

要 約

1 美保湾にて昭和45年8月、48年8月に標識放流をおこない、その再捕貝の成長速度から越冬後3月以後の成長を、また稚貝へ移行してから8ヶ月までの成長については、漁場における出現貝の殻長組成および水槽飼育による成長速度から年令と成長を推定した。

貝が成長するにともない日間の成長速度が低下し、殻長5cm以下の貝では個体による成長速度の差は少ない傾向がみられ、6cm以上になると成長速度は急激し、個体による成長差が大きくなる。

平均的な成長速度から推定した成長は満1年で3.7~4.0cm、2年5.4~5.6cm、3年6.7~7.0cm、4年7.1~7.4cmとなり、大抵的にBertalanffyの成長式にあてはめると $L(cm) = 7.78[1 - e^{-(t-0.0233)}]$ で表わされ、寿命は8~9年以上である。

2 殻長3cm以上の殻長と体重の関係は $W(g) = 0.2102L_{(cm)}^{2.875}$ で表わされる。

文 献

- 1) 猪野 俊：水産動物の研究 日本出版 (1)11~24 (1950)
- 2) Tomokichi YOSHARA: Journal of the Tokyo University Fisheries 43 (2) (1957)
- 3) 梶川 晃：鳥取県水産試験場報告 第10号 バイ種苗生技術試験 1970
- 4) 梶川 晃：鳥取県水産試験場報告 第14号 バイ殻長別飼育試験について 1973

第Ⅱ編 種苗生産について

10トン水槽における飼育試験*

梶川 晃・佐野 茂・平本義春・小林啓二・中野麟一

従来の結果では、多くは殻長3mm以下、飼育日数にして30日以前に稚貝の減耗が大きく、その大きな要因が腐敗残餌の有害物発生に起因しているものと考えられ、数量的に殻長3mm稚貝を生産させることができれば、量産化は一層前進すると思われるので、匍匐初期の稚貝から単一餌料を与え、飼育を試み、生存率および成長の飼育環境、底質のよごれとの関係をみた。

* 昭和47~48年度指定調査研究総合助成事業バイ種苗生査技術研究費による

試験材料と方法

採 苗

親貝の水槽において採卵したものと、天然卵塊を採集したものとを供試した。

1) 親貝からの採苗

1972年5月29日美保湾淀江地先においてパイかご漬によって漁獲された親貝（平均殻長6.69 cm、平均重量4.49 g、♀/♂ = 58/42 図1）1108個を約10トンの長方形コンクリート水槽の生海水を注水量5～6トン/時で注水、4カ所で通気を行った状態で放養し、毎日収容重量に対し6～7%重量の大型ヒレグロを投与給餌しつつ養成して、産卵を待った。

初産卵がみられた時点から、水槽の中に採苗器（透光性ビニール板と遮光性ビニール板を巻き径約20 cmの筒状としたもの）を入れて採苗し、原則として、産卵を始めてから2週間目に親貝を取りあげ、移槽した。

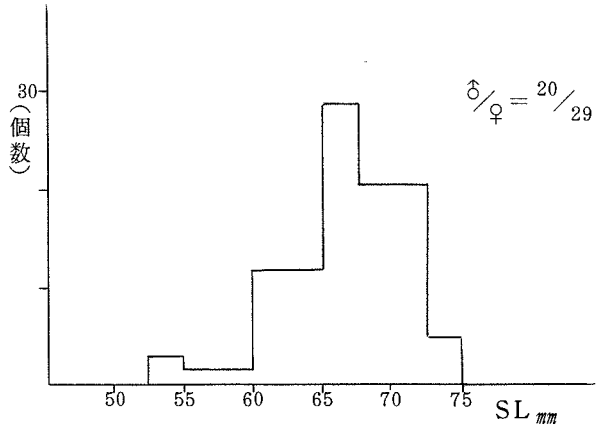


図1 親貝殻長組成

2) 天然卵からの採苗

美保湾上道地先において、小型底びき網に入網したパイ卵塊を集め、ビニール袋に収容、海水を入れて持ち帰ったものを供試した。

ふ 化

親貝からの水槽採苗では、中層にそのまま採苗期をつるし、天然卵を採集したものは、卵塊をそのまま、モジ網でつくった袋に入れて、水槽の中層につるして、ふ化を待った。

ふ化期間中は、Veliger 幼生が流出しないよう、水槽は止水とした。

Veliger が、遊出した卵のうは、水槽採苗において水槽の壁に直接附着したもの以外は、採苗器または袋を取りあげた。

飼 育

飼育水槽は、親貝からの水槽採苗では、親貝を取りあげた時点に、天然卵採苗では、卵を水槽に収容する前に、水槽の底に厚さ3 cm程度に海岸細粒砂を敷いて、そのまま継続して同一水槽内で飼育を行なった。

また、稚貝は水槽側壁にはい上って、水面上で干出減耗するので、水面から20cm上の水槽側壁に接して、3cm間隔に $\phi 30$ mm塩ビパイプを配管して、はい上り干死を防止するよう給水した。なお、はい上り干死の防止の万全を期して、昼間は2時間おきに、夜間は3回ジョウロで、側壁上の稚貝を流し落した。

給餌は、Veligerが見えはじめてから5日目前後から行ない、冷凍保存しておいたヒレグロをチョッパー（プレート径3mm）にかけたものを、20メッシュのサランネットで濾したものを、水槽全面に均等に分布するように、毎日、朝・夕の2回撒布した。

給餌量は、日を迫うごとに漸次増加して与えた。

生存率の推定

稚貝の減耗の状態をみるため、水槽の底4~5か所から任意に、角型タモ網（10×10cm）で、砂とともに稚貝をすくいあげ、約100cm³中の稚貝の生存数を計測した。

底層の有機炭素量と生存率の関係

水槽の底のヨゴレと稚貝の生存率との間に関係があるように予想されたので、ガラス管を静かに水槽内にさしこみ、底から砂と、砂の上に浮いている浮泥を採取し（10~15カ所）、試料を凍結保存しておいて、後にシマコフ法によって有機炭素量を測定した。

結 果

採苗とふ化

1) 親貝からの水槽採苗

今年は例年にくらべると水温が高く、天然漁場においては、すでに交尾・産卵が行なわれていたものようで、5月29日（WT 20.2℃）に淀江から持ち帰った親貝は、その翌日から産卵を始めた。

親貝1,108コを水槽に收容し、1回目は2区水槽に收容、6月14日~6月29日、同様に3回目は6区水槽で6月29日~7月18日まで採苗した。（図2）

産卵は当初から7月18日までの最終取りあげまで、継続して行なわれ、最終取りあげ後別の水槽で親貝を飼育したが、その後も少量ではあるが産卵は8月中旬まで続いた。

100%のふ化率として、ふ化したVeliger数から推定すると、2区（1回目）115.2万粒、4区（2回目）71.2万粒、6区（3回目）18.9万粒と、採苗をかさねると産卵数が減少することがうかがわれる。合計3回の採苗総数から♀1個当りの産卵数は3,119粒となる。

最初の産卵から最初のふ化がみられるまでの日数および積算温度は、2区で21日間、44.8℃、4区で16日間、35.2℃、6区で21日間、43.1℃と、日数で20日前後、積算温度

40.0℃前後であった。

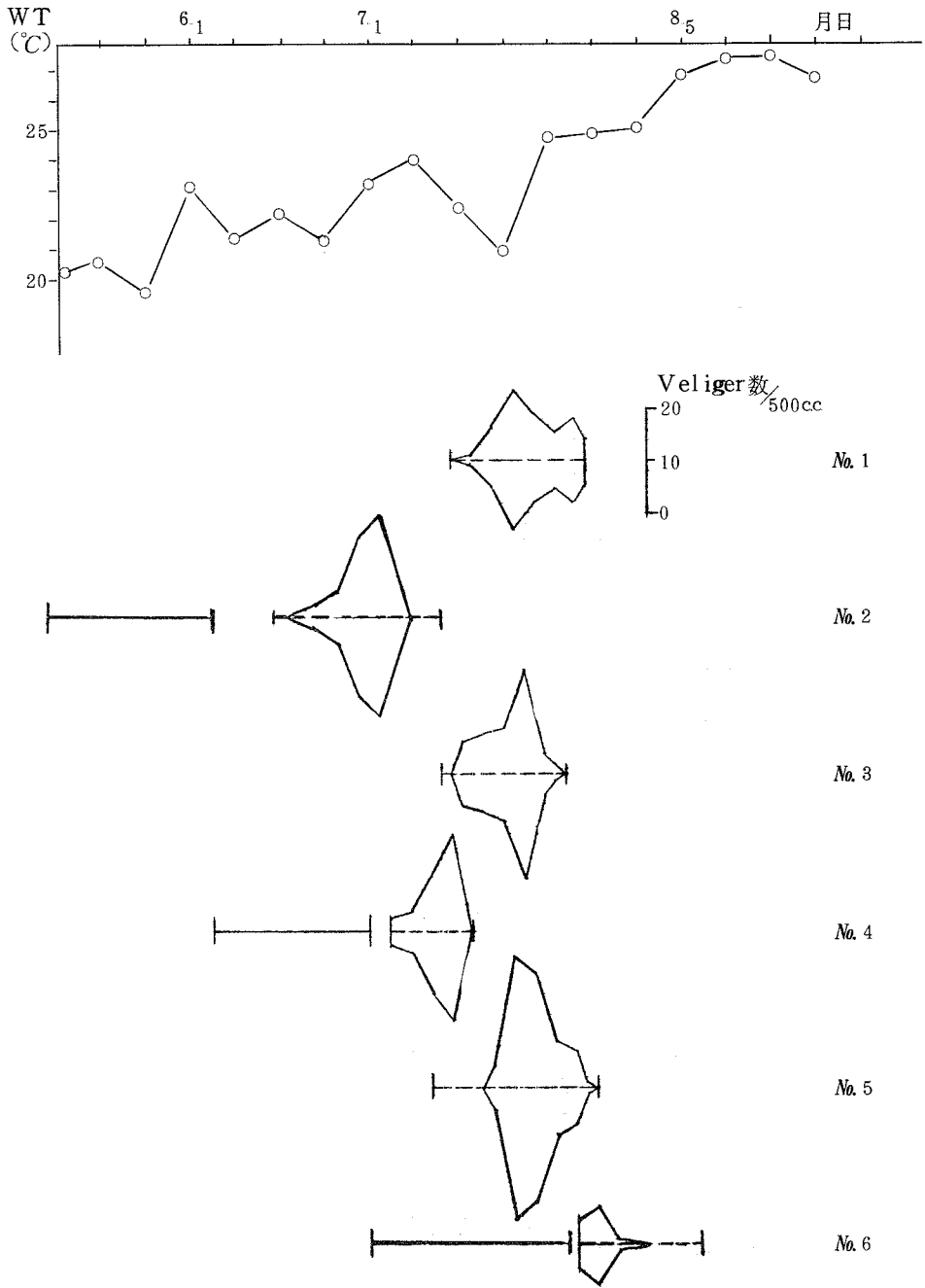


図2 産卵期間とフ化期間及び浮游幼生数

2) 天然卵からの採苗

小型底びき網に入網した卵塊を、7月4日に持ち帰って、1区・3区・5区の各水槽に分けて収容したが、ふ化は3区は7月6日から、1区と5区は7月7日から始まり、7月下旬に浮游幼生数が最も多かった。

これらの結果から判断すると、産卵盛期は6月中旬～7月上旬（天然漁場では6月下旬）であったと考えられる。

飼 育

稚貝の飼育状況は表1のとおりで、浮游期2～3日を径て匍匐期に入り底生に移行し、摂餌するようになる。

表1 稚貝の飼育状況

水槽番号	産卵時期	フ化時期	水槽規模	常時飼育水量	採苗方法	給餌期間	Veliger収容数	単位当り稚生産数
1区		7月7日 ～7月20日	コンクリート 200×445 ×136 (cm)	9 (トン)	天然採集卵	35	990 ×(10 ⁴)ヶ	3.362 ヶ/m ²
2	5月29日 ～6月14日	6.20 ～7.6	" "	9	水槽採苗	46	115.2	6.385
3		7.6 ～7.18	" ×116	8	天然採集卵	39	84.0	2.493
4	6.14 ～6.29	7.1 ～7.9	" "	8	水槽採苗	45	71.2	6.924
5		7.5 ～7.21	" ×96	7	天然採集卵	39	93.1	3.034
6	6.29 ～7.18	7.19 ～7.31	" "	7	水槽採苗	30	18.9	1.843

各水槽とも、最初のフ化が観察されてから3～10日後に給餌を始め、摂餌の状態を考慮しながら量を定めて、漸次増加していった。実際には日によって変動が大きく、残餌もかなりみられるときもあり、適宜調整した。(図3)

稚貝が底生に移行した後は、水槽に生海水を注水して水の交換をはかった。ただし、2区と4区を除いた他の水槽では、注水する2～3日前に、あまり浮游幼生数の変化がなく、まだかなりのVeligerの浮游がみられたが、匍匐へ移行のピークは過ぎたとみられた時点において、注水を始めた。

各水槽とも生海水を注水したため、ヨコエビ類・多毛類が多数発生し、とくに天然採苗区の水槽では、おそらく採集卵塊とともにはいり込んだと思われるが、シメタガイ・ムシロガイ・その他巻貝が発生した。

また、直射日光が当たる5・6区の水槽では、注水量も極端に不足し水の交換が悪くて、底に敷いた砂上に藻類の繁殖がみられ、とくに照射量の多い6区では側壁にもアオサが繁藻していた。

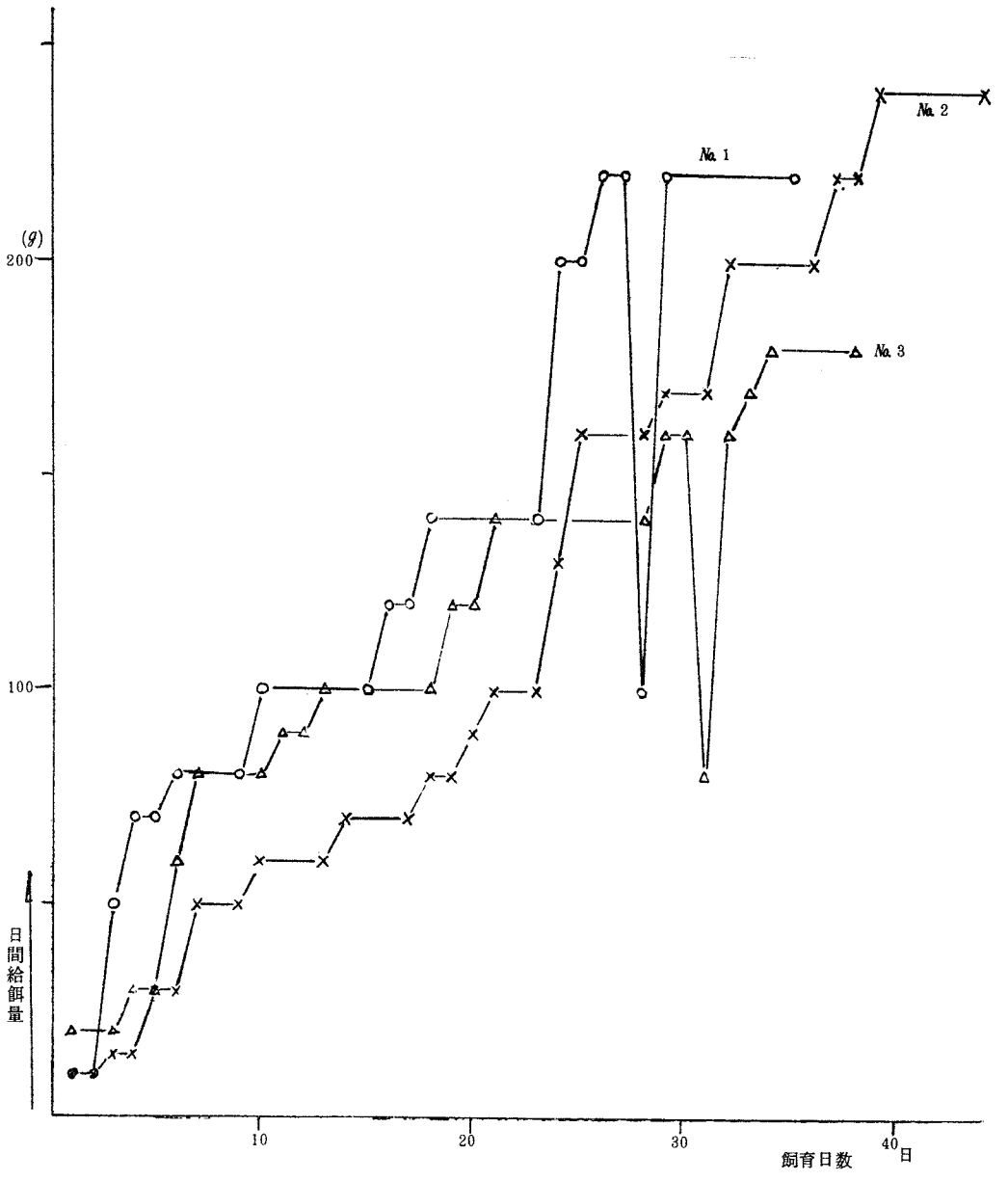


図 3 - 1 各水槽別日間給餌量

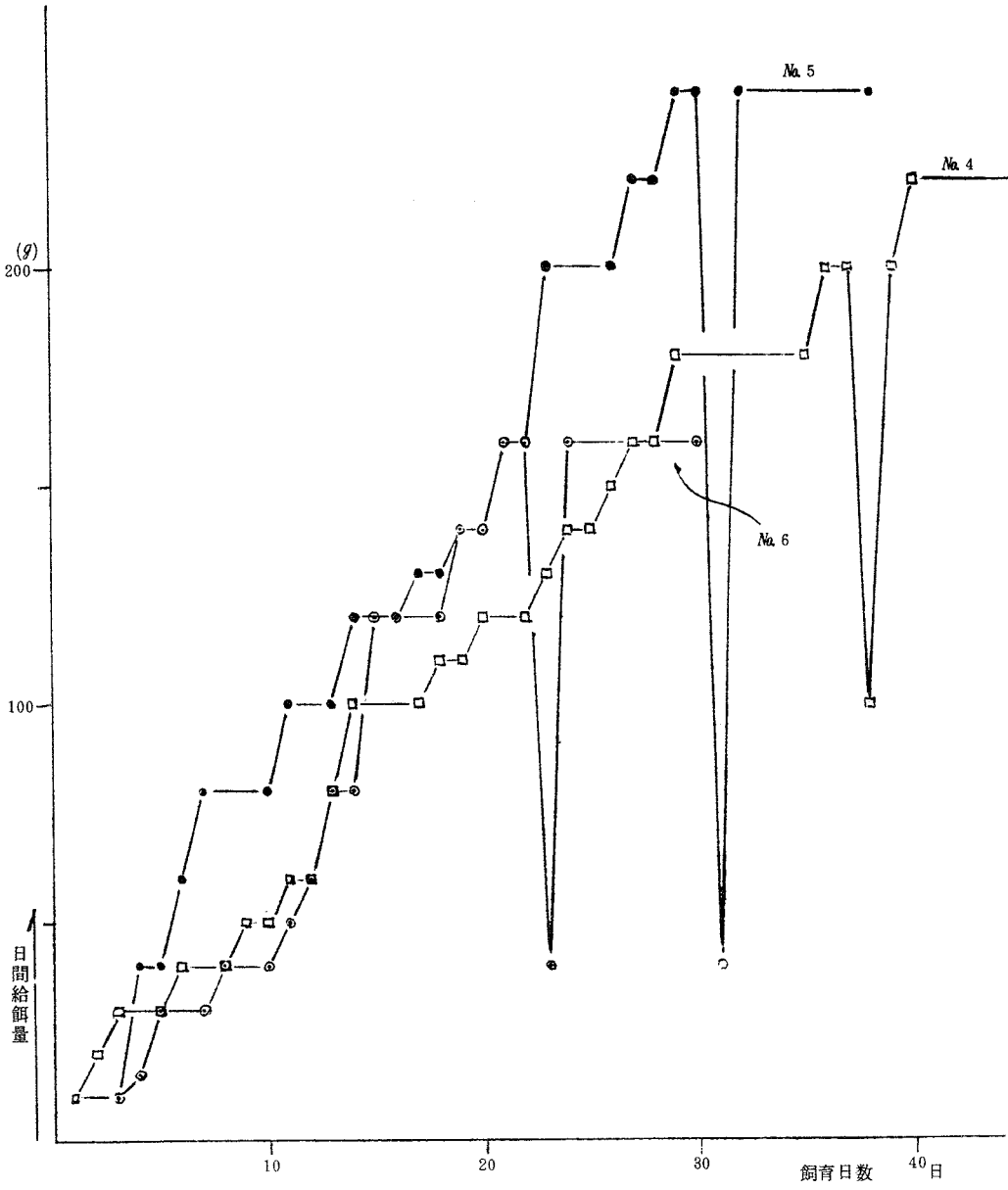


図 3 - 2

飼育期間中の水温および比重は図4に示したとおりで、水温は曇雨天には水槽間の差は余りないが、晴天日には直射日光の当る6区で最高+0.8℃の差がみられた。また当然ながら比重は止水時に差がみられた。なお、7月中旬の水温・比重の低下は、当時豪雨が続いたためである。

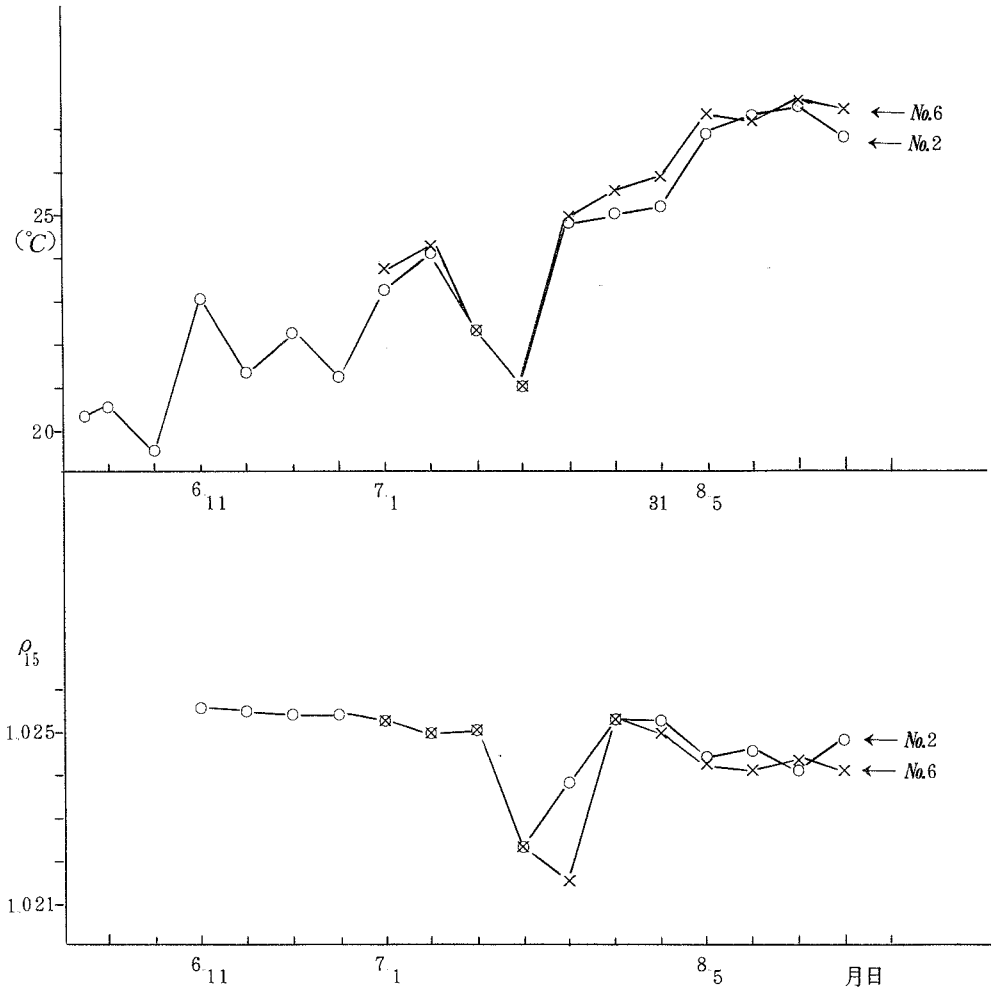


図4 産卵時期、フ化時期及び飼育期間中の水温、 ρ_{15}

はい上り

底生に移行後数日経過した稚貝は、水槽の側壁を水面上にまではい上ってくるが、飼育日数の浅い5日程度では、匍匐期へ移行直後でもあり、稚貝の行動も小さいと思われ、側壁へはい上る稚貝数も少ない(表2)。最もはい上る稚貝数および生存稚貝に対する割合は、飼育日数10～15日頃が多く行動も活発になるが、その後稚貝が成長するにしたがって上る数・割合も少なくなる。

また、はい上る稚貝数は経時的に変化し、昼間は夜間に比べかなり多いし、餌の探索のためにとくに給餌直後に多い。

表2 はい上り稚貝数の経日変化

飼育日数	水 槽 No. 3			水 槽 No. 5		
	生 存 稚 貝 数	側 壁 はい上り数	率	生 存 稚 貝 数	側 壁 はい上り数	率
1 日	660 ($\times 10^3$)	($\times 10^3$)	(%)	760 ($\times 10^3$)	($\times 10^3$)	(%)
5	840	36	0.4	930	18	0.2
10	350	11.0	3.1	550	65.5	11.9
15	140	5.5	3.9	470	38.2	8.1
20	95	1.5	1.6	260	2.7	1.0
25	60	0.7	1.2	170	0.1	0.1

側壁はい上り数：9:00～18:00の飼育槽壁の水面上へはい上った総数
率：側壁はい上り数／生存稚貝総数 $\times 100$ (%)

殻長5mm程度以上になれば自力で水面下に落ちたが、より小型の稚貝ではそれらの能力もなく、数時間で干死してしまう。多い時には日に生存貝の1割以上がはい上り、放置すれば減耗の大きな要因となるので、前述のように水槽壁に配管したパイプから注水し、絶えず壁を湿らせ干死を防止しているが、天然の漁場では、はい上りの現象はみられないと思われるし、飼育槽の大きさおよび型に影響されるようであり、今後の残された問題である。

成 長

稚貝の生存数を計数した際、その中から50個体ランダムに抽出して、万能投影機で殻長を測定し、成長経過を図5に示す。

従来の飼育結果に比べると、総体的に各水槽とも成長が悪く、飼育日数30日で平均殻長は3mm前後であった。とくに成長のよくない小個体では、飼育期間中ほとんど成長しない状態で、浮游期の長い幼生がかなりみられており、それが原因と考えている。

水槽別の平均殻長の伸びは、4区が最もよく、2区、6区、5区、3区、1区の順で、全般的に親貝から水槽採苗した試験区が、天然卵から採苗した試験区より成長がよかった。

個体間の成長の偏差は、各水槽とも個体差は大きいと、とくに3区の殻長組成の中は1.3～9.0mm、平均2.9mmとなっており、こゝでも天然卵からの採苗が悪い傾向がみられる。

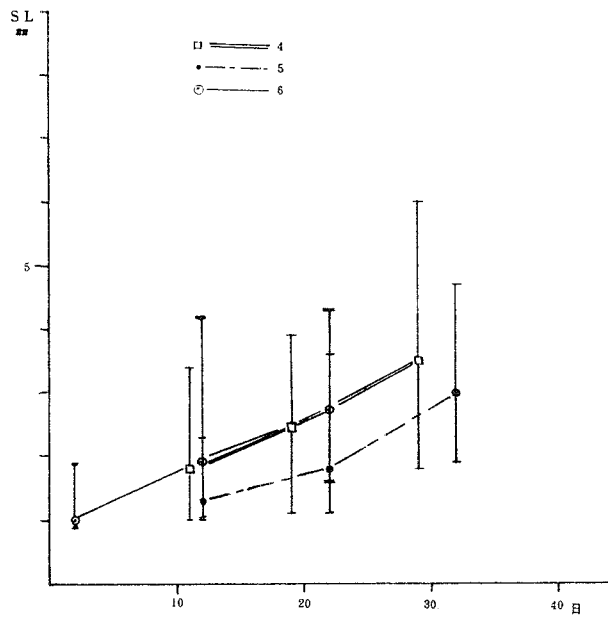
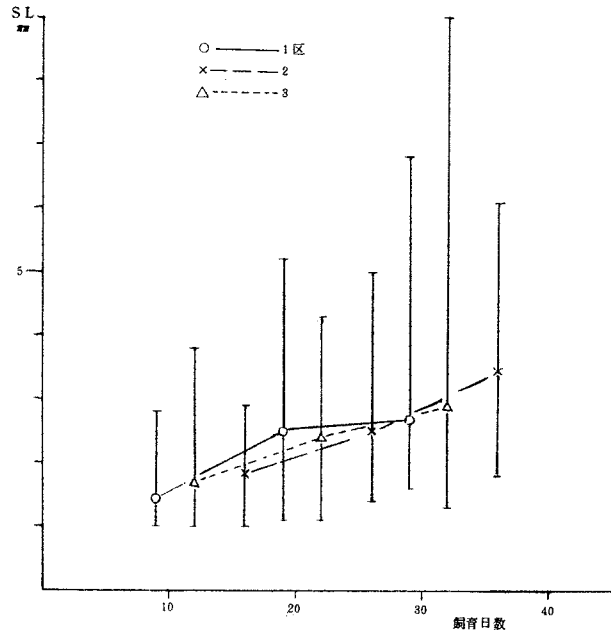


図5 水槽別稚魚の大きさと平均殻長

生存率

各水槽別のフ化した幼生数からの生存率は図6に示す。

全般的にみると、飼育日数10日前後で生存率16.5～49.5%と、すでに半分以上が減耗しており、20日前後で10～25%、30日目で1.5%以下となるが、減耗の勾配がゆるやかとなり、稚貝を30日経過するまで生存させることができれば、その後の減耗は少ないものと考えられる。

水槽別には、直射日光が当たり注水量の不足の5・6区で、10日前後までは生存率5.0%弱であるが、その後急激な減耗がみられ、歩留りも悪いが、前に述べた飼育環境の悪化によるものと考えられる。

稚貝の最終取り揚げは、水槽底の砂を稚貝ごとすくいとり、目合3mm、20メッシュ、30メッシュのフルイに海水を流しながら、階層別にふるい分け、その生及貝数と大きさは表3のとおりである。

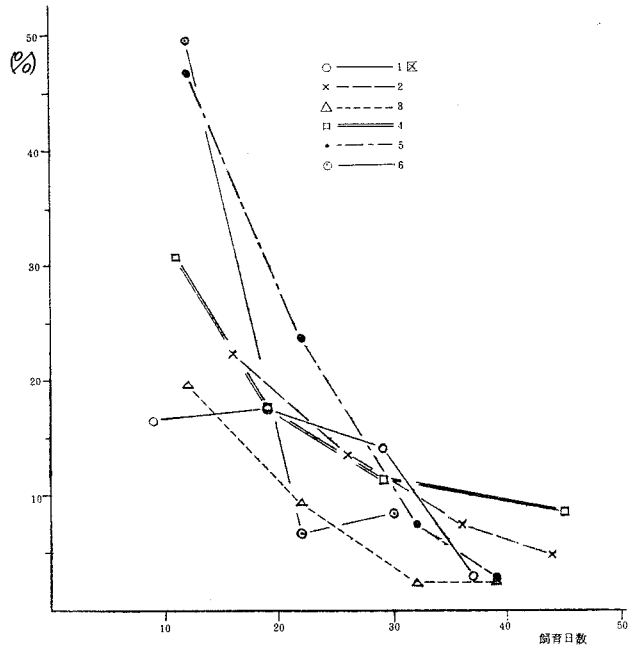


図6 水槽別稚貝生存率

表3 稚貝の生存率と大きさ

水槽 番号	飼育 期間	飼育 日数	飼育 水量	Veli ger収 容量	生 存 数			殻 長 組 成 mm			生存率 (%)
					大	中	(小)	大	中	(小)	
1	7.17 ～8.20	35日	9ト ン	99 ×(10 ⁴)	4,785 ヶ	13,128	(12,000)	3.0～8.1mm 4.85mm	2.1～3.3 2.78	(1.5～2.0) (1.70)	1.80 (3.02)
2	6.23 ～8.7	46	9	115.2	24,857	24,751	(7,200)	4.0～8.0 5.89	1.7～3.8 2.70	(1.6～3.8) (2.50)	4.30 (4.93)
3	7.14 ～8.21	39	8	84.0	6,096	10,785	(5,300)	3.4～12.0 5.99	2.0～3.7 2.72	(1.5～3.2) (2.04)	2.00 (2.64)
4	7.7 ～8.20	45	8	71.2	7,338	30,264	(24,000)	3.3～12.4 5.60	2.3～3.8 2.87	(1.6～3.1) (2.00)	5.28 (8.65)
5	7.14 ～8.21	39	7	93.1	1,385	10,609	(15,000)	3.2～8.5 4.82	2.1～3.5 2.74	(1.7～2.3) (1.84)	1.28 (2.90)
6	7.22 ～8.21	30	7	18.9	407	3,188	(12,800)	3.0～5.9 3.78	1.7～3.4 2.52	(1.3～2.1) (1.76)	1.90 (9.11)

また、フルイを通ったものは重量法により生貝と死貝に分け計数したが、このフルイを通った小型の稚貝を除いた生存率は、4区で5.28%、2区で4.30%、3区2.00%、1区1.80%、5区1.28%と6区を除けば親貝からの水槽採苗の試験がよく、小型の稚貝を含めてもよい。

底質の有機炭素含有量と生存率

肉眼観察で、水槽の底砂のヨゴレと稚貝の生残りに関係があるのではないかと考えられたので、底砂中の有機炭素含有量を測定して、これを水槽底のヨゴレの指標として生存率との関係をみた。

全般的には、飼育日数10日～20日間位は有機炭素含有量の増加は僅かであるが、30～40日に急増する傾向が認められた。(図7)

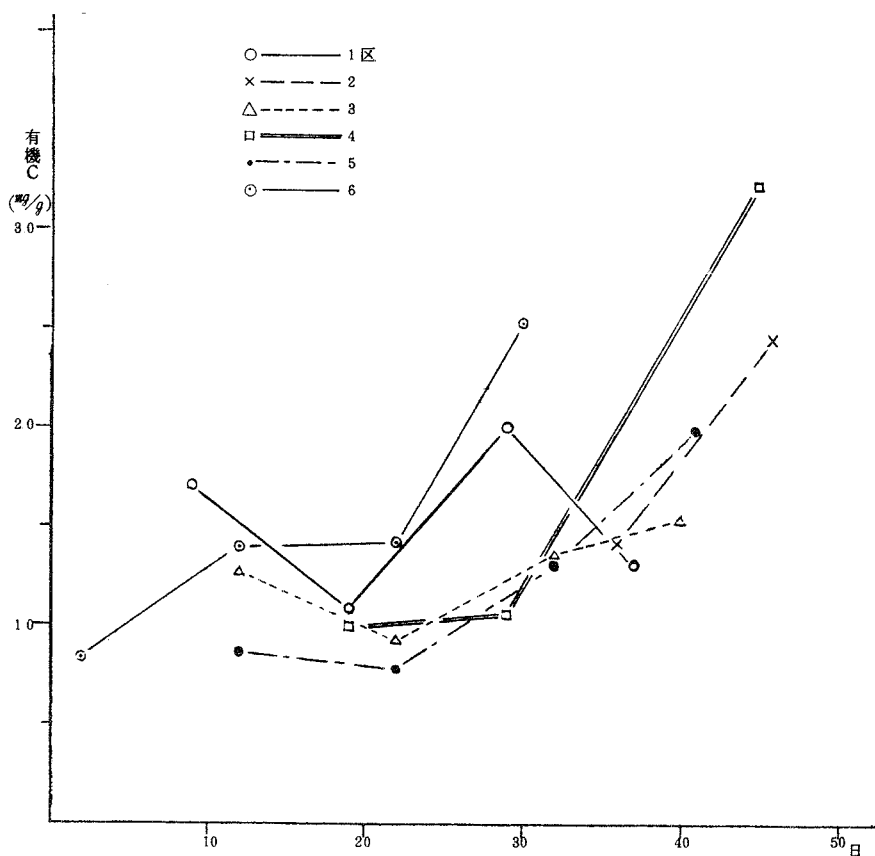


図7 水槽別有機炭素含有量

水槽の底のヨゴレの直接的要因として、投餌による残餌の影響が考えられ、稚貝の生存数と日間給餌量から稚貝1ヶ当りの日間給餌量を割り出して(図8)、(6区以外の水槽では、飼育日数10

日までは稚貝の生存数を計測確認していないので、浮游幼生が100%匍匐稚貝になるものとして計算した) 有機炭素含有量との関係を見た。

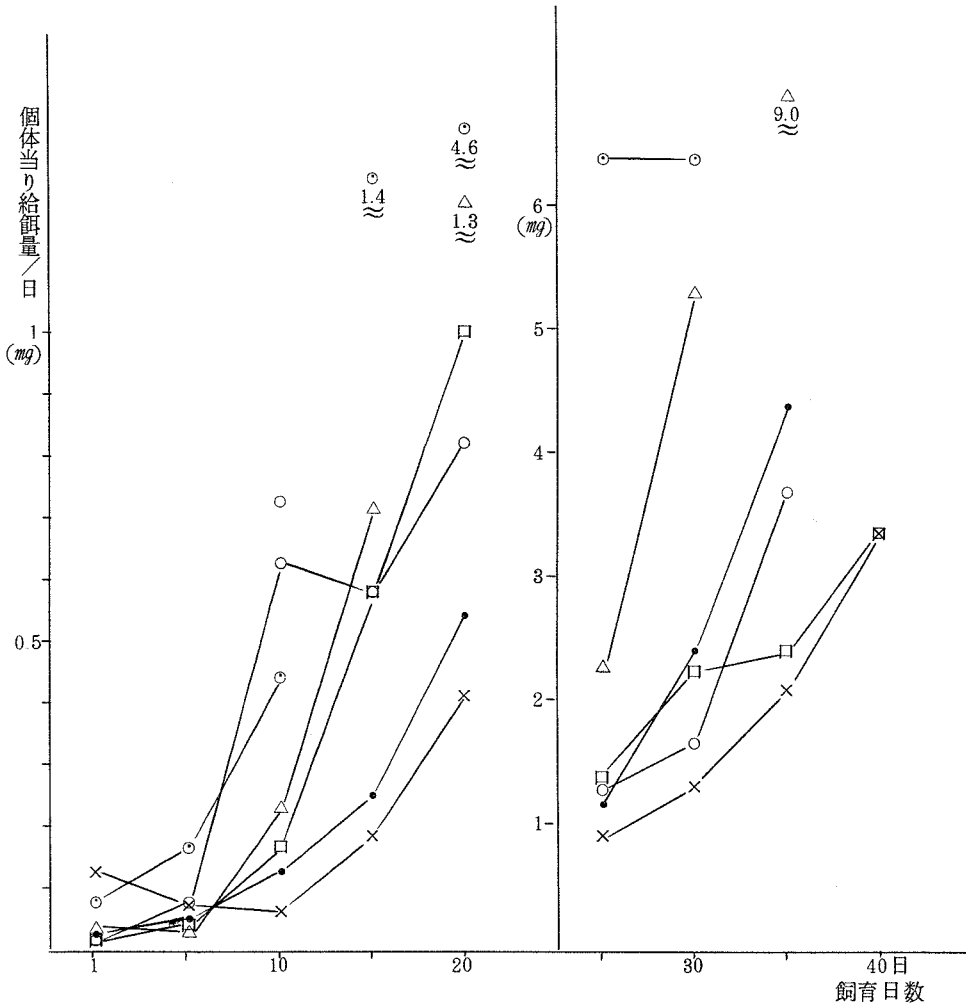


図8 稚貝1ヶ当り日間給餌量

その結果では、飼育20日まではかなり相関度は大きいですが、20日以後になると相関がみられないようである。

底質のヨゴレを有機炭素含有量を指標とする限りでは、本県のパイの生息高密度域の美保湾の底質では1~4 mg/g³⁾で、今回の試験の0.78~3.22 mg/gでは、稚貝の生存に大きな影響はないものと考えられ、また最終取揚げ時の稚貝の生存数と有機炭素含有量とをみると、かえって有機炭素含有量の多いほど生存率も高いようにもみうけられる。

考 察

飼育にあたって生海水を注水しているため、ヨコエビ類、小型の多毛類等の発生がみられ、これをバイ稚貝が捕食しているのもかなり観察されることから、餌の競合はあっても、これら生物の発生は直接稚貝に悪影響を及ぼしているとは考えられない。

天然採集卵の飼育水槽では、採集卵塊とともにはいり込んだと考えられるツメタガイ、ムシロガイ、その他巻貝等が観察されたが、これらの生物のうちムシロガイについてはバイ稚貝との競合度が高く、またツメタガイのバイ稚貝についての害敵となりうるかは観察できなかったが、水槽採苗区に比べ天然採集卵区の生存率の低さは、卵採取時の物理的な影響も大きいであろうが、これら二次的に発生した生物との競合も影響を及ぼしているものとする。

また、直射日光の当る水槽では注水量不足もあり、水槽底砂上、側壁上に藻類の繁殖がみられ、D Oの飽和度も100~110%の時期もあり、他の水槽では、給餌すればすぐ稚貝は砂中よりは出し摂餌活動するが、これら直射日光の当る水槽では藻類等に阻害されて餌を摂取しにくく、そのさいの索餌活動も弱かったのが観察されている。

これらのことから、生海水飼育はやむを得ないが、天然採集卵で採苗する場合は、ある程度卵の選別等が必要であろうし、飼育の条件としてある程度の庶光と、水の交流をよくする必要がある。

底砂中の有機炭素含有量は、飼育日数20日頃までは稚貝1ヶ当りの日間給餌量と相関があるが、それ以後は両者間に相関関係はみられない。

このことは、飼育20日頃まではヨコエビ類、多毛類等の発生量が少なく、直接稚貝へ与える餌の量が水槽底のヨゴレに関係しているが、飼育20日以後はバイ稚貝以外の生物の出現が多くなって、餌は肉眼観察にたより残餌のない程度の量を与えているが、餌の競合のある生物の出現量が多いため見かけ上の給餌量が多くなり、バイ稚貝以外の他の生物の現存量の多少もあるため、底質のヨゴレと稚貝1ヶ当りの給餌量とに相関がでなかったものとする。

また、最終の稚貝の取揚げ時では、逆に水槽採苗区のように水槽底のヨゴレの多い水槽ほど稚貝の生存数の多い傾向がみられ、ヨコエビ類・多毛類等の出現の多い水槽では、これら生物が残餌等の腐敗残査物を処理していることも考えられ得る。

水槽内飼育での稚貝の生息域である底砂およびその附近における環境、とくに H_2S 、アンモニア等の有害物質の発生が稚貝の成長・生存に大きく影響を及ぼすと考えられる。今回は有機炭素含有量と H_2S 、アンモニア等の発生量との関係はみていなくて、全般的な底質のヨゴレの指標として有機炭素含有量を測定しただけにとどまった。当県バイの高密度分布域である美保湾では1~4 mg/gであり、³⁾有機物自体のみで有害物とみなされないが、多少稚貝なり他の水槽内で発生した生物の排泄物等の影響もあるのであろうが、とくに影響度の大きいのは残餌の腐敗によるものと当然考えられる。

そのため二次的に発生する有害物となるべく少くする飼育装置、また稚貝に対してこれら残餌の影響を考慮して、適正な給餌量の検討も早急に必要とするが、稚貝と競合度の小さい生物での残査物の処理等も今後考慮していく必要がある。

従来、給餌量は肉眼観察により、稚貝の餌付き状態を判断し残餌のない程度に与えていたが、¹⁾バイ
稚貝の量産化飼育にあたっての基本的な給餌量は決っていないので、今回の試験結果をもとに検討す
る。

各水槽における1ケ当り浮游幼生数に対する5日間隔ごとの給餌量は図9に示すとおり
であり、2つの水槽を除けば、浮游幼生1ケ
当り5日間隔ごとの給餌量には、大きな差は
なく同傾向を示しているが、飼育中途に稚貝
の減耗があり、実際には生存稚貝1ケ当りの
日間給餌量は図8に示すように変化した。全
般的な傾向としては、水槽ごとの稚貝の生存
率と餌の給餌量とは関係がみられない。

ビーカーサイズの飼育では、稚貝にいきわ
たる餌および有害物が拡散できる水の交流等
が充分であり、稚貝初期の減耗は少ない。し
かし、大きな水槽において量産飼育する場合、
稚貝のごく初期における減耗状態は、各水槽
によってフ化期間に差があるため不明である
が、飼育20日程度までに大きく稚貝の生存
率は低下している。日間給餌量をみると、各
水槽とも急激な生存率の低下時には日毎の給
餌量が急増している傾向がみられ、その時点
での増加割合が5日間で新給餌量/5日前の
給餌量 = 2.0 ~ 7.0 となって、増加割合の高
いものほど生存率の低下度は大きくなってい
る。それと平衡して有機炭素含有量も多くな
っている傾向をみせ、餌料の急増による有害
物発生等が、稚貝初期の大きな減耗の1つの
要因となっていると考えられる。

飼育日数を経るにしたがって日間の給餌量も多くなり、給餌量の増加割合は減少するが、ある程度
稚貝の生存率が急低下を過ぎ、比較的安定化の傾向をみせる飼育日数20日以後では、稚貝初期にお
ける残餌量とを比べると当然残餌量も多く、有機炭素含量も急増していて、20日以前における日間
の給餌量の急増が生存率の低下度を高める傾向はみられないし、逆に有機炭素含有量の多いほど生存
率の高い傾向があることをみれば、飼育日数20日以後では、残餌等の腐敗による有害物等に対して、
ある程度抵抗性もでてくるのではなかろうか。

減耗度の大きい飼育20日程度までは、少量の残餌等による影響度も大きいことを考えてみると、

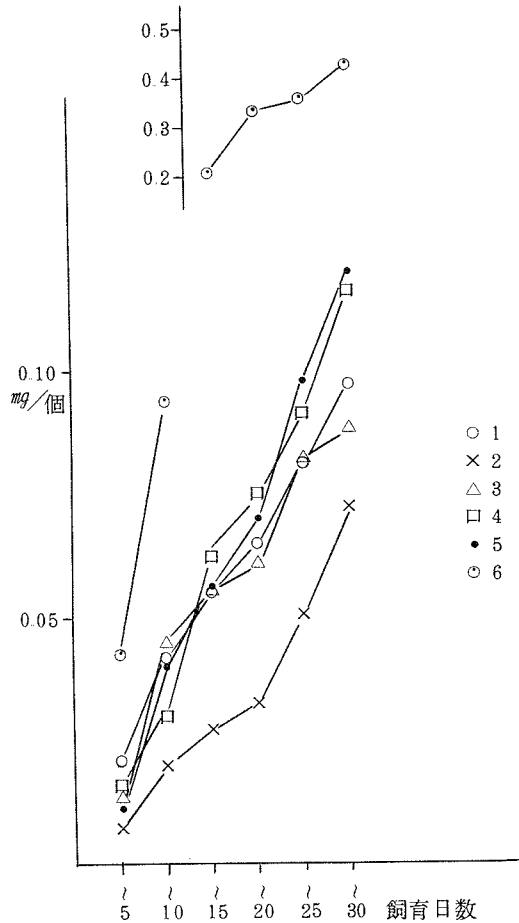


図9 Veliger 収容数に対
する5日の給餌量

最終的な生存率の高い水槽では、この時期の生存率の低下度も他の水槽に比べ小さく、餌料の増加も漸増して与えており、増加割合も3.0以下であった。

減耗の原因は個々の条件がかさなった上のものであろうが、従来の結果でも、初期減耗の大きな原因は、餌についた多数の初期稚貝が餌の腐敗とともに斃死し、残餌の腐敗による有害物発生に起因していることを考えて、生存率の良好であった給餌量を判断すれば、飼育当初の日毎の給餌量の急増はひかえ、浮游幼生1ヶ当り5日間の給餌量は飼育日数1～5日0.16 mg、6～10日0.30 mg、11～15日0.45 mg、16～20日0.55 mg前後の投与量で、5日間の増加割合を3.0以下におさえれば、ある程度の稚貝の生産はできうるものとする。

上記の給餌量は、肉眼観察により残餌のない程度に与え、生存率の良好な試験区を基準にしたが、実際にはかなりの残餌があった。いずれにせよ、摂餌は飼育水の環境に影響されることが考えられるので、²⁾最終的には肉眼観察によりその都度給餌量を決めなければならない。

本年度は各水槽とも総体的に成長が悪く、平均の成長速度は0.07 mm/日程度であったが、異常なVeliger 幼生の出現が総体的な成長に影響したものとする。

これは、浮游期の長い幼生が各槽(2・4号水槽は少ない)にかなりの数がみられ、正常な幼生であれば水温20℃前後で2～3日で底生に移行し匍匐生活に入るが、⁴⁾この異常と思われる幼生の浮游期は長く、6日以上もの浮游期が続き、当然これらの幼生の匍匐後の成長も悪いと推察される。図5に各水槽の成長を示したが、従来の結果¹⁾にはみられなかったが、殻長1 mmを越える匍匐直後の大きさの稚貝が2・4号水槽以外に多くみられ、水槽によっては飼育日数30日頃まで、多くは20日過ぎまでみられた。その後は、この小個体の稚貝はみられなくなり、多くは飼育20日頃に減耗したものとする。

各水槽によって成長に差はあるが、各水槽とも成長の良好な稚貝は、飼育30日程度までは0.2～0.3 mm/日の成長を示しており、この良好な稚貝の成長速度は従来の結果と同程度であることから、浮游期の長い幼生の出現により、総体的な成長が低かったものとする。(浮游期間については別項で述べる)

要 約

1972年5月29日～7月31日に親貝からの水槽採苗および7月5日～7月21日に天然採集による採苗をおこない、10トン水槽において30～45日の飼育を試みた。

1. 水槽採苗による採卵数は♀1ヶ当り3,119粒であった。
2. 稚貝の側壁上にはい上る稚貝数および生存稚貝に対する割合は、飼育日数10～15日が最も多く、昼間(9:00～18:00)のみで1日のはい上り稚貝数は、生存稚貝数の1割以上にもなるが、以後成長するにしたがいはい上る稚貝数および生存稚貝に対する割合も減少する。
3. 稚貝の減耗は、飼育日数10日で生存率16.5～49.5%とすでに半分以上減耗し、20日で10～25%、30日で13%以下となり、その後は減耗度は小さくなる。

4. 浮游期の長い、匍匐後の成長の悪いと考えられる異常なVeliger 幼生の出現のため、総体的に成長が悪く、飼育日数30日で平均殻長3mm、0.07mm/日の成長度であった。
5. 底砂中の有機炭素含有量は、飼育日数20日頃までは増加量は僅かであるが、30~40日に急増する。
また、飼育20日頃までは、生存稚貝1ヶ当りの日間給餌量と有機炭素含有量には相関がみられ、飼育水槽の底質のヨゴレは残餌の影響が強く、とくに初期稚貝に与える影響度が大きい。20日以後は、ヨコエビ・多毛類の発生量が多くなり、生存稚貝1ヶ当り日間給餌量と底砂中の有機炭素含有量には相関はみられない。
6. 最終取揚げ稚貝数は約21万個で、単位面積当たり2,493~6,924ヶ/m²で、天然採集による採苗に比べ、親貝からの水槽採苗の生存数・生存率とも優れている。
7. 生産稚貝数の多い水槽のVeliger 幼生1ヶ当りの5日間ごとの給餌量は、飼育当初~5日0.16mg、6~10日0.30mg、11~15日0.45mg、16~20日0.55mg前後で、5日間内の給餌量の増加割合30以下であった。

文 献

- ① 梶川 晃：鳥取県水産試験場報告 第10号 1971
- ② 梶川 晃：鳥取県水産試験場報告 第14号 1973
- ③ 砂浜生物増殖試験（昭和45~46年度 指定調査研究総合助成事業）：鳥取県水産試験場報告 会資料
- ④ 猪野 俊：水産動物の研究 日本出版 (1)11~24 1950

今後の対策と問題点

天然採集の卵では、採集卵塊とともに他の動物卵の播入および採集時の物理的な影響等で、親貝による水槽採苗に比べ稚貝の生存率、成長は劣る。

昭和47年度のヒレゲロを単一餌料とした10トン水槽における親貝採苗の幼生の量的確保のできた試験区の結果を表1に示す。

表1 稚貝の生存状況

飼育期間	飼育水	幼生数	飼育 生存数	日数(30日) 率	生存数	(44~45日) 率
6.27~8.7	(トン) 9	($\times 10^4$) 115.2	($\times 10^4$) 13.0	(%) 11.3	($\times 10^4$) 5.7	(%) 5.0
7.7~8.20	8	71.2	8.0	8.9	6.2	8.7

従来の結果から、死貝の殻長組成のモードが1~2mmの間にあり、3mm以上の稚貝の減耗の少いこと、そして飼育30日までの成長速度が0.12mm/日(匍匐稚貝の大きさSL1mmとして)程度であったので、SL3mm以上30日飼育を目安に生存率の向上をはかってきた。

しかし、この結果では71.2~115.2万個の幼生が飼育日数20日までに大きな減耗をきたし、30日で稚貝8.0~130万個生存率にして8.9~11.3%と減少し44~45日で5.7~6.2万個5.0~8.7%と飼育30日以後も、減耗率は低下するが、かなりの減耗がみられた。

これら10トン水槽における現状の観察および個々の試験結果から、生存率の主な低下原因を述べるとともに、今後の種苗生産としての稚貝生存数の向上対策を概略的に述べる。

1 フ化期中途より給餌を開始するが飼育日数20日頃までは水槽底のヨゴレと稚貝1ヶ当りの給餌量に相関があり、とくに稚貝初期では抵抗性も弱いと考えられ残餌の腐敗分解による有害物の発生および細菌類の繁殖等に影響されて、飼育20日頃までに大きく減耗している。

又、稚貝の成長について、従来の結果では平均成長速度0.12mm/日(飼育30日まで)程度であり、天然漁場での稚貝の成長速度は0.12~0.16mm/日(産卵後3~4ヶ月間)程度であったが、今回の結果では成長の良好なもので0.17~0.27mm/日を示したにもかかわらず平均には0.07mm/日程度の成長速度で著しく劣っている。

このことは生存稚貝の密度にも成長は左右されると考えられるが、稚貝へ移行後もほとんど成長しなくて、飼育20日頃までに多く斃死している浮游期の長い幼生の出現がみられたことに起因する。

そのため、フ化期は止水としているが、幼生が流出しない程度の換水をおこなうのも1つの方法であろうし、幼生を早く稚貝に移行させ匍匐後の成長もすみやかにするためおよび移行後は給餌量も増加してくるので残餌も多くなり、腐敗残餌の影響を少なくするため水槽内の水の攪拌交流を充分おこなう必要がある。

2 稚貝は成長するにしたがって索餌能力も強くなるが、匍匐直後では餌へ集まる個体の割合は小さく、餌の種類によって嗜好性が異なり、稚貝の生存率、成長は餌の栄養価にも影響されるものと考えられ、ヒレグロ単一給餌では餌付き、栄養価も低い。

餌付きの悪い餌を与えれば、稚貝自身の生残り、成長もさることながら、二次的に残餌が多くなりその影響も考えられるので、餌の入手、調餌のし易さを考慮して、稚貝の嗜好性および栄養価の高い餌を与える。

3 ビーカーサイズの実験では、無投餌の場合幼生の密度が50~100ヶ/ℓ底面積にして0.13~0.26ヶ/cm²以上で稚貝の共喰いがみられ、10トン水槽においてもヒレグロ投餌のため餌付きが悪く、共喰いも起っている可能性もある。

10トン水槽では、幼生の収容数が10ヶ/cm²以上にもなり、高密度で餌が不足すれば、稚貝の共喰いも考えられるので、稚貝初期には充分餌がゆきわたるようにしなければならない。

しかし、稚貝の餌に集まる個体の割合が小さく残餌が多くなり、腐敗残査の影響もでてくるので、前述した底槽付近の換水をよくすることおよび餌付きのよい餌を与える必要もあるが、給餌量が稚貝の生残りポイントになる。

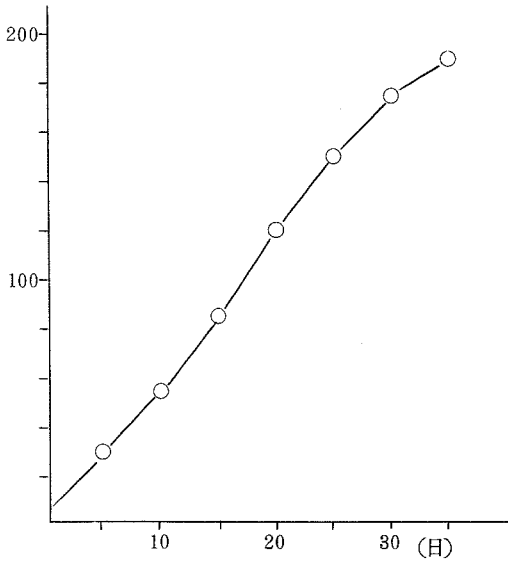


図1 5日ごとの日間給餌量
(幼生数 100万ケ)

本来ならば稚貝の摂餌率を基準として、稚貝の餌に対するい集度および残餌の影響等を考慮し、餌料効果にもとずいた給餌量を決定する必要がある。

しかし、飼育水の環境によっても餌付きは変わり、最終的には肉眼観察にたよらざるを得ないが、昭和47年度の観察結果をもとに考慮した給餌量は図1に示すとおりであるが、とくに減耗の大きい稚貝初期の給餌量が今後の大きな課題となる。

産卵数の計数方法について

梶 川 晃

種苗生産において、産卵数の把握は匍匐直後の稚貝の給餌量に影響し、稚貝初期の生存率を左右する。

従来、種苗生産の過程で、産卵→フ化→稚貝飼育と同一水槽を使用しているので、卵数を直接計ることができない。そのため産卵数は、毎日の浮游幼生数から逆算したが、水槽の部位により幼生の密度の差がみられるので、幼生数から産卵数が推定できるものか検討した。

方法としては、口過海水700ℓを満したFRP 1トン水槽にエアーストーン4ケで送気し、あらかじめ重量法により計数した卵ノウを入槽し、毎日、水槽の上層10ケ所以上、隔日に上・下層で採水し幼生数を計数し、重量法により卵数と幼生数からの推定値を比較した。

表1 各条件ごとの幼生数

採水瓶	幼生数 / 300 cc		上層 / 下層
	上層	下層	
送気中	9~17 (平均13.6)	7~16 (11.2)	121
	7~12 (8.5)	5~10 (8.1)	105
送気止 (30分)	14~26 (17.8)	3~5 (4.3)	414

ビーカー (上層)	幼生数 / 300 cc		止送気 / 送気	止送気 (30分)	照 暗 (明 / 5)	度 明
	送 気	送 気 止				
	10~40 (16.5)	24~378 (125.5)	7.62		14~524 (110.6)	20~26 (23.0)
	7~17 (9.2)	20~138 (59.5)	6.47			

結 果 と 考 察

各条件ごとの幼生数を表1に示す。

送気中では上層・下層に大差はみられなく、ほぼ均等に分散しているのが解る。しかし、送気を止めれば下層の4倍以上が上層に集まり、分散がかたよる。そして同水槽を黒色ビニール布で半区おこし、明暗に分けた場合、暗所に幼生数が多く集まる傾向がある。

この結果からみると、送気を止めている時には、パイの浮游幼生本来の生態的な面から分散がかたよることは考えられ、誤差が大きく計数できない。しかし送気が充分おこなわれれば均等に幼生も分散し、水槽中の数ヶ所の無作為サンプリングによる採水により計数できうる。

表2 毎日の浮游幼生数

月 日	7 / 12	13	14	15	16	17	18	19	20	計
幼生数	238	300	385	548	175	144	70	12	0	187.2×10^3

水槽に7月11日に幼生のフ出前の卵ノウを網袋(目合5mm)をつるしたが、翌日よりフ出幼生がみられ、20日にはすべて匍匐稚貝へ移行した。送気をおこないながら採水し毎日の幼生数を計数した結果は表2のとおりである。なお、フ化率は100%で幼生は正常なベリジャーとしてフ出し、2~3日で匍匐稚貝へ移行した。

2日で稚貝が移行すれば、3日目の幼生数は新しくフ出した幼生数となり、3日目ごとに積算すれば 86.8×10^3 ケとなり、また3日で稚貝が移行するものとすれば、4日目ごとの積算 85.6×10^3 ケとなり、フ化率が100%であるので、幼生数=産卵数とみなしてよい。

あらかじめ水槽へ入槽する前の重量法による卵数は 84.1×10^3 粒であるが、この数値とを比べてみると、1.8~3.2%、幼生数から推定した卵数が多く現われたが、重量法と浮游幼生数から卵数の推定数には大差はなく、産卵数を浮游幼生数から逆算有効である。しかし、逆算できうる条件としては水の攪拌交流が充分おこなわれている場合である。

卵発生および浮游幼生に関する試験*

梶 川 晃

バイの卵発生および浮游幼生に関する研究は生態的な見地から¹⁾・²⁾みられる。しかし、種苗生産にあたっては卵の発生から浮游期をへて匍匐稚貝になるまでの多くの問題が残されている。

現在の種苗生産の過程では、採卵数を多くするため、産卵期間が長期にわたる。それにともない順次幼生が浮出するのでフ化期間も長くなり、幼生の流出を防ぐため、その間止水をせざるを得ない。そのため以下の諸問題があり、

- (1) 採苗、フ化は梅雨時期でもあり、飼育水の揚水による鹹度の低下がある。
 - (2) また、幼生のフ出後の卵ノウ内の栄養物質等さらにフ化期間が長期にわたるため、止水期間中途より給餌を開始するための飼育水の悪化が考えられる。
 - (3) フ化期間中かなり高密度に幼生の出現がみられ、水槽中の場所によっては200個/ℓを越す場合も多くみられる。
 - (4) 前報で報告した浮游期の長い異常幼生の出現がある。
- ので、この4項目に関する実験をおこない、種苗生産としての検討をおこなった。

実験 I 卵の発生および浮游幼生に及ぼす海水濃度の影響

材 料 と 方 法

1個♀貝から同条件の卵を多数得るのは困難なため、18トン/hの生海水注水の1トン水槽中に簞網を垂下し、SL 60 mm以上の親貝(♂/♀=1 図1) 60個収容した。

以下の実験には、その都度同日に採苗器(ビニール波板、丸組)を入れ、採苗したものを供試し、また実験中各試験区とも温度差をなくすためウォーターバスにした。

各種海水濃度の設定には、急速口過海水を地下水で稀釈して用いた。卵の発生についてはビーカ(径15 cm、高さ22 cm)に稀釈海水を2ℓあて入れ、径2 cmのエアーストーンによる通気を150 cc/分

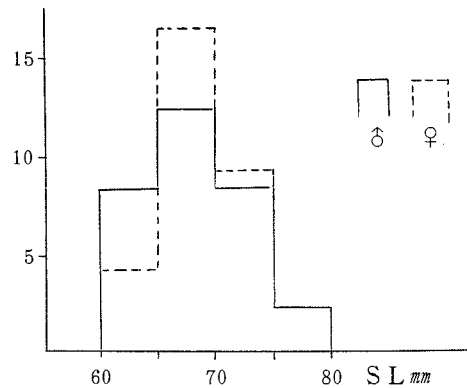


図1 親貝殻長組成

程度おこない、同日に採苗した卵を採苗器より、卵ノウがやぶれないよう注意して採取し供試した。
 なお、実験期間中換水していない。

浮游幼生については、シャーレ（径 2.2 cm、高さ 5 cm）に稀釈海水を 1 l あて入れ、ガラス管に 150 cc/分程度通気をおこない、同日に採苗した卵を別添収容飼育し、フ化寸前の卵を供試した。

結 果

稀釈海中における飼育状況は表 1 のとおりである。

表 1 海水濃度による卵発生および浮游幼生の影響

卵～フ出

海水濃度 比重	経過日数 積算温度	6日	12日	13日	15日	16日	備 考	
		134.9℃	272.6℃	297.3℃	346.6℃	371.5℃	収容卵 ノウ数	卵率数
原海水 1.0259	}	卵発生順調	初フ化 17% 2.6%	}	100%フ化	}	33	1,310
9/10 1.0228							32	1,740
8/10 1.0205	}	卵発生遅い	卵膨張壊死	初フ化 1.5%	70%フ化	100%フ化	29	1,310
6/10 1.0163				30	1,300			
5/10 1.0137				}	卵膨張壊死	}	}	}
2/10 1.0055	25	1,100						

フ出～匍匐

海水濃度 比重	経過日数 積算温度	1日	2日	5日	13日	備 考		
		25.8℃	51.2℃	131.3℃	351.9℃	収容卵 ノウ数	ベリジャー 数	
原海水 1.0254	1 卵ノウフ化 ⓪ 3/51	す べ て フ 化	⓪ 93/103	⓪ 80/103 ⊕ 2 ⓧ 2	生存稚貝 89.3% 共喰い死 6.8%	干死 29% その他死 1.0%	2	103
9/10 1.0227	1 卵ノウフ化 ⓪ 2/55		⓪ 105/111	⓪ 104/111 ⊕ ⓧ 1	生存稚貝 65.8 共喰い死 12.6	干死 20.7 その他死 0.9	2	111
8/10 1.0202			⓪ 83/90	⓪ 72/90 ⊕ 5 ⓧ 1	生存稚貝 56.7 共喰い死 20.0	干死 21.1 その他死 2.2	2	90
6/10 1.0152	1 卵ノウフ化		⓪ 100/104	⓪ 88/104 ⊕ 1 ⓧ 1 ⓧ 1	生存稚貝 78.9 共喰い死 15.4	干死 3.9 その他死 1.9	2	104
5/10 1.0126		1 卵ノウフ化 他の卵ノウ中の Veli 死	生存 Veli 4 他死	生存稚貝 0			2	95
4/10 1.0104		卵ノウ中の Veli 斃死		生存稚貝 0			2	98

- 注] ⓪ 游出ベリジャーの個体数
 ⊕ 干死個体数
 ⓧ 共喰いによる斃死個体数
 ⓧ その他の斃死個体数

なお、各種濃度の稀釈海水の酸素飽和度は92～94%であった。卵の発生については、比重2.05以上では飼育途中の卵の発生も順調におこり、卵ノウからベリジャー幼生のフ出は産卵後12～13日積算温度にして、27.26～29.73°Cでみられだし、3日間でフ出は終了したが、産卵日からの経過日数は15～16日積算温度にして34.66～37.15°Cであり、フ出したベリジャー幼生はすべて正常なものであった。

16.3区の濃度では、初期発生はおこるが、発生速度が遅く、卵ノウ内で幼生に変態することなく、卵の状態のまま膨張壊死をおこしてしまい、産卵後12日目頃には肉眼でも解る程度である。

13.7以下では卵の発生はまったくみられず、6日後には卵は膨張壊死をおこしている。

浮游幼生については、比重にして2.02以上では収容2日目ですべてのベリジャー幼生は正常な幼生として、浮出してしまい、すべての幼生がフ出後11日積算温度30.07°Cの浮游期を経て匍匐稚貝へ移行した。

15.2区では、2.02の場合と同様収容1日目に初のフ出がみられたが、そのフ出したベリジャー幼生はベーラム(面盤)が萎縮していて浮游運動が小さく、2日目からは正常状態にもどった。浮游期間はすべての幼生がフ出を終了してから12日、積算温度32.83°Cで匍匐生活に入った。

12.6区では、2日目には収容した2卵ノウの内、1つの卵ノウはフ出したが、他の1つの卵ノウでは卵ノウ内のベリジャー幼生はフ出しないまま、斃死し、フ出した幼生はベーラムも萎縮していて、浮游運動をほとんどしなく3日後にはほとんど斃死した。

10.4では、ベリジャー幼生はフ出しないまま、卵ノウ内で斃死した。

15.2以上の試験区では、収容1日後より幼生はフ出し始め、初フ出がみられた日にはすでに匍匐稚貝へ移行しているものもみられた。フ出が終了してから2～3日で20～30%のフ出幼生が稚貝へ移行し、その後6～7日間はほとんど幼生が稚貝へ移行するものがなく、残りの幼生が稚貝へ移行した。試験期間中の共喰いによる斃死が多く、早いものではフ出がすべて完了した3日目より稚貝どうし、また、稚貝が幼生を捕食しているのも観察され、ベリジャー収容数の6.8～20.0%であった。

また、干死が20.7～21.1%と多い試験区もあり、共喰いおよび干死以外による斃死は各試験区とも0.9～2.2%と同程度であった。

考 察

海水濃度による卵の発生については、比重にして1.020程度以上であれば、卵ノウ内の卵に与える影響は少なく、濃度による卵の発生の遅速は少ないと考えられ、発生も順調に進み、産卵後15～16日積算温度にして35.0°C程度で正常なベリジャー幼生としてフ出する。それ以下の濃度では、濃度によっては多少卵の初期発生もするものもあるであろうが、いずれ卵は膨張壊死をおこし、濃度の低いほど卵の膨張壊死をおこす期間が短くなると考える。

浮游期の幼生については、比重にして1.015程度以上であれば、幼生は正常にフ出し、同日に採苗した数種の卵を共試したにもかかわらず、卵の発生が進み、フ出するまでの期間(前述)および最初

のフ出がみられてからすべての幼生がフ出し終るまでのフ出期間（1～3日）の個体差は少ないと考えられ、濃度による差違はみられない。

ベリジャー幼生の浮游期間が最初のフ出が始まってから13～14日積算温度330℃前後と長期にわたったが、幼生も正常に匍匐稚貝へ移行し、濃度による浮游期間の差違はみられなかった。なお、浮游期間の長さについては後述する。共喰いによる斃死が多く、これは稚貝へ移行する期間の遅速があり、成長差ができ多くおこったものと考えられ、また干死も多くみられたが、これらは収容水槽に起因したものとするが、海水の濃度が影響をおよぼしたと考えられる斃死はない。1015を下廻れば、濃度の低下度と幼生の生残時期は比例すると考えられるが、幼生のフ出時期になると幼生がフ出できるように卵ノウの上部横に裂け目を生じるので、フ出した幼生はもちろんのこと、フ出時期の卵ノウ内のベリジャー幼生にもフ出した幼生同様影響を強く及ぼす。

実験Ⅱ 卵の発生および浮游幼生におよぼすアンモニア濃度の影響

材 料 と 方 法

塩化アンモニウム添加海水、分析用試薬の塩化アンモニウムを110℃で乾燥し、デシケーターで放冷後535gを精秤し、これを純水に溶解して200mlとした。この溶液を急速口過海水で稀釈して10ℓとするとこの海水のアンモニア-N濃度は、海水のもつ濃度プラス10.000 $\mu\text{g-at}/\ell$ となる。この海水を急速口過海水で稀釈して用いた⁴⁾。

供試した卵およびフ出寸前の幼生ならびに飼育方法は前実験と同様である。

結 果 と 考 察

実験結果表2のとおりである。

卵の発生については、100 $\mu\text{g-at}/\ell$ 添加海水のアンモニア-N濃度では、卵の発生は順調にみられる。添加のない試験区は産卵後16～17日積算温度3577～3824℃で、50 $\mu\text{g-at}/\ell$ 添加区は18日407.2℃100 $\mu\text{g-at}/\ell$ 添加区は18～20日407.2～456.6℃で、収容したすべての幼生がフ出したが、100 $\mu\text{g-at}/\ell$ 添加以下のアンモニア-N濃度では、濃度が濃くなるにしたがって産卵からフ出までの期間が長くなる傾向がみられ、アンモニア-N濃度が濃くなれば卵の発生が遅れるものと考えられる。

100 $\mu\text{g-at}/\ell$ 添加区ではフ出した幼生の29%が、フ出が始ってから2日目に斃死したが、50 $\mu\text{g-at}/\ell$ のアンモニア-N濃度以下では幼生の斃死はみられなく、卵の発生については安全圏である。1000 $\mu\text{g-at}/\ell$ 添加区および5000 $\mu\text{g-at}/\ell$ 添加区では、卵の発生はまったくみられず、いずれも斃死して白濁する。

表2 アンモニア濃度による卵発生および浮游幼生の影響

卵～フ化

	13日 289.1(°C)	16日 357.7(°C)	17日 382.4(°C)	18日 407.2(°C)	20日 456.6(°C)	備考 卵ノウ 数 卵粒数
原海水		} 初フ化	フ化完了			11 338
〃+50mg	} 卵発生進む			フ化完了		11 371
〃+100				初フ化	フ化完了 Velier 29% 斃死	11 434
〃+1,000	} 卵発生 みられず			} 卵白濁		11 451
〃+5,000						10 456

フ化～匍匐

	1日 25.8(°C)	2日 51.2(°C)	4日 104.9(°C)	8日 213.5(°C)	11日 296.1(°C)	備考
原海水+50mg	} 初フ化		⊙ ⁹⁸ / ₁₁₀ ⊕ ¹ ⊖ ¹ 1.8	⊙ ³³ / ₁₁₀ ⊕ ¹⁵ ⊖ ³	生存稚貝 64.6(%) 干死 30.0 共喰い 4.6 その他死 0.9	3 110
+100		フ化完了 Veliger 正常	⊙ ⁹⁷ / ₁₁₀ ⊕ ² ⊖ ¹ 1	⊙ ²¹ / ₁₁₀ ⊕ ² ⊖ ¹ 1 死 ³⁹	生存稚貝 0.9 干死 1.8 共喰い 1.8 その他死 96.4	3 110
+1,000		Veliger 軟体部萎縮		全個体斃死	生存稚貝 0	3 109
+5,000		初フ化	游出 Veli 46% → 萎縮 卵ノウ中 Veli → 斃死	全個体斃死		生存稚貝 0

浮游幼生については、100 μg-at/l 添加以下のアンモニア-N濃度では、フ出期間は1～2日積算温度 25.8～51.2°Cで正常なベリジャー幼生としてフ出する。しかし、対照区の無添加区は幼生のフ出がみられてから多くは9日より匍匐稚貝へ移行し、13日 35.1.9°Cですべての幼生が底生へ移行した。50 μg 添加区では8日以後に底生へ移行する幼生が多く、フ出がみられだしてから11日 296.1°Cですべての幼生が匍匐稚貝へ移行した。

100 μg-at/l 添加区では幼生は正常にフ出するが、4日目より斃死がみられだし、8日以後斃死が増し、11日 296.1°Cで底生へ移行した生存稚貝は1個体のみであった。1,000 μg-at/l 添加区では、1日で軟体部が萎縮したまゝでフ出するが、6日より斃死がみられだし、8日には全個体斃死した。5,000 μg-at/l 添加区では、フ出したものは軟体部が萎縮状態で、4日までにすべて斃死し、卵ノウ内のフ出しない幼生は2日ですべて斃死した。稀釈海水のアンモニア-N濃度が極めて微量であれば、卵の発生および浮游幼生に対する影響濃度は100 μg-at/l 程度以上にあると考えられる。

一般に水族館などにおいて魚貝類が健全に飼育されるアンモニア-N量は7～14 μg-at/l とされて³⁾おり、また水槽飼育アコヤガイの健全な発育濃度は10 μg-at/l 以下⁴⁾であったとしている。こ

これらの濃度に比べれば、バイの卵発生および浮游幼生の影響濃度は高く、かなりアンモニア-N濃度に対しては強いものと考えられるが、大久保・大久保（1962）のウニ類、二枚貝類の発生に対する影響濃度⁵⁾に比べかなり下廻っている。

実験Ⅲ 浮游幼生の収容密度の違いによる幼生～匍匐稚貝の生存率

材 料 と 方 法

急速口過海水/ℓをシャーレ（径2.2cm、高さ5cm）に満たし、同日にフ出したペリジャー幼生を10、50、100、250、500個あて収容し、ガラス管にて150cc/分程度の送気をおこない、幼生がすべて匍匐稚貝へ移行し終るまで、飼育経過を観察した。

なお、その間換水をおこなわなかった。

結 果 と 考 察

実験結果は表3のとおりである。

表3 浮游幼生の密度と稚貝の生存率

	1日 26.8°C	4日 108.6°C	8日 219.5°C	9日 247.4°C
10 (ケ/ℓ)		Ⓧ ¹⁰ /10	Ⓧ ¹ /10	生存稚貝 100%
50		Ⓧ ³⁸ /50 Ⓧ ¹	Ⓧ ⁷ /50 Ⓧ ² Ⓧ ¹	生存稚貝 94 共喰い 4 その他の斃死 2
100	Ⓧ ⁹³ /100 ⊕ ²	Ⓧ ⁵⁸ /100 ⊕ ¹⁴ Ⓧ ¹	Ⓧ ⁰ /100 ⊕ ²⁸ Ⓧ ¹¹ Ⓧ ¹	生存稚貝 60 共喰い 11 干死 28 その他の死 1
250	Ⓧ ²⁴ /250 ⊕ ³	Ⓧ ¹⁹ /250 ⊕ ¹⁸ Ⓧ ¹⁰ Ⓧ ²	Ⓧ ³ /250 ⊕ ⁴⁷ Ⓧ ²⁶ Ⓧ ²	生存稚貝 70.0 共喰い 10.4 干死 18.8 その他の死 0.8
500	Ⓧ ⁴⁹² /500	Ⓧ ⁴⁰⁴ /500 ⊕ ²⁹ Ⓧ ⁷ Ⓧ ²	Ⓧ ⁷ /500 ⊕ ¹⁵⁷ Ⓧ ⁹⁴	生存稚貝 49.8 共喰い 18.8 干死 31.4 その他の死 0

各試験区とも幼生の浮游期間が長く、50、100ケ/ℓ区では8日積算温度219.5°C、10、250、500ケ/ℓ区は9日247.4°Cで匍匐稚貝へ移行した。500ケ/ℓ以内では密度差によるものと考えられる幼生の斃死はみられず、死貝は共喰い、干死、その他不明によるものであった。

共喰いは稚貝が稚貝を、稚貝が幼生を捕食するのが観察され、共喰いによる斃死は50ケ/ℓ区以

上でみられ、100ケ/ℓ区以上で11.0～18.8%とその割合は急増し、密度が高くなるにつれて斃死する割合が多くなる傾向がみられる。

これは、幼生の浮游期間が長く、フ出した幼生の底性～移行した稚貝は摂餌活動をおこなうが、他に餌となるものが皆無のため、稚貝とおしの共喰いもさることながら、実験水槽の深さも浅いため幼生が捕食される機会が多く、共喰いによる斃死が多くみられたと考えられる。干死はすべて匍匐稚貝であり、100ケ/ℓ区以上にみられ28.0～31.4%これは、実験水槽の深さが浅いため高率となったと考えられ、その他の不明斃死は、50、100、250ケ/ℓ区にみられ0.0～2%であった。

種苗生産にあたっては、フ出した幼生数はかなり高密度に出現し、それにともない匍匐稚貝も出現するが、この実験結果では実験水槽が浅く、そのため共喰い干死による斃死が多かったと考えられるが、10ケ/ℓと50ケ/ℓ区では共喰い干死による斃死はほとんどなかったことをみれば、餌の不足した場合浮游幼生数50～100ケ/ℓの間に共喰い、干死による斃死の影響がみられてくる密度の範囲と考える。

実験Ⅳ 飼育水の攪拌の程度による幼生の浮游期間について

材 料 と 方 法

供試ベリジャー幼生は実験に入る当日にフ出したものを使用し、各実験区を設定した容器に33ケ/ℓあて収容した。容器はビーカー（径15cm、高さ22cm）については、急速口過海水を3ℓあて入れ、まったく送気しないもの、径2cmのエアーストーン（丸形）1および2ケにより送気したもの、又あわせてエアーストーン使用するものに黒色のビニール布で包んだものならびにジャーレ（径22cm、高さ5cm）については、急速口過海水を1ℓあて入れ、まったく送気しないもの、ガラス管（幹管外径8.3mm、送気口1.5～2mm）の送気の弱いものと強いものとに分け、各種実験区を設定した。なお、実験4日目にDOの測定をおこなった。

結 果 と 考 察

実験結果は表4のとおりである。

ビーカーの設定区については、送気しない実験区は、フ出幼生がみられてから1日後より匍匐稚貝へ移行するのがみられ、日数を経るにしたがって漸次稚貝へ移ったが、多くは6日で稚貝へ、収容したすべての幼生が稚貝へ移行した経過日数は9日積算温度にして247.9℃であった。

エアーストーン1ケの送気のもの、1日で4割弱が稚貝へ、その後他の幼生も漸次稚貝へ、多くは4日で、すべての幼生が稚貝へ移行し終るのは6日162℃であった。ストーン2ケでは、1日で

4割程度、3日までにはほとんど移行し、最終的には4日107.3℃であった。

表4 収容条件と浮游期間

容器	送気方法	1日 26.7℃	2日 53.2℃	3日 80.1℃	4日 107.3℃	6日 162.0℃	9日 247.9℃	備考	DO	照度
ビーカー (3ℓ)		⓪82/100	⓪78/	⓪55/⊕2	⓪52/⊕2	⓪15/⊕8 ⊕4	⓪0/⊕9 ⊕4	0	86.2	
〃	ストーン 1ケ	⓪63/	⓪34/	⓪27/⊕6	⓪19/⊕6	⓪0/⊕11 ⊕5		50 ^{cc} /分	88.9	
〃	ストーン 2ケ	⓪69/	⓪12/	⓪5/	⓪0/	⊕4		250	89.0	
〃	ストーン 1ケ	⓪24/	⓪12/	⓪1/⊕1	⓪0/	⊕1		170	89.5	} 1/10
〃	ストーン 2ケ	⓪11/	⓪5/	⓪0/	⓪0/	⊕1		520	87.4	
シャーレ (1ℓ)		⓪26/33	⓪22/	⓪21/	⓪21/⊕1	⓪12/⊕2	⓪7/⊕5	0	84.1	
〃	ガラス管 1ケ	⓪29/	⓪19/⊕1	⓪17/⊕3	⓪15/⊕3	⓪13/⊕11	⓪0/⊕16 ⊕8	100	87.9	
〃		⓪14/	⓪14/⊕1	⓪13/⊕1	⓪11/⊕7	⓪2/⊕8	⓪0/⊕13	650	87.7	

他の実験区に比べ、照度が $\frac{1}{10}$ の黒色ビニール布でおった実験区のストーン1ケの送気では1日で7割強が稚貝へ、3日でほとんど移行した。2ケでは1日で9割弱と大多数は稚貝へ、3日まで移行してしまつた。シャーレの設定区については、送気しない実験区では、1日より稚貝へ移るがその後日数を経るにしたがつて漸次稚貝へ、すべての幼生が稚貝へ移行し終るが10日275.5℃であった。ガラス管による送気区では、すべての幼生が稚貝へ移行し終るのは9日247.9℃であった。なお、幼生を収容後4日目に各実験区のDO飽和度を測定したが、各実験区とも84.1～89.5%と大きな差がみられなくて、送気しないシャーレ区がわずか少ない程度であった。このことは送気によって酸素の補給はほとんどないといつてもよく、DO飽和度による浮游期間の差違はみられない。

送気していない実験区と送気1ケによる実験区を比べてみると、ビーカー設定区では、多くの幼生(8～9割)が稚貝へ移行した経過日数は2日送気が早く、収容したすべての幼生が稚貝へ移行した日数には3日の差がみられた。シャーレ設定区では、すべての幼生が稚貝へ移行した日数に1日の差が生じている。同じ1ケの送気している各実験区を対比してみると、同じシャーレの場合、送気量が6.5倍の差が生じているにもかかわらず、過半数の幼生が稚貝へ移行した日数に2日の差がみられるが、すべての幼生が稚貝へ移行し終った日数には9日を用した。この実験区とビーカー設定区の場合を比べてみると、送気量としてはシャーレ設定区の $\frac{1}{5}$ 、 $\frac{1}{3}$ にもかかわらず、幼生の過半数が稚貝へ移行した日数には2～4日ビーカー設定区が早く、すべての幼生が稚貝へ移行し終る日数には3日の差を生じている。

又、ビーカー設定区の2ケ送気分については、同じ設定区のストーン1ケ分とでは、多くの幼生が稚貝へ移行する日数に2日の差を生じ、すべての幼生が稚貝へ移行し終るのも2日早い。

シャーレ送気650cc/分設定区とを比べてみると、送気量が5/18にもかかわらず、多くの幼生が稚貝へ移った日数は4日ビーカー設定区が早く、すべての幼生が稚貝へ移行した日数には5日の差を生じている。このことは、実際、実験中の浮游幼生の動きからみれば、水の攪拌状態は推測でき、シャーレの場合、送気しても底が浅いため、水の攪拌が一部分に限られているが、ビーカーの場合底が深いので水の交流もある程度おこっていることが考えられる。

そして、一般的には、卵発生は卵黄物質の性質および水温、海水比重および海水の擾動などの内外諸要因の影響を受け、また水温、溶存酸素量、餌料などの外因条件により、幼生の浮游期間の長短を生じることが考えられるが、この実験の場合、温度条件は同一であり、酸素飽和度もほとんど差がないので、多少、送気量が幼生の浮游期間の長短に影響を与えているであろうが、直接には、二次的に起る水の攪拌する程度によって浮游期間を大きく左右すると考える。

なお、ほとんどの幼生が匍匐稚貝へ移った日、ビーカー設定区では4日目シャーレ設定区では9日目の各設定区の殻長組成(表5)と幼生の浮游期の長短を対比してみると、餌としては皆無の状態にあるにもかかわらず、浮游期間と殻長の大きさに相関が強いことは、卵ノウからフ出後の浮游期間中および底性移行直後の稚貝まで、体内の栄養物質を吸収しながら成長するものと考えられ、即幼生の浮游期が稚貝の成長に影響していることが解る。

照度の $\frac{1}{10}$ 設定区(表6)については、同じビーカーのストーン設定区と比較してみると2日程度の差がみられ、低照度の場合、幼生の浮游期間が短くなる傾向がみられる。

表5 成 長

実験区	殻長の巾	平均値	日数
ビーカー 送気量 0 cc/分	0.85~1.10 (mm)	0.940 (mm)	4 日目
〃 ストーン 1ヶ 50	0.85~1.10	0.975	〃
〃 2 250	0.90~1.10	1.015	〃
〃 1 170	0.90~1.10	1.005	〃
〃 2 520	1.00~1.15	1.058	〃
シャーレ 0	0.90~1.10	0.950	9 日
〃 100	0.90~1.35	1.006	〃
〃 650	0.95~1.05	1.082	〃

表6 照 度

時間	9:00	11:00	13:00	15:00	18:00
照度 lux	50	65	70	55	50

要 約

種苗生産の過程において、卵発生および浮游幼生に関する問題が多く残っており、その中の4項目について実験をおこなった。

1. 海水濃度の影響については、比重にして1.020程度以上であれば卵発生も順調に進み、産卵後15～16日積算温度にして35.0℃程度で正常なベリジャー幼生としてフ出し、卵の発生に与える影響は少ない。

浮游期の幼生については、比重にして1.015程度以上であれば、幼生は正常にフ出し匍匐稚貝へ移行する。

また、海水濃度差による卵発生の大きな遅速はみられなかった。

2. アンモニア-N濃度の影響については、卵発生および浮游幼生に対する影響濃度は100 $\mu\text{g-at}/\ell$ 程度以上であり、この濃度以内では、アンモニア-N濃度が卵発生の遅速に影響を及ぼす傾向がみられる。
3. 500 $\text{ケ}/\ell$ のベリジャー幼生の収容密度差による幼生～匍匐直後の稚貝へ与える影響については、浮游期では影響を及ぼさない。

餌の不足した場合、浮游幼生数50～100 $\text{ケ}/\ell$ の収容範囲に、稚貝の共喰い影響が大きく現われてくる密度である。

4. 飼育水の攪拌の程度による幼生の浮游期間については、水の攪拌が充分おこなわれている実験水槽では、多くの幼生(8～9割)が稚貝へ移行するのは2～3日、充分でない水槽では4～6日、まったく攪拌のない場合は6～10日であり、飼育水の攪拌の程度の強いものほど幼生の浮游期間が短かく、稚貝へ移行後の成長も速い。

文 献

- 1) 猪野 俊, 1950: バイの生活史及びその増殖方法、水産動物の研究、(1)11～24、日本出版株式会社
- 2) 網尾 勝, 1963: 海産腹足類の比較発生学ならびに生態学的研究 水産大学校研究報告 第2巻 第2、3号
- 3) 佐伯有常, 1958: 魚貝類の循環炉過式飼育法の研究、基礎理論と装置設計基準 日水誌 Vol23、No.2
- 4) 桑名幸正・西飯 保・和田克彦, 1970: アコヤガイの生理機能におよぼすアンモニアの影響について、国立真珠研報 15
- 5) 大久保勝夫・大久保孝子, 1962: 水質汚濁の生物学的判定法の研究、ウニ類および斧足類の卵発生期を利用する生物試験法について 東海区水研報 32

初期餌料に関する研究*

稚貝の大きな減耗は、底生匍匐期から30日前後経過するまでの間にあるが、とくに匍匐初期における減耗は、餌付き、餌の栄養価値にもかなり影響されると思われるので、比較的入手し易い餌料を与えて、稚貝の餌に対する嗜好性、成長、生存率を比較検討して、稚貝の種苗生産に有効な餌料を見出すため試験を行なった。

I 稚貝の餌に対する嗜好性および餌の種類による成長・生存率について

梶川 晃

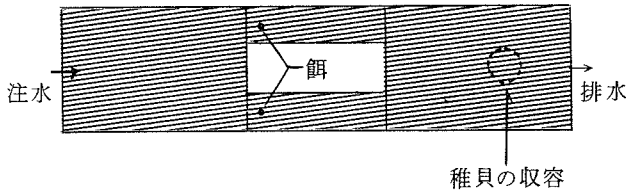
1 餌の種類と稚貝の嗜好性について

従来、稚貝の餌料としては、多量に安価に入手できるということで、ヒレグロを使用してきたが餌の種類による稚貝の嗜好性と、稚貝の发育段階による嗜好性の変化について試験した。

材 料 と 方 法

試 験 装 置

図Aのようにトロ箱(47×35×15cm)2個を用意し、その間に2つの溝(40×5×10cm)をわらし、装置の内側に0.8mm厚のビニール布を密着させて、水がもれないようにして、装置全体に少し傾斜をつけて、水がゆるやかに流れるようにした。両方の溝に水が等量に流れるよう、上のトロ



図A

箱の側板中央付近に注水口を設け、急速濾過した海水を7.5 l/min流れるようにした。

試験は一方の溝の上端に対照としてヒレグロを置き、他方の溝に供試餌料を置いて、下方のトロ箱の中央に稚貝を入れて、

30分後にそれぞれの溝にい集した稚貝を計数した。

また、1回の試験が終了すれば、前の残餌を洗い流して、臭いが残らないよう30分間流水で洗って、その後次の試験を行なった。

供試した稚貝

稚貝はその発育段階による餌の嗜好性の変化も考えられるので、次の3段階のものを供試した。

第1回：7月26日に殻長0.9～1.2 mm、平均1.0 mmのもの約6,000個。試験時の水温25.1℃、比重1.0251。

第2回：7月27日に殻長1.2～2.9 mm、平均1.7 mmのもの1,028個。試験時の水温24.9℃、比重1.0253。

第3回：7月29日に殻長3.5～7.0 mm、平均4.6 mmのもの200個。試験時の水温24.5℃、比重1.0247。

供試した餌料の種類

餌料の種類はヒレグロ（対照）、エビ、イタヤガイ、イタヤガイに油脂を添加したもの、サバ肝臓の5種で、それぞれミンチにかけたものを30メッシュの網に包んで供試し、ヒレグロに対する稚貝のい集度をみた。

なお、油脂を使用したのは、稚貝が強い臭いによく集することと油脂の添加によって稚貝の成長・歩留がよくなると考えたためで、油脂は油焼けしないものを選んだが、魚油が入手できなかったので大豆油を使用した。

結 果

試験の結果は表1のとおりである。

第1回

餌に対する稚貝のい集度は、エビがヒレグロの2倍と最もよく、ついで、イタヤガイがヒレグロよりも多少多い程度、イタヤガイ+油脂はヒレグロより少なく、サバ肝臓ではヒレグロの40%程度であった。

第2回

エビへのい集度が最も多くヒレグロの2倍、ついでサバ肝臓の2倍、イタヤガイ+油脂の2倍の順で、イタヤガイがヒレグロより多少多い程度であった。

第3回

エビに最も多くい集し、ヒレグロの8倍、イタヤガイ+油脂の3倍、イタヤガイの2倍、サバ肝臓2倍の順である。

上記の経過からみると、どの場合もエビへのい集率は高く、稚貝の発育の段階を追ってい集率も高

くなっている。他の種類では匍匐初期の稚貝は、臭いの強い餌料への集率は低い、発育が進むにつれて、臭いの強い餌料によく集する傾向が認められ、バイ稚貝は嗜好性がかなり強い。

表 1 嗜好性試験

(1回目)

(2回目)

餌種類	試験時間	稚貝収容数	蛸集稚貝数	蛸集率(%)	
				I	II
イタヤガイ	7.26 11:00 ~11:30	約 6,000 ケ	Aケ 235/187 ケ	111.8 (%)	7.03 (%)
エビ	13:40 ~14:10	〃	285/127	200.0	6.87
イタヤガイ + oil	14:40 ~15:10	〃	112/141	88.9	4.22
サバ肝臓	15:35 ~16:05	〃	50/144	39.1	3.23
ヒレグロ	16:20 ~16:50	〃	D 100/89 F	100.0	3.15

餌種類	試験時間	稚貝収容数	蛸集稚貝数	蛸集率(%)	
				I	II
エビ	7.27 10:45 ~11:15	1,028 ケ	271/80 ケ	206.3	34.14
イタヤガイ	12:05 ~12:35	〃	141/82	104.9	16.3
イタヤガイ + oil	13:40 ~14:10	〃	116/37	191.9	14.88
サバ肝臓	14:45 ~15:50	〃	171/52	200.0	21.69
ヒレグロ	15:50 ~16:20	〃	69/42	100.0	10.80

注) 各種餌料の蛸集数

$$\text{集集率 I} = \frac{\text{各種餌料の蛸集数}}{\text{対照ヒレグロ区の補正蛸集数 C}} \times 100 \text{ (}\%)$$

$$\text{II} = \frac{\text{A+B}}{\text{稚貝収容数}} \times 100 \text{ (}\%)$$

- A: 各種餌種類の稚貝蛸集数
 B: 対照ヒレグロ餌料への稚貝蛸集数
 C: 両溝とも同程度の水量が流れるようにしたが、実際には流水量、流れ出す臭いの量にも差があると思われるので、ヒレグロを餌料としてそれに蛸集した稚貝数より、両溝の蛸集数の補正をした。

例 サバ肝臓区 $C = E \times \frac{F}{D}$

(3回目)

餌種類	試験時間	稚貝収容数	蛸集稚貝数			蛸集率(%)	
			5分	10分	30分	I	II
エビ	7.29 11:20 ~11:50	200 ケ	87/11	105/11	118/9	788.9	59.0
イタヤガイ	13:30 ~14:00	〃	19/2	38/6	48/14	207.1	24.0
イタヤガイ + oil	15:15 ~15:45	〃	21/2	30/3	43/9	288.9	21.5
サバ肝臓	17:30 ~18:00	〃	30/3	51/14	55/16	206.3	27.5
ヒレグロ	10:15 ~10:45	〃	54/23	74/31	81/35	100.0	58.0
ヒレグロ	19:00 ~19:30	〃	3/0	11/7	25/24	100.0	24.5

次に、供試稚貝数に対する餌料にい集した稚貝数の割合をみると、第1回31.5~7.03%、第2回10.08~34.14%、第3回21.5~59.0%であって、稚貝が成長するにつれて、餌に対する探索能力、摂餌の行動範囲も大きくなって行くものと思われる。

なお、第3回試験において30分間に集する稚貝の数を経過時間ごとに計数してみたが、5分間までに0~12.22%、平均4.48%、10分間までに29.17~12.22%、平均7.25%であり、

殻長 5 mm 前後の稚貝では、5 分間で約半数、10 分間では大部分が餌にい集している。

2-1 餌の種類と生存率・成長について

ふ化後約 20 日までの餌の種類と稚貝の生存率・成長の関係について試験を行なった。

材 料 と 方 法

水 槽

この試験に使用した水槽は 0.8 トン容の FRP 水槽 (1.5 × 0.9 × 0.6 m) 5 コと 170 ℓ 容の アクリル水槽 (7.8 × 4.7 × 4.7 cm) 3 コで、稚貝のはい上り干死防止のため、 $\phi 1.3$ mm の塩ビパイプに、2.5 cm 間隔に $\phi 1.5$ mm の穴をあけ、水槽の四周、水面上 2.0 cm のところに棒状に配管した。水槽の底には海岸細粒砂を厚さ約 2 cm 敷いた。

浮游幼生の飼育中は止水とし、底生移行後は上記はい上り防止パイプ棒から、FRP 水槽 (常時貯水量 0.5 トン) は砂濾過海水を 2.2 ℓ/min の割で、アクリル水槽 (常時貯水量 150 ℓ) は生海水を 2.2 ℓ/min の割で注水した。また、通気は、FRP 水槽は 2 カ所、アクリル水槽では 1 カ所で行なった。

餌の種類と給餌

FRP 水槽 (0.8 トン容) : ヒレグロ・エビ・サバ肝臓・イタヤガイ・イタヤガイ+油脂 (p 4-2 参照) の 5 種類

アクリル水槽 (170 ℓ 容) : サバ卵・イタヤガイ・イタヤガイ+Green water の 3 種類

イタヤガイ+Green water は、予め水槽に Green water を繁殖させたもの (収容時藻類個体数 $1.074 \times 10^7 / ml$) に Veliger を収容し、底生移行後餌料としてイタヤガイを与えて試験した。

給餌は、それぞれの餌をミンチにかけて、20 メッシュのサラネットで濾したものを 1 日に 2 回水槽中に均等に撒布して与えた。給餌は 7 月 17 日から 8 月 6 日まで 20 日間与え、毎日の給餌量は、図 1 のとおりである。

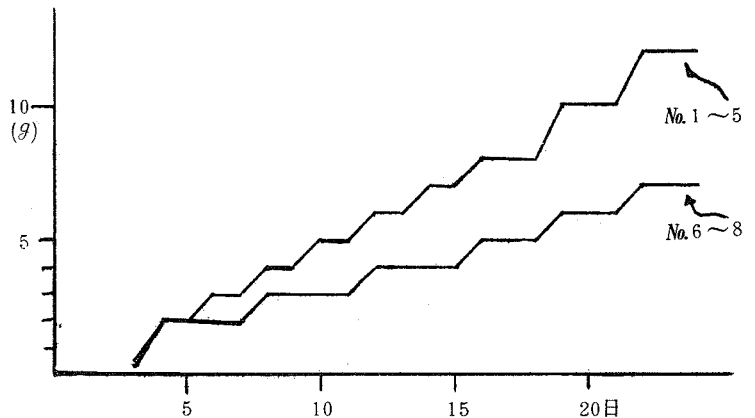


図 1 日間給餌量

供試した Veliger と飼育

7月13日前後にふ化した Veliger を、7月15日に FRP 水槽には各 5,000 個体ずつ、アクリル水槽には 2,000 個体ずつ収容し、Veliger の浮游中は止水とし、底生移行後注水して飼育した。

飼育環境

試験期間中、水温・比重・PH・DO・Nitrite-N を、止水期間中は全水槽について、流水期間中には各水槽間の差は少ないと考えられたので、FRP 水槽・アクリル水槽の各 1 水槽あて測定した。

底砂中の有機炭素含有量（シマコフ法）を試験終了時に測定した。

結 果

飼育の状況

7月15日に Veliger を各水槽に収容したが、幼生の浮游期が長く、収容後5日目の7月19日になっても、各水槽とも5~6個/ℓと幼生収容数の60%近くがまだ浮游しており、翌日になっても、底生へ移行する傾向が認められなかったので、止水飼育から流水飼育にきりかえた。幼生は排水口の網（40メッシュ）にとまり、その後匍匐期へ移行した。

Veliger 収容後4日目にすでに稚貝の貝殻の色が褐色となって、活発に活動するものもみられたが、収容後8日目頃まで、貝殻の色が薄く（アメ色）、成長も遅いと思われる稚貝があり、上述の浮游期の長い幼生が成長したものと考えられる。

このように、浮游期から匍匐期への移行が不揃いであり、早い時期に匍匐期へ移行したものは、止水飼育であって各水槽とも稚貝が側壁をはい上り干死するものが150~200個みられた。

また、幼生収容後7日目頃から、底の砂の上に藻類が繁殖して、ガスの気泡が多くみられ、12日目頃から稚貝の活動がにぶくなって、稚貝の側壁へのそ上も急激に減少した点などから、この時期に大きな減耗があったものと考えられる。

飼育環境

飼育環境は図2のとおりで、止水飼育期間を除いては、試験区間の差はほとんど認められない。水温は21.5~27.4℃と、比重は1.022~1.0255で、PHは止水飼育期間中が大きく、とくに Green water 区では11.07まで上昇しているが、その後は8.05~8.36と経過している。

溶存酸素も止水期間に、とくにGreen water で120%近くになっているが、流水期間中は日によって変動はあるが80~106%であった。

Nitrite-Nも止水期間中、とくにGreen waterで多く4.4 $\mu\text{g-at}/\ell$ あるが、流水以後は0.25~1.35 $\mu\text{g-at}/\ell$ であった。

また、試験終了時における底質の有機炭素含有量は0.80~1.80 mg/g であった。

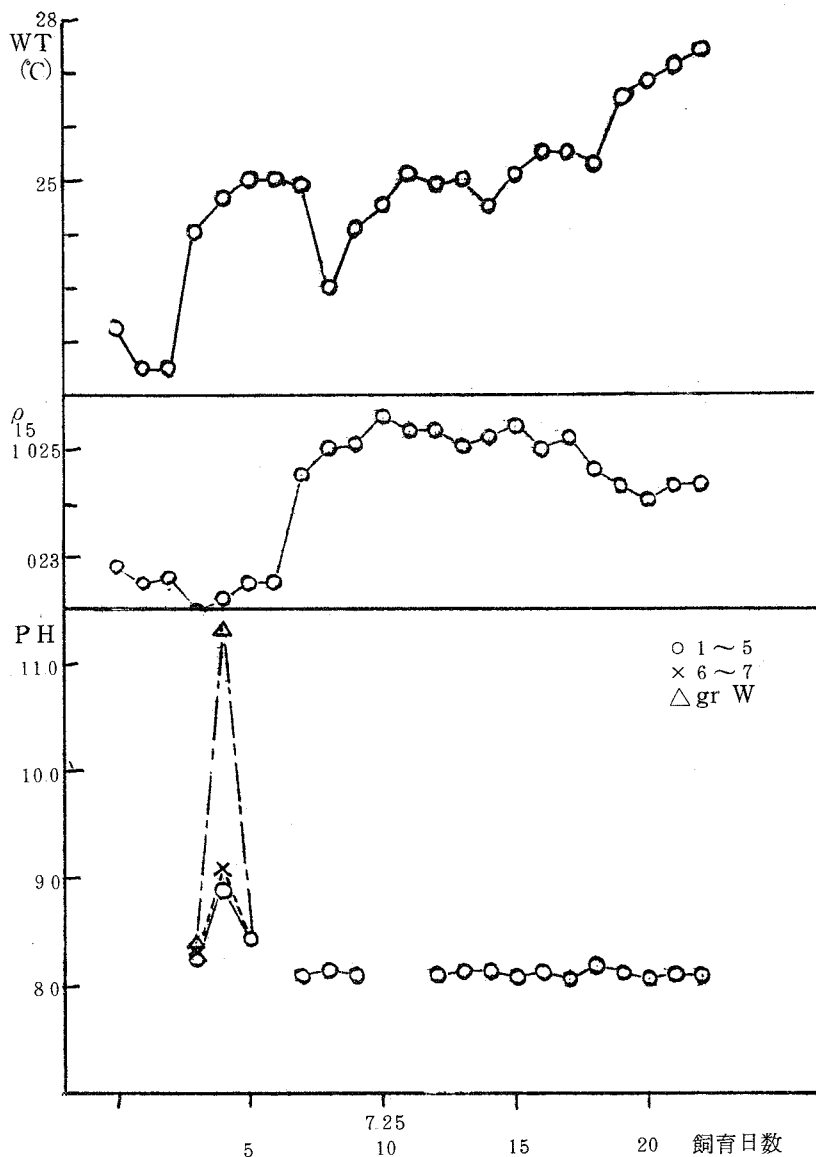


図 2 - 1 飼育期間中の水質環境

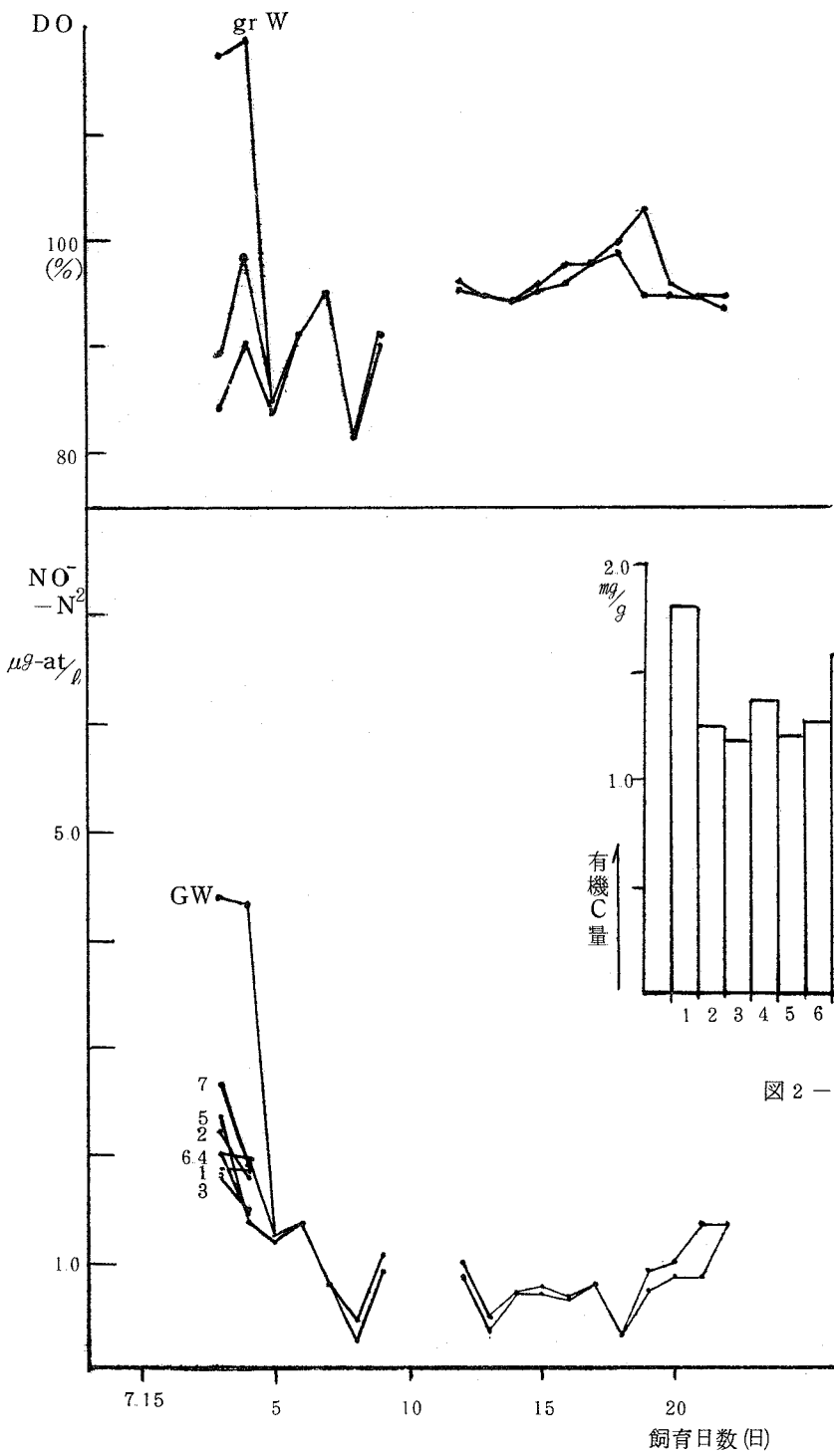


図 2 - 2

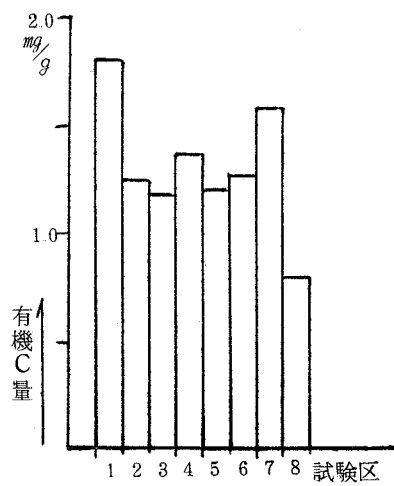


図 2 - 3

生存率

飼育期間 22 日間における結果は表 2 のとおりである。

表 2 餌の種類による稚貝の生存率と成長

試験区	飼育日数	総給餌量	餌種類	飼育水槽	Veliger 収容数	成長 (殻長)	生存数	生存率
1	22 (日)	1446 (g)	イタヤガイ	0.8 トン	5,000 ケ	1.4 ~ 3.5 平均 2.24mm	977 (ケ)	19.54 (%)
2	"	"	ヒレグロ	"	"	1.8 ~ 3.6 1.98	994	19.88
3	"	"	サバ肝臓	"	"	1.4 ~ 3.5 2.27	1,154	23.08
4	"	"	エビ	"	"	1.6 ~ 4.2 2.28	1,874	37.48
5	"	"	イタヤガイ + oil	"	"	1.0 ~ 4.0 2.16	916	18.32
6	22 (日)	904 (g)	イタヤガイ	0.2 トン	2,000 ケ	1.6 ~ 3.7 2.08	354	17.70
7	"	"	サバ卵	"	"	1.6 ~ 3.4 2.26	557	27.85
8	"	"	Green water + イタヤガイ	"	"	1.5 ~ 3.5 1.95	301	15.05

餌種類	稚貝収容数	稚貝の殻長 (mm)		生存貝数	死貝数	生存率
		収容時	終了時			
イタヤガイ	300 (ケ)	2.0 ~ 3.2 平均 2.56 (mm)	2.2 ~ 4.4 3.00	63 ケ	132 ケ	32.31 (%)
ヒレグロ	"	2.0 ~ 3.2 2.47	2.1 ~ 4.2 2.83	59	145	28.92
エビ	"	2.0 ~ 3.2 2.57	2.2 ~ 4.4 3.10	90	111	44.78
イタヤガイ + oil	"	2.0 ~ 3.2 2.54	2.1 ~ 3.8 2.74	52	179	22.51
サバ肝臓	"	2.0 ~ 3.2 2.51	2.1 ~ 5.0 3.14	80	112	41.67

FRP 水槽 (0.8 トン容) の試験区では、エビ 37.48%、サバ肝臓 23.08%、ヒレグロ・イタヤガイ・イタヤガイ+油脂添加 (19.88 ~ 18.32%) の順であった。

アクリル水槽 (170 ℓ容) の試験区では、Veliger の Stage で餌をとるかどうか、とるとすればその後の成長・生残りはどうかという点を見るため Green water で試験したが、予期した結果は得られなかった。

この試験と同時に、Veliger をホールスライドグラスにとり、Green water を添加して、顕微鏡観察をしたが、摂取する様子はみられなかった。

また、Green water の試験区では、前述したように止水期間中の飼育環境が特異であったので、

このような結果となったかも知れない。

成 長

生存した稚貝の殻長組成（図3）をみると、ヒレグロ給餌区を除けば、余り差はみられないが、モードではサバ肝臓区、エビ区が比較的好いようである。ヒレグロはよくなかった。

Green water 区は、歩留も悪かったが、成長もよくなく、殻長1.50～1.75mmで、他の2.0～2.25mmより劣り、上述の飼育環境の影響があったものと考える。

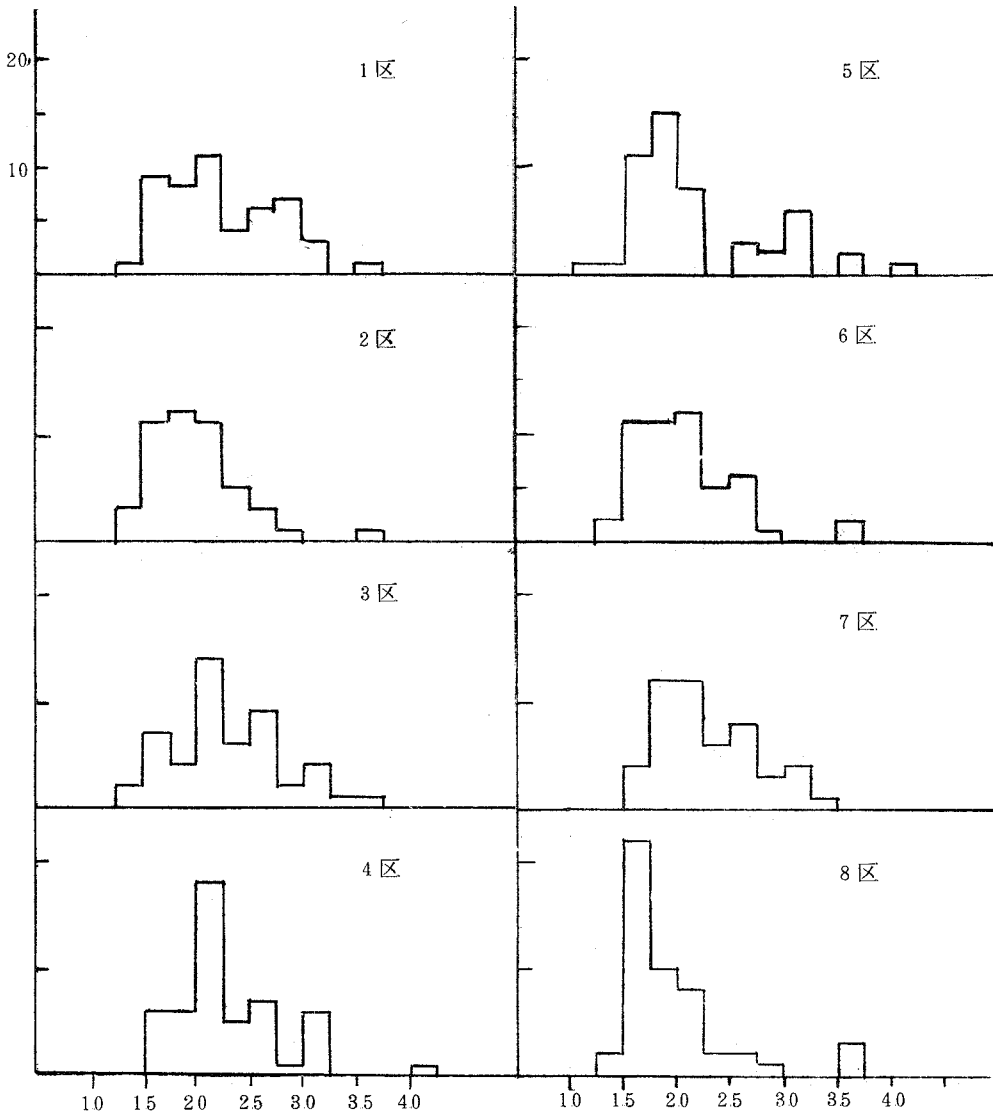


図3 生存貝の殻長組成

2-2 餌の種類別の生存率、成長について

フ化後約20日間の餌の種類別生存率、成長は前述のとおりであるが、20日以後の成長、生存率との関係を検討した。

材 料 と 方 法

1.26トン(2.40×0.75×0.70m)の塩ビ張り木製水槽2個中に、底にビニール布を張り1cm程度細粒砂を敷いた網目30メッシュの網籠(30×25×20cm)を同水位になるように3コと2コに分けつるし、殻長2~3mm程度の稚貝を各々8月10日に300ケづつ収容し8月30日まで20日間飼育した。

注水量は20ℓ/分とし、通気は木製水槽中に3カ所づつおこなったが、稚貝収容後7日目より各網籠中でも1カ所づつゆるやかに通気した。

なお、収容稚貝はあらかじめ前述の初期餌料比較試験に使用した同種類の卵を、別途にヒレグロを餌に飼育し、その中より2~3mm程度の稚貝をより分け供試貝とした。

また、干死を防止するため網籠の水面附近3cm程度にガーゼを張りつけ、常時湿気を含んでいるように時々海水をかけておいた。

給餌は日に朝夕2回1gずつ与え、餌はミンチにかけたものをつぶしより細かくして、籠の底全面に均等になるようにスポイトで散布し、次の給餌前にスポイトで残餌を取りあげた。

飼育期間中の水質環境は水温、比重、PH、DO、Nitrite-Nを朝夕給餌前に水槽の排水口より測定した。

結 果

飼 育 状 況

8月10日に稚貝を収容し、翌日より給餌を開始したが、各給餌区とも収容後6日目より残餌が赤変するのが観察された。

これは、網籠中の水変りが悪くて細菌が繁殖したのではないかと考えられ、この頃に肉が白濁して死んでいる稚貝がかなり見られ、とくに大型の稚貝ほど死んでいる傾向にあった。

そのため、残餌の赤変が観察された翌日には給餌を中止し、水変わりをよくするため各籠中にも、ゆるやかに通気をおこなうようにしたが、その後は残餌の赤変はみられなかった。

8日目頃よりイタヤガイのオイル添加区の稚貝の殻色が黒っぽい茶褐色になったものもかなりみられ、他の餌の給餌区に比べ餌付きが悪く、動きが活発でなく、この状態が以後続いた。

残餌を毎日給餌するまえにスポイトですいあげるようにしたが、完全にとりあげることができなくて残餌が蓄積されていったと考えられ、籠中の砂上のよごれが肉眼的には一番ひどいと思われたのはサブ肝臓給餌区で、次いでイタヤガイのオイル添加区であった。前区は餌付きもよく動きも活発であったが、後区は前述のとおり稚貝の動きも悪かった。他のイタヤガイ、ヒレグロ、エビ、各給餌区とも餌付きはよく、その中でもエビ区が一番良好であった。

飼育期間中の水質環境は図4のとおりである。

水温は日によって多小変化はあり25.1~27.8℃の間を経過し、較差2.6℃であった。

比重1.0239~1.0247と日によって大差はなかった。

PH8.05~8.36の間を経過したが飼育後半に高くなっている。

溶存酸素量、日によってかなり変化があり9.0~9.6%の間を経過した。

Nitvito-N 飼育日数7日の0.35 $\mu\text{g-at}/\text{l}$ をのぞけば日毎の差は小さく0.75~1.40 $\mu\text{g}/\text{l}$ に経過した。

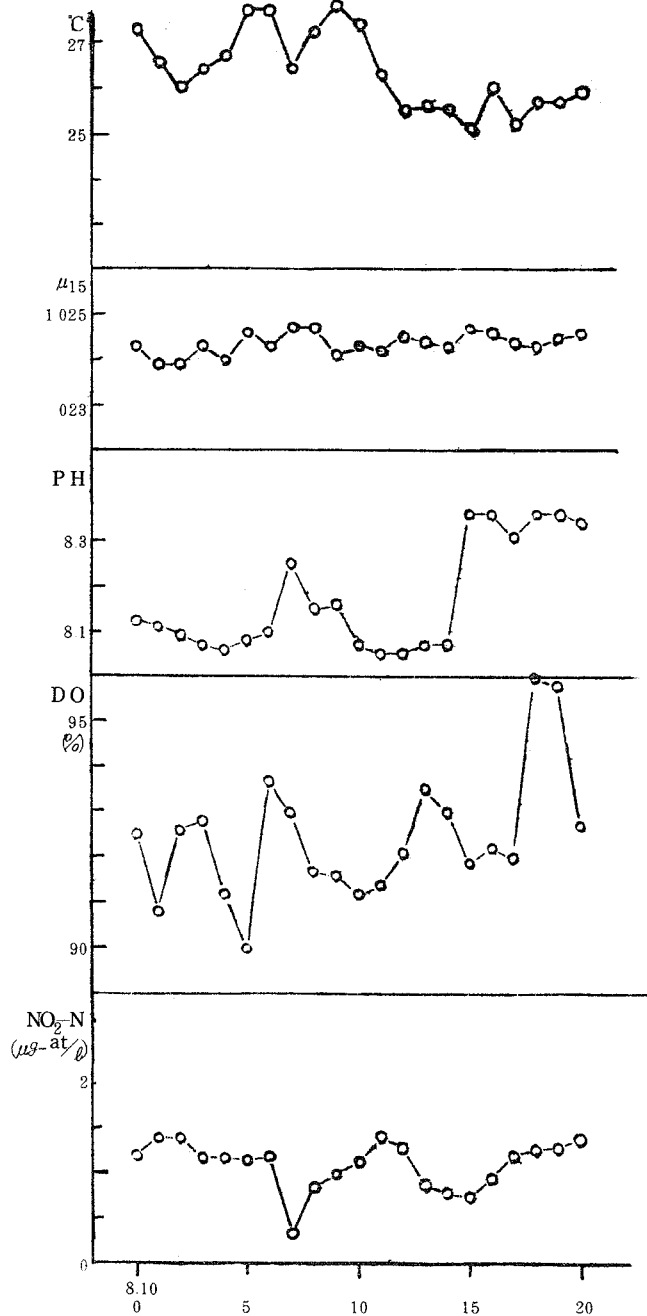


図4 飼育環境

成長、生残り

稚貝收容当初と試験終了時の殻長組成(図5)平均殻長(表2-2)をみると、全体的には成長は悪いが、餌の種類別には最良の給餌区はサバ肝臓区であり、大差はないが次いでエビ区、すこし差があり、イタヤガイ区、それからヒレグロ区、最低がイタヤガイのオイル添加区であった。

全体的に成長が悪かったのは、水変わりが悪く、残餌の赤変の時期に、細菌感染によるものか不明であるが、より大型の稚貝が死亡したためであろう。

歩留りにおいては、各籠に300ヶ当て稚貝を收容したが、表2-2のとおり終了時における生存貝と死貝数をあわせてもかなり收容稚貝数にみえない結果となり各籠とも不明減耗が多く23~30%程度であり、この不明減耗の程度も大差はないので、ここでの歩留りは生存貝数/生存貝数+死貝数×100%とした。

なお、不明減耗の原因は籠の水槽中へつるした位置が低すぎたのか(水面より籠の上端口まで5cm程度)はい上って逃避したのではないかと考えられる。実際に水槽中より稚貝が観察されている。

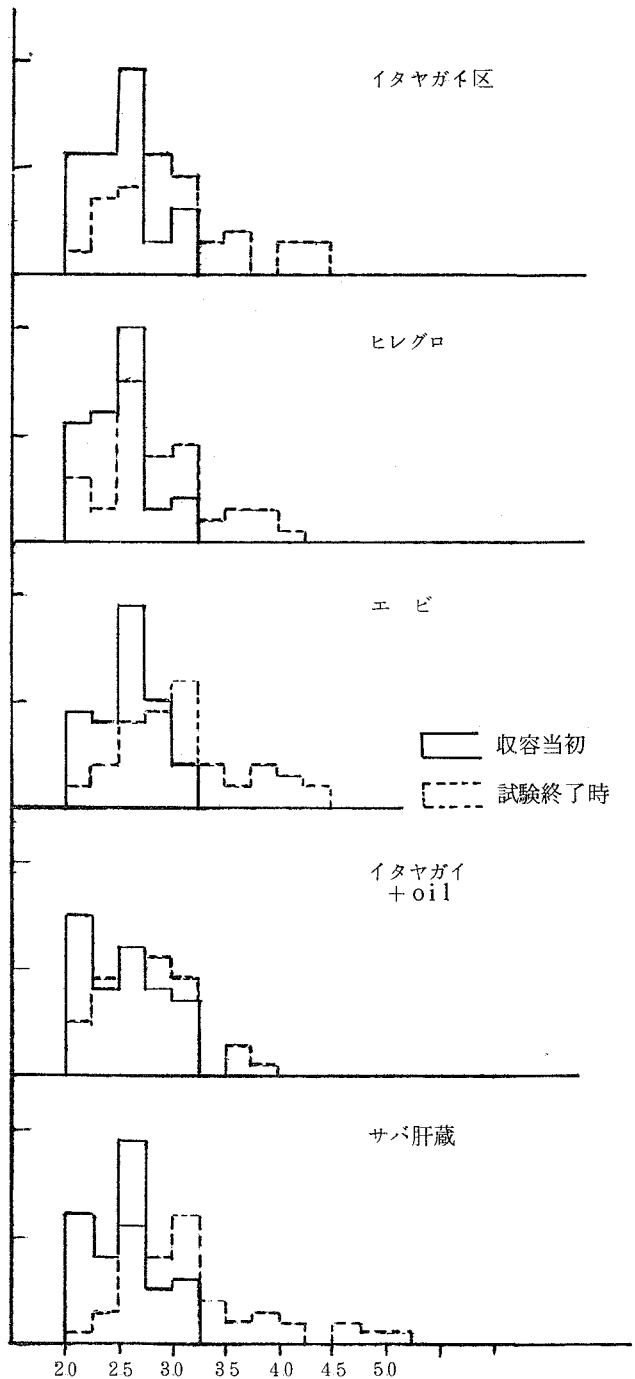


図5 收容当初と終了時の稚貝殻長組成

最もよい結果となったのはエビ給餌区の44.78%、次いで大差はないが41.67%のサバ肝臓区
少し落ちて32.31%のイタヤガイ区、28.92%のヒレグロ区、最低のイタヤガイのオイル添加
は22.51%であった。

なお、イタヤガイのオイル添加区が成長、生存率とも相対的に悪いのは、稚貝の大きさ別の蛸集率
はサバ肝臓区と同傾向を示したにもかかわらず、サバ肝臓区と大差ができ、オイル添加していないイ
タヤガイ給餌区より悪く、また稚貝の殻色の変色等を考えると、餌の油焼けが考えられ、稚貝により影
響を与えなかったものと考えられる。

考 察

浮游期の幼生が餌を摂取するものかどうかの問題については、少なくともGreen water を摂取
した様子を観察できなかった。

バイは、卵ノウよりフ出するまでは、卵ノウ内の栄養物質を摂取して成長する。フ出後、浮游期間
が2~3日²⁾と短いにもかかわらず、浮游期間中にも成長がみられる(初期発生¹⁾の項参照)ことは、
浮游期ベリジャー幼生は体内から栄養を摂取しながら成長するものと考えられる。

ベリジャー幼生の面盤の機能は、幼生の分散性をもつことおよび摂餌にある¹⁾。顕微鏡下では、ベ
ラムの繊毛を活発に動かすのが観察されるが、バイの場合は前述のことからも、浮游期のベリジャー幼
生は餌の摂取は少ないものと考えられる。

そして、アワビ等他の種苗生産に供されている種でも、浮游期間の短いものにおいては、その期間
中餌を与えているものはみられないし、バイについても浮游期間中餌を与える必要はないものと考え
る。

稚貝の蛸集状況をみると、稚貝が成長するにしたがって、餌に対する探索能力、摂餌の行動範囲も
大きくなるが、匍匐直後の稚貝では、餌の種類によって蛸集度は異なるが、蛸集度31.5~70.3%
と少く餌に対する探索能力および摂餌の行動範囲も小さい。

従来、餌をミンチにかけて水槽に均等に撒布する給餌方法は、腐敗残餌の害を少なくするためにお
こなったものであるが、前述の蛸集度また蛸集した稚貝のうち、大多数が10分以内に餌に蛸集するこ
とをみれば、現在おこなっている給餌方法は、なるべく稚貝の近くに餌が与えられて効果的な方法と
考えられる。

また、1回の餌の投与に対して、殻長3mm以上の稚貝では、投餌すれば飽食するまで食し、1日1
回の投餌でもかなりの成長が望める⁵⁾。しかし、減耗の一番大きな時期でもある稚貝初期では、餌を探
索する能力も小さく、稚貝は短時間で餌に集まるが、その集まる度合も小さいことを考えると、現在日
に2回の給餌であるが、稚貝になるべく餌に付かせるためには、1日の給餌回数を増すのも1つの方法
であろうが、残餌等の影響も考慮して、より効果的な給餌方法を開発していく必要がある。

魚類では、より嗜好性の高い餌を与えれば飽食量も向上し、それにともなって成長速度も増す⁷⁾。

バイ稚貝も餌に対する嗜好性が異なり、餌による稚貝の嗜好性と、それらを餌料として飼育した生

存率、成長を比較してみると、蛸集率の最低と最高のものでは生存率は2倍程度の差があり、稚貝のよく蛸集する餌料を与えて飼育したものほど、嗜好性の高い餌を与えるほど生存率・成長もよく、とくに稚貝のエビ肉に対する嗜好性が高く、匍匐初期における稚貝の減耗は、稚貝の餌付きに左右されることを裏付けるものと考えられる。

サバ肝臓給餌区については、生存率はエビ給餌区について良好であったが、フ化後約20日間のエビ給餌区に対する結果より、蛸集の割合も含めた20日以後の結果は増昇し、エビ給餌区に比べ大差はなくなっている。また、20日以後の成長は他の餌料区に比べ一番良好であり、サバ肝臓が栄養的に優れているものと考えられ（栄養価については次項参照）、成長・生存率がとくに稚貝が大きくなるにしたがって、栄養的な影響度は大きくなっていくものと考えられる。

そのため、稚貝の量産化のためには、嗜好性の高い、栄養価の高い餌料で飼育すれば、現在のヒレグロ単一給餌による飼育より生産も上るものと考えられるが、それら餌料の入手し易さ、単価の問題等も考慮して、餌料を混合するとか、それらは今後の問題として残る。

要 約

稚貝初期の減耗は餌付き、餌の栄養価にかなり影響されると考えられたので、簡単に入手できる5種類（エビ、イタヤガイ、ヒレグロ、サバ肝臓、イタヤガイのオイル添加）の餌料を使い、稚貝の嗜好性とその餌料飼育による成長・生存率を検討した。

1. 餌の種類による蛸集率はエビ肉への蛸集率が高く、稚貝のエビ肉に対する蛸集割合は、稚貝が成長するにつれて大きくなる。

匍匐初期の稚貝は臭いの強い餌料への蛸集率は低いが、稚貝の成長にともない臭いの強い餌料によく蛸集する傾向がみられ、餌に対して嗜好性が異なる。

2. 供試稚貝数に対する餌料に蛸集した稚貝数の割合は、匍匐初期稚貝の平均殻長1.0 mmのもの315～703%、1.7 mm 1008～3414、4.6 mm 215～590%と稚貝の成長するにしたがって餌への蛸集率は高くなり、餌に対する探索能力、摂餌の行動範囲も大きくなる。

蛸集した稚貝は大部分10分以内に餌に集まる。

3. 浮游幼生にGreen wate与を与えたが、摂取する様子は観察されなかった。このGW中にて飼育したものは匍匐後の成長、生存率も悪い。
4. フ化後飼育20日間までの生存率、成長は、蛸集性の高い、嗜好性の高い餌料を与えたものほど良好な傾向がみられ、とくに生存率に影響を及ぼし、18.32～37.48%と約2倍の差を生じ、エビ餌料が最も良好であったが、サバ肝臓は蛸集率が低かったにもかかわらず生存率・成長ともエビ餌料についている。
5. 20日以後飼育の結果も蛸集性の高い、嗜好性の高い餌を与えたものほど生存率・成長も良い傾向がみられ、生存率についてはエビ餌料・成長についてはサバ肝臓が最も良かった。
6. 20日以後の飼育中、水の交流が悪く、細菌繁殖によるものと考えられる残餌の赤変がおり、

その時点に多くの稚貝の減耗が観察された。

文 献

- 1) 網尾 勝：海産腹足類の比較発生学ならびに生態学的研究 水産大学校研究報告 第12巻 第2・3号 1963
- 2) 猪野 峻：水産動物の研究 日本出版 (1)11~24 1950
- 3) 梶川 晃：鳥取県水産試験場報告 第10号 1971
- 4) 平木義春他：鳥取県水産試験場報告 第12号 1972
- 5) 梶川 晃：鳥取県水産試験場報告 第14号 1973
- 6) 石渡直典：日本水産学会誌 vol34 No.9 1968
- 7) 橋本芳郎・岡市友利：魚類の栄養と養魚飼料 日本水産資源保護協会出版

II 餌料の粗蛋白量およびアミノ酸組成と稚貝の成長・生存率について*

梶川 晃・山本達雄・佐野 茂

稚貝の減耗は、匍匐初期の餌付きにも左右され、稚貝の嗜好性の高い餌を与えれば成長、とくに生存率の向上がみられたが、餌の栄養価についてもかなり影響されるものと考えられる。

そして、水産動物にとっても成長、生命の維持に必須の栄養素である蛋白質は、必須アミノ酸組成によって決定されるといわれているので、稚貝餌料の粗蛋白量およびアミノ酸組成の分析をおこない¹⁾ 栄養価を検討した。

なお、本試験にあたり、アミノ酸の分析をしていただいた鳥取大学農学部生物化学研究室森嶋伊佐夫氏および御指導賜わった鳥取大学農学部伊藤達郎教授に感謝する。

試料および実験方法

試 料

前項の稚貝の嗜好性と成長・生存率についての試験に使用した同種の餌料をミンチにかけ、6ヶ月間凍結保存したものを供試した。

* 昭和47~48年度指定研究、バイ種苗生産 技術研究費による — 73 —

バイ (Babylonia Japonica) : ヒレグロを餌料として飼育した生産種苗 (SL 6 ~ 12 mm 平均 10 mm) の内臓部分を取除いたもの、また小型貝 (SL 3 cm) のものについては、ヒレグロ・アサリを餌料として飼育した生臭の内臓部を除去した可食部のみを供試した。

エビ (Metapeaopsis dalei) : 全長 10 cm 程度の殻のむき身を使用した。

サバ肝臓 (Liver of Scomber Japonicus) : 体長 40 cm 程度の魚体の肝臓部のみ取り出し、血ぬきのため水洗いしたもの。

イタヤガイ (Pecten alticans) : 殻長 10 cm 程度のものを、殻を取除いた軟体部(含内臓)

ヒレグロ (Glyptocephalus stelleri) : 全長 20 cm 程度の魚体全部

分析 方法

水分量および粗蛋白質量

水分については 100°C、10 時間乾燥したものを測定し、粗蛋白質量は、乾燥させたものをマイクロケルダール法により全N量を求め、粗蛋白質量を計算した。

アミノ酸組成

②
蛋白質試料の調製：細片試料に約 10 倍量の水を加え煮沸 3 回、10 倍量のアルコールで 3 回、エーテルで 2 回処理して乾燥後、乳鉢で粉碎して蛋白質試料とした。

②
加水分解：蛋白質試料に 6NHCl を 40 倍量加え、110°C で 24 時間、封管中で加熱分解

②
アミノ酸の定量：イオン交換樹脂 (Amberlite CG-120) カラムを設けたアミノ酸自動分析計 (日立製 KLA-2 型) を用いて定量した。

結 果

水分量および粗蛋白質量

分析結果は表 1 のとおりであり、水分量はサバ肝臓が少なく 63.4%、多いものはエビの 83.7% であった。

乾燥試料の粗蛋白質量はエビが最も多く 84.8%、最も少ないものはサバ肝臓が 41.6% であったが、生肉に換算すれば、粗蛋白質量はサバ肝臓が 15.2% と最も多く、次いでバイ、エビ、最も少ないのがヒレグロであった。

表 1 餌料およびバイの水分量・蛋白質量

	バ SL 3 cm	イ エ	ビ	サバ肝臓	イタヤガイ	ヒレグロ
水分量 (%)	76.9	83.7	63.4	82.2	83.6	
乾燥 粗質 重量 蛋白 (%)	60.3	84.8	41.6	64.6	64.8	
生(換 算)	13.9	13.9	15.2	11.5	10.7	

アミノ酸組成

結果は表2のとおりである。

表2 バイおよび餌料のアミノ酸組成

アミノ酸	バイ		エビ	サバ肝臓	イタヤガイ	ヒレグロ
	SL 3 cm	SL 1 cm				
Alanine	630	651	503	619	480	601
Glycine	383	1081	377	472	671	683
Valine	479	558	524	749	451	612
Leucine	964	883	876	1074	883	931
Isoleucine	454	435	589	591	515	459
Proline	304	563	298	346	315	435
Phenylalanine	385	573	553	636	444	518
Tyrosine	325	183	370	344	354	395
Tryptophan	0.46	1.19	0.80	3.48	0.63	0.39
Serine	385	177	252	248	383	301
Threonine	418	292	330	348	376	378
Cysteine	0.39	0.75	2.09	0.95	1.53	1.63
Methionine	284	1.09	3.49	2.89	2.95	3.59
Arginine	789	576	675	398	5.97	5.50
Histidine	131	258	278	2.87	2.90	1.79
Lysine	699	461	7.87	6.42	7.22	5.55
Aspartic acid	1309	1284	1173	1104	1206	1096
Glutamic acid	1899	1598	1631	1312	1708	1626
NH ₃	0.72	1.13	1.36	0.87	0.85	1.08
Total (%)	9995	9989	9990	9989	9991	9988

バイ (SL 3 cm) および各餌料のアミノ酸組成と、既往の近縁種間のアミノ酸組成には、²⁾³⁾⁴⁾⁵⁾一部を除いて大きな差違はみられない。大きく異なったのは、バイ (SL 3 cm) グリシンとシスチンおよびヒレグロのトリプトファンである。

なお、トリプトファンについては、酸加水分解で破壊されるため、バイおよび各種餌料とも少ない結果となっている。

バイおよび餌料間のアミノ酸組成についてみると、バイの小型貝と稚貝の間ではグリシンに大きな違いがみられ、稚貝に多く含まれるものはグリシン、トリプトファン、シスチン、ヒスチジンであり、

少ないものはチロシン、セリン、メチオニンであり、成長段階によってアミノ酸組成にかなりの相違がみられた。

各餌料の組成を比較してみると、エビは他の餌料に比べアラニン、アルギニンが多く含まれ、プロリンが少ない。サバ肝臓はロイシン、フェニールアラニン、バリンが多く、とくにトリプトファンは他の餌料の3~7倍も多く、シスチン、アルギニン、グルタミン酸が少ない、イタヤガイはセリンが多く、バリンとフェニールアラニンが少ない。ヒレグロはプロリンが多く、イソロイシン、トリプトファン、ヒスチジン、リジンが少ない。

考 察

餌料の栄養価については、パイの必須アミノ酸の種類と要求量は解らないので、水産動物に一般に必須とされているアミノ酸¹⁾についてみると、全卵蛋白質の必須アミノ酸組成を基準とした各種餌料の必須アミノ酸指数では、サバ肝臓が最も高く87.36、次いでエビの84.51であり、餌料中最も低いのがヒレグロの73.83であった。(表3)

表3 パイおよび餌料の必須アミノ酸指数

アミノ酸	全卵蛋白質 ¹⁾ の必須アミノ酸 (%)	パイ		エビ	サバ肝臓	イタヤガイ	ヒレグロ
		SL30mm	SL10mm				
Lysine	6.40	6.99	4.61	7.87	6.42	7.22	5.55
Tryptophan	1.65	0.46	1.19	0.80	3.48	0.63	0.89
Iso leucine	6.60	4.54	4.35	5.89	5.91	5.15	4.59
Leucine	8.80	9.64	8.83	8.76	10.74	8.83	9.31
Valine	7.42	4.79	5.58	5.24	7.49	4.51	6.12
Arginine	6.56	7.89	5.76	6.75	3.98	5.97	5.50
Histidine	2.40	1.31	2.58	2.78	2.87	2.90	1.79
Threonine	4.98	4.18	2.92	3.30	3.48	3.76	3.78
Methionine	5.48	3.23	1.84	5.58	3.84	4.48	5.22
Cysteine							
Phenylalanine	10.08	7.10	7.56	9.23	9.80	7.98	9.13
Tyrosine							
EAAI*		68.75	71.19	84.51	87.36	77.75	73.83

$$*EAA\ Index = \sqrt[n]{\left(\frac{Lys_p}{Lys_s} \times 100\right) \times \dots \times \left(\frac{His_p}{His_s} \times 100\right)}$$

p : パイおよび餌料蛋白質
s : 標準蛋白質 (全卵)
必須アミノ酸の最高は100%とする

あわせて各餌料の粗蛋白質を生餌として換算すれば、サバ肝臓が最もよく、アミノ酸指数と相関を示したが、パイに与えた餌料の中では、サバ肝臓が最も栄養的に優れていたものと考えられる。

前項にて、稚貝初期の生存率は、稚貝の嗜好性の高い餌を与えたものほど良い傾向がみられることを述べた。しかし、サバ肝臓は、とくに匍匐初期の稚貝では蛸集率がエビの $\frac{1}{3}$ 程度にかゝりならず、成長ではエビにも劣らないし、生存率もエビについて良い。また、飼育日数20日程度の稚貝を飼育した結果でも、蛸集率がエビの約 $\frac{1}{4}$ にかゝりならず、成長は餌料中で最も良く、生存率もエビに比べほとんど変わらなく良好であった。このことは、稚貝にとって各餌料中粗蛋白質および必須アミノ酸指数の高いサバ肝臓が、栄養的に優れていたことを裏付けるものである。

又、水産動物に一般的に必須とされているアミノ酸が、パイにも適応されるならば、パイ稚貝は、サバ肝臓を除いて、他の餌料に比べトリプトファン含有率が高く、サバ肝臓はパイ稚貝の約3倍トリプトファンが高いことから、パイは成長段階によってアミノ酸組成は異なるが、とくに稚貝時期にはトリプトファンが必要となるのではなかろうか。

匍匐初期の稚貝では、とくに生存率が餌への嗜好性に左右されるが、飼育日数にして20日程度より、粗蛋白質および必須アミノ酸と、稚貝の生存率・成長が同傾向を示すことから、今後種苗の量産にあたっては、嗜好性の高い餌を与えることもさることながら、併せて栄養価に富む餌を与えれば、より生存率・成長の向上がうかがわれるものと信ずる。

要 約

匍匐初期にも餌の栄養価がかなり影響するが、飼育日数にして20日程度以後は、粗蛋白質および必須アミノ酸指数と稚貝の生存率・成長に相関があり、稚貝へ与えた4種の餌料中最もサバ肝臓が栄養的に優れていた。

又、パイは成長段階によってアミノ酸組成にかなりの相違がみられ、稚貝はサバ肝臓を除いて、トリプトファン含有率が他の餌料に比べ高く、サバ肝臓は稚貝の3倍、他の餌料の4～10倍の含有率であった。

文 献

- 1) 橋本芳郎編：養魚飼料学 恒星社厚生閣版
- 2) 須山三千三他：日本水産学会誌 Vol 31, No. 8, 1965
- 3) 鴻巣章二他：日本水産学会誌 Vol 24, No. 4, 1958
- 4) 鴻巣章二他：日本水産学会誌 Vol 25, No. 2, 1959
- 5) 鴻巣章二他：日本水産学会誌 Vol 21, No. 11, 1956