

若狭湾西部海域におけるアカモク 2 個体群の生長および成熟

西垣友和, 道家章生

Growth and maturation of two populations of *Sargassum horneri* (Sargassaceae, Phaeophyta) in western Wakasa Bay, the Sea of Japan

Tomokazu Nishigaki and Akio Douke

Growth and maturation of *Sargassum horneri* populations were investigated at two sites in western Wakasa Bay, the Sea of Japan. In Oshima, plants grew rapidly after late November 2012 and reached about 4 m, maturing in late January 2013. In Obase, plants grew slowly from December 2012 to May 2013 and reached about 1 m, maturing in May. Maximum plant size and maturation season were clearly different between these two populations. Seedlings derived from these two populations were cultivated in Kunda Bay between November 2012 and May 2013. The growth and maturation seasonality of Oshima and Obase seedlings were different from each other and resembled those of plants in these original populations respectively. These results suggest that the growth and maturation seasonality of these two populations are genetically different.

キーワード: アカモク, 生長, 成熟, エコタイプ

アカモク *Sargassum horneri* は、北海道(東部を除く)、本州、四国、九州に分布(吉田, 1998)している一年生のホンダワラ科海藻である。本種は沿岸域の生産性を支える藻場の構成種として注目され、これまで日本各地で生態に関する研究が行われている(丸井ら, 1981; Umezaki, 1984; 寺脇, 1986; 谷口, 山田, 1988; Yoshida *et al.*, 2001)。瀬戸内海や松島湾では、同一湾内において成熟時期の異なるアカモク個体群が存在することが報告されている(Yoshida *et al.*, 2001; 五十嵐, 薮, 1995)。一方、若狭湾内では、長期間流れ藻にアカモクが多く出現すると報告されており(八谷ら, 2005)、湾内の分布場所や分布量は比較的多いと推察されるが、これまで生長や成熟に関する報告は少ない(Umezaki, 1984; 道家ら, 1995)。

日本海側の各県ではアカモクは食用海藻として利用されており(池原, 1987)、一般的に生殖器床を形成した藻体が採取されている。近年、京都府においてもアカモクの食用利用が開始され、年々その需要は拡大しており、天然資源への影響が懸念されることから、養殖技術に関する研究が行われている(西垣ら, 2010)。資源の持続的な利用や養殖技術開発のためには、アカモクの生長や成熟などの基礎的な生態特性を把握しておく必要がある。

そこで、本研究では、若狭湾西部海域に位置する京都府沿岸の 2 地点に分布するアカモク個体群の生長および成熟を調査し、それらの特性が地点間で異なることを明らかにした。さらに、両地点由来の人工種苗を同一環境下で養殖し、それらの特性が遺伝的に固定されていることを明らかにした。

材料と方法

調査場所 若狭湾西部海域に位置する宮津市大島地先および舞鶴市小橋地先に分布するアカモク個体群を対象として、天然個体群調査および人工種苗養殖試験を実施した(Fig.1)。

大島は丹後半島の東岸に位置し、丹後半島により冬季の季節風が遮蔽されることで、年間を通じて比較的静穏な場所である。大島地先では砂浜の沖に離岸堤が設置されており、その基礎部分の水深 2 ~ 4 m の長径 50 ~ 90 cm の石の上にアカモクが分布している。

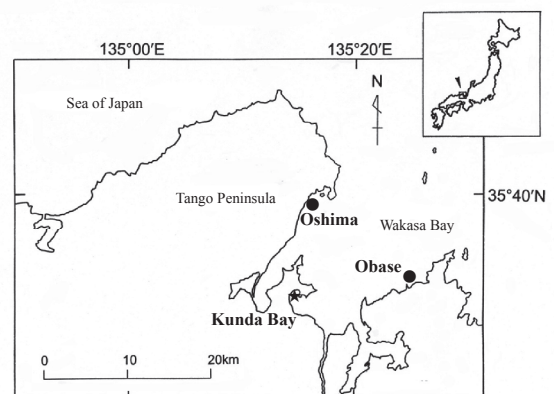


Fig.1 Map showing the sites for studying the growth and maturation of *Sargassum horneri* populations (●) and cultivation of seedlings derived from these two populations (★) in Wakasa Bay, the Sea of Japan.

小橋は若狭湾内にある大浦半島の北西岸に位置し、同湾の中でも冬季の季節風による波浪の影響を受けやすい場所である。小橋地先では水深 1.5 ~ 5 m の長径 100 cm 以上の石の上にアカモクが分布している。

天然個体群調査 大島地先および小橋地先において、茎が伸長したアカモクが多く確認される時期から、生殖器床を形成した個体が確認される時期(成熟時期)まで、概ね毎月1回の頻度で調査を行った。すなわち、大島地先において2012年10月22日, 11月20日, 12月17日, 2013年1月22日, 2月6日に、小橋地先において2012年12月14日, 2013年1月21日, 3月15日, 4月15日, 5月14日, 6月18日に調査を行った。スキューバ方式により両地先の水深2~3m地点に潜水し、目視により概ね1m²の範囲をランダムに5ヶ所を選び、それぞれの範囲内で最も大型のアカモク個体を採集した。

採集された藻体については、実験室において藻体長(付着器から茎の先端部までの長さ)および湿重量を測定し、生殖器床の有無を確認した。採集日ごとに5個体の藻体長および湿重量の平均値を算出し、それぞれの地点で藻体長の平均値が最大となった時点の両群の藻体長および湿重量の差についてF検定およびt検定(Excel, Microsoft)を行った。

採集時には、クロロテック(ACL-208DKあるいはACL-215DK, アレック電子)を用いて、水深2mの水温を記録した。

人工種苗養殖試験 2012年2月10日および同年5月24日に大島地先および小橋地先において生殖器床を有した藻体を採集して母藻とし、西垣ら(2010)の方法に準じて各地点由来の人工種苗の生産を行った。すなわち、母藻から得られた幼胚をABS樹脂製の基質(10×15×10mm)上に散布し、砂濾過海水をかけ流して静置培養および攪拌培養(西垣ら, 2007)を行った。これ以降、大島地先および小橋地先の藻体から生産された種苗をそれぞれ大島種苗および小橋種苗と表す。

2012年11月16日に、基質にアカモクが2~8個体付着した大島種苗および小橋種苗各10個を、それぞれポリ塩化ビニル製のパイプ(VPI3, 長さ1m)にインシュロックタイを用いて10cm間隔で固定し、栗田湾(Fig.1)に浮かぶ京都府農林水産技術センターの海面施設(水深約15m)の水深1mに垂下した。大島種苗については2013年2月28日まで、小橋種苗については同年5月2日まで養殖し、概ね20~30日に1回の頻度で各基質上の最大個体の藻体長を測定し、生殖器床の有無を確認した。なお、波浪や乾燥の影響を防ぐため藻体の先端が海面に到達した際には養殖水深を深くすることとし、大島種苗では養殖水深を12月20日に2m, 1月8日に3m, 小橋種苗では2月28日に2mとした。種苗ごとに藻体長の平均値を算出し、その値が最大となった時点の両群の藻体長についてF検定およびt検定(Excel, Microsoft)を行った。

海面施設での養殖期間を通して毎週2回の頻度で、クロロテック(ACL-208DKあるいはACL-215DK, アレック電子)を用いて、水深1mの水温を記録した。

結果

天然個体群 大島地先および小橋地先における水温の変化をFig.2に示した。大島地先においては、調査期間を通じて低下し、10月22日の22.6℃から1月22日に12.4℃2月6日に11.3℃へ低下した。小橋地先においては、12月15日の14.5℃から低下し、3月15日に10.1℃の最低値を示した。その後上昇して、5月14日に15.9℃, 6月18日には23.1℃であった。

大島地先および小橋地先におけるアカモクの藻体長および湿重量の変化をFig.3に示した。大島地先では10月22日には気胞を形成した個体と未形成の個体が混在しており、藻体長は12.0±1.9cm(平均値±標準偏差, 以下同様に示す)であった。その後、藻体長は11月20日には27.4±7.4cmとなり、全ての個体で気胞が形成されていた。その後急激な藻体長の増加が認められ、1月22日に380.2±86.6cmとなり、全ての個体で生殖器床が確認された。その後の藻体長の増加は緩やかになり、2月6日には400.2±56.9cmの最大値を示し、全ての個体で生殖器床が確認された。湿重量は10月から12月にかけて緩やかに増加し、12月17日に48±36gであったが、その後急激に増加し、1月22日に458±328gとなり、2月6日に543±209gの最大値を示した。

小橋地先におけるアカモクの藻体長は12月14日には25.4±3.8cmであり、5個体中1個体が気胞未形成であったが、1月21日には39.0±13.5cmとなり、全ての個体で気胞が形成されていた。その後、藻体長は3月15日に91.2±8.3cmまで増加し、それ以降5月まで増加は緩やかであった。5月14日に115.4±10.5cmの最大値を示した後6月にかけて減少した。湿重量は12月14日から3月15日にかけて、3.5±1.1gから41.7±8.6gに緩やかに増加した。その後増加率が上昇し、5月14日に270±133g

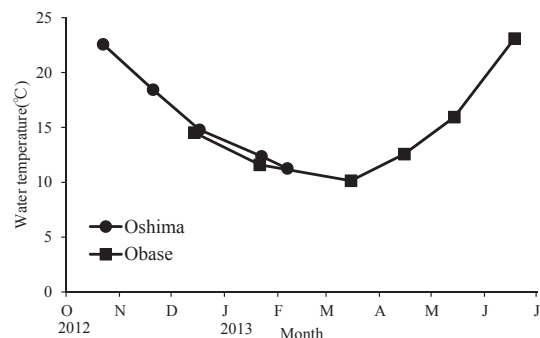


Fig.2 Changes in water temperature at the two sites for studying the growth and maturation of *Sargassum horneri* population in Wakasa Bay.

の最大値を示した。5月14日および6月18日には全ての個体で生殖器床が確認された。

藻体長が最大となった時点（大島地先では2月6日、小橋地先では5月14日）の両群の藻体長および湿重量には有意な差が認められた ($P<0.01$ および $P=0.019$)。

人工種苗 栗田湾における人工種苗養殖期間中の水温の変化を Fig.4 に示した。養殖開始時の11月16日には18.7°Cであったが、その後低下し、2月25日7.9°Cの最低値を示した後に上昇し、養殖終了時の5月2日には14.0°Cであった。

大島種苗および小橋種苗の藻体長の変化を Fig.5 に示した。養殖開始時の大島種苗の藻体長は35.7±4.1 cmであったが、その後急激に増加し続け、1月28日に374.0±119.2 cmの最高値を示し、2月28日には340.9±137.6 cmに減少した。1月8日から養殖終了時の2月28日まで全ての個体で生殖器床が確認され、1月28日まで放卵した雌株は確認されなかったが、2月8日には雌株7個体中2個体が未放卵、5個体が放卵中であった。

養殖開始時の小橋種苗の藻体長は18.7±1.5 cmであり、期間を通して緩やかな増加傾向を示した。5月2日に98.8±38.7 cmの最大値を示し、10個体中8個体で生殖器床が確認され、雌株4個体のうち3個体が未放卵、1個体が放卵中であった。

両種苗の藻体長が最大となった時点（大島種苗では1月28日、小橋種苗では5月2日）の藻体長には有意な差が認められた ($P<0.01$)。

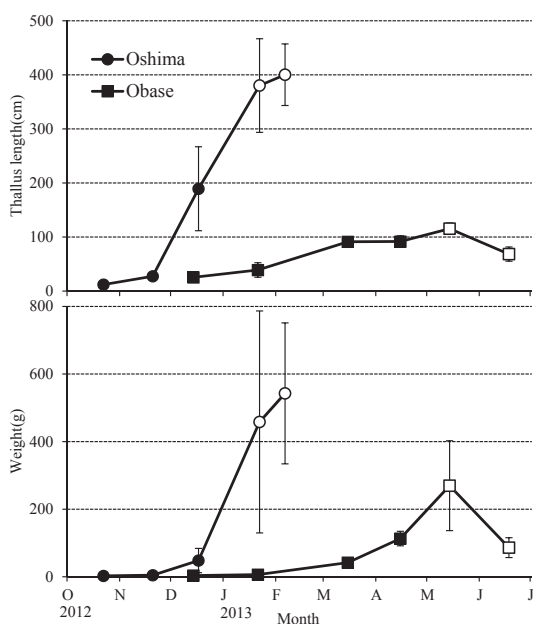


Fig.3 Changes in thallus length and weight of *Sargassum horneri* plants from the two populations in Wakasa Bay. Mean ± S.D. for 5 samples. Open symbols indicate maturation of plant.

考 察

大島地先においては、11月下旬以降に明瞭な伸長期が認められ、水温下降期である1月下旬に藻体長は4 mに達し、成熟した (Fig.2,3)。一方、小橋地先では明瞭な伸長期は認められず、水温上昇期である5月に藻体長は最大値を示し、成熟した (Fig.2,3)。両地先における藻体長および湿重量の最大値には顕著な差が認められ、大島地先に比べると小橋地先の個体は小型であった。これらの結果により、両地先に分布するアカモク個体群の生長および成熟特性が異なっていることが明らかになった。

また、両地先の母藻から得られた人工種苗を栗田湾で養殖した結果、大島種苗では1~2月に藻体長が3 mを超えて成熟したが、小橋種苗では5月に藻体長1 m程度で成熟した (Fig.5)。同一環境下で養殖されたにもかかわらず、両者の生長および成熟特性は異なっており、それぞれの由来地点の天然個体群と類似した特性を示した。

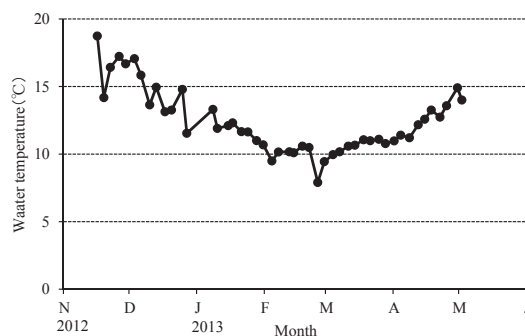


Fig.4 Changes in water temperature at cultivation site of *Sargassum horneri* seedlings in Kunda Bay.

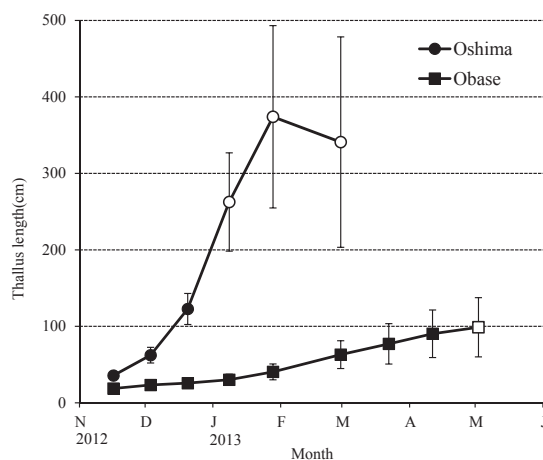


Fig.5 Changes in thallus length of *Sargassum horneri* seedlings cultivated in Kunda Bay. Mean ± S.D. for ten samples. Open symbols indicate maturation of plant.

このことは、両地先の個体群の生長および成熟特性が生育環境に影響されず、遺伝的に固定されていることを示唆している。

瀬戸内海のアカモクには秋季成熟群と春季成熟群が存在することが報告されている (Yoshida *et al.*, 2001)。Yoshida *et al.* (1998) は、春季成熟群から得た人工種苗を秋季成熟群が分布する地先に移植し、移植後の生長および成熟の季節性が春季成熟群のものと類似することを確認した。その結果から、両者の生長および成熟特性は遺伝的に固定されており、エコタイプの関係に分化していると結論づけた (Yoshida *et al.*, 2001)。したがって、大島地先と小橋地先のアカモク 2 個体群についても、瀬戸内海の 2 個体群と同様に異なる環境条件に適応して形質が分化したエコタイプの関係にあり、大島地先の個体群は大型になる冬季成熟群、小橋地先の個体群は小型の初夏成熟群であると考えられる。

これまで若狭湾内では、小浜湾 (Umezaki, 1984; 梅崎, 1985) および宮津市島陰地先 (道家ら, 1995) において、アカモクの生長や成熟について報告されている。小浜湾では、波浪が直接当たらない海岸 (内磯) のアカモクは、波浪が直接当たる海岸 (外磯) のものより大型になるが、両者の主枝長の最大値は 100 ~ 160 cm, 成熟時期は 4 ~ 5 月であると報告されている (Umezaki, 1984; 梅崎, 1985)。両者ともあまり大型でないことと、成熟時期が類似していることから、小浜湾の個体群は小橋個体群と同様の初夏成熟群であると考えられる。

また、島陰地先のアカモクの成熟時期は、水深 2 ~ 3 m で 2 ~ 3 月、水深 0 ~ 1 m で 5 月であり、着生水深により成熟時期が異なると推察されている (道家ら, 1995)。このように同所において水深によりアカモクの成熟時期が異なる事例は福岡県宗像市大島地先でも報告されている (秋本ら, 2009)。すなわち、深い水深帯には全長が 5 m 以上に生長し、2 月頃から成熟する個体群が分布し、水深 3 m 以浅には全長が 2 m 程度で 3 月以降に成熟する個体群が分布する (秋本ら, 2009)。したがって、島陰地先においても、水深帯により生長および成熟特性の異なる個体群が分布しており、深所に冬季成熟群、浅所に初夏成熟群が分布しているのではないかと推察される。

若狭湾西部海域の流れ藻の種組成 (重量) では、3 月から 7 月にかけてアカモクの割合が最も高くなり、アカモクの出現時期は成熟期およびその前後に限定される (八谷ら, 2005)。同海域の流れ藻の供給源は近隣の藻場である可能性が高い (八谷ら, 2005) ので、3 月から 7 月にかけて同海域にアカモクが豊富に存在していると推察され、今回確認された冬季成熟群と初夏成熟群以外に、中間時期に成熟する個体群の存在も示唆される。著者らは、宮津市里波見地先で 4 月下旬に放卵中の大型の個体群を確認しており (未発表)、場所や水深によってさらに多様な生長および成熟特性を備えたアカモク個体群が存在すると考えられる。

アカモクの食用利用では、独特の食感と粘りが珍重されている。粘りの元となるフコイダンは生殖器床に多く含まれている (黒田ら, 2008) ことから、生殖器床を形成する成熟期が、天然藻体の採集適期および養殖における収穫の適期であると考えられる。また、アカモクの重量は成熟期に最大になることから、高現存量・高収量が期待される時期でもある。したがって、今後食用資源として利用の拡大を図る上で、各地先のアカモク個体群の成熟時期を把握することは重要である。一方で、アカモクは沿岸域の生物生産を支える藻場の主要な構成種であり、過剰な採集は沿岸域の生産力低下につながる恐れがある。藻場を維持しながら、食用資源として持続的に利用していくために、今後、湾内の様々な場所においてアカモクの生長や成熟を詳細に調査し、個体群ごとの特性に合わせた資源管理方法を提示する必要がある。

アカモク養殖における人工種苗の生産では、成熟した雌株を採取して母藻として用いる (西垣ら, 2010)。成熟時期の異なる個体群から母藻を得て種苗生産し、それらの種苗を組み合わせることで収穫期を長期化できる可能性がある。ただし、本研究の小橋種苗のように大型にならない生長特性を備えた個体群も存在するので、各地先の個体群の生長特性を把握し、母藻には大型となり高収量が期待される生長特性を備えた個体群を選択的に使用する必要がある。

文 献

- 秋本恒基, 後川龍男, 深川敦平. 2009. 宗像市大島地先におけるアカモクの生長と成熟. 福岡水海技セ研報, **19**:103-107.
- 道家章生, 宗清正廣, 辻 秀二, 井谷匡志. 1995. 京都府の海藻-III 若狭湾西部海域におけるホンダワラ類の成熟期. 京都海セ研報, **18**:28-33.
- 五十嵐輝夫, 薮 太郎. 1995. 松島湾でみられたアカモクの冬季成熟群. 宮城水セ研報, **14**:11-15.
- 池原宏二. 1987. 日本海における食用としてのホンダワラとアカモク. 藻類, **35**:233-235.
- 黒田理恵子, 上田京子, 木村太郎, 赤尾哲之, 篠原直哉, 後川龍男, 深川敦平, 秋本恒樹. 2008. 福岡県筑前海産褐藻アカモク *Sargassum horneri* の成熟と粘質多糖量の変化. 日水誌, **74**:166-170.
- 丸伊 満, 稲井宏臣, 吉田忠生. 1981. 北海道忍路湾におけるホンダワラ類の生長と成熟について. 藻類, **29**:277-281.
- 西垣友和, 山本圭吾, 遠藤 光, 竹野功璽. 2010. 阿蘇海で養殖されたホンダワラ科褐藻アカモクの生長と生残. 京都海セ研報, **32**:23-27.
- 谷口和也, 山田秀秋. 1988. 松島湾におけるアカモク群落の周年変化と生産力. 東北水研研報, **50**:59-65.
- 寺脇利信. 1986. 三浦半島小田和湾におけるアカモクの生長と成熟. 水産増殖, **33**:177-181.

- Umezaki I. 1984. Ecological studies of *Sargassum horneri* (Turner) C. Agardh in Obama Bay, Japan Sea. *Bul. Jap. Soc. Sc. Fish.*, **50**:1193-1200.
- 梅崎 勇. 1985. ホンダワラ群落の周年変化. 月刊海洋科学, **17**:32-37.
- 八谷光介, 西垣友和, 道家章生, 和田洋藏. 2005. 若狭湾西部海域で採集された流れ藻の種組成. 京都海七研報, **27**:13-18.
- Yoshida G, Arima S, Terawaki T. 1998. Growth and maturation of the 'autumn-fruiting type' of *Sargassum horneri* (Fucales, Phaeophyta) and comparisons with the 'spring-fruiting type'. *Phycol. Res.*, **46**:183-189.
- Yoshida G, Yoshikawa K, Terawaki T. 2001. Growth and maturation of two populations of *Sargassum horneri* (Fucales, Phaeophyta) in Hiroshima Bay, the Seto Inland Sea. *Fish. Sci.*, **67**:1023-1029.
- 吉田忠生. 1998. 「新日本海藻誌」. 386-387. 内田老鶴圃, 東京.