

青さのり養殖マニュアル

令和4年度改訂版

令和4年3月

三重県水産研究所

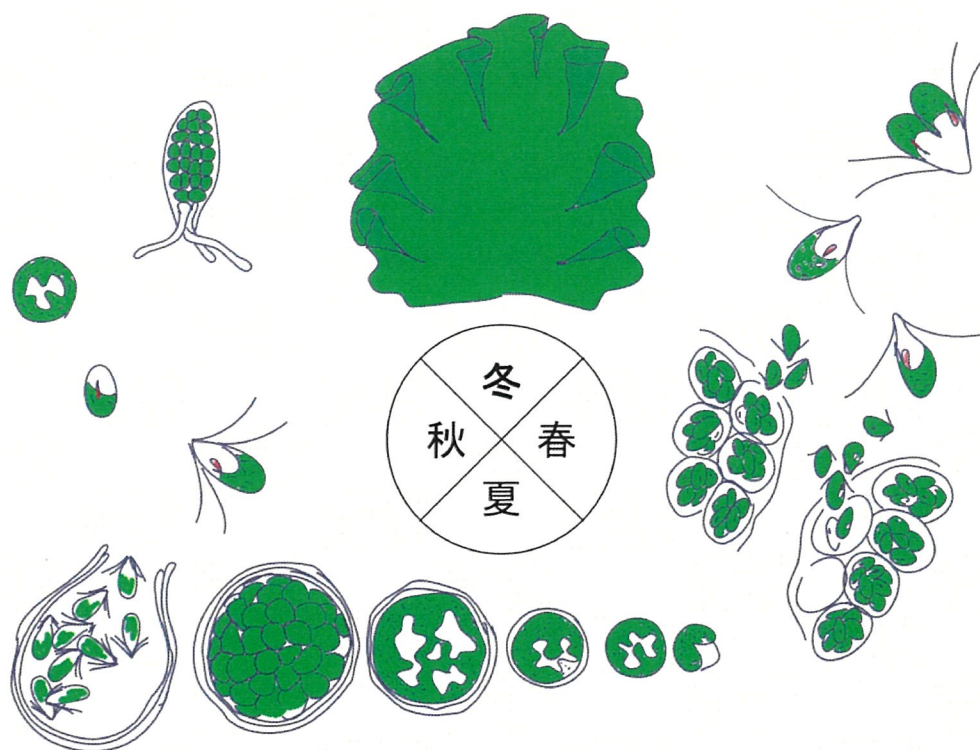
(志摩市委託事業)

青さのり（ヒトエグサ）の養殖と生活史

三重県内で青さのりと呼ばれる海藻は、正しくはヒトエグサという緑藻の一種の葉状体を指します。ヒトエグサは、一年生の海藻で、その生活史に合わせて養殖が行われています。

9月頃になると、海底の石などに付着している接合子から種（遊走子）が放出されます。この遊走子を養殖網に付ける作業を採苗と呼びます。養殖網に付着した遊走子が発芽すると、一層の細胞からなる平らな葉状体になります。その後、10月頃には葉状体が1mm程度に生長し、初めて肉眼で確認することができます。早ければ12月上旬には10cm以上に達し、3月から5月にかけて成熟します。本種の葉状体は雄と雌が別々の個体（雌雄異株）で、成熟すると葉先の細胞が黄緑色や黄褐色の配偶子を作る細胞（配偶子母細胞）となり、そこに形成された雌または雄の配偶子が放出されます。そして、葉状体は5月下旬から6月下旬に消失します。

海中に放出された配偶子は、雄と雌の配偶子がくっつき（接合）、接合子となって海底の石などに付着します。これらは全て顕微鏡で見えるサイズの単細胞球状体として越冬する間に生長して大きくなり、直径約50~60 μ mに達し、8月下旬頃から成熟し始めます。球状体の内部が分裂して普通32個の遊走子を形成し、9月上旬から下旬にかけて再び遊走子を放出することで1年間の生活史となっています。



網合わせ・網染め・杭打ち（8月～）

本格的な養殖作業の前に、養殖網の準備と杭打ち（支柱の設置）を行います。

- ・ ヒトエグサ養殖に用いられる網は、その年に新調した網を使用することもあります。多くの場合は何年も使用され、前年にも使用した網が用いられます。漁期終了後に洗浄し、乾燥した網4～6枚を重ね、紙ひも等でまとめることで、採苗時の作業を効率的に行います。まとめた網の束を1玉と呼びます。
- ・ 次に、1玉ごとにまとめた網を網染めすることで、網を赤や紫などに着色します。収穫した青さのりに切れた網が混入した際に、見分けにくい緑色は使用しないほうが良いとされています。着色することに意味があると考える方もいますが、基本的には見た目の問題と言われています。網染めには樹脂と染料が用いられ、樹脂が固まることによって、傷んだ網がほつれることを防ぎます。網染めしていないほつれた糸に付いた青さのり幼体は、安定して仮根を伸ばすことができないと考えられており、それを防ぐため樹脂が用いられています。
- ・ 8月中旬以降、各漁場で網を設置するための支柱を設置します。採苗漁場、育苗漁場、養殖漁場の順に杭打ちが行われ、採苗や育苗の期間中に養殖漁場の杭打ちが平行して行われていきます。漁場ごとに、鉄筋や竹、コンポーズなど最適な種類や長さの杭を用います。



採苗（種付け）（9月）

青さのり養殖では、採苗工程が最も重要で、収穫量に大きく影響します。

- ・ 種場とよばれる採苗漁場は、海底が泥の少ない礫や砂で、真水と海水が混じり合い、潮汐の干満により海底が干出する干潟や河口部漁場が良いとされています。
- ・ 三重県内では、志摩市内の的矢湾や英虞湾、南伊勢町沿岸の他、紀北町長島や矢口浦で採苗が行われています。
- ・ 伊勢湾内で青さのりを養殖する津市や松阪市、伊勢市では採苗は行われていないため、種網を購入して養殖が行われています。志摩市内の多くの養殖業者は地先に種場があるため種網の購入や他地区での種付けの必要はありませんが、採苗時期や生長特性の異なると考えられる種網を得るため、南伊勢町沿岸や紀北町長島でも採苗を行っています。
- ・ 採苗の開始時期は、これまでの経験から、各採苗漁場ごとに9月上旬のおおよその目安の日があると言われています。採苗開始の目安の日でも大きな失敗にはならないと考えられますが、日平均水温が30℃を下回る時期に遊走子の放出が始まり、20℃を下回るまでの間は天然採苗ができることが分かっています。→試験①
- ・ 限られた期間にその漁期に必要な数百枚の養殖網に採苗する必要があるため、20枚程度重ねた状態で採苗を行います。また、採苗の期間は最短で3～5日間で、次の養殖網に交換します。一度にすべての養殖網に採苗せず、数回に分けることで時期的な失敗を避けることができます。
- ・ 採苗時の網の高さは、岸壁に付着しているマガキの上部の高さに合わせることが基本とされています。実際に、採苗時の養殖網の高さを計測したところ、潮位表基準面潮位で平均133cmでした。スマートフォンのアプリなどを活用して、潮位予測や潮位偏差を確認することができます。



＜試験①＞天然採苗密度と環境条件の関係

方法

志摩市浜島町浜島の桧山路川河口、志摩市浜島町迫子の迫子川河口及び畔杯浦の天然採苗漁場 3 地点において、試験糸を設置し、3 日後に回収した。8 月 24 日に最初の試験糸を設置してから 12 月 10 日に最後の試験糸を回収するまで、設置と回収を週に 2 回の頻度で 31 回繰り返した。また、各地点の海底に水温ロガー（onset 社製 Tidbit v2）を設置し、8 月 1 日から 12 月 10 日まで 30 分間隔で記録し、日平均水温を算出した。



実験室に持ち帰った試験糸は、濾過海水に 1mg/l の濃度で二酸化ゲルマニウムを添加した 1/2SWM 改変培地を用いて、500ml 枝付フラスコで通気培養を行った。培養は、水温を 20℃、光周期を明期 10 時間、暗期 14 時間、光強度を 3,000lux とし、1 週間に 1 回換水した。約 2 週間培養した後、蛍光顕微鏡（OLYMPUS 社製 BX51）と B 励起蛍光フィルターを用いて、片側 2mm あたりの幼芽数を 1 試験区につき 10 回計数した平均値を 1cm あたりの採苗密度（個/cm）に換算した。

結果と考察

3 地点の採苗密度を図 1 に示す。初めて幼芽を確認することができた試験糸を設置した日から最後に幼芽を確認することができた試験糸を設置した日まで、桧山路川河口と畔杯浦では 73 日間、迫子川河口では 77 日間であった。また、これまで確認している中で最も低い採苗密度で養殖されたのは 7～8 個/cm であることから、養殖に用いることが可能であると考えられる採苗密度は 7.0 個/cm 以上と考え、それ以上の採苗密度であった試験糸の最初の設置日から最後の設置日までの日数は、桧山路川河口では 49 日間（9 月 7 日から 10 月 26 日）、迫子川河口では 45 日間（9 月 18 日から 11 月 2 日）、畔杯浦では 39 日間（9 月 14 日から 10 月 23 日）であった。3 地点で漁業者による天然採苗の開始を最初に確認したのは、桧山路川河口と迫子川河口では 9 月 10 日、畔杯浦では 9 月 17 日であり、今回の結果で 7.0 個/cm 以上の採苗ができた日と概ね一致していた。また、通常の天然採苗が実施される 9 月上旬から 9 月下旬は天然採苗できる期間の初期に該当することが明らかになった。

期間中の日平均水温を図 2 に示す。桧山路川河口では平均 24.8℃、最大 33.8℃（8 月 31 日）、最小 14.3℃（12 月 6 日）。迫子川河口では、平均 24.7℃、最大 34.1℃（8 月 31 日）、最小 15.0℃（12 月 6 日）。畔杯浦では、平均 24.6℃、最大 33.2℃（8 月 31 日）、最小 13.9℃（12 月 10 日）であった。3 地点で同時に初めて幼芽を確認することができた試験糸を設置

していた9月4-7日の日平均水温の最大と最小は、桧山路川河口では30.5℃、26.7℃、迫子川河口では29.4℃、25.8℃、畔杯浦では31.2℃、29.8℃であり、この4日間で期間中の最大値を確認した8月31日以後、おおよそ初めて水温が30℃を下回った時期であった。また、前述の採苗密度7.0個/cm以上の期間の日平均水温の最高と最低は、桧山路川河口では31.3℃、21.9℃、迫子川河口では28.8℃、19.2℃、畔杯浦では30.6℃、20.2℃であり、おおよそ日平均水温が20℃台の期間と一致することが分かった。

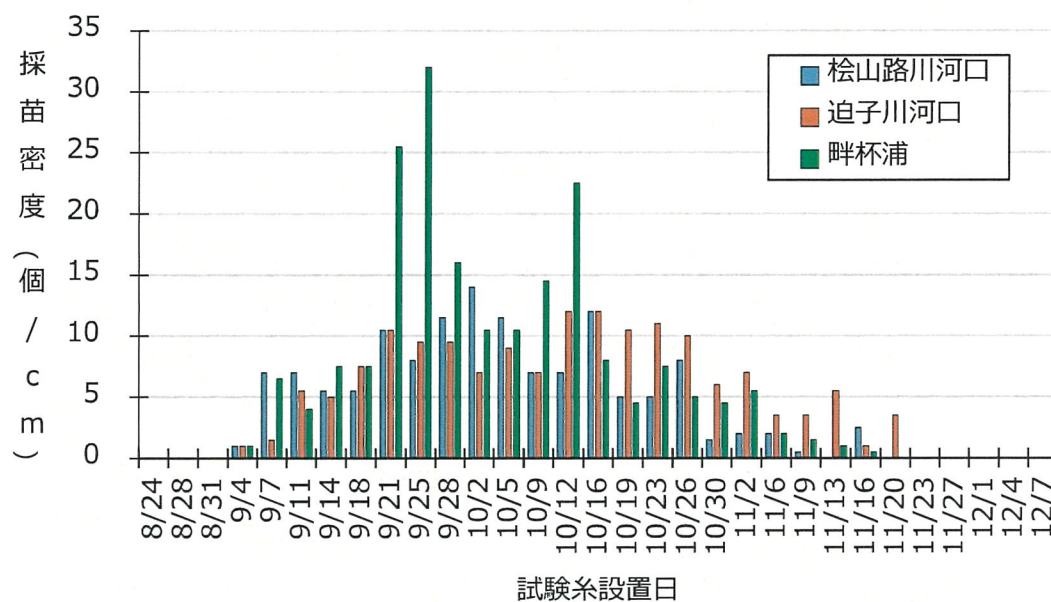
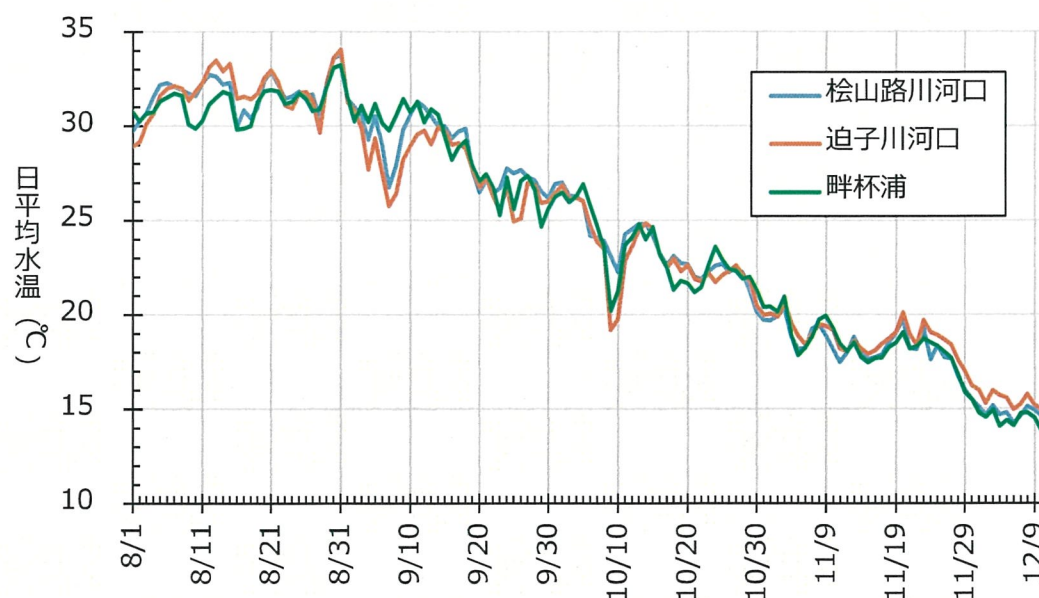


図1 試験糸設置日と3地点での採苗密度

図2 3地点での日平均水温



育苗（10月～）

やっと見えるようになってきた小さな青さのりを大切に育てます。

- ・ 採苗後の養殖網を最後の本張り工程までの間、小さな葉体を徐々に大きく育てる工程です。はじめは10枚程度の養殖網を重ねていますが、葉体の生長にあわせて、重ね網の枚数を減らしていきます。
- ・ 水温がまだ高いこの時期は、養殖網に付着する生物も多く、養殖網をきれいに保つため、養殖網を最も高く設置します。採苗工程より10～20cm程度高く設定されることが多く、実際に計測したところ、潮位表基準面潮位で平均141cmであり、採苗工程に比べて8cm高く設定されていました。
- ・ また、河川水の影響を受ける漁場では、大雨の後に養殖網に泥などが付着することがあり、養殖網をきれいに保つため、高圧洗浄機により網を洗浄する漁業者もいます。葉体がちぎれてしまわないか心配ですが、数mmの小さな葉体は、高圧洗浄機で洗っても、養殖網に残っているようです。
- ・ この時期はまだ水温が高く、植食性魚類（アイゴやメジナ、クロダイ）が活発に活動するため、ホームセンターなどで購入したネット（以下、食害ネット）で周囲を囲む必要があるとされています。
- ・ 植食性魚類は、水温の低下に従い摂餌行動が減少し、英虞湾で検証したところ、アイゴでは13.5℃、クロダイでは15.0℃程度まで、食害が続くことが分かりました。→試験②



＜試験②＞ヒトエグサの食害状況の把握

方法

志摩市大王町船越の次郎六郎海水浴場のヒトエグサ養殖漁場において、11月6日に同地区で一般的に本張りと呼ばれる養殖工程と同様の方法で2枚に重ねた養殖網を設置し（以下、試験区）、5秒間隔に設定したタイムラプスカメラ（brinno 社製 TLC200Pro）を国立研究開発法人水産研究・教育機構瀬戸内海区水産研究所が公表する



方法（<http://feis.fra.affrc.go.jp/seika/tayousei/fishdiv/housing.html>）を参考に作製したハウジングに收容し、養殖網の下に設置した。比較のため、英虞湾で一般的に魚類による食害対策に用いられている 16mm 目合いの食害ネットで周囲を囲んだ対照区に2枚に重ねたヒトエグサ養殖網を設置し、タイムラプスカメラを設置した。試験には採苗時から同じ過程で養殖され、試験開始まで同養殖漁場において食害ネットで周囲を囲んで養殖されていた4枚重ねの養殖網を用いた。葉長の計測は1～2週間に一度の頻度で実施した。試験開始11日後の11月17日から養殖網を固定する杭の海底部に水温ロガー（onset 社製 MX ペンダント温度）を設置し、30分間隔で記録することで日平均水温を算出した。また、試験を開始した11月6日から11月17日までは、三重県真珠養殖関係漁場水温モニタリングシステム（<http://www.ohyamanet.info/~m-shinkyo/index.php>）の英虞湾湾奥地点の水深 0.5mの毎時水温を日平均水温に換算した。得られた画像から、PC 上で目視により養殖網への摂餌行動をとった魚種と尾数を記録し、初めて画像に写った時から画像から消えるまでの時間を計測し、一度画像に写った魚種が5分間以内に再度写った場合は継続して摂餌しているものとみなし摂餌時間を計測し、尾数との積をのべ摂餌時間とした。

結果と考察

試験期間中の日平均水温の平均は 15.7℃、最大 19.1℃（11月20日）、最小 10.8℃（1月10日）で、昇降を繰り返しながら下降した（図1）。

試験区において期間中に養殖網への摂餌行動が見られたのは4魚種で、のべ摂餌時間の合計は、アイゴ 4,555 分間、クロダイ 2,555 分間、クサフグ 372 分間、メジナ 3 分間であった（図2）。クサフグとメジナについては、のべ摂餌時間が非常に短く、今回の試験ではアイゴとクロダイによる食害が葉長に影響を及ぼしたと考えられる。対照区では食害ネットの隙間から侵入したと思われるクロダイののべ摂餌時間の合計が37分間のみで、食害ネットにより魚類による摂餌を防ぐことを確認した。

食害の影響をほとんど受けなかった対照区の葉長は、試験を開始した11月6日の1.2cmから増加傾向が続き、試験を終了した1月19日には7.1cmに生長した(図3)。食害の影響を受けた試験区では、11月6日に1.5cmあった葉長がアイゴとクロダイの食害により7日後の11月13日に0.3cmとごくわずかに葉体を残した状態となった。その後生長する傾向がみられたが、再びアイゴとクロダイの食害により12月4日に0.8cmまで縮小しが、以降は葉長の増加が続き、試験を終了した1月19日に4.8cmに生長した。試験終了時の試験区と対照区の葉長を比較すると約1.5倍の違いがあり、食害ネットの有無が葉長に影響を与えることが確認できた。一方で、今回の試験では、食害を受けた試験区であっても増減しながらも徐々に食害が減少し、最終的には食害より生長が勝り、生長を続けた。このことから、魚類による食害は顕在化しにくく、漁業者による養殖網の確認頻度が少ないと生長が遅れているだけといった印象を与えることがありと考えられる。

今回の試験では、魚類の摂餌行動と葉長を同時に観察することを目的に養殖網を入れ替えずに試験したため、藻体がほとんど食べつくされた11月14日以降の1週間程度の摂餌行動がほとんど見られなくなった。このように、餌となる葉体の量が異なるため魚類の摂餌行動を正確に評価することは難しいが、魚種ごとの日合計のべ摂餌時間と日平均水温との関係を見ると、水温の低下に伴い日合計のべ摂餌時間が減少する傾向があった(図4)。また、アイゴでは13.5℃程度、クロダイでは15.0℃程度で摂餌がなくなることが分かった。

今回の結果から、魚類による食害対策として食害ネットの設置が有効であることが確認されたが、本張り工程では育苗工程に比べ柵数が多くなること及び漁場の水深が比較的深いこと食害ネットの設置が難しくなることから、英虞湾では魚類の食害が無くなる、または少なくなってから本張りが開始されることが多い。これまでは魚類による食害の減少を把握することはできなかったが、今回の結果から水温がその指標となることが分かった。しかし、冬季の水温低下の遅れや最低水温の上昇により、近年では本張り工程の開始が遅くなる傾向にあり、安価で簡易な食害ネットの開発やその他の方法での植食性魚類の防除技術の開発や駆除等により、早期に本張り工程が開始できれば、減少する生産量を維持増大することも可能と考えられる。

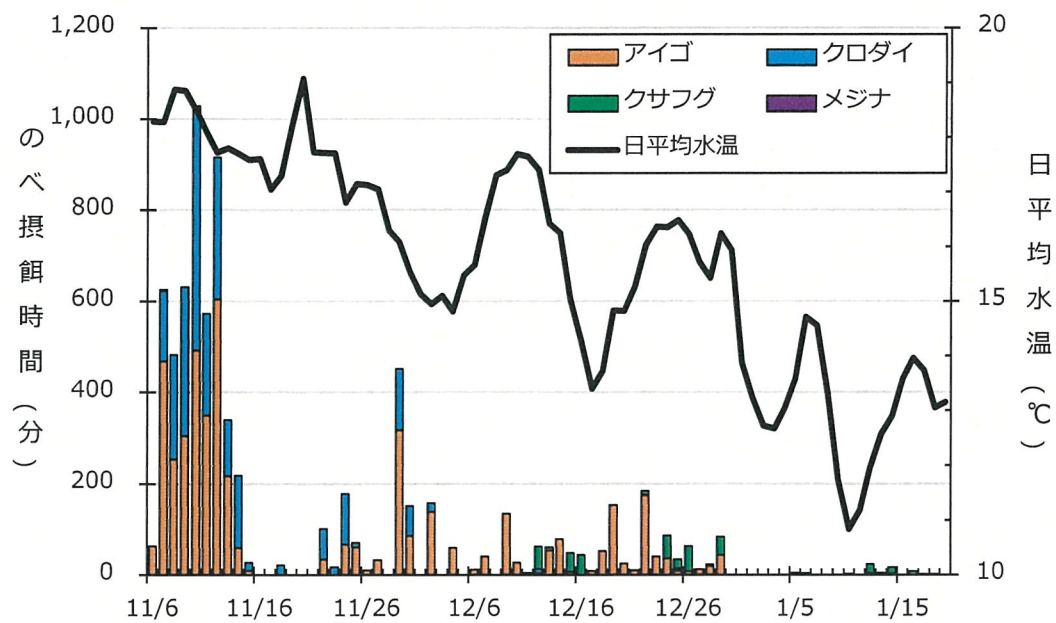


図1 のべ摂餌時間と日平均水温の推移

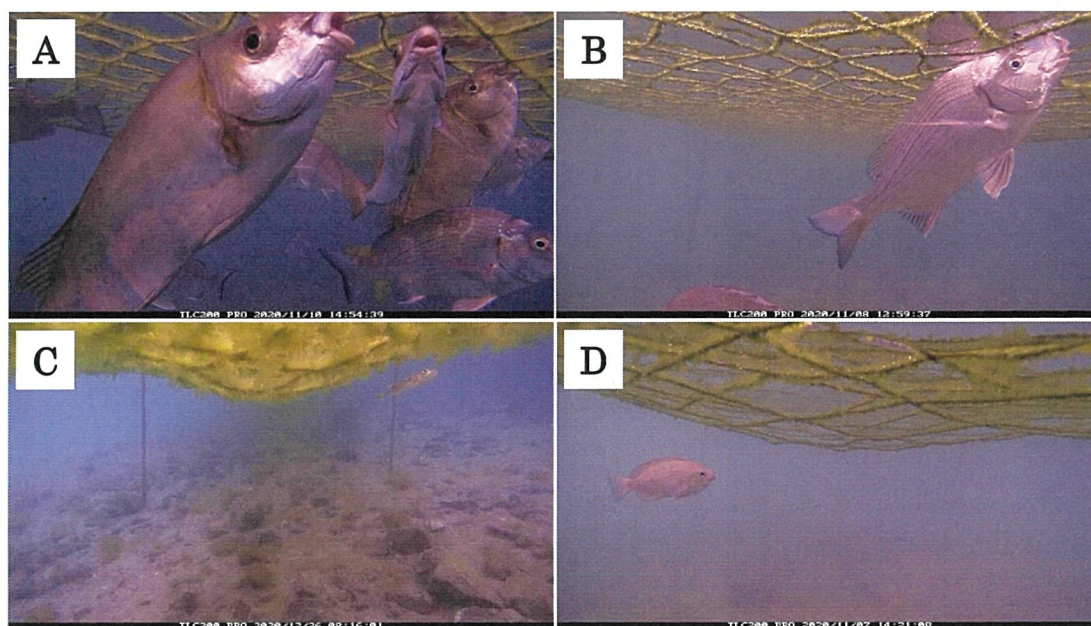


図2 摂餌行動が確認された魚種 (A:アイゴ、B:クロダイ、C:クサフグ、D:メジナ)

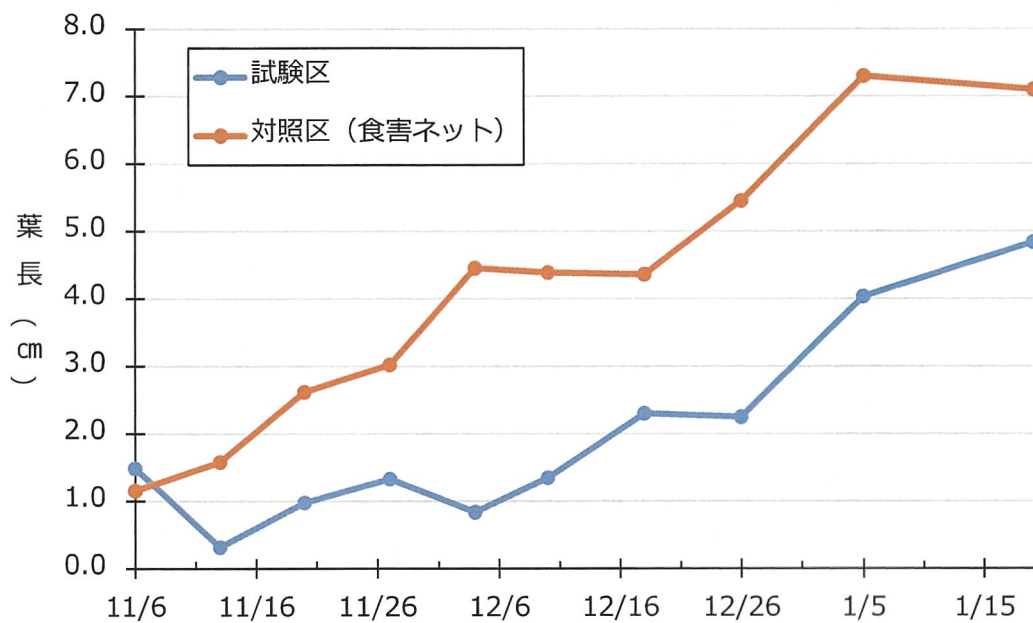


図3 葉長の推移

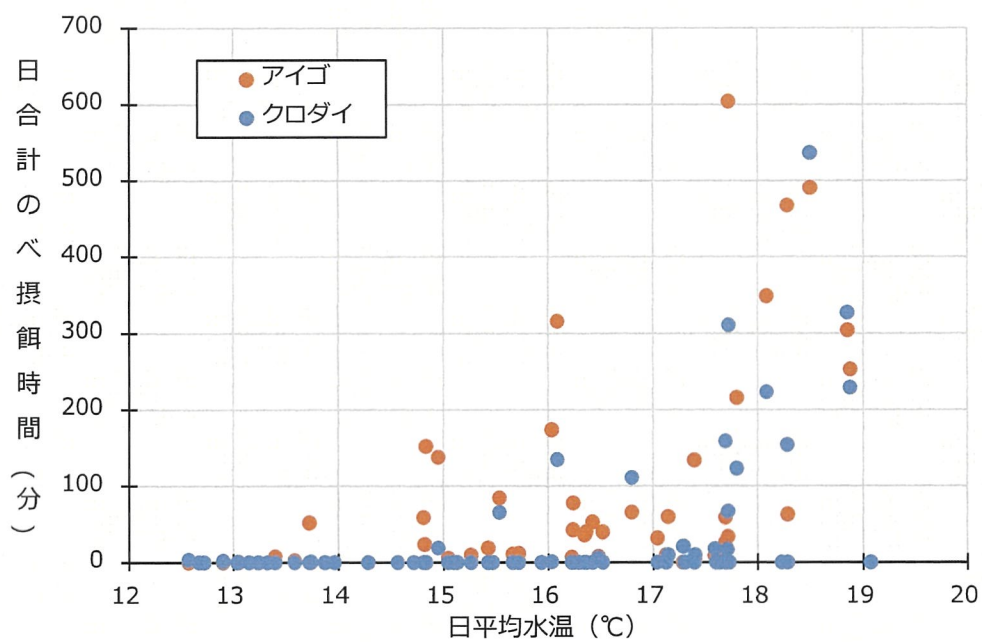


図4 日合計のべ摂餌時間と日平均水温との関係

本張り（１２～４月）

青さのりを育てる最終工程、本張り工程で一気に大きく育てます。

- ・ 本張り工程では、葉体を生長させるため、養殖網を育苗工程より低く設定します。採苗工程と同じくらいの高さに固定されることとなりますが、葉体の生長により、養殖網の重量が増し、大きく垂れ下がることで、採苗工程より養殖網の干出時間は短くなります。
- ・ 養殖網を低くすると、葉体は生長しますが、低すぎて干出が不足すると珪藻の付着などにつながるため、周囲の養殖網の様子も見ながら高さをかえていきます。
- ・ 近年では、12月上旬から本張り工程が開始されていますが、水温低下の遅れから、年々本張りの開始が遅くなる傾向があります。本張り工程の遅れは摘採の遅れにつながり、生産期間の短縮、生産量の減少に繋がります。本張り工程で使われる漁場は、比較的深く、また柵数も多くなるため、食害対策も難しくなりますが、本張り工程を早く開始することは生産量の増加につながります。→試験③
- ・ 養殖網を設置する漁場の数を「柵数」と言い、本張り柵数は志摩市内の漁業者では300～400柵程度で、最も多い漁業者は700柵という方もいます。
- ・ 2枚重ねで本張りし、十分に生長した養殖網から摘採を行い、空いた漁場には、代わりに育苗している養殖網を本張りします。生長の良い漁場では、このような養殖網の交換を2回転以上行うため、本張り漁場の柵数の2～3倍の枚数が準備されています。
- ・ ヒトエグサ養殖では、採苗、育苗、本張りのすべての工程で養殖網を干出にさすために一般的に支柱式養殖が行われますが、英虞湾の一部の地区では、干出のない「浮き張り」と呼ばれる方法で本張り工程が行われている地区があります。浮き張りでは、支柱式に比べて葉体は良く生長しますが、珪藻等の付着生物の混入を防ぐため1ヶ月程度が限度とされています。



＜試験③＞重ね網枚数による生長の違い

方法

ヒトエグサ養殖は、大きく分けて採苗工程、育苗工程、本張り工程の 3 工程に分けられる。通常は、9 月の採苗工程、10～11 月の育苗工程に続き、魚類による食害が収束する 12 月頃から 2 枚重ねの本張り工程が開始される。しかし、近年では秋季の水温低下の遅れにより魚類による食害の収束が遅くなり、本張り工程の開始が遅くなっている。食害の防除を実施したうえで、早期に本張り工程を開始することで、葉体の生長に違いがあるのか検証した。

志摩市大王町船越の次郎六郎海水浴場のヒトエグサ養殖漁場において、魚類による食害対策を実施したうえで、11 月 3 日に養殖網を 1 枚、2 枚重ね、4 枚重ね、8 枚重ねで支柱に固定し（図 1）、重ね網枚数によるヒトエグサ葉体の生長を比較するために 1 枚の試験区以外は最も上に設置した上網と最も下に設置した下網の葉長をそれぞれ計測した。葉長の計測は、約 1 週間に一度の頻度で実施した。また、試験を開始した 11 月 3 日から、試験を終了した 12 月 28 日の間、養殖網を固定する支柱の海底部に水温ロガー（onset 社製 MX ペンダント温度）を設置し、30 分間隔で記録し、日平均水温を算出した。



図 1 試験開始時の養殖網（右から、1 枚、2 枚重ね、4 枚重ね、8 枚重ね）

結果と考察

試験期間中の日平均水温の平均は 15.5℃、最大 20.4℃（11 月 3 日）、最小 11.4℃（12 月 27 日）で、昇降を繰り返しながら下降した（図 2）。

1 枚で設置した網は、順調に生長を続け、試験開始 42 日目の 12 月 15 日に葉長はすべての試験区で最大の 7.5cm に生長した（図 3）。その後、55 日目の 12 月 28 日には 6.0cm に短縮した。2 枚重ねの試験区では、試験開始 14 日目の 11 月 17 日まで上網と下網の生長に大きな差はなく、試験開始 21 日目の 11 月 24 日から 42 日目の 12 月 15 日までは上網の方が葉長は長かったが、試験を終了した 12 月 28 日時点では、逆に下網の葉長が長くなっていた。4 枚重ねと 8 枚重ねの試験区では、試験開始 6 日目の 11 月 9 日には上網と下網で生長

差が確認でき、試験を終了する12月28日まで差は維持されたままであった。また、12月28日の観察では8枚重ね試験区の上網の最も垂れ下がる部分（支柱と支柱の中間部分）を中心に、それまで確認されなかった葉体の短縮や脱落が目立っていた（図4）。

また、試験を終了した12月28日時点で、2～8枚の重ね網試験区において、全ての網の葉体を採取し並べて比較したところ、上網に比べて下にある網ほど葉体の緑色が濃い傾向があった（図5）。

他の網に比べて、4枚重ね下網と8枚重ね下網での葉体の生長が遅かったこと、4枚重ね下網に比べて8枚重ね下網の方がより生長が遅かったことから、通常より早く2枚重ねの本張り工程を開始することで、全ての網を効率よく生長させることができることが分かった。また、8枚重ねのまま葉体を生長させると上網の生長した葉体が短縮や脱落した。この原因は特定できないが、長く垂れ下がった葉体が付着している網より下の網の間に挟まったり擦れたりすることが原因と推察される。加えて、網による葉体の色の差は、収穫後の乾燥製品の色むらに繋がり、製品評価を下げることが多い。このように、本張り工程を早く開始することにメリットがあることに加えて、4枚や8枚の育苗工程が長引くことにはデメリットがあるため、近年の高水温化による水温低下の遅れにより、本張り工程の開始が年々遅れる傾向があるが、食害対策を実施したうえで、早期に本張り工程を開始することが望ましいと考えられる。

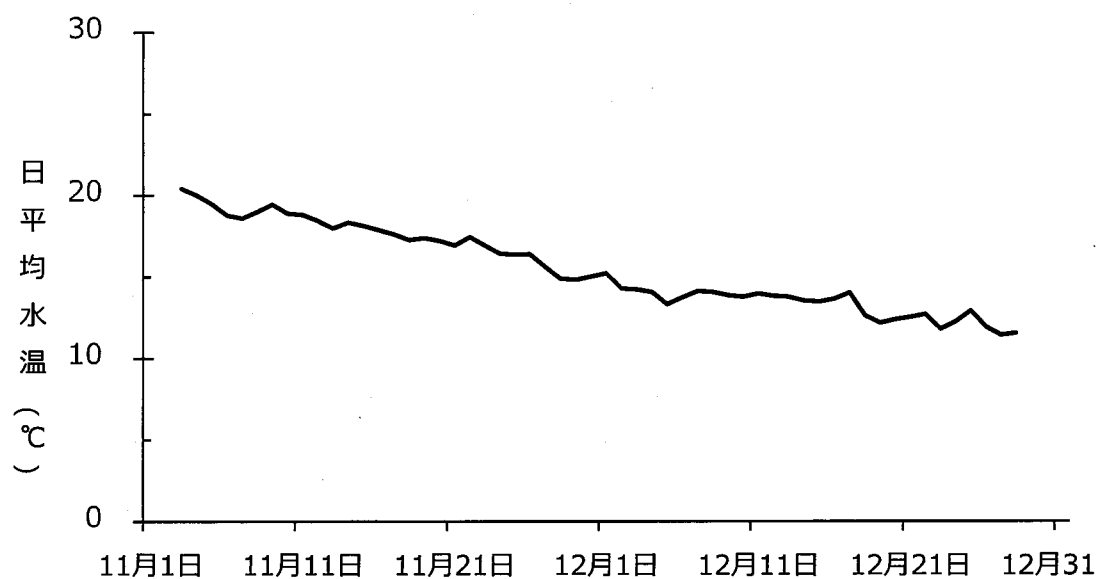


図2 試験期間中の日平均水温の推移

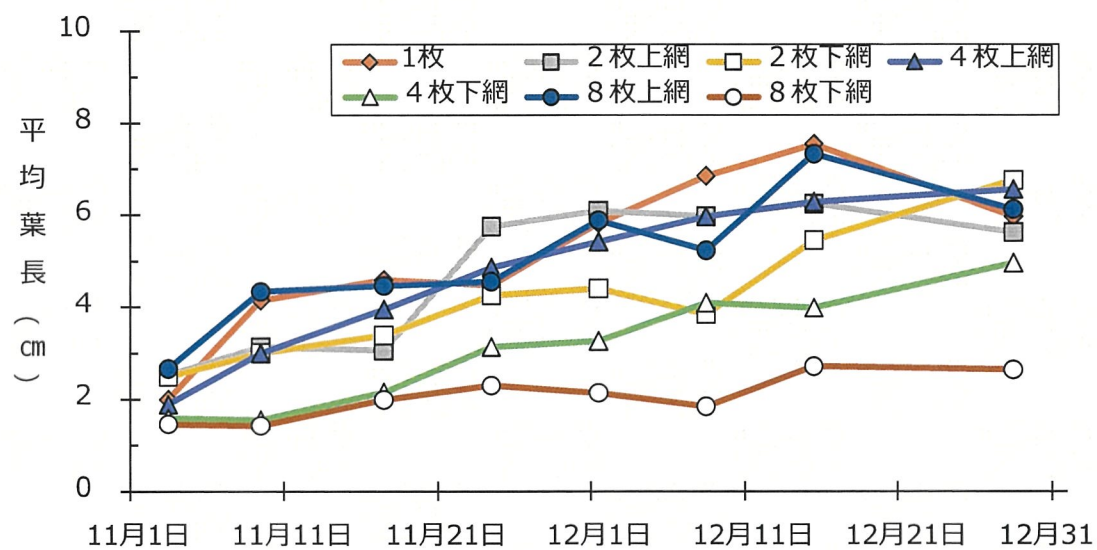


図3 平均葉長の推移



図4 葉体の短縮や脱落が見られた8枚網試験区の上網 (12月28日)

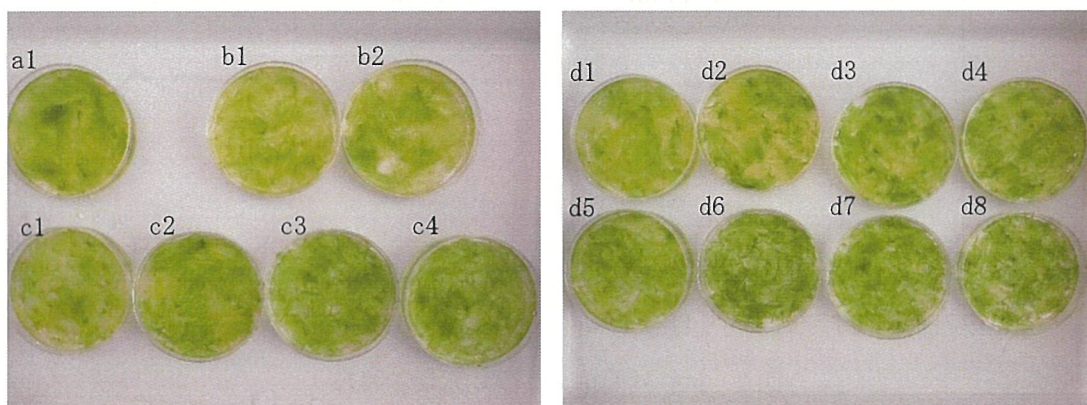


図5 試験終了時に各網から採取したヒトエグサ葉体

(a: 1枚網、b: 2枚網、c: 4枚網、d: 8枚網。アルファベットの後の数字は、上網からの枚数を示す。)

摘採・加工（１～４月）

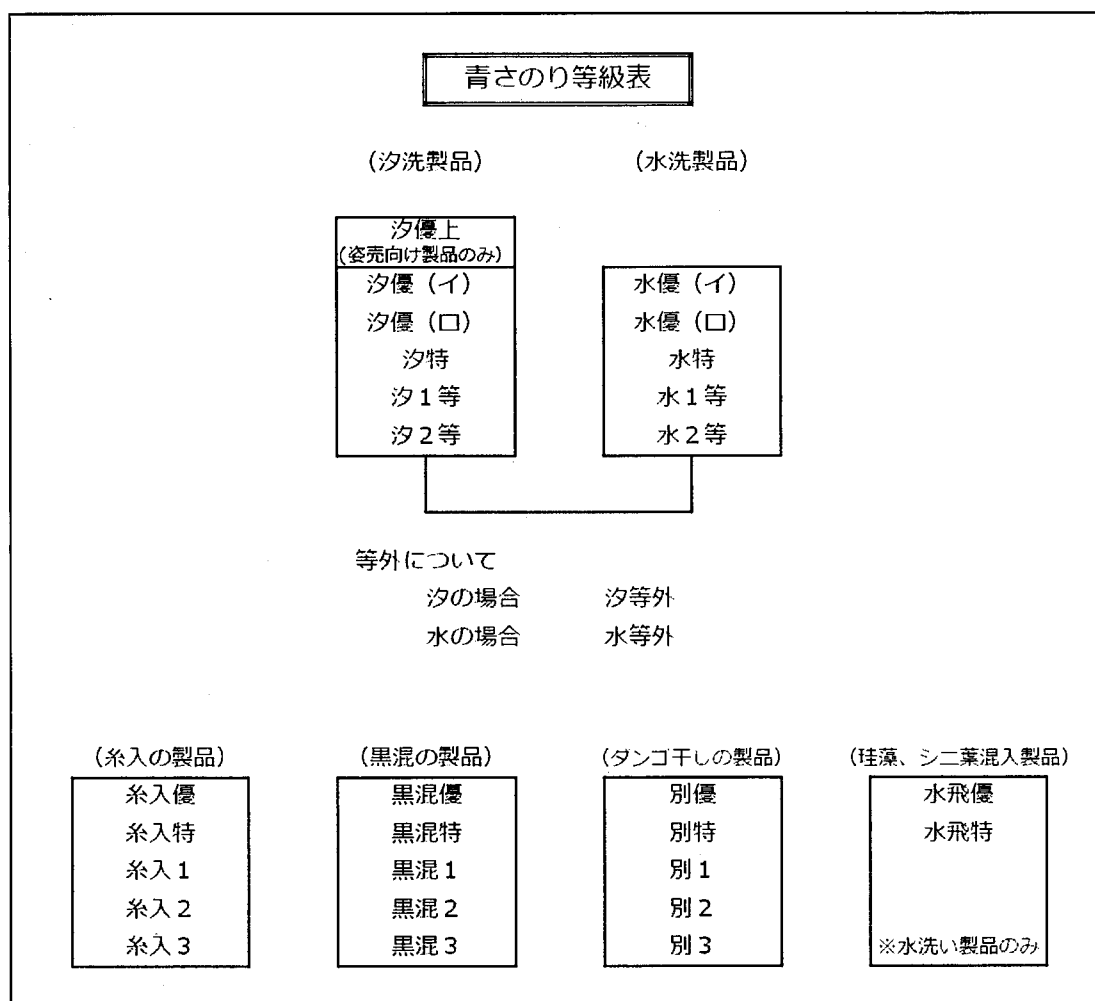
約半年かけて育てた青さのり。いよいよ摘採です。

- ・ 摘採の目安は様々で、養殖網１枚あたりから生産される製品の乾燥重量は３～１０kgと幅があります。志摩市内の漁場では、１～２月頃の早い時期は藻体が大きく生長していないため１枚あたりの生産量は少ないものの、異物が少なく色調のバラつきも少ないため評価が高く、３～４月の遅い時期は反対に１枚あたりの生産量は多くなりますが、評価が低くなるのが一般的です。
- ・ 摘採する養殖網を漁場から持ち帰り、「たたき機」で藻体を養殖網から分離します。次に、「洗い機」で藻体表面を洗浄し、「流式選別機」でヒトエグサ以外の異物を除去します。「脱水機」で脱水し、セイロと呼ばれるザルに薄く広げて（捌いて）「乾燥機」で水分含量が１８％以下になるように乾燥します。この時の捌きや乾燥が不十分な製品は低く評価されます。また、加工に使用される機械類は地区や漁業者により大きくことなり、それぞれの工夫した機械が使用されています。
- ・ 乾燥したヒトエグサ製品には、志摩市内で多く生産されている一般的な「汐洗製品」と、伊勢湾内で多く生産されている「水洗製品」があります。箱詰めの際、汐洗製品は１０kg、水洗製品は７kgずつ箱に詰めて出荷されます。
- ・ 三重県漁業協同組合連合会が主催する共販は、１月中旬から４月下旬の間に２週間に１度の間隔で７～８回され、三重県内で生産されるヒトエグサの全量が出品されます。共販前の見付けと呼ばれる出品見本の下見の際、生産者が見学でできる時間があります。



青さのりの等級と検査基準

- ・ 各地区で共販の2～3日前に、集荷と検査が行われ、製品の色、光沢、仕立て、捌きなどにより等級付けされます。
- ・ 等級は、乾燥前に海水で洗浄された「汐洗製品」と、淡水で洗浄された「水洗製品」に大別され、優上、優（イ）、優（ロ）、特、1等、2等、等外の順に基本となる等級が付けられます（優上は汐洗い製品のみ）。その他、糸のり（糸状の青のり類）の混入した「糸」等級、黒のりの混入した「黒混」等級、乾燥前の捌きが悪い「別」等級、珪藻や白い葉の混入した「飛」等級があり、基本となる各等級に付加して区別され、基本的には劣位の等級と評価されます。



出典：三重県漁業協同組合連合会

三重県水産研究所

電 話 : 0 5 9 9 - 5 3 - 0 0 1 6

e-mail : suigi@pref.mie.lg.jp

