

令和6年度四万十川下流漁協におけるヒトエグサの養殖試験

土佐清水漁業指導 岡 亮佑

1 要約

令和4年からヒトエグサの不漁が続いている四万十川下流漁業協同組合（以下、下流漁協と表記）では、不漁の要因を水中懸濁物及びヒトエグサに付着した浮泥によるものではないかとする意見があるため、漁場の水中懸濁物質量（以下、SSと表記）を調べるとともに高圧放水ポンプによる養殖網の洗浄を月2回行い、浮泥重量、藻体長及び藻体重量を洗浄しない対照区と比較した。

期間内にサンプリングした藻体長は最大4.6cm、網紐1本当たりの藻体重量は最重1.7gであり、1月25日から2月27日のサンプリングをピークに、藻体長の縮小、藻体重量の減少がみられ、今年度も収穫には至らなかった。

洗浄試験の結果としては、養殖網1本中1cm当たりの付着浮泥の平均は、対照区で9.22mg/l、洗浄区で3.29 mg/lとなった。また、試験区間で付着浮泥重量の増加量は洗浄区の方が少なく、洗浄により付着浮泥を低減できることが確認できた。しかし、竹島川の水中懸濁物質が19.9～50.0mg/lであり、生長に影響があるとされる10mg/l（日本水産資源保護協会1992）を下回ることはなく、付着浮泥を落としたことでの生長改善は見られなかった。

2 背景及び目的

近年、四万十川におけるヒトエグサ養殖が不漁であり、下流漁協では令和4年度からは収穫が全くない状態となっている（図1）が、その要因は明らかになっていない。組合長や組合員によると、以前に比べ泥の濁りが目立つようになったとの意見があった。

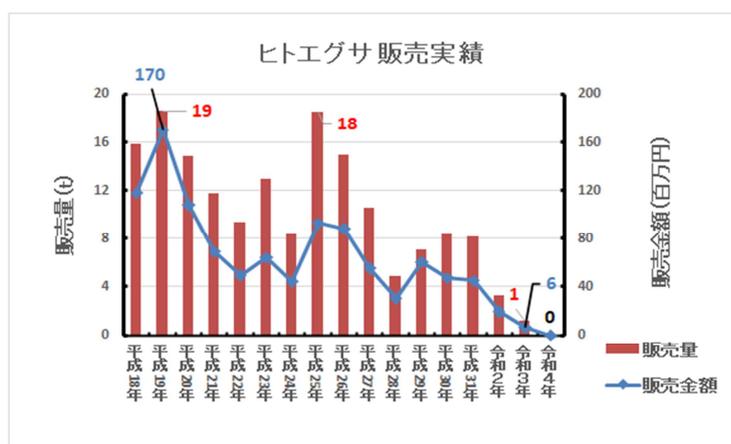


図1. 下流漁協におけるヒトエグサの販売実績

(出典：四万十川下流漁協販売集計書)

ただし、当該漁場の濁りや浮泥に関しては科学的な調査が行われておらず、濁りの強さや浮泥量の変動については知見がなく、影響の有無を評価できない状況にある。そのため本試験では、ヒト

エグサ養殖場における水質環境の現状を把握するため、養殖場内の水温、塩分及び水中懸濁物質量を測定することとした。加えて、近年の養殖期間中の藻体の生長についても記録がなく、経時的な藻体の消長についても不明である。そのため、養殖網紐上のヒトエグサをサンプリングし、付着した浮泥重量と藻体の長さ、重さを経時的に計測することとした。

さらに、不漁対策のため、養殖期間中、定期的に養殖網を高圧放水ポンプで洗浄する区を設定し、浮泥の除去を試みた。対照との比較で高圧洗浄により浮泥を除去することができるか、それにより藻体の生長に変化が現れるかも併せて確認した。

3 普及の内容及び特徴

令和5年10月20日から令和6年3月27日にかけて作業を行った。作業内容の詳細は表1のとおりである。

表1. 調査項目と実施期間

項目	実施期間
漁場環境（水温、塩分、SS）の把握	令和5年10月20日～令和6年3月27日
洗浄試験及び生育状況の把握	令和5年11月15日～令和6年3月27日
うち浮泥重量、藻体長、藻体重量計測	令和5年12月26日～令和6年3月27日

(1) 漁場環境の把握

漁場環境の調査は、各月の大潮回りの満潮時（月2回）行った（ただし、SSについては月末のみ）。

水温及び塩分はサリノメーター（YSI社製 Model185）を用いて表層、中層（養殖網の水深）底層で行った。

竹島川のSSの調査については、月1回（月末の大潮満潮時）計5回、竹島川の水を1 l採水し、あらかじめ重量を把握したGF/Cフィルターで濾過し、恒量となるまで乾燥させ、フィルターの重量を減じることで求めた。

(2) 洗浄試験及び生育状況の把握

試験区は、四万十川の支流の竹島川河口（四万十川河口から1.2km上流付近）にある、下流漁協の藻類養殖区画内に設定した。右岸から10m程の位置から河川中央部に向け8枚のノリ網を設置し、右岸側（陸側）4枚については月2回網を洗浄する洗浄区、左岸側（沖側）4枚については洗浄しない対照区とし、区別するため、それぞれ右岸側から洗浄区1～4、対照区1～4とした（図2）。

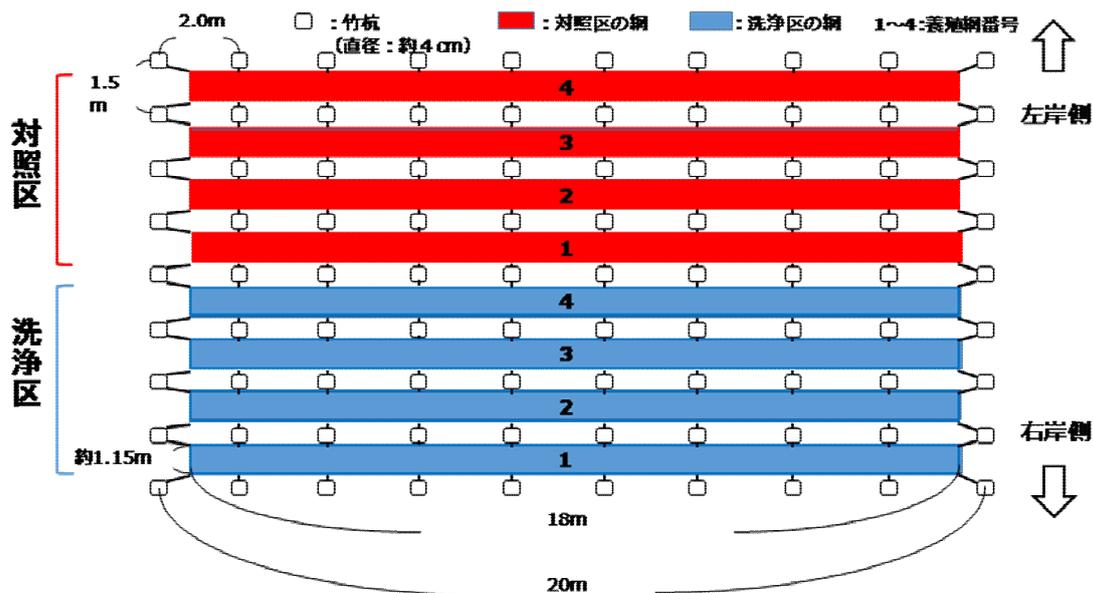


図 2. 試験区の模式図

洗浄は、月に 2 回（大潮かつ AM10:00~12:00 の間に潮位が 80cm 以下となる日）行った。養殖網 1 枚につき 15 分程度かけて丁寧に洗浄した。洗浄には、高圧放水ポンプ（エンジン式）（GB130、MITSUBISHI）を用いた。

サンプリングについては、洗浄試験と同じ日に行い、1 回につき養殖網から 16 本の網紐（洗浄区 8 本、対照区 8 本）を切って持ち帰った。

既存知見ではヒトエグサの着生基質となるものが泥等で覆われると着生が阻害され、付着浮泥により着生した胞子や発芽体も生育に影響を受けるほか幼葉体の生長阻害や障害を起こす付着浮泥の厚さは約 0.1mm 以上とされる（日本水産資源保護協会 1992）。しかし、当所の施設内の機材では付着浮泥の厚さを測定することはできなかつたため、藻体を含む養殖網に付着した浮泥重量を測定することとした。浮泥重量の測定は、藻体を養殖網ごと超音波洗浄し、懸濁させた浮泥を濾過して重量を把握した（以下、このようにして求めた付着浮泥の重量を浮泥重量と表記）。

具体的な浮泥重量の計測方法は、①藻体長、藻体重量の計測の前に、網紐 1 本につき 3 cm で切り出した。② 3 cm に切った養殖網を遠沈管に入れて、水を 45m l 程度入れた。③10 分間、遠沈管を超音波洗浄機にかけ浮泥等を落とした。④網紐を取り出し、藻体が浮遊している場合は取り除いた（③~④の作業を濁りが出なくなるまで行った）。⑤遠沈管内の水をガラスフィルター（ワットマン GF/C 口径 47 mm 保持粒径 1.2 μm 以上）で濾過した※。⑥濾過したガラスフィルターはドライオーブンをを用いて乾燥させ、完全に水分を飛ばし恒量とした後、フィルター重量を減じることで浮泥重量とした（※あらかじめガラスフィルターは乾燥させ、恒量となる重量を把握しておいた）。

藻体長の測定については、網紐 1 本につき無作為に 3 個体を計測した。

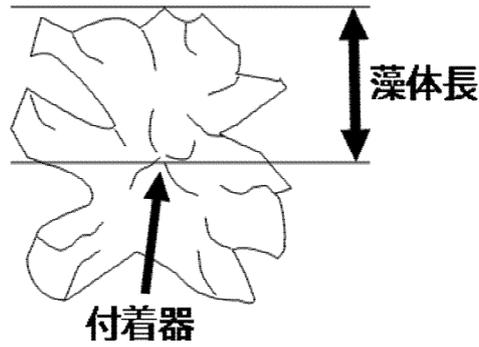


図3. ヒトエグサ藻体長の測定部位（淵 2023 より）

藻体重量については網紐1本に着生した藻体（前述の浮泥量の測定後、3 cmに切った網紐に着生したヒトエグサも含む）をピンセットを用いて網糸から剥離させ、キッチンペーパーで水滴が付かなくなるまで拭き取り、十分に水分を切った後に重量を計測した。

4 成果及び活用

(1) 漁場環境の把握

ア 水温及び塩分

水温・塩分測定結果は以下の通りであった。



図4. 水温測定結果



図5. 塩分測定結果

満潮時の養殖網の高さの水温は 11.9°C から 24.1°C の範囲にあり、ヒトエグサの生育可能な条件であった (図4)。

塩分は 14.4 から 33.1 の範囲にあり、2月末、3月末には降水の影響とみられる塩分低下があったが、一般的なヒトエグサの養殖場における塩分量 10 から 35 (日本水産資源保護協会 1992) を逸脱していなかった (図5)。

イ 水中懸濁物量 (SS)

SS の測定結果は図6の通りであった。

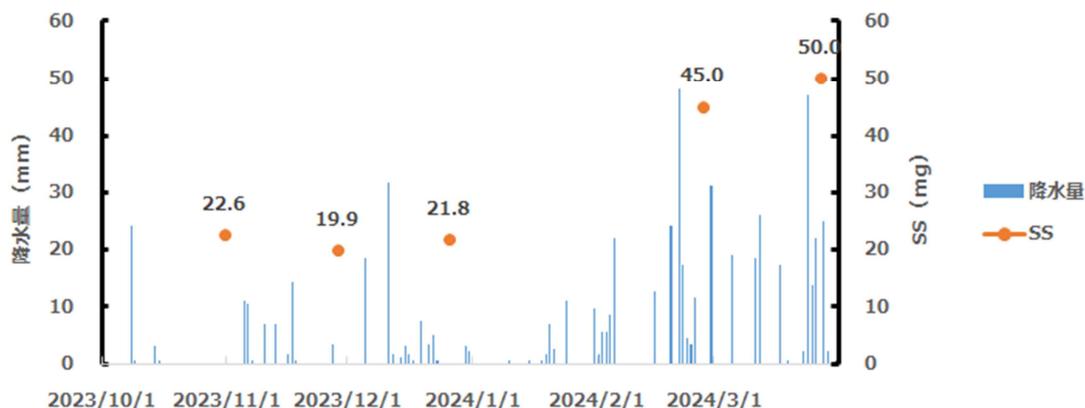


図6. SS（(R6年1月は欠測)と四万十市中村の降水量
(気象庁「<https://www.data.jma.go.jp/gmd/risk/obsdl/#!table>」)を加工して作成)

SSは19.9~50.0mg/lの範囲にあり、生長が低下するとされる水準(10mg/l)を大きく超える結果となった。特に、令和6年2月27日~令和6年3月27日でSSが多く、これはヒトエグサの生長が低下したのと同時期であった。

四万十市中村地区の降水量のデータを確認すると、令和6年2月21~25日の5日間に84.5mm、3月23日~26日の4日間に84.5mmの降水が記録されており、降水による濁水の流入がSS増加の原因と考えられた。

(2) 洗浄試験及び生育状況の把握

ア 浮泥重量

浮泥重量の測定結果を図7に示した。

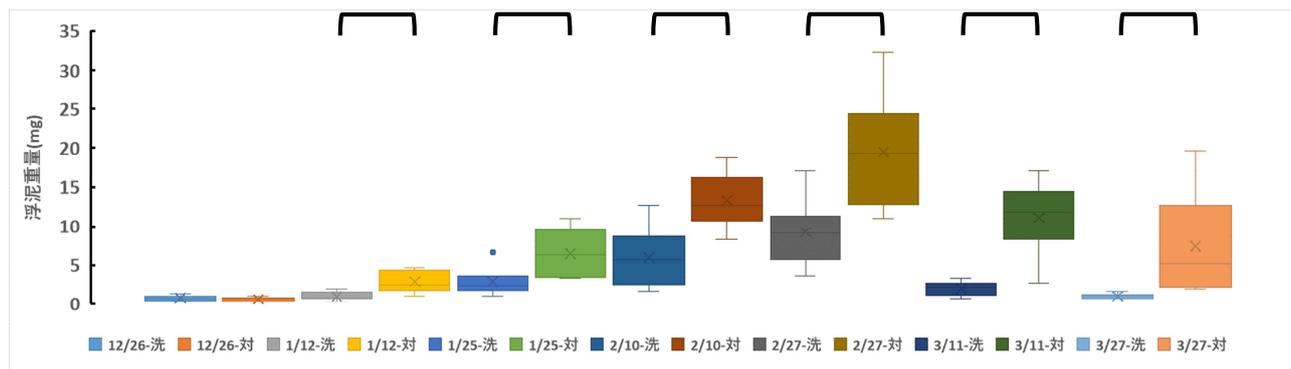


図7. 網紐1cm当たりの浮泥重量

養殖網紐1cm当たり浮泥重量の平均値の最大は、洗浄区で9.3mg(2月27日)、対照区で19.5mg(2月27日)であった。最終的には、洗浄区で1.0mg(3月27日)、対照区で7.4mg(3月27日)となった。

浮泥重量は2月27日をピークにその後減少した。これは、同時期から藻体が枯死脱落を始めた

ことで浮泥の付着基質が減少したことによると思われる。

同一日の測定結果について、洗浄区と対照区において有意水準5%でWelchのt検定を用いて比較したところ、12月26日を除く全ての回次で有意な差が認められた（1月12日（ $p=0.0055$ ）、1月25日（ $p=0.0147$ ）、2月11日（ $p=0.0011$ ）、2月27日（ $p=0.0051$ ）、3月11日（ $p=0.0006$ ）、3月27日（ $p=0.0262$ ））ことから、洗浄により浮泥の付着が軽減されたことが確認できた。

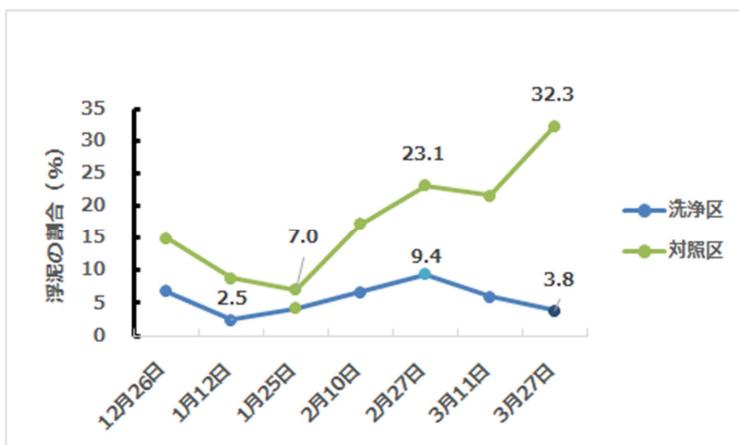


図8. 網紐当たりの浮泥重量の割合

浮泥重量の減少とヒトエグサ現存量はともに3月11日以降に大きく減少したことから、浮泥重量は付着する基盤となる藻体の現存量に依存すると考えられた（図7と後述の図10）。そこで網紐に付着した浮泥重量と藻体重量のうち、浮泥重量の割合を算出し、基質当たりの浮泥の比率を求めた（図8）。その結果、浮泥重量のピークは両試験区とも2月27日であったが（図7）、対照区の浮泥重量の割合は増加傾向にあり、洗浄を行わない場合、浮泥が蓄積するものと考えられた。

イ 藻体長

藻体長の測定結果を図9に示した。

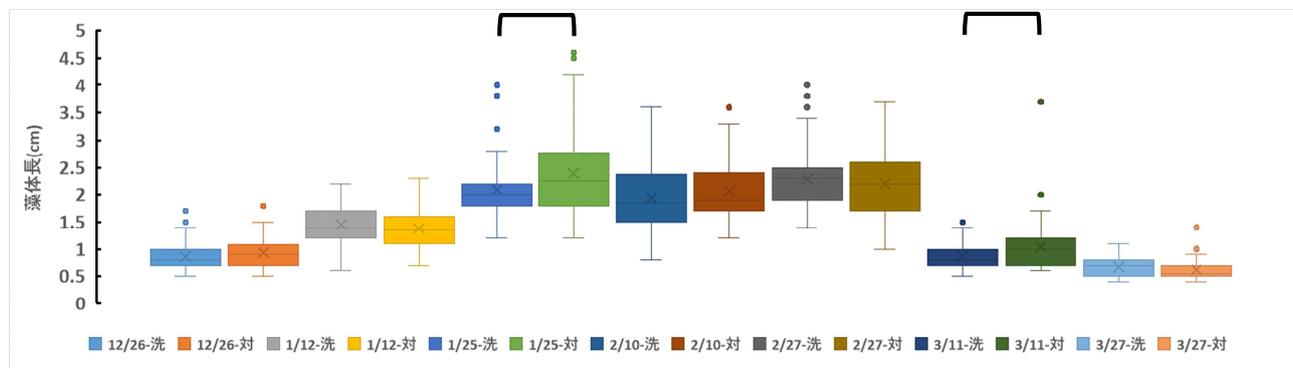


図9. 平均藻体長

藻体長の平均値の最大は、洗浄区で2.3cm（2月27日）、対照区で2.4cm（1月25日）であった。最終的には、洗浄区で0.7cm（3月27日）、対照区で0.6cm（3月27日）となった。

同一日の測定結果について、洗浄区と対照区において有意水準5%でWelchのt検定を用いて比較したところ、有意な差が認められたのは、1月25日（ $p=0.0123$ ）、3月11日（ $p=0.0064$ ）であった。

回次によっては、洗浄区が長くなることがあったが、最終的には差がなくなったことから、洗浄による生長改善の効果はなかったと判断した。

ウ 藻体重量

藻体重量の測定結果を図10に示した。

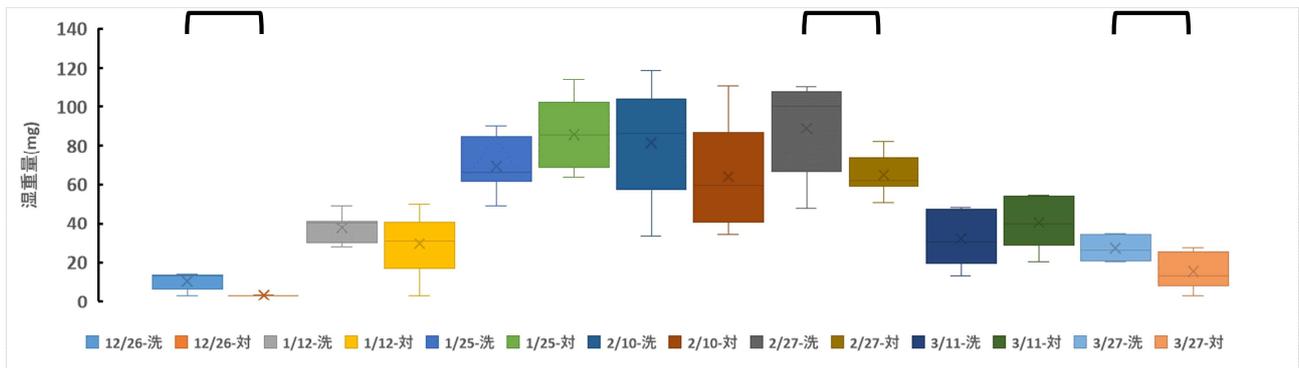


図10. 網紐1cm当たりの藻体重量

養殖網紐1cm当たり藻体重量の平均値の最大は、洗浄区で88.9mg（2月27日）、対照区で85.7mg（1月25日）であった。最終的には、洗浄区で27.1mg（3月27日）、対照区で15.6mg（3月27日）となった。

同一日の測定結果について、洗浄区と対照区において有意水準5%でWelchのt検定を用いて比較したところ、有意な差が認められたのは、12月26日（ $p=0.0203$ ）、2月27日（ $p=0.0240$ ）、3月27日（ $p=0.0098$ ）であった。

回次によっては、有意差が検出されたが一貫性がなく、藻体重量から見ても洗浄による生長改善の効果は認められなかったと判断した。

(3) 考察等

SSについては、ヒトエグサの生育に影響の出るとされる 10mg/l （日本水産資源保護協会1992）を常時超えていたこと、不漁となった頃から濁りの程度がひどくなったとの漁業者の意見があったことをふまえると、現在のSSの状況は、ヒトエグサの生長に悪影響を及ぼしていた可能性が考えられた。SSの供給源としては、漁業者からの聞き取りから濁水の流入による供給も考えられたが、底質からの供給も考えられた。実際に干満により水位が上昇する時には、養殖場に堆積した底泥から風浪の揺動を受けて濁りが沸き立つ様子が観察された。当該養殖場では広範囲に泥の堆積が見られたため、今後は河床耕耘による底質の改善などの対策が必要となるかもしれない。

藻体に付着した浮泥重量の比率は、対照区で経時的に増加していく傾向がみられたことから、洗

浄等を行わないと浮泥が蓄積していくと考えられた。しかし、比較試験の結果、浮泥重量は、養殖網を継続して洗浄すると低減できたが、両試験区ともヒトエグサの生長や現存量に明確な差は現れず、浮泥の影響及び洗浄の効果を確認することはできなかった。また、既存文献（日本水産資源保護協会 1992）では浮泥の沈積によりヒトエグサの生長に影響が出ることが示されていることを考えると、竹島川ではSSの影響が強いため、浮泥の影響が顕在化しない可能性が考えられた。今後、浮泥重量を指標として影響を評価するためにはさらなる検証が必要となろう。

また、1月中旬以降、養殖場周辺では競合藻（シオミドロ、藍藻等）（図 11、12、13、14）の繁茂が見られ、干満に乗じて養殖場に滞留する競合藻の藻体が養殖網に絡みつくと状況が観察された。さらに同時期に持ち帰った養殖網サンプルのヒトエグサ藻体表面には付着珪藻も付着して、藻体の色もやや黄色く変色し、いわゆる「どたぐされ」の症状を呈していた（図 15、16）。洗浄後の藻体にもこれらの競合藻は多く見られたため、高圧洗浄によりこれらの競合藻は除去できないと考えられた。

そのため、現場では2月10日から3月13日の間、当該地域での「どたぐされ」発生時の一般的な対処法を実施した。すなわち、網を張る位置を10~20 cm程度高め干出時間を長くすることで耐乾性がある（大野 1987）ヒトエグサにとって相対的に有利な環境を作り出し、耐乾性がヒトエグサよりも低いシオミドロ等の競合藻を脱落させることにより、競合藻の影響を軽減しようとした。しかし、今回はヒトエグサが生長することはなく結果的に枯死脱落してしまった。これは、ヒトエグサの生育状態が悪かったためと推察され、高いSSが水中に没している期間のヒトエグサの生長に影響を及ぼしていたと考えられた。

これらの現場の観察状況から、ヒトエグサの生長不良の原因として、濁り、浮泥、競合藻の繁茂などが複合的に影響している可能性がある。なお、これらの状況は養殖場全体に及ぶものであり、令和6年も竹島川におけるヒトエグサの収量は0であった。加えて、令和5から6年にかけて下流漁協は他県由来の種苗を使った養殖も実施したが、枯死こそしないものの一定の長さ以上に生長することはなく、由来の異なる種苗でも生長できなかった。このことから、下流漁協のヒトエグサ養殖における不漁は種苗自体に問題があるのではなく、飼育環境に由来している可能性が高い。

5 参考画像



図 11. 養殖網に付着したシオミドロ 1



図 12. 養殖網に付着したシオミドロ 2



図 13. 藍藻類と見られる競合藻



図 14. 図 13 の検鏡 (400 倍)

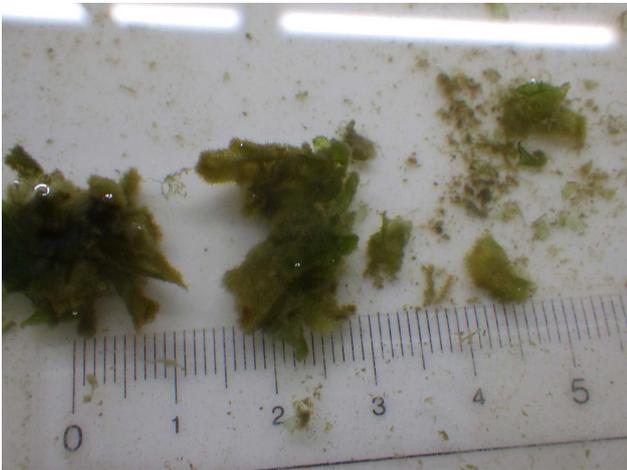


図 15. どたぐされと見られる症状



図 16. 図 15 の藻体表面の珪藻 (400 倍)

引用文献

- 喜田和四郎, 前川行幸. 1978. 座可賀島周辺の海洋環境および養殖生物に関する研究. II 泥の濁りが養殖ヒトエグサに及ぼす影響. 三重大水実研報, 1, 21-30.
- 大野正夫. 1987. ヒトエグサ類 *Monostrama* spp. 海藻資源養殖学. 緑書房, pp101-111.
- 日本水産資源保護協会. 1992. 環境が海藻類に及ぼす影響を判断するための『判断基準』と『事例』. 日本水産資源保護協会.
- 淵隼斗. 2023. 蛸瀬川におけるヒトエグサ及びスジアオノリの生育状況調査. 令和4年度水産業普及事業報告書, 17-30.