

種苗生産技術に関する基礎研究（メバル）

的場 達人・太刀山 透

メバルは一本釣りや遊漁で漁獲され、瀬戸内海では養殖も行なわれている。本県では平成5年度からメバルの種苗生産技術開発に取り組んでおり、これまで水槽内での自然産仔により大量の孵出仔魚が得られること、孵出直後からワムシ、アルテミアを摂餌すること等が確認されたが、仔魚は飼育初期に急激にへい死するため稚魚の生産までには至っていない。

へい死の原因としては、飼育水温が2月に8～9℃まで低下することや、ワムシの培養水温（28℃）と仔魚飼育水温（8～15℃）との差が大きく、良好な状態での給餌が困難であったこと、またヒーターによる加温だけでは、昼夜の水温変動が大きかったことが考えられた。

そこで、本年度は初期飼育時の水温変動が仔魚の生残に及ぼす影響について検討した。またワムシ給餌方法を改善するとともに、天然親魚からの採仔も試みた。

方 法

1. 親魚養成と産仔

親魚は、平成8年1月11日に福岡市西区西浦地先で釣獲したメバルのうち腹部が膨満した8尾で、1t黒パンライト水槽で流水飼育を行った。飼育中は毎朝、水温を測定し、1日に2回冷凍アミを投餌して、夕方には残餌等の底掃除を行った。

親魚の産仔時には、2lビーカーを用いて水槽内の12ヶ所をランダムにサンプリングし、その中の仔魚を計数することで総産仔数を推定した。その後、仔魚が傷つかないように、バケツで仔魚飼育槽に移槽した。

また天然親魚から採仔をするため平成8年2月24日に糸島郡志摩町芥屋で釣獲した腹部が膨満した親1尾を同様の採仔水槽に収容した。

2. 加温飼育試験Ⅰ

8年2月5日に産出された仔魚28,000尾のうち、5,000尾ずつの3区にわけて加温飼育試験を行なった。

ウォーターバス試験区は、図1に示したように、外側の1t水槽は止水とし1kwヒーターで加温し、内側の0.5t仔魚飼育槽も1kwヒーターで13℃に設定した。

ヒーター試験区は、1kwヒーターで13℃に設定し、対照の自然水温区は無加温とした。

3試験区の仔魚飼育槽は、0.5t黒パンライト水槽にカバーをかけて保温、1日に2回転の微流水とし、9時、13時、17時に各水槽の水温を測定した。

初期餌料のS型シオミズツボワムシ（以下ワムシと略記）は、スーパーカプセルを添加し、水温20℃で3～12時間の栄養強化を行なった。これを朝、夕2回、飼育水1ccあたり10個体になるように与えた。投餌の際、栄養強化槽と仔魚飼育槽との水温差がないように配慮した。

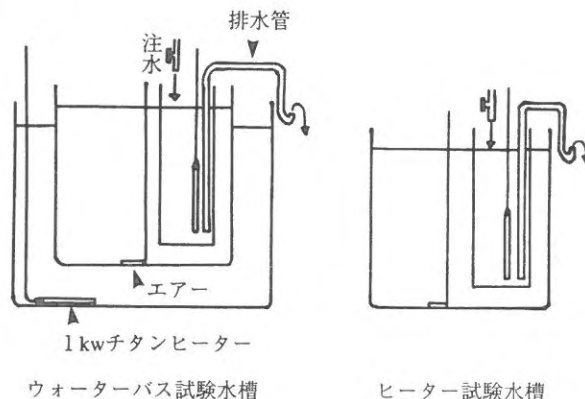


図1 仔魚飼育槽の模式図

3. 加温飼育試験Ⅱ

仔魚に及ぼす水温変動の影響を知るために、インキューベーター内で予め水温11℃に設定した2個の2lビーカー（A、B区）に、8年2月25日に産出された仔魚を20尾ずつ収容した。通気は極微量とし、1日置きにインキューベーター内の別の2lビーカーにスポイトで仔魚を移した。給餌は朝夕2回、飼育水1ccに10個体の割合でワムシを与えた。

また、飼育水温の比較のため同日に産出された仔魚2,000尾を、同密度になるように200lのウォーターバス式水槽に収容し、1日に2回転の微流水飼育を行なった。

餌料は朝夕2回、飼育水1ccに10個体の割合でワムシを与えた。

結 果

1. 採仔結果

養成した親魚の全長は 21.4 ± 1.2 cm, 体重は 159.3 ± 24.3 gであった。1～3月の水温は、8～12℃で推移した。親魚8尾は全て、水温が最も低下した2月2日～2月9日(水温8.1～8.9℃)に産仔した。産仔数は表1に示したように合計157,000尾で、親魚1尾あたりの産仔数は約2万尾であった。またそれぞれの親魚は1回づつ産仔した。

2月24日に採取した親魚は、全長23.5cm, 体重230gと1月採取群より大型で、腹部が膨満しており、翌日には25,000尾の仔魚を産仔した。水温は9.6℃であった。

表1 親魚の産仔結果

産 仔 年 月 日	産仔時の水温	産 仔 数
飼育親魚		
平成8年2月2日	8.9℃	40,000
2月3日	8.1℃	34,000
2月5日	8.5℃	28,000
2月6日	8.8℃	26,000
2月9日	8.5℃	29,000
天然親魚		
2月25日	9.6℃	25,000

2. 加温飼育試験Ⅰ

飼育期間中、日間水温変動の最大値は図2に示すように、ウォーターバス区で1.8℃、ヒーター区でも2.3℃であった。自然水温区の日間の水温変動は1℃以内であったが、期間中の水温は7.2～8.8℃で、天然メバルの生息海域の水温と比較して約4℃低めで推移した。

自然水温区及びヒーター区の仔魚は、産出後3日で全てへい死し、ウォーターバス区の仔魚も4日目には25%まで減耗し、9日目までに全てへい死した。

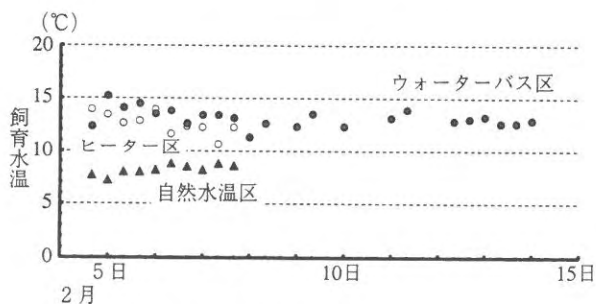


図2 加温飼育試験Ⅰの水温

3. 加温飼育試験Ⅱ

恒温化が目的のピーカーA区の水温は図3に示すように、11℃前後で推移したが、4日目の朝に2℃低下し、昼に2℃上昇したが、この時、仔魚数は図4に示すように約40%減少した。7日目には1.7℃低下後、翌日までに2℃上昇した際に、仔魚数は15%減少、14日目までに全てへい死した。

ピーカーB区の水温は7日目まで11℃で安定していたが、この日に3℃低下した。生残率は6日目まで80%であったが、水温が低下した7日目に15%まで減少し、16日目までに全てへい死した。

ヒーター試験区の水温は、1日目に1.7℃上昇後、2日目に1.6℃降下し、20%弱の仔魚がへい死した。8日目には約60%が、11日目に全てへい死した。

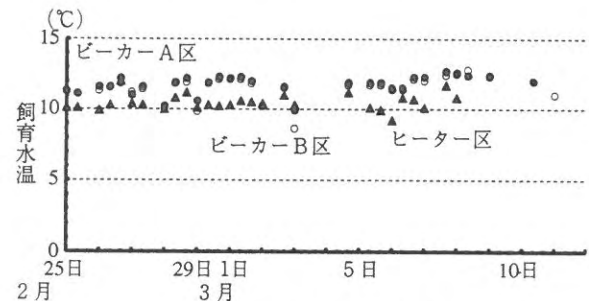


図3 加温飼育試験Ⅱの水温

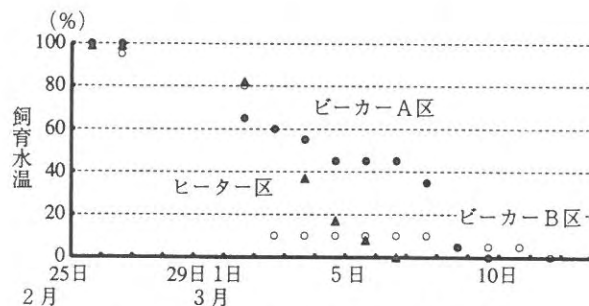


図4 加温飼育試験Ⅱの生残率の推移

考 察

1月に腹部が膨満した親を採取し冷凍アミを与えることで、1月間の養成で採仔ができ、また、2月に採取した親でも、採取直後に産仔させることが可能になった。

しかし、初期飼育時のへい死は改善できず、その要因を明らかにすることが急務である。

今回、ピーカーA区は2℃の変化があった4日目に、ピーカーB区でも水温が3℃低下した7日目に、急激にへい死したことから、水温変動が初期飼育時の生残に影響を与えたものと考えられる。また筑前海研究所の2月時の

水温は外海と比較して4℃程度低く、7℃まで低下するため、仔稚魚の飼育水は加温する必要があると考えられる。

文 献

- 1) 的場達人・太刀山透・篠原直哉：種苗生産技術に関する基礎研究（メバル），福岡県水産海洋技術センター事業報告，1－2（1995）

地域特産種量産放流技術開発事業

(1) サザエの種苗生産放流技術開発調査

太刀山 透・篠原 直哉・的場 達人

本年度は、種苗量産技術開発として、4月及び5月の早期採卵試験並びにより小型サイズでの放流試験を実施した。

I. 種苗量産技術開発

1. 早期採卵技術

殻高10mm以下のサザエは低水温では成長が停滞し、活力及び生残率の低下が起こる。量産技術の安定化のためには、4～5月に採卵し、サザエの好適水温帯を最大限に利用することにより、低水温期に入る前までにより大きなサイズまで育成し、生残率の向上を図る必要がある。したがって、早期採卵のための親貝養成が重要な課題となっている。

6年度の試験結果から、長期飼育親貝を短期間加温飼育することにより、5月での採卵が可能になり、低水温期での孵化、幼生飼育も加温流水飼育することで可能となっている。ただ、4月での採卵は、5～6月に採取した親貝を翌年1月から複合餌料（珪藻、紅藻）を与えて加温飼育することで可能であったが、採卵量が少なく発生も進まなかった。

そこで今年度は長期飼育貝を用いた4月採卵の技術開発と、短期飼育貝を用いた5月大量採卵の試験を行った。

方 法

1. 生殖腺熟度調査

5年12月17日に採取した親貝について、採取直後の6年1月4日、約1年間飼育後の7年1月9日及びその後約3カ月間加温養成した7年3月31日に生殖腺熟度を調査した。さらに、飼育貝の成熟の変化を天然貝と比較するために、3月31日、7月12日、10月18日及び翌年1月9日に、漁場から採取した直後のサザエも調査した。生殖腺熟度は、親貝を25分間煮沸後、軟体部を取り出し、網尾¹⁾及び山本²⁾の方法により胃盲嚢部直後を切断した後、切断部の全体面積と生殖腺面積を測定し、以下に示した式により指数として求めた。

$$\text{生殖腺熟度指数} = \frac{\text{生殖腺の面積}}{\text{切断部全体の面積}} \times 100$$

2. 5月採卵試験

供試した親貝の養成概要を表1に示した。I区は平成5年12月に、II区は7年2月8日に採取したもので、I区は雌のみ100個を1月9日から、II区は雄雌あわせて253個を2月8日から養成した。餌料は両区とも付着珪藻を主体としたがマクサ・ツルツル等の紅藻類も給餌した。加温養成時には温度調節が可能な1トンの循環水槽を用い、水質の悪化を防ぐために1日2回転になるよう

表1 5月採卵試験用親貝の養成概要

試験区	飼育期間	採取年月日	個数(個)	養成開始日
I	長期	5年12月	♀ 100	7年1月9日
II	短期	7年2月28日	♂♀ 253	7年2月8日

に新水を注水した。飼育水温は、図1に示したように、1月9日の15℃から段階的にあげ、採卵時には22℃とした。対照貝とした自然水温での飼育は1トンの角形水槽を用いて流水飼育とした。

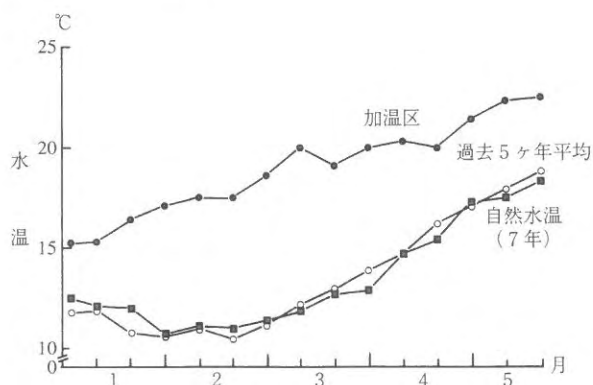


図1 飼育水温の推移

採卵は4月5日から行い、誘発刺激として、採卵前夜に飼育水の冷却及び止水を行い、翌日にあらかじめ昇温した紫外線照射海水を注水する方法を併用した。

3. 4月採卵試験

供試した親貝は5年12月に糸島郡芥屋地先で採取した

もので、表2に示したように、Ⅰ～Ⅲ区は雌のみを、Ⅳ区は雄のみを選別して用いた。養成飼育の温度条件としてはⅠ、Ⅲ、Ⅳ区は加温飼育、Ⅱ区は自然水温で飼育した。餌料条件としては、Ⅰ、Ⅱ、Ⅳ区には付着珪藻を主体としてマクサ、ツルツル等の紅藻類を、Ⅲ区には乾燥コンブを単独で与えた。

表2 4月採卵試験用親貝の養成概要

試験区	採取 年月日	養成条件 水温 飼料	養成数 (個)	養成 開始日
Ⅰ	5年12月	加温 付着珪藻, 紅藻	♀ 50	7年1月9日
Ⅱ	〃	無加温 付着珪藻, 紅藻	♀ 50	〃
Ⅲ	〃	加温 乾燥コンブ	♀ 50	〃
Ⅳ	〃	加温 付着珪藻, 紅藻	♂ 50	〃

加温養成時には温度調節が可能な1トンの循環水槽を用い、水質の悪化を防ぐために1日2回転の換水とした。加温区の飼育水温は15℃から段階的にあげ、採卵時には22℃とした。無加温区の自然水温での飼育は1トンの角形水槽を用いて流水飼育とした。採卵誘発方法は4月採卵試験と同じである。

結果及び考察

5月採卵試験は5月11日～24日に計3回行った。採卵結果を表3に示したが、Ⅰ区（長期飼育貝）、Ⅱ区（短

期飼育貝）ともに毎回放卵した。総採卵量は長期飼育貝が13,120千個、短期飼育貝が6,960千個で、試験期間を通して各回ともⅠ区の採卵量がⅡ区より多かった。

表3 5月採卵試験の結果（長期：Ⅰ区、短期Ⅱ区）

採卵 月日	飼育 期間	親貝数 (個)	水 温					採卵量 (千個)
			飼育	止水	昇温1	昇温2	昇温3	
5月11日	長期	♀	67	22.0	17.1	20.0	26.2	4,300
	短期	♀♂	160	22.0	17.1	20.0	26.2	860
5月17日	長期	♀	71	22.0	17.0	20.0	26.5	2,750
	短期	♀♂	127	22.0	17.0	20.0	26.5	860
5月24日	長期	♀	63	22.0	17.6	19.7	25.6	6,070
	短期	♀♂	122	22.0	17.6	19.7	25.6	5,240
計 (延べ)	長期	♀	201	—	—	—	—	13,120
	短期	♀♂	409	—	—	—	—	6,960

4月採卵試験は4月5～25日に計4回行った。採卵結果は表4に示した。Ⅰ区は試験期間を通じて放卵がみられ、平均反応率は16%、総採卵量は3,240千個であり、Ⅲ区は4月25日を除く各回で放卵し、平均反応率は10%、総採卵量は5,270千個であった。また、無加温のⅡ区では試験期間を通じてまったく反応がみられなかったことから、4月採卵においても加温飼育の有効性が確認された。一方、異なる餌料を用いて加温飼育したⅠ区、Ⅲ区では平均反応率、総採卵量とも大きな差はなかった。こ

表4 4月採卵試験の結果

採卵月日	試験区	親貝数 (個)	水 温 (℃)				反応個数 (個)	反応率 (%)	採卵量 (千個)
			飼育	止水	昇温1	昇温2			
4月5日	Ⅰ	♀ 33	19.4	16.9	21.4	23.0	8	24.2	170
	Ⅱ	♀ 37	12.9	10.6	16.0	17.7	0	0	0
	Ⅲ	♀ 41	19.4	16.9	21.4	23.0	6	14.6	970
	Ⅳ	♂ 33	19.4	16.9	21.4	23.0	20	60.6	—
4月11日	Ⅰ	♀ 33	20.6	16.0	20.0	23.0	5	15.2	1,370
	Ⅱ	♀ 36	14.0	12.6	18.0	20.5	0	0	0
	Ⅲ	♀ 40	20.6	16.0	20.0	23.0	9	22.5	4,180
	Ⅳ	♂ 33	20.6	16.0	20.0	23.0	18	54.5	—
4月19日	Ⅰ	♀ 33	20.8	17.1	21.1	23.2	2	6.1	670
	Ⅱ	♀ 36	15.5	14.8	16.8	18.0	0	0	0
	Ⅲ	♀ 40	20.8	17.1	21.1	23.2	1	2.5	120
	Ⅳ	♂ 25	20.8	17.1	21.1	23.2	7	28.0	—
4月25日	Ⅰ	♀ 35	19.0	16.0	19.9	23.0	7	20.0	1,030
	Ⅱ	♀ 36	15.3	14.6	16.2	16.5	0	0	0
	Ⅲ	♀ 40	19.0	16.0	19.9	23.0	0	0	0
	Ⅳ	♂ 24	19.0	16.0	19.9	23.0	12	50.0	—
計	Ⅰ	♀ 134	—	—	—	—	22	16.4	3,240
	Ⅱ	♀ 145	—	—	—	—	0	0	0
	Ⅲ	♀ 161	—	—	—	—	16	9.9	5,270
	Ⅳ	♂ 115	—	—	—	—	57	49.6	—

表5 6年度及び7年度の親貝飼育期間及び加温養成期間と採卵状況

年度	採取年月	飼育期間	加温養成 開始日	加温養成 期 間	採卵年月日 () 内採卵回数	採 卵 状 況		
						親貝数(個)	反応率(%)	採卵量(千個)
6年度	4年12月	13ヶ月	6年1月4日	3ヶ月	6年4月5日 (1回)	(♀) 50	58.3	624
	4年12月	16ヶ月	6年4月18日	1ヶ月	6年5月2～20日 (3回)	(♀) 126	18.3	6,200
	5年12月	5ヶ月	6年4月18日	1ヶ月	6年5月2～20日 (3回)	(♀♂) 113	18.6	87
7年度	5年12月	13ヶ月	7年1月9日	3ヶ月	7年4月5～25日 (4回)	(♀) 134	16.4	3,240
	5年12月	13ヶ月	7年1月9日	5ヶ月	7年5月11～24日 (3回)	(♀) 201	—	13,120
	7年2月	—	7年2月8日	3ヶ月	7年5月11～24日 (3回)	(♀♂) 409	—	6,960

れは約1年間の長期飼育により養成開始時に既に高い生殖腺熟度を維持していたことによるものと考えられ、飼育管理、餌料の確保が容易な乾燥コンブでも長期(1年間)飼育貝を用い、加温飼育することにより、4月の採卵は可能である。しかし、反応率が低く採卵の安定化には至っていない。

6, 7年度の採卵試験で得られた結果を表5に、それらをもとに、5月及び4月での採卵に必要な親貝の飼育期間及び加温養成期間を図2に整理した。5月での採卵は、長期飼育貝を約1ヶ月間加温養成するか、採取直後の貝を約3ヶ月間加温養成することで、4月採卵は長期(約1年間)飼育貝を約3ヶ月間加温養成することで可能であった。特に5月での採卵では1,000万個規模で卵を得ており、5月での大量採卵は可能となった。

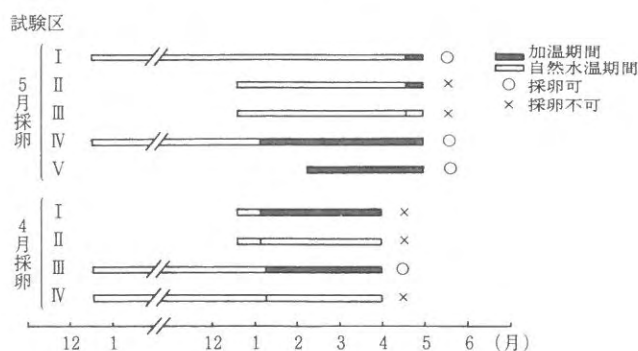


図2 早期採卵のための親貝養成法

一方、天然サザエの生殖腺熟度指数の季節変化をみると、夏季にピークを示し、秋期に急速に減退する。そして翌年3, 4月頃から急速に回復し始める³⁾。山田ら⁴⁾は今回と同様に生殖腺熟度指数を指標としたサザエの成熟状況を調査しており、島根県沿岸サザエの成熟ピークは6～7月で、指数は75.6～77.9を示すと報告している。

他方、今回約1年間飼育したサザエの生殖腺熟度指数は、図3に示したように、加温養成を開始する1月時点で70.2と同時期の天然貝の13.7に比べ極めて高い値であり、7月の天然貝の63.7、あるいは島根県の6～7月の

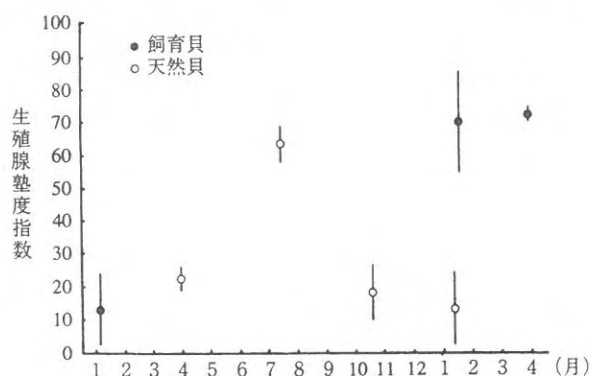


図3 サザエの生殖腺熟度指数

天然貝(75.6～77.9)と同水準である。

このように、水槽内で飼育したサザエは天然域のものと異なる生殖腺熟度指数を示している。その要因の一つとして、夏季の自然放卵が抑制されて高い生殖腺熟度を維持していたことが推測される。和歌山県も飼育貝の生殖腺熟度指数の推移から飼育による放卵抑制を示唆している⁵⁾。夏季の放卵抑制が1月の高い熟度維持の要因とすれば、抑制効果が発現する飼育期間を把握することにより、今回必要と考えられた1年間の飼育期間は短縮できる可能性がある。

一方、長期飼育により生殖腺が養成開始時の1月や採卵直前に高い熟度を示していても、加温養成を行わないと採卵できないのは、長期飼育により卵を量的に維持することができるものの、質的には未成熟な段階であったことが予測される。すなわち長期飼育することで夏季の放卵が抑制されたまま卵が維持され、加温飼育によりその質的な成熟が促進されたため、4, 5月での採卵が可能になったと考えられる。

今回は、主として生殖腺の量的指標である生殖腺熟度指数のみで成熟度を調査したため、組織的な成熟段階の確認には至らなかった。今後、早期採卵の安定化及び効率化を図るために、飼育並びに加温による生殖巣の変化を組織学的に調査し、最適飼育期間及び加温期間を明らかにしていく計画である。

2. 早期採卵群の孵化、浮遊幼生飼育

早期採卵に伴う低水温期での孵化、浮遊幼生飼育について検討した。

方 法

受精卵は洗卵後、図4に示したような0.5tアルテミア孵化槽内に設置した60 μ mメッシュの円形生簀に収容した。用水は紫外線照射海水で、3l/分の流水飼育とし、チタンヒーターで20℃に加温した。翌日、孵化した幼生は順次サイフォンで同様の設定をした孵化槽に移槽した。移槽の際には水温差が1℃以下になるように留意した。幼生が着底直前になる時期に合わせて、あらかじめ珪藻付けした波板を設置した飼育水槽の水温を20℃に加温し、移槽時の急激な水温変化による幼生の減耗を防止した。付着を確認した後は流水飼育とし、以降自然水温で飼育した。

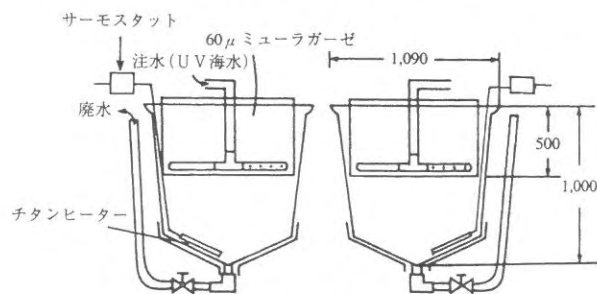


図4 低水温期の浮遊幼生飼育槽

結果及び考察

孵化及び幼生飼育の結果は表6に示した。孵化率は4月11日採卵群が47%と低いものの、以後は76~96%と高い結果となった。浮遊幼生の生残率は、4月11~5月11日の採卵群は72.4~84.3%と高かったが、5月24日の採卵群は48.8%と低い結果となった。その要因として、5月24日採卵群の収容卵数が11,310個、孵化幼生数は8,900個で、5月11日採卵群（幼生残率；72.4%）に比べて収容密度が約2.2倍と高かったことが考えられた。

表6 孵化及び幼生飼育の結果

採卵年月	採卵量 (千個)	孵化率 (%)	浮遊幼生 の生残率 (%)	収 容 幼生数 (千個)	2ヶ月後* の生残率 (%)
4月11日	5,550	47.2	84.3	450	12.4
4月19日	790	96.2	80.3	300	33.2
4月25日	1,030	93.2	76.3	300	10.9
5月11日	5,160	76.0	72.4	300	11.9
5月24日	11,310	78.5	48.8	300	3.1

*孵化幼生からの生残率

また、2ヶ月後の付着率も、5月11日採卵群の11.9%に比べて、5月24日採卵群は3.1%と低い結果となった。

このように、低水温期の幼生飼育は加温流水飼育により可能であるが、今後、幼生飼育のための適正な収容卵数を把握し、付着稚貝数の安定化を図る必要がある。

3. 付着板飼育

早期採卵群の稚貝の成長及び生残率を検討した。

方 法

4月11日及び5月24日採卵群から得た付着直前の幼生を、30万個/tの密度で、波板を設置した水槽にそれぞれ収容した。以降、殻高を15日毎に、生残率を1ヶ月毎に測定し、採卵時期別の成長及び生残率を比較した。

結果及び考察

両群及び5年の通常採卵群の成長を図5に示した。4月、5月の採卵群とも同様の成長傾向を示し、4月採卵群の10月11日の剥離時での平均殻高は 6.6 ± 1.3 mm、5月採卵群の10月6日の剥離時でのそれは 4.8 ± 1.4 mmであり、5年7月27日の通常採卵群での同時期の平均殻高 1.7 ± 0.3 mmに比べ良好な成長がみられた。

剥離時における収容幼生からの生残率は、4月採卵群が4.7%、5月採卵群が4.3%で差は認められなかった。

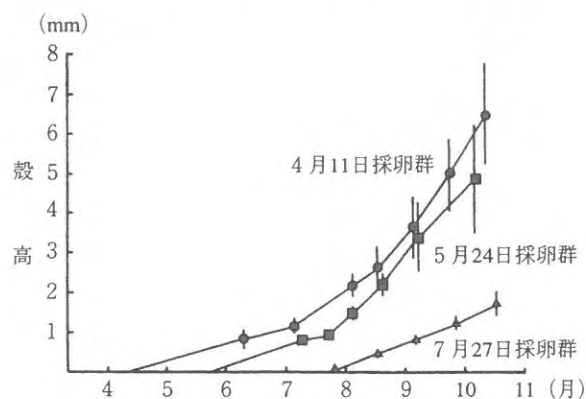


図5 採卵月別の稚貝の成長

4. 大量種苗生産試験

大量生産技術の開発及び放流試験用種苗の確保を目的とした。

方 法

用いた受精卵は、5月24日に筑前海研究所で採卵したものを、6月9日~8月2日（計5回）に栽培漁業公社で採卵されたもので、同公社において通常の方法で量産試験を行った。

表7 栽培漁業公社における大量種苗生産試験結果

採卵月日	親貝数 (個)	反応個数 (個)	反応率 (%)	採卵量 (千個)	孵化幼生数 (千個)	孵化率 (%)	1ヶ月後		剥離時	
							生残数 (千個)	生残率* (%)	生残数 (千個)	生残率* (%)
5月24日	筑前海研究所採卵群			8,000	4,480	56.0	490	10.9	150	3.3
6月9日	325	56	17.2	7,840	1,800	30.0	50	2.8	—	—
6月14日	320	53	16.6	4,350	680	15.6	—	—	—	—
6月23日	310	72	23.2	7,200	3,100	43.1	260	8.4	250	3.0
7月12日	324	52	16.0	12,870	5,100	39.6	650	12.7		
8月2日	286	146	51.0	43,000	8,000	18.6	1,050	13.1	550	6.9
計	1,565	379	24.2	83,260	23,160	27.8	2,500	10.8	950	4.6

※孵化幼生からの生残率

結果及び考察

種苗生産結果を表7に示した。公社採卵群の平均反応率は24.2%で、筑前海研究所採卵群を含め83,260千個の受精卵を得た。孵化幼生数は23,160千個で、平均孵化率は27.8%であった。孵化幼生からの1ヶ月後の平均付着率は10.8%で、合計2,500千個の付着稚貝を得た。10月6～12日に剥離を行い、殻高2.3～6.6mmの稚貝950千個を得た。

Ⅱ. 中間育成技術開発

1. 餌料別平面飼育試験

配合とアラメ及びマクサは6年の餌料試験で成長と生残が良い傾向が認められたこと、ホンダワラ幼葉は7年度の調査で天然域ではホンダワラ類の基部に多くサザエの稚貝が発見されたことから、これらの餌料を用い、平面飼育時の最適餌料を検討した。

方 法

供試貝は、筑前海研究所で7年4月11日に採卵した群のうち平均殻高6.5±1.3mmのサザエで、飼育方法は、1.5mmメッシュの網で作成した48×86×45cmの垂下式カゴに2,000個ずつ収容し、シャワー方式による流水飼育とした。付着器は2cm幅に輪切りにした内径50mmのエンピパイプを100個収容した。10月18日に試験区として、付着珪藻区(45cm×45cmの波板30枚収容)、C社の配合餌料区、アラメ区、マクサ区、ホンダワラ類区の5区を設け、3月までの成長と生残率を比較した。

結果及び考察

餌料種類別の成長は、図6に示したように、試験を終了した8年3月13日で、配合餌料区が殻高9.4±1.5mmで最も良い成長を示し、アラメ区は8.4±1.6mm、付着

珪藻区が8.3±1.3mm、マクサ区が8.1±1.4mmで、成長差はみられなかった。一方、ホンダワラ類区は6.8±1.2mmと成長不良であった。

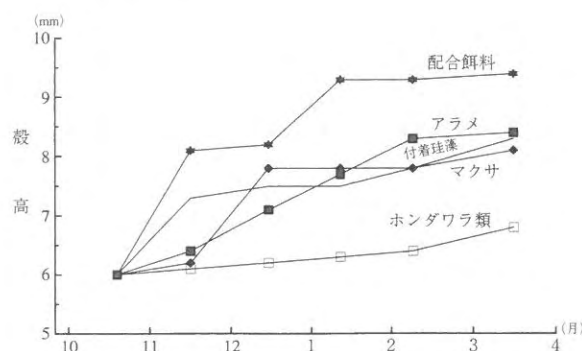


図6 餌料種類別平面飼育試験の成長

餌料種類別の生残率は、図7に示したように、試験を終了した8年3月13日で、アラメ区が96.0%と最も高く、次いで、配合餌料区の91.2%、マクサ区の87.5%の順となった。一方、ホンダワラ類区は44.4%、付着珪藻区は37.9%と前3者に比べ低い値であった。

以上のように成長と生残率からみると、平面飼育時の餌料としては配合餌料が最も有効で、次いでアラメ、マクサとなる。さらに、餌料の大量かつ継続的な確保を考

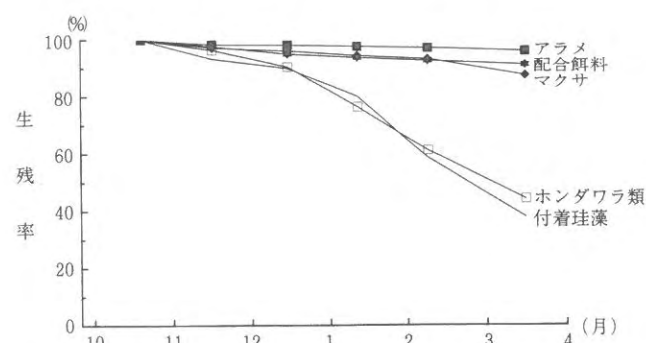


図7 餌料種類別平面飼育試験の生残率

慮すれば、配合餌料またはアラメがサザエの平面飼育に適した餌料と言える。

2. 筑前海研究所と栽培漁業公社での成長及び生残率の比較

殻高10mm以下のサザエは低水温では成長が停滞するが、湾内水を使用している筑前海研究所は、外海水を使用している栽培漁業公社に比べ飼育水温が低い。将来、事業生産に移行した場合は栽培漁業公社が生産機関となることから、栽培漁業公社の外海水での早期採卵群の成長を把握しておく必要がある。

方 法

筑前海研究所で5月24日に採卵した受精卵を、栽培漁業公社に輸送し、筑前海研究所と栽培漁業公社で、付着幼生以降の成長比較を行った。幼生の収容密度は両所とも30万個/tとした。また、剥離は両所とも10月6日に実施した。平面飼育は両所とも48×86×45cmの垂下式カゴに2,000個づつ収容し、餌料は両所で確保が容易な不稔性アオサと配合飼料の併用とした。

結果及び考察

筑前海研究所及び栽培漁業公社の飼育水温は、図8に示したように、福岡湾内水を使用する筑前海研究所の飼育水温が、外海水を使用する栽培漁業公社に比べ、11月以降低くなり12～3月では約2～3℃低かった。

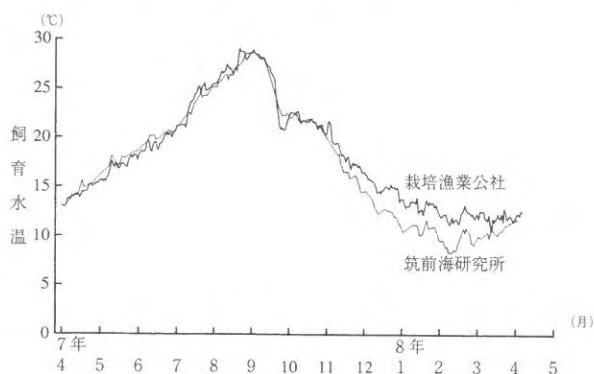


図8 飼育水温の推移

同一採卵群を用いた両機関における成長を、図9に示した。飼育終了の8年3月13日の時点で、筑前海研究所の殻高9.1mmに対し、栽培漁業公社は10.6mmと良好な成長を示し、年度内に殻高10mmまで育成可能であることが明らかとなった。

剥離時における収容幼生からの生残率は栽培漁業公社

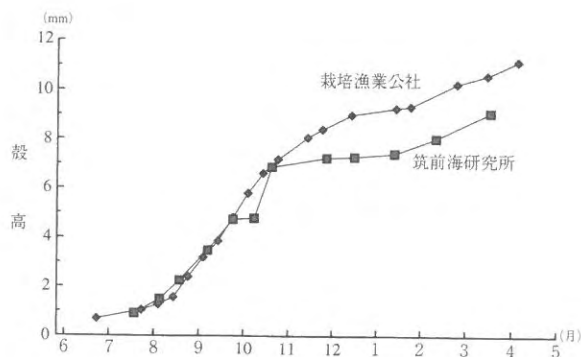


図9 飼育機関別成長の比較

が3.3%、筑前海研究所が4.3%であり、平面飼育期間中の生残率は栽培漁業公社が75.8%、筑前海研究所が89.6%で大きな差はなかった。

3. 採卵時期別成長の比較

栽培漁業公社において、採卵時期別の成長を比較した。

方 法

7年5月24日、6月23日及び8月2日採卵群の受精卵を栽培漁業公社へ輸送し、付着幼生以降の殻高変化を調べた。

結果及び考察

各採卵群の成長は図10に示した。飼育を終了した8年3月31日には、7年5月24日採卵群が 11.2 ± 2.0 mm、6月23日採卵群が 10.7 ± 2.0 mm、8月2日採卵群が 7.0 ± 1.5 mmとなった。5月及び6月採卵群は8月採卵群比べ成長が良好で、年度内に平均殻高が10mmを越えている。しかしながら、5月採卵群でも成長は12月以降鈍っており、今後、餌料や飼育環境の改善を図ることで、放流効果を上げるための生産サイズの大型化が可能であると推測される。

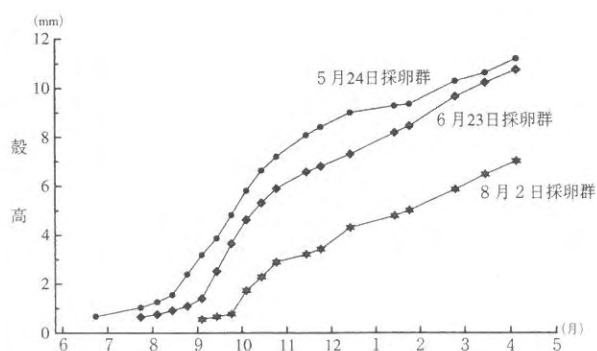


図10 採卵時期別の成長

Ⅲ. 放流技術開発

1. 稚貝調査

サザエ稚貝の生息域の把握を行った。

(1) 稚貝漁場調査

方 法

サザエ稚貝の生息域の概要を把握するために宗像郡大島地先の5漁場（図11）において、7年9月5日に水深0～2m域で研究所職員3名が各30分間潜水し、発見した全てのサザエの殻高を測定した。

結果及び考察

各漁場の環境条件は、表8に示した。北側の二又瀬及び岩瀬はアラメ、ヤナギモク優占域でホンダワラ類が点在する。南側の曽根鼻はアラメ優占域、ヨ瀬はホンダワラ類優占域、東側の黒瀬は海藻量が乏しく有節石灰藻やマクサが点在する。

表8 大島地先の稚貝調査漁場の環境条件

漁 場	方 角	底 質	海 藻
二又瀬	北側	岩礁	アラメ、ヤナギモク優占域にトゲモク、マメダワラが点在
岩 瀬	北側	転石	〃
黒 瀬	東側	岩礁	有節石灰藻、マクサが点在。海藻が乏しい
曽根鼻	南側	岩礁	アラメ優占域
ヨ 瀬	南側	転石	マメダワラ、トゲモク、ジョロモクの優占域

各漁場で採取したサザエの殻高組成を図12に示した。サザエの生息量は曽根鼻が145個、ヨ瀬が134個と多く、二又瀬が87個、岩瀬が61個、黒瀬が14個と少なかった。また、全ての海域で1歳貝である殻高20mm以下の稚貝が認められた。その採取個数は図13に示したように、ヨ瀬が45個と最も多く、次いで二又瀬の25個であった。ヨ瀬はマメダワラ、トゲモク、ジョロモク等が繁茂する海



図11 調査漁場

域で、サザエ稚貝はこれらの海藻の基部に生息していた。また、二又瀬においてもサザエ稚貝は、点在するマメダワラ、トゲモクの基部に生息し、優占種であるアラメやヤナギモクの基部では認められなかった。さらに、曽根鼻、岩瀬においても同様にサザエ稚貝は点在するホンダ

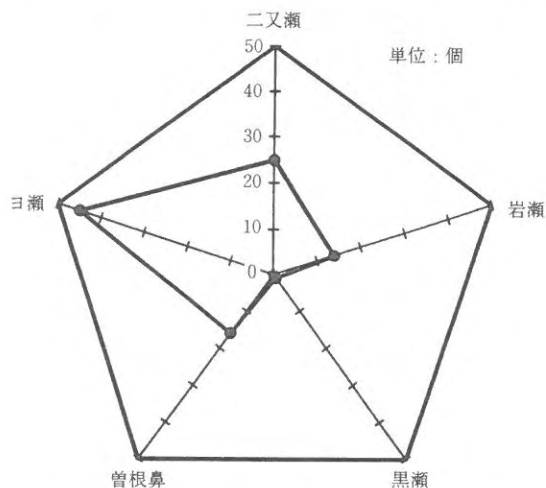


図13 殻高20mm以下のサザエの漁場別採取個数

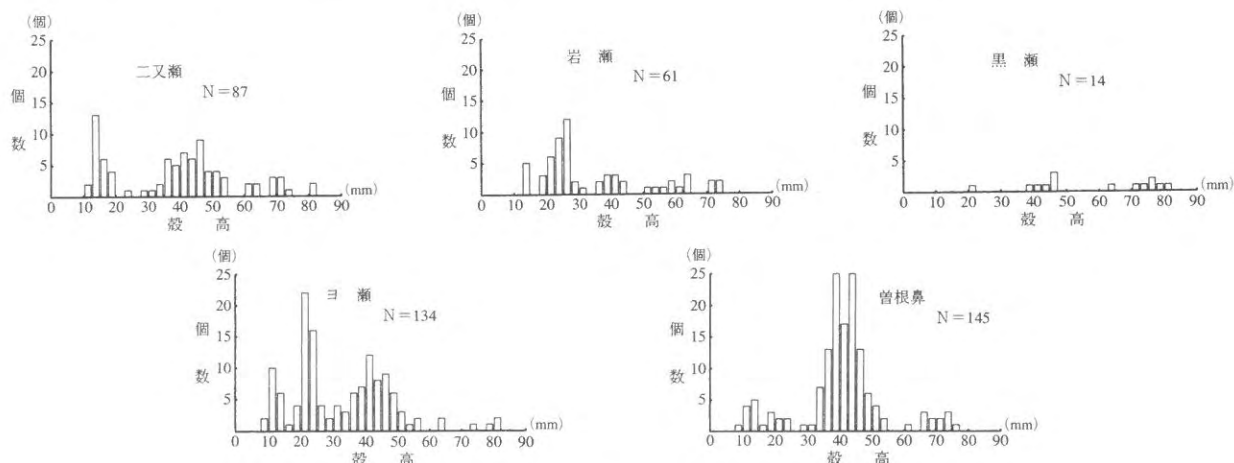


図12 各漁場のサザエの殻高組成

ワラ類の基部に生息していた。有節石灰藻が優占する黒瀬ではサザエ稚貝は1個体のみであり、極めて少ない結果であった。

このように、この調査の範囲では、サザエ稚貝はホンダワラ類の基部に多く生息しており、アラメや有節石灰藻には少なく、アワビ稚貝が生息する岩の亀裂及び間隙では認められなかった。

(2) 稚貝生息場所調査

方 法

稚貝漁場調査で最も稚貝生息量が多かったヨ瀬において、7年9月26～27日に、この漁場の水深0～2m域の

転石上部及び転石斜面において、トゲモク優占域、ジョロモク優占域及び両種の混生域に分けて、0.5×0.5mのサザエの坪刈りを各6点、海藻の坪刈りを各1点で行い、海藻組成の違いによるサザエ稚貝の生息量を調査した。

結果及び考察

サザエの生息個数及び海藻着生量を図14、15に示した。転石上部の1.5m²当たりのサザエ生息密度は、トゲモク域が22個、混生域が13個、ジョロモク域が2個で、トゲモク域が最も多く、特に殻高20mm以下の稚貝はトゲモク域が11個であり、混成域の3個、ジョロモク域の2個に比べ高い結果であった。また、転石斜面のサザエ生息密度は、トゲモク域が39個で、そのうち殻高20mm以下

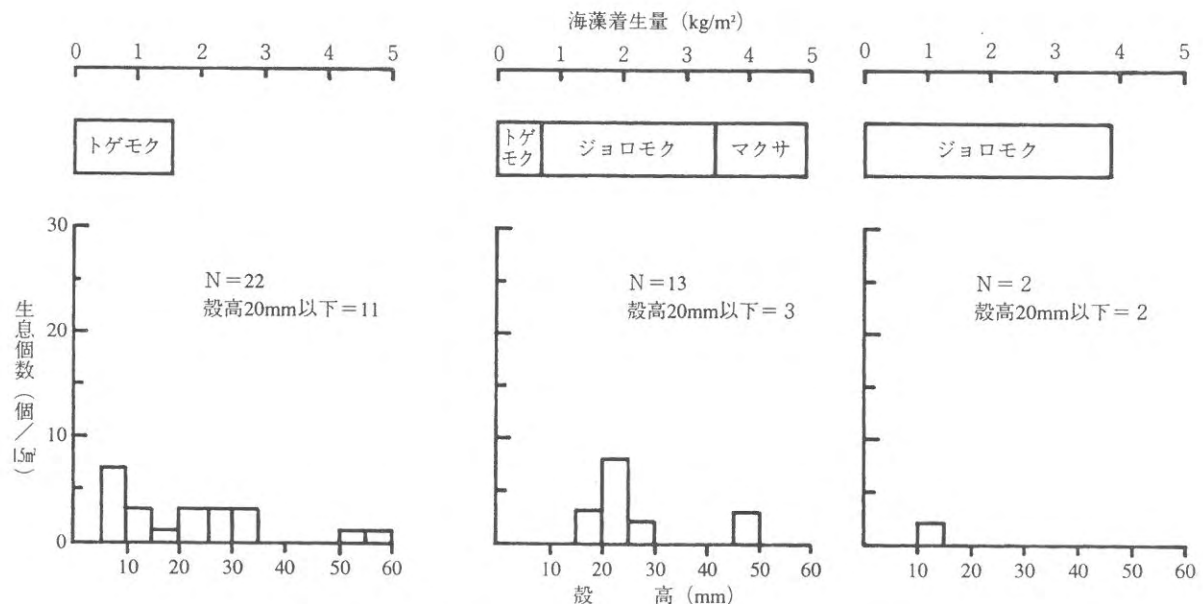


図14 転石上部におけるサザエの生息個数及び海藻着生量

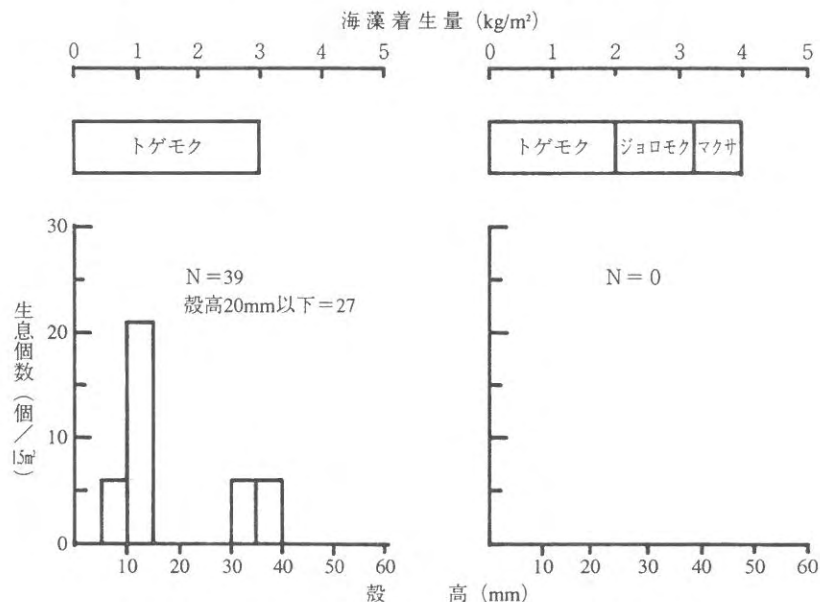


図15 転石斜面におけるサザエの生息個数及び海藻着生量

の稚貝は27個であり、混成域、ジョロモク域ではサザエ自体が全く発見できなかった。このように、今回調査したガラモ場では、サザエ稚貝はホンダワラ類の中でも、主としてトゲモクの基部に生息すると考えられた。

(3) 海藻種類別生息状況調査

方 法

前記(1)、(2)の調査結果から、サザエ稚貝の生息場所は海藻の種により限定されることが考えられたので、7年10月5～6日に、ヨ瀬の水深0～2m域において無作為にサザエ稚貝を探し、サザエ稚貝と生息場所の海藻を採取した。海藻については、その種、基部の形状を調べた。

また、サザエ稚貝の移動拡散状況を把握するために、同漁場の水深0～2mのトゲモク及びマメダワラ域において、12月19日に0.5×0.5mのサザエの坪刈りを各5点で行った。

結果及び考察

7年10月5～6日に海藻種別に採取したサザエの個数及び殻高組成を図16に示した。採取したサザエのほとんどが殻高20mm以下であり、海藻種類別の生息サザエの個数は、マメダワラが67個で最も多く、次いでトゲモクが33個、その他ヨレモクが3個、イソモクが1個であった。採取調査範囲にはアラメ、ヤナギモク、ジョロモク、無節石灰藻も点在するが、その基部にはサザエ稚貝は認められなかった。

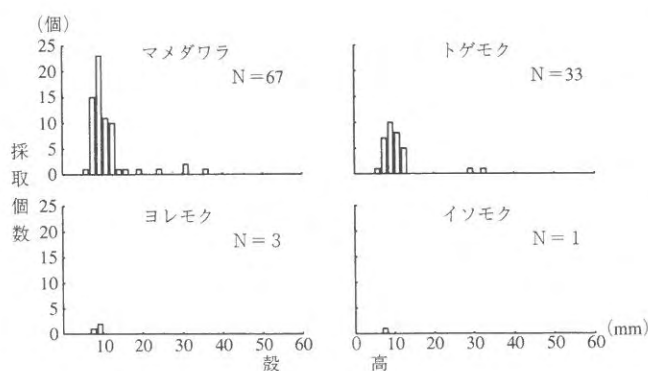


図16 海藻種類別サザエ殻高組成

各海藻の株数と形状を表9に、海藻の略図を図17に示した。サザエが最も多く生息していたマメダワラ及びトゲモクは、盤状の仮根からマメダワラでは茎が8.8本、トゲモクでは15.2本が出ており、基部は複雑に起伏している。一方、採取株数が1株であったイソモクは繊維状の

仮根から38本の茎が出ているが、仮根及び茎は細く、マメダワラやトゲモクに比べ基部の起伏は小さい。また、採取株数が3株であったヨレモクやサザエの生息が認められなかったヤナギモクは円錐状の仮根から1本の太い茎が出ており、基部の構造は極めて単純である。

表9 サザエが生息していた海藻の形状

種 類	採取株数 (株)	サザエ 個数(個)	仮根形状	平均茎数 (本)	平均枝数 (本)	基部面積 (cm ²)
マメダワラ	40	67	盤 状	8.8	19.3	6.6
トゲモク	21	33	盤 状	15.2	22.9	15.2
ヨレモク	3	3	円錐状	1.0	3.0	1.9
イソモク	1	1	繊維状	38.0	—	0.8

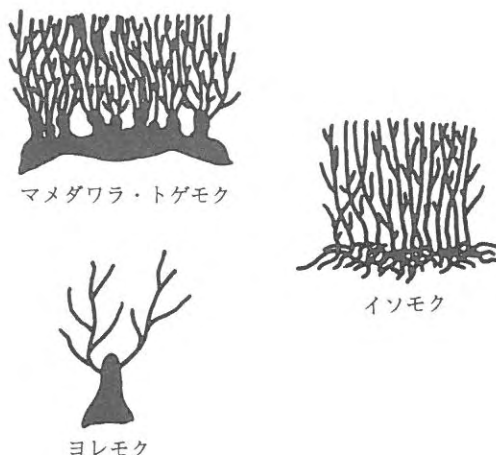


図17 サザエが生息していた海藻基部の略図

枝についてみると、サザエの生息が少なかったイソモクの枝の本数は38本と最も多く、サザエが多かったマメダワラは19.3本、トゲモクは22.9本で、枝の本数とサザエの生息状況は必ずしも一致しなかった。

海藻各種の形状の特性とサザエ稚貝の生息量の多寡を表10に示した。サザエ稚貝が多く生息するのは、ホンダワラ類の中でも特にマメダワラやトゲモクのように仮根が盤状で、茎が密生する海藻種であり、仮根が繊維状のイソモクや円錐状のヨレモクには少なかった。一方、サザエ稚貝が生息している場所にはクボガイ、チグサガイ、

表10 ホンダワラ類の形状の特性とサザエ稚貝の生息量

種 類	サザエ 生息量	仮根形状	茎の数	基部の起伏
マメダワラ	多	盤 状	多	大
トゲモク	多	盤 状	多	大
ヨレモク	少	円錐状	少	小
ヤナギモク	無	円錐状	少	小
イソモク	少	繊維状	多	小

サラサバイやエビスガイ等のサザエと同様な形状をした小型巻貝類が多数認められた。

以上のことから、この時期のサザエ稚貝が特定の海藻の基部に生息する要因として、海藻基部、すなわちサザエが付着する部位の複雑な隆起、さらには、密生する枝による静穏域の形成といった物理的環境と、海藻の幼葉及び海藻に付着する珪藻を摂餌できるという餌料環境が推測された。

一方、12月19日のサザエの坪刈りでは、マメダワラ域で殻高10.6mmと10.5mmの稚貝を2個体のみ採取でき、トゲモク域では全く採取できなかった。さらに、マメダワラ域で約1時間サザエ稚貝を探したが、殻高14.2mmの稚貝1個体の生息の確認にとどまった。このように、サザエ稚貝の生息場所は、成長あるいは生息環境（物理的、餌料的環境要因）の変遷に伴い、変移していると推察される。今後、時期別の移動拡散状況を把握していく計画である。

2. サイズ別放流試験

サザエの適正放流サイズを把握するため、弘及び大島地先において放流試験を実施した。

(1) 弘地先での放流試験

方 法

供試したサザエは平成5、6年度に福岡県栽培漁業公社で採卵し、育成したもので、7年8月28日に、図18に示した福岡市弘地先の独立した礁からなる投石場（100～560m²）のうちNo.2とNo.4漁場に潜水により放流した。

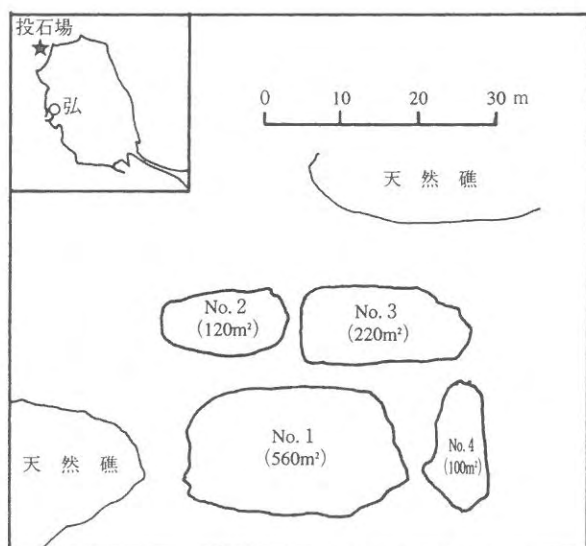


図18 サ放流漁場の概略図

放流個数及び平均殻高は、表11に示したように、No. 2漁場には7mmサイズを1,000個、15mmサイズを700個、30mmサイズを200個放流し、No. 4漁場には10mmサイズを1,000個、15mmサイズを1,000個、30mmサイズを300個放流した。7mm及び10mmサイズ以外はすべてのサザエにラッカー塗料で標識をつけた。また、放流時には動物（2×2m、1点）と海藻（0.5×0.5m、3点）の坪刈りを行った。なお、両漁場は漁協との話し合いにより2ヶ年間の禁漁とした。

表11 弘の試験漁場におけるサザエの放流数及び平均殻高

漁 場	No. 2			No. 4		
平均殻高 (mm)	7.1±0.3	14.9±1.2	30.8±1.5	10.1±0.6	14.9±1.2	30.8±1.5
放 流 数 (個)	1,000	700	200	1,000	1,000	300

結果及び考察

動物の生息量を表12に示したが、サザエの生息は認められず、ムラサキウニやバフンウニが相対的に多く生息している。海藻着生量は、表13に示したように、クロメを主体にNo.2漁場で1,921g/m²、No. 4漁場では2,327g/m²着生している。

表12 弘試験漁場の動物生息量

種類	No. 2		No. 4	
	個 数 (個/m ²)	大きさ (mm)	個 数 (個/m ²)	大きさ (mm)
ア カ ウ ニ	0.25	47.6±0.0	0.25	56.4±0.0
ムラサキウニ	3.25	49.2±6.4	5.00	42.8±9.6
バフンウニ	1.00	28.0±3.4	1.25	31.3±2.7
イトマキヒトデ	—	—	3.75	—
ヤツデヒトデ	—	—	0.50	—

表13 弘試験漁場の海藻着生量（湿重量）

単位：g/m²

種類 / 漁場	No. 2	No. 4
ク ロ メ	1,880	2,013
ユ カ リ	0	13
ア ミ ジ グ サ	7	13
ウ ミ ウ チ ワ	7	0
ミ ル	0	1
ナ ミ ノ ハ ナ	0	7
有 節 石 灰 藻	27	280
計	1,921	2,327

放流5ヶ月後の8年1月22日にNo.4漁場で回収調査を実施した。回収結果は、表14に示したように、30mm放流群の回収率が16.7%であるのに対し、15mm群及び10mm群の回収個数は0.3%（2個）と0.2%（3個）にすぎなかった。これら15mm群及び10mm群は、死殻も認められなかったことから、波浪により飛散されたと考えられ、小型群の放流漁場は静穏域であることが必要条件であると考えられた。なお、両漁場とも、放流1年後に再度回収調査を実施する計画である。

表14 No.4漁場でのサイズ別放流試験結果

放 流 時		回 収 時		
殻 高 (mm)	放流数 (個)	殻 高 (mm)	回収個数 (個)	回収率 (%)
10.1±0.6	1,000	12.1±1.9	3	0.3
14.9±1.2	1,000	19.5±1.3	2	0.2
30.8±1.5	300	40.6±3.4	50	16.7

(2) 大島での放流試験

方 法

供試したサザエは5, 6年度に福岡県栽培漁業公社で採卵し育成したもので、5mm群（殻高 5.7 ± 0.6 mm）、12mm群（ 12.2 ± 0.7 mm）、20mm群（ 19.7 ± 1.3 mm）及び30mm群（ 29.4 ± 1.6 mm）を選別し、殻高5mm群以外はすべてのサザエにラッカー塗料で標識をつけた。

放流漁場として、宗像郡大島村地先の山振の水深3m域に、海藻（マメダワラ、ジョロモク）の付着している石を積み上げ、 1×1 mの礁を7基、 1.5×1.5 mの礁を1基造成した。

7年11月29日に、5mm群、12mm群、20mm群、各100個を 1×1 m礁2基に、30mm群は 1×1 m礁1基に50個を放流した。 1.5×1.5 m礁には殻高5mmと12mm群を各100個、20mm群を50個放流した。

結果及び考察

放流翌日の潜水観察では、殻高5mm群は海藻の基部に、20mm群は石の間隙に付着しているのが認められた。しかしながら、放流3ヶ月後（8年2月14日）の追跡調査で確認した生貝は1.5m礁の1個体のみで、全ての礁で多数のヤツデヒトデ、イシガニの蛸集が認められた。また、回収時にはヤツデヒトデによる殻高20.5mmのサザエの捕食も観察された。このように、ヒトデ類やイシガニが多く生息する転石域は食害が著しく、殻高30mm以下

の小型群の放流場所としては好ましくないと考えられた。

3. 殻高5mmサイズでの放流試験

通常の産卵期（8月）に採苗したサザエを、アワビと同様に翌年5月から約1年間、海上生簀で中間育成し、殻高25~30mmで放流すると、1年後の生残率は約60%が見込まれる。しかし、近年、サザエの販売単価は約80円/個で、既に事業化されているアワビの1,600円/個に比べて安い。そのため、投資効果をアワビと同程度の5mm漁獲サイズでの累積回収率を30%として試算すると、サザエの放流事業として、アワビと同程度の経済効果をあげるためには種苗コストを約5円/個以下にする必要がある。アワビの放流種苗のコストが約70円/個（中間育成歩留り50%として）であることから、サザエは放流サイズの小型化によるコストの低減が大きな課題となる。現在、種苗生産では剥離サイズ（殻高約5mm）までは、高密度の大量生産が可能となっている。そこで、剥離サイズでの大量放流試験を実施した。

なお、試験地として、独立礁でありサザエの移動の影響が軽減できる弘の漁場と、数年前にサザエ稚貝の大発生が見られた地島の漁場を選定した。

(1) 弘漁場での放流試験

方 法

供試したサザエは7年度に福岡県栽培漁業公社で生産されたものである。7年9月23日に、福岡市弘地先の100~560m²の独立した礁からなる投石場（図18）のうち、No.1~No.3の漁場を対象とした。No.1漁場には殻高 5.2 ± 1.3 mmを70,000個、No.2漁場には 5.5 ± 1.0 mmを12,000個、No.3漁場に 5.5 ± 1.0 mmの種苗を22,000個、それぞれ潜水により放流した。また、放流時には各試験漁場について、動物（ 2×2 m、1点）と海藻（ 0.5×0.5 m、3点）の坪刈りを行った。なお、当漁場は漁協との話し合いにより2ヶ年間の禁漁とした。

結果及び考察

動物の生息量は、表15に示したように、サザエがNo.3漁場でのみ0.5個/m²認められ、アカウニは少なかったが、ムラサキウニやバフンウニが相対的に多く生息していた。海藻着生量は、表16に示したように、クロメを主体に、No.1漁場が2,720g/m²、No.2漁場が1,921g/m²、No.3漁場が4,293g/m²であった。放流1年後（8年9月）に回収調査を実施し、生残率を把握する計画である。

表15 弘試験漁場における動物生息量

単位: 個/m², mm

種類	No. 1		No. 2		No. 3	
	個数	大きさ	個数	大きさ	個数	大きさ
アカウニ	0.5	58.9±3.1	0.3	47.6±0.0	—	—
ムラサキウニ	5.0	53.6±11.5	3.3	49.2±6.4	4.3	42.8±9.6
バフンウニ	3.3	35.5±3.8	1.0	28.0±3.4	0.3	31.3±2.7
サザエ	—	—	—	—	0.5	62.6±2.2

表16 弘試験漁場における海藻着生量 (湿重量)

単位: g/m²

種類 / 漁場	No. 1	No. 2	No. 3
クロメ	2,640	1,880	4,280
マクサ	7	0	0
ユカリ	27	0	7
アミジグサ	13	7	0
ウミウチワ	0	7	0
有節石灰藻	33	27	7
計	2,720	1,921	4,293

(2) 地島での放流試験

方 法

供試したサザエは7年度に福岡県栽培漁業公社で生産したもので、7年9月26日に、宗像郡地島桜崎 (図19) に設置されている図20に示したような稚貝礁8基に、殻高5.9±1.5mmの種苗を100,000個、潜水により放流した。また、放流時には稚貝礁内の動物の坪刈りと着生海藻の

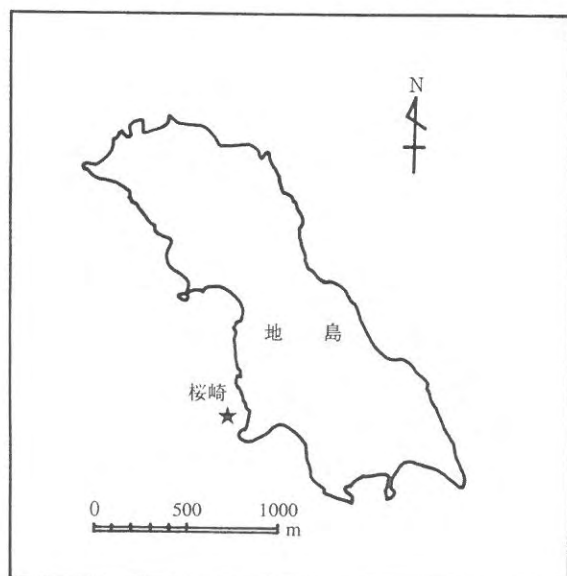


図19 調査漁場

種類の確認を実施した。

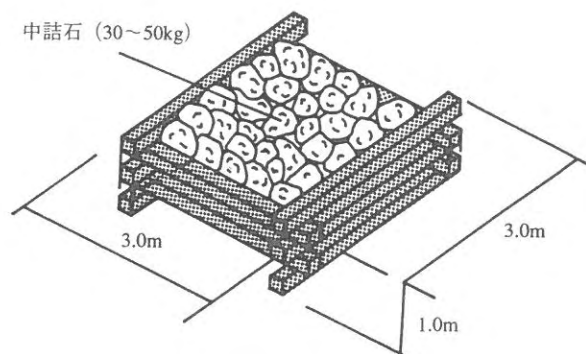


図20 稚貝保護礁の形状

結果及び考察

着生海藻としてはヤナギモク、イソモク、アカモク、ユカリ、有節石灰藻が点在している。動物の生息量は表17に示したように、サザエが1.5個/m²で、その他の動物では、ムラサキウニが14.0個/m²で最も多い。放流1年後 (8年9月) に回収調査を実施し、生残率を把握する計画である。

表17 地島試験漁場における動物生息量

種類	個数 (個/m ²)	大きさ (mm)
サザエ	1.50	43.8±11.0
ムラサキウニ	14.00	29.6±8.3
バフンウニ	2.25	22.4±6.6
アワビ	0.25	90.0±0.0

4. 漁獲サイズでの回収率調査

漁業者による漁獲レベルでの、放流サザエの回収率を把握することを目的とした。

方 法

供試した種苗は6年度に福岡県栽培漁業公社で生産したもので、7年9月5日に、糸島郡芥屋黒磯 (図21) の水深3m域の転石域に放流した。放流した稚貝は殻高13.7±1.8mm、総数10,000個で、すべてのサザエにラッカー塗料で標識をつけた。放流時には動物 (2×2m, 2点) と海藻 (0.5×0.5m, 3点) の坪刈りを行うとともに、放流場所周辺のイトマキヒトデを駆除した。なお、放流漁場周辺は漁協内の自主規制により禁漁区となっており、年2回程度海士グループによる採取が行われている。

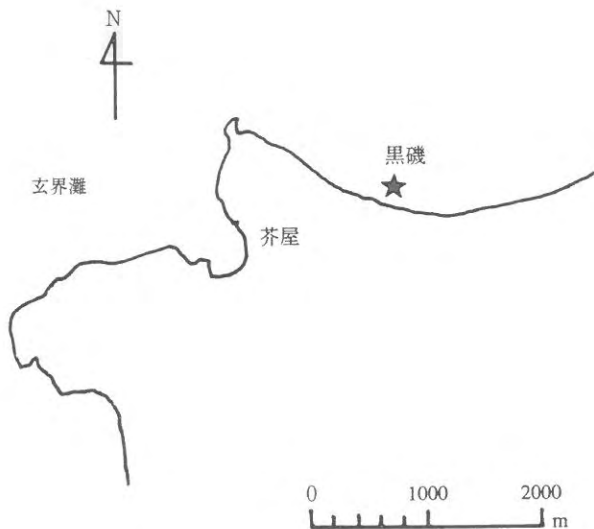


図21 調査場所

結果及び考察

動物の生息量は表18に、海藻着生量を表19に示した。放流した漁場はウニ類が多く生息し、クロメ、ミツデソゾが多い。8年度以降、海士グループによる採取が行われる時に漁獲物調査を行い、漁獲されたサザエの標識の

表18 黒磯転石域の動物生息量

種 類	個 数 (個/m ²)	大きさ (mm)
サ ザ エ	0.25	49.9±0.0
ア カ ウ ニ	0.75	59.6±11.1
ム ラ サ キ ウ ニ	1.25	55.5±5.7
バ フ ン ウ ニ	18.00	27.9±6.1
ア カ ナ マ コ	0.25	20g
イトマキヒトデ	6.50	—
ヤツデヒトデ	1.00	—

表19 黒磯転石域の海藻着生量

単位: g/m²

種 類	湿 重 量
ク ロ メ	2,827
ウ ミ ウ チ ワ	1,200
ヘ ラ ヤ ハ ズ	13
マ メ ダ ワ ラ	13
ミ ツ デ ソ ゾ	2,840
マ ク サ	353
ユ カ リ	13
フ ノ リ	80
有 節 石 灰 藻	13
計	7,352

有無により回収率を調査する計画である。

要 約

1. 種苗量産技術開発

- (1) 4月採卵は長期(約1年間)飼育貝を約3ヶ月加温飼育することで可能であった。
- (2) 5月採卵は長期(約1年間)飼育貝を約1ヶ月加温飼育、または、採取直後の親貝を約3ヶ月間加温飼育することで可能であった。
- (3) 飼育履歴が1年以上の親貝の生殖腺熟度指数は加温飼育を開始する1月ですでに産卵期と同程度であり、飼育により自然放卵が抑制されたことが示唆された。
- (4) 以上のことから長期飼育+加温飼育により得られる卵は前年の持ち越し卵であり、加温飼育は卵の質的な熟度を促進させると推測された。

2. 中間育成技術開発

- (1) 殻高6.5mmの稚貝を用いて10月18日から餌料種類別(アラメ、ホンダワラ類、マクサ、付着珪藻、配合餌料)に83日間飼育した結果、配合餌料区が成長、生残率とも良好であった。
- (2) 8年3月での各採卵群の殻高は
 研究所育成群 5月24日採卵群 9.1±1.8mm
 栽培漁業公社育成群 5月24日採卵群 11.2±2.0mm
 6月23日採卵群 10.7±2.0mm
 8月2日採卵群 7.0±1.5mm

であった。

- (3) 湾内水を利用している研究所の飼育水温は、外海水を利用する栽培漁業公社に比べ、冬季で2～3℃低い。そのため、5月24日の同一採卵群の殻高は研究所育成群が約2mm小さく、成長が不良であった。
- (4) 栽培漁業公社育成群の採卵月別の平均殻高を比較すると、5月採卵群が8月採卵群に比べ4.2mm大きく、早期採卵の有効性が確認された。
- (5) 5月採卵により年度内に殻高10mmまでの育成が可能となった。

3. 放流技術開発

- (1) ガラモ場におけるサザエ稚貝(殻高約10mm)は、10月の調査ではトゲモクやマメダワラ等、仮根が盤状で茎が密生する海藻種の基部に生息していた。12月調査では生息が認められず、他の場所への移動が考えられた。
- (2) 放流翌日の観察では5mm群は海藻基部に、20mm

群は石の間に付着していた。

- (3) 殻高10mmや15mmといった小型群の放流場所は、
静穏域であることが必要条件であると考えられた。

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，22－23（1963）。
- 2) 山本哲生，山川紘：サザエの生殖巣成熟に関する研究，日水誌，51（3），357－364（1985）
- 3) 対馬暖流域サザエ共同研究チーム：地域性重要水産資源管理技術開発総合研究報告（対馬暖流域のサザエ資源），76－90（1991）
- 4) 山田正，勢村均：島根県沿岸のサザエの成熟と産卵期，栽培技研，22（1），5－12（1993）
- 5) 和歌山県他：平成4年度地域特産種増殖技術開発事業報告書，4－7（1993）

地域特産種量産放流技術開発事業

(2) あわび類種苗大量へい死要因調査

佐々木和之・内場 澄夫・的場 達人・稲田 善和¹⁾・柴田 利治¹⁾・大津 隆一²⁾

I アワビ種苗生産時における防疫体制の実施

福岡県では1984年以降毎年種苗生産、中間育成時においてクロアワビ稚貝の大量へい死が発生している。栽培漁業公社では漁業者からの放流要望数が満たせなくなったため、1989年に病害には比較的強いと言われていた北方系のエゾアワビを導入し、クロアワビと並行して種苗生産を行ってきた。導入当初の中間育成終了時の生残率は50～60%と高く、クロアワビの不足分を充分補うことができた。

しかし、まもなくエゾアワビもクロアワビと同じ原因で大量へい死するようになった。そこで、へい死対策として筑前海研究所では新規の天然クロアワビの親貝を採取し、飼育施設も消毒するとともに、隔離した親貝を用いて種苗生産を行い得られた稚貝も隔離して飼育すると大量へい死を防ぐことができた。さらに、公社で種苗生産した卵の一部を研究所で隔離飼育すると大量へい死は見られず、引き続き公社で飼育した稚貝は大量へい死が起こったことから、ある程度へい死を防ぐ手がかりを得ることができた。また、公社で継続飼育していた親貝の神経幹や鰓組織の切片の観察結果から90%以上の個体で病変が見つかったため、病気は公社内での親貝からの水平感染が原因ではないかと疑われた。このような事実を総合的に判断して、公社と一体となって種苗生産体制を全面的に見直し、改めてクロアワビの種苗生産に取り組んでいる。

方 法

公社と研究所における防疫及び種苗生産体制の取り組みをフローにまとめ表1に示した。公社の対応として、病気の発生源を一掃するために1994年6月下旬に今まで飼育していた全ての親貝と稚貝を処分するとともに、当面は親貝の飼育は中止し1995年度の生産にそなえた。

次に、図中の斜線で示したアワビの飼育施設と排水路を中心に、1994年7月に2回、8月に1回の計3回、500ppmの次亜塩素酸ナトリウム（有効塩素濃度10%）による消毒を実施した。消毒の終了した施設に研究所で種苗生産した受精卵を搬入した。付着板での飼育は過密飼育

にならないように30cm×30cmの波板のシェルター1枚につき浮遊幼生が数十個付着するよう調節を行った。公社から中間育成場への稚貝の出荷は、一部の水槽で大量へい死が発生したため、へい死のピークが過ぎた1995年6月下旬に行った。稚貝の出荷は例年に比べ2～3ヶ月遅かったため殻長は17～23mmに達していた。公社でのへい死率は1水槽ごとにほぼ毎日サイホンでへい死貝を取り上げ算出した。

研究所の対応として、公社の親貝を処分した代わりに人工種苗が全く放流されていない漁場から新たに天然クロアワビの親貝を採取し、研究所で隔離飼育を行った。また、餌からの病原体の混入を防ぐため海藻の給餌を止め、乾燥コンブのみを単一で与えた。採卵は研究所で行い、受精卵は紫外線照射海水で数回洗浄して公社へ搬出した。

稚貝の中間育成場は図1に示すように筑前海の離島である粕屋郡新宮町相島と宗像郡大島村大島の2ヶ所で、専任の管理者が約1年間にわたって集中管理飼育を行っている。中間育成用の網の大きさは縦1.2m×横1.2m×高さ0.5mで、殻長23mmの大型サイズの稚貝は1網に800個、17mmの中型稚貝は1,350～1,400個ずつ収容した。相島では225網を使用して236,000個、大島では207網を使用して同じく236,000個を飼育した。この中から中間育成場別に6網ずつ計12網について、毎月1回死殻を取り上げ生残率を算出した。また、成長を調べるために100個体の稚貝の殻長を測定した。同時に組織の観察用に無作為に稚貝を10個体採取し、10%中性緩衝ホルマリンで固定した。なお、中間育成は1995年7月から1996年3月末までの約9ヶ月間で、中間育成終了時には全数を計数し漁場に放流した。

結果及び考察

1. 公社における病害発生状況

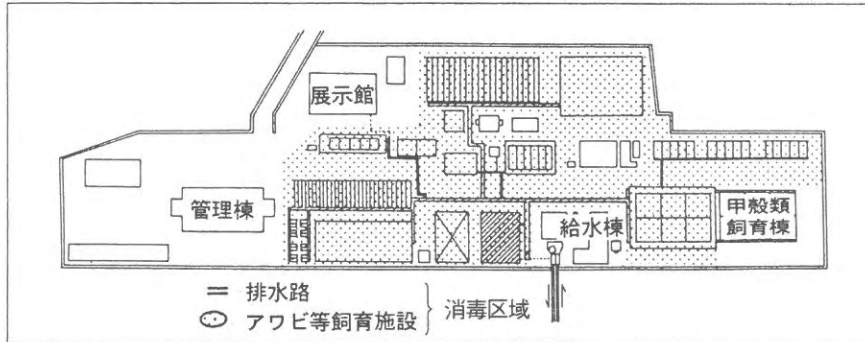
公社で飼育中にへい死し始めた稚貝を水槽ごとにグループ別にとりまとめ図2に示した。稚貝は1994年度に研究所で採苗し、翌95年度に公社で飼育したものである。最初にへい死が見られたのは1994年3月上旬である。下旬

* 1 福岡県栽培漁業公社
* 2 福岡県保健環境研究所

表1 福岡県におけるアワビ防疫及び種苗生産体制の取り組み

1 栽培漁業公社の取り組み

- ①エゾアワビの種苗生産を止め、クロアワビの生産に生産に戻す
- ②アワビ類の撤去
- ③施設の消毒
- ④最適な飼育管理



2 筑前海研究所の取り組み

- ⑤天然親貝の採取、隔離飼育
- ⑥採卵

⑦受精卵の搬出

⑧大量へい死時期の回避

3 中間育成場の対応

⑨大型サイズの出荷

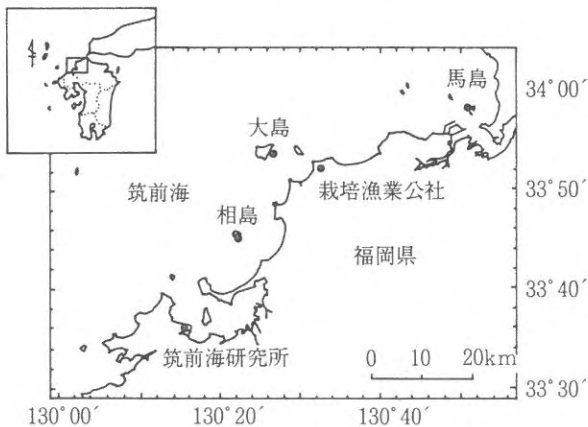
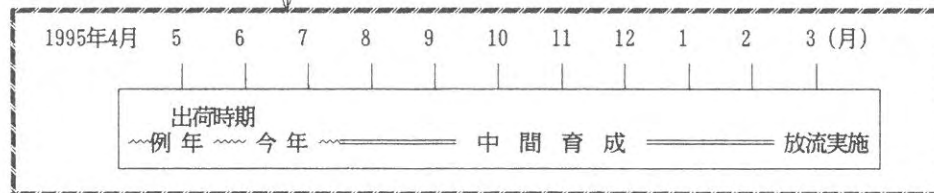


図1 アワビ中間育成漁場図

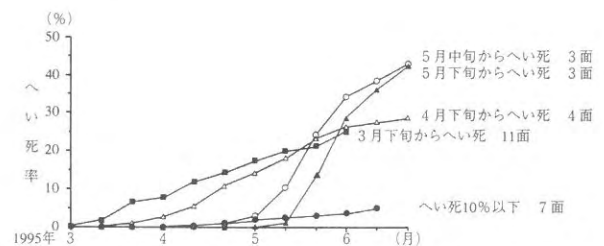


図2 栽培漁業公社におけるクロアワビ稚貝のへい死状況

にはこのグループのへい死は11面に広がり、5月下旬のへい死率は25%に達した。2番目のグループは4月下旬に水槽4面で始まり、6月下旬のへい死率は約30%であった。第3グループは5月中旬に3面、第4グループは5月下旬にも3面とへい死は順次広がっていった。中間育

成場への出荷が完了した1995年7月上旬の全体の最終生残率は35%であった。公社では過去の稚貝のへい死の発生は全水槽ほぼ同時に始まっていたが、今回は3月上旬から5月下旬までの約3ヶ月間にわたって各水槽に発生した。そのため病気はある特定の場所が発生源となり、病原体が次第に各水槽へと伝播し水平感染したものと推定された。今後は水槽間の病気の伝播を防ぐために水槽ごとに飼育器具を別にするなど何らかの対策を講じる必要がある。なお、6月下旬の出荷時でもへい死率が10%

以下の低い水槽も7面見られた。

2. 中間育成場における病害発生状況

大島及び相島の間育成場における稚貝の生残率の推移を図3に示した。大島の全体の生残率は65.7%で、受

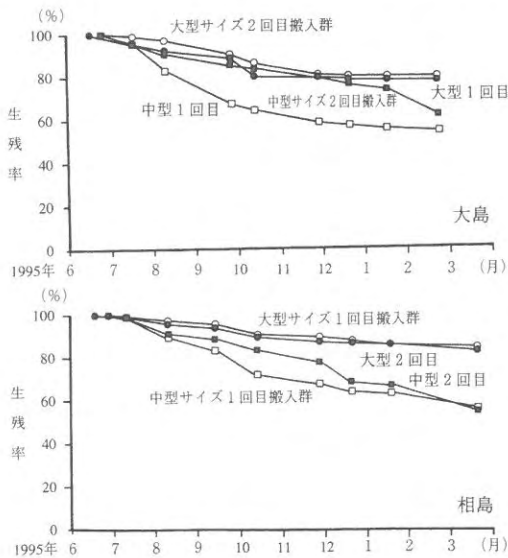


図3 大島及び相島におけるクロアワビ稚貝の生残率の推移

け入れ回次別に見ると1回目と2回目に搬入した大型サイズの稚貝は、中間育成が終了した1996年2月下旬まではほとんど大量へい死は見られず、最終生残率はそれぞれ77.7%, 79.4%であった。中型サイズの稚貝は大型サイズに比べへい死率は高く、特に6月15日に搬入した群は夏期の8～9月にかけて15.5%も減少し、2月の最終の生残率は53.5%と4グループの中では最も悪かった。平均殻長は大型サイズで34.6mm, 中型サイズで27.0mmであった。

一方、相島の全体の生残率は67.4%で、受け入れ回次別に見ると大島と同様1回目と2回目に搬入した大型サイズ群はほとんど大量へい死は見られず、最終生残率はそれぞれ83.7%, 85.3%と非常に高かった。中型サイズ群は8月、10月と12月に大きく生残率が低下し、3月中旬の最終生残率はそれぞれ56.7%と55.6%で大型サイズ群に比べ30%も悪かった。平均殻長は大型サイズで34.0mm, 中型サイズで26.9mmと大島の間育成場とほとんど変わらなかった。

次に、アワビの種苗生産が事業化され本格的に漁場へ大量放流されるようになった、1980年から1995年度の16ヶ年のクロアワビとエゾアワビの生残率の推移を図4に示した。事業開始当初の4ヶ年間のクロアワビ稚貝の生残率は50%以上あったが、その後は年々低下の傾向が見られている。本県のクロアワビ稚貝の大量へい死は1984

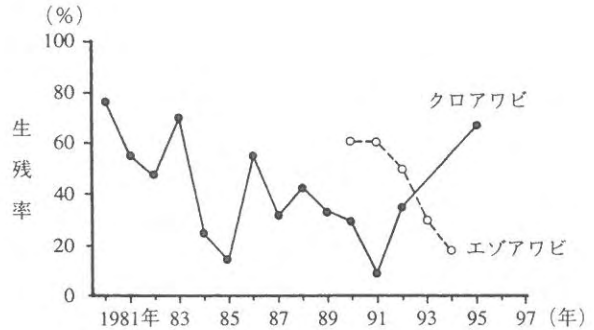


図4 中間育成終了時のクロ、エゾアワビの県全体の生残率の推移

年に初めて認められ、1984～85年及び1991年の生残率は20%にも満たない低い結果となっている。1990年に中間育成を開始したエゾアワビの最初の3年間は60%以上の生残率を示した。しかし、クロアワビの種苗生産が不調でエゾアワビのみの生産となった1993年の中間育成の生残率は29.5%, 翌94年は20.9%とクロアワビと同様にへい死し始めた。そのため、1994年度からは従来のクロアワビのみの生産に戻すとともに前述した防疫体制をとった結果、1995年度のクロアワビの生残率は全体で66.6%と10年ぶりに高い値を残すことができた。

II アワビ中間育成漁場における環境調査

アワビの成長と生残率に大きな影響を及ぼす水温、塩分及び溶存酸素について漁場調査を行い、へい死との関係を検討した。

方 法

相島と大島の間育成漁場において、1995年6月～96年3月に毎月1回採水して水温、塩分、溶存酸素を測定した。観測層は表層、底層及び飼育網を垂下している2m層の3層である。塩分は鶴見精機のサリノメーターで、溶存酸素はウインカラー法で測定した。

結果および考察

代表的な中間育成漁場である大島における環境の変化を図5に示した。まず、表層について見ると、中間育成開始前の水温は6月下旬に22℃を示しその後徐々に上昇し、8月には27.1℃の最高に達した。秋から冬にかけては降下し2月には11.3℃まで低下した。このような温度変化は2m層及び底層でもほぼ同様な傾向を示した。最高水温は表層に比べ2m層で0.3℃、底層で0.5℃低かった。一方、2mと底層の最低水温は表層に比べ0.1℃高い値を示した。1995年度の夏期の水温は各層とも高水温

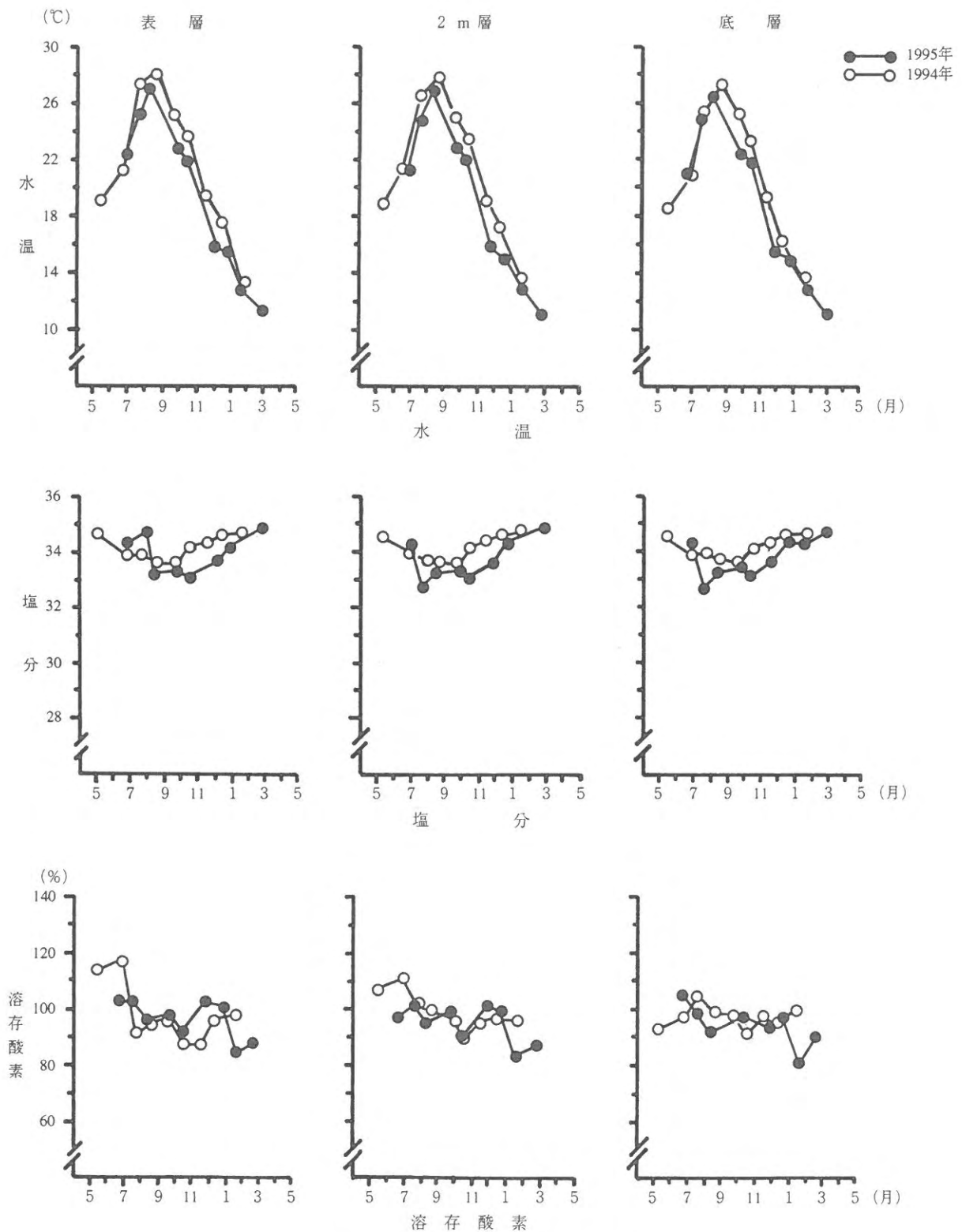


図5 大島の中間育成場における環境の変化

で前年に比べ全体に2～3℃低い値で推移した。冬期は各層間の温度差は少なくなった。

次に、表層の塩分は6月の34.3から10月にかけて33.1まで低下し、その後再び冬に34.8まで回復した。塩分は2 m層、底層ともに同様な季節変化を示し、前年に比べ

ると周年1～2低目で推移した。

溶存酸素は表層、2 m層の上層部の一部で100%を越す過飽和状態を示したものの、冬期に80%台に低下した。表層の溶存酸素は大きく変動したのに対して、底層では冬場の1～2月を除いて平均95%で推移し、年間を通し

てほぼ一定していた。このように平成7年度の海況は前年の高水温、高塩分から一転して平年並みに回復したため、夏期における稚貝のへい死率は減少し高い生残率に結びついたものと考えられた。

Ⅲ 孵化に及ぼす消毒剤の影響

前報^{1,2)}では、健全な種苗を用いれば餌料に起因する大量へい死は起こらないこと、また、麻酔剤として使用しているエチルアルコールを用いて稚アワビを付着板から剥離すると、処理2～3分後にへい死が起こる場合があるが、これは現在問題となっている大量へい死の原因とは別の問題と考えられた。今回は公社施設の消毒に用いている次亜塩素酸ナトリウム（塩素）とポピドンヨード（イソジン）を用いて受精卵の孵化に及ぼす影響について検討し、大量へい死の防止効果について検討した。

方 法

孵化試験には1995年12月5日に研究所で採卵し、受精後数回紫外線照射海水で洗浄した卵を使用した。卵は受精後3～4時間経過したものである。塩素及びイソジンの有効濃度としてそれぞれ10、25及び50ppmの3種類を準備し、他に対象区として1区を設定した。受精卵を1lのビーカーに200個ずつ入れ、対象区とそれぞれの実験区に5分間浸漬した後、60 μ mの篩で取り上げて洗浄した。孵化までの3日間は流水飼育し、幼生数と死卵を計数して孵化率を求めた。

一方、孵化に及ぼす処理時間の影響を調べるため10ppmに調整した塩素及びイソジンの実験区に、上記と同様に調整した受精卵を2、5及び10分間浸漬処理し、上述の方法で孵化率を調べた。なお、孵化までは一貫して無通気飼育である。

結果および考察

クロアワビの受精卵の孵化に及ぼす塩素及びイソジンの影響を図6、7に示した。塩素及びイソジン区とも濃度が高くなるにつれて孵化率は低下した。まず、塩素の対象区の孵化率は63%で、10ppm区では58.6%、25ppm区では18.0%さらに50ppm区では7.5%と、25%を越えると孵化率は急激に低下し、塩素による影響は大であった。一方、イソジンの対象区の孵化率は73.1%と塩素に比べやや値は高かったが、10ppm区では37.6%、25ppm区では35.8%、50ppm区では7.5%であった。いずれにしても、塩素処理した実験区では10ppmまではあまり孵化率に影響を及ぼさず、イソジンでは10ppmの低い濃度

でも対象区に比べ孵化率は半減し、孵化に及ぼす影響は塩素より大であった。

次に、孵化率に及ぼす処理時間の影響については、塩素の対象区の孵化率は76.6%、2.5分後では73%、5分後では72.2%、10分後では22.6%と5分を越えると急激に孵化率の低下が認められた。一方、イソジンの対象区の孵化率は86.4%、2.5分では39.1%、5分では31.6%、10分では19.1%と処理時間の経過とともに低下した。なお、塩素及びイソジンの全ての実験区で80～90%以上の個体で奇形が見られるとともに、アワビの卵の周りはゼリー状の物質に包まれており、そのため卵消毒の効果は少ないと推定された。これらの薬剤を用いた消毒は実用的ではなく、卵消毒には別の方法を検討する必要があると考えられた。

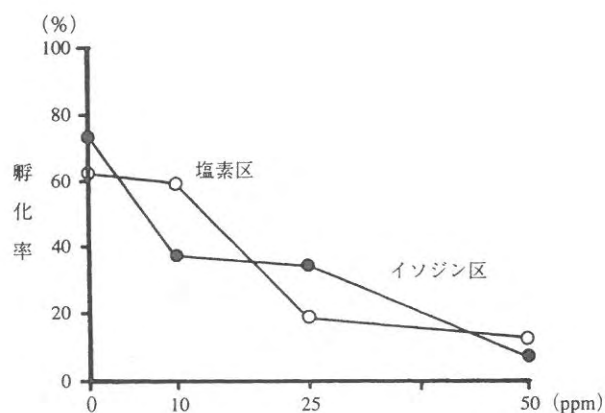


図6 クロアワビの孵化に及ぼす消毒剤の濃度の影響

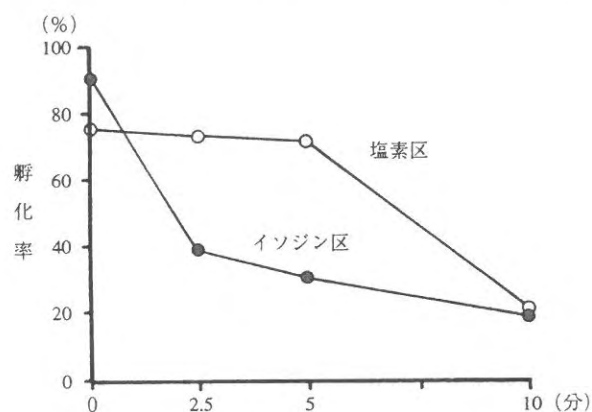


図7 クロアワビの孵化の及ぼす消毒時間の影響

Ⅳ 研究所における健苗生産及び病害予防対策

大量へい死に対する有効な防疫方法を確立するとともに、感染実験などに用いるための健全な種苗を確保することを目的に、当研究所で種苗生産を実施した。

方 法

1993年度に長崎県野母、田平及び福岡県豊前海から天然クロアワビを30～100個採取または購入し、研究所内で1tのFRP水槽で隔離飼育を行った。水槽は海水の飛沫を防ぐために蓋を取り付け、親貝を収容する前に500ppmの塩素で消毒し十分乾燥させた。餌からの病原菌の混入を防ぐため乾燥コンブを単独で与えた。採卵用施設及び稚貝飼育水槽等は使用する前に同じく500ppmの塩素で消毒を行った。採苗は1994年10～11月上旬に3種類の親貝を用いて行い、紫外線照射海水で産卵誘発を行うとともに、得られた卵及び受精卵も同様に紫外線照射海水で数回洗浄した後、孵化させ付着板飼育に移した。

結果および考察

1994年度に研究所で行った産地別クロアワビの生残率の推移を図8に示した。5,000～10,000個の孵化幼生を

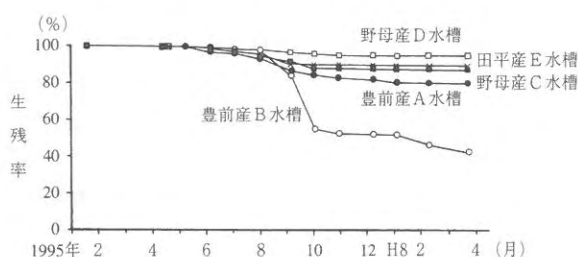


図8 筑前海研究所で種苗生産した産地別稚貝の生残率の推移

付着板10組を入れた水槽に収容した。豊前及び野母産親貝から採卵したものは2水槽に分槽した。稚貝は1水槽当たり1,706～3,921個で付着率は20.1～69.9%であった。殻長7～8mmに達した稚貝は1995年1月に付着版飼育から平面飼育に移行した。1年後の96年1月の生残率は豊前海産稚貝のA水槽は80.0%、B水槽は42.3%、野母産C水槽は94.3%、D水槽は87.6%、田平産E水槽は89.4%と豊前海産B水槽を除くといずれも高い値であった。豊前海産B水槽の稚貝は1995年8～9月の夏期の高水温期に大量にへい死した。その原因の1つとして、研究所ではこの事業以外で多数のアワビ類を多数飼育しており、徹底した隔離飼育していたにも係わらず研究所内で感染したもの推定された。なお、1996年度に健全な種苗を確保するために1995年に前年と同様に研究所及び公社で防疫体制に取り組んだ。なお、1995年の秋に種苗生産した稚貝は1996年3月末までは大量にへい死は見られていない。

V 病理組織学的調査

種苗生産及び中間育成中の稚貝や採卵用に飼育している親貝の神経幹や鰓組織の切片を作成し、筋萎縮症³⁾の特徴である病変を形成しているかどうかを観察するとともに、これらのへい死の状況についても検討した。

方 法

供試稚貝は上述の1994年10～11月に研究所で種苗生産し、研究所で隔離飼育している3種類の産地別稚貝である。サンプルは実験終了時の1996年1月に各水槽から10個ずつ採取し、それぞれ10%中性緩衝ホルマリンで固定し、神経幹および鰓組織を中心にパラフィン切片を作成した。ヘマトキシリン・エオシン染色を行った後、顕微鏡で病変の発生の有無、発生場所などを観察した。

結果および考察

豊前産の親貝を用いて採卵し、AとBの2水槽に分けて飼育していた稚貝から計19個、野母産親貝から採卵しCとDの2水槽に分けて飼育していた稚貝から20個、田平産親貝から採卵した9個体の稚貝の合計48個体について切片観察を行い、その結果を表2に示した。1995年8～9月に大量にへい死が見られた豊前産B水槽の稚貝からは、9個体中2個体(22.2%)で神経幹に病変が認められ、症状も中程度であった。水槽全体の稚貝の生残率は51.4%と低く、この病変がへい死の原因と考えられた。隔離飼育していた生残率の高い豊前産A水槽並びに他の水槽の稚貝からは全く病変は観察されず、これらは全て健全個体と推定された。

表2 組織切片観察結果

産地別	観察個体数	病変有	病変無	発生割合(%)
豊前産A	10	0	10	0
豊前産B	9	2	7	22.2
野母産C	10	0	10	0
野母産D	10	0	10	0
田平産E	9	0	9	0

VI 原因究明調査

1 病原体の検出

前報¹⁾では稚貝の大量にへい死は健全なアワビ種苗を用いれば餌料に起因するものではないこと、また、衰弱個体の磨砕濾液を用いた攻撃試験では健全な個体でも感染が成立することなどから、本病の原因はウイルス⁴⁾との疑いが強まってきている。前報²⁾では、透過型電子顕

微鏡を用いて稚貝の衰弱個体の磨砕液のネガティブ染色による観察を行い、直径約30nm×長さ32nmの円筒型小型粒子を多数検出した。そのため、本年はその粒子の部位別存在場所やその由来について検討を行った。

方 法

本調査は福岡県保健環境研究所との共同研究として取り組んでいる。ネガティブ染色に用いた試料を表3に示した。稚貝調査として前述の3種類の産地別稚貝と研究

表3 電顕観察結果（ネガティブ染色）

項 目	種 類 別	粒子の有無	処理年月日	備 考
稚 貝 調 査	豊 前 産 A	+	'95.8.31	大量へい死 無 0.22 μ mフィルターで濾過
〃	〃 B	+++	〃	大量へい死 有（夏期） 〃
〃	野 母 産 A	+++	〃	大量へい死 無 〃
〃	〃 B	++	〃	〃 〃
〃	田 平 産	+	〃	〃 〃
感染地貝調査	豊 前 産 1	+++	'95.8.31	感染実験 対象区 〃
〃	〃 2	+	〃	〃 実験区 〃
〃	〃 3	++	〃	衰弱個体（公社） 〃
血 液 調 査	豊前産親♂	+	〃	〃 〃
〃	〃 ♂	++	〃	〃 〃
〃	〃 ♀	+	〃	〃 〃
〃	田平産親♂	+	〃	〃 〃
〃	〃 ♂	+	'95.9.1	〃 〃
〃	〃 ♀	+	〃	〃 〃
〃	〃 ♀	+	〃	〃 〃
〃	野母産親♀	+	'95.12.12	無 濾 過
〃	〃 ♀	+	〃	〃 〃
〃	〃 ♀	+	〃	〃 〃
部 位 別	稚貝神経管	—	〃	衰弱稚貝25個体、無濾過
〃	稚貝鰓	—	〃	〃 50個体、〃
〃	豊前親♂精巢	+	'95.9.1	0.22 μ mフィルターで濾過
〃	〃 肝臓	+	〃	〃 〃
〃	〃 精 巢	++	〃	〃 〃
〃	豊前親♀卵巣	—	〃	〃 〃
〃	〃 肝臓	—	〃	〃 〃
〃	田平親♂精巢	—	〃	〃 〃
〃	〃 肝臓	—	〃	〃 〃
〃	〃 精 巢	—	〃	〃 〃
〃	〃 肝臓	—	〃	〃 〃
〃	田平親♀卵巣	—	〃	〃 〃
〃	〃 肝臓	—	〃	〃 〃
〃	〃 卵 巢	—	〃	〃 〃
〃	〃 肝臓	—	〃	〃 〃
餌 料 別	乾燥コンブ	—	'95.10.16	〃 〃
〃	付着珪藻	—	〃	〃 〃
〃	アラメ	—	〃	〃 〃
〃	アオサ	—	〃	〃 〃
〃	サザエ1	—	〃	アワビと隔離飼育 〃
〃	不稔アサオ	—	〃	〃 〃
〃	サザエ2	—	〃	アワビと混養 〃
〃	フクロノリ	—	〃	〃 〃
種 苗 生 産	未受精卵	—	〃	'95.10.13種苗生産 〃
〃	精 子	—	〃	〃 〃
〃	受精卵	—	〃	〃 〃

—：確認できない，+：少ない，++：普通，+++：多い

所で感染実験に用いたもの、さらに、1995年春に公社で大量へい死した時の5～7個の衰弱個体全体を磨砕したものについて実施した。稚貝の部位別調査としては公社で採取した25個体から神経幹付近の組織のみを、さらに50個からは鰓組織のみを採取した。電子顕微鏡観察のための処理は前報²⁾と同様である。稚貝の部位別調査のみはフィルターによる粒子の吸着を防止するために濾過の過程を省略して処理した。また、血液調査としては稚貝の親貝である豊前、田平及び野母産の雌雄それぞれ2～3個体について採血して実施した。親貝は産地別に雄の精巣、肝臓、雌の卵巣及び肝臓について行った。また、感染経路を推定するため6種類の餌料とさらに同じ巻貝で生息域が重複するサザエについてアワビと混養したものと隔離飼育したものについて同様な観察を行った。また、粒子の垂直感染を把握するために、未受精卵、精子及び受精卵についても行った。

結果および考察

稚貝と親貝の部位別並びに餌料別のネガティブ染色の電子顕微鏡観察結果をまとめ同表3に示した。産地別稚貝と感染実験に供した対象区及び実験区の全ての稚貝の磨砕液から、円筒型の小型粒子を確認した。また、全ての親貝の血液中からも同様な粒子を多数確認した。親貝の部位別結果では粒子は観察される場合と、観察されない場合があり一定の傾向は認められなかった。一方、衰弱稚貝の神経幹及び鰓や精子、卵及び受精卵からは粒子は確認できなかった。同じ衰弱個体で稚貝全体を磨砕したものからは円筒型の小型粒子が確認され、病変が確認できる神経管及び鰓組織の磨砕液からは確認できなかった。その理由として、組織を滅菌海水中で切りとる過程で血液等が洗い流されたためと推定された。円筒形の小型粒子は血液中には必ず確認できるため血液と何らかの関係を持つものと考えた。この粒子については今回の観察だけでは病原性との関連まで言及することはできなかった。

2 病理組織中からの病原体の検出

光学顕微鏡で病変組織が確認できた衰弱個体を用いてエポキシ樹脂包埋による病変部の超薄型組織切片を作成し、電子顕微鏡観察による大量へい死の直接の原因物質の検出を試みた。

方 法

公社において病気の早期発見を行うため1995年3月3

日に200個体ずつ4グループに分けて加温飼育した。組織観察用のサンプルとしてはNo.1のグループの稚貝から図9に示したようにへい死のピークにあたる飼育開始45日目の4月18日に3個体を採取した。

1個体はパラフィン切片用に、残る2個体は神経幹付近を2mm×2mm角のブロックに作成し、パラホルムアルデヒドで固定した。この組織をエポキシ樹脂により包埋し、電顕観察用の超薄型切片を作成した。

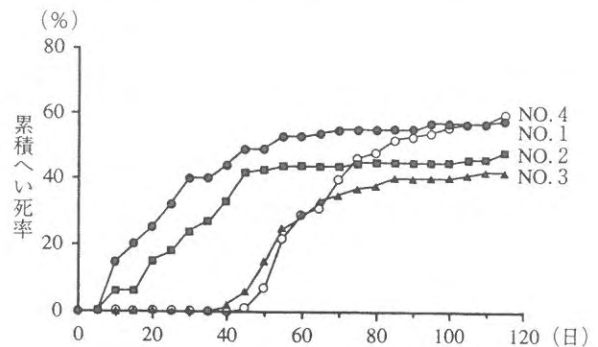


図9 加温飼育によるクロアビ稚貝のへい死状況

結果および考察

神経幹組織の病変部から図10に示したように、直径80～100nmの球形の粒子を観察した。前述の円筒形の小型粒子に比べ数は少ないものの場所によっては組織中に偏在していた。この球形の粒子はコラーゲン繊維等の断面の映像とは明かに異なるものであり、今後粒子の濃縮、精製を行いその同定を急ぐとともに、ポアサイズ別の濾液を用いた感染実験を行うなどして、病原性との関連を解明する必要がある。

Ⅶ 要 約

- 1 1994年に栽培漁業公社から病気の感染源と考えられるアワビの親貝、稚貝を全て撤去するとともに、塩素等による施設の消毒を行った。同時に、研究所で隔離飼育した天然親貝を用いて採苗を行い、得られた受精卵を消毒の済んだ公社施設に搬入して稚貝を飼育した。その結果、防疫体制をとったにも係わらず1995年3月～6月にかけて32面の全水槽で順次へい死が拡大した。中間育成場への出荷が完了した1995年7月上旬の最終のへい死率は35%であった。
- 2 公社から殻長17～23mmの稚貝47万個を大島、相島の中間育成場に受け入れ、1996年2～3月まで飼育した。大島での生残率は65.7%、相島では67.4%と過去16年間では3番目に高い値であった。この原因として、

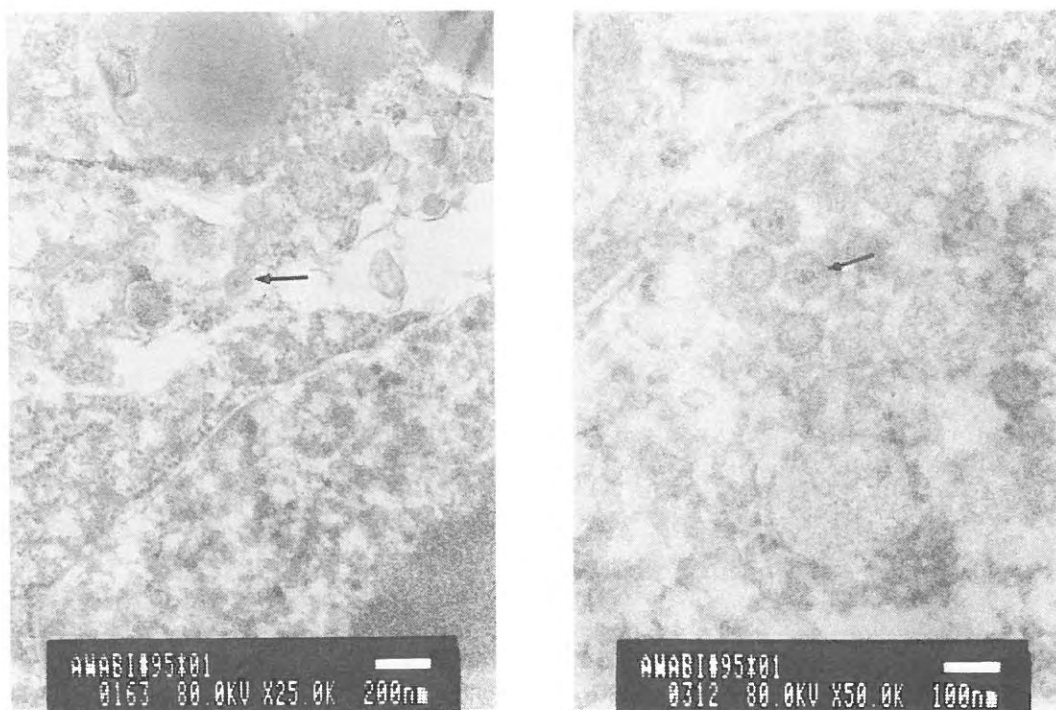


図10 神経管付近の組織から検出された球形の粒子

10月上旬の早期採卵と適正飼育密度による種苗の大型化、さらに4～5月のへい死時期を過ぎて中間育成場へ出荷したことが高い生残率につながったのと考えられた。

3 1994年に研究所で行った産地別飼育試験の結果、1年半後の1996年3月末現在、豊前海産A水槽の稚貝の生残率は80.0%、B水槽は42.3%、長崎県野母産稚貝C水槽は94.3%、D水槽は87.6%、長崎県田平産稚貝E水槽は89.4%と、豊前海産稚貝B水槽を除くといずれも高い値であった。

4 産地別稚貝の神経幹組織の切片観察の結果、B水槽で飼育していた豊前海産稚貝9個体のうち2個体(22.2%)で病変が観察された。他の水槽の稚貝からは全く病変は認められず、大量へい死は起こらなかったものと考えられた。

5 ネガティブ染色で観察された直径30nm、長さ32nmの円筒型の小型の粒子は、全ての産地別稚貝の磨砕液から検出された。しかし、衰弱した稚貝の神経幹及び鰓の病変部の磨砕液からは観察されなかった。一方、親貝では全ての個体の血液中から多数の粒子が観察さ

れた。部位別には肝臓、卵巣、精巣の磨砕液からは観察されることが少なく、精子、卵からは検出されなかった。なお、餌料として使用している乾燥コンブ、アラメ、付着珪藻等からは全く観察されず、この小型粒子はアワビの血液に關与する物質と推定された。

6 電子顕微鏡による組織観察の結果、加温飼育試験で衰弱、へい死し、病変が認められた稚貝の神経組織付近から、直径80～100nmの球形の粒子を検出した。

7 塩素及びイソジンが卵の孵化に及ぼす影響を調べた結果、いずれも25ppm以上の濃度で孵化率は半減した。処理時間の影響は塩素区では5分、イソジン区では2.5分以上の浸漬で孵化率は半減した。しかし、いずれの処理区においても80～90%以上の孵化幼生で奇形が見られ、これらの薬剤による卵消毒の実用化は難しいと考えられた。

8 1995年に前年と同様に再度公社と研究所において防疫体制に取り組んだ。1996年3月下旬で殻長10～12mmの稚貝95万個を各水槽で飼育しているが、現在まで大量へい死は全く見られず、また、1月下旬から実施している加温試験でもへい死は見られていない。

Ⅷ 文 献

- 1) 水産庁：平成5年地域特産種量産放流技術開発事業報告書（あわび類種苗大量へい死要因調査）
- 2) 水産庁：平成6年地域特産種量産放流技術開発事業報告書（あわび類種苗大量へい死要因調査）
- 3) 中津川俊雄他：筋萎縮を伴うクロアワビ稚貝の病理学的所見，魚病研究，23，203-204（1988）
- 4) 中津川俊雄：筋萎縮症を伴うクロアワビ稚貝の疾病の伝染性，魚病研究，25，207-211（1990）

トラフグ放流技術開発事業

内田 秀和・濱田 弘之・吉村 研治^{*1}・三浦 慎一^{*2}・松井 誠一^{*2}

1. 種苗生産

放流試験に供したトラフグの種苗生産は、例年どおり福岡県栽培漁業公社に委託して行った。

(1) 採卵及びふ化

本年は山口県下関市南風泊市場と広島県尾道市で採卵した。卵は受精後ビニール袋に入れ酸素封入し、1～3時間かけて輸送した。採卵およびふ化状況は表1に示すとおり300万粒の卵から116万尾がふ化し、ふ化率は38.7%であった。

表1 採卵およびふ化状況

回次	採卵場所	採卵日	採卵数 (万粒)	ふ化率 (%)	ふ化仔魚尾数 (万尾)
1	山口県下関市	4月28日	50	32.0	16
2	広島県尾道市	5月7日	250	40.0	100
合 計			300	38.7	116

(2) 幼稚仔飼育

ふ化仔魚116万尾は屋内50トン水槽3面にほぼ均等に収容した。日齢10日までは止水とし、配合飼料を与えた日齢10日以降には徐々に換水を行い、換水率は1日当り5回転から最大20回転まで上げた。

餌料はワムシ、アルテミアおよび市販配合飼料を使用した。配合飼料は自動給餌機により午前5時から午後8時まで15～30分おきに投与した。ワムシは日齢3～40日の間、アルテミアは日齢5～50日の間、配合飼料は日齢15日目から与えた。

種苗生産の結果は表2に示す。

表2 種苗生産の結果

回次	収容水槽	全長 (mm)	体重 (g)	生産尾数 (尾)	生産重量 (g)	生残率 (%)
1	E-5	50.8	2.653	8,434	22,375	5.2
2	E-3	25.8	0.428	39,400	16,863	9.4
	〃	39.2	1.627	22,800	37,096	
	E-4	40.2	1.544	32,000	49,408	
合 計				102,634	125,741	8.8

出荷サイズは平均全長35.3mmで昨年の39.5mmより小さかったが、生残率は8.8%で昨年の4.6%よりも高かった。20mm以上に成長するとかみ合い等による減耗が急激に大きくなる。一方小型化して20～25mmで出荷すると輸送による減耗や中間育成初期の魚肉への不慣れによる摂餌不足などで出荷後短期間で大量弊死が生じる¹⁾。このことから、出荷は30～40mm程度で行うのが理想であり、本年はほぼその大きさの種苗を生産できた。

2. 中間育成

中間育成は昨年度と同様に、ふぐ延縄漁業に従事する鐘崎および姫島漁協に委託した。

鐘崎漁協での中間育成には26～48mmの種苗を供した。種苗の受入れは7月7日と18日に行い、沖出して育成を開始した。種苗は漁港内に設置した長方形の筏3基(12×18m)に、海面小割生けす18面を張り収容した。生けすは大きさが5×5×3.5m、目合い10mmのナイロンもじ網を使用した。種苗は栽培漁業公社から漁港の岸壁までトラックで運び、船に積んだパンライト水槽に移し生けすまで運搬した。餌料は冷凍イカナゴを1日4～5回投与した。イカナゴは給餌開始後1週間はミンチ、その後はスコップで細かく砕いて与えた。

姫島漁協で中間育成した種苗は、鐘崎漁協で28日間育成した70mmの群で、調査船の水槽(1.5t×4槽)に入れて約2時間半かけて姫島へ輸送し、8月3日から育成した。育成施設は漁港内に設置した長方形の筏2基(11×6m)で、海面小割生けすを4面張った。生けすは大きさが4×4×3mで、目合い15mmの網を使用した餌料は冷凍イカナゴを1日3～4回投与した。

中間育成の結果は表3に示す。

鐘崎漁協で中間育成のために受け入れた種苗は、合計102,634尾であった。育成した種苗は、30～41日間育成して全長81.1, 83.0, 84.9, 91.8mmの4つのサイズで取り上げ、A～D群として33,398尾を放流試験に用いた。姫島では70mmの種苗から34日間の中間育成により、全長124mmの種苗を4,484尾(E群)生産し、歩留りは83.2%と高い結果が得られた。種苗は尾鰭カットを行い標識

*1 福岡県栽培漁業公社 *2 九州大学農学部水産実験所

表3 中間育成の結果

育成場所	受 け 入 れ				放 流				生残率 (%)	飼育日数 (日)	備 考
	月日	全長(mm)	尾数	収容密度	月日	全長(mm)	尾数	収容密度			
鐘 崎	7. 7	25.8	29,580	66	8. 17	91.8	8,758	19	29.6	41	姫島で更に育成
	7. 7	25.8	9,860	66	8. 3	70.0	5,391	36	54.7	27	
	7. 18	39.2	22,792	76	8. 17	84.9	9,927	33	43.6	30	
	7. 18	40.2	32,012	107	8. 17	81.1	9,922	33	31.0	30	
	7. 18	48.0	8,390	56	8. 17	83.0	4,791	32	57.1	30	
	小 計	35.1	102,634				38,789		37.8		
姫 島	8. 3	70.0	5,391		9. 7	123.5	4,484		83.2	34	
合 計			102,634				37,882		36.9		

放流試験に用いた。

各群で育成開始に生けす網への収容密度を変えたところ、育成中の生残率は29.6～83.2%であった。このうち育成サイズがほぼ同じA～D群では、図1に示すように生けすへ育成開始時の収容密度と生残率について負の相関関係が得られた ($r^2 = 0.352$)。特にA群(全長26mm, 生残率29.6%)は育成開始サイズがB～D群の39～48mmよりも少し小さいので除くと、高い相関 ($r^2 = 0.978$) を示した。40～80mmで中間育成をする場合は、収容密度を50尾/m³程度にし、これ以上の密度の場合は期間中に密度を下げてやる必要がある。

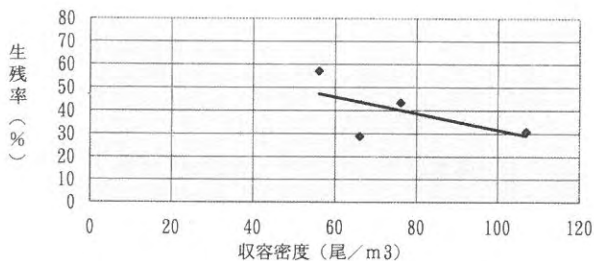


図1 生けすへの収容密度と生残率

3. 放流及び追跡調査

育成した種苗は、8月17日に福岡湾内の西戸崎地先において3.3万尾(A～Dの4群, 平均全長81.1～91.8mm)

を、それぞれALC耳石染色により識別できるようにして標識放流した。この他9月7日に唐津湾の姫島漁港内で0.4万尾(E群, 123.5mm)の合計5群の3.7万尾を放流した。トラフグ標識放流の概要は表4に、放流場所は図2に示すとおりである。ALC耳石染色を行った福岡湾放流群(A～D群)については、追跡調査を行い詳しく検討した。

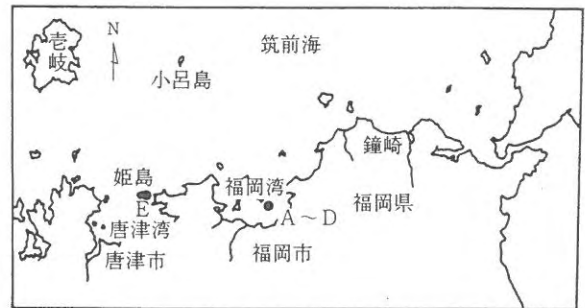


図2 放流場所

(1) ALC標識魚の放流及び追跡調査

福岡湾で放流した幼魚はフグ標識魚の再捕結果から、12月までは湾内に留ることが明かになっている^{1, 2)}。従って、福岡湾を対象に放流魚が湾外に逸散しない8～12月に追跡調査を行えば、放流直後の生残状況を明らかにすることができる。放流魚の放流後4ヶ月程度の短期間の

表4 標識放流の概要

放流群	放流場所	放 流			ALC耳石標識			
		月日	全長(mm)	尾数	標識	表示 径 (μ)	標識時全長 (mm)	
A	福岡湾	8. 17	91.8	8,758	一重中	437.4±26.3	24.3±3.79	
B	〃	8. 17	84.9	9,927	二重	434.6±43.9	24.3±3.79	35.2±8.4
C	〃	8. 17	81.1	9,922	一重小	267.1±17.0	11.6±1.57	
D	〃	8. 17	83.0	4,791	一重大	570.9±33.9	43.0±6.70	
				33,398				
E	唐津湾	9. 7	123.5	4,484				
合 計				37,882				

生残状況を知り、放流手法の検討を行うため、標識脱落がないA L C標識を用いて、昨年に続き追跡調査を行った。放流場所は福岡湾内でも小型底びき網の禁漁区域であり放流直後の混獲に減耗が少ない西戸崎地先で行った³⁾、この水域は小型底びき網の操業区域内での放流と比較して90mmサイズで11月以降には1.8倍の生残率を示すことから、放流適地であることがわかっている⁴⁾。また、この場所ではサイズが5, 7および10cmで標識放流を行い、7cm以下では10cmに比べてかなり低い生残率(1/5.5以下)であることがわかった⁵⁾。この結果から放流適正サイズは7~10cmにあると考えられるので、昨年に続き本年も8, 9cmで同様の放流を実施した。

福岡湾ではクルマエビ、カレイなどを対象として、約100隻の小型底びき網漁船が湾口部を中心に4~12月に操業している。そこで放流魚の追跡は、福岡湾内で夏~秋に小型底びき網により漁獲される幼魚の耳石を検鏡し、標識魚を識別して行った。放流場所と小型底びき網の操業範囲は図3のとおりある。



図3 福岡湾におけるA L C耳石標識魚の放流場所と小型底びき網漁船の操業範囲

A L C染色は50トンの飼育水槽の海水を10トンまで減らし、止水状態でA L Cを20ppmの濃度にして20時間行なった。止水状態での収容密度は、稚魚のサイズによって多少変え、20mmでは1~2万尾/トン、30mmを越えた時は0.5~1万尾/トンを目安とした。

染色を開始してから3時間(12:00~15:00)の水温は19.5~21.3度、酸素濃度は4.5~8.7ppm、pHは7.8~8.2で酸素濃度およびpHに低下がみられたが、その後安定したので染色を続けた。例年同様の条件で染色を行い、終了後の死亡はほとんどなかったが、本年は終了後に各水槽で2~5割の大量死がおこった。30lパンライト水槽と稚魚を用いて、濃度を変えた試薬の毒性試験を行っ

たが異常は認められなかったので、水槽の汚れによる酸素不足が原因となった可能性高い。来年は染色時に残餌の十分な清掃と酸素の補給を行う必要がある。

標本は調査日ごとに、福岡市漁協の1支所に所属する小型底びき網漁船20隻が漁獲した全数を購入した。入手した幼魚は630尾について、表5のとおり耳石標識により天然群と各放流群の識別ができた。各放流群の放流後の生残状況はC P U Eの経時的变化から検討した。C P U E(単位努力量当りの漁獲量)はここでは1日1隻当たりの漁獲尾数とし、各放流群で放流1万尾当たりに補正した上で天然群と各放流群の値を比較した。各放流群は中間育成場所や放流日、放流場所等が同じであるが、放流後の生残に大きく影響すると思われる放流サイズと中間育成開始時の収容密度を変えている。これら4つの群を同時に放流して適正放流サイズと収容密度の検討を行った。表6と図4に放流群別のC P U Eを示した。放

表5 放流群別の漁獲尾数と出漁隻数

	放流尾数	9月7日	9月20日	10月16日	10月31日	合 計
A 群	8,758	51	30	9	8	98
B 群	9,927	34	12	8	6	60
C 群	9,922	28	19	4	6	57
D 群	4,791	9	11	4	1	25
天然群		115	124	117	34	390
合 計		237	196	142	55	630
出漁隻数		22	15	16	11	64

表6 放流群別放流1万尾当たりのC P U Eの推移

	追 跡 調 査					相対値
	9月7日	9月20日	10月16日	10月31日	平均値	
A群	2.65	2.28	0.64	0.83	1.60	2.07
B群	1.56	0.81	0.50	0.55	0.85	1.10
C群	1.28	1.28	0.25	0.55	0.84	1.09
D群	0.85	1.53	0.52	0.19	0.77	1.00
天然群	5.23	8.27	7.31	3.09	5.97	7.72

*天然群は1日1隻当たりのC P U E

*C P U Eの相対値はD群を1.0としたときの各群の値

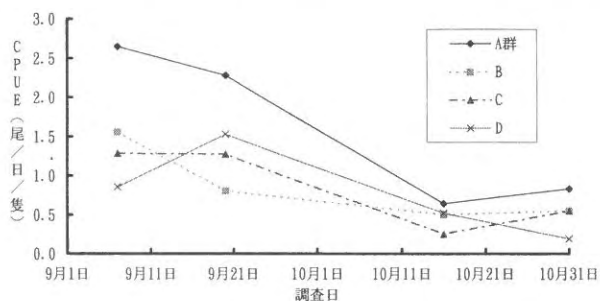


図4 放流群別C P U Eの推移

流半月後の9月上旬から2ヶ月半後の10月末までについて、4回調査を行いデータを集計した。C P U Eは放流した時期に近い9月7日で最も高いが、10月になると魚群が分散して次第に減少する。放流群別にC P U Eの平均値を求めて比べると、放流群間の生残率を相対的に比較することができる。さらに比較しやすいように、ここではC P U Eの値が最も低いD群の値を1.00として他の群を相対値で示した。各群の育成・放流条件とC P U Eとの関係を検討すると、収容密度を下げてかみ合いを少なくして飼育し、しかも放流サイズが最も大きいA群では2.07と最大の値を示した。一方、B、C群はD群と収容密度を変えて育成し、ほぼ同じサイズで放流したが、C P U Eの相対値は1.09～1.1でD群とそれ程差がなかった。以上の結果から中間育成時の収容密度は50～100尾/m³の範囲では放流後の生き残りにほとんど影響しないが、サイズは影響することが示唆された。ところで昨年の結果では⁶⁾、80.7mm群のC P U Eを1.00とした場合に、収容密度を約1/4に下げ、サイズが大きい93.7mm群で1.29となり、2つの放流群で3割程度の差しか開かなかった。そのため、80mmサイズでの放流でも十分であると思われたが、本年の結果では83mm群を1.00としたときに、収容密度がほぼ同じ91.8mm群で2.07と約2倍の差が出た。このことから、収容密度やサイズだけでなく、その他の要因も今後は考慮する必要があると考えられる。

成長は各放流群について全長、体長、体重、肥満度の経時変化を比較して検討した。全長は図5に示すとおり、人工群が天然群よりも約20～30mm小さい。この差は危険率5%で有意であり、放流後1～2.5ヶ月間では一定しているため、全長の成長に伴って相対的に小さくなっている。人工群間ではA、C群間で安定して有意差がみられ、A群がC群より大きい。他の群間では大きさに差がみられなかった。体長は図6のとおりで、全長と同様に人工群が約10～20mm小さい。この差は危険率5%で有意である。人工群間ではA、C群間で安定して有意差がみられ、A群がC群より大きい。全長と体長における天然群と人工群の差は主として両群の産卵期の違いによるものである。また、全長の差には人工群の中間育成中のかみ合いによる尾鰭の欠損も起因している。体重も図7のとおり、人工群が天然群よりも9月7日で約28～38g小さく、その差は次第に拡大する。この差も危険率5%で有意である。人工群間ではA、C群間で安定して有意差がみられ、A群がC群より大きい。また、図8に示す肥満度でも人工群は天然群に比べて小さい。天

然、人工群間において5%の危険率で有意差が認められた。なお、肥満度は次式で求めた。

$$\text{肥満度} = \text{体重 (g)} \div (\text{体長 (mm)})^3 \times 10^5$$

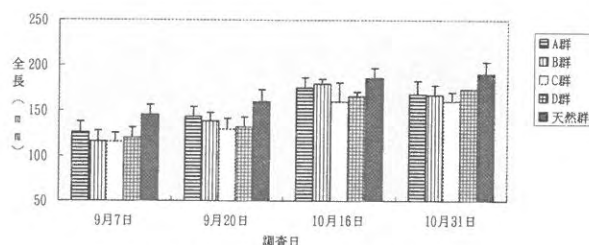


図5 放流群別全長の推移

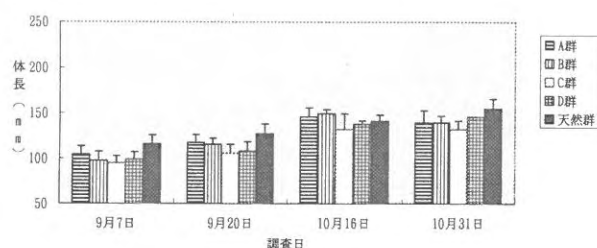


図6 放流群別体長の推移

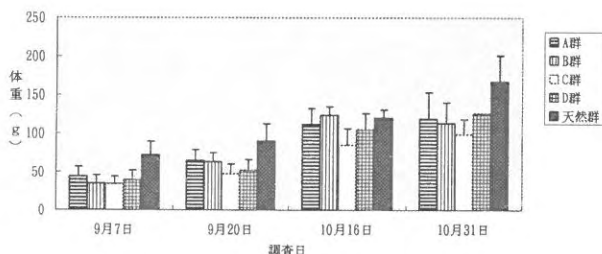


図7 放流群別体重の推移

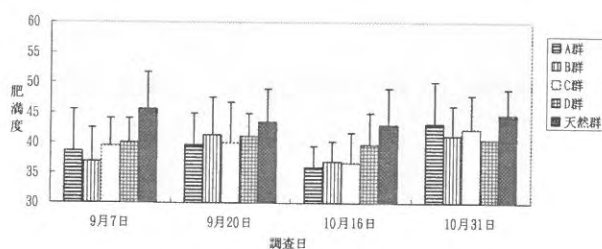


図8 放流群別肥満度の推移

次に放流群別の成長を日間成長率を比較して検討した。4回の採集日について、それぞれの採集日の間の期間の日間成長率を、図9、10に示すように全長と体長で求めた。10月下旬では成長の停滞がみられるのでこの期間を除いて、9月上旬から10月中旬までの日間成長率を比べた。その結果、全長の日間成長率は0.9～1.7mm/日程度であり、人工群が天然群と同程度か若干上回っている。体長の日間成長率は0.7～1.4mm/日程度であり、全長よ

りも小さく、同様に人工群が天然群と同程度か若干上回っている。先に述べたように放流魚の尾鰭の再生が影響する全長よりも体長で比較の方が適当と考えられるが、いずれにしても、人工群は成長が天然群と同程度であり、放流後2ヶ月間で順調に環境に適應している。

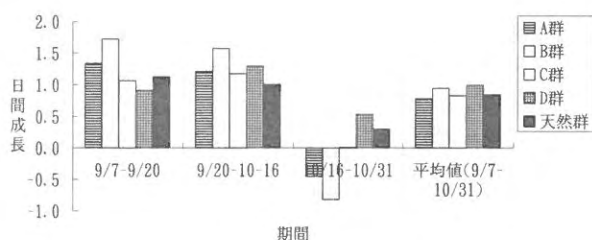


図9 全長の日間成長率

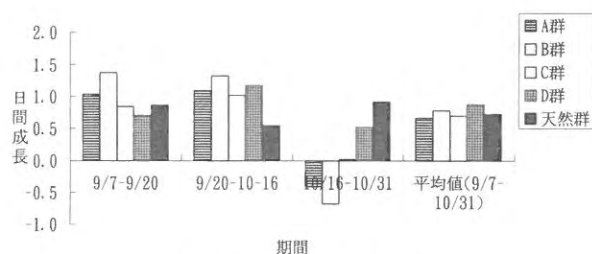


図10 体長の日間成長率

4. 健苗性評価方法の検討

(1) 育成結果からの評価

健苗性の指標として育成中の尾鰭の欠損率やかみ跡数あるいは肥満度を用いることが可能かどうかを検討した。健苗性に最も影響を与える飼育条件の1つは中間育成開始時の収容密度と考えられる。密度が100尾/m³を越えると生残率は50%以下に低くなる⁴⁾。そこで今年は56～107尾/m³の範囲に4つの密度で収容し、A～D群間での健苗性の違いを比較した。ただし、収容密度はA=66, B=76, C=107, D=56尾/m³, 収容時の平均全長は各92, 85, 81, 83mmであった。

なお、尾鰭欠損率は次の関係式により求めた。

$$\text{尾鰭欠損率(\%)} = (1 - \frac{\text{人工魚の尾鰭長}}{\text{その人工魚と同じ体長の天然魚の尾鰭長}}) \times 100$$

なお、人工魚の尾鰭長=人工魚の全長(実測値)

－人工魚の体長(実測値)

人工魚と同じ体長の天然魚の尾鰭長=

人工魚と同じ体長の天然魚の全長(推定値)

－人工魚の体長(実測値)

ただし、天然魚の全長は次の式から推定する。

$$\text{全長} = 1.1806 \times \text{体長} + 6.0142$$

$$R^2 = 0.991$$

$$N = 4.019 \text{ (サンプル数)} \quad \text{単位: mm}$$

また、かみ跡数は鰭を除く腹部を中心とした体表に残る歯形の数である。傷として残る期間など不明であるが、計数が簡単である点が欠損率よりも優れている。

放流群間で比較すると図11のとおり、かみ跡数は3～

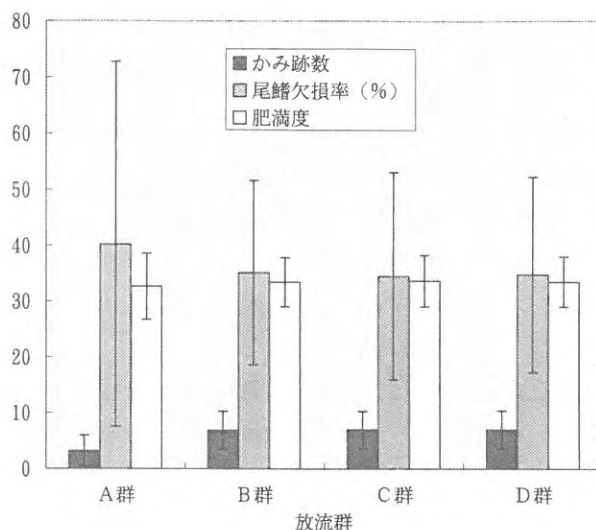


図11 放流群別のかみ跡数、尾鰭欠損率、肥満度

7ヶ所、尾鰭欠損率は35～40%、肥満度は32.64～33.64であった。このうち肥満度と尾鰭欠損率は5%の危険率では差がなかった。かみ跡数もA群と他の群(B, C, D)間では差が認められたが、B, C, D群間では互いに差が認められなかった。収容密度が100尾/m³以下の条件では、育成中の尾鰭の欠損率やかみ跡数あるいは肥満度に差がでないため、指標として有効かどうか明らかにできなかった。健苗性の指標については放流後の生残率を考慮に入れて再検討する必要がある。

(2) 健苗性評価方法の開発

健苗性評価方法の開発の内容は、三浦慎一氏が本技術開発事業により採集した卵および育成した種苗を用いて、九州大学農学部附属水産実験所および本県水産海洋技術センターで試験を行い、松井助教授の指導のもと卒業論文としてまとめたものである。

結 言

飼育種苗は天然種苗とは体型、体色、活力、行動などが異なっており、このことが放流効果に影響している可能性がある。このため飼育種苗について天然魚に近いものが要求され始め、それに伴い種苗の質を判定する方法の確立が急がれている。

判定方法には種々の方法が報告されており、種苗の質の中でも活力を判定するものが多い。活力判定では比較

的短時間で行われるものがよいと考え、酸素の供給を断ったときの耐性（以下、無酸素耐性と呼ぶ）について基礎的な研究を行った。同時に無酸素耐性と空中乾出耐性、遊泳力試験との比較を行った。

方 法

実験は1995年5月から11月にかけて九州大学農学部附属水産実験所および福岡県水産海洋技術センターで行った。実験に用いた供試魚は、1995年5月15日に福岡県栽培漁業公社でふ化したものを水産実験所に輸送し0.5ポリカーボネイト水槽に収容し、S型シオミズツボワムシ（日齢2～25日）、アルテミア幼生（日齢19～32日）、配合餌料（日齢28日以降）を与えて飼育した。

耐性試験の方法は、供試魚を飼育水槽から10個体程度30リットルポリカーボネイト水槽に移し、止水通気条件でそのまま30分程度放置する。別の30リットルポリカーボネイト水槽に海水を満たし窒素ガスによって強通気をおこない溶存酸素量が0になったのを確認した後、窒素ガスを強通気しながら供試魚をあらかじめ定めた時間（以下規定時間）暴露させ、たも網ですくい上げ止水通気条件にしておいた30リットルポリカーボネイト水槽にいて、30分後の時点で正常に遊泳している個体を生存個体とし、それ以外はへい死個体とみなして致死率で判定するか、また、30分以内において生存個体が海水に戻して何分後に遊泳を開始するかという回復力での判定のどちらかでおこなった。評価としては、定めた時間において致死率が低い、または回復力が早いほど無酸素耐性が高く、活力があると判定した。また、体長、体重等を示すときには標準偏差と共に示した。

実験A 成長に伴う無酸素耐性

成長に伴って無酸素耐性の変化を調べるために、まず、体長における時間ごとの致死率を求め半数致死時間を決定し（図12では、例として体長 $126.5 \pm 12.8\text{mm}$ 、水温

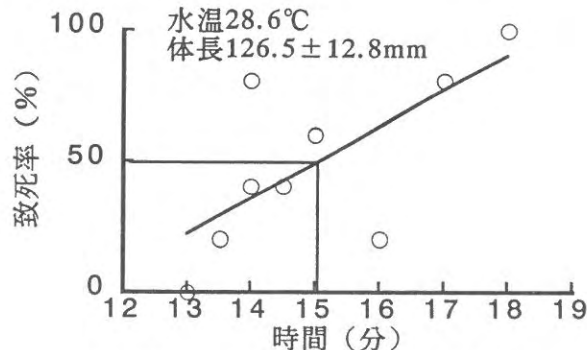


図12 トラフグの無酸素水による致死率の変化

28.6℃での求め方を示した）、これを基に体長ごとの半数致死時間をプロットしていった（図13）。

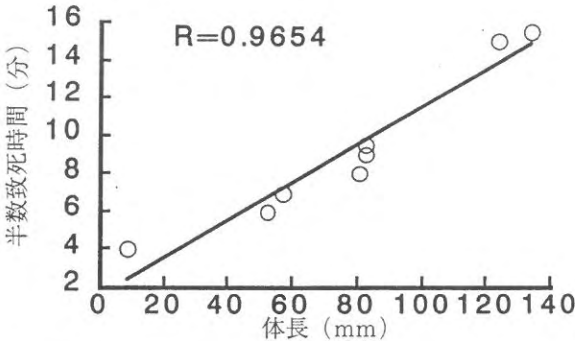


図13 トラフグの成長に伴う半数致死率の変化

実験B 空中乾出耐性と無酸素耐性の比較

体長約70mm、120mmでの半数致死時間の長さで比較をおこなった（半数致死時間の求め方は実験Aと同じである）（表7）。空中乾出耐性の方法としては、無酸素耐性での無酸素水に暴露するところを供試魚をタモ網ですくい上げて空中に乾出しておく。それ以外はほぼ無酸素耐性の方法に準じて行った。

表7 トラフグ空中乾出試験と無酸素耐性試験の比較

	空中乾出 半数致死時間	無酸素 半数致死時間
体長（約 70mm）	40分以上	8分
（約120mm）	60分以上	15分

実験C 飼育密度及び飢餓条件が無酸素耐性に与える影響

500リットルポリカーボネイト水槽、流水式通気条件に、密度条件として100、50、10尾ずつ収容して飽食給餌した条件区と飢餓条件として10尾収容して無給餌の条件区を設定し、3週間飼育した後、水温23.0℃、規定時間15分によって無酸素耐性試験を行った（図14）。この規定時間とはあらかじめ予備実験によって体長約120

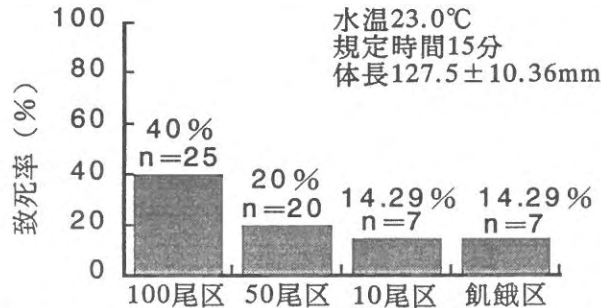


図14 トラフグ密度飢餓条件を変化させたときの無酸素耐性

mmの個体が半数致死になる時間である。表8に条件区ごとの体長、体重を示した。

表8 トラフグ密度飢餓条件の各体長、体重

	100尾区	50尾区	10尾区	飢餓区
体長(mm)	121.7±9.3	114.5±12.1	125.3±12.9	124.0±9.8
体重(g)	58.1±11.3	42.3±19.4	56.67±24.0	54.8±12.8

実験D 採卵方法の違い及びA L C染色の影響が無酸素耐性に与える影響

ホルモン打注によって採卵された卵からふ化し、体長約70mmまで飼育したものと、更にA L C染色されたものと、通常に飼育したものの無酸素耐性試験を行った結果と各区の体長を図15に示した。水温29.7℃、規定時間7分であった。この実験では、各区ごとの遊泳力を測定

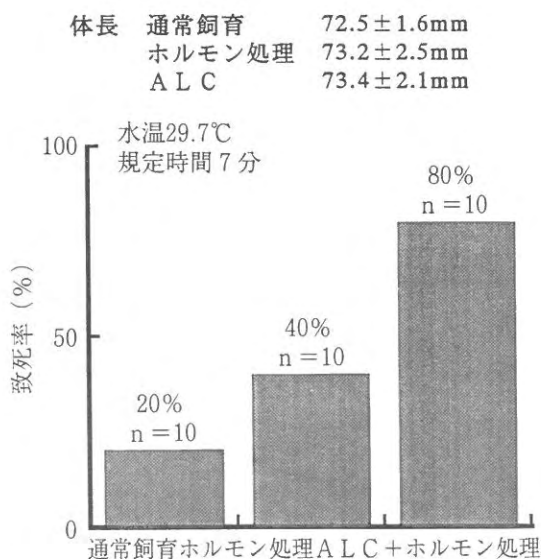


図15 ホルモン処理、A L C染色が無酸素耐性に与える影響

し(図16)、無酸素耐性との比較を行った。遊泳力の測定には、岸田・福原(1981)を参考に制作されたものを改良して用いた。図17に示すように本装置は遊泳管、流量調節バルブ及び水供給パイプから構成される。遊泳管は透明なアクリル樹脂製で内径60mm、長さ2mでバルブから0.5mの位置に供試魚を管内に収容するための漏斗が取り付けられている。水の供給は、20トン水槽からパイプによってサイホンの原理により流入させる。遊泳管内の流速はあらかじめ流速計を用いて流量調節バルブの目盛との関係性を求めておいた。遊泳力の評価方法としては、投入口より供試魚を1個体ずつ遊泳管内に収容し、供試魚が安定したのを確認した後流量調節バルブをあげて徐々に流速を増加させ、供試魚が流れの方法に体して平行に遊泳することが出来なくなった時の流速を求め、この時の遊泳力速度を突進速度(瞬間最大速度)とし、次に流速を減少させて供試魚が胸びれをからだにつけ、

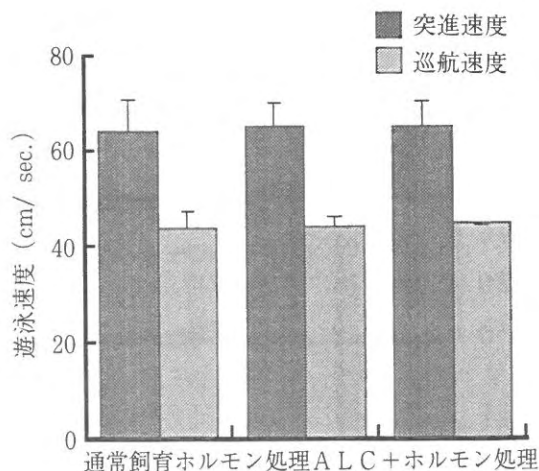


図16 ホルモン処理、A L C染色と遊泳力の関係

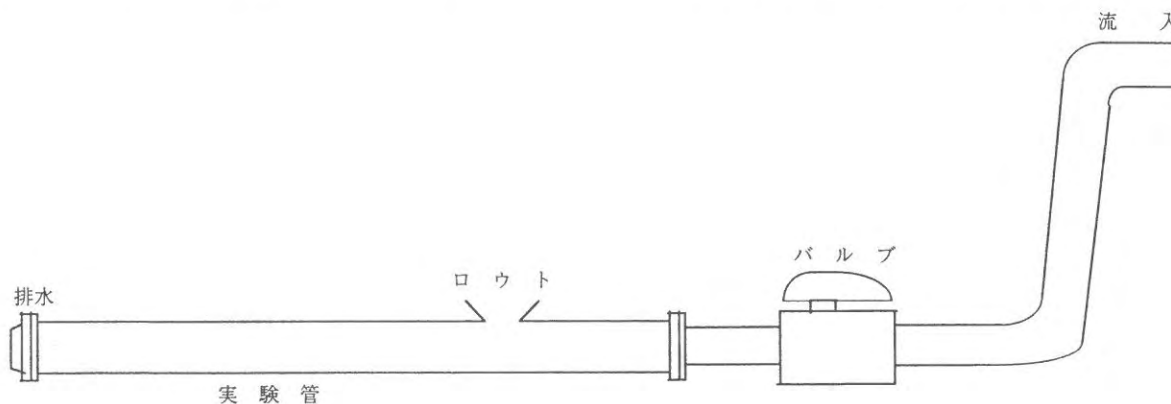


図17 遊泳力の測定装置

尾びれだけで遊泳姿勢を示し、なおかつ、その姿勢で24時間泳ぎうる遊泳力速度を巡航速度として、数値の高いほうが活力があると判定した。

実験E 照明時間が生残率、成長、尾びれ欠損個体率及び無酸素耐性に与える影響

暗黒状態の部屋にタイマーで蛍光灯が24, 16, 8, 0時間点灯するように設定して、200リットルポリカーボネイト水槽を用い、流水式通気条件に各区700尾収容したものを設置した。生残率、体長変化を図18に、尾びれ欠損個体率を表9に、無酸素耐性を図19に示した。

実験F 遮光率が生残率、成長、尾びれ欠損個体率に与える影響

底面、側面を黒色のビニールシートで覆った200リットルポリカーボネイト水槽を用い、流水式通気条件の上部を黒色ビニール製ネットで遮光率が90, 60, 30, 0%となるように覆った。この時この4区への光量が一定になるように設置した。また、各区700尾収容した。生残率、体長変化を図20に、尾びれ欠損個体率を表10に示した。

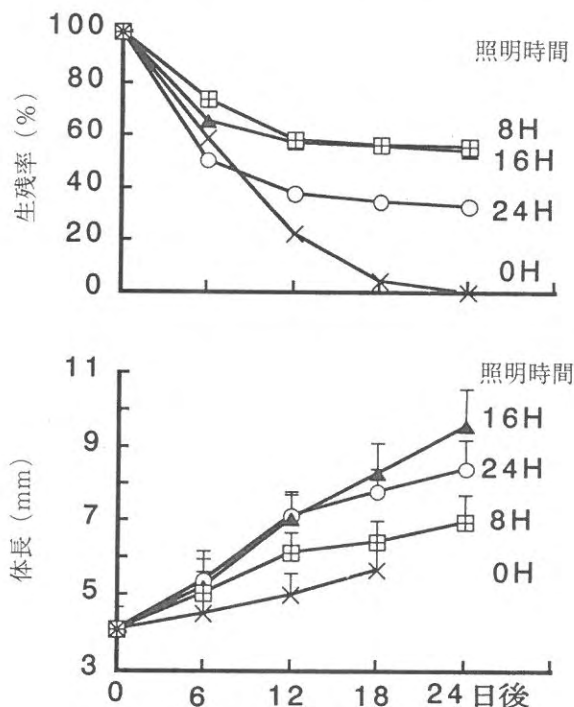


図18 照明時間が生残率と成長に与える影響

表9 異なる照明時間が尾鰭欠損個体率に与える影響

N=20

証明時間	24H	16H	8H	0H
尾鰭欠損個体率(%)	85	75	70	0

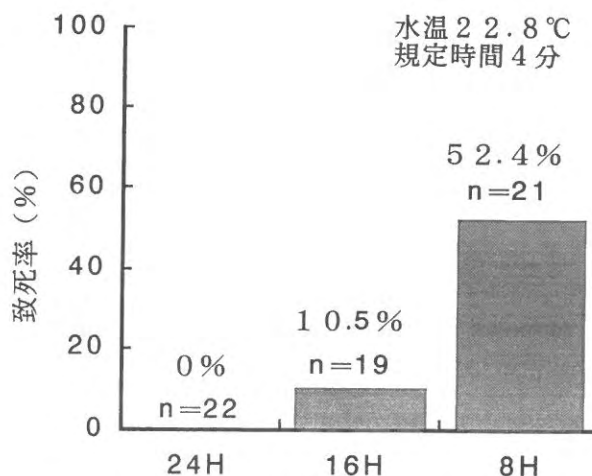


図19 異なる照明時間が無酸素耐性に与える影響

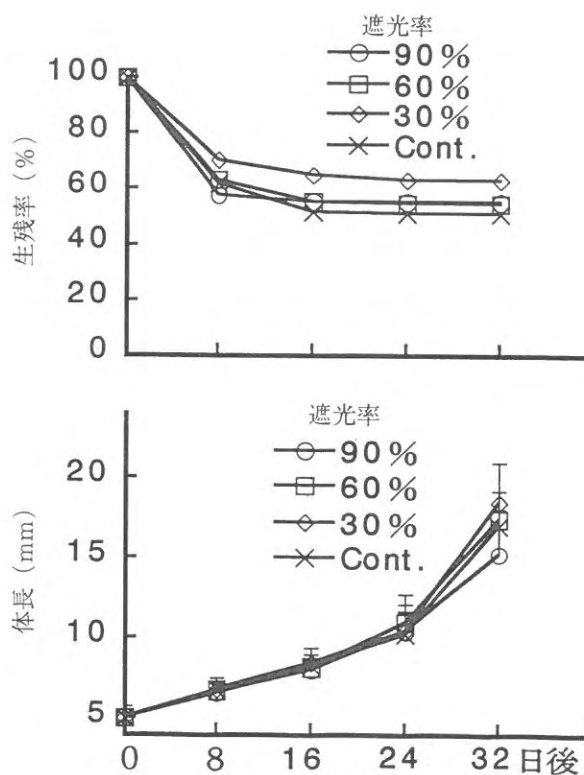


図20 遮光率が生残率と成長に与える影響

表10 遮光率が尾鰭欠損個体率に与える影響

N=20

遮光率	90%	60%	30%	0%
尾鰭欠損個体率(%)	15	0	60	45

考 察

実験A

図12では水温28.6℃体長±標準偏差126.5±12.8mmにおける無酸素耐性試験の結果を示した。8尾ずつ異なった時間(計9回)の無酸素耐性試験を行ない、半数致死時間約15.1分を得た。このようにして求めた成長段階毎の

半数致死時間を示したものが図13である。成長と共に半数致死時間が延びている。しかし、各成長段階における試験では水温がそれぞれ異なっていることを考慮しなければならない。一般に水温が下がれば半数致死時間は延びるが、図13では成長段階での試験時最大と最小の水温差が約8℃であった。このため、図13は変化する可能性があるが、予備実験で水温差が10℃程度であれば半数致死の時間の差は1～2分程度であるのでさほどの変化はないと考えられる。

実験B

表7に示すように、無酸素耐性試験は空中乾出試験よりもより短い時間で半数致死時間になる。その結果、無酸素耐性試験は短時間で行えるため誤差が小さく、短時間で結果がでて、鋭敏であると言える。空中乾出試験の半数致死時間が求められなかったのは、長時間空中へ乾出させるため、室内でおこなったにも関わらず乾燥により死亡個体がでたため、水分が体表に付着していたらさらに延びると考えられる。

実験C

表8に示したように各区ごとの体長及び体重は、大きな差は見られなかった。図14に示すように水温23.0℃、規定時間15分では100尾区がもっとも致死率が高くなった。このことから、10尾、50尾区と比較して活力が低いのではないと思われる。また、飢餓区、飽食給餌区との比較では、差はなかった。飢餓区の致死率が高くなるのが予想されたが、これは、3週間では飢餓の影響を受けず活力差が生じないか、個体数が少なく誤差であるか、もともと活力差が生じないのかは試験事例が少なく、用いた個体数も少なかった（飼育期間中両区とも3個体死個体がでた）ことから断言はできない。今後の検討課題である。

実験D

図15に示すように水温29.7℃、規定時間7分でおこなった無酸素耐性試験では、ALC染色を施したものの、ホルモン打注によるもの、通常飼育の順番に致死率が低くなり、この順番に活力が高くなっているのではないかと考えられる。また、図16に示すような遊泳力となり突進速度、巡航速度共にどの区とも差はほとんどなかった（バーは標準偏差を示す）。遊泳力から活力の有無はいえず、無酸素耐性試験との比較はできなかった。突進速度の測定は供試魚が明らかに最大速度で遊泳しなかったり、遊

泳したとしても一瞬で測定が困難であったことから突進速度の値はもう少し高いのではないと思われる。ただし、各区で差がでるとは考えずらい。

実験E

図18に示したように生残率は、照明時間0時間では、24日後に死滅したこれは暗黒状態だったので摂餌することができずに餓死したものと考えられる。このことは、成長が著しく劣ったことから断定できる。また、24時間照明した区では、8、16時間照明と比較すると低かった。これは、24時間照明しつづけた弊害と思われる。成長は先ほど述べたように0時間で劣り、8、24、16時間の順に成長がよかった。表9に示したように、尾びれ欠損個体率は、24、16、8時間でほとんど差はなかった。0時間で0%なのは暗黒の中で視力が確保できなかったためと思われる。ここで尾びれ欠損個体率は、少しでも尾びれに欠損があれば欠損個体とした。図19に示したように水温22.8℃、規定時間4分では、8、16、24時間の順に致死率が低くなり、この順に活力が高くなっていると思われるが24時間照明したほうがストレスがかかり活力が低下すると考えられるので、この点を今後検討しなければならない。

実験F

図20に示したように生残率は、遮光率が30%の区が他の区よりもやや高かったがほとんど同じような値だった。成長は90%区でやや低かった他はほとんど同じであった。表10に示したように尾びれ欠損個体率は、遮光率が低い区で高く、遮光率が高い区で低くなった。遮光をすれば尾びれ欠損個体率は低下する。

文 献

- 1) 福岡県福岡水試1989：昭和63年度トラフグ放流技術開発事業報告書 福1-17
- 2) 福岡県福岡水試1990：平成元年度トラフグ放流技術開発事業報告書 福1-15
- 3) 福岡県福岡水試1992：平成3年度トラフグ放流技術開発事業報告書 福1-16
- 4) 福岡県福岡水試1993：平成4年度トラフグ放流技術開発事業報告書 福1-16
- 5) 福岡県福岡水試1994：平成5年度トラフグ放流技術開発事業報告書 福1-16
- 6) 福岡県福岡水試1995：平成6年度トラフグ放流技術開発事業報告書 福1-16