

新規養殖対象種（イワガキ）の種苗生産の研究

江頭潤一・片野晋二郎・丸山野 茂

事業の目的

イワガキ *Crassostrea nippona* は、夏季に潜水漁業などで漁獲されており、近年は県南地域で養殖が盛んになってきた。この地域では従来からアコヤガイやヒオウギガイの養殖が行われており、これらに加えて、養殖イワガキも地域の特産品として売り出そうとしている。この取り組みを成功させるには、種苗の安定供給が不可欠であり、この確立を念頭に課題に取り組んだ。

なお、この研究課題については、養殖漁業者が求める優良種苗の作出や現場のニーズにあった種苗生産方法の確立など、未だ取り組むべき研究テーマも多いが、これまでの取り組みで一定の成果も上げてきたことから、本年度で一旦終了することとなった。

事業の方法

1. 種苗生産

1) 使用母貝

使用した親貝は、当チームがこれまで作出した人工種苗を豊後高田市沖に垂下していたものを使用した。

2) 採卵方法

切開法または干出刺激による産卵誘発などにより受精卵を入手し、10 μ m メッシュで回収し、洗卵した後、30t 水槽でふ化させ、そのまま飼育した。

3) 幼生飼育

幼生は無注水、無通気で飼育した。幼生及び飼育水を適時観察し、原生生物の増加や幼生の変調がみられた際に、飼育水の全量換水を行った。

給餌は殻長が概ね 100 μ m を超えるまでは自家培養した *Pavlova lutheri* と市販の *Chaetoceros calcitrans* (商品名：サンカルチャー；日清マリンテック(株)) を混合して使用し、それ以降は、*C. calcitrans* を、自家培養している *C. gracilis* に切り替えた。

幼生の殻長が 300 μ m を超え、眼点が出現した個体がみられだしたら、幼生を全て取り上げて、あらかじめ別に用意した水槽（以下、「着底水槽」と呼

ぶ。）に収容した。

4) 稚貝飼育（着底期～殻高 5mm）

着底水槽には 4tFRP 水槽を使用し、付着器にはホタテ貝殻と遮光ネットおよびアサリの着底で使用しているダウンウェリング容器に貝化石を散布したものを使用した。

ホタテ貝殻は中央に穴をあけ、PP ロープ（6mm）を通し、水槽の深さに合う 30 枚を一連として着底水槽に吊した。

遮光ネットは県南地域でイワガキ養殖に取り組む漁業者の多くが真珠養殖の経験者であり、アコヤガイは種苗を遮光ネットに付着させて出荷するとの情報があったことから試みた。

遮光ネットは横 80cm、縦 40cm に切断し、上部は塩ビパイプに巻き付け、下部は鉄筋杭を縫いつけた。上部の塩ビパイプにロープを通し、水槽に吊り下げたり、水槽の壁面や底面に設置した。

事業の結果

1. 種苗生産結果

採卵から付着期までの飼育結果を表 1 に示す。

採卵は 7 月 5 日から 8 月 23 日にわたり 6 回行い、いずれも卵を得たが、その後の幼生の浮上がみられなかった回次が 3 回あり、それらは廃棄した。

幼生の浮上が確認できた 3 回次で合わせて 3,216 万個体の着底前幼生を得たので、それぞれの回次ごとに着底水槽へ投入した。ふ化幼生から着底直前幼生までの歩留まりは概ね 16～35%であった。

いずれの回次でも受精とそれに続く発生が正常に進んでいったかの確認はできておらず、発生が正常に進んでいることの確認を簡便にできる方法の確立が今後の課題と考えた。

2. 採苗

8 月 11 日に採卵したものは、得られた着底前の幼生数が 330 万個体と少なかったため、すべてを 6 枠のダウンウェリング容器に収容した。

これを毎日海水で洗浄し、シングルシード種苗として取り上げた結果、149 千個体（平均殻高 3.54mm）

を得た。採苗率は4.5%であった。

ホタテ貝殻を着底基質とした時の採苗率は2.7～5.1%であった。

遮光ネットはホタテ貝殻に交えて吊り下げ、7月5日に採卵したものにはホタテ貝殻に加えて16枚の遮光ネットを垂下し、平均付着数は1,567.8個体/枚であった。

8月23日に採卵したものは、2つの着底水槽に合わせて96枚の遮光ネットを垂下し、平均付着数はそれぞれ205.3個体/枚、345.8個体/枚と7月5日採卵分に比べて少なかった。

特に一つの着底水槽には遮光ネットのみを基質として垂下したが、ホタテ貝殻と一緒に垂下した方が遮光ネットへの付着数は多い結果となった。

この原因は不明だが、いずれにおいても遮光ネットへの付着数はバラツキが大きく、水流に伴いネットが揺れることが着底数の多寡を左右し、ホタテ貝殻のような重量があり安定度の高い基質と一緒に垂下することで、不安定な基質への着底が促されたのではないかと推測する。

文 献

- 1) 都留久美子, 江頭潤一, 片野晋二郎. 浅海増養殖に関する研究 (3)イワガキ種苗生産研究. 平成21年度大分県農林水産研究センター水産試験場事業報告 2010; 162-165.

表1 採卵及び幼生飼育結果

回次	採卵日	採卵法	親貝個数 (個)	採卵数 (万粒)	幼生飼 育日数 (日)	着底前 幼生数 (万尾)	歩留まり (%)	ホタテ 枚数 (枚)	ホタテ 1 枚あたり 幼生数 (尾/枚)	採苗数 (万尾)	採苗率 (%)	備考
			a	b	c	d	d/b	f	d/f	g	g/d	
1	2010. 7. 5	切開法	9	10,000	15 ~ 26	1,620	16.2	8,070	2,007.4	44.3	2.7	
2	2010. 8. 6	切開法	11	36,490	-	-	-	-	-	-	-	8月8日廃棄
3	2010. 8.11	切開法	8	935	19	330	35.3	-	-	14.9	4.5	ダウンウェリク*
4	2010. 8.16	自然産卵	17	32,520	-	-	-	-	-	-	-	8月17日廃棄
5	2010. 8.20	切開法	15	4,230	-	-	-	-	-	-	-	8月22日廃棄
6	2010. 8.23	自然産卵	未計数	未計数	21 ~ 27	1,266	-	6,480	1,953.7	64.8	5.1	
合計				84,175		3,216	-	14,550	-	126.5	-	

表2 採苗結果

回次	採卵日	水槽	投入した着 底前幼生数 (万尾)	ホタテ貝殻		遮光ネット	
				投入枚数	平均付着数 (個体/枚)	投入枚数	平均付着数 (個体/枚)
1	2010. 7. 5	4FRP	1,620	8070	55.3	16	1567.8
6	2010. 8.23	4FRP ①	526	0	-	62	205.3
		4FRP ②	740	6,480	117.7	34	345.8

※付着数は基質の表裏を合わせた平均値。

ヒジキ、アマモ等の藻場造成技術開発研究－ 1

希少生物アサクサノリ養殖試験

伊藤龍星・堀 敏宏^{*1}

事業の目的

西海区水産研究所(以下、西水研と記載)らの 2006 年¹²⁾および 2010 年³⁾の調査により、大分県北部の 4 河川(広瀬川、竹田津川、櫛来川、赤坂川)河口域で、アサクサノリの生息が確認された。本種は、環境省レッドリスト⁴⁾では「絶滅危惧 I 類」に、水産庁編⁵⁾では「絶滅危惧種」に指定されており、今後は希少生物として保護や育成に取り組む必要がある。また、本種は元来、味や香りが良いため商品価値が高く、⁶⁾さらに希少性から、養殖ノリのブランド品種にもなり得るものと考えられる。

そこで本種の養殖の可能性を探るため、国東市国見町櫛来川で採取されたアサクサノリ(西水研で DNA 判定済)から得たフリー糸状体を用いてカキ殻糸状体を作成し、野外および室内採苗を試みた。また、室内採苗分については、恒温室内で培養を行い、在来種との生長比較等を行ったので報告する。

事業の方法

1. カキ殻糸状体の作成と培養

2006 年 3 月に櫛来川で採取した葉状体から得たフリー糸状体(西水研から譲与、当施設で保存培養中)を 2010 年 3 月 24 日、ミキサーで細断してカキ殻約 200 枚に蒔き付け(写真 1)、10 月まで室内常温および恒温室内で静置培養した。培養液は Erd-Schreiber の培地に須藤改変 P1 溶液を添加し、加熱殺菌したものをを用いた。換水は 1 ヶ月に 1 回のカキ殻洗浄時に実施した。成熟促進のため、9 月下旬に恒温室内に移して 20℃の短日(10 時間明期)条件とし、10 月上旬には 18℃の短日条件とした。

2. 採苗

1) 野外採苗

10 月 12 日午後、宇佐市和間の支柱式ノリ養殖漁

場で、生産者の野外採苗網の一部を使って、落下傘式で採苗(写真 2)を行った。落下傘 1 個に本種のカキ殻糸状体 2 枚を入れたものを 3 個準備(A、B、C とする)しノリ網に吊した。対照は、生産者が採苗に使用する在来種(スサビノリ系) 2 枚を入れた落下傘 1 個とした。翌 13 日と 14 日の各 8 時に、現地で各落下傘内の海水をすべて採取して、実験室に持ち帰った。それぞれ沈殿管に収容して 1 晩静置した後、落下した殻胞子を 12cm シャーレに散布し、顕微鏡(× 100 倍) 1 視野 10 ヶ所分の殻胞子数を計数し 1 視野あたりに換算した。また、14 日には A、B、C の各カキ殻を実験室に持ち帰り海水内で保存し、16 日朝にカキ殻表面を顕微鏡観察した。

2) 室内採苗

恒温室内のカキ殻は 10 月 15 日頃から殻胞子の自然放出が始まった。採苗は 10 月 21 日に行った。21 日朝に放出された殻胞子を、300ml 枝付きフラスコに、約 7cm に切断したノリ網 2 本とともに収容し、通気しながら殻胞子を付着させた。対照として、前述の在来種(スサビノリ系)も同日、同様の方法で採苗した。両種の芽付きは蛍光顕微鏡(× 100 倍) 1 視野 10 ヶ所分の付着胞子数を計数し 1 視野あたりに換算した。11 月上旬には、単胞子確認のため各フラスコに新たなノリ網を投入し、同様に検鏡した。培養条件は 15℃、5,000Lx、短日(10 時間明期)とし、約 1 ヶ月間培養して、両種の葉体の生長(各 10 個体の全長測定)や単胞子の着生状況を調べた。葉体の色調は、西水研が 2007 年に配布した「アマノリ品種の葉状体の色調評価用(暫定板)の色見本票」による番号で示した。



写真1 カキ殻への蒔き付け 写真2 野外採苗

*1 大分県北部振興局 農山漁村振興部 水産班

事業の結果

カキ殻表面に繁茂した本種の糸状体はくすんだ赤褐色を呈し、生産者が通常使用しているスサビノリ系の黒褐色とは異なった。

野外採苗における各落下傘内の殻胞子数を表1に示した。採苗初日の10月13日は、アサクサノリ殻胞子の放出はほとんど見られなかった。しかし、翌14日には0.7～2.6個/視野の放出が見られた。16日のカキ殻の検鏡でも、大量の殻胞子が表面に出ていることが確認された。

表1 各落下傘内の殻胞子数
(顕微鏡×100倍視野あたり)

	A(アサカサ)	B(アサカサ)	C(アサカサ)	対照(スサビ)
2010年10月13日	0	0	0.7	1
2010年10月14日	1.9	0.7	2.6	0.2

室内採苗した両種の芽付きはアサクサノリが2.7個/視野、在来種が55.3個/視野であった。培養した葉体の生長を図1に示した。アサクサノリは在来種に比べると生長は劣った。一方、単胞子は11月13日の計数で、アサクサノリでは4.6個/視野の付着が見られたが、在来種では全くなかった。葉体の色調は、11月26日の時点でスサビノリでは赤褐色(09F)、対して在来種では黒みがかかった褐色(11F)を呈し、見た目にも長さや色の違いは明らかであった(写真3)。

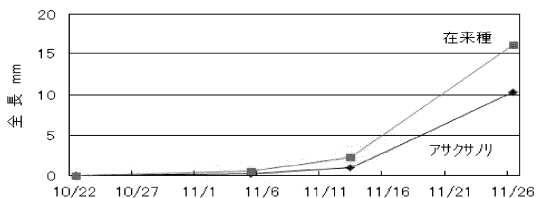


図1 室内培養におけるアサクサノリと在来種の生長

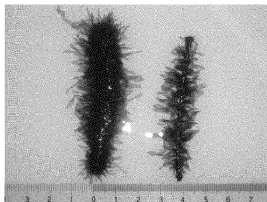


写真3 室内培養約1ヵ月後のアサクサノリ(右)と在来種(左)

今後の問題点

本種のカキ殻糸状体の培養と採苗は、通常のスサ

ビノリ系と変わるところはなく、従来の方法で良いと思われる。しかし室内培養においては、本種の生長は在来種より劣り、色調の赤みも目立った。アサクサノリは発生初期に単胞子を盛んに放出し、放出量も多いと言われる。⁶⁾ このため、葉体先端からの単胞子の離脱が続き、見た目に生長が遅れたことも考えられる。しかし、養殖品種として使用する際には、より早い生長をすることが望ましい。今後、本種を養殖ノリのブランドとするには、選抜育種等による生長の改善と、色彩の改良を検討すべきである。

また、スサビノリ養殖が盛んな海域においては、本種を採苗しても養殖中にスサビノリに入れ替わる現象がDNA判別により確認されている。⁷⁾ 本県でアサクサノリをブランド品種として養殖する場合、既存の養殖スサビノリの混入を防ぐため、採苗を陸上に限定する、野外採苗であれば採苗時期をスサビノリよりも早期にする、在来種の養殖漁場とは大きく離すなどの対策が必要になるとと思われる。

文献

- 1) 藤吉栄次, 小林正裕, 玉城泉也, 阿部真比古, 吉田吾郎, 菊池則雄, 杉野博之, 安江 浩, 伊藤龍星. 瀬戸内海における希少アマノリ類の調査その1. 平成19年度瀬戸内海ブロック水産業関係研究開発推進会議生産環境部会・栽培資源部会合同部会議事要録関連資料2008; 54.
- 2) 阿部真比古, 小林正裕, 玉城泉也, 藤吉栄次, 菊池則雄. 広島県・大分県における絶滅危惧種アサクサノリの生育について. 平成19年度瀬戸内海ブロック水産業関係研究開発推進会議生産環境部会・栽培資源部会合同部会議事要録関連資料2008; 55.
- 3) 藤吉栄次, 小林正裕, 玉城泉也, 吉田吾郎, 安江 浩, 尾田成幸, 伊藤龍星, 原 朋之. 瀬戸内海における希少アマノリ類の調査その2. 平成22年度瀬戸内海ブロック水産業関係研究開発推進会議 生産環境部会・栽培資源部会合同部会議事要録関連資料2011; 33.
- 4) 環境省. 植物II藻類レッドリスト1997.
- 5) (社)日本水産資源保護協会. 日本の希少な野生水生生物に関するデータブック(水産庁編)1998.
- 6) 殖田三郎. 「新編海苔養殖読本」全国海苔貝類漁業協同組合連合会, 東京. 1973; 50-52.
- 7) 藤井直幹. 有明海におけるアサクサノリの養殖試験. 福岡県水産海洋技術センター研究報告2008; 18: 155-159.

ヒジキ、アマモ等の藻場造成技術開発研究－ 2 ヒトエグサ養殖試験

伊藤龍星・田北寛奈^{*1}

事業の目的

大分県東国東郡姫島村では、島の観光客の土産品として、島内に自生するヒトエグサを春季に採取し、乾燥して販売している。しかし、採取量が限られており、漁協支店を通じて養殖の要望が出ている。そこで、島内のヒトエグサを母藻とした養殖の可能性を探るため、採苗や培養等の基礎的事項を検討した。

事業の方法

1. 母藻の採取と成熟

2010年4月26日と5月26日の干潮時、姫島村北浦沿岸にて、転石上に自生しているヒトエグサを採取し、人工採苗¹⁾に供した。すなわち実験室に持ち帰り、藻体をろ過海水で洗浄したのち、ワイパーで軽く水分を拭き取り、一晚放置した。翌朝、ろ過海水に戻して蛍光灯(約10,000lx)を照射し配偶子の放出を試みた。また、5月26日採取分は、別途バットに収容して、室内で常温、通常光下で静置したところ、急激に成熟が進み、葉状体の縁辺部が橙黄色に変色してきた。5月28日朝には大量の配偶子の放出が見られたので、これをピペットで採取し、下記2.の水槽内に注入した。

2. 接合子付けと培養

接合子板は縦20cm、横10cm、厚さ1.5mmの透明アクリル板とした。接合子が付着しやすくするため、板の両面をワイヤブラシでこすったのち、ガラス水槽(縦:横:高さ=29:45:30cm)に垂下した。1つの水槽には接合子板10枚とし、2水槽分を作成した。上記1.の配偶子液を水槽に注ぎ、接合子を均一に付着させるため、すぐに黒いビニールシートで覆いをした。そのまま、2時間放置したのち、接合子板を取り上げ、同サイズの別な水槽に移し、接合子の培養を開始した(写真1)。培養は開

始当初は殺菌した培養液を使用した¹⁾が、7月以降はろ過海水と殺菌培養液を等量ずつ混合した。培養後半には、多くの雑藻が繁茂してきたため、度々、接合子板の干出作業を行った。

培養中の水温と照度はデータロガーを水槽水面に浮かべ、1時間ごとに測定した。接合子の付着密度は蛍光顕微鏡1視野あたり(×200、視野直径1.1mm、10視野を平均)の接合子数で示した。接合子の成長は任意の10個体の直径を測定し平均した。

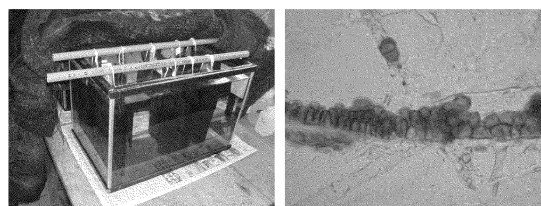


写真1 接合子の培養 写真2 接合子板溝内の接合子

3. 遊走子付けと育苗

夏季を過ぎた接合子は水温低下と短日条件で成熟する。¹⁾そこで、試験的に雑藻の付着の少ない接合子板を選び、一部を切り取り(約3cm四方)、9月20～30日の間、室内常温の暗黒条件に放置したのち、30日に接合子板に光を照射(約10,000Lx)した。10分程度で多くの遊走子が放出されたので、これを500ml枝付きフラスコに、7cmに切断したノリ網2本とともに入れ、15℃、3,000Lx、10時間明期:14時間暗期の条件下で培養した。

一方、残りの接合子板は10月6日～16日の間、暗黒条件に放置したのち、16日に100Lコンテナに移し、光を照射(約10,000Lx)した。この時、検鏡で遊走子の放出は確認できたが、量は非常に少なかった。すぐにノリ網3枚を投入し、さらに遊走子を均一に付着させるため、黒色ビニールで水槽を覆い2時間遮光した。その後は屋外の50tコンクリート水槽に移しノリ網を広げ、育苗を開始した。

*1 大分県東部振興局 農山漁村振興部 水産班

事業の結果

1. 母藻の成熟と接合子の培養

4月と5月採取の母藻を用いて人工採苗を試みたが、配偶子の放出は認められなかった。しかし、5月採取では、自然成熟で5月28日には配偶子を得ることができた。この配偶子から生じた接合子の付着密度と成長を図1、2に示した。また、培養中の日平均水温と日最高照度を図3、4に示した。

採苗8日後の6月5日には、接合子の付着密度は102個/視野、直径は8 μm であった。接合子は、すべてワイヤーブラシで擦ったあとの溝に付着しており、平滑面には付着していなかった(写真2)。7月12日には、接合子の直径は45 μm に成長したが、付着密度は33.5個/視野に減少した。その後、平均水温30 $^{\circ}\text{C}$ を超える日が続き、接合子板表面に複数種の藍藻類、珪藻類が繁茂した。このため、8月20日以降は培養照度をやや下げ、1週間に1回、接合子板に数十分の干出を与えるなどして雑藻の除去を試みた。しかし、雑藻の繁茂は衰えず、接合子の付着数は大きく減少し、成長も停滞したままであった。

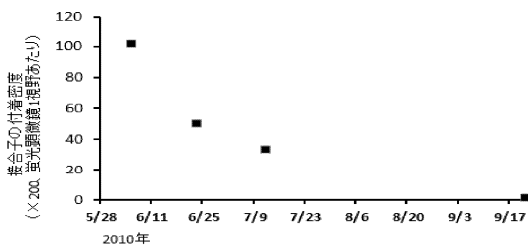


図1 接合子の付着密度

($\times 200$ 、蛍光顕微鏡1視野あたり)

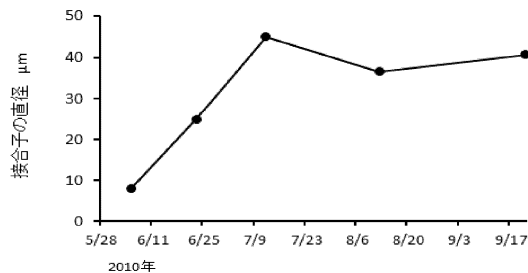


図2 接合子の成長 (直径で示す)

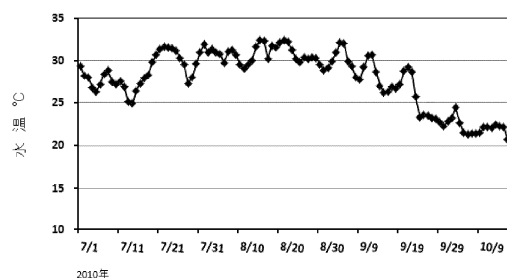


図3 接合子培養中の日平均水温

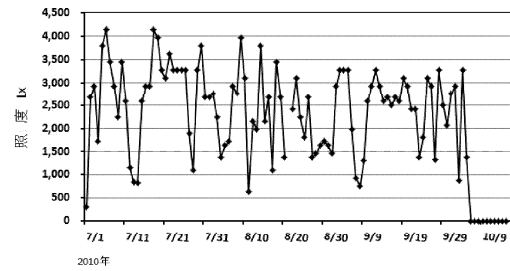


図4 接合子培養中の日最高照度

2. 遊走子付けと育苗

9月30日にフラスコ内で遊走子付けした分は、10/4には、顕微鏡観察で幼芽発生が確認できた。10/15には葉長100 μm 、10月下旬には300~400 μm 、11月下旬には約5mmとなり、ノリ網は網地が見えないほど濃い密度でヒトエグサに覆われた。一方、10月16日に実施した分は、育苗中に検鏡したが、幼芽は確認できなかった。

今後の問題点

配偶子の放出~接合子付け、初期の培養までは順調であったが、その後、藍藻を中心とする雑藻に接合子板が覆われ、接合子付着密度の減少や成長停滞を招いた。接合子の直径は、秋季の遊走子付けの時点で60 μm 以上が望ましく、40 μm 以下では成熟率が悪くなる。¹⁾ フラスコで遊走子付けした分は、容器も採苗基質も小さかったため、十分な幼芽が発生したが、ノリ網3枚に遊走子付けしたものは、基質の大きさに比べて放出遊走子数が少なかったため、幼芽が確認できなかったと思われる。また、後者の作業は10月中旬と遅かったため、水温低下ですでに多くの遊走子が放出されていたことも推定される。雑藻対策としては、母藻洗浄の時点から、加熱殺菌済の培養液を用いるなどして極力雑藻の混入を排除するとともに、培養の早い段階からの定期的干出や淡水浴等²⁾の対策を講じることで予防できると思われる、今後はこれらの点に注意すべきである。

文献

- 1) 喜田和四郎, ヒトエグサの人工採苗の手引き. 三重県漁業協同組合連合会 三重県のり養殖研究会 1973; 1-18.
- 2) 喜田和四郎, 2. ヒトエグサ「水産学シリーズ 88 食用藻類の栽培」恒星社厚生閣, 東京, 1992; 25-34.

ヒジキ、アマモ等の藻場造成技術開発研究－ 3 活性炭によるアマモ種子の保存と海域に敷設したアマモシートの観察

伊藤龍星・原 朋之

事業の目的

アマモ場は、水棲生物の生息場や産卵場、保育場としての機能を有するだけでなく、漁場や水質・底質の浄化機能も有している。¹⁾ このため、全国的に漁業者や環境保護団体、自治体によるアマモの保護や移植活動が行われるようになった。^{2,3)} 本県でも別府湾日出町において、マコガレイ稚魚の保護・育成の観点から、町役場などによるアマモ場造成の取り組みが行われている。

今年度は、採種した種子を従来の 2～3℃の低温保存ではなく、活性炭を使用しての保存に関する試験を行った。また、日出町役場のアマモ場造成の取り組みに対して技術的指導や支援を行った。

事業の方法

1. 種子保存条件の検討

1) 種子

日出町の魚類中間育成場で、流水常温保存していた種子を使用した。本種子は、役場が同町日比ノ浦他で 2010 年 6 月に花枝を採取し、中間育成場の屋内水槽で種子を自然に落下させ、さらに比重選別を行ってから保存したものである。7 月 30 日に浅海チームに搬送し、同日 3℃の予冷室で保存した。

2) 保存条件

試験設定区を表 1 に示した。8 月の間に、活性炭と収容種子数を変えた（種子数 33～100 個/活性炭 1g）A～G の 7 区、対照に活性炭を使用しない H の計 8 区を設定し、水温約 22℃、暗黒条件下で実験を開始した。各区の保存容器は 500ml 広口 T 型瓶（直径 88mm、高さ 115mm、透明）1 個とし、種子を収容したのち、目合い 1mm のタマネギ袋に入れた活性炭（関東化学（株）活性炭素（粒状）、1 粒は直径約 3mm、長さ約 5mm の円柱状）を上からかぶせ、砂ろ過海水を満たしてフタをした（写真 1）。保存中の水温は、自動記録計で 1 時間ごとに記録した。換水は、1 ヶ月に 1 回とし、全量を交換した。

表 1 試験設定区と種子数、活性炭使用量等

	保存開始日	収容種子数※1	使用活性炭量g	活性炭1gあたり種子数
A	20100803	3800	50	76
B	20100803	3800	100	38
C	20100811	2000	50	40
D	20100811	5000	100	50
E	20100831	2000	20	100
F	20100831	2000	40	50
G	20100831	2000	60	33
H	20100831	2000	0	—

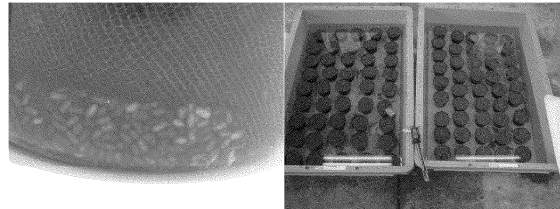


写真1 活性炭による保存 写真2 播種後の培養

3) 播種と発芽、生長

上記の条件下で保存中の種子を、保存開始から約 3 ヶ月後の 11 月 16 日（初回）、約 5 ヶ月後の 2011 年 1 月 11 日（2 回目）、約半年後の 2 月 25 日（3 回目）に取り出し、それぞれ播種した。初回取り出し時には、すでに種皮が裂開し上胚軸を数 cm 伸ばさせた種子⁴⁾が多く見られる区があった。この種子は播種時の取り扱いが煩雑になるため、今回は取り除くことで、使用可能種子数と割合を算出した。2 回目以降は上胚軸形成はわずかであったので、有効種子数と割合は算出しなかった。

播種した容器は、園芸用苗ポット（直径 75mm × 高さ 65mm、黒色プラスチック製）に珓砂 4 号と市販の腐葉土を体積比でおよそ 7:3 に混合したものとした。1 区について 5 個のポットを使用し、1 ポットには 5 粒の種子を深さ 1.5cm の穴 1 つにまとめて播種しすぐに埋め戻した。播種直前の淡水処理はしなかった。播種後は、実験室内の常温、自然光下、60%海水内（砂ろ過海水：水道水=6:4、比重 1.012～1.013）で静置した（写真 2）。水温と照度はデータロガーで 1 時間ごとに記録した。

初回播種分は播種後約 40 日の 12 月 28 日と約 2 ヶ月後の 2011 年 1 月 21 日に、砂上に上胚軸または子葉が出ている種子を計数し発芽率を求め、同時に

各区の砂上部分の草体の長さを測定した。2回目、3回目播種分の判定は、それぞれ播種後約4ヵ月半後と約3ヵ月後にあたる4月29日とした。発芽率は、初回播種分は各区ごとに全種子数に占める発芽種子数の割合と、ポット数に占める割合（1ポットに1個体以上の発芽体があれば発芽有と計数）の2つとし、2回目以降はポット数に占める割合のみとした。

2. 海域へのアマモシートの敷設と観察

役場の取り組みとして、2010年11月4日、日出町沿岸の3ヵ所（豊岡、太田、糸ヶ浜）にアマモシート（市販品、アマモ種子を特殊な糊でシートに接着したもの）の海底設置が行われた。このため、事前の2010年10月20日に、潜水観察で各地の適地を選定した。2011年1月24日には、3ヵ所に敷設したシートの状況を観察し、シートの一部を切断して持ち帰り、種子の発芽状況を確認した。4月15日には豊岡と太田のアマモ生育状況を観察した。

事業の結果

1. 種子保存条件の検討

1) 種子の保存

保存期間中の水温変化を図1に示した。当初1ヵ月間は22℃程度で推移したが、恒温室の温度を下げる必要が生じたため、9月下旬以降は15℃～14℃での推移となった。

11月16日の初回播種直前に判定した結果を表2に示した。胚軸の形成はE、F、G区で多かった。このため、これら3区では使用可能種子数の割合が、

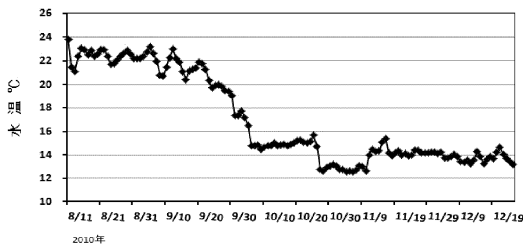


図1 種子保存期間中の水温の推移

表2 活性炭保存後の使用可能種子数と割合

	上胚軸形成種子数※2	使用可能種子数(※1-※2)	使用可能種子の割合(%)
A	18	3782	99.5
B	33	3767	99.1
C	155	1845	92.3
D	0	5000	100.0
E	481	1519	76.0
F	425	1575	78.8
G	560	1440	72.0
H	0	2000	100.0

他区よりも20%程度低くなった。全区において、保存容器内には白い水カビ状のものが発生し、硫化水素臭も感じられたが、腐敗して使用できない種子は見られなかった。

2) 播種と発芽、生長

ポットに播種した後の培養水温の推移を日平均値として図2に示した。室内の常温としたため、冬季1月には2℃台まで下がり、再び上昇した。期間中の照度は日中最大で3,000Lx程度であった。

初回播種後の種子全数に占める発芽率を図3に示した。2回の判定（12月、1月）の間に発芽率の大きな変化は見られなかった。2回を通して最も発芽率の高かったのは活性炭1gあたりの種子数の最も少ないG区であった。しかし、その他の区でも50%前後と大差はなく、活性炭を使用していないH区でも他区と大差のない発芽率であった。

発芽率をポット数に占める割合で示した場合（図4）、初回播種と3回目の播種とでは、播種までの保存期間に約3ヵ月の差があるが、発芽率の低下は見られなかった。

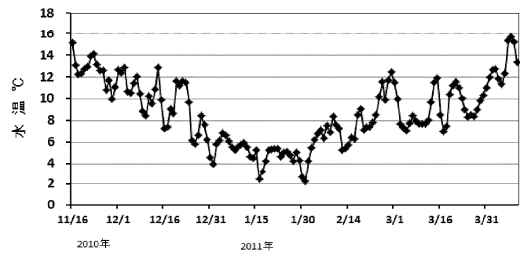


図2 播種後の培養水温の推移

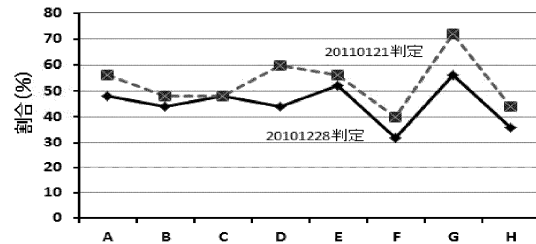


図3 初回播種（2011年11月16日）の発芽率（播種全数に占める発芽種子数の割合）

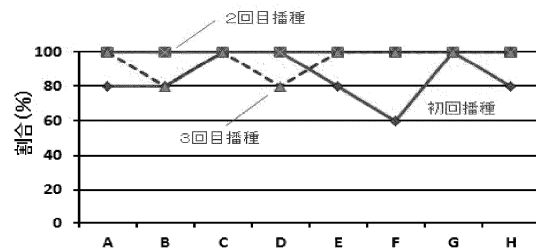


図4 3回の播種における発芽率（ポット数に占める割合）

2. 海域へのアマモシートの敷設と観察

豊岡、太田、糸ヶ浜の3カ所の地先海底において、浅場から深場へ移動しながら、海底に砂れんが形成されなくなる場所を選定した。³⁾ 豊岡と太田は水深約 3m、糸ヶ浜は約 4m の海底とした。シートに接着させた種子は、前述（事業の方法 1.1）種子の種子を、10 月下旬まで 3℃の予冷室で保存したものである。

2011 年 1 月の観察結果を表 3 に示した。各地のシートの一部を切断して持ち帰り、シート内の種子の発芽の有無を確認した。3カ所とも発芽した種子を確認でき、発芽率は 17～33%であった。この時、地上の草体の長さは長くても 2cm 程度に過ぎず、潜水観察時には草体を確認できなかった。シートは3カ所ともある程度浮泥の堆積は見られたが、一番表面の金網も確認でき、埋没はしていなかった（写真 3）。4 月は豊岡と太田の2カ所で観察を行った。2カ所ともシートの埋没なかったが、一部に洗掘されたり、シートが反転している部分があった。アマモの草長は 10～20cm になり、20cm 四方に数本の草体発生が見られる部分もあった（写真 4）。

表3 各地のアマモシートにおける種子発芽率等

場所	切断シート面積 (㎡)	確認アマモ種子数	うち発芽種子数	発芽率 (%)
豊岡	0.245	9	3	33.3
太田	0.42	88	15	17.0
糸ヶ浜	0.36	17	5	29.4

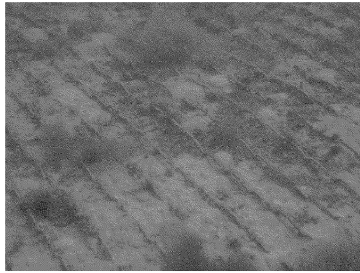


写真3 海底のアマモシート
(2011年1月24日、糸ヶ浜)



写真4 シートから発芽生長したアマモ草体
(2011年4月15日、豊岡)

今後の問題点

活性炭による種子の保存試験では、保存中に多くの種皮が発芽、裂開し上胚軸が数 cm に伸長した区が見られた。草加⁵⁾はアマモ種子を 20℃、活性炭で保存したところ、発芽抑制効果が高かったとしている。今回保存開始時の水温は 22℃であったが、約 1 ヶ月後以降は 15℃での保存となった。この水温低下が、発芽を促進させた可能性がある。また、福田⁶⁾は、幼芽鞘（上胚軸）が底泥表面を認知する要因は主に酸素濃度によると推定し、低酸素では幼芽鞘が長くなるとしている。したがって、今回上胚軸が伸長した区は、低酸素状態にあった可能性も考えられる。

保存終了後の活性炭量の違いによる発芽率の差や保存期間による発芽率の差は明確には出なかった。また、活性炭を使用しなかった区においても、活性炭使用区と大差のない発芽率が見られるなど、種子の健全保存に対する活性炭の効果を明確にすることができなかった。活性炭の下のアマモ種子は、保存中、活性炭から落ちる微細な炭の粒子と思われるものが付着して一様に黒く見えるが、活性炭を使用していないアマモ種子表面の色は、明るい茶色となり、両者は対照的であった。

アマモシートは、敷設 5 ヶ月後（2011 年 4 月）の観察で、複数のアマモ草体の生育を確認できた。観察の範囲では、シートの埋没や逸散もなかったことから、今後も順調であれば、アマモ場造成のための有効な 1 つの手法に位置づけられるかもしれない。引き続き生育状況を観察していく必要がある。

文 献

- 1) 水産庁・マリノフォーラム 21. アマモ類の自然再生ガイドライン. 2007.
- 2) 工藤孝浩. 市民参加による海づくりの推進, 「水産学シリーズ 162 市民参加による浅場の順応的管理」恒星社恒星閣, 東京. 2009; 71-86.
- 3) 環境・生態系保全活動ハンドブック. 全国漁業協同組合連合会, 東京. 2011.
- 4) 阿部真比古, 井上孝広, 森田晃央, 倉島 彰, 前川行幸. アマモ種子の水中での姿勢と発芽の関係. 水産増殖 2009; 57(2): 249-253.
- 5) 草加耕司. 水温管理によるアマモ種子短期保存. 岡山水試報 2009; 24: 40-43.
- 6) 福田富男. アマモ種子発芽における幼芽鞘の機能—底泥表面認知要因について—. 平成 20 年度日本水産学会中国・四国支部大会講演要旨集 2008; 18.

放流対象魚介類（ナマコ）の種苗生産の研究 アカナマコ放流増殖技術開発事業

片野晋二郎・江頭潤一

事業の目的

単価が高く地先資源として有望なアカナマコの増殖対策として、種苗生産と放流技術の開発研究を行っている。今年度は、ナマコを食害するチグリオパス対策技術を確認するため、ペットボトル揚水機¹⁾を用いた駆除方法を導入した。また、クルマエビ養殖場跡地の水路を利用した中間育成を実施した。

事業の方法

1. 種苗生産技術の開発研究

本年度の種苗生産全体を報告する。

本年度使用した餌料種類を表1に示した。以下、本文中では表中の記号で記述する。

また、成長段階ごとの基本的な飼育方法を表2に示した。

表1 アカナマコ種苗生産に用いた餌料種類

記号	餌料名	状態	備考
C	<i>Chaetoceros gracilis</i>	自家培養	培養濃度400万cells/cc
ワカメ	乾燥ワカメ	粉末	市販品(食用乾燥ワカメ)
リビ	リビックBW	粉末	市販品(ナマコ用)

・記号は生物餌料を英文字、粉末餌料をカタカナとした。

・C以外の給餌量は乾燥重量（換算値）で使用した。

1) 親アカナマコの飼育と採卵

2010年2月3日に日出町で、3月11日に国東市国見町で購入したアカナマコを0.5t円形PE水槽1

基、1t円形PE水槽1基及び1tFRP水槽4基に収容し、親仕立てを行った。収容数は0.5t円形PE水槽、1t円形PE水槽、1tFRP水槽では15～30個、合計139個体(平均体重272.2g)を親仕立てに使用した。

また、親仕立て中には体表のビラン、内臓の吐き出し、斃死した個体（以下「損傷個体」という）は取り除いた。

給餌は残餌が無いようにナマコの摂餌状況に合わせてワカメを5～20g/tで給餌し、残餌及び糞は毎日サイフォンで除去した。0.5t水槽は自然水温より5℃低く調温し、他の水槽は自然水温で飼育した。なお、換水率は5回転/日とし、親仕立ての期間は2010年2月3日～6月23日であった。

採卵は期間中に計11回行った。体表に付着するチグリオパスを除去するため、採卵前に親個体を2%塩化ナトリウム海水を満たした30Lパンライト水槽に3分間浸漬させ、揉むように洗った後（以下NaCl浴とする。）、採卵用水槽へ収容した。採卵用水槽には0.5t円形PE水槽3基を暗室に用意し、誘発開始1時間前に止水・無通気の状態にした後、親ナマコを採卵水槽に移送した。親ナマコの収容個体数は1回の採卵に20個を基本とした。誘発中は無通気とし、誘発は投げ込み式ヒーターを用いて飼育水から2℃/時間で21℃まで昇温した。加温開始後2時間経過しても放精・放卵しない場合は、採卵水槽と同じ温度に調整した他方の水槽に移送し、刺激を与えた。得られた受精卵は、表2に示す1t円形PE水槽（以下「1t水槽」という）と4t角形FRP水槽（以下「4t水槽」という）30t角形コンクリート水槽（以

表2 成長段階における基本的な飼育方法

ステージ	飼育水槽 (水量、形状、材質)	換水率 (回転/日)	付着基質	水温	給餌量/日・水槽	
					C(L)	リビ(g)
ふ化及び浮遊幼生の飼育	1t、円形、PE	0.5	なし	20℃調温	2	—
	4t、角形、FRP	0.5	なし	20℃調温	8	—
	30t、角形、コンクリ	0.5	なし	20℃調温	30	—
着底初期の飼育	1t、円形、PE	1～2	波板(5セット)	20℃調温	2	3
	30t、角形、コンクリ	0.5	波板(32セット)	20℃調温	30	10
稚ナマコの飼育	1t、円形、PE	1	波板(5セット)	22℃調温	-	3
	2t、角形、FRP	3	波板(17セット)		-	10

下「30t 水槽」という)に收容してふ化させた。なお、受精卵の收容数は 1t 水槽では 1,000 ～ 5,950 千粒、4t 水槽では 1,450 ～ 9,300 千粒、30t 水槽では 8,850 ～ 15,000 千粒とした。

2) 浮遊幼生の飼育

本年度は浮遊幼生の飼育水槽に受精卵を直接收容した。

表 2 に示したように餌料はふ化 1 日後から C を給餌し、流水、通気は中通気とした。

なお、ドリオラリア幼生が出現した時を浮遊幼生期の終了とし採苗を行った。また一部は浮遊幼生の飼育に使用した水槽をそのまま着底初期の飼育に用い、着底初期の飼育に移った。

3) 稚ナマコの飼育

稚ナマコに変態した後は表 2 に示したように C 及びリビを給餌した。

採苗は、4t 水槽を用いて行い、波板 34 セットを投入した。浮遊幼生の飼育に使用した水槽をそのまま着底初期の飼育に用いた場合は、浮遊幼生の飼育水槽にペンタクチュラ幼生を確認した後、1t 水槽では付着基質である波板を 5 セット、30t 水槽では 32 セットを投入した。投入前の波板にはチグリオパスが付着していたため、ろ過海水を貯めた 100L 角形水槽を 2 基用意し、一方はを 2%塩化ナトリウム海水を作製し、投入前の付着基質を 2 分浸漬させた後、他方の流水にした水槽で再度、篩ってチグリオパスを除去した。

飼育期間は 5 月 20 日～ 11 月 20 日である。

稚ナマコ飼育水槽底にチグリオパスのフンが確認された場合は、1t 水槽及び 2t 水槽でペットボトル揚水機 (図 1) (1 基/t) を設置した。設置期間は 5/9 ～ 10/14 であった。また、1t 水槽においてチグリオパスが目視で確認された場合は、サイフォンを用いて水面より 30cm 程度のチグリオパスを視認しながら、駆除を行った。駆除期間は、5/9 ～ 9/21 であった。

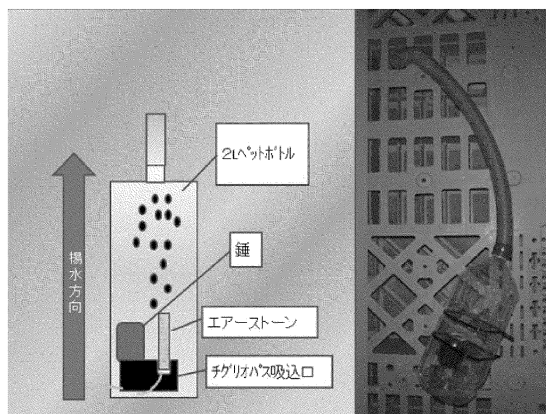


図 1 ペットボトル揚水器

稚ナマコに変態した後の餌料は表 2 に示したように C 及びリビを給餌した。

4) 種苗大型化のための粗放的中間育成方法開発

閉鎖的な水路を用いて、粗放的な中間育成を行い種苗の大型化を目的とした中間育成方法の開発を行った。場所は豊後高田市真玉町のクルマエビ養殖場跡地水路 (水深 0.7m 幅 0.9m × 横 22m : 以下「水路」とする) を使用した。海水交換は潮の干満による。ナマコ受入前に、壁面にあるカキ類やハゼ、カニ等を全て取り除いた。2010 年 12 月 9 日に平均体長 19.8mm、3,800 個体放流し、2011 年 3 月 18 日に全量を取り上げた。ナマコの付着器としてノリ網を 20 枚沈設し、重ならないように水路に並べた。毎月 1 回ノリ網を 4 枚無作為に取り上げ、ノリ網に付着しているナマコをメントールで麻酔させ、100 個体の体長を測定した。また、データロガー (ティドビット V2) を底から 10cm になるように水路中央に設置し、試験期間中の水温を記録した。

事業の結果

1. 種苗生産技術の開発研究

過去 5 年の親ナマコの飼育と種苗生産の状況を表 3 に示した。

本年度の親ナマコの飼育を近年と比較した場合、損傷率が 52.5%と高かった。これは国見から購入した親個体 (55 個体) の活力がなく、飼育ししばらくするとビラン個体が多くなり、斃死したため、国見の親個体から採卵することが出来なかった。採卵誘発率 (90.9%) が高かったことから、ふ化率 (43.5%) と低くとも、種苗生産に必要な産卵数を得ることができた。

表 3 過去5年間の親ナマコの飼育と種苗生産状況

年度	親ナマコ飼育個数	親ナマコ損傷率(%)	採卵回数(回)	誘発率(%)	総産卵個数(万粒)	ふ化率(%)	種苗生産数(千個)
2005	136	38.2	7	71.4	11,132	31.5	116
2006	115	28.7	8	75.0	10,390	30.9	786
2007	156	30.8	9	33.3	5,130	33.6	1
2008	174	57.1	12	75.0	12,225	66.4	1,083
2009	135	51.1	10	70.0	10,490	57.0	541
2010	135	52.5	11	90.9	9,825	47.3	124

1) 親ナマコの飼育と採卵

本年度の採卵結果を表 4 に示した。

延べ 220 個の親ナマコを用いて 11 回の採卵を行い、9,825 万粒の受精卵が得られた。ふ化率は 47.3%であった。採卵時に 2%塩化ナトリウム海水浴を行った結果を表 5 に示した。親 1 個体あたり平均で 43.7 個体のチグリオパスが付着していた。

表4 採卵結果

回次	採卵 年月日	採卵誘発 開始水温(C)	親個数 (個)	産卵数 (万粒)	ふ化率 (%)	備考
2010年						
1	3/23	15.0	17	0	-	
2	3/29	16.5	17	454	50.8	
3	4/5	18.0	17	500	35.6	
4	4/12	18.6	16	565	55.4	
5	4/19	15.5	25	550	73.0	
6	4/27	17.0	29	3,045	51.5	
7	5/6	17.1	29	1,345	7.8	
8	5/11	17.8	29	435	65	
9	5/17	19.9	5	1,730	0	クビフリン使用
10	5/20	16.6	18	192	44	
11	5/25	18.8	18	1,009	91	
延べ220個				9,825	47.3	

表5 NaCl浴結果

採卵	親個体数	カイアシ類数	カイアシ類数/親個体
1回目	17	900	52.9
2回目	17	315	18.5
3回目	17	800	47.1
4回目	16	0	0.0
5回目	25	360	14.4
6回目	29	850	29.3
7回目	29	200	6.9
8回目	29	25	0.9
9回目	5	1000	200.0
10回目	18	500	27.8
11回目	18	1500	83.3
平均	20	586	43.7

2) 浮遊幼生の飼育

表6に浮遊幼生の飼育結果を示した。

ドリオラリア幼生の出現した日令は平均 11.0 日令、浮遊幼生時の生残率は 40.1%であった。合計 9,824 万粒の受精卵を収容し、1,713 万個の浮遊期を終了した幼生（以下「浮遊期終了幼生」という）を得た。

3) 着底初期の飼育

表6に着底初期の飼育結果を示した。

合計 1,642 万の浮遊期終了幼生から、平均体長 5.8mm、124 千個体の稚ナマコを生産した。合計の生残率は 4.9%であった。受精卵の収容以降、全て

の飼育水槽でチグリオパスが発生したため、ペットボトル揚水器及びサイフォンにより駆除した(図2、図3)。平均体長 5.2mm、124 千個の稚ナマコを生産した。ペットボトル揚水器の揚水能力は 4t/日であった。1日あたりの駆除数は平均 4,088 個体/t、最大で 102,000 個体/t のチグリオパスを駆除することが出来た。サイフォンによる駆除は1日あたりの駆除数は平均 3,534 個体/t、最大で 34,750 個体/t のチグリオパスを駆除することが出来た。

4) 種苗大型化のための粗放的中間育成方法開発

種苗大型化のための粗放的中間育成方法開発結果を表8に示した。平均体長 19.8mm、3,800 個体の稚ナマコから平均 35.8mm、2,395 個体の個体を得ることが出来た。稚ナマコは形や色の変化があり、見落としが非常に大きくなることが知られているため、水路の中に放流した稚ナマコの見落としは否定できない。²⁾ 生残率は 63%であった。平均日間成長量は 0.16mm/日であった。試験期間中の水温を図4に示した。期間中最高水温は、13.9℃、最低水温は 4.3℃であった。

今後の問題点

ペットボトル揚水器は、チグリオパスの増加速度の低減に効果があった。今後は大型水槽への応用を図り、種苗量産技術の開発を行っていく。また、チグリオパス対策は、ナマコの種苗生産における根幹であるため、ペットボトル揚水機と併せた防除方法を検討する。

文献

- 1) 酒井勇一. ペットボトル揚水機. 試験研究は今 2009 :
- 2) 浜野龍夫, 近藤正和, 大橋 裕, 立石 健, 藤村治夫, 末吉 隆. 放流したナマコの行方. 水産増殖 1996 ; 44 (3) : 249-254.

表6 浮遊幼生の飼育結果

幼生 水槽 No.	採卵日	水槽 規模	開始時			終了時(ドリフトア幼生出現時)				備考
			受精卵 収容数 (万粒)	ふ化 幼生数 (万個)	ふ化率 (%)	日付	日令	幼生数 (万個)	生残率 (%)	
	2010年					2010年				
A-1	3/29	1t	190	125	66.0	4/11	12	34.5	27.5	採苗
A-2		1t	132	75	56.8	4/11	12	42	56.0	採苗
A-3		1t	132	84	63.6	4/10	11	11	13.1	
A-4	4/5	1t	100	15	15.0				—	生残率低下のため中止
A-5		1t	100	76	76.0	4/15	9	41	53.9	
A-6		1t	100	67	67.0	4/16	10	15	22.4	採苗
A-7		1t	100	28	28.0				—	生残率低下のため中止
A-8		1t	100	33	32.5				—	生残率低下のため中止
A-9	4/12	1t	113	82	72.6	4/23	10	58	70.7	採苗
A-10		1t	113	76	67.3				—	生残率低下のため中止
A-11		1t	113	72	63.7				—	生残率低下のため中止
A-12		1t	113	91	80.5	4/23	10	61	67.0	採苗
A-13		1t	113	67	59.3				—	生残率低下のため中止
A-14	4/19	1t	183	159	86.9	4/30	11	129	81.1	採苗
A-15		1t	183	143	78.1	4/30	11	97	67.8	採苗
A-16		1t	183	162	88.5	4/30	11	83	51.2	採苗
A-17	4/27	1t	152	102	67.0				—	生残率低下のため中止
A-18		1t	152	86	56.5				—	生残率低下のため中止
A-19		30t	1,370	575	42.0				—	生残率低下のため中止
A-20		30t	1,370	625	45.6	5/11	13	650	104.0	
A-21	5/6	1t	150	9	6.0				—	生残率低下のため中止
A-22		1t	150	10	6.7				—	生残率低下のため中止
A-23		1t	150	6	4.0				—	生残率低下のため中止
A-24		1t	150	1	0.7				—	生残率低下のため中止
A-25		1t	150	8	5.3				—	生残率低下のため中止
A-26		1t	595	164	27.6				—	生残率低下のため中止
A-27	5/11	4t	145	99	68.3				—	生残率低下のため中止
A-28		1t	145	119	82.1				—	生残率低下のため中止
A-29		1t	145	125	86.2	5/23	12	6	4.8	
A-30	5/17	1t	200	49	24.5				—	生残率低下のため中止
A-31		1t	200	0	0.0				—	生残率低下のため中止
A-32		1t	200	0	0.0				—	生残率低下のため中止
A-33		1t	200	0	0.0				—	生残率低下のため中止
A-34		4t	930	0	0.0				—	生残率低下のため中止
A-35	5/20	1t	192	85	44.3				—	生残率低下のため中止
A-36	5/25	1t	213	150	70.4	6/7	11	82	54.7	
A-37		1t	213	178	83.6	6/6	11	63	35.4	
A-38		1t	213	170	79.8	6/6	11	121	71.2	
A-39		1t	125	184	147.2	6/6	11	126	68.5	
A-40		1t	245	175	71.4	6/6	11	93	53.1	
合計(平均)			9,824	4,275	43.5		11.0	1,713	40.1	

表7 着底初期の飼育結果

稚ナマコ 水槽 No.	収容 水槽	開始時		取り上げ時					備考
		日付	個数 (万個)	日付	日令	体長 (mm)	個数 (万個)	生残率 (%)	
		2010年		2010年					
B-1	4t	4/11	77	5/24	55	1.9	7.6	9.9	
B-2	1t	4/11	11	6/1	63	5.6	3.7	33.4	
B-3	1t	4/15	41	8/24	141	10.2	0.0	0.0	カイアシ類の大量発生
B-4	4t	4/26	58	6/4	52	3.1	0.3	0.5	〃
B-5	4t	4/26	9	6/4	52	4.5	1.5	16.6	〃
B-6	4t	4/30	464	8/6	109	9.3	0.5	0.1	〃
B-7	30t	5/11	650	6/8	61	3.4	5.5	0.8	〃
B-8	1t	5/23	6	6/16	36	1.2	0.1	1.0	〃
B-9	1t	6/6	63	7/23	57	4.1	0.2	0.4	〃
B-10	1t	6/6	121	9/17	113	3.3	0.2	0.2	〃
B-11	1t	6/6	126	8/24	90	3.4	0.2	0.1	〃
B-12	1t	6/6	93	9/17	114	12.2	0.3	0.3	〃
B-13	1t	6/7	82	8/24	89	6.0	0.1	0.1	〃
合計(平均)			1,642		80.7	5.8	12.4	(4.9)	

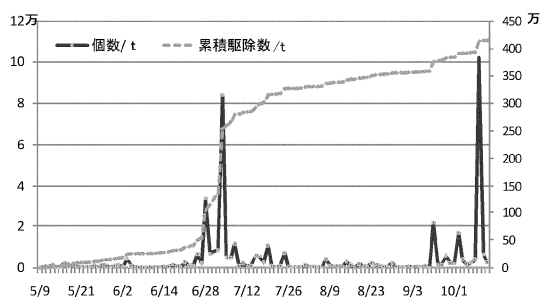


図2 1口あたりのペットボトル揚水機におけるチグリオパス駆除量

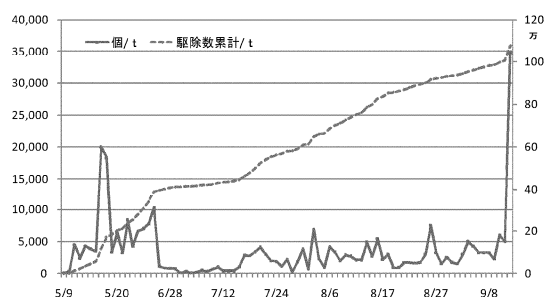


図3 1口あたりのサイフォンにおけるチグリオパス駆除量

表8 種苗大型化のための粗放的中間育成結果

	12月9日	1月13日	2月16日	3月17日
体長 (mm)	19.8	16.4	24.6	35.8
個数	3,800			2,395
生残率	100%			63%
日間成長量	-	-0.10	0.07	0.16

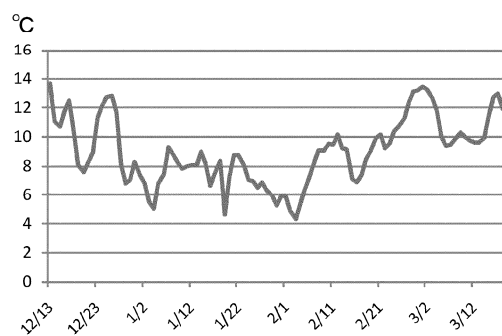


図4 種苗大型化のための粗放的中間育成中の水温

ヒジキ養殖技術開発及び人工種苗量産技術開発－ 1

ヒジキ養殖技術実用化技術開発事業

伊藤龍星・原 朋之

事業の目的

国産ヒジキ増産の要望に対して、当チームでは天然藻体の挟み込みによる養殖試験や人工種苗作出に関する基礎的試験を実施してきた。2009 年 9 月には、生産者 5 名にヒジキ養殖の区画漁業権が交付されたこともあり、従来の試験に加えて、人工種苗の量産化や収穫済養殖ロープの再利用、養殖現地での技術改良、品質向上対策などについての研究を進めている。今年度実施した主な内容を以下に述べる。

事業の方法

1. 現地での養殖試験

今年度の養殖試験は日出町大神系ヶ浜の砂質海岸で行った。養殖セットは浮き流し式で、養殖ヒジキに一定時間の干出がかかる潮間帯の水位に設置した。すべての種苗は 5cm 間隔とし、2010 年 12 月に沖出しした。養殖ロープには自動水温記録計を取り付け、1 時間ごとの水温を記録した。

1) 人工種苗の継代使用

養殖ヒジキを収穫した後に残った付着器（繊維状根）から、新たな種苗を作出し、再び養殖に供することが可能である。当チームではすでに人工種苗 4 世代目を作出している。今回はこの 4 世代と 3 世代の人工種苗を用いて海域での養殖試験を実施した。両種苗とも、宇佐市長洲にて昨年度（2009 年 12 月～2010 年 6 月）養殖試験を実施した人工種苗ヒジキから、繊維状根の細断と培養¹⁾によって作出したものである。

2) 挟み込み本数と養殖ヒジキの生長

砂質海岸における養殖ロープ 1 ヲ所に挟み込むヒジキの主枝本数と生長との関係について検討した。挟み込み 1 ヲ所あたりの主枝本数を、1 本、10 本、20 本の 3 区とし、それぞれ養殖ロープのベ 10m 分に挟み込みして、生長を比較した。

3) 天然および人工種苗と付着生物との関係

天然種苗と人工種苗とでは、養殖したヒジキの付着生物に違いが見られる。そこで、養殖中の両者に

ついて、収穫時期に近い 4 月の主な付着生物を観察し比較した。

4) 養殖ヒジキの退色現象

養殖中のヒジキにおいて、年明け後、ヒジキの先端に近い部分では色彩が退色する現象が見られるようになった。そこで、収穫前の 4 月 21 日、任意の養殖ヒジキ（天然種苗、主枝 9 本分）の全長と、先端から退色がみられる部分までを測定し、色彩変化の原因を推定した。

2. 収穫済養殖ロープ再利用の検討

津久見市四浦田ノ浦漁港内に昨年度（2009 年 6 月上旬）、張り込んだ収穫済み養殖ロープを引き続いて観察した。一部のロープは 2010 年 4 月に切断して当チームに持ち帰り、屋外の 25t コンクリート水槽水面に収容し、通気しながら観察を続けた。

また、国東市国見町小野田で生産者が収穫を終えた養殖ロープ 150m を 2010 年 6 月 14 日、当チームに持ち帰り、屋外 50t コンクリート水槽内に収容した。目立った付着生物（ムラサキイガイやホヤ類、多毛類、ヨコエビ類、アオサ類）を除去し、水面で通気しながら観察を続けた。四浦田ノ浦、浅海チームともに養殖ロープには自動記録水温計を取り付け、1 時間ごとの水温を記録した。

事業の結果

1. 現地での養殖試験

1) 人工種苗の継代使用

養殖試験地における水温の推移を図 1 に示した。今漁期は年明け後の水温が例年より低めで推移した。また、3 月まではほぼ 2 週間ごとに最低値が氷点下を記録したが、これは大潮干潮のため養殖ロープが干出し、夜間、空気中にさらされているためである。逆に 4 月以降は最大値が 30℃近くになる場合が見られたが、これは大潮による日中の干出を示している。

各種苗の生長を全長で図 2 に示した。種苗の沖出し時期が遅かったことや低水温の影響もあり、両世

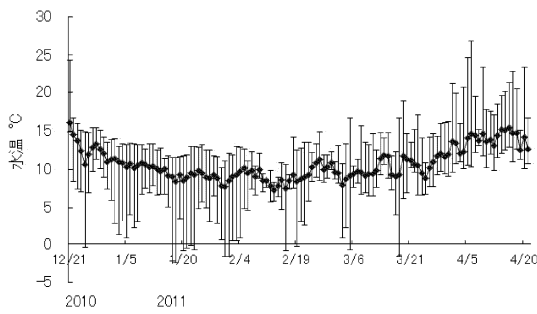


図1 ヒジキ養殖試験地（日出町大神系ヶ浜）における水温の推移（日平均と最高、最低値）

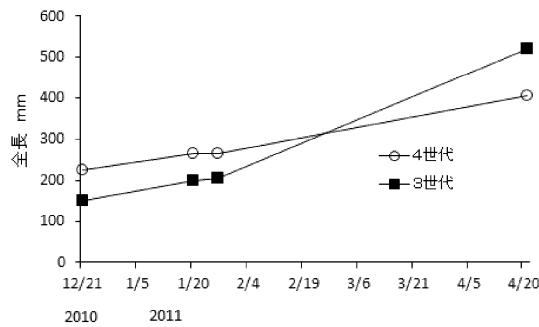


図2 ヒジキ人工種苗（4世代、3世代）の生長



写真1 人工種苗4世代（左）と同3世代（右）

代ともに伸長は比較的緩やかであったが、生産量（生）は、2010年4月21日現在、4世代で5.3kg/m、3世代で4.7kg/mと推定された（写真1）。

2) 挟み込み本数と養殖ヒジキの生長

各区の養殖ヒジキの2011年4月21日現在の全長を上位10個体の平均値で図3に示した。また、各区の挟み込み1カ所あたりの重量を、任意の10カ所について測定し平均して図4に示した。全長は長い順に20本、10本、1本であったが、大差はなかった。重量も同様の順位であったが、全長に比べると差は大きかった。試験の範囲では、たくさん挟み込むほど生産量は多くなる傾向にあった。ただし20本の場合、10本以下では見られなかった付着物（ヨコエビ類の営巣によると思われる砂状の付着物等）が観察される場合があった。養殖開始時と4月21日現在の挟み込み1カ所あたりの主枝本数（養殖開始後に形成・伸長した主枝を除く）は10本と20本では変化なかったが、1本では0.7本に減少してお

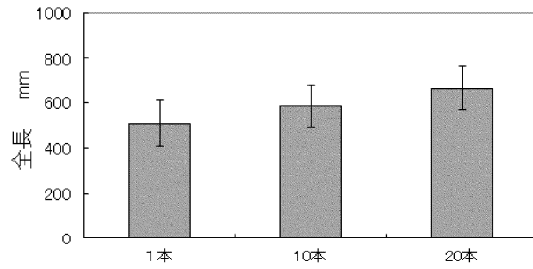


図3 挟み込み本数の違いによるヒジキの生長（全長、縦棒は標準偏差）

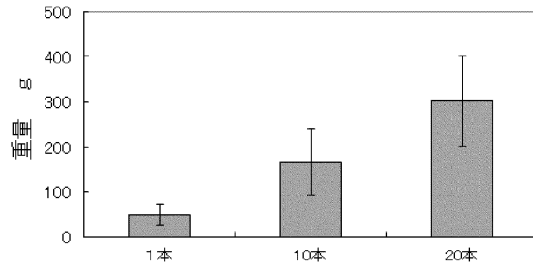


図4 挟み込み本数の違いによるヒジキの生長（挟み込み1カ所あたりの重量、縦棒は標準偏差）

表1 挟み込み1カ所あたりの主枝本数

（養殖開始後に形成・伸長した主枝を除く）

挟み込み主枝本数	養殖開始時 (20101221)	観察時 (20110421)
1本	1	0.7
10本	10	10.1
20本	20	19.6

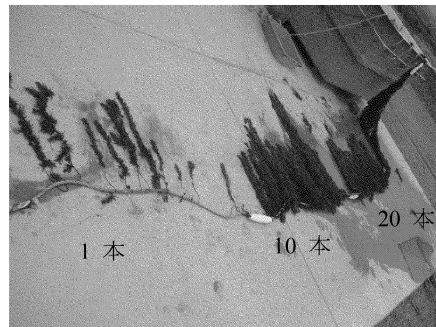


写真2 挟み込み本数の違いによる養殖ヒジキの生長（2011年4月）

り、養殖中に抜けや流失がみられた（表1、写真2）。

3) 天然および人工種苗と付着生物との関係

天然種苗で目立つ付着生物は、動物ではウミシバ類、被覆性のコケムシ類、海藻ではハバノリ類であった。対して人工種苗ではハバノリ類が見られる程度で、ウミシバ類、コケムシ類は皆無であった（表2）。ハバノリ類は収穫前の水温上昇に伴い流失するため、品質低下の原因にはならないが、コケムシ類やウミシバ類はヒジキの乾燥後も付着し続けるた

め、目立つ場合には出荷前の選別、除去が必要となり、大きな労力を要する。販売時の商品価値に付着生物の多寡は大きく関与するため、人工種苗の付着生物の少なさは産業的に大きな利点になる。

表2 養殖ヒジキの付着生物

(人工種苗と天然種苗、2011年4月)

	付着生物		
	ウミシバ類	コケムシ類	ハバノリ類
人工種苗	-	-	+
天然種苗	+	+	+

+:あり -:なし

4) 養殖ヒジキの退色現象

測定結果を図5に示した。また、退色部分(乾燥ヒジキ)を写真3に示した。基部から300~400mmまでの退色はなく、それより長くなると退色が見られていた。図6に養殖中のヒジキと養殖ロープの断面観を模式図で示した。本養殖法は養殖ロープを水面に浮かせる方式のため、養殖ヒジキは水面をたなびくように繁茂していく。ヒジキは伸長するにつれ気胞形成が明瞭となり、300~400mmから先端に近い部分ほど、水面に浮くようになる。従って、退色部分は常に水面に浮いている部分と判断された。

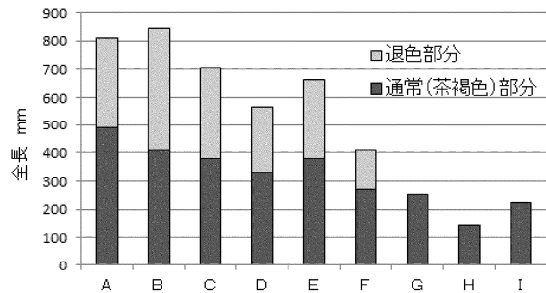


図5 養殖ヒジキの全長と退色部分の長さ (2011年4月)



写真3 退色した部分(乾燥ヒジキ)

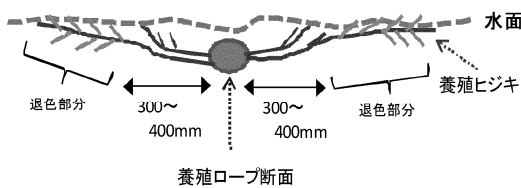


図6 養殖中のヒジキと養殖ロープの断面観

2. 収穫済養殖ロープ再使用の検討

四浦田ノ浦漁港内の養殖ロープは、2008年度に5cm間隔でヒジキを挟み込んで、中津で養殖を開始したものである。2009年6月、当地に移動したあとも順調にヒジキは繁茂し、2010年4月には約7kg程度の生産が可能と推定された。²⁾この時、収穫直後の養殖ロープは、付着器がロープの全面を覆い地肌が見えなくなるほどに繁茂していた(写真4)。2010年夏季には、再び幼芽が発生し2011年春には全長1mを超えるほどに伸長したことから、3年間連続して養殖用ロープとして使用できることを確認した。同地の水温は2010年9月中旬に日平均水温26℃台で最高(1時間ごとの最高水温28℃台)を示したあとは徐々に低下した(図7)。一方、田ノ浦から当チームに持ち帰った養殖ロープも、夏季には幼芽の形成が確認された。しかし、7月下旬以降は付着器の枯死が目立ち、8月には全滅した(写真5)。原因として連日30℃を越す高水温があげられた(図8)。

国東市国見町小野田から持ち帰った収穫済み養殖ロープ(写真6)も、幼芽の発生は見られたものの、前述同様8月には完全に枯死した。原因として、同じく連日の高水温があげられた(図8)。



写真4 2漁期使用して養殖ロープ全面に繁茂した付着器

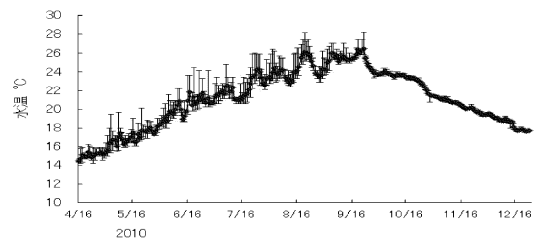


図7 津久見市四浦田ノ浦漁港内における水温の推移(日平均と最高、最低値)

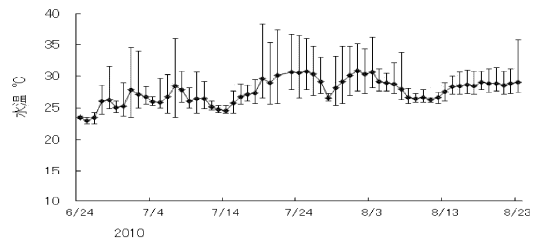


図8 浅海チーム(豊後高田市)の屋外水槽における水温推移(日平均と最高、最低値)



写真5 高水温で枯死した付着器



写真6 国見町小野田からの収穫済み養殖ロープ

今後の問題点

養殖中のヒジキは波浪や漂流物による物理的な損傷を受け、干出時には乾燥刺激を受ける。挟み込み本数が少ないと抜けや切断などにある可能性が高く、乾燥の影響もより強く受けることが推察される。逆に過剰な密度は、海水交換不足や光量不足、干出時の乾燥不足、付着性動物類の生息場になる可能性もあるため、適度な密度を探る必要がある。天然におけるヒジキ群落は、多くの個体が密に集まって形成されており、単独で生育する例はない。このため、ある程度の本数を挟み込むことは、ヒジキ本来の生態にも合致した養殖方法と言えるだろう。

人工種苗から養殖したヒジキは、天然種苗からのものに比べて付着生物が少なく、人工種苗の大きな利点と言える。ウミシバ類でポピュラーなキイロウミシバ幼生の付着時期は8月と11月とされているが、³⁾ 人工種苗はこの時期を陸上のろ過海水中で過ごすため、幼生の付着を免れているものと思われる。逆に天然種苗は、秋季の種苗採取時には肉眼上目立たなくても、すでにこれらの幼生が付着している可能性がある。陸上水槽で幼胚からの種苗生産を実施

する場合でも、海上での中間育成時には付着生物の汚損にあう可能性があるため、対応策を検討しておくべきであろう。

養殖ヒジキの退色現象については、常に水面に露出する部分が退色していることから、原因として受光量の多さ（強光や長時間の受光によるもの）、光合成速度と海域の栄養塩量とのバランスの乱れなどが推定される。退色部分のヒジキは、乾燥後の色彩も通常部分に比べると浅く、「乾燥ヒジキは黒い」との一般的イメージとは異なる。現在のところ、流通サイドからの指摘はないが、退色現象を把握し理解しておくことは必要である。

津久見市四浦田ノ浦で試験中の収穫済み養殖養殖ロープは、2漁期終了時には、付着器の旺盛な繁茂で重量が増すため、ロープの水没や過剰な密度によるヒジキの生長不良、付着生物の増加なども懸念される。収穫直後の段階で、過剰に繁茂した付着器を剥ぎ取って別なロープに挟み込み、夏季にかけて水面に張り込み幼芽を発生させるといった「株分け」のような試みも今後検討したらどうかと思う。

ところで、当チームに持ち帰った収穫済み養殖ロープの付着器は連日の30℃を越す高水温のためにすべて枯死したが、天然群落も同時期にはかなりの高温にさらされていることが想像される。しかし絶えることなく毎年ヒジキの繁茂は見られており、一見、矛盾するようにも思える。本種は天然では潮間帯に生息しているため、1日に1～2回、一定時間空中に露出していることになるが、この空中への露出時間が、連続した高水温から身を守る手段になっている可能性も考えられる。本種の干出時における生態面、特に干出時の高温耐性などについての研究はほとんどなされておらず、今後の研究が待たれる。

文献

- 1) 伊藤龍星, 寺脇利信, サトイト シリル グレン, 北村 等. ヒジキ繊維状根の保存, 細断および培養条件. 水産増殖 2009; 57(4): 579-585.
- 2) 伊藤龍星, 原 朋之. ヒジキ養殖実用化技術開発事業. 平成21年度大分県農林水産研究センター水産試験場事業報告 2010; 183-187.
- 3) 西平守孝. 海藻付着性ハイドロゾアの生態学的研究. 東北大学大学院理学研究科博士課程学位論文要旨 1967.

ヒジキ養殖技術開発及び人工種苗量産技術開発－2 ヒジキ養殖定着推進事業

伊藤龍星・原 朋之

事業の目的

2009 年 9 月、ヒジキ養殖の区画漁業権が国東市国見町と豊後高田市香々地の計 5 名に交付された。また、同年度から新規着業支援等のメニューを備えたヒジキ養殖定着推進事業が開始された。当研究所は、本事業で養殖に取り組む経営体に対しての技術的指導を行うとともに、養殖試験を実施する地区への現地指導や情報提供、視察対応等、養殖推進のための活動を行った。

事業の結果

今年度、本事業を含めて養殖または養殖試験を実施したのは、国東市国見町、豊後高田市香々地、日出町大神と豊岡、佐賀関、臼杵、津久見、佐伯市風無などであった。いずれも、各地先に自生するヒジキを種苗とした。以下に、比較的規模の大きい国東市国見町と日出町大神について概要を報告する。また、養殖検討会や視察受け入れ、自動挟み込み機のデモンストレーション等の概要を記す。

1. 国東市国見町（写真1、2）

小野田地先の水深 10m の海面で 1 経営体が実施した。養殖方式は浮き流し式とし、養殖ロープの長さのはべ 3,000m であった。挟み込み作業と養殖開始は 2010 年 11 月、収穫は 2011 年 5 月であった。収穫量は乾燥品で約 1,830kg、生重量に換算すると約 15t、養殖ロープ 1m あたり平均で 5.1kg であった。今年度の養殖ヒジキは、例年に比べて付着物が少なく良質で、乾燥後の選別も必要なかった。

2. 日出町大神（写真3、4）

大神系ヶ浜の砂浜海岸で 2010 年 11 月に開始した。養殖セットは浮き流し式で、養殖ロープの長さのはべ 1,000m であった。セットは潮間帯に設置し、養殖ヒジキに一定時間の干出がかかるようにした。

開始早々、養殖ヒジキが基部を残して脱落する現象が多くのロープで見られた。これは挟み込み作業

時の種苗の管理不足で種苗が乾燥過多となり、衰弱しさらに枯死したものと推察された。一方、健全種苗の養殖ロープのヒジキは順調に生長し、収穫前の 4 月には、養殖ロープ 1m あたり 7kg を超える部分もあり、付着物もほとんど見られなかった。今漁期、周辺の天然ヒジキには付着物が多く見られたため、天然より上質との評価もあった。



写真1 国東市国見町での養殖風景（2011年2月）



写真2 国東市国見町の養殖ヒジキ（2011年2月）



写真3 日出町大神での養殖風景（2011年4月）



写真4 日出町大神の養殖ヒジキ（2011年4月）

3. 養殖推進のための活動

2010年4月、国東市のJFくさき支店において、ヒジキ養殖の概要を説明した。また、日出町において2010年8月、2009年度の養殖試験結果と2010年度の養殖試験計画についての検討会が行われたので、技術的な助言や指導を行った。

他県の漁協や漁業者、企業からの養殖ヒジキの視察研修に対応した。2010年9月（熊本県から）、12月（東京都から）、2月（長崎県から）、3月（山口県から）に受け入れ、養殖方法等について説明した（写真5）。

また、ヒジキの自動挟み込み機が2社から開発されたため、A社のデモンストレーションを2010年10月に日出町と国見町で、B社のデモを2011年3月に佐伯市で行った（写真6、7）。



写真5 他県からのヒジキ養殖視察への対応
(2010年12月東京から)



写真6 自動挟み込み機（A社）のデモ
(2010年10月、国見町)

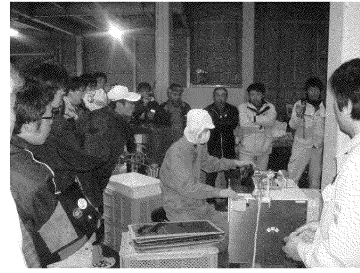


写真7 自動挟み込み機（B社）のデモ
(2011年3月、佐伯市)

今後の問題点

国東市国見町においては今漁期、付着生物の少ない養殖ヒジキの生産が可能となり、生産量も平均で5kg/m以上（生）になるなど養殖技術の向上が見られた。日出町では、養殖開始前の種苗挟み込み時における取り扱いに問題があったと思われるが、その影響を受けていない種苗のヒジキは、質、量ともに良好であり、次漁期につながる好結果も得られた。

ヒジキ養殖の大きな課題として、挟み込みが手作業のため、養殖ロープ作成に長時間を要する¹⁾ことがある。今年度、2社から自動機械が開発され、うち1社の機械は、手作業時の2～3倍の生産力があるものと思われた。今後のヒジキ養殖普及のためには、このような自動機械の導入について、行政を交えて早急に検討すべきである。

文 献

- 1) 伊藤龍星. 挟み込み法によるヒジキ養殖技術の確立と種苗生産技術開発. 海洋と生物 2009; 31(6): 667-671.