

ヒジキ増殖事例集



令和3年3月

愛媛県農林水産研究所 水産研究センター

栽培資源研究所

はじめに

藻場は、有用水産生物の産卵や育成の場であり、光合成に必要な二酸化炭素のほか窒素やリンを吸収するなど海水浄化に大きな役割を果たす場でもありますが、本県瀬戸内海沿岸の藻場は大幅に減少しており、その再生が急務となっています。

これまで愛媛県農林水産研究所水産研究センター(以下、水研センター)では、ヒジキ養殖技術の開発並びにヒジキ藻造成技術の開発に長年取り組んできました。このうち、ヒジキ養殖技術に関しては、既にマニュアル化され平成27年に公表されており、今回は、平成26年度から令和元年度まで6年間にわたり実施した人工種苗移植ならびに岩盤清掃や母藻添加による藻場造成技術開発研究やヒジキの増殖場所選定の目安となる好適環境条件に関する調査などの結果をとりまとめましたので参考事例として紹介します。



ヒジキの生い茂る様子

1 人工種苗を用いたヒジキ藻場拡大・造成の手法について

天然域におけるヒジキの増殖手法には、これまでスポアバッグ法が用いられてきましたが、今回の研究では、新たに人工種苗によるヒジキ藻場の増殖技術開発に取り組み、有効な種苗生産方法や添加手法について検討しました。

(1) ヒジキ母藻の採集時期・方法について

今回の試験では、天然ヒジキを母藻として用いた種苗の基質への種付け方法について検討をおこないました。

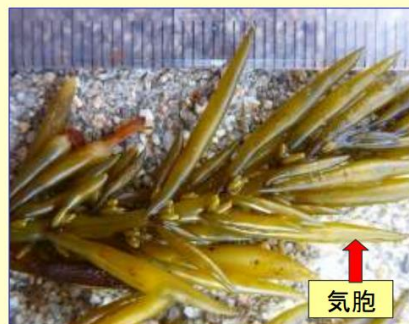
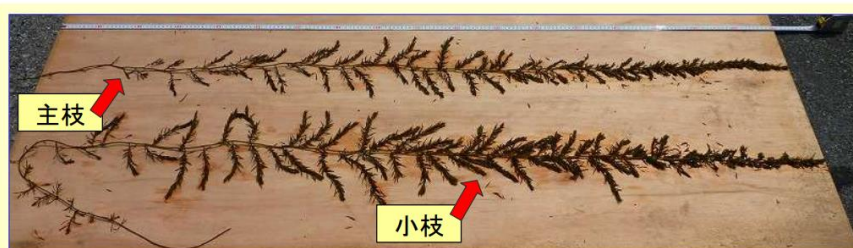
平成27年度発行のヒジキ養殖マニュアル(P26～参考)を参考に、伊予市森・大洲市青島・長浜町今坊地区等の天然ヒジキ藻場から関係漁協の許可を得たうえで成熟間近の雌雄のヒジキを母藻として採集しました。

各地点でのヒジキ母藻採集に適した時期の目安は、気象や海況等の影響により年変動はあるものの、以下の表のようになっています。このように、天然ヒジキ藻場によって成熟時期は多少前後するものの、伊予灘ではおおむね7月上旬～8月上旬が成熟期で、なかでも青島では例年、最も遅い時期まで成熟が確認されました。

場所	伊予市森	青島	今坊地区
採取時期	6月下旬～7月上旬	7月上旬～7月下旬	7月上旬～7月下旬

母藻に関しては、胴長を履いて入れる程度の足場の安定したヒジキ藻場を選び、ハサミを使って採集する方法を用いました。

なお、ヒジキ養殖マニュアル(P2～参考)にも記載されているとおり、ヒジキは、成熟後期になると仮根を残して主枝が流失しますが、この仮根から発芽し再び生長します。このため、翌年の収穫量を確保する意味で、収穫や母藻採集の際には必ず仮根を残して、主枝から切り取るようにしてください。



←ヒジキの外観
(ヒジキ養殖マニュアルより)

種付けに必要な母藻の採集量の目安としては、使用する水槽の水面が埋まるくらい用意できれば十分です。このように、母藻の必要量は水槽のサイズによっても変わってきますが当所では、ヒジキ種苗着生基質面積が 200 cm²/基の基質を20個入れた条件で、母藻を5~10Kg程度浮かべて種付けを行いました。

○●○●まとめ○●○●

- ・伊予灘ではおおむね7月上旬~8月上旬が成熟期なので、母藻採取時期は、6月下旬~7月下旬が目安
- ・ヒジキは、仮根から発芽し再び生長することから、収穫や母藻採集の際には必ず仮根を残して主枝から切り取るように

(2) 基質と種苗の種付け方法について

種苗の種付けに用いる基質に関しては、コンクリートブロック、ロープ、レンガやタイルの裏地など表面に凹凸のあるものであればヒジキの受精卵の付着が確認できました。

ここでは、受精卵の付きやすさと造成場所への設置が容易な、コンクリートブロックを使った種付け方法について紹介します。



コンクリートブロック



ロープ上の幼体

まずは、採苗のために水深が 50 cm以上確保でき、必要量の基質が並べられる水槽を用意します。次に水槽内に基質を並べ、1週間程度砂ろ過海水をかけ流しで放置しあく抜きをおこないます。その後は、天日干しで乾燥させると基質の準備が完了します。これらの基質を水槽の底に並べた後に砂ろ過海水を張り、その水面に成熟したヒジキ母藻を浮かべます。当所では、次の写真のように砂ろ過海水をかけ流しにして採苗を行いました。



←採苗時の水槽

このように成熟したヒジキ母藻を 1~2 週間程度浮かべておけば採苗できますが、成熟状態や水温・気温などの環境条件によって母藻の腐敗が早くおこる可能性があるため注意して観察し腐敗する前に取り除く必要があります。なお、このような方法では主に水槽の底に並べた基質の上面に受精卵が付着します。

種付け後は、基質上に小さな受精卵が付着しているのが確認できます。顕微鏡があれば付着数まで測定でき、100~200 粒/cm²程度確認出来れば種付け成功です。顕微鏡がない場合も目視で下の写真のように受精卵の付着が確認できれば大丈夫です。基質上に受精卵の付着を確認出来たら、母藻は取り除いて構いません。腐敗した母藻をずっと浮かべておくと、日光を遮り、種苗の着生の妨げにもつながるため早めに取り除いてください。



←基質に付着する受精卵

○●○●まとめ○●○●

- ・陸上水槽に成熟した母藻を浮かべて採苗する場合は、50 cm以上の水深を確保
- ・おおむね 1~2 週間程度で採苗可能であり、腐敗による水質悪化や遮光による生長不良を防ぐため、受精卵を確認後は速やかに母藻を取り除くことが重要

(3) 採苗後の育成管理について

まず、ヒジキの一年間の生長に関して説明します。基質に着生したヒジキの種苗はすぐに大きくなるわけではなく、次の図のようなサイクルで成熟や生長を繰り返します。

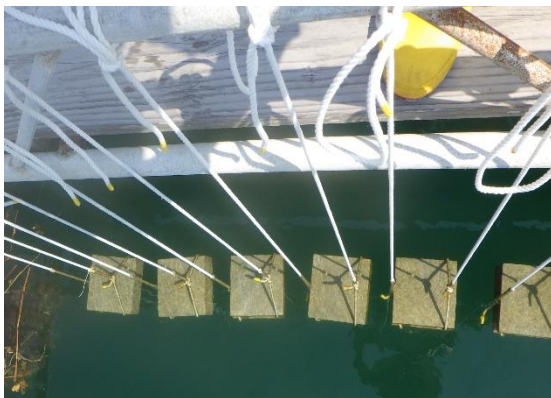


ヒジキの生長過程

図のように、ヒジキは受精卵から発芽し生長する場合、着生後の8月から翌年1月くらいまでは葉の数は増えるものの、主枝の長さは伸びないことが分かっています。また、採苗直後の基質を造成場所に設置しても、種苗の仮根が発達していないため付着力が弱く、波浪等によって流されやすくなってしまいます。そのため、育苗ともいいますが、種苗が完全に付着するまでの間、陸上水槽や海面筏で人為的に管理する必要があります。

種苗の育成管理(育苗)期間については、後述の設置時期に関する試験の結果を踏まえて、最適と思われる8月中に造成場所に設置するとした場合、設置前、少なくとも種苗が完全に付着するまでの2週間程度は、付着物の除去など人為的に管理する必要があります。

種苗の付着した基質は、陸上水槽だけでなく、漁港内の海面筏(1~1.5m程垂下)でも管理できますので、それぞれの条件に合った方法で行ってください。その際、どちらの方法で管理しても下の写真(赤点線内の緑の雑海藻)のように、少なからず雑海藻などの付着物が付いてしまいます。その場合は、ピンセットで雑海藻を取り除いてください。この時期のヒジキはとても弱いため、間違ってもヒジキを抜かないよう気を付けてください。(写真の赤矢印がヒジキ)



筏から垂下した基質



掃除前の基質

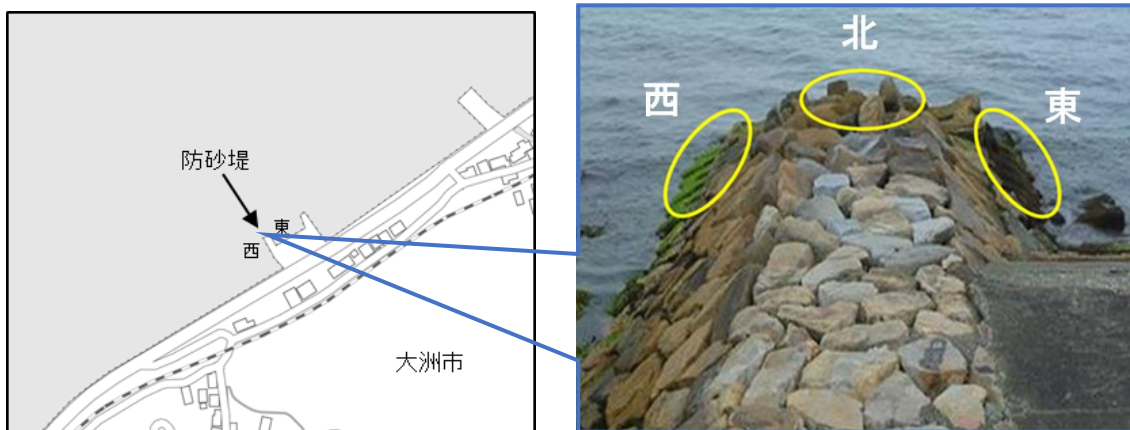
今回の試験では、雑海藻等の除去作業は設置までにおおむね1～2回程行いました。なお、基質が雑海藻でおおわれるとヒジキ種苗の生長の妨げになることや、着生数の減少につながることから、基質をこまめに観察し雑海藻を取り除いてください。

○●○●まとめ○●○●

- ・種苗が完全に付着するまでの間、陸上水槽や海面筏で人為的に管理する必要がある(育苗)
- ・育苗中は、ヒジキ種苗の成長阻害要因となる雑海藻をこまめに除去することが重要

(4) 造成場所への設置に関して

造成場所の選び方については、天然ヒジキが少しでも自生している場所や後述の「(3)波浪の影響の調査」を参考にしたヒジキ好適環境化への設置が良いと考えています。当所では、大洲市長浜町今坊地区の防砂堤へ基質を設置し試験をおこないました。



試験場所

まず、設置については、基質ブロックを防砂堤に水中ボンドを使って接着する方法でおこないました。水中ボンドとは水中でも剥がれない水に強いボンドのことで、ホームセンターなどで簡単に入手できます。このボンドを使って設置する際には、海面から設置箇所が一定時間干出している必要があるため、設置の際は大潮の干潮時がおすすめです。その他にも、設置箇所にあった方法で設置してもらっても構いません。

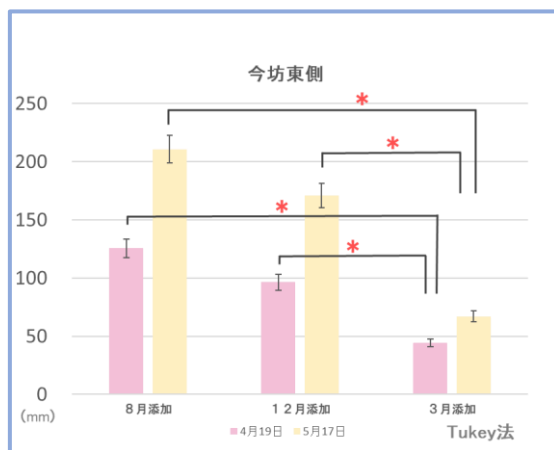
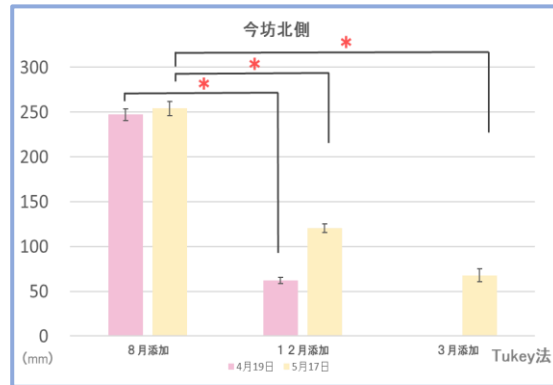
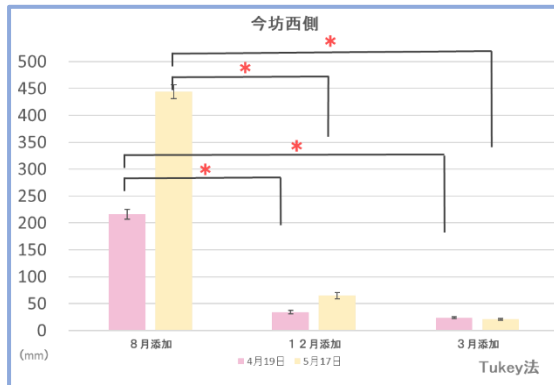
しかし、ヒジキが生長するまで1年以上波浪に耐えうる必要があるため、波浪強度には注意が必要です。なお、水中ボンドを用いて設置した基質は、2年間脱落は見られませんでした。



← 基質の設置状況

また、設置に際しては、勝手に設置してはいけない場所も多いため、漁港や海岸などの管理者から占有許可を取得するなどの手続きが必要でないか必ず確認してから行ってください。

当所では、今坊地区のフィールドにおいて、基質の設置時期に関する試験を行いました。防波堤の西・北・東に8・12・3月それぞれに基質を設置し、その後、収穫時期である翌年の4～5月のそれぞれの基質上のヒジキの長さ(主枝長)を比較しました。



このグラフの縦軸は基質上のヒジキを25本選び測定した主枝長平均、横軸は設置時期を表しています。また、Tukey法にてそれぞれ有意差※を調べ、2つのデータに有意差がある場合には図中の*で示しています。

その結果、ほとんどの設置箇所では他の月よりも8月に設置した基質上のヒジキの生長が他の時期と比較して有意に良いという結果が得られました。

※有意差を調べるとは

…意味のある差があるかどうかを調べることで、事象が偶然起きたのかそうでないかを判定する方法。

ここからは考察となりますが、これはヒジキの受ける波浪経験が関係していると考えられます。ヒジキ種苗が付着した基質を設置まで管理していた筏は、伊予市森漁港内の波静かな場所にあり、年間通して波浪は弱い傾向にあります。一方、設置場所である今坊防砂堤はこの筏に比べると、年間通して波浪が強く季節変動が大きい場所です。通常、天然のヒジキは、ある程度の強い波浪や干出の影響を受けて生長していると考えられますが、一方、波静かな森漁港内の筏に垂下して管理した場合、干満差の影響を受けることがなく、ヒジキ種苗が干出することはありませんでした。このことから、採苗後の早い段階で試験地に設置した基質上のヒジキの方が、波浪や干満差による干出の影響を受け、生長が良い結果が得られたと考えられます。

以上の結果と考察から、長期にわたり波浪や干出などの環境変化にさらされることで、仮根が発達し固着力が増したり、生長が助長されたりする可能性があることから、今回の試験場所のように波浪の強い場所にヒジキ種苗を付着させた基質を設置する場合には、種苗の基質への固着状況や仮根の発達具合を確認し、採苗後のなるべく早い時期に設置をおこなうことが好結果につながるのではないかと考えています。

また、基質設置翌年の5月以降の測定時には主枝長 60 cm以上のヒジキも多くみられており、基質上の人工採苗したヒジキも6～7月では成熟している様子が確認されました。この結果から、基質上の人工ヒジキも再生産にかかわっていると考えられ、人工種苗基質を設置することが持続的なヒジキ藻場の形成につながるものと期待しています。

○●○●まとめ○●○●

- ・ヒジキ種苗の付着した基質を設置する場合は、占用許可など必要な手続きについて要確認
- ・波浪の強い場所にヒジキ種苗の基質を設置する場合は、種苗の固着状況や仮根の発達具合を確認し、採苗後のなるべく早い時期に設置

2 伊予灘でのスポアバッグを用いたヒジキ藻場拡大・造成の手順について

宇和海では、リアス海岸の波の静かな入り江を利用してロープを用いたヒジキ養殖が行われている一方、伊予灘は冬期の季節風が直接沿岸に当たることから波浪が大変強く、養殖用ロープの設置が難しい環境となっています。このため、ヒジキの収穫量増加に向けては、全国的に行われているスポアバッグによる受精卵添加により既存の藻場を拡大する方法が最も効果的と考えられます。そこで、スポアバッグによる受精卵添加及び岩盤の清掃の試験のほか、波浪とヒジキの生長との関連性について調査を行い、伊予灘でのヒジキ藻場拡大に最も効果的な方法について検討しました。

(1) スポアバッグと岩盤清掃

① 伊予灘におけるヒジキの生長サイクルについて

試験に先立って、伊予灘の海岸沿いにおける月毎のヒジキの状態を調査しました。すると年変動はあるものの、おおむね以下ようになっていました。

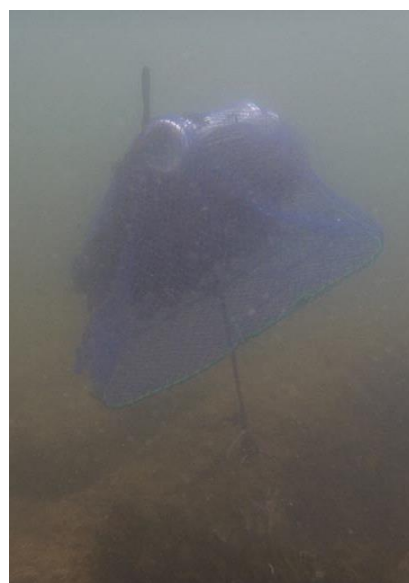
時期	7～8月	9～10月	翌3～5月
ヒジキの状態	成熟(放精、放卵、受精卵の着生)	根を張って伸び始める	収穫

② スポアバッグについて

ヒジキ藻場造成あるいは拡大を目指す場合には、漁場にヒジキの種を供給することを目的として、スポアバッグを用いる方法があります。スポアバッグは、かごや網の中に成熟したヒジキの母藻を入れて作製したものです。スポアバッグを作製する際は、かご(玉ねぎネットでも可)、浮子(ペットボトル等)、重り(石やブロック等)を用意します。かごにヒジキ母藻と浮子を入れ、スポアバッグを増殖させたい場所(主に岩盤)に重りと共に設置して、準備は完了です。水中でスポアバッグがゆらゆら浮遊し、その周辺に受精卵が着生します。



スポアバッグ



水中を浮遊するスポアバッグ

〔 ※注意:設置場所にひもを固定する場所がある場合は、重りは用意しなくて構いません。 〕

ヒジキの母藻は、現場付近から成熟したものを採取して使用してください。ヒジキは成熟すると生殖器床が大きくなり、「花が咲いた」ようになるため、見た目でもわかりやすいです。雄株と雌株があり、雄株は細く長い、雌株は丸く短いという特徴があります。



←成熟した雄株

7月～8月頃にヒジキ藻場に行き、成熟しているようなら雄株・雌株それぞれを採取します。

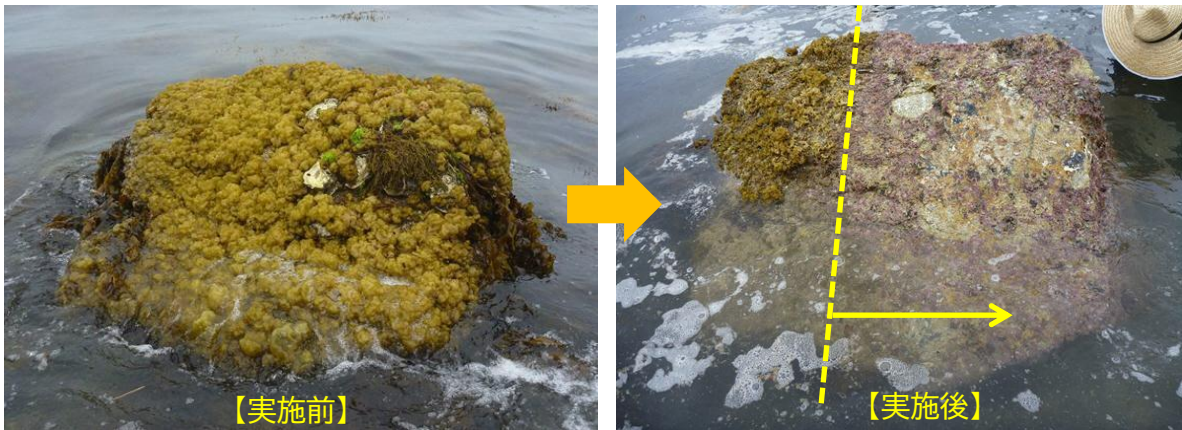
〔 ※注意:雄株と雌株の見分け方が難しい場合は、雌雄関係なく採集したヒジキをやや多めに入れたのでも構いません。 〕

③ 岩盤清掃について

ヒジキが生育している潮間帯は、貝類、海藻類など多種多様な生物が見られます。これらの生物は、ヒジキの幼体が岩盤に付着する際や生長する際に障害となる可能性があることから、岩盤清掃を行って幼体が着生しやすい状態をつくります。なるべく強力な高圧洗浄機を使って、ヒジキの幼体を着生させたい場所の付着物を可能な限り除去してください。



←高圧洗浄機による清掃



岩盤清掃の状況

○●○●まとめ○●○●

伊予灘の時期毎のヒジキの状態と上記の藻場拡大方法を組み合わせると、以下のようなスケジュールが最適と考えられます。

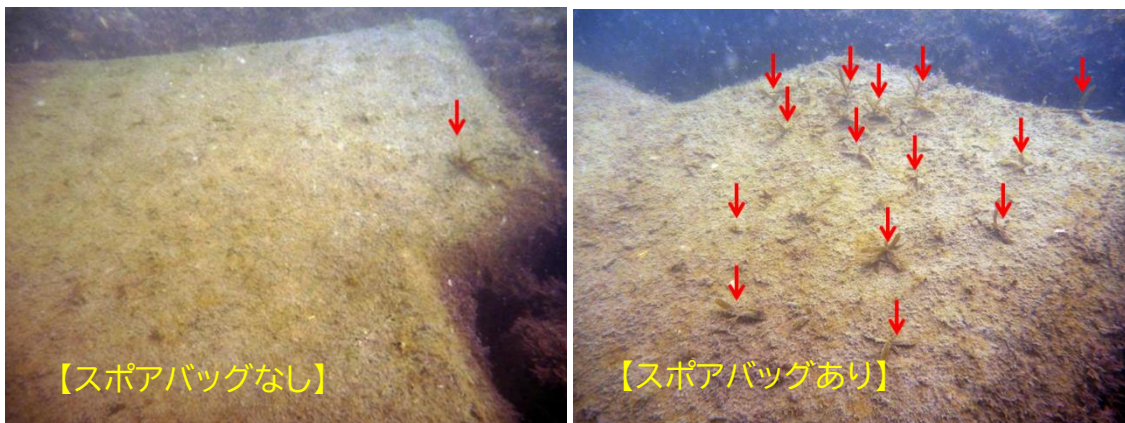
時期	～7月まで	7月～8月	設置1ヶ月後	8月～翌5月頃
方法	岩盤清掃	成熟した天然ヒジキを刈り取り、スポアバッグを作製・設置	設置したスポアバッグを回収	経過観察

(2) 実証試験

① 波浪が弱い場所での試験

上記で述べたようなスケジュールで、平成 26 年から 28 年にかけて、伊予市地先にある沖堤防(以下、潜堤)において、前述した岩盤清掃とスポアバッグの効果を検討しました。

まず、付着物を除去したコンクリート面にスポアバッグを設置した場合としなかった場合での幼体の着生状況を調べたところ、設置した方は幼体が約 10 倍多く確認され、スポアバッグの有効性が明らかとなりました。



つぎに、以下の試験区を設定し、岩盤清掃とスポアバッグの設置を2年間継続して行い、これらの組み合わせの効果を検討しました。

その結果、ヒジキの主枝数(本数)は、岩盤清掃とスポアバッグ設置をどちらか片方だけ実施するよりも両方実施した方が多くなる傾向が見られたほか、両方実施した区ではどちらも実施しなかった区と比べて有意に増加しており、効果が認められました。これらのことから、ヒジキ藻場を拡大するには、岩盤清掃とスポアバッグ設置の両方を継続して行うことが最も効率的だと考えられます。

なお、ヒジキは前年に主枝が離脱後、残った仮根から新たな芽を出し繁殖すること(栄養繁殖)による増殖効果が大きいと考えられていることから、高压洗浄の際には既存のヒジキを傷めないよう注意してください。

	試験区 A	試験区 B	試験区 C	試験区 D
岩盤清掃	あり	あり	なし	なし
スポアバッグ設置	あり	なし	あり	なし



試験区の様子

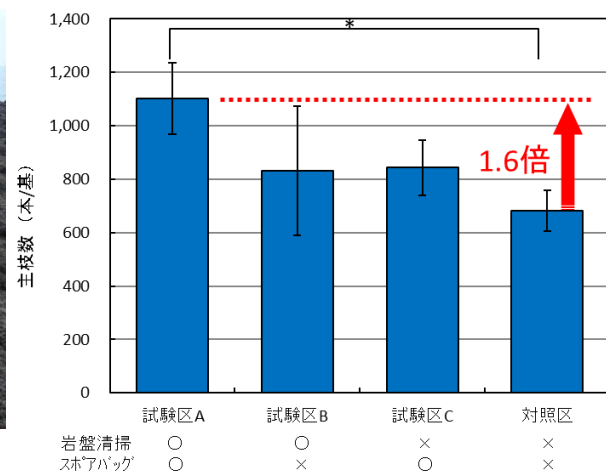


図 岩盤清掃とスポアバッグによるヒジキ主枝数の影響
(Tukey-test, *:p<0.01)

●●●●まとめ●●●●

- ・波浪の弱い場所においては、母藻添加とスポアバッグの設置を両方行うとより効果的
- ・岩盤清掃は、既存のヒジキを傷めないように作業する。
- ・毎年継続して行うことで、効果 UP

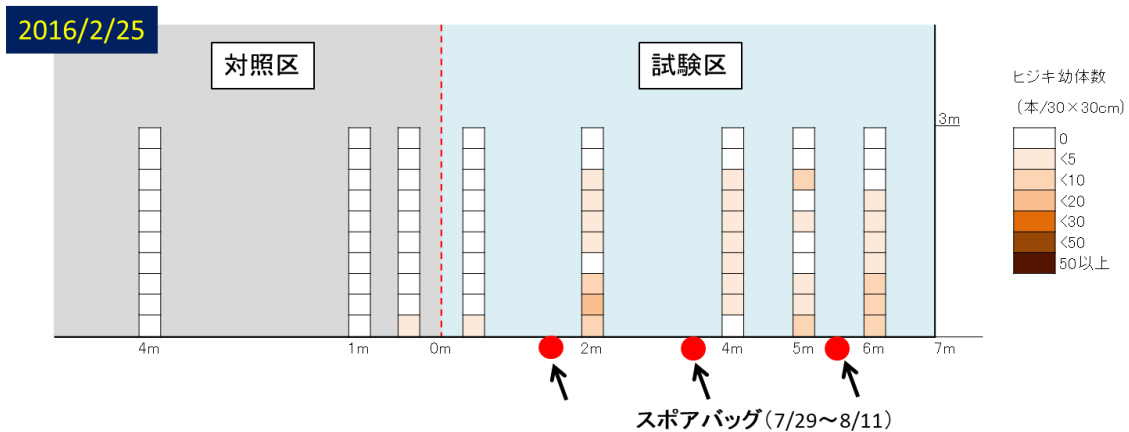
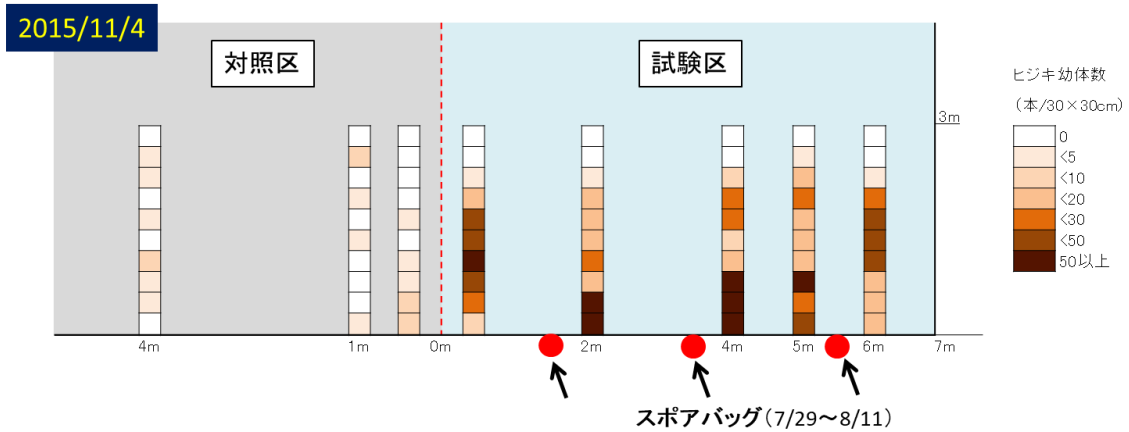
② 波浪が強い場所での試験

次に、潜堤よりも波浪が強い場所(大洲市長浜町)においてヒジキ藻場拡大を試みるため、潜堤と同様の方法で7月~8月にスポアバッグを設置し、ヒジキの幼体数を計数しました。



すると、8月には 212 本ほどあった幼体が、2月の計数時には 20 本ほどしか残っていませんでした。試験場所は冬期の波浪が強いため、付着したヒジキの幼体が流出してしまったと考えられます。これらのことから、ヒジキ藻場を拡大するには、波浪の影響を考慮してスポアバッグの設置場所を決める必要があります。

比較試験実施場所



比較試験におけるヒジキの幼体数
(対照区:岩盤清掃なし、試験区:岩盤清掃あり)

○●○●まとめ○●○●

- ・波浪の強い場所では、スポアバッグによる種の供給効果により幼体が着生しても冬期の強い波浪で流されてしまうことがある。
- ・ヒジキ藻場拡大・造成を目指すには波浪の影響が重要と考えられることから、ヒジキの生長に好適な場所の選定が必要

(3) 波浪の影響の調査

そこで、平成 30 年から令和元年にかけて、波浪とヒジキの生長との関連性を調べることにしました。ヒジキ養殖マニュアルにおいてもヒジキの生長には「適度な波浪が必要」と述べられていますが、どの程度の波浪があればいいのかについては、過去の研究でも経験則によるところが大きいようです。そこで、加速度を測定できるデータロガーを伊予灘沿岸のヒジキ藻場 4 地域に設置しました。ロガーの加速度は 10 分に 1 回計測する設定とし、記録した加速度の各月の上位 0.1% の平均をとりました。

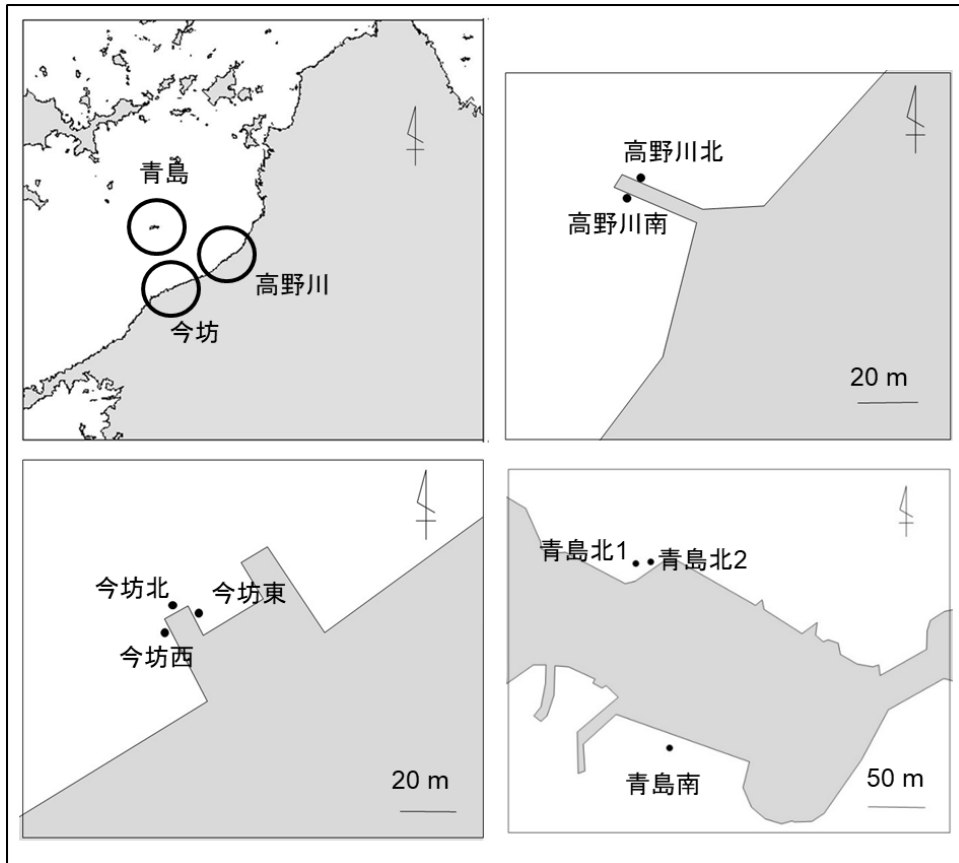


加速度データロガー

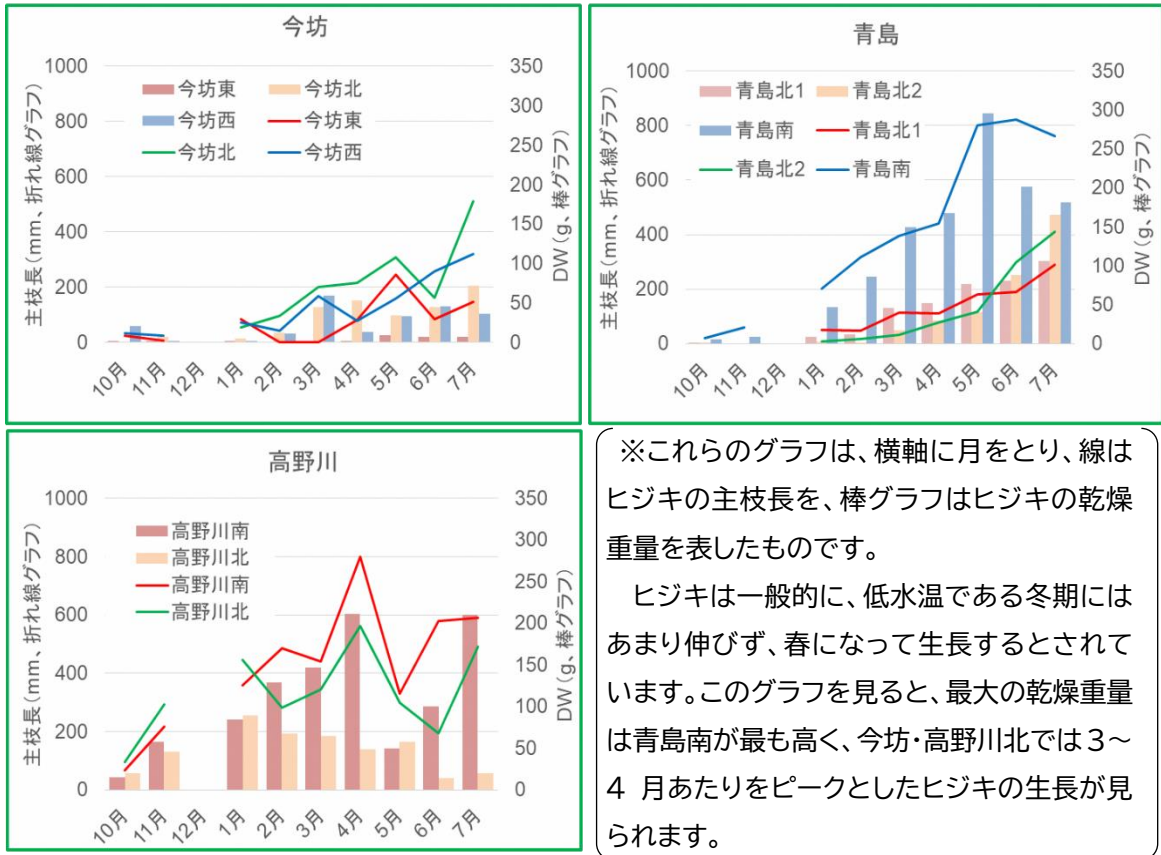


設置した様子

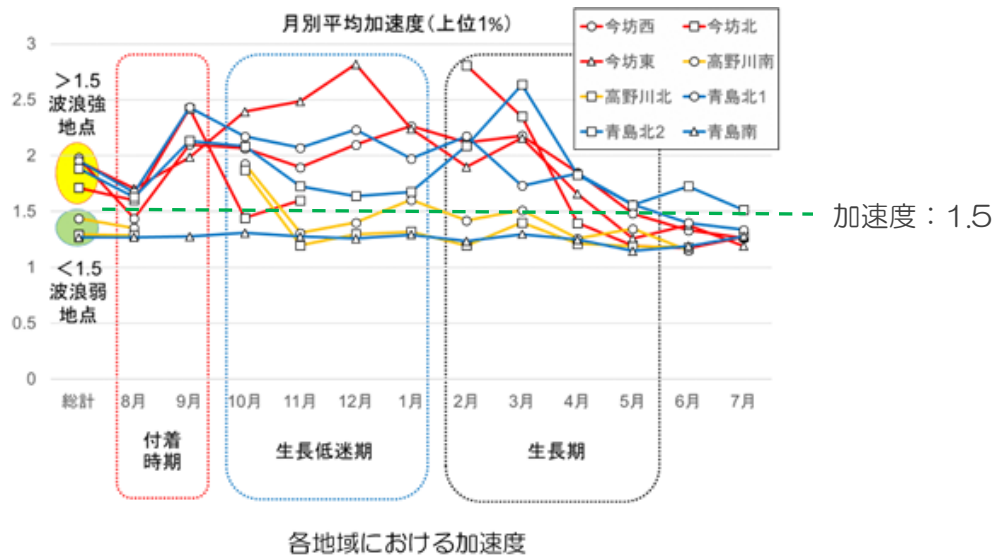
データロガー設置場所



各地点におけるヒジキの主枝長と乾燥重量(DW)



次に、解析のため、年平均加速度が 1.5 の強さを境目として2つのグループに分け、1.5 未満のグループを「弱波浪」地域、1.5 以上のグループを「強波浪」地域としました。すると、1.5 未満の地域では、波浪が強いほどヒジキの生長が良く、1.5 以上の地域では波浪が強いほど生長が悪いという結果になりました。



漁場の波浪特性と生長の関係

加速度と収穫期(翌4月)のヒジキの主枝長の関係について

◎:強い相関がある

○:相関がある

—:弱い相関あるいは相関なし

ピンク:正の相関(加速度が大きいほど主枝長が長い)

水色:負の相関(加速度が大きいほど主枝長が短い)

	①波浪弱地点 総計年平均 <1.5 青島南、高野川北・南			②波浪強地点 総計年平均 >1.5 今坊西・北・東 青島北1・2		
	8-9月	10-1月	2-5月	8-9月	10-1月	2-5月
長さ	◎	◎	◎	○	◎	—

①波浪弱地点:10月-1月の加速度高⇒収穫期の主枝長が長い傾向

②波浪強地点:10月-1月の加速度高⇒収穫期の主枝長が短い傾向

これは、今回伊予灘で設定した試験地において、年平均加速度 1.5 前後が最もよく育つ「適度な波浪」であることを示しています。最もヒジキの生長が良い(主枝長が長い)青島南は年平均加速度が 1.5 程度の地域ですが、環境的には、島の南側に位置する湾内で、冬季の強い季節風の影響を受けにくい島裏の地域です。これは、今回の試験地における環境を表しているものですので、燧灘や宇和海で同様の調査をするためには、実際にロガーを1年以上設置する必要があります。

○●○●まとめ○●○●

- ・今回の試験地において、ヒジキは「年平均加速度 1.5」前後の地域で最も良く育つ(=1.5 程度が「適度な波浪」)
- ・年平均加速度 1.5 程度とは、冬季の強い季節風の影響を受けにくい島裏の地域など
- ・他海域で適地を調査するには、ロガーを少なくとも1年間は設置すること

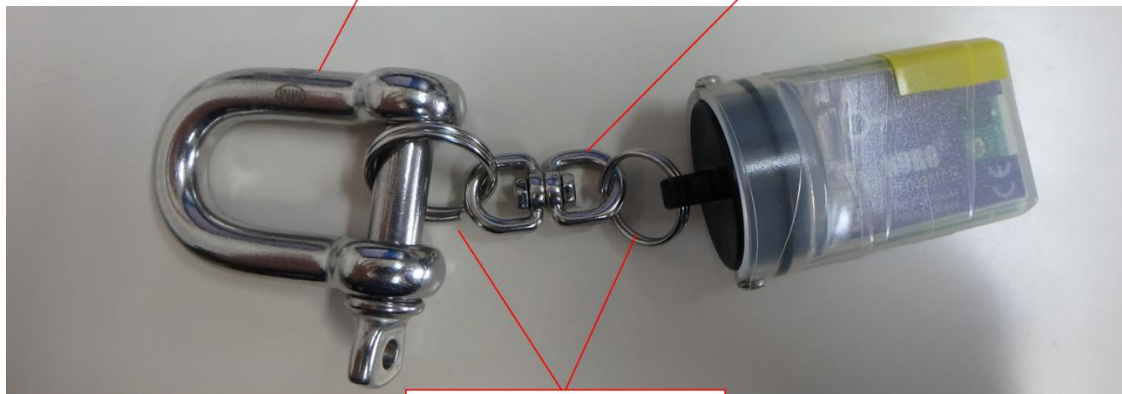
★ロガー設置の注意点

1 ロガーは、ヒジキ藻場造成を行いたい場所と同じ高さに設置します。ヒジキがすでに生えている場所で拡大を目的とする場合は、ヒジキが生えている箇所と同じ高さに設置します。ヒジキは潮間帯に生えているので、高さが非常に重要です。ヒジキがない箇所で藻場造成を行いたい場合は、同海域でヒジキが生えている場所の高さと同じとなる時間に現場を確認し、その時間の海面を目印として、その高さに設置してください。

2 ロガー設置に向けて、まず、ロガーが波浪によって自由に運動できるように、以下のようなロガーセットを用意します。道具はホームセンター等で購入でき、その際はなるべくステンレス製のものを選んでください。また、ロガーが岩に打ち付けられて故障する場合がありますので、ロガーにビニールテープを巻いたり、緩衝材を巻いたりして衝撃を和らげる工夫が必要です。

①シャックル

②スィベル



③・④Wリング

ロガーの準備

3 2で作成したロガー1式を取り付ける場所を探します。現場に、ロガーを固定できるような構造物があれば良いですが、ない場合は、丸型のペグを打ったり、ロープを設置したり、水中ボンドで構造物を接着させたりしてシャックルを取り付けましょう。



丸型のペグで固定



ロープで固定



←水中ボンドで金具を固定し設置

4 波浪が強い場所では、ロガーの流出防止措置が必要になります。シャックルの固定具を結束バンド等でしっかりと止め、丸型のペグを設置している場合は流出防止のロープをつけましょう。

5 10分に1回の記録だと、ロガーは5か月程度記録し続けます。1か所につきロガーは2個用意し、ロガーを交換する形でデータ回収をするとスムーズです。

※注意:ロガーを設置する際は、海面の占用許可や地元の漁業協同組合さんの同意が必要な場合がありますのでご注意ください。また、データの取得や解析等についてこの資料だけでは説明しきれないところもありますので、ロガーを設置予定の際は、愛媛県農林水産研究所水産研究センター栽培資源研究所にご相談をお願いします。

(4) まとめ

○●○●○伊予灘におけるヒジキ藻場拡大、造成に向けたステップまとめ●○●○●

前々年					前年								当年								
8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	
場所の選定									岩盤清掃		スポアバッグ		経過観察								収穫

STEP1 場所の選定

- ・ロガーを数か所に設置（占用許可が必要かどうか確認。必要なら許可をとる）
- ・データ取得後、藻場の造成、拡大に最も適していると思われる場所を選定

STEP2 岩盤清掃

- ・選定した場所の岩盤清掃を行う

STEP3 スポアバッグ添加

- ・成熟している天然ヒジキを採取。スポアバッグを作成する
- ・岩盤清掃した付近に設置

STEP4 経過観察

- ・ヒジキに付着物等がついていないか確認
- ・付着物が付き始めたら、除去するか早めに収穫する

STEP5 収穫

- ・3～5月の大潮の干潮時に収穫するのが一般的
- ・仮根を残すと、翌年、仮根から新たにヒジキがよきによき伸びてきます。
根ごと刈らずに、根元を5cm程度残して収穫し、翌年に残しましょう！