

長崎県見崎町沿岸におけるキレバモク群落の生産力

村瀬 昇^{1†}, 野田幹雄¹, 阿部真比古¹, 吉村 拓², 清本節夫², 樽谷賢治²,
吉田吾郎³, 島袋寛盛³, 八谷光介⁴

The Productivity of a *Sargassum alternato-pinnatum* Population on the coast of Misaki, Nagasaki Prefecture, Japan

Noboru Murase^{1†}, Mikio Noda¹, Mahiko Abe¹, Taku Yoshimura²,
Setuo Kiyomoto², Kenji Tarutani², Goro Yoshida³, Hiromori Shimabukuro³
and Kousuke Yatsuya⁴

Abstract: The productive structures and productivity of a *Sargassum alternato-pinnatum* population at a depth of 5 to 6 m were studied from February to July 2011 on the coast of Misaki, Nagasaki City, Nagasaki Prefecture. Thalli grew increasingly through April to May. The maximum standing crop was 232.0 g d.wt. m² in May. Net production of the population in February to July was 248.4 g d.wt. m² by the summation method, which was calculated from the monthly changes in the productive structure. The maximum daily net production of 5.5 g d.wt. m⁻² day⁻¹ occurred from April to May. The release of oospores and embryos was observed in July.

Key words: *Sargassum alternato-pinnatum*, Growth, Net production, Productivity, Productive structure

諸 言

キレバモク *Sargassum alternato-pinnatum* は、褐藻綱ヒバマタ目ホンダワラ科ホンダワラ属に属する大型の海藻である。本種は、和歌山県から高知県の太平洋岸、宮崎県、鹿児島県から長崎県までの九州南～北西部に分布する^{1,2)}。本種の外部形態は、付着器が盤状で、その中心から生じる茎は円柱状である。主枝は茎の頂端から螺旋状に伸長し、その断面が円形や多角形で、表面に短い棘を有する²⁾。葉は細長い披針形で2～3回又状に分枝するものが多く、葉の縁辺部には小さな鋸歯が並ぶ。本種は雌雄同株で、同一の生殖器床の中に造精器を含む雄性生殖器巣と生卵器を含む雌性生殖器巣とが存在する³⁾。卵は初夏に生殖器床の表面に放出され、精子と受精して幼胚となる。岩盤に付着した幼胚は発芽して夏を過ごし、水温が低下する秋に伸長し始

め、冬から春にかけて主枝や側枝が発達する。初夏には主枝の長さが約1 mとなり生殖器床が形成される。卵や精子が放出された後の藻体上部は枯死流失するが、越年する茎からは主枝が伸長する多年生の種とされている²⁾。

近年、九州の南部から北西部の一部の海域では、これまで繁茂していた在来種の温帯性ホンダワラ類にかわり、キレバモクなどの南方系ホンダワラ類の分布拡大が報告されている^{4,5)}。特に、長崎県見崎町沿岸では、キレバモクなどのホンダワラ類の藻場の繁茂が確認できる季節が春から初夏(4～7月)に限定されている⁶⁾。このような限られた期間に形成される藻場を漁業生産の場として活用するためには、構成する個体の生長および成熟の季節変化に加えて、生産生態学的な観点から藻場が有する機能のひとつである生産力を把握することが重要である。

本研究では、長崎県長崎見崎町沿岸において繁茂する

1 水産大学校生物生産学科 (Department of Applied Aquabiology, National Fisheries University)

2 西海区水産研究所 (Seikai National Fisheries Research Institute)

3 瀬戸内海区水産研究所 (National Research Institute of Fisheries and Environment of Inland Sea)

4 東北区水産研究所 (Tohoku National Fisheries Research Institute)

† 別刷り請求先 (Corresponding author: murasen@fish-u.ac.jp)

南方系ホンダワラ類のひとつであるキレバモク群落を対象とし、構成個体の消長と層別刈取りによる生産構造の月別変化を把握した。それに基づいて、現存量法により生長期中の純生産量と日間純生産量を推定した。

材料および方法

材 料

材料のキレバモクの採集は、2011年2月から7月までの3月を除く毎月1回、長崎県長崎市見崎町沿岸（32°47'49"N, 129°46'28"N）の水深約5~6 mにおいてSCUBA潜水により実施した。潜水時に、50cm×50cmの方形枠を3ヶ所、キレバモクが優占する群落内に設置し（Fig. 1）、枠内に生育する海藻をすべて付着器下部から丁寧に採集した。

生産構造図の作成

採集後のキレバモク藻体は、1個体ずつ全長を測定した。また、生殖器床の有無も観察し、採集個体数に対する生殖器床形成個体の割合を求めた。

生産構造図は、植物群落を構成する植物体の光合成器官と非光合成器官の重量の垂直分布と群落内の光分布との関係を表したもので、層別刈取り法を用いて作成できる⁷⁾。この図は、植物体の配置と量および光分布が立体的に把握

でき、かつ一定期間ごとに作成することでその期間の枯死脱落量や生産量を推定することができることから、陸上植物で数多く用いられてきた。

本研究の層別刈取りについては、全長測定後の藻体を目視観察や写真によりできるだけ海水中での状態に近い形になるように1個体ずつ板の上で広げた⁸⁾。そして、それらを付着器下部から主枝の先端まで10cm間隔で切断した。切り分けた各層の葉、主枝、側枝、気胞および生殖器床を含む葉状部を80℃で24時間送風乾燥した後、各層の葉状部全体の乾重量を求めた。キレバモク群落の生産構造図は、群落の高さ10cmごとの葉状部の乾重量で表した。

また、1個体当たりの乾重量と1㎡当たりの現存量も算出した。個体重量と現存量は付着器を除く藻体の乾重量とした。

枯死脱落量と純生産量の推定

枯死脱落量は、作成した連続する調査時の生産構造図を重ね合わせ、各層で減少した部分の乾重量の総量をその調査期間の枯死脱落量として求めた⁹⁾。

純生産量は現存量法により推定した¹⁰⁾。この方法では、調査期間の枯死脱落量に動物による被食量を加えて純生産量が推定できる。すなわち、本研究では、2011年2月14日から7月14日までの14~58日間隔に実施した計5回の各調



Fig. 1. A *Sargassum alternato-pinnatum* population at the depth of 6 m off Misaki, Nagasaki City, Nagasaki Prefecture in May 2011.

査から求めた枯死脱落量の累計値と7月までの現存量との合計を純生産量とした。なお、枯死脱落量には被食量が含まれているものとした。また、生産量と現存量との関係については、年間の最大現存量 (B) に対する純生産量 (P) の比を求めた。1日あたりの純生産量を示す日間純生産量は、調査した月とその前の調査した月の純生産量の差とその調査までの日数から求めた。

結 果

調査地点の海藻植生

本研究期間中に方形枠により採集できた海藻は、緑藻1種、褐藻6種、紅藻3種の合計10種であった。褐藻のキレバモクに加えて、緑藻はヒラミル *Codium latum*, 褐藻はヘラヤハズ *Dictyopteria prolifera*, ハイオオギ *Lobophora variegata*, ウミウチワ *Padina arborescens*, ヤツマタモク *S. patens* および マメタワラ *S. piluliferum*, 紅藻はヒラガラガラ *Dichotomaria falcata*, エチゴカニノテ *Amphiroa beauvoisii* および マクサ *Gelidium elegans* であった。このうち藻場を形成するホンダワラ類は、キレバモク、ヤツマタモクおよびマメタワラの3種であった。

方形枠内で採集されたキレバモクだけの現存量の割合は、2011年2月、4月、5月、6月および7月でそれぞれ 68.3±16.2% (平均値±標準偏差, 以下同様), 83.3±19.4%, 74.3±10.7%, 94.3±5.7% および 66.0±21.2% であり、キレバモクが占める割合は高かった。

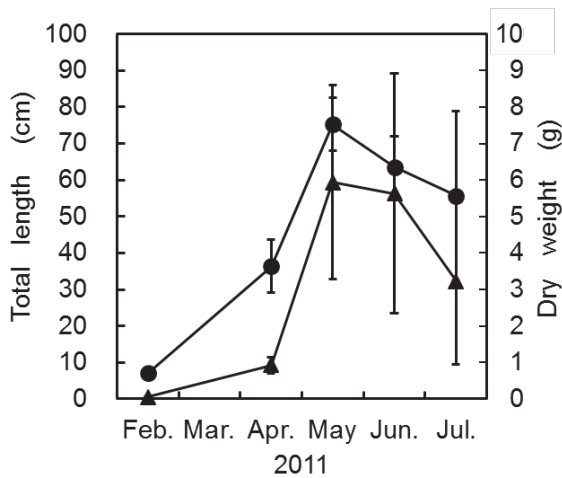


Fig. 2. Monthly changes in total length (●) and dry weight (▲) per *Sargassum alternato-pinnatum* from February to July 2011. Symbols and vertical bars indicate the mean and S.D., n=10.

キレバモクの生長の月別変化

2011年2月から7月までの3月を除いた月別のキレバモク1個体当たりの全長および乾重量をFig. 2に示す。なお、全長と乾重量は上位10個体を選んで平均値を求めた。キレバモクの全長は、2011年2月に7.1±0.8cmで、4月以降急速に伸長し、5月に75.3±7.2cmで最大値を示した。その後、緩やかに減少し、7月には55.7±23.2cmであった。個体重量は、2011年2月に0.05±0.01gで、4月以降急激に増加し、5月に5.9±2.7gの最大値を示した後、緩やかに減少し、7月には3.2±2.3gであった。

成熟については、6月に生殖器床の形成が認められ、形成率は68.0±19.5%であった。7月の生殖器床の形成率は95.0±7.1%に達し、同時に生殖器床上には卵および幼胚の放出が認められた。

現存量と生育密度の月別変化

キレバモク群落の現存量および生育密度の月別変化をFig. 3に示す。現存量は2011年2月に2.1±0.8g d.wt. m⁻², 4月に35.9±9.9 g d.wt. m⁻²であった。5月には232.0±66.4 g d.wt. m⁻²の最大値を示した後、6月には132.7±20.5g d.wt. m⁻², 7月には70.1±3.0g d.wt. m⁻²まで減少した。生育密度は、2011年2月に226.7±203.7個体m⁻²の最大値を示し、4月は72.0±6.9個体m⁻², 5月は93.3±26.6個体m⁻², 6月は108.0±87.2個体m⁻², そして7月には32.0±11.3個体m⁻²と増減した。

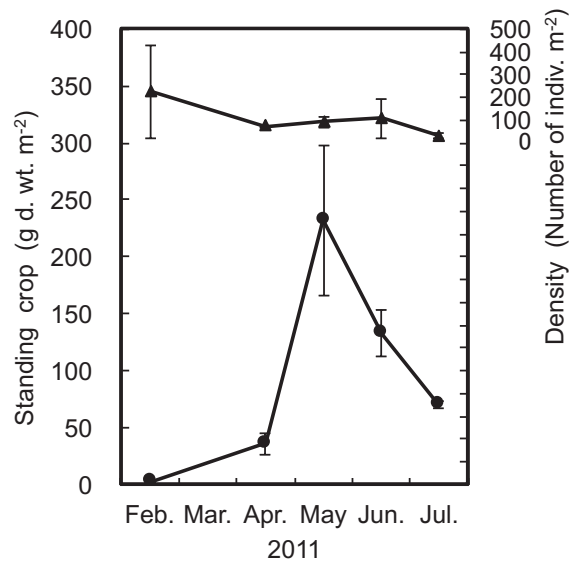


Fig. 3. Monthly changes in standing crop (●) and density (▲) of the *Sargassum alternato-pinnatum* population from February to July 2011. Symbols and vertical bars indicate the mean and S.D., n=3.

生産構造の月別変化と枯死脱落

2011年2月から7月にかけてのキレバモク群落の生産構造図の月別変化をFig. 4に示す。当月の生産構造図は実線で表し、前月の生産構造図を破線で表した。生産構造は、2月から5月にかけて群落高が増加するにつれて各層の乾重量が増加した。現存量が最大となる5月には群落の高さが約1mに達し、10~20cm層で乾重量が66.7g d.wt. m²で他の層に比べ大きな値を示した。

藻体の枯死脱落は、2月から5月にかけては認められなかったが、6月以降に群落の下層から中層の高さ0~40cmで主に認められた。5~6月および6~7月の枯死脱落量は、それぞれ111.5g d.wt. m²および68.9g d.wt. m²であった。

純生産量の月別変化

キレバモク群落における乾重量と枯死脱落量の月別変化をFig. 5に示す。2011年2月から7月にかけてのキレバモク群落の生産量は、7月の現存量の70.1g d.wt. m²に5~7月の積算枯死脱落量である180.4g d.wt. m²を加えた250.5g d.wt. m²となる。しかし、この生産量には2011年2月までにすでに伸長した藻体の現存量が含まれているため、7月までの生産量から2月の現存量を差し引いた値である248.4g d.wt. m²をキレバモク群落の2~7月の純生産量と推定した。

本海域におけるキレバモク群落の最大現存量 (B) に対する純生産量 (P) の比は、2月から7月までの純生産量である248.4g d.wt. m²を最大現存量である5月の232.0g d.wt. m²で割った約1.1となった。

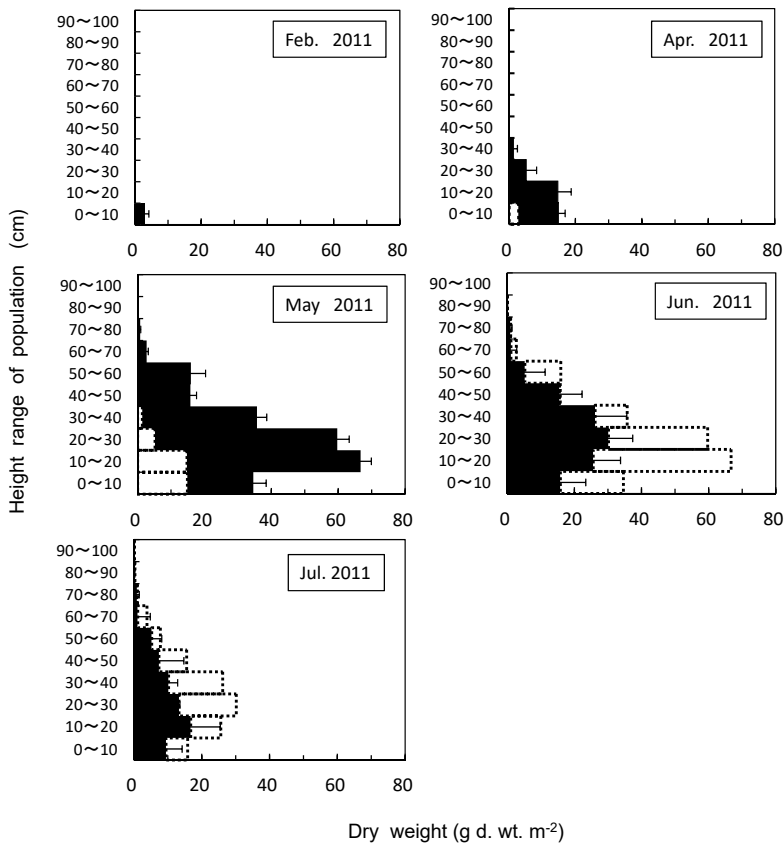


Fig. 4. Monthly changes in productive structures of the *Sargassum alternato-pinnatum* population from February to July 2011. Solid line represent data observed during the given month, and broken line represent data observed during the preceding month.

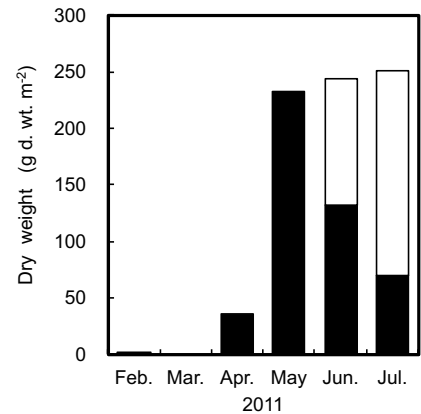


Fig. 5. Monthly changes in standing crop (■) and their cumulative amount of loss (□) from February to July 2011.

日間純生産量の月別変化

2011年2月から7月にかけてのキレバモクを採集した月の間の純生産量と日数および日間生産量の月別変化をTable 1に示す。日間純生産量は2011年4月から5月にかけて日純生産量は5.5g d.wt. m² day⁻¹と最大を示した。その他の月は0.3~0.6g d.wt. m² day⁻¹と低く、ほぼ一定であった。

Table 1 Changes in net production of each period and daily net production of the *Sargassum alternatopinnatum* population from February to July 2011.

| Sampling date | Net production (g d. wt. m ²) | Interval (days) | Daily net production (g d. wt. m ² day ⁻¹) |
|-------------------|---|-----------------|---|
| 14 Feb. ~ 14 Apr. | 33.8 | 58 | 0.6 |
| 14 Apr. ~ 20 May | 196.1 | 36 | 5.5 |
| 20 May ~ 30 Jun. | 12.1 | 41 | 0.3 |
| 30 Jun. ~ 14 Jul. | 6.3 | 14 | 0.5 |

考 察

本研究では、長崎市沿岸で分布が拡大しつつある南方系ホンダワラ類のキレバモクの生長と群落の季節的な盛衰を明らかにし、生産生態的な観点から生産力を推定した。

キレバモクは、2月に本種の幼体であると目視で判別でき、4月以降伸長し、1個体当たりの全長および乾重量が5月に最大に達した。6月に生殖器床の形成が観察され、7月には幼胚が放出され、成熟の盛期であることがわかった。生産構造の月別変化からは、本種の群落が、2月から5月にかけて発達し、5月以降枯死流失が始まった。

枯死流失の時期については、鹿児島湾のキレバモクでは、幼胚放出後の9月に藻体が全てなくなると報告されている¹¹⁾。本海域の場合には、2007年の調査では8月上旬まで成熟後の藻体が観察されているものの、7月から8月にかけて多くの藻体が枯死したと報告されている⁶⁾。したがって、本研究においても翌月の8月には群落構成藻体のほとんどが枯死流失すると推察された。

一般的にホンダワラ群落の季節変化については、萌出期、伸長期、成熟期および枯死流失期の4つの時期に区分できる^{12,13)}。本研究でのキレバモク群落でも同様に、2~4月の萌出期、4~6月の伸長期、6~7月の成熟期および7~8月の枯死流失期の4つの時期を確認することができた。このことから、ノコギリモクなどの他の多年生ホンダワラ類よりも短い期間の約6ヶ月間で前述した4つの時期を過ごすことが本種の特徴であると示唆された。

温帯性ホンダワラ類の年間純生産量は約1~8kg m²と

報告されているが^{14,15)}、本海域の南方系キレバモク群落の純生産量は、約0.25kg m²であり、他のホンダワラ類よりも低く、1/4以下であった。これは、本海域のキレバモク藻体が2月から7月にかけての6ヶ月程度しか生育が認められないことと、これまで報告されている本種の全長が最大でも1m程度しかなく^{4,6,16)}、温帯性ホンダワラ類ほど伸長しないことに起因すると考えられる。また、本海域のキレバモクは、現存量ベースで66~94%と優占しているが、他のホンダワラ類などの海藻との混生により現存量が低くなるため、純生産量が低下すると推察される。さらに、本海域のキレバモク群落の最大現存量は2009年7月に0.67kg m²と報告されているが⁶⁾、本研究では2011年5月に0.23kg m²と低い値であった。これは、本研究では付着器が含まれていないこともあるが、むしろ、本海域のホンダワラ類の季節消長には植食性魚類の関与が指摘されているように⁶⁾、植食性魚類やウニ類などによる海藻への摂食活動の影響が継続しているためと考えられる。このような摂食活動は、現存量を低下させるとともに、純生産量を過小評価させる要因となる。

一方、本研究ではキレバモクの日間純生産量の最大値が4~5月に5.5g d.wt. m² day⁻¹であるとし、この値はノコギリモク群落⁸⁾の7.2g d.wt. m² day⁻¹に近い値を示した。このように、キレバモクの生産力は、他の海藻群落に匹敵するほど高いことが明らかになった。

生産量と現存量の関係については、年間の最大現存量(B)に対する純生産量(P)の比がキレバモク群落で約1.1倍であった。この値は他のホンダワラ類の群落のP/B比である約1.0~1.7倍の範囲内にあり^{14,15)}、キレバモク群落では、純生産量を最大現存量から推定できることが示唆された。

以上、本研究では、長崎県長崎市見崎町沿岸の南方系ホンダワラ類のキレバモク藻体の消長と成熟時期を明らかにした。また、本種群落の年間の純生産量は従来の温帯性ホンダワラ類よりも低いものの、日間純生産量は他の海藻群落と同様に高い生産力を発揮していると評価できた。

謝 辞

本研究に協力いただいた水産大学校生物生産学科藻場生態系保全研究室の学生諸氏に感謝申し上げます。本研究は、農林水産省農林水産技術会議の「漁業・養殖業に係る気候変動の影響評価(平成25~28年度)」の一環として実施したもので関係各位に謝意を表する。

文 献

- 1) 吉田忠生: ヒバマタ目. 吉田忠生 (編著), 新日本海藻誌. 359-416, 内田老鶴圃, 東京 (1998)
- 2) 島袋寛盛: 日本産南方系ホンダワラ属12回目: キレバモクとフクレミモク. 海洋と生物, **36**, 501-505 (2014)
- 3) 野呂忠秀: キレバモク. 堀輝三 (編), 藻類の生活史集成第2巻褐藻・紅藻類. 内田老鶴圃, 東京, 154-155 (1993)
- 4) 桐山隆哉: 長崎県における暖海性大型褐藻類の分布について~暖海性ホンダワラ類とアントクメの分布実態~. 水産開発, **88**, 1-5 (2004)
- 5) 吉村拓, 森永健司, 清本節夫: 果たして温暖化の影響か? -長崎市における藻場の長期変動. 藤田大介, 村瀬昇, 桑原久実 (編著), 磯焼け対策シリーズ3藻場を見守り育てる知恵と技術. 成山堂書店, 東京, 161-167 (2010)
- 6) 八谷光介, 清本節夫, 吉村拓: 長崎県西彼杵半島西岸におけるホンダワラ属3種の季節的消長. 藻類, **59**, 139-144 (2011)
- 7) Monsi M, Saeki T: Über den Lichtfaktor in den Pflanzengesellschaften und seine Bedeutung für die Stoffproduktion. *Jap J Bot*, **14**, 22-52 (1953)
- 8) Murase N, Kito H, Mizukami Y, Maegawa M: Productivity of a *Sargassum macrocarpum* (Fucales, Phaeophyta) population in Fukawa Bay, Sea of Japan. *Fish Sci*, **66**, 270-277 (2000)
- 9) Midorikawa B: Growth-analytical study of altherbosa on Mt. Hakkoda, north-east Japan. *Ecol Rev*, **15**, 83-117 (1959)
- 10) Kira T, Shidei T: Primary production and turnover of organic matter in different forest ecosystems of the western Pacific. *Jpn J Ecol*, **17**, 70-87 (1967)
- 11) 土屋勇太郎, 坂口欣也, 寺田竜太: 鹿児島湾桜島におけるホンダワラ属 (ヒバマタ目)藻類4種, マメタワラ, ヤツマタモク, コブクロモク, キレバモクの季節的消長と生育環境. 藻類, **59**, 1-8 (2011)
- 12) Murase N, Kito H: Growth and maturation of *Sargassum macrocarpum* C. Agardh in Fukawa Bay, the Sea of Japan. *Fish Sci*, **64**, 393-396 (1998)
- 13) 村瀬昇: 褐藻ノコギリモク *Sargassum macrocarpum* C. Agardhの生態学的研究. 水産大学校研究報告, **49**, 131-212 (2001)
- 14) 村瀬昇: 藻場の生産力とその測定法. ガラモ場の生産力. 藤田大介, 村瀬昇, 桑原久実 (編著), 磯焼け対策シリーズ3藻場を見守り育てる知恵と技術. 成山堂書店, 東京, 105-115 (2010)
- 15) 水産庁: 藻場の年間純生産量と現存量. 水産庁 (編), 改訂磯焼け対策ガイドライン. 水産庁, 東京. 10-11 (2015)
- 16) 原口展子: 第4章熱帯性ホンダワラ類の温度に対する生育特性. 高知県沿岸に生育するホンダワラ類の分布変化と温度に対する生育特性. 博士学位論文, 高知大学, 23-32 (2009)