令和５年度四万十川下流漁協におけるヒトエグサ人工採苗の試験

土佐清水漁業指導所　淵　隼斗

１　要約

四万十川下流漁協（以下、「下流漁協」という）で営まれているヒトエグサの人工採苗を安定・継続的に行うため、各種試験を実施した。

令和５年度の人工採苗では、暗室搬入前の各水槽の接合子の平均直径は 55.0 μm～57.1 μmとなり、十分に成熟できる大きさとなった。一方で、種苗センター内の照度、水温及び塩分は喜多（1975）や ohno（1995）の値を考慮すると、改善の余地があると考えられた。また、雑藻防除成分を含む栄養剤であるポルフィランコンコの適切な添加濃度については、明らかにすることができなかった。

２　背景及び目的

下流漁協では、種苗センター（敷地面積：約 163 ㎡, １ｔ水槽 12 基設置）で培養され、人工採苗されたヒトエグサの遊走子を養殖網に着生した後、四万十川及び竹島川に展開し、養殖を行っている。同漁協における人工採苗は、主に世話役の数名（令和４、５年度は２名）が行っており、この世話役は数年ごとに交代する。交代の際に作業内容は、ヒトエグサ種苗生産簡易マニュアルと前任者の経験に基づき口頭によって引き継がれている。

ヒトエグサ種苗生産簡易マニュアルは、作業内容と手順に関する記述が主で、接合子の培養に適切な光環境や遊走子を十分に放出する接合子の大きさ等の記載がなく、遊走子が放出されないなどのトラブルがあった際に原因究明や改善に向けた取組に役立てることができない。また、栄養剤の使用方法についても、栄養剤が紅藻のノリ糸状体用のものであるために緑藻であるヒトエグサに適した使用方法が明確になっておらず、世話役の複数の漁業者の判断による任意の量が添加されており、一定の基準がない。

このような背景を踏まえ、当所は、安定した人工採苗を目的とした技術支援の一環として、ヒトエグサ種苗生産簡易マニュアルの改編に向けた試験及び調査を行っている。令和４年度は、接合子の成熟状態や飼育環境の把握、栄養剤の種類別・濃度別の生長の比較及び複数の手法による雑藻の除去試験を行った（淵 2024)。その結果、試験終了時に接合子の平均直径は 49.2～56.3 μmと十分に成熟していたことが確認でき、接合子の大きさから成熟具合を調べることができると考えられたが、照度は水槽の配置により大きく異なり、改善の余地があると考えられた。雑藻防除成分を含む栄養剤（ポルフィランコンコ（第一製網株式会社製））は、雑藻の生育量が少なく、ある程度の雑藻防除効果があると考えられたが、最も高濃度である 0.01％で生長が良かったことから、最適な添加濃度については検討の余地を残すこととなった。

令和５年度は、培養環境の評価及び改善策の検討を行うため、（飼育）照度、培養水槽の水温及び塩分を経時的に記録し、接合子の生長により評価した。また、ポルフィランコンコの添加濃度を令和４年度よりも広範囲に調べることにより、最適な添加濃度を求めた。

３　試験方法

（１）接合子の生長と照度、水温及び塩分の関係

下流漁協では、令和４年度に養殖ヒトエグサの収穫ができず必要な量を得ることができなかったため、やむを得ず工採苗に用いる母藻は複数の河川に自生する天然母藻を追加した。水槽ごとの母藻の由来を表１に示した。なお、母藻の飼育は人工採苗を目的に行ったもので、由来間での比較は行わなかった。

表１．人工採苗に用いた母藻の由来

水槽番号	1	2	3	4	5
使用した母藻を採取した河川	竹島川 浦尻川	竹島川	福良川	福良川	浦尻川

ア）接合子の生長

令和５年６月 14 日から９月 15 日にかけて、図１に示した種苗センター内の１ｔ水槽で培養（１つの水槽には接合子板 400 枚を培養）している接合子を８～12 日間隔で、接眼マイクロメーターを取り付けた顕微鏡を用いて検鏡し、直径（楕円球体のものは長径）を測定した。令和５年度試験では水槽配置を変更し、施設内で太陽光を取り込みやすい南側に配置した（図１）。接合子の測定は１水槽あたり、12 個体（接合子板４枚×３個体）を無作為に抽出して行った。また、測定したデータは水槽ごとに平均直径を算出した。

イ）照度

照度の測定には、デジタル照度計（サンワサプライ株式会社製 CHE-LT１）を使用し、測定箇所で値が安定するまで、静止させて測定した。測定は、各１ｔ水槽の水面付近３ヶ所（左端、中央、右端）の水面直上で行い、平均照度を算出した。なお、照度を調整するために、６月 11 日から８月 10 日にかけて各水槽の上部（水面から約 80cm）に蛍光灯を３個設置し、９月４日から９月 23 日に各水槽の上部（水面から約１～２m）に遮光ネットを設置した。

ウ）水温

水温は、サリノメーター（Model 85 Oxygen Conductivity Salinity Temperature,YSI 社製）を使用し、各１ｔ水槽の中央の水深約 20cm で測定した。

エ）塩分

塩分は、サリノメーターを使用し、各１ｔ水槽の中央の水深約 20cm で前述の水温と同時に測定した。

なお、培養は止水で行われており、徐々に水分が蒸発することから、塩分濃度を調整するために適宜淡水（水道水）または海水を注水した。

（２）ポルフィランコンコ濃度別生長試験

６月 15 日から９月 23 日にかけて、小型のプラスチック製水槽（37cm×21cm×25cm）を使用し

てポルフィランコンコの最適な添加濃度を検討した。ポルフィランコンコの添加濃度は、令和４年度の試験結果を踏まえ、紅藻類のノリ糸状体における推奨濃度 0.005％を基準とし、１倍、

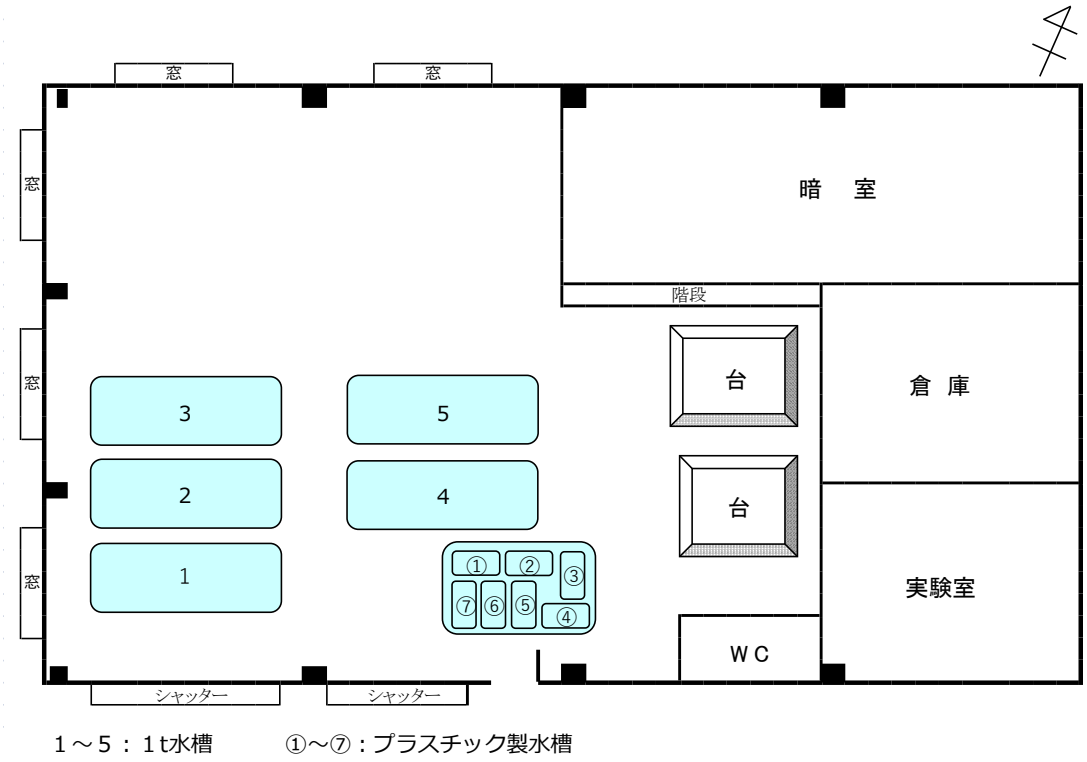

図１. 種苗センター内の配置

２倍、2.5 倍、３倍、3.5 倍及び４倍の濃度となるように調整した６添加区と無添加区（対照区）の合計７区を設定し、それぞれに接合子板５枚を垂下して通気培養した（表２）。試験期間中、水換えと水槽内の洗浄は約 30 日ごとに全ての区で行い、洗浄の直後に栄養剤を添加した。

接合子の直径は、９～12 日間隔で（１）と同様の方法を用いて１水槽当たり６個体（接合子板２枚×３個体）を無作為に抽出して測定し、水槽ごとに平均直径を算出した。

また、本試験と令和４年度の栄養剤種類別・濃度別試験の結果から、現在漁協で使用しているノリ糸状体の培養用の栄養剤であるノリシード（第一製網株式会社製）とポルフィランコンコについて、令和４、５年度の試験結果と費用を考慮して、生産現場での最適な使用方法を検討した。

表２．ポルフィランコンコ濃度別生長試験の試験区

栄養剤の濃度(%)	栄養剤無添加	0.005	0.01	0.0125	0.015	0.0175	0.02
水槽番号	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦

４　試験結果

（１）接合子の生長と照度、水温及び塩分の関係

ア　接合子の生長

図２に１ｔ水槽５基をまとめた接合子の平均直径の変化を示した。

令和５年６月 14、15 日の接合子の平均直径は、31.5 μm～36.7 μmの範囲にあり、平均値は 33.6 μmであった。暗室搬入前の９月 15 日は、55.0 μm～57.1 μmの範囲にあり、平均値は 56.0 μm であった。

なお、水槽番号２は８月７日の測定より、接合子の枯死が確認され（図３）、８月 27 日以降の測定では、健全な接合子がほとんど確認されなかった。そのため、８月 27 日以降は接合子の測定を行わなかった。また、９月６日以降はすべての水槽で一部の接合子の枯死が確認された。

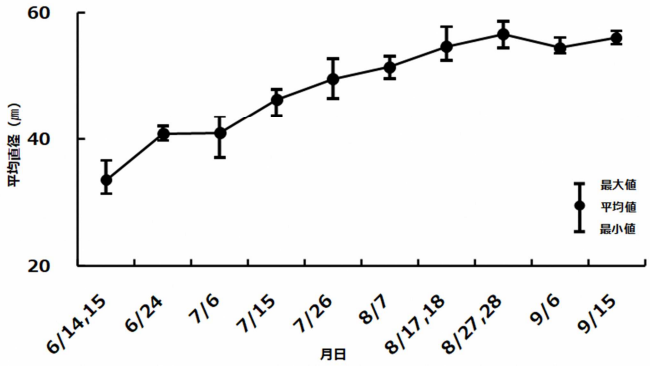

図２．１ｔ水槽における接合子の平均直径

図３．枯死した接合子(○)

イ　照度

（ア）測定結果

種苗センター内の時期別の平均照度を表３に示した。

種苗センター内の照度は、水槽１で 2,896～12,017lx、水槽２で 1,001～4,031lx、水槽３で 1,290～6,953lx、水槽４で 768～7,896lx、水槽５で 1,092～6,809lx の範囲で推移した。施設の入口側の水槽１で最も照度が高くなった。時期的には６月下旬から７月が最も高くなった。照度は同一日の測定でも雲の有無などにより刻々と変化し、水槽間でも大きくばらつきが見られた。なお、９月に水槽１以外で照度が低下しているのは遮光ネットの設置によるものであった。

表３．種苗センター内の時期別の平均照度(*lx*)

水槽番号 / 月	1	2	3	4	5
5月～6月中旬	2,896	2,706	2,120	3,095	2,358
6月下旬	5,346	4,031	3,945	7,896	4,036
7月	4,275	3,550	6,953	5,198	6,809
8月上～中旬	3,757	2,951	2,762	4,799	2,678
8月下旬	3,718	2,075	2,109	2,140	1,962
9月	12,017	1,001	1,290	768	1,092

＊蛍光灯設置（6/11～8/10）,遮光ネット設置（9/4～9/23）

（イ）接合子の生長と照度の関係

図４に時期ごとの接合子の生長と照度の関係を示した。

６月下旬の相関係数はＲ＝0.7310、７月の相関係数はＲ＝0.6832、８月上～中旬の相関係数はＲ＝0.4984、８月下旬の相関係数はＲ＝0.0547、９月の相関係数はＲ＝0.7323 であったが、サンプル数が少ないこともあり、接合子の生長と照度の間に有意な相関は見出せなかった。

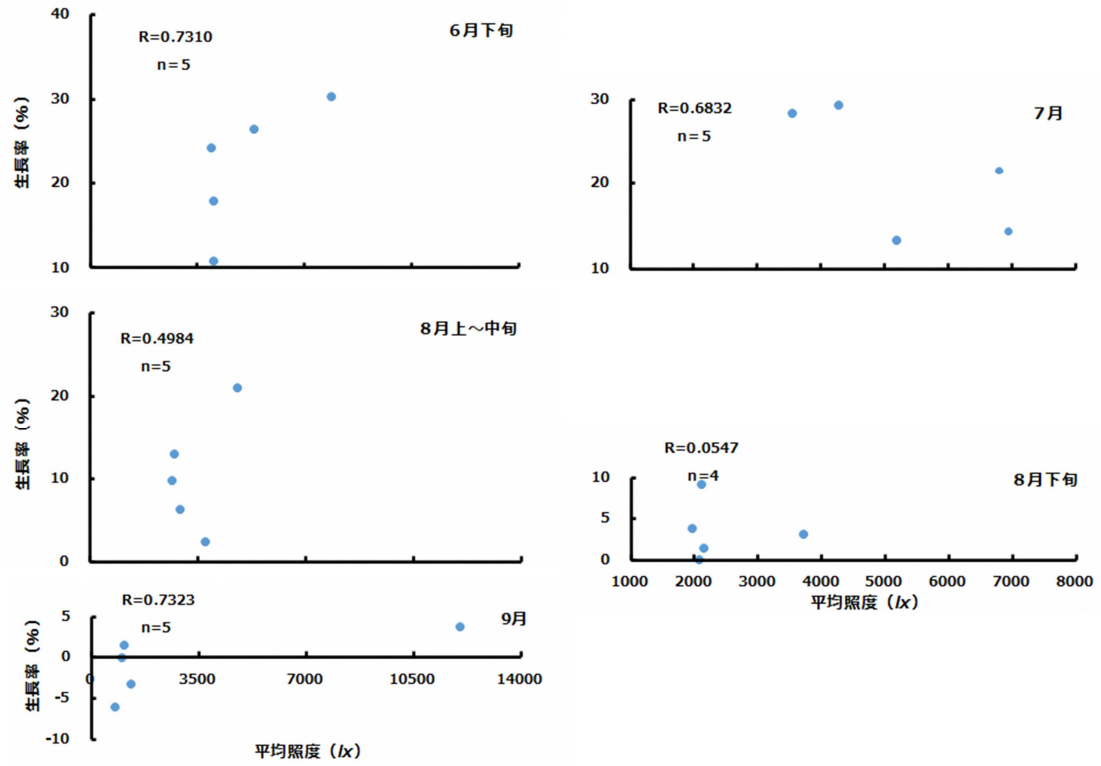

図４．接合子の生長と照度の関係

ウ　水温

各１ｔ水槽の時期別の水温を表４に示した。

水温は、水槽１で 22.6～29.0℃、水槽２で 22.5～28.9℃、水槽３で 22.7～29.0℃、水槽４で 22.6～28.8℃、水槽５で 22.7～29.1℃の範囲で推移した。６月中旬から８月中旬にかけて上昇し、９月に入ると下降した。最高温度は８月上～中旬の約 29℃であった。接合子の培養期間を通して水槽間で目立った差は確認されず、接合子の生長と水温の間に関連は見られなかった。

表４．１ｔ水槽の時期別の水温（℃）

水槽番号 月	1	2	3	4	5
5月下旬	23.0	22.7	22.7	22.7	22.7
6月上～中旬	22.6	22.5	22.7	22.6	22.7
6月下旬	26.4	26.3	26.3	26.2	26.3
7月	28.7	28.6	28.7	28.5	28.7
8月上～中旬	29.0	28.9	29.0	28.8	29.1
8月下旬	28.5	28.3	28.3	28.2	28.3
9月	27.3	26.7	26.7	26.6	26.5

エ　塩分

各１ｔ水槽の時期別の塩分を表５に示した。

塩分は、水槽１で 33.1～36.6、水槽２で 31.1～35.5、水槽３で 30.1～37.2、水槽４で 30.9～35.5、水槽５で 30.2～36.1 の範囲で推移し、期間の前半（５～７月）で高く、後半（８～９月）で低くなった。水槽ごとに見ると水槽１でやや高くなったがこれは日照により水の蒸発が多かったためと考えられた。また、接合子の生長と塩分の間に関連は見られなかった。

表５．１ｔ水槽の時期別の塩分

水槽番号 月	1	2	3	4	5
5月下旬	36.6	35.2	36.2	35.5	36.1
6月上～中旬	36.6	35.5	37.2	35.0	33.4
6月下旬	34.6	34.7	36.0	32.3	30.2
7月	34.2	34.3	35.1	32.8	31.9
8月上～中旬	33.2	32.9	31.2	32.6	32.7
8月下旬	33.1	31.1	30.1	31.0	32.1
9月	33.7	31.4	30.8	30.9	32.5

（２）ポルフィランコンコ濃度別生長試験

ア　接合子の生長

図５に接合子の平均直径の変化を示した。

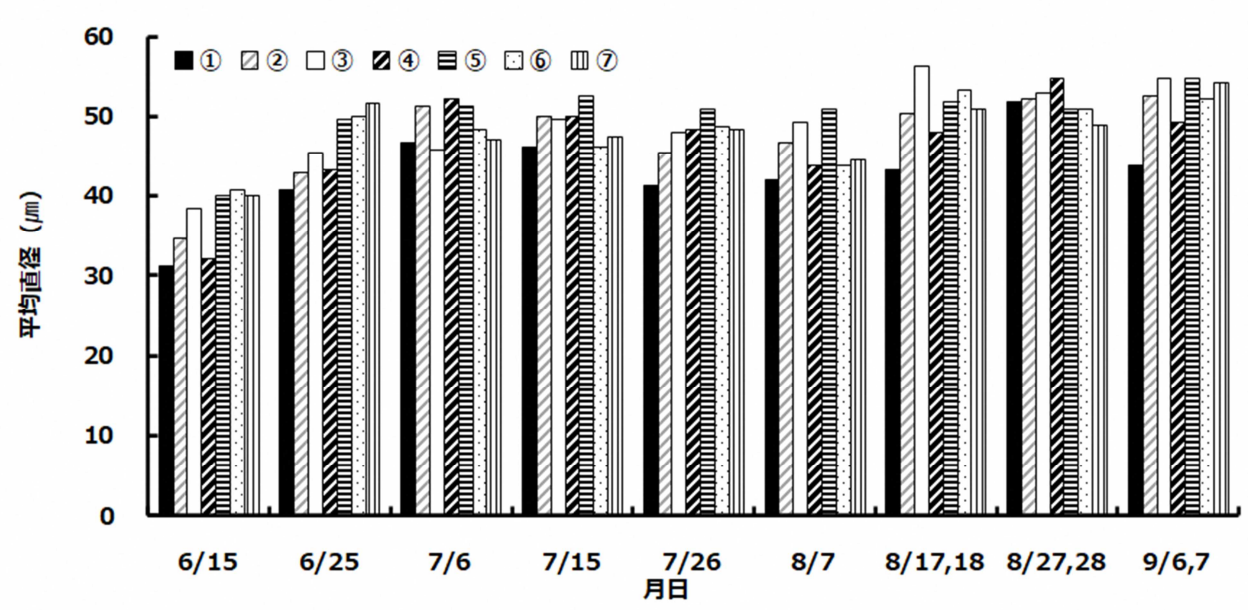

図５.水槽番号①～⑦の接合子の平均直径

暗室搬入前の令和５年９月６，７日の接合子の平均直径は、46.7 μm～53.3 μmの範囲にあった。また、９月６日、７日に測定したすべての水槽の接合子の直径についてみると、全ての添加区に対して対照区の平均直径は小さくなったが、有意水準 5%で一元配置分散分析を行った結果、有意差は検出されなかった（F（6，df＝35）＝2.467，p＝0.072）。

また、８月 18 日に水槽番号⑤で、８月 28 日に水槽番号⑥及び⑦で、９月６日に水槽番号②及び④で接合子の枯死が確認された。

なお、試験水槽は種苗センター内の一箇所にまとめて配置したことで（図１参照）水温、塩分及び照度はほぼ同じ条件であった。

イ　雑藻の付着状況

雑藻は、ポルフィランコンコを添加した水槽番号②～⑦で主にアオノリ類、シオミドロ及びアオミドロが確認された。また、雑藻の付着量はポルフィランコンコの添加量によって大きな違いがみられなかった。一方、ポルフィランコンコを添加しなかった水槽番号①では雑藻がほとんどみられなかった。

５　考察

（１）接合子の生長と照度、水温及び塩分の関係

表６に、喜多（1975）が示した接合子の培養時期ごとの適切な照度及び種苗センター内の培養時期ごとの平均照度を示した。

種苗センター内の照度は５月～６月中旬は全体的に好適範囲より低く、６月下旬以降は全体的に高い傾向がみられた。一部の水槽では、蛍光灯の設置により光量が過剰となった箇所もあったといえる。また、遮光ネットを設置した期間でも、種苗センターの入口に近い水槽番号１では突出して高い値となったことから、水槽の位置と時間帯（日射の角度）によっては遮光ネットの効

果が得られないことがわかった。今後は、照度が好適条件に収まるよう照度の確認を行いつつ蛍光灯や遮光ネットの設置、水槽配置の変更を行う必要がある。

今回の結果においては接合子の生長率と照度には関連が見られなかったが、各水槽における雑藻の繁茂状況など水面下で照度を左右する条件は一様ではなく、接合子に直接到達する光量を反映していなかった可能性がある。そのため、今後は照度の測定方法についても水中照度を把握するなど改善することが望ましいと考えられた。

表６．喜多（1975）の最適培養照度と１ｔ水槽の培養時期ごとの平均照度（*lx*）
（太字は水槽番号）

	５～６月中旬	6月下旬	７月	８月上～中旬	８月下旬	９月
喜多（1975）	4,000～6,000	2,000～4,000	1,000～2,000	500～1,000	―	―
1	2,896	5,346	4,275	3,757	3,718	12,017
2	2,706	4,031	3,550	2,951	2,075	1,001
3	2,120	3,945	6,953	2,762	2,109	1,290
4	3,095	7,896	5,198	4,799	2,140	768
5	2,358	4,036	6,809	2,678	1,962	1,092

＊蛍光灯設置（６/11～８/10）,遮光ネット設置（９/４～９/23）

※黄色で示したセルは喜多（1975）によるヒトエグサの接合子の培養に好適な条件の範囲内であったことを示す。

表７に、喜多（1975）が示した接合子の培養時期ごとの適切な水温及び種苗センター内の培養時期ごとの平均水温を示した。

種苗センター内の水温は、すべての水槽で接合子の培養期間を通じて好適範囲より高い傾向がみられた。この要因としては、水槽の培養水を止水で管理しており、水量も１ｔ程度と少ないことから気温の影響を受けやすいことが挙げられる。水温については各水槽の差も小さく、水温と生長率との関連は見られなかった。現在の止水による培養方法では水温をコントロールすることは難しく、好適範囲よりも常に高い状態ではあったが、暗室搬入前までに成熟可能なサイズまで生長できており、許容範囲内の条件であったと思われる。

表７．喜多（1975）の最適培養水温と１ｔ水槽の培養時期ごとの平均水温（℃）
（太字は水槽番号）

	５月下旬	６月上～中旬	６月下旬	７月	８月上～中旬	８月下旬	９月
喜多（1975）	19～21	21～22	22～24	24～27	27～28	26～27	-
1	23.0	22.6	26.4	28.7	29.0	28.5	27.3
2	22.7	22.5	26.3	28.6	28.9	28.3	26.7
3	22.7	22.7	26.3	28.7	29.0	28.3	26.7
4	22.7	22.6	26.2	28.5	28.8	28.2	26.6
5	22.7	22.7	26.3	28.7	29.1	28.3	26.5

表８に、Ohno（1995）が示した接合子の培養期間の適切な塩分及び種苗センター内の培養時期ごとの平均塩分を示した。

種苗センター内の塩分は、すべての水槽で培養期間を通して好適範囲よりも高い傾向がみられた。この要因としては、換水及び注水の頻度が低かったこと、水槽及び貯留水槽の水分が蒸発し

たこと、採水する培養水の塩分が高いことなどが考えられた。特に、培養水の採水においては必要機材をレンタルして竹島川下流の漁港内の底層から中層水を採水しているため、手間が掛かり作業を厭う傾向があり、換水の頻度が少ないのはそのためとも言える。今後は、塩分濃度を定期的に把握しながら、必要に応じて注水を行い、塩分濃度を適切に管理するとともに簡便に培養水が確保できるよう採水方法や場所を検討するほか、海水を貯留するタンクを種苗センター内に移動させるなどの対応が必要と考えられた。

塩分については各水槽の差も小さく、塩分と生長率に関連は見られなかった。塩分も水温と同様に好適範囲よりも常に高い状態ではあったが、暗室搬入前までに成熟可能なサイズまで生長できており、許容範囲内の条件であったと思われる。

表８．Ohno（1995）の最適培養塩分濃度と１ｔ水槽の培養時期ごとの平均塩分
（太字は水槽番号）

	5月下旬	6月上～中旬	6月下旬	7月	8月上～中旬	8月下旬	9月
ohno(1995)				25~30			
1	36.6	36.6	34.6	34.2	33.2	33.1	33.7
2	35.2	35.5	34.7	34.3	32.9	31.1	31.4
3	36.2	37.2	36.0	35.1	31.2	30.1	30.8
4	35.5	35.0	32.3	32.8	32.6	31.0	30.9
5	36.1	33.4	30.2	31.9	32.7	32.1	32.5

本試験では各時期の接合子の生長と照度、水温及び塩分の関係は、すべての時期で関連が確認されなかった。ただし、照度については接合子に到達する光量を反映できていない可能性もあり、照度と接合子の生長についての関係性に言及することはできず、測定方法についても改善の余地があるといえる。

４-（１）-アで示した通り、暗室搬入前の各水槽の接合子の平均直径は 55.0 ㎛～57.1 ㎛となった。Ohno（1995）は、接合子の大きさが 40 ㎛以上で十分に成熟すると報告しているが、下流漁協が参考としている三重県のヒトエグサ人工採苗に関する資料では、成熟しやすい接合子の大きさは 60 ㎛以上とされている。そのため、網への確実な遊走子の付着を目指すのであれば、接合子の大型化が望まれることから、今後も種苗センター内の培養環境を可能な範囲で先行研究において示された好適条件に合わせるなど改善し、接合子の生長を助長する必要があると考えられる。

（２）ポルフィランコンコ濃度別生長試験

今回の試験では、接合子の平均直径はいずれも理想とする 60 ㎛以上に生長しなかった。栄養剤の添加濃度別に培養終期にあたる暗室搬入前の９月上旬における接合子の平均直径を比較すると、栄養剤を使用しなかった水槽番号①に対して全ての添加区で平均直径は多きくなったが、有意差は検出できなかった。シオミドロなどの雑藻の繁茂により各区の水槽内の条件に変化が生じた可能性もあり、適切な添加濃度に関しては検討の必要があろう。

培養終盤に栄養剤添加区で見られた接合子の枯死については、直前に遊走子の形成も観察されており、早期に成熟し遊走子を放出したものと思われた。この現象の原因については不明であ

る。

また、ポルフィランコンコの除藻効果については、全ての添加区で雑藻が繁茂したため防除効果は確認できなかった。これについては、ポルフィランコンコの雑藻防除成分が珪藻を対象としたものであるため、今回繁茂したシオミドロ等に関しては効果がなかったものと考えられた。

表９.栄養剤別の費用

栄養剤名	ノリシード		ポルフィランコンコ	
単価(円)	855		1720	
内容量(ml)	1000		650	
使用濃度(%)	0.05		0.01	
添加頻度	10日	30日	10日	30日
1t水槽への添加量(ml)/回	528.6		105.6	
1添加当たりの価格(円)/1t水槽	451.4		279.2	
培養期間当たりの価格(円)/1t水槽	6771.6	2257.2	4188.5	1396.2

栄養剤の運用面での検証として、現在漁協で使用しているノリシードとポルフィランコンコについて、令和４年度の試験結果を踏まえ、培養期間中にかかる費用を比較した。試算の条件は、接合子を培養する１ｔ水槽（容積：1,056,000ml）について、培養期間を 150 日（５月～９月)、栄養剤の使用濃度については、ノリシードはメーカー推奨濃度である 0.05%、ポルフィランコンコは淵（2024）の結果を踏まえ、0.01%を適正な添加量として設定した。

表９に示したとおり、添加頻度 10 日の場合の培養期間通しての費用はノリシードで約 6,772 円、ポルフィランコンコで約 4,189 円となり、ポルフィランコンコの方が費用が抑えられることがわかった。

引用文献

喜多和四郎. 1975. Ⅰ異型世代交代型 (2.ヒトエグサ). 食用藻類の栽培. 恒星社厚生閣刊, pp.25-34.

淵隼斗. 2024. 四万十川下流漁協におけるヒトエグサ人工採苗の試験. 令和４年度水産業改良普及事業報告書, 31-44.

三重県水産振興課. 発行年不明. 青ノリ人工採苗と培養管理. 三重県水産振興課.

Ohno, M. 1995.Cultivation of *Monostroma nitidum* (Chlorophyta) in a river estuary, southern Japan. Journal of Applied Phycology 7, 207-213.