

高知県手結地先に生育するカジメ(褐藻,コンブ目)の年齢と 形態の関係

誌名	水産増殖 = The aquiculture
ISSN	03714217
巻/号	502
掲載ページ	p. 163-169
発行年月	2002年6月

高知県手結地先に生育するカジメ（褐藻，コンブ目）の 年齢と形態の関係

芹澤如比古・上島寿之・松山和世
田井野清也・井本善次・大野正夫

(2002年3月19日受理)

Relationship between Age and Morphology of *Ecklonia cava* (Laminariales, Phaeophyta) Sporophytes Growing off Tei, Kochi Prefecture, Japan.

Yukihiko SERISAWA^{*1}, Toshiyuki UESHIMA^{*2}, Kazuyo MATSUYAMA^{*3},
Seiya TAINO^{*4}, Zenji IMOTO^{*2}, and Masao OHNO^{*2}

Abstract: The relationship between age and morphology of *Ecklonia cava* Kjellman (Laminariales, Phaeophyta) sporophytes were studied seasonally in 1996 in a population off the Tei coast in Tosa Bay, southern Japan. Based on measurement of the growth rings, a small number of 3-year-old sporophytes were confirmed. The mean values of stipe length and diameter of each age group during the investigation period was follows; 7.2-18.4 cm and 4.6-7.5 mm in the 0-year-olds; 3.4-12.6 cm and 7.7-10.2 mm in the 1-year-olds; 5.9-13.7 cm and 10.3-13.4 mm in the 2-year-olds. Primary blade length, primary blade width, number of bladelets and longest bladelet length of each age group was as follows; 18.5-32.8 cm, 4.6-6.2cm, 9-21 pieces and 10.6-23.8 cm, respectively in the 0-year-olds; 22.0-39.1 cm, 5.5-6.9 cm, 14-27 pieces and 20.1-34.9 cm, respectively in the 1-year-olds; 9.6-25.6 cm, 5.8-8.1 cm, 17-30 pieces and 32.5-40.3 cm, respectively in the 2-year-olds. Thus, all biometric parameters except for primary blade length increased with age, but these values overlapped with each age group and they did not separate clearly.

Key words: Age; *Ecklonia cava*; Growth ring; Laminariales

大型多年生褐藻のカジメ（コンブ目，コンブ科）は日本の中南部沿岸の潮下帯岩礁上に生育し¹⁾，沿岸生態系における主要な1次生産者としての役割を果たすとともに²⁾，多様な生物を育む海中林（marine forest）を形成している。本種の年齢と形態との関係については，静岡県伊豆や三重県志摩産のカジメでは莖状部の長さや直径について報告されているが³⁻⁸⁾，高知県産のカジメではほとんど調べられていない⁹⁾。ま

た，これまでに高知県手結地先のカジメは，静岡県伊豆下田のカジメに比べ短茎で小型であることが報告されているため⁹⁻¹¹⁾，年齢と形態がどのような関係にあるかを調べる必要がある。なお，高知県手結地先のカジメ個体群は2000年には消滅し¹²⁾，現在は同県田ノ浦産のカジメ移植による藻場回復実験などが行われている。今回の報告は手結地先に存在した最後の天然カジメ個体群の年齢と形態に関する知見である。

*1 千葉大学海洋バイオシステム研究センター (Marine Biosystems Research Center, Chiba University, Uchiura, Amatsukominato, Awa-gun, Chiba 299-5502, Japan).

*2 高知大学海洋生物教育研究センター (Usa Marine Biological Institute, Kochi University, Usa-cho, Tosa, Kochi 781-1164, Japan).

*3 海洋科学技術センター 海洋生態・環境研究部 (Marine Ecosystems and Environment Research Department, Japan Marine Science and Technology Center, Natsushima-cho 2-15, Yokosuka, Kanagawa 237-0061, Japan).

*4 株式会社西日本科学技術研究所 (Nishinihon Institute of Technology Co., Wakamatsu-cho 9-30, Kochi, 780-0812, Japan).

材料と方法

高知県香美郡夜須町手結地先の水深7m付近のカジメ個体群の中央部において (Fig. 1), 季節ごとにスキューバ潜水による1m²の方形枠3枠の刈り取り調査を行った。調査日は1996年1月25日, 4月22日, 7月12日, 10月15日である。方形枠内のカジメは全ての個体について仮根部から採集した。藻体は高知大学海洋生物教育研究センターに持ち帰り, Fig. 2に示した測

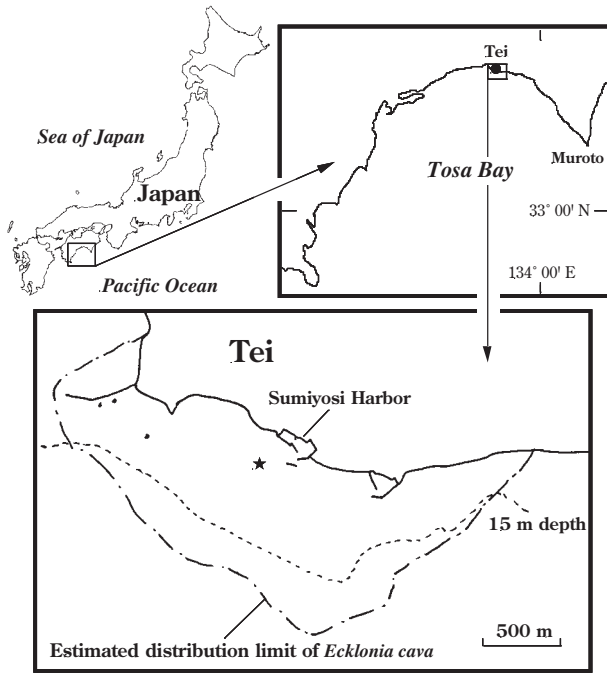


Fig. 1. Maps showing the location of study site (★) off Tei in Tosa Bay, Japan.

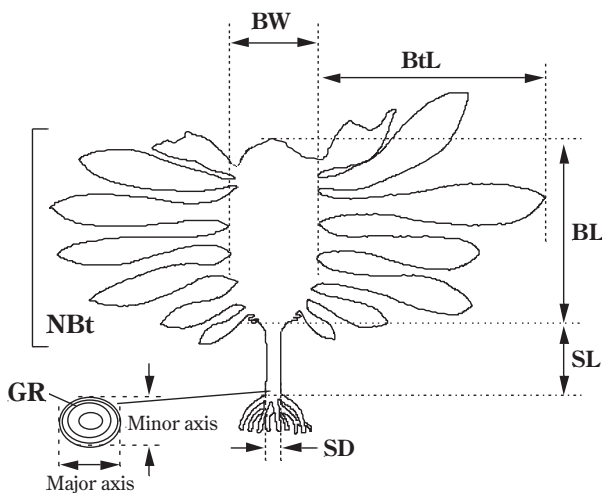


Fig. 2. Biometrical parameters measured for *Ecklonia cava* sporophytes in this study. BL, primary blade length; SL, stipe length; SD, stipe diameter; BW, primary blade width (widest part); BtL, longest bladelet length; NBt, number of bladelets; GR, number of growth rings.

定部位すなわち, 中央葉長 (BL), 中央葉幅 (BW, 最大部分), 最長側葉長 (BtL), 側葉数 (NBt), 茎長 (SL) および茎径 (SD, 仮根部直上の長径と短径の平均) を測定した。

さらに各個体の年齢を査定するために, 茎状部から厚さ1mm程度の横断切片を5~10個作って, 肉眼及び実体顕微鏡で生長輪数 (GR) を測定した。なお, 生長輪は冬季に形成されることが知られており^{3,8)}, それは冬季に茎状部が伸長肥大し, 夏季に生長が停滞することに起因するためと考えられている^{7,13)}。また, カジメ胞子体の加入期は冬季であることが報告されており^{7,14)}, 生長が停滞する夏季を越えた次の冬季には新たな生長輪が形成されると考えられるので, 生長輪が1輪見られる個体は1歳とみなせる。

結果

手結地先のカジメの生長輪は3輪まで確認できたが, いずれの季節でも0~1輪群 (歳群) の割合が著しく高く, 2輪群 (歳群) は数個体であり, 3輪まで確認できた個体は調査期間中に2個体のみであった。

カジメの年齢と, 茎長および茎径の関係について Fig. 3, 4に示した。茎長, 茎径とも平均値としては概ね年齢にともなって増加していたが, 個々の値は同一年齢群内ではばらつきが大きく, 年齢群間では重複がみられた。調査期間中の各年齢群の平均値はそれぞれ茎長が0歳群で3.4~12.6cm, 1歳群で5.9~13.7cm, 2歳群で7.2~18.4cmで, 茎径が0歳群で4.6~7.5mm, 1歳群で7.7~10.2mm, 2歳群で10.3~13.4mmであった。茎長及び茎径は0~1歳群は4月に, 2歳群は7月に最大値を示した。

一方, カジメの中央葉長については, Fig. 5に示すようにいずれの季節でも個々の値は各年齢群内ではばらつきが大きく, 年齢群間で値に重複が見られたが, 平均値としては1月を除き1歳群が最も大きな値を示し, 2歳群になると減少していた。Fig. 6に示した側葉数は各年齢群内で値にばらつきが大きく, 年齢群間で値に重複が見られたが, 平均値としては概ね年齢にともなって増加していた。また, いずれの季節でも側葉を持たない幼体が見られた。調査期間中の各年齢群の平均値はそれぞれ中央葉長が0歳群で18.5~32.8cm, 1歳群で22.0~39.1cm, 2歳群で9.6~25.6cmで, 側葉数が0歳群で9~21枚, 1歳群で14~27枚, 2歳群で17~30枚であった。また, 中央葉長, 側葉数とも0~2歳群で4月に最大値を示した。

Fig. 7, 8に示したカジメの最長側葉長, 中央葉幅についても, 各年齢群内で値にばらつきが大きく, 年齢群間で値に重複が見られたが, 平均値としては概ね年齢にともなって増加していた。調査期間中の

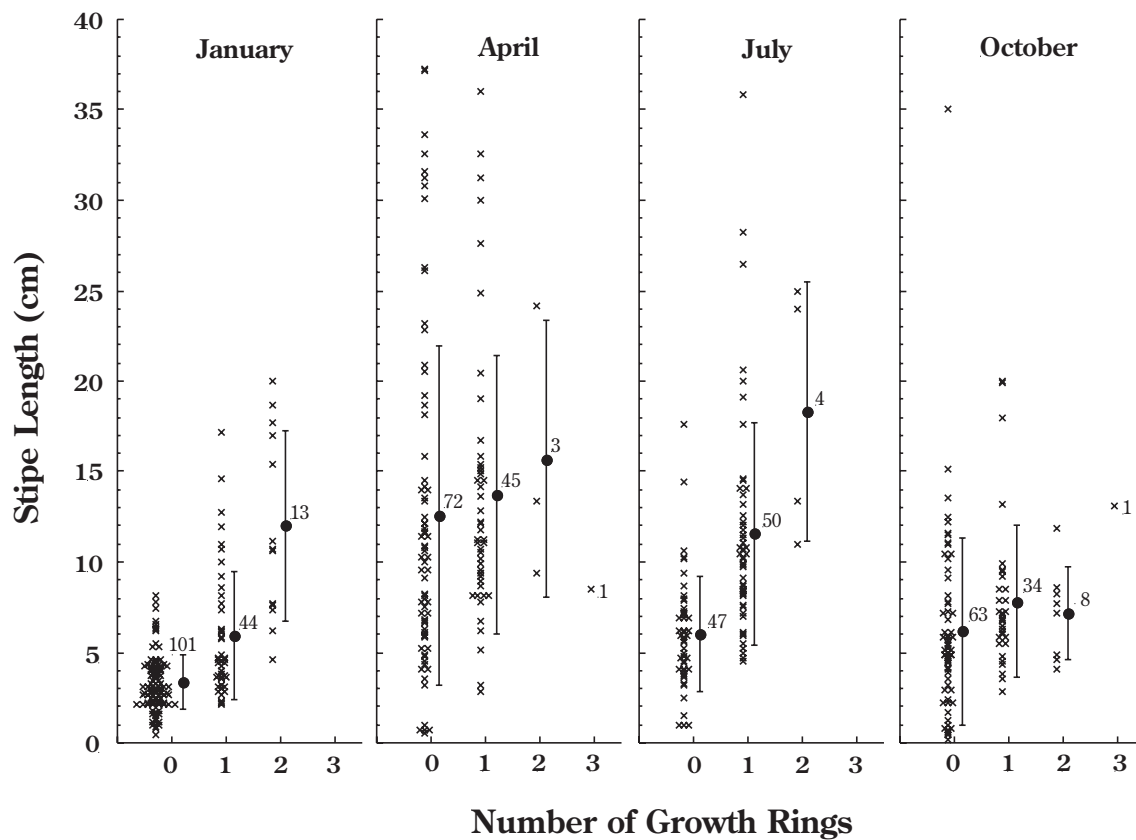


Fig. 3. Relationship between the stipe length and the number of growth rings. x, individual date; ●, mean value; error bar, standard deviation.

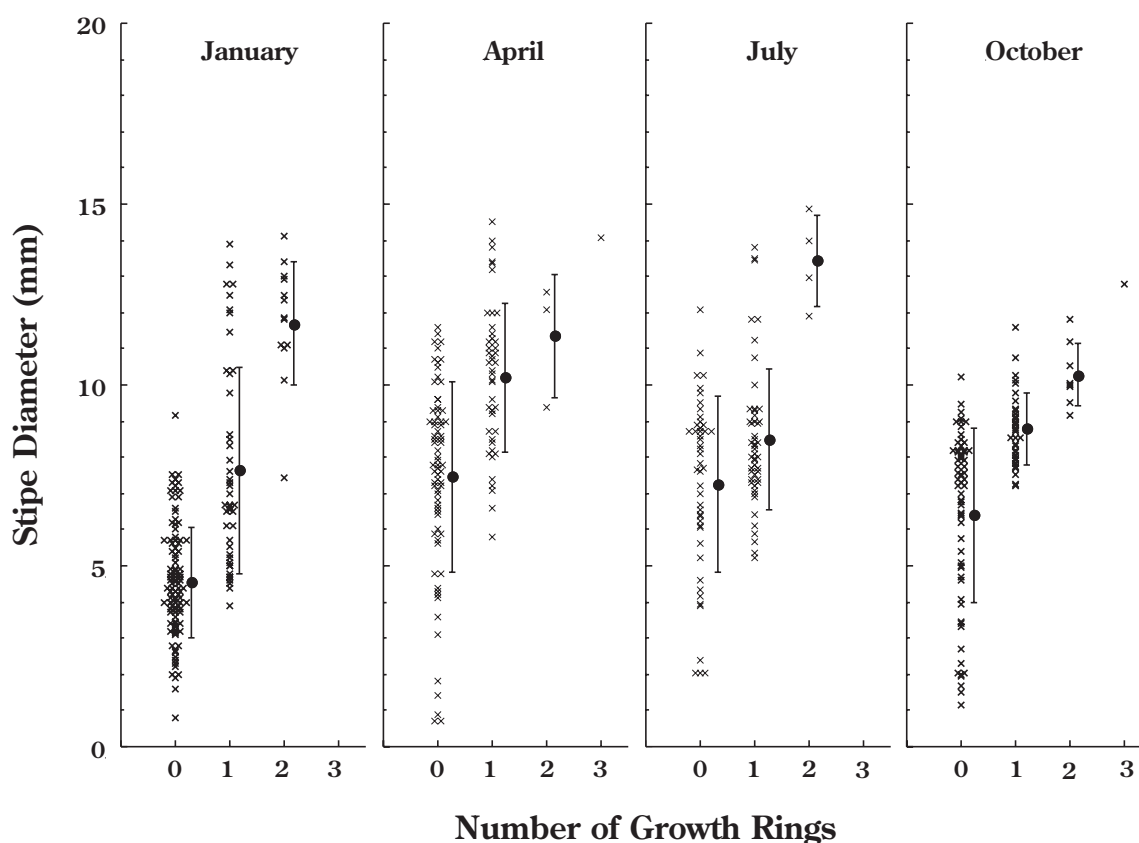


Fig. 4. Relationship between the stipe diameter and the number of growth rings. x, individual date; ●, mean value; error bar, standard deviation.

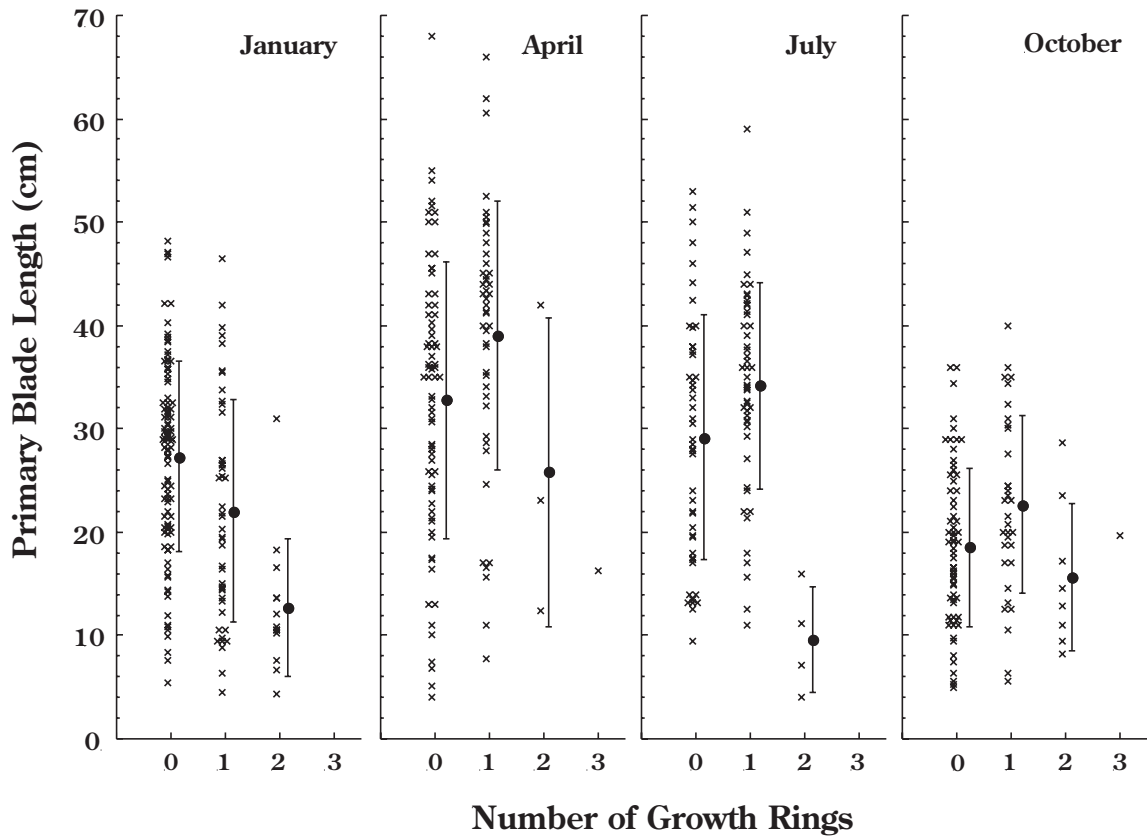


Fig. 5. Relationship between the primary blade length and the number of growth rings. x, individual date; ●, mean value; error bar, standard deviation.

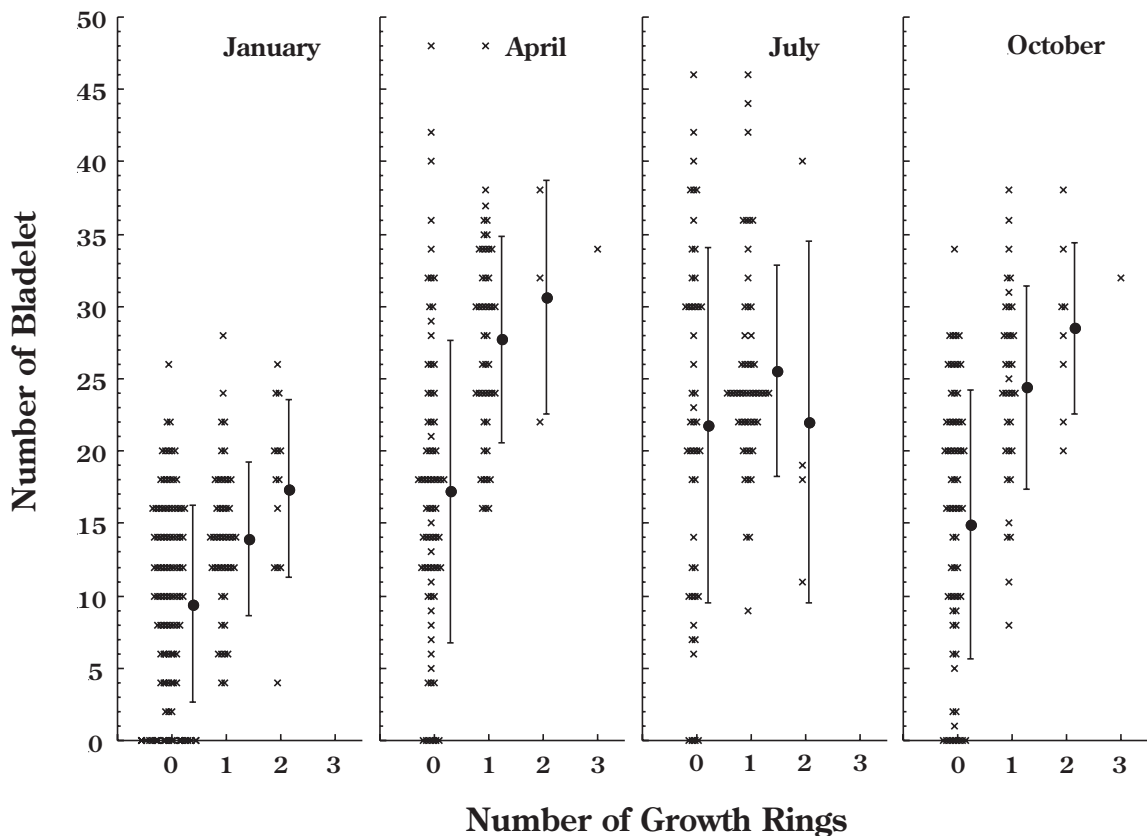


Fig. 6. Relationship between the number of bladelets and the number of growth rings. x, individual date; ●, mean value; error bar, standard deviation.

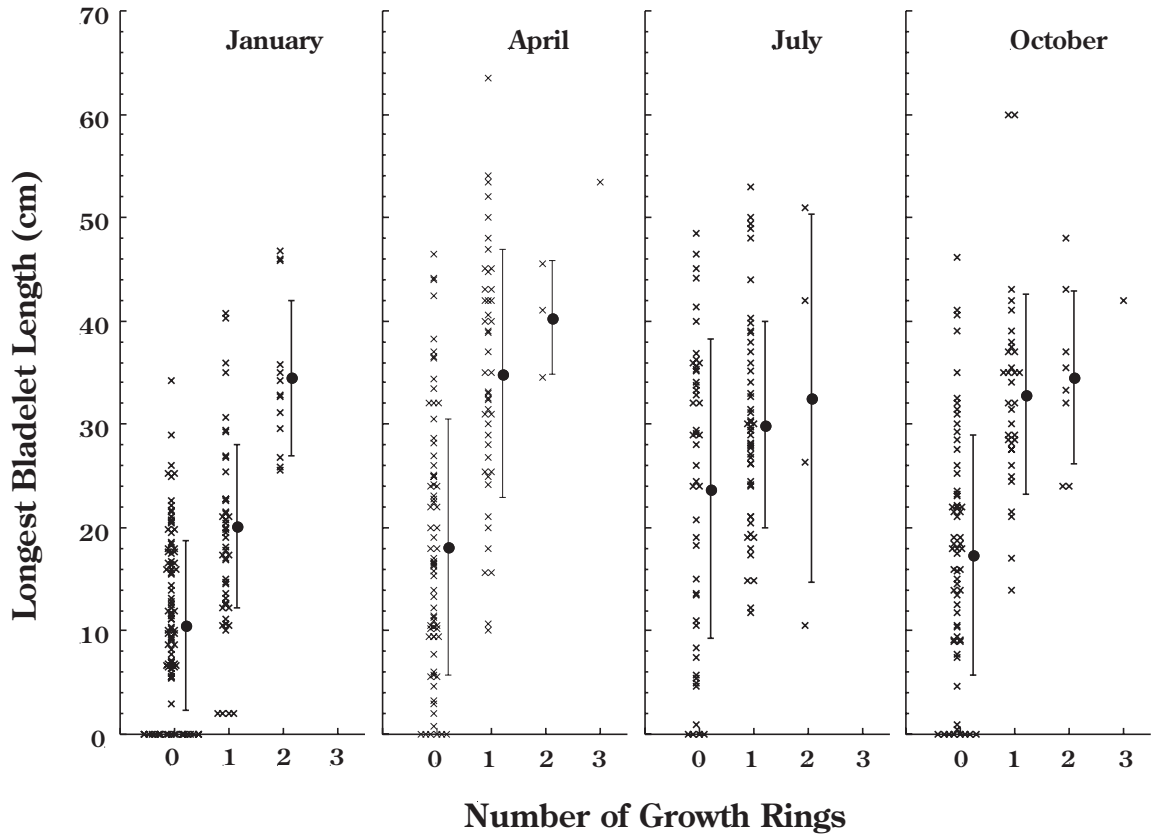


Fig. 7. Relationship between the longest bladelet length and the number of growth rings. x, individual date; ●, mean value; error bar, standard deviation.

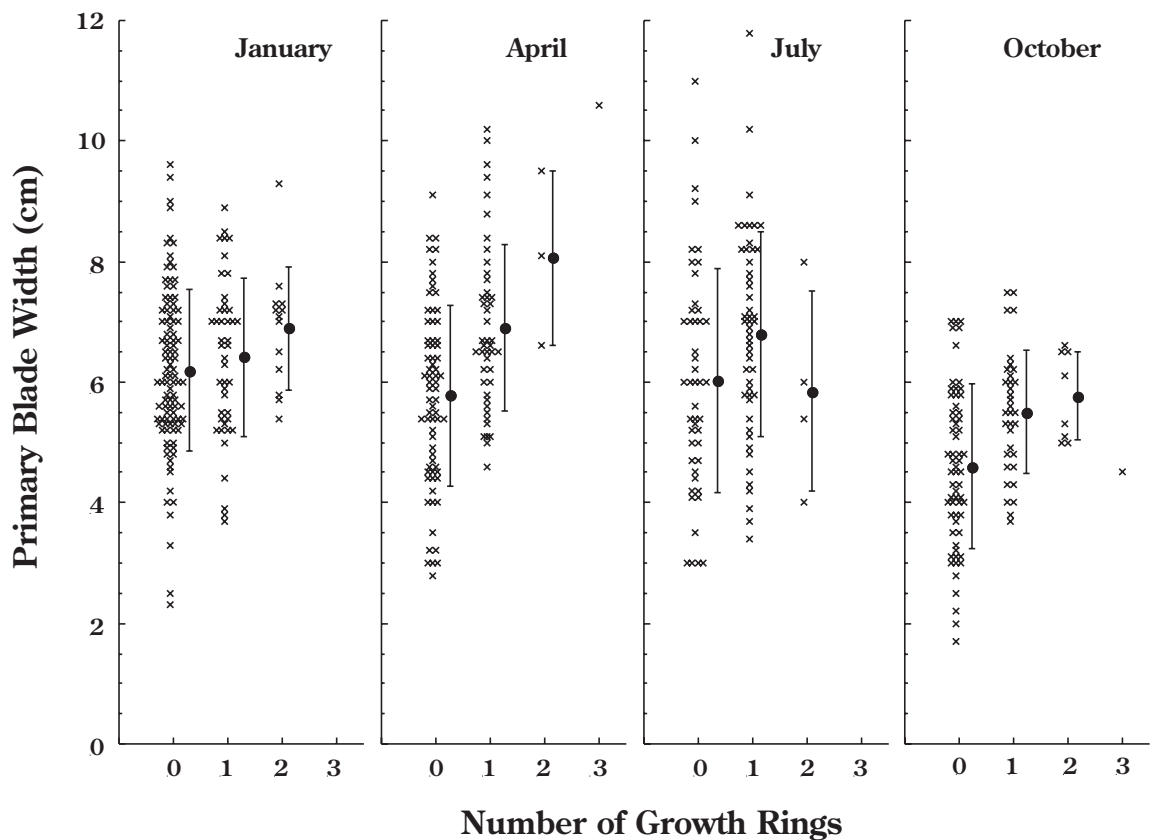


Fig. 8. Relationship between the primary blade width and the number of growth rings. x, individual date; ●, mean value; error bar, standard deviation.

各年齢群の平均値はそれぞれ最長側葉長が0歳群で10.6~23.8cm, 1歳群で20.1~34.9cm, 2歳群で32.5~40.3cm, 中央葉幅が0歳群で4.6~6.2cm, 1歳群で5.5~6.9cm, 2歳群で5.8~8.1cmであった。また, 最長側葉長は0歳群では7月に1~2歳群では4月に最大値を示した。中央葉幅は0~1歳群では10月が最低で他の季節はほぼ同様の値を示し, 2歳群では7月に最大値を示した。

考 察

今回の結果ではどの季節でも0~1歳群が大きな割合を占めていた。大野, 石川⁹⁾は1981年に同じ手結地先のカジメ個体群で5歳群を十数個体確認しており, 3~4歳群も多数個体を確認している。これは, 手結地先のカジメ個体群が25年間で若齢個体によって構成されるようになったことを示しており, 個体群レベルで短命化したと言い換えられる。

今回の結果から平均値については中央葉長を除く全ての測定項目について概ね年齢に伴って増加していることがわかった。また, 0~1歳群では4月及び7月に茎長35cmを越える個体を数個体確認しているものの, 茎長30cmに満たない個体がどの季節でも大多数であることもわかった。大野, 石川⁹⁾は手結地先のカジメ成体の平均茎長が水深3~10mでは15~35cmであり, さらに深部(12m)では5~50cmであったことを報告している。地元漁業者の話では30年以上前のカジメは“振り回せるほど”長く, 茎長が50cm以上ある大型個体が多く見られたとのことであった¹²⁾。したがって手結地先のカジメ個体群では2000年に消滅する以前に, このような個体群レベルでの短茎化(小型化)が起きていたことは明らかである。

Serisawa¹³⁾は, カジメの葉部および茎部の光合成量および呼吸量から個体ベースでの生産量を推定し, カジメは茎部が短いほど高い温度環境でも収支がプラスとなるが, 茎部が比較的短い手結産のカジメでも28℃を超えると収支はマイナスになることを報告している。また, かつて180ha規模で存在した手結地先のカジメ群落消滅の一因として, 現在地球規模で進行している温暖化とそれに伴った海水温の上昇が指摘されている^{12,15)}。手結地先のカジメは環境変化への生理的適応の結果として小型で, 短命になったと考えられるが, このような生理的, 形態的变化は手結地先においては海水温の上昇と密接な関わりがあるものと推察される。また今後, カジメの年齢あるいは茎部の長さを指標として, カジメ海中林の状態を診断できる可能性がある。

茎長及び茎径が個体群レベルで季節的に縮小するとは考え難いため, 今回の季節的な同部の大きさの違

いは, 藻体の加入と消失による影響あるいはサンプリング誤差に起因していると言える。実際に Serisawa *et al.*¹⁶⁾は標識した移植カジメを2年間毎月測定した結果から, 茎部が夏季にほとんど伸長あるいは肥大しないことを確認しているものの, 季節的に茎部が大きく縮小するような傾向は見いだしていない。一方, 今回の中央葉の季節変動は, Serisawa *et al.*¹⁶⁾が測定した, 移植カジメの中央葉が春季にかけて伸長し冬季にかけて先枯れなどで縮小する変動, と一致している。また, 今回の結果では側葉数が中央葉長の季節変動に同調して変化していたこともわかった。最長側葉長は春季から夏季に最大となったがこれは側葉の更新や先枯れなどの要因で季節的に変動しているためと考えられる。一方, 中央葉幅については, 季節的な変動は明瞭ではなかった。

これまでに年齢形質としてカジメでは茎長×(茎径の二乗)³⁾あるいは茎長⁸⁾が, 近縁のアラメ *Eisenia bicyclis* では茎径¹⁷⁾あるいは枝長¹⁸⁾がその指標となることが報告されている。今回の結果は, 茎長及び茎径が平均値としてはそれぞれの季節で年齢に伴って分離されるものの, どの季節でも標準偏差が大きく, 手結産のカジメについて茎長, あるいは茎径といった外部形態で年齢を査定することは困難であることを示している。

ところで, 0歳群で茎長1cm以下, 茎径2mm以下の側葉を持たない明らかに幼体と考えられる個体が, いずれの季節でも確認できたことは大変興味深い。もし通年加入があるとすると, 年齢群という定義が曖昧になり, それらの値に重複が起きていても当然のことになる。巨視的なカジメ胞子体(2n)の遊走子放出は主に8~11月と考えられるが, 子囊斑(遊走子囊群)は夏季から秋季に多く見られるものの¹⁹⁾, 通年見られることも報告されている²⁰⁾。また, カジメに近縁の *Ecklonia maxima* においても, 子囊斑は通年見られ, 放出量に季節的な変動があるものの子囊斑からの遊走子放出は通年確認されたことが報告されている²¹⁾。さらに, 肉眼で確認できない配偶体(n)の生殖器官の形成は, カジメより低温環境まで分布するアラメでは8~20℃で形成され24℃で形成されないことが報告されており²²⁾, カジメではそれよりも高い温度範囲で形成されることが予想されるが, フィールドにおける配偶体の生態は未知である。したがって, カジメ配偶体の成熟と温度との関係を調べることによって, 新規加入が通年起こりうるかという点を検証できると思われるが, この点については今後の課題としたい。

要 約

南日本, 土佐湾手結地先のカジメ(褐藻, コンブ目)

個体群の年齢と形態の関係を1996年に季節的に調べた。生長輪の計測から少数の3歳個体を確認した。調査期間中の茎長と茎径の各年齢群での平均値は0歳群で3.4~12.6cmと4.6~7.5mm, 1歳群で5.9~13.7cmと7.7~10.2mm, 2歳群で7.2~18.4cmと10.3~13.4mmであった。中央葉長, 中央葉幅, 側葉数, 最長側葉長はそれぞれ0歳群で18.5~32.8cm, 4.6~6.2cm, 9~21枚, 10.6~23.8cm, 1歳群で22.0~39.1cm, 5.5~6.9cm, 14~27枚, 20.1~34.9cm, 2歳群で9.6~25.6cm, 5.8~8.1cm, 17~30枚, 32.5~40.3cmであった。中央葉長を除く全ての測定項目は概ね年齢に伴って増加したが, それらの値は年齢群間で重複しており, はっきりとは分離しなかった。

謝 辞

本研究を行うにあたり有益なご助言を賜った東京農業大学の有賀祐勝教授, 志津川町自然環境活用センター所長の横浜康継博士, 三重大大学の倉島彰博士に深謝する。また, 本稿英文部分を校閲していただいた筑波大学農林工学系のC. P. Norman博士, 採集したサンプルの計測にご協力いただいた高知大学海洋植物学研究室のSutheewat Somsueb, Triet VoDuy, Grevo Soleman Gerungの各氏に謝意を表す。

文 献

- 川嶋昭二 (1993) : 日本産コンブ類図鑑. 北日本海洋センター. 札幌, pp.124-131.
- Yokohama, Y., J. Tanaka, and M. Chihara (1987): Productivity of the *Ecklonia cava* community in a bay of Izu Peninsula on the Pacific coast of Japan. *Bot. Mag., Tokyo*, **100**, 129-141.
- 林田文朗 (1977) : 海中林構成種カジメの年齢と生長について. *日水誌*, **43**(9), 1043-1051.
- Hayashida, F. (1984): Potential production of the aquatic forest-forming brown algal, *Ecklonia cava* Kjellman, calculated from individual year classes. *Hydrobiologia*, **116/117**, 429-432.
- 喜田和四郎・前川行幸 (1982) : アラメ・カジメ群落に関する生態学的研究-I. 志摩半島御座岬周辺における群落の分布と構造. 三重大水産研報, **3**, 41-54.
- 喜田和四郎・前川行幸 (1983) : アラメ・カジメ群落に関する生態学的研究-II. 熊野灘沿岸各地における群落の分布と構造. 三重大水産研報, **10**, 57-69.
- 喜田和四郎・前川行幸 (1985) : アラメ・カジメ群落に関する生態学的研究-V. 茎長組成および年齢群の季節変化. 三重大水産研報, **12**, 119-129.
- 前川行幸・喜田和四郎 (1984) : アラメ・カジメ群落に関する生態学的研究-IV. カジメの藻体における相対生長の季節変化. 三重大水産研報, **11**, 199-206.
- 大野正夫・石川美樹 (1982) : 土佐湾産カジメ類の生理生態学的研究I. 群落の周年変化. 高知大海洋生物研報, **4**, 59-73.
- 富永春江・芹澤如比古・大野正夫 (1999) : 土佐湾手結地先の異なる水深に生育するカジメの形態, 密度および現存量について. *Bull. Mar. Sci. Fish., Kochi Univ.*, **19**, 63-70.
- Serisawa, Y., H. Akino, K. Matsuyama, M. Ohno, J. Tanaka, and Y. Yokohama (submitted): Morphometric study of *Ecklonia cava* (Laminariales, Phaeophyta) sporophytes in two localities with different temperature conditions. *Phycol. Res.*, **50**, (in press).
- 芹澤如比古・井本善次・大野正夫 (2000) : 土佐湾, 手結地先における大規模な磯焼けの発生. *Bull. Mar. Sci. Fish., Kochi Univ.*, **20**, 29-33.
- Serisawa, Y. (1999): Comparative study of *Ecklonia cava* Kjellman (Laminariales, Phaeophyta) growing in different temperature localities with reference to morphology, growth, photosynthesis and respiration. Ph.D Thesis, Tokyo University of Fisheries, 133p.
- 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**(1), 9-14.
- Serisawa, Y., T. Ishikawa, Z. Imoto, and M. Ohno (submitted): Decline of an *Ecklonia cava* population associated with increased seawater temperatures in Tosa Bay, southern Japan. *Fish. Sci.*
- Serisawa, Y., Y. Yokohama, Y. Aruga, and J. Tanaka (submitted): Growth of *Ecklonia cava* (Laminariales, Phaeophyta) sporophytes transplanted to a locality with different temperature conditions. *Phycol. Res.*, **50**, (in press).
- 小島博 (1979) : 徳島県産アラメの生長について. 水産増殖, **27**(3), 156-159.
- 谷口和也・加藤史彦 (1984) : 褐藻類アラメの年齢と生長. 東北水産研報, **46**, 15-19.
- 寺脇利信 (1993) : *Ecklonia cava* Kjellman in Kjellman et Petersen (カジメ). 藻類の生活史集成 第2巻 褐藻・紅藻 (堀輝三編), 内田老鶴圃, 東京, pp.128-129.
- Aruga, Y., A. Kurashima, and Y. Yokohama (1997): Formation of zoosporangial sori and photosynthetic activity of *Ecklonia cava* Kjellman (Laminariales, Phaeophyta). *J. Tokyo Univ. Fish.*, **83**, 103-128.
- Joska, M. A. and J. J. Bolton (1987): *In situ* measurement of zoospore release and seasonality of reproduction in *Ecklonia maxima* (Alariaceae, Laminariales). *Br. phycol. J.* **22**, 209-214.
- 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. 東北水産研報, **45**, 55-59.