

海藻の初期発生におよぼす温度と塩分濃度の影響

II. アカモクの仮根形成

小河久朗

東北大学農学部水産学科 (980 仙台市堤通雨宮町 1-1)

OGAWA, H. 1986. Combined effects of temperature and salinity on the early development of marine algae II. Rhizoid development of *Sargassum horneri* (TURNER) C. AGARDH. Jap. J. Phycol. 34: 137-141.

The rhizoid development of embryos of *Sargassum horneri* (TURNER) C. AGARDH collected at Shichigahama, Miyagi-ken, Japan, is described at various culture conditions of temperature and salinity. The optimal ranges of temperature and salinity for the germination rate, the elongation and the number of rhizoids are 10-20°C and 22.7-42.1‰ S, in which the secondary rhizoid development is observed. The highest values of them are obtained at 15°C and 32.0‰ S. At higher temperature (25°C) and lower or higher salinities (under 22.7‰ S or above 42.1‰ S), the germination rate and the elongation of rhizoids become low, and the number of rhizoids is less than that of the optimal conditions.

Key Index Words: Marine algae; Phaeophyta; rhizoid development; salinity; *Sargassum horneri*; temperature.

Hisao Ogawa, Department of Fishery Science, Faculty of Agriculture, Tohoku University, Sendai, 980 Japan.

漸深帯に生育するホンダタラ類を主とした群落は、生物生産力が高いところであるために海洋生態系の中で重要な役割を果しているとされている。アカモク (*Sargassum horneri*) はこのような群落の主要な構成種であるため、群落造成に必要な種苗生産あるいは群落への温排水の影響判定という観点から、本種の幼胚の生長と温度との関係については良く調べられている (河本・富山 1968; 富山 1974, 1981; 大分県浅海漁試 1976; 松井・大貝 1981; 小河 1981; 梅林 1981)。しかし、一年生藻類のアカモクの再生産、繁殖を考える際に重要と思われる幼胚の基物への付着・固着に関係する仮根の形成については、二の報告があるものの (大分県浅海漁試 1976; 小河 1981)、幼胚の仮根形成と環境要因との関係については未だよく知られていない。

ここでは、仮根発芽、仮根伸長、仮根数などアカモクの幼胚の仮根形成におよぼす環境要因、とくに温度と塩分の複合影響について観察した。

材料と方法

実験に用いたアカモクの幼胚は、1984年6月に宮城

県七ヶ浜町松ヶ浜湊浜地先に生育していた雌性成熟藻体から採取した。採取した幼胚は、ろ過海水で数回洗浄したのち、未だ仮根が形成されていない、発生の揃ったものを実体顕微鏡下で集め、塩分を調整した試水 10 ml を入れたペトリ皿 (60×15 mm) に、1枚当り 40~70個散布した。

試水作製には1984年3月、宮城県女川町小乗浜地先で採水した海水 (32.0‰ S) を用いた。試水の塩分調整は、前報 (小河 1985) に準じて行ない 12.9, 16.3, 19.4, 22.7, 25.9, 32.0, 38.9, 42.1, 45.3, 48.6, 51.8‰ S の11段階とした。栄養塩は添加しなかった。温度は 10, 15, 20, 25°C の4段階に、光は白色蛍光灯を用いて 1,600~1,800 lux, 1日14時間照明とした。

このような条件下でアカモクの幼胚を培養し、仮根の発芽、最大仮根長、仮根数を7日目、14日目に観察、測定した。

結 果

仮根の発芽: 観察結果を Fig. 1 に示す。仮根の発芽がみられなかった塩分は、7日目は低塩分側で各温度とも 16.3‰ S 以下、高塩分側では各温度ともおおむ

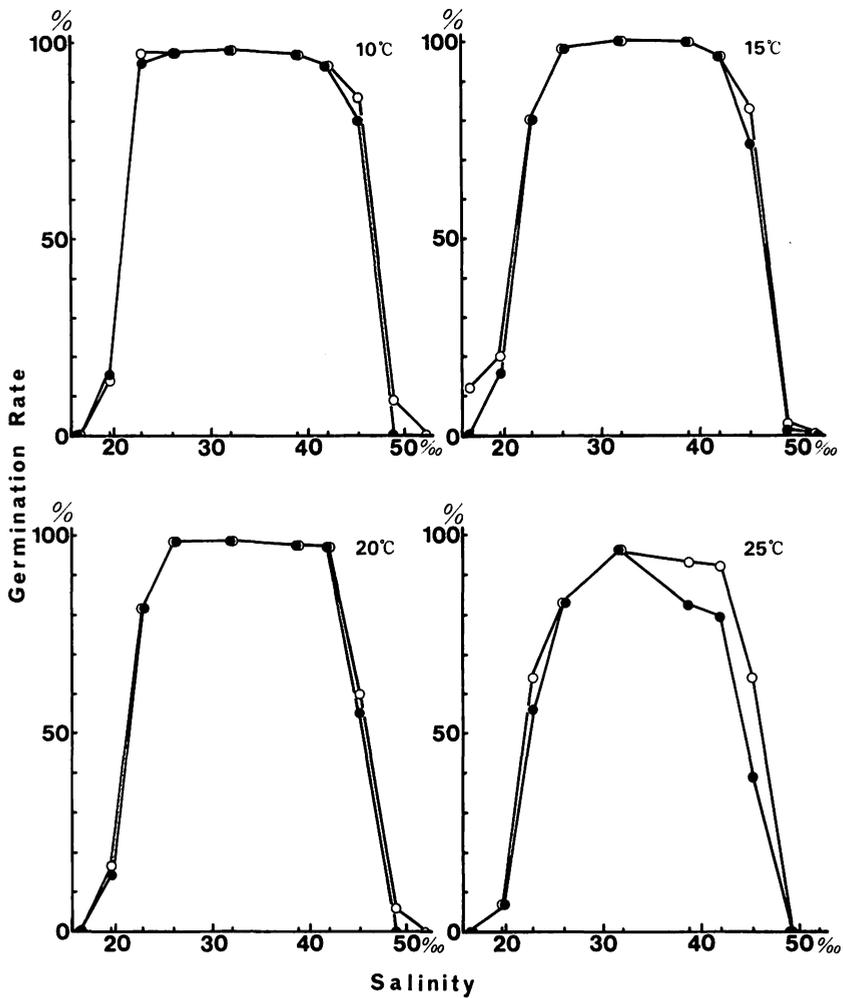


Fig. 1. Germination rate of embryos of *Sargassum horneri* at various temperatures and salinities. ● : 7 days, ○ : 14 days.

ね48.6‰S以上であった。14日目は、低塩分側の15°C、16.3‰Sで仮根の発芽はみられたが、それ以外の温度では7日目と同様に16.3‰Sで仮根の発芽はみられなかった。高塩分側では、10°C、15°C、20°Cでは51.8‰S以上、25°Cでは48.6‰S以上で仮根の発芽はみられなかった。

最も高い仮根の発芽率は各温度とも塩分が32.0‰Sのときにみられた。温度について、7日目と14日目の仮根の発芽率を比べてみると、10°C、15°C、20°Cでは塩分が19.6‰S以下、45.3‰S以上の場合、14日目の値の方が7日目の値に比べて高かった。しかし、塩分が19.6~45.3‰Sの範囲では14日目の値は7日目

の同じであり、幼胚は7日目までに仮根を発芽したことを示している。これに対して、温度が25°Cのとき、塩分が25.1~32.0‰Sの範囲では、仮根の発芽率は7日目、14日目とも同じ値であったが、これ以外の仮根の発芽がみられた塩分では、14日目の値の方が7日目の値に比べて8~25%も高かった。このような仮根の発芽の遅れは、低塩分側よりも高塩分側の方で顕著に表われており、仮根の発芽は高温・高塩分下では大きな抑制を受けることが認められた。

仮根の発芽がみられなかった幼胚は、低塩分側では細胞の中身が抜けて白くなり、死滅していた。高塩分側では幼胚の色は塩分が高くなるほど黒味を帯び、餓

色から茶褐色へと変化した。また、細胞は収縮し、幼胚は死滅した。

仮根の伸長：観察結果を Fig. 2 に示す。仮根の長さは、高塩分側では不揃いで差異が大きく、42.1‰ S 以上では仮根を発芽しても基物に十分付着していない発芽体のみられた。

仮根の伸長がみられなかった塩分についてみると、7日目は低塩分側で各温度とも16.3‰ S 以下、高塩分側で15°Cの51.8‰ S 以外の温度では48.6‰ S 以上からであった。14日目は、低塩分側で15°Cの16.3‰ S 以外の温度では16.3‰ S 以下、高塩分側は25°Cの48.6

‰ S を除いて各温度とも51.8‰ S 以上で仮根の伸長はみられなかった。

最大仮根長についてみると、仮根が最もよく伸びていた塩分は各温度とも32.0‰ S であった。その長さは、7日目では20°Cで800 μm 、15°Cと25°Cでは700 μm 、10°Cでは680 μm であった。14日目になると15°Cのときに最もよく伸長して1,120 μm に達し、10°Cで1,030 μm 、20°Cで930 μm 、25°Cでは720 μm となった。この7日目の値に対する14日目のその比をとってみると、10°Cでは1.51、15°Cでは1.60、20°Cでは1.16、25°Cでは1.03となり、15°Cのときに最も

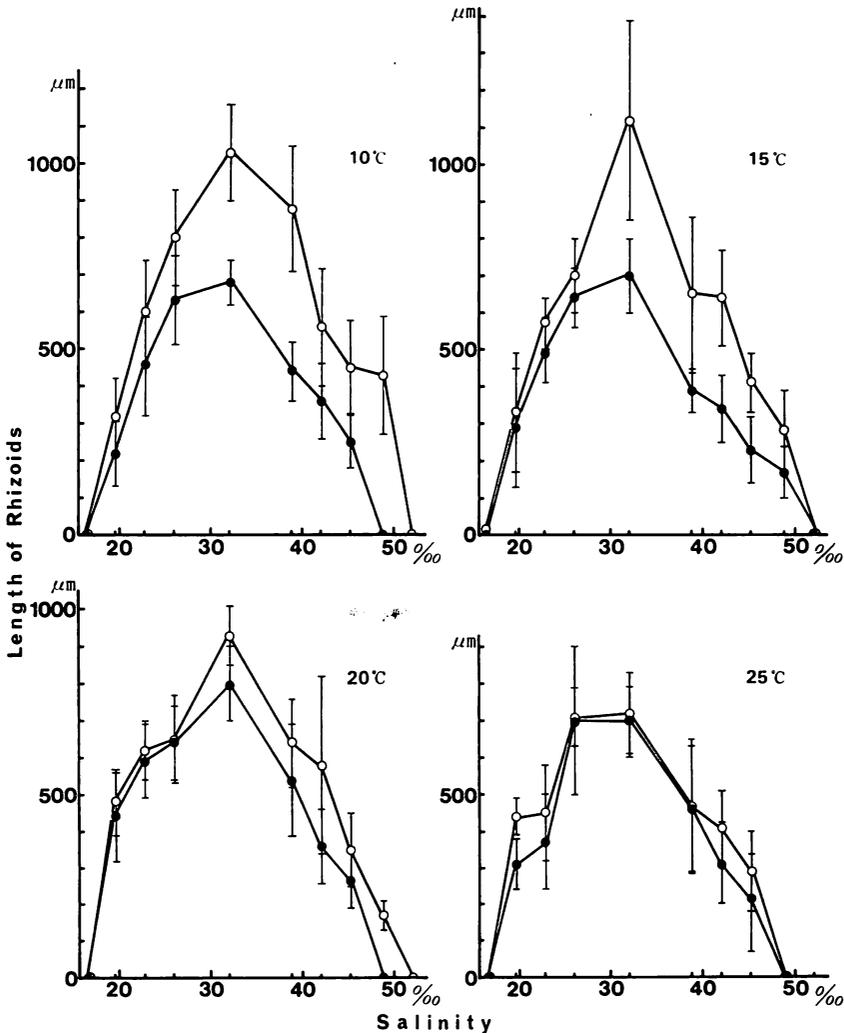


Fig. 2. Mean length of the longest rhizoid of germlings of *Sargassum horneri* at various temperatures and salinities. Vertical bars indicate standard deviations ($n=10$ to 25). ●: 7 days, ○: 14 days.

高い値を示した。それに対して、25°Cではこの比は1.03と最も小さく、7日目から14日目にかけての期間に仮根は殆んど伸長していないことがわかった。

32.0‰ S以外の塩分についてこの比をとってみると、低塩分側の10°Cでは1.27~1.46, 15°Cでは1.09~1.16, 20°Cでは1.02~1.09, 25°Cでは、22.7‰ Sの場合の1.42を除くと、1.01~1.20となり、温度が20°C以上の場合に比べて15°C以下の方が7日目から14日目にかけての期間の仮根の伸長はまさっていた。高塩分側の10°Cでは1.56~2.00, 15°Cでは1.67~1.88, 20°Cでは1.19~1.61, 25°Cでは1.02~1.38となり、低塩分側と同様に、この期間の仮根の伸長は15°C以下でまさっていた。

仮根数：8本の一次仮根を発芽した幼胚は、その周囲から8本の二次仮根を伸長し、この二次仮根によって基物に固着できることが知られている(猪野 1947, 富山 1981)。この基物への固着に重要な役割を果たしている二次仮根の形成に重点を置いて、7日目の発芽体について仮根数(平均値)を調べてみた(Fig. 3)。

仮根数が最も多かったのは、各温度とも塩分が32.0‰ Sのときで、最高は20°Cの37.9本、最低は10°Cの34.4本であった。二次仮根は各温度とも形成されていた。低塩分側では仮根数は、塩分が22.7‰ Sまでは25°Cの22.7‰ Sのときに15.7本で最低であったが、それ以外ではすべて16本以上あり、二次仮根の形成が認められた。塩分が19.4‰ Sのときの仮根数は、15°Cで17.0本, 20°Cで23.0本と二次仮根は形成されていたものの、10°Cと20°Cでの仮根数はそれぞれ8.1本, 8.3本であり、二次仮根の形成は認められなかった。高塩

分側での仮根数は、塩分が38.9‰ Sまでは各温度とも16本以上あり、二次仮根は形成されていた。塩分が42.1‰ Sのとき、10°C, 15°C, 20°Cでの仮根数は最低でも13.5本(10°C)以上あり、二次仮根の形成が認められたが、25°Cでのそれは5.7本と少なく、二次仮根の形成は認められなかった。また塩分が45.3‰ Sのときは、仮根数は各温度とも7本以下であり、二次仮根は形成されていなかった。

仮根数が最も少ない値を示した温度は、低塩分側では10°Cと25°C, 高塩分側では25°Cであり、塩分が低下または上昇するほど仮根数は低温下よりも高温下で急激に減少しており、仮根形成に対する高温の影響が大きく表われていた。また、塩分について仮根数の差をとってみると、低塩分側では9.3~14.9本, 高塩分側では2.9~4.9本であり、仮根数のばらつきは高塩分側よりも低塩分側の方が大きかった。

7日目の観察で二次仮根の形成が認められなかった塩分条件下の発芽体について、14日目に仮根数を計測した。低塩分側の19.4‰ Sの10°Cでは、仮根数が8本の発芽もみられたが、殆んどのもので仮根数は16本以上みられ、二次仮根の形成が認められた。しかし、25°Cでは発芽体の仮根数は8本以下であり、二次仮根の形成は認められなかった。高塩分側の42.1‰ Sでの仮根数は、10°Cは15本, 25°Cは8本であり、10°Cでは二次仮根の形成が認められたが、25°Cでは認められなかった。塩分が45.3‰ Sのときの仮根数は、15°Cは9本であったが、それ以外の温度では8本以下であり、二次仮根の形成は認められなかった。塩分が48.6‰ Sのときの仮根数は、10°C, 15°C, 20°Cとも3本以下, 25°Cでは0本で、二次仮根の形成は認められなかった。

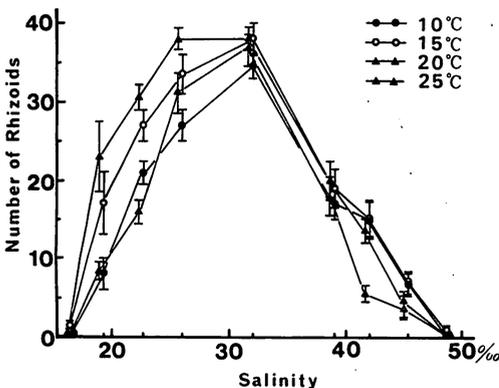


Fig. 3. Number of rhizoids of germlings of *Sargassum horneri* at various temperatures and salinities after seven days in culture. Vertical bars indicate standard errors (n=2 to 19).

考 察

アカモク幼胚の生長、仮根形成と温度との関係については、研究に用いた母藻の産地によって得られた結果はさまざまである。山口県産のアカモク幼胚は水温が20°Cよりも低いと仮根発芽を始めるまでの発生は遅れ、水温が高いとこの逆になること(河本・富山 1968, 富山 1981)、大分県産のアカモク幼胚の発芽最適水温は16~20°C, 適水温は12~25°Cであり(大分県浅海漁試 1976)、神奈川県産のアカモク幼胚の生長は26°Cまでは現場水温23°Cよりは少し高目の方が適しており(梅林 1981)、宮城県女川産のアカモク幼胚の生長・仮根形成は15°Cのときに最もよく、次いで、

8°C, 25°Cの順である(小河 1981) ことなどが観察されている。松井・大貝(1981)は産地は記載していないが、用いたアカモク幼胚の生長適温は23~28.5°Cの範囲にあり、15°C, 30°Cでは劣ると報告している。

今回の観察では仮根の発芽・伸長・本数は15°Cのときに最もよく、次いで10°C, 20°Cで良い結果が得られたのに対して、25°Cではすべてにおいて劣っていた。このことから、本実験に用いたアカモク幼胚の仮根形成好適温度は15°Cを中心に10~20°Cの範囲にあり、25°Cでは仮根の形成は抑制されていることが考えられる。同様の結果は、宮城県女川産のアカモク幼胚で得られており(小河 1981)、宮城県産アカモク幼胚の発芽・生長適水温は神奈川県以南産のものに比べて低水温側にその中心があると思われる。これは、宮城県沿岸の海水温度は神奈川県以南の海水温度に比べて25°C以上になる期間は極めて短いのにに対して、15°C以下の水温が続く期間は長いことなど温度環境に大きな違いがみられ、宮城県産のアカモクはこのような温度環境に適応した結果、幼胚の生長・仮根形成の適水温が神奈川県以南産のものに比べて低水温側へ移行したためと思われる。したがって、同一種ではあっても温度環境が異なった場所に生育していた藻体から得られた幼胚は、温度に対して既にそれぞれ固有の性質を持っているため、その生長、仮根形成の好適水温に相違がみられるものと考えられる。

幼胚の仮根の発芽・伸長と塩分の関係については、大分県産アカモク幼胚の場合、仮根の発芽は塩素量17.15‰(31.0‰S)のときに最もよく、次いで、11.68‰(21.1‰S), 23.79‰(43.0‰S)の順とされており、8.68‰(15.7‰S)以下、37.39‰(67.5‰S)以上では発芽がみられていない(大分県浅海漁試 1976)。宮城県女川産アカモク幼胚の場合、仮根の発芽は0.3倍海水(約10‰S: 論文中の図より求めたもの)以下、1.6倍海水(約50‰S: 論文中の図より求めたもの)以上ではみられず、仮根の伸長は無処理の海水(約32.0‰S: 論文中の図より求めたもの)のときに最もよい結果が得られている(小河 1981)。

今回の観察でも幼胚の仮根の発芽・伸長・本数はともに塩分が32.0‰Sのときに最もよい値が得られており、これよりも塩分が低下または上昇するとそれぞれの値は低下しており、仮根の形成は抑制される。この仮根の形成の塩分による抑制は、20°C以下の温度の場合に比べて25°Cのときに顕著にみられ、仮根の形成が可能な塩分の範囲は温度によって異なることを示唆している。

発芽した幼胚が基物に固着するためには二次仮根の形成が必要だとされている(富山 1981)。固着に重要な役割を果たしている二次仮根の発芽がみられた塩分の範囲は、一次仮根の発芽がみられた範囲よりも狭くなっている。これは、仮根の形成に不適な塩分の範囲ではあっても仮根の発芽がみられたのは、一次仮根の原基が既に形成された幼胚を実験に用いたためと思われる。しかし、このような塩分条件下では二次仮根の原基形成は不可能であるため、結果として二次仮根の発芽がみられた塩分の範囲は一次仮根のそれに比べて狭くなったものと考えられる。

この二次仮根の発芽が認められた塩分範囲を仮根形成の好適塩分範囲とすると、10~20°Cでは22.7~42.1‰S, 25°Cでは22.7~38.9‰Sとなり、25°Cでは他の温度に比べて塩分範囲は狭く、二次仮根の形成が可能な塩分範囲もまた温度によって変ることを示しており、その影響は低塩分側よりも高塩分側で大きく表われている。

温度の場合と異なり、仮根の好適塩分範囲は藻体の産地が異なっても、また種が異なっても大きな相違は認められない。これは外洋に面する沿岸域の海水の塩分変化は水温の変動に比べて少ないことに起因すると考えることができそうである。なお、この点については、今後検討する必要があると考えられる。

引用文献

- 猪野俊平 1947. 海藻の発生。北隆館, 東京。
 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・栽培について。水増 16: 91-95。
 松井敏夫・大貝政治 1981. ホンダワラ類(ヤツマタモクとアカモク)の生長と水温。p. 213-217. 水産庁・東海区水研編, 大量温排水に対する水産環境アセスメント総合調査。昭和50-55年度総括報告書。
 大分県浅海漁業試験場 1976. ホンダワラ類(アカモク)の採苗と発芽条件について。p. 32-38. 昭和49年度大分浅海試研報。
 小河久朗 1981. ホンダワラ類の幼胚の発生に及ぼす温度・光・塩分濃度の影響について。p. 51-54. 昭和55年度科研費(総合A)研究成果報告書。
 小河久朗 1985. 海藻の初期発生におよぼす温度と塩分濃度の影響I。アカバギンナンソウの果胞子発芽。藻類 33: 45-50。
 富山 昭 1981. ガラモ場。p. 142-157. 日本水産学会編, 藻場・海中林。恒星社厚生閣, 東京。
 梅林 脩 1981. ホンダワラ類(ナラサモとアカモク)。p. 218-221. 水産庁・東海区水研編, 大量温排水に対する水産環境アセスメント総合調査。昭和50-55年度総括報告書。