

一年生ホンダワラ類アカモク冷蔵種苗の成長と成熟

吉田 吾郎¹・吉川 浩二¹・内村 真之²・寺脇 利信¹¹ 独立行政法人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)² 科学技術特別研究員 (739-0452 広島県佐伯郡大野町丸石 2-17-5)

Goro Yoshida, Koji Yoshikawa, Masayuki Uchimura and Toshinobu Terawaki: Growth and maturation of *Sargassum horneri* seedlings after long-term storage under a low temperature condition. Jpn. J. Phycol. (Sôru). 49: 177-184.

Sargassum horneri embryos, which had been stored under a low temperature (5°C) and dark conditions for various periods, were cultured as seedlings in an outdoor tank. Embryos were isolated from mother plants sampled from two *S. horneri* populations with different maturation seasons in Hiroshima Bay, that is, winter seedlings (isolated in December 1997) and spring seedlings (isolated in April 1998). After attachment to artificial substrata, embryos were stored in a refrigerator. For the winter seedlings, 4 month- and 8 month-stored embryos germinated, but the 13 month-stored embryos did not. Also for the spring seedlings, 4month-stored embryos germinated, but the 9 month-stored did not. Both control and stored seedlings passed through the early growth phase, and after that, exhibited a rapid increase in plant length which started in autumn or winter. The transition from the early phase to the rapid growth phase was delayed seasonally in the stored seedlings. However, the maturation season of both control and stored seedlings were almost the same despite the storage period, which was in late autumn to winter for the winter seedlings and in spring for the spring seedlings. It is assumed that some environmental triggers affect the onset of maturation of both seedlings, and the difference in maturation season between both seedlings was based on the genetical difference between their original populations.

Key Index Words : growth, long-term storage, low temperature, maturation, *Sargassum horneri*, seedlings

National Research Institute of Fisheries and Environment of Inland Sea, Ohno, Saeki, Hiroshima 739-0452, Japan

褐藻ホンダワラ類によって形成されるガラモ場は沿岸域の生態系において重要な役割を担っている。我が国では特にその水産資源学的効用が注目され、各地でその人工的な造成が試みられている(徳田ら 1987)。またホンダワラ類の中には、日本海沿岸域のアカモクやホンダワラ等のように、食材として利用されているものもある(池原 1987)。ガラモ場造成、あるいは有用ホンダワラ類の増殖においては、主には、天然・人工基盤を海中に投入し着生基質を増やす方法がとられている。しかし、種苗の基盤への移植や、ロープや網を用いての養殖等も試みられており、種苗の安定供給技術の開発も重要である(徳田ら 1987)。

ホンダワラ類の種苗の確保は、有性生殖の結果母藻から落下する幼胚を様々な手法により採取し、育成することによって行われている。一般的にホンダワラ類の成熟期は1年のある時期に限られ、また配偶子の放出も間歇的であるため、種苗の確保に

は季節的な制約が大きい。また、コンブ類やノリ等の他の有用海藻類のように、保存・増殖が容易な微小世代が存在せず、生活環の制御が困難であることも採苗において利便性が低い理由として考えられる。

吉田ら(2000)は、一年生ホンダワラ類のアカモク *Sargassum horneri* (Turner) C. Ag. の幼胚が冷蔵下で比較的長期間生存することを明らかにした。また、冷蔵幼胚は適当な馴致の後培養すると速やかに発芽し、その成長能は母藻から分離した後直ちに培養を開始した場合と差異が無いことも確認された。従って、冷蔵したホンダワラ類の幼胚を藻場造成や増養殖用に利用することにより、種苗確保において利便性を高めることが期待できる。本研究においては、様々な期間冷蔵したアカモクの幼胚を種苗として屋外水槽において培養し、成長・成熟させることを初めて試みた。

また、多くのホンダワラ類において、成長(あ

るいは主枝の伸長)と成熟には明瞭な季節性が存在し、それらの開始と日長・水温等の季節的に変化する環境要因との間には密接な関係があると考えられている(梅崎 1985, Lüning & tom Dieck 1989)。従って、冷蔵幼胚の培養開始時期を変えることによって、その成長・成熟の様子から、これらの生活史におけるイベントとそれを制御している環境要因との関係について有益な知見を得られる可能性がある。本研究においては、アカモク冷蔵幼胚の成長・成熟の結果より、その生活史と環境要因の関係についても若干の考察を加えた。

材料と方法

本実験に用いたアカモク種苗の母藻は、瀬戸内海・広島湾内の2ヶ所で採集した。採集場所は湾奥部の大野瀬戸、及び湾口部に位置する屋代島の東和町松ヶ鼻である。両生育場所のアカモクは互いに異なる時期に成熟する。大野瀬戸のアカモクは11月から生殖器床の形成を開始し、11月下旬から1月にかけて盛んに放卵する。一方、東和町松ヶ鼻のアカモクは、冬季の間に生殖器床の形成を開始するが成熟の進行は遅く、生殖器床が成熟し放卵が盛んに起こるのは4月になってからである(Yoshida *et al.* 1998, Yoshida *et al.* 印刷中)。

大野瀬戸においては1997年12月中旬、東和町松ヶ鼻においては1998年4月初旬に、十分に成熟した生殖器床を有したアカモクの雌雄数個体ずつを採集し、瀬戸内海区水産研究所に持ち帰った。採集したアカモク母藻は、直ちに同研究所内の屋外水槽(2t)中に収容し、海水をかけ流して培養した。両所のアカモクとも、持ち帰って数週間以内に数回にわたり放卵した。受精後の卵割の開始を確認した後、多数の雌性生殖器床を採取して、大野瀬戸の母藻からは1997年12月24日、また東和町松ヶ鼻の母藻からは1998年4月27日に大量の幼胚を分離した。幼胚の分離は、吉田ら(2000)の手法によった。分離時のサイズは大野瀬戸のアカモク幼胚で長径 $239 \pm 25 \mu\text{m}$ 、短径 $187 \pm 19 \mu\text{m}$ 、東和町のアカモク幼胚で長径 $343 \pm 22 \mu\text{m}$ 、短径 $262 \pm 21 \mu\text{m}$ であった。なお、今後本報においては、大野瀬戸の母藻から採取した幼胚を冬季種苗、東和町松ヶ鼻の母藻から採取した幼胚を春季種苗と呼称する。

分離した幼胚は、直ちにろ過海水を張ったバットの中に設置した16基のレンガ(20×10×

3cm)上にピバットでなるべく均等に散布した。幼胚の散布密度はレンガにより多少の粗密があるものの、ほぼ30-100/cm²の範囲であった。散布後レンガをそのまま室内条件(室温20℃前後、自然光)下で2-3日静置し、仮根による着生を待った(Fig.1)。幼胚の着生後、レンガ4基を直ちに屋外水槽へ移し、対照実験用として培養を開始した。他のレンガはろ過海水を入れたコンテナに収容し、蓋をテープで密封した後、冷蔵庫(5℃)内に保管した。

1997年12月に冷蔵した冬季種苗は1998年4月26日(冷蔵期間4ヶ月)、8月22日(同8ヶ月)、1999年1月22日(同13ヶ月)に、また1998年4月に冷蔵した春季種苗は1998年8月22日(冷蔵期間4ヶ月)、1999年1月22日(同9ヶ月)に、それぞれレンガ4基分を屋外に出し、培養を開始した。冷蔵庫から屋外水槽へと出すに先立ち、急激な環境条件の変化による種苗への影響が考えられたので、培養庫内における馴致を行った。冷蔵庫から出したレンガを半透明の塩化ビニール製のタッパーにろ過海水とともに収容し、4月及び1月に屋外に出した際には10℃下で5日間、また8月に屋外に出した際には12℃、17℃下でそれぞれ5日間馴致してから屋外における培養を開始した。いずれも培養庫内の光量は $50 \mu\text{Em}^{-2}\text{s}^{-1}$ 、光周期は12hL-12hDの静置条件とした。

アカモク種苗の屋外での培養は対照・冷蔵種苗とも、まず流水かけ流し式のコンテナの中で行われた。コンテナを50%遮光の寒冷しゃを2重にかけて、幼胚に直接日光が当たるのを防いだ。発芽を確認してから、レンガをFRP製の円形水槽(深さ1.2m, 10m³)に移した。同水槽においては

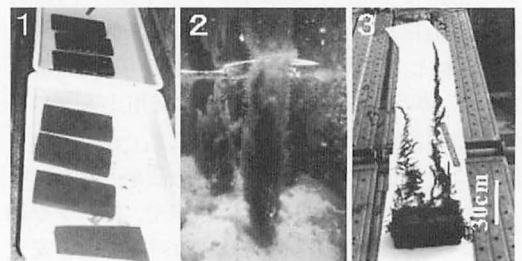


Fig. 1 *Sargassum horneri* seedlings (embryos) attached to artificial substrata in the laboratory.

Fig. 2 *S. horneri* plants, developed from low temperature stored seedlings, cultured in the outdoor tank.

Fig. 3 Mature plants developed from 8 month-stored winter seedlings. December 1998.

砂ろ過した海水を毎分40Lで送り込みオーバーフローさせ、2基のエアポンプで毎分100Lの通気を行った。円形水槽においても、直射日光の遮へいと付着珪藻の増殖防止のため、2重の寒冷シャを上部に張ったが、後述するように1998年10月にアカモク藻体から葉や枝の脱落がみられたため、光量不足を鑑みて1重にした。実験期間を通じて、1週間に1回、壁面やアカモク藻体上の付着藻類の除去を行った。その際、レンガの配列を順次入れ替え、実験期間を通じてレンガ上の藻体の培養条件が均一になるように心がけるとともに、2-3週間に一度、大型の10-15個体の全長を測定した。成熟期にはより高頻度に観察し、生殖器床の形成の有無を確認した。レンガ上の種苗の実験開始後の減耗の様子は詳細に追跡していないが、1つのレンガ上において藻体が1m以上になり、成熟に達した個体は、ほぼ10個体程度であった。

結果

対照及び冷蔵した冬季種苗の成長の様子をFig.4に示す。データは各日に測定した個体のうちから、藻体長の大きい10個体の値を平均したものである。なお1999年1月22日に屋外へ出した冷蔵期間13ヶ月の冬季種苗は発芽せず、流失した(Table 1)。

対照の冬季種苗の成長は培養を開始した冬季から春季の間は非常にゆっくりで1998年3月初旬でようやく平均全長0.8cm程度の発芽体となり、4月下旬で全長2cm程度であった。6月下旬には全長6cm程度で1-2cmの明瞭な茎を形成していた。8月中旬には全長10cm程度と、夏季の間成長は比較的緩やかであったが、9月以降は気胞を形成し、茎の急速な伸長が開始され、全長が大きく増加し始めた。10月中には葉や枝の脱落が

目立ち、伸長も若干低下したが、11月中旬以降再び全長が大きく増加した。この時期の藻体は平均で3.4-6.9cm/日の伸長を記録し、12月中旬に平均全長266cmと、年間の最大に達した(Fig.4, Table 2)。生殖器床の形成は11月の終わり頃から見られ、12月19日の観察時には盛んな放卵が観察された。12月下旬以降藻体は急速に枯死した。

1998年4月26日に屋外での培養を開始した4ヶ月間冷蔵の冬季種苗は、屋外に出した時点では0.1cm未満であったが、7月中旬に全長2cm程度になっており、以降は先行する対照用の種苗を追いかけるように成長した。9月下旬には全長10cm以上の個体に気胞が形成されており、この時期以降茎の伸長による全長の急速な増加が始まった。対照の種苗と同様に、やはり10月下旬から11月初旬に若干の成長の停滞を見せた後、11月下旬以降再び3.1-5.6cm/日の急速な伸長を見せ、12月下旬には年間の最大値である平均全長212cmに達した(Fig.4, Table 2)。生殖器床の形成は12月中旬に観察され、対照種苗と同様12月19日には盛んに放卵しているのが観察された。

1998年8月22日に屋外培養を開始した8ヶ月間冷蔵の冬季種苗は全長0.1cm程度であったが、1週間後には全長0.5cm程度になっており、およそ1ヶ月後の9月下旬には2cm程度になっていた。その後藻体の伸長は比較的ゆっくりであったが、11月中旬に全長17-20cmの個体に気胞が形成されているのが観察され、11月下旬から12月にかけて4.0cm/日の急速な全長の増加が見られた(Fig.4, Table 2)。12月下旬には、年間の最大値である平均全長94.3cmに達したが、成長の個体間のばらつきが非常に大きく、12月下旬で全長が100cmを越えていた個体はわずか4個体であり、10cm以上100cm未満のものも8個体に過ぎず、他の個体は10cm以下の「下草」として多数残存し

Table 1 Results of germination of *S. homeri* embryos stored for various periods under a low temperature condition (5°C) in a refrigerator.

	Sampling site	Date of Isolating embryos	Start date of outdoor culture	Months of storage	Germination
Winter seedling	Ohno-Seto Strait	1997/12/24	1997/12/28	0	○
			1998/ 4/26	4	○
			1998/ 8/22	8	○
			1999/ 1/22	13	×
Spring seedling	Matsugahana (Towa-town, Yashiro Isl.)	1998/ 4/27	1998/ 5/1	0	○
			1998/ 8/22	4	○
			1999/ 1/22	9	×

Table 2 Daily increase (cm/day) in plant length of control and low temperature stored seedlings of *S. horneri*.

Term	Winter seedling			Spring seedling		Mean water temperature(°C)	Mean day length (hrs)
	Control	4 months -stored	8 months -stored	Control	4 months -stored		
1998 3/9 - 4/26	0.03	-	-	-	-	13.2	12.57
4/26 - 5/13	0.00	-	-	-	-	16.6	13.67
5/13 - 6/2	0.10	0.04	-	0.05	-	17.4	14.13
6/2 - 6/24	0.07	0.02	-	0.03	-	19.4	14.40
6/24 - 7/12	0.04	0.02	-	0.02	-	22.3	14.38
7/12 - 8/11	0.12	0.04	-	0.03	-	24.0	13.97
8/11 - 9/11	0.32	0.12	0.05	0.16	0.07	25.7	13.07
9/11 - 9/25	1.24	0.47	0.08	0.34	0.18	25.1	12.30
9/25 - 10/9	3.03	1.80	0.18	0.73	0.28	24.7	11.80
10/9 - 10/30	0.76	1.21	0.12	1.02	0.15	22.9	11.20
10/30 - 11/13	1.35	0.18	0.18	1.28	0.16	20.6	10.63
11/13 - 11/27	3.39	3.10	1.02	1.42	0.49	17.0	10.27
11/27 - 12/12	6.93	5.58	4.16	4.55	1.61	15.7	9.98
12/12 - 12/25	-1.50	1.45	0.64	2.21	1.58	13.4	9.88
12/25 - 1/22	-	-	-0.35	0.80	1.58	10.8	10.02
1999 1/22 - 2/23	-	-	-	0.26	1.09	10.3	10.72
2/23 - 4/7	-	-	-	-0.64	-0.04	11.6	12.00

ていた(Fig. 3)。生殖器床の形成は12月12日に藻体長100cm以上のもので確認された。その後生殖器床の形成は全長の小さい個体でも開始され、1999年1月22日の観察時には、全長10cm以上の個体全てが生殖器床を有しており、最小の成熟個体の全長は9.5cmであった。その後成熟を終えた個体を切り捨てて、全長10cm未満の成熟しなかった個体の培養を続行したが、4月初旬までに10cm以上に育った2個体(それぞれ全長16.0, 13.5cm)に生殖器床の形成が確認されたのみで、他の個体はほとんどが全長10cm未満の未成熟個体にとどまっていた。

対照及び冷蔵した春季種苗の成長の様子をFig. 5に示す。冬季種苗と同様に、1999年1月22日に屋外に出した冷蔵期間9ヶ月の種苗においては発芽は観察されなかった(Table 1)。1998年4月に培養を開始した対照の春季種苗は、7月中旬に全長2cm程度の幼体であり、8月中旬には全長3cm程度で0.2-0.5cmの茎を形成していた。10月初旬には、大きな個体は全長20cm前後になっており、これらの個体は気胞を有していた。10月以降急速な茎の伸長が開始され、特に11月下旬から12月にかけては2.2-4.6cm/日の伸長が見られ、12月下旬には平均全長は179cmに達した。その後藻体の伸長は若干衰えるが、成長は冬季の間も続き、1999年2月下旬には年間の最大値である平均全長210cmに達した(Fig.5, Table 2)。1月下旬の観

察時に全長150cm以上の数個体で生殖器床の形成が開始されていたが、同様の全長でも形成開始が見られない個体もあった。放卵は3月25日に初めて観察され、4月以降成熟を終了した個体の急速な枯死が観察された。

1998年8月22日に屋外に出した4ヶ月間冷蔵の春季種苗の初期成長は早く、1ヶ月後の9月下旬には全長4cm弱にまで成長し、1cm程度の茎も形成されていた。その後の成長は比較的ゆっくりであったが、12月に入ってから急速な茎の伸長が開始され、冬季の間も続いた。その間の日間成長はおよそ1.6cm/日程度であった。年間の最大全長は2月下旬に記録され、144cmであった(Fig.5, Table 2)。生殖器床の形成は1月下旬に最も大きい個体(全長146cm)で開始されているのが確認されたが、その後の成熟の進行はゆっくりであり、2月下旬で2個体(全長171, 139cm)が未成熟の生殖器床を有しているのみであった。4月初旬には全長90cm以上の全ての個体で生殖器床が確認され、盛んな放卵も観察された。

考察

広島湾の屋代島東和町産のアカモクの幼胚を材料として用いた吉田ら(2000)の報告においては、冷蔵期間1年の幼胚でおよそ80%、冷蔵期間2年の冬季幼胚で10%の発芽率を維持した。今回の実験においては、冷蔵期間8ヶ月の大野産の幼

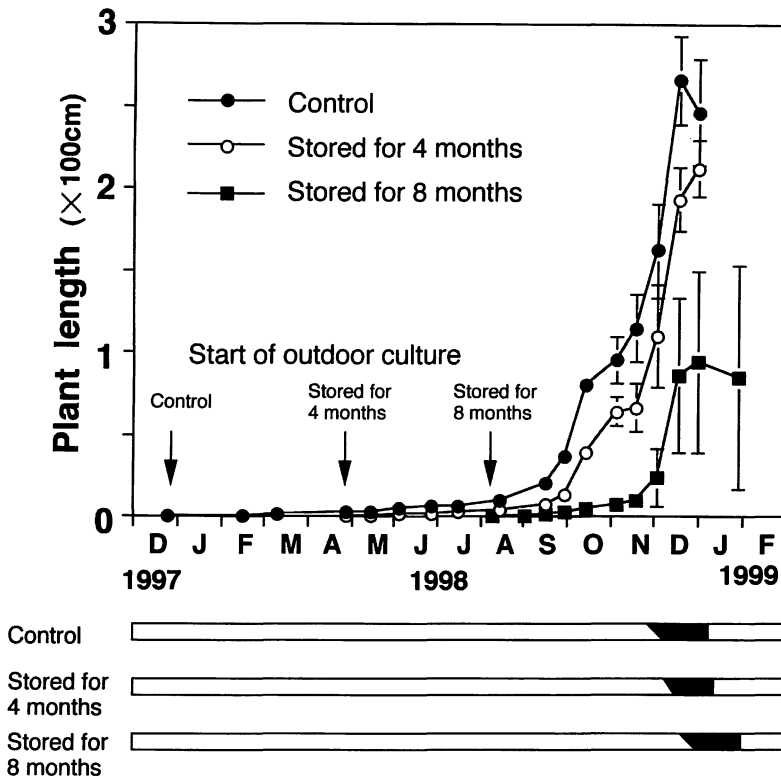


Fig. 4 Growth and maturation period of control and long-term stored winter seedlings. Vertical bars indicate SD of means (n=10). Dark portion in horizontal column indicates maturation season of seedlings.

胚は、馴致期間を経て屋外水槽に出された後発芽したが、冷蔵期間13ヶ月の幼胚は発芽しなかった。また、東和町産の春季幼胚は、冷蔵期間4ヶ月のものは発芽したが、冷蔵期間9ヶ月の幼胚は発芽しなかった。従って前報(吉田ら2000)のような長期にわたる冷蔵幼胚の発芽能の維持は達成されなかった。しかし、8ヶ月間冷蔵した冬季の幼胚が発芽し、さらに成長・成熟したことによって、幼胚は冷蔵下においても長期間活性を維持し、種苗として有効であることが明らかとなった。今回の実験では冷蔵幼胚の発芽率は調べていないが、発芽体は幼胚を散布したレンガの表面を埋め尽くすように発芽しており、かなりの高率を維持できたものと思われる。一方、発芽の見られなかった場合においては、室内での馴致が終了し屋外へ出した時点で、レンガ上に多数の幼胚が着生していたにも関わらず発芽は全く見られず、やがて付着珪藻に覆われた後流失した。吉田ら(2000)の報告においては、幼胚の冷蔵は単藻培養状態で行われ、発芽実験も培養庫内で行われたのに対し、本報においては大量の幼胚を一括して

採取・冷蔵し、環境条件の大きく異なる屋外において培養実験を行った。従って、このような保存・培養条件の違いが、冷蔵種苗の発芽能に影響を及ぼした可能性がある。今後保存温度を含めた冷蔵庫内での保存法や、培養前の環境馴致の手法を改良することにより、より長期の有効な種苗の冷蔵が可能になるものと思われる。

アカモクの幼胚が冷蔵下で比較的長期間生存し、発芽・成長能を失わないことについては、低温・暗条件下に置かれることで、幼胚がある種の休眠状態になるためと推測されている(吉田ら2000)。このとき、保存温度が同様の温度(5℃)であっても明条件下では発芽が起こるので、暗条件は必須であると考えられる。海藻類においては、比較的多くの種類で生活史の中に休眠期を有する種類があり、多くの場合光・温度条件等が成長に不利な場合に観察されている(中原1983)。ホンダワラ類ではその生育現場において休眠期を有する例は知られていないが、特に多年生の種類においては、大型個体が流失するまで、発芽体は群落内部の光条件の不良な場所で長期間生存しなけれ

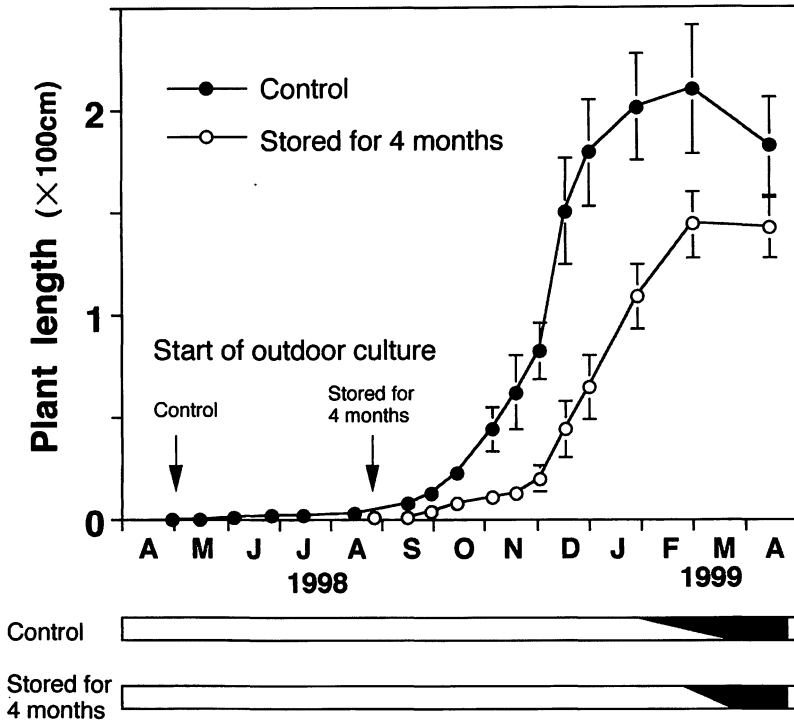


Fig. 5 Growth and maturation period of control and long-term stored spring seedlings. Vertical bars indicate SD of means (n=10). Dark portion in horizontal column indicates maturation season of seedlings.

ばならない (中原 1983, 村瀬 2000)。また, ジョロモク *Myagropsis myagroides* (Mertens ex Turner) Fensholt とアカモクの幼胚が暗・低照度条件下でも枯死せず, 適切な照度条件下に移されることによって直ちに急速な成長を示すこと (難波・奥田 1993) や, ノコギリモク *S. macrocarpum* C. Ag. の幼胚が暗条件下においても仮根を伸長すること等が観察されており (村瀬 2000), 多くのホンダワラ類の幼胚が比較的長期間, 暗条件に耐えられる性質を有していると推測される。今後の課題として, アカモク以外の多年生の種類においても, 発芽活性を維持した幼胚の長期冷蔵が可能かどうか, また幼胚だけでなくある程度発生が進んだ個体においても, 成長能を維持した長期冷蔵が可能かどうか等に興味が持たれる。

本実験で用いた母藻を採集した大野瀬戸及び東和町地先のアカモク個体群は互いに成熟期が異なり, それぞれから採取した種苗は同一の水槽中で培養しても, それぞれの生育地とほぼ同時期に成熟した。また, それぞれの冷蔵種苗の成長は対照用の種苗の成長より遅れ, 到達している藻体のサイズが小さいのにも関わらず, 対照種苗とほぼ

同時期に生殖器床の形成を開始した。一般的にアカモクの生活史には, 発芽後初期の葉を次々と形成し, 藻体の伸長は 0.1cm/日程度の初期成長期と, 茎が 1.0cm/日以上急速な伸長を示し, 藻体長が大きく増加する伸長期がある (Yoshida *et al.* 1998, Yoshida *et al.* 印刷中)。伸長期の終盤に生殖器床の形成が始まり成熟期を迎えるが, 一般的に成熟が開始されると, 藻体の伸長は鈍り, 停止する。成熟終了後は, 藻体は枯死がすすみ, 比較的短期間で流失する (Umezaki 1984, 寺脇 1986, 谷口・山田 1988, Yoshida *et al.* 1998, Yoshida *et al.* 印刷中)。このようなアカモクの生活史のステージは, 天然の生育地においても, あるいは培養下においても, きわめて明瞭である。今回の結果から, 冷蔵種苗においても対照種苗と同様にこれらの生活史のステージがはっきりと観察された。しかし, 冷蔵期間が長引き, 培養開始時期が遅れるほど, 初期成長期が短縮される傾向が見られた。幼胚の室内培養実験においては, 光条件が良好であれば, 水温が高いほど速やかな初期成長を示すことが観察されており (Yoshida *et al.* 1999), 冷蔵種苗の培養開始時の水温が初期成長期の長さ

影響を与えているものと考えられる。しかし、それでも伸長期以前にある程度の期間の初期成長期を経ることが、冷蔵種苗の成長の結果から明らかである。従って、冷蔵期間が長期になり、培養開始の時期が季節的に遅れるほど、初期成長期から伸長期への移行も季節的に遅れる。一方、生殖器床の形成を開始する時期は対照、冷蔵種苗ともほぼ変わらないので、冷蔵種苗の伸長期は対照種苗よりも短期間となり、より小さい藻体サイズで成熟することになる。

到達した藻体サイズの違いに関わらず、対照・冷蔵種苗とも生殖器床を形成する時期がほぼ等しいということから、アカモクの成熟の開始には何らかの外部環境要因が「引き金」的に作用していることが示唆される。一般的にホンダワラ類の成長・成熟には明瞭な季節性が有り、それらと日長・水温等季節的に変化する環境要因との間には密接な関係があるとされている。梅崎 (1985) はホンダワラ類の主枝の伸長期と水温の関係を考察し、一般的に温帯のホンダワラ類の主枝の伸長が最も盛んなのは水温が10-15℃の頃であるとしている。また、Uchida(1993)は光周期を制御することによりアカモクの生活環を培養下で完結させることに成功しているが、茎の形成・伸長は短日条件 (9hL-15hD) 下で起こることを報告している。水温の降下も日長時間の短縮も季節的には同時期 (秋以降) に起こるが、アカモクにおいては日長時間の変化が茎の伸長開始の引き金となり、一方水温の低下は、多数の生殖器床を形成できるように藻体が伸長・肥大する上で生理的に必要な要因と考えられている(吉田 2000)。

成熟の開始に関わる要因については、日長や水温、到達した藻体サイズ等が単独、あるいは複合的に作用しているとされている (Hales & Fletcher 1990, Uchida 1993)。このうち、水温については、ある水温レベルが成熟の開始の引き金になっている(De Wreede 1976)という考え方に加え、積算温度の考え方も導入されている。事故的に欧米諸国沿岸に分布が広がり、繁殖したタマハキモク *Sargassum muticum* (Yendo) Fensholt については、水温環境の大きく異なる生育地間で、成長の開始から成熟にいたるまでの積算温度が計算され、比較されている(Deyscher 1984)。しかし、今回の結果においては、対照種苗と冷蔵種苗の成熟にいたるまでの水温の日積算値には大きな差異が

あると考えられ、アカモクの成熟について積算温度の考え方は単純に適用できないものと思われる。また藻体の到達サイズも成熟の開始時期を決定する重要な要因と考えられている(McCourt 1984)が、今回の結果では、大きく藻体サイズの異なる対照・冷蔵種苗ともほぼ成熟時期は等しく、特に8ヶ月間冷蔵した冬季種苗の最小成熟サイズは10cm程度であった。従って、成熟の開始サイズには極めて大きなばらつきがあり、あるサイズに達して成熟が開始されるというより、やはり何らかの外部環境要因が働いて引き起こされているものと考えられる。このような環境要因の中で、日長は最も重要な要因であるとされている (Lüning & tom Dieck 1989)。Uchida(1993)のアカモクの室内培養においては、2つの光周期条件しか試されていないが、9hL-15hD では生殖器床の形成は見られず、15hL-9hD の長日条件下で見られている。しかし、今回の種苗の培養実験及び天然個体群の生態学的観察の結果においては、大野瀬戸及び東和町のアカモクとも年間で最も日長時間の短い季節を含む秋季から冬季の間に生殖器床の形成を開始している。ヒバマタの1種 *Fucus distichus* L. subsp. *distichus* では、室内では12時間より短い明期のときに生殖器床の形成が見られ、その地理的分布域の南部ではこれと符合して晩秋から冬季に成熟する(Bird & McLachlan 1976)。しかし、分布域の北部の北極海域では夏季に成熟が見られており、同海域では生殖器床の形成は日長時間の短い季節に開始されているが、この時期は水温・光条件が好適でなく、これらの諸条件が好転する夏季に成熟が完了するものと考察されている。従ってアカモクにおいても日長による引き金が作用してから、成熟が完了するまでには時間的なずれが存在する可能性がある。日長の成熟への作用機構を解明するために、今後、成熟の開始の閾となる日長時間を実験的に明らかにする必要がある。

本実験で用いた大野及び東和町のアカモク天然個体群の成熟時期の相違は、同一水槽で培養した対照・冷蔵種苗の成熟時期にも現れた。従って、それぞれの成熟時期は個体群の遺伝的特性としてある程度固定されていることが示唆される。アカモクは我が国沿岸部では最も普通に見られる種類であり、本州中部以西では冬から春に成熟し、北海道では夏季に成熟する(吉田 1985)。この

成熟期の違いには、海域間の水温環境の違いが影響していると考えられている(小河 1985)。今回母藻を採集した両生育地は、距離的には40km程度しか離れていないが、大野瀬戸は広島湾の最奥部にあり、また東和町は湾口部の屋代島に位置し、水温以外にも様々な環境要因が異なる(環境庁 1988)。従って、このような生育地の環境の相違により、成熟時期について遺伝的に異なる生態型が分化してきた可能性がある。同一海域における成熟時期の違いはアカモクでは広島湾(奥田 1987, 高場・溝上 1982)だけでなく、松島湾でも報告されている(五十嵐・薮 1995)。コンブの仲間 *Laminaria longicuris* de la Pylaie では近傍海域内で栄養塩環境の相違により、成長・成熟の年間パターンが異なるいくつかの生態型に分化している例が知られている(Espinoza & Chapman 1983)。広島湾においてもどのような要因がアカモク個体群間の成熟時期の違いに影響を及ぼしているのか、その解明に興味を持たれる。

引用文献

- Bird, N.L. & McLachlan, J. 1976. Control of formation of receptacles in *Fucus distichus* L. subsp. *distichus* (Phaeophyceae, Fucales). *Phycologia* 15: 79-84.
- De Wreede, R.E. 1976. The phenology of three species of *Sargassum* (Sargassaceae, Phaeophyta) in Hawaii. *Phycologia* 15: 175-183.
- Deysler, L.E. 1984. Reproductive phenology of newly introduced populations of brown alga, *Sargassum muticum* (Yendo) Fensholt. *Hydrobiologia* 116/117: 403-407.
- Espinoza, J. & Chapman A.R.O. 1983. Ecotypic differentiation of *Laminaria longicuris* in relation to seawater nitrate concentration. *Mar. Biol.* 74: 213-218.
- Hales, J.M. & Fletcher, R.L. 1990. Studies on the recently introduced brown alga *Sargassum muticum* (Yendo) Fensholt. V. Receptacle initiation and growth, and gamete release in laboratory culture. *Bot. Mar.* 33: 241-249.
- 五十嵐輝夫・薮太郎 1995. 松島湾でみられたアカモクの冬季成熟群. 宮城水セ研報 14: 11-15.
- 池原宏二 1987. 日本海沿岸における食用としてのホンダワラとアカモク. 藻類 35: 233-234.
- 環境庁 1988. 瀬戸内海の環境-瀬戸内海環境情報基本図.
- Lüning, K. & tom Dieck, I. 1989. Environmental triggers in algal seasonality. *Bot. Mar.* 32: 389-397.
- McCourt, R.M. 1984. Seasonal patterns of abundance, distributions, and phenology in relation to growth strategies of three *Sargassum* species. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 74: 141-156.
- 村瀬昇 2000. 褐藻ノコギリモク *Sargassum macrocarpum* C. Agardh の生態学的研究. 三重大学博士学位論文.
- 中原紘之 1983. 褐藻類の生活史 X. 個体群レベルでの生活史(1). 海洋と生物 27: 291-297.
- 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: 1289-1295.
- 小河久朗 1985. ホンダワラ類の成熟・発生と環境. 月間海洋科学 175: 26-31.
- 奥田武男 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.
- 高場稔・溝上昭男 1982. 安芸灘西部黒島におけるガラモ藻場の季節的消長と垂直分布. 広水試研報 12: 33-44.
- 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. 東北水研研報 50: 59-65.
- 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.
- 徳田廣・大野正夫・小河久朗 1987. 海藻資源養殖学. 緑書房, 東京.
- Uchida, T. 1993. The life cycle of *Sargassum horneri* (Phaeophyta) in laboratory culture. *J. Phycol.* 29: 231-235.
- Umezaki, I. 1984. Ecological studies of *Sargassum horneri* (Turner) C. Agardh in Obama Bay, Japan Sea. *Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish.* 50: 1193-1200.
- 梅崎勇 1985. ホンダワラ群落の周年変化. 海洋科学 175: 32-37.
- 吉田吾郎 2000. シンポジウム ホンダワラ類の繁殖・生態と藻場造成技術. 生活史と環境要因. 日水誌 66: 746-747.
- Yoshida, G., Arima, S. & Terawaki, T. 1998. Growth and maturation of the autumn-fruiting type of *Sargassum horneri* (Fucales, Phaeophyta) and comparisons with the spring-fruiting type. *Phycol. Res.* 46: 183-189.
- Yoshida, G., Murase, N. & Terawaki, T. 1999. Comparisons of germling growth abilities under various culture conditions among two *Sargassum horneri* populations and *S. filicinum* in Hiroshima Bay. *Bull. Fish. Environ. Inland Sea* 1: 45-54.
- 吉田吾郎・吉川浩二・寺脇利信 2000. 低温保存したアカモク幼胚の発芽率と成長. 日水誌 66: 739-740.
- Yoshida, G., Yoshikawa, K. & Terawaki, T. Growth and maturation of two populations of *Sargassum horneri* (Fucales, Phaeophyta) in Hiroshima bay, the Seto Inland Sea. *Fish. Sci.* (印刷中)
- 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 36: 24-27.

(Received 16 Aug. 2001, Accepted 5 Sept. 2001)