

筑前海におけるアカモク養殖手法に関する研究

大形 拓路・梨木 大輔^a・坂田 匠
(水産海洋技術センター)

福岡県筑前海では各地先でアカモクの利用加工に取り組んでおり、加工された商品は直売所等で販売されている。磯根資源としてのアカモクの需要が高まる一方で、産地では資源の減少が懸念されている。そのため、母藻投入を基本とした増殖が進められ、アカモクが消失した漁場で群落が再生した事例など、一定の成果が確認されている。しかし、天然資源は年変動が大きいことから、本研究ではアカモクの収穫の安定化を図るために養殖手法の開発について検討した。その結果、糸島市野北地先における種苗の沖出しは、アイゴの食圧が低下する水温が16℃以下に達したら速やかに実施することが望ましく、概ね12月中下旬が適期であると考えられた。また、大型の種苗を選抜して養殖に使用することで、単位面積あたりの生産量が增大することが示された。

キーワード：アカモク、アカモク養殖、食害、種苗生産

アカモク *Sargassum horneri* は北海道東岸を除く日本列島のほか、朝鮮半島から香港まで広く分布する一年生の褐藻である^{1, 2)}。福岡県筑前海では、主に波浪の影響が少ない静穏域にアカモク群落が形成されており、魚介類の産卵場や育成場といった様々な機能を担っている。

アカモクは昔から食用海藻として各地で利用されている^{3, 4)}。本県では2005年頃から漁業者による利用加工が進められ、各地先で加工された商品が、主に直売所やスーパー等で販売されている。また、近年では健康食品や化粧品原料としても利用されている。

このように、アカモクは産業としての重要度が高まっている一方で、藻場の構成藻類でもあり、天然資源を乱獲すると他の水産資源の産卵場や育成場の減少に繋がること懸念される。そこで、梨木ら⁵⁾は母藻投入を基本としたアカモクの増殖手法について研究し、得られた知見については現場に普及を進めてきた。この取組により、アカモクが消失した漁場で群落が再生した事例や、新規に造成された漁場が確認されるなど、一定の成果が現れている。

しかし、天然アカモクの資源量は年変動が大きく⁶⁾、収穫の安定化が課題となっている。そこで、本研究では、梨木ら⁵⁾の増殖手法を基本として、天然資源に依存しないアカモク養殖について検討を行い、若干の知見を得たので報告する。

方 法

1. 種苗沖出し時期の検討

(1) 食害状況調査

1) 食害の有無の把握

アカモク種苗の食害の有無を把握するため、アカモク人工種苗を着生させたコンクリートブロックにタイムラプスカメラ（以下：カメラ）を設置し、食害生物の来遊状況を調査した。

本県筑前海で見られるアカモクは、主に早期成熟群（以下、早期群とする）と晚期成熟群（以下、晚期群）が生育しており、晚期群の方が増殖の成功率が高くなると考えられている^{5, 7)}。そこで、将来的に養殖で生産した母藻の一部は増殖用として使用する可能性を視野に入れ、本研究では晚期群の母藻を用いて種苗生産を行った。母藻は、2020年4月15日に宗像市大島地先で採取後（図1）、濾過海水をかけ流した陸上水槽に収容し、枯死するまで水槽底面に落下した幼胚を複数回採取した。採取した幼胚は、濾過海水を注水した密閉容器に収容し、吉田ら⁸⁾の方法を参考にアルミ箔で遮光して4℃で冷蔵保存した。冷蔵した幼胚は、陸上水槽に収容したコンクリートブロックに7月6日に散布し、12月18日まで飼育した。

アカモク種苗とカメラは、2020年10月22日および28日に糸島市野北地先の水深約2mの海底に設置した（図1）。設置方法については、漁港施設の基礎ブロックに付属していた金属製のリングにロープで固定した。追跡調査とカメラの回収は、前者は10月28日に、後者は11月6日に実施した。追跡調査は、アカモク種苗の食害状況の目視確認を行い、回収したカメラで食害生物の来遊状況を確認した。

^a 現所属：水産振興課

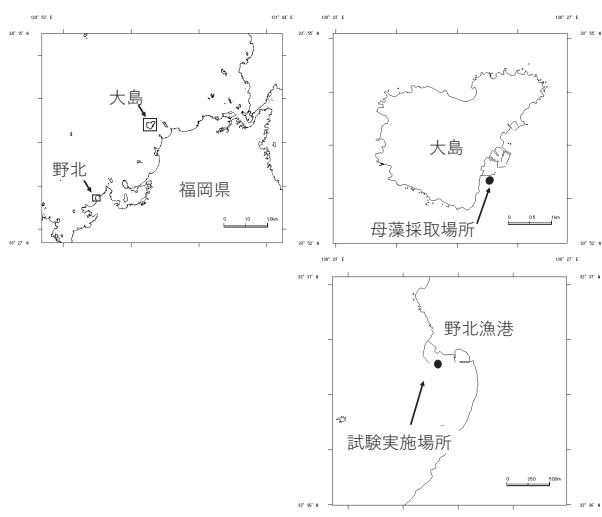


図1 母藻採取場所，試験の実施場所

2) 食害の時期の把握

アカモク種苗の食害の発生時期を把握するため、人工種苗を挟み込んだロープを異なる時期に設置し、追跡調査を行った。種苗は、前述の種苗生産で生産した個体をコンクリートブロックから剥離して使用した。

種苗は直径 5mm のロープに 30cm 間隔で 30 本を挟み込み、2020 年 11 月 6 日、17 日、12 月 2 日、18 日に 1 本ずつ、糸島市野北地先の水深約 2m の海底に設置した(図 1)。設置方法については、漁港施設の基礎ブロックに付属していた金属製のリングにロープで固定した。

追跡調査は、2020 年 11 月 17 日、12 月 2 日、18 日、2021 年 1 月 19 日に実施し、各ロープのアカモク種苗を「異常なし」、「一部に葉有り」、「主枝のみ」の 3 つに区分して計数した。

また、水温ロガー (Onset 社製、UA-002-64) を設置し、1 回/日の頻度で試験期間中の水温を測定した。

(2) 沖出し時期別の種苗の生長調査

アカモク種苗の沖出し適期を検討するため、異なる時期に沖出した人工種苗の生長を比較した。アカモク種苗は、前述した試験と同じ幼胚を使用し、京都府の立体攪拌培養技術⁹⁾により 2020 年 7 月 6 日から 2021 年 1 月 19 日まで飼育した個体を使用した。

種苗は直径 5mm のロープに 30cm 間隔で 60 本を挟み込み、2020 年 12 月 18 日 (以下、12 月設置区とする) 及び 2021 年 1 月 19 日 (同、1 月設置区とする) に 1 本ずつ糸島市野北地先の水深約 2m の海底に設置した (図 1)。設置方法については、漁港施設の基礎ブロックに付属していた金属製のリングにロープで固定した。なお、沖出し時の平均全長は 12 月設置区が 8.3 ± 1.3 cm、1 月設置区が 11.4 ± 1.6 cm であった。

追跡調査は月に 1~3 回の頻度で 2021 年 4 月 28 日まで

実施した。各区 10 本の種苗の全長を測定し、期間毎の 1 日あたりの生長量 (以下、日間生長量) を、それぞれ以下の式より算出した。

日間生長量 (cm/日) = (測定時の平均全長 - 前回測定時の平均全長) / (測定日 - 前回測定日)

また、同時に生殖器床の有無を確認し、生殖器床が確認された個体の割合を群成熟度とした。

2. 沖出し種苗サイズの検討

種苗生産時に生じるアカモク種苗のサイズの違いが、沖出し後の収穫量に影響するかを検討するため、沖出し時にサイズが異なる人工種苗の生長を比較した。

人工種苗生産に用いた母藻は、2023 年 4 月 13 日に宗像市大島地先で採取した。母藻は濾過海水をかけ流した陸上水槽に収容し、母藻が枯死するまで水槽底面に落下した幼胚を複数回採取した。採取した幼胚は冷蔵保存せず、京都府の立体攪拌培養技術⁹⁾により 2023 年 4 月 13 日から 2023 年 12 月 22 日まで飼育した。

生産した種苗は、2023 年 12 月 22 日に大型個体と小型個体 (以下、それぞれ大型区、小型区とする) を目視によって選別し、各区種苗の 30 本の全長を測定した。なお、沖出し時の平均全長は大型区が 12.3 ± 6.7 cm、小型区が 7.3 ± 3.0 cm であった。

各区の種苗は、9m×1.6m のノリ網 2 枚を準備し、0.5 本/節の密度で 250 本をそれぞれ別のノリ網に挟み込んだ。種苗を挟み込んだノリ網は、12 月 22 日に糸島市野北地先の水深約 2m の海底に設置した (図 1)。設置方法については、漁港施設の基礎ブロックに付属していた金属製のリングにロープで固定した。

追跡調査は 2024 年 2 月 16 日、3 月 25 日及び試験終了時の 4 月 9 日に実施し、各試験区ともに 20 本の全長を測定した。また、4 月 9 日には各試験区ともに 20 個体の湿重量を測定した。このほか、種苗の生長のばらつきを評価するため、4 月 9 日の全長と湿重量については平均値と標準偏差から変動係数 (以下、CV) を求めた。

結 果

1. 種苗沖出し時期の検討

(1) 食害状況調査

1) 食害の有無の把握

10 月 22 日に設置した試験区の種苗は、10 月 28 日の追跡調査時に主枝のみとなっていたが (図 2)、カメラの映像では、食害生物の出現は確認されなかった。

10 月 28 日に設置した種苗は、11 月 6 日の追跡調査時に主枝のみや、部分的に葉や気泡が残っている状態で (図 3)、

カメラの映像では、アイゴ *Siganus fuscescens* の来遊が確認された (図 4)。



図 2 10月28日調査時のアカモク種苗 (10月22日設置分)

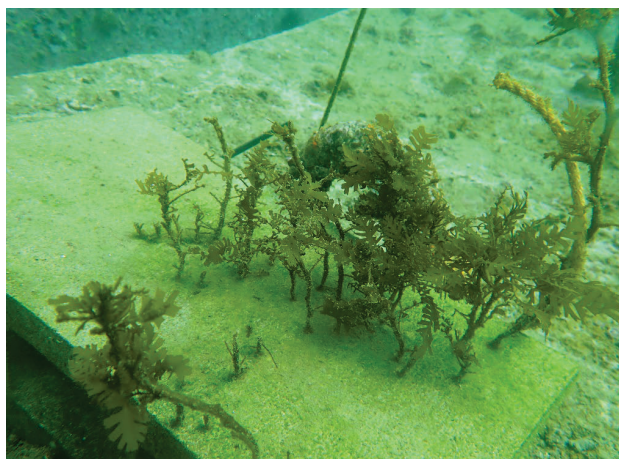


図 3 11月6日調査時のアカモク種苗 (10月28日設置分)



図 4 10月28日設置分で撮影されたアイゴの蝟集状況

2) 食害の時期の把握

各沖出し日におけるアカモク種苗の食害状況の割合を表 1 に示した。

11月6日沖出し区については、11月17日は「一部に葉あり」の種苗の割合が87%となり、12月2日以降は「主枝のみ」の種苗の割合が79~90%で推移した。なお、「異常なし」の種苗の割合は、11月17日は13%で、12月2日以降の調査時では確認されなかった。11月17日沖出し区については、12月2日は「主枝のみ」の種苗の割合が100%となり、12月18日以降も「主枝のみ」の種苗の割合が80%以上で推移した。12月2日沖出し区については、12月18日及び1月19日の調査時において「主枝のみ」が89%以上であった。一方、12月18日沖出し区については、試験区設置から約1ヶ月後となる1月19日の調査時において「異常なし」が100%であった。

試験期間中における水温の推移を図 5 に示した。水温は試験開始時に 20.5℃であり、その後は次第に低下して終了時には約 13℃であった。アカモク種苗の沖出し日の水温は、11月6日は20.5℃、11月17日は20.7℃、12月2日は18.5℃、12月18日は16.5℃であった。

表 1 各沖出し日の食害割合の推移

沖出し日	食害区分	追跡調査			
		11月17日	12月2日	12月18日	1月19日
11月6日	1	13%	0%	0%	0%
	2	87%	14%	21%	10%
	3	0%	86%	79%	90%
11月17日	1		0%	0%	0%
	2		0%	12%	17%
	3		100%	88%	83%
12月2日	1			0%	0%
	2			11%	10%
	3			89%	90%
12月18日	1				100%
	2				0%
	3				0%

食害区分 1: 異常なし, 2: 一部に葉あり, 3: 主枝のみ

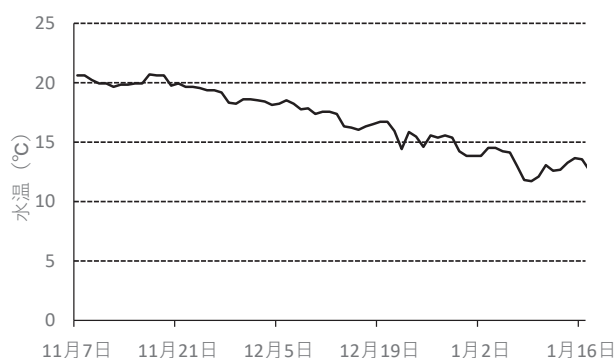


図 5 食害時期の把握試験における水温の推移

(2) 沖出し時期別の種苗の生長調査

各設置区におけるアカモク種苗の平均全長の推移を図6に、日間生長量の推移を図7に、群成熟度の推移を図8に示した。

12月設置区の平均全長は、1月19日には13.2±3.7cmとあまり生長していなかったが、2月26日には77.1±32.6cmと生長を始めた。その後、4月23日には243.0±22.6cmで最大値となった。1月設置区の平均全長は、調査期間を通じて12月設置区よりも低位で推移した。4月23日の平均全長は116.0±28.1cmと、12月設置区の方が有意に大きかった (*t-test*, $p < 0.05$)。

日間生長量は両試験区ともに徐々に増加した後、ピークを迎え、その後減少した。12月設置区のピークは3月12日の0.17cm/日、1月設置区のピークは3月26日の0.13cm/日であった。群成熟度は12月設置区が3月12日から上昇し、試験開始から98日後である3月26日には100%となった。1月設置区は3月26日から上昇し、試験開始から80日後である4月9日に100%となった。なお、両試

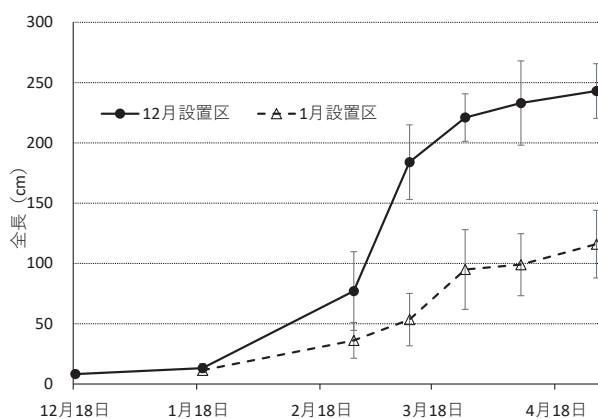


図6 12月設置区および1月設置区の平均全長の推移

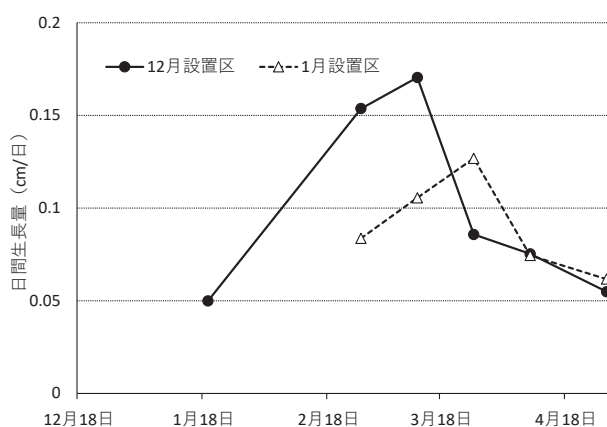


図7 12月設置区および1月設置区の日間生長量の推移

験区ともに食害は確認されなかった。

2. 沖出し種苗サイズの検討

各設置区におけるアカモク種苗の平均全長の推移を図9に、試験終了時の平均湿重量を図10に示した。

大型区の平均全長は、2月16日には36.7±9.8cm、3月25日には159.5±40.8cm、4月9日には209.5±31.5cmであった。小型区の平均全長は、2月16日には18.4±7.4cm、3月25日には88.5±28.0cm、4月9日には152.3±50.7cmであり、調査期間を通じて大型区よりも低位で推移した。試験終了時における平均全長は、大型区の方が小型区よりも有意に大きく (*t-test*, $p < 0.05$), CVは大型区が0.15, 小型区が0.33と、大型区の方が小型区よりも小さかった。

試験終了時における平均湿重量は、大型区が278.2±136.6g/本、小型区が207.0±117.8g/本であり、平均全長と同様に大型区が小型区よりも有意に重く (*U-test*, $p < 0.05$), CVは大型区が0.49, 小型区が0.57と、大型区の方が小型区よりも小さかった。

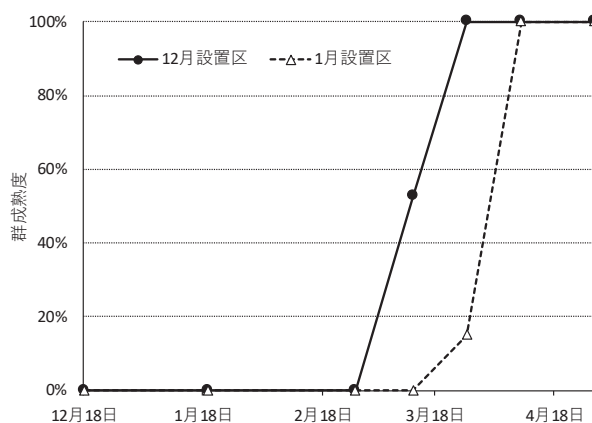


図8 12月設置区および1月設置区の群成熟度の推移

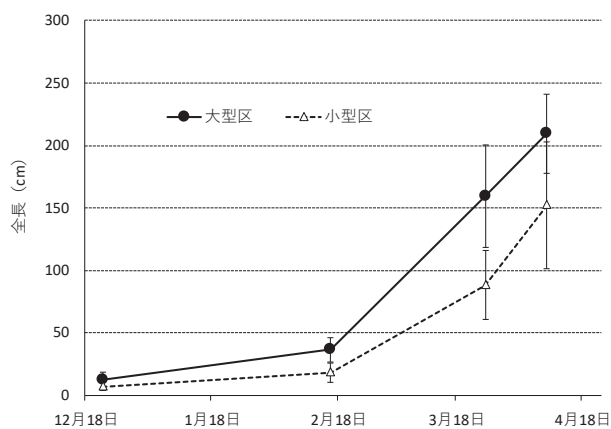


図9 大型区および小型区の平均全長の推移

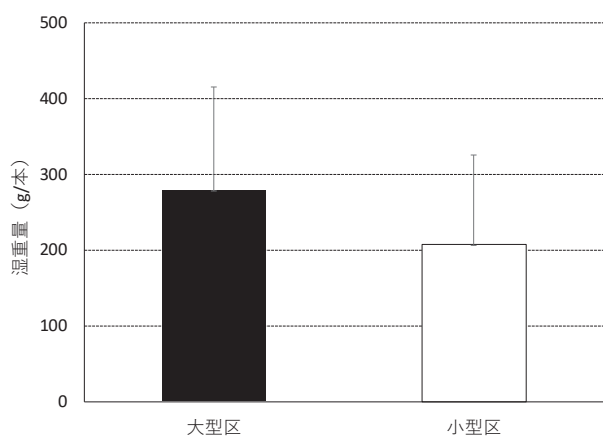


図 10 試験終了時における大型区および小型区の湿重量

考 察

筑前海における海藻類の食害生物は、主にガンガゼ類やムラサキウニ等のウニ類であるが¹⁰⁾、現場海域での試験では、植食性魚類による食害が確認されている¹¹⁾。

種苗の沖出し時期の検討試験のうち、食害の有無を把握するために設置したカメラにはアイゴの蛸集が確認され、設置したアカモク種苗はほとんどが食害を受けていた。本研究でのアカモク種苗の現場海域への設置方法については、過去の報告^{5, 6)}を参考に、はえ縄式または中層網方式で行った。施設は両方式ともに海底面から浮上していたことから、ガンガゼ類やウニ類は物理的にアカモク種苗に到達できず、これらは捕食できなかったと考えられる。食害の時期を把握するために行った試験については、設置時の水温が 16℃台に下降した 12 月 18 日沖出し区を除き、試験開始直後からすべての試験区で食害を受けていた。川俣、長谷川¹²⁾が行った昇降温条件下でのアイゴの摂食実験の結果では、降温時にアイゴが摂食停止状態となるのは 16℃と報告しており、今回の試験で食害が確認されなくなった沖出し時の水温と概ね一致する。これらのことから、今回の試験における食害種はアイゴであると推察される。

アカモクの生活ステージは、幼胚が発芽し、成長が緩やかな初期成長期、茎が急激に伸びる伸長期、生殖器床を形成する成熟期の 3 段階に分類され¹³⁾、成熟期に移行後は、成長は停滞すると報告されている^{13, 14)}。沖出し時期別の生長調査では、12 月設置区が 1 月設置区よりも良好な生長を示した。日間生長量は両試験区ともに 3 月に最大値となったが、このタイミングで群成熟度が 100%となった。また、12 月試験区と 1 月試験区の設置日には 32 日の日数差があったのに対し、日間生長量の最大値及び群成熟度が 100%となった日数差は 14 日と短縮していた。梨木ら⁵⁾は、アカモクの成熟時期は生育環境の影響を受けず、遺伝的特

性として固定していると示唆している。今回の結果を踏まえると、室内飼育から現場海域への沖出しによる環境変化により若干のずれはあるが、沖出し時期にかかわらず成熟期は固定されているものと推察される。つまりは、伸長期に現場海域で長期間育成させることが、その後のアカモク生産量の増大に繋がると考えられる。以上のことから、今回試験を行った野北地先における種苗の沖出しは、アイゴの食圧が低下する水温 16℃以下で、なるべく早期に沖出しすることが生産量の増加に繋がりが、概ね 12 月中下旬が適期であろう。また、種苗生産の観点からは、早めに沖出しすることで生産コストを低減することが可能となる。なお、本県筑前海沿岸のうち、食害種や水温の上下変動が野北地先と概ね一致する地先であれば、沖出し適期は同時期になると推察される。ただし、アカモクの生育は水温の他に、光環境⁵⁾や塩分¹⁵⁾等の多様な要因が影響するため、他の地先への展開にあたっては事前調査が必要となるであろう。

瀬田、倉島¹⁴⁾は、種苗生産時に生じるサイズの違いがアカモクの成長に及ぼす影響を大型平面水槽で試験したところ、種苗生産時に大型化した種苗ほど成長のばらつきが少なく、最終的に茎長も長くなる優良な種苗であると報告している。また、ワカメ *Undaria pinnatifida* の養殖においても垂下時の種苗のサイズが大きいほどその後の成長が良好であることが報告されている¹⁶⁾。沖出し種苗サイズの検討試験においては、前述の報告と同様の結果を示しており、養殖種苗は大型個体を選抜して使用することで単位面積あたりの生産量が增大すると考えられる。

今回は既存のアカモク増殖技術を応用し、本県筑前海における養殖手法の検討として、沖出し適期や沖出し種苗サイズの一定の知見を得ることができた。今後、アカモク養殖の実用化に向けては最適な設置方法や適性密度等の検討を行い、費用対効果が最も高い手法の確立を進めることが必要であろう。また、本研究の成果は母藻投入による増殖手法に応用することで、より効果的なアカモク群落造成に向けた取組につながることを期待される。

文 献

- 1) 吉田忠生. 新日本海藻誌日本産海藻類総覧 内田老鶴圃, 東京. 1998 ; 367-402.
- 2) 寺脇利信. 海藻類の生活史集成第 2 巻褐藻・紅藻類(堀輝三編) 内田老鶴圃, 東京. 1993 ; 160-161.
- 3) 池原宏二. 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 1987 ; 35(3) : 233-235
- 4) 西垣友和, 篠原義昭, 道家章生. 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. 京都府農林水産技術センター海洋センター研究報告 2016 ; 38 : 7-12 .
- 5) 梨木大輔, 後川龍男, 林田宜之, 日高研人. 筑前海におけるアカモク増殖手法に関する研究. 福岡県水産海洋技術センター研究報告 2022 ; 32 : 1-6.
- 6) 秋本恒基, 松井繁明, 中本崇, 濱田弘之. アカモク *Sargassum horneri* の増殖試験. 福岡県水産海洋技術センター研究報告 2010 ; 20 : 67-72.
- 7) 秋本恒基, 後川龍男, 深川敦平. 宗像市大島地先のアカモクにおけるアカモクの生長と成熟. 福岡県水産海洋技術センター研究報告 2009 ; 19 : 103-107.
- 8) 吉田吾郎, 吉川浩二, 寺脇利信. 低温保存したアカモク幼胚の発芽率と成長. 日本水産学会誌 2000 ; 66(4) : 739-740.
- 9) 京都府農林水産技術センター海洋センター. 季報第109号海藻アカモクの養殖技術 2016 ; 7-8.
- 10) 日高研人, 森慎也, 梨木大輔, 後川龍男, 内藤剛. 筑前海における藻場の現状および藻場造成に関する研究. 福岡県水産海洋技術センター研究報告 2016;26: 47-55.
- 11) 森慎也, 日高研人, 後川龍男. 新たな海藻の採苗基質の検討. 福岡県水産海洋技術センター研究報告 2017 ; 27 : 19-26.
- 12) 川俣茂, 長谷川雅俊. アイゴによるアラメ・カジメ摂食に及ぼす波浪と水温の影響. 水産工学 2006 ; 43(1) : 69-79.
- 13) 吉田吾郎, 吉川浩二, 内村真之, 寺脇利信. 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 2001 ; 49 : 177-184.
- 14) 瀬田智文, 倉島彰. 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. 藻類 2022;70: 191-198.
- 15) 西垣友和, 山本圭吾, 遠藤光, 竹野攻璽. 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. 京都府農林水産技術センター海洋センター研究報告 2010 ; 32 : 23-27 .
- 16) 四井敏雄. 有明海におけるワカメ種苗の垂下時期と成長について. 水産増殖 1967 ; 15(3) : 47-53.