

陸上実験水槽におけるカジメの生態学的研究

I. 幼胞子体の生長と成熟

関山繁信¹・松本正喜²・川嶋之雄²・栗原知明³・西尾四良³・澤田貴義³

¹中部電力(株)電気利用技術研究所(459-8522 名古屋市緑区大高町字北関山 20-1)

²日本エヌ・ユー・エス(株)環境デザイングループ(108-0022 東京都港区海岸 3-9-15)

³テクノ中部(株)環境部(455-8512 名古屋市港区大江町 3-2)

Shigenobu Sekiyama¹, Masaki Matumoto², Yukio Kawashima², Tomoaki Kurihara³, Shirou Nishio³, Takayoshi Sawada³:
Ecological Studies of *Ecklonia cava* in an experimental tank set on the ground. 1. Growth and maturation of the juvenile sporophytes. Jpn. J. Phycol. (Sôrui) 46:1-9.

The full morphological development from juvenile sporophyte to adult of *Ecklonia cava* was observed in an experimental water tank. The spores were attached to layered strings in 16 Nov. 1995. Morphological observations were carried out from 16 April 1996 to 11 May 1997. During this period, the growth of thallus height, stipe length, longest blade length, number of primary pinnae and longest primary pinna length, and the formation of zoosporangial sorus on the juvenile sporophyte were monitored in an experimental tank set in a green house. The daily growth rates of each part of juvenile sporophytes were estimated by the differentiated curves calculated from the growth curves. So that the daily growth rates of each part in spring and winter were larger than in summer. The formation of zoosporangial sori were observed from August to October. The formation rate of zoosporangial sori was estimated as about 85%. The maximum daily release rate of zoospores on a basis of 1 cm² both zoosporangial sori surface areas of the young plants was estimated as about 3.91x10⁵ - 3.41x10⁶ cells/cm².

Key Index Words: *Ecklonia cava*-Laminariaceae-Phaeophyta-juvenile sporophyte-spore-zoospore-zoosporangial sorus-morphology-tank culture

¹Electrotechnology Applications R&D Center, Chubu Electric Power Co., Inc., 20-1 Kitasekiyama, Odaka, Midori-ku, Nagoya 459-8522 Japan

²Environmental Design Group, Japan NUS Co., Ltd., 3-9-15 Kaigan, Minato-ku, Tokyo 108-0022 Japan

³Environmental Division, Techno Chubu Co., Ltd., 3-2 Oe, Minato-ku, Nagoya 455-8512 Japan

はじめに

アラメ及びカジメは本州中部太平洋沿岸を中心とする浅海域に海中林を形成する大型褐藻であり、沿岸漁業にとってきわめて重要な役割を果たしている。近年これらの海藻が大規模に枯死する磯焼けが頻発するようになったが、静岡県御前崎周辺の沿岸も例外ではなく、社会問題と化している。このように深刻な磯焼けについて、その原因を解明するための研究は未だ皆無に近く、また、これまでの磯焼け発生機構に関する諸説は実験的根拠を欠き憶測の域を出ないものがほとんどであったと言える。わずかに倉島ほか(1996)によって行われたアラメ・カジメの生理特性に関する研究は、海中において最も重要な環境要因である光及び温度に関する生理特性を調べ、さらに群落内の環境を考慮しつつ磯焼け発生機構に言及している。

磯焼けの原因解明も磯焼け対策も、枯れる主体である海藻の生理を知ることが不可欠であるが、さらに条

件を任意に設定した人工環境内に任意の群落を再現して実験を行うことが必要となろう。これまでアラメ・カジメなどの胞子体を人工環境内で育成することはきわめて困難なこととみなされてきたが、筆者らは天然の母藻から採苗して得たカジメの幼胞子体を陸上の流水水槽で育成する実験を行い、藻体を成熟させ、次世代の幼胞子体を自生させることに成功した。本報文ではその詳細について述べる。

材料と方法

採苗用のカジメ母藻は1995年11月14日に静岡県の伊豆白浜地先の海岸に漂着したものを採集し、複数の母藻を重ね合わせて湿潤状態にして容器に詰め静岡県浜岡町の中部電力(株)浜岡原子力発電所敷地内まで、約4時間かけて運搬した。1995年11月16日まで陰干しを行った後、側葉を切り取って遊走子放出のための試料として用いたが、まず表面に付着した珪藻等

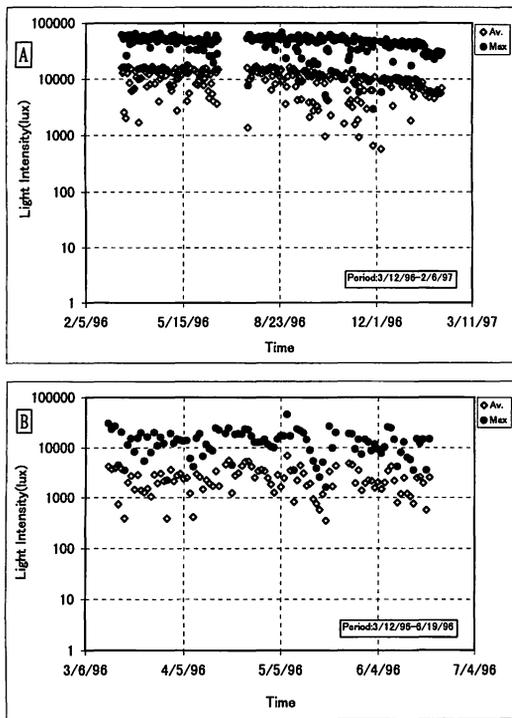


Fig.1. Daily changes of the light intensity in the green house(A) and at a depth of 0.1m in water(B).

を除去するため、これをろ過海水で手早く洗った後、新たなろ過海水に漬けて遊走子を放出させた。

遊走子は直径2mmのクレモナ・30本縫りの糸に着生させ、建物内に設置されたろ過海水(塩分34‰)を培地とする容積0.1tの角型水槽に移し、止水状態で1996年1月15日まで培養を行った。

0.1t水槽は水槽内の海水温を19℃に保ち、人工照明を行わないで自然のままの日長(照度:最大3000lux)としたが、建物自体の窓を通過して減衰した自然光が水槽に達するようにした。

1996年1月15日からは、遊走子が着生したクレモナ糸を天窓付き建物内に設置された容積6tのコンクリート水槽に移し、流水状態で1996年3月11日まで培養を行った。

コンクリート水槽には約600m沖合の遠州灘の中層(水深約5m)から導いた自然海水(塩分34‰)をろ過し、約40 l/minの流量で注入しながら約10~20 l/minの流量でエアレーションを常時行った。コンクリート水槽は発電所温排水を利用して水槽内の海水温を18℃に保ち、人工照明を行わないで自然のままの日長(照度:最大5000lux)としたが、建物自体の天窓を通過して減

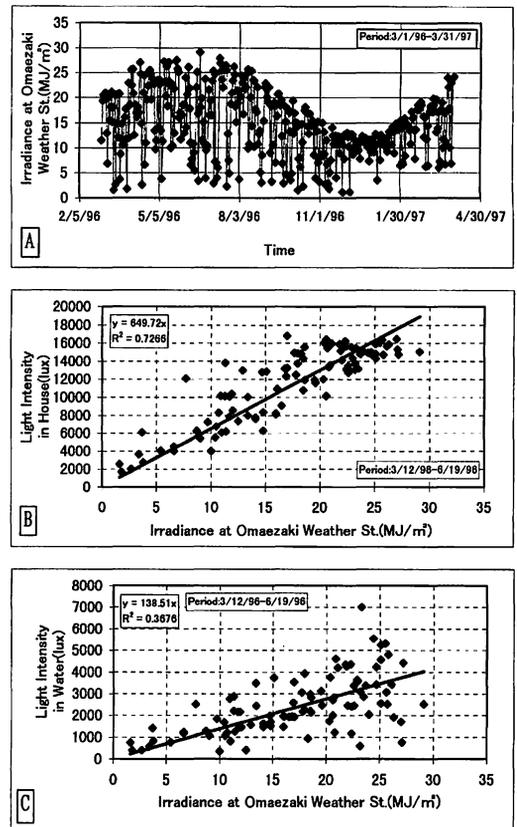


Fig.2. Distribution of daily irradiance at Omaezaki weather station (A). Relationship between the light intensity in the green house and the irradiance at Omaezaki weather station(B). Relationship between the light intensity at a depth of 0.1m in water and the irradiance at Omaezaki weather station(C).

衰した自然光が水槽に達するようにした。

糸上に萌出した幼孢子体の長さが約3cmに達したと判定された1996年3月11日に、幼孢子体の着生した糸を長さ約50cmづつに切り取り、それぞれを長さ50cmに切った直径1.5cmもしくは3.5cmのクレモナ・ロープに巻き付けて、孢子体の生長観察用のサンプルとした。同日中に各サンプルはビニールハウス内に設置された容積1tの円型水槽に移した。

円型水槽には遠州灘の中層から導いた自然海水(塩分34‰)そのものを約17 l/minの流量で注入しながら60~90 l/minの流量でエアレーションを常時行った。温度調整は行わないで自然のままとし、光強度はビニール一枚と寒冷紗一枚を通過して減衰した自然光を地上約1.5m(水面上0.6m)と水槽の水面下0.1mにアレック電子(株)製MDS-L型照度センサーを設置して、

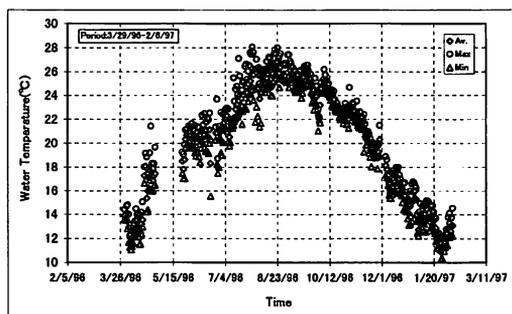


Fig.3. Daily changes of water temperature at a depth of 0.1m in an experimental tank.

実験期間を通して20分毎に記録した。Fig.1(A)に1996年3月12日から1997年2月6日までの期間におけるハウス内の照度の記録結果を、また、同図(B)には1996年3月12日から同年6月19日までの期間における水槽内の照度の記録結果を示した。また、Fig.2(A)には浜岡原子力発電所に近い御前崎測候所における1996年3月1日から1997年3月31日までの期間における全日射量の観測結果を示したが、1996年3月12日から同年6月19日までの期間における全日射量とハウス内の照度との関係及び全日射量と水槽内の照度との関係をそれぞれFig.2(B)及び同図(C)に示した。全日射量を X (MJ/m^2)と表し、ハウス内あるいは水槽内の照度を Y (lux)と表せば、ハウス内の照度及び水槽内の照度はそれぞれ近似的に $Y=649.72X$ 及び $Y=138.51X$ と表すことができる。

円型水槽内の海水温の測定は、アレック電子(株)製MDS-T型温度センサーを水面下0.1mに設置して20分毎に行った。海水温は水槽内で水平的にも鉛直的にも差を生じなかったが、1996年3月29日から1997年2月6日までの期間における海水温はFig.3のように変化し、日平均水温の最高値及び最低値はそれぞれ26.9°C及び10.9°Cであり、日最高水温の最高値及び最低値はそれぞれ28.0°C及び11.5°C、日最低水温の最高値及び最低値はそれぞれ26.4°C及び10.3°Cであった。

生長量の測定は1996年4月16日から開始したが、同日から同年6月3日までの期間については藻体長(thallus height)のみを対象とした。同年6月27日以後は藻体長に加え、茎長(stipe length)、最大葉長(longest blade length)、一次側葉数(number of primary pinnae)及び最大一次側葉長(longest primary pinna length)を測定した(Fig. 4)。

1996年8月28日に初めて子嚢斑形成が確認された

ため、同日から子嚢斑形成が終了した同年10月16日まで、子嚢斑形成を毎日目視で観察を続けた。また、藻体の子嚢斑部を随時切り取り、これを湿潤紙で挟み約5°Cの容器に収納して日本エヌ・ユー・エス(株)環境科学研究所(横浜)に送り、直径8cmのシャーレに移して遊走子を放出させ、3日後にシャーレ底部に着生した遊走子数を倒立顕微鏡下で計数した。

結果

1) 藻体各部位の生長

幼孢子体から成体に至るまでの藻体各部位のサイズ変化の平均値と標準偏差をTable 1及びFig.5に示した。なお、Table 1には測定した個体数(n)についても示した。また、Fig.6に1996年4月17日、7月11日及び1997年2月3日における標準的な藻体を写真で示した。Table 1, Fig.5に示した経過日数は採苗した1995年11月16日(11/16/95)を起点とし、それ以後の日数で示した。

藻体長は経過日数152日(4/16/96)で $6.8 \pm 2.6 \text{ cm}$ (平均値 \pm 標準偏差、以下同じ)となり、その後は次第に増加し、285日(8/27/96)で $30.1 \pm 7.0 \text{ cm}$ となった。その後、285日(8/27/96)から340日(10/21/96)までの期間は生長がほぼ停止した状態となり、340日(10/21/96)以後は次第に増加し、481日(3/11/97)で $53.6 \pm 15.2 \text{ cm}$ となった。

茎長は経過日数224日(6/27/96)で $3.2 \pm 1.5 \text{ cm}$ となり、その後は361日(11/11/96)まで緩やかに増加し、361日(11/11/96)以後直線的に増加して481日(3/11/97)では

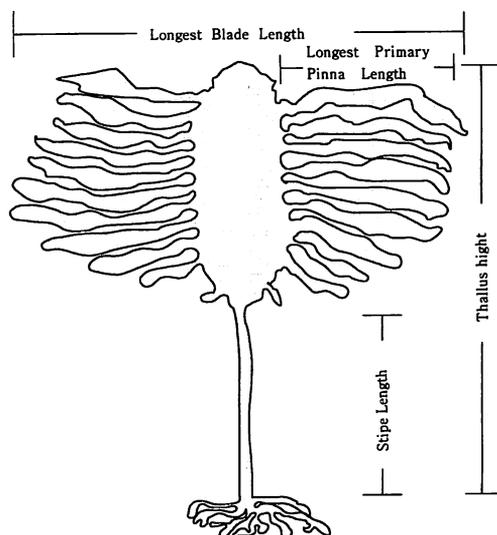


Fig.4. Definition of *Ecklonia cava* showing measuring parts.

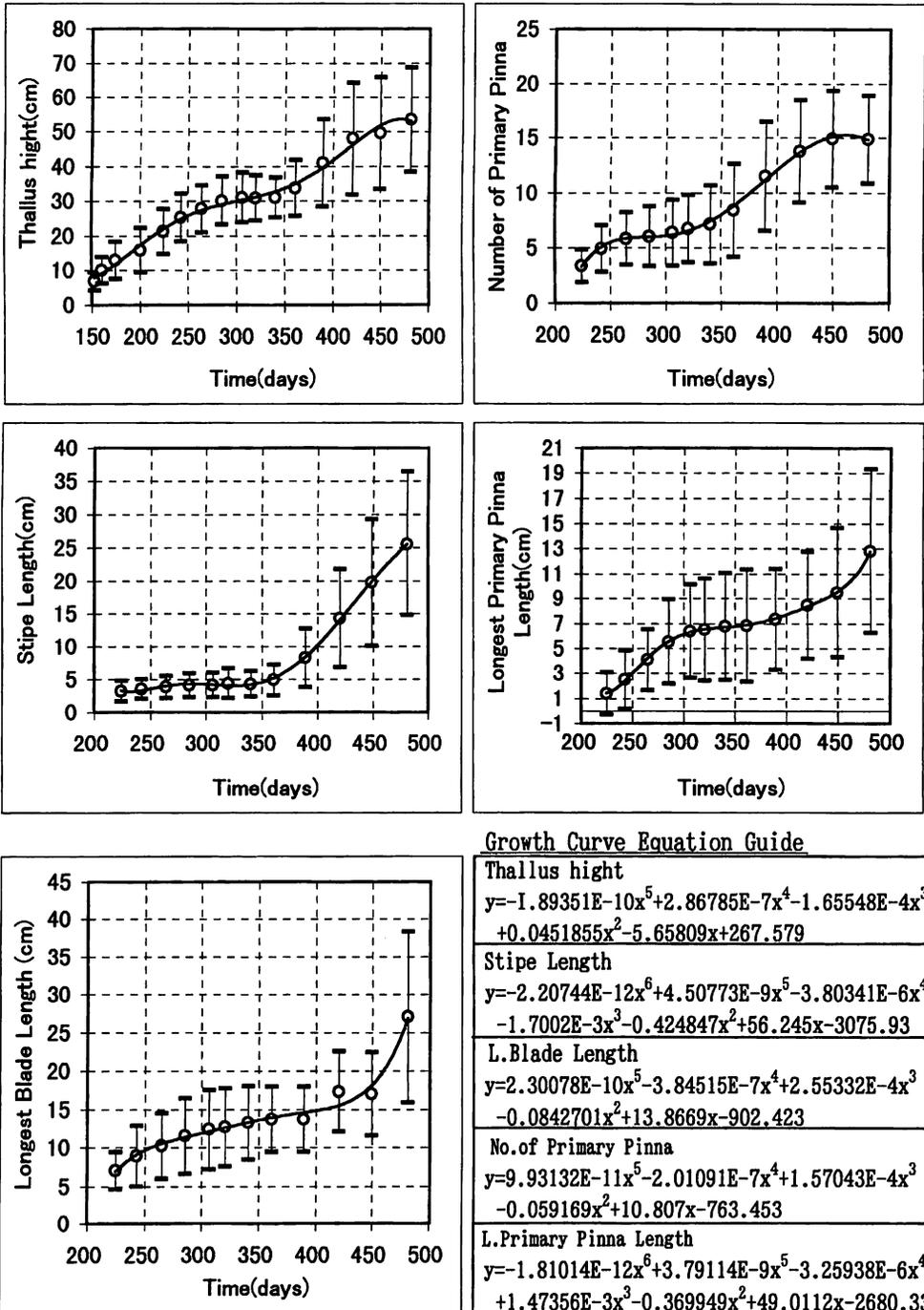


Fig.5. The growth curves of each part of the juvenile sporophytes in an experimental tank filled with the Ensyu-nada seawater since 16 Nov.1995 when zoospores were attached to strings. The solid lines represent the best fit to the data by using a power function, $y = a + bx + cx^2 + dx^3$...

Table 1. Growth table of the juvenile sporophytes in an experimental tank filled with the Ensyu-nada seawater since 16 Nov. 1995 when zoospores were attached to strings.

Date Time (m/d/y) (day)	Thallus Hight (cm)			Stipe Length (cm)			Longest Blade Length(cm)			Number of Pri- mary Pinna			Primary Pinna Length(cm)		
	Av.	σ	n	Av.	σ	n	Av.	σ	n	Av.	σ	n	Av.	σ	n
11/16/95 0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4/16/96 152	6.8	2.6	115	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4/24/96 160	10.1	3.8	111	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5/8/96 174	12.9	5.3	106	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6/3/96 200	15.8	6.4	55	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6/27/96 224	21.2	6.5	59	3.2	1.5	59	7.0	2.4	59	3.3	1.5	32	1.4	1.7	32
7/15/96 242	25.2	6.9	48	3.5	1.5	48	8.9	3.9	48	4.9	2.1	33	2.5	2.3	33
8/6/96 264	27.7	6.8	46	3.8	1.7	46	10.2	4.2	46	5.8	2.4	35	4.1	2.4	35
8/27/96 285	30.1	7.0	72	4.1	1.8	72	11.5	4.9	72	6.0	2.7	56	5.5	3.4	56
9/17/96 306	30.9	7.2	72	4.1	1.8	72	12.4	5.1	72	6.4	3.0	57	6.4	3.7	57
10/1/96 320	30.8	6.5	73	4.3	2.2	73	12.7	5.1	73	6.7	3.1	60	6.5	4.1	60
10/21/96 340	31.0	5.7	72	4.3	1.9	72	13.2	4.8	72	7.1	3.5	64	6.8	4.3	65
11/11/96 361	33.6	8.1	71	4.9	2.3	71	13.7	4.3	71	8.4	4.2	66	6.8	4.5	66
12/9/96 389	40.9	12.6	71	8.2	4.5	71	13.7	4.2	71	11.5	5.0	67	7.3	4.1	67
1/9/97 420	47.9	16.2	70	14.3	7.5	70	17.3	5.3	70	13.8	4.7	67	8.5	4.3	67
2/7/97 449	49.6	16.3	69	19.7	9.6	69	17.0	5.4	69	14.9	4.4	67	9.5	5.2	67
3/11/97 481	53.6	15.2	67	25.6	10.8	67	27.1	11.2	67	14.9	4.0	67	12.8	6.5	67

25.6±10.8cmとなった。

最大葉幅は経過日数224日(6/27/96)で7.0±2.4cmとなり、その後は449日(2/7/97)まで増加し、449日(2/7/97)以後急激に増加して481日(3/11/97)では27.1±11.2cmとなった。

一次側葉数は経過日数224日(6/27/96)で3.3±1.5枚となり、その後は次第に増加し、264日(8/6/96)で5.8±2.4枚となった。その後、264日(8/6/96)から340日(10/21/96)までは比較的緩やかに増加し、340日(10/21/96)以後急激に増加して449日(2/7/97)では14.9±4.4枚となったが481日(3/11/97)では14.9±4.0枚となり、生長が停止した。

最大一次側葉長は経過日数224日(6/27/96)で1.4±1.7cmとなり、その後は急激に生長し、306日(9/17/96)で6.4±3.7cmとなった。その後、306日(9/17/96)から361日(11/11/96)までの期間は生長が、ほぼ停止し、その後は次第に増加し、481日(3/11/97)で12.8±6.5cmとなった。

2) 藻体各部位の生長速度

藻体各部位の日平均生長速度を Fig.7 に示した。藻体各部位の日平均生長速度は Fig.5 に示した5次及び6次の多項式で回帰した生長曲線を微分して得られた4次及び5次の多項式で示した。

各部位の生長速度はいずれの部位においても春季と冬季に大きく、夏季に小さくなった。

3) 子嚢斑の形成

子嚢斑形成が最初に確認された8月28日(培養開始後286日)から毎日の観察によって確認された子嚢斑形成個体数の経時変化を Fig.8 に示した。子嚢斑形成は9月13日に最高となり、10月17日以降には全く見られなくなったが、その間に子嚢斑を形成した個体数は62となり、総個体数73の85%に達した。

Fig.9(A)に標準的と思われる子嚢斑形成個体を示したが、まだ幼体と呼べる段階にあり、子嚢斑は主葉部のみに形成されている。形成された子嚢斑は次第に大きくなる傾向がみられ、8月28日に藻体長37cmの胞子体に形成された子嚢斑の面積は約1.5cm×5.0cmであったが、9月13日には約4.0cm×15.0cmに拡大していた。

4) 遊走子の放出

Fig.9(B)に培養開始後316日目の幼胞子体に形成された子嚢斑の横断面を示した。単子嚢内には遊走子が形成されており、また、それらが放出されることも確認された。

子嚢斑形成後の遊走子放出数を Table 2 に示した。また、Fig.10に子嚢斑形成日を起点として最大97日間



Fig.6. Morphological development from juvenile sporophytes to adult sporophytes(A → B → C).

追跡した遊走子放出数の経時変化を示した。

標準的とみなせる No.6 の個体では子嚢斑形成時から20日後に遊走子の放出が始まったが、その時の放出数は 4.55×10^5 cells/cm² であり、41日後には放出数が最大となり、 1.20×10^6 cells/cm² を記録し、68日後には遊走子の放出がみられなくなった。

それぞれの藻体において、子嚢斑形成の日から最大遊走子放出数を観察した日までの経過日数は藻体No.1が31日、No.2が35日、No.3が57日、No.4が29日、No.5が27日、No.6が41日、No.7が9日であった。これらの結果から、藻体No.7のケースを例外とすれば、子嚢斑形成の日から27～57日後までの限られた期間に遊走子の最大放出がみられるものとみなせる。最大遊走子放出数は個体によって異なっているが、 $3.91 \times 10^5 \sim 3.41 \times 10^6$ cells/cm² の範囲にあった。また、子嚢斑形成後の遊走子の放出期間は個体差はあるものの多

くの個体で約3ヶ月に及ぶ期間にわたっていた。

5) 次世代の幼胞子体

子嚢斑を形成した藻体から自然に放出された遊走子が水槽壁面に着生し、萌出生長した次世代の幼胞子体を Fig.9(C) に示した。人為的に主葉部から採苗して育成した幼胞子体を得ることもできた。

考察

今回の実験では、伊豆白浜地先の母藻から採苗し、育成したカジメ幼胞子体を陸上水槽において1歳の成体まで育成し、生長の過程における形態の変化、成熟時期、遊走子放出時期及び遊走子放出数を明らかにするとともに、放出された遊走子から第2世代の幼胞子体を得ることができた。

以下に今回の実験において明らかになった内容について項目別に検討する。

1) 形態の変化

1995年11月16日に採苗してから481日目の1997年3月11日には、藻体長が 53.6 ± 15.2 cm (n=67)、茎長が 25.6 ± 10.8 cm (n=67)、最大葉幅が 27.1 ± 11.2 cm (n=67)、一次側葉数が 14.9 ± 4.0 枚 (n=67)、最大一次側葉長が 12.8 ± 6.5 cm (n=67) まで生長した。

カジメなど大型藻類の幼胞子体の生長に伴う形態の変化や成熟に関しては、岩橋(1968)、西川ほか(1978)、大野ほか(1982)、林田(1984)、金杉ほか(1984)、Aruga *et al.*(1997)の報告がある。

岩橋(1968)は1966年12月20日に伊豆下田嵐留地先における調査を行い、0歳と思われるカジメ幼体278体の茎長の範囲が1～56cmで平均茎長が22.5cmであったと報告している。今回の実験での同一期における平均茎長は約10cmであり、岩橋の調査した実海域におけるカジメの茎長の約44%にあたる。

西川ほか(1978)は1974年10月27日に採苗したクロメを島原市猛島のワカメ漁場の水面下0.5～1.0mで中間育成し、生長した種苗を1975年1月22日に親ロープに付け替えて水面下1.0～1.5mに移して養成を開始し、同年7月には藻体長が35cmになったと報告している。カジメとクロメの違いはあるが、この結果と今回の実験結果を比較してみると、今回の実験での同月中旬における平均藻体長は約25cmであり、実海域におけるクロメの藻体長の約69%となった。

伊豆下流地先におけるカジメの形態的特性について、林田(1984)は藻体長が50cm以下では葉長(藻体長-茎長)が茎長を上回り、藻体長が大きくなると茎長が伸長し、葉長と茎長の比は藻体長が20cmの時に約6、

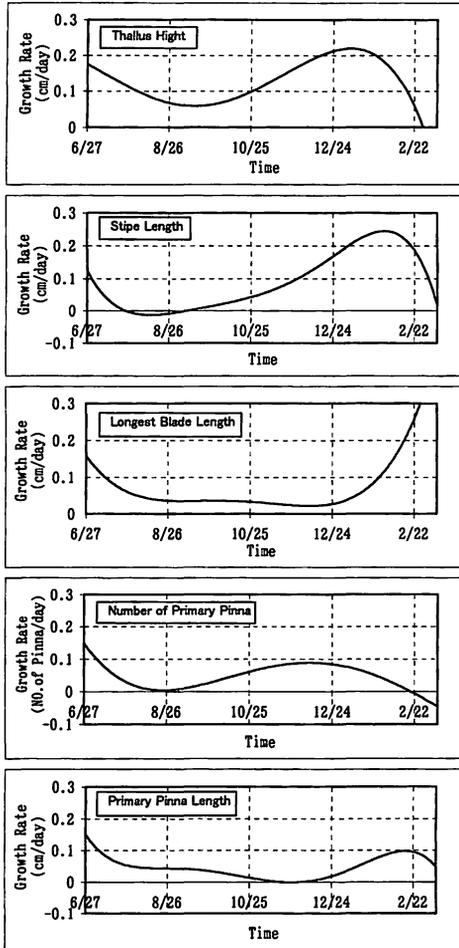


Fig.7. The daily growth rate of each juvenile sporophytes.

藻体長が50cmの時に約2になると報告している。今回の実験では葉長と茎長の比は藻体長が20cmの時に約5, 藻体長が50cmの時に約2となり, 林田(1984)の報告とはほぼ一致する結果となった。

金杉ほか(1984)は小田原市根府川地先に沈設したブロックに自然に着生したカジメ幼体360体を観察し, 1982年4月21日から同年7月19日までの間に平均葉長が12.1cmから20.4cmに, また, 平均側葉数は1.4枚から5.1枚に増加した(生残率55.8%)と報告している。今回の実験では平均葉長(藻体長-茎長)は1996年7月15日の時点で21.7cmに, 平均側葉数は4.9枚になっており, 金杉ほか(1984)の報告とはほぼ一致する結果となった。

2) 子嚢斑の形成

1995年11月16日に採苗し, 育成した幼孢子体は採苗から286日目の1996年8月28日に初めて子嚢斑を形成した。この時点における平均藻体長は約30cmであった。子嚢斑の形成は1996年8月28日から1996年10月16日までの49日間にわたって見られ, 形成日の分布は最高値(12個体)を記録した9月13日を中心とするほぼ左右対称の形となった。全期間において子嚢斑を形成した個体数は62となり, 観察した総個体数73に対する割合は85%となった。

金杉ほか(1984)は城ヶ島地先の人工礁における0歳のカジメの子嚢斑形成率について, 1979年の7月17日に0%(n=51), 8月13日に36.0%(n=50), 8月29日に53.1%(n=49), 9月14日に75.5%(n=49), 10月8日に83.3%(n=42), 10月31日に0%(n=38)であったと報告している。今回の実験では子嚢斑の形成期間・形成率に関して金杉ほか(1984)の実海域における観察結果とほぼ一致する結果となった。今回の実験から環境条件しだいでは人工的環境においても0歳の孢子体に高い率で子嚢斑が形成されることが明らかとなった。

3) 遊走子の放出

子嚢斑形成から遊走子の放出が開始されるまでの日数と遊走子の放出数を把握することができた。代表として選んだ7個体について初めて遊走子の放出が確認されたのは子嚢斑形成後8日目であった。また, 全く遊走子が放出されなくなったのは子嚢斑形成後93日目であった。このことから, 子嚢斑形成後の遊走子の放出期間は個体差を含めると約3ヶ月に及ぶことになると考えられる。

須藤(1948)は神奈川県三浦市三崎町地先におけるカジメの遊走子放出時期については7月中旬~11月上旬であったと報告している。今回の実験では放出時期は異なるが放出期間の長さについては須藤(1948)の報告

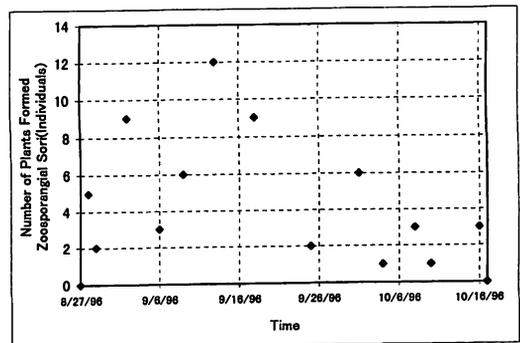


Fig.8. Distribution of date when zoosporangial sori were formed. The total number of plants were 73.

Table 2. Observations of the zoospore numbers released from the 1 cm² zoosporangial sori areas. Where FZS is the date of the formation of zoosporangial sori.

Sample No.	FZS	Observation Date						
		9/27/96	10/3/96	10/14/96	10/24/96	11/11/96	11/21/96	12/3/96
1	9/2/96	0	983,475	468,657	23,391	72,184	0	20,298
2	8/29/96	0	917,269	35,001	33,568	33,346	0	0
3	8/28/96	0	0	418,882	431,130	0	0	0
4	9/25/96	0	137,369	95,061	3,414,967	10,377	14,544	0
5	9/6/96	0	391,074	22,504	0	11,162	0	0
6	9/13/96	0	454,859	518,002	1,201,914	242,443	0	10,282
7	9/18/96	1,988,368	388,296	3,830	0	0	0	0

とほぼ一致する結果となった。

子嚢斑形成の日から最大遊走子放出数を観察した日までの日数は7個体のうち1個体で9日となった例を除外すると、最も早い胞子体で27日、最も遅い胞子体で57日となった。このことから、一般に遊走子放出数が最大となる日は子嚢斑形成後1~2ヶ月後の範囲に入ると考えられる。

須藤(1948)は前述の三崎町地先における遊走子放出の盛期については8月上旬~9月中旬であったと報告

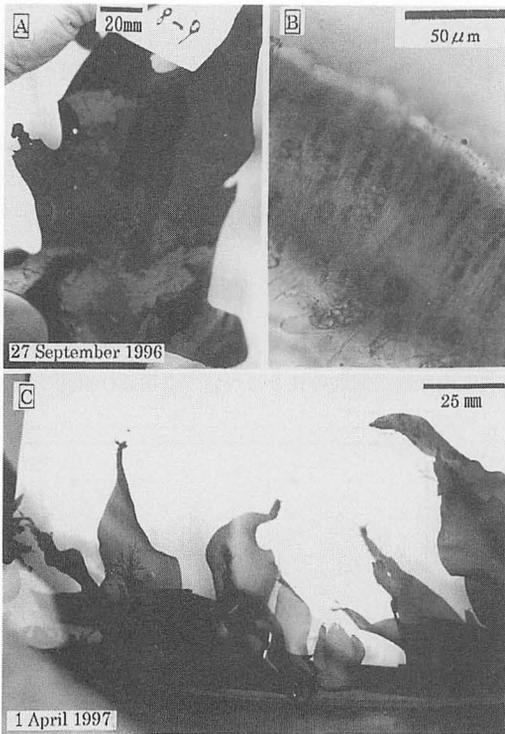


Fig.9. Zoosporangial sori on the young thallus (A) and its photomicrographic cross section of zoosporangial sori (B). Juvenile sporophytes developed from the spores (C).

している。今回の実験では最大放出時期は異なるが盛期の長さについては須藤(1948)の報告とほぼ一致する結果となった。

4) 次世代の幼胞子体

次世代の幼胞子体は実験水槽において遊走子が自然に放出され水槽壁面に着生して生長したものと人為的に主葉部から採苗して育生したものの2種類を得ることができた。

カジメについて、採苗後萌出した幼胞子体を陸上水槽で成体まで育成した例は報告されていないが、さらに育成された胞子体の次世代が生育した例はもちろん皆無である。本報告が環境制御の可能な陸上水槽を利用したカジメの生理生態学的研究に何らかの示唆を与えることになれば幸いである。

謝辞

本稿へのご助言を戴いた愛国学園短期大学教授徳田 拓士博士に厚く御礼申し上げます。また、実験にあたりご助言とご協力を戴いた静岡県水産試験場漁業開発部長河尻正博博士、静岡県漁業組合連合会浜岡温水利用研究センター所長大上皓久氏、同センター所長代理

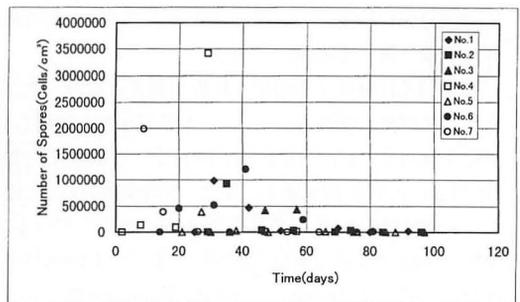


Fig.10. Time course of the zoospore release from the 1cm² zoosporangial sori areas since the day when zoosporangial sori were formed.

堀内敏明氏に厚く御礼申し上げます。

引用文献

- Aruga, Y., Kurashima, A., and Yokohama, Y. 1997. Formation of zoosporangial sori and photosynthetic activity in *Ecklonia cava* Kjellman (Laminariales, Phaeophyta). J. Tokyo Univ. Fish. 83:103-128.
- 岩橋義人 1968. 伊豆半島沿岸のアラメ・カジメの生態的研究-I. カジメの生長. 静岡県水産試験場研究報告 (1):27-31.
- 西川 博・吉田範秋 1978. 人工採苗クロメ・アラメの生長と養成について. 水産増殖 26(1): 6-15.
- 大野正夫・石川美樹 1984. カジメの生理生態学的研究. I. 群落の周年変化. 高知大学海洋生物教育研究セ

ンター研究報告 4:59-73.

- 林田文郎 1984. カジメの群落生態学的研究-II. カジメの生長について. 東海大学紀要海洋学部 18:275-280.
- 金杉佐一・今井利為・高間 浩・中村幸雄 1984. 磯焼け地域におけるアラメ・カジメの天然群落の拡大に関する研究. 神奈川県水産試験場資料 303:1-20.
- 倉島 彰・横浜康継・有賀祐勝 1996. 褐藻アラメ・カジメの生理特性. 藻類 44:87-94.
- 須藤俊造 1948. 昆布科植物の遊走子の放出, 運動並びに着生. 海藻胞子付けの研究第1報. 日本水産学会誌 13(4):123-128.

(Received Sep. 22 1997, Accepted Feb. 3 1998)

