

エゾイシカゲガイの種苗生産について

松浦 裕幸*

Artificial Propagation of North Pacific Cockle *Clinocardium californiense*

Hiroyuki MATSUURA *

エゾイシカゲガイ *Clinocardium californiense* はハマグリ目ザルガイ科 Cardiididae に属し、東北、北海道、アリューシャン列島を経て北アメリカ西岸まで分布し、水深10~100mの砂泥底に生息する雌雄同体の二枚貝である¹⁾。本種は北海道函館湾においてアカガイ貝桁網漁業で漁獲されている²⁾。また、宮城県志津川湾ではトリガイの養殖タライの砂中に天然の本種の稚貝が確認されている³⁾。本種は通称「石垣貝」として高級寿司ネタ等の食材として用いられ、養殖種苗生産への期待が高まっている。

二貝類種苗の人工生産についてはマガキ^{4),5)}、アカガイ⁶⁾、トリガイ⁷⁾、ホッキガイ⁸⁾ 等で研究が進み、これらでは、生産技術が既に確立されている。しかし、本種については研究の歴史が浅く^{9),10)}、産卵生態に関する情報も少ない。そこで、本種の人工種苗生産に必要な採卵時期、産卵誘発方法、浮遊幼生の飼育方法等の検討を行ったので、概要を報告する。

材料と方法

親貝室内飼育と採苗適期の推定

1995年に志津川湾で天然採苗された本種500個を、1996年12月10日から石巻湾桃浦地先で養殖用タライで垂下養成した。親貝(平均殻長 56.2 ± 3.47 mm, 平均全重量 45.6 ± 8.24 g)を1998年12月17日に当センター屋内飼育棟の砂を敷いた1t角形水槽内に200個収容した。この水槽には水温8~10℃の砂ろ過海水を5ℓ/minでかけ流し、餌料として *Nitzschia closterium* を5,000cells/ml程度を維持するように添加した(図1)。また、石巻湾桃浦地先の親貝で成熟状況と採卵適期を調べるために、1998年11月, 12月, 1999年1月, 2月, 4月, 5月に10個体の足の基部を切断し、生殖巣内部の精子の活性を検鏡す

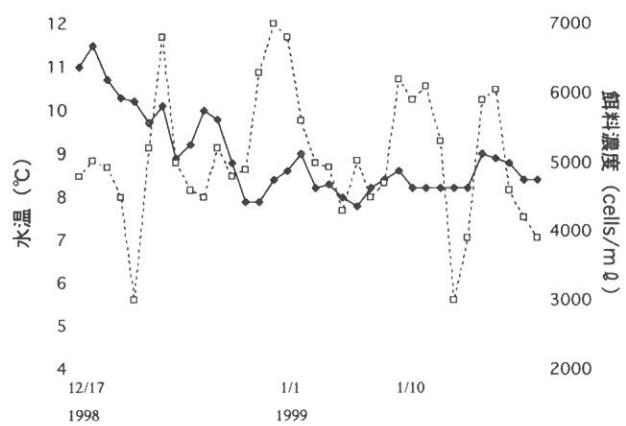


図1 親貝の飼育水温(◆)と餌料濃度(□)の経日変化

るとともに、10%ホルマリンで固定後、断面径に占める生殖腺の割合を成熟度指数として調べた。

産卵誘発実験

産卵誘発は、温度刺激法、紫外線照射海水法、干出刺激法、セロトニン添加海水浸漬法、セロトニン添加海水注射法、およびこれらを組み合わせた方法について検討した(表1)。

産卵誘発は親貝を産卵誘発槽(120×60×25cm)に収容し、表1の条件で水温調節した砂ろ過海水をかけ流し、刺激を与えた。誘発により得た受精卵を十分に洗卵し、100ℓパンライト水槽に約10個/mlの密度で収容した。

初期発生条件の検討

受精卵の形状および水温の違いによる発生速度の差を比較するため、受精直後の卵を1ℓビーカーに5個/mlの密度で収容し、10, 12, 15℃のインキュベーター内に静置して5分ごとに生物顕微鏡により観察した。

浮遊幼生飼育実験

1999年1月10~15日に行った産卵誘発で回収した受精卵から、正常発生した浮遊幼生を選別し飼育実験を行っ

*水産研究開発センター

表1 産卵誘発方法と反応状況

誘発方法	内容	放精開始時間 (誘発後)	反応個数/誘発個数 (誘発率%)	未成熟卵 の多少
温度刺激法	飼育水温に合わせた誘発槽内に親貝を入れ、砂ろ過海水を2℃/15minの割合で昇温、10ℓ/minの量でかけ流した	0.5	21/32 (65)	少
紫外線照射海水法	親貝を入った誘発槽内に紫外線を照射した砂ろ過海水を10ℓ/minの量でかけ流した	1	16/32 (50)	少
干出刺激法	飼育水槽から取り出した親貝を、気温10℃の室内に2時間放置した後、10℃の砂ろ過海水を10ℓ/minの量でかけ流した	-	0/30 (0)	-
セロトニン添加海水浸漬法	10 ⁻⁵ M セロトニン-クレアチン硫酸塩添加海水を調製し、その中に親貝を浸漬した	1	2/40 (5)	少
セロトニン添加海水注射法	殻から足を出したところに、10 ⁻⁵ M セロトニン-クレアチン硫酸塩添加海水を1個当たり2mℓのセロトニン添加海水を注射した	0.2	27/30 (90)	多
温度刺激・紫外線照射海水法	飼育水温に合わせた誘発槽内に親貝を入れ、紫外線を照射した砂ろ過海水を2℃/15minの割合で昇温しながら10ℓ/minの量でかけ流した	0.5	24/40 (60)	少

た。実験水槽は、適正温度と適正密度の検討には100ℓパンライト、好適餌料の検討には30ℓパンライトを用いた。飼育水は3日ごとに1/2量を交換し、100ml/minガラス管から通気した。着底期の近づいた浮遊幼生の飼育水槽には砂を敷き、稚貝の沈着に備えた。用いた砂は粒径100μmの相馬珪砂である。また、実験期間中はおよそ2～3日おきに浮遊幼生の殻長を計測した。なお、各実験における飼育条件は以下の通りである。

1) 飼育温度実験

浮遊幼生の適正水温を検討するため、10℃、15℃、18℃の実験区を設定した。収容密度は1個/mlとし、餌料には *Pavlova lutheri* (以下 *P*) を用い、3,000cells/mlで給餌を開始し、残餌量を見ながら給餌量を増やした。

2) 飼育密度試験

浮遊幼生飼育における適正密度を検討するために、3個/mlおよび5個/mlの実験区を設け、成長および生残を比較した。飼育水温は15℃とし、餌料には *P* を用い、各々3,000cells/ml、5,000cells/mlで給餌を開始し、残餌量を見ながら給餌量を増やした。

3) 好適餌料の選定

筆者が培養している微細藻類の *P*, *Nannochloropsis* sp. (以下 *Na*), *Chaetoceros gracilis* (以下 *Ch*) *Tetraselmis* sp. (以下 *Te*) を用いて、単一種給餌および複数種給餌による浮遊幼生飼育を行い、適正餌料を検討した。

単一種給餌飼育では、D型幼生変態後から摂餌可能で持続的に高成長をもたらす微細藻類を検討した。浮遊幼生の摂餌状態は、殻長計測の際に10%ホルマリンで固定したものを直ちに検鏡し、胃中の微細藻類の有無によ

て観察した。藻体サイズは、*Na* で3～5μm、*P* で5～7μm、*Ch* で7～8μm、*Te* で20μmと異なるため藻体容積を考慮し、それぞれの初回給餌濃度は *Na* で6,000cells/ml、*P* で3,000cells/ml、*Ch* で3,000cells/ml、*Te* で1,500cells/mlとした。各験実験区とも給餌量は残餌量を見ながら増加させた(図2-1)。

複数種給餌飼育では、*P* と *Ch*、*P* と *Na* の2種を混合し、浮遊幼生の殻長成長を比較した。対照として *P* の単一種給餌区を設けた。初回給餌濃度を *P* と *Ch* 給餌区は各々1,500cells/ml、*P* と *Na* 給餌区は *P* を1,500cells/ml、*Na* を3,000cells/ml、対照区は *P* を3,000cells/mlに設定し、残餌量を見ながら給餌量を増やした(図2-2)。

以上の単一種実験、複数種実験ともに浮遊幼生密度を3個/ml、水温を14℃として飼育した。

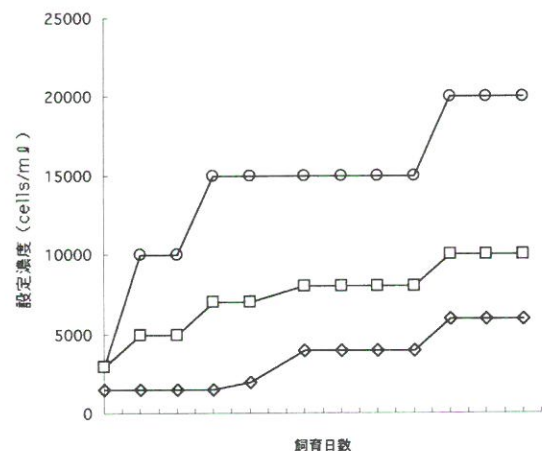


図2-1 微細藻類ごとの単一給餌設定濃度の変化 (□)は *Pavlova lutheri* および *Chaetoceros gracilis*, (○)は *Nannochloropsis* sp., (◇)は *Tetraselmis* sp. を示す。 *Pavlova lutheri* および *Chaetoceros gracilis* は同一に設定した。

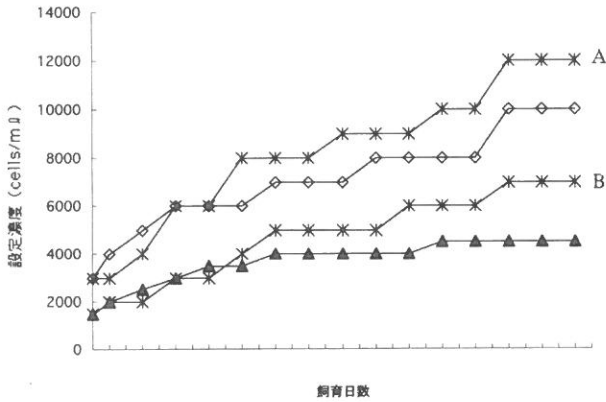


図2-2 微細藻類ごとの混合給餌設定濃度の変化 (▲)は *Chatoceros gracilis* および *Chatoceros gracilis* と混用した *Pavlova lutheri*, (* A)は *Nannochloropsis* sp., (* B)は *Nannochloropsis* sp. と混用した *Pavlova lutheri*, (◇)は *Pavlova lutheri* を示す。

結果と考察

親貝室内飼育と採苗適期の推定

石巻湾桃浦地先では、11月下旬には生殖巣の発達が見られ、切り出した組織内に活性の高い精子が観察された。成熟度指数は、11月で32.3%、12月で40.1%、1月で38.6%、2月で38.1%、4月で36.6%、5月で11.0%と、周年の観察は行っていないが、生殖巣の維持期間が5ヶ月におよぶものと推察される(図3)。志津川湾のトリガイ養殖タライに本種稚貝が沈着すると推察される時期は3~4月であること³⁾、後述のように本実験の受精から着底までの期間は水温10~15℃でおよそ20~30日であることから、宮城県沿岸域における本種の産卵期は2月中旬~3月下旬頃が中心になっていると推察される。このように、本種は、初夏から盛夏に産卵する多くの二枚貝類と異なり、ホタテガイと同様²⁾に低水温期に産卵する二枚貝であることが示唆された。

産卵誘発実験

親貝飼育水温は天然発生で見られる志津川湾の最低水温に合わせて10℃以下に維持した。親貝の潜砂行動は活

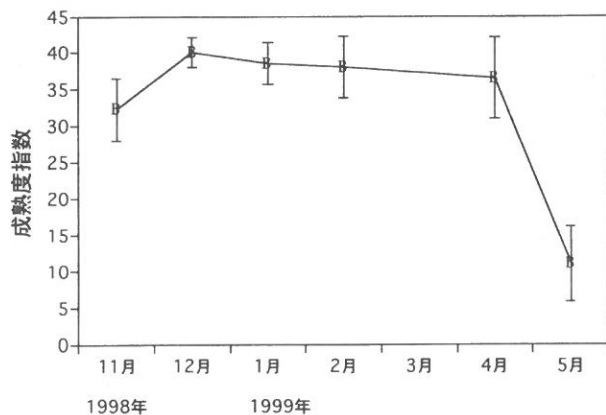


図3 成熟度指数の経月変化

発で生殖巣内の精子活性も常に高かった。産卵誘発に用いるまでにへい死は無く生殖巣を維持した。十分に成熟が進行した親貝では、12月下旬には給餌量を多くしただけで産卵する場合が見られた。

産卵誘発では、本種ははじめに放精し、次いで放卵が見られた。誘発により放精放卵を促すと、一斉に反応することはなく、はじめの1個体が放精を開始するとその精子に反応して他個体が連鎖的に放精し、放卵が行われた。このため自家受精の可能性は低いものと推察された。

温度刺激法は、養成水温より4℃の昇温で放精放卵を促した。放精の開始は最も早い個体で誘発開始から30分後、遅い個体は2時間後に観察された。紫外線照射海水法は、養成水温を維持し紫外線照射海水をかけ流したところ、早い個体でおよそ1時間後に放精が観察された。干出刺激法では、3時間を経過しても放精は見られず、誘発槽内において全く殻を開けない個体や殻を大きく開け動きの鈍い個体も見られたが、誘発槽から養成水槽内に戻すと潜砂し通常の状態を回復した。セロトニン添加海水浸漬法は水槽内で殻を全く開けない個体があり、セロトニン添加海水注射法は他の誘発刺激に比べ最も誘発率は高かったが、注射直後は足の部分を激しく動かし、殻を開け足を出したままにする個体が多く、採卵後へい死も見られた。また、未熟な卵の放出が多数あったことから、親貝に与える負担が相当大きいものと考えられた(表1)。一方、温度刺激法と紫外線照射海水法で得た受精卵には未熟な卵はほとんど無く、また、これら2法を併用した場合も効果的に産卵を誘発でき、本種の採卵には最も有効であると判断された。しかし、最も誘発率の高かったセロトニン添加海水注射法は未熟な卵まで産出したこともあり、他の誘発刺激で受精卵が得られなかった場合の補完的な方法として採用することが考えられる。

初期発生条件の検討

エゾイシカゲガイの卵は乳白色のほぼ完全な球状で、平均卵径は89.0±2.79μmである。受精卵は、10℃で受精から1時間10分後に第一極体が、2時間35分後に第二極体が放出され、3時間5分後には多くが2細胞となった。受精17時間後にトロコフォア幼生となり浮上し、41時間後にD型幼生となった(表2)。D型幼生の平均殻長は、当センターで種苗生産を行っている他の二枚貝類幼生と比べると最も大きかった(図4)。

採卵後、受精卵を水温10℃台の水槽内収容した。その発生は、採卵後に水温23℃で静置するマガキやアカガイが1日でD型幼生になるのに対し、本種はその2倍の約

表2 水温ごとのエゾイシカゲガイの初期発生経過

発生過程	水温		
	10℃	12℃	15℃
第1極体放出	1時間10分	1時間	50分
第2極体放出	2時間35分	2時間20分	1時間35分
2細胞期	3時間5分	2時間45分	1時間55分
4細胞期	4時間15分	3時間45分	2時間55分
8細胞期	5時間35分	4時間50分	3時間50分
トロコフォア幼生	17時間		
D型幼生	41時間		

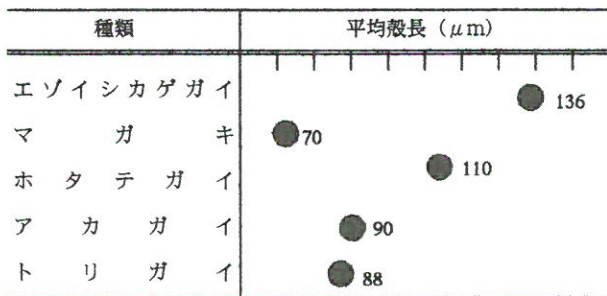


図4 二枚貝類のD型幼生初期の平均殻長の比較 (宮城県水産研究開発センター資料)

2日を必要とした。しかし、本種の受精卵からD型幼生となるまで発生速度は、水温が8~9℃を越えると産卵を開始するとされるホタテガイが約1週間を要する¹³⁾のに比べると非常に早いことが分かった。また、マガキでは受精卵が正常発生し80~90%の正常なD型幼生が得られる温度範囲は19~27℃である¹⁴⁾が、本種で受精から1日でD型幼生を得るためにマガキ等と同様な温度範囲で発生させた場合、どのような発生傾向を示すか今後検討したい。

浮遊幼生飼育実験

1) 飼育温度試験

浮遊幼生の成長は、水温が低い実験区程遅れる傾向にあったが、飼育23日目には15℃区と18℃区がほぼ同じ平均殻長となり、着底は同時期であった。生残率は飼育最終日で10℃区で28%、15℃区で34%、18℃区で18%であった。この成長と生残率からは、浮遊幼生の飼育水温は15℃が適していると考えられた(図5)。飼育水温は、23℃前後で飼育されることが多いマガキ、アカガイ、トリガイ等とは異なり、10~18℃で成長することが明らかとなった。

2) 飼育密度試験

殻長成長は、飼育密度3個/mlおよび5個/mlの間に大きな差は見られなかった。しかし、密度については5個/ml飼育区で減耗が激しく、沈着時期にはほぼ3個体/ml

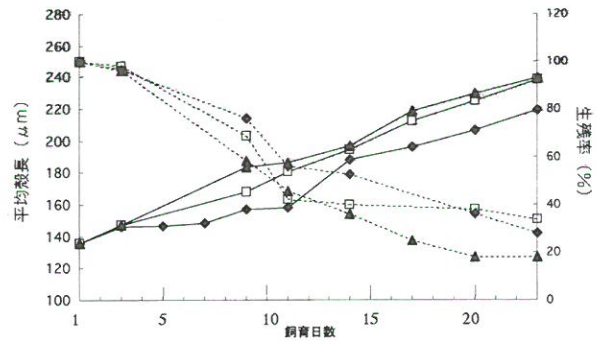


図5 飼育水温ごとの浮遊幼生の成長と生存の比較 (◆,実線)は10℃区 (□,実線)は15℃区 (▲,実線)は18℃区の殻長成長を示す。(◇,破線)は10℃区 (□,破線)は15℃区 (▲,破線)は18℃区の生存率を示す。

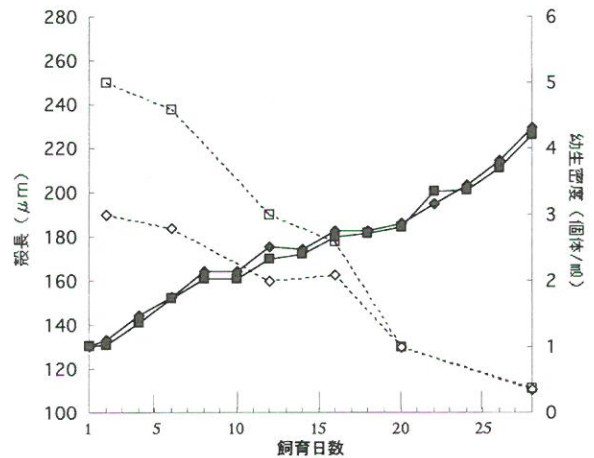


図6 収容密度ごとの浮遊幼生の成長と密度の変化 (◆,実線)は3個/ml区 (■,実線)は5個/ml区の殻長成長を示す。(◇,破線)は3個/ml区 (□,破線)は5個/ml区の生存率を示す。

飼育区と同密度となった(図6)。ホッキガイ、トリガイ、アカガイでは飼育密度は1~3個/mlであることが多い。アカガイ浮遊幼生の高密度30個/mlの飼育では、成長、生残率とも悪く、10個/mlであれば3個/mlと同等の成長、生残が得られることが報告されているが¹⁵⁾、残餌や浮遊幼生の排泄物等による水質悪化のリスクを抱えることになる。本種の浮遊幼生は、慎重な換水作業や換水前後の水温やpHに大きな変化がない場合でも大量減耗が見られることがあり微妙な水質変化にも弱いことが考えられた。高密度飼育しても水質変化が大きくなることで浮遊幼生の減耗が進み、最終的に低密度になってしまうことから、初期に収容密度を高く設定する有効性は少なく、3個/ml程度にした方がよいと推察された。本実験は3日ごとに1/2量の換水を行ったが、換水の間隔をあけ7日ごとに1/2量換水の飼育でも水温が低く水質悪化がし難いためか、浮遊幼生の成長は順調であった。

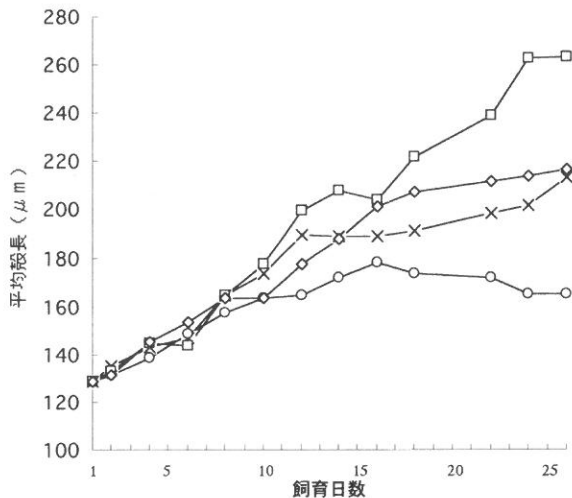


図7 単一餌料給餌による浮遊幼生の成長
(×)は *Pavlova lutheri*, (○)は *Nannochloropsis* sp.,
(□)は *Chatoceros gracilis*, (◇)は *Tetraselmis* sp. を示す。

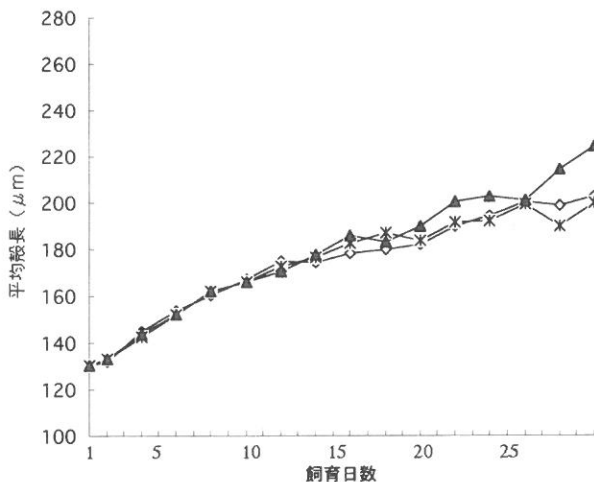


図8 餌料の混合給餌による浮遊幼生の成長
(▲)は *Pavlova lutheri* と *Chatoceros gracilis* 混合給餌
(*)は *Pavlova lutheri* と *Nannochloropsis* sp. の混合給餌
(◇)は *Pavlova lutheri* 単一給餌 (対照)

3) 好適餌料の選定

単一種給餌した浮遊幼生の胃中を観察した結果, *Na* は摂餌が認められたが, 殻長成長はわずかで, 餌料価値は低いことが分かった。*Te* は他種に比べて藻体サイズが大型のため, 浮遊幼生を観察すると残餌量が多いにもかかわらず摂餌できた個体が15%程で, 生残は *Na* に次いで悪く, *Te* は初期餌料とするには不向きと考えられた。摂餌できた個体がほぼ100%だった *Ch* および *P* では, 成長, 生残率とも *Ch* が良く, 飼育20日目には殻長250 μ mを越えた着底稚貝が観察された(図7)。

複数種給餌の実験では, やや *P* と *Ch* の成長が他実験区を上回ったが, *Ch* を単一餌料給餌した場合のような高成長は見られなかった(図8)。

微細藻類のなかでも *P* は, アカガイ, ホッキガイ等の

多くの二枚貝の種苗生産の餌料として用いられている^{16),17)}。筆者も初期に *P* を用いてマガキ, アカガイ, トリガイ幼生を飼育し, 成長に伴って *Ch* に切り替えて飼育してきた¹¹⁾。しかし, 二枚貝の種類によって最適餌料種が異なることが示唆されており, マガキでは *Isochrysis galbana* が, アコヤガイでは *Te* が浮遊幼生の飼育に有効であるといわれている^{16, 19)}。本種では, *P* は初期の餌料としては有効だったが浮遊後期になると成長が停滞する傾向があること, 飼育途中で *P* から *Ch* への種類転換で急激な幼生の減耗が見られること, 複数種給餌が *Ch* の単一種給餌に比べて劣ることが分かった。D型幼生変態直後の殻長が約140 μ mある本種では, 飼育当初から *Ch* を給餌しても摂餌が確認でき成長も良好だったことから, 最適餌料種は *Ch* がその一つとして推奨されるであろう。

以上の調査, 実験から, エゾイシカゲガイの生殖腺指数は11月に発達し始め, 翌年4月までその状態が維持されていることから, 本種の種苗生産は水温が10 $^{\circ}$ C前後の時期に親貝を天然海域から取り揚げ採卵, 種苗生産を行うことが最も効率的と考えられる。このことは, 本種がアカガイ, トリガイ, マガキ等夏季を中心として種苗生産が行われる二枚貝類と異なり, 最低水温期に種苗生産ができるメリットがあることを示している。飼育は天然海水をわずかに昇温するだけで済み, また, 水温が低く水質変化も少ないことから換水頻度も少なく, コストの面で有利である。さらに, 他の種苗生産種と時期的な重複が少なく施設の有効活用も可能なことから, 新たな養殖対象種としては非常に有望であると思われる。

今後は沈着稚貝の成長について調べ, 養殖方法・商品サイズになるまでに要する期間等について検討することになっている。

要 約

1. 産卵誘発による採卵は, 低水温時期の12月から翌年4月まで行うことができ, 親貝の室内養成温度は10 $^{\circ}$ C以下, 産卵誘発のための刺激は4 $^{\circ}$ C程度の昇温で十分であった。
2. 親貝に対する有効な産卵誘発刺激法は, 温度上昇刺激法および紫外線照射海水法で, これらの併用も有効であった。
3. 受精卵の発生は10 $^{\circ}$ Cの場合, およそ受精17時間後にトロコフォア幼生, 41時間後にD型幼生へと進行した。飼育するための浮遊幼生の回収は, 殻形成の完了する, 受精から2日を経過してから行うのが適当と考

えられる。

4. 浮遊幼生の最適餌料は *Pavlova lutheri*, *Nannochloropsis* sp., *Chaetoceros gracilis*, *Tetraselmis* sp. のなかでは *Chaetoceros gracilis* であった。

Chaetoceros gracilis は浮遊幼生の殻長が大きいため初期から給餌可能であった。

5. 水温15℃, 収容密度3個/mlが最適であった。なお、この条件で浮遊期間はおよそ25日間であった。

文 献

- 1) 松隈明彦 (1986) エゾイシカゲガイ, 奥谷喬司監修, 決定版生物大図鑑貝類, 世界文化社, p311
- 2) 五島聖治・野田隆史 (1992), 函館湾におけるエゾイシカゲガイ *Clinocardium californiense* の成長. 日本ベントス学会誌, 42, 39-48
- 3) 佐々木昇記 (1997) エゾイシカゲガイの天然採苗と養殖試験について. 第45回宮城県漁村青壮年婦人活動実績発表大会, 19-28
- 4) LOOSANOFF, V.L. and H.C. DAVIS (1963) Rearing of Bivalve Mollusks. In F.S. RUSSELL (ed.), *Advances in Marine Biology*, Vol.1, London, Academic Press, 1-136
- 5) 楠木 豊 (1976) マガキの幼生飼育について, 広島県水産試験場研究報告, 第6, 7号, 広島県水産試験場, 27-36
- 6) 高見東洋ら (1978) アカガイの生物学的知見並びに増養殖技術に関する既往資料, 貝類の生物学的知見並びに増養殖技術に関する既往資料, 南西海区ブロック会議貝類技術部会, 1-48
- 7) 藤原正夢・西広富夫 (1988), トリガイ種苗量産技術について, 養殖, 25(6), 109-113
- 8) 宮城県他 (1996) 平成7年度地域特産種量産放流技術開発事業報告 (二枚貝グループ)
- 9) 加藤 靖・磯上孝太郎・渋谷武久 (1996) エゾイシカゲガイ種苗生産研究, 平成6年事業報告書, 福島県水産種苗研究所, p9
- 10) 加藤 靖・磯上孝太郎・根本昌宏 (1997) エゾイシカゲガイ種苗生産研究, 平成7年度事業報告書, 福島県水産種苗研究所, p23
- 11) 押野明夫・関 哲夫・谷口和也 (1995) 二枚貝の餌料となる微小藻類の培養ハンドブック, 水産庁東北区水産研究所, 1-7
- 12) 野村 正監修 (1995) カキ・ホタテガイ・アワビ, 東京, 恒星社厚生閣, p18
- 13) 隆島史夫・羽生 功 編 (1989) 水族繁殖学, 東京, 緑書房, 350-353
- 14) 今井丈夫監修 (1976) 改訂浅海完全養殖, II, カキ養殖の進歩, 東京, 恒星社厚生閣, 85-190
- 15) 大橋 裕・山本 翠 (1988) アカガイ浮遊幼生飼育試験, 昭和61年度山口県内海栽培漁業センター報告, 山口県内海栽培漁業センター, 64-69
- 16) 大橋 裕・河本良彦 (1980) アカガイ種苗の量産にともなう技術開発, 栽培漁業技術開発報告, 6, 80-135,
- 17) 蔀 伸一・柳田洋一・児玉正碩 (1987) ウバガイの種苗生産, 昭和60年度事業報告書, 茨城県水産試験場, 237-240,
- 18) Helm M.M. and I. Laing (1987) Preliminary Observations on the Nutritional Value of 'Tahiti Isochrysis' to Bivalve Larvae. *Aquaculture*, 25, 77-87
- 19) 瀬古慶子・北橋孝司・野原 勝 (1986) アコヤガイ種苗生産に関する実験, 三重県栽培漁業センター事業報告書, 三重県栽培漁業センター, 47-65