

# 種苗生産時に生じるサイズの違いが養殖アカモクの成長に及ぼす影響

瀬田 智文<sup>1,2</sup>・倉島 彰<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup> 京都府農林水産技術センター海洋センター (〒 626-0052 京都府宮津市字小田宿野 1029-3)

<sup>2</sup> 三重大学大学院生物資源学研究所 (〒 514-8507 三重県津市栗真町屋町 1577)

Tomofumi Seta<sup>1,2</sup> and Akira Kurashima<sup>2\*</sup>: Effect of size difference during seedling production on the growth of cultured *Sargassum horneri*. Jpn. J. Phycol. (Sôru) 70: 191–198, November 10, 2022

The effect of size difference generated during seedling production on the afterward growth of cultured *Sargassum horneri* was investigated. Seedlings were prepared by collecting embryos of a single cohort derived from a pair of a female and male adult and grown in a tank in a free-floating mode by stirring. Based on the stem length of seedlings on October 26, 2019, four size ranks were set: 0 < -50 mm (rank 1); 51–100 mm (rank 2); 101–150 mm (rank 3); and 151–200 mm (rank 4), and twenty seedlings for each rank were picked up for the experiment. The Seedlings were cultivated in an identical outdoor tank with care for making environment conditions for each individual as uniform as possible. Size differences among the ranks were maintained during the 52 days of experimental cultivation, and there was a clear positive correlation between stem length at the beginning and end of the experiment. Until December 10, the daily stem growth strongly depended on each stem length, but after that, the daily stem growth stagnated almost at the same time regardless of each stem length. Due to this growth pattern, it is considered that a small size difference generated during seedling production has a significant effect on the growth and yield of cultured *S. horneri*.

*Key Index Words*: early growth, individual identification, *Sargassum horneri*, seaweed cultivation, seedling size

<sup>1</sup>Fisheries Technology Department, Kyoto Prefectural Agriculture, Forestry and Fisheries Technology Center, Miyazu, Kyoto 626-0052, Japan

<sup>2</sup>Graduate School of Bioresources, Mie University, Tsu, Mie 514-8507, Japan

\* Author for correspondence: kurasima@bio.mie-u.ac.jp

## 緒言

アカモク *Sargassum horneri* (Turner) C. Agardh は褐藻ホンダワラ科に属する一年生の海藻であり、我が国では東部を除く北海道から本州、四国、九州まで広く分布する (吉田 1998)。本種は沿岸域の高い一次生産力を支えるガラモ場 (石樋・横山 2005) の主要構成種であり、近年では全国的に食用としての需要が増加している水産重要種でもある。現状では、アカモク原藻の確保は天然の藻体の採集に依存しているが、本種は一年生海藻のため資源の年変動が大きく (アカモク養殖技術開発グループ 2017)、急激な利用拡大によるガラモ場の衰退が危惧される。そこで、アカモクの生産安定化および藻場の保全を図るため、本種の増養殖に関する技術開発が行われている (吉田ら 2000, 秋本ら 2010, 西垣ら 2010, 2016, 西垣・道家 2014, 2016, 瀬田 2018, Seta & Kurashima 2021)。

養殖アカモクの収穫時の藻体長には藻体間で数 m の差があり (西垣・道家 2014, 西垣ら 2016, アカモク養殖技術開発グループ 2017)、藻体重量にも数 kg の差がみられている (西垣ら 2016)。小型サイズの藻体では、十分な収穫量を得ることができず、また、藻体間での藻体長や藻体重量の差が大き

くなるほど、収穫物全体としての品質のばらつきが大きくなる。そのため、養殖においては、大型で大きさの揃った藻体を収穫することが重要である。

京都府のアカモク種苗生産では、単一の個体群から採集した母藻を用いて養殖用種苗の生産を行っているにもかかわらず、養殖開始時の種苗サイズには種苗間で数 cm から数十 cm の差が生じる。現状では、養殖への使用にあたり種苗のサイズによる規格等は定めておらず、3 cm 程度の小型種苗から 20 cm 程度の大型種苗に至るまでの藻体を、全て同程度の成長能力を有する種苗とみなして養殖に使用している。森林においては、樹木の個体サイズの差が後の成長に及ぼす影響について調査したいくつかの研究例がある (石丸ら 2003, 田端ら 2013, 袴田ら 2020)。植栽木の苗木サイズの違いとその後の成長の関係を調査した石丸ら (2003) によると、コナラ *Quercus serrata* Murray は植栽時のサイズが大きい苗木ほど後の成長が優れ、その影響は植栽から 4 年経過後にまで及んだことが報告されている。同様の現象は藻類においても確認されており、カジメ *Ecklonia cava* Kjellman の移植実験では、個体識別をして成長を追跡した結果、移植時に茎が長い個体は

## black cheesecloth (50%)

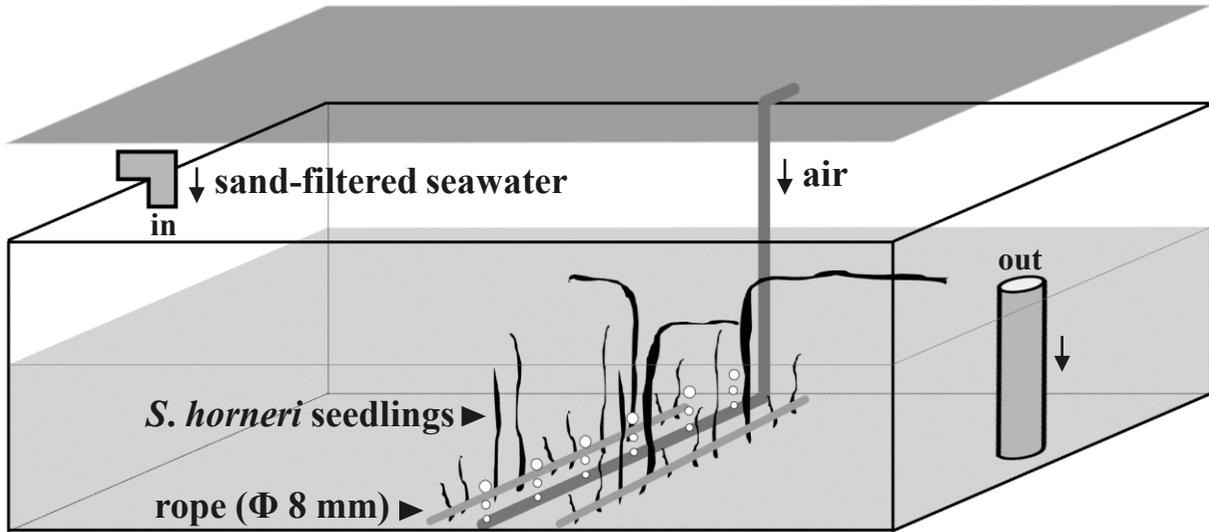


Fig. 1. Schematic diagram of the culture tank for *Sargassum horneri* seedlings. Arrows depict the directions of seawater and air.

ど後の茎長が大きくなる傾向がみられている (Serisawa *et al.* 2003)。したがって、養殖アカモクにおいても種苗生産時に生じるサイズの違いが後の成長に影響を及ぼす可能性がある。種苗サイズが成長に及ぼす影響を明らかにするためには、アカモクの個体を識別し、成長を追跡する必要がある。しかし、本種は最大 12 m に達する (西垣ら 2016) ため、野外において正確に藻体長等の計測を行うことは難しい。

そこで本研究では、一対のアカモク雌雄に由来し、同一の生育環境における履歴を有する茎長の異なる人工種苗 (幼体) を、大型平面水槽で成体に至るまで培養した。培養実験を通じて、種苗生産時に生じるサイズの違いが養殖アカモクの成長に及ぼす影響を明らかにした。

## 材料と方法

### 母藻採取

アカモクは個体群単位で特有の成熟期をもつことが知られている (奥田 1987, 五十嵐・部 1995, Yoshida *et al.* 1998, 2001, 吉田ら 2001, 西垣・道家 2014, Kubo *et al.* 2017)。本研究の実験に用いたアカモクは、若狭湾西部海域に位置する宮津湾 (宮津市大島地先) の冬季成熟型の天然アカモクに由来する。宮津湾の冬季成熟型天然アカモクは、12月中旬から1月下旬にかけて生殖器床の形成を開始し (西垣・道家 2014)、藻体サイズは最大 12 m に達する (西垣ら 2016)。

2019年2月12日に、宮津湾に設置されたアカモクの養殖施設から、十分に生殖器床が発達したアカモク母藻をスキューバ潜水により複数採取した。母藻は、京都府農林水産技術センター海洋センター (以下、海洋センター) に持ち帰った後、砂濾過海水をかけ流しにした水槽に一時収容した。採取時の母藻は、複数の個体が絡み合った状態であったため、2月13日に全ての個体を解いて分離した後、個体測定を行った。そ

の中から特に大型で、茎に切れた跡がみられなかった個体を雌雄1個体ずつ選出し、砂濾過海水をかけ流しにしたコンテナに隔離した。雌および雄個体の茎長は、それぞれ 9.8 m, 9.0 m であった。本研究では、親世代の遺伝的な差異の影響を排除するため、この一対の雌雄から得られた幼胚のみを用いてアカモク種苗を生産した。なお、2月13日時点で雌個体の一部の生殖器床上には放卵がみられたが、放卵された卵の一部を採取して顕微鏡で観察したところ卵割は確認されなかった。よって、2月13日以降に同コンテナ内で得られた幼胚は、使用した雌雄個体から放出された卵と精子の受精によるものと考えられた。

### 幼胚採取および冷蔵保存

2019年2月18日に、一対の雌雄藻体が収容されたコンテナ底面に大量の幼胚の自然落下が確認された。西垣・道家 (2016) に従い、2月19日に自然落下した幼胚を回収して洗浄した後、幼胚の密度が砂濾過海水中で1万個  $L^{-1}$  となるよう容量 90 L のクーラーボックスに収容した。これを海洋センター内に設置された 5°C の大型冷蔵室内で2月19日から7月5日まで冷蔵保存した。

### 種苗生産

7月5日に幼胚を冷蔵室から取り出した後、屋外の角形平面水槽 (高さ 0.5 m, 幅 1 m, 長さ 1.6 m) 内に設置されたコンクリート製の建材ブロックに幼胚を散布した。同水槽を使用し、7月5日から8月6日まで静置培養 (流水条件) で種苗を育成した。静置培養時の水温の変動幅は 22.4–29.9°C (Min–Max) であった。8月6日にスクレーパーで建材ブロックから種苗を剥離した後、海洋センターの屋外水槽棟に設置された透明の円形立体水槽 (高さ 0.8 m, 下部直径 1.3 m, 上

部直径 1.5 m) に種苗を移し、8月6日から10月26日までエアレーションによる攪拌培養(流水条件)で種苗を育成した。攪拌培養時の水温の変動幅は 20.6–29.4°C であった。静置および攪拌培養時の光環境および換水率の条件設定は、西垣ら(2007)のホンダワラの種苗生産に準じて行った。なお、種苗の生育条件を統一するため、静置および攪拌培養には水槽を1基のみ使用した。

#### 大型平面水槽を用いた種苗の培養実験

本研究の水槽実験では、アカモクの茎の長さ(以下、茎長)を成長の指標とした。実験開始日にあたる2019年10月26日の種苗の茎長を基準に、0–50 mm(以下、ランク1)、51–100 mm(以下、ランク2)、101–150 mm(以下、ランク3)および151–200 mm(以下、ランク4)と4つのサイズランクを設けた。実験開始日における各ランクの平均茎長は、ランク1で  $28 \pm 12$  mm (mean  $\pm$  SD)、ランク2で  $72 \pm 13$  mm、ランク3で  $124 \pm 15$  mm、ランク4で  $179 \pm 13$  mm であった。10月26日に、攪拌水槽から各ランクの種苗を20個体ずつ、計80個体を選出して実験に供した。なお、本研究の実験開始時期は、宮津湾の冬季成熟型アカモクを用いて養殖を行う際の種苗の沖出し時期であり(アカモク養殖技術開発グループ2017)、実験開始時の種苗サイズは養殖で使用される人工種苗のサイズ(茎長で3–20 cm程度)と同程度に設定した。

培養水槽の概要を Fig. 1 に示す。本研究では、種苗が数 m に達することを想定し、屋外に設置された大型の平面水槽(高さ0.6 m、幅1 m、長さ5 m)を4基使用した。種苗を水槽の中心部底面に水平に張った全長1 mの黒色ポリプロピレン・ポリエチレン混合ロープ(小浜製綱; 口径8 mm)の撚りの中に10 cm 間隔で差し込み、種苗が重ならないように水槽の中心部から両端に向かって漂うように設置した。水槽1基につき20個体の種苗を収容した。設置箇所によって水槽内の環境条件がわずかに異なることが予想されたため、4つのサイズランクから1個体ずつ順に種苗を設置した。水槽には砂濾過海水を毎秒0.2 Lでかけ流し、海水循環を十分に行うため水槽の中心部底面からエアレーションを行った。直射日光の遮蔽と付着藻類の増殖防止を目的とし、吉田ら(2001)の水槽でのアカモク培養実験を参考に遮光率50%の黒色寒冷紗を水槽上部に設置した。記録式水温計(HOBO UA-002-64)および記録式光量子計(JFEアドバンテックDEFI2-L)を、水槽底面中心部分の藻体に被らない位置に設置して実験期間中の水槽内水温および光量子束密度を30分間隔で計測した。なお、種苗を設置した箇所によって全ての個体を識別した上で成長を追跡した。

茎長の測定は2019年10月26日、11月1日、11月9日、11月18日、11月25日、12月3日、12月10日および12月16日の計8回、全ての供試個体に対して行った。茎長の推移から、各測定日の間の7つの期間について、期間ごとの1日あたりの茎の伸長量(以下、日間成長量)、1日あたりの茎の相対伸長率(以下、相対成長率)を、それぞれ以下の式によ

り算出した。

$$\text{日間成長量 (mm day}^{-1}\text{)} = (TL_2 - TL_1) / (t_2 - t_1)$$

$$\text{相対成長率} = (\ln TL_2 - \ln TL_1) / (t_2 - t_1)$$

ここで、 $TL_1$ : 前回測定時の茎長 (mm),  $TL_2$ : 測定時の茎長 (mm),  $t_1$ : 前回測定日,  $t_2$ : 測定日である。

種苗の成長のばらつきを評価するため、実験終了日にあたる12月16日の平均茎長と標準偏差の値を用いて変動係数(以下、CV)を求めた。なお、実験期間中に茎が切れて流出し測定不能となった個体はランク1の1個体のみであった。

#### 統計解析

個体ごとの実験開始日(10月26日)の茎長と実験終了日(12月16日)の茎長、個体ごとの各期間当初の茎長とその期間内の日間成長量の間でそれぞれ相関分析を行った。各測定日の平均茎長について、Tukey-Kramerの方法によりランク間の多重比較を行った。また、同一ランク内の各期間における日間成長量および相対成長率の中央値の差異をBonferroni法で多重比較した。各統計値の計算にはExcel統計2010を使用した。

#### 結果

実験に供したアカモク種苗全個体の茎長の変化を Fig. 2 に示す。種苗全個体の平均茎長は、実験開始日の10月26日で  $101 \pm 58$  mm、11月1日で  $128 \pm 73$  mm、11月9日で  $194 \pm 106$  mm、11月18日で  $326 \pm 175$  mm、11月25日で  $522 \pm 274$  mm、12月3日で  $896 \pm 458$  mm、12月10日で  $1449 \pm 688$  mm、実験終了日の12月16日で  $1954 \pm 856$  mm (CV = 0.438) であった。なお、いずれの個体にも実験期間中に生殖器床の形成は確認されなかった。

実験開始日(10月26日)の茎長と終了日(12月16日)の茎長との関係を Fig. 3 に示す。実験開始日の茎長と終了日の茎長の間には明瞭な正の相関関係がみとめられた ( $r = 0.870$ ,  $p < 0.001$ )。実験終了日における最小個体および最大個体の茎長は、それぞれ162 mm、3746 mmで、約23.1倍の差が生じた。これらの個体の実験開始時における茎長は、それぞれ18 mm、181 mmであり、最小個体は最小のランク1に、最大個体は最大のランク4に属していた。各ランクの実験終了日における茎長の範囲は、ランク1で162–1620 mm、ランク2で928–2646 mm、ランク3で1640–3480 mm、ランク4で2166–3746 mmであった。ランク4の最小個体はランク1の最大個体の茎長を上回った。各ランク内の最小個体と最大個体の茎長にはランク1で約10倍、ランク2で約2.9倍、ランク3で約2.1倍、ランク4で約1.7倍の差が生じ、サイズランクが大きくなるほど同一ランク内の最小個体と最大個体の差は小さくなった。全個体における各期間の期間当初の茎長と期間内の日間成長量との関係を Fig. 4 に示す。茎長と日間成長量の間には明瞭な正の相関関係がみとめられた ( $r = 0.923$ ,  $p < 0.001$ )。実験最終期間の期間7では、茎長と日間成長量の間はばらつきが大きくなる傾向がみられた。

サイズランクごとの平均茎長の変化を Fig. 5 に示す。全期

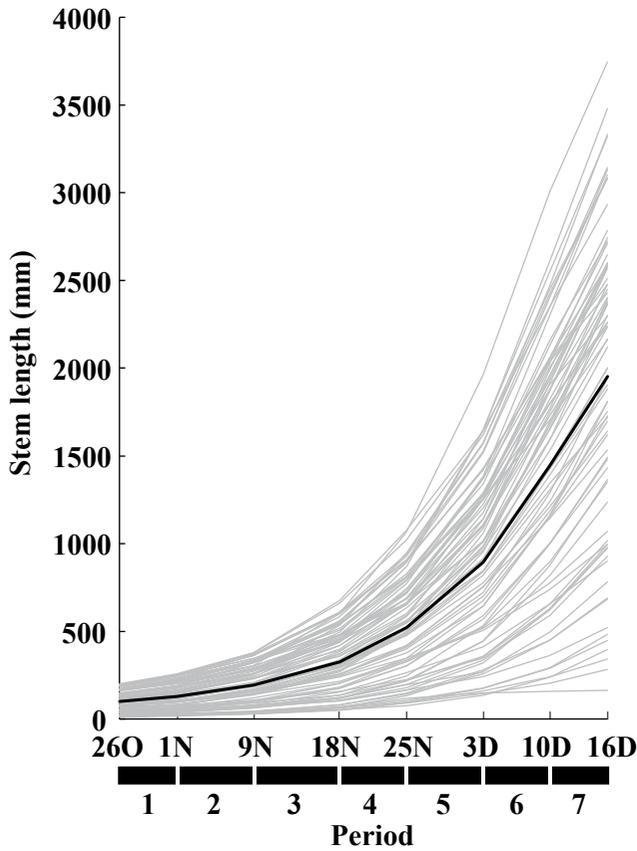


Fig. 2. Stem growth of all individual *Sargassum horneri* seedlings (n = 80) from October 26 (26O) to December 16 (16D), 2019. Thick black line indicates the mean.

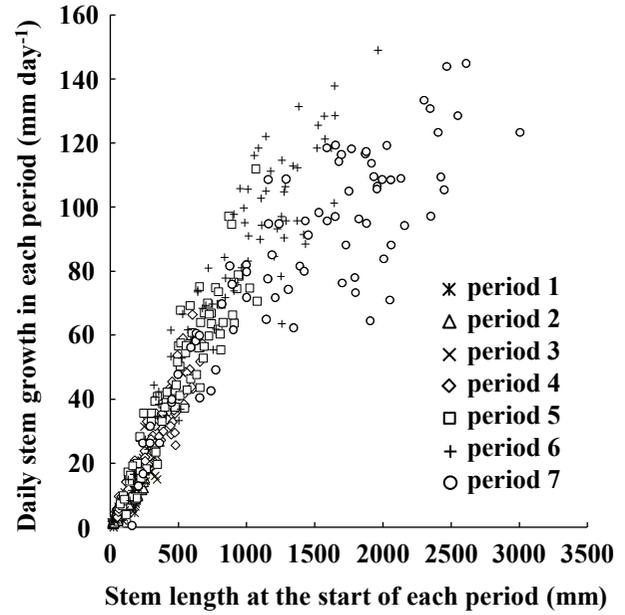


Fig. 4. Relationship between the stem lengths of *Sargassum horneri* seedlings at the start of each experimental period and daily stem growth in each experimental period.

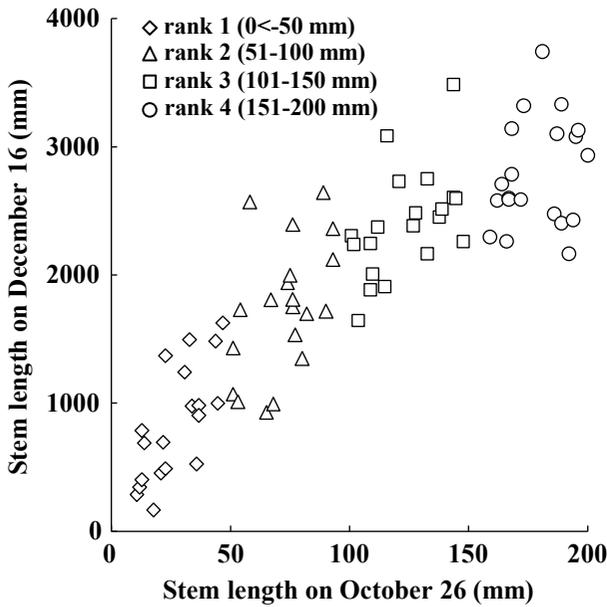


Fig. 3. Relationship between the stem lengths of *Sargassum horneri* seedlings at the start (October 26) and at the end of the experiment (December 16).

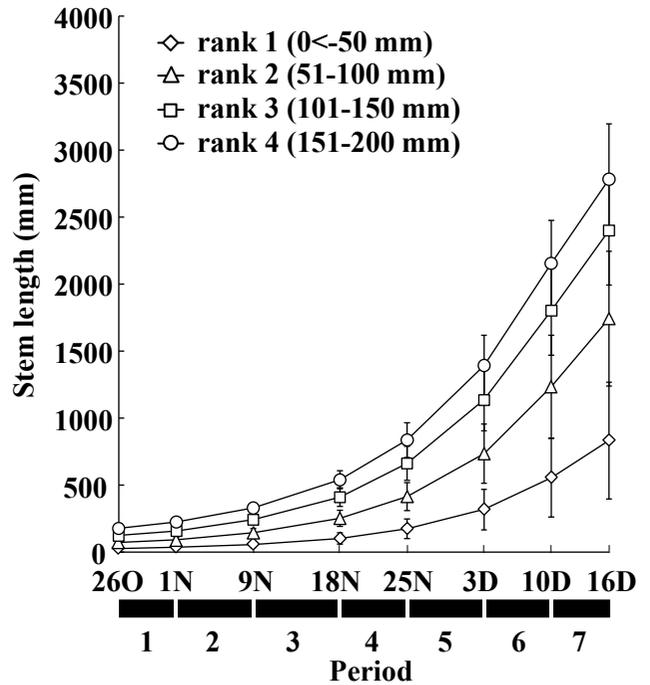


Fig. 5. Mean stem growth of *Sargassum horneri* seedlings in each size rank from October 26 (26O) to December 16 (16D), 2019. Vertical bars indicate standard deviation.

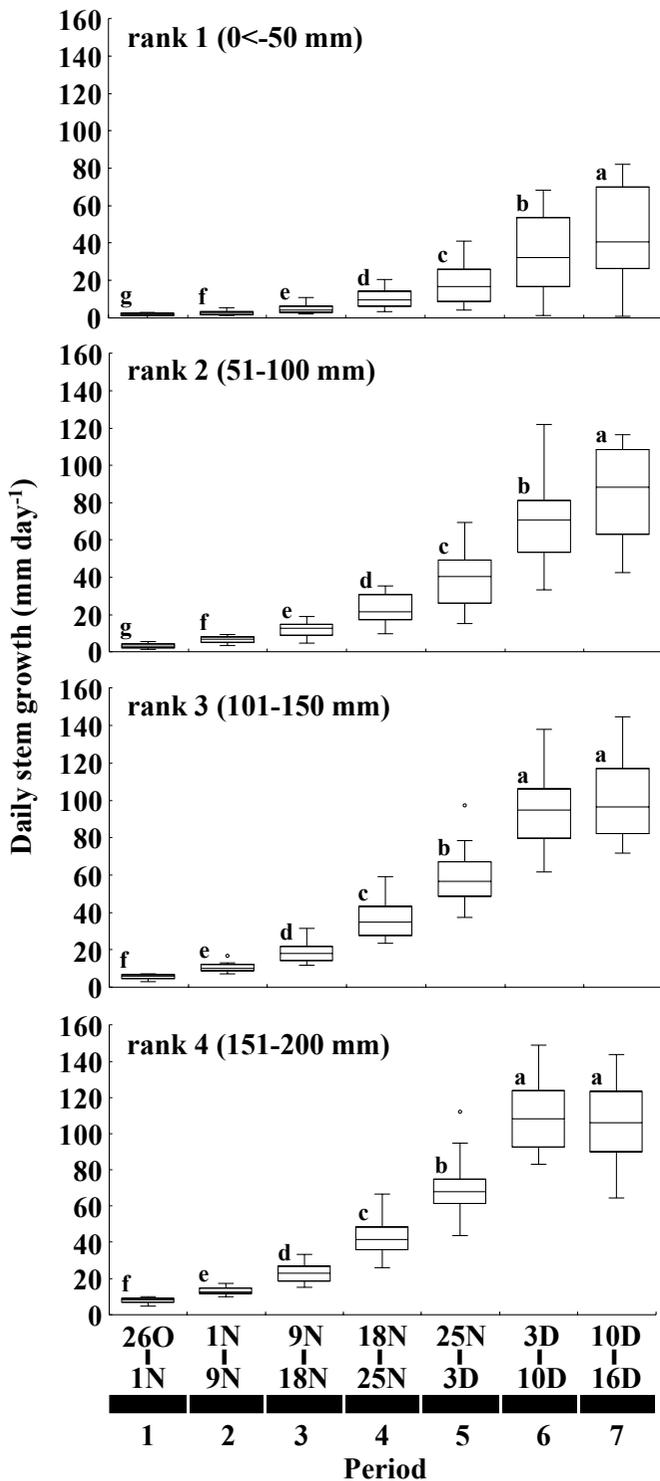


Fig. 6. Variations in daily stem growth for each experimental period. The box plots represent the 25th and 75th percentile, the horizontal line is the median, and the whiskers mark the minimum and maximum values. The dots denote outliers. Values with different letters that were compared using the Bonferroni test ( $p < 0.05$ ) are significantly different.

間を通じて、実験開始時に設定した平均茎長の順位に逆転はみられなかった。多重比較を行った結果、4つのランクの平均茎長の間には、いずれの測定日においても有意差がみとめ

られた ( $p < 0.05$ , Tukey-Kramer test)。実験終了日にあたる12月16日の平均茎長は、ランク1で  $833 \pm 435$  mm (CV = 0.522), ランク2で  $1743 \pm 504$  mm (CV = 0.289), ランク3で  $2401 \pm 409$  mm (CV = 0.170), ランク4で  $2784 \pm 412$  mm (CV = 0.148) であった。CV値はサイズランクが大きくなるほど小さくなった。実験終了日には最大のランク4と各ランクの平均茎長に、ランク1で約3.3倍、ランク2で約1.6倍、ランク3で約1.2倍の差が生じた。

サイズランクごとの各期間の日間成長量を Fig. 6 に示す。いずれのサイズランクにおいても、日間成長量の中央値は期間1から6までは増加した。ランク1および2では期間7まで増加し続けた。ランク3および4では期間6から7にかけて停滞した。ランク1および2では、期間6と7の日間成長量に有意差がみとめられた ( $p < 0.05$ , Bonferroni test)。しかし、ランク3および4では有意差はみとめられなかった ( $p > 0.05$ , Bonferroni test)。実験最終期間にあたる期間7の日間成長量の中央値は、ランク1で  $40.5$  mm day<sup>-1</sup>, ランク2で  $88.3$  mm day<sup>-1</sup>, ランク3で  $96.3$  mm day<sup>-1</sup>, ランク4で  $106.1$  mm day<sup>-1</sup> であった。

サイズランクごとの各期間の相対成長率を Fig. 7 に示す。ランク2, 3および4では、相対成長率の中央値は期間1から6にかけて緩やかな増加傾向を示した後、期間7で低下した。これらのランクでは、期間6と7の間に有意差がみとめられた ( $p < 0.05$ , Bonferroni test)。ランク1では、期間6と7の間に統計学的に有意な差はみとめられなかった ( $p > 0.05$ , Bonferroni test) が、他のランクと同様に期間1から6にかけて増加傾向を示し、期間7では低下する傾向がみられた。

#### 水温および光環境

大型水槽内の平均水温、1日当たりの積算光量および最大光量子束密度の変化を Fig. 8 に示す。平均水温は10月26日に最高の  $21.6^{\circ}\text{C}$  を記録し、最低は12月6日の  $14.2^{\circ}\text{C}$  であった。1日当たりの積算光量の最高値は11月9日の  $5.07$  mol m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>, 最低値は11月25日の  $0.38$  mol m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup> であった。また、最大光量子束密度は12月4日に最高の  $828$  μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> を記録し、最低は11月25日の  $24$  μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> であった。

#### 考察

本研究により、種苗生産時に生じるサイズの違いが養殖アカモクのその後の成長に影響を及ぼすことが明らかとなった。陸上植物のスギ *Cryptomeria japonica* D. Don では、植栽時の苗サイズの違いは時間の経過とともに平準化し、植栽から約1年6ヶ月以降の樹高に対しては有意な関与がなくなることが示されている (袴田ら 2020)。また、コナラ、ヤマモモ *Myrica rubra* Sieb. et Zucc. およびアラカシ *Quercus glauca* Thunb. の苗サイズと成長の関係を調査した石丸ら (2003) は、苗サイズが成長に及ぼす影響の程度は種の成長のパターンによって大きく異なることを報告している。これらの樹木と異なりアカモクは単年生の海藻であるため、藻体は短期間で急

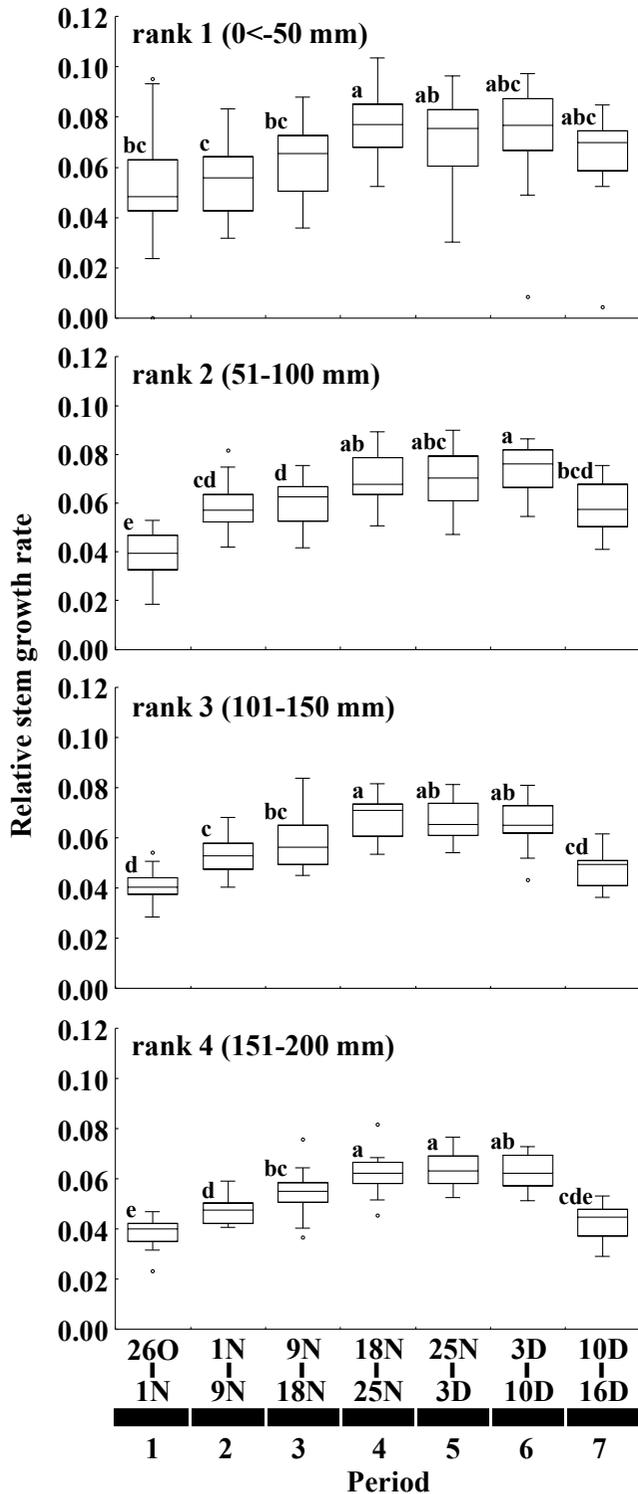


Fig. 7. Variations in relative stem growth rate for each experimental period. The box plots represent the 25th and 75th percentile, the horizontal line is the median, and the whiskers mark the minimum and maximum values. The dots denote outliers. Values with different letters that were compared using the Bonferroni test ( $p < 0.05$ ) are significantly different.

激に伸長する (吉田ら 2001)。また、本研究においては、アカモクの茎の伸長量は個体の茎長 (体サイズ) に強く依存するとともに (Fig. 4)、個体の体サイズに関わらず成長はほぼ

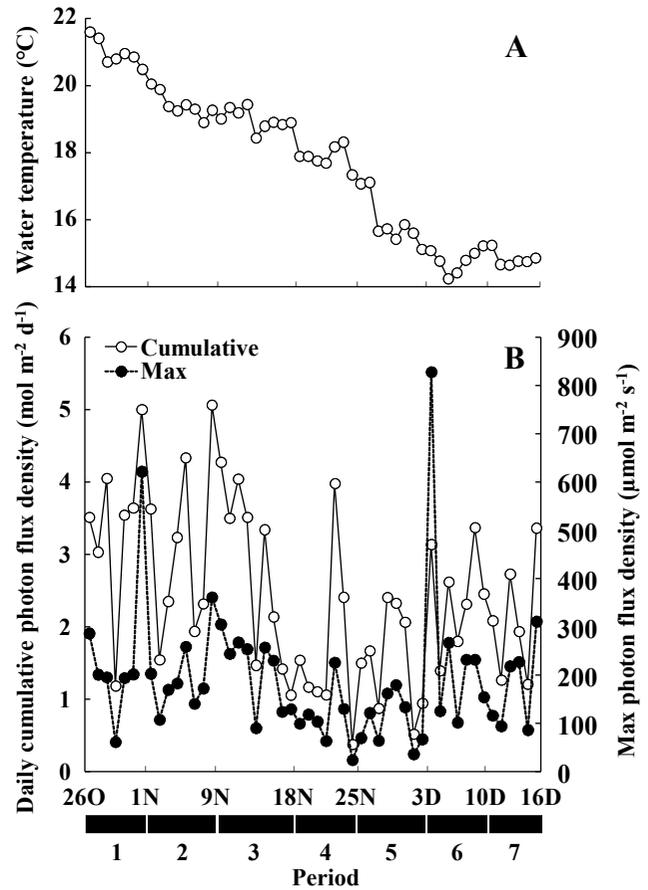


Fig. 8. Changes in average seawater temperature (A) and daily cumulative photon flux density or maximum photon flux density (B) in the culture tank of *Sargassum horneri* seedlings from October 26 (26O) to December 16 (16D), 2019.

一斉に停滞した (Fig. 7)。このような成長パターンを有するため、アカモクでは種苗サイズの差がその後の成長に対して大きな影響を及ぼすと考えられる。

本研究の実験に用いた種苗は、同一の母藻から同時期に採取した幼胚を1つの水槽内で育成し、同一の履歴を有するように作出した。しかし、実験開始時点での種苗の茎長には最大200 mm程度の差が生じた。飼育環境等が同一であるにもかかわらず、個体間で初期成長に差が生じる現象は、魚類の種苗生産および養殖の現場では古くから知られている (中村 1955, 中村・笠原 1955, 1956)。魚類では、種苗生産技術の向上を図るため、初期成長差の発現時期やその原因究明に関する研究が行われている。クロマグロ *Thunnus orientalis* Temminck and Schlegel (Takebe *et al.* 2012) およびスジアラ *Plectropomus leopardus* (Lacepède) (武部ら 2015) では、初期の成長差は仔稚魚期の段階で発現すること、カサゴ *Sebastiscus marmoratus* (Cuvier) (岩本ら 2016) では、ふ化後の給餌開始時期がその後の成長に影響を与えることが報告されている。アカモクの種苗生産においても、初期成長差の発生原因を把握し、適切な管理を行うことにより、種苗生産の効率向上や収穫量の増

加が期待される。本研究では、実験開始前までの種苗の履歴は全ての個体で同一であったことから、本種の初期成長差の発生要因は生育環境の違いによるものではなく、先天的な要因により生じた可能性がある。本研究の実験では同一の親個体に由来する幼胚を使用した。卵や精子が形成される過程で減数分裂が起こるため、実験に使用した幼胚が遺伝的に同一であったとは限らない。また、本種は単一の雌個体に由来する卵であっても、そのサイズには藻体および生殖器床の放卵部位によって有意な差がみられるとされている(本多・奥田 1989)。さらに、本種幼胚に含まれる光合成産物のラミナランは、幼胚の初期成長時に使用されることが知られている(岩尾 2011)。これらのことから、本研究の実験開始時点で生じていた種苗間での茎長の差は、遺伝的な差異、幼胚のサイズ差およびラミナラン含有量の違い等によって引き起こされた可能性がある。

ランク 3 (101–150 mm) およびランク 4 (151–200 mm) の藻体の日間成長量は、期間 6 に上限値に達した後、期間 7 には停滞した。実験期間中にランク 1 (0 < –50 mm) およびランク 2 (51–100 mm) の藻体の日間成長量は停滞しなかったが、これらの相対成長率は期間 7 には低下する傾向がみられた。よって、ランク 1 およびランク 2 の日間成長量も期間 7 には上限値付近に達していたと考えられる。アカモクの茎の伸長は生殖器床の形成開始から 1 ヶ月程度で停止するとされている(吉田ら 2001)。したがって、期間 6 から 7 にかけての成長の停滞は、成熟期への移行を示していた可能性がある。本研究で用いた宮津湾の冬季成熟型天然アカモクは、12 月中旬から 1 月下旬にかけて生殖器床の形成が認められ成熟を開始する(西垣・道家 2014) ため、これらの茎の伸長は 2 月下旬には停止すると考えられる。本研究の実験に使用した種苗が、実験終了日翌日の 12 月 17 日から 2 月下旬 (2 月 21 日; 67 日後) まで期間 7 の日間成長量を維持した場合、推定平均茎長はランク 1 で 3547 mm, ランク 2 で 7659 mm, ランク 3 で 8853 mm, ランク 4 で 9893 mm に達する。天然海域で育成された冬季成熟型アカモクの人工種苗が 2 月に到達する藻体長の範囲は約 3–12 m であり(西垣・道家 2014, 西垣ら 2016), これらは推定平均茎長の範囲と概ね一致するため、本研究の水槽実験では、天然海域沖出し後のアカモク種苗の成長が概ね正確に再現されていたと考えられる。なお、期間 7 では期間の当初茎長と日間成長量の間のばらつきが大きくなる傾向がみられたが、これは伸長期から成熟期への移行のタイミングに個体間で微細なずれが生じることを表していた可能性がある。

本種の藻体重量は成熟期に最大となり(西垣・道家 2014), また、品質面で最も重要視される成分のフコイダンが成熟期に多量に放出される(木村ら 2007, 黒田ら 2008) ことから、養殖アカモクでは成熟期が収穫最盛期となる。成熟期における養殖アカモクの藻体重量には個体間で大きな差がみられる(西垣ら 2016) ため、種苗生産時に生じるサイズの違いが養殖アカモクの収穫量や成熟に影響を及ぼす可能性は高い。本

研究の結果から、種苗生産時に大型化した種苗ほど成長のばらつきが小さく、最終的に到達する茎長も長くなる優良な種苗と考えられる。一方、種苗生産の観点からは、種苗が小型であるほど生産に係る労力やコストは軽減されるため、最適種苗サイズを正確に見極めることが今後の課題である。なお、本研究の実験では、ランク間で種苗の生残率にほとんど差が見られなかったが、天然海域で種苗を育成する場合、養殖開始時の種苗サイズの違いによって波浪等に対する耐性が異なることも考えられる。そのため、今後は藻体長、藻体重量および成熟に加えて、種苗の生残率も評価項目に加えた上、天然海域での検討を行う必要がある。

## 謝辞

本研究をとりまとめるにあたり、多くのご助言をいただいた京都府農林水産技術センター海洋センターの山崎淳博士および京都府水産事務所の宮嶋俊明博士に感謝の意を表します。日々の個体測定などでご協力いただいた同センターの久田哲二主任研究員には深く感謝します。同センター所属海洋調査船「平安丸」乗組員の皆様には、大型水槽の設置で大変お世話になり、お礼申し上げます。本研究の一部は、農林水産省委託プロジェクト研究「ブルーカーボンの評価手法及び効率的藻場形成・拡大技術の開発」(JPI008722) の助成によって実施された。

## 引用文献

- アカモク養殖技術開発グループ 2017. アカモク種苗の生産・養殖技術の開発. 海洋と生物 39: 400–407.
- 秋本恒基・松井繁明・中本崇・濱田弘之 2010. アカモク *Sargassum horneri* の増殖試験. 福岡水海技七研報 20: 67–72.
- 袴田哲司・山本茂弘・近藤晃・三浦真弘・平岡裕一郎・加藤一隆 2020. スギコンテナ苗の植栽時のサイズと初期成長の関係. 森林遺伝育種 9: 51–60.
- 本多正樹・奥田武男 1989. 秋に成熟するアカモクの卵放出, 胚発生および光合成速度の季節変化. 藻類 37: 46–52.
- 五十嵐輝夫・部太郎 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.
- 石樋由香・横山寿 2005. 安定同位体比からみたガラモ場の食物網. 月刊海洋 37: 509–515.
- 石丸香苗・岩間哲士・大澤直哉・武田博清 2003. 裸地緑化における植栽木の初期サイズの影響. 日緑誌 29: 39–44.
- 岩本有司・御堂岡あにせ・相田聡 2016. 給餌開始時期の遅れがカサゴ仔魚の成長および生残に及ぼす影響. 日水誌 82: 36–38.
- 岩尾豊紀 2011. 褐藻サガラメ, カジメ, アカモクの光合成産物, 特にマンニトール, ラミナランと生長, 成熟の関係. 三重大学博士学位論文.
- 木村太郎・上田京子・黒田理恵子ら 2007. 福岡県大島産アカモク *Sargassum horneri* 中に含まれる多糖類の季節変動. 日水誌 73: 739–744.
- Kubo, N., Douke, A., Nishigaki, T. & Tsuji, G. 2017. Development and characterization of simple sequence repeat markers for genetic analyses of *Sargassum horneri* (Sargassaceae, Phaeophyta) populations in Kyoto, Japan. J. Appl. Phycol. 29: 1729–1733.
- 黒田理恵子・上田京子・木村太郎ら 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.

- 中村中六 1955. 養魚上より見たるコイとフナの二, 三の比較. 日水誌 21: 77-81.
- 中村中六・笠原正五郎 1955. トビゴイに関する研究 - I. トビの現れる時期に就いて. 日水誌 21: 73-76.
- 中村中六・笠原正五郎 1956. トビゴイに関する研究 (第2報) 餌料の粒子組成と量の影響. 日水誌 21: 1022-1024.
- 西垣友和・道家章生 2014. 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. 京都海セ研報 36: 1-5.
- 西垣友和・道家章生 2016. アカモク冷蔵幼胚の発芽率に及ぼす保存密度および保存後の温度馴致の影響. 京都海セ研報 38: 19-20.
- 西垣友和・道家章生・和田洋蔵 2007. 立体攪拌方式によるホンダワラの種苗生産. 京都海セ研報 29: 13-16.
- 西垣友和・篠原義昭・道家章生 2016. アカモク養殖における種苗沖出し水深, 時期および固定間隔の成長, 生残および生産量への影響. 京都海セ研報 38: 7-12.
- 西垣友和・山本圭吾・遠藤光・竹野功蟹 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.
- 奥田武男 1987. アカモクにおける雌雄同株個体と秋季の成熟. 藻類 35: 221-225.
- Serisawa, Y., Aoki, M., Hirata, T. *et al.* 2003. Growth and survival rates of large-type sporophytes of *Ecklonia cava* transplanted to a growth environment with small-type sporophytes. *J. Appl. Phycol.* 15: 311-318.
- 瀬田智文 2018. 発生段階別に冷蔵保存したアカモク幼胚の発芽率. 京都海セ研報 40: 1-4.
- Seta, T. & Kurashima, A. 2021. Exterminating *Sunamphitoe namhaensis* using carbon dioxide in seawater for culturing brown algae *Sargassum horneri* seedlings. *Fish. Sci.* 87: 365-370.
- 田端敬三・橋本啓史・森本幸裕 2013. 林内におけるツバキ, モチノキ, タラヨウ3種の成長に対する周辺競争個体と初期サイズの影響. ランドスケープ研究 76: 461-464.
- Takebe, T., Kurihara, T., Suzuki, N. *et al.* 2012. Onset of individual growth difference in larviculture of Pacific bluefin tuna *Thunnus orientalis* using fertilized eggs obtained from one female. *Fish. Sci.* 78: 343-350.
- 武部孝行・宇治督・尾崎照遵ら 2015. スジアラ種苗生産で見られた成長差の発現時期と遺伝的影響. 日水誌 81: 52-61.
- 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.
- 吉田吾郎・吉川浩二・寺脇利信 2000. 低温保存したアカモク幼胚の発芽率と成長. 日水誌 66: 739-740.
- 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.
- 吉田吾郎・吉川浩二・内村真之・寺脇利信 2001. 一年生ホンダワラ類アカモク冷蔵種苗の成長と成熟. 藻類 49: 177-184.
- 吉田忠生 1998. 新日本海藻誌. 内田老鶴園. 東京.

(2022年2月1日受付, 2022年8月1日受理)

通信担当編集委員: 島袋 寛盛

## 学会・シンポジウム情報

- 2022年11月26日(土)  
2022年度 藻類談話会  
(奈良女子大学文学系 N棟 1階 N101 教室)  
<https://www.research.kobe-u.ac.jp/rcis-kurcis/danwakai/index.html>
- 2022年11月26日(土), 12月3日(土) ~ 12月4日(日)  
第54回 種生物学シンポジウム  
(11月26日: オンライン, 12月3~4日: つくば)  
<https://sites.google.com/view/sssb54symposium/>
- 2022年11月30日(水) ~ 12月2日(金)  
第45回 日本分子生物学会年会 日本生物物理学会共催  
(幕張メッセ)  
<https://www2.aeplan.co.jp/mbsj2022/index.html>
- 2022年12月13日(火) ~ 12月15日(木)  
ALGAEUROPE 2022  
(Rome, Italy)  
<https://algaeurope.org/>
- 2023年2月19日(日) ~ 2月24日(金)  
24th International Seaweed Symposium (ISS 2023)  
(Hobart, Tasmania, Australia, Online)  
<https://www.iss2023.net>
- 2023年3月17日(金) ~ 3月21日(火)  
第70回日本生態学会大会 (ESJ70)  
(3月17~20日: オンライン, 3月21日: 仙台国際センター)  
<https://esj-meeting.net/>
- 2023年3月20日(月) ~ 3月22日(水)  
日本藻類学会第47回大会  
(オンライン北海道)  
[http://www.sourui.org/annual\\_meeting/JSP\\_47th/](http://www.sourui.org/annual_meeting/JSP_47th/)
- 2023年3月28日(火) ~ 3月31日(金)  
令和5年度公益社団法人日本水産学会春季大会  
(東京海洋大学品川キャンパス 予定)  
<https://jsfs.jp/act/annual-meeting/>
- 2023年6月12日(月) ~ 6月14日(水)  
International Conference on Algal Biomass, Biofuels and Bioproducts (AlgalBBB 2023)  
(Waikoloa Beach, Hawaii, USA)  
<https://www.elsevier.com/events/conferences/international-conference-on-algal-biomass-biofuels-and-bioproducts>
- 2023年9月17日(日) ~ 9月21日(木)  
The 9th Asian Pacific Phycological Forum (APPF 2023)  
(北海道大学学術交流会館 オンライン, 併用か検討中)  
<https://ec-pro.co.jp/APPF2023/index.html>
- 2023年11月5日(日) ~ 11月11日(土)  
20th International Conference on Harmful Algae (ICHA 2022)  
(Hiroshima)  
<http://icha2023.org>