ナマコ種苗生産マニュアル

平成２２年３月

地方独立行政法人青森県産業技術センター
水産総合研究所

はじめに

マナマコは冬期間の珍味及び正月の縁起物として珍重されるとともに、古くから加工品が中国に輸出されてきました。近年は加工品の輸出が盛んになり、ナマコ漁獲量も急増しました。それに伴う種苗供給への要望の高まりを受けて、青森県では平成 17 年度から 18 年度に「ナマコ資源の培養による清らかな海の里づくり事業」を実施し、県内のアワビ生産施設がマナマコを生産できるよう「ナマコ種苗生産の手引き」を取り纏めました。

その後もマナマコ漁獲量は増え続け、一部地先では資源の枯渇が心配されるようになりました。そこで、青森県は平成 20 年度から「なまこ資源管理・種苗生産推進事業」を実施し、県内の種苗生産機関におけるマナマコ種苗の生産を向上させ、マナマコ資源の維持・増大につなげるため、(社)青森県栽培漁業振興協会に「ナマコ種苗供給能力増大技術開発試験」を、当研究所に「なまこ種苗生産検討会」の開催を委託しました。この「ナマコ種苗生産マニュアル」は「ナマコ種苗生産の手引き」に試験の成果を反映させ、また、この 3 年間で開発された新技術等も取り入れながら、検討会で検討委員の皆様とともに検討した結果をもとに作成しています。作成にあたっては、検討委員を始めとした関係機関の皆さまから多大なるご助言・ご協力を賜りまして、感謝申し上げます。

このマニュアルが、県内の種苗生産機関など関係機関の皆様のお役に立ち、青森県のマナマコ資源の増大に役立ちますことを期待します。

地方独立行政法人青森県産業技術センター 水産総合研究所
所長　柞木田　善治

1. ナマコについて

1）種類

県内で食用とされているナマコ類には、マナマコ（*Stichopus japonicus*）、キンコ（*Cucumaria frondosa japonica*）などがあります。キンコは比較的深所に生息し刺網等で少量混獲される程度で、マナマコが漁獲のほぼすべてを占めています。

マナマコは、市場では体色によりアカ、アオ、クロの３種類に分類されています（図 1）。マナマコの分類についてはまだ混乱も多いのですが、KAN-NO et al.（2003）によると、アカは他の２種類とは遺伝的に異なりますが、アオとクロは明確に分けることができません[1)]。アオナマコの中には赤色に近い体色の個体も見られますが、体色のほか管足のある腹部の色彩が黒色の物をアオ、赤色の物をアカとすることで、簡単に区別できます（図 2）。

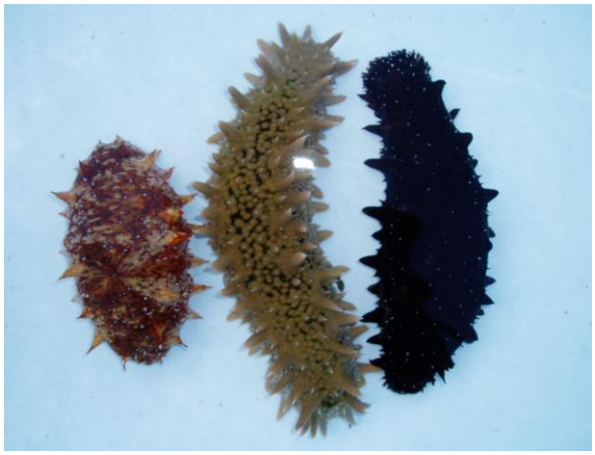


図１　ナマコ背面（左からアカ、アオ、クロ）

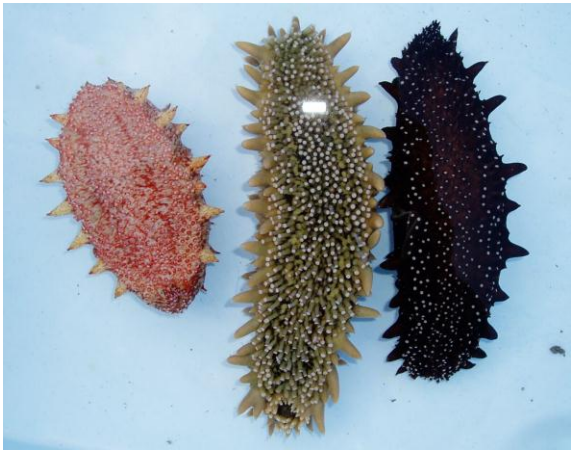


図２　ナマコ腹面（図１と同一のナマコ）

アカナマコは、体色が赤または赤褐色で、主に外海の岩礁地帯に生息します。西日本では高値で取引されている種類ですが、青森県では漁獲量が少なく身が硬いためにあまり好まれず、アオナマコに比べて一般に安価で取引されています。

アオナマコは、内湾性で砂泥地帯によく生息し、体色は緑色～赤褐色～黒色まで変化に富んでいます（図 3）。青森県では、アオナマコが漁獲の主体を占めています。

クロナマコは、体全体が黒色を呈します。取り扱いが悪いと表皮が剥げたように見え傷みが目立つので、生鮮ではアオナマコに比べて安価で取引されてきました。しかし、乾燥ナマコ製品にすると、アオナマコとほとんど区別がつかなくなるた

図３　アオナマコの変異（イボ立ちや体色の違い）

め、ほぼアオナマコと同じ価格で取引されるようになりました。

陸奥湾における過去（昭和 50 年以前）の調査では背部の色彩で区別したことから混乱が生じ、「(陸奥湾では）アオナマコはまれに見られる程度[2)]」といった記載も有りますので、注意が必要です。今後は特記しない限り、ナマコと記載した場合はアオナマコとします。

2）産卵・成熟

青森県でのナマコの産卵は、春から初夏にかけて海水温が 12～20℃（最盛期 16℃前後）の時に行われていると報告されています[3)]。

種苗生産では成熟した親ナマコの確保が必要ですが、地域や年（水温変化）によって成熟時期の把握が難しい、成熟個体は採捕時の刺激で簡単に内臓を吐き出してしまう等の問題があります。また、成熟盛期は青森県海面漁業調整規則によるナマコの採捕禁止期間（5 月 1 日～9 月 30 日）にあたり、親ナマコを採捕するためには特別採捕の許可申請等が必要となります。

陸奥湾のナマコは、夏場の海水温が 18℃以上になると消化管等の内臓が萎縮して夏眠状態となり、水温が降下して 18℃以下になる秋期に内臓が再生し始めました[3)]。

酒井（2002）によると、北海道では秋期の海水温が 18℃前後に下がる時期を基準日として、積算水温が 1,800℃・日以降から採卵・採精に反応する個体が出現します[4)5)]。全国的に見ると、愛知県[6)]や佐賀県[7)]等の暖かい地方では、採卵作業が比較的容易に出来ると報告されています。それに対して、北海道や岩手県の寒冷な地域では採卵に苦労しています。これらの違いは、海域の温度条件によるものと推測されます。夏場に高水温となる地域ではナマコが夏眠状態になることから、春先の一時期に産卵期間が集約されます。それに対して、寒冷な地域では夏眠状態が不明瞭なことから、春先から秋口までの長期に渡って成熟個体が確認されます。

このように寒冷地では、産卵時期が長期間で成熟のピークが不明瞭なことから、成熟した親ナマコの確保が一層困難になっています。このため、安定した種苗生産を行うためには、エゾアワビの親貝管理のような、親ナマコの飼育水温や餌料等による養成管理が必要となります。

2. 親ナマコの養成

1）親ナマコの入手

ナマコの漁獲方法には、桁網、鉤取り、潜水等がありますが、親ナマコとしては、比較的傷つきにくい潜水採捕された個体が最適です。

親ナマコの選別に当たっては、採捕時の刺激による内臓の吐き出しがなく（2～3 週間で内臓が再生するので、12 月に入手した個体なら使用可能）体重 300 g 前後の大型な個体を選別してください。体重 100 g 以下の個体でも成熟が確認されていますが、産卵量が少なく、親ナマコとして使用するには実用的ではありません。

2）搬入

親ナマコは、ビニール袋に入れ酸素封入し発泡スチロール容器で輸送します。水温の上昇が予想される場合には冷却剤も同封します。3 時間程度の輸送なら約 20L の発砲スチロール容器に、ビニール袋・酸素封入で約 6 kgのナマコと海水 5L でも良好な状態で輸送可能です。

3）親ナマコの飼育

今までに、ナマコを親用とするために長期（半年以上）養成飼育する事は少なかったのですが、(社)青森県栽培漁業振興協会では、12 月に入手したナマコを 3 種類の方法で養成飼育しています（図 4～6)。これらには、それぞれメリット、デメリットがあります。

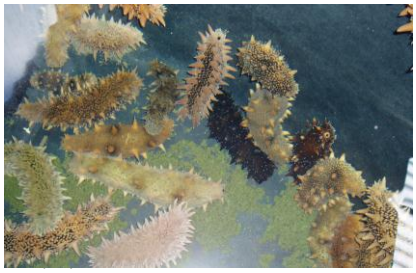


図 4　水槽での養成

図 5　遊水池での養成

図 6　巡流式水槽での混養

①　水槽での養成（図 4）

使用している水槽は 0.5t パンライト製でナマコを約 10kg 収容し、ろ過海水を 0.5 回転／時間でかけ流すとともに、エアレーションを行います。

餌は、稚ナマコ用配合飼料（日本農産工業(株)製海参エナジー）を 1 回当たり約 80 g と貝化石（(株)グリーン・カルチャア製ロイヤル・スーパーグリーン）約 160 g を 1 日おきに水槽全体に散布し（餌が一か所に固まると摂餌率が低下する)、残餌量を把握して増減します。

＊貝化石

貝類の化石で多孔質な砂。畑の土壌改良や魚介類の種苗生産における水質安定の為、散布して使用される。ナマコの場合は、餌の増量剤・消化吸収の補助・砂浴び（寄生虫防除）等の面で効果が有ると思われる。

サイフォン管で汚れや残餌を掃除しますが、ナマコを吸いこむと内臓の吐き出しや体表のびらんの原因となりますので注意が必要です。

飼育中のナマコの状態を観察し、体をくねらせて管足が萎縮している個体や、体表がびらんして白い粘液状に溶け出す個体は、速やかに取り除きます。

②遊水池での養成（図 5）

飼育排水を貯水する約 300 t 水槽での放養飼育です。餌は特に与えませんがナマコは水槽内に自然繁殖する藻類や排水に含まれる有機残渣等を摂餌しています。

①と比較しますと温排水が含まれているため、ろ過海水温と比較して 2℃程度高めとなり採卵時期が早くなります。

また、飼育条件が天然に近いことから、体表がびらんした個体や衰弱した個体が回復することもありました。成長も順調で、平成 17 年の飼育例では約 3 ヶ月で最大個体重量が 505 g から 773 g へと約 1.5 倍に増加しました。

しかし、平成 21 年度の誘発では反応する個体が皆無で、生殖腺の異常が発見されました。解剖所見は、「前年度の生殖腺の吸収が不完全な上に新たな生殖腺が形成され、新旧の生殖腺が混在している」でした。生殖腺の一部は、ウインナー状に括れ閉塞していました（図 7、8)。

原因の詳細は不明ですが、前年度からの継続飼育個体を遊水池に収容していたことが疑われました。アワビの場合では、親貝の継続飼育を行うと年々産卵量や受精率が低下することが知

られています。ナマコの場合も同様の現象が起きる可能性があります。親ナマコは毎年更新した方が安全と思われます。

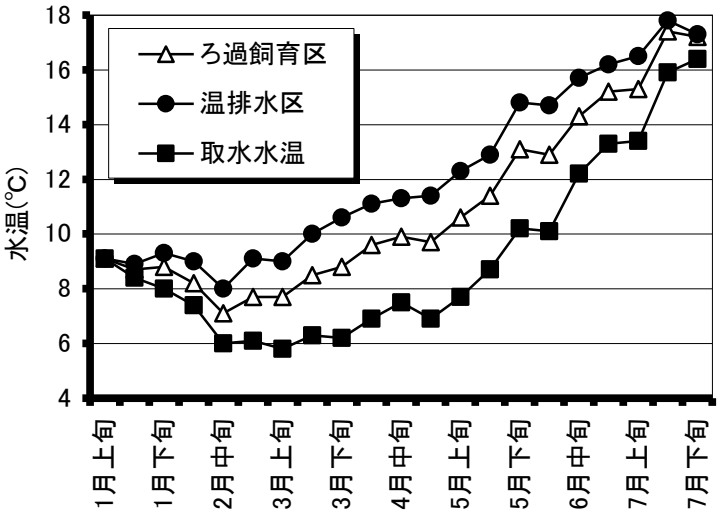
図 7　　解剖による生殖腺の確認

図 8　メスの生殖腺の異常（閉塞部分有り）

③巡流式水槽での混養飼育（図 6）

アワビ稚貝や稚ウニを飼育している巡流水槽への混養で養成飼育を行う方法です。ナマコ用として餌は特に与えませんが、アワビ稚貝用として与えた配合餌料の残餌や水槽内の有機物を食べています。残餌掃除の邪魔になったりしますが、アワビ稚貝への影響は無く管理も楽です。

(社)青森県栽培漁業振興協会が、①～③の方法で飼育した時の温度を示しました（図 9)。



＊図 9 の補足

・ろ過飼育区

取水＋温排水の混合による水温で取水より 3℃程度高い（通常飼育区）

・取水水温

協会（階上）での取水水温

・温排水

1～7 月のボイラー稼働期間の排水温度で取水より 5℃程度高い(遊水池区)

図 9　親ナマコ飼育期間の温度（2008 年）

3. 産卵誘発について

1）採卵方法

産卵誘発には、精密ろ過海水（5μｍカートリッジフィルター使用）の紫外線殺菌処理と昇温刺激を併用します。また、採苗直前の幼生飼育までは、同様に処理した海水を使用します。

採卵用水槽（200～500L）に飼育水温よりも 5℃程度加温した海水を溜め、20～30 個体の親ナマコを収容します。水槽の周囲を暗幕等で覆い、暗くして振動や光等の刺激を与えないようにします。反応が見られない場合では、誘発温度を約 25℃に加温する方法もあります(図 10)。

誘発に反応する個体の多くは水槽壁を水面近くまで登り、頭部を 8 の字を書くように振り、後頭部から雄は白い煙のような精子を（図 11)、雌はオレンジ色の卵を放出します（図 12)。

通常、昇温刺激開始後 2 時間程度で雄が先に放精し、その後雌が遅れて産卵します。反応した個体は別に準備した個別の 15L の水槽に 1 個体ずつ移し替え産卵・放精させます（図 13)。産卵初期に移動させると産卵を中止してしまう場合がありますので注意が必要です。

雌の反応が見られない場合には、誘発水槽に精子海水を添加する方法もあります。

図 10　誘発用水槽

図 11　放精している雄

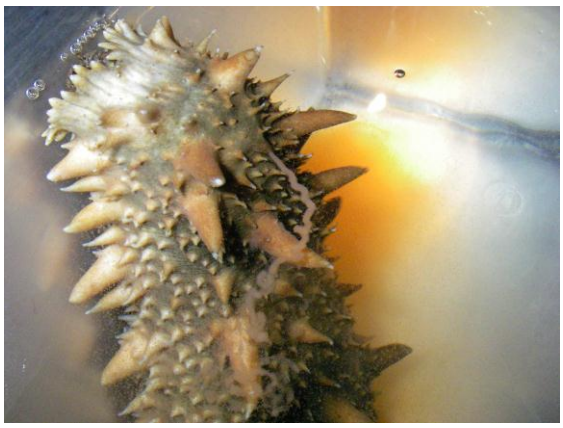


図 12　産卵している雌

図 13　個別の誘発水槽

＊クビフリンによる採卵方法 [8)]

国立大学法人九州大学、(独)水産総合研究センター及び自然科学研究機構の共同研究チームが、マナマコの周口神経組織からアミノ酸 5 個からなる短いペプチドを発見して「クビフリン」と命名し、クビフリン及びクビフリンを用いた放卵・放精誘発技術の特許を取得した（特許公開番号 2010-53041)。

クビフリンは、成熟を促進させる物質では無いので未成熟な個体には無効だが、成熟した個体であれば昇温などの物理的な刺激を与えなくても、クビフリンを注射することにより容易に誘発が可能である。また、卵が成熟しているならば、吐き出された卵巣にもクビフリン処理は有効で、受精可能な卵を得ることが出来る。

・注射による誘発方法 [9)]

1　クビフリン製剤（(株)産学連携機構九州製）を 5ml の精製水に溶解し、クビフリン溶液とする。

2　ナマコ体腔内に、クビフリン溶液を体重の 0.1%（1,000 分の 1）注射する。

3　注射した個体を、個別に水槽に収容する（遮光や昇温刺激の必要無し)。

4　腸管の動きが活発になり、糞を出すので除去する。

5　およそ 1 時間前後から放卵・放精が始まる。

6　卵を回収し受精させる。

注）クビフリン剤 10,500 円/本（送料別）で総重量 5 kgのナマコの誘発が可能である。

2）集卵・媒精

①集卵は、サイフォン・ホースで行います。糞等の雑物が混入しないように 300μm のネットで濾し回収します（図 14）。

卵の収容数は、水槽容量 1L 当たり 10 万個を超えないようにします。

②媒精に使用する精子は、顕微鏡により活力を確認し、複数個体の精子を混合し 5～10 万個体/ml の媒精濃度で受精させます。

放精が確認されない場合は、切開によって取り出した精巣を切り刻み作成した精子懸濁液を使用しても受精は可能です。（卵巣内の卵は未成熟なためこの方法は使えません。）

図 14　集卵作業

受精は産卵直後に行います。経塚（2010）によると、産卵直後の卵は受精に最適の状態で、受精率も高いです[10)]。しかし、受精率は産卵後 90 分までは高いままですが、卵成熟は進行し続けます。そのため、時間が経つほど正常発生率は下がり、産卵から 30 分後の受精では正常発生率は 50%まで落ちてしまいます。産卵後は、すぐに受精させるようにしてください。産卵前から精子懸濁海水を添加しておく方法もあります。

③洗卵作業はふるい（目合い 40μm）による流水洗卵（図 15）、または卵の沈降を待って上澄みを捨てるデカンテーション式で行います。なお、ナマコの卵の沈降は遅いので、デカンテーションによる洗卵には時間がかかります。

洗卵後は、サンプルを採取して受精率を確認し、必要幼生数の約 2 割増しの受精卵を幼生飼育水槽に収容し、浮上まで静置します。この時、エアレーションや注水管などはまだ設置せず、幼生の浮上まで止水管理します。アワビで使用している小型水槽（15～30L）では卵が重なり、正常に発生しないので注意が必要です。

図 15　ネット洗卵作業

4. 浮遊幼生の飼育

1）飼育設備

幼生飼育方法には、無換水飼育、定期換水飼育、流水飼育等の方法が有ります。それぞれメリット、デメリットがありますが、飼育海水が充分確保できる場所では、流水飼育が残餌量の確認や水質のコントロール等の必要も無く、トラブルも少なく安全です。

幼生飼育は、下記のように加工した 500L パンライト水槽を使用します。この水槽は(社)岩

手県栽培漁業協会種市事業所でウニの幼生飼育用に考案された装置ですが[11]、ナマコが同じ棘皮動物ということで幼生飼育に適しています（図 16）。

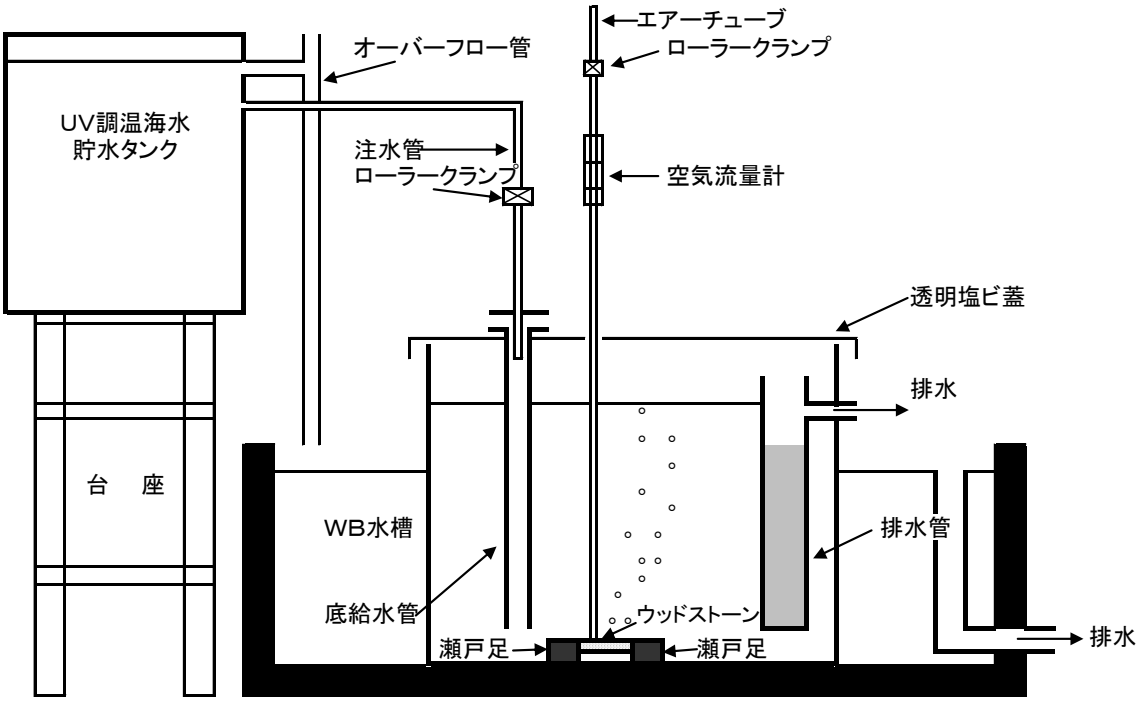


図 16　ナマコ幼生飼育模式図

①UV 調温海水貯水タンク　：精密濾過後の殺菌温海水を一次貯水する。曝気することによりガス病予防ができ、オーバーフロー式とすることで水圧変化が少なく、注水量が安定する。
②ローラークランプ　：水量や通気量を微調整する器材（点滴で使用する物と類似）。
③WB（ウォーターバス）水槽：飼育水槽が外気の影響で温度変化を受けないようにするための保温用。
④底給水管　：注水を飼育水槽底面に送るための管。
⑤空気流量計　：空気流量を表示する機材（300ml/分を使用。約 15,000 円と高価）。
⑥ウッドストーン（木製）　：エアーストーンより細かい気泡が出る。底より 2 ㎝程度上げて使用。
⑦排水管　：50 ㎜の塩ビ管、異径チーズ等で作成。40、100、150μm のネットを張り、幼生の大きさに合わせてネットの目合いを変えて使用する。目詰まりが起きる場合は 2 本に増やす。

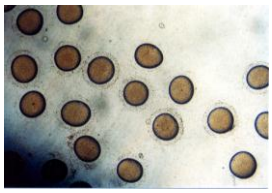
2）幼生の発生

受精卵は、水温 18～20℃で翌日に嚢胚期幼生となって泳ぎだし、浮遊生活を始めます。

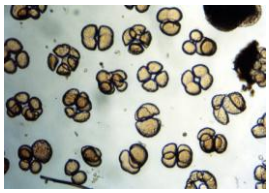
幼生は、2 日目にはオーリクラリア幼生（耳型）となり、植物プランクトンを摂餌しながら最大 900～1,000μm まで成長し、オーリクラリア前期幼生となります。その後体長は縮小してオーリクラリア後期、ドリオラリア幼生（樽型 300～500μm）、ペンタクチュラ幼生（250～350μm）と変態し、約 2 週間後には体長 300～400μm の稚ナマコになります（図 17）。

3）幼生の管理

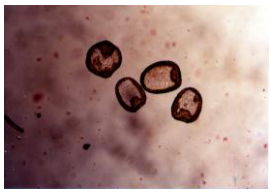
幼生飼育管理方法は、(社)岩手県栽培漁業協会種市事業所で使用されているウニ用管理表[11]をナマコ用に改変したものを応用しました（表 1）。



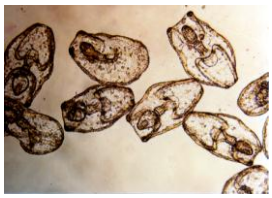
受精卵約 150μm



4 細胞期

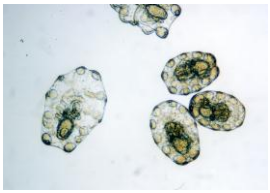


嚢胚期幼生



オーリクラリア幼生前期

同幼生後期（球状体が出現）



ドリオラリア幼生

ペンタクチュラ幼生

稚ナマコ

図 17　ナマコ幼生の発生

この方法では、連続注水を行うので水質の安定化が図られる上、通気量・排水管の目合い・通水量・給餌量も発生ステージにより細かく決められているので、ナマコの幼生飼育でも安定した生残率が期待できます。

表 1　ナマコ幼生飼育管理表（50 万個体収容）

項目＼経過日数		1日目	2日目	3日目	4日目	5日目	6日目	7日目	8日目	9日目	10日目	11日目	12日目	13日目	14日目
ステージ		採卵	浮上	Aur前期(オーリクラリア)								Aur後期	ドリオ期		ペンタ期
通気量(ml/分)		停止	40	50	60	70	80	80	80	80	80	80	80	80	80
排水管のネットの目合(μm)			40	100	100	150	150	150	150	150	150	150	100	40	40
通水量(ml/10秒)		停止	30	35	40	45	50	55	60	65	70	70	70	70	採苗
Ch.g 給餌量(ml)	午前	－	－	35	40	45	50	55	60	65	70	75	55	50	
Ch.g 給餌量(ml)	午後	－	25	65	80	90	100	110	120	130	140	150	110	100	

＊表 1 は、50 万個体収容（1 個体/ml）の給餌量となっているが、100 万個体収容での給餌量は表の 1.5 倍、200 万個収容では表の 3 倍と調整することで飼育が可能である（通気その他は共通）。

4）幼生の餌

幼生の餌として、浮遊珪藻の一種 *Chaetoceros gracilis*(キートセラス・グラシリス、以下 *C. gracilis*)を与えます。

C. gracilis を培養する場合は、滅菌海水の作成、ビタミン・微量元素を含んだ培養液の調整、温度や照度の管理等の作業に労力と培養機材が必要です。また、培養の状態によりナマコ

幼生の生残率が大きく左右されます。このため、市販の高密度培養の *C. gracilis*（ヤンマー㈱製、約 1 億 cells/ml）を購入し与える方法もあります（図 18）。製品は、10L で約 3 万円前後と高価ですが、約 300 万個体の幼生を 2 週間飼育する量が確保でき、品質が安定していて、冷蔵（5℃以下）で 20 日間の保存ができること等のメリットがあります。

給餌は、必要量を海水約 1L に薄めて使用します。

図 18　市販の *C. gracilis*

5）幼生の分離

採卵の翌日に幼生の分離を行います。沈殿したままの卵や活力の弱い幼生は水槽底面に沈殿していますので、巻き上げないように注意しながらφ13 ㎜塩ビパイプ・サイフォンで取り除きます。500L 水槽で 100L ほど吸い出します。この時、正常な幼生も混じりますが廃棄します。

幼生数の確認は、柱状サンプリングによって行います。柱状サンプリングとは、φ10 ㎜前後のガラス管を水槽内の 4、5 ヵ所に垂直に差し込み、上層から下層までの幼生を水と一緒に均一に採集する方法です（魚類のように夜間に行う必要はない）。

サンプルは、遠心沈殿管（図 19）で容積を計測し、ホルマリンで固定させ沈殿した幼生を計数します。初期の幼生では、沈殿まで 30 分前後掛かります。

図 19　遠心沈殿管（円錐形）

6）管理上の注意

①幼生の分離後、エアー・通水・排水管等をセットします。飼育水槽に日光が当たる場所では遮光する必要があります。また、採苗直前までは、精密ろ過海水（5μm フィルター使用）を紫外線殺菌装置で処理した海水で飼育します。

②朝・夕の 2 回、排水管を交換・洗浄し、通気量・通水量を調整します。

給餌前に幼生を観察し、摂餌状態（胃に餌料が有るかどうか）等を確認し、給餌量を調整します（管理表の給餌量は標準値で、幼生の状態や生残率により適宜増減します）。同時に、胃の委縮（図 20、21。原因は餌料 *C. gracilis* の劣化）がないかも確認します。

③飼育中に、死んだ幼生が水槽底面や側面に赤いカビ状になって堆積する場合がありますので、見つけ次第丁寧にサイフォンで取り除きます。

また、エアーホースや底給水管にはゼリー状の粘液物質（ネロ）が発生し、幼生が絡まってへい死しますので 2～3 日ごとに洗浄し、常に清潔に保つ必要があります。

④飼育 10 日目前後にオーリクラリア前期幼生は、最大体長 900μm 前後まで成長します。その後体長は萎縮し、オーリクラリア後期幼生、ドリオラリア幼生、ペンタクチュラ幼生と変態が進み、14 日前後で稚ナマコに変態する個体が出現し始めます。

なお、オーリクラリア後期幼生になっても球状体（図 17）が形成されない個体は奇形で、飼育に失敗しており、その後の変態が進みませんので廃棄処分してください。

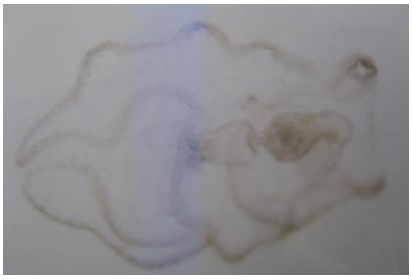


図 20　胃が萎縮した幼生

図 21　胃が正常に発達し、満腹状態の幼生

5. 採苗

1）時期

ナマコ幼生の発生ステージは、個体ごとに非常にばらつきます（温度や餌料量等の他にも原因があるように思われますが、未解明の部分が多く有り今後の研究が待たれます）。

採苗は、ペンタクチュラ幼生が出現した時に行います。オーリクラリア後期幼生ですと付着までの期間が長く掛かり水質の悪化が起きやすくなります。ペンタクチュラ幼生の割合が多くなると遊泳力が弱いため付着数にばらつきが多くなります。

参考までに、(社)青森県栽培漁業振興協会における平成 20 年度の幼生飼育結果（4R×2 槽＝8 水槽分）を示しました。オーリクラリア後期になると急速に変態が進むことから、後期幼生の出現割合が少ないことがわかります（表 2)。

表 2　幼生飼育結果

回次-水槽	飼育期間	飼育日数	収容幼生数（千個）	回収幼生数（千個）	生残率（%）	出現割合（%）			
						Aur前期	Aur後期	ドリオ期	ペンタ期
NO.1-1	4/9-4/23	15日	982	739	75.3	68.8	8.9	11.1	11.1
NO.1-2	〃	〃	886	802	90.5	83.8	5.4	10.8	0
NO2-1	5/21-6/3	14日	1,800	1,500	83.3	63.9	3.9	22.2	10.0
NO.2-2	〃	〃	2,276	1,552	68.2	47.7	8.9	27.8	15.6
NO.3-1	6/11-6/23	13日	2,267	1,945	85.8	70.9	7.6	11.8	9.7
NO.3-2	〃	〃	1,800	2,634	146.3	63.0	5.4	22.8	8.9
NO.4-1	7/3-7/15	13日	3,400	1,950	57.4	62.4	6.4	25.6	5.6
NO.4-2	〃	〃	2,110	2,030	96.2	70.0	3.8	18.8	8.1
合計	4/9-7/15	13.75日	15,521	13,152	84.7	66.3	6.3	18.9	8.6

2）付着板

採苗用波板（ポリカーボネイト製 40×32 ㎝）は、1 枠に 20 枚、飼育水槽（図 22、L 10×W 1.0×D 0.5m）に 32 枠を収容して使用します。錆びた波板ホルダーを使用すると、採苗中に錆が海水中に溶け、幼生に悪影響を与えますので注意が必要です。

波板には、予め付着珪藻を 2～3 週間かけて培養します。アワビ採苗には極めて有効な二次珪藻（付着力が強く盤状に増殖する *Cocconeis sp.* や *Ulvella sp.* 等の藻類）は、稚ナマコの付着率は高いのですが、固いために稚ナマコの直接の餌とはなりません。

余分な珪藻（立体的に繁茂するタイプ）やコペポーダ等を除去するため、波板を水道水で強く洗浄します。採苗中に剥がれた藻類が水中に混濁するのを防止するため、採苗前日に波板を洗浄し、水槽に収容した後、流水にしておきます。採苗直前に止水に切り替えます。

＊コペポーダ

数mm以下の小型の甲殻類でカイアシ類（橈脚類）の総称、大部分は浮遊生活をしている。

近縁種が多数あり、種を特定するには専門知識が必要であるが、ナマコの種苗生産で大きな問題となっている種は、付着力・匍匐性が強いシオダマリミジンコと考えられるタイプである。

波板の設置方法は垂直と水平があります（図 23）。伊藤ら（1994）によると、両者で採苗率は同じとのことですが[12) 7)]、(社)青森県栽培漁業振興協会での結果では、採苗時期や水槽の形状によるものなのかはっきりしませんが、水平では稚ナマコの付着数が上下層でばらつきますが、総付着数は垂直よりも多く採苗できます。

図 22　飼育水槽（L10×W1.0×D0.5m）

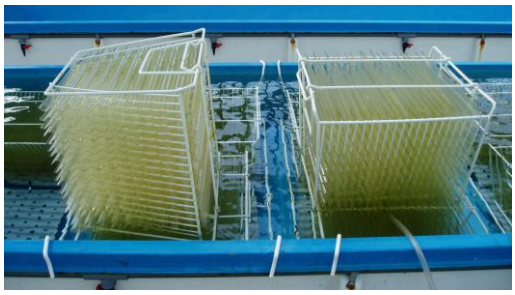


図 23　波板（水平(左)と垂直(右)）

3）管理

採苗当初は止水とし、*C. gracilis* を 10,000cells/ml（濃縮 *C. gracilis* では 100ml/ｔ）になるように給餌します。3～5 日後に浮遊幼生が見えなくなり、波板への稚ナマコの付着を確認したら通水を開始します。

通水にあたってはコペポーダの侵入（ろ過槽支持材の隙間でコペポーダが繁殖している場合が多い）を防ぐため海水を 70μｍのネット袋で漉し、ガス病予防のため曝気水槽を使用して曝気します（図 24）。通水量は 3～5 時間／回転とし、直射日光をスダレ等で遮光します（図 25）。採苗中の水温は幼生飼育と同じ 17～20℃が最適で、15℃以下や 23℃以上になる場合には調温が必要です。

図 24　　曝気水槽・ネット袋

図 25　スダレによる遮光（約 70%）

6. 波板飼育

1）照度

照度は、採苗初期の大量へい死の原因として一部機関で問題とされていますが、現段階では未解明です。いずれにしろ、強い光はあまりよくありません[13)14)]。

採苗～1 ヶ月前後までの初期は、水槽内が 3,000lux 以下となるように遮光し、成長により遮

光を緩め、着色個体（全長約５㎜）が出現したら順次開放し、珪藻を増殖させます[13]（急激な照度の上昇には注意が必要です）。

2）給餌

餌料は、採苗後でも *C. gracilis* の給餌が有効なのですが、長期間ですと使用量が多く費用面から継続給餌が困難になります。*Navicula sp.* や *Nitzschia sp.* 等の付着珪藻も有効なのですが、遮光による照度不足で増殖も期待出来ないことから、餌料として市販餌料のマリンシグマやリビック BW を給餌する方法を推奨します。

＊マリンシグマ（日清マリンテック㈱　1kg/袋　14 千円前後）

海産クロレラ（ナンノクロロプシス）の細胞壁を酵素で溶かして可消化処理をし、パウダー状に乾燥させた物。主としてクルマエビのゾエア幼生へ与えるために開発された餌料で、大きさが 2～3μm と小さく 1ｇ当りの細胞数は 200 億個。浮遊性が強く水槽内の汚れが少ないことからコペの発生も遅いが、採苗後 2 ヶ月以降は稚ナマコの成長が鈍る。

＊リビックＢＷ（栄研商事㈱　20 kg/袋　14 千円前後）

ワカメとアスコフェラムノドサム（北欧の海藻）を乾燥して微粉末にしたもので、飼料添加物として製造されている。価格はマリンシグマの約 1／20 で、採苗直後から親ナマコまで長期に渡り使用できる。ただし、残餌が汚れとなりコペが発生しやすい。

給餌量は、飼育水１ｔ当り 5～20ｇとし、ジューサー等で海水（淡水は不可）に溶かしますが、観賞魚用のネットをバケツの上にセットし、餌料を海水で強く洗い流す方法が簡便です（図 26）。

給餌は月・水・金の隔日に行いますが、餌料には塩分が含まれていることから、稚ナマコに高塩分の餌料が触れると脱落・へい死の原因となりますので、初期の頃はジョウロ等で水槽全体に薄く散布するように給餌します。

図 26　　餌料溶解用ネット

3）管理

①採苗～1 ヶ月

通水を開始したら波板を垂直に立て、波板間に流れがあるようにエアーを調整し、通水量は 3～5 時間／回転とします。

餌料は、マリンシグマをｔ当たり 5～8ｇ給餌します、照度は 3,000lux 以下とし[13]、直射日光が当たらないように遮光します。水槽掃除は、まだ行いません。

採苗後 30 日前後で稚ナマコは約１㎜となり、肉眼で確認できるようになり計数ができます。計数は浅いバットに黒色の板を敷き、サンプルの波板を海水に浸した状態で行います。稚ナマコは、ピペットで海水を軽く噴きつけると、管足を中心にゆらゆら揺れるので確認できます（コペポーダやゴミは簡単に吹き飛んでしまいます）。

②採苗後 1～2 ヶ月

餌料はマリンシグマにリビックを 1/3～1/2 混ぜた物を使用し、給餌量は 8～15ｇ/ｔとしま

す（残餌が多い場合にはリビックの割合を減らします。）。

コペポーダの発生に注意します。少数でも繁殖力（1 個体で約 100 個産卵）が強いことから、早期の発見が必要です。稚ナマコが 2 ㎜以上に成長している場合は、アゴハゼの稚魚によるコペポーダの駆除が効果的です（稚ナマコが 2 ㎜以下でコペポーダが増殖した場合では、致命的となります。水槽換え等の対処療法しか有りません。）。

稚ナマコの成長に伴い、遮光を緩め珪藻の増殖に努めます（曇天時に遮光を外す。一部分の遮光を外し稚ナマコが衰弱しないか確認し、開放面積を広げていく）。

掃除は、部分的に堆積した汚れを吸い取る程度です。

③採苗後 2～3 ヶ月

餌料は、リビックを主体として 10～20ｇ/ｔとし、珪藻の増殖状態により増減します。

稚ナマコは 5 ㎜前後で透明個体から着色個体へと変化し、ハンドリングや照度に対し抵抗力が強くなります。

水槽掃除は波板枠を反転・移動させながらサイフォンで静かに吸い取ります（図 27）稚ナマコが一緒に吸込まれる場合がありますので、ネットを付けて回収し再付着させます（図 28）。

図 27　水槽掃除

図 28　排水ネットによるナマコの回収

4）コペポーダについて

ナマコ飼育水槽内では色々な生物が発生・繁殖します。中でも問題となるのはコペポーダです。コペポーダは、通常波板上の有機物を摂餌していますが、時により爆発的な繁殖力（雌のコペポーダは 1 回に 100 個程度の卵を産卵し、卵は 2～3 日でふ化します）で高密度となり餌を食べつくすと、次に稚ナマコを食害し始め、稚ナマコは短期間に食害されます。

防除方法は、様々な方法が試験研究されていますが、決定的な対策が見つかっておりません。現在の対策としては、「コペポーダの侵入と繁殖を遅くし、その間にナマコを成長させ抵抗力を付ける」ことが効果的です。

・コペポーダ対策

①親ナマコは、産卵誘発前に流水で良く洗浄し体表に付着するコペポーダを洗い流す（親ナマコの内臓内でもコペポーダが生残できることから、糞からの侵入防止は不可）。

②波板は、採苗前に水道水で洗浄する（成体は淡水で衰弱するが卵は強い。30 秒以上浸すと珪藻が枯れる可能性がある）。

③5μm以下の精密カートリッジフィルターによるろ過処理（卵の直径は 50μm程度、煩雑にカートリッジ交換の必要があるが、産卵誘発～幼生飼育期間は設置）。

④流水式紫外線殺菌装置による用水処理（装置が高価であるが、無処理区と比較すると発生・繁殖が大幅に遅くなる）。

⑤プランクトン・ネットによるろ過処理（③と比較すると安価で簡便である。小さい目合いだと効果は高いがネットの目詰りが激しい。70μm程度を使用し、週 2 回程度交換が必要）。

⑥アゴハゼ（魚類）による駆除（タイドプールや潮間帯に生息する小型のハゼで、初夏に幼魚を簡単に採捕でき、コペポーダ以外の生物も駆除できる。2 ㎜以上の稚ナマコへの食害は無い。ただし、2 ㎜以下では未確認である）。

5）成長

稚ナマコの体長は、採卵後約 1 ヶ月で全長 0.5～3 ㎜で平均 1 ㎜、2 ヶ月では 1～6 ㎜で平均 3 ㎜、3 ヶ月では 3～30 ㎜で平均 6 ㎜です。

ナマコは、アワビやヒラメ等の一般的な栽培対象魚介類と比較して、成長の大小差が非常に大きく、1 年後では 3 ㎜～100 ㎜以上と差が大きくなります（原因について、餌料・密度・環境・遺伝等、複数の要因が考えられますが、明確な要因が不明です）。

参考までに、(社)青森県栽培漁業振興協会における平成 17 年度から 21 年度までのナマコ種苗生産結果をのせました（表 3）。

表 3　ナマコ種苗生産結果

		使用親数	反応親数		採卵状況			飼育開始	採苗使用幼生数		30日後の付着数			60日後の付着数		
					採卵数	受精卵数	受精率	幼生数	幼生数Ａ	生残率	B	B/A	全長	C	C/A	全長
	年月日	個	雌	雄	千個	千個	%	千個	千個	%	千個	%	mm	千個	%	mm
1	H21.4.15	60	2	7	6,570	6,013	91.5%	4,059	647	15.9%	272	42.0%	0.90	265	41.0%	約4
2	H21.5.20	67	4	5	15,858	15,128	95.4%	3,967	959	24.2%	412	43.0%	0.96	169	17.6%	約3
3	H21.6.10	107	4	5	6,470	5,914	91.4%	3,160	608	19.2%	247	40.6%	1.00	108	17.8%	-
21年度		延234	10	17	28,898	27,055	93.6%	11,186	2,214	19.8%	931	42.1%	0.95	542	24.5%	約3
20年度		延251	29	29	51,759	47,923	92.6%	15,521	13,152	84.7%	1,406	10.7%	0.67	412	3.1%	約3
19年度		延305	8	22	20,922	19,016	90.9%	8,666	7,081	81.7%	463	6.5%	—	315	4.4%	1～5
18年度		延288	22	不明	51,172	45,323	88.6%	16,087	8,273	51.4%	1,469	17.8%	—	294	3.6%	1～6
17年度		10回誘発	1	不明	25.2	19.6	77.8%	3,480	2,910	83.4	5	1.7%	—	—	—	

＊ナマコ種苗生産結果　（補足）

・反応親数は、反応したと思われるが確認出来なかった親の数を含まない。

・飼育開始幼生は、受精卵の一部を使用し、余剰の受精卵は他施設等へ譲渡した。

・採苗使用幼生数は、オーリクラリア前期～ペンタクチュラ期までのすべての幼生数。

・30・60 日後の付着数とは、採卵後の日数である。

7. 選別

1）剥離

波板飼育でナマコの付着密度が高い場合に、新たに珪藻培養した波板を加え稚ナマコの分散を行います。しかし、飼育密度が低くても採卵後 3～4 ヶ月以降になると稚ナマコの成長差が大きくなり、50 ㎜以上の大型個体も出現します。大小のバラツキは、飼育面で労力が掛かりま

すので、剥離・選別作業を行い、サイズをそろえる作業が必要になります（図 29)。

剥離は、筆や手網を使用し、稚ナマコが傷付かないように丁寧に行います。

選別にはプラスチックネットを使用し、目合いは求める平均全長の約 1/4 とします(図 30)。

選別後に収容する網篭の目合いは、ナマコの伸縮が激しいことからナマコ全長の 1/10 以下とし、網篭内に新鮮な海水が行き渡るようにエアレーションを調整します。

図 29　稚ナマコの剥離

図 30　選別ネット

2）計測

計数は、100 個体以上のサンプルを計量し、海水を張ったバットにナマコが重ならないように薄く延ばし、計数し重量法で行います。

全長の計測は、伸び縮みが大きいので Lーメントールによる麻酔処理を行い測定します [15)]。約 100 個程度計測し平均全長としますが、伸縮の激しい個体や曲がった個体は除きます(図 31)。

＊Lーメントール麻酔

親ナマコの計測用として使用された物で、99.9%エチルアルコール 250ml にL-メントール 1.4g を溶かし原液とし、使用は海水 1L に対して原液 40ml 添加します。

稚ナマコの場合では、温度条件等により反応時間が違いますが、親用の 1/3～1/5 量で作用します。ピンセットで体を刺激しても反応が無い状態で測定します。

図 31　麻酔処理された稚ナマコ

3）再飼育（二次飼育）

再飼育（二次飼育）は、サイズをそろえた稚ナマコを、珪藻を培養した波板に再付着させて行います。

アワビ中間育成の様な網篭飼育での長期飼育は、餌料の問題や日常管理面で困難が多く、勧められません。(無理に継続すると、逆に小さくなる場合も有ります。)

再付着は、波板枠から 1 枚波板を取り出し枠上に被せ、水流で動か無いように固定し、その上に稚ナマコを付着させます。(弱い水流でも稚ナマコが流れますので付着までの 1～2 時間は注意が必要です。)

付着後 1～2 日程度で稚ナマコが波板に移動・分散しますのでその後は、6. 波板飼育 3）管理③の飼育に準じて管理を行います。

4）出荷・配布

出荷は、厚手のビニール袋に海水と稚ナマコを収容し酸素封入で行います。発砲スチロール容器に入れ冷却剤等を利用し、温度変化が少ないように行います。(数百個程度の事例ですが、宅配便で約 2 日間かけて他県へ輸送しても、問題が有りませんでした。)

8. 放流

1）サイズ

現在のところ、ナマコへの有効な標識方法が確立されていないので放流後の生残率や成長について資料が少なく、適切な放流サイズの確立には至っておりません。

一般には、放流サイズが大きいほど放流効果は高くなると言われています。しかし、大型種苗は生産のための労力や経費がかさみ高価となる上、生産数量も限られてしまいます。青森市では放流体長を平均 20㎜ と設定しています。他県の事例として、愛知県では好適な放流場であれば小型種苗でもよく成長するため、7㎜ サイズで放流されていますが、その他の県ではおおむね 15～20㎜ を放流サイズに定めています。

アワビ種苗との混養飼育を試みたところ、5 ㎝サイズの大型種苗の生産を実現できましたが、種苗生産の作業効率からは、5 ㎝サイズを安定的に量産するためには餌料や飼育環境等解決すべき課題があると考えられます。したがって現状としては、放流サイズについては本県及び他県でも放流効果が確かめられている体長 20 ㎜以上を目安とするものの、極力大型種苗を量産できるよう技術開発に努力を傾注する必要があると言えます。

2）時期

青森県内のナマコはその成熟時期から、一般に 4～7 月に採卵作業が行われます。9 月以降には、20 ㎜以上に達する種苗が増えてきますので、それ以降の季節が放流時期になります。ただし、水温 2℃以下及び 18℃以上になると種苗の活力低下が懸念されます[16)]。地先によっては、季節的に波浪が厳しく放流種苗が着底しにくい時期があります。なるべく静穏な時期を選んで放流してください。青森市の場合、放流時期は 9 月から翌年 2 月までで、大型個体から順次放流しています。

3）準備

放流前日に、波板から種苗を刷毛で剥離して放流サイズに達した個体を選別します。選別したナマコについて、100 個体を目安に体長と体重を測定することで、放流サイズの目安が把握できるとともに、重量法により放流数を把握することができます。

4）方法

船上からの直撒き放流では流失して着底できないため、生残率が低くなると考えられていま

す。このため、ナマコでは潜水放流が一般に行われます。

天然の稚ナマコは、水深の浅い海底に着底し、成長するにつれて深いところへ移動します。稚ナマコが生息する場所と、大型個体が生息する場所とは異なることにご注意ください。また、放流後のナマコが潮流に流されない複雑な海底がよいとされていますので、放流場として水深数m前後の転石地帯や岩礁地帯が適切と考えられます。水産基盤整備事業によるナマコ増殖場が造成された地域では、放流場所として活用してください。また、ホタテガイ貝殻敷設場は稚ナマコの生息場となることが確認されています[17)]。青森市では4箇所のナマコ増殖場及び漁協指定の船溜り周辺に放流しています。

ナマコにはホロスリンというサポニンを体内に持っていることが知られています。この物質は魚毒性が有ることから一般に魚による食害は少ないと思われます。しかし、ヒトデ類やカニ類、ギンポ類による食害が確認されていることから、放流前に周辺のイトマキヒトデ[18)]、イシガニ等を駆除すると食害を低減できると思われます。

種苗はタマネギ袋に5,000個／袋を収容して運び、放流場所の石の上にそっと撒くようにして放流します。青森市ではφ10cm、長さ50cmの塩ビ管を3本組み合わせて、塩ビ管1本あたり5,000個をタマネギ袋とともに詰め、その上からタマネギ袋を被せたものを放流場所に固定し、タマネギ袋の両サイドを開放する方法も用いられています。種苗が小型の場合、あるいは潮流が早い地先では参考にしてください。

9.引用文献

1) Manami KAN-NO and Akihiro KIJIMA (2003) : Genetic differentiation among three color variants of Japanese sea cucumber *Stichopus japonicus*. Fisheries Science, **69(4)**, 806-812pp.

2) 早川豊 (1976) : マナマコ増殖試験. 青森県水産増殖センター事業概要, **5**, 109-113pp.

3) 早川豊 (1977) : マナマコ増殖試験. 青森県水産増殖センター事業概要, **6**, 142-153pp.

4) 酒井勇一 (2002) : マナマコ栽培漁業技術開発試験. 平成13年度北海道立栽培漁業総合センター事業報告書, 24-32pp.

5) 酒井勇一ら (2009) : マナマコ人工種苗の陸上育成マニュアル. 北海道立栽培水産試験場, 室蘭, 98p.

6) 小山舜二ほか(1995):ナマコ種苗生産.平成6年度愛知県栽培漁業協会業務報告書,22-23pp.

7) 伊藤史郎 (1996) : マナマコの種苗生産.佐賀県栽培漁業センターにおける種苗生産マニュアル, 69-109pp.

8) Shinichi Kato, Saori Tsurumaru, Makoto Taga, Tomoki Yamane, Yasushi Shibata, Kaoru Ohno, Atushi Fujiwara, Keisuke Yamano and Michiyasu Yoshikuni (2009) : Neuronal peptides induce oocyte maturation and gamete spawning of sea cucumber, *Apostichopus japonicus*. Develomental Biolgy, **326**, 169-176pp.

9) 山野恵祐 (2009) : マナマコ採卵技術講習会資料. 6p.

10) 経塚啓一郎 (2010) : 良質な種苗を確保するための成熟制御技術の開発. 新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業「乾燥ナマコ輸出のための計画的生産技術の開発」平成21

年度報告書（最終年度），50-53pp.
11）箱石和廣ほか（2001）：ウニ種苗生産．平成 13 年度(社)岩手県栽培漁業協会事業年報，20-39pp.
12）伊藤史郎ほか（1994）：マナマコ種苗の大量生産技術開発に関する研究．栽培漁業技術開発研究，22(2)，83-91pp.
13）藤崎博ほか（2005）：マナマコの初期飼育における照度－Ⅰ．佐賀県玄海水産振興センター研究報告，3，39-42pp.
14）藤崎博ほか（2005）：マナマコの初期飼育における照度－Ⅱ．佐賀県玄海水産振興センター研究報告，3，43－45pp.
15）山名祐介ほか（2005）：成体マナマコのメントール麻酔に関する研究．日本水産学会誌，71(3)，299－306pp.
16）松尾みどりら（2010）：北日本海域における天然資源の効果的添加技術の開発．新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業「乾燥ナマコ輸出のための計画的生産技術の開発」平成 21 年度報告書（最終年度），68-71pp.
17）松尾みどりら（2009）：北日本海域における天然資源の効果的添加技術の開発．新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業「乾燥ナマコ輸出のための計画的生産技術の開発」平成 20 年度報告書，32-33pp.
18）高橋和寛ら（2010）：北日本海域における天然資源の効果的添加技術の開発．新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業「乾燥ナマコ輸出のための計画的生産技術の開発」平成 21 年度報告書（最終年度），64-67pp.

10.参考文献

19）崔相（1963）：なまこの研究―まなまこの形態・生態・増殖―．海文堂，東京，226p.
20）荒川好満（1990）：なまこ読本，緑書房，東京，118p.
21）本川達雄ら（2003）：ナマコガイドブック．阪急コミニュケーションズ，東京，136p.
22）青森市水産指導センター：ナマコについて.青森市水産指導センターパンフレット.
23）松坂洋（1987）：マナマコ増殖試験．青森県水産増殖センター事業報告，16，216-227pp.
24）松坂洋（1988）：マナマコ増殖試験．青森県水産増殖センター事業報告，17，190-201pp.
25）蛯名政仁ら（1989）：ナマコ増殖試験．青森県水産増殖センター事業報告，18，167-174pp.
26）蛯名政仁ら（1990）：ナマコ増殖試験．青森県水産増殖センター事業報告，19，174-176pp.
27）蛯名政仁ら（1991）：ナマコ増殖試験．青森県水産増殖センター事業報告，20，141-146pp.
28）蛯名政仁ら（1992）：ナマコ放流技術開発試験．青森県水産増殖センター事業報告，21，136-147pp.
29）蛯名政仁ら（1993）：ナマコ放流技術開発試験．青森県水産増殖センター事業報告，22，208-221pp.
30）蛯名政仁ら（1994）：ナマコ放流技術開発試験．青森県水産増殖センター事業報告，23，236-237pp.

ナマコ種苗生産マニュアル

平成２２年３月

発行
地方独立行政法人青森県産業技術センター水産総合研究所
〒039-3381　青森県西津軽郡平内町茂浦字月泊 10
電話（017）755-2155