

# 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幼芽胞体の生長ならびに形態と培養温度との関係

誌名	水産庁北海道区水産研究所研究報告
ISSN	05132541
著者	岡田, 行親 三本菅, 善昭 町口, 裕二
巻/号	50号
掲載ページ	p. 27-44
発行年月	1985年11月

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  
幼芽胞体の生長ならびに形態と培養温度との関係\*

岡田 行親\*\*・三本菅 善昭・町口 裕二

The Effects of Temperature on the Growth and Shape of the Early  
Sporophytes of *Laminaria japonica*, *L. ochotensis*, *L. diabolica*,  
*L. religiosa* and *L. angustata* var. *longissima* in Culture

Yukichika OKADA, Yoshiaki SANBONSUGA, Yuji MACHIGUCHI

**Abstracts :** The early sporophytes of *Laminaria japonica*, *L. ochotensis*, *L. diabolica*, *L. religiosa* and *L. angustata* var. *longissima* were cultivated for 40 days at 3, 8, 13, 18 and 20°C. The length of sporophytes of all the five species increased faster at 8 and 13°C than at 3 and 18°C, and all the species were definitely the slowest at 20°C. Whereas the width of the sporophytes exhibited suboptimum at 3 and 18°C in all the five species. The shape of the sporophytes showed considerable differences among the plants grown at different temperatures. Sporophytes grown at lower temperatures became slender whereas they were round at 20°C. At the higher temperatures sporophytes became polystoromatic earlier than at the optimum temperatures for the growth in length.

結 言

コンブ養殖は近年大きな発展を遂げ、なかでも促成コンブ養殖は、天然コンブの主産地である北海道のみならず本州でも企業化され、生産量が急激に増大している<sup>1)</sup>。促成養殖をはじめ総てのコンブ養殖では、人工種苗生産が最も重要であるが、数年前から幼芽胞体の時期に病害が頻発するなど、種苗生産条件の再検討が必要となっている。そこで、コンブ幼芽胞体の生理的特性を明らかにし、基礎的知見を深めて種苗生産法を改善することを主な目的として、本研究を行った。なお、ここでとりあげた、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は、養殖または海中林<sup>2)</sup>として栽培されている産業重要種である。

コンブの生活史はいわゆるコンブ型であり、葉体の表層に形成された胞子が、遊泳後基質に付着して発芽し、配偶体期を経て幼芽胞体となる<sup>3)</sup>。なお、養殖および海中林では、室内で葉長数ミリメートルまで育成した幼芽胞体を移植し、外海栽培を行う<sup>4)</sup>。したがって、コンブの種苗生産は、胞子の採取で始まり芽胞体が数ミリメートルに生長したときに完了する。本報告の5種類のコンブは、胞子の発芽から配偶子の成熟および芽胞体の形成までの温度の影響について、既に報告した<sup>5)</sup>。ここでは、それに引き続き幼芽胞体期について、温度の生長および形態に及ぼす影響を調査した結果を報告する。

本研究を実施するにあたって、北海道立稚内水産試験場鳥居茂樹科長、同中央水産試験場阿部英治研

\* 北海道区水産研究所業績, A, 351 (昭和60年7月16日受理)  
BCP-85-II-3-1

\*\* 現東海区水産研究所陸水部

究員および礼文地区水産業技術改良普及指導工藤敬吾所長にはコンブ母藻の提供を頂いた。また、統計計算にあたって、東海区水産研究所数理統計部河井智康室長からご指導とご助言を頂き、同部石橋喜美子技官には農林水産研究計算センター東海区水産研究所B端末の TSS 使用法をご指導頂いた。これらの方々には心から感謝申し上げる。

### 材料および方法

本報告に用いた材料はマコンブ、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の5種類である。成熟したコンブを Table 1 に示す場所および年月日に天然礁より採取し実験に供した。なお、マコンブ、ホソメコンブおよびリシリコンブは採取後現地で数時間陰干してから郵送されたものを、オニコンブおよびナガコンブは採取洗浄後ペーパータオルに包んで18~20°Cで約1日間放置したものを、それぞれ母藻として使用したが、いずれも胞子の放出は良好であった。

Table 1 Materials used in this cultivation experiment

Species	Locality	Date of collection
<i>Laminaria japonica</i>	Minamikayabe	Sep. 24, 1979
<i>L. ochotensis</i>	Rebun	Sep. 29, 1979
<i>L. diabolica</i>	Rausu	Oct. 9, 1979
<i>L. religiosa</i>	Yoichi	Oct. 30, 1979
<i>L. angustata</i>	Kushiro	Oct. 24, 1979
var. <i>longissima</i>		

葉体から子嚢班を形成した部分約200cm<sup>2</sup>を切り取り、ビーカー（2000ml）に入れ、約1000mlの滅菌海水（18~20°C）を注いで室温で胞子を放出させ、顕微鏡下で胞子の濃度と活性を確認後母藻を除去して得た胞子液を4枚重ねのガーゼでろ過して粘液を除去し、3°Cの恒温室に数時間静置して珪藻等を沈下させ上澄液を使用した。このようにして作成した胞子液2~3滴をスライドガラス小片（13×25mm）上に滴下し、15~20分間室温に静置して胞子付けした。胞子の着生したスライドガラスを滅菌海水（5~10°C）で洗浄し、Provasoli-ESI 培養液 20mlが入ったプラスチック平型シャーレ（径90mm×高さ15mm）にて培養した。なお、母藻からの胞子採取および培養は北海道区水産研究所で行った。

コンブの胞子は発芽して雌雄異体の配偶体となる。配偶体は成熟して卵または精子を形成し、それらが受精して芽胞体となる。なお、本実験では同一母藻から同時に生成された多数の芽胞体を用いて比較検討する必要があることから、今回実験したいずれのコンブの配偶体も成熟する温度13°Cで培養し、顕微鏡下で芽胞体の生成を確認した直後に実験を開始した。また、光源は白色蛍光灯4.00W/m<sup>2</sup>、照明時間は12:12LDであった。

生成直後の芽胞体が多数着生したスライドガラス小片を Provasoli-ESI 培養液の入った新たなシャーレに移し、小糸工業社 FR 型5連槽の3, 8, 13, 18°Cおよび20°Cに温度設定した小室に静置して培養し、温度の初期芽胞体への影響を調査した。なお、実験期間中の各小室の温度の変化はいずれも±0.5°C以下であり、光条件は芽胞子作出と同一であった。また、培養液は5日間隔で交換した。

実験開始後10, 20, 30および40日に、投影顕微鏡を用いて芽胞体の葉長および葉幅を測定するとともに、細胞数を計測した。なお、スライドガラス小片には多数の配偶体が着生しており、それからの幼芽胞体の生成が実験中も継続するため、葉長および葉幅の測定時には各種類とも温度別に大きいもの40個体のみ計測した。また、芽胞体の細胞数および細胞の大きさは測定時に各種類とも温度別に5個体のみ

計測した。

葉長および葉幅の生長は、温度別に回帰式を求めて適合度を検定するとともに、それらの回帰係数を比較検討して種間差異および温度の影響を解析した。さらに、葉長と葉幅との相対生長の種間差異ならびに温度の影響については、アロメトリー式に数値を当てはめて比較検討した。なお、統計計算は農林水産研究計算センターを利用した。

## 結 果

### 1. 葉長の生長と水温との関係

実験開始後10, 20, 30および40日に、種類別および温度別に各40個体の芽胞体の葉長を測定し、葉長(L)と培養日数(t)との関係を直線式 $L=a+bt$ 、放物線式 $L=at^2$ および指数関数式 $L=ab^t$ にあてはめ、それらの適合度を検定した結果、総ての種類および温度で高い有意度を示したのは放物線式であった。したがって、ここでは葉長と培養日数との関係すなわち葉長の生長経過を放物線式 $L=at^2$ を回帰式とし、種類別および温度別に測定値とともに Fig 1~5 に示した。

マコンブ：放物線式のb値は、3°Cが最も高く2.24であり、水温の上昇とともに低下して、20°Cでは3°Cの数値の1/2の1.12となった。a値はbとは逆で、3°Cが最も低く0.642で、水温の上昇とともに急速に増大し、20°Cでは17.85に達した。Fig. 1に示すように、葉長の生長は、13°Cで最も速く温度が8°C、3°Cと降下するにともない低下したが、水温が18, 20°Cに上昇したときもまた低下し、特に20°Cでは最も劣っていた。

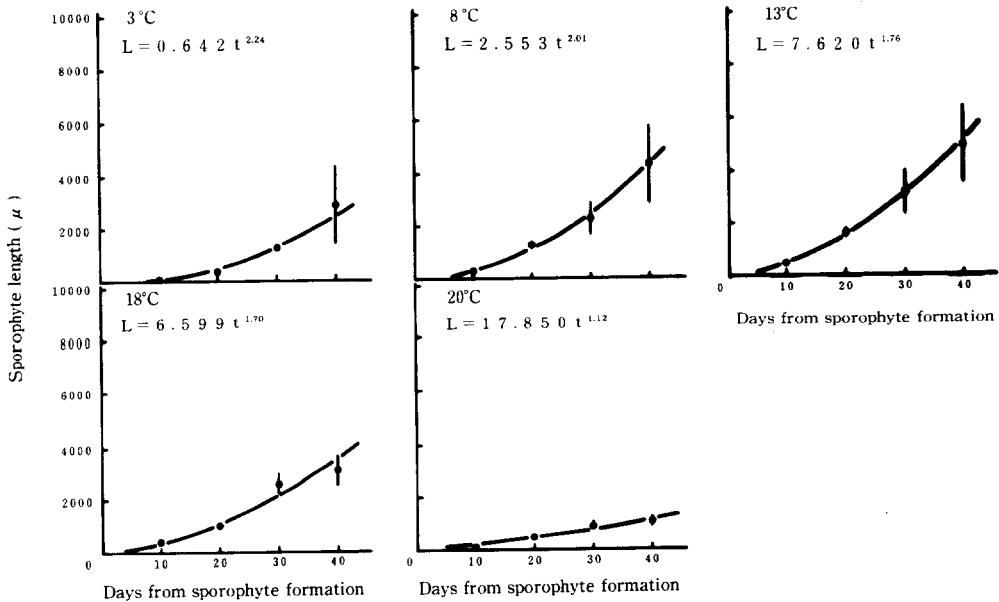


Fig. 1. *Laminaria japonica*. Growth of sporophyte length in culture at 3°C, 8°C, 13°C, 18°C and 20°C, with calculated curvilinear regressions. ● : meant ± standard errors.

リシリコンブ：放物線式の  $b$  は、 $8^{\circ}\text{C}$  が最大値 2.67 で、温度の上昇とともに低下し、最低値を示した  $20^{\circ}\text{C}$  では  $8^{\circ}\text{C}$  の数値の  $1/2$  以下の 1.28 であった。なお、 $a$  値は、マコンブと同じく、 $3^{\circ}\text{C}$  が最も低く 0.318 で、温度の上昇にともなって増大し、 $20^{\circ}\text{C}$  では 10.27 に達した。Fig. 2 に示すように、 $8^{\circ}\text{C}$  と  $13^{\circ}\text{C}$  の生長曲線は類似しており、 $3$ 、 $18^{\circ}\text{C}$  および  $20^{\circ}\text{C}$  とは明らかに異なっていた。なお、生長が最も劣ったのはマコンブと同様に  $20^{\circ}\text{C}$  であった。

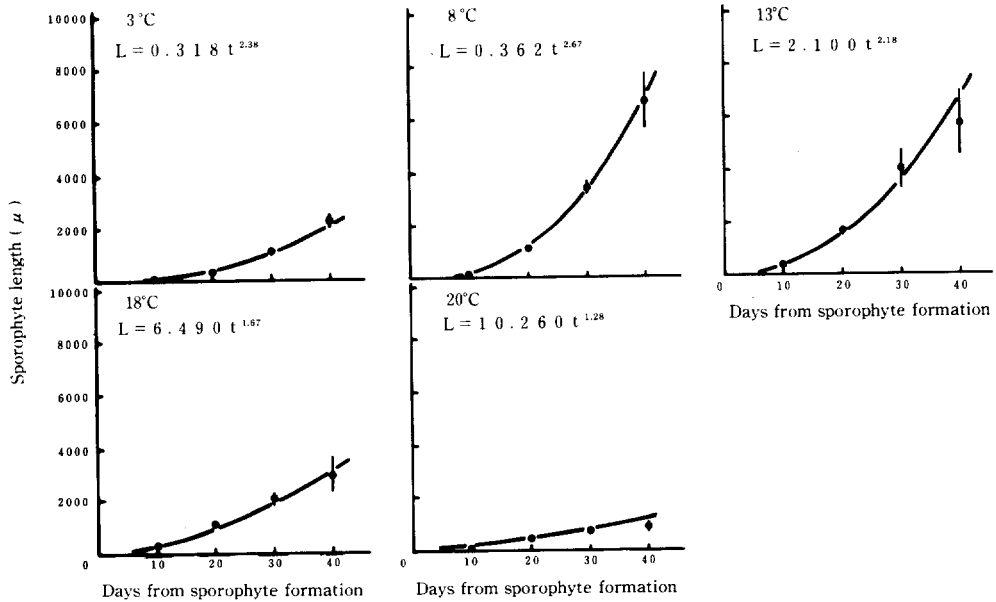


Fig. 2. *Laminaria ochotensis*. Growth of sporophyte length in culture at  $3^{\circ}\text{C}$ ,  $8^{\circ}\text{C}$ ,  $13^{\circ}\text{C}$ ,  $18^{\circ}\text{C}$  and  $20^{\circ}\text{C}$ , with calculated curvilinear regressions.  $\bullet$ : mean  $\pm$  standard errors.

オニコブ：放物線式の  $b$  のオニコブの最大値は、 $3^{\circ}\text{C}$  の 2.01 であり、実験した 5 種類のコンブの中では最も低い値であった。 $b$  値は、水温の上昇にともない低下し、最小値を示した  $20^{\circ}\text{C}$  では 1.07 となり、直線的生長となった。なお、 $a$  値はマコンブ及びリシリコンブと同様に  $3^{\circ}\text{C}$  が最も小さく 0.971 で、水温の上昇にともなって増加し、 $20^{\circ}\text{C}$  では 18.77 と 5 種類のコンブの中で最も高い値に達した。Fig. 3 に示すように、オニコブは  $8^{\circ}\text{C}$  で最も生長が速く、それより高温、低温ともに生長は低下し、 $20^{\circ}\text{C}$  で生長が最も劣った。

ホソメコンブ：放物線式の  $b$  は、 $8^{\circ}\text{C}$  が最大値で 2.64 であったが、温度の上昇にともない低下し  $20^{\circ}\text{C}$  では 1.52 となった。なお、 $20^{\circ}\text{C}$  における  $b$  値は実験したコンブ 5 種類の中ではホソメコンブが最も高い値であった。 $a$  値は  $8^{\circ}\text{C}$  が最低で 0.407 であり、 $18^{\circ}\text{C}$  が最高で 7.118 であった。Fig. 4 に示すように、他のコンブと異なり、ホソメコンブで最も生長が速いのは  $13^{\circ}\text{C}$  で、次いで 8, 18, 3,  $20^{\circ}\text{C}$  の順であった。

ナガコンブ：放物線式の  $b$  値は、 $3^{\circ}\text{C}$  が 2.93 と最高であり、今回の試験における最大値であった。なお、 $b$  値は、温度の上昇にともない低下し、 $20^{\circ}\text{C}$  ではリシリコンブとほぼ等しい 1.30 となった。 $a$  値は、ホソメコンブを除く他のコンブと同様に、 $3^{\circ}\text{C}$  が最も低く水温の上昇にともない増大した。なお、ナガコンブの  $3^{\circ}\text{C}$  での  $a$  値 0.06 は実験した総てのコンブの中で最も低い値であった。Fig. 5 に示すように、ナガコンブの  $8^{\circ}\text{C}$  および  $13^{\circ}\text{C}$  の生長はともに高く両者の生長曲線は類似しており、これらは明らかに  $3$ 、 $18^{\circ}\text{C}$  および  $20^{\circ}\text{C}$  とは異なっていた。なお、ナガコンブは他のコンブと同様に  $20^{\circ}\text{C}$  で最も生長が劣った。

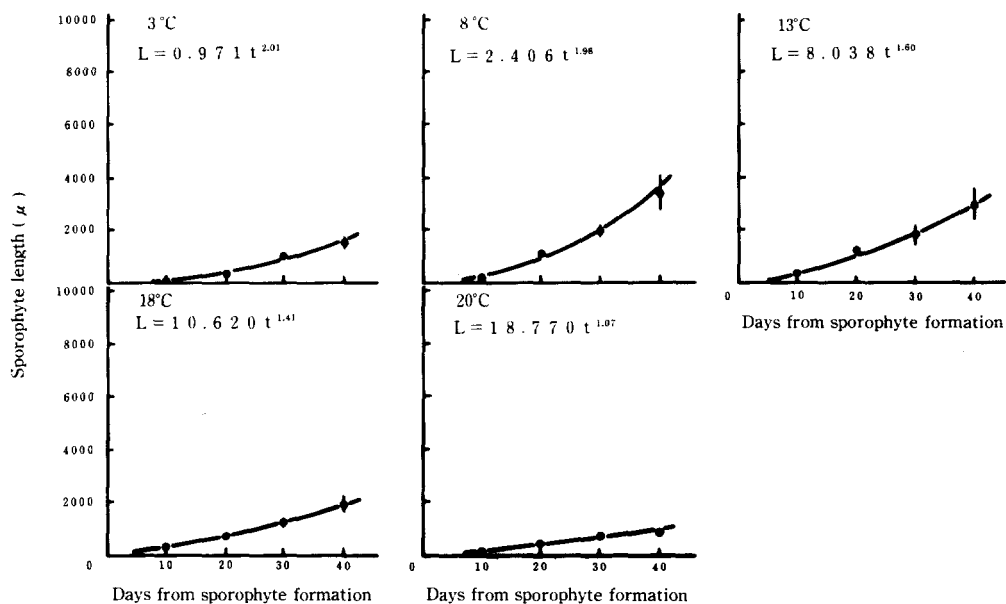


Fig. 3. *Laminaria diabolica*. Growth of sporophyte length in culture at 3°C, 8°C, 13°C, 18°C and 20°C, with calculated curvilinear regressions.  $\bullet$  : mean  $\pm$  standard errors.

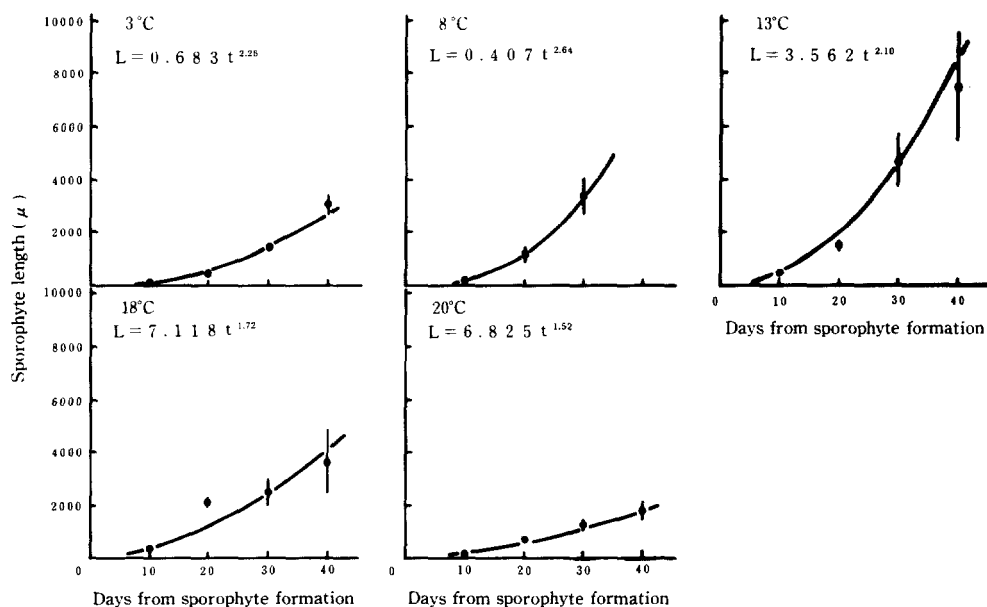


Fig. 4. *Laminaria religiosa*. Growth of sporophyte length in culture at 3°C, 8°C, 13°C, 18°C and 20°C, with calculated curvilinear regressions.  $\bullet$  : mean  $\pm$  standard errors.

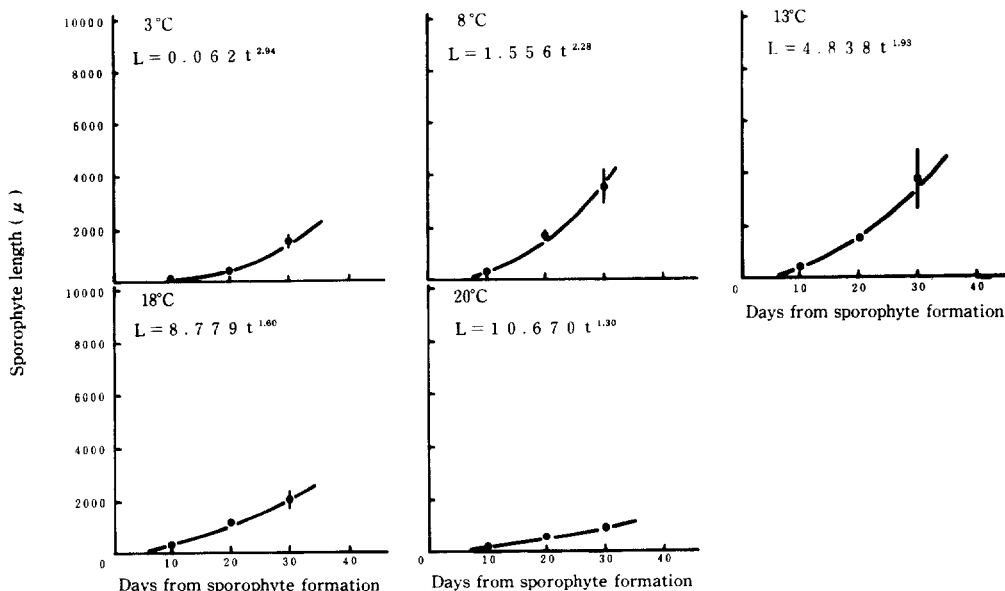


Fig. 5. *Laminaria angustata* var. *longissima*. Growth of sporophyte length in culture at 3°C, 8°C, 13°C, 18°C and 20°C, with calculated curvilinear regressions.

◆ : mean ± standard errors.

## 2. 葉長生長の最適温度

実験開始後30日の葉長測定データを解析し葉長生長の最適温度を求めた。なお、葉長 (L) と温度 (t) との関係の2次回帰式  $L = at^2 + bt + c$  の適合性を検定し高い有意度を得たので、ここでは2次回帰式にあてはめて葉長生長と温度との関係を解析した。実験開始後30日の各コンブの葉長と温度との関係について、測定値と回帰曲線とを Fig 6 に示す。回帰式から各コンブの葉長の最大値すなわち2次回帰曲線の頂点に対応する温度を求め、葉長生長の最適温度の推定値とした。葉長生長の最適温度は、マコンブ、ホソメコンブ、リシリコンブ、ナガコンブおよびオニコンブで、それぞれ11.7, 11.5, 11.4, 11.3°Cおよび10.8°Cであり種間差は小さく、最適温度が最も高いマコンブと最も低いオニコンブとの温度差はわずか1.0°C以下であった。

## 3. 葉長生長と細胞数増加との関係

実験開始後10日の幼芽胞子体について、葉長 (L) を測定するとともに葉体中央部の縦方向細胞数 (N) を計測し、NとLとの関係の1次回帰式  $N = a + bL$  への適合性を検定した。Fig. 7 に示すように、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は、いずれも1次回帰式と高い相関を有し、幼芽胞子体の葉長は葉体中央部の縦方向細胞数と比例することを示した。なお、回帰係数 b は、ホソメコンブ、オニコンブ、マコンブ、リシリコンブおよびナガコンブで、それぞれ0.118, 0.103, 0.081, 0.075および0.072であり、最も大きいホソメコンブは最も小さいナガコンブの1.64倍であった。

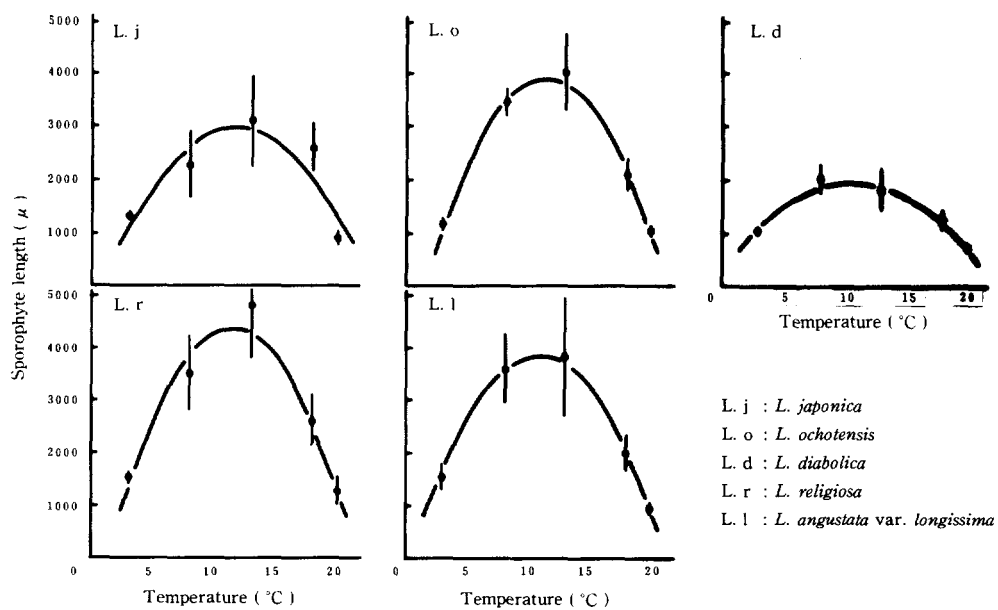


Fig. 6. Sporophyte length of the five *Laminaria* species after 30 days in culture at 3°C, 8°C, 13°C, 18°C and 20°C, with calculated curvilinear regressions.  
 ◆ : mean ± standard errors.

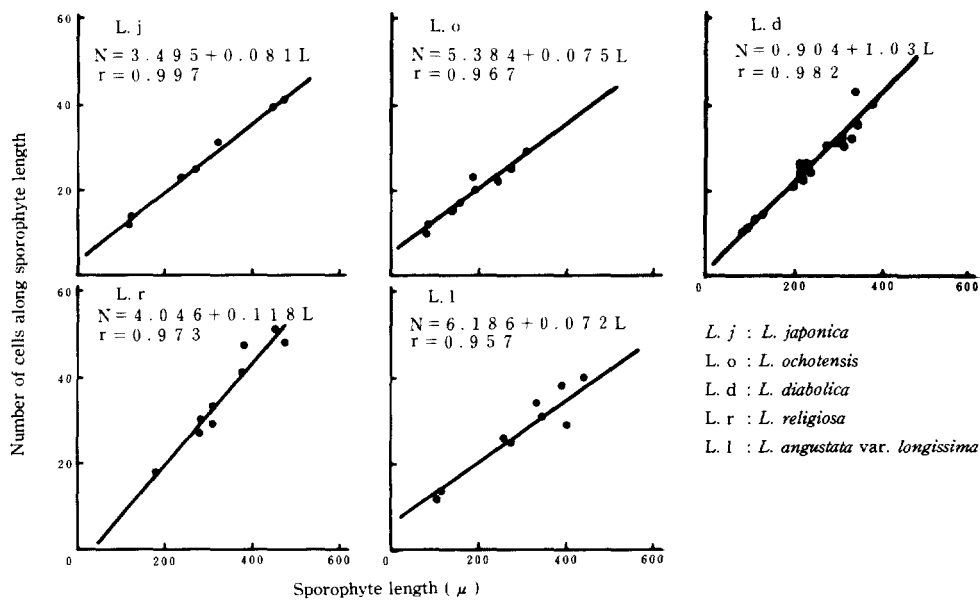


Fig. 7. The relationship of the length of each sporophytes to the number of cells along its length, with calculated regression lines.



#### 4. 葉幅生長と温度との関係

実験開始後10, 20, 30および40日に種類別ならびに温度別に芽胞体各40個体の葉幅を測定し、葉幅(W)と培養日数(t)との関係を、葉長と同様に1次式  $W=a+bt$ 、放物線式  $W=at^b$  および指数関係式  $W=ab^t$  を回帰式として適合度を検定した。その結果、他の回帰式は種類および温度により有意でないものが多かったが、放物線式にはナガコンブの8°Cを除く総てが危険率1%の高い有意性を示した。したがって、ここでは葉幅の生長経過を葉長と同様に放物線式を回帰式として解析した。Fig. 8~13にコンブの種類別に各温度における測定値を回帰曲線とともに示す。

マコンブ：放物線式のb値は、8°Cおよび13°Cでそれぞれ1.28および1.27と低く、低温の3°Cおよび高温の20°Cではやや高く、最大を示したのは18°Cの1.74であった。放物線式のa値はbとは逆に8°Cおよび13°Cで、それぞれ5.87および11.14と高く、高温および低温ではこれらに比べ著しく低い数値を示した。Fig. 8に示すように、葉幅の生長は18°Cで最も速く、温度が20°Cに上昇または13, 8°Cおよび3°Cに下降するにともない低下し、特に8°Cおよび3°Cでは劣った。

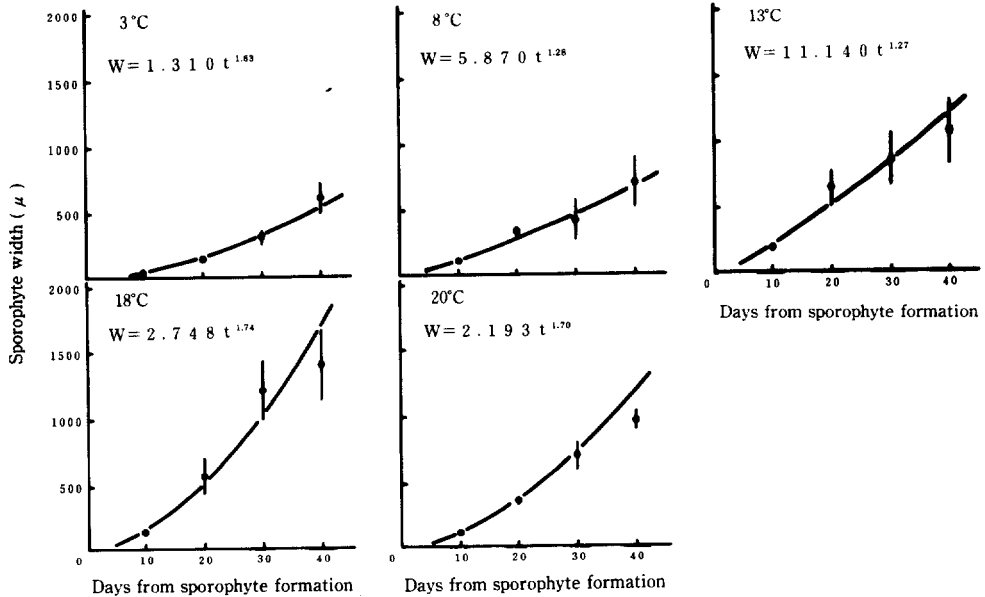


Fig. 8. *Laminaria japonica*. Growth of sporophyte width in culture at 3°C, 8°C, 13°C, 18°C and 20°C, with calculated curvilinear regressions. ◆ : mean ± standard errors.

リシリコンブ：放物線式のb値は、温度による差異が小さく、8°Cの1.94が最大で、最小を示した13°Cの1.69との差異は僅か0.25であった。これとは逆に、放物線式のa値は温度による差異が大きく、13°Cおよび18°Cで大きくそれぞれ3.250および2.209であり、最小は3°Cの0.540であった。Fig. 9に示すように、葉幅の生長は13°Cおよび18°Cがともによく両者は類似していた。リシリコンブの葉幅の生長は3°Cおよび8°Cで緩慢であり、特に3°Cで最も劣った。

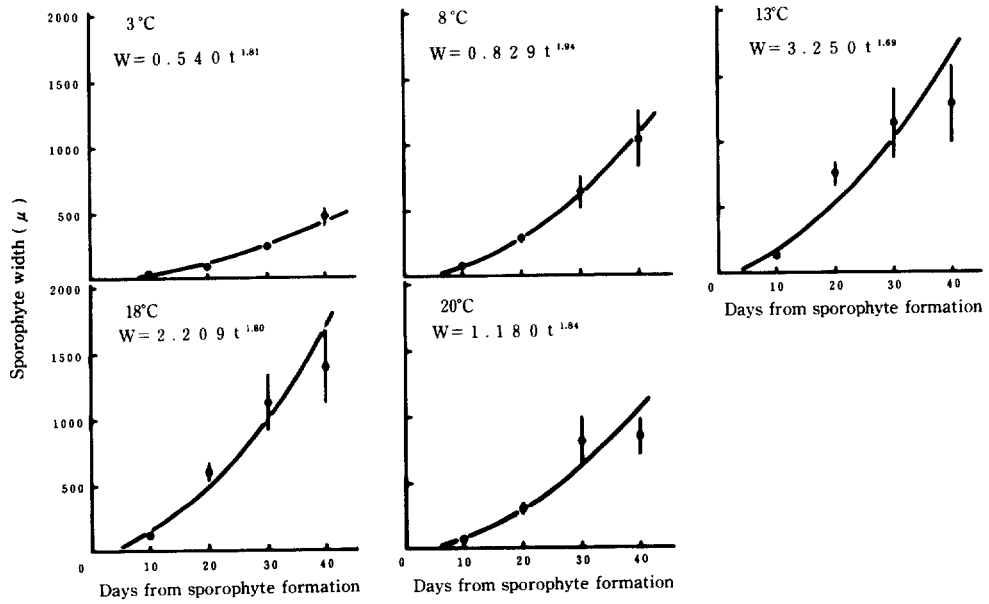


Fig. 9. *Laminaria ochotensis*. Growth of sporophyte width in culture at 3°C, 8°C, 13°C, 18°C and 20°C, with calculated curvilinear regressions.  $\bullet$  : mean  $\pm$  standard errors.

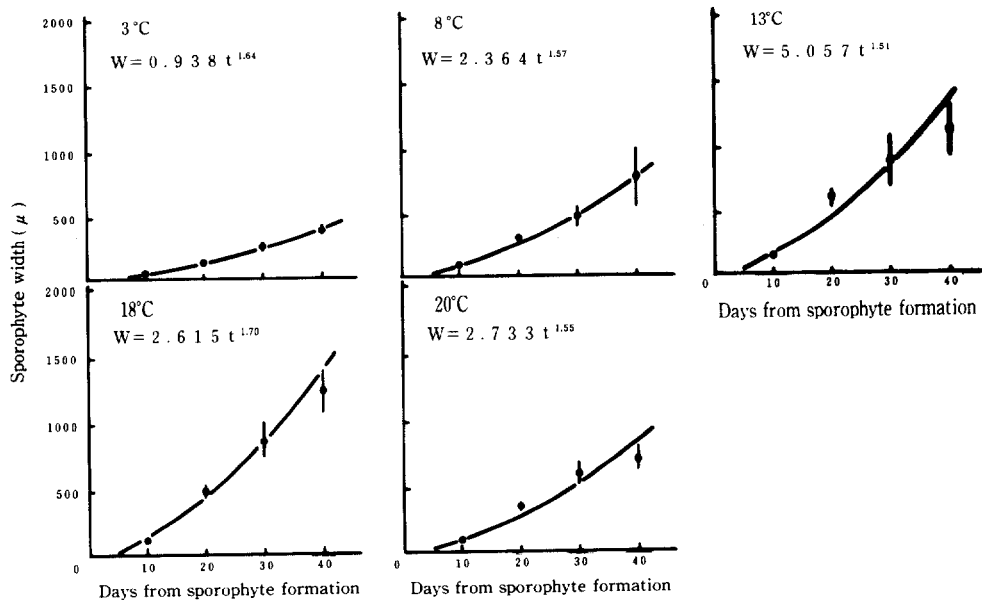


Fig. 10. *Laminaria diabolica*. Growth of sporophyte width in culture at 3°C, 8°C, 13°C, 18°C and 20°C, with calculated curvilinear regressions.  $\bullet$  : mean  $\pm$  standard errors.

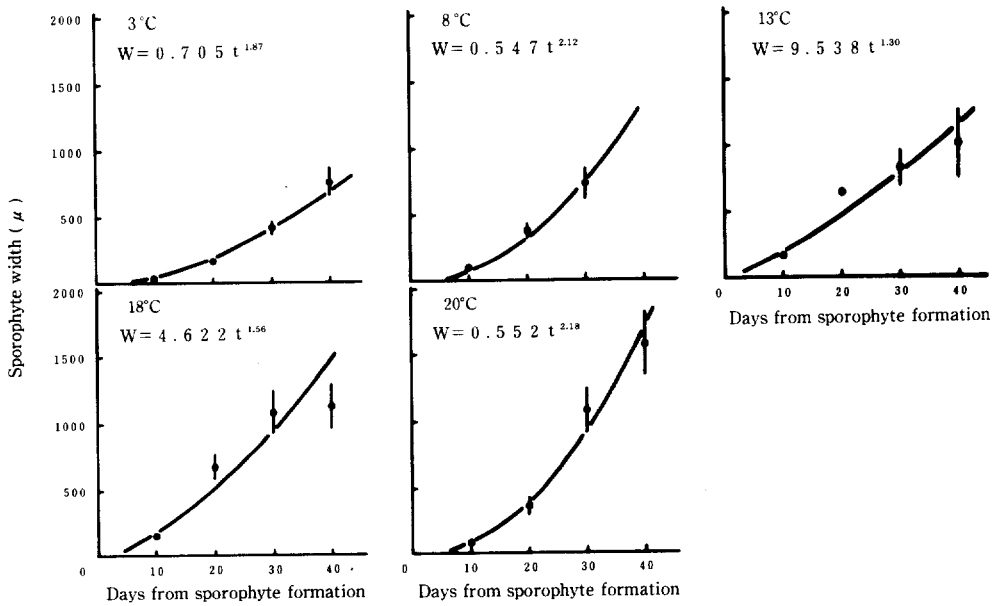


Fig. 11. *Laminaria religiosa*. Growth of sporophyte width in culture at 3°C, 8°C, 13°C, 18°C and 20°C, with calculated curvilinear regressions.  $\bullet$ : mean  $\pm$  standard errors.

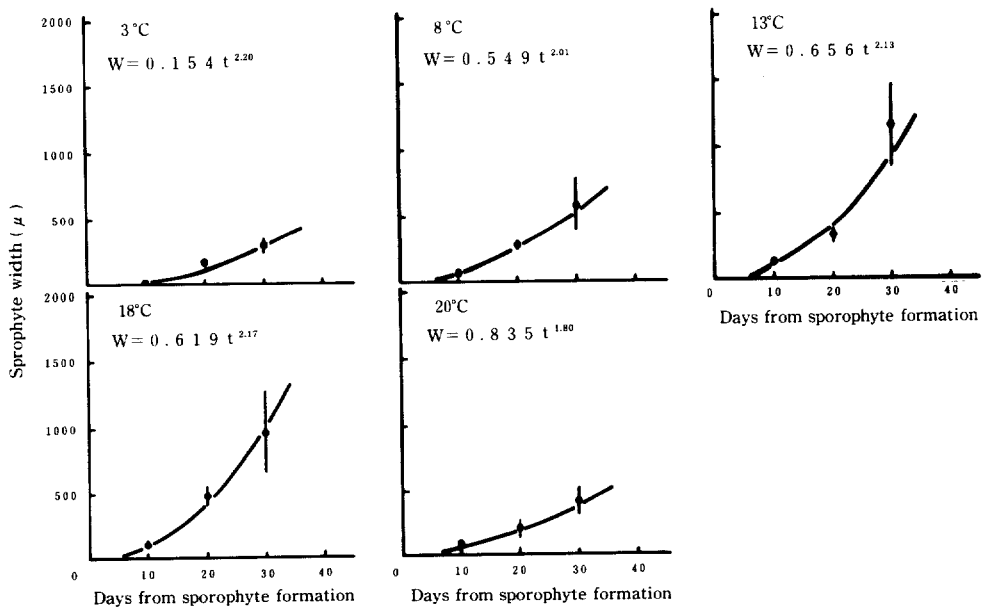


Fig. 12. *Laminaria angustata* var. *longissima*. Growth of sporophyte width in culture at 3°C, 8°C, 13°C, 18°C and 20°C, with calculated curvilinear regressions.  $\bullet$ : mean  $\pm$  standard errors.

**オニコンプ**：放物線式の  $b$  値は、最大が  $18^{\circ}\text{C}$  の 1.70、最小が  $13^{\circ}\text{C}$  の 1.15 であり、リシリコンプと同様に温度による差異は小さかった。  $a$  値は、  $13^{\circ}\text{C}$  が最も大きく 5.057、最小は  $3^{\circ}\text{C}$  の 0.983 で、温度による差異は大きかった。 Fig. 10 に示すように、葉幅の生長は  $18^{\circ}\text{C}$  および  $13^{\circ}\text{C}$  が速く、  $8^{\circ}\text{C}$  および  $20^{\circ}\text{C}$  が中間で、  $3^{\circ}\text{C}$  で最も劣り  $13^{\circ}\text{C}$  および  $18^{\circ}\text{C}$  での生長量のほぼ  $1/3$  であった。

**ホソメコンプ**：放物線式の  $b$  値は、  $20^{\circ}\text{C}$  が 2.18 で最も大きく、最小は  $13^{\circ}\text{C}$  の 1.30 であった。  $a$  値は、  $13^{\circ}\text{C}$  が最も大きく 9.535、次いで  $18^{\circ}\text{C}$  の 4.622 が大きく、その他の温度では総て 1.000 以下であった。 Fig. 11 に示すように、ホソメコンプは全般的に高温で生長がよい傾向がみられ、  $3^{\circ}\text{C}$  では生長が劣った。しかし、  $3^{\circ}\text{C}$  以外の温度間での差異は他のコンプほど明瞭ではなかった。

**ナガコンプ**：放物線式の  $b$  値は、  $3^{\circ}\text{C}$  が最大で 2.20、最小は  $20^{\circ}\text{C}$  の 1.80 であり、その差異はあまり大きくなかった。  $a$  値は、ナガコンプではいずれの温度でも 1,000 以下であり、実験した 5 種類のコンプのなかで最も小さい値を示した。 Fig. 12 に示したように、ナガコンプの葉幅の生長は、  $18^{\circ}\text{C}$  および  $13^{\circ}\text{C}$  でよく、  $20^{\circ}\text{C}$  および  $3^{\circ}\text{C}$  はともに劣った。しかし、低温の  $3^{\circ}\text{C}$  におけるナガコンプ葉幅の生長は、他の 4 種類に比べてよかった。

### 5. 葉幅の生長様式

実験開始後 10 日に、幼芽胞子体の葉幅 ( $W$ ) を測定するとともに、葉体中央部の横方向細胞数 ( $N$ ) を計測し、両者の 1 次回帰式  $N=a+bW$  への適合性を検定した。 Fig. 13 に示すように、相関係数はホソメコンプが 0.887 と多少低い値であったが、他のコンプは総て 0.900 以上であり、いずれも直線回帰式への高い有意度が認められ、葉長と同様に葉幅は葉体中央部の横方向細胞数と比例した。なお、1 次回帰式の係数  $b$  の値は、ナガコンプ、リシリコンプ、マコンプ、オニコンプおよびホソメコンプで、それぞれ 0.091, 0.088, 0.072, 0.071 および 0.069 であり、回帰直線の勾配はナガコンプが最大、ホソメコンプが最小であった。

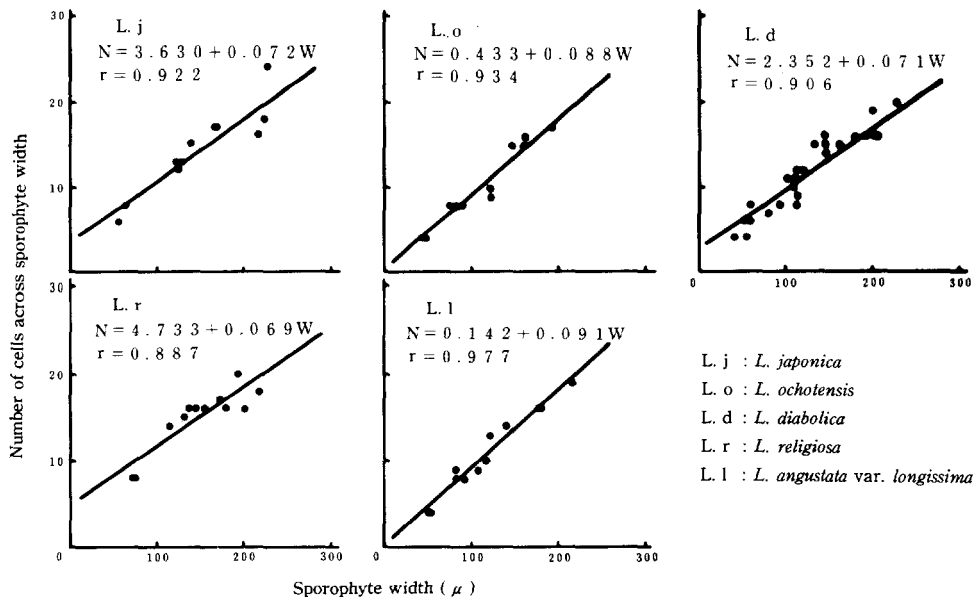


Fig. 13. The relationship of the width of each sporophytes to the number of cells across its width, with calculated regression lines.

## 6. 葉長と葉幅の相対生長

培養開始後10, 20, 30および40日に測定した葉長(L)と葉幅(W)との関係を種類別および温度別に Fig. 14~18 に示す。また、両者の関係をアロメトリー式 $W=bL^\alpha$  にあてはめて求めた b 及び  $\alpha$  の値を Table. 2 に示す。ここでは、主として相対生長係数  $\alpha$  の比較によって、葉長と葉幅との相対生長に及ぼす温度の影響を調べた。

Table 2. Values of the constants ( $\alpha$ , b) in allometric equation\* for the juvenile sporophytes of *Laminaria*.

Species	Temperature(°C)	$\alpha$	b
<i>L. japonica</i>	3	0.720	14.36
	8	0.647	31.70
	13	0.722	18.12
	18	1.011	2.00
	20	1.457	0.10
<i>L. ochotensis</i>	3	0.757	11.59
	8	0.725	20.97
	13	0.788	11.47
	18	1.064	1.32
	20	1.392	0.16
<i>L. diabolica</i>	3	0.800	8.79
	8	0.786	12.35
	13	0.940	3.13
	18	1.188	0.51
	20	1.431	0.13
<i>L. religiosa</i>	3	0.824	8.28
	8	0.771	12.20
	13	0.630	44.81
	18	0.891	5.09
	20	1.395	0.14
<i>L. angustata</i> var. <i>longissima</i>	3	0.673	15.67
	8	0.818	15.15
	13	1.068	2.66
	18	1.301	0.43
	20	1.301	0.60

\* $W=bL^\alpha$ , where W=blade width in micrometer, L=blade length in micrometer.

**マコブ**：葉長と葉幅の関係は 3, 8, 13, 18°C および 20°C の総てがアロメトリー式によくあてはまり、相関係数はいずれの温度でも 0.963 以上であった。なお、 $\alpha$  は 3, 8°C および 13°C では 1.000 以下であり葉長が優生長で細長型葉体に生長し、18°C および 20°C では  $\alpha$  が 1.000 以上で葉幅が優生長であり幅の広い葉体に生長した。

**リシリコブ**：葉長と葉幅の関係はマコブと同様に 3, 8, 13, 18°C および 20°C とともにアロメトリー式によくあてはまり、相関係数は高いずれの温度でも 0.972 以上であった。 $\alpha$  はマコブと同じく 3, 8°C および 13°C で 1.000 以下であり葉長が優生長、18°C および 20°C で 1.000 以上であり葉幅が優生長であった。

**オニコブ**：マコブおよびリシリコブと同様に、葉長と葉幅の関係は 3, 8, 13, 18°C および 20°C とともにアロメトリー式によくあてはまり、相関係数はいずれの温度でも 0.976 以上であった。 $\alpha$  はマコブおよびリシリコブと同じく 3, 8°C および 13°C で 1.000 以下であり葉長が優生長、18°C および 20°C では 1.000 以上で葉幅が優生長であった。

**ホソメコブ**：葉長と葉幅の関係は 3, 8, 13, 18°C および 20°C とともに他のコブと同様にアロメトリー式によくあてはまり、相関係数はいずれの温度でも 0.964 以上であった。ホソメコブは、上記 3 種とは多少異なり 3, 8, 13°C のほか 18°C でも葉長が優生長を示し、葉幅が優生長を示すのは 20°C のみであった。

**ナガコブ**：ナガコブの葉長と葉幅の関係も他のコブと同じく 3, 8, 13, 18°C および 20°C のすべてがアロメトリー式によくあてはまり、相関係数はいずれの温度でも 0.960 以上であった。ナガコブは、3°C および 8°C でのみ葉長が優生長で、13, 18°C および 20°C で葉幅が優生長であり、13°C でも葉幅が優生長を示した点で他のコブと異なっていた。

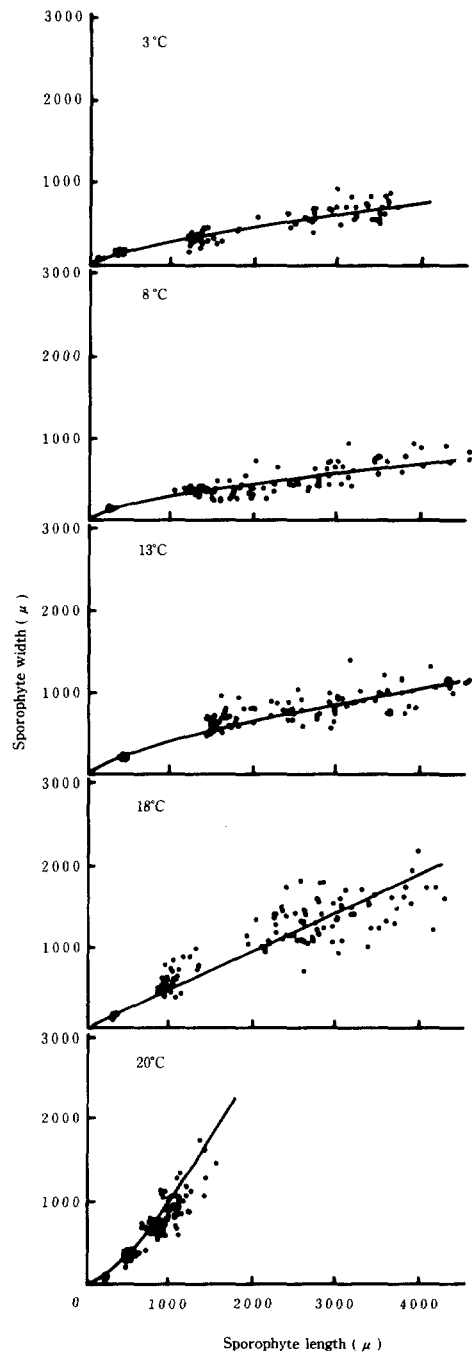


Fig. 14. *Laminaria japonica*. The width of each sporophyte plotted against its length with calculated curvilinear regressions.

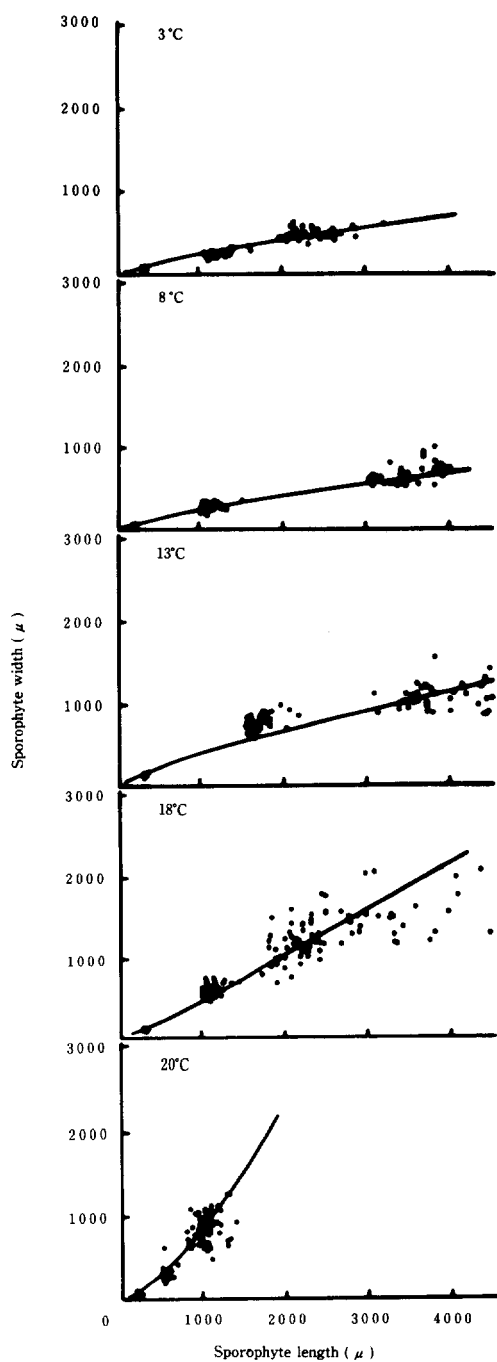


Fig. 15. *Laminaria ochotensis*. The width of each sporophyte plotted against its length with calculated curvilinear regressions.

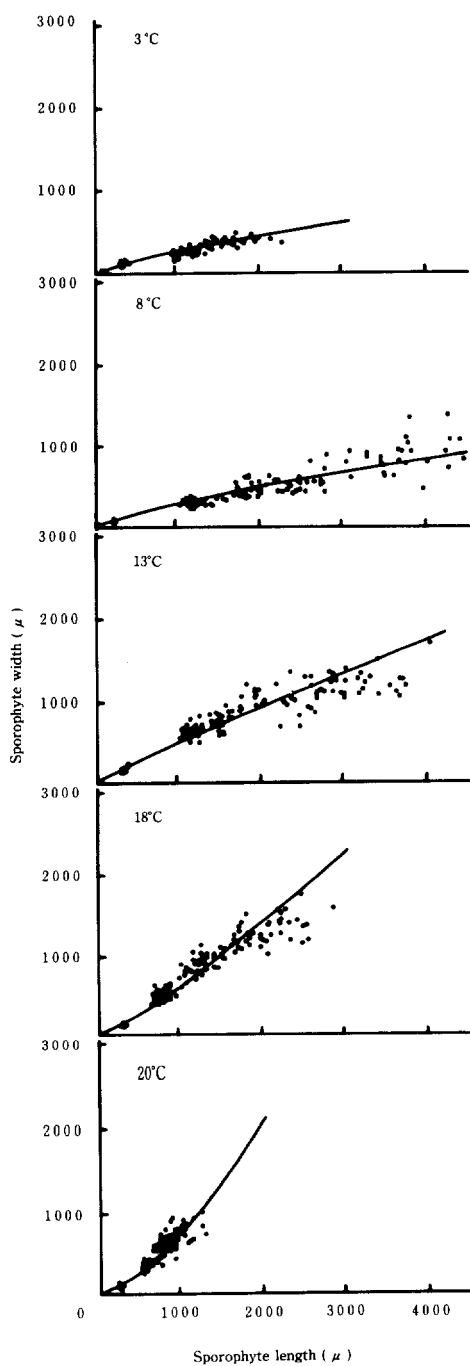


Fig. 16. *Laminaria diabolica*. The width of each sporophyte plotted against its length with calculated curvilinear regressions.

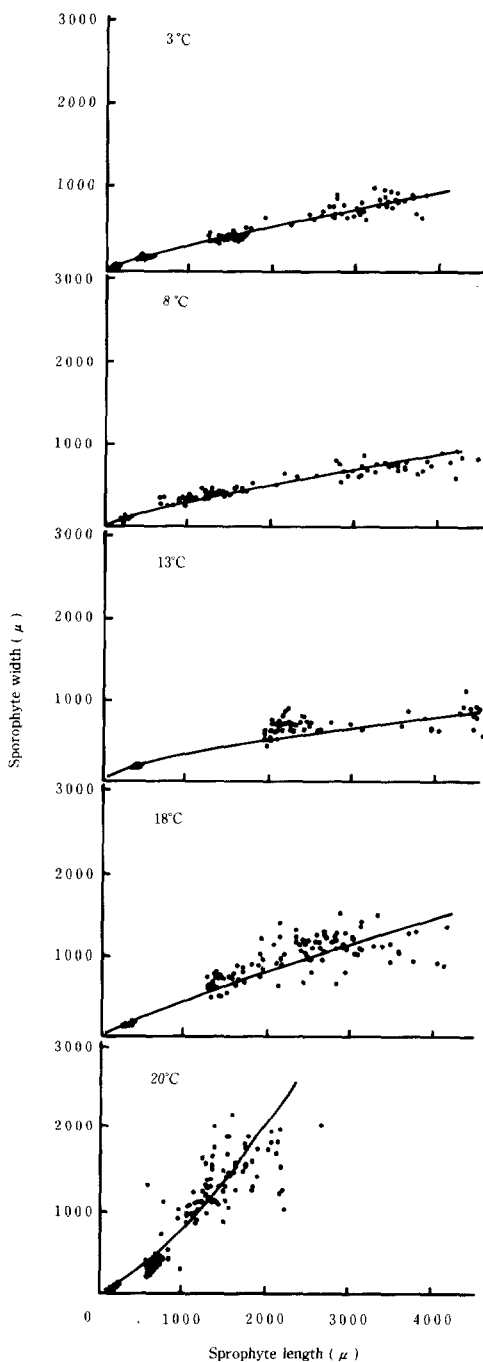


Fig. 17. *Laminaria religiosa*. The width of each sporophyte plotted against its length with calculated curvilinear regressions.

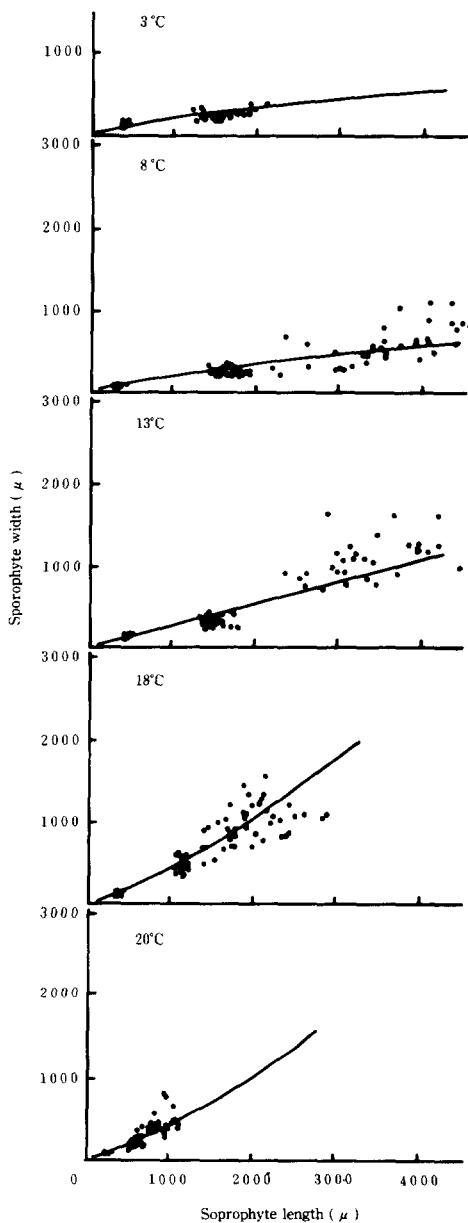


Fig. 18. *Laminaria angustata* var. *longissima*. The width of each sporophyte plotted against its length with calculated curvilinear regressions.



## 7. 芽胞体の多層化

コンブの芽胞体は、形成初期の微小な時期は単一細胞層から成るが、生長にともない葉状部と莖状部との境界部が多層となり、そこを中心に葉および莖の方向に向かって多層の部分広がりが全体が多層となる。ここでは、多層化が観察されるまでの培養日数ならびに多層化が始まったときの芽胞体の葉長および葉幅と温度との関係を種類別に検討した。

**マコンブ：**マコンブで多層となった芽胞体が最初に観察された培養日数は温度により異なり、13°Cおよび18°Cは20日目、8°Cおよび20°Cは30日目、そして3°Cは40日目であった。なお、多層化が始まったときのマコンブ芽胞体の葉長もまた温度により大きな差異があり、20°Cが最小で753 $\mu\text{m}$ 、8°Cが最大で3,339 $\mu\text{m}$ であり、前者は後者の1/5以下であった。また、芽胞体の多層化が始まったときの葉幅も温度により大きく異なり、最小は13°Cの304 $\mu\text{m}$ 、最大は18°Cの983 $\mu\text{m}$ であった。マコンブは低温より高温のほうが小さい葉長で多層化が始まる傾向がみられた。

**リシリコンブ：**多層となった芽胞体が最初に観察されたのは、8、13、18°Cおよび20°Cでは培養後20日であったが、3°Cはこれらに10日遅れた。なお、20°Cで培養したリシリコンブは葉長467 $\mu\text{m}$ 、葉幅334 $\mu\text{m}$ で初めて多層化した。これは本実験で最も小さい葉体で多層化した数値であった。多層化が始まった葉長は、8~18°Cではいずれも約1,000 $\mu\text{m}$ であり、大きな差異はみられなかった。しかし、これらの温度において、多層化の始まった葉幅は大きく異なり、13°Cは895 $\mu\text{m}$ であり8°Cの333 $\mu\text{m}$ の約2.5倍以上であった。なお、多層化が始まったときの芽胞体の大きさは、3°Cが最も大きく葉長895 $\mu\text{m}$ 、葉幅610 $\mu\text{m}$ であり、20°Cでの葉長および葉幅の、それぞれ4.6倍および1.8倍であった。リシリコンブもマコンブと同じく低温より高温において小さい葉体で多層化する傾向がみられた。

**オニコンブ：**多層となった芽胞体が最初に観察されたのは8、13°Cおよび18°Cでは20日目であったが、3°Cおよび20°Cでは芽胞体の生長が緩慢であり、培養40日後でも多層化した個体は認められなかった。オニコンブはマコンブと同じく多層化の始まったときの葉体は8°Cで最も大きく2,334 $\mu\text{m}$ であった。なお、13°Cおよび18°Cで多層化が始まったときの葉長は、それぞれ1,118 $\mu\text{m}$ および730 $\mu\text{m}$ であり、8°Cで多層化が始まったときの葉長の1/2以下であった。

**ホソメコンブ：**リシリコンブと同じく、芽胞体の多層化が最初に観察されたのは8、13、18°Cおよび20°Cでは培養後20日であったが、3°Cはこれらに10日遅れた培養後30日であった。多層化が始まったときの芽胞体の大きさは、他のコンブと同様にホソメコンブでも20°Cが最も小さく、葉長および葉幅は、それぞれ672 $\mu\text{m}$ および344 $\mu\text{m}$ であった。しかし、ホソメコンブでは多層化が始まったときの葉体が最も大きかったのは13°Cで、マコンブ、リシリコンブおよびオニコンブより温度は高く、このときの葉長および葉幅は、それぞれ2,322 $\mu\text{m}$ および858 $\mu\text{m}$ であった。なお、ホソメコンブは培養温度3、8°Cおよび18°Cでは葉長1,450 $\mu\text{m}$ 、葉幅500 $\mu\text{m}$ を上回ってから多層化が始まった。

**ナガコンブ：**リシリコンブおよびホソメコンブと同様に、芽胞体の多層化が最初に観察されたのは8、13、18°Cおよび20°Cでは培養後20日であった。しかし、培養温度3°Cでは30日目に芽胞体は平均葉長1,534 $\mu\text{m}$ 、平均葉幅273 $\mu\text{m}$ に達したが、多層化となった芽胞体は認められなかった。多層化が最初に観察された芽胞体の大きさは、他のコンブと同じくナガコンブも20°Cが最も小さく、このときの葉長および葉幅は、それぞれ669 $\mu\text{m}$ および344 $\mu\text{m}$ であった。ナガコンブで多層化が始まった葉体が最も大きかったのは、ホソメコンブと同じ13°Cであった。なお、13°Cでナガコンブの多層化が始まったときの大きさは葉長1,636 $\mu\text{m}$ 、葉幅512 $\mu\text{m}$ であり、多層化が始まったときナガコンブで最も小さかった20°Cでの大きさの約2倍に過ぎず、その差異は他のコンブほどは大きくなかった。

## 考 察

マコンプ、リシリコンプ、オニコンプ、ホソメコンプおよびナガコンプの幼芽胞体の葉長および葉幅の生長は、直線式および指数関数式より放物線式によくあてはまった。そこで、これをもとに葉長の生長解析を行い、いずれのコンプも葉長生長は、8°Cおよび13°Cで速く、20°Cおよび3°Cで緩慢であり、特に20°Cが最も劣ることを明らかにした。この傾向は、船野<sup>9)</sup>によるホソメコンプおよびKain<sup>10)</sup>によるヨーロッパ産コンプ *L. hyperborea* とほぼ同じであった。なお、培養30日目の温度別芽胞体の葉長から葉長生長の最適温度を推定したところ、北海道内では比較的水温が高い海域に生育するマコンプ、ホソメコンプおよびリシリコンプの葉長生長は、それぞれ11.7, 11.5°Cおよび11.4°Cであり、低水温域に生育するナガコンプおよびオニコンプの11.0°Cおよび10.8°Cに比べて高い値を示した。しかし、葉長生長の最適温度の種間差異は小さく最高のマコンプと最低のオニコンプとの差は1°C以下であった。一方、葉幅の生長には温度による種間差異が認められ、葉幅生長が速いのは、ホソメコンプは18°Cおよび20°C、マコンプは18°C、リシリコンプ、オニコンプおよびナガコンプは13°Cおよび18°Cであり、葉幅は葉長に比べ高い水温でよく生長する傾向がみられた。なお、葉幅生長が最も劣ったのは、いずれのコンプでも3°Cであり、葉長生長が20°Cで最も劣ったのとは対照的であった。

植物の生長は、細胞分裂による細胞数の増加と、細胞容積の増大とによって行なわれる<sup>11)</sup>。マコンプ、リシリコンプ、オニコンプ、ホソメコンプおよびナガコンプの総てにおいて、葉長と葉体中央部の縦方向細胞数とは温度に関係なく比例した。また、同様に葉幅も温度に関係なく、葉体中央部の横方向細胞数と比例した。これらのことは、幼芽胞体の葉長および葉幅の生長は、細胞容積の増大より細胞分裂が主体で起こること、この傾向すなわち細胞分裂速度が細胞容積増大速度を大きく上回ることは温度(3~20°C)によって変わらないことを示している。しかし、葉長および葉幅の生長速度そのものは温度によって大きく異なっており、縦方向および横方向の細胞分裂速度はともに、温度により大きく影響されることが明らかとなった。

葉形が細長い形になるか幅広の丸形になるかは、主として葉幅と葉長との相対生長すなわち縦方向の細胞分裂速度と横方向の細胞分裂速度との差異によって決定される。アロメトリー式  $W = bL^\alpha$  において、相対生長係数  $\alpha$  が1.00以上のときは葉幅が優生長となり、葉幅の葉長に対する相対生長が上回って芽胞体は丸形となるが、 $\alpha$  が1.00以下のときは葉幅が劣生長となり、芽胞体は細長形になる。本実験の結果、ホソメコンプは20°C、マコンプ、リシリコンプ、オニコンプは18°Cおよび20°C、ナガコンプは13, 18°Cで葉幅が優生長となった。このことは、今回実験したいずれのコンプも、高い温度において幅広で丸形に、低い温度で細長形になることを示している。なお、オニコンプの13°Cでのアロメトリー式の  $\alpha$  は0.94であり1.00に近似していた。これらのことから、北海道では比較的温度の高い海域に生育するホソメコンプは高温の20°Cでのみ丸形となり、13°Cでも丸形となった低温域に生育するオニコンプおよびナガコンプとは種間差異がみられた。なお、金子<sup>12)</sup>は天然礁に生育するリシリコンプの芽胞体は100細胞までは葉長方向の生長が主であると報告しているが、芽胞体が天然礁に発生する冬季は、低温であることも、このことに影響していると考えられる。

本実験により、培養温度がコンプ幼芽胞体の生長速度とともに葉形にも大きく影響することを明らかにした。なお、低温で培養した幼芽胞体は細長形となり、特に基部は細く色素も薄くなる(PLATE 1)。このような細長形の芽胞体がコンプ養殖の種苗として外海移植されたときは、その殆どが脱落すると考えられる。そこで、コンプ養殖の種苗生産では芽胞体を丸形に育成することが重要となる。

本実験では、マコンプ、リシリコンプ、オニコンプ、ホソメコンプおよびナガコンプの葉長生長の最適温度は10.8~11.7°Cであることを明らかにしたが、先にも述べたように、この温度では葉体が細長形に生長し問題がある。一方、高い温度での培養では時として病害が発生し問題となる。したがって、コンプ種苗生産にあたっては、幼芽胞体の生長条件のほか、これらの障害などを総合的に検討し、温度設定することが重要となる。

## PLATE 1

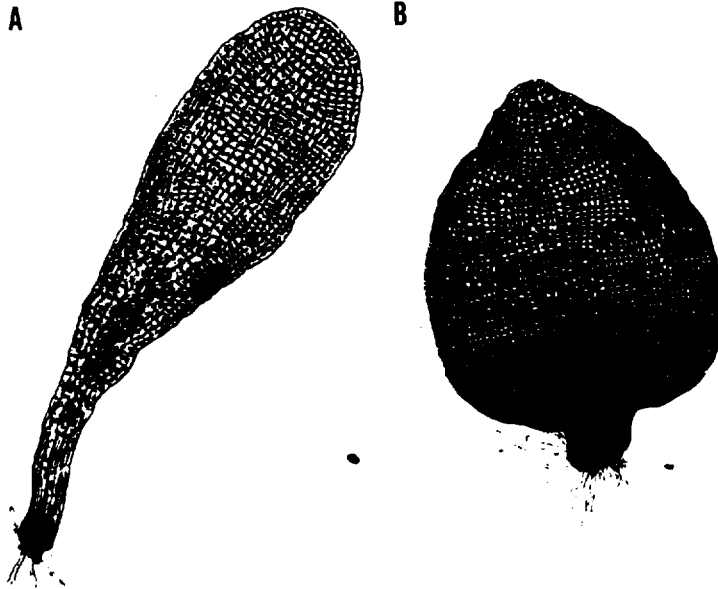


Fig. A. Photomicrograph of juvenile sporophyte of *Laminaria diabolica* Miyabe cultivated for 20 days at 3°C,  $\times 100$ .

Fig. B. Photomicrograph of juvenile sporophyte of *Laminaria diabolica* Miyabe cultivated for 20 days at 18°C,  $\times 100$ .

## 引用文献

- 1) Sanbonsuga, Y. (1984) : Cultivation and seedling production of brown algae in Japan. Bull. Hokkaido Reg. Fish. Res. Lab., 49, 79-83.
- 2) 菊地 省吾 (1978) : 海中林とその理論, 日本水産学会編, 増殖技術の基礎と理論, 68-78.
- 3) 山田 幸男 (1948) : コンブ, 理学モノグラフ10, 北方出版社, 札幌.
- 4) Sanbonsuga, Y. (1984) : Studies on the growth of forced *Laminaria*. Bull. Hokkaido Reg. Fish. Res. Lab., 1-78.
- 5) 岡田 行親・三本菅善昭 (1980) : コンブ類の雌性配偶体の生長と成熟に及ぼす温度の影響, 1マコンブ, リシリコンブ, オニココンブ, ホソメコンブおよびナガコンブについて, 北水研報告, 45, 51-56.
- 6) Provasoli, L. (1966) : Media and prospects for the cultivation of marine algae. 63-75. In Watanabe, A. and Hattori, A (Ed) *Cultivation and collection of alga*. Japan Soc. Plant Physiol.
- 7) 沼倉 三郎 (1956) : 測定値計算法, 森北出版, 東京.
- 8) 奥野 忠一 (1984) : 応用統計ハンドブック, 養賢堂, 東京.
- 9) 船野 隆 (1983) : ホソメコンブの生態, 第1報, 生活史と核相交番, および配偶体と幼胚体の生理生態, 北水試報, 25, 61-109.
- 10) Kain, J., M. (1969) : The biology of *Laminaria hyperborea*. V. Comparoson with early stages of competitors. J. mar. biol. Ass. 49, 455-473.
- 11) Edelman, J. and Black, M. (1970) : *Plant growth*. Heineman Education, London.
- 12) 金子 孝 (1973) : リシリコンブの天然における雌性配偶体および幼体の形態, 北水試報, 15, 1-7.