

シラヒゲウニの種苗量産技術開発試験

玉城 信・與那嶺盛次

1. 目的及び概要

シラヒゲウニ *Tripneustes gratilla* (LINNE) の、量産技術開発を目的として昭和63年度から種苗生産試験を実施している。平成2年度は浮遊幼生期餌料、飼育海水、幼生収容密度、換水方法の検討を行った。他に親ウニ養成を行い活力良好な孵化幼生の確保を試みた。その結果2回合計延べ25面の飼育で稚ウニに変態直前の幼生81,900個を採苗し、その後波板飼育で平均殻径3.1mmの稚ウニ12,237個体を生産した。しかし、浮遊幼生飼育は大量斃死や飼育中止事例が多く不安定であった。また波板剥離後の中間育成に於いても稚ウニの大量斃死が続き、平均殻径23.8mmの稚ウニ327個体の生産となった。平成3年度は、採卵・受精・孵化方法に改良を加え孵化幼生の活力向上に努めた。浮遊幼生の飼育においては幼生の攪拌方法、換水方法、給餌密度等に検討を加えた。飼育事例の中で攪拌方法を改良した1事例は最終的に採苗数は少なかったが8腕後期出現時まで高密度に生残した。しかし全体的に8腕前期幼生出現後の大量斃死事例が多く、3回の飼育で稚ウニ変態直前の幼生50,200個の採苗に留まった。採苗後、培養付着珪藻板（波板）による飼育で平均殻径3.9mmの稚ウニ2,252個体を生産した。波板剥離後中間育成を行い平均殻径19.3mm稚ウニ540個体を取り上げた。

本試験の採卵・受精・孵化方法に改良を加えるに当たっては、琉球大学理学部生物学科の上原剛教授に御指導を仰いだ。改めて厚く御礼申し上げる。

2. 方 法

(1) 親ウニ

平成2年度に陸上水槽において養成を行った親ウニの採卵状況が天然採集親に比べて良好な結果でなかった事から今年度は親ウニ養成は行わなかった。採卵には主に採卵前日及び2日前に採集した天然親を用いた。採集は従来採集したことのない地先も含め広範囲から行い、良質親の確保に努めた。しかし、天然採集親の場合採集直前の台風等の海況の影響を受ける可能性が高いため、それ以外に生簀内に長期間蓄養した親ウニも採卵に用いた。

(2) 採卵・受精・孵化

採卵は主にKCl刺激法で行った。雌ウニの口器を除去した後体腔内洗浄を行わず海水を満たした200mlビーカー上に生殖孔を下向きに置き体腔内に0.54Mol KCl溶液を2～3ml注入して産卵誘発を行った。3回次の採卵では一部従来の口器除去法（口器除去後、海水で体腔内洗浄を行い刺激を与える。）も行った。これらの方法で得た卵を個体別に1,000mlビーカーに入れ30分間隔で沈澱法（上澄みを換水）によって3～5回洗卵を行った。この間に卵の顕微鏡観察を

行い、形が真球に近く卵径がそろっていて未成熟卵のない親の放出卵を媒精に用いた。雄は口器除去後体腔内を洗浄し消化管内容物を除去した後、ピンセットで精巣を親個体別に時計皿に移しとり同じ大きさの時計皿で蓋をした。精巣からしみ出した精液を顕微鏡観察し精子が活発に遊泳している親の精液を媒精に用いた。状態の良い複数親の精液を混合した0.6mlの精液を500mlの海水に希釈し、それを15ml/ℓの濃度で媒精槽に注入して行った。媒精槽はガラス製シャーレ（径20cm、容量1ℓ）もしくはポリエチレンバット（50×30×15cm、容量20ℓ）を使用した。媒精後は30分間隔で沈澱法によって3～4回受精卵の洗卵を行った。

洗卵終了後は受精卵を孵化槽（100ℓ及び500ℓポリカーボネイト水槽）に移すか、もしくは卵量が少ない場合は媒精槽（20ℓ）でそのまま静置した。孵化槽では30分間隔でガラス管による攪拌を行い受精卵の沈下を防ぎ、これを大部分の卵が孵化するまで続けた。この間受精卵の観察を行い同一孵化槽内で発生速度にばらつきが観察された孵化槽に関しては幼生飼育に供しなかった。以上の採卵・受精・孵化にはメムコア精密濾過膜装置（型式4M1-MJL、0.2μm、三井造船社製）で処理した海水を使用した。浮遊幼生飼育にもこの海水を使用した。

(3) 幼生飼育

採卵翌日浮上した幼生（囊胚期～プリズム幼生）は観察後活発に運動している幼生の比率が高い孵化槽を選別し、暗室内（50Lx程度）の飼育水槽に収容した。その際幼生に与える攪拌の影響を避けるため計数を行わず、浮上した幼生を3ℓピーカーですくって飼育水槽に収容した。幼生収容密度は飼育水槽内で計数後調整した。

飼育水槽は主に1,000ℓアルテミア孵化槽及び500ℓポリカーボネイト水槽（4m³水槽ウォーターバス内）を使用した。

通気及び攪拌はエアストーン（1,000ℓ：5×5×17cm、500ℓ：径3×5cm）を使用し微通気で行った。2回次と3回次の各500ℓ1水槽ではモーター（18回転/分）で回転させたプロペラとエアストーンを組み合わせた回転飼育装置（図1）によって攪拌を行った。

底掃除は給餌開始1～3日後からはほぼ毎日行った。水槽底面目視観察により幼生沈澱が観られた場合のみ掃除を行った事例もあった。換水はストレーナー（90、200μm）を用いてサイフォンによる方法、並びに1,000ℓアルテミア孵化槽では平成2年度効果が見られた方法（ストレーナーが幼生に与える影響を極力裂ける目的で30～120分間通気を停止して幼生を浮上させ水槽下部のバルブより排水）で行った。1回次3事例においては幼生を浮上させた後、表層部の幼生を飼育水毎、別の新しい水槽に移槽する方法で換水を

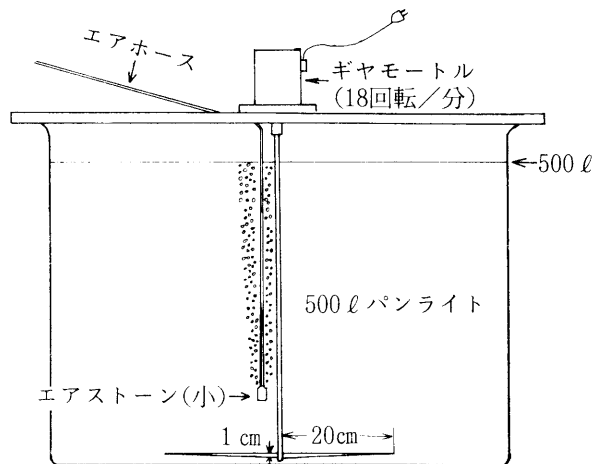


図1 回転飼育装置

行った。しかし幼生を浮上させる方法は通気停止後120分以上経過しても幼生が完全に水面近くまで浮上しない場合や又浮上した幼生の中に前側桿突出個体がみられたためこの移槽の手法は日令6で中止した。同様の理由でアルテミア孵化槽下部バルブより排水する手法も2回以降中止し主に通気を停止せずストレーナーを用いて行った。3回次の1,000ℓアルテミア孵化槽を使用した2事例では50%流水飼育(100μmネットを張ったステンレス製型枠を水槽底斜面部に設置し水槽下部のバルブより排水)も行ったが幼生がネットに凝集したため中止した。換水率は概ね20~60%としたが換水頻度及び換水率は飼育事例によって異なるため図2、図3、図4に示した。

餌料は*Chaetoceros gracilis*(以下C.g.)を主餌料として用いた。C.g.は従来の大量培養用培地(通称 佐賀培地)で培養したが3回次2事例ではSWII改変培地(表1)で培養したC.g.を給餌した。2回次4事例と3回次3事例及び3回次日令17以降全事例はC.g.をトーセルハウジング(1μmフィルター)で濃縮洗浄し培地成分を除去して給餌した。飼育事例によっては平成元年度並びに平成2年度に餌料としての可能性が認められたニュージーランド産ハプト藻類(仮称 以下S1)を同時に補助的に給餌した。C.g.給餌量は概ね1,000cells/mlから開始し、徐々に増やして採苗直前では20,000cells/mlまでとし、S1はその半分量を給餌する予定であったが、8腕前期幼生出現以降、給餌過多に因ると思われる胃肥大等が観察されたためC.g.の最大給餌量を16,000cells/mlまでとした。給餌方法、給餌量、餌料種類に関しても飼育事例によって異なるため図2、図3、図4に示した。

幼生飼育密度は1回次786~2,476個体/ℓ、2回次87~462個体/ℓ、3回次806~1,698個体/ℓの密度で収容し6腕期幼生出現時を目処に徐々に密度を調整した。調整後1回次160~1,300個体/ℓ、2回次240~480個体/ℓ、3回次619~1,427個体/ℓで飼育を行った。

表1 *Chaetoceros gracilis*の培養液組成 (海水1ℓ中)

SWII改変培地 (保存培養用)		大量培養用培地 (通称 佐賀培地)	
KNO ₃	72 mg	硫酸アンモニウム	100mg
KH ₂ PO ₄	4.5mg	過磷酸石灰	15mg
Na ₂ -グリセロリン酸	10.5mg	クレワット32	15mg
Na ₂ SiO ₃ ·9H ₂ O	30 mg	メタケイ酸ナトリウム	90mg
Fe-EDTA	3.6mg		
ビタミンB ₁₂	2 μg		
ビオチン	1 μg		
チアミンHCl	0.1mg		
"TRIS"	500 mg		
L-cystine	1 mg		

(4) 採苗・稚ウニ飼育

8腕後期幼生の叉棘が体外部に3個観察され、ウニ原基も発達した変態直前の幼生（便宜上ここでは「沈着前期幼生」とする）が70%以上を占めるのを目処に採苗を行った。採苗は予め *Navicula ramosissima*（以下、N.r.）を主体とした付着珪藻を繁殖させた透明塩ビ波板（45×45、60×60cm）の入っている4 m³FRP水槽、6 m³FRP水槽および1 m³ポリカーボネイト水槽に幼生を収容し、稚ウニに変態させる方法で行った。1回次は1 m³ポリカーボネイト水槽（45×45cm波板80枚）1基に採苗した。2回次も1 m³ポリカーボネイト水槽（60×60cm波板60枚）1基に採苗した。3回次は6 m³FRP水槽（60×60cm波板400枚）1基と4 m³FRP水槽（45×45cm波板440枚）1基に採苗した。採苗後60～90日経過して稚ウニの平均殻径が約3mmに達するのを目処に波板から剥離し計数した。

1・2回次の剥離した稚ウニを用いて中間育成餌料試験を実施した。平成2年度にアナアオサを給餌して約60日間中間育成した生残率が2.7%と低かった。その原因の一つとしてアナアオサの稚ウニに対する餌料の質の問題が考えられた。そのためこの試験は剥離後稚ウニにアオサをはじめとする数種の異なった餌料を単独給餌して約1カ月間飼育した際の生残率及び成長をみる事を目的とした。平均殻径4.7mm（1.4～17.0mm）稚ウニ141個体を試験に供した。飼育は400ℓポリプロピレン製水槽（170×78×38cm、有効水量270ℓ）内に2mm目ナイロンもじ網を内張りしたポリプロピレン製の籠（35×26×13cm、有効水量9ℓ）を設置し28～29個体/籠の稚ウニを収容して行った。換水率208回転/日で流水飼育した。試験区として培養付着珪藻板（N.r.主体）1区、アナアオサ給餌1区、イバラノリ給餌1区、アワビ用配合飼料2号（日本農産社製）給餌2区の合計5区設定した。培養付着珪藻板区は塩ビ波板の珪藻の色が薄くなったら新しい珪藻板と取り替えた。配合飼料区は毎日サンフォンで残餌除去後、飽食量給餌した。アオサ及びイバラノリ給餌区は適宜追加した。

3回次の剥離後稚ウニは4 m³FRP水槽に垂下したネトロンネット製の籠（100×100×50cm、2mm目）2籠に収容して中間育成を行った。餌料試験終了後の1・2回次稚ウニも同一の4 m³FRP水槽飼育籠内に垂下したネトロンネット製の籠（90×90×60cm、6mm目）1籠に収容して引続き飼育した。餌料試験で好結果が得られたアワビ用配合飼料2号を3籠共に給餌して約2カ月間流水で飼育した。籠内にシェルターとして塩ビ波板を入れた。毎日サンフォンで残餌除去後、飽食量給餌した。

3. 結果及び考察

(1) 親のウニ

1回次は①今帰仁古宇利島地先藻場に地元漁業者が移植し3カ月経過後の採卵2日前に採集した天然ウニ、②読谷村残波地先より採卵2日前に採集した天然ウニ、③本部町渡久地地先魚類養殖生簀内に網掃除の目的で収容後5カ月経過した蓄養ウニを採卵に用いた内6個体を媒精に供した。3回次は③と同様の生簀で蓄養後7カ月経過した蓄養ウニ、④国頭村辺土名地先より採卵前日に採集した天然ウニを採卵に用いた内14個体を媒精に供した。（表2）

表2 幼生飼育回次別親ウニと採卵・受精・孵化状況

回次	採卵日	親ウニ		採卵		受精		孵化幼生										
		履歴 ¹⁾	個体数 全♀-(媒精♀)	殻経 (mm)	方 ²⁾ 法	数 (万個)	率 ³⁾ (%)	正常発 ⁴⁾ 生率(%)	幼生数 (万個)	孵化 ⁵⁾ 率(%)	収容	孵化槽 水温(°C)						
1	9.19	①	57-6-(3)	-	A	314	100	100	314	100	○	27.1~ 28.3						
		②	35-4-(2)	-														
		③	14-1-(1)	89.6									2,431	99.8	97.2	2,362	97.1	○
		計	106-11-(6)										2,745			2,676		
2	10.11	③	35-13-(7)	75.4	A	75	100	82.7	62	82.7	○	24.9~ 25.9						
				67.9									236	100	93.8	221	93.8	○
				71.3									1,010	98.9	99.6	994	98.4	×
				74.4									1,661	95.5	97.6	1,549	93.2	×
				85.6									1,030	98.5	99.6	1,010	98.1	×
				76.7									2,640	97.6	75.0	1,932	73.2	×
				72.5									972	92.3	89.4	803	82.6	×
				計									35-13-(7)	67.9~85.6	7,624			6,571
3	11.8	④	34-7-(7)	76.9	A	382	98.4	100	376	98.4	○	24.6~ 25.6						
				87.0									626	99.5	97.4	607	97.0	○
				78.3									440	100	100	440	100	×
				79.8									193	100	100	193	100	○
				77.9~85.7									1,091	99.2	100	1,082	99.2	×
		③	9-7-(7)	76.9	B	1,088	99.2	100	1,079	99.2	○							
				91.1									713	100	100	713	100	×
				72.8~86.0									1,152	100	98.4	1,134	98.4	×
計	43-14-(14)	72.8~91.1	5,685			5,624												

- 1) : ① ; 採卵2日前に今帰仁村古宇利島地先より採集, ② ; 採卵2日前に読谷村残波地先より採集
 ③ ; 本部町渡久地地先生簀内で4月上旬から蓄養, ④ ; 採卵前日に国頭村辺土名地先より採集
 2) : A ; 口器除去後、体腔内洗浄をせずkcl溶液を注入, B ; 口器除去後、体腔内洗浄
 3) : (受精卵数/採卵数)×100
 4) : (正常発生卵数/受精卵数)×100
 5) : (孵化幼生数/採卵数)×100

(2) 採卵・受精・孵化

採卵・受精及び孵化状況は表2に示した。孵化した幼生を幼生飼育に供する際、採卵数、受精率(100×受精卵数/採卵数)、正常発生率(100×正常発生卵数/受精卵数)及び孵化率(100×孵化幼生数/採卵数)を幼生収容の判断材料としたが、それ以上に各段階(放出卵、受精卵、孵化幼生)での顕微鏡観察結果を重視した。そのため受精率、孵化率等は高くても卵発生速度の不揃い、孵化幼生の活力不足等が観察された事例は飼育に供しなかった。逆に観察結果が良好であれば採卵数が少なくても収容した。全体的に1親当たりの採卵数は多く、受精率、正常発生率及び孵化率は高かった。これは受精前の卵洗浄、雄親からの精子の抽出方法の改良、孵化槽での攪拌等、今年度の改良手法の成果と考える。しかし飼育に供したのは媒精した親27個体の内12個体から得られた幼生であった。採卵数、受精率、正常発生率及び孵化率と孵化幼生の質の良否は必ずしも一致しないものと思われた。

(3) 幼生飼育

9月中旬から12月上旬にかけて3回、延べ28水槽（分槽水槽も含む）の飼育を行った。1回次は9月20日に1,000ℓアルテミア孵化槽3基、4 m³FRP水槽ウォーターバス内に設置した500ℓポリカーボネイト水槽2基の合計5水槽に幼生を収容して親及び換水方法の比較飼育を行った。2回次は10月12日に1,000ℓアルテミア孵化槽4基、4 m³FRP水槽ウォーターバス内に設置した500ℓポリカーボネイト水槽4基の合計8水槽に幼生を収容してC.g.培地、C.g.給餌方法、SI給餌の有無、幼生攪拌方法及び換水方法について検討を行った。1・3回次は8腕前期幼生出現後に幼生が水槽底面に沈下し大量斃死が起こった。2回次は飼育開始当初から前側桿突出個体が多くみられ6腕期幼生出現時には飼育中止事例が続出した。3回次の回転飼育装置を用いた事例では8腕前期幼生出現後も幼生の沈下斃死がみられず8腕後期幼生出現時まで順調に推移した。しかし、その後大量斃死が起こって生残数が低下した。

1回次は10月18日（日令28）に1事例で生残総幼生数1,000個の生産に留まった。2回次も11月14日（日令34）に1事例で2,400個の沈着前期幼生を生産するに留まった。3回次は12月2日から12月6日（日令23～27）の間に7事例で47,800個の沈着前期幼生を生産した。全回次合計の沈着前期幼生採苗数は50,200個に留まった。（表3）

以下に各回次毎の飼育結果を詳細した。

① 1回次

日令1に4腕期幼生が出現した時点で幼生は正常であった。しかし、日令3から日令6にかけて前側腕未発達、口後腕肥満、前側桿先端部突出、口後桿先端部突出等の異常個体がみられた。日令6で移槽換水方式を中止し3水槽を分槽後6水槽にした。飼育総水槽数8とした。日令7に6腕期幼生が出現したが胃収縮、口後腕未発達等新たな異常もみられ始め前側桿先端部突出個体の突出部分も伸張した。日令10に8腕前期幼生が出現してきたが、全体的に異常個体の比率は高まり、同一水槽内の幼生個体間の成長差も著しくなった。日令14で全生残幼生数に占める8腕前期幼生の比率（以下8腕前期率）が50%に達したが幼生の斃死が増え、各事例共に生残数は大きく減少した。日令15には口後腕及び後背腕の成長の遅れた個体が増加し、日令16で一部に8腕後期幼生が確認されたものの全飼育水槽の生残数は極端に減少した。正常個体が見られなくなった4事例（生産番号1-1A、1-1B、1-4、1-5）を飼育中止した。その後生残幼生数に占める8腕後期幼生の比率（以下8腕後期率）は高くないまま幼生密度の低下した3事例（生産番号1-2B、1-3A、1-3B）を日令21・22に飼育中止した。飼育を継続した生産番号1-2Aも生残密度12個/ℓと低密度で幼生の成長も著しく遅れていた。生産番号1-2Aは日令28まで無換水、低給餌密度で飼育後、沈着前期幼生の出現を確認できずに採苗した。幼生生残総数は1,000個であった。この回次は幼生を浮上させた後、移槽及び水槽底から排水する方法で換水を行ったが、通気停止（30～120分）時に幼生の桿先端突出等の弊害が見られた。この手法は有効ではなかった。また採卵・媒精・孵化の方法にも改良を加えて孵化幼生を得たが飼育初期に全飼育事例に前側桿突出等の異常個体が見られた事から採卵に使用した親に問題があったと思われる。（図2、表3）

幼生の発生段階		4腕期				6腕期出現				8腕前期出現				8腕後期出現											
幼生の状態		↓桿突出無し				↓桿突出個体出現				↓個体間成長差大				↓腕成長遅い				↓8腕前期主体							
平均生残密度(個/ℓ)		↓1,631(786~2,476)				↓640(160~1,300)				↓371(56~1,024)				↓187(42~372)				↓10(2~42)				↓6(3~12)			
平均飼育水温(℃)		28.2 26.9		27.3 27.8		27.8 27.2		26.6 26.6		26.7 26.7		27.1 27.3		27.5 27.4		27.6 27.3		25.6		25.2 25.0		24.8 24.7			
1-1A	給餌 ¹⁾ C.g. 密度 S1 ²⁾ 換水率(%)	0.2 → 0.3		0.4 0.5		0.6 1.0 →		1.2 1.4		1.6 1.2 →		0.3 →		飼育中止(日令16)											
		80 25		90 0		80 0		40 →		50 →															
1B	C.g. S1 換水	1-1Aから分槽		0.6 1.0 →		0.3 0.5 →		0.4 0.5		0.3 0.4 →		0.3 →		飼育中止(日令16)		日令28採苗 ↓									
				20 40 →		50 →																			
2A	C.g. S1 換水	0.2 → 0.3		0.4 0.5		0.6 1.0 →		1.2 →		0 0.05		0 → 0.5		0.3 0.86		0.3 0.5									
		60 0		80 0		60 0		80 0		80 0 →		80 0 50		0 →											
2B	C.g. S1 換水	1-2Aから分槽		0.6 1.0 →		0.3 0.5 →		0.25 0.5 →		1.6 1.0 0 →		0.05 → 0.8 0		飼育中止(日令21)											
				40 0		40 →		50 →		0 →															
3A	C.g. S1 換水	0.2 → 0.3		0.4 0.5		0.6 1.0 →		1.2 1.4 →		1.2 →		0 0.05		0 → 1.1 0 →		飼育中止(日令22)									
		60 0		80 0		60 0		40 →		50 →															
3B	C.g. S1 換水	1-3Aから分槽		0.6 1.0 →		0.3 0.5 →		1.0 0.4		0.35 0.3		0.35 0.3 →		0 0.05		0 → 0.7 0 →		飼育中止(日令22)							
				40 20		40 →		50 →																	
4	C.g. S1 換水	0.2 → 0.3		0.4 0.5		0.6 1.0 →		1.2 →		1.4 →		1.2 →		飼育中止(日令16)											
		20 25		30 →		35 →		40 →		50 →															
5	C.g. S1 換水	0.2 → 0.3		0.4 0.5		0.6 1.0 →		1.2 →		1.4 →		1.2 →		飼育中止(日令16)											
		20 25		30 →		35 →		40 →		50 →															

1): 万細胞/飼育水 1 ml 2): Chaetoceros gracilis 3): ニュージーランド産ハプト藻類(仮称S1)

図2 1回次幼生飼育の推移

② 2回次

幼生収容後日令3で4腕期幼生の前側桿突出及び前側腕収縮が見られた。その後、前側桿突出個体の比率が高まり幼生の大量斃死が続いた。そのため日令5から日令9の間に生産番号2-7Aを除いた残りの7水槽を飼育中止した。生産番号2-7Aは日令8まで無換水でC.g.直接給餌を行った事例であり給餌密度は他事例に比べて最も低い2,000cells/mlであった。日令9に6腕期幼生が出現し生残密度は960個/ℓであった。生産番号2-7Aを分槽し生産番号2-7B、2-7Cとして3水槽の飼育を継続した。生産番号2-7Aは日令9以降濃縮C.g.を給餌した。生産番号2-7BはC.g.及びS1を直接給餌した。生産番号2-7Cは濃縮C.g.を給餌し回転飼育装置で飼育した。しかし、前側桿突出個体はその後も観察された。日令18に8腕前期幼生が出現したが前側桿突出及び前側腕収縮個体は増加し斃死も続いた。日令21・25に生産番号2-7A、2-7Bを飼育した。生産番号2-7Cは生残密度は17個/ℓと減少したが日令26に8腕後期幼生が出現した後は前側桿突出はなく、斃死も見られなかった。日令31に沈着前期幼生が出現し日令33に採苗した。生産総幼生数8,200個、沈着前期幼生の総幼生に占める比率(以下、沈着前期率)29.3%であった。この回次も1回次同様孵化幼生の活力(採卵親)に問題があったと思われる飼育初期(8腕期出現以前)の幼生の大量斃死が各事例でみられた。しかし、給餌密度を低くした事例のみが生残し、さらにそれ以降は回転飼育装置を使用した水槽で唯一生産に結び付いた。(図3、表3)

日	令	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34					
幼生の発生段階		4腕期								↓6腕期出現								↓8腕前期出現								↓8腕後期出現 ↓沈着前期出現			
幼生の状態						↓前側桿突出個体出現 →				前側桿突出								↓腕異常個体 ↓前側桿突出無し											
平均生残密度(個/ℓ)		↓288(87~462)								↓346(12~960) → 367(240~480)				↓11(5~17)								17 17							
平均飼育水温(℃)		25.4	24.9	24.9	24.8	24.8	24.6	24.5	25.2	25.2	23.9	24.1	22.9	24.6	25.2	25.6	25.1	24.7	23.3										
生産番号	2-6	給餌密度 ¹⁾ 濃縮C.g. ³⁾ 換水(%)	0.2	0.3	0	0.5 →	0	0.5	飼育中止(日令8)																				
	7A	C.g. ³⁾ 換水	0.2 →	0 →						0.4濃縮	0.2 →	0.4	0.6	0.3	0.4	0.5	飼育中止(日令21)												
	7B	C.g. SI ⁴⁾ 換水			2-7Aから分槽				0.3 →	0.7	0.6	0 →	0.6	1.0 →	飼育中止(日令25)														
	7C	濃縮C.g. 回転 ⁵⁾ 換水			2-7Aから分槽				0.2 →	0.5	0.4	0	0.2	0.3	0.5 →	0.9 →	1.0 →	1.6	0.4	1.2	0.6	0	日令33採苗						
	8	濃縮C.g. 換水	0.2	0 →	0.65	0.5	0	0.5	0 →	飼育中止(日令9)																			
	9	C.g. 換水	0.2 →	0 →		0.77	0.2	0	0.28	0.77	飼育中止(日令9)																		
	10	C.g. SI 換水	0.2	0.3	0.66 →	0.34	0.5	0.7 →	飼育中止(日令8)																				
	11	C.g. SI 換水	0.2	0.66 →	0.73	0.5 →	飼育中止(日令8)																						
	12	濃縮C.g. SI 換水	0.2	0.66	0.83	0.65	0.5 →	飼育中止(日令7)																					
	13	C.g. SI 換水	0.2	0.36	0.54	0.66	飼育中止(日令5)																						

- 1): 万細胞/飼育水 1 ml 2): 1 μm フィルターで濃縮洗浄した *Chaetoceros gracilis* 3): *Chaetoceros gracilis*
 4): ニュージーランド産ハプト藻類(仮称SI) 5): 回転飼育装置使用

図3 2回次幼生飼育の推移

③ 3回次

この回次は幼生を孵化槽別に収容した。孵化槽別の幼生生産番号は孵化槽A: 生産番号3-14A, 3-16, 3-18、孵化槽B: 生産番号3-15、孵化槽C: 生産番号3-17, 3-19, 3-20, 3-21であった。4腕期出現直後から前側桿突出個体が孵化槽C由来の飼育水槽でみられ、日令6に6腕期幼生出現時には胃肥大、口後腕収縮個体も見られた。飼育事例間の幼生の健全性に差がみられ、日令8で生産番号3-20、3-21を飼育中止すると同時に生産番号3-14Aから分槽し新たに生産番号3-14B、3-14Cを設定した。この段階での飼育事例間の幼生の健全性の差は飼育方法よりも孵化槽由来(親)に因るもの大きいと思われた。廃棄した事例は同一孵化槽の孵化幼生を収容したものであり概ね孵化槽A由来の飼育事例の幼生が健全であった。日令9の8腕前期幼生出現時の生残状況は全体的に良好であった。しかし日令12に葉状繊毛帯ができ始めると生産番号3-16を除く全飼育事例で胃の異常(肥大、周辺部壊死、変形)個体がみられ大量の沈下斃死が起き生残数は大きく減少した。日令16に8腕後期幼生が出現したが幼生の状態及び生残数共に順調な事例は生産番号3-16のみであった。他事例の水槽底面部の沈下した個体を観察するとまだ死亡していない個体も多かった。この事から沈下斃死個体の多くは浮遊しきれなくなり沈下した後、水槽底面で死亡するものと思われた。それに対して回転飼育装置の生産番号3-16は回転による飼育水の攪拌で

幼生を浮遊させ得ているものと思われた。しかし、日令17まで高密度に生残していた生産番号3-16は日令18に大量沈下斃死が起きた。浮遊している幼生にも桿突出、胃変形、体色黒化個体が見られ日令19にも大量斃死が起きた。この両日の斃死により生残数は大きく減少した。日令21に沈着前期幼生が出現した。生産番号3-16を含む各飼育事例の生残数は減少したが日令22には異常な個体はみられなくなった。沈着前期率の高まった日令23から日令27にかけて飼育7水槽の採苗を行った。生産番号3-17のみ廃棄した。採苗した事例の合計は生産総幼生数66,600個、沈着前期幼生数47,800個、平均沈着前期率71.3%であった。この回は親の質に由来すると思われる6腕期出現前の飼育中止事例があり、更に8腕前期に入り葉状繊毛帯が形成されると幼生が浮遊しきれずに沈下斃死した。回転飼育装置を使用した生産番号3-16は8腕前期幼生出現後、給餌密度を増加し、日令10の5,000cells/mlを日令11以降10,000cells/ml以上にした。これにより幼生が摂餌過多となり浮遊力が低下し、これが日令18の大量斃死の原因となったと思われた。しかし日令17までの歩留まり53.9%、生残密度521個/lは他事例と比較して良好であり、回転飼育装置の効果は充分認められた。回転飼育装置の幼生を浮上させる能力に限界があると思われるため、今後は給餌密度の低減を図る必要があると考えられた。また日令17の高い幼生密度が大量斃死を引き起こした事も考えられるため8腕前期幼生出現時以降の適性飼育密度の検討を同時に行う必要がある。(図4、表3、図5)

日令	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	
幼生の発生段階	4腕期		↓6腕期出現				↓8腕前期出現				↓8腕後期出現				↓沈着前期幼生出現	
幼生の状態	↓前側桿突出		↓胃肥大・口後腕収縮				↓胃奇形・体色黒化				↓異常個体激減					
平均生残密度(個/l)	1,260	↓936	↓755	↓742	↓448	↓308	↓154	↓84	↓21	↓19				↓16		
平均飼育水温(°C)	25.4	25.0	24.7	25.3	25.5	25.5	25.4	25.9	25.5	25.9	25.5	25.6	25.4			
生産番号	3-14A	給餌密度 ¹⁾ 濃縮C.g. ²⁾ 換水率(%)														
	14B	C.g. ³⁾ SI ⁴⁾ 換水														
	14C	C.g.(SWII) ⁵⁾ 換水														
	15	濃縮C.g. SI 換水(流水)														
	16	濃縮C.g. 回転 ⁶⁾ 換水														
	17	C.g. 換水														
	18	C.g. SI 換水														
	19	C.g.(SWII) 換水														
	20	C.g. SI 換水(流水)														
	21	C.g. 換水														
	採苗	日令24採苗(沈着前期幼生3,900個)														
	採苗	日令27採苗(沈着前期幼生2,200個)														
採苗	日令24採苗(沈着前期幼生15,300個)															
採苗	日令23採苗(沈着前期幼生6,500個)															
採苗	日令25採苗(沈着前期幼生8,800個)															
飼育中止	飼育中止(日令27)															
採苗	日令23採苗(沈着前期幼生1,100個)															
採苗	日令27採苗(沈着前期幼生10,000個)															
飼育中止	飼育中止(日令8)															
飼育中止	飼育中止(日令8)															

1) : 万細胞/飼育水1ml 2) : 1μmフィルター濃縮洗浄C.g. 3) : Chaetoceros gracilis
4) : ニュージーランド産ハプト藻類(仮称SI) 5) : SWII培地培養C.g.(日令16まで) 6) : 回転飼育装置使用

図4 3回次幼生飼育の推移

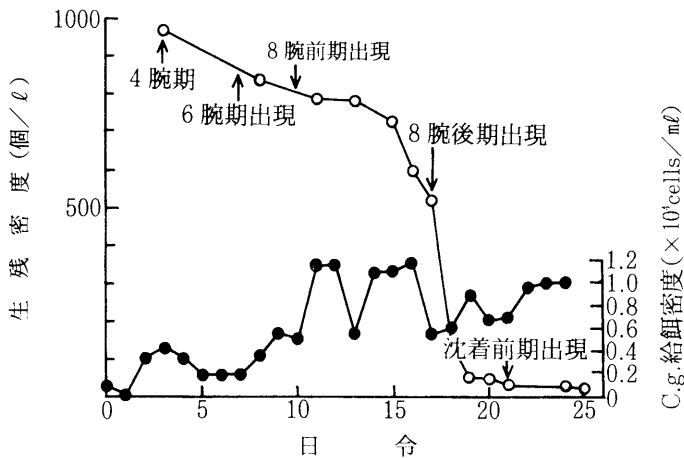


図5 生産番号3-16の生残密度と給餌密度の推移

以上の今年度幼生飼育結果から6腕期以前の初期飼育時に異常個体比率の低い健全な孵化幼生を得るための良質親ウニの確保及び幼生収容前の孵化槽での適正な活力判定の重要性が示唆された。8腕前期幼生の大量弊死亡を防止する方法として回転飼育装置を用いた飼育方法の有効性が示唆された。今後はこの装置を用いて飼育を行う必要があると考えられた。給餌密度は8腕前期幼生出現前まで5,000cells/ml以下の低密度給餌で充分であると思われたため今後は8腕前期幼生出現以降の適正給餌密度の検討が必要である。更に8腕前期幼生出現時以降の適正飼育密度の把握も重要であると思われた。

表3 平成3年度沈着前期幼生生産結果

生産番号	飼育水槽 (m ³)	飼育期間 (月/日/飼育日数)	収容幼生数 (万個)		採苗時幼生						
			密度調整後 (日令)	分槽後 (日令)	幼生総数 (個)	沈着前 ²⁾ 期数(個)	沈着前 ³⁾ 期率(%)	沈着前期 ¹⁾ 密度(個/ℓ)	沈着前期 ⁵⁾ 生産率(%)		
1-2A	0.5P	9/20-10/18 (28)	87 (1)	67 (6)	1,000	-	-	-	-	-	日令6に分槽
2-7C	0.5P 回転	10/12-11/14 (33)	96 (9)	19 (9)	8,200	2,400	29.3	5	1.3	1.3	日令13より 回転飼育
3-14A	1.0	11/9-12/3 (24)	88 (5)	35 (11)	5,200	3,900	75.0	4	2.4	1.1	日令8に分槽
3-14B	1.0	11/9-12/6 (27)		11 (11)	3,600	2,200	61.1	2		2.0	
3-14C	1.0	11/9-12/3 (24)		35 (11)	23,200	15,300	65.9	15		4.8	
3-15	1.0	11/9-12/2 (23)	62 (3)		9,000	6,500	72.2	7	1.0		
3-16	0.5P 回転	11/9-12/4 (25)	48 (3)		11,500	8,800	76.5	18	1.8	1.8	日令8より 回転飼育
3-18	0.5P	11/9-12/2 (23)	42 (5)		1,500	1,100	73.3	2	0.3	0.3	
3-19	0.5P	11/9-12/6 (27)	46 (5)		12,600	10,000	79.4	13	2.2	2.2	
合計					75,800	50,200	66.2	7	1.6	1.6	

1): 0.5Pはポリカーボネイト水槽、0.5P回転は回転飼育水槽、1.0はアルテミア孵化水槽 2): 沈着前期幼生数
3): (沈着前期幼生数/幼生総数)×100 4): 沈着前期幼生生残密度 5): (沈着前期幼生数/収容幼生数)×100

(4) 採苗・稚ウニ飼育

3回の幼生飼育で生産した沈着前期幼生50,200個を採苗し、64～91日後に剥離計数を行った。1回次11個体（平均殻径12.1mm）、2回次130個体（平均殻径4.1mm）、3回次2,111個体（平均殻径3.8mm）合計2,252個体（平均殻径3.9mm）の稚ウニを生産した。採苗後の歩留りは1回次1.1%、2回次5.4%、3回次4.4%、平均4.5%で低歩留りであった。これは採苗時の幼生の活力及び付着板の珪藻の繁殖状態と密接に関係があると考えられた。

表4 中間育成餌料試験結果

番号	試験区 餌料	開始時		飼育 日数 (日)	終了時		生残率 (%)
		個数 (個)	殻径(mm) 平均(範囲)		個数 (個)	殻径(mm) 平均(範囲)	
1	培養付着珪藻板	29	4.7 (1.4-17.0)	28	27	5.9 (2.3-13.2)	93.1
2	アナアオサ	28	4.7 (1.4-17.0)	28	23	10.2 (2.4-30.1)	82.1
3	イバラノリ	28	4.7 (1.4-17.0)	28	22	8.2 (3.8-25.3)	78.6
4	アワビ用 配合飼料(1) ¹⁾	28	4.7 (1.4-17.0)	28	26	9.6 (2.6-27.2)	92.9
5	アワビ用 配合飼料(2) ²⁾	28	4.7 (1.4-17.0)	28	22	10.6 (3.8-27.4)	78.6
平均		計 141	4.7 (1.4-17.0)	28	計 120	8.8 (2.3-30.1)	85.1

1)：アワビ用配合飼料2号（日本農産社製）を用い、シェルターとして塩ビ波板使用

2)：アワビ用配合飼料2号（日本農産社製）を用い、シェルターとしてネットロンネット使用

1・2回次の剥離した稚ウニを用いて中間育成餌料試験を行った結果を表4に示した。生残率は培養付着珪藻板区、アワビ配合飼料給餌区(1)、アナアオサ給餌区、アワビ配合飼料給餌区(2)・イバラノリ給餌区の順に高かった。試験区中最も生残率の低いアワビ配合飼料給餌区(2)及びイバラノリ給餌区も78.6%と比較的高かった。これは試験に供した稚ウニの平均殻径が4.7mmと通常の間育成開始サイズより大きかった事も要因の一つに上げられるがそれ以上に流量が多く水質悪化が起りにくかった事が全試験区の生残率の高さに結び付いたと思われた。この様に水質環境の悪化がなければ生残率に関して餌量の質による大きな差がないと考えられた。試験終了時の殻径平均はアワビ用配合飼料給餌区(2)、アナアオサ給餌区、アワビ用配合飼料給餌区(1)、イバラノリ給餌区、培養付着珪藻板区の順に大きかった。培養付着珪藻板区の成長が他区と比較して遅かった。以上の結果から中間育成期間の餌料としてアワビ用配合飼料が有効であると思われた。

上記試験終了後の稚ウニ120個体と3回次剥離稚ウニ2,111個体を引き続き飼育した結果4月20日に1・2回次合計111個体（平均殻径33.2mm）及び3回次429個体（平均殻径15.7mm）を生産した。合計540個体（平均殻径19.3mm）の稚ウニは今帰仁村古宇利島地先に放流した。3回次の中間育成中の生残率は20.3%と低かった。この主要因として大型籠飼育における水質悪化

及び剥離前の稚ウニの健全性の問題が考えられた。今後は、採苗後の波板飼育及び剥離後の籠飼育についても浮遊幼生飼育同様に検討する必要があると思われた。

表5 平成3年度波板飼育および中間育成結果

生産 回次	採 苗			稚ウニ波板剥離				中 間 育 成				
	水槽 (㎡)	月/日 (日令)	生産 番 号	沈着前期 幼生数(個)	月/日 (日令)	個数 (個)	採苗率 ¹⁾ (生残率%)	平均殻径 (範囲)(mm)	終了月日 (日令)	個数 (個)	生残 ²⁾ 率(%)	平均殻径 (範囲)(mm)
1	1	10/18 (28)	1-2A	(1,000)	1/17 (119)	11	1.1	12.1±3.7 (3.8-17.0)	4/20 (192-214)	111	78.7	33.2±8.0 (9.4-52.3)
2	1	11/14 (33)	2-7C	2,400	1/17 (97)	130	5.4	4.1±1.5 (1.4-6.8)				
3	4	12/2(23) 12/3(24)	3-15 18 14A 14C	26,700	2/25 (108)	811	3.0	3.7±1.8 (1.2-13.0)	4/20 (163)	429	20.3	15.7±6.7 (2.6-35.2)
	6	12/4(25) 12/6(27)	3-16 14B 19	21,100		1,300	6.2	3.9±1.3 (1.1-9.3)				
	小計			47,800		2,111	4.4	3.8 (1.1-13.7)				
合計				50,200		2,252	4.5		4/20	540	24.0	19.3

1) : (稚ウニ剥離個数/沈着前期幼生採苗個数)×100

2) : (中間育成終了時個数/稚ウニ剥離個数)×100

参考文献

- 玉城 信・川端芳宣；シラヒゲウニの種苗量産技術開発試験，平成2年度沖縄県栽培漁業センター事業報告書，21-29.
- 渡辺利明・玉城 信；シラヒゲウニの種苗量産技術開発試験，昭和62年・63年・平成元年度沖縄県栽培漁業センター事業報告書，60-67.
- 島袋新功・玉城 信・山本隆司；シラヒゲウニの種苗量産技術開発試験，昭和62年・63年・平成元年度沖縄県栽培漁業センター事業報告書，49-59.
- 鹿児島県栽培漁業センター（1992）；鹿児島県シラヒゲウニ種苗生産・中間育成技術開発，平成3年度地域特産種増殖技術開発事業報告書（亜熱帯磯根グループ），4-24.
- 鹿児島県栽培漁業センター（1991）；鹿児島県シラヒゲウニ種苗生産・中間育成技術開発，平成2年度地域特産種増殖技術開発事業報告書（亜熱帯磯根グループ），5-26.
- 鹿児島県栽培漁業センター（1990）；鹿児島県シラヒゲウニ基礎調査・種苗生産・中間育成技術開発，平成元年度地域特産種増殖技術開発事業報告書（亜熱帯磯根グループ），9-37.