響. 海生研報, **No. 14**, 1-8.
- Breeman, A.M. (1988). Relative importance of temperature and other factors in determining geographic boundaries of seaweeds: experimental and phenological evidence. *Helgol. Meeresunters.*, **42**, 199-241.
- 小松輝久 (2008). 地球温暖化による藻場・流れ藻への影響. 養殖, **45(9)**, 38-40.
- 桑原久実・明田定満・小林 聡・竹下 彰・山下洋・城戸勝利 (2006). 温暖化による我が国水産生物の分布域の変化予測. 地球環境, **11**, 49-57.
- 原口展子・村瀬 昇・水上 讓・野田幹雄・吉田吾郎・寺脇利信 (2005). 山口県沿岸のホンダワラ類の生育適温と上限温度. 藻類, **53**, 7-13.
- 原口展子・山田ちはる・井本善次・大野正夫・平岡雅規 (2006). 高知県萩崎地先におけるホンダワラ群落の構成種. *Bull. Mar. Sci. Fish., Kochi Univ.*, **No. 24**, 1-9.
- Haraguchi, H., Hiraoka, M., Murase, N., Imoto, Z. and Okuda, K. (2009). Field and culture study of the temperature related growth rates of the temperate *Sargassum* species, *Sargassum okamurae* Yoshida and *S. micracanthum* (Kützinger) Endlicher (Fucales, Phaeophyceae) in Tosa Bay, southern Japan. *Algal Resources*, **2**, 27-37.
- 平岡雅規・浦 吉徳・原口展子 (2005). 土佐湾沿岸における水温上昇と藻場の変化. 海洋と生物, **27**, 485-493.
- Lima, F.P., Ribeiro, P.A., Queiroz, N., Hawkins, J.H. and Santos, A.M. (2007). Do distributional shifts of northern and southern species of algae match

- the warming pattern? *Glob. Change Biol.*, **13**, 2592-2604.
- Lüning, K. (1990). *Seaweeds. Their environment, biogeography, and ecophysiology*. John Wiley & Sons, New York, xiii + 527 pp.
- 村瀬 昇 (2010). 水温—高水温の影響の現れ方. 「藻場を見守り育てる知恵と技術」(藤田大介・村瀬 昇・桑原久実 編著), 成山堂書店, 東京, 33-38.
- Müller, R., Laepple, T., Bartsch, I. and Wiencke, C. (2009). Impact of ocean warming on the distribution of seaweeds in polar and cold-temperature waters. *Bot. Mar.*, **52**, 617-638.
- Rilov, G. and Treves, H. (2010). Climate change effects on marine ecological communities. In “*Seaweeds and Their Role in Globally Changing Environments (Cellular Origin, Life in Extreme Habitats and Astrobiology 15)*”, (eds. Israel, A., Einav, R. and Seckbach, J.), Springer, Dordrecht, pp. 53-68.
- Serisawa, Y., Imoto, Z., Ishikawa, T. and Ohno, M. (2004). Decline of the *Ecklonia cava* population associated with increased seawater temperatures in Tosa Bay, southern Japan. *Fish. Sci.*, **70**, 189-191.
- 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 (1991). CO₂気候変化と増・養殖漁業への影響 藻類. 農業および園芸, **66**, 215-220.
- Tatewaki, M. (1966). Formation of a crustaceous sporophyte with unilocular sporangia in *Scytosiphon lomentaria*. *Phycologia*, **6**, 62-66.
- 寺田竜太・田中敏博・島袋寛盛・野呂忠秀 (2004). 温帯・亜熱帯境界域におけるガラモ場の特性. 月刊海洋, **36**, 784-790.
- 寺脇利信・吉村 拓・桑原久実 (2007). 温暖化による藻場環境の変化. 月刊海洋, 号外**No. 46**, 46-54.
- 梅崎 勇 (1985). ホンダワラ群落の周年変化. 月刊 海洋科学, **17**, 32-37.
- van den Hoek, C. (1982). The distribution of benthic marine algae in relation to the temperature regulation of their life histories. *Biol. J. Linn. Soc.*, **18**, 81-144.
- 吉田忠生 (1998). 新日本海藻誌. 内田老鶴舗, 東京, 1-25 + 1222 pp.