

# 八丈島沿岸におけるカギイバラノリ *Hypnea japonica* (スギノリ目、紅藻) の季節的消長と成熟

誌名	水産増殖
ISSN	03714217
著者名	田中, 優平 高瀬, 智洋 駒澤, 一朗
発行元	水産増殖談話会
巻/号	59巻4号
掲載ページ	p. 593-598
発行年月	2011年12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



## 八丈島沿岸におけるカギイバラノリ *Hypnea japonica* (スギノリ目, 紅藻) の季節的消長と成熟

田中優平<sup>1,\*</sup>・高瀬智洋<sup>2</sup>・駒澤一朗<sup>3</sup>

### Seasonal Growth and Maturation of *Hypnea japonica* (Gigartinales, Rhodophyta) along the Coast of Sokodo in Hachijo-jima Island, Central Japan

Yuhei TANAKA<sup>1,\*</sup>, Tomohiro TAKASE<sup>2</sup> and Ichiro KOMAZAWA<sup>3</sup>

**Abstract:** Seasonal growth and maturation in populations of *Hypnea japonica* was studied between January 2006 and December 2009. The algae population was located at depths of 1–3 m below sea level along the coast of Hachijo-jima Island off central Japan where *H. japonica* started growing in December. Mean wet weight of this species showed a seasonal peak between April and June; however, it decreased between August and September. Reproductive plants were found between June and July, where tetrasporic plants were predominant over cystocarpic plants. Tetrasporic plants prevailed when water temperatures rose, suggesting that rise in seawater temperature may influence tetrasporogenesis of *H. japonica* in Hachijo-jima Island. A significant positive correlation was observed between the mean wet weight and NH<sub>3</sub>-N concentration ( $r = 0.54$ ,  $P < 0.05$ ) and PO<sub>4</sub>-P concentration ( $r = 0.59$ ,  $P < 0.05$ ). Nutrients supplied by a meander of the Kuroshio current were vital for a high growth rate of *H. japonica* in Hachijo-jima Island.

**Key words:** *Hypnea japonica*; Hachijo-jima; Growth; Maturation

紅藻イバラノリ属は、世界各地の温帯から熱帯にかけて最も広く分布する1年生の海藻であり (Motolera and Buriyo 2004), わが国では12種が知られている (吉田・吉永 2010)。イバラノリ属海藻は工業用原料のカラギーナン原藻の一つとして海外では重要であり, 自然群落の藻体や海面養殖された藻体の季節的消長について調査, 研究が数多くなされている (Durako and Dawes 1980; Schenkman 1989; Berchez et al. 1993; Cecere et al. 2004; Reis et al. 2008)。一方, わが国周辺におけるイバラノリ属海藻は, 寒天原藻として利用される場合もあるが, その生産量は少なく (殖田ら

1963), その生態に関する知見は少ない。

伊豆諸島の八丈島では, カギイバラノリ *Hypnea japonica*, イバラノリ *H. charoides*, サイダイバラ *H. saidana*, タチイバラ *H. variabilis* の4種のイバラノリ属海藻が確認されている (堤 1984)。中でもカギイバラノリは最も多く出現し, ホンダワラ類に着生して群落を形成する。八丈島のカギイバラノリは, 種々の水産生物の餌料海藻として重要であり, 特に同島の水産重要種であるフクトコブシ *Halotis diversicolor* に対して, 餌料価値の高いことが知られている (米山・木本 1998)。また本種は, 「ぶど」と

2011年6月22日受付; 2011年9月20日受理。

<sup>1</sup> 東京都小笠原水産センター (Tokyo Metropolitan Ogasawara Fisheries Center, Ogasawara, Tokyo 100-2101, Japan).

<sup>2</sup> 東京都島しょ農林水産総合センター大島事業所 (Oshima Branch, Tokyo Metropolitan Islands Area Research and Development Center of Agriculture, Forestry and Fisheries, Oshima, Tokyo 100-0212, Japan).

<sup>3</sup> 東京都島しょ農林水産総合センター八丈事業所 (Hachijo Branch, Tokyo Metropolitan Islands Area Research and Development Center of Agriculture, Forestry and Fisheries, Hachijo, Tokyo 100-1511, Japan).

\*連絡先 (Corresponding author): E-mail, tanaka@ifarc.metro.tokyo.jp (Y. Tanaka).

呼ばれる同島の郷土料理の原藻としても欠かせない。

八丈島沿岸に生育するカギイバラノリ増殖の目的で、筆者らは4年間にわたる調査を行い、本種の季節的消長と成熟について明らかにするとともに、水温や栄養塩濃度などの海洋環境条件との関連について検討したので報告する。

### 材料および方法

野外調査は、八丈島三根地区の底土海岸で行った (Fig. 1)。この海岸は、1年中波当たりの強い岩礁域で、水深3 m以浅にタマナシモク *Sargassum nipponicum* が優占するガラモ場が形成されている。カギイバラノリは、岩盤に付着するほか、タマナシモクや他の海藻に絡みつき、所々で群落を形成していた。

調査は、2006年1月から2009年12月までの4年間、毎月1回スクーバ潜水により、水深1~3 mの岩盤に着生しているカギイバラノリを無作為に30藻体採集

した。なお、2006年8、9月および2009年11月の調査では、直立藻体をわずかししか確認できず、採集を見送った。また、2009年9月の調査では、悪天候のため藻体の採集ができなかった。採集した藻体は実験室に持ち帰り、カギイバラノリが絡みついている他種海藻を取り除いた後、実体顕微鏡下で四分孢子囊および果孢子囊の有無を観察し、四分孢子囊および果孢子囊を有する藻体の出現率を求めた。なお、雄性配偶体の判別を試みたが実体顕微鏡下での判別は出来なかった。また、2007年1月から2009年12月までの3年間は、孢子囊の有無を確認した後、藻体ごとに全長(着生箇所から枝の先端までの長さ)と湿重量を計測した。なお、藻体の湿重量は、藻体表面の水分を紙製ワイパーにより十分拭き取った後に測定した。

調査期間中の水温は、調査場所近傍の八丈島三根地区神湊漁港の水深4 mに設置されている東京都島しょ農林水産総合センター八丈事業所の定地水温計の値を用いた。また、水温の平年値を同定地水温の過去80年間の観測値から求めた。栄養塩の分析用海水は、不透明褐色ボトルを用いてカギイバラノリ群落内の水深3 mから採水した。採水した海水は、速やかに実験室に持ち帰り、Whatman GF/Fフィルターで500 mlをろ過し、-20℃以下で冷凍保存後、分析に供した。分析は、硝酸態窒素(NO<sub>3</sub>-N)、およびリン酸態リン(PO<sub>4</sub>-P)の各濃度について、海洋観測指針(日本海洋学会1990)に従った。

水温の平年偏差と栄養塩濃度の関係、1藻体あたりの平均湿重量と水温および栄養塩濃度の関係をピアソンの積率相関係数(STATISCA, Stat Soft)により解析した。

### 結 果

2007年1月から2009年12月までのカギイバラノリの平均全長および1藻体あたりの平均湿重量の月別推移を Fig. 2 に示した。最大平均全長は、2007年は10.2 cm (5月)、2008年は9.6 cm (4月)、2009年は11.6 cm (3月)であった。最小平均全長は、2007年は2.3 cm (8月)、2008年は3.4 cm (10月)、2009年は4.4 cm (10月)であった。

1藻体あたりの最大平均湿重量は、2007年は891.3 mg (5月)、2008年は733.9 mg (6月)、2009年は1,228.3 mg (4月)であった。最小平均湿重量は、2007年は31.0 mg (10月)、2008年は60.0 mg (9月)であった。なお、2009年は11月に直立藻体がほとんど観察されなかった。調査期間中のカギイバラノリの平均全長および平均湿重量は、概ね12月から3月にかけて顕著に増加し、3月から5月に最大に達した後、7月

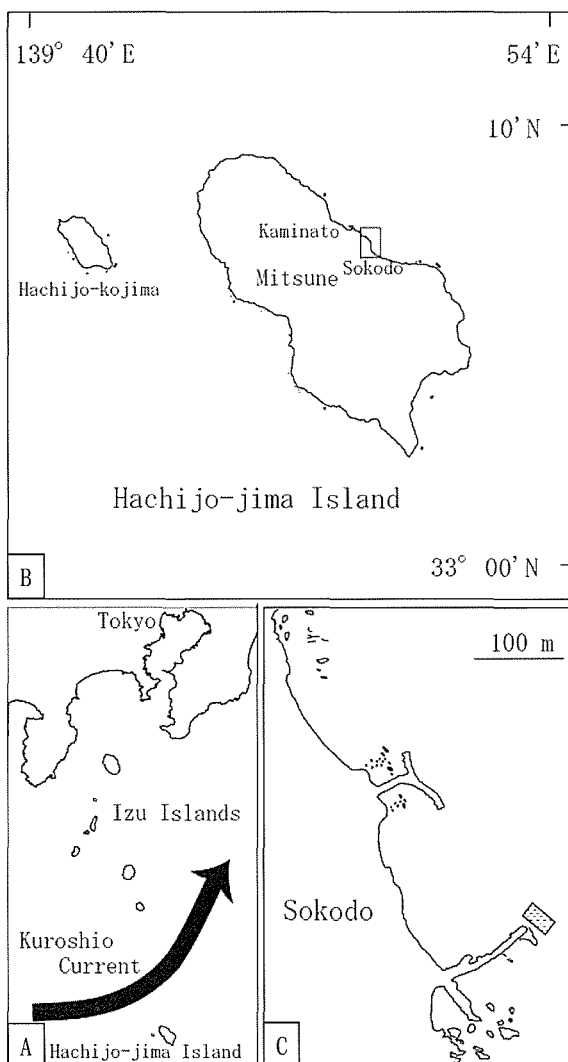


Fig. 1. Maps showing the study site. A, Izu Islands.; B, Hachijo-jima Island.; C, Sokodo.

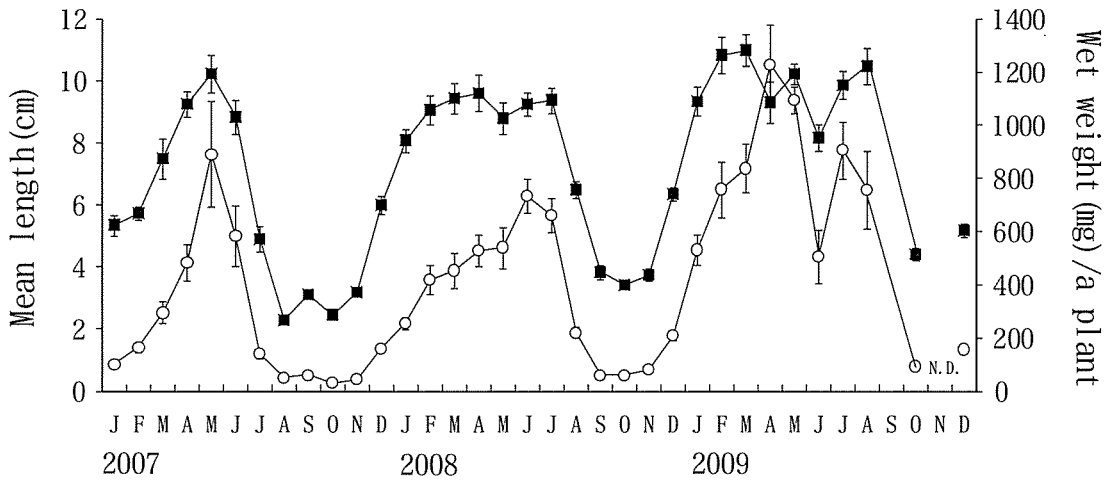


Fig. 2. Seasonal change in mean length (■) and wet weight (○) per a plant of *Hypnea japonica* (n=30) at Sokodo in Hachijo-jima Island, from January 2007 to December 2009. The vertical lines represent S.E.

から8月にかけて著しく減少し、9月から11月に最小となった。採集藻体の外観、全長および湿重量から判断すると、2007年、2008年の芽立ちは11月、2009年は12月に認められた (Fig. 2)。

2006年1月から2009年12月までのカギイバラノリ胞子嚢形成藻体の月別出現率の推移を Fig. 3に示した。四分胞子嚢形成藻体は、調査を開始した2006年は6月に初めて出現し、出現率は20.0%であった。7月には46.7%と増加した。2007年は7月にのみ30.0%出現した。2008年は7月と8月にのみ出現し、出現率は各々26.7%および43.3%であった。2009年は出現が認められなかった。果胞子嚢形成藻体は、全調査期間をとおして出現は稀で、2007年7月と2009年6月に各々3.3%の出現が観察された。

2006年1月から2009年12月までの神湊漁港における各月の平均海水温および水温平年差の推移を Fig. 4に示した。水温変化は、概ね季節性を示したが、年によって差がみられ、2006年は18.5℃ (3月) から28.4℃ (8月)、2007年は18.3℃ (5月) から26.5℃ (8月)、2008年は19.5℃ (3月) から26.5℃ (9月)、2009年は15.2℃ (3月) から26.7℃ (8月) の範囲で推移した。水温平年差は、2006年では10月のみマイナスとなった。2007年は5月、6月、9月、12月に、2008年は6月、8月、12月に-1℃以上となり、2009年は1年を通してマイナスになる月が多かった。

2006年1月から2009年12月までの硝酸態窒素濃度およびリン酸態リン濃度の推移を Fig. 5に示した。硝酸態窒素濃度は、2006年は0.16~2.33 μM、2007年は0.23~4.38 μM、2008年は0.16~3.15 μM、2009年は0.93~6.82 μM の範囲で変動した。この変動には、明瞭な季節性は認められなかったが、海水温の平年差と有意な負の相関が認められた (r=-0.59, P<0.05)。リン酸

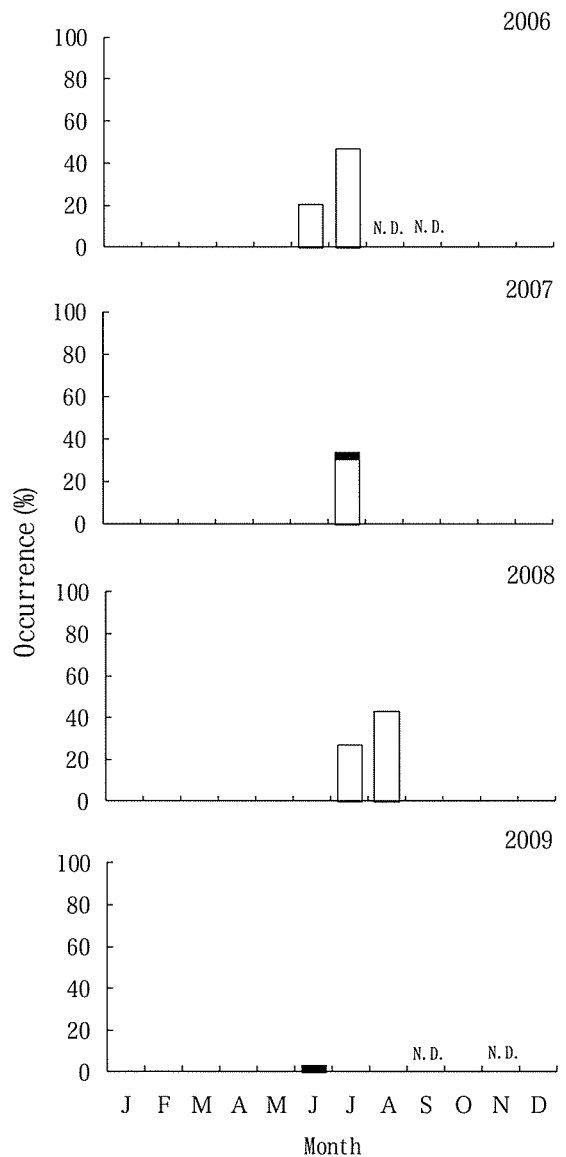


Fig. 3. Seasonal occurrences of reproductive plants of *Hypnea japonica* (n=30) at Sokodo in Hachijo-jima Island, from January 2006 to December 2009. □, tetrasporic plant; ■, cystocarpic plant.

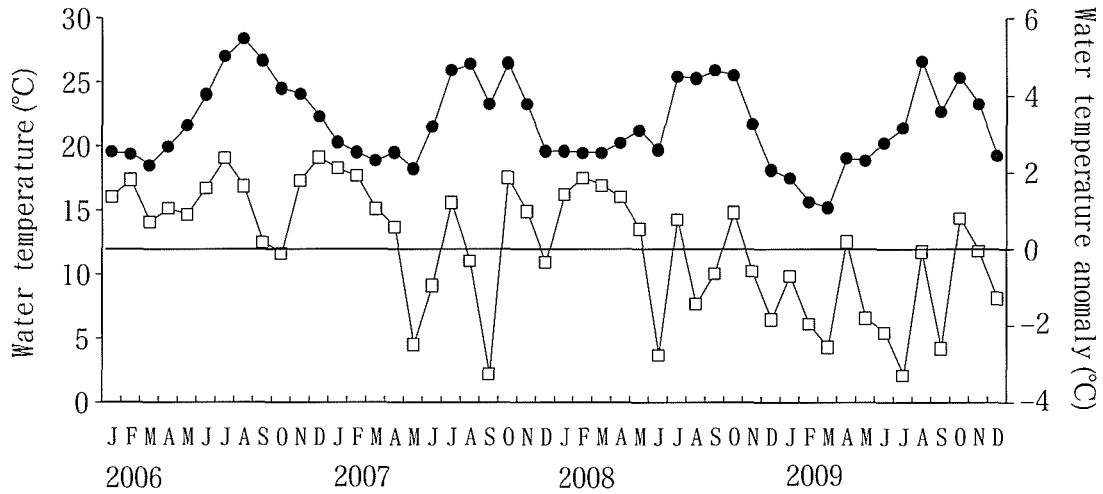


Fig. 4. Mean monthly variations in water temperature (●) and water temperature anomaly (□) at Kaminato near Sokodo in Hachijo-jima Island, from January 2007 to December 2009.

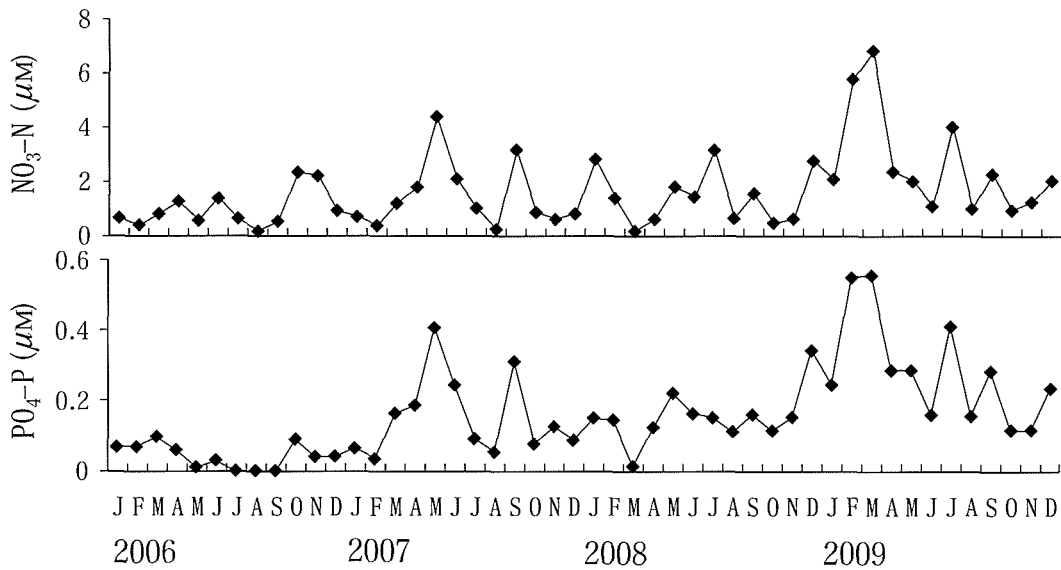


Fig. 5. Monthly variations in concentrations of  $\text{NO}_3\text{-N}$  (top) and  $\text{PO}_4\text{-P}$  (bottom) at Sokodo in Hachijo-jima Island, from January 2007 to December 2009.

態リン濃度は、2006年は $0.01\sim 0.10\ \mu\text{M}$ 、2007年は $0.03\sim 0.41\ \mu\text{M}$ 、2008年は $0.01\sim 0.34\ \mu\text{M}$ 、2009年は $0.16\sim 0.56\ \mu\text{M}$ の範囲で変動した。こちらも、変動に明瞭な季節性は認められない一方で、水温の平年差とは有意な負の相関が認められた ( $r=-0.71, P<0.05$ )。なお、硝酸態窒素濃度とリン酸態リン濃度の間には、有意な正の相関が認められた ( $r=0.93, P<0.05$ )。

月別のカギイバラノリ平均湿重量と水温、硝酸態窒素濃度およびリン酸態リン濃度の間の相関係数を算出した結果、平均湿重量は水温との間に負の相関が認められ ( $r=-0.48, P<0.05$ )、逆に、硝酸態窒素濃度 ( $r=0.54, P<0.05$ ) とリン酸態リン濃度 ( $r=0.59, P<0.05$ ) との間に正の相関が認められた。

## 考 察

八丈島におけるカギイバラノリは、概ね12月から3月の冬季から春季にかけて藻体が伸長し、4月から6月に群落を形成した後、7月から8月の夏季に成熟した後、急激に枯死する季節変化を示した (Figs. 2, 3)。カギイバラノリの平均湿重量は、水温との間に負の相関関係が認められ、本種の生長の季節性には、水温が影響していると考えられた。2007年、2008年、2009年の各年に新たに芽立ちした藻体は、12月に平均水温がそれぞれ $19.7^\circ\text{C}$ 、 $18.2^\circ\text{C}$ 、 $19.3^\circ\text{C}$ に下降した時に生長を開始した。また、枯死は、2007年は7月に、2008年

および2009年は8月に始まり、その時点の平均水温はそれぞれ、25.9℃、25.5℃、26.7℃に上昇した。調査を実施した3年間の中で最も低い水温を記録したのは2009年3月の15.2℃で、このときも生長が認められたことから、本調査で観察された水温範囲では、カギイバラノリの生長に適した水温帯は15℃から25℃までと考えられた。しかし、このことを確実に証明するには温度条件を詳細に設定した長期の生長実験が必要である。

八丈島沿岸におけるカギイバラノリの四分胞子嚢形成藻体は、6月から7月に水温が上昇した年に観察され、2006年は24.1℃（6月）、2007年は25.9℃（7月）、2008年は25.5℃（7月）に上昇した時に観察された。しかし、2009年は5月から7月にかけて水温は18.9℃から21.4℃までしか上昇せず、8月に26.7℃に上昇したが、この年、四分胞子嚢形成藻体は観察されなかった（Figs. 2, 4）。

いくつかの紅藻類の成熟において、日長と水温は非常に重要な要因であることが知られている（Molenaar et al. 1996; Zamorano and Westermeier 1996）。特に、水温の変化がオゴノリ属の1種 *Gracilaria heteroclada* の四分胞子体の成熟を誘発し（Luhan 1996）、イバラノリの四分胞子体の成熟にも水温が重要な役割を担っていることが報告されている（Corsica and Ang, Jr. 2004）。

本研究においても、6月から7月にかけて水温の上昇が認められた際に四分胞子嚢の形成藻体が観察されたことから、本種の四分胞子嚢の形成にも、水温が影響しているものと考えられた。また、2009年は8月に水温が上昇したにもかかわらず、四分胞子嚢形成藻体の出現を確認できなかったことから（Fig. 3）、四分胞子嚢形成の多少には、水温が上昇する時期も影響することが考えられた。四分胞子嚢形成藻体が観察された際の水温は、24~26℃であり、八丈島における本種の四分胞子体の成熟に適した水温範囲と推測される。一方、果胞子嚢形成藻体は、2007年7月と2009年6月にそれぞれ3.3%とわずしか観察されなかった（Fig. 3）。イバラノリ属を含む多くの紅藻類において、配偶体が稀で四分胞子体が優占することが報告されている（Cecere et al. 2000; Reis and Yoneshigue-Valentin 2000; Corsica and Ang, Jr. 2004）。成熟期に四分胞子体が優占するのは、配偶体の成熟期が短いことや（Rama Rao 1977; Corsica and Ang, Jr. 2004）、単為発生していること（Rama Rao 1977; Corsica and Ang, Jr. 2004）、栄養体繁殖が優占すること（Reis and Yoneshigue-Valentin 2000）などが指摘されているが詳細なことはわかっていない。また、果胞子嚢形成には精子との受精が必要であり、配偶体の成熟は、四分胞子体の成熟

と時期、条件とも異なる可能性が考えられる。本研究では雄性配偶体の判別が出来なかったが、カギイバラノリの成熟を解明する上で、雄性配偶体も含めた調査が必要である。

カギイバラノリの平均湿重量と栄養塩濃度との間には正の相関が認められ、本種の生長には栄養塩環境が影響していると考えられた。八丈島沿岸海域の栄養塩環境は、黒潮流路の影響を強く受けることが知られている（川名 1956; 山崎 1962; 高瀬・田中 2008a, 2008b; 高瀬ら 2008）。黒潮が八丈島の北を流れると沿岸は高水温・貧栄養の海況となり、蛇行して同島の南を流れると低水温・高栄養の海況となる。この黒潮蛇行による沿岸海洋環境の変化は、固着性かつ独立栄養生物である海藻の生長や成熟に大きく影響すると考えられ、特にマクサ *Gelidium elegans* の着生量と水温、栄養塩濃度との関係が調べられている（高瀬ら 2008）。本研究でも、栄養塩濃度と水温の平年差の間には有意な負の相関が認められ、黒潮が蛇行し水温の平年偏差がマイナスになった時、硝酸態窒素濃度およびリン酸態リン濃度はともに高くなり、それに伴いカギイバラノリの高い生長が観察された。藻類の生長には、生長を始める冬期に高い栄養塩環境であることが重要であると考えられている（Corsica and Ang, Jr. 2004）。また、*H. musciformis* では窒素およびリン酸を添加すると高い生長速度を示すことが知られている（Guist et al. 1982）。これらのことから、八丈島におけるカギイバラノリ群落の生長には、冬期における黒潮蛇行による沿岸域への栄養塩の供給が重要であることが示唆された。

## 要 約

八丈島三根地区の底土海岸にて2006年1月から2009年12月までの4年間、カギイバラノリ *Hypnea japonica* の成熟及び生長の季節的消長を調査した。八丈島におけるカギイバラノリは、12月から3月の冬期に藻体が伸長し、4月から6月の春期に群落を形成した後、7月から8月の夏季に成熟し、その後急激に枯死する季節性を示すことが明らかとなった。胞子嚢の形成は、四分胞子が優占し、果胞子の出現は稀で、2007年7月と2009年6月にのみ観察された。四分胞子嚢の形成は水温が上昇する6月から7月にかけて観察され、四分胞子嚢形成には水温が影響することが考えられた。カギイバラノリの平均湿重量は、硝酸態窒素濃度 ( $r=0.54, P<0.05$ ) およびリン酸態リン濃度 ( $r=0.59, P<0.05$ ) との間には正の相関がみられたことから、カギイバラノリ群落の生長には、冬期における黒潮蛇行に伴う沿岸域への栄養塩の供給が重要な役割を果たしていることが示唆された。

## 謝 辞

本調査を行うにあたり工藤真弘氏をはじめとする東京都島しょ農林水産総合センター八丈事業所の皆様には、潜水補助、助言等多大のご協力を頂いた。本論をまとめるにあたり東京都島しょ農林水産総合センター加藤憲司氏、東京海洋大学大葉英雄助教にはご校閲を賜った。厚くお礼申し上げます。

## 文 献

- Berchez, F. A. S., R. T. L. Pereira and N. F. Kamiya (1993) Culture of *Hypnea musciformis* (Rhodophyta, Gigartinales) on artificial substrates attached to linear ropes. *Hydrobiologia*, **260/261**, 415-420.
- Cecere, E., O. D. Saracino, M. Fanelli and A. Petrocelli (2000) Phenology of two *Acanthophora najadiformis* (Rhodophyta, Ceramiales) populations in the Ionian Sea (Mediterranean Sea). *Bot. Mar.*, **43**, 109-117.
- Cecere, E., A. Petrocelli and M. Veriaque (2004) Morphology and vegetative reproduction of the introduced species *Hypnea cornuta* (Rhodophyta, Gigartinales) in the Mar Piccolo of Taranto (Italy), Mediterranean Sea. *Bot. Mar.*, **47**, 381-388.
- Corsica, S. L. K. and P. O. Ang, Jr. (2004) Seasonal occurrence and reproduction of *Hypnea charoides* (Rhodophyta) in Tung Ping Chau, N. T., Hong Kong SAR, China. *Hydrobiologia*, **512**, 63-78.
- Durako, M. J. and C. J. Dawes (1980) A comparative seasonal study of two population of *Hypnea musciformis* from the east and west coasts of Florida, USA. *Mar. Biol.*, **59**, 151-156.
- Guist, G. G. Jr., C. J. Dawes and J. R. Castle (1982) Mariculture of the red seaweed, *Hypnea musciformis*. *Aquaculture*, **28**, 375-384.
- 川名 武 (1956) 近年に於ける天草の磯焼けについて. 水産増殖, **3**, 1-11.
- Leite, F. P. P. and A. Turra (2003) Temporal variation in *Sargassum* biomass, *Hypnea* Epiphytism and associated Fauna. *Brazil. Arch. Biol. Tech.*, **46**, 665-671.
- Luhan, M. R. J. (1996) Biomass and reproductive states of *Gracilaria heteroclada* Zhang et Xia collected from Jaro, Central Philippines. *Bot. Mar.*, **39**, 207-211.
- Molenaar, F. J., A. M. Breeman and L. A. H. Venekamp (1996) Ecotypic variation in *Cystoclonium purpureum* (Rhodophyta) synchronizes life history events in different regions. *J. Phycol.*, **32**, 516-525.
- Motolera, M. S. P. and A. S. Buriyo (2004) Studies on Tnzanian Hypneaceae: Seasonal variation in content and quality of kappa-carrageenan from *Hypnea musciformis* (Gigartinales: Rhodophyta). Western Indian Ocean. *J. Mar. Sci.*, **3**, 43-49.
- 日本海洋学会 (1990) 海洋観測指針, 気象庁, 東京, p. 428.
- Rama Rao, K. (1977) Studies on Indian Hypneaceae. II. Reproductive capacity in the two *Hypnea* over the different seasons. *Bot. Mar.*, **20**, 33-39.
- Reis, R. P. and Y. Yoneshigue-Valentin (2000) Phenology of *Hypnea musciformis* (Wulfen) Lamouroux (Rhodophyta, Gigartinales) in three populations from Rio de Janeiro State, Brazil. *Bot. Mar.*, **43**, 299-304.
- Reis, R. P., Y. Yoneshigue-Valentin and C. P. dos Santos (2008) Spatial and temporal variation of *Hypnea musciformis* carrageenan (Rhodophyta-Gigartinales) from natural beds in Rio de Janeiro State, Brazil. *J. Appl. Phycol.*, **20**, 1-8.
- Schenkman, R. P. F. (1989) *Hypnea musciformis* (Rhodophyta): Ecological influence on growth. *J. Phycol.*, **25**, 192-196.
- 堤 清樹 (1984) 海産生物. 青ヶ島の生活と文化, 青ヶ島村教育委員会, 東京, pp. 299-311.
- 高瀬智洋・田中優平 (2008a) 八丈島におけるタマナシモクの生長, 成熟と海況について. 水産増殖, **56**, 369-374.
- 高瀬智洋・田中優平 (2008b) 伊豆諸島八丈島におけるフクトコブシ放流事業の現状と課題. 月刊海洋, **40**, 524-528.
- 高瀬智洋・田中優平・黒川 信・野原精一 (2008) 伊豆諸島八丈島におけるテングサの磯焼け. 日水誌, **74**, 889-891.
- 殖田三郎・岩本康三・三浦昭雄 (1963) 水産植物学. 恒星社厚生閣, 東京, p. 471.
- 山崎 浩 (1962) テングサ類増殖に関する基礎的研究. 静岡水試伊豆分場研報, **19**, 1-92.
- 米山純夫・木本 巧 (1998) フクトコブシ稚貝の成長に餌料と飼育籠設置方式が与える影響. 東京水試研報, **210**, 1-7.
- 吉田忠生・吉永一男 (2010) 日本産海藻目録 (2010年改訂版). 藻類, **58**, 69-122.
- Zamorano, J. and R. Westermeier (1996) Phenology of *Gigartina skottsbergii* (Gigartinales, Rhodophyta) in Ancud Bay, southern Chile. *Hydrobiologia*, **326/327**, 253-258.