

アワビ属のふ化、匍匐に及ぼす水温の影響について

金子信一・大場俊雄・佐藤秀一・遠山忠次

現在、アワビ種苗は各地で人工生産されており、それぞれの地理的、社会的条件の違いによって生産されるアワビの種類は異なるが、全国的にみればクロアワビ、エゾアワビを主体にトコブシ、メカイアワビ、マダカアワビと、本邦産アワビ属の産業的重要種すべてについて実施されている。これら種苗生産を、より効率的に実施してゆくためには、アワビ属の発生・生理を明らかにしておくことが基礎となる。

従来アワビ属の初期発生に関しては少なからぬ報告があるが、飼育水温と受精卵、浮游幼生の関係については、トコブシ^{1,2)}、クロアワビ³⁾、エゾアワビ^{4,5)}、メカイアワビ³⁾の報告があるに過ぎず情報が充分とは言い難い。

そこで、著者らはあらためて、トコブシ、クロアワビ、エゾアワビ、メカイアワビ、マダカアワビの5種類を用いて、その発生所要時間から各種間の相異を明らかにした。また、奇形や適温範囲などについての知見も得たのでここに報告する。

材料および方法

試験は千葉県水産試験場千倉分場において実施した。試験の実施期間および使用した母貝産地、購入年月は表1に示した。母貝は千倉分場の屋内水槽でアラメを投与し、ろ過海水で飼育していたものである。

試験はトコブシ、クロアワビ、エゾアワビ、メカイアワビ、マダカアワビの5種類を用いて、同一方法で

実施した。各種類について次の二つの試験を行なった。すなわち、一定水温中に受精卵と浮游幼生を収容し、受精卵がふ化するまでの所要時間を調べたふ化試験と、浮游幼生が匍匐するまでの所要時間を調べた匍匐試験である。この所要時間は最初にふ化、匍匐した個体の時刻から求め、引き続きふ化、匍匐個体のあることを観察して所要時間を確定した。

産卵誘発は干出温度刺激法により行ない、使用した母貝個体数、干出時間、放精放卵時刻は表2に示した。クロアワビを除くトコブシ、エゾアワビ、メカイアワビ、マダカアワビでは、数日間産卵誘発刺激を繰り返した後に採卵することができた。とくにトコブシとエゾアワビの産卵誘発は、加温によって水温を3.5~5.0℃昇温させた後、換水を行ない再び加温をするという反復刺激を与えて行なった。また、クロアワビでは産卵誘発当日の水温が22.8℃と比較的高温であったので、氷を使用して水温を17.6℃まで下げた後に、加温刺激を与え採卵した。

試験に供した卵は、最初に大量放出されたものを使用した。得られた受精卵はろ過海水で数回洗卵を行なった後、二分して一方をふ化試験に、他方はそのまま水槽を室温又は流水中に置いて、この中でふ化浮上させて匍匐試験に用いた。なお、トコブシの匍匐試験に使用した卵は、ふ化試験に使用した卵を放出した母貝が二度目に放卵したものである。

表1 試験実施期間および採卵母貝産地

種名	トコブシ 実験1	トコブシ 実験2	クロアワビ 実験1	クロアワビ 実験2	エゾアワビ	メカイアワビ	マダカアワビ
試験実施期間	1970.7.23 ~ 8.6	1970.8.12 ~ 8.29	1970.11.4 ~ 11.21	1973.11.27 ~ 12.4	1971.9.9 ~ 9.13	1970.11.25 ~ 12.3	1970.12.11 ~ 12.24
母貝産地	千葉県 白浜町	千葉県 白浜町	千葉県 千倉町	千葉県 千倉町	福島県 いわき市	千葉県 千倉町	千葉県 千倉町
購入年月	1970.5	1970.5	1970.以前	1973.6	1970.12	1970.以前	1970.以前

表2 産卵誘発および採卵時刻

* 前後6~7分の測定水温から推定した値である。

種名	トコブシ 実験1	トコブシ 実験2	クロアワビ 実験1	クロアワビ 実験2	エゾアワビ	メカイアワビ	マダカアワビ
採卵月日	7.23	8.12	11.4	11.27	9.9	11.25	12.11
母貝水槽水温(℃)	20.0	23.7	22.8	17.1	22.3	18.9	16.6
使用母貝数♂ (個) ♀	76 87	26 47	15 17	15 18	20 20	15 13	8 6
干出時間(分)	30	30	40	30	30	35	40
母貝投入時刻	9:15	9:25	10:00	10:00	10:00	10:00	10:00
放精時刻	12:48	9:46	12:45	12:30	10:49	11:40	11:39
放精時水温(℃)	22.4	24.2	23.1	21.1	24.2	21.3*	19.7*
放卵時刻	14:55	16:04	12:50	12:45	15:20	11:20	12:45
放卵時水温(℃)	24.3	24.8	23.3*	22.3*	26.3	20.9*	19.9
ふ化試験用採卵時刻	15:37	16:09	13:03	12:45	15:20	12:15	12:45
匍匐試験用採卵時刻	15:57 ~16:05	16:11	13:03	12:45	15:20	12:15	12:45
備考	1回全換水	2回全換水	氷使用	—	1回全換水	—	—

表3 試験に供した卵、浮游幼生の受精率と試験開始時の発生段階、および受精から試験開始までの飼育時間と水温

(ふ化試験開始時の発生段階は個体数パーセントで示した)

種名		トコブシ 実験1	トコブシ 実験2	クロアワビ 実験1	クロアワビ 実験2	エゾアワビ	メカイアワビ	マダカアワビ	
受精率(%)		94.01	96.77	97.44	97.70	94.69	36.84	91.67	
ふ化 試験	開始時	2細胞期		1.3				6.8	
		4 "	8.5	9.9		7.1	4.5	11.4	
		8 "	74.5	88.8	91.9	92.9	95.5	38.1	79.5
		16 "	14.9		8.1			61.9	2.3
		32 "	2.1						
	開始前	飼育時間(時間)	2.22	1.77	2.08	3.00	2.17	2.70	3.22
平均水温(℃)		22.9	23.8	23.1	17.3	22.5	20.2	17.2	
匍匐 試験	開始時	幼生の殻の長径 (μ)	249.6	246.4	212.8	214.9	210.2	213.9	213.7
	開始前	飼育時間(時間)	21.45	20.23	22.62	29.08	19.83	22.53	29.28
		平均水温(℃)	23.6	22.9	—	16.7	21.7	20.0	16.8

容器は 500ml 容ビーカーを使用し、あらかじめ所定の水温に設定した 500ml のろ過海水中に、卵は 1,000～2,500 個、浮游幼生は 100～230 個体を收容した。採卵から收容までの時間とその間の平均水温および收容時における受精卵、浮游幼生の発生段階は、表 3 および図版 1、17 に示した。ふ化試験に使用した受精卵はおおむね 8 細胞期であり、匍匐試験に使用した浮游幼生は殻の長径が、トコブシで 246～250 μ 、クロアワビ、エゾアワビ、メカイアワビ、マダカアワビでは 210～215 μ であった。

試験実施中は通気や換水は行わず、止水で飼育した。また、検鏡のため随時 3～10 個体の試料採取を行なったが、この個体は再び試験槽へはもどさなかつた。

水温設定には氷、クールニクス、サーモスタットとヒーターを用い、水浴方式で行ない、水温 0～40℃ の間に 8～9 の試験区を設定した。ふ化、匍匐所要時間など各種間での相異を調べるために、設定した水温はふ化、匍匐試験とも各種同一となるように心掛けた。しかし、各試験とも設定水温を中心に若干変動したので、最終的には測定水温から平均水温を求め、この数値をもって各試験区の水温とした。

なお、トコブシについては 1970 年 7 月と 8 月の 2 回試験を実施したが、よく一致した結果が得られたのでまとめて報告した。また、クロアワビでは補足的な追試を水温 11.9、13.6℃ で実施したが、トコブシ同様まとめて報告した。

結 果

トコブシ、クロアワビ、エゾアワビ、メカイアワビ、マダカアワビの各種類について、試験実施中の平均水温と水温範囲、ふ化、匍匐までの所要時間および一部観察結果を付表 1、2 に示した。奇形個体を含め幼生がふ化した試験区の水温範囲は、トコブシ 12.6～31.0℃、クロアワビ 11.9～27.4℃、エゾアワビ 10.8～27.6℃、メカイアワビ 9.9～28.2℃、マダカアワビ 9.9～27.6℃ であった。浮游幼生が匍匐した水温範囲は、トコブシ 14.3～31.2℃、クロアワビ 11.9～27.6℃ であった。他の 3 種では水温 10℃ の試験区で幼生は全て奇形となり匍匐行動は認められず、15℃ で幼生は匍匐したが、水温 10～15℃ の間に試験区を設定しなかつたため、匍匐水温範囲は低温部で明瞭ではないが、エゾアワビ 15.6～27.6℃、メカイアワビ 14.9～28.3℃、マダカアワビ 16.6～26.2℃ の範囲で幼生の匍匐行動が認められた。また、マダカアワビの 27.8℃ の試験区では正常発生に近い幼生が数個体みられたが、検鏡中匍匐する個

体はなかつた。

水温と、8 細胞期の卵からふ化までの所要時間との関係を図 1 に、浮游幼生から匍匐までの所要時間との関係を図 2 に示した。ふ化、匍匐までの所要時間は共に低水温で長く、高水温になるに従って短かくなつた。そして、この変化は一曲線状を呈し、トコブシでは約 29℃ 以下、他の 4 種では約 27℃ 以下の水温で直角双曲線となつた。トコブシのふ化所要時間は、クロアワビ、エゾアワビ、メカイアワビに比べて水温約 20℃ 以下で長く、約 25℃ 以上ではわずかに短い。マダカアワビでは、クロアワビ、エゾアワビ、メカイアワビと比較して、水温約 13℃ 以上で長くなる傾向がみられた。マダカアワビの 25.7、27.6℃ の試験区では、他種よりおおむね 2 時間遅れてふ化した。とくにマダカアワビの試験実施中の観察結果では、他の種ならばすでにふ化していると思われる発生状態、つまり、卵膜が十分伸長し卵膜内では幼生が肉眼でもわかるほど大きく回転運動をしているにもかかわらず、ふ化しないことが認められた。

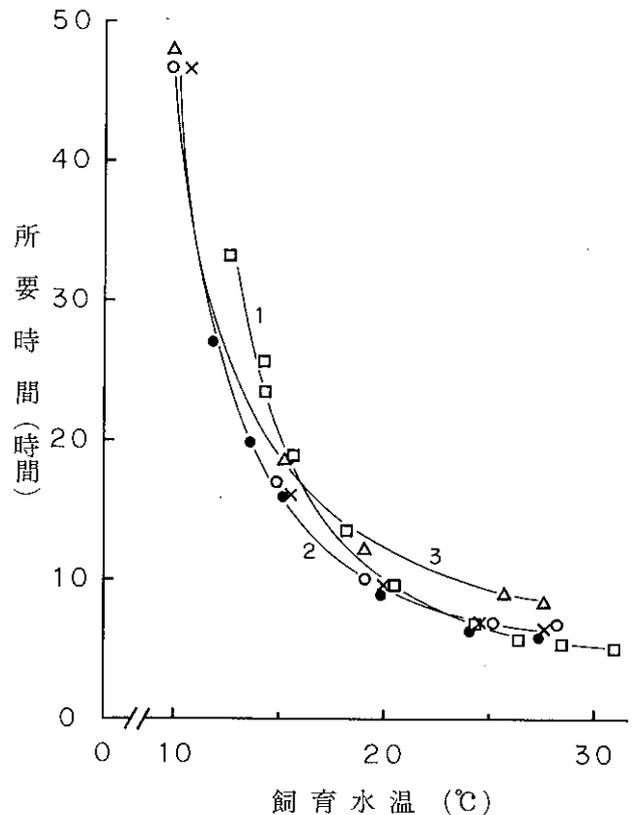


図 1 8 細胞期からふ化までの水温別所要時間

1. □ トコブシ
2. ● クロアワビ、× エゾアワビ、○ メカイアワビ
3. △ マダカアワビ

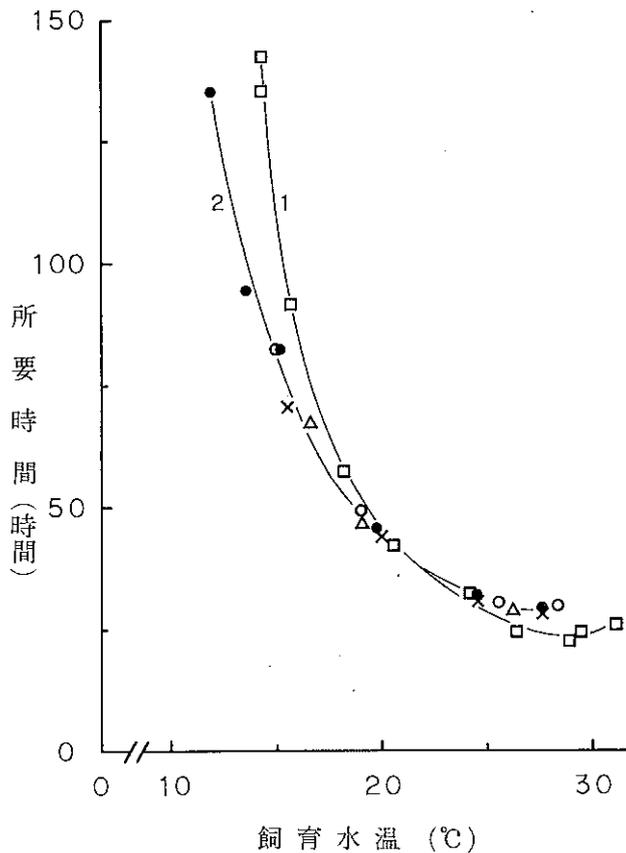


図2 浮游幼生から匍匐までの水温別所要時間

1. □トコブシ
2. ●クロアワビ、×エゾアワビ、○メカイアワビ、
△マダカアワビ

一方、浮游幼生が匍匐をするまでの所要時間は、クロアワビ、エゾアワビ、メカイアワビ、マダカアワビの4種類でほぼ同一となった。この4種類とトコブシの匍匐所要時間曲線は、水温20°C前後で交差し、トコブシのそれは20°C以上で他種より短かく、20°C以下では長くなった。又、トコブシの匍匐所要時間は水温約29°Cを最低に、それ以上では再び増加する傾向がわずかに認められた。

8細胞期からふ化まで、浮游幼生から匍匐までの所要時間の逆数をこの間の発生の進行する速度として、この発生速度と各区平均水温との関係を図3、4に示した。ふ化、匍匐までの発生速度はトコブシでは水温約29°C、他の4種類では約27°Cまで、水温の上昇に伴う速度は直線的に上昇し、この水温以上では速度が遅くなる傾向が認められた。このように、受精卵、浮游幼生共にその発生速度は、外界からの温度に依存することが知られる。

クロアワビ、メカイアワビ、マダカアワビのふ化、匍匐試験各区の受精卵、浮游幼生の状態を一部図版に

示した。また、ふ化、匍匐試験共にふ化率、匍匐率、奇形率は測定しなかったが、参考までに試験実施中の観察結果から、奇形個体の状態やおおまかな割合を付表I、IIに示した。

ふ化試験において奇形個体の比較的少ない試験区から、飼育水温が高温あるいは低温の試験区となるに従って、次のような奇形個体が多く観察された。すなわち、正常な担輪子幼生から突出した原形質を有する幼生(図版11)となり、さらに大小の分離した原形質を有するダルマ状の幼生(図版7、12)となる。そして、卵発生における致死限界水温に近くなると、分離した大小原形質を多数有する不定形の幼生や、繊毛環のある頭部のみでふ化をする幼生(図版5、6、13、14)がみられた。この水温を越えると卵割は進むがふ化に至らないか、卵割のまったく進まない状態となった。これら奇形の幼生は、ふ化後まもなく徐々に原形質分離を起し死亡した。

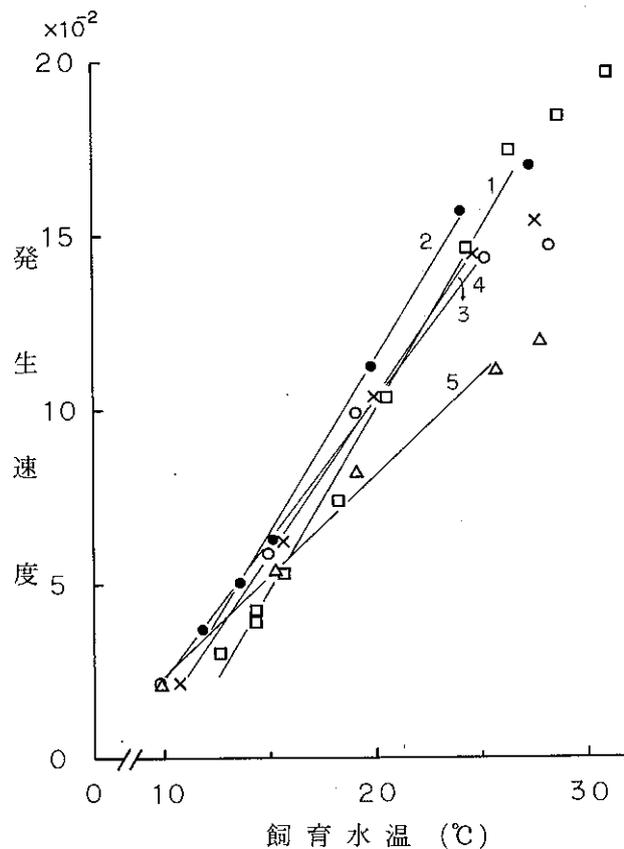


図3 ふ化までの発生速度と水温の関係

1. □トコブシ、2. ●クロアワビ、
3. ×エゾアワビ、4. ○メカイアワビ、
5. △マダカアワビ

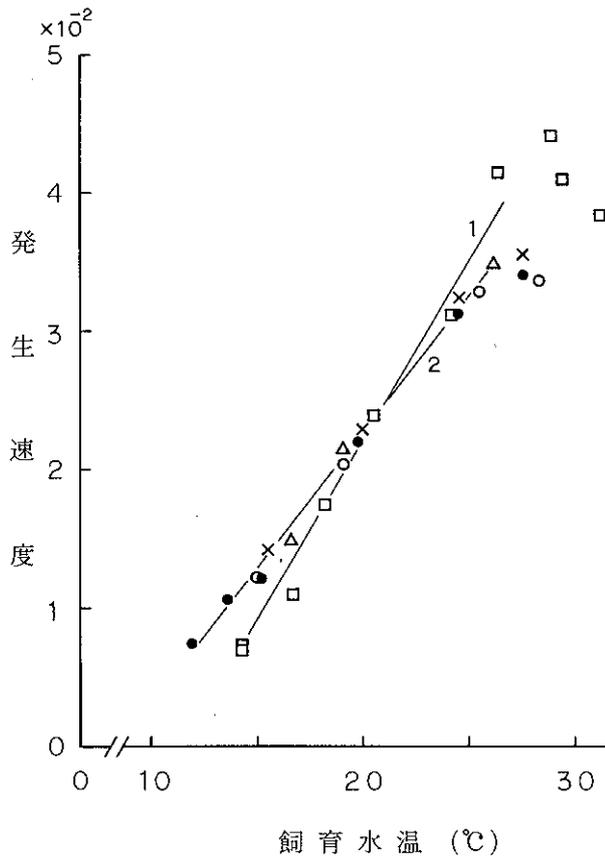


図4 匍匐までの発生速度と水温の関係

1. □トコブシ
2. ●クロアワビ、×エゾアワビ、○メカイアワビ、
△マダカアワビ

匍匐試験では浮游幼生の器官分化が複雑となり、正常な発生を続けている幼生とそうでないものとの区別が困難となる。しかしながら、正常な浮游幼生の多い水温から高温、低温の試験区となるに従って、次のような器官の異常が認められ奇形個体の割合も増加した。まず、外套膜や内臓部分の崩れ、筋肉の不明瞭な個体、頭足部が貝殻部に対し捩れを起している個体(図版27)、蓋の欠如、頭足部と内臓部を継ぐ頸部の崩れや伸長(図版20、21、28、29)が認められた。一方、貝殻部では、貝殻の形の異常(図版27、29)、貝殻表面彫刻の欠如、貝殻未発達の個体(図版21、23、30)が軟体部の奇形と合せて出現した。また、内臓部の崩壊や貝殻部に異常のみられる個体でも頭足部は正常な幼生に近い形態を示し、頭足部は他の部分に比較して、高温、低温部でもよく分化の進むことが観察された。

考 察

1. 発生速度

受精卵、浮游幼生共にその発生速度は外界からの温

度に依存する。発生速度が水温に依存する割合を温度依存度として、これを単に速度直線の傾きとして表わした場合、見掛けの依存度を表わすに過ぎない。つまり、同一発生期間における種間の相異を知ることはできるが、発生段階の違いによる温度依存度の比較は明確でない。そこで、この速度直線の温度に依存する割合をどのようにして表わせば、端的に各種間や、卵と幼生の温度依存の相異を比較できるか検討してみると、水温 T_1 における単位時間(速度)当りの発生過程が、水温 T_2 でどの位になるかで比較をすればよいと考えられる。そこで、受精卵、浮游幼生の温度依存度は水温 T_1, T_2 における速度 V_1, V_2 の比から求め、表4には $T_1=15^\circ\text{C}$ 、 $T_2=25^\circ\text{C}$ と仮において示した。速度直線の傾きを $\tan \theta$ で表わした見掛けの温度依存度^いでは、受精卵の場合が浮游幼生より約2~3倍高い値で表わされた。

表4 各種類別温度依存度

(水温 $T_1=15^\circ\text{C}$ 、 $T_2=25^\circ\text{C}$ における発生速度 V_1, V_2 の比)

温度依存度	種名	トコブシ	クロアワビ	エゾアワビ	メカイアワビ	マダカアワビ
	ふ化試験(A)	3.16	2.54	2.53	2.29	2.10
	匍匐試験(B)	3.87	2.48	2.57	2.58	2.65
	$\frac{B}{A}$	1.22	0.98	1.02	1.13	1.26

しかし、発生速度の比から求めた温度依存度の場合、その比率はクロアワビ、エゾアワビが0.98、1.02倍とほとんど等しく、トコブシ、メカイアワビ、マダカアワビの場合も1.13~1.26倍となり、受精卵、浮游幼生とも温度依存度に大きな違いのないことが知られた。又、受精卵、浮游幼生共にトコブシの温度依存度が、他の4種類に比較して高いことが明らかとなった。一方、受精卵の場合温度依存度はクロアワビ、エゾアワビでほぼ等しく、続いてメカイアワビ、マダカアワビの順に低くなった。匍匐の場合では、この4種類の温度依存度はほぼ同一となった。

猪野³¹⁾はマダカアワビ、メカイアワビ、クロアワビの順に、上足突起の構造は複雑になり、呼水孔数は多くなり、棲息場所は浅くなり、匍匐速度は早くなると述べている。この3種類の生理、生態的变化は、受精卵の温度依存度の順と一致しており、興味ある点と思われる。しかし、これら4種の間でこのように受精卵の温度依存度が異なり、浮游幼生では同一となったこと

は、受精卵にのみ種類による差が現られたのか、今後検討を要すると思われる。

各種の匍匐までの発生速度直線を仮に発生速度が0となる所まで延長してみると、その時の水温は次のようになる。トコブシ11.5℃、クロアワビ9.2℃、マダカアワビ9.0℃、エゾアワビ、メカイアワビでは8.7℃となる。この水温について付表IIを見ると、各種とも浮游幼生の貝殻は透明状に少し発達するか、あるいは発達せずに、足部の分化が進み頭部触角ができる程度の水温であることがわかる。このように、理論上ではまったく発生の進行しない水温であり、観察結果とは多少異ったが、この水温はアワビ幼生にとって発生進行を左右する重大な意味のある水温と考えられる。

高温部では、トコブシが約29℃、他の種類では27℃前後以上で発生速度は直線的に上昇せず、発生速度は遅くなる傾向がみられた。猪野は、メカイアワビ匍匐期幼生(0.39mm)の心搏数に急激な変化が水温28℃でみられたと、報告している。このように、トコブシの29℃、他の4種の27~28℃という高水温は、受精卵や浮游幼生の生理機構に変化を生じたり生理障害を与えらると思われる。

遠山はアワビ属交配に関する報告で、ふ化までの所要時間を比較し、クロアワビ、マダカアワビの純粋種を含めてマダカアワビを雌とした交配種が、クロアワビを雌とした場合よりふ化所要時間は、水温15.3℃で約90分長く要したとしている。又、猪野はクロアワビとマダカアワビとの発生学的な比較をしているが、ふ化所要時間は水温16~18℃で3~4時間マダカアワビの方が遅いことを示している。このことは、マダカアワビのふ化所要時間はクロアワビ、エゾアワビ、メカイアワビに比べて長いという、今回の実験結果と一致している。

2. 適温と奇形

アワビ属の初期発生については、少なからぬ報告がある。しかしながら、正常発生における水温範囲についてはほとんどふれられていない。渋井はエゾアワビについて、生残率からみて幼生の適温範囲を17~23℃としており、浮游幼生を25℃で飼育した場合、匍匐はしたが奇形個体を多数認めたとしている。猪野はメカイアワビの浮游幼生を用い温度別に生存時間を調べ、前述したようにメカイアワビ匍匐期幼生の心搏数の変化と合せ、適温範囲は8~28℃であるとしているが、幼生の奇形についてはふれていない。しかし、種苗生産で卵、幼生の飼育にあたっては、奇形個体の出現を無視することはできないと考えられる。

本試験はふ化、匍匐までの所要時間の測定を目的としており、適温範囲を求めるには別途試験を実施し、詳細なふ化率、奇形率、生残率等を測定しなければならないと思われる。しかし、これは今後の課題として、一応試験実施中の観察結果から奇形個体の割合や形態を示した付表I、IIと図版を参考に、おおまかな正常ふ化水温範囲を検討してみた。

クロアワビ、エゾアワビ、メカイアワビ、マダカアワビの受精卵、浮游幼生は、ほぼ同一水温で飼育した場合奇形の形態等に類似している点が多くみられた。すなわち、受精卵の場合では、水温10℃におけるクロアワビとマダカアワビの分割卵での膨出した原形質の状態(図版4、5)、および水温28℃におけるクロアワビとメカイアワビのふ化直前の担輪子幼生の形態(図版13、14)などである。浮游幼生の場合では、水温6℃におけるクロアワビとメカイアワビの足部の分化の状態(図版19、20)、水温10℃におけるクロアワビとメカイアワビおよびマダカアワビの貝殻の発達状態や頭部触角の形成(図版21、22、23)などである。このことから、この4種類についての、ふ化水温、正常ふ化水温および幼生が匍匐に至る水温範囲は、ほぼ同一であると推察される。

ところで、奇形個体を含め幼生がふ化した試験区の水温範囲は、クロアワビ11.9~27.4℃、エゾアワビ10.8~27.6℃、メカイアワビ9.9~28.2℃、マダカアワビ9.9~27.6℃であった。ふ化水温範囲が4種類とも同一であるとすると、これはおよそ10~28℃と考えられる。ふ化幼生の奇形率が50%以下の水温を正常ふ化水温とすると、この水温範囲は、トコブシで約17~26℃、クロアワビ、エゾアワビ、メカイアワビ、マダカアワビの4種類では約13.5~24.5℃と推定される(図5)。

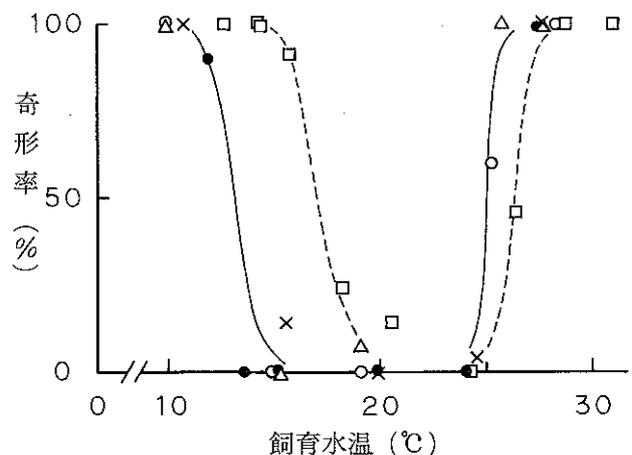


図5 水温別ふ化幼生の奇形率

--- : □トコブシ
 — : ●クロアワビ、×エゾアワビ、○メカイアワビ、
 △マダカアワビ

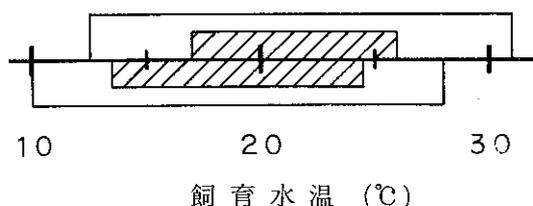


図6 アワビ属のふ化水温、正常ふ化水温範囲

上段：トコブシ

下段：クロアワビ、エゾアワビ、メカイアワビ、マダカアワビ

斜線部は正常ふ化水温範囲を示す

図6には、ふ化、正常ふ化水温範囲の概略を示した。トコブシのふ化水温範囲が他種に比較して2~3℃高く、暖海性の種であることがうかがえる。このことは、千葉水試の報告²⁾にトコブシ稚貝の心搏数からも示唆されている。著者らは、エゾアワビの卵、浮游幼生にその棲息海域からみて低温部に広い適応性があるのではないかと考えた。しかし、受精卵、浮游幼生期間内ではエゾアワビとクロアワビ、メカイアワビ、マダカアワビでは、適温範囲に差のないことが知られた。このことは、採卵したエゾアワビ母貝が、購入後10ヶ月棲息海域より高水温の千葉県千倉町で飼育した結果とも考えられる。しかし、木下⁷⁾はエゾアワビ産卵期の水温を20℃と示していること、岩手水試の報告⁵⁾にエゾアワビの正常発生の下限は10~15℃の間にあると指摘されていることなどから、エゾアワビと他の3種類の間では、適温範囲に差のないことはほぼ間違いないと思われる。

また、浮游幼生が匍匐する水温の方が、正常ふ化水温範囲よりも広い。これは、受精卵の分割のまったく進まなかったトコブシの11℃の試験区においても、浮游幼生は頭足部が発達し頭部触角までできたことなどから、受精卵より浮游幼生の方が水温に対する適応性の強いことが伺える。しかし、卵発生と同様に匍匐をした水温範囲の両限では、奇形個体が多く認められた。従って、浮游幼生も正常ふ化水温範囲内で飼育することが望ましいと考えられる。

以上述べてきたように、アワビ属ではトコブシと他の4種類では、適温範囲や温度依存度などの点で明確に区別された。また、クロアワビ、エゾアワビ、メカイアワビ、マダカアワビの間では、発生初期において適温範囲はほぼ同一であると推定された。この4種類の地理的分布をみると、クロアワビだけがエゾアワビという地方的変種という形態をとりながらも、北方海域にまで広範囲に生息していることが知られている。

このように、発生初期の適水温だけで種の特性を判断することは、もちろんできないが、どのような生物的進化や順応性の違いが分布域の差となり現われたのか、興味あることと思われる。一方、これら4種類の間で、浮游幼生には温度依存度の差は認められなかったが、受精卵ではクロアワビの温度依存度がもっとも高く、水温約14℃以上では卵の発生速度も他種に比べ速い。このことは順応性の差の一端を除かせているとも考えられるが、今後の研究を待たなければならない。

3. アワビ種苗生産

本試験では、受精からふ化まで、ふ化直後の幼生から匍匐期幼生までと、一貫した試験を行なうことができなかった。アワビ種苗生産を行なう場合、受精からふ化、匍匐を始めるまでの所要時間を飼育水温別に知っておくことは、必要であることは言うまでもない。そこで試みに、表3に示した受精から試験に使用した8細胞期、浮游幼生までの飼育水温と所要時間に、試験で求めたこれ以後ふ化、匍匐までの所要時間を加えて、図7に各種まとめて水温15~23℃の範囲で模式的に、受精からふ化、匍匐までの所要時間を示した。

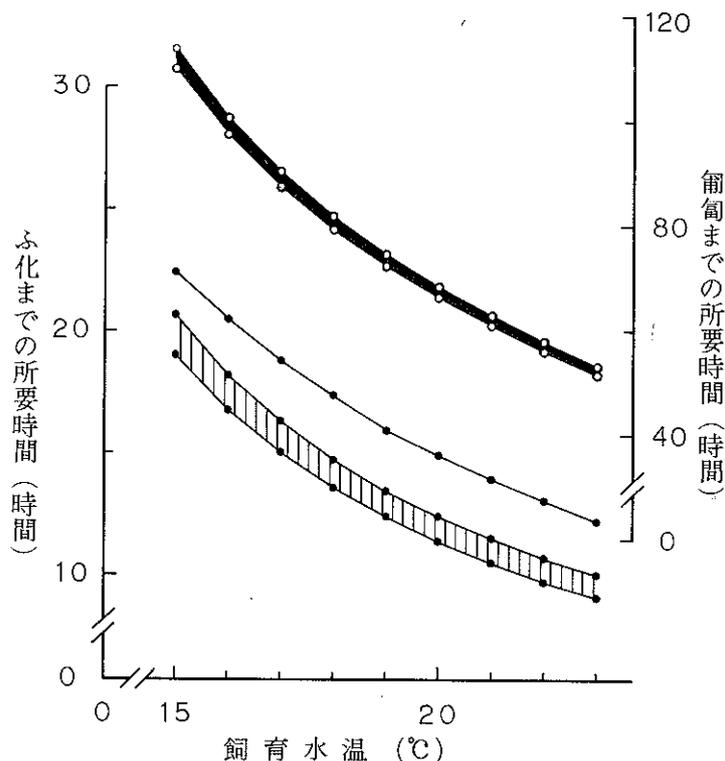


図7 受精からふ化、匍匐までの水温別所要時間

—○—：クロアワビ、エゾアワビ、メカイアワビのふ化までの所要時間

- -○- -：マダカアワビのふ化までの所要時間

—■—：クロアワビ、エゾアワビ、メカイアワビ、マダカアワビの匍匐までの所要時間

受精からふ化までの所要時間は、猪野³⁾がクロアワビについて水温16.0~23.5℃の間で5例を示している。また、エゾアワビでは渋井⁴⁾が水温15~27℃の範囲で調べている。このエゾアワビの所要時間と比較すると所要時間曲線の傾きはほぼ一致したが、渋井の場合が約30~60分短くなっている。一方、猪野の場合と比較すると、約2時間ほど短くなった。これは、試験開始以前のおおまかな所要時間を加算してふ化所要時間を求めたことと、最初にふ化をした個体からこの時間を求めたためと考えられる。

匍匐の場合、ふ化のように顕著な形態的变化は認められない。従って、その飼育条件や浮游幼生の匍匐期と認める発生段階をどこに置くかということで、その所要時間に大きな差が出ると考えられる。著者らの場合、幼生が匍匐を始めるまでの発生に要する時間を可能な限りの確に知り、種間の相異を知ろうとする必要上、現象面からとらえ匍匐期はスライドグラス上を匍匐する段階とした。そのため、数十秒間の匍匐後再び游泳をした場合でも、一応匍匐期と定めた。このような意味において、匍匐までの所要時間を日数で表わした従来の報告と比べれば、かなり早い結果となっている。しかし、図7に示した時間より早く付着板に着くことはないと考えられ、一応、種苗生産における付着板の垂下時期の指標として使用することも、可能と考えられる。

なお、アワビ属の各種類を用い、ほぼ同一手法の試験を実施したことにより、ある程度の成果は得られたと思われるが、今後さらに、詳しい正常発生水温など、生理、生態面での基礎的事項を明らかにしてゆくことが、必要であろう。

要 約

邦産アワビ属の中で産業的に重要な5種類トコブシ、クロアワビ、エゾアワビ、メカイアワビ、マダカアワビについて、水温別に受精卵と浮游幼生を飼育し、ふ化、匍匐までの所要時間を調べ、それぞれの種類による相異等の検討を行ない、次の結果を得た。

1) ふ化、匍匐までの水温別所要時間は、一曲線状を呈し、トコブシのこの曲線は他の4種類に比べ高温部に位置した。ふ化の場合マダカアワビの所要時間は、クロアワビ、エゾアワビ、メカイアワビに比べ水温13℃以上で長い。匍匐ではトコブシを除く他の4種類の所要時間はほぼ同一であった。

2) 受精卵、浮游幼生共にその発生速度は飼育水温に依存し、この温度依存度は受精卵、浮游幼生共に変

らなかった。受精卵、浮游幼生共にトコブシの温度依存度は、他の4種類より高く、浮游幼生の場合この4種類の温度依存度はほぼ同一であった。卵の場合、この依存度はクロアワビとエゾアワビが等しく、メカイアワビ、マダカアワビの順に低くなった。

3) ふ化水温範囲はトコブシ12.6~31.0℃、他の4種類では約10~28℃であり、おおまかな奇形個体の割合から正常ふ化水温範囲は、トコブシでおよそ17~26℃、他の4種類では13.5~24.5℃と推察した。一方、トコブシは14.3~31.2℃、クロアワビは11.9~27.4℃で匍匐し、エゾアワビ、メカイアワビ、マダカアワビは試験区の設定上明瞭とならなかったが、一応、クロアワビと同一ではないかと推察される。

4) 受精卵、浮游幼生に関する限りでは、エゾアワビがクロアワビ、メカイアワビ、マダカアワビに比べて、低温部に広い適応性があるという現象は認められなかった。

5) ふ化、匍匐水温範囲の両限付近では、多くの奇形個体が認められた。

6) 受精からふ化、受精から匍匐までの所要時間を、水温15~23℃の間で各種まとめて算出し、種苗生産の参考に供した。

文 献

- 1) 大場俊雄・金子信一・佐藤秀一：トコブシのふ化および付着に及ぼす水温の影響について、昭和45年度指定調査研究総合助成事業餌料生物培養試験中間報告書、11~14 (1960)
- 2) 千葉県水産試験場：トコブシの心臓搏動数と水温との関係について、昭和40年度指定試験研究事業中間報告書、アワビ種苗生産技術研究、8~12 (1965)
- 3) 猪野峻：邦産アワビ属の増殖に関する生物学的研究、東海区水産研究所研究報告、5, 1~102 (1952)
- 4) SHIBUI, Tadashi. : On the Normal Development of the Eggs of Japanese Abalone, *Haliotis discus hannai* INO, and Ecological and Physiological Studies of its Larvae and Youngs. Bull. Iwate Pref. Fish. Exp. Stat. 2, 1~69 (1972)
- 5) 岩手県水産試験場：昭和38~40年度指定試験研究事業、アワビ種苗生産技術研究報告書(総括)、1~22 (1966)
- 6) 遠山忠次・金子信一・佐藤秀一：アワビ属の交配について、昭和47年度東海ブロック水産増殖・種苗生産担当者会議資料、1~13 (1972)

7) 木下虎一郎：アワビの智識とその増殖・水産科学叢書。北方出版社，(1950)^{*}

(* 引用による)

図版説明

ふ化試験

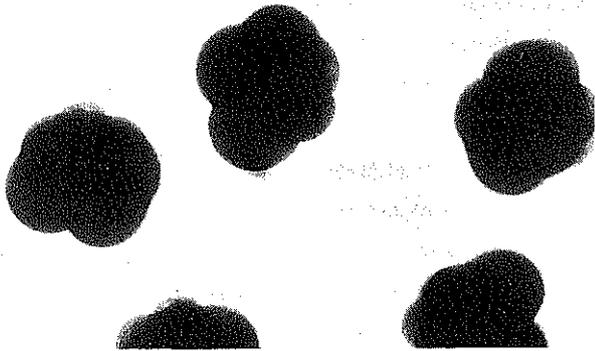
1. マダカアワビ，試験開始時
2. メカリアワビ， 1.13°C， 18時間^{*}
3. " ， 6.30°C， 43時間
4. クロアワビ， 9.76°C， 22時間
5. マダカアワビ， 9.86°C， 24時間
6. メカリアワビ， 9.85°C， 43時間
7. マダカアワビ， 9.86°C， 48時間
8. メカリアワビ， 14.93°C， 17時間

9. クロアワビ， 15.21°C， 16時間
10. " ， 24.13°C， 6時間
11. メカリアワビ， 25.23°C， 7時間
12. マダカアワビ， 25.70°C， 9時間
13. クロアワビ， 27.38°C， 6時間
14. メカリアワビ， 28.23°C， 7時間
15. マダカアワビ， 29.93°C， 9時間
16. クロアワビ， 34.00°C， 7時間

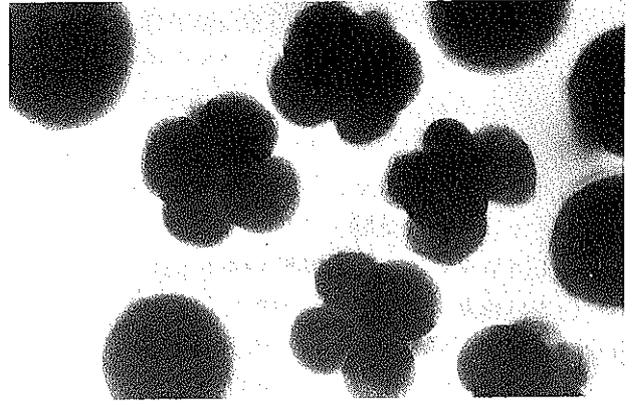
匍匐試験

17. マダカアワビ，試験開始時
18. メカリアワビ， 1.29°C， 13時間
19. " ， 6.31°C， 31時間
20. クロアワビ， 6.19°C， 69時間
21. マダカアワビ， 9.89°C， 89時間
22. クロアワビ， 9.75°C， 269時間
23. メカリアワビ， 9.85°C， 341時間
24. " ， 14.94°C， 84時間
25. メカリアワビ， 19.07°C， 51時間
26. " ， 25.55°C， 32時間
27. マダカアワビ， 27.77°C， 29時間
28. メカリアワビ， 28.34°C， 30時間
29. マダカアワビ， 29.94°C， 18時間
30. メカリアワビ， 30.92°C， 17時間
31. " ， 33.24°C， 26時間
32. マダカアワビ， 34.40°C， 1時間

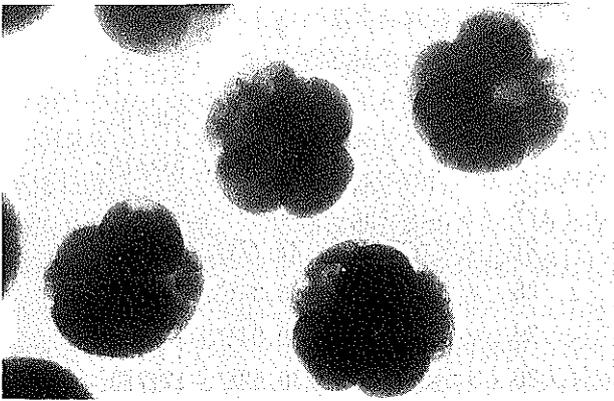
図版 ふ化試験



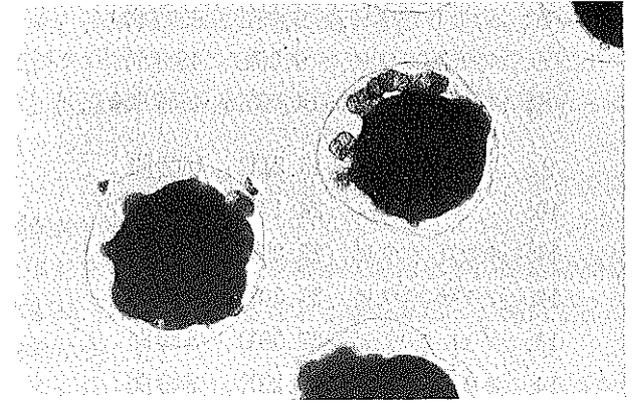
1



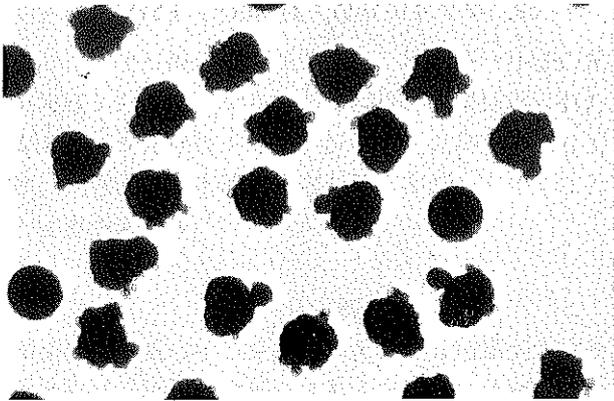
2



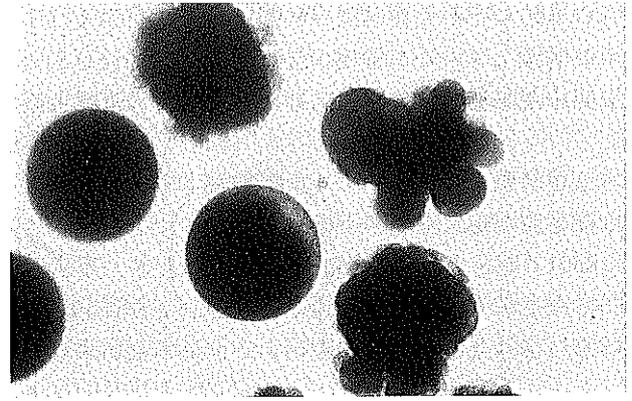
3



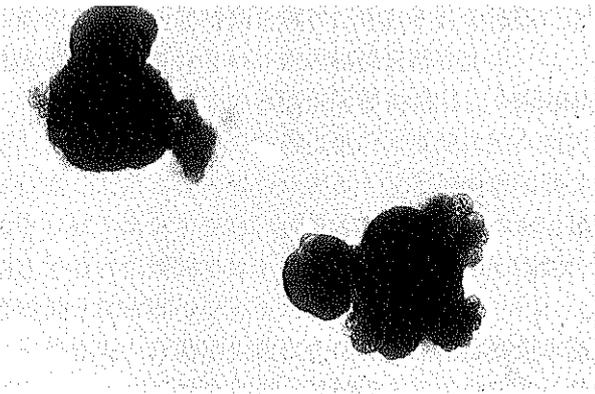
4



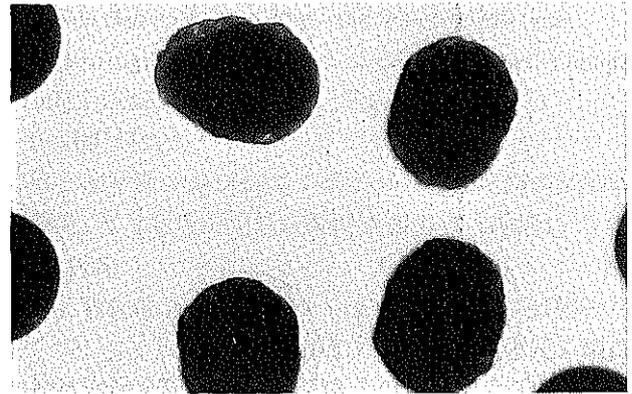
5



6

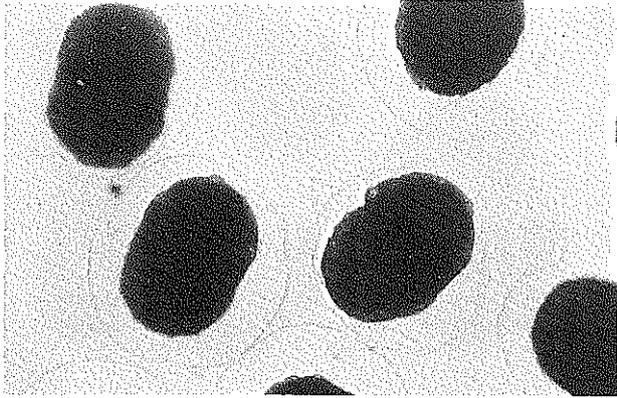


7

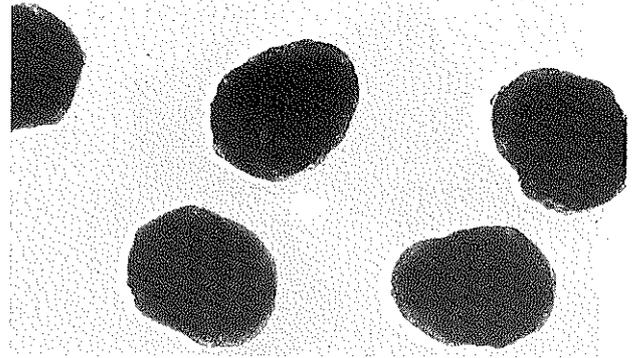


8

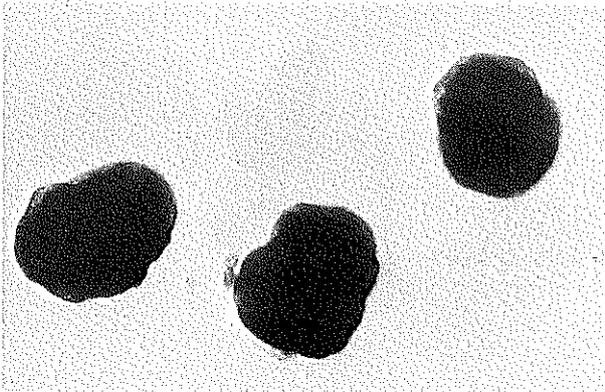
図版 ふ化試験



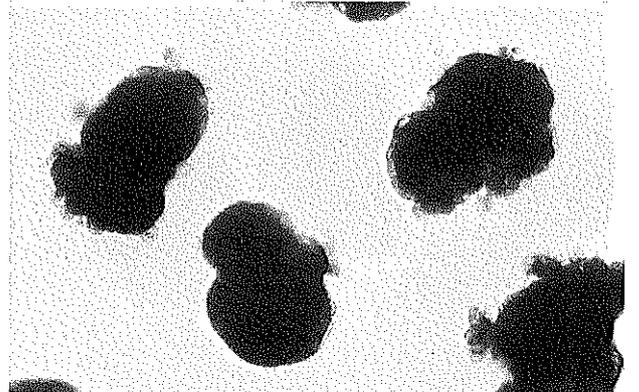
9



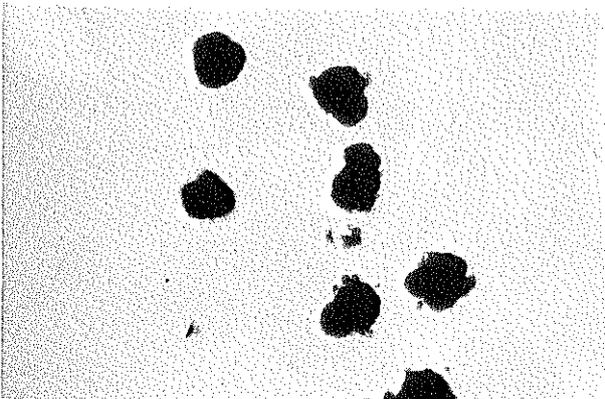
10



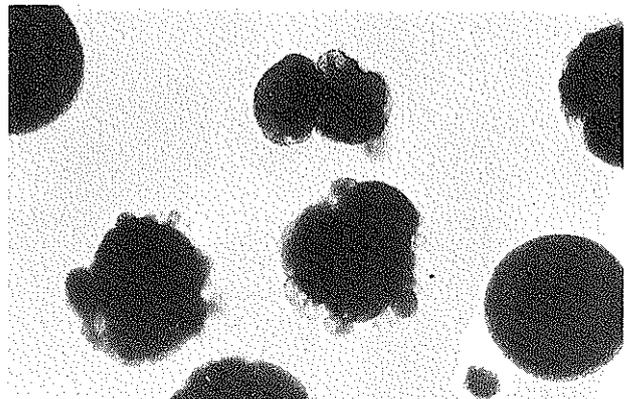
11



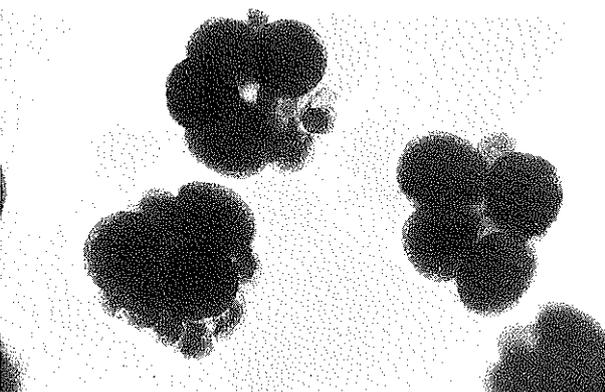
12



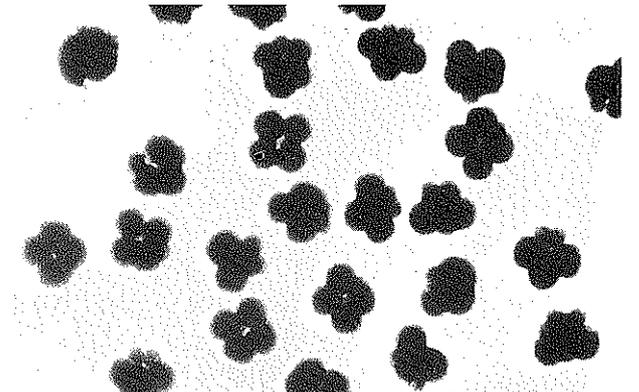
13



14

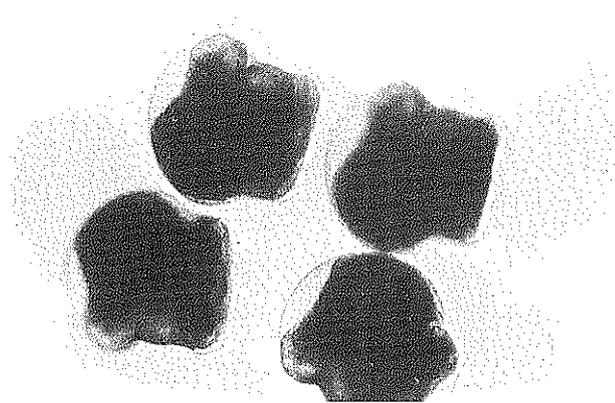


15

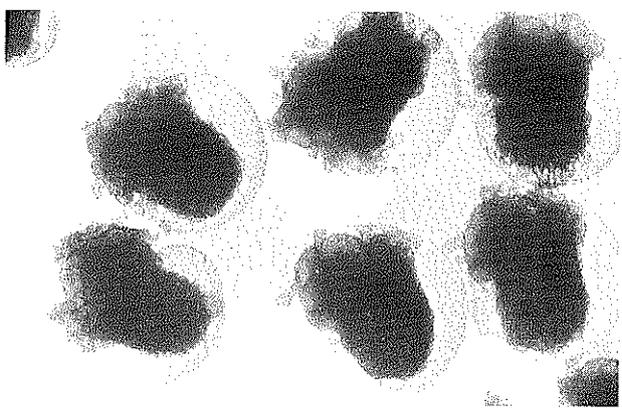


16

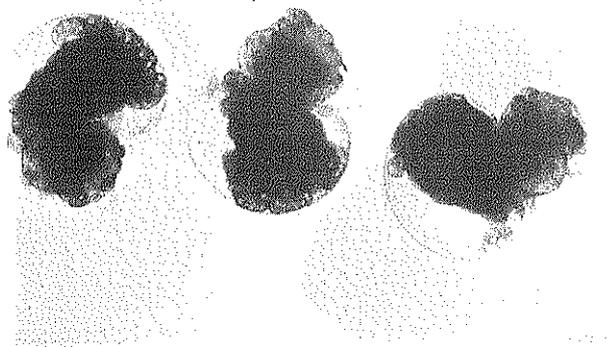
図版 匍匐試験



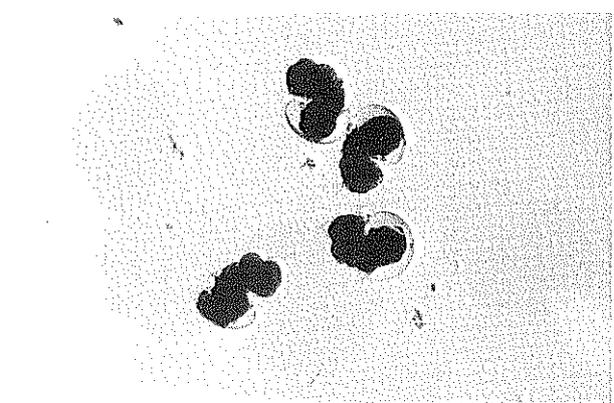
17



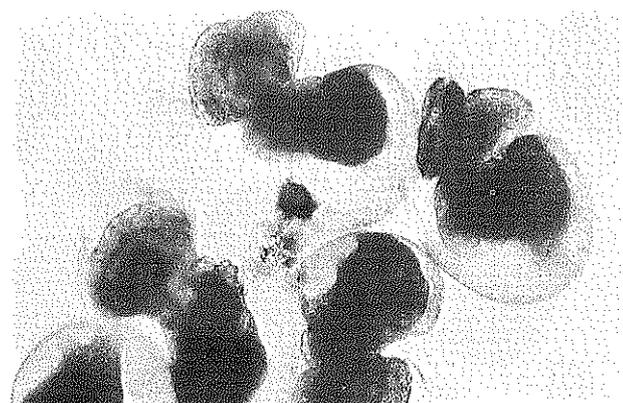
18



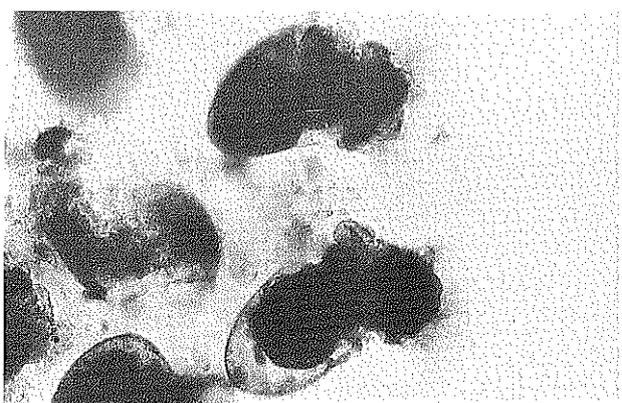
19



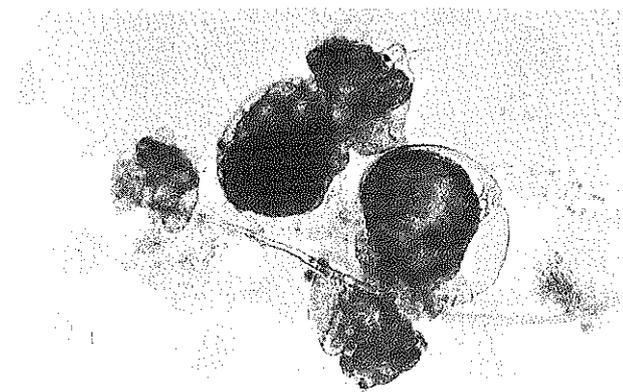
20



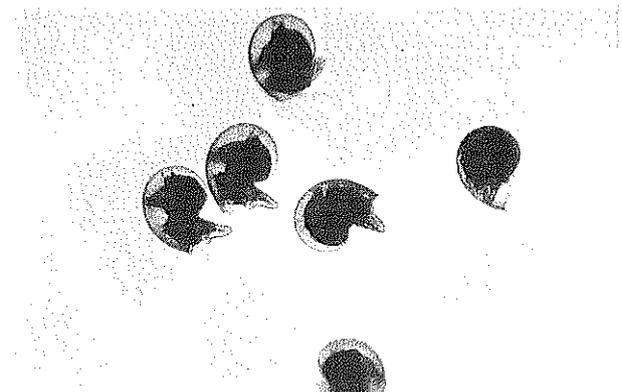
21



22

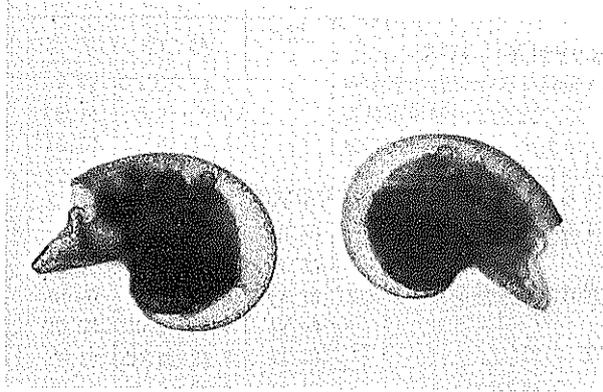


23

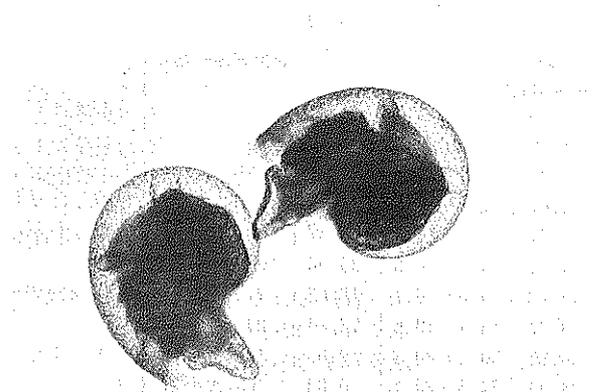


24

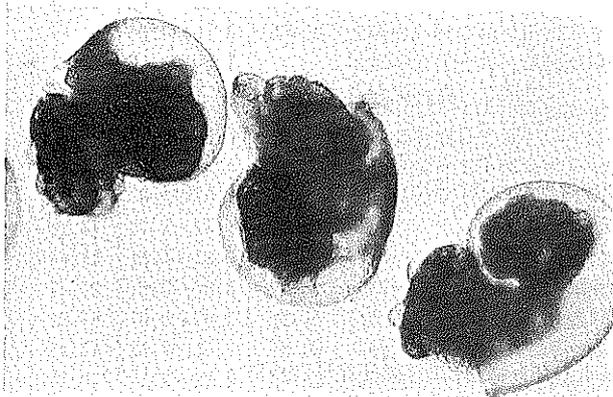
圖版 匍匐試驗



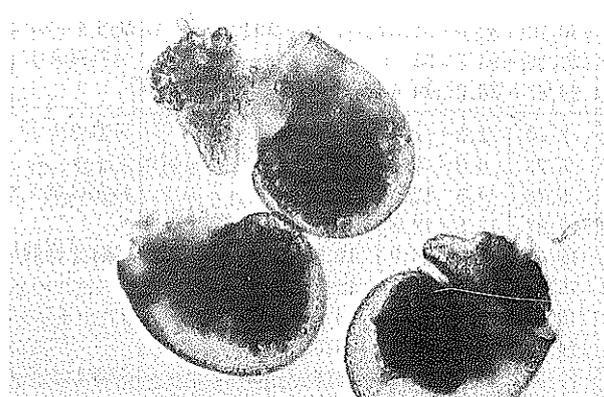
25



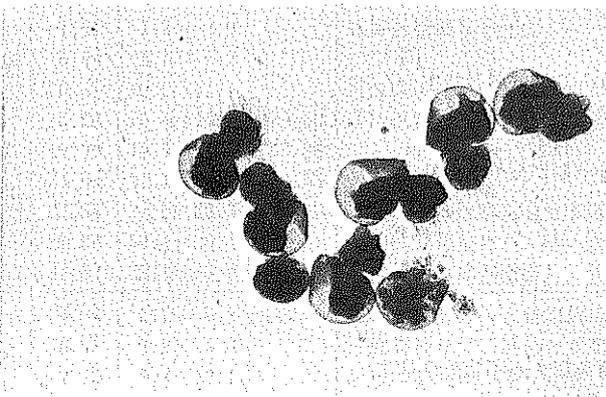
26



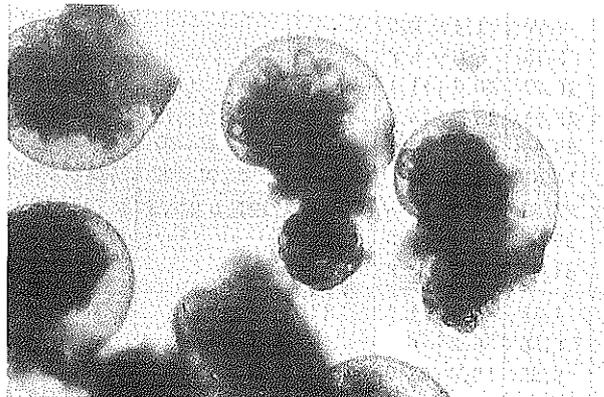
27



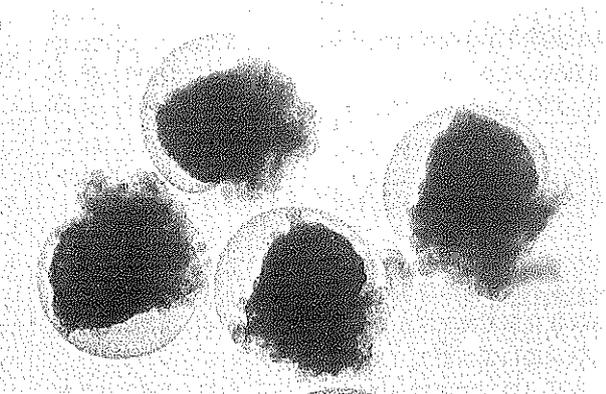
28



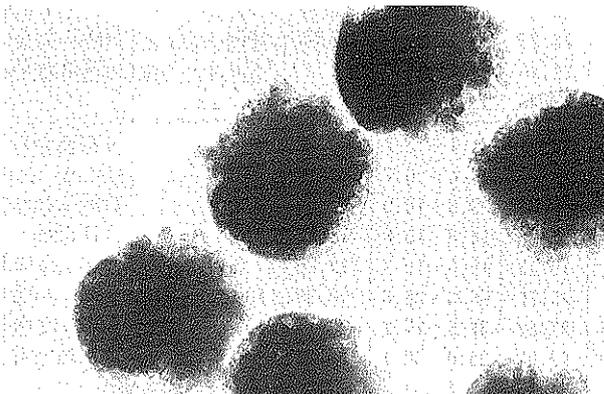
29



30



31



32

付表1 各種別飼育水温と8細胞期からふ化までの所要時間

(N:資料個体数を示す)

種名	飼育水温(℃)		所要時間 (時間)	備 考	
	平均	範囲		奇形個体の割合	奇形個体の形状等について
ト コ ブ シ	2.56	1.5~4.6			分割進まず
	8.30	8.1~8.6			〃
	11.07	10.9~11.4			〃
	12.62	12.5~12.8	33.25	100	分離した原形質を有するダルマ型もしくは不定形の幼生
	14.31	14.1~14.5	25.67	100	分離した原形質を有する不定形の幼生
	14.35	14.1~14.8	23.50	100	
	15.72	15.5~16.1	18.83	91 N=22	ふ化後約30時間で全個体死亡した
	18.27	18.1~18.5	13.53	24 N=33	
	20.56	20.4~20.8	9.63	14 N=76	ダルマ型を呈する幼生
	24.33	24.3~24.4	6.83	0 N=10	
	26.37	26.3~26.4	5.72	46 N=59	ふ化浮上した個体は正常な発育をし、被面子幼生となる
	28.70	28.6~28.8	5.42	100	ダルマ型もしくは不定形の幼生
	30.97	30.9~31.0	5.08	100	不定形の幼生
33.76	33.7~34.2			分割進まず	
38.85	38.0~39.8			〃	
ク ロ ア ワ ビ	2.70	2.3~2.9			分割進まず
	6.23	6.2~6.3			〃
	9.76	9.5~12.0			分割は進んだが、原形質が胚卵腔へ膨出独立し、ふ化に至らない
	11.87	11.8~12.3	27.05	90 N=10	
	13.65	13.6~13.9	19.82	0	ほぼ正常個体
	15.21	15.1~15.3	15.87	0	〃
	19.88	19.8~19.9	8.87	0	〃
	24.13	24.0~24.2	6.37	0	〃
	27.38	27.2~27.6	5.87	100	分離した原形質を有するダルマ型もしくは不定形の幼生
	30.73	30.5~31.0			分割進まず
34.00	33.8~34.2			〃	
エ ゾ ア ワ ビ	1.90	1.4~2.5			分割進まず
	5.75	5.6~5.8			〃
	10.77	10.5~11.1	46.58	100	分離した原形質を有する不定形の幼生
	15.61	15.5~15.9	16.08	14 N=72	ダルマ型を呈する幼生
	19.98	19.9~20.1	9.63	0 N=37	ほぼ正常
	24.61	24.4~24.9	6.92	4 N=92	分離した原形質を有するダルマ型の幼生
	27.63	27.5~27.8	6.48	100	同上
	30.61	30.4~30.8			分割進まず
	33.74	33.5~33.9			〃
メ カ イ ア ワ ビ	1.13	0.0~1.7			分割進まず
	6.30	6.2~6.4			〃
	9.85	9.7~10.0	46.72	100	分離した大小原形質を有する不定形の幼生
	14.93	14.9~15.0	17.00		正 常
	19.15	19.0~19.4	10.08		
	25.23	25.1~25.4	6.97	60 N=5	ダルマ型を呈する幼生
	28.23	28.1~28.3	6.80	100	分離した大小原形質を多数有する不定形の幼生
	31.10	30.9~31.4			分割進まず
	33.26	33.2~33.3			〃
マ ダ カ ア ワ ビ	1.73	1.1~2.2			分割進まず
	6.49	6.4~6.7			〃
	9.86	9.8~10.0	47.95	100	分離した大小原形質を多数有するダルマ型もしくは不定形の幼生
	15.28	14.8~15.6	18.55	0	ほぼ正常
	19.13	19.0~19.2	12.20	7 N=15	分離した原形質を有する幼生
	25.70	25.6~25.8	8.98	100	分離した原形質を有するダルマ型の幼生
	27.62	27.5~27.7	8.37	100	分離した原形質を多数有するダルマ型もしくは不定形の幼生
	29.93	29.8~30.1			分割進まず
	34.45	34.1~34.7			〃

付表2 各種別飼育水温と浮游幼生から匍匐までの所要時間

種名	飼育水温(℃)		所要時間 (時間)	備 考	
	平均	範囲			
ト コ ブ シ	2.17	1.1~ 4.1		繊毛環の部分から発泡状に崩壊して死亡	19時間後全滅
	8.44	8.3~ 9.0		軟体部崩壊して死亡	47 " "
	11.20	11.0~11.5		殻は透明状に少し発達し、足部分化するが蓋はできない。頭部触角が形成される	
	12.75	11.8~14.3		頭足部はよく発達し蓋もできる。内臓部分から崩壊して死亡	
	14.29	14.0~15.1	135.47		196時間後全滅
	14.29	14.1~14.7	142.40	41個体中12個体に外套膜の崩れや筋肉不明瞭な個体が見られた	
	15.67	15.5~15.8	91.25		
	18.20	17.9~18.4	57.38	43個体とも正常と思われた	13日後 生残25個 死殻4個
	20.53	20.4~20.7	42.08		7日後 生残48個 死殻7個
	24.19	24.0~24.3	32.13		13日後 生残14個 死殻8個
	26.42	26.0~26.6	24.17		
	28.91	28.7~29.1	22.67		8日後 生残2個 死殻36個(内2個体周口殻形成)
	29.45	29.1~29.6	24.47		13日後 生残5個 死殻22個
31.18	30.0~31.6	26.08	全個体内臓の発育正常でなく、筋肉部が不明瞭で、頭足部は殻に対し振れを生じる。2日後全滅		
33.43	33.2~33.7		足部の分化と共に頸部が伸長崩壊して死亡	17時間後全滅	
38.70	38.7		軟体部崩壊して死亡	1 " "	
ク ロ ア ワ ビ	2.16	1.3~ 5.5		軟体部崩壊して死亡	
	6.19	5.7~ 6.4		貝殻成長せず足部わずかに分化し、眼や触角は形成されず、内臓部より崩壊した	
	9.75	9.6~10.1		貝殻成長せず、頭足部はよく分化し、眼や触角は形成されたが、蓋はできない	
	11.87	11.7~13.1	135.15		
	13.62	13.1~14.0	94.30		
	15.19	15.0~16.5	82.37	60個体中7個体に内臓部や外套膜部分の崩れおよび頭足部の殻に対する振れが見られた	
	19.78	19.6~20.0	42.75	15個体中5個体に頭足部の殻に対する振れが見られた	
	24.51	24.2~24.7	32.05	9個体中1個体に奇形個体が見られた	
	27.61	27.2~27.8	29.42	20個体中4個体に頭足部の殻に対する振れや貝殻未発達の個体が見られた	
	30.78	30.3~31.0		足部分化し、頸部伸長し、頭足部の振れや内臓部の崩れを生じ死亡	
33.58	33.3~33.8		軟体部崩壊して死亡		
エ ゾ ア ワ ビ	1.91	1.2~ 3.9		軟体部崩壊して死亡	
	5.83	5.7~ 6.2		同 上	
	10.67	10.0~11.1		貝殻成長せず、足部形成されたが頸部が伸長して死亡	
	15.58	15.4~15.8	70.62	ほぼ正常と思われた	
	19.99	19.5~20.1	43.85	同 上	
	24.59	24.4~24.9	30.83		
	27.64	27.5~28.0	28.16	分離した体細胞を有する個体や筋肉不明瞭な個体が見られた	
	30.88	30.1~30.4		足部は分化したが、軟体部が殻から突出して死亡	
33.82	33.7~33.9		発泡状に軟体部崩壊して死亡		
メ カ イ ア ワ ビ	1.29	0.7~ 0.8		繊毛環の部分から発泡状に崩壊して死亡	
	6.31	6.2~ 6.8		貝殻成長せず、足部わずかに分化し、内臓部より崩壊して死亡	
	9.85	9.7~10.1		貝殻は透明状に少し発達し、頭部触角は形成されたが、軟体部と貝殻が分離し死亡	
	14.94	14.9~15.1	82.27	21個体中2個体に奇形個体が見られた	
	19.07	19.0~19.1	49.30	25個体とも正常と思われた	
	25.55	25.0~25.8	30.52	9個体とも正常と思われた	
	28.34	27.9~28.6	29.75	37個体中20個体に頸部の伸長、内臓部の崩れ、頭足部の振れなどが見られた	
	30.92	30.0~31.2		足部は分化したが、内臓部の崩れや体細胞の分離を生じ死亡	
33.24	32.7~33.4		繊毛環の部分から崩壊し死亡		
マ ダ カ ア ワ ビ	2.49	1.2~ 7.9		繊毛環の部分から発泡状に崩壊して死亡	
	6.47	6.2~ 6.7		足部は分化したが、軟体部が全般的に崩れ死亡	
	9.89	9.8~ 9.9		貝殻は透明状に少し発達し、足部が形成された	
	16.62	15.9~17.9	67.22		
	19.03	18.8~19.3	46.65	43個体中1個体に頭足部の殻に対する振れが見られた	
	26.21	26.0~26.4	28.72	30個体中6個体に貝殻部に奇形を生じた個体や頸部の崩れた個体が見られた	
	27.77	27.6~27.9		貝殻部の奇形や筋肉部の不明瞭、頭足部の殻に対する振れ、足部の形の悪さなど色々な奇形が見られ、正常に近い個体もあったが匍匐に致らなかった	
29.94	29.8~30.1		貝殻は透明状に少し発達し、頸部の伸長や内臓部の崩壊や頭足部の振れが見られた		
34.40	34.3~34.5		軟体部崩壊して死亡		