

## 鹿児島海藻パーク推進事業－Ⅰ (海藻バンク造成事業)

徳永成光, 久保満, 塩先尊志

### 【目的】

新たな藻場造成技術の開発等による藻場の回復と、市場価値の高い有用藻類増養殖技術の開発によって漁家経営の改善に資する。

### 1 藻場造成技術開発及び藻場回復指導

#### 【方法】

外海域に位置するいちき串木野市羽島地区と肝付町高山地区において藻場造成試験を実施（図1）。

羽島地区では、土川漁港付近の海域において、ヒジキの幼胚播種や母藻設置による種苗供給試験とヒジキ幼体の設置による種苗供給試験を行い、追跡調査を実施した。

高山地区では、漁業者グループが実施する母藻設置による藻場造成の指導、追跡調査を実施した。



図1 試験地位置図

#### (1) 羽島地区におけるヒジキの幼胚播種や母藻設置による種苗供給試験

試験実施場所（図2）は、ムラサキウニの分布密度が10個体/m<sup>2</sup>以上と高い場所でホンダワラ類が確認できない区域であった。転石上部にのみソゾ類やヘラヤハズなど比較的小型の藻類が着生していた。転石上部は、水深0m付近に位置し、波の影響を受けるためにムラサキウニが侵入できない水深帯で、ヒジキの分布水深と合致すると判断されたため、試験は転石上部で実施した。

ヒジキの幼胚播種は7月9日に実施した。ヒジキ幼胚は、水産技術開発センターの陸上水槽内に収容した母藻から得た幼胚を用いた。播種する転石上面は、幼胚が着生しやすいように転石上面の小型海藻を金属製のスクレーパーで部分的に除去し、小型海藻の着生部と非着生部が混在するように調整した（図3）。

播種時には、うねりによる強い水流があり、なるべく拡散しないように幼胚を入れた容器を海水で満たし、転石の上面に被せるようにして約1m<sup>2</sup>に播種した。

母藻の設置は7月10日に実施した。ステンレス金網で作製したカゴ内外にヒジキ母藻とロープに着生した繊維状根を取り付け、転石上部の小型海藻の付着している部分に設置した（図4, 5）。

種苗供給の効果を確認するため、7月23日、11月21日に追跡調査を実施した。



図2 羽島地区試験地

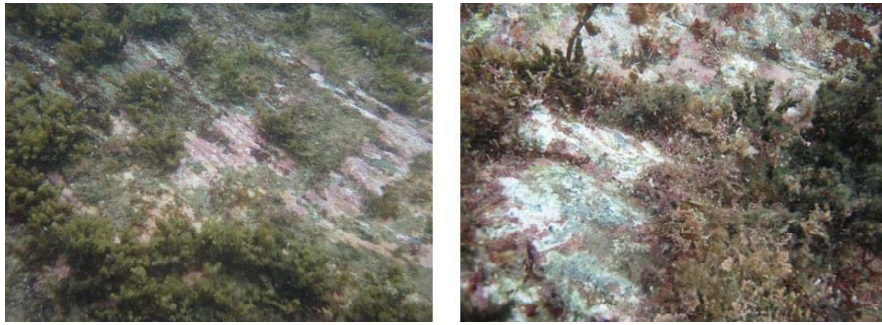


図3 ヒジキ幼胚の播種面



図4 転石上部に設置した母藻やカゴ



図5 カゴ内に設置した繊維状根付きロープ

#### (2) 羽島地区におけるヒジキ幼体の設置による種苗供給試験

幼胚播種や母藻設置試験では転石に固定したロープ等が波浪で破損してしまったため、試験実施場所を再検討した。土川港付近は、港内以外は波浪の影響が強いと考えられるため、形が様々でロープ等の固定がしにくく、時化の際に動く可能性のある自然石よりも、消波ブロックなどの人工構造物のほうが安定していると考えられたため、土川港南側の消波ブロックで試験を実施した(図6)。

設置したヒジキ幼体は、ヒジキ種苗量産試験で生産した0.5×1mの種苗培養シートに着生したものをを用いた。平成25年3月4日に5cmから最大1.7mのヒジキが着生したシート2枚を消波ブ



図6 新たに選定した試験地

ロックに荷締めベルトを用いて固定した。設置水深はシート上部で約0.5m、下部で0mとした。また、予備として持ち込んだシートを土川漁港内に設置した。

シート設置場所における食害の有無を確認するため、ステンレス製のフグ籠内外にヒジキ種苗シートの一部を固定したものを3月5日に設置した。

追跡調査は3月5日と3月15日に実施した。

### (3) 高山地区における藻場回復指導及び藻場造成試験

試験は、開放的な海域であり、漁業者グループが平成23年度から食害動物であるウニの除去と母藻設置による種苗供給による藻場造成活動を実施しているSt. 1, St. 2と、消波堤内側や港内といった比較的静穏な海域であるSt. 3, St. 4で実施した(図7)。また、漁業者グループの母藻採取や母藻設置に立ち会い、漁業者グループがこれまで実施してきた方法の確認及び改善すべき点の指導を実施した。

母藻は志布志市夏井地区のヨレモクモドキを使用し、St. 1, St. 2においてはスポアバック法で種苗を供給した。St. 3, St. 4ではヨレモクモドキが着生した小礫10個程度を水深1~1.5mに設置し、小礫周辺への種苗供給状況と付着器の生残状況の経過観察を実施した。母藻採取は平成24年5月9日、母藻設置は5月10日に実施し、追跡調査を12月11日、平成25年3月1日に実施した。

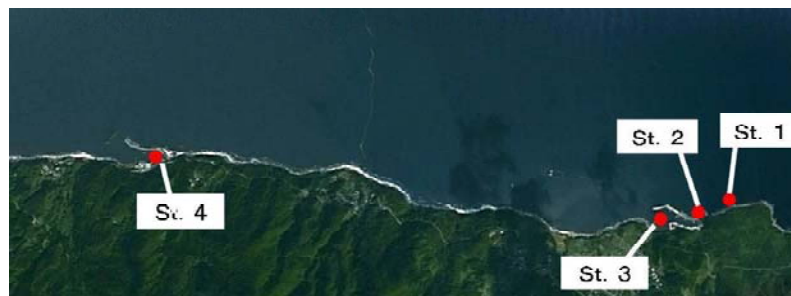


図7 高山地区試験実施場所

## 【結果及び考察】

### (1) 羽島地区におけるヒジキの幼胚播種や母藻設置による種苗供給試験

7月23日にカゴ内外のヒジキ母藻等の状態を確認したが、波浪で施設が破損し、ロープや金網が転石から外れて海底の大礫と転石の間に挟まれていた。母藻は波浪で転石と擦れたためか消失し、金網は押し潰されていた。ロープに着生していた繊維状根は残っていたため、ロープは転石に再設置した。

11月21日に幼胚を播種した転石とその周辺において、幼胚が着生したか否かを確認するため幼体を探したが、幼胚を播種した転石上にヒジキ幼胚は確認できなかった。播種した周辺の転石上に、ホンダワラ類の幼体が1株確認されたが、通常見られるヒジキ幼体より葉の幅が広く、ヒジキ幼体であるとは判断できなかった。

7月23日に再設置したロープは再び波浪で切れ、ロープに付いていた繊維状根は周囲の巨礫と擦れて消失していた。

試験地は土川漁港の南側沿岸に位置し、北西から南西の波浪の影響を受ける場所であり、ロープを強固に締め込んで転石に固定していたものの、波浪の影響に施設が耐えられなかったため、施設の固定方法に課題が残る結果となった。

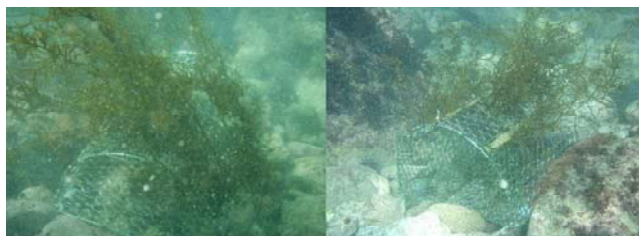
## (2) 羽島地区におけるヒジキ幼体の設置による種苗供給試験

シート設置翌日の3月5日には、シートに異状はなく、食害は受けていなかった。港内に設置したシートには、長さ2mのシート上にアメフラシが5尾蟻集していた。



図8 シート上のヒジキに見られた食害痕

設置10日後の3月15日には、シート上のヒジキに切り取られたような食害痕(図8)が多数見られるとともに全体的に短くなり、設置時に最大1.7mあった藻体長は最大1.2mとなった。



2013. 3. 5 (設置時) 2013. 3. 15(10日後)

図9 籠外のヒジキの状況

3月5日に設置したフグ籠については、籠外のヒジキはシート同様に切り取られたような食害痕が多数見られるとともに全体的に短くなっていた(図9)。籠内のヒジキも短くなっていたが、籠内から籠の外へ出ているヒジキが見られ、籠外に出ている部分には枝がかじり取られたように細くなった部分が見られた。籠の周囲に、ヒジキを食べているムラサキウニが見られ、摂食中のヒジキには、切り取られたような魚の食害痕とは異なり、かじられたような食害痕(図10)が見られたことから、ウニがヒジキを籠内から籠外へ引っ張り出して摂食したことが、籠内ヒジキが短くなった原因であると考えられた。



図10 ヒジキを食べているムラサキウニ(左)とかじられたような食害痕(右)

土川漁港内に設置したシート上のヒジキは、アメフラシによる食害を受け、葉や気泡がほとんど消失し、太い枝のみとなっていた。また、シート上にはアメフラシの卵塊が複数産み付けられていた。

以上のことから、試験地においては、港内のような静穏な海域ではアメフラシ、波浪の影響を受ける港外では魚類、港外の海底付近ではウニの食圧が高いことが示された。

## (3) 高山地区における藻場回復指導及び藻場造成試験

### ① 藻場回復指導状況

母藻採取については、これまで地域振興局から送付された母藻や母藻の写真画像を基に水産技術開発センターで母藻の成熟状態を判断し母藻採取時期を決めており、本年も同様に母藻採取時期を決定した。

5月9日の母藻採取に立ち会い、ヨレモクモドキ藻場内の藻体を所々で観察すると、同じ藻場内でも藻体の状況が箇所箇所異なっており、成熟期のピークを過ぎて藻体に付着生物が多く付き藻体が枯れかかって切れやすくなっているものも見られた。

これまで、母藻採取は藻場内でランダムに母藻を採取していたとのことであったため、以下のことを指導した。

- ・同一藻場内でも藻体の状況が場所によって異なることも多いため、母藻の成熟状況を判断するた

めのサンプルは数カ所で採取して観察する。

- ・母藻採取時には、藻体に付着物が少ない母藻を選び、付着物が多いものや枯れかかって切れやすいものは母藻としない。
- ・生殖器床を肉眼やルーペ等で注意深く観察し、内部の未放出卵が黒く見えるものや表面に卵が出ているものを選定する。

また、母藻設置は母藻採取日に実施することが望ましいが、都合により母藻採取の翌日に母藻設置を行うこととしていたため、母藻の保管方法については、藻体が傷まないよう海面に張った網いけすに收容するか、陸上水槽内であれば水が澱まないよう海水をかけ流すとともにエアレーションで海水を攪拌するよう指導した。

母藻の設置については5月10日に行い、St. 1、St. 2においてはスポアバックの設置水深を夏井地区でのヨレモクモドキ分布水深と合わせ、水深1 m程度に設置するよう指導した。

## ② 追跡調査結果

平成25年3月時点でヨレモクモドキの幼体は確認されなかった。ホンダワラ類幼体やアオサ類には魚類によると判断される食害痕が見られた。当試験地においては平成23年度から漁業者グループがウニ除去とヨレモクモドキの母藻設置を実施してきたが、ヨレモクモドキは定着しなかった。しかし、継続したウニ除去により有用種であるトサカノリやワカメが増加しており、今後は藻場造成対象種の変更について検討する必要があると考えられた。

各調査点の追跡調査結果は下記のとおりであった。

### a. St. 1

12月11日に、水深0.5-1.0mの転石上にホンダワラ類の幼体を確認された(図11)。全体的には幼体の確認できないところが多いが、幼体を確認される部分では1-4個体/100cm<sup>2</sup>の着生密度であった。5月のスポアバック設置水深が1 m前後であったので、水深的には一致するが、幼体時期で種類は特定できなかった。



図11 ホンダワラ類幼体

平成25年3月1日の調査では、ホンダワラ類幼体が僅かに見られたが、母藻としたヨレモクモドキではなく、以前から付近に分布の見られたフタエモクの幼体と判断された。また、ホンダワラ類幼体やワカメ、アオサ類には魚類による食害痕が見られた。漁業者グループが1月に設置したホンダワラ類種苗付きブロックのほとんどが魚類によると考えられる食害により短くなっている状況であった。



図12 フタエモク幼体(左)とトサカノリの群落(右)

以前から僅かに分布が見られていたトサカノリが増加しており、水深4m前後に群落がみられた(図12)。

### b. St. 2

12月11日は波が高くなり調査できなかった。

平成25年3月1日の調査では、紅藻類が繁茂していたが、ホンダワラ類は確認できなかった。平成23年度に設置されたホンダワラ類種苗付きブロックは時化等で転倒し、ホンダワラ類の付着器も消失

していた。また、アオサ類は食害を受けてかなり短くなっており、魚類と思われる食害痕が見られた。

c. St. 3

12月11日の調査時には、小礫を設置した防波堤内側の基礎コンクリート上に砂泥が10-20ミリ堆積しており、幼体は確認できなかった。また、小礫は波浪で流失したためか1個しか残存していなかった。ヨレモクモドキの付着器は確認できたが、食害を受けたためか幼体はなかった。

d. St. 4

12月11日の調査時に小礫は確認できず、波浪によりすべて流失したと思われた。また、小礫を設置した斜路のコンクリート面に幼体は確認できなかった。

## 2 食害動物利活用推進

### 【方 法】

藻場形成阻害要因となるウニ類の一種であるガンガゼを用いて、珍味（おつまみ的な加工品）及び風味付け用フレーク（料理に振りかけ、ウニの風味を付けるふりかけ的な加工品）の試作を行った。

珍味の加工手順は以下のように行った。①殻を割って生殖腺を取り出し、混じった砂やウニ殻を除去する。②取り出した生殖腺を100℃で3時間乾燥。③乾燥してクッキー状に固まれば完成。

風味付け用フレークの加工手順は以下のように行った。①殻を割って生殖腺を取り出し、混じった砂やウニ殻を除去する。②取り出した生殖腺をフライパン上でへらで練りながら弱火で加熱。③水分が減少してきたらフライパンに塗りのばし乾燥。④乾燥して張り付いたウニをこそぎ取り完成。

### 【結果及び考察】

珍味については、ウニの生殖腺がそのままの形で固まった状態となったが、生の際は黄土色であった色が薄茶色に変色してしまった（図13）。味はウニの風味は残っているが少々焦げて苦みのあるスルメのような味になった。

今回原料としたガンガゼの身入り率（身入り率%＝可食部重量÷とげ無し重量×100）は17.1%であった。また、可食部の乾燥後の重量は乾燥前の34.7%となった。よって、約1kgのガンガゼから約60gの加工品が生産できる結果となった。

色合いと苦みが課題として残るが、乾燥温度や調味料による味付けを工夫することで、比較的簡易に生産できる加工品に成りうると思われた。

一方、風味付け用フレークについては、弱火で加熱し続け、さらに練りながら乾燥させたためか、色が薄茶色に変色するとともにウニの風味がかなり薄くなり、ガンガゼの加工方法としては適さないと判断された（図14）。



図13 ガンガゼ珍味試作品



図14 ガンガゼフレーク試作品

### 3 有用藻類増養殖技術開発

#### 【方 法】

##### (1) ヒジキ種苗量産試験

平成23年度にヒジキ人工種苗の量産技術の開発に着手し、種苗培養シートはエステルテープ製が安価で耐久性がある、夏の高水温期における表層での種苗育成中に枯死することはない、健全な母藻・新しい幼胚が種苗生産に適している、種苗育成中の付着生物対策として定期的な淡水浴が必要、海水の流動がある方が生長が良い、といった知見が得られた。平成24年度は、種苗生産効率向上、生長促進、種苗コスト削減、養殖の省力化・コスト削減などの課題解決に向けた試験を実施した。

##### ①良質な幼胚を大量に確保する技術の検討

ホンダワラ類の一種であるアカモクは幼胚の冷蔵保存が可能であり、人工種苗生産等において幼胚の冷蔵保存が活用されている。ヒジキ種苗生産において、母藻から種苗生産に用いる幼胚を得るための陸上水槽施設に限られるなど、現状では良質の幼胚を一度に得るのが困難な状況であることから、アカモクのようにヒジキ幼胚を冷蔵保存し、量がまとまってから播種することが可能であるかを検証するため、幼胚を5℃で1, 7, 14日冷蔵保存し生長状況を比較した。また、幼胚の播種や冷蔵保存時に異物が混じると、基質への着生率の低下や幼胚の腐敗などの悪影響が考えられることから、幼胚に混じる異物除去のための洗浄方法について、プランクトンネットを使用した異物除去と遠心分離による異物除去について検討を行った。

##### ②海水の流れが生じやすいシート形状等の検討

平成23年度に海水の流動がある方が生長が良いという知見が得られたため、長さ2mの通常の種苗培養シートと海水の流動を良くするために1mのシート2枚を20cm程度の隙間を空けて連結したシートとで生長を比較した。また、水産技術開発センター前の海面施設付近を静穏な海域、指宿道の駅付近を波浪の影響を受けやすく海水流動が大きいと思われる開放的の海域として位置づけ、平成24年12月3日から平成25年1月11日までの期間中の種苗の生長を比較した。

##### ③各養殖現場における種苗育成の実践

養殖コスト削減方法の一つとして、養殖業者自身が種苗育成を実施して種苗経費を削減することが考えられる。よって、養殖現場における人工種苗育成の可能性を探るため、水産技術開発センターで5月にヒジキ幼胚を播種・定着させた培養シートを鹿児島地区（鹿児島市鴨池港）と大隅地区（錦江町大根占港）に各4枚を移設して育成試験を実施した。なお、当試験については、当センターがヒジキ幼胚のシートへの播種・着生までを実施し、現場での種苗育成については鹿児島湾水産業改良協議会が実施した。

##### ④養殖の省力化・コスト削減の検討

ヒジキ養殖は、ロープにヒジキ種苗を挟み込んで生長させるが、種苗をロープに挟み込む作業に労力を要するため、ロープに直に幼胚を播種し、種苗をロープ上で育成する試験を実施（企画研修部との共同実施）し、挟み込み作業の省略が可能であるか検討するとともに、種苗培養シート生地（エステルテープ）とロープ（ポリエチレン製、ナイロン製の2種）という基質の違いによる幼胚の定着状況の違いを比較した。

また、種苗培養シートの再利用による種苗生産コストの削減が可能であるかを検討するため、前年に使用した種苗培養シートと未使用のシートに同じように播種し、種苗育成後に100mm以上の種苗の着生密度で比較した。

## (2) アサクサノリ種苗生産

八代海出水地区のノリ養殖生産者グループがH18年からアサクサノリの養殖に取り組んでいるが、種苗（のり網に付ける胞子を出すカキ殻穿孔糸状体）の安定培養や乾海苔中のアサクサノリ割合の向上が課題となっている。このことから、北薩地域振興局と連携し、フリー糸状体を用いた種苗培養技術の指導やPCR法による種の判別（養殖したノリがアサクサノリであるか近隣の漁場から移入したスサビノリであるかを判定）等を実施し、生産者グループの取り組みを支援した。

当センターにおいて、カキ殻穿孔糸状体の平面式培養（5～10月、カキ殻4000枚）と出水で生産者グループが培養していたもののうち生長不良であった800枚の垂下式培養（8～10月）を実施し、カキ殻に付着した珪藻除去のための洗浄など培養中の管理は、生産者グループとともに培養期間中に3回実施した。また、培養完了時期の10月には、培養したカキ殻穿孔糸状体の胞子放出時期を把握するため胞子放出試験を行い、平面式培養と垂下式培養とを比較した。なお、放出された胞子の確認は、濾過海水を入れたビーカー内に糸状体培養基質であるカキ殻を糸状体が付いた面を下にして吊し、底面に置いたスライドガラスに落下した胞子数（顕微鏡の100倍1視野あたりの胞子数）で確認した。

PCR法の分析方法及び種の判別は、二羽(兵庫県 2005年)に従った。試料の採取については、生ノリの場合はノリ網からノリ葉体を採取して試料とし、乾海苔製品の場合は乾海苔を水で戻して葉体片とした後にランダムに採取したものを試料とした。

## 【結果及び考察】

### (1) ヒジキ種苗量産試験

#### ①良質な幼胚を大量に確保する技術の検討

幼胚を冷蔵保存した後の生長状況は、冷蔵保存期間1日では冷蔵しない場合より若干低下する程度で、播種後3週間程度で生残率40%であったが、冷蔵7日では僅かに生残が見られる程度、冷蔵14日では生残個体は無かった。よって、幼胚は5℃程度の低温では冷蔵保存ができないと考えられた。

平成23年度は、幼胚を50ミクロンメッシュの袋で回収していたが、幼胚に混じる異物を除去するため、70ミクロンメッシュのプランクトンネットに幼胚を収容して流水で洗浄したところ、異物がかなり減少した（図15）。

幼胚のサイズを測定したところ短径120、長径170ミクロンであり、100ミクロンのメッシュまでは幼胚が流失しないと判断されたので、100ミクロンメッシュでの幼胚洗浄を試験する予定。

異物混じりの幼胚混濁液を2,000回転/分で1分間遠心分離し、沈殿物を上層、中層、下層に分けて観察した。若干の差はあるものの、どの層にも幼胚と異物が見られた。幼胚自体の比重が大きいため、遠沈管に幼胚混濁液を入れるとすぐに異物と共に沈殿する状態で、幼胚と異物との比重差が小さいと考えられた。よって、遠心分離では効率的な幼胚の選別は困難と判断された。

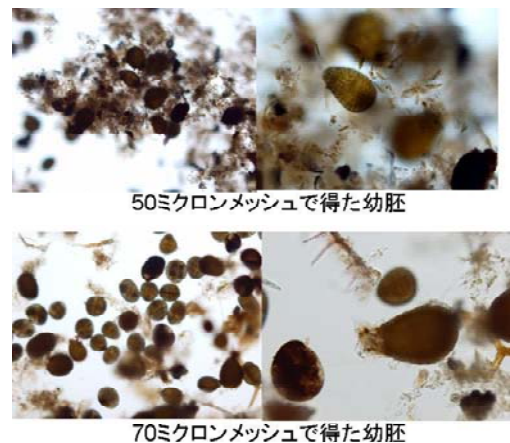


図15 幼胚洗浄の効果



### ②海水の流れが生じやすいシート形状等の検討

長さ2mの通常の種苗培養シートと長さ1mのシート2枚を20cm程度の隙間を空けて連結した種苗培養シートとの比較については、隙間を設けたシートの収穫種苗数が、通常のシートに比べ約6%低い結果となり、隙間を空けることへの効果は見られなかった。原因としては、隙間にゴミが引っかかったことにより、着生していた種苗がこすり取られた可能性が考えられた(図16)。

静穏海域と開放的の海域とでの生長比較について、100mm以上の養殖種苗サイズの割合で評価した結果、静穏海域が49.6%、開放的の海域が55.0%と、やや開放的の海域の方が若干ではあるが生長が良い結果となった(図17)。100mm以上の種苗の着生密度は、静穏海域が4,010本/m<sup>2</sup>、開放的の海域が4,103本/m<sup>2</sup>と、種苗培養シートへしっかり定着した後の時期であったこともあり、大きな差は見られなかった。

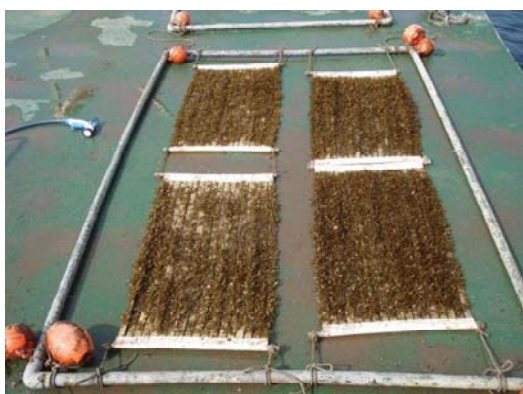


図16 隙間の有無による生育状況

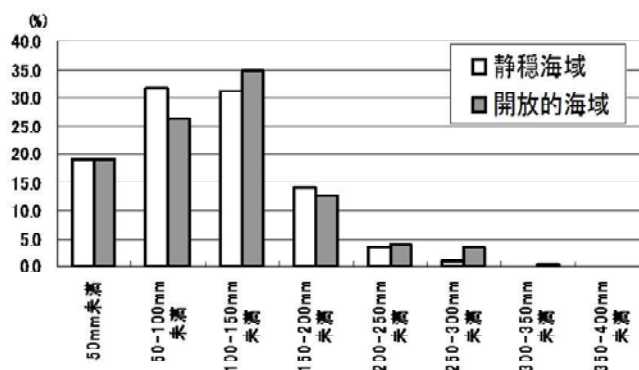


図17 藻体長の分布状況

### ③各養殖現場における種苗育成の実践

鹿児島地区、大隅地区両地区ともに残存個体が少なくなった。

鹿児島地区(鴨池港内)では、4枚のうち2枚のみ種苗培養シート上に低密度で残存したが、港の奥の方でかなり静穏な場所であったためか、火山灰や浮泥の堆積、藻類などの付着物が多かったとのことであった。

大隅地区(大根占港内)も港の奥で育成していたが、港内に流れ込む小規模河川の河川水が港内に滞留するようで、塩分濃度が通常の1/3程度に低くなる期間があり、ほとんどが生長できなかつたようである。



鹿児島地区(11月下旬) 水枝センター(11月上旬)

図18 育成場所による生長の差

なお、鹿児島地区で育成したものと水産技術開発センターの海面施設において育成したものとでは生長に大きな差が見られ(図18)、育成する環境の違いが生長に大きな影響を与えることが示唆された。

### ④養殖の省力化・コスト削減の検討

ヒジキの挟み込み式養殖に使用されるポリエチレン製のロープに直接ヒジキ幼胚を播種した結果、水産技術開発センター前の比較的静穏な海域においては、伸長するとともに脱落する様な傾向は見られず、順調に生長した。しかし、ロープ上では濃密に着生した部分とほとんど着生していない部分があるなど、種苗の定着状況にむらが生じた。

基質の違いによる幼胚の定着状況を比較した結果、2種類のロープよりエステルテープの着生密度が2倍程度高かった。エステルテープは表面が平面であるのに対し、ロープは表面が曲面であるとともに細いロープを撚ったり編み込んで作られているために凹凸が大きくなっている（図19）。この基質表面の形状が幼胚着生密度の差の原因となっている可能性があると考えられた。



上:ポリエチレン製ロープ 右:エステルテープ  
下:ナイロンロープ (幼胚播種後の状態)

図19 2種類のロープとエステルテープ

種苗培養シートの再利用については、前年に使用した種苗培養シートでも種苗生産が可能であり、シートの再利用により種苗生産コストを下げることができるとわかったが、未使用シートより100mm以上の種苗の着生密度が2割以上低かった。生産性は2割以上低いが、複数回の再利用が可能であれば、種苗生産コストの削減が可能であると考えられた。

## (2) アサクサノリ種苗生産

平成24年度から、出水地区のノリ養殖グループが生産地におけるカキ殻穿孔糸状体の平面式培養に取り組むこととなっていたため、5月下旬に当センターで培養したアサクサノリフリー糸状体を提供し、出水の種苗培養施設において、北薩地域振興局とともにカキ殻への播種方法を指導した。播種後の種苗育成・管理については、北薩地域振興局が実施した。

カキ殻穿孔糸状体培養後の胞子放出状況については、平面培養と垂下式培養ともに胞子放出促進処理後の9日目から上昇し始めたが、ピークは平面式が13日目、垂下式が11日目と違いが見られた。また、平面培養は放出胞子数が上昇してから4日後の最高641個まで徐々に上昇していったのに対し、垂下式培養では放出胞子数が上昇してから2日後の最高3,718個まで一気に急上昇するなど、胞子放出の仕方や放出量に違いが見られた（図20）。平面培養の放出胞子数が少なかったのは、カキ殻一面が真っ黒になるほど糸状体が繁茂し、鮫肌症状（糸状体が繁茂し過ぎて表面がざらつく状態となる）が生じていたためではないかと考えられ、糸状体が過剰に繁茂しないような培養管理を行う必要があると考えられた。

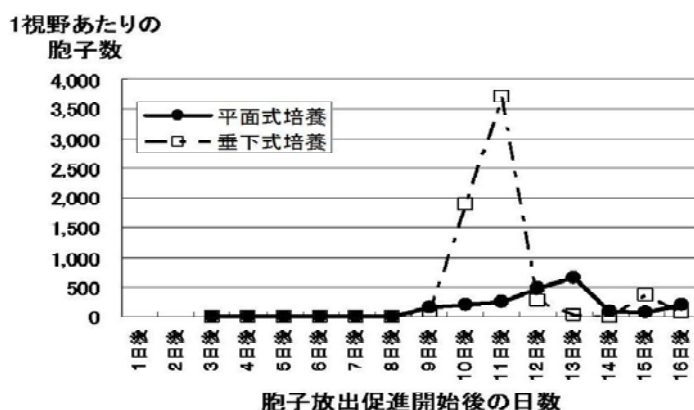


図20 平面培養と垂下式培養の胞子放出状況