

平成5年度 事業報告

メタデータ	言語: Japanese 出版者: 公開日: 2025-03-06 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: メールアドレス: 所属:
URL	https://fra.repo.nii.ac.jp/records/2013612

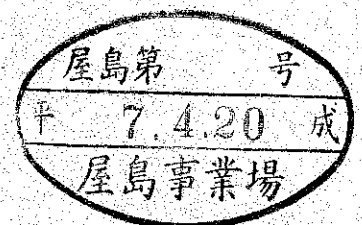
This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.



平成 5 年度

事業報告

(社) 日本栽培漁業協会
五 島 事 業 場



平成5年度事業報告目次

I . 親魚養成及び採卵

	項	担当者名
1. 親魚保有状況	1	有元 操
2. ブリの親魚と採卵	2 ~ 10	有元 操
3. ヒラマサ親魚養成と自然産卵	11 ~ 13	有元 操
4. シマアジ親魚養成と採卵試験	14 ~ 16	有元 操
5. クエの親魚養成と採卵試験	17 ~ 21	有元 操
6. アオリイカの採卵とふ化	22 ~ 23	小磯雅彦
7. ふ化仔魚の活力試験	24 ~ 33	崎山一孝

II . 種苗生産技術開発

1. ブリ種苗生産		
1-1 陸上飼育	34 ~ 60	塩澤 聡
1-2 海上飼育	61 ~ 68	小磯雅彦
1-3 天然ブリと人工生産ブリとの比較	69 ~ 76	小磯雅彦
1-4 ブリ鰓の開腔実験	77 ~ 86	塩澤 聡
2. ヒラマサ種苗生産		
2-1 陸上飼育	87 ~ 100	小金隆之
2-2 海上飼育	101 ~ 107	小磯雅彦
3. シマアジ種苗生産		
3-1 陸上飼育	108 ~ 122	崎山一孝
3-2 海上飼育	123 ~ 131	小磯雅彦
4. クエ種苗生産		
4-1 陸上飼育	132 ~ 140	塩澤 聡
4-2 海上飼育	141 ~ 144	小磯雅彦
5. アオリイカの飼育試験	145	丸山敬悟

III. 餌料生産技術開発

1. ナンノクロロブシス	146 ~ 149	佐藤 純
2. ワムシ	150 ~ 152	小林 孝
3. 餌料生物の栄養強化	153 ~ 156	小金隆之

IV. 資源添加技術開発

1. プリの標識放流	157 ~ 167	小林 孝
------------	-----------	------

V. 種苗生産環境清浄化システム

1. シマアジのVNN症	168 ~ 177	有元 操
2. YAV症	177 ~ 178	有元 操
3. BMNVに関する研究	178 ~ 194	有元 操

VI. 共同研究

1. MF21配合飼料試験	195 ~ 213	塩澤 聡
2. シマアジの飼付け試験	214 ~ 228	小磯雅彦
3. シマアジの行動特性に関する研究	229 ~ 243	塩澤 聡
4. オゾン処理海水利用に関する研究	244 ~ 254	塩澤 聡

VII. 環境測定及び来訪者一覽他

1. 環境測定 (水温・比重・気温)	255
2. 来場者・映画フィルム貸出状況	256

I . 親魚養成及び採卵

I-1. 親魚保有状況

平成5年度五島事業場における親魚の保有状況 (平成5年12月末現在)

魚種名	親魚区分	入手年月	親魚の来歴 場所	漁法	保有 尾数	尾叉長 (cm)	体重 (kg)
ブリ	天4	平成元年5月	長崎県福江島三井楽	定置網	19	84.0 (80.0~87.0)	10.6 (9.6~11.6)
	天3	平成2年5月	同	定置網	40	77.0 (62.0~82.0)	9.3 (7.3~10.6)
	天2	平成3年5月	同	定置網	66	75.0 (59.0~81.0)	8.2 (6.6~10.5)
	天0	平成5年4月	同	定置網	102	62.0 (52.0~70.0)	4.9 (4.1~6.9)
ヒラマサ	天4	平成元年6月	同玉之浦	定置網	20	93.0 (90.0~98.0)	13.1 (9.6~14.8)
	天3	平成2年6月	同玉之浦	定置網	20	91.0 (89.0~97.0)	12.9 (9.3~13.1)
	天2	平成3年6月	同玉之浦	定置網	22	81.0 (79.0~84.0)	8.0 (7.2~9.3)
	天1	平成4年6月	同玉之浦	定置網	26	42.0 (35.0~51.0)	2.1 (1.7~2.9)
	天0	平成5年6月	同玉之浦	定置網	39	45.0 (44.0~46.0)	1.3 (1.2~1.5)
シマアジ	人12	平成元年8月	古満目事業場	56年度上浦事業場	15	56.0 (50.0~61.0)	4.3 (3.0~5.5)
	天9	平成元年8月	宮崎県門川町庵川漁協	1本釣り	15	46.0 (45.0~47.0)	2.3 (1.9~2.5)
	人19	昭和59年度	五島事業場	人工生産魚	8	50.0 (44.0~47.0)	3.1 (2.1~2.7)
	天4	平成2年10月	千葉県鵜原漁協	定置網	15	44.0 (34.0~45.0)	1.6 (0.9~2.4)
	天4	平成2年10月	鹿児島県笠沙漁協	定置網	20	43.0 (35.0~42.0)	1.7 (1.2~2.7)
クエ	天2	天10 57~62年度	長崎県福江島玉之浦町	沈籠. 1本釣り	20	84.0 (71.0~100.0)*	5.4 (4.6~15.4)
	天0	平成5年1月	三井楽町	定置網、養殖魚	45	32.0 (28.0~38.0)	0.4 (0.2~0.7)
マハタ	天2	天10 57~61年度	長崎県福江島玉之浦町	沈籠、養殖魚	9	54.0 (45.0~81.0)*	3.5 (2.9~7.9)
マダイ	12年魚	57年4月	長崎県福江島玉之浦町	養殖魚	51	67.0 (62.0~74.0)	6.3 (4.9~7.8)

注) *は全長(cm)

1. - 2. 平成5年度ブリの親魚養成と採卵

有元 操

本年度は、環境コントロールによる自然産卵試験では、水温制御と長日処理の効果把握するため、自然条件下での産卵試験を行い、水温制御と長日処理を行った平成2年度の試験成績と比較した。また、非産卵期における採卵試験では早期の種苗生産を目的として、12月に卵黄形成を誘起させる試験と2月に産卵誘起させる試験を行った。電照刺激による産卵試験では、性比、照度について検討した。

1. 環境コントロールによる自然産卵試験

基本的には、昭和62年度以降の産卵試験とほぼ同様な方法で試験を行なった。養成方法としては、親魚の肥満度を陸上水槽収容前の秋期以降から高め、陸上水槽では肥満度の維持に努めた。以下に、特記すべき点についてのみ述べる。試験の概要について表1に示した。

(1) 方法

1) 供試親魚と収容方法

供試魚には天然3年養成親魚40尾（うち雌24尾、平均体重9.3 kg）を用い、平成5年1月22日にドーナツ型親魚養成水槽（400 m³）に収容した。親魚の養成および管理方法はほぼこれまでと同様としたが、水温制御と長日処理は行わなかった。

2) 餌料と給餌方法

陸上水槽での養成では、冷凍アジ、冷凍サバ、冷凍スルメイカ、生鮮マイワシに加えモイストペレットの給餌を行った。モイストペレットは、市販のブリ用配合飼料に魚肉ミンチ（冷凍イカナゴ、南極産オキアミ、冷凍イカ）を配合飼料1に対して1の割合で混合し、それにビタミン剤（1%）とビタミンEオイル（0.5%）を加え、さらに7.5%のイカ肝油を添加したものである。

給餌回数は2日に1回を目安とした。試験期間を通じて1回当たりの給餌量はほぼ飽食量とした。

(2) 結果

産卵は5月21日から同27までに3回認められ、総採卵数およびふ化仔魚数は、それぞれ140万粒、20.3万尾（ふ化率61.1%）であった。雌1当たりのふ化仔魚数は0.8万尾であった（表1）。

(3) 考察

今回の試験結果は、平成2年度の試験結果（産卵回数は8回、雌1当たりのふ化仔魚数は8.8万尾）と比較して、はるかに劣る。このため、本種の自然産卵では、水温制御と長日処理は有効と考えられ、今後、どちらの要因が採卵成績に大きく影響するかを検討する必要がある。

2.非産卵期における採卵試験

(1) 12月に卵黄形成を誘起させる試験

昨年は、ブリにLHRH-aコレステロール⁶レットおよびLHRH-a⁶リマ⁶レットを1月上旬に投与した結果、LHRH-aコレステロール⁶レットを投与した区で2月中旬より産卵が認められた。本年度は、さらに早期の採卵を目指し、LHRH-aコレステロール⁶レットを11月中旬に投与して、卵黄形成発達状況を調査した。

1) 方法

試験にはLHRH-aコレステロール⁶レットを魚体重当たり100 μ g、50 μ g、25 μ gを投与する区および無投与区（コントロール）の4試験区を設けた。

Ⅰ.供試魚と収容

供試魚には、天然養成2年魚（1991年4月定置網で漁獲）を40尾用い、1992年11月12日に海面小割生簀網（5×5×深さ5m）に10尾（うち雌3～5尾）ずつ収容した。供試魚の個体標識には、磁気標識（PITタグ）を用いた。この時の平均体重および同尾叉長は、6.4 kg(5.7～6.9)、73.0cm(71.0～76.0)であった。

Ⅱ.養成水温

養成水温は自然水温とした。試験期間中の水温は20.6～16.1℃であった。

Ⅲ.ホルモン剤と投与量

LHRH-aはdes Gly10-[D-Ala⁶]-LH-RH Ethylamide（シグマ社製）を用いた。

Ⅳ.成熟状況の調査

成熟状況および血中ホルモンの分泌状況を把握するため、試験開始後ほぼ15日間隔で、卵巢卵の搾出と採血を行った。

2) 結果と考察

各試験区ごとの平均最大卵巢卵径の変化を個体ごとに表2に示した。平均最大卵巢卵径は試験開始時の11月12日は148～176 μ mで、終了時の1月12日でも180 μ m以下で、成熟は認められなかった。

今回の試験では、12月あるいは1月中の採卵を目的に、昨年、成熟促進効果が認められたLHRH-aコレステロール⁶レットを投与し、その成熟促進効果について試験を行った。しかし、いずれの投与量でも成熟促進は認められなかった。今後、本ホルモンの投与方法の検討が必要である。

(2) 2月に産卵誘起させる試験

昨年度は、長日処理および水温制御を行いつつ、LHRH-aコレステロール⁶レットを1月上旬に投与し、2月中旬に産卵が認められたが、卵質的には問題が残された。この要因として、本ホルモンは産卵そのものには支障を来すのではないかと考えられた。このため、本年度はLHRH-aコレステロール⁶レットで卵黄形成を促進させ、HCGで産卵を誘起させる試験を行った。

1) 方法

試験概要については表3に示した。試験にはLHRH-aコレステロール¹⁶レットを魚体重当たりそれぞれ100 μg 、50 μg を投与する区および無投与区(コントロール)の3試験区を設けた。いずれの試験でも長日処理を行った。なお、昨年と異なる点はLHRH-aコレステロール¹⁶レットの投与後、水温を2月20日までは自然水温とした点である。

I. 供試魚と収容

供試魚には、天然養成4年魚(1989年4月定置網で漁獲)を48尾用い、1991年12月15日に海面小割生簀から陸上水槽2面(角型水槽、90 m^3)に24尾ずつ収容した。そして、LHRH-aコレステロール¹⁶レット投与時の翌年1月14日に同水槽3面にそれぞれ16尾ずつ分槽した。この時の平均体重および同尾叉長は、それぞれ10.6 kg(9.6~11.6)、84.0cm(80.0~87.0)であった。

II. 長日処理

長日処理は陸上水槽収容後に開始し、午後6時より午前0時まで6時間の照射をレフランプ(500W)2基で行った。夜間の水底および水面の照度は、それぞれ40lux以下、2600lux以下であった。

III. 養成水温

養成水温は図1に示すように、2月20日までは自然水温とし、その後昇温し18.0~19.0 $^{\circ}\text{C}$ とした。

IV. ホルモン剤と投与量

LHRH-aにはdes Gly10-[D-Ala⁶]-LH-RH Ethylamide (シマダ社製)を用いた。HCGは900IU/kgを目安に投与した。

V. 成熟状況の調査

成熟状況を把握するため、試験開始後ほぼ20日間間隔で、卵巢卵の抽出を行った。

VI. 飼育水槽の管理

使用海水にはろ過海水(5~7 m^3 /時間)を用いた。水槽上面は寒冷沙(遮光率85%)で覆った。

VII. 餌料組成と投餌方法

餌料には主にモイストペレットを用い、この他に冷凍アジ、冷凍スルメイカも用いた。投餌回数は2日に1回程度を目安として投餌した。

2) 結果と考察

各試験区ごとの平均最大卵巢卵径の変化を図2に、個体ごとの成熟状況を表4に示した。LH-RH投与時(1月14日)の最大卵巢卵径はいずれの区でも250 μm 以下であった。LH-RH投与後34日目の2月18日では、平均卵巢卵径は、100 μg 区で450 μm (237~1126)、50 μg 区で390 μm (328~467)、コントロールでは490 μm (348~568)で、卵黄形成がほとんどの個体で認められた。そして、LH-RH投与後の52日目の3月8日では、平均卵巢卵径は、100 μg 区で690 μm (332~1205)、50 μg 区で621 μm (537~710)、コントロールでは716 μm (679~774)で、100 μg 区では2尾の排卵個体が認められた。

HCG投与以前の産卵結果は表3に示すように、産卵は100 μ g区のみ2月22日より認められ3月7日の間に、総採卵数227.5万粒、ふ化仔魚3.5万尾が得られた。なお、HCGの投与は100 μ g、50 μ g区では3月8日と同19日に、コントロールでは同19日に行った。産卵結果は表5に示すように総採卵数は100 μ gが483.5万粒と最も多く得られたが、卵質的にはコントロール区が良かった。

今回の試験では長日処理、水温制御を行いながら1月上旬にLHRH-aコレステロール^oレットを投与し、昨年同様3月以前の産卵が認められた。しかし、依然として浮上卵率、受精率およびふ化率は低かった。昨年度は、本ホルモンを投与後、水温を15℃台とした結果、卵黄形成が認められてから産卵までは、短期間であった。このため、今回は、LHRH-aコレステロール^oレット投与後、水温は加温せず14℃台とし、卵黄形成を徐々に促進させ、HCGを投与する時期を推し測った。しかし、100 μ gおよび50 μ g区では、順調な成熟経過とは言えず、かつ、個体間に成熟状態の大きな差が認められた。従って、当初予定した2月中旬におけるHCGの投与は出来なかった。今後、卵黄形成時には本種の卵黄形成適水温と考えられる15℃以上の水温域での養成が必要と考えられる。ただし、コントロールでは昨年同様、成熟が順調に進んだことより、一概に水温のみが今回の結果に影響したとは考えにくい。今後、LHRH-aの投与後の水温と成熟との関係についてはさらに検討を要する。なお、50 μ g区では100 μ g区と比較して成熟および産卵が順調でなかったことより、非産卵期に産卵させるには魚体重当たり100 μ gが適当と考えられた。なお、昨年同様、LH-RH コレステロール^oレットは投与後30日程度経過してから急速な卵黄形成促進効果および産卵誘起が認められたことは注目される。今後、LH-RHの持続効果についても確認しておく必要がある。

3.電照刺激の方法についての基礎試験

(1) 方法

1) 照射量

2灯あるいは4灯のレフランプ(300W)を照射した場合の採卵成績を比較した。水底照度は、前者で0.2~170lxで、後者では6~220lxであった。照射時間は6時間(午後6時~同12時)とした。供試魚は天然2年養成魚15尾(うち雌9尾、平均体重9.3kg)ずつ用い、平成5年4月21日に屋外角型水槽(90m³)2面に収容した。

2) 雌雄比

雌雄比を1:0.5(雌10尾、雄5尾)、1:0.2(雌10尾、雄2尾)とする区を設け比較試験を行った。照射時間は6時間とし、天然2年養成魚(平均体重9.3kg)を用い、平成5年5月1日に屋外角型水槽(90m³)2面に収容した。

(2) 結果および考察

1) 照射量

雌1当たりのふ化仔魚数は2灯を照射した区で35.9万尾、4灯を照射した区では37.1万尾で大差は認められなかった。この結果、本法による採卵では、水底照度が1lx以下の低い照度でも有効と判断された(表6)。

2) 雌雄比

雌1当たりのふ化仔魚数は雌雄比1:0.5では20.3万尾、雌雄比1:0.2では7.6万尾が得られた。この結果、雌雄比は1:0.5以上が望ましいと判断された(表7)。

4.要約

- (1) 本年度は、環境コントロールによる自然産卵試験、非産卵期における採卵試験、電照刺激による産卵試験を行った。
- (2) 環境コントロールによる自然産卵試験は、水温制御と長日処理は行わなかった。産卵は3回認められ、ふ化仔魚20.3万尾を得た。この結果、本種の自然産卵では、水温制御と長日処理は有効と考えられた。
- (3) 非産卵期における採卵試験での12月に卵黄形成を誘起させる試験では、LHRH-aコレステロール^oレットを11月中旬に投与して、卵黄形成発達状況を調査したが、成熟は認められなかった。
- (4) 2月に産卵誘起させる試験では、LHRH-aコレステロール^oレットで卵黄形成を促進させ、HCGで産卵を誘起させる試験を行ったが、LHRH-aを100 μ g投与した区のみHCGを用いないで2月下旬より産卵が認められたが、浮上卵率、受精率およびふ化率は低かった。
- (5) 電照刺激の方法について検討した結果、2灯あるいは4灯を照射した場合の採卵成績には大差は見られなかった。この結果、本法による採卵では、水底照度が1lx以下の低い照度でも有効と判断された。
- (6) 雌雄比を検討した結果、雌1当たりのふ化仔魚数は雌雄比1:0.5では20.3万尾、雌雄比1:0.2では7.6万尾が得られた。この結果、雌雄比は1:0.5以上が望ましいと判断された。

表1 400m³ 水槽におけるブリの自然産卵試験の概要

試験期間 採卵期間	供試親魚			産卵 回数	総採卵数 (万粒)	ふ化仔魚数 (万尾)	ふ化率 (%)
	区分	尾数	大きさ		浮上卵数 (万粒) 受精卵数 (万粒)	浮上卵率 (%) 受精率 (%)	
1.22~6.16	天3	40	F.L.77.0cm	3	140.0	20.3	61.1
5.21~5.27			B.W 9.3 kg		42.0	30.0	
					33.2	79.0	

表2 LHRH-a コレステロールベレットによるブリの非産卵期における卵巣卵の成熟経過

試験区 ($\mu\text{g}/\text{kg}$)		平均卵巣卵径 (μm)				
		11月12日	11月30日	12月16日	12月25日	1月12日
100	1	176 (158~213)	147 (107~180)	161 (118~202)	180 (149~225)	165 (127~214)
	2	160 (131~209)	116 (79~137)	168 (142~188)	167 (122~213)	181 (129~254)
	3	148 (121~168)	152 (123~182)	187 (141~665)?	257 (98~887)?	179 (112~443)?
50	1	150 (130~179)	119 (80~162)	151 (127~183)	157 (133~176)	149 (121~173)
	2	152 (136~168)	152 (130~177)	158 (115~184)	173 (150~197)	137 (96~190)
	3	152 (122~184)	145 (110~187)	159 (125~195)	188 (159~222)	163 (134~198)
	4	ND*	ND	164 (143~188)	190 (131~378)?	169 (135~209)
	5	150 (125~180)	140 (99~182)	165 (127~191)	152 (107~188)	152 (129~183)
25	1	161 (131~196)	144 (122~172)	157 (141~213)	163 (124~196)	179 (129~242)
	2	150 (128~150)	147 (117~167)	145 (126~182)	140 (106~194)	161 (129~191)
	3	152 (136~168)	154 (113~184)	164 (128~193)	163 (126~204)	154 (114~208)
	4	162 (130~197)	147 (106~178)	149 (110~176)	156 (123~185)	154 (122~195)
	5	ND	ND	157 (144~178)	ND	181 (159~209)
コントロール	1	153 (133~182)	152 (121~176)	164 (136~185)	175 (112~275)	147 (117~164)
	2	160 (133~201)	142 (109~164)	154 (128~180)	147 (116~199)	150 (128~173)
	3	160 (134~190)	148 (130~191)	152 (123~188)	153 (131~175)	144 (107~187)
	4	165 (127~187)	143 (108~172)	157 (107~190)	154 (117~183)	149 (123~168)

注) ND* とはカニキュレーションで搾出できなかったこと

表3 LHRH-aによるブリの非産卵期における採卵試験の概要（五島事業場）

尾施年度 試験期間 試験区	供試親魚		試験 水槽 容量 (m^3)	採卵方法 (開始、投与日)			採卵 期間	総採卵数		浮上卵率 受精率 ふ化率 (%)
	供試尾数 (雌)	平均体重 (kg) 平均尾叉長 (cm)		長日処理	加温	LH-RH		浮上卵数 受精卵数 (万粒)	ふ化仔 魚数 (万尾)	
993年 2.15~3.7 レステロール 100 μg	天4 16 (8)	10.6 (9.6~11.6) 84.0 (80.0~87.0)	屋外 角型 水槽 90	● 12.15	● 2.20	● 1.14	2.22 ~3.7	227.5 45.9 10.3	3.5	20.2 22.4 34.0
993年 2.15~3.7 レステロール 50 μg	天4 16 (7)	10.6 (9.6~11.6) 84.0 (80.0~87.0)	屋外 角型 水槽 90	● 12.15	● 2.20	● 1.14	-	0		
993年 2.15~3.7 コントロール	天4 16 (5)	10.6 (9.6~11.6) 84.0 (80.0~87.0)	屋外 角型 水槽 90	● 12.15	● 2.20		-	0		

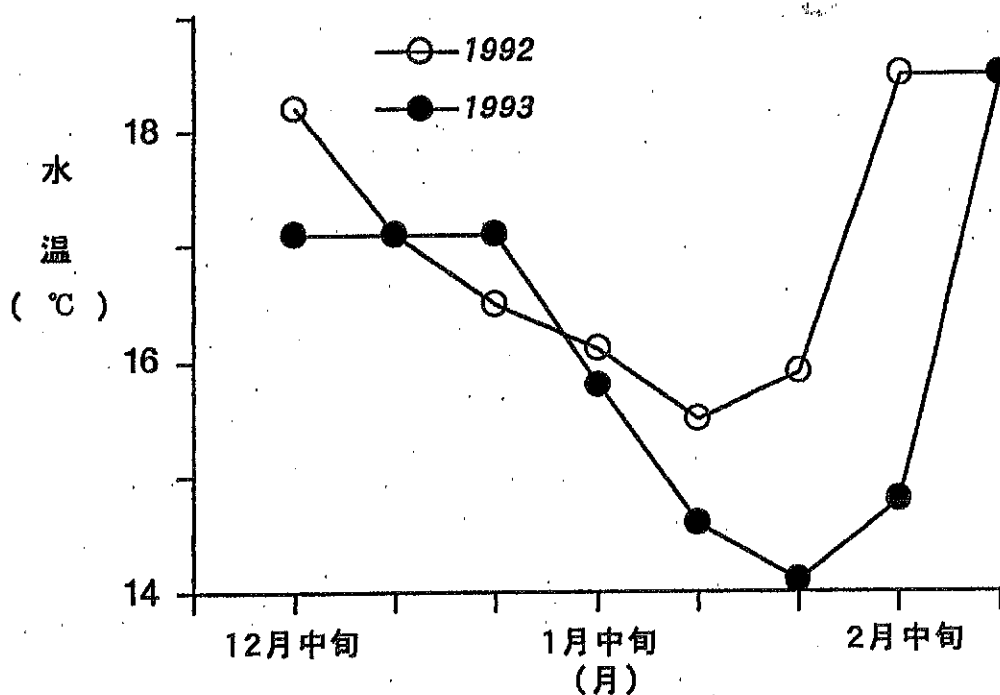


図1 100 μg 区の水溫経過の比較

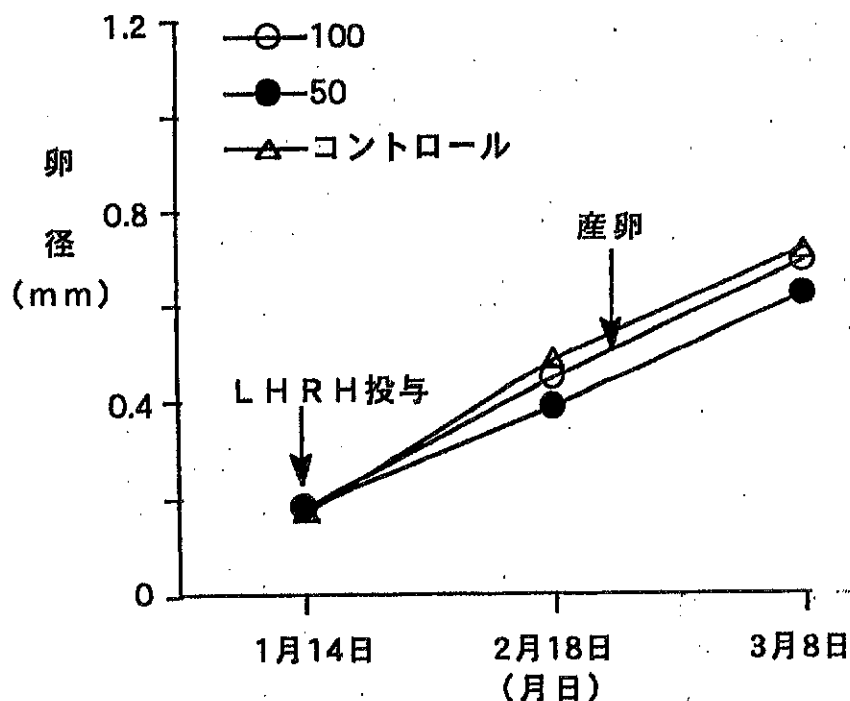


図2 濃度別LHRH-aコレステロールペレットの成熟経過 (1993)

表4 LHRH-aコレステロールペレットの投与量ごとの成熟経過

		平均卵巣卵径 (*は排卵)		
試験区		1月14日	2月18日	3月8日
100 μ g	1	172 (144~202)	301 (237~376)	656 (535~723)
	2	203 (160~241)	1126 (1001~1264) *	1205 (1094~1261) *
	3	181 (160~210)	294 (255~348)	472 (418~511)
	4	167 (131~190)	418 (371~501)	500 (450~558)
	5	221 (174~321)	499 (437~574)	547 (475~676)
	6	165 (150~183)	308 (268~350)	1119 (1064~1271) *
	7	ND	236 (209~280)	332 (298~389)
	8	ND	419 (377~463)	ND
	平均	185 (165~221)	450 (237~1126)	690 (332~1205)
50 μ g	1	163 (127~192)	328 (290~375)	572 (499~671)
	2	182 (150~213)	419 (322~497)	653 (525~762)
	3	187 (146~217)	400 (325~462)	710 (591~805)
	4	174 (137~206)	384 (335~486)	632 (507~803)
	5	149 (131~168)	343 (278~407)	537 (454~656)
	6	189 (155~248)	397 (344~459)	602 (524~728)
	7	243 (190~336)	467 (392~593)	639 (501~740)
	平均	184 (149~243)	390 (328~467)	621 (537~710)
コントロール	1	166 (146~185)	564 (448~694)	679 (636~715)
	2	210 (148~276)	411 (338~511)	737 (702~801)
	3	161 (150~170)	568 (482~660)	723 (637~786)
	4	166 (146~192)	348 (307~409)	774 (649~841)
	5	ND	561 (492~642)	669 (604~732)
	平均	176 (161~210)	490 (348~568)	716 (679~774)

表 5 HCG投与による採卵試験結果（五島事業場）

試験区	HCG	採卵 試験期間	総採卵数		浮上卵率 受精率 ふ化率 (%)
			浮上卵数 受精卵数 (万粒)	ふ化仔 魚数 (万尾)	
100 μ g	3.8	3.11	483.5	59.5	35.5
3.8~3.26	3.19	~3.25	171.5		58.7
			100.6		59.1
50 μ g	3.8	3.11	155.2	12.4	39.6
3.8~3.26	3.19	~3.25	61.5		48.5
			29.8		41.6
コントロール	3.19	3.21	282.2	83.9	63.2
3.8~3.26		~3.25	178.3		83.1
			148.1		56.7

表 6 異なる照射下での産卵試験

試験区 照度	供試魚			試験期間 採卵期間	総採卵数 (万粒)		ふ化仔魚数 (万尾) 浮上卵率 (%)	ふ化率 (%)
	区分	尾数	大きさ		浮上卵数 (万粒)	受精卵数 (万粒)		
4灯 6~220lux	天2	15 (9)	F.L. 77.0cm B.W 9.3 kg	4.24~4.30 4.26~4.29	882.9 706.6 621.1		334.0 80.0 87.9	53.8
2灯 0.2~170lux	天2	15 (9)	F.L. 77.0cm B.W 9.3 kg	4.24~4.30 4.26~4.29	814.5 623.5 504.4		323.0 76.6 80.9	64.0

表 7 異なる雌雄比での産卵試験

試験区	供試魚		試験期間 採卵期間	総採卵数 (万粒)		ふ化仔魚数 (万尾) 浮上卵率 (%)	ふ化率 (%)
	区分	大きさ		浮上卵数 (万粒)	受精卵数 (万粒)		
雌10:雄5	天2	F.L. 77.0cm B.W 9.3 kg	5.1~5.7 5.3~5.6	546.1 449.5 368.5		203.4 82.3 55.2	55.2
雌10:雄2	天2	F.L. 77.0cm B.W 9.3 kg	5.1~5.7 5.3~5.6	428.1 241.6 139.8		76.3 56.4 57.8	54.6

1-3. ヒラマサの親魚養成と自然産卵

有元 操

本種で長日処理を行うと、産卵は約1ヶ月程度早くなることが明らかにされている。しかし、採卵量が少なく、産卵関与個体数が少ないことが推定された。このため、長日処理による自然産卵試験を行い、産卵関与個体数を調査した。また、ブリ同様にホルモン注射後の電照刺激が有効であるかどうか検討した。本文では、親魚の養成経過と水槽内自然産卵結果について報告し、今後の問題点の検討を行った。

1. 材料と方法

(1) 長日処理による自然産卵試験

供試魚には、天然2年養成魚を16尾（内雌⁷）尾を用い、平成5年1月25日にそれぞれ屋外角型水槽（90m³）に収容した。収容時の平均体重および平均尾叉長は、それぞれ8.0 kg、81.0cmであった。

水温は、3月上旬までは15℃台とし、その後昇温させ3月下旬までには20℃台とした。産卵期間中はこの水温を維持した。

(2) 電照刺激による産卵試験

供試魚は天然3年養成魚（平均体重12.9 kg）を12尾ずつ（うち雌⁸）尾用い、平成5年5月3日に海面小割生簀から屋内角型水槽（90m³）2面に収容し、電照刺激を行う区と自然日長区の2試験区を設けた。

水温は、ホルモン注射後に上昇させ20℃台とした。

2. 結果

(1) 長日処理による自然産卵試験

自然産卵は、3月31日より認められ4月24日までに総採卵数625.0万粒、ふ化仔魚319.5万尾が得られた（表1）。試験終了後の卵巣卵の状態より推定すると、産卵に関与した雌個体は3尾と考えられた（表2）。

(2) 電照刺激による産卵試験

自然産卵は、いずれの区でも5月5日より認められ、5月17日までに電照刺激区では総採卵数385.0万粒、ふ化仔魚190.8万尾が、自然日長区では総採卵数503.5万粒、ふ化仔魚246.8万尾が得られた（表3）。

3. 考察

本種では1月下旬より長日処理することにより、一部の個体で3月下旬には産卵可能となるものもある。しかし、今回の試験では、多くの個体では長日処理が本種の成熟・産卵に支障を来している可能性が示唆された。今後、長日処理の開始時期の検討が必要である。

また、ブリ同様にホルモン注射後の電照刺激が有効であるかどうか検討したが、

電照刺激の効果は判然としなかったが、これまでの試験では効果が見られた場合（平成3年度）もあり、今後、さらに電照刺激の有効性については検討する必要がある。

4. 要約

- (1) 長日処理による自然産卵試験を行い、産卵関与個体数を調査した。また、ホルモン注射後の電照刺激が有効であるかどうか検討した。
- (2) 長日処理による自然産卵試験では総採卵数625.0万粒、ふ化仔魚319.5万尾が得られたが、試験終了後の卵巣卵の状態より推定すると、産卵に関与した雌個体は僅かであった。
- (3) 電照刺激による産卵試験では、電照刺激区が総採卵数385.0万粒、ふ化仔魚190.8万尾が、自然日長区では総採卵数503.5万粒、ふ化仔魚246.8万尾が得られ、電照刺激の効果は判然としなかったが、今後、さらに電照刺激の有効性については検討する必要がある。

表1 ヒラマサの長日処理による産卵試験結果

試験区	供試魚		試験期間 採卵期間	総採卵数 (万粒)	ふ化仔魚数 (万尾)	ふ化率 (%)
	区分	大きさ		浮上卵数 (万粒) 受精卵数 (万粒)	浮上卵率 (%) 受精率 (%)	
雌9 : 雄7	天2	F.L. 81.0cm	1.25~4.28	625.0	319.5	60.0
		B.W 8.0 kg	3.31~4.24	549.0	87.8	
				532.5	97.0	

表2 長日処理による産卵試験における
試験終了時の卵巢卵の成熟状況

卵巢卵の 成熟状態	個体数	平均卵巢卵径 (μ m)
未成熟	4	123 (85~202)
退行	2	398 (219~577)
排卵・最終成熟	3	629 (429~853)

表3 光り刺激による産卵試験

試験区	供試魚		試験期間 採卵期間	総採卵数 (万粒)	ふ化仔魚数 (万尾)	ふ化率 (%)
	区分	大きさ		浮上卵数 (万粒) 受精卵数 (万粒)	浮上卵率 (%) 受精率 (%)	
光り刺激 雌8 : 雄4	天3	F.L. 91.0cm	5.3~5.18	350.0	190.8	72.0
		B.W 12.9 kg	5.5~5.17	285.0	81.4	
				265.0	92.9	
コントロール 雌8 : 雄4	天3	F.L. 91.0cm	5.3~5.18	503.5	246.8	61.8
		B.W 12.9 kg	5.5~5.17	415.5	82.5	
				398.9	96.0	

1-4. 平成5年度シマアジの親魚養成と採卵試験

有元操

本種の種苗生産ではウイルス性神経壊死症（Viral nervous necrosis: VNN）が発生し大きな問題となっている。本ウイルスは親から仔魚への垂直感染が示唆され、親魚の養成管理面が重要と考えられる。親魚にかかるストレスを軽減し、防御機能を高め、親魚体内でのウイルスの増殖を防ぐことが本病の防除対策となる。このため、なるべくホルモン注射を用いずに産卵させることが課題である。本種の成熟状況および水温制御に長日処理を加えることにより11月下旬より4月中旬までの長期間に渡っての採卵が可能となる。しかし、昨年は自然産卵が一部の個体で認められたが、産卵量が少なく、HCGを注射し産卵させた。

本年度はシマアジのVNN防除対策として、成熟親魚の生殖腺からPCR（ポリメラーゼ連鎖反応）によりウイルス遺伝子の検出を行い、ウイルス陰性親魚を産卵試験に用いた。また、自然産卵させるための条件を検討した。本文では、自然産卵試験結果を報告し、今後、本種の採卵で解明していかなければならない問題点について述べる。なお、ウイルス性神経壊死に関する試験および技術開発は種苗生産環境清浄化システム技術開発の項で詳細に述べる。

1. 方法

PCRで陰性と診断された2親魚（人工12歳魚、13尾、平均体重4.3 kgと人工9歳魚、9尾、平均体重3.1 kg）を平成4年11月17日に屋内角型水槽（90 m³）にそれぞれ収容した。抗体価（11月上旬）は、人工9歳魚では1991年に紫外線で不活化したSJNNVを注射したため、依然として高い。また、人工12歳魚は抗体価の低い個体を選別して用いた。

長日処理は試験開始当初より行い、水中灯（100W×2灯）を用い、日没後6時間の照射を行った。水温は、試験開始後18～19℃を維持させ、必要時に産卵水温の22℃とし、産卵後は再び18～19℃を維持させた。

使用海水には、濾過海水（5～8 m³/時間）を使用した。水槽上面は、寒冷紗（遮光率85%、2枚）に加えて保温を目的として透明ポリシートで覆った。

産卵水槽からの卵の排出は、3本のサイフォン（カナラインホース：口径50mm）で行い、それを0.5 m³ポリカーボネイト水槽（3面）に設置した採卵ネット（径70cm×深さ70cm）で受けて採卵を行った。

採卵後の卵管理は、メスシリンダーで計量し、浮上卵のみをふ化水槽（逆円錐型：実効水量 1 m³もしくはふ化ネット実効水量 0.25 m³）に収容し、流水（20～21℃加温海水、30回転/日）と通気（エアーストン1個）を併用してふ化管理を行った。採卵後の浮上卵、沈下卵およびゴミは、集卵バケツを一定時間静置した後、浮上卵のみをビーカーですくい、残りの沈下卵とゴミはネットで分離する方法を取った。

2.結果

試験結果について表1に示した。両親魚群とも産卵は11月27日より認められ、4月上旬までに、人工12歳魚では総採卵数3447万粒、ふ化仔魚2448万尾を、人工9歳魚では総採卵数1481万粒、ふ化仔魚676万尾を得た。自然産卵は2月下旬には見られなくなり、3月中旬にはHCGを注射して再び産卵させた。

生殖腺からウイルス遺伝子は、いずれの親魚群からも2月末まで検出されず、得られたふ化仔魚からもVNNの発生は認められなかった。しかし、HCGを注射した3月中旬以降には、数個体よりウイルス遺伝子が検出され、ふ化仔魚からVNNが発生した。

3.考察

本年度はHCGを用いないで、試験開始後10日目から順調な産卵が見られた。これは、平成3年度と全く同じであり、長日処理を開始する時期が重要であることを示唆している。

本年度は産卵後期にVNNの発生が認められたものの発生率は少なかった。この要因については、PCRにより親魚の選別の効果が挙げられるが、この点については、さらに詳細な検討が必要と考えられる。なお、親魚の養成管理面では、陸上水槽での親魚の収容尾数を少なくし、陸上水槽に収容してから産卵までの期間を短くしたことおよびHCGなしの順調な産卵が見られたことも、本病の発生率を低下させた要因かもしれない。

表1 シマアジの長日処理による産卵試験

試験区	供試魚		試験期間 採卵期間	総採卵数(万粒)	ふ化仔魚数(万尾)	ふ化率(%)
	尾数(雌)	大きさ		浮上卵数(万粒) 受精卵数(万粒)	浮上卵率(%) 受精率(%)	
人工12 PCR 陰性 抗体低	13(8)	F.L. 56.0cm	11.17~4.20	3477.1	2447.8	82.0
		B.W 4.3 kg	11.27~4.5	3354.0	96.4	
				2985.1	89.0	
人工9 PCR 陰性 ワカ	9(4)	F.L. 50.0cm	11.17~4.20	1481.4	675.5	69.0
		B.W 3.1 kg	11.29~ 4.9	1256.2	84.7	
				979.1	78.0	

1-5. クエの親魚養成と採卵試験

有元 操

クエの自然産卵試験では、シェルターの効果、親魚の収容尾数（性比）および冬期の水温管理等について検討を行い、若干の成果は得られたものの、良質卵は大量に得られていない。本種では、雌の卵黄形成および雄の成熟は順調に進む。しかし、産卵に何らかの支障があり、受精率が極めて低い。

本年度は、自然産卵では雌雄比および産卵水温について検討した。また、人工授精による採卵も行った。本文ではその結果を報告し、今後の問題点について検討した。

1. 自然産卵試験

これまで産卵水槽に収容する雌雄比を2尾：1尾とした区で良質卵が得られた事例がある。また、昨年度は7月上旬の水温25℃前後で大量に受精卵が得られた。このため、雌雄比を2尾：1尾および3尾：1尾とした産卵試験および産卵水温を25℃とする区と22℃とする区を設け試験を行った。試験概要および結果について表1に示した。

(1) 材料および方法

1) 雌雄比試験

供試親魚は、天然養成5～10年魚（体重6.1～15.6 kg）を用い、4月6日に海面小割生簀から陸上水槽（90m³）2面に、それぞれ3尾（雌2尾）、4尾（雌3尾）を収容した。水温は収容後の16℃台から、一週間で22℃まで昇温した。

2) 産卵水温試験

供試親魚は、両区（水温25℃区と22℃区）とも天然養成5～10年魚（体重6.8～15.4 kg）を3尾（うち雌2尾）ずつ用い、5月13日に海面小割生簀から陸上水槽（90m³）にそれぞれ収容した。水温は収容後の19℃台から、一週間でそれぞれの設定水温まで昇温させた。

(2) 結果

1) 雌雄比試験

産卵は、いずれの試験区でも5月6日より同24日まで認められ、雌雄比2：1の区では、総採卵数734.5万粒、ふ化仔魚36.3万尾を、雌雄比3：1尾区では、総採卵数162.5万粒を得たが、ふ化仔魚は得られなかった。昨年同様に雌雄比を2：1とした方が良い成績が得られたが、試験終了時の両区の雌には多くの過熟卵が出現した。

2) 産卵水温試験

産卵は、いずれの試験区でも5月25日より認められ、6月中旬までに、25℃区では総採卵数228.8万粒、ふ化仔魚0.2万尾を、22℃区では総採卵数159.2万粒、ふ化仔魚

0.1 万尾を得た。いずれの試験でも授精率が30% 以下と低く、試験終了時の両区の雌には多くの過熟卵が認められた。

(3) 考察

雌雄比について検討した結果、雌雄比2 : 1区が雌雄比3 : 1区に比較して、多く採卵され、受精率も高かったが、得られたふ化仔魚は36万尾と少なかった。また、水温25℃下の産卵でも良質卵を大量に得ることができなかったが、水温22℃よりは幾分好結果が得られた。

従って、本種の自然産卵では雌2、雄1とし産卵水温を25℃下で行うことにより、ある程度のふ化仔魚を得ることは可能であると判断される。しかし、これらの要因が本種の採卵に大きく影響をしているとは考えにくく、今後、さらに諸要因について検討する必要がある。また、試験終了時に卵巣中に多くの過熟卵が認められたことより、人工授精による採卵技術も確立する必要があるだろう。

2.人工授精による採卵

自然産卵では、雌に多くの過熟卵が認められ、順調な産卵が行われていないことが示唆された。このため、人工授精による採卵試験を行った。

(1) 材料および方法

供試魚には、天然養成5～10年魚を用い、雌3尾(体重6.6～9.1 kg)、雄2尾(体重10.8～16.0 kg)を用いた。6月16日に海面小割生簀から陸上水槽(90 m³)にHCGを魚体重当たり900 IUを注射して収容した。水温は自然海水温(22.2～22.9℃)とした。採卵は、HCGを注射後48時間後と54時間後に行った。

(2) 結果

HCG注射時の卵巣卵径は441～541 μmであったが、48時間後は2尾に排卵(卵径895～902 μm)が認められ、採卵可能な状態まで成熟した(図1)。HCG投与48時間以降に全ての個体より採卵でき、総採卵数132.4万粒、ふ化仔魚71.1万尾が得られた。受精率は48時間後では85%以上であったが、54時間後では60%以下に低下した(表2)。

この結果、本種の採卵では卵巣卵径400 μm以上に成熟した雌親魚にHCGを注射し、48～54時間後に採卵することにより、多くの良質卵が得られると判断された。

(3) 考察

今回、初めて本種の人工授精による採卵を試みた結果、良質の受精卵が大量に得られた。人工授精では、ホルモンの投与時期が極めて重要であり、採卵量および受精卵量に大きく影響する。当场で本種の自然産卵は、5月上旬より7月中旬まで確認されていることより、少なくとも5月上旬には人工授精が可能となると考えられる。今後、さらに的確な本種の成熟状況の把握が必要である。

3. 要約

- (1) 自然産卵試験では雌雄比および産卵水温について検討したが、雌2，雄1として産卵させた場合および水温25℃下の産卵で好結果が得られたが、いずれも、種苗生産に供するほどの量を得ることできなかった。今後、さらに諸要因について検討する必要がある。
- (2) 人工授精による採卵試験では、雌3尾より総採卵数132.4 万粒、ふ化仔魚71.1万尾が得られた。この結果、本種の採卵は人工授精により大量に良質卵が得られる可能性が示唆された。

表1 クエの自然産卵試験概要（五島事業場）

試験区	試験期間 産卵期間	水槽		供試魚の大きさ			総採卵数 (万粒)	浮上卵数 (万粒)	受精卵数 (万粒)	ふ化仔魚 数 (万尾)
		容積 (m³)	個数	供試尾数 (雌雄)	体重 (kg)	全長 (cm)				
雌雄比 2 : 1	4.6~5.27	90	1	3	12.6	85.0	734.5	101.4	55.8	36.3
	5.6~5.24			(2:1)	(9.1~15.0)	(78~90)				
3 : 1	4.6~5.27	90	1	4	10.1	83.0	162.5	7.5	0	0
	5.6~5.24			(3:1)	(6.1~15.6)	(71~100)				
産卵水温 25℃	5.13~6.25	90	1	3	11.5	84.0	228.8	57.2	6.3	0.2
	5.25~6.21			(2:1)	(6.8~14.0)	(73~91)				
22℃	5.13~6.25	90	1	3	10.6	82.0	159.2	36.2	3.1	0.1
	5.25~6.19			(2:1)	(8.0~15.4)	(75~94)				

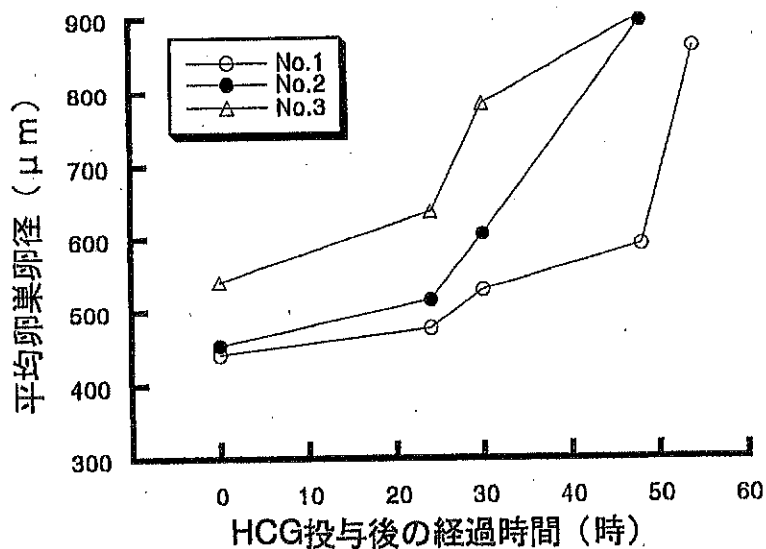


図1 クエの人工受精におけるHCG投与後の
の卵巢卵径の変化（五島事業場）

表 2 クエの人工授精による採卵結果（五島事業場）

親魚 番号	HCG 注射 後の時間	総採卵数 (万粒)	受精卵数 (万粒)	受精率 (%)	ふ化仔魚数 (万尾)
1	48	0	0		0
	56	13.0	7.8	60.0	4.0
2	48	14.3	12.4	86.7	10.9
	56	3.1	1.7	54.8	0.9
3	48	51.4	45.3	88.1	40.0
	56	50.6	29.8	58.9	15.3
合計		132.4	97.0	73.3	71.1

I - 6 アオリイカの採卵

小磯雅彦

本種の採卵方法は、過去には生簀網に親イカを収容して採卵した事例もあるが、近年は天然海域に天然シバや人工採卵床を設置して採卵を行ってきた。しかし、この採卵方法では海況条件や親イカ資源量によって採卵時期や採卵量の変動が大きく、計画的な採卵ができていないのが現状である。このため本年度は、計画的採卵の1手法として過去に行った親イカを生簀網で蓄養して採卵する方法を行い、かつ従来の天然海域に人工採卵床を設置して採卵する方法も行ったのでこれらの結果の概要を報告する。

1. 親イカの蓄養による採卵

(1) 材料及び方法

親イカの確保は、平成5年6月3日に長崎県玉之浦湾内の定置網業者からアオリイカを7個体(雄3個体、雌4個体)購入した。なお、親イカの大きさは6月29日の試験終了時に生残していた5個体の測定では平均外套長268mm(216~346)で、平均体重1,294g(669~2,129)であった。

使用した生簀網は、4×4×3.5mの10節網でこの中に採卵のために天然シバ(クロキの枝を束ねたもので高さ1m、幅1m)2基を水深3mに垂下した。

給餌は冷凍アジ(全長10~15cm)を解凍して、そのまま毎日適宜給餌した。

(2) 結果及び考察

平成5年6月3日から6月29日までの26日間採卵試験を行った結果、3回の採卵が確認され合計1,825卵嚢(卵数約12,600粒)が得られた。

1回目の採卵は6月4日(収容後1日目)で322卵嚢(約2,400粒)が得られたが、翌日に雌イカ(体重1,080g)が1尾斃死した。

2回目の採卵は6月25日(同22日目)で703卵嚢(約4,200粒)が得られたが、この当日に雄イカ(体重1,650g)が1尾斃死した。

3回目の産卵は6月29日(同26日目)で800卵嚢(約6,000粒)が得られた。

この結果から、この程度の規模でもアオリイカの産卵が3回も確認され、約12,600粒の卵が得られたことから本種の卵を確保する手法としては有効であると思われる。また、産卵後に雌イカは死亡するという説があり、本試験でも産卵直後に雌イカの斃死が確認された例もあるが、必ずしも全ての雌イカが産卵直後に斃死することはなかった。

2. 天然シバによる採卵

(1) 材料及び方法

天然シバは、材料にはクロキの枝を使用しこれを束ねて高さ1.5m、幅1mのシバを3基作り、シバの下部には20kgの砂袋、上部には小型の発砲スチロールを取り付けシバを海底で立たせるように制作した。

設置場所は、昨年天然シバの適正設置場所調査で最も採卵量が多かった長崎県玉之浦湾黒瀬崎地先の水深8~10mで底質が砂質の場所を選定した。

調査期間は、昨年採卵が確認されたのが5月と6月であることから、5月12日から6月

8日までの期間で約1週間毎にシバを引き上げで産卵の有無を調査した。

（２）結果及び方法

引き上げ調査は5月25日と6月1日及び6月8日の3回を行ったが、産卵は確認されなかった。なお、6月8日の調査時点でシバの葉の大部分が枯れてしまい、一部にフジツボやカササギ等の付着も観察されたので回収して調査を中止した。

なお、本年度で本種の採卵及びふ化に関する技術開発は一時的に休止するが、本種は漁業価値が高く、漁協単位で産卵場造成事業（シバ設置）を実施する程、漁業者の資源増殖に対する期待も高いと考える。今後機会があれば、日裁協で栽培による資源増殖の技術開発を再度希望する。

I - 7 ふ化仔魚の活力試験

崎山一孝

1. 目的

ふ化仔魚の活力評価方法の開発を目的として実験を行った。

(1)産卵群により受精卵の大きさや油球径、ふ化仔魚のSAIが異なることは経験的に知られている。産卵経過に伴うそれらの変化、卵、油球径の大きさとSAIとの関係について調査した。

(2)同一産卵群内でも卵径や油球径に個体差が見られる。産卵経過に伴う卵径と油球径の個体差の変化、個体差の魚種による違いについて調査した。

2. 材料と方法

(1)受精卵の測定

平成4年12月日から平成5年3月29日までのシマアジの受精卵の卵径、油球径を万能投影機を用いて測定した。また、受精卵を蒸留水で洗浄後、60℃で48時間乾燥させ乾燥重量を測定した。測定に使用したシマアジ受精卵は人工養成11歳魚から得られたものである。また、当場で得られたシマアジ(1029粒)、ブリ(524粒)、ヒラマサ(527粒)、クエ(358粒)、の産卵期間中の受精卵の大きさと卵径も同様に測定し、魚種による個体差の変異について調査した。

(2)SAIの測定

ふ化仔魚30~40尾を500mlビーカーに収容し、無給餌条件下での生残尾数の変化から以下の式によりSAIを算出した。

$$SAI = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^k (N - h_i) \times i$$

N:収容尾数 k:飼育日数
h_i:i日目の累積斃死尾数

産卵経過に伴うSAIの変化はシマアジふ化仔魚を用いて調査し、卵径、油球径との比較も行った。異なる水温下(20, 22, 24, 26, 28℃)におけるSAIの変化についてはシマアジ、ブリ、ヒラマサ、クエ、イシダイ仔魚を用いて調査し、魚種ごとに比較した。

3. 結果

(1) 魚種による卵と油球の大きさの違い

五島事業場で技術開発を行っている魚種（ブリ、シマアジ、ヒラマサ、クエ）の卵と油球の大きさについて比較を行った（図 1）。卵と油球の大きさはヒラマサが最も大きく、次いでブリ、シマアジ、クエの順となった。卵と油球の大きさのばらつきはブリが最も大きく、シマアジとヒラマサのそれらの組成は類似し、クエの卵と油球のばらつきが最も小さかった。

(2) 産卵経過に伴うシマアジの卵と油球の大きさの変化

産卵初期の卵径と油球径は $980\ \mu\text{m}$ 、 $250\ \mu\text{m}$ であったが、産卵回数が多くなるにつれ卵径、油球径とも大きく傾向にあった（図 2）。産卵開始 45 日目には卵径 $1019\ \mu\text{m}$ 、油球径 $277\ \mu\text{m}$ ともっとも大きくなったが、その後、小型化する傾向が見られ、産卵開始 97 日後には産卵初期とほぼ同じ卵径 $973\ \mu\text{m}$ 、油球径 $250\ \mu\text{m}$ となった。受精卵の乾燥重量も同様な傾向が見られ、産卵初期は $52\ \mu\text{g}$ であったが、産卵中期はもっとも大きく $58.6\ \mu\text{g}$ となり、産卵末期には $50\ \mu\text{g}$ となった（図 3）。産卵中期の卵体積は産卵初期の 1.2 倍、油球体積は 1.4 倍と油球の方が変化の割合が大きかった。

(3) 産卵経過に伴う卵と油球の個体差の変化

産卵初期の卵径の変動係数は約 1.5 であったが、産卵回数が多くなるに従い、変動係数は大きくなった（図 4）。産卵開始 26 日に一旦親魚の養成水温を降下させ産卵を抑制し、水温降下 12 日目から再び産卵を開始させた後の変動係数は、産卵初期とほぼ同程度であったが、産卵回数が増えるに従い変動係数は増加する傾向にあった。また、ホルモン打注により産出された受精卵の変動係数は電照と水温コントロールのみにより産出されたものより大きかった。産卵回数の増加に伴う油球の変動係数には規則性は見られなかった。ホルモン処理や産卵回数の増加に伴い卵の大きさにばらつきがでて

くることから、卵やふ化仔魚の質の個体差も大きくなることが考えられる。

(4)産卵経過に伴う S A I の変化

産卵初期のふ化仔魚の S A I は 21~26 であったが、産卵回数が多くなるにつれ S A I は高くなり、産卵中期の S A I は最も高く 39 であった。その後、低下する傾向が見られ、産卵末期になると産卵初期と同程度に低下した（図 5）。

(5) S A I と卵、油球の大きさとの関係

卵径と S A I の間に相関はなかったが、S A I と油球径との間に相関が見られ、油球が大きい受精卵から生まれたふ化仔魚ほど S A I が高い傾向にあった（図 6）。

(6) S A I と水温、塩分の関係

S A I に及ぼす水温の影響をシマアジ、ブリ、ヒラマサ、クエ、イシダイで調査した（図 7）。どの魚種でも水温が低いほど S A I は高い傾向にあり、水温が高くなるにつれ S A I は低下した。ブリとヒラマサの S A I は水温が高くなるにつれ直線的に低下し、24℃以下ではブリの方が S A I 高かったが、24℃以上ではヒラマサの方が高かった。イシダイとクエの S A I は 18℃では 27、29.8 であり他の 3 魚種とほぼ同じであったが、20℃では約 15 と低かった。イシダイ、クエとも 20℃以上では高水温ほど S A I は低下する傾向が見られたが、28℃でもイシダイは 9.7、クエは 10.8 とシマアジ、ブリ、ヒラマサに比べ高く、低下の割合は小さかった。22℃以下ではイシダイの方が、22℃以上ではクエの方が S A I は高かった。シマアジも他魚種と同様に水温が高くなるにつれ S A I は低下する傾向が見られ、その変化の様式はブリやヒラマサに類似したが、低下の割合は小さく、どの水温区でも S A I は高いレベルにあった。

S A I に及ぼす塩分濃度の影響をシマアジとブリで調査した（図 8, 9）。ブリの S A I は 18℃と 20℃では塩分濃度の影響を受けなかったが、22℃と 24℃では低塩分側で S A I が低い傾向が見ら

れ、高水温区ほど塩分濃度の影響を受けやすい傾向にあった。シマアジの S A I は 18℃ 以外では、どの水温区でも低塩分濃度区ほど高い傾向にあった。

(7) シマアジ受精卵の受精後の性状変化

水温 20℃ でのシマアジ受精卵の浮沈状況を調査した (図 10)。受精直後の卵は水面近くに浮いているが、受精 36 時間後になると徐々に沈降する卵が多くなった。その後、受精 38 時間後になるとふ化が開始し、受精 42 時間後には約 50% がふ化した。卵が沈降を開始し、すべての卵が沈降するまでに約 4 時間を要し、ふ化が始まって終了するまでに 8 時間を要したことから、同一産卵群でも卵の発育速度に個体差があると考えられる。このことは、ふ化時点におけるふ化仔魚の発育程度に差がある可能性を意味し、今後、ふ化直後の仔魚の発育の程度の調査が必要であると思われる。

(8) 卵とふ化仔魚の質のばらつき

同一種でも産卵群により卵質が変化するばかりでなく、同一産卵群内でも卵質に個体差がある可能性が考えられた。また、卵の発育速度やふ化仔魚の発育の程度にも個体差があることが考えられた。

初期生残率の高いふ化仔魚を活力のあるふ化仔魚とするならば、生き残った仔魚は活力のある個体ばかりであると考えられる。そのため、ふ化仔魚の活力評価方法の開発には、平均値のみにとらわれることなく、ふ化仔魚の質 (活力) のばらつきも考慮する必要がある。

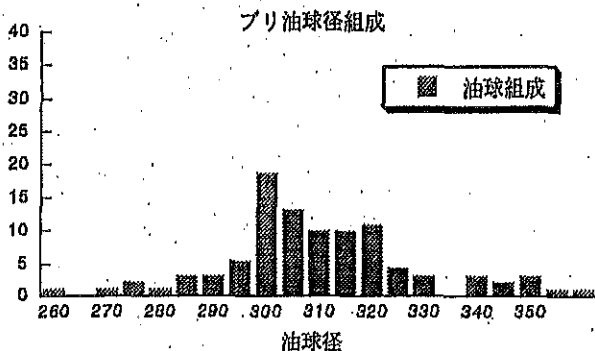
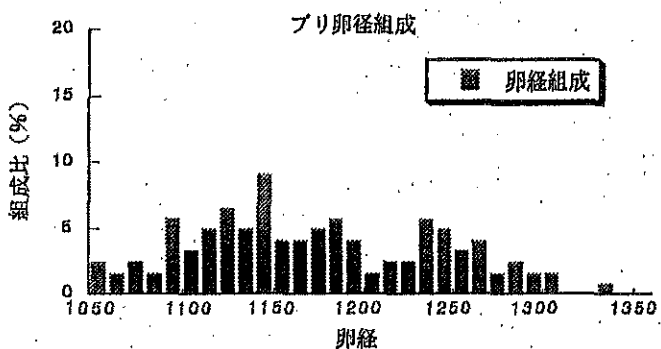
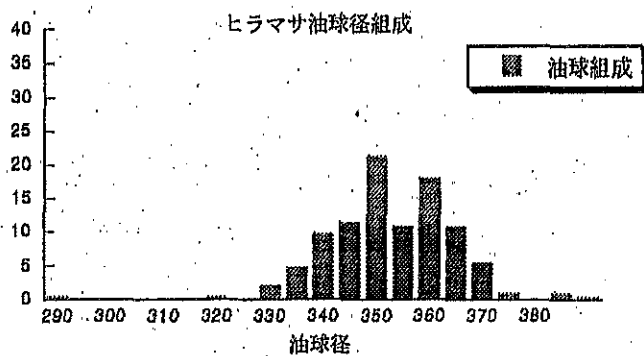
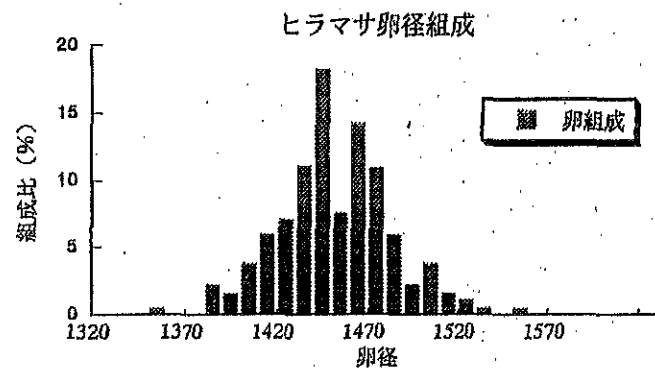
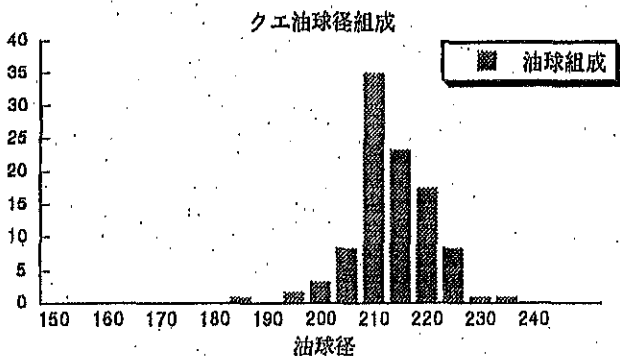
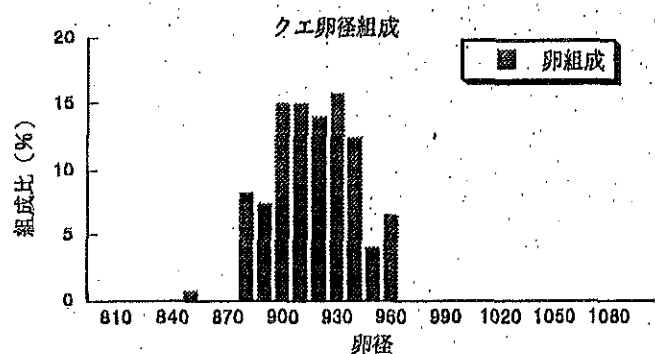
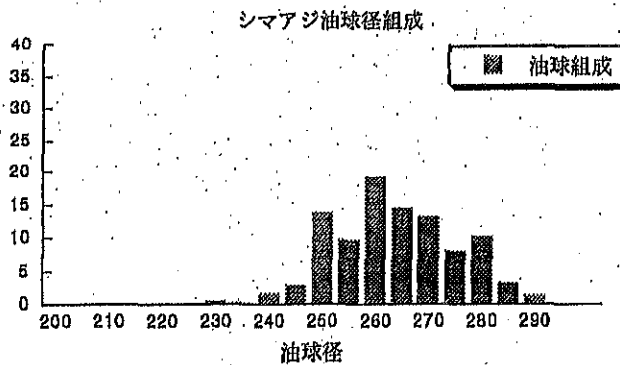
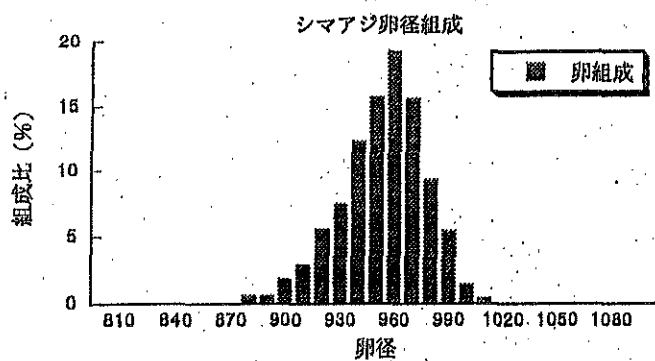


図1 五島事業場技術開発 4 魚種の卵径, 油球径組成

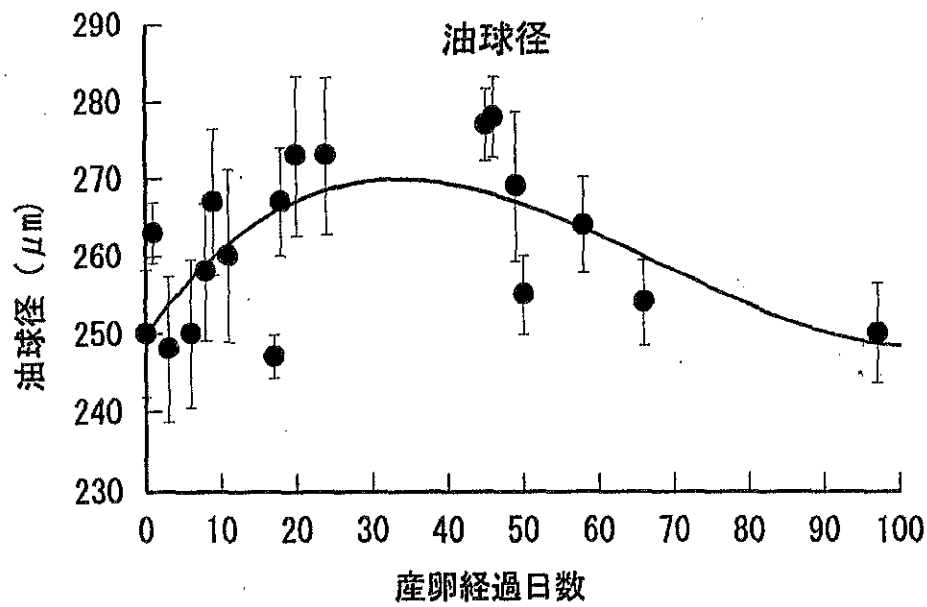
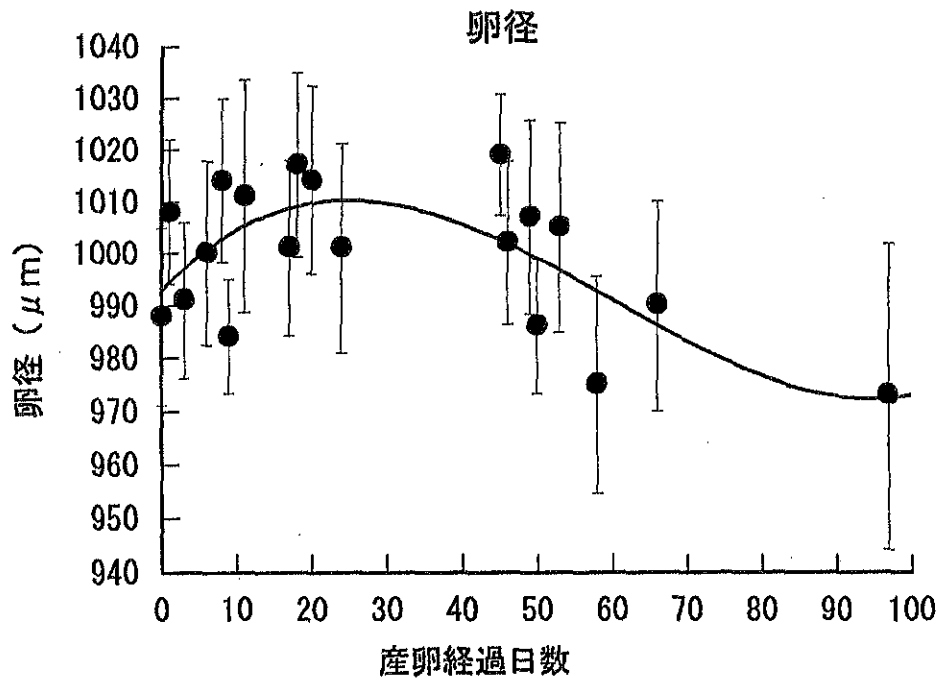


図2 シマアジの産卵経過に伴う卵径と油球径の変化

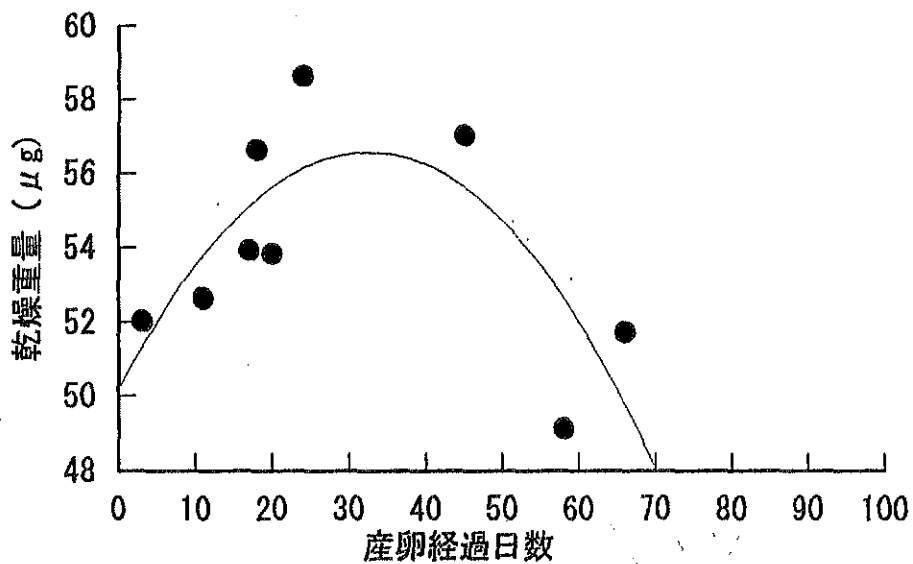


図3 シマアジの産卵経過に伴う卵乾燥重量の変化

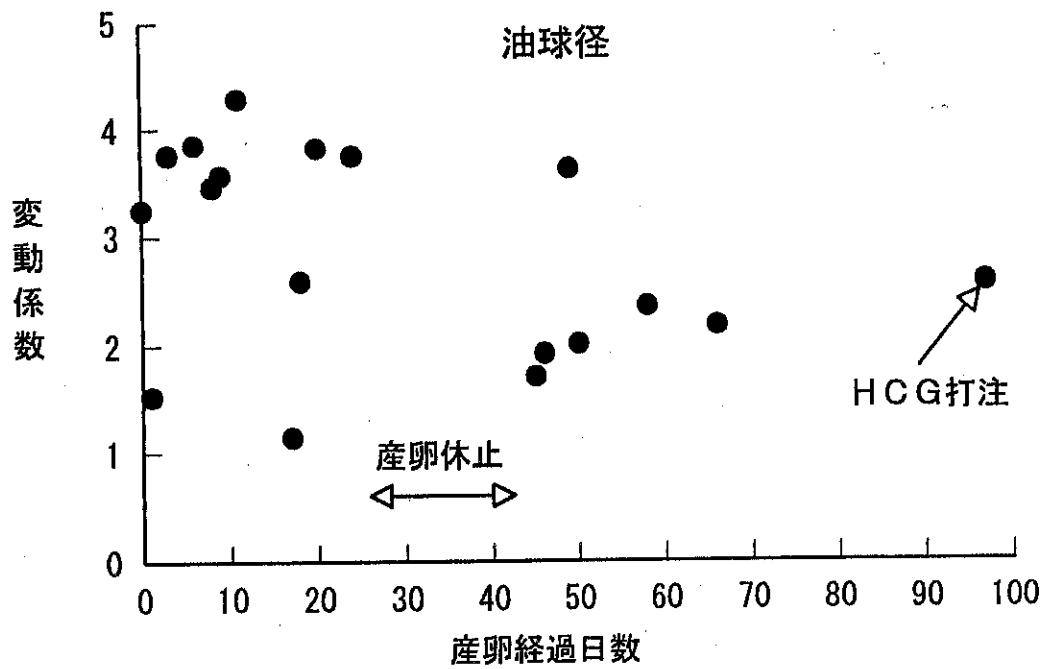
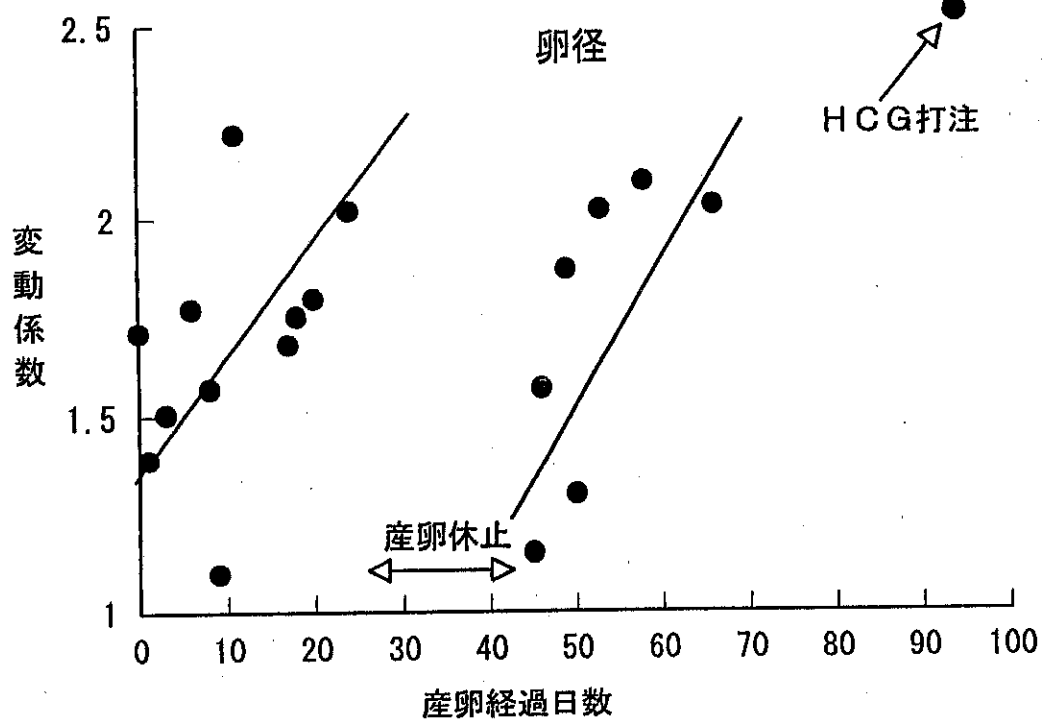


図4 産卵経過に伴うシマアジ卵径と油球径の変動係数の変化

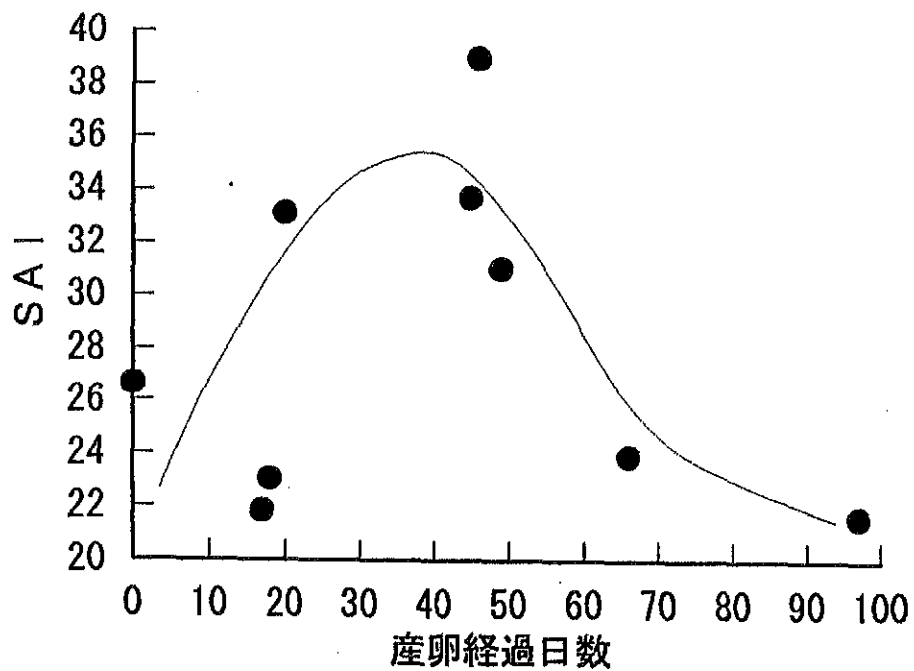


図5 産卵経過に伴う S A I の変化

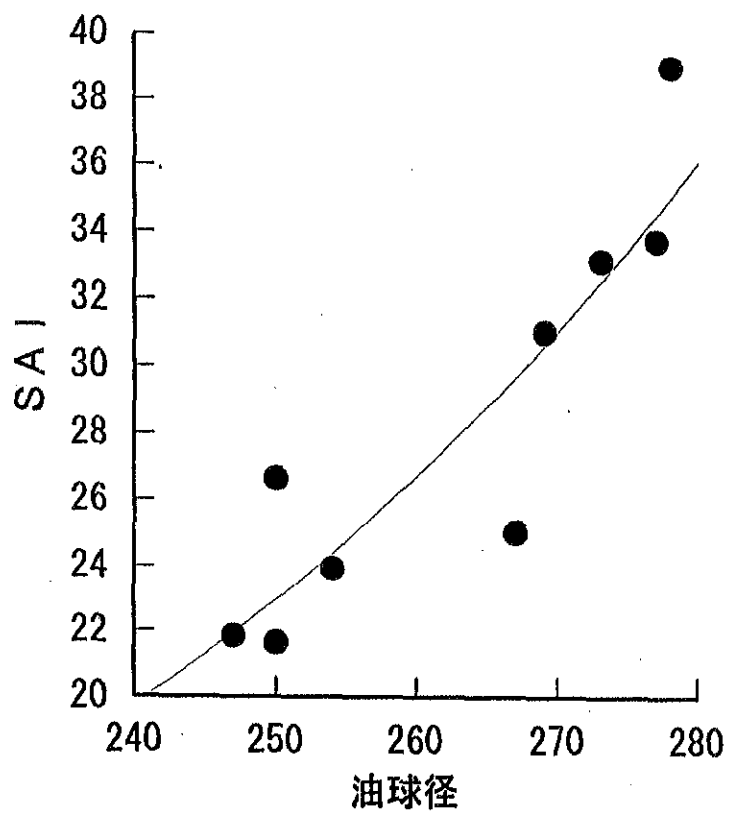


図6 油球径と S A I の関係

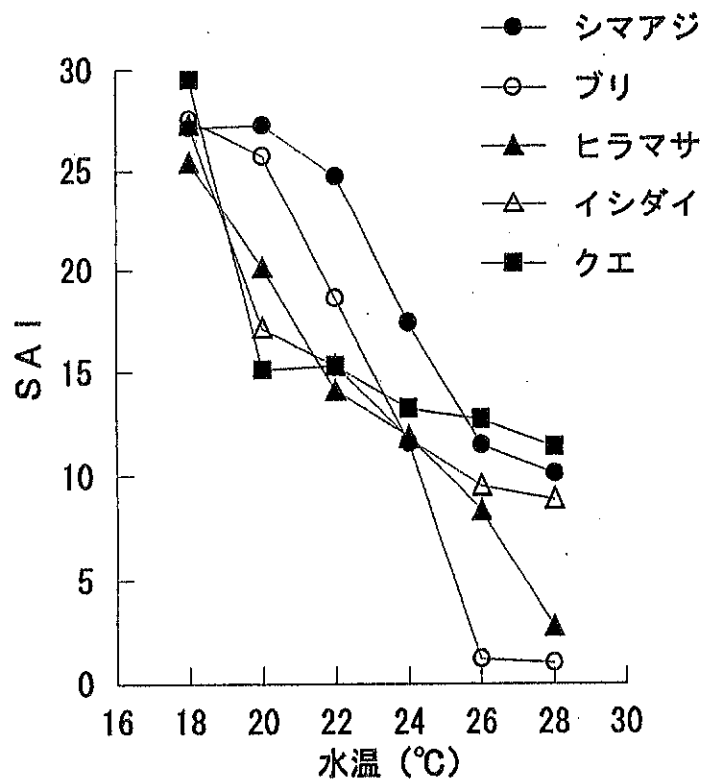


図7 SAIと水温の関係

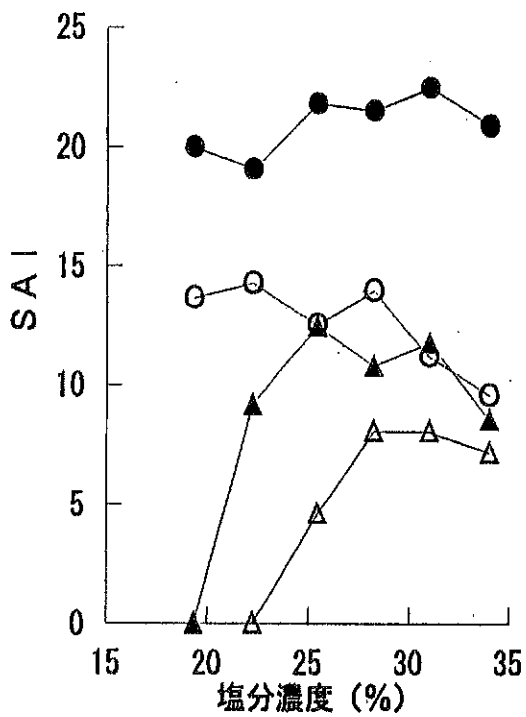


図8ブリのSAIと水温、塩分濃度との関係

● 18°C ▲ 22°C
○ 20°C △ 24°C

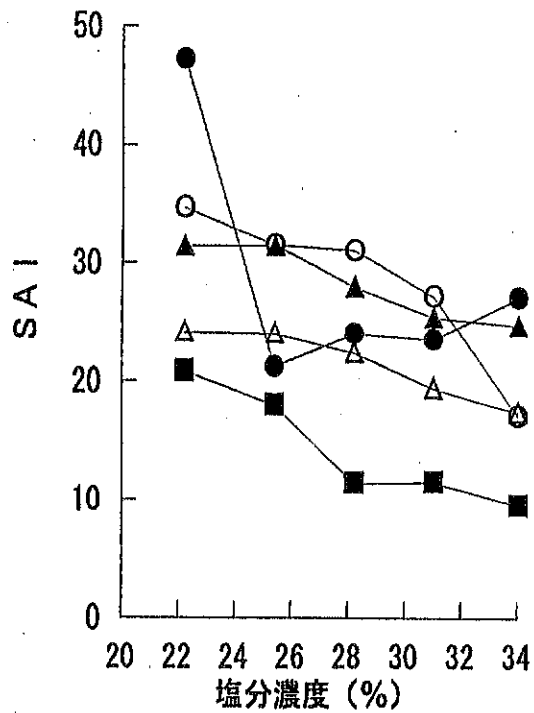


図9シマアジのSAIと水温、塩分濃度との関係

● 18°C △ 24°C
○ 20°C ■ 26°C
▲ 22°C

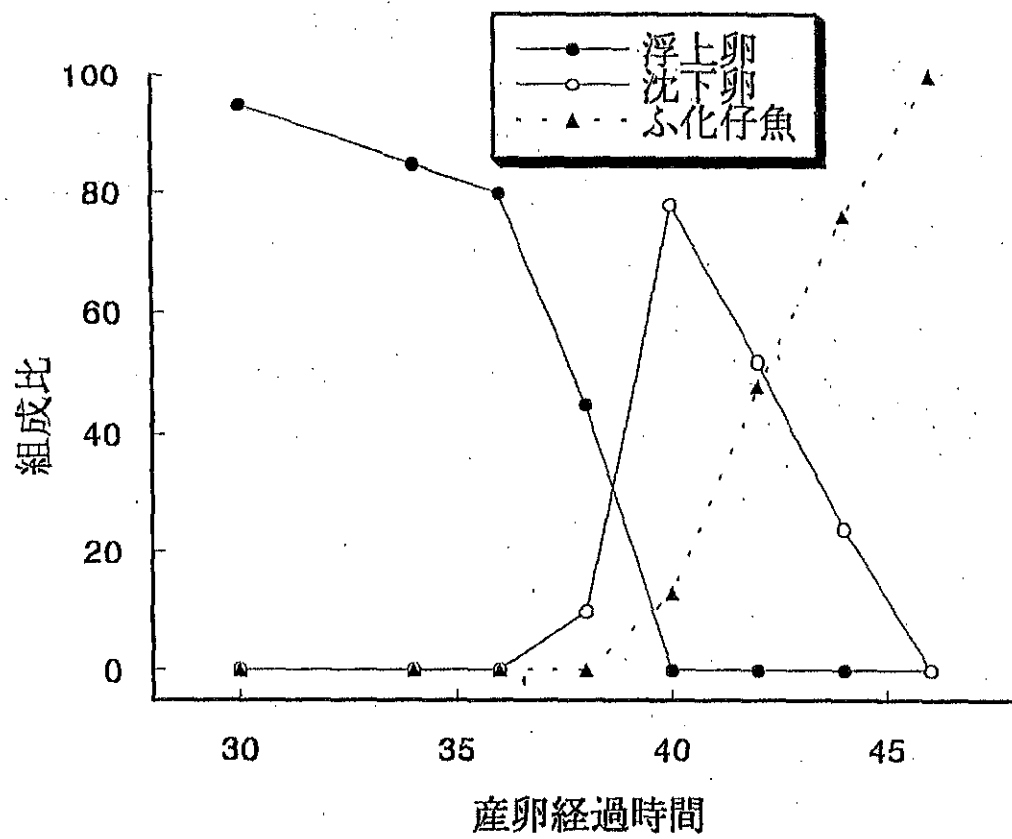


図 10 シマアジ受精卵の発生に伴う
沈下卵とふ化仔魚の出現割合

II. 種苗生産技術開発

II - 1 ブリ種苗生産

1. 陸上飼育

昭和57年度より開始したブリの種苗生産は本年度で12年目を迎える。この間の技術開発をみると、昭和57年から63年の7年間は量産技術開発を目標として種苗生産を行い、100万尾以上の種苗生産を達成した。そして、平成元年からは、省力化及び種苗生産のマニュアル化を目標として技術開発を行い、まず、マリノフォーラム21と行っている共同研究（ブリ微粒子配合飼料の開発）の成果より餌料系列に配合飼料を導入し、餌料系列を単純化してワムシ+アルテミアノープリウス+配合飼料とした。その結果、大型生物餌料の生産（養成アルテミア・ミジンコ・マダイふ化仔魚・天然コペポード）を種苗生産工程より除くことが可能となった他、従来の生物餌料中心の餌料系列で生産を行っていた時の技術開発課題（大型生物餌料の大量確保、取り揚げ時のショック死による大量斃死の防止、沖出し直後の大量斃死の防止）がクリアされた。また、配合飼料の自動給餌機及び自動底掃除機の導入も省力化に大きく貢献した。

一方、技術開発当初よりの課題である初期減耗・形態異常については今なお重要課題として残されているとともに、配合飼料の導入により新たに生残率の低下・形態異常魚の出現などの問題も生じてきている。

本年度は、早期種苗生産技術開発の検討（3月よりの種苗生産）、初期飼育技術開発の検討（初期減耗の防止と開鰾率の向上）、人工配合飼料の導入による餌料系列の見直し（全長15mmからの配合飼料の単独給餌）を目標とし、特に初期飼育技術開発に重点をおいて飼育試験を行い、生産尾数40万尾（全長20～30mm）、生残率30%、取り揚げ密度2000尾/m³を目標にして種苗生産を行なった。

材料と方法

1) ふ化仔魚および収容方法

供試したふ化仔魚は、当场で天然魚を2～4年間養成したものから加温・電照処理・ホルモン打注後の自然産卵によって得られたものである。

飼育水槽へのふ化仔魚の収容方法は、ふ化水槽（逆円錐型1m³水槽）でふ化させたものを0.5m³ポリカーボネイト水槽に収容し、飼育水槽まで搬送した後、サイホン（φ50mmホース使用）で移槽して行った。収容時の飼育水量は、90m³水槽では80m³、60m³水槽では50m³とした。

2) 飼育水槽及び飼育環境の管理

飼育水槽には、60m³コンクリート水槽（4.5 × 8.0 × 2.0 m，実効水量50m³）3面、90m³コンクリート水槽（8.0 × 2.0 m 八角形水槽，実効水量80m³）3面を使用した。

飼育水の加温は、温水の循環（チタンパイプによる熱交換）により行った。飼育水温はふ化仔魚の収容時は21～22℃に調温し、その後22℃を維持して飼育を行なった。沖出し時に備えた水温馴致方法は、沖出し数日前より1日に1℃の割合で降下させることにより行い、海面水温に馴致させた。

飼育水には濾過海水を使用し、フノコロブシを添加した。その添加はワムシ給餌期間中のみ行ない、50～100万セル/mlを保つように1日数回添加した。

換水は、ふ化仔魚収容直後より注水（1 m³/hr）を開始し、流水飼育とした。換水量は、飼育初期（全長8 mmまで）には40％/日、その後は魚の成長に合わせて増大し、最終的には150～200％とした。

照度調節は、水槽上面を遮光率85％の寒冷紗を二重にして覆い、日射量及び魚の状態に応じて適宜開閉して行なった。

通気は、当初、60m³水槽ではエアストンを18個/槽、90m³水槽では24個/槽を水槽内に等間隔に設置して行い、成長に応じて通気量を増加させた。遊泳力のつく全長8 mm頃から多数の穴（1 m/m 穴）を開けた塩ビパイプ（以下、エアブロックと称）を水槽底面の4隅に配置し、通気により飼育水を回すようにした。

底掃除は、ふ化後6日目より毎日行ない、自走式底掃除機（すう太郎：ノダック株式会社）で行なった。

取り揚げは水深50 cmまで減水し、旋網により魚を集め手網ですくい取った後、ドレン抜き口より取り揚げ水槽に抜き取り、手網で取り揚げた。なお、取り揚げ時のショック死を防ぐため、旋網を行なう直前に魚を追いかけてまわし刺激に慣らした。

3) 計数および測定

計数は、ふ化後10日目までは基本的に毎日行い、φ40 mm塩ビパイプを用いて柱状サンプリングを行ない容量法により推定した。遊泳力のつく全長8 mm頃からは底掃除により排出される斃死仔魚数より生残尾数を推定した。取り揚げ時の計数は、沖出し後選別を行い、全数計数を行った。

成長は、全長を測定し、開口0日目より3日毎に30尾を測定した。

4) 鰾の開腔試験

鰾の開腔率を向上させるために、下表に示すように、各飼育例毎に開腔時の通気量の調整、油膜除去の有無について検討を行った。開腔率の測定は、3日毎の成長（全長）の測定時に行った。

鰾の開腔時における通気方法・油膜除去方法

生産回次	通気方法		油膜除去方法	
	エアストン	エアブロック	油膜回収装置	オーバーフロー
1 回次生産	有	有	無	無
2 回次生産 1	無	無	有	無
" 2	無	有	有	無
3 回次生産 1	無	有	無	有
" 2	無	無	無	有
4 回次生産	無	有	無	有

* 鰾の開腔時の通気停止は昼間のみ行い、夜間は通常に通気。

* 油膜除去はふ化後4～6日目の2日間、AM9:00～10:00、PM13:00～14:00に行う。

（油膜除去方法の概要は、図1に示した）

5) 餌料

給餌した餌料の種類と基準給餌量を表1に示した。ワムシ、アルテミアノープリウスについては栄養強化を行ない、その栄養強化方法については『生物餌料の栄養強化』の項に示した。配合飼料（日本水産株式会社）は、最小粒径が $200\mu\text{m}$ のものから使用し、成長に応じて粒径を大きくした。餌付け時は手撒きで行い、餌付いた後は微量投餌機（ヤマハ発動機株式会社）を用いて行なった。

結果

本年度の飼育に供したふ化仔魚の由来を表2に、種苗生産結果を表3に、生産回次別の投餌量を表4に示した。

生産期間は平成5年3月13日～6月15日までの95日間に、4回次6例の飼育を行った。このうち3例（3R-1・2, 4R）では取り揚げまで飼育を行ない、他の3例（1R, 2R-1・2）はシマアジの種苗生産と競合を避けるため、種苗生産途中で飼育を中止した。

生産に供した総ふ化仔魚数は387.0万尾、平均収容密度は9923尾/ m^3 であった。また、総生産尾数は27.4万尾、取り揚げサイズは39.6（24.3～60.4）mm、生残率は7.1（0～10.4）%であった。

以下、各生産回次毎の結果の概要を記す。

1) 1回次生産

1回次生産では、早期産卵試験（加温養成による天然4年養成魚にLH-RHおよびHCGを打注）により3月10日に自然産卵によって得られた受精卵を用いた。

種苗生産水槽には60 m^3 水槽1槽を用いて1例の飼育を行い、早期種苗生産の可能性を検討した。ふ化仔魚は、例年（4月上旬）より約20日早いものである。

種苗生産は3月13日にふ化した仔魚を水槽に収容して、3月16日より開始したが、シマアジの種苗生産と競合したため、3月22日（ふ化後10日目）に飼育を中止した。

成長および生残状況を図2に示した。収容尾数は、26.0万尾（5200尾/ m^3 ）、ふ化後10日目の推定生残尾数は16.7万尾であり、生残率は64.2%であった。

鰾の開腔試験（対照区）として、初期飼育における通気をエアストンの他に収容直後よりエアブロックを用いて行った。油膜除去は行わなかった。鰾の開腔状況を図2に示した。鰾の開腔は、ふ化後6日目より始まったが、ふ化後9日目の開腔率は6.7%であった。

2) 2回次生産

2回次生産では、早期産卵試験（加温養成による天然4年養成魚にHCGを打注）により3月21日に自然産卵により得られた受精卵を用いた。

種苗生産水槽には60 m^3 水槽2槽を用いて2例（2R-1・2R-2）の飼育を行い、MF21との共同研究におけるブリ微粒子配合飼料試験用の供試魚の飼育を行うとともに、1回次生産と同様、早期種苗生産の可能性を検討した。ふ化仔魚は、例年（4月上旬）より約10日早いものである。

種苗生産は、3月24日にふ化した仔魚を水槽に収容して、3月26日から開始したが、1

回次生産と同様シマアジの種苗生産と競合したため、ブリ微粒子配合飼料試験用に種苗の一部を供試した後、2R-1では4月19日（ふ化後26日目）に、2R-2では4月21日（ふ化後28日目）に飼育を中止した。

成長および生残状況を図4・図5に示した。収容尾数は2R-1は34万尾（6800尾/m³）、2R-2は32万尾（6400尾/m³）であった。ふ化後10日目までの生残率は、2R-1では10.6%、2R-2では40.3%であり、生残率は大きく低下したが両者の初期減耗には大きな差が見られた。また、飼育中止時での生残尾数は、2R-1では2.0万尾（生残率5.9%）であり、2R-2では8.2万尾（生残率25.6%）であった。

鰾の開腔試験として、初期飼育における通気は、2R-1は収容後鰾の開腔まではエアストンによる通気のみで行い、鰾の開腔時には完全に無通気とした。2R-2は鰾の開腔時まではエアストンのみで行ったが、開腔時にはエアストンによる通気を停止しエアブロックによる通気のみとした。飼育水水面の油膜は両者とも水面に浮かべて固定したL字型パイプにより回収し除去した（図1）。鰾の開腔状況を図6・図7に示した。鰾の開腔は、2R-1はふ化後5日目より始まり、最終開腔率は34.4%であった。2R-2は、ふ化後6日目より始まり、最終開腔率は37.1%であった。両者の鰾の開腔率にはほとんど差はなく、共に低いものであった。

3) 3回次生産

3回次生産では、海上で養成した天然2年養成魚にHCGを打注し、陸上水槽で電照処理後自然産卵により得られた受精卵を用いた。

種苗生産水槽には90m³水槽2槽を用いて、初期飼育（初期減耗・鰾の開腔）に重点をおいた2例（3R-1・3R-2）の量産飼育試験を行った。

種苗生産は、4月29日にふ化した仔魚を当日に水槽に収容して開始した。収容尾数は、3R-1では115万尾（14375尾/m³）、3R-2では90万尾（11250尾/m³）であった。

成長および生残状況を図8・図9に示した。生残状況は、3R-1・2とも初期減耗が大きく、ふ化後10日目までの生残率は、3R-1では41.6%、3R-2では17.3%であり、2回次生産と同様、同じふ化仔魚を用いたにもかかわらず両者の初期減耗には大きな差が見られた。

鰾の開腔試験として、水温・通気・油膜について初期飼育方法を検討した。3R-1では、水温は22℃とし、通気は鰾の開腔まではエアストンによる通気のみで行ったが、開腔時にはエアストンによる通気を停止しエアブロックによる通気のみを行った。水槽上部にあるオーバーフロー口には、φ50mm、長さ4mの塩ビ製のパイプを浮かせて固定し（図1）、流れてきた油膜を集めて飼育水とともにオーバーフローさせて油膜除去を行った。3R-2では、水温は20℃とし、通気は鰾の開腔まではエアストンによる通気のみで行い、鰾の開腔時にはエアストンによる通気を停止し完全に無通気とした。油膜除去は3R-1と同様にして行った。鰾の開腔状況を図10・図11に示した。鰾の開腔は、3R-1・3R-2ともにふ化後5日目より始まり、ふ化後10日目の開腔率は、3R-1は50.0%、3R-2は51.2%であり、両者の鰾の開腔率にはほとんど差はなかった。

給餌した餌料の種類と給餌量を表4に、飼育水に添加したナノクロプス の使用量およびに給餌した餌料の使用量の推移を図12・図13に示した。餌料系列は、ワムシ（S型）+アルミアノプリウス + 配合飼料とした。配合飼料の給餌は、3R-1では日令16（全長7.4mm）より、3R-2では日令22（全長10.8mm）より始めた。全長12mmでの摂餌個体率は、2例とも80%であり

給餌開始時期による差は見られなかった。配合飼料の単独給餌は、配合飼料の摂餌個体率が100%となった時点とし、3R-1では全長18mm、3R-2では全長20mmより行った。しかし、胃内容物組成では生物餌料に依存している割合が高く、全長12mmより配合飼料を主餌料として給餌を行った結果、アルテミア・プリウス の給餌不足により大量斃死を起こした(3R-1)。

飼育期間中の水温・溶存酸素量の変化を図14・図15に示した。溶存酸素量は、配合飼料の給餌の増加に従って低下し、3R-1では取り揚げ直前には4.0mg/l以下に低下した。

4) 4回次生産

4回次生産では、海上で養成した天然2年養成魚にHCGを打注し、陸上水槽で電照処理後自然産卵により得られた受精卵を用いた。

種苗生産水槽には90m³水槽1槽を用いて、MF21との共同研究におけるブリ微粒子配合飼料試験用の供試魚の飼育を行うとともに、初期飼育(初期減耗・鰾の開腔)について検討を行った。

種苗生産は、5月6日にふ化した仔魚を水槽に収容して、5月7日から開始した。収容尾数は、90万尾(11250尾/m³)であった。

成長及び生残状況を図16に示した。生残状況は、初期減耗が大きく、ふ化後10日目までの生残率は22.6%であった。

鰾の開腔試験として、水深・通気・油膜除去について初期飼育方法を検討した。水深は高水位(水深160cm)、通気は開腔まではエアストンによる通気のみで行ったが、開腔時にはエアストンによる通気を停止してエアブロックによる通気のみを行った。油膜はふ化後4・5・6の3日間オーバーフローにより除去した。鰾の開腔状況を図17に示した。鰾の開腔は、ふ化後4日目より始まり、ふ化後10日目の開腔率は78.1%であり、今年度の生産の中で最も高い鰾の開腔率であった。

全長12mm(ふ化後24日目)でブリ微粒子配合飼料試験に種苗を供試した。その後、マリノフォーラム21と同様の飼育マニュアルで、全長12mmより5日間の生物餌料との併用給餌を行った後、全長17mmより配合飼料の単独給餌を行った。全長17mmでの摂餌個体率は90.0%であった。全長17mmからの生残率は72.3%であり、ブリ微粒子配合飼料試験における全長15mmからの試験結果と同様の成績であった。斃死魚の大部分は共食いによる共倒れおよび突きあいによるショック死によるものであった。

考察

1) 生残

過去12年間の種苗生産結果を表5に示した。本年度の生産結果をみると、平均生残率は7.1%(飼育中止例を除いた場合の生残率は9.3%)であった。生残率が低下する原因として、初期減耗、共食いが大きな要因であった。

① 初期減耗

初期減耗は、今年度の生産においても大きな減耗要因であり、ふ化後10日目までに生残率が10~40%まで低下した。その原因としては、ふ化仔魚の活力、初期飼育環境、収容密度等が考えられる。

過去12年間の収容密度と初期減耗の関係を図18・図19に示した。本種の種苗生産における収容密度についてはこれまで適正值が把握されていない。しかし、過去の飼育例から判

断すると、収容密度が 10000尾/m³以上になると収容密度の上昇にともないふ化後10日目の初期生残率は低下する傾向が見られることから、10000 尾/m³以上の収容密度は初期生残に影響を及ぼすことが推察される。

本種の場合、開口翌日になっても未摂餌個体が多く、摂餌個体率が50～80%と低いことから、ふ化仔魚の活力に原因があると考えられた。しかし、今年度の2回次生産および3回次生産のように同じ親魚由来のふ化仔魚を用いたにもかかわらずふ化後10日目の生残率が異なることから、初期減耗要因としては親魚に起因したふ化仔魚の活力というよりは初期の飼育方法に起因したふ化仔魚の活力に問題があると思われる。6例の飼育における開口時（日令3）の平均摂餌率は70.0%（57.5～81.2）であり、開口直後より未摂餌個体が多くみられた（表6）。このうち、摂餌個体率が開口当日に比べて翌日の方が高くなっている場合（1R・2R-2・3R-1）は初期生残率が高くなっており、逆に摂餌個体率が低下するか変化がない場合（2R-1・3R-2・4R）には初期生残率は低くなっている。通常、未摂餌個体の割合は日令とともに低くなり日令7～8で0になる。無給餌飼育の生残日数が日令7～8であることから、開口時の未摂餌個体はその後摂餌することもなく7～8日までに斃死し、これが初期減耗の大きな要因になっているものと思われる。開口時に摂餌しない理由については、仔魚の活力に起因するものと思われ、仔魚の活力の低下が親魚由来によるものか初期飼育環境によるものか検討する必要がある。初期の飼育環境のうち通気については、通気の強さが初期生残に影響を及ぼすとの報告もあり、また鰓の開腔も通気の強弱により開腔率が変わる。今年度の飼育例の中で、エアロックを使用して通気を行っていた飼育例（1R, 2R-1, 3R-1, 4R）では、4Rを除けば初期生残率が高い傾向が伺えた（図20）。このことから、初期飼育における通気量については検討する余地があると思われる。

なお、初期減耗については来年度より屋島・上浦・五島の3場で共同試験を行うことにより技術開発に当たる予定である。

② 共食い

共食い防止対策については、これまでの技術開発結果より、植毛板によるシェルター効果、ナンノクロロプシスの添加による目隠し効果、そして平均全長6mmと15mmサイズでの段階で小型魚を分離分槽することにより共食いが軽減されることが報告されている。しかし、植毛板の設置は底掃除の邪魔になること、ナンノクロロプシスの添加による目隠し効果はその後有効性が見いだせないこと（今年度の3回次生産において共食いのピークであるふ化後30日目となる約 100万尾/mlのナンノクロロプシスを添加してみたが（図12・図13）抑止効果は認められず、濃度に関する検討が必要）、小型魚の分離分槽は水槽数が増加することより手間がかかり省力化に逆行することなどから、根本的な共食い対策にはなっていない。

今年度の3回次生産におけるふ化後6日目からの底掃除により排出された斃死魚の尾数とその中に含まれる共倒れの尾数を図21・図22に示した。共倒れ魚は、ふ化後22～24日目に出現し、その3～5日後にはピークを迎え、7～8日間ピークが続いた後徐々に減少する。斃死尾数も共倒れ尾数に連動して変化していることから、斃死魚の大部分は共食い行動の突きによるショック死と考えられる。共倒れ魚の出現するサイズは平均全長12mmであり、平均全長15～20mmにかけてもっとも多いことが伺える。よって、共食いによる斃死をなくするためには、全長12mm以前での飼育において成長差をなくすることが重要であるが、現

在の飼育技術では成長差をなくすことは困難である。このため、現在考えられる有効な手法としては、全長15mmでの取り揚げおよび選別であり、今後検討していきたい。

2) 鰾の開腔

ブリの脊椎骨上彎症の原因として、マダイの脊椎骨上彎症と同様に鰾の開腔との関連性が示唆され、初期飼育における開腔率の向上が形態異常防止のため重要である。今年度行った各生産回次ごとの鰾の開腔時の飼育条件（水深・通気量・油膜除去）とその結果を表7・図23に示した。今回の試験の中で、飼育表面水のオーバーフローにより油膜除去を行った飼育例（3R-1・3R-2・4R）において比較的鰾の開腔率が高かったことから、オーバーフローによる油膜除去の有効性が伺えた。2回次生産においても水槽内で油膜の回収・除去を行ってきたが有効性が認められなかったことから、オーバーフローによる徹底した油膜除去が必要であると思われる。また、鰾の開腔後の成長に伴う開腔率の変化を見ると、ふ化後10日目以降は成長に関係なく開腔率は一定であることから、ふ化後10日目までの初期飼育が鰾の開腔に大きな影響を持つものと思われた。今年度行った油膜除去はふ化後4～6の3日間だけであったが、ふ化後10日目まで続けることによりさらに鰾の開腔率を高めることが期待される。

3) 餌料系列

① 餌料系列の単純化

過去10年間の種苗生産に使用した餌料の種類と給餌量を表8に示した。平成元年より大型生物餌料（ミジンコ・養成アルテミア・天然コペポダ）の代替餌料として配合飼料の導入を図ってきたが、配合飼料の依存性は年々高くなり、配合飼料化に伴う新餌料系列を確立する必要が出てきた。平成4年度より養成アルテミアを使用せずに、ワムシ（S型）＋アルテミアノープリウス＋配合飼料の餌料系列での飼育が可能となった。しかし、現在、全長15mmから配合飼料の単独給餌を行っているが、S型ワムシでの飼育は全長8mmが限界であるため、全長8～15mmまではアルテミアの単独給餌となってしまう。このため、アルテミアの依存割合が大きくなり、コスト高および単独給餌の弊害などが考えられるため、今後は、この餌料系列の中で、アルテミアノープリウスから配合飼料への移行サイズをどこまで下げられるかが課題である。また、配合飼料化に伴い、生残率の低下が見られるため餌付けに伴う減耗防止も課題として残された。

② 小型サイズでの配合飼料化（全長15mm）

平成4年度より配合飼料を中心とした新餌料系列を確立するため、全長15mmからの配合飼料の単独給餌飼育を行った。今年度は配合飼料への馴致期間を長くして、全長8mmおよび全長10mmより給餌した結果、生物餌料との併用給餌期間を延長したにもかかわらず、全長15mmでの配合飼料の摂餌個体率は、全長12mmから併用給餌を5日間行った場合と差が見られなかった。このことから、配合飼料への馴致期間は短期間に集中的に行ったほうが効率的な餌付けが行えるものと思われる。

4) 取り揚げ

昨年度、平均全長20mmでの取り揚げを行ったところ、沖出し時の斃死はほとんどなくこ

のサイズでの取り揚げは十分可能であることが分かった。今後は、前述のように全長15mmからの共食いによる大量斃死を抑えるために全長15mmでの取り揚げ・選別を検討する必要がある。このためには、全長15mmでの完全な配合飼料への餌付けが前提となるとともに、サイズが小さいために取り揚げ方法についても検討を加える必要がある。

6) 形態異常

本種の形態異常は、通常みられる頭部、口部、脊椎骨（脊椎骨前部の上方屈曲）の異常のほかに脊椎骨後部の上方屈曲、肛門部陥没がある。このうち、脊椎骨上彎症については原因究明がなされ、鰻の開腔魚を比重選別により廃棄することにより、この形態異常についてはほぼ解決した。しかし、他の形態異常については未解決の状態であることから、本種の形態異常については、初期減耗と同様、屋島・上浦・五島の3場で共同試験を行うことによりこの課題の克服に当たることとした。

7) 来年度の課題

本年度の生産では、初期飼育方法においていくつかの知見が得られ、また全長15mmからの完全配合飼料化では昨年度の再現試験を達成することができた。一方、共食い対策については新たに見直しをせまられ、初期飼育方法とともに来年度の課題としたい。

- ① 初期飼育方法の検討（初期減耗の防止・鰻の開腔率の向上）
- ② 共食い防止の再検討（全長15mmからの取り揚げ・選別手法の開発）

要約

1) 本年度は、初期飼育技術開発の検討（初期減耗の原因究明と鰻の開腔率の向上）、人工配合飼料の早期給餌（全長8mmからの配合飼料の給餌）によるアルテミア使用量の軽減に重点をおいて試験を行った。

2) 飼育水槽には、60m³水槽（実容量50m³）を3面、90m³水槽（実容量80m³）を3面使用し、3月13日～6月15日までの95日間に4回次、6例の飼育を行った。これらのうち1・2回次生産の3例の飼育は、シマアジの種苗生産と競合したため、途中で飼育を中止した。3回次生産は、配合飼料の給餌開始時期の違い（全長8mm・全長10mm）による試験として行い、4回次生産はマリノフォーラム21との共同研究用供試魚の飼育を行うとともに全長15mmからの配合飼料化飼育を行った。

3) ふ化仔魚は、1・2回次生産では天然魚を4年養成した親魚による早期産卵試験によって得られたものであり、3・4回次生産では、天然魚を2年養成した親魚を産卵直前まで海上の小割網生簀で養成し、ホルモン（HCG）打注後、陸上水槽で自然産卵によって得られたものである。

4) 飼育を中止した3例を除く、他の3例の飼育では、平均全長39.6mm（24.3～60.4）の種苗を27.4万尾生産し、平均生残率は9.3%（7.9～10.4）であった。

5) 3回次生産では、初期減耗の状況把握と鰻の開腔率の向上、ワムシ（S型）+アルテミア+ブリウス + 配合飼料の餌料系列の中で配合飼料の給餌開始時期を変えて飼育を行い、小型サイズでの配合飼料への餌付けの可能性について検討を行った。

6) 初期生残率（日令10までの生残率）は、3R-1では41.6%、3R-2では17.3%であった。鰾の開腔は日令4より始まり、ふ化後10日目の開腔率は、3R-1では50.0%、3R-2では51.2%であった。また、開口時の摂餌率は3R-1では58.0%、3R-2では57.5%であった。配合飼料の給餌は、3R-1では日令16（全長7.4mm）より、3R-2では日令22（全長10.8mm）より始めた。全長12mmでの摂餌個体率は、2例とも80%であり給餌開始時期による差は見られなかった。しかし、胃内容物組成では生物餌料に依存している割合が高く、全長12mmより配合飼料を主餌料として給餌を行った結果、アルテミアの給餌不足により大量斃死を起こした。

7) 4回次生産では、マリノフォーラム21との共同研究用供試魚の飼育を行い、全長12mmで試験に供試した。その後、マリノフォーラム21と同様の飼育マニュアルで全長12mmより5日間の生物餌料との併用給餌、全長17mmより配合飼料の単独給餌を行った。

8) 4回次生産の初期生残率（日令10までの生残率）は22.6%であった。鰾の開腔は日令4より始まり、ふ化後10日目の開腔率は78.1%であった。開口時（日令3）の摂餌率は81.2%であった。配合飼料の給餌は、日令25（全長12.3mm）より始め、生物餌料との併用給餌を5日間行った後、全長17mmより配合飼料の単独給餌を行った。全長17mmでの摂餌個体率は90.0%であった。全長17mmから取り揚げまでの生残率は76.5%であり、マリノフォーラム21との共同研究における全長15mmからの試験結果と同様の成績であった。

9) 6例の飼育における開口時（日令3）の平均摂餌率は70.0%（57.5～81.2）であり、開口直後より未摂餌個体が多くみられた。これらの未摂餌個体の割合は日令とともに低くなり日令7～8で0になる。無給餌飼育の生残日数が日令7～8であることから、開口時の未摂餌個体はその後摂餌することもなく7～8日までに斃死し、これが初期減耗の大きな要因になっているものと思われる。開口時に摂餌しない理由については、仔魚の活力に起因するものと思われ、活力の低下が親魚由来によるものか初期飼育環境によるものか検討する必要がある。

10) 過去2年間、鰾の開腔率を向上させるため、飼育水深・通気の強弱について検討した結果、飼育水深は浅い方が、通気は弱い方が鰾の開腔率は高い傾向が見られた。しかし、同じ手法を用いても鰾の開腔率の変動が大きく、明瞭な効果が見られなかった。今年度は、鰾の開腔時にオーバーフローにより油膜除去を行った結果、鰾の開腔率（ふ化後10日目）は59.8%（50.0～78.1）であり、オーバーフローによる油膜除去を行わなかった場合の18.6%（6.7～31.0）に対して油膜除去効果が認められた。なお、開口時に未摂餌であった個体は、その後鰾が開腔することはなかった。

11) 形態異常については、脊椎骨上彎症については鰾の開腔との関係がつかめ対策が講じられているが、頭部・口部・肛門部については未解決である。年々栄養強化の改善などにより、改善されてきているもののその因果関係は不明である。

12) 本種の種苗生産においては、初期減耗・配合飼料化・形態異常が大きな問題となっている。配合飼料化についてはマリノフォーラム21と共同研究を行っているが、初期減耗と形態異常については来年度より屋島・上浦・五島の3場で共同試験を行うことにより技術開発に当たる予定である。

（塩澤 聡）

表1 餌料の種類と給餌基準量 (五島事業場)

餌料の種類	給餌対象魚のサイズ (全長: mm)	給餌基準量 (投餌密度)	備	考
シオミズツボムシ	4.5 ~ 10.0	10 個体/ml	S型ワムシ	
アルテミアノープリウス	5.0 ~ 20.0	0.2~1.0 個体/ml	北米産アルテミア	
配合飼料	250~400 (μ)	100 ~ 500 g/日	協和醗酵飼料 A-400	
	250~400	体重の約20%/日	”	B-400
	400~710	体重の約10~20%/日	”	B-700
	400~710	体重の約10%/日	”	C-700
	1000	体重の約5%/日	”	C-1000
	840~1600	体重の約5%/日	日清飼料 比02号	

表2 プリ種苗生産に供したふ化仔魚の由来

生産回次	産卵日	親魚の年令	尾叉長 (cm)	体 重 (kg)	肥満度	養成水温 (°C)	卵の処理	浮上卵率 (%)	受精卵率 (%)	ふ化率 (%)	ふ化水温 (°C)	備考
1 回次	3.10	天然4才魚	84 80~87	9.0 9.6~11.6	17.9	13.8~19.2	LH-RH HCG	35.5	58.7	59.1	20~21	陸上水槽での養成
2 回次	3.21	天然4才魚	84 80~87	9.0 9.6~11.6	17.9	13.8~19.2	HCG	63.2	83.1	56.7	20~21	陸上水槽での養成
3 回次	4.25	天然2才魚	77	9.3	20.4	18.3~19.8	HCG	80.0	87.9	53.8	20~21	海上筏での養成
4 回次	5.02	天然2才魚	77	9.3	20.4	18.6~20.1	HCG	82.3	55.2	55.2	20~21	海上筏での養成

* 1・2 回次生産の尾叉長, 体重は陸揚げ時に測定

* 3・4 回次生産の尾叉長, 体重はホルモン打注時に測定

表3 ブリ種苗生産の概要 (五島事業場)

生産 区分	水 槽		収 容		飼 育		取 り 揚 げ			備 考					
	型	大きさ 実容量 (m^3)	個数	月日	尾数 (万尾)	密 度 (尾/ m^3)	水 温 ($^{\circ}\text{C}$)	主な餌の種類	飼育 日数		月日	尾数 (万尾)	密 度 (尾/ m^3)	全長 (mm)	生残率 (%)
1	角 型	60(50)	1	3.16	26.0	5200	22	ワシ	7	3.22	0	0		0	シマアジ種苗生産のため中止
2-1	角 型	60(50)	1	3.26	34.0	6800	22	ワシ, アサギ	26	4.19	0	0		0	シマアジ種苗生産のため中止
2-2	角 型	60(50)	1	3.26	32.0	6400	22	同上	28	4.21	0	0		0	シマアジ種苗生産のため中止
小 計					66.0	6600					0			0	
3-1	八角形	90(80)	1	4.29	115.0	14375	22	ワシ, アサギ, 配合	46	6.14	10.96	1370	45.2(32.9~60.4)	9.5	
3-2	八角形	90(80)	1	4.29	90.0	11250	22	同上	39	6.7	7.11	889	39.7(25.4~56.1)	7.9	
小 計					205.0	12813					18.07	1129		8.8	
4	八角形	90(80)	1	5.8	90.0	11250	22	ワシ, アサギ, 配合	40	6.15	9.32	1165	33.0(24.3~45.2)	10.4	MF 2 1 供試魚用種苗生産
合 計					387.0	9923					27.39	702	39.6(24.3~60.4)	7.1	

表4 プリ生産回次別給餌量

	1 回次生産	2 回次生産		3 回次生産		4 回次生産	合 計
		1	2	1	2		
ワムシ (億個体)	25.0	115.0	120.0	441.0	262.0	310.0	1273.0
アルテミア幼生 (億個体)	-	5.3	9.3	20.3	16.9	41.3	93.0
配合飼料	-	-	-	1.5	1.4	1.5	4.4
A-400 (kg)	-	-	-	2.2	2.3	3.7	8.2
B-400	-	-	-	1.1	1.6	3.4	6.0
B-700	-	-	-	5.7	6.6	10.0	22.3
C-700	-	-	-	44.0	-	-	44.0
C-1000	-	-	-	13.1	12.7	-	25.8
おとし-2	-	-	-	-	-	-	-
生産尾数 (万尾)	0	0	0	10.96	7.11	9.32	27.39

表5 過去12年間に於けるプリの年度別種苗生産結果

項 目	57年度	58年度	59年度	60年度	61年度	62年度	63年度	元年度	2年度	3年度	4年度	5年度
収容尾数 (万尾)	277.0	391.0	432.0	358.0	370.0	485.0	483.0	451.7	483.6	606.3	708.8	387.0
取り揚げ尾数 (万尾)	5.6	50.3	69.8	55.2	138.6	76.7	100.1	44.0	50.5	52.5	44.9	27.4
生残率 (%)	2.0	12.9	16.1	15.4	37.5	15.8	20.7	9.7	10.5	8.7	6.3	7.1
全長 (mm)	29.8	24.8	23.5	22.1	22.8	28.0	29.0	29.2	39.3	39.4	25.8	39.6

表6 開口後の摂餌個体率の変化と初期生残率

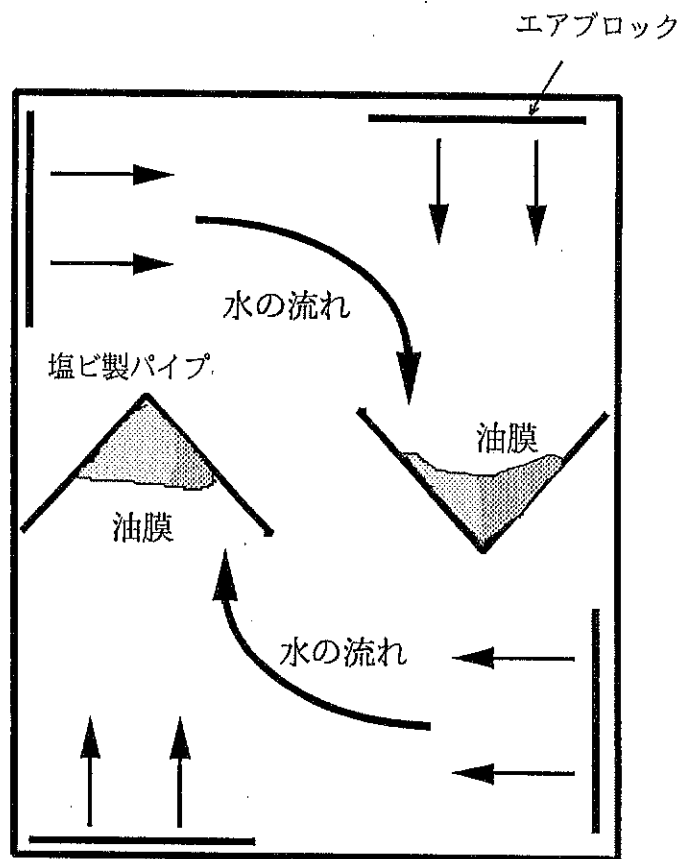
生産回次	開口後日数				初期生残率 (%) (ふ化後10日目)
	0日目	1日目	2日目	3日目	
1 R	58.3	83.3	-	94.4	64.2
2 R - 1	89.5	60.4	67.7	90.0	10.6
2 R - 2	75.5	93.2	52.9	87.9	40.3
3 R - 1	58.0	65.6	86.5	-	41.7
3 R - 2	57.6	60.0	70.0	-	17.3
4 R	81.2	62.5	90.3	-	22.6
平均摂餌個体率	70.0	70.8	73.5	90.8	

表7 通気方法と初期生残率

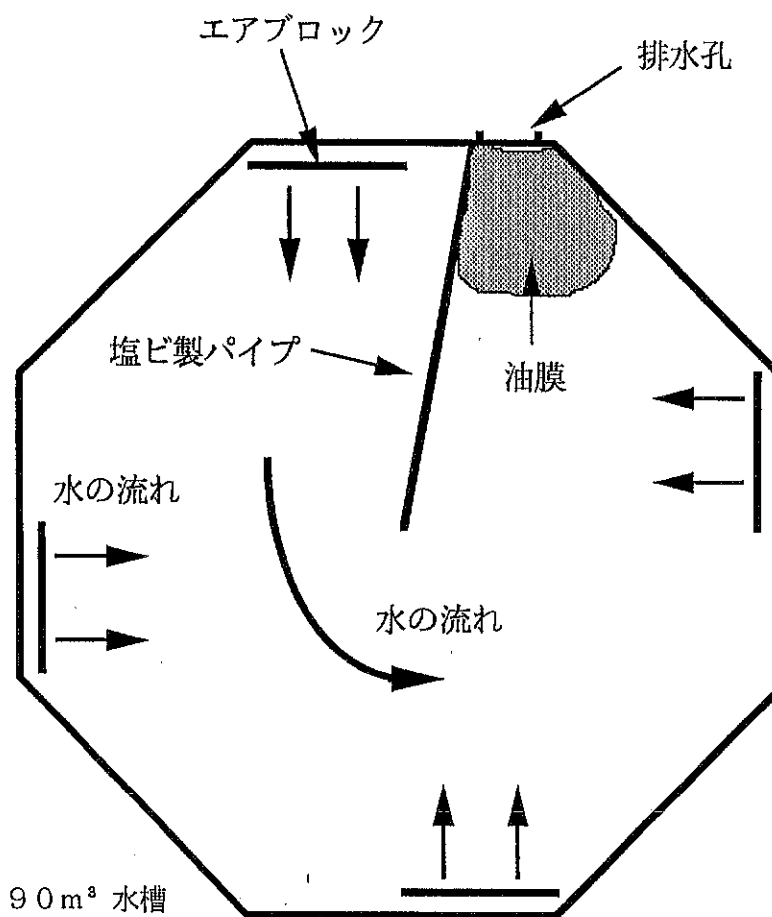
	収容 - 開腔	開腔時	初期生残率 (%)
1 R	エアストン・エアブロック	エアストン・エアブロック	64.2
2 R - 1	エアストン	通気停止	10.6
2 R - 2	エアストン	エアブロック	40.3
3 R - 1	エアストン	エアブロック	41.7
3 R - 2	エアストン	通気停止	17.3
4 R	エアストン	エアブロック	22.6

表8 過去11年間に於ける餌料種類別給餌量 (五島事業場)

	昭和58年	昭和59年	昭和60年	昭和61年	昭和62年	昭和63年	平成元年	平成2年	平成3年	平成4年	平成5年
ワムシ (億個体)	951.5	862.5	850.5	783.6	1508.0	856.4	442.0	313.4	948.9	462.5	1273.0
凍結ワムシ (k g)					20.0						
アルテミア幼生 (億個体)	94.3	137.5	201.7	214.7	247.5	374.9	184.1	141.5	142.3	159.49	93.0
養成アルテミア (億個体)	18.6	18.8	9.7	18.0	28.4	37.6	32.3	72.2	22.1		
凍結養成アルテミア (k g)				91.0	49.0	110.4		619.5			
天然コペポーダ (千万個体)	12.8	19.1	128.6	13.7	27.3	51.8	4.3				
凍結天然コペポーダ (千万個体)	11.0	116.0	9.0	16.3	0.5						
チダリオプス (億個体)	30.0	27.4	14.2	1.6	4.2						
ミジンコ (億個体)	5.7	20.0	9.3	15.5	15.2	18.7	4.3				
凍結ミジンコ (k g)	139.1	256.9	130.0	387.4	275.6	287.9	262.5	287.7			
マダイふ化仔魚 (万尾)	2266	1718	3641	7250	8517	17563	12596	36328	28000		
凍結マダイふ化仔魚 (万尾)	1500	710									
凍結魚卵 (万粒)				4344							
アミ (k g)			53.9	35.5	138.9						
ミンチ (k g)					8.0						
配合飼料 (k g)				30.9	59.2	65.9	38.9	177.9	141.1	56.5	110.7
種苗生産尾数 (万尾)	50.3	69.8	55.2	138.8	76.7	100.1	44.0	50.5	52.5	44.88	27.39



60 m³ 水槽



90 m³ 水槽

図 1 油膜除去の概要

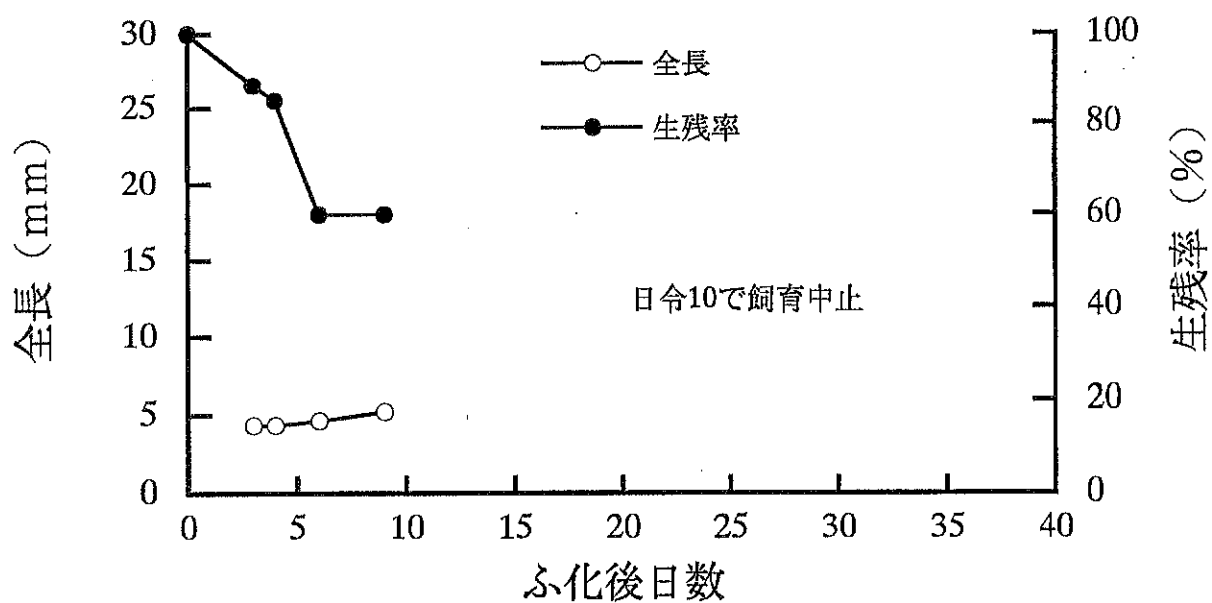


図 2 成長および生残 (1 回次生産)

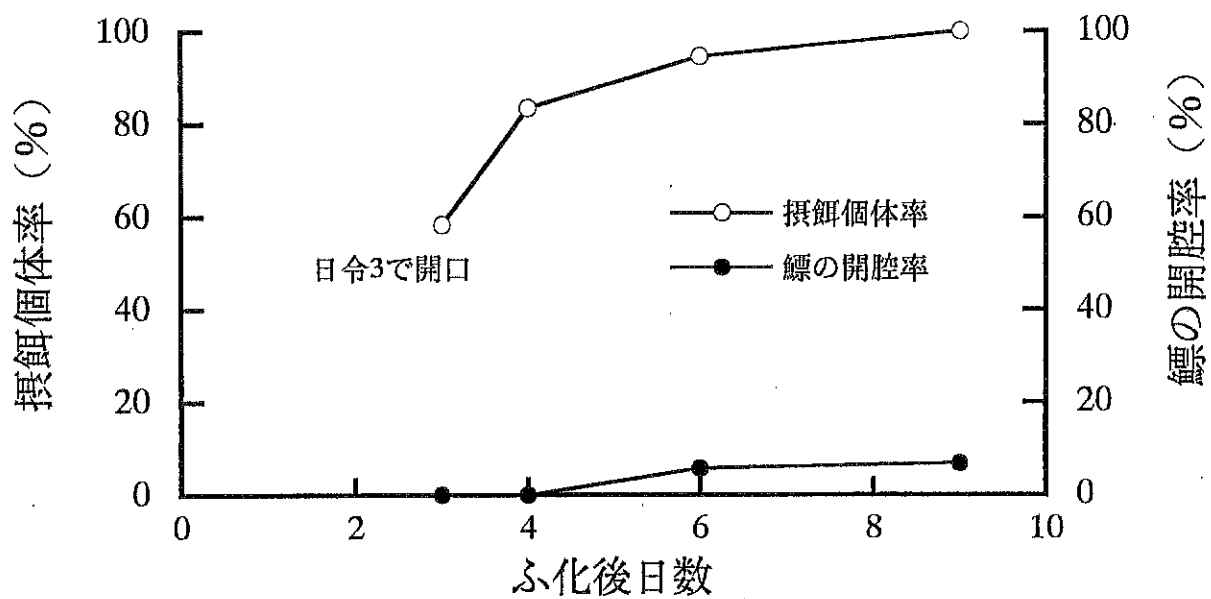


図 3 摂餌個体率及び鰾の開腔率 (1 回次生産)

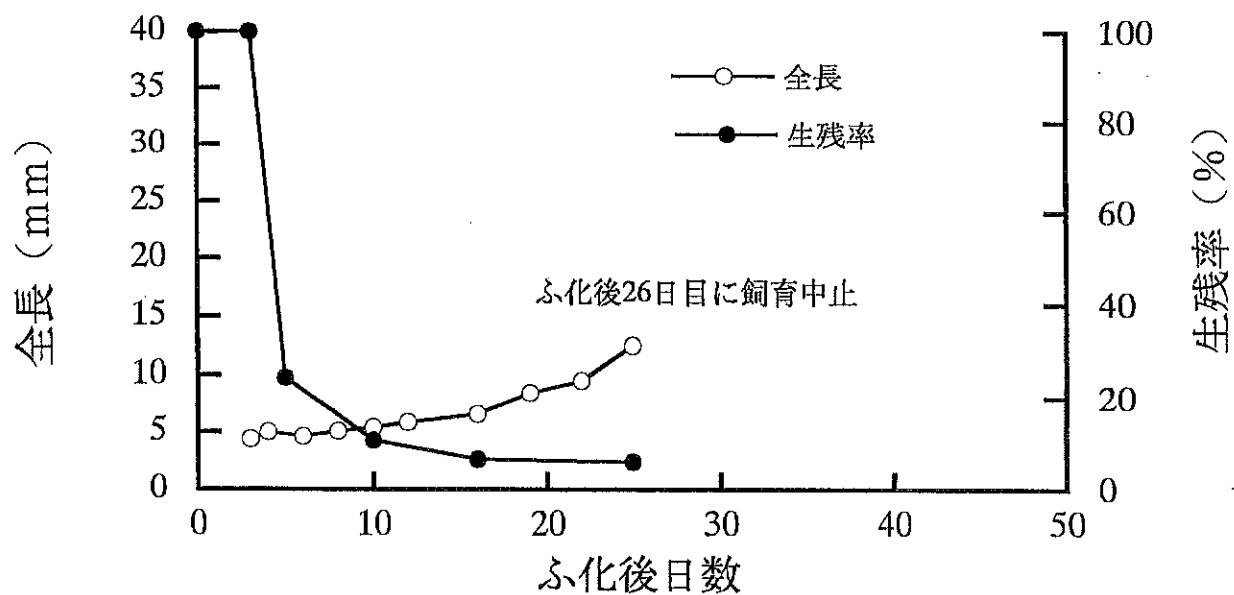


図 4 成長および生存 (2回次生産-1)

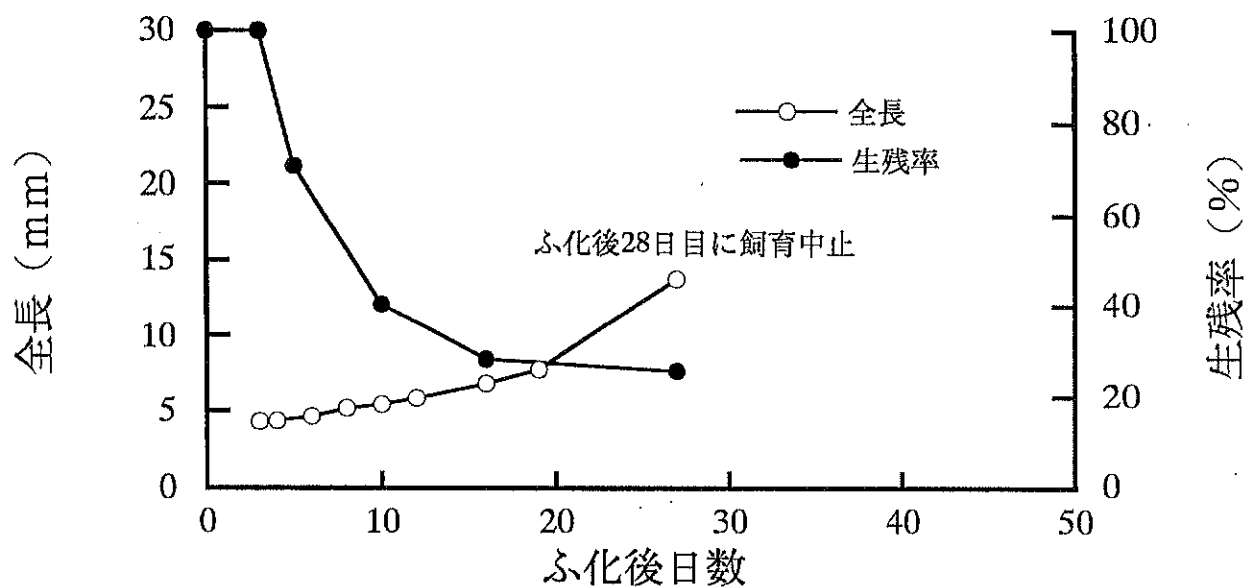


図 5 成長および生存 (2回次生産-2)

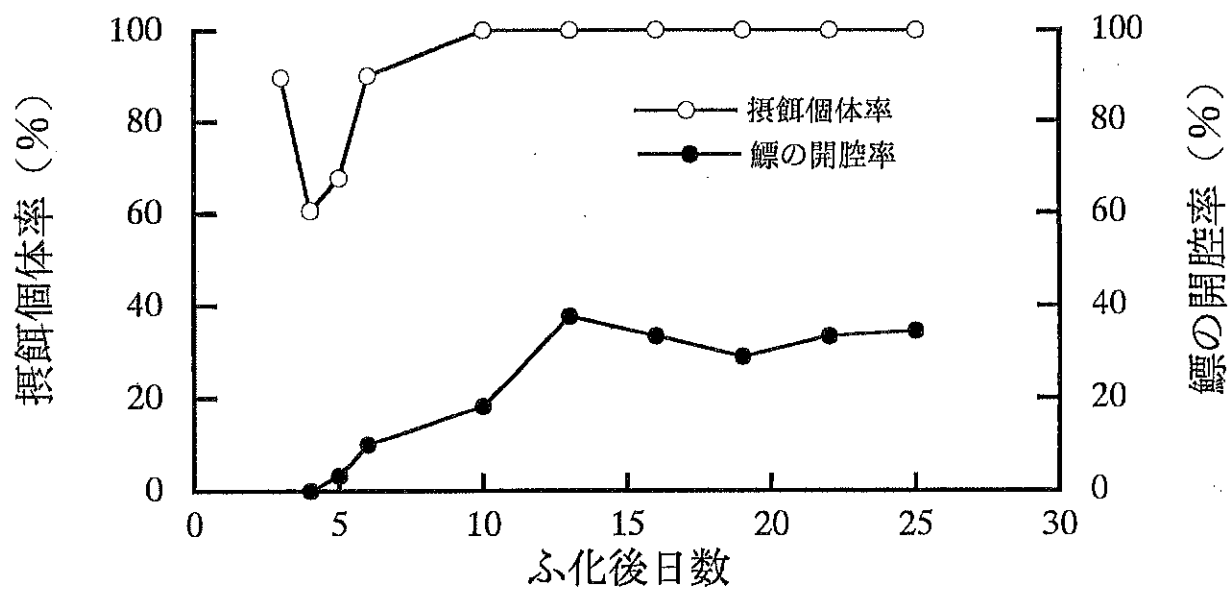


図 6 摂餌個体率及び鰾の開腔率 (2 回次生産-1)

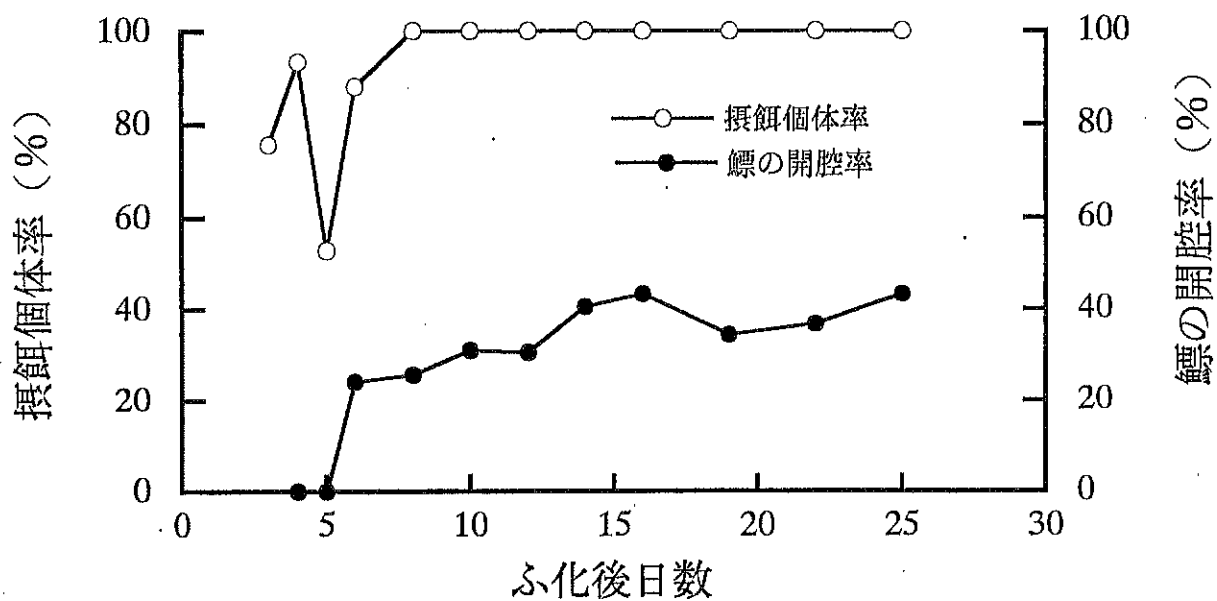


図 7 摂餌個体率及び鰾の開腔率 (2 回次生産-2)

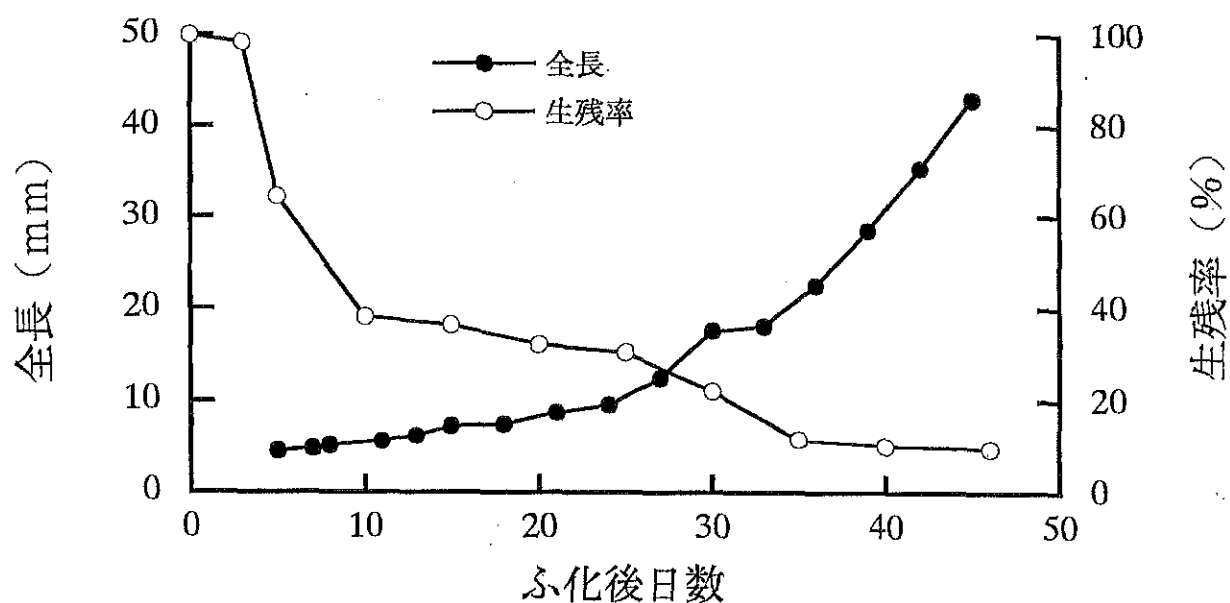


図 8 成長および生残 (3回次生産-1)

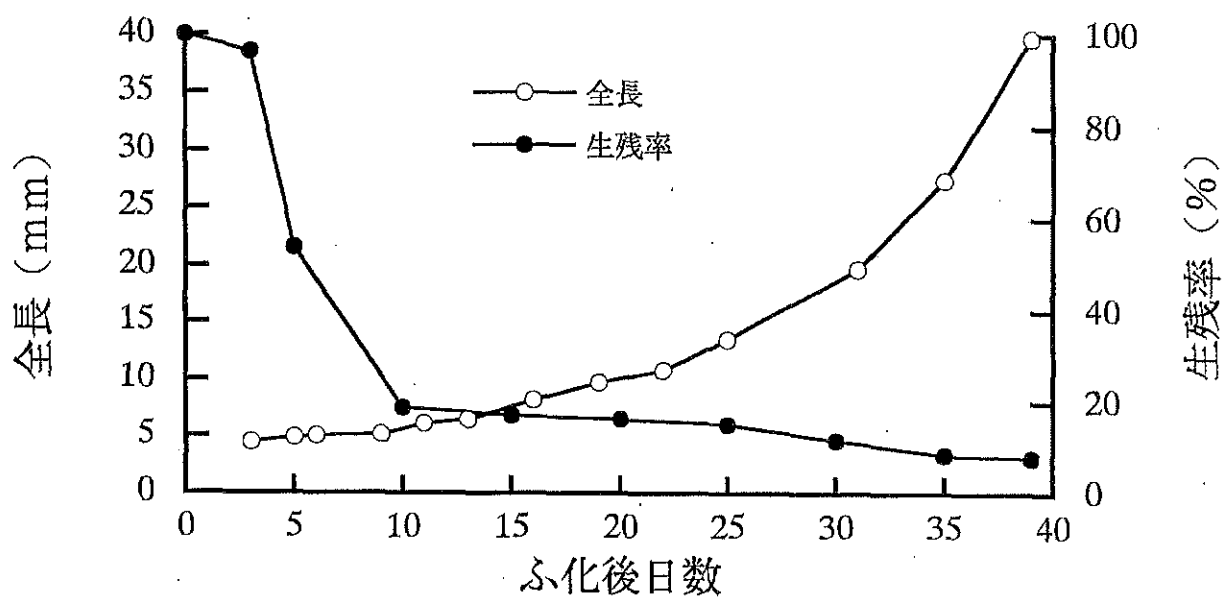


図 9 成長および生残 (3回次生産-2)

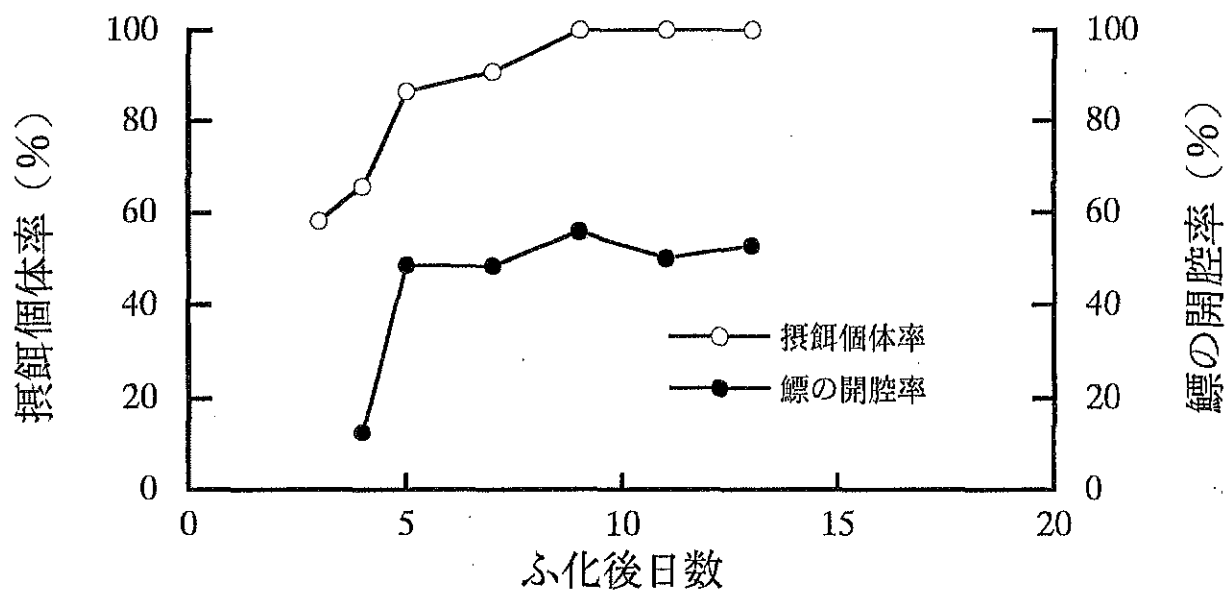


図 1 0 摂餌個体率及び鰓の開腔率 (3回次生産-1)

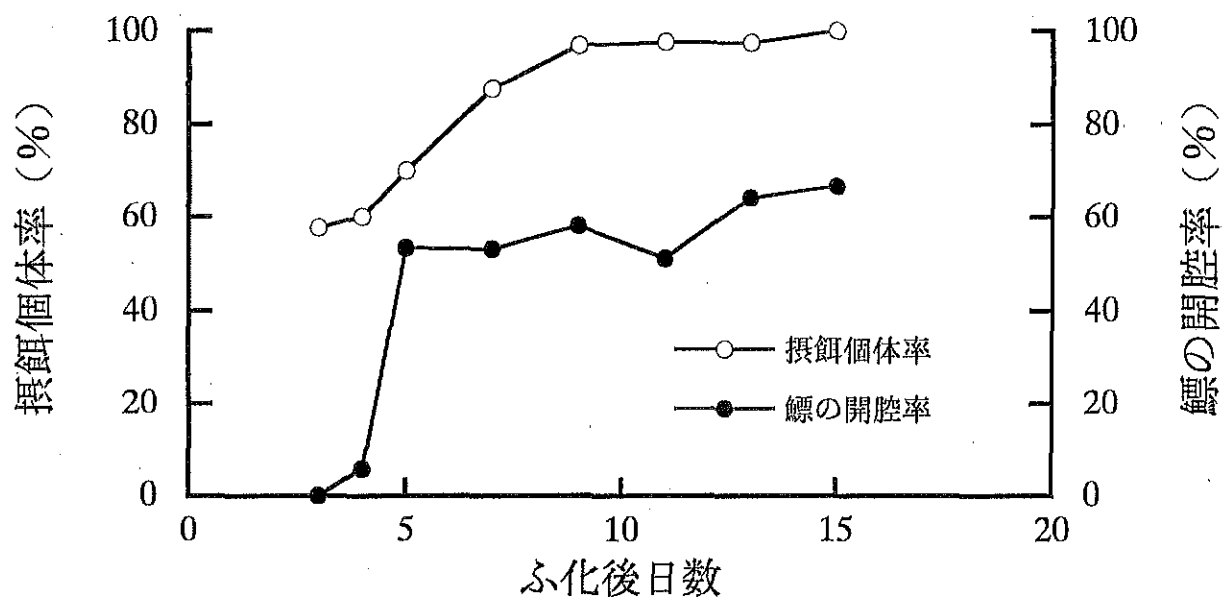


図 1 1 摂餌個体率及び鰓の開腔率 (3回次生産-2)

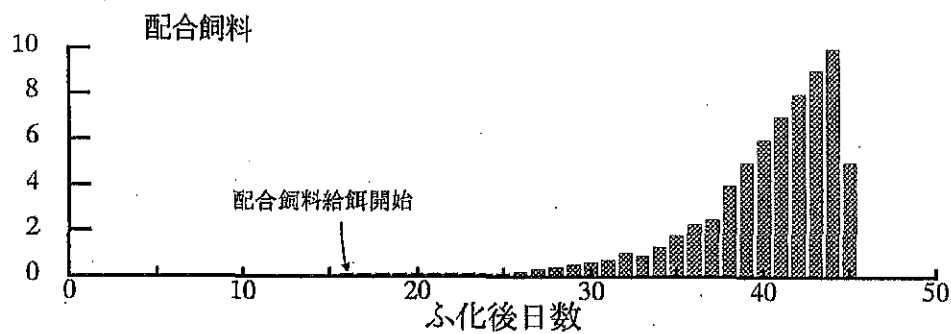
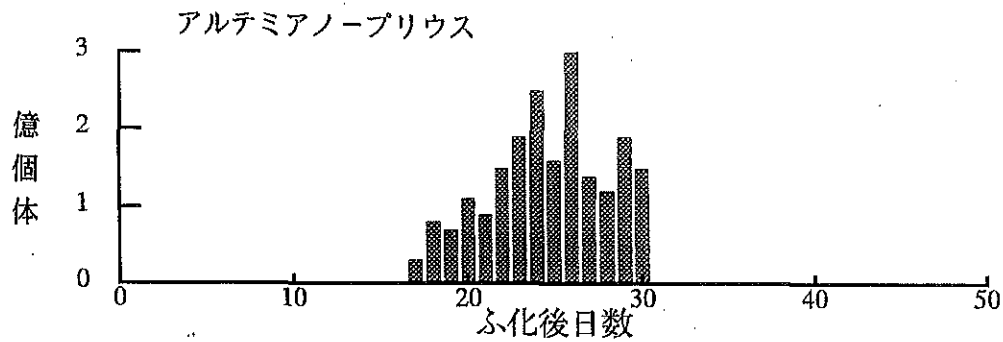
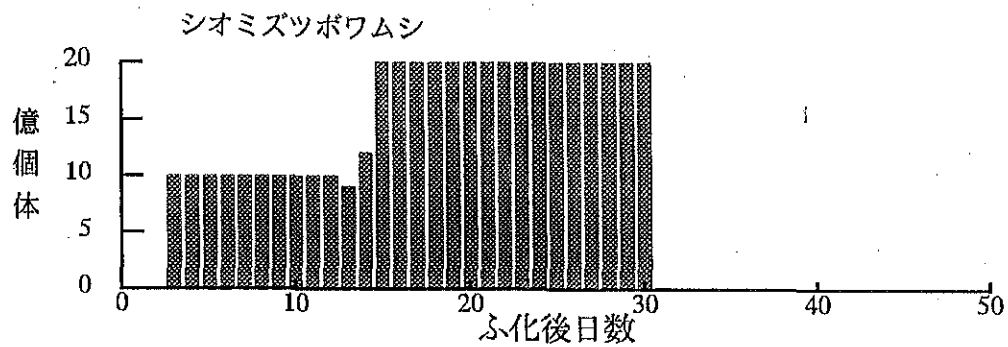
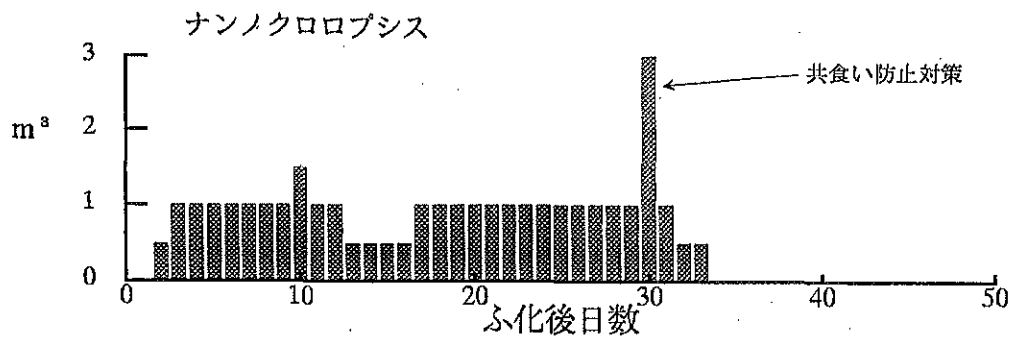


図 1 2 餌料の使用量の推移 (3回次生産-1)

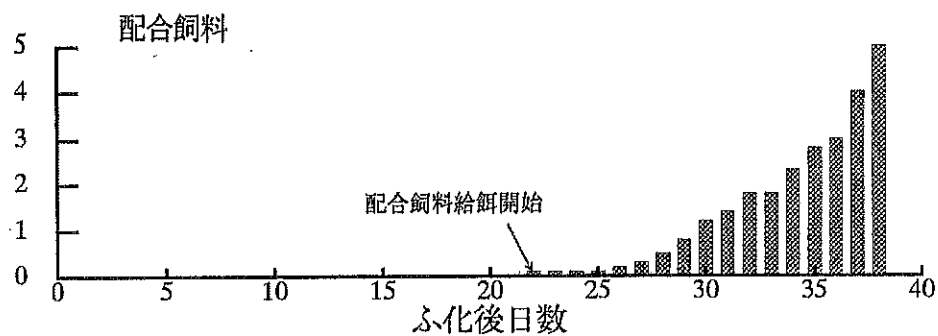
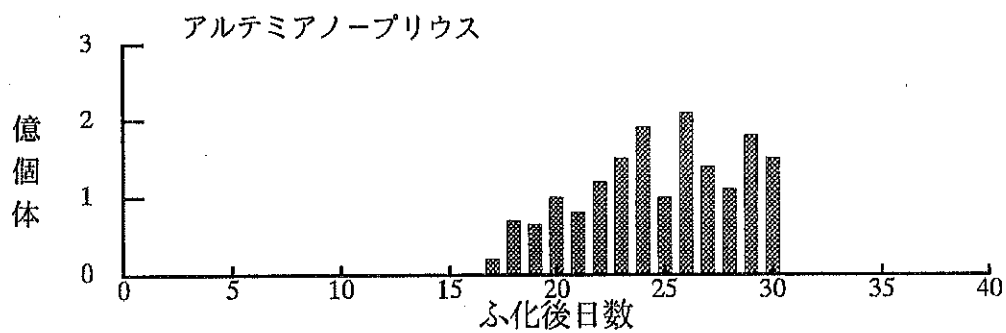
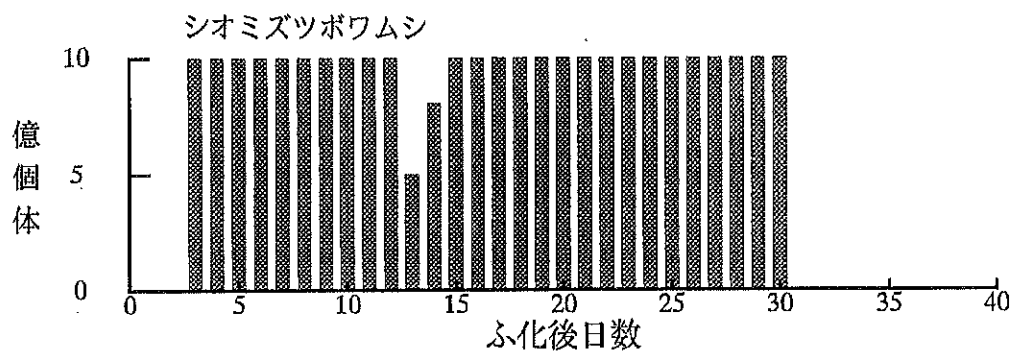
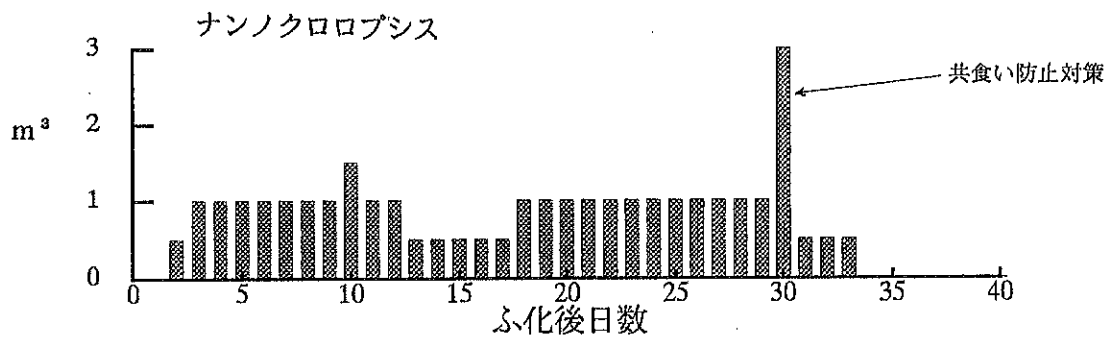


図 1 3 餌料の使用量の推移 (3回次生産-2)

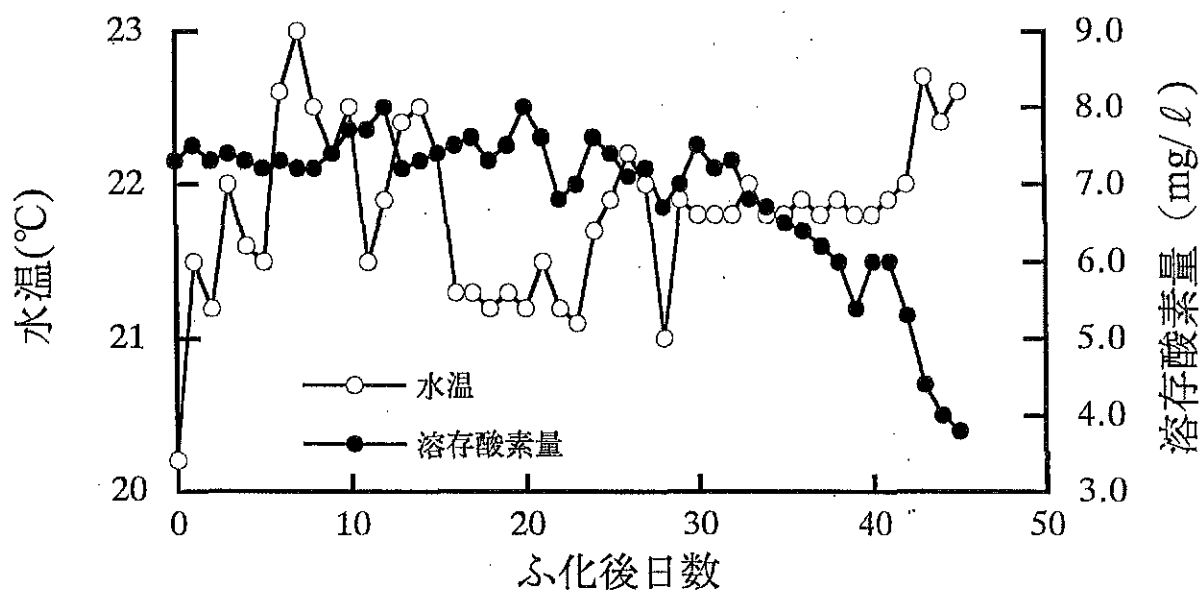


図 1 4 水温および溶存酸素量の変化 (3回次生産-1)

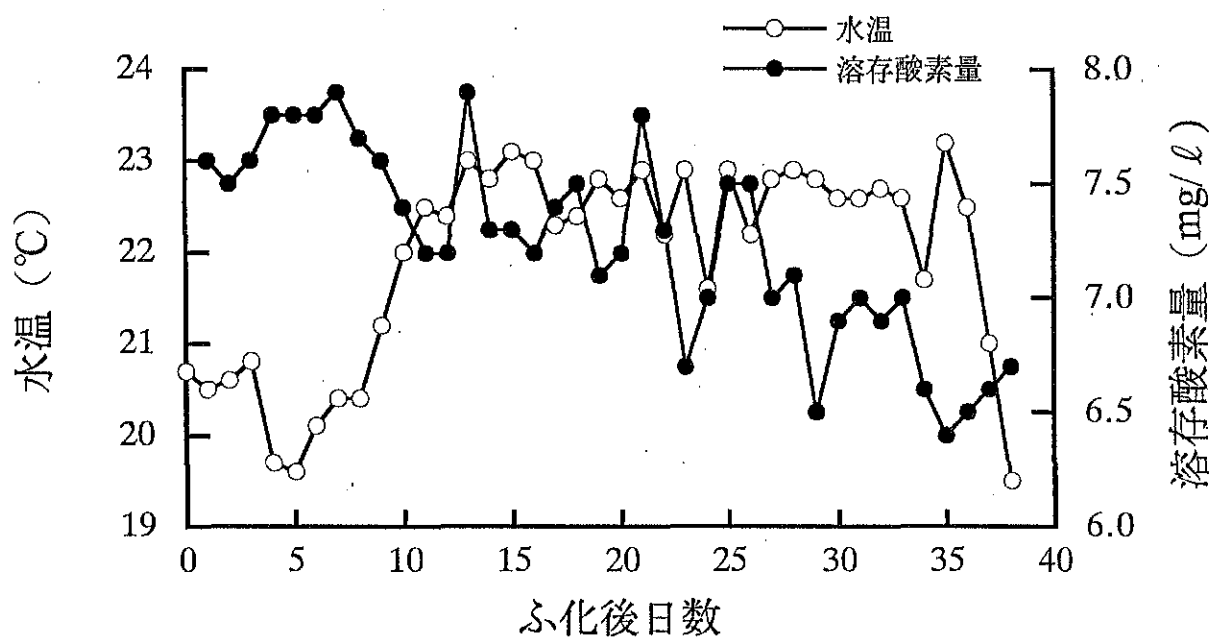


図 1 5 水温および溶存酸素量の変化 (3回次生産-2)

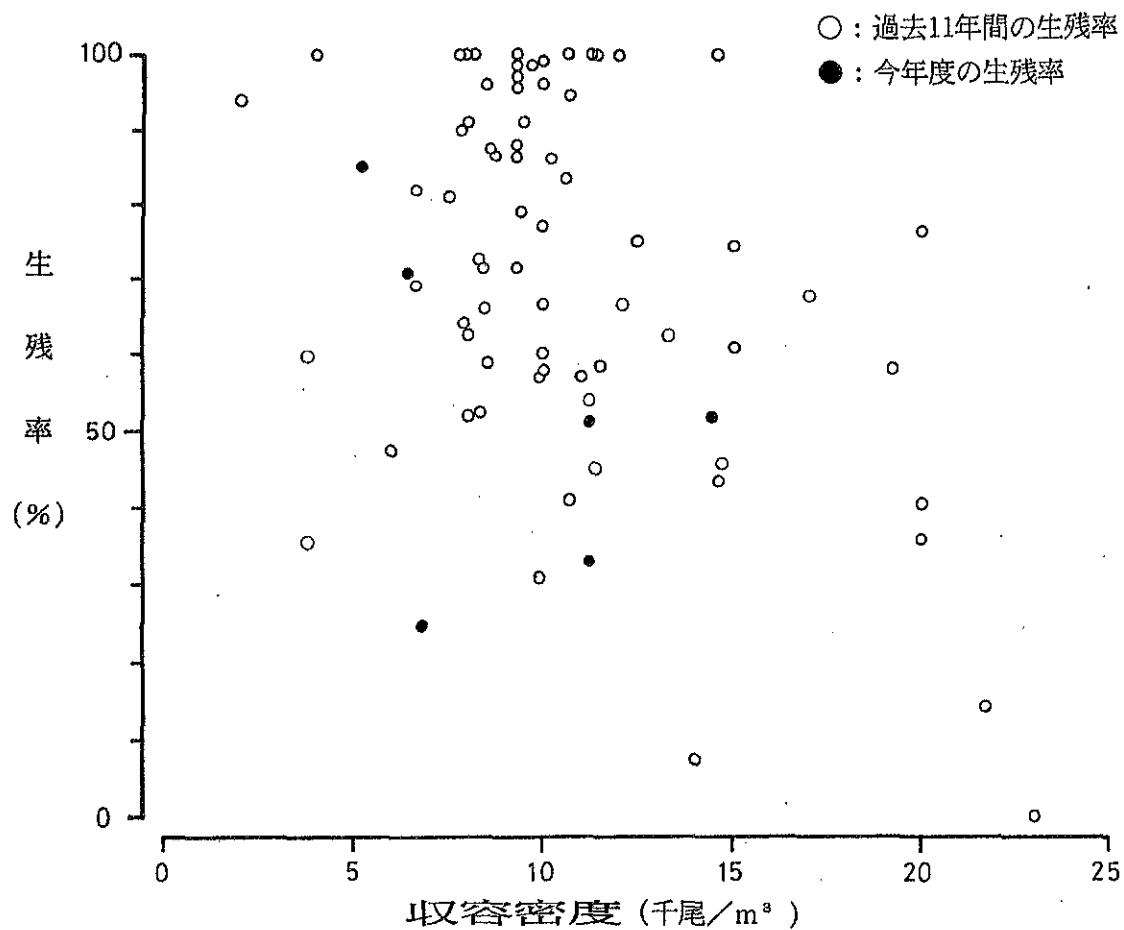


図 1 8 収容密度と初期減耗 (ふ化後5日目)

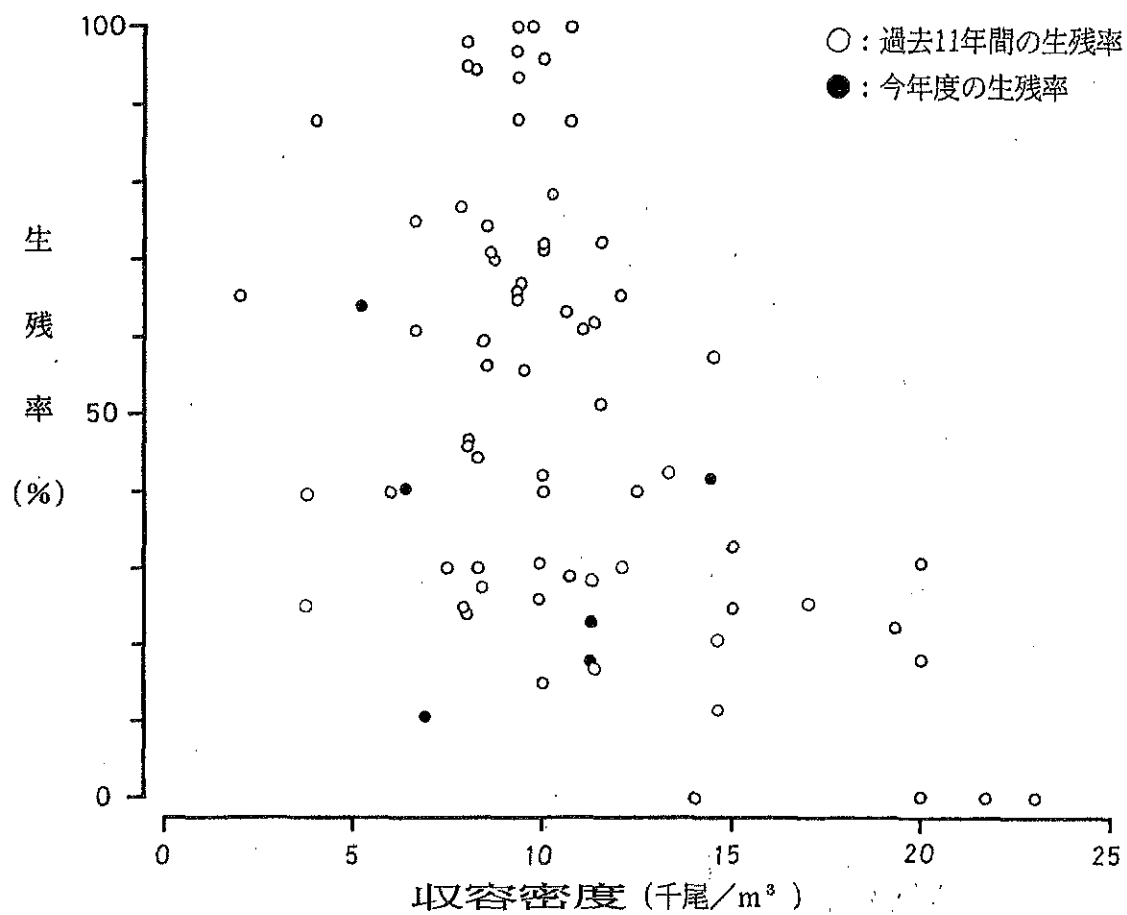


図 1 9 収容密度と初期減耗 (ふ化後10日目)

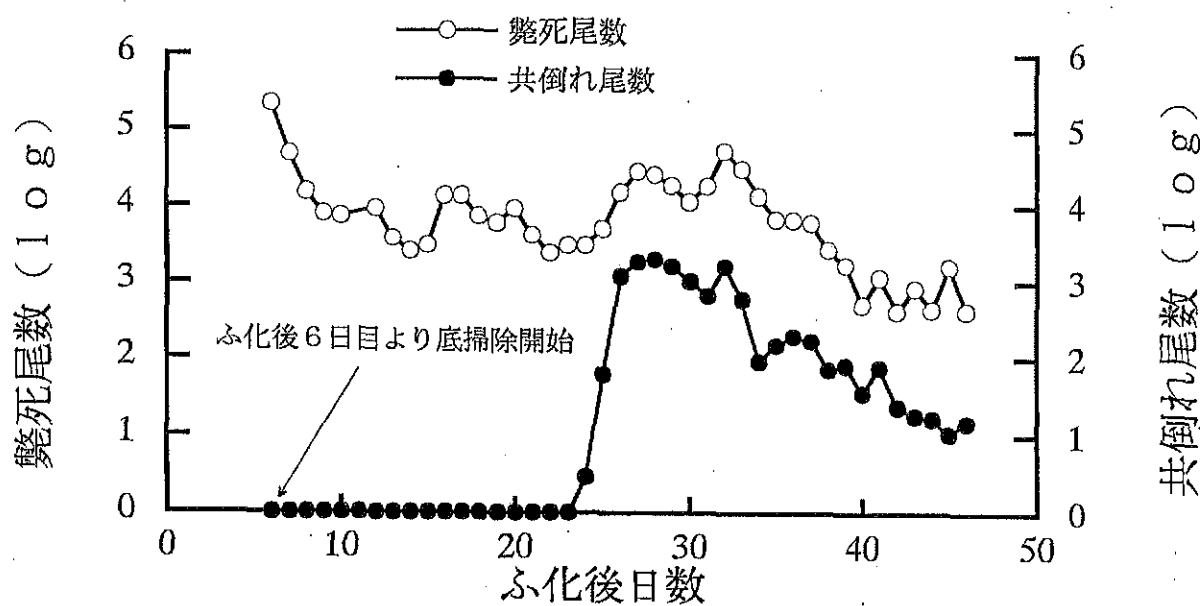


図 2 1 斃死尾数及び共倒れ尾数の推移 (3回次生産-1)

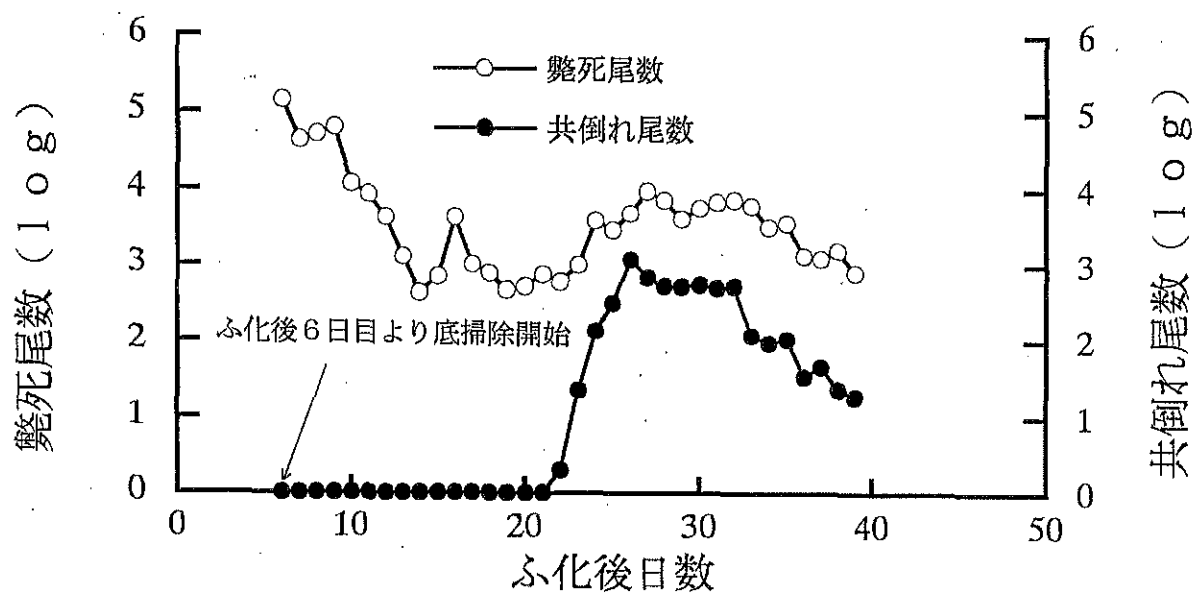


図 2 2 斃死尾数及び共倒れ尾数の推移 (3回次生産-2)

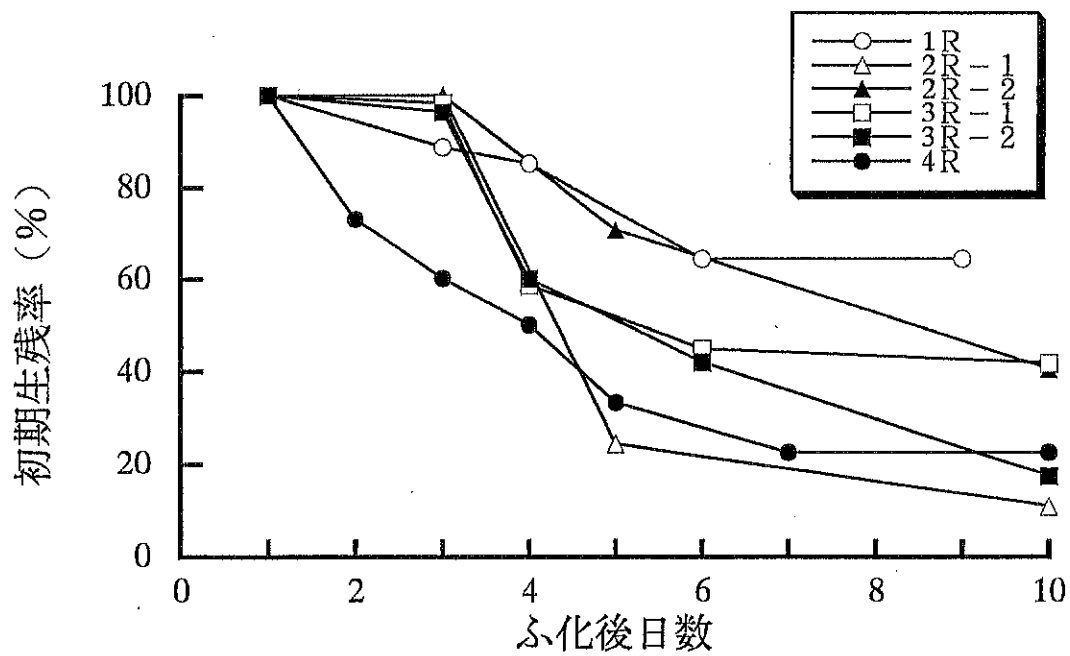


図 2 0 各生産回次における初期生存率の推移

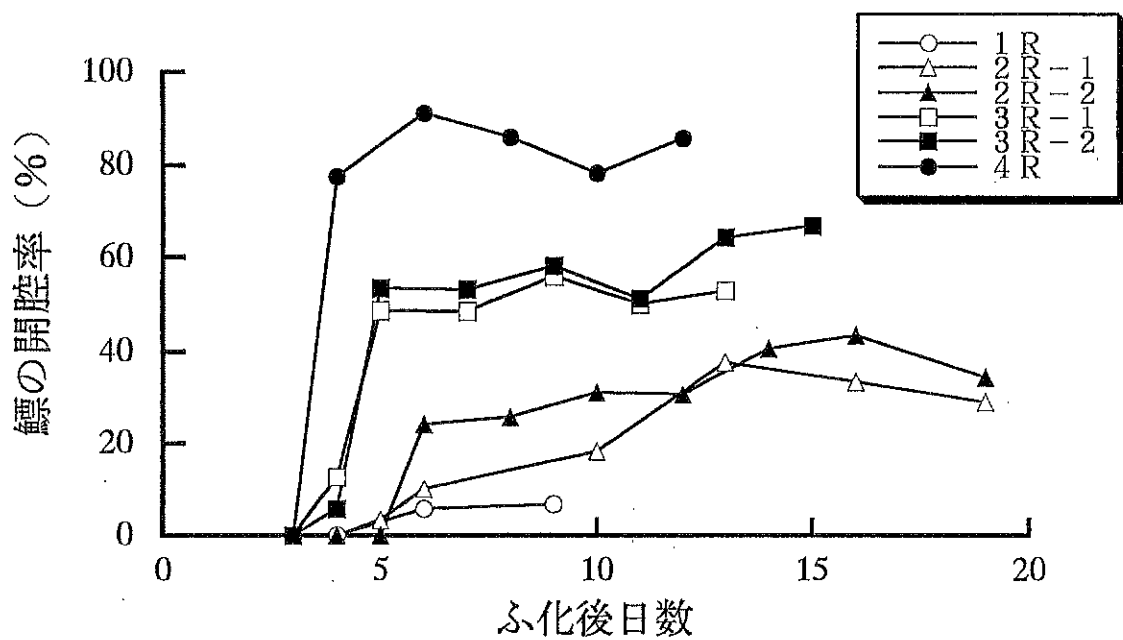


図 2 3 各生産回次における鰾の開腔率の推移

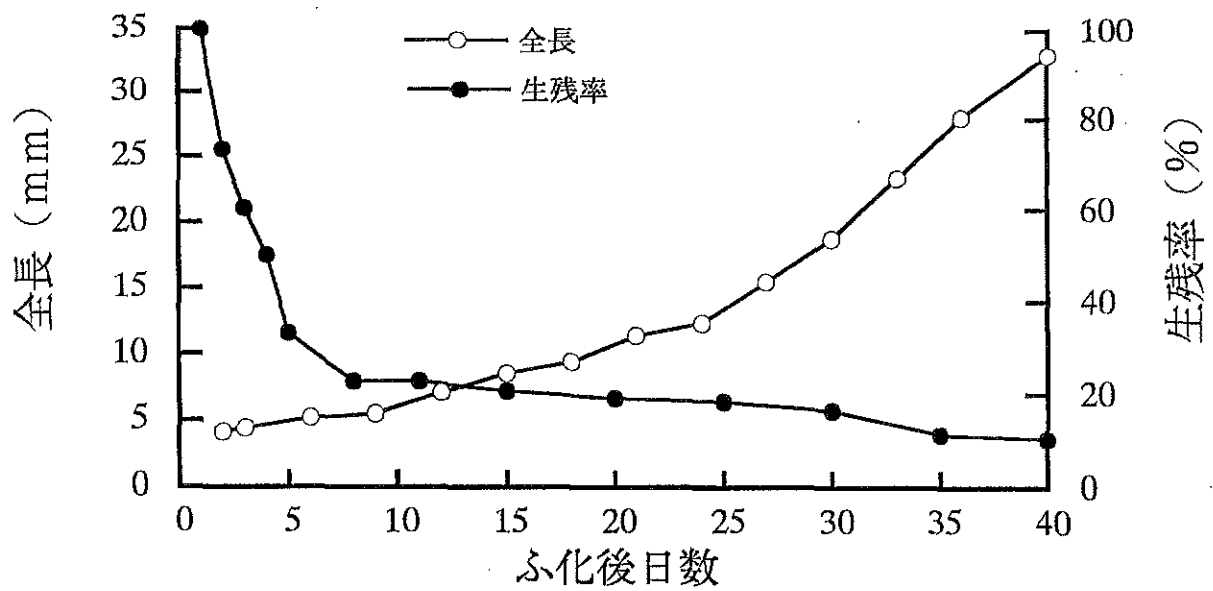


図 1 6 成長および生残 (4回次生産)

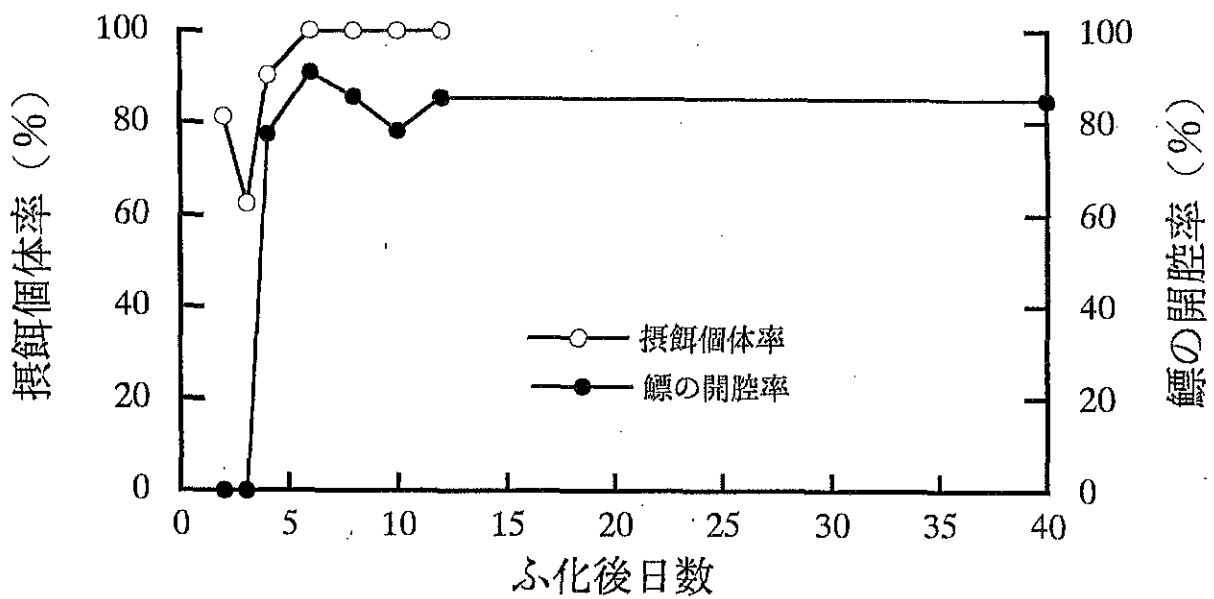


図 1 7 摂餌個体率及び鰾の開腔率 (4回次生産)

II - 1 - 2 ブリ中間育成

小磯雅彦

近年のブリ中間育成の問題点は、疾病による大量斃死と形態異常魚の発生が挙げられる。前者の疾病としてはウイルス性腹水症と類結節症があり、発病は6月中旬から7月にかけて起こり、大量斃死がみられている。後者の形態異常としては、脊椎骨上彎症はマダイやスズキ等と同様に鰓の閉腔が原因であることが解明されたが、口部の不整合や頭部の陥没及び鰓蓋縁辺部の異常等については原因が不明であり、しかも比較的高率で発生するため種苗性を考える上で問題となっている。

本年度は、今後のブリ中間育成の技術開発を進めるにあたっての基礎的な知見の収集を目的に飼育を行ったのでそれらの概要について報告する。

1. 中間育成の概要

(1) 材料及び方法

供試魚は、当事業場で生産し、平成5年6月7日から6月15日にかけて沖出しされた平均全長39.6mm (24.3~60.4) 平均尾叉長35.9mm (22.3~54.3) のブリ稚魚27.39万尾を用いた(表1)。

飼育方法は、海面生簀網(4×4×3m)9面に収容(収容密度:336~615尾/m³)し、給餌は、自動給餌機(YDF-220B0:YAMAHA製)と手撒きにより配合飼料(マリン2~6号:大洋漁業製)をほぼ毎日飽食給餌した。

選別は、金網選別機(目合い:5,7,9mm)を用いて行い、この時に並行して計数及び形態異常魚の除去を人海戦術で行った。

疾病に関しては、類結節症(*Pasteurallia piscida*)に対してはマルピー(オキシリン酸製剤:大日本製薬製)0.5g/kg/日を1週間投与して、はだむし症(*Benedenia seriolae*)に対しては、5分間の淡水浴と網替えを行った。ウイルス性腹水症(*Yellowtail Ascites Virus*)とブリのベコ病(*Microsporidium seriolae*)に対しては、対策が解明されていないため収容密度の低下や網替え等により環境改善を行った。

(2) 結果及び方法

中間育成の稚魚受け入れ尾数は27.39万尾であるが、受け入れ直後の平成5年6月18日と21日に長崎県玉之浦町黒瀬崎沖に19.96万尾を無標識で放流しているため、6月22日までの放流尾数と斃死尾数を引いた生残尾数は約6.39万尾となり、この尾数を収容尾数と考えた。

中間育成期間の生残率は、平成6年3月末までの利用稚魚尾数が2.89万尾であるためこの生残率は45.2%となり、例年に比べ低い結果であった。

本年度の生残率が低下した原因には6月中旬から8月上旬にかけて発生した疾病(ブリのベコ病、ウイルス性腹水症、類結節症)による大量斃死で、この期間で3.4万尾が斃死し、この斃死率(6.39万尾に対して)は53.2%に達した。

稚魚の放流状況は、前述したように19.96万尾(FL:38.7mm)を無標識放流し、8月26日に長崎県玉之浦町黒瀬崎沖に1.9万尾(FL:156mm)を左腹鰭切除放流し、12月15日に長崎県有川町沖にダート型標識装着した4080尾(FL:289mm)を放流し、平成6年3月28日に長崎県有川町沖にダート型標識を装着した2000尾(FL:291mm)と無標識で1300尾を放流した。無標

識放流も含む総放流尾数は約22.60万尾であった。放流以外の種苗の利用では、天然魚との比較試験用に2000尾、測定用サンプルに600尾を用いた(表2)。

2. 成長

陸上生産3回次群の沖出し後の平成5年6月11日(日令45)から平成6年1月27日(日令275)までの尾叉長の増加を図3に示した。沖出し直後の6月11日には平均尾叉長37.8mmで、7月21日(日令85)には101.3mmに達し、この期間中の日間成長量は1.59mmであった。その後も好成長がみられ10月18日(日令174)には242mmに達し、7月21日からの日間成長量は1.58mmと尾叉長100mm前後までの日間成長量とほぼ同じであった。その後水温が20℃以下になるとやや成長速度は低下して平成6年1月27日には312mmとなり、この期間中の日間成長量は0.69mmと好成長期の半分以下となった。

以上のことから、配合飼料の飽食給餌を行った場合の本種の尾叉長の日間成長量は、水温範囲が20～28℃であれば1.5～1.6mmは成長するが、水温範囲が16～20℃では0.7mm前後の成長に留まることが分かった。

本種の相対成長については、尾叉長(F)範囲が25～270mmでの全長(T)及び体重(W)の関係は以下の式で示される。

$$T = -0.617 + 1.126(F) \quad (r^2 = 0.999, n = 415) \quad (\text{図2})$$

$$W = 0.0000017 \times (F)^{3.404} \quad (25\text{mm} < F < 100\text{mm}) \\ (r^2 = 0.995, n = 119) \quad (\text{図3})$$

$$W = 0.0000026 \times (F)^{3.329} \quad (100\text{mm} < F < 270\text{mm}) \\ (r^2 = 0.994, n = 103) \quad (\text{図4})$$

3. 疾病

本年度は前述した様に6月中旬から8月上旬の期間でブリのベコ病、ウイルス性腹水症、類結節症等の疾病が発生し、この期間中に尾叉長30～150mmの稚魚が3.4万尾も大量斃死した。それぞれの疾病についての発生状況や対策を検討してみた。なお、図5には3回次(6月7日沖出し群)の斃死状況を示した。

(1) ブリのベコ病 (*Microsporidium seriolae*)

本疾病の症状は、体表の陥没または隆起、皮膚の潰瘍、ビラン等があり、目視で罹病魚を確認することは容易である。

本疾病の発生は、6月中旬から8月下旬の期間でこの時期の海水温は20～27℃で、稚魚の尾叉長は30～190mmであった。この発生時の環境条件は過去の報告とほぼ同様であった。なお、本疾病の対策として網替えを行い、収容密度を下げ、自動給餌機による早朝給餌(6:00～6:30)を行ったが、効果は判然としなかった。

本疾病の斃死状況は、本疾病の出現期間にウイルス性腹水症と類結節症が併発したため、本疾病の斃死率を求めるのは困難であるが、過去の報告では斃死率は1%程度と低い様であるため、直接本疾病による斃死は多くなかったと推測される。

(2) ウイルス性腹水症 (*Yellowtail Ascites Virus*)

本疾病の症状は、腹水の貯留により腹部が膨満、体色の黒化、遊泳緩慢、摂餌低下等があり、解剖所見では肝臓や脾臓の壊死がみられる。

本疾病の発生は、最初は6月下旬にヒラマサの稚魚（FL:75～100mm）に発生し、ブリ稚魚には7月上旬から中旬に発生した。この時期の海水温は22～25℃で稚魚の尾叉長は60～110mmであった。本疾病の知見として、発生から終息までの期間が10日間から2週間で、水温25℃以上では本ウイルスの活性が低下することが知られているが、本年度の発生状況はこの条件に該当すると思われる。本疾病の対策として、網替えを行い、収容密度を下げたが、効果は判然としなかった。

本疾病による斃死状況は、この時期にベコ病も併発しているため区別は困難であるが、斃死尾数が増加した7月5日から7月20日の期間を本疾病による斃死尾数とすると約5000尾となり、この斃死率は総収容尾数（6.39万尾）に対して約8％であった。

（3）類結節症（*Pasteuralla piscida*）

本疾病の症状は、腎臓や脾臓等に小白点（結節）を形成し、遊泳緩慢や摂餌低下等がおこり、斃死時には静かに網底に沈んで死亡する。

本疾病の発生は、7月末から8月上旬にかけておこり、この時のブリ稚魚の尾叉長は90～150mmで海水温は25～26℃であった。本疾病の知見としては、養殖場等でもみられる一般的な疾病ではあるが、薬剤に対して耐性菌が出現しやすく、適切な投薬が遅れると大量斃死が起こる。

本年度の対策としては、昨年度に引き続きオキシリン酸製剤の”マルピー”（大日本製薬製）0.5g/kg/日を8月2日から8月8日の7日間投薬した。その結果、投薬により斃死は減少したが、7月29日から8月8日の期間で大量斃死が起こり、この期間で1.9万尾が斃死しこの斃死率は総収容尾数（6.39万尾）に対して約30％であった。大量斃死となった原因には、この期間ベコ病が発生しており毎日数10尾の斃死があり、投薬が8月2日からとやや遅れて開始されることが挙げられる。

ブリ稚魚の中間育成中に発生する疾病で特に注意しなければならないのがウイルス性腹水症と類結節症であり、両疾病の発生時期は6月下旬から8月上旬の期間である。このため特にこの時期は給餌内容（モイストレットや生餌に換えてビタソC、E等の添加）や給餌方法（飽食量給餌から適正量給餌へ）の改善や収容密度や網替え等の環境面にも気を付けて飼育を行う必要がある。

4. 給餌率

本年度のブリ稚魚に対する配合飼料の給餌率を図6に示した。なお、給餌回数は8月までは3回/日でそれ以降は2回/日、12月以降は1回/日でブリ稚魚が飽食する量を給餌した。

給餌量から1日の体重に対する飽食率を計算すると、魚体重0.65g（FL:37.5mm）の個体では13.5％であったが、魚体重3.9g（FL:68mm）～375g（FL:272mm）の個体では4～6％であった。なお、本種の給餌率や餌料転換効率に関しては、天然魚と人工生産魚の比較の項で詳細を述べる。

5. 選別

選別は、種苗生産及び中間育成時に成長差が生じて、小型個体の減耗のため生残率が低下するのを防止する直接的で効果的な方法である。本種の選別は本年度は5mm、7mm、9

mm の各目合いの選別機を用いて選別を行ったので本種の稚魚がどのサイズで分かれるのかを調査した。なお、選別により分かれる尾叉長サイズは選別機から抜けた群の最大サイズを目安とした。

各選別目合で分かれる尾叉長のサイズは^{57mm}5 mm選別では35mm、7 mm選別では43mm、9 mm選別では74mmの個体が抜け群に入っているが、これは選別作業中に誤って入ったものと思われる、9 mm選別では目安は70mmと考えられた。なお、選別ミスは7、9 mm選別では10%以下であるが、5 mm選別では30%程度と高いため、小型魚の選別精度を高めるために選別手法や器材の改善を行う必要がある。

6. 形態異常

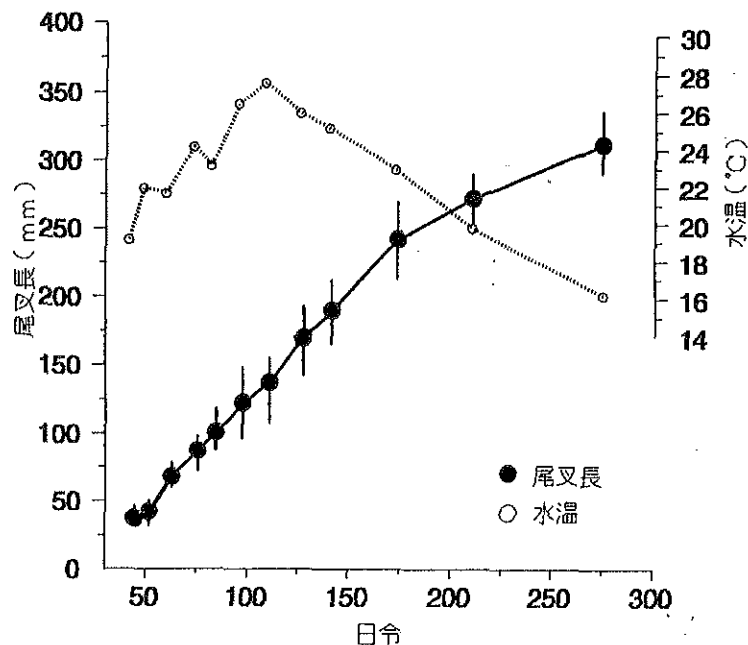
本種の各回次毎の形態異常の種類別出現状況を表3に示した。各回次毎の形態異常魚の出現率は、3-1, 2回次群では共に3.8%、4回次群では5.1%となり、種苗生産魚の3~5%は形態異常魚と思われた。形態異常の項目では、鰓蓋部異常（主に鰓蓋縁辺部のめくれ）が2~5%、口部異常（下顎が短い、下顎のねじれ）が0~2%と多く出現した。頭部異常（主に額部の凹み）は、3-1回次群の7 mm抜け群では2.5%の出現であるが、これに関しては正常魚と異常魚の判別が困難であるため、早急に判別基準を検討する必要がある。なお、鰓の開腔率は3-1回次群が80.9%、3-2回次群が87.2%、4回次群が77%となり例年よりもやや高かった。この影響のためか椎体部異常は1%前後と低かった。

表 1 平成5年度ブリ受け入れ状況

収容日	陸上飼育回次	収容尾数	収容時のサイズ		
			全長(mm)	尾叉長(mm)	体重(g)
H5. 6. 07	3R-2	71100	39.7(25.4~56.1)	35.9(23.2~50.4)	0.33(0.08~1.06)
H5. 6. 14	3R-1	109600	45.2(32.9~60.4)	40.8(29.9~54.3)	0.52(0.18~1.37)
H5. 6. 15	4R	93200	33.0(24.3~35.2)	30.0(22.3~31.9)	0.18(0.07~0.22)
合計		273900	39.6(24.3~60.4)	35.9(22.3~54.3)	0.35(0.07~1.37)

表 2 平成5年度ブリ種苗の利用状況

月日	利用内容	利用尾数	利用時のサイズ		
			全長(mm)	尾叉長(mm)	体重(g)
H5. 6. 18	無標識放流(黒瀬崎)	120500	41.2(26.6~63.8)	37.3(23.7~38.0)	0.9(0.2~3.1)
H5. 6. 21	無標識放流(黒瀬崎)	79100	45.4(30.2~60.8)	40.9(27.1~54.4)	1.0(0.3~2.2)
H5. 8. 26	左腹鰭切除放流	19000	175(150~215)	156(133~193)	50.2(32.5~96.0)
H5. 12. 15	有川晩期放流	4080	325(315~349)	289(290~310)	357(324~443)
H6. 3. 28	有川水温上昇期放流	3260	360(340~380)	320(302~338)	590(470~690)
放流尾数合計		225940			
天然魚との比較試験用		2000			
測定用サンプル		600			
合計		228540			

図 1 平成5年度ブリの成長(3R-2回次)
平成5年6月11日~平成6年1月27日

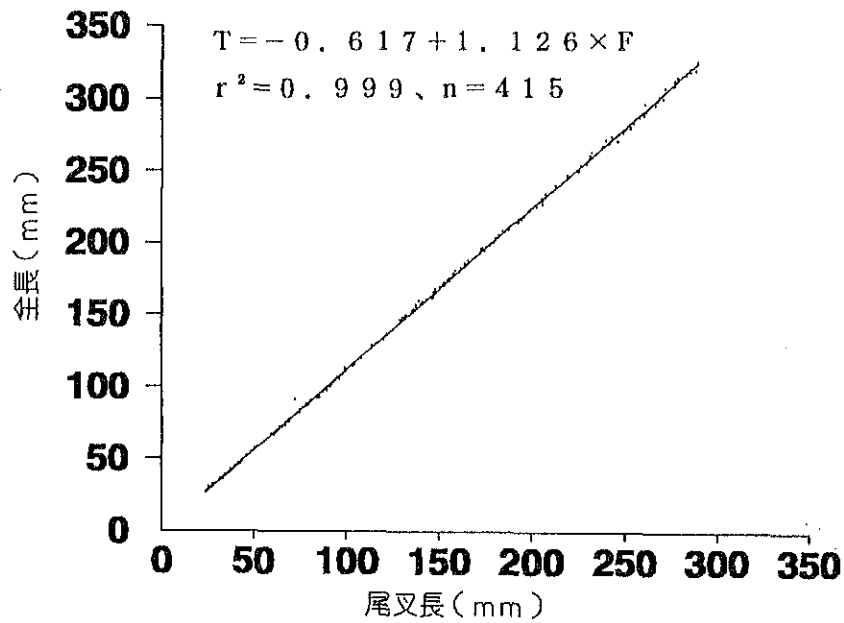


図 2 平成5年度ブリの尾叉長 (F) と全長 (T) の関係

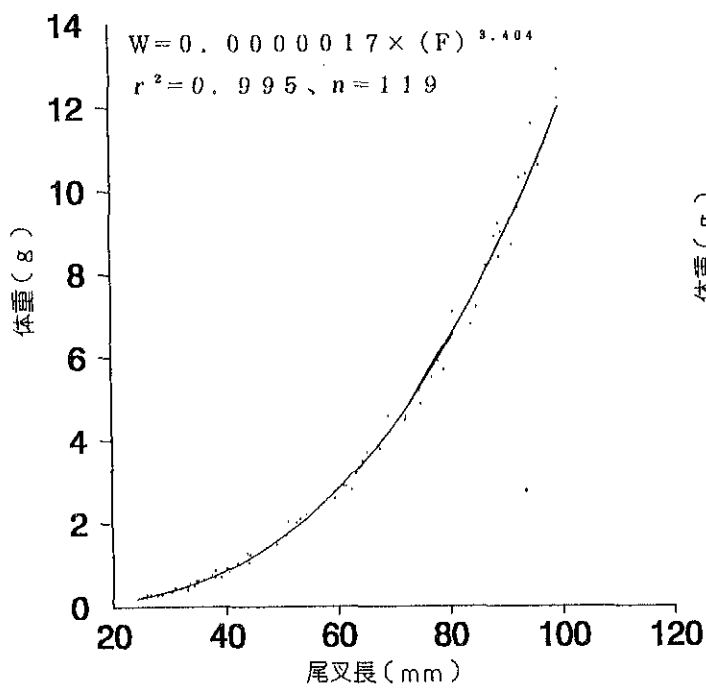


図 3 平成5年度ブリの尾叉長 (F) と体重 (W) の関係
尾叉長範囲: 25~100mm

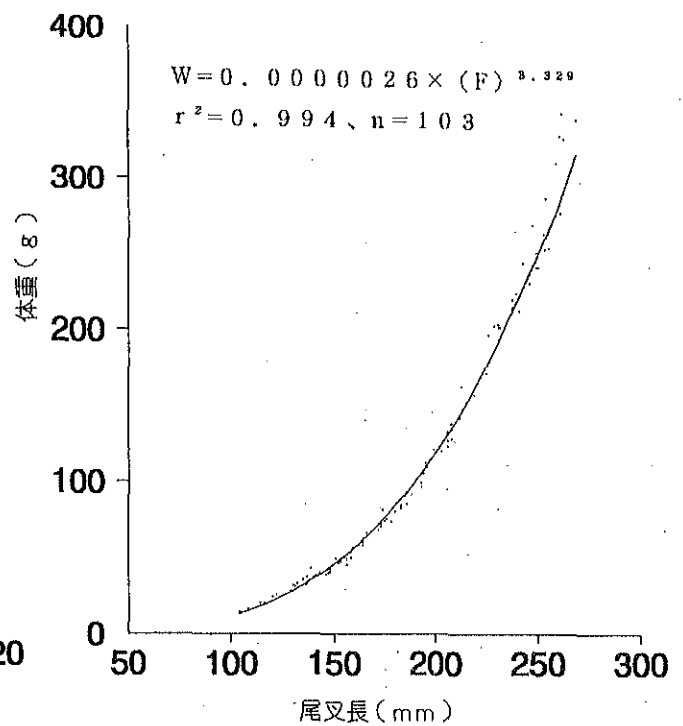


図 4 平成5年度ブリの尾叉長 (F) と体重 (W) の関係
尾叉長範囲: 100~270mm

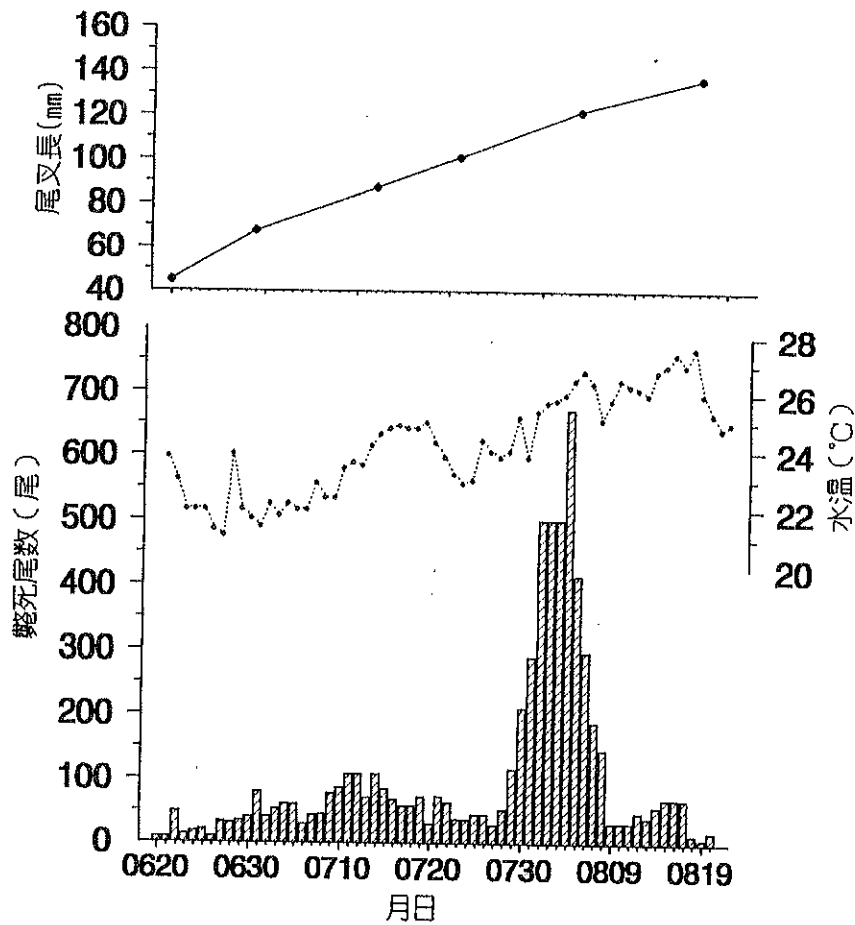


図5 平成5年度ブリ斃死状況
6月7日沖出し群(3R-2)

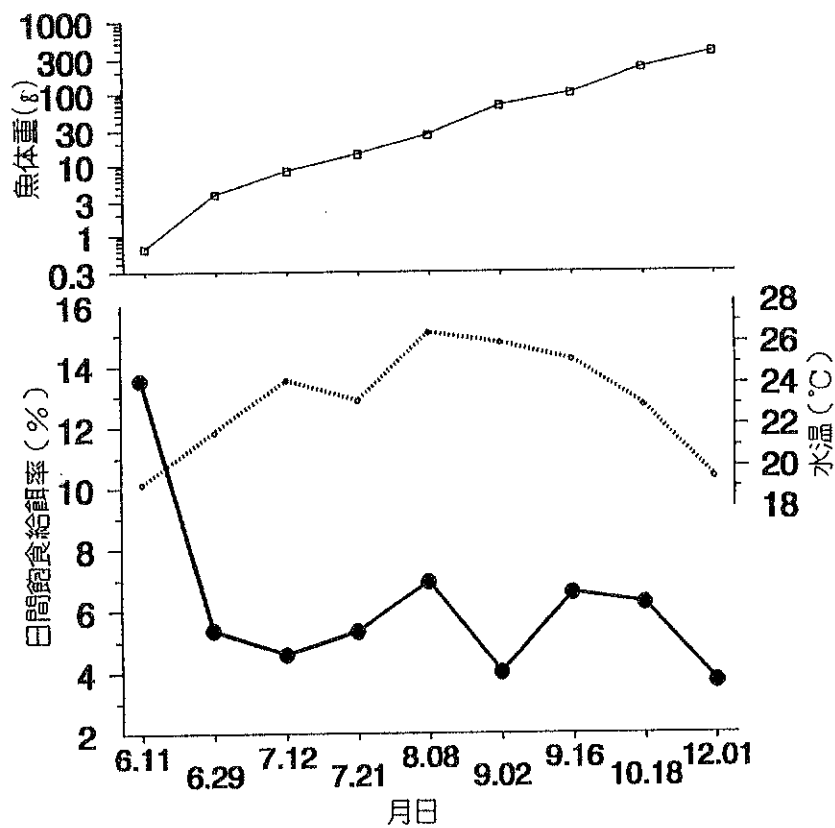


図6 平成5年度ブリ稚魚の配合飼料の飽食給餌率
6月7日沖出し群(3R-2)

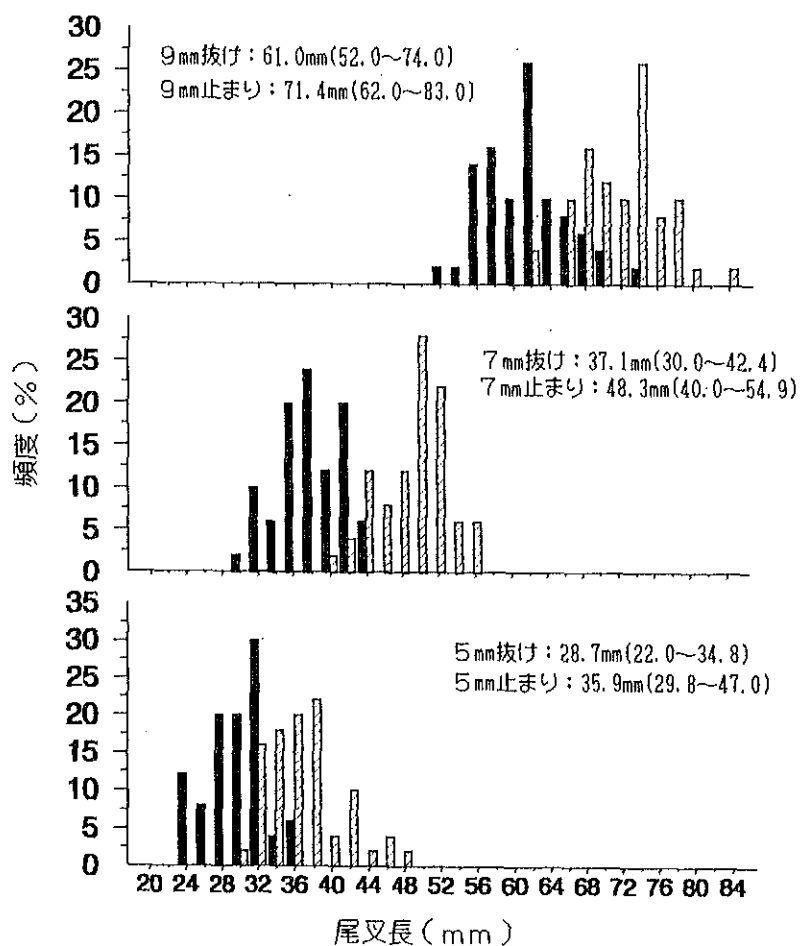


図7 平成5年度ブリ選別状況
各群のサンプル数は全て50尾

表3 平成5年度生産回次別のブリの形態異常調査

調査日	対象魚群の前歴	形態異常調査項目(異常率)						鰓の開閉率(%)	調査尾数	総尾数	尾叉長 (mm)
		頭部	口部	鰓蓋部	肛門部	脊椎骨	異常小計				
H5.6.18	3R-2:5mm抜け	—	6(3.5)	8(4.7)	0(0)	4(2.3)	18(10.5)	77.4	172	18800	42.4(32.9~49.8)
H5.6.18	3R-2:5mm止まり	—	1(0.6)	1(0.6)	0(0)	0(0)	2(1.2)	91.0	167	49300	47.3(38.0~57.1)
H5.6.18	3R-2:全体						2565(3.8)	87.2		68100	45.9(32.9~57.1)
H5.6.18	4R:5mm抜け	—	3(1.0)	1(0.4)	0(0)	0(0)	4(1.4)	76.0	288	48000	29.4(24.3~34.0)
H5.6.18	4R:5mm止まり	—	1(0.9)	8(7.2)	0(0)	1(0.9)	10(9.0)	78.0	111	45200	35.1(27.1~42.0)
H5.6.18	4R:全体						4740(5.1)	77.0		93200	32.2(24.3~42.0)
H5.6.21	3R-1:7mm抜け	7(2.5)	0(0)	7(2.5)	0(0)	0(0)	14(6.8)	74.3	240	59400	43.1(35.7~54.4)
H5.7.27	3R-1:7mm止まり	—	—	—	36(0.4)	4(0.1)	40(0.4)	88.7	10272	50200	107.0(86.0~128.0)
	3R-1:全体						4240(3.8)	80.9		109600	
H5.11.24	3R-2:5mm止まり	—	2(0.1)	0(0)	8(0.2)	7(0.2)	17(0.4)		4081		272.0(247.0~290.0)

Ⅱ－１－３ 天然ブリと人工生産ブリとの比較 小磯雅彦

近年、マダイやヒラメの種苗生産の技術開発は量産化が進み、現在は生産された種苗の種苗性を検討する調査研究も並行して行われる様になった。これらにより、天然魚と人工生産魚との生理・生化学・行動生態・外部形態等の違いが明らかにされ、さらに一部では種苗性を高める手法も導き出されている。

本種の種苗生産技術も年間40～50万尾の量産化が可能となり、マダイやヒラメ同様に種苗性を検討する段階に入ったと考えられる。このため、本年度は天然魚と人工生産魚の生残、成長、外部形態等の比較を行ったので、それらについての結果の概要を報告する。

1. 材料及び方法

天然魚は、地元の養殖業者が五島列島沖で採取し、約1カ月間育成して配合飼料に餌付いた個体（FL:108.2mm、BW:17.8g）870尾を7月13日に生簀網（4×4×3m）1面に収容した。人工生産魚は、7月13日に3回次群を比重選別して開腔魚（FL:99.3mm、BW:15.4g）と閉腔魚（FL:94.7mm、BW:13.4g）をそれぞれ1000尾ずつ生簀網（同）に収容した。なお、比重選別は、麻酔（エチルメチルグルコノールフェニル:400ppmで3分間）をかけ、その後塩分7.5%の塩水に静かに収容して浮上したを開腔魚、沈下したものを閉腔魚とした。

給餌方法は、配合飼料（マリン2、3号:大洋漁業製）を手撒きで飽食給餌し、7月から9月の期間はほぼ毎日2回の飽食給餌を行い、9月以降は隔日で1回の飽食給餌を行った。

調査は、1カ月毎に各試験区から30尾を取り揚げ、外部形態の測定と軟X線（ソフテックス）により脊椎骨の異常を調査した。外部形態は全長、尾叉長、体長、肛門前長、頭長、吻長、上顎長、眼径、体高、尾柄高の10形質をノギスで0.01mmの単位まで測定し、この単位を四捨五入して0.1mm単位で示した（図1）。測定形質について、尾叉長に対する各形質の直線回帰式が各試験区で同一であるかどうかを共分散分析法により検定した。

2. 結果及び考察

調査は、平成5年7月13日から11月24日までの134日間行った。

期間中の海水温は、試験開始時が24.6℃で、8月中旬には27.6℃まで上昇し、その後は徐々に降下して試験終了時には19.8℃であった（図2）。

1) 生残

各試験区の生残率は、天然魚が60.8%、人工産開腔魚が60.0%、人工産閉腔魚が62.7%であった（表1、図3）。各試験区共に約40%の減耗があるが、この減耗時期は全試験区とも同じで試験開始時から8月上旬にかけてのブリのペコ病、ウイルス性腹水症、類結節症等の疾病によるものである。8月16日以降の各試験区の斃死尾数及び生残率は、天然魚が9尾で99.0%、人工産開腔魚が12尾で98.8%、人工産閉腔魚が2尾で99.8%となった。

このことから、生残に関しては天然魚と人工産開腔魚及び人工閉腔魚共に顕著な差がみられなかった。

2) 成長

各試験区の平均尾叉長は、試験開始時には天然魚が108.2mm、人工産開腔魚が99.3mm、人工産閉腔魚が94.7mmで、試験終了時には天然魚が316.0mm、人工産開腔魚が306.2mm、人工産閉腔魚が295.4mmに達した。この試験期間のそれぞれの日間成長量は、天然魚と人工産開腔魚が共に1.56mmで人工産閉腔魚はやや低く1.51mmであった。

このことから、人工産開腔魚は天然魚と同様な成長を示すが、人工産閉腔魚はやや成長が遅いことが示された。

肥満度は、試験開始時には天然魚は13.9で、人工産魚は15.6と15.5と共にやや高かったが、その後は同様な傾向で14～18の範囲を推移した。

3) 飽食給餌率

調査日毎の各試験区の魚体重あたりの飽食給餌率は、天然魚では3.2～6.1%、人工産開腔魚では3.8～5.9%、人工産閉腔魚では3.8～6.5%となり試験区間での顕著な差はみられなかった。

飽食給餌率の変動は、天然魚では7月3.2%、8月4.8%、9月6.1%と徐々に増加したが、10月4.5%、11月4.7%となり、9月以降はやや減少した。このような傾向は人工産魚も同様にみられた。9月に飽食給餌率が最大となった要因には、本種の最適正水温の可能性もあるが、この時期には水温変動が少ないため、このことが影響したのではないかと推測された。

4) 餌料効率

各試験区の餌料効率は、天然魚では9月20日までは90.8%、96.1%と90%以上で、その後は尾叉長の増大に伴って59.4%、44.9%と徐々に低下した。このような傾向は人工産魚もほぼ同様で顕著な差はみられなかった。試験を開始する前には、人工産閉腔魚は鰓が無い（体の定位にエサが必要）他の試験区に比べて餌料効率は低下すると思われたが、結果は他の試験区とほぼ同様で、10月14日から11月24日の餌料効率においては人工産閉腔魚が62.9%で最も高くなった。

5) 脊椎骨の異常

本種の脊椎骨の異常（脊椎上彎症）の出現には鰓の閉腔が関与していることは、既に報告しているため、本試験区でも脊椎骨の異常について調べてみた。

脊椎骨の異常は、天然魚にはみられなかったが、人工産開腔魚では150尾中2尾（異常率：1.3%）で人工産閉腔魚では150尾中12尾（同：8.0%）となり、やはり人工産閉腔魚からの出現が最も多かった。主な椎体の異常部位は椎体番号1～4番と9～12番で融合や配列不整合が多く確認された。

6) 外部形態の比較

各試験区の尾叉長に対する各形質の直線回帰式を表3に、測定形質の差の検定（共分散分析法）結果を表4に示した。

(1) 全長－尾叉長

人工産開腔魚と天然魚では、直線回帰式の高さにおいて有意差がみられ、人工産開腔魚の方が大であった。人工産閉腔魚と天然魚では、直線回帰式の傾きと高さにおいて有

意差がみられ、人工産閉腔魚の方が大で成長に伴い徐々にその差は拡大する。

(2) 体長一尾叉長

人工産開腔魚と天然魚では、有意差はみられなかった。人工産閉腔魚と天然魚では、直線回帰式の高さにおいて有意差がみられ、人工産閉腔魚の方が小であった。

(3) 肛門前長一尾叉長

人工産開腔魚と天然魚では、直線回帰式の高さにおいて有意差がみられ、人工産開腔魚の方が大であった。人工産閉腔魚と天然魚では、直線回帰式の高さにおいて有意差がみられ、人工産閉腔魚の方が大であった。

(4) 頭長一尾叉長

人工産開腔魚と天然魚では、直線回帰式の高さにおいて有意差がみられ、人工産開腔魚の方が大であった。人工産閉腔魚と天然魚では、直線回帰式の傾きと高さにおいて有意差がみられ、人工産閉腔魚の方が大で成長に伴い徐々にその差は拡大する。

(5) 吻長一尾叉長

人工産開腔魚と天然魚では、直線回帰式の傾きと高さにおいて有意差がみられ、人工産開腔魚の方が小で成長に伴い徐々にその差は拡大する。人工産閉腔魚と天然魚では、直線回帰式の高さにおいて有意差がみられ、人工産閉腔魚の方が小であった。

(6) 上顎長一尾叉長

人工産開腔魚と天然魚では、直線回帰式の傾きと高さにおいて有意差がみられ、人工産開腔魚の方が小で成長に伴いその差は拡大する。人工産閉腔魚と天然魚では、直線回帰式の高さにおいて有意差がみられ、人工産閉腔魚の方が小であった。

(7) 眼径一尾叉長

人工産開腔魚及び人工産閉腔魚と天然魚では、有意差はみられなかった。

(8) 体高一尾叉長

人工産開腔魚と天然魚では、直線回帰式の傾きにおいて有意差がみられ、人工産開腔魚は尾叉長200mmまでは大であるが、それ以降は小であった。人工産閉腔魚と天然魚では、直線回帰式の傾きと高さにおいて有意差がみられ、人工産閉腔魚の方が大で成長に伴いその差は縮小する。

(9) 尾柄高一尾叉長

人工産開腔魚と天然魚では、有意差はみられなかった。人工産閉腔魚と天然魚では、直線回帰式の高さにおいて有意差がみられ、人工産閉腔魚の方が大であった。

以上のことから、人工産開腔魚と天然魚の測定形質で差がみられた形質のうち、全長、肛門前長、頭長、体高（尾叉長200mm未満）は人工産開腔魚が天然魚よりも大で、吻長、上顎長、体高（尾叉長200mm以上）は小であった。一方、人工産閉腔魚と天然魚の測定形質で差がみられた形質のうち、全長、肛門前長、頭長、体高、尾柄高は、人工産閉腔魚が天然魚よりも大で、体長、吻長、上顎長は小であった。

3. まとめ

天然魚に対する人工産開腔魚の比較では、生残率、成長、給餌率、餌料効率に関しては顕著な差はみられなかったが、外部形態についてはかなりの形質について有意差がみられた。このことから本年度の人工産開腔魚は生理的な面ではかなり天然魚に近いと思われるが、まだ外部形態については若干異なっていることが示唆された。一方、人工産閉腔魚との比較では、天然魚よりもやや成長が遅く、外部形態も人工産開腔魚よりも多くの形質で有意差がみられ、脊椎骨の異常も多いことから、人工産開腔魚よりも種苗性は劣ることが示唆された。なお、今回は行動や種苗性試験（低酸素や空中干出等）での比較を行っていないため、再度試験を行う場合にはこれらの面でも比較する必要がある。

今回対照となった天然魚については、採捕から約1カ月間人為的な環境下で高密度で飼育されているため、本来の天然海域で生息している魚とは異なる可能性があるが、少なくともこの天然魚のレベル近くまで人工生産魚の種苗性を向上させることが、ブリ種苗生産における最大の課題であると考えられる。

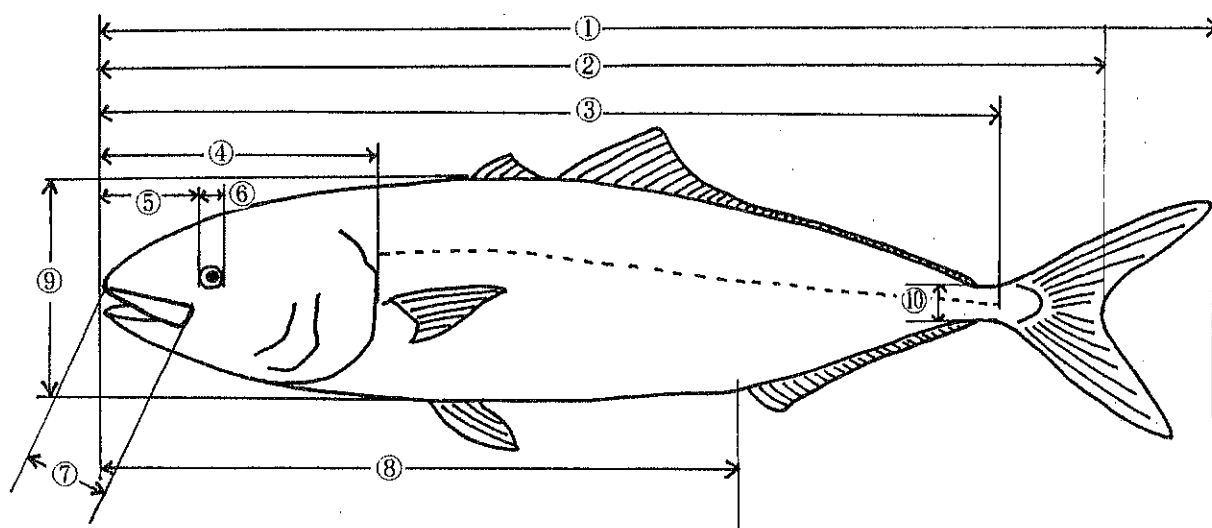


図 1 計測部位

- ①全長 ②尾叉長 ③体長 ④頭長 ⑤吻長
⑥眼径 ⑦上顎長 ⑧肛門前長 ⑨体高 ⑩尾柄高

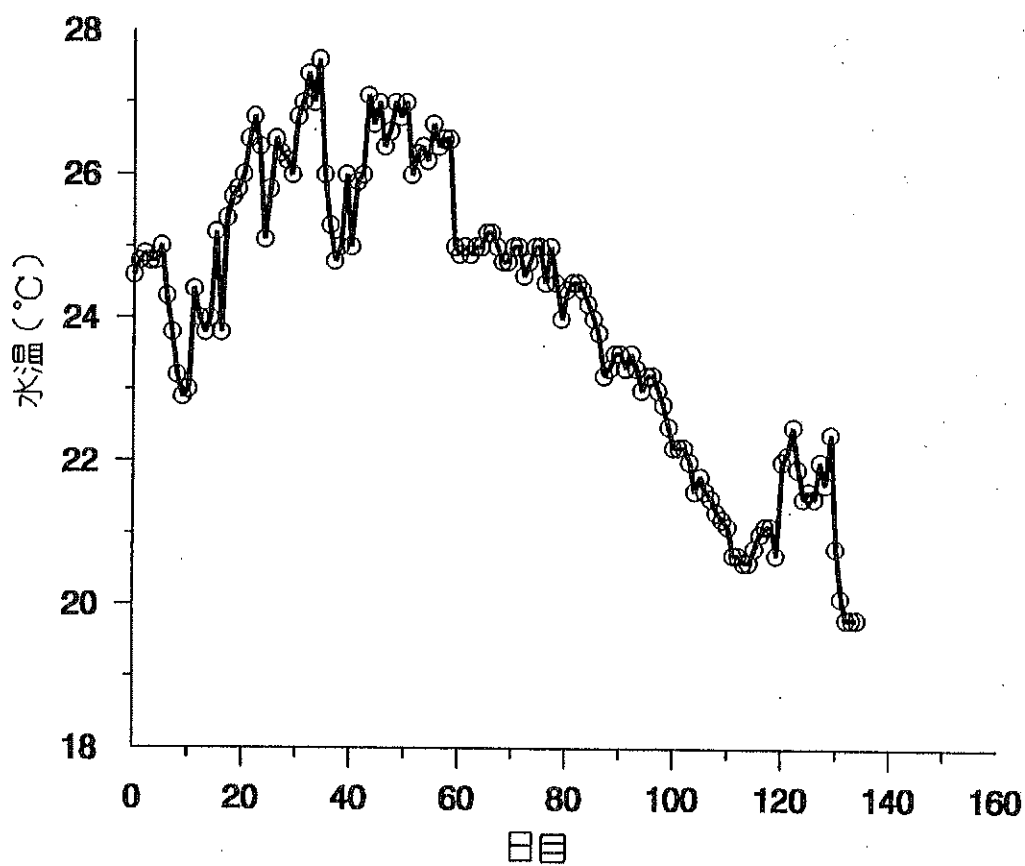


図 2 試験期間中の海水温の推移
平成5年7月13日～11月24日

表 1 天然モジャコと人工産閉腔魚および人工産開腔魚の比較（生残率、給餌率、餌料効率、脊椎骨の異常率）

月日	天然 モジャコ				人工産 開腔魚				人工産 閉腔魚			
	生残率	給餌率	餌料効率	脊椎骨の異常率(%)	生残率	給餌率	餌料効率	脊椎骨の異常率(%)	生残率	給餌率	餌料効率	脊椎骨の異常率(%)
7.13	100.0	3.2		0	100.0	3.8		0	100.0	3.8		6.6
8.16	61.8	4.8	90.8	0	61.2	5.3	117.9	3.3	62.9	5.3	95.3	3.3
9.20	61.2	6.1	96.1	0	60.3	5.9	91.9	3.3	62.7	6.5	96.6	10.0
10.14	61.0	4.5	59.4	0	60.2	4.6	73.0	0	62.7	4.5	71.6	13.3
11.24	60.8	4.7	44.9	0	60.0	5.7	34.5	0	62.7	3.9	62.9	6.6

*：給餌率は1日の飽食給餌量を総魚体重で割って求めた。

*：餌料効率は期間中の増重量を給餌量で割って求めた。なお、期間中の斃死魚は1/2増重量とした。

*：脊椎骨の異常調査には軟X線装置を用いた。

表 2 天然モジャコと人工産開腔魚および人工産閉腔魚の成長

月日	天然 モジャコ				人工産 開腔魚				人工産 閉腔魚			
	全長(mm)	尾叉長(mm)	体重(g)	肥満度	全長(mm)	尾叉長(mm)	体重(g)	肥満度	全長(mm)	尾叉長(mm)	体重(g)	肥満度
7.13	119.3±7.8	108.2±7.2	17.8±3.7	13.9±0.5	109.4±7.2	99.3±7.7	15.4±3.6	15.6±1.4	104.1±8.3	94.7±7.8	13.4±3.4	15.5±0.7
8.16	179.8±8.1	159.9±7.4	58.2±8.9	14.1±0.6	179.3±9.0	159.4±8.0	57.8±9.7	14.1±0.8	165.9±12.9	147.3±11.6	47.2±11.3	14.5±1.1
9.20	270.2±11.0	241.5±9.6	233.7±32.0	16.5±0.7	264.4±12.4	235.8±10.8	216.8±34.6	16.4±0.8	252.0±12.8	223.6±11.7	180.2±23.9	16.0±0.7
10.14	316.9±10.5	283.4±9.2	379.1±40.9	16.6±0.8	309.5±8.8	276.3±7.5	379.2±40.1	17.9±0.9	289.3±12.0	257.6±10.8	300.8±37.3	17.5±0.9
11.24	354.8±10.4	316.0±9.5	553.6±54.1	17.5±0.7	344.5±9.2	306.2±8.5	493.3±48.3	17.1±0.7	333.5±14.6	295.4±13.3	462.4±65.0	17.8±0.9

*：肥満度は尾叉長から計算した。

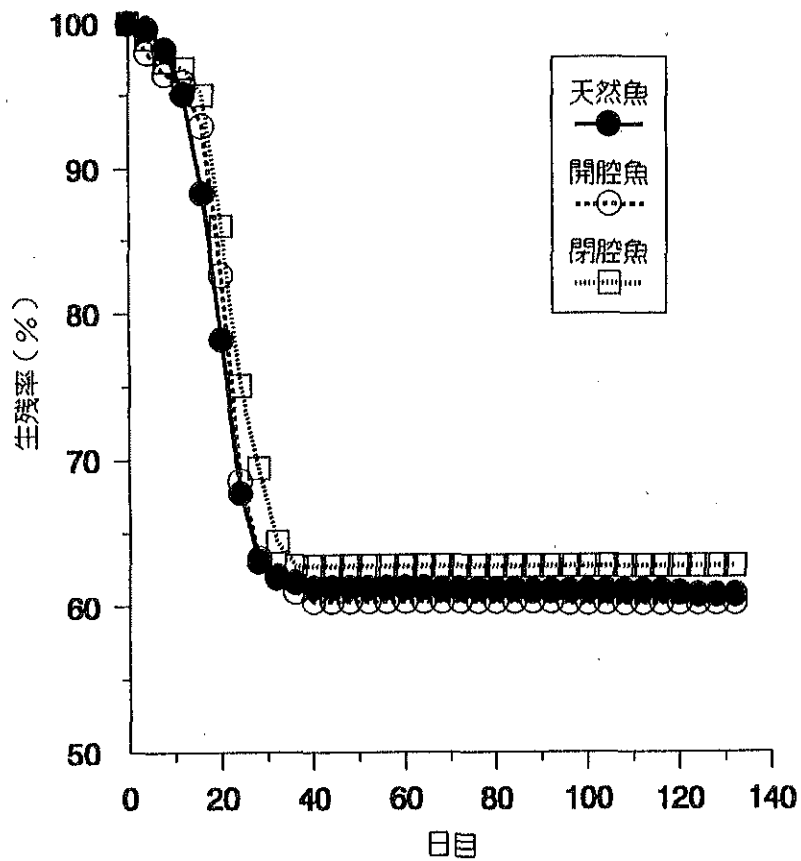


図3 天然魚と人工生産開腔魚及び閉腔魚の生残状況
平成5年7月13日～11月24日

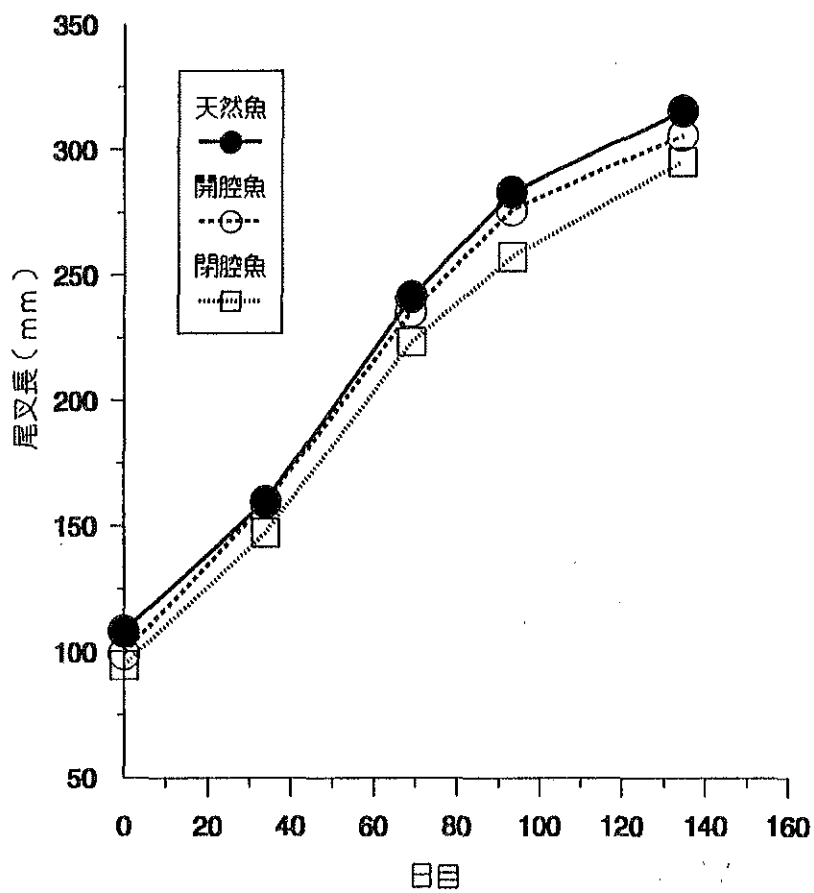


図4 天然魚と人工生産開腔魚及び閉腔魚の尾叉長の経日変化

表3 天然モジャコと人工産開腔魚および人工産閉腔魚における尾叉長 (Xmm) に対する各形質 (Ymm) の直線回帰式 (n=150) (五島事業場)

	天然モジャコ	人工産開腔魚	人工産閉腔魚
全 長	$Y = -1.639 + 1.126 X$ ($r^2 = 0.999$)	$Y = -2.016 + 1.130 X$ ($r^2 = 0.999$)	$Y = -2.464 + 1.136 X$ ($r^2 = 0.999$)
体 長	$Y = -0.874 + 0.934 X$ ($r^2 = 0.999$)	$Y = -1.030 + 0.933 X$ ($r^2 = 0.999$)	$Y = -1.085 + 0.931 X$ ($r^2 = 0.999$)
肛門前長	$Y = -6.650 + 0.624 X$ ($r^2 = 0.997$)	$Y = -4.213 + 0.616 X$ ($r^2 = 0.997$)	$Y = -5.113 + 0.629 X$ ($r^2 = 0.996$)
頭 長	$Y = 1.506 + 0.277 X$ ($r^2 = 0.995$)	$Y = 1.303 + 0.280 X$ ($r^2 = 0.996$)	$Y = 0.278 + 0.290 X$ ($r^2 = 0.994$)
吻 長	$Y = -1.072 + 0.106 X$ ($r^2 = 0.989$)	$Y = -0.404 + 0.101 X$ ($r^2 = 0.984$)	$Y = -0.913 + 0.105 X$ ($r^2 = 0.990$)
上顎長	$Y = 0.056 + 0.110 X$ ($r^2 = 0.991$)	$Y = 0.306 + 0.107 X$ ($r^2 = 0.991$)	$Y = -0.075 + 0.110 X$ ($r^2 = 0.992$)
眼 径	$Y = 3.098 + 0.031 X$ ($r^2 = 0.956$)	$Y = 3.068 + 0.030 X$ ($r^2 = 0.955$)	$Y = 3.070 + 0.031 X$ ($r^2 = 0.950$)
体 高	$Y = -4.675 + 0.265 X$ ($r^2 = 0.991$)	$Y = 0.180 + 0.246 X$ ($r^2 = 0.979$)	$Y = 2.717 + 0.261 X$ ($r^2 = 0.982$)
尾柄高	$Y = 0.819 + 0.032 X$ ($r^2 = 0.974$)	$Y = 0.779 + 0.032 X$ ($r^2 = 0.965$)	$Y = 0.495 + 0.035 X$ ($r^2 = 0.957$)

表4 天然モジャコと人工産開腔魚および人工産閉腔魚の尾叉長に対する各形質の直線回帰式の比較 (共分散分析) (五島事業場)

形 質	天然モジャコVS人工産開腔魚			天然モジャコVS人工産閉腔魚		
	残差分散	傾き	高さ	残差分散	傾き	高さ
全 長	-	-	○	-	○	○
体 長	-	-	-	-	-	○
肛門前長	-	-	○	-	-	○
頭 長	-	-	○	-	○	○
吻 長	-	○	○	-	-	○
上顎長	-	○	○	-	-	○
眼 径	-	-	-	-	-	-
体 高	-	○	-	-	○	○
尾柄高	-	-	-	-	-	○

○ : 1 % の危険率で有意差あり、○ : 5 % の危険率で有意差あり、- : 5 % の危険率で有意差なし。

II - 1 - 4 ブリ鰾の開腔実験

ブリの種苗生産技術開発において直面している重要課題には、初期減耗・共食い・形態異常があり、いずれも種苗生産技術開発上の大きな問題となっている。このうち形態異常は健苗性を考える上で大きな問題であり、中でも成長にともない多発する脊椎骨上穹症（通称サケ型）の原因究明については平成2年度から4年度にかけて重点的に取り組んできた。その結果、これまで脊椎骨上穹症は大きさ選別のとき選別器の中での脊椎の損傷、配合飼料の影響などが疑われてきたが、平成2年には鰾の開腔と脊椎骨上穹症の関係が示唆され、また平成3年には種苗の比重選別により鰾の開腔の有無別に飼育を行った結果、脊椎骨上穹症は鰾の未開腔魚より発生していることから、脊椎骨上穹症は鰾の未開腔魚のみに発生することが分かった。さらに、平成4年度には種苗の比重選別により未開腔魚の選別除去を行った結果、脊椎骨上穹症の発生は見られなかった。

このように、脊椎骨上穹症の発生防止には鰾の開腔が必要条件であり、飼育初期の鰾の開腔率を向上させることが必要である。通常、最初の開腔は、ふ化後4日目（開口後1日目）に起きるが、これまでの生産例を見ると、開腔率は10～90%と種苗生産回次によって大きな差が見られる。特に、昨年度は平均開腔率45.5%であり開腔率が低くなっている。

かつて、マダイでも昭和50年代初期において大きな問題となり、原因究明がなされた。その結果、マダイでは、鰾の開腔は空気の飲み込みにより起きることが分かり、現在では開腔時に水深を浅くしたり通気を停止するなどの方法を取ることで開腔率の向上が図られている。また、スズキ・ヒラマサでは、飼育水の水面の油膜を除去することにより開腔率の向上がなされた。

今回は、マダイ・スズキ・ヒラマサの開腔手法を参考にして、ブリの開腔のメカニズムを究明するための小実験を行い、これにより得られた知見から最も開腔に理想的と思われる飼育手法を確立することとした。

材料と方法

実験は、1993年4月30日から5月3日、5月3日から5月5日、5月9日から5月11日そして6月3日から6月6日の4回に分けて行った。実験水槽は、透明または黒色パンライト水槽（30ℓ, 500ℓ）を使用した。供試魚は、ふ化後2日目に実験水槽に収容し、ふ化後3日目の開口時より給餌を行い、ふ化後4日目より実験を開始した。実験は3日間行った。水温は22℃とし、通気は弱通気とした。また、昨年度行った水温および比重の差による鰾の開腔実験ではほとんどの区が開腔しなかった。この原因は水面に形成された油膜によるものと思われ、今年度は新聞紙に油膜を吸着させる方法により1日に2回油膜除去を行った。

測定項目は摂餌率（全調査個体中に占める摂餌個体の割合）と鰾の開腔率である。

実験は、テーマ別に、以下のように設定した。

1. 鰾の開腔に影響を及ぼす要因は何か

- | | |
|---|-----|
| ① ナンノクロロプシスの影響（0, 100, 500, 1000万セル/ml） | 実験1 |
| ② ワムシの栄養強化の影響（無強化, ナンノクロプス, 乳化オイル） | 実験2 |
| ③ 通気量の影響（無通気・弱通気・強通気） | 実験3 |

- | | |
|---|------|
| ④ 摂餌の影響（開腔当日に給餌・無給餌） | 実験 4 |
| ⑤ 水質の影響－1（移槽の影響） | 実験 5 |
| ⑥ 水質の影響－2（オゾン処理海水・ろ過海水） | 実験 6 |
| ⑦ 容器の大きさの影響（30ℓ, 500ℓ, 90m ³ ） | 実験 7 |
| ⑧ 水温の影響（18～24℃） | 実験 8 |
| ⑨ 比重の影響（1.020 ～ 1.028） | 実験 9 |
2. 鰾はいつ開腔するのか（昼か、夜か）
- | | |
|------------------------------|-------|
| ① 照度の影響－1（12L：12D, 24L, 24D） | 実験 10 |
| ② 照度の影響－2（開腔率の24時間観察） | 実験 11 |
| ③ 照度の影響－3（昼夜反転） | 実験 12 |
3. 鰾はどのように開腔するのか（飲み込みか、否か）
- | | |
|-----------------------------|-------|
| ① 空気飲み込み－1（密閉容器内での開腔） | 実験 13 |
| ② 空気飲み込み－2（サラダオイル, 流動パラフィン） | 実験 14 |
| ③ 空気飲み込み－3（乳化オイル） | 実験 15 |

なお、実験 8, 実験 9 は平成 4 年度に行ったものであるが未報告であるため記載した。

結果と考察

実験 1～15 の結果を表 1～14, 図 1・2 に示した。

【実験 1】 ナンノクロロプシスの影響（0.5m³透明バケイト 水槽）

表 1 ナンノクロロプシスの濃度の影響

ふ化後日数	0 万セル/ml		100 万セル/ml		500 万セル/ml		1000 万セル/ml	
	摂餌率	開腔率	摂餌率	開腔率	摂餌率	開腔率	摂餌率	開腔率
4 (15:00)	44.0	0	60.6	0	85.2	0	66.7	0
5 (10:00)	94.9	2.6	93.9	3.0	96.9	3.1	81.5	0
5 (15:00)	50.0	0	89.5	0	100	9.4	75.0	0

- ・ 1000 万セル/ml 区以外はいずれの区でも一部の鰾の開腔がみられたが、鰾の開腔率は低いものであった。
- ・ 500 万セル/ml 区は実験開始時での摂餌率も高く、摂餌と鰾の開腔との関係が伺えた。
- ・ ナンノクロプシスの影響に関しては、ナンノクロプシスの添加による油膜の形成に注目していたが、ナンノクロプシスを添加したことによる照度との関係も検討する必要がある。

【実験2】 ワムシの栄養強化の影響 (30ℓ透明バライト 水槽)

表2 ワムシ栄養強化の影響

ふ化後日数	無強化-1		無強化-2		強化-1*1		強化-2*2	
	摂餌率	開腔率	摂餌率	開腔率	摂餌率	開腔率	摂餌率	開腔率
4 (15:00)	72.7	0	70.6	0	58.8	0	66.7	0
5 (10:00)	82.1	0	-	-	70.0	0	-	-
5 (15:00)	71.4	0	69.4	0	76.9	0	68.6	0

(ナノクロプシスは無添加)

*1 ナノクロプシスで栄養強化

*2 イカ乳化オイルで栄養強化

- ・ 餌料の栄養強化の有無にかかわらず、いずれの区も鰾は開腔しなかった。このため、強化剤由来の油膜の影響については考察できなかった。摂餌率の差は見られなかった。

【実験3】 通気量の影響 (0.5m³黒色バライト 水槽)

表3 通気量の影響

ふ化後日数	止 水		弱通気		強通気	
	摂餌率	開腔率	摂餌率	開腔率	摂餌率	開腔率
4 (14:00)	70.0	0	66.7	0	60.0	0
5 (14:00)	65.7	0	77.1	0	25.0	0
7 (10:30)	64.5	0	68.8	0	6.9	0

(ナノクロプシスは無添加)

- ・ 各区とも鰾の開腔はみられなかった。
- ・ 摂餌率は強通気区ほど低くなっており、摂餌阻害要因となっていた。

【実験4】 摂餌の影響 (30ℓ透明バライト 水槽)

- ・ 無給餌区は開口当日の給餌を行わず、翌日から給餌を行ったものである。
- ・ 開口当日の給餌の有無にかかわらず、両区とも鰾は開腔しなかった。
- ・ 開口当日に摂餌できなかったものは、翌日の摂餌率は低かった。

表4 給餌（摂餌）の影響

ふ化後日数	無給餌区*		給餌区	
	摂餌率	開腔率	摂餌率	開腔率
4 (15:00)	0	0	67.6	0
5 (15:00)	37.8	0	65.0	0

(両区ともナノクロプシス 添加)

【実験5】 水質の影響－1（30ℓ 黒色バシライト 水槽）

表5 移槽の影響

ふ化後日数	ろ過海水		(新)ろ過海水		オゾン海水		(新)オゾン海水	
	摂餌率	開腔率	摂餌率	開腔率	摂餌率	開腔率	摂餌率	開腔率
4 (10:40)	52.2	0	52.2	0	18.2	0	18.7	0
5 (15:00)	69.4	0	93.9	15.2	79.4	0	90.9	18.2

(各区ともナノクロプシスを添加)

- ・ ふ化後4日目に一部の仔魚を新しい水槽に移した区は、ろ過海水区、オゾン海水区とも移槽前の水槽の仔魚の摂餌率・鰾の開腔率とも高かった。

【実験6】 水質の影響－2（黒色0.5m³ バシライト 水槽）

表6－1 オゾン処理海水の影響

ふ化後日数	ろ過海水		オゾン海水	
	摂餌率	開腔率	摂餌率	開腔率
4 (14:00)	64.5	0	51.2	0
5 (14:00)	88.5	0	-	-
7 (10:30)	41.9	0	71.9	9.4

(ナノクロプシスは無添加)

- ・ ろ過海水区に比べてオゾン海水区は摂餌率・鰾の開腔率とも高かった。

表6-2 オゾン処理海水の影響

ふ化後日数	ろ過海水+ナノ		オゾン海水+ナノ	
	摂餌率	開腔率	摂餌率	開腔率
4 (10:40)	59.4	0	87.0	0
4 (18:00)	63.6	0	79.0	21.1
5 (11:00)	69.4	0	79.4	27.0

(各区ともナノクロプシスを添加)

- ・ ナノクロプシスを添加し、材料を変えて実験を行ったが、ろ過海水区に比べてオゾン海水区は摂餌率・鰾の開腔率とも高かった。

【実験7】 実験容器の大きさの影響 (30ℓ, 500ℓ, 90m³)

表7 容器サイズの影響

ふ化後日数	30ℓ パナライト		0.5m ³ パナライト		90m ³ 水槽	
	摂餌率	開腔率	摂餌率	開腔率	摂餌率	開腔率
4 (10:40)	62.5	0	62.5	0	62.5	0
5 (18:00)	-	-	-	-	95.1	68.3
6 (12:00)	87.9	51.5	94.5	38.5	98.0	62.4

- ・ 種苗生産を行っている 90m³ 水槽中の仔魚を、各サイズ (30ℓ・0.5m³) の水槽に飼育水ごと収容し、そのままウォーターバスにして放置して鰾を開腔させた。
- ・ 鰾の開腔は容器サイズに関係なくみられ、今回の一連の実験の大部分の区で開腔しない理由として容器の大きさは否定された。摂餌率・開腔率とも同程度であった。

【実験8】 水温の影響 (0.5m³透明パナライト 水槽)

表8 水温の影響

- ・ 22℃区で一部鰾の開腔がみられた他はまったく開腔しなかった。

ふ化後日数	18℃	20℃	22℃	24℃
4 (16:00)	0	0	0	0
5 (16:00)	0	0	1.2	0
6 (16:00)	0	0	0	0

(各区ともナノクロプシスを添加)

【実験9】 比重の影響 (0.2m³パナライト 水槽)

表9 比重の影響

ふ化後日数	1.018	1.020	1.022	1.024	1.026	1.028
4 (16:00)	0	0	0	0	0	0
5 (16:00)	0	0	0	3.9	2.0	0
6 (16:00)	0	2.0	3.3	0	3.6	0

(ナノクロプシス は無添加)

- ・ 比重1.020 ～ 1.026の間で鰾の開腔がみられた。比重が高いほうが浮きやすく鰾が開腔しやすいと思われたが、差がみられなかった。

【実験10】 照度の影響 - 1 (0.5m³黒色パナライト 水槽)

表10-1 照度の影響

ふ化後日数	24 L		24 D		12L・12D		12L・12D (ナノ)	
	摂餌率	開腔率	摂餌率	開腔率	摂餌率	開腔率	摂餌率	開腔率
4 (14:00)	55.6	0	63.3	0	65.6	0	54.8	0
5 (14:00)	55.2	-	0	-	13.3	-	90.0	-
6 (10:30)	12.5	0	0	6.3	16.7	0	0	0

(ナノクロプシス は無添加)

- ・ 24D以外の区では鰾は開腔しなかった。暗状態においても鰾は開腔し、夜間でも開腔する可能性が伺われた。

表10-2 照度の影響

ふ化後日数	透明+ナノ		黒		黒+ナノ (24D)		透明+ナノ (24L)	
	摂餌率	開腔率	摂餌率	開腔率	摂餌率	開腔率	摂餌率	開腔率
4 (10:40)	100.0	0	66.7	0	54.1	0	98.0	0
4 (18:00)	96.6	3.5	14.3	0	88.6	0		
5 (15:00)	65.0	2.7	9.4	0	5.3	2.6	71.6	4.1

(透明パナライト 水槽, 黒色パナライト 水槽使用)

- ・ ナノクロプシス の無添加区以外の区では、鰾の開腔率は低かったものの開腔がみられた。
- ・ 24D区でも開腔した。

【実験11】 照度の影響-2 (90m³水槽)

- ・ 種苗生産水槽 (90m³水槽) において、ふ化後4日目の10:00 からふ化後6日目の18:00 までの合計56時間の間に11回、摂餌率及び鰾の開腔率の変化を調べた。
- ・ 各水槽 (C-1, C-3) における摂餌率及び鰾の開腔率の変化を図1, 図2に示した。鰾の開腔はふ化後4日目より始まった。C-1水槽 (22℃区) はC-3水槽 (20℃区) よりも数時間早く鰾の開腔が始まり、観察開始時にはすでに開腔していた。
- ・ 鰾の開腔率は測定回次ごとに上昇しているが、各測定回次の開腔率にバラツキが大きいため、昼夜の開腔率の変化を追うことは困難であった。

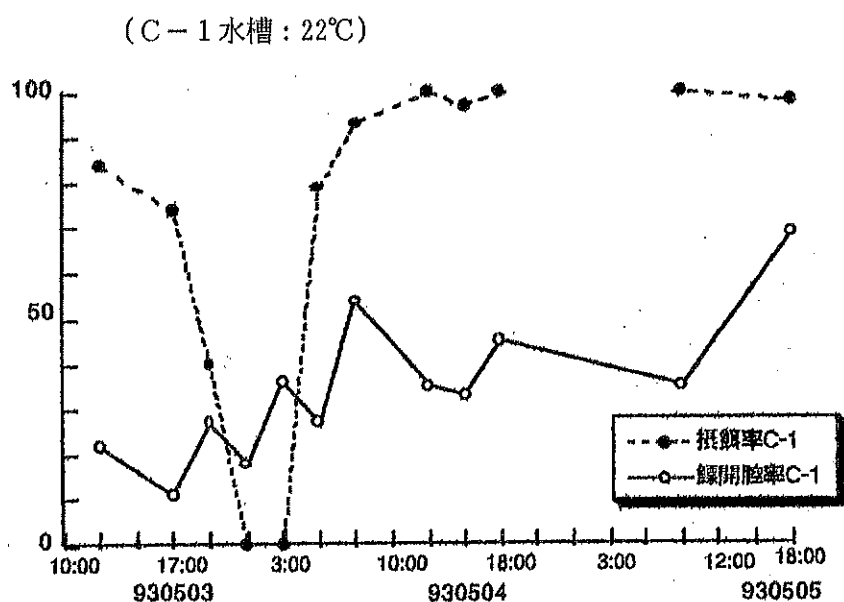


図1 鰾の開腔率および摂餌個体率の経時変化

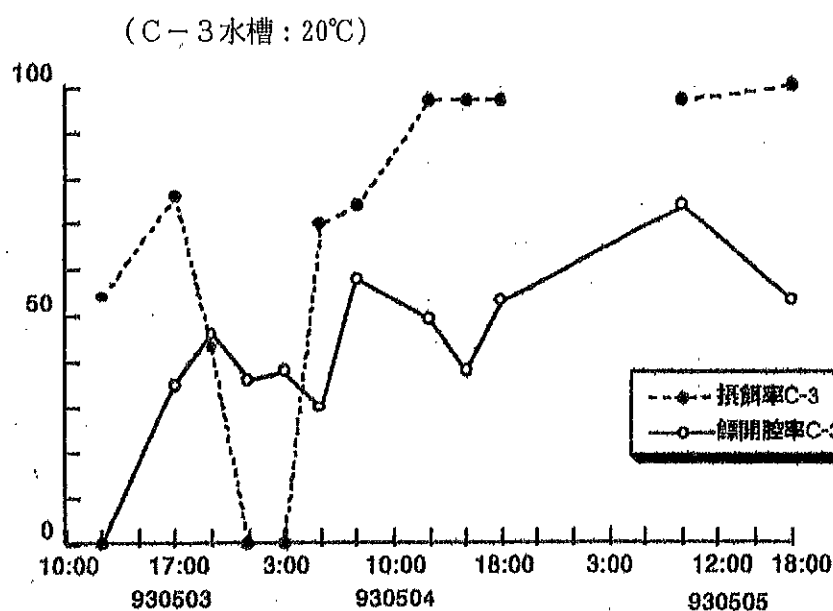


図2 鰾の開腔率および摂餌個体率の経時変化

【実験12】 照度の影響－3（0.5m³ 透明バライト 水槽）

表11 昼夜反転の影響

	ふ化後日数 (測定時間)	12L : 12D		12D : 12L	
		摂餌率	開腔率	摂餌率	開腔率
12D:12L 区の鰾の開腔は、12L:12D 区の開腔に比べて1日遅れること、また摂餌率、鰾の開腔率が低いことから昼夜反転による光の影響を受けていたものと思われる。	4 (7:00)	0	0	0	0
	4 (15:00)	93.8	3.1	0	0
	4 (19:00)	96.8	6.5	0	0
	5 (1:00)	13.3	6.8	20.0	0
夜間（暗条件下）の鰾の開腔については、今回の結果からは確認できなかった。	5 (10:00)	67.7	0	20.6	2.9
	5 (18:00)	100.0	5.9	8.6	2.9
	6 (2:00)	0	11.1	90.0	2.0
	6 (10:00)	100.0	5.1	3.3	1.7

12L : 12D (8:00 ~ 20:00 に点灯)

12D : 12L (20:00 ~ 8:00 に点灯)

点灯時の照度は 1000 Lux

【実験13】 空気飲み込み－1（3ℓ三角フラスコ）

表12 空気飲み込みの確認－1

ふ化後日数	密閉フラスコ		開放フラスコ		0.5m ³ 黒バライト	
	摂餌率	開腔率	摂餌率	開腔率	摂餌率	開腔率
4 (10:00)	64.5	0	64.5	0	64.5	0
5 (18:00)	37.0	0	37.0	0	41.9	0

- 対照区である0.5m³ 黒バライト 区を含めすべての区で、鰾が開腔しなかったため、空気飲み込みは確認できなかった。

【実験14】 空気飲み込み－2（2ℓサンプル瓶）

- 実験13（空気飲み込み－1）では、密閉区では溶存酸素量の低下が鰾の開腔に影響を及ぼしたことが考えられた。このため、実験14では、ふ化後4日目の10:00に容器に仔魚を収容後、容器の入口をネットで蓋をし、外部との水の出入りができる状態で仔魚のみを外部と隔離した容器を水槽中に吊り下げた。

- ・ 0.5m³ 水槽および90m³水槽に吊り下げた容器内の仔魚は1尾も鰓が開腔しなかった。しかし、0.5m³ 水槽も開腔しなかったため、空気飲み込みの確認はできなかった。

表13 空気飲み込み－2

ふ化後日数	0.5m ³ 隔離瓶		90m ³ 隔離瓶		0.5m ³ 黒色水槽		90m ³ 水槽	
	摂餌率	開腔率	摂餌率	開腔率	摂餌率	開腔率	摂餌率	開腔率
4 (10:00)	62.5	0	62.5	0	62.5	0	62.5	0
5 (18:00)	33.3	0	40.0	0	45.5	0	95.0	65.0

【実験13】 空気飲み込み－3（5ℓ三角フラスコ）

表14 空気飲み込み－3

ふ化後日数	流動パラフィン		サラダオイル		0.5m ³ 黒パンライト	
	摂餌率	開腔率	摂餌率	開腔率	摂餌率	開腔率
4 (10:00)	56.0	0	56.0	0	56.0	0
5 (17:00)	37.0	2.0	20.0	0	72.5	8.0

- ・ 5ℓ三角フラスコにふ化後4日目の仔魚を10:00 に50尾収容し、水面を流動パラフィン および サラダオイル で空気と接触しないようにした。
- ・ 流動パラフィン 区および 0.5m³黒パンライト 区で鰓の開腔が認められた。流動パラフィン 区は空気と接触しないようにしているため、収容時にすでに鰓が開腔していたかフラスコ中に形成された気泡を飲み込んだ可能性がある。

【実験15】 油膜の影響－2（30ℓ黒色パンライト 水槽）

- ・ ヒラマサを材料に、油膜による鰓の開腔抑制効果について検討してみた。
- ・ ふ化後3日目のヒラマサ仔魚を30ℓ水槽2水槽に収容し、翌日1水槽に乳化オイルを滴下し油膜区とした。もう一方は、対照区として油膜なし区とした。
- ・ 両区とも鰓の開腔がみられ、油膜による開腔抑制が認められなかった。この理由として、弱通気を行っていたため、中央の油膜の切れめにおいて開腔したことが考えられる。
- ・ ヒラマサの場合、両区とも10%前後の開腔がみられ、ブリよりも鰓が開腔しやすいものと思われる。

表15 油膜の影響

ふ化後日数	油膜あり区		油膜なし区	
	摂餌率	開腔率	摂餌率	開腔率
4 (10:00)	84.1	0	94.7	0
5 (17:00)	26.7	0	77.4	19.4
6 (17:00)	97.0	15.2	95.1	11.5
7 (17:00)	94.1	8.8	92.1	13.2

* 油膜は乳化オイルで形成

総合考察

今回の一連の実験結果をみると、各実験とも対照区において鰾の開腔がみられないこと、または開腔がみられても非常に低い開腔率であったことから実験が成立しなかった。このため、多くの実験例を行ったにもかかわらず、鰾の開腔に関する知見を収集することはできなかった。しかし、このような状況の中から、鰾の開腔のヒントになると思われる結果がいくつか見られたので整理すると以下ようになる。

- ① 本種は非常に鰾の開腔しにくい魚であり、シマアジのように何もしなくても開腔することはない。開腔に対して何もしなければほとんど開腔しない
- ② 開口直後に摂餌しない仔魚、または摂餌状態の悪い仔魚は開腔しない。
- ③ ナノクロロプス の添加は鰾の開腔を助長すると思われる。
- ④ 油膜除去は鰾の開腔に有効であるが、新聞紙で油膜を吸着する方法は有効でない。
- ⑤ オゾン処理海水はろ過海水に比べて開腔しやすい。
- ⑥ 開腔直前に新しい水槽に移すことは、開腔に有効である。
- ⑦ 空気の飲み込みは確認できなかったが、昼間に水面に集まって空気を飲み込むような行動が確認された。
- ⑧ 暗状態でも開腔するが、光条件は開腔に影響を及ぼす。
- ⑨ 強通気は摂餌率が低下することから、鰾の開腔にも悪影響を及ぼすと思われる。
- ⑩ ヒラマサはブリよりも鰾が開腔しやすい。

以上、①～⑩をとりまとめると次のような鰾の開腔手法が予想される。

- ① 油膜は徹底的に除去する（オーバーフローによるヒラマサ方式が有効）。
- ② 初期より換水率を高め、水質を良好に保つ。
- ③ 鰾の開腔時の通気は停止する。
- ④ ナノクロロプスを適度に添加する。

なお、直接鰾の開腔とは関係ないが、開口直後の摂餌率を高めることは重要であり、鰾の開腔を含めて初期飼育方法の検討が必要である。

（文責 塩澤 聡）

II - 2 - 1 ヒラマサの種苗生産

小金隆之

本種の種苗生産における問題点には飼育初期減耗、疾病の発生、形態異常個体の発生および鰓の低開腔率等があげられる。特に、形態異常については口部異常の発生率が極めて高く、成長に伴って発現が顕著となり問題となっている。また、鰓の有無はマダイやブリと同様に脊椎骨異常の発生と密接な関連があるため、鰓の開腔率の向上は種苗生産のなかでも重要な課題の一つである。本年度は、量産試験を行うとともに、前年度油膜をオーバーフローさせて除去することで開腔率が高まった効果を再確認するための試験を行った。

方法

本年度は1993年4月18日から6月10日までの間に2回次3例の量産試験を行った。1回次生産は純粋に量産を目指した生産とし、2回次生産では油膜除去を行った区と行わない区を設けて大型水槽における油膜除去が開腔率に及ぼす影響についての試験を行った。また小型水槽においても油膜の有無及び除去時期と開腔率の関係についての実験を行った。

1 量産試験

(1) 1回次生産

1) 飼育方法

水槽 1993年4月18日に60m³角型水槽（コンクリート製屋外水槽、縦6.8×横4.8×深さ2.0m、実水量50m³）に、天然養成4歳魚から自然産卵で得られたふ化仔魚（ふ化後1日目）55万尾（11,000尾/m³）を収容した。通気はエアーストーンを用いて水槽内13ヶ所から行い、水槽上に寒冷紗（遮光率80%）を設置し照度の調節を行った。

餌料 ワムシはふ化後3日目（開口0、平均全長4.9mm）からふ化後27日目（平均全長15.6mm）まで、アルテミアノープリウスは12日目（平均全長6.6mm）から35日目（平均全長26.3mm）まで、配合飼料は23日目（平均全長13mm）から取り揚げまでそれぞれ給餌した。ワムシはナンクロクロプシスとイカ肝油（30ml/m³）で、アルテミアノープリウスはエスター85乳化オイル（30ml/m³）でそれぞれ栄養強化して給餌した。

ワムシはS型でサイズが小さいことを考慮して、飼育水中の密度が20個体/mlになるようにやや多めに給餌し、以後摂餌状態に合わせて徐々に増加した。配合飼料への餌付け期間には、配合飼料への餌付けを促進するため、アルテミアノープリウスの1日の最初の給餌時刻を、午前10時頃から午後6時頃まで段階的に遅らせた。また給餌量はほぼ一定にし、成長に伴う増加は行わなかった。

配合飼料の給餌は約1時間おきに手撒きによって行い、特に午前中集中して連続的に散布した。使用した配合飼料は稚仔魚用微粒子飼料（A、B-1、B-2：協和発酵）であった。

飼育水の管理 飼育水温はふ化仔魚収容からふ化後10日目までは22℃に加温し、その後徐々に昇温して13日目以後この水温を維持した。

収容からふ化後30日目までの間、ナンクロクロプシス密度が約40万個/mlになるように、1日当たり1m³のナンクロクロプシス培養水を飼育水に添加した。飼育水には砂汙過海

水を使用し、換水率はふ化後4日目から19日目まで1回転／日、20日目から24日目まで2回転／日、配合飼料に餌付けを始めた25日目以降3回転／日とした。注水は水槽底部から行った。

底掃除はサイフォン式の自動底掃除機によって行い、ふ化後9日目から24日目までの間は2～3日に1回、25日目以降は毎日行った。

鰓の開腔率を高めるため、オーバーフロー法による飼育水表面の油膜除去をふ化後4日目（開腔1日目）から5日間行った。オーバーフロー法はエアレーションによる飼育水の回転による流れと水面に浮かせた塩ビパイプによってオーバーフロー口付近に油膜を集め、オーバーフローする飼育水（毎時0.4m³）と共に油膜を除去する方法である（図1）。この操作を1日に約4時間行った。

(2) 2回次生産

2回次生産には60m³水槽（コンクリート製屋外水槽、縦6.8×横4.8×深さ2.0m、実水量50m³）2面を使用した。2水槽は対照実験とし、2回次-1は油膜除去を行い（以下除去区と呼称）、2回次-2は行わなかった（以下非除去区と呼称）。除去区はふ化後3日目の8時～16時と4日目の6時～18時の間オーバーフローによる油膜除去を行った。油膜除去は1回次生産と同じ方法で行い、油膜除去時の注水量は毎時0.3m³に調節した。以下に記す収容方法、初期の給餌方法、飼育水の管理方法は2区統一した。

収容 天然養成3歳魚から自然産卵で得られたふ化仔魚（ふ化後2日目）30万尾（6,000／m³）を平成5年5月10日に2水槽に収容して飼育を開始した。通気はエアーストーンを用いて水槽内13ヶ所から行い、水槽上には寒冷紗（遮光率80%）を設置し照度の調節を行った。

餌料 ワムシ（S型）はふ化後2日目（開口0、平均全長4.9mm）からふ化後31日目まで、アルテミアノープリウスは12日目から31日目まで、配合飼料は22日目から取り揚げまでそれぞれ給餌した。ワムシの給餌は飼育水中の密度が15～20個体／mlになるように給餌した。

飼育水の管理 飼育水には1回次生産と同様砂汙過海水を使用し、飼育水温はふ化後10日目までは22℃、11日目から徐々に升温して14～15日目以後は24℃とした。

収容日からふ化後30日目までの間、飼育水へナンノクロプシスを40万個／mlにまるように1日当たり1m³添加した。注水は水槽底部から行い、換水率はふ化後4日目から12日目が1回転／日、13日目以降は2回転／日とした。

底掃除はふ化後7日目以降配合付け開始前までの期間は2～4日に1回、開始後は毎日行った。

2 小型水槽での開腔試験

油膜除去と開腔率の関係および除去時期と開腔率の関係について検討することを目的として小型水槽による実験を行った。実験区は3区設け、1区は開口後0日目と1日目の6時～18時に、2区は2日目と3日目の6時～18時に油膜除去を行い、3区は行わなかった。実験には0.5m³パンライト3面を使用し、ふ化後2日目から7日目まで（平成5年5月17日～22日）の6日間実験を行った。収容尾数は1区と2区が5660尾、3区が6100尾であった。油膜除去はオーバーフロー法により行ったがこれは、水槽を2/90程度の勾配をつけて設置

し、海水またはナンクロロプシスを小量注水し、オーバーフローする飼育水と共に油膜を除去する方法であった。注水は13 lバケツからサイフォンにより行い、注水量は1時間当り10 lに調節した。またエアストーンを飼育水流出部の反対側の水槽壁際に設置して油膜をオーバーフロー部周辺に集めて油膜の流出を促進した。1日当り注水量はナンクロロプシス培養水が10 l、海水が30～40 lで、これにより油膜除去を午前6時から18時までの間に2～3時間に1時間、延べ4～5時間行った。試験期間中の水温の範囲は1区が21.7～22.8℃、2区が21.9～22.6℃、3区が21.8～22.7℃であった。

結果と考察

量産試験では、3例の飼育で平均全長20.7～29.0mmの稚魚を17.7万尾生産した。平均生残率は15.4% (13.0～21.6) であり、2R-1の生残率21.6%はこれまでで最も高い結果であり (図2)、高生残率の要因には、初期生残率が高かったこと (ふ化後12日目における生残率は1回次が31%、2回次-1, 2がそれぞれ75%と55%)、疾病が陸上飼育で発生しなかったこと等が挙げられた。しかし一方では配合飼料への餌付け期間中の大量斃死、沖出し後の疾病等による減耗が問題となった。

また大型水槽と小型水槽での開腔試験では、飼育水表面の油膜の除去により開腔率が高くなることが確かめられた。以下に各回次の飼育状況を記す。

(1) 1回次飼育

取り揚げ尾数 生産結果の概要を表1、図3に示した。1R飼育ではふ化後37日目に平均全長29mm (18.3～39.5) の稚魚を73,300尾取り揚げ、生残率は13.3%、単位水量当りの生産尾数は1,466尾/m³であった。取り揚げ時に5mm目選別器で選別し、平均全長31.9mm (25.8～39.5) の5mm止まり群47,400尾と平均全長23.7mm (18.3～30.7) の5mm抜け群25,900尾に分けて沖出した。

成長 ヒラマサのふ化後日数と平均全長は、2日目が4.9mm、21日目が11.4mm、30日目が19.6mm、37日目が29.0mmであり、プリのふ化後40～41日目の平均全長が21～30mmであった (平成4年度事業場報告) のと比較してやや成長が速かった。

減耗 大量減耗は概ねふ化後12日目までの初期とふ化後30日目前後の配合飼料への餌付け時期にみられた。ふ化後12日目の生残率は31%でこれまでの生残率の中では比較的高い部類に入った。配合飼料への餌付け開始日 (ふ化後23日目、平均全長12.8mm) から取り揚げ時までの生残率は60.6%であった。

摂餌 飼育期間中の総給餌量はワムシが317億個体、アルテミアノープリウスが13.5億個体、配合飼料が13.0kgであった。ヒラマサは通常22℃でふ化後2日目に開口し翌日から摂餌が始まるが、本飼育例ではふ化後3日目に開口し、その日の内にワムシの摂餌がみられた。ふ化後3日目から12日目までの摂餌率は80～97%とワムシの摂餌状況は良好であった。またアルテミアノープリウスの単独給餌を避けるために、ふ化後27日目 (平均全長15.6mm) までワムシを長期間給餌した。アルテミアノープリウスは給餌開始当初から活発に摂餌されたが、特に大型個体はワムシよりもアルテミアノープリウスを優先的に摂餌する傾向がみられた。

配合飼料の摂餌は給餌開始当初からみられ、大型個体は給餌開始後1週間 (平均全長

18.3mm)で大部分餌付いたのに対し、小型個体は餌付きが不十分であったため、配合飼料の給餌開始後7日目に行ったアルテミアノープリウスの給餌の一時的な停止に伴い大量斃死が発生し、2日間で28,000尾が斃死した。当初原因としてYAVが疑われたが、アルテミアノープリウスの給餌再開により斃死が治まったことから生物餌料の給餌停止による餌不足が斃死の原因と考えられた。生物餌料の制限は配合飼料への餌付けの促進を目的として行ったが、結果的に餌不足になり、小型魚の減耗を招いたと考えられた。

開腔率 開腔はふ化後4日目から始まり、7日目に77%に達した。取り揚げ時の開腔率は5mm止まり群が91.0%、5mm抜け群が86.0%、全体では89.2%であった。

形態異常 取り揚げ時と中間育成途中の形態異常魚の発生状況を表2に示した。取り揚げ時に形態異常魚が10.1%発生したが、これはすべて口部異常であった。サイズ毎に口部異常の発生率をみると5mm止まり群が9.0%、5mm抜け群が12.0%で小型群の発生率が高かった。沖出し後28日目(ふ化後65日目)には大型群の形態異常魚出現率は4.1%で内訳は口部異常が2.6%、鰓蓋異常が1.4%、肛門部陥没が0.1%、小型群の形態異常魚出現率は52.9%で内訳は口部異常が50.4%、鰓蓋部異常が2.5%であり、小型群の口部異常の急増と大小群に共通して鰓蓋異常の新たな発生がみられた。

(2) 2回次飼育

取り揚げ尾数

油膜除去区と非除去区の生産結果の概要を表1と図4、5に示した。油膜除去区は平均全長21.0mm(13.8~32.8)の稚魚を64,800尾、非除去区は平均全長20.7mm(15.3~35.4)の稚魚を38,900尾をそれぞれ取り上げた。取り揚げ時の生残率はそれぞれ21.6%と13.0%で除去区が生残率が高かった。

生残率の推移 ふ化後12日目の初期生残率は除去区が75%、非除去区が約34%と、除去区が高かったが、除去区が生残率は過去12年間の生産の中でも最も高いものであった。ふ化後2週間目以降は両区ともそれ以前に比べて斃死率が低下して飼育状態が安定したが、除去区は取り揚げ前の2日間に生物餌料の給餌停止のため、配合飼料に餌付かなかった小型個体が大量斃死した。この減耗の時期を除外して除去区と非除去区の2週間目以降の生残率を比較すると、つまりふ化後16日目から30日目までの14日間の生残率を比較すると除去区が82%、非除去区が65%で両区の差は初期程ではないが依然除去区が非除去区に比べて高かった。

摂餌状況 飼育期間中の除去区の総給餌量はワムシが417.5億個体、アルテミアノープリウスが13.25億個体、配合飼料が6.75kg、非除去区がワムシが381.5億個体、アルテミアノープリウスが12.45億個体、配合飼料が6.75kgであった。開口1日目のワムシの摂餌率は除去区が100%、非除去区が50~60%と非除去区が低かったが2日目以降は両区とも80~100%となった。

開腔試験の結果 除去区と非除去区の開腔率の推移を表3、図6に示した。飼育水表面の肉眼で見える油膜は、オーバーフロー開始後約30分間で殆ど除去することができた。またオーバーフロー時の1時間当りの仔魚の流失尾数は約20尾と少なく、この理由はオーバーフロー時に覆いを開け、水槽表面を明るくしたために仔魚が沈んだことによると考えられた。除去区の開腔率は開口0日目の18時が0%、1日目の12時が23%、同日18時

が78%，2日目18時が91%，3日目12時が96%と開口1日目の午後には殆どの個体が開腔したのに対し，非除去区では開口0日目の18時が0%，1日目の12時が3%，同日18時が7%，2日目18時が18%，3日目12時が14%と開腔率が非常に低かった．取り揚げ時（ふ化後33日目）の開腔率も除去区が90%，非除去区が46%と除去区が高かったが，非除去区は飼育初期から取り揚げまでの間に開腔率の上昇がみられた．この理由として未開腔魚の斃死あるいは未開腔魚のその後の開腔が挙げられるが，非除去区の初期生残率が除去区に比べてかなり低かったことから未開腔魚が多く斃死したとも考えられる．

サイズ別に開腔率を比較すると，除去区は5mm止まり群と5mm抜け群が共に90%と同じであったのに対し，非除去区は5mm止まり群が64.5%，5mm抜け群が26.9%と小型群が低かった．また除去区は5mm止まり群の平均全長が23.1mm，5mm抜け群が20.2mmと両者の差が小さかったのに対し，非除去区は5mm止まり群が26.1mm，5mm抜け群が18.8mmと両群の差が大きかった．従来の油膜除去を行わなかった飼育例でも通常小型群の開腔率は大型群に比べて低い傾向がみられている．以上の結果から未開腔魚は斃死率が高く成長が遅いことが推定されるが，この点は初期減耗の問題とも関連があると考えられ，今後の課題として挙げられる．

形態異常 取り揚げ時の形態異常の発生状況を表2に示した．油膜除去区の形態異常魚の発生率は12.1%でその内訳は口部異常が3.6%，鰓蓋異常が4.0%，肛門部陥没が4.4%であった．またサイズ毎に比較すると，口部異常の発生率は大型群が6.0%，小型群が3.0%で大型群の発生率が高かったのに対し，鰓蓋部異常は大型群が1.0%，小型群が5.1%と逆に小型群の発生率が高かった．また肛門部陥没は両群の間で差が殆どなかった．非除去区の形態異常魚の発生率は7.1%でその内訳は口部異常が4.7%，鰓蓋異常が1.4%，肛門部陥没が0.8%であった．サイズ別に比較すると，口部異常は大型群が2.8%，小型群が5.8%と除去区とは逆に小型魚の出現率が高く，鰓蓋異常は大型群が0%，小型群が1.9%と小型群の出現率が高い傾向がみられた．また肛門部陥没は大型群が2.8%，小型群が0%と大型群に多く発生する傾向がみられた．

2 小型水槽での開腔試験

試験結果を表4，図7に示したが，開腔率は1区では開口1日目の6時の開腔率は0%であったが，同日の12時には45%，18時には93%に達した．これに対し2区は開口1日目の6時が0%，12時が2%，18時が3%と殆ど開腔しなかったが，油膜除去開始後の開口2日目の6時が2%，12時が18%，18時が33%，3日目18時が33%，4日目15時が52%に上昇した．また全く油膜除去を行わなかった3区は開口1日目の6時が0%，同日の12時が0%，18時が2%，2日目6時が0%，12時が3%，18時が4%，3日目18時が0%，4日目15時が0%と殆ど開腔しなかった．開口4日目の各区の平均全長は1区が5.4mm（5.0～5.9），2区が5.4mm（4.7～5.8），3区が5.6mm（5.2～5.9）であり，開口5日目の生残率は1区が70%，2区が83%，3区が59%であった．

以上の結果を纏めると，油膜を除去した場合には鰻の開腔は開口1日目にはほぼ完了し，開腔率が90%以上に達するが，飼育水表面に油膜がある場合はこれによって開腔が妨げられ，開腔率が0～数%に低下する．また開口2日目以降に油膜除去を行うことにより，2日目以降も開腔はするものの，開腔率は30～50%程度に留まる結果となった．またこ

これらの結果からヒラマサの鰾の開腔は飼育水表面における空気の呑込みによって行われ、油膜がない場合は開口1日目に90%以上が開腔するが、1日目に油膜等により開腔が行われなかった場合には2日目以降油膜を除去しても開腔率が低下することがわかった。

今後の課題

- 1) 初期減耗の原因究明（開腔率と初期生残率の関係の検討）
- 2) 配合飼料への餌付け時期の減耗防止
- 3) 口部形態異常の原因究明と防除
- 4) 疾病の防除

要約

- 1) 本年度は、量産試験を行うとともに、オーバーフローによる油膜除去と開腔の関係についての試験を行った。
- 2) 本年度は平成5年4月18日から6月10日までの間に2回次3例の量産試験を行った。1回次生産は純粋に量産を目指し、2回次生産では油膜除去区と非除去区を設けて大型水槽における油膜除去が開腔率に及ぼす影響についての試験を行った。また小型水槽においても実験的に油膜の有無と開腔率の関係についての実験を行った。
- 3) 量産試験では、3例の飼育で平均全長20.7～29.0mmの稚魚を17.7万尾生産した。平均生残率は15.4%（13.0～21.6）であった。
- 4) 配合飼料への餌付け期間中に大量斃死が発生し問題となった。
- 5) 大型水槽におけるオーバーフローによる油膜除去と開腔の関係についての試験では、油膜除去により開腔率が上がることが確かめられ、また生残率が高くなる傾向がみられた。
- 6) 小型水槽による実験でも、油膜除去により開腔率が上がることで、開口2日目以降は油膜を除去しても開腔しにくいことが確かめられた。また鰾の開腔は飼育水表面での空気の呑込みによるものと推定された。

表1 平成5年度ヒラマサ生産の概要

生産回次	水槽			収容			取り揚げ				
	型	大きさ (実水量)	槽数	月日	尾数 (万尾)	密度 (尾/ m³)	月日	尾数 (万尾)	密度 (尾/ m³)	全長 (mm)	生残率 (%)
1—1	角	60 (50)	1	4月18日	55	11,000	5月24日 (37)	7.33	1,466	29.0 (18.3~39.5)	13.3
2—1	角	60 (50)	1	5月10日	30	6,000	6月10日 (32)	6.48	1,296	21.0 (13.8~32.8)	21.6
2—2	角	60 (50)	1	5月10日	30	6,000	6月10日 (32)	3.89	778	20.7 (15.3~35.4)	13.0
合計			3		115			17.70		20.7 (15.9~39.5)	15.4

表2 形態異常魚の発生状況

	月日 (ふ化後日数)	生産回次 (飼育水槽名)	前歴	TL (mm)	尾数 (尾)	形態異常の発生部位					調査尾数 (尾)	開腔率 (%)
						口部 (%)	鰓蓋 (%)	脊椎骨 (%)	肛門部 (%)	合計 (%)		
取り上げ時	5月24日 (37)	1回次 (B-6)	5mm止	31.9	47,400	9.0	0.0	0.0	0.0	9.0	100	91.0
			5mm抜	23.7	25,900	12.0	0.0	0.0	0.0	12.0	100	86.0
			合計	29.0	73,300	10.1	0.0	0.0	0.0	10.1		89.2
	6月10日 (38)	2回次-1 (B-2)	5mm止	23.1	16,000	6.0	1.0	0.0	5.0	12.0	99	90.0
			5mm抜	20.2	45,200	3.0	5.1	0.0	4.0	12.1	100	89.9
			合計	21.0	61,200	3.6	4.0	0.0	4.5	12.1		89.9
沖だし後	6月21日 (44)	2回次-2 (B-4)	5mm止	26.1	9,600	2.8	0.0	0.0	2.8	5.6	107	64.5
			5mm抜	18.8	27,000	5.8	1.9	0.0	0.0	7.7	104	26.9
			合計	20.7	36,600	4.7	1.4	0.0	0.8	7.1		46.1
	7月30日 (83)	2回次-2 (B-4)	5mm止	92.1		2.6	1.4	0.0	0.1	4.1	15,500	
			5mm抜	73.2		50.4	2.5	0.0	0.0	52.9	240	
			合計	33.0		14.3	9.7	0.0	0.0	24.0	217	

表3 大型水槽での開腔試験

月日	時刻	ふ化後 日数 (日)	開口後 日数 (日)	除去区 (B-2)			非除去区 (B-4)		
				開口率 (%)	摂餌率 (%)	開腔率 (%)	開口率 (%)	摂餌率 (%)	開腔率 (%)
5月10日	18:00	2	0	100	50	0	72	33	0
5月11日	12:00	3	1	100	100	23	100	53	3
	18:00	3	1	100	100	78	100	60	7
5月12日	00:00	4	2	100	40	81	100	20	2
	6:00	4	2	100	95	78	100	76	4
	12:00	4	2	100	100	82	100	95	16
	18:00	4	2	100	91	99	100	97	18
5月13日	00:00	5	3	100	91	85	100	72	26
	6:00	5	3	100	98	84	100	84	16
	12:00	5	3	100	96	88	100	100	14

表4 小型水槽での開腔試験

月日	時刻	ふ化後 日数 (日)	開口後 日数 (日)	1区			2区			3区		
				開口率 (%)	摂餌率 (%)	開腔率 (%)	開口率 (%)	摂餌率 (%)	開腔率 (%)	開口率 (%)	摂餌率 (%)	開腔率 (%)
5月17日		2										
5月18日	6:00	3	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0
	12:00	3	0	89	0	0	92	0	0	96	0	0
	18:00	3	0	100	21	0	100	3	0	100	20	0
5月19日	6:00	4	1	100	78	0	100	59	0	100	50	0
	12:00	4	1	100	100	45	100	100	2	100	97	0
	18:00	4	1	100	100	93	100	100	3	100	100	2
5月20日	6:00	5	2	100	100	90	100	100	2	100	100	0
	12:00	5	2	100	98	83	100	100	18	100	100	3
	18:00	5	2	100			100	100	33	100	96	4
5月21日	18:00	6	3	100			100	100	33	100	98	0
5月22日	15:00	7	4	100	100	86	100		52	100	98	0

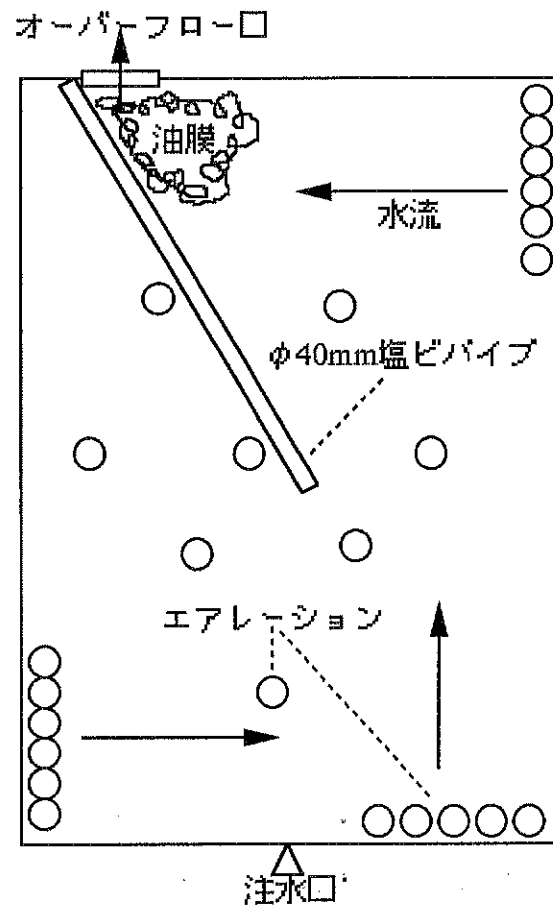


図1 オーバーフローによる油膜除去方法

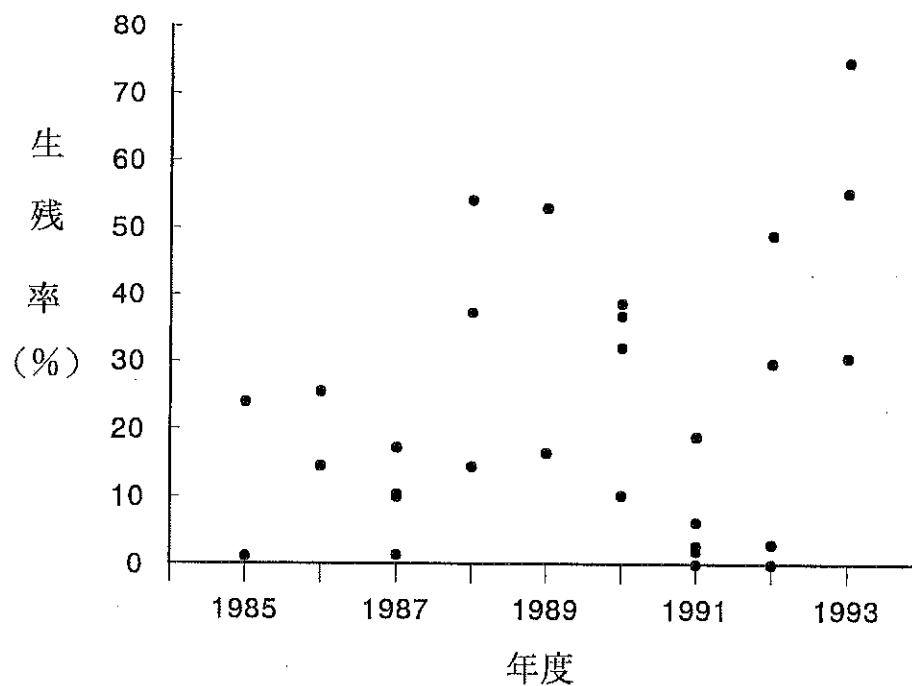


図2 ヒラマサ生産における初期生存率の推移
(ふ化後12日目に換算)

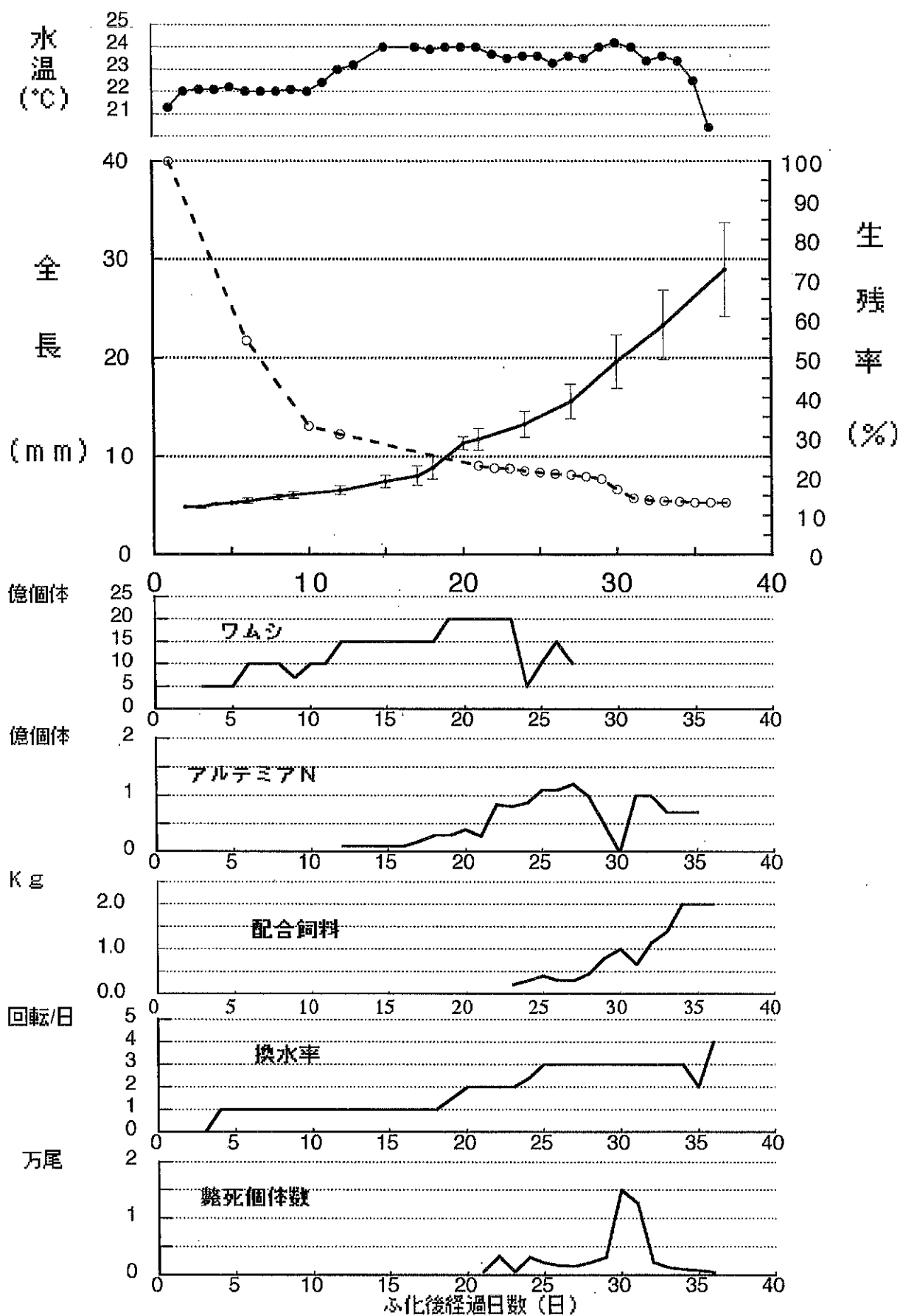


図3 1回次ヒラマサの生産

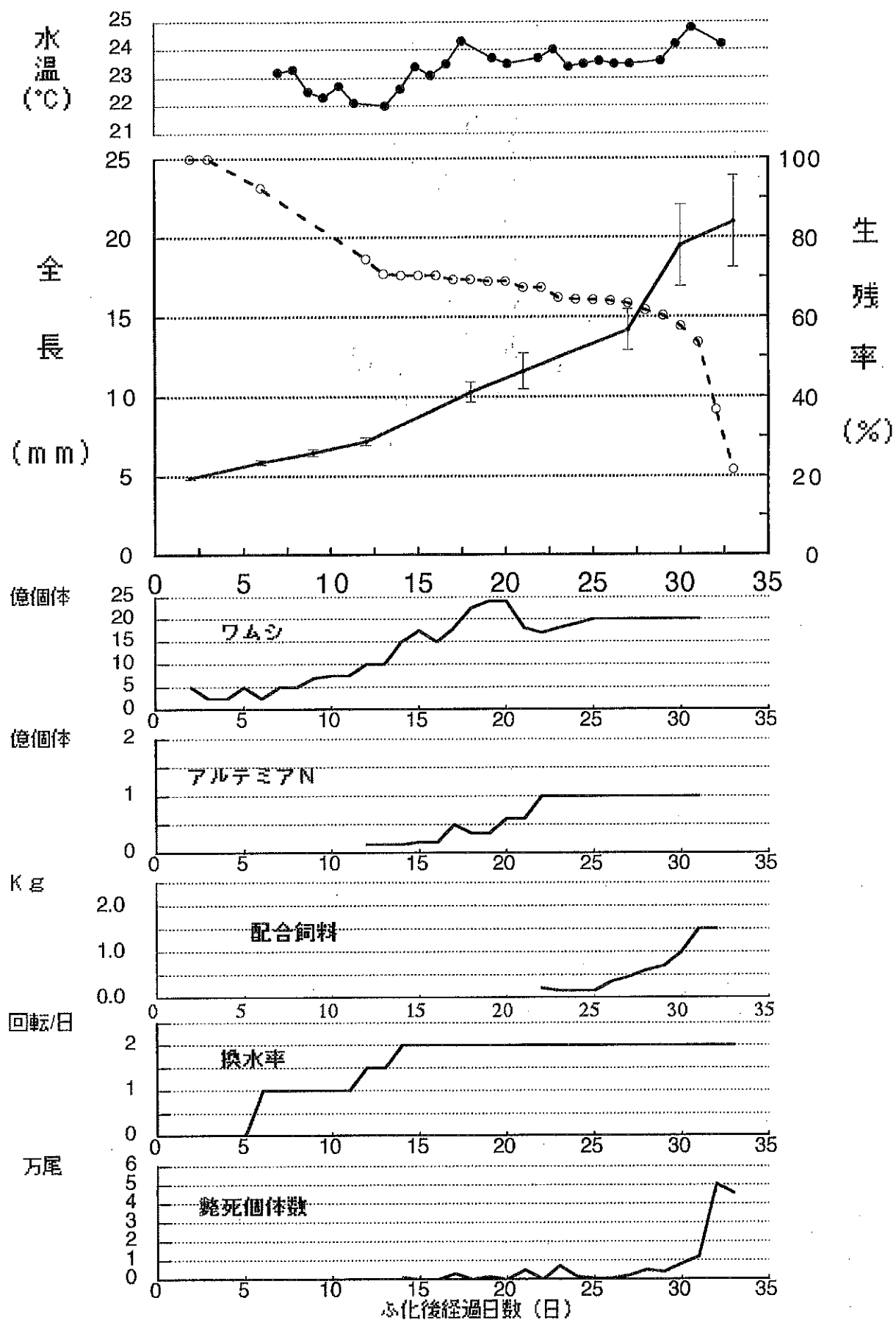


図4 2回次-1 (除去区) の生産

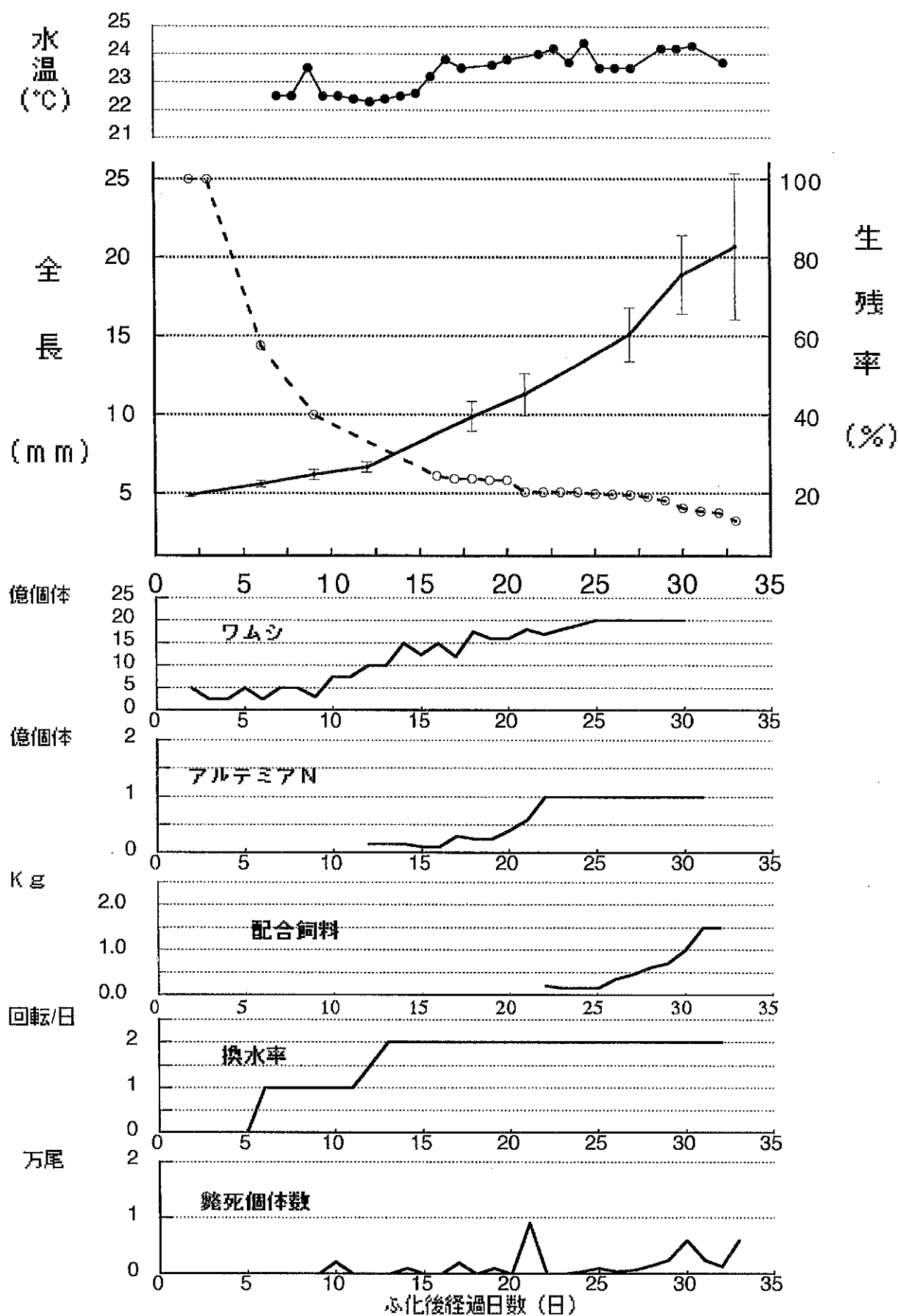


図5 2回次-2 (非除去区) の生産

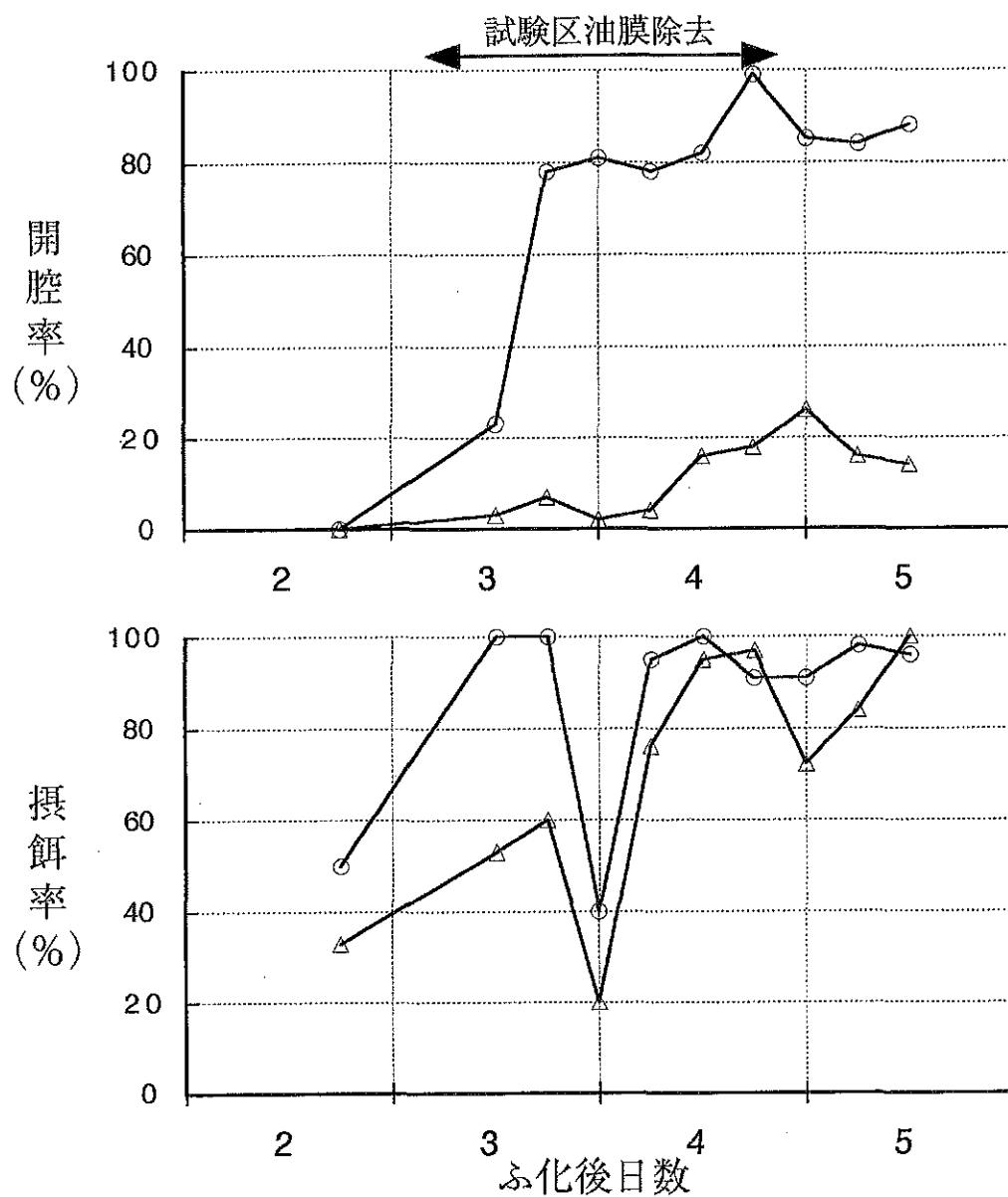


図6 大型水槽での開腔試験

—○— 試験区
—△— 対照区

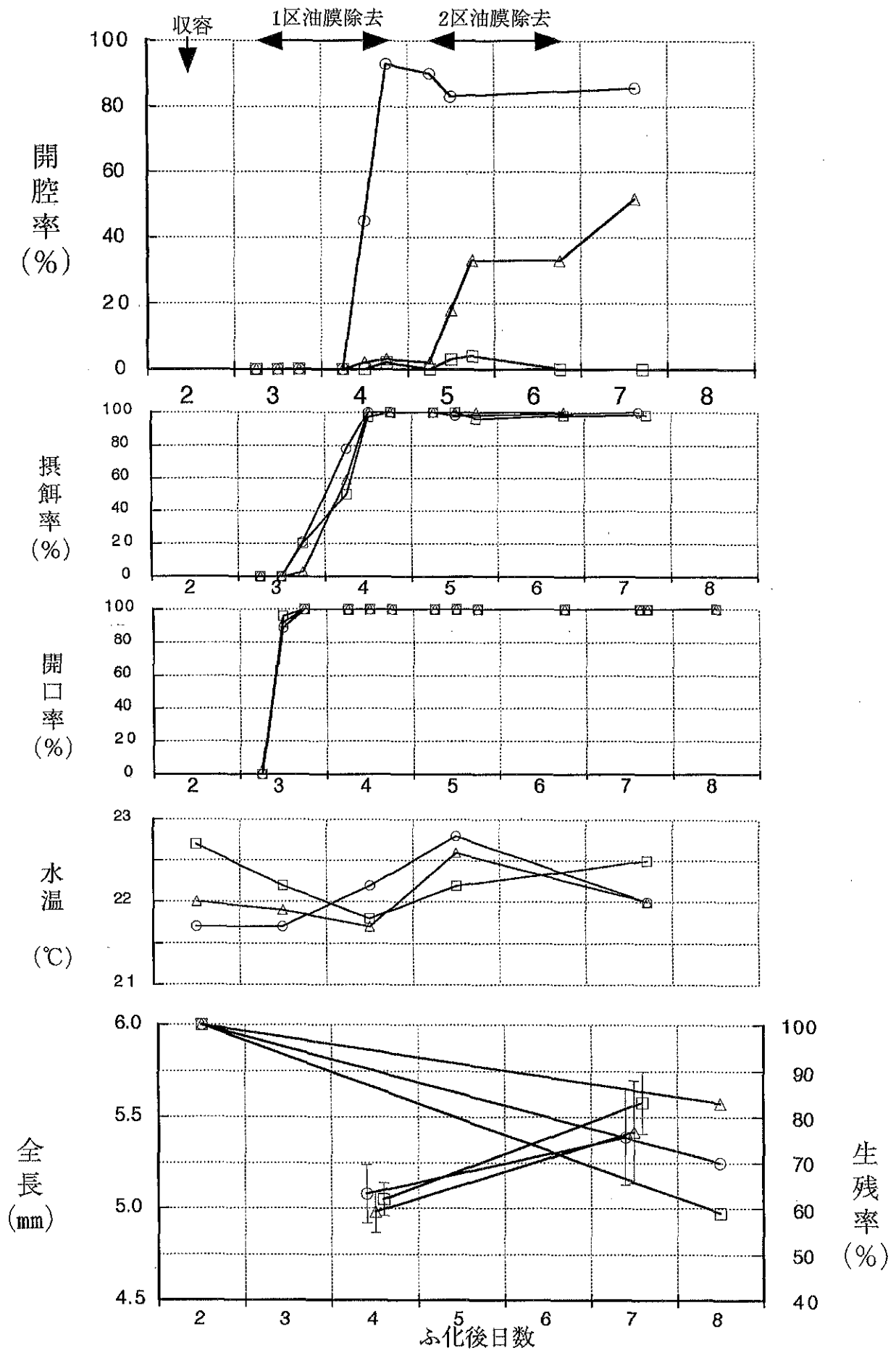


図7 小型水槽での開腔試験

○ 1区
 △ 2区
 □ 3区

Ⅱ－２－２ ヒラマサの中間育成

小磯雅彦

本種の中間育成の問題点は、近年疾病による大量斃死がおこり生残率が低下することや、形態異常魚（主に口部の不整合）が大量に出現すること等が挙げられる。

本年度は、疾病による大量斃死の現状把握や形態異常魚の出現状況等を含め、本種の中間育成に関する基礎的な知見の収集を目的に中間育成を行ったので、これらの結果の概要を報告する。

1. 中間育成の概要

（１）材料及び方法

供試魚は、当事業場の陸上水槽で生産された平均全長24.2mm（13.8～39.5）、平均尾叉長22.1mm（12.9～35.5）、平均体重0.17g（0.03～0.66）の稚魚17.70万尾を平成5年5月24日と6月10日に3群を沖出した（表1）。

使用した生簀網は4×4×3mの角型で、収容密度は140～780尾/m³で収容した。

給餌は自動給餌機（YDF-220B0:YAMAHA製）と手撒きにより、配合飼料（マリン2～4号:大洋漁業製）を9月まではほぼ毎日、9月以降は隔日飽食給餌した。

選別は、5mm目合いの金網選別器を用いて行い、この時に併行して計数及び形態異常魚の除去を人海戦術で行った。

疾病に関しては、類結節症（*Pasteurallia piscida*）に対してはマルピー（オキシリン酸製剤:大日本製薬製）を0.5g/kg/日を1週間投与して、はだむし症（*Benedenia seriola*e）に対しては5分間の淡水浴と網替えを行った。ウイルス性腹水症（*Yellowtail Ascites Virus*）とブリのベコ病（*Microsporidium seriola*e）に対しては、対策が解明されていないため収容密度の低下や網替え等により環境改善を行った。

（２）結果及び考察

中間育成の稚魚受け入れ尾数は17.70万尾であるが、受け入れ後の6月18日と6月21日に8.14万尾を放流しており、6月23日には鹿児島県に1.5万尾を配付しているため、6月24日の生残尾数は、この期間中の斃死尾数3.11万尾を引くと4.95万尾となり、この尾数を便宜上収容尾数とした。なお、6月24日までの斃死が3.11万尾と多い要因は、本年度の沖出しサイズが尾叉長24.2mm（13.8～39.5）と例年（30mm以上）に比べ小型であるため、沖出し作業に耐えられない個体が多かったのではないかと推測される。

本年度の生残率は、疾病による大量斃死が減少した8月31日までで求めると、生残尾数は590尾となりこの生残率は1.2%（4.95万尾に対して）と非常に低い結果であった。生残率が低下した原因には6月中旬から8月上旬にかけて発生した疾病（ブリのベコ病、ウイルス性腹水症、類結節症）による大量斃死でこの期間中に4.89万尾が斃死し、この斃死率は98.8%（4.95万尾に対して）に達した。

種苗の利用状況は、前述したように無標識放流で長崎県玉之浦町黒瀬崎沖に6月18日と6月21日に合計8.14万尾（FL:23.7～74.4mm）を放流し、6月23日には鹿児島県に1.5万尾（FL:81.9mm）を配布した（表2）。

2. 成長

陸上生産2R-2回次群の沖出し後の平成5年6月11日（日令33）から10月24日（日令171）までの尾叉長の増加を図1に示した。沖出し直後の6月11日には平均尾叉長26.1mmで、9月2日（日令116）には135.7mmに達し、この期間中の日間成長量は1.32mmであった。その後はやや成長速度は増加して10月27日（日令171）には251.7mmとなり、9月2日からの日間成長量は2.11mmとなった。9月2日以降に成長速度が増加した要因には、この期間中には疾病はなく魚の状態が良好であったと思われ、かつ8月上旬までの大量斃死により収容密度が低下したこと等が考えられる。

本種の相対成長については、尾叉長（F）範囲が20～310mmでの全長（T）及び体重（W）の関係は以下の式で示される。

$$T = -0.869 + 1.136(F) \quad (r^2 = 0.999, n = 510) \quad (\text{図2})$$

$$W = 0.0000146(F)^{2.999} \quad (r^2 = 0.998, n = 192) \quad (\text{図3})$$

3. 疾病

本年度は前述した様に、6月中旬から8月上旬にかけてブリのペコ病、ウイルス性腹水症、類結節症等の疾病のため4.89万尾が斃死し、この斃死率は98.8%（4.95万尾に対して）とほぼ全滅に近い被害状況であった。本種稚魚のこの期間中の斃死状況を図4に示した。

1R群5mm止まり群の斃死状況は、ウイルス性腹水症（YAV）が6月24日から7月3日にかけて発生し10日間で約11,000尾（斃死率:34.0%）が斃死した。7月上旬には一時的に斃死尾数は減少したが、その後も原因不明の大量斃死が起こり、7月下旬には類結節症が発生して再び大量斃死が起こり飼育を中止した。なお、この群と同じ群を6月23日に鹿児島県に配付しているが、その群の斃死状況も6月25日から7月2日にかけてウイルス性腹水症による大量斃死が起こり8日間で約7,600尾が斃死し、この斃死率は50.7%となった。

一方、2R-1回次5mm止まり群の斃死状況は、6月下旬から7月上旬の期間中には斃死はほとんど無く7月中旬から若干斃死が増加始め、7月下旬から類結節症が発生して8月2日から“カリソ酸製剤”“マルチ”の投薬を開始した。投薬後は徐々に斃死は減少したが、7月下旬から8月上旬までの類結節症による斃死は約3,600尾（斃死率:37.5%）となった。6月下旬から8月中旬までの斃死尾数は約5,900尾でこの斃死率は61.5%であった。

6月下旬に発生したウイルス性腹水症は本種稚魚及びブリ稚魚にも感染して大量斃死が起きたが、なぜ、2R-1回次5mm止まり群のみがウイルス性腹水症による大量斃死を免れたのかは判然としない。

4. 餌料試験

1) 材料及び方法

本年度は配合飼料単独（マリンシリーズ:大洋漁業製）で中間育成を行ったが、例年よりも疾病時の斃死率が高いため配合飼料に疑問がもたれた。このためモイストレット（配合:生餌=1:1）と配合飼料による餌料試験を平成5年9月2日から10月27日まで行った。

試験には生簀網（4×4×3m）2面にモイスト区は尾叉長135.7mmの稚魚280尾、配合飼料区は尾叉長120.7mmの稚魚249尾をそれぞれ収容して試験を行った。給餌はモイスト区及び配合飼料区ともに隔日で飽食給餌を行った。

2) 結果及び方法

生残率は、モイスト区が84.6%で配合飼料区が75.5%となりモイスト区の方が高かった。

成長は、試験終了時の尾叉長がモイスト区が254.0mmで配合飼料区が251.7mmとなり、それぞれの日間成長量は2.15mmと2.38mmで、配合飼料区の方が高く、餌料効率も配合飼料の方が高い傾向が伺えた(表3)。この原因には配合餌料は給餌量がほぼ摂餌量であると思われるが、モイスト・レットは給餌の際に流出する量があるため、この量が影響していると思われる。

以上のことから現時点では、今回使用した配合飼料よりもモイスト・レットの方が本種稚魚にはやや適していると思われる。しかし、モイスト・レットの使用となると省力化の点で問題が残り、配合飼料についても現在その種類も多く、かつビタミン類や油脂の添加も可能であるため、これらの点も含めて給餌内容を再検討する必要がある。

5. 選別

選別は、種苗生産及び中間育成時に成長差が生じて、小型個体の減耗のため生残率が低下するのを防止する直接的で効果的な方法である。本年度は5mm目合いの選別器のみしか使用していないが、選別によりどのサイズで分かれるかを調査した。

選別後の5mm抜け群の平均尾叉長は23.2mm(18.5~26.4)で、5mm止まり群は26.9mm(20.9~31.2)となり、抜け群の最大サイズを分かれるサイズとすると本種の5mm選別では尾叉長26mmで選別されると考えられた。なお、選別ミスは5mm止まり群では約30%(本年度のブリと同様)と高いため、小型魚の選別精度を高めるために選別手法や器材の改善を行う必要がある(図5)。

6. 形態異常

本種の各回次毎の形態異常の種類別出現状況を表4に示した。各回次毎の形態異常魚の出現率は1回次群は12.0%、2R-2回次群は11.7%であったが、2R-1回次群は23.1%と他の群より2倍程度異常率が高かった。これには2R-1回次の5mm抜け群で頭部異常が13.1%と多く出現したことが原因であるが、なぜこの群に多くの頭部異常が出現したのかは判然としない。形態異常の項目別出現率は、口部異常(主に下顎が短い、下顎のねじれ)が4~10%で、次いで頭部異常が2~9%、鰓蓋部が0~3%であった。

選別による抜け群と止まり群の形態異常率は、1回次群は共に12.0%と同じであったが、2R-1回次群では26.0%と15.0%、2R-2回次群では12.5%と9.4%となり、共に抜け群の異常率は高く、形態異常魚は小型群に多い傾向が伺えた。

成長に伴う形態異常率は、1回次の5mm抜け群では5月24日の尾叉長21.6mmでは12.0%であったが、6月21日の尾叉長65.8mmでは52.9%と高くなった。一部成長に伴って異常率が低下する例もあるが、通常は成長することにより異常部位が助長されるため、異常の発見率が高まり見かけ上異常率が高くなると考えられる。

鰓の開腔率は1回次群と2R-1回次群は89.2%と89.9%と高かったが、2R-2回次群は36.8%と低かった(1回次群と2R-1回次群は陸上飼育でのオン・フローの効果により、開腔率が高くなった)。なお、既に鰓の開腔と脊椎骨上彎症との関係は明かであるが、口部、頭部、鰓蓋部等の異常と鰓の開閉腔とは関係は無いようである。

表 1 平成5年度ヒラマサ中間育成受け入れ状況

収容月日	陸上飼育 回次	取り揚げ 水槽	取り揚げ 尾数(尾)	取り揚げサイズ		
				全長(mm)	尾叉長(mm)	体重(g)
H5. 5.24	1R	B-6	73300	29.0(18.3~39.5)	26.3(16.9~35.5)	0.27(0.07~0.66)
H5. 6.10	2R-1	B-2	64800	21.0(13.8~32.8)	19.3(12.9~29.6)	0.11(0.03~0.39)
H5. 6.10	2R-2	B-4	38900	20.7(15.3~35.4)	19.0(14.2~31.9)	0.10(0.04~0.48)
合計			177000	24.2(13.8~39.5)	22.1(12.9~35.5)	0.17(0.03~0.66)

表 2 平成5年度ヒラマサ種苗の利用状況

月日	利用内容	利用尾数 (尾)	利用時のサイズ		
			全長(mm)	尾叉長(mm)	体重(g)
H5. 6.18	無標識放流(黒瀬崎)	22600	33.0(25.3~39.6)	29.9(23.7~35.6)	0.5(0.3~0.8)
H5. 6.21	無標識放流(黒瀬崎)	58800	49.5(25.3~83.1)	44.7(23.7~74.4)	1.9(0.3~5.7)
H5. 6.23	鹿児島県配布	15000	92.1(77.7~103.9)	81.9(68.9~92.8)	7.4(4.5~11.2)
** その他 **					
	収容直後の斃死	5900			
	餌料試験	700			
	測定用サンプル	400			
	形態異常魚	700			
合計		104100			

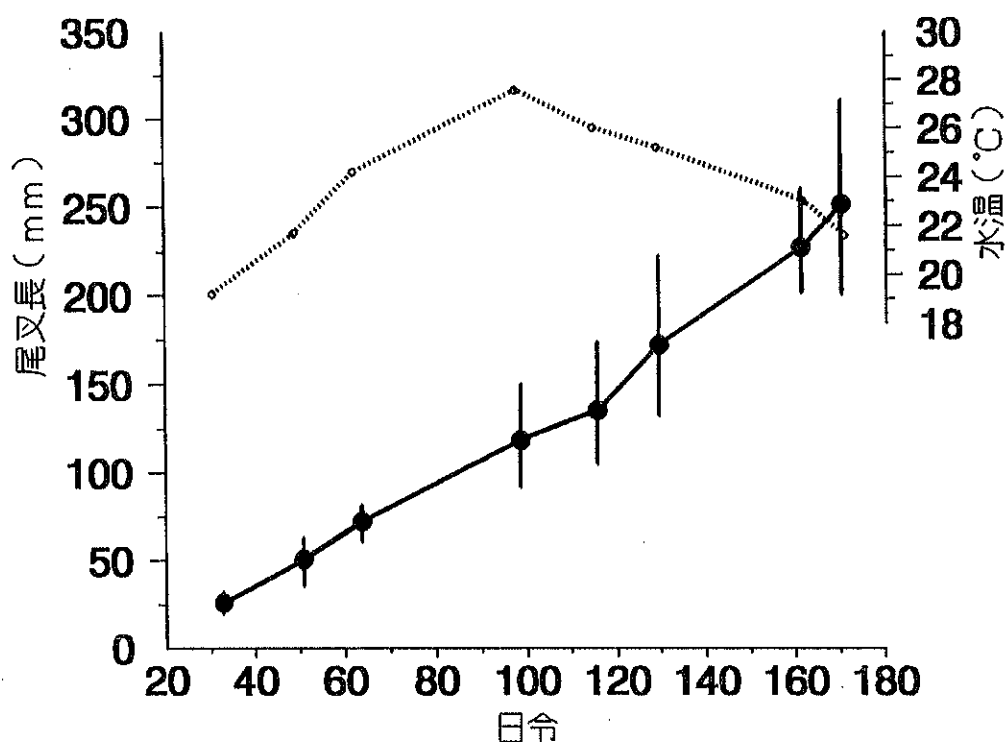


図 1 平成5年度ヒラマサ稚魚の成長
平成5年6月11日~10月27日

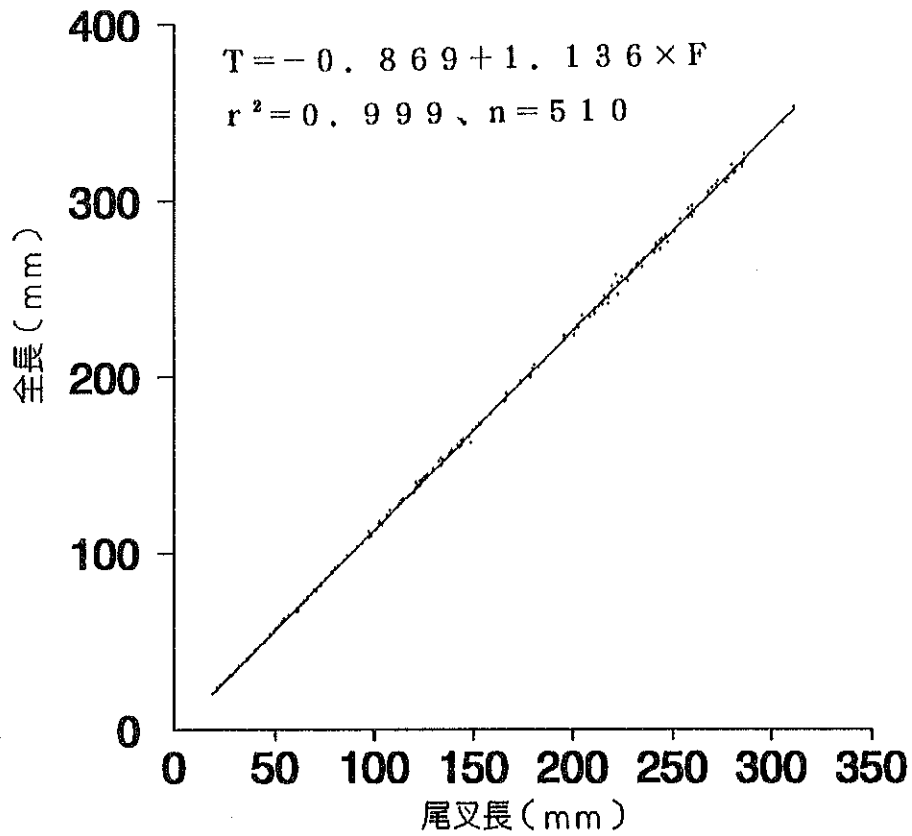


図2 平成5年度ヒラマサの尾叉長 (F) と全長 (W) の関係

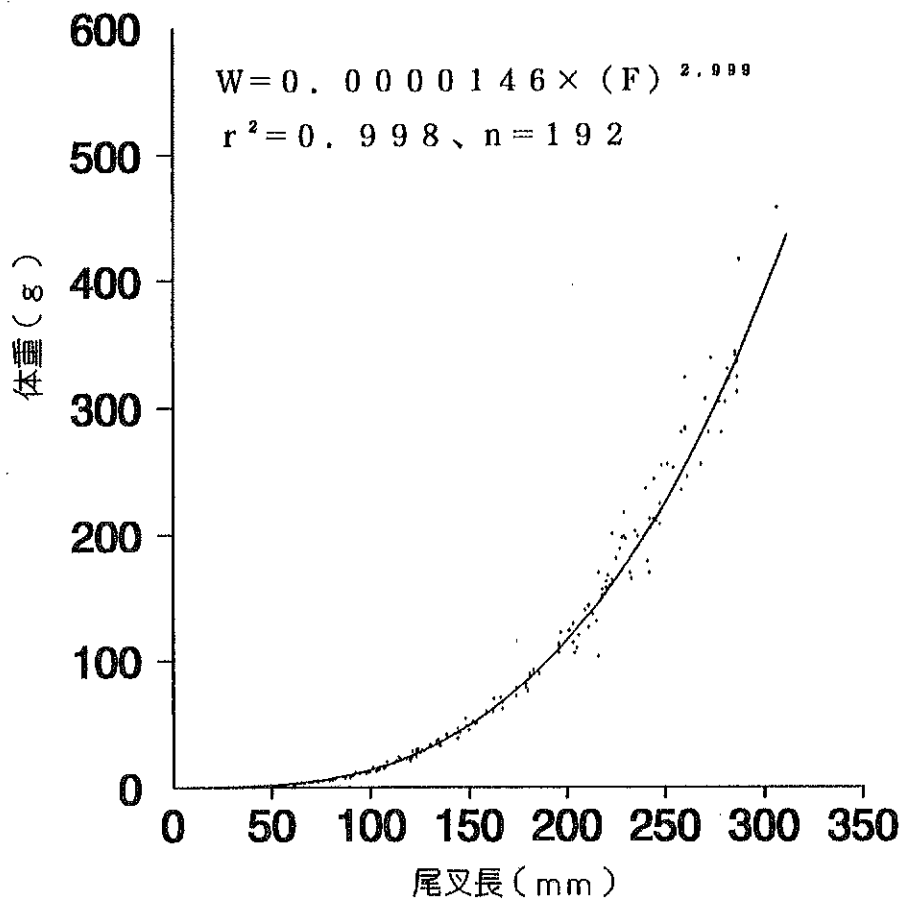


図3 平成5年度ヒラマサの尾叉長 (F) と体重 (W) の関係
 尾叉長範囲: 20~310mm

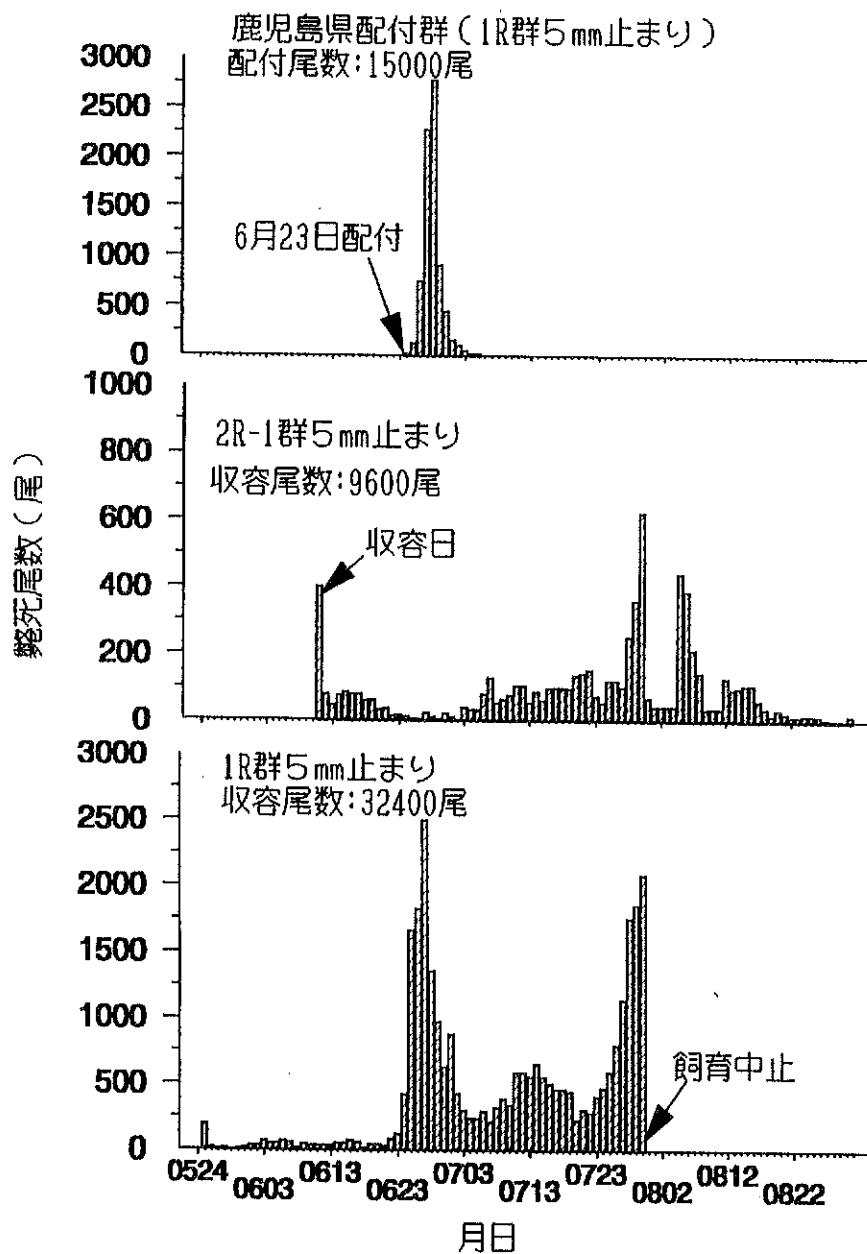


図4 平成5年度ヒラマサ稚魚斃死尾数

表3 平成5年度ヒラマサ餌料試験結果

月日	日目	モイスト区						配合飼料区					
		生残率 (%)	給餌率 (%)	餌料効率 (%)	尾叉長 (mm)	体重 (g)	肥満度	生残率 (%)	給餌率 (%)	餌料効率 (%)	尾叉長 (mm)	体重 (g)	肥満度
9. 2	0	100.0	12.8		135.7	37.6	14.32	100.0	22.9		120.7	25.4	14.44
9.16	14	96.8	6.9	94.9	199.7	115.3	14.09	94.0	10.2	98.7	172.6	81.2	14.83
10.18	46	86.1	4.9	75.1	234.1	205.0	15.49	78.7	6.1	76.3	227.7	200.6	16.63
10.27	55	84.6	4.6	73.0	254.0	230.0	13.55	75.5	5.1	101.0	251.7	244.0	14.76

*：給餌率や餌料効率は総魚体重（湿物）と給餌量（乾物換算）から求めた。

*：餌料効率の計算で、斃死魚は1/2魚体重で計算した。

*：試験開始の尾数は、モイスト区が280尾で配合飼料区が249尾であった。

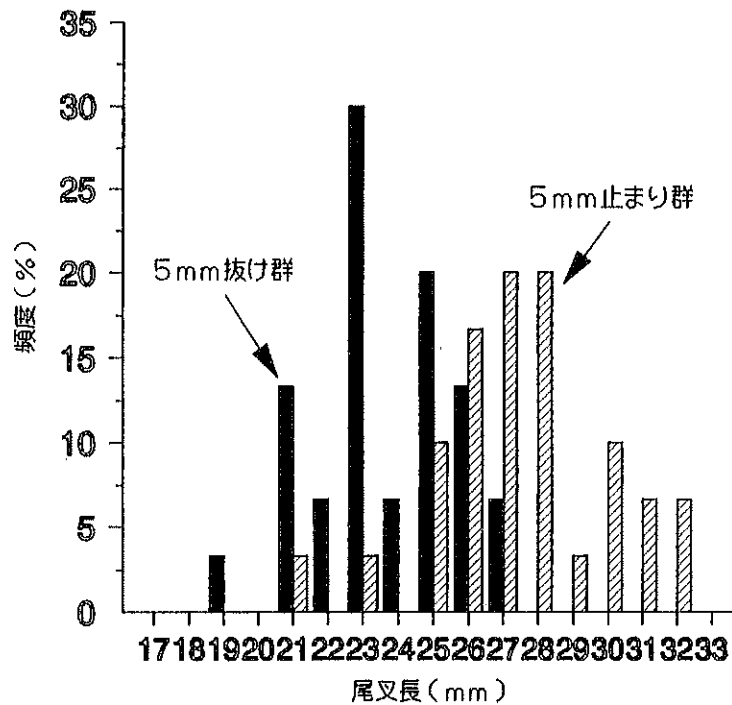


図 5 平成5年度ヒラマサ稚魚5mm選別結果

表 4 平成5年度生産回次別のヒラマサの形態異常調査

調査日	対象魚群の前歴	形態異常調査項目 (異常率)						鰓の開閉率 (%)	調査尾数	総尾数	尾叉長 (mm)
		頭部	口部	鰓蓋部	肛門部	脊椎骨	異常小計				
H5. 5. 24	1R:5mm抜け	—	12(12.0)	0(0)	0(0)	0(0)	12(12.0)	86.0	100	25500	21.6(16.9~27.8)
H5. 5. 24	1R:5mm止まり	3(3.0)	9(9.0)	0(0)	0(0)	0(0)	12(12.0)	91.0	100	47100	28.8(23.5~35.5)
H5. 5. 24	1R全体						8712(12.0)	89.2		72600	26.3(16.9~35.5)
H5. 6. 10	2R-1:5mm抜け	13(13.1)	3(3.0)	5(5.1)	4(4.0)	0(0)	25(26.0)	89.9	99	43400	18.5(14.8~24.7)
H5. 6. 10	2R-1:5mm止まり	3(3.0)	6(6.0)	1(1.0)	5(5.0)	0(0)	15(15.0)	90.0	100	15500	21.1(12.9~29.6)
H5. 6. 10	2R-1:全体						13609(23.1)	89.9		58900	19.2(12.9~29.6)
H5. 6. 10	2R-2:5mm抜け	5(4.8)	6(5.8)	2(1.9)	0(0)	0(0)	13(12.5)	26.9	104	26000	17.3(14.2~21.6)
H5. 6. 10	2R-2:5mm止まり	4(3.7)	3(2.8)	0(0)	3(2.8)	0(0)	10(9.4)	64.5	107	9300	23.7(15.8~31.9)
H5. 6. 10	2R-2:全体						4124(11.7)	36.8		35300	19.0(14.2~31.9)
H5. 6. 21	1R:5mm抜け	0(0)	121(50.4)	6(2.5)	0(0)	0(0)	127(52.9)		240		65.8(53.0~74.4)
H5. 6. 21	1R:5mm止まり	0(0)	405(2.6)	213(1.4)	19(0.1)	0(0)	637(4.1)		15500		81.9(68.9~92.8)
H5. 6. 21	2R-1:5mm抜け	0(0)	31(14.3)	21(9.7)	0(0)	0(0)	52(24.0)		217		29.9(23.7~35.6)
H5. 7. 30	2R-2:5mm止まり	0(0)	1720(40.0)	47(1.1)	54(1.3)	14(0.3)	1835(42.7)		4300		50.7(35.7~63.2)

II - 3 - 1 シマアジの種苗生産

崎山一孝

五島事業場では、平成元年度からシマアジのVNN（ウイルス性神経壊死症）が発生し、種苗生産を行う上でその対策は最重要課題となっている。昨年度はELISA法によりウイルス抗体価が低い親魚を産卵親魚として使用したにも関わらずVNN（ウイルス性神経壊死症）が発生したことから、より精度の高い検査方法の開発が必要になるとともに、飼育水等からの水平感染の可能性が増してきた。そこで本年度は、PCR法により親魚、ふ化仔魚のウイルス抗体価を検査するとともに、飼育水の紫外線による消毒、関係者以外の飼育施設への立ち入り禁止、施設、器具の消毒を行い、水平感染の防除につとめ飼育を行った。以下にその概要を記す。

1. 生産期間

平成4年12月2日から平成5年5月27日までの間に、8回次11例の飼育を行った。各回次の飼育期間はVNNの発生がみられなかった場合は48～57日間であった。ウイルスの水平感染の防除のために飼育回次の間隔は12日間以上あけた。

2. 飼育施設

飼育には90 m³水槽と60 m³の水槽を使用した。2回次生産に使用した水槽以外はすべて屋外水槽であったため、適時寒冷紗で遮光した。各水槽とも12～16個のエアストーンと4個のエアブロックにより通気をおこなった。飼育水には紫外線照射海水を使用し、7回次生産ではオゾン処理海水による飼育も試みた。

3. 供試親魚

産卵親魚には天然魚を11年間養成したものと人工生産魚を9年間養成し不活化よるワクチン処理をほどこしたものを使用した。7回次生産では古満目事業場産のふ化仔魚を使用した。産卵に使用した親魚は、ワクチン処理したもの以外はすべてELISA法によりウイルス抗体価が低いと判断されたものであった。

4. ふ化と収容

受精卵は採卵後、1000ppmのイソジン（有効ヨウ素濃度10ppm）で15分間消

毒後、ふ化水槽（水量 1m^3 、換水量 $1\text{m}^3/\text{時}$ ）に収容しふ化させた。ふ化水槽内での計数尾数を収容尾数とした。計数後、ふ化仔魚はサイホンにより飼育水槽に移送した。

5. 飼育方法

(1) 餌料

開口直後の餌料にはS型ワムシを使用し、その後順次アルテミアノウプリウス、配合飼料と切り替えた。S型ワムシは開口直後からふ化後日42～47日まで、アルテミアノウプリウスはふ化後21～27日目から44～47日まで、配合飼料はふ化後27～30日目から取り上げ時まで給餌した。

S型ワムシとアルテミアノウプリウスの栄養強化にはイカ乳化油（理研ビタミン）を使用した。S型ワムシは、収穫後、2000万セル/mlのナンノクロロプシス中に収容し、イカ乳化油を $30\text{ml}/\text{m}^3$ 添加し、15～20時間後に給餌した。アルテミアノウプリウスはふ化後15～18時間後にイカ乳化油を $50\text{ml}/\text{m}^3$ 添加し、6～10時間後に給餌した。

給餌量は、ワムシの場合5個体/mlを目安としたが、飼育水中でのワムシの増殖が大きい場合、15個体/mlまでなった。アルテミアノウプリウスは0.2～0.5個体/mlを目安として給餌した。配合飼料は全長10mmから給餌を開始し、粒径は250 μm から順次成長にあわせて400、750、1000 μm と切り替えた。

(2) 水質管理

飼育水にはVNNの垂直感染を防除するために紫外線照射海水を使用し、8回次生産ではオゾン処理海水も使用した。

水質の管理として、毎日午前中に水温、溶存酸素量、アンモニア量、pHを測定した。飼育期間を通して各項目とも大きな変化はなかったが、溶存酸素量が常に高いレベルにあり、ガス病の危険性があったため、注水口から水面にたつきつけるように注水し飼育水が過飽和になることを防止した。換水はふ化後5～6日目から開始し、開始直後の換水率は33～40%であったが、その後徐々に換水率を上げ、取り上げ直後のふ化後40日目以降は180～280%まで上げた。

飼育水槽の底掃除は底掃除ロボット（神戸メカトロニクス製）を使用し、収容翌日から毎日行った。

(3) 計数と測定

飼育開始後の生残率の変化を知るためにふ化後15日目まで容量法により生残尾数を推定し、その後、取り揚げまでは斃死尾数から推定した。測定は、収容からふ化後15日目までは毎日、その後取り揚げまでは2～3日おきに20～3

0 尾の全長を測定した。またその時、摂餌個体率、奇形率の調査も行った。

6. 結果

(1) 生産結果

今年度は 7 回次 11 例の飼育を行い、平均全長 27.7 mm の種苗 37.6 万尾を生産した。平均生残率は 11.5 % であった (表 1)。

(2) 生残

例年と同様に収容直後の減耗が大きかった (図 3)。減耗は収容後 15~20 日目まで続き、2R-2では収容直後の減耗が大きく、収容後5日目には飼育を中止した。その後全長12mm までは大きな減耗は見られなかったが、平均全長12mm~20mm (ふ化後30~40日目) にかけて減耗が見られた (図 4)。斃死したものは小型個体が多く、形態異常魚が60~67% を占めていた。6, 7 回次生産と 7 回次生産の1例ではVNNが発生したため種苗の生産ができなかった。

(3) 疾病

5, 6 回次生産と 7 回次生産で紫外線照射海水を使用した試験区 (7R-1)ではVNNが発生し、飼育を中止した。症状は例年と同様にふ化後 8~9 日目から摂餌不良, 遊泳緩慢, 浮上横転, 浮き袋異常膨満が上げられる。7 回次生産でオゾン処理海水を使用した試験区 (7R-2) ではVNNは発生しなかったことからVNN防除におけるオゾン処理海水の有効性が示唆された。VNNによる斃死魚はプランクトンネットで回収し、飼育水槽は水酸化ナトリウム (pH12) で消毒した。VNN対策としてのオゾン処理海水による飼育試験は来年度以降も引き続き試験を行う必要がある。オゾン処理海水中には装置内の活性炭が若干流失し、処理水の透明度も濾過海水、紫外線照射海水に比べ高かった。

(4) 成長

ふ化直後の全長は3.14~3.33mm であった。その後、時間の経過とともに増加し、ふ化後日数と全長の関係は以下の式で表された (図 5)。

$$1R-1 \quad TL=2.86e^{0.046D} \quad (R^2=0.972) \quad 1R-2 \quad TL=2.96e^{0.043D} \quad (R^2=0.956)$$

$$2R-1 \quad TL=2.62e^{0.046D} \quad (R^2=0.966)$$

$$3R \quad TL=2.62e^{0.054D} \quad (R^2=0.968)$$

$$4R \quad TL=2.82e^{0.046D} \quad (R^2=0.975)$$

$$7R-1 \quad TL=2.99e^{0.049D} \quad (R^2=0.972) \quad 7R-2 \quad TL=2.89e^{0.046D} \quad (R^2=0.981)$$

注) Dはふ化後日数

飼育開始から取揚げまでの全長の増加率は 3 回次生産では 0.054 と高かったが、それ以外の生産回次では大きな差は見られず0.043~0.049であった。成

長に伴い個体差が顕著になり、どの生産回次でも全長の増加に伴い全長の変動係数は増加する傾向が見られた（図 6）。1R-2では取り揚げ時まで全長の増加に伴い変動係数は直線的に増加したが、その他の飼育例では10～15mm以降は変動係数が一定あるいは減少する傾向が見られた。

シマアジ仔魚の乾燥重量は開口後成長に伴い指数関数的に増加し、全長と乾燥重量の関係は $DBW = 0.00076 TL^{3.44}$ で表された（図 7）。また、変曲点が全長 8mm でみられた。

シマアジ 1 個体の中性脂質量はふ化直後は1.27 μ gであったが、平均全長 5 mm までは減少し0.3 μ gとなり、平均全長 8mm でいったん減少するもののその後は指数関数的に増加した（図 8）。単位体重当たりの中性脂質量はふ化直後がもっとも高く3% であったが、その後全長 5 mmまで低下し、0.2% となった。その後上昇し、約 1.5～2.0% で推移したが、平均全長 8 mm の時点で一時的に低下した（図 9）。体重の日間増加率は 6mm と 8mm で低下する傾向が見られ（図 10）、中性脂質の日間増加率はふ化後 5 mm まではマイナスであったが、6～7 mm では 120% まで増加した（図 11）。その後、平均全長8mm では一時的にマイナスに低下したが、その後は 20～30% で推移した。（図 9）。全長 5 mm までと全長 8～10 mm の時期は器官の形成が活発に進む時期とされていることから、この時期に器官の形成のために中性脂質が消費され、成長に消費される量が少なくなり、その乾燥重量の増加率が低下したものと思われる。開腔後の斃死と 8mm 時期の斃死は過去の種苗生産事例でも観察されており、この時期の飼育には注意を払う必要があると思われる。

(4)形態異常

今年度は平均全長 5mm で下顎異常個体が20～30% と高い割合で認められた。下顎異常個体の出現率は平均全長 15 mm まで 20～30 % で推移するが、それ以後は徐々に低下し、取り揚げ時における出現率は2.4～4.4%であった。これは平均全長 12mm 以降における斃死個体に下顎異常個体が約 60～80%と高い割合で含まれていたためである。鰓蓋欠損個体は平均全長15mm から見られるようになり、取り揚げ時におけるその割合は1.0～1.4%であった。

取り揚げ時における奇形率は3.8～7.8% であり、部位別では口部異常64.3～72.9%、鰓蓋欠損 19.1～28.5%、口部および鰓蓋欠損4.1～6.4%、脊椎骨異常その他1.6～3.1%であった。

7. 検討課題

(1)初期減耗

今年度も引き続き初期減耗が大きく、どの生産回次でも見られ、特に収容直後の減耗が大きかった。開口後の摂餌率はどの生産回次でもほぼ100%であった。VNN対策としてふ化仔魚の収容密度を下げる必要があることから生産尾数を増加させるためには、初期減耗を軽減することが重要である。

(2) 飼育中期の減耗

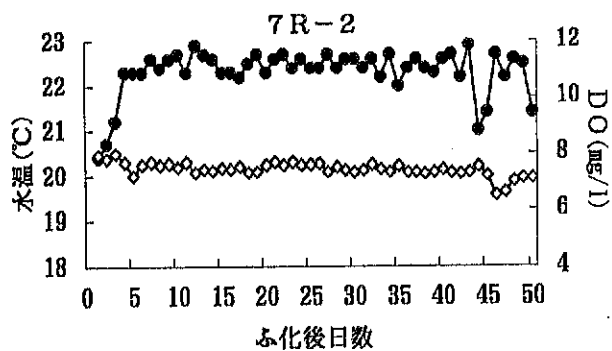
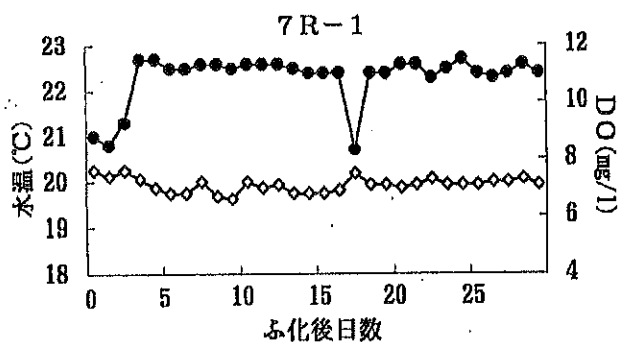
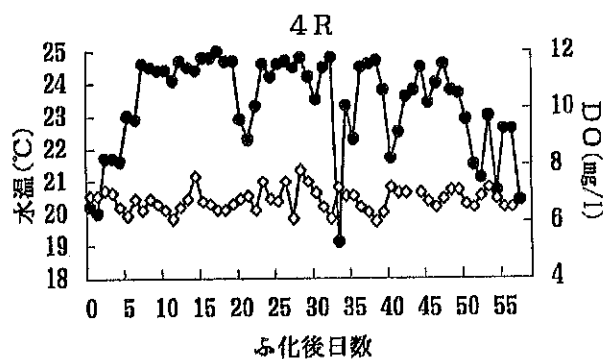
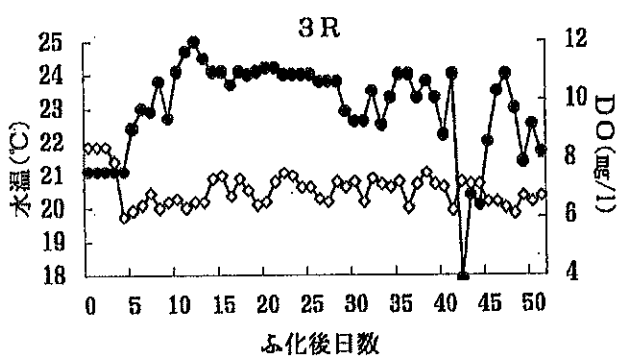
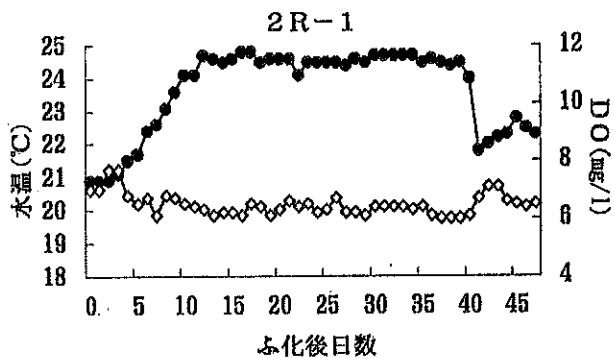
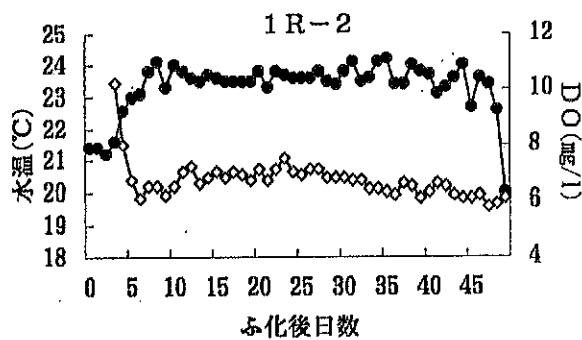
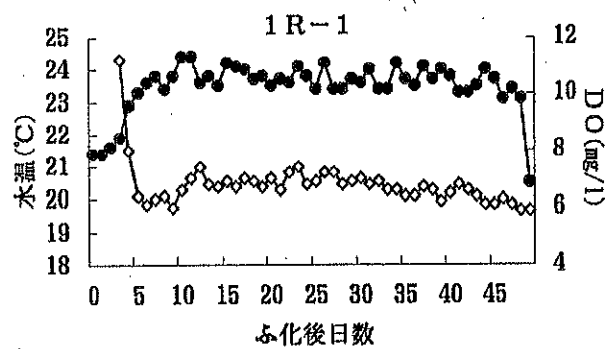
今年度の飼育では例年になく12mm以降の減耗が大きく、新たな問題として上げられた。斃死魚は比較的小型で下顎が短い個体が多かった。飼育方法で例年と大きく異なる点としては、使用したワムシがL型からS型へ変わったことが上げられるが、その因果関係については不明である。L型ワムシの培養が不安定な場合に備え、S型ワムシでの飼育方法の検討が必要である。

(3) 形態異常

開腔後、下顎が短い個体が20～30%の割合で見られた。原因については不明であるが、油膜との関係も疑われることから、次年度以降、油膜の除去を行い、その因果関係について調査を行う必要がある。

(4) VNN対策

7回次生産でオゾン処理海水の有効性が示唆されたことから、次年度以降も、その有効性に関する試験とオゾン処理海水の仔稚魚への影響を調査する必要がある。また、水平感染防除のために水槽、器具の消毒、受精卵の消毒を徹底させる必要がある。



図ノ シマアジ飼育水の水溫・DOの變化

●・・・水溫

◇・・・DO

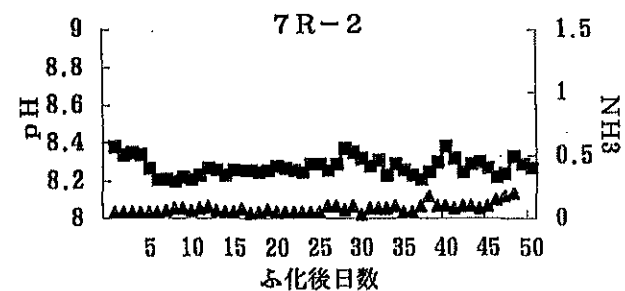
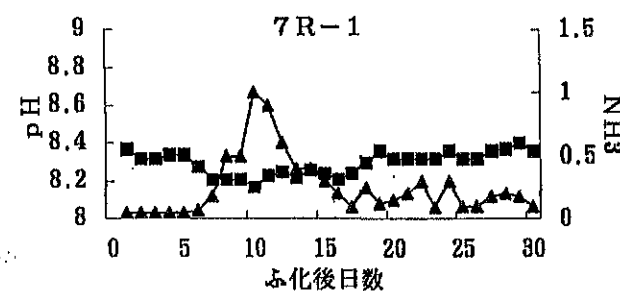
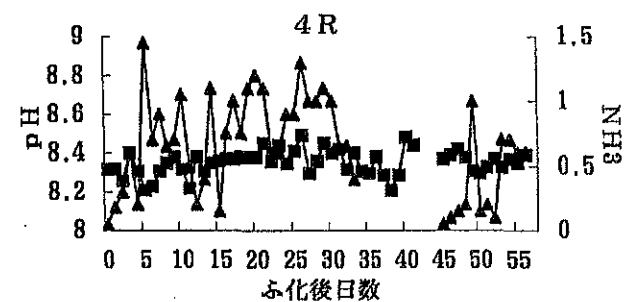
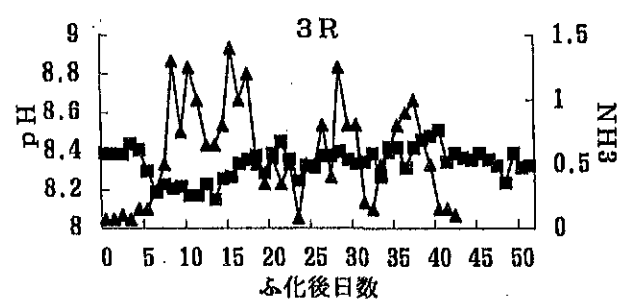
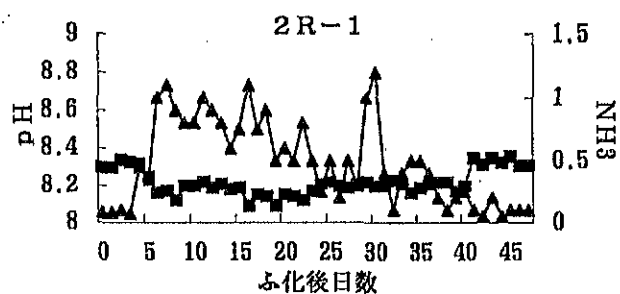
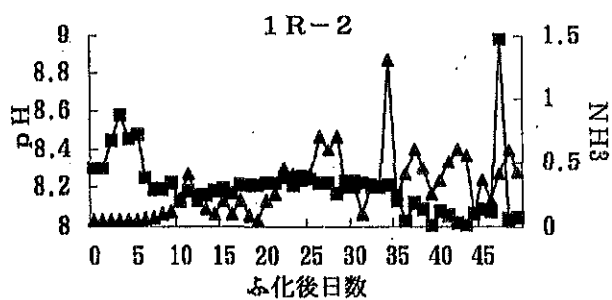
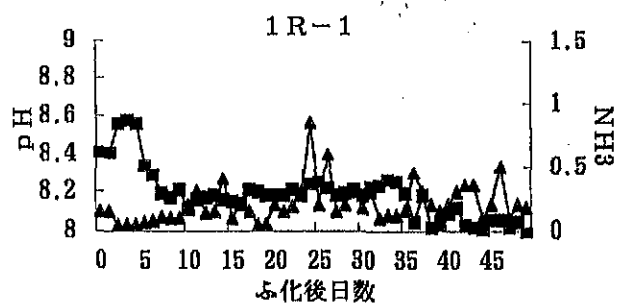


図2 シマアジ飼育水のpH・NH₃量の変化

■・・・pH

▲・・・NH₃

表1. 平成5年度シマアジ種苗生産概要（五島事業場）

生産 回次	月日	親魚群	水槽 (m ³)	収容*1 尾数	収容*2 密度	生産*3 尾数	生残率 (%)	全長 (mm)	VNN 発症
1-1	12. 2	天11	90	500	6.2	53	10.6	29.7(17.3~39.0)	無
1-2	12. 2	天11	90	500	6.2	57	11.4	26.4(15.4~34.4)	無
2	12.22	天11	90	800	10.0	133	16.6	25.3(13.8~39.3)	無
3	12.24	天11	90	800	10.0	0	0.0		無
4	1.11	ワカチ	60	600	12.0	52	8.6	29.3(17.0~37.9)	無
5	1.20	天11	60	600	12.0	46	7.6	34.5(20.3~53.3)	無
6-1	3.19	ワカチ	90	590	7.3	0	0.0		有
6-2	3.19	ワカチ	90	600	7.5	0	0.0		有
7	3.19	天11	60	500	10.0	0	0.0		有
8-1	4. 6	古満目	90	350	4.3	0	0.0		有
8-2	4. 6	古満目	90	350	4.3	26	7.4	32.4(20.0~45.0)	無

*1: 千尾 *2: 千尾/m³ *3: 千尾

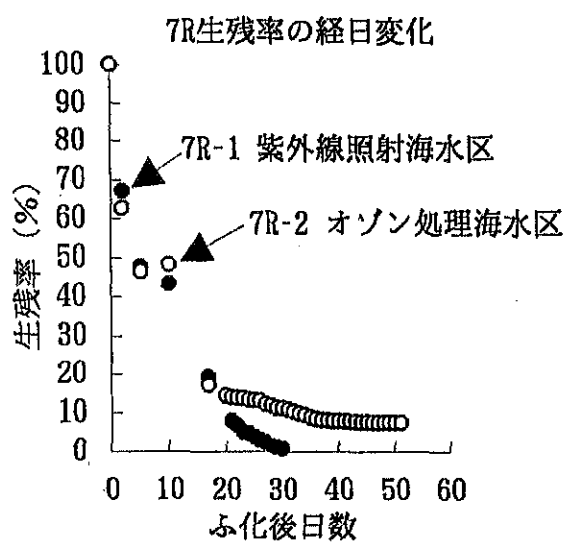
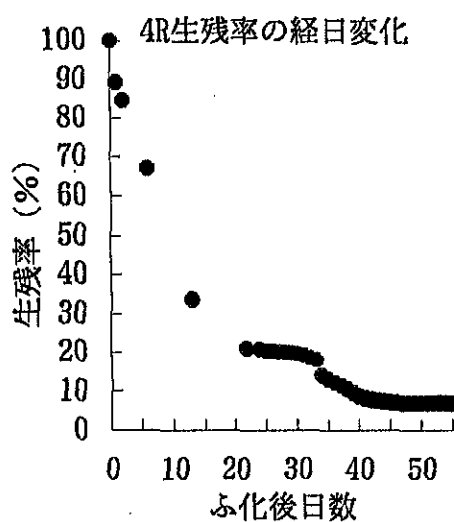
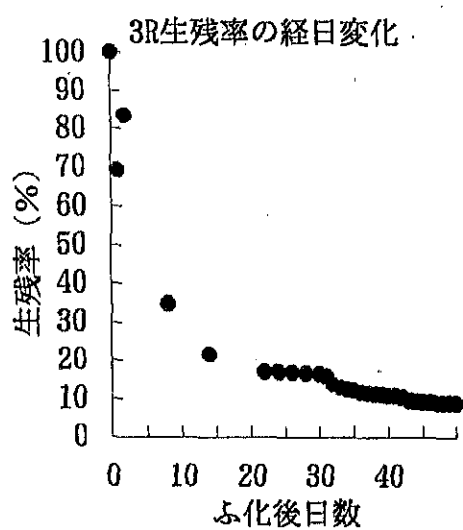
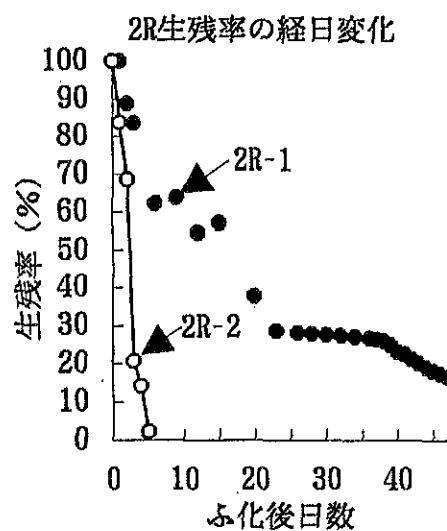
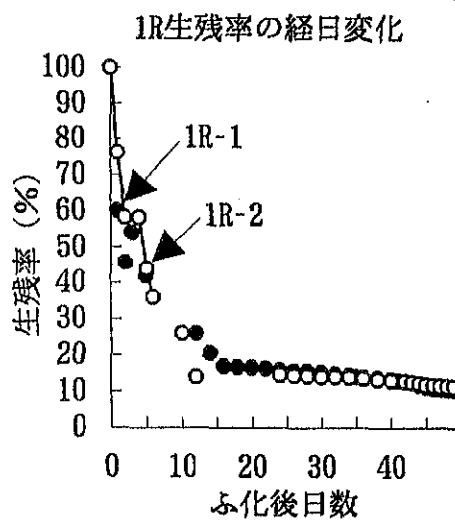


図3 シマアジの生残率の経日変化

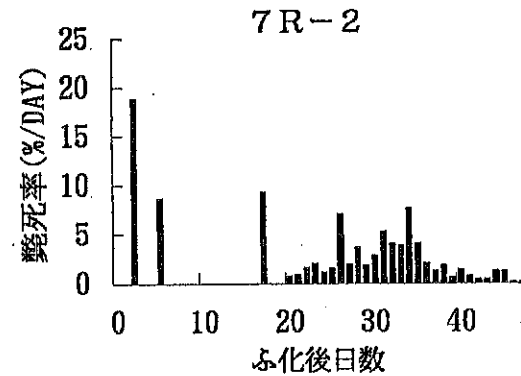
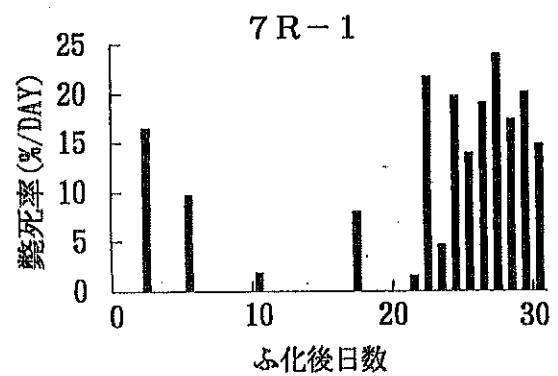
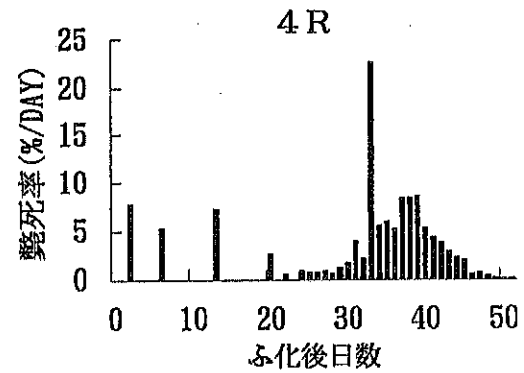
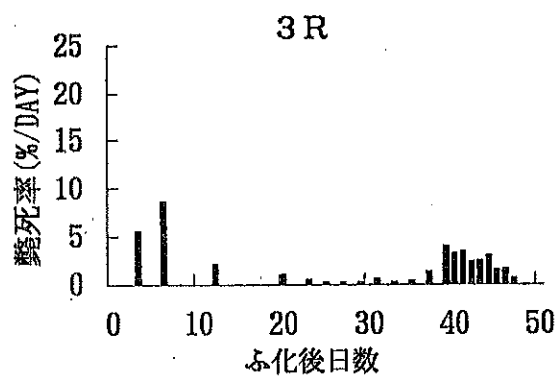
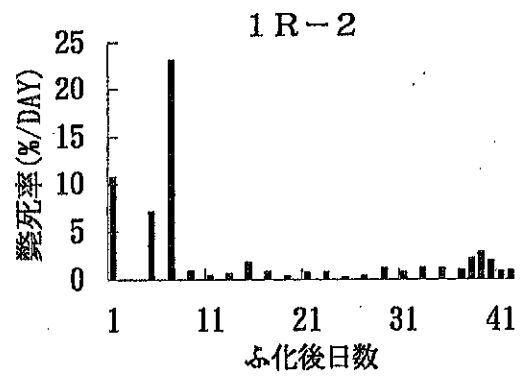
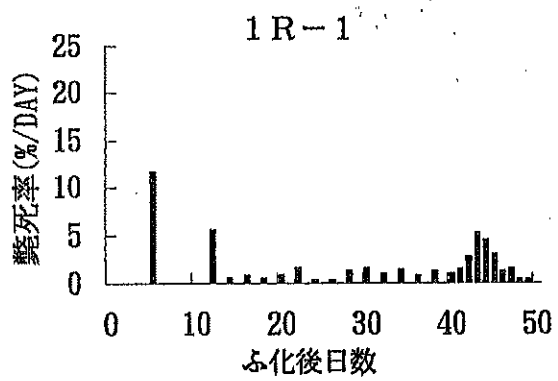


図4 シマアジヘイ死率の変化

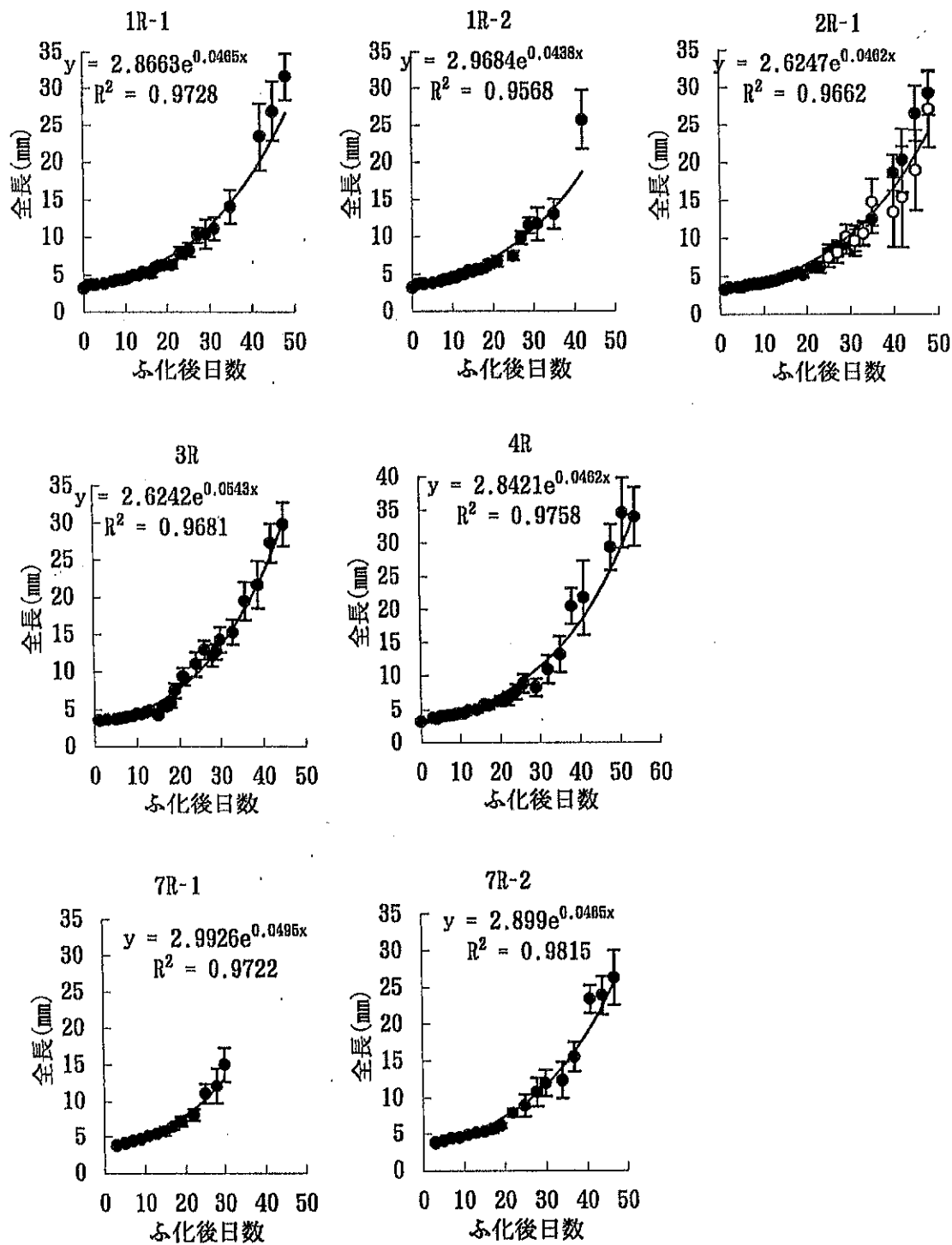


図5 シマアジ全長の経日変化

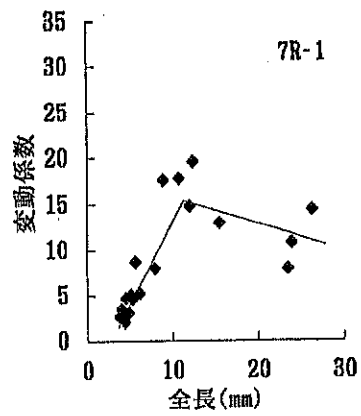
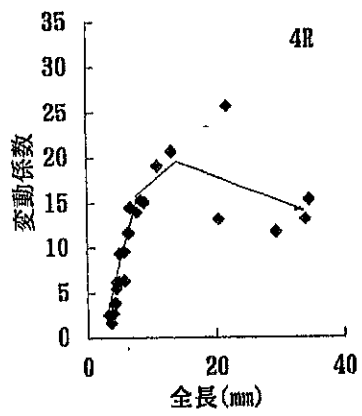
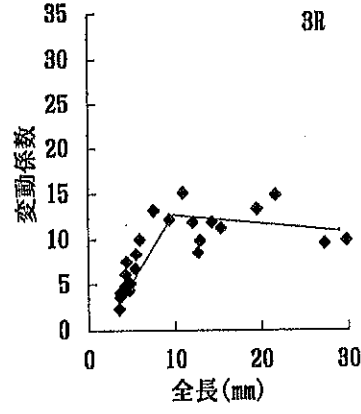
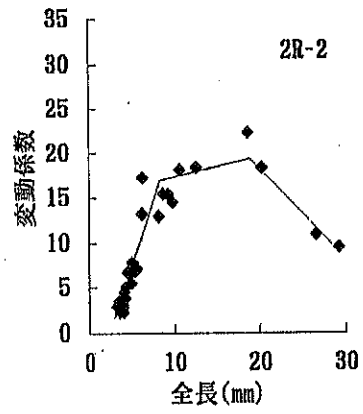
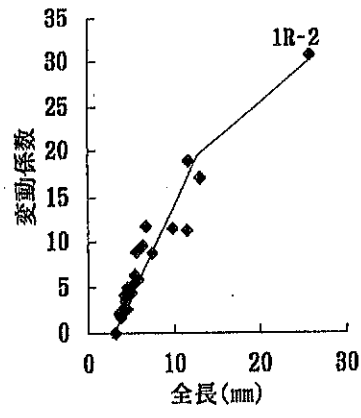
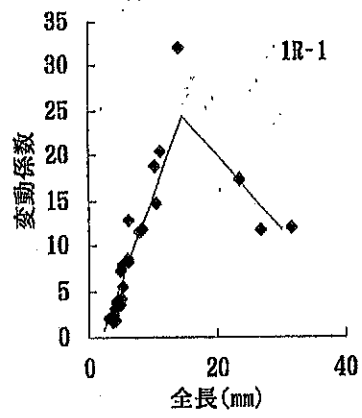


図6 シマアジ全長変動係数の変化

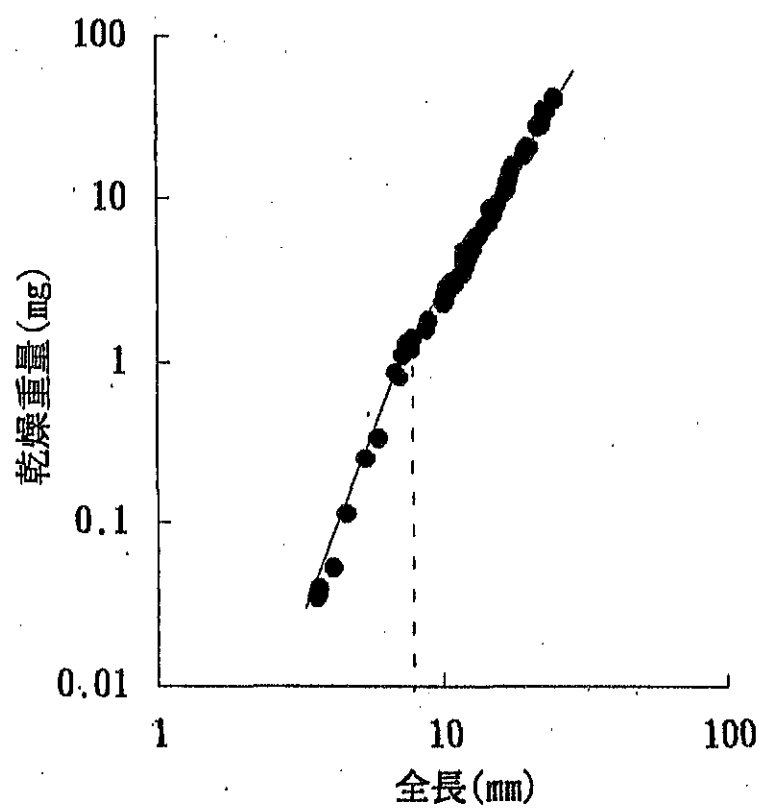


図7 シマアジ仔魚の全長と乾燥重量の関係

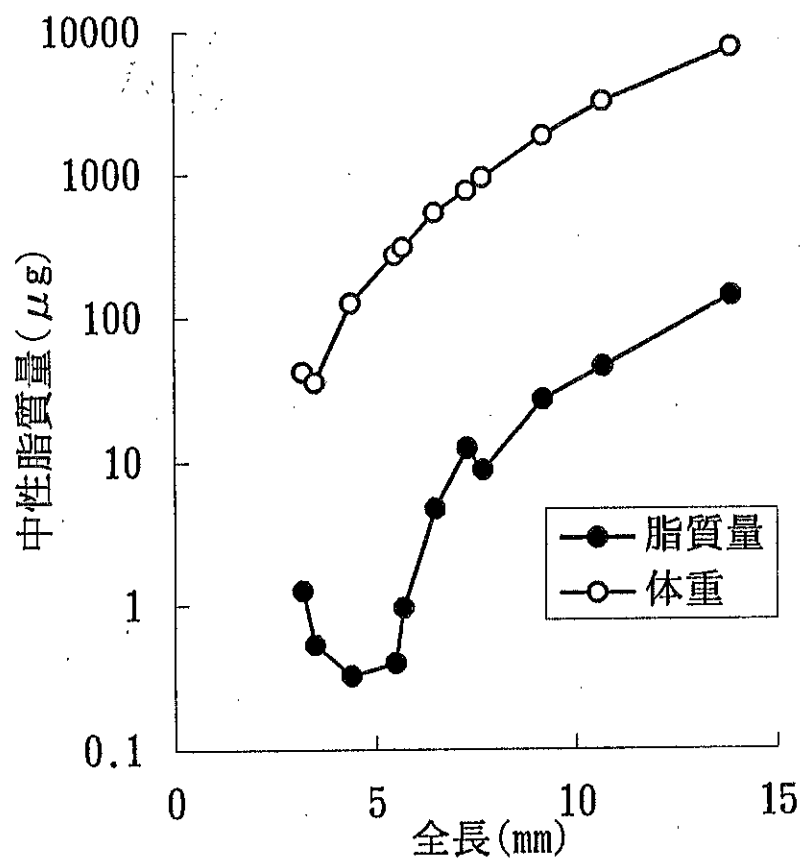


図8 全長と中性脂質量の関係

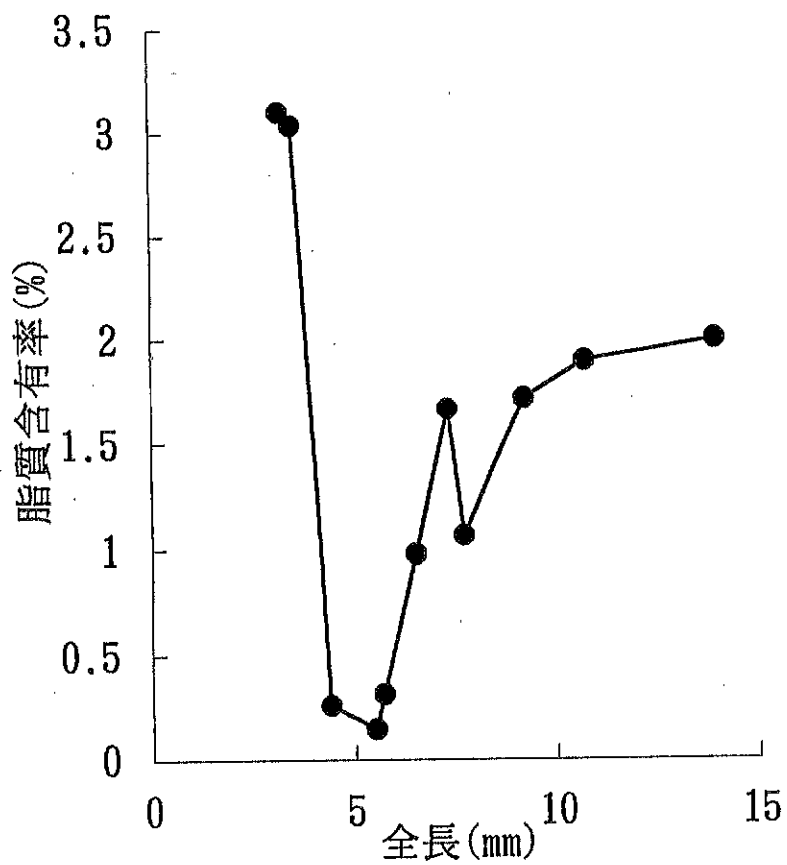


図9 全長と脂質含有率の関係

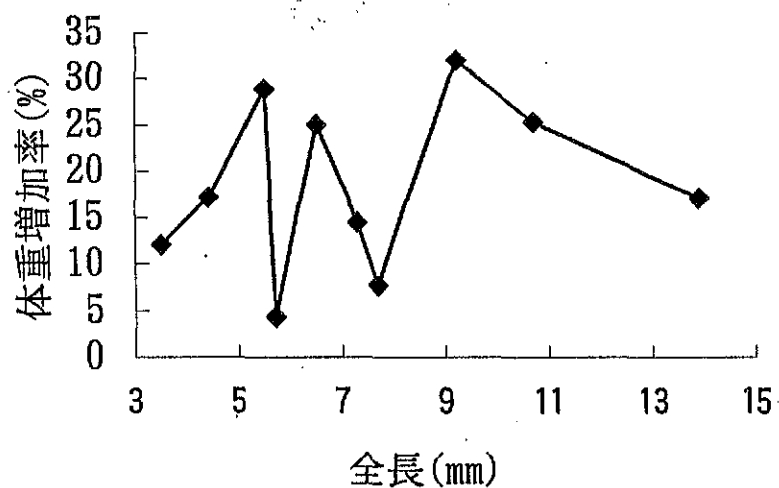


図10 体重増加率と全長の関係

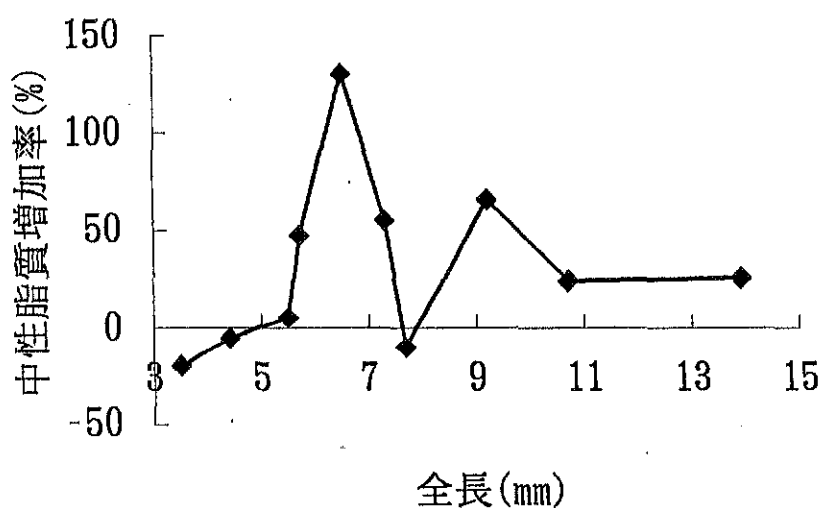


図11 中性脂質増加率と全長の関係

$$\text{増加率}(\%) = (W_{t+n} - W_t) / n / W_t \times 100$$

W_t : t日の重量

W_{t+n} : t+n日後の重量

II - 3 - 2 シマアジ中間育成

小磯雅彦

近年、本種の中間育成の状況は、陸上水槽での配合飼料化が可能となり、大量斃死を招く疾病もみられず、中間育成での生残率は80～90%と好成績が得られている。しかし、中間育成に関する基本的な知見については、経験的には数多くあるが、それらについてはあまり報告されていない。このため、本年度はシマアジの中間育成に関する当事業場での基本的なデータの収集を目的に、中間育成を行ったのでその結果の概要を報告する。

なお、本年度の中間育成の開始は平成5年1月21日から開始したが、当事業場の地先海水温が1月から3月の期間は16℃以下と低く、この時期は季節風による波浪が頻繁に起こるため、一部は試験的に3月上旬に沖出したが、主群は3月下旬までは陸上水槽で加温して飼育を行い、それ以降は海上飼育を行った。

1. 陸上水槽での中間育成の概要

(1) 材料及び方法

供試魚には、平成5年1月21日から3月18日までの期間中に当事業場で種苗生産された平均全長27.8mm (13.8～53.3) のシマアジ稚魚33.4万尾を用いた。飼育水槽は90m³水槽5面と60m³水槽1面をそれぞれ用いて、収容密度は447～789尾/m³で行った。通気はエアーストンで行い、換水量に2回転/日を基準とした。飼育水温は、収容直後は20℃で行い、その後は海上への沖出しのために徐々に降下して沖出し前には16℃で行った。給餌は、自動給餌機(YDF-220B0:YAMAHA製)と手撒きにより配合飼料(おとひめ2, 3号:日清餌料製、マリン2, 3号:大洋漁業製)を飽食給餌した。選別は、金網選別機(目合:5～12mm)を用いて行い、この時に並行して、計数及び形態異常魚の除去を人海戦術で行った。

(2) 結果及び考察

陸上での育成は13～55日間行い、沖出しを平成5年3月3日から31日までの期間で平均全長57.4mm (36.7～81.1)、平均尾叉長51.8mm (33.0～75.2) の稚魚32.21万尾を行い、この生残率は96.4%であった(表1)。斃死状況は、取り揚げ後1～3日間で総尾数の1%前後が斃死した以外は大きな斃死はみられなかった。

2. 海上小割網での中間育成の概要

(1) 材料及び方法

供試魚には、平成5年3月3日から31日までの期間で沖出しした平均尾叉長51.8mm (33.0～75.2) の稚魚32.21万尾と平成5年5月27日に種苗生産後直接沖出しした平均尾叉長30.2mm (19.5～41.1) の稚魚2.63万尾の合計34.84万尾を用いた。使用した生簀網は4×4×3mの角型で、収容密度は235～302尾/m³で収容した。給餌は自動給餌機(陸上と同様)と手撒きにより、配合飼料(マリン2～4号:大洋漁業製)を飽食給餌した。網替えは10日～15日間隔で行った。選別は、金網選別機(目合:7～15mm)を用いて行い、この時に並行して計数及び形態異常魚の除去を人海戦術で行った。

(2) 結果及び考察

種苗の利用状況は、平成5年4月13日から7月5日の期間で上浦事業場及び関係県へ平均尾叉長58.4mm (31.6～100.8) の稚魚28.2万尾を配付して、6月8日にシマアジ学習試験

用に平均尾叉長0.4万尾を供給し、6月28日に飼付け試験用に3.45万尾を放流して、この総利用尾数は32.05万尾となり、この生残率は92.0%であった（表2）。沖出し後の斃死状況は、陸上で育成した群はほとんど斃死はみられなかったが、5月27日に直接沖出した群は、沖出し後約2週間程度斃死が続き、この期間で約0.4万尾（この群の約15%）が斃死した。

（3）陸上及び海上を通じての中間育成結果

陸上、海上を通じての中間育成全体の総受け入れ尾数は36.03万尾で、総利用尾数は32.05万尾で、この総生残率は89.0%であった。中間育成中に3.98万尾（全体の11%）が減耗しているが、これには形態異常魚が1.57万尾（全体の4.4%）と測定サンプル魚が0.3万尾（同0.8%）も含まれているため、全期間を通じての実際の斃死尾数は2.11万尾（同5.9%）である。このように本年度は疾病や作業中の斃死も少なく良好な状態で中間育成ができたと思われる。

3. 成長

本年度の1回次群シマアジの尾叉長の増加を図1に示した。

1回次群シマアジの尾叉長の増加は、中間育成開始時の平成5年1月21日（日令50）には30.6mmで、3月3日（日令92）の沖出し時には67.0mmまで達しこの期間の日間成長は0.87mmであった。この期間の水温は陸上水槽で加温していたため16～20℃であった。その後海上へ沖出ししたため水温は13～14℃と低下し、この影響で給餌量も減少して3月19日（日令108）には66.3mmと成長は停滞した。その後3月27日（日令116）日には水温は16℃台となり尾叉長は73.6mmと再びの増加がみられ始め、中間育成終了時の6月24日（日令203）には127.8mmとなり、この期間の日間成長は0.62mmであった。これらのことから、本種の成長には16℃以上の水温が必要であり、16～20℃の水温で配合飼料の飽食給餌を行えば0.6～0.8mmの日間成長が得られると考えられる。

本年度は配合飼料に、おとひめとマリンのシリーズを用いたが、これらの餌料転換効率は、尾叉長30～60mmで水温17～20℃の場合には70～90%であった。

本種の相対成長については、尾叉長（F）範囲が15～250mmでの全長（T）及び体重（W）の関係は以下の式で示される。

$$T = -2.429 + 1.156(F) \quad (r^2 = 0.999, n = 623) \quad (\text{図2})$$

$$W = 0.0000119 \times (F)^{3.096} \quad (r^2 = 0.999, n = 623) \quad (\text{図3})$$

4. 給餌率

近年の中間育成の給餌量は、配合飼料の飽食給餌を行ってきたが、その量については把握されいないため、水温が17～20℃範囲の魚体重あたりの日間飽食給餌率を魚体重0.4～30g（尾叉長：28～120mm）の範囲で調査し、その結果を図4に示した。

魚体重あたりの配合飼料の日間飽食給餌率の目安は、体重0.4～0.5g（尾叉長30mm前後）では9～12%、体重0.5～1.1g（同30～40mm）では7～11%、体重1.1～2.2g（同40～50mm）では5～10%、体重2.2～30g（同50～120mm）では3～5%と考えられた。このように、魚体重あたり飽食給餌率は体重の増加に反比例して徐々に減少していくが、体重が2g以上（尾叉長：約50mm以上）では3～5%程度でやや横ばいになることが分かった。なお、今回は水温範囲が17～20℃で調査を行ったが、より高い水温ではこの値よりは若干は高くなると思われる。

また、6月3日に魚体重24.3g（尾叉長：113mm）のシマアジに対して、9:30、13:30、16:00の3回／日の配合飼料の飽食給餌を行った結果、各時間毎の魚体重あたりの飽食給餌率は、それぞれ0.9%、1.0%、1.3%となり、稚魚の摂餌は夕方に最も活発になると考えられた。

5. 選別

選別は、種苗生産及び中間育成時に成長差が生じて、小型個体の減耗のため生残率が低下するのを防止する直接的で効果的な方法である。そこで今回は当事業場で実際に使用している5mm、6mm、7mm、9mm、12mm、15mmの各目合の選別機を用いて、本種の稚魚がどのサイズで分かれるのかを調査した。なお、選別による分かれる尾叉長サイズは選別機から抜けた群の最大サイズを目安とした。

各選別目合で分かれる尾叉長のサイズは、5mm選別では25mm、6mm選別では29mm、7mm選別では36mm、9mm選別では54mm、12mm選別では56mm、15mm選別では79mmと考えられた（図5，6）。

選別後の止まり群（大群）と抜け群（小群）の成長率についてを、平成5年3月4日（選別日）から3月18日の14日間調査した。供試魚は3，4回次の5mm選別後の稚魚で止まり群は尾叉長29.5mm、抜け群は19.4mmであった。飼育方法は陸上水槽1面に生簀網を2面設置して、給餌は配合飼料を飽食給餌した。この結果、尾叉長は止まり群が42.8mm、抜け群が28.5mmとなり、この期間の成長率は止まり群は45.1%で抜け群は46.9%となった。このように、選別後には小型魚も大型魚とほぼ同様な成長率が得られることが分かった。

6. 形態異常

本種の各回次毎（2回次は抜け群のみ）の形態異常の種類別出現状況を表3に示した。各回次毎の形態異常魚の出現率は、1回次では4.9%、3,4回次では7.1%、7回次では4.4%となり、1回次群では異常魚を除いた後の3月29日に再び5mm抜け群の形態異常調査を行った結果、この群の約14%が異常魚であったことから、種苗生産魚の4～7%以上は形態異常魚と思われた。形態異常の項目では、口部異常（下顎が短い、下顎のねじれ）が最も多く、形態異常の中で7～8割を占め、次いで鰓蓋異常（鰓蓋の一部欠損）が1～3割を占めた。その他では、頭部、肛門部、椎体部の異常がみられたが、それらは1%以下であった。

選別後の止まり群（大群）と抜け群（小群）の形態異常の出現率は、1R-1回次では3.0%と13.2%、1R-2回次では1.9%と9.5%、7回次では2.5%と5.2%となり、止まり群に比べて抜け群の形態異常出現率は2倍以上であることが分かった。

形態異常魚の成長については、平成5年1月28日に1回次の5mm止まり群で、正常魚と口部及び鰓蓋部異常魚の尾叉長組成を調査した。この結果、正常魚と鰓蓋異常魚の平均尾叉長は34.8mmと34.5mmとなり、ほぼ同じであったが、口部異常魚は28.1mmと小型個体であった（図7）。このことから、鰓蓋異常魚は成長にはほとんど影響は無いが、口部異常魚は摂餌が不十分なためか成長が遅れることが分かった。

7. 通常飼育（1回次群）とオゾン（7回次）区との比較

本年度の種苗生産の中で平成5年4月7日収容の7回次群は、オゾン処理海水を用いて

生産を行った結果、5月27日に2.63万尾を取り上げることができた。オゾン処理海水（残留オキシダント）の魚体への影響については、まだ疑問が持たれるため、通常飼育を行った1回次群と取り揚げ後の飼育について比較してみた。

（１）飼育方法

比較した期間は、7回次群では平成5年5月28日（日令53）から7月5日（日令91）で、1回次群では平成5年1月21日（日令50）から3月3日（日令92）であった。飼育水温範囲は、7回次群では海上生簀網で育成したため自然水温の18.9～22.0℃で、1回次群では陸上水槽で加温海水を利用して17.0～19.1℃で行った。給餌方法は、両群共に自動給餌機と手撒きを併用して、配合飼料（マリン2，3号：大洋漁業製）を飽食給餌した。

（２）結果及び考察

1回次群と7回次群の比較結果を図8に示した。生残率は1回次群は日令92で95.7%であったが、7回次群は日令91で83.4%となり、1回次群より約12%低かった。7回次群の斃死は、5月29日の斃死魚の平均尾叉長22mm（18～28）で、5月28日の取り揚げ時の平均尾叉長34.4mm（29.4～42.3）よりもかなり小型個体が斃死していることが分かり、このような小型魚の斃死が取り揚げ後約2週間続いた。尾叉長の増加は、1回次群では取り揚げ直後から0.7～1.2mmの日間成長がみられ、日令92では平均尾叉長67.0mm（59.1～75.2）に達した。これに対して7回次群は取り揚げ後約2週間は日間成長が0.04～0.24mmとほとんど尾叉長の増加はみられなかったが、その後は日間成長が0.9～1.4mmと急成長がみられ、日令91では平均尾叉長61.0mm（43.0～70.0）となった。7回次群の形態異常魚の出現状況は、他の回次とほぼ同様な傾向がみられ、形態異常魚の出現率は4.4%で口部と鰓蓋部の異常であった（表3）。

7回次群が取り揚げ後約2週間小型個体の斃死が続き、かつ成長が停滞した要因は判然としないが、小型個体だけで無く7回次群全体の状態がこの時良くなかったと推測される。この現象がオゾン処理海水の影響かどうかを検討する材料が現時点では乏しいため、今後追試を行う必要がある。

8. 低水温（13～14℃）での中間育成状況

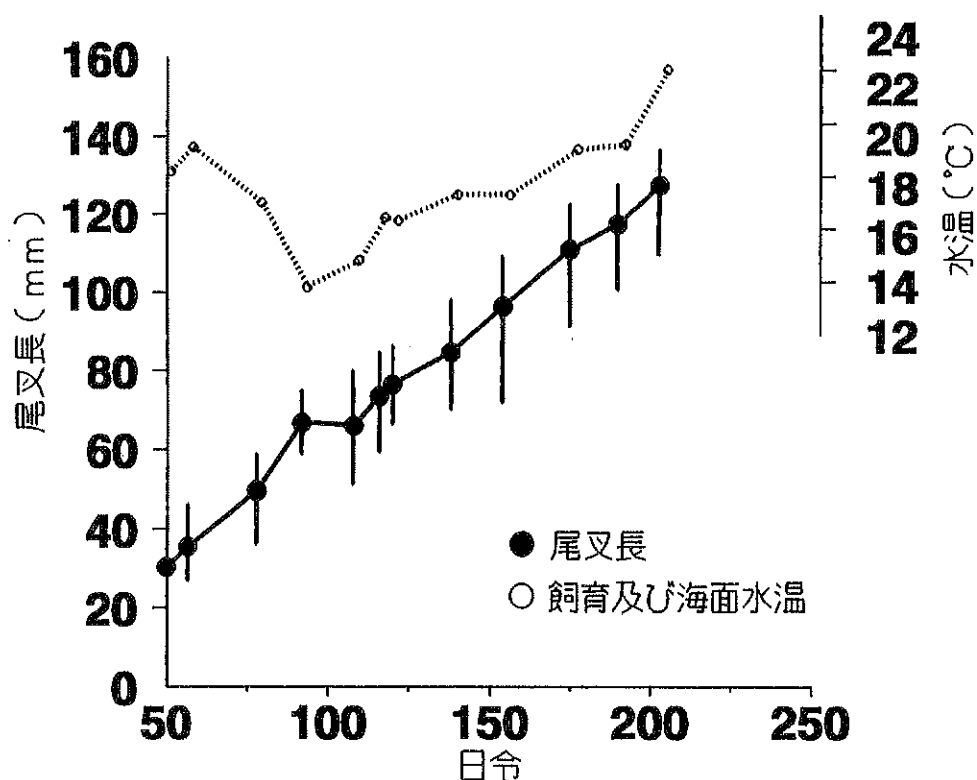
当事業場のシマアジの種苗生産は、VNN対策として12月から行なわれ、中間育成は1月中下旬から始まるのが近年の現状である。しかし、この時期の五島海域の海水温は13℃以下になり、波浪の影響もあるため、直接海上へは沖出しすることはできない。では、どのサイズであれば沖出し可能であるかを検討するため、本年度は、試験的に3月上旬から中旬にかけて3回の沖出しを行なった。この結果を表4に示した。平成5年3月3日から3月19日の試験では、期間中2日間波浪のため給餌できず、海水温は10.5～14.8℃を推移し、魚体重あたりの飽食給餌率も1.3～2.7%と低く、開始時の尾叉長が68.5mmで終了時が72.7mmと16日間で4.2mm（日間成長量：0.26mm）しか増加はしなかった。しかし、肥満度は開始時が16.51で終了時が17.38と低下しておらず、生残率も99.9%と良好であった。このような傾向は2回目の試験でも同様で、3回目の試験ではより小型魚（尾叉長：57.6mm）で試験を行なったが、試験期間後半に海水温が17℃台まで上昇したため、低水温の試験にならなかった。このことから、尾叉長60mm以上であれば低水温期の沖出しも可能であると推測され、今後より小型魚での可能性を究明する必要がある。

表1 陸上水槽によるシマアジの中間育成の概要（五島事業場）

水 槽			収 容			飼 育			取 り 揚 げ					備考	
型	大きさ (実容量, m³)	個数	月日	尾 数 (尾)	密 度 (尾/m³)	全 長 (mm)	水 温 (℃)	主な餌 の種類	飼育 日数	月日	尾 数 (尾)	密 度 (尾/m³)	全 長 (mm)		生残率 (%)
角型	90(90)	2	1.21	109,300	607	28.0	16.0~19.4	配合	55	3.17	101,400	563	70.5	92.8	
角型	90(90)	2	2. 8	126,900	705	25.3	16.0~20.6	飼料	45	3.25	124,500	692	57.9	98.1	
角型	90(90)	1	3. 4	97,800	447	29.3	17.0~20.0		13~27	3.31	96,200	437	42.8	98.4	
角型	60(60)	1	~3.18		~789	~34.5						~778			
						334,000	27.8						322,100	57.4	96.4

表2 海上生簀によるシマアジの中間育成の概要（五島事業場）

生 簀			収 容				飼 育			取 り 揚 げ					備 考
型	大きさ (m)	個数	月日	尾 数 (尾)	密 度 (尾/㎡)	全 長 (mm)	水温 (℃)	主な餌 の種類	飼育 日数	月日	尾 数 (尾)	密 度 (尾/㎡)	全長 (mm)	生残率 (%)	
角型	4X4X3	6	3.17	101,400	302	70.5	13.0~23.8	配合	26~101	4.13	202,000	350	67.3	上浦事業場へ輸送 鹿児島県配付 熊本県配付 長崎県配付 学習試験用 飼付け試験用 長崎県配付	
角型	4X4X3	8	3.25	124,500	278	57.9	14.2~16.7	飼料	18	4.13	20,000	357	54.6		
角型	4X4X3	6	3.31	96,200	286	42.8	14.2~18.8		12~48	4.15	20,000	357	45.5		
角型	4X4X3	2	5.27	26,300	235	32.4	18.1~22.2		12~34	5.13	20,000	357	69.0		
										6. 8	4,000	174	39.9		
										6.26	34,500	155	144.0		
										7. 5	20,000	357	67.6		
348,400											320,500				92.0

図1 平成5年度シマアジの成長
平成5年1月25日~6月24日

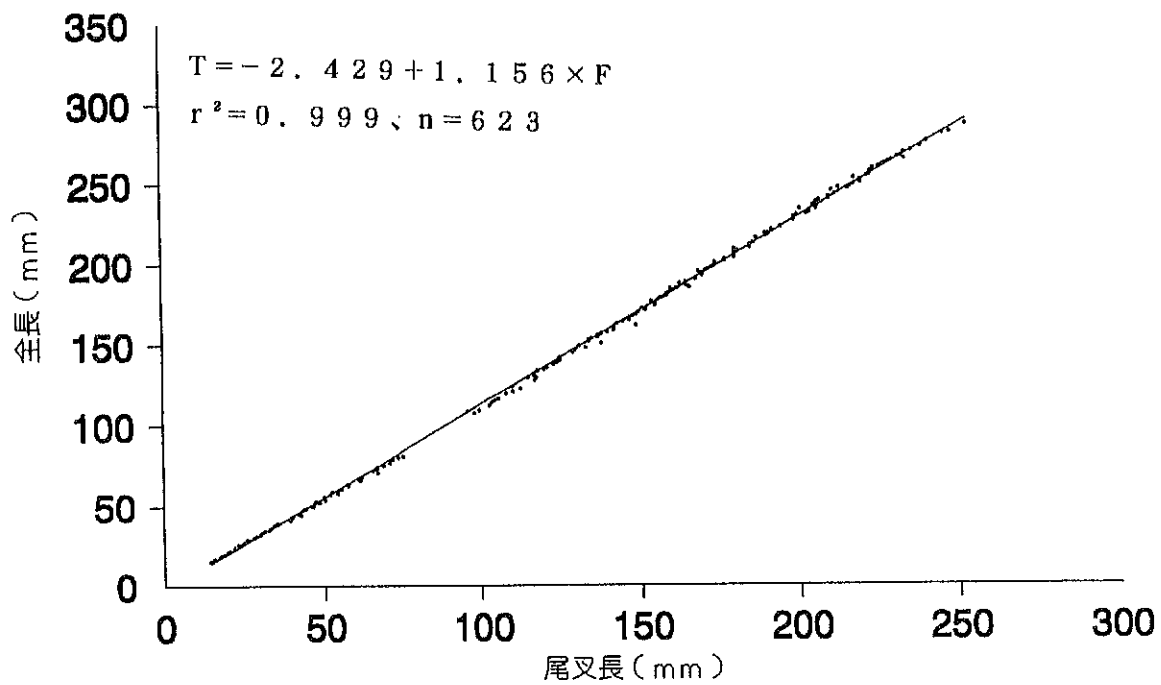


図 2 平成5年度シマアジの尾叉長 (F) と全長 (T) の関係

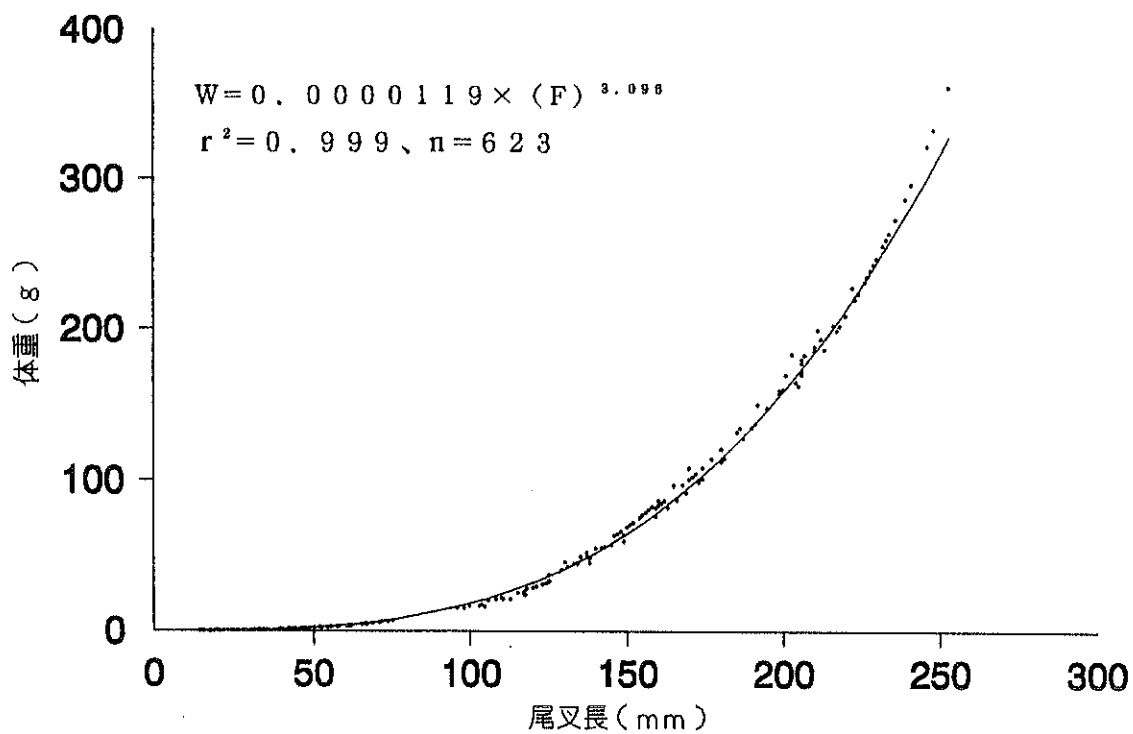


図 3 平成5年度シマアジの尾叉長 (F) と体重 (W) の関係

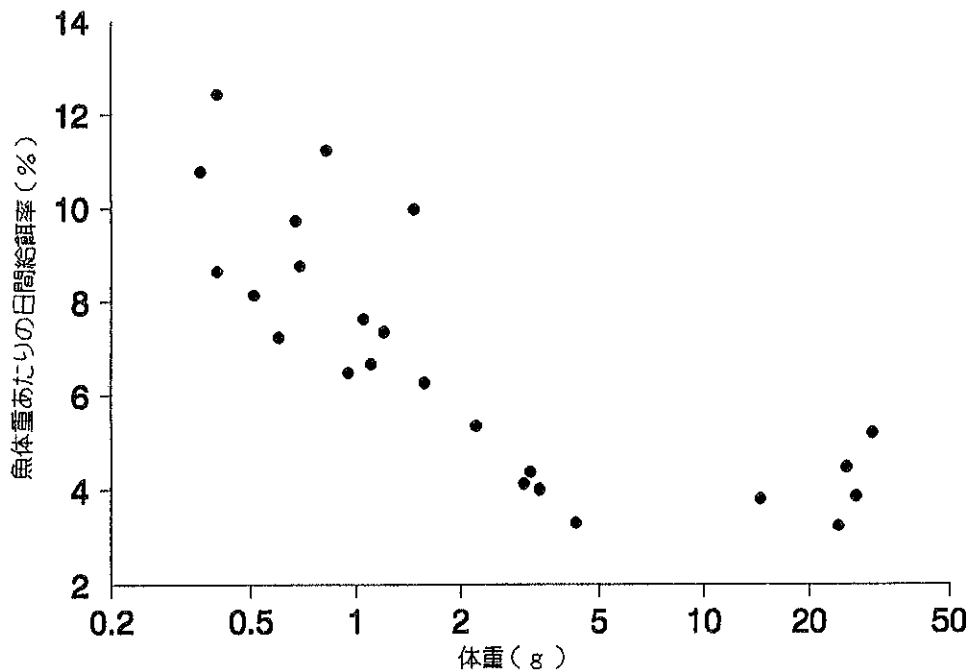


図 4 シマアジの魚体重あたりの日間給餌率
水温範囲：17.1～19.8℃

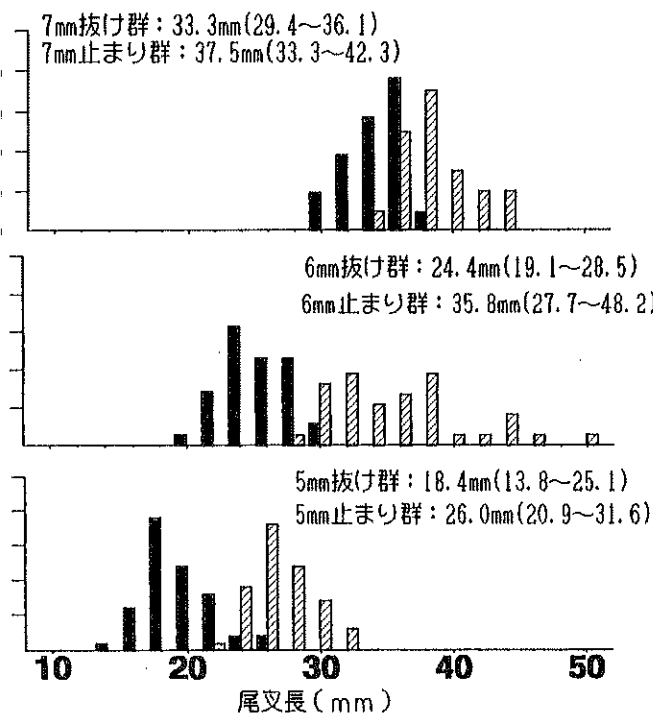


図 5 平成5年度シマアジ選別の尾叉長組成
選別目合い：5mm～7mm

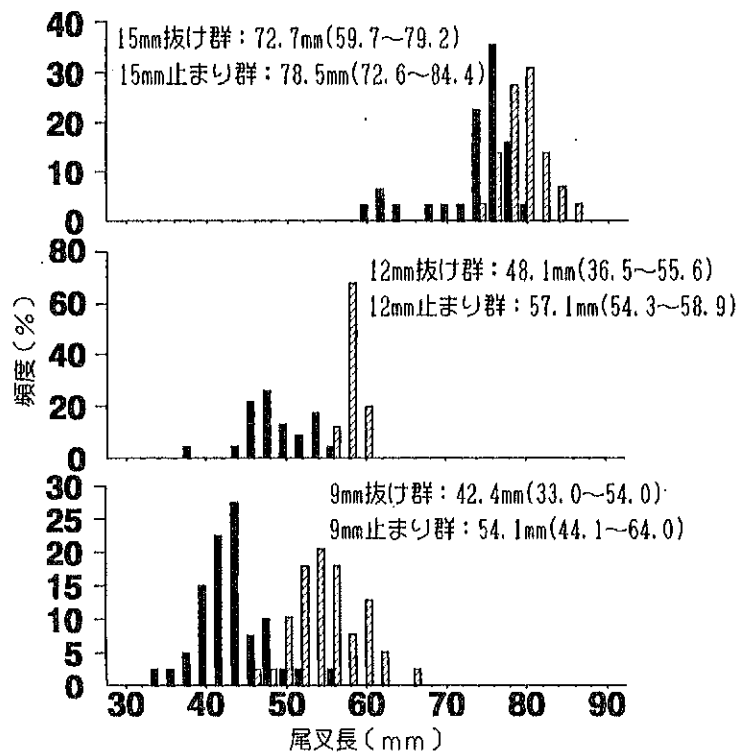


図 6 平成5年度シマアジ選別の尾叉長組成
選別目合い：9mm～15mm

表 3 平成5年度生産回次別シマアジの形態異常調査

調査日	対象魚群の前歴	形態異常調査項目 (異常率)						調査尾数 (尾)	尾叉長 (mm)
		頭部	口部	鰓蓋部	肛門部	椎体部	異常小計		
H5. 1.28	1R-1:5mm未満	0 (0)	1854 (11.8)	228 (1.5)	0 (0)	0 (0)	2082 (13.2)	15752	25.8 (19.0~30.4)
	1R-1:5mm止	0 (0)	577 (1.6)	496 (1.4)	8 (0.1)	8 (0.1)	1089 (3.0)	36876	34.8 (27.3~43.7)
	1R-1:小計	0 (0)	2431 (4.6)	724 (1.4)	8 (0.1)	8 (0.1)	3171 (6.0)	52628	32.1 (19.0~43.7)
H5. 1.28	1R-2:5mm未満	0 (0)	1210 (8.6)	124 (0.9)	1 (0.1)	0 (0)	1335 (9.5)	14010	23.6 (17.7~28.2)
	1R-2:5mm止	2 (0.1)	249 (0.6)	550 (1.3)	6 (0.1)	4 (0.1)	811 (1.9)	42488	36.5 (30.1~46.5)
	1R-2:小計	2 (0.1)	1459 (2.6)	674 (1.2)	7 (0.1)	4 (0.1)	2146 (3.8)	56498	33.3 (17.7~46.5)
H5. 3.29	1R:5mm未満, 12mm未満	0 (0)	1509 (29.0)	108 (2.1)	0 (0)	1 (0.1)	1618 (31.1)	5200	63.8 (55.1~71.4)
	1R:5mm未満, 12mm止	0 (0)	1561 (8.0)	309 (1.8)	0 (0)	5 (0.1)	1875 (9.6)	19570	72.7 (59.7~79.2)
	1R:5mm未満 小計	0 (0)	3070 (12.4)	417 (1.7)	0 (0)	6 (0.1)	3493 (14.1)	24770	70.8 (55.1~79.2)
H5. 3.31	2R:5mm未満, 9mm未満	89 (0.6)	1018 (8.5)	402 (3.4)	59 (0.5)	0 (0)	1548 (13.0)	11950	
	2R:5mm未満, 9mm止	391 (0.8)	1735 (3.6)	933 (1.9)	130 (0.3)	43 (0.1)	3232 (6.7)	48089	
	2R:5mm未満 小計	460 (0.8)	2753 (4.6)	1335 (2.2)	189 (0.3)	43 (0.1)	4780 (8.0)	60039	49.4 (39.4~56.0)
H5. 4. 1	3,4R:5,6mm止	7 (0.1)	736 (2.8)	545 (2.1)	12 (0.1)	25 (0.1)	1325 (5.0)	26342	42.5 (33.0~54.0)
H5. 4. 2	3,4R:5,6mm未満	0 (0)	1623 (6.3)	707 (2.7)	17 (0.1)	49 (0.2)	2396 (9.3)	25883	43.1 (35.8~53.1)
H5. 5.11	3,4R:5,6mm未満	10 (0.1)	503 (3.1)	249 (1.6)	5 (0.1)	0 (0)	767 (4.8)	16067	52.4 (31.6~65.3)
H5. 6. 8	7R:7mm未満	0 (0)	735 (4.4)	134 (0.8)	0 (0)	0 (0)	869 (5.2)	16647	32.7 (18.8~41.2)
	7R:7mm止	0 (0)	154 (2.2)	18 (0.3)	0 (0)	0 (0)	172 (2.5)	6881	46.8 (38.7~51.9)
	7R:小計	0 (0)	889 (3.8)	152 (0.7)	0 (0)	0 (0)	1041 (4.4)	23528	36.8 (18.8~51.9)

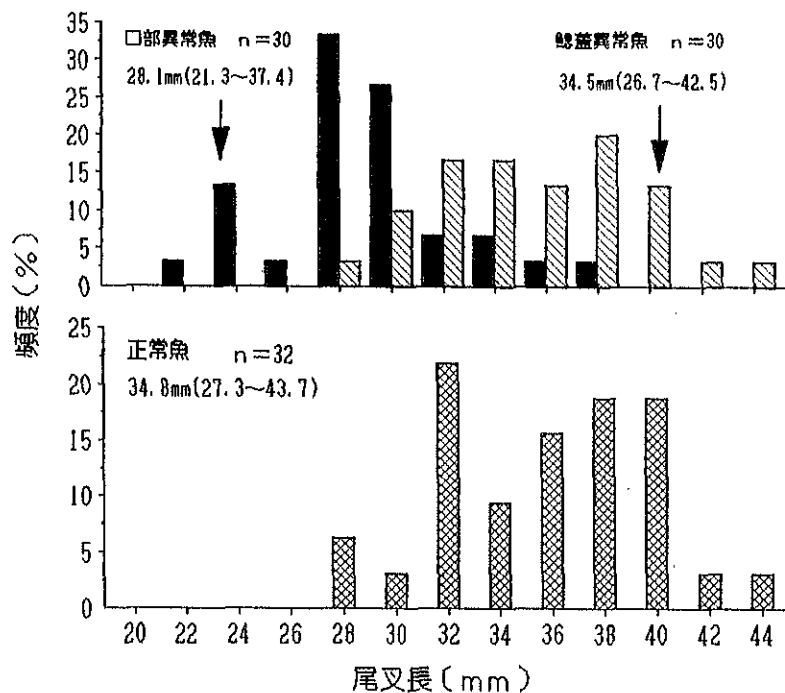


図 7 正常魚と口部異常魚及び鰓蓋異常魚の尾叉長組成

1R5mm止まり群、調査日：平成5年1月28日

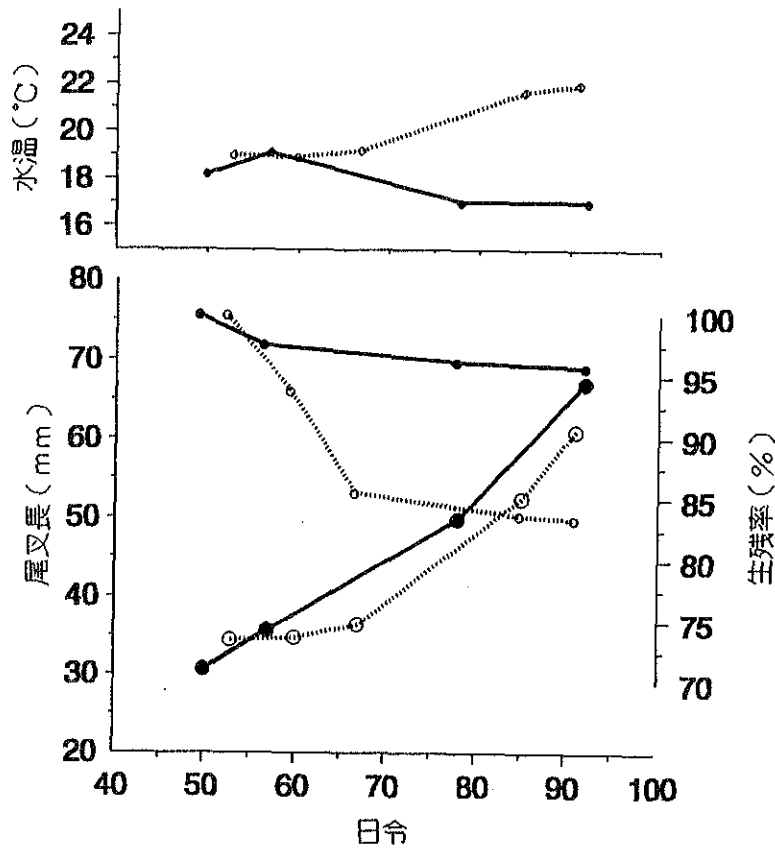


図 8 通常飼育 (1 R 群) とオゾン海水飼育 (7 R 群) の比較

● 1 R 群 ○ 7 R 群

表 4 低水温時のシマアジの飼育状況

飼育期間	飼育水温	魚体重当り		開始時	終了時
		生存率(%)	給餌率(%)	尾叉長(mm)	尾叉長(mm)
H5. 3. 3~3. 19	10. 5~14. 8	99. 9	1. 3~2. 7	68. 5(62. 8~75. 2)	72. 7(69. 0~80. 0)
H5. 3. 9~3. 19	10. 5~14. 8	99. 8	1. 5~2. 1	66. 7(59. 1~73. 5)	64. 8(51. 5~74. 9)
H5. 3. 17~3. 27	13. 0~17. 1	99. 8	1. 7~3. 1	57. 6(42. 3~67. 5)	63. 8(55. 1~71. 4)

II - 4 クエ種苗生産

はじめに

五島事業場におけるクエの種苗生産技術開発は昭和56年より開始し、今年で14年目を迎える。本種は親魚の確保が困難な魚種であり、特に雄親魚の入手は困難を要する。そこで本種が性転換をすることからホルモン剤を投与することによる雄性化を試み、昭和62年度に初めて雄性化に成功した。その後、平成元年にも雄性化が成功し、平成2年度にはこれらの親魚から初めて受精卵が得られ、ふ化仔魚もわずかであるが得られた。このように、本種の種苗生産技術開発当初は、雄親魚を確保するための雄性化の技術開発を中心に進められ、種苗生産については平成2年度の受精卵の確保により着手された。

平成2年度は、0.5m³水槽により飼育を行ったが、開口後5日目と8日目にそれぞれ全滅した。平成3年度は、ふ化仔魚13.3万尾を60m³水槽に収容して飼育を行い、初めて平均全長36.3mmの種苗 1,038尾を生産できた。平成4年度は、ふ化仔魚35万尾を60m³水槽に収容して飼育を行ったが、初期減耗が大きく日令3で全滅した。このように、過去3年間で取揚げまで飼育ができたものは1例だけであり、その他の飼育例では飼育開始直後の減耗により全滅している（表1）。

今年度は、一昨年度の再現飼育を行うことを目的とし、その中で飼育に重要な技術開発課題を整理することを狙いとした。

材料と方法

1) ふ化仔魚

親魚には、当场で養成した天然5～10歳魚（体重 6.1～15.6Kg）を使用した。この親魚群を4群に分け、異なる性比による産卵試験に2群、異なる水温による産卵試験に2群を使用した。種苗生産には、これらの産卵試験のうち異なる性比による産卵試験（雄：雌＝1：2）によって得られた受精卵および両試験の終了後一部の親魚を用いて行った人工受精試験によって得られた受精卵を使用した（親魚の産卵試験については『クエの親魚養成と採卵』の項を参照）。

飼育水槽への収容は、3回次の飼育とも受精卵収容とした。このうち、2・3回次生産では2日間に渡って卵収容を行った。飼育水槽には、60m³コンクリート水槽（8.0 × 4.5 × 1.7m角型水槽，実効水量50m³）を使用し、収容時の水量は50m³とした。

2) 飼育環境の管理

飼育水の加温は水槽内に配置した温水循環チタンパイプで行い、飼育水温はふ化仔魚の収容時は21～22℃に調温し、その後1日1℃の割合で昇温して最終的に25℃に調温して飼育を行なった。

飼育水には濾過海水を使用し、ナンノクロロプシスを添加した。その添加はワムシ給餌期間中のみ行ない、100 ～ 200万セル/mlを保つように1日数回飼育水槽の上に置いた0.5m³水槽からφ15mmのビニールホースを通して注入した。

換水は、受精卵収容直後より開始し、ふ化まで 1 m³/hr（換水率 50%/日）の流水飼育とした。ふ化直後より 2 m³/hr（換水率 100%/日）の流水飼育とし、その後は魚の成長に合わせて増大し、最大 4m³/hr（換水率 200%/日）とした。

照度調節は、水槽上面を遮光率85%の寒冷紗を二重にして覆い、日照量及び魚の状態に応じて適宜開閉して行なった。

通気は、当初、エアストーンを18個／槽を用いて行なったが、日令14よりエアストーンとエアブロック（1 m/m 穴を多数開けた塩ビパイプを水槽底面の4隅に配置したもの）を併用し、エアブロックで通気して飼育水を回すようにした。

生残尾数の計数は、飼育初期（全長6 mm以下）はφ50mm塩ビパイプを用いて柱状サンプリングを行ない容量法により推定した。その後、取り揚げまでは、底掃除により排出された斃死尾数より推定した。

底掃除は、自動底掃除ロボット（神戸メカトロニクス株式会社製）で、日令9（全長3.7mm）より2日に1回行なった。

3）防疫体制

昨年度、上浦事業場において本種のVNN感染の報告があり、ウイルスの水平感染の防止として水槽および使用器具については、NaOH（水酸化ナトリウム）、SDS（ラウリル硫酸ナトリウム）の併用によるアルカリ消毒（pH12）を行った。用水はろ過海水を使用し、特に殺菌を行わなかった。

4）餌料

生物餌料を中心とした餌料系列で飼育を行い、ワムシ（タイ国産ワムシ・S型ワムシ）、アルテミアノープリウス、養成アルテミア、配合飼料を給餌した。なお、タイ国産ワムシは開口当日のみ給餌した。

栄養強化は、ワムシはナンノクロロプシスとイカ乳化オイル（理研ビタミン株式会社）により、アルテミアはイカ乳化オイル（前述と同じ）により、養成アルテミアはナンノクロロプシス栄養強化を行った。生物餌料の栄養強化方法については『生物餌料の栄養強化』の項に示した。

結果

本年度の飼育に供した受精卵の由来を表2に、種苗生産結果を表3に、生産回次別の給餌量を表4に示した。種苗生産は、平成5年5月15日から平成5年7月9日までの55日間行い、60m³水槽3面を用いて3回次3例の生産を行った（表3）。3例の飼育ともVNNが発生し、このうち2例はふ化後15日目とふ化後18日目に全滅した。1例は取揚げまで飼育を行い、取揚げ尾数は3,354尾、取り揚げサイズは27.3(19.8～33.7)mm、生残率は0.2%であった。

以下、各生産回次毎の生産結果の概要を記す。

1）1回次生産

陸上水槽で加温養成した天然5～10歳の親魚から自然産卵により得られた受精卵40万粒を飼育水槽に収容した。今年度は初期減耗を防止するため、収容はふ化仔魚ではなく受精卵の段階で行った。ふ化した魚は飼育水槽内計数で30.9万尾で、ふ化率は77.3%であった。

餌料系列は、2日令よりS型ワムシを、16日令よりアルテミア幼生を、31日令より養成アルテミアを、39日令より配合飼料を給餌した（図1）。

3～4日令での初期減耗が大きく、10日令での生残率は11.5%であった。初期減耗の原

因は不明である。全長20mm（日令34）以降に共食いによる減耗が見られたが、減耗の程度は把握できなかった。

40日令より未摂餌状態で衰弱して斃死する個体が増えたため、45日令で取り揚げた。取り揚げは、水位を水深30cm程度まで下げ、旋網で魚を集めた後タモ網ですくい取った。この時の種苗の半数近くが変態前の仔魚期の個体であり、これらの個体は第二背鰭棘が旋網に引っかかり、取りはずすときのハンドリングにより斃死するものが多かった。また、取り揚げた魚は0.5m³ パンライト水槽に収容した後フォークリフトにより中間育成水槽に輸送したが、輸送中の振動により半数近くがショック死状の斃死をした。

総生産尾数は3,354尾、取り揚げサイズは平均全長27.3mm（19.8～33.7）、生残率は0.2%であった。この取り揚げ直前の斃死は、検査の結果、ウイルス性神経壊死症（VNN）であることが判明した。

2) 2・3回次生産

2回次生産では、異なる性比による産卵試験の終了後、HCG打注後の人工授精により得られた受精卵26.9万粒を飼育に供した。また、3回次生産では、異なる水温による産卵試験終了後、HCG打注後の人工授精により得られた受精卵71.1万粒を飼育水槽に収容した。飼育水槽内でのふ化状況は、2回次生産ではふ化仔魚は39.8万尾でふ化率は148.0%であり、3回次生産ではふ化仔魚は31.4万尾でふ化率は44.2%であった。

餌料系列は、2日齢よりS型ワムシを給餌した。なお、開口時のみタイ国産ワムシをS型ワムシと併用給餌した。

2回次生産及び3回次生産における成長・生残状況を図2・3に示した。2回次生産では17日齢（全長6.0mm）より、3回次生産では13日齢（全長4.1mm）より、遊泳定位することのできない個体が発生した。これらの個体はいずれも未摂餌状態であり、2～3日の間に急に減耗した。これらの個体をウイルス検査（PCR法）をした結果、VNNであることが確認され、いずれも廃棄処分とした。

考察

今年度行った3例の飼育のうち1例で取り揚げまで種苗生産が行われ、3,354尾の種苗を生産することができた。一方、2例の飼育でVNNの発症が確認され、いずれの飼育も全滅した。本種のVNNの発生状況については、昨年度上浦事業場で生産した全長80～100mmの種苗において感染が認められたことが報告されているが、今回のように全長4～6mmのサイズでの報告は初めてである。本種の種苗生産技術開発はまだ始まったばかりであり、量産技術の確立までにはまだ年月を要するものと思われる。さらに、近年各地で数種の魚種で発生が見られているVNNが本種においても発生したことより、本種の種苗生産技術開発はより困難になった。しかし、以下に示した技術開発上の問題点をひとつずつ解決することにより、特に疾病に関しては、シマアジのVNN対策を参考にしてクエの防疫体制を確立することにより、クエの種苗生産の確立を図りたい。

1) 親魚養成及び採卵

本種の量産飼育が困難である理由の一つに受精卵の大量確保の難しさが挙げられる。今年度、これまでの自然産卵による採卵とは別に人工授精による採卵を試みたところ、大量の受精卵を確保することができ、今後この手法を導入することにより受精卵の計画的な大量

確保の可能性が伺われ、さらに検討を加えたい。

2) 種苗生産

本種の種苗生産技術開発に関しては、現在のところ飼育手法として確立されたものは何もない。これまでの種苗生産事例をみると、取り揚げまで飼育できた事例は2例のみであり、ほとんどの飼育事例においてふ化後3～4日目までに大量斃死により全滅している。また、取り揚げまで飼育できた事例においても、ふ化後10日目までに大量斃死がおきている。このように当面の重要課題として初期の飼育方法の検討があげられる。

① 受精卵収容及びふ化

これまで本種の飼育水槽への収容は、シマアジやブリなどと同じ手法によりふ化仔魚で行ってきた。しかし、本種のふ化仔魚は収容等の刺激に対して非常に弱いことから、今年度は初めて受精卵で飼育水槽への収容を行った。このため、ふ化率の算出は、ふ化仔魚数を収容した受精卵数で除して行っている。通常、収容には浮上卵のみを収容しているが、本種の受精卵には中層卵が存在するため、収容には沈下卵以外の卵はすべて収容している。しかし、収容した受精卵量の算出は浮上卵の容積(1300個/ml)より算出しているため、実際には中層卵の分だけ多く収容していることになる。このため、中層卵が多い場合でそのふ化率が高い場合には100%以上のふ化率を示すこともある。今年度の3回の飼育事例のふ化率をみると41.9%から129.4%であり、その変動の幅は大きい。このため、受精卵収容による水槽内ふ化の是非の検討を行うにはさらに例数を重ねる必要がある。

② 初期減耗

前述のように本種のふ化直後の減耗は非常に大きく、全滅に至る飼育事例も多くある。飼育初期の減耗状況を見ると、開口時には大きく減耗していることから、親魚由来のふ化仔魚の活力(卵質)またはふ化直後の飼育環境が影響しているものと思われる。このため、良質卵の確保に努めるとともに、初期飼育環境では水温・照度・通気量の3点について基礎知見の収集を図り、初期飼育環境について検討を行う必要がある。

③ 餌料系列

本種の種苗生産には、これまでタイ産ワムシが必要とされてきたが、S型ワムシのみでも飼育が可能であることが分かり、S型ワムシ+アルテミア幼生+(養成アルテミア)+配合飼料の餌料系列での飼育を検討したい。また、取り揚げ時のショック死を防ぐため、クエの栄養要求を解明し、十分な栄養強化を行う必要がある。

④ 取り揚げ

クエの取り揚げは、ブリやシマアジと同じ旋網で行ったところ、変態前の仔魚は伸長した背鰭第二棘が旋網に引っかかり背鰭第二棘の損傷もしくはショック死する個体が多く、クエの取り揚げ方法については検討する必要がある。

3) 防疫対策

クエのVNNは垂直感染・水平感染の両方が考えられ、今後安定した種苗生産を行うためにはウイルスの感染経路の把握とウイルス感染チェック方法の確立など防疫体制の確立が急務である。現在、シマアジでは、ウイルス疾病対策として低抗体価親魚の選抜養成、産卵期初期の採卵、産卵回数抑制の3点に重点をおいて種苗生産を行っている。クエにおいてもこの手法が種苗生産におけるVNN対策として有効と判断し、来年度は、シマアジのVNN(SJNNV)による疾病対策を参考に、種苗生産を行いたい。

① 垂直感染の防止

- ・ ウイルスフリー親魚の選抜養成
- ・ 若令親魚の養成（未經産魚の利用）
- ・ 産卵期初期の採卵
- ・ 産卵回数の抑制（単発産卵）
- ・ ワクチンの開発

しかし、クエの場合、親魚の保有量がシマアジに比べて非常に少ないために、親魚の選抜養成および産卵は現状では困難であると思われる。

② 水平感染の防止

- ・ 水槽および使用器具の消毒方法の検討

NaOH（水酸化ナトリウム），SDS（ラウリル硫酸ナトリウム）併用によるアルカリ（pH12）消毒法

オキシダントとの併用による2重消毒の検討

- ・ ふ化海水・飼育水の殺菌（オゾン・紫外線による殺菌処理）
- ・ 低密度収容 5000尾／m³以下
- ・ 生物餌料の洗浄

水平感染の防止のため、殺菌海水により洗浄・栄養強化を行う。

- ・ 濃縮冷蔵ナンノクロロプシスの利用

水平感染の防止のため、飼育水・栄養強化に使用するナンノクロロプシスは濃縮したものを使用する。

（文責 塩澤 聡）

表1 過去4年間に於けるクエの年度別種苗生産結果

項 目	平成2年	平成3年	平成4年	平成5年
収容尾数* (万尾)	少量	13.3	35.2	102.1
取り揚げ尾数 (尾)	0	1038	0	3400
生残率 (%)	0		0	
全長 (mm)	-	36.3	-	27.3

*受精卵収容後の水槽内ふ化尾数

表2 生産に供試したクエ受精卵の由来

生産回次	親魚	雌雄比 (雌:雄)	魚体重 (kg)	養成期間 産卵期間	採卵月日	総採卵数 (万粒)	受精卵数 (万粒)	備考
1	天5~10	2:1	9.1~15.0	4.06~5.27 5.06~5.24	5.15	734.5	52.2	性比試験・自然産卵
2	天5~10	3:2	6.6~9.1	6.16~6.18 6.18~6.19	6.18 6.19	30.4 -	21.9 5.0	人工授精試験* ¹ HCG打注
3	天5~10	2:1	6.8~14.0	5.13~6.25 5.25~6.23	6.23	132.4	71.1	人工授精試験* ² HCG打注

*1 異なる性比による産卵試験の終了後、一部の親魚を用いて人工授精試験を行った
 *2 異なる水温による産卵試験の終了後、一部の親魚を用いて人工授精試験を行った

表3 クエ種育苗生産の概要 (五島事業場)

生産 区分	水 槽		収 容		飼 育		取 り 揚 げ			備 考					
	型	大きさ 実容量 (m^3)	個数	月日	尾数*1 (万尾)	密 度 (尾/ m^3)	水 温 ($^{\circ}\text{C}$)	主な餌の種類	飼育 日数		月日	尾数 (万尾)	密 度 (尾/ m^3)	全長 (mm)	生残率 (%)
1	角 型	60(50)	1	5.15	30.9	8000	25	ワシ, ワシギ	45	6.30	0.3	67	27.3(19.8~33.7)	0.8	自然産卵, 受精卵収容
2	角 型	60(50)	1	6.18	39.8	6200	25	ワシ*2	16	7.9	0			0	人工受精, 受精卵収容
3	角 型	60(50)	1	6.23	31.4	15000	25	ワシ*2	12	7.9	0			0	人工受精, 受精卵収容
合 計					146.0	9733					0.3		27.3(19.8~33.7)	0.2	

*1 水槽内ふ化尾数

*2 開口当日のみタイ国産ワムシ、以後S型ワムシ

表4 クエ生産回次別投餌量

	1 回次生産	2 回次生産	3 回次生産	合計
タイ産ワムシ (億個体)		3.0	3.0	6.0
ワムシ (億個体)	300.0	140.5	79.0	519.5
アルテミア幼生 (億個体)	17.9			17.9
養成アルテミア (億個体)	1.9			1.9
配合飼料 (kg)	1.2			1.2
生産尾数 (尾)	3,354	0	0	3,354

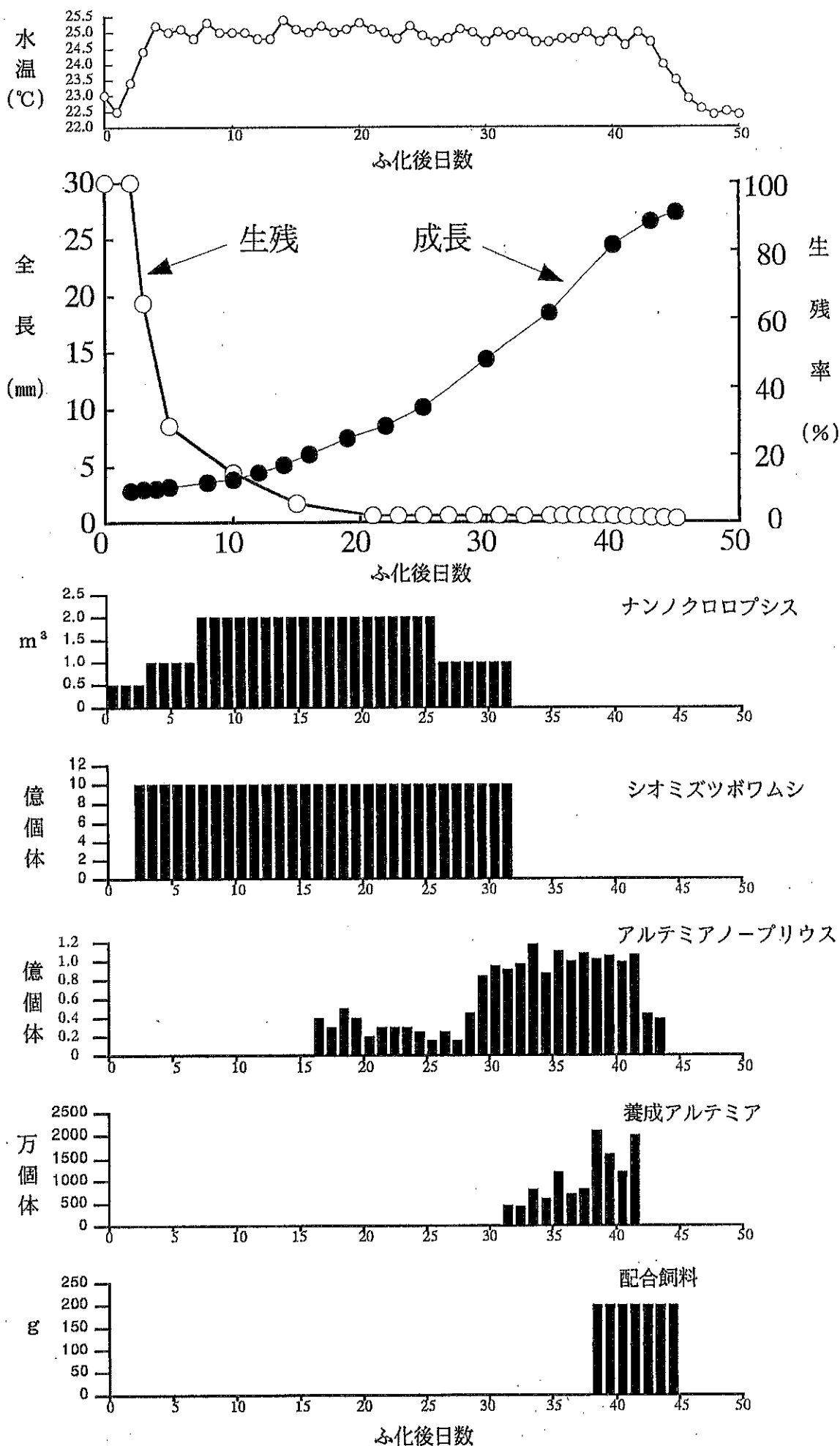


図1 1回次生産における成長・生存・給餌量

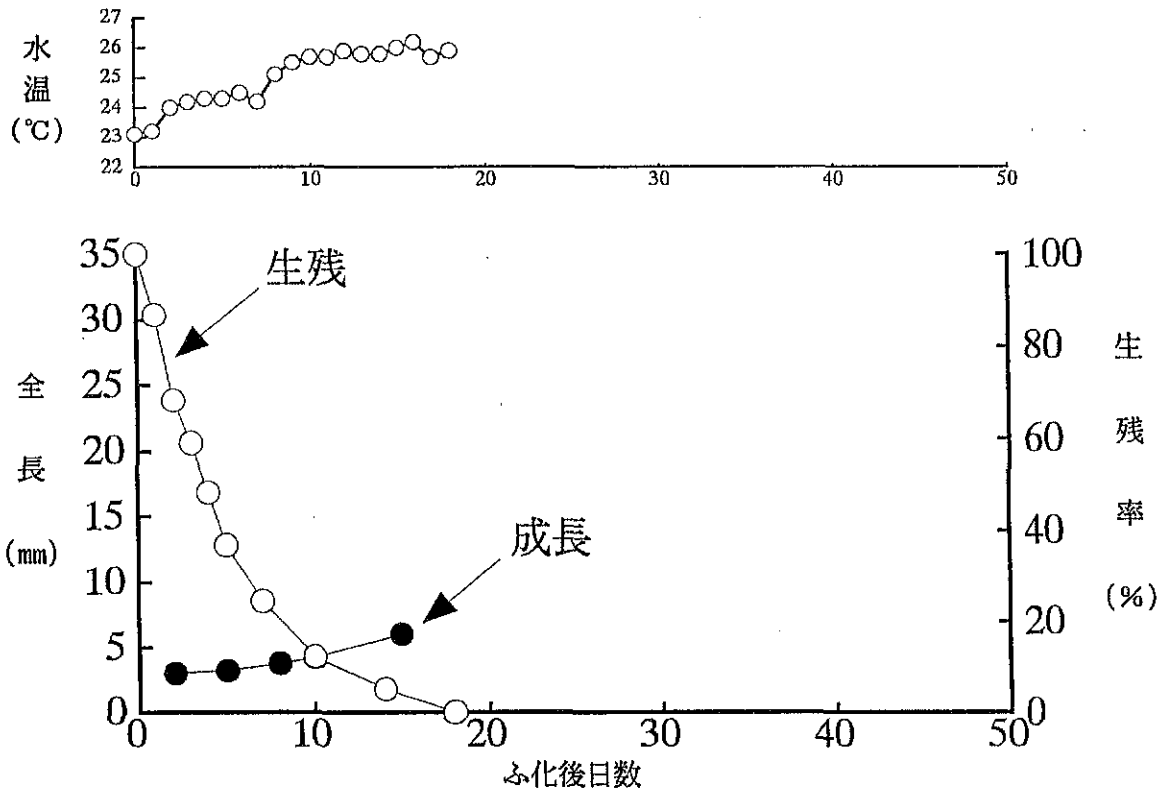


図2 2回次生産における成長・生残

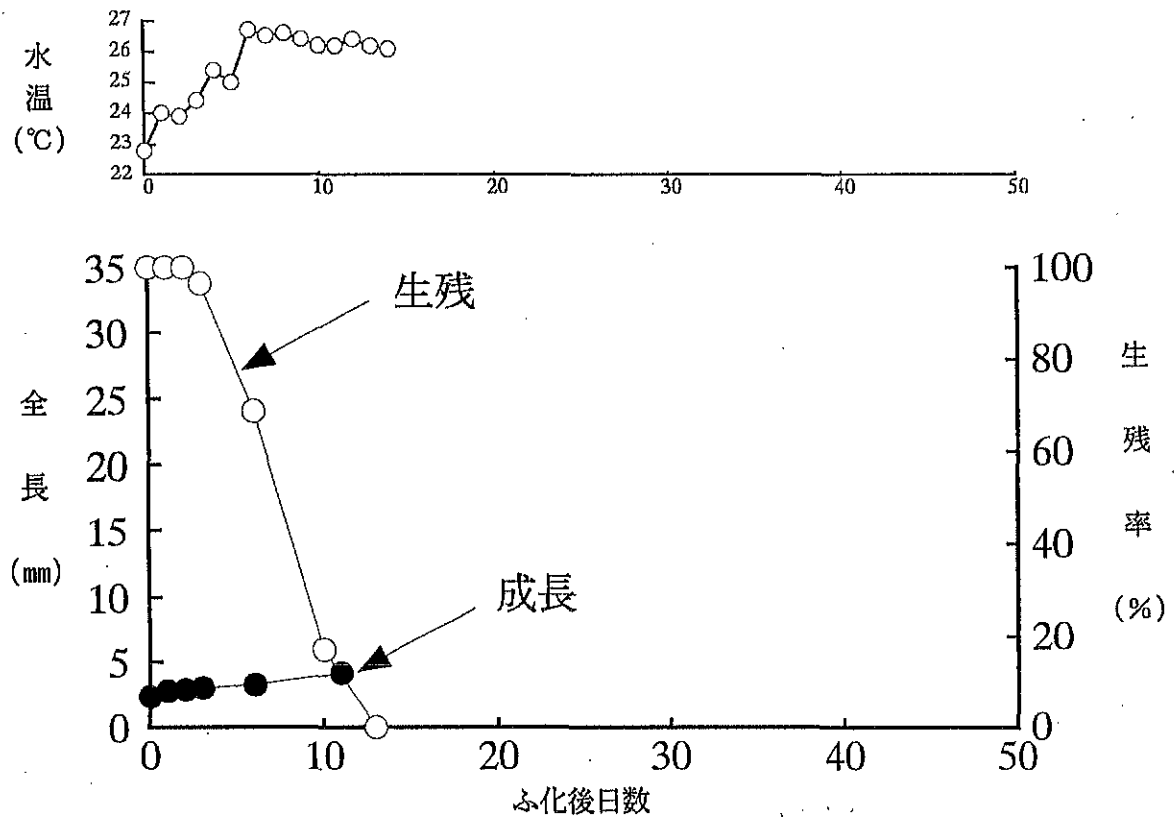


図3 3回次生産における成長・生残

II - 4 - 2. クエの中間育成

小磯雅彦

本種の種苗生産は当事業場では、平成3年度に1,038尾を初めて生産することができ、海面生簀網へは全長85.4mm(69.0~104.7)の稚魚400尾を沖出し飼育することができた。この時の中間育成で得られた飼育の問題点は、共食いによる斃死が多いこと、水温20℃以下になると摂餌が低下して滑走細菌症にかかりやすくなること等が挙げられた。特に低水温対策として、12月末から陸上水槽に陸揚げして20℃に加温して飼育を行って斃死を軽減した。

本年度は平成3年度の知見を考慮して、若干の改善を加えて中間育成を行った結果、低水温期に大量斃死はみられず飼育ができたのでこの結果の概要と平成3年度生産群の継続飼育結果も含めて報告する。

1. 平成5年度群

(1) 材料及び方法

本年度の種苗生産は、平成5年5月15日に50m³水槽に30.9万粒の受精卵を収容して飼育を行った結果、6月30日に全長27.3mmで3,000尾(生残率:0.97%)の稚魚が得られた。この稚魚を再び陸上で飼育し、その後8月12日に全長70mm(45~91)で700尾の稚魚を海面生簀網に収容して中間育成を開始した。

本年度使用した生簀網(4×3×1.5m)は、本種稚魚が生簀網の底面で生息しており生簀網の水深を浅くした方が、給餌の際に摂餌しやすいと考えられたため、水深を1.5mと従来のもの(水深3m)より浅くした。また、筏群の周辺部には平成5年度飼付けシマアジが滞留しているため、クエ稚魚がシマアジ群からストレスを受けないようにクエ収容生簀網の外側に生簀網(4×4×3m)を設置した。

給餌は配合飼料(マリン2,3号:大洋漁業製)とモイストレット(配合飼料:生餌=1:1)を併用して給餌した。

低水温期に出現する滑走細菌症対策としては、約2週間毎にエルバ-ジュ(ニコスチリン酸ナトリウム製剤:上野製薬製)で薬浴(300ppmで15分間)を行った。

(2) 結果及び考察

生残状況は、平成6年1月27日までは生残尾数557尾でこの時までの生残率は79.6%と平成3年度に比べて高かった。これは対照区が無いため明確なことは言えないが、生簀網の水深を浅くしたことや、低水温期の滑走細菌症を予防するためにエルバ-ジュ薬浴を2週間毎に行ったこと等が効果的であったと考えられる。しかし、平成6年2月上旬から生残尾数が急減して2月17日には1尾も確認できず、飼育を中止することになった。この尾数の急減は2月上旬に防鳥網を除去しており、斃死魚がほとんど確認されていないことから鳥害(サギ類)によるものと推察される。このため今後は防鳥網を除去する時期を検討する必要がある(表1、図1)。

成長は、8月12日には全長70.0mm(45.0~91.0)で11月9日には121.0mm(104.0~140.0)まで達し、この期間の日間成長量は0.57mmとなった。しかし、11月9日以降は成長は停滞して平成6年1月27日には全長123.1mm(81.0~157.0)で、この期間の日間成長量は

0.03mmであった。この成長が停滞した時期の海水温は20℃以下であり、平成3年度群も海水温が20℃以下で成長は停滞したことから、本種の稚魚は海水温が20℃以下になると成長は停滞することが再確認された。

滑走細菌症は、摂餌がやや落ちた11月中旬より発生し、体表及び鰭部がビランした個体が観察されるようになったが、この時期にエルバージュ薬浴を2週間毎に行ったためか斃死の増加みられなかった。

本年度は、平成6年2月以降に尾数の急減がおこり飼育を中止したが、低水温期の飼育方法については若干の知見が得られた。来年度以降はこれらの改善点をふまえて、今後量産化に向けての基礎的な技術開発を行っていく必要がある。

2. 平成3年度群

平成5年7月12日までの中間育成の結果の詳細については、平成4年度五島事業場事業報告書に報告しているため、飼育方法は平成5年7月12日以降の方法を明記した。

飼育方法は、生簀網（4×4×3.5m）1面を用いて、給餌は配合飼料（マリン6～7号：大洋漁業製）とモイストレット（配合飼料：生餌＝1：1）を適宜給餌した。

生残状況は平成3年8月1日には1,038尾で平成5年7月12日（日令765）には69尾まで減少した。平成5年8月には鰓が膨張して浮上斃死する個体が3尾観察されたが、その後は斃死はみられず平成6年1月27日（日令964）にも生残尾数は66尾で平成3年8月1日以降の通算生残率は6.4%となった（表1、図1）。

成長は、平成3年8月1日には全長36.3mm（26.3～46.1）であったが、ふ化後約1年後の平成4年6月30日（日令389）には全長184.4mm（144.0～218.0）に達し、ふ化後約2年後の平成5年7月12日（日令765）には全長280.5mm（206.0～358.0）に成長した。日間成長量はふ化からふ化後約1年間では0.44mmで、ふ化後約1年から約2年間では0.26mmとやや鈍化した。なお、平成6年1月27日（日令964）には全長337.4mm（286.0～404.0）で、体重645.6g（390.0～1070.0）に達した。低水温期の成長の停滞は、当歳、1歳及び2歳でも確認されたことで、年齢にかかわらず本種の成長は五島列島海域の低水温期（11月～5月の20℃以下の低水温期）には停滞することが示唆された。

今後もこの群を継続飼育して、本種人工産魚の生残や成長等に関する基礎的な知見を収集していきたい。

表1 平成5年度クエ中間育成結果

月日	日令	生残尾数 (尾)	生残率 (%)	全長 (mm)
H5. 8.12	88	700	100.0	70.0(45.0~ 91.0)
H5. 9.02	109	650	92.9	
H5. 9.16	123	637	91.0	89.9(59.0~107.0)
H5.10.06	143	632	90.3	103.2(87.0~119.0)
H5.10.18	155	631	90.1	114.6(95.0~130.0)
H5.11.09	177	598	85.4	121.0(104.0~140.0)
H5.11.24	192	589	84.1	114.6(94.0~135.0)
H6. 1.27	256	557	79.6	123.1(81.0~157.0)
H6. 2.17	277	0	0	

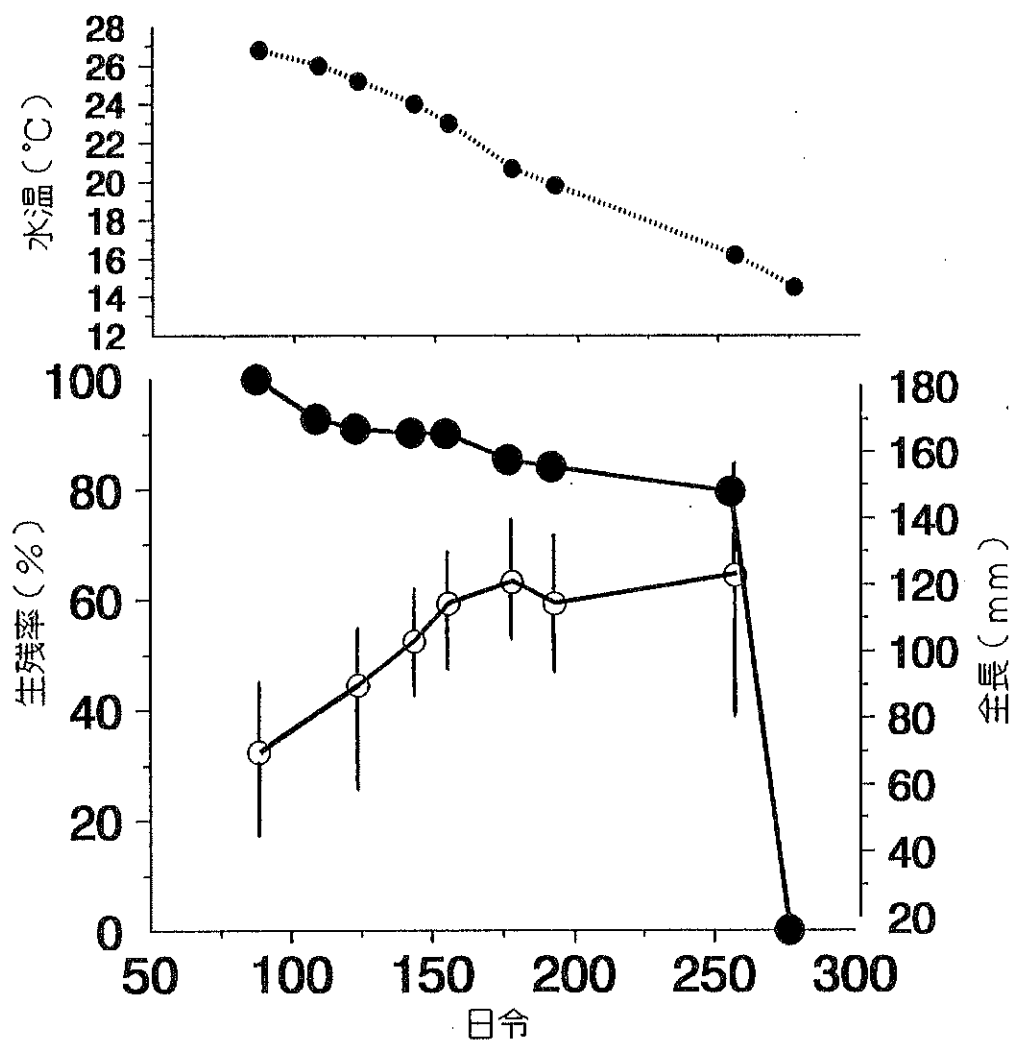


図1 平成5年度クエの中間育成結果
平成5年8月12日から平成6年2月17日

表2 平成3年度クエの中間育成結果

月日	日令	生残尾数 (尾)	生残率 (%)	平均全長 (最少～最大)	平均体重 (最少～最大)
H3-0801	56	1038	100.0	36.3(26.3～ 46.1)	
H3-0902	88	400	38.5	85.4(69.0～104.7)	10.3(4.8～ 20.9)
H3-0910	96	400	38.5	83.0(70.0～ 98.0)	
H3-0925	111	399	38.4	98.0(76.0～122.0)	
H3-1009	125	399	38.4	101.0(86.0～130.0)	
H3-1021	137	394	38.0	110.0(91.0～132.0)	
H3-1105	151	390	37.6	110.0(91.0～143.0)	
H3-1205	181	348	33.5	113.0(85.0～158.0)	18.5(8.0～ 42.0)
H3-1216	192	342	32.9	119.0(84.0～165.0)	32.0(12.0～ 66.0)
H3-1225	201	313	30.2	125.0(88.0～167.0)	30.0(11.0～ 65.0)
H4-0110	217	257	24.8	124.0(98.0～152.0)	28.5(12.5～ 50.0)
H4-0129	236	253	24.4	124.0(84.0～164.0)	28.0(8.0～ 61.0)
H4-0304	271	170	16.4	126.8(92.0～162.0)	29.7(11.7～ 61.1)
H4-0318	285	140	13.5	129.2(95.0～156.0)	30.0(11.2～ 50.2)
H4-0401	299	129	12.4	136.7(105.0～180.0)	37.6(16.4～ 79.8)
H4-0415	313	127	12.2	138.3(107.0～187.0)	40.3(18.3～ 96.0)
H4-0630	389	126	12.1	184.4(144.0～218.0)	94.5(41.5～151.2)
H4-1001	482	75	7.2	222.9(171.0～262.0)	155.0(73.0～276.0)
H4-1204	546	73	7.0	247.2(200.0～310.0)	223.0(111.0～558.0)
H5-0519	711	69	6.6	262.4(215.0～316.0)	300.0(155.0～510.0)
H5-0712	765	69	6.6	280.5(206.0～358.0)	374.0(160.0～710.0)
H5-0901	816	66	6.4	315.2(233.0～377.0)	524.0(250.0～840.0)
H5-1015	860	66	6.4	395.6(278.0～395.0)	630.0(370.0～1110)
H6-0127	964	66	6.4	337.4(286.0～404.0)	645.6(390.0～1070)

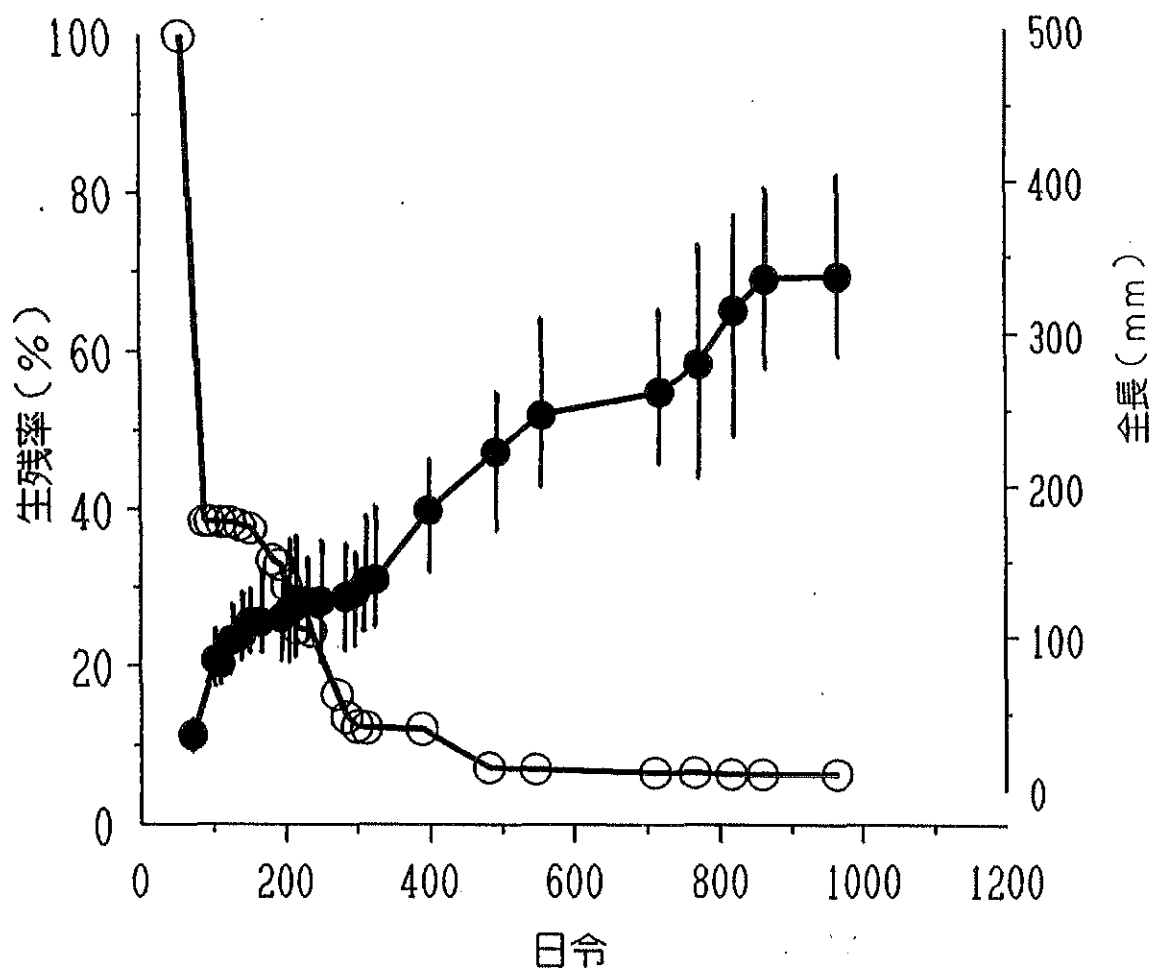


図2 平成3年度クエの中間育成結果

II - 5 アオリイカの飼育試験

丸山敬悟

五島事業場でのアオリイカの種苗生産試験は、昭和57年度から開始し、昭和58年度には2463尾を生産し生残率30.8%を得た。しかし本種は、ふ化直後より魚類の仔稚魚に対する嗜好性が極めて強く、当初はマダイ、イサキなどのふ化仔魚や飼育稚魚を与えて飼育していたがイカの成長に合わせて適当な餌を揃えるのは非常に困難であった。そのため、魚類の仔稚魚に代わる餌として、養成アルテミアを使用する試験を行ってきたが、栄養的な不足もあって、十分な結果が得られなかった。今後、本種の種苗生産試験を継続するための有効な餌料が見つからない限り、大きな成果が期待できないこと、また、そのためには多大な労力を要することからこの技術開発は、本年度で休止することとした。

休止に当たって、本年度は、過去に最も成績の良かった魚類の仔稚魚を餌とした飼育を試みた。

(1) 材料と方法

ふ化棟の8 m³ コンクリート水槽に、6月26日にイサキふ化仔魚15万尾を収容しワムシを給餌して飼育した。飼育8日目に同じイサキふ化仔魚5万尾、12日目にインダイのふ化仔魚5万尾を追加した。

イサキの飼育を開始して12日目の7月7日から11日にかけて、毎日ふ化イカをこの水槽内に収容した。このふ化イカは、6月4日に海上の小割生けすの中で天然シバに産卵された卵を500 Lパンライト水槽に収容してふ化させたものである。収容時のふ化イカの大きさは、平均外套長6.8mm、収容尾数は合計1552尾であった。

飼育水温は自然水温とし、飼育水にはイサキ飼育開始時から濃度50万 cell になるようにナンクロロプシスを添加した。エアレーションはエアーストン4個で緩やかに通気を行った。

(2) 結果と考察

ふ化イカを収容して3日目から斃死個体が出始め、5日目には追加して収容したものも含めて大量斃死したため7日目に飼育を中止した。この原因として、収容直後よりほとんどふ化イカの摂餌が見られなかったことなどから、ふ化イカの活力に問題があったのではないかと考えられる。

なお、試験期間中の水温は、21.3～23.8℃、DOは6.0～6.5ppm、アンモニアは0.1ppm以下であった。また、ふ化イカを収容した時のイサキの大きさは3.0～6.0mmで、飼育尾数は約10万尾であった。

Ⅲ. 餌料量産技術開発

Ⅲ-1 ナンノクロロプシスの生産

佐藤 純

種苗生産に欠くことのできない餌料用微小藻類は培養に関して、不安定要素が多く環境条件に影響されることがあり安定培養が困難である。最近では種苗生産機関で濃縮装置を導入し、安定生産を目指すところが増えてきている。培養の安定化を目指すための培養方法の検討に加え、濃縮ナンノクロロプシスの利用方法など新しい課題についても検討が必要になってきている。

本年度はナンノクロロプシス培養水槽新設工事に伴い、キャンバス水槽での培養ができなかったため、壁面の高い水槽を使用して培養を行った。そのため水深を浅く（50 cm）して培養したが、安定培養が難しく特に冬季と梅雨時期は保有量が減少した。

I 方法

本年度はナンノクロロプシス培養水槽新設工事のため、これまで使用していたキャンバス水槽での培養はできなかった。培養は角型コンクリート水槽90㎡2面、60㎡5面、50㎡6面、八角型コンクリート水槽90㎡3面、新設角型コンクリート50㎡10面の水槽を使用した。元種には五島事業場事業場産の濃縮ナンノクロロプシスを使用し、培養水には砂濾過海水を使用した。

拡大は平成4年10月14日から行い、種苗生産への供給は12月1日から開始した。本年度は平成5年7月26日まで種苗生産への供給を行った。

培養方法は砂濾過海水とNXX25ネットで濾過した元種となるナンノクロロプシスを用いて、スタート密度が1,000万セル/ml前後になるように調製して、その後2,000万セル/mlに達したところで、全量抜き取るバッチ方式で行った。一部のナンノクロロプシスは濃縮（三井造船（株）製濃縮機）をして供給した。

施肥は、硫酸、尿素、過リン酸石灰、クレワット32を用いて、それぞれの基準量を100g/㎡、15g/㎡、10g/㎡、5g/㎡として行った。培養開始時には規準量の1/2量を施肥し、その4～5日毎に規準量の1/2を追肥した。原性動物の発生時には次亜塩素酸カルシウム1.0ppm（有効塩素60%）を添加して防除した。

Ⅱ 結果および考察

本年度は平成4年12月1日から平成5年7月26日までの237日間で種苗生産への供給を行い、その間に134回の収穫を行った。その結果、総生産量は2,000万セル換算で1,655.1㎡であった。また、日平均生産量は10.5㎡であった。（表1、2）

濃縮ナンノクロロプシスの生産は生産期間中、保有量が2,000万セル換算で200㎡前後に増えた時、1日約10～20㎡のナンノクロロプシスを濃縮し冷蔵保存した。本年度は平均密度2,220万セル/mlのナンノクロロプシスを2,000万セル換算で352.1㎡濃縮し、その結果、平均密度151.5億セル/ml、平均水量22.9ℓの濃縮ナンノクロロプシスを生産し、総生産量は2,000万セル換算で342.4㎡を生産した。（表3）

本年度の種苗生産も12月から始まりナンノクロロプシスの生産期間は過去最高であった。生産期間が長くなったにもかかわらず、総生産量は大幅に減少した。これは施設工事に伴い、水槽壁の高い水槽を利用せざるを得なかったため、培養日数が長期化し、原生動物のコンタミネーションが多発し、安定培養ができず供給量が減少したためである。

本年度の保有量は生産開始から3月下旬まで約180m³前後で推移し、200m³まで増加した(図1)。12月の平均保有量は217.7m³で、その後、1月から3月にかけては原生動物の混入により減少傾向になり、それぞれの平均保有量は185.0m³、172.3m³、127.9m³で特に3月下旬に保有量が約100m³減少することがあり、供給制限をせざるを得なかった。4月下旬から5月はじめにかけて使用量の増加と培養が安定しなかったため、保有量が減少した。4月、5月の保有量は114.2m³と217.9m³であった。5月中旬から6月はじめにかけて培養が安定し、保有量が300m³を越えることがあった。6月の平均保有量は212.3m³であった。

日平均生産量は12月から2月にかけてのシマアジ種苗生産期間中はそれぞれ、9.3m³、8.7m³、7.8m³であった。4月から5月にかけてはブリ、ヒラマサの種苗生産がはじまり、それぞれの生産量は10.8m³、12.5m³と増加した(図2)。利用割合はワムシ培養に47.4%、シマアジ、ブリ、ヒラマサ、クエの飼育水添加に35.0%、生物餌量の栄養強化に16.5%であった(図3)。生物餌量の栄養強化の使用割合が減少したのはナンノクロロプシスの培養不調のため市販品を使用したためである。

本年度の培養不調の原因は原生動物の混入によるものがほとんどであった。混入が確認できた水槽には次亜塩素酸カルシウム(有効塩素濃度60%)を1ppmの割合で加えた。添加後は検鏡確認できなくなったが、2、3日後から再び発生することが多く、添加効果があまり現れなかった。このため、特に冬期の培養が安定せず、保有量が昨年度と比較すると約100m³の差があった。藍藻の混入はなかった。

今後の課題としては今年度完成した新設培養水槽での安定培養方法を検討する必要がある。また、濃縮装置の有効利用方法(保存方法、再生方法など)について検討する必要がある。

表1 五島事業場におけるナンノクロロプシスの生産結果の概要

場 名	生産区分 (生産回次)	水 槽			培養方法	生産期間 (日数)	平均水温 (℃)	収穫 回数	スタート密度 (万セル/ml)	総生産量 (m³)	収穫密度 (万セル/ml)
		型	大きさ	個数							
五島事業場	1	角 型 コンクリート	90m³	2	バッチ	12.30~5.10 (133)	8.9	23	1,128 (500~1,630)	253.3	1,930 (1,500~2,360)
	2	八角形 コンクリート	90m³	3	バッチ	12.4~4.18 (137)	8.8	18	1,054 (450~1,750)	180.5	2,220 (1,630~2,750)
	3	角 型 コンクリート	60m³	5	バッチ	12.1~4.27 (149)	8.6	24	1,219 (550~1,580)	258.3	2,000 (1,700~2,510)
	4	角 型 コンクリート	50m³	6	バッチ	12.6~5.8 (155)	8.9	40	1,163 (740~1,630)	406.3	1,870 (1,480~2,560)
	5	角 型 コンクリート	50m³	10	バッチ	5.10~7.26 (78)	21.0	31	1,180 (690~1,920)	564.7	2,200 (1,540~2,950)
計								134		1,655.1	

表2 年度別ナンノクロロプシス生産概

年 度	生産期間 (日数)	総生産量 (m³)	日平均生産量 (m³)	スタート密度 (万セル/ml)	取り揚げ密度 (万セル/ml)	水 温 (℃)	肥料使用量 (m³ 分)
59	4.2~7.11 (101)	1791.1	17.7	800 (300~1700)	1800 (600~3000)	23.6 (13.2~33.9)	1995.0
60	3.20~7.18 (120)	1577.5	13.1	1100 (600~1600)	3400 (1400~4900)	20.8 (10.9~36.0)	980.0
61	3.7~7.23 (139)	1957.1	14.1	1400 (1000~2200)	2700 (1400~3900)	19.0 (3.7~29.5)	1657.5
62	4.1~7.20 (111)	1817.4	16.4	1100 (600~1800)	2300 (1900~3000)	20.7 (10.7~29.8)	2022.5
63	3.31~7.4 (96)	1671.9	17.4	1200 (600~2300)	2700 (1900~4000)	19.8 (10.8~27.5)	2235.0
1	3.20~7.7 (109)	2210.3	20.3	1300 (700~2300)	2200 (1300~3300)	19.2 (11.0~26.8)	2744.0
2	2.13~7.8 (146)	2170.5	14.9	1070 (700~1600)	2030 (1400~3600)	15.5 (12.0~37.0)	2655.0
3	12-12.3~7.30 (230)	2336.0	12.1	1100 (700~1500)	2050 (1500~2500)	14.2 (4.0~33.5)	3251.0
4	10-12.2~6.18 (199)	2090.2	10.5	1100 (300~1800)	2050 (1200~2500)	15.7 (5.0~33.8)	2893.0
5	11-12.1~7.26 (237)	1655.1	7.0	1140 (450~1920)	2040 (700~2950)	11.1 (3.5~31.8)	1937.5

表3 濃縮ナンノクロロプシス生産結果

濃縮に利用したナンノクロロプシス			濃縮結果		
平均密度 (万セル/ml)	水量 (m³) (2000万セル換算)		平均密度 (億セル/ml)	平均水量 (ℓ)	総生産量 (2000万セル換算)
2220 (2180~2970)	352.1		151.5 (65~320)	22.9 (15~30)	342.4

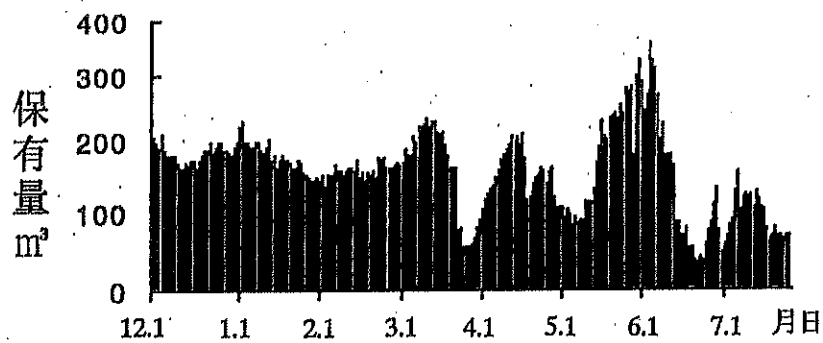


図1 ナンノクロロプシス保有量の推移

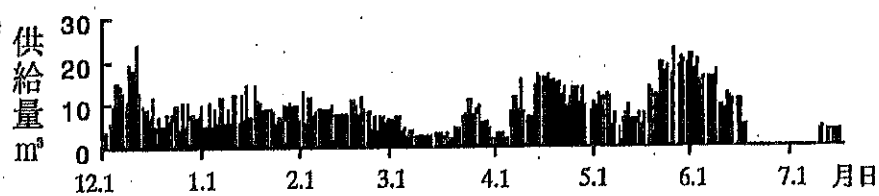


図2 ナンノクロロプシス供給量の推移

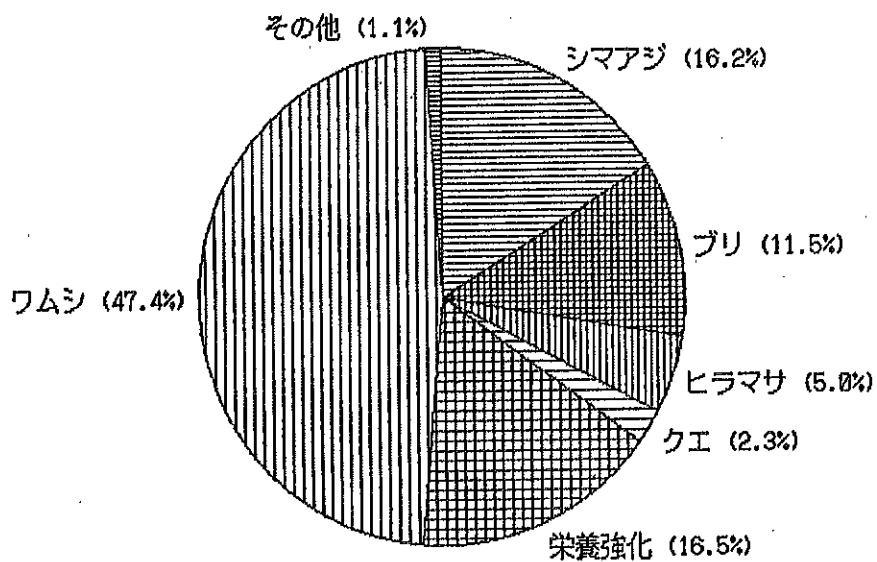


図3 ナンノクロロプシスの利用状況

III - 2 ワムシ生産

小林 孝

本年度は、シマアジ・ブリ・ヒラマサの初期餌料としてL型およびS型ワムシ、またクエ種苗生産試験用にタイ国産ワムシの培養を行った。

1 材料と方法

元種；当場で生産されたL型ワムシ耐久卵と拡大培養中に出現したS型ワムシ、および玉野事業場のタイ国産ワムシを使用した。

培養水槽；生産以前の種ワムシ培養に角型FRP製水槽（2.5m³）を最大4面使用し、生産用として、コンクリート製60m³角型水槽を最大同時に3面使用した。また、タイ国産ワムシには塩ビ製円錐型水槽（0.35m³）を2面使用した。通気はエアーストーンを、水槽当たり0.35m³水槽は1個、2.5m³水槽は2個、60m³水槽は13個を使用した。脱糞処理は水槽内に横100×縦120cmのエアーフィルター（AF-111A、金井重要工業（株））を水槽当たり0.35m³水槽は1枚、2.5m³水槽は2枚、60m³水槽は8枚設置し、毎日取り上げて洗浄した。

培養方法；培養方式は抜き取り方式であるが、ワムシの状態等によっては全量抜き取って移槽を行った。増殖分を毎日収穫し、その後ナンノクロロプシス培養水、海水、淡水を添加して4/5海水を保ちつつ水位を復元した。L型ワムシの培養水温は21℃、S型ワムシも21℃、タイ国産ワムシは30℃に設定した。

給餌；ナンノクロロプシス添加は、原則として60m³水槽は毎日2m³、移槽時3m³（または相当の凍結ナンノクロロプシス）、2.5m³水槽および0.35m³水槽はワムシの増殖状態により適時加減した。イーストの給餌量はワムシ1億個体当たり100gをめやすとし、定量ポンプで1日4回に分け給餌した。ただし2.5m³水槽は1日4回の手撒き、0.35m³水槽はイーストの添加は行わなかった。

2 結果と考察

本年度は、当場で生産した冷蔵保存L型ワムシ耐久卵を平成4年8月12日に、孵化させて元種とした。元種拡大培養の途中でS型ワムシの混入が見られ、種苗生産開始の12月には水槽により20～90%をS型が占め、平成5年3月以降はすべてS型となった。一方、タイ国産ワムシは平成5年5月19日に玉野事業場から搬入した種ワムシを0.35m³水槽を用いて培養した。

本年度の生産結果の概要を表-1に示した。平成4年12月4日から5年7月14日までの223日間に合計12,826億個体（S型81%、L型18%、タイ型1%）のワムシを生産した。L型S型の223日の間生産期間中の1日当たり平均生産量は57.5億個体/日、1日1m³当たり生産量は0.44億個体、スタート密度は、平均164個体/m³（144～215/m³）、収穫密度は、平均209個体/m³（150～297/m³）であり、平均増殖率は27%であった。一方、タイ国産ワムシは、1日当たり平均生産量は0.45億個体/日、1日1m³当たり生産量は1.23億個体、スタート密度は、平均107個体/m³（33～434/m³）、収穫密度は、平均107個体/m³（50～64

3)であり、平均増殖率は61%であった。

L型およびS型の総生産量12,812億個体の内、餌として使用したのは5,651億個体（生産量に対する利用率は44%）であった。その内訳は、12月:394億個体、1月:706億個体、2月:535億個体、3月:272億個体、4月:876億個体、5月:2,016億個体、6月:672億個体、7月:225億個体であり、12月～2月はシマアジに、3～7月はブリ、ヒラマサ、クエの餌料として給餌した。増殖率を主生産月の4～6月で見ると、4月:28%(7～45%)、5月:32%(13～65%)、6月:31%(9～57%)であった。

一方、タイ国産ワムシは平成5年6月1日から7月1日までの31日間に14億個体を生産した。この内、餌として使用したのは11.5億個体（生産量に対する利用率は82%）であった。その内訳は、6月:8.5億個体、7月:3.0億個体であり、6月は実験用クルマエビおよびクエ、7月はクエの餌料として給餌した。この期間の平均日間増殖率は前述のように61%であったが、日間増殖率では最高209%、最低71%と不安定であった。

3 今後の課題

1) 利用率の向上: $(\text{種苗生産に使用したワムシ個数} \div \text{生産されたワムシ個数}) \times 100$

本年度に生産されたワムシは12,826億個体で1兆個体を越えたが、種苗生産に使用され魚類稚魚等に給餌されたのは、この内の44%の5,662.5億個体のみであった。

この主因は、ワムシの増殖率に振れがあるので、給餌量を確保するために安全を見越して増殖率を低めに見積もるためである（元種を余裕を見て多めに確保しておく）。本年度のS型ワムシ増殖率を月別に見るとほぼ30%で安定しているが、各日ごとの増殖率で見ると、マイナスこそ無かったが7%～65%で大きな幅がある、増殖率は低めであってもよいから、この幅（増殖率の振れ）をなるべく小さくすることが計画生産につながり、無駄のない利用率の高いワムシ生産が可能となる。

また、ある限度内の幅の増殖率を見積もっても、給餌量を確保するためには現在のワムシ培養水槽数では少なくなる可能性も出てくるが、もう1面水槽を増やすと多すぎるということも起きるが、予定された給餌量を確保するためには1面水槽を増さざるを得ないので、ワムシが平均的な増殖をすれば、その結果無駄がでる。

次に、親魚養成および種苗生産のほうに関係するが、予定された日にあわせてワムシ培養をスケール・アップしていくが、卵または孵化仔魚等の入手が大幅に遅れるとか、飼育中の稚仔魚が大幅に減耗したが、次の孵化仔魚等の入手までにあまり期間がない場合は、そのままの規模でワムシ培養を続行せざるを得ない。

以上のように不確定要素が絡み合って無駄のない利用率の高いワムシ生産は、なかなかむずかしい。

しかし、各ワムシ種の適正培養水温範囲内で低めに水温を設定し、培養密度も低めに設定し、或る程度小型の水槽で培養し、ワムシを培養しつつ常に親魚や種苗生産の最新の情報を入手しながら小回りがきくようにしておくことがある程度利用率を高められると思われるが、これをそのまま実行すると今度は生産効率、作業効率等がともに悪くなり兼ね合いの問題であり今後の課題として残る。

2) タイ国産ワムシの安定培養

生産期間の平均日間増殖率は62%であったが、最高209%、最低71%とはなはだ不安

定（昨年度の結果も平均日間増殖率は33%、最高283%、最低71%で不安定）であった。

この原因は、培養水温が30℃と比較的高温であるためではないと思われるが、S型ワムシはこの水温以上でも、本年度のように22℃でも（また平成4年度の厚岸事業場の年報では16℃）増殖率の変動は有るもののこれほどは不安定にはならないので、本種の特性なのか培養技術の未熟なのか今後の課題として残る。

3) S型およびL型ワムシの単独培養

本来は、S型およびL型ワムシを場内で個別に培養しておき稚仔魚の種類および成長に合った要求にあわせて、毎日少しずつS:L混合比および給餌量を変化させていくことが好ましいと思われる。

しかし、場内で個別にS型およびL型ワムシの培養を長期間維持していくことは難しいのが現状である。S型を高水温で、またL型を低水温で培養しておけばある程度は可能であるが、高度に注意をしながら培養をしてもオープンな環境の生産対応水槽では、いずれL:S混合（コンタミ）する場合が多い。

最近S型ワムシも馴致すれば、ある程度まで比較的低水温で培養できることが報告されているので水温だけにたよるのは無理があり、また閉鎖的培養や物理的濾過では生産に対応できないので根本的な技術開発が必要で、今後の課題として残る。

表-1 シオミズツボワムシの生産結果の概要

場 名	生産区分 (生産回次)	水 槽		培養方式	生産期間 (日数)	平均水温 (℃)	収穫 回数	スタート 密 度 (個体/㎡)	総 生 産 量 (億個体)	収穫密度 (個体/㎡)	S型の 生産割合 (%)	備考
		型	大きさ 個数									
五島事業場	1	角型 コンクリート	60㎡ 1~3	抜き取り	12.4~7.14 (223)	21.9 (19.8~26.3)	522	164 (144~215)	12,812 (150~297)	209	82	
	2	円錐型 塩ビ製	0.36㎡ 2	抜き取り	6.1~7.1 (31)	30.1 (29.2~31.5)	62	107 (33~434)	14 (50~643)	172	100	タイ国 S型
	計						584		12,826			

III - 3 餌料生物の栄養強化

小金隆之

今年度は種苗生産に際してワムシとアルテミアノープリウスの栄養強化を行った。また栄養強化剤の種類毎の強化効果を比較するため試験を行った。

1) 餌料生物の栄養強化の概要を表1に示した。本年度はワムシの栄養強化には、疾病対策としてナンノクロロプシスの代わりに市販の濃縮ナンノクロロプシス（メルシャン製）を使用した。ワムシの栄養強化剤にはイカ乳化油（理研ビタミン製、以下イカオイルと呼称）、アルテミアノープリウスの栄養強化剤にはスーパーアルテミア（ヒガシマル製）を使用した。

2) 栄養強化試験は2.5m³水槽を使用し、ワムシについて8試験区、アルテミアノープリウスについて4試験区を設け、栄養強化終了時の餌料生物の栄養分析を行った。栄養強化に使用した材料はナンノクロロプシス培養水（五島事業場産）、市販クロレラ（淡水濃縮）、市販ナンノクロロプシス、イカオイル、スーパーロティファー（ヒガシマル製）、DHAオイル（日水製、試供品）、スーパーアルテミアであった。収容時の密度はワムシが10億個体/m³、アルテミアノープリウスが1億個体/m³であった。

3) 各区の脂肪酸組成を表2、図1に示した。ワムシのEPAの含有量はナンノクロロプシス（8hr）をベースとし、イカオイル（N04）、DHAオイル（N06）、スーパーロティファー（N07）を添加した場合、順にそれぞれ27%、21%、25%で何れもナンノクロロプシス単独（N02, 15%）と比較して高くなり、その内イカオイルが最も高かった。スーパーロティファーを強化剤とした場合（N05, 7）のベースとして市販クロレラ（N05, 16%）とナンノクロロプシス（N07, 25%）を比較すると市販クロレラが低い傾向がみられた。またイカオイルを強化剤とした場合ベースがナンノクロロプシスである場合（N04, 27%）と市販ナンノクロロプシスである場合（N08, 9%）を比較すると市販ナンノクロロプシスが低かった。

DHA含有量は、ナンノクロロプシス（8hr）をベースとし、イカオイル、DHAオイル、スーパーロティファーを強化剤として添加した場合（N04, 6, 7）、それぞれ順に0.4%、2.0%、0.8%でDHAオイル区のみ高く他は低かった。しかし市販クロレラ+スーパーロティファー（N05, 1.9%）、市販ナンノクロロプシス+イカオイルの組合せ（N08, 1.9%）も高かった。

EPAとDHAが共に高くなる組合せはナンノクロロプシス+DHAオイル（N06）で次に市販クロレラ+スーパーロティファー（N05）であった。

4) アルテミアノープリウスのEPAの含有量はイカオイル（N010）、スーパーアルテミア（N011）、DHAオイル（N012）で強化した場合それぞれ順に3.4%、4.7%、3.4%で何れも無強化（N09）の3.7%と明瞭な差がなかった。

DHAの含有量は強化による増加が著しく、スーパーアルテミア（N011, 2.8%）、DHAオイル（N012, 1.9%）、イカオイル（N010, 1.6%）の順で高かった。

表1 栄養強化の概要

対象餌料	水 槽		使用魚種	方 法
	対象餌料	収容密度 (実水量 : m ³) 槽数 (億個体 / m ³)		
ワムシ	2.5m ³ FRP水槽 (2.5)	1~2 5~12	ブリ、シマアジ ヒラマサ、クエ	市販の濃縮冷凍ナンノクロロプシスを1,000 ~2,000 万ℓ / m ³ の密度で添加した海水に収容。6 ~7 時間後にイカ乳化油 (30mℓ / m ³) を、18時間後に再度濃縮冷凍ナンノクロロプシスを500~1,000 万ℓ / m ³ の密度で添加。収容から20~30時間後に使用。強化水温は20~23℃。
アルテミア ノープリウス	2.5m ³ FRP水槽 (2.5)	1~2 0.4~1.5	ブリ、シマアジ ヒラマサ、クエ	ろ過海水に収容し、17~20時間後にスーパーアルテミア (150g / m ³) を添加、収容から22~27時間後に使用。強化水温は20~23℃。

表2 栄養分析結果

Fatty acid	No.1	No.2	No.3	No.4	市販		No.6	No.7	No.8	No.9	No.10	No.11	No.12
	無強化	ナツ(24h)	ナツ(22h)	ナツ(8h)	市販	ナツ(8h)	ナツ(8h)	SR(16h)	ナツ(8h)	無強化	イカオイ#(16h)	ス-P-アルデミ7	DHA
	イカオイ#(24h)	イカオイ#(22h)	イカオイ#(16h)	イカオイ#(8h)	イカオイ#(8h)	イカオイ#(16h)	イカオイ#(16h)	イカオイ#(16h)	イカオイ#(16h)	イカオイ#(16h)	イカオイ#(16h)	イカオイ#(16h)	イカオイ#(16h)
14:0	2.0	3.0	3.6	3.3	3.7	3.2	2.7	3.0	1.1	1.2	0.9	1.1	1.1
15:0	0.4	0.4	0.1	0.3	0.4	0.3	0.3	0.3	0.5	0.7	0.6	0.9	0.9
16:0	8.0	11.4	12.5	12.4	14.1	11.2	13.6	12.2	11.5	12.6	11.4	11.9	11.9
16:1n-7	23.8	21.9	19.9	20.0	21.8	20.2	18.9	18.3	5.1	3.6	3.7	3.7	3.7
17:0	0.6	0.1	0.2	0.2	0.4	0.1	0.3	1.1	0.8	0.7	0.7	0.8	0.8
16:4n-1	0.9	0.8	0.5	0.3	0.4	0.3	0.4	0.5	0.5	0.4	0.4	0.6	0.6
18:0	4.4	3.8	3.0	2.5	3.1	3.0	3.1	3.7	5.6	5.5	5.3	4.7	4.7
18:1n-(7+9)	35.9	23.3	19.4	14.6	20.1	18.0	18.0	29.2	26.1	26.1	24.3	23.7	23.7
18:2n-6	3.0	2.4	4.4	3.6	4.8	3.9	4.2	3.3	4.9	5.0	5.7	4.6	4.6
18:3n-6	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.5	0.5	1.6	0.5	0.5
18:3n-3	0.2	0.1	0.2	0.1	0.8	0.1	0.1	0.5	26.0	25.2	25.5	28.6	28.6
18:4n-3	0.1	tr	0.2	0.1	0.3	tr	tr	0.3	4.5	4.5	4.6	5.1	5.1
20:1n-(9+11)	2.5	1.9	2.1	2.0	1.7	2.6	1.7	3.5	1.0	1.3	0.8	0.9	0.9
20:2n-6	0.5	0.4	0.3	0.2	0.2	0.3	0.3	0.6	0.2	0.2	0.3	0.2	0.2
20:4n-6	0.7	0.6	2.3	3.1	2.2	2.3	3.0	1.6	0.7	0.5	0.6	0.4	0.4
20:3n-3	tr	tr	0.1	0.2	tr	0.1	tr	nd	1.2	1.1	1.2	1.0	1.0
20:4n-3	0.2	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.3	0.5	0.9	0.9	1.0	0.8	0.8
20:5n-3	3.9	14.6	19.7	26.6	16.1	21.0	24.5	8.8	3.7	3.4	4.7	3.4	3.4
22:1n-(11+13)	0.9	0.5	0.5	0.7	0.3	1.8	tr	0.6	0.2	0.4	0.2	0.7	0.7
22:5n-6	nd	0.1	tr	tr	tr	0.1	0.1	0.1	nd	tr	0.1	tr	tr
22:5n-3	1.6	3.0	2.8	3.9	2.8	3.7	3.6	1.5	0.3	0.2	0.3	0.3	0.3
22:6n-3	0.4	0.4	0.6	0.4	1.9	2.0	0.8	1.9	0.3	1.6	2.8	1.9	1.9
Σ monoene (%)	63.2	47.5	41.9	37.2	43.9	42.6	38.6	51.6	32.3	31.4	28.9	28.9	28.9
Σ n-3	6.4	18.3	23.9	31.6	22.2	27.2	29.2	13.4	36.7	36.8	40.0	41.1	41.1
Σ n-6	4.4	3.6	7.0	7.0	7.3	6.7	7.6	5.8	6.3	6.2	8.2	5.7	5.7
Σ n-3HUFAs	6.1	18.2	23.5	31.4	21.1	27.2	29.1	12.7	6.2	7.1	9.9	7.4	7.4
In sample(g/100g dry basis)													
EPA	0.61	2.89	4.37	6.71	2.51	4.72	5.31	2.06	1.42	1.26	1.72	1.35	1.35
DHA	0.06	0.07	0.13	0.10	0.29	0.46	0.17	0.45	0.10	0.58	1.03	0.76	0.76
Σ n-3HUFAs	0.96	3.61	5.21	7.93	3.29	6.12	6.32	2.98	2.40	2.62	3.65	2.95	2.95
Moisture (%)	77.2	77.5	76.0	75.5	75.3	76.2	76.6	77.4	74.9	73.4	73.3	79.5	79.5
Crude (wet)(%)	3.60	4.46	5.32	6.18	3.86	5.36	5.08	5.30	9.67	9.84	9.84	8.20	8.20
Lipid (dry)(%)	15.8	19.8	22.2	25.2	15.6	22.5	21.7	23.5	38.5	37.0	36.9	40.0	40.0

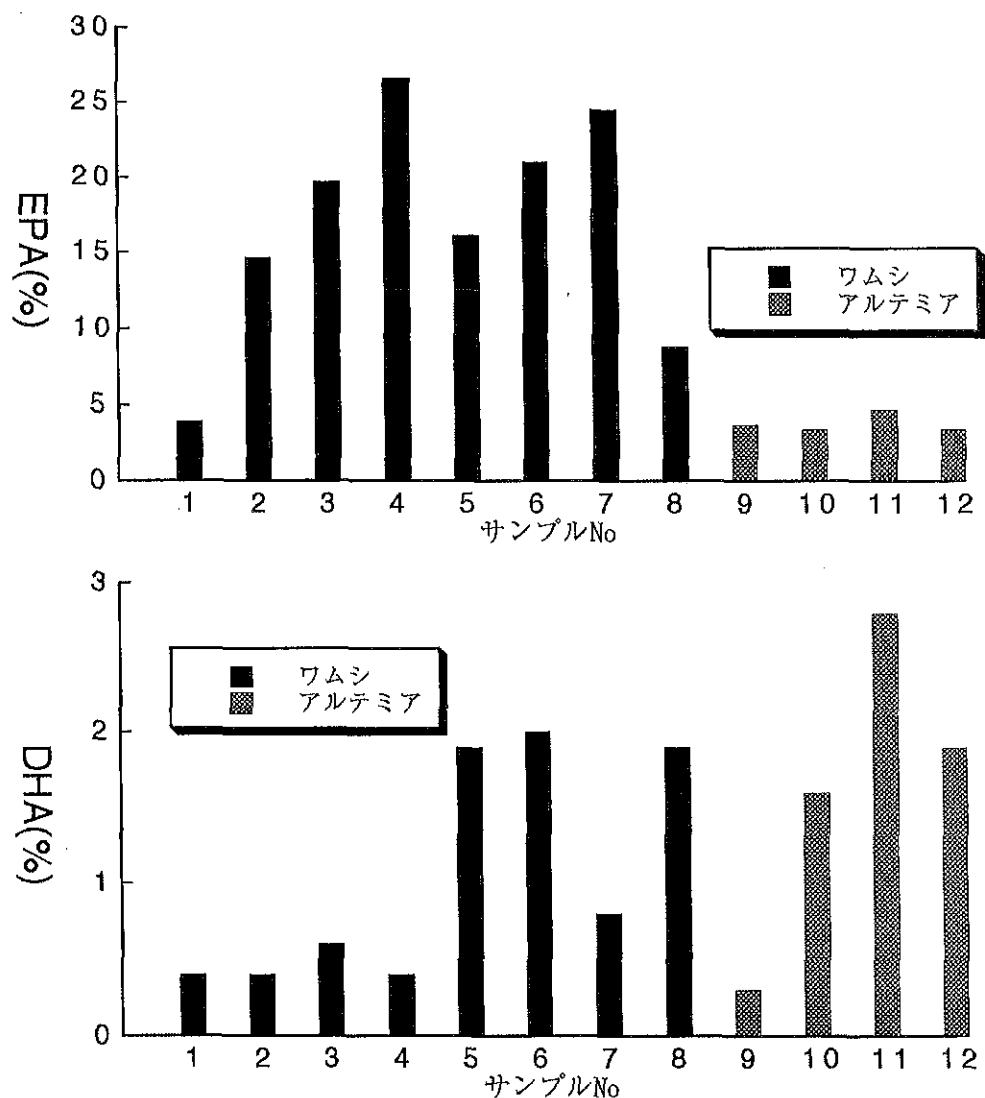


図1 各区のEPAおよびDHA含有量

試験区	栄養強化方法
No1	無強化
No2	ナンノ24hr
No3	ナンノ22hr + イカオイル(30ml/トン) 2hr
No4	ナンノ8hr + イカオイル(30ml/トン) 16hr
No5	市販クロレラ8hr + スーパーロティファアー (100g/トン) 16hr
No6	ナンノ8hr + DHAオイル (50ml/トン) 8hr
No7	ナンノ8hr + スーパーロティファアー (100g/トン) 16hr
No8	市販ナンノ8hr + イカオイル(30ml/トン) 16hr
No9	無強化
No10	イカオイル(30ml/トン) 16hr
No11	スーパーアルテミア (100g/トン) 16hr
No12	DHAオイル (50ml/トン) 16hr

イカオイル: 理研ビタミン

スーパーロティファアー、スーパーアルテミア: ヒガシマル

DHAオイル: 日水 (試供品)

IV. 資源添加技術開発

IV - 1 ブリ標識放流

小林 孝

五島事業場のブリ人工種苗標識放流は、九州西岸海域での放流適地の探索および基礎的な生態的動向を把握する目的で、昭和57年度から開始され本年度で12年目に入った。そこで、まずその概略を報告をする。

当初の放流場所は、五島三井楽町沖（昭和57～62年度）、五島玉ノ浦町沖（昭和57年度）、五島中通〔なかつどおり〕島有川町沖北曾根（昭和59年度～）である。放流は夏期行われ、放流サイズは平均全長約20cm（16～23cm）であった。再捕結果は、年内の移動分散状況についてはデータが蓄積されてある程度把握されたが、越年後については再捕例が少なく不明瞭であった。

そこで、昭和61年度からブリ種苗を秋～冬期まで育成した平均全長約30cm（32～35cm）の秋～冬期（晩期）放流を追加することとし、放流場所は有川町沖北曾根とした。また、放流場所も新たに鹿児島県甕〔くさき〕島沖、五島灘南、男女群島沖を加えた。この有川町沖北曾根の秋～冬期放流が、移動分散の長期追跡に有効であることが昭和61～63年度の結果から判明したので、翌年の平成元年度から、さらにブリ種苗を翌年の春期まで育成した平均全長約40cm（35～40cm）の春期（水温上昇期）放流を追加し、また平成2年度から秋～冬期放流を鹿児島県甕島沖でも行うこととした。

その結果、甕島沖放流群は放流後5ヵ月以後の再捕も放流場所近辺で行われていることがわかった。また、有川町沖北曾根放流群は放流後5ヵ月以後の再捕範囲が広く、かつ放流直後の移動も活発であることがわかった。

このように甕島沖放流群と有川町沖北曾根放流群は、対称的また特徴的な再捕結果となっている。一方、五島灘南放流群は放流年度により再捕結果が著しく異なり、また男女群島放流群は再捕率が著しく低いことがわかった。

以上のことから、平成3年度および4年度は有川町沖北曾根放流群と甕島沖放流群に的を絞って放流を行うこととし、さらに平成5年度は有川町沖北曾根のみに放流することとした。

そこで以下、有川町沖北曾根放流群と甕島放流群の過去の放流結果の概要お

よび平成 4年度と本年度（平成 5年度）の放流とその再捕結果を報告する。

なお、本年度における標識放流実施状況を表-1、当场で放流を開始した昭和57年度から本年度までの12年間45例の標識放流魚の再捕状況について表-2に示した。

1. 有川町沖北曾根放流群

1) 過去の放流結果の概要

有川における秋～冬期放流（晩期放流）は、昭和59年度から同海域で行ってきた小型魚の放流（夏期放流）における越年後の移動分散経路を調査するため昭和61年度から行っている。平成 4年度まで 8回の平均再捕率は 2.8%（0.7～10.0%）で、主な再捕漁具は定置網であり、これにより平均72.0%（21.4～85.3%）が再捕されている。一方、春期放流は元年度、3年度および 4年度の 3回行われている（平成 5年度の平成 6年 3月放流群は経過日数が短いので除く）が、再捕率は各々2.06%、3.90%、3.80% でそれほど高率とはなっていない。

移動状況は年度によって異なり、昭和61年度放流群は同年の小型魚放流群と同じく平戸島周辺海域を中心に多く再捕され、一部は壱岐対馬、山口県沿岸、北海道西岸へ北上する傾向を示した。これに対し、昭和62、63 年度放流群は放流初期に鹿児島県西岸まで南下した後、同東岸を北上し一部は太平洋側の宮崎県や高知県への移動が確認された。また平成元年度放流群は移動範囲は狭く、南下傾向を示し、主に長崎県野母崎から平戸島にかけての海域で再捕された。また小型魚放流群との相違点は、広範囲な移動を行うことであり太平洋側との交流があることが秋～冬期放流（晩期放流）によって確認された。平成 2年度放流群は、放流点から西側へ移動した後、上五島東岸域を南下する群と、北上して平戸島周辺海域へ至る群および長崎県西岸を南下して熊本県牛深に至る群がみられた。平成 3年度放流群は、放流点から北方向へは平戸島週辺、南方向へは西彼杵〔にしそぎ〕半島までの間が主であった。しかし、再捕魚の内、放流後 6日目に大韓民国の東側沖で始めて再捕され注目される。また、放流後17日目には甕島周辺（川内〔せんだい〕市沖）で再捕され放流初期に広範囲に分散する群の存在が示唆された。平成 4年度は、秋～冬放流群が薩摩半島西岸で、春期放流群が佐賀県、京都府、島根県で再捕されていることが特筆される。

2) 平成4年度有川秋～冬期放流群の経過の概要(4年11月)

平成4年12月1日に平均全長320mmの種苗1,715尾にダート型標識(黄色11月A92、1,000尾および白色11月D89、715尾)を装着して放流を実施した。再捕結果の概要を表-3、図-1に示した。(なお、図中の星印★は放流点を示している。他図でも以下同じである。)

平成6年3月31日現在(放流後486日目)の再捕尾数は39尾、再捕率は2.27%で、移動距離別再捕尾数の割合は、放流点から半径20kmまでが49%、30kmまでが74%、50kmまでが97%であり、ほとんどが50km以内で再捕されている。再捕漁具は定置網(82%)、刺網(10%)、一本釣り(5%)、ごち網(3%)であった。再捕場所は、放流点から北方向へは平戸島周辺、南方向へは五島列島中央部の奈留島までが主であったが、一例のみであるが薩摩半島西岸(鹿児島県加世田市小湊沖)で再捕されているのが特筆される。再捕場所を放流点からの角度(北を0度として右回り)で見ると、0～60°:17%(期待値17% $\cong 60/360 \times 100$ 、他の区間も同)、60～120°:15%、120～180°:3%、180～240°:55%、240～300°:0%、300～360°:10%となる。また、放流から再捕までの経過日数別に見ると30日までに約80%が再捕されている。現在の最後の再捕は放流後214日目(平成5年8月31日:加世田市沖)でそれ以後の報告はない。

3) 平成4年度有川春期放流群の経過の概要(4年11月)

この放流群は、年度も年月も平成5年であるが、平成4年度に生産された稚魚を使用して平成4年度内の3月末に放流予定であったものが、天候等により約1ヵ月放流が遅れたものである。そこでこの放流群は、整理上は、平成4年度春期(水温上昇期)放流群とした。

平成5年4月27日に種苗1,000尾(平均全長400mm)にダート型標識(黄色11月B92)を装着して放流した。再捕結果の概要を表-4、図-2に示した。

平成6年3月31日(放流後:338日)現在の再捕尾数は38尾(再捕率:3.80%)で、定置網(再捕割合:58%)、一本釣り(29%)、磯建網(5%)、漁具不明(8%)で再捕されている。再捕場所は、ほとんどが平戸島および佐世保市沖近辺であった。ただし、佐賀県で2尾(放流後13日に鎮西町、17日後に肥前町)、京都府で1尾(52日後に宮津市)、島根県で1尾(59日後に益田市)が再捕されていることが特筆される。再捕を放流点からの角度で見ると、0～90°:92%、(各区

期待値25%)、90～180°:5%、180～270°:3%、270～360°:0%、となった。

移動と再捕が比例しているとすれば、主群は北東方向に移動したことになる。移動距離別の再捕割合は、放流点から半径30kmまでが26%、50kmまでが68%、70kmまでが87%、90kmまでが92%、そして107km、201km、725kmが各1尾ずつで100%となる。また、放流から再捕までの経過日数別に見ると30日までに約87%が再捕されている。現在の最後の再捕は放流後137日目(平成5年9月11日、佐世保市沖の大島町)で、それ以降の報告はない。

4) 平成5年度有川秋～冬期放流の経過の概要(5年計1)

平成5年12月15日に種苗4,000尾(平均全長325mm)にダート型標識(透明色GOT093A)を装着して放流した。再捕結果の概要を表-5、図-3に示した。

平成6年3月31日(放流後:106日)現在の再捕尾数は618尾(再捕率:15.45%)である。再捕漁具は各1尾の一本釣、磯建網を除き、すべて定置網(99.7%)であり、全再捕尾数の約96%が放流後一週間以内に再捕されている。現在の最後の再捕報告は平成6年2月3日(放流後49日:北松浦郡大島村)で、それ以降の報告はない。再捕場所は、大部分(615尾:99.5%)が放流点から南西および西方15km前後の有川町および新魚目町沖である。放流後1週間に定置網によって、集中的に再捕されているのが特徴である。

5) 平成5年度有川春期放流(5年計2)

平成6年3月28日に種苗2,000尾(平均全長360mm、平均体重590g)にダート型標識(透明黄色GOT093B)を装着して放流した。再捕結果の概要を表-6、図-4に示した。

平成6年3月31日(放流後:3日)現在の再捕尾数は26尾(再捕率:1.30%)である。再捕は、すべて放流点から西側15～20km(有川町および新魚目町)の定置網である。この放流群は放流後の日が浅いので今後を見守りたい。

2. 甕島放流群

1) 過去の放流結果の概要

九州西岸域での本種の移動分散経路を把握する目的で昭和61年度から標識放流調査を行い平成4年度までに7回の放流を試み終了した。この放流群の特徴は、放流初期の再捕が多く、長期間経過した後の再捕が少ない傾向があるが、

移動範囲は放流点から半径70km以内の鹿児島県西岸域や甕島周辺海域に（一部の例外を除き）限られ、移動傾向は前記の有川町沖放流群と著しく異なっているのが特徴である。

平成 4年度までの平均再捕率は3.5%（0.3 ～13.2）であった。放流初年度が4.94% と高かったが、その後昭和62、63、平成 2年度は0.33～0.44% と低く、平成元年度は放流翌日に多数まとめて再捕されたため再捕率は高いが、それ以外の再捕例は少なかった。また、平成 3年度は3.24%、4年度は2.75% と平均的であった。主な再捕漁具は年度により異なり、昭和61年度と平成 2年度は釣り（全再捕尾数の約60%）、昭和62年度と平成元年度は棒受網（約70～99%）、昭和63年度と平成 3年度および 4年度は定置網（約50～70%）であった。

2) 平成 4 年甕島放流群の経過の経過の概要 (4年分)

平成 4年12月 2日に、平均全長310mm（280～330mm）、平均体重400g（200～500g）の種苗 2,000尾にダート型標識（白色、コウ C92）を装着して放流を実施した。平成 6年 3月31日現在（放流後 485日目）までの放流結果の概要を表 7、図 5 に示した。

平成 6年 3月31日現在の再捕率は 2.75%（総再捕尾数55尾）である。再捕場所は、放流点周辺および北方向へは天草諸島南部海域、南方向へは薩摩半島西岸笠沙〔かささ〕町沖、東方向へは阿久根市沖、西方向へは下甕村沖までであった。昨年同様放流点から南方向への移動（全再捕尾数に対する割合78%）が顕著であった。なお、鹿児島県串木野市沖で放流後 2日、7日および41日目の再捕尾数の合計が現在までの総再捕尾数の約半数に当たる25尾となっていることが特徴的である。移動範囲は、半径50km以内と例年どおり狭い。再捕漁具は、定置網（67%）、一本釣り（24%）、棒受網（6%）、漁具不明（3%）であった。

表-1 平成5年度におけるブリの放流実施状況（五島事業場）

放流群No.	放流点	放流年月日	放流尾数		放流サイズ (mm)	標識のタイプ
			全尾数	内標識尾数		
5年ゴトウ 1	長崎県有川町沖北曾根	H5.12.15	4,000	4,000	325	ダート型 (透明色GOTO93A)
5年ゴトウ 2	長崎県有川町沖北曾根	H6.03.28	2,000	2,000	360	ダート型 (透明黄色GOTO93B)

表-2 五島事業場ブリ標識放流群の再捕経過 (平成 6年03月31日現在)

放 流 群		年 別 再 捕 尾 数												累 積 再 捕 率 (%)	備 考					
放流群No.	放流月日	放流点	標識放流尾数	平均全長(cm)	57	58	59	60	61	62	63	平1	2	3	4	5	6	尾数		
57年1月1	57.9.7	三井薬師沖	9,293	17.6	34	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	34	ダート型 (黄、赤) 計82C	
57年1月2	11.4	三井薬師沖	3,756	20.7	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	ダート型 (黄) 計82	
58年1月1	58.9.13	玉之浦町沖	13,646	23.2	243	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	247	ダート型 (黄) 計83G、(赤) 計83H	
58年1月2	9.13	三井薬師沖	20,082	23.2	300	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	306	ダート型 (黄) 計83E、計83F	
59年1月1	59.8.10	三井薬師沖	9,086	15.5	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	リボン型 (黄、70mm)	
59年1月2	8.28	有川町沖	18,456	18.8	466	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	468	ダート型 (黄) 計84E	
59年1月3	9.7	三井薬師沖	16,460	19.3	115	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	120	ダート型 (黄) 計84F	
60年1月1	60.8.7	三井薬師沖	118	52.4~76.8			16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	背骨型 (赤)	
60年1月2	9.5	有川町沖	14,851	21.4	479	28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	507	背骨型 (黄)、ダート型 (黄)、7カ型 (赤)	
60年1月3	9.6	三井薬師沖	13,098	20.6	120	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	125	背骨型 (緑)、ダート型 (赤)	
61年1月1	61.8.5	三井薬師沖	274	50.0~94.3			23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23	背骨型 (赤)	
61年1月2	8.6	三井薬師沖	5,000	17.1		27	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	29	アノカ型 (青) 計C	
61年1月3	8.11	五島瀬南	9,971	18.9	77	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	79	アノカ型 (赤) 計B、背骨型 (赤) 計86B	
61年1月4	8.12	有川町沖	14,296	18.7	237	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	242	背骨 (黄、緑)、ダート (黄、赤) 計86A、7カ型 (赤) 計A	
61年1月5	9.24	甌島沖	5,506	28.2	268	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	272	ダート型 (白) 計86B	
61年1月6	9.25	男女群島沖	6,469	27.3	151	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	151	ダート型 (青) 計86C	
61年1月7	12.2	有川町沖	2,731	35.1	227	45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	272	背骨型 (白) 計86A	
62年1月1	62.9.18	男女群島沖	5,000	20.9		1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	ダート型 (青) 計87	
62年1月2	9.18	甌島沖	5,000	20.4	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18	ダート型 (白) 計87	
62年1月3	9.19	有川町沖	12,000	20.6	79	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	80	背骨型 (黄、赤)、ダート型 (黄、赤、7カ型 (黄、赤))	
62年1月4	9.24	三井薬師沖	2,800	20.7	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	アノカ型 (白) 計T	
62年1月5	10.5	三井薬師沖	81	74.0~97.0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	ダート型 (白) 001~045、119~160 (欠番有)	
62年1月6	10.7	五島瀬南	8,750	23.3	17	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	7カ型 (赤) 計K (4,720尾)、背骨型 (赤) 計87	
62年1月7	63.1.26	有川町沖	850	32.7	31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	31	背骨型 (白) 計87 (736尾)、(黄) 500~640 (欠番有)	
63年1月1	8.29	男女群島沖	4,958	17.6		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	ダート型 (白) 計88
63年1月2	8.29	甌島沖	4,835	18.7	15	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	ダート型 (白) 計88	
63年1月3	10.12	五島瀬南	5,000	26.8	72													72	ダート型 (白) 計88	
63年1月4	元.1.11	有川町沖	3,470	32.2	149	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	150	ダート (白) 計88 (1,770尾)、白背骨計88 (1,700尾)	
元年1月1	4.5	有川町沖	778	34.6	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	ダート型 (黄) 計88	
元年1月2	8.31	五島瀬南	4,300	22.8	53	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	60	ダート型 (黄) 計89	
元年1月3	8.31	甌島沖	4,300	21.5	565	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	566	ダート型 (黄) 計89	
元年1月4	11.14	玉之浦町沖	138	85.0~102.0	24													24	ダート型 (黄) 計900~	
2年1月1	2.9.7	有川町沖	2,000	34.6	21	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28	ダート型 (白) 計89	
2年1月2	10.2	五島瀬南	5,000	23.3	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	38	ダート型 (白) 計89	
2年1月3	12.13	甌島沖	5,000	27.7	75	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	22	ダート型 (黄) 計89	
2年1月4	12.25	玉之浦町沖	280	75.0~89.0	64	41	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	83	ダート型 (黄) 計900~	
3年1月1	3.11.26	有川町沖	2,170	38.7														105	ダート型 (白) 計89 背骨型 (緑) 計87	
3年1月2	11.27	甌島沖	2,080	31.8	40	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	45	ダート型 (黄) 計91	
3年1月3	4.3.28	有川町沖	1,000	40.3	67	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	69	ダート型 (白) 計91	
4年1月1	12.1	有川町沖	1,715	32.0	39	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	39	ダート型 (白) 計90	
4年1月2	12.2	甌島沖	2,000	31.0	31	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	39	ダート (黄) 計92 (1,000尾)、(白) 計89 (715尾)	
4年1月3	5.4.27	有川町沖	1,000	40.0	47	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	55	ダート型 (白) 計92	
5年1月1	12.15	有川町沖	4,000	32.5	597	21	618											38	ダート型 (黄) 計92	
5年1月2	6.3.28	有川町沖	2,000	36.0														26	ダート型 (透明) 計93A	
																		26	ダート型 (黄) 計93B	

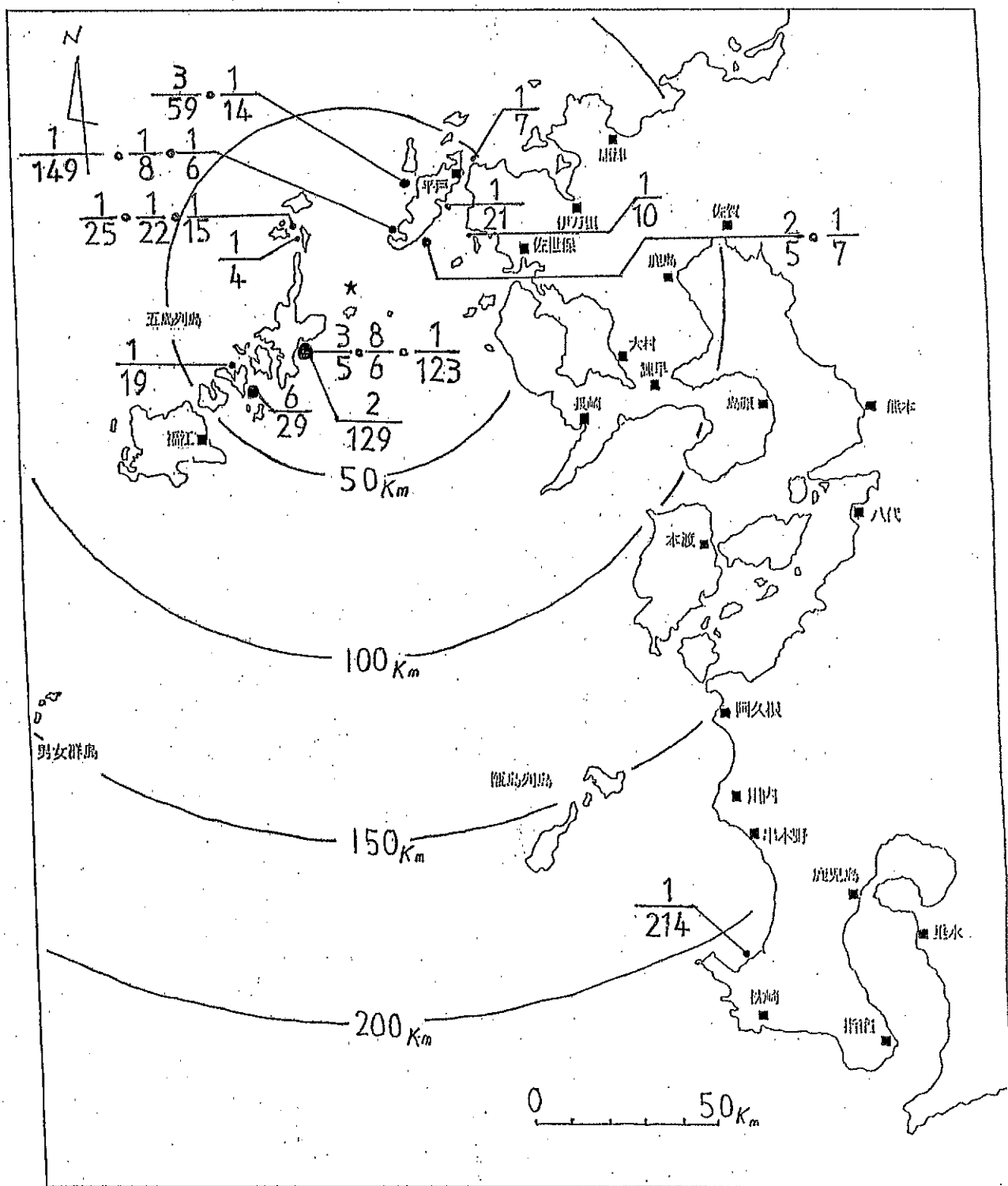


図-1 平成4年度12月有川町ブリ放流の再捕状況(五島事業場)
放流:平成4年12月1日、(平成6年3月31日現在) 上段:再捕尾数
下段:経過日数

表-3、平成4年度12月有川町北曾根放流再捕結果の概要(放流:平成4年12月1日、放流尾数1,715尾)
タト型黄オカA92(1,000尾)、タト型白オカD89(715尾)

再捕年月	経過日数	再捕尾数	再捕率	全長 (cm)	体重 (g)	漁具別再捕尾数				移動距離別再捕尾数					
						定置網	一本	刺網	タ網	0 10km	20	30	40	50	200
H4.12	0~30	31	1.81	31	368	25	2	4	0	0	13	9	1	8	0
H5.~3	31~121	3	0.17	33FL	533	3	0	0	0	0	3	0	0	0	0
4~5	122~182	0	0	—	—	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	183~212	4	0.23	35	800	4	0	0	0	0	3	1	0	0	0
7	213~243	1	0.06	53	1,900	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
8~12	244~396	0	0	—	—	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H6.1~3	397~486	0	0	—	—	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
計		39	2.27			32	2	4	1	0	19	10	1	8	1

(平成6年03月31日現在)

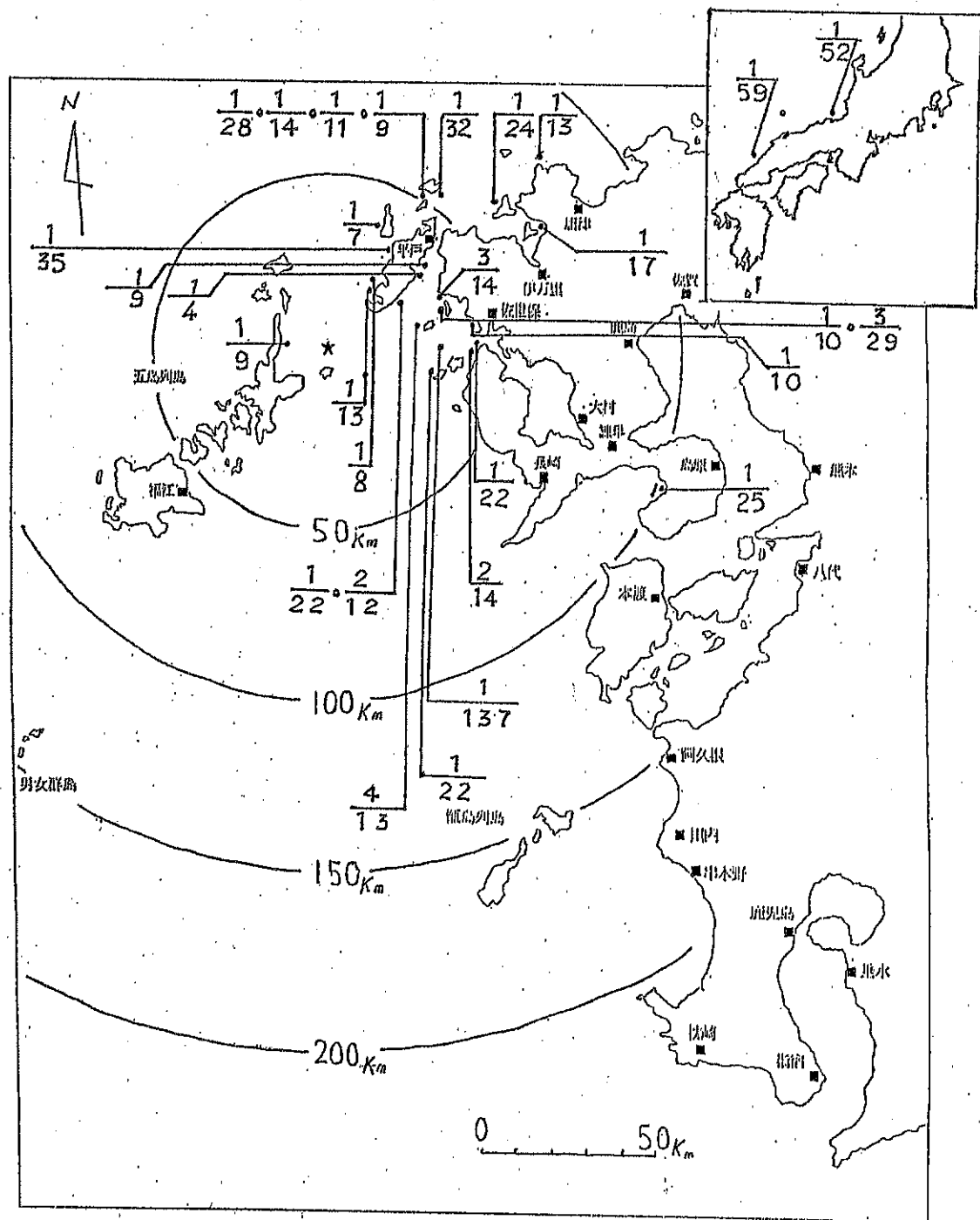


図-2 平成4年度04月有川町ブリ放流の再捕状況。(五島事業場)
放流：平成5年04月27日、(平成6年3月31日現在) ●上段：再捕尾数
●下段：経過日数

表-4、平成4年度4月有川町北曾根放流再捕結果の概要(放流：平成5年4月27日、放流尾数 1,000尾：ゲト型黄コウB92)

再捕年月	経過日数	再捕尾数	再捕率	全長 (cm)	体 重 (g)	漁具別再捕尾数				移動距離別再捕尾数								
						定置網	一本	磯建	不明	0	10km	30	50	70	90	110	201	725
H5. 4	0~3	0	0			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	4~34	34	3.4	33	449	20	9	2	3	0	10	14	7	2	1	0	0	0
6	35~64	3	0.3	36	450	2	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1
7~8	65~126	0	0			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	127~156	1	0.1	—	1,750	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
10~12	157~248	0	0			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H6.1~3	249~338	0	0			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
計		38	3.8			22	11	2	3	0	10	16	7	2	1	1	1	1

(平成6年03月31日現在)

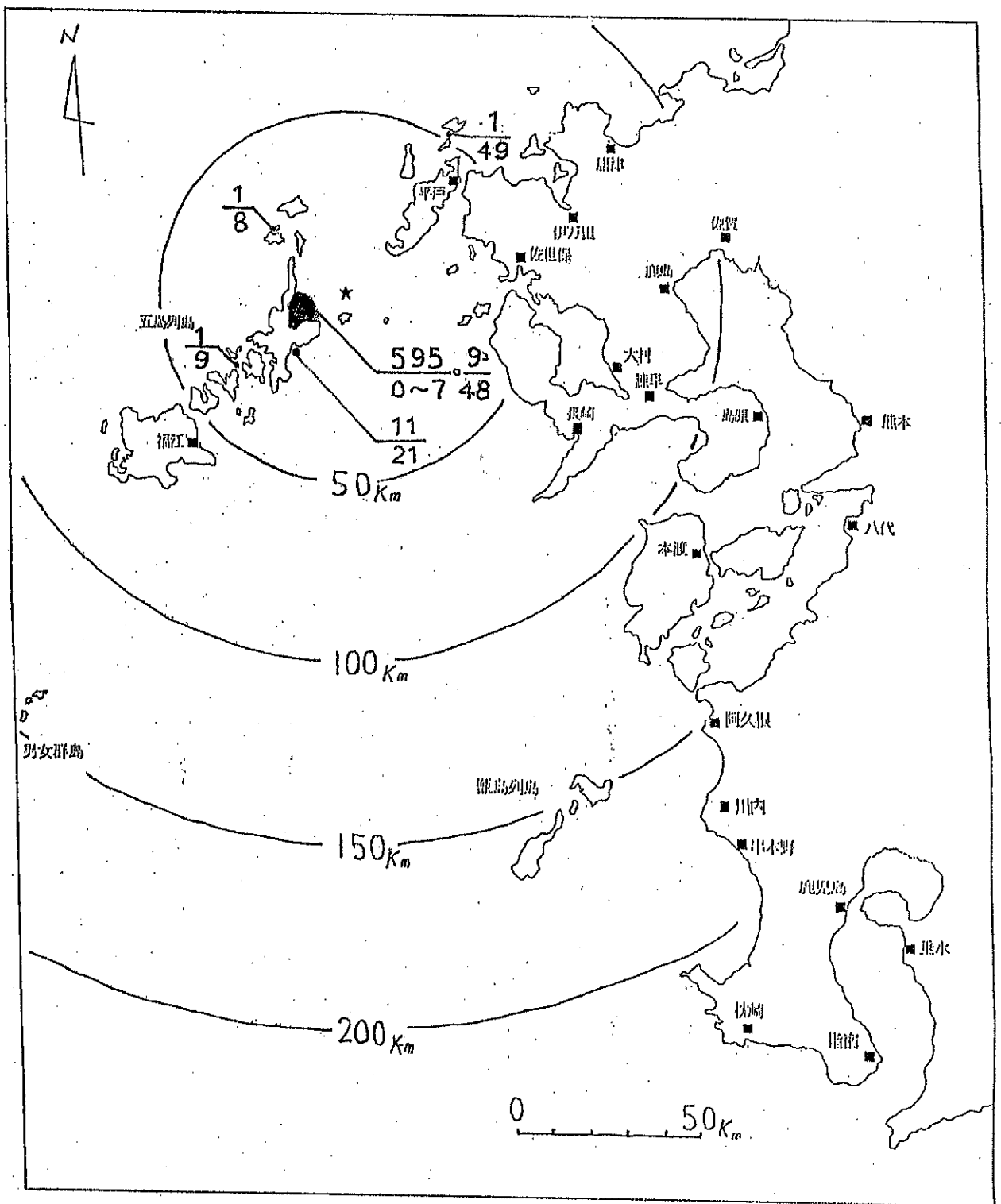
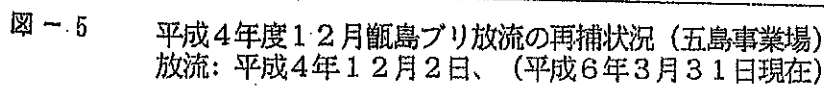


図-3 平成5年度12月有川町ブリ放流の再捕状況(五島事業場)
放流:平成5年12月15日、(平成6年3月31日現在) 上段:再捕尾数
下段:経過日数

表-5、平成5年度12月有川町北曾根放流再捕結果の概要
(放流:平成5年12月15日、放流尾数4,000尾:ク-型透明GOTO93A)

再捕年月	経過日数	再捕尾数	再捕率	全長 (cm)	体重 (g)	漁具別再捕尾数			移動距離別再捕尾数						
						定置網	一本	磯建	0	10km	20	30	40	50	60
H5.12	0~16	597	14.9	30	453	596	1	0	0	596	1	1	0	0	0
H6.1	17~47	11	0.3	30	—	11	0	0	0	11	0	0	0	0	0
2	48~75	10	0.3	43	440	9	0	1	0	9	0	0	0	0	1
3	76~106	0	0			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
計		618	15.5			616	1	1	0	616	1	1	0	0	1

(平成6年03月31日現在)



上段：再捕属数
下段：経過日数

再捕年月	經過日數	再捕尾數	再捕率 (%)	全 長 (cm)	體 重 (g)	漁具別再捕尾數				移動距離別再捕尾數					
						定置網	一本	棒受	不明	0 10	20	30	40	50	100
H4. 12	0~29	47	2.35	34	363	30	12	3	2	1	27	5	2	12	0
H5. 1~3	30~120	8	0.40	31	500	7	1	0	0	0	7	1	0	0	0
4~12	121~395	0	0	—	—	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H6. 1~3	396~486	0	0	—	—	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
計		55	2.75			37	13	3	2	1	34	6	2	12	0

- 167 -

V. 種苗生産

環境清浄化システム技術開発

V 種苗生産環境清浄化システム技術開発

有元 操

1. シマアジのウイルス性神経壊死症 (Viral nervous necrosis: VNN)

本病では、垂直感染が主たる感染源と推定されている。これまで、種苗生産ではVNNの発生を防除するため、産卵親魚の抗体価の高低により選別を行ってきたが、根本的な対策とはならなかった。このため、本年度はPCR(Polymerase chain reaction,

ポリマーゼ連鎖反応)によるウイルス遺伝子の検出法を用いて、親魚の卵巣および精巣からウイルス遺伝子を検出し、産卵親魚の選別を行い、その効果について検討した。また、VNNの原因ウイルス(SJNNV: Striped jack nervous necrosis virus)の物理・化学的な性状、親魚、仔魚のウイルスの増殖様式、本ウイルスの宿主範囲についての試験を行った。

(1) PCRによる親魚の選別と種苗生産におけるVNNの発生状況

本年度の産卵魚には、人工12歳魚の抗体価陰性親魚群と人工9歳魚の抗体価陽性親魚群(ワクチン)を用いた。さらに11月中旬に親魚の生殖腺におけるウイルスの有無をPCR法により検出し、検出されなかった個体を陸上の産卵水槽(90m²水槽, 2面)に収容した。

1) 方法

①PCR法によるSJNNV RNAの検出方法

Ⅰ. ウイルス RNAの抽出

供試材料からのウイルスRNAの抽出は以下の方法で行った。0.1gの受精卵, 仔魚, 親魚組織を0.5mlのジエチルカーボネイト処理水(DDW) (0.1% (w/v) ジエチルピロカーボネイト(DEPC)を含むイオン交換水を37℃に一晩放置後, 乾熱処理(250℃, 4時間)したガラス容器に移し, オートクレーブ処理(121℃, 60分間)したもの)で磨碎し, 遠心分離(12,000×g, 10分間)した。なお, 精液では, 0.1 mlのサンプルに0.5 mlのDDWを加え, 激しく攪拌した後, 遠心分離(12,000×g, 5分間)し, 上清を以下の操作に用いた。0.32 mlの上清に0.04 mlの1% SDS, 0.04 mlのproteinase K (1 mg/ml)となるように加え, 37℃で30分間処理した。

0.4 mlのTE飽和フェノール(0.1% (w/v) 8-キノリノールを含むフェノールをTEバッファー(10 mM Tris-HCl, pH 8.0, 1 mM EDTA)で飽和したもの)を加え, 激しく攪拌した後, 遠心分離(12,000×g, 5分間)し, 上清を別なチューブに移した(以下, この操作をフェノール抽出)。このフェノール処理をさらに繰り返して行い, 上清を別なチューブに移した。上清と同量のクロロホルム(クロロホルム: イソアミルアルコール=24:1の混合液)を加え, 充分に攪拌した後, 遠心分離(12,000×g, 3分間)し, 上清を別なチューブに移した。上清に1/10容量の3 M酢酸ナトリウム(pH 5.2)および2.5倍量のエタノールを加え, よく混ぜた。-85℃で15分間以上保った後, 遠心分離(12,000×g, 10分間)し, 上清を捨てた。再び遠心分離(12,000×g, 1秒間)し, 内壁に残っているエタノールを集めマイクロピペットで完全に除いた後, デシケーター中で15分間減圧乾燥した(以下, この操作をエタノール沈殿という)。得られた核酸をDDW50~200 μlに溶解して, PCRに供した。

II.PCR法によるSJNNV RNAの増幅と増幅産物の分析

ウイルス RNA検出にはNishizawa *et al.*(1994)が確立したSJNNVの構造タンパク質遺伝子の一部426 bpを増幅し検出する方法を用いた。

cDNAの合成はSJNNV RNA 2の塩基配列に基づいて合成された下流プライマー (R3: 5'-CGAGTCAACACGGGTGAAGA-3') , M-MLV 逆転写酵素 (Perkin- Elmer Cetus 社)を用いて、42℃ (30分間) , 99℃ (10分間) の条件下で行った。

逆転写酵素による反応後、上流プライマーF2: (5'-CGTGTCAGTCATGTGTCGCT-3') と *Ampli Taq* DNA ポリメラーゼ(Perkin-Elmer Cetus 社)を加えて、95℃ (40秒) , 55℃ (40秒) , 72℃ (40秒) の条件下でPCRを25~30サイクルを行い、1.5% (w/v)アガロースゲル電気泳動により増幅産物を分析した。

泳動バッファーにはTAEバッファー (40 mM Tris- 酢酸, 1 mM EDTA) を用い、ミニゲル電気泳動装置 (Mupid 2, アドバンス社) によって行った。10 μ lのPCRにより得られた増幅産物に1/10容量の10×ローディングバッファー (0.25% (w/v) プロモフェノールブルー, 0.25% (w/v) キシレンシアノールFF, 2% (w/v) SDS, 1 mM EDTA, 50% (w/v) グリセロール) を加えたものを、マイクロピペットでサンプル溝に注入した。100V で20分間泳動した後、ゲルを0.5 μ g/mlのエチジウムブロミドを含むTAEバッファー中に10~20分間浸漬した。染色を終えたゲルを取り出し、トランスイルミネーターを用いて観察し、写真撮影した。

2)結果と考察

表1にPCRおよびELISAによる卵巣、精巣、受精卵および仔魚からのSJNNV抗原およびSJNNV RNAの検出結果を示した。3月中旬まではいずれの親魚群の卵巣および精巣からはウイルス遺伝子は検出されなかったが、親魚にHCGを投与した後の3月中旬以降には数個体からウイルス遺伝子が検出された。そして、仔魚にもVNNの発生が認められた。

なお、4月上旬に古満目事業場で得られたふ化仔魚では親魚群はPCR陰性であったにも関わらず、紫外線処理海水で飼育した仔魚ではVNNの発生が認められ、全滅した。しかし、オゾン処理海水を用いた飼育では、ふ化10日後まではウイルスは検出されなかった。

この結果、本検出法による親魚の選別は有効と考えられるが、生殖腺中には微量なウイルスが存在する場合もあると考えられ、検出技術の向上と本年度の再現試験が必要と考えられる。

(2) SJNNV の物理・化学的性状

シマアジ仔魚への感染実験法を用いて、エーテルおよびクロロホルム、熱処理、pHなどに対するSJNNVの耐性、乾燥、日光および海水中でのSJNNVの活性維持について調べた。また、SJNNVの不活化効果をハロゲン系薬剤、逆性石鹼、界面活性剤、アルコール系薬剤、フェノール系薬剤およびホルマリンを用いて調べた。また、ウイルスフリーの用水確保のため、紫外線とオゾンによるSJNNVに対する不活化効果についても検討した。

1) 方法

① エーテルおよびクロロホルム耐性

PBSで希釈した純化ウイルス液4 ml (10 μ gの純化ウイルスを含む) にエチルエーテル1mlを加え、密栓し、ときどき攪拌しながら4℃に18時間置いた。遠心分離 (12,000 g, 5分) 後、上澄のエーテルを除いたものを接種液とした。クロロホルム処理では、PBSで希釈した純化ウイルス液2ml (10 μ gの純化ウイルスを含む) にクロロホルム0.2mlを加え、密栓し、ときどき激しく攪拌しながら室温で15分間置いた。遠心分離 (2,000 g, 10分間) し、その上澄のみを接種液とした。

② 熱に対する耐性

PBS 1mlを入れたマイクロチューブを20, 40, 50, 60℃の恒温水槽に入れ、所定温度に調節したのち、それらに純化ウイルス液2 μ l (10 μ gのウイルスを含む) を入れて素早く混合し、再び恒温水槽に入れ、30分間処理し、処理後、氷冷中に入れ急冷し、この液を接種液とした。

③ pHに対する耐性

0.1Nの塩酸および水酸化ナトリウムでPBSをpH3.0, 7.0, 12.0に調整し、その998 μ lに純化ウイルス液2 μ l (10 μ gのウイルスを含む) 加えて混合し、20℃の恒温器内で10分間処理した。処理後、この液を接種液とした。同様に、pH9.0~12.0の範囲で、処理時間を1~160分間とした試験も併せて行った。

④ 乾燥に対する耐性

内径30 mmのガラスシャーレに純化ウイルス10 μ gを含むPBS 1mlを入れ、室内で1日置き自然乾燥させた。室内の温度は24.9~25.2℃であった。乾燥後、ガラスシャーレを密封し、20℃の恒温器内で保存した。所定日数後、仔魚を収容した1 ℓ の海水中にガラスシャーレを入れた。

⑤ 直射日光に対する耐性

純化ウイルス10 μ gを含むPBS 1mlを内径30 mmのガラスシャーレに入れて、1993年3月3日の晴天時に屋外でときどき攪拌しながら、直射日光に1~8時間暴露した。所定時間後、仔魚を収容した1 ℓ の海水中にガラスシャーレを入れ接種した。暴露期間中の気温、紫外線照射強度 (紫外線強度計C-1852-06型で測定、浜松フォトニクス製) および照度 (照度計IL-200で測定、石川産業製) を測定した。また、ガラスシャーレを計量し、ウイルス液の蒸発率を求めた。

⑥ 海水中での活性維持

100 μ gの純化ウイルスを10mlの自然海水および滅菌海水 (オートクレーブ, 120℃, 15分) に添加し、20℃の恒温器内で保存した。所定日数後、この液1ml (10 μ gのウイルスを含む) を仔魚に接種した。

⑦ 不活化剤

実験に用いた不活化剤は、次亜塩素酸ナトリウム (有効塩素, 10%), 次亜塩素酸カルシウム (有効塩素, 70%), 塩化ベンザルコニウム液 (塩化ベンザルコニウム, 10% (W/V)), イソジン液 (有効ヨウ素, 10% (W/V)), ラウリル硫酸ナトリウム (95%, 試薬特級), エタノール (99.5%, 試薬特級), メタノール (99.6%, 試薬特

級), ホルマリン液 (ホルムアルデヒド, 37 %), クレゾール液 (クレゾール, 42~52 %) の合計9剤である。

全ての実験で, 不活化剤を1 ml PBS (pH 7.0) で所定濃度に希釈し, 純化ウイルス液10 μ g (純化ウイルス液2 μ l) を入れ, 20℃で10分間処理した。

⑧ハロゲン系薬剤

次亜塩素酸ナトリウム, 次亜塩素酸カルシウムおよびイソジンでは, 12.5から100 ppm (有効塩素および有効ヨウ素) まで2倍ずつ段階希釈して, 純化ウイルスを処理した。また, 処理後, 1/10 容の0.1 N チオ硫酸ナトリウムを加え, 不活化作用を停止させた。

⑨逆性石鹼および界面活性剤

塩化ベンザルコニウム液を, 12.5から100 ppm (塩化ベンザルコニウムとして) まで2倍ずつ段階希釈し, ラウリル硫酸ナトリウムでは1から100 ppm (ラウリル硫酸ナトリウムとして) まで10倍ずつ段階希釈して, ウイルスの不活化効果を調べた。

⑩アルコール系薬剤

エタノールを50, 60, 70, 80%, メタノールを20, 40, 50, 60, 70, 80%となるように溶液を調整し, ウイルスの不活化効果を調べた。

⑪フェノール系薬剤とホルマリン

クレゾール石鹼液を0.001から1% (クレゾール石鹼液として) まで10倍ずつ段階希釈して, また, ホルマリンでは50から1,600 ppm (ホルムアルデヒドとして) まで2倍ずつ段階希釈して, ウイルスの不活化効果を調べた。

⑫紫外線

純化ウイルス10 μ g を含む1 ml PBSを直径30 mmのガラスシャーレ (水の厚さ0.1 mm) に入れ, 紫外線殺菌灯 (GL-15型, ナショナル) 下に置いた。紫外線照射強度は, 紫外線照度計 (C-1852-06型, 浜松ホトニクス製) により測定し, 410 μ W/cm²の照射強度下で照射時間を25秒 (約10,000 μ W·sec/cm²) から488秒 (約20,000 μ W·sec/cm²) まで変えることにより紫外線照射量を決定した。実験は全て室温 (18.4~19.2℃) で行った。照射後, 試料は感染実験に用いるまで4℃で保存した。

⑬オゾン

砂ろ過海水に, 無声放電式オゾン発生機 (OZSD-1000, 荏原実業製) で得られたオゾンを注入し, Shechterの方法により残留オキシダント濃度を測定した。残留オキシダント濃度が0.1~1.0 mg/mlに調整された海水1 mlに, 10 μ g のウイルスを入れ, 20℃の恒温槽で0.5~10分間処理した。処理後, すばやく1/10容の0.1 N チオ硫酸ナトリウムを加え, オキシダントを中和させ, ウイルス不活化効果を測定した。

⑭ウイルス感染実験

海水1 ℓ (水温22℃) を入れた容器にシマアジ仔魚 (ふ化後1日, 全長 3.5mm) 800尾を収容し, その中へ上記の各処理ウイルス溶液を添加して, 1時間浸漬した。各実験での対照として, PBSのみを1 ml接種する区を設けた。浸漬後, 仔魚は30 ℓ 水槽に移し, 通気を行いながら水温20~23℃の条件下で7日間飼育した。無作為に毎日10尾を水槽から採集し, ELISAに供試するとともに, 7日目の生残尾数を調べた。

⑮間接ELISA

仔魚が感染したか否かは、間接ELISAによりSJNNV抗原の検出を行うことで判定した。検査試料の吸光度(A405 nm)から健康魚(対照)の吸光度を引いた値をELISA値とし、その値が0.1以上をSJNNV陽性と判定し、ELISA値が0.2以上を(++)、0.1~0.2を(+), 0.1以下を(-)として表記した。

2) 結果

①エーテルおよびクロロホルム耐性

エーテルおよびクロロホルムで純化ウイルスを処理したのち、仔魚に接種し、仔魚からのSJNNV抗原の検出結果と7日目の生残尾数を表2に示した。エーテルおよびクロロホルムともにELISA値(0.108~0.206)は0.1以上に上昇し、7日目以内に仔魚は全滅した。一方、コントロールではELISA値は0.1以下と低く、7日目の生残尾数は478尾であった。従って、本ウイルスは、エーテルおよびクロロホルムに対して耐性であると判断された。

②熱に対する耐性

各温度で30分間処理したウイルスを仔魚に接種し、仔魚からのSJNNV抗原と生残尾数について調査した。20℃、40℃および50℃では、ELISA値の上昇(0.10~0.414)が認められ、6日目以内に仔魚は全滅した。しかし、60℃では、ELISA値の上昇(0.002~0.013)は見られず、7日目でも390尾の仔魚が生存した(表3)。従って、本ウイルスは60℃で30分間熱処理することによって失活すると判断された。

③pHに対する耐性

所定のpH液にウイルスを添加し、10分後に処理液を仔魚に接種し、仔魚からのSJNNV抗原と生残尾数について調査した。pH 3.0およびpH 7.0ではELISA値(0.118~0.782)の上昇が認められ、5日目以内に仔魚は全滅した。しかし、pH 12.0では、ELISA値の上昇は見られず、7日目でも238尾の仔魚が生存していた(表4)。また、pH9.0~12.0の各アルカリ溶液にウイルスを浸漬した場合は、pH 12.0の1分間処理ではELISA値は0.1以下と低く、450尾が生残したが、pH 11.0では80分間の処理でもELISA値が0.1以上に上昇し、仔魚は全滅した(表5)。この結果、本ウイルスは、pH 12.0以上で不活化されることが明らかとなった。

④乾燥に対する耐性

純化ウイルス液を乾燥40日後まではELISA値の上昇(0.1~0.631)が認められ、仔魚は全滅した。一方、コントロールでは、ELISA値の上昇は見られず、7日目には223~456尾が生残した。乾燥282日後では、ELISA値は0.1以下と低く、186尾(82%)が生残した。以上の結果、本ウイルスは40日以内の乾燥では活性を維持できると判断され、不活化には長期の乾燥が必要であることが分かった(表6)。

⑤直射日光に対する耐性

純化ウイルスを直射日光に8時間暴露した後でも、ウイルス感染によるELISA値の上昇が認められ仔魚は全滅した(表7)。この間の照度および紫外線照射強度は、それぞれ4,000~41,000Luxおよび $0.3\sim0.6\times10^2\mu\text{W}/\text{cm}^2$ 、また、気温は7.9~10.3℃であった。なお、ウイルス液の水分は1時間後に92%が蒸発し、2時間後には全て蒸発した。

この結果、本ウイルスはこの時期（3月3日）の日光に8時間暴露させても活性を維持することが判明した。

⑥海水中での活性維持

自然海水および滅菌海水中に60日間おいてもウイルスは活性を維持し、ELISA値の上昇が認められ、仔魚はほぼ全滅した。しかし、282日目ではいずれもELISA値は0.1以下と低く、136～337尾（76～105%）が生残した。以上の結果、本ウイルスは少なくとも60日間以上海水中で活性を維持できると判断された(表8)。

⑦ハロゲン系薬剤

次亜塩素酸ナトリウム、次亜塩素酸カルシウムおよびイソジンでは、25ppm以下ではELISA値が0.1以上に上昇し、仔魚は実験開始後7日以内に全滅したが、50 ppm以上の濃度およびコントロールではELISA値の上昇は認められず、230～454尾が生残した。この結果、上記のハロゲン系消毒剤では、50 ppm以上の濃度で、SJNNVを不活化できると判断された（表9）。

⑧逆性石鹼および界面活性剤

塩化ベンザルコニウム液では25ppm以下で、ラウリル硫酸ナトリウムでは10ppm以下でELISA値が0.1以上に上昇し、仔魚は実験開始後7日以内にほぼ全滅した。この結果、塩化ベンザルコニウム液では50 ppm以上の濃度で、ラウリル硫酸ナトリウムでは100 ppm以上の濃度でSJNNVを不活化できると判断された(表10)。

⑨アルコール系薬剤

エタノールでは50%、メタノールでは40%以下でELISA値が0.1以上に上昇し、仔魚は実験開始後7日以内にほぼ全滅した。この結果、エタノールでは60%、メタノールでは50%以上の濃度でSJNNVを不活化できると判断された（表11）。

⑩フェノール系薬剤とホルマリン

クレゾール石鹼液では1%溶液でELISA値の上昇は認められず、454尾が生残したが、ホルマリンでは1,600 ppmでもELISA値が0.1以上に上昇し、仔魚は実験開始後7日以内に全滅した。この結果、クレゾール石鹼液では1%溶液でSJNNVを不活化できると判断されたが、ホルマリンではSJNNVを不活化するためには1,600 ppm以上の濃度が必要と判断された(表12)。

⑪紫外線

50,000 $\mu\text{w} \cdot \text{sec}/\text{cm}^2$ の紫外線照射線量では、5日目以降にELISA値が上昇し、7日目に全滅した。100,000 $\mu\text{w} \cdot \text{sec}/\text{cm}^2$ 以上およびコントロールでは、ELISA値が0.1以下と低く、7日目でも仔魚は222～326尾が生残した。この結果、ウイルスを不活化するためには100,000 $\mu\text{w} \cdot \text{sec}/\text{cm}^2$ 以上の照射線量が必要と判断された(表13)。

⑫オゾン

残留オキシダント濃度が0.1 mg/lで0.5分間の処理では、ELISA値が0.1以上に上昇し、仔魚は実験開始後7日以内に全滅した。一方、0.1 mg/lで2.5分以上の処理あるいは0.5 mg/l以上の残留オキシダント濃度で0.5分間の処理ではELISA値は0.1以下と低く、150～382尾の仔魚が生残した。この結果、オゾンでは残留オキシダント濃度が0.1 mg/lで2.5分間の処理あるいは0.5 mg/lで0.5分間の処理でSJNNVを不活化できると判断され

た(表14)。

3) 考察

SJNNVは、エンベロープを持たないことが、電子顕微鏡観察で確認されている。エンベロープを有するウイルスは一般に有機溶媒を作用させると失活する。本実験でSJNNVはエーテルおよびクロロホルムに耐性を示したことより、リピッド溶剤に対する感受性は低く、本ウイルスはエンベロープを持っていないと判断された。また、本ウイルスの純化過程でクロロホルムを用いているが、得られた純化ウイルスは高い病原性を示すことから、本ウイルスは有機溶剤に対して感受性が低いことが分かる。

SJNNVの熱に対する耐性は、50℃以下の温度では耐性を示し、60℃で病原性は失活した。シマアジの種苗生産では20～26℃が適正飼育水温であり、18～28℃の水温域内ではシマアジの仔魚内でSJNNVが増殖し、その結果全滅することが飼育試験で確認されている。従って、本ウイルスは広範囲の温度で病原性を有し、飼育水温を制御することによるウイルス感染・増殖の防除は困難と思われる。SJNNVに汚染した器具および水槽の消毒として、60℃以上に加温することによりウイルスの感染価を軽減することは可能であると考えられる。

本ウイルスは、pH 12.0の強アルカリで病原性は失活した。アルカリ側での耐性をさらに詳しく調べた結果、pH9.0～11.0では病原性は失われず、本ウイルスは広範囲のpHで活性を維持できると判断された。シマアジ仔稚魚の人為的感染では、仔魚の鰓蓋、口および肛門が開いていないふ化直後から感染は成立し、開口後の全長4.4mmの仔魚でも感染が成立する。本ウイルスの感染ルートについては明らかでないが、経口的にも感染する可能性が考えられる。シマアジの消化管内のpHについては明らかでないが、本ウイルスは酸に対して活性を維持し、消化管内では病原性が保存されている可能性があり、経口感染の成立する要因の一つとして考えられる。なお、海水は弱アルカリで8.2～8.7の範囲であるため、本ウイルスは海水中で十分に活性を維持できると判断される。

ウイルスは一般に乾燥に対して耐性が強いことが知られており、SJNNVも乾燥に対して、40日以上病原性を保持していた。本実験では、自然環境下における同様な乾燥状態を再現しているものと判断されるため、種苗生産場で一旦VNNが発生し、発生後の器具、長靴および水槽等の消毒が不十分であった場合、本ウイルスが長期にわたって活性を維持し、次の種苗生産で二次感染する可能性があることを示唆している。

一般に、種苗生産場での水槽等の大型器材の消毒には、消毒剤の使用が困難であり、天日による消毒が行われている。しかし、本ウイルスは、8時間の天日での暴露では活性を維持していた。この場合紫外線照射強度は $0.3 \sim 0.6 \times 10^2 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ であり、8時間での紫外線照射量は $0.9 \sim 1.7 \times 10^6 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ と算出される。実験的に行った紫外線ランプ下では、 $1.0 \times 10^6 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ で本ウイルスは完全に不活化されるが、天日による実験結果とは異なるようであった。これは、紫外線ランプから出る波長は殺菌効果の高い253.7nmの波長が90%以上を占めるのに対して、日光では、殺菌効果の低い紫外線波長域もあり、これも同時に測定しているためと推定される。なお、水分の蒸発に伴いPBS中の塩分が上昇したと推定されるが、本ウイルスは高塩分でも活性が保持されるものと判断される。

魚類生息環境水中でのウイルスが活性を維持できるかどうかはそのウイルスの防除対

策を行う上で重要な問題である。SJNNVは海水中で60日間以上活性を維持し、本病の主たる感染源は産卵親魚から仔魚への垂直感染と判断されるが、種苗生産場でVNNが発生し、病魚あるいはウイルスが海水中に流れた場合、海水中で長期に生存しているSJNNVが汚染源となる可能性もある。なお、ウイルスの不活化に海水中の微生物が関与しているとする報告があるが、今回の試験では、自然海水中と滅菌海水中でのウイルスの活性維持に大きな差は認められなかった。

以上述べたように、SJNNVは乾燥、日光および海水中での耐性は非常に強く、長期間にわたり活性を維持すると判断された。従って、種苗生産現場で本ウイルスの防疫を考える場合、ウイルス不活化剤を用いた積極的な不活化技術の確立が必要である。

本ウイルスでは次亜塩素酸ナトリウム、次亜塩素酸カルシウムおよびイソジン液では、それぞれ有効塩素あるいは有効ヨウ素50ppmで不活化効果が認められた。塩素剤は海水中の有機物およびpHの影響を受けやすいことより、種苗生産場の海水の性質について十分考慮する必要がある。

SJNNVは親から受精卵を経て仔魚に感染する垂直感染が主な第一次感染経路と判断される。SJNNVが受精卵の内部に存在しているのか、受精卵表面に存在しているのかは明らかではないが、種苗生産現場ではヨード剤で受精卵を洗浄することにより、VNNの発生が遅れ仔魚が延命する効果が認められている。従って、ヨード剤で受精卵を洗浄することは本病の防除対策として有効と判断される。なお、海水中の受精卵をヨード剤で処理した場合、淡水で処理した時より、ヨード剤の減耗が起こることが報告されており、海産魚の種苗生産現場ではこの点に留意しなければならないだろう。

種苗生産現場で塩化ベンザルコニウムは、飼育担当者の長靴および手指の消毒に用いられている。しかし、逆性石鹼の不活化効果はウイルスの種類により異なり、一般的には脂質、特にコレステロールと結合しやすいヘルペスウイルスやアデノウイルス等には有効であるが、エンテロウイルス等には効果がないとされている。魚類のウイルスでも、ビルナウイルスのIPNVは逆性石鹼では不活化が困難であるが、ラブドウイルスのIHNVでは不活化効果が認められている。本実験においてSJNNVは逆性石鹼で不活化されたことより、本剤を用いての手指および器具等の消毒は有効と考えられる。しかし、塩化ベンザルコニウムも有機物が不活化効果に影響することが知られており、その使用にあたっては、不活化効果を減衰させることのないよう使用条件等に十分留意する必要があるだろう。

インフルエンザウイルスやポリオウイルスなどはメタノールにより沈殿を生ずるが感染能力を消失しないことが報告され、メタノールはウイルスに対する作用力が弱いとされている。しかし、魚類ウイルスのIPNVおよびIHNVではいずれも不活化効果が認められている。また、本ウイルスでもメタノールでは50%、エタノールでは60%で不活化効果が認められた。

本ウイルスを不活化するためには高濃度のクレゾール石鹼液（1%のクレゾール石鹼液）が必要であった。IPNVおよびIHNVでもクレゾール石鹼液での不活化効果が、それぞれ0.25%で5分以上、5%で5分から60分間の作用で認められ、いずれも有効濃度が高く、これらのウイルスでもクレゾール石鹼液による不活化は容易でないことが推測される。ホルマリンでは今回の条件下（1,600 ppm以下）では不活化効果は認められなかつ

たが、400ppm以上ではややELISA値が低いことより、一部のウイルスは不活化されていると考えられる。なお、IPNVに対するホルマリンの不活化効果も低いとされている。

本病の水平感染を防除するために飼育用水の処理法にも注意を払わなければならない。特に、シマアジ仔魚期ではSJNNVに対する感受性が高く、微量なウイルスが飼育用水に含まれても感染する可能性がある。紫外線を利用する用水の処理法は、理化学的な性質を変えることなく大量の水を処理できる点で最も目的にかなっている。しかし、本ウイルスを不活化するためには、 $1.0 \times 10^5 \mu\text{w} \cdot \text{sec}/\text{cm}^2$ 以上の照射線量が必要であった。この照射線量は、IPNVおよびCSVの感染価を99%以上減少させるのに要する照射線量 ($1.0 \sim 2.5 \times 10^5 \mu\text{w} \cdot \text{sec}/\text{cm}^2$)にほぼ一致した。紫外線は海水中の水中懸濁物、有機物および鉄イオン量により不活化効果が低下するため、使用に際しては注意する必要性が示唆されている。従って、種苗生産場で用水中のSJNNVを紫外線により不活化する場合、高出力の照射能力を有する装置の導入が必要である。なお、紫外線により損傷した微生物は可視光線に当たると修復される作用があり、この点にも留意する必要がある。

ウイルスのオゾンによる不活化機構は、外被蛋白質が多少損傷を受けるが、基本的には核酸への影響のためと考えられている。ポリオウイルスの浮遊液を不活化するのに塩素では、 $0.5 \sim 1 \text{ mg/l}$ で1.5～2時間を要するのに対してオゾンでは、残留オキシダント濃度 $0.05 \sim 0.45 \text{ mg/l}$ の2分間の処理で十分であると言われている。また、PBS中に懸濁した魚類病原ウイルスIPNV およびIHNVでも 0.01 mg/l の濃度で60秒以内に不活化されることが知られている。オゾンは海水中の臭素イオンや塩素イオンなどと反応してオキシダントを生成し、これにより殺菌力が生じる。従って、オゾン処理した海水の殺菌効果を的確に把握するためには、残留オキシダント濃度を測定する必要がある。本実験でも各濃度の残留オキシダントによる海水中のウイルス不活化効果を検討した。この結果、 0.1 mg/l の低濃度の残留オキシダントでも短時間（2.5分間）でSJNNVは不活化できることが判明し、種苗生産場における用水中のSJNNVの不活化に極めて有効であることが示唆された。ただし、残留オキシダントの魚類に対する LC_{50} はかなり低く、毒性については十分注意を払う必要がある。また、オゾンの水中での溶存量や分解速度は、水温やpH、塩類濃度、有機物量などにより影響を受けるため、効果的に不活化させるための水質条件の検討が必要である。

以上述べたように、ハロゲン系不活化剤やアルコール系不活化剤、逆性石鹼の塩化ベンザルコニウムおよび界面活性剤のラウリル硫酸ナトリウムでSJNNVは不活化されたが、クレゾールおよびホルマリンではSJNNVを不活化するのは困難と判断された。用水を対象とした不活化では、紫外線では高いレベルの紫外線照射量が必要であったのに対して、オゾンでは低い残留オキシダント濃度で顕著な不活化効果が認められ、SJNNV防疫のためにオゾンは有効な手段と考えられた。

(3) 産卵親魚および仔魚におけるSJNNVの増殖様式

PCRにより親魚および仔魚の各組織からウイルス遺伝子の検出を行い、ウイルスの増殖部位を調査した。

- 1) 親魚では生殖腺以外には脳、目および腎臓から検出された。また、消化管内容物（糞）からも検出された。

- 2) VNNが発生した仔魚の受精卵からは検出することができず、ウイルス核酸の抽出法に問題があると考えられた。
- 3) 感染耐過稚魚からは脳、目よりウイルス遺伝子が高率に検出されたが、内臓からは検出されなかった。しかし、罹病後約3か月後には、どの組織からもウイルス遺伝子は検出されなくなった。
- 4) 天然シマアジ稚魚からはどの部位からもウイルス遺伝子は検出されなかった。

(4) SJNNVの宿主範囲

SJNNVを各魚種の仔魚に感染させ、SJNNVの宿主範囲を検討した。

- 1) SJNNVをイサキ、クエおよびイシダイ仔魚に浸漬感染させたが、いずれの魚種でも感染は成立しなかった。
- 2) SJNNVをシマアジの受精卵 (Germ ring stage)に浸漬感染させたが、感染は成立しなかった。この結果、受精卵の段階では水平感染は起こりにくいと考えられた。

(5) 環境水、環境生物およびシマアジ以外の魚類からのウイルスの検出

VNNが発生した種苗生産で飼育用水からの水平感染が疑われる事例がある。このため、環境水および餌料生物からウイルスの検出を行った。また、シマアジ以外の魚種の親魚におけるウイルスの保有状況を調査した。

- 1) 五島および上浦事業場の環境水からウイルスの検出を行い、ウイルス陽性が疑われる環境水があった。しかし、水からの検出系は確立されていないことより、今後、検出方法の開発が必要である。
- 2) 日裁協上浦事業場、玉野事業場、能登島事業場および五島事業場の種苗生産に用いる餌料生物および五島事業場周辺に生息する昆虫類からはウイルス遺伝子は検出されなかった。
- 3) クエおよびイシダイの親魚の生殖腺からウイルス遺伝子が検出されたが、マハタでは検出されなかった。また、抗体価はいずれの親魚でも高い値を示した。
- 4) 上浦事業場で前年度VNNが発生したクエ1歳魚の目、消化管からウイルス遺伝子が検出された。

2. ウイルス性腹水症 (YAV)

本ウイルスの特異的な検出法を開発するため、ウイルスの大量培養手法、ウイルスの純化法の検討を行い、得られた純化ウイルスを用いて、本ウイルスの性状を明らかにした。

- (1) 純化ウイルスを用いて、ウイルスの性状について検討した。
- (2) ウイルスの核酸分析を行った結果、分子量の異なる2つの核酸 ($2.58 \times 10^6 \text{Da}$ 、 $45 \times 10^6 \text{Da}$) の存在が認められ、DNase に耐性、RNase に感受性を示したことからRNAであることを確認した。また、高塩濃度下でRNase に感受性が認められなかったことから2本鎖RNAであると判断された (図1)。
- (3) ウイルスの構造蛋白の分析を行った結果、99、44、41、36、32、27、22kDa の7種類の構造蛋白が認められた (図2)。
- (4) 以上の結果を踏まえ、今後、ELISA およびPCR による本ウイルスの検出法を確

立する予定である。

3. クルマエビのバキュロウイルス性中腸腺壊死症 (PJNOV=BMNV)

サザンブロット法によるウイルスDNAの検出法は確立されている。さらに感度の優れたPCRによるウイルス遺伝子の検出法の開発を行った。

- (1) 制限酵素Sau3A1でウイルスDNAを切断し、このうち200bp以下のウイルスDNAをBluscript SK (+)のBamHI1.部位に組み込みクローニングを行った。得られたインサートDNAの一部の塩基配列をダイデオキシ法により決定した (図3)。
- (2) 3種のクローニングしたインサートDNA (pBV-3、pBV-5、pBV-7)の大きさは、それぞれ、95、190、165bpであった (図4)。それぞれのインサートDNAの塩基配列を決定し、2種類のオリゴヌクレオチドプライマーを合成した (図5)。今後、このプライマーを用いて、PCRの反応系を確立する予定である。

4. 要約

(1) シマアジのウイルス性神経壊死症

- 1) 11月中旬に親魚の生殖腺におけるウイルスの有無をPCR法により検出し、検出されなかった個体を産卵させた結果、3月中旬まではいずれの親魚群の卵巣および精巣からはウイルス遺伝子は検出されず、VNNは発生しなかったが、3月中旬以降には数個体からウイルス遺伝子が検出され仔魚にもVNNの発生が認められた。
- 2) 本検出法による親魚の選別は有効と考えられたが、生殖腺中には微量なウイルスが存在する場合もあると考えられ、検出技術の向上と本年度の再現試験が必要と考えられる。
- 3) SJNNVの物理・化学的性状を調査した結果、本ウイルスは、エーテルおよびクロロホルムに対して耐性で、60℃で30分間熱処理することによって失活し、pH 12.0以上で不活化されることが明らかとなった。
- 4) 本ウイルスは40日以内の乾燥では活性を維持できると判断され、不活化には長期の乾燥が必要であることが分かった。
- 5) 本ウイルスは日光に8時間暴露させても活性を維持することが判明した。
- 6) 本ウイルスは少なくとも60日間以上海水中で活性を維持できると判断された。
- 7) ハロゲン系消毒剤では、50 ppm以上の濃度で、SJNNVを不活化できると判断された。
- 8) 逆性石鹼および界面活性剤では塩化ベンザルコニウム液では50 ppm以上の濃度で、ラウリル硫酸ナトリウムでは100 ppm以上の濃度でSJNNVを不活化できると判断された。
- 9) エタノールでは60%、メタノールでは50%以上の濃度でSJNNVを不活化できると判断された。
- 10) クレゾール石鹼液では1%溶液でSJNNVを不活化できると判断されたが、ホルマリンではSJNNVを不活化するためには1,600 ppm以上の濃度が必要と判断された。

- 11) 紫外線で本ウイルスを不活化するためには $100,000 \mu\text{w} \cdot \text{sec}/\text{cm}^2$ 以上の照射線量が必要と判断された。
- 12) オゾンでは残留オキシダント濃度が 0.1 mg/l で2.5分間の処理あるいは 0.5 mg/l で0.5分間の処理でSJNNVを不活化できると判断された。
- 13) PCRにより親魚および仔魚の各組織からウイルス遺伝子の検出を行った結果、親魚では生殖腺以外には脳、目および腎臓から検出された。また、消化管内容物（糞）からも検出された。
- 14) 感染耐過稚魚からは脳、目よりウイルス遺伝子が高率に検出されたが、内臓からは検出されなかった。しかし、罹病後約3か月後には、どの組織からもウイルス遺伝子は検出されなくなった。
- 15) SJNNVをイサキ、クエおよびイシダイ仔魚に浸漬感染させたが、いずれの魚種でも感染は成立しなかった。また、シマアジの受精卵（Germ ring stage）でも感染は成立しなかった。
- 16) 日裁協上浦事業場、玉野事業場、能登島事業場および五島事業場の種苗生産に用いる餌料生物および五島事業場周辺に生息する昆虫類からはウイルス遺伝子は検出されなかった。
- 17) クエおよびイシダイの親魚の生殖腺からウイルス遺伝子が検出されたが、マハタでは検出されなかった。また、抗体価はいずれの親魚でも高い値を示した。
- 18) 上浦事業場で前年度VNNが発生したクエ1歳魚の目、消化管からウイルス遺伝子が検出された。

(2) ウイルス性腹水症

- 1) YAVのウイルスの核酸分析を行った結果、分子量の異なる2つの核酸（ $2.58 \times 10^6 \text{ Da}$ 、 $2.45 \times 10^6 \text{ Da}$ ）の存在が認められ、DNaseに耐性、RNaseに感受性を示したことからRNAであることを確認した。また、高塩濃度下でRNaseに感受性が認められなかったことから2本鎖RNAであると判断された。
- 2) ウイルスの構造蛋白の分析を行った結果、99、44、41、36、32、27、22kDaの7種類の構造蛋白が認められた。

(3) クルマエビのバキュロウイルス性中腸腺壊死症（PJNOV）

- 1) 制限酵素Sau3A 1.でウイルスDNAを切断し、このうち200bp以下のウイルスDNAをBluscript SK (+)のBamH1.部位に組み込みクローニングを行った。
- 2) 3種のクローニングしたインサートDNA（pBV-3、pBV-5、pBV-7）の塩基配列を決定し、2種類のオリゴヌクレオチドプライマーを合成した。

表1 PCR およびELISA による親魚の卵巣、精巣、受精卵および仔魚からのSJNNV の検出結果(1993 年 五島事業場)

親魚群	生産回次 収容月日	PCRによる 卵巣、精巣 からの陽性 個体	日令														VNN 発生
			受精卵	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
人工12 抗体陰性	1-1 12.2	0/13	ELISA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	No	
			PCR	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
	1-2 12.2	0/13	ELISA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	No	
			PCR	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
	2-1 12.22	0/13	ELISA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	No	
			PCR	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
2-2 12.22	0/13	ELISA	-	-	-	-	-	-	-	飼育中止					No		
			PCR	-	-	-	-	-	-								
3 1.11	0/13	ELISA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	No	
			PCR	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
6 3.19	8/13 (♀6.♂2)	ELISA	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+	Yes	
			PCR	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+		
人工9 抗体陽性 ワクチン処理	4 1.20	0/9	ELISA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	No	
			PCR	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
	5-1 3.19	1/9 (♀1)	ELISA	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+	Yes	
			PCR	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+		
	5-2 3.19	1/9 (♀1)	ELISA	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+	Yes	
			PCR	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+		
古満目 ロット No.2	7-1、UV区 4.6	0/16	ELISA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	Yes	
			PCR	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+		
	7-2、0a区 4.6		ELISA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	No	
			PCR	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		

表2. SJNNVのエーテルおよびクロロホルムに対する耐性

	ELISA値 ^{*1} (1-7日間)	生残指数 ^{*2} (7日目)
エーテル	++	0
クロロホルム	+	0
コントロール (PBS)	-	100

*1 ELISA値は陰性試料の吸光値から差し引いた数値。

++; 0.2以上, +; 0.1-0.2, -; 0.1以下のELISA値。

*2 コントロールの生残尾数を100とした場合の比。

表3. SJNNVの熱に対する耐性

	ELISA値 ^{*1} (1-7日間)	生残指数 ^{*2} (7日目)
Heat 20℃	++	0
40℃	+	0
50℃	+	0
60℃	-	167
コントロール (PBS)	-	100

*1 ELISA値は陰性試料の吸光値から差し引いた数値。

++; 0.2以上, +; 0.1-0.2, -; 0.1以下のELISA値。

*2 コントロールの生残尾数を100とした場合の比。

表4. SJNNVのpHに対する耐性

pH	ELISA値 ^{*1} (1-7日間)	生残指数 ^{*2} (7日目)
pH 3.0	++	0
7.0	+	0
12.0	-	50
コントロール (PBS)	-	100

*1 ELISA値は陰性試料の吸光値から差し引いた数値。

++; 0.2以上, +; 0.1-0.2, -; 0.1以下のELISA値。

*2 コントロールの生残尾数を100とした場合の比。

表5. SJNNVのアルカリ溶液に対する耐性

		処理時間	ELISA値 ^{*1}	生残指数 ^{*2}
pH		(分)	(1-7日間)	(7日目)
pH 12.0		1	-	91
		5	-	79
		10	-	100
11.0		1	++	0
		5	++	0
		10	++	0
		20	++	0
		40	++	0
		80	++	0
10.0		1	++	0
		5	++	0
		10	++	0
		20	++	0
		40	++	0
		80	++	0
9.0		1	++	0
		5	++	0
		10	++	0
		20	++	0
		40	++	0
		80	++	0
		160	++	0
コントロール(PBS)			-	100

*1 ELISA値は陰性試料の吸光値から差し引いた数値。

++; 0.2以上, +; 0.1-0.2, -; 0.1以下のELISA値。

*2 コントロールの生残尾数を100とした場合の比。

表6. SJNNVの乾燥に対する耐性

乾燥期間 (日)	ELISA値 ^{*1} (1-7日間)	生残指数 ^{*2} (7日目)
1	++	0
コントロール (PBS)	-	100
10	+	0
コントロール (PBS)	-	100
20	++	0
コントロール (PBS)	-	100
40	+	0
コントロール (PBS)	-	100
282	-	82
コントロール (PBS)	-	100

*1 ELISA値は陰性試料の吸光値から差し引いた数値。

++; 0.2以上, +; 0.1-0.2, -; 0.1以下のELISA値。

*2 コントロールの生残尾数を100とした場合の比。

表7. SJNNVの日光に対する耐性

処理時間 (時間)	ELISA値 ^{*1} (1-7日間)	生残指数 ^{*2} (7日目)
1.0	++	0
2.0	++	0
4.0	+	0
8.0	+	0
コントロール (PBS)	-	100

*1 ELISA値は陰性試料の吸光値から差し引いた数値。

++; 0.2以上, +; 0.1-0.2, -; 0.1以下のELISA値。

*2 コントロールの生残尾数を100とした場合の比。

表8. SJNNVの海水中での活性維持

海水	保存期間 (日)	ELISA値 ^{*1} (1-7日間)	生残指数 ^{*2} (7日目)
自然海水	15	+	0
	コントロール (PBS)	-	100
	30	+	0
	コントロール (PBS)	-	100
	45	+	0
	コントロール (PBS)	-	100
	60	+	6
	コントロール (PBS)	-	100
滅菌海水	282	-	105
	コントロール (PBS)	-	100
	15	++	0
	コントロール (PBS)	-	100
	30	++	0
	コントロール (PBS)	-	100
	45	++	0
	コントロール (PBS)	-	100
	60	+	5
	コントロール (PBS)	-	100
	282	-	76
	コントロール (PBS)	-	100

*1 ELISA値は陰性試料の吸光値から差し引いた数値。

++; 0.2以上, +; 0.1-0.2, -; 0.1以下のELISA値。

*2 コントロールの生残尾数を100とした場合の比。

表9. ハロゲン系薬剤によるSJNNVの不活化

薬剤		濃度 (ppm)					コント ロール
		0	12.5	25.0	50.0	100.0	
次亜塩素酸 ナトリウム	ELISA値 * ¹	++	+	+	-	-	-
	生残指数 * ²	0	0	0	76	124	100
次亜塩素酸 カルシウム	ELISA値	++	++	++	-	-	-
	生残指数	0	0	0	63	77	100
イソジン	ELISA値	++	+	+	-	-	-
	生残指数	0	0	0	169	138	100

*¹ ELISA値は陰性試料の吸光値から差し引いた数値。

++; 0.2以上, +; 0.1-0.2, -; 0.1以下のELISA値。

*² コントロールの生残尾数を100とした場合の比。

表10. 逆性石鹼および界面活性剤によるSJNNVの不活化

薬剤		濃度(ppm)							コントロール
		0	1	10	12.5	25.0	50.0	100	
塩化ベンザ ルコニウム	ELISA値 * ¹	++	NT * ³	NT	+	+	-	-	-
	生残指数 * ²	0			0	39	80	107	100
ラウリル硫酸 ナトリウム	ELISA値	++	++	++	NT	NT	NT	-	-
	生残指数	0	0	0				179	100

*1 ELISA値は陰性試料の吸光値から差し引いた数値。

++; 0.2以上, +; 0.1-0.2, -; 0.1以下のELISA値。

*2 コントロールの生残尾数を100とした場合の比。

*3 Not tested

表11. アルコール系薬剤によるSJNNVの不活化

アルコール		濃度 (%)							コントロール
		0	20	40	50	60	70	80	
エタノール	ELISA値 * ¹	++	NT * ³	NT	+	-	-	-	-
	生残指数 * ²	0			0	26	107	79	100
メタノール	ELISA値	++	+	+	-	-	-	-	-
	生残指数	0	0	0	81	106	48	75	100

*1 ELISA値は陰性試料の吸光値から差し引いた数値。

++; 0.2以上, +; 0.1-0.2, -; 0.1以下のELISA値。

*2 コントロールの生残尾数を100とした場合の比。

*3 Not tested

表12. フェノール系薬剤およびホルマリンによるSJNNVの不活化

		濃度(上段はホルマリン(ppm),下段はクレゾール石鹼液(%))										
		0	10	50	100	200	400	800	1,000	1,600	10,000	コント
		0.001		0.01				0.1		1.0		ロール
薬剤	ELISA値 ^{*1}	++	NT ^{*3}	++	++	++	+	+	NT	+	NT	-
ホルマリン	ELISA値 ^{*1}	++	NT ^{*3}	++	++	++	+	+	NT	+	NT	-
	生残指数 ^{*2}	0		0	0	0	0	0		0		100
クレゾール 石鹼液	ELISA値	++	++	NT	+	NT	NT	NT	+	NT	-	-
	生残指数	0	0		0				0		88	100

*1 ELISA値は陰性試料の吸光値から差し引いた数値。

++; 0.2以上, +; 0.1-0.2, -; 0.1以下のELISA値。

*2 コントロールの生残尾数を100とした場合の比。

*3 Not tested

表13. 紫外線によるSJNNVの不活化

UV 照射線量 ($\mu\text{W} \cdot \text{sec}/\text{cm}^2$)	ELISA値	生残指数
0	++ ^{*1}	0 ^{*2}
10,000	+	0
50,000	-	0
100,000	-	69
200,000	-	73
コントロール	-	100

*1 ELISA値は陰性試料の吸光値から差し引いた数値。

++; 0.2以上, +; 0.1-0.2, -; 0.1以下のELISA値。

*2 コントロールの生残尾数を100とした場合の比。

表14. オゾンによるSJNNVの不活化

残留オキシダント濃度 (mg/l)	処理時間 (分)	ELISA値	生残指数
0.0		++ *1	0 *2
0.1	0.5	++	0
	2.5	-	140
	5.0	-	117
	10.0	-	90
0.5	0.5	-	63
	2.5	-	66
	10.0	-	130
1.0	0.5	-	76
	2.5	-	87
	5.0	-	161
コントロール (PBS)		-	100

*1 ELISA値は陰性試料の吸光値から差し引いた数値。

++; 0.2以上, +; 0.1-0.2, -; 0.1以下のELISA値。

*2 コントロールの生残尾数を100とした場合の比。

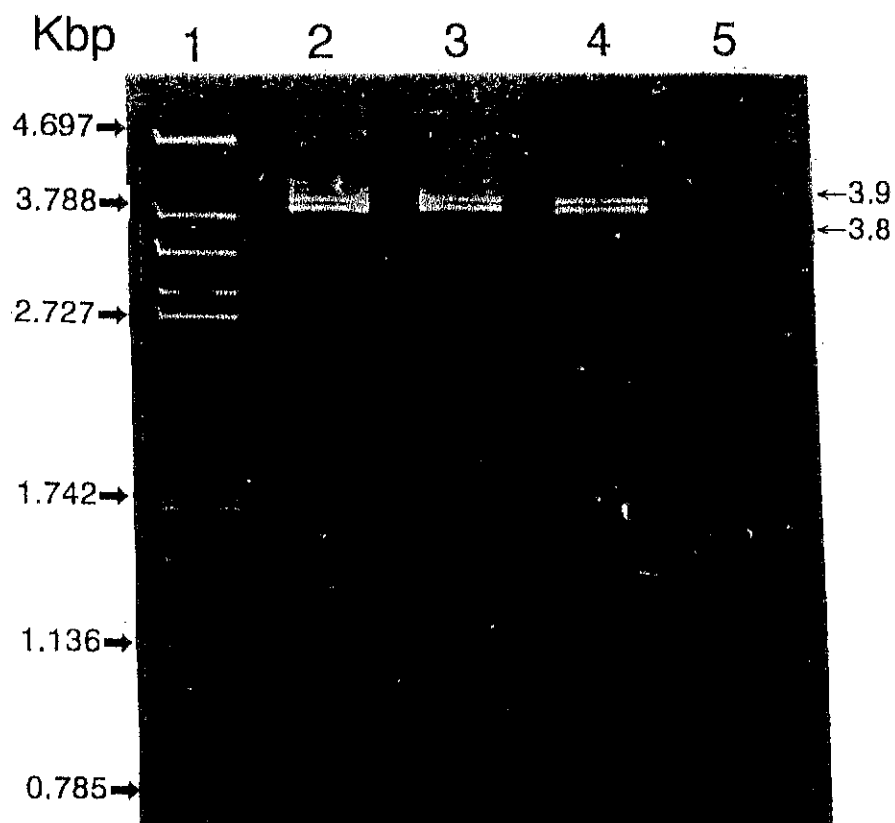


図1. DNase I およびRNase A で処理された
YAV RNAsの10% SDS-ポリアクリル
アミドゲル電気泳動による核酸分析
Lane 1: 分子量マーカー (RDV RNAs)
Lane 2: DNase I 存在下で処理したYAV RNAs
Lane 3: 高塩濃度 (0.5 M NaCl)でRNase A で処
理したYAV RNAs
Lane 4: RNase A で処理したYAV RNAs

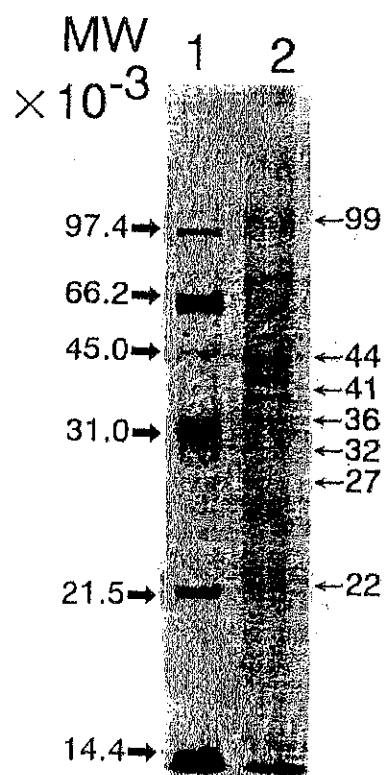
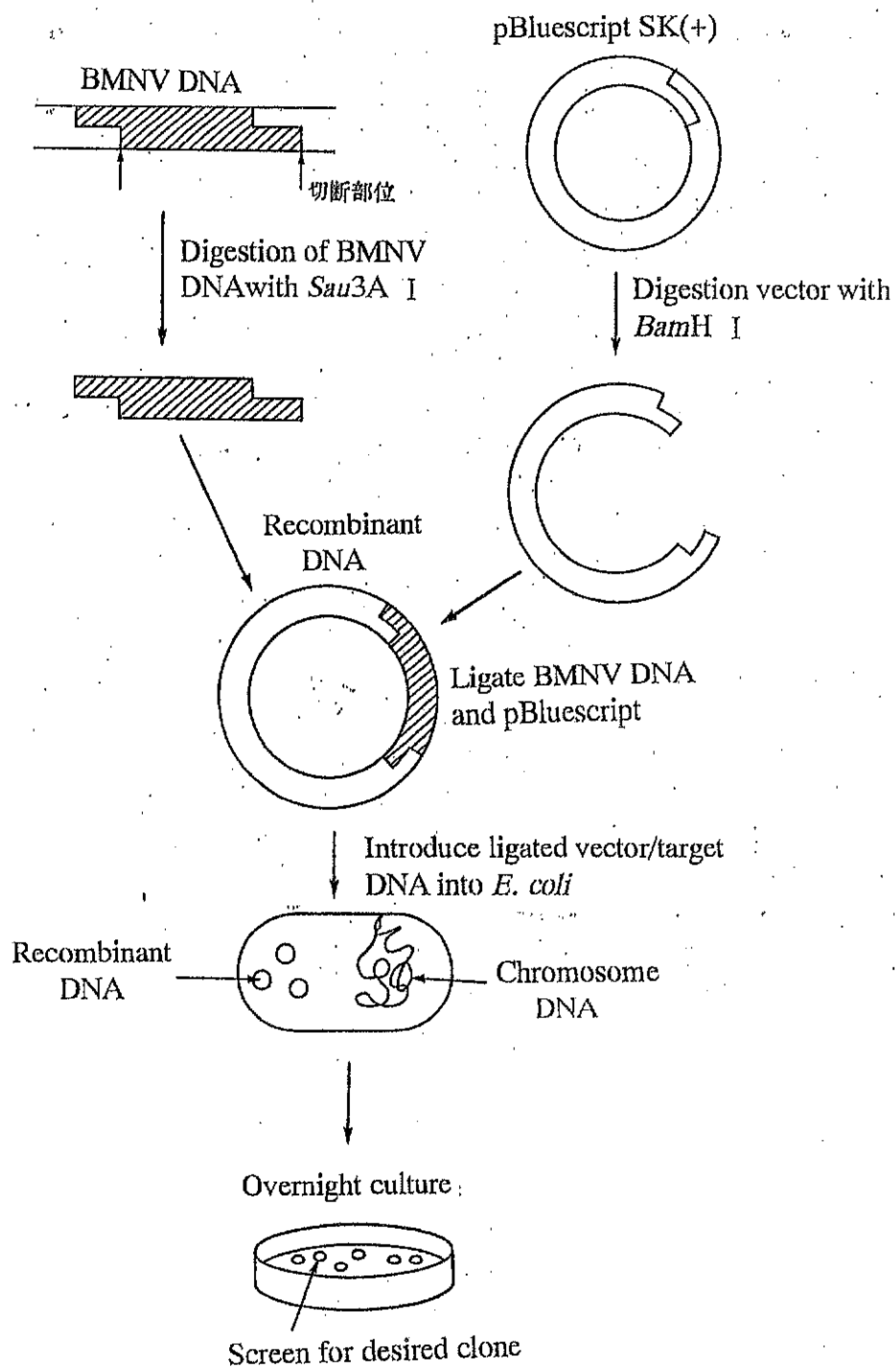


図2. YAV構造蛋白質の10% SDS-ポリ
アクリルアミドゲル電気泳動に
よる分析

Lane 1: 分子量マーカー

Lane 2: YAV構造蛋白質

MW: 分子量



Cloning of BMNV DNA

図3. PjNOV(BMNV)の一部DNAのクローニング操作の手順

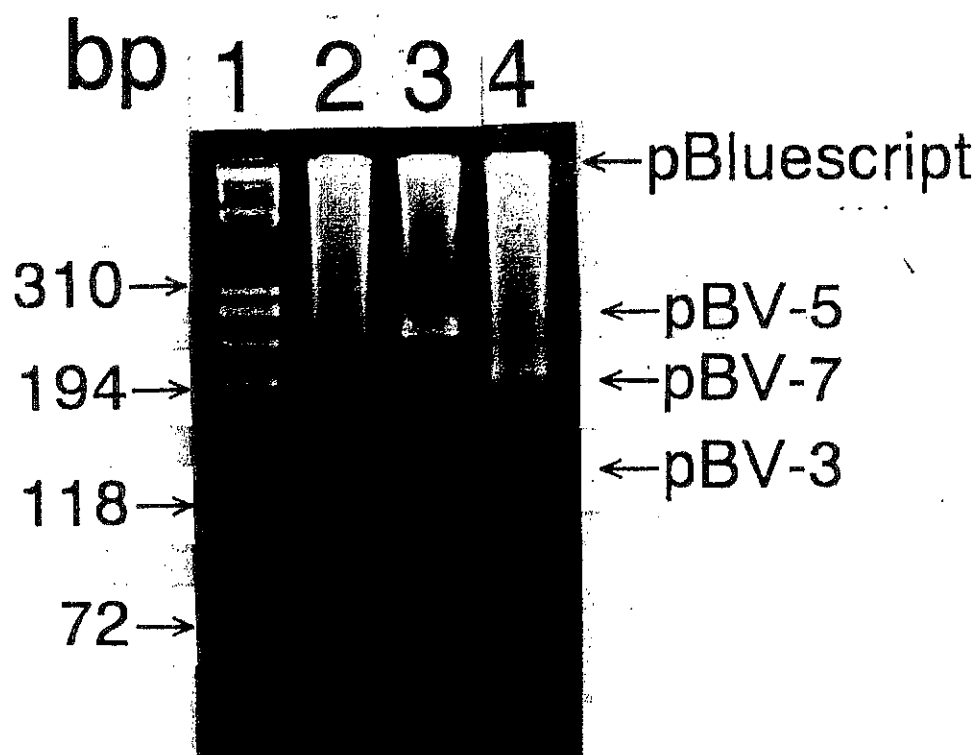


図4. PjNOB(BMNV)のクローンPBV-7,PBV-5,PBV-3の
アガロースゲル電気泳動による分析

Lane 1: DNAマーカー (φ X174 DNA をHae IIIで切断)

Lane 2: PBV-3

Lane 3: PBV-5

Lane 4: PBV-7

PBV-7

5' AGTATACATAAAAGTATACGTATAACCCAGAGAAAAATACGTATATATCATAAGAGTAA
3' TCATATGTATTTTCATATGCATATTGGGGACTCTTTTATGCATATATTGTATTCTCATT

ATCACGTATATCATAGAGTAATACTNNNNNNNNNGGGGGAGCACCACCTGCATAGCTAT
TAGTGCATATAGTATCTCATTATGANNNNNNNNNCCCCCTCGAGGTCGACGTATCGATA

TCGAACTATAGCTTAGACGTCGGGCCCTAGAGTATACTATTAAAGTTATGACGGTAGTA
AGCTTGATATCGAATCTGCAGCCCGGGATCTCATATGATAATTTCAATACTGCCATCAT

ACGCCAGAAAAATCGATACTATAAGGTAAATACCGGTATTATCATAAAGAGTAATACTA 3'
TGGGGTCTTTTATAGCTATGATATTCCATTTATGGCCATAATAGTATTTCTCATTATGAT 5'

PBV-5

5' TTATTACTGCTGCTGCTGAACTATAAAAGCCTACAACCTTAACCTGGAAACATTACTACTT
3' AATAATGACGACGACGACTTGATATTTTCGGATGTTGAATTGGACCTTTGTAATGATGAA

CTTCTTTGAGTGTTTCGTAGTTATTCTCTCTCTCTGCTACACATGCATTCTCATACTGNNN
GAAGAACTCACAAGCATCAATAAGAGAGAGAGACGATGTGTACGTAAGAGTATGACNNN

NNNNNNNTGCACTACTGACATACTACTCTCTGAGTGTGTAGTTATCTCTCTCTCTGC
NNNNNNNAACGTGTGATGACTGTATGATGAGAGACTCACACATCAATAGAGAGAGAGACG

TAACACATGCAATTTCTCATACTCTTTCTTCTTACTTCTCGAATCCTTCATTTAGTAGTA
ATTGTGTACGTTAAAGAGTATGAGAAAGAAGTGAAGAGCTTAGGAAGTAAATCATCAT

ATTTCTACGTCTTAATATGTAAGTCTCACTATATCTA 3'
TAAAGATGCAGAATTATACATTCAGAGTGATATAGAT 5'

PBV-3

5' CCTCACTTCGACGCATTTCTATAATGTGGATGTCTAAGAATCCATACAATCTCCTAATCA
3' GGAGTGAAGCTGCGTAAAGATATTACACCTACTGATTCTTAGGTATGTTAGAGGATTAGT

CAAGTCACCTACATTACTGAGACGTTATATATCTATAGAGTTATGCTCTACTGTCACTGA
GTTTCAGTGGATGTAATGACTCTGCAATATATAGATATCTCAATACGAGATGACAGTGTCT

GTTTTNNNNNNNNNGACCATTCTATATGTGATGTCCGTAGATCATACAATTTCCCTAAGTC
CAAAANNNNNNNNNCTGGTAAGATATACACTACAGCATCTAGTATGTTAATGGATTGAG

ATAAGTCACTACGATTTACTGCAGAAACGGTATATATGTATGAGGTTTATTGCTTCTACT
TATTCAGTGATGCTAAATGACGTCTTTGCCATATATACATACTCCAAATAACGAAGATGA

TGGTCACTGGAGGTATATATGT 3'
ACCAGTGACCTCCATATATACA 5'

図5. PjNOB(BMNV)のDNAのクローンPBV-7,PBV-5およびPBV-3の一部の塩基配列とオリゴヌクレオチドプライマー

VI. 共同研究

微粒子人工配合飼料によるブリ飼育試験

MF21との共同研究を行なっている微粒子人工配合飼料によるブリ配合飼料化試験は、昭和62年より始まり今年度で7年目を迎える。昨年度までの試験の成果を見ると、全長20mmまでは順調に配合飼料の開発が進み、このサイズでは既に実用化が行われている。一方、全長10・15mmの小型サイズでの配合飼料の開発については、共同研究開始当初よりほとんど進んでいないのが現状である。昨年度は、全長15mm以下の小型サイズの配合飼料の開発速度を進めるために、各社2種類の飼料（自由テーマ）を試作し、このサイズでの配合飼料化について検討を行なった。今年度は、各社とも摂餌誘因物質を共通テーマに2種類の飼料を試作して、全長10・15mmでの小型サイズでの配合飼料化について検討を行うこととした。

材料と方法

1. 小規模試験（0.5m³ 水槽）

試験は、全長10mm（試験Ⅰ）と全長15mm（試験Ⅱ）の2回行う。

1) 試験月日 試験Ⅰ：5月13日から5月27日

試験Ⅱ：5月29日から6月7日

2) 試験期間 試験Ⅰ：配合飼料への馴致期間（餌付け期間）は、10日間行なう。

本試験は生残率が安定化する5日目まで行なう。

試験Ⅱ：配合飼料への馴致期間（餌付け期間）は、5日間行なう。

本試験は生残率が安定化する5日目まで行なう。

3) 飼育水槽 0.5m³ ポリカーボネイト水槽（黒色）

4) 供試魚 基本的には同一種苗生産群（90m³水槽）より間引いて使用する。

5) 収容尾数 試験Ⅰ：1000尾／槽

試験Ⅱ：500尾／槽

6) 飼育水温 22℃

7) 換水 流水飼育 10回転／日（1000％）

8) 給餌 ① 使用餌料 表1参照

② 給餌時間 図1，2参照

配合飼料は体重の200％を終日（AM6:00～PM6:00）給餌する。

③ 給餌方法

配合飼料の給餌は自動給餌機（ヤマハ自動給餌機）と手撒きを併用する。

④ 給餌量 体重比で設定（試験Ⅰ：200％，試験Ⅱ：100％）

馴致期間中の給餌量の体重比は次頁の表参照。

試験期間中の給餌量は表3，4参照

馴致期間		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
試験	配合飼料 (%)	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
I	生物餌料 (%)	200	180	160	140	120	100	80	60	40	20
試験	配合飼料 (%)	100	100	100	100	100					
II	生物餌料 (%)	100	80	60	40	20					

* 生物餌料は体重の 200%を給餌し、1日20%ずつ減少する。

* 配合飼料は体重の 200%を試験期間中給餌する。

9) 試験区 試験 I・IIとも以下に記す4社1大学の飼料を用いて行う。

配合飼料区 (12区) 日本水産 単独区: 2区
 富士製粉 単独区: 2区
 朝エントル 単独区: 2区
 協和醗酵 単独区: 2区, 併用区*: 1区
 鹿児島大学 単独区: 2区, 併用区*: 1区
 (各社の飼料の粒径と特性については表2を参照)

生物餌料区 (1区)

無投餌区 (1区)

* 併用区においては本試験期間も一定の生物餌料 (体重比: 20%) を給餌する。

10) 調査項目

- ① 成長と生残 成長は0日目, 5日目, 10日目, 15日目に調査を行う
生残は毎日の底掃除の斃死より推定する
- ② 消化管内容物 (摂餌率) 5日目, 10日目に調査を行う
- ③ 共食い状況 毎日の底掃除の共倒れから計数する
- ④ 活力試験 (空中露出) 試験終了時に行う
- ⑤ 体成分組成の分析 試験終了時にサンプリングを行う

(種苗の体組成分析は東京水産大学水族栄養学研究室に依頼して行った)

以上の調査結果および生残指数*¹・生産指数*²をもとに配合飼料の有効性の検討を行った。

$$*1 \quad \text{生残指数} = \frac{\text{配合飼料区の生残尾数}}{\text{生物餌料区の生残尾数}} \times 100$$

$$*2 \quad \text{生産指数} = \frac{\text{取り揚げ時の配合飼料区の総重量}}{\text{取り揚げ時の生物餌料区の総重量}} \times 100$$

結果と考察

試験Ⅰ・Ⅱにおける飼育概要を表5に示した。以下、試験Ⅰ・Ⅱにおける結果の概要を記す。

1. 試験Ⅰ

試験期間は5月13日～5月27日までの15日間行った。試験結果を表14に示した。

1) 成長と生残

馴致期間終了時の生残率は、収容時のハンドリングによるストレスのため収容後1～3日目に大量斃死がおき、全ての区で20～40%まで低下した。本試験での生残率は、生物餌料区が73.8%であるのに対し配合飼料区の協和－3（生物餌料との併用区）、富士－2で70.9, 72.1%であり、生物餌料区に匹敵する生残率を示した試験区が見られた。試験終了時の通算生残率では、生物餌料区が22.8%であるのに対し配合飼料区は1.9～23.2%であった。このうち富士－2区は23.2%であり、生物餌料区を上回った。

成長は、生物餌料区が15.1mmであるのに対し配合飼料区は12.8～18.1mmであり、試験区により大きな差が見られた。このうち、日水－2, 協和－3では成長が18.1mmであり、生物餌料区を大きく上回った。

配合飼料区のうち最も生残指数・生産指数の良かった試験区（富士－2・協和－3）の成長・生残状況を図3に示した。馴致期間終了時には3区の成長・生残はほとんど差は見られなかったが、本試験終了時には協和－3区の成長が他区に比べて速かった。

2) 配合飼料の摂餌率

配合飼料区の配合飼料の摂餌率を表6に示した。試験開始後5日目の摂餌率は、対照飼料では平均50.0%（10～100）であり、改良飼料では平均60.0%（20～90）であった。試験開始後10日目（馴致期間終了時）の摂餌率は対照飼料では平均46.6%（10～90）であり、改良飼料では平均70.0%（0～100）であった。この中で富士－1・2の摂餌率が著しく高かった。各試験区における配合飼料の摂餌個体と未摂餌個体の全長を表8に示した。摂餌個体と未摂餌個体との間には全長の差異は見られなかった。

3) 生残指数・生産指数

各試験区の生残指数および生産指数を表10, 図5に示した。各配合飼料区の生残指数は平均55（8～102）であり、生産指数は平均56（5～131）であった。生残指数・生産指数は全体としては生物餌料区に比較すると低いものであったが、生物区を上回る区も見られた。

4) 摂餌誘因物質等の添加効果

摂餌誘因物質等の添加効果は、各メーカーの対照飼料と改良飼料の間の摂餌率（表6）で比較すると摂餌率には添加効果は認められなかった。また、生産指数（表10）で比較すると、日水と富士で生産指数に差が見られ、添加効果が伺われた。

5) 活力試験（1分間・3分間の空中露出）

試験終了後の活力試験の結果を表11に示した。各試験区の生残率は、馴致期間終了時（試験開始10日目）の1分間の空中露出では配合飼料区が平均71.8%（30～100）、生物餌料区が40%、3分間の空中露出では配合飼料区が平均40.0%（0～70）、生物餌料区は0%であった。

試験終了時の1分間の空中露出では配合飼料区が平均84.5%（30～100）、生物餌料区

が10%、3分間の空中露出では配合飼料区が平均61.8%（10～90）、生物餌料区は0%であった。なお、生物餌料と配合飼料の併用区の生残率は、生物餌料単独区よりも高いが、配合飼料単独給餌区に比べて低かった。

6) 体組成分析結果

供試魚の体組成分析（脂肪酸組成）結果を表16に示した。全脂肪酸中に占めるEPAの割合は、生物餌料区が6.4%であるのに対し配合飼料区は5.1～7.9%であり、両者の間に顕著な差は見られなかった。一方、全脂肪酸中に占めるDHAの割合は、生物餌料区が1.5%であるのに対し配合飼料区は7.4～12.6%であり、配合飼料の給餌によるDHAの割合の増加が認められた。また、一般組成中の脂質（dry）の割合は、生物餌料区が13.3%であるのに対し配合飼料区は13.7～17.6%であり、生物餌料区がもっとも少なかった。

2. 試験Ⅱ

試験期間は5月29日～6月7日までの10日間行った。試験結果を表15に示した。

1) 成長と生残

試験開始後の5日間はいずれの区においても共食いによる減耗がみられ、馴致期間中の生残率は生物餌料区が74.8%であるのに対し配合飼料区は60.4～74.8%であり、大きな差は見られなかった。その後、配合飼料区はいずれも本試験開始2～3日目に減耗が見られ、本試験期間中の生残率は生物餌料区が86.6%であるのに対し配合飼料区は25.7～79.9%であり、この中で5区の配合飼料区で75%以上であり生物餌料区と同等の成績を示した。通算生残率は、生物餌料区が64.8%であり配合飼料区は15.8～59.2%であった。

成長は、生物餌料区が全長20.1mmであるのに対し配合飼料区は平均全長22.5mm（19.3～26.2）であり、全体的には配合飼料区のほうが成長はよかった。

配合飼料区のうち最も生残指数・生産指数の高かった試験区（日水－2）の成長・生残状況を図4に示した。成長・生残は、馴致期間終了までは生物餌料区とほとんど差はなかったが、本試験開始後、配合飼料区の成長が生物餌料区を上回った。生残状況は、本試験開始後、生物餌料区に比べて生残率が低下し始めた。これは共食いによるものと思われ、試験期間中の共倒れの尾数は生物餌料区が6尾であるのに対して配合飼料区は18尾であり、配合飼料区のほうが共倒れが多かった。

2) 配合飼料の摂餌率

配合飼料区の配合飼料の摂餌率を表7に示した。試験開始後5日目（馴致期間終了時）の摂餌率は対照飼料区では平均78.6%（65.0～95.2）であり、改良飼料区では平均79.6%（45.0～95.2）であった。各試験区における配合飼料の摂餌個体と未摂餌個体の全長を表9に示した。摂餌個体と未摂餌個体との間には全長の差異は見られなかった。

3) 生残指数・生産指数

各試験区の生残指数および生産指数を表10、図6に示した。各配合飼料区の生残指数は平均61（24～87）であり、生産指数は平均98（28～157）であった。日水－2区の生残指数が87、生産指数が157であり最も良く、生残率では生物餌料区に劣るものの成長は上回っていた。配合飼料区は、生残指数では生物餌料区に劣るものの、生産指数では6区において生物餌料区を上回った。

4) 摂餌誘因物質等の添加効果

摂餌誘因物質等の添加効果は、各メーカーの対照飼料と改良飼料の間の摂餌率（表7）で比較した結果、日水－2区の他は摂餌率には添加効果は認められなかった。また、生産指数で比較すると、日水と富士で差が見られ、添加効果が伺われた。両社は試験Ⅰにおいても対照飼料と改良飼料の間に差が見られた。

5) 活力試験（1分間・3分間の空中露出）

試験終了後の活力試験の結果を表12に示した。各試験区の生残率は、試験開始5日目の1分間の空中露出では配合飼料区が平均90.9%（60～100）、生物餌料区が35%、3分間の空中露出では配合飼料区が平均63.6%（45～95）、生物餌料区は35%であった。

試験終了時の1分間の空中露出では配合飼料区が平均95.4%（70～100）、生物餌料区が50%、3分間の空中露出では配合飼料区が平均83.2%（40～100）、生物餌料区は30%であった。なお、生物餌料と配合飼料の併用区の生残率は、生物餌料単独区よりも高いが、配合飼料単独給餌区に比べて低かった。

6) 体組成分析結果

供試魚の体組成分析（脂肪酸組成）結果を表17に示した。全脂肪酸中に占めるEPAの割合は、生物餌料区が6.3%であるのに対し配合飼料区は4.3～7.4%であり、両者の間に顕著な差は見られなかった。一方、全脂肪酸中に占めるDHAの割合は、生物餌料区が1.2%であるのに対し配合飼料区は5.6～14.7%であり、配合飼料区の方が多かった。また、一般組成中の脂質（dry）の割合は、生物餌料区が12.2%であるのに対し配合飼料区は14.7～19.9%であり、試験Ⅰと同様に生物餌料区がもっとも少なかった。

総合考察

1. 生残指数・生産指数

今年度の試験結果をみると、全長10mmサイズでは、最も成績のよい会社の飼料の生産指数が113と131（併用区）であり、生物餌料区を上回る試験区が初めて出現した。また、生残指数でも1社の飼料は生物餌料区を上回り、配合飼料に対する摂餌率の向上が窺えた。これまで、このサイズでは生物餌料に比べて配合飼料は成長・生残とも大きく劣っていたが、今回好結果が得られた理由としては、配合飼料への馴致期間を10日間としたことにより摂餌率が上がったこと、収容サイズが小さかったため試験開始直後の減耗が大きく、例年に比べて生物餌料区の生残率が著しく低下したため相対的に配合飼料区の生残指数が向上したことによるものと思われる。

全長15mmサイズでは、配合飼料区の生産指数が6区で生物餌料区を上回り、これまでにない好結果であった。この理由としては、試験開始直後の共食いが大きく小型サイズの魚が斃死したため本試験開始サイズが全長18mmと大きくなり配合飼料に餌付きやすかったこと、生物餌料区の供試魚も本試験開始サイズが全長17mmと大きかったため餌料がアルテミア幼生だけでは十分成長することが出来ず相対的に配合飼料区の成長がよくなったものと思われる。しかし、通算生残率では、例年とほとんど変わりがなかった。

2. 活力

空中干出による活力判定は、例年と同様配合飼料区の方が生物餌料区に比べて活力が高かった。脂肪酸中のDHAの割合をみると生物餌料区に比べて配合飼料区の方が高く、一般にいわれるDHAの活力に対する効果が伺われた。しかし、配合飼料区間での活力の差

をみるとDHAの割合が5.6～14.7%（試験Ⅱ）と大きな差があるにもかかわらずその含有割合が活力に反映されておらず、活力に対するDHAの要求量については不明である。なお、今回使用した生物餌料は未強化であるため、来年度は栄養強化の効果についても検討してみたい。

3. 今後の展望

近年、本共同研究の停滞している理由として、全長10mm前後の配合飼料の開発が遅れていることがあげられる。このため、配合飼料の摂餌誘因性を向上させることが重要であり、摂餌誘因物質の添加・物性の改良が検討されつつある。今年度の試験の中で特筆すべきことは、試験Ⅰ・Ⅱにおける富士製粉の飼料の摂餌率の高さである。試験開始5日目で既に100%（対照飼料）の個体が摂餌しており、生残指数も高かった。この結果から、摂餌性を向上させる要因を究明することにより、これまで停滞していた小型サイズでの配合飼料化が進むものと思われる。

要約

- 1) 当事業場での本試験は、マリノフォーラム21（人工配合飼料研究会）との共同研究として行い、今年度で7年目を迎える。現在、全長10mm、15mmサイズでの配合飼料化をめざして試験を行っているが、このサイズでは飼料の摂餌性、消化吸収性のため期待する成果が得られていないのが現状である。
- 2) 昨年度は、各企業による摂餌誘因性を高める工夫をした2種類の試験飼料の提供を受け飼育試験を行った。今年度も、昨年度と同様に摂餌誘因性を高めた2種類の試験飼料により、全長10mm、15mmサイズでの小規模水槽（0.5m³ 水槽）による飼育試験を行った。なお、今年度の参加企業は、4社と1大学であった。
- 3) 試験方法は例年とほぼ同様であるが、供試尾数は、試験Ⅰ（全長10mmサイズ）では1,000尾、試験Ⅱ（全長15mmサイズ）では500尾とした。また、飼育期間は、試験Ⅰでは配合飼料への馴致期間を10日間、本試験を5日間とし、試験Ⅱでは馴致期間を5日間、本試験を5日間とした。また、新たに、B区、E区の配合飼料区では、本試験期間中にも生物餌料を併用給餌する区を設けた。試験の結果は、生残・成長・活力および生残指数・生産指数より評価した。
- 4) 全長10mmサイズでの試験Ⅰの結果を表1に示した。生残指数では、協和－1区、富士－1区、富士－2区が91～102であり生物餌料に匹敵する値を示した。特に、富士－2区は102と生物餌料区を上回った。生産指数では、協和－1区、協和－3区がそれぞれ113、131となり生物餌料区を上回った。生残指数の高い富士1、2区は、成長が他の配合飼料区に比べて劣ったため生産指数は50および82と低かった。
- 5) 全長15mmサイズでの試験Ⅱの結果を表2に示した。生残指数では、配合飼料区は24～87の範囲であり生物餌料区に劣ったが、生産指数では日水－1、2区、協和－1、2区、富士－2区の5配合飼料区は、生物餌料区を上回った。
- 6) 各企業の試作飼料に対する摂餌性の改良効果は、試験Ⅰ・Ⅱを通して日水を除き摂餌性の改良効果は認められなかった。なお、富士社は、試作飼料及びその改良飼料の飼育開始6日目の摂餌率は試験Ⅰでは80%、100%、試験Ⅱでは95%、91%であり注目され

た。

- 7) 今年度は、試験Ⅰでは試験開始サイズが全長8mmから7mmと小さくなったため収容直後のハンドリングによる斃死が多く、通算生残率は1.9～23.2%と低かった。しかし、生残魚の配合飼料の摂餌率は高く、本試験期間中の生残率が70%以上の区もあり、生物餌料区の生残率に匹敵する区が3区見られた。試験Ⅱでは、試験開始サイズが全長17～19mmと大きかったこともあり11区中6区で量産規模への応用の可能性が認められた。しかし、試験Ⅰと同様に配合飼料区の生残率は15.8～59.2%と低く、生残率の向上が今後の課題となっている。なお、試験終了時の活力試験の結果は、すべての配合飼料区で生物餌料区を上回り、配合飼料による活力向上効果が認められた。また、配合飼料と生物餌料の併用給餌効果は、供試魚が小型であるほど成長・生残に併用給餌効果が見られたが、活力は他の配合飼料の単独給餌区に比べて著しく低かった。
- 8) 今後は、引き続き摂餌性の向上を目指して試験を行う一方、対照区としての生物餌料区では活力を向上させる飼育方法の検討を行う必要がある。

(塩澤 聡)

表1 各試験における使用餌料

試験No.	馴致期間 (10日間)		本試験 (5日間)	
	サイズ	餌料	サイズ	餌料
I	6 mm	ワムシ アルテミア 配合飼料 (No.1・2) *	10mm	配合飼料 (No.2) *
II	8 mm	ワムシ アルテミア 配合飼料 (No.1・2) *	15mm	配合飼料 (No.2・3) *

* 配合飼料の粒径：表2-1 参照

表2-1 試験I・IIに使用した各メーカーの配合飼料の粒径

試験区	試験 I			試験 II		
	No. 1	No. 2	No. 3	No. 1	No. 2	No. 3
日水 1	150~250	250~500	500~700	150~250	250~500	500~700
日水 2	150~250	250~500	500~700	150~250	250~500	500~700
協和 1	125~250	250~500	500~710	125~250	250~500	500~710
協和 2	125~250	250~500	500~710	125~250	250~500	500~710
オリエンタル 1	150~250	250~500	500~750	150~250	250~500	500~750
オリエンタル 2	150~250	250~500	500~750	150~250	250~500	500~750
富士 1	150~250	250~500	500~700	150~250	250~500	500~700
富士 2	150~250	250~500	500~700	150~250	250~500	500~700
鹿大	150~250	250~350 350~500	500~700	150~250	250~350 350~500	500~700

* 1：対照飼料， * 2：改良飼料

表2-2 試験I・IIに使用した各メーカーの配合飼料の特性

試験区	造粒法	飼料の特性
日水 1	真空凍結乾燥法	エキス無添加
日水 2	〃	魚介類エキス入り (5.0% → 7.5%)
協和 1	凍結乾燥法	エキス無添加
協和 2	〃	エビエキス添加 (1.0%)、天然赤色系色素強化 (視覚による摂餌性の改善)
オリエンタル 1	流動層造粒法	魚卵粉末添加
オリエンタル 2	〃	魚卵粉末+魚介類内蔵処理物 (嗜好性の向上)
富士 1	流動層造粒法	流動層造粒法
富士 2	破碎造粒法	破碎造粒法 (造粒法を変更)
鹿大		

表3 試験Ⅰ（全長10mm）における基準給餌量

経過日数	馴致期間										本試験					合計
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
ワムシ（万個体）																
配合区	50	50	50	50	50	25	25	25	25	25						375
生物区	50	50	50	50	50	25	25	25	25	25						375
アルテミア（万個体）																
配合区	70	63	56	49	42	35	28	21	14	7	0	0	0	0	0	385
生物区	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	1050
配合飼料（g）																
125～250	7	6	5	4	3	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	28
250～500	0	1	2	3	4	5	6	7	6	5	4	3	2	1	0	49
500～750	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	3	4	5	6	7	28
合計	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	105

*ワムシ：10個体／ml

*アルテミア：実験開始時は総重量の200%を給餌、以後一日20%ずつ減少する

*配合飼料：実験開始時の総重量の200%を、試験期間中給餌する

表4 試験Ⅱ（全長15mm）における基準給餌量

経過日数	馴致期間					本試験					合計
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	
ワムシ（万個体）											
配合区	25	25	25	25	25						125
生物区	25	25	25	25	25						125
アルテミア（万個体）											
配合区	60	48	36	24	12	0	0	0	0	0	180
生物区	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	600
配合飼料（g）											
125～250	10	8	6	4	2	0	0	0	0	0	28
250～500	0	2	4	6	8	8	6	4	2	0	42
500～750	0	0	0	0	0	2	4	6	8	10	30
合計	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	100

*ワムシ：10個体／ml

*アルテミア：実験開始時は総重量の200%を給餌、以後一日20%ずつ減少する

*配合飼料：実験開始時の総重量の200%を、試験期間中給餌する

表5 ブリ試験飼育概要

	試験Ⅰ	試験Ⅱ
期間：馴致期間	5/13～5/22（10日間）	5/29～6/2（5日間）
本試験	5/23～5/27（5日間）	6/3～6/7（5日間）
供試魚（TL：mm）	7.2（6.7～7.8）	12.3（9.3～16.9）
（BW：mg）	3.5（2.3～5.0）	20.2（8.3～43.5）
収容尾数	1000	500
水槽	0.5m ³ リカーボイト水槽	0.5m ³ リカーボイト水槽
水温（℃）	21.7～22.3	19.6～20.8
換水率（%/日）	1000	1000

表6 各試験区における配合飼料の摂餌率（試験Ⅰ）

試験区	試験開始5日目		試験開始10日目	
	対照飼料	改良飼料	対照飼料	改良飼料
日水	70	30	60	100
協和	60	30	90	60
〃（併用）		60		90
刈エタ	10	20	10	0
富士	100	90	80	100
鹿大	40		20	
〃（併用）	20		20	

*測定尾数 10尾

表7 各試験区における配合飼料の摂餌率（試験Ⅱ）

試験区	試験開始5日目	
	対照飼料	改良飼料
日水	71.4	95.2
協和	80.0	80.9
〃（併用）		86.4
刈エタ	65.0	45.0
富士	95.2	90.5
鹿大	85.0	
〃（併用）	75.0	

*測定尾数 14～22尾

表8 各試験区における配合飼料摂餌個体の全長（試験Ⅰ）

試験区		試験開始5日目		試験開始10日目	
		摂餌個体	未摂餌個体	摂餌個体	未摂餌個体
日水	1	8.3 (6.4～10.2)	7.5 (6.9～8.4)	10.0 (8.9～12.0)	10.7 (8.8～12.7)
	2	7.4 (6.9～8.4)	8.2 (6.2～10.2)	11.9 (8.2～14.8)	
協和	1	7.4 (6.6～8.7)	8.0 (7.8～8.2)	10.4 (8.2～12.4)	8.0
	2	7.2 (6.3～8.7)	7.0 (6.1～7.7)	10.0 (8.1～13.4)	8.0 (6.9～9.2)
	3	8.0	8.7 (7.1～10.9)	10.9	10.0 (8.4～11.9)
刈エタ	1	8.4 (7.3～9.5)	8.1 (7.3～8.7)		10.5 (8.4～13.1)
	2	8.2 (6.6～10.3)		8.9 (6.7～12.4)	11.3 (7.9～14.7)
富士	1	8.0 (7.2～8.5)	8.0	10.5 (7.9～13.0)	
	2	8.5 (7.8～10.0)	9.2 (8.0～10.9)	9.6 (8.4～10.8)	11.9 (10.2～13.4)
鹿大	1	7.7 (7.2～8.1)	8.7 (7.1～10.0)	9.6 (9.2～13.8)	10.5 (7.6～12.7)
	2	9.0 (7.4～10.9)	8.3 (7.4～9.3)	10.3 (7.9～12.6)	9.9

注) 摂餌率は10尾測定

表9 各試験区における配合飼料摂餌個体の全長（試験Ⅱ）

試験区	試験開始5日目		
		摂餌個体	未摂餌個体
日水	(対)	18.4 (16.1～25.4)	18.2 (14.8～21.6)
	(試)	18.2 (14.7～23.4)	15.1
協和	(対)	18.5 (15.5～22.7)	18.4 (14.8～21.6)
	(試)	18.0 (14.2～22.5)	20.3 (14.5～25.7)
	(併)	17.0 (14.8～20.8)	18.5 (16.0～21.9)
オリエタル	(対)	18.6 (14.1～23.7)	18.2 (12.1～23.7)
	(試)	18.8 (13.6～22.5)	17.4 (13.3～22.8)
富士	(対)	19.1 (14.2～24.3)	23.2
	(試)	18.9 (14.8～26.1)	17.5 (13.2～21.7)
鹿大	(対)	18.9 (15.3～26.3)	20.2 (16.0～22.8)
	(併)	18.9 (15.3～26.3)	20.4 (20.2～21.6)

注) 摂餌率は20尾測定

表10 各試験区における生残指数と生産指数（五島事業場）

試験区	試験Ⅰ		試験Ⅱ		備 考
	生残指数	生産指数	生残指数	生産指数	
日水-1	20	16	55	124	コントロール
日水-2	33	48	45	157	魚介類エキス添加 (7.5 %)
協和-1	91	113	83	129	エキス無添加
協和-2	68	62	86	106	エビエキス添加 (1.0 %)、天然赤色系色素強化
協和-3	84	131	76	143	協和-1の配合飼料に生物餌料を併用給餌
オリエタル-1	28	32	49	81	魚卵粉末添加
オリエタル-2	8	5	24	28	魚介類内蔵処理物添加
富士-1	91	50	55	70	流動層造粒法
富士-2	102	82	80	107	破碎造粒法
鹿大-1	28	26	61	57	
鹿大-2	54	55	59	77	鹿大-1の配合飼料に生物餌料を併用給餌
生物餌料	100	100	100	100	

$$* \text{生残指数} = \frac{\text{配合飼料区の生残尾数}}{\text{生物餌料区の生残尾数}} \times 100$$

$$* \text{生産指数} = \frac{\text{取り揚げ時の配合飼料区の総重量}}{\text{取り揚げ時の生物餌料区の総重量}} \times 100$$

表11 試験Ⅰにおける活力試験結果（空中露出）

試験区		10日目		15日目	
		1 分間	3 分間	1 分間	3 分間
日水	1	70	50	100	80
	2	80	40	100	75
協和	1	90	50	100	90
	2	70	50	65	30
	3	50	10	75	20
オリエタル	1	60	40	95	70
	2	70	30	70	55
富士	1	100	60	100	90
	2	90	70	95	80
鹿大	1	80	40	100	80
	2	30	0	30	10
生物		40	0	10	0

注) 測定尾数は10日目では10尾、15日目では20尾

表12 試験Ⅱにおける活力試験結果（空中露出）

試験区		5 日目		10 日目	
		1 分間	3 分間	1 分間	3 分間
日水	1	100	55	100	80
	2	90	50	100	100
協和	1	95	80	100	100
	2	95	55	100	90
	3	60	45	70	40
オリエタル	1	85	75	100	90
	2	100	95	100	85
富士	1	85	65	100	90
	2	100	65	100	100
鹿大	1	95	70	100	80
	2	95	45	80	60
生物		35	35	50	30

注) 測定尾数は20尾

表13 微粒子配合飼料の物性

試験区		自動給餌期	油膜	拡散 状況	沈降 速度
日水	1	落下せず	無し	凝集	良好
	2	落下せず	無し	凝集	速い
協和	1	良好	無し	良好	良好
	2	良好	無し	良好	良好
オリエタル	1	良好	多い	良好	良好
	2	落下せず	有り	良好	浮遊
富士	1	落下せず	有り	凝集	良好
	2	良好	有り	凝集	良好
鹿大		良好	多い	凝集	速い

表14 ブリ人工配合飼料試験結果 (試験 I) (五島事業場)

試験区	試験開始			馴致期間 (10日間) 終了			本試験 (5日間) 終了			通算 生残率 (%)	生 残 指 数	生 産 指 数
	開始 月日	収容 尾数	全長 (mm)	体重 (mg)	終了 月日	生残 尾数	全長 (mm)	体重 (mg)	生残率 (%)			
日水-1	5.13	1000	7.2	3.5	5.22	234	10.3	11.3	23.4	19.2	4.5	16
日水-2	"	"	6.7~7.8	2.3~5.0	"	321	8.8~12.7	5.9~19.9	32.1	"	7.5	48
協和-1	"	"	"	"	"	393	8.2~14.8	5.8~32.9	39.3	"	20.8	113
協和-2	"	"	"	"	"	277	10.2	11.8	27.7	"	15.5	62
協和-3 (併用区)	"	"	"	"	"	265	8.0~12.4	4.1~20.5	26.5	"	19.1	131
利エツル-1	"	"	"	"	"	209	9.4	9.5	20.9	"	6.4	32
利エツル-2	"	"	"	"	"	250	6.9~13.4	2.5~26.0	25.0	"	1.9	5
富士-1	"	"	"	"	"	417	10.3	11.4	41.7	"	20.7	50
富士-2	"	"	"	"	"	327	7.9~12.6	5.1~23.2	32.7	"	23.2	82
鹿大-1	"	"	"	"	"	252	10.1	9.4	25.2	"	6.3	26
鹿大-2 (併用区)	"	"	"	"	"	271	8.4~13.4	6.3~19.2	27.1	"	12.2	55
生物餌料	"	"	"	"	"	370	10.7	13.2	37.0	"	22.8	100
無給餌	"	"	"	"	"	339	7.6~13.8	4.4~29.0	33.9	"	0	
	"	"	"	"	"		9.0~12.9	7.1~21.2		"		

$$* \text{生残指数} = \frac{\text{配合飼料区の生残尾数}}{\text{生物餌料区の生残尾数}} \times 100$$

$$* \text{生産指数} = \frac{\text{取り揚げ時の配合飼料区の総重量}}{\text{取り揚げ時の生物餌料区の総重量}} \times 100$$

表15 プリ人工配合飼料試験結果 (試験Ⅱ) (五島事業場)

試験区	試験開始			馴致期間(5日間)終了			本試験(5日間)終了			通算		生産指数				
	開始 月日	収容 尾数	全長 (mm)	体重 (mg)	終了 月日	生残 尾数	全長 (mm)	体重 (mg)	生残率 (%)	生残率 (%)	生残 指数					
白水-1	5.29	500	12.3	20.2	6.3	302	18.4	60.0	60.4	6.7	178	26.2	187	58.9	35.6	124
白水-2	"	"	9.3~16.9	8.3~43.5	"	374	14.8~25.4	31~170	74.8	"	296	18.1~34.1	70~368	79.1	59.2	157
協和-1	"	"	"	"	"	349	14.7~23.4	37~129	69.8	"	269	18.8~30.8	61~263	77.1	53.8	129
協和-2	"	"	"	"	"	361	14.8~22.7	29~125	72.2	"	280	17.6~29.0	59~223	77.6	56.0	106
協和-3 (併用区)	"	"	"	"	"	327	17.2	51.8	65.4	"	247	17.0~27.9	52~228	75.5	49.4	143
利コガル-1	"	"	"	"	"	362	14.8~21.9	31~92	72.4	"	160	18.2~32.0	63~372	44.2	32.0	49
利コガル-2	"	"	"	"	"	307	18.0	57.9	61.4	"	79	20.9	94	25.7	15.8	24
富士-1	"	"	"	"	"	306	13.3~22.8	20~107	61.2	"	177	15.3~29.9	33~281	57.8	35.4	55
富士-2	"	"	"	"	"	324	14.2~24.3	23~138	64.8	"	259	21.9	107	79.9	51.8	80
鹿大-1	"	"	"	"	"	353	18.8	79.3	70.6	"	198	13.6~31.0	23~275	56.1	39.6	61
鹿大-2 (併用区)	"	"	"	"	"	317	13.2~26.1	15~187	63.4	"	191	21.7	111	60.3	38.2	59
生物餌料	"	"	"	"	"	374	15.1~25.9	36~153	74.8	"	324	16.2~24.3	43~132	86.6	64.8	100
無給餌	"	"	"	"	"	336	19.3	70.6	67.2	"	0	22.4	109	0	0	0
							18.2~28.3	62~217				20.1	83			
							15.4~28.2	37~208								

$$* \text{生残指数} = \frac{\text{配合飼料区の生残尾数}}{\text{生物餌料区の生残尾数}} \times 100$$

$$* \text{生産指数} = \frac{\text{取り揚げ時の配合飼料区の総重量}}{\text{取り揚げ時の生物餌料区の総重量}} \times 100$$

表16 プリ実験魚の体成分（脂肪酸組成）分析結果（試験Ⅰ）

五島 MF21微粒子配合試験 1993年9月2日受
(全長10mm)

	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	No.7	No.8	No.9	No.10	No.11	No.12
Fatty acid	日水 1	日水 2	協和 1	協和 2	オリエンタル 1	オリエンタル 2	富士 1	富士 2	鹿児島 1	鹿児島 生物餌	協和 生物餌	生物餌 のみ
14:0	分析	2.5	1.6	1.8	4.0	分析	3.7	3.0	2.9	1.5	1.4	0.6
15:0	不可能	0.1	0.1	0.3	0.4	不可能	0.5	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3
16:0		21.2	22.5	22.9	22.1		22.8	22.5	22.5	18.2	20.0	14.2
16:1n-7		6.4	3.3	3.4	6.8		6.6	5.6	4.3	3.3	3.2	3.1
17:0		0.8	0.8	0.1	0.8		0.8	0.1	0.8	0.4	0.8	0.8
16:4n-1		0.5	0.8	1.0	0.6		1.7	0.9	0.6	0.6	0.6	0.8
18:0		5.5	7.9	7.3	5.4		4.5	5.9	5.5	7.7	8.0	8.8
18:1n-(7+9)		19.8	24.0	22.7	19.7		12.3	14.7	17.0	22.4	25.5	29.0
18:2n-6		14.7	13.0	14.1	8.5		10.2	13.0	16.2	11.7	12.9	5.0
18:3n-6		0.2	0.1	0.1	0.1		0.1	0.1	0.1	0.3	0.2	0.6
18:3n-3		1.9	1.1	1.3	0.9		1.2	1.5	1.7	7.5	4.2	15.4
18:4n-3		0.7	0.4	0.4	1.0		0.8	0.9	0.9	1.2	0.7	1.7
20:1n-(9+11)		2.3	1.2	1.0	0.5		1.3	2.0	1.4	1.0	1.1	0.5
20:2n-6		tr	0.3	0.3	0.2		tr	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3
20:4n-6		0.9	2.0	1.9	2.0		1.3	1.2	1.3	1.6	1.7	2.0
20:3n-3		nd	0.1	0.1	0.1		tr	0.1	0.1	0.5	0.3	1.1
20:4n-3		0.5	0.3	0.4	0.4		0.8	0.6	0.5	0.7	0.5	1.1
20:5n-3		7.1	5.3	5.1	7.5		7.9	7.9	6.4	6.2	5.1	6.4
22:1n-(11+13)		0.6	0.1	0.1	tr		0.4	0.8	0.4	0.1	0.3	0.1
22:5n-6		0.1	0.3	0.3	0.4		0.1	0.1	0.1	0.1	0.3	tr
22:5n-3		1.4	1.3	1.2	1.0		1.5	1.9	0.1	1.3	1.2	1.0
22:6n-3		8.6	10.1	9.4	12.6		10.4	11.0	10.3	7.4	7.8	1.5
Σ monoene (%)		29.1	28.5	27.2	26.9		20.5	23.1	23.0	26.8	30.1	32.7
Σ n-3		20.2	18.6	17.9	23.4		22.6	23.8	20.0	24.8	19.6	28.0
Σ n-6		15.9	15.6	16.7	11.1		11.7	14.6	17.8	14.0	15.4	7.7
Σ n-3HUFA		17.6	17.1	16.2	21.6		20.6	21.4	17.4	16.1	14.8	10.9
In sample(g/100g dry basis)												
EPA		1.17	0.87	0.82	1.32		1.08	1.26	1.06	0.92	0.85	0.84
DHA		1.42	1.67	1.51	2.22		1.43	1.77	1.71	1.10	1.31	0.19
Σ n-3HUFA		2.90	2.83	2.59	3.80		2.82	3.45	2.88	2.39	2.49	1.45
Moisture (%)		81.7	84.1	82.6	81.9		84.9	83.8	83.6	83.6	82.2	82.7
Crude (wet)(%)		3.02	2.64	2.79	3.19		2.07	2.61	2.72	2.44	3.00	2.30
lipid (dry)(%)		16.5	16.6	16.0	17.6		13.7	16.1	16.6	14.8	16.8	13.3

表17 プリ実験魚の体成分(脂肪酸組成)分析結果(試験Ⅱ)

五島 MF 21微粒子配合試験 1993年9月2日受
(全長15mm)

	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	No.7	No.8	No.9	No.10	No.11	No.12
Fatty acid	日水 1	日水 2	協和 1	協和 2	オリエンタル 1	オリエンタル 2	富士 1	富士 2	鹿児島 1	鹿児島 生物餌	協和 生物餌	生物餌 のみ
14:0	3.5	2.7	1.8	1.6	3.3	2.3	2.7	2.7	2.7	2.3	1.5	0.6
15:0	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.1	0.4	0.4	0.1	0.1	0.1	0.3
16:0	23.4	21.1	23.0	22.1	20.5	19.1	22.6	21.9	21.8	20.7	20.1	15.5
16:1n-7	4.8	5.8	3.8	3.3	6.0	4.9	4.4	5.0	3.6	3.5	3.9	3.1
17:0	1.0	1.0	0.8	0.9	0.7	1.0	1.1	1.0	1.0	0.9	0.8	0.7
16:4n-1	0.6	0.6	0.6	0.5	0.2	0.6	0.6	0.4	0.8	0.5	0.4	1.2
18:0	6.8	6.1	7.8	8.0	6.2	7.2	7.3	6.5	6.6	7.0	7.7	9.7
18:1n-(7+9)	17.6	22.0	26.7	26.0	22.3	23.0	18.3	17.3	20.1	21.6	26.1	28.4
18:2n-6	13.6	13.9	13.3	15.0	9.2	9.4	12.3	13.2	16.5	15.5	13.8	5.1
18:3n-6	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.5
18:3n-3	2.4	2.3	2.3	2.3	1.7	1.6	2.3	2.3	2.6	4.2	4.2	12.7
18:4n-3	0.9	0.8	0.5	0.5	1.0	0.6	0.8	0.9	0.8	0.9	0.6	1.1
20:1n-(9+11)	1.8	3.4	1.5	1.4	0.7	0.6	2.7	3.0	2.0	1.8	1.4	1.3
20:2n-6	0.2	0.2	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3
20:4n-6	1.2	0.9	1.5	1.6	2.0	0.1	1.4	1.2	1.3	1.2	1.6	2.1
20:3n-3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.2	0.2	0.1	0.2	0.3	0.3	1.0
20:4n-3	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3	0.5	0.6	0.4	0.5	0.5	1.0
20:5n-3	7.0	6.0	4.3	4.6	7.2	5.9	6.7	7.4	5.7	5.5	4.9	6.3
22:1n-(11+13)	0.3	0.9	0.2	0.1	tr	tr	1.4	1.4	0.3	0.6	0.1	tr
22:5n-6	0.1	tr	0.2	0.3	0.6	0.6	0.1	0.1	0.1	0.1	0.3	0.1
22:5n-3	1.6	1.1	1.1	1.1	1.1	1.2	1.7	1.9	1.2	1.1	1.2	1.2
22:6n-3	6.8	5.9	5.6	5.8	13.3	14.7	8.5	7.8	7.3	6.7	6.7	1.2
Σ monoene (%)	24.5	32.0	32.1	30.7	29.0	28.5	26.7	26.6	25.9	27.4	31.5	32.8
Σ n-3	19.3	16.7	14.3	14.8	24.7	24.4	20.5	20.9	18.1	19.2	18.3	24.4
Σ n-6	15.2	15.1	15.4	17.2	12.0	10.4	14.1	14.8	18.2	17.2	16.1	8.0
Σ n-3HUFA	16.0	13.6	11.6	12.1	22.0	22.2	17.5	17.7	14.7	14.1	13.5	10.6
In sample(g/100g dry basis)												
EPA	1.04	0.94	0.79	0.79	1.44	0.98	0.99	1.21	0.87	0.87	0.83	0.77
DHA	1.00	0.92	1.03	0.99	2.65	2.45	1.25	1.28	1.13	1.06	1.13	0.15
Σ n-3HUFA	2.37	2.13	2.13	2.07	4.39	3.71	2.58	2.92	2.27	2.22	2.29	1.30
Moisture (%)	79.8	80.6	81.3	80.2	80.2	81.0	81.5	80.3	81.3	80.9	80.2	82.5
Crude (wet)(%)	3.00	3.04	3.44	3.40	3.95	3.18	2.73	3.25	2.89	3.01	3.35	2.14
lipid (dry)(%)	14.8	15.7	18.4	17.2	19.9	16.7	14.7	16.5	15.4	15.8	16.9	12.2

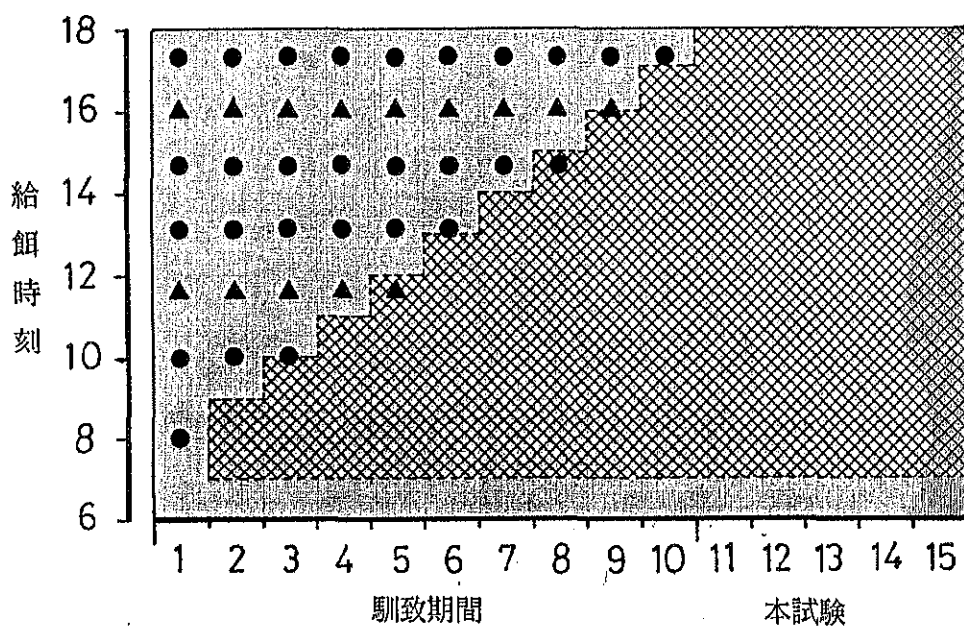


図1 試験Ⅰにおける給餌時間

▲：ワムシ ●：アルテミア幼生



昨年度の配合給餌時間



今年度の配合給餌時間

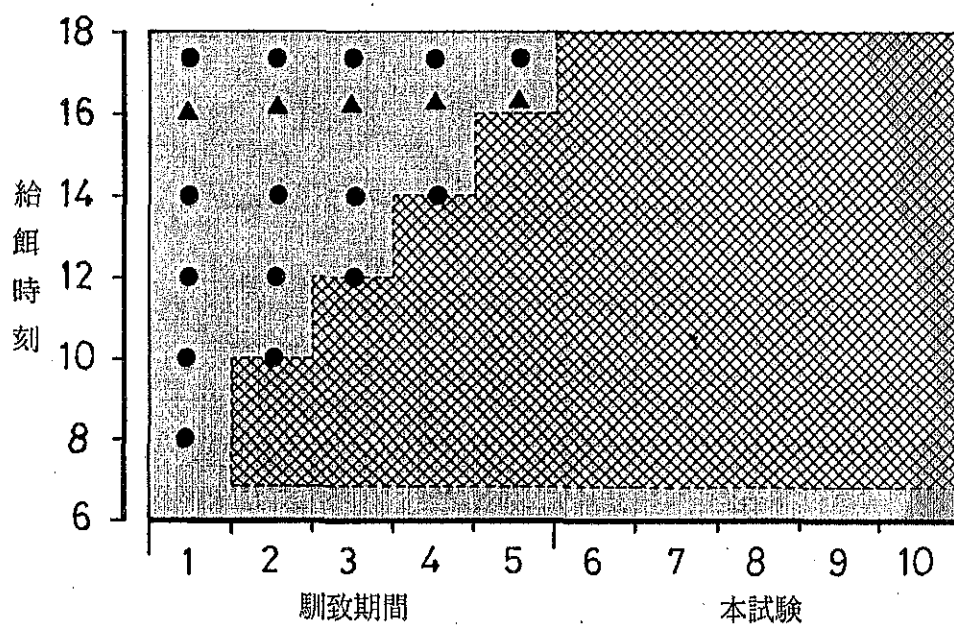


図2 試験Ⅱにおける給餌時間

▲：ワムシ ●：アルテミア幼生



昨年度の配合給餌時間



今年度の配合給餌時間

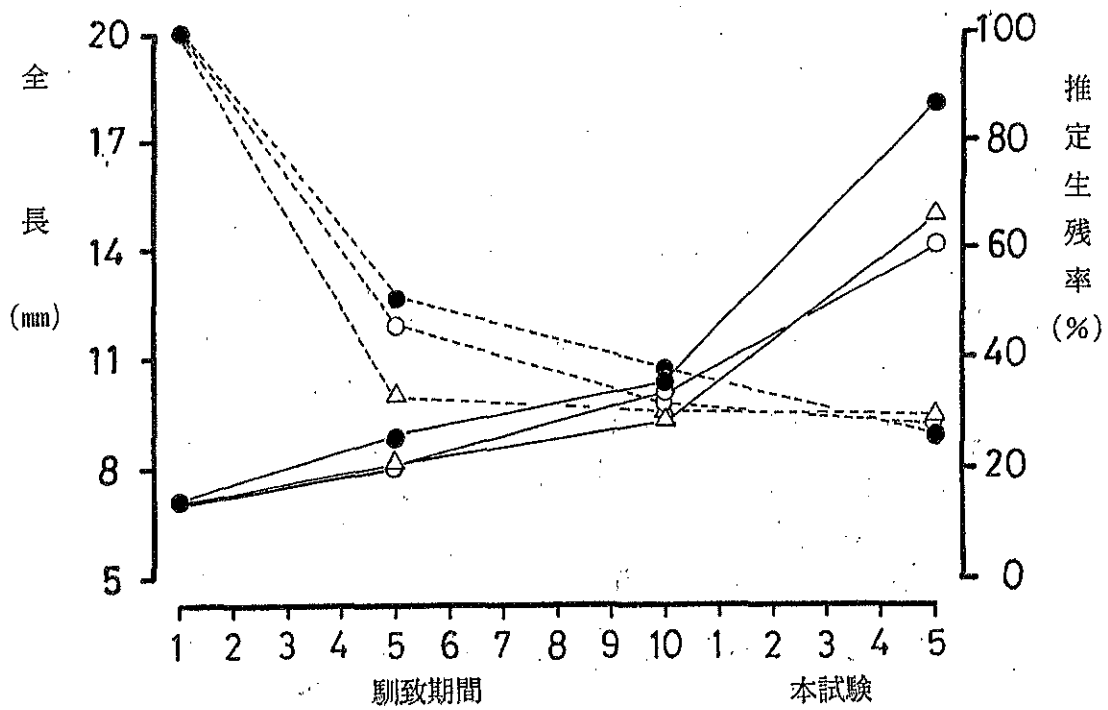


図3 試験Ⅰにおける成長と生残

○ : 最高生存指数区 (富士-2) ○—○ : 成長曲線
 ● : 最高生産指数区 (協和-3) ○- - -○ : 生残曲線
 △ : 生物餌料区

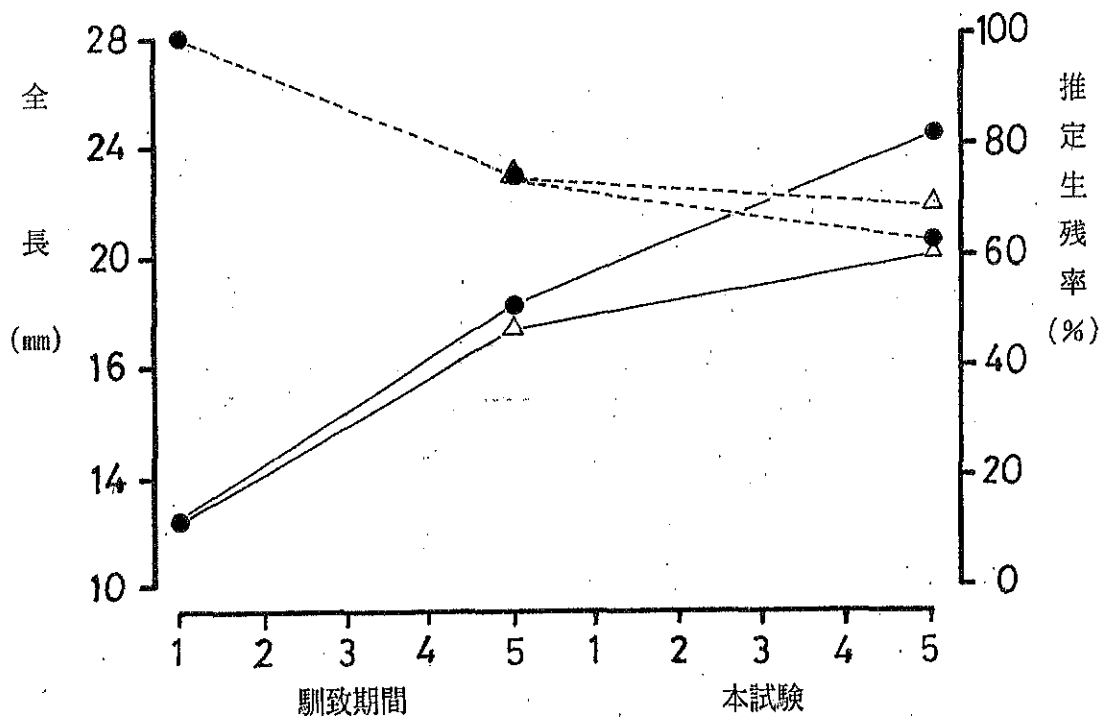


図4 試験Ⅱにおける成長と生残

● : 最高生産指数・生残指数区 (日水-2) ○—○ : 成長曲線
 △ : 生物餌料区 ○- - -○ : 生残曲線

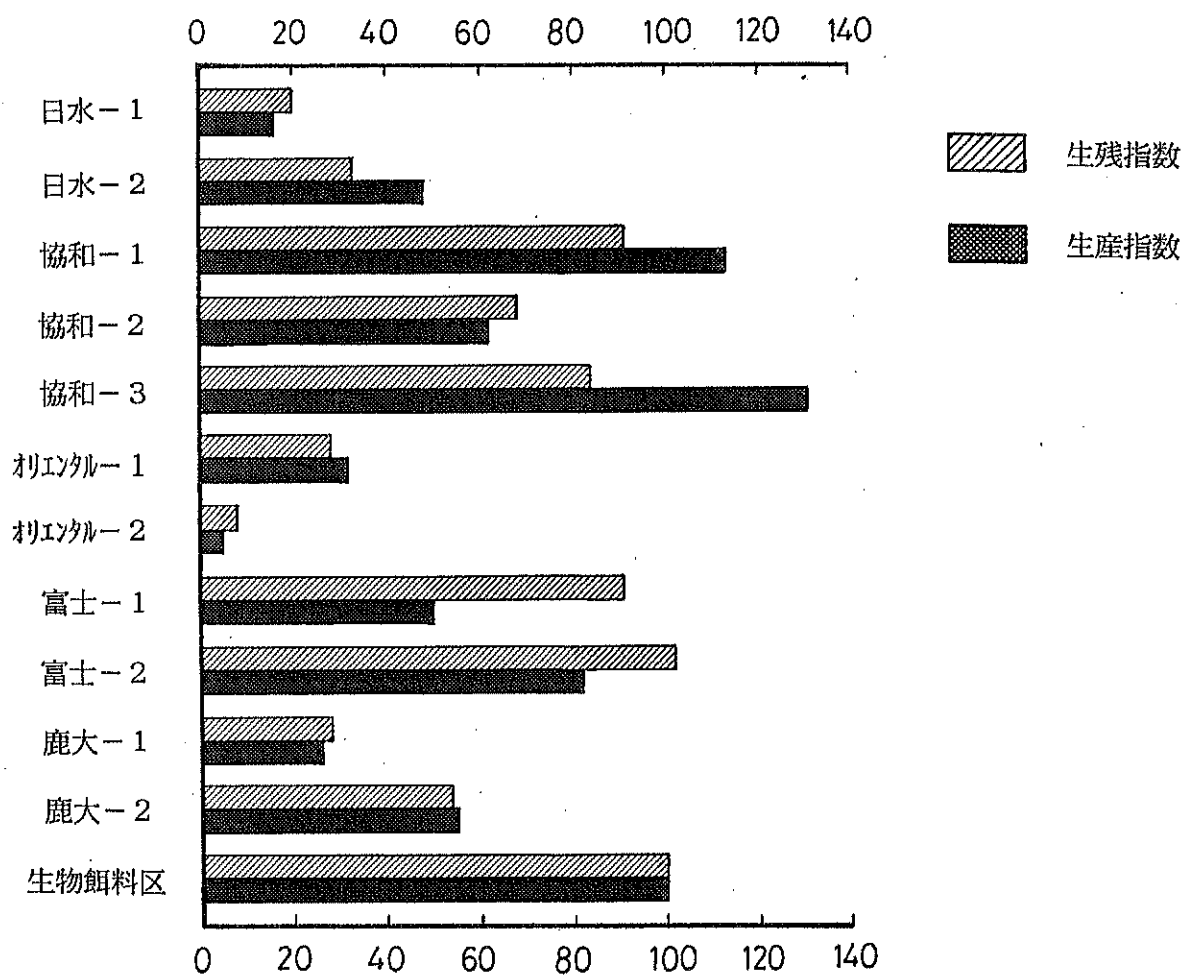


図5 試験Ⅰにおける生存指数・生産指数

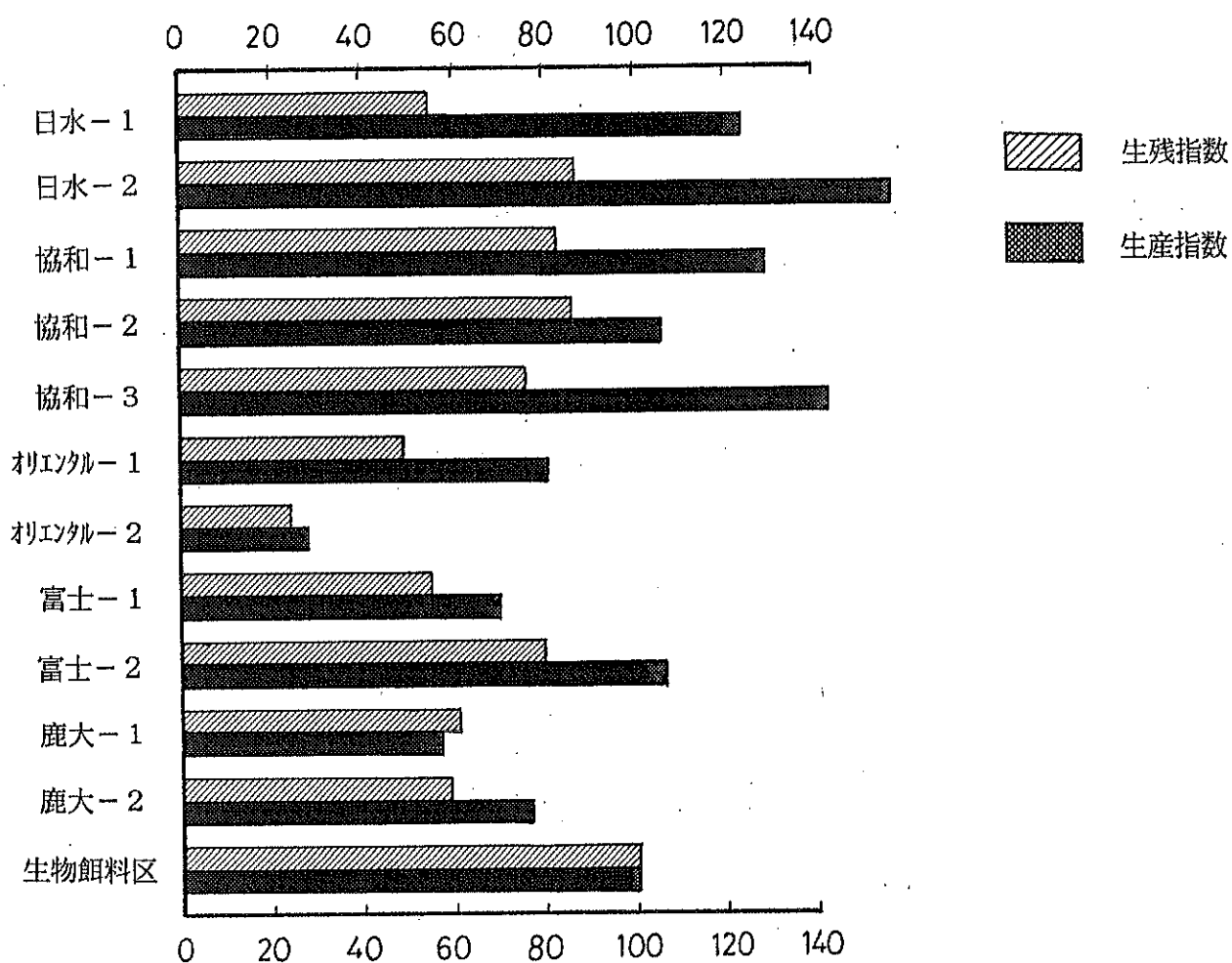


図6 試験Ⅱにおける生存指数・生産指数

VI - 2 シマアジの飼付け試験

小磯雅彦

当事業場での飼付け試験は、冬期の低水温海域における飼付け成立の可能性の検討や飼付けに関する基礎的な知見の収集を目的に、長崎県玉之浦湾の1支湾である布浦の当事業場海面筏群を飼付け場として昭和63年度から調査を実施してきた。調査は東京水産大学の野中グループと共同研究として実施した。

これまでの調査結果から、シマアジは冬期の海水温が13℃台でも飼付けが可能であり、1年以上の長期間の飼付けの可能性も示唆され、再捕率も約30%以上と高いことからシマアジの飼付けは新たな栽培漁業の1手法であると考えられた。

本年度の飼付け試験は、短い期間での飼付けによる放流効果の調査、また今後実用化へむけての経済的な効率の点も考慮して飼付け試験期間を約3ヶ月間と短期にして、その可能性について調査を行い、かつ放流シマアジの基盤への寄り付き性や鳥害の調査も実施した。

飼付け型栽培漁業技術開発も本年度で5年目となり、今後実用化に向けてこれまでに得られた飼付けに関する色々な知見や課題等を整理する必要がある。このため、本報告では平成5年度飼付け試験の概要とこれまでの飼付け試験のまとめも含めて報告する。

平成5年度飼付け試験の概要

1. 材料及び方法

(1) 供試魚及び飼付け場

供試魚には当事業場で人工生産された平均尾叉長128mm(110~137)、平均体重35.7g(24.7~42.9)のシマアジ稚魚34,500尾を用いた。標識の装着は全放流魚に対してアンカー型標識(赤色:15mm:コト93)と左腹鰭切除の二重標識を実施した。

飼付け場は長崎県玉之浦湾内布浦の当事業場海面筏群(27m×120m)とし、給餌場は当事業場筏群のほぼ中心部分でここに自動給餌機(日本ベソファーズ製3機、YAMAHA製1機)合計4機を設置した(図1)。

(2) 飼付け方法

放流前には放流場所、飼付け時の餌及び給餌方法への馴致を行った。具体的には給餌場周辺に放流魚を移動させて、一部の放流魚には放流5日前から飼付け時と同様な餌及び給餌方法で飼育した。標識の装着は放流魚にストレスを与えるため、放流7日前に実施した。

放流方法は、放流当日は放流まで給餌を停止し生簀網内に給餌を行い、魚群を海面に浮かしてから生簀網をゆっくり水深4, 5mまで落として放流し、魚を手撒き給餌で給餌場まで導いた。なお、生簀網の回収は放流翌日に行った。

放流から1週間はできるだけ長時間の給餌を行い、放流魚を給餌場周辺部に留めた方が有効と考えられるため給餌時間を8時~18時の10時間で給餌量は40kgを給餌した。

放流1週間以降の給餌時間は9時~12時と14時~16時の5時間で、給餌量は7月5日~7月27日の期間は34kg、7月28日~8月11日の期間は給餌50kg、8月12日~9月22日の期間は60kgとした。なお、給餌方法は自動給餌機を使用し、餌料には配合飼料(マリノ5, 6号

:大洋漁業製)を用い、給餌量は魚体重あたり3%量で最大60kg/日に制限した。

(3) 調査方法

1) 飼付け場の環境調査

飼付け場での環境調査は、海水温、透明度、塩分濃度をそれぞれ調査した。海水温は水深1mに水温計を設置し、透明度は透明度板を用いて毎日測定した。塩分濃度は、降雨後に適宜測定した。

2) 飼付け場での残留量

飼付け場での放流魚の残留尾数を推定する目的で目視観察とピーターセン法による推定を行い、実数を把握する目的で敷網調査を行った。目視観察による残留量の推定は飼付け場の海面筏上と船上から目視観察し、観察された放流魚の個体数を海面筏群の図中に記録し集計した。ピーターセン法による残留量の推定は、敷網(4×4×3.5m)で再捕した放流魚に新たな標識を装着して放流し、その後2回敷網で再捕し、再放流群と放流群の混獲率から飼付け場での残留尾数を推定した。

敷網による調査は9月17、18日に8×8×5mの15節網と4×4×3.5mの10節網の2種類の敷網を用いて実施した。

3) 飼付け場からの逸散状況調査

玉之浦湾内外の漁業者と遊漁者合計29名に漁獲日、漁獲尾数、全長、体重、標識の有無等についてのシマアジ漁獲日誌の記帳を依頼した。玉之浦湾内のシマアジの情報収集として週2回玉之浦湾内を船で直接調査した。福江魚市場に入荷したシマアジの全長、尾叉長、体重とその漁獲日、漁獲場所、漁獲方法等の調査も実施した。

4) 成長調査

放流魚の測定は、全長、尾叉長、体重を1ヶ月に2回程度適宜行った。

5) 飼付け場での放流魚の分布及び行動調査

飼付け場の海面筏上と船上から目視観察により、水中観察では魚群探知機や水中ビデオカメラ(NTS製アイボール)を用いて、放流魚の経時的や経日的な分布や遊泳及び摂餌状態等を調査した。

6) 放流魚の基盤への寄り付き性調査

放流魚の基盤への寄り付き性を検討するため、飼付け場である海面筏群にヨツクリトハ[®]ネ(90×180cm)とヨツクリトハ[®]ネ+ホ[®]リローフ[®](φ10mm、長さ50cm、4本)の2種類の基盤を設置した(図2)。調査は、9月22日から9月29日の7日間で各基盤における放流魚の滞留尾数を水中ビデオカメラで経時及び経日的に観察した。

7) 鳥害調査

平成3年度放流群が飼付け場で鳥(サギ類)に捕食されているのが観察されたため、鳥害の状況把握を目的に調査を実施した。供試魚は放流魚と同サイズ(尾叉長:128mm)のシマアジ稚魚を用いて生簀網(4×4×3.5m)2面にそれぞれ500尾程度収容して通常の飼育を行った。試験区には飼付け場を模擬して生簀網の水面にφ30mmのロープを1本対角線に設置し、対照区には鳥に捕食されないように生簀網の上部全面に防鳥網を設置した(図3)。調査は、1ヶ月に2回程度、各試験区の生残尾数を計数して斃死尾数を除いた減少尾数(不明尾数)を求め、この尾数を鳥害によるものとした。

8) 玉之浦漁協のシマアジ漁獲量調査

玉之浦漁協のシマアジの漁獲状況を把握するために、玉之浦漁協の水揚げ伝票からシマアジの漁獲日、漁獲方法、銘柄、漁獲量、水揚げ金額及び単価等を調査した。

2. 結果及び考察

(1) 飼付け給餌中の飼付け場の環境条件

海水温は、最低水温は試験開始時である6月26日の21.1℃で最高水温は8月16日の27.6℃であった。透明度は通常は6～10mであった。台風及び大雨等により大きく天候が悪化した月日は6月30日（放流後4日目）、7月3、4日（7、8日目）、8月9、10日（44、45日目）、8月22日（57日目）でこの時には透明度は1～3m、塩分濃度は2%以下まで低下した（図4）。

(2) 飼付け場での残留尾数の推定

飼付け場の残留尾数を目視観察とピーターセン法で推定した結果と敷網調査による実数計数を図5（下）に示した。

目視観察による推定尾数は、放流直後には約2.2万尾、放流後30日目前後には約1.5万尾であったが、放流後40日目前後から給餌停止までは1万尾前後を推移した。給餌停止以降は、放流後100日目（給餌停止後12日目）には0.7万尾、放流後120日目には0.5万尾まで減少した。

ピーターセン法による推定尾数は、放流後20日目（7月16日）には約3.5万尾で、放流後61日目（8月26日）には約2.3万尾と推定された。

敷網調査による実数計数では、放流後82日目（9月18日）の飼付け場の残留尾数は2.43万尾でこの残留率は70.4%であった。

平成5年度の給餌停止時の残留尾数は、敷網調査から給餌停止までの期間では大きな逸散はないと思われるので、約2.43万尾で残留率は70.4%と考えられる。

目視観察による推定は、給餌停止時の実数約2.43万尾に対して、目視観察では1万尾前後と実数の半分以下しか推定されていないが、放流後や給餌停止後の残留尾数の減少傾向はある程度把握できると思われる。

ピーターセン法による推定は、放流後20日目には約3.5万尾となり、放流初期に逸散があったにもかかわらずやや過大推定された。放流後61日目には約2.3万尾となり、その後の敷網調査（放流後82日目）では約2.43万尾であることからこの推定値は比較的信頼できると思われる。

(3) 飼付け場からの逸散状況

飼付け場のある布浦湾口に設置している小型定置網1基と壺網1基に入網した放流魚の合計尾数を図5（上）に示した。

放流後3日目（6月29日）に初めて120尾し、放流後9日目（7月5日）にも200尾が入網した。その後の給餌期間中では放流後49日目（8月14日）に80尾が入網したのが最大で他は0～50尾前後と連続してまとまった入網はみられなかった。給餌停止後は9月28日（給餌停止後6日目）に50尾が入網し、その後10月中旬まで連続的にまとまった入網が確認され、その中でも10月2日（給餌停止後10日目）には580尾が入網した。その後放流後140日目までは単発的に10～30尾の入網が確認された。

以上のことから、平成5年度放流群は放流後3日目から大量に入網し飼付け初期の逸散

が確認された。飼付け期間中の逸散は、放流初期と放流後49日目にもまとまって入網しているが、これらの逸散には天候悪化が関与していると推測された。給餌停止後の餌不足による大量逸散は、給餌停止6日目から20日目にかけてみられた。

(4) 成長

平成5年度放流群の尾叉長と肥満度の推移を図6に示した。

尾叉長は、放流時には128mmで放流後60日目(8月25日)には169mmに達し、この期間の日間成長量は0.68mmであった。その後、給餌停止前の放流後84日目(9月18日)には176mmでこの日間成長量は0.29mmとなりやや成長速度は低下した。給餌停止後の尾叉長の増加は放流後102日目(10月6日)には180mmで、放流後164日目(12月7日)には185mmとほとんど成長はみられなかった。

肥満度は、放流時には16.99で、放流後43日目(8月8日)には20.92まで増加した。その後、飼付け給餌停止前の放流後84日目(9月18日)には20.65とやや低下し、給餌停止後の放流後102日目(10月6日)には19.34、放流後164日目(12月7日)には17.18まで低下した。

給餌停止後に放流魚の成長が停滞しているが、これはこれまでの飼付け試験でもみられているように餌不足と大型個体の逸散によるものと考えられる。本年度給餌停止前も成長がやや停滞しているが、これはこの時期の肥満度がやや低下していることから餌不足ぎみであったと推定される。

(5) 放流魚の飼付け場での行動変化

給餌中の給餌場での摂餌状況は、放流当日には給餌中でも給餌場に滞留せず、餌が落ちると四方から放流魚が集まる状態であったが、放流後7日目には一方向に回転しながらバシャバシャと音をたてて摂餌する様になった。

平成3年度放流群(平均全長:30cm)とボラ(全長:30~50cm)との関係は、放流当日には両者が給餌場に来遊すると平成5年度放流群は逸散したが、放流後6日目には平成3年度放流群が来遊しても逸散しなくなり、放流後10日目にはボラは餌の横取りができなくなったのか給餌場ではみられなくなった。

飼付け場での分布状況は、放流当日と分布に変化がみられた放流後7日目(7月3日)のそれぞれの給餌終了後の分布状況を図7に示した。放流当日には昼夜ともに給餌場周辺部に分布がみられたが、放流後7日目の夕方から夜間にかけては給餌場とは異なる場所に滞留し、翌朝にはこの場所から給餌場へと移動し、夕方の給餌停止後に再びこの場所へ帰るという日周行動がみられる様になった。

海面構造物(筏、フロート、船等)への寄り付き性は、放流当日にはみられなかったが、放流後12日目以降にはフロート下や生簀網の間で滞留が頻繁に観察され、構造物への寄り付き性がみられる様になった。

生簀網内投餌への反応は、放流当日はみられなかったが、放流後7日目以降には生簀網内に配合飼料やモイストペレットの投餌を行うと放流魚は生簀網周辺部に群れる様になった。

以上のことから放流シマアジのは放流後1週間前後で色々な行動の変化があり、これは放流によりストレスを受けた魚が除々に給餌場及び飼付け場に馴致する過程と考えられる。したがってこの時期は逸散がおりやすい危険な時期であると考えられる。

（６）放流魚の基盤への寄り付き性調査

調査開始後 7 日目（9 月 29 日）の調査時間毎の両基盤に滞留していた放流魚の尾数を図 8 に示した。基盤への滞留は午前中はあまりみられなかったが、午後から頻繁にみられるようになり、滞留尾数は基盤－1（コンクリートパネルのみ）の 5 尾前後に対して、基盤－2（コンクリートパネル＋ポリロープ）では 20 尾前後と多かった。

このことから、影単独よりも影に水中構造物を加えることで放流シマアジの寄り付き性は高まることが示唆された。また、基盤への寄り付き性が午後から高まることについては、摂餌状態や照度等が関与していると推察されるが現時点では判然としない。

（７）鳥害調査

両区の各調査日毎の結果の概要を表 2 に示した。

10 月 18 日の調査終了時の結果は、試験区の累積減少尾数は 72 尾となり、この減少率は 14.8% であった。また、調査時に試験区の個体の中には体側に嘴傷痕がある個体も観察された。一方、対照区は減少尾数はなく、嘴傷痕がある個体もみられなかった。

この試験区の減少率が直接飼付け場に当てはまるとは思われないが、実際に飼付け場で鳥害は観察されており、飼付けの大きな減耗要因であることがうかがえる。

（８）放流魚の玉之浦湾内での滞留状況

平成 5 年度放流群の玉之浦湾内での滞留状況を図 9 に示した。

平成 5 年度放流群は放流直後の逸散により 7 月 3 日には布浦湾付近の魚類養殖場で 500 尾前後の群がみられたが、給餌停止直後の 9 月 25 日には 10 尾程度群れが数カ所で確認されただけで滞留尾数は減少した。その後 10 月上旬に大量逸散が起こり 10 月 16 日には玉之浦湾内の魚類養殖場で数 100～1,000 尾単位で滞留が確認されたが、12 月 12 日には数 10 尾の群れが確認されただけであった。

このように飼付け場から逸散後には玉之浦湾内の魚類養殖場まで移動するが、それが 2、3 ヶ月後にはほとんど確認されない。この要因には魚類養殖場での不合理漁獲や放流魚の生息水深が深くなること等が考えられる。

（９）玉之浦漁協におけるシマアジの漁獲量

玉之浦漁協における 1986 年から 1993 年までのシマアジの漁獲量を図 10 に示した。

平成 5 年のシマアジの漁獲量は 508 kg で過去 8 年間の中では最も多かった。しかし、水揚げ金額は 25.8 万円しかなく、1 kg 当たりの単価は 508 円（1989 年は 1711 円/kg）と安価であることから漁獲物の大半は小型個体で、飼付け場から逸散後短期間に不合理漁獲されたと推測される。

過去 6 年間の飼付け試験のまとめ

飼付け型栽培漁業の技術開発には大きく分けると放流魚を飼付け場に残留される技術開発と飼付け放流魚の効率的な回収技術開発があると考えられたため、飼付け型栽培漁業を 2 つの技術開発に分けてこれまでの調査で得られた知見や問題点を整理してみた。

1. 放流魚を飼付け場に残留させる技術開発

（１）当事業場でのこれまでの飼付け方法

1) 飼付け場及び周辺海域条件

飼付け場（当事業場筏群）のある布浦湾の形状は、湾口の大きさが約0.5mで湾口から湾奥までは約1.5kmと湾奥方向に長いやや閉鎖的な湾である。

飼付け場は約27m×120mで全体の面積は3,240m²の大きさに12m×6.5m筏を28基設置している。それに隣接してφ12mの円形筏6基がある。これらの筏群ではブリ、ヒラマサ、シマアジ、クエ等の親魚養成や稚魚の中間育成を行っている。

飼付け場の環境条件は、最低水温は2月下旬頃で13℃前後、最高水温は8月上旬頃で28℃前後で、水深は約22m、透明度は4月～12月までは5～9mで12月～4月までは10～17mである。また、飼付け場の周辺部には養殖筏等の海面構造物がほとんどない。

2) 飼付け方法

放流魚を飼付け場に残留させるには、放流前の馴致と放流から1週間までの手法が重要と考えられるため、この時期を放流前、放流時、放流後1週間に分けてそれぞれの時期での留意点を示した。

① 放流前

飼付け場で飼付け時と同様な給餌方法で飼育し、場所、餌の種類や量、給餌時間、給餌方法等の馴致を行う。

標識の装着は放流魚にストレスを与えるため、麻酔（エチンゲリコール/フェニール:400ppmで3分間処理）をかけて放流の1週間までに実施する。

② 放流時

放流直後の環境条件の変化は、逸散につながりやすいため放流時及び放流後の天候や海況に留意する。

放流直後のパニック逸散を防止するため放流魚にストレスを与えないように放流する。当事業場では、放流予定の生簀網内に給餌を行い、放流魚を海面付近に浮かせた後に、生簀網を水深4～5mまで落として放流する。生簀網の回収は翌日以降に行う。

放流当日は放流まで給餌を停止し、放流後は放流魚の様子を観察しながら自動給餌に加えて手撒き給餌も併用して日没まで連続して給餌する。

外敵魚の影響を除去する。

③ 放流日から1週間

給餌場で時間をかけて連続給餌を行う。平成5年度放流群では自動給餌機により8時～18時の10時間連続で魚体重あたり3%量を給餌した。

（2）飼付けを衰退させる要因

飼付けを衰退させる要因には飼付け場での減耗と飼付け場からの逸散が考えられる。飼付け場からの逸散については飼付け開始からの時期で逸散要因が異なると思われたため、飼付け放流時（放流当日）、飼付け初期（放流日から1週間前後）、飼付け中（飼付け初期以降から飼付け給餌期間）に分けてそれぞれの時期の逸散要因を検討してみた。

1) 飼付け場での減耗要因

① 鳥害（アオサギ、ゴイサギ等）

平成5年度の鳥害調査結果では試験開始後114日目には全体の14.8%が鳥害で減耗したと考えられた。

② 生簀網内親魚（ヒラマサ、ブリ、クエ等）による食害

放流魚は目合いの大きな親魚網に出入りするが、この際に生簀網内親魚による捕食が確

認された。

③ 親魚養成網による刺網死亡

放流魚が目合いの大きな親魚生簀網に刺さって斃死しているのが観察された。このことは飼付け場以外の魚類養殖生簀網や定置網等でも生じる可能性が考えられた。量的には、昭和63年度放流群や平成3年度放流群では500尾程度と推測された。

④ 鳥以外の外敵生物による食害

当事業場ではアオリイカやエソ（全長：約40cm）による食害が観察された。

⑤ 調査死亡

調査死亡尾数は昭和63年度放流群や平成3年度放流群では500尾程度で、平成5年度放流群では350尾程度となり、これは総放流尾数の1～1.5%であった。

2) 飼付け場からの逸散要因

① 飼付け放流当日

放流時には放流作業によるストレスや生簀網内から天然海域へと生活環境が変化する等で逸散しやすい危険な時である。要因としては、a)放流作業によるパニック逸散、b)飼付け場や給餌方法等への馴致失敗、c)悪天候等が挙げられる。

② 飼付け初期（飼付け放流から1週間前後）

放流魚がまだ十分に給餌場や飼付け場に馴致していない時期であるため、放流当日同様に逸散しやすい危険な時期である。要因としては、a)飼付け場や給餌方法等への馴致失敗、b)大雨や波浪、台風等による環境条件の急変等が挙げられる。

③ 飼付け中（飼付け初期以降から飼付け給餌期間）

この時期には放流魚が給餌場や飼付け場に馴致しているため、大きな逸散は起こりにくいと思われるが、放流魚の成長についての逸散が起こりやすい。要因としては、a)餌不足、b)28℃以上の高水温、c)大雨や波浪、台風等による環境条件の急変等が挙げられる。

3) その他の逸散に関する知見

① 飼付け群の中では大型個体ほど逸散しやすい。

② 飼付け場の放流魚の分布状況は、逸散が起これば変化する。

③ 飼付け給餌停止後も一部の放流魚は飼付け場に残留する。

（3）放流魚の残留尾数推定方法

飼付け場の残留尾数を推定する方法は色々な方法が考えられるがここでは当事業場が実施した方法について述べる。

1) 目視観察による推定

調査が容易であり残留量の相対量は把握できるが、個人差がありまた、波浪や透明度の低下等の海況の影響を受けやすい。海面筏の場合は生簀網やフロート下等観察が困難な場所があるため低く推定されやすい。

2) ピーターセン法による推定

放流後約1カ月以降の比較的高水温期に放流魚を敷網で再捕して標識装着後に再放流し、再放流後3日目以降に調査を行うと推定精度は高くなると思われる。一方、生簀網育成魚を用いたり、放流及び再放流直後や低水温期に調査を行うと推定精度は低くなると思われる。

3) 敷網調査

比較的高水温期に大型敷網（1辺10m程度）を用いて、当日の給餌は敷網調査開始まで停止して行くと放流魚の大部分は再捕できる。なお、残りの放流魚は目視観察で残留尾数を推定して飼付け場の総残留尾数を求める。」

（４）今後の課題

未解決で重要と思われる項目を下記に示した。

１）飼付け放流場所

これまでの調査結果では、比較的閉鎖的な内湾で潮流の影響が少なく、海底がみえない程度の透明度があり、海水温が28℃以上にならない場所で飼付け場周辺には魚類養殖筏等の海中構造物がある場所が有効と考えられる。今後より滞留しやすい環境条件を検討していく必要がある。

２）放流サイズ

当事業場ではこれまで平均尾叉長120～140mmサイズでの放流を実施してきたが、生態的な面に加えて、実用化にむけての経済的な面からも最も効率的なサイズを確認する試験を進める必要がある。

３）飼付け期間

これまでの飼付け期間は3カ月間及び1年間以上であったが、平成5年度の結果から放流後1週間前後では飼付けが成立すると考えられるため、より短期の飼付けも検討していかなければならない。

４）飼付け尾数

当事業場のこれまでの飼付け放流尾数は32,600尾～43,000尾であるが、現行の飼付け方法での最適放流尾数を検討する必要がある。

５）飼付け放流前の馴致方法

放流魚の馴致には場所、餌、給餌方法等があると思われる。場所に関しては当事業場の場合は中間育成場が飼付け場であるため場所への馴致は問題ないと考えている。餌に関しては平成5年度放流群では中間育成時から飼付け時と同じ餌を給餌しているため馴致においては問題はないが、餌の質については検討する必要がある。給餌方法に関しては、飼付け時と同じ自動給餌機による馴致は一部の放流魚にしか行っておらず、給餌時間も異なっているためこれらの点は改善する必要がある。飼付け放流前の馴致方法にはこれ以外にも、音響や構造物を学習させる等の様々な手法が考えられるためこれらも今後は検討する必要がある。

６）飼付け場での残留尾数の推定方法

現行の目視観察による推定やピーターセン法では残留尾数を定量的に推定することは困難であるため、より推定精度の高い推定法を開発する必要がある。

７）異なる場所での飼付け試験

異なる環境条件下で飼付け試験を行うことはより普遍的な飼付け技術を開発するためには必要である。

２．飼付け放流魚の効率的な回収技術開発

（１）これまでの飼付け試験の再捕状況や逸散後の移動調査結果

１）再捕状況

- ① 再捕率は平成5年9月末までで昭和63年度放流群が約37%、平成3年度放流群が約30%と高い再捕率が得られている。
- ② 再捕の大部分は飼付け場からの逸散直後であり、給餌停止翌年以降の再捕は少ない。
- ③ 玉之浦湾内では魚体重1 kg以上の放流魚の再捕は少ない。
- ④ 玉之浦湾内には当歳の天然魚の加入はみられているが、魚体重1 kg以上の天然魚の漁獲は極めて少ない。
- ⑤ 再捕情報は5～11月まではみられるが、冬場は少なくなる。
- ⑥ 漁法別では定置網に最も多く再捕される。
- ⑦ 飼付け場から逸散後短期間の内に魚類養殖場で養殖業者のマアジ漁獲用敷網により数1,000尾の単位で再捕され、遊漁者にも釣りで数100尾の単位で再捕される等の小型個体での不合理漁獲がみられている。

2) 移動状況

- ① 漁獲場所別の放流魚の尾叉長組成から逸散後の移動経路を検討すると、一部は直接玉之浦湾外へ移動するが、大部分は一度湾奥方向の魚類養殖場へ移動し、そこで滞留して成長した後に玉之浦湾外へ移動すると思われる。
- ② 逸散後の放流魚は魚類養殖場に滞留しやすく、その中でもモイストペレットや生餌を給餌している場所に滞留しやすい。
- ③ 飼付け場から逸散直後には玉之浦湾内の魚類養殖場で数1,000尾の単位で滞留がみられたが、約2カ月間で数10尾程度まで滞留尾数が減少した。
- ④ 玉之浦湾からの移動は五島列島を北上する傾向がみられ、久賀島では魚体重3.5 kgの放流魚が再捕されている。

3) 放流魚の標識の有効性

放流魚に装着しているアンカー型標識の装着率は、約1年間（尾叉長:約230mm）で6割となり、約2年間（尾叉長:310mm）では数%まで低下する。しかし、標識脱落痕は尾叉長470mmの個体からも確認されている。

(2) 今後の課題

1) 漁獲調査方法の再検討

- ① これまでは五島列島海域でのシマアジの漁獲調査を実施してきたが、福江島を含め、五島列島の定置網業者の中には地元の漁協を通さずに長崎や佐世保の魚市場に漁獲物を出荷しており、この漁獲量は無視できないと考えられるため調査範囲を長崎や佐世保魚市場まで拡大する必要がある。
- ② 養殖業者が放流魚を再捕して生簀網で飼育している事例は確認されており、一部養殖業者においては再捕尾数も把握しているが、まだ全体的な調査ができていないため調査方法を再検討して再捕尾数を明らかにする必要がある。

2) 標識方法の開発

これまで使用してきたアンカー型標識は標識脱落率も高く、小型個体には使用できない等の欠点があるため、今後は小型個体にも使用可能で標識が認識しやすく、かつ脱落しづらい標識及び標識方法を開発する必要がある。

3) 逸散魚の動向把握

給餌停止後は一度玉之浦湾内の魚類養殖場へ移動するが、短期間で滞留尾数は減少して飼付け放流翌年の漁獲量も少ない。これには逸散直後の不合理漁獲の事実もあるが、玉之浦湾内の天然礁や養殖場の生簀網の下等で生息している可能性があるため、調査方法を再検討して逸散魚の動向を明らかにする必要がある。

4) 漁業及び漁場管理体制

現行の飼付け放流の場合には、給餌停止後の逸散時に定置網や壺網等にまとまって再捕されたり、養殖場での滞留時には養殖業者や遊漁者から再捕されたり等の不合理漁獲を受けやすいため、漁業及び漁場管理の重要性が指摘される。このため平成5年度では玉之浦町漁協、長崎県水産試験場及び当事業場の3者で話し合い、全長30cm以下の小型個体は再放流することや、定置網に入網した放流魚は購入しないこと等について自主規制してもらうことになり、このことを漁協から漁業者に連絡した。今後も飼付け放流の効果を高めるためにも、漁業及び漁場管理の体制づくりを進めていく必要がある。

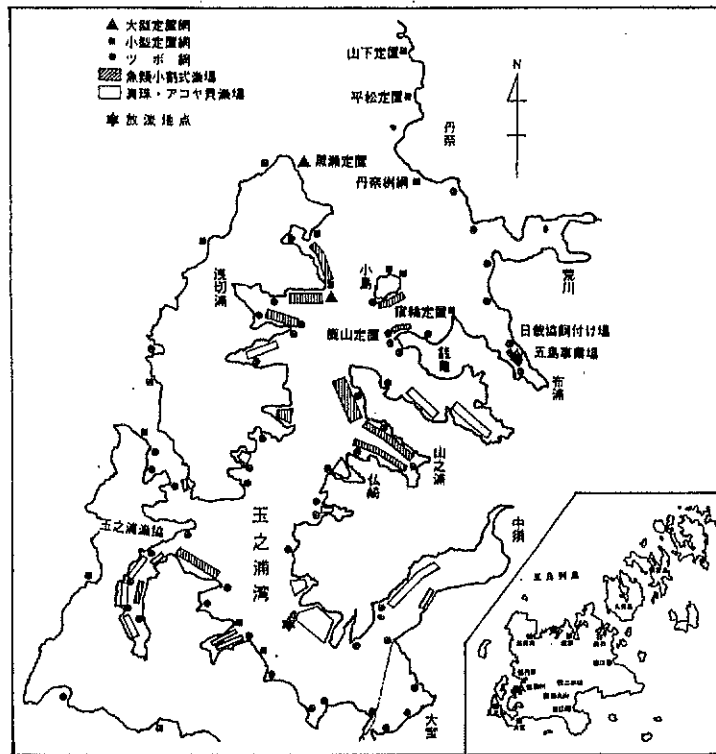


図1 玉之浦湾内の定置網、養殖場、飼付け場の位置

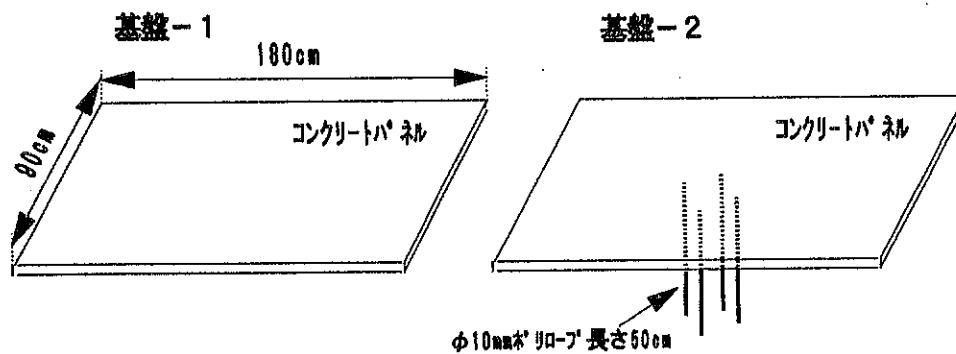


図2 基盤への寄り付き性調査で用いた基盤

基盤-1：コンクリートパネルのみ、基盤-2：コンクリートパネル+10mm径のロープ

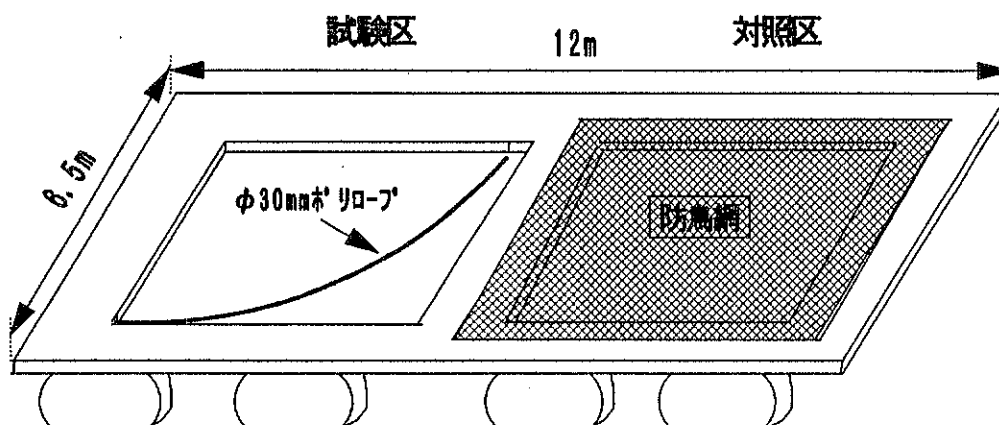


図3 鳥害調査の試験区と対照区

試験区：生簀網の水面にφ30mmロープを対角線に設置

対照区：生簀網の上部全面に防鳥網を設置

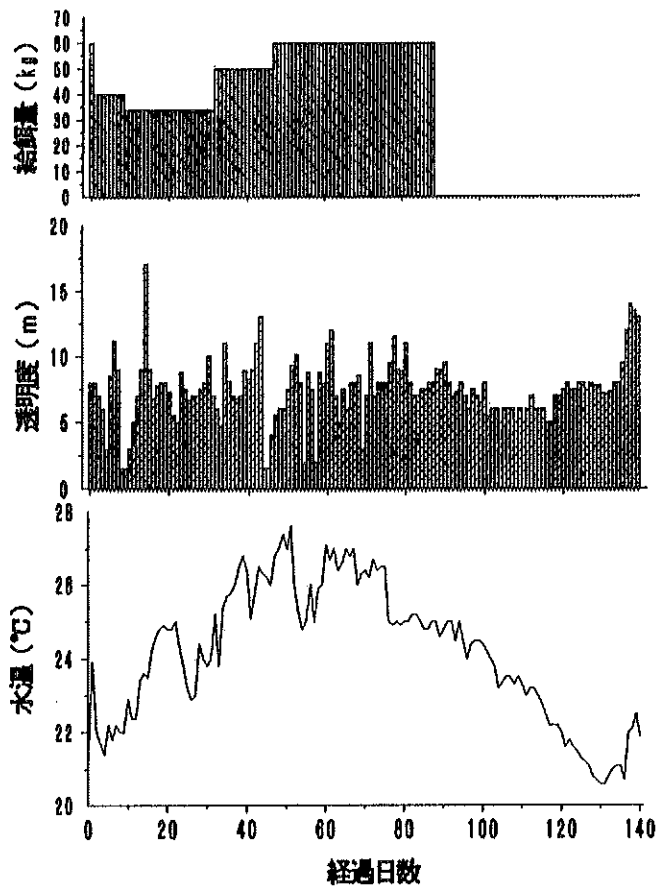


図4 平成5年度飼付け試験の水温と透明度及び給餌量
飼付け給餌期間：平成5年6月28日～9月22日（88日間）

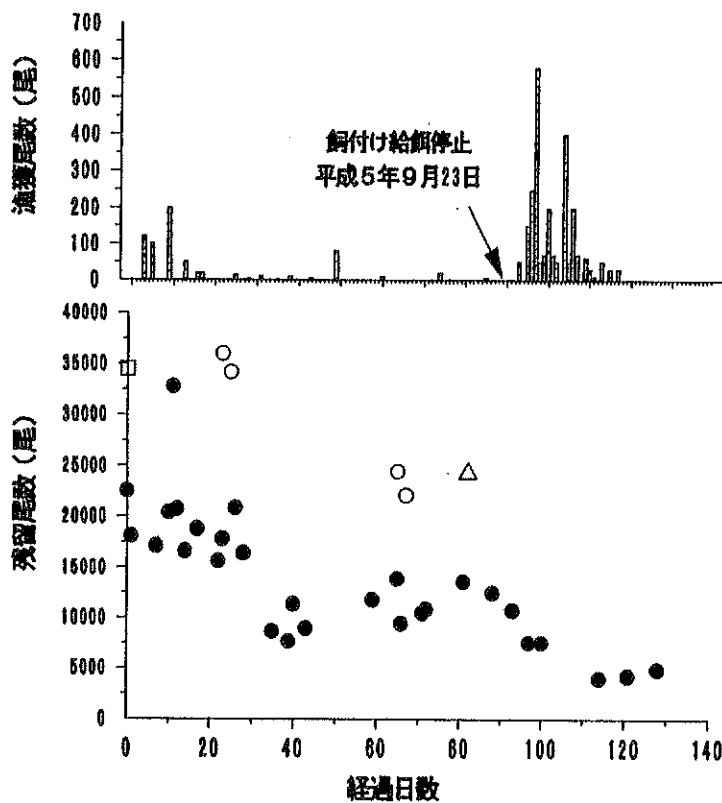


図5 平成5年度放流群の残留状況と漁獲状況
● 目視観察尾数 ○ ピーターセン法による推定尾数
□ 放流尾数(34,500尾) △ 敷網による実数(24,300尾)
漁獲尾数：布浦湾口の定置網と巻網に入網した合計尾数

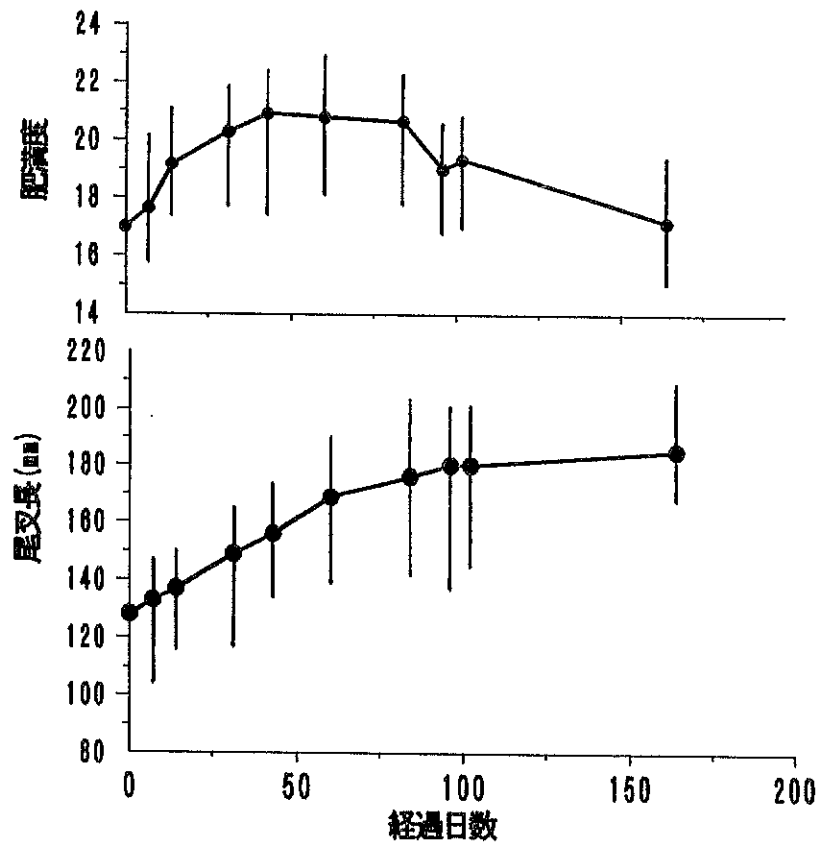


図6 平成5年度放流群の尾叉長と肥満度の推移
平成5年6月28日～12月7日 (164日目)

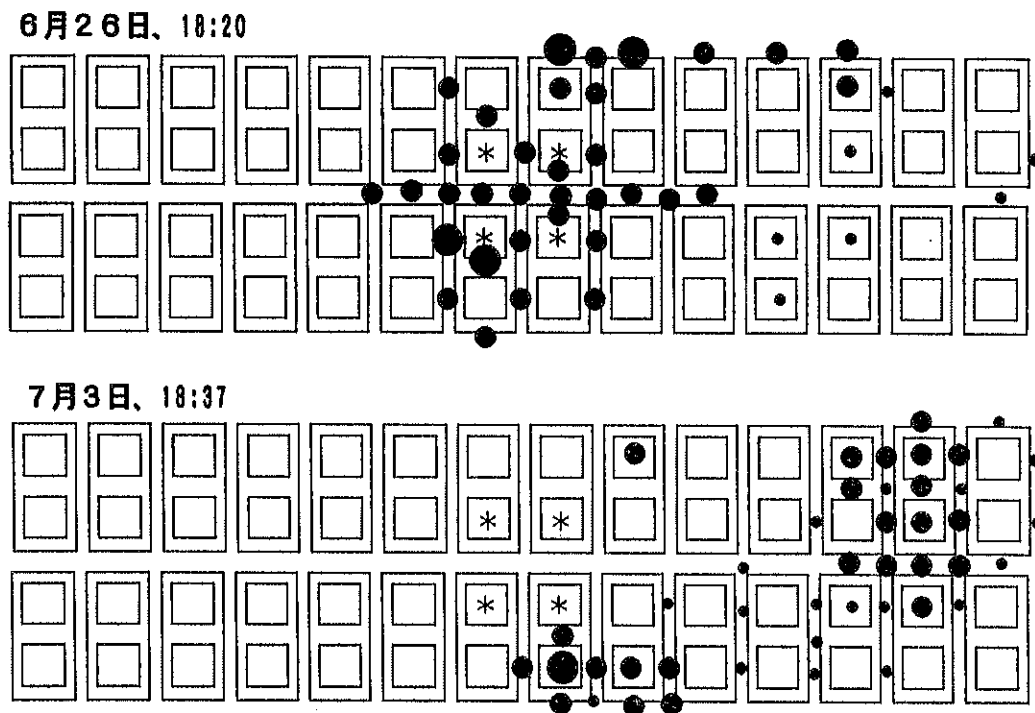


図7 放流魚の飼付け場での分布状況

* 給餌場 • <100尾 ● <1000尾 ● >1000尾

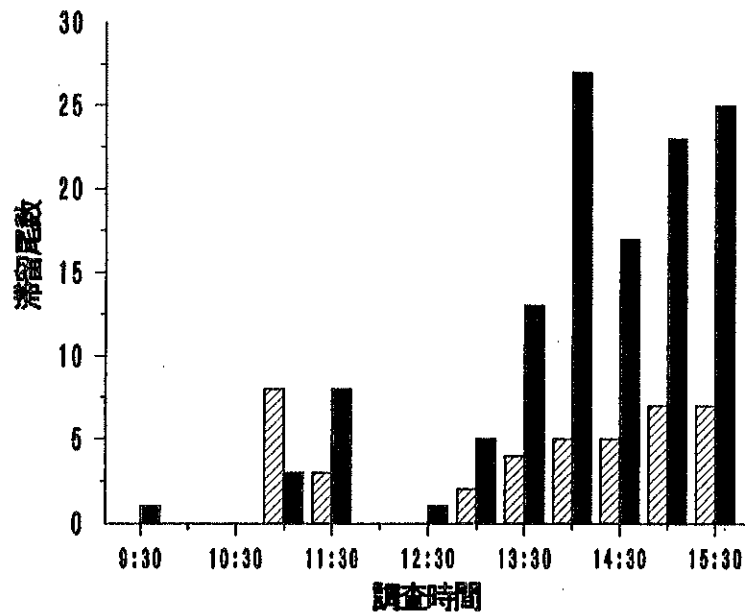


図8 放流魚の基盤への寄り付き性調査結果

▨ 基盤-1 (コンクリートパネルのみ)

■ 基盤-2 (コンクリートパネル+ボリブ)

表2 シマアジの鳥害試験結果の概要

調査日	日付	試験区				対照区				海面筏群で 観察された サキ類(羽)
		生残尾数 (尾)	減少尾 数(尾)	累積減少 尾数(%)	尾叉長 (mm)	生残尾数 (尾)	減少尾 数(尾)	累積減少 尾数(%)	尾叉長 (mm)	
93-0626	0	486	0	0(0)	128	507	0	0	128	1
93-0712	16	481	5	5(1.03)	133	507	0	0	136	1
93-0728	32	474	7	12(2.47)	144	507	0	0	146	1
93-0812	47	456	18	30(6.17)	151	507	0	0	151	3
93-0826	61	439	17	47(9.67)	155	507	0	0	156	3
93-0821	87	422	17	64(13.2)	165	507	0	0	164	3
93-1018	114	414	8	72(14.8)	178	507	0	0	175	3

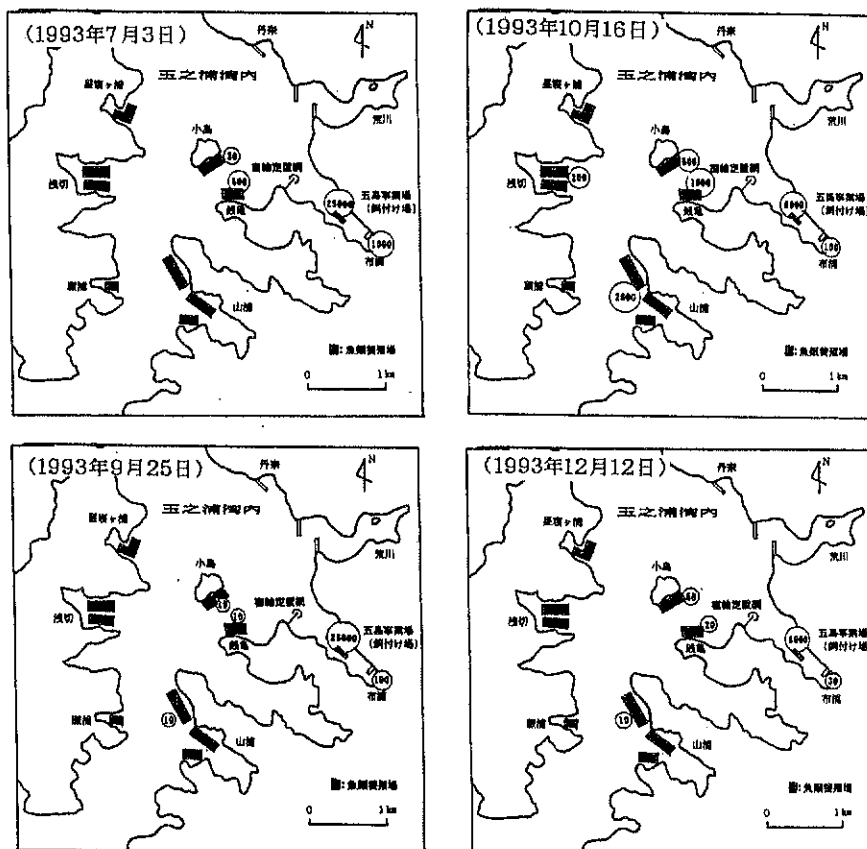


図9 平成5年度放流群の給餌停止後の玉之浦湾内における滞留状況

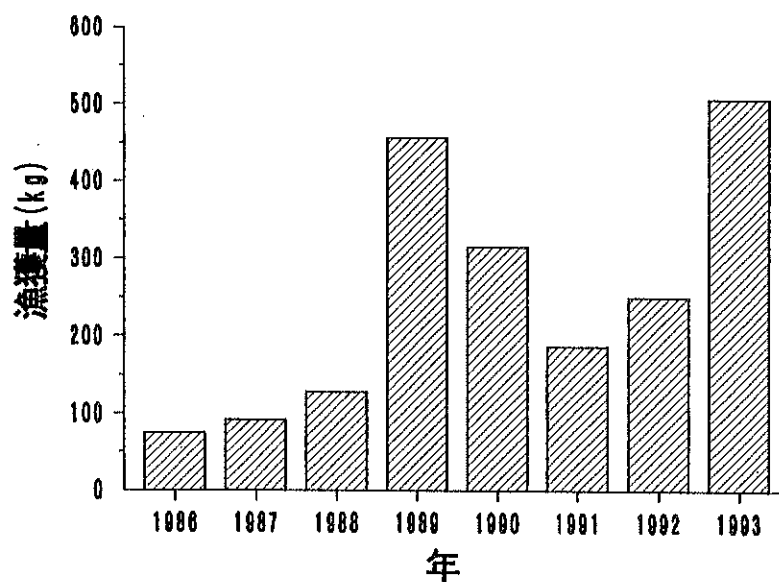


図10 長崎県玉之浦町漁協におけるシマアゾの漁獲状況

シマアジの行動特性に関する研究 ——学習実験——

目的

ある特定の磯根、沈船や浮体などの目標物についたシイラやアジ科魚類に給餌して留め、これを漁獲する飼付け漁業がある（落合・長谷川）。これは、表・中層遊泳性魚類の“ものに付く性質”（以下、寄り付き性）と餌による特定場所への学習効果を利用したものである。こうした古来より伝わる漁法を栽培漁業における種苗放流技術に応用し、1990年よりシマアジの飼付け型栽培漁業（以下、飼付け放流）が始まった。放流種苗に定期的に給餌することにより一定場所に滞留させ、成長したシマアジを効率的に漁獲しようというものである。この飼付け放流が、従来の種苗放流に比べて優れている点は、長期にわたって放流魚を一定場所に留めることにより放流直後の大規模逸散と減耗を防ぎ、放流事業者の再捕率を飛躍的に向上させる可能性のあることである。しかし、現在のところ、放流直後、一斉に飼付け対象水域から逸散してしまう事例や放流後中長期に渡って徐々に減耗していく事例が多くある。これらは、放流場所・放流方法・中間育成・給餌方法などの人間側の放流技術の問題の他に、放流する魚自身の持つ種苗性の問題が大きく関わっている。

そこで、本研究では、シマアジの飼付けによる学習過程とこれに及ぼすサイズの影響を明らかにすることにより、学習強化訓練技術の確立のための基礎資料を得ることを狙った。具体的には、①成長に伴う学習能の発達過程、②学習能の発達に及ぼす日令の影響、そして③学習能と成長率の関係を明らかにすることである。

材料と方法

（1）材料

実験には、日本栽培漁業協会五島事業場で生産した人工魚を用いた。

供試魚は、古満目事業場で1992年4月4日に採卵後ふ化させたふ化仔魚を五島事業場へ輸送し、陸上水槽（90m³コンクリート水槽）で51日間飼育を行い、沖出し後、その1000尾を海面の小割網（4×4×3m）に無選別で収容し飼育したものである。ふ化後72日令から実験を開始し、実験回次ごとに適宜海上生簀より取り揚げた。

供試魚の収容は各実験開始時の2日前に行い、2日間実験水槽で予備飼育を行い、馴致後、試験に供した。供試魚は手選別でサイズ別にトビ群（成長率が高い群）・モード群（成長率が中位の群）・ビリ群（成長率が低い群）に分け、各試験区（3区）に10尾ずつ収容した（図1）。さらに、対照区（2区）には、モード群より10尾ずつ収容した。実験に供試したトビ群・モード群・ビリ群のシマアジは、10回の実験においていずれの回次においても各群間の尾叉長には有為な差が認められた（Mann-Whitney's U-test $P < 0.01$ ）。なお、トビ・モード・ビリは1ロット中の成長の変異をいい、一般には単に成長率の問題だけでなく個体間干渉もある。ここでは、シマアジの個体間干渉は無視出来ると考えて、成長率（体長／日令）として考えた。

(2) 実験水槽

学習実験には1 m³ポリカーボネイト水槽（円形：φ153 × 84 cm）5面を用いた（図2）。実験中の水深は70cm、実効水量1 m³とした。実験中は通気を行わなかった。実験期間中の注水は、濾過海水を流水で行い、水温は第3回実験までは調温海水（22℃）を使用し、その後、第4～10回実験までは自然水温で行った（図3，4）。実験中の照度は、水槽周囲を遮光幕で覆うことにより自然光を遮光して暗室とし、水槽上部に取り付けた蛍光灯（40W，水槽水面の照度：2000 lux）により24時間明状態の光条件下で行った。

各水槽には水槽底から48cm，水槽中心から45cmの位置に円形の餌場（直径27cmのプラスチック製の皿）を設置した。餌は配合飼料（日清製粉：おとひめ2号）を使用し、1日当たり体重の約3%を給餌した。給餌はビニールホース管により暗室の外より送風により各水槽の餌場に誘導した。また、各水槽の外側周囲には学習用信号の豆電球10個を水槽底部より58cmの位置に等間隔に取り付けた。また、観察用のアイボールを各1台ずつ、計3台を水槽の餌場の上方40cmの位置に設置した。

以上の信号・給餌・アイボールの操作は、暗室の外部より行えるようにした。

(3) 学習内容

学習内容は、水槽周囲の豆電球の点滅を信号として与えた時に魚が餌場に集合してくるよう訓練することであった。この時、信号のみで餌場に集合するように条件付けを行い、学習の達成速度を観察した。

実験区は5区設定し、その内容は次に示した。

- | | | |
|------|-----|-----------------------------|
| 試験区1 | トビ | 信号を与えながら特定の場所に給餌する |
| 試験区2 | モード | 信号を与えながら特定の場所に給餌する |
| 試験区3 | ビリ | 信号を与えながら特定の場所に給餌する |
| 対照区1 | モード | 信号を与えながら特定の場所に限らず水槽一面に給餌する |
| 対照区2 | モード | 特定の餌場に信号を与えるタイミングとは無関係に給餌する |

(4) 学習訓練

① 学習訓練およびテスト（Training and Test）

試験区1～3および対照区1の1回の学習訓練およびテストの過程を図5（1）に示した。

Before （2分間）：常態

Test （2分間）：信号発信

Training（2分間）：信号発信の状態で給餌。信号と給餌および餌場を連結。
2分間の間に3回給餌（0分・1分・2分）

After （2分間）：信号発信および給餌を停止。常態

給餌は、Test終了後すぐに行い、1回あたりの給餌量は各試験区の飽食量の1/15を与えた。

また、対照区2の1回の学習訓練およびテストの過程を図5（1）に示した。

Before （2分間）：常態

Training（2分間）：給餌。信号と給餌および餌場を切り放す

2分間の間に3回給餌（0分・1分・2分）

After （2分間）：給餌を停止。常態

（1時間）：休止

Before （2分間）：常態

Test （2分間）：信号発信

After （2分間）：信号発信を停止。常態

② 学習訓練（Training）

試験区1～3および対照区1の1回の学習訓練の過程を図5（2）に示した。

Test （1分間）：信号発信

Training（2分間）：信号発信の状態で給餌。信号と給餌および餌場を連結。

2分間の間に3回給餌（0分・1分・2分）

給餌は、信号を1分間与えた後すぐに行い、1回あたりの給餌量は各試験区の飽食量の1/15を与えた。

また、対照区2の1回の学習訓練の過程を図5（2）に示した。

Training（2分間）：2分間の間に3回給餌（0分・1分・2分）

（1時間）：休止

Test （3分間）：信号発信

（4）観察

実験は、日本栽培漁業協会五島事業場において、1993年6月17日から11月19日までの155日間に、10回の実験を行った。

1回の実験は3日間連続して行った。観察は1日に5回行い、3日間で合計15回の観察を行った。観察時間は、8：00、10：30、13：00、15：30、18：00である（図6）。このうち、1・3・5回目の観察は、TrainingとTestを行った。2・4回目の観察は、Trainingだけを行った。観察は、餌場に集まる魚の状態をモニターにより行い、1・3・5回目の観察はビデオシステムで記録し解析に供した。

（5）解析

ビデオの解析は、コマ送り再生によりモニター上で行い、餌場への出入り尾数・滞留時間・Test潜時を調べた。出入り尾数は、2分間のテストの間に餌場の中に入った個体の延尾数である。滞留時間は、餌場の中に入った全個体の延滞留時間である。潜時は、テスト開始から出入り尾数が10尾になるまでの時間である。各試験区および対照区における3つのパラメーターについて解析後、① 実験回次毎、② 同日令試験区毎（トビ・モード・ビリ）、③ 同サイズ（大・中・小）に比較を行い、トビ・モード・ビリの間の学習効果の判定を行った（表1，図7）。

結果

1) 潜時・出入り回数・滞留時間

全期間の全実験区の平均潜時・出入り回数および滞留時間は、それぞれ 294秒, 556回, 361 秒であった(表2, 3, 4)。対照区-1・2をT・B・M3群と比較すると、潜時では値が大きく、他の2パラメーターは小さい値を示した。これは、対照群に比べて実験群の学習効果が高いことを示し、本実験装置と設定は学習実験においておおむね正当に働いたことを示している。各シリーズ間の変化を見ると同一群でも変化が大きく、明瞭な傾向は検出されない(図8)。一方、各シリーズにおける9回の観察回次の値をみると、実験の経過とともに出入り回数と滞留時間はおおむね増加する傾向が見られた(図9, 10)。

2) 信号に対する反応の過程

実験シリーズNo.1・4・10について第9回観察の各群の反応過程を見ると(図11)、対照群-2を除くいずれの群においても信号前後で反応が大きく異なっており、信号に対して学習付けがなされていることが明らかである。また、*で示した対照群-2のテスト期間の値は極めて小さく信号と給餌を切り離れた本区が信号に対して全く学習していないことを示す。信号のみのテスト期間に比べて、給餌期間はさらに高い値を示し、その後は減少した。この過程をさらに詳しく見てみると(図12)給餌期間の2分間の最後に給餌するので、その残餌を求めて実験皿上に多く出現したが、給餌を皿に特定せず水槽内に均一的にバラマキ給餌する対照群-1を除けば、その後急激にすべて減少した。

3) サイズが学習能に及ぼす影響

T・B・Mの3群をさらにそれぞれ大・中・小の3群に分け、3つのパラメーター毎に比較してみた(表5, 6, 7, 図13)。ビリの大群とトビの小群は1事例しかないので解析から除くと、以下のようなことが伺われた。潜時は、サイズが大きくなると小さくなり、出入り尾数と滞留時間は共に大きくなった。即ち、サイズが大きくなるにつれて学習能は上昇すると考えられた。なお、T・B・M3群をまとめて、大・中・小3群間で比較しても3つのパラメーターとも有為な差は得られなかった(Mann-Whitney's U-test $P>0.05$)。

4) 成長速度が学習能に及ぼす影響

大・中・小の3群をさらにそれぞれT・B・Mの3群に分け、3つのパラメーター毎に比較してみた(表5, 6, 7, 図14)。同様に1例のみのビリ大群とトビ小群を除いて考えると、成長速度の大きいものほど、即ちトビの方がビリより潜時は長く出入り回数と滞留時間は小さかった。

同一日令のT・B・M3群間の学習能を比較してみると、潜時についてTとBの間($P<0.05$, Wilcoxon, $T=S$, 10×10)で有意差が認められ、トビの方が潜時は長いといえる(表5)。しかし、これはシリーズNo.5の実験で魚が第5回観察まで潜時がすべて120秒と1回も信号に反応せず飛び抜けて大きな値を取ったためと考えられる。また、出入り尾数を平均値で比較してみると、モードが633回と最も高く、以下ビリ(543回), トビ(493回)となった(表6)。滞留時間では、T・B・Mの順に小さくなったが、大きな差はなかった(表7)。

4. 考察

1. 学習能の発達過程

トビ・モード・ビリ別に大・中・小の3群を比較すると、サイズが大きくなるほど潜時は短く、出入り尾数・滞留時間は大きくなった。このことは、今回実験に用いた尾叉長4～14cmの魚に関していえば、成長に伴って学習能が発達することを示している。仔魚から稚魚への変態期前後で急激に体各部の器官形成が進むことは明らかであるが、その後もこれらが引き続き急速に発展することは想像に難くない。感覚器・運動器官の発達と共に、脳内のネットワークも形成が進み、各種の行動が発達する。その背景には学習能の発達があるものと考えられる。しかし、1991年の大サイズ群のシマアジ（全長20cm）は、小サイズ（全長10cm）に比べて学習速度は小さく、脱学習速度は大きかった。これは、1つには、成長するにつれて警戒心が発達してきて、むしろ結果としてはサイズに反比例して学習能は低いと評価された結果であると考えられる。すなわち、警戒心の発現する時期が学習の発達過程における臨界点であると考えられる。今回と1991年の学習実験の結果を合わせて考えると、その臨界点はおよそ尾叉長10～14cmの間にあるものと考えられる。即ち、シマアジの学習能は成長に伴って発達し10～14cmにピークを迎える。これを臨界点として、その後警戒心が発現し、急速に発達して来るため、ある一定の条件で測定した学習能は急激に減少するものと思われる。但し、ここでいう学習能とは、餌によってある特定の場所にどの程度条件付けされるかを見たものであり、天然の水域における生き残りのための学習能（知恵）を必ずしも指すものではない。あくまで実験室内の小水槽中で特定の条件を与えて計測されたものであり、シマアジの学習能の一面で評価したにすぎない。

2. トビ・モード・ビリ

今回得られた成果の中で、最重要と思われるものは、サイズが同じならビリの方が学習能が高いという点である。成長率の最も低いビリがトビより学習能が高いことは、逆に日令が最も大きいものと解釈すれば考えやすい。つまり、サイズが同じなら日令が大きい方が能力は高いのである。この例のように、日令もまたサイズ同様学習能の発現・発達に関与するものと考えられる。

今回の実験で、潜時の平均値がトビで長く、ビリで短かったのは、即ちビリの方が学習能が高いと出たのは、一つにはトビは成長・発育がビリよりも速く、警戒心も早期に発現したためと考えられる。前述のように、警戒心の発達は、学習能の発達と相反するので個体レベルで考えればトビ個体はビリ個体より、早期に学習能発達のピークに達し、以後、減少の一途をたどる。こうした飛び抜けて警戒心の発現時期が早かった個体の存在は実験シリーズNo.5, No.9, No.10の潜時に見ることができる（図8）。これらは、実験開始後2日目の朝（第5回観察）や昼（第6回観察）など全く信号に反応せず潜時が120秒を記録したことでも伺える。しかしながら、潜時・出入り尾数・滞留時間の3つのパラメータ間でトビ・モード・ビリの順位に統一性がないのは同一日令のトビ・モード・ビリ間の学習能の差が大きなものではないことを示している。シマアジは、成群性の強い魚種であり、個体間干渉も少ないため、今回の実験で扱った尾叉長4～14cmのサイズ範囲では特にトビ・モード・ビリの差がでにくかったものと考えられる。

そもそもトビ・モード・ビリの差が生じる最大の原因は餌に対する積極性であろう。餌に対する執着の強いものが多くの餌を得ることができ、わずかな体長差が生じる。これは

筋肉の発達に差を生じ、さらに餌に到達するタイミングに差を生じることになる。これが繰り返されて、大きな成長変異を生じてきて、やがて、体サイズの優劣は社会性の上下関係を生む。しかし、シマアジの場合には、群行動を維持する傾向が強いために初期成長の段階では社会性の優劣を伴う、いわゆる本来の意味でのトビ・モード・ビリの関係にまではなかなか発達しないものと考えられる。

結論として、シマアジの初期成長期において学習能の発達はサイズと日令の双方に依存していることが分かった。また、その発達は、およそ尾叉長10～14cmまで続くが、それ以降は警戒心の発現・発達と共にむしろ減少するものと考えられる。以上のことから、シマアジ飼付け放流において学習により種苗性を強化するならば、尾叉長10cm前後で行うのが最適であるといえよう。

要約

1. 初期成長期（尾叉長4～14cm）におけるシマアジの成長に伴う学習能の発達過程を調べるとともに、日令や成長率と学習能の関係について検討した。
2. 学習能は、成長に伴い発達したが、同サイズのシマアジでは成長率の低い（日令の大きい）個体の方が高かった。また、同日令のシマアジでは成長率（大きさの違い）と学習能の間には相関が見られなかった。
3. シマアジの初期成長期における学習能の発達は、サイズと日令の両者に依存していることが分かった。一方、学習能は成長とともに発現する警戒心の発達に伴って相対的に減少する傾向が見られた。本種の警戒心の発現するサイズは尾叉長10cm前後であることから、学習による種苗性の強化は、尾叉長10cm前後までに行うのが適当であると考えられる。

（塩澤 聡）

表1 各実験回次におけるT・B・M別の成長

実験 シリーズ	測定日*	日令 (日)	トビ		モード		ビリ		サイズ クラス
			FL±SD** (cm)	成長率*** (mm/日)	FL±SD** (cm)	成長率*** (mm/日)	FL±SD** (cm)	成長率*** (mm/日)	
1	6月19日	74	5.7±0.17	0.74	5.0±0.16	0.64	3.6±0.23	0.45	小
2	6月25日	80	6.5±0.30	0.78	5.2±0.28	0.62	4.1±0.31	0.48	
3	7月1日	86	6.6±0.32	0.74	5.6±0.19	0.62	4.4±0.30	0.48	
4	7月9日	94	7.1±0.24	0.73	6.0±0.20	0.61	4.8±0.29	0.48	
5	7月16日	100	7.5±0.35	0.72	6.5±0.27	0.62	5.2±0.15	0.49	
6	7月23日	108	8.2±0.40	0.74	6.7±0.16	0.60	5.5±0.15	0.49	
7	8月7日	123	8.6±0.35	0.68	7.2±0.39	0.56	6.0±0.25	0.47	中
8	8月27日	143	10.0±0.59	0.68	8.1±0.37	0.55	6.7±0.42	0.45	
9	9月22日	169	11.6±0.40	0.67	9.9±0.29	0.57	7.4±0.43	0.42	
10	11月19日	227	14.4±0.34	0.62	11.2±0.23	0.48	8.5±0.44	0.36	大

* : 各シリーズの3日目(最終日)

** : 平均尾叉長±標準偏差

*** : (FL-2.6mm)/日令

表2 各実験回次におけるテスト潜時(秒)

シリーズ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均±標準偏差
トビ	242.45	295.55	381.19	259.52	813.89	268.07	275.18	212.80	566.63	549.03	386.43±185.28
モード	370.34	260.49	239.83	108.89	411.95	219.50	243.22	184.26	313.36	204.38	255.62±84.80
ビリ	273.99	230.07	311.85	267.05	251.82	241.60	135.81	214.44	190.68	283.00	240.03±48.04
対照区-1	606.92	615.24	750.02	663.21	656.50	593.19	633.78	614.57	645.39	616.86	639.57±42.50
対照区-2	1080.00	1080.00	1080.00	341.91	889.83	1080.00	881.60	610.24	637.61	1080.00	876.12±249.20
平均値	295.59	262.04	310.96	211.82	492.55	243.06	218.07	203.83	356.89	345.47	294.03±137.55
標準偏差	54.40	26.75	57.71	72.85	236.44	19.86	59.61	13.86	156.54	147.47	

表3 各実験回次における出入り回数

シリーズ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均±標準偏差
トビ	685	401	617	760	137	446	434	967	328	259	493.40±235.85
モード	398	581	502	889	268	824	546	1148	592	583	633.10±242.34
ビリ	436	399	343	364	591	823	565	707	831	369	542.80±180.42
対照区-1	117	158	149	275	234	194	135	162	315	333	207.20±73.58
対照区-2	27	18	0	171	113	5	77	207	347	23	98.80±107.33
平均値	506.33	460.33	454.00	671.00	332.00	697.67	515.00	940.67	583.67	403.67	556.43±228.73
標準偏差	127.29	85.33	78.73	223.38	190.79	177.96	57.80	181.00	205.43	134.62	

表4 各実験回次における滞留時間(秒)

シリーズ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均±標準偏差
トビ	538.00	228.10	519.34	544.94	153.33	337.43	322.21	655.15	267.10	212.66	377.83±163.58
モード	249.55	333.88	258.33	493.44	135.24	606.30	262.03	600.53	363.19	385.65	368.81±148.17
ビリ	416.95	271.88	211.29	200.68	302.53	615.70	254.61	424.70	455.77	226.05	338.02±128.36
対照区-1	76.41	92.16	96.63	148.86	188.69	103.05	66.74	93.24	175.28	180.00	122.10±43.85
対照区-2	51.48	14.36	0	201.06	107.15	3.06	98.19	218.79	336.87	32.4	106.34±106.65
平均値	401.50	277.95	329.65	413.02	197.03	619.81	279.62	560.13	362.02	274.79	361.55±148.39
標準偏差	118.26	43.40	135.50	151.61	74.96	129.02	30.27	98.32	77.03	78.58	

表5 サイズ別におけるT・B・Mの潜時(秒)

サイズ	ト ビ	モード	ビ リ	平均±標準偏差
大	374.2±169.2(5)	234.0±69.5(3)	283.0± 0(1)	317.4±133.4(9)
中	437.5±256.0(4)	245.9±125.2(4)	180.3±40.3(3)	297.7±185.2(11)
小	242.0± 0(1)	290.2±70.2(3)	259.4±29.0(6)	269.0±40.4(10)
平均±標準偏差	386.4±185.3(10)	255.6±84.8(10)	240.0±48.0(10)	294.0±137.6(30)

表6 サイズ別におけるT・B・Mの出入り回数

サイズ	ト ビ	モード	ビ リ	平均±標準偏差
大	486.8±279.4(5)	774.3±323.6(3)	369.0± 0(1)	569.6±283.2(9)
中	453.8±253.8(4)	631.8±284.5(4)	701.0±133.1(3)	585.9±233.0(11)
小	685.0± 0(1)	439.7±91.8(3)	492.7±184.2(6)	512.2±148.2(10)
平均±標準偏差	493.4±235.9(10)	633.1±242.3(10)	542.8±180.4(10)	556.4±228.7(30)

表7 サイズ別におけるT・B・Mの滞留時間(秒)

サイズ	ト ビ	モード	ビ リ	平均±標準偏差
大	358.9±172.8(5)	449.8±131.0(3)	226.0± 0(1)	374.4±146.8(9)
中	361.4±199.7(4)	374.3±214.3(4)	378.4±108.3(3)	370.7±160.0(11)
小	538.0± 0(1)	280.6±46.4(3)	336.5±157.4(6)	309.0±160.4(10)
平均±標準偏差	377.8±163.6(10)	368.8±148.2(10)	338.0±128.4(10)	361.6±148.4(30)

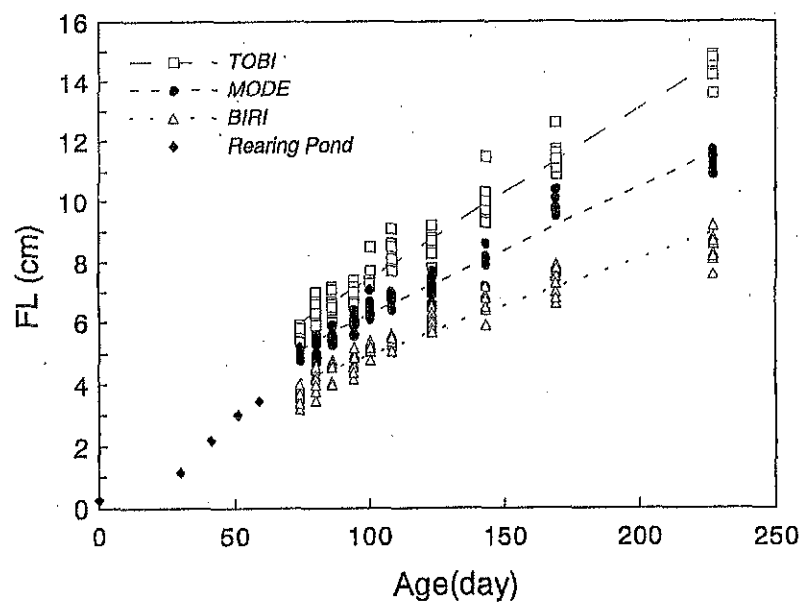


図1 供試魚のT・B・M別成長

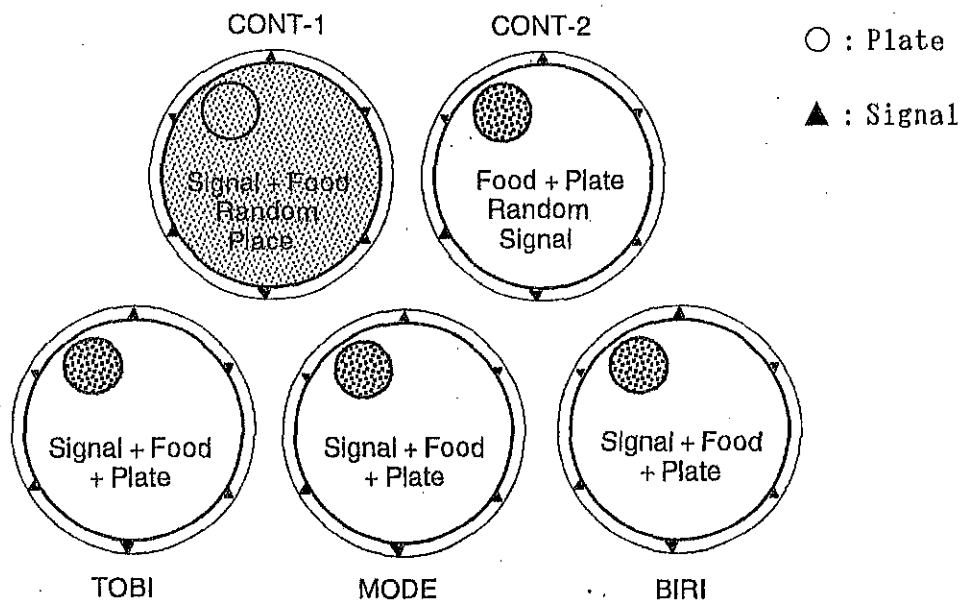


図2 実験区の設定の概要

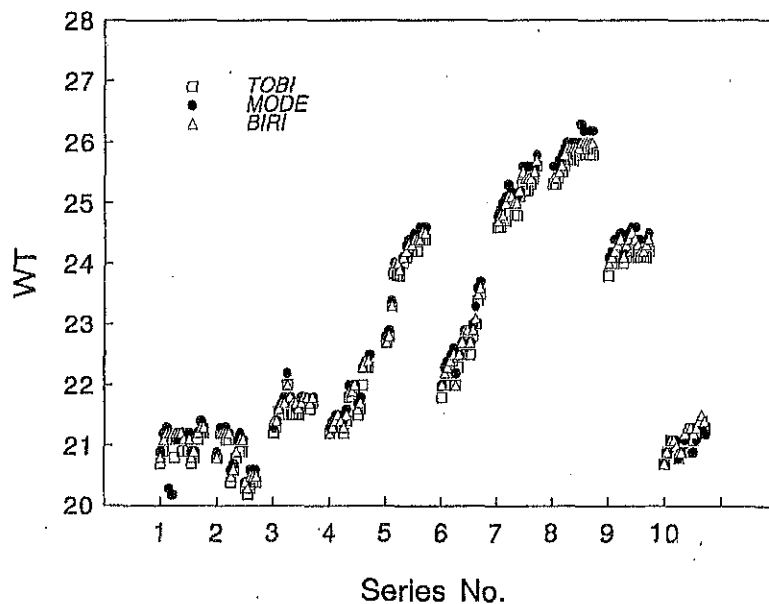


図3 各実験回次におけるT・B・M別の水温の変化

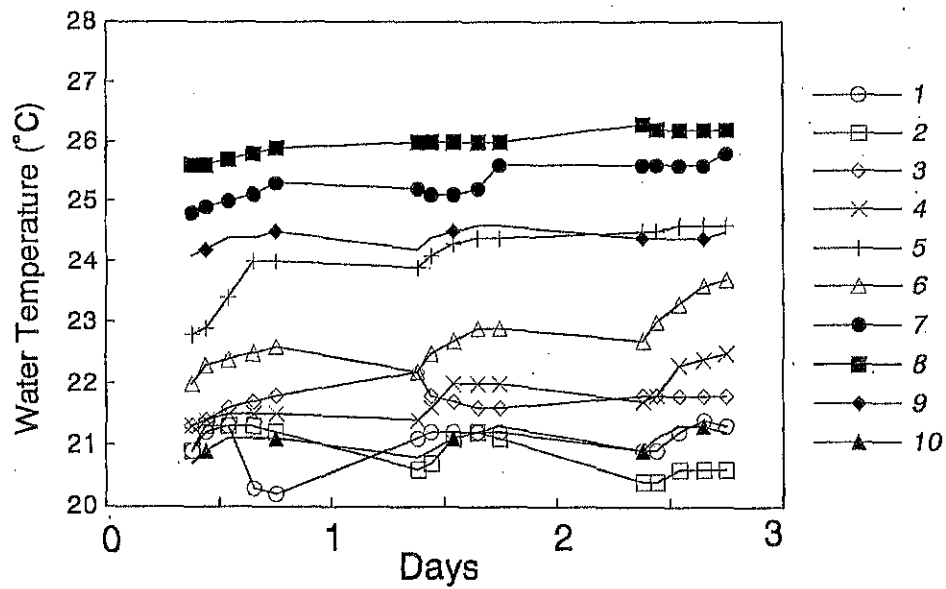
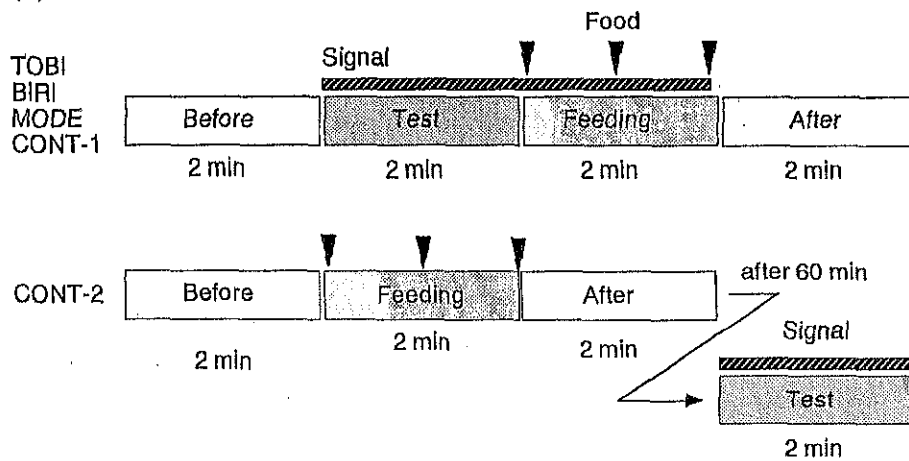


図4 各実験回次における観察回次毎の水温の変化

(1) TEST + TRAINING



(2) TRAINING

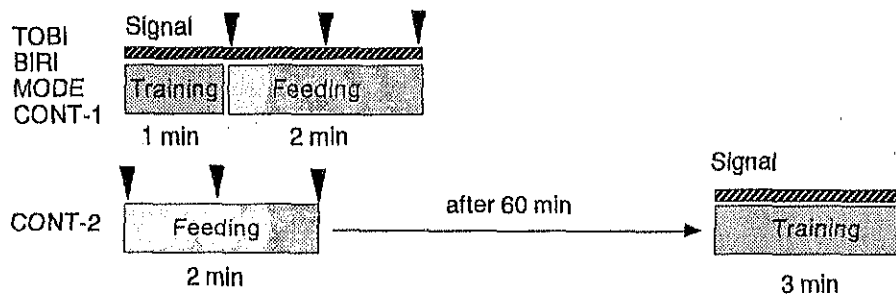


図5 学習訓練及びテストの過程

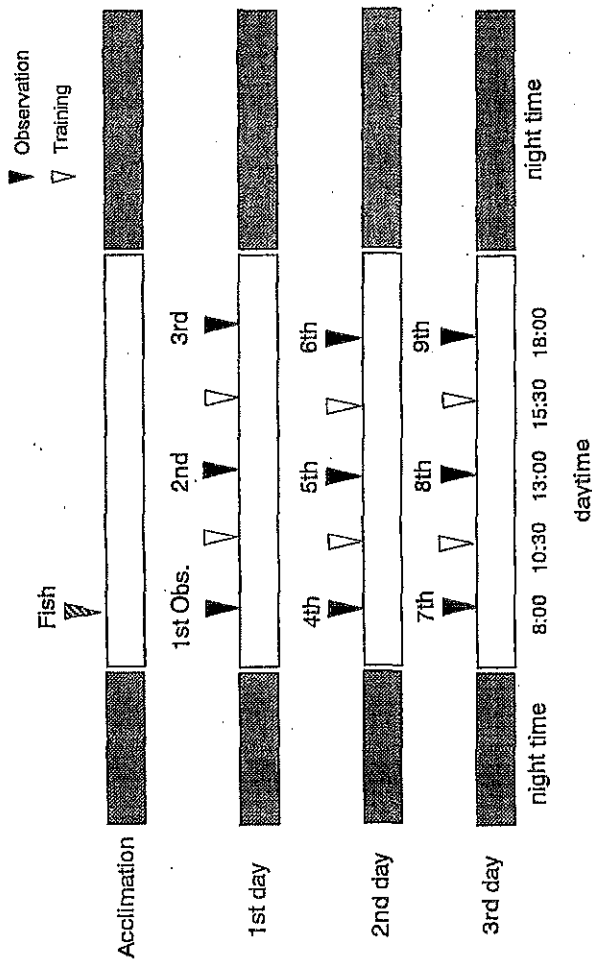


図6 学習訓練及び観察時間の設定

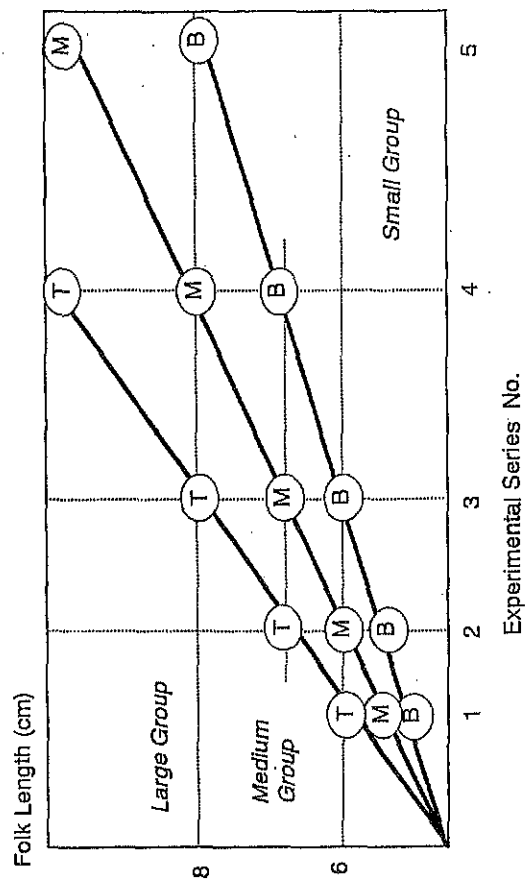


図7 T・B・M及び大・中・小の群の分類設定

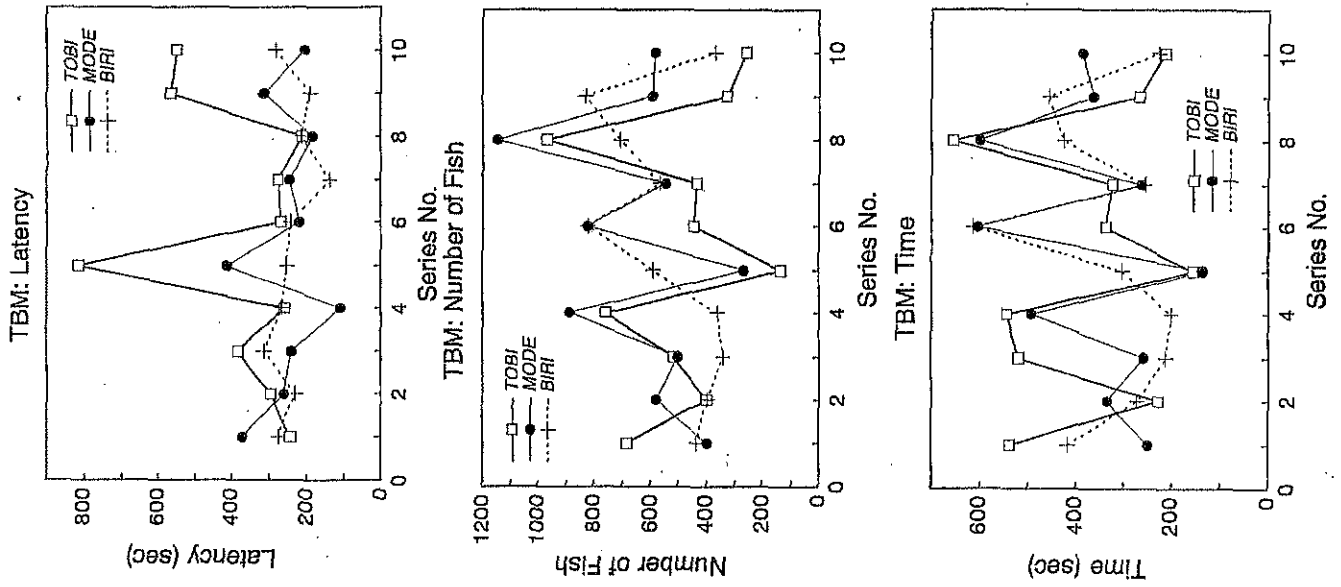


図8 実験回次ごとの3つのパラメーターの変化

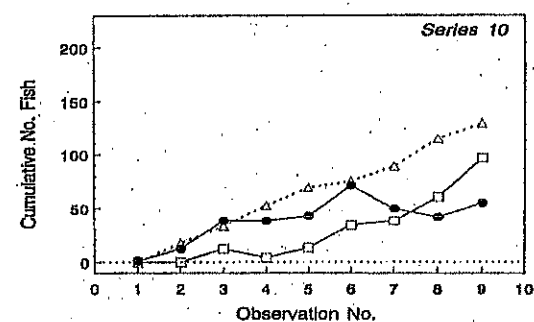
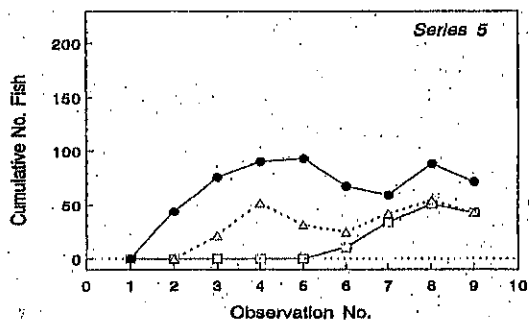
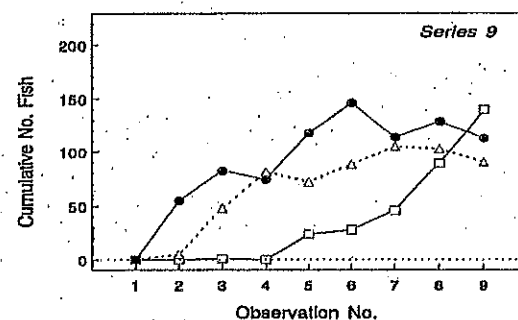
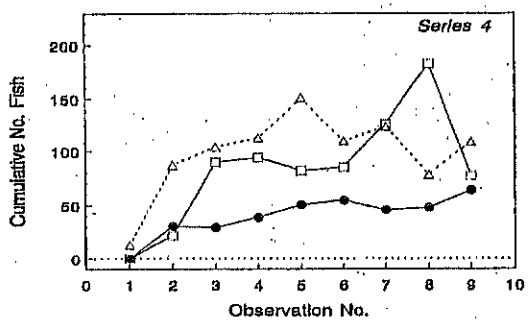
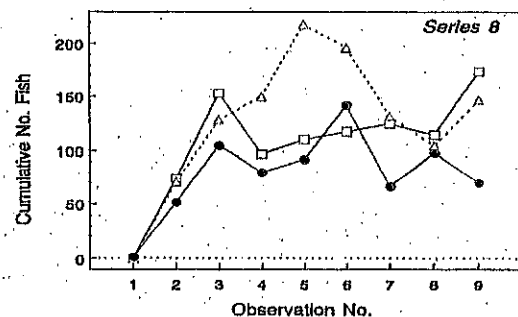
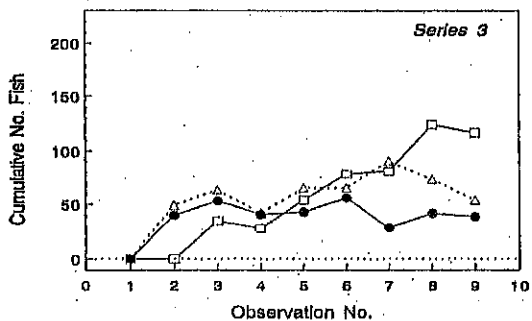
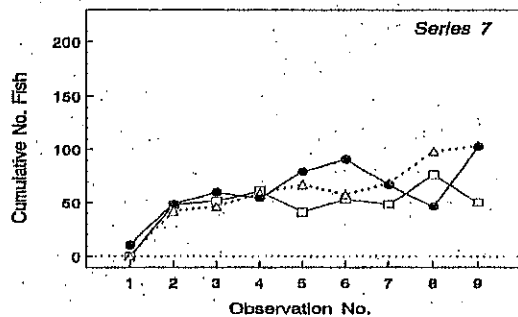
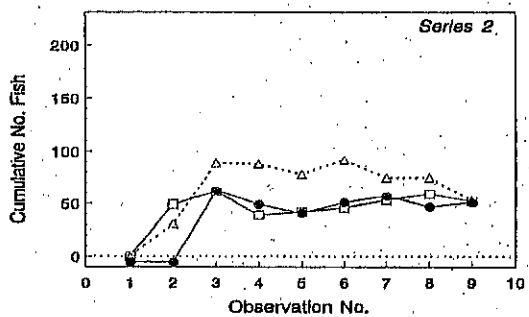
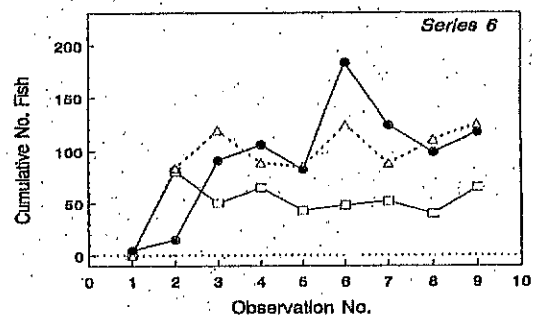
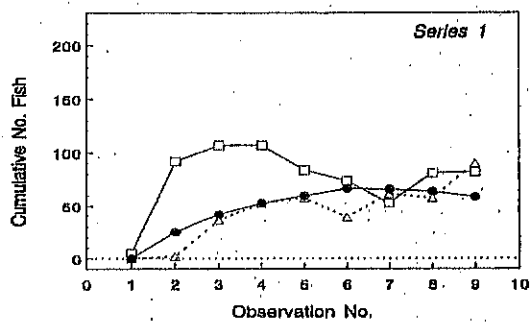


図 9 各実験回次における観察回次ごとの出入り回数の変化

□ : TOBI

△ : MODE

● : BIRI

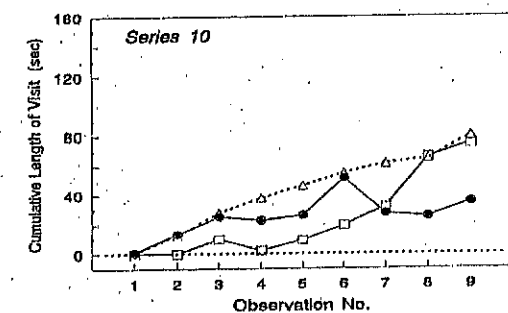
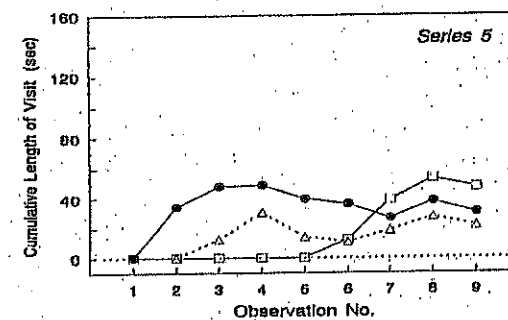
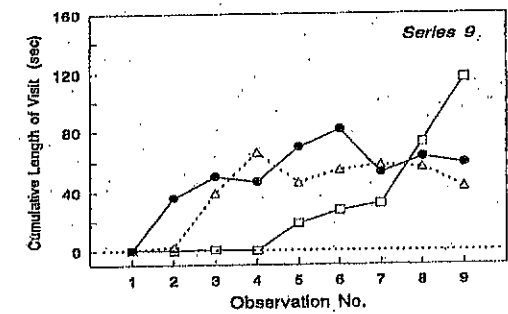
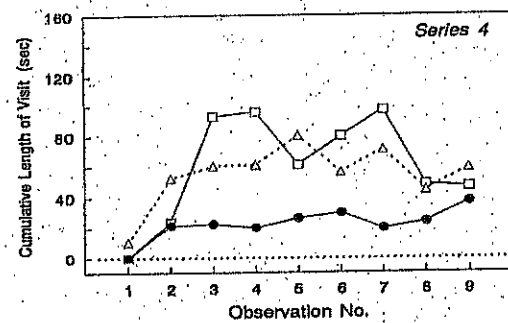
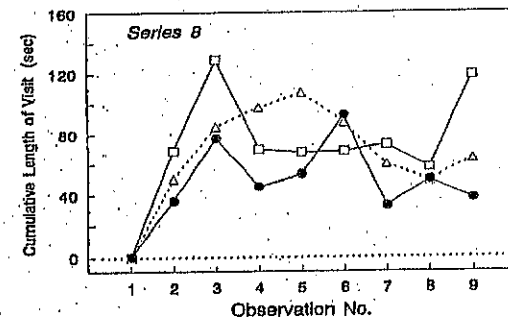
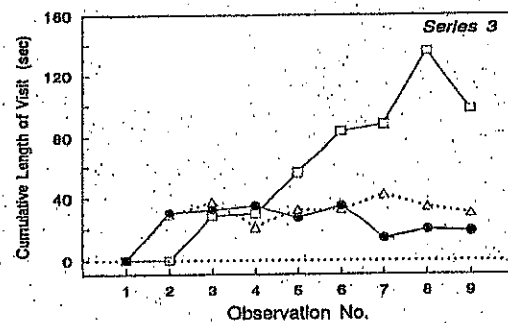
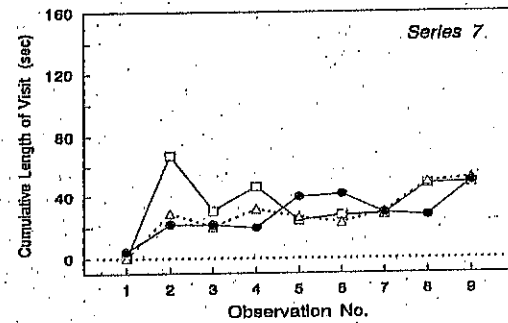
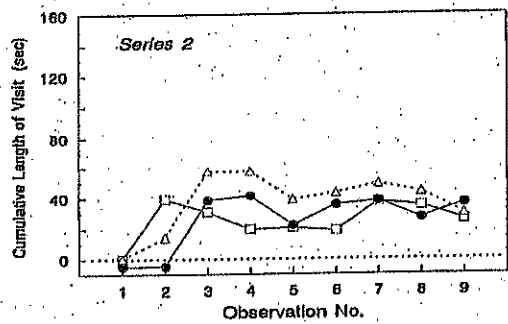
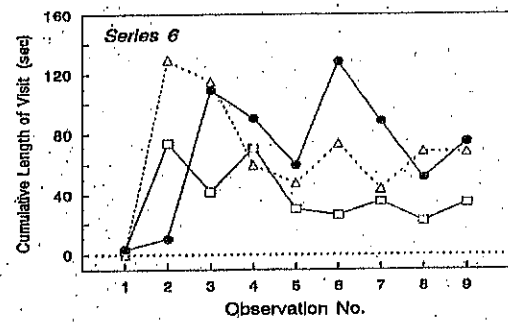
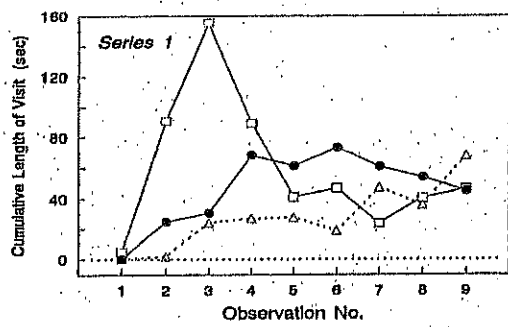


図10 各実験回次における観察回次ごとの滞留時間の変化

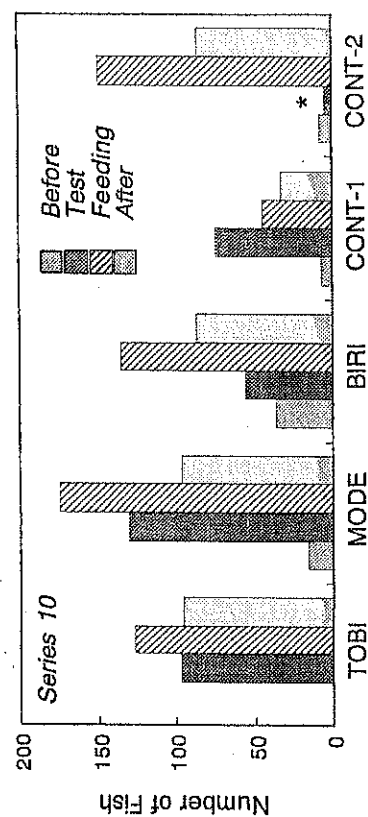
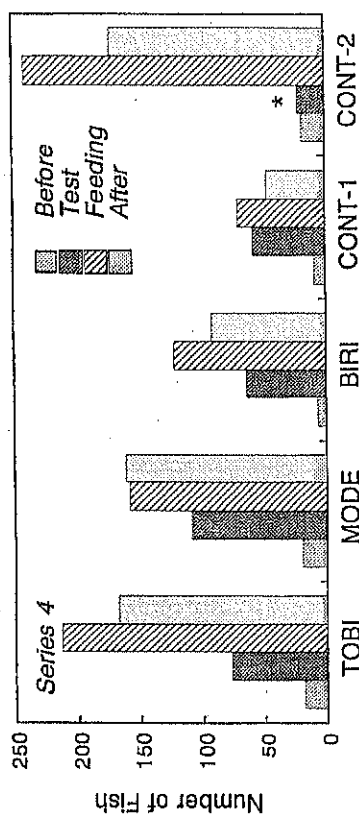
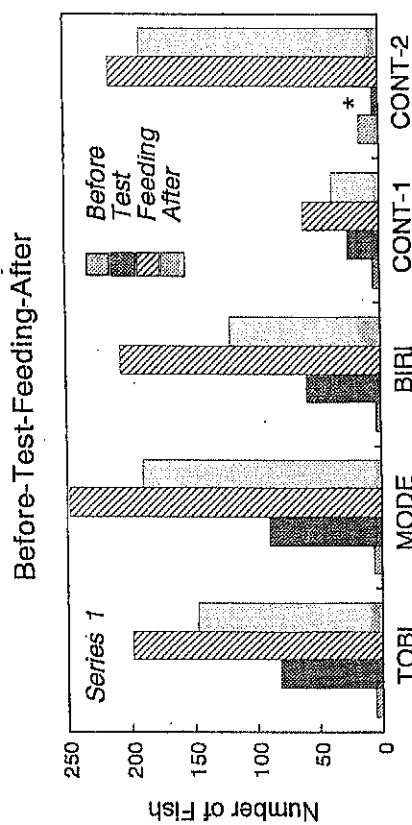


図11 観察過程における出入り回数の変化 (第9回観察)

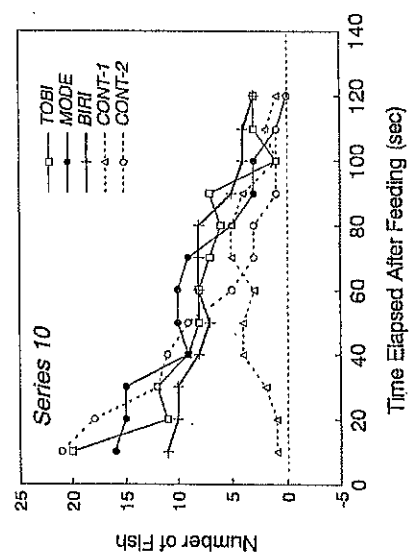
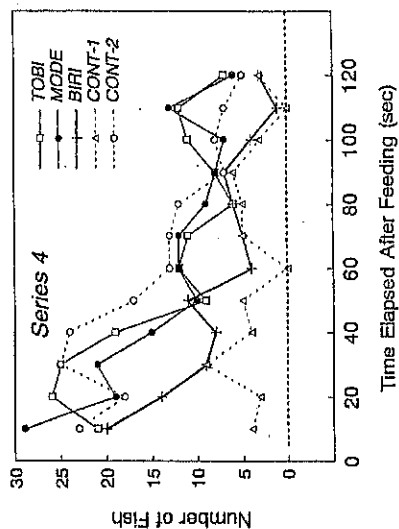
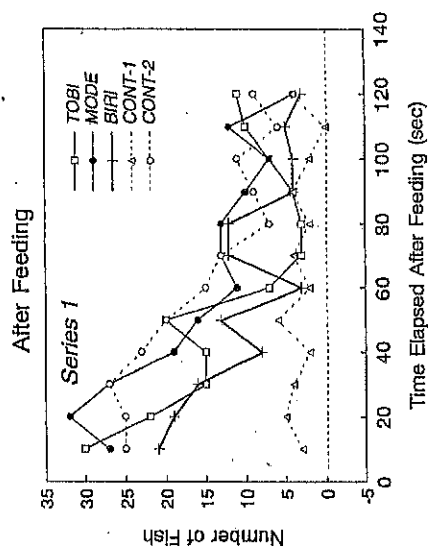


図12 アフター過程における出入り回数の変化 (第9回観察)

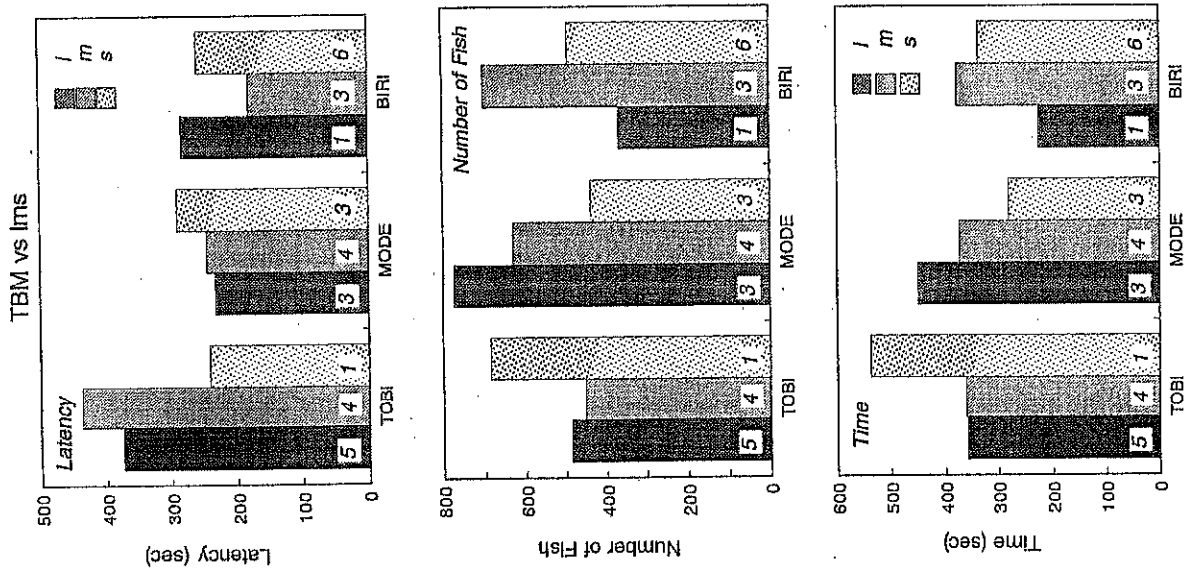


図13 T・B・M別の大・中・小における
3つのパラメーターの変化

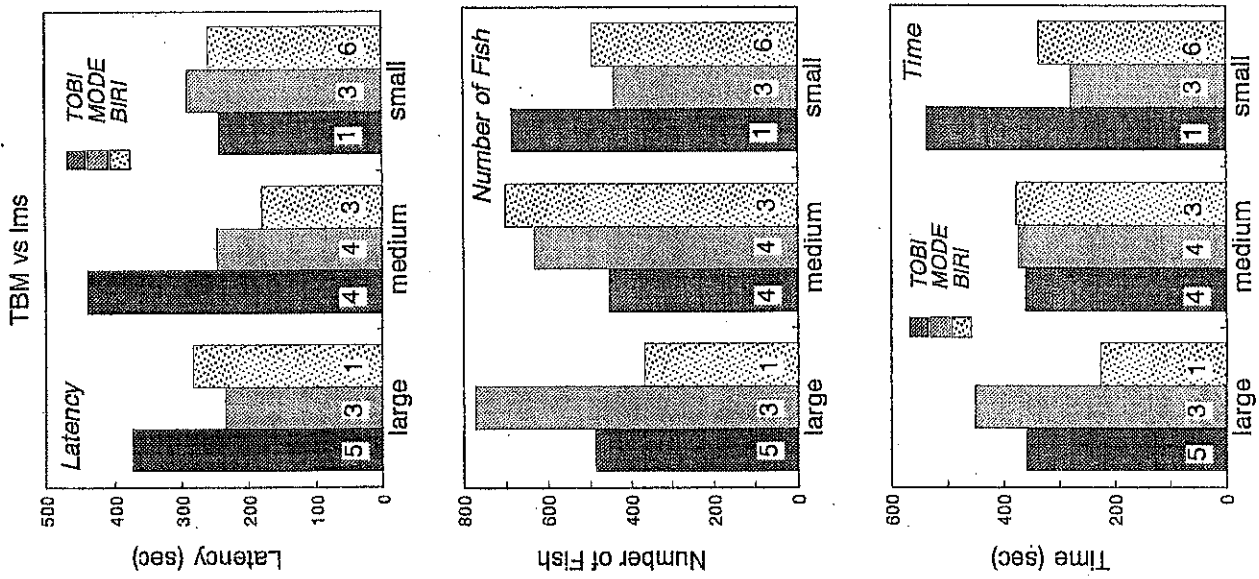


図14 大・中・小別のT・B・Mにおける
3つのパラメーターの変化

オゾン処理海水の利用に関する研究

五島事業場では、環境清浄化システムの確立を事業場の重要課題として、平成2年度より“ウイルス疾病の基礎研究”を京都大学・広島大学と、また、“種苗生産過程におけるオゾン・紫外線処理海水利用に関する研究”を荏原実業と共同研究を行っている。

五島事業場における環境清浄化システムの環境清浄化の手法を紫外線に求めるのかオゾンに求めるのか検討していかなければならないが、① 紫外線の有効作用が主に殺菌作用なのに対してオゾンは殺菌作用の他に有機物やアンモニアの分解作用などの浄化作用があること、② 紫外線は少量の懸濁物があっても透過力が減衰し殺菌効果が低下するのに対してオゾンは少々の懸濁物があっても殺菌効果が低下しないこと、③ 病原微生物の紫外線感受性から紫外線の照射能力は $10^6 \mu\text{w}\cdot\text{sec}/\text{cm}^2$ 程度必要であるが市販されている低圧ランプ・中圧ランプの紫外線レベルではウイルスなどの不活化処理が困難でありまた一度不活化された病原生物の核酸の修復（光回復，etc.）の可能性があること、④ オゾンでは紫外線に比べて大量の水（排水を含む）が処理可能でありコストが安いことなどから、環境浄化システムの浄化手法としては、オゾンによる環境浄化またはオゾンと紫外線を組み合わせた環境浄化手法を開発することが有効と思われる。

本共同研究は4年目を迎えるが、過去3年間に行った基礎研究の結果、オゾンがウイルスの不活化に有効であり、かつオゾン処理海水は卵およびふ化仔魚に対して影響を及ぼさないことがことが判明した。今年度は、オゾン処理海水による実用規模（90m³水槽）での種苗生産を検討するとともにオゾンを中心とした防疫対策を確立することを目的に、試作オゾン海水殺菌装置を使用してシマアジ飼育実験を行うこととした。

1. 材料と方法

今年度のシマアジの生産では、5回次生産まではVNNは未発症であったが、6・7回次生産ではVNNが発症した。このようなVNN発生状況下において本実験は8回次のシマアジ生産として行った。

供試魚には古満目事業場産のシマアジ仔魚（日令1）を用いた。飼育水槽には90m³水槽2面を使用し、それぞれ紫外線処理海水区とオゾン処理海水区とした。また、対照として500ℓ水槽によるろ過海水区を設定した。紫外線処理海水区は荏原インフェルコ株式会社製の中圧紫外線装置により、オゾン処理海水区は荏原実業水産技術研究所の実験用試作装置により海水の殺菌処理を行った。なお、オゾンによる海水殺菌処理工程の概要については図1に示した。

今回の飼育実験における防疫対策は、オゾンを利用してウイルスの水平感染による感染経路を断つことを中心に進め、施設・用水・餌料・飼育器具・人の出入り時の消毒に重点をおいた。

- ① 飼育水槽および水槽周辺： 水酸化ナトリウム、ラウリル硫酸ナトリウムによるアルカリ消毒を行い、さらにオキシダント海水で洗浄。
- ② 長靴あるいはバケツなどの飼育に要する大きな物品： 水酸化ナトリウム、ラウリル硫酸ナトリウムによるアルカリ消毒後、水道水で洗浄。

- ③ 手あるいはピーカーなどの飼育に要する小さい物品： 塩化ベンザルコニウムで消毒後水道水で洗浄。
- ④ 飼育への用水： 紫外線処理海水区は、ろ過海水を中圧紫外線ランプにより殺菌したものを使用。オゾン処理海水区ではろ過海水をオゾン処理した後活性炭で脱オキシダントしたものを使用。
- ⑤ 餌料（ワムシ）及び栄養強化： 生物餌料はオゾン処理海水で洗浄後、市販の栄養強化剤（濃縮冷凍ナンノクロロプシス、イカ乳化オイル）で栄養強化したものを給餌。栄養強化に使用する培養水はオゾン処理海水を使用。
- ⑥ 飼育水へのナンノの添加： 紫外線処理海水区では自場産ナンノクロロプシスを無処理で添加。オゾン処理海水区ではウイルスフリーと思われる能登島事業場産の濃縮冷蔵ナンノクロロプシスを添加。
- ⑦ 人の出入り： 飼育担当者以外は立ち入り禁止とし、出入りの際は長靴を消毒。消毒に用いるオキシダント海水は、オゾン海水殺菌処理装置により生成した。なお、飼育方法の概要については、シマアジの種苗生産の項に記した。

2. 結果と考察

今年度のシマアジの飼育結果の概要を表1に示した。飼育実験は、VNNが発症して飼育を中止した6・7回次生産の後、8回次生産として4月7日から5月28日までの52日間行った。

各区の成長と生残を図2・3に示した。紫外線処理海水区は、日令13に浮上死が発生し、以後浮上死が続き日令30で飼育を中止した。オゾン処理海水区は、飼育期間中浮上死は見られず、日令51、平均全長32.4mm、26,300尾で取り揚げた。生残率は7.5%であった。また、対照として行ったろ過海水区は日令9に浮上死が発生し、日令11で全滅した。

日令毎のウイルス検査（PCR法）の結果を表2に示した。紫外線処理海水区の大量斃死の原因はVNNによるものであったが、オゾン区においてもVNNの発症が認められた。

成長は、日令13までは紫外線処理海水区・オゾン処理海水区で差が見られなかったが、その後徐々に差が生じ紫外線処理海水区のほうが大きくなった。紫外線処理海水区のほうが成長が良い理由として、紫外線区ではVNNによって小型個体が中心に斃死しトビ群が生残したことが考えられる。

摂餌率と鰾の開腔率の変化を図4・5に示した。摂餌率は、開口直後（日令3）から日令7までは紫外線処理海水区の方が高い傾向がみられたが、日令8以降は両区ともほぼ100%であり、差はみられなかった。鰾の開腔率は、紫外線処理海水区がほぼ100%であるのに対し、オゾン処理海水区は70%前後であった。オゾン処理海水区の開腔率は、活性炭槽より流出した活性炭粉末により生じた水面の膜の影響により低くなったものと考えられる。

飼育環境（水温・pH・溶存酸素量・アンモニア）の経日変化を図6に示した。水温はほとんど差がなかった。pHは日令17までは差がみられなかったが、以後紫外線処理海水区の方が高い値であった。アンモニアは日令10をピークに常時紫外線処理海水区の方が高い値であった。溶存酸素量は常時オゾン処理海水区の方が高い値であった。測定した4項

目のうちアンモニアと溶存酸素量については両区の間に明瞭な差がみられた。アンモニアに関しては、添加したナンノクロロプシスが紫外線処理海水区では自場産ナンノクロロプシスであるのに対し、オゾン処理海水区では能登島事業場産冷凍濃縮ナンノクロロプシスであるため、この両区の差が用水の処理方法の差によるものとは断定できなかった。しかし、オゾン処理海水区のアンモニア濃度は、常に低い値で安定していることが伺われた。また、溶存酸素量については、オゾンの性質上、オゾン処理の過程で溶存酸素量が高くなるため、オゾン処理海水区は紫外線処理海水区に比べて溶存酸素量が高くなったものと考えられる。

各飼育実験区における生菌数について5日間ごとに測定した。Zobel 2216培地による生菌数 (CFU/ml) は、オゾン処理海水・ろ過海水・紫外線処理海水の順で多かった (図7)。一方、TCBS培地による生菌数 (CFU/ml) は、ろ過海水・オゾン処理海水・紫外線処理海水の順で多かった。なお、オゾン反応槽での生菌数は0であることから、オゾン処理海水中に検出される生菌は活性炭槽に繁殖した菌が脱オキシダント処理をする際に流出したものである。また、各実験区の飼育水中の生菌数は約 10^5 個体/mlであり、3実験区の間でほとんど差はみられなかった。

3. 今後の展開

今回、すでにVNNが発生し、事業場内の施設および地先海面がウイルスで汚染されている状況のもとでシマアジを飼育した結果、紫外線処理海水区ではVNNが発生して飼育中止を余儀なくされたにもかかわらず、オゾン処理海水区では取り揚げまで飼育することができた。今回だけでの飼育結果からでは断定できないが、オゾン処理によりVNNの水平感染を防除できる可能性が示唆された。

一方、今回の実験設定は、親魚からの垂直感染がないことを前提に行い、水平感染の防除を目的に飼育試験を行った。しかし、ふ化後日令毎に行った各実験区の飼育魚のウイルス検査 (ELISA法・PCR法) の結果をみると (表2)、紫外線処理海水区では日令2より陽性個体が出現しており、飼育開始の時点ですでに垂直感染があったものと思われる。このため、同じ親魚から得られたふ化仔魚を用いて飼育を行ったことから、紫外線処理海水区・オゾン処理海水区の両区で垂直感染により発病した仔魚からの水槽内2次感染が起きていたことが考えられる。それにもかかわらずオゾン処理海水区では水槽全体に感染が広がらなかったことから、オゾン処理海水には水槽内2次感染を防ぐ効果がある可能性があることが伺えた。

以上のことから、海水をオゾン処理することにより水平感染を防止する他に、水槽内2次感染を防止する効果が伺われ、オゾン処理海水の特性についてさらに検討する必要があると思われる。

また、オゾン殺菌海水によりふ化後長期間の飼育を行っても仔魚及び稚魚の成長・生残・形態に影響のないことも判明し、飼育開始初期の摂餌率・開腔率に検討の余地があるものの、今後オゾンの種苗生産への利用に積極的に取り組んでいきたい。

オゾンの種苗生産への利用は、当初、用水の殺菌処理について検討してきた。しかし、殺菌に利用するオキシダントは大量かつ簡単に生成でき、また塩素に比べて自己分解が早いいため使用後の中和処理が必要でないことから、水槽など施設の消毒に有効であると思わ

れる。今後は、この共同研究を進める中で、今回の再現飼育を行うとともに、施設の消毒や排水処理などの防疫対策全般にオゾンをどのように有効利用していくか検討を行いたい。

(塩澤 聡)

表1 平成5年度シマアジ種苗生産の概要 (五島事業場)

生産 区分	水 槽		収 容		飼 育			取 り 揚 げ			備 考				
	型	大きさ 実容量 (m^3)	個数	月日	尾数 (万尾)	密 度 (尾/ m^3)	水 温 ($^{\circ}\text{C}$)	主 な 餌 の 種 類	飼育 日数	月 日		尾数 (万尾)	密 度 (尾/ m^3)	全長 (mm)	生残率 (%)
1-1	八角形	90(80)	1	12. 2	50.0	6250	24	ワシ, アサギ, 配合	50	1.21	5.26	658	29.7(17.3~39.0)	10.6	人工12才魚
1-2	八角形	90(80)	1	12. 2	50.0	6250	24	ワシ, アサギ, 配合	50	1.21	5.67	709	26.4(15.4~34.4)	11.4	人工12才魚
小 計					100.0	6250					10.93	683			
2	八角形	90(80)	1	12.22	80.0	10000	24	ワシ, アサギ, 配合	48	2.08	6.27	784	26.6(13.8~39.3)	16.6	人工12才魚
			1	1.14	18.6	2325	24	ワシ, アサギ, 配合	49	2.09	6.99	874	24.3(16.6~33.9)		
3	八角形	90(80)	1	12.26	80.0	10000	24	ワシ	6	1. 1	0			0	人工12才魚
4	角 型	60(50)	1	1.11	60.0	12000	24	ワシ, アサギ, 配合	52	3. 4	5.24	1048	29.3(17.0~37.9)	8.6	人工9才魚
5	角 型	60(50)	1	1.20	60.0	12000	24	ワシ, アサギ, 配合	57	3.18	4.64	808	34.5(20.3~53.3)	7.6	人工12才魚
6-1	八角形	90(80)	1	3.19	59.0	7375	24	ワシ	10	3.29	0			0	人工9才魚, VNN発症
6-2	八角形	90(80)	1	3.19	60.0	7500	24	ワシ	10	3.29	0			0	人工9才魚, VNN発症
小 計					119.0	7438								0	
7	角 型	60(50)	1	3.19	50.0	10000	24	ワシ	10	3.29	0			0	人工12才魚VNN発症
8-1	八角形	90(80)	1	4. 6	35.0	4375	22	ワシ, アサギ, 配合	30	5. 6	0			0	古満目 (ゴト No2), VNN発症
8-2	八角形	90(80)	1	4. 6	35.0	4375	22	ワシ, アサギ, 配合	51	5.27	2.63	329	32.4(20.0~45.0)	7.4	古満目 (ゴト No2)
小 計					70.0	4375					2.63	164	32.4(20.0~45.0)		
合 計					619.0	7835					36.70	457	28.3(13.8~53.3)	5.8	

表2 各実験区におけるウイルス検出結果

ふ化後日数	ろ過海水区		紫外線処理海水区		オゾン処理海水区	
	ELISA	PCR	ELISA	PCR	ELISA	PCR
2日目			-	+	-	+
3日目			-	+	-	+
4日目			-	+	-	+
5日目			-	+	-	+
6日目			-	+	-	+
7日目			-	+	-	+
8日目			-	+	-	+
9日目			-	+	-	+
10日目	+	+	-	+	-	+
11日目		(浮上魚)	+	+	-	+
12日目						
13日目			+	+	-	+
			(浮上魚)			

* + : 陽性, - : 陰性, +- : 擬陽性
 * PCR : 35サイクル

オゾンによる海水殺菌処理工程

(荏原実業による試作海水殺菌装置)

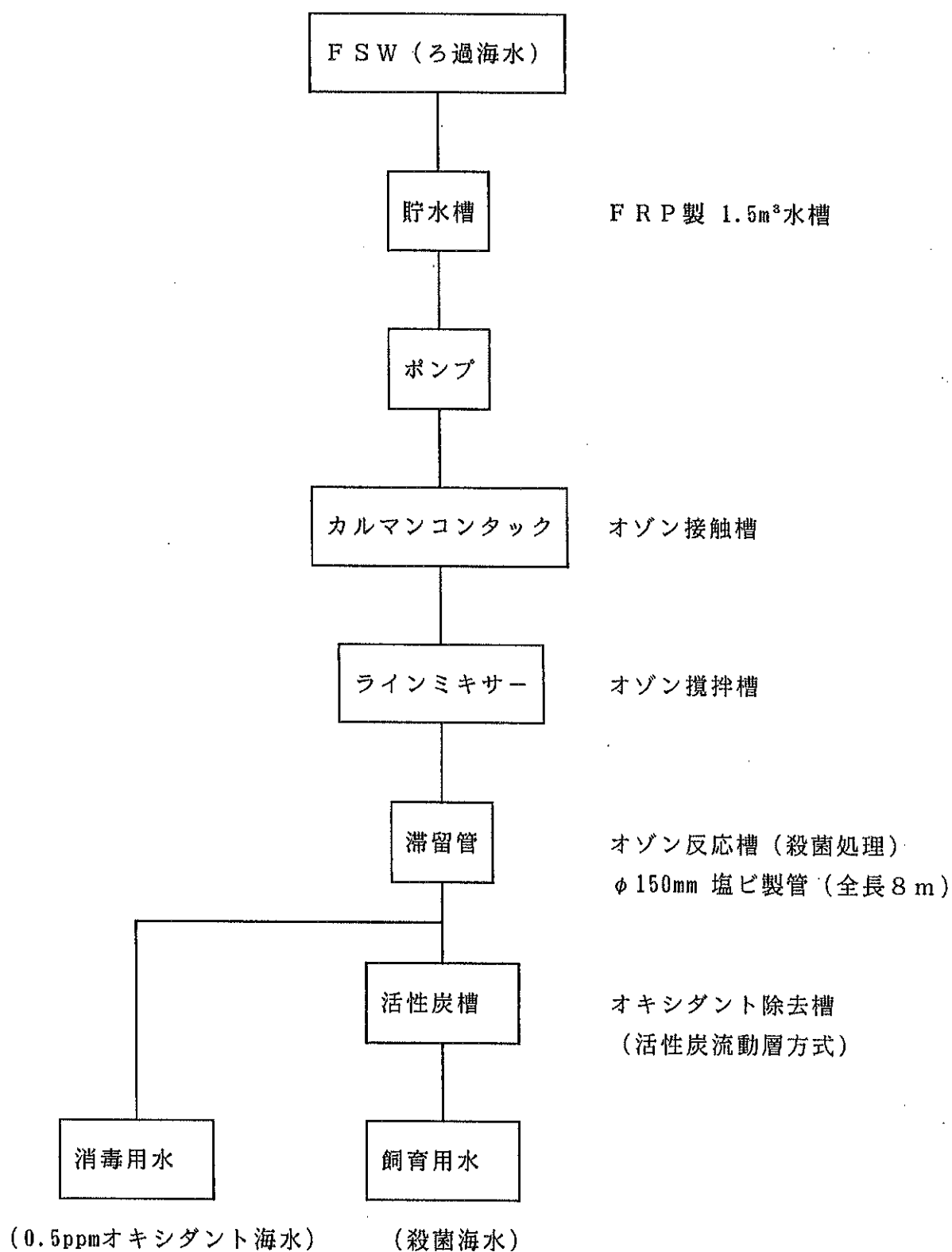


図 1 オゾンによる海水殺菌処理工程

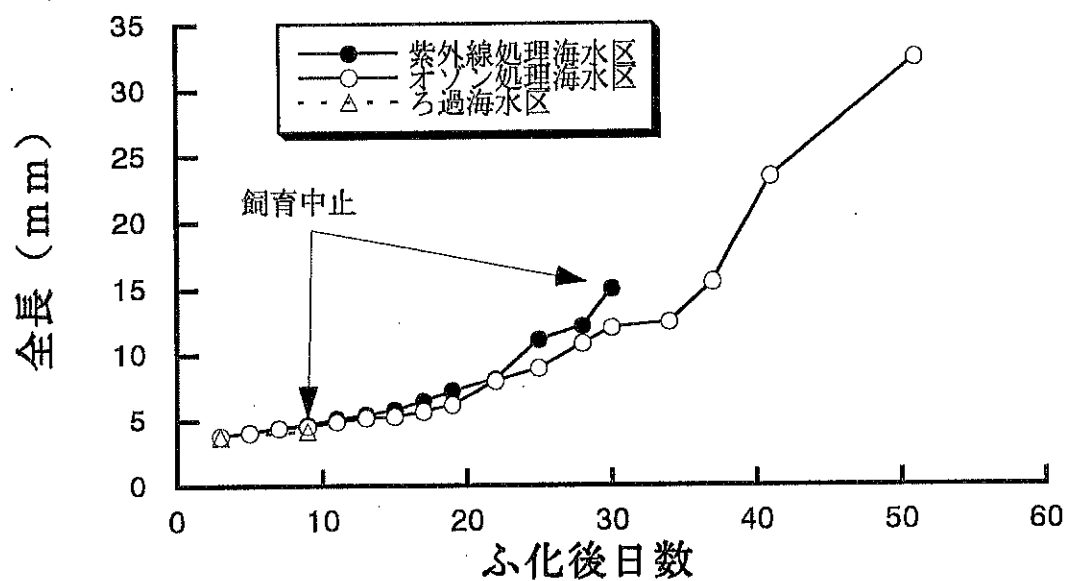


図 2 各実験区における成長

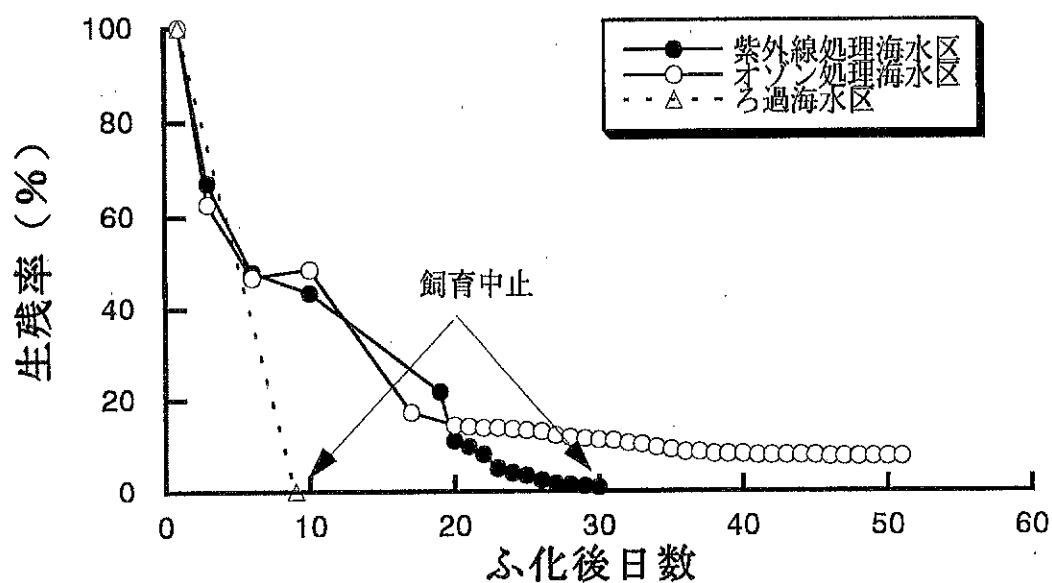


図 3 各実験区における生残

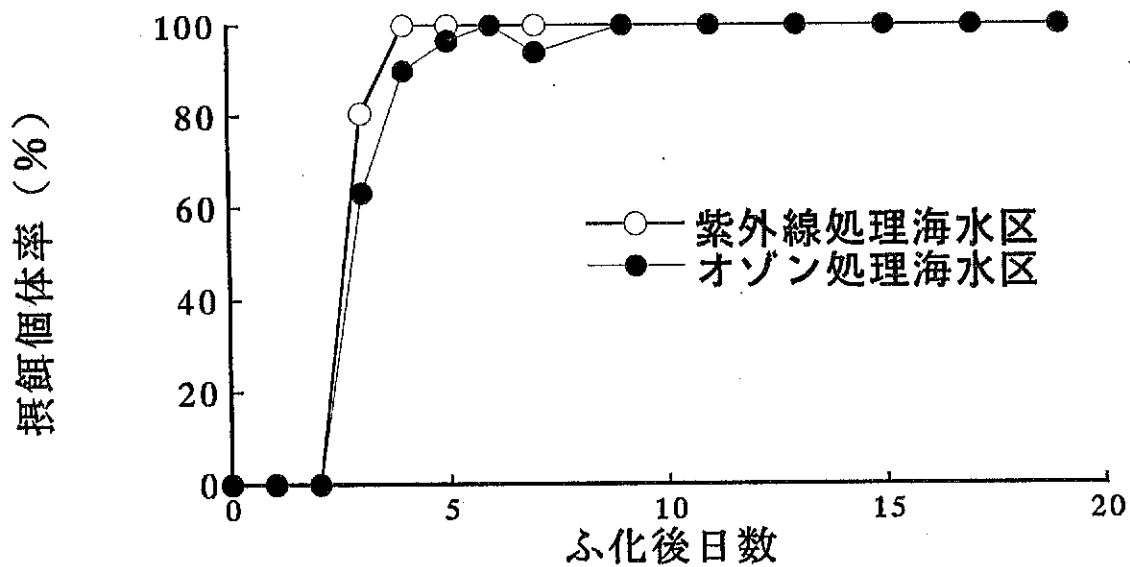


図 4 各実験区における摂餌個体率の推移

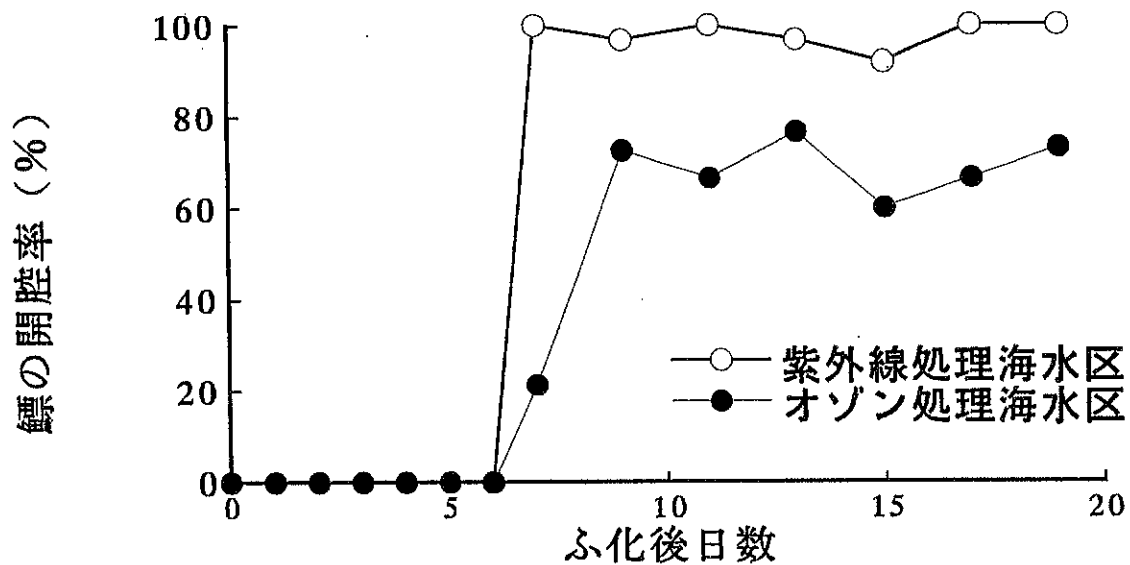


図 5 各実験区における鰓の開腔率の推移

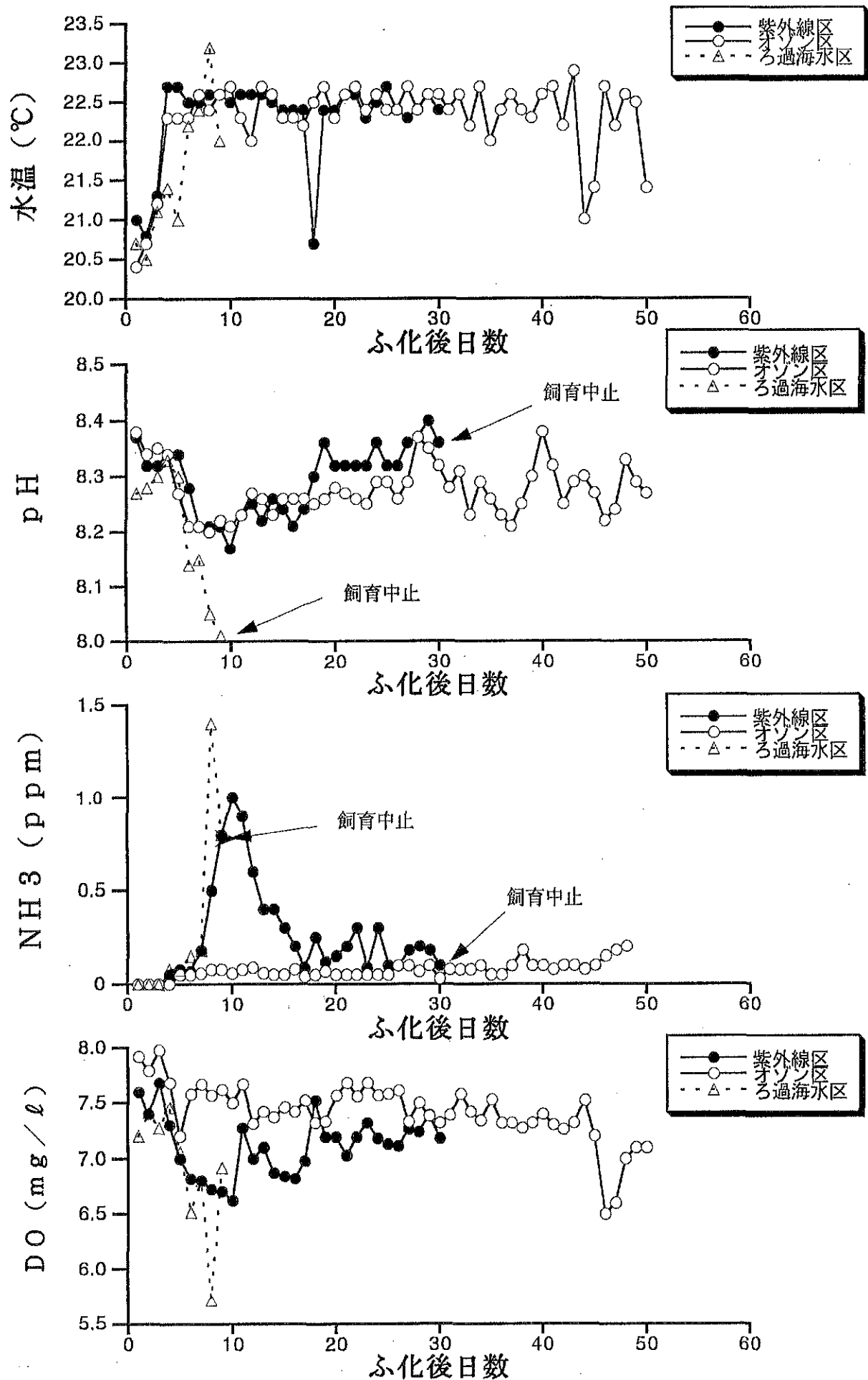


図6 飼育環境の経日変化

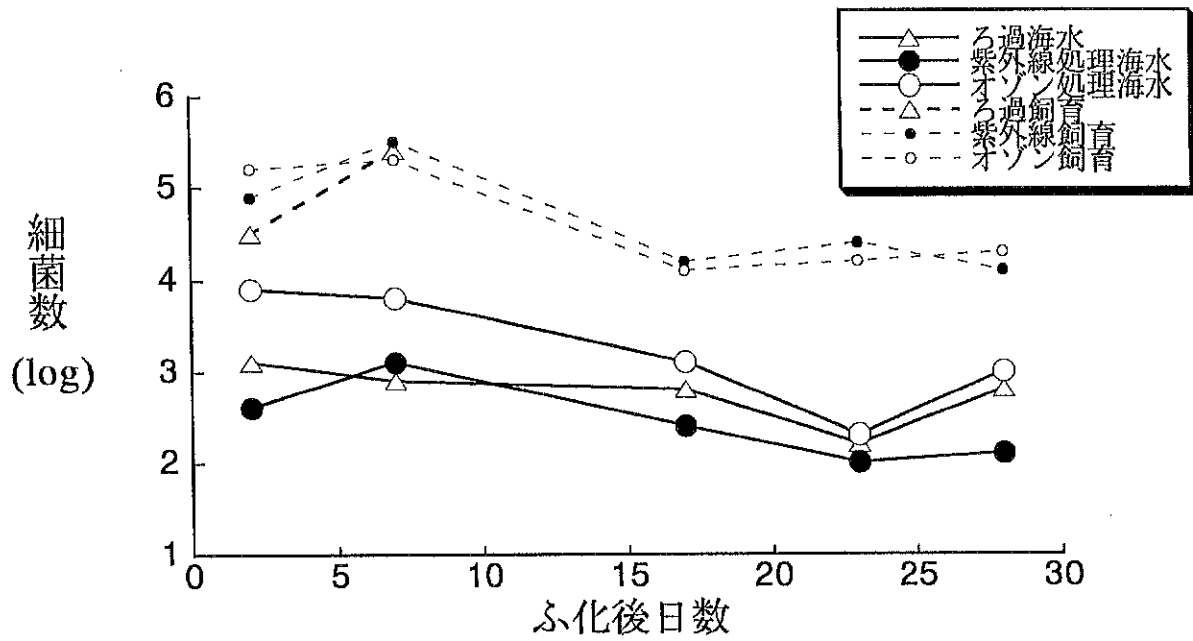


図 7 各実験区における生菌数の変化 (Zobel 2216 培地)

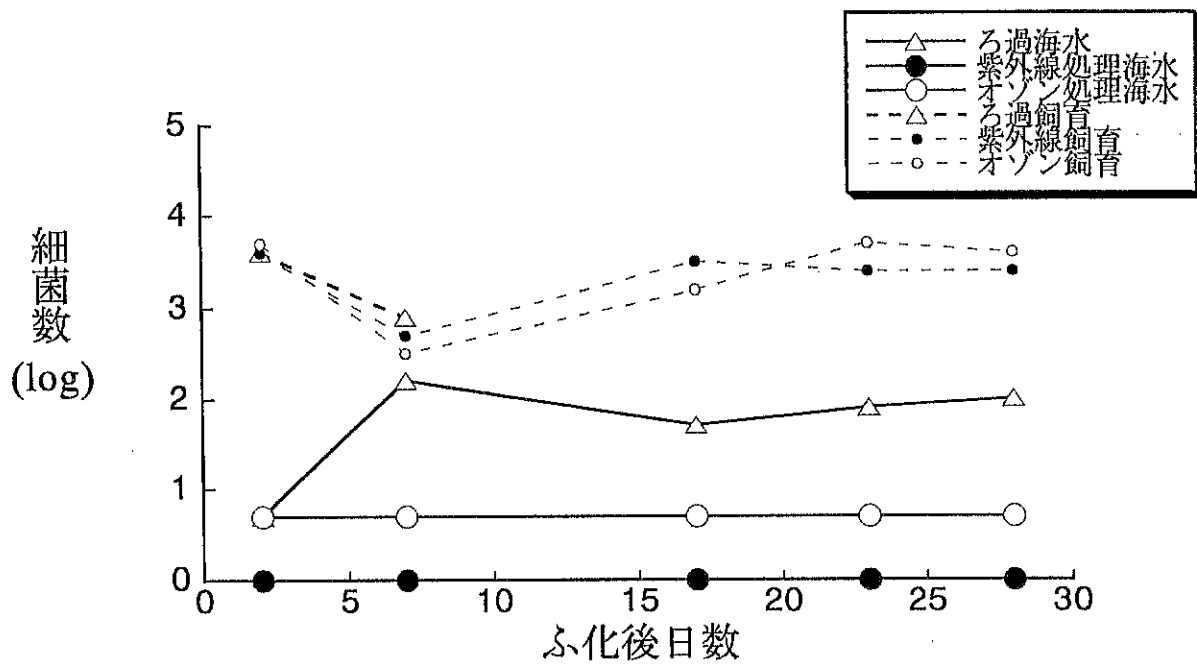


図 8 各実験区における生菌数の変化 (TCBS 培地)

VII. 環境測定及び来訪者一覽他

平成 5 年環境測定結果

月日	水 温		比 重		気 温
	表層	中層	表層	中層	
1月上旬	16.8	16.8	26.4	26.4	12.5
中旬	15.3	15.5	26.4	26.3	8.5
下旬	13.8	14.4	26.4	26.4	6.9
月平均	15.2	15.5	26.3	26.3	9.1
2月上旬	13.8	14.4	26.9	26.7	7.5
中旬	14.6	14.8	26.8	26.7	12.2
下旬	13.3	13.7	26.7	26.2	7.1
月平均	13.9	14.3	26.7	26.4	8.8
3月上旬	14.3	14.2	25.4	26.2	10.1
中旬	14.7	14.6	25.8	26.4	11.5
下旬	16.9	16.9	26.6	26.9	16.3
月平均	15	14.9	26.3	26.5	11.8
4月上旬	16	17.2	25.2	26.4	12.8
中旬	16.7	16.6	26.5	26.4	15.9
下旬	17.7	17.4	26.3	26.6	18.4
月平均	16.8	17	25.9	26.5	15.6
5月上旬	18.1	17.9	23.4	26.2	18.1
中旬	19.1	19.2			19.5
下旬	19.7	19.3			21.3
月平均	19.1	18.9	23.4	26.2	19.8
6月上旬	20	19.4	26.1	26.7	21.7
中旬	22.5	21.1	23.1	25.8	24.8
下旬	22.5	21.4	23.6	25.7	24.1
月平均	21.5	20.5	23.6	25.7	23.4

月日	水 温		比 重		気 温
	表層	中層	表層	中層	
7月上旬	22.4	21.3			
中旬	24.5	23.3			
下旬	24.4	23.4			
月平均	23.7	22.5			
8月上旬	26.1	25.3			
中旬	26.3	25.2			
下旬	26.4	25.9			
月平均	26.3	25.5			
9月上旬	26.2	25.7			
中旬	24.9	24.9			
下旬	24.7	24.7			
月平均	25.3	25.1			
10月上旬	23.9	24.1	26.2		
中旬	23.1	23.1	26.3		
下旬	21.8	21.6	25.9		
月平均	23.3	22.9	26.1		
11月上旬	21.5	22	25.9	26.2	18.8
中旬	22.1	20.8	26.4	26.5	19
下旬	19.3	20.8	26.3	26.6	10.1
月平均	21.2	21.4	26.3	26.6	17.1
12月上旬	18.7	18.9	26.3	26.5	13.8
中旬	17.5	18.1	26.7	26.7	12.7
下旬	15.1	17.2	26.8	26.9	13
月平均	17.9	18.3	25.9	26	13.5

平成5年度における場内指導活動一覧

水産関係	件数	43
	人数	123
一般	件数	3
	人数	30
学生	件数	12
	人数	466
計	件数	58
	人数	619

平成5年度映画フィルム・ビデオ貸し出しなし

