

磯焼け域と群落域におけるカジメの生長と光・水温条件との関係

霜村胤日人^{1, 2}・長谷川雅俊^{1, 3}

¹ 静岡県水産技術研究所伊豆分場 (〒415-0012 静岡県下田市白浜 251-1)

² 現所属: 静岡県産業部水産業局 (〒420-8601 静岡県静岡市葵区追手町 9-6)

³ 現所属: 静岡県水産技術研究所 (〒425-0033 静岡県焼津市小川 3690)

Tsuguhito Shimomura^{1, 2} and Masatoshi Hasegawa^{1, 3}: The relationships among the growth of *Ecklonia cava* sporophytes and light and water temperature in the “Isoyake area” and “*E. cava* beds area”. Jpn. J. Phycol. (Sôru) 56: 169–178, November 10, 2008

We investigated the growth of *Ecklonia cava* sporophytes under different conditions of light and water temperature at the *E. cava* beds area (Yatsu, Kawazu) and the Isoyake area (Katahama, Makinohara) to clarify the Isoyake factors. The daily growth rate of the stipe and central lamina was high from winter to spring and low from summer to autumn at both areas. It was considerably higher at Yatsu than at Katahama from winter to spring. In addition, the sporophyte size at Yatsu was larger than that at Katahama in the same year class. The light quantity at Yatsu ($8.0 \pm 4.8 \text{ mol m}^{-2} \text{ day}^{-1}$) was higher than that at Katahama ($2.3 \pm 2.6 \text{ mol m}^{-2} \text{ day}^{-1}$), but water temperature was not different between Yatsu ($20.7 \pm 3.7^\circ\text{C}$) and Katahama ($20.2 \pm 4.4^\circ\text{C}$). The relationships among the growth of 1-year-old sporophytes and light quantity and water temperature were analyzed. The daily increment of the stipe and central lamina tended to increase when water temperatures were below 20°C and the light quantity was moderately high; in contrast, it tended to be lower when temperatures were over 20°C and the light quantity was low. Therefore, the decline in the production of *E. cava* sporophytes because of the adverse changes in underwater light environment was regarded as the one of the Isoyake factors at Katahama.

Key Index Words: *Ecklonia cava*, growth, Isoyake, light quantity, water temperature

¹Sizuoka Prefectural Research Institute of Fishery Izu Branch, 251-1, Shirahama, Shimoda-city, Shizuoka, 415-0012 Japan

²Present address: Fishery Division, Industry Department, Sizuoka Prefectural Government, 9-6, Outemachi, Aoi-ku, Shizuoka-city, Shizuoka, 425-0033 Japan

³Present address: Sizuoka Prefectural Research Institute of Fishery, 3690, Kogawa, Yaizu-city, Shizuoka, 425-0033 Japan

緒言

近年、藻場が大規模に衰退し、沿岸の水産資源や漁業に悪影響を及ぼす磯焼け現象が日本沿岸各地で確認されており、社会問題化している。静岡県牧之原市から御前崎市にかけての榛南海域 (Fig. 1) では、かつて褐藻コンブ目コンブ科のカジメ *Ecklonia cava* Kjellman およびサガラメ *Eisenia arborea* Areschoug の広大な優占群落が見られ (長谷川 1996a, 1996b), その規模は 7,891 ha で一続きの藻場としては国内最大とされていた (環境庁 2000)。しかし、1980 年代後半に同海域の一部で群落が衰退し始め、1989 年頃には全域に広がり (長谷川 1996a, 1996b, 関山ら 1999), その後群落は完全に消失した (長谷川ら 2003)。同海域ではこれまでにカジメおよびサガラメ群落の自然回復の兆候はなく、これに伴い沿岸の採貝藻漁業は低迷するなど磯焼けが長期間持続している (長谷川 1999)。

磯焼けは海洋条件の変化や人為的な環境変化などに由来する様々な要因が複雑に作用して生じるものと考えられており、近年では藻食性動物による海藻類に対する食圧もその要因の一つと指摘されている (水産庁 2007)。榛南海域では磯焼けの進行過程においてカジメおよびサガラメに対するアイゴ *Siganus*

fuscescens の食害が報告されており (増田ら 2000, 堀内・中山 2000), 長谷川ら (2003) は磯焼けの進行と持続についてアイゴの食害の関与を定性的に明らかにしている。

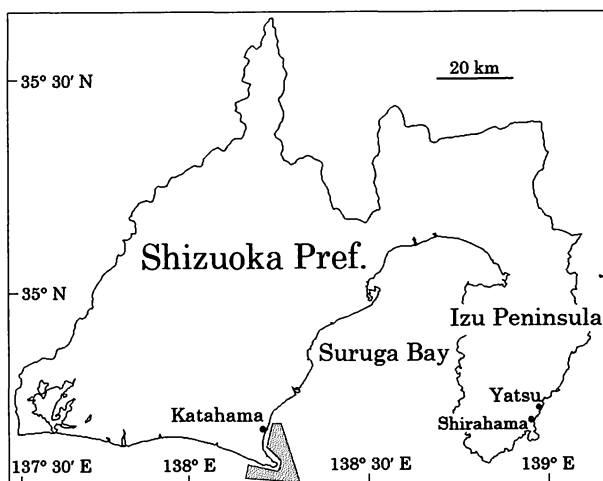


Fig. 1. Map showing the study sites along the Pacific coast in Shizuoka Prefecture, Japan. The gray zone indicates the Hainan sea area.

一方、カジメまたはサガラメ胞子体の生理生態的な観点から、樺南海域の磯焼けの要因について検討した例はこれまでにない。海藻類の生育を制限し得る物理化学的な条件のうち、光や水温は最も重要であり、これらの生育条件と海藻類の生長や生産力との関係を明らかにすることは磯焼けの機構を理解する上で重要な意義を持つものと考えられる。しかし、海藻類の生理生態に対する光と水温の複合的な影響を調査し、その実験的根拠に基づく海藻群落の生産力や磯焼けの機構に対する見解は少ないのが現状である。わずかに倉島ら（1996）がカジメと近縁のアラメ *Eisenia bicyclis* Setchell の光と温度に対する生理特性を室内実験により明らかにし、自然環境下での光と水温の変化が群落の生産力に及ぼす影響を、本多（1996）が数理モデルを用いてカジメ群落の生産力に対する光と温度の複合的な影響を推察しているのみである。

そこで、筆者らは天然群落域と磯焼け域に設置した人工藻場に生育するカジメ胞子体の生長過程と光量・水温環境を長期にわたり調査したところ幾つかの知見が得られ、カジメの生理生態的な観点から樺南海域の磯焼けの要因を推察したので報告する。

材料と方法

1. カジメ胞子体の生長

調査地は、静岡県河津町谷津地先の水深約 10 m の天然岩盤に形成されているカジメ群落、および同県牧之原市片浜地先の水深約 10 m に造成された人工藻場とした（Fig. 1）。調査対象のカジメは、両地先で 2001 年および 2002 年に発出した年級群とした（以下それぞれ 2001 年級群、2002 年級群とする）。片浜地先の人工藻場は、幅 1.2 m × 長さ 1.5 m × 高さ 1.0 m の N 型コンクリートブロック 60 基からなる。これらのコンクリートブロックは 1999 年 10 月に同県下田市白浜地先（Fig. 1）の海底に仮置きして、カジメを天然採苗させ、さらに 1 歳以上の成体カジメを付着させた後、2000 年 3 月に移設された。

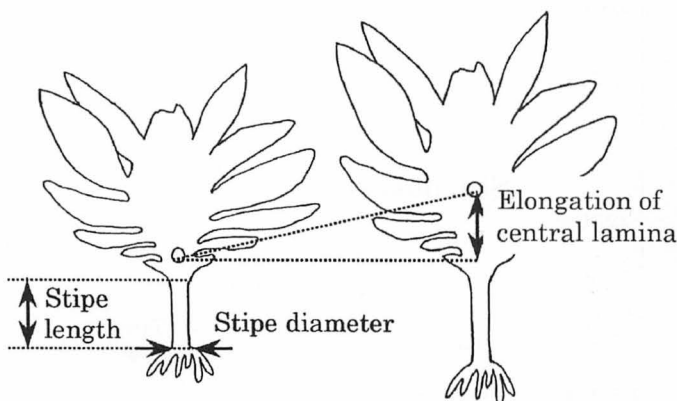


Fig. 2. The measurements of the stipe and central lamina and the estimation of the central lamina elongation.

片浜地先で調査対象としたカジメはこれらの移殖カジメに由来し、同地先で発出した個体である。胞子体の形態測定は、谷津地先では 2002 年 6 月 17 日から 2004 年 5 月 7 日までに計 15 回、片浜地先では 2002 年 7 月 22 日から 2004 年 5 月 19 日までに計 16 回、1～3 ヶ月に 1 回の間隔で SCUBA 潜水により実施した。胞子体の仮根部には個体ごとに標識（番号札、コクヨ、45 mm × 30 mm × 2.5 mm、スチロール樹脂）を付けた。測定部位は茎径（仮根部直上の長径）および茎長とした（Fig. 2）。これに加え、本種の茎状部の体積は、その形状を便宜的に四角柱で考えて、茎長 × （茎径の二乗）で求めた。さらに、自然凋落が生じる中央葉の生長は、茎状部上端から中央葉上部に向かって 2 cm の位置に直径 5 mm の穴を随時あけ、穴の移動距離を測定し（Fig. 2）、その積算値を中央葉の生長量として把握した。茎径、茎長および茎体積の生長速度と中央葉の生長速度は、関山ら（1998）に従い 5 次または 6 次の多項式で回帰した生長曲線を微分して求めた。

2. カジメ胞子体の生育環境（光量・水温）

両地先の水中における光量と水温の測定のため、カジメの測定場所に記録式の光量子計（MDS-MkV/L、アレック電子株式会社）と水温計（MDS-MkV/T、アレック電子株式会社）を設置し（Fig. 3）、1 分間隔で水中光量と水温を測定して、日積算水中光量と日平均水温を求めた。計器の設置期間は、谷津地先では 2002 年 6 月 20 日から 2004 年 10 月 16 日まで、片浜地先では 2002 年 8 月 8 日から 2004 年 11 月 3 日までとした。計器の交換は、原則としてカジメの測定ごとに実施した。光量子計については、受光面に無節サンゴモ類など藻類の付着がみられたため、測定された光量を補正した。補正のため、設置していた計器の交換直前の 10 分間の平均光量と新たな計器の設置直後の 10 分間の平均光量との差を求め、その差と設置期間から便宜的に直線的な減衰率を求めた。また、両地先の陸上における光量の測定のため、下田市白浜の静岡県水産技術研



Fig. 3. Measurements of light quantity and water temperature by data loggers.

究所伊豆分場の屋上高さ約 12 m (谷津地先の代替地点) と、牧之原市片浜の相良漁業協同組合の屋上高さ約 10 m (片浜地先の代替地点) に同型の光量子計を設置し、1 分間隔で陸上光量を測定して、日積算陸上光量を求めた。計器の設置期間は、白浜では 2002 年 6 月 20 日から 2004 年 5 月 17 日まで、片浜では 2002 年 7 月 23 日から 2004 年 4 月 30 日までとした。また、陸上と比較してカジメの生育水深における光量の減衰状況を示す値として日積算水中光量/日積算陸上光量を求めた。

3. カジメ胞子体の生長と光量・水温との関係

本種の成熟および遊走子の放出は夏季から秋季にかけて盛んであることから (寺脇 1993), 加齢時期を 10 月と仮定したときの 0 歳および 1 歳のカジメ胞子体の生長と光量・水温との関係を検討した。すなわち、測定間隔ごとに各部位の平均日間生長量 (生長量/測定間隔日数), 日積算水中光量および日平均水温の平均値を求め、両地先のデータを複合して 3 次元的に分析した。

結果

1. カジメ胞子体の生長

両地先でのカジメ胞子体の測定個体数を Table 1 に示した。谷津の 2001 年級群は、2003 年 6 月 3 日にほとんどの標識個体が流失または枯死していたために、以降の測定を実施しなかった。

谷津の 2001 年級群では、茎径は測定開始 (2002/6/17) の 5.9 ± 1.4 mm (平均 $\pm$ 標準偏差, 以下同様) から 268 日後 (2003/3/12) に 14.1 ± 3.4 mm になり、茎長は同様に 7.7 ± 4.1 cm から 39.4 ± 17.1 cm に、茎体積は 3.3 ± 3.4 cm³ から 94.5 ± 61.5 cm³ になった (Fig. 4)。また、中央葉積算介在生長量は測定開始 (2002/6/17) から 268 日後 (2003/3/12) に 36.1 ± 10.5 cm になった (Fig. 4)。

谷津の 2002 年級群では、茎径は測定開始 (2003/3/12) の 3.7

± 1.1 mm から 423 日後 (2004/5/7) に 15.3 ± 3.4 mm になり、茎長は同様に 2.2 ± 0.8 cm から 36.2 ± 21.8 cm に、茎体積は 0.4 ± 0.3 cm³ から 105.7 ± 102.9 cm³ になった (Fig. 5)。また、中央葉積算介在生長量は測定開始 (2003/3/12) から 423 日後 (2004/5/7) に 63.0 ± 2.3 cm になった (Fig. 5)。

片浜の 2001 年級群では、茎径は測定開始 (2002/8/7) の 3.6 ± 1.0 mm から 651 日後 (2004/5/19) に 14.8 ± 3.2 mm になり、茎長は同様に 1.8 ± 0.8 cm から 18.6 ± 10.7 cm に、茎体積は 0.3 ± 0.3 cm³ から 51.1 ± 43.5 cm³ になった (Fig. 4)。また、中央葉積算介在生長量は測定開始 (2002/7/22) から 667 日後 (2004/5/19) に 66.6 ± 6.6 cm になった (Fig. 4)。

片浜の 2002 年級群では、茎径は測定開始 (2003/8/5) の 2.6 ± 0.6 mm から 288 日後 (2004/5/19) に 9.5 ± 2.0 mm になり、茎長は同様に 1.2 ± 0.5 cm から 8.5 ± 4.4 cm に、茎体積は 0.1 ± 0.1 cm³ から 9.4 ± 8.8 cm³ になった (Fig. 5)。また、中央葉積算介在生長量は測定開始 (2003/1/31) から 474 日後 (2004/5/19) に 53.7 ± 5.8 cm になった (Fig. 5)。

2001 年級群の胞子体各部位の生長速度を Fig. 6 に、2002 年級群の生長速度を Fig. 7 に示した。2001 年級群の各部位の生長速度は、両地先ともに冬季から春季にかけて速く、夏季から秋季にかけて遅かった。また、両地先のデータが重複する期間において、茎体積の生長速度は谷津が片浜を上回り、中央葉の介在生長速度は両地先でほぼ同様の傾向を示した。2002 年級群の各部位の生長速度は、基本的には両地先ともに冬季から春季にかけて速く、夏季から秋季にかけて遅かったが、中央葉の介在生長速度については、片浜で 2003 年の冬季から春季にかけて遅かった。また、両地先のデータが重複する期間において、茎体積の生長速度は谷津が片浜を上回り、中央葉の介在生長速度は 2003 年の冬季から春季にかけては谷津が片浜を、2004 年の冬季から春季にかけては片浜が谷津を上回った。

Table 1. The number of *Ecklonia cava* sporophytes that we measured.

Yatsu			Katahama		
Date	Year class		Date	Year class	
(m/d/y)	2001	2002	(m/d/y)	2001	2002
6/17/02	17	-	7/22/02	27	-
7/8/02	17	-	8/7/02	27	-
7/30/02	17	-	10/24/02	16	-
9/11/02	17	-	11/20/02	18	-
10/31/02	17	-	12/24/02	12	-
12/12/02	17	-	1/31/03	20	20
1/21/03	18	-	5/22/03	16	28
3/12/03	18	12	6/25/03	16	27
6/3/03	-	15	7/18/03	9	28
7/8/03	-	14	8/5/03	9	28
9/9/03	-	15	9/18/03	8	27
12/18/03	-	15	11/4/03	8	27
1/26/04	-	16	12/19/03	8	25
3/15/04	-	16	1/20/04	8	27
5/7/04	-	5	3/11/04	8	26
			5/19/04	8	26

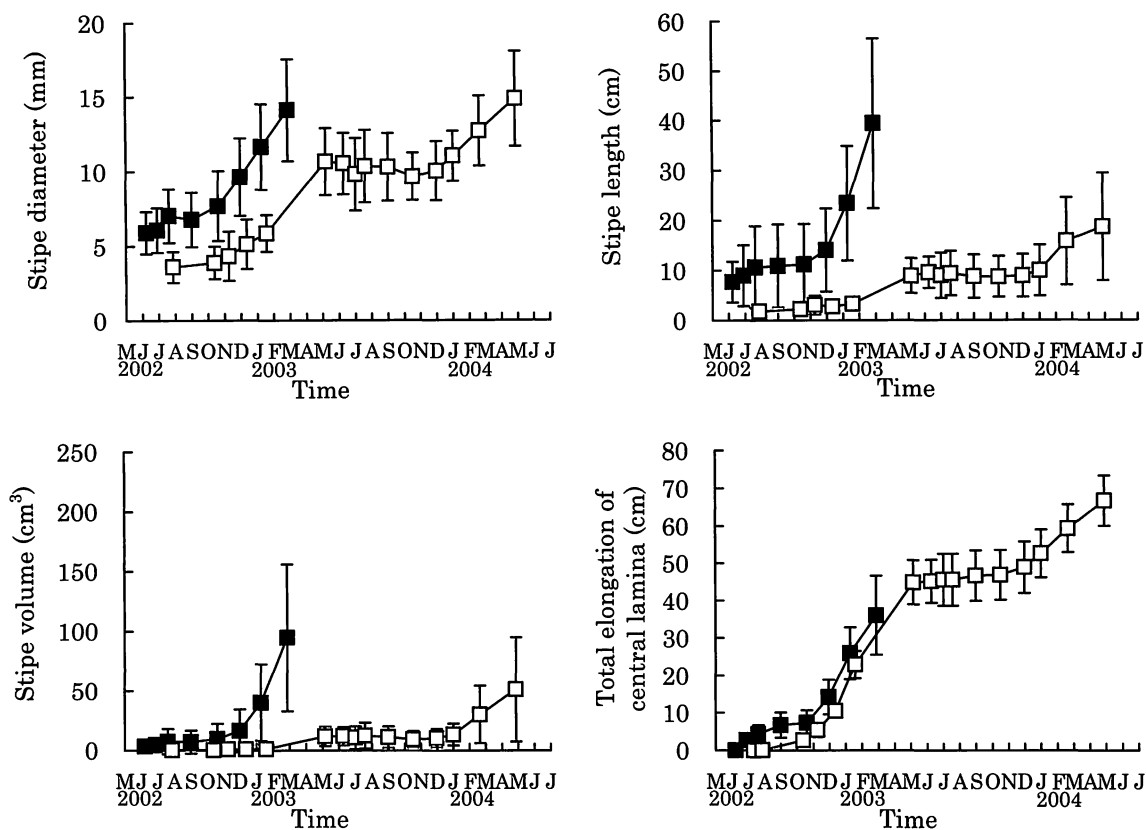


Fig. 4. The growth of 2001 year class sporophytes at Yatsu (■) and Katahama (□).

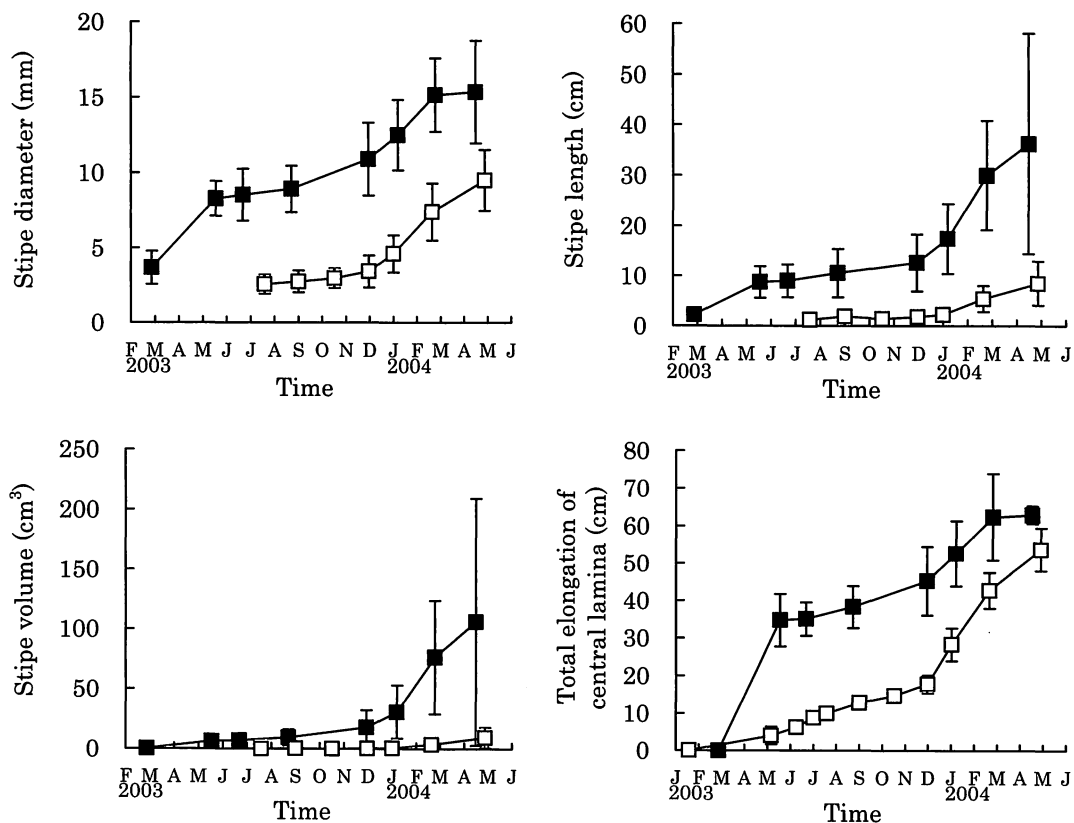


Fig. 5. The growth of 2002 year class sporophytes at Yatsu (■) and Katahama (□).

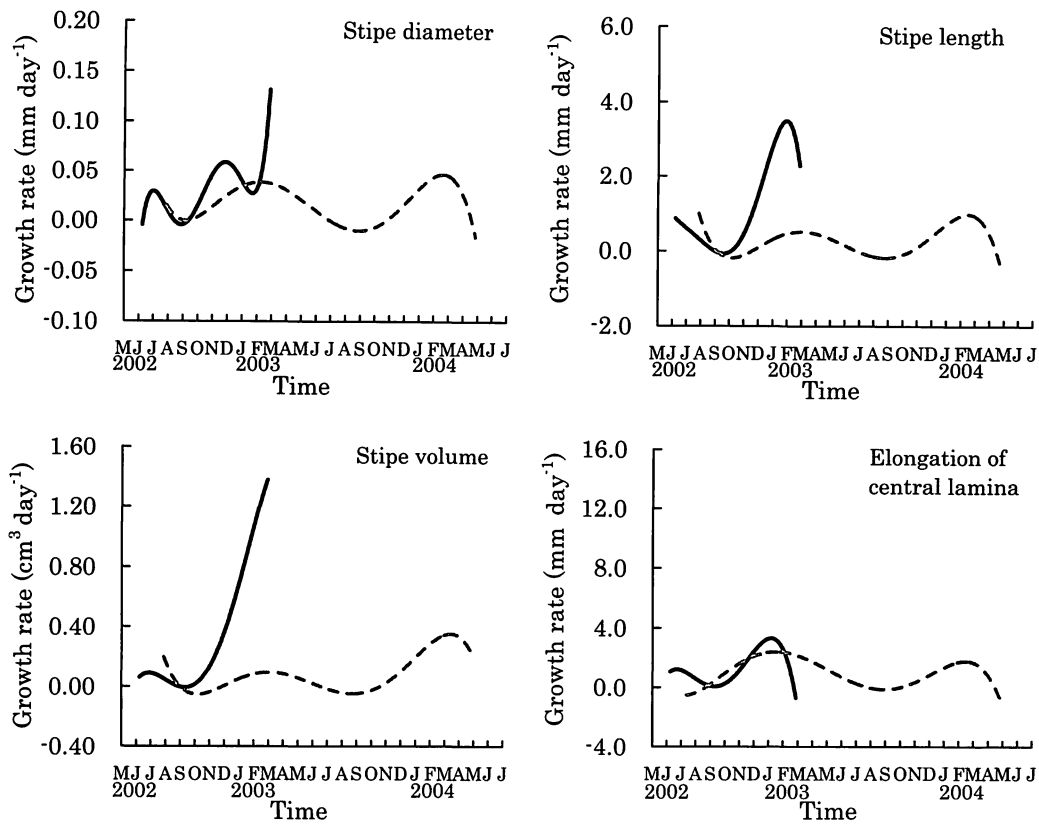


Fig. 6. The growth rate of 2001 year class sporophytes at Yatsu (solid line) and Katahama (broken line).

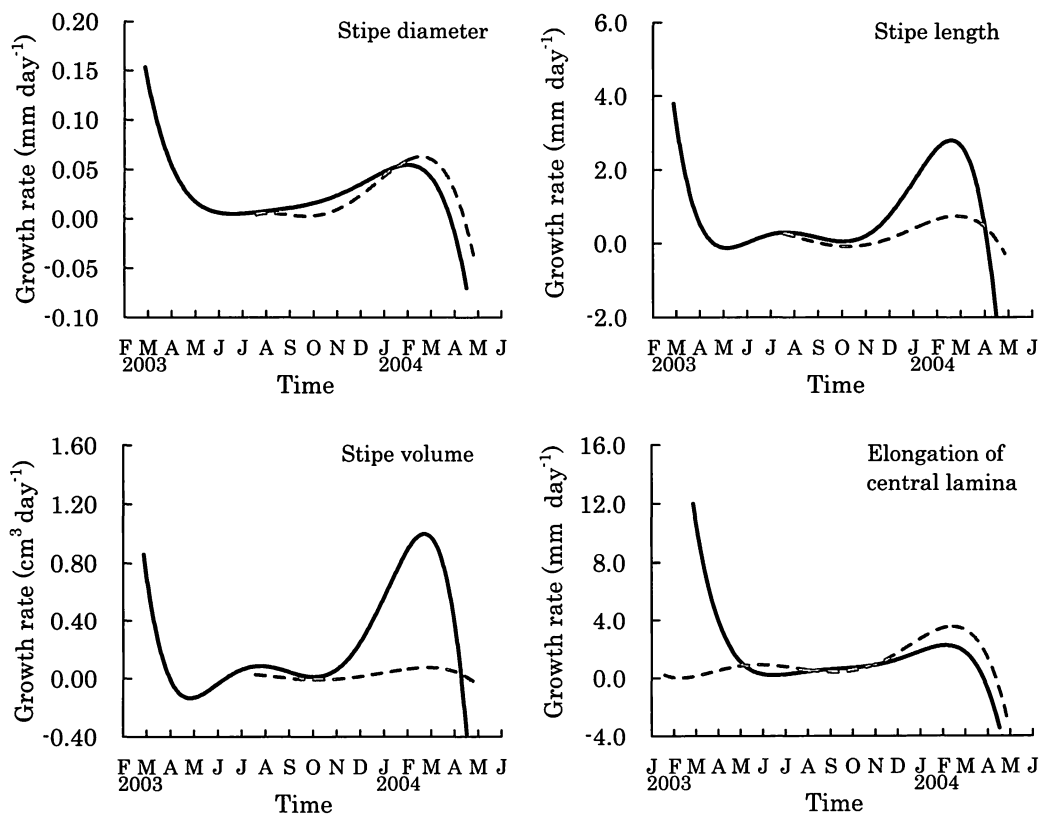


Fig. 7. The growth rate of 2002 year class sporophytes at Yatsu (solid line) and Katahama (broken line).

2. カジメ胞子体の生育環境 (光量・水温)

両地先の日積算水中光量を10日移動平均でFig. 8に示した。データの欠測した期間は、谷津で2003年10月9日から12月18日まで、片浜では2004年1月4日から19日までであった。日積算水中光量は、設置期間のうち両地先のデータが重複する全期間において谷津で $8.0 \pm 4.8 \text{ mol m}^{-2} \text{ day}^{-1}$ 、片浜では $2.3 \pm 2.6 \text{ mol m}^{-2} \text{ day}^{-1}$ であった。

両地先の日平均水温を10日移動平均でFig. 9に示した。データの欠測した期間は、片浜で2003年10月2日から11月4日まで、および2004年3月11日から5月19日までであった。日平均水温は、設置期間のうち両地先のデータが重複する全期間において谷津で $20.0 \pm 3.7^\circ\text{C}$ 、片浜では $20.2 \pm 4.4^\circ\text{C}$ であった。なお、2002年10月1日から2003年9月30日までの1年間に3ヶ月間の日平均水温は、10月1日から12月31日までは谷津で $19.6 \pm 2.7^\circ\text{C}$ 、片浜では $19.1 \pm 3.2^\circ\text{C}$ 、1月1日から3月31日までは谷津で $15.6 \pm 0.8^\circ\text{C}$ 、片浜では $14.8 \pm 0.9^\circ\text{C}$ 、4月1日から6月30日までは谷津で $18.6 \pm 2.5^\circ\text{C}$ 、片浜では $19.0 \pm 2.2^\circ\text{C}$ 、7月1日から9月30日まで

は谷津で $22.7 \pm 1.5^\circ\text{C}$ 、片浜では $23.1 \pm 1.3^\circ\text{C}$ であった。

両地先の代替地点における日積算陸上光量を10日移動平均でFig. 10に示した。日積算陸上光量は、設置期間のうち両地点のデータが重複する全期間において白浜で $43.1 \pm 20.6 \text{ mol m}^{-2} \text{ day}^{-1}$ 、片浜では $48.8 \pm 23.0 \text{ mol m}^{-2} \text{ day}^{-1}$ であった。

両地先の光量の減衰状況を10日移動平均でFig. 11に示した。日積算水中光量/日積算陸上光量の値は、両地先のデータが重複する全期間において谷津で 0.17 ± 0.06 、片浜では 0.05 ± 0.04 であった。

3. カジメ胞子体の生長と光量・水温との関係

0歳カジメの胞子体各部位の生長と光・水温条件との関係をFig. 12に示した。各部位について、明瞭な傾向はデータ数の不足のため見出せなかったが、茎径および茎長の平均日間生長量、ならびに中央葉の平均日間生長量の最大値はそれぞれ谷津地先の 0.06 mm day^{-1} 、 0.8 mm day^{-1} および 4.2 mm day^{-1} であり、その条件はいずれも 17.1°C 、 $7.6 \text{ mol m}^{-2} \text{ day}^{-1}$ であった。また、茎体積の平均日間生長量の最大値は

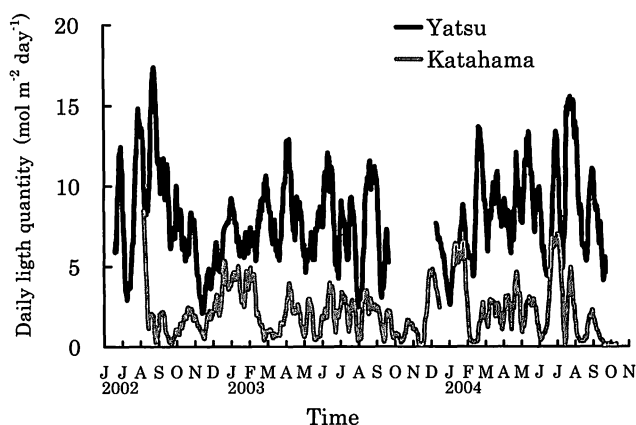


Fig. 8. Seasonal changes in the daily underwater light quantity at Yatsu and Katahama.

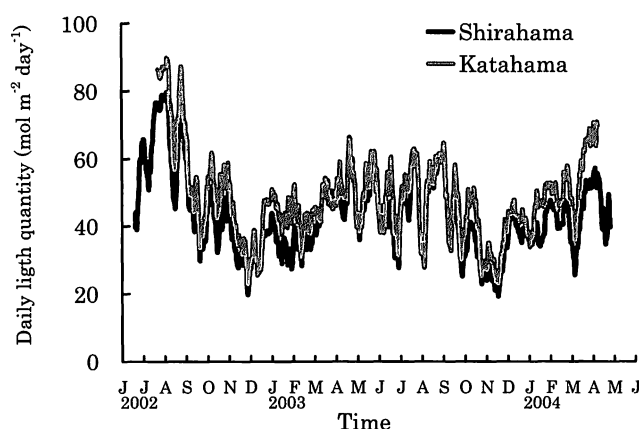


Fig. 10. Seasonal changes in the daily light quantity on land at Shirahama and Katahama.

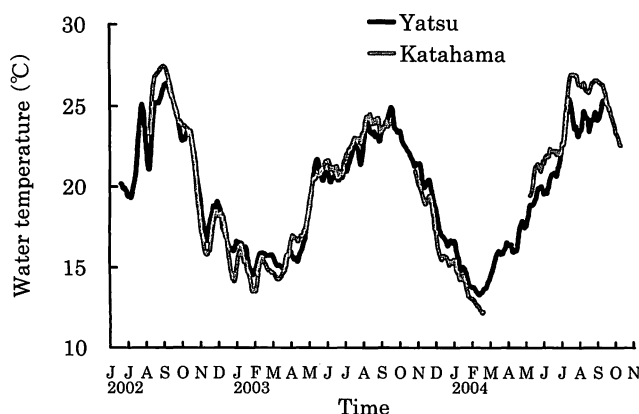


Fig. 9. Seasonal changes in the water temperature at Yatsu and Katahama.

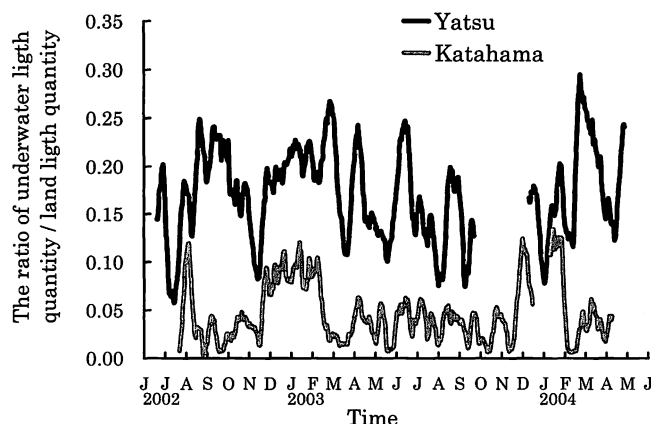


Fig. 11. Seasonal changes in the ratio of underwater light quantity/land light quantity.

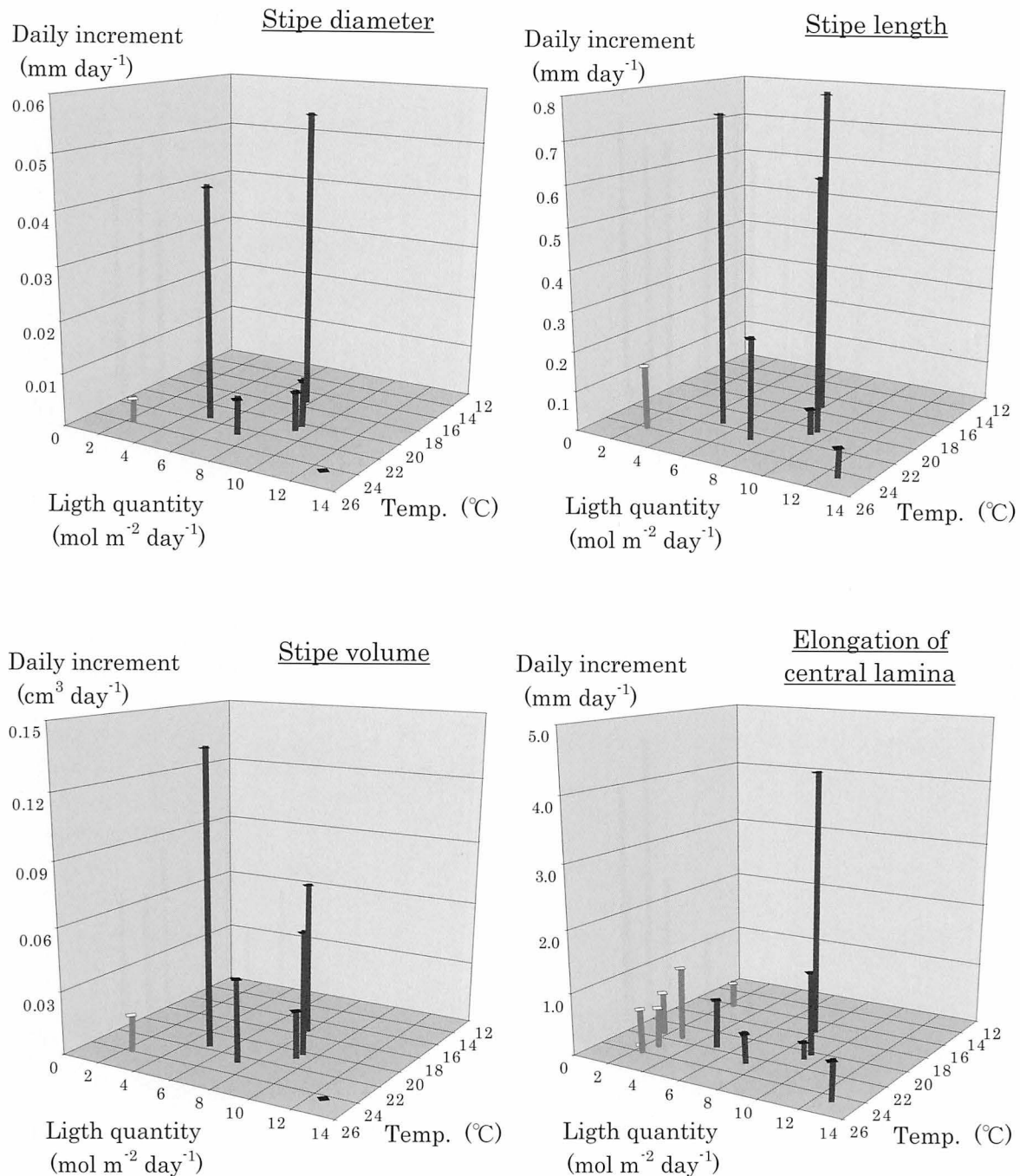


Fig. 12. Relationships among the daily increment of 0-year-old sporophytes, light and water temperature. The black and gray bars show the relationships for data by Yatsu and Katahama, respectively.

谷津地先の $0.14 \text{ cm}^3 \text{day}^{-1}$ であり、その条件は 21.3°C , $4.8 \text{ mol m}^{-2} \text{day}^{-1}$ であった。

1歳カジメの胞子体各部位の生長と光・水温条件との関係を Fig. 13 に示した。谷津地先のデータは全て $4.5 \text{ mol m}^{-2} \text{day}^{-1}$ よりも高光量に、片浜地先のデータは全てそれよりも低光量にプロットされた。茎径の平均日間生長量は 20°C よりも低水温において谷津地先の方が片浜地先よりも相対的に大きかった。平均日間生長量が 0.01 mm day^{-1} 未満と低い値であつ

た条件は $15.8 \sim 23.8^{\circ}\text{C}$, $1.5 \sim 8.2 \text{ mol m}^{-2} \text{day}^{-1}$ で、主に高水温、低光量期間に集中していた。一方、 0.05 mm day^{-1} 以上と高い値であつた条件は $13.2 \sim 16.6^{\circ}\text{C}$, $3.1 \sim 7.7 \text{ mol m}^{-2} \text{day}^{-1}$ で、低水温、中～高光量期間であつた。茎長の平均日間生長量は 20°C よりも低水温において谷津地先の方が片浜地先よりも相対的に大きかった。平均日間生長量が 0.3 mm day^{-1} 未満と低い値であつた条件は $15.2 \sim 23.8^{\circ}\text{C}$, $1.5 \sim 4.0 \text{ mol m}^{-2} \text{day}^{-1}$ で、主に高水温、低光量期間に集中してい

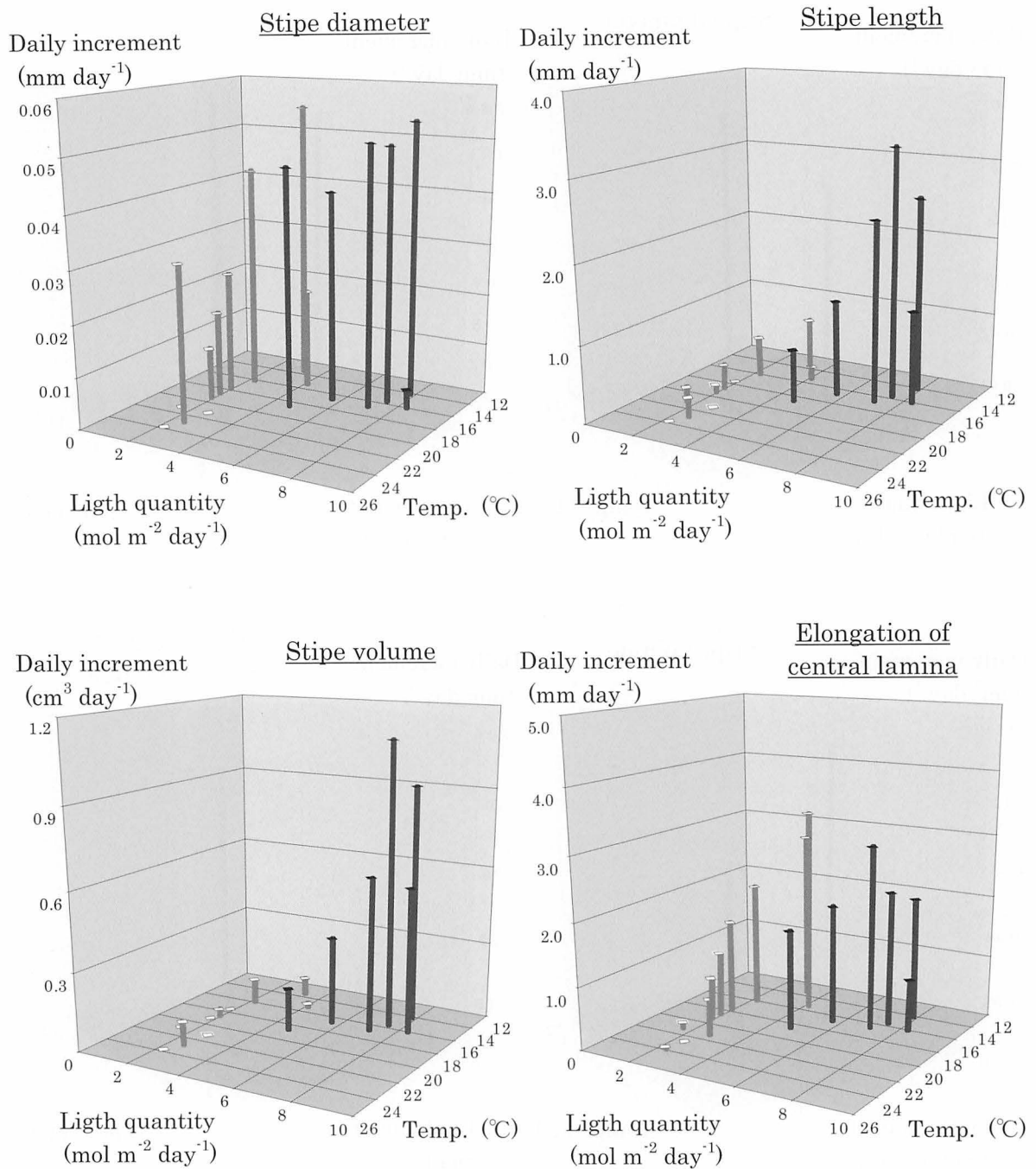


Fig. 13. Relationships among the daily increment of 1-year-old sporophytes, light and water temperature. The black and gray bars show the relationships for data by Yatsu and Katahama, respectively.

た。一方、 2.0 mm day^{-1} 以上と高い値であった条件は $13.9 \sim 16.6^\circ\text{C}$, $7.0 \sim 7.7 \text{ mol m}^{-2} \text{ day}^{-1}$ で、低水温、高光量期間であった。茎体積の平均日間生長量は 20°C よりも低水温において谷津地先の方が片浜地先よりも相対的に大きかった。平均日間生長量が $0.1 \text{ cm}^3 \text{ day}^{-1}$ 未満と低い値であった条件は $13.3 \sim 23.8^\circ\text{C}$, $1.5 \sim 4.0 \text{ mol m}^{-2} \text{ day}^{-1}$ で、主に高水温、低光量期間に集中していた。一方、 $0.9 \text{ cm}^3 \text{ day}^{-1}$ 以上と高い値であった条件は $13.9 \sim 15.5^\circ\text{C}$, $7.4 \sim 7.7 \text{ mol m}^{-2} \text{ day}^{-1}$ で、低水温、

高光量期間であった。中央葉の平均日間生長量は 20°C よりも低水温において谷津地先と片浜地先とで顕著な違いはみられなかった。平均日間生長量が 0.1 mm day^{-1} 未満と低い値であった条件は $21.1 \sim 23.8^\circ\text{C}$, $1.5 \sim 2.5 \text{ mol m}^{-2} \text{ day}^{-1}$ で、主に高水温、低光量期間に集中していた。一方、 2.0 mm day^{-1} 以上と高い値であった条件は $13.3 \sim 16.6^\circ\text{C}$, $3.1 \sim 7.3 \text{ mol m}^{-2} \text{ day}^{-1}$ で、低水温、中～高光量期間であった。

考察

谷津地先のカジメ胞子体は片浜地先のそれよりも大型であった (Figs. 4, 5)。これは、胞子体の発芽以降、両地先ともに茎状部と中央葉の生長速度は冬季から春季にかけて速くなるが、その差が大きいことに起因するものと考えられた (Figs. 6, 7)。すなわち、0 歳では茎状部と中央葉ともに、1 歳では茎状部において、谷津地先のカジメの生長速度が片浜地先のカジメのそれを上回っていたためと考えられた。関山ら (1998) は陸上飼育水槽における本種胞子体の生長について調べ、茎長の生長速度は冬季から春季にかけて速く、その速度はおおよそ 2.0 mm day^{-1} と報告している。本研究での同時期における茎長の生長速度は谷津地先で $2.0 \sim 3.0 \text{ mm day}^{-1}$ 、片浜地先で 1.0 mm day^{-1} 以下であり、谷津地先での結果は関山ら (1998) の結果とほぼ一致していた。また、芹澤ら (2003) は下田市鍋田地先に生育するカジメの年齢と形態の変化について調べ、中央葉長は 1 歳で最大となり、2 歳以降は年齢に伴って減少し、一方、側葉数および最長側葉長は年齢に伴って増加するとしている。これは、本種葉部の生長の中心が幼体期では中央葉に、以降では生長に伴って側葉に移行するためと考えられる。本研究において 2002 年級群の中央葉介在生長速度が谷津地先では 1 歳時の方が 0 歳時よりも遅いのは、葉部の生長の中心が側葉に移行したためと考えられた。一方、片浜地先では 1 歳時の方が 0 歳時よりも速いのは、葉部の生長の中心がまだ移行していないためと考えられた。潜水目視観察の結果ではあるが、1 歳初期における側葉の発達状況は谷津地先が片浜地先に比べて明らかに進んでいたこともこれを支持すると思われる。

天然群落域と磯焼け域に設置した人工藻場に生育するカジメの生長の違いを光や水温などの条件から検討することは、本種の生理生態については磯焼けの機構を理解する上で重要と考えられる。本研究では、カジメの生育水深における光量と水温の長期連続観測から、天然群落域と磯焼け域の光・水温環境を把握しその相違を明らかにした (Figs. 8, 9)。天然群落である谷津地先と磯焼け域である片浜地先を比較すると、カジメの生育水深における光量は谷津地先の方が高く、水温は時期によってわずかに異なるものの平均水温はほぼ同じであった。また、陸上の光量は両地先でほぼ同様もしくは片浜地先の方が高かった (Fig. 10)。陸上と比較してカジメの生育水深における光量の減衰割合が片浜地先で高いことは (Fig. 11)、片浜地先では水中での光の減衰が谷津地先に比べて大きいことを示している。2004 年 7 月から 2005 年 3 月までに計 6 回、榛南海域 (片浜地先) と伊豆海域 (静岡県南伊豆町下流地先) で、海水の濁度、SS が調査された (静岡県農業水産部水産振興室・株式会社東京久栄 2005)。その結果、濁度が下流地先で $0.1 \sim 1.0$ 度 (カオリン) であったのに対し、片浜地先では $0.7 \sim 20.8$ 度 (カオリン)、また、SS は下流地先で $0.2 \sim 0.6 \text{ mg l}^{-1}$ であったのに対し、片浜地先では $0.9 \sim 15 \text{ mg l}^{-1}$ といずれも榛南海域で伊豆海域よりも常に濁っていた。片浜地先で水中での光の減衰が大きいのは海水の恒常的な濁りが原因と推察される。さらに、この恒常的な濁りは、駿河湾西部に流入する河川由来の土砂、

あるいは波浪やうねり等の物理的作用による堆積浮泥の再懸濁などが原因として想定され (静岡県農業水産部水産振興室・株式会社東京久栄 2005)、片浜地先では本研究での潜水調査において人工藻場のブロックや周辺の岩盤に多量の浮泥が堆積しているのが度々観察された。

1 歳のカジメ胞子体の生長と光・水温条件との検討から、茎状部の生長量は 20°C より低水温において谷津地先の方が片浜地先よりも相対的に大きく、中央葉の生長量は 20°C より低水温において谷津地先と片浜地先とで顕著な違いはみられなかった。また、茎状部と中央葉の生長量はおよそ 20.0°C より低水温で中～高光量の条件では大きく、 20.0°C より高水温で低光量の条件では小さくなる傾向が認められた (Fig. 13)。倉島ら (1996) は、プロダクトメーターを用いて、様々な光・水温条件でカジメ葉片の光合成量を測定した結果から、光条件が一定で高水温となる、あるいは温度条件が一定で低光量となることはカジメ群落の生産力の低下につながるとしており、本研究において自然環境下でもこれを支持する結果が得られた。

本種の形態的特徴については、高い水温環境 (高知県夜須町手結地先、水温範囲 $15 \sim 29^{\circ}\text{C}$) に生育する胞子体の茎状部は低い水温環境 (下田市鍋田地先、水温範囲 $13 \sim 25^{\circ}\text{C}$) に生育する胞子体のそれと比べて小型であり (芹澤ら 2001, Serisawa *et al.* 2002a)、この形態的特徴は幼胞子体を同一の環境下に移植した場合でも維持されることが報告されている (Serisawa *et al.* 2002b)。本研究では、片浜地先の 0 歳および 1 歳の胞子体茎状部は谷津地先のそれらと比べて明らかに小型であった。一方、水温は片浜地先で $12 \sim 27^{\circ}\text{C}$ 、谷津地先で $13 \sim 26^{\circ}\text{C}$ であり、両地先の水温環境は基本的には同様であったことから、本研究で認められた茎状部の大きさの違いは、主に光環境の違いによる生長速度の差異に起因するものと推察された。また、片浜地先で調査対象とした胞子体は、他の海域と比較して茎状部が大型になることが知られている下田市白浜地先の胞子体 (岩橋 1968, 芹澤ら 2003) に由来する。したがって、本研究では大型の茎状部という形態的特徴が次世代以降に維持されなかった。このことから、茎状部の小型化は生育に適当な水温環境にあつて低光量の条件でも生じる本種の形態的または生理的適応の一つと推察された。ただし、本研究は 2 歳未満の胞子体について調べたものであり、茎状部の小型化が胞子体の生涯をつうじて維持されるのかは不明である。

以上のことを総合的に考慮し、榛南海域の磯焼けの要因について推察した。榛南海域では、谷津のカジメ群落域と比べて水中の光環境の悪化によりカジメの生産力が低下していると考えられた。このようにカジメにとって厳しい生息環境下ではアイゴによる摂食圧がより強く作用するため、これらが複合的に磯焼けの要因となっている可能性が高いと考えられた。河尻ら (1981) は、下田市田牛地先で発生した磯焼けの要因を黒潮流軸の接岸による沿岸水温の上昇と関連づけて推察しているが、榛南海域の磯焼けはそれとは異なる要因で発生したと考えられた。荒川ら (1990, 1994) は室内実験から海中の懸濁粒子がカジメ遊走子の分散や基質への着生を阻害するとしていること

から、榛南海域では濁りの原因物質によるカジメの再生産への悪影響も懸念される。

謝辞

本研究は、水産庁の水産業関係特定研究開発促進事業「藻食性魚類の大型褐藻類に対する食害の実態解明」の一環として行われた。

本研究を行うにあたり、潜水調査にご助言とご協力を戴いた静岡県水産試験場伊豆分場（現静岡県水産技術研究所伊豆分場）の職員の方々ならびに坂井平田漁業協同組合（現相良漁業協同組合）の関係者の方々に厚く御礼申し上げます。

引用文献

- 荒川久幸・松生 治 1990. 褐藻類カジメ・ワカメの遊走子の沈降速度および基質着生に及ぼす海中懸濁粒子の影響. 日本誌 56: 1741-1748.
- 荒川久幸・松生 治 1994. 褐藻類カジメ・ワカメの遊走子群の分散に及ぼす海中懸濁粒子の影響. 日本誌 60: 61-64.
- 長谷川雅俊 1996a. サガラメ異変. 伊豆分場だより 264: 2-8.
- 長谷川雅俊 1996b. 御前崎の潜水漁業と磯焼け. 伊豆分場だより 265: 2-6.
- 長谷川雅俊 1999. 漁獲量から見た磯焼けの影響—榛南の事例. 伊豆分場だより 278: 2-9.
- 長谷川雅俊・小泉康二・小長谷輝夫・野田幹雄 2003. 静岡県榛南海域における磯焼けの持続要因としての魚類の食害. 静岡県水産試験場研究報告 38: 19-25.
- 本多正樹 1996. カジメ群落の生産力モデル—光と温度の関数として—. 藻類 44: 149-158.
- 堀内俊助・中山恭彦 2000. 御前崎における漂着サガラメの葉状部消失. 藻類 48: 109-112.
- 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.
- 環境庁 2000. 海域～海岸, 藻場, 干潟及びサンゴ礁の状況. p. 279-283. 環境白書 (総説) 平成 12 年度版. ぎょうせい, 東京.
- 河尻正博・佐々木 正・影山桂之 1981. 下田市田牛地先における磯焼け現象とアワビ資源の変動. 静岡県水産試験場研究報告 15: 19-30.
- 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.
- 増田博幸・角田利晴・林 義次・西尾四良・水井 悠・堀内俊助・中山恭彦 2000. 藻食性魚類アイゴの食害による造成藻場の衰退. 水産工学 37: 135-142.
- 関山繁信・松本正喜・川嶋之雄・澤田貴義 1999. 遠州灘沿岸におけるカジメ群落磯焼けの生態学的研究—カジメ個体密度の推移—. 藻類 47: 1-10.
- 関山繁信・松本正喜・川嶋之雄・栗原知明・西尾四良・澤田貴義 1998. 陸上実験水槽におけるカジメの生態学的研究 I. 幼孢子体の生長と成熟. 藻類 46: 1-9.
- 芹澤如比古・秋野秀樹・横浜康継 2003. 伊豆下田鍋田湾に生育するカジメ (褐藻, コンブ目) の年齢と形態の関係. 水産増殖 51: 1-6.
- 芹澤如比古・秋野秀樹・松山和世・大野正夫・田中次郎・横浜康継 2001. 水温環境の異なる 2 つの生育地のカジメ群落における現存量, 密度, 年齢組成の比較. 水産増殖 49: 9-14.
- Serisawa, Y., Akino, H., Matsuyama, M., Ohno, M., Tanaka, J. & Yokohama, Y. 2002a. Morphometric study of *Ecklonia cava* (Laminariales, Phaeophyta) sporophytes in two localities with different temperature conditions. Phycological Research 50: 193-199.
- Serisawa, Y., Yokohama, Y., Aruga, Y. & Tanaka, J. 2002b. Growth of *Ecklonia cava* (Laminariales, Phaeophyta) sporophytes transplanted to a locality with different temperature conditions. Phycological Research 50: 201-207.
- 静岡県農業水産部水産振興室・株式会社東京久栄 2005. 平成 16 年度榛南地区緊急磯焼け対策モデル事業調査業務委託報告書.
- 水産庁 2007. 磯焼け対策ガイドライン. 水産庁, 東京.
- 寺脇利信 1993. カジメ. In: 堀 輝三 (編), 藻類の生活史集成 第 2 巻 褐藻・紅藻類. pp. 128-129. 内田老鶴圃, 東京.

(Received Dec. 7, 2007; Accepted Sep. 29, 2008)