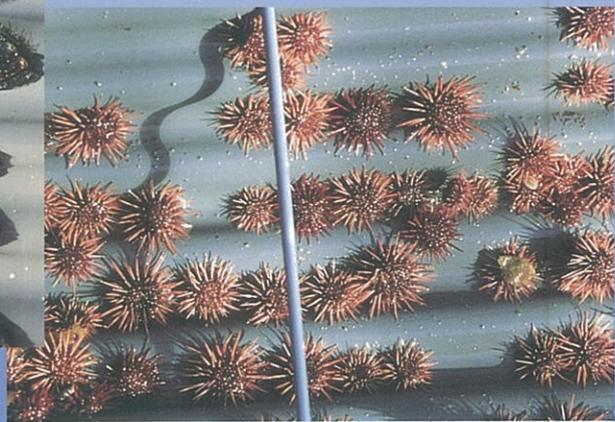


佐賀県栽培漁業センターにおける 種苗生産マニュアル



平成8年3月

佐賀県栽培漁業センター

目 次

第1章 アワビ（エゾアワビ）の種苗生産……………	1～43
	（伊藤 史郎・森 勇一郎）
第2章 ウニ類（アカウニ，バフンウニ）の種苗生産……………	45～68
	（川原 逸朗）
第3章 マナマコの種苗生産 ……………	69～109
	（伊藤 史郎）
第4章 コウライエビの種苗生産……………	111～129
	（伊藤 史郎）
第5章 マダイの種苗生産……………	131～159
	（森 勇一郎）
文 献……………	161～167

第1章 アワビ(エゾアワビ)の種苗生産

はじめに ● ● ●

佐賀県では、財かき研究所および水産庁東北区水産研究所で開発されたアワビの種苗生産技術を基礎とし、本県の気象、海況条件に合う種苗生産方式を開発してきました。その結果、佐賀県栽培漁業センターでは、平成元年以降、10～20mmサイズのエゾアワビ稚貝約100万個を安定して生産することができています。

佐賀県へのエゾアワビの導入は、昭和47、48年に放流事業の一環として、財かき研究所から稚貝を入手したことがはじまりです。その後、入手した稚貝の一部を親貝として養成し、昭和51年の当センター開所以来、小規模な飼育実験を行ってきました。そして、昭和55年から本格的な種苗生産を開始し、昭和62年以降はエゾアワビのみを生産しています。もちろん開所当時は、在来種であるクロアワビの種苗生産を行っていました。しかし、当時は、今日に比べ種苗生産の技術水準が低かったこともありましたが、安定した種苗生産ができていませんでした。このおもな原因としてはクロアワビの産卵期が11月頃で、採卵後の付着初期稚貝の飼育が低水温期にあたり、稚貝の成長が悪かったことや、翌年の夏場に斃死がみられる（今日みられる大量斃死と同様か否かについては不明）ことなどでした。一方、エゾアワビは佐賀県でも北日本と同様に8月下旬から9月上旬に採卵でき稚貝の成長の良い水温期に飼育が可能なことや、夏場の大量斃死がみられないことなど、クロアワビに比べ種苗生産上の利点が認められました。さらに、天然海域へ放流した場合でも、クロアワビと同様な成長、生残や回収率を示すことが明らかになりました。また、昭和58年頃から試験的に行っていた海上筏でのアワビ養殖の試みも、一般の漁業者への普及が進みました。その結果、漁業者からの配布希望数量は昭和60年頃から100万個を上まわるなど飛躍的に増加しました。また、昭和63年からは唐津市水産種苗センターでも生産を開始し、毎年約50万個の種苗を生産して（生産方式は当センターと同様で、採苗に使用する浮遊幼生はすべて当センターから搬送）、当センターの種苗と合わせ県内の漁業協同組合へ配布しています。

このように、佐賀県においては、在来種のクロアワビとは違う寒流域に生息するエゾアワビを使った種苗生産、放流事業および養殖システムが確立されつつあります。この点については、今日、西日本各地でクロアワビの大量斃死が大きな問題となっているなか、多くのご意見があると思いますが、本章では佐賀県におけるエゾアワビ種苗生産技術の現状と放流稚貝の成長や海面養殖について紹介し、当センターにおいて稚貝100万個（採卵および浮遊幼生の飼育は唐津市水産種苗センターへの供給分を含む）を生産するための生産システムについて説明します。

1. 用語および資材の説明 ● ● ●

当センターにおけるアワビ、ウニ類およびマナマコの種苗生産は、各々共通した施設や資材を使用し、類似した方法で行っています。このため本文にさきだち、第1～3章（アワビ、ウニ類、マナマコ）で使用した用語の意味とその略語について、記述の煩雑さをさけるため表1に列記し説明します。また、同様に飼育に使用した水槽や資材などの大きさ、形状、材質および用途について表2に示します。

表1 用語の説明

語 句	説 明
波板	塩化ビニール製の波板(40×32cm)で、稚貝(ウニ、ナマコ)などの初期飼育で付着器として使用している。近年ではFRP製のものも使用。
付着珪藻板	波板に天然珪藻を繁殖させたもので、稚貝(ウニ、ナマコ)の飼育に使用(培養方法は第1章に示す)。稚貝(ウニ、ナマコ)の飼育では付着珪藻板10枚を1組のカセットとしたものを使用(図7)。
採苗	浮遊幼生の飼育水槽とは別水槽で培養した付着珪藻を使ってアワビ(ウニ、マナマコ)の浮遊幼生を稚貝(ウニ、ナマコ)へ変態させる工程。
採苗率	浮遊幼生を採苗水槽へ収容した10日目の稚貝(ウニ、ナマコ)付着総数の採苗に使用した浮遊幼生数(ナマコの場合はAuricularia後期幼生以降の総幼生数)に対する割合。
稚貝(ウニ、ナマコ)の一次飼育	採苗から付着珪藻を餌料とした付着珪藻板での稚貝(ウニ、ナマコ)の飼育。
稚貝(ウニ、ナマコ)の二次飼育	稚貝(ウニ、ナマコ)の一次飼育で、稚ナマコの成長に伴い、付着珪藻板の付着珪藻量が減少し餌料として不足した場合、付着珪藻板から稚貝(ウニ、ナマコ)を剥離し、新たな餌料を与えて行う飼育。

表2 水槽, 資材の大きさ, 形状, 材質および用途

略 称	大きさ	形状	材 質	用 途
2 m ³ 水槽	2.4×1.0×1.0 m	角型	FRP	親アワビの飼育
2 m ³ 水槽	3.0×1.0×0.7 m	角型	FRP	親ナマコの飼育
4 m ³ 水槽	2.8×1.8×0.8 m	角型	FRP	親ナマコの飼育
20 ℓ 水槽	350×200×245mm	角型	スチロール	親アワビ (ナマコ) の産卵誘発, アワビ, ウニ, ナマコの媒精, ウ ニ, ナマコの受精卵の洗卵
30 ℓ 水槽	直径445mm	円型	ポリカーボネート	ウニのふ化水槽
100 ℓ パンライト水槽	直径680mm	円形	ポリカーボネート	親ナマコの産卵誘発, ウニ, ナマ コのふ化水槽
500 ℓ パンライト水槽	直径117cm	円形	ポリカーボネート	ウニ, ナマコの浮遊幼生の飼育
1 kℓ パンライト水槽	直径154cm	円形	ポリカーボネート	ウニ, ナマコの浮遊幼生の飼育
1 m ³ 水槽	2.0×1.0×0.5 m	角型	FRP	稚貝 (ウニ, ナマコ) の剥離
7 m ³ 水槽	7.2×1.8×0.5 m	角型	FRP	付着珪藻の培養, 稚貝 (ウニ) の 飼育
15m ³ 水槽	9.0×1.5×1.0 m	角型	コンクリート	付着珪藻の培養, 稚貝 (ウニ, ナ マコ) の飼育
通気管	直径13mmのパイプに径 1 mmの通気口を約 3 cm 間隔で開口		塩化ビニール	親貝 (ウニ, ナマコ) の飼育, 稚 貝 (ウニ, ナマコ) の一次および 二次飼育
波板	40×32cm (延べ面積約3,000cm ²)	角型	塩化ビニール FRP	稚貝 (ウニ, ナマコ) の飼育
剥離用ネット	2.0×1.0×0.5 m	角型	ニップ網, 100目	稚貝 (ウニ, ナマコ) の剥離
一次飼育用の生簀	9.0×1.5×0.5 m	角型	防虫網	稚貝 (ウニ) の一次飼育
一次飼育用の生簀	9.0×1.5×0.5 m	角型	ニップ網, 100目	稚ナマコの一次飼育
二次飼育用の生簀	2.0×1.5×0.5 m	角型	モジ網, 120, 180, 240経	稚貝 (ウニ) の二次飼育
二次飼育用の生簀	2.0×1.5×0.5 m	角型	ニップ網, 30目	稚ナマコの二次飼育
コンテナ籠	31×48×25cm	角型	ポリプロピレン	海上でのアワビの養殖および稚ナ マコの飼育

2. 稚貝の生産状況と用途

平成元年から7年度までの生産数を図1に示します。平成元年度からは、毎年、10mmサイズを主体に約100万個の稚貝を生産しています。

漁業協同組合へ配布する稚貝のサイズは10mmと20mmで、10mmサイズは養殖用および中間育成用、20mmサイズは放流用です。

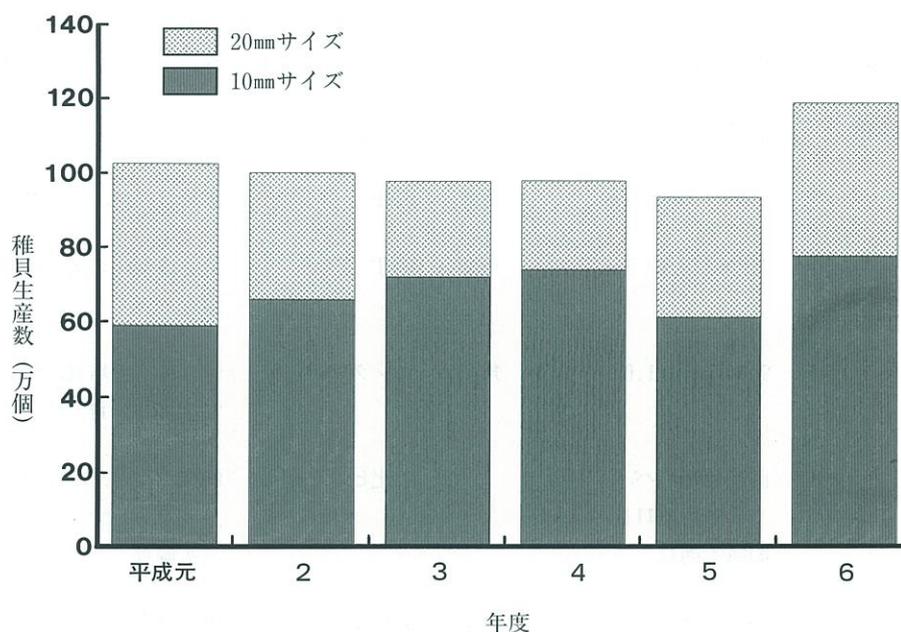


図1 佐賀県栽培漁業センターにおける稚貝生産数の推移

3. 種苗生産の工程

種苗生産の年間スケジュールを表3に示します。種苗生産は8月下旬から9月の採卵に始まり、翌年の1月から6月にかけて稚貝の配布を行っています。漁業協同組合への稚貝の配布は、10mmサイズ（養殖、中間育成用）を1～4月、20mmサイズ（放流用）を4～6月に行っています。

表3 エゾアワビの種苗生産工程

月	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6
親アワビ養成	周年常温で飼育（選抜育種）												
付着珪藻の培養	採苗用		分槽用		再付着用								
採卵，幼生飼育	[採卵・幼生飼育期間]												
採苗	[採苗期間]												
稚貝飼育	一次飼育				二次飼育								
種苗配布								中間育成用			放流用		

4. 付着珪藻の培養 ● ● ●

北日本では、エゾアワビの浮遊幼生から稚貝への付着・変態促進のために稚アワビの足蹠粘液を活用し、初期餌料としてウルベラがおもに使用されています。当センターでは、天然の付着珪藻を用いて付着・変態を促進させるとともに稚貝の初期餌料として使用しています。

付着珪藻はアワビだけでなく、後述するウニ類やマナマコ浮遊幼生の付着・変態を促進し、変態後の稚アワビ、稚ウニ、稚ナマコの初期餌料として重要なものです。付着珪藻のできあがりの良否が各種苗の生産の成否を左右するといっても過言ではないと思います。

1) 佐賀県における培養方法の推移

当センターにおける付着珪藻の培養方法は、昭和58年頃までは海水のかけ流し（流水）で波板に天然の付着珪藻を繁殖させていました。もちろん流水ですから栄養塩の添加は行わず遮光幕による照度調節のみで培養していました。この方法では、採苗や初期餌料として有効な付着珪藻の安定した培養が困難でした。このため、地先の海水中から初期餌料（アカウニの稚仔を用いて実験）として有効な付着珪藻の分離、検索を試みアワビやウニ類の種苗生産に活用することを試みてきました。その後、

第1章 アワビ(エゾアワビ)の種苗生産

分離した付着珪藻の培養方法を確立するとともに、この培養技術を応用することにより、従来、安定した培養ができなかった天然の付着珪藻（長軸長約20 μ m以下の *Navicula* 類, *Nitzschia* 類が主体）の培養方法を確立しました。この方法のポイントは、止水培養として栄養塩を添加すること、付着珪藻の凋落を引き起こすコペポダを駆除することでした。

2) 培養方法

付着珪藻は、7 m³または15m³水槽を用いて採苗に使用する約2か月前から培養を開始します。7 m³は上屋（アクリル製の屋根）のある屋外、15m³水槽は屋外にあります。

付着珪藻の培養は、波板を1水槽当たり100~120セット（1セット10枚組）設置し、栄養塩を添加して止水状態で行います(図2)。現在では、培養開始時に付着珪藻の種として、天然の付着珪藻を十分繁殖させた付着珪藻板10枚を培養水槽内の波板間に差し入れています。そのほうがよりはやく付着珪藻の繁殖がみられます。現在、年間を通して付着珪藻を培養しているため（付着珪藻を餌料としたウニ類やマナマコの飼育を行っている）、容易に種板として利用できます。

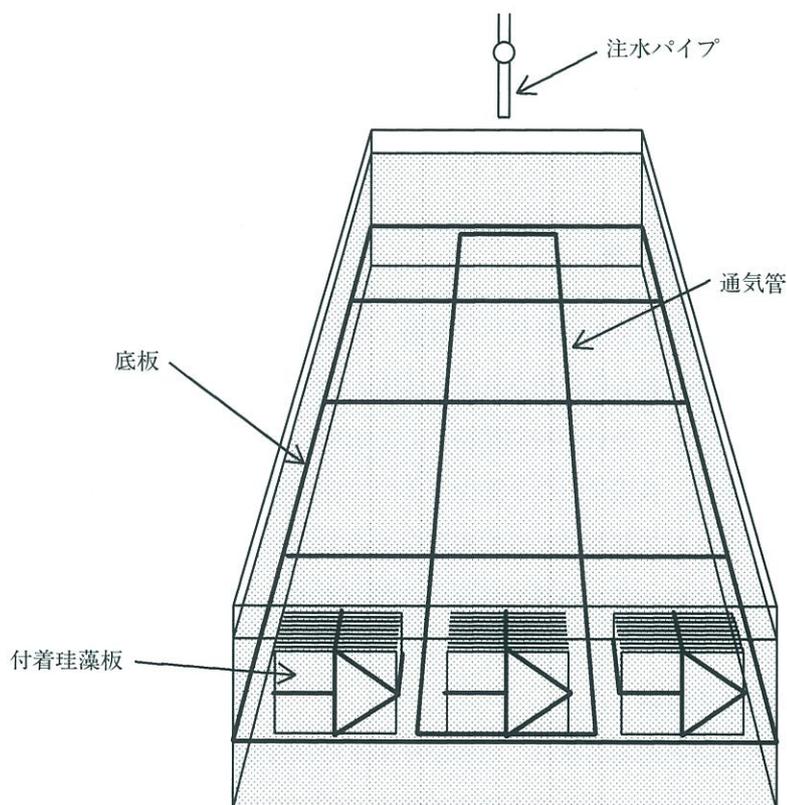


図2 付着珪藻の培養

水槽内に波板を設置し貯水したのち、表4に示した栄養塩を7 m³水槽は3 kℓ相当分、15 m³水槽は5 kℓ相当分を添加します。培養開始後は1週間に1～2回、培養海水の交換、海水による波板の洗浄および栄養塩の添加を行います。波板の洗浄は、培養海水を排水する際に海水を強く吹きつける方法で行います(図3)。海水の吹きつけはカナ

ラインホース(径1.5インチ)の先にアルミ製の散水ノズルを付けて行います(図4)。この作業は、波板に繁殖した大型の付着珪藻を落とし、小型の付着力の強い種類を優占させるためと付着珪藻の増殖を速めるために行います。洗浄後は培養開始時に添加した量と同じ栄養塩を添加します。その際、付着珪藻の増殖に悪影響を及ぼすコペポダの繁殖を防ぐため、トリクロロン製剤として農業用ディプレックス乳液-50%(三笠化学工業株式会社製)を添加します。参考として、各温度におけるトリクロロン濃度とコペポダの斃死率との関係を図5に示します。この実験結果から、通常有効濃度で0.5～1 ppmとなるように添加します。

また、波板上の付着珪藻密度を均一にするため、適宜、波板の上面と下面を“反転”する作業を行います(図6)。このようにして波板に付着珪藻を繁殖させ付着珪藻板(図7)を仕立てます。また、常に水槽上部には遮光幕(真夏の晴れの日には遮光率90%、通常の晴れの日には70%、曇りまたは雨の日には50%)を被せ照度調節を行います。エアレーションは、3 cm間隔で径1 mmの穴を開けた径13 mmの塩化ビニール製のパイプを水槽長辺に対し、平行に2本設置して行います。

なお、15 m³水槽は付着珪藻の培養や稚アワビの飼育(稚ウニや稚ナマコも同様)専用の水槽ではないため、付着珪藻の培養や稚アワビの飼育の際は作業性を考慮して、水槽内に水深約0.5 mとなるように塩化ビニール製のパイプとネトロンネットで作製した底板(図8)を設置しています(一部の水槽では底板として塩化ビニール製のものを使用)。

表4 付着珪藻大量培養用の栄養塩の種類と海水1 kℓ当たりの添加量

種 類	添加量 (g)
硫酸アンモニウム	100
過リン酸石灰	15
クレワット32	15
メタケイ酸ナトリウム	45



図3 付着珪藻培養時の海水吹きつけによる洗浄作業



図4 付着珪藻培養時の洗浄作業に使用する散水ノズル

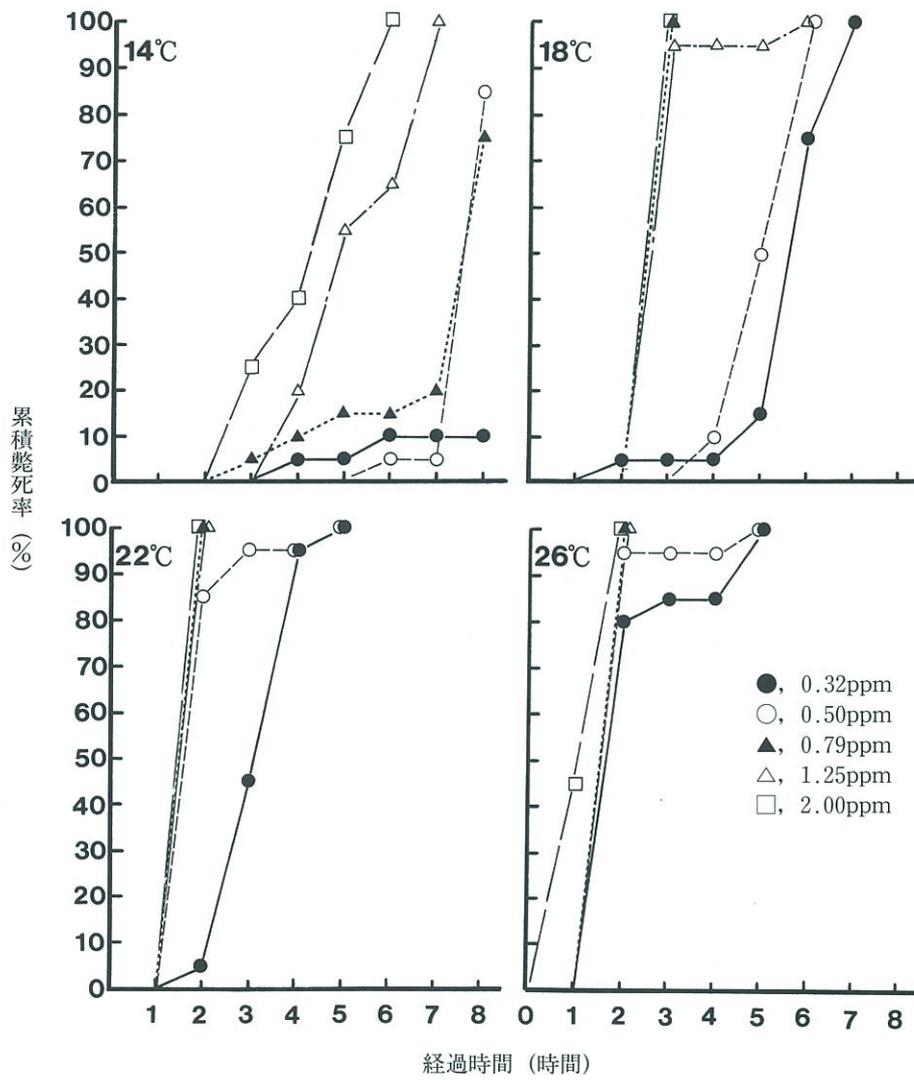


図5 各トリクロルホン濃度での飼育経過に伴うコペポダの累積斃死率の推移 (伊藤 1995)



図6 波板の反転作業



図7 波板に付着珪藻を繁殖させた付着珪藻板



図8 “底板”の設置状況

3) 付着珪藻の培養例

平成6年度の培養経過に伴う波板上の付着珪藻密度の推移の一例を図9に示します。通常、稚貝飼育を開始するときの付着珪藻密度は約100万細胞/cm²を目安にしています。

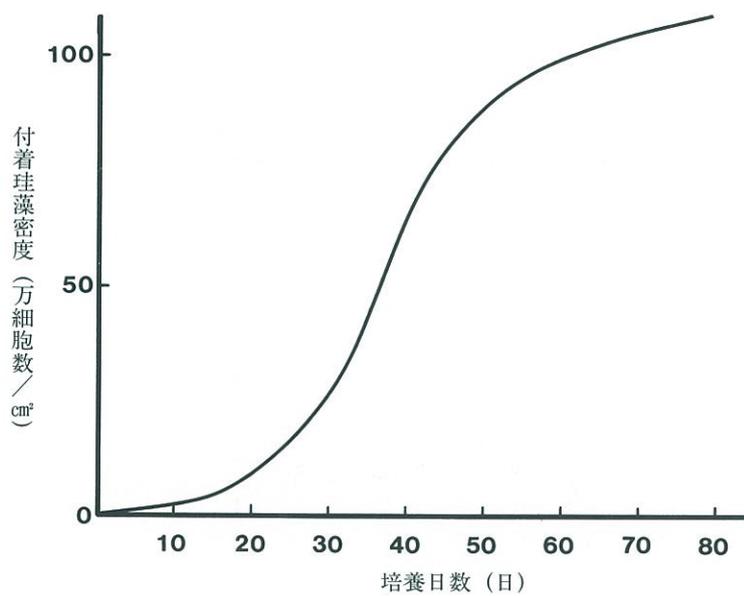


図9 培養経過に伴う波板上の付着珪藻の増殖の推移

4) 平成6年度の実施例

稚貝100万個の生産を目標として、準備した付着珪藻の培養は、採苗用（説明は後述）は6月20日、分槽および再付着用（説明は後述）は8月17日から行いました。培養を開始してから使用するまでの日数は63～88日でした。培養開始時に使用した水槽は15㎡水槽14、7㎡水槽11で、使用した波板の数は28,680枚でした。培養開始後の波板の洗浄および施肥は3.6～4.5日、反転は4.7～7.0日に1回の割合で行いました。

5. 親貝の養成と産卵期 ● ● ●

1) 親貝の選抜

使用する親貝はすべて当センターで種苗生産したものをそのまま親貝まで飼育して用いています。9月に採卵し稚貝の飼育を行えば翌年の2月頃には殻長が20mmをこえるもの（トビ貝）がみられます。これらの個体を200～300個ほど選別し生ワカメと配合飼料を与えて飼育します（6月以降はアラメ、アナアオサや配合飼料を与える）。8月頃（採卵後約1年）には殻長4～5cmとなり、9月には生殖巣の発達により雌雄の判別が可能となります（図10）。このときに、選別した個体からさらに雄100個、

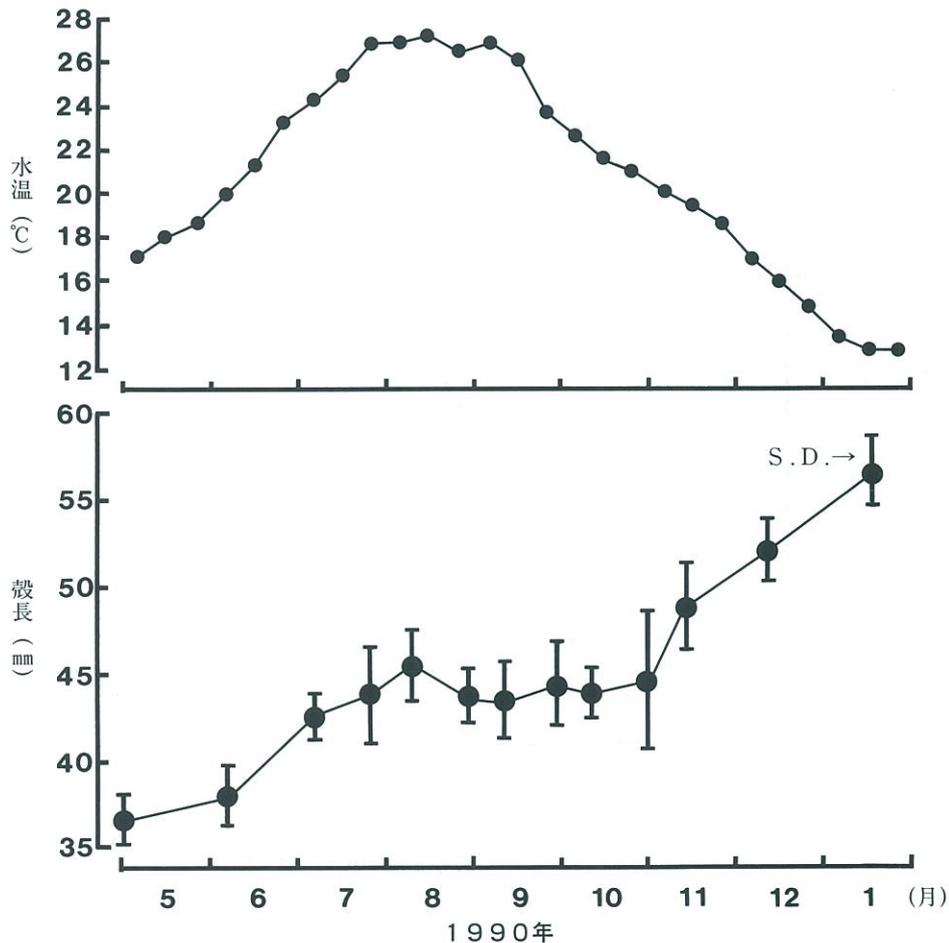


図10 飼育経過に伴う稚貝の成長の推移 (伊藤ら 1995)

雌200個程度を選び親貝として養成します。このように、毎年種苗生産した稚貝のうち成長の優れた個体を選抜して親貝を養成します。一例として1988年採卵群からの選抜個体の成長を図11に示します。

親貝には標識を装着し、各貝の個体識別ができるようにしています。標識はダイモテープに通し番号を打ち込み水中ボンドで装着します。また、ダイモテープの色を変えて雌雄の判別を行っています。標識の装着は採卵後1.5年目(低水温期)に行います。

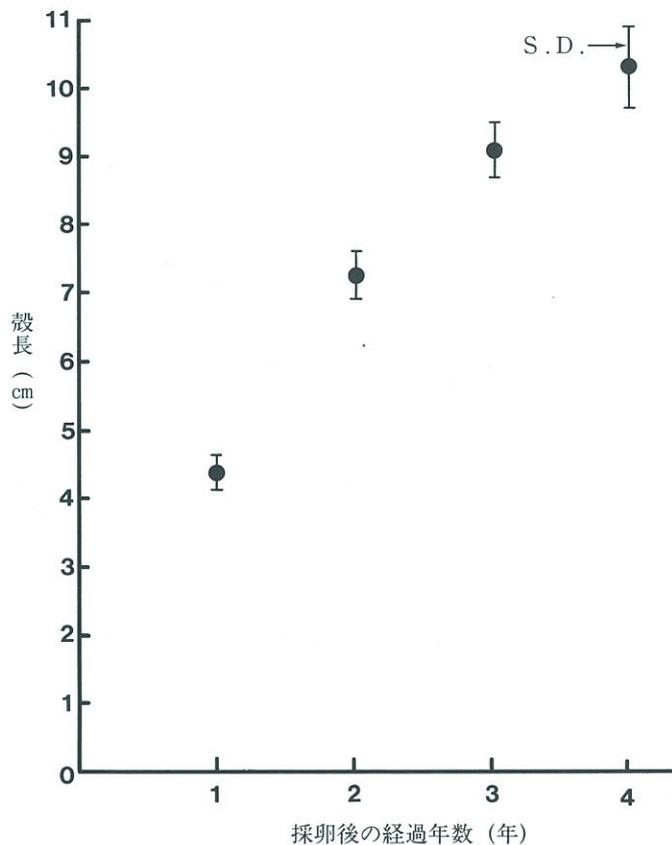


図11 1988年産親貝の成長の推移

2) 飼育水槽

飼育は2 m³水槽を使用し、流水で飼育を行っています(注水量は30~70回転量/日)。飼育水槽は上屋(アクリル製の屋根)のある屋外に設置し、常時遮光幕(遮光率90%)によって照度調節をしています。北日本のエゾアワビで一般的に行われている親貝養成時の水温コントロールや日照調節などはしていません。エアレーションは、長さ2.2mの通気管を水槽長辺に対し平行に1本設置して行います。水槽内には親貝のシエルターとして、径300mmの塩化ビニール製のパイプを半分に分けたもの(長さ40~50cm)を4~5個設置しています。1水槽当たりの収容個体数は2年貝は80個(約4 kg)、3年貝は60個(約6 kg)、4年貝は40個(約8 kg)を目安にしています。

3) 飼育餌料

12月から4月までは養殖ワカメ、4月から5月は天然ワカメ、6月から11月はアラメ、アナアオサを投与します。特に12月から4月にかけて養殖ワカメを飽食量(常に餌が残るように)与えます。このような条件下で飼育した親貝は、12月から5月にかけて良く成長し(図12)、8月下旬から9月にかけてスムーズに採卵を行うことができます。

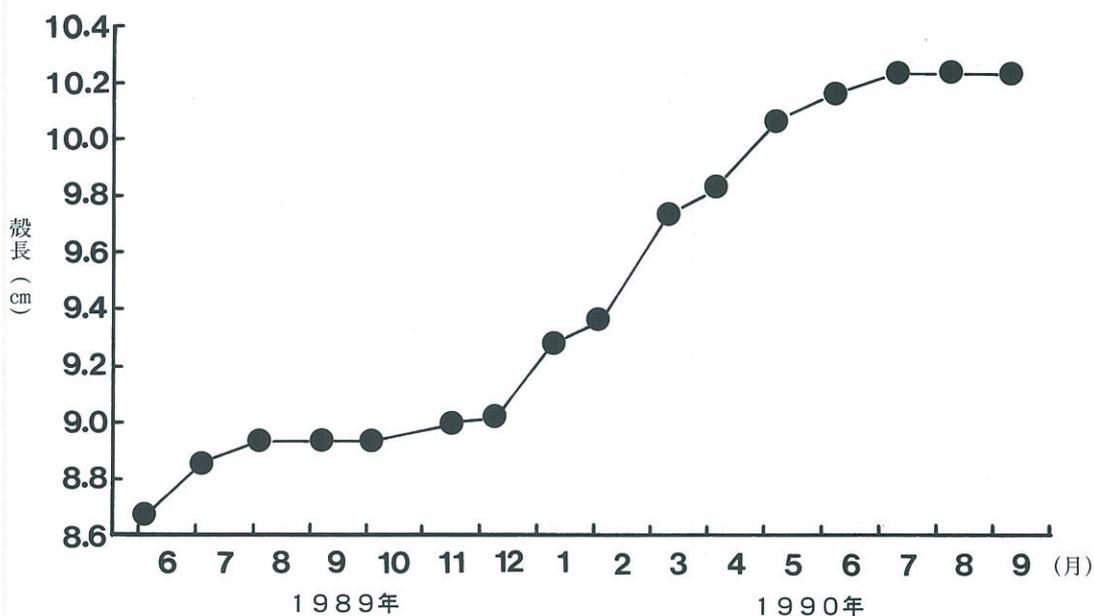


図12 1986年産親貝(同一個体群)の成長の推移

4) 飼育水槽の管理

飼育水槽内には、糞や腐食した残餌などが流出されずに残る場合があります。このようなときは適宜サイフォンを使って取り除くようにします。特に夏期の高水温時にはこまめに取り除くことが重要です。また、定期的な親貝の観察時には、水槽内の海水を排出し水槽内の付着物を取り除くようにしています。

5) 親貝の成長および成熟

標識の装着後は約1か月毎に、各個体の殻長、体重の測定および生殖巣の成熟度を観察し、採卵に使用する親貝の参考資料にします。測定の際、成長のみられないものや活力の弱いものは廃棄します。

図13, 14に3, 4年貝の生殖巣指数の推移(1989~1990年)を示します。採卵には雌雄ともに3, 4年貝を使用しますが、この図からもわかるように生殖巣が最も発達するのは9月頃です。しかし、採卵に使用する親貝は採卵時に選ぶのではなく、7月に行う生殖巣の観察結果を参考にし、あらかじめ選定(生殖巣指数が2またはそれ以上)しておくことが重要です。

なお、平成7年は夏期の高水温の影響を考慮して8月上旬頃から一部の親貝について飼育水温を24~25℃に調整して飼育を行い、採卵を試みました。その結果、常温飼育群に比べ9月上中旬の採卵が安定していました(雌の反応率が高く、1個体当たりの産卵量も多かった)。さらに幼生の生残率も高くなりました。これらのことから、今後、夏期の親貝飼育の水温制御(25℃以上に水温が上昇しないようにする)の検討が必要であると思われます。

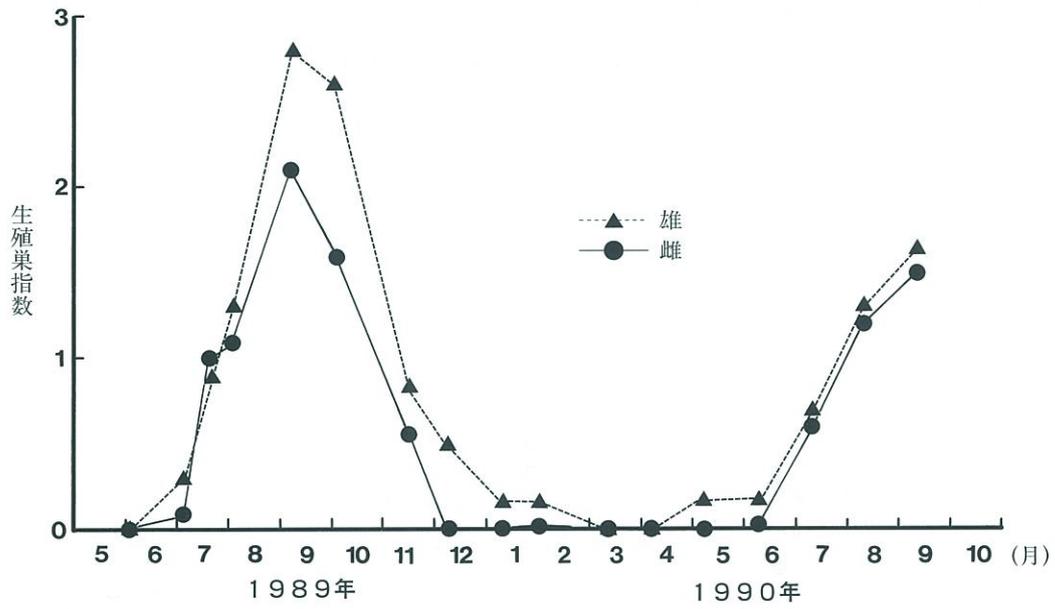


図13 1986年9月生産員の生殖巣指数の推移

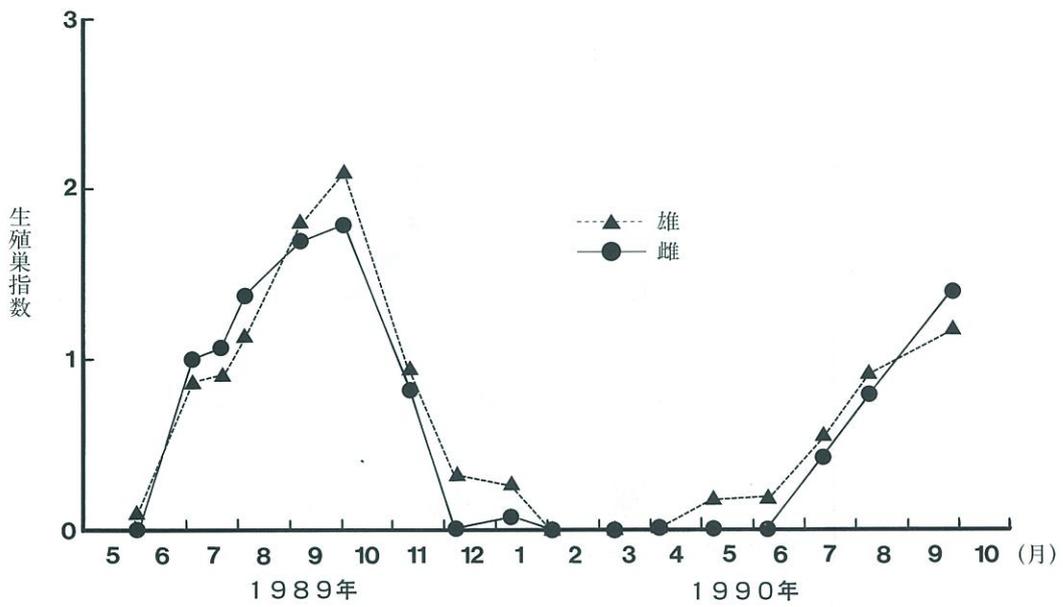


図14 1985年9月生産員の生殖巣指数の推移

6) 岩手県産親貝の導入

昭和58年に岩手県広田漁協から親貝を導入し、継代的に飼育を行っていた親貝と交配させ、稚貝の飼育を試みました。岩手県広田漁協からの親貝の導入は、平成3年まで計7回行いました。種苗生産には平成4年度まで一部雌貝のみを使用しました。

参考として昭和63年12月と平成元年2月に導入した親貝の生殖巣指数の推移を図15に示します。図13、14に示した親貝の生殖巣指数の推移に比べ、若干生殖巣指数のピークが速いようです。

図16に平成元年および2年の9月に採卵を行った際の産卵結果を示します。親貝の大きさと産卵数との関係は、当センターで種苗生産し飼育を行ったものと大きな差はないようです(図19参照)。

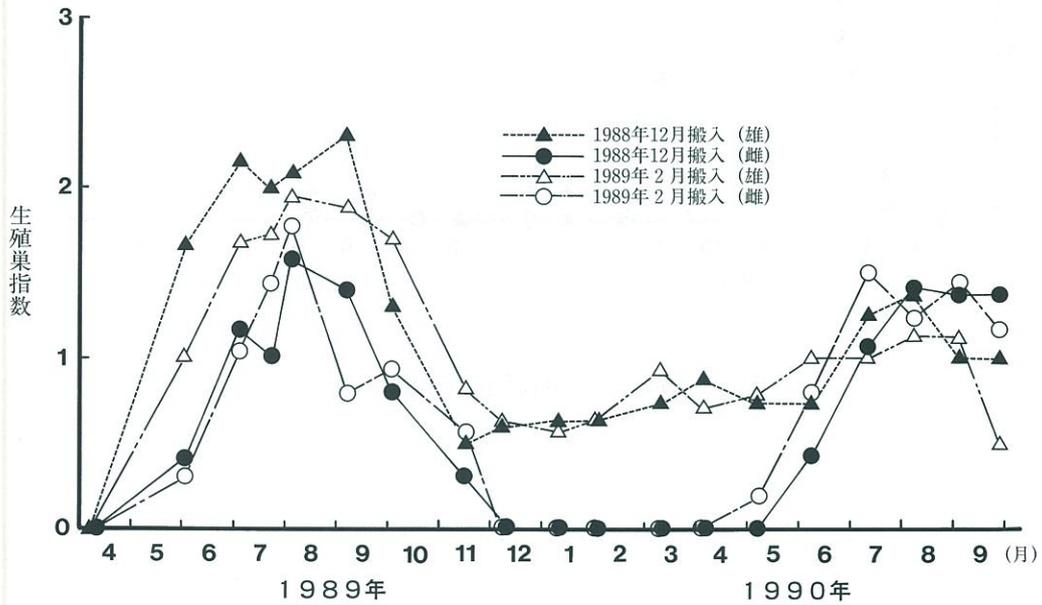


図15 岩手県産親貝の生殖巣指数の推移

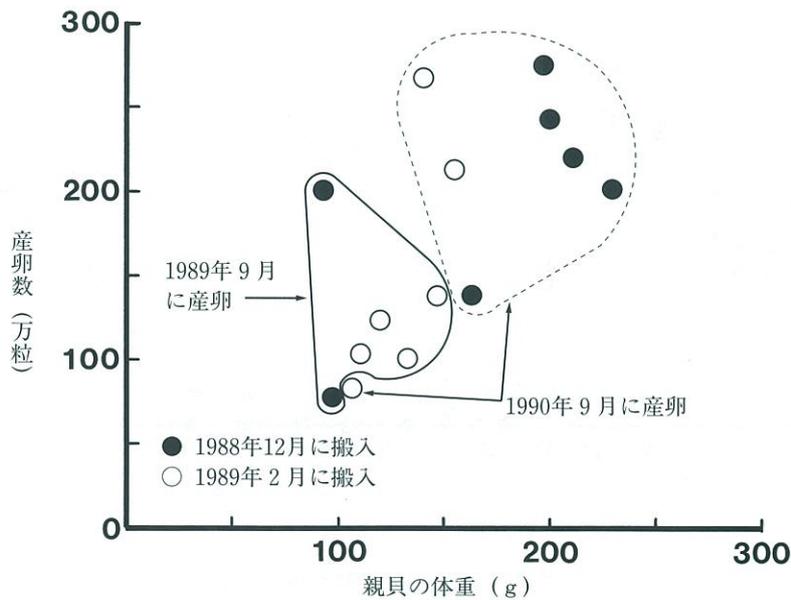


図16 岩手県産親貝の産卵結果

6. 採卵と浮遊幼生の飼育 ● ● ●

1) 採卵日の決定

採卵は8月中旬から11月にかけて可能です。重要なことは採卵日をいつにするかということです。佐賀県がエゾアワビを導入した大きな理由は、クロアワビに比べ1～2か月早く採卵ができることにあります。1～2か月の採卵時期の差がその後の稚貝の成長に大きく影響します。すなわち、採卵時期が早いほど稚貝の成長が速くなります（もちろん、適正な飼育密度と十分な付着珪藻を摂餌できることが条件です）。採卵日を決定する最も重要なポイントはそのときの海水の温度にあります。採卵作業や浮遊幼生の飼育は冷却海水を使って行う（詳細は後述）ので海水の温度は問題になりませんが、採苗や稚貝の飼育は常温の海水を使用するため採苗率や付着初期稚貝の生残に影響しない水温の時期に採卵し、飼育を開始する必要があります。

採苗率と水温との関係を調べた結果を図17に示します。この実験結果やいままでの経験から海水の

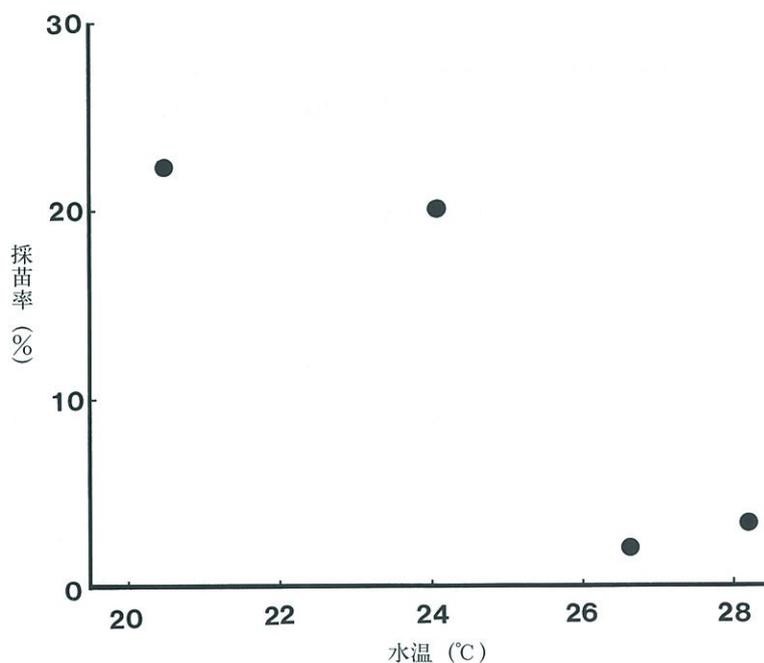


図17 採苗率と水温との関係

第1章 アワビ(エゾアワビ)の種苗生産

温度が26℃を下回る時期に採卵を行うようにしています。26℃を上回る時期でも冷却した海水を使って試験的には採苗を行ったことがありますが、冷却海水を大量に使用することができないため事業規模では行っていません。参考として平成元年から7年度までの採苗率と水温（幼生収容時）との関係を図18に示します。採苗率は、9月上旬の採苗では約10%を、9月中旬以降では約20%を一応の目安にしています。

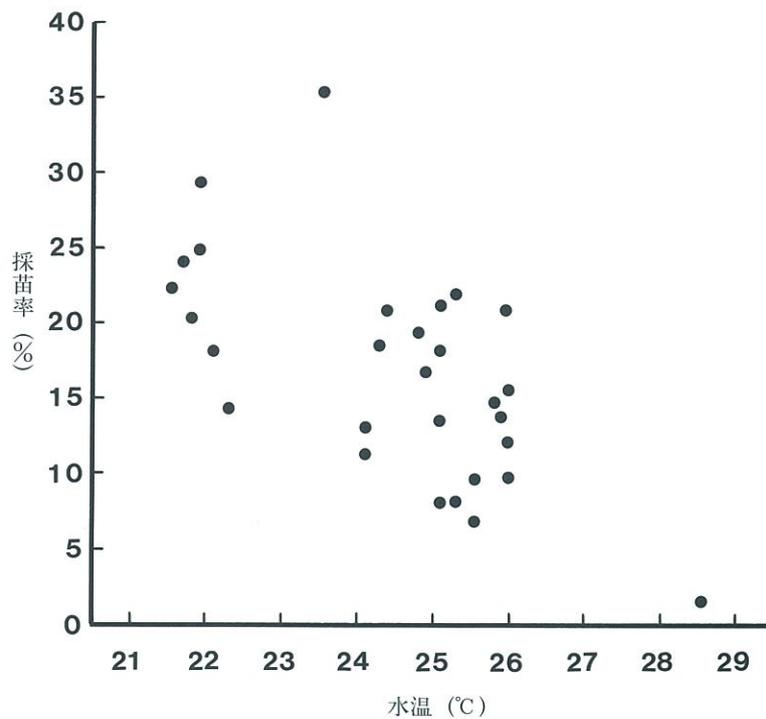


図18 平成元年から7年度までの採苗率と幼生収容時の水温との関係

2) 採卵に使用する親貝

採卵に使用する親貝は雌雄ともに3，4年貝です(主力は3年貝)。平成元年から7年度までの採卵に使用した2，3，4年貝のうち大きさと産卵数の関係が明らかなものを図19に示します。通常，1シーズンに3～4回採卵を行います(唐津市水産種苗センターへの分与分も含む)。1回当たりの必要な受精卵数を約2,000万粒とすれば，1回の採卵に使用する雌貝は，3年貝では20個程度になります。雄貝は1回の採卵に6個程度使用します。反応率は雌雄ともにほぼ100%です(平成2，6年の猛暑の年は若干反応率が低くなりました)。

なお，放卵，放精後の親貝は通常の飼育水槽とは別の水槽へ1～2日仮置きしたのち，通常の飼育水槽へ収容します。これは，未使用の親貝の暴発(放卵，放精)を防ぐためです。

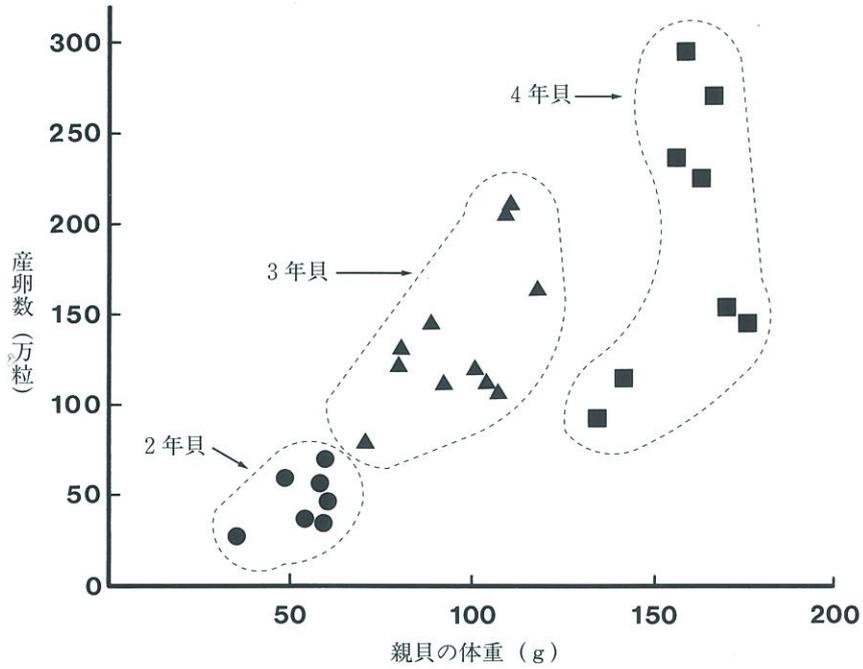


図19 親貝の大きさと産卵数との関係

3) 採卵および浮遊幼生の飼育に使用する海水の処理方法

通常、親貝や稚貝の飼育（ウニ類、マナマコも同様）、付着珪藻の培養などに使用している海水は、高さ約20mの山手にあるろ過槽（直径1cm程度の玉砂利を敷きつめたもの）へポンプアップし、そこから各飼育水槽へ送水しています（時化のときは飼育水槽の底がみえないほどに濁る、その程度のろ過能力）。これを一次ろ過とすると、採卵や浮遊幼生の飼育に使用する海水は図20に示したろ過水槽で

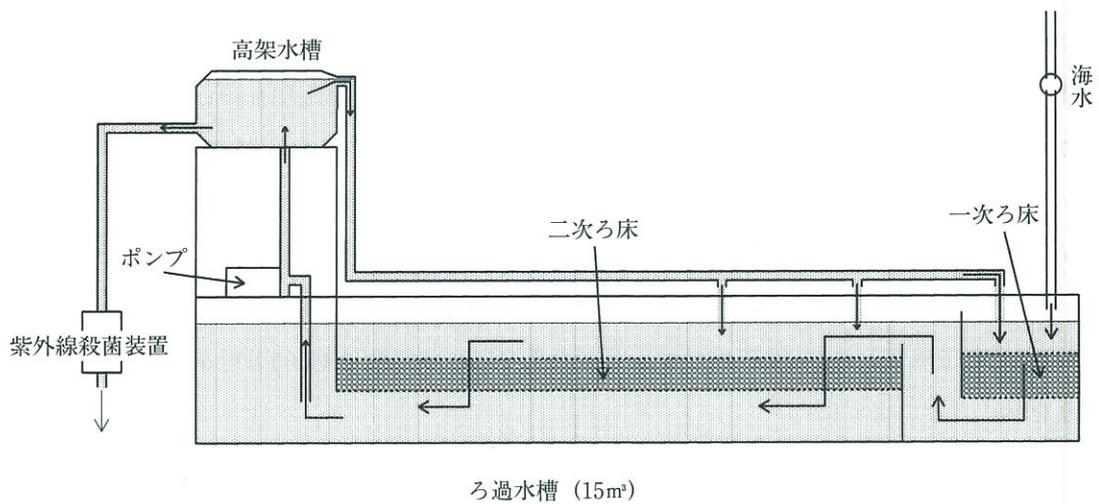


図20 幼生飼育用海水のろ過水槽の概略図

第1章 アワビ(エゾアワビ)の種苗生産

さらにろ過し、紫外線殺菌装置（この装置を通過した海水では親貝の放卵、放精は誘発しない）を通して使用します。また、この海水は熱交換機によって20℃前後に冷却したものです（冷却の必要性については後述）。

4) 採卵のタイムスケジュール

通常、火曜日の朝8時30分から9時にかけて放卵、放精が起こるようセットします。親貝の採卵水槽への収容は月曜日の午後4時頃に行います。親貝を収容する際、各個体の殻長、体重、生殖巣指数を測定します。このため、親貝を飼育水槽から取り出して採卵水槽へ収容するまで20～30分程度干出させることになります。そして、翌朝（火曜日）7時に、放卵、放精を誘発するのに有効な紫外線ランプが点灯するようにタイマーを作動させます。

5) 採卵方法

採卵水槽は20ℓ水槽を使用します。冷却海水の入った水槽には、雌貝では、3年貝は3～5、4年貝は2～4個を、雄貝では、3年貝は3～4、4年貝は2～3個を収容します。親貝収容後はただちに冷却した海水をビニールホース（径3mm）を通して注水（約150ml/分）します。さらに、翌日媒精作業を行うまで採卵水槽は黒色のビニールシートで覆います。また、採卵水槽には必ずふたをして、親貝が逃げ出さないようにします。なお、採卵および浮遊幼生の飼育はすべて恒温室内で行い、通常室内は暗状態にしています。

6) 媒精および洗卵方法

放卵を開始した約1時間後に、卵を回収し媒精します。卵はビニールホース（径12mm）を用いて20ℓ水槽へ回収します（水量約5ℓ、通常の採卵作業では約500万個の卵が回収されます）。この中へ精子懸濁液を添加し緩やかに攪拌します。そのときの精子の濃度は約20～40万個/mlです。媒精後はただちに海水を加え水量を20ℓとし、正確な卵量を容積法で計数します。

卵量を計数した受精卵は、ただちに過剰な精子などを取り除くため洗卵を行います。洗卵にはミューラーガーゼを底面に張ったバット（40×25×17cm、オープニング50 μ m）を使用します。コンテナ水槽（60×38×14cm）に洗卵用のバットを入れ、この中に受精卵を収容して、約1時間流水下（流量6ℓ/分）で洗卵します（図21）。洗卵用のバットへ受精卵を収容する際は糞やその他のごみを取り除くため、ナイロンネット（オープニング345 μ m）を張った塩化ビニール製のパイプ（図22、径200mm、長さ30cm）を通して収容します。洗卵用のバットへの受精卵の収容数は約600万粒を上限としています（目づまりを起こさないように）。

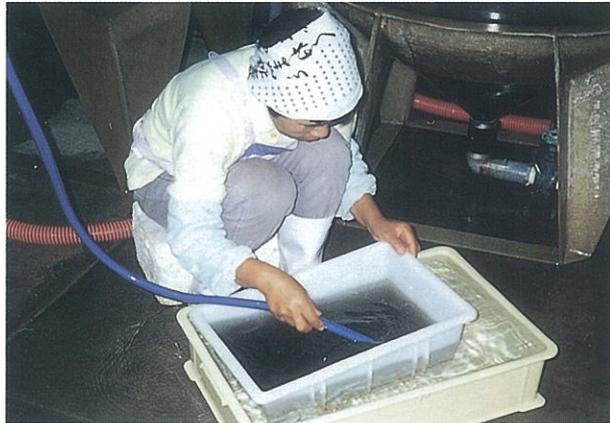


図21 受精卵の洗卵作業



図22 受精卵の洗卵用バット収容時の“ゴミ”取り用ネット

7) ふ化および浮遊幼生の飼育

ふ化および浮遊幼生の飼育は流水で行っています。流水による飼育の試みは、昭和51年から小型容器（5 または25ℓ水槽）を使って行っていました（当時はクロアワビが主体）。昭和57年から一度に大量の幼生を飼育するため大型水槽（500ℓ水槽、図23）による飼育法の開発に取り組みました。その後、ふ化および幼生の生残と水温との関係について検討した結果、水温24℃以上でふ化率や幼生の生残率が著しく低下することが明らかとなりました（図24）。現在では8月下旬から9月にかけて種苗生産を開始するため、海水を約20℃に冷却して使用しています。

流水で洗卵を行った受精卵はふ化槽へ収容します。ふ化槽は、0.5m³のブラインシュリンプのふ化槽

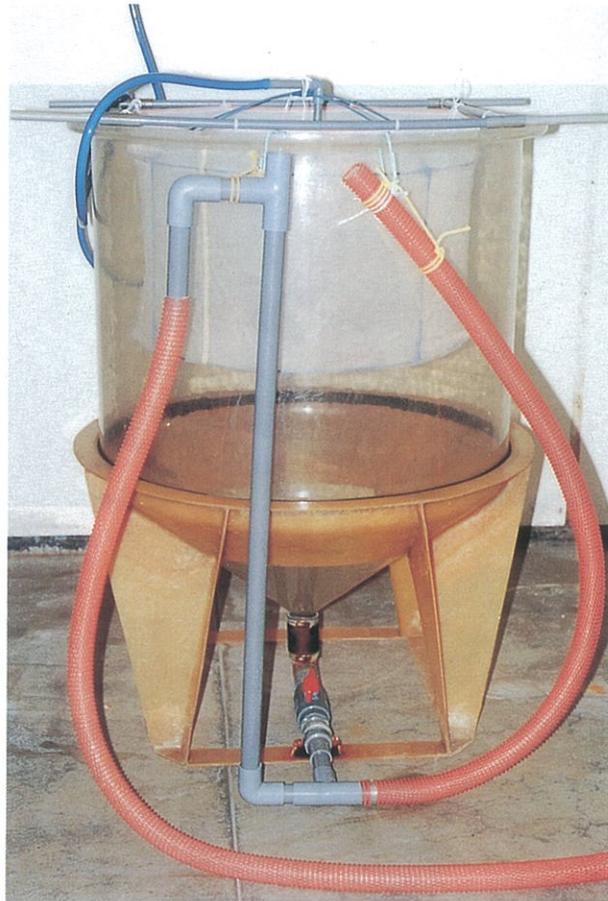


図23 ふ化および浮遊幼生の飼育水槽

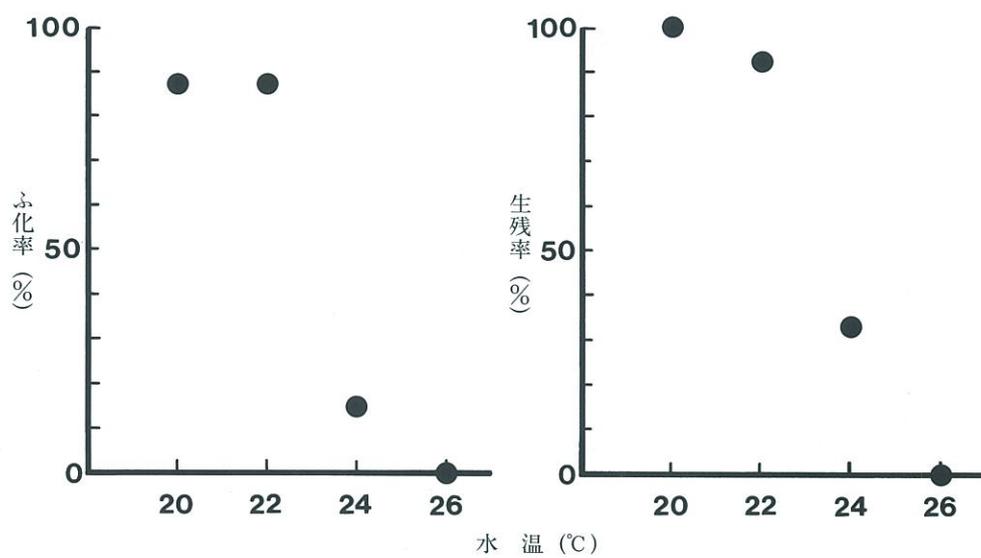


図24 ふ化率および幼生の生残率と水温との関係 (有吉・野田 1987b)

内にナイロンネット（図25、直径75cm、深さ45cm、オープニング50 μ m）を設置したものを使用しています。ナイロンネットの内側には被覆した針金で作った枠（図26）を入れ、ネットがきれいに広がるようにします。ナイロンネット内への注水は径3.5mmの穴を12か所（ふ化から採苗までは14か所）開けた径13mmの塩化ビニール製のパイプ

（図27）を用いて行います。その際、パイプの穴は上方に向け、注水した海水が上方に向けて出るようにセットします。このような注水によって受精卵をネットの底面に均一に分散させることができます。受精卵を収容した際にネットの底がきれいに広がっていない場合や注水方法によって、ネット内で部分的な受精卵のかたよりが生じる場合があります。このようなときには正常なふ化幼生が得られない場合が多いようです。注水量は約6ℓ/分で、この量はその後の浮遊幼生の飼育でも同様です。

翌朝には幼殻の形成されたヴェリジャー幼生が得られます。次に、得られた幼生を別水槽（受精卵を収容した水槽と同一のもの）へ移送する作業を行います。これはネットの底に残った未ふ化卵や発生異常の個体などと正常な幼生を分離するためです。移送作業はカナラインホース（径1インチ、長さ1.5m）を使って行います。移送作業を行う10分程前にふ化槽へ注水していたパイプをはずし、注水ホースをブラインふ化槽とネットの間に差し入れます。このことによって、幼生が水表面に蝟集します。この蝟集した幼生を水位差（20cm程）を利用して隣の飼育水槽へ移送します。数分で移送元の水槽と移送先の



図25 ふ化および幼生の飼育ネット

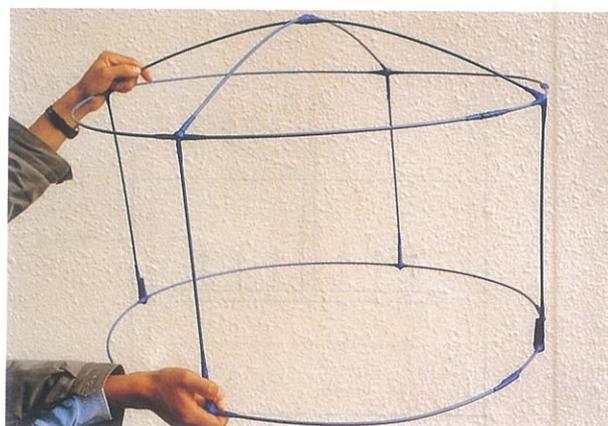


図26 ふ化および幼生の飼育ネット用の枠

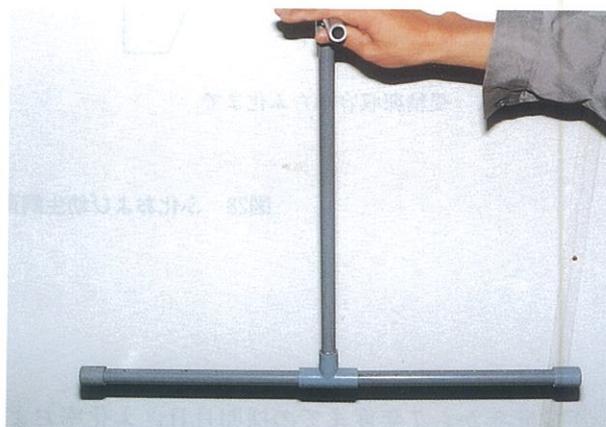


図27 ふ化および幼生飼育時の注水パイプ

第1章 アワビ(エゾアワビ)の種苗生産

水槽の水位差がなくなりますが、移送元の水槽に注水しているため幼生の移送はスムーズに行われます。移送を開始して約1時間でほとんどの幼生を新しい飼育水槽へ移し替えることができます。

次に、移送を終了したあとの注水方法は、ふ化時とは異なり飼育ネットの中で海水が還流するように注水パイプの穴を横方向に向けます。このときに、横方向だけの水流では、幼生が飼育ネットの底面中央に濃縮されてしまいます。このためパイプ中央の下部2か所からも海水が吹き出るようにし、幼生を均一に浮遊させるように工夫しています(図28)。

翌日(媒精後2日目)も同様の作業を行い、浮遊力の強い幼生のみを移送します。通常、媒精後3日目の金曜日の夕方に採苗作業を行います。採苗水槽の水温が25~26℃の場合は、翌日の土曜の午前中に採苗作業を行います。

このように、冷却海水を使った流水飼育によって、ふ化から採苗に使用する幼生までを大量に効率よく生産できるようになりました。

なお、採卵から浮遊幼生の飼育に使用する容器などは約70℃の熱処理海水で洗って使用します。

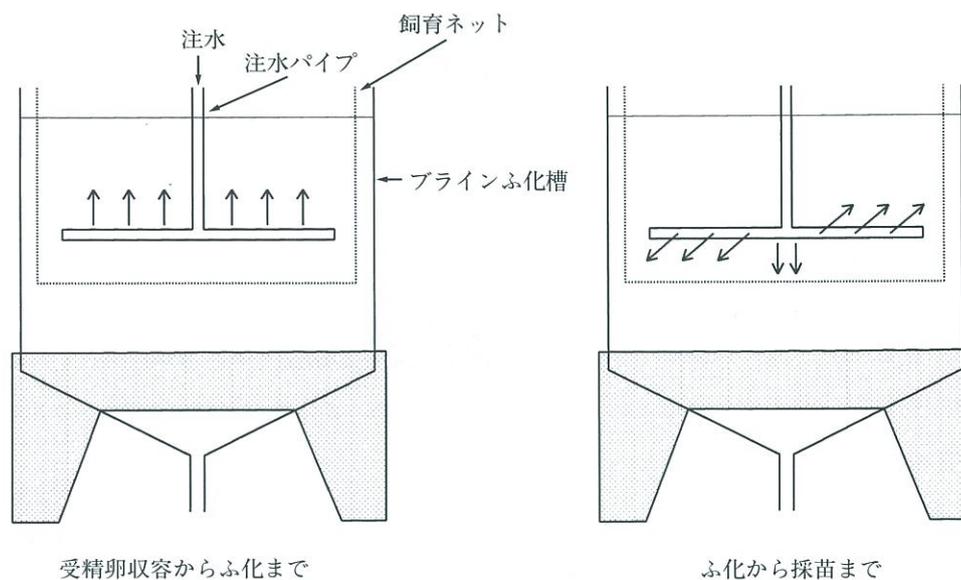


図28 ふ化および幼生飼育時の注水方法の模式図

平成元年から7年度までの採卵月日、ふ化率および受精卵収容から採苗に使用する幼生の回収率を表5に示します。平成2年度は他の年度に比べ回収率が低く、また平成6年度は1個体当たりの産卵

表5 飼育年度別の採卵月日、ふ化率および回収率

年度	採卵月日	ふ化率 (平均) (%)	回収率 (平均) (%)	水温 (°C)
元	8.29, 9.5	(100)	88.4 ~ 95.6 (91.2)	18.8~20.9
2	9.11, 21	93.6 ~ 94.6 (94.1)	42.5 ~ 60.7 (52.3)	20.5~21.5
3	8.26, 9.2, 9	87.8 ~ 94.5 (91.9)	62.0 ~ 79.9 (69.7)	21.0~21.8
4	8.25, 9.1, 8, 15	91.4 ~ 97.6 (95.2)	51.1 ~ 75.1 (64.5)	20.7~21.5
5	8.31, 9.8	97.4 ~ 97.6 (97.5)	56.9 ~ 74.6 (65.6)	19.0~21.0
6	8.29, 9.5, 12, 13, 20, 26	79.5 ~ 94.6 (87.1)	32.9 ~ 65.0 (63.7)	16.0~24.0
7	9.11, 18	96.4 ~ 99.4 (98.5)	44.2 ~ 74.1 (59.2)	19.2~20.5

数が少なく産卵誘発を行った回数が多くなっています。これは、各年の猛暑（高水温）が親貝の成熟に影響し、特に平成2年度は活力のあるふ化幼生が得られなかったためと考えられます。いわゆる“卵質”に問題があったものと思われます。また、平成2年と7年度は採苗時の水温を考慮して9月中旬に採卵を行っています。平成6年度は試験的に8月下旬から採卵を試みましたが、先に述べたように思うような受精卵が得られず（採苗時も高水温の影響で稚貝が得られなかった）、種苗生産は9月中旬、下旬の採卵群で開始しました。

7. 採 苗 ● ● ●

採苗を行う水槽とその後の稚貝飼育を行う水槽とは異なっていますがこれらの水槽はいずれも、前述した付着珪藻の培養に使用している水槽です。

採苗回数は通常2回を目安としていますが、高水温の影響などで必要な稚貝数が採苗できない場合には、さらに採苗を行います。

1) 採苗水槽の準備

採苗水槽は7 m³水槽を使用します。採苗水槽には前述した方法で付着珪藻を培養した波板を、採苗前日または当日に100セットを付着珪藻の培養時と同様に水槽底面に対して垂直に立てて収容します（付着珪藻の培養時と同様）。採苗水槽は上屋（アクリル製の屋根）のある屋外に設置し、雨の影響を受けないようにしています。水槽には付着珪藻の培養時と同様に遮光幕をかぶせ照度調節を行っています。エアレーションも付着珪藻の培養に使用している通気管をそのまま使用して行っています。1回の採苗には通常4～5水槽を使用します。

2) 浮遊幼生の回収

注水ホースを注水パイプからはずし、ブラインふ化槽と飼育ネットの間に入れます。そうすれば幼生は水表面に蝸集します。この浮遊力のある幼生を洗卵作業に使用したバットの中に水位差を利用し、

第1章 アワビ(エゾアワビ)の種苗生産

幼生の移送に使用するカナラインホースを用いて回収します。バットに回収した幼生は、さらに20ℓ水槽へ移し替え、容積法で幼生数を計数後、採苗に使用します。幼生を回収し、採苗水槽へ収容するまでの時間は20～30分です。

3) 浮遊幼生の収容

採苗水槽へ幼生を収容するときは、エアーを強めにし、2ℓカップを用いて水槽全面に均一になるように撒きます。幼生収容後は、海水が緩やかに攪拌する程度にエアーを弱め、遮光幕をかけます。エアーの強さは飼育日数の経過とともに少しずつ強くしていきます。

1水槽(付着珪藻板100セット)当たりの収容幼生数は、採苗率を考慮して8月下旬から9月上旬は150万個(付着珪藻板1枚当たり1,500個)、9月中、下旬は100万個(付着珪藻板1枚当たり1,000個)を目安にしています。

4) 付着稚貝の確認

通常、幼生を収容して3日間は止水として、幼生の浮遊状況を観察し、3日目でも浮遊している幼生が多数認められる場合は止水期間を延ばします。また、逆に水温が26℃を上回れば(8月下旬の採苗時にととききあり)収容翌日でも流水にします。採苗水槽での注水量は2回転/日を目安にしていますが、飼育水温の上昇が懸念される場合は臨機応変に注水量を増加させます。

最初の採苗稚貝の計数は、幼生収容後5日目に行います。1水槽の付着数は、100セットのうち10セットをランダムに選び、通し番号で1セットから1枚(1セット目は1枚目、2セット目は2枚目、3セット目は3枚目…、10セット目は10枚目)、合計10枚の付着数を計数して比例法で算出します。同様の方法で5日目以降定期的に付着稚貝数の計数を行います。また、幼生収容後5日目の付着稚貝数は200～300個を目安としています。また、付着・変態した稚貝をピペットで採取し、顕微鏡観察によって周口殻の形成を確認することが重要です。

5) 稚貝飼育水槽への移送と採苗率

幼生収容後5日目の付着稚貝数の計数後、稚貝の付着した波板を採苗水槽から稚貝飼育水槽へ移送します。5日目に移送するのは、次の採苗に水槽を使用するためで、水槽に余裕があれば稚貝の付着数が安定する10日目頃に移送するほうが好ましいようです。

通常、付着数は10日目頃に安定します(採苗時やその後の水温などによって10日目以降も減耗する場合もある)。このため、採苗率は、幼生収容後10日目の付着稚貝数から算出しています。

なお、従来の飼育結果から、付着珪藻板1枚当たりの適正な付着稚貝数は約200個と考えられます(詳細は後述)。

6) 必要採苗数

10日目の計数値からその後の採苗の必要性を判断しなければなりません。採苗から一次飼育終了ま

での稚貝の生残率を考慮して、稚貝100万個を生産するためには、付着珪藻板を2万枚程度使用するとすれば、採苗後10日目の稚貝総数は180万個を目安にしています。

8. 稚貝飼育 ● ● ●

採苗から付着珪藻を餌料とした付着珪藻板での飼育を一次飼育、付着珪藻板から稚貝を剥離し、人工飼料や海藻を与えて行う飼育を二次飼育と呼んでいます。

○一次飼育○

1) 飼育水槽

飼育水槽は屋外の15 m^3 水槽を主体に7 m^3 水槽を補助的に使用します。これらの水槽は付着珪藻の培養に使用しているものを順次稚貝の飼育に使用しています。付着珪藻の培養時と違う点は、水槽内に防虫網製の一次飼育用の生簀（オープニング約1.2mm）を設置しています。生簀の大きさは、15 m^3 水槽は9×1.5×0.5m、7 m^3 水槽は7×1.8×0.5mです。通気管は付着珪藻の培養に使用しているものと同様のもので、飼育生簀の中に設置します。また、付着珪藻の培養時と同様に、15 m^3 水槽では底板を設置しています（図29）。

注水は水槽上面から行い、2～12回転/日と次第に注水量を増していきます。

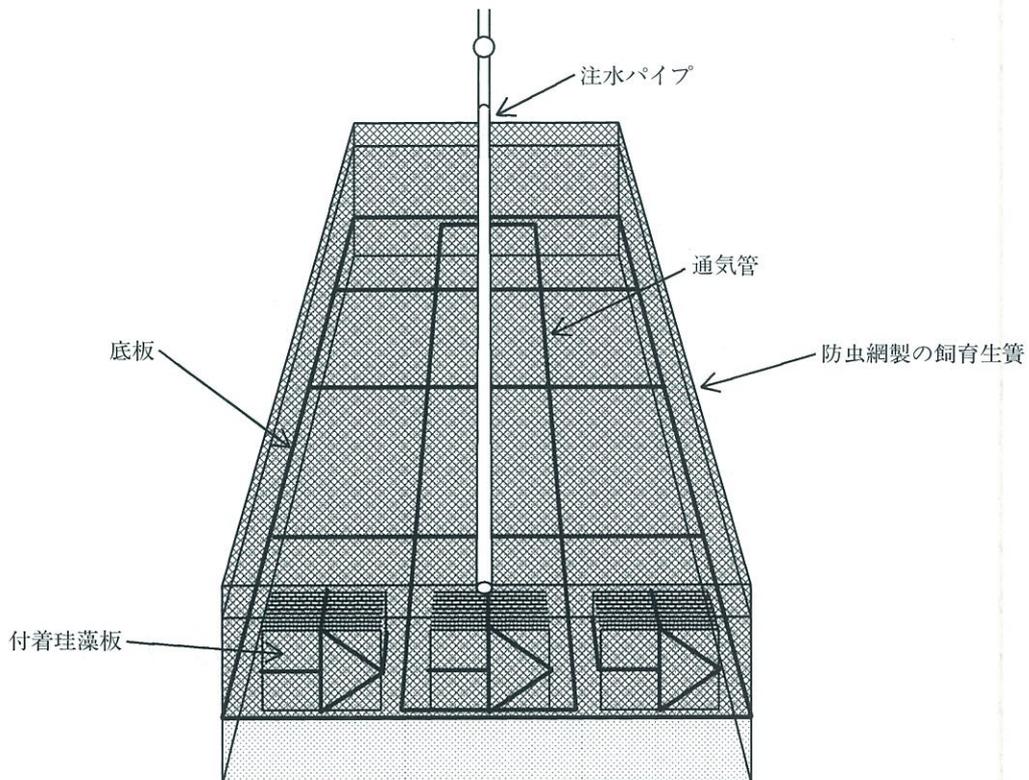


図29 稚貝の一次飼育水槽の概略図

2) 附着珪藻の維持管理

一次飼育は、通常9月から11月にかけての2～3か月間です。一次飼育で最も重要なことは、適正な飼育密度で飼育を行うことと附着珪藻を十分摂餌させることです。

飼育経過に伴う附着珪藻板の附着珪藻被覆面積の推移を模式的に図30に示します。飼育水槽に収容

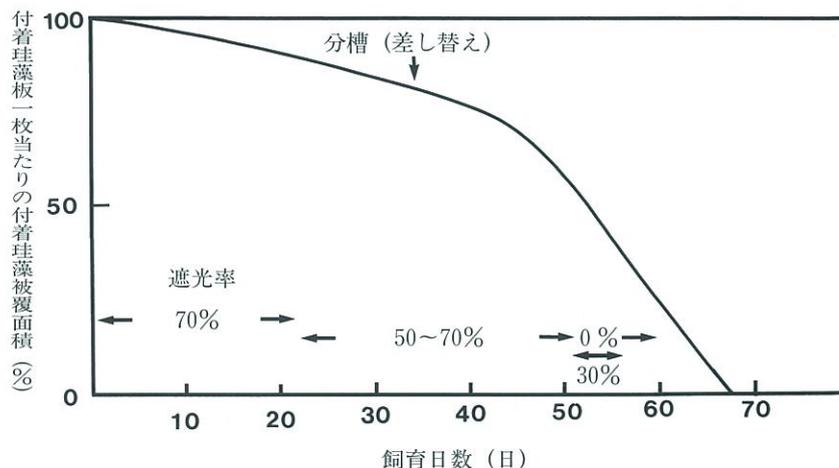


図30 飼育経過に伴う附着珪藻板の附着珪藻被覆面積の推移

した稚貝は、附着珪藻の培養や採苗水槽での飼育管理と同様に、遮光幕によって照度調節を行い附着珪藻の繁殖維持を行います。遮光幕の種類は、通常、附着珪藻の培養時と同様に晴れの日には70%、曇りまたは雨の日には50%を使用しています。そして、稚貝の摂餌量の増加とともに（波板の附着珪藻量の減少）50%を主体にし、さらに附着珪藻量が減少した場合には30%の遮光幕を使用します。最終的には附着珪藻量が著しく減少するため、遮光幕を取りはずして附着珪藻の繁殖を促し飼育を行います。また、附着珪藻板の上、下面の反転を適宜行い、さらに附着珪藻の繁殖を促すため、定期的に（一週間に2回程度）栄養塩（表6）を5kl相当分添加します。毎日の観察の際、コペポータの発生がみられた場合は附着珪藻の培養時と同濃度のディプテレックス乳液を添加し、コペポータの駆除を行います。栄養塩やディプテレックスの添加後は約8時間止水にします。参考として平成6年度の一次飼育における附着珪藻板の反転、栄養塩およびディプテレックスの添加した頻度を表7に示します。

また、一次飼育中に数回、時化などによる飼育水の“にごり”が生じる場合があります。稚

表6 一次飼育における施肥に使用する栄養塩の種類と海水1kl当たりの添加量

種類	添加量
ノリ糸状体用培養液	100ml
メタケイ酸ナトリウム	45g

表7 平成6年度の一次飼育における反転と施肥およびディプテレックスの添加結果

項目	頻度
反転	7.3日に1回
施肥	4.7日に1回
ディプテレックス	15.6日に1回

貝の飼育水槽中へ“にごり水”が混入すると付着珪藻の凋落を招きます。このため、時化などによる飼育水の“にごり”が予想される場合は注水量を著しく減少させるか、または1日程度ならば止水にします。もちろん、ろ過能力のすぐれたろ過施設を備えていれば、このような操作は必要ないでしょう。

3) 稚貝の分散

採苗10日目の付着稚貝数によって、一次飼育における稚貝の分散（飼育密度の調節と付着珪藻の補給）を計画する必要があります。稚貝の分散方法は“分槽（差し替え）”と呼んでいます。これは、稚貝の付着した付着珪藻板1セットに対し、珪藻が十分に繁殖した新たな付着珪藻板（通常、差し替え用の付着珪藻板と呼んでいます）1セットを準備し、これら10枚1組のセット間で1枚おきに付着珪藻板を入れ替えます。この作業によって飼育水槽は2倍となり、新たな付着珪藻が供給されるとともに、1水槽当たりの稚貝の飼育密度が1/2に緩和されます。もちろん、1シーズンで使用できる水槽や付着珪藻板の数が限られているため、採苗した付着珪藻板すべてにこのような作業を行うのではなく、必要な稚貝数の確保を行い、余分なものは間引く必要があります。

分槽（差し替え）の作業フローを図31に示します。

通常、付着珪藻板1枚当たり100個以下の場合には分槽（差し替え）は行いません。200個前後のときは1回、400個前後のときは2回行います。最初に分槽は採苗後20～30日目に行います。その際、付着珪藻が残っている（半分程度）ときに分槽することが重要です。付着珪藻がなくなってから分槽を行えば、その後の稚貝の生残や成長に影響がでます。

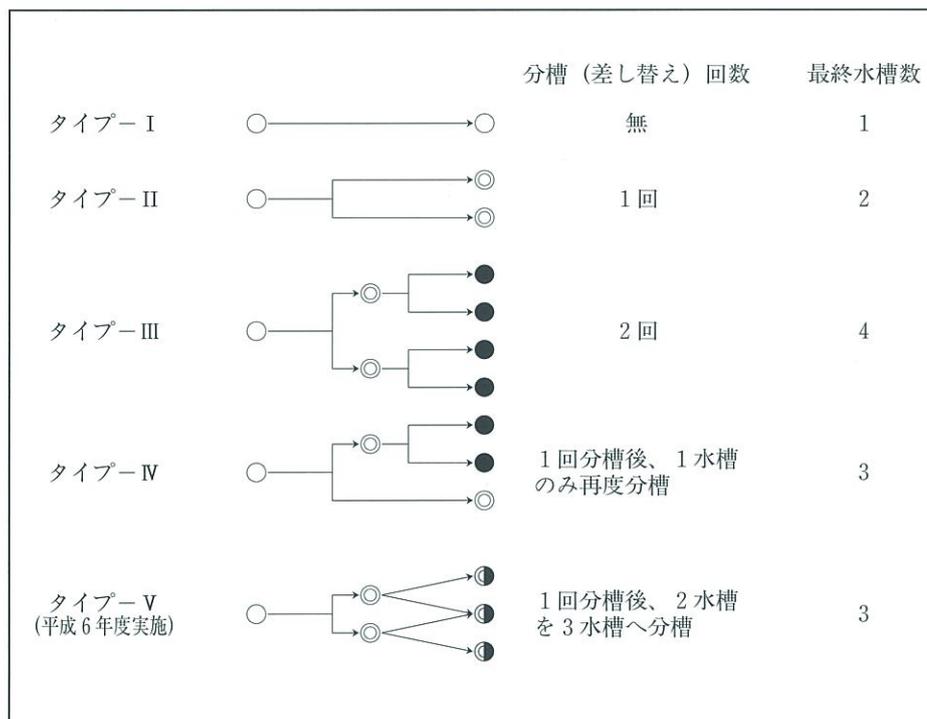


図31 分槽（差し替え）の作業フロー

4) 分槽(差し替え)の重要性

採苗稚貝数のコントロールは、ある程度は採苗時の収容幼生数で可能ですが、通常、附着珪藻板1枚当たり100~400個程度のバラツキがみられます。アワビと同様な種苗生産方式をとっているウニ類(アカウニ)では、塩化カリウムを使った採苗法によって採苗数のコントロールが可能になりつつあります(詳細については第2章で説明)。しかし、アワビの種苗生産では、このような採苗技術は開発されておらず、このため稚貝の成長、生残を考慮した分槽(差し替え)による稚貝飼育密度の調節と附着珪藻の補給が一次飼育において重要なポイントとなります。

参考として、平成元年から6年度における採苗後10日目の附着珪藻板1枚当たりの附着稚貝数と一次飼育終了時の稚貝の生残率、殻長5mm以上の稚貝の割合と数および稚貝の日間成長量との関係を図32~35に示します。これまでの飼育例から、稚貝の成長や生産性を考慮すると今日では、1回の分槽

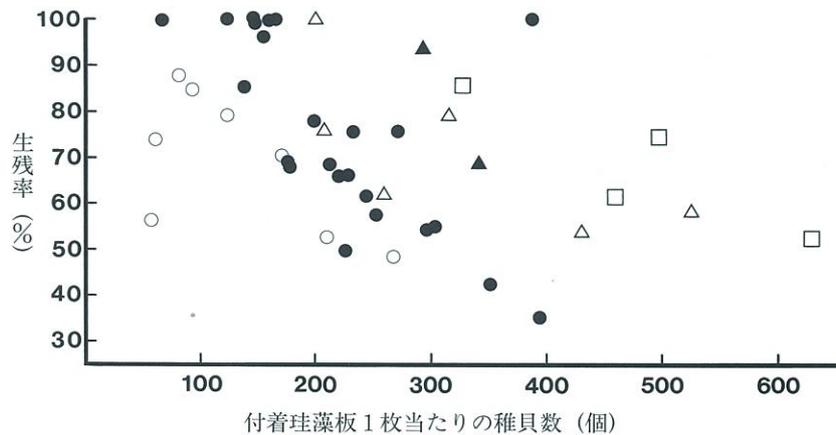


図32 採苗後10日目の附着珪藻板1枚当たりの稚貝数と一次飼育終了時の生残率との関係(平成元~6年度)
○, タイプ-I; ●, タイプ-II; □, タイプ-III; △, タイプ-IV;
▲, タイプ-V. (タイプI~Vは図31を参照)

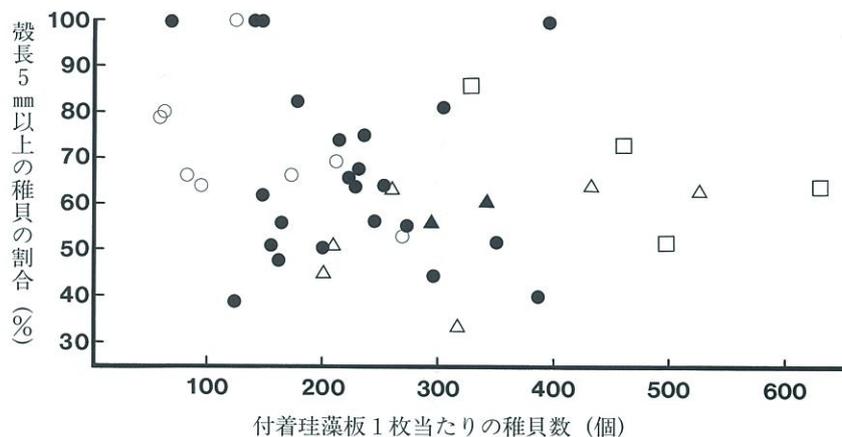


図33 採苗後10日目の附着珪藻板1枚当たりの稚貝数と一次飼育終了時の殻長5mm以上の稚貝の割合との関係(平成元~6年度)
○, タイプ-I; ●, タイプ-II; □, タイプ-III; △, タイプ-IV;
▲, タイプ-V. (タイプI~Vは図31を参照)

後，附着珪藻板1枚当たり100個以下（1水槽当たり10万個以下）で飼育を行うのが理想的なようです。

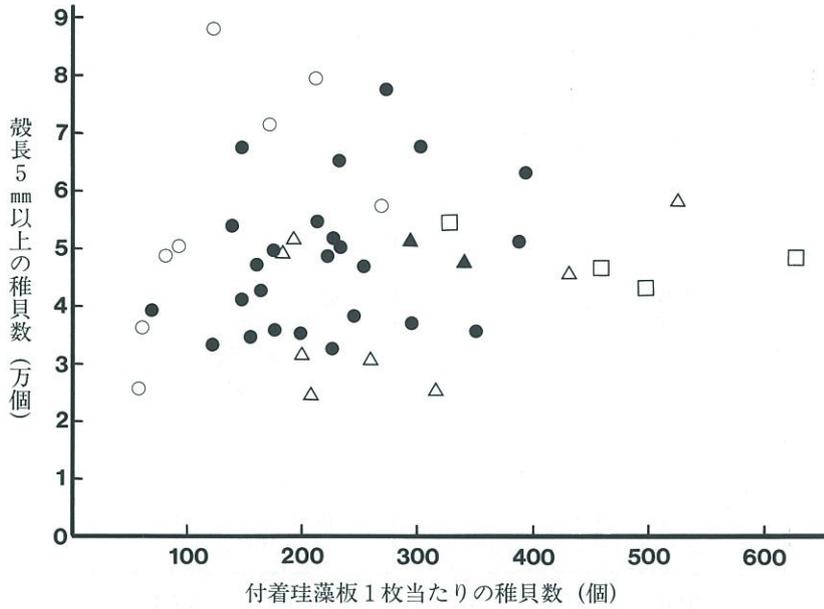


図34 採苗後10日目の附着珪藻板1枚当たりの稚貝数と一次飼育終了時の殻長5 mm以上の稚貝数との関係（平成元～6年度）
○，タイプ-I；●，タイプ-II；□，タイプ-III；△，タイプ-IV；
▲，タイプ-V。（タイプI～Vは図31を参照）

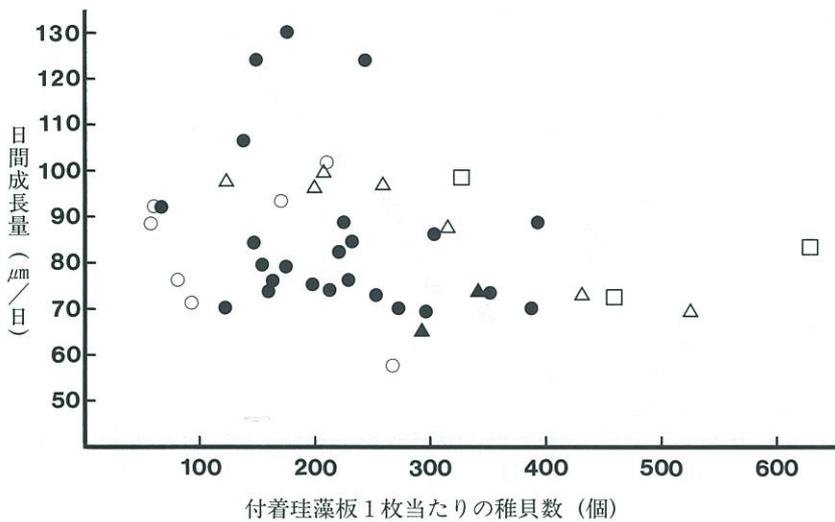


図35 採苗後10日目の附着珪藻板1枚当たりの稚貝数と一次飼育における稚貝の日間成長量との関係（平成元～6年度）
○，タイプ-I；●，タイプ-II；□，タイプ-III；△，タイプ-IV；
▲，タイプ-V。（タイプI～Vは図31を参照）

5) 稚貝の成長

平成元年と7年度の採苗後30日目の付着珪藻板一枚当たりの付着稚貝数と大きさとの関係を図36に示します。平成元年度は8月下旬から9月上旬に採卵を行った例、平成7年度は猛暑のため水温の低下をまって9月中、下旬に採卵を行った例です。採苗1か月後には、分槽によって付着珪藻板1枚当たり100個程度に稚貝の数を下げて飼育を行っています。通常、採苗1か月後の稚貝の成長の目安は約2mmです。

平成元年と6年度の稚貝の成長（付着珪藻板上の稚貝）の一例を図37に示します。

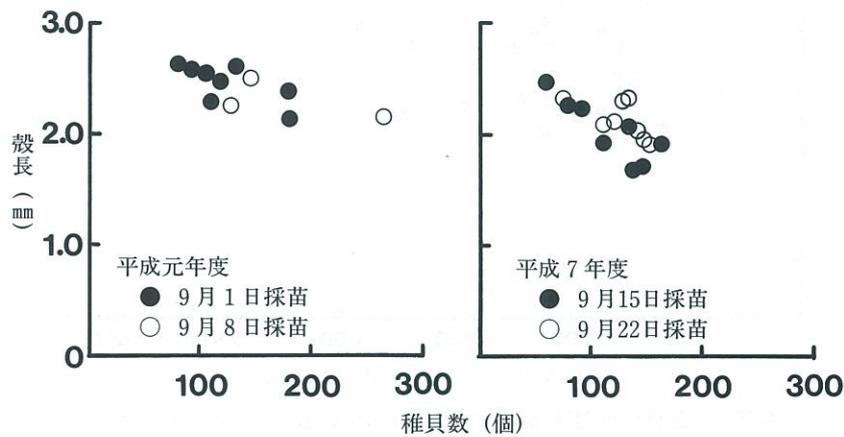


図36 平成元年および7年度の採苗後30日目の付着珪藻板1枚当たりの稚貝数と稚貝の大きさとの関係

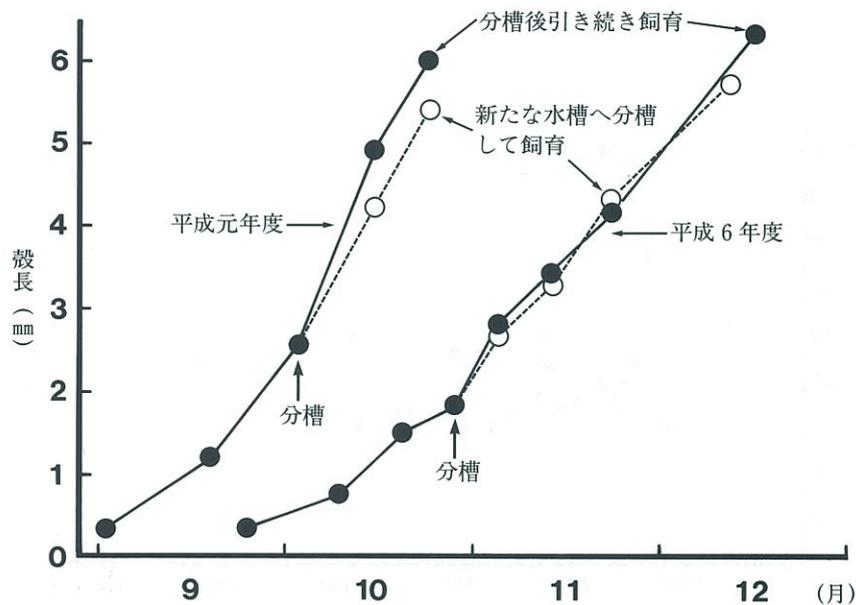


図37 平成元年および6年度の稚貝の成長例

6) 稚貝の剥離と再付着

通常、採苗から約2か月経過すると稚貝の大きさは約5mmに達します。このころには付着珪藻板の

付着珪藻は、稚貝の摂餌によってほとんどなくなっています。このため、稚貝を付着珪藻板から剥離し、二次飼育へ移行し新たな餌料を摂餌させる必要があります。

稚貝の剥離はパラアミノ安息香酸エチルを使った麻酔によって行います。剥離は1 m³水槽に剥離用ネット(表2参照, ニップ網製, オープニング225 μ m)を張り、この中に、60ppmの濃度となるようにパラアミノ安息香酸エチルを添加して行います。パラアミノ安息香酸エチルは、あらかじめエチルアルコール(食品添加用)約1.5ℓに溶解して添加します。

1回の剥離作業は、付着珪藻板20セットを処理します(図38)。麻酔処理の時間は約10分間です。付着珪藻板を収容して10分後に、剥離水槽と同タイプの剥離用ネットを設置した1 m³水槽(通常の海水を入れたもの)へ付着珪藻板(脱落していない稚貝が数個付着している場合がある)を移し替え脱落していない稚貝を落とします。麻酔処理した稚貝は剥離用ネットごと別の1 m³水槽へ移します。剥離した稚貝は、すばやくタモ網ですくい取り、ステンレス製の金網で作製したフルイ(50×50×10cm)で選別します(図39)。付着珪藻板からの剥離が終了すると、次に一次飼育用の飼育ネットを剥離水槽へ収容し、飼育ネットに付着した稚貝を剥離、選別します。飼育ネットは飼育水槽に設置した状態で水槽内の海水を排水し、海水を軽く吹きつけて(前述した付着珪藻の培養方法の項目を参照)ネット内の汚れを洗い流したのち、剥離水槽の中へ入れます。

剥離水槽の水温は、10月下旬から11月上旬では常温とし、その後は20℃程度に高めて(剥離水槽へ約70℃の海水を入れて調節)います。



図38 付着珪藻板からの稚貝の剥離

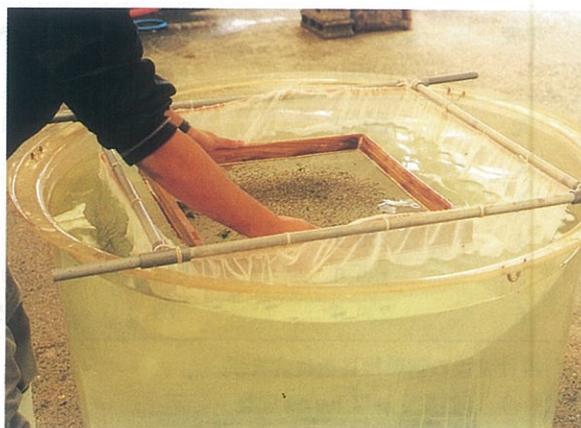


図39 稚貝の選別作業

なお、1水槽(付着珪藻板100セット)の剥離作業に要する時間は、約3時間(5人で作業)です。

フルイの目の大きさとふるい上がった稚貝の殻長の大きさと関係を表8に示します。一次飼育終了時に使用するフルイの目合は対角線3.5mmのものを使用します。ふるい上がった稚貝(平均殻長約5mm)は二次飼育へ移行します。ふるい落ちた稚貝は、あらかじめ準備しておいた新しい付着珪藻板に付着さ

表8 フルイの目の大きさとフルイ上がった稚貝の殻長との関係

フルイの目の大きさ (対角線)	殻長 (mm)
3.5mm	5mm 以上
7.5mm	8mm 以上
9.5mm	12mm 以上
12.0mm	15mm 以上
14.0mm	18mm 以上

第1章 アワビ(エゾアワビ)の種苗生産

せ一次飼育と同様の飼育を行います(この作業工程を稚貝の再付着と呼んでいます)。通常、再付着には2～5水槽(付着珪藻板200～500セット)を準備し、約20～50万個の稚貝を再付着させます。再付着に使用する付着珪藻板の準備数は生産年度によって異なりますが、各年度の成長や生残状況(一次飼育終了時の殻長5mm以上の稚貝生産数のみこみ)から判断して決定します。

再付着させた稚貝は約1か月間の飼育後、剥離、選別してふるい上りは二次飼育へ移行し、ふるい落ちは廃棄します。

なお、剥離作業を行ったあとは、収容した稚貝水槽内にエルバージュ(ニフルスチレン酸ナトリウム10%含有)を75g(有効濃度0.5ppm)投入して約1時間の薬浴を行います(稚貝の配布まで行う)。

7) 稚貝の生産結果

平成元年から6年度までの一次飼育における稚貝の生産結果を表9に示します。生残率は60～90%程度です。重要な点は、対角線3.5mmのフルイでふるった場合のふるい上りの割合です。この割合は50～90%と生産年度によって差がありますが、一応の目標は70%としています。

一次飼育終了時の稚貝の数は重量法で計数しています。これは選別した稚貝30～50個の重量を計測し、1g当たりの個数を算出して全体の重量に乗じる方法で行っています。

表9 平成元年から6年度までの一次飼育における稚貝の生産結果

年度	採苗稚貝数 (万個)	剥離稚貝数* (万個)	水槽数	生残率 (%)	殻長5mm以上の 稚貝の割合(%)	1水槽当たりの 生産稚貝数(万個)
元	156.3	126.1	17	80.7	89.1	7.4 (6.6)**
2	138.7	122.0	17	88.0	49.8	7.2 (3.6)
3	208.4	134.1	18	64.3	50.3	7.5 (3.7)
4	200.9	126.7	17	63.1	56.4	7.5 (4.2)
5	189.9	116.2	16	61.2	62.9	7.3 (4.6)
6	239.0	169.2	24	70.8	69.5	7.1 (4.9)

* 再付着後の剥離稚貝数は含まず

** () は殻長5mm以上の稚貝数

○二次飼育○

一次飼育終了後ただちに二次飼育へ移行しますが、10月下旬(水温20℃以上のとき)に剥離、選別を行ったときに斃死がみられる場合があります。原因については不明ですが、剥離作業の際の稚貝の取扱については注意が必要です。斃死個体がみられた場合は、ただちに斃死個体を取り除き、斃死状況の推移(斃死個体が増加しているのか、減少しているのかをみきわめる)を観察することが大切です。また、二次飼育の飼育生簀へ収容した翌日などに、稚貝が飼育生簀の水面近くに団子状に蝸集することがあります。このようなときは、稚貝を飼育生簀から無理に落としたりせずに、自然に稚貝が分散するのを待つことが重要です。

1) 飼育水槽

飼育水槽は、付着珪藻の培養や一次飼育に使用した15^m水槽とともに、屋内の15^m水槽も使用します。剥離した稚貝は、飼育水槽に設置したモジ網製の二次飼育用の生簀（2×1.5×0.5m）へ収容します。通常、飼育水槽には4つの生簀を設置し稚貝飼育を行います(図40)。モジ網生簀内には農業用のアゼ波板で作製した稚貝のコレクター（図41）を12枚設置しています。エアレーションは飼育生簀の底面に設置した長さ1.3mの通気管を通して行います。屋外の15^m水槽で飼育を行う場合は、常時遮光幕（遮光率90%）で照度調節を行っています。

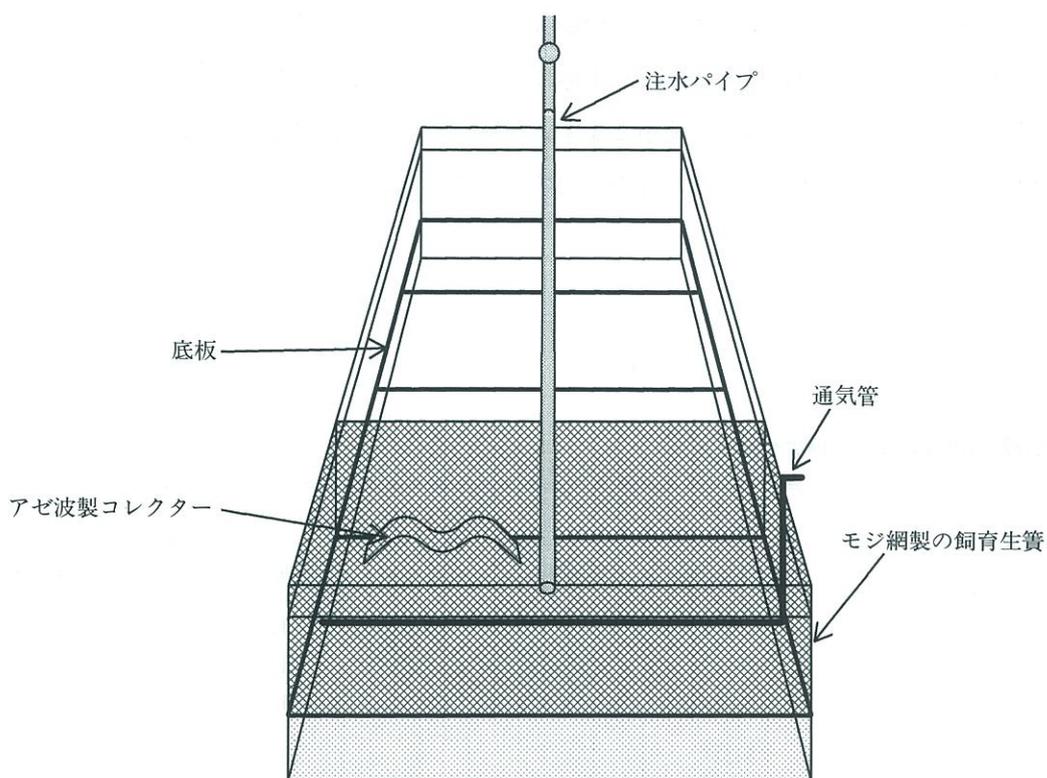


図40 稚貝の二次飼育水槽の概略図

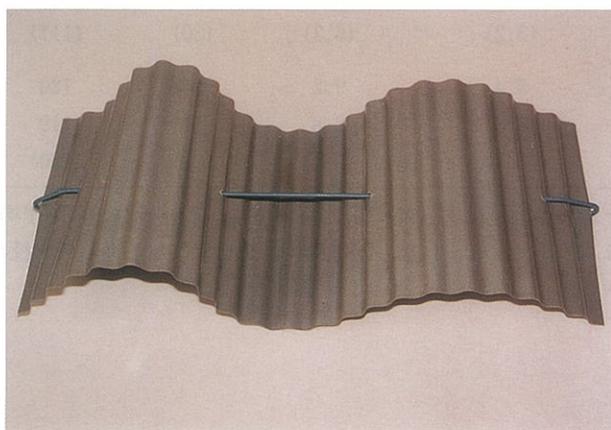


図41 稚貝飼育用のアゼ波製コレクター

第1章 アワビ(エソアワビ)の種苗生産

2) 稚貝の収容密度

稚貝の収容密度は、従来の飼育や実験結果から、平均殻長5～10mmは6,000個/m²、10～15mmは4,000個/m²、15～20mmは2,000個/m²を目安に飼育を行っています。

稚貝の成長に伴い、稚貝の移動が活発になり、通気管から離れたコレクターに稚貝が集まりやすくなります。このため、局所的な密度の高まりを防ぐために定期的なコレクターの生簀内での入れ替えを行います（通気管に近いコレクターと離れたコレクターの位置替え）。

3) 飼育餌料

餌料試験の結果を表10、11に示します。二次飼育は10月下旬頃から始まり、翌年の6月頃に終了します。この間の稚貝の飼育餌料は配合飼料を主体に、12月から翌年の5月まではワカメを併用しています。ワカメは養殖したものをおもに使用します。養殖ワカメは天然ワカメに比べ柔らかく、稚貝が摂餌しやすいようです。養殖ワカメは12月中下旬頃から4月末頃まで入手できます。

表10 稚貝餌料試験結果（3mmサイズ）

実験区	開始時		終了時		生残率 (%)	日間成長量 (μm)	
	平均殻長 (mm)	平均殻長 (mm)	体重 (mg)	肥満度			
乾燥ワカメ	-1	3.1	6.4	39	117	70	82.5
	-2	3.0	6.3	32	114	90	82.5
	(平均)	(3.1)	(6.4)	(36)	(116)	(80)	(82.5)
アラメ	-1	3.1	4.1	8	115	100	25
	-2	3.4	4.9	15	119	100	37.5
	(平均)	(3.3)	(4.5)	(12)	(117)	(100)	(31.3)
冷凍ノリ	-1	3.3	6.8	39	112	75	87.5
	-2	3.1	5.5	21	121	100	60
	(平均)	(3.2)	(6.2)	(30)	(117)	(87.5)	(73.8)
配合飼料	-1	3.4	9.2	95	120	100	145
	-2	3.3	8.8	84	119	95	137.5
	(平均)	(3.4)	(9.0)	(90)	(120)	(97.5)	(141.3)

実験期間、1989年12月4日～1990年1月13日（40日間）。飼育水温、20.8～21.9℃（平均21.1℃）。乾燥ワカメ、冷凍ノリは7日、アラメは5～14日、配合飼料は2日毎に新しいものを投与。

表11 稚貝餌料試験結果 (10mmサイズ)

実験区	開始時		終了時		生残率 (%)	日間成長量 (μm)	
	平均殻長 (mm)	平均殻長 (mm)	体重 (mg)	肥満度			
乾燥ワカメ	- 1	9.1	11.6	210	132	100	86.2
	- 2	9.9	12.5	242	122	100	89.7
	(平均)	(9.5)	(12.1)	(226)	(127)	(100)	(88.0)
養殖ワカメ	- 1	9.8	14.0	369	131	100	144.8
	- 2	9.8	14.1	364	131	100	148.3
	(平均)	(9.8)	(14.1)	(367)	(131)	(100)	(146.6)
アラメ	- 1	9.6	11.0	165	124	100	48.3
	- 2	9.5	10.7	158	127	100	41.4
	(平均)	(9.6)	(10.9)	(162)	(126)	(100)	(44.9)
アオサ	- 1	9.6	12.4	233	122	100	96.6
	- 2	9.2	11.9	207	123	100	93.1
	(平均)	(9.4)	(12.0)	(220)	(123)	(100)	(94.9)
ホンダワラ	- 1	9.3	11.9	222	129	100	89.7
	- 2	9.6	12.0	224	127	100	82.8
	(平均)	(9.5)	(12.2)	(223)	(128)	(100)	(86.3)
冷凍ノリ	- 1	9.6	11.6	202	128	100	69.0
	- 2	9.6	11.7	210	131	100	72.4
	(平均)	(9.6)	(11.7)	(206)	(130)	(100)	(70.7)
乾燥コンブ	- 1	9.6	12.9	270	112	100	113.8
	- 2	9.7	12.7	280	134	100	103.4
	(平均)	(9.7)	(12.8)	(275)	(123)	(100)	(108.6)
配合飼料	- 1	9.7	12.7	275	117	100	103.4
	- 2	9.9	13.7	356	137	100	131.0
	(平均)	(9.8)	(13.2)	(316)	(127)	(100)	(117.2)

実験期間, 1990年1月24日～2月22日 (29日間). 飼育水温, 13.9～15.3℃ (平均14.4℃).

各餌料は, 3～5日毎に新しいものを投与.

配合飼料の投与は, 当初体重の5%量を目安に行い, その後は残餌のでない程度に1～2日毎に行います。ワカメは通常の飼育で1生簀 (10mmサイズを収容) 当たり1～2kgを投与します。ワカメの投与量も配合飼料と同様に残餌のでない程度に1～2日毎に行います。ワカメは海藻切断機を用いて, 3～5cm巾に切って投与します。また, 養殖ワカメが入手できるまで配合飼料にアオサを併用することもあります (平成6年度に実施)。

なお, 配合飼料とワカメの投餌前には, 必ずコレクターの上に溜った配合飼料や糞をゆすり落とします。また, ワカメは局部的にかたまりやすいので, よく攪拌する必要があります。

参考として, 平成6年度に使用した餌料の総量は, 配合飼料232.8kg, ワカメ2,950.1kg, アオサ19.7kgでした。

4) 稚貝の配布と生残

稚貝の成長に伴い、配布規格に達したものは随時、剥離選別をして各漁業協同組合へ配布を行います。佐賀県では、殻長10mmサイズを養殖および中間育成用、20mmサイズを放流用として配布しています。配布時期は、10mmサイズが1月中旬から4月、20mmサイズが4月から6月頃です。また、稚貝の成長に伴い、随時、選別を行います。これは同一サイズ群で飼育を行うことによって稚貝の成長が促進され、生残率が向上するという利点があります。

稚貝の配布は、まず規格サイズをステンレス製のフルイで選別後、重量法で計数して配布用の生簀(1×1×0.5m)に収容します。10mmサイズは1生簀当たり5,000個、20mmサイズは1生簀当たり1,000~2,000個を収容します。収容翌日には稚貝の数を全数計数し、配布数の補正を行います。なお、配布用の生簀には、あらかじめ、ワカメ(ワカメのないときはアラメ)とアゼ波板を20cm程度に切ったものを15枚程度入れ稚貝を付着させます。中間育成場および放流海域までの稚貝の移送は、車または船で行います。車の場合は、配布用の生簀をそのまま荷台などに乗せ、直射日光や風があたらないようにビニールシートなどを被せます。船の場合は、配布用の生簀をいけまにつるして移送します。県内の場合、移送時間は1時間以内です。

平成元年から6年度におけるサイズ別の稚貝の生産結果を表12に示します。一次飼育から二次飼育への移行過程で若干の斃死がみられる場合がありますが、その他の飼育期間中には今のところ大きな減耗はみられていません。なお、二次飼育期間中の選別の際に、10mmサイズ以下の稚貝を適宜廃棄します(年度によって異なるが通常10万個単位で廃棄)。

表12 平成元年から6年度までのサイズ別の稚貝の生産結果

年度	生産稚貝数(万個)			一次飼育終了時の剥離稚貝数からの生産割合(%)
	10mmサイズ	20mmサイズ	総数	
元	59.2	43.6	102.8	81.5
2	66.2	34.2	100.4	82.3
3	72.5	25.7	98.2	73.2
4	74.4	24.0	98.4	77.7
5	61.6	32.5	94.1	80.9
6	78.2	41.2	119.4	70.6

9. 採苗時期の検討 ● ● ●

いままで述べてきましたように、採卵、採苗の種苗生産工程を8月下旬から9月中旬に行うことにより種苗生産期間が短縮され、生産効率が向上したものと確信しています。東北各地では、親貝の成熟コントロールを行うことにより、種苗生産を春(5月に採卵、採苗)に行っています。これは、付

着初期稚貝の飼育時期の水温条件から、従来の秋採卵群に比べ春採卵群のほうが成長が良く生産効率が
 高いことから春に採卵が行われていると考えられます。それでは、西日本で春に採卵、採苗を行え
 ば、種苗生産の生産効率は向上するかどうかということが問題になります。この点について平成2年
 と3年に実験的に春採卵を行い種苗生産を試みてみました。

平成2年の親貝の成熟促進状況を図42に、平成2年の春採苗と秋採苗の成長を図43に示します。い
 ずれの年も、1月下旬から親貝を加温して飼育し、平成2年は6月に、平成3年は5月に順調に採卵
 を行うことができました。しかし、稚貝の一次飼育において平成2年は8月中旬、平成3年は7月下
 旬（飼育水温が27、28℃）に平均殻長5mm前後で大量斃死（推定斃死率約60%）が発生しました。

これらのことから、佐賀県ではエゾアワビの春採卵、採苗は生産性の向上にはつながらないと結論
 づけました。このような結果も考慮して、現時点では8月下旬から9月中旬に採卵を行い種苗生産を
 開始するのが最も生産効率高いと考えられます。なお、10月下旬の水温の高い頃に剥離を行うと稚
 貝に斃死がみられる場合があります（平成元年、3年度）。このことから、11月上旬に5～6mmに成長
 するような飼育方法が効果的なのかもしれません。

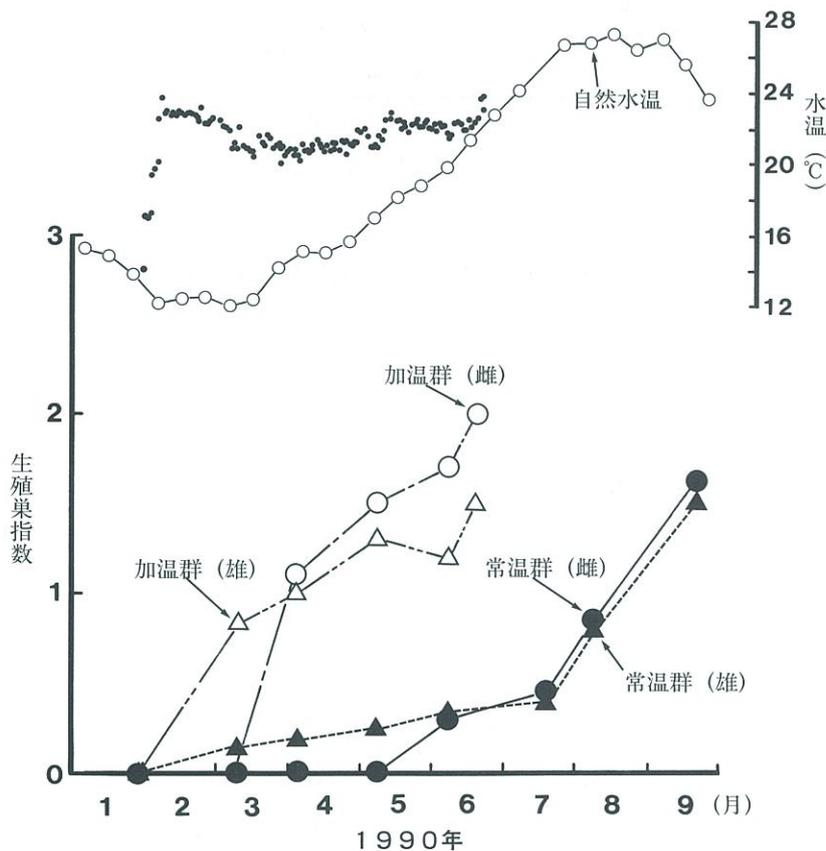


図42 常温および加温飼育群の生殖巣指数の推移

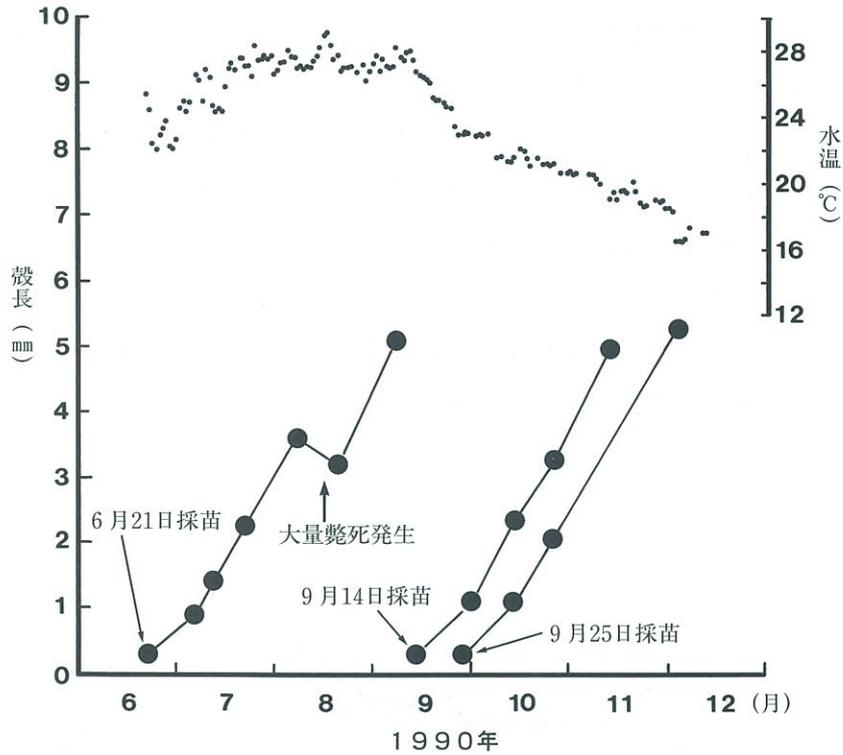


図43 平成2年6月および9月採苗群の成長の推移

10. 放流種苗の成長と回収率 ● ● ●

天然海域へ放流した稚貝の成長と回収率について簡単に紹介します。これは、佐賀県の唐津湾に位置する神集島で行った調査結果です。昭和58, 59年に標識を装着したエゾアワビとクロアワビを放流し、その後の両者の成長と回収率をみてみました。その結果(図44, 45), 成長や回収率には両者で差がみられず、懸念されていた“エゾアワビは西日本の海では成長しないのでは”という問題はないようです。また、同海域で調査した放流貝の生殖巣の成熟は図46, 47に示したように陸上水槽での飼育群(図13, 14参照)と大きな差はみられませんでした。これらのことから、天然海域へ放流した稚貝は成長に伴い9月頃に放卵、放精(または自己吸収)を行っているものと推察されます。生み出された卵の資源量への加入には、水温条件などを考慮すると疑問がもたれます。このことから、佐賀県におけるエゾアワビの放流は一代回収型と言えるかもしれません。

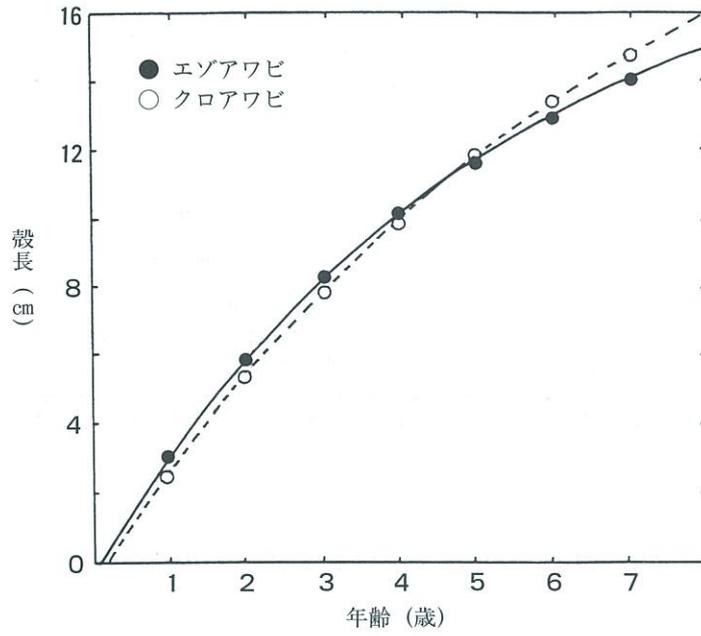


図44 輪紋による成長曲線 (定差図法) (金丸ら 1993a)

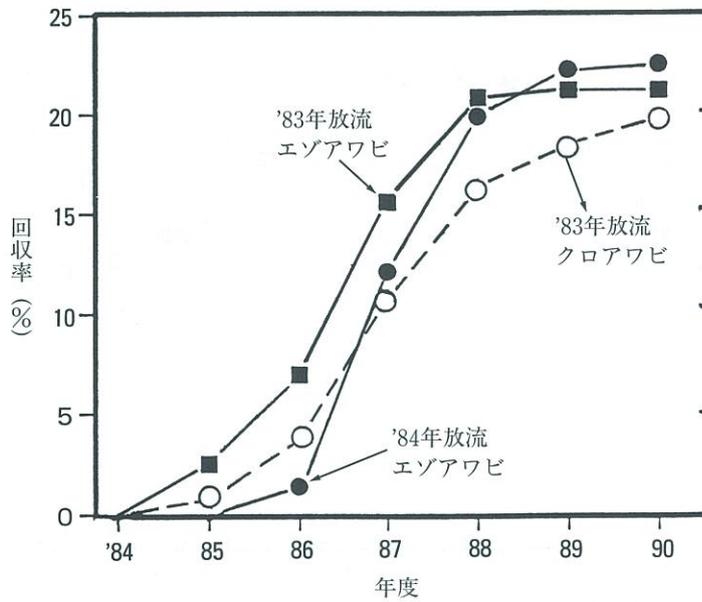


図45 調査年度別累積回収率 (金丸ら 1993b)

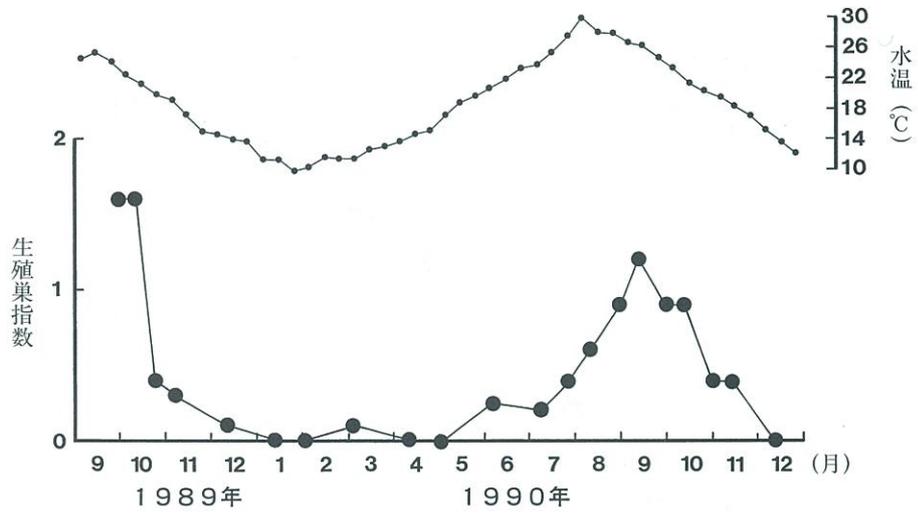


図46 佐賀県神集島におけるエゾアワビ放流貝の生殖巣指数の推移

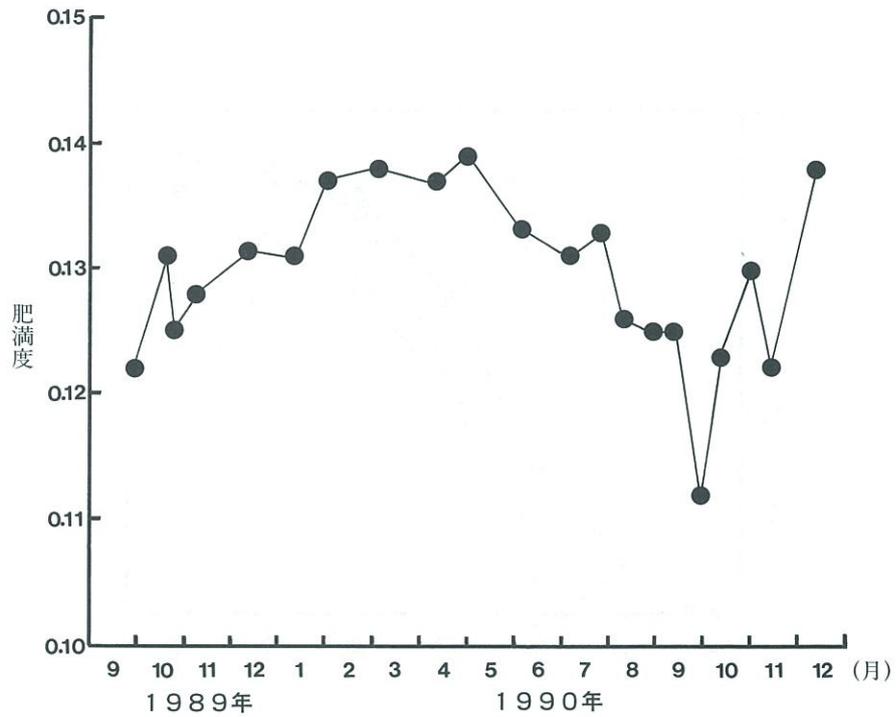


図47 佐賀県神集島におけるエゾアワビ放流貝の肥満度の推移

また、平成5年から6年間の計画で佐賀県北部の小川島において県行政、玄海水産振興センター（放流後の調査）、栽培漁業センター（種苗の供給、中間育成の指導）、小川島漁協（稚貝の中間育成、放流後の調査）および町行政が協力して“重要磯根資源増大栽培モデル実証事業”としてエゾアワビとアカウニの放流技術開発を行っています。この結果が待たれるところです。

11. 海面養殖 ● ● ●

佐賀県では、アワビの海面養殖が盛んに行われるようになりました。平成7年10月末で、佐賀県玄海地区の23の漁業協同組合のうち9組合で54名の人が、規模の程度は様々ですが、アワビの養殖を行っています。養殖システムは、1～4月に10mmサイズの種苗を入手し、海上筏に設置した小割り生簀（図48、鎮西町漁協名護屋岡支所ではこの小割り生簀に10mmサイズの種苗を4～5千個収容）を使って飼育を行います。1人当たりの稚貝の入手数は1～3万個程度です。小割り生簀の大きさや形状は漁協や個人によって若干異なりますが、餌は養殖ワカメを主体にアラメ、アオサや流れ藻などを与えています。飼育を開始して1年後に小割り生簀からコンテナ籠へ移し替え（60～100個収容）“本養殖”へと移行します。1年間の飼育における稚貝の生残率（殻長3～5cm）は個人差があるようですが、通

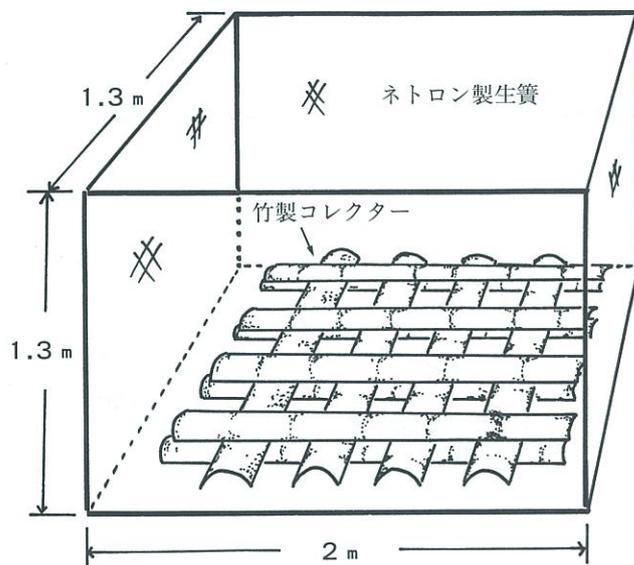


図48 エゾアワビ養殖用の小割り生簀の概略図

第1章 アワビ(エゾアワビ)の種苗生産

常は80~90%だそうです。コンテナ籠へ移し替えたあとは個体間の成長差はあるものの斃死はほとんどみられないようです。商品としては、地元や福岡市内の料亭などに5~7cmで出荷しています(図49)。飼育を開始してから出荷までの期間は1.5年から2年程度です。参考として図50に平成2年の海上筏での成長例を示します。

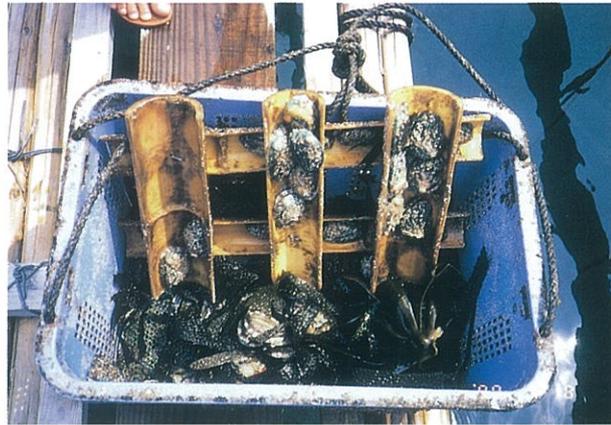


図49 コンテナ籠で養殖されたエゾアワビ

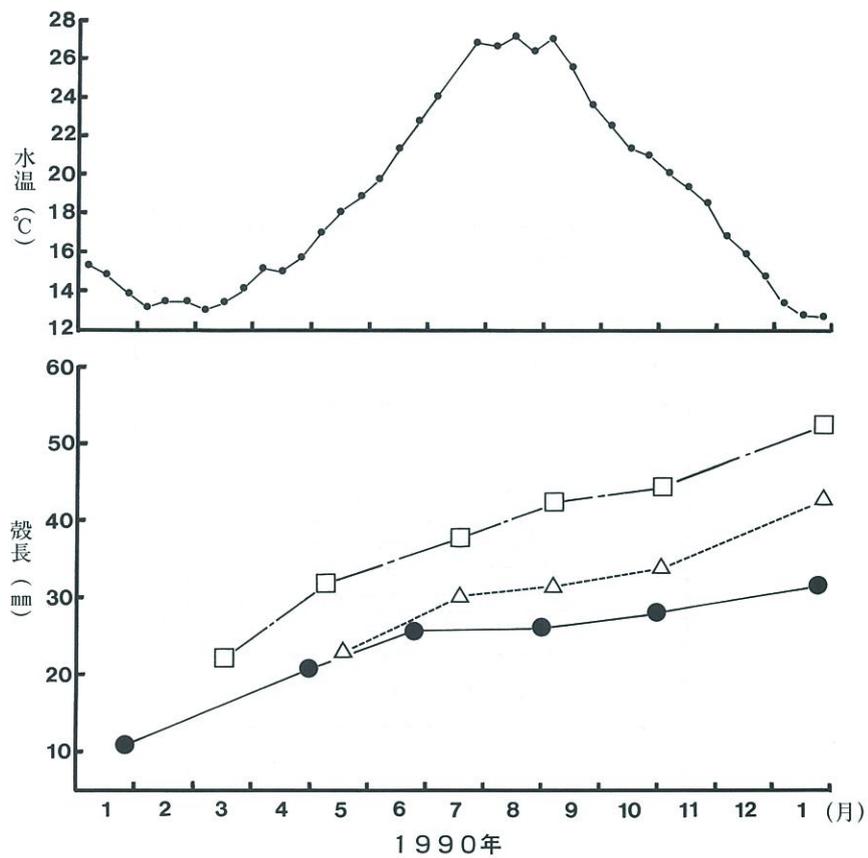


図50 海上筏におけるエゾアワビ稚貝の成長例

- , 飼育例1 1月下旬から10mmサイズで飼育(小割生簀).
- , 飼育例2 3月中旬から20mmサイズで飼育(コンテナ籠).
- △, 飼育例3 5月中旬から20mmサイズで飼育(コンテナ籠).

おわりに ● ● ●

本県のエゾアワビ種苗生産技術は、ウニ類やマナマコの種苗生産との年間を通した生産スケジュールにおいて限られた水槽や資材を効率良く活用したものです。ただ、この種苗生産システムは完成されたものではなく、今後さらに稚貝の種苗性や生産性の向上を目的とした技術開発を図り、より完成されたマニュアルを作っていく必要があると考えます。

近年、西日本ではクロアワビ種苗生産における稚貝の大量斃死（海上筏での中間育成期間も含む）が大きな問題となっています。このようななか、本県のエゾアワビ導入について“種苗生産の容易さに甘んじた安易な選択である”との批判があるようです。しかし、かならずしもエゾアワビの種苗生産が容易とは言えないと思います。その例として、本県の昭和63年度の種苗生産では二次飼育の開始初期に大量斃死が発生し、頭書計画の4割程度しか生産することができませんでした。この大量斃死の原因についてはいくつかの要因が考えられました。一次飼育における稚貝の餌料不足（付着珪藻の維持、管理）、剥離方法や二次飼育における餌料の問題など、その他いろいろなことが考えられました。それらの結果をふまえ改良を重ねた結果が今日の種苗生産方式だと思います。このエゾアワビ種苗生産システムが、今後のクロアワビも含む種苗生産技術の向上に役立てば幸いです。

第2章 ウニ類(アカウニ, バフンウニ)の種苗生産

はじめに ● ● ●

ウニ類(アカウニ, ムラサキウニ, バフンウニ)は, 佐賀県北部の沿岸地方における重要な漁獲対象物です。しかし, これらの漁獲量は年々減少する傾向にあり, 近年では最も漁獲の多かった年の約1/4程度になっています。このため佐賀県では, ウニ類の資源量を増大させる積極的な方策として人工種苗の放流を行うこととし, 1970年からウニ類の種苗生産研究に取り組み, これまでにアカウニ, ムラサキウニおよびバフンウニ種苗の大量生産を行ってきました。現在では, 県内漁業者の要望により, 中間育成用(3~5mmサイズ)と放流用(8~12mmサイズ)のアカウニ種苗を40~60万個, バフンウニ種苗を60~80万個生産しています。なお, アカウニおよびバフンウニ種苗の一部は養殖用としても用いられています。

現在行っている生産方式は, 生産を開始した当初の生産方式に少しずつ改良が加えられたものであり, 以前の方式とは多少異なってきています。また, 生産開始時期もアカウニおよびバフンウニともに秋期と春期のいずれの時期にも可能となっており, その年度の生産状況に応じて年に2回生産することもあります。

そこで, ここでは秋期生産を中心に現在当センターで行っているアカウニとバフンウニの種苗生産方式について紹介します。なお, 種苗生産方式の中で特記しない限りは, アカウニとバフンウニの秋期および春期生産に共通の方式です。

1. アカウニおよびバフンウニの種苗生産工程 ● ● ●

種苗生産工程を表1, 2に示します。

2. 親ウニの養成 ● ● ●

秋期生産

稚ウニの成長を早め, 早期放流を図るためには種苗生産を水温の高い時期から始める方が有利だと考えから, 種苗生産に使用する親ウニは飼育水温を制御することによって産卵時期を天然よりも早めています。

春期生産

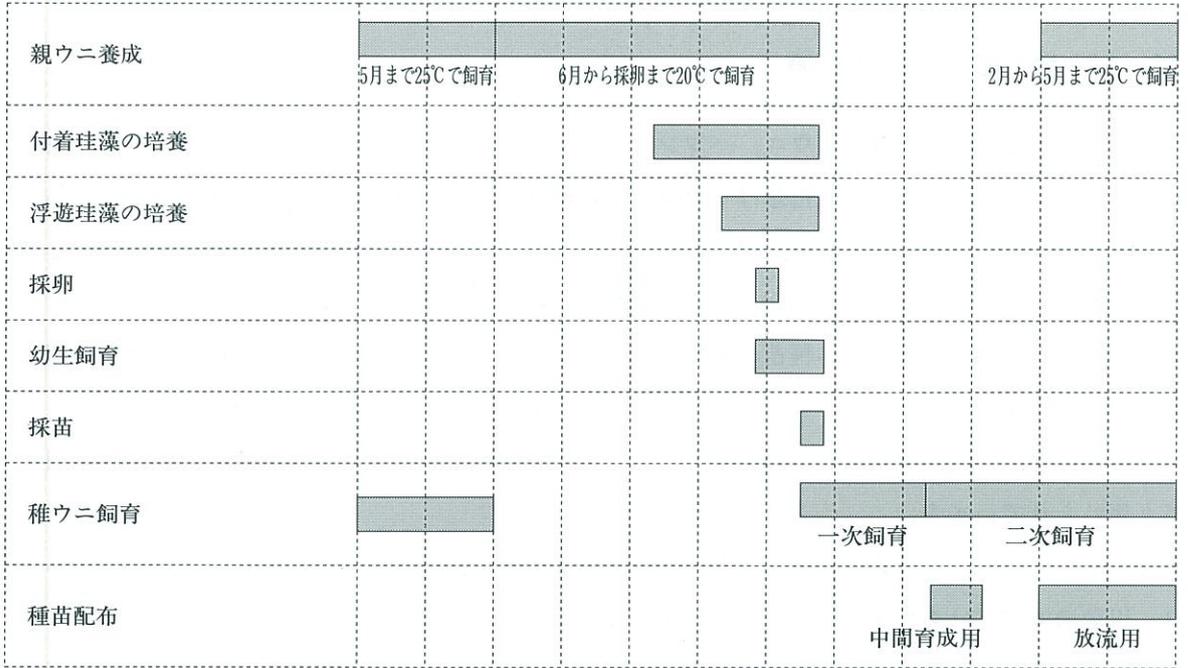
この時期のアカウニの採卵は, 天然での産卵末期となるため, 天然の親ウニを用いた採卵は不安定です。このため, 5月上旬でも採卵が可能なが報告(福岡県栽培漁業公社)されている一定水温

第2章 ウニ類（アカウニ, バフソウニ）の種苗生産

表1 アカウニの種苗生産工程

月	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3
---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	---	---	---

秋期生産工程



春期生産工程

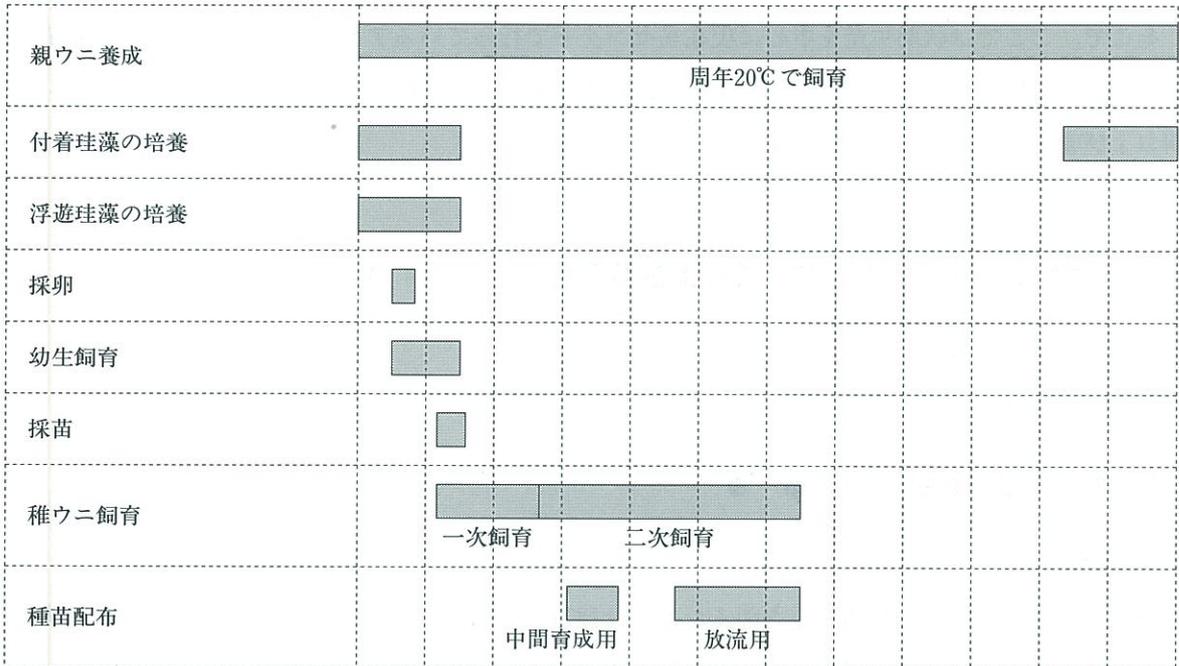
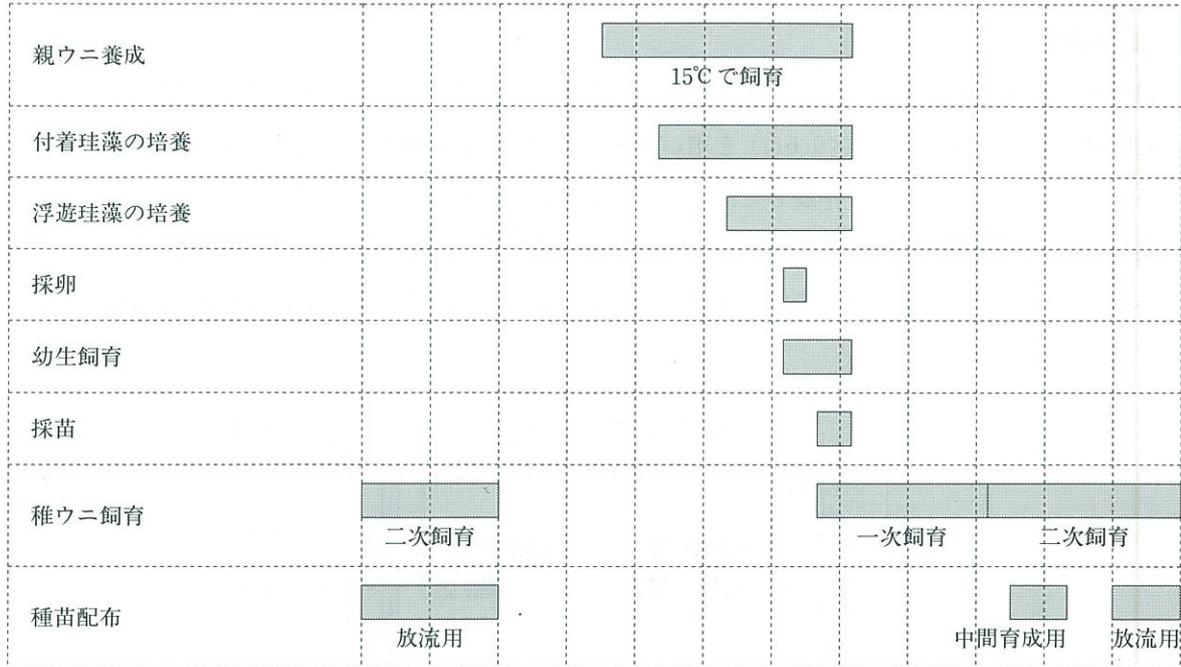


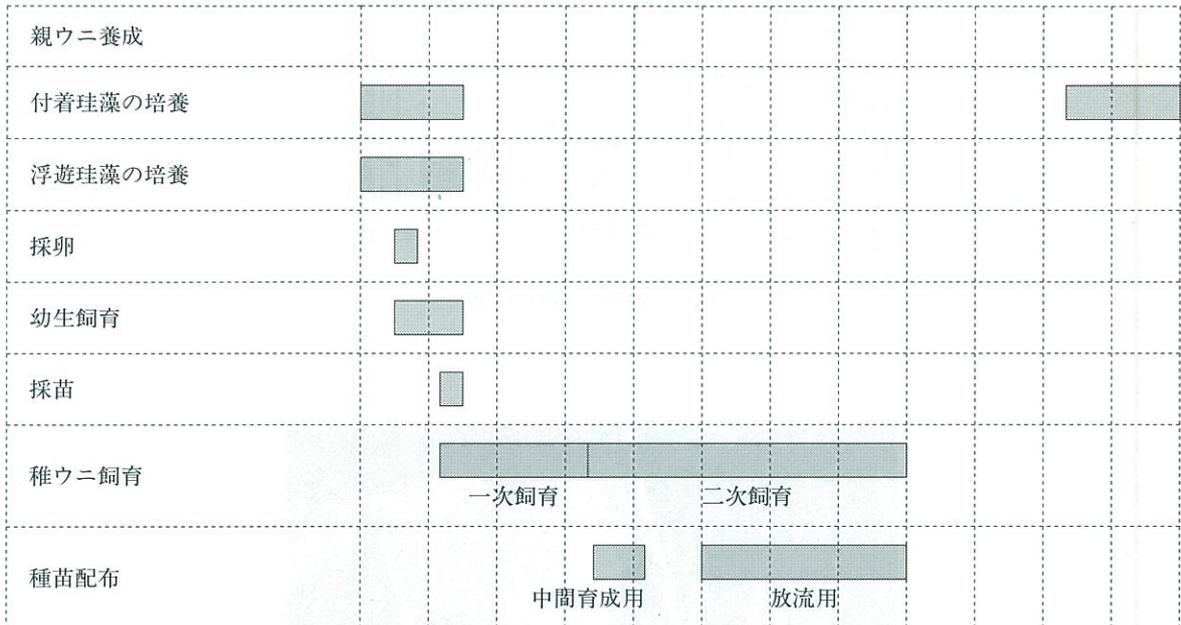
表2 バフンウニの種苗生産工程

月	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3
---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	---	---	---

秋期生産工程



春期生産工程



第2章 ウニ類 (アカウニ, バフソウニ) の種苗生産

(20℃) による周年飼育を行って、春生産用の親ウニを養成します。またバフソウニでは採卵時期が天然の産卵期と重なります。したがって、親ウニは天然産あるいは海上筏で飼育した養殖産を使用し、春期生産用としての親ウニの養成は行っていません。

1) 飼育施設

飼育水槽の模式図を図1に示します。親ウニの養成には、水温コントロールが比較的容易にできる恒温循環ろ過水槽(0.7×0.9×0.6m)を用います。水槽内には、径13mmの塩化ビニール製のパイプと目合6mmのネットロネットで作製した飼育カゴ(40×25×45cm)を4つ設置し、この中に塩化ビニール製のコレクターを置いています(図2)。注水は循環ろ過海水が直接各飼育カゴの中に入るように塩化ビニール製のパイプを配管しています。エアレーションは、長さ約70cmの通気管を水槽中央に設

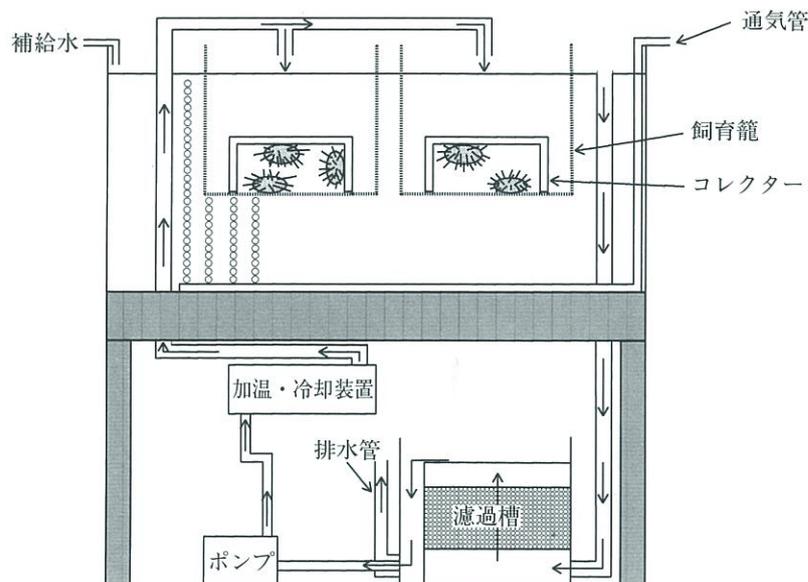


図1 親ウニの養成水槽



図2 コレクターに付着した親ウニ (アカウニ)

置して行っています。また、水槽内には、補給水として0.5~0.6ℓ/分の海水を注水します。したがって、完全な循環ろ過飼育ではありません。飼育水槽は、照度が100lx以下で室温が20℃の恒温室内に設置しています。

2) 親ウニの入手

(1) アカウニ

秋期生産

1月に殻径4cm前後の養殖産を約100個ほど入手します。これらは、0.5モルの塩化カリウムを0.1ml体腔内に注射し、放卵、放精を行わせて雌雄を判別し、温度コントロールを開始するまでアラメ、クロメを十分量投与して常温海水で流水飼育を行います。

春期生産

春期生産用として新たに親ウニの入手は行わず、秋期生産のために養成した親ウニのうち、採卵を行わなかったものを春期生産用の親ウニとして使用します。

(2) バフンウニ

秋期生産

5月に殻径3cm前後の天然産あるいは養殖産を約100個ほど入手します。これらは、管足の色調(口器周辺の管足の色が黄みがかかったものが雌、白みがかかったものが雄)で雌雄を判別し、温度コントロールを開始するまでヒジキやアナアオサを十分量投与して常温海水で流水飼育を行います。

春期生産

4月に殻径4cm前後のものを約50個ほど入手し、採卵に使用するまでヒジキおよびアナアオサを十分量投与して常温海水で流水飼育を行います。

3) 飼育水温の操作

(1) アカウニ

秋期生産

成熟を促進させるために恒温循環水槽内に設置した飼育カゴの中に雌雄別々に20個体ずつ、合計80個体収容して飼育水温の操作を開始します。すなわち、最低水温に近い2月から徐々に25℃まで加温して5月まで飼育し、6月から採卵日までは20℃で飼育を行います。これらの方法によって8月上旬から採卵が可能となり、量産開始時期の9月下旬には十分量の受精卵を得ることができます。ちなみに、佐賀県における天然アカウニの産卵開始時期は、10月下旬頃です。なお、水温を変化させるときは、1日に1℃程度の割合で操作し急激な水温変化は避けます。

春期生産

設定水温を20℃とした水槽で、周年飼育を行います。親ウニは水槽内に設置した4つの飼育カゴに年齢別に約20個体ずつ、合計80個体ほどを収容します。毎年、秋期生産分の残りを20個体ほど補充し、最も古いものを処分します。採卵には、周年飼育を1年以上経過させたものを用います。

第2章 ウニ類（アカウニ、バフンウニ）の種苗生産

(2) バフンウニ

成熟を促進させるために恒温循環水槽内に設置した飼育カゴの中に雌雄別々に20個体ずつ、合計80個体収容して飼育水温の操作を開始します。すなわち、水温上昇期の7月中旬から15℃に冷却して採卵日まで飼育を行います。この方法によって9月下旬から採卵が可能となり、量産開始時期の10月上旬には十分量の受精卵を得ることができます。ちなみに、佐賀県における天然のバフンウニの産卵開始時期は、12月下旬頃です。なお、水温を変化させるときは、1日に1℃程度の割合で操作します。

4) 飼育餌料

飼育期間を通してアカウニはアラメ、クロメを、バフンウニはアナアオサをそれぞれ主餌料として、残餌の状況をみながら適量与えます。

5) 水槽の掃除

飼育カゴは、水槽の中に宙ずりに設置しているため、排泄した糞や残餌は飼育カゴを抜けて水槽底に溜まります。このため1週間に1回ほど、これらを除去するためにサイフォンで掃除を行っています。

6) ろ過槽の掃除

ろ過槽の目づまりを防ぐために1～2か月に1回の割合でろ材をろ過槽から取り出し、ろ過槽内とろ材の洗浄を海水で行います。

3. 採 卵 ● ● ●

(1) アカウニ

秋期生産

9月下旬に採卵し、飼育を開始します。前述したように採卵はこの時期よりも早く行うことも可能ですが、幼生飼育時の水温や採苗時の水温が高すぎると結果がよくないために、この時期に行います。

春期生産

屋外水槽での採苗時の水温や稚ウニ飼育時の水温を考慮して、4月の中旬頃に採卵します。

(2) バフンウニ

秋期生産

10月上旬～中旬に採卵し、飼育を開始します。

春期生産

屋外水槽での採苗時の水温や稚ウニ飼育時の水温を考慮して、4月の中旬頃に採卵します。

1) 採卵方法

採卵の模式図を図3に示します。親ウニは口器を切除したのち、殻内部を海水で十分洗い、その後0.5モルの塩化カリウムを0.5ml注入し、海水を満たした200mlのビーカーの上に生殖孔を下にして乗せて個別に放卵、放精を行わせます。親ウニを殺したくない場合には、口器を切除せずにシリンジを用いて囀口膜から体腔内に塩化カリウムを注入し、採卵を行います。

受精は放卵、放精状況の良いものを選んで行います。すなわち、卵は放卵量が多く（アカウニは殻径5cmのもので500～1,000万粒、バフンウニは殻径4cmのもので100～200万粒の正常卵が得られる）卵がかたまらないもの、精子は白い糸状となって放精され、顕微鏡で観察して動きが活発なものが経験的に良いように思われます。生みだされた卵は、海水2ℓを入れた20ℓ水槽に移し、この中に親ウニ4～5個体分の精子を混ぜた精子混液を0.1ml注入して媒精します。この精子混液は、放精中の精子をメスピペットで同量ずつとり混合したものです。媒精後はよく攪拌したのち、ただちに海水を15ℓまで追加し、容積法によって卵数を計数します。20ℓ水槽内の卵が300万粒を越える場合は、分槽して1水槽当たりの収容卵数を調整します。なお、受精状況は顕微鏡で受精膜の有無をみて確認します。

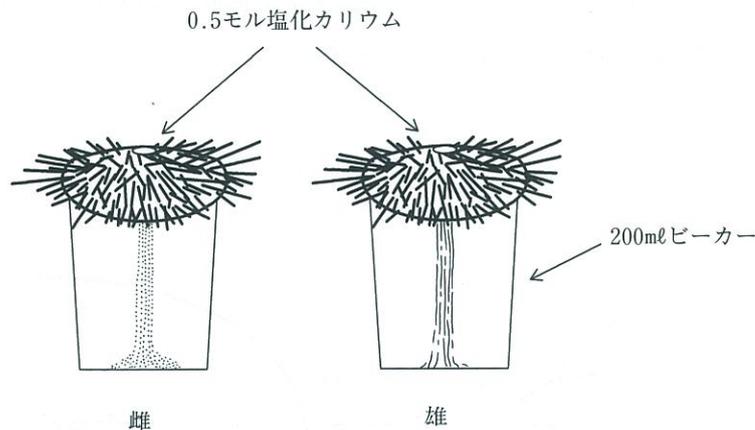


図3 採卵の模式図

2) 洗卵および孵化槽への収容

受精卵は、沈殿法によって1～1時間半毎に3～4回洗卵したのち(図4)、再度サンプリングして容積法による計数と発生状況の確認を行って優先順位をつけます。その後ふ化槽へ収容します。ふ化方法には2つの方法があります。1つは、水温を20℃に調整した100ℓパンライト水槽へ収容しふ化させる方法。もう1つは、幼生飼育水槽に浮かべた30ℓパンライト水槽に受精卵を100万粒ずつ収容し

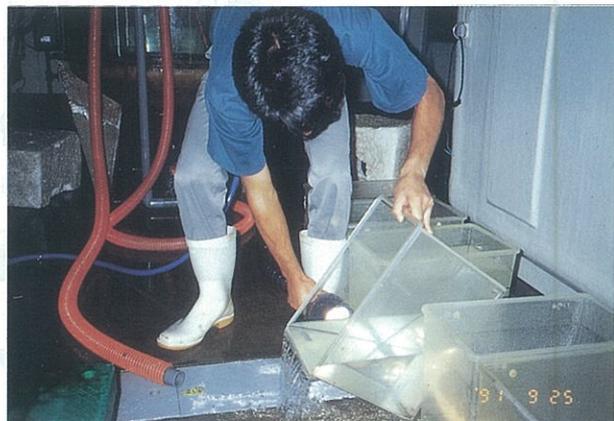


図4 沈殿法による受精卵の洗卵

て孵化させる方法です。どちらのふ化方法でもふ化率や幼生の生残率には大きな差はみられないようです。なお、採卵、洗卵および孵化に使用する海水は、紫外線照射した海水を1 μ mのフィルターでろ過後、20 $^{\circ}$ Cに調温したものです。

4. 浮遊幼生飼育 ● ● ●

1) 飼育施設

幼生飼育の模式図を図5に示します。飼育水槽には1klパンライト水槽(500 l パンライト水槽を使用する場合もあります)を用います。水槽底面の中央部には、径5cmのエアーストーンを1個設置し、飼育経過に伴い通気量を増します。通気量は0.5から1 l /分程度です。飼育水槽は、水温を安定させるために室内の15 m^3 水槽内に設置し、ウォーターバス方式をとり、水温を比較的安定した飼育ができる20 $^{\circ}$ Cに設定します。また、飼育水の中で藻類などが繁殖するような明るさでは飼育結果が良くないので、水槽を設置している室内は遮光して照度を100lx以下に抑えています。飼育水はろ過水槽(第1章図20参照)でろ過した海水を紫外線照射し、さらに1 μ mのフィルターを通したものを15 m^3 水槽に一旦貯水して用います。貯水槽には、マグネットポンプが設置してあり、このポンプで各幼生飼育水槽へ飼育水交換用の海水を送れるようになっています。

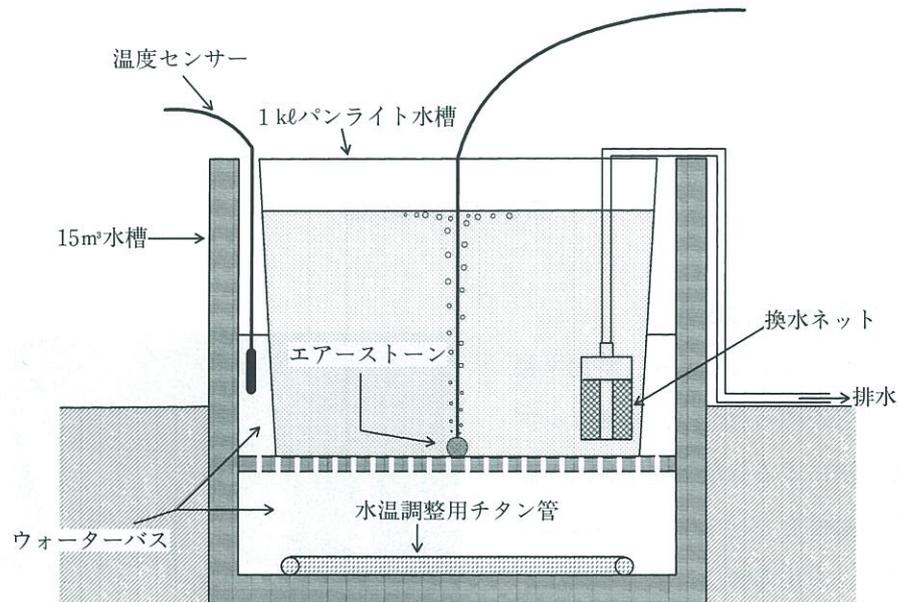


図5 幼生飼育の模式図

2) 幼生の収容および飼育方法

幼生の収容は、100ℓパンライト水槽でふ化させた場合は、受精卵の収容翌日に浮上した幼生をビニールホースで別の100ℓパンライト水槽へ回収し(図6)、計数後、各幼生の飼育水槽へそれぞれ100万個を収容します。幼生飼育水槽に浮かべた30ℓパンライト水槽でふ化させた場合は、孵化水槽で孵化し水面近くに浮上した幼生を流し込む方法で行います。その際、未孵化の卵や遊泳力の弱い幼生などの混入を防ぐために、孵化水槽の底部5ℓほどは残します。



図6 ふ化幼生の回収

飼育は止水で行い、飼育水は幼生収容後4日目から40~50%の水量を毎日交換します(以下、換水という)。換水は、図7に示した換水ネットにカナラインホース(径1インチ、長さ約2m)を接続しサイフォンによって行います。換水中は、時々換水ネットを揺らして幼生がネットに付着しないように注意します。所定の飼育水が抜けたら、直ちに各飼育水槽に配管してある注水ホースを換水ネットの排水ホースにつないで貯水します。この時、ホース内に空気が入らないように注意します。空気が入ると換水ネットが浮き上がり、ネット部に水流ができて幼生がネットに付着してしまいます。また、注水の勢いが強すぎると同じようにネット部に水流ができて幼生がネットに付着してしまうため、注水量は6ℓ/分程度に調整します。換水ネットの目合は、飼育水中の汚れなどが排出されやすいように、幼生のステージによって2段階に変えます。すなわち、収容から六腕期までは200目(114 μ m)、八腕期以降は100目(225 μ m)の換水ネットを用います。幼生は、実体顕微鏡を用いて毎日摂餌や発育状況を確認します。また、水槽底の汚れ具合に応じてサイフォンを用いて底掃除を行います。このとき、



図7 浮遊幼生の換水ネット

吸い上げた海水は、実体顕微鏡で観察し、汚れの程度や原生動物の量あるいは幼生の斃死状況などを確認します。時々、飼育水の表面に汚れの膜のようなものができ、エアによる拡散が妨げられるときがあります。このような場合は、水槽の半径程の長さの細長い発砲スチロール板を2枚用意し、これを水面に浮かべます。そして、板の一端を水槽の中心に置き、これを軸にしてそれぞれ反対方向に動かし、膜をはさみこんで除去します。餌料には、浮遊珪藻 (*Chaetoceros gracilis*) を用います。給餌は幼生を収容した日の夕方から開始し、毎日1回、午前中の換水作業終了後に行います。給餌量は、飼育水中の浮遊珪藻の濃度が0.5から5、6万細胞/mlとなるように幼生の成長に合わせて次第に増加させます。目安として、飼育水の残餌濃度が約1万細胞/mlとなるようにしています。残餌濃度はフックスローゼンタールの血球計算盤を用いて計数します。これらの飼育条件下で、ふ化幼生は四腕、六腕、八腕前期と成長し、15~20日間で稚ウニへ変態可能なウニ原基の十分発達した八腕後期幼生となります（バフンウニは20~25日間）。この間の生残率は、約80%前後です。

平成7年度の飼育例を図8、9に示します。アカウニは9月4日に採卵し、9月5日から25日にかけて飼育を行ったものです。このときの生残率は93%、水温は20.6~22.4℃（平均21.0℃）でした。バフンウニは10月11日に採卵し、10月12日から30日にかけて飼育を行ったものです。生残率はほぼ100%でした。水温は18.2~19.2℃（平均18.5℃）でした。

参考としてアカウニおよびバフンウニの浮遊幼生の形態を図10に示します。

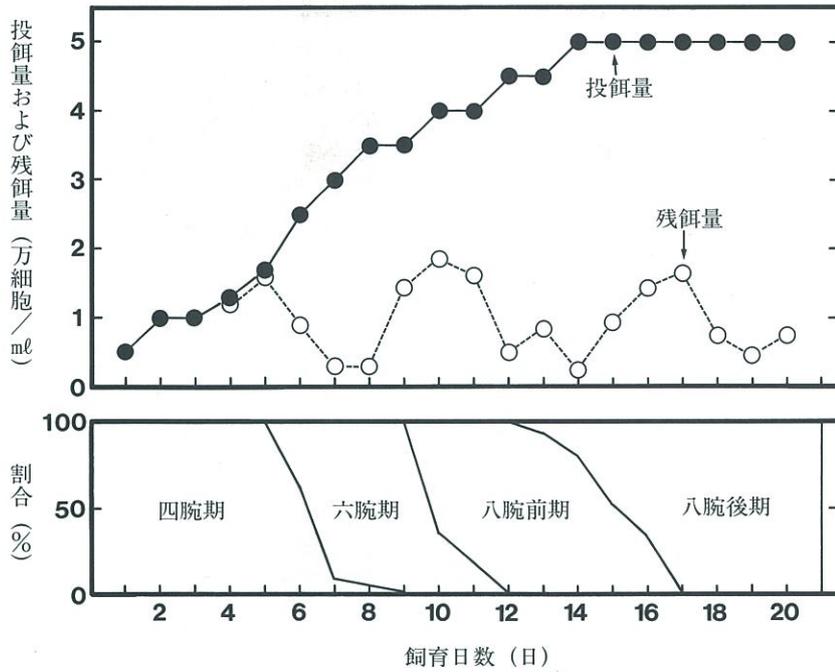


図8 アカウニ浮遊幼生の飼育経過に伴う *Chaetoceros gracilis* の投餌量および残餌量と形態の推移

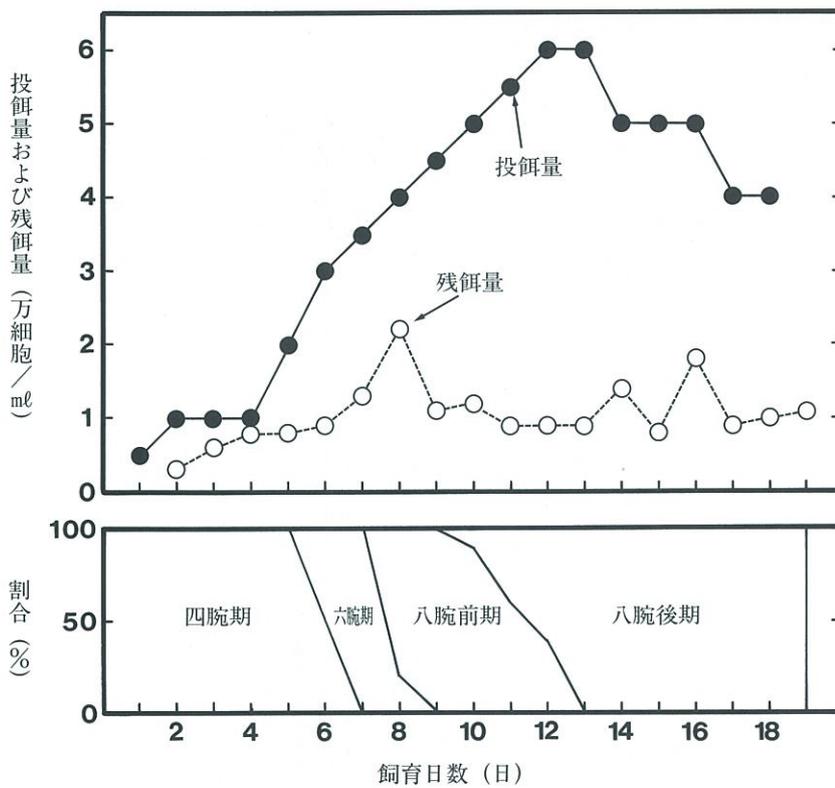


図9 バファンウニ浮遊幼生の飼育経過に伴う *Chaetoceros gracilis* の投餌量および残餌量と形態の推移

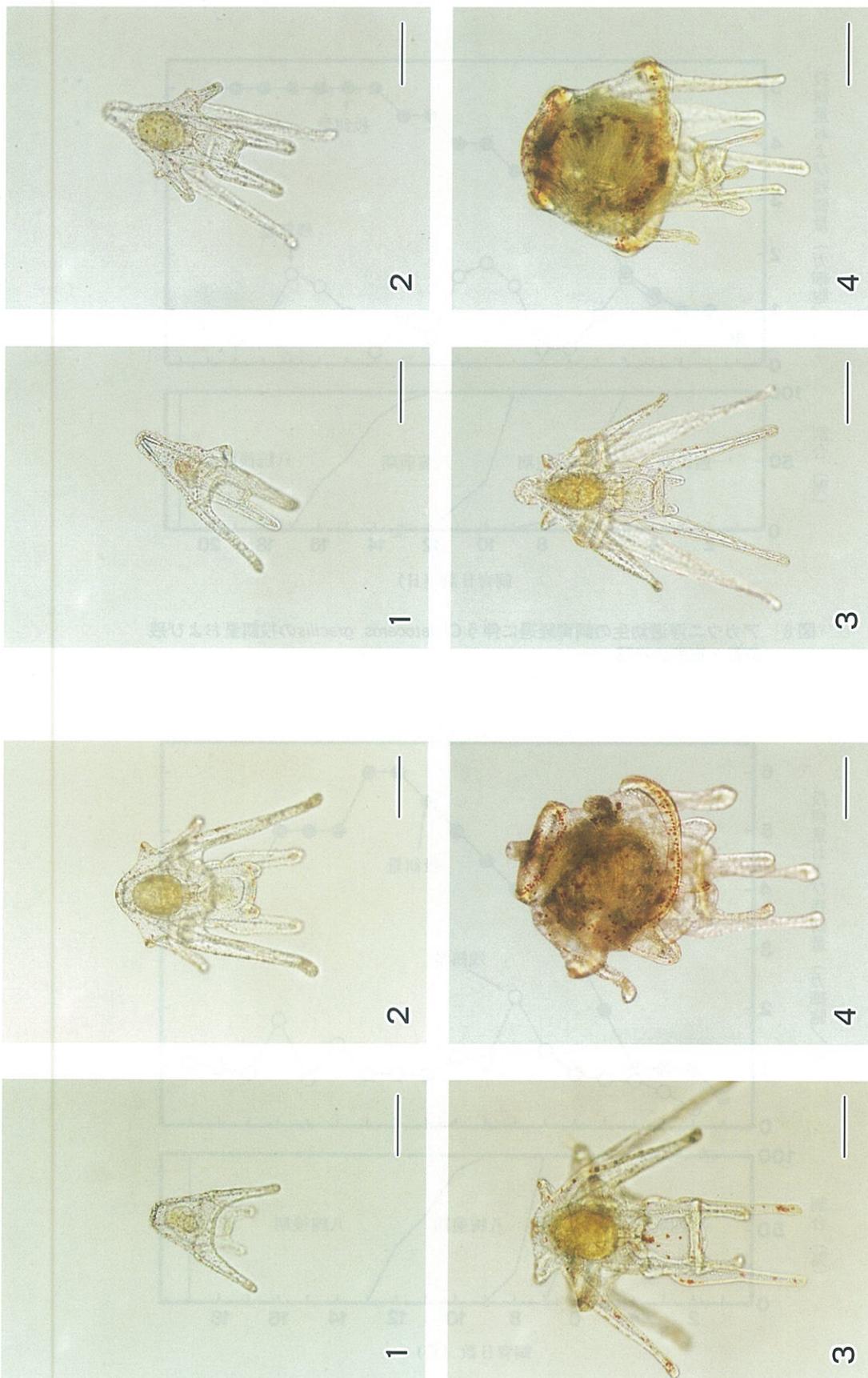


図10-1 アカウニ浮遊幼生の形態
1, 四腕期；2, 六腕期；3, 八腕前期；4, 八腕後期。
スケール・バーは200 μ m

図10-2 バフンウニ浮遊幼生の形態
1, 四腕期；2, 六腕期；3, 八腕前期；4, 八腕後期。
スケール・バーは200 μ m

5. 浮遊珪藻 (*Chaetoceros gracilis*) の培養 ● ● ●

浮遊珪藻の培養は、種の保存を目的とする保存培養と餌料の供給を目的とする拡大培養からなります。各培養段階の培養条件を表3に示します。

表3 保存培養と拡大培養の培養条件

	保 存 培 養		拡 大 培 養	
培養容器	1 l 平底フラスコ	5 l 平底フラスコ	5 l 平底フラスコ	50 l アクリル水槽
培養容量 (l)	0.8	4.5	4.5	45
栄養塩	P-E S* メタケイ酸ナトリウム	P-E S* メタケイ酸ナトリウム	P-E S* メタケイ酸ナトリウム	ノリ糸状体用培養液 メタケイ酸ナトリウム
培養水温 (°C)	20±3	20±3	20±3	20±3
照度 (lx)	1,000	12,000	12,000	12,000
通気量 (l/分)	静置	5	5	10~15
	(1分間振とう/8時間)			
初期濃度 (×万細胞/ml)	25~30	10~20	10~20	80~100
植継ぎ濃度 (×万細胞/ml)	90~100	800~900	800~900	300~400
培養日数 (日)	4	5	5	3~4

* ProvasoliのES改変液

1) 保存培養

種の保存は、1 l 平底フラスコを用いた無通気の静置培養 (図11) と 5 l 平底フラスコを用いた通気培養 (図12) によって、周年室内で行います。このうち、1 l の静置培養は元種保存のための培養であり、5 l の通気培養のものは量産供給のための拡大培養の種としています。1 l はオートクレーブ滅菌した海水を用いて4日間隔で、5 l は熱交換機で約70°Cに加熱後室温に冷ました海水を用いて



図11 *Chaetoceros gracilis*の1 l 平底フラスコを用いた静置培養



図12 *Chaetoceros gracilis*の5 l 平底フラスコを用いた通気培養

第2章 ウニ類（アカウニ、バフソウニ）の種苗生産

5日間隔で継代培養を行います。継代の初期濃度は、1ℓが25～30万細胞/ml、5ℓが10～20万細胞/mlです。栄養塩は、いずれも表4に示した Provasoli のES 改変液を用います。これらのうちA液は滅菌した孔径0.22 μ mのミリポアフィルターでろ過して、C液は煮沸して滅菌します。継代の時には、培養海水1ℓに対してA液を1ml、C液を2ml添加します。培養は、水温が30℃以上になると不調となるので、気温が高くなる5月から10月には室温を20℃に保つようになっています。それ以外の時期には室温で培養を行います。なお、1ℓの静置培養は振とう培養機を用いて行います（8時間毎に1分間の振とう）。

表4 ProvasoliのES改変液

A液	
蒸留水	1,000ml
NaNO ₃	100 g
Na ₂ -グリセロリン酸	17 g
チアミンHCl	100mg
ビタミンB ₁₂	1mg
ビオチン	2mg
Fe(NH ₄) ₂ (SO ₄) ₂ ·6H ₂ O	7mg
H ₃ BO ₃	2mg
Na ₂ EDTA	3mg
B液	10ml
B液	
蒸留水	1,000ml
MnCl ₂	40 g
CoCl ₂	1 g
ZnCl ₂	4 g
FeCl ₂	10 g
C液	
蒸留水	1,000ml
Na ₂ SiO ₃ ·9H ₂ O	45 g

培養海水1ℓに対してA液1ml、C液2ml添加

2) 拡大培養

拡大培養の種は、5ℓの通気培養のものを用います。5ℓで対数増殖末期（800万～900万細胞/ml）に達すると、一定量を5ℓの植継ぎ用の種とし、残りを50ℓアクリル水槽（59×30×34cm）へ接種します（図13）。50ℓでは3～4日で300万～400万細胞/mlに達するので、これを餌料として使用します。

5 l から50 l への拡大培養は、採卵の2週間ほど前から開始し、餌料の供給期間中毎日行います。栄養塩は、5 l では種保存と同じものを、50 l ではA液の代わりにノリ糸状体用の培養液（タカラ培養液，第一製網社製）を用います。50 l での栄養塩の添加量は、培養海水1 l に対してタカラ培養液が1 ml，メタケイ酸ナトリウムが0.9 gです。メタケイ酸ナトリウムは、海水に溶けにくいので蒸留水に溶かしてから添加します。いずれの培養も20℃の恒温で行い、蛍光灯3本を側面から連続照射（約12,000lx）します。なお、細胞数の計数は、トーマの血球計算盤を用いて行います。

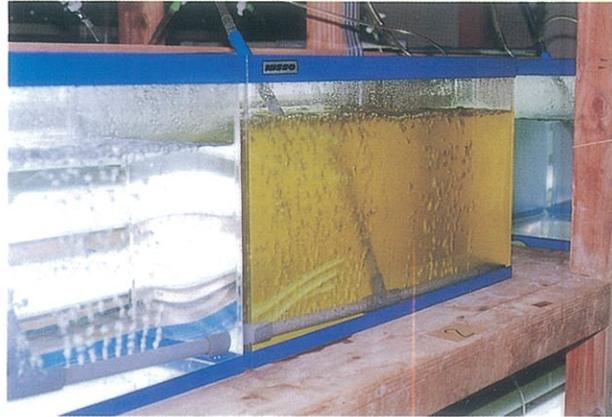


図13 *Chaetoceros gracilis*の50 l アクリル水槽を用いた通気培養

6. 採苗 ● ● ●

採苗は、幼生飼育水槽から回収した八腕後期幼生を別の採苗水槽に移す方法で行います。また、採苗器はアワビの種苗生産と同様の付着珪藻板（第1章表1，図6参照）を用います。付着珪藻は、幼生の付着・変態を促進し、採苗率を高める働きを持つとともに、変態後の稚ウニの初期餌料としての重要な役割を持っています。以前、当センターの採苗には、採苗率が低い欠点を有するものの計画的な拡大培養が容易であり、また、餌料価値も優れている単一種の *Navicula ramosissima* あるいは *Achnanthes biceps* を用いていました。しかし、現在では、培養方法の改善によって天然の付着珪藻でも計画的な拡大培養が可能となったため、採苗率が高い天然の付着珪藻を用いています。

1) 付着珪藻の培養（詳細は第1章に記述）

付着珪藻の培養は、秋期生産では採苗予定日の1か月半～2か月前から、春期生産では水温が低いために2か月～2か月半前から行って採苗時には小型の付着珪藻が十分に繁殖した状態に仕上げます。

2) 採苗水槽の準備

採苗水槽は、付着珪藻の培養に使用した15m³水槽を用います。この水槽内に目合が100目のニップ網（オープニング225μm）で作製した生簀（9×1.5×0.5m）を張り、この中に前述の方法で作製した付着珪藻板80セットを水槽底面に対して水平に設置します。さらに、採苗率の向上を図るために、付着珪藻と併用することによって幼生の変態を促進する作用を持つヒジキ（生鮮）500gを入れたタマネギ袋、10袋を採苗水槽内に収容します。海水は、付着珪藻板がやや隠れる程度に溜めます。

3) 幼生の回収

幼生の回収状況を図14に示します。まず、ウォーターバスの水位を水槽いっぱいまで高め、海水を流したままにしておきます。次に、ウォーターバス水槽の外に100ℓのパンライト水槽を置き、この中に1.5インチのホースでサイフォンによって幼生を移します。同時に100ℓパンライト水槽からは100目のネットを張った換水用の器具を使い、サイフォンによって海水だけを排出します。このとき、幼生飼育水槽の内面には、幼生が付着しやすいので時々海水をかけます。また、排水用器具のネットにも幼生が付着するので、作業の際は常に器具を振る必要があります。幼生飼育水槽は、次第にウォーターバス水槽に浮かんでくるので、サイフォンによって最後まで幼生を回収することが出来ます。このようにして、回収した幼生は台車に乗せ、屋外の採苗水槽まで運びます。

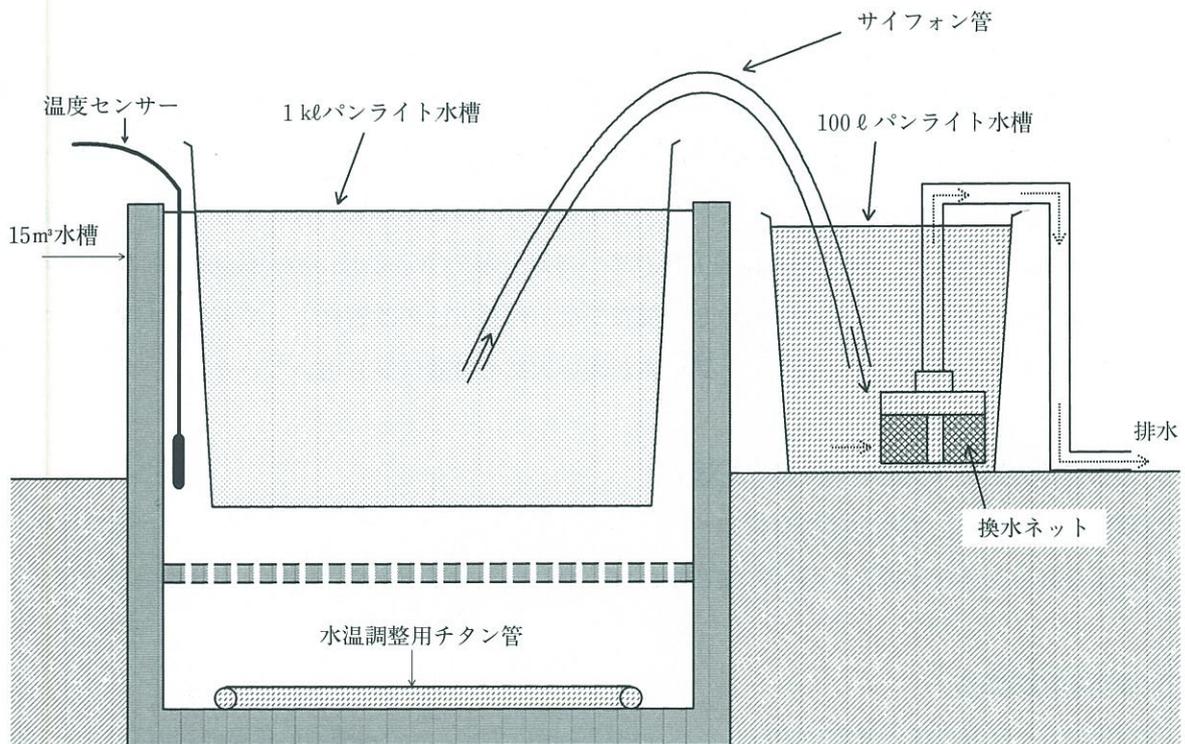


図14 幼生の回収方法の模式図

4) 採 苗

採苗の状況を図15に示します。幼生を収容するときは、採苗水槽のエアを強めにし、5ℓカップを用いて水槽全面に均一になるように撒きます。幼生収容後は、海水が緩やかに攪拌する程度にエアを弱め、遮光を行います。収容する幼生数は付着珪藻板1枚当たり300個体を目安にしています。したがって、80セットの付着珪藻板で採苗を行う場合、24万個前後の八腕後期幼生を収容することになります。また、ヒジキは、採苗の翌朝には取り上げます。採苗から1～2日後には、稚ウニの付着状況をみて付着珪藻板を立て、エアをやや強めるとともに海水を流し始めます。最初の採苗稚ウニ数の計数は採苗後5日目に行います。1水槽当たりの付着数は、80セットのうち10セットをランダムに選

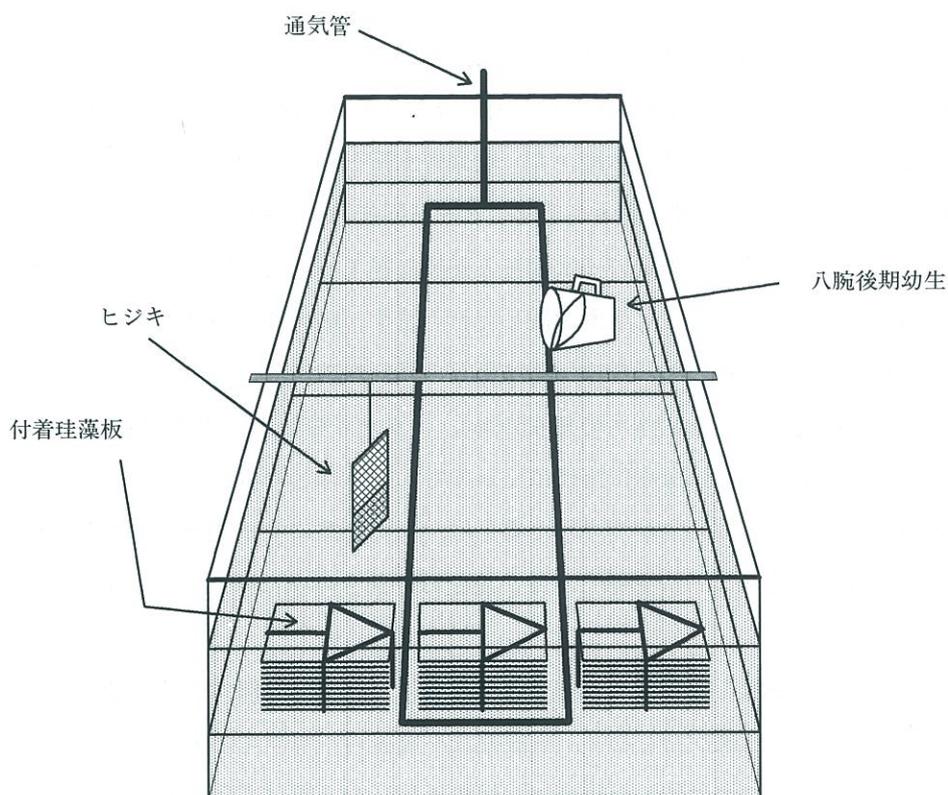


図15 採苗方法の模式図

第2章 ウニ類（アカウニ、バフソウニ）の種苗生産

び、1セットから1枚、合計10枚の付着数を計数して比例法で算出します。採苗率は、50%前後を見込んでいます。

採苗日の決定は、付着珪藻板を使った八腕後期幼生の変態状況から行います。すなわち、八腕後期幼生はウニ原基の発達に伴い、稚ウニへの変態が速やかになります。このため、通常夕方に、シャーレに採苗に使用する予定の付着珪藻板を3×3cm程度に切り取って入れ、これに八腕後期幼生を10個程度収容します。そして、翌朝、稚ウニへ変態した割合を観察します。このような観察を毎日行い、八腕後期幼生から稚ウニへの変態割合が約90%以上となった日に採苗を行います。

7. 稚ウニ飼育 ● ● ●

当センターでは、便宜上付着珪藻板での飼育を一次飼育、剥離後、配合飼料や海藻を投与して行う飼育を二次飼育と呼んでいます。

1) 一次飼育

飼育水槽は、採苗水槽と同じ形状で、底板を設置した15^m水槽を用います。一次飼育は、この水槽内に防虫網製の生簀（9×1.5×0.5m）を張って行います（第1章図29参照）。採苗から7日ほどたつと比較的付着力が強くなるので、採苗水槽から一次飼育水槽へ稚ウニの付着した付着珪藻板を移し替えて飼育を開始します。注水は水槽上面から行い、2～15回転/日と飼育経過に伴い次第に量を増やします。エアレーションは、アワビ稚貝の一次飼育と同様に径1mmの穴を開けた径13mmの塩化ビニール製の通気管を水槽長辺に対し、平行に2本設置して行います。飼育期間中は、餌料の付着珪藻を維持するために、付着珪藻の培養管理と同様に付着珪藻板の反転や遮光幕による照度調節あるいは週に1～2回の施肥（15^m水槽にノリ糸状体用培養液500ml、メタケイ酸ナトリウム225g）を行います。このとき、メタケイ酸ナトリウムは海水に溶けにくいので、20ℓほどの真水で溶解したのち、水槽に散布します。また、コペポーダの発生がみられた場合は、施肥の際にディプテックス乳液を有効濃度で0.5ppmまたは1ppmとなるように添加します。施肥は午前9時頃に行い、午後5時ごろまでは止水にします。

当センターでの付着珪藻板1枚当たりの稚ウニ付着数は、100～150個体が適当です。これよりも付着数が多いと早くから付着珪藻がなくなり、成長遅れや成長のバラツキが大きくなります。したがって、予想以上に多くの稚ウニが付着した場合は、餌料不足になる前に“分槽（差し替え）”作業を行います。すなわち、稚ウニが付着した付着珪藻板1セットに対し、珪藻が十分に繁殖した新たな付着珪藻板1セットを準備し、これら10枚1組のセット間で1枚おきに付着珪藻板を入れ替えます。この作業で飼育水槽は2倍になり、新たな付着珪藻が供給されるので、飼育密度が低下され、餌料不足を補うことができます。なお、付着珪藻板飼育期間中は、大きなトラブルが生じない限り、水槽替えや底掃除を実施することはありません。

参考として春および秋採苗の稚ウニの成長を図16に示します。

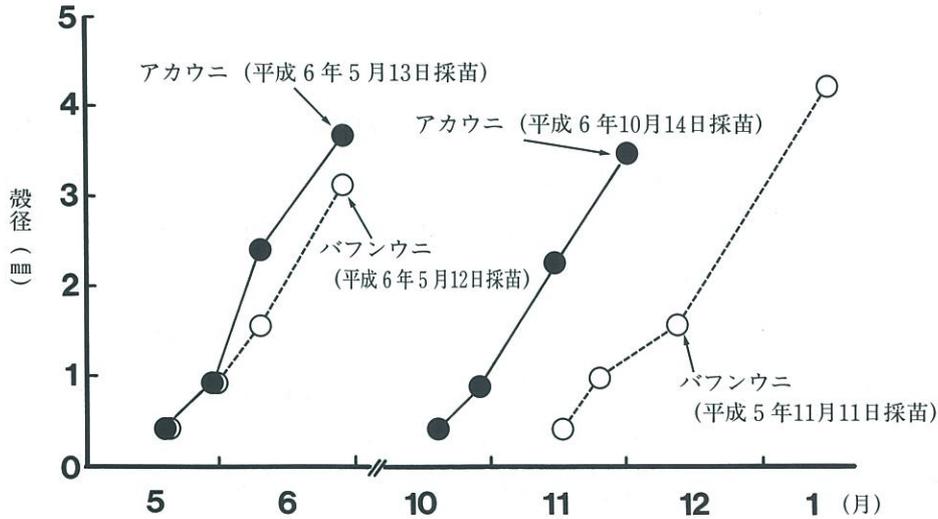


図16 一次飼育におけるアカウニ，バフンウニ稚ウニの成長例

2) 二次飼育

採苗から1か月～1か月半経過すると、波板の付着珪藻は稚ウニの摂餌によってほとんどなくなり、稚ウニの大きさは3～4mmほどに達します。これくらいの大きさになると配合飼料や海藻が摂餌可能となります。そこで、塩化カリウムを溶解した海水で付着珪藻板から稚ウニを剥離し、配合飼料および海藻を投与する二次飼育に移します。剥離作業は、アワビと同様に1㎡のFRP水槽(2×1×0.5m)を用い、この水槽の内側に100目のニップ網製の剥離用のネットを張って行います。この水槽に海水を貯水後、0.4%の濃度となるように塩化カリウムを溶解して、波板を20セット収容し、3～5分後に稚ウニが脱落したのを確認したのち、波板を取り出します。脱落した稚ウニはタモ網ですくい取り、80、120あるいは180経のモジ網で作製したいずれかのフルイで選別を行います(表5、6)。飼育水槽内に張った防虫網生簀に付着している稚ウニは、生簀を端から少しずつ手繰り寄せて、はたき落としながら集め、剥離水槽に移して選別します。網生簀ごと剥離水槽に移して剥離すると汚れなどに稚ウニがまかれ、その後の生残が良くありません。選別した稚ウニのうち、180経でふるい落ちた稚ウニは、新たな付着珪藻板に再付着させて二次飼育に移せる大きさまで飼育し、それ以上の大きさの稚ウニは、15㎡水槽に張ったモジ網製の生簀(2×1.5×0.5m)へ大きさ別に収容して飼育します(180経でふるい上り120経でふるい落ちた稚ウニは240経モジ網生簀を、120経でふるい上った稚ウニは180経モジ網生簀を使用する)。モジ網生簀内には稚ウニの付着面積を増やすためと配合飼料を給餌しやすい

表5 モジ網によるアカウニ稚ウニの選別結果

モジ網の目合	殻径 (mm)*
180経	1.5
120経	2.5
80経	4.0
50経	7.5

* 表示サイズ以上のものがふるいあがる

表6 モジ網によるバフンウニ稚ウニの選別結果

モジ網の目合	殻径 (mm)*
180経	2.0
120経	3.0
80経	4.5
50経	8.0

* 表示サイズ以上のものがふるいあがる

第2章 ウニ類（アカウニ、バフンウニ）の種苗生産

ようにアワビの二次飼育用のコレクターを設置します(第1章図41参照)。稚ウニの数量は、重量法で計数します。すなわち、選別した稚ウニを3,000個数えてその重量を計測し、1 g当たりの個数を算出して全体の重量に乗じる方法で行います。収容数は、アカウニは18,000個/生簀(6,000個/m²)、バフンウニは20,000個/生簀(6,667個/m²)を目安とします。これらの作業は、稚ウニを傷つけないように注意しながら行う必要があります。また、作業後には稚ウニ収容水槽内にエルバージュ（ニフルスチレン酸ナトリウム10%含有）を100 g投入して約3時間の薬浴を行います。餌料は、秋期生産では配合飼料を主体にアラメ、クロメ、ヒジキを併用します。配合の給餌は、当初体重の5%量を目安に行いますが、その後は残餌のでない程度の量を毎日与えます。春期生産では水温が高いので配合飼料の使用量を減らしてアラメ、クロメ、アナアオサを主体とします。

投餌前には、コレクターの上に溜まった糞を揺すり落とします。生簀の底は、水深1 mの水槽の中層に位置するため、落とした糞は生簀から出て水槽底に溜まります。したがって、飼育生簀内は比較的汚れの少ない状態を保つことができます。二次飼育を開始して、2～3週間位たつと網生簀が汚れて網目がつまってくるので、新しい水槽に生簀を張り、稚ウニの付着したコレクターを移して生簀替えを行います。このとき、網生簀に付着した稚ウニは、塩化カリウムで剥離して新しい生簀に移します。また、稚ウニが6～8 mmの大きさに達した段階で収容密度を下げるために分槽を兼ねた生簀替えを行います。このとき、生簀は120経の目合のものに替えます。収容密度は、アカウニは10,000～12,000個/生簀、バフンウニは12,000～15,000個/生簀としています。これらの作業後には水槽内にエルバージュ（ニフルスチレン酸ナトリウム10%含有）を100 g投入して約3時間の薬浴を行います。

参考として二次飼育における餌料試験の結果を図17、表7に示します。

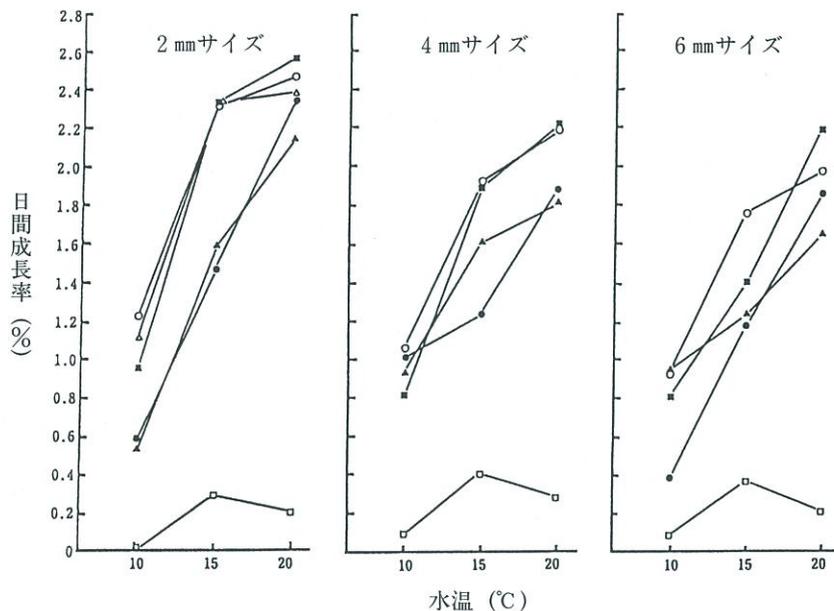


図17 アカウニの各サイズでの餌料種ごとの日間成長率と飼育水温の関係
 ●, アナアオサ; ○, 配合飼料A; ▲, ヒジキ;
 △, 配合飼料B; ■, アラメ; □, 無投餌. (真崎・野口 1993)

表7 バフンウニのサイズ別餌料別の成長，生残

サイズ	実験区 餌料	平均殻径 (mm)		日成長量 μm/日	生残率 %	全投餌量 g	延投餌回数 回
		開始時	終了時				
大 15mm	ヒジキ	15.0	19.2	140	100	1,350	14
	アナアオサ	14.8	18.1	110	100	300	6
	ヤツマタモク	15.1	18.1	100	100	1,050	14
	ノコギリモク	15.8	17.2	47	100	300	5
	配合飼料	15.6	19.1	117	100	200	21
	無投餌	15.7	15.8	3	100	—	—
中 6mm	ヒジキ	6.1	11.1	167	100	330	13
	アナアオサ	6.4	10.8	120	100	70	7
	ヤツマタモク	6.6	9.3	90	100	240	10
	ノコギリモク	6.7	6.9	7	100	40	2
	配合飼料	6.3	9.9	120	100	34	17
	無投餌	6.4	6.3	-3	100	—	—
小 4mm	ヒジキ	4.8	8.3	117	98	130	11
	アナアオサ	4.9	8.1	107	100	38	8
	ヤツマタモク	4.9	7.5	87	99	140	11
	ノコギリモク	5.0	5.2	7	100	20	2
	配合飼料	4.7	7.1	80	99	17	17
	無投餌	4.7	4.6	-3	99	—	—

(野口・川原 1993b)

3) 稚ウニ飼育の生残率

疾病などの発生によって大量斃死が起きなければ、採苗から剥離までの付着珪藻板飼育では60～80%，剥離から殻径8～12mmの配布サイズまでの飼育では70～80%の生残率が期待できます。

8. 配布

佐賀県では、放流用種苗として殻径3～5mmを中間育成用，8～12mmを放流用として配布しています。また，一部の漁業協同組合には，養殖用種苗としても配布しています。配布時期は年変動があるものの，秋期生産では，アカウニは中間育成用が12月中旬～1月上旬頃，放流用が2～3月下旬頃，バフンウニは中間育成用が1月中旬～2月上旬頃，放流用が3～5月下旬頃です。春期生産では，アカウニは中間育成用が7月上旬～下旬頃，放流用が8月中旬～10月中旬頃，バフンウニは中間育成用が7月中旬～8月上旬頃，放流用が9月上旬～11月下旬頃です。配布の際は，規格サイズを50経のモジ網で作製したフルイで選別後，重量法で計数してアラメ，ヒジキなどの海藻に付着させて配布します。規格からふるい落ちたものは，再び飼育生簀に収容して配布サイズまで飼育するようにしています。

9. 種苗生産上の問題点 ● ● ●

1) 幼生飼育時の大量斃死

まれに八腕期になってから腕が縮んで太くなり遊泳力が低下して沈下したり、飼育水槽内に粘液状のものが発生し、幼生がこれにまかれて沈下して斃死することがあります。対策としては、飼育密度の低下、換水率の増加、水槽替えなどを行いますが、効果は場合によって異なります。

2) 稚ウニ飼育時の大量斃死

(1) アカウニ

当センターのウニ類種苗生産で一番不安定な要素になっているのが、疾病による大量斃死の問題です。この疾病は2種類あり、当センターでは便宜上『棘抜け症』と『滑走細菌症』と呼んで区別しています。棘抜け症は、秋期生産中の1～3月の低水温期に発生する細菌感染症で、飼育水温の低下が一つの発生要因となっています。棘抜け症の罹病個体は、付着力が弱く、殻表面の色が退色し、黒緑色の斑点が出現します。脱棘は、局所的に起こり、次第に全体におよびます(図18)。原因菌は、まだ種の同定がなされていませんが、実験的感染が成立しており屈曲性に富み滑走運動を行うグラム陰性桿菌と推定されています。本症は抗菌剤を投与してもほとんど効果がみられません。発生確認後飼育水温を16℃以上に加温すれば、終息させることができます(したがって、春期生産では発生しない)。実際には疾病発生確認後、1日に1～2℃を目安に昇温し、18℃前後に加温して飼育します。当センターの加温施設の都合上、加温飼育中は換水率が低下するので、飼育密度を低くし、餌料も海藻主体に切り替えます。また、時々飼育生簀ごと水槽替えを実施します。

一方、滑走細菌症は比較的水温が高い時期に発生しやすい傾向があるものの、飼育水温よりも飼育環境の悪化(換水率の低下、飼育生簀の汚れ、餌料の腐敗など)が発生要因となる感染症のようです(したがって、秋期、春期に関係なく発生する)。滑走細菌症の罹病個体は、付着側の表皮が剥離し、囿口部の白化様変色、口器周辺の黒緑変色、

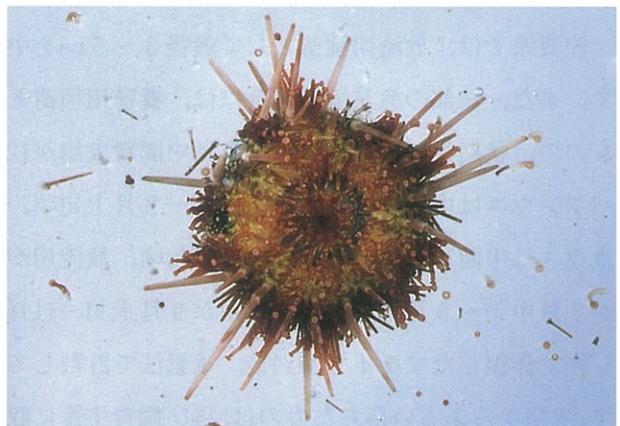
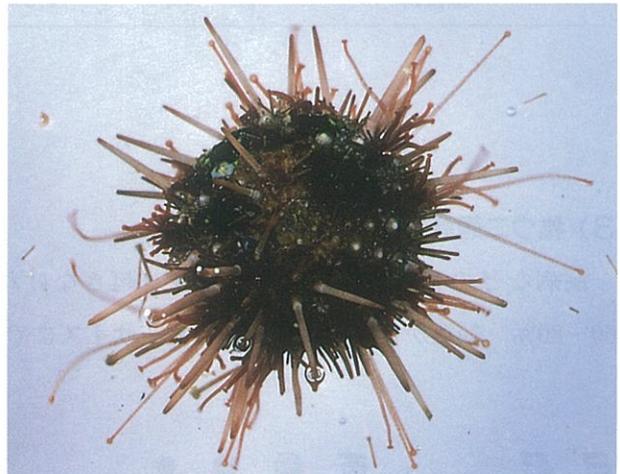


図18 アカウニ稚ウニの棘抜け症の罹病個体

管足の伸長などの症状を示します。棘抜け症とは異なり、発生初期の個体では脱棘はさほど顕著ではなく、背面から観察すると異常は認められませんが、管足による付着力はほとんどありません（図19、棘抜け症の場合、脱棘した個体でも管足を伸ばして付着しようとする様子が観察できる）。この原因菌も、まだ種の同定がなされていませんが、実験的感染が成立しており、滑走細菌の一種 *Flexibacter maritimus* 2408株に対する抗血清とよく反応し、滑走運動を行

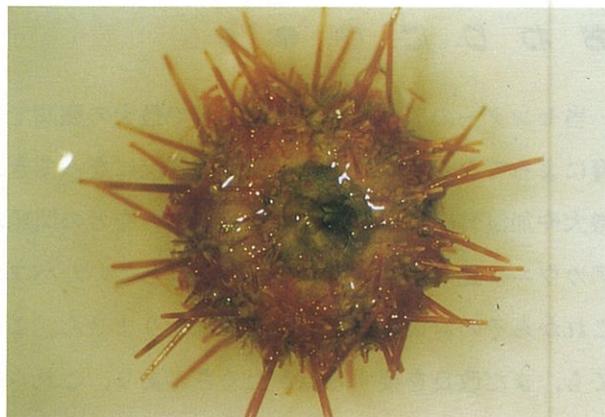


図19 滑走細菌に罹病した個体

う極めて長い（20～60 μ m）桿菌と考えられています。本症は、発生初期であれば、飼育生簀から稚ウニを塩化カリウムで剥離し、新しい生簀へ移し替えたのち、エルバージュ（ニフルスチレン酸ナトリウム10%含有）を100g投入して約3時間薬浴することによって治まります。しかし、症状がひどくなってからでは、治癒させるのは難しいようです。したがって、被害を少なくするためには、発症を早期発見することが大切です。また、本症は棘抜け症とは異なり、加温などの飼育水温の操作では抑えることはできないため、棘抜け症と誤った診断をすると被害を大きくしてしまうので注意が必要です。

(2) バフンウニ

秋期生産中の1～3月の低水温期には、アカウニと同様に脱棘を伴う斃死が発生します。この斃死は、症状がアカウニの棘抜け症と類似していることやバフンウニ罹病個体を用いて健全なアカウニへの実験的感染を行うと、アカウニが棘抜け症と同じ症状で斃死することから、アカウニの棘抜け症と同じ細菌が原因の細菌感染症ではないかと考えられます。罹病個体は、付着力が弱く、殻表面の色が退色し、黒紫色の斑点が出現します。脱棘は、局所的に起こり、次第に全体に及びます。バフンウニは、この疾病に対する抵抗性が高いのか、アカウニと比べると斃死率が低く、これまでに大きな被害を受けたことはありませんでした。しかし、1994年度秋期の生産において発生した棘抜け症は、斃死率が約60%にも及び、種苗生産上大きな被害をもたらしました。アカウニは、棘抜け症対策として加温飼育の有効性が確かめられ、近年ではそれほど大きな被害を受けなくなっていますが、バフンウニでは、まだ加温飼育の有効性が確かめられていません。このため、今後の種苗生産に大きな問題となる可能性があり、早急に有効な防除対策を検討する必要があると思われます。なお、バフンウニではアカウニの滑走細菌症に類似するような症状を示す大量斃死は、現在のところ発生していません。

お わ り に ● ● ●

当センターのアカウニの種苗生産で最大の難関であった棘抜け症による大量斃死の問題は、加温飼育によってなんとか対応できそうな状況になってきました。しかし、この飼育方法は、飼育コストの増大や加温装置がなければ対応できないなどの問題があり、より良い疾病対策が望まれます。また、アカウニに比べると比較的生産が安定していたバフンウニも冬期の大量斃死の問題が生じてきており、これからその対策を検討しなければなりません。このように大量斃死の問題や種苗生産工程全体をみても、まだ改良を要する点がたくさんあり、これらを検討課題として生産技術の研究・開発に努めていかなければなりません。その研究の一環として、数年前からアカウニ幼生に対する変態誘起物質について検討しています。その結果、塩化カリウムに高い変態誘起活性のあることが明らかとなりました（バフンウニについても小規模な実験を行っています）。塩化カリウムは幼生をすべて稚ウニに変態させ得ることから、アカウニの採苗に塩化カリウムを活用することにより、採苗率の安定と向上を図れる可能性が考えられます。現在、応用実験で得られた結果に基づいて量産規模での有効性を繰り返し検討中です。まだ、最良の使用方法を明言することはできませんが、いくつかの方法で良好な結果が得られています（表8）。今後、さらに検討を加えて、その方法を確立していきたいと考えています。

表8 塩化カリウムを用いた採苗によるアカウニの種苗生産事例

実施年月日	採苗方法	収容幼生数 ×10 ⁴ 個	附着稚ウニ数 ×10 ⁴ 個	採苗率 %	一次飼育 生残率%	備考
1992. 5. 6	18mMの塩化カリウム添加海水に幼生を1～2分間収容した後、採苗水槽底面に対して水平に設置した附着珪藻板で採苗	25.8	15.5	60.1	96.0	附着珪藻板とヒジキでの採苗率は56.3%
1992.10.13	18mMの塩化カリウム添加海水に幼生を1～2分間収容した後、採苗水槽底面に対して垂直に設置した附着珪藻板で採苗	24.0	18.8	78.3	78.7	附着珪藻板だけの採苗率は53.3%
1992.10.13	18mMの塩化カリウム添加海水に幼生を1～2分間収容した後、採苗水槽底面に対して垂直に設置した附着珪藻板で採苗	41.8	30.1	72.0	81.4	附着珪藻板だけの採苗率は53.3%
1992.10.20	18mMの塩化カリウム添加海水に幼生を1～2分間収容した後、採苗水槽底面に対して垂直に設置した附着珪藻板で採苗	17.0	4.4	25.9	—	採苗率が悪かったので飼育中止
1993.10.14	採苗水槽内に添加濃度が6mMに相当する量の塩化カリウムを溶解した後、採苗水槽底面に対して垂直に設置した附着珪藻板で採苗	43.0	19.2	44.7	84.9	附着珪藻板だけの採苗率は35.8%
1994. 5.13	採苗水槽内に添加濃度が4mMに相当する量の塩化カリウムを溶解した後、採苗水槽底面に対して水平に設置した附着珪藻板で採苗	25.0	13.8	55.2	84.4	附着珪藻板とヒジキでの採苗率は41.6%

第3章 マナマコの種苗生産

はじめに ● ● ●

マナマコはウニ、アワビなどとともに水産上重要な磯根資源です。その漁獲量は、近年、全国的に減少し、佐賀県においても昭和46年の196トンピークに平成3年は8トンに激減しています。これらことから、全国的にも、また、佐賀県でもマナマコ資源量の回復が望まれています。このため当センターでは、昭和54年頃から種苗生産研究に着手し、資源の増殖を図る目的で人工種苗の放流事業を行ってきました。マナマコの種苗生産は、最近、北海道から九州にかけての栽培漁業センターや水産試験場（北海道の宗谷では漁協で行われています）で行われるようになり、種苗生産技術の発展には目覚ましいものがあります。しかし、第1、2章で紹介したアワビやウニに比べ種苗生産に関する研究は新しく、種苗生産方式についても様々な方式がとられています。当センターでも様々な生産方式について検討を行ってきましたが、平成元年以降、採卵後約3～5か月間の飼育で体長10～20mmの稚ナマコを10万個単位で生産できるようになり、稚ナマコの量産化が可能となりました。これは、ウニの種苗生産と同様に、浮遊幼生の飼育水槽とは別水槽で培養した付着珪藻を使ってマナマコの浮遊幼生を稚ナマコへ変態させ、さらに、稚ナマコの初期餌料として付着珪藻を利用する生産方式の開発によって可能になったものです。

そこで、本章では現在行っている種苗生産方式について説明するとともに、今後の放流事業への取り組みについて紹介します。

なお、マナマコには市場価値が高く、水産上有用なものとしてアオナマコとアカナマコがあり、一般にアオナマコは砂泥域にアカナマコは岩礁域に棲息しています。本章で紹介する種苗生産方式の中で特記しない限りは、アオナマコとアカナマコの共通の方式です。

1. アオナマコとアカナマコの種苗生産工程 ● ● ●

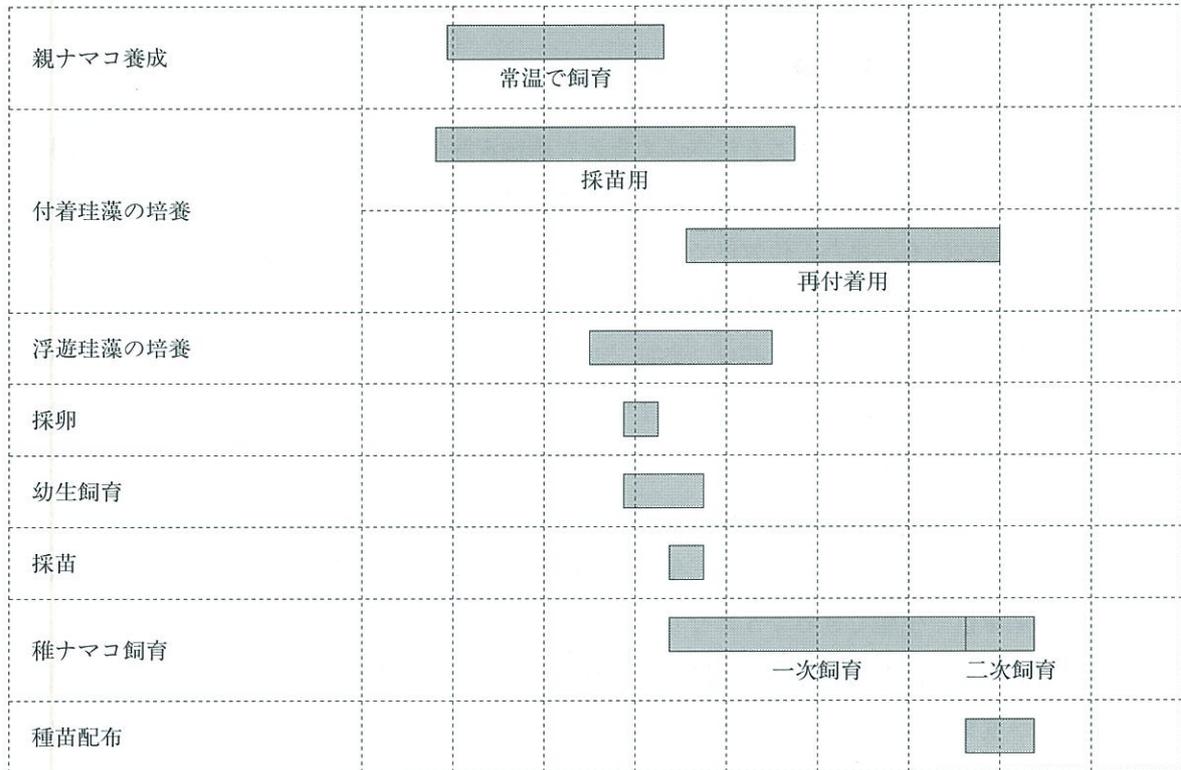
種苗生産工程を表1に示します。アオナマコは3月下旬から4月上旬に採卵し約2週間の浮遊幼生の飼育を経たのち採苗を行い稚ナマコの飼育を開始します。アカナマコの採卵は、アオナマコの浮遊幼生の飼育終了後に行います。各漁業協同組合への稚ナマコの配布は、体長10～20mmのものをアオナマコは7月下旬から8月上旬にかけて、アカナマコは8月上旬から9月上旬にかけて行います。

第3章 マナマコの種苗生産

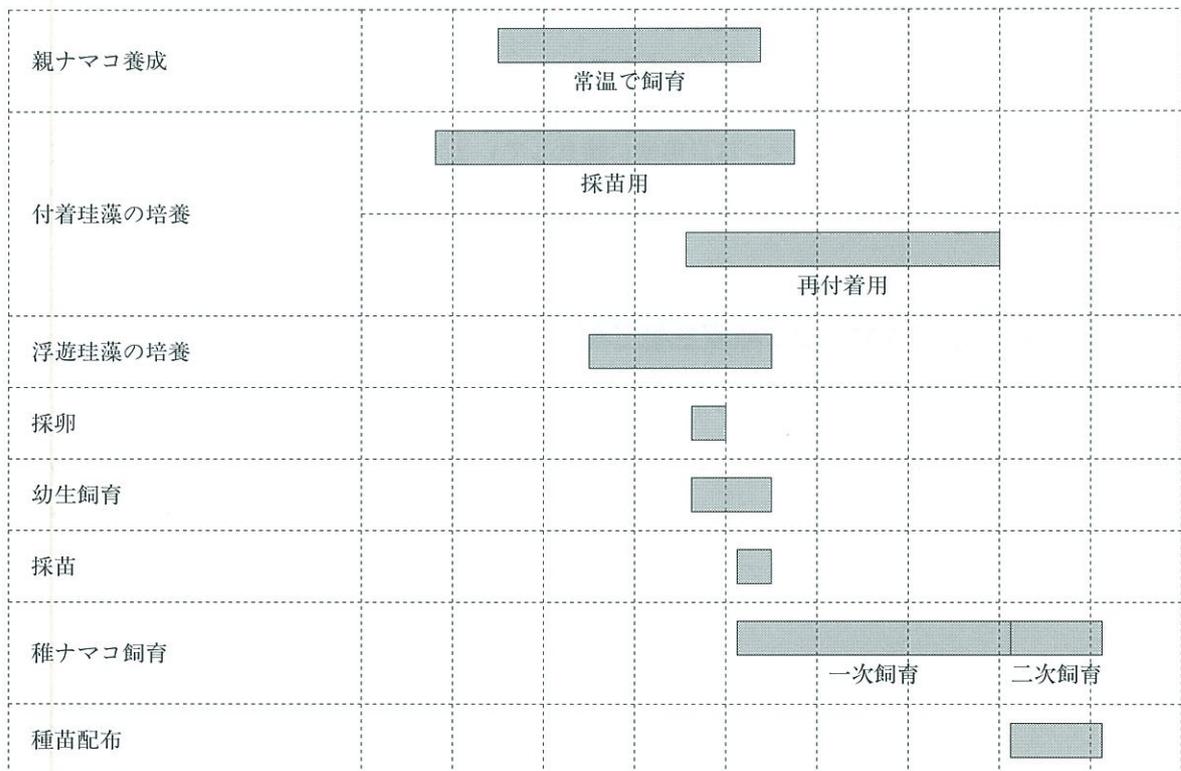
表1 マナマコの種苗生産工程

月	1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

アオナマコ生産工程



アカナマコ生産工程



2. 親ナマコの養成 ● ● ●

安定した種苗生産を行うには、第一に大量の卵と精子を得ることが重要です。そのためには、まず、天然海域のマナマコの産卵期を把握し、効果的な産卵誘発刺激を行うとともに、その刺激に対して容易に反応するような親ナマコを養成する必要があります。そこで、まず佐賀県北部沿岸域の産卵期を調査しました。次に、採卵に使用する親ナマコの餌料について検討するとともに、種苗生産に使用する親ナマコの産卵盛期や、効率的に受精卵を得るための採卵適期を推定する指標について検討しました。その結果、産卵期の2～3か月前に天然海域から採取した親ナマコを陸上水槽で養成し、定期的に生殖巣の成熟度を調査することによって、産卵誘発のための採卵適期が推定できるようになり、アオナマコは3月下旬から4月上旬に容易に受精卵を得ることが可能になりました。また、アカナマコはアオナマコほど容易ではありませんが、種苗生産を行うのに必要な受精卵を4月下旬から5月上旬に得ることが可能になりました。

1) 親ナマコの入手

(1) アオナマコ

1月下旬から2月上旬にかけて長崎県の大村湾南部漁協から入手しています。佐賀県でも伊万里湾に面した肥前町（高串、大浦浜など）地先に棲息していますが、本県のアオナマコに比べ大村湾のアオナマコは一度に大量に入手することが可能で、しかも生殖巣指数（生殖巣重量×100/殻重*）が非常に高く、種苗生産に使用する親ナマコとしては適していると思われます。アオナマコの漁獲はナマコ桁網漁業によって行われています。当センターへの搬入は、漁獲された当日に1㎧ポリエチレンタンクを積載したトラックで行います。輸送時はブローアーによる通気を行い、水温調節は行っていません。輸送時間は約2.5時間です。平成元年から7年までの入手した親ナマコの数は、それぞれの年で200～300個と多くなっています。これは、親ナマコを様々な飼育実験に使用したためで、今後は100個程度を入手すればよいと思います。

(2) アカナマコ

平成4年から6年までは県内と長崎県の新星賀漁協青島支所から入手していましたが、平成7年は本県の高串地先でスキューバ潜水によって採取したものと神集島地先で素潜りによって採取されたものを使用しました。今後は平成7年と同様の方法で親ナマコを入手する予定です。県内で採取したものは厚手のビニール袋（稚ナマコの輸送に使用するものと同様のもの）に入れ、車で輸送します。輸送時間は約1時間です。また、アオナマコと同様に輸送時の水温調節は行っていません。

なお、平成6年は飼育中に体表が融解し、斃死する個体が多数みられました。このような斃死は、はこ突き漁業によって漁獲されたものや素潜りで採取した場合でも当センターに搬入するまで数日間、漁港内で飼育籠などに収容されていた親ナマコにみられました。これらのことから、親ナマコ

* 殻重：マナマコの体を切開して生殖巣、消化管、呼吸樹および体腔水を除去した殻の重量。

を採取する場合には、はこ突きなど体に傷をつけてしまう漁獲法は避け、素潜りで採取した場合でも採取後はただちに搬入することが望ましいと思われます。入手する親ナマコの数、アオナマコと同様に100個程度でよいと思います。

2) 飼育水槽と餌料

搬入した親ナマコは、上屋（アクリル製の屋根）のある屋外に設置した2 m²水槽と4 m²水槽へ収容し、自然水温下で流水で飼育を行います。エアレーションは、通気管を水槽長辺に対して平行に設置して行います。水槽は常時遮光幕（遮光率90%）によって照度調節をしています。1つの水槽に50～100個体を収容します。

アカナマコを使った飼育餌料と成熟との関係を調べた結果（図1）、ワカメ（特に養殖ワカメ）が飼育餌料としてすぐれていることが明らかとなりました。このため、入手した親ナマコにはワカメを十

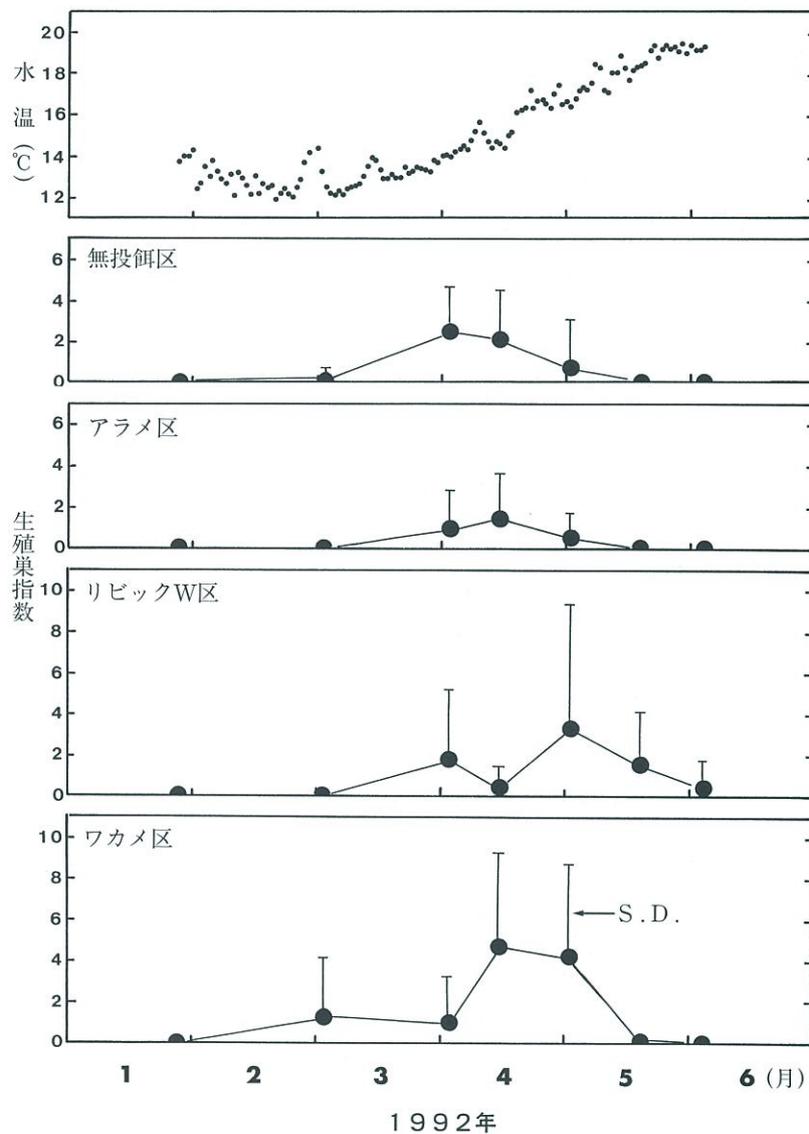


図1 飼育経過に伴う生殖巣指数の推移（伊藤・川原 1994b）

分与えて（採卵に使用するまでの約2か月間）飼育を行います。平成4年までは、ワカメをあらかじめ海藻切断機で幅2～3mmに切断し、-20℃で冷凍保存したものを投餌前に解凍し、さらに飼育水中への拡散を防ぐため、鉱物性の粉末であるベントナイトと混合して与えていました。しかし、平成5年からは投餌作業の省力化を図るため、ベントナイトとの混合は行わず冷凍保存したワカメをブロック状態（1kg単位）のまま飼育水槽へ投与しています。その際、ワカメには；浮き上がるのを防ぐため直径45cmのネット（図2）をかぶせます。投餌は週3回行い、1回当たりの投餌量は飼育開始時の親ナマコ総体重の約10%を目安にしています。なお、投餌前にはかならず、サイフォンを使って糞や残餌を取り除きます。

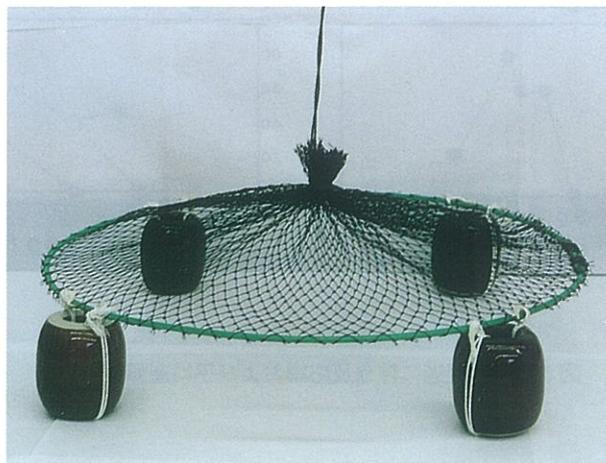


図2 親ナマコの投餌用ネット

3) 産卵盛期と採卵適期の推定

(1) アオナマコ

長崎県大村湾のアオナマコを使って、いつ産卵誘発を行えば効率良く大量の受精卵が得られるか、また、その際、採卵適期を推定するための指標には何が良いかを検討しました。

大村湾のマナマコの産卵盛期は4月頃といわれています。そこで、その産卵盛期前の1～2月に採取したアオナマコを陸上水槽で飼育し、定期的に産卵誘発を行うことによって、飼育下でのアオナマコの産卵盛期を詳細に検討しました。また、その際、採卵適期を推定するための指標として、生殖巣指数と卵母細胞の大きさを測定してみました。すなわち、定期的に親ナマコの腹部をメスで切開して生殖巣を取り出し、その重量から生殖巣指数を求め指標とするものです。同時に、顕微鏡観察により雌雄の判別を行い、雌の個体については生殖巣内の卵母細胞の長径を測定してみました。大きさの測定は、雌の生殖巣をピンセットで軽く押えて海水中に卵母細胞を取り出し、顕微鏡下で接眼マイクロメーターを使って行いました。

平成2年および3年の実験結果を図3、4に示します。産卵誘発による雌雄の反応率や平均産卵

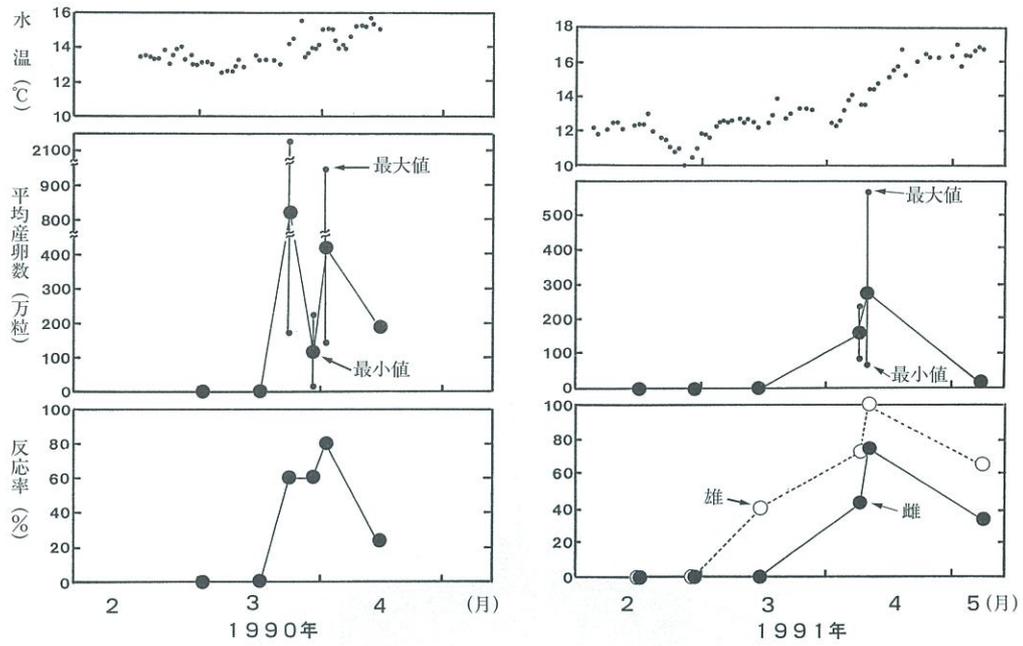


図3 飼育経過に伴う反応率および平均産卵数の推移 (伊藤ら 1994c)

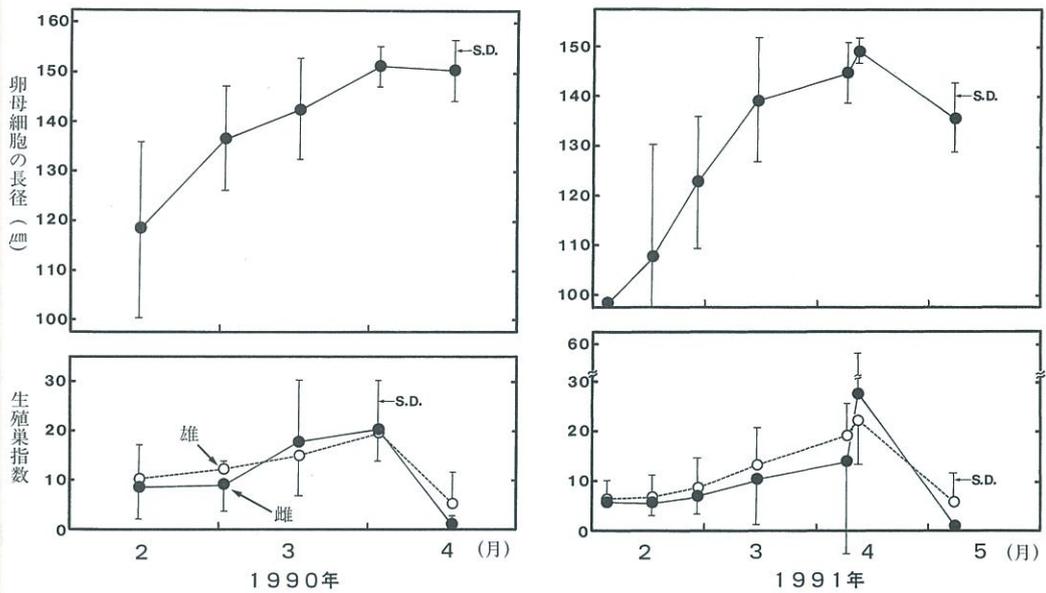


図4 飼育経過に伴う生殖巣指数および卵母細胞の長径の推移 (伊藤ら 1994c)

数の推移から、長崎県大村湾産のアオナマコを陸上水槽で飼育した場合、その産卵盛期は3月下旬から4月中旬であると推定されました。そして、1月下旬から2月中旬に採取し、その後、陸上水槽で12~13℃の自然水温下で飼育を行った場合、3月下旬から4月中旬（飼育水温14℃前後）にかけて産卵誘発を行えば大量の受精卵が容易に得られることが明らかとなりました（産卵誘発の方法については後述）。採卵適期を推定する指標については、産卵誘発に対する反応率や平均産卵数の高まる時期が、卵母細胞の大きさの平均値が約140 μm 以上のときであることから、卵母細胞の大きさの推移が産卵誘発時期を決定する上で重要な指標になることが明らかとなりました。また、生殖巣指数については、3月下旬から4月上旬にかけて雌雄ともに高まりがみられましたが、卵母細胞の大きさのような基準値を定めることはできませんでした。

以上の結果から、アオナマコについては、卵母細胞の大きさや生殖巣指数の推移を観察することによって、平成4年以降、安定して大量の受精卵を得ることが可能になりました。

参考として、平成4年および5年の飼育経過に伴う生殖巣指数、卵母細胞の大きさおよび親ナマコの飼育水温の推移を図5に示します。これらの観察結果から、平成4年は3月31日と4月7日、平成5年は4月2日と5日にそれぞれ種苗生産のための産卵誘発を行い、種苗生産に必要な十分量の受精卵が得られました。

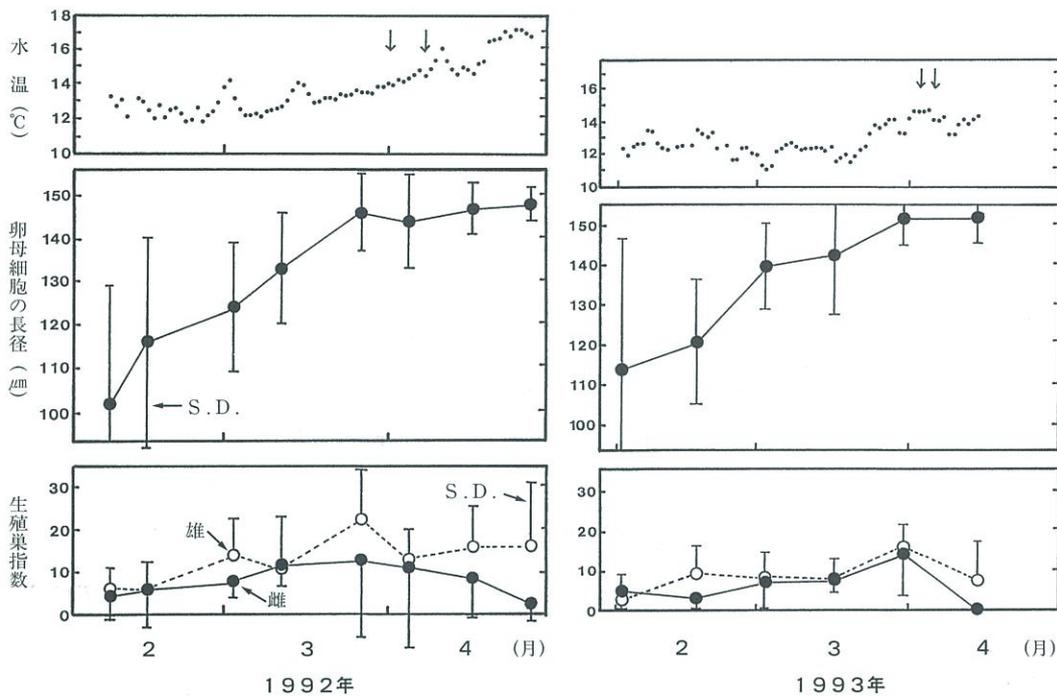


図5 飼育経過に伴う生殖巣指数および卵母細胞の長径の推移 (伊藤ら 1994c)
(矢印は産卵誘発日を示す)

第3章 マナマコの種苗生産

なお、親ナマコとして入手している大村湾産アオナマコの大きさは約300gで、個体間における成熟度の差はあまりみられないようです。

参考として産卵盛期の親ナマコ生殖巣の雌雄の色調を図6に示します。



図6 親ナマコ生殖巣の雌雄の色調

(2) アカナマコ

平成7年から県内産の親ナマコを使用するようにしたため、ここでは肥前町の高串地先および唐津市の神集島地先のアカナマコの採卵適期について説明します。

アカナマコは平成4年から本格的な種苗生産を開始しました。まず最初に、大村湾産のアオナマコと同様に安定した採卵が可能となるように、本県の天然海域におけるアカナマコの産卵期を調査しました。調査は平成4年2月から平成5年5月にかけて行いました。調査は、定期的に採取したアカナマコの生殖巣を取り出し、生殖巣指数や卵母細胞の大きさを測定するとともに、生殖巣の組織学的な観察を行いました。その結果を図7、8、表2、3に示します。なお、高串地先はアカナマコとアオナマコの棲息域が一部重なるため、図7にはアオナマコの調査結果も示しています。生殖巣指数のピークの出現やその後の減少時期、卵母細胞の大きさの推移、放卵、放精直前の成熟状況を示す成熟後期や放卵、放精後を示す放出期の組織像の出現頻度などから、産卵期は年によって若干異なりますが、3月から5月であろうと推察されました。さらに、高串および神集島産アカナ

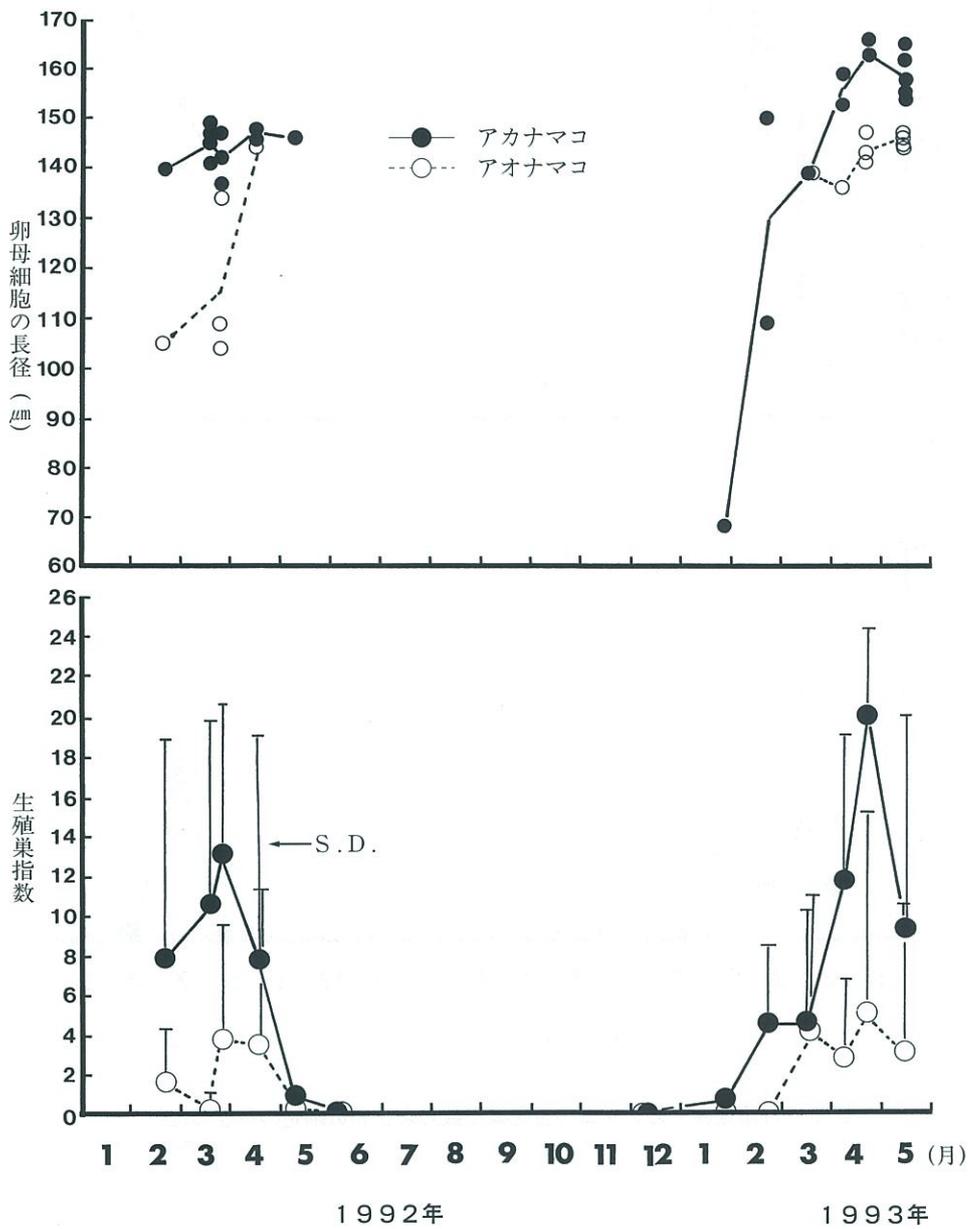


図7 高串産アカナマコ、アオナマコの生殖巣指数および卵母細胞の長径の推移
(伊藤ら 1994a)

マコの観察日毎の体重と生殖巣指数の関係(図9, 10)から、個体の大きさによって産卵盛期に若干の差がみられ、大型のものほど成熟時期が早く、生殖巣指数も高いことが明らかになりました。これらのことから、高串産は体重400 g以上、神集島産は200 g以上の個体を2月頃に採取すること

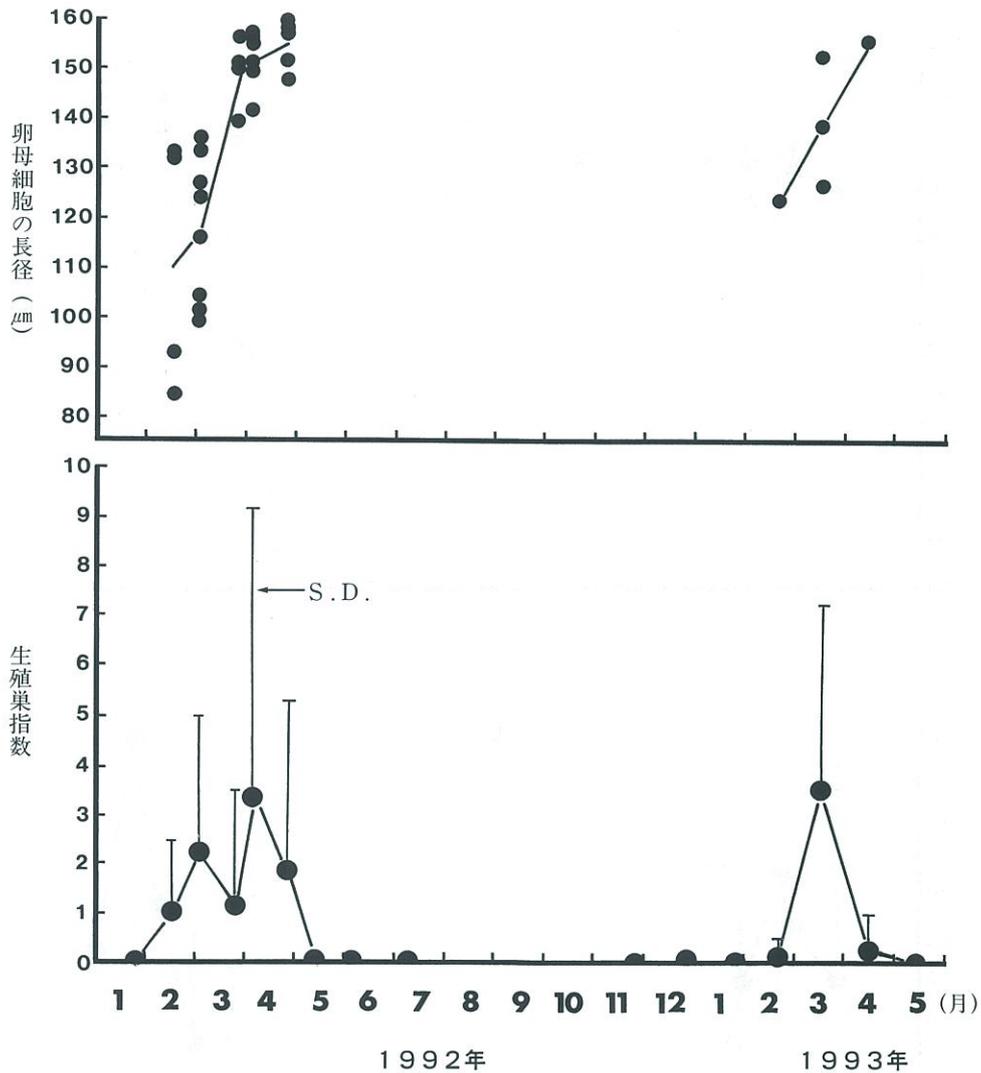


図8 神集島産アカナマコの生殖巣指数および卵母細胞の長径の推移
 (伊藤ら 1994a)

が望ましいようです。また、産卵盛期の卵母細胞の長径の平均値は約160 μm で大村湾産のアオナマコの値に比べ若干大きいようです。

平成4年から7年までの成熟状況の調査や採卵結果から、2月頃に高串および神集島地先で採取し、大村湾産のアオナマコと同様の方法で飼育管理を行えば、高串産は4月中下旬、神集島産は4月下旬から5月上旬に大量の受精卵が得られるようです。

表2 高串産アカナマコ生殖巣の発育ステージ別個体数

採集年月日	休止期	成長期		成熟前期		成熟後期		放出期		総計
		♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	
1992. 2.21		1			1					2
3.18		3		2		1	4			10
3.25					1	2	2	1		6
4.16						2	1	1	2	6
5. 9									1	1
6. 3	2								1	3
12. 8	1									1
1993. 1.27	1	1	2		1					5
2.22		1	1	1	1		1			5
3.16		1	1	2			1			5
4. 7				1		1	2			4
4.21						2	2			4
5.14						3	5	1	4	13

(伊藤ら 1994a)

表3 神集島産アカナマコ生殖巣の発育ステージ別個体数

採集年月日	休止期	成長期		成熟前期		成熟後期		放出期		総計
		♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	
1992. 1.27	15									15
2.18	1	8	6	1	4					20
3. 3		8	3	3	8					22
3.27	7	3	2		1	1	4			18
4. 4	4		4			3	7	1	1	20
4.28	16					3	5	2	1	27
5.14	15		1					7	1	24
6. 4	11							1		12
7.10	12									12
11.27	3									3
12.28	6	8	9							23
1993. 1.27	7	1	2							10
2.22	7	4	3		1					15
3.27		4		2	2	3	1			12
4.15	7		1			2	1	5	3	19
5.14	15							1		16

(伊藤ら 1994a)

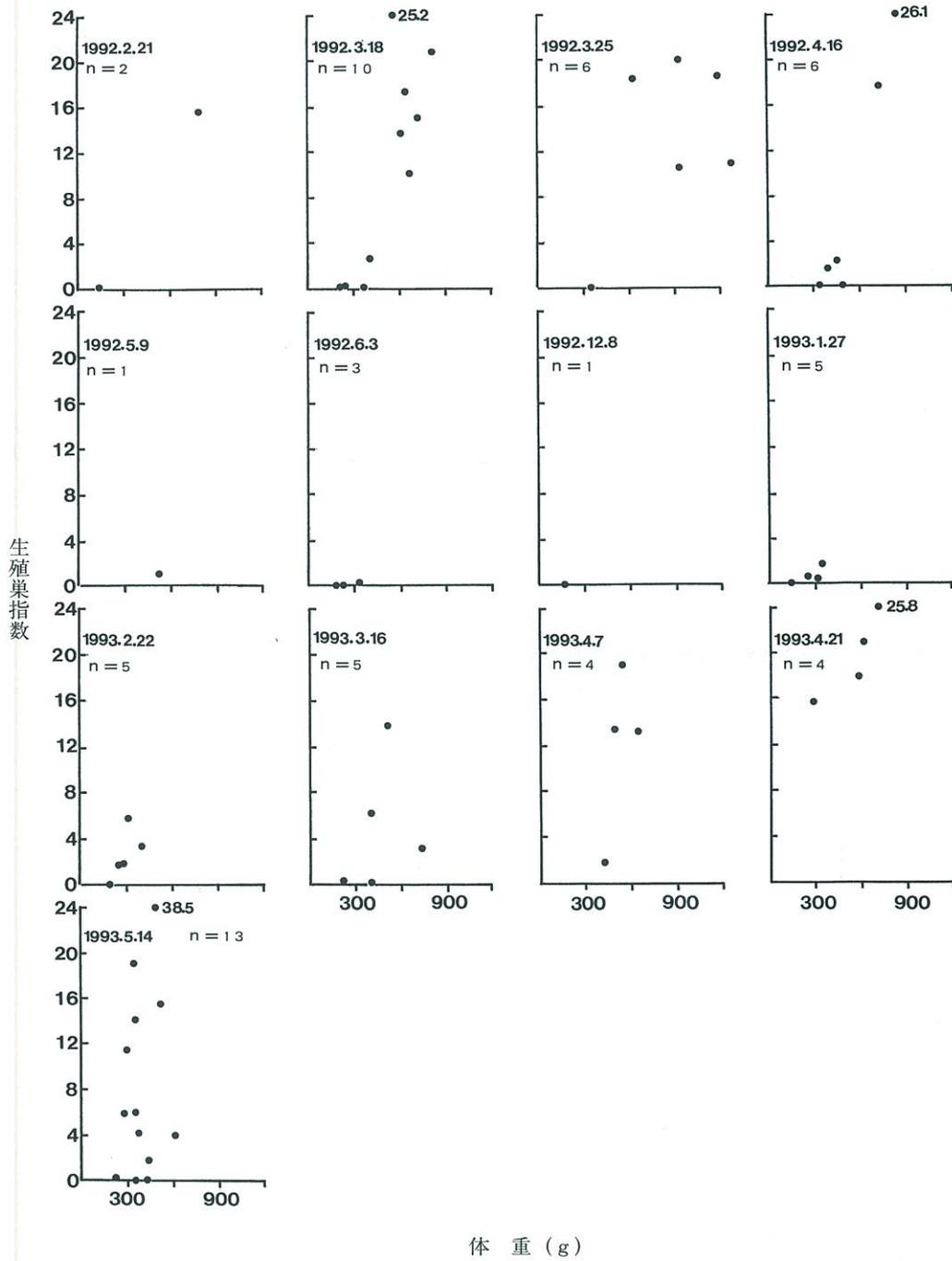


図9 高串産アカナマコの体重と生殖巣指数との関係 (伊藤ら 1994a)

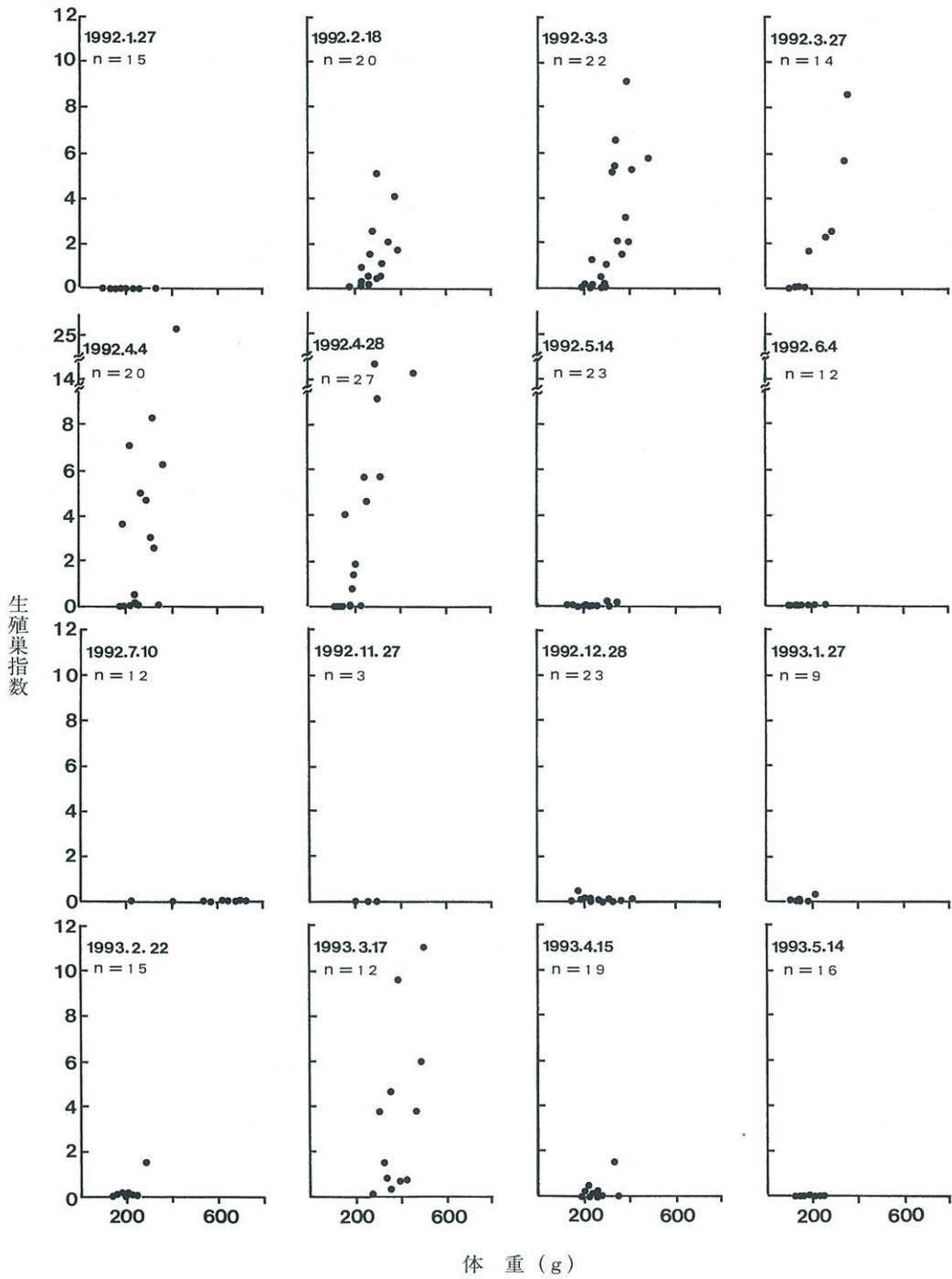


図10 神集島産アカナマコの体重と生殖巣指数との関係 (伊藤ら 1994a)

3. 採卵 卵 ● ● ●

1) 採卵方法

(1) アオナマコ

採卵の模式図を図11に示します。産卵誘発方法は昇温刺激法を用いています。これは、福岡県の石田さんの方法を応用したものです。産卵誘発時の親ナマコの飼育水温より5℃ほど昇温した海水中へ入れるものです。すなわち、1個体ずつを昇温海水の入った20ℓ水槽へ収容し、ただちに昇温した海水を約0.5ℓ/分の流量で流し込む方法です。産卵誘発は午前9時頃から約3時間ほど行います。刺激中は室内を暗くし、さらに各水槽を黒色のビニールシートで覆います。通常、昇温刺激を開始して1～2時間以内に雌雄ともに反応がみられ、容易に受精卵を得ることができます。

なお、産卵誘発は流水で行うため、雌雄ともに反応がみられると注水を止める必要があります。このため、昇温刺激を開始した1時間後からは、約15分毎に懐中電灯を使って反応状況を観察します。

親ナマコは1回の採卵に10個体ほど使用します。通常、種苗生産のための採卵は2回行います。

また、産卵誘発からふ化までの作業はすべて恒温室内で行い、海水はろ過水槽(第1章図20参照)でろ過した海水を紫外線照射して使用します。

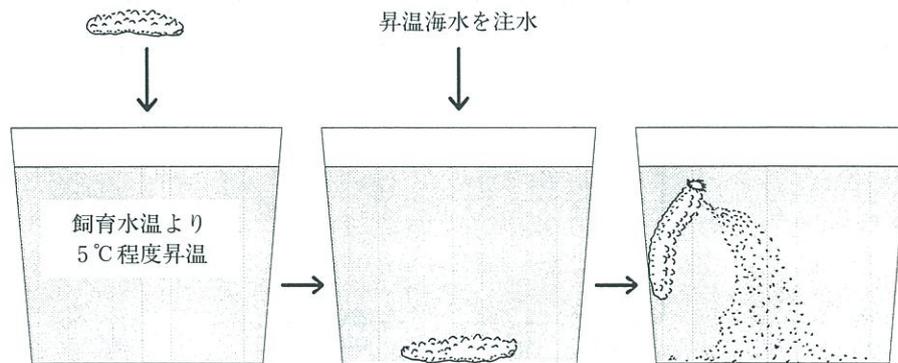


図11 アオナマコの産卵誘発方法の模式図

(2) アカナマコ

大村湾産のアオナマコは先に述べた方法で産卵誘発がスムーズに行われますが（もちろん採卵適期に産卵誘発を行うことが絶対条件ですが）、アカナマコはまだ改良する点が多いようです。アカナマコは平成4年から7年までの結果から、1個体ずつ個別に誘発を行うのではなく、同一水槽内に多数の個体を入れ誘発を行うほうがより確実に受精卵が得られるようです。また、大村湾産のアオナマコのように昇温刺激に対してすぐには反応せず、数日間反復して産卵誘発を行う必要があるようです。産卵誘発には100ℓパンライト水槽を使用します。昇温した海水を入れた水槽内に、親ナマコを10～15個体入れ、径5cmのエアーストンで弱通気を施します。アオナマコとは違って止水で産卵誘発を行います。産卵誘発は、アオナマコと同様に恒温室内で行い、刺激中は室内を暗くし、さらに水槽を黒色のビニールシートで覆います。

放卵、放精直前の親ナマコは水槽の水面近くに這い上がって蝸集し、頭部を大きく左右に振りまわす。そして、通常、雄が放精を開始し、その後雌が反応します。これは、放精による採卵水槽内の精子濃度の高まりが放卵を誘起しているものと考えられます。採卵がスムーズに行われる場合は、雄が反応して数分（30分以内）で雌が反応します。アオナマコのように個別に産卵誘発を行えば任意に媒精作業ができます。しかし、同一水槽内で放卵、放精が行われると受精時の精子濃度を調節することが困難です。このため、雄が放精を開始すると雌が反応するのを懐中電灯を使って注意深く観察する必要があります。放卵を開始した個体は素早く20ℓ水槽へ移し替え、20ℓ水槽内で放卵させます。このとき、放卵を開始した個体の頭部を懐中電灯で照らすとよく放卵するようです。産卵誘発は午前9時頃から行いますが、誘発開始後2～3時間以内に放卵、放精が行われない場合は翌日同様の作業を行います。産卵誘発を終了する際は、100ℓパンライト水槽内の海水を全換水して、水温を常温に戻します。なお、その際に使用する海水の温度は、紫外線を照射したろ過海水のため通常の海水温より約2℃ほど高くなっています。

アカナマコの雌の生殖巣内に、図12に示したような長径の長さが約250 μm の楕円形のものがみられ

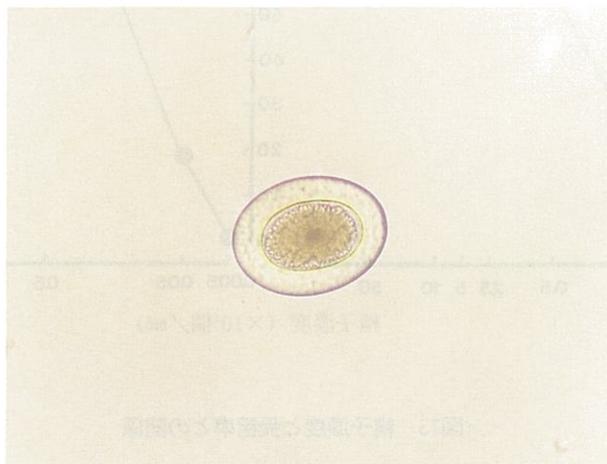


図12 アカナマコ生殖巣(雌)内にみられた長径約250 μm の楕円形のもの

第3章 マナマコの種苗生産

る場合があります。これは生殖巣内で卵母細胞が成熟していく過程からみられ、成熟期の生殖巣内に充満している場合もあります。このような雌は昇温刺激に対して反応する割合が低いようです。

なお、アオナマコ、アカナマコともに外部形態からは雌雄の判別は不可能です。ただ、通常、雌雄比は1:1のようです。また、採卵に使用する親ナマコは、産卵誘発前1週間は餌止めを行います。これは生み出された卵の中に糞が混入するのを防ぐためです。

2) 媒精およびふ化槽への収容

エゾアワビやウニ類などでは採卵後の媒精の際、加える精子の濃度があまり高すぎると卵割が異常となって正常な発生ができないことが報告されています。また、逆に精子濃度が低すぎると未受精卵の割合が高まり、受精率の低下が懸念されます。そこで、アオナマコ、アカナマコの採卵後の適正な媒精濃度を明らかにするため、精子濃度と受精率およびふ化率との関係について実験を行いました。

精子濃度と受精率およびふ化率との関係を図13、14に示します。実験結果から、種苗生産における適正な媒精濃度は、 $5 \times 10^4 \sim 10 \times 10^4$ 個/ml、卵1個に対して精子数 $1 \times 10^3 \sim 2 \times 10^3$ 個が好適であることが明らかになりました。

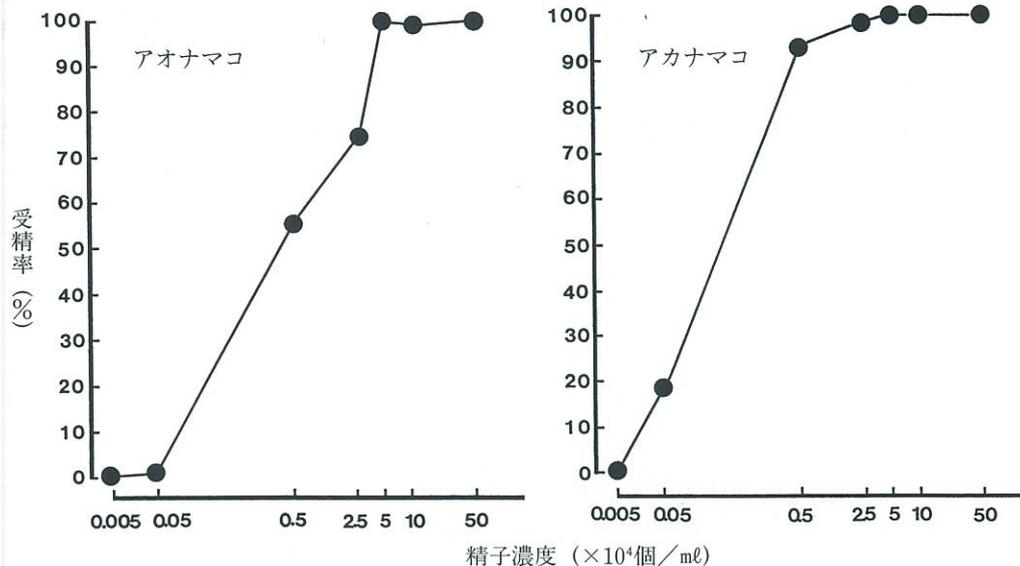


図13 精子濃度と受精率との関係

(伊藤ら 1994e)

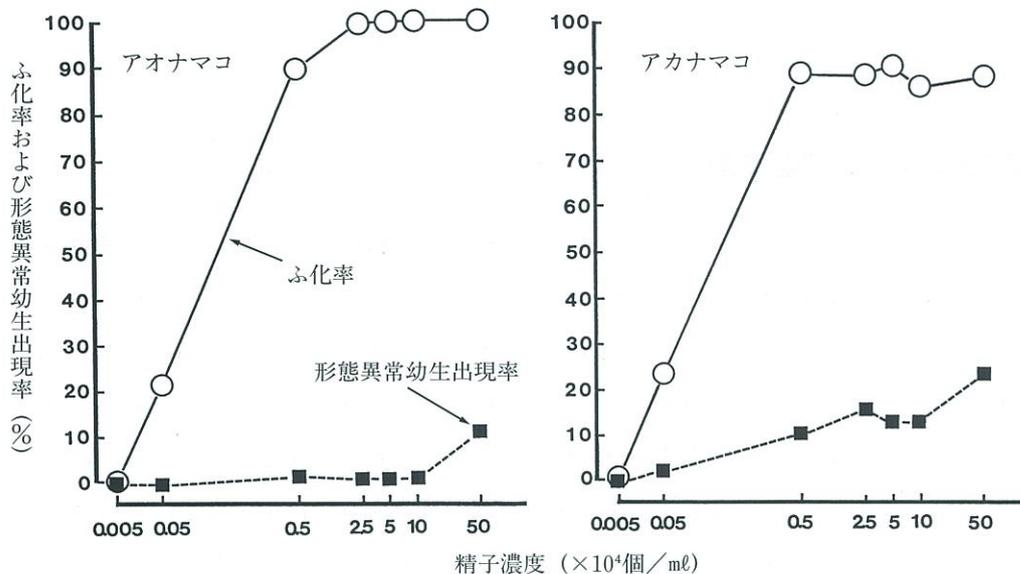


図14 精子濃度とふ化率および形態異常幼生出現率との関係 (伊藤ら 1994e)

(1) アオナマコ

放卵を開始した約1時間後に、卵を回収し媒精します。卵はビニールホース(径12mm)を用いて20ℓ水槽へ回収します。この中へ所定の精子濃度となるように精子懸濁液を添加し緩やかに攪拌します。通常、雄が雌に比べ早く反応します。また、媒精に使用する精子は顕微鏡観察によって活力を確認する必要があります。媒精後はただちに海水を加え水量を20ℓとし、正確な受精卵量を容積法で計数します。20ℓ水槽内の卵が200万粒を越える場合は、分槽して1水槽当たりの収容卵数を調整します。受精卵は、沈殿法(第2章図4参照)によって1時間半~2時間毎に2~3回洗卵したのち、再度サンプリングして容積法による計数と発生状況の確認を行います。その後ふ化槽へ収容します。ふ化槽内の水温は18℃に調整します。このため、産卵誘発時の水温が18℃より高い場合は、洗卵の際に段階的に水温を下げていきます。ふ化槽は100ℓパンライト水槽を使用し、1水槽当たり200~300万粒の受精卵を収容します。その際、沈殿した受精卵が水槽底面に均一になるようにします。水槽底面のふちなどにかたまると正常な卵発生がみられず健全なふ化幼生が得られない場合があります。

(2) アカナマコ

放卵が終息したのち、ただちに媒精を行います。媒精用の精子は、放精が確認された雄(または親ナマコの飼育水槽から数個体を取り出して使用)を切開して取り出したものを使用します。すな

わち、精子懸濁液は滅菌海水の入った200mlビーカーへ生殖巣を入れ、この生殖巣をピンセットで軽く絞って作製します。使用する雄の生殖巣は、生殖巣のよく膨らんだ乳白色のものを使用します。また、絞り出した精子は数分で活動を開始します。このため、この活動の開始を確認してから媒精を行います。媒精後の受精卵の洗卵やふ化槽への受精卵の収容方法等は、アオナマコでの方法と同様です。

4. 浮遊幼生の飼育と採苗時期 ● ● ●

現在行われているマナマコの種苗生産は、ほとんどが同一水槽内で浮遊幼生から着底初期またはそれ以降の稚ナマコまでの飼育を一貫して行う生産方式で行われています。一方、当センターの生産方式は第2章で説明したウニ類の生産方式と類似したものです。すなわち、浮遊幼生が底棲性の *Pentacutula* 幼生へ移行する前 (*Doliolaria* 幼生が主体のとき) に飼育水槽から浮遊幼生を回収し、浮遊幼生の飼育水槽とは別の水槽で付着珪藻板へ稚ナマコとして付着・変態させ、この付着珪藻を餌料とする生産方式、いわゆる“採苗方式”です。採苗方式で稚ナマコの種苗生産を行う場合、まず浮遊幼生をすみやかに付着器へ付着させ、効率よく稚ナマコへ変態させる必要があります。そのためには、採苗を行うタイミング (どの発生ステージのときに採苗を行えば効率よく稚ナマコが生産できるか) や採苗に使用する幼生を安定して生産することが重要です。

1) 浮遊幼生の形態

マナマコの発生は、一般に受精後約1日で囊胚期幼生となって浮遊し、翌日には *Auricularia* 幼生となり、植物プランクトンを摂餌して浮遊生活を送ります。約2週間後には、5本の繊毛環を持つ *Doliolaria* 幼生に変態し、さらに底棲性へ移行して *Pentacutula* 幼生となり、デトリタスなどの有機性の堆積物を摂餌するようになります。そして稚ナマコへ変態します。当センターではふ化から稚ナマコまでの発生・変態ステージを以下のように定義しています。すなわち、受精後約24時間の囊胚期幼生から *Auricularia* 幼生が最大体長(約900 μ m)に達し、5対の球状体が出現するまでを *Auricularia* 前期幼生、その後縮小期に入り、体長が約500 μ mに縮小するまでを *Auricularia* 後期幼生としています。さらに変態が進み、5本の繊毛環が完成した幼生を *Doliolaria* 幼生、その後、口部から第一次触手を出すようになったものを *Pentacutula* 幼生、管足が形成されたものを稚ナマコとしています(図15)。

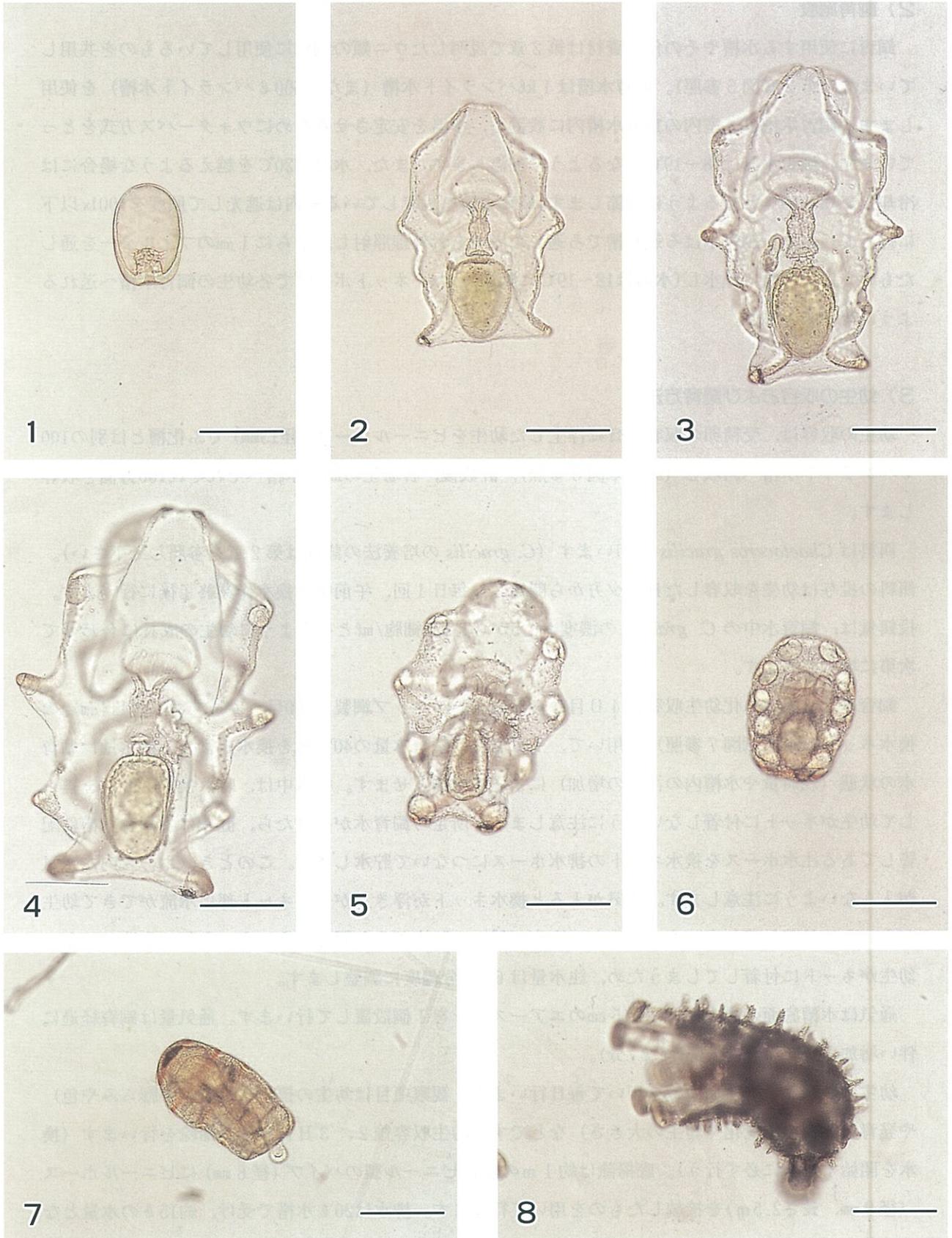


図15 ふ化幼生から稚ナマコまでの発生・変態ステージ
 1～4, *Auricularia* 前期幼生；5, *Auricularia* 後期幼生；
 6, *Doliolaria* 幼生；7, *Pentacutula* 幼生；8, 稚ナマコ。
 スケール・バーは200 μ m

2) 飼育施設

飼育に使用する水槽やその他の資材は第2章で説明したウニ類の飼育に使用しているものを共用しています(第2章図5参照)。飼育水槽は1klパンライト水槽(または500lパンライト水槽)を使用します。飼育水槽は、室内の15^m水槽内に設置し、水温を安定させるためにウォーターバス方式をとっています。飼育水温は18~19^oCとなるように加温します。また、水温が20^oCを越えるような場合には冷却して18~19^oCとなるように調節します。飼育水槽を設置している室内は遮光して照度を100lx以下に抑えています。飼育水はろ過水槽でろ過した海水を紫外線照射し、さらに1 μ mのフィルターを通したものを15^m水槽に貯水し(水温は18~19^oCに調節)、マグネットポンプで各幼生の飼育水槽へ送れるようになっています。

3) 幼生の収容および飼育方法

幼生の収容は、受精卵の収容翌日に浮上した幼生をビニールホース(径13mm)でふ化槽とは別の100lパンライト水槽へ回収し(第2章図6参照)、計数後、各幼生の飼育水槽へそれぞれ100万個を収容します。

餌料は *Chaetoceros gracilis* を用います(*C. gracilis* の培養法の詳細は第2章を参照して下さい)。餌料の投与は幼生を収容した日の夕方から開始し、毎日1回、午前中の換水作業終了後に行います。投餌量は、飼育水中の *C. gracilis* の濃度が0.5から2.5万細胞/mlとなるように幼生の成長に合わせて次第に増加させます。

飼育水の交換はふ化幼生収容後4日目から毎日行い、ニップ網製(200目、オープニング114 μ m)の換水ネット(第2章図7参照)を用いて、1日当たり飼育水量の40%量を換水します。換水量は飼育水の状態(残餌量や水槽内の汚れの増加)によって増加させます。換水中は、時々換水ネットを揺らして幼生がネットに付着しないように注意します。所定の飼育水が抜けたら、直ちに各飼育水槽に配管してある注水ホースを換水ネットの排水ホースにつないで貯水します。このとき、ホース内に空気が入らないように注意します。空気が入ると換水ネットが浮き上がり、ネット部に水流ができて幼生がネットに付着してしまいます。また、注水の勢いが強すぎると同じようにネット部に水流ができて幼生がネットに付着してしまうため、注水量は6l/分程度に調整します。

通気は水槽底面の中央部には径5cmのエアーストンを1個設置して行います。通気量は飼育経過に伴い増加させます(約0.5~1l/分)。

幼生の観察は、実体顕微鏡を用いて毎日行います。観察項目は幼生の摂餌状況(胃の膨らみや色)や発育状況(形態変化や幼生の大きさ)などです。幼生収容後2,3日目には底掃除を行います(換水を開始する前に必ず行う)。底掃除は約1mの塩化ビニール製のパイプ(径8mm)にビニールホース(径9mm,長さ2.5m)を接続したものをを用いて行います。排水は20l水槽で受け、約15lの水量となるまで底掃除を行います。換水開始後は1日毎に行います。吸い取る水量は汚れの程度に応じて増減させ、その量は5~15lです。底掃除は幼生の大きさが最大(体長約900 μ m)となるまで行います。浮遊している幼生の中に、*Auricularia* 後期幼生が観察されるときは、水槽の底のほうに *Doliolaria* 幼生

が出現している場合があります。このため、Auricularia 後期幼生が観察された場合は、必ず毎日、底掃除用のホースを使って水槽の底から約200mlほど採水し、Doliolaria 幼生の出現状況を観察する必要があります。

底掃除によって正常な幼生が回収されますが、その幼生は飼育水槽へは戻さず廃棄します。このため、飼育期間中の生残率（通常60～70%）は見かけ上若干低くなっています。

飼育水の表面に汚れの膜のようなものができ、エアーによる幼生の拡散が妨げられる場合があります。このようなときは、水槽の半径程の長さの細長い発砲スチロール板を2枚用意し、これを水面に浮かべます。そして、板の一端を水槽の中心に置き、これを軸にしてそれぞれ反対方向に動かし、膜をはさみこんで除去します。

4) 採苗時期

Auricularia 後期幼生と Doliolaria 幼生を使った稚ナマコへの変態実験の結果、Doliolaria 幼生は、附着珪藻と接触することによって稚ナマコへすみやかに変態することが明らかになりました。このため採苗は、浮遊幼生の飼育過程で最大体長に達したのち、体長や胃の縮小とともに、摂餌量*が減少し、着底期に入る前の Doliolaria 幼生の割合が高まったとき（平均体長約500 μ m前後）に行うのが最も効果的であると思われます。

参考としてアオナマコ、アカナマコの飼育経過に伴う体長の変化、生残および发育ステージの推移を図16に、飼育期間中の投餌量および1日当たりの摂餌量を図17に示します。

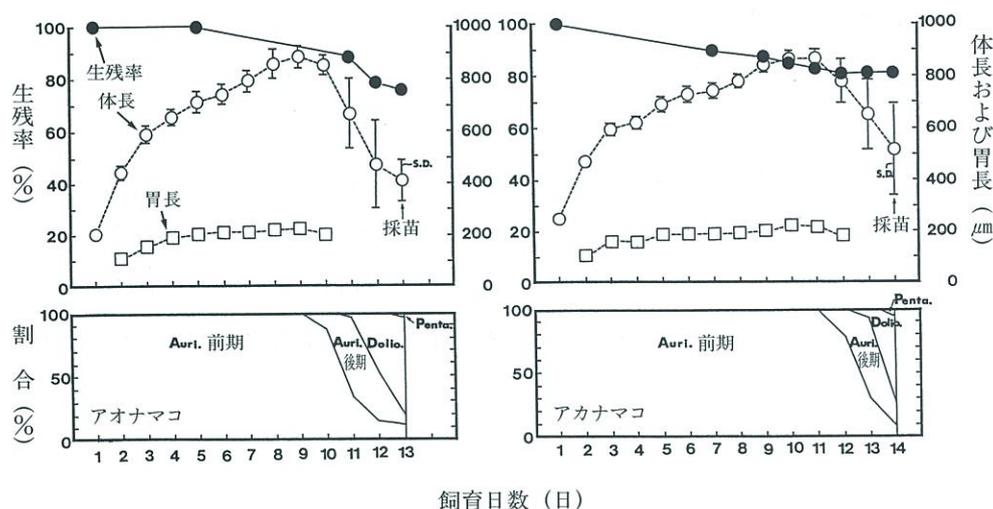


図16 アオナマコ、アカナマコの浮遊幼生の飼育経過に伴う成長、生残および发育ステージの推移 (伊藤ら 1994i)

* 摂餌量：投餌および換水前の飼育水中の *C. gracilis* の細胞数をフックス・ローゼンタールの計算盤を用いて計算し、前日の投餌時点からの飼育水中の *C. gracilis* の減少量を求めます。この減少量を摂餌量として表します。

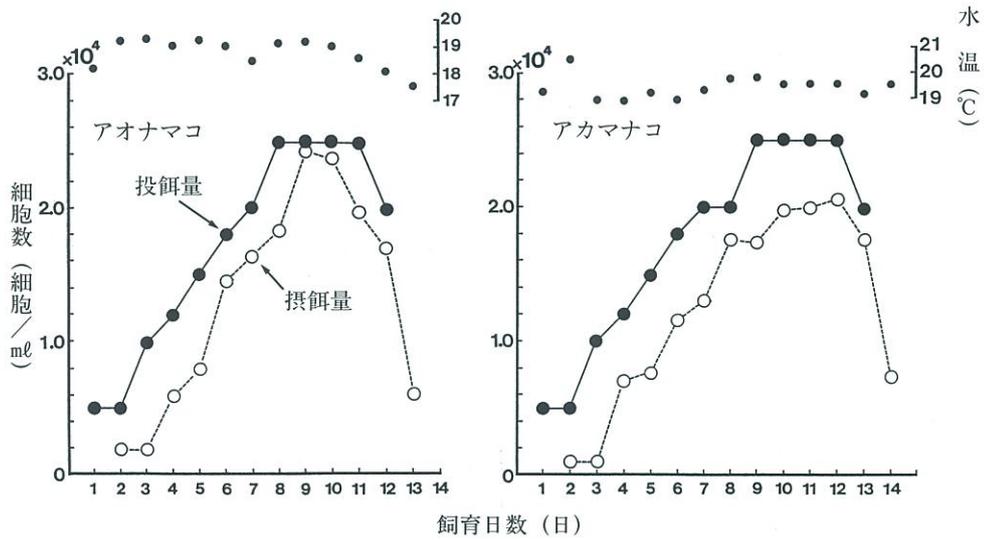


図17 アオナマコ、アカナマコ浮遊幼生の飼育経過に伴う *Chaetoceros gracilis* の投餌量および摂餌量の推移 (伊藤ら 1994i)

5. 稚ナマコの一次飼育 ● ● ●

採苗から付着珪藻を餌料とした付着珪藻板での稚ナマコの飼育を稚ナマコの一次飼育と呼んでいます。

1) 付着珪藻の培養 (詳細は第1章に記述)

付着珪藻は、幼生の付着・変態を促進させるとともに、変態後の稚ナマコの初期餌料として重要な役割を持っています。

付着珪藻の密度を変えて *Doliolaria* 幼生から稚ナマコへの変態の促進効果について検討した結果、自然繁殖させた、いわゆる天然珪藻では、付着珪藻の密度が高いほど *Doliolaria* 幼生から稚ナマコへの変態が促進される傾向がみられました(図18)。このため、採苗に使用する付着珪藻板は付着珪藻の十分繁殖したものを使用する必要があります。通常、付着珪藻の培養は1月下旬から2月上旬にかけて開始します。

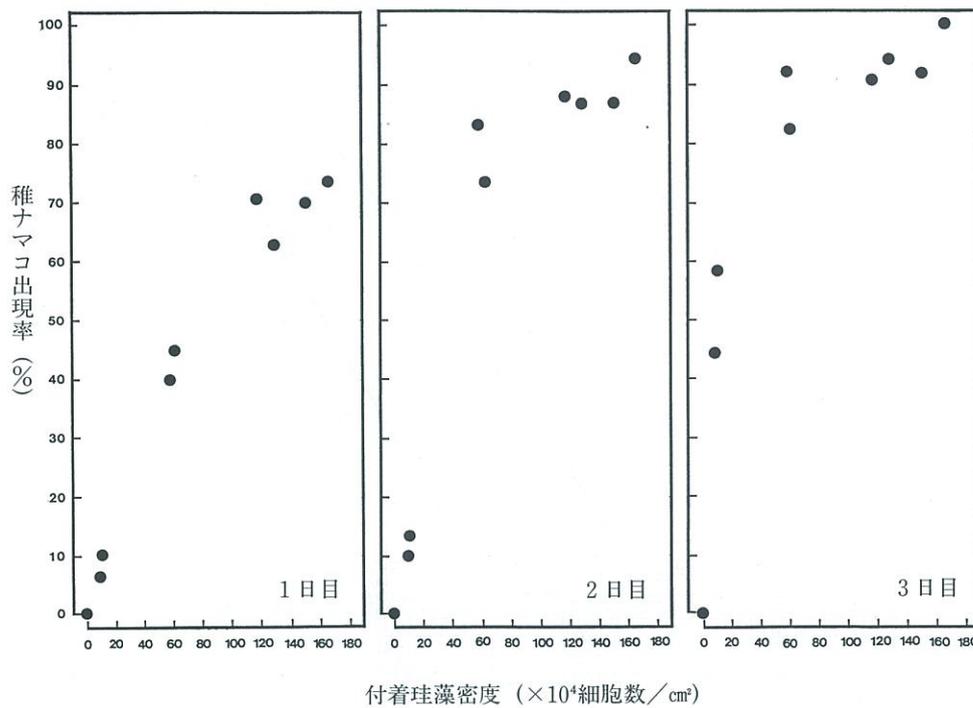


図18 飼育経過に伴う付着珪藻密度と稚ナマコ出現率との関係 (伊藤ら 1994j)

2) 採苗および稚ナマコの飼育水槽

(1) 飼育水槽

飼育水槽の概略図を図19に示します。飼育水槽は屋外の15m³水槽を使用します。飼育水槽の内側には、浮遊幼生や稚ナマコの流失を防ぐため、便宜上一次飼育用の生簀（ニップ網製、オープニング225μm）を設置し、その中に付着珪藻板を入れ浮遊幼生を收容します。付着珪藻板は100セットを水槽底面に対して垂直に設置します。また、ウニの採苗時のように、付着珪藻板80セットを水槽底面に対して水平に設置する場合があります。

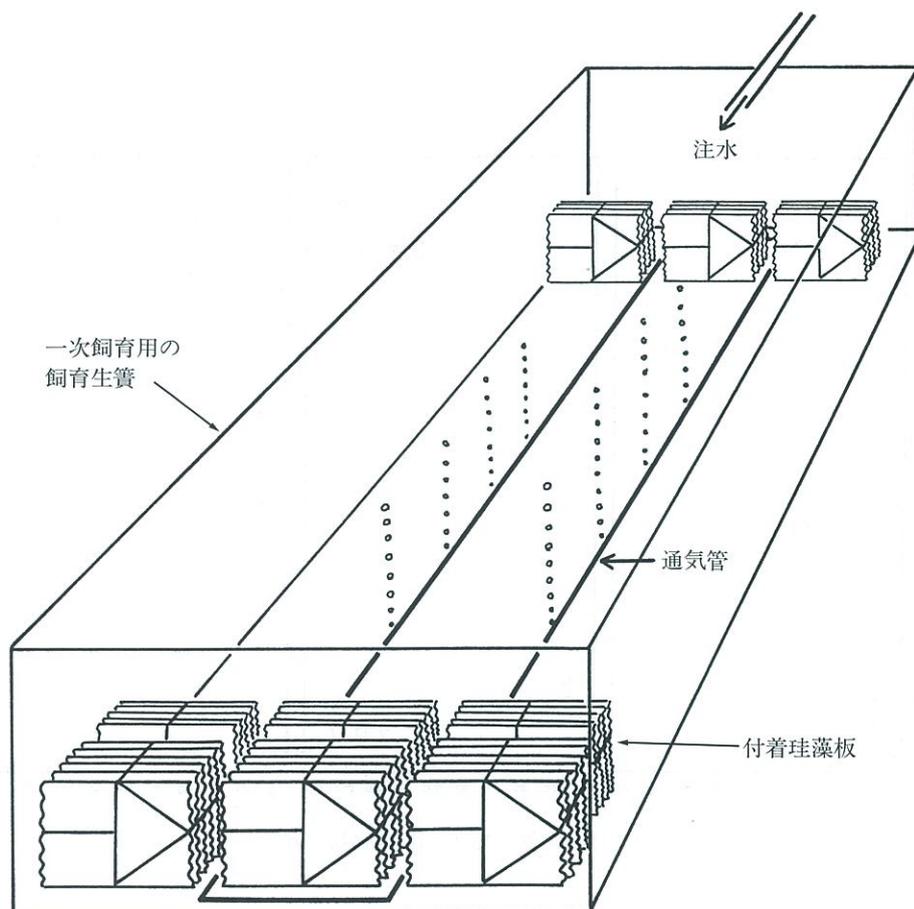


図19 稚ナマコ一次飼育用の飼育水槽の概略図

(2) 附着珪藻板の設置方法

採苗時の附着珪藻板の設置方法の違いによる採苗率への影響について検討した結果を表4に示します。この実験結果から、附着珪藻板を垂直に設置した場合と、水平の場合では全体の稚ナマコの附着数に大きな差はみられませんでした。しかし、垂直の場合は附着珪藻板の両面での附着数の差はさほどなく、均等な附着がみられました。これに対し、水平の場合は上、下面での附着数が著しく異なり、いわゆるムラ付きしました。これは量産規模の実験でも同じようです。このことから、採苗後の稚ナマコの行動力が小さいことなどを考えると、附着数のバラツキが少ない、附着珪藻板を水槽底面に対して垂直に設置する採苗方法のほうが好ましいようです。ただ、採苗に使用する幼生の発生が予想以上に速い場合(Pentacutula 幼生が多数含まれるなど)は、附着珪藻板を水平に設置して採苗を行うほうがよいようです。

表4 付着珪藻板1枚当たりの稚ナマコ付着数および採苗率

水槽No.	設置方法	稚ナマコ付着数		採苗率 (%)
		付着珪藻板の面	平均値±標準偏差	
1	水平	上面	444.9±148.3	43.6
		下面	64.8± 28.6	
		両面	509.7±169.3	
2	水平	上面	552.3± 90.2	52.0
		下面	56.2± 22.6	
		両面	608.5±108.3	
3	垂直	左面	378.4±118.4	56.3
		右面	280.4±152.9	
		両面	658.8±203.9	
4	垂直	左面	388.7± 76.8	54.0
		右面	244.0± 68.3	
		両面	632.7±117.5	

(伊藤ら 1994j)

(3) 幼生の回収

幼生の回収方法は、第2章で述べたウニ類での回収方法と同様です(第2章図14参照)。回収した幼生は台車に乗せ、屋外の採苗水槽まで運びます。

(4) 採 苗

幼生を収容するときは、水槽のエアを強めにし、5ℓカップを用いて水槽全面に均一になるように撒きます。幼生収容後は、海水が緩やかに攪拌する程度にエアを弱め、遮光を行います。幼生収容後2日間は止水にします。また、採苗時に付着珪藻板を水平に設置した場合は、採苗から2日目頃に付着珪藻板を立てます。

収容する幼生数は、アワビやウニのような基準がまだなく、現在検討中です。ただ、過去数年間の採苗後の稚ナマコの飼育経過から判断すると、採苗後10日目の稚ナマコの付着数は付着珪藻板1枚当たり200個程度が好ましいようです。このため、採苗率を50%と想定すると、1水槽当たりの収容幼生数(Auricularia前期の幼生数は含まない)は40万個になります。なお、当センターのアオナマコの採苗は4月中旬頃で、気象条件によっては採苗水槽の水温(自然水温)と浮遊幼生飼育時の水温(18℃程度に加温)との間に大きな差が生じる場合があります。このようなときは低い採苗率(20%前後)しか望めず、収容幼生数を増やす必要があります。また、屋外に水槽が設置してあるため、採苗時の降雨による飼育水の塩分の低下については十分注意する必要があります(平成5年に被害あり)。あらかじめ大雨が予想される場合は水槽をシートで覆うなどの対策が必要です。

3) 稚ナマコの飼育と付着珪藻の培養管理

採苗後の稚ナマコの飼育は流水で行います。注水は水槽上面から行い、飼育経過に伴い次第に量を増します（最高1日当たり約8回転）。

付着珪藻は自然繁殖させたものであり、流水下で飼育を行っているため、稚ナマコは付着珪藻だけでなく他の付着性藻類やバクテリア、デトライタスなども摂餌していると思われませんが、過去の飼育実験の結果から、稚ナマコの成長には付着珪藻板上の付着珪藻の量的なものが大きく影響していると思われます。このため、餌料として十分量の良質な付着珪藻を供給する必要があります。

飼育期間中は、遮光幕による照度調節（晴れの日には70%遮光、曇りまたは雨の日には50%遮光）と付着珪藻板上、下面の反転を適宜行います。さらに、1週間に2～3回の施肥（15m³水槽にノリ糸状体用培養液500ml、メタケイ酸ナトリウム225g）を行います。このとき、メタケイ酸ナトリウムは海水に溶けにくいので、20ℓほどの真水で溶解したのち、水槽に散布します。施肥は午前9時頃に行い、午後5時頃までは止水にしています。ただ、7、8月の場合は止水中に水温が上昇するため、止水時間を短くします。また、コペポダの発生がみられる場合は、施肥の際にディプテレックス乳液を有効濃度で0.5ppmまたは1ppmとなるように添加します（1ppmとなるように添加する場合は、水温の上昇が予想され止水時間を短くする場合）。

採苗後、約30～60日目に稚ナマコの飼育密度の引き下げと餌料不足を補うために稚ナマコの分槽“差し替え”作業を行います。分槽の時期は飼育例によって異なりますが、通常、稚ナマコの体長が2～3mmに成長した時期に行います。なお、この分槽時期は、付着珪藻板1枚当たりの稚ナマコの付着数が200個程度の場合です。付着数が著しく多い場合は早めに分槽することが重要です。分槽作業は、アワビやウニと同様に稚ナマコの付着した10枚1組の付着珪藻板から1枚おきに付着珪藻板を抜き取り、ここに付着珪藻が十分繁殖した新しい付着珪藻板を差し入れ、稚ナマコの付着した付着珪藻板のセット数を2倍（飼育水槽も2倍）にするものです。

過去の飼育例から判断すると、分槽前の付着珪藻板1枚当たりの稚ナマコ付着数は、100～150個が好ましいようです（採苗後10日目の付着数の目安は200個前後）。また、アワビやウニなどのように、摂餌によって付着珪藻板の付着珪藻がなくなる（肉眼的に）ことはありません。このため稚ナマコの成長や摂餌状況（実体顕微鏡下では稚ナマコの胃が茶色に色づいている）を観察し、飼育管理（特に付着珪藻の量的なもの）に問題がないかを判断する必要があります。

付着珪藻板の付着珪藻の種類は、通常、長軸長約20μm以下の小型の *Navicula* 類、*Nitzschia* 類が主体で、その他 *Achnanthes* 類、*Amphora* 類などです。また、飼育経過に伴い、これらの種類に加えて大型の *Pleurosigma* 類、*Bacillaria* 類、*Nitzschia* 類、*Licmophora* 類などが出現します。

なお、稚ナマコの成長に伴い水槽内に糞がたまりやすくなります。このため、適宜、塩化ビニール製のパイプ（径20mm）を用いてサイフォンによって適宜取り除きます。

また、7～8月に水槽内に“ウミウシ”（成体が約1cm程度のものと3～4cmの匍匐する性質が強いもの）が発生する場合があります。これらの発生により、付着珪藻板の付着珪藻が著しく減少する場合があります（平成7年に大発生）。このようなときは、こまめに取り除く必要があります。

4) 稚ナマコの成長と生残

採苗後10日目から一次飼育終了時までの生残率は5~70%と飼育例によって大きく異なります。これは、採苗後10日目から20日目頃にみられる減耗のためです。原因については、平成5年度のように推察できる場合(降雨による飼育水の塩分濃度の低下)もありますが、不明の場合が多いようです(アオナマコの付着数の多い場合によくみられる)。いずれにしても、体長1mm程度までは日常の注意深い観察が必要です。採苗後20日目以降は、通常、大きな減耗はみられず、20日目以降では80%以上の生残率が期待できます。また、稚ナマコは、成長に伴い付着珪藻板から飼育生簀へ徐々に分散していきます。

参考として、平成4年の稚ナマコの飼育経過に伴う付着珪藻板上の付着珪藻の量的推移と稚ナマコの成長および付着珪藻板に付着している稚ナマコの割合との関係について、アオナマコ、アカナマコの正常な飼育例を図20, 21に、初期減耗がみられたアオナマコの飼育例を図22に示します。なお、稚ナマコの体長は、福井県の畑中さんらの方法に準じて、L-メントール溶液で麻酔させたのちに測定しています。

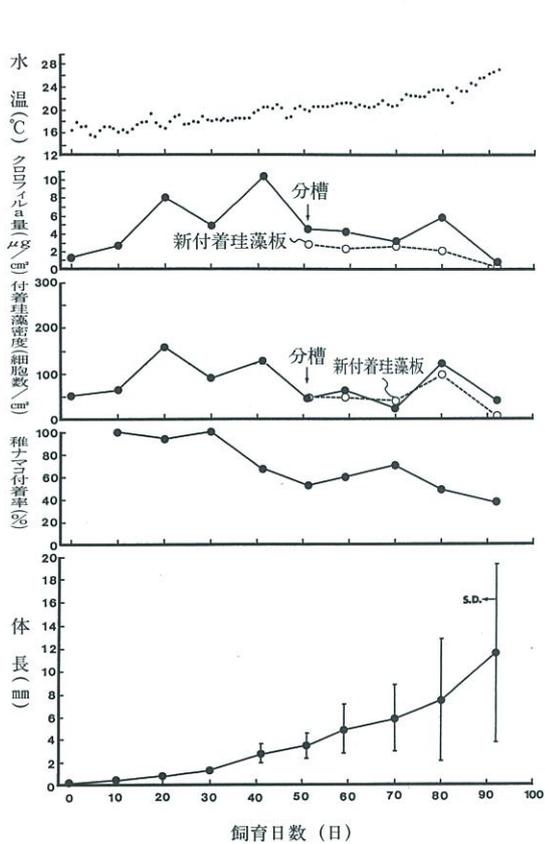


図20 一次飼育におけるアオナマコの飼育経過
(伊藤ら 1994k)

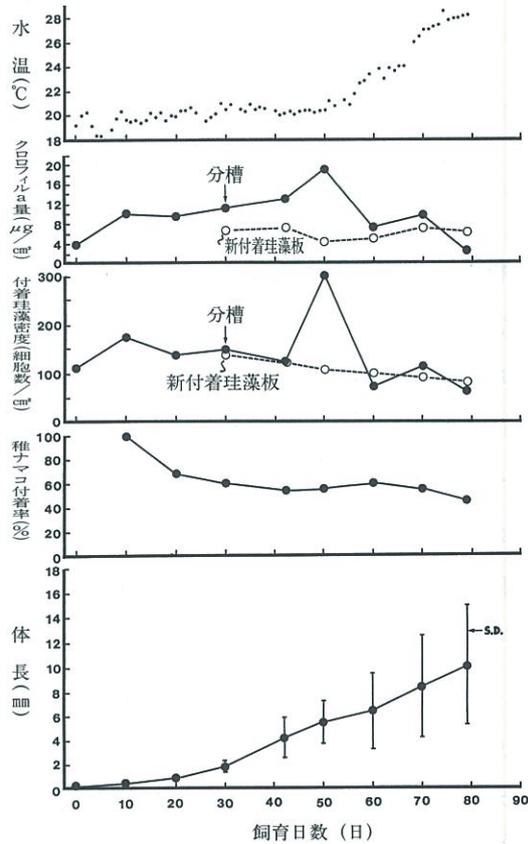


図21 一次飼育におけるアカナマコの飼育経過
(伊藤ら 1994k)

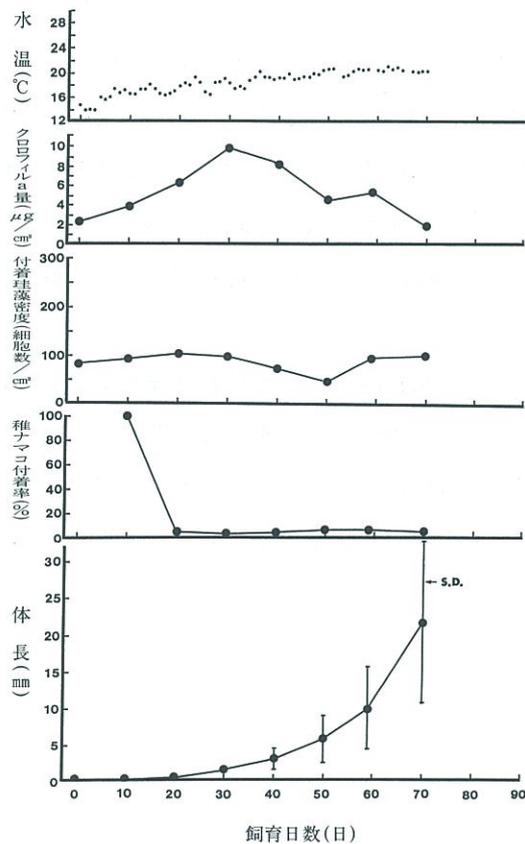


図22 一次飼育において初期減耗がみられたアオナマコの飼育経過 (伊藤ら 1994k)

5) 稚ナマコの剥離と再付着

通常、採苗から2～3か月経過すると稚ナマコの平均体長は約10mm以上になります。このころには付着珪藻板の付着珪藻は、稚ナマコの摂餌によって減少しています。このため、稚ナマコを付着珪藻板から剥離し、二次飼育へ移行し新たな餌料を摂餌させる必要があります。

稚ナマコの剥離は、塩化カリウムによるアカウニ稚ウニの麻酔剥離法に準じて行います。剥離は1 m²水槽に剥離用ネットを張り、この中に0.4%の濃度となるように塩化カリウムを溶解させて行います。

1回の剥離作業では、付着珪藻板20セットを処理します。麻酔処理の時間は2～3分です。付着珪藻板を収容して2～3分後に、付着珪藻板を軽く揺すって稚ナマコを脱落させます。麻酔処理した稚ナマコは、すばやくタモ網ですくい取り、モジ網製のフルイ(目合180経, 50×80cm)を使って選別します(図23)。通常、ふるい上がりは平均体長15mm程度、ふるい落ちは平均体長5mm程度です。付着珪藻板からの剥離が終了すると、次に一次飼育用の飼育ネットを剥離水槽へ収容し、飼育ネットに付着した稚ナマコを剥離、選別します。その際、剥離ネット内の稚ナマコはある程度タモ網ですくい取ります。また、糞などの堆積物が多い場合は、サイホンによって底掃除を行ってから剥離水槽へ収容します。



図23 稚ナマコ選別用のフルイ

なお、剥離作業は屋外で行います。このため、剥離水槽の水温の上昇や作業性（暑さによる疲労を避けるため）を考慮して、剥離水槽の上部には遮光幕を設置して作業を行います。

剥離、選別した稚ナマコは二次飼育へ移行します。選別によってふるい落ちた稚ナマコは、通常、二次飼育へ移行しますが、一部の稚ナマコについては、アワビやウニと同様に、あらかじめ準備しておいた新しい付着珪藻板に“再付着”させ、一次飼育と同様の飼育を行います。

ふるい上りの割合は、飼育例によって異なりますが、一応の目標は60%程度です。

6) 稚ナマコの計数

付着珪藻板の稚ナマコの数、付着珪藻板20セットをランダムに選び、付着した稚ナマコの全数を計数して比例法で全付着珪藻板の付着数を算出します。飼育ネットに付着した稚ナマコ数は、タモ網ですくい取ったものは全数を計数し、麻酔処理によって剥離したものは重量法で把握します。重量法は、麻酔処理した稚ナマコを約1,000個数えてその重量を測定し、1g当たりの個数を算出して全体の重量に乗じる方法で行います。

6. 稚ナマコの二次飼育 ● ● ●

稚ナマコの成長に伴い、付着珪藻板の付着珪藻量が減少し、餌料として不足すると、付着珪藻板から稚ナマコを剥離し、人工餌料を与えた飼育を行います。この飼育方法を稚ナマコの二次飼育と呼んでいます。

1) 飼育水槽

飼育水槽の概略図を図24に示します。飼育は15m³水槽内に二次飼育用の生簀（ニップ網製、オープニング761 μ m）を設置して行います。稚ナマコのコレクターは一次飼育で使用したものと同タイプの

第3章 マナマコの種苗生産

“波板”を使用します。波板は3～5枚を1セットとし、1生簀当たり15セットを生簀底面に対して水平に設置します。また、波板間の稚ナマコの移動を助けるため、波板には直径約3cmの穴を9か所ほど開けて使用しています（図25）。

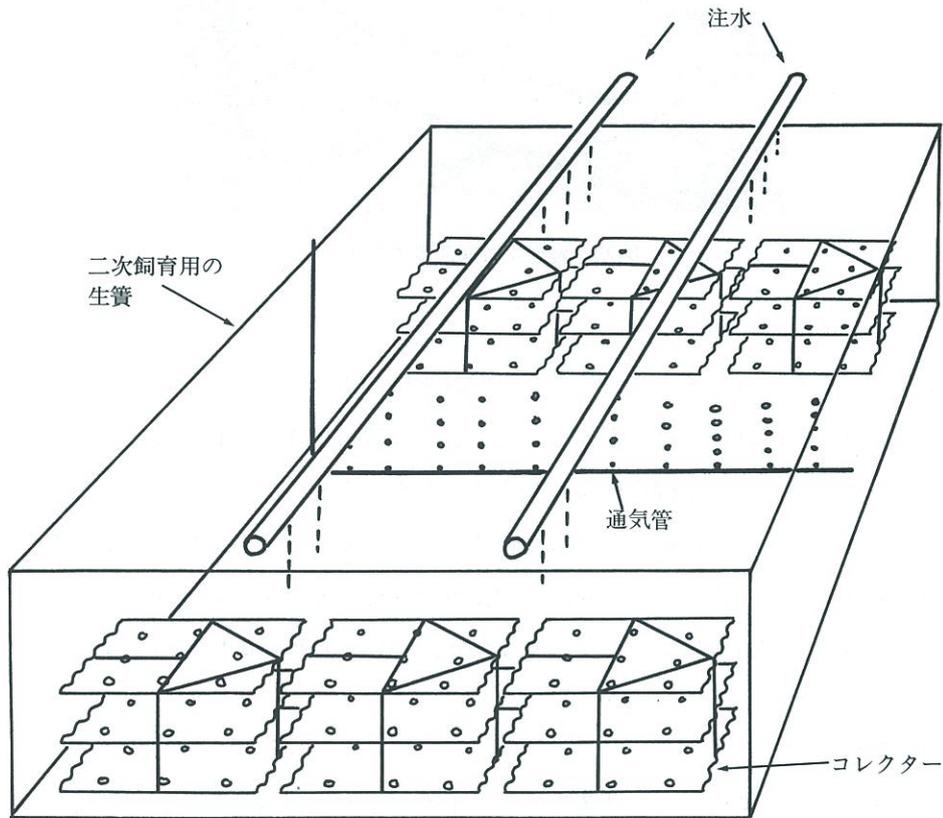


図24 稚ナマコ二次飼育用の飼育水槽の概略図

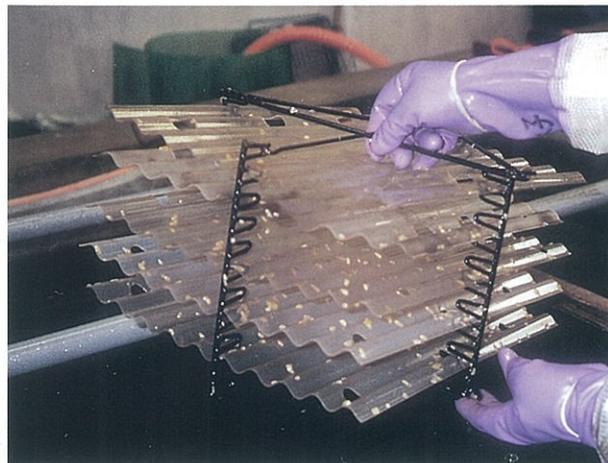


図25 稚ナマコ二次飼育用のコレクター

2) 稚ナマコの飼育

稚ナマコの飼育は流水（1日当たり約8回転）で行います。エアレーションは、長さ1.3mの通気管を通して行います。

稚ナマコの収容密度は、アワビやウニ類のような明らかな基準はまだありませんが、一応、10mm以上のものは約15,000個/生簀（5,000個/m²）、10mm以下のものは約30,000個/生簀（10,000/m²）を目安にしています。

餌料は海藻の乾燥粉末である“リピック”を用いています（これは福井県の畑中さんらの実験結果を参考にしたものです）。投餌は、1日毎に海水に懸濁させたりピックをコレクターの上に緩やかに散布します。投餌の際は約1時間ほど、止水で無通気にします。1回当たりの投餌量は1生簀当たり、小サイズは50g、大サイズは100gを基準とし、残餌量によってその量を増減させます。

なお、投餌前には、必ずコレクターの上に溜ったりピックや糞をゆすり落とします。また、生簀内に糞が溜った場合は、一次飼育と同様の方法で底掃除を行います。

3) 稚ナマコの成長と生残

参考として、平成4年のアカナマコの飼育結果を図26に示します。これは、一次飼育終了時に体長約4mm、10mmおよび20mmサイズに選別して飼育を行った結果です。体長約10mmおよび20mmサイズからの飼育は90%以上の生残が得られ、この間の成長も良好でした。平均体長4mmサイズからの飼育では60~70%の生残率で、体長約10mmおよび20mmサイズからの飼育に比べ若干低い結果でした。平成5、6年も同じような飼育実験を行いました。その結果、稚ナマコの成長の推移には若干違いがみられましたが、生残率については同様の結果でした。なお、アオナマコも同様な飼育実験を行いました。稚ナマコの成長の推移や生残率はアカナマコと大きな差はみられませんでした。

また、一次飼育終了時に再付着を行った稚ナマコ（平均体長5mm程度）の生残率は、60~70%でリピックを使った二次飼育と差がみられません。しかし、稚ナマコの成長は、再付着を行い付着珪藻を餌料としたほうがリピックを使った二次飼育に比べよいようです。

参考として、稚ナマコの一次および二次飼育における稚ナマコの体長と体重との関係を図27に示します。稚ナマコは、L-メントールによって麻酔処理したものを測定したものです。

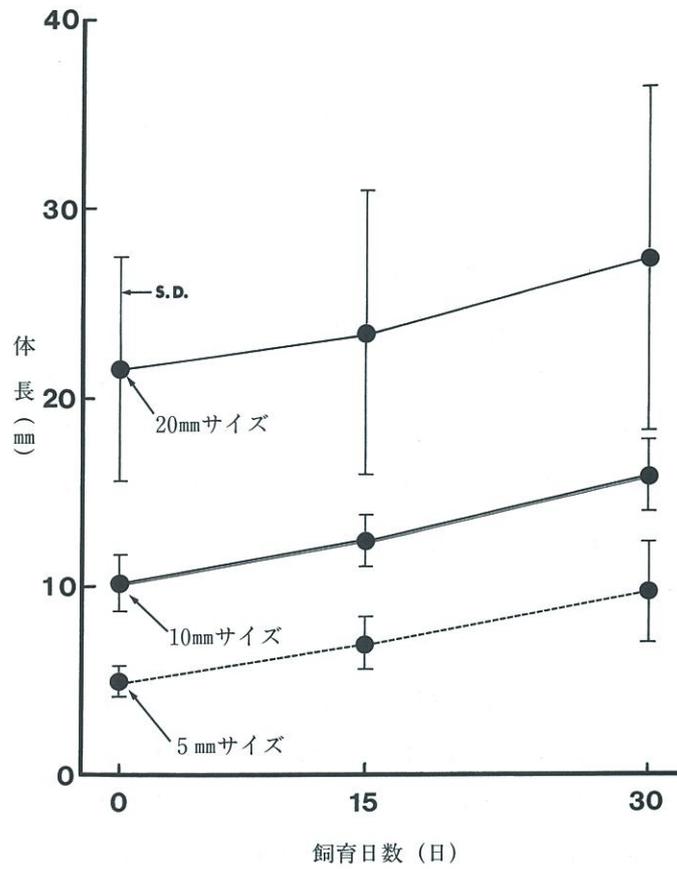


図26 二次飼育におけるアカナマコの飼育経過に伴う成長の推移

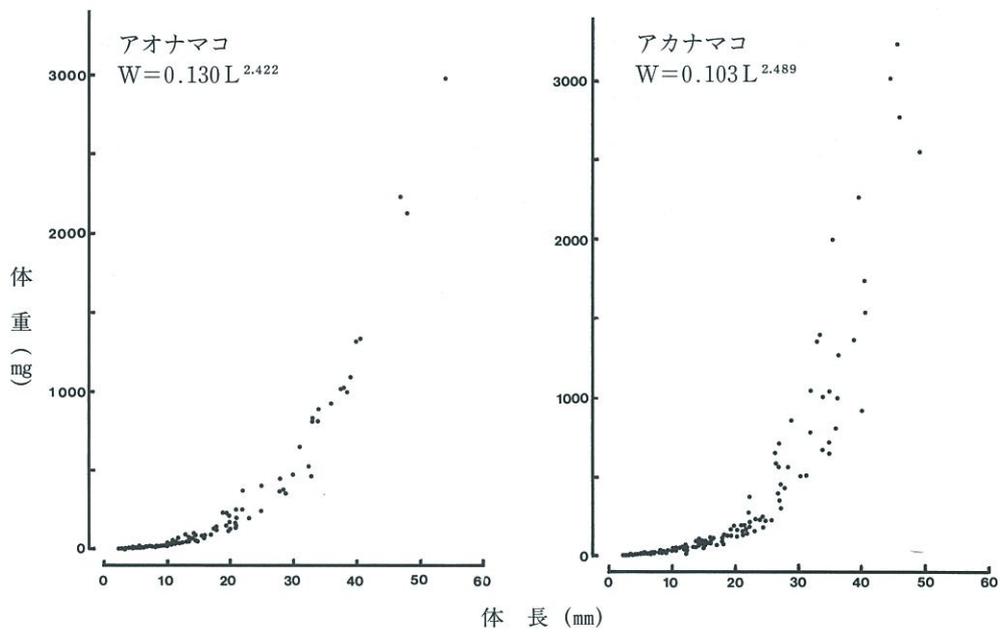


図27 稚ナマコの体長と体重との関係

7. 稚ナマコの配布 ● ● ●

一次飼育終了時の選別でふるい上がった稚ナマコは、1～2週間程度の二次飼育を行い、放流用種苗（体長10mm以上）として各漁業協同組合へ配布しています。また、ふるい落ちた稚ナマコは、人工飼料による二次飼育や付着珪藻板への再付着による飼育実験を行い、試験放流用の種苗として使用しています。

各漁業協同組合への配布時期は、アオナマコが7月下旬から8月上旬、アカナマコが8月上旬から9月上旬です。

配布する稚ナマコの計数は、放流予定日の数日前に麻酔処理して全数計数法によって行います。その後、稚ナマコに異常がないのを確認して配布し放流します。稚ナマコの放流海域への輸送は、麻酔でコレクターから剥離した稚ナマコを約15ℓの海水の入った厚手のビニール袋に約2,000～3,000個体ずつ収容し、酸素を封入して（図28）、車または船で行います。



図28 稚ナマコ輸送時のビニール袋への収容状況

8. 種苗生産上の問題点 ● ● ●

1) 親ナマコの養成と採卵法

産卵期の2～3か月前に天然海域から採取した親ナマコは、ワカメの給餌によって養成し、定期的に生殖巣指数や卵母細胞の長径の推移を観察することによって、産卵誘発のための採卵適期が推定できるようになりました。このことから、昇温刺激法で長崎県大村湾産のアオナマコから安定して大量の受精卵を得ることが可能となりました。しかし、佐賀県北部沿岸域のアカナマコを使った産卵誘発

第3章 マナマコの種苗生産

では、成熟が十分に進み採卵適期と推定される個体群でも大村湾産のアオナマコに比べ昇温刺激に対する反応率は低く、得られる受精卵量も少ないように思われます。このため、マナマコの採卵技術については改良すべき点が多分に残されていると思います。

マナマコの産卵誘発は、福岡県の石田さんが貝類で使用されていた温度刺激法を使って大量の受精卵を得ることに成功して以来、この方法を基本とした様々な温度刺激法で行われてきました。しかし、近年、貝類では紫外線照射海水、過酸化水素水やその他の活性物質を使った採卵法の開発によって、計画的な採卵が可能になっているのに対し、マナマコの採卵法は温度刺激法の域を出ていません。このため、今後、より安定した採卵技術を確立するためには、親ナマコの成熟度を高め、昇温刺激に対して容易に反応する個体を養成するとともに、温度刺激法に代わる新たな採卵法を開発する必要があると思われます。

マナマコでは、成熟した精巣を摘出し海水に懸濁させることによって受精能力をもつ精子が得られますが、雌の成熟した卵母細胞は、卵巣内で第1減数分裂前期で減数分裂が停止しているため、摘出した卵巣から大量の受精卵を得ることは不可能です。しかし、養成した親ナマコは、昇温刺激に対して反応しない場合でも、産卵期には雌雄ともに成熟した個体が多数得られます。このため、産卵期に摘出した生殖巣を使って卵母細胞の減数分裂を開始させ、大量の受精卵を得ることができれば、採卵がより計画的なものになると思われます。この点について、蛋白分解酵素のプロナーゼと10mMのジチオトレイトールを使って減数分裂が再開することがすでに報告されています。当センターでも、アカナマコの卵巣から摘出した卵母細胞をプロナーゼの製品であるアクチナーゼ0.01%溶液で処理し、これに精巣から摘出した精子を加えることによってふ化幼生を得、その後の浮遊幼生の飼育によって稚ナマコを人工生産することができました。これらのことから、今後、摘出した生殖巣を使った採卵法を事業化レベルで検討すれば、種苗生産現場での実用化も可能と思われ、採卵技術の進展が望めるものと思われます。

2) 稚ナマコの一次飼育

採苗に供する幼生のステージや付着珪藻の密度などの検討により稚ナマコの採苗率を高めることができました。しかし、平成5年の飼育では、降雨による塩分濃度の低下が採苗率や稚ナマコの生残に大きな影響を及ぼしました。この点については、飼育水槽や取水施設などの問題であり、今後、施設の改善によって防除できると考えられます。しかし、施設の改善では防除できない採苗後10日目から20日目にかけての減耗は、一次飼育での大きな問題と思われ、今後その原因について解明する必要があると思います。

3) 稚ナマコの二次飼育

近年、稚ナマコの飼育餌料としてリビックが使用されるようになり、稚ナマコの飼育技術もめざましい進展がみられました。しかし、選別によってふるい落ちた稚ナマコのリビックによる飼育では、稚ナマコの成長はもちろん、投餌作業の手間や残餌にともなう水質の悪化などが懸念されます。この

点、平成5年に行った新たな付着珪藻板への稚ナマコの再付着による飼育は、作業性なども考慮すると一つの良い手法と思われます。いずれにせよ、今後、陸上水槽において、より大型の種苗を生産するためには、リピックに変わる新しい人工飼料の開発も必要と思われます。

また、飼育水槽やコレクターの形状、稚ナマコの適正な収容密度などについても、今後、十分な検討が必要と思われます。

4) 稚ナマコの疾病

平成4年の二次飼育では、被害程度としてはさほど大きくなかったものの、稚ナマコの表皮がびらんし(図29)、びらん部分には体長約50 μm と約80 μm の2種類の繊毛虫(図30)が多数みられ、症状が進んだものは、表皮が剥離し体表が白色となり斃死する個体がみられました。これは高密度飼育に伴う飼育環境の悪化が原因と思われましたが、今後、種苗生産の事業化に伴いマナマコ種苗の新たな疾病の発生も考えられることから、マナマコ種苗生産での病害防除についても十分留意する必要があると思われています。



図29 稚ナマコ(体長約20mm)の発症個体 (伊藤 1994)

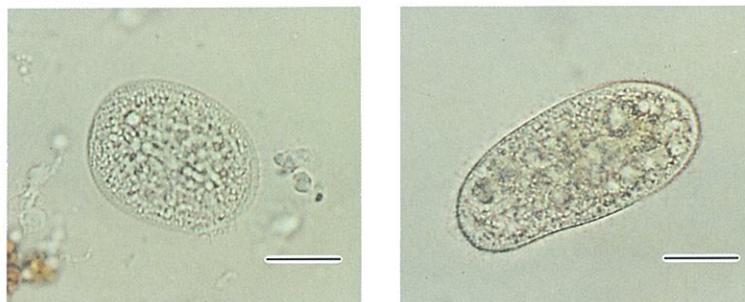


図30 発症個体表皮にみられた繊毛虫 (伊藤 1994)
スケール・バーは20 μm

9. 海上筏での飼育実験 ● ● ●

佐賀県では、いままで述べてきたような“採苗方式”による種苗生産によって、体長10～20mmの稚ナマコを10万個体単位で生産できるようになり、稚ナマコの大量放流が可能となりました。しかし、効果的な放流事業を行うための稚ナマコの適正な放流サイズについては、害敵生物の捕食サイズとの関係から、40mm以上が好ましいとの報告もあります。このため、今後10mm以上の稚ナマコの生産方式について、さらに効率的なものを開発する必要があると思われます。その一つの方策として海上筏を利用した中間育成が考えられます。

佐賀県北部沿岸域では、近年、海上筏を使ったウニ類（アカウニ、バフンウニ）やエゾアワビの放流を目的とした中間育成や養殖事業が行われています。このため、この飼育施設や技術の活用と、さらに、ウニ類やエゾアワビとの混養飼育を行うことによって、ウニ類やエゾアワビに餌として与えた海藻類の残餌や排泄物が二次的に稚ナマコの餌として活用でき、稚ナマコへの給餌の問題が解消できるのではないかと考えられました。そこで、陸上水槽で種苗生産した体長10～20mmの稚ナマコを用いた、海上筏での海藻類を餌料としたウニ類やエゾアワビとの混養飼育実験を行ってみました。

その結果の一例を表5に示します。アオナマコ、アカナマコともに、それぞれを単独で飼育するより、バフンウニと混養して飼育を行ったほうが、体長、体重とも成長がよいことが明らかとなりました。稚ナマコを単独で飼育した群では、バフンウニやエゾアワビのように大型の海藻類を積極的に摂餌したとは考えにくく、籠の中に付着した微細藻類や有機物あるいは餌料として与えた海藻類が腐食して柔らかくなったものを摂餌していたものと考えられます。一方、バフンウニと混養した飼育群では、バフンウニが海藻類や付着物を摂餌し、その排泄物が、稚ナマコの餌料として利用されたのではないかと考えられます。また、エゾアワビとの混養飼育群は、単独飼育群と成長量では大きな差がみられませんでした。これは、バフンウニとエゾアワビとの排泄物に質的な差があったものと推察されます。この点については、今後、室内実験により検証していきたいと思います。

マナマコは海底の砂泥に含まれる有機物や他の水産動物の排泄物などを摂餌する堆積物食者です。このため、海上筏を用いた飼育では、海藻粉末など陸上飼育で使用されている餌料を給餌することが困難なことを考慮すると、ウニ類との混養飼育は有効な飼育方法であると考えられます。しかし、施設の維持管理の問題や作業性、生産性などを考慮すると、実用化までには、今後、改良すべき点が多いようです。

表5 コンテナ籠での飼育結果

実験区	マナマコ						バフンウニ, エゾアワビ						
	開始時			終了時			開始時			終了時			
	平均体長 (mm)	平均体重 (mg)	生残数	生残率 (%)	平均体長 (mm)	日間成長量* ($\mu\text{m}/\text{日}$)	平均体重 (mg)	日間増重量* (mg/日)	平均殻径(殻長) (mm)	生残数	生残率 (%)	平均殻径(殻長) (mm)	日間成長量* ($\mu\text{m}/\text{日}$)
アオ単独	-1	15.3±3.9	96.2	62	31.0	35.9±14.5	117.0	1,288±1,724	6.8	50	100	30.5±1.7	76.7
	-2			78	39.0	34.6±15.5	110.0	1,299±1,759	6.8	49	98	30.1±1.7	74.4
	(平均)				(35.0)		(113.5)		(6.8)				
アオ・ウニ混養	-1			107	53.5	45.2±14.6	169.9	2,047±1,672	11.1	50	100	30.5±1.7	76.7
	-2			105	52.5	44.4±14.7	165.3	2,005±1,909	10.8	49	98	30.1±1.7	74.4
	-3			116	58.0	51.4±12.8	205.1	2,114±1,053	11.5	47	94	30.6±2.2	77.3
(平均)				(54.7)		(180.1)		(11.1)		(97.3)		(76.1)	
アオ・アワビ混養	-1			92	46.0	37.2±8.5	124.4	1,269±633	6.7	48	96	44.1±4.3	119.3
	-2			79	39.5	34.6±11.2	110.0	1,092±898	5.7	50	100	46.7±3.9	134.1
	-3			97	48.5	35.9±8.6	117.0	1,010±730	5.2	50	100	45.1±3.0	125.0
(平均)				(44.7)		(117.1)		(5.9)		(98.7)		(126.1)	
アカ単独	-1	18.9±4.6	154.9	75	37.5	38.8±14.2	113.1	1,427±1,354	7.2				
	-2			58	29.0	44.6±17.3	146.0	2,062±2,386	10.8				
	(平均)				(33.3)		(129.6)		(9.0)				
アカ・ウニ混養	-1			79	39.5	49.3±20.7	172.7	2,890±4,338	15.5	50	100	30.1±1.6	74.4
	-2			87	43.5	44.6±16.1	146.0	2,522±3,038	13.4	50	100	29.5±1.2	71.0
	(平均)				(41.5)		(159.4)		(14.5)		(100)		(72.7)
アカ・アワビ混養	-1			72	36.0	43.9±10.9	142.0	1,570±1,361	8.0	50	100	45.8±3.2	129.0
	-2			65	32.5	40.8±11.5	124.4	1,488±1,536	7.6	49	98	43.6±5.2	116.5
	-3			77	38.5	44.9±8.5	147.7	1,375±641	6.9	50	100	43.2±4.4	114.2
(平均)				(35.7)		(138.0)		(7.5)		(99.3)		(119.9)	

* 飼育日数176日で算出

(伊藤ら 1994g)

10. 築堤式育成場での飼育実験 ● ● ●

稚ナマコの放流後の成長、生残や移動に関する研究例は少なく、今後の大きな研究テーマだと考えられます。そこで、“採苗方式”によって種苗生産した10~20mmの稚ナマコを用いて、放流後の稚ナマコの成長、生残や移動などを調査する実験モデルとして、人工礁を設置した築堤式育成場（延べ面積5,000m²、底質は砂）での飼育結果について簡単に紹介します。

アオナマコ、アカナマコの飼育経過に伴う体長、体重の推移および取り上げ時の大きさを図31、32に示します。飼育実験の結果から、アオナマコはアカナマコに比べ成長が速く、ふ化後約8か月で体重約100gにまで成長した個体もみられました（図33）。また、アカナマコは、人工礁内をおもな棲息域としているのに対し、アオナマコは成長に伴い移動範囲が広くなり、約10g以上の個体は砂上にも移動し、約50g以上の個体はかなりの移動距離を示すことが明らかになりました。このように、底質が砂泥質である築堤式育成場での稚ナマコ以後の飼育では、アオナマコとアカナマコの間で、成長や移動、分布などに差がみられました。このことから、体長10~20mmの稚ナマコを放流する場合、人工礁の設置や放流海域の選定については十分検討する必要があると思われます。

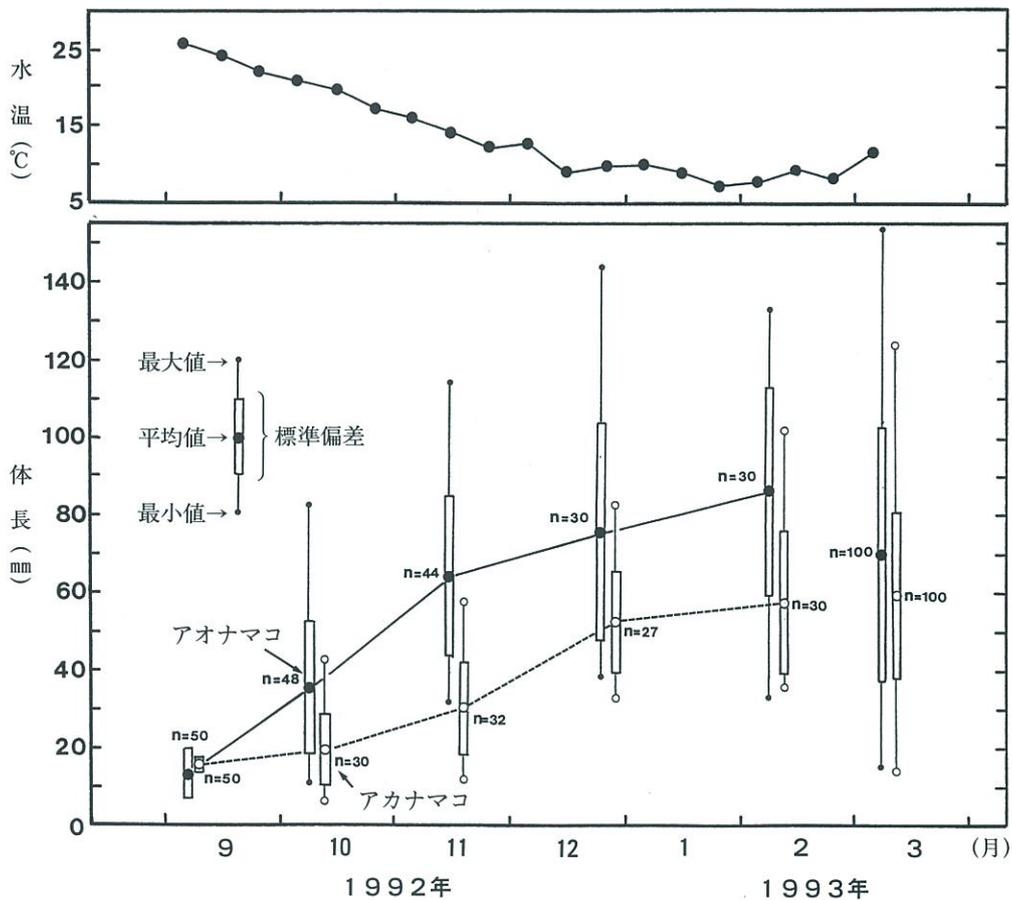


図31 築堤式育成場における旬別平均水温およびアオナマコ、アカナマコの飼育経過に伴う体長の推移 (伊藤ら 1994h)

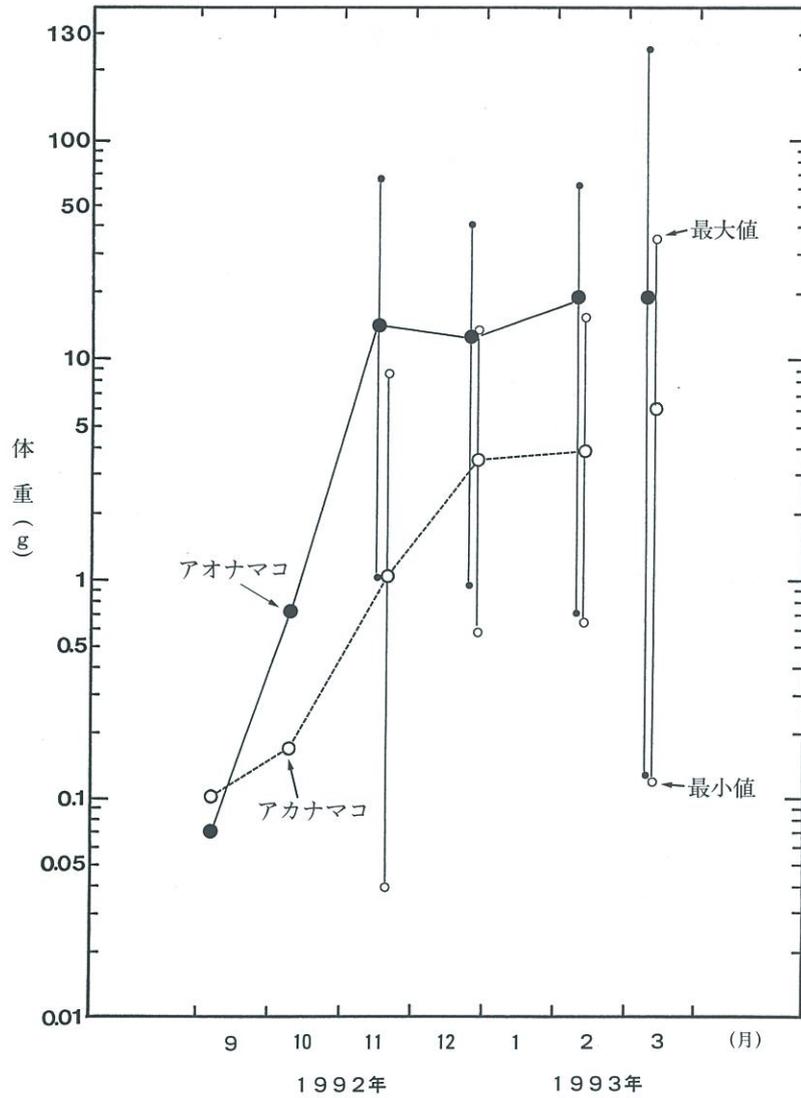


図32 築堤式育成場におけるアオナマコおよびアカナマコの飼育経過に伴う体重の推移 (伊藤ら 1994h)



図33 平成4年12月25日に、築堤式育成場で採捕されたアオナマコ (ふ化後約8か月, 体重110.7g)

11. 稚ナマコの放流事業について ● ● ●

本県のマナマコの増殖に関する取り組みは、昭和初期から行われています。なかでも有名なのは、昭和10年頃に行われた東松浦郡切木村（現在の東松浦郡肥前町大浦浜）での増殖事業です。当時の記録によれば、“大正12年以後，昭和7年まで10年間の漁獲量は平均1,020.6貫（約3.8トン）であったものが，昭和8年には480貫（約1.8トン）に減少したため，村では昭和9年に県営ナマコ増殖場の指定を受け，同年3月84立坪の投石と親ナマコ450貫（約1.7トン）の放流を行い，さらに翌年1月に再び33立坪の投石を別の場所に行ってこの間2年間の禁漁を行った。その結果，昭和10年12月と11年1月の2回わずか4日間の操業で4,328貫（約16トン）を漁獲し，昭和8年の漁獲量の約9倍，金額にして13倍という好成績であった”と記されています。また，村ではこれを記念して当時の佐賀県知事古川静夫氏の執筆による「ナマコ増殖記念碑」を立て（図34），さらに水揚げ金額の一部をナマコ増殖事業のための「ナマコ増殖記念貯金」として活用したそうです。これはまさに，今日の資源管理型漁業を意味するものであり，大いに学ぶべきことであろうと思われます。そこで，佐賀県では“平成版”ナマコ増殖事業として，平成8年から5年間の計画で，東松浦郡肥前町大浦浜地先にナマコ増殖礁（800m²）

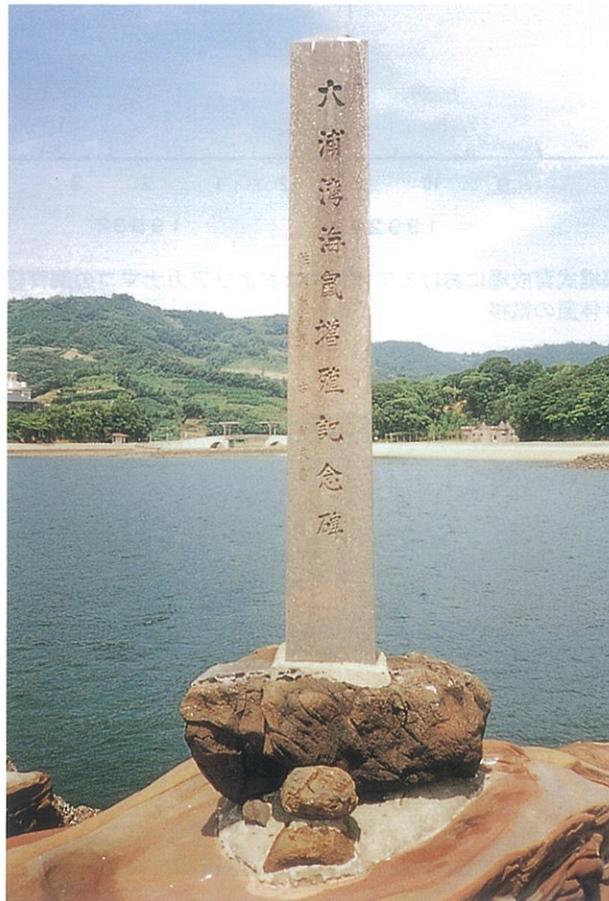


図34 ナマコ増殖記念碑

を設置し、このなかに体長10～20mmの稚ナマコ約10万個を放流（3年間継続して放流）する事業を計画しています。この事業によって第二のナマコ増殖記念碑が立つことを願いたいと思います。

また、種苗生産した稚ナマコはおもに北部沿岸域に放流してきましたが、平成3年からは、試験的に有明海の大浦地先（竹崎ガニやタイラギ漁で有名）に数万個単位で放流を行っています。その結果、平成5年から量的には少ないものの市場へ水揚げされるようになりました。平成7年には約30万個のアオナマコを放流し、その後の追跡調査も計画しています。今後、アオナマコが有明海の特産品の一つになることも夢ではないかもしれません。

お わ り に ● ● ●

本県のマナマコ種苗生産技術は、アワビやウニ類の種苗生産技術を活用することによって、大きく進展し、平成7年には約100万個の稚ナマコを生産することができるようになりました。しかし、この種苗生産システムは完成されたものではなく、改良すべき多くの問題点を持っています。このため、今後、種苗生産システムの改良や更なる技術開発が必要であり、その研究を行っていきたいと思います。また、種苗生産によって生産された稚ナマコを使った放流技術の開発についても研究を行い、種苗生産と放流技術が一体となった技術マニュアルの確立をめざしたいと思います。

第4章 コウライエビの種苗生産

はじめに ● ● ●

コウライエビは渤海、朝鮮半島西岸、黄海、東シナ海北部の泥底質地帯に棲息する極めて成長の速いエビです。佐賀県では、有明海の水質や生物環境が上記のコウライエビ棲息域と類似していることから、有明海の漁場としての高度利用と栽培漁業の事業化を目的として有明海へのコウライエビ人工種苗の放流を昭和61年から行っています。

我が国における本格的なコウライエビの種苗生産技術開発は日本栽培漁業協会志布志事業場によって行われ、その研究成果は“コウライエビの種苗生産マニュアル”として、すでに公表されています。このため、佐賀県では、その種苗生産技術を導入し、平成5年から有明海大浦漁協栽培漁業センターで、平成6年からは当センターと有明海大浦漁協栽培漁業センターでそれぞれ種苗生産した稚エビを有明海へ放流しています（昭和61年から平成4年までは日裁協志布志事業場で生産されたものを放流）。当センターでは平成6、7年にそれぞれ全長約25mmの稚エビ約200万尾の生産を目標に種苗生産を行い、予定数量を生産することができました。

当センターでの甲殻類の種苗生産はクルマエビに始まりガザミ、クマエビの量産技術開発を行ってきました。今日ではこれらの種苗生産は行っていないが、これらの量産技術開発の過程で取得した技術を活用し、志布志事業場で開発されたコウライエビの種苗生産技術をさらにマニュアル化するために、本章では平成6、7年の種苗生産経過の概要について記述し、今後の種苗生産技術の普及に役立てたいと思います。

1. 種苗生産の工程 ● ● ●

4月に成熟した親エビを入手し採卵を行い、全長約25mmに成長する6月上中旬に有明海へ放流しています。

2. 親エビの入手 ● ● ●

親エビは、有明海で源式網およびエビ流し刺網により漁獲されたものを使用しています。漁獲された親エビは、現在のところすべて前年に放流した人工種苗と考えられています。

佐賀県有明水産振興センターで調査した採捕エビの成熟状況について図1に示します。これは、肉眼観察による卵巣の成熟段階（図2）の出現頻度を示したものです。この調査結果から、有明海での成熟のピークは4月頃と推察されます。このため4月に漁獲されたものを親エビとして入手し、採卵

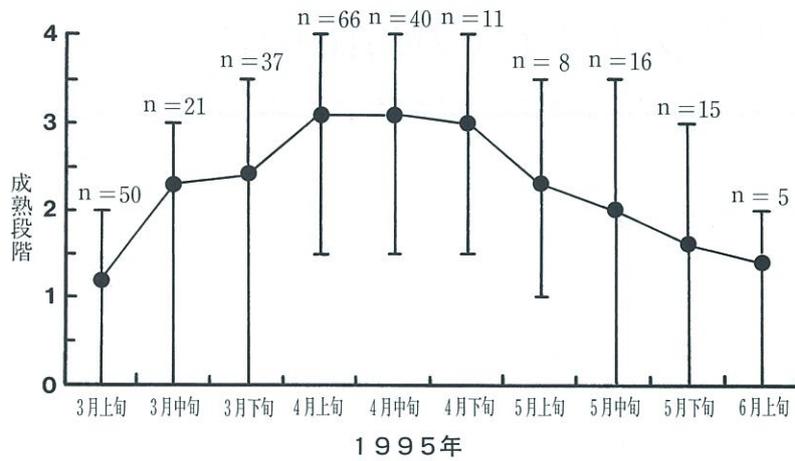


図1 採捕エビの成熟の推移 (佐賀県有明水産振興センター 1995)

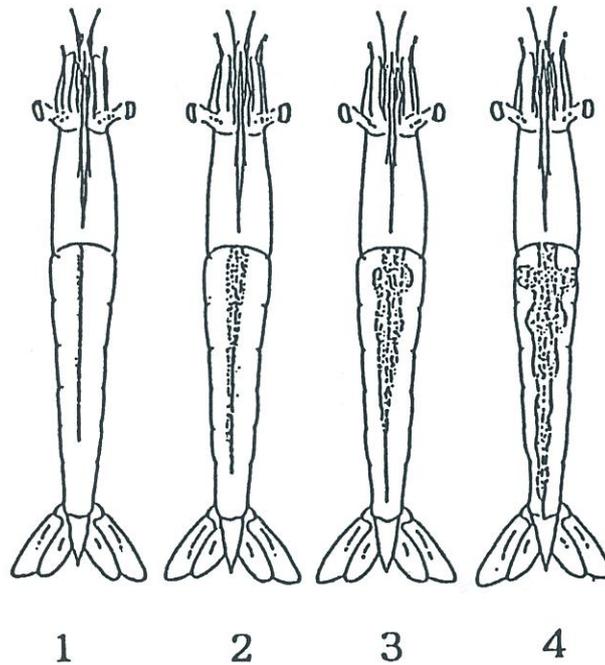


図2 コウライエビの成熟段階

に使用しています。

入手先は佐賀県東与賀町漁協および大浦漁協です。東与賀町漁協で漁獲された親エビは佐賀県有明水産振興センターで、大浦漁協で漁獲された親エビは大浦漁協栽培漁業センターでそれぞれ、一時、仮置きしたのち当センターへ輸送します。親エビの輸送は、1 kℓポリエチレンタンクを積載したトラックで行います。輸送時はブローアによる通気を行い、原則として水温調節は行っていません。ただ、輸送時にタンク内の水温の上昇が予想される場合は、海水氷を入れて水温の上昇を防ぎます。輸送時間は約2時間です。

表1 親エビの入手結果

入手年月日	生産 回次	入手尾数	使用尾数	平均体長 (cm)	平均体重 (g)
平成6年4月4日	1	45	40	19.4	84.5
	1'		34	19.3	82.4
			(1回次再収容)		
4月16日	2-1	81	43	19.1	84.2
	2-2		30	19.2	84.7
			(合計126尾)		

平成7年4月8日	1	35	35	20.1	99.3
4月11日	2	55	54	20.5	96.3
4月17日	3	23	23	20.7	104.7
4月19~21日	4	30	37	-	-
	4'		36	-	-
			(3回次から7尾再収容)		
			(4回次再収容)		
4月24日	5	24	54	-	-
			(4'回次から30尾再収容)		
4月26日	6	8	58	-	-
			(合計175尾)		
			(5回次から50尾再収容)		

平成6, 7年の親エビの入手期日と尾数および採卵に使用した尾数を表1に示します。親エビの大きさは、体長約20cm, 体重80~100gです。入手した親エビは、活力の低下したものや成熟度の著しく低いものを取り除いたのち、飼育水槽へ収容します。

3. 採卵 ● ● ●

飼育水槽にはモジ網生簀(240経, 2.3×2.3×2m)を設置し、このなかに親エビを収容します。また、塩化ビニール製のパイプで作製した通気管(図3, 約40×50cm, 直径13mmのパイプに径1mmの通気口を約3cm間隔で開口)1つをモジ網生簀の底に設置し、生み出された卵が舞い上がる程度に通気を施します。親エビを収容する際の飼育水の水温は18℃程度に調整し、その後、約1日で20℃となるように加温します。

親エビの入手の際、クルマエビのように多数のものから選別することは困難なため、熟度のそろった多数の親エビを採卵に使用することができません。このため、クルマエビのような飼育水槽への親エビの収容尾数の基準はなく、今後飼育例を増やすことによって、適正な親エビの収容尾数をきめる必要があると思われます。

なお、クルマエビの種苗生産では疾病防除のため、飼育水槽とは別の水槽で採卵を行い、さらに卵をろ過海水で洗浄し飼育水槽へ収容する“洗卵作業”を行うところが増えていますが、当センターで

第4章 コウライエビの種苗生産

は、今のところこのような作業は行っていません。この点についても、今後検討する必要があると思われる。

親エビを収容した翌日には、水槽の底からサイフォンによって20ℓ程度採水し、卵の有無を確認します。収容後2日目には、同様の作業によって卵の有無を確認するとともに、飼育水中のふ化幼生を計数します(方法は後述)。2年間の飼育例から、親エビは、十分な卵やふ化幼生が得られない場合でも、収容後3日目には別の飼育水槽へ移し替えるほうがよいと思われます。これは収容後3日目以降に、飼育水槽の底に原生動物が多数みられたり底質の悪化が懸念されるためです。当センターの飼育施設では、1水槽当たり100~200万尾程度のふ化幼生が得られれば、その後、順調な飼育経過がみられるようです。

参考として、平成6、7年の採卵結果を表2に示します。

平成6年：4月4日に入手した1回次では、種苗生産を開始するのに必要なふ化幼生が得られませんでした。しかし、4月7日に別水槽へ移し替え採卵を試みたところ88.3万尾のふ化幼生が得られ飼育を開始することができました。

4月16日に入手した親エビからは1,215.8万尾のふ化幼生を得ることができました。4月16日に入手した親エビは4月4日のものに比べ成熟度が高く、これが多数のふ化幼生が得られた結果につながったものと考えられました。



図3 通気管

表2 採卵結果

生産回次	採卵年月日	ふ化幼生数 (万尾)	親エビ1尾当たりの ふ化幼生数(万尾)	水温 (℃)
1	平成6年4月4~7日	12.9	0.3	20.1~21.8
1'	4月7~11日	88.3	2.6	20.0~22.0
2-1	4月16~19日	662.0	15.4	18.7~22.0
2-2	4月16~18日	553.8	18.5	18.7~21.1
		(合計1,317.0)		
1	平成7年4月8~12日	40.1	1.1	17.1~21.9
2	4月11~15日	7.3	0.1	16.4~20.8
3	4月17~19日	120.5	5.2	19.1~21.5
4	4月19~22日	38.1	1.0	18.4~21.6
4'	4月22~24日	334.1	9.3	20.2~22.2
5	4月24~26日	720.2	13.3	18.7~21.8
6	4月26~27日	347.5	6.0	17.5~20.2
		(合計1,607.8)		

平成7年：4月8日から4月26日にかけて6回親エビを搬入しましたが、このうち生産を開始するのに必要なふ化幼生が得られたのは4回でした。親エビの成熟度や親エビ1尾当たりのふ化幼生数は、平成6年と同様、4月上旬のものより4月中下旬に入手したもののほうがより高く、多い結果でした。なお、平成6年に比べ、4月上旬に入手した親エビの産卵数は多かったように思われます。しかし、ふ化率が著しく悪く、このため十分量のふ化幼生が得られなかったものと思われます。

また、通常クルマエビの飼育では、親エビの産卵状況を確認するため、親エビを取り上げて卵巣の輪郭等を観察しますが、コウライエビはこのような作業を行うと斃死する場合があります。このため、取扱には十分注意し、空中露出による産卵状況の観察は避けたほうがよいと思われます。

4. 幼生および稚エビの飼育 ● ● ●

1) 飼育水槽

飼育水槽の概略を図4に示します。飼育水槽は屋内の円形水槽（直径8 m、深さ2 m、有効水量80 kl）4水槽を使用しています。この4水槽のうちNo.1, 2, 3水槽には飼育水の攪拌を目的とした攪拌機が設置されています。円形水槽がある飼育棟は屋根と壁がアクリル板で作られ、水槽の上部には開閉式の遮光幕（遮光率95%）を設置して飼育水槽の照度が調節できるようになっています。水槽内にはチタン製の温水管を配管し、36万キロカロリーのパイラーを用いて加温できるようになっています。水槽底面の中央部に排水口（径150mm）があり、飼育時には長さ2 mの塩化ビニール製のパイプ（径150mm）を立ち上げていますが、4水槽のうち3水槽には攪拌機が設置してあるためパイプを立ち上げることができません。このため、排水口にはアクリルの板でふたをして稚エビや餌料等が入らないようにしています。

エアレーションは、図3に示した通気管を水槽底面の周辺5か所と中央部に、計6か所に設置して行います。通気方法は改良すべき点が多いと思われていますが、当センターの施設の能力面から（ブローアの圧力不足）他の種苗生産施設でみられるような通気管を多数配管した方法は困難です。

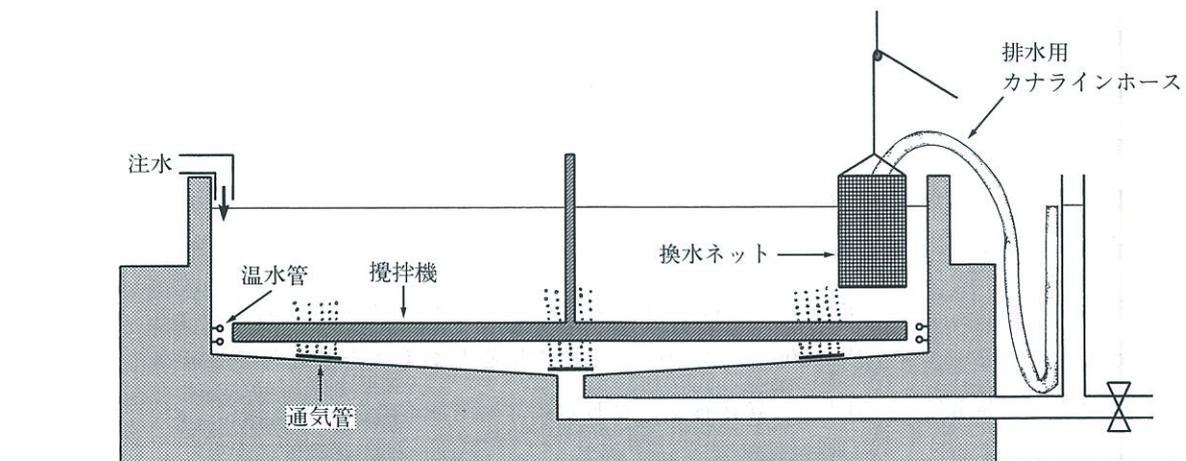


図4 コウライエビ飼育水槽の概略図

2) 飼育水

飼育水は一次ろ過した海水（第1章を参照）を使用し、採卵から流水による飼育を行うまでは水温が約20℃となるように加温しています。飼育水の水量は、親エビ収容時は60kl（満水時の75%）とし、その後の注水によりゾエア（以下、Zとします）3期までに満水（80kl）とします。飼育水には、Z期の重要な餌料となる浮遊珪藻を発生させるため栄養塩を添加します。栄養塩の添加は、ノープリウス（以下、Nとします）の発生が確認された日からポストラーバ（以下、Pとします）の初期まで、適宜浮遊珪藻の発生状況を確認しながら行います。栄養塩の種類と添加量は、ノリの糸状体培養液（タカラ培養液，第一製網社製）を0.6~1.2 l/水槽，メタケイ酸ナトリウムを270~360 g/水槽です。メタケイ酸ナトリウムは海水に溶けにくいいため水道水に溶かしてから添加します。また、自然発生させた浮遊珪藻とは別に、飼育水中へはN~Z期にかけて別水槽で培養した *Chaetoceros gracilis* を飼育水中に添加します。*C. gracilis* の添加量は、Z₂~Z₃期における飼育水中の浮遊珪藻濃度（自然発生させたものを含む）が約10万細胞/mlとなるように調整します。

攪拌機による飼育水の攪拌はZ₁から行い、その回転数は0.6回転/分としています。

遮光幕は親エビ収容からN期までは閉めます。Z₁、Z₂期頃には浮遊珪藻の増殖を促すため遮光幕を開けます。その後は再び閉めて浮遊珪藻の増殖を徐々に抑制します。この間午前9時と午後1時および3時には飼育水のpHの測定と飼育水中の浮遊珪藻濃度を計数し、天候や飼育状況に応じた遮光幕の開閉を行う必要があります。pHは8.6以上にならないよう注意する必要があります。pHの急激な上昇は幼生の大量斃死を招く恐れがあります。

飼育水の色は浮遊珪藻の増殖に伴い“ブラウン”となります。Pの初期まではこの飼育水の色を保つとともに飼育水の透明度が水深の約半分程度となるように“水作り”を行います。急激な色落ちなどの“水変わり”を起こさせないように十分注意する必要があります。

3) 浮遊珪藻 (*Chaetoceros gracilis*) の培養

C. gracilis の基本的な培養方法の詳細は第2章を参照してください。第2章で示したように *C. gracilis* の培養は、種の保存を目的とした保存培養と餌料の供給を目的とした拡大培養からなります。第2章で示した拡大培養は、50 l アクリル水槽までのものですが、本章では、さらに大量の餌料供給を目的とした500 l パンライト水槽と6 m³ (1.9×4.9×0.7 m, FRP 製) 水槽を用いた培養方法について簡単に説明します。500 l パンライト水槽は稚エビ飼育水槽の周囲に設置し、6 m³ 水槽は屋外に設置してあります。培養用の種としては50 l アクリル水槽で培養したものを用います。50 l アクリル水槽で対数増殖末期 (300~400万細胞/ml) に達したものを500 l パンライト水槽へ接種します。接種時の培養水量は100 l とし、接種後2日目に200 l、さらに2日後に400 l と培養経過に伴い海水を加え培養水量を増加させます。次に500 l パンライト水槽で培養したものを種として6 m³ 水槽へ接種します。接種時の培養水量は2 kl とし、接種後2~3日目に4 kl、さらに2~3日後に6 kl と500 l パンライト水槽における培養と同様に培養経過に伴い海水を加え培養水量を増加させます。その後は、適宜餌料として一部使用し、再び海水を加えて培養を継続します。通常500 l パンライト水槽は4~5、6

6 m³水槽は2つ使用します。使用する海水は稚エビの飼育に使用する海水と同様のもので、特に紫外線等による殺菌処理は行っていません。栄養塩はタカラ培養液とメタケイ酸ナトリウムを用います。栄養塩の添加量は、培養海水100 lに対してタカラ培養液が100 ml、メタケイ酸ナトリウムが90 gです。エアレーションは、500 lパンライト水槽では径5 cmのエアーストーンで、6 m³水槽では径1 mmの穴を1~3 cm間隔で開けた塩化ビニール製の通気管（径13 mm、長さ4.5 m）2本で行います。

参考として、平成7年の500 lパンライト水槽と6 m³水槽における *C. gracilis* の培養経過の一例を図5、6に示します。

4) 換 水

飼育水の換水率の増加と稚エビの成長との関係について図7に示します。これは、平成7年の3回次の例です。換水はM₁（一部Z₃も含む）頃から毎日行います。P₇頃までの換水は、一定量の飼育水を排水したのち注水する方法で行います。その後P₁₈頃までの換水は、午前9時から午後4時頃にかけて注水と排水を同時に行う流水方式によって行います。それ

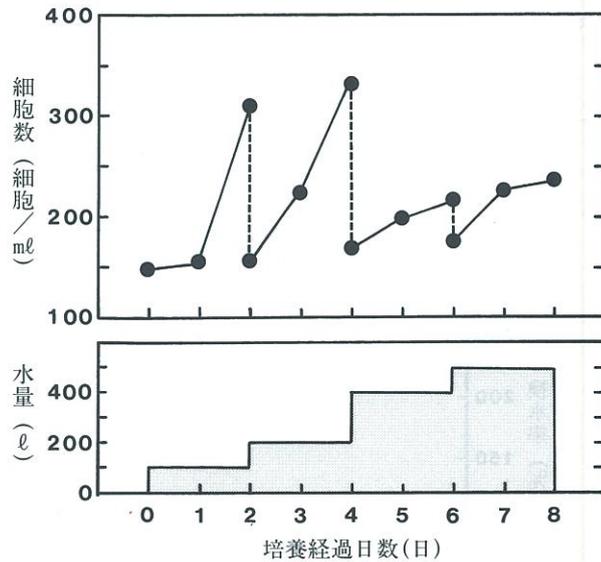


図5 500 lパンライト水槽における *Chaetoceros gracilis* の培養経過

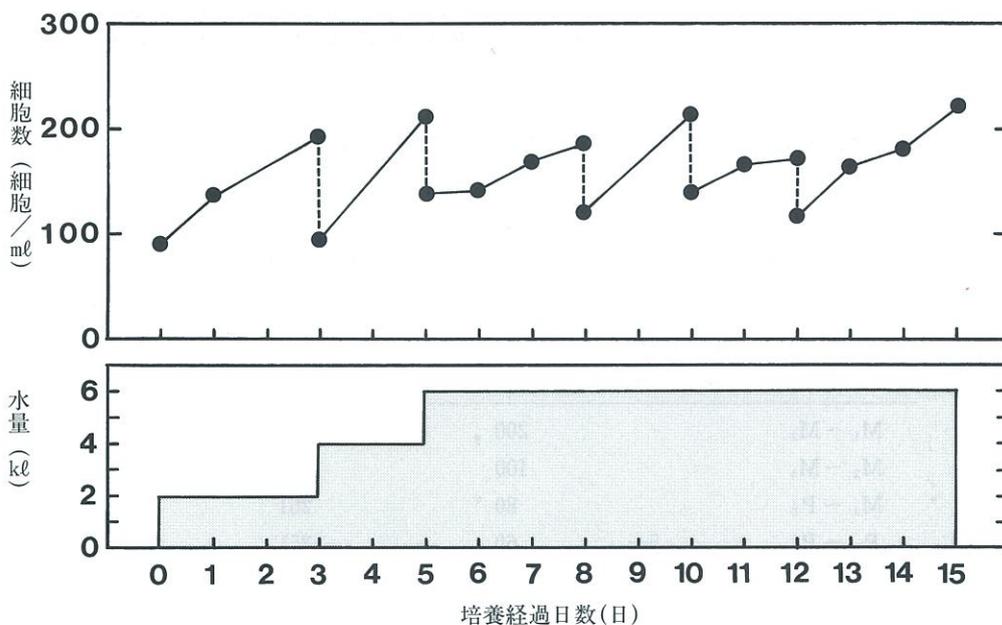


図6 6 m³FRP水槽における *Chaetoceros gracilis* の培養経過

第4章 コウライエビの種苗生産

以降は終日流水による換水を行います。

幼生および稚エビのステージと換水ネットの目合との関係を表3に示します。換水ネットは幼生および稚エビの成長に応じて、目合の大きいものに交換していきます。なお、飼育経過に伴い餌料の投与量が増加し、底質等の悪化によりpHが8を下回る場合があります。このようなときには換水率の増加が必要です。

換水ネット用のアンドン(図8、直径50cm、長さ125cm)はステンレス製のもので、通常の飼育では1水槽に2つ設置します。排水は2インチのカナラインホース(長さ10m)をアンドン内に入れて行います。P₇頃までの換水では、1つのアンドンに1本の排水用のホースを設置し、流水による換水を行

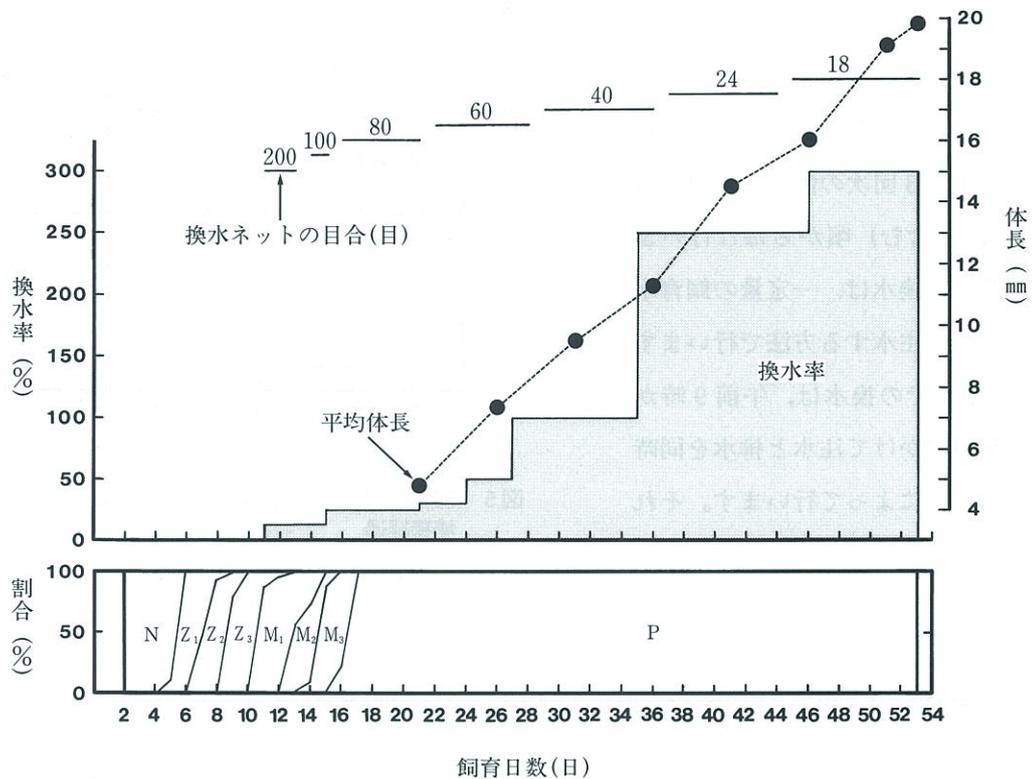


図7 飼育経過に伴う換水率の増加と稚エビの成長の推移 (平成7年3回次)

表3 幼生および稚エビのステージと換水ネットの目合との関係

ステージ	稚エビの平均体長 (mm)	換水ネット	
		目合	オープニング (μm)
M ₁ ~ M ₂		200	114
M ₂ ~ M ₃		100	225
M ₃ ~ P ₅		80	261
P ₆ ~ P ₁₂	5~	60	351
P ₁₃ ~ P ₂₀	8~	40	526
P ₂₁ ~ P ₂₈	11~	24	925
P ₂₉ ~	15~	18	1,243

行う場合は1つのアンドンに2本の排水用のホースを設置します。通常の飼育水は満水で80kℓですが、終日流水による換水を行う場合には飼育水のオーバーフローを防止するため飼育水の水量は70kℓ程度となるように調節しています。

また、P₇頃までの換水では、排水終了後に換水ネットを取り上げます。流水による換水を始めた場合は、終日換水ネットを設置していますが、目づまりを防ぐために毎日1回は取り上げて洗うようにしています。

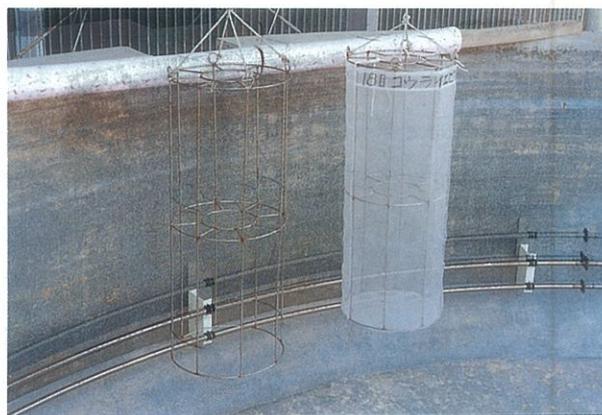


図8 換水ネットとアンドン

5) 餌料

餌料系列と10万尾当たりの給餌基準を図9に示します。コウライエビ幼生の形態変化はクルマエビと差がみられません。このためZ₁期から浮遊珪藻を摂餌するため、N₆期頃から飼育水中に浮遊珪藻を発生させる必要があります。そしてZ₂期に十分な浮遊珪藻を摂餌させることが重要です。浮遊珪藻の不足が予想される場合は、イーストを補助的な目的で使用しています。Z₃期から動物プランクトンを摂餌するため、ワムシを投与します。投餌量は、残餌量も含めて飼育水中の密度が5～10個/mlとなる

	ス テ ー ジ										
	N	Z ₁	M ₁	P ₁	P ₅	P ₁₀	P ₁₅	P ₂₀	P ₂₅	P ₃₀	P ₃₅
浮遊珪藻	1～10万 cells/ml										
イースト	2～10万 cells /ml										
ワムシ	5～10個/ml										
アルテミア	0.02～0.20億個/日										
アサリ	20～100g/日										
オキアミ	100～400g/日										
配合飼料 (H社製)	1号		2号		3号		4号		5号		
	10～20g		25～60g		60～200g		250～300g		300～470g		

図9 餌料系列と10万尾当たりの給餌基準

第4章 コウライエビの種苗生産

ように調整しています。ワムシの投与はアルテミア幼生を投与する $M_1 \sim M_2$ 期頃まで行います。ワムシはS型を用い、給餌前の栄養強化は行っていません。アルテミア幼生は、水温を約28°Cに保ったふ化水槽に耐久卵を収容し、約24時間後に回収したものを使用しています。アルテミア幼生の投与量は、最も多いときで2億個(2.5個/ml)です。投与期間はクルマエビの基準よりも長く、 P_{15} 頃(体長9~10mm)まで投与しています。また、ワムシと同様に栄養強化は行っていません。ワムシとアルテミア幼生の投与は午前中に行いますが、換水方法が流水方式(午前9時から午後4時まで)に移行した場合は、換水終了後にアルテミア幼生を投与します。昭和62年以降クルマエビの種苗生産(唐津市水産種苗センターでの例)ではワムシを使用せず、動物プランクトンはアルテミア幼生のみを投与しています。この餌料系列によってクルマエビの種苗生産は順調に行われています。このため、コウライエビについてもワムシは必ずしも必要ではないかもしれません。この点については、今後検討していきたいと思えます。

Pの出現に伴い配合飼料を投与します。配合飼料は稚エビの成長に応じて粒径を変えて投与し、その投与量はクルマエビでの投与基準(ヒガシマル)に準じています。 P_5 頃からアサリのミンチを、 P_{15} 頃からオキアミのミンチを与えます。アサリ、オキアミの投与量の基準は、過去のクルマエビ等の飼育事例や他の種苗生産機関のクルマエビの飼育事例を参考にしたものです。アサリ、オキアミはあらかじめスライサーで細断し、-20°Cで凍結保存したものを投餌前に解凍して使用しています。その際、終日流水による換水を行うまでは、アサリとオキアミは家庭用ミキサーで30秒ほど粉碎して投与します。配合飼料およびアサリ、オキアミの投餌は午前8時30分から午後5時にかけて、2~6回に分けて行います。

なお、アサリ、オキアミおよび配合飼料の投餌量は一応の基準値をもうけていますが、底掃除による残餌量の確認を毎日行い、その日の投餌量の増減を行っています。

また、配合飼料はクルマエビ用のものを使用していますが、日裁協志布志事業場の報告によればコウライエビのタンパク要求量はクルマエビに比べ高いことが指摘されています。今後、コウライエビの量産化に伴い、コウライエビ専用の配合飼料の開発とその普及が必要かもしれません。

6) 飼育密度と分槽の時期

過去2年間の飼育結果から、種苗生産工程のなかで最も不安定なものは採卵だと思われれます。このため、予定以上にふ化幼生が得られた場合には適正な飼育密度に調整する必要があります。理想的な幼生数は Z_2 、 Z_3 期のときに100~200万尾(飼育密度は約2万尾/kl)と思われれます。著しく多い場合(約5万尾/kl以上)は、浮遊珪藻の餌料不足をおこさないよう Z_1 、 Z_2 期頃に分槽または廃棄し適正な飼育密度に調整する必要があります。分槽はとなりの飼育水槽へ2インチのカナラインホースを用いてサイフォンによって行います。ホースは8本程度用い、分槽に要する時間は約1時間程度です。

当センターの飼育施設では、体長約20mmサイズの生産密度は約1万尾/kl、生産尾数約80万尾(総生産重量60~80kg)が限界と思われれます。また、体長約10mmでは約2万尾/klを上限としています。このため、体長約10mmで飼育密度を調整する場合があります。この場合は換水ネットを用いて飼育水量を

30kl程度に減水し、その後タモ網ですくい取り重量法で別の飼育水槽へ収容します。なお、P以降の現存数は、P₁、P₂頃の推定尾数とその後の減耗状況を観察しながら推定する必要があります。このため日々の観察（共食い等の斃死状況や残餌量）が重要です。

7) 1日の観察項目と作業

飼育水の水質チェックは午前9時と午後3時に行います。水温とpHの測定は飼育期間を通して午前、午後に行います。比重は飼育期間を通して午前のみ行います。透明度（直径5cmのホワイトボードを使用）の測定は、P₁₀頃まで午前のみ行います。飼育水中の浮遊珪藻の密度はPの初期まで午前、午後に計数します。なお、Z期は午前、午後に加え午後1時頃にも計数し、飼育水中の浮遊珪藻の増減を観察します（この時期はpHも1日3回測定）。午前の観察の際、ワムシやアルテミア幼生の残餌量の観察も重要です。飼育水の水質チェックと平行して、幼生の計数を行います。現存する幼生の数を把握することは、適正な飼育管理を行う上で重要なことです。現存数の推定は“柱状サンプリング”による容積法で行います。これは、長さ1.5mの塩化ビニール製のパイプ（径30mm）を用いて1ℓビーカーに採水し、そのなかの幼生数を全数計数し、採水量当たりの幼生数から容積比で飼育水中の幼生数を推定する方法です。採水は飼育水槽の周囲10か所で行います。計数はN期からP_{2,3}まで行います。

幼生は毎日の顕微鏡観察が必要です。幼生の形態組成や摂餌状況、特にZ期の消化管の色（浮遊珪藻を摂餌している場合は茶色）や糞の引きぐあい（糸状に糞を引く）、幼生の浮遊力をよく観察する必要があります。P以降は5日毎に稚エビの体長を測定し、成長の推移を観察します。なお、取り上げや放流時の稚エビの大きさは全長で表示するため、下記の換算式（日裁協志布志事業場のコウライエビ種苗生産マニュアルを参照）を使って体長の測定値から全長を推定します。

$$\text{全長} = 1.2029 \times \text{体長} - 0.1204$$

先端をT字型に加工した塩化ビニール製のパイプ（図10、径20mm、長さ3.6m）を用いた底掃除も重要です。これは、残餌量や斃死状況を把握するとともに底質の悪化を防ぐうえで重要な作業です。

8) 平成6, 7年の飼育経過

平成6, 7年の種苗生産結果を表4, 栄養塩および各餌料の投与結果を表5に示します。

平成6年：4月4日から6月8日にかけて種苗生産を行い、平均全長11.0~27.1mmの稚エビ399.2万尾を生産しました。Z期以降、特に大きな問題は無く順調に経過しましたが、一部の飼育水槽でPの初期に稚エビの体表に *Licmophora* sp. が多数付着し、斃死する個体が若干みられました。



図10 底掃除用パイプの先端部分

第4章 コウライエビの種苗生産

平成7年：4月8日から6月15日にかけて種苗生産を行い、平均全長23.3~25.5mmの稚エビ221.4万尾を生産しました。4月24日、26日に種苗生産を開始した事例では、採卵、ふ化は順調に経過したものの、いずれの飼育例ともZ_{2,3}期からM期にかけて幼生の体表に多数の *Licmophora sp.* の付着がみられ大量斃死が発生しました。原因は色々なことが考えられますが、一つは飼育水中の浮遊珪藻の増殖過多やそれに伴う pH の上昇が要因と思われます。

なお、稚エビはPの経過日数とともに群遊するようになります。このためか、クルマエビの種苗生

表4 種苗生産結果

取り上げ 年月日	生産 回次	尾数 (万尾)	平均全長 (mm)	ステージ	水温 (°C)	比重	pH
平成6.5.31	1'	51.3	23.5	P _{38,39}	20.0~22.3	23.9~25.2	7.89~8.57
5.17* ¹	2-1-1	152.9	11.0	P _{15~17}	18.9~23.0	23.8~25.3	7.97~8.68
5.31	-2	86.6	19.4	P _{29~31}	19.8~22.9	23.7~25.4	7.93~8.64
6.7	2-2-1	30.6	25.0	P _{37,38}	18.7~22.8	23.5~25.7	7.94~8.64
6.8	-2	32.2	25.0	P _{38,39}			
6.8	-3	23.6* ²	27.1	P _{38,39}			
6.7	-4	22.0	25.4	P _{37,38}			
		(計399.2)					
平成7.6.9	3	63.5	23.7	P _{37,38}	19.0~22.7	24.6~26.0	7.80~8.42
6.13	4'-1	83.4	23.3	P _{35~37}	20.3~21.7	24.4~25.9	7.84~8.45
6.15	-2	49.0* ³	25.5	P _{37~39}	20.8~21.4	24.9~26.0	7.90~8.15
6.15	5	25.5	25.5	P _{34~36}	20.2~21.8	24.6~26.0	7.89~8.39
		(計221.4)					

*¹ 大浦栽培センターへ分与

*² このうち1.3万尾は親エビ養成試験に使用

*³ このうち2.1万尾は親エビ養成試験に使用

表5-1 栄養塩および各餌料の投与結果 (平成6年)

回次	栄養塩		飼育餌料						
	メタケイ酸ナトリウム (kg)	ノリ糸状体培養液 (ℓ)	<i>C. gracilis</i> * (kℓ)	イースト (g)	ワムシ (億個)	アルテミア (億個)	アサリ (kg)	オキアミ (kg)	配合飼料 (kg)
1'	4.8	11.2	1.35	392	20	11.1		81.6	55.4
2-1-1	4.2	9.4	2.28	2,676	46	16.1	11.8	1.8	7.9
-2	4.2	9.3	0.34	1,680	40	13.6	11.1	67.9	45.4
2-2-1	6.4	14.2	2.31	1,736	48	26.3	18.0	260	159.5
-2									
-3									
-4									
合計	19.6	44.1	6.28	6,484	154	67.1	40.9	411.3	268.2

* 添加量は添加濃度を200万 cells/mlに換算して算出

産時にみられるような稚エビの歩脚障害は発生しません。

参考として、稚エビの経過日数と体長との関係を図11、稚エビの体長と体重との関係を図12に示します。また、平成6、7年の種苗生産フローと平成7年の飼育日誌の一例（3回次）を本章の最後に添付します。

表5-2 栄養塩および各餌料の投与結果（平成7年）

回次	栄養塩		飼育餌料						
	メタケイ酸ナトリウム (kg)	ノリ糸状体培養液 (ℓ)	<i>C. gracilis</i> * (kl)	イースト (g)	ワムシ (億個)	アルテミア (億個)	アサリ (kg)	オキアミ (kg)	配合飼料 (kg)
3	0.8	3.6	4.3		24	16.1	6.9	63.3	45.6
4'-1	0.5	2.4	3.7	560	28	35.9	4.7	75.0	53.8
-2								73.7	43.3
5	1.3	5.6	13.7	1,064	16	10.9			33.6
合計	2.6	11.6	21.7	1,624	68	63.0	11.6	212.0	176.2

* 添加量は添加濃度を200万 cells/mlに換算して算出

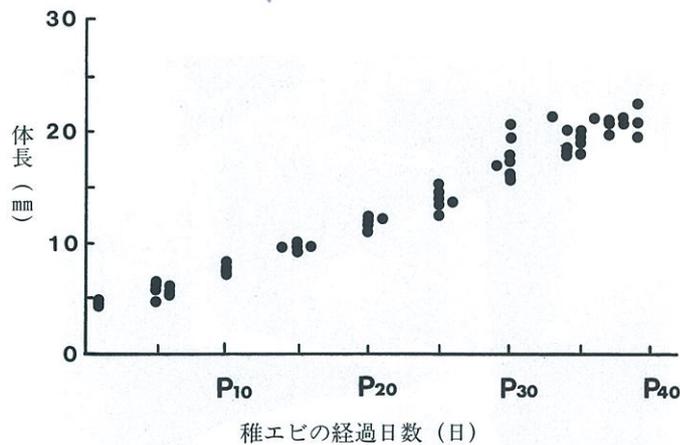


図11 稚エビの経過日数と体長との関係

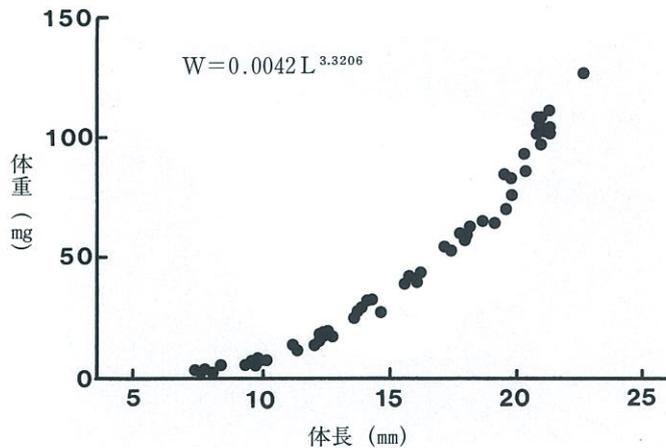


図12 稚エビの体長と体重との関係

5. 稚エビの放流 ○ ● ●

1) 取り上げ

有明水産振興センターのこれまでの調査結果から、稚エビの放流サイズは全長25mm程度が好ましいとされています(もちろん大きければ大きい方がよいと思いますが)。このため、全長25mm前後で取り上げ放流を行っています。取り上げ作業は、放流海域である有明海の潮の干満の時刻に合わせて行います。このため、取り上げから輸送用のトラックへの詰め込み時間と放流地点までの輸送時間を考慮して、取り上げの開始時間を決定します。最初に、換水用のネットと排水ホース(4本)を用いて飼育水を約20klまで減水させます。この間の作業に要する時間は約1時間です。取り上げは排水口から排水して行います。稚エビは取り上げ用のネット(24目、50×70cm、深さ25cm)に回収します。その際、取り上げ用ネットの下には100ℓのコンテナ水槽を設置し、稚エビが干出しないように注意します(図13)。その後、取り上げ用のネットのまま貯水した500ℓパンライトに浮かべ、タモ網(図14、25×30cm、深さ20cm)で稚エビをすくい取り秤量します。タモ網にはふたをつけて、稚エビの散逸を防いでいます。1回当たりのタモ網ですくい取る量は1kg程度を上限としています。秤量後は直ちに輸送



図13 排水口からの稚エビの取り上げ作業



図14 稚エビ計数用のタモ網

用のトラックへ積み込みます。この間の作業に要する時間は40～50分間です。稚エビの計数方法は、取り上げ当日に稚エビを1千～2千尾数えてその重量を測定し、1g当たりの尾数を算出して全体の総取り上げ尾数に乗じる方法で行います。

なお、取り上げ作業を行う前日に必ず潜水による底掃除を行います。これは、輸送トラックへの残餌等の混入を防ぐためです。また、取り上げた稚エビの一部を継続して飼育した結果や放流時の稚エビの活力等から判断して、取り上げ作業による稚エビの放流後の生残や活力等への影響はないと思われれます。

2) 輸 送

稚エビの輸送は、4トン(水槽容量3kl) および7トン(水槽容量5.7kl) 活魚輸送車で行っています。輸送時の水槽内の稚エビの収容密度は約10kg/klを上限としています。当センターから放流地点である佐賀県多良町糸岐川河口までの輸送時間は約2時間です。輸送時の水温は19℃前後の自然水温で、特に氷等による冷却は行っていません。通気はブローアと酸素ポンペを併用しています。

3) 放流尾数

平成6年は平均全長19.4～27.1mmの稚エビ245万尾を、平成7年は平均全長23.3～25.5mmの稚エビ219.3万尾を有明海へ放流しました。

6. 種苗生産上の問題点 ● ● ●

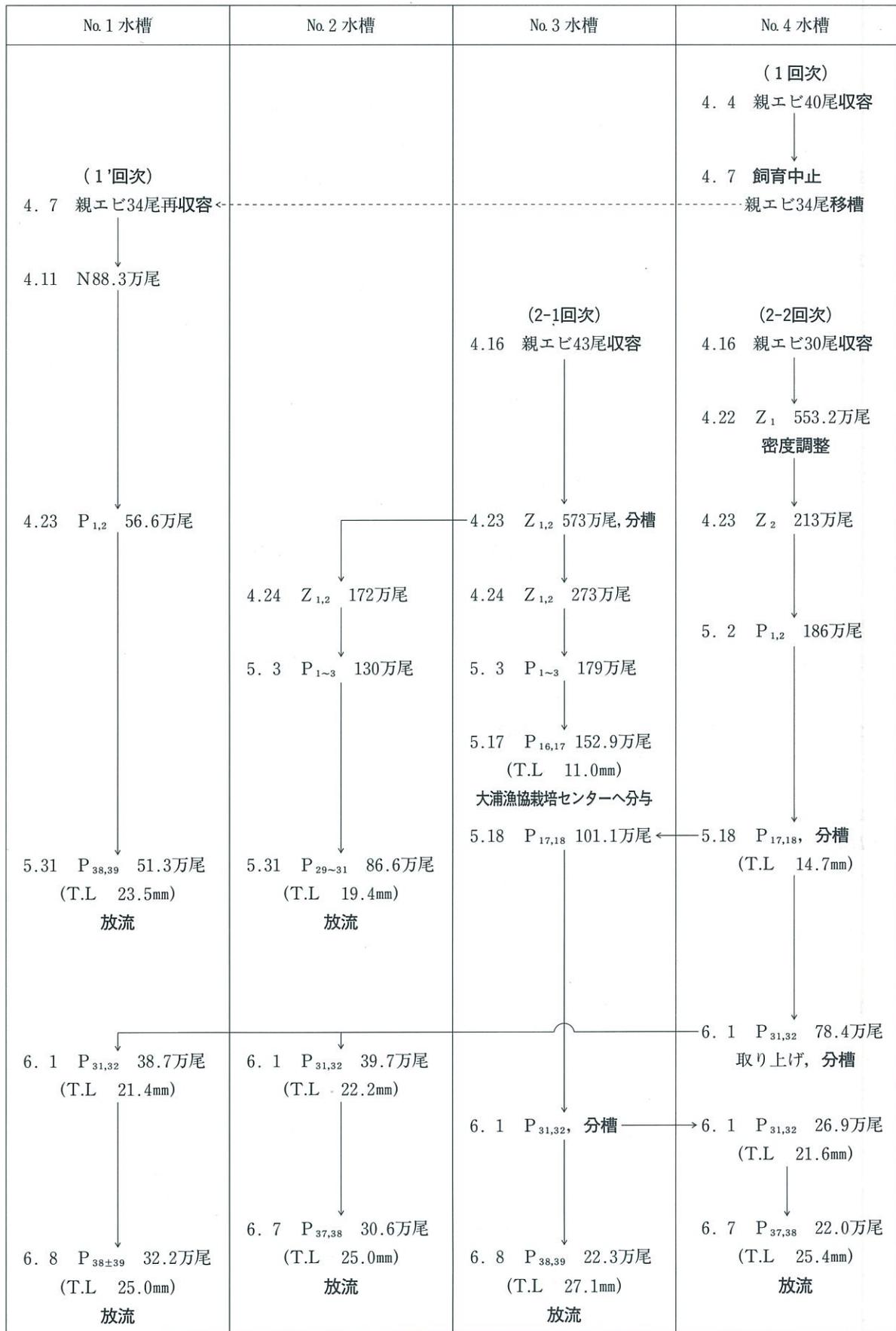
コウライエビの安定した種苗生産を行うには、第一に大量のふ化幼生を得ることが重要です。そのためには、効果的な産卵誘発刺激を行うとともに、その刺激に対して容易に反応するような成熟した親エビを大量に確保する必要があります。過去2年間、親エビの成熟度が最も高まる4月に親エビを入手し、飼育水温を約20℃に加温する方法で採卵を試みてきました。しかし、一度に入手できる成熟した親エビの数の問題から、飼育を開始するのに必要なふ化幼生が得られず、飼育を中止した事例がみられました。採卵時の飼育水温の設定温度については、若干検討する余地があると思われれますが、成熟した親エビの安定確保が最も重要な検討課題と思われれます。また、2～3月頃に成熟度の低いものを入手し、志布志事業場で行われていたような親エビの短期養成も、今後検討する必要があると思われれます。

これまでの種苗生産において疾病の発生はみられませんでした。しかし、近年、養殖クルマエビにRV-PJ感染症による大量斃死が発生し、平成7年にはクルマエビやヨシエビの種苗生産段階での発症がみられ、種苗生産での大きな被害が発生しています。また、クルマエビの種苗生産ではバキュロウイルス性中腸腺壊死症の発生も、いまだ大きな問題となっています。これらのことから、今後、コウライエビ種苗の量産化に伴い疾病の発生も考えられることから、種苗生産における病害防除についても十分留意する必要があると思われれます。

おわりに ● ● ●

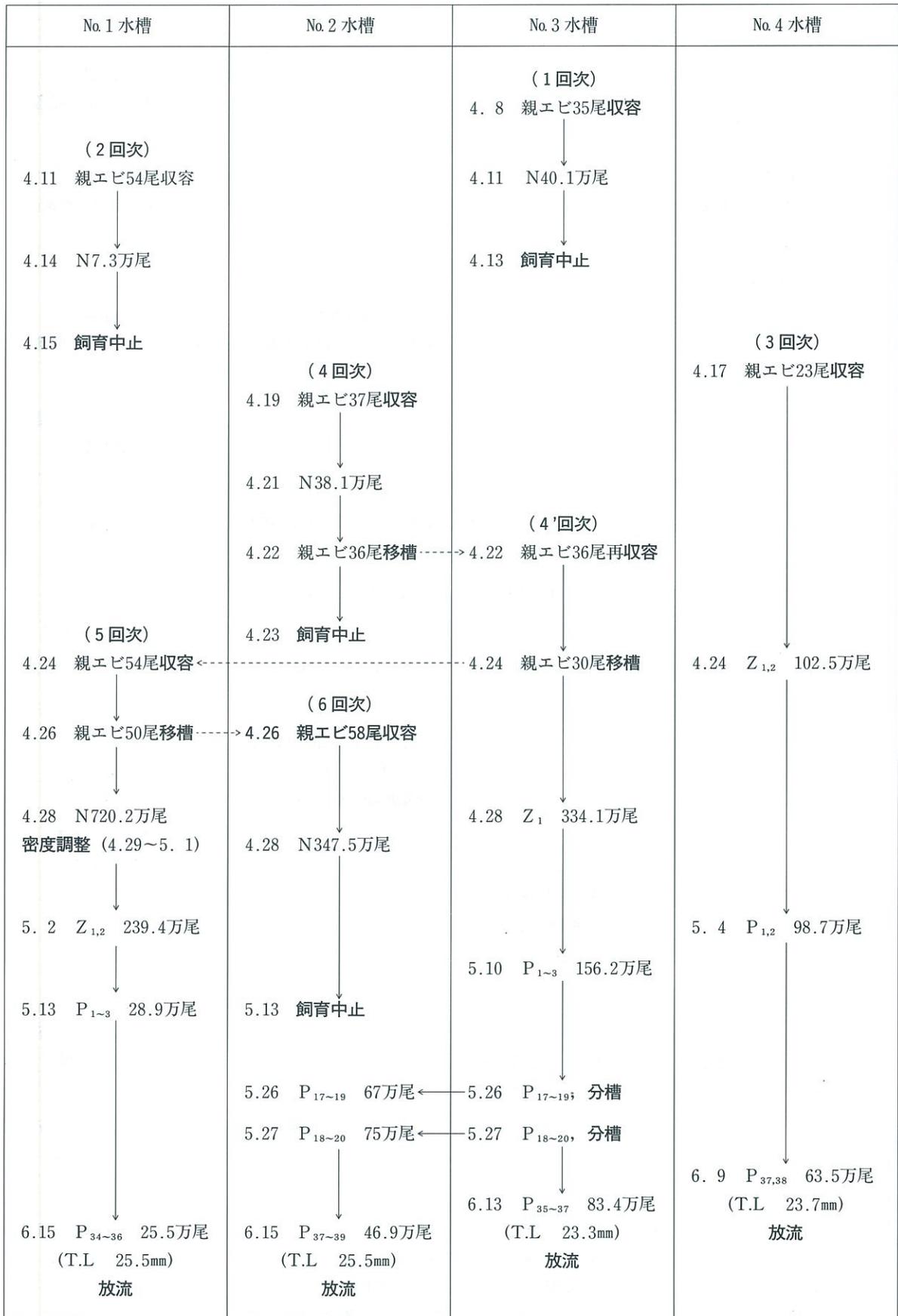
本章では過去2年間の飼育経過をもとにコウライエビに関する種苗生産方式を述べてきました。しかし、佐賀県におけるコウライエビの種苗生産技術開発は始まったばかりであり、その生産方式については改良すべき多くの点があると思われます。今後、飼育データの集積と飼育実験により種苗生産方式の改良を行い、生産性の向上と健苗育成をめざしたいと思います。そして、数年後に佐賀県版コウライエビ種苗生産マニュアルを完成させたいと思います。

付1 平成6年コウライエビ種苗生産フロー



第4章 コウライエビの種苗生産

付2 平成7年コウライエビ種苗生産フロー



付3 平成7年コウライエイビ飼育日誌(3回次)

飼育月日	飼育日数	天候	水温	比重	pH	透明度 (cm)	珪藻濃度 (Jcells/ml)	珪藻*添加量 (kl)	珪酸Na ₂ 添加量 (g)	窒培養添加量 (ml)	ワムン添加量 (億個)	ワムン残餌量 (/ml)	ブライン投餌量 (億個)	ブライン残餌量 (/me)	アサリ投餌量 (g)	オキアミ投餌量 (g)	配合投餌量 (g)	1号	2号	3号	4号	5号	飼育水量 (kℓ)	換水率 (%)	換水目合	生残数 (万尾)	stage	体長 (mm)		
		午前	9:00	15:00	9:00	15:00	9:00	15:00																						
4.17	0		18.6	25.7	8.18																	60								
4.18	1	雨	曇り	19.0	20.1	26.0	8.10	8.11														60								
4.19	2	快晴	晴れ	20.1	21.1	25.6	8.14	8.12														60								
4.20	3	快晴	快晴	21.0	22.7	25.2	8.02	8.18		270	1200											60								
4.21	4	曇り	曇り	21.8	22.7	25.1	8.21	8.32	0	0.6												60								
4.22	5	曇り	雨	22.2	23.2	24.8	8.27	8.42	120		270	1200										65								
4.23	6	曇り	晴れ	22.3	22.6	25.2	8.36	8.38	100	15												70								
4.24	7	曇り	曇り	21.4	21.2	25.0	8.37	8.38	80	21.5	20.1											75								
4.25	8	曇り	晴れ	20.7	2.6	25.2	8.35	8.34	100	19	15.6											80								
4.26	9	曇り	晴れ	20.0	20.4	25.2	8.34	8.32	100	13.3	12.8											80								
4.27	10	曇り	曇り	19.9	20.1	25.4	8.32	8.32	95	11.6	12.3											80								
4.28	11	曇り	晴れ	19.9	21.2	25.3	8.25	8.31	110	6.5	7.8											80								
4.29	12	雨	雨	21.0	20.9	25.7	8.22	8.11	100	7.2	4.6											80								
4.30	13	晴れ	雨	21.0	21.2	24.8	8.15	8.10	100	2.5	5.4											80								
5. 1	14	雨	曇り	21.0	20.8	25.3	8.18	8.18	110	3.6	3.3											80								
5. 2	15	晴れ	晴れ	21.1	21.5	25.5	8.14	8.07	150	0.4	2.5											80								
5. 3	16	曇り	曇り	21.3	21.3	25.0	8.13	7.93	140	0.5	0.2											80								
5. 4	17	曇り	曇り	21.0	20.9	25.0	8.04	8.07	140	0.3	1.8											80								
5. 5	18	晴れ	晴れ	20.8	21.5	25.1	7.94	8.13	150	0.3	0.4											80								
5. 6	19	晴れ	晴れ	21.2	21.6	24.8	8.02	8.10	140	0.3	0.3											80								
5. 7	20	曇り	晴れ	21.3	21.5	24.9	8.05	8.20	120	0.1	0.2											80								
5. 8	21	晴れ	晴れ	21.4	21.4	25.1	8.13	8.23	110	0.1	0											80								
5. 9	22	晴れ	晴れ	21.4	21.4	25.0	8.10	8.07	110	0.1	0.1											80								
5.10	23	晴れ	晴れ	21.3	21.3	25.2	7.95	8.00	110	0.1	0.1											80								
5.11	24	晴れ	晴れ	20.9	20.6	25.0	7.84	7.92	140	0.1												80								
5.12	25	快晴	晴れ	20.8	20.6	24.7	7.80	8.15	140													80								
5.13	26	晴れ	晴れ	20.9	20.7	24.9	8.05	8.10	180													80								
5.14	27	雨	雨	20.9	20.6	24.9	7.98	8.00	180													80								
5.15	28	曇り	曇り	21.0	20.4	24.6	7.98	7.94														80								
5.16	29	曇り	晴れ	20.9	20.7	24.6	7.96	8.14														80								
5.17	30	快晴	快晴	20.9		24.6	8.01															80								
5.18	31	快晴	快晴	20.9		24.9	8.07															80								
5.19	32	晴れ	晴れ	21.1	20.7	25.4	8.06	8.22														80								
5.20	33	雨	雨	20.9	20.6	25.3	8.13	8.11														80								
5.21	34	雨	雨	20.9	20.6	25.1	7.92	7.89														80								
5.22	35	晴れ	晴れ	20.9	21.5	25.0	7.95	8.00														80								
5.23	36	晴れ	晴れ	21.5	21.5	25.1	8.04	7.99														80								
5.24	37	晴れ	晴れ	21.5	20.7	25.3	8.08															80								
5.25	38	曇り	雨	21.0	20.7	25.0	8.00	8.01														80								
5.26	39	曇り	晴れ	20.8	20.7	25.4	7.98	8.09														80								
5.27	40	晴れ	快晴	20.7	20.8	25.8	8.07	8.06														80								
5.28	41	曇り	曇り	20.8	20.9	25.6	8.05	8.04														80								
5.29	42	雨	曇り	20.7	20.8	25.2	8.02	8.00														80								
5.30	43	晴れ	晴れ	20.8	20.8	25.6	8.01	8.02														80								
5.31	44	曇り	曇り	20.8	20.9	25.2	7.85	7.98														80								
6. 1	45	晴れ	晴れ	20.7	20.8	25.5	8.02	8.10														80								
6. 2	46	晴れ	晴れ	20.7	20.8	25.0	8.02	8.08														80								
6. 3	47	雨	雨	20.7	20.9	25.5	7.93	7.87														80								
6. 4	48	曇り	曇り	20.8	21.0	25.0	8.01	8.04														80								
6. 5	49	晴れ	晴れ	20.8	21.0	25.5	7.97	8.09														80								
6. 6	50	晴れ	晴れ	20.8	21.3	25.1	7.98	7.95														80								
6. 7	51	晴れ	晴れ	20.9	21.0	25.2	7.99	7.98														80								
6. 8	52	雨	曇り	20.8	20.8	25.3	7.96	7.91														80								
6. 9	53	曇り	曇り	20.8		25.1	7.97															80								
合計									4.3	810	3600	24	16.10		6900	63300	460	2370	10450	10100	22200							63.5	P37.38	19.8

* 200 Jcells/ml換算

第5章 マダイの種苗生産

はじめに ● ● ●

マダイの種苗生産技術開発は、我が国の海産魚のなかで最も古くから着手され、稚仔魚の初期餌料であるシオミズツボワムシの大量培養法の確立とともに種苗生産技術の基礎が確立されました。当センターにおいても昭和51年の開所以来、マダイの種苗生産技術開発に取り組み、放流および養殖用種苗として稚魚の配布を行ってきました。

佐賀県におけるマダイ養殖は、漁船漁業が低迷している本県玄海海域においてハマチとともに重要な位置にあります。また平成2年度から音響馴致を利用したマダイの放流事業（海洋牧場）も始まり、その放流効果にも、大きな期待が寄せられています。このため、当センターでは、養殖および放流用種苗を供給する目的で、13～15mmサイズと25～35mmサイズの稚魚の種苗生産を行っています。

今日、全国の種苗生産機関で行われている種苗生産方式は、ふ化仔魚から全長約15mmまでの飼育を陸上水槽で集約的に行い、その後、海上に設置した小割り生簀で育成を行うものです。しかし、当センターでは地理的立地条件から海上筏での飼育ができません。このため、13～15mmサイズまで比較的高密度で飼育し、このサイズで養殖用種苗として配布をしています。13～15mmサイズ以降は、施設上の問題もあり、さほど多くの稚魚を飼育することはできませんが、25～35mmサイズの稚魚を放流用種苗（海上での中間育成後放流）として配布し、毎年ほぼ需要数量を供給しています。

そこで、本章では、平成4年度から行っている種苗生産方式を中心に概要を説明し、今後の種苗生産技術の普及に役立てたいと思います。

1. 稚魚の生産状況と用途 ● ● ●

図1に平成元年度から7年度までのマダイ種苗の生産数の推移を示します。当センターでは、13～15mmサイズと25～35mmサイズの2段階で、稚魚の配布を行っています。13～15mmサイズの稚魚は養殖用種苗として、また25～35mmサイズの稚魚は養殖用および中間育成用種苗として漁業者や町および海洋牧場へ配布しています。

13～15mmサイズの稚魚の需要が平成5年度から減少していることもありますが、平成3年度以降、13～15mmサイズは15～50万尾を、25～35mmサイズは18～28万尾を、それぞれ生産し、配布しています。

2. 種苗生産の工程 ● ● ●

図2に種苗生産工程を示します。当センターでは、4月下旬から5月上旬にかけて受精卵を収容し

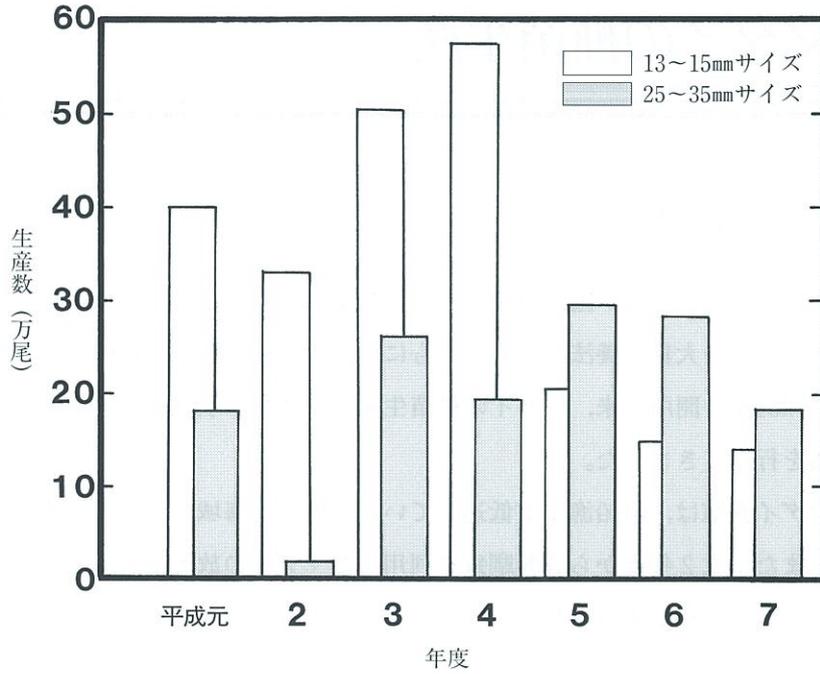


図1 マダイ種苗の生産数の推移

月	4	5			6			7
	下	上	中	下	上	中	下	上
受精卵の収容・ふ化	[Bar]							
注・排水	中層注水 [Bar] 上方注水 [Bar]							
飼育水の還流	エア-による還流 [Bar] 注水による還流 [Bar]							
ナンの添加	[Bar]							
油膜の除去	[Bar]							
夜間計数	[Bar]							
底掃除	[Bar]							
投餌	ワムシ [Bar]							
	アルテミア [Bar]							
	魚貝肉ミンチ [Bar]							
	配合飼料 [Bar]							
取上げ・配布	13~15mmサイズ [Bar] 25~35mmサイズ [Bar]							

図2 マダイ種苗生産工程

ます。稚魚の飼育は、一貫して陸上水槽で行い、6月下旬から7月上旬にかけて、25～35mmに成長したものを取上げて配布します。また、この間6月中旬頃には13～15mmに成長した稚魚を一部取上げ、配布します。

餌料としてはワムシ、アルテミア、魚貝肉ミンチおよび配合飼料を使用しています。このほかの工程としては、ワムシ投与期間中のナンクロロプシスの添加、稚魚の成長に伴う注水量の調節、飼育水表面の油膜の除去、飼育尾数推定のための夜間計数および底掃除等があります。

なお、採卵用の親魚の養成は施設の都合上、行っていません。このため、受精卵を他の種苗生産機関から譲り受け、飼育を行っています。

3. 受精卵の収容 ● ● ●

1) 受精卵の搬入

図3に受精卵封入の模式図を示します。譲り受ける受精卵は、搬入当日に回収した浮上卵です。これを厚手のビニール袋（ウナギ袋、丸富士社製）に海水（12～15ℓ、自然水温）とともに封入してライトバンで陸送します。1枚のビニール袋に入れる受精卵の量は、約200g（36万粒）を上限としています。ビニール袋の口は輪ゴムで縛り、水温の急激な変化を防止し、運搬中の衝撃から卵を守るために発泡スチロール製の箱（35×28.5×21.5cm）に入れます。さらに卵を傷めないようにするために、

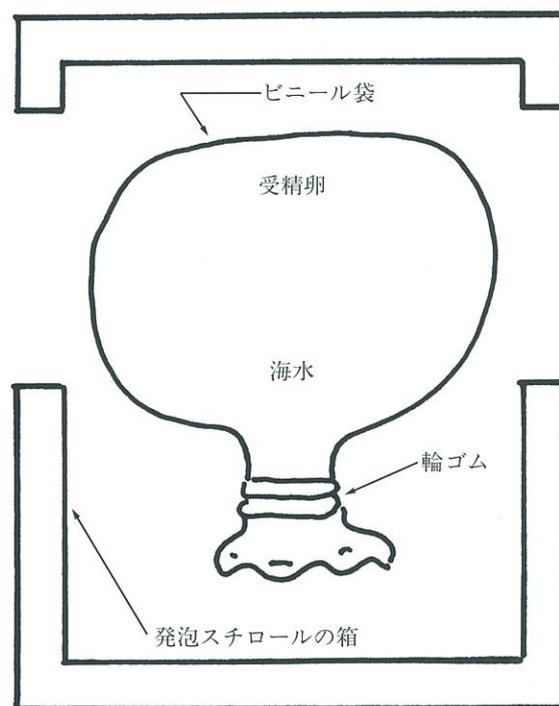


図3 受精卵の封入

表1 受精卵搬入結果

年度	搬入 月日	搬入数 (万粒)	ふ化日	ふ化率* (%)	水温 (°C)		
					運搬前	運搬後	水槽収容時
3	4.30	258	5. 1	98.0~ 99.0	17.3	18.3	16.5
	5.11	217	5.11	—	17.2	17.0	17.5
4	4.30	256	5. 1	94.0~ 98.0	18.0	18.3	17.7
	5. 6	253	5. 7	97.7~ 97.9	—	—	18.2
5	4.30	216	5. 2	92.0~ 93.0	16.7	16.7	16.8
	5. 6	216	5. 7	86.7~ 88.5	16.8	17.2	17.3~17.4
6	5. 2	198	5. 3	91.4~ 94.3	18.4	19.8~20.0	19.8
	5. 6	198	5. 7	86.7~100.0	—	18.5~18.7	18.0
7	4.28	180	4.30	94.0~ 96.0	—	17.0	16.3
	5. 8	180	5. 9	84.0~ 87.0	—	—	17.8

* 約100粒の受精卵を1ℓビーカー中に収容し、ふ化した仔魚を計数して算出

ビニール袋内の空気をなるべく抜き、輪ゴムで縛った部分を逆さにします。受精卵を封入した箱は、運搬中に荷崩れが起きないように荷台に積込み、温度の上昇が考えられる場合はエアコンをかけて気温調節をしながら運搬します。

平成3年度から7年度までの搬入結果を表1に示します。受精卵は、重量法(1,800粒/g)を用いて計数し、1袋当たり50~190g(9~34.2万粒)を収容しました。封入は午前9時から10時頃までの1時間で行い、運搬に要した時間は約2時間でした。搬入した受精卵は、平成3年度は15m³水槽(第1章表2参照、半埋込み式)に設置した100目のナイロンネット(直径80cm、深さ50cm)に収容して流水とし、当日の午後もしくは翌朝、浮上卵を飼育水槽に収容しました。平成4年度以降は、搬入した受精卵を直接飼育水槽へ収容しています。この運搬方法は、ふ化率(80%以上)から判断して、問題はないと思われます。

2) 受精卵の収容時期、回数および数量について

受精卵は、毎年4月下旬から5月上旬にかけて収容するようにしています。これは以下の3つの点を考慮しているからです。

- ①種苗生産時の水温(4月下旬以降が望ましい、16°C以上)
- ②搬入時の水温(5月上旬までが望ましい)
- ③13~15mmサイズの配布時の水温(6月下旬までの配布が望ましい)

毎年収容の回数は5~10日の間隔をおいて2水槽ずつ2回行うようにしています。これは以下の2つの点を考慮しているからです。

- ①ワムシ、アルテミア等の餌料の供給量
- ②稚魚の取り上げ作業

卵の飼育水槽への収容数量は、1kl当たり3万粒を目安としています。なお、平成4年度までは1

水槽 (40kl) 当たり約120万粒を収容していました。しかし、平成5年以降は13~15mmサイズの需要が減少したため、80~100万粒に収容数量を減らしています。

4. 飼育管理 ● ● ●

1) 飼育水槽と通気

図4に種苗生産に使用する飼育水槽の模式図を示します。飼育水槽は、屋内の50m³水槽 (12×3×1.5m, 半埋込み式)です。飼育時の水量は40klとしており、底は排水と最終的な取上げのために緩やかな傾斜がついています。排水口の口径は150mmで、塩化ビニール製の立上りを立てます。立上りには、オーバーフロー時の稚魚の流失を防止するために、ニップ網 (40~60目) を被せたアンドン (ネトロンネット Z 1, 径35cm, 長さ200cm) を設置します。

通気は、径5cmのエアーストーンを使用し、これを水槽の両側の側壁に沿って2.4m間隔で6個、中央に5個、合計17個吊り下げて行います。エアーストーンは、水槽の縁から約110cm (水面からは約78cm) 下に吊り、これより下の飼育水を動かさないようにしています。これは、残餌や稚魚の排泄物が底に溜まり易くし、堆積物が飼育水中に懸濁しないようにするためです。通気量は卵収容からふ化までは微量 (80ml/分) で、その後は稚魚の成長に応じて徐々に増加させていきます。ふ化後5日目頃 (以下日数はふ化後の日数) には、図5に示すような雨樋を水槽の側壁の5個のエアーストーンに取付け (図6)、飼育水の表面が緩やかに還流するようにします。

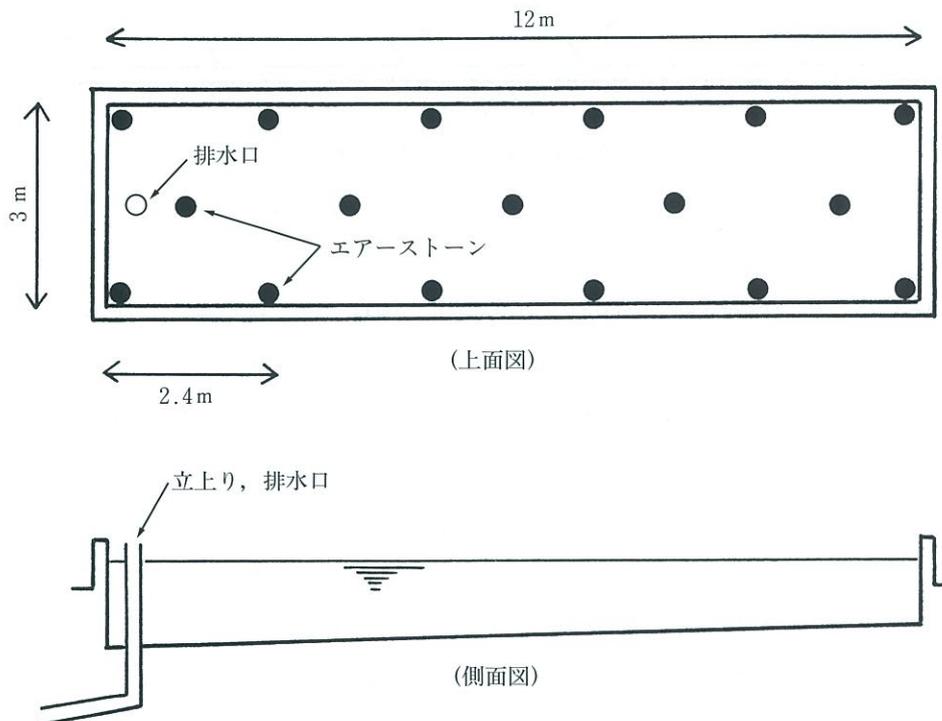


図4 飼育水槽の模式図とエアーストーンの設置場所

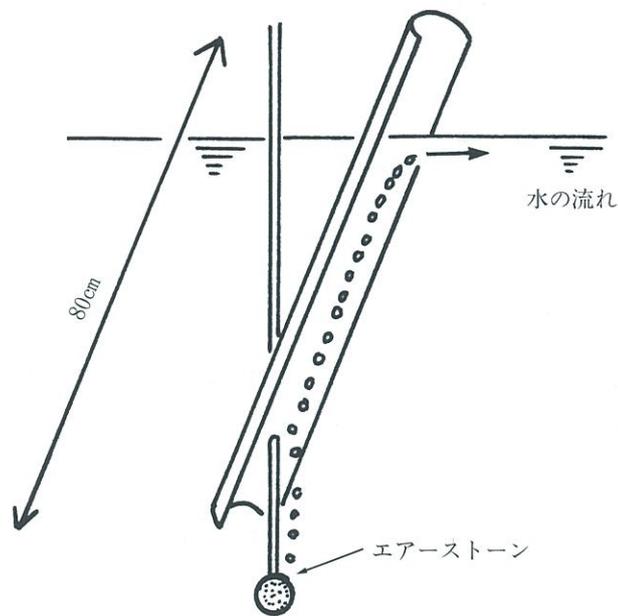
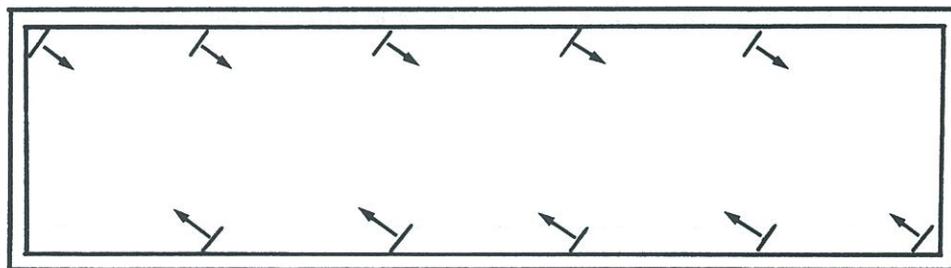


図5 雨樋とエアーストーンを使った水の流れの模式図



(上面図)

図6 雨樋の設置場所と水の流れの模式図

2) 注・排水

図7に注水開始時とその後の注水の模式図を示します。飼育には一次ろ過した海水を使用し、受精卵収容時は止水とします。注水は当初、図8に示すような塩化ビニール製のパイプ（径13mm，1×1.5m）を使用して飼育水槽の中層の1ヶ所から始め、15～20日目頃から飼育水が還流するように30mmと50mmの塩化ビニール製のパイプで組み立てた注水パイプを使用し、表層の6ヶ所から斜めに行います。排水は、ネトロンネットZ1で作製したアンドン（直径50cm，長さ120cm）にニップ網を被せて水槽に吊り下げ、カナラインホース（径2インチ，長さ約7m）2本を使いサイフォンで行います。

図9に稚仔魚の成長に伴う換水率の推移と使用するネットの種類を示します。注水は、通常ワムシの投与後2日目（ふ化後6日目）から始め、仔魚のワムシの摂餌状況や飼育水温等を見て、注水量を増加させていきます。ワムシ、アルテミア等の餌料の節約のため、換水率はこれら餌料の投与期間中は0.2～1回転/日です。餌料を、魚貝肉ミンチに切替えたあとは、飼育水中の溶存酸素量（DO）の低

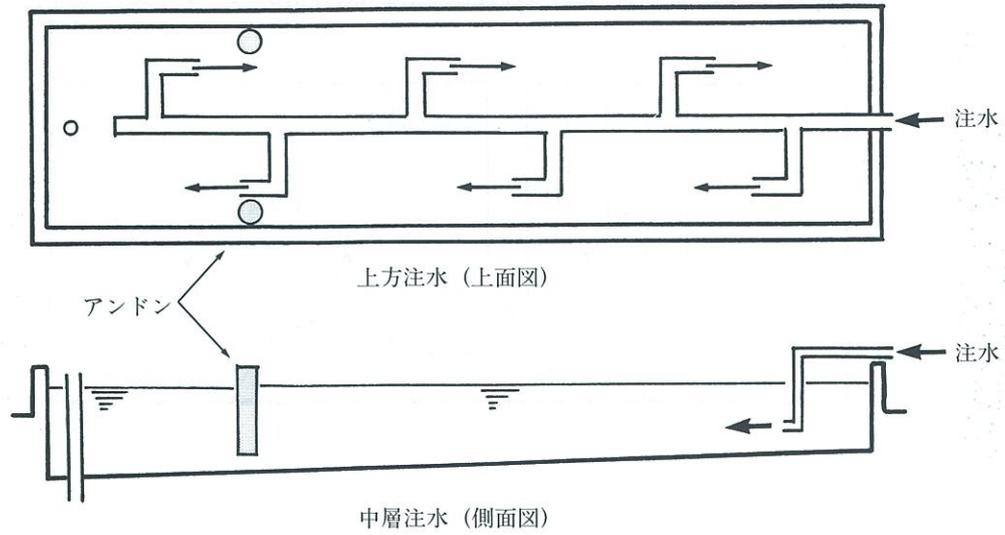


図7 注水方法の模式図



図8 中層注水に使用する注水管

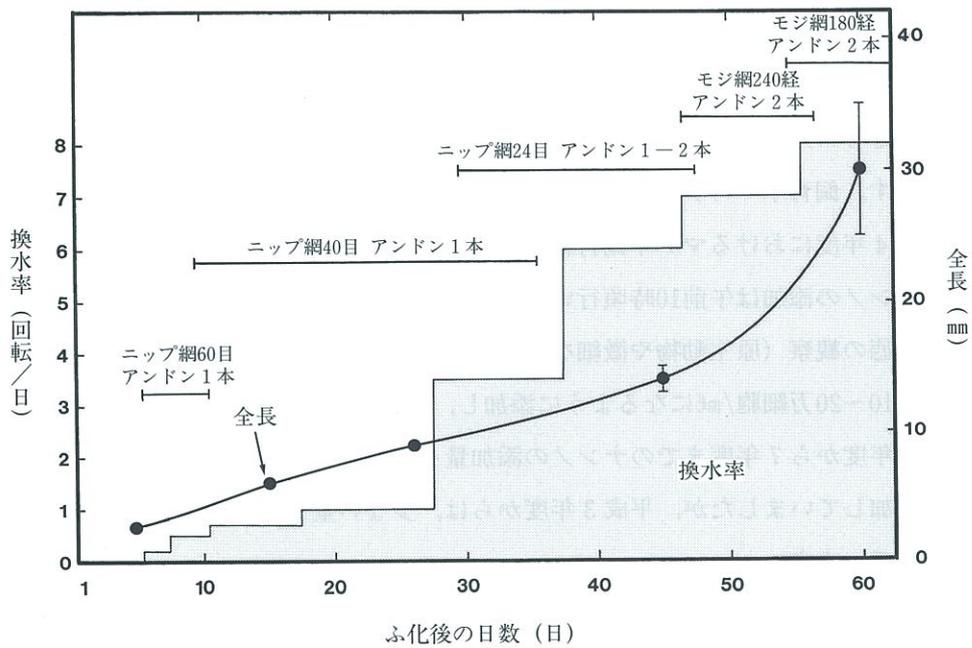


図9 稚仔魚の飼育経過に伴う換水率の推移とネットの種類

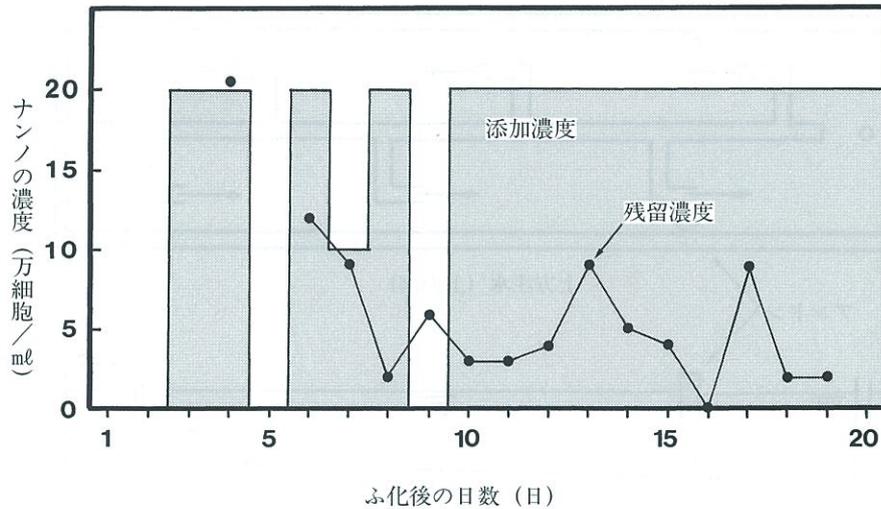


図10 飼育水へのナンノ添加濃度と残留濃度の推移 (平成4年度)

下を防ぐため3回転/日程度に換水率を上げ、その後は投与量に応じて徐々に上げていきます。なお当センターでは施設の都合上、換水率は8回転/日が限度となっており、飼育水中のDOとの関係から、魚貝肉ミンチの投与方法に注意が必要となってきます。

3) ナンノの添加

飼育水には、ナンノを添加します。これは、飼育水の環境維持とワムシの餌料とするためで

す。ナンノの添加は、ふ化直後からワムシを投与する期間を中心に、飼育水中の濃度が20~90万細胞/mlとなるように行います。飼育水の添加は、径5mmの穴を10cm間隔に開けた塩化ビニール製のパイプ(径30mm、長さ8m)を通して、仔魚を傷めないように水槽の側壁に沿って行い、水槽全体に速やかに拡散させます。飼育水へのナンノの移送は、水中ポンプ(吐出能力76ℓ/分)を使用しています。

図10に、平成4年度におけるマダイ飼育経過に伴うナンノの飼育水への添加濃度と残留濃度の推移を示します。ナンノの添加は午前10時頃行い、残留濃度の測定は、ほぼ24時間後のナンノの添加直前に、飼育水の状態の観察(原生動物や微細なゴミの確認)を兼ねて行っています。平成4年度では、ナンノの濃度が10~20万細胞/mlになるように添加し、残留濃度は2~12万細胞/mlとなりました。

表2に平成元年度から7年度までのナンノの添加量を示します。平成元年度では短い期間で多くの量のナンノを添加していましたが、平成3年度からは、少ない量を13~15mmサイズの配布直前まで添加するようにしています。

表2 ナンノクロロプシスの添加量

年度	添加期間 (ふ化後日数)	添加量 (kl*)
元	0~22	71.4
2	-1~20	18.1
3	2~38	32.2
4	1~40	58.6
5	3~42	62.6
6	2~33	40.8
7	16~41	18.0

* 2,000万細胞/mlに換算

表3 ナンノクロロプシスの保存培養と拡大培養の条件

	種保存	拡大				
		100ml平底 フラスコ	1ℓ平底 フラスコ	5ℓ平底 フラスコ	100ℓパン ライト水槽	500ℓパン ライト水槽
培養容器	試験管	100ml平底 フラスコ	1ℓ平底 フラスコ	5ℓ平底 フラスコ	100ℓパン ライト水槽	500ℓパン ライト水槽
培養水量	10ml	70ml	700ml	4ℓ	20~100ℓ	200~500ℓ
栄養塩	P-E S* ¹ (寒天1.2%)	ノリ糸状体 用培養液	ノリ糸状体 用培養液	ノリ糸状体 用培養液	大量培養用肥料	大量培養用肥料
添加量	1 ml/l	1 ml/l	2 ml/l	2~10ml/l	培養水量相当分	培養水量相当分
培養水温	20±3	20	20±3	20±3	3~12	3~20
照度 (lx)	1,500	1,000	2,000~5,000	10,000	自然光	自然光
通気 (ℓ/分)	無	無	無	強通気	強通気	強通気
初期濃度* ²	—	—	100~150	100~200	500~1,000	500~1,000
植え継ぎ濃度* ²	—	1,000~1,600	1,000~1,500	1,000~3,000	2,000~3,000	1,000~3,000
培養日数 (日)	60~80	30~40	10~15	7~10	7~10	7~10
培養場所	恒温室	恒温ボックス	恒温室	恒温室	屋外* ³	屋外* ³

*¹ Provasoli の E S 改変液

*² 万細胞/ml

*³ 透明アクリル製上屋の下

4) ナンノの培養方法

ナンノはマダイ飼育水への添加のほか、ワムシの餌料としても使用します。表3にナンノの保存と拡大培養の条件を、表4にナンノの大量培養用肥料の組成を示します。現在使用している元種は平成2年度に(株)クロレラ工業から譲り受けたもので、通常寒天培地で保存しています。

元種からの拡大は、まず、100ml平底フラスコ2~3本から開始して500ℓパンライト水槽2~4個まで増やします。次に、100m³円形水槽(直径8m、深さ2m)を4槽と50m³水槽(10×4×1.5m)を3槽、さらに補助的に30m³水槽(6×4×1.5m)を2槽使用して大量培養を行います。大量培養を行う水槽は、いずれも半埋込み式で、透明アクリル製の上屋の下にあるため、曇りの日では露天の場所と比べて照度が約50%落ちることがあります。通気は、100m³水槽では、径1mmの穴を1~3cm間隔で開けた径13mmの塩化ビニール製のパイプを梯子状に組んだもの(第4章図3参照、約40×50cm)を4~5個使用し、50m³と30m³水槽では同じく1mmの穴を約5~10cm間隔で開けた径13mmの塩化ビニール製の通気管4本で行っています。100m³水槽では攪拌機を使用し、また50m³と30m³水槽では、通気管4本を等間隔(130cm)に並べて通気を行い、培養水の攪拌を行っています。培養水の効率的な攪拌と適当な照度を保つために、各水槽とも、水位を30~50cmとなるようにし、100m³水槽では、12~25kl、50m³と30m³水槽では、それぞれ7~12klと5~8klで培養を行っています。培養に使用する海水は、一次ろ過した海水をフランネルの布地でろ過して使用しています。

図11に100m³水槽で行った植え継ぎ日(0日目)から19日目までの培養状況を示します。培養は、

表4 ナンノクロロプシスの大量培養用肥料の組成
(培養水 1kl当たり)

硫安	100 g
過リン酸石灰	15 g
クレワット32	5 g

第5章 マダイの種苗生産

20~30日間の間引き方式で行います。植え継ぎ時のナンノの密度は、1,000万細胞/ml前後となるように調整し、3~4日間で3,000万細胞/ml程度まで増殖させます。この間の施肥は、培養水相当分を2~3日に分けて行います(培養水20klならば、5kl相当分×4回)。2,500~3,000万細胞/mlまで増殖すると、間引き・注水を行い、1,000~2,000万細胞/ml程度まで密度を下げて再度増殖させます。次に、培養水の1/4~1/3相当分の施肥を1~3日毎に行いながら、2,000~3,000万細胞/mlまで増殖したときに間引き・注水を繰り返していきます。

日間増殖比の推移とナンノの細胞の大きさの変化等に注意し、常に増殖させるために、天候による照度の変化に合わせた水位の調節、間引き・注水および施肥を行っていきます。水温、天候等の培養条件が良ければ、2,000~3,000万細胞/ml程度の密度のナンノを、1~3日毎に培養水の1/2~3/4の程度間引くことができます。原生動物や藍藻の混入がみられた場合は、塩素を0.1~5 ppmとなるように添加し、駆除します。ナンノの間引・輸送にはマグネットポンプ(吐出能力1kl/3分)および水中ポンプ(吐出能力1kl/5分)を使用します。

参考として、表5に平成元年度から7年度までのナンノの培養結果を示します。平成4年度からは、ワムシの餌料として、濃縮淡水クロレラをナンノの代替として使用しています。このため、平成4年度以降のナンノの生産量は減少しています。

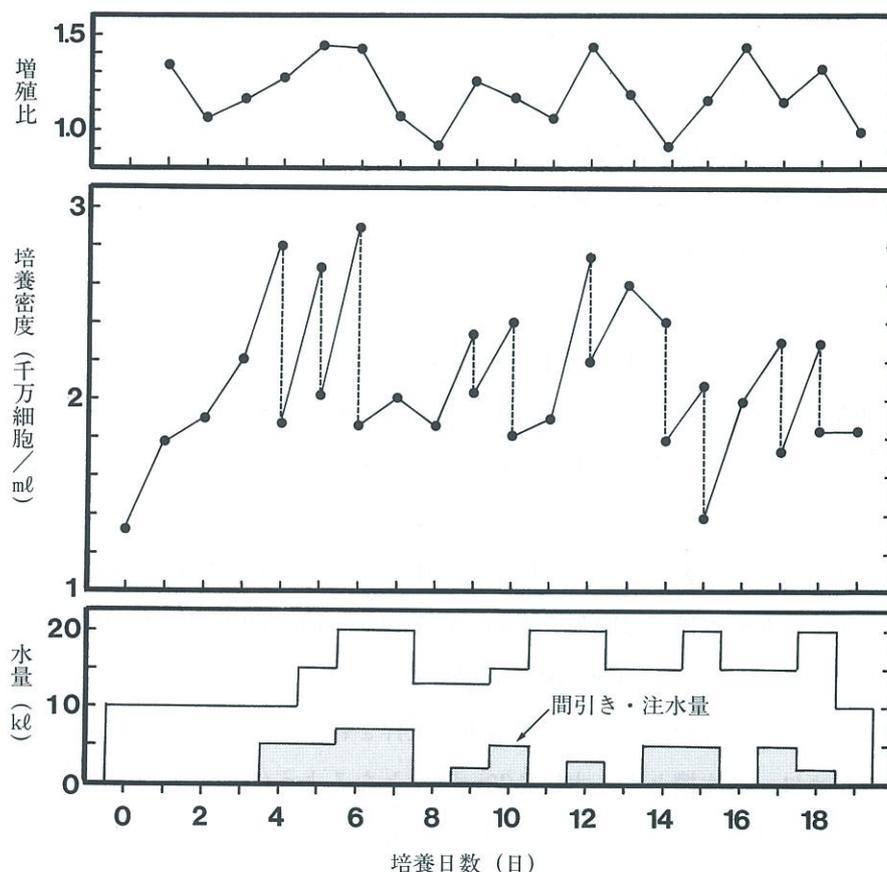


図11 ナンノの培養状況 (平成3年度)

表5 ナンノクロロプシス培養結果

年度	供給期間 (日数)	生産量 (kl*)	施肥量 (kl当たり)	平均日間 増殖比
元	4.30~7.19 (81)	1,033.6	685	1.18
2	5.9~6.30 (53)	1,153.0	501	1.23
3	5.3~7.6 (65)	987.5	706	1.21
4	5.3~6.29 (58)	448.1	1,149	1.29
5	5.1~6.20 (51)	241.1	377	1.41
6	5.1~6.10 (41)	217.4	121	1.37
7	5.1~6.10 (41)	65.6	124	1.58

* 2,000万細胞/mlに換算

5) 油膜の除去

油膜は当初、飼育水表面に新聞紙を浮かべたり、発泡スチロール製の細長い板を使って除去していましたが。平成2年度からはワムシとアルテミアの栄養強化に多量の油脂酵母とイカ肝油を使用するようになったため、多量の油膜が浮かぶようになり、開鰓への影響に加えて、稚魚が油膜に捕まることによる大量斃死が問題となりました。このため常時、速やかに油膜を除去することを目的に、図12に示すエア吹付けによる油膜収集装置を作製し、水槽に取付けました。これは(株)金子漁業や(株)長崎県漁業公社が作製、使用していた装置を参考にしています。エアの吹付けには、径13mmの塩化ビニール製のパイプを使用し、径1mmの穴を約5mm間隔で開けており、吹付け角度と水位の変動に対して高さを調節できるようにしています。これはパイプと水面の間隔を5~10mmに保ち、少量のエアで有効に油膜が集まるようにするためです。この装置は、1~2時間で水槽全体の油膜を集めることができます。集まった油膜は、柄杓で汲み取ります。この装置は、飼育期間中常時設置、稼働させています。

6) 夜間計数

夜間計数は、飼育途中の稚魚の現存数を推定するために10~20日目に行います。調査時間は、稚魚の分布が均一となる日没から約1時間後(5月中旬頃では、午後8時頃)に、柱状サンプリングを行います。サンプリングには、長さ150cm、径30mmの塩化ビニール製のパイプを使用します。サンプリングは、1水槽当たり10カ所行い、サンプリングした飼育水と稚魚は1ℓビーカーに移して計量、計数を行います。

7) 底掃除

底掃除は、リモートコントロール式の底掃除機(ヤンマー製)を使用しています。水槽の底には自走用のラインを引いて自動運転を行い、サイフォンで吸い上げています。原則として底掃除は、稚魚の遊泳力の増す全長12mm程度に成長するまで行いませんが、平成5年度以降は、底の汚れをみて随時

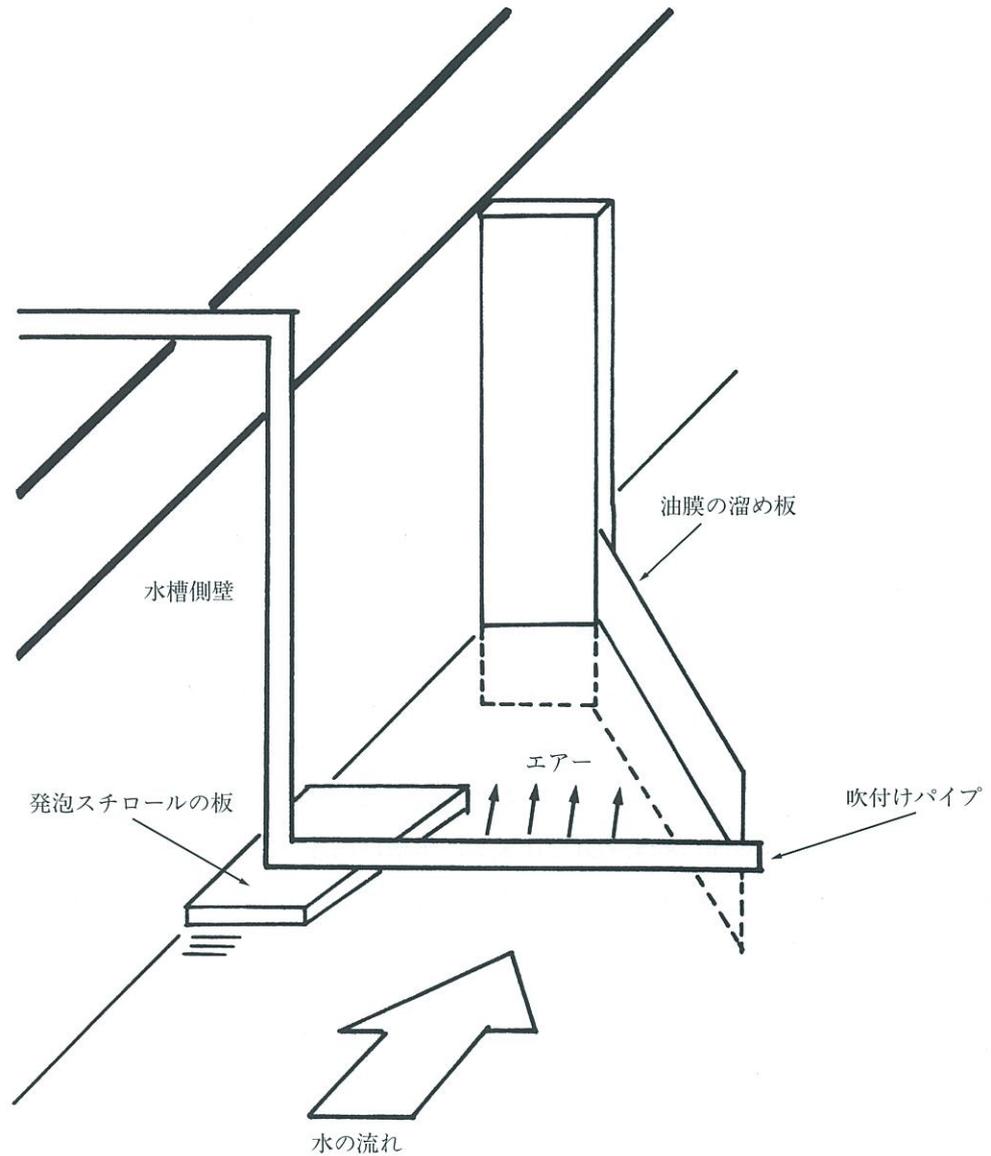


図12 油膜収集装置の模式図

行っています。30日目以降は2日に1回程度、1回につき40分程度行います。吸出口にはネットをつけて、吸出した稚魚を集めて計数し現存数の推定の参考にします。

5. 投 餌 ● ● ●

図13に飼育経過に伴う各餌料の投与タイムスケジュールを示します。ワムシとアルテミアは投与前に栄養強化を行います。ワムシは、4日目から35日目頃まで1日2回、午前と午後投与します。アルテミアは、18日目から40日目頃まで午前中に1回だけ投与します。アルテミアは1日に供給できる量が十分でないため(約4億個/日)、ワムシから魚貝肉ミンチの切替え時のつなぎとして使用します。魚貝肉ミンチは、26日目頃から1日に2~7回投与します。魚貝肉ミンチは、アサリ、アミ(オキア

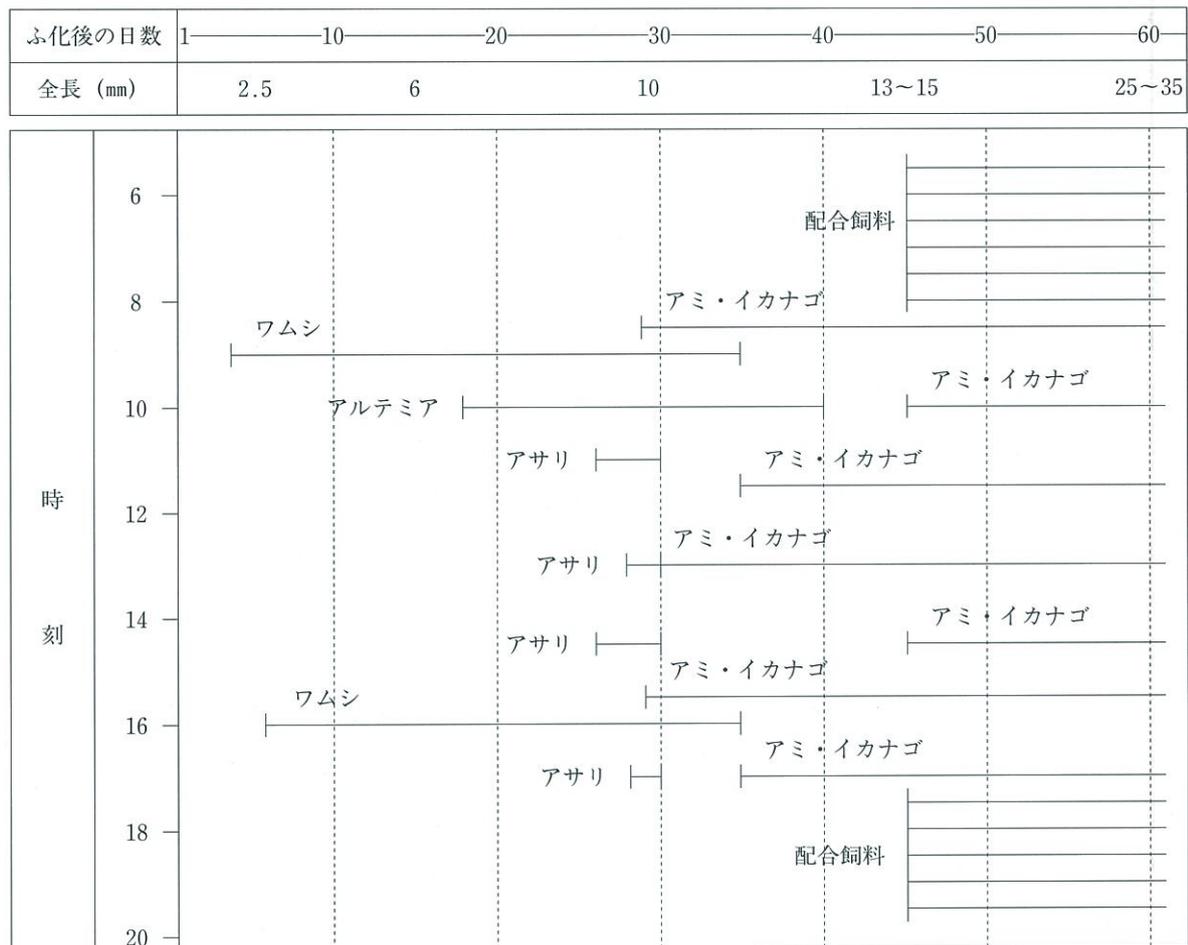


図13 餌料投与のタイムスケジュール

ミも含む) およびイカナゴの冷凍ブロックをスライサー (大洋製作所製) で削って細かくして調製し、40日目頃からはビタミン剤を添加して栄養強化を行っています。配合飼料は、配布先の漁業者からの「魚貝肉ミンチに良く馴染ませておいてほしい」という要望から、13~15mmサイズの配布後の45日目頃に、自動給餌器 (ヤマハ製 YDF-100S) を用いて早朝と夕方に共食い防止を目的として補助的に使用しています。

1) ワムシの投与

ワムシはふ化した仔魚の形態変化を観察し、口が形成され動き始める直前 (開口, 4日目前後) から全長12mm程度に成長するまで投与します。ワムシの投与量は、当初は飼育水に3個/mlとなるように計算して添加し(1.2億個/40kl), その後は、稚魚の摂餌状況と午前と午後の投与前に残ったワムシの量 (残餌) を観察して、残餌が常に3~10個/mlとなるように量を増やしていきます。当初は換水率が低いので、ワムシの流失量が少なく、また稚魚の摂餌量も少ないため投与量は少なくて済み、1日1回、午前か午後のどちらかの投与となります。摂餌状況の観察は、稚魚をスライドグラスに乗せカバーグラスで押し潰して消化官内にみえるワムシの咀嚼器 (コウモリが羽を広げた形をしている) を

第5章 マダイの種苗生産

数えて行います。摂餌は、ワムシ投与後の2日目頃（ふ化後6日目頃）から確認され、通常ふ化後10日目頃には1尾当たり5～30個の摂餌がみられます。

2) ワムシの培養

当センターでは、マダイをはじめガザミ、クマエビ、コウライエビ、キジハタおよびオニオコゼの初期餌料としてワムシを培養してきました。当初は、水温の低い3～4月はL型ワムシを主体に、また水温が高くなる5月以降はL型に加えS型ワムシを、自然水温下で培養していました。しかし自然水温下の培養のため日間増殖比が低く(1.1～1.2程度)、またマダイの種苗生産が始まる4月下旬の水温が17～19℃となる頃には藻菌類の発生等により培養不調に陥り安定供給ができなくなっていました。このため、平成3年度からS型ワムシを21～23℃で加温培養するとともに、平成4年度からは、従来の餌（ナンノとパン酵母）に加えて濃縮淡水クロレラを使った培養方法を検討しました。その結果、ワムシの安定供給が可能となりました。

図14にワムシの培養スケジュールを示します。9月から翌年4月上旬の拡大培養期までは、2 m² FRP水槽(3.5×1.2×0.5m)2槽を使用し、50～200個/mlの密度で保存します。培養水は一次ろ過した海水に井戸水を加え2/3海水として使用します。通気は、ナンノの培養時に使用したものと同様の通気管1本で行います。培養水は、9月から10月までは自然水温で、これ以降は水槽に取り付けてあるチタン製の温水管で19～21℃に加温します。培養水中のゴミ取りにはバイリンマット(125×70cm)2～4枚を使用しています。適宜ピーカー等で培養水をすくい取り、ワムシの増殖と活力(泳ぎ具合)を観察し、投餌、間引き・換水、水槽替えおよびゴミ取り用のマットの洗浄を行います。餌料は、濃縮淡水クロレラを使用し、2～7日間に1回約1～2ℓを投与します。

月		3	4			5			6
		下	上	中	下	上	中	下	上
培養の種類		保存培養	拡大培養			大量培養			
培養水槽	種類	FRP水槽	15m ² 水槽						
	総水量(kℓ) (数)	1～4 (1～2)	15～30 (1～2)	40～50 (3～4)	60～70 (4～6)	90～100 (7～8)			
ワムシ1日当たりの 保有量(億個)		1～6	40～80			80～130	200		
1日当たりの 生産量(億個)		—	(5～15)*			10～20	30～40		
平均培養密度 (個/ml)		50～200	100～150			120～150	180～250		

* () 内は、コウライエビに使用

図14 ワムシの培養スケジュール

4月上旬から6月上旬までの拡大・大量培養期では、15m³水槽を7～11槽使用し、培養水量は12～15klとしています。通気と培養水中のゴミ取りには、保存培養期と同様に1または2本の塩化ビニール製のパイプとバイリンマットを使用します。通気管は、水槽の底、中央に設置し、ゴミ取り用のマットは、6～8枚を水槽の両側の壁に掛けます。マットは、1日毎に高圧洗浄器で洗います。培養水も、保存培養期と同様に2/3海水を使用し、水槽に取り付けてあるチタン製の温水管で21～23℃に加温します。6月下旬から8月までは自然水温で培養します。餌料は主として濃縮淡水クロレラを使用し、拡大当初の培養密度が低い時期はパン酵母を併用(0.1～0.5g/ワムシ100万個)しています。5月下旬から6月上旬にかけて200億個を保有し、1日当たり40億個の供給を目標に大量培養を行っています。

図15に植え継ぎ日(0日目)から15日目までの培養状況を示します。ワムシの大量培養は15～20日間の間引き方式で行っています。当初植え継ぎは、100個/mlの密度となるように行い、3～4日間で

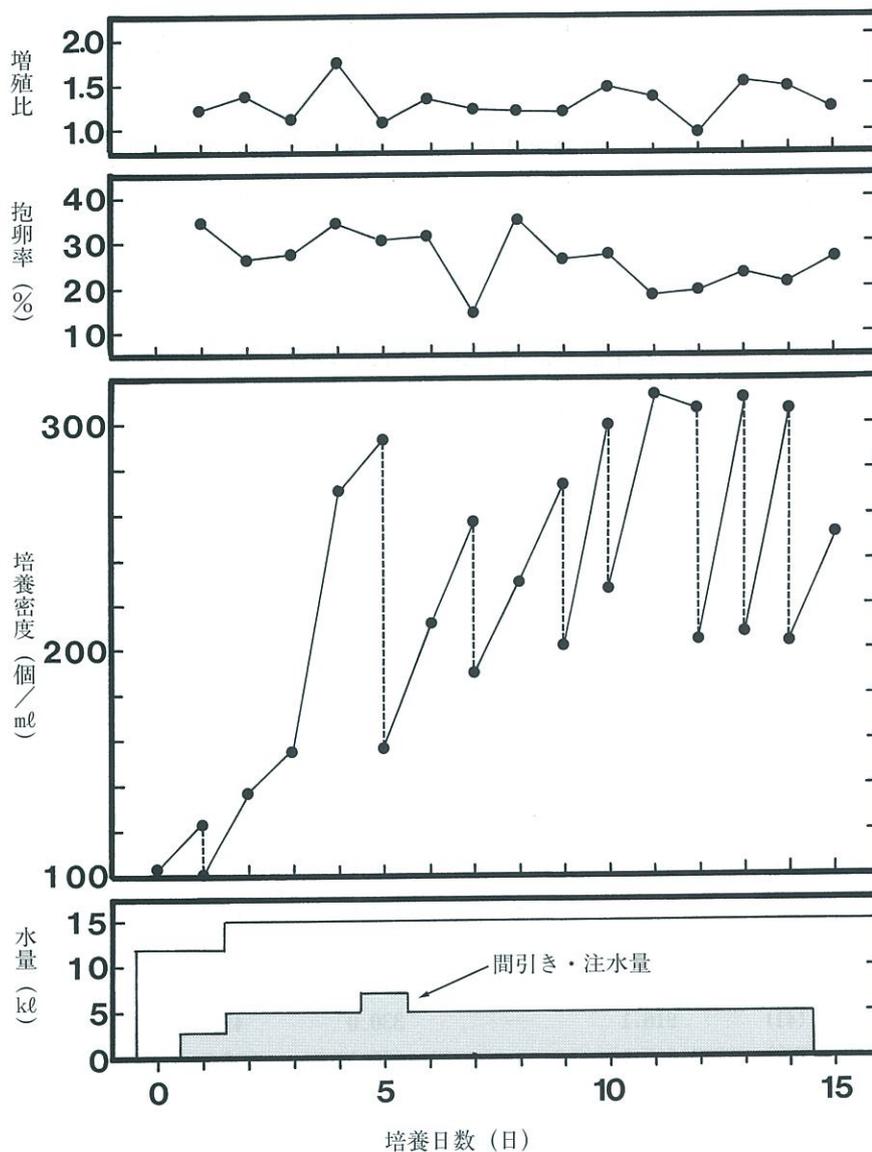


図15 ワムシの培養状況 (平成7年度)

第5章 マダイの種苗生産

300個/ml程度に増やします。この間、毎日注水または換水を行います。ワムシが300個/ml程度に増殖すると150~200個/mlとなるように間引き・換水を行います。その後は1~3日間で250~300個/mlまでの増殖、150~250個/mlとなるような間引きを続け、日間増殖比および抱卵率(全体のワムシに対する卵を持っている個体の割合)の低下を招かないようにします。換水を毎日行うのは、ゴミ取り用のマットでは除去しきれない残餌および糞を軽減させるとともに、培養水の水質変化(アンモニア態窒素、pH等)を抑えて、ワムシの培養環境を安定させることを目的としています。また換水は1/3量を行っていますが、これは、培養水槽が半埋込み式のため、培養水15klのうち5klをサイフォンを使用してワムシを傷めずに行うことができるからです。これ以上の培養水の汲み上げには水中ポンプ(吐出量1kl/5分)を使用しています。汲み上げたワムシは、ナイロンネット(オープニング60 μ m, 1.1 \times 1.1m)で収集します。

表6に平成元年度から7年度までのワムシ培養結果を示します。毎年、マダイ種苗生産時において1,000~1,500億個のワムシを生産しています。餌量としては、ナンノは平成6年度から使用しなくなり、またパン酵母の使用量も少なくなっており、平成5年度以降、濃縮淡水クロレラの使用量が増えています。ワムシの平均日間増殖比は平成4年度から1.2以上となっています。

濃縮淡水クロレラは、随時餌の残り具合を観察して、日間増殖比および抱卵率の低下を招かないよう注意して投与しています。実際に、このようにして投餌を行った平成6年度と7年度の結果を図16に示します。この図から、投餌を行うときのワムシの培養密度が100~150個/mlならば培養水1kl当たり0.15~0.20 l を、150~200個/mlのときは0.20~0.30 l を、200~250個/mlのときは0.30~0.40 l を投与したことがわかります。この結果から、当センターにおけるワムシ培養の際の濃縮淡水クロレラの投与基準は表7のようになります。培養密度が高まり、1回当たりの投餌量が多くなる場合(1日当たり、4 l /水槽以上)は、午前と午後の2回に分けて投与するようにします。

表6 ワムシ培養結果

年度	供給期間(日数)	生産数 (億個)	給餌量				平均日間 増殖比
			ナンノクロロ プシス(kl*)	濃縮淡水 クロレラ(l)	パン酵母 (kg)	油脂酵母 (kg)	
元	4.30~7.19(81)	1,629.1	1,009.4	—	920.3	—	1.19
2	5.9~6.30(53)	1,526.2	1,084.6	96.9	1,134.6	22.2	1.18
3	5.3~7.6(65)	1,559.7	910.9	121.8	679.8	—	1.12
4	5.3~6.9(38)	1,022.4	387.1	48.8	579.4	—	1.23
5	5.1~6.10(41)	1,514.5	164.0	273.0	156.3	—	1.39
6	5.1~6.10(41)	916.1	—	330.0	41.5	—	1.41
7	5.1~6.10(41)	1,291.1	—	980.0	8.2	—	1.26

* 2,000万細胞/mlに換算

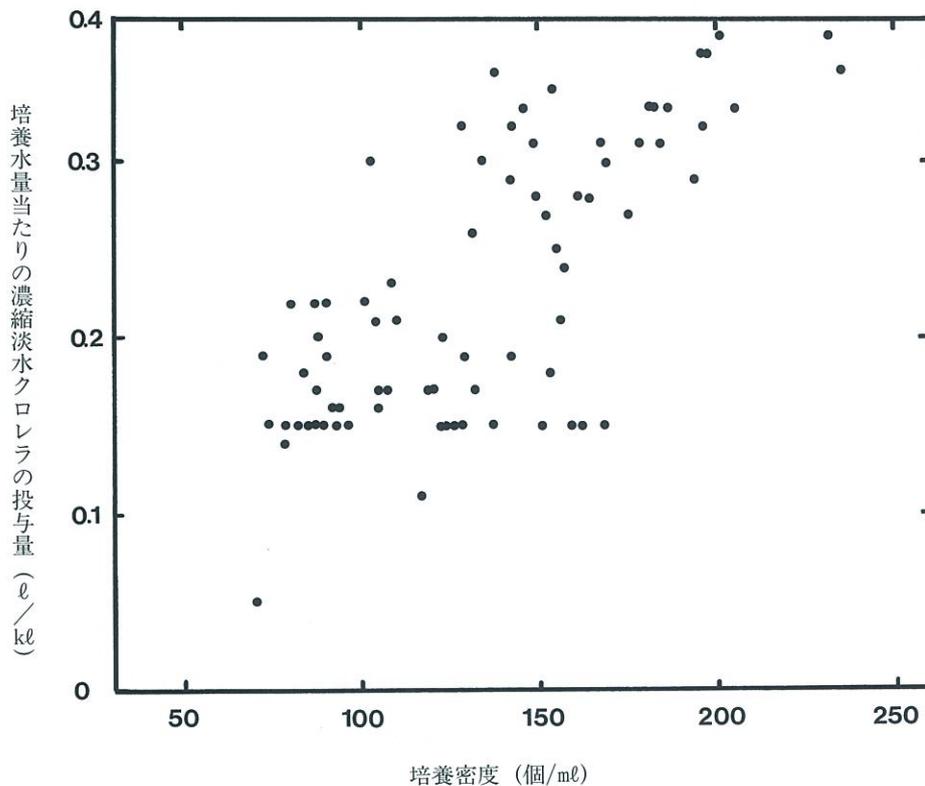


図16 ワムシ培養密度と濃縮淡水クロレラの投与量の関係 (平成6・7年度)

3) アルテミアのふ化

ふ化方法は、購入する乾燥卵のメーカーの説明を参考に行います。ふ化は500ℓアルテミアふ化槽4つを使用し、全海水で行います。石英管ヒーター(100~150w)1本を使用し28~30℃に加温します。乾燥卵の収容数量は、500g(約1.2億粒)/500ℓを上限とし、ほぼ24時間で回収しています。ふ化率は、70~100%です。

表7 ワムシ培養のための1日当たりの濃縮淡水クロレラの投与量

ワムシ密度 (個/ml)	投与量 (ℓ/kl)
50	0.10
100	0.15
150	0.20
200	0.30
250	0.35

4) ワムシとアルテミアの栄養強化

当センターでは、昭和63年以前では、ワムシの栄養強化はナンノのみで行っていましたが、この方法では、主にマダイの成長に必要な不飽和脂肪酸の一つであるエイコサペンタエン酸(EPA)が強化されます。また栄養強化するワムシの数量は、1,000万細胞/mlの濃度のナンノ1klに対して1億個としており、強化し投与できるワムシは、少量でした。そこで栄養強化されるワムシの数量を増やすため、平成元年度からナンノに加え栄養強化剤として油脂酵母を使用し始めました。これは、ナンノの添加では栄養強化できないドコサヘキサエン酸(DHA)の強化も目的としています。平成2年度のマダイ種苗生産では、大量斃死が発生し延べ11回の飼育を試みましたが、大量斃死は13~18日目にかけて発生

第5章 マダイの種苗生産

し、症状としては、腸管内剝離、摂餌したワムシの未消化および腹部膨満症がみられました。この原因としては、主に、ワムシの栄養強化が不足していたことが考えられました。そこで平成3年度からは、ナンノ、油脂酵母に加えてイカ肝油を使用するようになりました。アルテミアの栄養強化には乳化オイル（エステル85）を使用していましたが、ワムシ栄養強化でのイカ肝油の使用に伴い平成3年度からは、乳化オイルまたはイカ肝油を使用しています。

図17にワムシとアルテミアの栄養強化のタイムスケジュールを示します。栄養強化には、ワムシ、アルテミアとも1klパンライト水槽を使用します。水温は自然水温（17～20℃）とし、エアーストーン（17×5×5cm）1個で強通気を行います。ワムシの収容は、翌日の午前と午後の投与分とも同時に午前9時30分頃行います。栄養強化の培養水には、ナンノ（1,000～3,000万細胞/ml）のみを使用し、井戸水を混ぜて比重調整は行いません。ナンノがない場合は、海水1kl当たり濃縮淡水クロレラを約50ml添加したもので栄養強化を行います。ワムシの収容密度は、300～1,000個/mlで、1水槽当たり3～10億個を収容しています。この時、翌日の午前の投与分は、収容したワムシ100万個当たり0.2gの割合で油脂酵母を添加し1回目の強化を行います。次に、7時間後の午後4時30分にワムシ100万個当たり0.1gの割合で油脂酵母を、培養水1kl当たり30mlのイカ肝油を添加し2回目の強化を行います。翌日の午前9時頃回収してマダイに投与します。翌日の午後の投与分は、1回目の強化は午後4時30分に、2回目の強化は翌日の午前8時30分に同様の手順で行い、午後4時頃回収してマダイに投与します。

図18にワムシの当センターで行った栄養強化時のDOの推移を示します。この時の栄養強化条件は、水量100lに対し、ワムシを5,000万個収容し(500個/ml)、ナンノ単独の区とナンノに油脂酵母を25gと50g（ワムシ100万個当たり0.5gおよび1.0g）添加した3つの区を設定しました。ナンノ単独の区のDOは、ほとんど変化しませんが、油脂酵母を併用した区ではいずれも強化後8時間目まで下がり続け、その後回復しています。この結果からワムシの栄養強化の際は、DOの低下による活力の低下を招かないように、油脂酵母の添加量は1回当たり150g/klを限度とし、2回に分けて強化するように

	投 与 前 日		投 与 当 日	
ワ ム シ	9 : 30	16 : 30	9 : 00	
	収容・1回目強化		回収・投与	
ワ ム シ	9 : 30	16 : 30	8 : 30	16 : 00
	収容	1回目強化	2回目強化	回収・投与
アル テ ミ ア	11 : 00		10 : 00	
	収容・強化		回収・投与	

図17 ワムシとアルテミアの栄養強化スケジュール

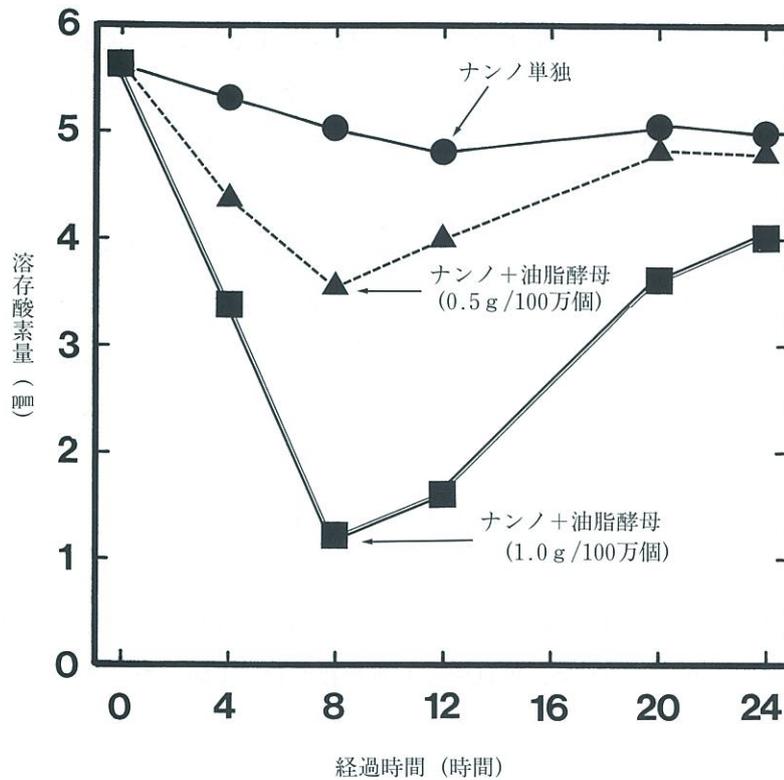


図18 ワムシ栄養強化時の経過時間に伴う溶存酸素量の推移

しています。

表8に、この方法に準じて強化したワムシの脂肪酸に関する分析結果を示します。ワムシの脂肪酸の割合と、これに占めるEPAおよびDHAの割合は、ともに高まっているのがわかります。

強化したワムシは、30分間のエルバーシュ浴 (20ppm) を行ったのち、サイフォンでナイロンネットに回収します。回収したワムシは、30ℓパンライト水槽へ収容し各水槽に投与します。またワムシを投与する際には、60目のネットで余分な油分とワムシの死骸を取り除きます。ワムシの取扱いには柄杓を使用し、できるだけワムシを傷めないように注意して投与します。

アルテミアの栄養強化は、ワムシと同様に1ℓパンライト水槽を使用し、海水を入れてエアーストーンで強通気を行います。午前11時頃ふ化幼生を分離・回収してパンライト水槽に収容し、同時にイカ肝油を海水1ℓ当たり30~50ml (エステル85は50~80ml) 添加し、翌日の午前10時頃に回収して投与します。強化剤の添加量は、アルテミアの活力をみて増減させます。ふ化幼生の収容密度は、2.4億個/ℓを限度としています。アルテミアの投与量は少ないので、投与した日の午後には残餌は全くみられません。

表8 ワムシの脂肪酸分析結果 (単位, %)

	強化前	強化後	ナノクロロプシス
全脂質*1	10.8	14.5	25.6
脂肪酸*1	4.9	7.2	12.6
EPA*2	5.4	19.6	38.5
DHA*2	tr	6.0	—

*1乾燥重量に対する割合

*2脂肪酸の中に占める割合

5) 魚貝肉ミンチの投与

稚魚が全長10~12mmに成長したとき、魚貝肉ミンチの投与を開始します。魚貝肉ミンチは、スライサーで削ったものを使用量に応じてビニール袋に小分けし、冷蔵しておき、使用の際に解凍して調製します。最初は3~4日間、アサリを与えて稚魚を馴らします。アサリは24目のネットでこして細かくして投与します。次にアミ単独で練り込み、細かく千切って与え、これに順次イカナゴを混ぜていきます。ワムシから魚貝肉ミンチへの餌料の切替え時には、稚魚の減耗が大きくなる傾向があります。このため、稚魚の成長や魚貝肉ミンチへの食いつき具合に応じ、モジ網やへらを使用して、与える魚貝肉ミンチのサイズを調整しています。飼育経過に伴いアミに混ぜるイカナゴの配分は増加させ、最終的に1:1とします。栄養剤としては、ユベラE(エーザイ製)、ダイペットスーパー(日本油脂製)を使用しています。それぞれ投与する魚貝肉ミンチの量の1%と2%を添加します。稚魚の食いつきが良くなる全長15mm程度になったとき、添加し始めます。1日の投与量は稚魚の総重量の10%を目安にしていますが、食いつき具合をみて投与量を調整し、投与回数を決定します。

図19に飼育経過に伴うDOの推移を示します。魚貝肉ミンチ投与期間は、稚魚の成長に応じて飼育水中のDOが低下しています。このため、魚貝肉ミンチの投与は、1回当たり2kgを上限とし1.5~2時間毎に行います。

6) 配合飼料の投与

配合飼料は、協和発酵社製の初期配合飼料のB-400, 700とC-700, 1000を使用しています。使用量

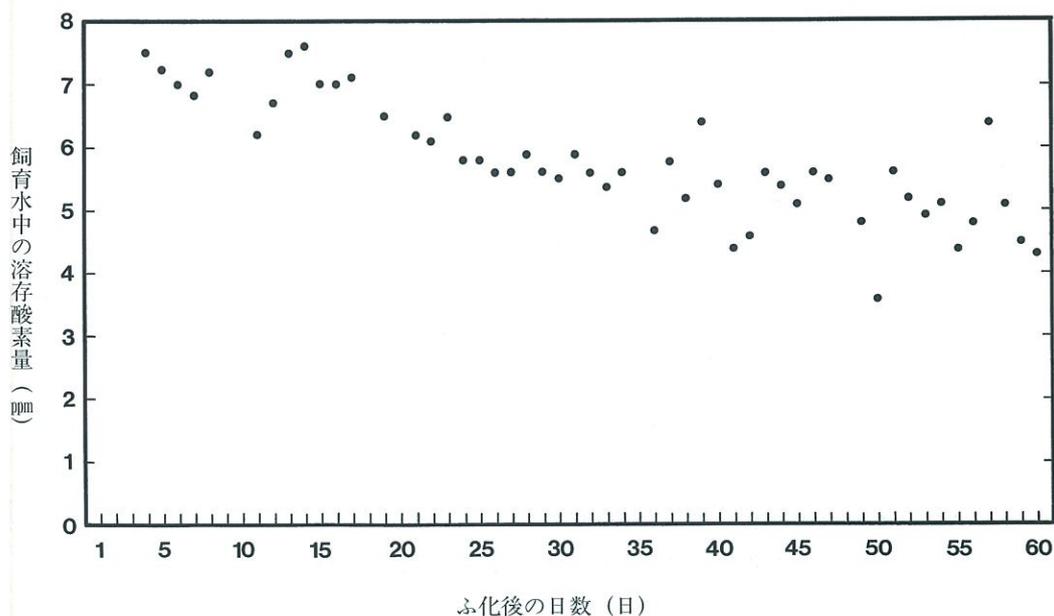


図19 稚仔魚の飼育経過に伴う溶存酸素の推移 (平成3年度)

は、メーカーの説明書を参考にして、成長に応じて種類（粒径）を決定します。自動給餌器は、1水槽当たり3～4台を設置します。配合飼料の投与量は、1水槽当たり100～300gで、設置した自動給餌器に分けて収容します。自動給餌器による投与は、夕方5時30分から日没まで、翌朝は5時30分から8時までとし、この間30分毎に稼働させ、全量が給餌されるようにタイマーをセットします。

7) 投餌結果

表9に平成元年度から7年度までの各餌料の投与結果を示します。また参考として、平成5年度の飼育経過に伴うワムシの投与量と残餌状況を図20に、魚貝肉ミンチ（アサリ、アミおよびイカナゴ）の投与量を図21に示します。

表9 各餌料の投与結果

年度	ワムシ		アルテミア		配合飼料		魚貝肉ミンチ	
	投与期間 (ふ化後日数)	投与量 (億個)	投与期間 (ふ化後日数)	投与量 (億個)	投与期間 (ふ化後日数)	投与量 (kg)	投与期間 (ふ化後日数)	投与量 (kg)
元	2～39	865	16～43	32.6	16～65	79	25～65	977
2	3～28	574	17～30	38.9	13～38	14	19～38	146
3	3～40	1,384	21～45	82.3	16～68	151	30～68	703
4	3～35	1,000	20～40	111.6	15～62	83	31～74	710
5	4～28	482	17～37	53.9	31～61	30	26～61	551
6	3～31	618	20～37	66.7	34～52	15	26～52	554
7	4～40	778	28～43	76.6	41～56	11	33～64	672

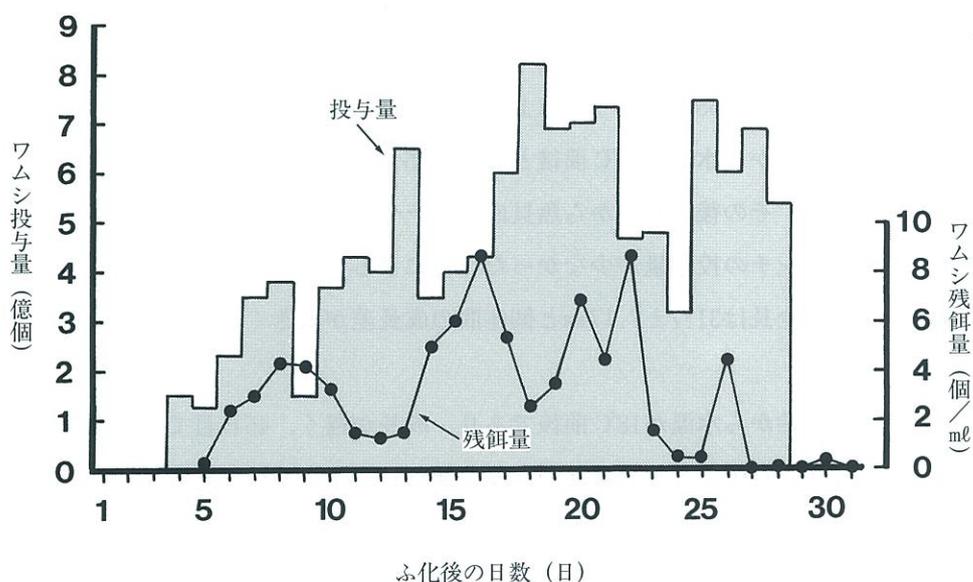


図20 稚仔魚の飼育経過に伴うワムシ投与量と残餌量の推移（平成5年度）

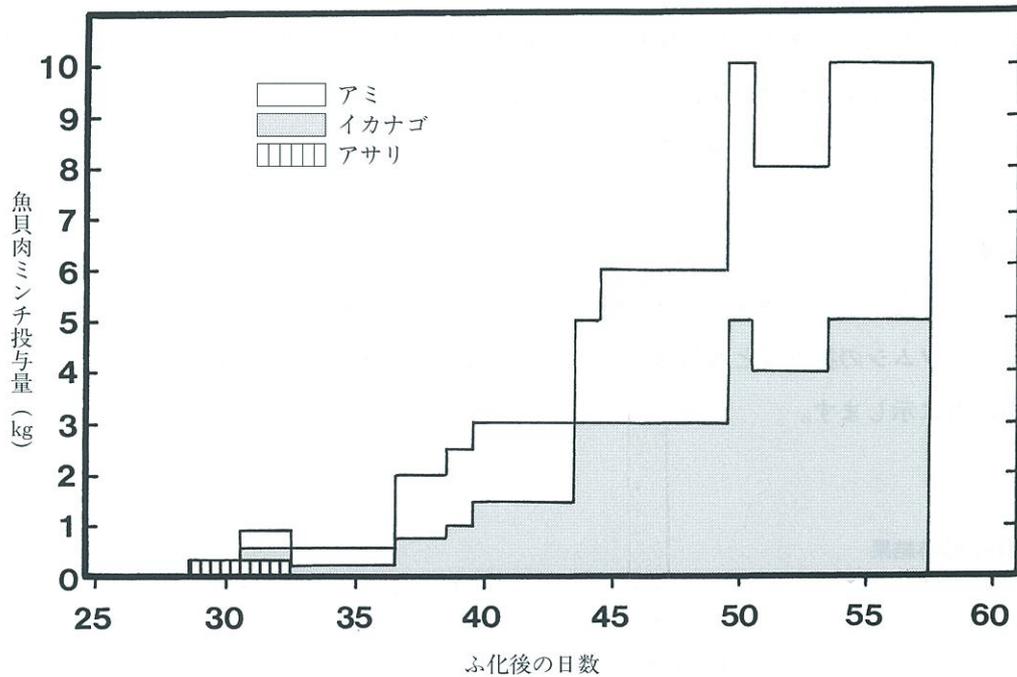


図21 稚仔魚の飼育経過に伴う魚貝肉ミンチの投与量の推移 (平成5年度)

6. 成長, 生残 ● ● ●

図22-1,-2,-3に平成5,6,7年度の飼育経過に伴う稚魚の成長, 生残を示します。当センターにおいて成長, 生残ともに順調に経過した例として平成5年度の飼育を, 飼育水温が高めに推移し成長が早かった例として平成6年度の飼育を, 水温が低く推移し成長が遅かった例として平成7年度の飼育を説明します。

平成5年度では, 飼育開始から10日目にかけて急激な減耗が起きました。このため, 飼育密度が下がり, また40日目頃から水温が上昇したため成長が良好となりました。61日目に全ての稚魚を取上げたときは, 平均全長 $39.0 \pm 8.65\text{mm}$ となり, 取上げ数量も71,500尾 (生残率6.6%) となりました。

平成6年度は, 飼育開始から水温が 20°C 前後と高く, 35日目の平均全長は $14.4 \pm 1.51\text{mm}$ となり順調に成長しました。しかし, その後ワムシから魚貝肉ミンチへの切替えがうまく行えず, 大きく減耗しました。また, 魚貝肉ミンチの投与量が少なかったことによる共食いもみられ, 51日目に全ての稚魚を取上げたときは, 平均全長は $31.7 \pm 7.17\text{mm}$ と個体間の成長差が大きく, 取上げ数量も45,562尾と少なくなりました。

平成7年度は, 飼育開始から水温が 18°C 前後であり, 成長が遅く, 45日目で平均全長 $14.5 \pm 1.14\text{mm}$ となりました。また, 40日目頃に大きな減耗があり, 66日目に全ての稚魚を取上げたときは, 平均全長 $33.9 \pm 6.29\text{mm}$ と成長差が大きく, 取上げ数量も40,951尾と少なくなりました。40日目頃の減耗の原因については, 低水温下 ($17 \sim 19^{\circ}\text{C}$) で強化を行ったワムシおよびアルテミアの栄養価が低かったことが考えられました。このため, 配合飼料の投与と魚貝肉ミンチへのビタミン剤の添加を行い対処し

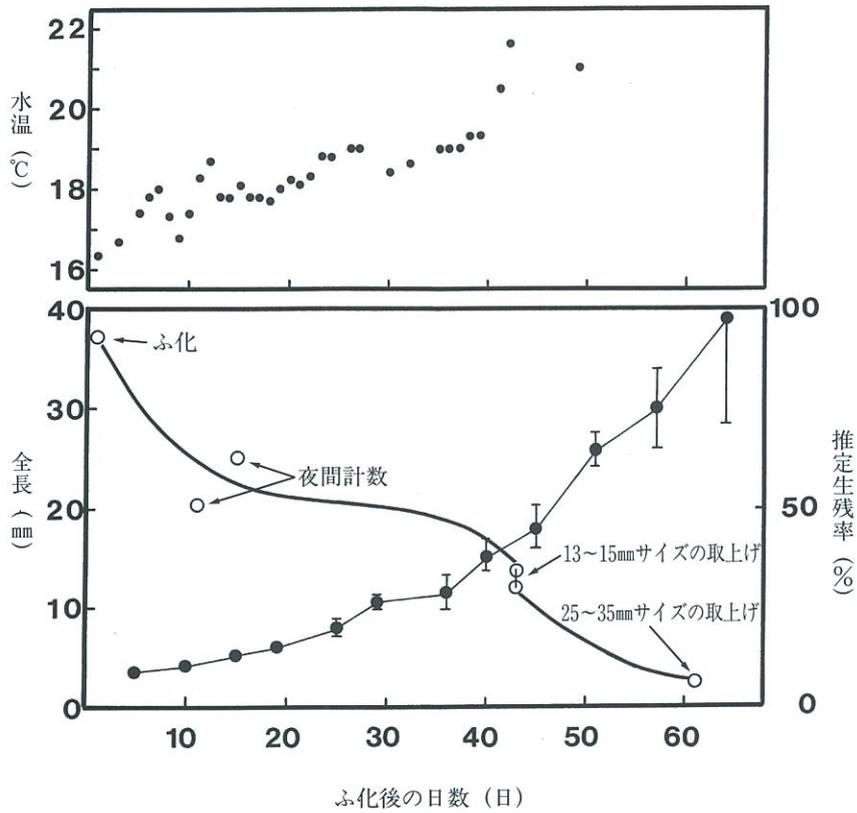


図22-1 飼育経過に伴う成長と生残の推移 (平成5年度)

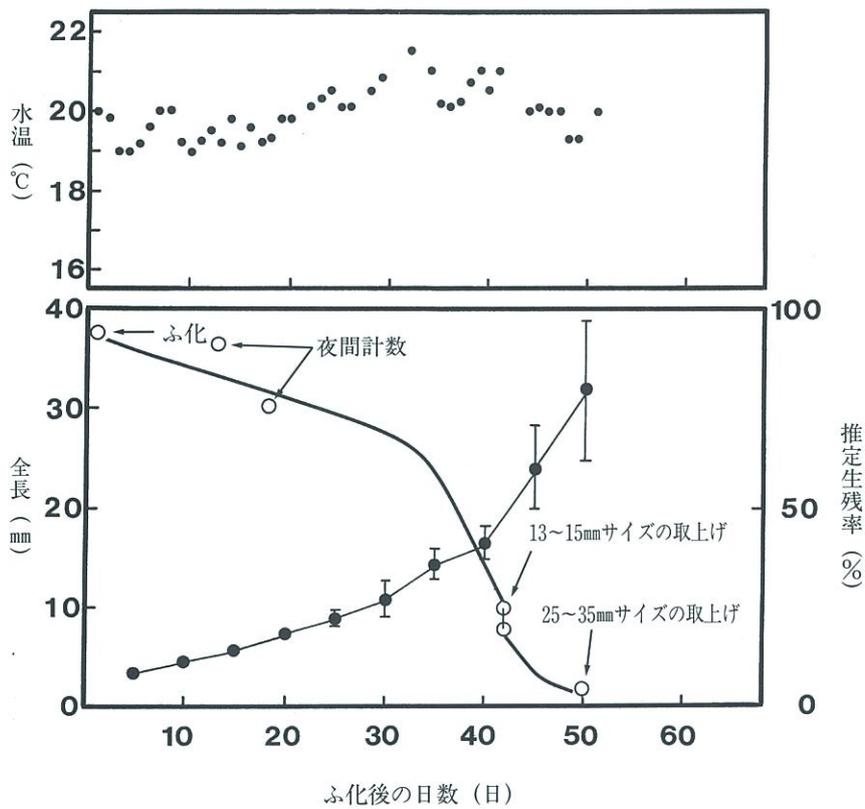


図22-2 飼育経過に伴う成長と生残の推移 (平成6年度)

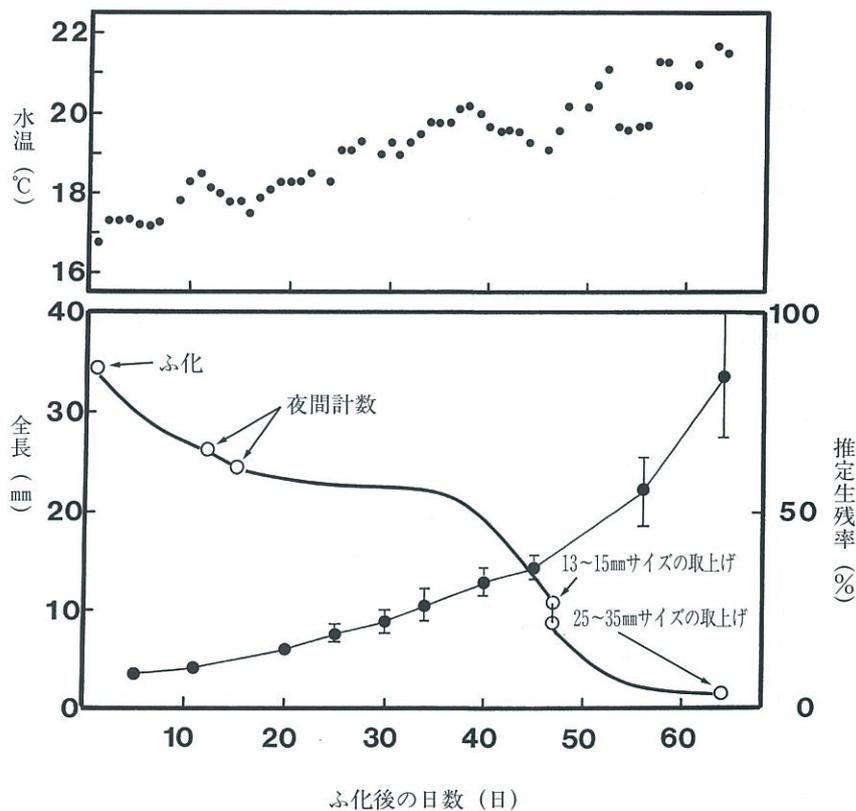


図22-3 飼育経過に伴う成長と生残の推移 (平成7年度)

表10 飼育結果

年度	水槽数	飼育開始日	卵収容数 (万粒)	取 上 げ						飼育期間中 の 水 温 (°C)
				13~15mmサイズ			25~35mmサイズ			
				月日(ふ化後日数)	数量 (千尾)	平均全長(mm)	月日(ふ化後日数)	数量 (千尾)	平均全長(mm)	
元	3	4.28~5.4	380	6.12~6.19(42~46)	411	16.3~19.2	6.30~7.12(62~68)	178	35.4~39.9	16.3~21.2
2	11	5.8~6.14	1,362	7.11~7.17(28~34)	330	17.8~19.7	7.20 (41)	19	26.9	20.2~25.6
3	5	4.30~5.16	596	6.16~6.25(41~48)	540	16.7~17.7	7.1~7.11(55~69)	281	34.2~38.4	16.1~23.0
4	4	4.30~5.6	509	6.16~6.19(41~43)	580	14.8~16.0	6.30~7.28(60~86)	194	31.3~51.0	17.3~22.3
5	4	4.30~5.6	432	6.14~6.17(40~43)	205	14.1~17.7	6.25~7.2(49~61)	297	23.1~39.0	16.4~22.0
6	4	5.2~5.6	396	6.14~6.17(41~42)	150	15.0~18.3	6.21~6.29(48~53)	283	27.6~33.2	18.0~22.1
7	4	4.28~5.8	360	6.16~6.23(45~47)	142	14.7~17.7	7.3~7.11(57~66)	183	30.8~40.2	16.3~22.2

ました。取上げ数量の減少については、比較的低い飼育水温下でも通常の成長を示す個体(トビ)があり、これらが他の個体を共食いしたことが考えられました。

参考として表10に平成元年度から7年度までの飼育結果を示します。

フ. 取上げ, 配布 ● ● ●

1) 13~15mmサイズ

13~15mmサイズは、稚魚を傷めないようにするため、サイフォンおよび2ℓカップを使用して飼育水とともに稚魚を扱い、集魚・封入を行います。図23にサイフォンによる集魚の模式図を示します。カナラインホース（径2インチ、長さ2.5m）を用いて稚魚を吸い込み、500ℓパンライト水槽に張った100目のナイロネット（直径80cm、深さ50cm）に集めます。最初に、飼育水槽の水位をできるだけ上げて、500ℓパンライト水槽の水位との差を15cm程度に保ち、この落差を利用し、サイフォンを効かせます。サイフォンの勢が強すぎると、稚魚を傷めることがあるので注意が必要です。

集めた稚魚は、15ℓ程度の海水を入れた厚手のビニール袋に1,000または1,500尾収容し、酸素封入して配布します。ビニール袋内の海水にはエルバージュを50ppmとなるように添加します。計数は、最初に稚魚を1,000または1,500尾数え込んだものをサンプルとし、稚魚の濃度を比較して行います。ビニール袋への封入は、図24に示すようにサイフォンで排水を行いながら2ℓカップで稚魚を収容していきます（図25-1, -2）。

2) 25~35mmサイズ

25~35mmサイズは、骨格や鱗が発達し、若干の干出に耐えられるため、飼育水槽から直接、テトロンラッセル製のタモ網（23×30cm）を使って稚魚を取上げ、全数計数をして順次配布を行っています。稚魚のサイズによる選別は行っていません。図26に、取上げの際に稚魚を集めておくネット（1.1×1.1×0.5m）を示します。取上げ当初は、このネットを飼育水槽に沈め、この上に、餌（魚貝肉ミン

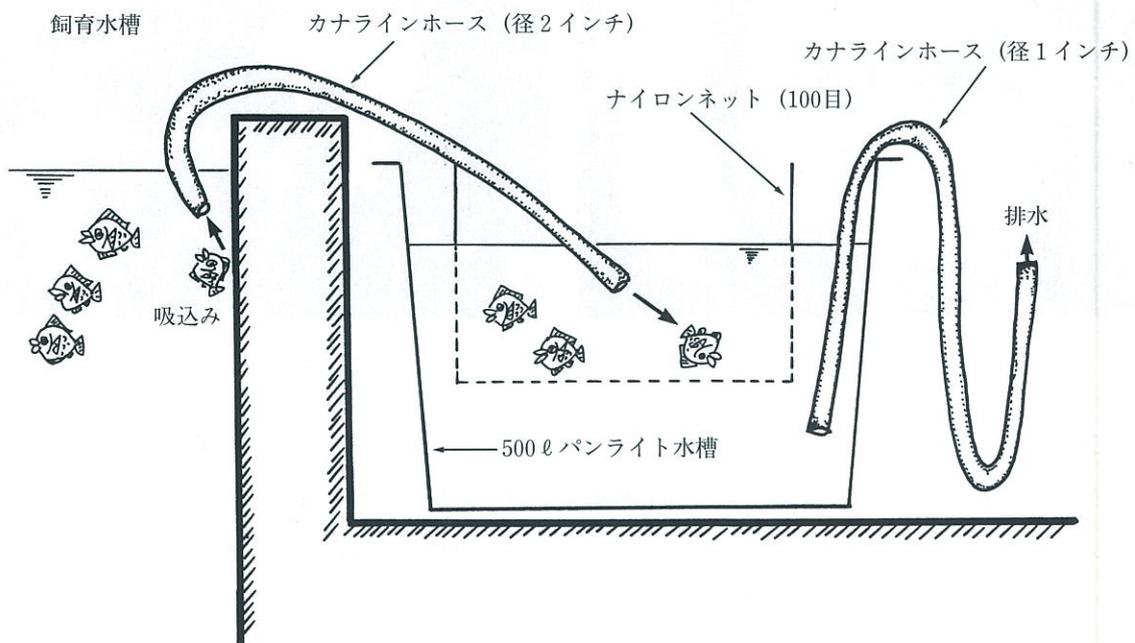


図23 13~15mmサイズ配布時の集魚の模式図

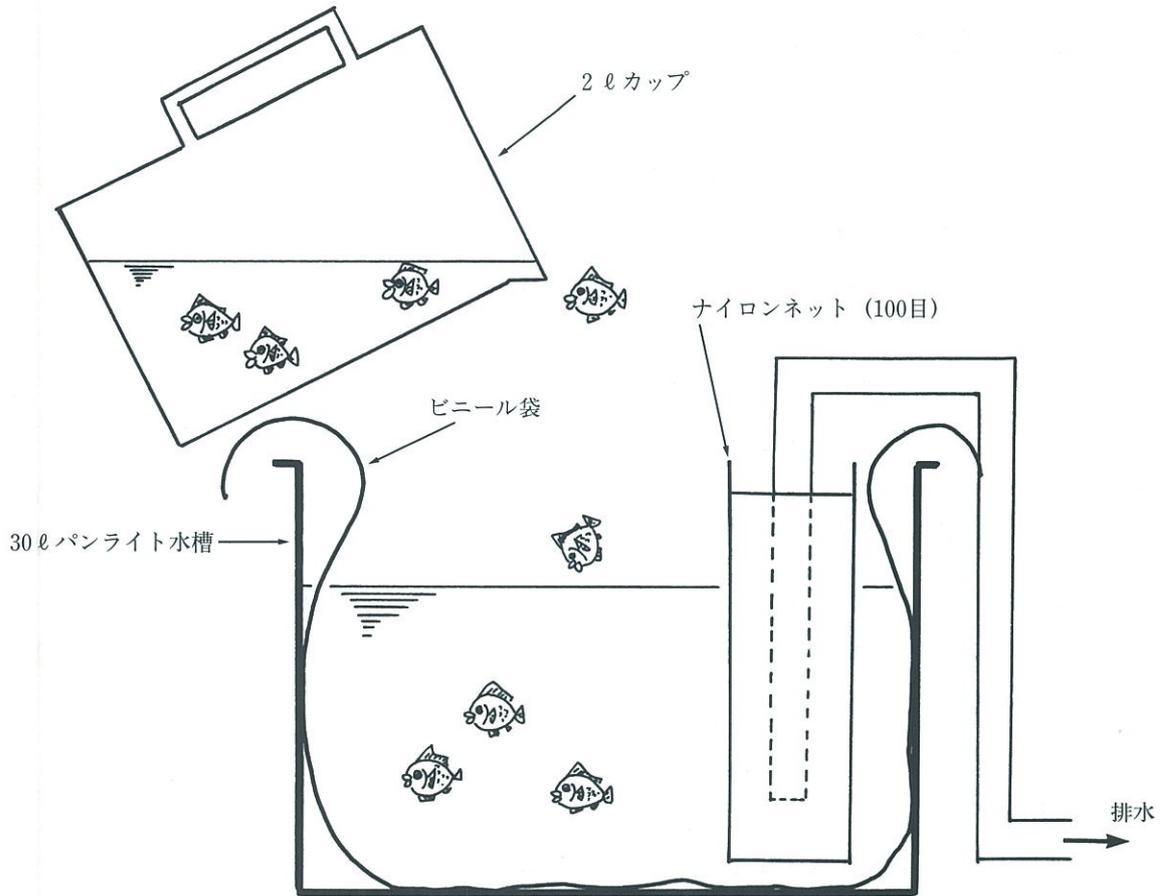


図24 13~15mmサイズ配布時のビニール袋への封入の模式図

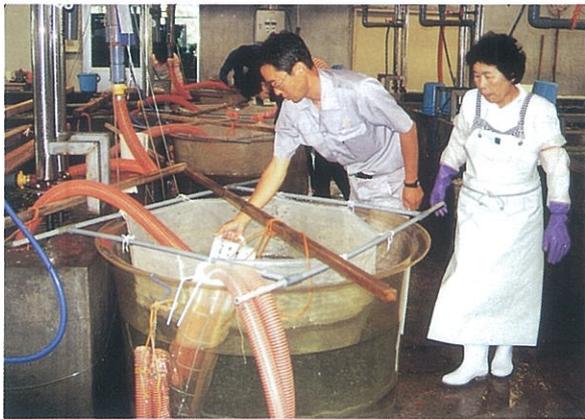


図25-1 13~15mmサイズの取上げ作業

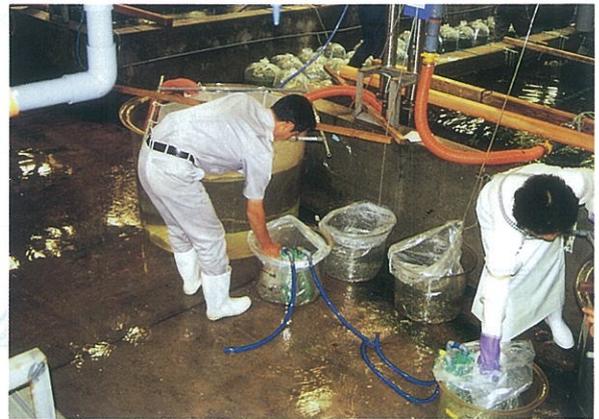


図25-2 13~15mmサイズのビニール袋への封入作業

チ)で稚魚をおびき寄せて、引き上げます。集めた稚魚はタモ網で取上げ、モジ網生簀(1.5×2×0.5 m, 180~240経)を張った500 l パンライト水槽に計数をしながら移します。500 l パンライト水槽にはエルバージュを30~50ppm となるように添加します。1,000~2,000尾の稚魚を計数したのちは、30 l パンライト水槽2つに移して運び、15m³水槽に張ったモジ網生簀(1×1×1 m, 180~240経)に收容します。集魚が進み、この方法で稚魚を集めるのが困難になると、図27に示すようなネットを使い、素早くすくい取って集めます。このネットを使用する際は、あまり多くの稚魚をすくって傷付け



図26 25～35mmサイズの取上げネット



図27 25～35mmサイズの取上げネット



図28 25～35mmサイズの集魚ネット



図29 25～35mmサイズの集魚ネット

ないように注意しなければなりません(背鰭等で眼が潰れたりする)。さらに、この方法でも集めるのが困難になると、図28に示すようなネット(3.1×2.3m)を飼育水槽に入れ、稚魚を一方に寄せ集めて取上げます。残り少なくなったとき(1～2万尾程度)は、最終的に排水用のサイフォンと水中ポンプを使用して、水槽に入って作業ができる程度(膝下位)に水位を下げます。図29に示すようなモジ網製のネット(160経, 50×140cm)で残り全部の稚魚を排水口側に集め、タモ網とネット(図27)を使って取上げます。計数後収容した稚魚は、配布まで配合飼料を投与します。投与量は、1生簍(2,000尾)当たり約5～10gで、1日に5～7回与えます。

養殖場および中間育成場までの稚魚の移送は、車または船で行っています。収容生簍から輸送に使用するタンクおよび船の生け間までは、100ℓパンライト水槽(水量80ℓ)に2,000～4,000尾の稚魚を移し酸素通気を行いながら運びます。

8. 形態異常について ● ● ●

1) 開 鰓

稚魚の順調な成育の確認のために開鰓の状況を観察します。観察は、稚魚をスライドグラスに乗せ、実体顕微鏡下で行います。開鰓は、飼育水温により異なってきますが、7日目頃から確認され、12～15日目において60～80%、20日目前後ではほぼ100%となります。

2) レントゲン撮影による形態観察

25～35mmサイズの配布の際、稚魚の一部についてレントゲン撮影器（ソフテックス製、EMB）を使用して形態異常の観察を行います。飼育水槽別に50～100尾の稚魚を撮影し、主として口部、鰓および椎体の顕著な異常について観察します。

平成元年から7年度までのレントゲン撮影・観察による部位別の異常発現率を表11に示します。形態異常の主なものは、鰓の未発達と、これに起因すると思われる椎体の湾曲および不接合です。当センターで飼育した稚魚が成長するにつれて外観上異常を呈する可能性があると考えられる割合は、例年2.8～11.2%程度と推定しています。

表11 形態異常発現率

年度	ふ化後の日数	調査個体数	平均全長 (mm)	部位別異常発現割合 (%)			異常発現個体の出現率 (%)
				口部	鰓	椎体	
元	55～61	344	30.8～35.4	3.2	1.5	15.4	9.6
2	31～41	359	17.8～26.9	0	1.7	5.0	5.6
3	56～69	285	33.6～39.6	0.7	0	10.5	2.8
4	64～70	200	35.4～40.7	0	0	3.0	3.0
5	49～64	118	32.0～42.5	2.4	1.8	0	4.2
6	51～53	217	30.0～32.9	0	5.8	4.8	7.2
7	57～64	296	30.8～43.2	0	16.2	1.7	11.2

3) 鼻孔連結

マダイ人工種苗の特徴の一つに鼻孔連結があり、放流し再捕した稚魚の手掛かりとなります。当センターで飼育した稚魚の両側および片側の鼻孔が連結している個体の割合は、平成2年度は88.2%、平成5年度は、93.4%となっています。

9. 種苗生産上の問題点 ● ● ●

当センターのマダイ種苗生産における問題点は、現在、以下の2点が考えられます。

①生産効率の低さ（最終的な取上げ数量が，受精卵収容から4～7％である）

②25～35mmサイズの成長の格差（配布後，成長遅れの個体の減耗がある）

①については，全長15mm前後に成長したとき，海上筏への沖出しを行えば良いと思われませんが，施設の都合上，現段階では実施できません。そこで13～15mmサイズの取上げの際，一部を別の水槽へ移槽し，密度を下げて継続飼育を行い，生残を高めることが考えられます。この方法で最終的な取上げ数量が多くなれば，当初の飼育水槽数を減らし，さらに使用する餌の量も少なくすることができます。このため，生産数量を減らさずに生産規模を縮小することができると思われま

す。②については，配布の際の選別が考えられます。選別は，稚魚を傷付け易く，滑走細菌症等の発生を引き起こすことが考えられるので，慎重に行わなければなりません。

お わ り に ● ● ●

本章で述べてきたように，当センターのマダイの種苗生産技術は，一応の確立をみたと思われま

す。しかし，生産効率の向上や25～35mmサイズの成長の格差をなくすことなどの検討課題も若干残されて

います。このため，今後とも，健全で質の良い種苗を生産できるよう，技術の改良，開発を行って

いきたいと思

文 献

- 青戸 泉 (1994) : 上足触手突起を用いたエゾアワビの倍数性の判定について. 佐賀栽漁セ研報, 3, 65-67.
- 青戸 泉・森勇一郎・伊藤史郎 (1994) : エゾアワビ3倍体の成長, 生残について. 佐賀栽漁セ研報, 3, 69-77.
- 青戸 泉・森勇一郎・後藤政則 (1994) : アワビの種苗生産. 佐賀栽漁セ事報 (平成4~5年度), 5-9.
- 青戸 泉・森勇一郎 (1995) : アワビの種苗生産. 佐賀栽漁セ事報 (平成5~6年度), 3-12.
- 有吉敏和・野田進治・小澄千尋 (1985) : マダイ種苗生産. 佐賀栽漁セ事報 (昭和55~58年度), 5-11.
- 有吉敏和・野田進治 (1987a) : エゾアワビの種苗生産と放流後の成長について. 西海区ブロック浅海開発会議藻類・介類研究会報, 4, 83-90.
- 有吉敏和・野田進治 (1987b) : エゾアワビのふ化および幼生の発育におよぼす水温の影響. 佐賀栽漁セ研報, 1, 53-56.
- 有吉敏和・野田進治 (1987c) : エゾアワビ稚貝の飼育法—I, 中間育成時における餌料について. 佐賀栽漁セ研報, 1, 57-60.
- 有吉敏和・野田進治 (1987d) : エゾアワビ稚貝の飼育法—II, 中間育成時の飼育密度について. 佐賀栽漁セ研報, 1, 61-63.
- 芦立昌一 (1993) : コウライエビの種苗生産マニュアル. 日裁協志布志事業場, 鹿児島. 1-16pp.
- 崔 相 (1963) : なまこの研究. 海文堂, 東京. 226pp.
- 江口泰蔵・川原逸朗・伊藤史郎・北村 等 (1995) : バフンウニ幼生に対する塩化カリウムの変態誘起効果. 佐賀栽漁セ研報, 4, 89-92.
- 江口泰蔵・川原逸朗・広瀬 茂・伊藤史郎 (1995) : アカウニの種苗生産. 佐賀栽漁セ事報 (平成5~6年度), 13-19.
- 江口泰蔵・川原逸朗・広瀬 茂・伊藤史郎 (1995) : バフンウニの種苗生産. 佐賀栽漁セ事報 (平成5~6年度), 20-25.
- 後藤政則 (1986) : 養殖マダイにみられた鼻孔の形態異常について. 栽培技研, 15(1), 87-88.
- 後藤政則・伊藤史郎・真崎邦彦 (1990) : 塩化カリウムによるアカウニ稚ウニの麻醉剥離. 栽培技研, 19(1), 9-14.
- 後藤政則 (1993) : トリクロルホンのバフンウニ稚ウニに対する毒性について. 佐賀栽漁セ研報, 2, 75-76.
- 後藤政則・森勇一郎・広瀬 茂・川原逸朗・金丸彦一郎 (1993) : マダイの種苗生産. 佐賀栽漁セ事報 (平成元~4年度), 41-46.
- 浜口昌巳・川原逸朗・薄 浩則 (1993) : 夏季に発生したアカウニの細菌感染症. 水産増殖, 41(2),

文 献

- 189-193.
- 畑中宏之・中島輝彦・嶋田雅弘 (1991) : 平成 2 年度地域特産種増殖技術開発事業報告書 (棘皮類), 83-118.
- 畑中宏之・谷村健一 (1994) : 稚ナマコの体長測定用麻醉剤としての menthol の利用について. 水産増殖, 42(2), 221-225.
- 広瀬 茂・森勇一郎・川原逸朗・伊藤史郎・金丸彦一郎 (1993) : シオミズツボワムシの培養. 佐賀栽漁セ事報 (平成元~4 年度), 67-71.
- 広瀬 茂・川原逸朗・伊藤史郎 (1994) : 大型円形水槽を用いたアカウニ, バフンウニの飼育. 佐賀栽漁セ事報 (平成 4~5 年度), 22-31.
- 広瀬 茂 (1994) : シオミズツボワムシの培養. 佐賀栽漁セ事報 (平成 4~5 年度), 75-79.
- 広瀬 茂・江口泰蔵・川原逸朗 (1995) : 大型円形水槽を用いたバフンウニの飼育. 佐賀栽漁セ事報 (平成 5~6 年度), 26-30.
- 稲葉伝三郎 (1942) : ナマコの増殖. 海洋の科学, 2(5), 364-369.
- 石田雅俊 (1979) : マナマコの種苗生産. 栽培技研, 8(1), 63-75.
- 伊藤史郎・有吉敏和・伊東義信 (1985) : *Chaetoceros gracilis* の大量培養法. 佐賀栽漁セ事報 (昭和 55~58 年度), 97-103.
- 伊藤史郎・小早川淳・谷 雄策 (1987) : マナマコ (アオナマコ) 浮遊幼生の飼育適水温について. 水産増殖, 34(4), 257-259.
- 伊藤史郎・柴山雅洋・小早川淳・谷 雄策 (1989) : 水温制御によるバフンウニ *Hemicentrotus pulcherrimus* の成熟, 産卵促進. 日水誌, 55(5), 757-763.
- 伊藤史郎・小早川淳・谷 雄策・中村展男 (1991) : バフンウニ, アカウニ幼生の変態促進に及ぼす付着珪藻とヒジキの併用効果. 栽培技研, 19(2), 61-66.
- 伊藤史郎・川原逸朗 (1993) : マナマコの付着珪藻板飼育による大量生産 (予報). 佐賀栽漁セ研報, 2, 1-11.
- 伊藤史郎・川原逸朗 (1993) : マナマコ浮遊幼生の変態促進に関する研究-I (予報). 佐賀栽漁セ研報, 2, 13-22.
- 伊藤史郎・川原逸朗・青戸 泉 (1993) : マナマコ浮遊幼生の変態促進に関する研究-II (予報). 佐賀栽漁セ研報, 2, 23-31.
- 伊藤史郎・金丸彦一郎・野口弘三・森勇一郎・青戸 泉 (1993) : アワビの種苗生産. 佐賀栽漁セ事報 (平成元~4 年度), 12-19.
- 伊藤史郎・川原逸朗・青戸 泉・真崎邦彦 (1993) : マナマコの種苗生産. 佐賀栽漁セ事報 (平成元~4 年度), 34-40.
- 伊藤史郎・川原逸朗・森勇一郎・江口泰蔵 (1994a) : 佐賀県北部沿岸域におけるマナマコの産卵期 (予報). 佐賀栽漁セ研報, 3, 1-13.
- 伊藤史郎・川原逸朗 (1994b) : マナマコの養成餌料に関する研究. 佐賀栽漁セ研報, 3, 15-17.

- 伊藤史郎・川原逸朗・平山和次 (1994c) : マナマコの成熟と採卵適期 (予報). 佐賀栽漁セ研報, 3, 19-25.
- 伊藤史郎・川原逸朗 (1994d) : マナマコの水溫制御による成熟・産卵促進 (予報). 佐賀栽漁セ研報, 3, 27-33.
- 伊藤史郎・川原逸朗・青戸 泉・江口泰蔵 (1994e) : マナマコの精子濃度と受精率およびふ化率との関係 (予報). 佐賀栽漁セ研報, 3, 35-37.
- 伊藤史郎・川原逸朗 (1994f) : マナマコ浮遊幼生の飼育餌料に関する研究. 佐賀栽漁セ研報, 3, 39-50.
- 伊藤史郎・川原逸朗・広瀬 茂 (1994g) : 海上筏におけるマナマコ大型種苗の飼育について. 佐賀栽漁セ研報, 3, 51-56.
- 伊藤史郎・川原逸朗・広瀬 茂 (1994h) : 築堤式育成場におけるマナマコ大型種苗の飼育について. 佐賀栽漁セ研報, 3, 57-63.
- 伊藤史郎 (1994) : マナマコ稚仔にみられた斃死事例について (短報). 佐賀栽漁セ研報, 3, 103.
- 伊藤史郎・川原逸朗・平山和次 (1994i) : マナマコ浮遊幼生の採苗ステージの検討. 水産増殖, 42(2), 287-297.
- 伊藤史郎・川原逸朗・平山和次 (1994j) : マナマコ (アオナマコ) *Doliolaria* 幼生から稚ナマコへの変態促進. 水産増殖, 42(2), 299-306.
- 伊藤史郎・川原逸朗・平山和次 (1994k) : マナマコ種苗の大量生産技術開発に関する研究. 栽培技研, 22(2), 83-91.
- 伊藤史郎・川原逸朗・江口泰造 (1994l) : マナマコの種苗生産. 佐賀栽漁セ事報 (平成4~5年度), 32-46.
- 伊藤史郎 (1995) : マナマコの人工大量生産技術の開発に関する研究. 佐賀栽漁セ研報, 4, 1-87.
- 伊藤史郎・森勇一郎・野口弘三 (1995) : エゾアワビ人工種苗の成長と成熟に及ぼす餌料の影響. 佐賀栽漁セ研報, 4, 111-112.
- 伊藤史郎・中牟田弘典 (1995) : コウライエビの種苗生産. 佐賀栽漁セ事報 (平成5~6年度), 39-45.
- 伊藤史郎・金丸彦一郎 : エゾアワビ浮遊幼生の付着・変態に及ぼす水溫の影響 (未発表).
- 伊藤史郎・金丸彦一郎・野口弘三 : エゾアワビ稚貝の適正飼育餌料に関する研究 (未発表).
- 伊藤史郎・金丸彦一郎・野口弘三・森勇一郎 : 陸上水槽におけるエゾアワビの成熟に関する研究 (未発表).
- 伊藤史郎・金丸彦一郎・野口弘三・森勇一郎 : 佐賀県神集島地先におけるエゾアワビ放流貝の成熟に関する研究 (未発表).
- 伊東義信・伊賀田邦義・有吉敏和・西田隆英 (1980) : バフンウニの種苗生産について. 栽培技研, 9(2), 21-26.
- 伊東義信 (1982) : ウニの種苗生産とその増殖. 養殖 (3月号), 緑書房, 東京. pp.44-49.

文 献

- 伊東義信 (1984) : ウニ幼生に対する付着珪藻の変態促進効果. 付着生物研究, 5(1), 15-18.
- 伊東義信・野田進治・広瀬 茂 (1985) : アワビ類 (エゾアワビ, クロアワビ)の種苗生産. 佐賀栽漁セ事報 (昭和55~58年度), 43-59.
- 伊東義信・野田進治・有吉敏和(1985) : エゾアワビ稚貝飼育における二, 三の実験について. 佐賀栽漁セ事報, 60-67.
- 伊東義信・山田 徹・有吉敏和・野田進治・伊藤史郎 (1985) : ウニ類 (アカウニ, バフンウニ, ムラサキウニ)の種苗生産の現状と問題点. 佐賀栽漁セ事報 (昭和55~58年度), 79-96.
- 伊東義信・伊藤史郎・金丸彦一郎・真崎邦彦 (1987) : 付着珪藻 *Navicula ramosissima* のアカウニ稚ウニ期生産餌料としての効果. 日水誌, 53(10), 1735-1740.
- 伊東義信・真崎邦彦・金丸彦一郎・伊藤史郎(1987) : アカウニの生殖巣成熟促進に対する飼育水温コントロールの効果. 佐賀栽漁セ研報, 1, 1-4.
- 伊東義信・有吉敏和(1987) : アカウニ幼生期の飼育餌料—I *Chaetoceros gracilis* の適正投餌量. 佐賀栽漁セ研報, 1, 5-8.
- 伊東義信(1987) : アカウニ幼生の採苗法—I 幼生の発育および変態後の稚ウニの発育から検討した採苗適期. 佐賀栽漁セ研報, 1, 13-17.
- 伊東義信・伊藤史郎・金丸彦一郎(1987) : アカウニ幼生の採苗法—II 採苗時の付着板の設置方法および飼育水の攪拌方法. 佐賀栽漁セ研報, 1, 19-23.
- 伊東義信・中尾義房(1987) : アカウニ稚ウニ期の餌料として有効な付着珪藻の探索—I 付着珪藻の分離および保存. 佐賀栽漁セ研報, 1, 25-29.
- 伊東義信・伊藤史郎・金丸彦一郎(1987) : アカウニ稚ウニ期の餌料として有効な付着珪藻の探索—II 分離培養した付着珪藻9種の増殖特性. 佐賀栽漁セ研報, 1, 31-34.
- 伊東義信・真崎邦彦・金丸彦一郎(1987) : アカウニ稚ウニ期の餌料として有効な付着珪藻の探索—III 付着珪藻 *Navicula ramosissima* の大量培養. 佐賀栽漁セ研報, 1, 35-38.
- 伊東義信・金丸彦一郎・真崎邦彦・伊藤史郎(1987) : アカウニ稚ウニ期の餌料として有効な付着珪藻の探索—IV 付着珪藻 *Navicula ramosissima* 単一種を用いたアカウニ幼生の採苗法の検討. 佐賀栽漁セ研報, 1, 39-43.
- 金井欣也 (1994) : アカウニの棘抜け症. 養殖 (10月号), p.37.
- 金丸彦一郎・伊東義信(1987) : アカウニ幼生期の飼育餌料—II 幼生の発育に及ぼす増殖の劣る餌料 *Chaetoceros gracilis* の影響. 佐賀栽漁セ研報, 1, 9-12.
- 金丸彦一郎・有吉敏和・野田進治 (1993a) : 佐賀県神集島地先におけるエゾアワビ, クロアワビ人工種苗の放流—I (年齢と成長について). 佐賀栽漁セ研報, 2, 33-38.
- 金丸彦一郎・伊藤史郎・野口弘三・川原逸朗 (1993b) : 佐賀県神集島地先におけるエゾアワビ, クロアワビ人工種苗の放流—II (回収状況について). 佐賀栽漁セ研報, 2, 39-44.
- 河西一彦・有馬孝和・斉藤 実 (1987) : パラアミノ安息香酸エチルのアワビ類稚貝3種の剥離効果. 水産増殖, 35(1), 43-46.

- 川原逸朗・後藤政則・真崎邦彦(1993)：種苗生産過程にみられるアカウニ稚ウニの大量斃死を防ぐ飼育方法の検討-I 各種条件下における感染実験(予報). 佐賀栽漁セ研報, 2, 45-50.
- 川原逸朗・後藤政則・真崎邦彦・野口弘三(1993)：種苗生産過程にみられるアカウニ稚ウニの大量斃死を防ぐ飼育方法の検討-II 各処理海水による飼育実験と量産飼育事例(予報). 佐賀栽漁セ研報, 2, 51-55.
- 川原逸朗・広瀬 茂・伊藤史郎・北村 等(1994)：アカウニ幼生に対する塩化カリウムの変態誘起効果(予報). 佐賀栽漁セ研報, 3, 79-83.
- 川原逸朗・広瀬 茂・伊藤史郎・北村 等(1994)：塩化カリウムを用いたアカウニの採苗方法の検討(予報). 佐賀栽漁セ研報, 3, 85-89.
- 川原逸朗・広瀬 茂・伊藤史郎(1994)：アカウニの種苗生産. 佐賀栽漁セ事報(平成4~5年度), 10-17.
- 川原逸朗(1995)：種苗ベストガイド(ウニ)「養殖」臨時増刊, 緑書房, 東京, pp.187-193.
- 川原逸朗・後藤政則・野口弘三(1995)：罹病バフンウニ浸漬海水によるアカウニ稚ウニへの感染実験. 佐賀栽漁セ研報, 4, 109-110.
- 川原逸朗・伊藤史郎・丸山 功(1995)：4種人工餌料の稚ナマコ(7mm)に対する餌料価値(短報). 佐賀栽漁セ研報, 4, 115-116.
- 川原逸朗・広瀬 茂・伊藤史郎・宮崎征男・北村 等(1995)：アカウニ幼生に対する塩化カリウムの変態誘起効果. 水産増殖, 43(2), 237-241.
- 菊地省吾・浮 永久(1974)：アワビ属の採卵技術に関する研究 第2報 紫外線照射海水の産卵誘発効果. 東北水研研報, 33, 79-86.
- 菊地省吾・浮 永久(1974)：アワビ属の採卵技術に関する研究 第3報 精子濃度と受精率の関係. 東北水研研報, 34, 67-71.
- Kishimoto, T. and H.Kanatani (1980): Induction of oocyte maturation by disulfide-reducing agent in the sea cucumber, *Stichopus japonicus*. *Develop., Growth and Differ.*, 2(2) 163-167.
- 久保居喜一(1991)：アワビ養殖に取り組んで. 第37回漁村青壮年婦人活動実績発表佐賀県大会要録, 1-5.
- 真崎邦彦・野口弘三・山田 徹・小澄千尋(1986)：クマエビの種苗生産の現状と問題点について. 西海区ブロック浅海開発会議藻類・介類研究会報, 3, 63-70.
- 真崎邦彦・伊藤史郎・小澄千尋・金丸彦一郎(1987)：マナマコ幼生の採苗に関する研究-1(マナマコ幼生の変態着底に及ぼす付着珪藻の効果と採苗ステージについて). 佐賀栽漁セ研報, 1, 65-70.
- 真崎邦彦・野口弘三・金丸彦一郎(1988)：アカウニの種苗生産過程における稚ウニの大量斃死について. 西海区ブロック藻類・介類研究会報, 5, 45-59.
- 真崎邦彦・野口弘三・金丸彦一郎(1993)：アカウニ稚ウニ期(2mmサイズ)の飼育方法について. 佐

文 献

- 賀栽漁セ研報, 2, 61-64.
- 真崎邦彦・野口弘三 (1993) : アカウニ稚ウニの餌料別, 水温別飼育実験. 佐賀栽漁セ研報, 2, 65-70.
- 真崎邦彦・後藤政則・川原逸朗・野口弘三 (1993) : アカウニの種苗生産. 佐賀栽漁セ事報(平成元~4年度), 20-27.
- 真崎邦彦・後藤政則・川原逸朗・野口弘三 (1993) : バフンウニの種苗生産. 佐賀栽漁セ事報(平成元~4年度), 28-33.
- 真崎邦彦 (1994) : 棘抜け症(仮称)に罹病したアカウニ稚ウニの病変部位から観察された細菌について(短報). 佐賀栽漁セ研報, 3, 105-106.
- 真崎邦彦・川原逸朗 (1995) : 水温制御によるアカウニの成熟促進-I. 佐賀栽漁セ研報, 4, 93-100.
- Maruyama, Y. (1980) : Artificial induction of oocyte maturation and development in the sea cucumbers *Holothuria leucospilota* and *Holothuria pardalis*. *Biol. Bull.* 158, 339-348.
- 丸山好彦 (1988) : ナマコ類. 海産無脊椎動物の発生実験(石川・沼宮内編). 培風館, 東京. pp.167-174.
- 森勇一郎・伊藤史郎・真崎邦彦・川原逸朗・野口弘三 (1993) : クマエビの種苗生産. 佐賀栽漁セ事報(平成元~3年度), 51-53.
- 森勇一郎・青戸 泉・川原逸朗・金丸彦一郎 (1993) : ナンノクロロプシスの培養. 佐賀栽漁セ事報(平成元~4年度), 65-66.
- 森勇一郎・広瀬 茂・青戸 泉・江口泰造 (1994) : マダイの種苗生産. 佐賀栽漁セ事報(平成4~5年度), 47-51.
- 森勇一郎 (1994) : ナンノクロロプシスの培養. 佐賀栽漁セ事報(平成4~5年度), 72-74.
- 森勇一郎・青戸 泉 (1995) : エゾアワビとクロアワビの交雑の試み(短報). 佐賀栽漁セ研報, 4, 113-114.
- 森勇一郎・大隈 斉・中牟田弘典・江口泰造 (1995) : マダイの種苗生産. 佐賀栽漁セ事報(平成5~6年度), 50-55.
- 中牟田弘典 (1995) : コウライエビの養成試験(概報). 佐賀栽漁セ事報(平成5~6年度), 46-49.
- 中牟田弘典 (1995) : ナンノクロロプシスの培養. 佐賀栽漁セ事報(平成5~6年度), 67-70.
- 野田進治・伊東義信・広瀬 茂・有吉敏和 (1985) : シオミズツボワムシの大量培養. 佐賀栽漁セ事報(昭和55~58年度), 12-19.
- 野田進治・伊東義信 (1987) : ムラサキウニ幼生の飼育餌料について. 佐賀栽漁セ研報, 1, 45-47.
- 野田進治・伊東義信・有吉敏和 (1987) : 陸上水槽におけるエゾアワビの生殖巣の成熟について. 佐賀栽漁セ研報, 1, 49-52.
- 野口弘三・小澄千尋・真崎邦彦 (1987) : ナマコの種苗生産の現状と問題点について. 佐賀栽漁セ研報(附事報), 1, 1-13.

- 野口弘三・伊藤史郎・有吉敏和(1990)：マナマコの種苗生産に関する知見と今後の検討課題。西海区
ブロック藻類・介類研究会報 6, 67-81.
- 野口弘三・川原逸朗 (1993a)：アカウニ幼生の変態着底と水温の関係について。佐賀栽漁セ研報,
2, 57-60.
- 野口弘三・川原逸朗 (1993b)：バフンウニ稚ウニ期の餌料について。佐賀栽漁セ研報, 2, 77-79.
- 野口弘三・川原逸朗・後藤政則・真崎邦彦(1995)：水温制御によるアカウニの成熟促進-II。佐賀栽
漁セ研報, 4, 101-107.
- 大隈 斉・森勇一郎 (1995)：シオミズツボワムシの培養。佐賀栽漁セ事報 (平成5～6年度),
71-73.
- 谷 雄策 (1978)：アカウニの種苗生産と増殖。養殖 (10月号), 緑書房, 東京. pp.72-74.
- 谷 雄策・伊東義信(1979)：アカウニ幼生の付着および変態におよぼす付着珪藻の影響について。水
産増殖, 27(3), 148-150.
- Uki, N. and S. Kikuchi (1984)： Regulation of Maturation and Spawning of an Abalone, *Haliotis*
(Gastropoda) by external environmental factors. *Aquaculture* 39, 247-261.
- 浮 永久 (1995)：種苗ベストガイド (アワビ)「養殖」臨時増刊, 緑書房, 東京. pp.174-182.
- 行武 敦・宮本義次・豊福 洋・中村俊政(1992)：アカウニの種苗生産について。平成2年度福岡県
栽培漁業公社業務・事業報告書, 38-43.

佐賀県栽培漁業センターにおける種苗生産マニュアル

平成8年3月 発行

編集兼
発行者

佐賀県栽培漁業センター

〒847-04

佐賀県東松浦郡鎮西町大字名護屋6966

TEL. 0955 (82) 4311

FAX. 0955 (82) 5705

FD編集

九州電算株式会社

TEL. 0952 (24) 8453代

印刷所

大同印刷株式会社

〒840

佐賀市天神一丁目1番32号

TEL. 0952 (24) 8450代

FAX. 0952 (28) 5583
