

## トサカノリの孢子放出におよぼす水温および照度の影響

伊藤龍星

大分県農林水産研究指導センター水産研究部 北部水産グループ

### Effect of water temperature and illuminance on spore liberation in *Meristotheca papulosa*

RYUSEI ITO

Northern Fisheries Group, Fisheries Research Division

Oita Prefectural Agriculture, Forestry and Fisheries Research Center

キーワード：果孢子，成熟，水温，照度，トサカノリ

トサカノリ *Meristotheca papulosa* は、紅藻綱スギノリ目に属す食用海藻で、太平洋沿岸中・南部、九州、西南諸島の水深 5-30m の岩礁や転石上に生育し、海藻サラダや刺身のつまとして珍重される<sup>2)</sup> など、水産的価値も高い。主な産地は房総半島南部や伊豆諸島、四国、長崎県五島、熊本県天草諸島、鹿児島県枕崎などで、全国生産量は年間 1,600-2,000 トン（湿重量）<sup>3)</sup> となっている。大分県では、宮崎県との県境に位置し豊後水道に面した佐伯市沿岸の米水津や蒲江、名護屋などで（図 1）、解禁日を決めて潜水により漁獲されている。県下の年間生産量は 50-100 トン程度と推定されるが、地元では潜水漁業の貴重な収入源であり、増養殖の要望も強い。

本種の形態や生態、<sup>4)7)</sup> 養殖試験等の報告<sup>8-10)</sup> は幾つか知られている。しかしながら、養殖技術はいまだ完全には確立されておらず、養殖増産技術の確立と天然個体群の回復は急務の課題<sup>10)</sup> となっている。また、海藻類の増養殖を行う場合、まずは孢子や配偶子の基質への採苗からスタートするケースが多いが、本種について、採苗にふさわしい水温や照度等を検討した事例は少ない。

そこで本研究では、本種の増養殖を開始する場合に、基本的な重要な採苗時の孢子放出に及ぼす水温や照度の影響について室内実験を行い、若干の知見を得たので報告する。

には実験を開始した。1回目は5月29日から約3週間（以下、「5月開始」）、2回目は7月6日から約2週間（以下、「7月開始」）の実験を行った。



図1 大分県のトサカノリの漁獲地域と藻体採取地、水温観測地点

### 材料と方法

実験に使用したトサカノリ藻体は、2002年5月27日および7月5日の2回、図1に示す大分県佐伯市名護屋にて、潜水により採取したものを使用した。2回とも、採取後すぐに現地海水を満たしたクーラーに常温で収容し、翌日か翌々日

2回とも、方法は次のとおりである。すなわち、肉眼で囊果形成が明らかに認められる藻体（図2）を選び、ろ過海水でよく洗浄したのち、藻体1個体から6つの切断片を切り出した。切断にあたっては、肉眼で確認できる囊果の数に大きな違いがないように配慮し、1つあたりのトサカノリ湿重量は、2.6-3.1gの範囲になるようにした。底面に18mm×18mmのカバ

ーグラスを敷いた 200ml のメスシリンダーに培養液（後述）を入れ、上からクレモナ糸を使って先ほど切断したトサカノリ 1 つを垂下し、放出された果胞子が底面に落下するようにした。水温別実験では、照度は 4,500lx で一定とし、15、20、25°C の 3 区を設定した。また、照度別実験では水温は 20°C で一定とし、1,000、4,500、7,000lx の 3 区を設定した。光周期はいずれも 12 時間明期：12 時間暗期とした。実験開始は 9 時とし、各条件に 24 時間静置したのち、藻体をメスシリンダーの海水中で数回上下させて残った果胞子を落下させ、藻体は別のメスシリンダーに垂下して、実験を続けた。藻体を取り出したあとのメスシリンダーは、果胞子の付着を促すためさらに 24 時間静置したのち、底面のカバーグラスを静かに取り出し、落下した果胞子数を生物顕微鏡（倍率 150 倍）で任意の 5 視野について計数、平均し、メスシリンダーの底面積に換算して、1 日に放出された果胞子数とした。各日の果胞子数は、藻体 1g あたりに換算して示した。なお、2 回目の 7 月開始の実験では、開始時に各区の藻体に形成された囊果の数も計数した（1 区あたり平均囊果数は 158.0 個）ので、囊果 1 個あたり 1 日あたりの果胞子放出数の推移や、藻体 1g あたりの積算果胞子数の算出と、各区の積算果胞子数を囊果数で割り、囊果 1 個あたりの積算果胞子数を算出した。

実験に使用した海水はすべて培養液とし、Erd-Schreiber の培地 II に対して須藤の改変 P1 溶液 1ml を添加し、加熱殺菌

したものを使用した。

また、トサカノリを採取した海域の水温環境を把握するため、大分県農林水産研究指導センター水産研究部が毎月実施している海洋観測調査<sup>11)</sup>から、藻体採取地に最も近い観測定点（図 1）の水温データをとりまとめた。対象水深は表層および 5m 層とし、1994-2009 年の平均値を使用した。

なお、日本産トサカノリは近年、分子系統解析と形態学的な検討がなされ、藻体表面が平滑なタイプを従来の「トサカノリ」とし、それより厚みがあり、幅広で枝が広闊なタイプを「ウバトサカ」として区別すべきとの報告<sup>12)</sup>がある。今回の実験で使用した藻体は、従来の「トサカノリ」に相当するものであることを付記しておく。

## 結 果

図 2 には、実験に使用したトサカノリ(a)と、藻体表面に形成された囊果(b)、囊果から果胞子が放出されている様子(c,d)を示した。囊果は、偏圧した藻体の縁辺部に、特に片寄ることなく形成されていた。果胞子は、囊果の先端の穴（果孔）から、ある程度かたまって海水中へ押し出されるように放出された。放出された果胞子は茶褐色を呈し、直径は 14-18 $\mu$ m であった。

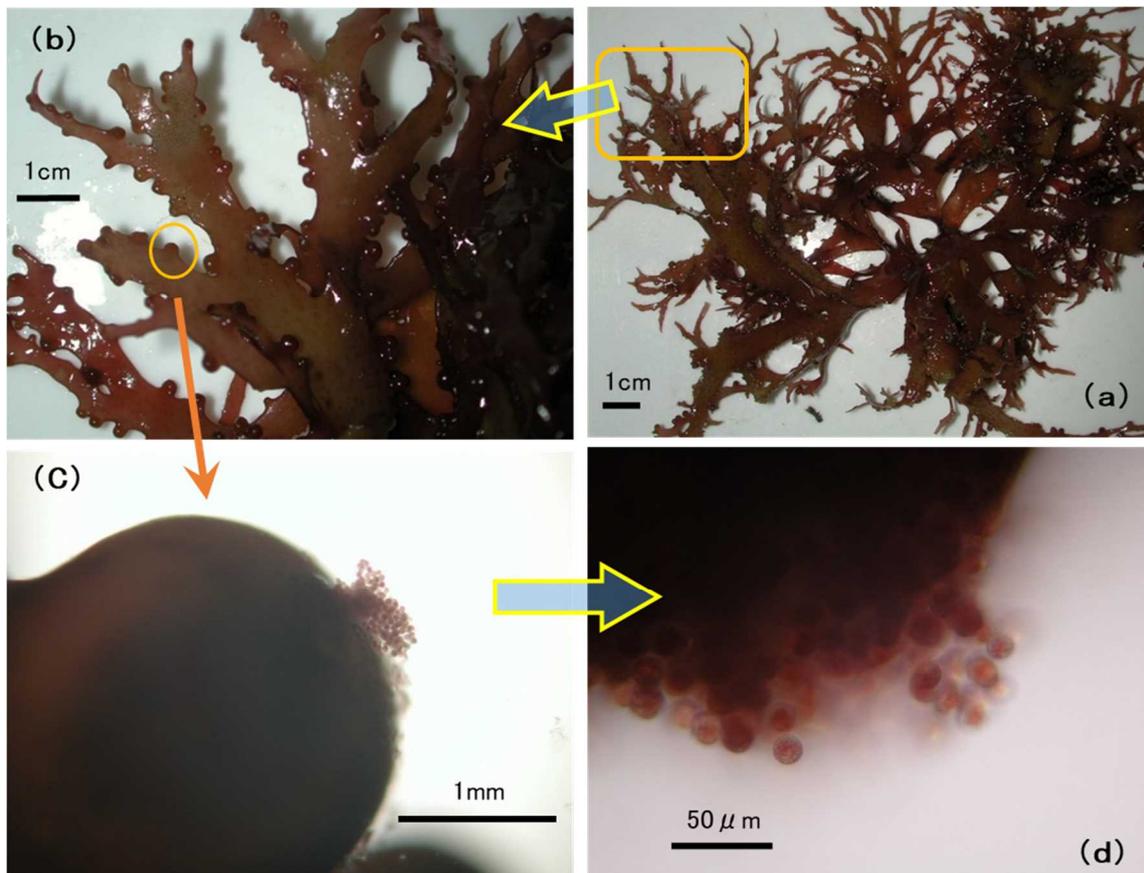


図 2 トサカノリの外部形態と果胞子の放出

(a) 囊果を形成した雌配偶体、(b) 藻体上の囊果、(c) 囊果の先端から放出された果胞子、(d) 放出された果胞子

**5月開始** 図3には水温別の結果を示した。20℃では1日おきに増減を繰り返しながら放出数は増加していき、6日目には51.4個/日、8日目には59.0個/日と50個を超えるピークがみられた。しかし翌9日後以降は急激に減少し、数個/日の放出が20日後まで続き、その後放出はなかった。一方、25℃では、開始当初の放出はほとんどなかったが、9日目から、1日おきに増減を繰り返しながら放出が始まり、15日目には50個/日を超え、17日目には93.3個/日とピークを示した。その後は低下し、23日目には10個/日程度であった。15℃では実験期間中、ほとんど胞子の放出はなかった。

図4には照度別の結果を示した。4,500lxでは1日目に22.4個/日の放出がみられ、7日目までは数個/日の放出があったが、その後の放出はなかった。1,000lxでは開始初日2.6個/日、2日目7.0個/日の放出があったのみで、その後の放出はなかった。7,000lxでは、3日目に1.9個/日の放出があったのみで、その他の日の放出はなかった。

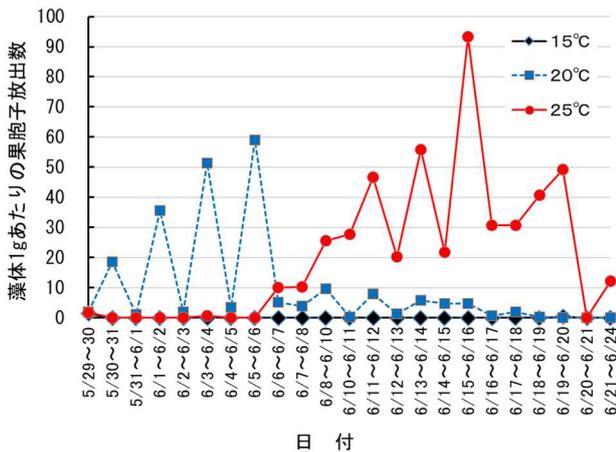


図3 トサカノリの水温別果胞子放出数の推移(5月開始)

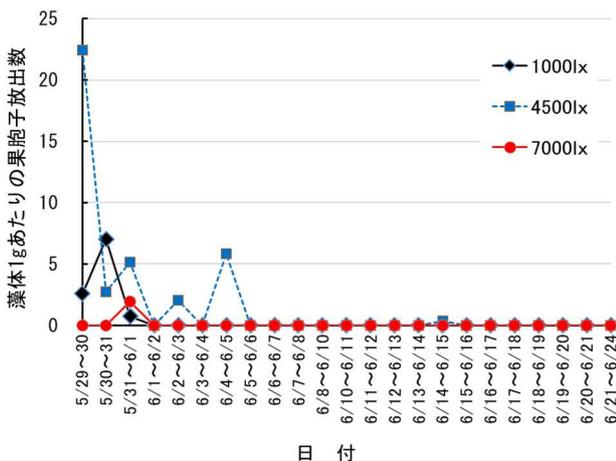


図4 トサカノリの照度別果胞子放出数の推移(5月開始)

**7月開始** 図5に水温別の結果を示した。開始1日目から、20℃で28,700個/日、25℃で20,700個と10<sup>4</sup>レベルの大量放出があり、15℃でも9,500個/日と多くの放出がみられた。しかし2日目以降は各区とも減少し、5日目には各区とも数個/日、6日目以降の放出はほとんどなかった。

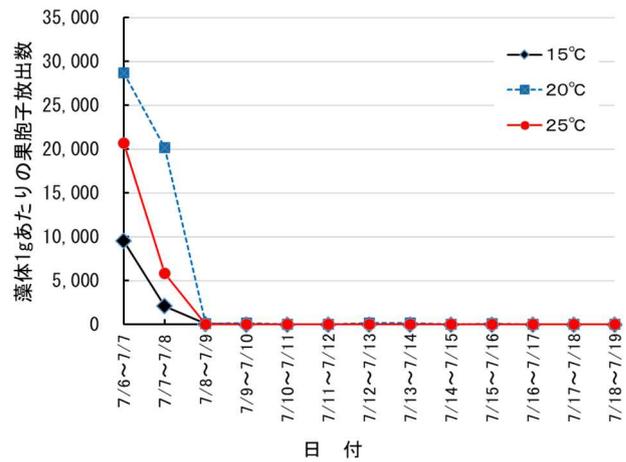


図5 トサカノリの水温別果胞子放出数の推移(7月開始)

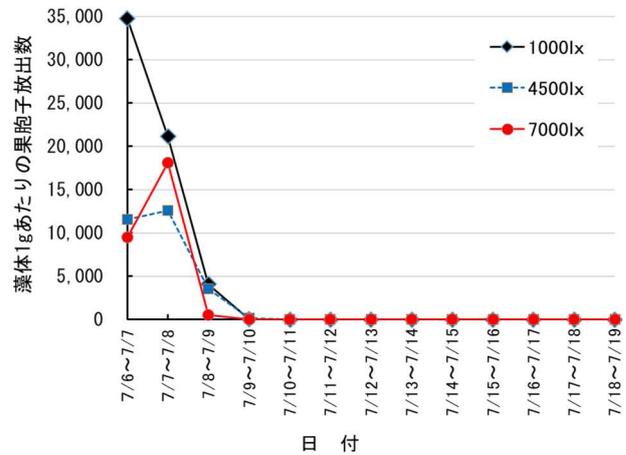


図6 トサカノリの照度別果胞子放出数の推移(7月開始)

図6には照度条件別の結果を示した。1日目に1,000lxで34,700個/日、4,500lxで11,600個/日、7,000lxで9,500個/日のまとまった放出があったが、2日目から減少していき、5日目には各区とも数個/日、6日目以降の放出はほとんどなかった。

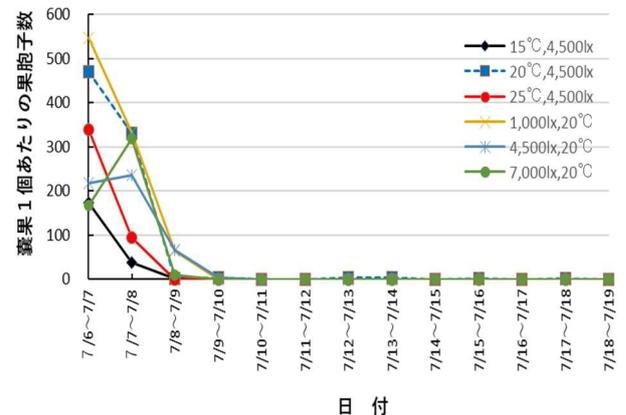


図7 トサカノリ囊果1個あたりの果胞子放出数の推移

図7には、7月開始の水温別と照度別の果胞子放出数を、囊果1個あたり換算して一つのグラフに示した。開始1日目にはどの区とも100個/日を超え、最大は1,000lx、20℃の547個/日、ついで20℃、4,500lxの469個/日、25℃、4,500lxの338

個/日と続いたが、2日目を以降は減少し、6日目を以降はどの区もほとんど放出はなかった。

続いて表1には、7月開始の藻体1gあたりと、嚢果1個あたりの積算の果胞子数を示した。藻体1gあたりでは、最大で20℃、1,000lxの59,937個の放出があり、その他の区も20℃以上であれば、照度に関係なく26,516個以上の積算胞子数があった。しかし、15℃区は11,721個と他区の半分以下であった。嚢果1個あたりに換算した場合、最大は同じく20℃、1,000lxの944個で、20℃以上であれば434個以上を得られたが、15℃では213個と他区の半分以下であった。

表1 藻体1gあたりと嚢果1個あたりの積算果胞子数

積算果胞子数	4,500lx			20℃		
	15℃	20℃	25℃	1,000lx	4,500lx	7,000lx
藻体1gあたり	11,721	49,663	26,516	59,937	27,886	28,066
嚢果1個あたり	213	813	434	944	524	493

**藻体採取地の水温** 観測地点の表層と水深5m層の平均水温の推移を図8に示した。この定点は大分県の海域では、最も南の海域にあたるが、<sup>13)</sup> 両層とも最低水温は3月の17℃台℃、最高水温は8月の26℃台であった。

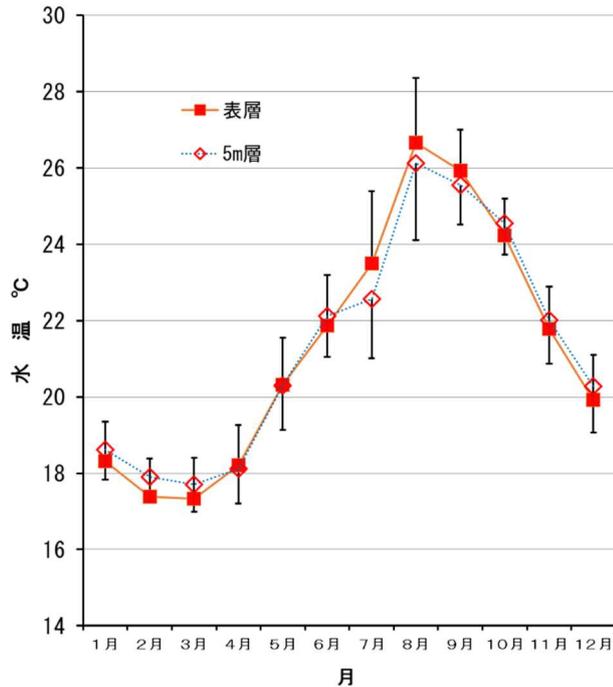


図8 トサカノリ採取地付近の水温(縦棒は標準偏差)

## 考 察

トサカノリの採取時期を5月下旬（5月開始）と7月上旬（7月開始）の1.5カ月近くあけて実験を行ったところ、5月開始ではどの条件下においても果胞子の放出数は少なく、2週間以上経っても1日あたり100個/g未満だったが、7月開

始では開始初日から多いもので約35,000個/gの放出があり、積算すると約60,000個、嚢果1個あたりでは1,000個近い放出があるなど、両者の差は歴然であった。5月の藻体採取時の平均水温は表層、底層ともに20.3℃、7月の平均水温は、表層23.5℃、5m層22.6℃であったが（図8）、5月はまだ水温も低く藻体は未成熟であったと思われる、20℃や25℃では少量放出がみられたものの、採集時よりも低い水温の15℃ではほとんど放出はなく、照度への反応も鈍かった。対して、7月には成熟も進み、水温20℃や25℃では、採集時の水温に近いこともあり、開始初日から大量の胞子放出がみられたものと思われる。照度においては、1,000lxという低めの照度での胞子放出が最も多かったが、本種の生育が水深5-30m<sup>1)</sup>という比較的深い場所まで生育することを考えると、妥当な結果と考える。新村は鹿児島枕崎市に自生するトサカノリで、最も胞子の放出量の多い6月に行った実験で、開始1-2日の間に1日藻体1gあたり10<sup>4</sup>-10<sup>5</sup>個台の大量の胞子放出と、その後の急激な減少を報告しているが、今回の7月開始も開始初日には約35,000個の胞子が得られたが、2日目を以降急激に減少していくなど、同様の傾向が確認された。したがって、7月上旬は、藻体採取地の佐伯市名護屋におけるトサカノリの胞子放出盛期と考えて良いように思われる。

5月開始の時、すでに外見上は藻体には嚢果が形成されており成熟しているように見えたが、実際には未成熟であり、見た目に嚢果が形成されていても、必ずしもすぐに果胞子が得られるわけではないことがわかった。一方、7月開始の時のように、成熟盛期であれば、特別な処理をしなくても胞子は比較的容易に得られることも判明した。しかし、大量の胞子が得られる日数は2日程度に過ぎず、採苗期間は意外と短いといえる。以上から、本種の増養殖として、基質への採苗やスポアバック等を実施する場合には、事前に成熟期を見極めることが重要である。

大分県佐伯市名護屋のトサカノリの成熟時期を7月とした場合、同海域の平均水温はほぼ23℃台である（図8）。他県の報告書から、トサカノリの成熟期とその時の水温をみると、鹿児島枕崎<sup>5)</sup>では盛期は6月で水温は23-24℃と読み取れ、熊本県天草海域<sup>9)</sup>では盛期は水温23℃前後、高知県<sup>7)</sup>では6月下旬には大量放出があり、その時の底層水温は23℃前後と読みとれる。また、三重県志摩半島沿岸<sup>8)</sup>の盛期は、7月中旬～8月中旬と他県よりも遅くなっているが、同海域の7月平均水温は、三重県片田沖5m層の2016-2020平均を算出すると23.7±0.9℃（Web：<https://buoy.nrifs.affrc.go.jp/top.php> 水産研究・教育機構リアルタイム海洋情報収集解析システム、2021年2月2日）となっており、いずれの地域も23℃という水温が、トサカノリの成熟盛期の目安になっているように思える。木田、谷口<sup>8)</sup>も本種の胞子培養の好適水温を23℃付近としており、春から夏の昇温期の水温23℃ラインが鹿児島、高知、大分、三重の順で北上し、同時にトサカノリが成熟盛期をむかえていることになる。

今回トサカノリを採集した佐伯市名護屋は宮崎県との県境の町で大分県内では最も南に位置しているが、豊後水道海域

では、10-15km 北上すると約 1°C水温が下がる傾向にある<sup>13)</sup>ため、名護屋以北の県内のトサカノリ産地の成熟時期は、名護屋よりもよりやや遅くなると推定される。しかし近年、豊後水道西部では表層で+0.017°C/年、50m 層で+0.021°C/年<sup>14)</sup>と温暖化による水温上昇が顕著になっており、本種の成熟時期も早まっている可能性がある。本種は本来、暖海性の海藻であるため、温暖化の悪影響は比較的小さいと思われるが、食害を受けやすくなる可能性があり、養殖する際には、カゴ等を利用した食害対策が必要となろう。本種は比較的高価な海藻であり、陸上での海洋深層水を用いたタンク培養も検討<sup>15)</sup>されている。今回の実験結果が、トサカノリ増養殖の採苗技術の向上に役立てば幸いである。

## 引用文献

- 1) 吉田忠生. 「新日本海藻誌」内田老鶴圃, 東京. 1998.
- 2) 徳田 廣, 大野正夫, 小河久朗. トサカノリとムカデノリ「海藻資源養殖学」緑書房, 東京. 1987 ; 291-295.
- 3) 喜田和四郎. トサカノリ. 「日本の希少な野生水生生物に関する基礎資料 (III)」日本水産資源保護協会, 東京. 1996 ; 386-389.
- 4) 新村 巖. トサカノリの孢子放出とその生長. 藻類 1974 ; 22(3) : 77-82.
- 5) 新村 巖. トサカノリ生育の季節的消長と孢子放出期. 藻類 1974 ; 22(4) : 124-129.
- 6) 峯 邦広, 清野輝男, 四井敏雄, 古原和明, 渡辺孝裕. 五島沿岸におけるトサカノリの生育水深と共存海藻. 長崎県水産試験場研究報告 1994 ; 20 : 79-84.
- 7) 芹澤如比古, 田井野清也, 大野正夫. 土佐湾須崎地先の有用紅藻トサカノリ (スギノリ目, ミリン科) 群落に関する生態学的研究. 水産増殖 2000 ; 48(4) : 597-601.
- 8) 喜田和四郎, 谷口三津夫. トサカノリ. 「食用藻類の栽培」(三浦昭雄編) 恒星社厚生閣, 東京. 1992 ; 124-132.
- 9) 木村 修. トサカノリの種苗生産に関する研究 トサカノリの採苗と室内培養の試み. 熊本県水産研究センター研究報告 1992 ; 2 : 47-50.
- 10) 濱岡秀樹, 奥田 昇, 大森浩二. 垂下式養殖籠を利用した二枚貝と海藻の混合養殖の生産ならびに環境効果. 水産増殖 2007 ; 55(4) : 547-555.
- 11) 竹尻浩平, 中尾拓貴. 資源・環境に関するデータの収集・情報の提供-1 漁海況予報事業. 平成 31 年 (令和元年) 度大分県農林水産研究指導センター水産研究部事業報告 2020 ; 42-47.
- 12) 岩切彰吾, 川口栄男, 栗原 暁. 日本産紅藻トサカノリに含まれる「うぼとさか」の分類学的研究. 藻類 2016 ; 64(1) : 66.
- 13) 伊藤龍星, 平澤敬一. 大分の海 北から南まで 一多様な海洋環境とブランド水産物一. 大分自然博物誌ブンゴエンス 2019 ; 3 : 123-125.
- 14) 安部洋平. 豊後水道西部海域における水温の長期変動. 大分県農林水産研究指導センター研究報告 (水産研究部編) 2017;6: 55-58.
- 15) 大野正夫, 矢野 誠, 平岡雅規, 岡 直宏, 谷口道子. 海洋深層水を用いた紅藻トゲキリンサイとトサカノリのタンク培養. 高知大学海洋生物教育研究センター研究報告 2001 ; 20 : 35-40.

