

函館沿岸に生育する褐藻ガゴメSaccharina sculpera胞子体の季節的消長と形態形成

誌名	水産増殖
ISSN	03714217
著者名	谷,敬志 川越,力 松本,世津子 水田,浩之 安井,肇
発行元	水産増殖談話会
巻/号	63巻3号
掲載ページ	p. 235-244
発行年月	2015年9月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



函館沿岸に生育する褐藻ガゴメ *Saccharina sculpera* 孢子体の 季節的消長と形態形成

谷 敬志¹・川越 力²・松本世津子¹・水田浩之³・安井 肇^{3,*}

Seasonal variations and morphological changes of sporophytes of *Saccharina sculpera* (Laminariales, Phaeophyceae) from Hakodate, Hokkaido

Takashi TANI¹, Chikara KAWAGOE², Setsuko MATSUMOTO¹,
Hiroyuki MIZUTA³ and Hajime YASUI^{3,*}

Abstract: Seasonal variations and accompanying morphological changes of ‘Gagome-kombu’ (*Saccharina sculpera*) from Hakodate, Hokkaido Prefecture were observed for three years. The growth, maturation and renewal of first-year, second-year and third-year plants were documented. Between January and July, first-year plants with frond lengths less than 5 cm emerged and grew slowly to 10 cm by October. Although renewal was observed in first-year plants during October and January, no mature plants were observed. Second-year plants grew between January and July into large plants over 2 m in length, withered between August and October and reached maturity between October and November. Although renewal into third-year plants were observed in about 40% of 400 second-year plants, most of these plants withered and died by April of the third-year. Only 2% of the second-year plants continued to grow until July, withering between August and October and maturing in October and November. All the plants withered and died by December of the third-year.

Key words: *Saccharina sculpera*; Phenology; Morphogenesis; Maturation

ガゴメ *Saccharina sculpera* は、多年生のコンブ科の大形褐藻で葉状部表面に複雑な凹凸を有することが特徴である(宮部 1902)。川嶋(1989, 2002, 2004a, 2004b)は、採取した孢子体標本を観察し、基部より新葉を形成する再生現象を示した旧葉を併せ持つ孢子体や葉面に発達する凹凸の様々な変化、子嚢斑の形成(成熟)などについて報告している。近年、コンブ類やホンダワラ類などの褐藻類はフコイダンの水溶

性粘性多糖類を豊富に含み、それらが生活習慣病の予防に対する機能性を持つことや食材として多くの可能性を持つとして注目されている(酒井・加藤 2002)。特にガゴメ由来のフコイダンは他の海藻類由来のフコイダンに比べ多面的で有用な生物活性があることが認められており、本種を用いた健康補助食品、化粧品や加工食品など様々な製品が開発されている(酒井・加藤 2001, 2002; 小林ら 2011)。

2014年8月26日受付; 2015年3月31日受理。

¹北海道大学大学院水産科学院 (Graduate School of Fisheries Sciences, Hokkaido University, 3-1-1 Minato, Hakodate, Hokkaido 041-8611, Japan)。

²共和コンクリート工業株式会社 海藻技術研究所 アルガテックKyowa (Kyowa Concrete Industry Co., Ltd., Technical Laboratory of Seaweeds, Algatech Kyowa, 24-13 Benten, Hakodate, Hokkaido 040-0051, Japan)。

³北海道大学大学院水産科学研究院 (Faculty of Fisheries Sciences, Hokkaido University, 3-1-1 Minato, Hakodate, Hokkaido 041-8611, Japan)。

*連絡先 (Corresponding author): E-mail, hagime@fish.hokudai.ac.jp (H. Yasui)。

本種は、津軽海峡に面する北海道渡島半島の函館市沿岸から噴火湾沿岸の室蘭までと松前小島、青森県大間崎や竜飛崎（宮部 1902; 遠藤 1911; 岡村 1936; 山田 1942; 山田・木下 1948; 長谷川 1959; 能登谷・足助 1984; 山本 1985; 川嶋 2002, 2004b）や樺太西能登呂半島南西岸（宮部・三宅 1907; 時田 1933; ガラニンら 2011）といった日本海北部沿岸や朝鮮半島の東海岸の限られた地域（Kang 1966; Lee and Kim 1999）に分布する。本種の生育場所はマコンブ *Saccharina japonica* のそれと重なることが多く、マコンブの生育を妨げる害藻とされることがあった（高橋 2000）。本種の生態については、北海道南茅部の天然岩礁上で25 cm 以上の藻体を毎月刈り取るにより新たに出現する個体数は6月に最高を示し、生長量は11月から増大し、3月まで続くことが明らかにされている（山本 1986）。また、佐々木ら（1992）は函館市戸井町沿岸の水深13~18 m から採取した孢子体標本からガゴメの生活様式について調べ、その大きさから3年藻体が漁業対象として一般的であり、寿命は4年までが大部分であろうと推察している。

1998~1999年には、北海道南部海域において、夏季に海水温が急上昇したこと、台風や大型低気圧による海況変化、甲殻類や貝類などの付着生物の増加、海洋汚染などの影響でガゴメの生産が著しく減退することがあり、速やかな資源の回復、維持、保護が望まれている（高橋 2000）。そのためには、岩礁地帯の海底に生育する本種孢子体の季節的消長や形態変化の詳しい情報が必要である。しかし、北海道南部において、それらの情報は十分に得られていない。

本研究では、根崎沿岸に生育するガゴメ孢子体を経時的に観察し、本種孢子体の季節的消長と形態形成を明らかにした。

材料および方法

函館市根崎地先は、津軽海峡の東側に位置し、対馬暖流と親潮寒流の影響を受ける海域である（Fig. 1）。この海底は、水深5~13 m（調査時の実測値）では主に岩礁からなりマコンブやワカメ *Undaria pinnatifida* が優占するが、なだらかな岩礁域に砂と礫が混在する水深13~18 m ではガゴメの優占群落が形成され、マコンブやワカメなどはほとんど生育していない。この地先は、コンブ類の漁獲期間が7~9月で水深10 m 以浅が主な漁獲海域となっており、水深10 m 以深ではコンブ漁による環境攪乱の影響が少ないと考えられる。そこで本研究では、ここを調査地として2006年1~12月にかけて、ガゴメやその他の大型コンブ類が生育する水深や状況を詳しく調査した。その結果をもと

に、本種の優占群落が最も発達していた水深約15 m 地点の岩礁域の約2000 m²の範囲を調査地点（観察区）と定めた。

2007年1月から2008年12月までの2年間、海況の影響で調査ができなかった2007年8月を省き、1ヵ月に1回の頻度で合計23回スキューバ潜水を用いて観察を行った。この期間、水温はデータロガーを観察区に設置し6時間間隔で記録した。

2007年1~12月の期間、観察区に50×50 cm のコドラート4枠を任意の場所に設け、枠内の葉長が1 cm 以上のコンブ類を全て採集した。採集したコンブ類は直ちに研究室に持ち帰り、各枠の個体数を求め、葉長、葉幅を計測すると共に形態や凹凸を詳しく観察しデジタルカメラにより記録した。1~7月の期間に採取した葉長1~5 cm の若いコンブ類は、ガゴメとその他のコンブ類との識別が難しい。そのため、これらの孢子体については、硫酸基を持つフコイダンと反応するとメタクロマジーを起こす（小林・景山 1968）メチレンブルーを用いて海水溶液0.03%に調整した染色液（阪井・船野 1965）で葉状体の組織、粘液腔道の発達状況を調べた。

2007年5月から2008年12月の期間、マーキングした小形体と大形体の葉長と葉幅を計測し、水中デジタルカメラや水中デジタルビデオカメラで経時的に記録した。マーキングについては、小形体はサイズが小さく直接標識を取り付けることが難しいため、5ヶ所の観察枠（100×100 cm）を設け、毎回同じエリアを追跡できるよう岩礁に水中ボンドを用いて識別し、大形体は400個体の茎状部に軟プラスチック製の標識を取り付けて個体識別を行った。

なお、本研究において用いた孢子体の葉長におけるグループ分けは、函館市恵山地区で2003年12月から

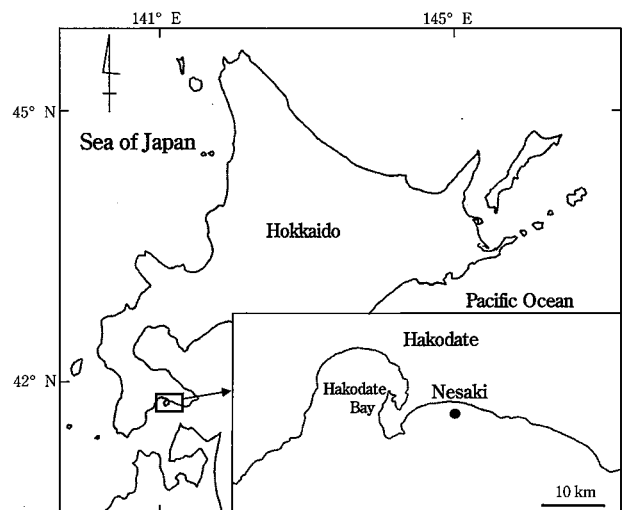


Fig. 1. Map showing the study site at Nesaki, Hakodate, Hokkaido.

2005年7月までの期間に実施した先行研究の結果を利用した。この観察では、新たに萌出した35個体のガゴメにマーキングし、追跡した。その結果、本種胞子体は萌出してから再生現象が生じるまでの最大葉長が50 cm未満であった。そのため、葉長1~50 cmを小形体、葉長50 cm以上を大形体とした。

結 果

観察区における2007年1月から2008年12月の月毎の平均水温は両年とも3月に年間最低水温を示し(6.6°C, 5.5°C), その後次第に上昇して9月に年間最高水温(20.4°C, 21.0°C)となった(Fig. 2)。

2007年1~7月の期間に採取した葉長1~5 cmの小形体は葉状部全体に著しく発達した粘液腔道が認められ、全てがガゴメ胞子体であることが分かった(神田1946; 川嶋2002)。

観察区において、ガゴメの小形体と大形体の生育密度はそれぞれ以下のものであった。小形体は、2007年1~4月は52~164個体/m²であったが、5月には1288個体/m²と著しく増加した。このうち葉長が1~5 cmの胞子体が1012個体/m²で全体の約80%を占めた。6~7月には約400個体/m²となり、その後12月まで81~99個体/m²を示した。一方、大形体は、1~4月に32~52個体/m², 5月に30個体/m²となり、6~12月には18~30個体/m²と推移した。

2007年5月において、密度が著しく増加した葉長1~5 cmの小形体は、幅の広い披針形の葉状部で薄い膜状であった。これらのうち、葉長が1~3 cmのものでは葉状部にわずかな窪みがある程度で薄いオリーブ色を呈した(Fig. 3A)。葉長3 cmを超えるものでは葉状部表面に基部より対をなす円形の凹凸が現れた(Fig. 3B)。7~8月になるとこれら小形体の葉状部は笹の葉状で中央付近に縦1列の凹凸が規則正しく並んで現れた(Fig. 3C)。また、葉状部は柔らかい革質状

に変化した。その後、9~10月には、葉状部は腐朽のため先端部は消失し、10月下旬には約50%の胞子体で再生現象が見られ、それらの葉長は最短で5 cm, 最長で40.5 cmであった。再生現象は12月までに観察区で既にマーキングした枠内の小形体500個体のうち489個体で見られ、新葉は幅の広い楕円形状で柔軟な革状を呈し、葉状部の凹凸は中央に縦1列となり、旧葉との境では緩やかにくびれが生じた(Fig. 3D)。葉幅の増大に伴い、新葉の葉状部中央の凹凸は大形となり、縁辺では下から上へ向かって新たに円形状の凹凸が1列現れた。小形体500個体のうち残りの11個体については、1月には全てが下部から新葉を形成した。春季から冬季までの期間に何れの胞子体においても子囊斑の形成はなかった。

1回目の再生を経過した本種胞子体の新葉表面は旧葉の凹凸を引き継いでいた。2~3月には葉状部の生長に伴い縁辺側で円形状の凹凸が変形し、それらが互いに縦に融合して中央縦1列の凹凸の両側に規則正しく並び、さらに縁辺側には新たに皺が現れた(Fig. 3E)。この時期には旧葉は全ての胞子体から消失していた。2008年1~5月の期間に平均葉長は49.1 cmから193.1 cmに著しく伸長して大形体となり、革質の葉状部は線形を呈し、海底は本種胞子体で覆われた(Fig. 4A)。6~7月には胞子体の平均葉長が214.1 cm, 平均葉幅が32.1 cmとなり(Fig. 5), 線形の葉状部の葉質は厚く、堅い革質となり、基部付近の凹凸は浅くなる傾向を示した(Fig. 3F)。8月からは葉状部が著しく腐朽し、9~10月には葉状部の凹凸の皺は浅くなった(Fig. 3G)。10月初めには、既にマーキングした胞子体の約30% (43/150個体) に子囊斑が形成され、10月中旬には96% (144/150個体) の胞子体で子囊斑が認められた。海中観察では子囊斑はまず点状や縦の筋状として基部より10~30 cm離れた領域に生じた。11月には子囊斑は基部付近から葉状部全体に広がった。12月になると多くの胞子体の葉状部で腐朽が進み、裂片が生じ、枯死、流失する個体が多く認められ、海底面が大きく現れた(Fig. 4B)。生育する胞子体の平均葉長は88.7 cmとなり、表面には多くの生物が付着していた。また、一部の胞子体で再生現象を認め、その新葉は中帯部が広く肉厚で心臓形を呈し、旧葉との境界が著しくくびれていた。

一方、2007年1月に観察した本種大形体には、葉状部が披針形で薄いオリーブ色を呈し、中央に明瞭な大形の凹凸と縁辺側に円形状の凹凸が1列存在するもの(Aタイプ)と葉状部が厚い皮質で凹凸が浅く不明瞭で各所が腐朽したもの(Bタイプ)が確認された。観察区ではAタイプが優占しており、3~4月になると葉状部は褐色を呈し、中央の凹凸の両側に1列の規則

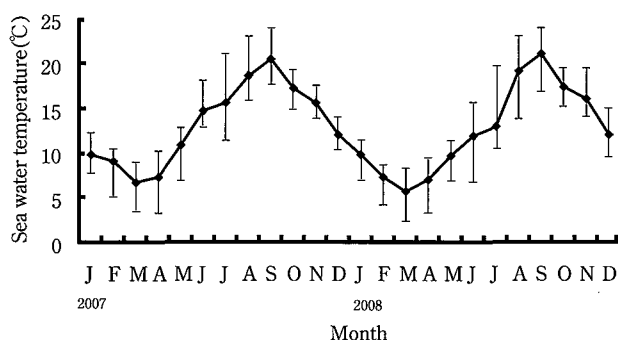


Fig. 2. Monthly fluctuation in the mean seawater temperature at 15-m depth at Nesaki, Hakodate, Hokkaido. Vertical bars indicate the range.

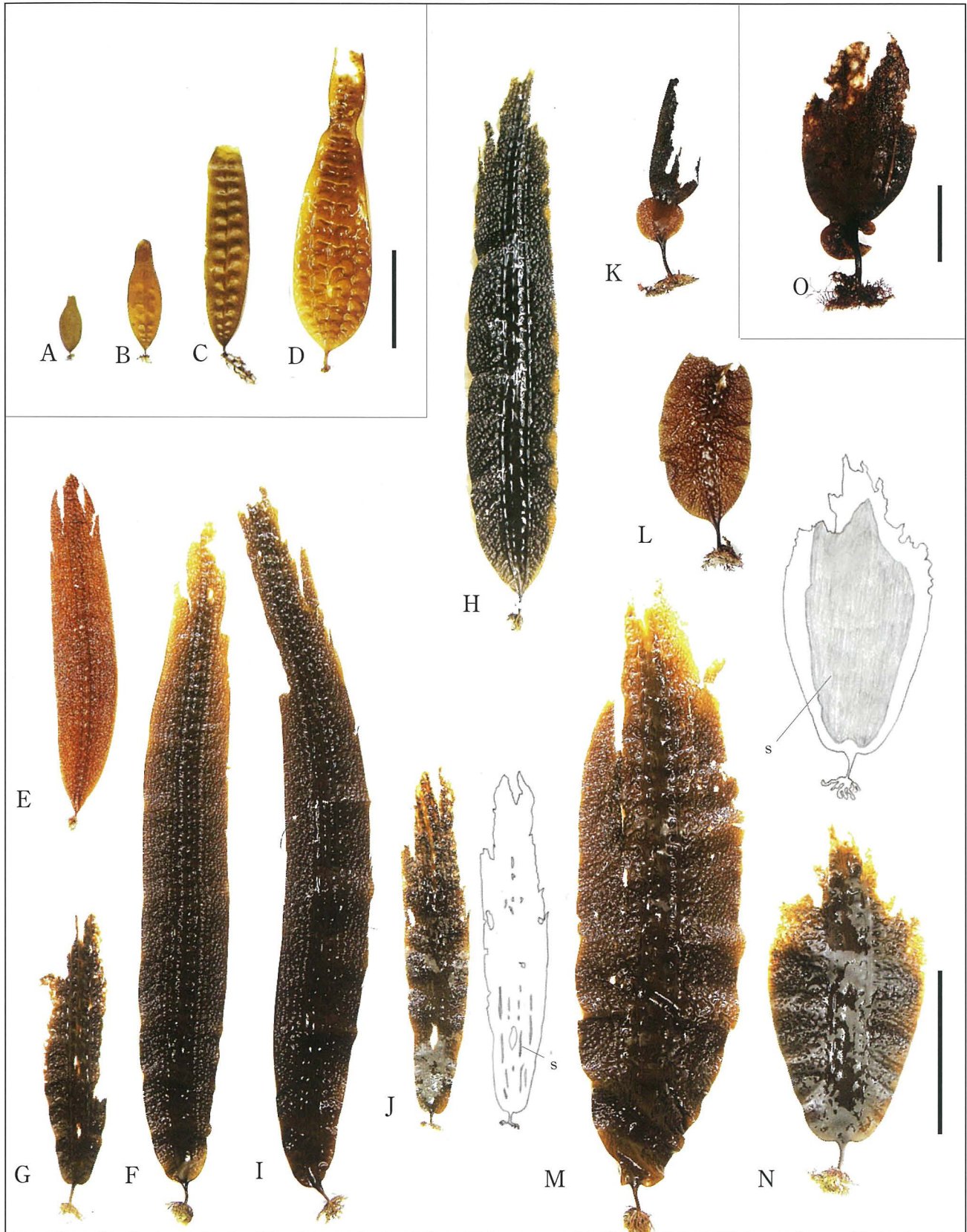


Fig. 3. Morphologies of *Saccharina sculpera* sporophytes. (A) May, 2007. (B) June, 2007. (C) July, 2007. (D) December, 2007. (E) March, 2008. (F) June, 2008. (G) October, 2008. (H) May, 2007. (I) July, 2007. (J) October, 2007. (K) December, 2007. (L) May, 2008. (M) July, 2008. (N) November, 2008. (O) January, 2008. (A-D) small sporophytes, (E-N) large sporophytes, (O) anomalous sporophyte. Scale bar: 5 cm for A-D, 50 cm for E-N, 10cm for O. s, sorus.

正しい凹凸がさらに並び、縁辺では新たに皺を形成していた。5月になると葉状部は皮質で濃い褐色となり、葉長は100~241 cmの範囲にあった (Fig. 3H)。一方、Bタイプは3~4月には流失して見られなくなった。

標識を取り付けた大形体400個体のうち388個体では葉状部が線形で連続した凹凸の縦列が中央とその両側に存在した。これらは2007年からマーキングし経時観察した小形体が一度再生現象を経て生長した2008年5~6月時の大形体と形態の特徴が同じであった。その後、6~7月には平均葉長が216.3 cm、平均葉幅が

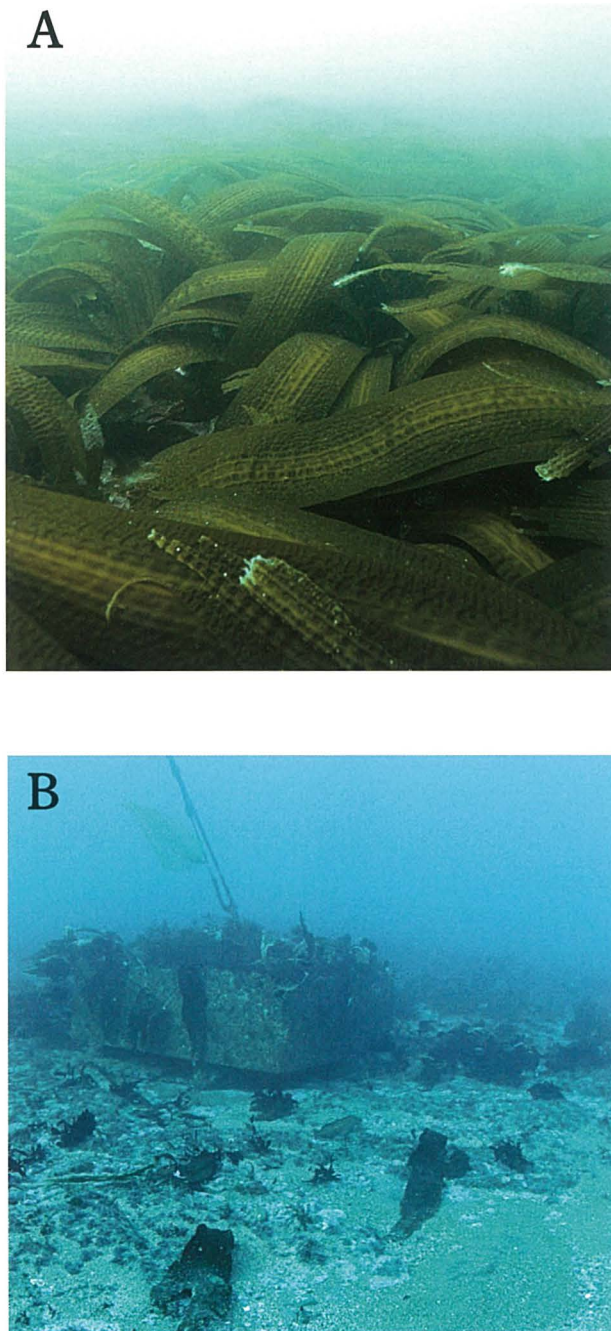


Fig. 4. Gagome Kelp *Saccharina sculpera* at the same bed at Nesaki, Hakodate, Hokkaido. (A) April, 2008. (B) December, 2008.

34.4 cm (Fig. 6) となり、基部付近の凹凸は浅くなる傾向を示した (Fig. 3I)。一方、残りの12個体は、5

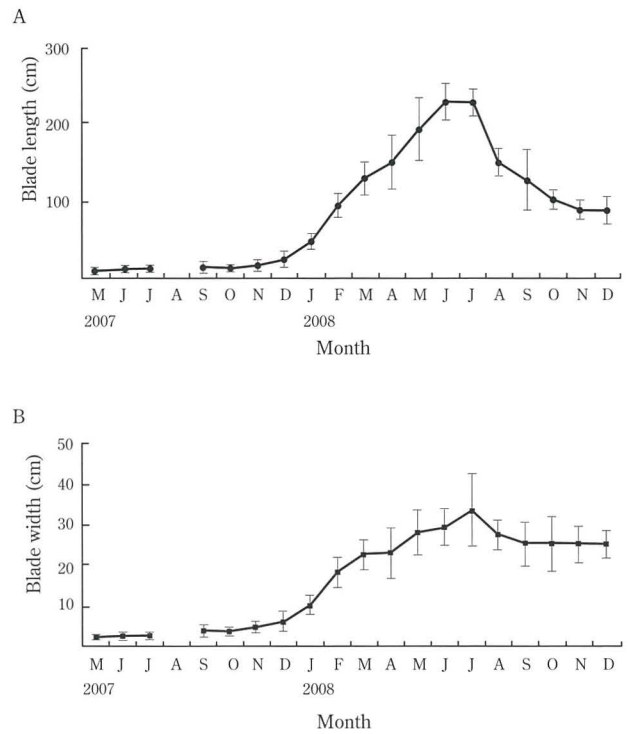


Fig. 5. Growth of small sporophytes of *Saccharina sculpera* marked on March 2007 at the study site. (A) Blade length. (B) Blade width. August 2007 no data. Vertical bars indicate standard deviations.

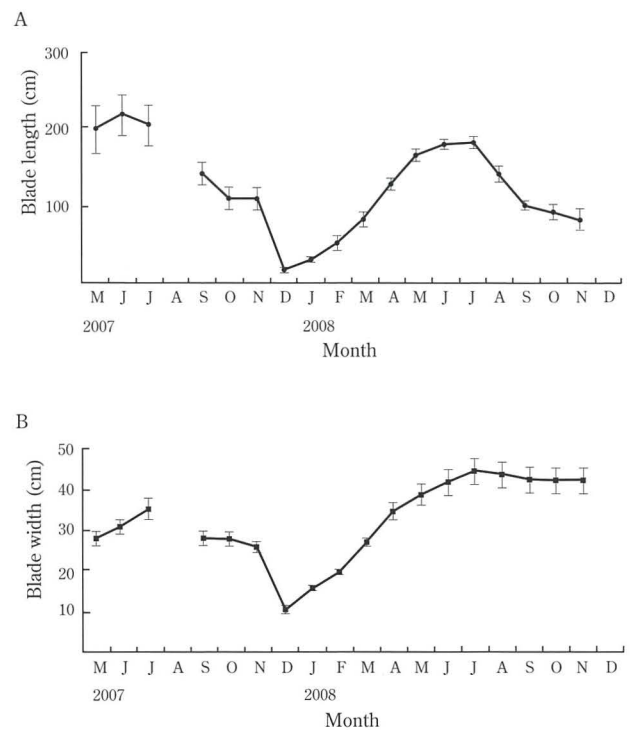


Fig. 6. Growth of large sporophytes of *Saccharina sculpera* marked on March 2007 at the study site. (A) Blade length. (B) Blade width. August 2007 no data. Vertical bars indicate standard deviations.

月に葉状部が楕円形で中央1列の凹凸の幅が広く皺が浅く、6~7月には葉長が170~180 cm、葉幅が35~48 cmの範囲で広く、中央2列の凹凸はさらに浅くなった。その後、標識を取り付けた400個体全ての胞子体は8~10月までの期間に葉状部の著しい腐朽が認められ、10月中旬にはほとんどの胞子体で子囊斑の形成が確認され (Fig. 3J)、子囊斑は11月には葉状部全体へと広がった。12月には葉状部に裂片が生じ、枯死、流失する個体が多く認められ、海底面が大きく現れた (Fig. 4B)。

再生現象は、標識を付けた400個体のうち11~12月に8個体 (2%)に見られ (Fig. 3K)、さらに1月と2月になると153個体 (約38%)に生じた。12月から翌年2月までの期間、残りの239個体 (約60%)では再生現象は全く見られず、4月までに全てが流失した。12月に再生現象が認められた8個体については、新葉が薄いオリーブ色の心臓形をなし、旧葉との境で著しいくびれを生じた (Fig. 3K)。それらの葉状部は葉幅の約1/3の厚い中帯部をもち、葉面の凹凸は2年目胞子体から引き継ぐものではなく、縁辺に薄く不規則に生じた。これら胞子体は2008年1~7月の期間に生長し、葉状部は幅が広い楕円状になり、葉面中央に浅い大形の凹凸と縁辺に凹凸が存在した (Fig. 3L)。その後、葉状部は、縁辺の凹凸が融合し中央の両側に縦に連続し、縁辺側には新たに凹凸が現れた。7月における胞子体の平均葉長は175.0 cm、平均葉幅は42.9 cm (Fig. 6)となり、葉状部の凹凸は全体に浅くなった (Fig. 3M)。8~10月にかけて、葉状部が腐朽し葉長や葉幅の値は減少した。10月中旬になるとほとんどの胞子体に成熟が見られ、11月には子囊斑は葉状部全体に広がった。11~12月の期間に葉状部はさらに腐朽し (Fig. 3N)、何れの胞子体も再生することなく、やがて付着器や茎より枯死、流失した。

一方、2008年1月と2月に再生現象が見られた153個体の胞子体については、何れも新葉が生長不良で異常形態となるもの (Fig. 3O) や茎あるいは付着器の組織が腐朽し、4月までにほとんどが流失した。

考 察

函館市戸井沿岸のコンブ類の生態と環境調査ではマコンブの生育水深は2~22 mでガゴメの生育水深は0.1~24 mであり、両者の生育帯はほぼ一致すると記載されている (佐々木ら 1992)。本研究では函館市根崎沿岸において、2006年1月からの事前調査を含めた約3年間におよぶ潜水調査から、ガゴメとマコンブの生育水深は重複するものの、ガゴメは水深13~18 mに優占群落を形成し、マコンブが優占する水深5~

13 mよりも深い水深帯に優占する種であることが明らかとなった。

ガゴメについては、室蘭産の11月の形態として1年目の旧葉と2年目の新葉を併せ持つ再生胞子体について、再生した新葉と旧葉の境界にはくびれがあり、再生後は著しく生長することを示している (Kanda 1938)。北海道岩内地先における2年生コンブの調査において、胞子体が発芽して葉状部または根部に再生が見られるまでを1年目コンブとし、再生後を2年目コンブとしている (赤池・津田 2005)。したがって、本研究では、萌出後から再生現象を示すまでを1年目胞子体とし、再生現象を示すたびに新葉を2年目、3年目と加齢するものとした。

1~5月に多数萌出し著しい密度の増加を伴うガゴメの小形体をマーキングして、経時的に観察したところ、小形体は、10月から翌年1月の期間に1度目の再生現象が認められた。観察区において、1~12月に見られる再生現象が生じていない小形体は1年目胞子体と考えることができる。

再生現象を示し2年目となった胞子体は、その後著しく伸長し5月には平均葉長が193.1 cmの大形体となり、葉状部は線形で葉面の凹凸は縦2列と複雑化した。これらが2年目胞子体の典型的な特徴であると認めることができる。

2007年春季に標識をつけた本種の大形体は平均葉長が199.1 cmでそのほとんどの葉状部は線形で葉面の凹凸は縦2列と複雑化した典型的な2年目胞子体の特徴を示した。12月に見られた再生現象は、新葉が薄いオリーブ色で心臓形をなし、旧葉との境で著しいくびれを示した2年目胞子体の特徴と同じであった。また、観察区において、12月から翌年1月の期間は本種胞子体の多くが枯死、流失するため、海底面を覆うものがほとんどなくなり、1年目胞子体が冬季から著しく生長し夏季には200 cmを超える胞子体となることから2007年春季にマーキングした大形体のほとんどは2年目胞子体であると考えられる。

多年生であるガゴメの寿命については、採集された本種胞子体標本を検討し、葉長の大きさや形態の特徴から年齢は4年目までであろうと推測している (山本 1985; 佐々木ら 1992; 川嶋 2002, 2004a)。本研究では、2年目胞子体に標識を取り付け、経時観察したところ、再生現象を示し3年目胞子体となるものは2年目胞子体の約40%であり、そのうち約38%は新葉が異常形態となり、春季までに死滅することがはじめて明らかとなった。また、残りの2%の3年目胞子体は2年目胞子体とは異なる葉状形態を示しながら生長、成熟し、その後、全ての胞子体が付着器や茎の腐朽で死滅したことを観察した。このことから、本研究の観察区

での本種の寿命は3年までであった。既報における本種の寿命は4年目であろうとする考察とは異なる結果となった。

戸井海域ではガゴメの再生後、新葉が生長する期間の水温は4~14℃であるとし(佐々木ら 1992), 津軽海峡をはさんだ対岸の青森県大間沿岸では、冬季から春季の水温が15℃以下の期間に生長を続け、5月

に平均葉長137.8 cm で最大になる(桐原・藤川 1992, 1993)。水温がガゴメ幼孢子体の生長に及ぼす研究では5, 10, 15, 20, 25℃の5段階で掛け流し培養を行った結果、本種孢子体は水温5~15℃で生長することが報告されている(桐原ら 2003)。本研究では根崎地先の水深約15 m で、ガゴメの2年目孢子体と前述した3年目孢子体の一部では新葉が著しく生長するのは1

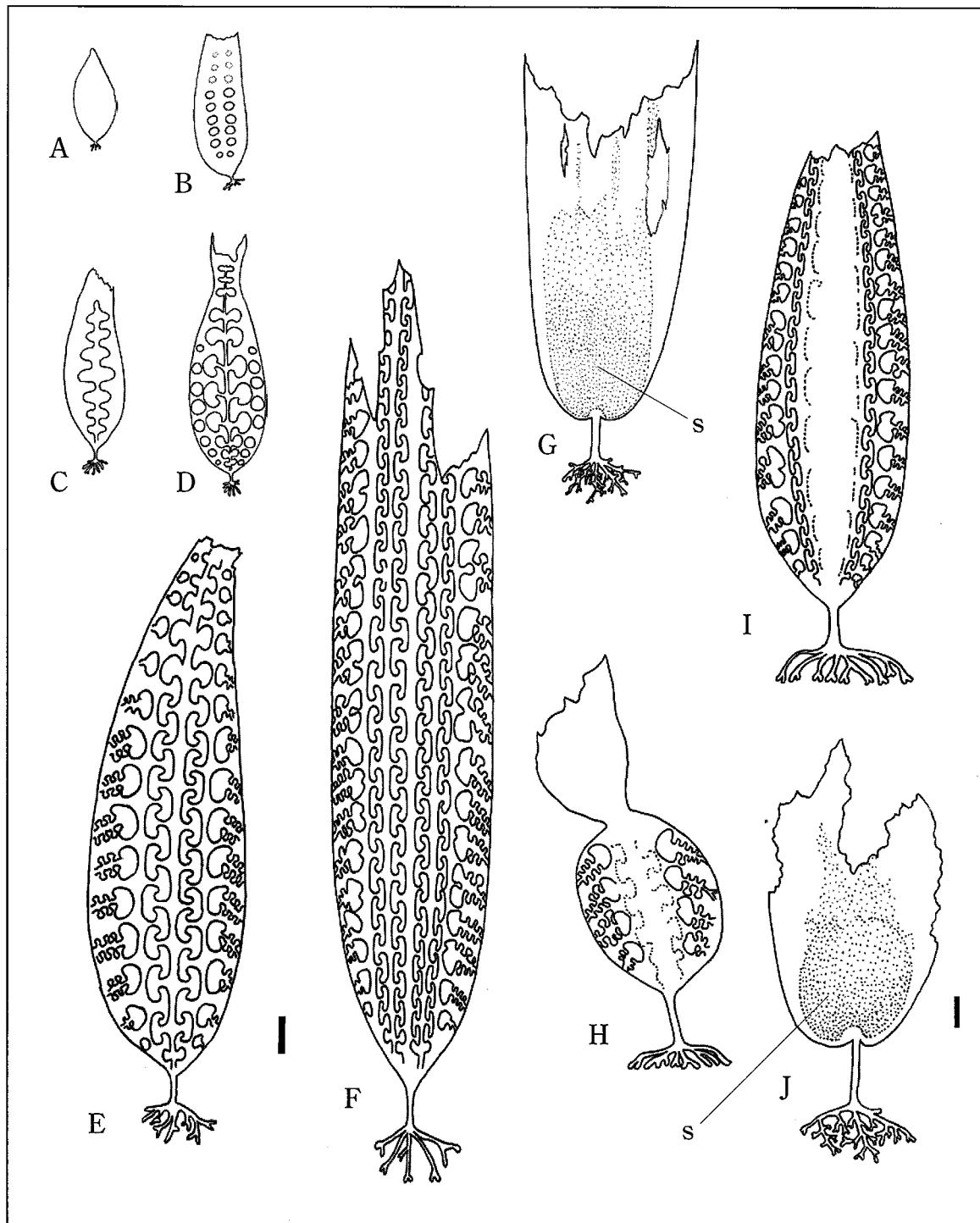


Fig. 7. Schematic drawing of the gyration on the blades of *Saccharina sculpera*. (A-C) First-year plants. (D-G) Second-year plants. (H-J) Third-year plants. Scale bar: 1 cm for A-E, 10 cm for F-J. s, sorus.

月から6月の6ヶ月で、その期間の月毎の平均水温は5~15℃の範囲であり、これまでの報告とほぼ同じ結果となった。

また、下北半島の大間崎において、1976年から2001年の長期間におよぶ水温計測と生育するコンブ類の現存量の比較調査では、1988年を境に年間の平均水温が約1℃上昇したとそれに伴う暖海性-寒海性コンブ類間の競合で、この地先のコンブ類の現存量に影響を与えていると推察している (Kirihara et al. 2006)。しかし、本研究の観察区では、ガゴメと競合するコンブ類がほとんど生育していなかったことや、月毎の平

均水温が15℃を超える夏季から葉状部の腐朽が著しいことから、月毎の平均水温は、ガゴメの生長や成熟についての目安となるだろう。また、夏季の高水温がガゴメの資源量を左右している可能性は否めないと思われる。

天然ガゴメ群落では発芽後1年から数年間、大型の海産植物の下で生長が抑制された小形体として生き続け、環境条件が良くなると再び生長すると推察されている (山本 1986; 佐々木ら 1992)。一方、本研究の観察区において、ガゴメ群落内にマコンブ、ミツイシコンブ、ワカメなど大型の海産植物はほとんど生育して

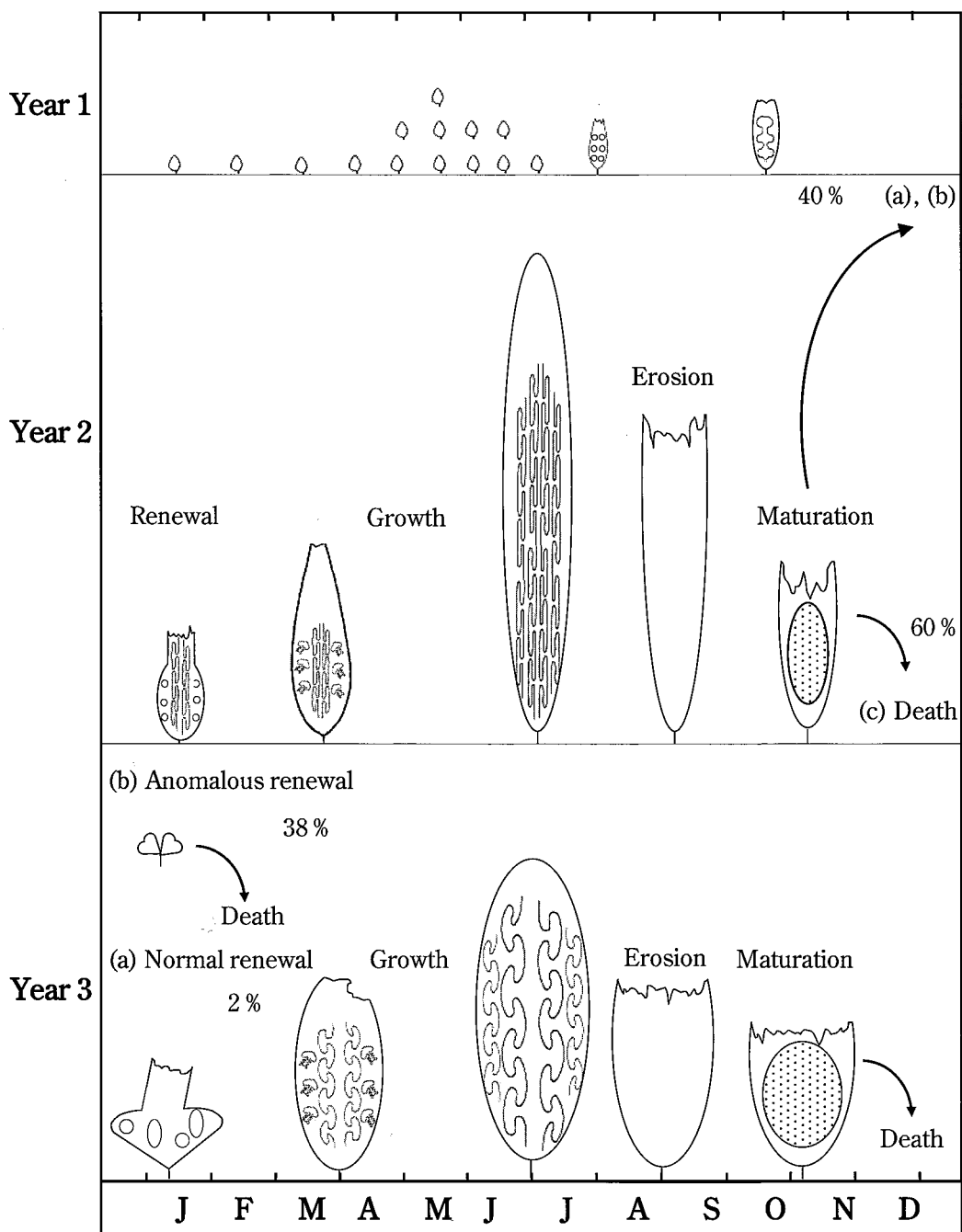


Fig. 8. Growth pattern in the third-year sporophytes of *Saccharina sculpera*.

おらず、本種胞子体は8月から葉状部の腐朽により短小化することや、2年目と3年目胞子体の多くが成熟後の12月から翌年1月にかけて枯死、流失することで冬季には海底面を覆う大形海藻がほとんどなくなり、海底面が現れることが分かった (Fig. 4B)。この時期には光が十分に届き、本種は著しく生長することになったと考えられる。

戸井沿岸のマコンブとガゴメの子囊斑の形成(成熟)について、佐々木ら (1992) はマコンブの1年目胞子体で10月から翌年2月、2年目胞子体で8月から11月と、通算8月から翌年2月の約7ヶ月間であるとしている。ガゴメの成熟に関しては、子囊斑の形成は基部近くに点状で現れ、線状となり葉状部全体に広がる(川嶋 2004b)。また、1年目藻体(藻長1-25 cm)の成熟は稀であり、2年目藻体(藻長25-60 cm)では11月から翌年1月、3年目藻体(藻長60 cm以上)では10月から翌年1月に成熟が見られる(佐々木ら 1992)。本研究では根崎地先において、ガゴメの2年目と3年目胞子体の葉状部には、10月になると子囊斑が点状から筋状に現れ始める。子囊斑は、10月中旬から11月にかけて葉状部全体に面積を広げ翌年1月まで見られる点で、既報と同じであった。しかし、12月になると2年目と3年目胞子体の葉状部表面には、多くの付着生物が存在して著しく腐朽するため、成熟の最盛期は11月で、再生産に最も重要な時期であることが分かった。また、1年目胞子体は、何れの時期においても子囊斑を形成するものは全く見られず、再生産に寄与するのは2年目と3年目胞子体であることを認めた。本種の群落形成や水産資源にとって重要なものは、2年目胞子体であり、本種の保全、増殖を考える上で生物学的な基礎知見になると思われる。

本研究の結果に基づいて、根崎地先に生育するガゴメ胞子体の主な季節的消長と形態の特徴は次の様になると考えられる (Figs. 7, 8)。

ガゴメ胞子体の1年目は、1~5月に岩礁上に萌出し (Fig. 7A)、その後、秋季までの期間、何れの小形体も緩やかに生長し、葉長はおおむね50 cm以下である。萌出時の葉状部は、薄い膜状で広い披針形を呈し、葉面には単純な窪みを生じ、6~8月には、葉状部が披針形で葉面の凹凸は中央縦1列と単純である (Fig. 7B, 7C)。夏季からは葉状部先端で腐朽が見られ、10月から翌年1月に全ての胞子体が1度目の再生現象を示す (Fig. 7D)。

2年目胞子体は、再生時に新葉と旧葉後が緩やかにくびれ、葉面の凹凸は1年目胞子体から引き継いでいる (Fig. 7D, 7E)。再生後、1~7月の期間、著しく伸長し平均葉長が200 cmを超え、葉面の凹凸は中央に加え、その両側にさらに1列の凹凸が生じ、線形

となる (Fig. 7F)。8~11月にかけては生長が停滞し、葉状部先端と縁辺部の腐朽が進み、葉面の凹凸は浅く不明瞭となる。10月になると成熟が始まり、11月には最盛期を迎える (Fig. 7G)。その後、2年目胞子体の約60%は再生現象を生じることなく死滅し、残りの約40%に再生現象が始まる。

3年目胞子体は、新葉のほとんどが異常形態となり、2年目胞子体のうちわずか2%だけが正常に再生現象を示す。正常に再生した胞子体の新葉は心臓形で中帯部が幅広く肉厚となり、旧葉との境が著しくくびれる (Fig. 7H)。再生後、1~7月の期間、著しく伸長し7月には2年目胞子体よりもはるかに幅が広い楕円形となる。葉面中央の凹凸は著しい大形となり、その両側に規則正しい縦の凹凸列を有する典型的な3年目胞子体の形態特徴を示す (Fig. 7I)。その後、8月から腐朽が進み、葉面の凹凸は幾分不明瞭となり、10月中旬には成熟が始まり、11月には子囊斑が葉状部全体へと広がる (Fig. 7J)。12月には全ての胞子体が付着器や茎の腐朽により死滅する。

本研究で明らかにしたガゴメ胞子体の季節的消長とそれに伴う形態形成の知見は漁業従事者にとっての漁獲対象サイズ、最適な採取時期や促成栽培への応用など本種資源の保全や増殖に有用な情報になるであろう。

要 約

函館市根崎沿岸において、ガゴメの季節的消長と形態形成について詳細に観察した。その結果、1~7月に発生したガゴメの1年目幼胞子体は10月までゆっくりと生長して約10 cmになり、10月~翌年1月に全てが再生した。再生現象が見られるまでに成熟する胞子体は見られなかった。2年目胞子体は1~7月の期間、著しい生長を示し7月には葉長が2 mを超える大形体となった。8~10月には腐朽が見られ、約100 cmとなるが10~11月に成熟した。標識をつけた2年目胞子体400個体のうち、約40%の胞子体で12月~翌年2月に再生が確認されたがほとんどが4月までに流失し、7月まで生長した胞子体は400個体のうち約2%だけであった。3年目胞子体は8~10月に腐朽したが10~11月には成熟した。その後、12月には全ての胞子体が流失した。

謝 辞

本研究を行うにあたり、多大な協力を頂いた函館市函館漁業協同組合根崎支所の職員と組合員の方々に厚くお礼申し上げる。

文 献

- 赤池章一・津田藤典 (2005) 北海道岩内沿岸における2年生コンブの成長と成熟. 北水試研報, **69**, 151-158. [Akaike, S. and F. Tsuda (2005) Growth and maturation of biennial kelp (*Laminaria* sp.) on the coast of Iwanai, Hokkaido, Japan. *Sci. Rep. Hokkaido Fish. Exp. Stn.*, **69**, 151-158 (in Japanese with English abstract).]
- ガラニン・ドミトリー・四ツ倉典滋・川井唯史 (2011) ロシア・サハリ州と日本におけるガゴメの分布に関する情報. 応用藻類, **4**, 1-7. [Galanin, D., N. Yotsukura and T. Kawai (2011) Distributional information of *Saccharina sculpera* in Japan and Saghalin, Russia. *Algal Resources*, **4**, 1-7 (in Japanese with English abstract).]
- 長谷川由雄 (1959) 北海道沿岸産有用コンブ族植物の分布. 北水試月報, **16**, 3-7.
- Kanda, T. (1938) On the gametophytes of some Japanese species of Laminariales II. *Sci. Pap. Inst. Alg. Res., Fac. Sci., Hokkaido Imp. Univ.*, **2**, 100-111.
- 神田千代一 (1946) 北海道沿岸産昆布属植物の発生学的研究. 函館水専内水産学研究所報告, **1**, 1-44.
- Kang, J. W. (1966) On the geographical distribution of marine algae in Korea. *Bull. Pusan Fish. Coll.*, **7**, 1-125.
- 川嶋昭二 (1989) 日本産コンブ類図鑑. 北日本海洋センター, 札幌, pp. 102-107.
- 川嶋昭二 (2002) 日本産コンブ類の分類と分布 (86). コンブ科-トロロコンブ属(3)-ガゴメ(1). 海洋と生物, **24**, 215-219.
- 川嶋昭二 (2004a) 日本産コンブ類の分類と分布 (87). コンブ科-トロロコンブ属(4)-ガゴメ(2). 海洋と生物, **26**, 345-350.
- 川嶋昭二 (2004b) 日本産コンブ類の分類と分布 (88). コンブ科-トロロコンブ属(5)-ガゴメ(3). 海洋と生物, **26**, 448-454.
- 桐原慎二・藤川義一 (1992) 磯焼け対策総合調査事業報告書. 青森県水産増殖センター, pp. 285-295.
- 桐原慎二・藤川義一 (1993) 磯焼け対策総合調査事業報告書. 青森県水産増殖センター, pp. 243-251.
- 桐原慎二・藤川義一・能登谷正浩 (2003) 褐藻ガゴメの配偶体の成熟及び幼胞子体の生長に及ぼす温度, 光量の影響. 水産増殖, **51**, 281-286. [Kiri-hara, S., Y. Fujikawa and M. Notoya (2003) Effect of the temperature and light intensity on the growth of zoospore germling of *Kjellmaniella crassifolia* Miyabe (Laminariales, Phaeophyceae) in Culture. *Aquacult. Sci.*, **51**, 281-286 (in Japanese with English abstract).]
- Kiri-hara, S., T. Nakamura, N. Kon, D. Fujita and M. Notoya (2006) Recent fluctuations in distribution and biomass of cold and warm temperature species of Laminariales algae at Cape Ohma, northern Honshu, Japan. *J. Appl. Phycol.*, **18**, 521-527.
- 小林大佑・谷 敬志・安井 肇 (2011) ガゴメコンブの魅力とバイオフィーミング. *Biophilia*, **7**, 37-41.
- 小林忠義・景山圭三 (1968) 病理組織標本の作り方 第3版. 医学書院, 東京, pp. 135-142.
- Lee, I. K. and Y. H. Kim (1999) Biodiversity and distribution of marine benthic organisms and uses of algal resources in the coastal zone of Korea and Japan I. Benthic marine algae in the east coast of Korea. *Algae*, **14**, 91-110.
- 宮部金吾 (1902) 昆布科. 北海道水産調査報告, 卷之三, 昆布採取業, 北海道殖民部, pp. 1-60.
- 宮部金吾・三宅 勉 (1907) 樺太植物調査概報. 樺太廳, 樺太, pp. 84-89.
- 能登谷正浩・足助光久 (1984) 青森県沿岸におけるコンブ目植物の分布. 青森県水産増殖センター研報, **3**, 15-18. [Notoya, M. and M. Asuke (1984) Distribution of Laminariales plants along the coast of Aomori Prefecture. *Sci. Rep. Aquaculture Cen., Aomori Pref.*, **3**, 15-18 (in Japanese with English abstract).]
- 岡村金太郎 (1936) コンブ科. 日本海藻誌, 内田老鶴圃, 東京, pp. 244-300.
- 酒井 武・加藤郁之進 (2001) コンブフコイダンの機能性と健康食品への利用. *New Food Industry*, **43**, 8-12.
- 酒井 武・加藤郁之進 (2002) 海藻由来フコイダンとそのオリゴ糖の構造と生物活性. バイオサイエンスとインダストリー, **60**, 23-26.
- 阪井与志雄・船野 隆 (1965) 北海道産コンブ属植物の幼体 I. ホソメコンブおよびマコンブの幼体について. 北水試報告, **3**, 39-50. [Sakai, Y. and T. Funano (1965) The young sporophyte of *Laminaria* from Hokkaido, Japan, I. On young sporophytes of *Laminaria religiosa* and *L. japonica*. *Sci. Rep. Hokkaido Fish. Exp. Stn.*, **3**, 39-50 (in Japanese with English abstract).]
- 佐々木 茂・川嶋昭二・門間春博 (1992) 天然マコンブ不作原因調査. 戸井海域のコンブの生活と海洋環境調査報告書, 戸井町, pp. 1-89.
- 高橋和寛 (2000) 渡島管内のガゴメの生育量の変動について. 北水誌だより, **49**, 22.
- 時田 郁 (1933) コンブ科. 南樺太産海藻調査報告, 博物館教育 2, 樺太廳博物館, 樺太, pp. 29-38.
- 山田幸男 (1942) 渡島国小島の海藻. 生態学研究, **8**, 99-100.
- 山田幸男・木下虎一郎 (1948) コンブ科. 北海道海産動物図譜, pp. 8-10.
- 山本弘敏 (1985) ガゴメとマコンブについて. 北海道栽培漁業振興公社広報誌「育てる漁業」, **149**, 2-4.
- 山本弘敏 (1986) ガゴメの出現数と生長量の月別変動. 北大水産彙報, **37**, 165-170. [Yamamoto, H. (1986) Monthly changes in the occurrence and growth of *Kjellmaniella crassifolia* Miyabe. *Bull. Fac. Fish. Hokkaido. Univ.*, **37**, 165-170 (in Japanese with English abstract).]
- 遠藤吉三郎 (1911) 褐藻類. 海産植物学, 博文館, 東京, pp. 372-375.