

シラヒゲウニの種苗生産効率化試験と生産結果

大城信弘・岩井憲司・福田将数・渡慶次賀孝

1. 目的

シラヒゲウニ種苗生産の効率化と安定生産を図る。

2. 材料及び方法

(1) 採卵

採卵は天然採取ウニ及び飼育ウニを用い、0.5モル KCL 海水を注射器で体腔内に注入するか、生殖巣部懸濁刺激で誘発して行った。

得られた卵は、5ℓ柄付きピーカーや30ℓポリカーボネートタンクで媒精し、洗浄後1kℓ槽に収容し、通気攪拌を行い、孵化させた。

(2) 幼生飼育

幼生飼育水槽は、回転数可変式アジテーター付きポリカーボネート製円形1kℓ水槽(以下、幼生飼育水槽)を6~8基使用した。通気は13の塩ビパイプに5cm間隔で0.5mm径の穴をあけ、回転翼より上に水槽底を横切って1本取り付けを行った。

浮遊幼生の飼育は限外濾過装置(処理能力12kℓ/h; 濾過膜孔 $10^{-4} \sim 10^{-5}$ mm)で濾過した海水(以後、精密濾過海水)を高架貯水タンク経由で使用した。

幼生飼育室は遮光し、冬季の一時期にエアコンで室内を加熱した以外は、特に水温調整は行わなかった。又、昨年度まで行われていた1kℓ水槽の覆いは設置せずに行った。

幼生は概ね40~50万個体/kℓを収容し、一日一回50%の換水を行ったが、水槽の汚れに拠っては一日2回の換水や水槽換えを行った。

換水はアンドン式濾過ネットを水中に沈め、サイホンで濾して行った。ネットに吸着された幼生は、当初は濾過装置を手で揺すって落としていたが、後半は自動の揺すり装置を考案し自動化を図った。又、一部は、換水用のアンドン装置を1個から2個に増やし、全槽に個別の注水口を取り付けた。

濾過ネットは、従来は使用後にアルコールを噴霧して

いたが、今回は水道水での洗浄のみとした。又、ネットを手で持って1個ずつ洗浄していたが、架台を設置し、纏めて行った。

餌料は主に耐高温性の *Cheatoceros gracilis*(以後、キート)を用い、一部の水槽は時折 *Pavlova lutheri*(以後パプロバ)や *Dunaliella tertiolecta*(以後ドゥナリエラ)を併用した。

キートは室温25.0、光量4,000~15,000luxの24時間照明下で、5ℓフラスコ、200ℓアルテミア孵化槽を用いて通気培養した。

肥料はメタ珪酸ナトリウム0.027g/ℓを入れ、干熱滅菌器で、80℃で150分処理や、オートクレーブで120・20分間加圧滅菌したものを冷ました後にKW21を0.5mℓ/ℓ添加しを行い、幼生には培養液ごと投餌した。

餌料濃度は、当初は2,000~3,000細胞/mℓから開始し、徐々に濃度を高め八腕後期には15,000~20,000細胞/mℓとした。



図1 換水状況

(3) 採苗

採苗は、従来同様に10m×2m×0.93m(中央高)のFRP水槽(以後10m槽)に波板を設置し、付着珪藻を発生させたものに八腕後期幼生を収容する方法と、幼生飼育水槽内で変態させた稚ウニを移す方法を用いた。

10m槽は採苗前に換水を行い、一部の水槽はサン

ゴモを籠に入れ、波板上に設置するか、水槽上面に水に浸かる程度に網を張り、その上にサンゴモを設置した。

更に、一部の槽は予めサンゴモの入ったFRP槽の海水(以後、サンゴモ水)を10ミクロンフィルターで濾して注入して幼生を収容した。

1kg 幼生飼育水槽での採苗はサンゴモやサンゴモの発生した波板ホルダーを設置すると、サンゴモ水を注入する方法で行った。



図2 石灰藻の発生・付着した波板

(4)中間育成及び出荷

中間育成は波板から剥離した稚ウニを、5m×2m×0.93m(中央高)のFRP槽に、ネトロンネット籠を4～5個設置し、一籠千個程度を目処に収容した。



図3 中間育成水槽状況

波板からの剥離は直接手で取る方法や波板を叩きウニを落とす方法で行い、一部は比較の為にKCL海水

処理で行った。

餌料は場内で生産したオゴノリ的一种や乾燥ワカメ、シマグワ等の陸上植物(以後、陸草)を投餌し、水槽底の汚れに応じ、1～3日毎に、全水を排水して水槽掃除を行った。

稚ウニは殻径3cmを目処に、順次水産海洋研究センターの放流調査用に出荷した。

出荷はプラスチック籠にウニを広げ、海水に濡らした足拭き布で覆い、更にその上にウニを重ねるか、乾燥ワカメを海水で戻し、軽く絞ってウニと交互にクッションとして被せ、干出状態で出荷した。



図4 出荷作業状況

3.経過及び結果

今年度は4回の生産を試みたが、幼生飼育の採苗までの結果を表1に、三回次の採苗の経過を表2に、稚ウニの出荷結果を表3に示したが、以下に各回次の経過概要を記す。

(1)一回次

一回次は4月14日に天然ウニ9個体、長期飼育ウニ7個体で0.5モルKCLを1～2mL注入して採卵し、多めに産卵した個体からの卵を1kg槽に収容した。収容卵は天然採取3個体で約860万粒、飼育ウニ1個体が約940万粒であった。

孵化幼生は天然ウニが約600万個体、飼育ウニが800万個体で、当初はそれぞれ1kg槽4槽に40～70万個体を収容し、10日後に40～50万程度に調整した。その時点での幼生総数は約350万個体であった。

飼育前半は1槽1個のアンドン型換水装置で、1日1

回、50%の換水を行ったが、後半は8槽の内の4槽はアンドン2個を使用した。

又、当初は濾過用のアンドンネットに吸着された幼生を手で装置を揺すって離していたが、後半は回転翼用のモーターで4槽連結の振り子状の自動揺すり装置を考案し、4槽で試行した。装置は最下部で約18cmに振れ、1分間に12往復の揺れとした。

餌料はキートをを用い、2000細胞/mlから徐々に濃度を高め採苗前は20000細胞/mlとした。幼生は、一ヶ月後の5月15日には管足を生じた個体が生じ始めたが、その時点での生残数は、推定345万個体で、換水時のオーバーフローで一槽が減少した以外はほぼ全数近くが生残した。

しかし、幼生の成長段階は開きが大きく、変態直前幼生は20~40%に止まった。

採苗は、幼生飼育槽5槽は従来通りに直接10m波板水槽に浮遊幼生を収容したが、3槽は幼生飼育槽内で変態させ、稚ウニの段階で、10m槽に収容した。

10m槽は12槽を使用し、5月16日から発育の進んだ幼生を順次収容した。22日には幼生飼育槽内での採苗を行った。

10m槽は、4槽は波板上部に1/3程度が生きているサンゴモ塊を10Kg程度入れた籠を籠上部が水面に出るように3~4個設置した。

又、1槽はタカセ貝を長期飼育し、水槽内にサンゴモが発生した水槽を軽く洗浄して用いた。他は、砂濾過海水に珪藻用に肥料を添加し、藻類を自然発生させるか、精密濾過海水に単種培養された付着珪藻を添加し増殖させて用いた。

1kl水槽内採苗は1kl水槽3槽中の1槽は4槽に分槽し、計6槽でテストした。変態誘起はサンゴモ細片を槽内に投入するか、サンゴモの発生した水槽の海水を注入、或いはウルベラを添加して行った。変態後はフラスコで培養した付着珪藻を添加し、20日後に稚ウニ23000個を回収し、10m槽に収容した。

10m槽の稚ウニは6月4日~8月6日にかけて取り上げ、5m槽でネトロンネット籠を用い、オゴノリや乾燥ワカメ、クワ等の陸草を給仕し中間育成した。

7月3日から9月25日にかけて、殻径3cm程度で順次出荷したが、波板からの剥離総数は約61000個にたい

し、出荷数は32500個であった。

(2)二回次

二回次の採卵は、7月9日に前回使用の天然ウニの飼育個体を7個体用いて行った。同じくKCL注入法で、1千万粒を採卵し、1kl2槽で孵化させた。

ほぼ100%の孵化で、7月10日に孵化幼生を1kl6槽に約50万個体ずつ収容し、4日目からキートを投餌した。キートは3000細胞/mlから開始し、徐々に濃度を20000細胞/mlまで高めた。

早い槽では、19日目には管足の出た個体が出現し、1槽を採苗した。その時点での幼生総数は、底部を含めず浮遊個体のみで、約220万個体で1槽がオーバーフローで半減した以外は80%以上の生残であった。採苗には10m槽9槽を使用した。

稚ウニは9月30日から波板からの剥離を開始したが、剥離後に弱り、死亡する個体が多く、計数は行わなかった。

同群は11月6日に、平均殻径3.8cmの21000個体を出荷した。

(3)三回次

三回次は10月5日に長期飼育ウニ10個体、短期飼育ウニ10個体を用い、生殖巣部(精子)懸濁刺激を行ったが、3個体が放精したのみであった。次いでKCL注入を行い、3個体が産卵し、その内の2個体から420万粒を採卵し1kl2槽で孵化させた。

翌6日に、ほぼ100%孵化し、幼生を50万個体ずつ8槽に分槽した。孵化3日目からキートを投餌し、当初は1800細胞/ml濃度から開始し、此まで同様に徐々に濃度を高めた。幼生飼育半ばからは、全槽で換水用アンドンを2個使用し、自動揺すりとした。

幼生は23日目から管足を生じた個体が出現し、10月29日から11月11日にかけて、10m槽17槽に採苗した。採苗開始時の浮遊幼生数は、底に沈んだ幼生は含まずに340万個体あり、通気が止まり減耗した1槽以外は減耗は僅かであった。

採苗槽2槽は水槽上面に網を張り、その上に水に浸かるようにサンゴモを乗せて、直接浮遊幼生を収容した。又、槽内にサンゴモの発生した2水槽及び、サンゴ

モの発生した波板を入れた2水槽にも浮遊幼生を直接収容した。更に他に3槽は、サンゴモ水を50%加え、浮遊幼生を収容した。他の7槽は、1kl槽で変態した稚ウニを収容した。

1kl槽での採苗は、10月29日の10時にサンゴモの発生した波板の2ホルダーを1槽に収容し、別の1槽に50%サンゴモ水を加えた。

その結果、夕方には両槽共に稚ウニへの変態を確認し、サンゴモ水区は20時に再度サンゴモ水を50%添加し、他に3槽をサンゴモ水10%、25%、50%濃度で処理した。

翌日の、1kl槽底部の観察では、サンゴモ水50%処理区は幼生67個体中11個体が稚ウニに変態し、25%処理区は58個体中5個体が稚ウニで、10%処理区は150個体で稚ウニは無く、未処理区も100個体の観察で稚ウニは無かった。その為、10%槽と25%槽には、再度50%のサンゴモ水で処理した。

その後、浮遊幼生は別の1槽に移して飼育を継続し、底部の稚ウニは10槽に収容した。サンゴモ水50%処理2回区には、変態はしたが3日後も、棘の形成が行われて無い個体もかなり観られた。これらの経過概要は表2に示した。

10槽では採苗直後から、稚ウニの減耗が続き、死亡はウニが2cm余に成長しても続いた。稚ウニは2月5日から波板からの剥離を開始したが、中間育成中も10日後から大量減耗が生じた。

中間育成での減耗要因が波板からの剥離時のダメージに依るのかの確認の為、従来通りに波板を手で叩いてその震動でウニを落とす方法や、塩化カリ0.1モル濃度の海水に沈積、もしくは噴霧する方法、更に1日掛けて徐々に水槽の水を抜き、水槽の底に降りたウニを取る方法、或いは波板から直接手で取る方法等を試みた。しかし、何れも差が無く、ほぼ同様に死亡した。

検鏡したところ、これらのウニの体腔内には、短桿菌や原虫類が多数観られたが、菌の分離は行わなかった。

中間育成には約6万個を取り上げ、残りは採苗槽でそのまま経過を観たが、殆どが死亡し、その結果、出荷は3月19日に平均殻径2cmの5500個と、翌年度の5月26日に殻径3.7cmの950個出荷の、計6000個に止ま

った。

(4)四回次

四回次は飼育ウニ20個体を用い、1月5日に生殖巣部懸濁刺激を行った。6個体以上が産卵したが、そのうちの3個体からの1200万粒を1kl槽2槽に収容した。その後、同群のウニは飼育水槽に戻しても大量に放精、放卵が行われた。

翌日に孵化幼生を1槽に50万~80万個体を8槽に分槽し、4日目からキートを投餌した。幼生飼育室はエアコンで空調し、水温が20を下回らないように調整したが、飼育前半の水温は21~22で、1月28日には暖房を強め、その後の水温は22.5~23.8であった。

幼生は、前半は殆ど減耗は無かったが、2月に入り急激に減耗し、2月25日に生残が100万個体以下となり、飼育を中止した。

4.考察

今年度は、幼生飼育の通気方法を、従来のエアーストーン1個による中心部1点での通気から、塩ビパイプによる水槽径を横断しての方法に切り替えた。

幼生の生残率が4回次を除き、昨年度の50%~84.9%と比べると、76%~98.5%とかなり高まった。

今年度の減耗は換水時のオーバーフローや、通気のトラブル等の事故によるものが殆どで、更に水槽底に沈んで計数されて無い幼生を考慮すると、生残率はより高かったものと推測される。

通気以外はほぼ前年度と同様に飼育した1回次においても、幼生の生残率が98.5%と高い事から、生残率の向上は、通気法の変更により攪拌が効率よく、より安定して行われたと為と考えられる。

4回次は、従来は冬期には、ボイラーで25に調温されているが、生産コスト低減の為にエアコンによる最小限の調整を試みたものである。

しかしながら飼育後半に急激に減耗し、殆ど採苗に至らなかった。産卵盛期が秋期後半とすると、天然での浮遊期の水温は今回と同程度と推測され、発育に時間を要しても、低水温が直接的な死亡原因とは考え難い。

飼育方法は何れの回次も同様に行っており、高水温

期と同様な管理では、支障があるものと推測され、低水温期にはそれに対処した飼育方法が必要と考えられる。

此までには、時折、幼生飼育中の微生物フロックの発生が報告されているが、今回は濾過換水ネットの目詰まりを起こす程のフロックの発生は観られなかった。

微生物フロックの原因は明らかではなく、空気中からの混入が疑われているが、今回は1kℓ槽の上覆いをせずつとも微生物フロックの発生は無く、別の要因が疑われる。

従来は、濾過用アンドンネットは使用後に毎回エチルアルコールで殺菌消毒を施していた。しかし、飼育水にアルコールが混ざると、急激に白濁し、細菌や原生動物の発生が観られる。

ネットの使用は、アルコールの蒸発後や水道水での洗浄後に行われていたが、筒の内部にアルコールが残っていた可能性が疑われる。

キートの培養中に、しばしばアメーバーが観られており、微生物フロックは餌料由来の可能性が高い。アルコールの混入により、細菌類が増殖し、それに伴い、アメーバー類の原生動物が発生したものと推察される。今回はアルコールを用いてなく、これらの発生が少なかったものと思われる。

今後、ネットの消毒が必要であれば、水道水で丁寧にアルコールを流すか、或いはアルコールを用いずに、次亜塩素酸ナトリウム等を用いるのが望ましい。

作業の面では、今回は濾過用のアンドンネットを1個から2個に増やし、濾過面積を広げ、幼生へのダメージを軽減すると共に、更に浮遊幼生をネットから離す作業を自動化した事、注水を高架タンク経由にして濾過装置の逆洗時のタイムラグを解消した事、各槽に注水口を設けた事等により、換水から投餌までの作業時間がほぼ半分に短縮され、作業効率が著しく向上した。

浮遊幼生の稚ウニへの変態誘起にサンゴモを実用規模で用いて試行したが、採苗水槽に直接サンゴモを沈積する他に、サンゴモを収容している水槽の海水のみを添加しても、変態は十分に誘起された。

このことにより、サンゴモを移動する作業が省け、繰り返し使用が可能と成り、この点でも作業効率は著しく向上した。しかし、変態誘起物質の主体がジプロモメタ

ン類とすると揮発性があり、その効力がどの程度持続するかは不明である。

又、濃度も不明で、3回次の1kℓ槽でのサンゴモ水50%2回処理区とサンゴモ発生ホルダー区の比較では、変態後の幼生の残数はそれぞれ約18万個体であったが、ウニ原器の発達具合からの変態推定率では、サンゴモ水区は27万個体、ホルダー区は14万個体の浮遊幼生が残る予想であった。

しかし、サンゴモ水区が推定を10万個体も上回って変態しており、今回処理したサンゴモ水区では、変態誘起物質の濃度が高く、十分には発達してない幼生をも変態させた可能性が高い。

採苗後の初期稚ウニの生残率の低さは、不十分な体制での変態にも一因があると推測され、今後サンゴモ処理水を低濃度で使用するか、浮遊幼生を十分に発達させるかが必要とされる。

今回は、1kℓ槽での変態率から推測すると、3回次の稚ウニは150万~200万個体に達したと推測される。しかしながら、十分な数の稚ウニが変態したと思われる採苗水槽でも、取り上げが殆ど出来ない事例や、中間育成でも十分の一に減るなど、稚ウニの大量死が相次いだ。

サンゴモホルダー区で観ると、1kℓ槽内でも、10m槽に移した後からも、明らかに波板上の稚ウニの生残が良く、水槽壁面の稚ウニは減少して行った。

今回用いた付着珪藻はナビキュラや地先海水から分離し純粋培養された珪藻が殆どであった。初期稚ウニにはこれらの付着珪藻が、不適切であった可能性が高い。

サンゴモの発生した波板は、生海水中で使用していたもので、軽く洗浄して用いたが、添加した付着珪藻以外にも餌料生物が発生していたと推測される。

しかし、成長後も死亡が続き、原因として水質を疑い、採苗水槽や中間育成槽、及び原水の銅イオンを測定したが、何れも検出されなかった。

餌料不足も疑われるが、餌となる付着珪藻が十分にある採苗水槽や、十分に投餌された中間育成槽でも死亡している事からその可能性は低いと考えられる。

今回の死亡は、多数の離れた水槽で、同時に長期に渡って生じており、原水由来の疾病が疑われる。シラヒ

ゲウニの大量死は、古くから知られており、今後の量産には、その原因究明と対策の確立が急務である。

表 1 浮遊幼生飼育結果 (H22.4 ~ H23.2)

生産回次	水槽数	採苗日数	採苗時生存数 (万)	生存率 (%)	変態前率 (%)
1 (4/14 ~ 6/11)	8	32 ~ 60	350 → 345	98.5	30
2 (7/9 ~ 8/1)	6	19 ~ 22	300 → 228	76.0	27.9
3 (10/5 ~ 11/2)	8	29 ~ 30	400 → 340	85.0	47.7
4 (1/5 ~ 2/25)	8	--	520 → 97	18.6	--

表 2 3回次採苗経過

槽 目	6 日 幼 生 数 ・ 万	2 8 日 変 態 前 幼 生 数 ・ 万	変 態 可 能 率 %	2 9 日 午 前 処 置	2 9 日 午 後 処 理	3 0 日 午 前 処 置	3 1 日	1 1 月 1 日	1 1 月 2 日	1 1 月 5 日	1 1 月 1 0 日	1 1 月 1 1 日
1	5.0	4.2	4.1		50%サンゴモ水		幼生3.1万を3へ			稚ウニを10m槽へ		
2	5.0	3.7	4.2		25%サンゴモ水	50%サンゴモ水	幼生1.5万を10m槽に採苗			稚ウニを10m槽へ		
3	5.0	4.1	6.7		10m2槽に採苗			幼生1.5万を8へ				稚ウニを10m槽へ
4	5.0	5.4	2.7		10%サンゴモ水	50%サンゴモ水	幼生1.7万を10m槽に採苗			稚ウニを10m槽へ		
5	5.0	4.4	3.8	50%サンゴモ水	50%サンゴモ水	幼生1.8万を7へ						
6	5.0	3.8	6.3	サンゴモホルダー		幼生1.8万を7へ				稚ウニを10m槽へ		
7	5.0	4.5	5.0		10m2槽に採苗			幼生2.9万を8へ			稚ウニを10m槽へ	
8	5.0	4.2	5.4						10m2槽に採苗			

表 3 出荷結果

出荷回次	月 日	出荷数・千	平均・mm	出荷先	採卵月日	ラウンド
1	5月19日	6.9	7.7	本部漁協	1月29日	前年度
2	5月20日	7.8	32.3	伊江漁協	1月29日	前年度
3	7月2日	0.6	2.0	水産土木建設技術	4月14日	1ラウンド
4	7月3日	6.4	30.7	今帰仁漁協	4月14日	1ラウンド
5	7月24日	0.5	8	水産土木建設技術	4月14日	1ラウンド
6	8月18日	2.2	3.1	今帰仁漁協	4月14日	1ラウンド
7	9月25日	3	3.8	本部漁協	4月14日	1ラウンド
8	11月6日	6.9	3.8	今帰仁漁協	7月9日	2ラウンド
9	3月19日	7.8	2.0	南城市	10月5日	3ラウンド

参考文献

與那嶺盛次,大城信弘,岸村晶.シラヒゲウニの種苗
量産技術開発試験.平成5年度沖縄県栽培漁業センタ
ー事業報告書.1993;21-31.

仲盛淳,大城信弘.シラヒゲウニの種苗生産.平
成7年度沖縄県栽培漁業センター事業報告書.1995;
23-28.

大城信弘,本永文彦.シラヒゲウニの種苗生産.平成
11年度沖縄県栽培漁業センター事業報告書.1999;5
2-61.

大城信弘.シラヒゲウニの種苗生産.平成12
年度沖縄県栽培漁業センター事業報告書.2000;5
0-55.

平手康一,中田祐二,渡慶次賀孝.シラヒゲウニの
種苗生産.平成13・14年度沖縄県栽培漁業センタ
ー事業報告書.2001;60-67.

中田祐二,金田真智子,渡慶次賀孝.シラヒゲウニ
の種苗生産.平成13・14年度沖縄県栽培漁業センタ
ー事業報告書.2001;114-121.

中田祐二,金田真智子,鳩間用一,渡慶次賀孝.シ
ラヒゲウニの種苗生産.平成15・16年度沖縄県栽培漁
業センター事業報告書.2003;47-51.

前田訓次,中田祐二,渡慶次賀孝.シラヒゲウニの種
苗生産.平成15・16年度沖縄県栽培漁業センター事
業報告書.2003;95-104.

池田浩二,島袋新功,南洋一,渡慶次賀孝.シラヒゲウ
ニの種苗生産.平成17年度沖縄県栽培漁業センタ
ー事業報告書.2005;33-37.

南 洋一,大屋玲奈,鳩間用一,渡慶次賀孝.
シラヒゲウニの種苗生産効率化試験.平成18年度沖
縄県栽培漁業センター事業報告書.2006;37-40.

南 洋一,福田将数,岩井憲司,渡慶次賀孝.
シラヒゲウニの種苗生産効率化試験と生産結果.平成1
9年度沖縄県栽培漁業センター事業報告書.2007;35-
38.

南 洋一,大城信弘,福田将数,岩井憲司,渡慶次
賀孝.シラヒゲウニの種苗生産効率化試験と生産結果.
平成20年度沖縄県栽培漁業センター事業報告書 20
08;37-42.