10

REPORT
OF
MARINE ECOLOGY RESEARCH INSTITUTE

海洋生物環境研究所研究報告

No. 88202

アラメ・カジメの配偶体の生長と成熟ならびに幼胞子体の生長に及ぼす水温の影響

昭和63年3月

March, 1988

財団法人 海洋生物環境研究所

アラメ・カジメの配偶体の生長と成熟ならびに幼胞子体の生長に及ぼす水温の影響

太田 雅隆

Effects of Water Temperature on the Growth and Maturation of Gametophytes and on the Growth of Juvenile Sporophytes of *Eisenia bicyclis* (Kjellman) Setchell and *Ecklonia cava* Kjellman (Paeophyta, Laminariales)

Masataka Ohta

Ohta, M. (1988). Effects of water temperture on the growth and maturation of gametophytes and on the growth of juvenile sporophytes of *Eisenia bicyclis* (Kjellman) Setchell and *Ecklonia cava* Kjellman (Phaeophyta, Laminariales) . *Rep.Mar. Ecol.Res.Inst.*,No.88202 : 1-29.

Abstract: The morphological and reproductive development of gametophytes and the morphological development of juvenile sporophytes of *Eisenia bicyclis* (Kjellm.) Setch. and *Ecklonia cava* Kjellm. were studied in unialgal culture under four temperature conditions (10, 15, 20, 25℃). These algae were cultured with Tatewaki's ESI medium and maintained in plant gowth chambers illuminated with cool-white fluoresent lamps (about 2500 lux) at 12:12 (light-dark cycle) : gametophytes of *Eisenia bicyclis* for 14 days, gametophytes of *Ecklonia cava* for 12 days and juvenile sporophytes of both species for 20 days.

Male gametophytes of the two species grew most rapidly at 20℃. The growth became slower as follows: 25℃ > 15℃ > 10℃. The female gametophytes developed most rapidly at 25℃ and grew slowly in the descending order of temperatures. Both gametophytes reached reproductive maturity most rapidly at 20℃ and next at 15℃ and 10℃. However, those grown at 25℃ grew well vegetatively but did not become reproductive.

Juvenile sporophytes of these species grew normally in water temperature between 10 and 20℃, but those transferred to 25℃ became undulate irregularlyand did not develop holdfasts at all. Sporophytes grew best at 20℃ and second at 15℃. The sporophytes of *Eisenia bicyclis* grew better at 10 ℃ than at 25℃, whereas the sporophytes of *Ecklonia cava* grew better at 25℃ than at 10℃.

Keywords : *Eisenia bicyclis, Ecklonia cava,* Growth, Maturation, Water temperature, Gametophyte, Juvenile sporophyte.

太田雅隆 (1988). アラメ・カジメの配偶体の生長と成熟ならびに幼胞子体の生長に及ぼす水温の影響. 海生研報告, No.88202: 1 −29.

要約：アラメとカジメの配偶体の生長と成熟および幼胞子体の生長を比較する単藻培養試験を，4段階の恒温条件(10, 15, 20, 25℃)のもとで行った．培養液は Tatewaki のESIを用い，恒温庫内の白色螢光灯を光源として，照度約2500ルックスで明暗周期12：12 時間の照明を行った．試験期間は，配偶体はアラメ14日間，カジメ12日間とし，幼胞子体の場合は両種とも20日間とした．

配偶体；①両種とも雄性配偶体の生長は20℃で最も早く，次いで25, 15, 10℃の順であり，雌性配偶体の生長は25℃で最も早く，次いで20, 15, 10℃の順であった．②両種とも20℃で最も早く成熟し，次いで15, 10℃の順であった．25℃では栄養細胞分裂を繰り返し，成熟には至らなかった．

幼胞子体；①両種の幼胞子体は10～20℃の範囲で正常に生長したが，25℃に移して培養した場合には

葉状部が不規則に波打ち，付着部も形成されなかった．②両種とも幼胞子体の生長は，20℃で最も良く，次いで15℃の順であった．アラメの場合は試験開始8日後以降25℃における生長が10℃よりも劣り，試験最終日に生長の良い水温は10，25℃の順となったが，カジメの場合は25，10℃の順であった．
キーワード：アラメ，カジメ，生長，成熟，水温，配偶体，幼胞子体．

目　次

要約 …… 1
I．まえがき …… 2
II．材料と方法 …… 3
III．結果 …… 5
　1．アラメ …… 5
　　(1)　配偶体 …… 5
　　(2)　幼胞子体 …… 13
　2．カジメ …… 16
　　(1)　配偶体 …… 16
　　(2)　幼胞子体 …… 24
IV．考察 …… 25
引用文献 …… 28

図 表 目 次

第1図　遊走子を採取したアラメ・カジメの母藻 …… 4
第2図　幼胞子体の測定部位 …… 5
第3図　アラメ配偶体の発育過程 …… 6,8
第4図　各水温区におけるアラメ配偶体の生長 …… 12
第5図　アラメ幼胞子体の発育過程 …… 14
第6図　各水温区におけるアラメ幼胞子体の生長 …… 17
第7図　カジメ配偶体の発育過程 …… 18
第8図　各水温区におけるカジメ配偶体の生長 …… 21
第9図　カジメ幼胞子体の発育過程 …… 22
第10図　各水温区におけるカジメ幼胞子体の生長 …… 25
第11図　試験20日後におけるアラメ・カジメ幼胞子体の葉面積比と水温との関係 …… 27

第1表　遊走子を採取したアラメ・カジメの母藻 …… 4
第2表　試験開始時のアラメ・カジメ幼胞子体の大きさ …… 4
第3表　アラメ配偶体の細胞数における生長 …… 11
第4表　アラメ幼胞子体の葉面積における生長 …… 16
第5表　カジメ配偶体の細胞数における生長 …… 20
第6表　カジメ幼胞子体の葉面積における生長 …… 24

I．まえがき

アラメ *Eisenia bicyclis* (Kjellman) Setchell は，太平洋岸では岩手県南部から九州南部まで，日本海沿岸では鳥取県から九州にまで分布し（新崎，1953），カジメ *Ecklonia cava* Kjellman は，太平洋岸の茨城県以南，和歌山県に至る表日本中部と九州周辺に分布する（林田，1985）大型のコンブ科多年生海藻である．両種とも海中林植物の

主体をなすものであり，沿岸魚類の生息場として，また浅海域の有用水産資源にとっての餌料海藻として重要視されている(菊地ほか，1967；植田ほか，1978)．このため，これら海藻の増殖を最終目的とした培養試験が各地で行われている(広田・生田，1976；西川・吉田，1978；門間，1980；清水，1981)．アラメ配偶体は分布の北限に近い宮城県松島湾の個体群について生長と成熟に対する水温と光条件が詳しく調べられている(谷口・秋山，1982)．しかし，アラメ幼胞子体とカジメについてはこのような室内試験報告は見あたらない．一方，ニュージーランドのカジメ属の一種 *Ecklonia radiata* (C. Ag.) J. Ag. では生育地の異なる個体群が温度試験において異なった反応を示すことが知られている (Novaczek, 1984)．分布範囲が広いアラメにおいてもこのような分化が生じている可能性もある．谷口 (1985) は駿河湾以西に多く出現するサガラメ型アラメ (新崎，1953) と松島湾のアラメでは生長速度が極端に異なることを指摘している．

この研究は千葉県沿岸に生育するアラメとカジメの配偶体の生長と成熟ならびに幼胞子体の生長に及ぼす水温の影響を調べることを目的として行われたものである．

報告に先だち，本稿の御校閲を賜った北海道大学理学部助教授増田道夫博士に厚くお礼申し上げる．また，研究の機会を与えられ，本稿を作成するにあたり有益な御助言と御配慮をいただいた当研究所，深滝弘所長に深謝申し上げる．さらに，材料の採集に御協力いただいた道津光生研究員に謝意を表する．なお，この研究は環境庁から委託された「温排水藻場影響調査」から得られた成果の一部であり，公表の機会を与えていただいた環境庁水質保全局に対して心からの謝意を表する．

II. 材料と方法

試験に供したアラメの母藻(胞子体)は千葉県御宿町の当研究所前面の水深2～3mの海底から，カジメは同県勝浦市鵜原の勝浦海中公園センター付近の水深2～4mの海底から，いずれもスクーバ潜水によって採集した．母藻の採集日，全長，湿重量および採集地点の表面水温を第1表に示した．採集した母藻はビニール袋に入れ，アイスボックスに収納して当研究所まで輸送し，試験に用いた．これら母藻の腊葉標本写真を第1図に示した．

採集した胞子体から成熟した部分(子嚢班形成部分，約2×2cm)を切り取り，培養

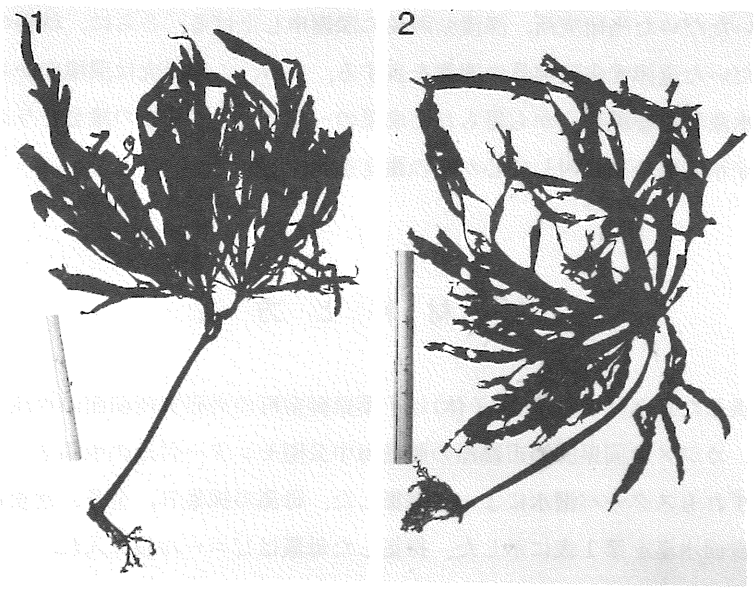
第1表　遊走子を採取したアラメ，カジメの母藻（胞子体）

種　名	採集年月日	全長 (cm)	湿重量 (g)	採集地点の 表面水温（℃）
アラメ	1986. 1.11	129.5	1,920.0	14.0
カジメ	1985.11.22	110.0	492.8	20.5

第2表　試験開始時のアラメ，カジメ幼胞子体の大きさ（測定は各30個体について実施）

種　名	長　径　(μm)			短　径　(μm)		
	最小	最大	平均	最小	最大	平均
アラメ	220	390	313	90	190	142
カジメ	310	670	482	100	310	174

液を満たしたシャーレ(直径 9 cm×高さ 2 cm)の一端に静置した。約10分後，遊走子の放出を顕微鏡下で確認した後，パスツールピペットで海水とともに遊走子を吸い取り，培養液を満たした別のシャーレに移した。この操作を 2 ～ 3 回繰り返し遊走子を洗浄し

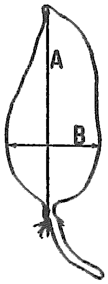


アラメ　　　　カジメ

第1図　遊走子を採取したアラメ・カジメの母藻（胞子体）（スケールは30cm）

た後に，再度パスツールピペットで吸い取り，培養液を数滴置いたスライドグラス上に100～200個の遊走子を植えつけた．大部分の遊走子が付着したことを確認した後，150 ml培養液入腰高シャーレ(直径6 cm×高さ9 cm)中にスライドグラスを移して静置培養を行った．水温条件は4段階(10，15，20，25℃)とし，培養液としては Tatewaki (1966) のESIを用い，恒温庫内の白色螢光灯を光源として，照度約2500ルックスで明暗周期12：12時間の照明を行った．試験期間は，配偶体についてはアラメで14日間，カジメで12日間とし，幼胞子体の場合は両種とも20日間とした．なお，培養液は4日毎に交換し，2日毎に配偶体の発達を観察し，任意に抽出した雌雄配偶体それぞれ30個体の細胞数を測定することによって生長を調べた．

幼胞子体については，40個体を培養液 150ml入腰高シャーレ1個に入れ，上記の4温度区で静置培養を行った．試験開始時の幼胞子体の大きさを第2表に示した．試験開始時におけるアラメの幼胞子体は，水温15℃の条件で遊走子を20日間培養した結果得られたものであり，カジメの幼胞子体は，20℃で遊走子を18日間培養して得られたものであった．3～5日毎に培養液を新しいものと交換した．この交換時に，大形の方から30個体の幼胞子体を選び，それらの葉面積(第2図，A×B)を測定した．測定後，胞子体は再び腰高シャーレにもどし，試験を継続した．なお，配偶体，幼胞子体とも培養試験は単藻培養で行った．



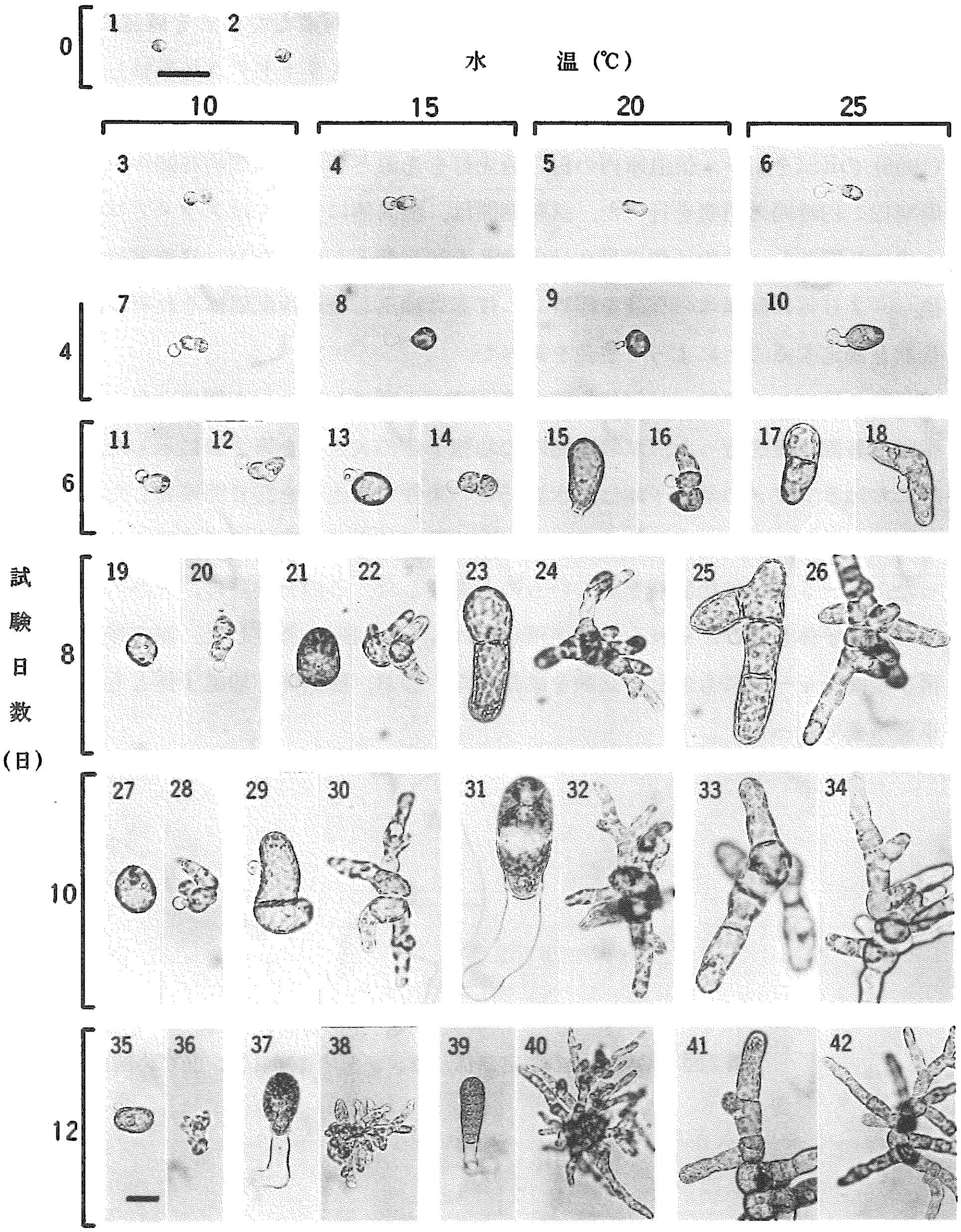
第2図　幼胞子体の測定部位（カジメ，培養20日後，20℃の例)

III．結　　果

1．アラメ ***Eisenia bicyclis*** **(Kjellman) Setchell**

（1）配偶体

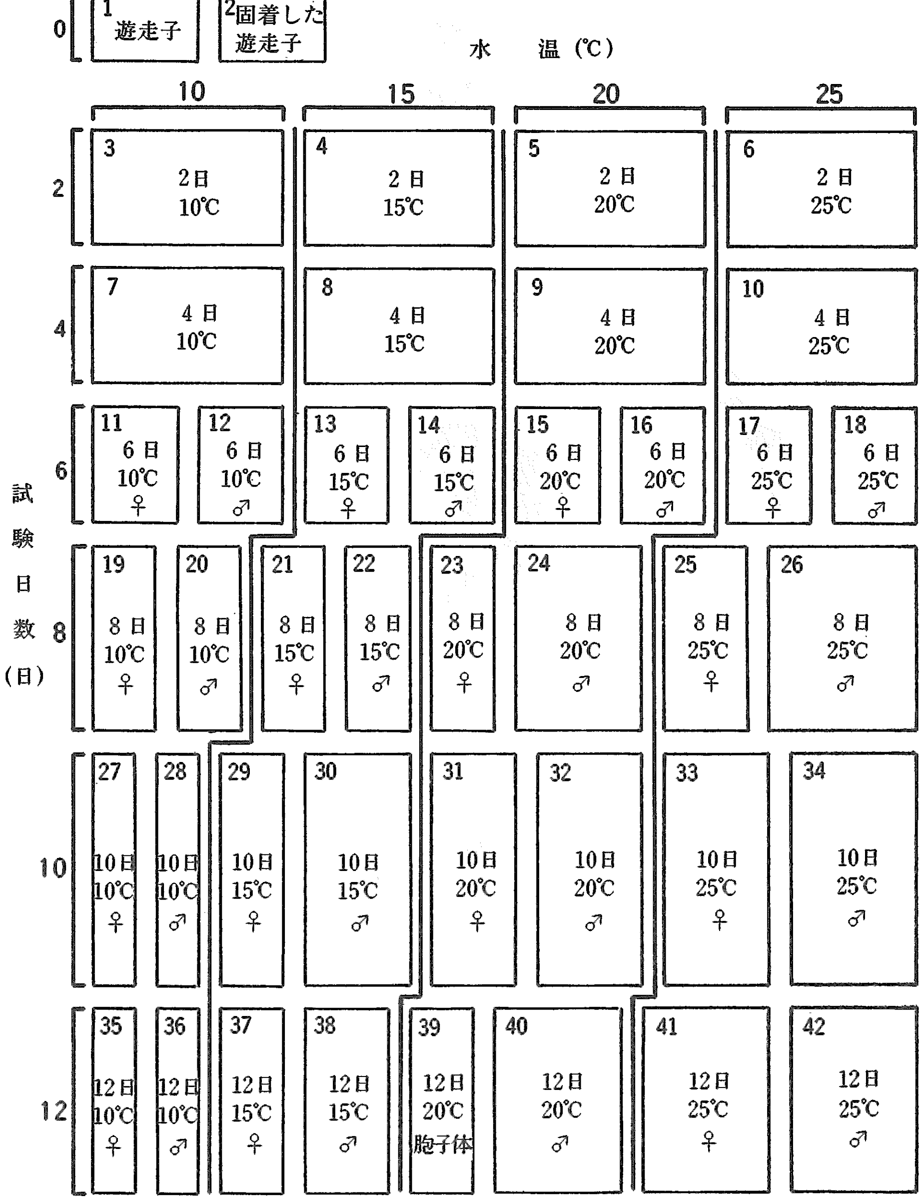
第3図に4水温区(10，15，20，25℃)におけるアラメ配偶体の発育過程を示した．4



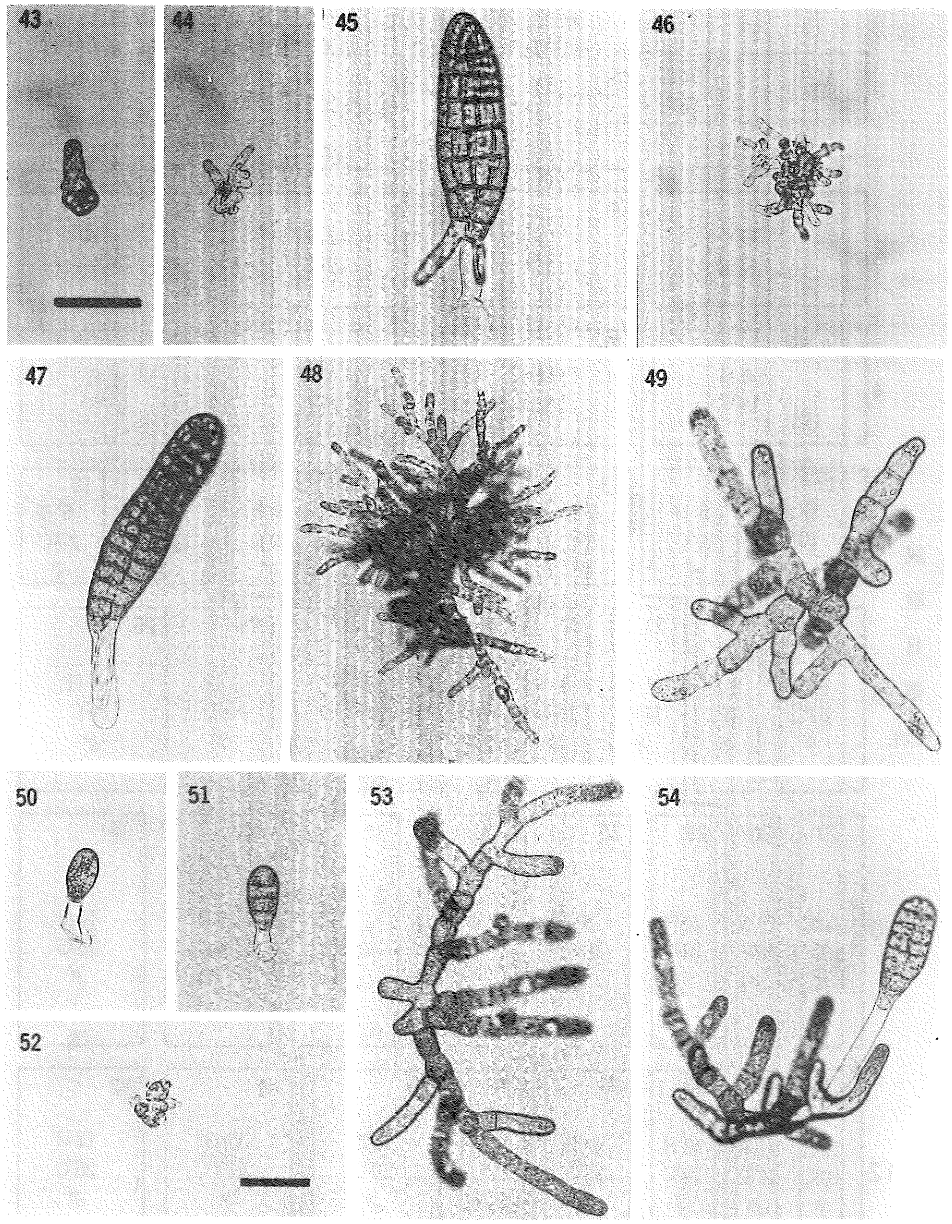
第3図　アラメ配偶体の発育過程

スケール；（1〜34）＝20μm，（35〜42）＝20μm

番号11の写真を例にとれば、6日は培養6日目を，
10℃は培養水温を，♀は雌性配偶体を示す．他も同様．

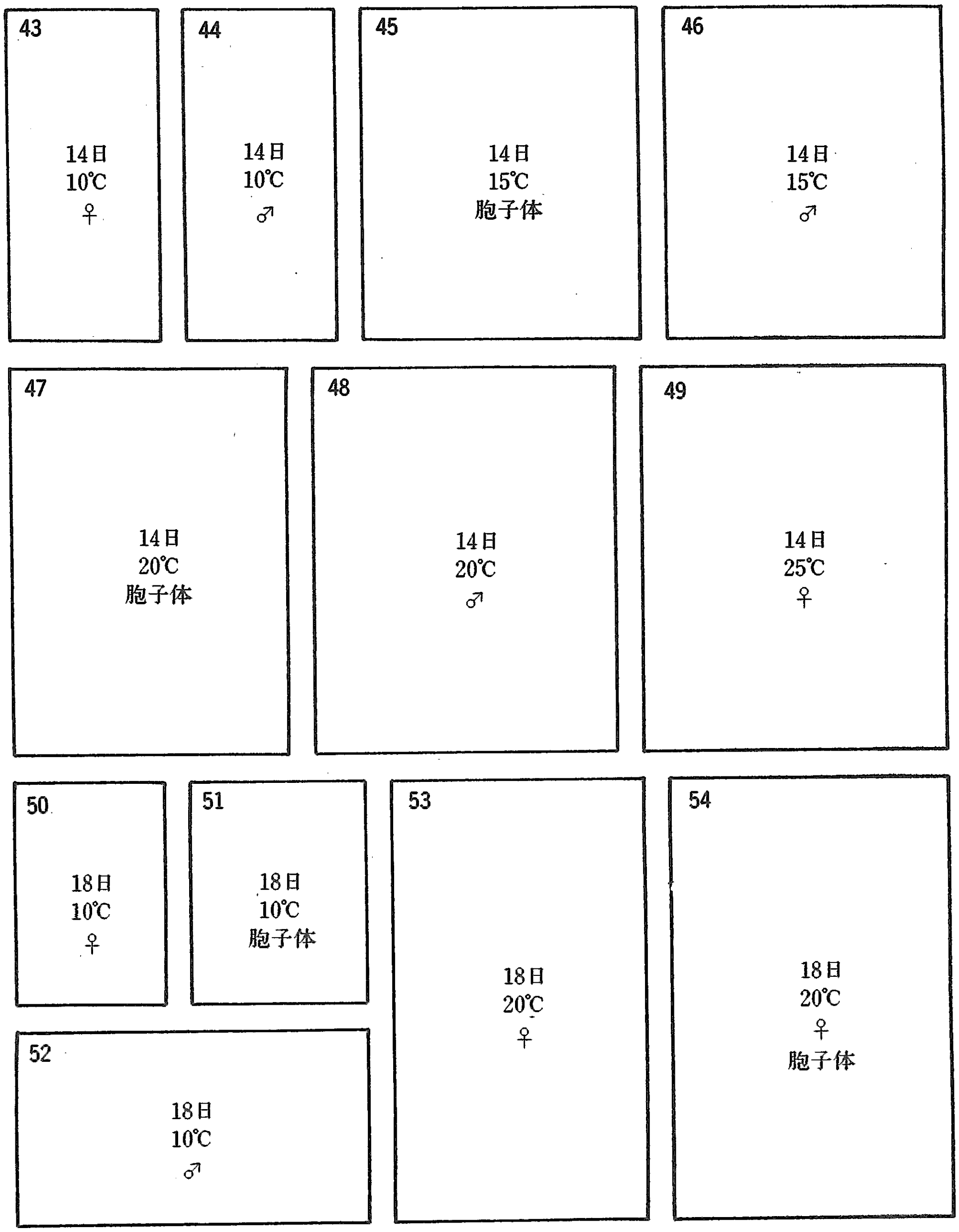


第3図の説明図



第3図　アラメ配偶体の発育過程（つづき）

スケール；（43～49）＝50μm，（50～54）＝50μm


43
14日
10℃
♀
44
14日
10℃
♂
45
14日
15℃
胞子体
46
14日
15℃
♂
47
14日
20℃
胞子体
48
14日
20℃
♂
49
14日
25℃
♀
50
18日
10℃
♀
51
18日
10℃
胞子体
52
18日
10℃
♂
53
18日
20℃
♀
54
18日
20℃
♀
胞子体

第３図（つづき）の説明図

水温区別の配偶体の発育過程には以下の相違が認められた。

遊走子放出2日後；　10℃区では短い発芽管を発出していたが，固着した遊走子であった球形の部分と発芽管に内容物がつまった状態であった(第3図－3)．15，20，25℃区では球形の部分から発芽管に内容物が移動し(第3図－4，5)，25℃区の配偶体の一部ではさらに発達が進んで隔壁を形成したものもあった(第3図－6)．

4日後；　10℃区では，内容物が発芽管に移動していたが，隔壁は形成されていなかった(第3図－7)．15℃区では約半数の個体が，20，25℃区ではほとんどすべての個体が隔壁を形成し，わずかに肥大していた(第3図－8～10)．隔壁が形成された個体には側壁性の盤状色素体が現れた．

6日後；　各水温区では太い細胞からなる個体(第3図－11，13，15，17)と細い細胞からなる個体(第3図－12，14，16，18)が観察された(後に前者が生卵器を，後者が造精器を生じたことから，前者は雌性配偶体，後者は雄性配偶体であることが判明したので，以下では細胞の太さで二型が分化した時期を雌雄の区別がつくものとした)．10℃区では雌雄の区別が辛うじてつくようになり，雌性配偶体は楕円体様で肥大し(第3図－11)，雄性配偶体は細長く発達した(第3図－12)．15℃区では雌雄の区別が明確につき，雌性配偶体は10℃区より肥大し(第3図－13)，雄性配偶体は分裂している個体もあった(第3図－14)．20，25℃区の雌雄配偶体はともに15℃区より発達していた(第3図－15～18)．

8日後；　10℃区では，分裂している雄性配偶体が観察された(第3図－20)．15℃区の雌雄配偶体はさらに発達したが，生殖器官はみられなかった(第3図－21，22)．20℃区の雌性配偶体は2細胞になった個体が多く，生卵器形成初期であった(第3図－23)．雄性配偶体上にも形成初期の造精器が多数存在していた(第3図－24)．25℃区の雌性配偶体は20℃区よりもさらに発達していたが，雌雄配偶体とも成熟していなかった(第3図－25，26)．

10日後；　10℃区の雌性配偶体は分裂せずに肥大し(第3図－27)，雄性配偶体は造精器と考えられる細胞群を形成した(第3図－28)．15℃区の雌性配偶体は2分裂の生卵器形成初期の個体が多かった(第3図－29)．20℃区の2細胞の雌性配偶体には，すでに卵を形成している個体が多かった(第3図－31)が，4～6細胞の未成熟の個体も存在した．25℃区の雌雄配偶体は未成熟のまま栄養細胞分裂をくりかえした（第3図－33，34)．　12日後；　10℃区の雄性配偶体は多数の造精器を形成したが，他の水温区と比較

第3表　アラメ配偶体の細胞数における生長（30個体）

培養日数	培養水温(℃)	雌性配偶体			雄性配偶体		
		平均値	標準偏差	変動係数(%)	平均値	標準偏差	変動係数(%)
6	10	1.0	0	0	1.0	0	0
	15	1.0	0.2	20.0	1.5	0.5	33.3
	20	1.1	0.3	27.3	3.7	0.8	21.6
	25	1.7	0.7	41.2	3.3	0.8	24.2
8	10	1.0	0.2	20.0	1.8	0.6	33.3
	15	1.2	0.4	33.3	4.7	1.0	21.3
	20	2.0	1.0	50.0	9.1	1.8	19.8
	25	2.8	1.1	39.3	8.6	2.4	27.9
10	10	1.1	0.4	36.4	2.5	0.8	32.0
	15	1.5	0.5	33.3	9.9	2.2	22.2
	20	3.5	1.8	51.4	22.6	4.0	17.7
	25	5.7	2.8	49.1	18.9	6.0	31.7
12	10	1.6	0.6	37.5	4.8	1.2	25.0
	15	1.7	1.0	58.8	18.9	3.5	18.5
	20	7.3	3.9	53.4	-	-	-
	25	10.4	3.4	32.7	-	-	-
14	10	1.7	0.6	35.3	7.3	1.9	26.0
	15	2.3	1.1	47.8	-	-	-
	20	11.4	6.6	57.9	-	-	-
	25	19.2	8.1	42.2	-	-	-

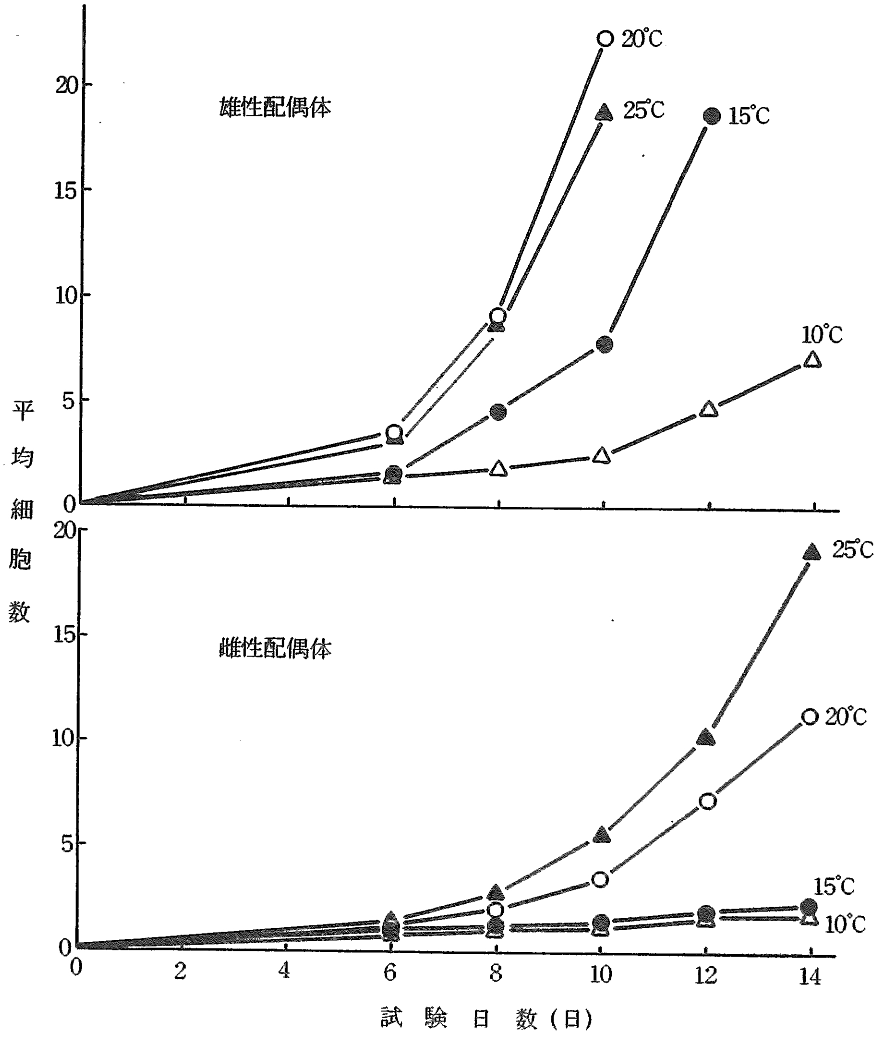
すると細胞数が少ない状態で成熟した(第3図−36)。15℃区の雌性配偶体には5細胞以上の個体は観察されず，ほとんどすべての個体が卵を形成し(第3図−37)，さらに進んで胞子体となっているものもあった。20℃区では胞子体を形成していた(第3図−39)が，未成熟で10細胞位に発達したものも多数存在した。25℃区の雌雄配偶体には生殖器官が形成されなかった(第3図−41，42)。この未成熟の雌性配偶体は，20℃区の未成熟の雌性配偶体(第3図−53)と形態が類似していた。

14日後：10℃区の雌性配偶体は2細胞状態の個体が多くなり，15，20℃区の胞子体の下部からは仮根が発達していた(第3図−45，47)。一方，25℃区の雌雄配偶体は栄養的生長のみを行っていた(第3図−49)。

さらに，試験終了後4日目(試験開始18日後)のものは，10℃区で生卵器(第3図−50)，さらに胞子体(第3図−51)が発達したが，25℃区では依然として未成熟であった。この時期に20℃区には，多数の細胞からなる未成熟の雌性配偶体も観察された（第3図−53）が，このような多数細胞の配偶体にも卵を生じ，胞子体を形成したものも観察

された(第3図—54)。

以上の観察結果を総合すると，配偶体は20℃区で最も早く成熟し，次いで15，10℃区の順であった。一方，25℃区では栄養細胞分裂が盛んであったが生殖器官は形成されなかった。また，20℃区の雌性配偶体のなかには栄養細胞分裂のみを繰りかえし大きくなった個体がかなりの頻度で出現した(第3図—53)。このような個体は後述するカジメよりアラメの場合に多くみられた。さらに，この状態の雌性配偶体は25℃区に出現する成熟しない雌性配偶体と類似した形態を示した(第3図—49)。



第4図　各水温区におけるアラメ配偶体の生長

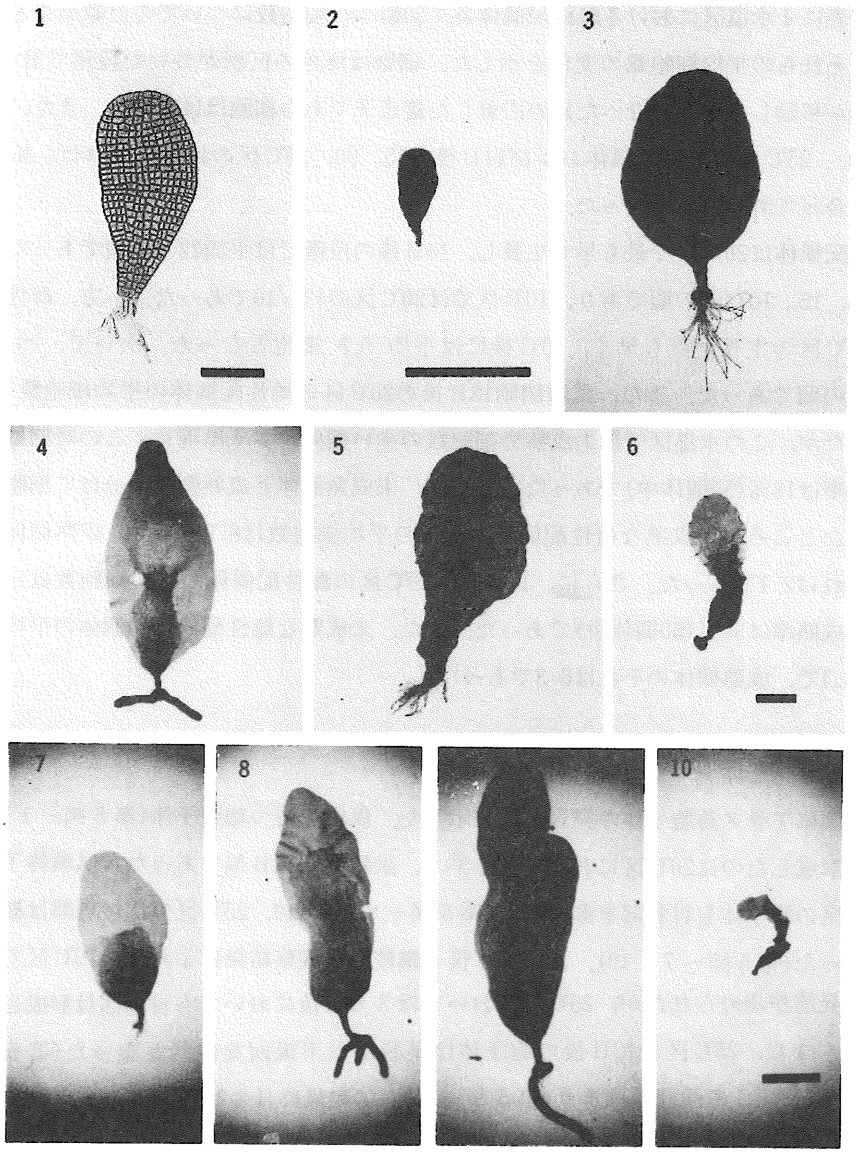
第3表に4水温区における雌雄配偶体各々30個体の細胞数についての計数結果を，第4図にそれらの平均細胞数の変化を示した．細胞は雌雄の区別がついた段階で計数し，内容物が移動して中空となった元の固着した遊走子である細胞ははぶいた．また，12日後の20，25℃区の雄性配偶体および14日後の15，20，25℃区の雄性配偶体は，細胞が重なり合って計数不能であった．

雄性配偶体は20℃区で最も早く生長し，10日後の段階では平均22.6細胞であった．次いで25，15，10℃区の順であり，10℃区では20℃区の約1/10であった．一方，雌性配偶体は25℃区の生長が最も早く，10日後には平均 5.7 細胞となった．次いで，20，15，10℃区の順であった．また，試験開始12日後の20℃区の雌性配偶体の平均細胞数は7.3であったが，この水温区では未成熟で細胞数の多い個体が多く出現し，この時期における成熟率は18%(50個体中)であった．さらに，未成熟個体と成熟個体に分けて細胞数を計数したところ，未成熟な雌性配偶体30個体の平均細胞数は8.9であり，成熟個体10個体のそれは2.1であった．さらに，14日後，20℃区の雌性配偶体の平均細胞数は11.4個体で，成熟率は30%(50個体中)であった．また，未成熟な雌性配偶体30個体の平均細胞数は16.4で，成熟個体のそれは6.3であった．

（2）幼胞子体

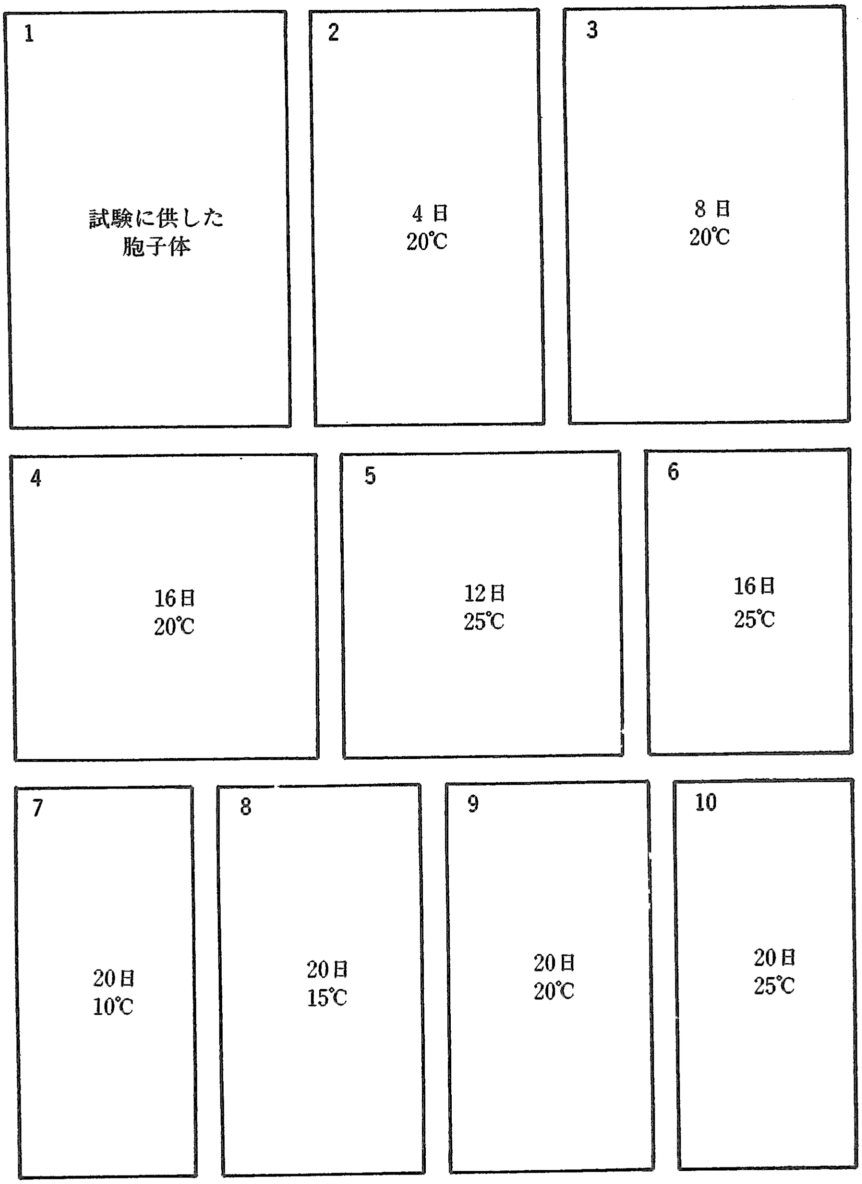
第5図にアラメ幼胞子体の発育過程を示した．仮根を持つ幼胞子体(第5図－1)が付着部を形成したのは20℃区において最も早く，試験開始12日後であった．試験終了時には15℃区の胞子体も付着部を形成した(第5図－8)が，10，25℃区では付着部は観察されなかった(第5図－7，10)．試験終了後も継続した観察結果によれば，10℃区でも付着部の発達が認められたが，25℃区においては3カ月後においても付着部は形成されなかった．また，25℃区の12日後の胞子体は葉状部が不規則な波状となった(第5図－5)．その後，この傾向は強まり(第5図－6)，試験最終日の25℃区における胞子体は矮小化した状態となっていた(第5図－10)．

第4表に4水温区における幼胞子体30個体の葉状部の測定結果を，第6図に平均葉面積の推移を示した．15，20℃区では生長が良く，10，25℃区では劣っていた．試験終了日では，20℃区が最良の生長を示し，次いで15℃区であったが両者の差は比較的小さかった．一方，10，25℃区では著しく生長が劣り， 特に25℃区では20℃区の葉面積の約



第5図　アラメ幼胞子体の発育過程

スケール；(1)=50μm，（2，3，5）=1mm，（4，6）=1mm，（7～10）= 2mm


1
試験に供した
胞子体
2
4 日
20℃
3
8 日
20℃
4
16日
20℃
5
12日
25℃
6
16日
25℃
7
20日
10℃
8
20日
15℃
9
20日
20℃
10
20日
25℃

第5図の説明図

第4表　アラメ幼胞子体の葉面積における生長（30個体）

培養日数	培養水温（℃）	葉面積		
		平均値（mm²）	標準偏差	変動係数（%）
0	10—25	0.05	0.01	20.0
4	10	0.09	0.04	44.0
	15	0.15	0.07	46.0
	20	0.20	0.10	50.0
	25	0.25	0.11	44.0
8	10	0.36	0.18	50.0
	15	1.30	0.65	50.0
	20	2.11	1.01	48.0
	25	1.88	0.99	53.0
12	10	1.11	0.61	55.0
	15	5.23	2.27	43.0
	20	8.71	3.16	36.0
	25	2.55	1.55	61.0
16	10	3.09	2.07	67.0
	15	13.20	5.28	40.0
	20	16.14	5.58	35.0
	25	3.34	1.93	58.0
20	10	7.72	4.63	60.0
	15	21.85	9.01	41.0
	20	28.11	14.02	50.0
	25	4.05	2.91	72.0

1/7に過ぎなかった。

2．カジメ *Ecklonia cava* Kjellman

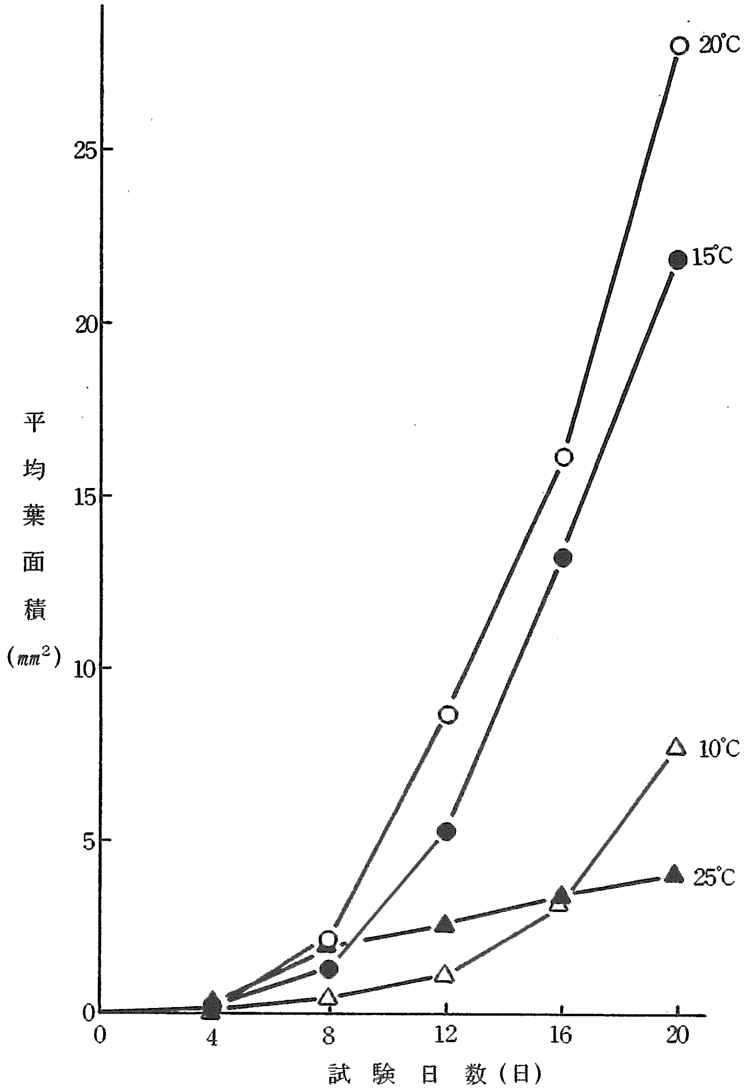
（1）配偶体

第7図に4水温区(10, 15, 20, 25℃)におけるカジメ配偶体の発育過程を示した。カジメ配偶体の発達過程は前述したアラメの場合と同様であり，水温区別には以下の相違が認められた。

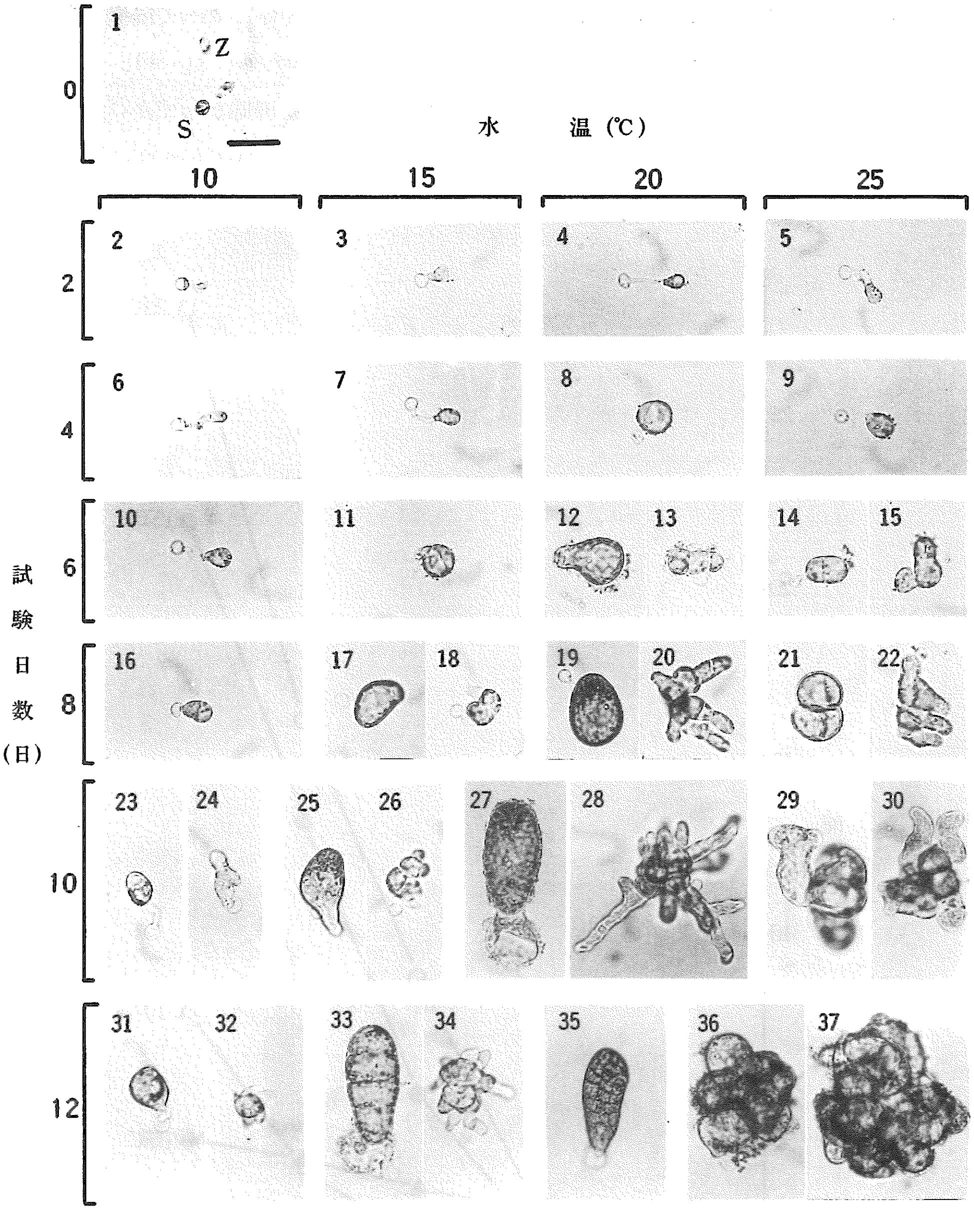
遊走子放出2日後； 10℃区ではすべての個体が発芽管を発出していたが，内容物が完全に発芽管に移動していないものが多かった(第7図－2)。15℃区では，内容物の移動は完結したが隔壁は作られていなかった(第7図－3)。20，25℃区のほとんどすべての個体は隔壁を形成していた(第7図－4，5)。

4日後； 10℃区では約半数の個体が隔壁を持ち，15℃区では，すべて隔壁を形成し(第7図－7)，20，25℃区では細胞の肥大が顕著であった(第7図－8，9)．

6日後； 10℃区のほとんどすべての個体は隔壁を形成し，細胞がわずかに肥大していた(第7図－10)．15℃区ではさらに肥大し，2分裂している個体もまれにみられた(第7図－11)．20，25℃区では太い細胞からなる雌性配偶体(第7図－12，14)と細い細



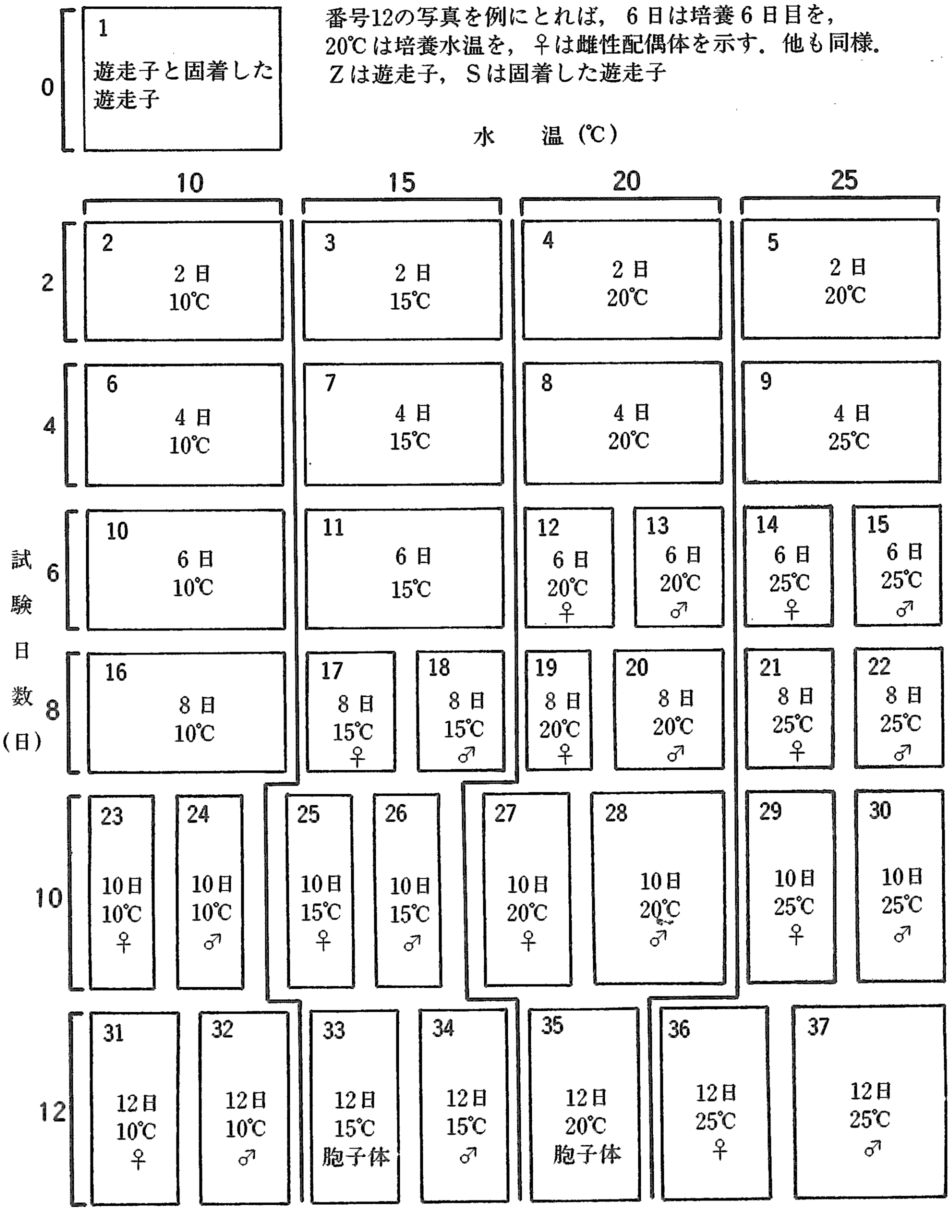
第6図　各水温区におけるアラメ幼胞子体の生長



第７図　カジメ配偶体の発育過程

スケール；(1～37)＝20μm

番号12の写真を例にとれば，６日は培養６日目を，20℃は培養水温を，♀は雌性配偶体を示す．他も同様．
Ｚは遊走子，Ｓは固着した遊走子



第７図の説明図

第5表　カジメ配偶体の細胞数における生長（30個体）

培養日数	培養水温(℃)	雌性配偶体			雄性配偶体		
		平均値	標準偏差	変動係数(%)	平均値	標準偏差	変動係数(%)
6	10	1.0	0	0	1.0	0	0
	15	1.0	0	0	1.0	0	0
	20	1.4	0.5	35.7	3.4	0.8	23.5
	25	1.4	0.6	42.9	1.4	0.8	57.1
8	10	1.0	0	0	1.0	0	0
	15	1.1	0.4	36.4	2.7	0.8	29.6
	20	1.3	0.6	46.2	6.2	1.2	19.4
	25	2.0	0.9	45.0	4.8	1.4	29.2
10	10	1.0	0	0	1.0	0	0
	15	1.2	0.4	33.3	6.0	1.5	25.0
	20	1.9	0.7	36.8	22.1	7.3	33.0
	25	5.0	2.7	54.0	14.9	3.7	24.8
12	10	1.0	0.2	20.0	2.6	0.9	34.6
	15	1.7	0.6	35.3	9.4	2.9	30.9
	20	4.8	3.3	68.8	-	-	-
	25	-	-	-	-	-	-

胞からなる雄性配偶体(第7図－13, 15)が見られた。

8日後；　10℃区では細胞の肥大がみられ，2分裂している個体が若干あった。15℃区では雌雄の区別がつくようになり(第7図－17, 18)，20, 25℃区の雌雄配偶体はさらに発達し(第7図－19～22)，特に20℃区の雄性配偶体には造精器を形成した個体も観察された。

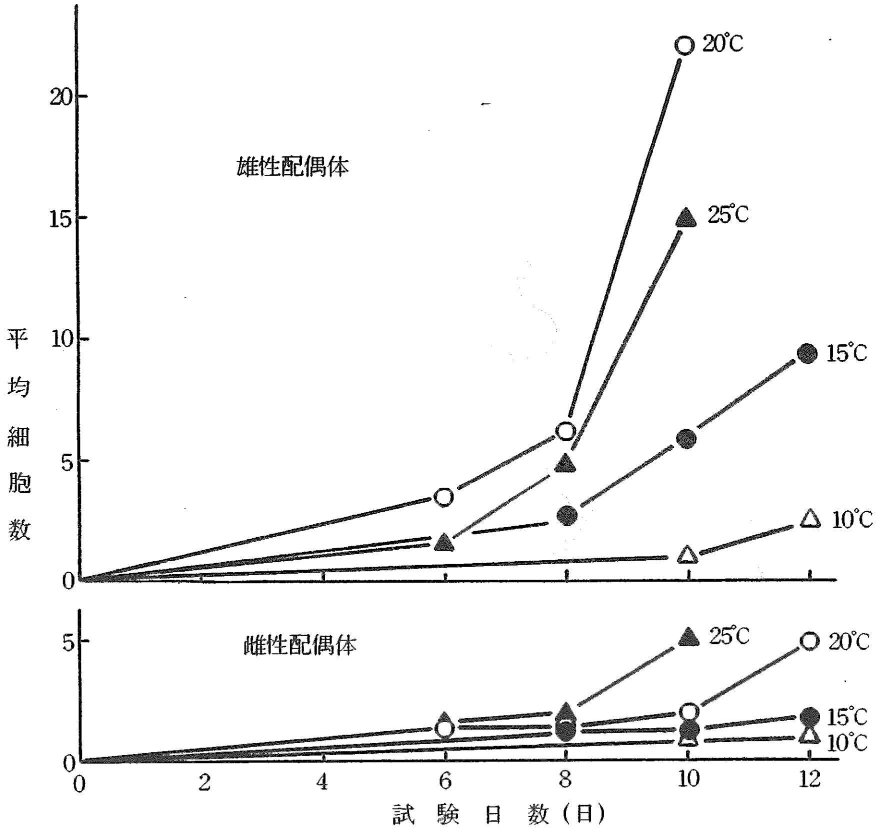
10日後；　10℃区でも雌雄の区別がつくようになった(第7図－23, 24)。15℃区の雌性配偶体のなかには生卵器形成初期の個体が多数みられ(第7図－25)，雄性配偶体上には造精器が形成された(第7図－26)。20℃区の雌性配偶体は生卵器を形成し(第7図－27)，一部の卵は分裂を開始して胞子体となった。また，造精器を持つ雄性配偶体はさらに大きく発達していた(第7図－28)。25℃区では太い細胞の雌性配偶体(第7図－29)と細い細胞の雄性配偶体(第7図－30)とも栄養細胞分裂を繰り返したが，有性生殖器官は形成していなかった。

12日後；　10℃区の雄性配偶体は造精器を形成したが，アラメの場合と同様，他の水温区のものと比較すると細胞数が少ない状態で成熟した(第7図－32, 34)。15℃区の雌性配偶体は卵を持つ生卵器を形成し，一部の卵はすでに胞子体となっていた(第7図－

33)．20℃区ではすでに胞子体となったものが多かった(第７図－35)．一方，25℃区の個体は成熟しなかった(第７図－36，37)．

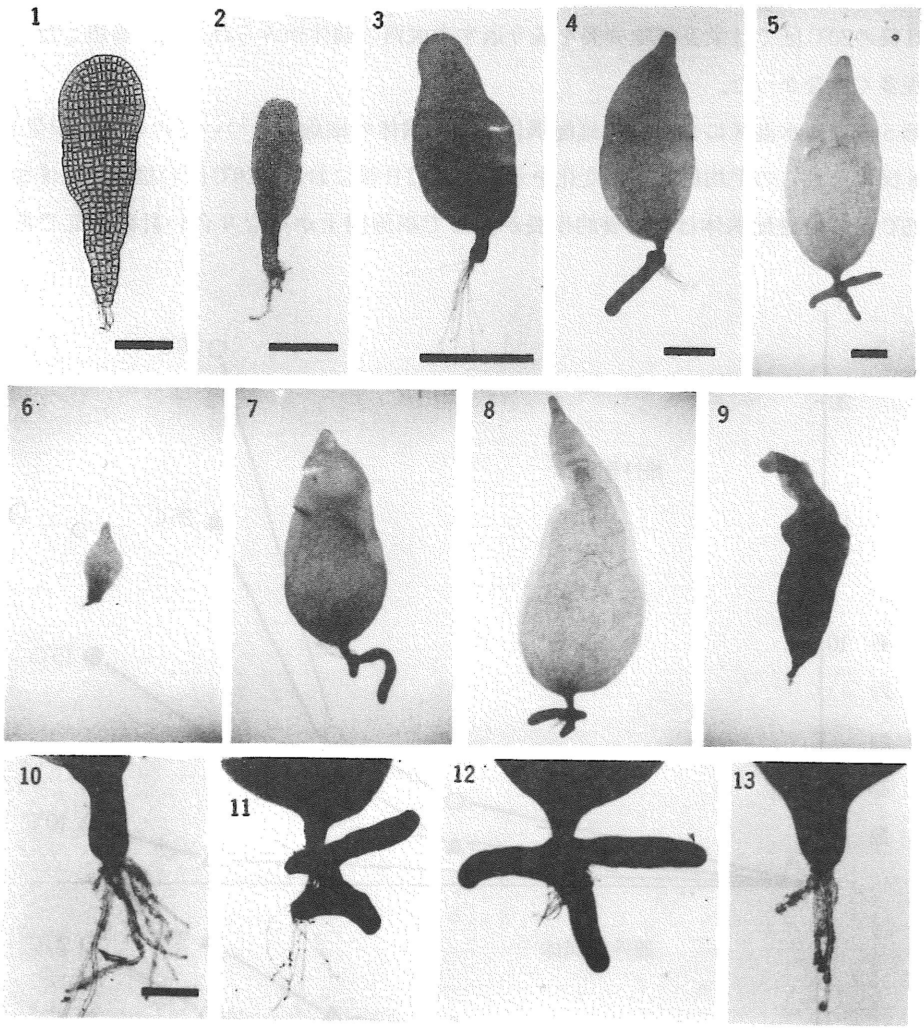
以上の観察結果を総合すると，４水温区のなかで最も早く配偶体が成熟し胞子体を形成したのは20℃区であり，次いで15，10℃区の順であった．一方，25℃区の配偶体は栄養的生長のみを続け生殖器官を形成しなかった．また，アラメの場合と同様，試験開始12日後の20℃区では栄養細胞分裂を繰り返す未成熟の個体がみられたが，前述したアラメ程多くはなかった．

第５表に４水温区における雌雄配偶体各々30個体の細胞数についてのの計数結果を，第８図にそれらの平均細胞数の変化を示した．12日後における20℃区の雄性配偶体および25℃区の雌雄配偶体は，栄養的生長が進んで細胞同士が重なり合い計数不能であっ



第８図　各水温区におけるカジメ配偶体の生長

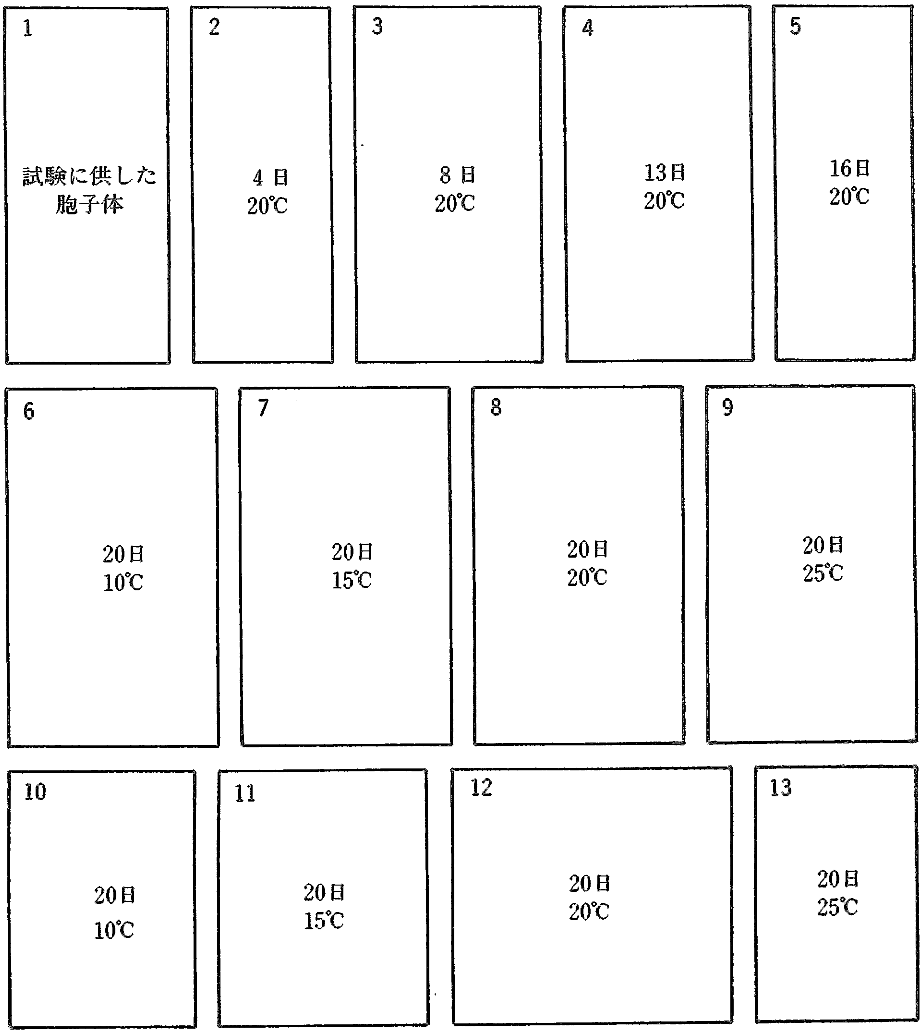
た．雄性配偶体は20℃区で最も良く生長し，10日後の段階で平均22.1細胞であった．次いで25℃区はその約3/4，15℃区は約1/4，10℃区ではようやく雌雄の区別がつく状態であった．一方，雌性配偶体は25℃区の生長が最も良く，次いで20，15，10℃区の順であった．また，25℃区では配偶体は成熟しなかったが，これを20℃区に移すと生殖器官を



第9図　カジメ幼胞子体の発育過程

スケール；(1)＝50μm，(2)＝300μm，(3，11，12)＝1㎜，(4)＝1㎜，(5～9)＝1㎜，(10，13)＝200μm

形成した。ここで，12日後における20℃区の雌性配偶体の平均細胞数は4.8であったが，この水温区では未成熟で栄養的増殖を続ける個体も観察され，成熟率は40％(50個体中)であった。さらに，未成熟個体と成熟個体とに区分して計数したところ，未成熟な雌性配偶体30個体の平均細胞数は6.6であったのに対して，成熟個体21個体のそれは2.9であった。



第9図の説明図

第６表　カジメ幼胞子体の葉面積における生長（30個体）

培養日数	培養水温（℃）	葉面積 平均値（mm^2）	葉面積 標準偏差	葉面積 変動係数（%）
0	10—25	0.09	0.04	44.4
4	10	0.20	0.06	30.0
	15	0.52	0.18	34.6
	20	0.69	0.24	34.8
	25	0.63	0.25	39.7
8	10	0.29	0.10	34.5
	15	1.94	0.58	29.9
	20	3.05	1.14	37.4
	25	1.79	0.85	47.5
13	10	0.54	0.24	44.4
	15	7.14	2.40	33.6
	20	10.03	3.49	34.8
	25	4.11	1.44	35.0
16	10	1.13	0.63	55.8
	15	12.69	4.02	31.7
	20	14.42	6.04	41.9
	25	6.90	2.74	39.7
20	10	2.17	1.27	58.5
	15	18.20	6.62	36.4
	20	24.89	11.37	45.7
	25	10.37	4.21	40.6

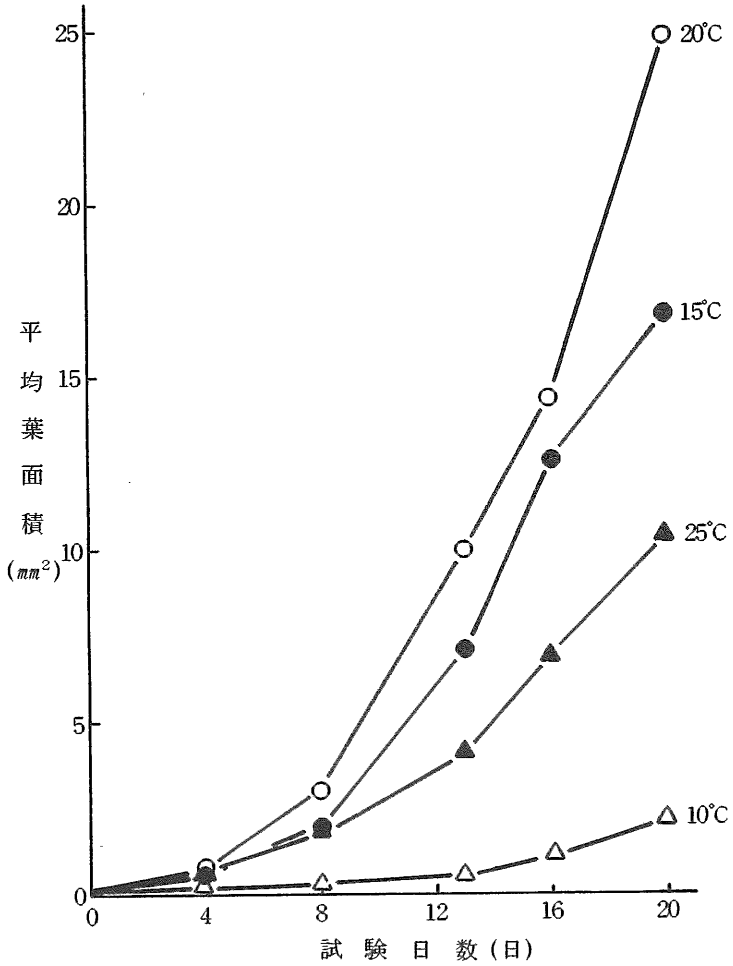
（２）幼胞子体

第９図にカジメ幼胞子体の発育過程を示した。最初，透明な仮根を持っていた胞子体(第９図－１～３)は，20℃区では13日後に付着部が発達し(第９図－４)，試験終了時には15℃区の胞子体も付着部を形成した(第９図－７，11)。しかし，10，25℃区では付着部の形成は認められなかった(第９図－６，９，10，13)。試験終了後も継続した観察結果によれば，10℃区ではその後付着部が発達したが，25℃区では３カ月後においても付着部は形成されなかった。また，試験最終日の25℃区における胞子体の葉状部は不規則に波打ち，葉状体細胞が一部枯死して，色素体が抜けている部分も観察された(第９図－９)。

第６表に４水温区における幼胞子体30個体の葉状部の測定結果を，第10図に平均葉面積の推移を示した。20℃区で最大の生長が認められ，次いで15，25℃区の順であった。10℃区の生長は著しく劣り，試験最終日では20℃区の約１/10であった。

Ⅳ. 考　　察

試験を行った10℃から25℃の範囲内ではアラメとカジメの配偶体とも生長が認められた．雄性配偶体の細胞数の増加は，両種とも20℃で最も早く，次いで25，15,10℃の順であり，雌性配偶体のそれは25℃で最も早く，次いで20，15，10℃の順であった．また，これらの条件下では，両種とも20℃で最も早く成熟し，次いで15，10℃の順であ



第10図　各水温区におけるカジメ幼胞子体の生長

り，25℃では成熟しなかった。これらの結果から，両種の配偶体の生長と成熟に関する温度条件は類似しており，20℃付近が最も良好な条件と考えられる。

谷口・秋山(1982)は，宮城県産のアラメ配偶体の成長及び成熟に対する水温と光量の影響を調べるための室内培養試験を行い，有性生殖器官は8～20℃で形成され，有性生殖器官と胞子体を形成するための最適水温は16～20℃であり，24℃では細胞の分裂のみを繰り返し，有性生殖器官を形成することはないと報告している。今回行ったアラメ配偶体の水温の影響に関する試験結果は彼らの結果とほぼ一致する。このように，宮城県産と千葉県産のアラメ型アラメ(新崎，1953)の配偶体では，*Ecklonia radiata* (Novaczek, 1984) でみられたような異なる産地間での適性水温に関する分化は認められない。能登屋・足助 (1983) は，カジメの近縁種である青森県産のツルアラメ *Ecklonia stlonifera* Okam. の発生に及ぼす水温の影響を試験し，今回カジメで得られたものとほぼ同様の結果を報告している。

一方，アラメとカジメの配偶体の生長と成熟に関する好適温度は，これまで報告されている同じコンブ科に属するコンブ属のもの (Kain, 1964, 1969；Yabu, 1964；Lüning and Neushul, 1978；Lüning, 1980；岡田・三本菅，1980；Bolton and Lüning，1982) よりも若干高かった。これはアラメとカジメがコンブ属の海藻よりも暖海域に分布している事実(岡村，1936)を裏付けるものと思われる。

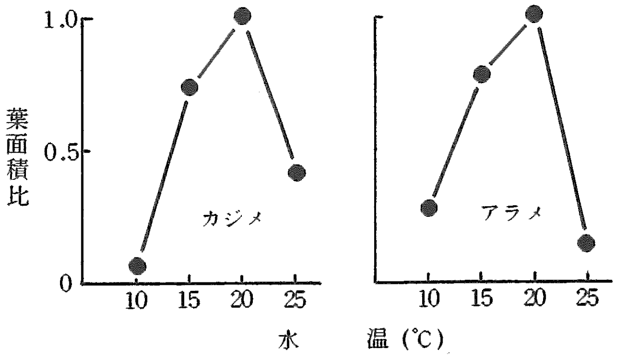
Novaczek (1984)は，ニュージーランド産の *Ecklonia radiata* の雌性配偶体を培養し，12℃から20℃の範囲では低温になる程少ない細胞数で成熟する傾向があると報告している。アラメとカジメの配偶体でも同様のことが観察され，この現象は雄性配偶体で顕著であった。また，同一水温区では雄性配偶体の方が早く成熟する傾向がみられた。

今回観察されたアラメとカジメの配偶体の10～20℃における形態的発達過程は，神田(1939)および Kanda (1941)の報告と良く一致したが，25℃では栄養細胞分裂を繰り返し，成熟には至らなかった。一定の水温を越えたときに起こるこのような現象は，コンブ属(Yabu, 1964；Lüning and Neushul，1978)やワカメ *Undaria pinnatifida* (Harvey) Suringer (斉藤，1962；秋山，1965)，および宮城県産のアラメ(谷口・秋山，1982)，青森県産のツルアラメ(能登屋・足助，1983)でも知られている。また，南アフリカ産の *Ecklonia maxima* (Osbeck) Papenfuss (Bolton and Levitt, 1985) の雌性配偶体は25℃で成熟せず，栄養細胞分裂も行わないと報告されている。アラメとカジメの配偶体は25℃では成熟しないが栄養細胞分裂を繰り返し，これを低温条件下に

移すと生殖器官を形成することから，25℃区における配偶体は生殖器官形成能力を失ったわけではなく，高温のためにその形成が抑制されているものと考えられる．培養12日後の結果では，このような未成熟で栄養細胞分裂だけを繰り返す雌性配偶体は25℃だけでなく20℃にも出現した．両種の20℃，12日後における未成熟雌性配偶体の細胞数と成熟体のそれとを比較すると，成熟個体の細胞数がより少ない結果となった．これは，成熟した配偶体では栄養的増殖が抑制されるために起こったものと考えられる．さらに，この未成熟で多くの細胞を持つ雌性配偶体はカジメよりもアラメでより多く観察された．これは成熟条件に関してアラメ配偶体がカジメより低温側に適性を持つためとも考えられる．Lüning (1980)は北極海に生育しているコンブ属3種，*Laminaria hyperborea* (Gunm.) Fosl., *L. digitata* (Huds.) Lamour. および *L. saccharina* (L.) Lamour. において，高温では低温よりも配偶体の成熟により多くの光量(400～512 nm帯)が必要であることを報告している．従って，アラメとカジメにおいてもより強い光量下で培養を行えば，20℃でより高い成熟率が得られ，25℃でも配偶体が成熟する可能性があると考えられる．今後，アラメとカジメ配偶体の成熟に対する温度の影響は光量との関連においてさらに詳しく調査する必要がある．

アラメとカジメの幼胞子体は，配偶体の場合と同様，試験水温範囲である10℃から25℃の間で生長がみられた．これら幼胞子体の生長における好適温度条件も，概ねコンブ属のもの (Kain, 1969；岡田ほか, 1985)より高いことが示されたが，25℃区の幼胞子体の葉状部はアラメの方が矮小化していた．

ここで，試験終了日におけるアラメとカジメの胞子体の最大葉面積の相対比と水温と



第11図 試験20日後におけるアラメ・カジメ幼胞子体の葉面積比と水温との関係

の関係を第11図に示した．ここでの葉面積比とは，最大生長を示した水温区における胞子体の葉面積の30個体平均値を1.0として，他の３水温区の葉面積平均値をその比数で表したものである．

この図から明らかなように，培養20日後の結果では両種とも20℃での生長が最も良く，次いで15℃の順であった．ところが，アラメ幼胞子体でこの次に生長の良いのは10，25℃の順であったが，カジメ幼胞子体では25，10℃の順であった．このことは，両種の好適水温は同程度であるが，幼胞子体においてもアラメはカジメよりも低温側に適応していることを示唆するものと推察される．このことは，アラメが本邦の太平洋岸においてカジメより北の方にまで分布する事実（新崎，1953，1985）を裏付けていると考えられる．前述したように，25℃でより多くの光量を与えて配偶体を培養し，生殖器官の形成がみられたとしても，25℃では胞子体の付着部が正常に発達しないため，野外において幼胞子体が生き残る可能性は極めて低いことが示唆される．岩橋(1971)は静岡県下田のカジメ群落において，秋の台風期を過ぎた後では，幼体の流失率が成体に比べて著しく高く，これは固着力の差異によるものと推察している．アラメとカジメの個体群が維持されるためには，高温となる夏期以前に胞子体を形成し，さらに台風到来期以前に強固な付着部を発達させておく必要がある．野外で両種の幼胞子体が出現するのは冬から早春にかけてであることは(谷口，1985；林田，1985)理に適っていると言える．

最後に，今回の試験結果をまとめると，アラメとカジメは配偶体の生長と成熟ならびに幼胞子体の生長に関して，ほぼ同程度の温度適応性を示すが，配偶体の成熟率と幼胞子体の形態形成における挙動からみると，アラメの方が高温による阻害を受けやすいと考えられる．なお，今回の試験水温条件は５℃間隔と幅広いため，配偶体の成熟可能および幼胞子体の正常な生長可能温度の上限については，今後さらに詳しく試験する必要がある．

引 用 文 献

秋山和夫（1965）．ワカメの生態及び養殖に関する研究．第２報 配偶体の生長・成熟条件．東北水研報，**25**：143-170．

新崎盛敏（1953）．アラメに就いて．藻類，**1**(2)：49-53．

新崎盛敏（1985）．アラメ・カジメの分類．海中林，コンブ科植物の生物学．海洋科学，**17**(12)：760-768．

Bolton, J. J. and Levitt, G. J. (1985). Light and temperature requirements for growth and reproduction in gametophytes of *Ecklonia maxima* (Alariaceae : Laminariales). *Mar. Biol.*, **87** : 131-135.
Bolton, J. J. and Lüning, K. (1982). Optical growth and maximal survival temperature of Atlantic *Laminaria* species (Phaeophyta) in culture. *Mar. Biol.*, **66** : 89-94.
林田文郎 (1985). カジメ群落の生産動態. 海中林, コンブ科植物の生物学. 海洋科学, **17** (12) : 746-750.
広田仁志・生田敬昌 (1976). ヒロメ・カジメの人工採種試験. 昭和50年度高知水試事報 : 105-108.
岩橋義人 (1971). 伊豆半島沿岸のアラメ・カジメの生態学的研究Ⅲ. カジメ群落の年級群の交代について. 静岡水試研報, **4** : 37-39.
Kain, J. M. (1964). Aspects of the biology of *Laminaria hyperborea* Ⅲ. Survival and growth of gametophytes. *J. mar. biol. Ass. U.K.*, **44** : 415-433.
Kain, J. M. (1969). The biology of *Laminaria hyperborea* V. Comparison with early stages of competitors. *J. mar. bilo. Ass. U.K.*, **49** : 455-473.
神田千代一 (1939). 暖海産昆布科植物の遊走子培養について. 服部報公会研報, **8** : 317-343.
Kanda, T. (1941). On the gametophytes of some Japanese species of Laminariales Ⅲ. *Sci. Pap. Inst. Alg. Res., Fac. Sci., Hokkaido Imp. Univ.*, **2** (2) : 155-193.
菊地省吾・桜井保雄・佐々木実・伊藤富夫 (1967). 海藻20種のアワビ稚貝に対する餌料効果. 東北水研報, **27** : 93-100.
Lüning, K. (1980). Critical levels of light and temperature regulating the gametogenesis of three *Laminaria* species (Phaeophyceae). *J. Phycol.*, **16** : 1-15.
Lüning, K. and Neushul, M. (1978). Light and temperature demands for growth and reproduction of laminarian gametophytes in southern and central California. *Mar. Biol.*, **45** : 297-309.
門間春博 (1980). アラメの初期発生速度について. 水産増殖, **27**(4) : 212-216.
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.
能登谷正浩・足助光之 (1983). ツルアラメの発生におよぼす温度の影響. 藻類, **31** : 28-33.
Novaczek, I. (1984). Response of gametophytes *Ecklonia radiata* (Laminariales) to temperature in saturating light. *Mar. Biol.*, **82** : 241-245.
岡田行親・三本菅善昭 (1980). コンブ類雌性配偶体の生長と成熟に及ぼす温度の影響Ⅰ マコンブ, リシリコンブ, オニコンブ, ホソメコンブおよびナガコンブについて. 北水研報, **45** : 51-56.
岡田行親・三本菅善昭・町田裕二 (1985). マコンブ, リシリコンブ, ホソメコンブおよびナガコンブ幼芽胞体の生長ならびに形態と培養温度との関係. 北水研報, **50** : 27-44.
岡村金太郎 (1936). 日本海藻誌. 内田老鶴圃, 964 pp.
斉藤雄之助 (1962). ワカメの増殖に関する基礎研究. 東大水産実験所業績(3) : 1-101.
清水昭治 (1981). カジメ配偶体大量培養基礎試験. 和歌山水増試報, **12** : 24-28.
谷口和也・秋山和夫 (1982). アラメ配偶体の生長及び成熟に対する水温と光条件. 東北水研報, **45** : 55-59.
谷口和也 (1985). 東北地方におけるアラメの生態. 海中林, コンブ科植物の生物学. 海洋科学, **17**(12) : 740-745.
Tatewaki, M. (1966). Formation of a crustaceous sporophyte with unilocular sporangia in *Scytosiphon* lomentaria. *Phycologia*, **6** : 62-66.
殖田三郎・岩本康三・三浦昭雄 (1978). 水産植物学, 6版. 恒星社厚生閣, 643 pp.
Yabu, H. (1964). Early development of several species of Laminariales in Hokkaido. *Mem. Fac. Fish., Hokkaido Univ.*, **12**(1) : 1-72.