

平成6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/2013613

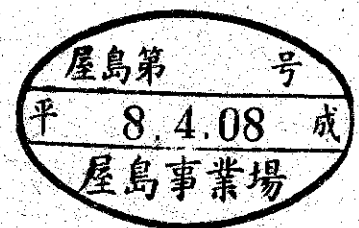
This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.



平成 6 年度

事業報告

(社) 日本栽培漁業協会
五 島 事 業 場



平成6年度事業報告目次

I . 親魚養成及び採卵	頁	担当者名
1. 親魚保有状況	1	有元 操
2. ブリの親魚養成と採卵	2 ~ 12	有元 操
3. ヒラマサの親魚養成と採卵	13 ~ 18	有元 操
4. シマアジの親魚養成と採卵	19 ~ 20	有元 操
5. クエの親魚養成と採卵	21 ~ 23	有元 操
6. ふ化仔魚の活力試験	24 ~ 31	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	32 ~ 54	塩澤 聡
2 海上飼育	55 ~ 65	中野昌次
3 ブリのペコ病対策	66 ~ 69	佐藤 純
4 鰾の開腔実験	70 ~ 71	塩澤 聡
5 親魚別飼育実験	72 ~ 76	塩澤 聡
6 ブリ輸送実験	77 ~ 82	塩澤 聡
2. ヒラマサ種苗生産		
2-1 陸上飼育	83 ~ 93	小金隆之
2 海上飼育	94	中野昌次
3. シマアジ種苗生産		
3-1 陸上飼育	95 ~ 105	崎山一孝
2 海上飼育	106 ~ 107	中野昌次
4. クエ種苗生産		
4-1 陸上飼育	108 ~ 112	塩澤 聡

III. 餌料量産技術開発

1. ナンノクロロプシス	113 ~ 117	佐藤 純
2. ワムシ	118 ~ 123	西岡豊弘
3. 餌料生物の栄養強化	124 ~ 127	西岡豊弘

IV. 資源添加技術開発

1. ブリの標識放流	128 ~ 147	小金隆之
2. ヒラマサの標識放流	148	小金隆之

V. 種苗生産環境清浄化システム

1. シマアジのVNN症	149 ~ 174	有元 操
2. YAV症	175	佐藤 純
3. BMNVに関する研究	176 ~ 177	有元 操

VI. 共同研究

1. MF21配合飼料試験	178 ~ 194	塩澤 聡
2. シマアジの飼付け試験試験	195 ~ 208	崎山一孝
3. シマアジの行動特性に関する研究	209 ~ 255	塩澤 聡
4. オゾン処理海水利用に関する研究	256 ~ 280	塩澤 聡
5. LH-RH によるブリの成熟促進に関する研究	281 ~ 286	丸山敬悟

VII. 種苗配付・放流実績	287 ~ 289	丸山敬悟
----------------	-----------	------

VIII. 環境測定及び来訪者一覧表

1. 環境測定（水温・比重・気温）	290	丸山敬悟
2. 普及・啓蒙活動	291	丸山敬悟

1. 親魚養成及び採卵

I - 1 親魚保有状況

平成6年度五島事業場における親魚の保有状況 (平成6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3	平成3年5月	長崎県福江島三井楽	定置網	13	82.0(79.0~88.0)	10.4(9.2~11.4)
	天1	平成5年4月	同	定置網	102	76.0(60.0~82.0)	8.2(6.9~10.7)
	天0	平成6年4月	同	定置網	117	61.0(50.0~72.0)	5.2(4.9~7.7)
ヒラマサ	天3	平成3年6月	同玉之浦	定置網	26	90.0(89.0~98.0)	12.9(9.2~13.3)
	天2	平成4年6月	同玉之浦	定置網	45	80.0(78.0~85.0)	8.1(7.0~9.5)
	天1	平成5年6月	同玉之浦	定置網	41	45.0(36.0~50.0)	2.3(1.6~3.5)
	天0	平成6年6月	同玉之浦	定置網	50	40.0(41.0~46.0)	1.2(1.0~1.6)
シマアジ	人工13	平成元年8月	古満目事業場	56年度上浦事業場	5	58.0(52.0~63.0)	4.5(3.2~5.7)
	天10	平成元年8月	宮崎県門川町庵川漁協	1本釣り	20	48.0(47.0~49.0)	3.3(2.9~4.5)
	人工10	昭和59年度	五島事業場	人工生産魚	21	47.0(46.0~48.0)	3.3(2.8~3.7)
	天4	平成2年10月	鶴原漁協・笠沙漁協	定置網	60	45.0(39.0~49.0)	2.6(1.9~3.4)
クエ	天3	天11 57~62年度	長崎県福江島玉之浦町	沈籠. 1本釣り	20	85.0(70.0~100.0)*	5.7(4.9~15.2)
	天0	平成5年1月	三井楽町	定置網、養殖魚	43	35.0(29.0~48.0)	0.9(0.4~1.2)
マハダ	天3	天11 57~61年度	長崎県福江島玉之浦町	沈籠、養殖魚	7	56.0(48.0~83.0)*	3.9(3.2~7.5)
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6年度ブリの親魚養成と採卵

有元 操

(1) LHRH-aによる12月下旬における成熟促進

年内採卵を目的として、昨年、LHRH-aコレステロールペレットを11月中旬に投与して、卵黄形成の発達状況を調査したが、成熟促進は認められなかった。このため、本年は、オスミックポンプを用いて一定量のLHRH-aを放出させ、成熟を促進させる試験を行った。また、本年度は、肥満度を高めてから試験を開始した。

1. 方法

試験にはLHRH-aコレステロールペレット投与群(1,000 μ g/尾を投与)、LHRH-aオスミックポンプ投与群(200 および2,000 μ g/尾を投与) およびLHRH-a無投与群(コントロール)の4試験区を設けた。

(1) 供試魚と収容

供試魚には、天然養成3年魚(1991年5月定置網で漁獲)を40尾用い、1993年11月16日に海面小割生簀網(5×5×深さ5m)に10尾(うち雌5尾)ずつ収容し、LHRH-aを投与した。この時の平均体重および同尾叉長は、10.1 kg(8.0~12.2)、82.3cm(80.0~86.5)で、平均肥満度は18.0(15.8~19.3)であった。

(2) 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。

(3) 養成水温

養成水温は自然水温とした。試験期間中(1994年1月15日まで)の水温は22.3~16.3℃であった。

(4) 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。LHRH-aコレステロールペレット投与群では1尾当たり1,000 μ gを投与し、LHRH-aオスミックポンプ投与群では1尾当たり200 および2,000 μ gを投与した。

(5) 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日あるいは30日間隔で、卵巢卵の搾出と採血を行った。

2. 結果と考察

試験開始当初の成熟状況は表1に示すように、平均最大卵巢卵径は160 μ m以下で、生殖腺指数(GSI)も1.0以下と低かった。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16日は129~147 μ mで、終了時の1月15日でも150 μ m以下であった。

今回の試験では、12月あるいは1月中の採卵を目的に、LHRH-aをコレステロールペレット

およびオスミックポンプに封入して投与したが、成熟促進は認められなかった。昨年および本年度の結果より、LHRH-aのみを用いて1月以前の採卵は期待できないものと判断された

2. LHRH-a⁶ リマ-ペレットによる2月下旬の成熟産卵誘起

これまで長日処理および水温制御を行いつつ、LHRH-a⁶ コレステロール-ペレットを1月上旬に投与することにより、2月中旬での採卵は可能であったが、卵質的には問題が残された。この要因として、本ホルモンが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を⁶ リマ-ペレットに封入し、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-a⁶ リマ-ペレットを1尾当たり1mgを投与する区および無投与区(コントロール)の2試験区を設けた。いずれの試験でも長日処理および水温制御を行った。

(1) 供試魚と収容

供試魚には、天然養成3年魚(1991年月5定置網で漁獲)を26尾用い、1993年12月16日に海面小割生簀から陸上水槽2面(角型水槽、90 m³)に13尾(うち雌8尾)ずつ収容した。平均体重および同尾叉長は、それぞれ11.7 kg(10.9 ~ 12.0)、82.0cm(80.0 ~ 83.0)であった。

(2) ホルモン剤と投与量

LHRH-aにはdes Gly¹⁰-[D-Ala⁶]-LH-RH Ethylamide(シグマ社製)を用い、1994年2月18日に1尾当たり1mgを投与した。また、HCGは同3月1日に1尾当たり9,000IUを投与した。

(3) 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。

(4) 養成水温

養成水温は1月25日までは自然水温とし、その後16.0℃を維持させ、LHRH-aを投与後は17℃とし、HCG投与後は18.5℃とした(図1)。

(5) 成熟状況の調査

成熟状況を把握するため、陸揚げ日の12月1日、LHRH-aを投与した2月18日およびHCGを投与した3月1日に卵巣卵の搾出と採血を行った。

(6) 飼育水槽の管理

使用海水にはろ過海水(5~7m³/時間)を用いた。水槽上面は寒冷沙(遮光率85%)で覆った。

(7) 餌料組成と投餌方法

餌料には主にイカナゴを用い、この他にモイストペレット、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。試験開始時の平均最大卵巢卵径はいずれの区でも160 μm 以下であった。LHRH-a投与時(2月18日)の平均最大卵巢卵径は、両区とも530 μm 台で差は認められなかった。しかし、HCG投与時では、平均最大卵巢卵径は、LHRH-a α °リマ- α °レットレット投与区で646 μm (540~733)、コントロール区で589 μm (439~688)と、LHRH-a α °リマ- α °レットレット投与区の方が平均卵巢卵径は大きかった。

HCG投与後の産卵結果を表5、6に示した。産卵はLHRH-a α °リマ- α °レットレット投与区では3月3日より認められ3月14日の間に総採卵数718.1万粒、ふ化仔魚167.4万尾が得られた。一方、コントロールでは、3月4日より認められ3月14日の間に総採卵数1048.6万粒、ふ化仔魚80.7万尾が得られた。

今回の試験では長日処理、水温制御を行いながら2月中旬にLHRH-a α °リマ- α °レットレットを投与し、成熟を促進させ、HCGにより産卵を誘起させた。その結果、3月上旬に産卵が認められ、卵質も比較的良好であった。従って、LHRH-a α °リマ- α °レットレットは本種の早期採卵には有効なホルモンの投与方法と判断された。なお、今回、水温を16℃台にしたことも本種の成熟を促進させた要因として考えられる。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。

3. LHRH-a α °リマ- α °レットによる産卵試験

これまでLHRH-a α °リマ- α °レットを成熟したブリに投与し良好な採卵成績を示す試験例があった(平成4年度)。このため、成熟したブリへのLHRH-a α °リマ- α °レットによる産卵誘起効果を検討した。

1. 方法

試験にはLHRH-a α °リマ- α °レットおよびLHRH-aコレステロール- α °レットを1尾当たりそれぞれ0.8, 0.4mgを投与する区、HCGを1尾当たり7200IUを投与する区(コントロール)の5試験区を設けた。いずれの試験でも光刺激(6時間の長日処理)および水温制御を行った。

(1) 供試魚と収容

供試魚には、天然養成1年魚(1993年月5定置網で漁獲)を各区10尾(内雌5尾)用い、1994年4月28日に海面小割生簀から陸上水槽5面(角型水槽、90 m^3)に収容し、各ホルモン剤を投与した。平均体重および同尾叉長は、それぞれ8.7 kg(7.5~10.6)、75.0cm(73.0~80.0)であった。

(2) ホルモン剤

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

(3) 長日処理

光刺激（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。

(4) 産卵水温

産卵水温は18.5～19.0℃とした。

(5) 成熟状況の調査

成熟状況を把握するため、陸揚げ日の4月28日に卵巢卵の搾出を行った。

2. 結果と考察

各試験区ごとのホルモン投与時の平均最大卵巢卵径を表7に示した。平均最大卵巢卵径は710～900 μm と試験区間で差が見られた。

産卵結果を表8に示した。産卵はLHRH-aコレステロール- h° レットの0.4mg区では投与4日後、他の試験区では投与2日後より認められた。LHRH-aコレステロール- h° レットおよびLHRH-a h° リマ- h° レットの0.4mg区で僅かにふ化仔魚が得られたが、いずれも浮上卵率は低かった。

今回、HCG投与区では50時間後の同調産卵が認められず、卵質も悪かった。この要因として供試尾数に問題があったと思われる。今後、供試尾数を増やして、再試験する必要がある。

4. 電照刺激による採卵についての要素試験

産卵期におけるLHRH-a h° リマ- h° レットの投与効果試験では、供試尾数が少なかったことにより、明確な結果が得られなかったと推定された。そこで、電照刺激による採卵での供試尾数について検討した。また、HCGの親魚への注射部位についても検討した。

(1) 収容尾数と産卵量

1) 方法

試験には性比を1:1とし、収容尾数を10尾(雌5尾、雄5尾)、16尾(雌8尾、雄8尾)、22尾(雌11尾、雄11尾)とした区を設けた。供試魚には、天然養成1年魚(1993年月5定置網で漁獲)を48尾(内雌24尾)用い、1994年5月7日に海面小割生簀から陸上水槽3面(角型水槽、90 m^3)に収容し、HCGをを投与した。平均体重および同尾叉長は、それぞれ8.8 kg(7.8～10.7)、77.0cm(74.0～80.0)であった。

HCGは1尾当たり7200IUを投与した。いずれの試験区でも光刺激(6時間の長日処理)を行い、陸上水槽収容後、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。水温は18.5～19.0℃とした。

2) 結果および考察

雌1当たりの総採卵数は、収容尾数を10尾とした区では15.3万粒、16尾区では85.0万粒、22尾では101.8万粒であった。雌1当たりの受精卵数は、16尾区では47.8万粒(受精率96.0%)、22尾では56.1万粒(受精率93.1%)で、10尾区では全

く受精卵は得られなかった。また、10尾区では同調産卵は観察されず、ホルモン投与から産卵までの時間が68時間（他の2区は56～60時間以内で観察）経過して産卵が見られた。この結果、本法による採卵では、供試尾数も採卵結果に影響し、少なくとも10尾以上の尾数が必要と考えられた（表9）。

（2）HCGの注射部位

1) 方法

供試魚には、天然養成3年魚（1991年月5 定置網で漁獲）を30尾（内雌20尾）用い、1994年4月21日に海面小割生簀から陸上水槽2面（角型水槽、90 m³）に収容し、HCGを躯幹部筋肉および腹腔内に1尾当たり10,000IUを投与した。平均体重および同尾叉長は、それぞれ12.0kg(9.6～14.4)、81.0cm(74.0～86.0)であった。

いずれの試験区でも光刺激（6時間の長日処理）を行い、陸上水槽収容後、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。水温は18.7～19.2℃であった。

2) 結果および考察

雌1当たりの総採卵数は、注射部位を躯幹部筋肉とした区では95.6万粒、腹腔内区では38.0万粒であった。雌1当たりの受精卵数は、躯幹部筋肉区では23.1万粒、腹腔内区では2.6万粒であった。この結果、本法による採卵では、躯幹部筋肉へのHCGの注射が良いと判断された（表10）。

4.要約

- （1）本年度は、非産卵期における採卵試験および電照刺激による産卵試験を行った。
- （2）LHRH-aによる12月下旬における成熟促進では、LHRH-aコレステロール^oレットおよびLHRH-aオスミックポンプを投与したが、成熟促進は認められなかった。
- （3）3月上旬での採卵試験ではLHRH-a^oリマ^oレットを2月下旬に投与し、3月上旬に産卵が認められ、卵質も比較的良好であった。従って、LHRH-a^oリマ^oレットは本種の早期採卵には有効なホルモンであることを確認した。
- （4）通常の産卵期でのLHRH-a^oリマ^oレットによる産卵試験では、供試尾数が少なかったため、採卵量および卵質が悪かったと判断された。
- （5）電照刺激による採卵では供試尾数も採卵結果に影響し、少なくとも10尾以上の尾数が必要と考えられた。
- （6）HCGの注射部位は躯幹部筋肉への注射が良いと判断された。

表1 12月中旬における成熟促進試験における試験開始時の雌の成熟状況

個体番号	B.W (g)	T.L (cm)	F.L (cm)	B.L (cm)	Gonad C.F	Weight (g)	Liver GSI	Weight (g)	Oocyte diameter (μ m)
1 (5-1)	9900	89.0	80.0	74.0	19.3	58.0	0.59	109.0	137 (114~148)
2 (5-2)	11800	94.0	85.0	80.0	19.2	72.0	0.61	152.0	152 (114~173)
3 (5-3)	8700	91.0	82.0	76.0	15.8	65.0	0.75	150.0	133 (104~149)
4 (5-4)	12200	97.0	86.5	82.0	18.9	73.0	0.60	127.0	146 (112~159)
5 (5-5)	8000	87.0	78.0	74.0	16.7	47.0	0.59	63.0	138 (115~176)
Average	10120	91.6	82.3	77.2	18.0	63.0	0.60	120.2	141 (133~152)

表2 LHRH-a オスミックポンプ、LHRH-aコレステロールベレット およびコントロールにおける平均卵巣卵径の変化

試験区	個体番号	Oocyte diameter (μ m)			
		Nov., 16	Nov., 30	Dec., 15	Jan., 15
オスミックポンプ 200 μ g LHRH-a /尾	1 (1-1)	139 (115~176)	146 (120~193)	142 (119~159)	124 (68~173)
	2 (1-4)	132 (119~152)	156 (123~198)	153 (126~184)	132 (64~184)
	3 (1-8)	135 (103~158)	148 (123~179)	154 (116~178)	138 (92~192)
	4 (1-9)	139 (112~159)	143 (120~189)	132 (84~169)	143 (77~196)
	5 (1-10)	135 (112~159)	138 (121~163)	163 (145~189)	ND
オスミックポンプ 2000 μ g LHRH-a /尾	1 (2-1)	139 (128~154)	142 (116~167)	160 (126~206)	ND
	2 (2-2)	141 (119~196)	ND	ND	ND
	3 (2-3)	139 (95~181)	158 (137~187)	149 (128~174)	148 (91~199)
	4 (2-4)	135 (114~148)	152 (126~180)	151 (136~182)	132 (76~180)
	5 (2-5)	134 (122~161)	150 (116~176)	151 (118~184)	137 (78~196)
コレステロールベレット 1000 μ g LHRH-a /尾	1 (3-6)	138 (111~162)	ND	ND	ND
	2 (3-7)	144 (124~188)	165 (145~213)	154 (122~192)	129 (81~166)
	3 (3-9)	147 (127~162)	151 (128~172)	136 (97~202)	123 (71~166)
	4 (3-10)	147 (124~158)	161 (126~181)	157 (117~216)	138 (112~183)
コントロール	1 (4-1)	120 (100~142)	152 (115~192)	155 (124~183)	121 (70~197)
	2 (4-2)	137 (125~144)	ND	ND	136 (61~206)
	3 (4-4)	129 (102~148)	148 (109~175)	151 (113~175)	125 (51~175)
	4 (4-5)	131 (113~146)	154 (133~191)	145 (98~178)	136 (69~259)
	5 (4-7)	131 (114~154)	172 (158~185)	154 (120~193)	116 (71~175)

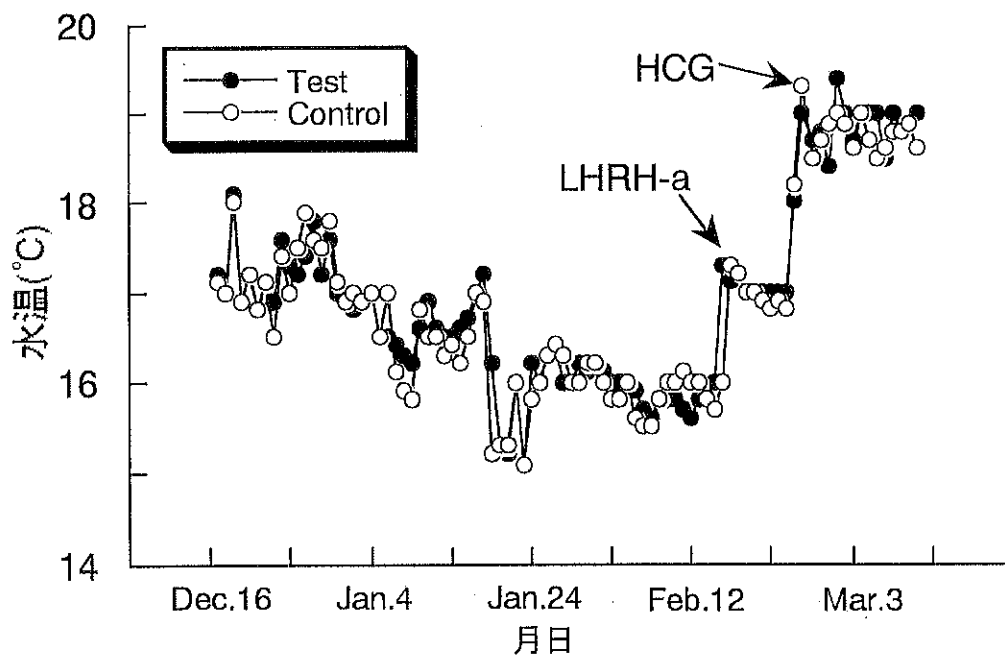


図1 水温経過

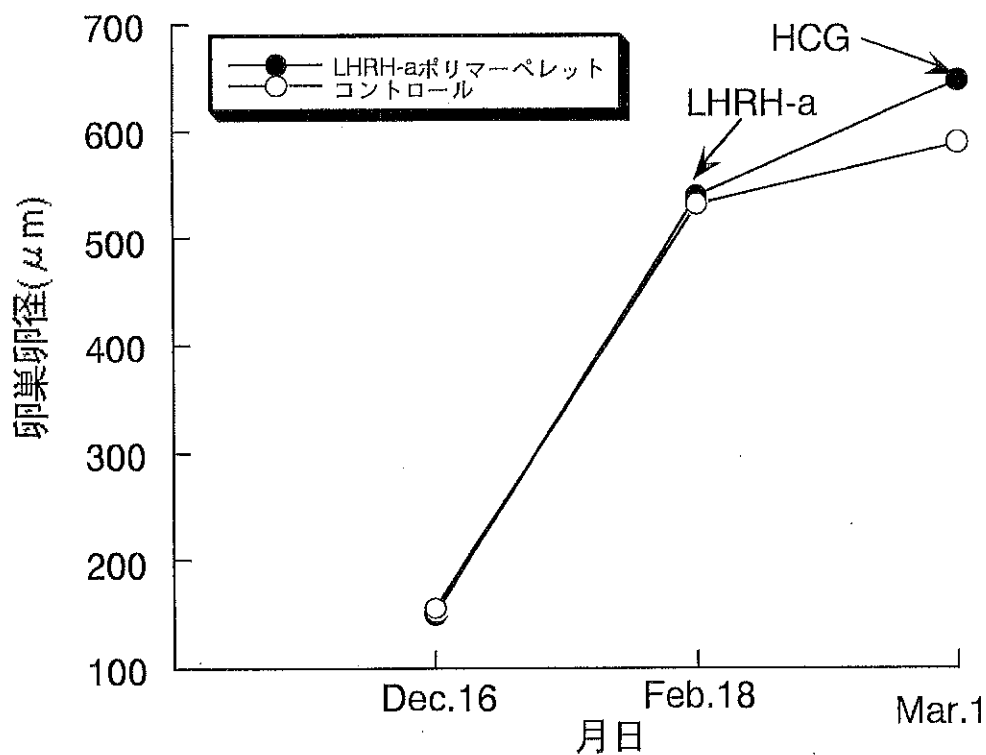


図2 卵巢卵径の変化

表3 2月中における産卵試験の概要

試験区	試験期間 産卵期間	水槽		親魚 区分	供試 尾数 (♀)	供試魚の大きさ		総採卵数 浮上卵数 受精卵数	ふ化仔魚数 (万尾)
		容量 (m ³)	個数			尾叉長 (cm)	体重 (kg)		
LHRH-a ポリマーベレット	H.5.12.16 ~3.14 H.6.3.3 ~3.14	90	1	天然 養成 3年魚	13 (8)	82.0	11.7	718.1 348.6 226.9	167.4
コントロール	H.5.12.16 ~3.14 H.6.3.4 ~3.14	90	1	天然 養成 3年魚	13 (8)	82.0	11.7	1048.6 212.8 147.9	80.7

表4 LHRH-aポリマーベレット投与後のブリの平均卵巣卵径 (μm) の変化 (五島事業場)

試験区	個体 番号	平均卵巣卵径 (μm)					
		陸揚げ日 12.16	LHRH-a挿入時 2.18	HCG 注射時 3.1			
LHRH-a ポリマーベレット 区	1	145 (125~168)	631 (524~784)	664 (556~796)			
	2	143 (131~177)	498 (442~571)	563 (487~706)			
	3	157 (120~201)	537 (455~606)	689 (647~786)			
	4	149 (112~198)	474 (409~597)	609 (518~699)			
	5	155 (123~195)	576 (499~682)	728 (647~799)			
	6	152 (128~181)	419 (380~464)	540 (427~681)			
	7	163 (121~193)	671 (604~792)	733 (631~799)			
	8	146 (120~199)	506 (489~521)	642 (492~744)			
	平均	151 (143~163)	539 (419~671)	646 (540~733)			
コントロール	1	152 (110~184)	582 (516~648)	635 (521~781)			
	2	150 (117~216)	670 (543~775)	688 (559~791)			
	3	153 (123~177)	540 (472~632)	590 (490~699)			
	4	153 (122~179)	581 (498~642)	650 (547~767)			
	5	154 (123~214)	513 (454~614)	601 (470~669)			
	6	159 (116~186)	429 (409~624)	439 (312~622)			
	7	158 (143~183)	432 (316~543)	462 (313~695)			
	8	160 (135~189)	512 (500~589)	649 (493~777)			
	平均	155 (150~160)	532 (429~670)	589 (439~688)			

表5 LHRH-a 処理グループの産卵経過

産卵月日	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)	浮上卵率 (%)	受精率 (%)	ふ化率 (%)	平均卵径 (μm)	平均油球径 (μm)
3.3	130.0	112.0	107.5	88.0	86.2	96.0	81.9	1248	320
4	114.8	72.1	21.6	16.2	62.8	30.0	75.0	-	-
5	54.0	26.6	8.0	4.8	49.3	30.1	60.0	1213	321
6	86.8	15.4	13.6	10.6	17.7	88.3	77.9	1189	316
7	82.6	70.0	42.0	29.9	84.7	60.0	71.2	-	-
8	63.0	15.4	9.2	5.9	24.4	59.7	64.1	1206	316
9	65.8	15.4	12.3	6.8	23.4	79.9	55.3	1189	318
10	49.0	2.8	1.4	0	5.7	50.0	0.0	-	-
11	66.5	18.9	11.3	5.2	28.4	59.8	46.0	1198	319
12	0	0	0	0	0.0	0.0	0.0	-	-
13	0	0	0	0	0.0	0.0	0.0	-	-
14	5.6	0	0	0	0.0	0.0	0.0	1195	318
合計	718.1	348.6	226.9	167.4	48.5	65.1	73.8		

表6 コントロール区の産卵経過

産卵月日	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)	浮上卵率 (%)	受精率 (%)	ふ化率 (%)	平均卵径 (μm)	平均油球径 (μm)
3.3	0	0	0	0	0.0	0.0	0.0	-	-
4	106.4	93.8	65.6	42.6	88.2	69.9	64.9	1233	321
5	21.0	14.0	11.5	8.2	66.7	82.1	71.3	1221	312
6	63.0	23.1	16.2	6.9	36.7	70.1	42.6	-	-
7	105.0	2.8	2.0	0	2.7	71.4	0.0	1196	310
8	109.2	12.6	8.2	4.3	11.5	65.1	52.4	-	-
9	149.8	11.2	8.1	2.9	7.5	72.3	35.8	1205	302
10	252.7	2.8	0	0	1.1	0.0	0.0	-	-
11	114.8	45.5	31.0	13.6	39.6	68.1	43.9	-	-
12	110.6	7.0	5.3	2.2	6.3	75.7	41.5	1198	300
13	16.1	0	0	0	0.0	0.0	0.0	-	-
14	0	0	0	0	0.0	0.0	0.0	-	-
合計	1048.6	212.8	147.9	80.7	20.3	69.5	54.6		

表7 LHRH-a投与時の平均卵巢卵経

試験区	濃度 (/尾)	供試親魚	体重 (kg) 尾叉長 (cm)	平均卵巢卵経 (μ m)
HCG	7200IU	天1	8.7 (7.5~10.6)	710(680~750)
LHRH-a (Co)	0.8mg	各10尾	75 (73~80)	880(700~1110)
	0.4mg	(各雌5尾)		740(710~920)
LHRH-a (Po)	0.8mg			720(690~740)
	0.4mg			900(720~1150)

表8 LHRH-aによる産卵量およびふ化仔魚数

試験区	濃度	産卵期間	総採卵数	受精卵数	浮上卵率	ふ化率
			浮上卵数 (万粒)	ふ化仔魚数 (万粒・万尾)	受精率 (%)	
HCG	7200IU	4.30~5.2	289.8	1.9	1.9	0.0
			5.6	0.0	33.9	
LHRH-a	0.8mg	4.30~5.2	271.6	21.1	21.1	0.0
(Co)			67.2	0.0	31.4	
	0.4mg	5.2~5.6	610.8	95.9	17.5	37.6
			106.8	36.0	89.8	
LHRH-a	0.8mg	4.30~5.2	107.9	1.8	1.8	0.0
(Po)			6.3	0.0	28.5	
	0.4mg	4.30~5.2	225.8	19.2	19.2	15.0
			34.3	15.0	56.0	

表9. ブリの供試尾数と採卵結果

親魚群 供試尾数 (雌:雄)	採卵期間	総採卵数 浮上卵数 (万粒)	供試卵数 受精卵数 (万粒)	浮上卵率 ふ化仔魚数 万粒・万尾 (%)	受精率 ふ化率 (%)	雌1尾の採卵数 雌1尾の受精卵数 (万粒)
天1 10 (5:5)	5.7~5.9	76.7 0.0	0.0 0	0 0	0 0	15.3 0
天1 16 (8:8)	5.5~5.9	679.7 398.3	382.3 102.3	146.2 96.0	58.6 70.0	85.0 47.8
天1 22 (11:11)	5.5~5.9	1119.3 663.6	617.6 143.7	220.0 93.0	59.3 65.3	101.8 56.1

表10 HCGの注射部位と採卵結果

親魚群	供試尾数 (雌:雄)	採卵 期間	尾叉長 (cm)	体重 (kg)	総採卵数 (万粒) 浮上卵数 (万粒) 受精卵数 (万粒)	供試卵数 (万粒) ふ化仔魚数 (万尾)	浮上卵率 (%) 受精卵率 (%) ふ化率 (%)
天3 筋肉	15 (10:5)	4.21~ 4.25	81.0 74~ 86.0	12.0 9.6~ 14.4	955.8 274.2 231.2	216.2 150.3	28.7 84.3 69.5
天3 腹腔	15 (10:5)	4.22~ 4.25	81.0 74~ 86.0	12.0 9.6~ 14.4	380.4 39.5 26.2	18.0 6.9	10.4 66.3 38.3

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ヶ月程度早くなるが、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（平成5年度）。このため、本年度は長日処理における卵巣卵の成熟状況を調査した。また、ホルモン注射による水槽内産卵手法での供試魚の年齢および尾数について検討した。

1. 長日処理下における卵巣卵の成熟経過

(1) 材料と方法

1) 供試魚と収容

長日処理区および自然日長区の2試験区を設けた。供試魚には、天然3年養成魚を10尾ずつ（内雌5尾）を用い、平成6年3月24日にそれぞれ屋内角型水槽（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13.1kg（11.0～14.9）、93.1cm（86.5～99.5）であった。

2) 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。

3) 養成水温

水温は、当初17℃台とし、その後昇温させ3月下旬までには20℃台とし、以降この水温を維持した。

4) 成熟状況の調査

卵巣卵の成熟状況を3月24日、4月15日、4月26日、5月11日および6月2日に調査した（表1）。

(2) 結果と考察

試験開始当初の成熟状況は表1に示すように、平均最大卵巣卵径は350 μm以下で、卵黄形成以前の成熟段階であった。各試験区ごとの平均最大卵巣卵径の変化を図1に示した。平均最大卵巣卵径は長日処理開始後約1カ月後の4月26日では、試験区725 μm（530～938）、対照区631 μm（369～930）で、明らかに試験区の方が成熟は促進された。しかし、5月11日では試験区677 μm（451～982）、対照区692 μm（444～909）となり、試験区では退行変性卵が出現した。また、試験終了時の6月2日で対照区でも584 μm（329～842）となり、退行変性卵が出現した。

産卵結果を表2示した。産卵は対照区のみ5月19日から5月28日の間に4回認められ、総採卵数145万粒、受精卵数69万粒が得られた。

今回の試験では、長日処理化の卵巣卵の成熟経過を調査し、長日処理における卵巣卵の成熟促進効果は認められたが、退行卵の出現は自然日長と比較すると早く出現した。そして、長日処理区では産卵も見られなかった。

このようなことより、本種では長日処理の効果はブリほど期待できないと判断された。しかし、今回の試験では、試験開始時期の問題が残されており、今後、

長日処理の開始時期の検討が必要である。

2. 親魚の年齢と産卵量

採卵でどのような年齢の魚を用いるかは重要である。このため、異なる年齢群を用いて採卵量を比較した。

(1) 材料と方法

1) 供試魚と収容

供試魚には、天然5年養成魚および天然2年養成魚を18尾ずつ（内雌13尾）用い、平成6年5月15日にそれぞれ屋内角型水槽（90m³）に収容した。収容時の平均体重および平均尾叉長は、天然5年養成魚では15.3kg（13.3～17.6）、99.0cm（94～102）、天然2年養成魚では5.5kg（4.6～7.4）、70.0cm（66～77）であった。

2) 養成水温

水温は、水槽収容後20℃台とし、以降この水温を維持した。

(2) 結果と考察

産卵結果を表3示した。産卵はいずれの試験区でも5月17日から認められ、試験期間中（5月30日）に天然5年養成魚では総採卵数1056万粒、受精卵数773万粒が、天然2年養成魚では総採卵数782万粒、受精卵数653万粒が得られた。雌1尾当たりの受精卵数は天然5年養成魚で59万粒、天然2年養成魚で50万粒と大差はなかった。総採卵数からの受精率は前者で73.2%、後者では83.5%と天然2年養成魚の方が良かった。

今回の試験では、天然5年養成魚と天然2年養成魚を用いて産卵結果を比較したが、若年齢魚の方が卵質は勝っていた。今後、さらに年齢を違えた試験が必要である。

3. 供試尾数と産卵量

(1) 材料と方法

1) 供試魚と収容

供試魚には、天然3年養成魚を30尾用い、平成6年5月9日に屋内角型水槽（90m³）2面に10尾（内雌5尾）および20尾（内雌10尾）を収容した。収容時の平均体重および平均尾叉長は9.5kg（8.9～10.2）、82.0cm（77～87）であった。

2) 養成水温

水温は、水槽収容後20℃台とし、以降この水温を維持した。

(2) 結果と考察

産卵結果を表4に示した。産卵は10尾収容した区では5月12日、20尾区では同11日から認められ、試験期間中（5月30日）までに10尾区では総採卵数204万粒、受精卵数129万粒が、20尾区では総採卵数340万粒、受精卵数242万粒が得られた。雌1尾当たりの採卵数は前者で41万粒、後者34万粒と20尾区の方が少なかった。

今回の試験では、20尾区の方が採卵量が少なく、産卵に供試尾数が何らかの影響している可能性が示唆されたが、供試魚の大きさとの関係もあり、今後、さらに

検討が必要である。

4.要約

- (1) 長日処理における卵巣卵の成熟状況，ホルモン注射による水槽内産卵手法での供試魚の年齢および供試尾数について検討した。
- (2) 長日処理区では退行卵の出現が早く，産卵も見られなかったことより，本種では長日処理の効果はブリほど期待できないと判断された。
- (3) 天然5年養成魚と天然2年養成魚を用いて産卵結果を比較した結果，天然2年養成魚の方が卵質は勝っていた。
- (4) 供試尾数を20尾とした区では採卵量が少なく，産卵に供試尾数が何らかの影響している可能性が示唆された。

表1 ヒラマサの長日処理効果

平均卵巢卵径 (μm)						
試験区	親魚番号	3月24日	4月15日	4月26日	5月11日	6月2日
電照区 天3 13.1kg 11.0-14.9 93.1cm 86.5-99.5	1	227(186-285)	400(339-493)	631(530-752)	560(451-617)	180(152-227)
	2	328(263-398)	515(337-692)	738(601-862)	620(548-706)	516(393-656)
	3	236(176-281)	517(390-692)			305(212-559)
	4	182(126-239)	514(401-635)	792(670-938)	769(700-982)	491(425-606)
	5	213(169-276)		738(622-857)	758(679-821)	
	平均	237(126-398)	486(337-692)	725(530-938)	677(451-982)	373(152-606)
コントロール	1	258(187-312)	485(367-654)	695(559-839)	759(676-836)	506(329-726)
	2	209(170-274)	448(378-599)	444(369-558)	529(444-659)	621(485-842)
	3	196(156-242)	414(348-471)	490(348-591)	650(482-763)	698(488-817)
	4	251(199-312)	503(382-664)	693(520-799)	745(538-884)	535(414-659)
	5	287(233-387)	481(361-565)	730(624-827)		620(437-771)
	6		462(353-615)	733(601-930)	779(606-909)	527(376-718)
	平均	240(156-387)	465(348-664)	631(369-930)	692(444-909)	584(329-842)

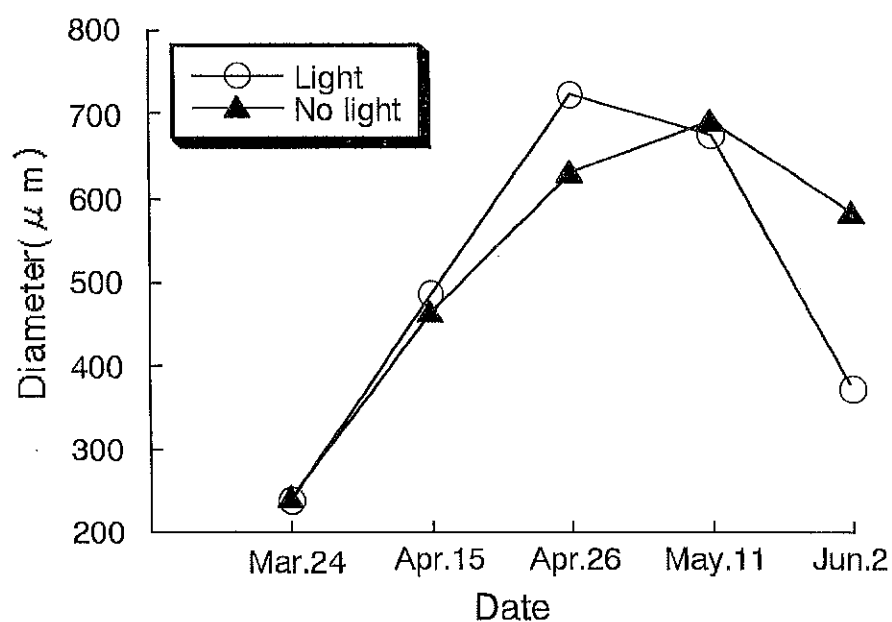


図1 ヒラマサの長日処理における卵巣卵径の変化

表2 ヒラマサの長日処理効果試験での採卵量

試験区	供試尾数 (雌)	採卵 期間	総採卵数		受精卵数		浮上卵率	
			採卵 (万粒)	浮上卵数 (万粒)	ふ化仔魚数 (万尾)	受精率 (%)	ふ化率 (%)	受精率 (%)
長日処理	10	-	-	-	-	-	-	-
試験区	5	-	-	-	-	-	-	-
自然日長	10	5.19～	145.0	69.0	69.0	47.6	36.2	
対照区	5	5.28	69.0	25.0	25.0	100.0		

表3 供仔魚の年齢と産卵量

親魚群	採卵 期間	採卵 の 方法	総採 卵数 (万粒)	浮上 卵数 (万粒)	受精 卵数 (万粒)	供試 卵数 (万粒)	ふ化 仔魚数 (万尾)
天5	5.17 ~5.30	自 (ホ)	1056.0	819.5	772.8	115.0	107.0
天2	5.17 ~5.30	自 (ホ)	782.0	663.0	653.1	311.0	246.3

表4 供試尾数と採卵量

親魚群	供試尾数 (雌:雄)	採卵期間	総採 卵数 (万粒)	浮上 卵数 (万粒)	受精 卵数 (万粒)	供試 卵数 (万粒)	ふ化 仔魚数 (万尾)
天3	10 (5:5)	5.12~5.20	204.0	132.0	128.8	32.4	7.0
天3	20 (10:10)	5.11~5.24	340.0	244.0	242.3	54.0	41.3

1-4. シマアジの親魚養成と採卵

有元 操

本年度は昨年同様にシマアジのウイルス性神経壊死症（以下VNNと称す）の防除対策として、成熟親魚の生殖腺からPCR（ポリメラーゼ連鎖反応）法で陰性と診断された親魚群を用い、親魚選別の有効性について検討した。

1. 材料と方法

(1) 供試魚と収容

平成5年11月10日に成熟親魚の生殖腺の組織を搾出し、PCR陰性と診断された4親魚群（人工13歳魚、10尾（平均体重4.1 kg）、人工10歳魚、7尾（平均体重3.3 kg）、天然10歳魚、8尾（平均体重3.3 kg、長日処理区）、天然10歳魚、9尾（同、自然日長区））を平成5年11月17日に屋内角型水槽(90 m³)にそれぞれ収容した。

(2) 長日処理と水温

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。なお、天然10歳魚群では、長日処理の効果を検討するため、対照区として自然日長区を設けた。

2. 結果と考察

試験結果について表1に示した。いずれの群でも11月下旬あるいは12月中旬より自然産卵が認められ、総採卵数7,930万粒、ふ化仔魚853万尾（供試卵数971万粒）を得た。

自然日長とした天然10歳魚群では、試験期間中に多くの退行変性卵を持つ個体が出現し、産卵量が248万粒と長日処理区（518万粒）と比較して少なかった。従って、長日処理は卵巣卵の順調な発達に必要な手段と判断された。

本年度はいずれの親魚群から得られた仔魚の飼育においてもVNNの発生が認められ、PCR陰性親魚から得られた受精卵でも、一部、SJNNV感染卵が含まれていると判断された。今後、さらにPCR法におけるウイルス検出感度の向上が必要と考えられた。

なお、親魚養成と関連する項目について種苗生産環境浄化システムの章（シマアジのVNN症）で詳細に報告する。

表1 シマアジの採卵結果

親魚群	供試尾数 (雌:雄)	採卵期間	水槽		尾叉長 (cm)	体重 (kg)	採卵 の方法	総採 卵数 (万粒)	浮上 卵数 (万粒)	受精 卵数 (万粒)	供試 卵数 (万粒)	ふ化 仔魚数 (万尾)
			容量 (m ³)	個数								
人I13	10 (8:2)	11.23~5.15	80	1	56.0 53~58	4.1 3.5~4.6	自 電, ホ)	3592.5	2215.0	1724.9	425.6	392.8
人II10	7 (4:3)	12.15~4.13	80	1	53.0 50~56	3.3 2.8~3.8	自 電, ホ)	3573.0	2805.0	2548.0	396.2	326.3
天10	8 (4:4)	12.15~2.16	80	1	53.0 50~54	3.3 2.3~3.9	自 電, ホ)	517.6	402.3	386.3	92.6	84.6
天10	9	12.15~3.14	80	1	53.0 50~54	3.3 2.3~3.9	自 電, ホ)	247.6	186.0	169.8	56.4	49.6
合計								7930.0	5608.0	4829.0	970.8	853.3

1-5. クエの親魚養成と採卵試験

有元 操

本種の自然産卵では、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ている。このため、人工授精による採卵試験を行った。また、自然産卵試験も併せて行った。

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。このため、雌雄比を2尾：1尾とし産卵試験を行った。

(1) 材料および方法

供試親魚は、天然養成6～11年魚（体重6.3～15.4kg）を用い、5月27日に海面小割生簀から陸上水槽（90m³）に収容した。水温は収容後の19℃台から、一週間で25℃まで昇温した。

(2) 結果および考察

試験期間中（6月29日まで）に産卵はわずか（400粒）認められたが、全て未受精卵であった（表1）。また、例年同様に試験終了時の雌には多くの過熟卵が出現した。

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推定された（平成4年）。しかし、今回の試験では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い。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

(1) 材料および方法

供試魚には、天然養成6～11年魚を用い、雌3尾（体重6.1～7.3 kg）、雄3尾（体重16.0～19.6kg）を用いた。

供試魚は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、注射後48時間後と54時間後に採卵した。水温は22℃台とした。なお、人工受精は5月30日、6月10日および6月16日の3回行い、初回の人工受精（5月30日）のみ海面小割生簀で行った。この時の水温は18.2～19.3℃であった。

(2) 結果および考察

採卵結果を表2に示した。全ての個体より採卵でき総採卵数159万粒、ふ化仔魚40万尾が得られた。初回の人工受精（5月30日）は54時間に搾取したが、採卵数が18万粒と少なかった。

この結果、本種の採卵ではホルモン注射後の水温管理も重要であると考えられ、今後、さらに採卵に影響する諸要因について検討が必要である。

3. 要約

- (1) 本年度は人工受精による採卵および自然産卵による採卵試験を行った。
- (2) 雌雄比を2尾：1尾とし自然産卵試験を行ったが、受精卵は得られなかった。
- (3) 人工授精による採卵試験では、総採卵数159万粒、ふ化仔魚40万尾が得られた。
- (4) 本種の採卵ではホルモン注射後の水温管理も重要と考えられた。

表1 クエの自然産卵結果

親魚群 (雌:雄)	供試尾数	採卵期間	水槽		全長 (cm)	体重 (kg)	採卵 の方法	総採 卵数	浮上 卵数	受精 卵数	供試 卵数
			容量 (m ³)	個数							
天6～	3	5.27～	80	1	♂792	15.4	自	+	0.0	0.0	0.0
天11	(2:1)	6.29			♀80	10.4	(加)				
					♀70	6.3					

表2 クエの人工受精結果

親魚群 (雌:雄)	供試尾数	採卵期間	水槽		全長 (cm)	体重 (kg)	採卵 の方法	総採 卵数	浮上 卵数	受精 卵数	供試 卵数	ふ化 仔魚数
			容量 (m ³)	個数								
天6～	2	5.28～	48	1	♂102	19.6	人工	18.0	6.0	5.9	5.9	4.9
天11	(1:1)	5.30	海面生簀		♀74	7.3	(ホ)					
天6～	2	6.8～	80	1	♂96.5	16.7	人工	99.0	64.0	41.3	41.3	25.0
天11	(1:1)	6.10			♀76	7.0	(加, ホ)					
天6～	2	6.14～	80	1	♂93	16.0	人工	42.0	42.0	30.2	30.2	10.0
天11	(1:1)	6.16			♀75	6.1	(加, ホ)					
合計								159.0	112.0	77.4	77.4	39.9

I - 6 ふ化仔魚の活力試験

崎山 一孝

1. 目的

ブリ受精卵とふ化仔魚の発生に伴う体成分の変化を明らかにするとともに、その変化の親魚による違い、SAIとの関係を調査することを目的とした。

2. 方法

産卵親魚には天然養成 1 年魚を使用し、人工受精により 5 個体の親魚から受精卵を得、実験に使用した（以下、親魚 1, 3, 5, 6, 7 とする。）。また、採卵した親魚からの採血も行った。受精卵はそれぞれ 1 m³ のふ化水槽に収容し、定期的に受精卵およびふ化仔魚のサンプリングと卵径、油球径を測定した。サンプルは -80 °C で凍結保存した。

SAI の調査は 500 ml のビーカーにふ化仔魚を 30 尾収容したものを 2 区づつ設け、20°C に設定した恒温水槽内で行った。

体成分は中性脂質、タンパク質、酸性フォスファターゼ活性、アルカリ性フォスファターゼ活性について分析した。親魚の血液については中性脂質のみ分析した。

3. 結果

(1) 各測定項目の経時的変化

卵：卵体積は親魚による差がみられ、親魚 1 の受精卵が最も大きく、親魚 7 の受精卵が最も小さかった（表 1）。卵体積の変動係数は親魚 1, 3, 5, 6 は 14.1~14.8 で大きな差はなかったが、親魚 7 の卵は 7.5 と個体差が小さかった。どの受精卵も大きさに経時的変化は見られず一定であった。

油球：油球体積も卵体積と同様に受精卵による差がみられ、親魚 1

の油球が最も大きく，親魚 7 の油球が最も小さかった（表 1）。油球の大きさには経時的变化がみられ，ふ化直前の受精後 52 時間目以降どの受精卵の油球も小さくなる傾向を示し，ふ化直後の油球体積は受精直後の体積の 64～75% に減少し，受精後 148 時間後の油球体積は受精直後の 9～19% に減少した（図 1）。

SAI：ふ化仔魚の SAI には親魚群による違いがみられ，親魚 1 のふ化仔魚の SAI が 28.5 と最も高く親魚番号 7 のふ化仔魚の SAI が 19.8 と最も低かった。親魚 1,5,6 のふ化仔魚の SAI はほぼ同じであった。

中性脂質量：どの受精卵も受精後減少する傾向を示し，ふ化直後の中性脂質量は受精直後の 39～60% になり，受精後 148 時間目のふ化仔魚の中性脂質量は受精直後の 16～22% に減少した（図 1）。

受精直後の中性脂質量は親魚群による違いがみられ，親魚 1 の受精卵が $28.4\mu\text{g}$ と最も多く，親魚 7 の受精卵が $17.0\mu\text{g}$ と最も少なかった（表 2）。親魚 3,5,6 の中性脂質量はほぼ同じであった。
総タンパク質量：どの受精卵も受精後増加する傾向を示し（図 1），受精直後の総タンパク質量は親魚 7 が $17.4\mu\text{g}$ と少なかったが，そのほかの受精卵は $22.8\sim 24.6\mu\text{g}$ であった（表 2）。その後，ふ化直後の受精後 76 時間目には $28.7\sim 40.9\mu\text{g}$ となった。

総タンパク質量の増加量はふ化仔魚群により異なり，親魚 7 から得られた受精卵が最も増加量が多く，親魚 3 から得られた受精卵が最も増加量が少なかった（表 4）。

酸性フォスファターゼ活性：受精直後の活性は 100～200 であったが，ふ化直前の受精後 52 時間目に 100 に低下した（図 1）。その後，活性は急激に高まり，受精後 時間目には 300～400 になった。

アルカリ性フォスファターゼ活性：ふ化直前の受精後 52 時間目まで活性は低かったが，酸性フォスファターゼ活性と同様にその後，活性が高まった（図 1）。ふ化直後の受精後 76 時間目の活性は 40～60 であり，受精後 148 時間目には約 100 になった。

中性脂質量と総タンパク質量は受精直後から徐々に変化した。酸

性フォスファターゼ'，アルカリ性フォスファターゼ'活性は，ふ化直前から高まる傾向が見られ，また，油球径はその時点から小さくなる傾向を示し，その時期は受精卵が沈降する時期と一致した。

各測定項目とも経時的变化は親魚による違いは見られず，似た傾向を示した。しかし，卵およびふ化仔魚の中性脂質含量とタンパク質含量には親魚による違いがみられ，また，その変化量にも違いがみられた。

(2)油球と中性脂質量，タンパク質量の変化

中性脂質量は経時的に減少し，タンパク質量は経時的に増加する傾向が見られた。また，油球の体積はふ化直前から小さくなる傾向が見られ，それらの変化量と変化の割合は産卵群により異なった

(表 3,4)。最も油球が大きかった親魚 1 の受精卵はふ化までの減少量が他の受精卵に比べ少なかったが，ふ化後の減少量は多かった。また，卵黄の減少量も他の受精卵に比べ少なく他の親魚群の仔魚に比べふ化後のエネルギー消費量が少ない傾向にあった。最も油球が小さかった親魚 7 の受精卵はふ化前，ふ化後とも比較的油球の減少量は大きかったが，卵黄の減少量は小さかった。

受精からふ化するまでの中性脂質の消費量は卵径が最も小さく S A I も低かった親魚 7 の受精卵が最も少なかったが，タンパク質の増加量は $19.8 \mu\text{g}$ と最も多く，増加率も 113.7% と最も高かった。これとは対象的に親魚 3 と親魚 5 の受精卵は中性脂質の消費量は $12.6 \mu\text{g}$ ， $13.9 \mu\text{g}$ と多かったが，タンパク質の増加量は $5.2 \mu\text{g}$ ， $7.8 \mu\text{g}$ と少なかった。

(3)受精卵と油球の大きさのばらつき

同一親魚から得られたにも関わらず，受精卵の卵径，油球径に個体差が見られ，受精卵体積の変動係数は $7.5 \sim 14.8\%$ ，油球径の変動係数は $7.3 \sim 13.6\%$ であった。ふ化直前の受精後 52 時間後まで油球径の変動係数に大きな変化はなかったが，その後，油球径が小

さくなるとともに変動係数が大きくなる傾向が見られた（図 2）。同一親魚から得られた受精卵でも大きさにばらつきがあり体成分量に差が見られたこと、発生が進むにつれ油球のばらつきが大きくなったことから、同一親魚から得られた受精卵やふ化仔魚でも卵質や活力に個体差があり、その差は経時的に増大する可能性が示唆された。

(4) S A I と中性脂質量の関係

S A I は親魚による違いが見られ、親魚 1 のふ化仔魚が最も高く、親魚 7 のふ化仔魚が最も低かった（表 1）。また、受精卵中の中性脂質量が多いものほどふ化仔魚の S A I が高い傾向にあり、また、親魚の血液中の中性脂質量が多い親魚から得られた受精卵ほど中性脂質量が多くなる傾向が見られた。これらのことから、中性脂質量の多い親魚ほど中性脂質の多い受精卵を産出し、ふ化仔魚の S A I が高くなるものと推察された。

(5) 卵期、前期仔魚期の発育

卵期、前期仔魚期は内部栄養をエネルギー源や体構成成分として利用する。今回の実験でも受精後、中性脂質が減少しタンパク質量が増加したことから中性脂質がエネルギー源として利用され、タンパク質が体構成成分として作られたことが明らかになった。一方、酸性フォスファターゼとアルカリ性フォスファターゼ活性はふ化直前から高まる傾向を示したことから、この時期から発育が急激に進むことが推察された。

油球、中性脂質、タンパク質の減少量および増加量は親魚群により異なり、産卵群により卵質が異なり、成長や発育に差があることが推察された。しかし、今回行った体成分分析は数 10～数 100 個体の卵や仔魚を 1 サンプルとして扱ったものであり、個々の体成分については不明である。同一親魚から得られたにも関わらず、卵と油球の大きさや、その変化に個体差が見られたことから、同一親魚

から得られた卵やふ化仔魚でも体成分に個体差がみられ，成長や発育も個体により異なるものと思われる．卵質や活力の評価には産卵群全体の平均値はもとより，個体によるばらつきも考慮する必要があると思われる．

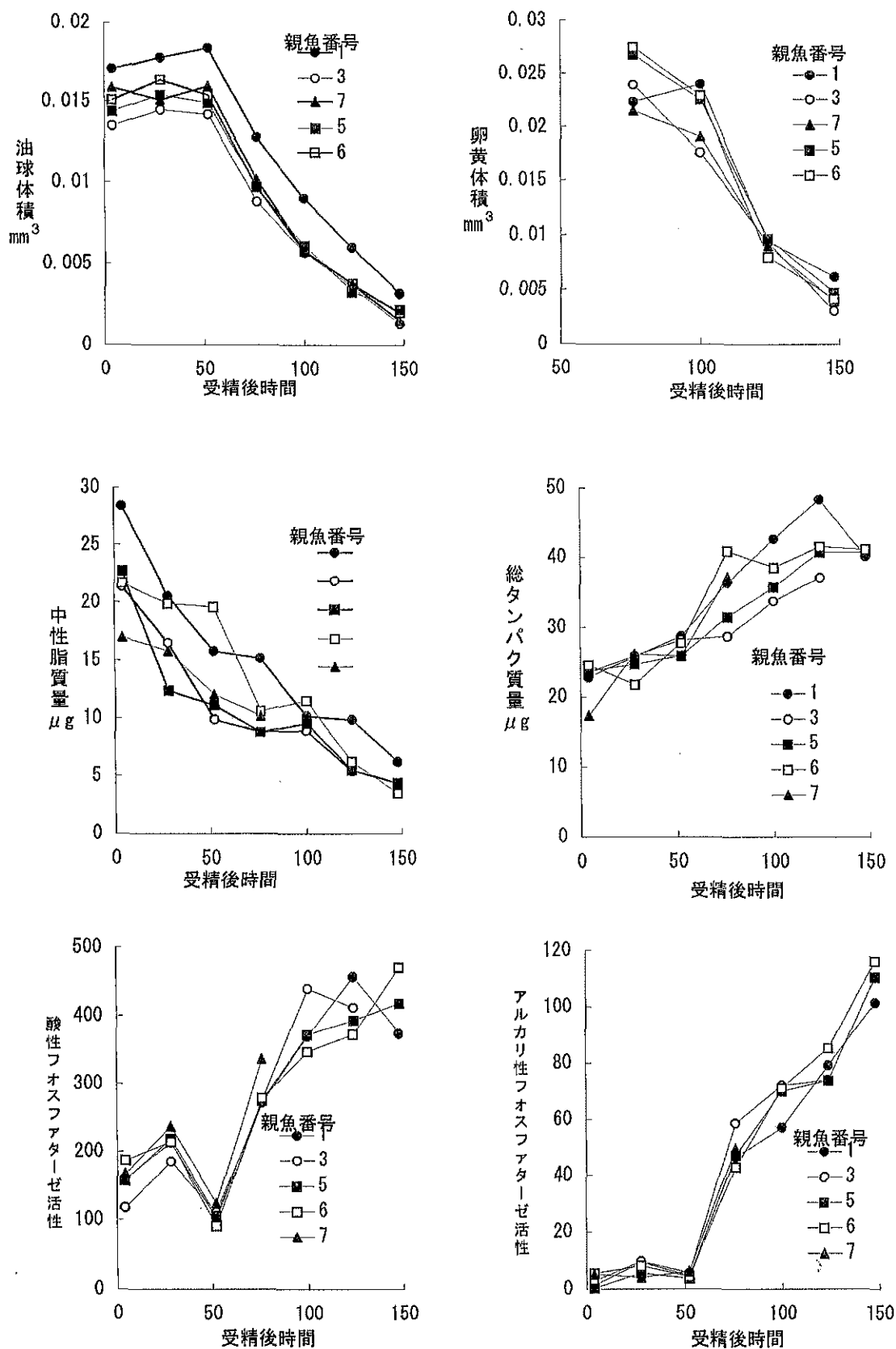


図1 受精卵とふ化仔魚の体成分の経時変化

表1 各親魚から得られた受精卵と油球の大きさ

親魚番号	1	3	5	6	7
SAI	28.5	21.2	21.1	21.3	19.8
卵体積(mm)	1.014	0.968	0.983	0.947	0.89
標準偏差	0.15	0.14	0.139	0.136	0.067
変動係数	14.8	14.5	14.1	14.3	7.5
油球体積(mm)	0.017	0.013	0.014	0.015	0.015
標準偏差	0.002	0.0018	0.0016	0.0017	0.0011
変動係数	13.6	13.2	11.5	11.3	7.3

表2 ブリ受精卵とふ化仔魚の中性脂質量と総タンパク質量

	親魚番号	1	3	5	6	7
受精卵	中性脂質量 (μ g)	28.4	21.4	22.7	21.7	17
	総タンパク質量 (μ g)	22.8	23.5	23.7	24.6	17.4
ふ化仔魚	中性脂質量 (μ g)	15.2	8.8	8.8	10.6	10.2
	総タンパク質量 (μ g)	36.4	28.7	31.5	40.9	37.2

ふ化仔魚：受精後 76 時間後の仔魚（ふ化後 0 時間）

表3 ブリ受精卵とふ化仔魚の油球と卵黄の消費量（受精から開口）

親魚番号	受精～ふ化		ふ化～開口		卵黄消費量 (mm)
	油球消費量 (mm)	油球消費率 (%)	油球消費量 (mm)	油球消費率 (%)	
1	0.0043	25.1	0.0096	72.1	0.0161
3	0.0047	34.8	0.0075	87	0.0208
5	0.0047	32.6	0.0075	82.4	0.0221
6	0.0054	35.8	0.0077	84.37	0.0233
7	0.0057	35.8	0.0087	81.3	0.0175

表4 ブリ受精卵中の中性脂質量とタンパク質量の変化（受精から開口まで）

親魚番号	中性脂質		総タンパク質	
	消費量 (μ g)	消費率 (%)	増加量 (μ g)	増加率 (%)
1	13.2	46.4	13.6	59.6
3	12.6	58.8	5.2	22.1
5	13.9	61.2	7.8	32.9
6	11.1	51.1	16.3	66.2
7	6.8	40	19.8	113.7

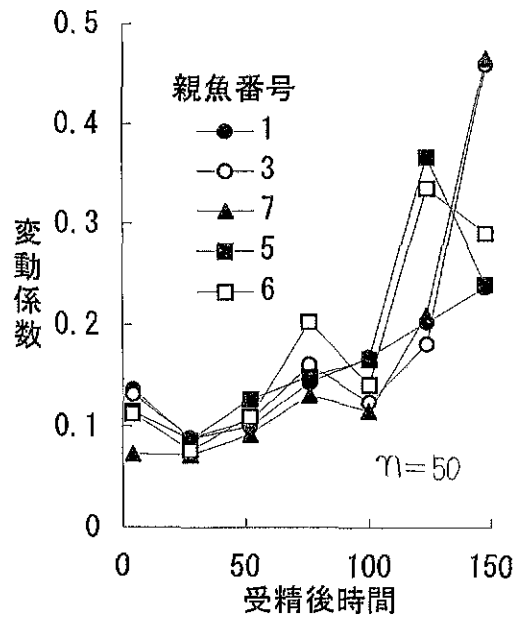


図 2 油球径変動係数の経時変化

親魚 T G							
0.922065	卵体積						
0.289373	0.23973	油球体積					
0.93041	0.97685	0.395417	卵 T G				
0.554758	0.575784	0.926184	0.687842	仔魚油球			
0.568661	0.586268	0.890428	0.727299	0.96082	仔魚 T G		
0.768798	0.850989	0.674604	0.92498	0.888538	0.918387	S A I	

表5 各項目間の相関係数

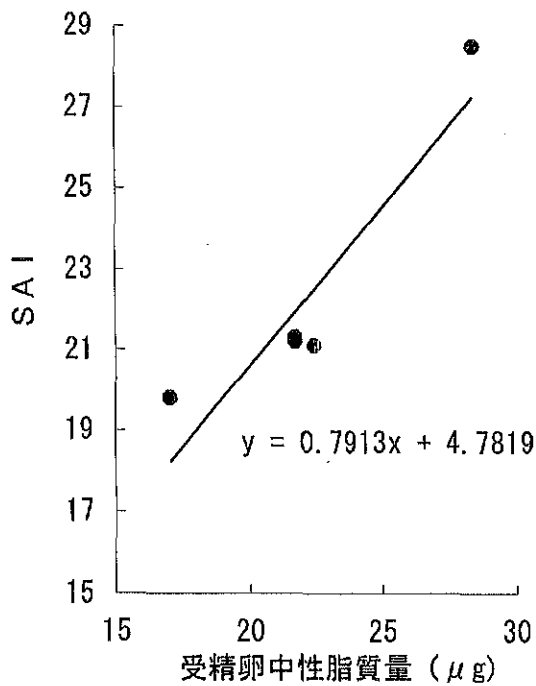


図3 ブリ受精卵中性脂質量と S A I の関係

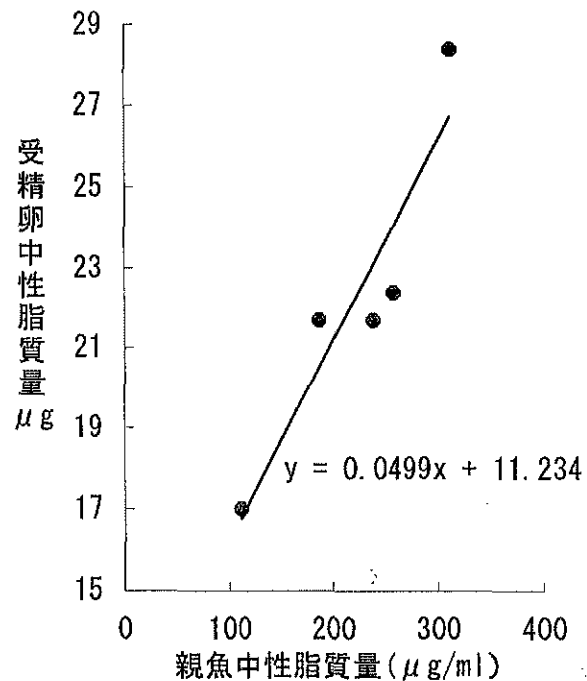


図4 親魚中性脂質量と受精卵中性脂質量の関係

2. 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13年目を迎える。この間の技術開発をみると、量産化（昭和57年～63年）、配合飼料化（平成元年～4年）、省力化・健苗化（平成5～）と推移してきている。一方、これらの技術開発の推移の中で、当初よりの課題である初期減耗・共食い・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、早期種苗の生産技術の開発（3月からの種苗生産）、初期飼育技術の開発（初期減耗の原因究明と鰓の開腔率の向上）、共食いの防止（全長15mmサイズでのサイズ選別による共食い防止）及び形態異常の発生状況の把握に重点をおいた飼育試験並びにマリナフォーラム 21 との共同研究として微粒子配合飼料による飼育試験（詳細は別項に記載）を行った。

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1～3年間養成した親魚から加温・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（ブリ親魚養成の項参照）。

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 リカーネット水槽に収容し、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）2面を使用した。

飼育水の加温は、温水の循環（チンパイによる熱交換）により行った。飼育水温はふ化仔魚の収容時は20～21℃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（19～20℃）に馴致させた。

飼育水にはろ過海水および紫外線処理海水（荏原イソエル製：UV-500M）を使用し、ナソクログリスを添加した。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。ナソクログリスは冷蔵濃縮ナソクログリス（25～50億セル/ml）を使用した。

換水は、ふ化仔魚収容直後より注水（1m³/hr）を開始し、流水飼育とした。換水量は、飼育初期（全長8mm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100～150%/日とした。

照度調節は、水槽上面（水面直上30cm）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。照度は、1000～5000Luxを維持するように調節した。

通気は、エアストーン 及びエアブロック を用いて行った。エアストーン は、60m³水槽では12個／槽、90m³水槽では18個／槽を水槽内に等間隔に設置した。エアストーン 1 個当たりの通気量は、初期飼育では 0.7~0.8 ℓ/min、成長に応じて通気量を増加させ最大 2.8~3.0 ℓ/minとした。また、同時に多数の穴（φ 1mm:10cm 間隔）を開けた塩化ビニル製パイプ（長さ2m:エアブロック と呼称）を水槽底面の 4隅に配置し、通気により飼育水を水平方向に回転させた（図 1）。エアブロック 1 本当たりの通気量は50~55ℓ/minである。なお、日齢10までの初期飼育における通気は、1Rではエアストーン だけを、2R・3Rではエアストーン 及びエアブロック 併用して行った。

底掃除は、日齢5 より毎日行ない、自走式底掃除機（おそうじ君：ノダック株式会社）で行なった。

3) 取り揚げ

取り揚げは水深50cmまで減水し、旋網により魚を集め手網ですくい取り揚げた後、ドレン抜き口より取り揚げ水槽（キャンパス組み立て式）に飼育水ごと魚を抜き取り、手網で取り揚げた（2R-1, 2R-2, 3R-2）。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は魚を追いかけてまわし刺激に慣らした。

また、3R-2では、平均全長15mmの時に、夜間、睡眠様状態で浮遊しているブリをサイホン（φ 50mmホース）による吸い出しにより取り揚げた（図 2）。

4) 計数および測定

生残尾数の計数は、日齢10までは基本的に毎日行い、日齢3 までは昼間に、日齢4 以降は夜間に行った。計数方法は、φ 40mm塩ビパイプを用いて柱状サンプリング（40ℓ）を行ない、容量法により推定した。遊泳力のつく全長 8mm頃からは底掃除により排出される斃死仔魚尾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、日齢3（開口 0日目）より 3日毎に30尾を測定した。

5) 鰾の開腔

昨年度の鰾の開腔試験の結果、鰾の開腔処理はエアストーン による通気の停止、エアブロック による飼育水の回転、オーバーフロー による油膜除去が有効であることが分かった。今年度は、同手法の有効性を確認するため再現飼育を行った（2, 3 回次生産）。

油膜除去は、鰾の開腔期間中、水槽上部にあるオーバーフロー 口から水槽中央にかけて水面に固定したφ 50mm、長さ4mの塩ビ製のパイプにより、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 させて行った（図 3）。なお、鰾の開腔期間は、昨年度までは日齢 4~6 としたが、その後日齢10までの開腔が確認されたことから今年度より日齢 4~10日目とした。油膜除去作業は、昼間（9:00, 11:00, 13:00, 15:00）に行い、夜間は通常に飼育した。

開腔率の測定は、3日毎の成長（全長）の測定時に行った。

6) 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・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（協和醗酵株式会社）は、最小粒径が 250μm 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：YDF-100MS）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、生産回次別の給餌量を表4に示した。

生産期間は平成6年3月6日～6月15日までの102日間に、3回次5例の飼育を行った。このうち4例(2R, 3R)では取り揚げまで飼育を行ない、他の1例(1R)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290.0万尾、平均収容密度は10,742尾/㎡であった。また、総生産尾数は49.6万尾、取り揚げサイズは18.3(10.7～38.8)mm、生残率は17.1(9.5～27.3)%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3年養成魚にLH-RHおよびHCGを打注)により3月3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㎡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、五島周辺の天然ブリの産卵時期より約2ヶ月早く得られたものである。種苗生産は3月6日にふ化した仔魚を水槽に収容して飼育を行ったが、シマアジの種苗生産と競合したため、3月16日(日齢10)に飼育を中止した。

成長および生残状況を図4に示した。収容尾数は、43.0万尾(8600尾/㎡)、日齢10の推定生残尾数は20.4万尾であり、生残率は47.4%であった。

日齢10までの初期飼育における通気はエアストーンのみで行った。油膜除去は行わなかった。開口直後の摂餌個体率は47.6%であり未摂餌個体が多かった。鰾の開腔は、日齢4より始まり、日齢10の開腔率は19.1%であった(図7)。

2) 2回次生産



2回次生産では、海上で養成した天然3年養成魚にHCGを打注(4月19日)、陸上水槽で電照処理後自然産卵(4月21日)により得られた受精卵を用いた。

種苗生産水槽には60㎡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(2R-1・2R-2)の飼育試験を行った。なお、用水は、2R-1では紫外線処理海水、2R-2ではろ過海水を使用した。また、2R-2では種苗の一部をマリノフォーラム21との共同研究における微粒子配合飼料の開発試験に供した。

種苗生産は、4月24日にふ化した仔魚を日齢1で水槽に収容して開始した。収容尾数は、2R-1では50万尾(10000尾/㎡)、2R-2では20万尾(4000尾/㎡)であった。

初期飼育における通気はエアストーン及びエアブロックを用いて行った。油膜除去は、水槽オーバーフロー口から飼育水を油膜とともにオーバーフローさせることにより排出除去した。なお、油膜除去作業の時にはエアブロック以外の通気は停止した。

成長および生残状況を図5に示した。取り揚げは日齢39で行い、取り揚げサイズは2R-1では25.8mm(18.4～35.8)であり、2R-2では24.7mm(18.2～38.8)であった。取り揚げ尾数は2R-1では5.1万尾、2R-2では3.6万尾であり、生残率はそれぞれ10.3%、17.8%であった。

日齢5からの底掃除により排出された斃死魚の尾数から算出した斃死率と共倒れの斃死尾数から算出した共倒れ率の推移を図10・図11に示した。2R-1では日齢6までに初期減耗は終了し、日齢10までの初期生残率は38.4%であった。日齢8~15にかけて大量斃死がみられ、これらの斃死魚の多くは鰓が膨満していることからVNNの疑いがもたれたが、PCR法によるウイルス検査の結果、陰性であった。2R-2では日齢6までに初期減耗は終了し、日齢10までの初期生残率は、43.0%であった。日齢12~14にかけてリネオラの大量発生により斃死が増加したが、それ以後は日齢29まで低い斃死率で推移した。共倒れ魚は、2R-1・2R-2とも日齢29~30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した。斃死率は共倒れ率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ツツキにより引き起こされたショック状態の斃死と考えられる。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にかけて最も多かった。なお、2R-1における共倒れ率は2R-2に比較して低かった(図12)。

初期飼育における摂餌状況・鰓の開腔状況を図8に示した。開口翌日の摂餌個体率は2R-1では94.3%であり、2R-2では87.5%と摂餌状況は良好であった。また、鰓の開腔率は、油膜除去を日齢4から日齢10まで行った結果、開腔開始当日は2R-1では46.7%, 2R-2では71.1%であったが、日齢10ではそれぞれ80.2%, 95.4%となり、2R-2ではほとんどの個体が開腔した。

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5に示した。ナノクロプスは、ワムシ給餌終了以降も共食い防止のため、取り揚げまで飼育水に添加した。餌料系列は、ワムシ(S型)+アルテミア[®]-ブリウス+配合飼料とした。配合飼料の給餌は、日令22で一部種苗をマリノフォーラム21との共同研究における微粒子配合飼料による飼育試験(試験I)に供試後より開始した。給餌方法は、マリノフォーラム21と同様の飼育マニュアルに従って行った。2R-1では全長12.8mmより、2R-2では全長15.0mmより5日間の生物餌料との併用給餌の後、配合飼料の単独給餌飼育をそれぞれ全長17.8mm, 18.3mmより行った。配合飼料の単独給餌飼育開始からの生残率は、2R-1では88.6%であり、2R-2では67.6%であった。これらは、マリノフォーラム21との共同研究において行った試験I及び試験IIでの結果と同等もしくはそれ以上の成績であった。

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(5月3日)し、陸上水槽で電照処理後自然産卵(5月5日)により得られた受精卵を用いた。

3回次生産では、共食い防止対策を目的として90m³水槽2面を用いて2例の飼育試験を行った。3R-1では、全長15mmサイズで取り揚げ・選別を行った後、全長30mmまで飼育を継続した。3R-2は、対照区として全長30mmまで継続して飼育を行い、試験区との共食いによる減耗の状況の比較を行った。また、マリノフォーラム21との共同研究用(試験II)に種苗を供給した。

種苗生産は、5月8日にふ化した仔魚を水槽に収容して、5月9日から開始した。収容尾数は、3R-1では110万尾(13750尾/m³)、3R-2では110万尾(13750尾/m³)であった。

成長及び生残状況を図6に示した。取り揚げは、3R-1では日齢32で行い、取り揚げサイ

ズは15.1mm (10.7~25.4) であった。3R-2では日齢38で行い、取り揚げサイズは21.6mm (16.1~30.3) であった。取り揚げ尾数は3R-1では30.4万尾、3R-2では10.5万尾であり、生残率はそれぞれ27.6%、9.5%であった。飼育期間中の最も大きい減耗は初期減耗であり、日齢10までの生残率は3R-1では56.9%、3R-2では66.6%であった。

初期の飼育管理(通気方法・油膜除去)は、2回次生産と同様の処置を行った。開口翌日の摂餌個体率は3R-1では97.0%、3R-2では80.7%と摂餌状況は良好であった。鰾の開腔状況を図9に示した。開腔率は、開腔開始当日は3R-1では60.9%、3R-2では72.6%であったが、日齢10における開腔率はそれぞれ71.0%、74.3%で2回次生産をやや下回った。

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シスの使用量およびに給餌した餌料の使用量の推移を図6に示した。餌料系列は、ワシ(S型)+アルミアノブリス+配合飼料とした。配合飼料の給餌は、3R-1では全長8mmより配合飼料への馴致給餌を行い、全長15mmより配合飼料の単独給餌とした。3R-2では、全長12mm(日齢24)でブリ微粒子配合飼料試験に一部種苗を供試した後、マリフォーラム21の飼育マニュアルに従い、配合飼料を給餌した。配合飼料は全長12mmより生物餌料と5日間の併用給餌を行い、全長17mmより配合飼料の単独給餌を行った。馴致期間終了時の配合飼料の摂餌個体率は、3R-1では48.0%であり、3R-2では66.0%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状態の斃死であった。

飼育期間中の共倒れによる斃死率の推移を図13に示した。3R-1では、共食いの激しくなる日齢32(平均全長15.1mm)に夜間サイホンによる小割網(160 径)での選別を行った。その結果、選別後の生残率は、選別区の78.9%に対し無選別区では33.8%となった。また、通算の生残率は、選別区の27.3%に対し無選別区は9.5%であった。

3R-1の飼育で取り揚げた種苗の一部を県に配布した(表5)。このうち、高知県配布で輸送中に種苗が大量に斃死したため、輸送実験により原因究明を行った。その結果、高溶存酸素条件下においても種苗に影響がないことが確認された(輸送実験の項参照)。

考察

1) 生残

過去13年間の種苗生産結果を表6に示した。本年度の生産結果をみると、小型サイズで取り揚げたこともあり、平均生残率は17.1%であり過去6年間で最も高かった。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としてあげられる。

① 初期減耗

初期減耗は、飼育期間中で最も大きな減耗要因であり、過去の飼育例をみると日齢6~7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てきた。

過去13年間の収容密度と初期生残率の関係を表7・図14に示した。本種の種苗生産における収容密度は、これまで1万尾/m³を目安にして収容してきたが、必ずしも収容密度と初期生残率の間には相関関係は認められておらず、適正値が把握されていないのが現状である。

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、同じ親魚由来のふ化仔魚を用いたにもかかわらず、また同じ収容密度にもかかわらず日齢10までの生残率が異なる飼育例も多くあることから、初期減耗は親魚に起因したものではなく初期の飼育方法（飼育環境）に起因したふ化仔魚の活力低下によって引き起こされると思われる。今年度は、飼育環境の中で通気量について検討を行った。

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、また鰾の開腔も通気の強弱により開腔率が変えることは知られている。今年度の5例の飼育例の開口翌日の摂餌個体率は、エア・スト・ソのみを使用して通気を行っていた飼育例（1R）では47.6%であるのに対し、エア・スト・ソとエア・ブロックを併用して通気を行った飼育例（2R, 3R）では80.7～97.0%であり、エア・スト・ソとエア・ブロックを併用する通気を行うことにより開口直後の摂餌個体率が高い傾向が伺えた。また、平均初期生残率も50%以上と高い値を示していることから、初期飼育における通気量は、開口時の摂餌率、開腔率、初期生残率に影響を及ぼしていることが伺えた（図15）。しかし、2・3回次生産のように、開口時の摂餌個体率が高いにもかかわらず初期生残率は50%前後まで低下していることより、通気以外の要因についても検討する必要がある。

一方、もう一つの初期減耗の要因として親魚に起因するふ化仔魚の活力の低下が考えられ、これまでも卵質等との関連性が疑われてきた。このため、今年度は人工授精によって親魚の個体別に得られたふ化仔魚を用いて日齢10までの飼育実験を行った。その結果、ふ化仔魚の形態異常率及び開口時の摂餌個体率について親魚間に差がみられたので、親魚由来の要因もがうかがわれた（親魚別飼育実験の項参照）。

② 共食い

共食い防止対策については、植毛板によるシェルター効果、ナノク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などがこれまでに報告されている。今年度、2回次生産においてナノクロプシスの添加による共食い防止効果の再検討を行ったが、大量のナノクロプシスを常時添加していなければならないこと、効果が判然としないことなどから根本的な共食い対策になっていないのが現状である。

今年度は新たな共食い防止対策として、共食いによる斃死のピークとなる全長15mmでの取り揚げおよびサイズ選別を検討した。全長15mmでのサイズ選別は過去においても検討されたが、浮上している一部の小型魚の分離であったためその選別は不十分なものであり、また作業上手間のかかるものであった。しかし、今回は、全長15mmで一旦すべての種苗を取り揚げるため完全にサイズ選別することが可能であり、また取り揚げ作業も夜間に浮上横臥睡眠状態のものをサイホンで取り揚げするため省力化されている。共食いについても、選別後共倒れがなくなること、対照区に比べて生残率が高いことから、共食い防止対策として有効であることが伺われた。

なお、2回次生産において、紫外線処理海水を用いて行った飼育例（2R-1）とろ過海水を用いて行った飼育例（2R-2）における共食いにおける斃死率を比べると、紫外線処理海水を用いて行った飼育例の方が低くなっている。これまで、過去2例の紫外線処理海水による飼育を行ったが、いずれも共食いが少ないことから、紫外線処理海水との因果関係を

検討してみる必要があるものと思われる（図12）。

2) 鰾の開腔

平成4年度より、初期飼育における鰾の開腔率の向上について取り組んできた。その結果、開腔には油膜の除去が有効であることが確認された。今年度は、これまでの実験結果をもとにエア・ブロックによる飼育水の回転、エア・ストーンの停止、日齢4～10の油膜除去を行った結果、飛躍的に開腔率が向上し、本手法が鰾の開腔に有効であることが確認された（表8）。

3) 餌料系列

① 餌料系列の単純化

過去12年間の種苗生産に使用した餌料の種類と給餌量を表9に示した。配合飼料の依存性は年々高くなり、現在では、ワムシ（S型）+アルテミア・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になってしまう。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・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、小型サイズでの配合飼料化に伴い、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 早期給餌による小型サイズでの配合飼料化への馴致効果（全長8mm）

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ている。しかし、全長15mmでの摂餌個体率が低いため、配合飼料の単独給餌後多くの斃死がみられる。このため、今年度は配合飼料への馴致期間を長くして、全長8mm（3R-1）および全長12mm（3R-2）より給餌することにより、全長15mmでの摂餌個体率を比較してみた。その結果、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。このため、現状では、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

今年度初めて行った夜間の取り揚げは、本種が全長10～20mmにかけて夜間浮上横臥状態で密集して水面を漂う性質を利用したものである（図2）。この状態のブリをサイホンで吸い出すことにより、従来最低5～6人以上で行っていた取り揚げ作業が1人で行えるようになったこと、所要時間も1時間程度で90%以上の種苗を取り揚げることができること、睡眠中に飼育水ごとに取り揚げることから種苗に負担がかからないことなど多くの利点が認められた。今後は、最も効率が良い取り揚げサイズを検討することが必要である。

5) 形態異常

形態異常については、例年と同様、頭部・口部の部位に異常が集中したが、特に頭部の形態異常が例年に比べて多く、90%以上の個体に異常がみられた。また、2回次生産の紫

外線処理海水を使用して生産した種苗から腹鰭の一部または完全に欠如した個体がみられ、紫外線との因果関係が疑われた（表10）。

6) 沖出し

省力化の一手法としてサイホン（ $\phi 50\text{mm}$ ：200m）による沖出し方法の検討を行ったところ、送り込み密度を調整することにより充分実用化が期待された。また、魚数計を挿入することにより、沖出しと同時に計数をすることも可能と思われる。

7) 来年度の課題

本種の種苗生産の技術開発課題として、初期減耗・配合飼料化・共食い・形態異常対策が主な課題となっている。このうち、初期減耗については通気方法の改善により、また共食いについては15mm選別により本年度の結果から有効と思われる対策が見い出され、来年度さらに検討を行いたい。なお、15mm選別を行うためには選別時のストレスに耐えられる種苗を作ることが重要であり、ショック死の原因究明を並行して行うとともに、活力の向上させるため早期の配合飼料への餌付けが必要であり、配合飼料化についてはマリノフォーラム21との共同研究により進めていきたい。また形態異常については本年度に引き続き屋島・上浦・五島の3場で共通調査を行う予定である。

- ① 初期飼育方法の検討（通気による飼育水の攪拌）
- ② 共食い防止の再検討（全長15mmからの取り揚げ・選別手法の再現飼育）
- ③ ショック死の原因究明
- ④ 形態異常の原因究明

要約

1. 本年度は、早期種苗の生産技術の開発（3月からの種苗生産）、初期飼育技術の開発（初期減耗の原因究明と鰾の開腔率の向上）、共食いの防止（全長15mmサイズでのサイズ選別による共食い防止）及び形態異常の発生状況の把握に重点をおいて飼育試験並びにマリノフォーラム21との共同研究として微粒子配合飼料による飼育試験を行った。
- 1) 飼育水槽には、60 m^3 水槽（実容量50 m^3 ）を3面と90 m^3 水槽（実容量80 m^3 ）を2面使用し、3月6日から6月15日までの102日間に3回次、5例の飼育試験を行った。このうち2・3回次生産はマリノフォーラム21との共同研究用供試魚を供給するために行った。
- 2) ふ化仔魚は、1回次生産では天然魚を3年間養成した親魚を用いて行った早期採卵試験（加温・電照・ホルモン処理）により得られたものである。2回次及び3回次生産は、天然魚を1年間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）注射後、陸上水槽で電照処理を行い自然産卵によって得られたものである。
- 3) 2, 3回次生産における4例の飼育で、平均全長18.3mm（10.7～38.8）の種苗を49.6万尾生産し、その平均生残率は17.1%（9.5～27.6）であった。
- 4) 1回次生産では、早期種苗生産を目的に60 m^3 水槽1面を用いて1例の飼育を行った。初期飼育における通気はエアストーンを用いて行った。飼育水面の油膜除去は行わなかつ

た。初期飼育における摂餌率、鰻の開腔率（以下開腔率と称す）、生残率を調べた結果、開口翌日の摂餌個体率は37.2%であり、未摂餌個体が多かった。また、日齢10における開腔率は、19.1%と低かった。シマアジの生産を行うために、この飼育は日齢10で中止したが、それまでの生残率は47.4%であった。

5) 2回次生産では、60m³水槽 2面を用いて 2例（2R-1, 2R-2）の飼育を行った。飼育用水としてそれぞれ紫外線処理海水とろ過海水を用いた。

① 初期飼育における通気はエアストーン 及びエアブロック を用い、飼育水面の油膜除去を水槽オーバーフロー 口より飼育水をオーバーフロー させることにより行った。なお、鰻の開腔時にはエアブロック 以外の通気は停止した。

② 開口翌日の摂餌個体率は2R-1では94.3%であり、2R-2では87.5%と摂餌状況は良好であった。また、日齢10における開腔率は、それぞれ80.2%, 95.4%であった。しかし、日齢10までの生残率は、2R-1では38.4%, 2R-2では43.0%であった。

③ 配合飼料への餌付けは、2R-1では全長12.8mmより、2R-2では全長15.0mmより 5日間の生物餌料との併用給餌の後、配合飼料の単独給餌飼育を行った。配合飼料の単独給餌飼育開始からの生残率は、2R-1では88.6%であり、2R-2では67.6%であった。

6) 3回次生産では、共食い防止対策を目的として90m³水槽 2面を用いて 2例の飼育試験を行った。3R-1では、全長15mmサイズで選別を行った後、取り揚げまで飼育を続けた。3R-2は、対照区として全長30mmまで継続して飼育を行い、試験区との共食いによる減耗の状況の比較試験を行った。

① 初期飼育方法は、2回次生産と同様である。

② 開口翌日の摂餌個体率は3R-1では97.0%、3R-2では80.7%と摂餌状況は良好であった。日齢10における開腔率はそれぞれ71.0%, 74.3%であった。また、日齢10までの生残率は、それぞれ56.9%, 66.6%であった。

③ 3R-1では、共食いの激しくなる日齢32（平均全長15.1mm）に夜間サイホンによる取り揚げ後、小割網（160 径）でのサイズ選別を行った。その結果、選別後の生残率は、選別区の78.9%に対し無選別区では33.8%となった。また、通算の生残率は、選別区の27.3%に対し無選別区は 9.5%であった。

7) 5例の飼育における開口時の平均摂餌率は79.3%（37.2～97.0）であり、このうち 1回次生産の37.2%に対し、2回次生産、3回次生産は80.7～97.0%となった。これは、1回次生産はエアストーン のみで通気したのに対し、2回次生産、3回次生産ではエアストーンのほかにエアブロック を併用したことによる通気方法の差によるものと考えられた。

8) 開口時に摂餌しない個体の出現理由については、これまで仔魚の活力に起因するものと思われ、卵質等との関連性が疑われた。このため、親魚の個体別に得られたふ化仔魚の飼育実験を行った結果、ふ化仔魚の形態異常率及び開口時の摂餌個体率について親魚間に差がみられたので、卵質との関連もがうかがわれた。

9) 開腔率を向上させるため、開腔前後のオーバーフロー による飼育水面の油膜除去の効果を検討した結果、オーバーフロー による油膜除去を行わなかった 1回次生産の開腔率は日齢10で19.1%であったのに対し、2回次生産、3回次生産では71.0%～95.4%であり、オーバーフロー による油膜除去効果が確認された。

10) 共食い防止対策として行った全長15mmでのサイズ選別飼育は、対照区に比べて生残率

が明らかに高く、共食い防止の有効性が認められた。

- 11) 形態異常については、例年と同様、頭部・口部の部位に異常が集中したが、特に頭部の形態異常が例年に比べて多く、90%以上の個体に異常がみられた。また、2回次生産の紫外線処理海水を使用して生産した種苗から腹鰭の一部または完全に欠如した個体が見られ、紫外線との因果関係が疑われた。
- 12) 省力化の一手法としてサイホン（φ50mm：200m）による沖出し方法の検討を行ったところ、送り込み密度を調整することにより充分実用化が期待された。
- 13) 本種の種苗生産の技術開発課題として、初期減耗・配合飼料化・共食い・形態異常対策が主な課題となっている。このうち、初期減耗と共食いについては本年度の結果から有効と思われる対策が見い出され、来年度さらに検討を行いたい。残された課題として、配合飼料化についてはアノフォーラム21との共同研究により、また形態異常については本年度に引き続き屋島・上浦・五島の3場で共通調査を行う予定である。

（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	対象魚のサイズ (全長: mm)	給餌基準量 (給餌密度)	備	考
ソノバヤシ	4.5 ~ 10.0	10 個体/ml	S型ワムシ	
アルミ7ノブラス	5.0 ~ 20.0	0.2~1.0 個体/ml	北米産ワムシ	
配合飼料	250 μm	10.0 ~ 20.0	100 ~ 500 g/日	協和電機飼料 A-400
(粒径)	400 μm	15.0 ~ 25.0	体重の約10%/日	B-400
	700 μm	20.0 ~ 30.0	体重の約10~20%/日	B-700
	700 μm	25.0 ~ 35.0	体重の約10%/日	C-700
	1000 μm	30.0 ~	体重の約 5%/日	C-1000

表2 ブ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)	おむし処理	浮上卵率 (%)	受精率 (%)	ふ化率 (%)	ふ化水温 (°C)	備考
1 回次	3.03	天然3才魚	82.0 80~83	11.7 10.9~12.0	21.2	13.9~19.2	LH-RH HCG	86.2	96.0	81.9	20~21	陸上水槽での養成
2 回次	4.21	天然3才魚	81.0 74~86	12.0 9.6~14.4	22.6	18.7~19.2 (陸上水槽)	HCG	28.7	84.3	69.5	20~21	海上筏での養成
3 回次	5.05	天然1才魚	77.0 74~80	8.8 7.8~10.7	19.3	18.5~19.0 (陸上水槽)	HCG	59.3	93.0	65.3	20~21	海上筏での養成

* 1 回次生産の尾叉長, 体重は陸揚げ時に測定

* 2・3 回次生産の尾叉長, 体重はホルモン打注時に測定

表3 プリ種苗生産結果の概要 (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 ($^{\circ}C$)	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	3.06	43.0	8600	22	ワシ	10	3.16	20.40	4080	5.75(5.60~6.20)	47.4	日令10までの初期飼育試験
2-1	角 型	60(50)	1	4.24	50.0	10000	22	ワシ, ワカシ7, 配合	39	6.02	5.13	1026	25.8(18.4~35.8)	10.3	紫外線処理海水区
2-2	角 型	60(50)	1	4.24	20.0	4000	22	ワシ, ワカシ7, 配合	39	6.02	3.55	710	24.7(18.2~38.8)	17.8	ろ過海水区
3-1	八角形	90(80)	1	5.08	110.0	13750	22	ワシ, ワカシ7, 配合	32	6.09	30.41	3801	15.1(10.7~25.4)	27.6	全長15mm選別区
3-2	八角形	90(80)	1	5.08	110.0	13750	22	ワシ, ワカシ7, 配合	38	6.15	10.49	1311	21.6(16.1~30.3)	9.5	無選別区
合 計 ^{*1}					290.0						49.58	1588	18.3(10.7~38.8)	17.1	

*1 合計には生産区分1は含まない

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		合 計
	1	2	1	2	1	2	
ナノクラゲシ	7.0	38.0	37.0	60.0	60.0	60.0	202.0
シオミズツボミシ	40.0	247.0	227.0	345.0	345.0	345.0	1204.0
アルデミアノープリウス	-	33.2	20.5	40.2	76.5	40.2	170.4
配合飼料							
A-400 (kg)	-	1.1	1.1	2.7	5.3	2.7	10.2
B-400 (kg)	-	4.1	4.0	7.6	8.5	7.6	24.2
B-700 (kg)	-	2.8	2.9	4.5	9.0	4.5	19.2
C-700 (kg)	-	-	-	-	-	-	-
C-1000 (kg)	-	-	-	-	-	-	-
生産尾数 (万尾)	0	5.13	3.55	30.41	10.49	49.58	

表5 プリ種苗配布結果

沖縄県輸送試験		沖縄県第1回配布	沖縄県第2回配布	高知県第1回配布	沖縄県第3回配布	高知県第2回配布
日時	6月15日	6月17日	6月21日	6月21日	6月22日	6月27日
出発時刻	事業場 7:15 福江空港 8:55	事業場 7:15 福江空港 8:55	事業場 7:15 福江空港 8:55	事業場 7:15 6月21日 16:00	事業場 7:15 福江空港 8:55	事業場 7:15 6月27日 9:30
到着時刻	那覇空港 16:50 沖縄水試 17:30	那覇空港 13:05 沖縄水試 14:00	那覇空港 13:05 沖縄水試 14:10	高知水試 6月22日 14:20	那覇空港 13:05 沖縄水試 13:50	高知水試 6月28日 16:04
輸送時間	約10時間	約7時間	約7時間	約23時間	約7時間	約19時間
輸送方法	航空便	航空便	航空便	11t 活魚輸送車	航空便	11t 活魚輸送車
輸送尾数	600 尾 100ピニル袋 100・200・300 尾	15,000 尾 100ピニル袋 300 尾 × 50 袋	13,000 尾 100ピニル袋 200 尾 × 50 袋 300 尾 × 10 袋	37,000 尾 2.3m ³ × 3	10,000 尾 100ピニル袋 200 尾 × 50 袋	21,000 尾 3.0m ³ × 3
全長 (mm)	25mm	29.7mm	23.4mm	53mm (9.7kg/m ³)	23.4mm	40mm
水温 出発時 到着時	22.0℃ 21.0℃	22.0℃ 22.5℃	18.0~19.0℃ 20.2℃	18.0~19.0℃ 20.1℃	19.0~20.0℃ 19.0℃	20.3℃ 20.0℃
輸送海水	ろ過海水	ろ過海水	ろ過海水 (海水水)	ろ過海水 (海水水)	ろ過海水 (海水水)	ろ過海水
輸送結果 (斃死)	100 尾区 2 尾 200 尾区 6 尾 300 尾区 22 尾	300 尾区 7,449尾	200 尾区 0 尾 300 尾区 22 尾	32,000 尾	420 尾	1,600 尾
死因：酸欠						

表6 過去13年間に於けるブ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	6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	290.0
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	49.6
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	17.1
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	18.3

表8 過去6年間に於たブリ種苗生産における初期生残と開鰓状況

年	生産回次	水槽容量 (m^3)	収容尾数 (万尾)	収容密度 (尾/ m^3)	ふ化後 収容日数	初期生残率 (%)	開鰓率 (%)
平成元年	12	690	946.1	13712	1~2	35.8(0~72.3)	
平成2年	8	550	518.2	9422	1	34.7(15.0~72.3)	64.8(56.0~88.5)
平成3年	9	700	548.6	7837	1~3	35.5(0~84.5)	61.9(22.5~100)
平成4年	13	920	911.0	9902	1~2	45.6(0~74.3)	45.5(0~74.3)
平成5年	6	390	352.0	9026	0~3	32.8(17.3~64.2)	36.3(2.7~85.7)
平成6年	5	310	333.0	10742	1	50.5(38.4~66.6)	83.5(71.0~95.4)

表10 形態異常の発生状況(2回次生産)

紫外線処理海水飼育区(2R-1)										ろ過海水飼育区(2R-2)			
調査尾数	頭部異常	口部異常	肛門陥没	腹鳍欠損	正常個体	調査尾数	頭部異常	口部異常	肛門陥没	腹鳍欠損	正常個体		
個体数	380	176(46.3)	55(14.5)	1(0.3)	0(0)	162(42.6)	500	82(16.4)	127(25.4)	2(0.4)	65(13.0)	261(52.2)	
平均全長 範囲	31.9 23.4~45.5	31.8 25.2~45.7	32.0		30.5 21.0~43.8			29.0 23.5~36.7	28.3 22.3~37.6	28.7 27.5~29.9	28.5 22.6~34.8	28.7 17.7~42.1	

表7 過去6年間における収容・初期生残・開鰾状況

年度	生産回次	水槽容量 (m^3)	収容尾数 (万尾)	収容密度 (尾/ m^3)	ふ化後 収容日数	初期生残率*1 (%)	開鰾率 (%)
平成元年	1-1	90	102.6	12825	1	38.8	—
	2	90	105.9	13238	1	28.7	—
	3	60	69.0	8720	1	43.6	—
	4	60	54.7	10940	1	38.4	—
	2	60	114.8	22960	1	0	—
	3-1	60	62.6	12520	1	0	—
	2	60	95.6	19120	1	0	—
	4	60	108.5	21700	1	14.7	—
	5-1	60	52.9	10580	1	☆ 63.5	—
	2	60	50.0	10000	1	☆ 71.6	—
	3	90	91.7	11463	2	☆ 72.3	—
	4	60	37.8	7560	1	☆ 57.9	—
	1-1	90	79.9	9988	1	25.3	☆ 79.9
	2	90	57.8	7225	1	23.7	57.8
	3	90	64.2	8025	1	45.3	64.2
	4	90	57.8	7225	1	48.8	57.8
平成2年	2-1	60	57.0	11400	1	20.1	57.0
	2	60	56.0	11200	1	15.0	56.0
	3	60	57.0	11400	1	26.7	57.0
	4	90	88.5	11063	1	☆ 72.6	☆ 88.5
	1-1	60	100.0	20000	2	18.2	☆ 100.0
	2	60	40.0	8000	2	32.0	40.0
	2	90	66.3	8288	2・3	☆ 60.6	66.3
	3	90	35.0	4375	2	☆ 84.5	35.0
	4-1	90	80.0	10000	2	0	☆ 88.9
	2	90	80.0	10000	2	33.8	☆ 80.0
平成3年	5-1	90	82.2	10275	1	☆ 62.1	☆ 82.2
	2	60	42.6	8520	1	28.4	42.6
	3	60	22.5	4500	1	35.5	22.5
	1-1	90	85.3	10663	2	8.3	8.3
	2	90	84.5	10563	2	☆ 58.4	58.4
	2-1	90	30.0	3750	1	40.0	40.0
	2	90	30.0	3750	1	30.3	30.3
	3-1	60	20.0	4000	2	36.4	36.4
	2	60	20.0	4000	2	0	0
	4-1	90	100.0	12500	2	☆ 68.8	68.8
	2	90	91.0	11375	2	☆ 65.3	65.3
	3	90	110.0	13750	2	☆ 67.7	67.3
	4	60	46.3	9260	2	31.4	31.4
	5-1	90	128.0	16000	2	☆ 74.3	☆ 74.3
	2	90	110.0	13750	2	☆ 55.5	55.5
	3	60	55.9	11180	2	☆ 55.9	55.9
平成5年	1	60	26.0	5200	3	☆ 64.2	5.5
	2-1	60	34.0	6800	2	10.5	4.3
	2	60	32.0	6400	2	40.0	2.7
	3-1	90	80.0	10000	0	41.6	55.9
	2	90	90.0	11250	0	17.3	64.1
	4	90	90.0	11250	1	23.2	☆ 85.7
平成6年	1	60	43.0	8600	1	47.4	19.1
	2-1	60	50.0	10000	1	38.4	☆ 87.4
	2	60	20.0	4000	1	43.0	☆ 95.4
	3-1	90	110.0	13750	1	☆ 56.9	☆ 71.0
	2	90	110.0	13750	1	☆ 66.6	☆ 80.2

* 1 : ふ化後10日目までの生残率

☆ : 好成績事例

表9 過去12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	平成6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	1204.0
凍結ワムシ (kg)					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	170.4
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 (kg)				91.0	49.0	110.4		619.5				
天然コペポダ (千万個体)	12.8	19.1	128.6	13.7	27.3	51.8	4.3					
凍結天然コペポダ (千万個体)	11.0	116.0	9.0	16.3	0.5							
チグリオプス (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 (kg)	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 (kg)			53.9	35.5	138.9							
ミンチ (kg)					8.0							
配合飼料 (kg)				30.9	59.2	65.9	38.9	177.9	141.1	56.5	110.7	53.6
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	49.58

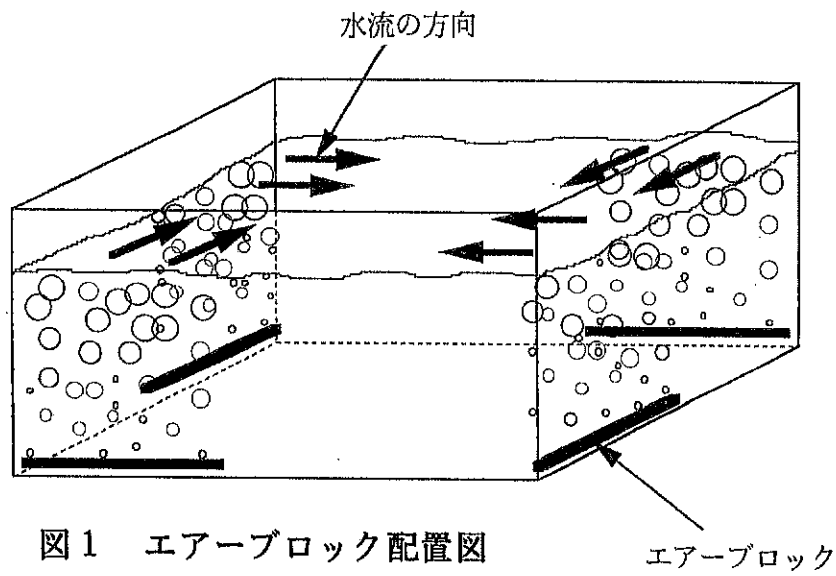


図1 エアブロック配置図

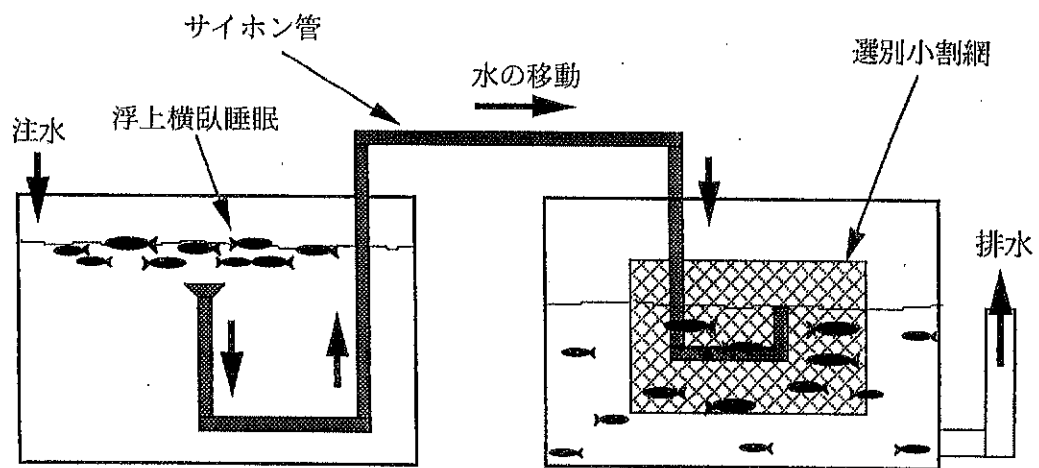


図2 夜間取り揚げ選別方法

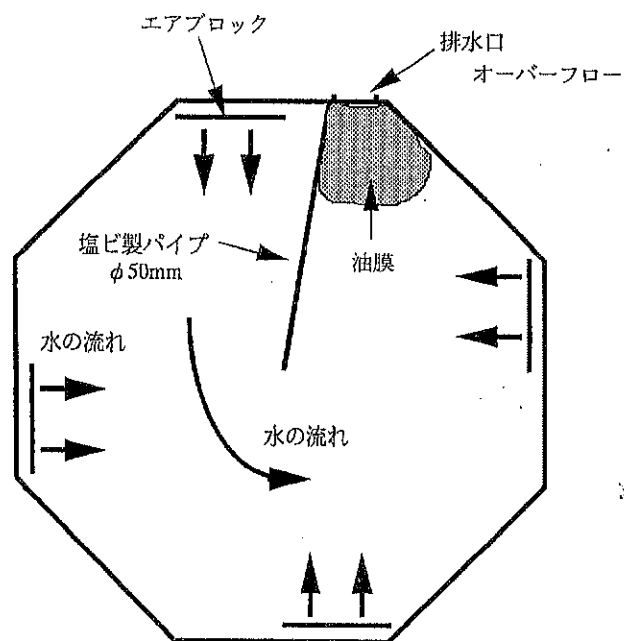


図3 油膜除去方法

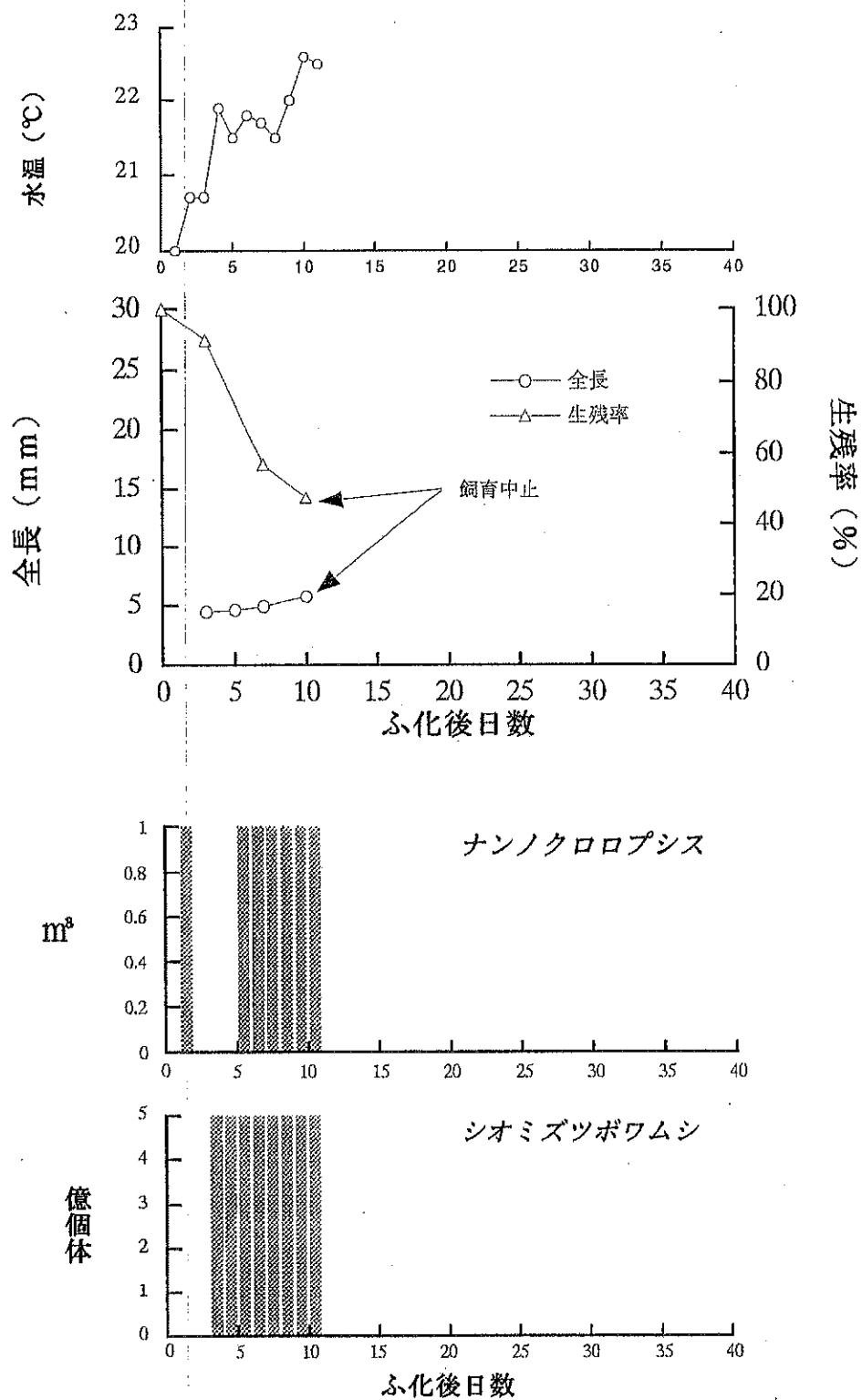


図4 1回次生産における飼育概要

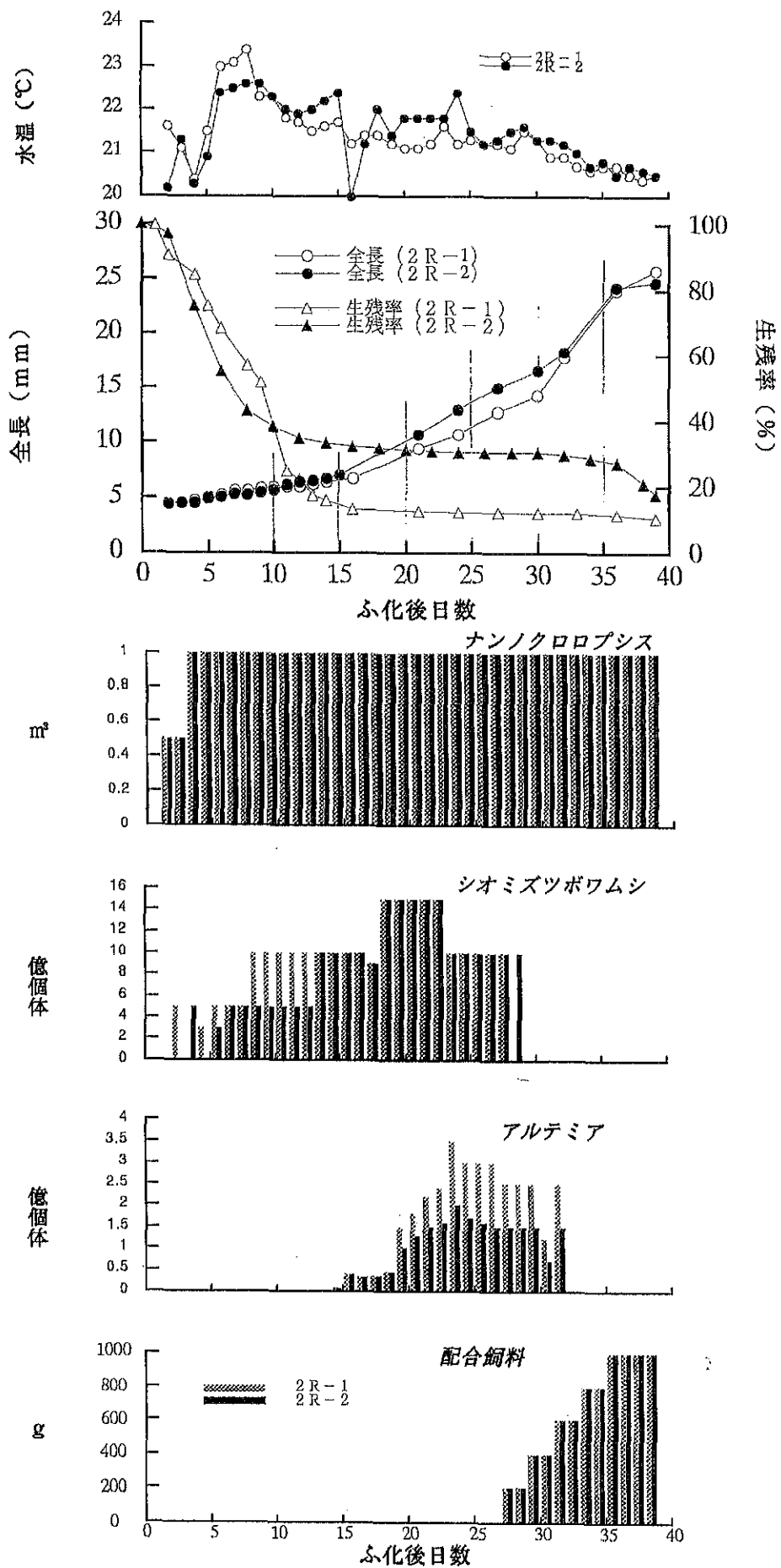


図5 2回次生産における飼育概要

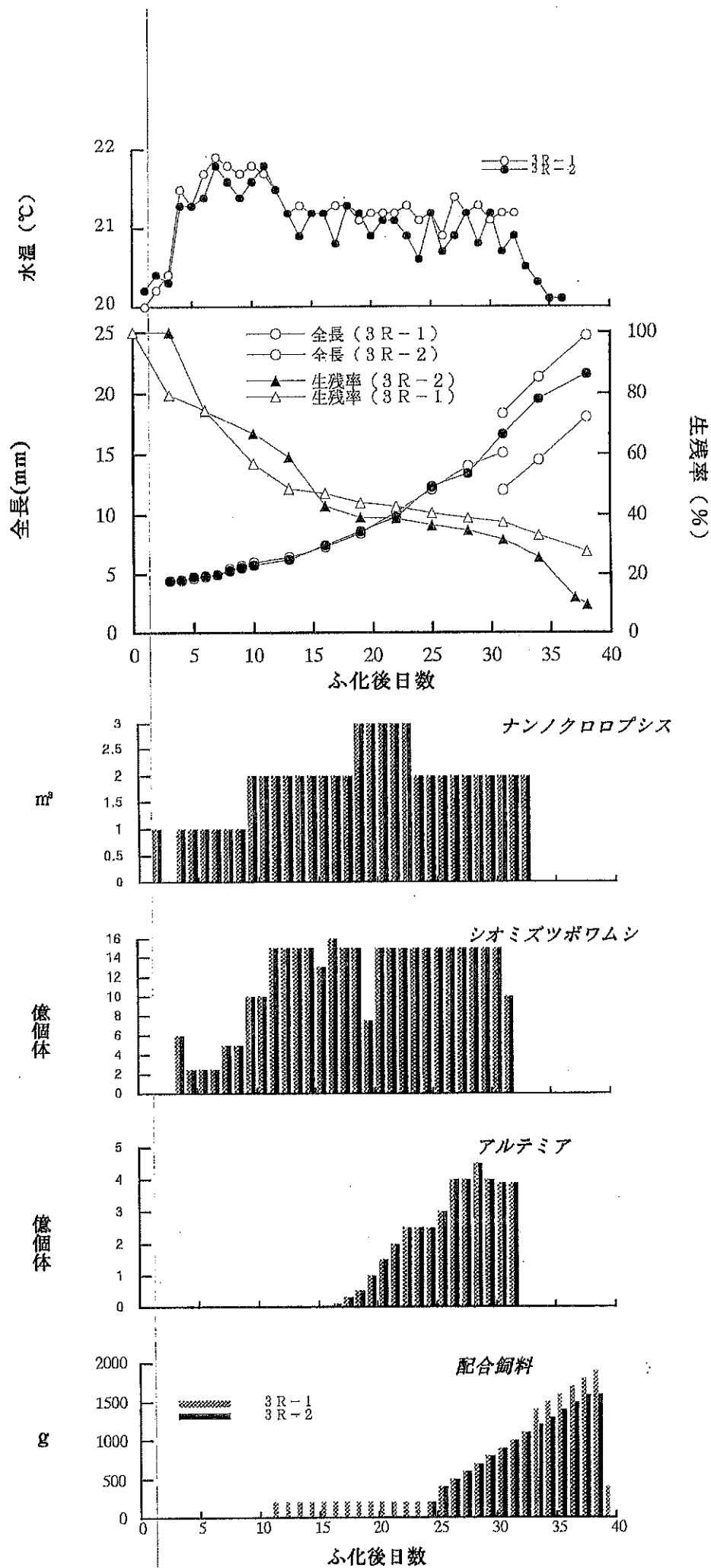


図6 3回次生産における飼育概要

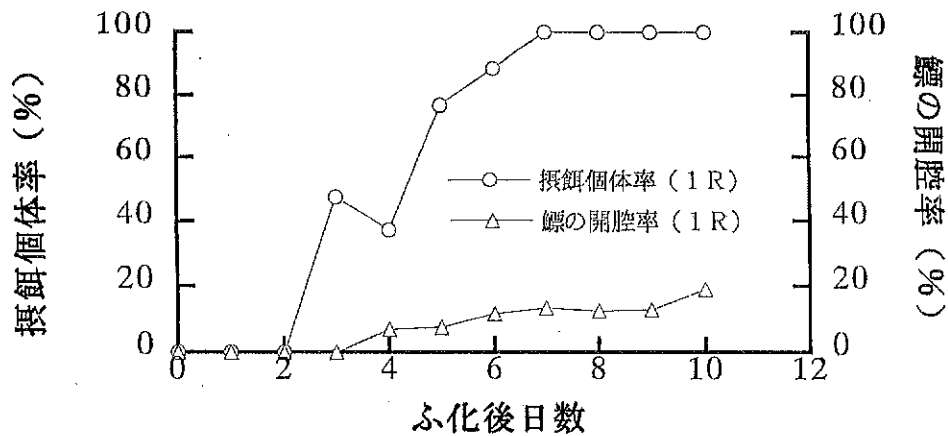


図7 初期飼育における摂餌個体率・鰓の開腔率の推移
(1回次生産)

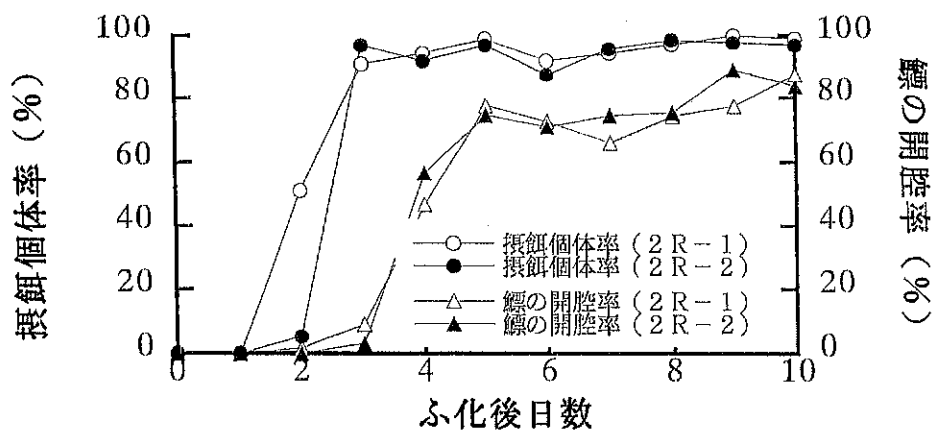


図8 初期飼育における摂餌個体率・鰓の開腔率の推移
(2回次生産)

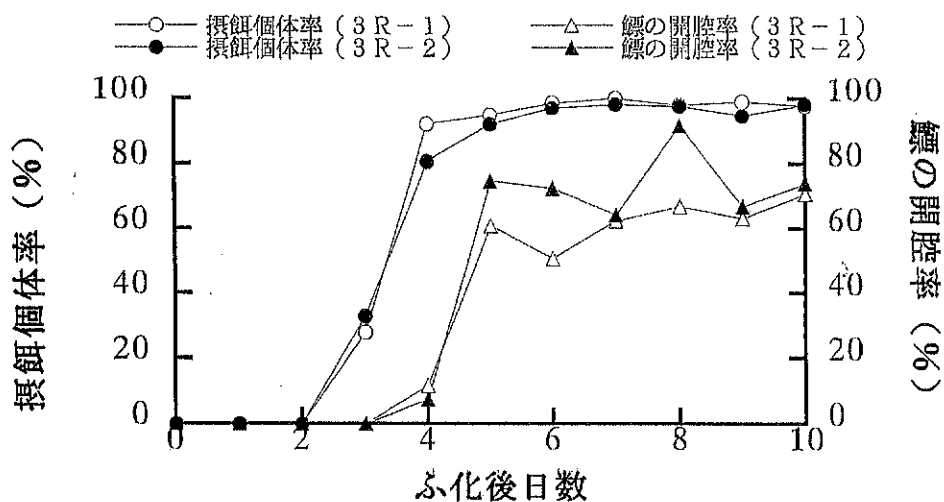


図9 初期飼育における摂餌個体率・鰓の開腔率の推移
(3回次生産)

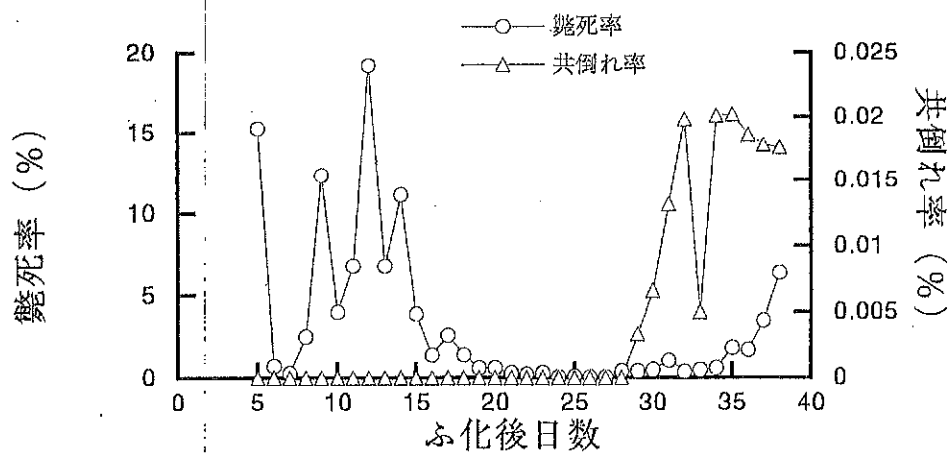


図10 斃死率・共倒れ率の推移 (2R-1)

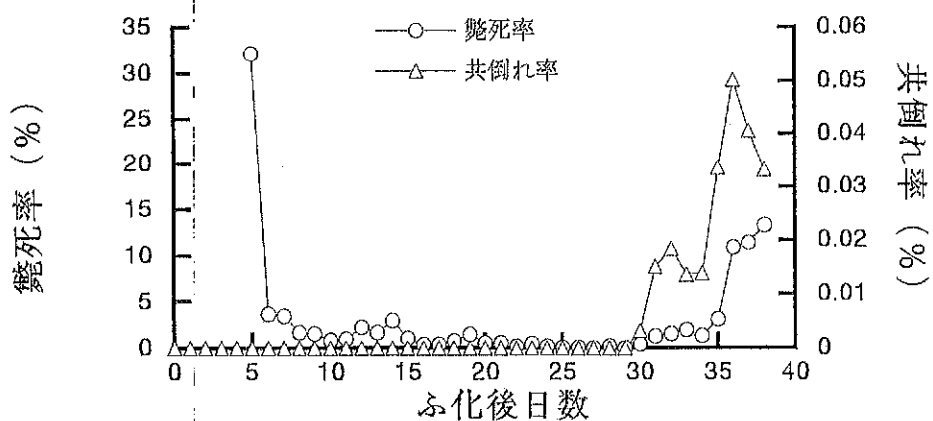


図11 斃死率・共倒れ率の推移 (2R-2)

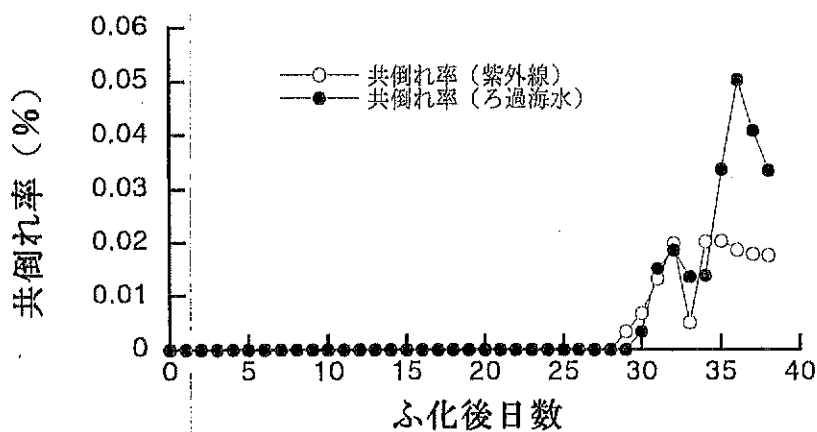


図12 2回次生産における共倒れ率の推移

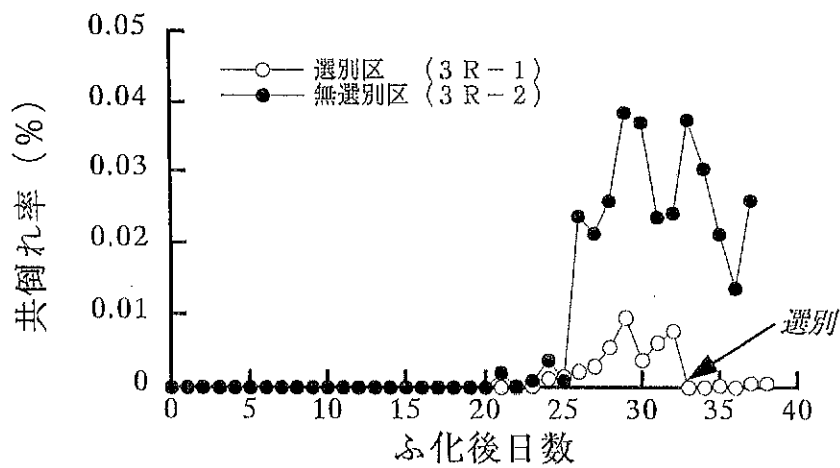


図13 3回次生産における共倒れ率の推移

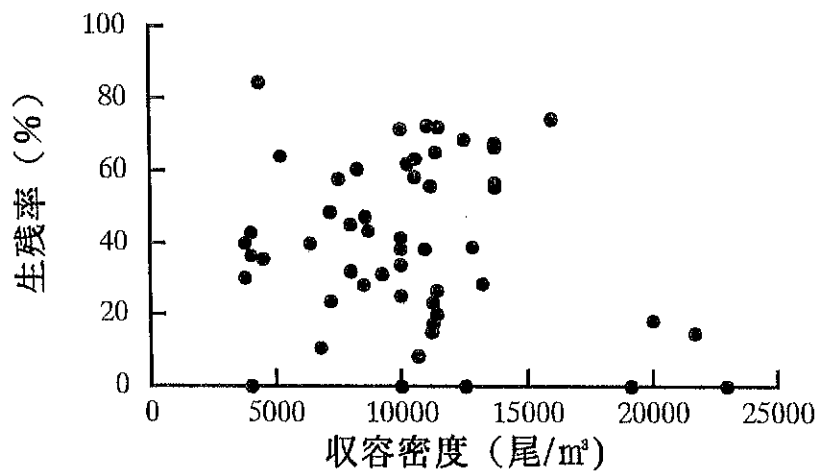


図14 過去6年間における収容密度と初期生残率

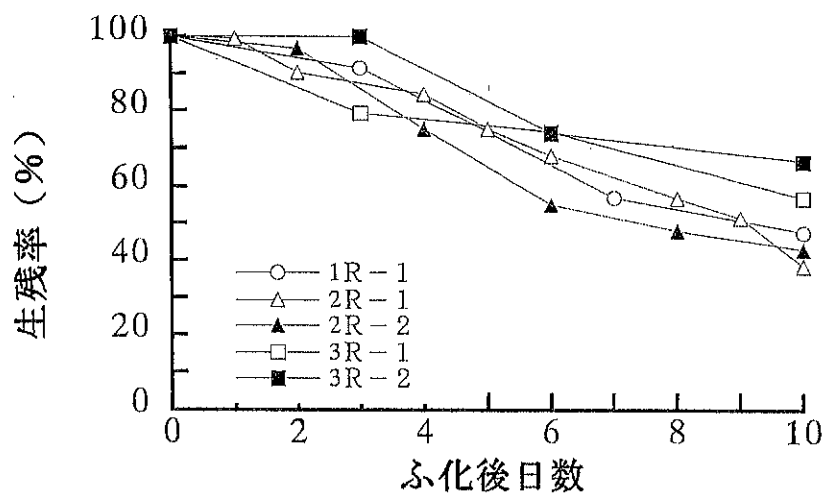


図15 初期生残率の推移

ブリの中間育成では疾病が第一に問題である。特に、ウイルス性疾病は毎年発生しており現在のところこれと言った対策はない。まず、発生した疾病に対し、その発生状況を把握しておく必要がある。しかし、養殖業者はマダイのイリドウイルスによる疾病の発症を予防する方法として、経験的に夏期の給餌から過食にならないように給餌量を制限したり、ブリのウイルス性腹水症に対して、配合飼料に水分を含ませてから給餌している業者もいる。当场では種苗生産後期の配合飼料給餌は飽食給餌を行っており、中間育成においては平成 5 年度に飽食量について把握した段階である。給餌量を適正給餌量に移行することが急務である。本年の課題として、疾病の発症状況の把握と適正給餌量および健苗性に留意し、健全な県配布用種苗と放流種苗の育成を目的として中間育成を行った。

1. 中間育成の概要

(1) 材料と方法

中間育成は、当场で生産した種苗を用い、陸上水槽で主に県配布用の、海上筏では主に放流用の育成を行った。全長10cmサイズの標識放流10万尾と全長15cmサイズの飼付け試験用の育成を計画した。

1) 陸上飼育

90m³コンクリート水槽 4面に小割網 (4×4×3m) 8面設置し、平成 6 年 6 日、18日にそれぞれ平均全長25.8(18.2~32.8)mm と21.3(15.9~28.1)mm の種苗を合わせて13.1万尾を収容した。給餌は手撒きにより配合飼料(協和醗酵社製、初期飼料C700~C1000)を1日に4回に分けて給餌した。給餌量は過食にならないように適正給餌量を模索しながら給餌した。取り上げまでの間、注水量は1水槽あたり毎時 8m³/h使用し、毎日底掃除を行い、適時網替えを行い環境浄化に努めた。

2) 海上飼育

平成 6 年 6 日から23日の間に、平均全長20.8~54.6mmの種苗合計16.3万尾を5回に分けて沖だしし、海上小割生簀網 (4×4×3m) 13面へ収容した。選別は沖だし前に陸上水槽にて金網選別機(目合い: 4mmと5mm)で選別しておいた。その後6月下旬に5mmと6mm、7月下旬には7mmの選別器により選別と分養を行った。給餌は手撒きにより配合飼料(協和醗酵社製: 初期飼料C1000~3000, 日清製粉社製: おとひめ5号)を1日に2~4回(収容時4回、全長50mm時3回、全長70mm以上2回)に分けて給餌した。給餌量は陸上飼育を経て海上飼育を行った群では、陸上飼育時に作成した基準量に従い給餌した。種苗生産終了後直接沖出した群については、7月上旬まで飽食給餌を行い、その後、基準量に従い給餌した。

(2) 結果

1) 陸上飼育

表1に陸上飼育での結果の概要と取り揚げた種苗の用途を示した。6月21日から7月5日の間に5回、平均全長39.8~54.6mmの種苗を合計12.4万尾取り揚げた。この間の平均生残率は94.7%であった。取り揚げた種苗は高知県への配布、無標識での放流および海上育

成に沖出しした。

2) 海上飼育

表 2 に海上飼育での結果の概要と取り揚げた種苗の用途を示した。7月15日から 9月12日の間に平均全長91~144mmの種苗を13.2万尾取り揚げた。その間の平均生残率は81.0%であった。取り揚げた種苗のうち、8.9 万尾を右腹鰭部の切除により標識放流用に、その他は無標識放流、リソ 循環飼育試験、形態異常調査、飼付け試験に供した。

3) 大型種苗までの継続育成

平成 6年 7月29日に中間育成した平均全長 96mm の4000尾を形態異常調査用に、平成 6年 8月 2日に平均全長95mmの1300尾を飼付け試験用として再収容し、全長15cmまでの育成を行った。その結果を表 3に示した。形態異常試験の育成では、8月11日に生残尾数が1590尾まで減ったので試験を中止し、全数を形態観察用として取り揚げた。飼付け試験用は平成 9月12日に2180尾が生残り、平均全長183mm で、飼付け試験に供した。生残率は16.8%と低かった。

4) 疾病の発生状況と対策

陸上の育成では疾病は発生しなかった。海上では、6月中旬から 7月上旬にかけて、ウイルス性変形症と思われる疾病（検査では、ウイルスの分離はできなかった）が発生した。本症の対策が解明されてないため、本年は発生状況の把握に努めた。

7月下旬から 8月上旬に滑走細菌症、類結節症及びウイルス性腹水症と思われる疾病（検査では、ウイルスの分離はできなかった）が、また 8月下旬から 9月上旬には、滑走細菌症と連鎖球菌症が発生した。滑走細菌症に対し、ニフスリン酸ナトリウム（水産用エルバージュ：上野製薬（株））の10ppm（力価）薬浴、連鎖球菌症に対してはエリスロマイシン（水産用ピマリン：大日本製薬（株））による経口投与を行った。投薬の効果は明瞭ではなかったが、最終取り揚げまでの斃死率は19.0%で、長期間疾病が継続した割りには低かったと考えられる。

ただし、形態異常調査用と飼付け試験用の育成は、初期の滑走細菌による斃死が多く、連鎖球菌症も見られた。経口投与、薬浴等処置を行ったが効果は見られなかった。また、収容尾数から斃死尾数を引いた尾数よりも取り揚げ尾数がかなり少なく、斃死魚の分解速度が早いことと、生残魚が斃死魚を捕食すること等により斃死個体の確認漏れがあることまたは、鳥害等が考えられ育成の問題が生じた。

また、はだ虫（*Benedenia seriola*等）の寄生は例年より少なく育成期間中駆除のための淡水浴は行わなかった。ペコ病（*Microsporidium seriola* による寄生）の発症は肉眼ではほとんど観察できなかった。

2. 課題の検討

(1) 材料と方法

1) ウイルス性変形症の発生状況

本年発症したウイルス性変形症について、その発症と斃死状況について、収容した小割網別にその収容密度の相違、収容時期とサイズ別等にわけて検討した。

2) 適正給餌量の把握

給餌基準量は、配合飼料メーカーの給餌基準量と種苗生産後期での給餌量を元に作成し

た。ブリ養殖用のある配合飼料メーカーが出している給餌基準量表（魚体重別の1万尾養成に必要な1日の配合飼料給餌量）から算出した給餌率と全長の関係を図1に示した。ここで算出の元となる全長と体重の関係式は平成5年度に求めた式（平成5年度五島事業場事業場報告、p66 参照）を参考にした。

当场での種苗生産取り揚げの全長30mm時の配合飼料給餌量は飽食給餌を行っており、給餌率16%であった。一方、算出した養殖用の給餌率が同全長時は給餌率が9%であるので養殖用の給餌率が適正であるとすれば、当场での給餌量はかなり多めに給餌していることが推測された。養殖用の給餌率は全長100mmで6%であるので本年度の給餌量を全長30mmの16%から成長に伴い一定の割合で給餌率を下げ100mmで6%になるような給餌率で給餌し、全長150mm以降を4%に設定した。

3) 餌料別の飼育試験と健苗性評価の試み（活力試験）

中間育成において近年、配合飼料が主要餌料となっているが、その長期単独給餌による弊害も懸念される。従って健全種苗を育成するための餌料の質を検討する目的で、試験を行った。試験区には、三陸アミとアジのミンチ肉を餌料とする区（試験1）、ミンチ肉と配合飼料の併用区（試験2）、配合飼料にビタミン剤とフィードオイルを添加する区（試験3）、およびそれぞれの試験区に配合飼料単独区（対照区）を設け、7月7日より7月31日まで行った。給餌量は上記の基準量に従った。ただし、ミンチ肉（湿重量）と配合飼料の換算比は4:1とした。飼育終了後に成長、生残の比較とともに海上で活力試験を行った。活力を知る指標として、各試験区より10尾を取り揚げ2分間の干出後、正常に遊泳し始めるまでの時間（復活時間）を1尾ずつ測り、10尾の時間の和（累積復活時間）が短いほど活力が良いものとした。

(2) 結果と考察

1) ウイルス性変形症の発生状況

表4に陸上水槽での収容別の育成結果を、表5には海上でのウイルス性変形症（以下VDVと称す。）の終息時の生残状況を収容別に示した。陸上水槽では、収容4群、分養選別後8群の育成とも7月7日までの全長65mmまでの育成ではVDVの症状は見られなかった。海上では、収容7群、分養選別後14群のうちVDVの発症が先に確認されたのは2R5mm止まり収容群で、3R4mm止まり収容群が最もVDVによる斃死が多く、その生残状況を図2と図3に示した。

収容時は2R5mm止まり収容群を除き、2R4mm 抜け収容群、3R4mm 抜け収容群とも例年よりも斃死が多かった。2R5mm 止まり収容群の疾病の発生は、6月13日頃の全長50mm時で小割網隅に白っぽくなって見られ出した。次いで2R4mm 抜け収容群が6月20日の全長40mm頃から、小割網隅に寄り出し、7月2日頃から体が曲がった個体が目につき出した。

斃死状況は、2R4mm抜け収容群では6月23日頃から斃死が多くなった。6月25日に7mmの選別器で選別を行ったが、7mm 抜け収容群の斃死が多かった。2R5mm止まり収容群の斃死は少なかった。3R4mm 止まり収容群では6月28日の全長40mm時に6mmと7mmの選別器による選別を行い、その後から斃死が多くなった。斃死数は6mm抜けで高く、6mm 止まり、7mm 止まりとサイズが大きくなるに従って斃死数も少なくなった。一方同群のべこ病調査用の育成では発症、斃死は少なかった。

その他の発生状況は海上に沖出した全長55mmで収容した2R4mm止まり収容群以外はすべ

て、この症状が発症していた。ただし、低密度で収容した2R5mm 止まり（健苗試験）、3R4mm 止まり（べこ病試験）では、その斃死が少ない。また、3R4mm 抜け収容群は選別後他群と統合したため、収容群の生残の詳細は不明であるが、3R4mm 止まりほどの発症は見られなかった。

収容密度が低い 2R5mm止まり（健苗試験）、3R4mm 止まり（べこ病試験）において斃死が少ないこと、高密度収容の3R4mm 止まり群では斃死が多く、さらに小型群ほど斃死が多いこと、ただし、高密度の収容でも3R4mm 抜け収容群の場合は全長40mm以前より選別分養によって密度を下げ斃死が少なかったこと、また、全長55mmの2R4mm 止まりでは本症状が見られなかったこと等から、本疾病は、全長50mm以下の収容の場合、収容密度を低くすれば、本疾病による斃死は少なくなるものと思われる。なお、本症状の発症期間の水温は 6 月中旬から下旬は水温20~22℃で 7月上旬は急上昇して26℃であった。

2) 適正給餌量の把握

図 4に基準給餌を行った育成の全長に対する給餌結果を示した。また、特に全長110mm までの 2R4mm止まり収容群の全長と給餌率の関数の回帰式を図 5に示した。全長 (L:mm) と給餌率 (F:%) の関係は $F = -0.0975L + 16.377 (R^2 = 0.863)$ の式で表された。

また、この育成期間の成長量と水温（10日間間隔の全長測定による日間成長と平均水温）の推移を図 6に示した。適正給餌を行うためには、成長を予測しながら給餌量を決定して行く必要があるため、成長量と水温の関係をすることは重要である。さらに成長に伴う成長量の変化との関係も加え検討したい。

今回給餌した給餌量は、陸上育成時の収容時の給餌率16% から全長40mm時の給餌率13% は結果的には飽食量と同等量であり、全長40mm以降が飽食ではない給餌量となった。飽食を目安に給餌する飽食給餌法では、必要以上摂餌させている可能性もあり、残餌または脱糞量も多くなりやすい。陸上水槽での育成では、注水量の制限もあり、水質悪化と疾病の発生を防ぐために給餌量を適正量まで制限する必要がある。また、今回、海上飼育においても基準給餌を行った収容群に疾病が少なかったことは、飽食させない給餌法が何らかの疾病防除抑制につながっているものと仮定し、この基準量を基にして飽食給餌との比較試験を組んだ上でさらに適正給餌量を求めて行きたい。

3) 餌料別の飼育と健苗性評価の試み（活力試験）

表 6に餌料の飼育結果を示した。生残率は各試験区とも対照区との差は見られなかったが、取り上げ時の全長は試験 1と 2では、ミンチ肉区、ミンチ肉と配合飼料の併用区が対照区より小さく成長が劣った。試験 3の配合飼料にビタミン剤とフィードオイルを添加する区は対照区と同等の成長であった。

表 7に活力試験の結果を示した。試験 2のミンチ肉と配合飼料の併用区と試験 3の配合飼料にビタミン剤とフィードオイルを添加する区は対照区に比べ累積復活時間が短かった。ただし、肥満度と復活時間の相関関係はなかったが、全長と復活時間では図 7に示したように大きいものは復活時間が短い傾向にあった。活力評価の指標として本方法を用いる場合、全長を揃えて比較する必要があるものと思われる。

今後、ブリについても放流種苗の健全性を確かめる試験を行っていく必要があり、評価手法の検討が大事である。

表 1 平成 6 年度ブリ陸上育成の概要

生産区分	収容 月日	収容 尾数 ((万尾)	サイズ (mm)	取り上げ 月日	取り上げ 尾数 (万尾)	サイズ (mm)	生残率 (%)	備考
2 R	平6 6. 6	5.6	25.8 (18.2~32.8)	平6 6.21	3.7	54.6 (46.4~66.8)		高知県配布
				平6 6.22	0.3	52.0		海上沖出し
				平6 6.23	1.3	54.6 (46.4~66.8)		海上沖出し
3 R	平6 6.18	7.5	21.3	平6 6.23	2.0	39.8 (33.2~52.0)		高知県配布
				平6 7. 5	4.8	58.5 (45.9~74.9)		無標識放流*1
平6 6. 6~6.15		13.1	21.3~25.8	平6 6.21~8. 5	12.4	52.3 39.8~58.5	94.7	

* 1 : 7月 5日の放流尾数は4.8 万(48695) 尾の他に 3R の種苗生産取り揚げ魚16000 尾を加えて
6.45万(64695) 尾を放流

表 2 平成 6 年度ブリ海上育成の概要

生産区分	収容 月日	収容 尾数 ((万尾)	サイズ (mm)	取り上げ 月日	取り上げ 尾数 (万尾)	サイズ (mm)	生残率 (%)	備考
2 R	平6 6. 6	1.6	25.2 (18.4~38.8)	平6 7.15	3.2	101 (65~137)		右腹鰭カット放流
3 R	平6 6.15	10.5	24.1	平6 7.18	0.2	132		健苗試験へ提供
3 R	平6 6.17	2.6	20.8	平6 7.21	3.2	91 (64~144)		右腹鰭カット放流
2 R	平6 6.22	0.3	52.0	平6 7.28	2.5	91 (64~144)		右腹鰭カット放流
2 R	平6 6.23	1.3	54.6 (46.4~66.8)	平6 7.29	1.1	96 (78~115)		無標識放流*1
				平6 7.29	0.7	96 (83~111)		陸上0 ₃ 循環飼育試験へ提供
				平6 8. 1	0.4	95 (73~135)		陸上0 ₃ 循環飼育試験へ提供
				平6 8. 2	1.4	94 (70~138)		無標識放流*1
				平6 7.29	0.4	96 (75~115)		形態異常試験用に再収容
				平6 8. 2	0.1	94 (70~138)		飼付け試験用に再収容
平6 6. 6~6.23	16.3	20.8~54.6	平6 6.21~8. 5	13.2	95 91~144	81.0		

* 1 : 無標識放流は 7月 4日の3 R種苗生産取り揚げ魚の51300 尾、41mm(36~63) 有り

表 3 大型種苗の育成結果

生産区分	収容 月日	収容 尾数 (万尾)	サイズ (mm)	取り上げ 月日	取り上げ 尾数 (万尾)	サイズ (mm)	生残率 (%)	備考
形態異常 試験	平6 7.29	0.400	96 (75~115)	平6 8.11	0.159		39.9	生残尾数が少なく なったため育成中止
飼付け 試験	平6 8.2	1.300	95 (70~138)	平6 9.12	0.218	182 (70~138)	16.8	

表 4 陸上での収容別の育成結果

生産区分	収容 月日	収容 尾数 (万尾)	サイズ (mm)	収容密度 (尾/m ²)	取り上げ 月日	取り上げ 尾数 (万尾)	サイズ (mm)	生残率 (%)	備考
2 R					平6 6.21	3.73			
4mm 止まり	平6 6.6	5.30	26.1 (19.1~32.8)	552	平6 6.23	1.37	54.6 (46.4~66.8)	96.2	6.13に小割網 2面 から 4面に分養
4mm 抜け	平6 6.6	0.35	20.9 (18.2~24.2)	73	平6 6.22	0.34	52.0	97.1	
2 R	平6 6.6	5.65	25.8 (18.2~32.8)		平6 6.21 ~23	5.44		96.3	
3 R					平6 6.23 (6mm抜け)	2.09	39.8 (33.2~52.0)	92.3	6.23に選別
4mm 止まり	平6 6.18	7.50	21.3	1568	平6 7.5 (7mm止まり)	1.65	65.0	92.3	6.23と30に選別
					(6mm止まり)	1.97	53.0		
					(6mm抜け)	2.82	41.6 (31.4~74.9)		
3 R	平6 6.18	7.50	21.3		平6 6.23 ~7.5	6.92		92.3	

表 5 収容区分別のウイルス性変形症 (VDV) の症状が終息した時期の生残状況

生産区分 (収容時 選別区分)	収容 月日	収容 尾数 (万尾)	サイズ (mm)	収容密度 (尾/m ²)	VDV 終息 月日	終息時 尾数 (万尾)	サイズ (mm)	生残率 (%)	備考
2 R									
5mm 止り	平6 6. 6	0.45	32.9 (22.2~38.8)	94	平6 7. 3	0.40	88	88.8	
4mm 抜け	平6 6. 6	1.17	22.2 (18.4~24.6)	244	平6 7. 3	(7mm止り) 0.35 (7mm抜け) 0.44	58 78 (52~96)	62.0 76.8	6.24選別
	平6 6.22	0.34	52.0	71	平6 7. 3	(7mm止り) - (7mm抜け) -	- -	- -	6.24選別他群と統 合、生残尾数不明
4mm 止り	平6 6. 23	1.37	54.6 (46.4~66.8)	285	平6 7.11	1.35	83 (63~98)	98.5	分養計数取り上げ VDV は見られず
3 R									
4mm 止り	平6 6. 15	5.79	26.1	402	平6 7. 7	(7mm止り) 0.42 (6mm止り) 1.71 (6mm抜け) 0.22	67 57 51 (39~76)	47.1 51.2 19.3	6.27選別
		0.42	26.1	44	平6 7. 5	0.36	50	85.7	べこ病試験
4mm 抜け	平6 6.15	4.27	24.1	445	平6 7.10	(6mm止り) - (5mm止り) - (5mm抜け) -	- - -	- - -	6.28選別他群と統 合、生残尾数不明
	平6 6.17	2.60	20.8	542	平6 7. 7	(6mm止り) - (5mm止り) - (5mm抜け) -	- - -	- - -	6.29選別他群と統 合、生残尾数不明

表 6 餌料別の飼育概要結果

区	試験区分	収容 月日	収容 尾数 (尾)	由来	サイズ (mm)	取り上げ 月日	取り上げ 尾数 (尾)	サイズ (mm)	生残率 (%)	
試験 1										
	ミンチ区	平6 7. 7	5,500	3R、4mm止り 6mm抜け	51 (39~59)	平6 8.23	3,600	93 (76~121)	65.5	試験開始時は補助 的に配合飼料給餌
	対照区	平6 7. 7	8,000			平6 8.23	5,500	103 (82~138)	68.8	配合飼料の給餌
試験 2										
	配合+ミンチ区	平6 7. 7	10,500	3R、4mm抜け 5mm抜け	51 (39~59)	平6 8. 2	8,300	94 (76~126)	79.0	配合飼料とミンチ肉 との比率は 1:1
	対照区	平6 7. 7	9,900			平6 8. 2	7,300	103 (82~138)	73.7	配合飼料の給餌
試験 3										
	配合+他 シミン添加区	平6 7. 6	19,600	3R、4mm抜け 5mm止り	51 (39~59)	平6 7.30	15,800	95 (73~130)	80.6	小割網 2面で飼育
	対照区	平6 7. 6	14,300			平6 8. 1	12,400	95 (78~115)	86.7	小割網 2面で飼育 配合飼料の給餌

表 7 餌料別に飼育した種苗の健苗性評価の試み（活力試験）

試験 1					試験 2					試験 3				
シジメ 個体 番号	肉区 復活 時間 (分秒)	*1 全長 (mm)	対照区 復活 時間 (分秒)	全長 (mm)	配合飼料 個体 番号	シジメ 復活 時間 (分秒)	*1 全長 (mm)	肉区 復活 時間 (分秒)	全長 (mm)	配合飼料 個体 番号	シジメ 復活 時間 (分秒)	*1 全長 (mm)	肉区 復活 時間 (分秒)	全長 (mm)
1	01:00	111	00:50	125	1	01:03	96	01:00	88	1	00:43	124	01:05	109
2	01:49	89	00:55	113	2	01:05	114	01:49	98	2	00:48	110	01:51	95
3	02:33	90	01:16	114	3	01:07	103	02:47	83	3	00:51	116	01:53	100
4	02:51	90	02:19	97	4	01:22	110	02:57	101	4	02:22	103	02:34	100
5	02:59	92	02:22	115	5	01:39	109	03:59	99	5	02:30	111	04:40	94
6	03:04	94	03:14	116	6	02:38	99	04:49	94	6	02:57	102	05:41	91
7	05:23	100	05:06	102	7	02:50	91	04:51	117	7	04:18	106	05:58	86
8	06:23	86	07:43	100	8	03:06	92	06:19	104	8	04:29	81	07:14	91
9	10:00	84	10:00	96	9	03:26	86	06:27	101	9	06:06	115	10:00	91
10	10:00	86	10:00	89	10	10:00	87	10:00	82	10	07:09	91	10:00	109
累積 時間	46:02		43:45		累積 時間	28:16		44:58		累積 時間	32:13		50:56	
平均	4:36	92	4:23	107	平均	2:50	99	4:30	97	平均	3:13	106	5:06	97

* 1 : 復活時間は10分間まで測定。それまでに復活しなかった個体の復活時間は10:00 と表示した。

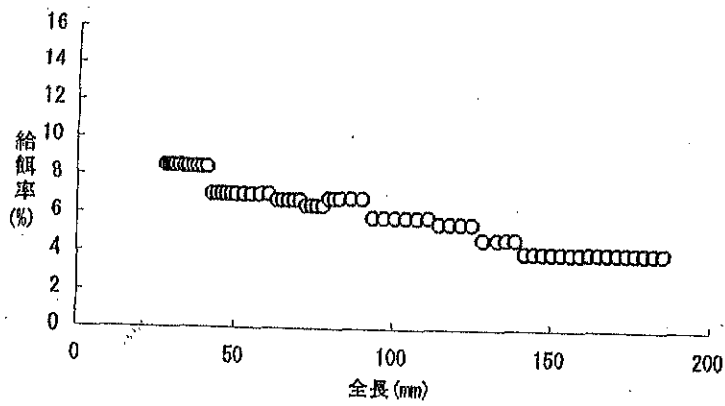


図1 ある配合飼料メーカーの給餌基準量表から算出した給餌率と全長の関係

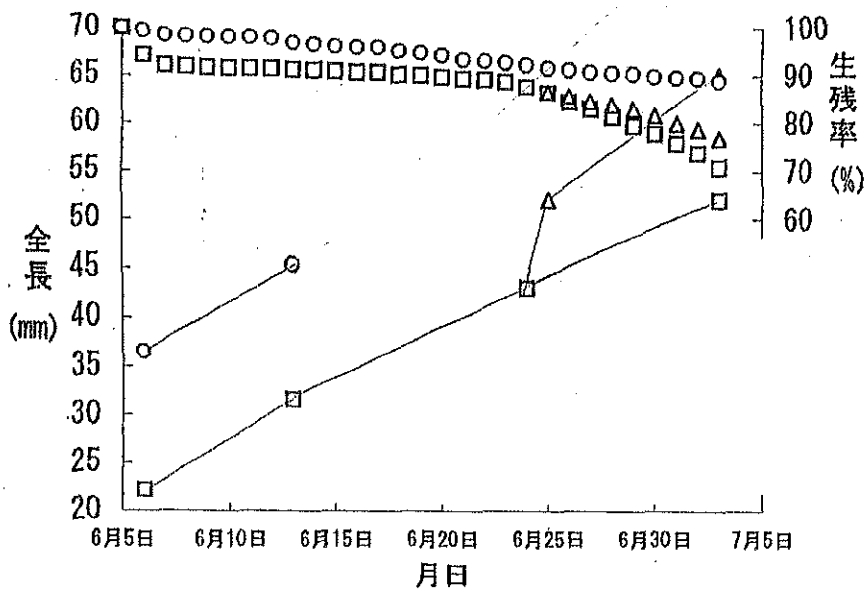


図2 2R、5mm止まり、4mm 抜け 収容の生残状況
(○:5mm止まり、□:4mm抜け 収容 7mm抜け 選別
△:4mm抜け収容 7mm止まり選別)

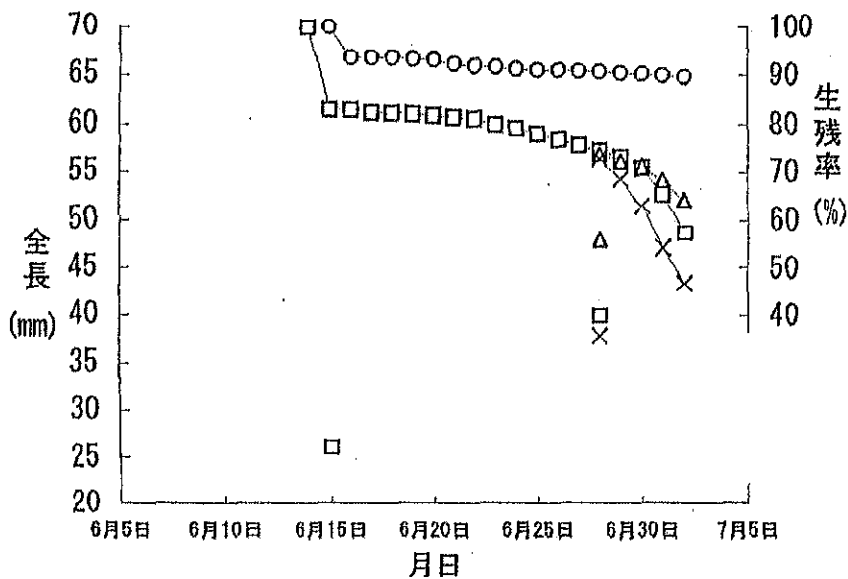


図3 3R、4mm 止まり収容の生残状況
(○:6mm止まり収容、□:6mm止まり選別、△:7mm止まり選別
×:6mm止まり選別)

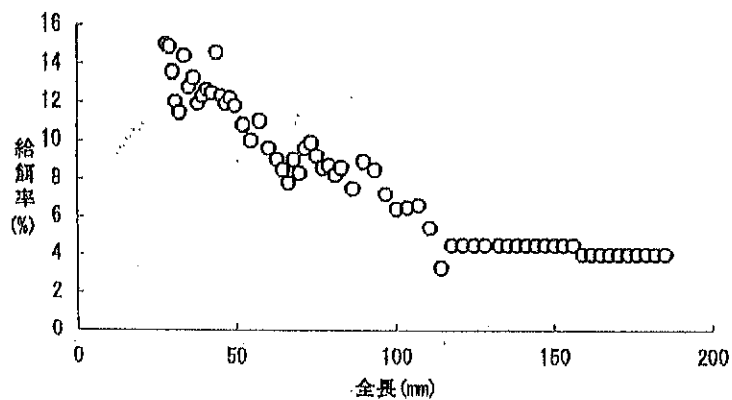


図 4 全長と給餌率の関係

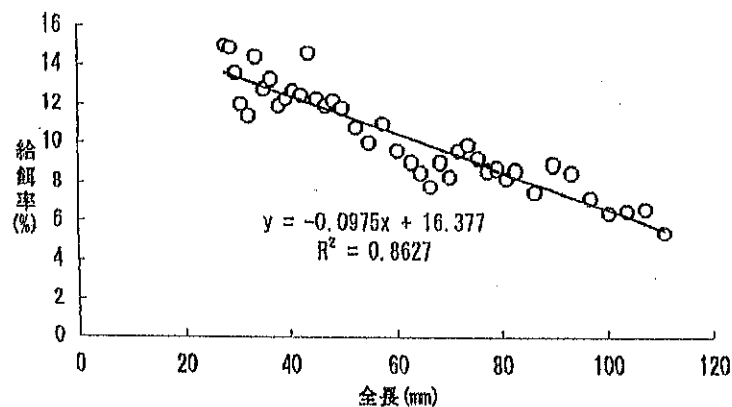


図 5 全長と給餌率の関係式（回帰直線式）

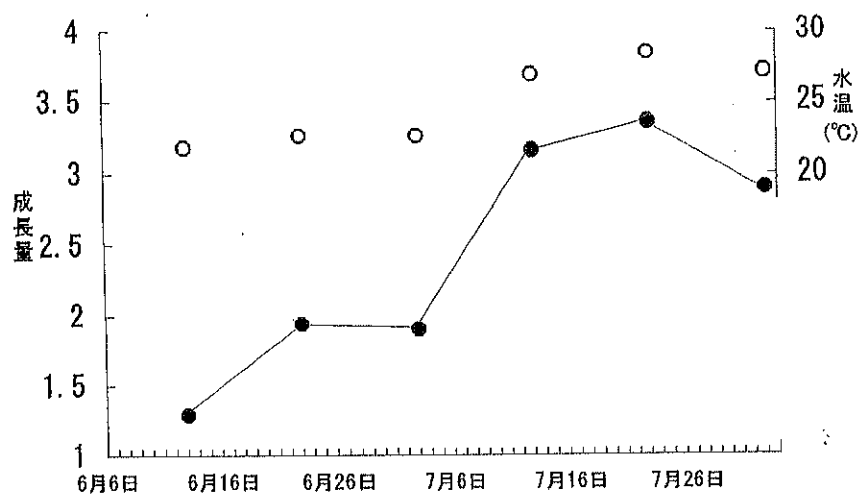


図 6 成長量と水温の推移

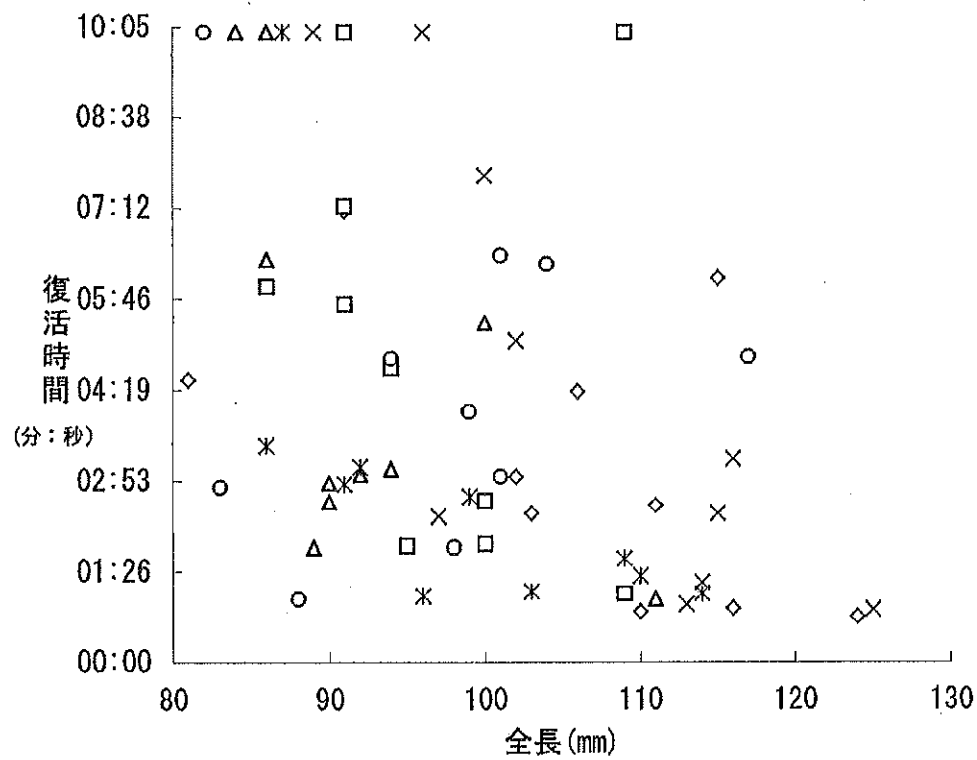


図 7 全長と復活時間との関係

(△:ミナ, ×: 対照区, *: 配合, ○: 対照区
◇: 配合+材料, □: 対照区)

Ⅱ－１－３ ブリのべこ病対策

佐藤 純

この疾病は毎年、海上での中間育成中のブリ、ヒラマサ稚魚に発生し、直接斃死原因になることや、魚体を弱らせ二次的に細菌性、ウイルス性の疾病を引き起こす可能性があることから防除対策を講じる必要がある。

本年度は早朝給餌試験、実験的感染試験を行い、防除対策の検討を行ったので報告する。

1. 早朝給餌試験

1. 方法

5月8日に種苗生産を開始し6月15日に中間育成のために海上小割り生け簀（4×4×深さ3m）に沖だしたブリ稚魚を試験区、対照区とも2,000尾ずつ供試し、6月16日に試験を開始した。試験区は配合飼料を日の出直前から日没直後まで自動給餌機で給餌した。試験期間中の試験区の給餌時間は早朝給餌については日の出の約10分前、午前5：30～午前6：00の間に開始し、日没直後までの給餌については日の入りから約10分後の午後7：30～8：00の間に終了した。試験開始時の供試魚の平均全長、体重はそれぞれ23.6mm（19.9～31.3）、0.152g（0.090～0.292）であった。

2. 調査方法

6月16日に試験を開始し、その後6月21日、27日、7月6日、18日の4回調査を行った。調査は試験区、対照区共に調査日に30尾サンプリングし、外観的に病変の認められるものを罹病個体として数えた。最終日に関しては100尾のサンプリングを行い筋肉部のシストの有無を確認した。

3. 結果

試験結果は表1に示した。試験開始から7月6日までの3回の調査ではいずれも罹病個体は認められなかった。7月18日の調査では対照区12%、試験区26%で試験区の罹病率が対照区より上回る結果となった。

2. コペポータ等の天然プランクトンの摂餌による感染の可能性について

1. 方法

陸上感染実験室の100ℓパンライト水槽に対照区、試験区それぞれ150尾ずつ収容した。試験区には五島事業場先で夜間、電照により集めたプランクトンを水中ポンプで180目ネットに採集したものと配合飼料を給餌し、対照区は配合飼料のみを給餌した。試験開始時の供試魚の全長と体重はそれぞれ23.6mm（19.9～31.3）、0.152g（0.090～0.292）であった。

2. 調査方法

6月16日に試験を開始し、6月27日、7月5日、15日の3回調査を行った。調査方法は麻酔（ジフェノキシエタノールを0.3ml/ℓの濃度で濾過海水に溶かした）で静止させて全数を調査し、外観的に病変の認められる個体を罹病魚として数えた。また、調査毎に10尾をサンプリングし、全長、体重を測定した。

3. 結果

試験結果は表2に示した。試験開始から終了まで罹病個体は認められなかった。

3. 考察

この疾病は五島事業場でのブリ種苗生産において最も小さいサイズでは全長22.4 mmの稚魚で確認された。べこ病によると思われる斃死率は0.0%～10.0%（昭和57年～平成6年）であった（表3）。本疾病の発生にはコペポダ等の天然プランクトンが媒介生物になっている可能性が考えられたことから平成5年度にコペポダ等の天然プランクトンの給餌による感染実験を行った。また、原因虫の胞子の経口投与、筋肉打注、浸漬、同居感染（平成2年）の実験感染を試みたが、感染は成立していない。本年度は海上小割生簀網での中間育成時にブリが原因虫の胞子をコペポダ等の天然プランクトンを介して補食していると考え、日の出、日没前後で給餌を行い、その補食を妨げる方法で試験を行った。また、陸上水槽において直接コペポダ等の天然プランクトンの給餌を行う試験を行った。

早朝給餌によるべこ病の防除効果について検討した。コペポダ等の天然プランクトンが本疾病の媒介生物であると仮定し、その摂餌を妨げることでこの疾病の防除の可能性を検討した。その結果、対照区に比較して試験区で罹病率が高くなり、この方法による防除は困難であると考えられた。しかし、僅かな補食によっても感染が成立する可能性が考えられるため、コペポダ等の天然プランクトンが媒介生物であるという可能性は否定できない。

夜間採集したコペポダ等の天然プランクトンを沖だしをしていないブリ稚魚に給餌し、その後の罹病率を比較した。その結果、対照区、試験区とも罹病する個体は認められなかった。この結果からコペポダ等の天然プランクトンが原因虫の感染に関与していないのか、感染には何らかの複合的な要因が関与する可能性があると考えられるため、今後天然プランクトンの給餌量や他の感染因子になると考えられる媒介生物の検索、感染後の飼育期間等について検討の余地があると思われる。

表1 早朝給餌による罹病率の比較

サンプリング月日	940 621		940 627		940 706		940 718	
	対照区	早朝給餌区	対照区	早朝給餌区	対照区	早朝給餌区	対照区	早朝給餌区
全長 (mm)	33.9 (27.9~41.8)	32.9 (28.6~42.9)	39.7 (29.9~49.8)	43.7 (30.8~59.2)	62.3 (48.8~74.5)	68.3 (51.0~85.9)	98.4 (88.8~116.4)	109.8 (94.9~123.8)
体重 (g)	0.34 (0.19~0.58)	0.31 (0.19~0.71)	0.77 (0.29~1.28)	0.97 (0.07~2.14)	2.42 (1.16~4.09)	3.39 (1.11~6.81)	6.04 (5.95~15.73)	12.55 (8.84~18.23)
罹病尾数 (尾)	0/30	0/30	0/30	0/30	0/30	0/30	12/100	26/100
罹病率 (%)	0	0	0	0	0	0	12	26
*生残尾数 (尾)	1807	1807	1747	1724	1603	1610	1829	1646
生残率 (%)	90.4	90.4	87.4	86.2	80.2	80.5	91.5	82.3

*生残尾数は6月21日~7月6日については収容尾数からサンプリング尾数をひいた尾数である。7月18日は取揚尾数である。

表2 コペボータ給餌による罹病率の比較

サンプリング月日	940627		940705		940715	
	対照区	コペボータ給餌区	対照区	コペボータ給餌区	対照区	コペボータ給餌区
全長 (mm)	33.9 (27.9~41.8)	32.9 (28.6~42.9)	39.7 (29.9~49.8)	43.7 (30.8~59.2)	62.3 (48.8~74.5)	68.3 (51.0~85.9)
体重 (g)	0.34 (0.19~0.58)	0.31 (0.19~0.71)	0.77 (0.29~1.28)	0.97 (0.07~2.14)	2.42 (1.16~4.09)	3.39 (1.11~6.81)
罹病尾数 (尾)	0/30	0/30	0/30	0/30	0/30	0/30
サンプリング (尾)	10	10	10	10	10	10
生残尾数 (尾)	—	—	—	—	89	79
生残率 (%)	—	—	—	—	59.3	52.7

表3 五島事業場におけるべこ病の発生状況

年度	陸上水槽での罹病状況			海上での罹病状況			対処方法		結果
	発症の有無 ※1	収結 コペポータ	天然 コペポータ	発症時期	発症サイズ (mm)	発症水温 (℃)	罹病尾数 ※2	罹病率 (%) ※3	
57	○	—	5.4千万個体	7月上～8月上	40.0～130.0	22.8～27.6	972	3.2	小割生養殖内からの罹病魚の駆除 スルファメジンナトリウム投薬試験 効果は得られなかった
58	×	11.0千万個体	12.8	6月下～8月中	25.0～110.0	20.6～30.9	3266	2.6	小割生養殖内からの罹病魚の駆除
59	○	116.0	19.1	6月下～8月下	40.0～130.0	22.0～29.1	7242	6.0	小割生養殖内からの罹病魚の駆除
60	○	9.0	128.6	6月中～6月下 7月中～7月下	22.4～130.0	21.4～29.5	11400	10.0	
61	○	16.3	13.7	6月中～8月上	40.0～170.0	20.7～28.6	1066	1.0	
62	○	0.5	27.3	7月中～8月下	50.0～170.0	24.0～27.0	381	0.3	フマジリン投薬試験 罹病率が対照区、100mg区で1.67% 0.06%で、明らかに感染予防効果が みられた
63	○	—	51.8	7月中	80.0～90.0	25.0～26.0	3	0.0	例年より罹病率が低く、50mg区、 100mg区とも効果は判然としな かった
平成元	○	—	不定量	6月中～7月中	120	21.0～25.0	26	0.06	スルファメジンナトリウムの投薬試験 50mg区、100mg区とも罹病率に差 はみられなかった
2	○	—	—	6月中～8月中	6.0～60.0	21.0～30.0	3562	0.7	
3	○	—	—	6月下～8月	6.0～160.0	20.0～30.0	1600	0.3	フマジリン投薬試験 未発症魚で5mg/kg/日で有効と判断 された。発症魚では治療効果はない と判断された
4	○	—	—	6月上～8月中	90.0～200.0	20.0～27.0	797	3.6	早期給餌による防除効果は得られず 0.2g、0.02g/kg/日の投与でい ずれも効果は得られなかった
#5	○	—	—	6月中～8月下	33.2～213.3	20.0～27.0	(3.4万尾)	(53.2%)	
6	○	—	—				0	0	早期給餌による防除効果は得られず 中間育成魚での罹病は確認されず

YAVにより大量発症、べこ病、鰓結節症も認められ、罹病原因の特定は困難

※1 ○が発症の無かったことを示し、×は発症があったことを示す

※2 中間育成中の発症個体の中でべこ病に罹病していた個体数

※3 ※2/中間育成供試尾数(べこ病によると思われる発症率)

II — 1 — 4 鰻の開腔実験

はじめに

鰻の開腔については、形態異常（脊椎骨上弯症）の原因究明と発生防止の見地から、平成4年度より初期飼育における鰻の開腔率の向上を課題として取り組んできた。その結果、鰻の開腔時における飼育水表面の油膜除去が鰻の開腔率の向上には最も有効な手法であることが分かった。今年度は、油膜除去の効果的な手法を検討するため小実験を行ったので、その結果を取りまとめて報告する。

材料と方法

供試魚は、ふ化後2日目のブリ仔魚を用いた。実験水槽には 0.5m³ パラライト水槽6面を使用し、各水槽にはブリ仔魚を5000尾ずつ収容した。実験区は3区設け、それぞれ油膜無処理区、油膜吸着除去区、油膜オーバーフロー除去区とし、1実験区につき2例ずつ設けた。油膜除去はふ化後3日目（実験開始1日目）より10日目まで毎日行い、1日のうち午前中に3回、午後に3回の合計6回行った。飼育は、1日に20%の止水換水飼育とし、通気はエアストーン1個を水槽中央に設置して行った。給餌は1日に2回、ワムシを5個体/mlを維持するように給餌した。油膜除去時には、エアストーンを水槽周辺部に移し、油膜をエアストーンの直上水面の反対側に集め、吸着除去またはオーバーフローにより除去した。油膜吸着除去区では、油膜の吸着は新聞紙を用いて行い、1回の油膜除去には新聞紙3～4枚を使用した。油膜オーバーフロー除去区では、注水により水槽上端まで水位を上昇させ、飼育水とともに油膜をオーバーフローさせて除去した。油膜の除去の確認はエアレーションにより生じた泡の広がり具合により判断した。

鰻の開腔率は、ふ化後3日目より毎日柱状サグリングにより50～70尾を採集し、開腔の有無を測定し算出した。実験はふ化後10日目で終了し、終了時には生残尾数を計数した。

結果と考察

各実験区の鰻の開腔状況を表1・図1に示した。鰻の開腔はふ化後4日目より始まり、ふ化後4日目から5日目にかけて急激に開腔した後、ふ化後10日目までに漸増した。各実験区別に開腔状況をみると、油膜無処理区ではほとんど開腔がみられず、ふ化後10日目の開腔率は0%、3.2%であった。油膜吸着除去区では、開腔はみられたもののその開腔率は低く、ふ化後10日目の開腔率は21.5%、38.0%であった。油膜オーバーフロー除去区では、大部分の個体が開腔し、ふ化後10日目の開腔率は77.6%、85.5%であった。この結果、油膜の除去手法としてはオーバーフロー除去が鰻の開腔に最も有効であることが伺えた。また、各区の生残率は、油膜無処理区ではそれぞれ38.5%、42.0%、油膜吸着除去区では44.4%、34.5%であり、油膜オーバーフロー除去区では28.0%、19.8%であった。油膜オーバーフロー除去区の生残率が他の2実験区に比較して低かったが、これは油膜をオーバーフローにより除去する時、飼育水とともに仔魚が流出したためである。実験期間中、特にふ化後4日目から5日目にかけて、ブリ仔魚が水面付近に密集し立ち泳ぎ状態で水面を啄ばむような行動が多く観察された。この行動の意味は不明であるが、急激な開腔がみられた時期と一致していることから、おそらく空気飲み込み行動と推察される。

表1 油膜処理別の鰾の開腔状況

ふ化後日数	無処理		吸着処理		オーバーフロー処理	
	1	2	1	2	1	2
3	0	0	0	0	0	0
4	0	0.8	1.1	5.2	8.5	11.0
5	1.2	2.6	23.0	31.5	72.4	70.7
6	0	0	28.2	38.3	80.1	82.4
7	0	1.3	25.2	37.8	70.8	79.8
8	0	3.8	27.5	31.5	78.4	88.0
9	0.8	2.2	14.3	45.3	82.0	81.0
10	0	3.2	21.5	38.0	77.6	85.5
生残率	38.5	42.0	44.4	34.5	28.0	19.8

*各区 5000 尾収容

*油膜除去は3日目より開始

*油膜吸着処理は新聞紙を使用

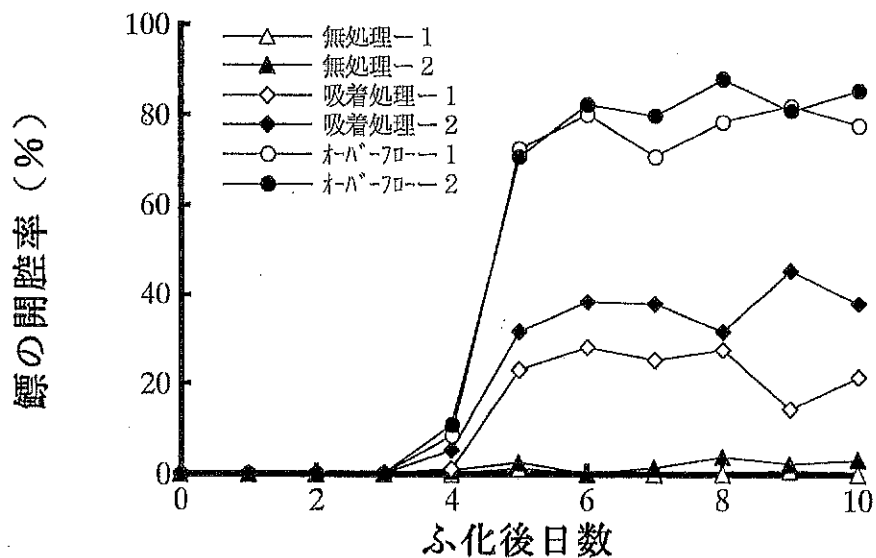


図1 各実験区における鰾の開腔状況

II - 1 - 5 ブリ親魚別初期飼育試験

1. 目的

ブリ種苗生産における初期減耗は、飼育期間中で最も大きな減耗であり、過去の飼育例をみると日令6～7日目までに生残率が10～40%まで低下している。その原因としては、親魚由来のふ化仔魚の活力に関するものと初期飼育方法に関するものとの2つが考えられる。前者の要因は親魚に起因する卵質であり、後者の要因は収容方法・初期飼育環境・収容密度等である。

ここでは、初期減耗の要因として卵質に焦点を当てて、卵質の良否が親魚に起因するものか否かを確認するため、親魚の個体別飼育試験を行った。

2. 方法

産卵親魚には、当場の海上生簀において天然魚を1年間養成した親魚を5個体(V-2～V-6)使用した。実験に供試したふ化仔魚は、5個体の親魚にHCG打注後、人工授精によって得られたものである。受精卵はそれぞれ1 m^3 の逆円錐型ふ化水槽に収容し、ふ化管理を行った。実験水槽には0.5 m^3 黒色ポリカーボネイト水槽を使用し、各親魚より得られたふ化仔魚は日令1で実験水槽に収容した。収容尾数は5000尾/槽とし、1個体の親魚より得られたふ化仔魚は2水槽に収容し、5実験区合計10面の実験水槽を設置した。

飼育水温は20～21℃とした。飼育水にはろ過海水を使用し、ナノクロプス を50～100万セル/mlを保つように添加した。換水は、日令3より止水換水とし、換水率は20%/日である。通気は、各水槽中央にエアストーン1個を設置して行った。底掃除は、日令3より毎日行った。油膜の除去は行わなかった。

調査項目は、生残率、奇形率、摂餌個体率、鰾の開腔率、成長とし、生残率・鰾の開腔率・全長の測定は日令10に、奇形率は日令2、摂餌個体率は日令3に行った。調査尾数は、生残率は全数、奇形率・摂餌個体率・鰾の開腔率は100尾、全長は30尾である。

実験期間は日令10までの10日間である。

3. 結果

各実験区(V-2～V-6)における卵質及び飼育結果を表1に、卵径、油球径、ふ化率、SAI、生残率、摂餌個体率、鰾の開腔率における各項目間の相関を図1～12に示した。

各実験区間の浮上卵率は99.1～100%でありほとんど差はなかった(表1)。受精率はV-4区の68%を除けば82～93%であり親魚間に大きな差はみられなかったが、それぞれのふ化率は6.3～61.5%と大きな差がみられた(表1)。このことから、受精率とふ化率の間には相関はみられなかった(図5)。また、卵径および油球径に対するふ化率とSAIの間にはいずれも相関はみられなかった(図1・2・3・4)。さらに、卵径と油球径の間にも相関はみられなかった(図6)。

各区のふ化仔魚の奇形率は1.7～15.9%(1実験区2例の平均値)であり、親魚間に大きな差がみられた(表1)。また、開口時の摂餌個体率は9.5～71.4%であり、親魚間に大きな差がみられた(表1)。特に、同一実験区であっても2例の飼育の間に大きく異なり、V-6において最大2.5倍の差があった。鰾の開腔率は、各区ともほとんど開腔がみら

れず、10例中7例で全く開腔がみられなかった。また、開腔した3例における開腔率は最高で7.5%であり低い開腔率であった。摂餌個体率に対する生残率及び鰾の開腔率との関係をみると、生残率との間には正の相関関係がみられたが(図7)、鰾の開腔率との間には相関はみられなかった(図8)。ふ化率に対する生残率、SAI及び摂餌個体率との間には、いずれも相関はみられなかった(図10・11・12)。

日令10における成長は、全長が4.3~4.6mmであり、ほとんど成長は見られなかった(表1)。

4. 考察

初期減耗の要因としては、親魚に起因するふ化仔魚の活力の低下が考えられ、これまでも卵質との関連性が疑われてきた。しかし、卵質の良否の判定基準となる指標が見つからないため、初期減耗の要因の究明に至っていないのが現状である。今回の結果からも、受精率・卵径・油球径・ふ化率・SAIの間に相関を見出すことはできなかった。特に、V-6区のように、ふ化率・SAI値が低くても必ずしも飼育結果が悪くないこと、逆にSAI値の最も高いV-2区、ふ化率の最も高いV-3区では飼育結果が悪くなっていることなどはこの問題の難しさを表している。

今回の結果の中で明らかになったことの1つは、摂餌個体率と生残率の間に正の相関関係がみられることである。つまり、開口時に摂餌個体の多い場合には生残率が高いというものである。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、今回の実験では同じ親魚区のふ化仔魚でも、開口当日の摂餌個体率が大きく異なることから、未摂餌個体の出現は親魚に起因したものではなく初期の飼育方法(飼育環境)に起因したふ化仔魚の活力低下によって引き起こされると思われた。特に、通気については、昨年度より通気の強さと初期生残の関係について検討を行ってきたが、大型飼育水槽においてエアストーンとエアブロックを併用した強通気を行うことにより開口直後の摂餌個体率が高くなることが確認されている。そして、それにともない初期生残率も50%以上に向上している。このことから、初期飼育における通気量は、開口時の摂餌個体率、初期生残率に影響を及ぼしていることが伺えた。

もう1点明らかになったことは、ふ化仔魚の奇形の発生状況が親魚により異なり、かつこれまで予想していた奇形率よりも高かったことである。今回の実験においても、V-6区で15.9%の奇形率がみられたが、これらの奇形魚は日令6~7で斃死しているものと思われる。

今回の実験の目的は卵質が初期生残率に及ぼす影響をみることであったが、卵質よりも初期飼育手法(通気方法)の方が生残に及ぼす影響が大きかったため、卵質の影響をみるまでには至らなかった。換言すれば、初期飼育手法を確立することなくして卵質の良否を判断することはできないということである。

初期減耗については、ブリ種苗生産開始当初より重要な課題となっている。今回の実験は人工授精を行うことによって初めて可能な実験であり、手間と労力を要するものであるが、今回得られた知見をもとに再度検討していくことが必要と考える。

(塩澤 聡)

表1 ブリ親魚別初期飼育実験 (ふ化後10日目)

親魚コード	V-2		V-3		V-4		V-5		V-6	
水槽番号	1	10	2	9	5	6	3	8	4	7
浮上卵率 (%)	100		100			99.4		99.1	100	
受精率 (%)	88		86			68		82	93	
卵径 (μm)	1254		1224			1231		1215	1192	
油球径 (μm)	319		295			301		306	312	
ふ化率 (%)	37.7		61.5			55.8		52.6	6.3	
SAI	28.5		21.2			21.1		21.3	19.8	
収容尾数	7708	7083	9792	8000	7500	10500	7458	5542	6167	5792
生残尾数	320	1307	783	861	1831	2302	1917	1650	2452	1395
生残率 (%)	4.2	18.5	8.0	10.9	24.4	21.9	25.7	29.8	39.8	24.1
奇形率 (%)	0.9	2.5	2.6	1.0	19.2	10.6	5.1	7.5	25.8	12.0
摂餌率 (%)	9.5	23.6	36.7	23.8	40.5	34.6	67.2	50.0	71.4	33.0
開腔率 (%)	0	0	0	0	7.5	1.8	0	0	5.9	0
成長 (mm)	4.4	4.5	4.5	4.4	4.4	4.4	4.3	4.4	4.6	4.5

*ふ化は 1m³逆円錐形水槽使用

*ふ化仔魚の飼育は 0.5m³水槽使用

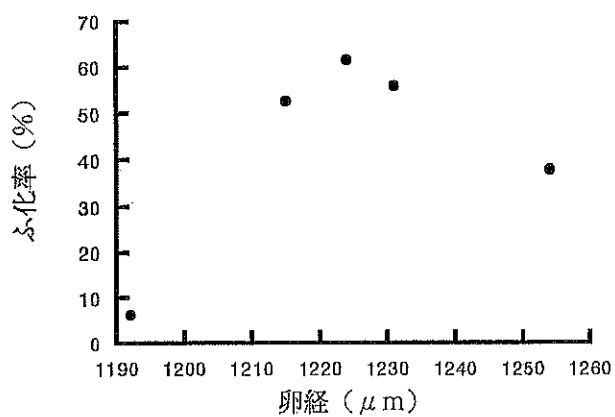


図1 卵径-ふ化率

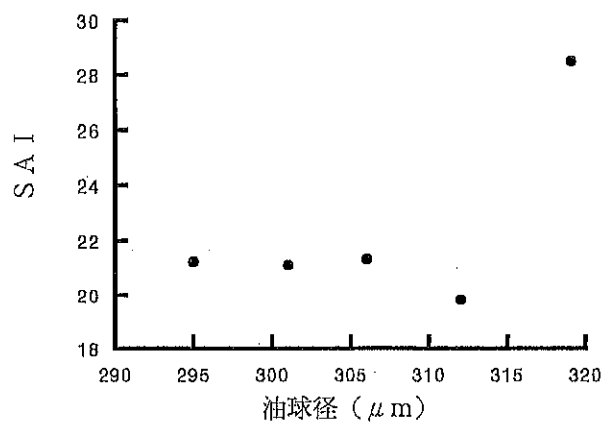


図4 油球径-SAI

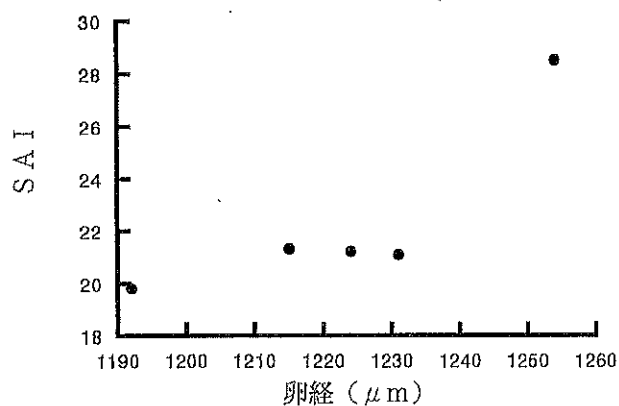


図2 卵径-SAI

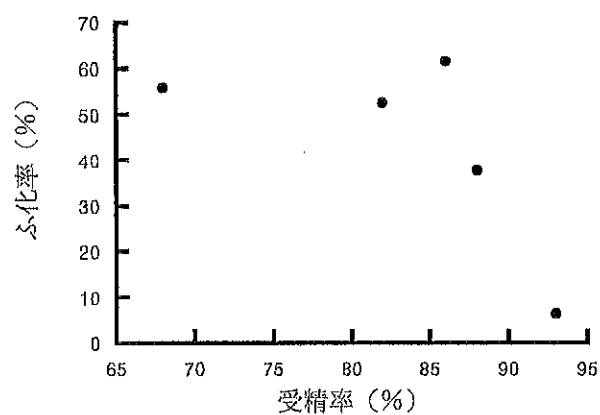


図5 受精率-ふ化率

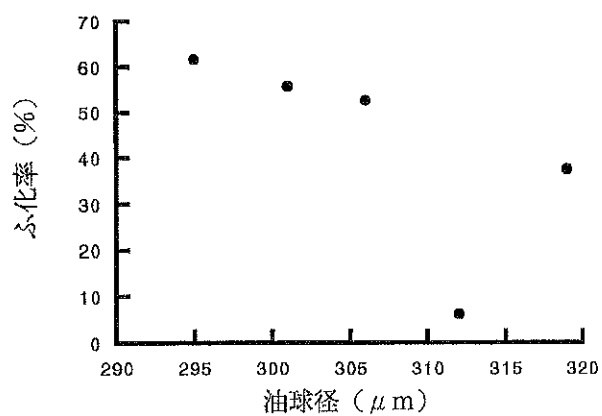


図3 油球径-ふ化率

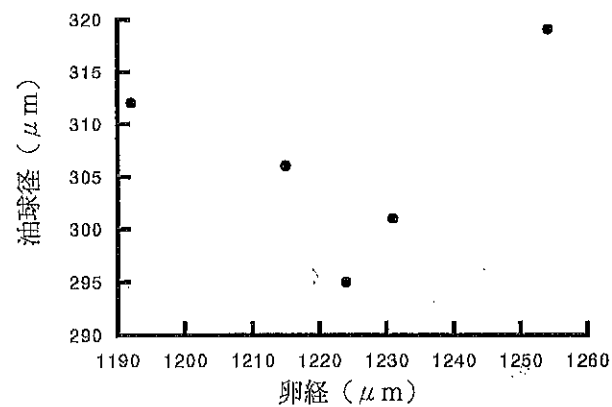


図6 卵径-油球径

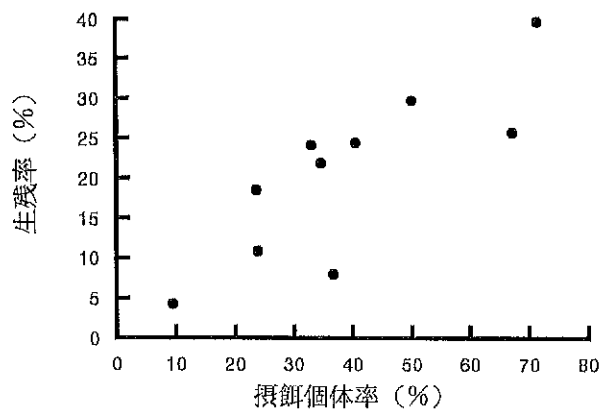


図7 摂餌個体率-生残率

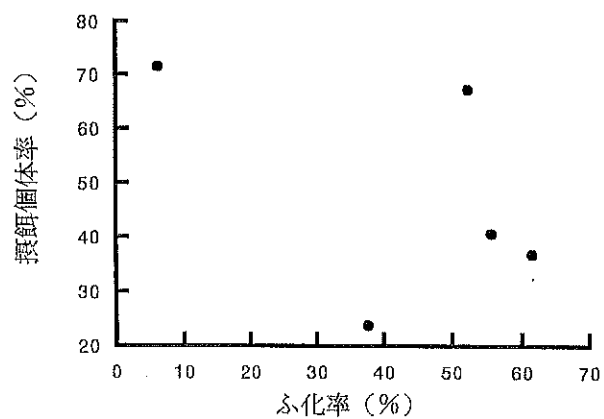


図10 ふ化率-摂餌個体率

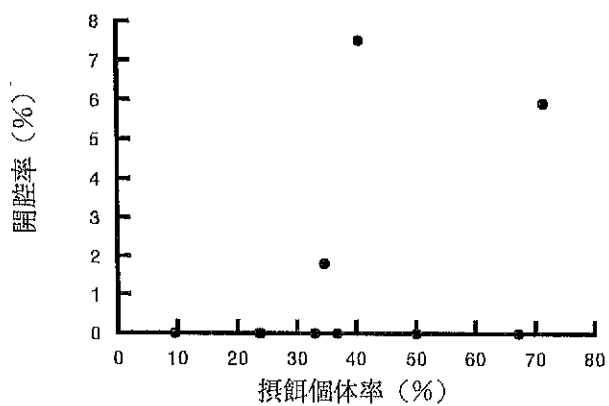


図8 摂餌個体率-開腔率

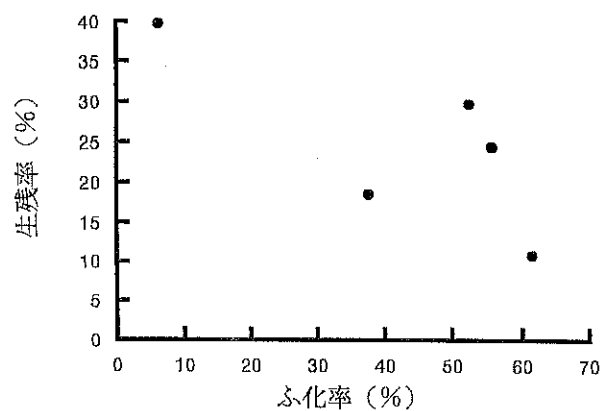


図11 ふ化率-生残率

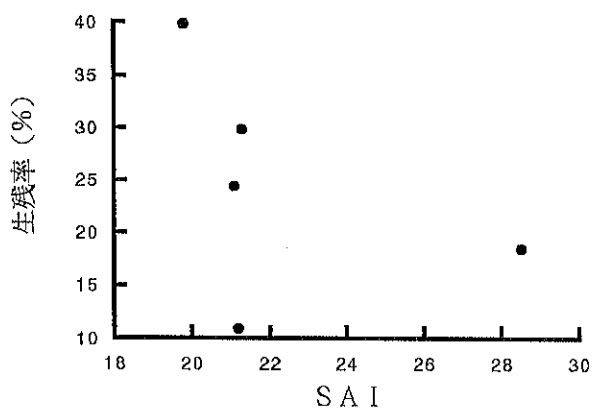


図9 SAI-生残率

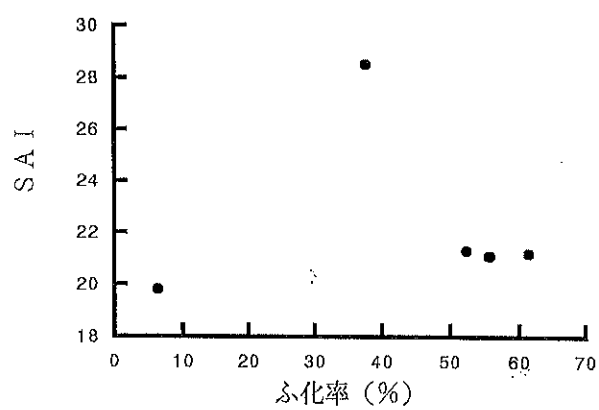


図12 ふ化率-SAI

II - 1 - 6 ブリ輸送実験

酸素過飽和がブリ種苗に及ぼす影響

1. はじめに

今年度行った活魚輸送車によるブリ種苗配布では、2例中1例で輸送中に大量斃死が起こった。この斃死の原因として輸送中の酸素過飽和が疑われたため、ブリ種苗に及ぼす影響に焦点を当てて小実験を行ったので、その結果の概要をとりまとめて報告する。

2. 材料と方法

実験は6回行い、実験1～4では全長 6.2cm (5.3 ~ 6.7), 体重 2.3g (1.9 ~ 2.9) のブリ種苗を、実験5～6では全長 5.9cm (5.1 ~ 6.5), 体重 2.0g (1.7 ~ 2.4) のヒラマサ種苗を使用した。実験水槽には30ℓ バライト水槽を使用し、供試魚の飛び出しを防ぐため水槽上部に蓋を設置した。溶存酸素の調整は酸素ポンプによる通気により行った。水温は、エアコンにより空調を行った室温で調節し、水温を変化させた区のみはウォーターバスにより調節した。

【実験1】

供試魚にはブリを用いた。試験区は5区設置し、その概要を下表に示した。

試験区	1 区	2 区	3 区	4 区	5 区
収容尾数	26尾	26尾	64尾	129尾	26尾
収容密度	2Kg/m ³	2Kg/m ³	5Kg/m ³	10Kg/m ³	2Kg/m ³
水 温	20℃	20℃	20℃	20℃	26℃
酸素通気	なし	あり	あり	あり	なし

実験は24時間行い、収容時および実験期間中7回、経過時間毎の水質（水温・DO・NH₃）の変化を測定した。また、実験終了時には生残尾数を調べた。

【実験2】

実験1の終了後、高濃度の溶存酸素の環境に24時間馴致した3区の生残魚30尾を取り揚げ、水温22℃、溶存酸素量7.2mg/ℓの水槽に移し、急激な溶存酸素量の低下がブリ種苗にどのような影響を及ぼすか調べた。生残状況は、移槽後5時間後に調べた。

【実験3】

実験1の終了後、高濃度の溶存酸素の環境に24時間馴致した4区の生残魚50尾を取り揚げ、水温25℃、溶存酸素量6.6mg/ℓの水槽に移し、急激な溶存酸素量の低下及び水温の上昇がブリ種苗にどのような影響を及ぼすか調べた。生残状況は、移槽後5時間後に調べた。

【実験4】

実験3の終了後、実験3に供試した50尾のうちの生残魚（高水温・低濃度の溶存酸素の環境に5時間馴致後の生残魚）30尾を取り揚げ、水温22℃、溶存酸素量7.2mg/ℓの水槽に移し、急激な温度の低下がブリ種苗にどのような影響を及ぼすか調べた。生残状況は、移

槽後5時間後に調べた。

【実験5】

供試魚にはヒラマサを使用した。試験区は5区設置し、その概要を下表に示した。

試験区	1 区	2 区	3 区	4 区	5 区
収容尾数	150尾	150尾	105尾	105尾	75尾
収容密度	10Kg/m ³	10Kg/m ³	7Kg/m ³	7Kg/m ³	5Kg/m ³
水 温	25℃	25℃	25℃	25℃	22℃
酸素通気	酸素	空気	酸素	空気	空気

実験は24時間行い、収容時および実験期間中5回、経過時間毎の水質（水温・pH・DO・NH₃）の変化を測定した。なお、実験終了時に生残尾数を調べた。

【実験6】

実験5の終了後、高濃度の溶存酸素の環境に24時間馴致した3区の生残魚50尾を取り揚げ、水温23℃、溶存酸素量7.3mg/ℓの水槽に移し、急激な溶存酸素量の低下がヒラマサ種苗にどのような影響を及ぼすか調べた。生残状況は、移槽後5時間後に調べた。

3. 結果

【実験1】

実験開始時及び実験期間中に行った合計8回の経過時間毎の水温・DO・NH₃の変化と実験終了時の生残状況を表1に示した。

実験期間中の水温は20.0～22.5℃の範囲であり大きな変化は見られなかった。溶存酸素量は、1区と5区の無通気区では1.4～1.7mg/ℓまで低下したが、2区、3区及び4区の酸素通気区では常に溶存酸素計の測定限界(20mg/ℓ)以上を示した。NH₃は全体的に低く、4区で最大3.2ppmあった。

生残状況をみると、無通気区の1区と5区で全滅し、水温20℃の1区では10時間後に、水温26℃の5区では4時間後に全滅した。酸素通気区の2区では生残率80.8%，3区では85.9%，4区では58.1%であった。

酸素通気区では、時間経過に伴い狂奔する個体が出現し、水槽壁に沿って垂直に飛びはね、頭部を蓋に打ちつける個体が多くみられた。

【実験2】

生残状況を下表に示した。

飼育環境		生残尾数
実験開始前	水温22℃，溶存酸素量（over）	30
実験開始5時間後	水温22℃，溶存酸素量（7.2mg/ℓ）	30

高濃度の溶存酸素の環境に24時間馴致したブリ種苗は、急激な溶存酸素量の低下に対し1尾の斃死もみられず、5時間後の生残率は100%であった。

【実験3】

生残状況を下表に示した。

飼育環境		生残尾数
実験開始前	水温22℃, 溶存酸素量 (over)	50
実験開始5時間後	水温25.5℃, 溶存酸素量 (6.6mg/ℓ)	43

高濃度の溶存酸素の環境に馴致したブリ種苗は、急激な水温上昇、溶存酸素量の低下に対しては7尾の斃死がみられ、5時間後の生残率は 86.0 %であった。

【実験4】

生残状況を下表に示した。

飼育環境		生残尾数
実験開始前	水温25.5℃, 溶存酸素量 (6.6mg/ℓ)	30
実験開始5時間後	水温22.0℃, 溶存酸素量 (7.2mg/ℓ)	30

高水温の環境に馴致したブリ種苗は、急激な水温低下に対しては斃死がみられず、5時間後の生残率は 100%であった。

【実験5】

実験開始時及び実験期間中に行った合計6回の経過時間毎の水温・pH・DO・NH₃の変化と実験終了時の生残状況を表2に示した。

実験期間中の水温は開始時には25.8℃であったが、室温が低下したため実験終了時には23.0℃まで低下した。溶存酸素量は、2区、4区と5区の空気通気区では5.8～6.5mg/ℓまで低下したが、1区及び3区の酸素通気区では常に溶存酸素計の測定限界(20mg/ℓ)以上を示した。NH₃は全体的に高く、5.4～8.0 ppm まで上昇した。

生残状況をみると、1区と3区で1尾ずつ斃死がみられたが、他の区では斃死はみられなかった。

酸素通気区(1区・3区)では1尾ずつ斃死がみられたが、酸素の過飽和による影響はみられなかった。また、空気通気区(2区・4区)では斃死魚はみられず、空気単独の通気による輸送の可能性が伺われた。

なお、5区では空気通気のみで48時間実験を継続したが、斃死はみられなかった。

【実験6】

生残状況を下表に示した。

飼育環境		生残尾数
実験開始前	水温23℃, 溶存酸素量 (over)	50
実験開始5時間後	水温23℃, 溶存酸素量 (7.3mg/ℓ)	50

高濃度の溶存酸素の環境に馴致したブリ種苗は、急激な溶存酸素量の低下に対して1尾の斃死もみられず、5時間後の生残率は100%であった。

4. 考察

今年度の活魚輸送車によるブリ種苗輸送中の大量斃死の原因には次の3つが考えられる。① 酸素の過飽和が直接ブリ種苗に生理的障害をまねいた。② ハマチでは溶存酸素量が21mg/ℓ以上になると異常な興奮をまねいて狂奔することが知られているが、酸素の過飽和による狂奔により疲弊して斃死した。③ 呼吸により発生した炭酸ガスが飼育水中に蓄積し、ルート効果によりヘモグロビンの酸素取り入れ効果が低下し、結果的に酸素欠乏状態で斃死した。

酸素の過飽和による水生生物への影響は生物種によって異なる。今回の実験結果をブリとヒラマサで比較してみると、両者の間には大きな差が見られた。ブリの場合、今回の実験区の中で最も収容密度が低い2Kg/m³（2区）であっても斃死がみられ、24時間後の生残率は80.8%であった。これに対し、ヒラマサではブリよりも水温が3℃高い条件で実験を行ったが、収容密度が最も高い10Kg/m³（1区、2区）であってもほとんど斃死はなく、生残率は99.0～100%であった。また、この時のNH₃は5.4～8.0 ppm、pHは7.12～7.64であり、ブリの実験環境に比べてかなり悪いものであった。このことから、ブリはヒラマサに比べては種苗輸送時のストレスに対して弱いことが伺われた。実験1では、収容密度が2Kg/m³から斃死がみられ、10Kg/m³では約半数の種苗が斃死していた。しかし、過去に屋島事業場で行われたブリの活魚輸送車における輸送結果をみると、収容密度が10Kg/m³の場合でも好成績の輸送例もあることから、今回の実験設定及び種苗の質に問題があったことも考えられ、再検討を要する。なお、実験中のブリの斃死原因については、酸素の過飽和による影響か否かは判然としなかった。しかし、実験1及び実験5では酸素通気区において供試魚の飛びはね行動が頻繁にみられ、また少しの刺激においても敏感に反応することから、これらの行動は酸素の過飽和の影響と考えられた。なお、ヒラマサでは空気通気のみでの輸送の可能性が伺われ、ブリにおいても酸素過飽和の影響を避けるため、空気通気を併用した輸送方法の検討を要する。

一般に、高濃度の溶存酸素の環境に馴致した魚を低濃度（通常海水濃度）の溶存酸素の環境に移した時、酸素欠乏により斃死することは良く知られている。しかし、実験2及び実験6の結果をみると、本種では急激な溶存酸素の低下においてもほとんど影響が見られないものと推察される。しかし、実験3の結果にみられるように、水温の上昇を伴う変化に対しては影響があることが伺われた。なお、逆に、実験4に見られるように、急激な水温の低下に関してはほとんど影響はみられないものと思われる。

今回の実験では、直接輸送中の斃死原因を究明することはできなかったが、前述した3つの原因のうち②と③については以下の対策が予想される。1つは、魚の溶存酸素量を21mg/ℓ以下に調節し魚の狂奔による疲弊を防ぐこと、もう1つは、輸送中に空気曝気を行い泡沫分離操作により溶解性有機物とともに炭酸ガスを除去することである。この2点に注意することにより斃死を防ぐことが可能であると考えられる。但し、曝気は水の激しい乱流を発生し魚の疲弊をまねくので、循環用ろ過槽など別の水槽で行い循環することが必要である。

（塩澤 聡）

実験1 酸素過飽和条件下におけるブリ輸送実験

経過時間	No 収容尾数 収容密度 水温 酸素通気	試 験 区				
		1 区 26尾 2Kg/m ³ 20℃ なし	2 区 26尾 2Kg/m ³ 20℃ あり	3 区 64尾 5Kg/m ³ 20℃ あり	4 区 129尾 10Kg/m ³ 20℃ あり	5 区 26尾 2Kg/m ³ 26℃ なし
収容 (13:00)	WT (°C) DO (mg/l) NH ₃ (ppm)	20.1 7.5 0	20.1 7.5 0	20.1 7.6 0	20.0 7.6 0	25.7 6.5 0
1時間後 (14:00)	WT (°C) DO (mg/l) NH ₃ (ppm)	20.7 6.5 0	20.6 over 0	20.6 over 0	20.6 over 0	25.8 5.1 0
3時間後 (16:00)	WT (°C) DO (mg/l) NH ₃ (ppm)	21.8 4.3 0	21.5 over 0	21.0 over 0	21.8 over 0	25.9 3.7 0
4時間後 (17:00)	WT (°C) DO (mg/l) NH ₃ (ppm)	22.7 3.2 0	21.8 over 0.05	21.9 over 0.5	22.5 over 1.5	26.1 1.4 0
5時間後 (18:00)	WT (°C) DO (mg/l) NH ₃ (ppm)	22.8 2.2 0	22.4 over 0.05	22.0 over 0.9	22.3 over 1.6	— — —
10時間後 (23:00)	WT (°C) DO (mg/l) NH ₃ (ppm)	22.9 1.7 0	21.8 over 0.15	22.0 over 1.60	22.4 over 2.0	— — —
19時間後 (8:00)	WT (°C) DO (mg/l) NH ₃ (ppm)	— — —	20.7 over 1.1	21.0 over 1.9	21.4 over 2.2	— — —
24時間後 (13:00)	WT (°C) DO (mg/l) NH ₃ (ppm) 生残尾数 斃死尾数	— — — 0 26	21.8 over 1.6 21 5	22.0 over 3.0 55 9	22.4 over 3.2 75 54	— — — 0 26
生残率 (24時間後)		0 %	80.8%	85.9%	58.1%	0 %

実験2 酸素過飽和条件下におけるヒラマサ輸送実験

経過時間	No 収容尾数 収容密度 水温 通気	試 験 区				
		1 区 150尾 10Kg/m ³ 25℃ 酸素	2 区 150尾 10Kg/m ³ 25℃ 空気	3 区 105尾 7Kg/m ³ 25℃ 酸素	4 区 105尾 7Kg/m ³ 25℃ 空気	5 区 75尾 5Kg/m ³ 22℃ 空気
収 容 (11:00)	WT (°C)	25.8	25.8	25.8	25.8	22.0
	DO (mg/l)	6.9	7.0	7.0	7.0	7.1
	NH ₃ (ppm)	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
	pH	8.20	8.20	8.20	8.20	8.20
1時間後 (12:00)	WT (°C)	25.3	25.4	25.3	25.4	22.5
	DO (mg/l)	over	6.2	over	6.4	7.1
	NH ₃ (ppm)	0.3	0.3	0.2	0.15	0.15
	斃死尾数	0	0	0	0	0
5時間後 (16:00)	WT (°C)	24.5	24.5	24.3	24.5	22.8
	DO (mg/l)	over	5.7	over	6.1	7.0
	NH ₃ (ppm)	1.5	1.5	1.4	1.3	0.3
	斃死尾数	0	0	0	0	0
12時間後 (23:00)	WT (°C)	24.0	24.0	24.0	24.0	22.9
	DO (mg/l)	over	6.5	over	6.0	6.6
	NH ₃ (ppm)	4.5	4.5	4.0	4.0	1.9
	斃死尾数	0	0	0	0	0
21時間後 (8:00)	WT (°C)	23.1	23.1	23.1	23.0	22.4
	DO (mg/l)	over	6.0	over	6.5	6.6
	NH ₃ (ppm)	5.5	5.0	4.5	4.5	2.0
	斃死尾数	1	0	1	0	0
24時間後 (11:00)	WT (°C)	23.0	23.0	23.0	23.0	22.2
	DO (mg/l)	over	5.7	over	5.8	6.5
	NH ₃ (ppm)	8.0	8.0	5.8	5.4	7.0
	pH	7.24	7.63	7.12	7.64	7.95
	斃死尾数	0	0	0	0	0
48時間後 (11:00)	WT (°C)	—	—	—	—	23.0
	DO (mg/l)	—	—	—	—	6.4
	NH ₃ (ppm)	—	—	—	—	7.0
	pH	—	—	—	—	7.89
	斃死尾数	—	—	—	—	0
生残率 (24時間後)		99.3%	100 %	99.0%	100 %	100 %

Ⅱ－２ ヒラマサの種苗生産

小金隆之

ヒラマサの種苗生産における課題には初期生残率の向上、疾病の防除、形態異常魚の発生防止等が挙げられる。本年度は飼育水温と口部形態異常魚の出現率の関係および初期の鰾の開腔率と初期生残率の関係を検討した。量産試験の中で前者を、小試験で後者を検討した。量産試験では生産尾数10万尾、生残率20%を目標とした。

1 量産試験

平成6年5月22日から7月25日までの間に50m³水槽4面を使用し、2回4例の飼育を行った。この結果2Rの2例の生産で平均全長49.3mm (33.1～71.2) の稚魚6.37万尾を生産した。平均生残率は全体で4.4%、2Rで8.4%であった。

材料と方法

1) 1R飼育

平成5年5月22日に50m³水槽2面 (B-1, 2) にそれぞれ38.0万尾のふ化仔魚を收容した。收容密度は7,600尾/m³であった。ふ化仔魚は天然2年養成魚を親とし、HCG打注後に自然産卵され、5月21日にふ化したものであった。

ワムシの給餌は開口0日目から開始した。給餌密度は10個体/mlであった。アルテミアの給餌は開口8日目、平均全長約6.3mmで開始した。濃縮冷蔵ナンノクロロプシス (自場産) を20万cell/mlの濃度で1日1回添加した。

2) 2R飼育

平成5年6月9日に50m³水槽2面 (D-3, 5) にそれぞれ35.0万尾のふ化仔魚を收容し生産を開始した。收容密度は7,000尾/m³であった。ふ化仔魚は天然2年養成魚を親とし、HCG打注後に自然産卵され、6月10日にふ化したものであった。開口9日目以降の設定水温が22℃の区を22℃区 (2R-1, D-3水槽)、24℃の区を24℃区 (2R-2, D-5水槽) とし、口部異常魚の出現状況と飼育経過を比較した。開口8日目までの設定水温は両区とも22℃とした。22℃区と24℃区の水温は、日齢1日から10日の間が22.1℃ (21.5-22.6) と22.1℃ (21.7-22.7)、11日から25日の間が22.6℃ (22.0-23.7) と24.5℃ (23.3-25.0)、26日から46日の間が26.3℃ (24.8-27.8) と26.3℃ (24.8-27.8) であった。ワムシ、アルテミアノープリウス、配合飼料の給餌量とナンノクロロプシスの飼育水への添加量及び換水条件は両区統一した。ただし、生残尾数の違いが生じた後はそれぞれの尾数に見合った量を給餌した。両区で開口2～3日目の間オーバーフローによる油膜除去を行った。日齢46日で陸上飼育水槽から取り揚げた後両区の一部の魚を海上小割で日齢82まで飼育し、口部奇形の発生状況を調査した。

口部異常の観察 口部奇形調査を日齢30日から日齢82日の間行った。異常は下顎短小を対象とし、異常の程度を目視観察により“正常個体”とどちらとも言えない“やや異常な個体”及び異常が明瞭な“異常個体”の3段階に分けその出現率を調査した。また、日

齢59日と82日では、上述の調査と同時に上顎先端と下顎先端間の距離（図1）を測定し、尾叉長に対する100分率を算出して奇形の目安とした。

結果

1) 1R生産

生産結果を表1、図2に示した。

生残尾数の推移 ふ化後12日目の生残率が1R-1で3.4%，1R-2で6.1%と初期に大きく減耗したため飼育を中止した。

2) 2R生産

取り揚げと減耗状況 2Rの生産結果を表1、図3-5に示した。2R-1，2の生産では平均全長49.3mm（33.1～71.2）の種苗を合計63,700尾取り揚げた。

22℃区（2R-1）では、ふ化後45日目に平均全長47.3mm（33.1～71.2）の種苗20,000尾を取り揚げた。生残率は5.7%，単位体積当たり生産尾数は400尾/m³であった。開口翌日の摂餌率は100%，開腔率は59%であった。開腔5日目から7日目までの3日間に生残率が80%から40%に低下した。24℃区では、ふ化後45日目に平均全長50.2mm（33.3～66.3）の種苗43,700尾を取り揚げた。生残率は12.5%，単位体積当たり生産尾数は874尾/m³であった。開口翌日の摂餌率は100%，開腔率は77%であった。開腔5日目から7日目までの3日間と18日目以降の減耗は22℃区より少なかったため、生産尾数は22℃区の約2倍であった。

口部異常の出現状況 口部異常個体の出現状況を図6に示した。日齢30～82日目の異常個体の平均出現率は22℃区が80.5%，24℃区が74.9%であった。両区間で明瞭な差はなく、両区とも明瞭な経日変化はみられなかった。各区の異常指数（上下顎間距離/FL×100%）を正常，異常別に表2に示した。また，異常指数の度数分布を図7に示した。22℃区と24℃区の異常指数の平均値は日齢59日が 1.45 ± 0.61 と 1.56 ± 0.61 ，日齢82日が 0.73 ± 0.32 と 0.70 ± 0.35 であり，何れの日齢でも両区間で有意な差はなかった。一方，正常個体と異常個体に分けて異常指数をみると，日齢59の22℃区が $0.25 \pm 0.18\%$ と $1.74 \pm 0.34\%$ ，24℃区が $0.41 \pm 0.18\%$ と $1.78 \pm 0.41\%$ ，日齢82の22℃区が $0.17 \pm 0.14\%$ と $0.83 \pm 0.25\%$ ，24℃区が $0.14 \pm 0.12\%$ と $0.85 \pm 0.24\%$ であり，各区，日齢で正常個体と異常個体の間で平均異常指数に明瞭な差がみられた。

口部異常個体と正常個体の大きさの比較 口部異常個体と正常個体の全長（日齢59，82はFL）を比較して表3に示した。日齢36日から46日までの間は22℃より24℃区の平均全長が大きい傾向がみられたものの，正常個体と異常個体間の差は両区でみられなかった。しかし，日齢59日と82日では，24℃区で正常個体が異常個体より大きい傾向がみられた。

考察

生残率は22℃区より24℃区が高かったが，これは飼育適温が24℃と云うこれまでに得られた知見を裏付ける結果となった。今回の試験では22℃区と24℃区で口部異常個体の出現率に差がみられなかったことから，本試験の水温範囲内では水温は口部異常の出現率に影響を与えないことがわかった。今回の試験では両区の水温差が小さく，例数も少ない

のでこの実験からただちに水温と口部異常発生はまったく無関係とは云えなが、生残率の低下する水温設定での試験は量産技術と結び付かないことから、次の課題は飼育適温の24℃の中で口部発生の原因究明をすることと考えられる。24℃区の日齢59日と82日で異常魚が正常魚より小さい傾向がみられたが、その理由は口部異常魚は下顎が短いため摂餌しにくくなったためと考えられる。

2 鰓の開腔率と初期生残率に関する飼育試験

前年度の量産試験と油膜除去と開腔率に関する実験では、開口1日目に飼育水表面の油膜をオーバーフローにより除去した区ではほとんどの個体が開腔するが、油膜を除去しない区は油膜により開腔が阻害され、開腔率が著しく低下することが確かめられた。その際、油膜除去区が非除去区に比べ生残率が高い傾向がみられた。そこで、本実験は開腔率と初期生残率との関係を明らかにすることを目的とした。

材料と方法

供試魚と実験区 実験には今年度の1R量産試験と同ロットの日齢1（ふ化後1日目）のふ化仔魚を合計13,610尾使用した。500ℓパンライト4面にそれぞれ、上記ふ化仔魚を1水槽当たり3,250尾～4,580尾収容し、2面を油膜を除去区（以下除去区1、除去区2と呼称）、他の2面を油膜を除去しない区（以下非除去区1、非除去区2と呼称）とした（表4）。

油膜除去方法 除去区の水槽は水槽底面の一端を約2cm高くして傾け、注水により水槽壁の低い側から飼育水をオーバーフローさせ、表面の油膜を除去した（図8）。ふ化後3日目と4日目（開口1、2日目）にそれぞれ8時、11時、13時から各2時間、合計6時間、毎時5ℓ注水して油膜除去を行った。その際、高くした側の水槽壁際で通気を行い、水流でオーバーフロー部に油膜を集め、油膜が完全に排出されるよう配慮した。これに対し、非除去区では油膜除去操作は行わなかった。水槽は水平に設置し、通気は水槽中央で行い、油膜除去のために行った注水と同量の海水を除去区と同日に添加した。

共通の飼育方法 ワムシはふ化後2日目以降10個体/mlを目安に給餌した。冷蔵濃縮ナンクロロプシスを実験開始時から終了時まで1日当たり5～10ml（40～80万cell/ml）添加した。ふ化後5日目以降1日1回転の流水飼育とした。水温は各区投げ込み式サーモヒーターで22℃に設定した。実験は1994年5月22日から6月3日、日齢1日から13日までの13日間行った。

観察 3日に1回容量法による生残尾数の計測と全長測定を行った。また各区の平均全長をt検定法により比較した。

結果

実験の結果を表4、図9に示した。実験終了時の各区の開腔率と生残尾数および生残率はそれぞれ除去区1が100%、1,694尾、41.0%、除去区2が100%、1,415尾47.2%、非除去区1が8.3%、381尾、8.4%、非除去区2が55.7%、1,369尾、32.9%であった。油膜除去の開腔率と生残率が非除去区に比べて高かった。また日齢4では除去区1、2の平均全長がそれぞれ5.31mmと5.34mmであったのに対し、非除去区は5.11mmと5.17mmで、非除去区に

比べて除去区が明らかに大きかった ($p < 0.01$) (表5)。

日齢7では非除去区2のみ他の3区に比べて小さく、この傾向は実験終了時までみられた。

考察

本実験の結果では日齢4から13の期間を通じて、除去区1, 2の開腔率と生残率が非除去区1, 2に比べて高くなることが確かめられた。このことから油膜を除去して開腔率を高めることにより、初期生残率が向上すると考えられた。また実験終了時の開腔率と生残率の関係を図10に示したが、開腔率と生残率との間に直線的な相関があることが示唆された。この傾向は、平成5年度の量産試験での対照試験(同図に示した)でもみられている。非除去区2の開腔率が非除去区1に比べて高かった理由には通気または風等の何らかの作用で油膜で覆われた面積が減少したためと考えられる。

日齢4の生残率は除去区1, 2が何れも100%であったのに対し、非除去区1, 2の生残率は54.2%と63.6%であるように、生残率の差が最も明瞭に現われた。また、除去区と非除去区の成長差が最も明瞭に現われたのも日齢4であった。このことは、この時期に油膜が開腔率と成長および生残率に同時に大きな影響を与えたことを示している。非除去区1の平均全長が日齢7日以降急に伸びた原因は成長の遅れた個体が減耗したためと考えられる。

油膜の影響には物理的影響と化学的影響が考えられる。前者のみの影響であるとすれば、開腔できなかった個体の成長が遅れ、生残率が低下したと考えられる。その原因には1.浮力調節に要するエネルギーの浪費と2.開腔に要するエネルギーの浪費および3.底面への沈下による斃死が考えられる。麻酔した仔魚が沈下することでもわかるように、仔魚の比重は海水より重く、仔魚は水底に沈下しないためには、常に上向きに遊泳しなければならないと考えられる。開腔した魚は気体を体内に蓄えた結果比重が軽くなり、沈下を防止するための遊泳に要するエネルギーがわずかではあるが軽減される。それに対し、開腔しない仔魚は浮遊するために余計なエネルギーを使う結果、成長が遅れるのではなかろうか。またヒラマサでは通常日齢3の日中にほとんどの個体が開腔する。その際、仔魚が表面に突進すると同時に痙攣的に魚体をくねらせる行動が頻繁にみられ、これが開腔のために空気を飲み込む行動と推定された。空気を飲み込むためには、吻部を空中に出さなければならないが、その際表面張力があるため、仔魚にとっては非常に大きな瞬発力を要し、重労働ではないかと推定される。表面の油膜にはばまれて開腔できない仔魚はこの行動を空気を飲み込むまで何回も繰り返す結果、過労死すると考えられる。実際、油膜下の仔魚が上記の飲み込み動作(と考えられる)を連続的に2~3回行うことが観察されている。また、開腔しない仔魚は上記の2理由で斃死しないとしても、活力が低下するうえに比重が重いため、水槽底面に沈下しやすいことは十分考えられる。そして沈下した仔魚は底面の糞等の沈殿物から出る有毒物質のために斃死するのではなかろうか。一方、物理的影響と化学的影響が総合的に影響を与えたとすれば、油膜が物理的に仔魚の開腔を妨げると同時に油膜が含む老廃物等の毒性が、仔魚の成長の遅れと生残率の低下を招いたと考えられる。油膜の作用の機構解明が今後の課題として挙げられる。

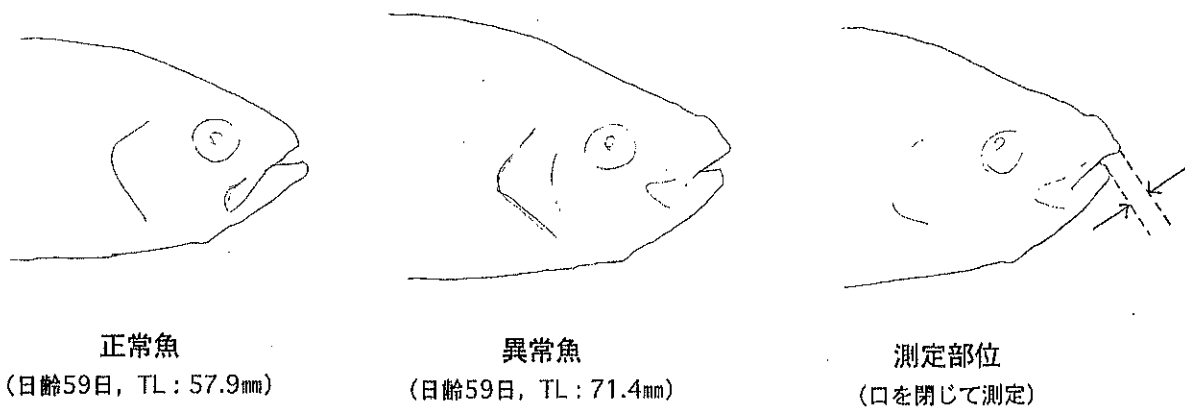


図 1 ヒラマサの正常魚と異常魚と上下顎間距離測定部位

表 2 平成6年度ヒラマサの種苗生産の概要 (五島事業場)

生産回次	水槽			収容			取り揚げ				備考	
	型	大きさ	槽数	月日	尾数	密度	月日	尾数	密度	全長		生残率
		(実水量)			(万尾)	(尾/m ³)	(ふ化後日数)	(万尾)	(尾/m ³)	(mm)	(%)	
1-1	角	60 (50)	1	5月22日	38	7,600					0.0	6月5日に飼育中止
1-2	角	60 (50)	1	5月22日	38	7,600					0.0	6月5日に飼育中止
2-1	角	60 (50)	1	6月10日	35	7,000	7月25日 (46)	2.00	412	47.3 (33.1~71.2)	5.7	
2-2	角	60 (50)	1	6月10日	35	7,000	7月25日 (46)	4.37	874	50.2 (33.3~66.3)	12.5	
合計			4		146			6.37		49.3 (33.1~71.2)	4.4	

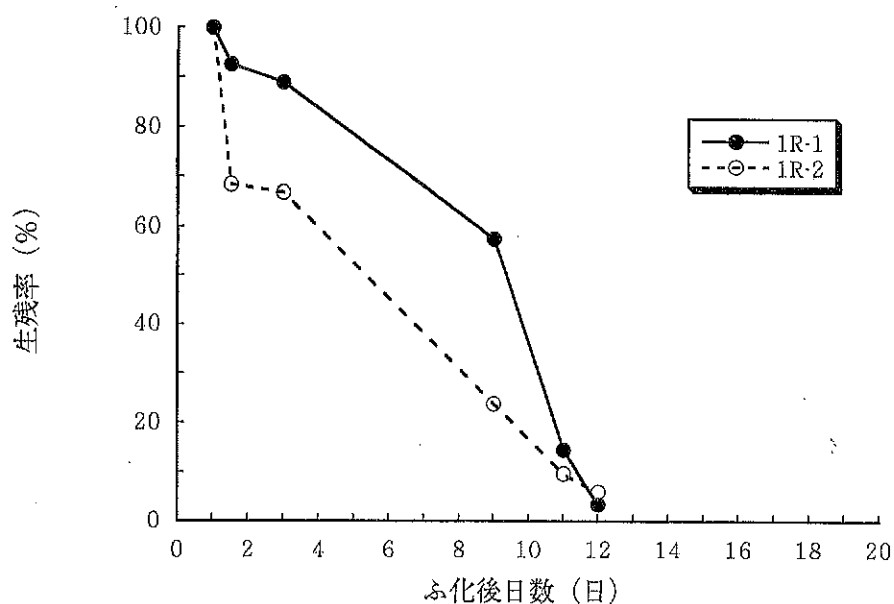


図 2 2R生産の生残率

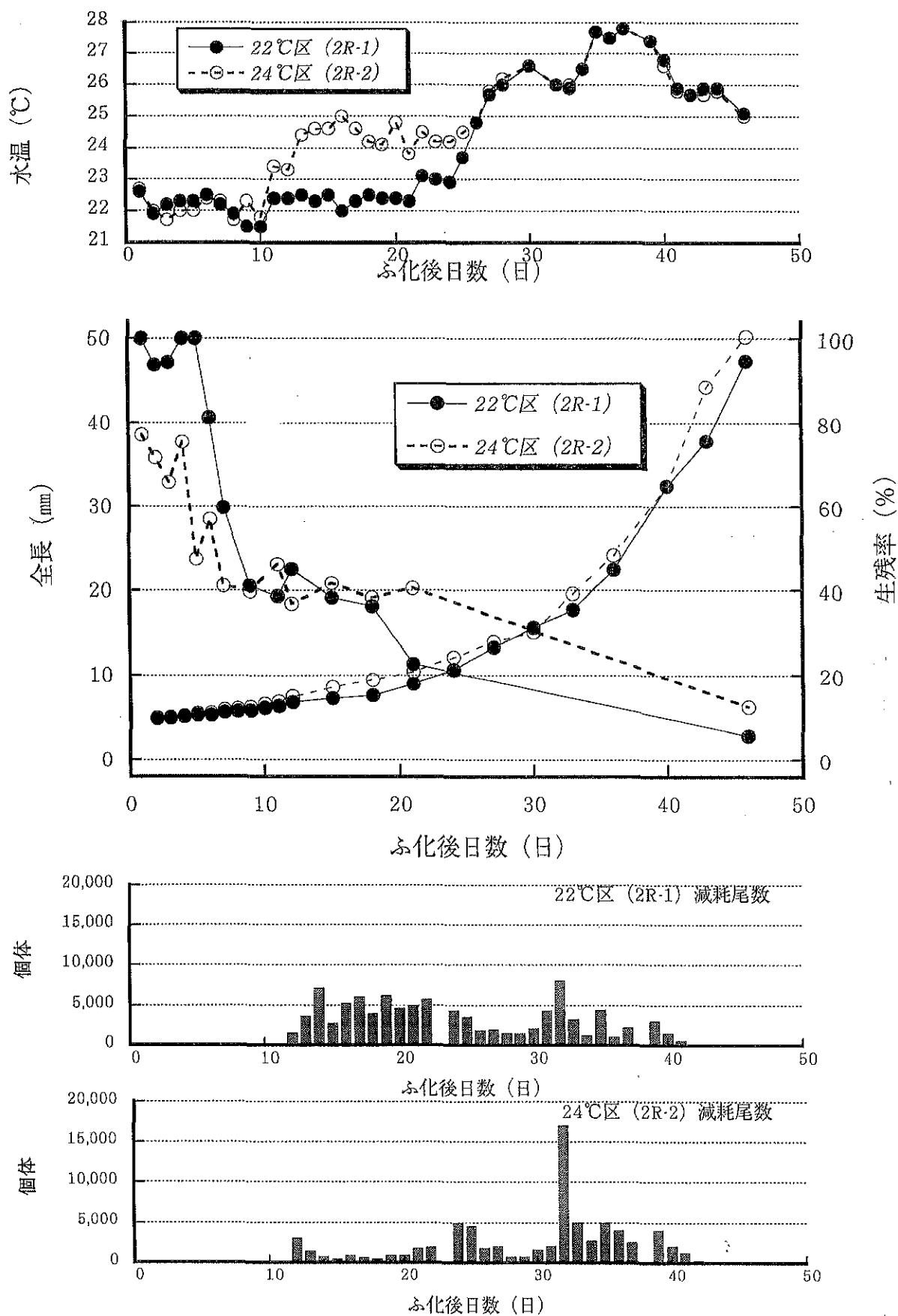


図3 22°C区と24°C区の成長, 生存, 減耗

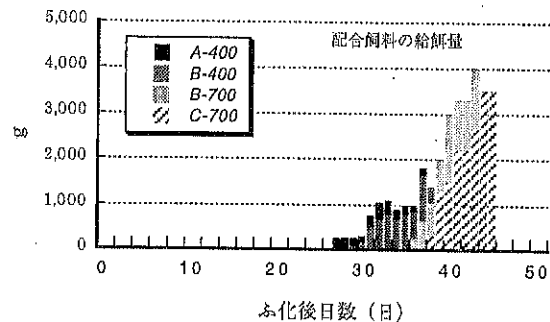
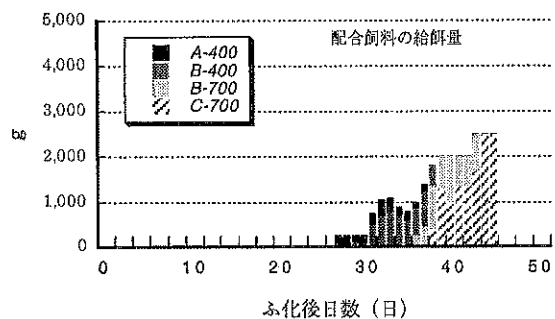
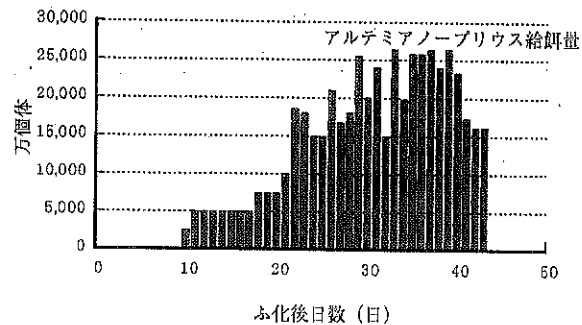
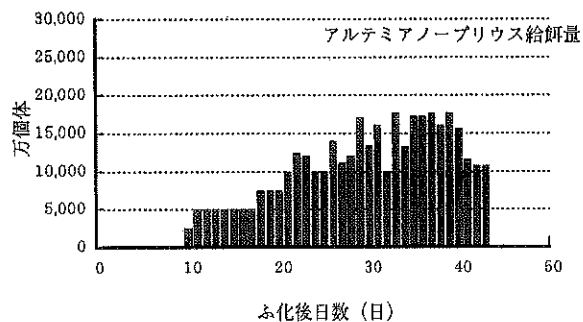
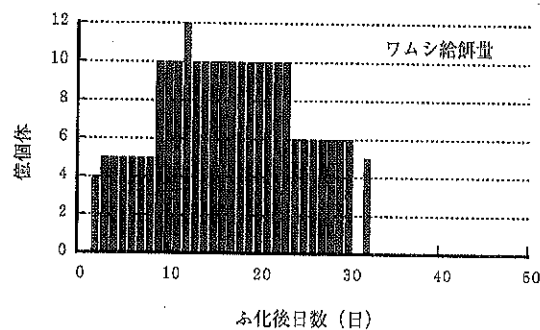
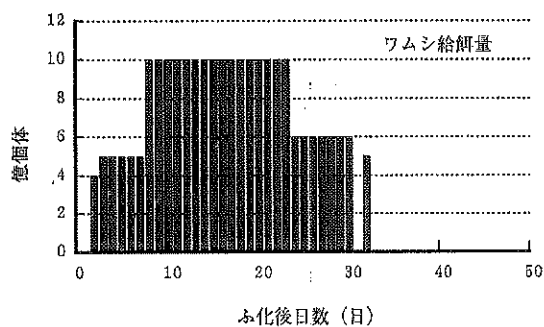
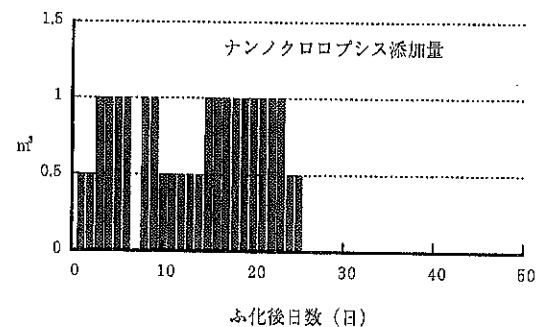
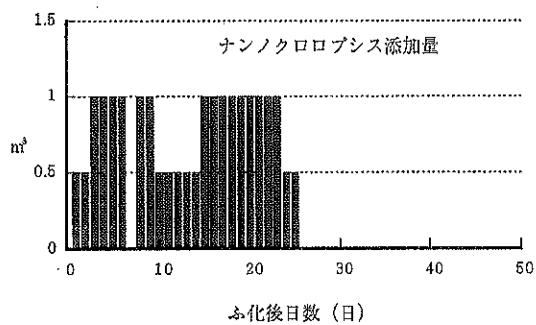


図 4 22℃区 (2R-1) の給餌

図 5 24℃区 (2R-2) の給餌

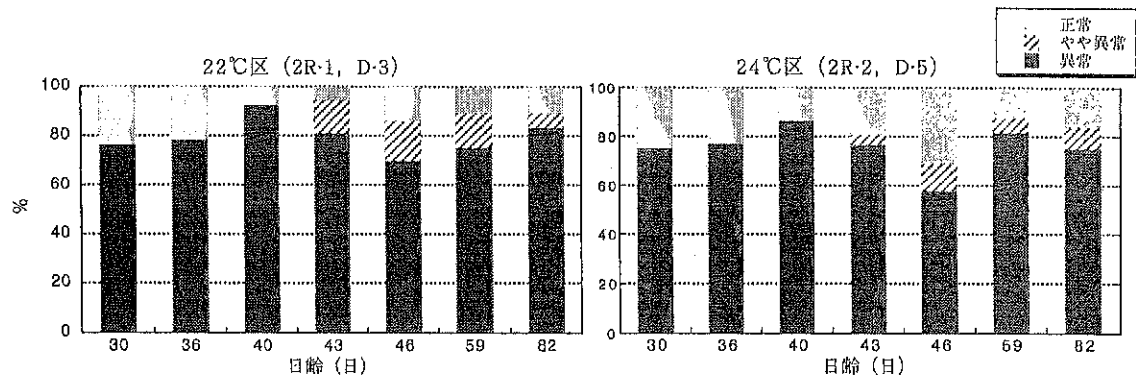


図 6 日齢と口部異常出現率

表 2 異常指数の比較

日齢	22℃区				24℃区			
	異常, 正常の別			全個体	異常, 正常の別			全個体
	正常個体	やや異常な個体	異常個体		正常個体	やや異常な個体	異常個体	
	(%±SD)	(%±SD)	(%±SD)	(%±SD)	(%±SD)	(%±SD)	(%±SD)	(%±SD)
	n	n	n	n	n	n	n	n
59	0.249±0.177 11	0.900±0.257 14	1.741±0.344 76	1.462±0.605 101	0.406±0.184 13	0.917±0.377 6	1.776±0.407 85	1.556±0.614 104
82	0.167±0.140 11	0.353±0.115 6	0.831±0.246 85	0.731±0.324 102	0.140±0.118 17	0.457±0.164 9	0.845±0.240 79	0.698±0.346 105

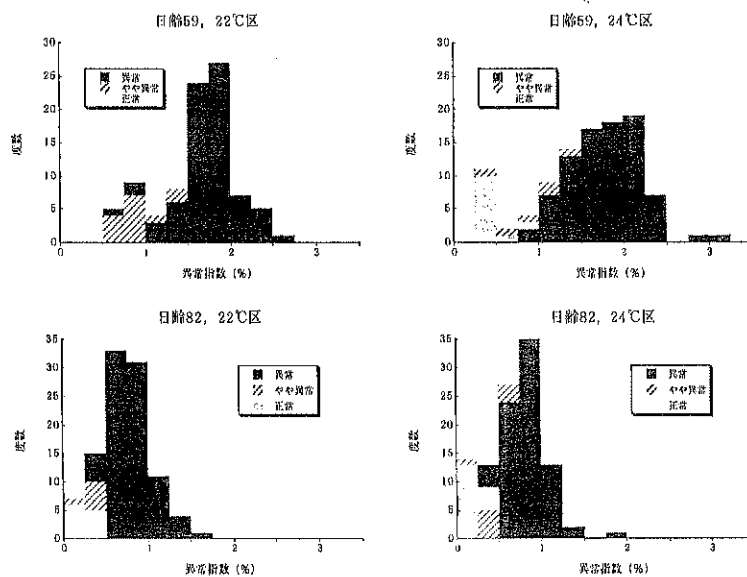


図 7 日齢と口部異常出現率

表 3 口部異常魚と正常魚の全長比較

日齢	22℃区				24℃区			
	異常, 正常の別			全個体 (TL±SD) n	異常, 正常の別			全個体 (TL±SD) n
	正常個体 (TL±SD) n	やや異常な個体 (TL±SD) n	異常個体 (TL±SD) n		正常個体 (TL±SD) n	やや異常な個体 (TL±SD) n	異常個体 (TL±SD) n	
30	16.41±3.25 20		15.37±2.85 64	15.62±2.97 84	15.72±2.30 23		14.88±1.99 69	15.09±2.09 92
	p>0.1				p>0.1			
36	26.53±6.33 18		23.23±6.36 65	22.49±6.51 104	23.85±6.27 23		24.34±5.90 78	24.23±5.96 101
	p>0.1				p>0.1			
40	42.38±8.86 5		31.6±7.63 63	32.39±8.16 68	31.7±8.11 8		32.63±6.71 51	32.50±6.85 59
	p>0.1				p>0.1			
43	42.57±18.82 3	35.04±8.91 7	37.88±8.46 43	37.77±9.11 53	47.69±7.38 10	44.65±6.29 2	43.36±5.38 40	44.24±5.96 52
	p>0.1				p>0.1			
46	52.23±11.01 14	43.45±5.72 16	47.84±10.04 70	47.75±9.85 100	51.10±5.28 31	45.82±7.04 11	50.62±7.32 58	50.24±6.84 100
	p>0.1				p>0.1			
59	59.29±6.24 11	54.81±6.38 14	57.22±5.70 76	57.11±5.90 101	62.24±8.72 13	61.00±20.46 6	56.35±8.46 85	57.35±9.60 104
	p>0.1				p>0.1			
82	110.9±10.2 11	110.8±8.33 6	113.3±11.6 85	112.9±11.2 102	140.1±13.0 17	135.7±13.8 9	130.1±13.8 79	132.2±14.0 105
	p>0.1				p>0.1			

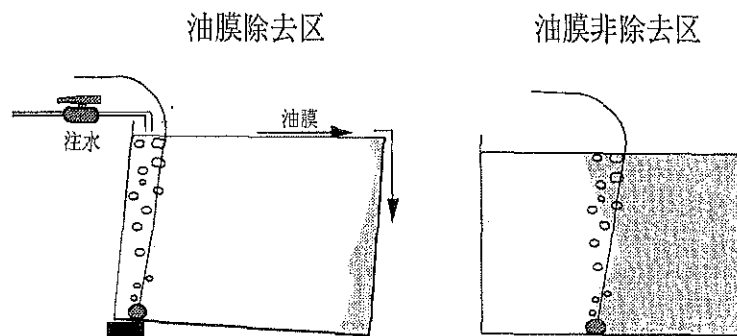


図 8 油膜除去実験図

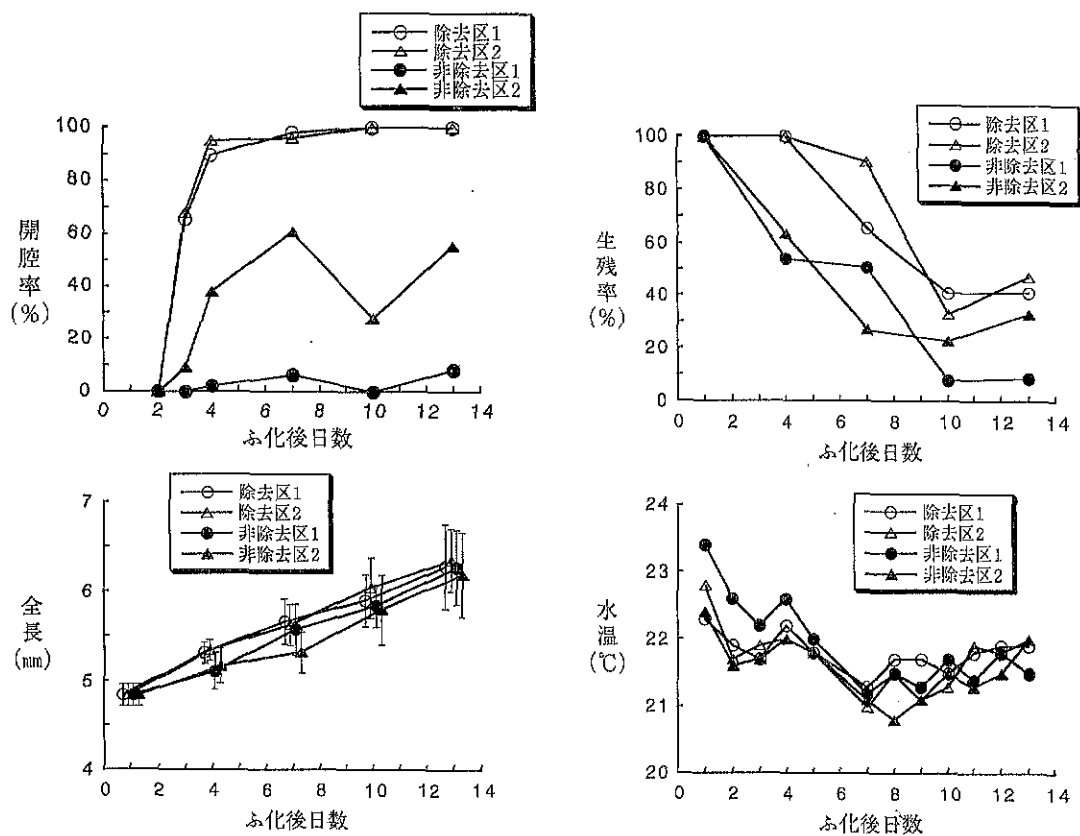


図 9 油膜除去試験における開腔率，生残率，全長，水温

表4 開腔試験結果の概要

	除去区1	除去区2	非除去区1	非除去区2
開腔率 (%)	100	100	8.3	55.7
生残率 (%)	41.0	47.2	8.4	32.9
収容密度 (尾/ml)	4,240	3,250	4,580	4,240
平均水温 (°C)	21.8 (21.3-22.3)	21.7 (21.0-22.8)	21.9 (21.2-23.4)	21.6 (20.8-22.4)
ワムシ総給餌量 (億個体)	0.45	0.45	0.43	0.45
濃縮ナンノ総添加量 (ml)	70	70	70	70
オーバーフロー実施日齢	3, 4	3, 4	—	—
オーバーフロー延べ時間 (時間)	12	12	—	—
オーバーフロー延べ水量 (ℓ)	30	30	—	—

表5 全長の比較

	除去区1 (平均全長±SD) n	除去区2 (平均全長±SD) n	非除去区1 (平均全長±SD) n	非除去区2 (平均全長±SD) n
日齢1	4.84±0.124 30	4.84±0.124 30	4.84±0.124 30	4.84±0.124 30
日齢4	5.31±0.115 30	5.34±0.117 30	5.11±0.205 30	5.17±0.192 30
日齢7	5.66±0.256 30	5.62±0.230 30	5.57±0.283 31	5.32±0.224 23
日齢10	5.90±0.293 30	6.04±0.335 19	5.84±0.241 7	5.80±0.391 18
日齢13	6.28±0.475 58	6.35±0.354 60	6.27±0.418 58	6.19±0.472 61

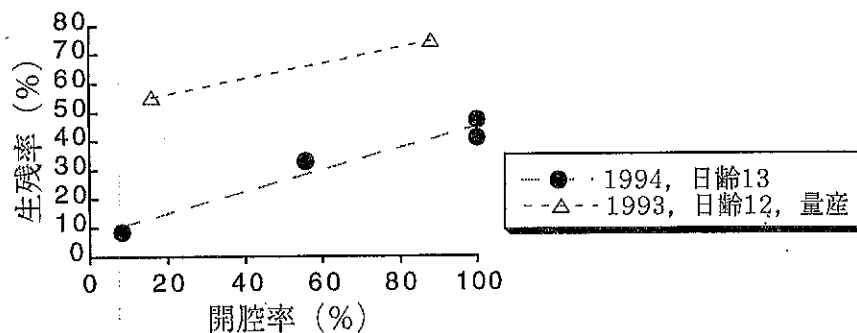


図10 開腔率と生残率

ヒラマサの海上での育成結果は、過去 5 年間の生残率を見ても全長30mm台から海上での育成を開始した場合、その生残率は最高で54.6%に留まり、前年度は全長20mm台で沖出し生残率は 1.3%であった。逆に全長100mm の沖出しでようやく70.7%であるが、全長50mmからの陸上での育成を換算すると生残率41.7%に留まる。これらは、いずれもウイルス性腹水症、滑走細菌症および類血節症のいずれかによる大量斃死によるものである。

このように疾病にかかり易いが、この原因として種苗生産時の種苗の質的問題も考えられる。そこで本年は、種苗生産時の飼育方法別に中間育成を行ない比較することにした。

1. 中間育成の概要

(1) 材料および方法

平成 6年 8月 5日に種苗生産において D3 水槽で飼育した平均全長62.8(48.0~82.8)mmの種苗1000尾とD5水槽で飼育した63.3(45.3~106.1)mmの種苗3000尾をそれぞれ海上筏に設置した小割網(4×4×3m)2面に収容し、中間育成を行った。種苗生産での D3 水槽とD5水槽の飼育方法の相違はヒラマサ種苗生産の項を参照。

給餌は自動給餌器(YDF-220B0:ヤマハ発動機社製)により配合飼料(協和醗酵社製、初期飼料C1000)を飽食量に近い量で給餌した。

(2) 結果と考察

両収容区とも同様の生残状況であった。育成開始10日の 8月15日頃よりウイルス性腹水症(検査では、ウイルスの存在を確認できなかった。)が見られた。斃死は 8月20日頃には終息したが、この間に40%程度の減耗があり、両区合わせて平均全長82(59~102)mmの2400尾が生き残った。その後、 8月下旬頃から再び斃死が多くなり、滑走細菌と連鎖球菌症が確認された。水産用ピマリン(大日本製薬社製、有効成分イソマイシン)による径口投与を行ったが、その効果は見られずほぼ全滅状態となったため、育成開始31日目に育成を終了した。

中間育成終了時における収容尾数から途中斃死尾数を引いた推定保有尾数は、2300尾であったが、実際の尾数(取り揚げ尾数0尾)と大きく異なっていた。この原因としては、滑走細菌による斃死魚の分解速度が早く、斃死魚の回収尾数が実際の斃死尾数よりも少なかったこと、および鳥害により保有尾数が減少したものと思われる。今回、配合飼料の自動給餌器による給餌を行ったが、海表面を漂いながら摂餌をしており、この間に防鳥網の弛みから鳥害にあったものと思われる。ヒラマサの中間育成において、自動給餌器により飼育する場合、鳥害への配慮が必要である。

疾病対策としては、適正収容密度、適正投餌量の把握と選別、網替え方法の改善等により疾病が発症しにくい適正環境維持と健苗の育成を行う必要がある。

Ⅱ - 3 - 1 シマアジの種苗生産

崎山一孝

1. 目的

昨年度と同様に V N N 防除対策を最重点課題とし、飼付け放流用種苗を生産することを目的とした。また、昨年度行ったオゾン処理海水を用いた飼育による V N N 防除の再現試験を行った。

2. 方法

- ① 生産期間：平成 5 年 12 月 1 日 ～平成 6 年 5 月 30 日
- ② 生産回数：11 回次 14 例
- ③ 飼育水槽：60m³ 角型水槽，90m³ 八角形水槽
- ④ 飼育水：飼育用水には紫外線照射海水とオゾン処理海水を使用した。紫外線照射海水は 1R-1 と 2R-1 で使用し、他の生産回次ではすべてオゾン処理海水を使用した（表 2-1～2-11）。換水は開口時から行い、2～6m³ までの範囲で適時調整した。
- ⑤ 餌料：餌料には S 型ワムシ・アルテミアノープリウス配合飼料（協和発酵）を使用し、S 型ワムシはふ化後 3～45 日目まで、アルテミアノープリウスはふ化後 20～46 日目まで、配合飼料はふ化後 25 日目から取り揚げまで給餌を行った。ワムシの 1 日当たりの給餌量は 5.0～10.0 億個体、アルテミアは 0.16～0.67 個体、配合飼料は 200～1200 g の範囲で適時調整した。
- ⑥ 栄養強化：栄養強化にはワムシ、アルテミアノープリウスともアクアラン（理研ビタミン）を使用した。ワムシは 150g/m³，アルテミアは 150g/m³ を目安として添加し、ワムシアルテミアとも基準量を 2 回に分けて添加した（ワムシは 8 時間後、アルテミアは 18 時間後に 2 回目の添加を行った。）。ワムシは栄養強化後 18～23 時間後に、アルテミアは 23～26 時間後に給餌した。
- ⑦ 受精卵消毒：受精卵の消毒方法とふ化用水を表 1 に示した。8 回次生産まではヨード（8～10ppm）による卵消毒を行い、9 回次生

産以降はオキシダント（0.5ppm）による消毒を行った。ふ化海水は2回次生産まではろ過海水を使用した。3,4回次生産では紫外線照射海水を使用し、5回次生産以降は五島事業場産の受精卵に関してはオゾン処理海水中でふ化させ、7,8回次生産の古満目事業場産の受精卵は同事業場で紫外線照射海水中でふ化させた。

3. 結果

(1) 生産の概要

合計で11回次14例の飼育を行ったが、12例でVNNが発生し生産を中止した。VNNが発生しなかった1回次生産では23,000尾（平均全長32.1cm(16.9-42.5)）、9回次生産では3,000尾（平均全長28.7(20.1-35.3)）の種苗を生産したが、いずれの飼育も初期減耗が大きくふ化後15日目の生残率は12%、8.2%であった。

昨年度、オゾン処理海水とUV照射海水による比較試験を行い、オゾン処理海水区ではVNNが発生しなかったことから、VNN防除対策としてのオゾン処理海水の利用が有効であると考えられた。今年度も昨年度の再現試験を1,2回次生産で行った結果、1回次生産では昨年度と同様な結果が得られ、UV照射海水区ではふ化後16日目からVNNが発生し、ふ化後23日目に生産を中止したが、オゾン処理海水区ではVNNは発生しなかった。しかし、2回次生産以降はオゾン処理海水を使用してもVNNが発生し、飼育の中止を余儀なくされ、オゾン処理海水による飼育のはVNN防除の1手段ではあるが、完全には防除できないことがわかった。

7,8回次生産には古満目事業場産のふ化仔魚を搬入し飼育を試みたが、搬入時に既に斃死個体がみられ、検査の結果VNNと判断されたため飼育を中止した。古満目事業場産の受精卵を上浦事業場でオキシダント（0.5ppm）により消毒しふ化させたふ化仔魚を用いた11回次生産ではVNNによりふ化後11日目に飼育を中止するに至った。

(2) 卵消毒と飼育用水

1 回次生産ではオゾン処理海水区、紫外線照射海水区ともヨード（有効ヨウ素濃度 10ppm）による受精卵の消毒を行った。オゾン処理海水区では V N N の発生はみられなかったが、紫外線照射海水区ではふ化後 16 日目に V N N が発生したことから、現行の方法では卵消毒が不十分であることがわかった。5 回次生産以降は飼育水と同様にふ化海水にもオゾン処理海水を使用し、9 回次生産以降はオキシダント海水（0.5ppm, 1 分間）による卵消毒を試みた。9 回次生産では V N N の発生は見られなかったが、その他の生産では V N N が発生し飼育を中止するに至った。しかし、卵消毒にオキシダント海水を使用し、ふ化と飼育にオゾン処理海水を使用することにより SJNNV の検出される時期が遅くなる傾向がみられ、オキシダント海水による卵消毒の有効性が示唆された。

(3) 初期減耗

今年度の飼育における初期減耗のパターンは 3 つに分類できた。

1 回次生産と 6 回次生産ではふ化後 5～7 日目から生残率が低下し、

2, 4, 5, 9, 10 回次生産では例年見られるように収容直後から生残率が低下した。10, 11 回次生産では上浦事業場の例にならい収容直後から比較的通気量を多くし、エアブロックにより飼育水を回転させた結果、10 回次生産では改善が見られなかったものの、11 回次生産ではふ化後 10 日まで生残率の低下はほとんどなかった。今後、飼育初期の通気量と飼育水の攪拌、回転に関する検討が必要である。

表 1 平成 6 年度シマアジ種苗生産の概要

生産 回次	親魚	水槽	卵消毒 (ppm)	ふ化 用水	収容		飼育水	月日	取り揚げ			備考
					月日	尾数 (万尾)			全長 (mm)	尾数	生残率 (%)	
1R-1	人-13	90m ³	ヨード 10ppm	FSW	12/1	44	U.V					H018 PCR+, H016 VNN発生 H023 飼育中止
1R-2	人-13	90m ³	ヨード 10ppm	FSW	12/1	46	オゾン	1/20	32.1	23,300	5.0	H020 PCR+ VNN 発生せず
2R-1	人-13	90m ³	ヨード 10ppm	FSW	12/11	55	U.V					H0 6 PCR+, H6 VNN発生 H010 飼育中止
2R-2	人-13	90m ³	ヨード 10ppm	FSW	12/11	55	オゾン					H0 7 PCR+, H0 6 VNN 発生 H010 飼育中止
3R	ワカチン10	60m ³	ヨード 10ppm	U.V	2/3	20	オゾン					H0 5 PCR+, H0 6 VNN発生 H0 7 飼育中止
4R	ワカチン10	60m ³	ヨード 10ppm	U.V	2/5	23	オゾン					H0 7 PCR+, H0 9 VNN 発生 H0 10 飼育中止
5R	ワカチン10	60m ³	ヨード 10ppm	オゾン	2/16	25	オゾン					H0 7 PCR+, H0 9 VNN 発生 H0 10 飼育中止
6R	ワカチン10	60m ³	ヨード 40ppmX2	オゾン	2/18	12	オゾン					H0 12 PCR+, H013 VNN発生 H0 21 飼育中止
7R	人-16 (古満目)	90m ³	ヨード 8ppm	U.V	3/8	14	オゾン					古満目より 100 万尾のふ化仔魚を搬入 到着時に 80% 以上が斃死。H0 2 PCR+
8R-1	人9, 天1 (古満目)	90m ³	ヨード 8ppm	U.V	3/18	30	オゾン					古満目より 70 %のふ化仔魚を搬入したか H0 2 でPCR+, H0 5 に飼育を中止した。
8R-2	人9, 天1 (古満目)	90m ³	ヨード 8ppm	U.V	3/18	30	オゾン					
9R	人-10	60m ³	オキシダント 0.5ppm	オゾン	4/11	32	オゾン	5/30	28.7	3,000	0.9	H0 15,16 一部 PCR+ その後 PCR- となる。
10R	人-13	90m ³	オキシダント 0.5ppm	オゾン	4/25	50	オゾン					H0 10 PCR+ H0 19 飼育中止
11R	天-16 (古満目)	60m ³	オキシダント 0.6ppm	オゾン	5/7	53	オゾン					古満目卵を上浦で消毒, ふ化仔魚で輸送 H0 8 でPCR+, H0 11 で飼育中止
合計						489				26,300		
FSW: ろ過海水 OH: ふ化後日数 U.V: 紫外線照射海水												

表 2-1 平成 6 年度シマアジ種苗生産飼育データ

1 R-1		使用水槽：C-3 (90m 八角水槽)					飼育水：紫外線照射海水				
ふ化後 日数	水温 (°C)	pH	NH ₃ (ppm)	DO (ppm)	注水量 (m ³ /h)	全長 (mm)	生残 尾数	ナanno (m ³)	ワムシ (億)	AN (億)	配合 (g)
0											
1					0		44	1			
2	22	8.24	0.005	7.81	0		42	0			
3	22.5	8.27	0.005	7.64	2	3.67	46	0.5	5		
4	21.5	8.27	0.005	7.55	2	3.67	46	1	5		
5	21.4	8.22	0.005	7.47	2	3.92	44	1.5	5		
6	22.1	8.25	0.005	7.36	2.5	4.15	25	1.5	5		
7	22.4	8.2	0.005	7.4	2.5	4.19		1.5	5		
8	22.1	8.2	0.005	7.44	2.5		16	1.5	5		
9	22	8.17	0.005	7.32	3	4.56		1.5	5		
10	23.1	8.2	0.005	7.27	3	4.78	9	1.5	5		
11	22.8	8.23	0.005	7.36	3			1.5	5		
12	22.2	8.25	0.005	7.33	4			2	5		
13	22.1	8.26	0.005	7.32	4	5.23		2	5		
14	23	8.24	0.005	7.11	4			2	5		
15	22.7	8.24	0.005	7.21	4		12	2	5		
16	21.6	8.22	0.005	7.23	4	5.92		2	5		
17	23	8.2	0.005	7.01	5			2	7.5		
18	23	8.24	0.005	7.16	5			2	7.5		
19	22.4	8.22	0.005	7.15	5	6.55		2	7.5		
20	23.4	8.19	0.005	7.08	5			2	7.5	0.16	
21	23	8.21	0.005	6.9	5			2	7.5	0.28	
22	22.8	8.17	0.005	7.07	6			2	7.5	0.46	
23	21.6	8.17	0.005	7.16	6	8.83		2	7.5	0.33	
24											

表 2-2 平成 6 年度シマアジ種苗生産飼育データ

1 R-2		使用水槽：C-4 (90m 八角水槽)				飼育水：オゾン処理海水						
ふ化後 日数	水温 (°C)	pH	NH3 (ppm)	DO (ppm)	注水量 (m³/h)	全長 (mm)	生残 尾数	ナノ (m³)	ワムシ (億)	AN (億)	配合 (g)	
0												
1								1				
2	20.9	8.27	0.05	7.94			46					
3	21.4	8.28	0.05	7.65	2	3.61	41	0.5	5			
4	22	8.28		7.56	2	3.63	68	1	5			
5	22	8.25	0.07	7.54	2	3.96	39	1.5	5			
6	21.9	8.27		7.4	2.5	4.17	26	1.5	5			
7	22.2	8.18		7.31	2.5	4.29	13	1.5	5			
8	22.5	8.17	0.07	7.24	2.5			1.5	5			
9	22.4	8.14	0.05	7.27	3	4.54	11	1.5	5			
10	22.1	8.19	0.05	7.23	3	4.71		1.5	5			
11	22.5	8.21	0.05	7.32	3		10	1.5	5			
12	22.2	8.25	0.05	7.53	4			1.5	5			
13	22.4	8.25	0.05	7.44	4	5.17		2	5			
14	22.1	8.24	0.05	7.11	4			2	5			
15	22.3	8.23	0.05	7.46	4		7	2	5			
16	22.4	8.25	0.05	7.4	4	5.91		2	5			
17	22	8.19	0.05	7.32	5			2	7.5			
18	22.5	8.23	0.05	7.31	5			2	7.5			
19	22.5	8.2	0.05	7.39	5	6.32	6.88	2	7.5			
20	22	8.2	0.05	7.37	5		6.83	2	7.5	0.16		
21	22.1	8.21	0.05	7.19	5		6.8	2	7.5	0.28		
22	23.2	8.18	0.05	7.33	6		6.65	2	7.5	0.46		
23	22.5	8.22	0.05	7.15	6	8.51	6.5	2	7.5	0.33		
24	22.1	8.12	0.05	7.46	6		6.38	2	10	0.35	A400	B400
25	22	8.11	0.05	7.67	6		6.365	2	10	0.35	100	100
26	21.7	8.14	0.05	7.69	6	10.5	5.785	2	10	0.23	100	200
27	22		0.05	7.51	6		5.685	2	10	0.26	200	200
28	21.9	8.08	0.05	7.67	6		5.385	2	10	0.41	200	200
29	22.1	8.11	0.05	7.55	6	11.86	3.585	2	10	0.64	200	200
30	22	8.09	0.05	7.47	6		2.785	2	10	0.56	200	200
31	21.8	8.18	0.05	7.57	6		2.635	2	10	0.55	200	300
32	22	8.1	0.05	7.5	6	15.22	2.415	2	10	0.59	200	300
33	22.5	8.14	0.05	7.55	6		2.265	2	10	0.54	100	150
34	22.5	8.1	0.05	7.6	6		2.205	2	10	0.61	100	150
35	22.4	8.09	0.05	7.52	6	14.3	2.1876	2	10	0.59	100	150
36	21.8	8.07	0.05	7.49	6		2.1634	2	10	0.47	100	150
37	22	8.07	0.05	7.38	6		2.1472	2	10	0.7	200	200
38	22	8.11	0.05	7.45	6		2.1289	2	10	0.6	200	200
39	22.3	8.13	0.05	7.44	6	21.9	2.1087	2	10	0.66	100	300
40	22.3	8.08	0.05	7.45	6		2.0367	2	10	0.59	100	300
41	22.5	8.03	0.05	7.53	6		2.0247	2	10	0.71	200	300
42	22.5	8.08	0.05	7.35	6	24	2.0022	2	10	0.62	200	300
43	22.1	8.06	0.05	7.48	6		1.9792		10	0.7	200	400
44	21.9	8.07	0.05	7.43	6		1.9569		10	0.56	200	400
45	21.8	8.08	0.05	7.33	6	28.4	1.9383		10	0.65	200	300
46	22.3	8.12	0.05	7.34	6		1.9194			0.67	100	200
47	22.2	8.1	0.05	7.35	6	28.9	1.9008				100	200
48	22.2	8.07	0.05	7.07	6		1.8583				100	100
49	22.3	8.05	0.05	7.18	6		1.844				100	1000
50	22.3	8.07	0.05	7.35	6	32.1	23.3				100	1100

表 2-3 平成 6 年度シマアジ種苗生産飼育データ

2R-1		使用水槽：C-1 (90m 八角水槽)					飼育水：紫外線照射海水				
ふ化後 日数	水温 (°C)	pH	NH ₃ (ppm)	DO (ppm)	注水量 (m ³ /h)	全長 (mm)	生残 尾数	ナノ (m ³)	ワムシ (億)	AN (億)	配合 (g)
0							55				
1							45	1			
2	22	8.3	0.12	7.65			50				
3	22.1	8.25	0.05	7.53	2	3.71	47	0.5	5		
4	21.3	8.27	0.05	7.45	2		45	1	5		
5	22.1	8.21	0.05	7.47	2		50	1.5	5		
6	22	8.24	0.05	7.44	2	4.05	51	1.5	5		
7	22.4	8.18	0.05	7.18	3			1.5	5		
8	22.2	8.2	0.05	7.21	3			1.5	5		
9	22.4	8.17	0.05	7.21	3			1.5	5		
10											

表 2-4 平成 6 年度シマアジ種苗生産飼育データ

2R-2		使用水槽：C-2 (90m 八角水槽)					飼育水：オゾン処理海水				
ふ化後 日数	水温 (°C)	pH	NH ₃ (ppm)	DO (ppm)	注水量 (m ³ /h)	全長 (mm)	生残 尾数	ナノ (m ³)	ワムシ (億)	AN (億)	配合 (g)
0							55				
1							40	1			
2	21.5	8.29	0.08	7.69			42				
3	21.7	8.33	0.05	7.57	2	3.76	28	0.5	5		
4	22	8.28	0.05	7.4	2		29	1	5		
5	22.1	8.21	0.05	7.56	2		43	1.5	5		
6	22	8.24	0.05	7.44	2	4.02	33	1.5	5		
7	22.2	8.19	0.05	7.27	3			1.5	5		
8	21.9	8.21	0.05	7.31	3			1.5	5		
9	21.9	8.17	0.05	7.35	3			1.5	5		
10											

表 2-5 平成 6 年度シマアジ種苗生産飼育データ

3R		使用水槽：D-6 (60m 角型水槽)					飼育水：オゾン処理海水				
ふ化後 日数	水温 (°C)	pH	NH ₃ (ppm)	DO (ppm)	注水量 (m ³ /h)	全長 (mm)	生残 尾数	ナノ (m ³)	ワムシ (億)	AN (億)	配合 (g)
0											
1	23.7	8.27		7.04			20				
2	24.4	8.29	0.05	7.01			20				
3	23	8.27	0.05		2	3.56	19	1	5		
4	22.2	8.31	0.05	7.21	2		18.3	1	2.5		
5	22.8	8.25	0.05	7.1	2		22	1	2.5		
6	23.2	8.31	0.05	7.26	2	3.85	16	1			
7											

表 2-6 平成 6 年度シマアジ種苗生産飼育データ

4R		使用水槽：D-2 (60m 角型水槽)					飼育水：オゾン処理海水				
ふ化後 日数	水温 (°C)	pH	NH ₃ (ppm)	DO (ppm)	注水量 (m ³ /h)	全長 (mm)	生残 尾数	ナノ (m ³)	ワムシ (億)	AN (億)	配合 (g)
0											
1	22.5	8.2	0.05	7.22			23				
2	22.4	8.21	0.05	7.11			22	0.5			
3	22.7	8.32	0.05	7.31	2	3.6	21	1	5		
4	22.5	8.25	0.05	7.34	2		16	1	2.5		
5	22.6	8.28	0.05	7.32	2			1	2.5		
6	22.7	8.31	0.05	7.47	2.5	3.93	13	1	2.5		
7	22.7			7.56	2.5			1	3.5		
8	22.6	8.33	0.05	7.36	2.5	4.22	11.5				
9	22.6	8.17	0.05	7.4	2.5						
10											

表 2-7 平成 6 年度シマアジ種苗生産飼育データ

5R		使用水槽：D-4 (60m 角型水槽)					飼育水：オゾン処理海水				
ふ化後 日数	水温 (°C)	pH	NH ₃ (ppm)	DO (ppm)	注水量 (m ³ /h)	全長 (mm)	生残 尾数	ナノ (m ³)	ワムシ (億)	AN (億)	配合 (g)
0							25				
1							24				
2	21.6	8.29	0.05	7.48			14				
3	24.3	8.32	0.05	7.07		3.7	12	1	5		
4	22.8	8.29	0.05	7.14				1	2.5		
5	21.2	8.29	0.05	7.31				1	2.5		
6	21.1	8.32	0.05	7.45			10	1	2.5		
7	22.8	8.33	0.05	7.31				1	2.5		
8	22.3	8.37	0.05	7.23				1	2.5		
9	22.2	8.32	0.05	7.36			11	1	2.5		
10											

表 2-8 平成 6 年度シマアジ種苗生産飼育データ

6R		使用水槽：D-1 (60m 角型水槽)					飼育水：オゾン処理海水				
ふ化後 日数	水温 (°C)	pH	NH ₃ (ppm)	DO (ppm)	注水量 (m ³ /h)	全長 (mm)	生残 尾数	ナノ (m ³)	ワムシ (億)	AN (億)	配合 (g)
0							12				
1							12				
2	23	8.23	0.05	7.1							
3	22.2	8.41	0.05	7.41		3.65	11	1	5		
4	22.4	8.46	0.05	7.23				1	2.5		
5	22.2	8.37	0.05	7.23	3		14	1	2.5		
6	22.5	8.28	0.05	7.42	3			1	2.5		
7	22.1	8.3	0.05	7.52	3	4.11	12	1	2.5		
8	22.2	8.31	0.05	7.42	3			1	2.5		
9	22.2	8.32	0.05	7.36	3			1	2.5		
10	22.6	8.38	0.05	7.81	3	4.56	4.7	1	2.5		
11	22.1	8.4	0.05	7.81	3			1	2.5		
12	22.3	8.39	0.05	7.72	3			1	5		
13	22.5	8.39	0.05	7.71	3			1	5		
14	22.1	8.39	0.05	7.56	3	5.02		1	2.5		
15	22.2	8.23	0.05	7.55	3			1	2.5		
16	22.3	8.31	0.05	7.42	3			1	2.5		
17	22.1	8.36	0.05	8.32	3	5.65		1	2.5		
18	22.7	8.32	0.05	7.43	3			1	2.5		
19	22.6	8.35	0.05	7.7	3			1			
20	23	8.35	0.05	7.57	3			1			
21	22.6	8.33	0.05	7.65	3	6.12		1			
22											

表 2-9 平成 6 年度シマアジ種苗生産飼育データ

9R		使用水槽：D-1 (60m 角型水槽)				飼育水：ナノン処理海水					配合 (g)
ふ化後 日数	水温 (°C)	pH	NH ₃ (ppm)	DO (ppm)	注水量 (m ³ /h)	全長 (mm)	生残 尾数	ナノ (m ³)	ウムシ (億)	AN (億)	
0											
1	22			7.41			32	0.5			
2	22.4			7.38			25				
3	22.2	8.4	0.05	7.2	3	3.68	22.6	0.5	5		
4	22.4	8.33	0.05	7.24	3		16	0.5	5		
5	21.6	8.36	0.05	7.88	3		16	0.5	5		
6	22.2	8.33	0.05	7.45	3	4.17	12.5	0.5	5		
7	22	8.35	0.05	7.55	3			0.5	5		
8	22.1	8.34	0.05	7.38	3		11.1	0.5	5		
9	22.2	8.23	0.05	7.55	3			1	5		
10	22.3	8.36	0.05	7.92	3	4.42	10.8	1	5		
11					3			1	5		
12	22.6	8.34	0.05	7.33	3			1	5		
13	22.4	8.32	0.05	7.41	3	4.67		1.5	5		
14	22.3	8.34	0.05	7.53	3			1.5	5		
15	22.1	8.34	0.05	7.6	4		3.3	1.5	5		
16	22.3	8.43	0.05	8.11	4	5.05		2	5		
17	21.7	8.43	0.05	8.93	4			2	5		
18	22.2	8.44	0.05	9.01	4			2	5		
19	21.8	8.44	0.05		4	5.63		2	10		
20	22.4	8.45	0.05		4			2	10		
21					4			2	10		
22	21.9	8.4	0.05		4	6.11		1	10		
23	22.6	8.39	0.05		4			1	10		
24	22.6	8.42	0.05		4			1	10		
25	22.6	8.38	0.05		4			1	10		
26	22.4	8.36	0.05		4			1	10	0.2	
27					4	8.75		1	10		
28					4			1	5	0.3	
29	22.5	8.37	0.05		4			1	10	0.2	
30	21.9	8.36	0.05		4			1	10	0.2	
31	22	8.3	0.05		4			1	10	0.2	
32	21.6				4	11.33		2	10	0.2	
33	21.6	8.31			4			2	10	0.2	
34	21.4	8.3			4			2	10	0.2	
35	21.8	8.26			4			1	10	0.3	
36	21.5	8.38			4			1	10	0.3	
37	21.4	8.37			4	15.2		1	5	0.3	A400
38	22.2	8.35			4			1	5	0.3	50
39	22	8.38			4			1	5	0.3	100 B400
40					4				5	0.3	100 50
41	21.4	8.35			4				5	0.3	100 100
42	21.9	8.36			4				5	0.3	100 100
43	22	8.41			4					0.3	100 150
44	21.5	8.4			4	24.2				0.3	100 150
45	21.9	8.38			4					0.3	100 200 B700
46	21.6	8.3			4					0.3	200 200
47					4					0.3	200 200
48					4					0.3	200 200
49					4					0.3	200 300
50					4	28.7				0.3	200 300

表 2-10 平成 6 年度シマアジ種苗生産飼育データ

10R		使用水槽：C-2 (90m 八角水槽)					飼育水：バクン処理海水				
ふ化後 日数	水温 (°C)	pH	NH ₃ (ppm)	DO (ppm)	注水量 (m ³ /h)	全長 (mm)	生残 尾数	ナノ (m ³)	ワムシ (億)	AN (億)	配合 (g)
0							49				
1							39.2				
2	22.2	8.4	0.05	7.57			31.2				
3	22.4	8.4		8.03	3	3.71	34.1	1	10		
4	22.2	8.35		7.99	3		47.2	1	10		
5	22.2	8.35			3			1	10		
6	22.4	8.36			3	3.91	28	1	10		
7					3			2	10		
8	22.5	8.39			3	4.03	20.4	2	10		
9	22.7	8.4			3			2	10		
10	22.5	8.4			3	4.35	20.8	2	10		
11	22.5	8.45	0.05		3			1	10		
12	22.4	8.39	0.05		3	4.63	29.8	2	10		
13					3			2	10		
14					3	4.89	22.9	2	10		
15	22.8	8.36	0.05		3			2	10		
16	22.5	8.36	0.05		3			2	10		
17	22.5	8.32	0.05		3	5.13		2	10		
18	22.2										
19											

表 2-11 平成 6 年度シマアジ種苗生産飼育データ

11R		使用水槽：C-4 (90m 八角水槽)					飼育水：バクン処理海水				
ふ化後 日数	水温 (°C)	pH	NH ₃ (ppm)	DO (ppm)	注水量 (m ³ /h)	全長 (mm)	生残 尾数	ナノ (m ³)	ワムシ (億)	AN (億)	配合 (g)
0											
1											
2	21.8						53				
3						3	60.8	1	3		
4						3	60.2	1	3		
5						3	62	1	3		
6						3		1	3		
7	20.3	8.33	0.05			3		1	3		
8	21.8	8.35	0.05			3		1	3		
9	21.8	8.24	0.05			3		2	3		
10	21.5	8.15	0.05			3	4.25	2	3		
11											

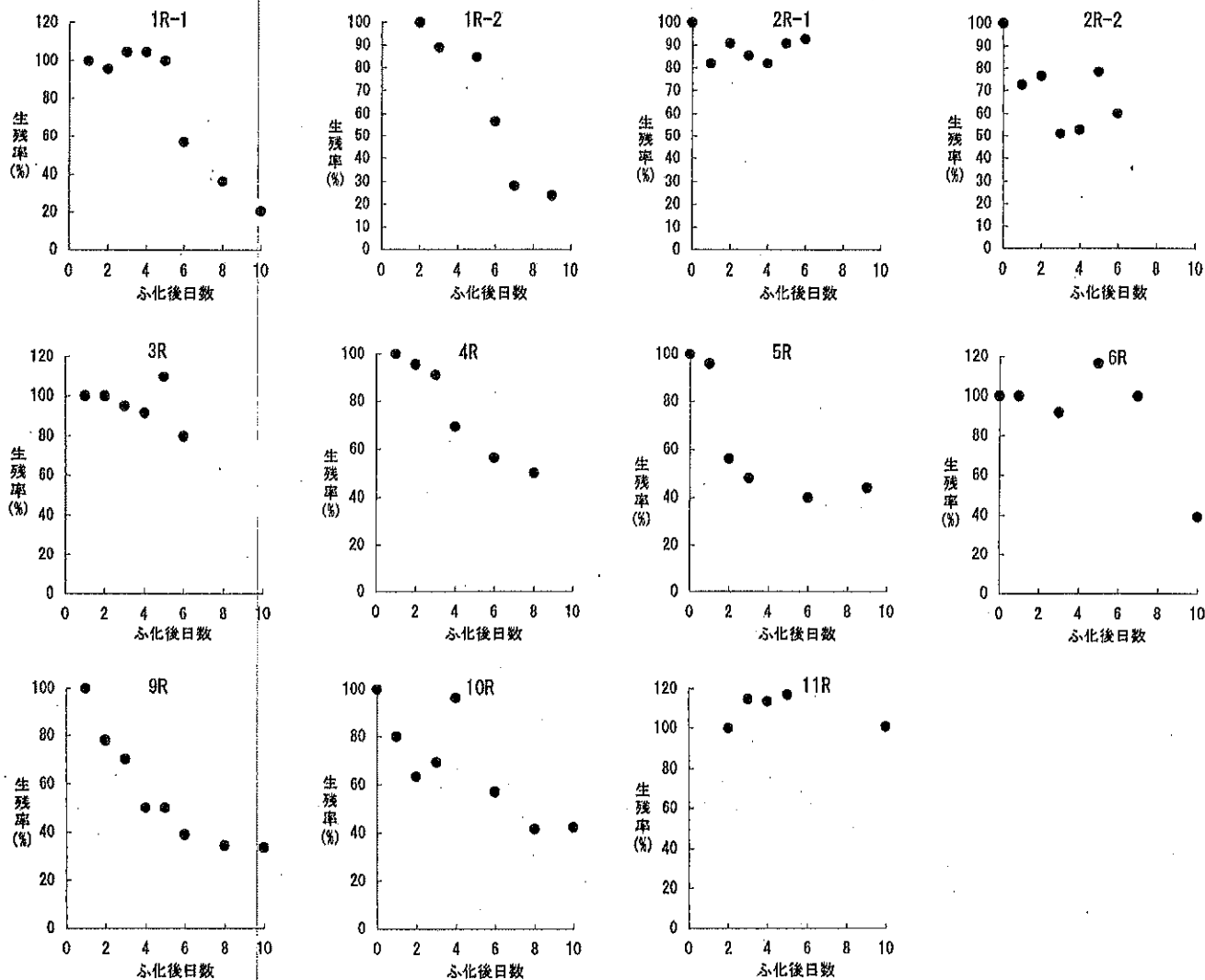


図 1 ふ化後 10 日間の生残率の変化

本年度のシマアジ中間育成は、平成 6 年 1 月下旬から開始した。しかし、当事業場地的な海水温は 2 月下旬までは 16℃以下と低いことと、この時期は季節風による波浪の日が多いため、2 月下旬までは陸上水槽での加温育成とし、それ以降は海上で育成を行った。

1. 陸上水槽での中間育成

1) 材料および方法

種苗生産された平均全長 32.1mm(16.9~42.5)のシマアジ稚魚 2.3 万尾を 5mm選別器で 2 群に分け、90m³水槽 1 面に設置した小割網 2 面に収容して、平成 6 年 1 月 20 日から中間育成を開始した。給餌方法は配合飼料を自動給餌器(YDF-220B0:ヤマハ発動機社製)と手撒で飽食を目安に配合飼料(協和醗酵社製、初期飼料C700、C1000)を給餌した。飼育水温は 17.0~23.5℃に加温した。

2) 結果

表 1 に陸上水槽での育成結果を示した。育成開始後 42 日目の 3 月 3 日に平均全長 79.4mm(52.3~92.6)の種苗 2.2 万尾(陸上収容時の 5mm止まり群の平均全長 82.8mm、5mm抜け群の平均全長 65.5mm)を取り揚げて沖出した。平均生残率は 95.2%であった。

2. 海上小割網での中間育成

1) 材料および方法

陸上水槽で中間育成した種苗 2.2 万尾のうち、5mm止まり群を 15mm選別器で 2 群に分け、5mm抜け群と合わせて 3 群を海上の小割網 3 面に収容した。ただし、15mm選別 2 群は沖出し後より斃死がみられたので、3 月 16 日に陸上水槽に戻して水温 17℃の加温飼育を行い、4 月 14 日に再び沖出しした。給餌方法は陸上水槽での育成と同様の方法で配合飼料(協和醗酵社製、初期飼料C700~C3000)を給餌した。

2) 結果と考察

表 2 に海上小割網での育成結果を示した。取り揚げは、沖出し後 95 日目の 6 月 6 日に行い、平均全長 122.2mm(98.6~140.9)の種苗 2.0 万尾を取り揚げた。生残率は 90.9%で、陸上育成からの通算生残率は 87.0%となった。

沖出し後の 15mm選別群に斃死個体がみられ、滑走細菌が確認された。選別時の魚体の損傷が原因と思われる。しかし、陸上水槽に再収容することによって斃死は減少したが、再度沖出し後も滑走細菌による斃死が続いた。また、4 月に 5mm抜け群にも滑走細菌による斃死が多くなったため、ニフルスルホン酸ナトリウム(水産用エルバージュ:上野製薬(株))による薬浴、経口投与を行ったが、その効果はみられず取り揚げまで斃死が続いた。このように低水温期(沖出し時水温 14.0℃)に沖出しして海上育成する場合、沖出し初期に発生した疾病が長期間続く可能性があることから、沖出し時期、サイズ、選別や網替え方法について充分検討する必要がある。

表 1 平成 6年度シマアジ陸上育成の概要

生産区分	収容 月日	収容 尾数 (万尾)	サイズ (mm)	取り上げ 月日	取り上げ 尾数 (万尾)	サイズ (mm)	生残率 (%)	備考
5mm止まり	平6 1.20	1.88	29.1 (20.3~37.5)	平6 3.3	1.77	82.8 (67.0~92.6)	94.1	15mm選別器で2 群に分け沖出し
5mm抜け	平6 1.20	0.45	21.8 (16.1~25.7)	平6 3.3	0.43	65.5 (52.3~74.1)	95.6	沖出し
	平6 1.20	2.31	32.1 (16.1~37.5)	平6 3.3	2.20	79.4 (52.3~92.6)	95.2	

表 2 平成 6年度シマアジ海上育成の概要

生産区分	収容 月日	収容 尾数 (万尾)	サイズ (mm)	取り上げ 月日	取り上げ 尾数 (万尾)	サイズ (mm)	生残率 (%)	備考
15mm止まり	平6 3.3	0.90	82.8 (67.0~92.6)	平6 6.6	0.85	128.1 (103.8~140.9)	94.4	3.16~4.14間は陸上水 槽にて育成
15mm抜け	平6 3.3	0.87		平6 6.6	0.77	119.9 (93.9~135.2)	88.5	3.16~4.14間は陸上水 槽にて育成
5mm抜け	平6 3.3	0.43	67.4 (52.3~74.1)	平6 6.6	0.38	98.6 (79.1~113.8)	88.4	
	平6 1.20	2.20	79.4 (52.3~92.6)	平6 6.6	2.00	79.4 (52.3~92.6)	90.9	

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。本種の種苗生産技術開発は、昭和56年～平成元年まで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。これまでの種苗生産実績をみると、平成3年度 1,038尾、平成5年に 3,400尾の種苗を生産したが、平成2年、平成4年は生産尾数は0尾であり、その種苗生産技術レベルは低くかつ非常に不安定なものである。さらに昨年度は3例の飼育事例のうちすべての事例でVNNが発生しており、防疫対策の確立も急務である。

本年度はVNN対策（オゾンによる用水及び施設の殺菌、餌料の洗浄）に重点をおき、生産尾数1万尾を目標に飼育を行った。

材料と方法

1) ふ化仔魚

親魚には、当場の海面小割網生簀で養成した天然6～11歳魚（体重 6.1～16.7Kg）を使用した。このうち、第2次卵黄球期以上に達している個体を陸上水槽に雄：雌＝1：1の割合で収容し、加温養成した。種苗生産には、HCGを打注後、人工授精により得られた受精卵を使用した。（詳しくは『クエの親魚養成と採卵』の項を参照）。

飼育水槽への収容は、1回次生産ではふ化仔魚で、2回次生産では受精卵で行った。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チタンパイプに温水を循環させて行い、飼育水温は受精卵及びふ化仔魚の収容時は21～22℃に調温し、その後1日に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オゾンで処理した殺菌海水を使用し、ナゾクロフィス 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日に2～4回飼育水槽の上に置いた30ℓ水槽からφ4 mmのビニールホースを通して注入した。

換水は、受精卵及びふ化仔魚の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させた。

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、2000 lux前後を維持するように適宜開閉して行なった。

通気は収容直後より行い、エアストーン（12個/槽）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）を併用した。

生残尾数の計数は、飼育初期にはφ40mm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。

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）を用いて行った。

3) 防疫体制

昨年度、3例の種苗生産のうちすべての事例でVNN感染の感染がみられたことから、

防疫体制の確立が重要課題として浮上した。このため、今年度は、特にウイルスの水平感染の防止に重点を置き、水槽および使用器具については NaOH(水酸化ナトリウム)によるアルカリ消毒 (pH12) を行い、用水はろ過海水をオゾンで殺菌したものを使用した。

4) 餌料

生物餌料を中心とした餌料系列で飼育を行い、日令15まではS型ワムシのみを給餌した。ワムシの栄養強化は、冷蔵濃縮ナノクロフィス とアキラシ(武田化学飼料株式会社)により行った。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1に、種苗生産結果を表2に示した。種苗生産は、平成6年6月12日から平成6年7月4日までの22日間行い、60m³水槽2面を用いて2回次2例の生産を行った。2例の飼育とも初期減耗が大きく、それぞれ日令6と日令15に全滅した。

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6~11歳の親魚からHCG打注後の人工授精により得られた受精卵41.3万粒をふ化水槽に収容し、ふ化管理を行った。飼育水槽への収容は日令1のふ化仔魚で行った。ふ化仔魚は、ふ化水槽内計数で25万尾、飼育水槽内計数で8.0万尾であり、ふ化率は60.5% (ふ化水槽内計数値より算出) であった。

給餌は日令1より行い、初期餌料にはS型ワムシを使用した。開口当日の摂餌個体率は20%であり、大部分の個体は未摂餌の状態であった。

成長・生残状況を図1に示した。日令3~5での初期減耗が最も大きく、日令6以降では生残が確認できなかったため日令10で廃棄した。初期減耗の原因は不明である。日令5における全長は3.1(3.0~3.2)mmであった。

2) 2回次生産

陸上水槽で加温養成した天然6~11歳の親魚からHCG打注後の人工授精により得られた受精卵31.2万粒をふ化水槽に収容した。24時間卵管理を行い、死卵を除去後飼育水槽へ受精卵で収容を行った。ふ化時のふ化仔魚数は、飼育水槽内計数で10.5万尾であり、ふ化率は34.8%であった。

給餌は日令2より行い、初期餌料にはS型ワムシを使用した。開口当日の摂餌個体率は100%であり、胃内容物には数個のS型ワムシの摂餌が確認された(図3)。

成長・生残状況を図2に示した。日令2~3での初期減耗が最も大きく、その後も漸減し日令15で全滅した。日令14における全長は5.0(4.3~5.7)mmであった。初期減耗の原因は不明である。

考察

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ほとんどない。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平成3年に1例と平成5年に1例の合計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

大量減耗の防止があげられる。

今年度行った2例の飼育においても初期減耗が大きく、日令10までにほとんどの個体が斃死した。特に、ふ化から開口までに大きな減耗が見られていることより、初期減耗の要因としては、親魚由来のふ化仔魚の活力（卵質）および初期餌料の3点が考えられる。このため、今後の種苗生産技術開発は、優良親魚の養成による良質卵の確保に努めるとともに、水温・照度・通気量などの適正初期飼育環境の把握、初期餌料としてのS型ワムシの適性に重点をおいて進めることが重要である。

なお、今年度はVNNの発症は確認されなかったが、本種の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。特に垂直感染の防止は重要であり、シマアジと同様、PCR手法によるウイルスフリーの親魚の選抜養成が有効と考えられる。昨年度より、人工授精による採卵手法を導入しているが、ウイルスフリーの親魚のみを選抜して採卵できることから、本手法はVNN防止の見地からも有効と思われる。

要約

本種の種苗生産試験では、平成3年度に初めて1,038尾の種苗を生産し、平成5年度にも3,400尾を生産した。しかし、昨年度は3例の飼育事例すべてにVNNが発生し、そのうち2例は全滅した。このため、本年度はVNN対策（オゾンによる用水及び施設の殺菌、餌料の洗浄）に重点をおき、生産尾数1万尾を目標に飼育を行った。

- 1) 平成6年6月12日から7月4日までの23日間で、60m³水槽2面を用いて2例の飼育試験を行った。しかし、いずれも日令6及び日令15で全滅した。
- 2) 1回次生産では、陸上水槽で加温養成した天然6～11歳の親魚からHCG打注後の人工授精により得られた受精卵41.3万粒を用いた。収容は昨年度と同様に受精卵で行った。ふ化仔魚は飼育水槽内計数で25.0万尾（ふ化率は60.5%）であった。ふ化から開口までの減耗が大きく、日令4での生残率は5.6%であった。日令2よりS型ワムシを給餌したところ、開口直後のワムシの摂餌個体率は70%であった。開口後も減耗が続き、日令10で全滅した。
- 3) 2回次生産では、陸上水槽で加温養成した天然6～11歳の親魚からHCG打注後の人工授精により得られた受精卵30.2万粒を飼育水槽に収容した。ふ化仔魚は飼育水槽内計数で10.5万尾（ふ化率は34.8%）であった。ふ化から開口までに減耗がみられ、日令4での生残率は57.2%で、1回次生産に比べて高かった。開口直後のワムシの摂餌個体率は100%であったが開口後も減耗が続き、日令10での生残率は9.5%となり、日令16で全滅した。
- 4) 2回の飼育とも初期減耗が大きく、ふ化から開口までに大きな減耗がみられたことから卵質等に問題があると思われたので、今後、親魚養成や採卵方法の検討が必要である。また、開口後の摂餌状態は良好であったにもかかわらず減耗が続いていることから、通気条件等の初期の飼育方法についても検討していく必要がある。なお、本年度の2例の飼育においてVNNの症状は認められなかった。

（塩澤 聡）

表1 種苗生産に供試した受精卵及びふ化仔魚の由来

生産回次	親魚群	性 比 (雄:雌)	尾叉長 (cm)	体重 (kg)	採卵方法	総採卵数 (万粒)	浮上卵数 (万粒)	受精卵数 (万粒)	供試卵数 (万粒)	ふ化仔魚数 (万尾)
1 回次生産	天6~11 (1:1)		雄 96.5 雌 74.0	16.7 7.0	人工授精 (加温・HCG)	99.0	64.0	41.3	41.3	25.0
2 回次生産	天6~11 (1:1)		雄 93.0 雌 75.0	16.0 6.1	人工授精 (加温・HCG)	42.0	42.0	30.2	30.2	10.0

表2 クエ種苗生産の概要

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 ($^{\circ}\text{C}$)	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	6.13	25.0	5000	25	S型 γ シ	10					0	ふ化仔魚収容
2	角 型	60(50)	1	6.17	42.0	8400	25	S型 γ シ	15					0	卵収容
合 計					67.0	6700								0	

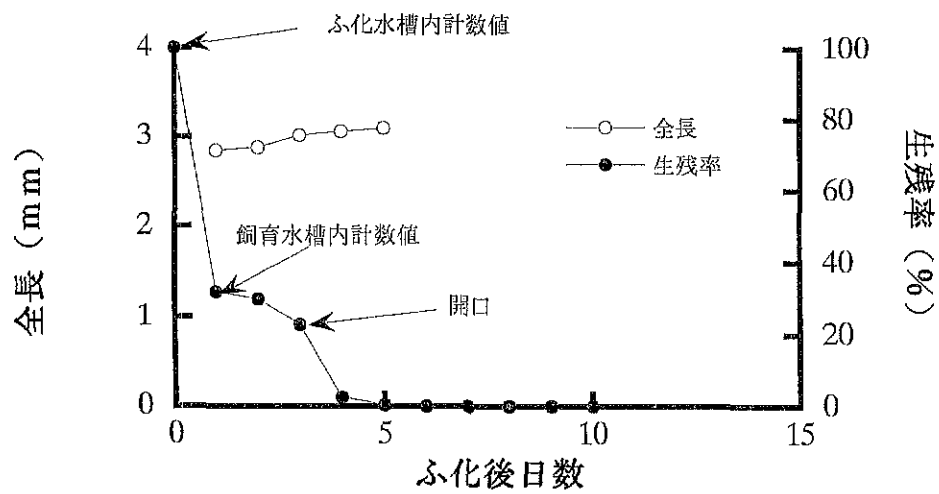


図1 1回次生産における成長・生残状況

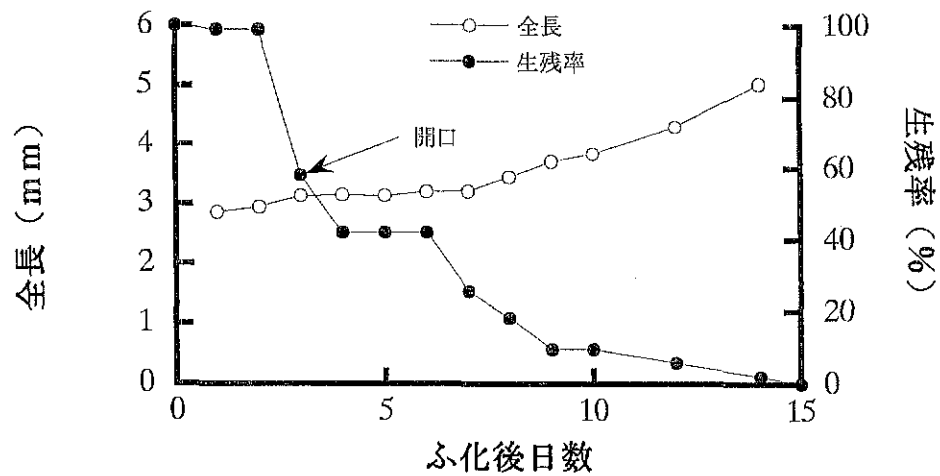


図2 2回次生産における成長・生残状況

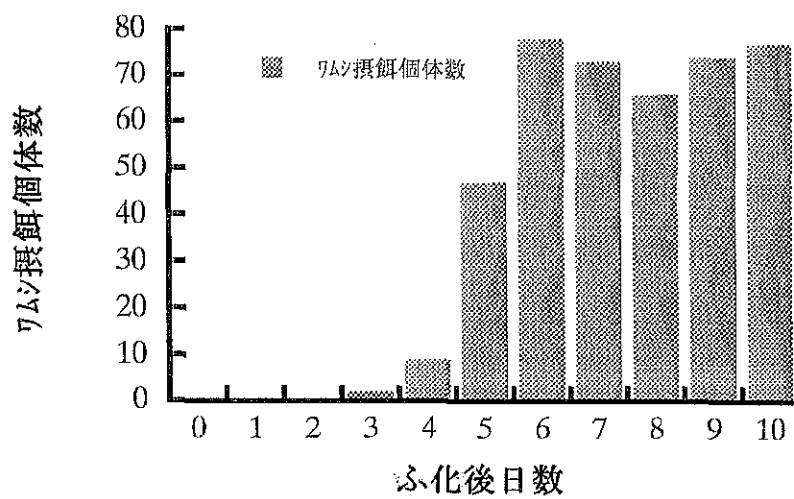


図3 ワムシ摂餌個体数の推移（2回次生産）

3. 餌量産技術開発

Ⅲ－１ ナンノクロロプシスの生産

佐藤 純

目的

ナンノクロロプシスは種苗生産現場において広く大量培養され、当事業場でもワムシ培養、飼育水への添加、動物性餌料生物の栄養強化に利用している。

本年度も培養不調時の保有量減少に備えて濃縮装置（株三井造船社製 4M1型）を用いて、収穫したナンノクロロプシスを全て濃縮冷蔵して供給した。

I 方法

培養は50 m³角型コンクリート水槽10面を使用し、元種には日裁協能登島事業場産の濃縮ナンノクロロプシスを使用した。培養水には砂濾過を使用し、1水槽に角型エアーストーン（5×5×17）を8個使用し通気を行った。低水温期の保温や降雨による比重低下を防止するための上屋カバーは使用しなかった。

拡大は平成5年9月1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7月13日まで種苗生産への供給を行った。その後一部の濃縮ナンノクロロプシスを来年度の元種として冷蔵保存した。

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1000万セル/ml前後になるように調製し、その後、2000万セル/ml程度の濃度になった時に、全量を収穫するバッチ方式で行った。収穫したナンノクロロプシスは全て濃縮した。施肥は硫安、尿素、過燐酸石灰、クレワット32を用いて、それぞれの規準量を100g/m³、15g/m³、10g/m³、5g/m³として行った。培養開始時には基準量の1/2量を施肥し、その4日～5日毎に基準量の1/2を追肥した。原生動物の発生時には1.0ppmの次亜塩素酸カルシウム（有効塩素濃度60%）を用いて防除した。

ナンノクロロプシスの濃縮は三井造船製の濃縮機（4M1型）を用いて行った。15 m³角型コンクリート水槽2面に収穫したナンノクロロプシスを移送し、約24時間の運転で5m³～25m³の処理を行った。

Ⅱ 結果及び考察

本年度の種苗生産への供給は、平成5年12月1日から平成6年7月13日までの225日間で、その間に93回の収穫を行い濃縮ナンノクロロプシスを生産した。その結果、総生産量は2,000万セル換算で1,436m³、日平均生産量は6.4m³であった。収穫したナンノクロロプシスの平均密度は2,070万セル/mlで（表1、2）、それらを濃縮処理したナンノクロロプシスの平均密度は166.3億セル/ml、平均水量20.1ℓであった。

本年度のナンノクロロプシス培養水の保有量は生産期間中200m³前後で推移した。拡大は9月上旬からはじめ12月上旬の生産期前には200m³に達した。12月から5月までの保有量は安定して推移し、各月の平均保有量はそれぞれ218.1m³、253.1m³、230.0m³、233.9m³、243.4m³、249.5m³であった。6月には約60m³減少する原因不明の落ち現象が見

られ、次亜塩素酸カルシウム（有効塩素濃度60%）を1ppmの割合で添加したが、保有量が約50m³にまで減少した。その後7月には約100m³にまで回復した。（図1）

濃縮ナンノクロロプシスの平均保有量は2月が最高となった。3月下旬から4月初旬にかけての減少は、シマアジ、ブリの種苗生産が同時に行われ使用量が増加したこと、また、培養不調に陥り収穫ができなくなったことが影響したためである（図2）。

日平均収穫量はシマアジの生産期間である12月、1月はそれぞれ6.8m³、6.2m³で昨年度より1～2m³減少し、2月、3月は2.8m³、1.1m³と少なかった。これは2月中旬の培養不調が影響したことまた、種苗生産への供給に100m³（2000万セル換算）前後のストックしていた濃縮冷蔵ナンノクロロプシスを用いたためである。4月以降は培養が安定し収穫量も増加した。4、5、6、7月のそれぞれの日平均収穫量は7.5m³、12.7m³、8.2m³、4.6m³であった（図3）。濃縮ナンノクロロプシスの利用割合は7L/日培養に31.7%、シマアジ、ブリ、ヒラマサ、クエの飼育水添加に37.9%、生物餌料の栄養強化に26.5%であった（図3）。

ナンノクロロプシス培養水の各月における平均水温と平均増殖率の関係を図4に示した。12月から3月までの水温が10℃以下の時期では増殖率は一日当たり2～6%と低かった。水温が15℃を越えた4月上旬以降は増殖率が最高15%を示す時期もあったが、期間を通して大きな差はなかった。

今後の課題として濃縮ナンノクロロプシスの有効利用法（培養に代わる原種維持法、長期保存方法、濃縮処理排水の培養への利用）の検討を行う必要がある。現在濃縮冷蔵ナンノクロロプシスの再生に関しては不安定な面もあり、通常の培養による原種維持も同時に行っている。今後省力化を進める上で再生方法の確立は重要な課題である。

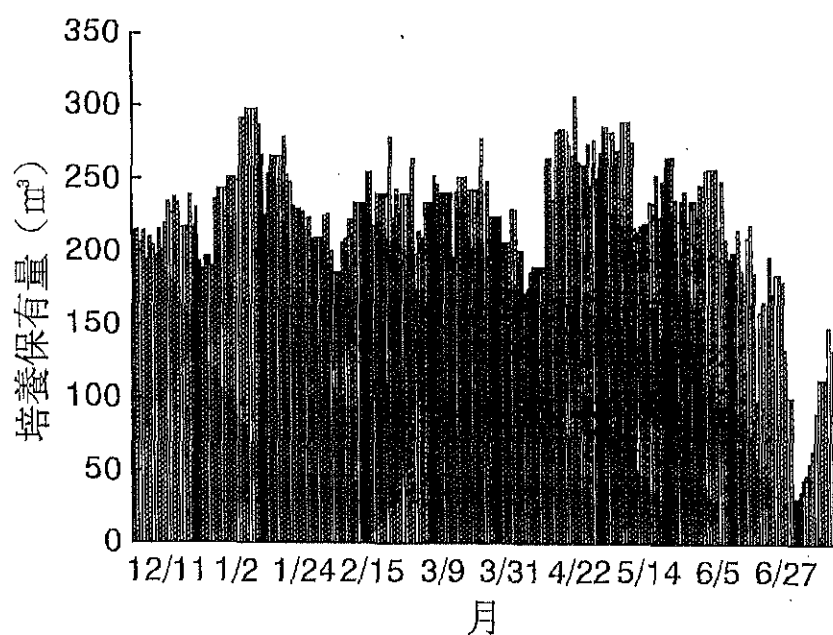


図1 ナンノクロプシス培養水の保有量の推移

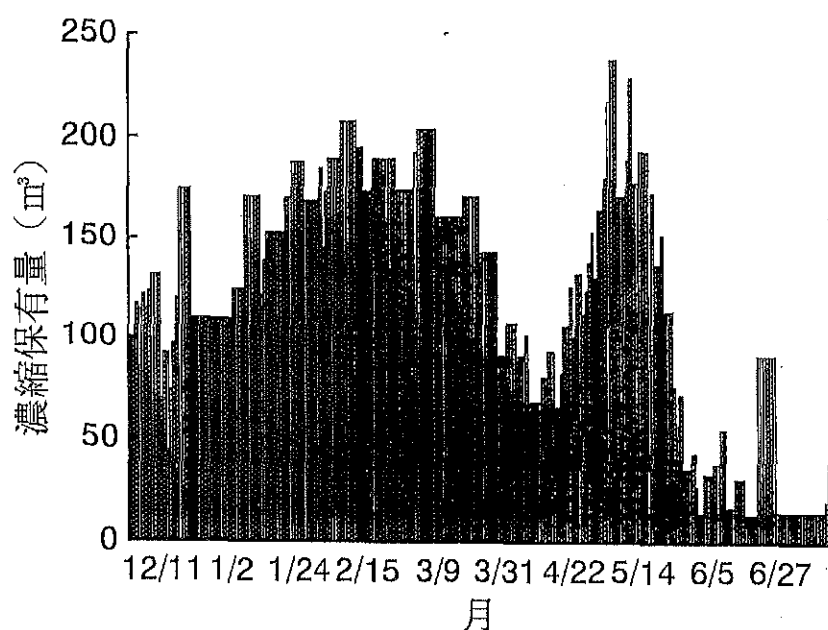


図2 濃縮ナンノクロプシス保有量の推移
(2000万セル換算)

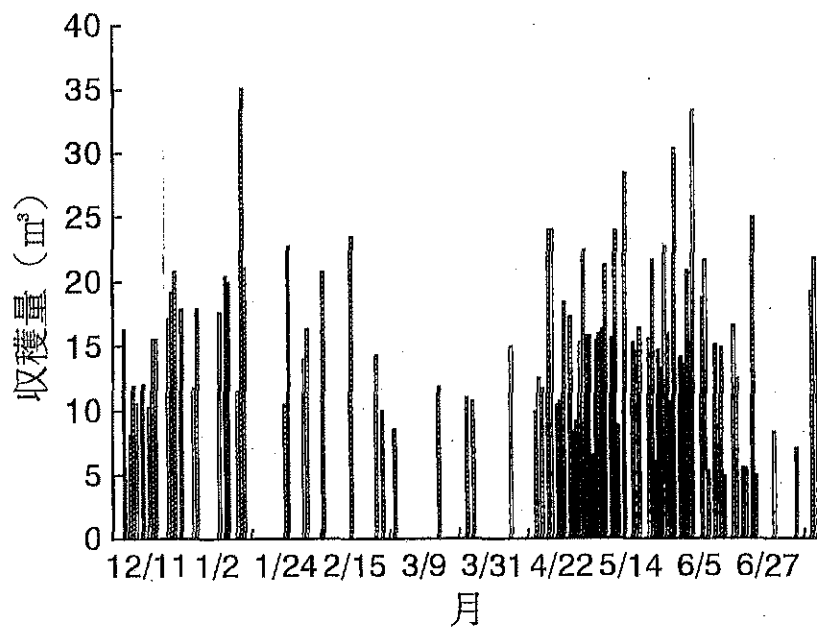


図3 ナンノクロロプシス収穫量の推移

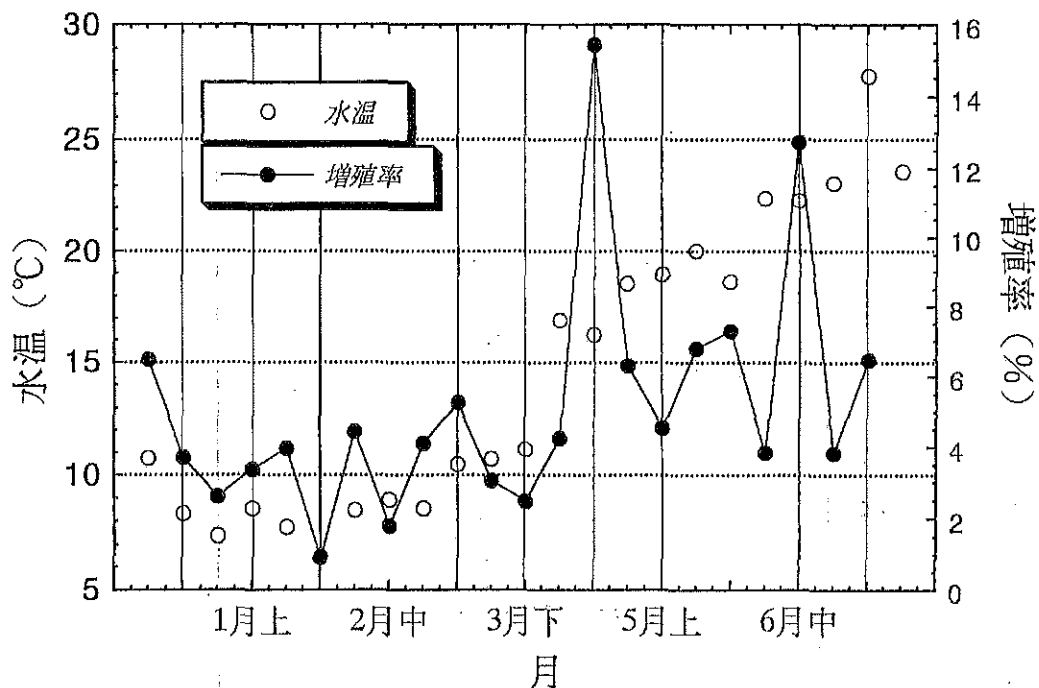


図4 月別の平均水温と平均増殖率

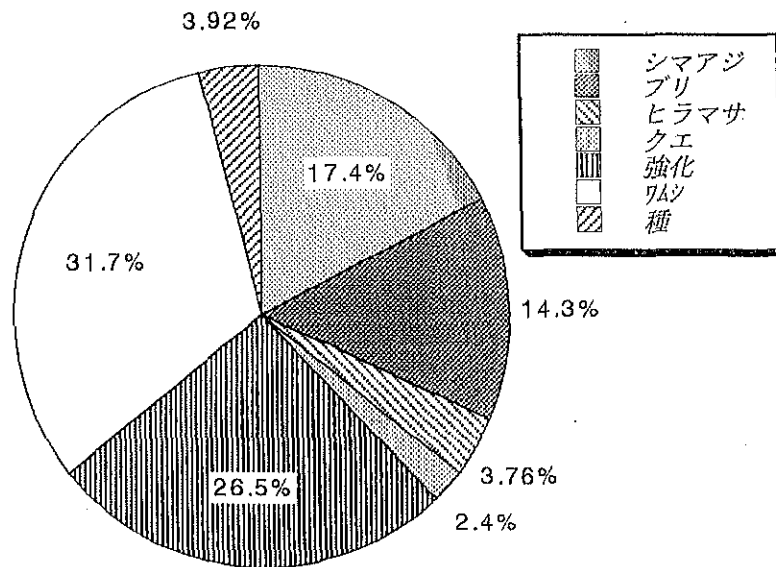


図5 濃縮ナンノクロプシスの利用割合
使用割合 (%)

表1 ナンノクロプシスの生産結果の概要

水	槽	培養法	生産期間	平均水温	収穫	スタート密度	総生産量	収穫密度
型	大きさ	個数	(日数)	(℃)	回数	(万セル/ml)	(㎡)	(万セル/ml)
角型コンクリート	50㎡	10	パッチ	12.1~7.13	14.8	93	1170	1436
				(225)	(4.2~30.0)	(430~1760)		(1120~2840)
計					93		1436	

表2 年度別ナンノクロプシス生産概要

年 度	生産期間 (日数)	総生産量 (㎡)	日平均生産量 (㎡)	スタート密度 (万セル/ml)	収穫密度 (万セル/ml)	水 温 (℃)	肥料使用量 (㎡分)
60	3.20~7.18 (120)	1577.5	13.1	1100 (600-1600)	3400 (1400-4900)	20.8 (10.9-36.0)	990
61	3.7~7.23 (139)	1957.1	14.1	1400 (1000-2200)	2700 (1400-3800)	19 (3.7-29.5)	1857.5
62	4.1~7.20 (111)	1817.4	16.4	1100 (600-1800)	2300 (1900-3000)	20.7 (10.7-29.9)	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
1	3.20~7.7 (109)	2210.3	20.3	1300 (700-2300)	2200 (1300-3300)	19.2 (11.0-26.8)	2744
2	2.13~7.8 (146)	2170.5	14	1070 (700-1600)	2030 (1400-3800)	15.5 (12.0-37.0)	2855
3	H2-12.3~7.30 (230)	2336	12.1	1100 (700-1500)	2050 (1500-2500)	14.2 (4.0-33.5)	3051
4	H3-12.2~6.18 (199)	2090.2	10.5	1100 (360-1890)	2050 (1230-2530)	15.7 (5.0-33.8)	2893
5	H4-12.1~7.26 (237)	1655.1	7	1140 (450-1920)	2040 (790-2950)	11.1 (3.5-31.8)	1937.5
6	H5-12.1~7.13 (225)	1436	6.4	1170 (430-1760)	2070 (1120-2840)	14.8 (4.2-30.0)	2718.5

シオミズツボワムシの生産（平成6年度）

西岡 豊弘

（1）本年度は大型水槽におけるS型ワムシの長期安定培養を目的に生産を行った。

1 材料と方法

元種：平成5年に玉野事業場より搬入したS型ワムシを用いた。

培養水槽：培養水槽には最大同時に屋外60m³コンクリート水槽4面を使用した。

培養方法：培養方法は抜き取り方式とし、約65～80億個体を種とし培養日数4～7日毎に植え換えを行った。培養水は全海水とし、接種時に自場産の濃縮ナンノクロロプシス（150億セル/ml）またはビタミンB12を強化した濃縮淡水クロレラ（以下 生クロレラ：150億セル/ml、（株）クロレラ工業社製）を添加し、ワムシを120～150個体/mlの密度になるよう接種した。以後、生クロレラ、イーストを給餌し培養を行った。収穫は1～3日毎に行い、収穫した水量分だけ海水を注水し元の水量に復元した。6月までは加温により水温は26～27℃とし、以後は水温の上昇に伴い自然水温とした。通気は1水槽当たりエアーストーン13個を用い強めに行った。

給餌：ワムシの接種時にはナンノクロロプシスまたは生クロレラを200万セル/mlになるよう添加した。生クロレラは培養日数2日目以降に50万セル/mlになるよう給餌した。イーストはワムシ1億個体当たり80～100gを目安に、定量ポンプを用い1日4回に分けて給餌した。

脱糞処理：壁面にエアフィルター（幅：80cm、長さ：150cm、AF-111A、（株）金井重要工業）5～10枚を垂下し水槽内の懸濁物を吸着させ、1～2日毎に取り揚げ洗浄し脱糞処理を行った。

収穫：培養水槽に設置した100mmのパイプで収穫した。収穫には円筒形に作製したNXX25規格のネット（幅20cm、長さ200cm）を使用した。

2 生産結果

今年度は平成5年9月に上浦事業場より、L型ワムシ16万個体を搬入し培養を開始し、11月中旬に30億個体まで増殖したが、その後急激に培養不調となった。11月末に6.19億個体を再度搬入し培養を行ったが、12月末から増殖なくなり、平成6年1月下旬にはS型の混入が認められた。このようにL型の培養が安定しなかったため、平成5年11月25日に玉野事業場よりS型60億個体を搬入し大量培養を行い種苗生産用に供給した。

生産の概要を表1に示した。ワムシの総保有量と生産量の推移を図1に、生産量の内、餌料として収穫した割合の状況を図2に示した。生産期間は平成5年11月25日から平成6年7月16日までの233日間（延べ日数617日）となり、総

生産量は8739.75億個体となった。日平均生産量は14.35億個体、単位生産量は0.261億個体/m³/日、日平均増殖率は18.8%であった。スタート密度は139個体/ml (42~244) 収獲密度は168個体/ml (80~311) であった。

生産量の内、餌料として使用されたのは2942.6億個体、廃棄が5797.15億個体となり、利用率は33.6%であった。

生産期間中にワムシ培養に使用したイーストは4552.5kg、日平均使用量は7.38kg、ワムシ1億個体の生産に要したイーストは0.52kgであった。

同様に生クロレラは総使用量1168.4 l、ワムシ1億生産当たり0.13 l、ナンノクロロプシスは総使用量450.7m³ (2000万セル/ml換算)、ワムシ1億生産当たり0.05m³となった。

(2) 大型水槽を用いたワムシ培養の条件の検討

1 目的

4月以降の培養事例において、生産量、培養日数、総給餌量、スタート密度を基に培養条件について検討を行った。なお、各事例の平均培養水温は24.9~29.8℃であった。

2 方法

各培養事例で使用した給餌量を比較する一手法として、総給餌量を海野¹⁾ (1987) が仮定した換算の基準を用い推定した。すなわち濃縮クロレラ (CW)、ナンノクロロプシス (NW) をパン酵母の重量に換算した。換算式は

$$CW = 7.8 \times C_D \times C_V \times 10^{-4} \quad (C_D: 150 \text{セル/ml}, C_V: \text{使用水量} \cdot \text{ml})$$

$$NW = 7.8 \times N_D \times N_V \times 10^{-4} \quad (N_D: 2000 \text{セル/ml}, N_V: \text{使用水量} \cdot \text{m}^3)$$

とし、算出した。

3 結果と考察

培養日数別の生産結果の概要を表2に示した。培養事例が最も多かったのは培養日数4日の30例、次いで7日の9例、5・6日の6例等となった。平均の単位生産量では培養日数4日の事例が0.37億個体/m³/日、次いで6日、7日の0.35億個体/m³/日となり、培養日数が長くなるに伴い、生産量も低下した (表2)。培養日数別と生産量の関係からでは、培養日数が6日以降では日数に伴う生産量の増加の割合が低くなり、9日より長い培養では逆に生産量は減少した (図3)。同様に単位生産量についてみると、培養日数が7日以降になると急激に生産量が減少した (図4)。

つぎに、培養日数が8日以下と9日以上との培養例について、培養期間中に使用した餌料をパン酵母の重量に換算した総給餌量 (Xkg) とワムシの生産量 (Y億個体) との関係は、8日以下では $Y = 0.83 + 1.59X$ ($R^2 = 0.31$)、9日以上では $Y = 1.45X - 31.43$ ($R^2 = 0.41$) となり、培養日数が短い方が生産量が高い傾向を示したが、相関係数が低く、バラツキがあり再現性に乏しいと考

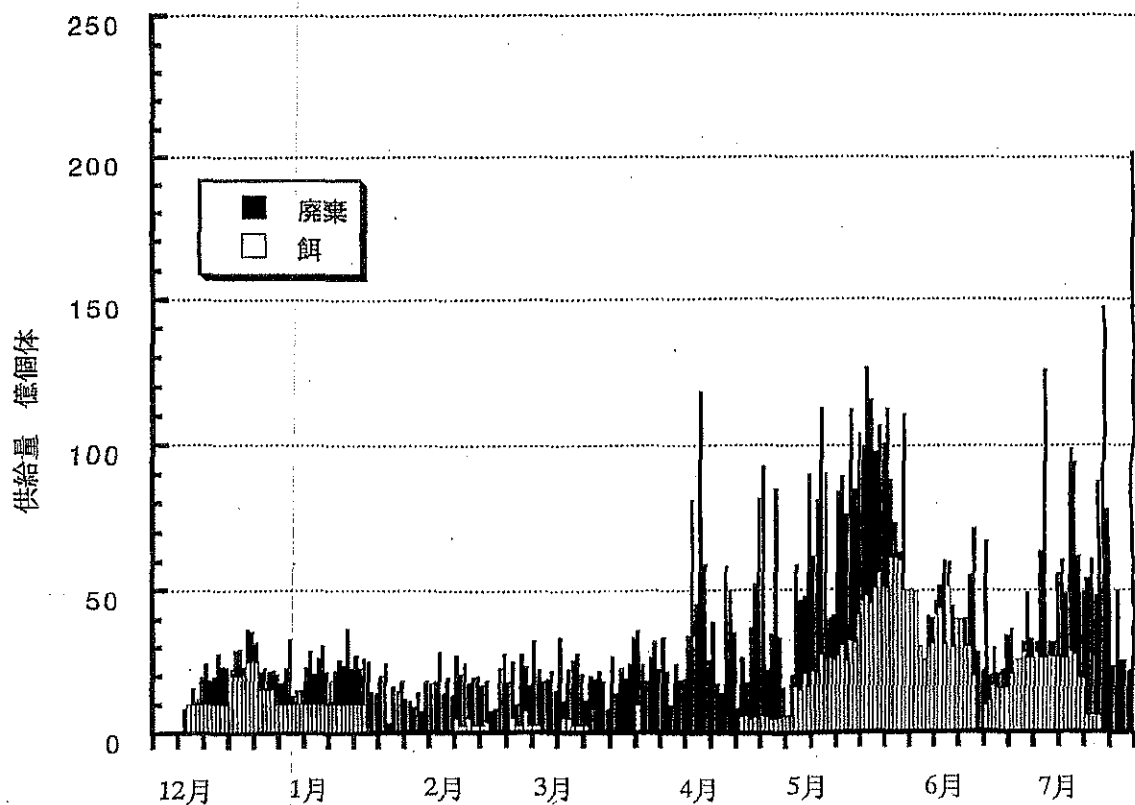


図2 ワムシ供給量の変化(平成6年度)

表2 4月以降の培養事例における培養日数別の生産結果一覧(平成6年度)

日数 (日)	例数	平均水温 (℃)・(範囲)	スタート密度 (個/ml)・(範囲)	平均増殖率 (%)・(範囲)	日平均生産量 (條/日)・(範囲)	単位生産量 (條/m ³ /日)・(範囲)	単位給餌量 (g/條體林)・(範囲)	知内の割合*1 (%)・(範囲)	177の割合*2 (%)・(範囲)	植物プランクトンの割合*3 (%)・(範囲)
2	1	25.8	134	20.3	12.86	0.23	739.3	23.7	0.0	23.7
4	30	25.8 (24.9~29.7)	151 (110~181)	26.6 (11.5~38.9)	20.6 (7.4~31.68)	0.37 (0.1~0.58)	702.2 (399.4~1832)	15.9 (12.8~33.3)	18.1 (0~24.7)	34.1 (29.8~42.2)
5	6	26.7 (25.1~29.5)	141 (124~164)	19.7 (4.5~32.5)	14.4 (3.39~22.83)	0.26 (0.06~0.42)	1212.0 (433.6~3735.9)	21.0 (14.2~36.3)	10.8 (0~17.1)	31.7 (27.3~36.3)
6	6	26.9 (25.1~29.8)	132 (125~143)	26.7 (17.9~42.5)	19.6 (12.2~27.14)	0.35 (0.21~0.50)	621.2 (404.7~934.9)	23.1 (15.0~35.5)	10.6 (0~19.5)	33.6 (30.7~36.7)
7	9	26.2 (25.2~27.1)	145 (133~158)	24.7 (9.2~37.7)	18.4 (7.25~25.8)	0.35 (0.12~0.50)	674.4 (416.7~1516.5)	24.7 (15.8~34.0)	8.4 (0~22.5)	33.1 (28.7~38.7)
8	3	25.6 (25.4~25.9)	133 (133~137)	20.3 (11.9~34.1)	13.1 (9.08~19.89)	0.25 (0.15~0.43)	952.4 (456.9~1309.3)	18.2 (15.6~21.4)	14.3 (10.5~19.7)	32.6 (30.5~35.3)
9	2	25.8 (25.6~26.0)	134 (116~152)	18.9 (11.4~26.4)	12.5 (9.08~19.89)	0.22 (0.07~0.37)	1423.5 (711.2~2135.8)	15.5 (12.4~18.6)	22.4 (9.5~35.3)	37.9 (28.1~47.7)
10	2	25.9 (25.8~26.1)	147.2 (128~152)	19.2 (16.1~22.3)	12.7 (9.68~15.75)	0.25 (0.18~0.33)	699.6 (743.5~1055.6)	22.1 (21.3~22.8)	12.8 (9.2~16.4)	34.8 (32~37.7)
13	1	25.1	128	18.2	12.9	0.23	801.3	20.1	7.0	27.1
17	1	25.8	111	21.6	8.71	0.18	838.6	23.0	7.5	30.6
合計	61									

*1: クロレラ給餌量/総給餌量 重量換算

*2: ナンノクロロプシス給餌量/総給餌量 重量換算

*3: クロレラ+ナンノクロロプシス給餌量/総給餌量 重量換算

生産量がマイナスになった2例(3日、5日培養)は除いた

えられた(図5)。一方、4月以降の培養例全ての総給餌量と、生産量の関係の値では、1987年に計算された全国平均¹⁾ ($Y=1.61x-69.3$ ($r=0.79$)) より、やや低い値を示した。これは、4月以降に培養不調に陥った事例があるためと考えられる。(図6)。

単位生産量を基準としスタート密度についてみると、密度と生産量には特に明確な関係は認められず、現在の接種密度であれば、単位生産量には影響しないことが分かった(図7)。

以上のことから、60m³水槽を使用したSワムシの培養では、接種密度は120～180個体/mlで、接種時にナンノクロロプシス、2日目以降にクロレラV12

を200万セル/ml及びイーストを100g(ワムシ1億個体当たり)を給餌し培養する場合には、植え換えの日数は、8日以下の短い日数が良いと考えら、実際の作業量等を考慮すると6～7日が適当と考えられた。

参考文献

- 1) 海野 幸雄 1987: ワムシ生産の傾向 —特に給餌量と回収量について—
さいばい, 43 PP24-29.

表1 シオミズツボワムシの生産結果の概要(平成6年度)

生産区分 (生産回次)	水 型	槽 大きさ(m ³)	培養 個数	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/ml)	総生産量 (億個体)	収穫密度 (個体/ml)	S型の生産 割合(%)
1	角型 コンク リート	60	5	抜き 取り	11.25～7.16 (233)	25.7 (22.5～31.5)	478	139 (42～244)	8739.75	168 (80～311)	100

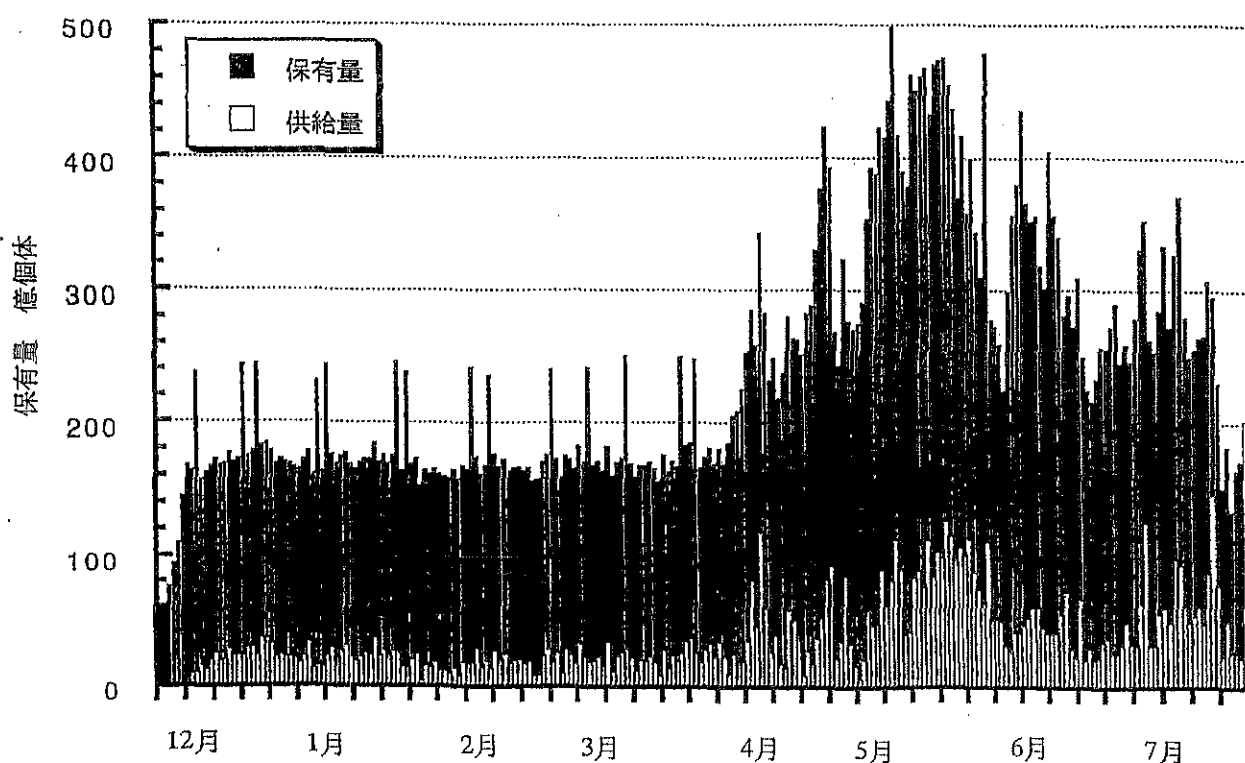


図1 ワムシ保有・供給量(平成6年度)

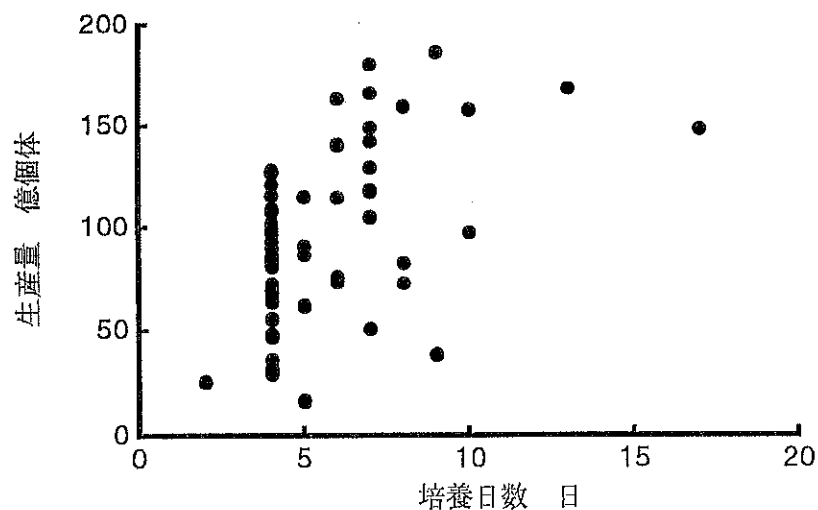


図3 生産量と培養日数の関係

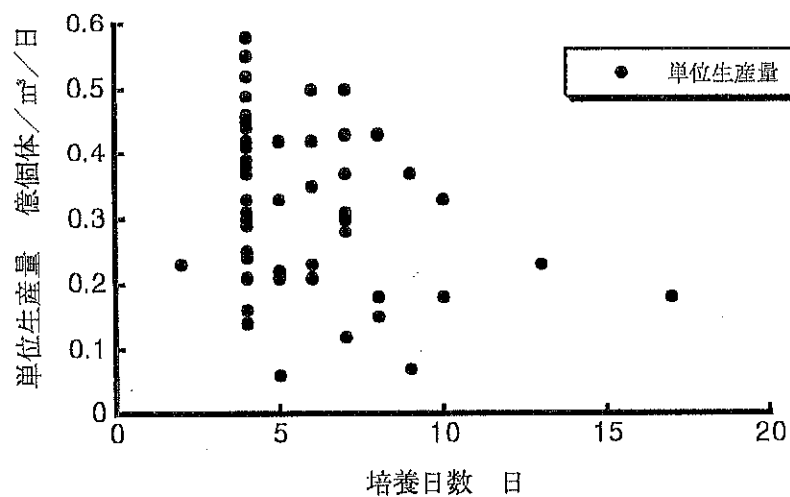


図4 培養日数と単位生産量の関係

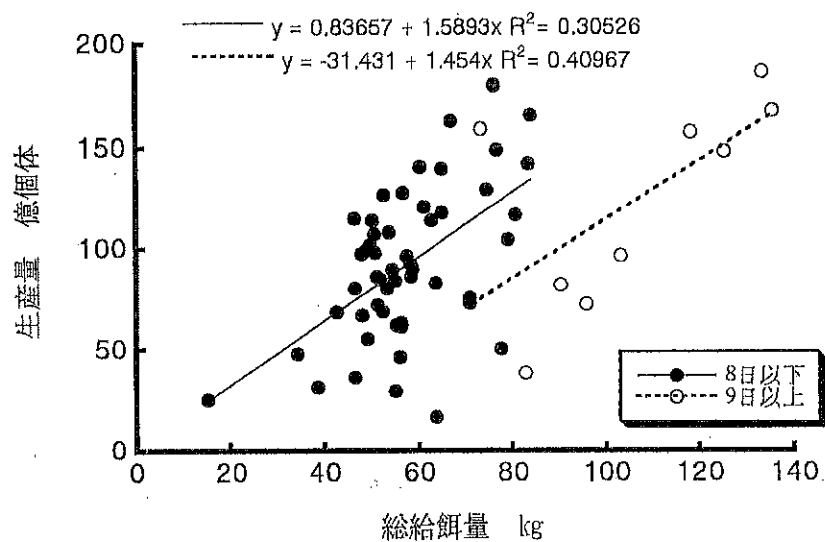


図5 総給餌量と生産量の関係（培養日数8日を基準とした）

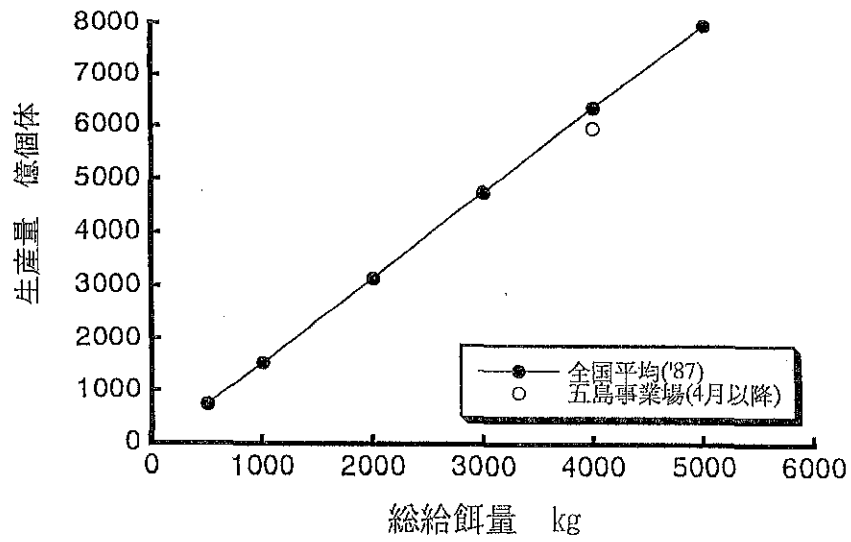


図6 総給餌量と生産量の全国平均との比較

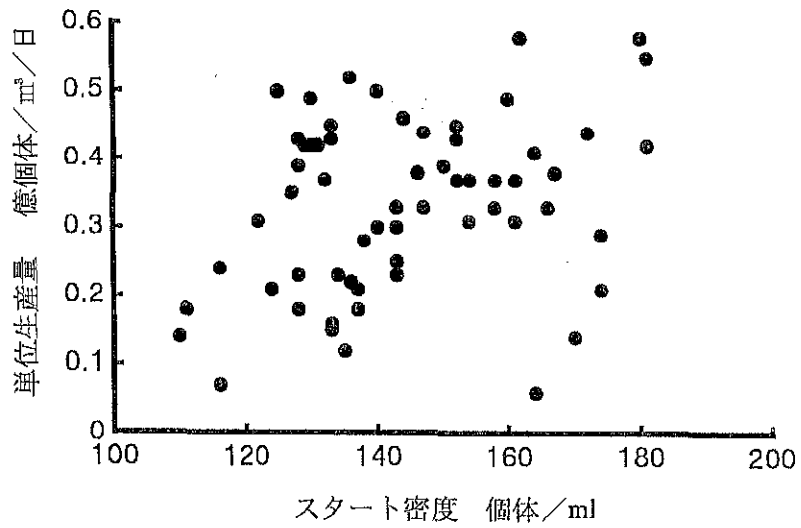


図7 スタート密度と単位生産量との関係

生物餌料の栄養強化

西岡 豊弘

1 目的

種苗生産に使用した生物餌料の栄養強化の状況を把握する目的で、主に脂肪酸組成について検討した。

2 方法

今年度使用した生物餌料の栄養強化方法を表1に示した。

1) ワムシ

洗浄：ワムシの体表面の汚れとワムシ培養水の栄養強化水槽への混入を減少させる目的で、オゾン処理海水が入った0.5m³水槽に収容し、エルバージュ25g/500lで薬浴を行った（収容密度5～20億個体/m³）。

1次強化：洗浄したワムシは1時間後に0.5m³水槽から回収し、別の2.5m³FRP水槽に移送し、冷蔵ナンノクロロプシス（2000万セル/ml）で22時間栄養強化した。

2次強化：さらに給餌17時間前にはアクアラン100g/m³またはイカ乳化オイル（50ml/m³）を添加し種苗生産の餌料として使用した。

2) アルテミア幼生

洗浄：28℃に加温した海水に耐久卵をセット後24～30時間後に幼生を回収し、濾過海水が入った1m³水槽に収容し、エルバージュ50g/100lで薬浴を行った（収容密度0.5～2億個体/m³）。

1次強化：洗浄したアルテミア幼生は給餌24時間前にイカ乳化オイルまたはPowersh A（オリエンタル酵母社製）を添加し（100ml/m³）給餌した。

3) サンプルの保存と分析

分析に供したサンプルは、ワムシでは10g、アルテミア幼生は10gを1ロットとし30mlサンプル瓶に密封し-85℃で凍結保存した。分析は東京水産大学資源育成養殖講座（竹内先生）に委託した。

2 結果および考察

ワムシでは、強化前のイーストのみで培養されたもの、ナンノクロロプシスだけで強化したもの、ナンノクロロプシスとイカ乳化オイルで強化したものについて、アルテミアでは強化前とPowersh Aで強化したものについて分析した。生物餌料中の粗脂肪、水分、粗タンパク質含量、および総脂質中の脂肪酸組成について表2に示した。参考として上浦事業場から譲渡された天然プランクトン（アカルチア類）の分析結果も合わせて示した。

(1) ワムシ

粗脂肪の含量は、強化前の培養したワムシでは17.7%（ワムシ乾物当り%，以下同様）であったのが、冷蔵ナンノクロロプシスで一次強化することで20.1%に増え、さらに給時前にイカ乳化オイルで二次強化することにより24.1%にまで増加した。

$\Sigma n-3HUF A$ （ $n-3$ 高度不飽和脂肪酸）の含量は強化前の0.5%が一時強化することで2.4%に増えたが、その後、イカ乳化オイルで強化しても余り増加せず3.2%になった。

EPAの含量も $\Sigma n-3HUF A$ と同じような傾向を示し、強化前が0.3%であったのに対し、一次強化により2.1%に増加したが、その後二次強化を行っても2.3%とほぼ横這いの状態であった。

DHAの含量は強化前が0.04%で、一次強化で0.05%となりほとんど増加は認められなかった。これは使用した冷蔵ナンノクロロプシス中にDHAがふくまれていないためだと考えられた。しかし、二次強化をすることで0.57%と10倍以上に増加した。

タンパク質・水分含量ではいずれのサンプルも大差は認められなかった。

(2) アルテミア幼生

粗脂肪の含量は、強化前アルテミアでは27.4%（アルテミア乾物当り%，以下同様）であったのが、Powersh Aで強化することで31.5%に増えた。

$\Sigma n-3HUF A$ （ $n-3$ 高度不飽和脂肪酸）の含量は強化前の1.0%が強化後は3.4%と3倍以上に増加した。

EPAの含量は、強化前が0.4%であったが、強化することにより1.9%と4倍以上に増加した。

DHAの含量では強化前は全く含まれていなかったが、強化後は0.73%まで増加した。

(3) 天然プランクトン

粗脂肪の含量は、7.3%（天然プランクトン乾物当り%，以下同様）とワムシ・アルテミアと比べて極端に低かった。

$\Sigma n-3HUF A$ （ $n-3$ 高度不飽和脂肪酸）の含量は強化前の3.0%と冷蔵ナンノクロロプシスとイカ乳化オイルで強化したワムシ、Powersh Aで強化したアルテミアとほぼ同じであった。

EPAの含量は1.6%とワムシ・アルテミアの一次・二次強化したものよりも低い値であったが、DHAの含量は逆にどの強化した餌よりも高く1.3%であった。このように天然プランクトンではEPA、DHAともにほぼ同じ割合で含有されていた。

以上のように、ワムシでは冷蔵ナンノクロロプシス、ナンノクロロプシスとイカ乳化オイルで、アルテミアではPowersh Aで強化することにより、EPAの含量は高くなったが、DHAの含量は天然プランクトンに比べてまだ低く今後栄養強化剤、強化方法の検討が必要と思われる。

表2 生物餌料の粗脂肪・水分・粗タンパク質含量及び総脂質中の脂肪酸組成（平成6年度）

Fatty acid	食化剤	ワムシ			アルテミア		天然コホホーダ
		イースト	冷蔵ナノ	冷蔵ナノ+ 乳化オイル	未強化	PowershA	
14 : 0		2.14	4.69	5.68	0.64	0.51	7.78
15 : 0		0.63	0.6	0.65	0.36	0.3	0.76
16 : 0		9.62	14.71	17.08	9.93	8.74	21.01
16 : 1n-7		23.66	23.51	17.41	2.66	2.69	2.61
17 : 0		0.6	0.48	0.46	0.46	0.39	0.64
16 : 3n-6		0.8	0.68	0.57	0.66	0.62	0.3
16 : 3n-3		1.59	0.93	1.08	0.16	0.33	0.56
18 : 0		3.74	3.39	3.01	6.45	5.32	3.53
18 : 1		25.11	20.89	20	22.64	20.25	3.68
18 : 2n-6		9.03	5.55	5.57	4.11	4.45	1.17
18 : 3n-6		0.1	0.07	0.15	0.67	0.66	0.16
18 : 3n-3		0.81	0.38	0.87	32.34	30.28	1.38
18 : 4n-3		0.09	0.05	1.03	6.18	6.38	3.86
20 : 1		2.62	2.14	2.91	1.04	0.78	0.22
20 : 2n-6		0.39	0.22	0.18	0.25	0.24	0.22
20 : 3n-6		0.61	0.36	0.34	0.16	0.11	0.06
20 : 4n-6		0.67	1.38	1.21	0.53	0.8	0.77
20 : 3n-3		0.05	0.03	0.09	1.42	1.38	nd
20 : 4n-3		0.32	0.15	0.56	0.86	0.93	0.28
20 : 5n-3		2.01	10.64	9.74	1.6	6.09	21.96
22 : 1		0.84	0.27	0.62	0.17	0.22	0.18
22 : 4n-6		0.05	0.03	0.05	0.23	0.16	nd
22 : 5n-6		nd	0.04	nd	0.05	0.08	0.17
22 : 4n-3		nd	nd	nd	nd	nd	0.31
22 : 5n-3		0.72	0.95	0.65	nd	0.27	0.39
22 : 6n-3		0.24	0.25	2.36	nd	2.31	18.46
Σ Monoene		52.23	46.81	40.95	26.5	23.58	6.69
Σ n-3		5.82	13.38	16.38	42.55	47.96	47.2
Σ n-6		11.65	8.32	8.07	6.65	7.11	2.86
Σ n-3HUFA		3.33	12.02	13.4	3.88	10.97	41.4
EPA in sample(d.b.)		0.36	2.14	2.35	0.44	1.92	1.6
DHA in sample(d.b.)		0.04	0.05	0.57	0	0.73	1.35
Σ n-3HUFA in sample(d.b.)		0.59	2.42	3.23	1.06	3.46	3.02
Crude lipid(% w.b.)		3.08	3.68	5.01	3.09	5.04	0.86
(% d.b.)		17.71	20.11	24.11	27.4	31.57	7.3
Crude protein(% w.b.)		11.71	11.58	11.95	7.34	9.39	7.42
(% d.b.)		67.33	63.31	57.45	65.02	58.81	62.69
Moisture(%)		82.61	81.7	79.2	88.72	84.03	88.16

表1 餌料生物の栄養強化（平成6年度）

対象餌料	水槽 容量 (m ³)	個数	収容密度 (億個体/m ³)	使用魚種	方 法
ワムシ	2.5 FRP	1~2	2.0~8.0	シマアジ	水温20℃でナンノクロロプシス2,000万セル/mlに アクアラン100 g/m ³ を添加し17~22時間
				ブリ・ヒラマサ・クエ	水温20℃でナンノクロロプシス2,000万セル/mlに イカ乳化オイル50ml/m ³ を添加し12~18時間
アルテミア 幼生	2.5 FRP	1~2	0.8~2.6	シマアジ	水温20℃でアクアラン150 g/m ³ を添加し16~21時間
				ブリ・ヒラマサ	水温20℃でイカ乳化オイル100ml/m ³ を添加し16~20時間

4. 資源添加技術開発

IV — 1 ブリの標識放流

小金隆之

五島事業場では、九州西岸から日本海に至る海域での、ブリ幼魚の移動、分散等の生態的知見の収集及び放流適地の探索を目的として昭和57年度より標識放流を行っている。これまでに、各放流群の放流年内の移動傾向はほぼ把握されたが、回収率の向上、越年以降の長期の動向が課題として残っている。その原因として放流直後の逸散や放流直後の定置網による大量再捕が考えられている。そこで今年度は、前年度まで行ってきた放流から視点を変えて、飼付け手法を応用した給餌放流と昨年度からはじめた小型大量放流試験を行った。

以下に1.今年度の放流結果の概要と2.平成5年度放流群の再捕結果および3.昭和57年度から平成6年度までの各放流群の概要を記した。3は、一般放流終了に当たり、これまでの放流結果の全体のダイジェストとすることを目的とした。

1 平成6年度における放流試験結果の概要

平成6年度における放流試験の実施状況を表1に示した。

1) 玉之浦町沖小型魚放流群 小型種苗の大量放流試験を行い、周辺海域での滞留状況を調べた。平成6年7月15日,21日,28日に平均全長9.6cm (6.4~14.4) の稚魚90,000尾を玉之浦町黒瀬崎沖に右腹鰭カット標識をして放流した。また、福江魚市場において、平成6年10月から7年1月(放流後291~433日目)までの間に延べ26日間再捕魚調査を行ったが、標識魚は確認されていない。

2) 玉之浦町大沖大型魚放流群 平成6年7月29日に平均全長91cm (87~95) のブリ成魚107尾を玉之浦町大瀬崎沖に標識放流した。再捕結果を表2, 図1に示した。平成7年2月28日現在の再捕尾数は5尾、再捕率は4.7%であり、そのうち3尾(60%)が釣りで再捕された。放流から5日目と33日目に各1尾が放流点から10km以内の水域で再捕された。また、80日目と108日目には放流点から北東方向へ約35kmの久賀島周辺で放流後1尾ずつ再捕された。大型魚放流としては、再捕率が少なかった。また108日目に再捕された標識魚は痩せていた。

3) 奥浦町戸岐湾における給餌放流群

目的 放流後も給餌を行って、放流点に一定期間飼付けることにより、徐々に放流海域に馴致し、早期の逸散を回避して、再捕率が向上することが期待された。また、どれくらいの期間給餌により給餌場に滞留するか、すなわち飼付けの可能性の検討材料とした。

放流実施場所 放流点は福江市奥浦町の戸岐湾内の畜養小割筏(6×13m, 奥浦漁協所有)とした。戸岐湾は奥行き約2,000m, 幅750mで湾口の幅が150mと狭く、水深は10~20mである(図2)。

供試魚と給餌方法 平均全長18.2cm, 平均体重64g, 日令128(順致開始時)のブリ稚魚2,000尾を試験に供した。アンカータグ標識(25mm, 白色, コト94)を装着したブリ稚魚を放流前に放流点にある小割筏(6×13m)で5日間馴致飼育して放流した。放流後は自動給餌器で配合飼料(おとひめ5,6号, 日清製粉)を給餌して放流魚を放流場所に留めることを試みた。放流時には、給餌を行いながら、小割網を水深約4mまで徐々に沈め、

その後同所に4日間放置した。放流から38日目までの間は1日平均9.0kg（7.5～10.0）を午前6時から午後18時30分までの間、20分置きに約5分間で間欠給餌し、47日から56日目までは1日に2.4kgを午前7時30分および午後4時からそれぞれ30分間で給餌した。39日から46日の8日間は給餌器の操作ミスで給餌できなかった。

給餌場での残留尾数 給餌場における目視観察による推定残留尾数を図3に示した。放流2時間後が約500尾（残留率25%）、給餌を停止した38日目が300尾（15.0%）、56日目が250尾（12.5%）であり、97日目には給餌場に観察されなかった。放流直後の逸散が大きかったが、一旦給餌場に付いた魚の逸散は給餌期間中比較的少なかった。給餌停止後には40日目で全ての魚が逸散した。

移動 放流の4時間30分後に放流点から湾口を挟んで約400m離れた位置にある堤防（図1-A）で200～300尾が確認された。また放流後3日目には放流点から南へ12km地点で1尾の再捕があった。これらのことより、放流直後に給餌場から離れた魚が湾内に広がり、その一部は湾外へ逸散したことが示唆された。一方、121日目に湾内で3尾標識魚が再捕され湾内に長期間滞留する可能性が窺えた。再捕時の体重は770～850gであった（図4, 5）。

再捕状況 平成7年2月28日現在の再捕尾数は25尾で再捕率は1.3%であった。再捕率が低かった原因には、遊漁者からの再捕報告が殆ど得られなかったことが挙げられる。湾内で給餌期間中の釣り禁止処置のため、その後の再捕報告率が著しく低下したものと考えられた。

給餌場のブリの行動 給餌時には水面での活発な摂餌がみられるが、給餌していない時は水深4～5m以深に沈下し、シマアジのように常時基盤間近に付くことはなかった。

給餌場に付いた他の魚種 放流後3日目からボラ、アジの群れが現われ、5日目以降約30日間は全長30～60cmのボラ約200尾と全長10cmのアジ600～700尾が常時観察された。給餌量の減少に伴い、それらも減少した。

標識残存率 放流後56日目、11月11日現在の標識残存率は70%であった（図6）。

天然餌料の摂餌 天然餌料を摂餌した個体の割合は、給餌期間中の10日目と28日目が15%、56日目は55%であった（図7）。摂餌された餌料はすべて魚類であり、そのなかにキビナゴが観察された。1尾当りの摂餌尾数（摂餌個体に限る）は放流後10日目が2尾（1～4）、56日目が2.9尾（1～7）であり（図8）、一尾当たり摂餌重量と魚体重に対する比率は10日目が6.2g（2.7～11.9）と4.1%（2.0～7.0）、56日目が3.5g（0.4～8.8）と0.7%（0.1～1.8）であった（図9）。配合飼料の推定給餌率は（乾重量／魚体重×100%）は10日目が約17%、56日目が約2%であった。10日目と56日目を比較すると、配合飼料の給餌率の低下に伴い、天然餌料を摂餌した個体割合と1尾当たり摂餌数は増加したが、天然餌料の小型化と魚体の成長のため、魚体重に対する天然餌料の重量割合は減少した。放流魚は天然餌料を利用することが確認されたが、給餌場の天然餌料は量的に不十分であったと考えられた。

今後の課題として初期の逸散防止、適正放流サイズと放流尾数の把握及び適正給餌期間の把握、再捕報告率の向上等が挙げられる。

2 平成5年度における放流試験結果の概要

1) 有川町沖春期～冬期（晩期）放流群 平成5年12月15日に平均全長32.5cmのブリ4,000尾を標識放流した。再捕結果を表3、図10に示した。平成6年12月31日現在の再捕尾数は619尾、再捕率は15.5%であった。定置網で99.7%が再捕され、他の再捕漁具には一本釣と磯建網があった。放流後の移動海域は放流点から西方および北西方向へ20km以内の上五島東岸が主で、そこで全再捕魚の99.5%が再捕された。放流後0, 1, 2, 5日目にはそれぞれ、一つの定置網に一度に100尾以上が入り、放流後10日目以内に全再捕尾数の96.4%が再捕された。また、上五島東岸域の定置網で放流後48日目に9尾、117日目に1尾が再捕された。放流点付近に長期間滞留する個体が確認された。

2) 有川町沖春期（水温上昇期）放流群 再捕結果を表4、図11に示した。平成6年3月28日に平均全長36.0cmの種苗2,000尾を標識放流した。平成6年12月31日現在の再捕尾数は102尾、再捕率は5.1%で、定置網で88.2%、刺網で7.8%、釣りで3.9%が再捕された。主な移動方向は放流点から西方及び南西方向の上五島東岸域と北東方向の平戸島周辺海域であった。放流後1週間内は放流点から西方及び南西方向へ20km以内の上五島東岸域での再捕が多かったが、放流後10日目以降平戸島周辺への移動がみられた。最長移動距離は約400kmで島根県太田市で再捕されたものであった。再捕魚の最大の大きさは、全長58.5cm、体重2.2kgで放流後166日目に放流点から北西へ34km地点の“黒瀬出し”で再捕された。

3) 玉之浦町沖小型魚放流群 平成5年8月26日に平均全長17.5cm（15.0～21.5）の稚魚19,000尾を左腹鰭カット標識をして玉之浦町黒瀬崎沖に放流した。平成6年10月から7年1月（放流後291～433日目）までの間に延べ26日間福江魚市場で再捕魚調査を行い、標識魚を合計10尾確認した。その内7尾は玉之浦湾内で再捕された。左腹鰭が右腹鰭より短いことを標識魚であることの基準としたが、標識魚と判断した魚の左右の鰭の長さの差があまり大きくなかったことと、天然魚でも左右の長さが異なる可能性もあると考えられることから、再捕魚の判定に問題があった。今後腹鰭カット標識魚の判定基準の確立あるいは、標識法の改良が課題として挙げられる。

3 各放流群の再捕結果の概要

昭和57年度から平成6年度までの放流実施状況と結果を図12、表5に示した。

1) 有川放流群（夏季）（図13～15：年報と事業場報告から転用、以下同）

(1)昭和59年から62年の間に合計4回放流を実施した。

(2)62年度までの平均再捕率は2.08%（0.67～3.41）であった。

(3)本放流群は毎年ほぼ同じ移動傾向がみられ、主な再捕場所は放流点から北東方向へ30～70kmの位置にある平戸島から伊万里湾にかけての海域であった。

(4)放流群によっては、さらに山口県沿岸域への北上や橘湾周辺海域への南下もみられるが、全体的に移動範囲は狭い。

(5)越年魚は昭和60年度放流では放流点から半径30km以内の海域の魚目町沖で11尾が180日目に、佐世保市沖で11尾が328日目にそれぞれまとまって再捕された。昭和61年度放流群では放流点から半径50km以内の海域で5尾の越年魚が再捕された。

(6)本放流群については、移動傾向の年変化が少なく、4回の放流で放流年内の移動経路は

ほぼ明かになったことと、越年後の再捕率が少ないことから、昭和61年度から越年後の調査を目的として同海域で秋期に大型魚の放流を開始し、本放流は昭和62年度を最後に終了した。

2) 有川秋期放流群 (図16~22)

- (1)越年後の移動分散の調査を目的として大型魚に育成した当歳魚の秋期放流を昭和61年度から開始した。
- (2)昭和61年度から平成5年度までの間に8例の放流を行なった結果、平均再捕率は5.51%と、それまでの小型魚の放流群の再捕率に比べ高くなった。
- (3)主な標識魚の再捕水域は、平戸島を中心とする伊万里湾から野母崎の間の水域である点は、小型魚放流群と同じであったが、一部の標識魚が広範囲に南北に移動すること、南下傾向がやや強いこと等の相違点があった。
- (4)広範囲に移動した例としては、昭和61年度放流群が北海道神恵内村沖と宮崎県川南町地先で、昭和62年放流群が宮崎県門川町沿岸と高知県夜須町沖合養殖場で、昭和63年度放流群が高知県室戸沖で、平成3年度放流群が韓国東側沖で再捕されたことが挙げられる。
- (5)この結果、日本海系群と太平洋系群のブリの未成魚段階での交流、日本海沿岸を北上する群と中国大陸沿岸を北上する群の存在が示唆された。

3) 有川春期放流 (図23~25)

- (1)平成元年度から5年度までの間に4例放流試験を行い、平均再捕率は3.71%であった。同水域の小型魚放流群と比較して再捕率は高かったが、秋期放流群と比較してやや低い結果となり、長期に渡る再捕もみられなかった。
- (2)平成元年度放流群では日本海への移動が確認されたが、どの年度の放流群も殆どの再捕が放流点から半径50km以内で行われ、太平洋側への移動等広範囲の移動はみられなかった。

4) 三井楽放流群 (図26~29)

- (1)三井楽における当歳魚の放流は昭和57年度から62年度までの間に6例行われ、平均再捕率は0.66%であった。再捕率が低い原因は放流種苗のサイズが小さかったことにあると考えられる。
- (2)主な再捕場所は五島列島周辺海域と平戸島周辺海域である。
- (3)有川放流群と同様に平戸島海域への北上がみられるが、同放流群と比較して三井楽放流群は放流地点の五島列島海域に留まる傾向が強い。
- (4)移動後大部分は沿岸の養殖場周辺域に長期滞留する傾向を示した。
- (5)越年魚の再捕は非常に少ないが、上五島周辺海域と下五島の玉之浦湾でみられた。

5) 男女群島放流群 (図30)

- (1)昭和61年度から63年度までの間に3例放流試験を行った。昭和61年度放流群では定置網を中心に2.33%の再捕があったが、62,63年度放流群はほとんど再捕報告がないため現在放流を行っていない。
- (2)五島列島から平戸島への北方向の移動が主であったが、野母崎周辺海域への東方向の移動もみられた。
- (3)放流点から半径170kmまでの広範囲の移動がみられた。

6) 五島灘放流群 (図31~35)

(1)昭和61年から平成2年までの間に5例放流試験を行った。平均再捕率は0.92%と有川小型魚放流と比較して低かった。

(2)再捕率が低い理由には周辺に再捕漁業が少ないことと初期逸散が大きいことが挙げられる。

(3)概ね北上する傾向がみられ、野母崎周辺海域から平戸島にかけての長崎県西岸域への移動が多いが、放流年度によっては鹿児島県西岸域への南下や両者の中間的な移動がみられ、放流群年度によって移動パターンが異なることが当放流群の特徴の一つとして挙げられる。

7) 甕島放流群 (図36～42)

(1)甕島での小型魚の放流は昭和61年から平成2年までの間に5例行いその平均再捕率は3.85%であった。初年度と平成元年度の生残率はそれぞれ4.94%と13.16%と高かったが、それ以外の3年間の平均再捕率は0.38%と五島灘南放流群より低い。なお平成元年度の高再捕率は放流翌日に棒受け網によりまとめて558尾(13.0%)が再捕されたためである。平成3年から4年の間に秋期放流を2回行い平均生残率は2.99%と、昭和61、平成元年度以外の放流群に比べて高くなった。

(2)甕島放流群の移動生態は特徴的であり、放流サイズ年度に関わらず全ての放流群の再捕範囲が殆ど放流点から半径50km以内に限られている。

(3)昭和61年度から平成元年度までの5放流群の越年魚について、その再捕尾数は非常に少ないが全て放流点から50km以内で再捕されている。放流後215日目から1468日目に6尾の再捕例がある。

8) 玉之浦町沖放流群 (図43)

(1)玉之浦町沖での当歳魚の放流試験はこれまでに昭和58年度に1度行ったのみである。再捕率は1.81%であった。

(2)移動経路は五島列島に沿って北上し平戸島周辺海域に移動した後、九州西岸を南下し、最も遠くまで移動した個体は鹿児島県阿久根市沖で再捕された。

(3)越年魚の再捕は、五島列島から平戸島に至る海域で3尾、鹿児島県阿久根市沖で1尾計4尾あった。

9) 玉之浦町沖小型魚放流群

(1)平成5年度と6年度に小型魚の大量フィンカット放流を行った。

10) 奥浦町戸岐湾放流群 (給餌放流)

(1)初期逸散の防止による再捕率の向上を目的としてブリの給餌放流を行った。

表 | 平成6年度におけるブリの放流試験の実施状況 (五島事業場)

放流群No	放流点	放流月日	放流尾数		放流サイズ (mm)	標識のタイプ	放流のねらいなど
			全尾数	内標識尾数			
6年ゴトウ1	長崎県玉之浦町沖	7月28日	90,000	90,000	96 (64~144)	右腹鰭カット	小型放流魚の回収率の調査
6年ゴトウ2	長崎県玉之浦町沖	7月29日	107	107	910 (870~950)	ダート型 (白色、350~458)	九州西岸域における移動、分散 状況の把握
6年ゴトウ3	長崎県奥浦町戸岐湾	9月16日	2,000	2,000	182 (138~263)	アンカー型 (白色コト94)	給餌放流による再捕率の向上

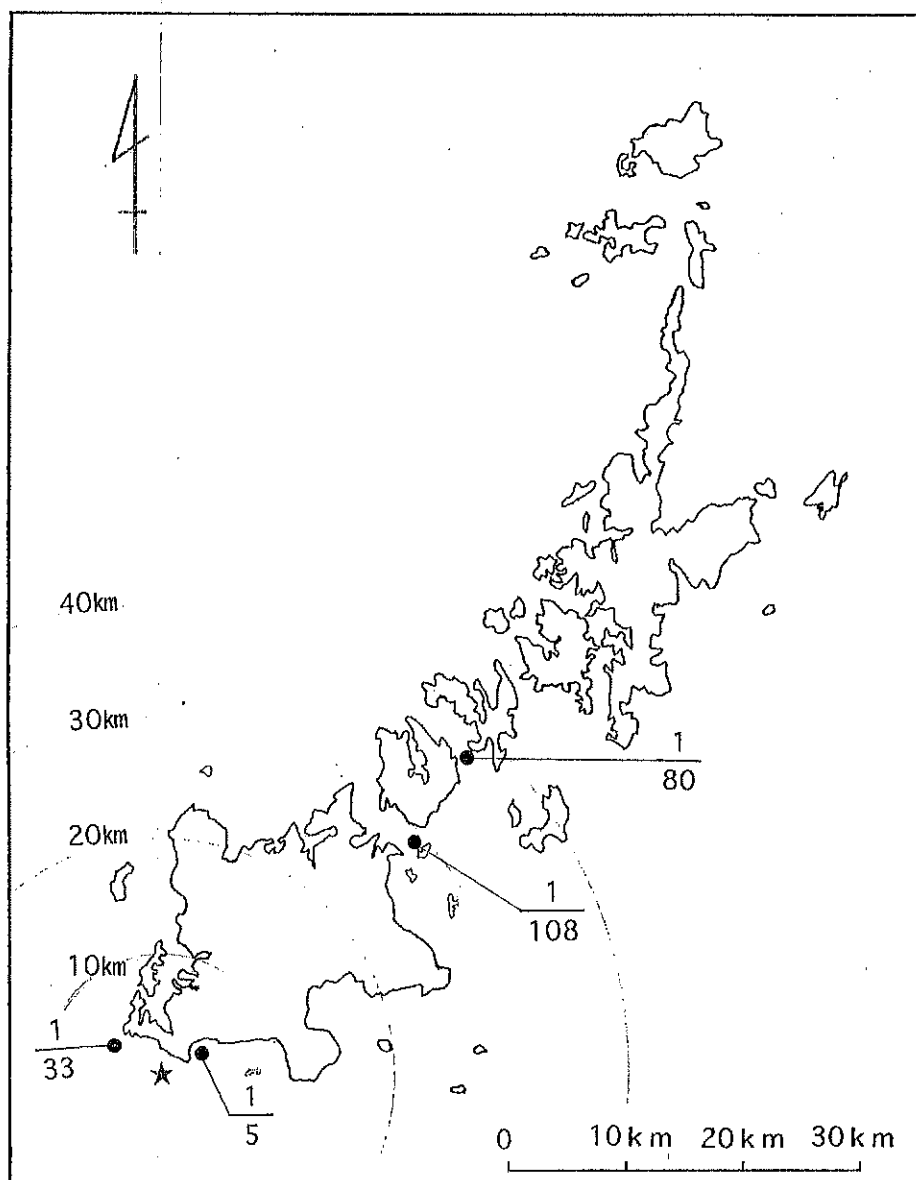


図 | 平成6年度玉之浦町沖大型ブリ放流群の再捕結果の概要（五島事業場）
（平成6年12月31日現在）

放流：平成7年7月29日

★：放流地点 ● 1尾 ● 2～5尾 ● 6～10尾 ● 11尾以上

上段：再捕尾数

下段：経過日数

表 2 平成6年度玉之浦町沖大型ブリ放流群の再捕結果の概要（五島事業場）

再捕年	再捕月	経過日数	再捕尾数	再捕率	全長	体重	魚具別再捕尾数				移動距離別再捕尾数		
							定置網	釣り	刺し網	不明	0～20 (km)	21～40 (km)	不明
(平成)			(尾)	(%)	(cm)	(kg)	(尾)	(尾)	(尾)	(尾)			
6年	7月	0～	2	0	0.00		0	0	0	0			
	8月	3～	33	2	1.87	87	0	1	0	1	2		
	9月	34～	63	0	0.00		0	0	0	0			
	10月	64～	94	2	1.87	91	0	1	0	1		1	1
	11月	95～	124	1	0.93	93	0	1	0	0		1	
	12月	125～	155	0	0.00		0	0	0	0			
	合計		5	4.67			0	3	0	2	2	2	1

（平成6年12月31日現在現在）

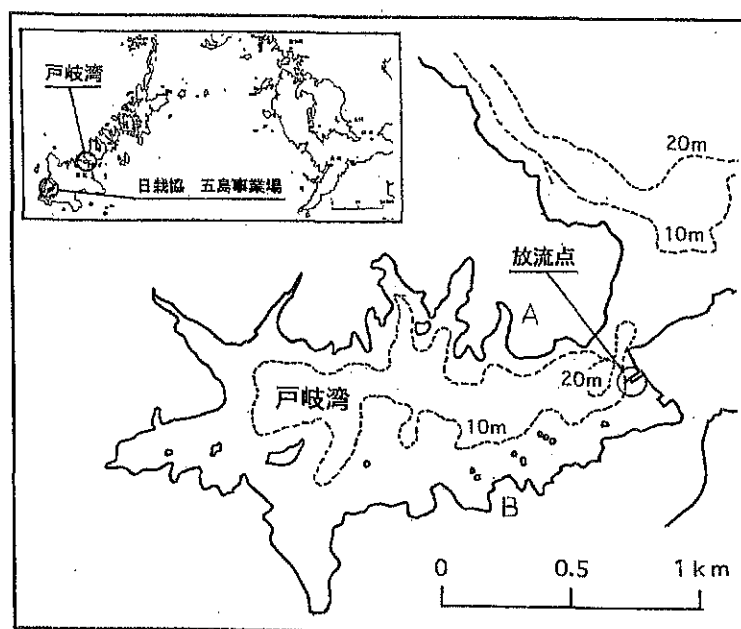


図2 給餌放流実施場所

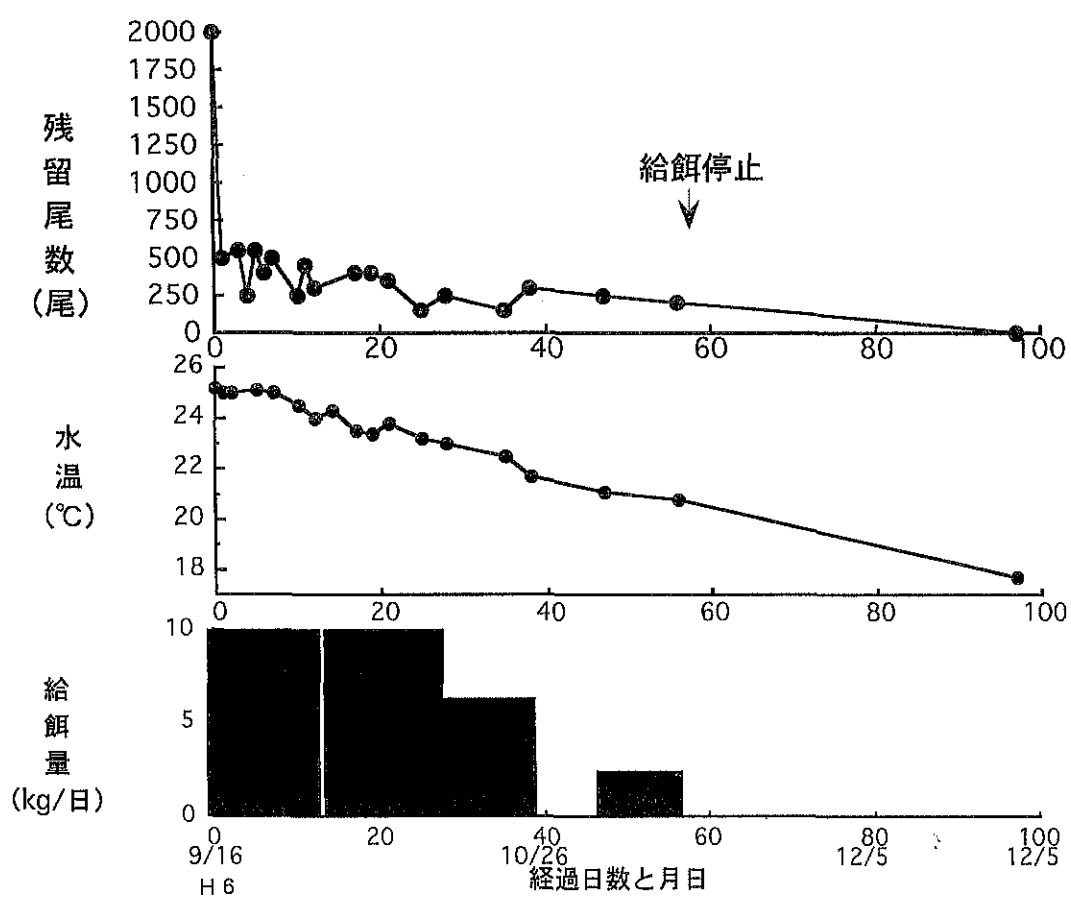


図3 残留尾数と水温および給餌量

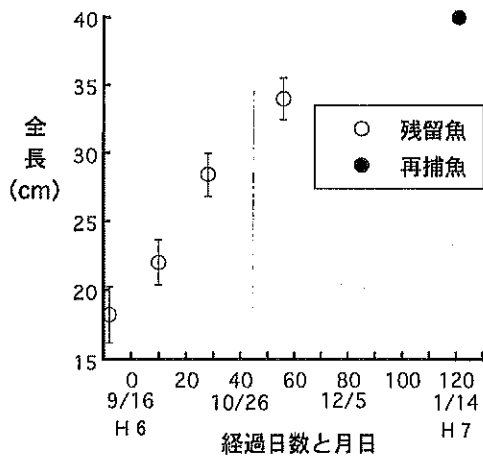


図4 全長

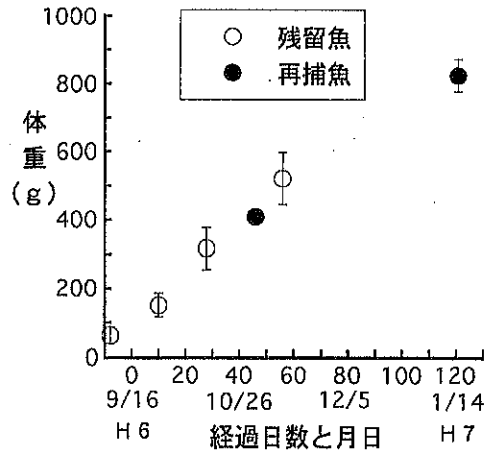


図5 体重

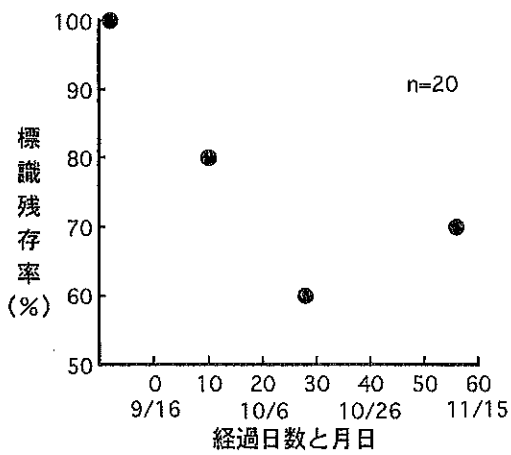


図6 標識残存率

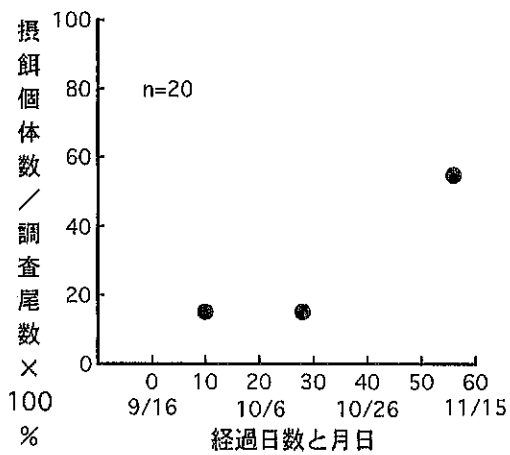


図7 摂餌率 (個体数)

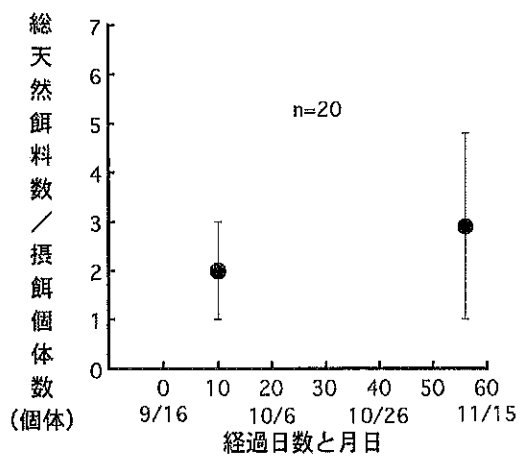


図8 1尾当たり摂餌数

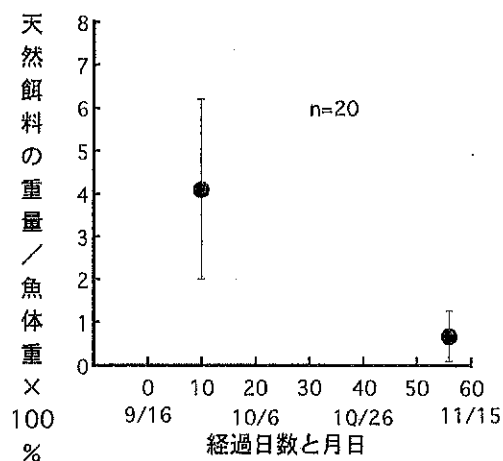


図9 摂餌率 (重量)

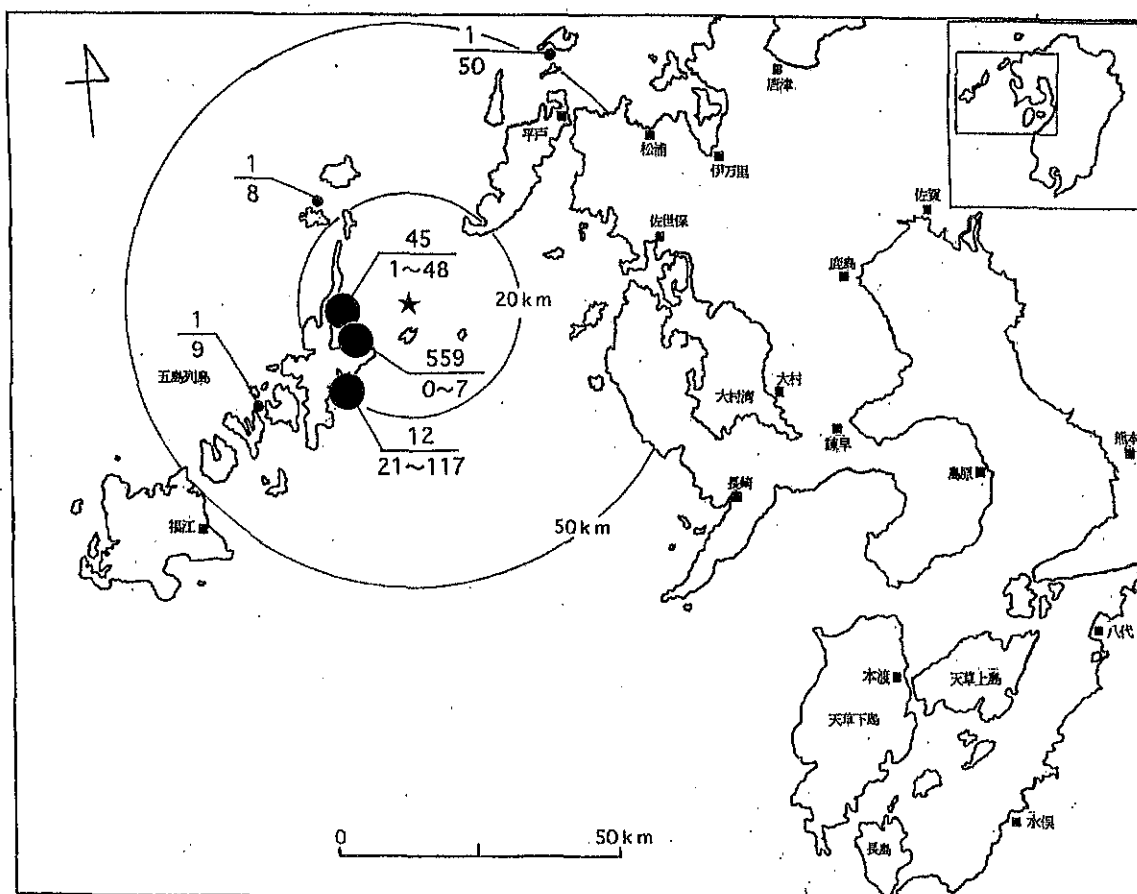


図 10 平成5年12月有川町町北曾根ブリ放流群の再捕結果の概要（五島事業場）
（平成6年12月31日現在）

放流：平成5年12月15日

★：放流地点 ● 1尾 ● 2~5尾 ● 6~10尾 ● 11尾以上

上段：再捕尾数

下段：経過日数

表 3 平成5年12月有川町町北曾根ブリ放流群の再捕結果の概要（五島事業場）

再捕年	再捕月	経過日数	再捕尾数	再捕率	全長	体重	魚具別再捕尾数				移動距離別再捕尾数					
							定置網	釣り	刺し網	その他	0~20	21~40	41~60	61~80	81~100	100~
(平成)			(尾)	(%)	(cm)	(g)	(尾)	(尾)	(尾)	(尾)	(尾)	(尾)	(尾)	(尾)	(尾)	(尾)
5年	12月	0~16	597	14.93	30.1	453	596	1	0	0	595	2	0	0	0	0
6年	1月	17~47	11	0.28	30.0		11	0	0	0	11	0	0	0	0	0
	2月	48~75	10	0.25	34.0	440	9	0	1	0	9	0	1	0	0	0
	3月	76~106	0	0			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	4月	107~136	1	0.03	50.0		1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
	5~12月	137~381	0	0			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
合計			619	15.48			617	1	1	0	616	2	1	0	0	0
(平成6年12月31日現在)																

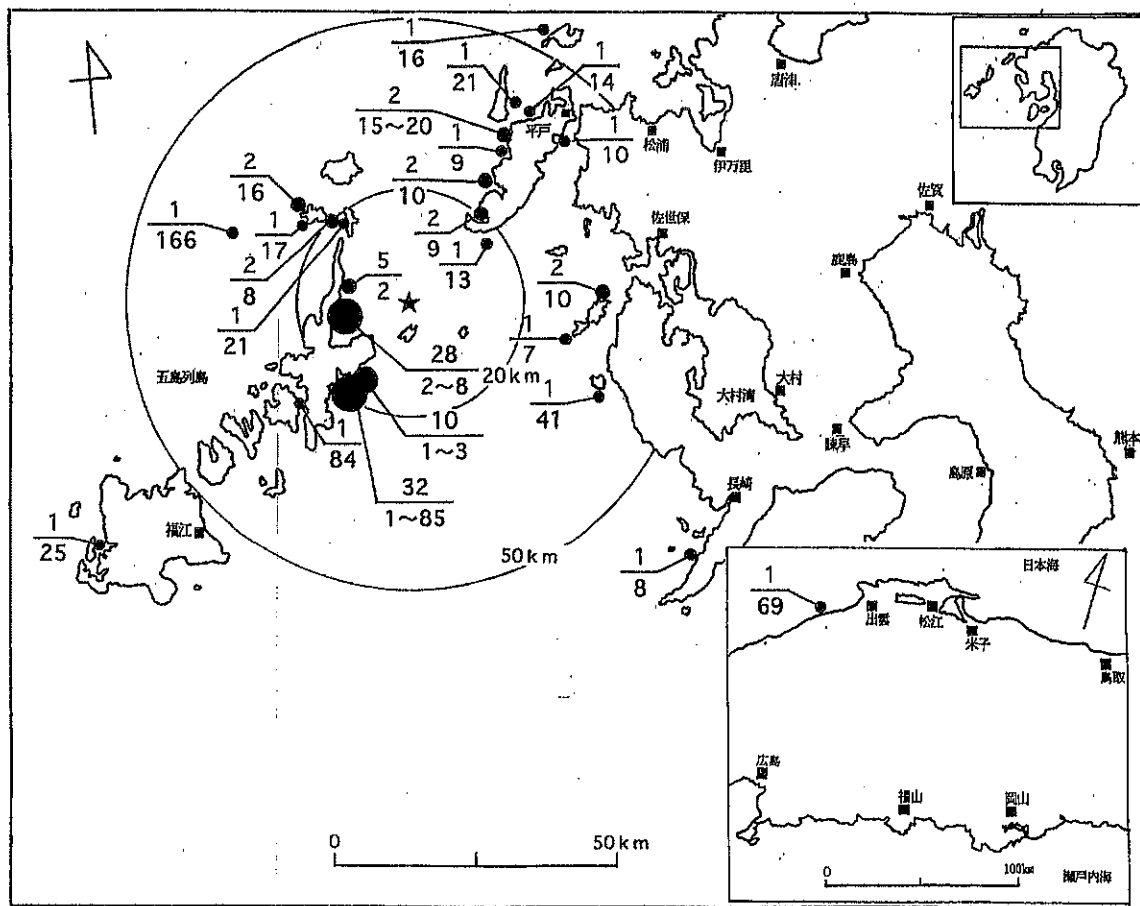


図 || 平成6年度3月有川町北曾根ブリ放流群の再捕結果の概要（五島事業場）
（平成6年12月31日現在）

放流：平成6年3月28日

★：放流地点 ● 1尾 ● 2～5尾 ● 6～10尾 ● 11尾以上

上段：再捕尾数

下段：経過日数

表4 平成6年度3月有川町北曾根ブリ放流群の再捕結果の概要（五島事業場）

再捕年	再捕月	経過日数	再捕尾数	再捕率	全長	体重	魚具別再捕尾数				移動距離別再捕尾数					
							定置網	釣り	刺し網	その他	0～20	21～40	41～60	61～80	81～100	100～
(平成)			(尾)	(%)	(cm)	(g)	(尾)	(尾)	(尾)	(尾)	(尾)	(尾)	(尾)	(尾)	(尾)	(尾)
6年	3月	0～3	36	1.80	31.8	524	36	0	0	0	36	0	0	0	0	0
	4月	4～33	59	2.95	31.6	495	52	1	6	0	42	14	1	2	0	0
	5月	34～64	3	0.15	40.0	700	0	1	2	0	1	2	0	0	0	0
	6月	65～94	3	0.15	42.3	1,850	2	1	0	0	1	1	0	0	0	1
	7月	95～125	0	0			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	8月	126～156	0	0			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	9月	157～186	1	0.05	58.5	2,200	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0
	10～12月	187～278	0	0			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
合計			102	5.10			90	4	8	0	80	18	1	2	0	1

(平成6年12月31日現在現在)

表5 五島事業場プリアノ放流群の再捕経過 (平成6年12月31日現在)

整理 番号	放流群No	放流年月日	放流点	標識放流 尾数 (尾)	平均全長 (cm)	年別再捕尾数												累積 再捕 尾数 (尾)	備考		
						57	58	59	60	61	62	63	1	2	3	4	5			6	7
1	57年ゴトウ1	昭和57年9月7日	三井薬師沖	9,293	17.6	34	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	34	0.37	ダート型 (黄、赤) ヲヨ82C
2	57年ゴトウ2	昭和57年11月4日	三井薬師沖	3,756	20.7	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0.13	ダート型 (黄) ヲヨ82
3	58年ゴトウ1	昭和58年9月13日	五之浦町沖	13,646	23.2	243	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	247	1.81	ダート型 (黄) ヲヨ83G、(赤) ヲヨ83H
4	58年ゴトウ2	昭和58年9月13日	三井薬師沖	20,082	23.2	300	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	306	1.52	ダート型 (黄) ヲヨ83E、(赤) ヲヨ83F
5	59年ゴトウ1	昭和59年8月10日	三井薬師沖	9,086	15.5	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0.04	リボン型 (黄、70mm)
6	59年ゴトウ2	昭和59年8月28日	有川町沖	18,456	18.8	466	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	468	2.54	ダート型 (黄) ヲヨ84E
7	59年ゴトウ3	昭和59年9月7日	三井薬師沖	16,460	19.3	115	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	120	0.73	ダート型 (黄) ヲヨ84F
8	60年ゴトウ1	昭和60年8月7日	三井薬師沖	118	64.6	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	13.56	背骨型 (赤)
9	60年ゴトウ2	昭和60年9月5日	有川町沖	14,851	21.4	479	28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	507	3.41	背骨型 (黄)、ダート型 (黄)、77カ型 (赤)
10	60年ゴトウ3	昭和60年9月6日	三井薬師沖	13,098	20.6	120	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	125	0.95	背骨型 (黄)、ダート型 (赤)
11	61年ゴトウ1	昭和61年8月5日	三井薬師沖	274	72.2	23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23	8.39	背骨型 (赤)
12	61年ゴトウ2	昭和61年8月11日	三井薬師沖	5,000	17.1	27	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	29	0.58	アンカー型 (黄) ヲヨ85C
13	61年ゴトウ3	昭和61年8月11日	五島瀬南	9,971	18.9	77	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	79	0.79	アンカー型 (黄) ヲヨ85B、背骨型 (赤) ヲヨ86A、77カ型 (赤) ヲヨ86B
14	61年ゴトウ4	昭和61年8月12日	有川町沖	14,296	18.7	237	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	242	1.69	背骨型 (黄、赤)、ダート型 (黄、赤) ヲヨ86A、77カ型 (赤) ヲヨ86B
15	61年ゴトウ5	昭和61年9月24日	有川町沖	5,506	28.2	268	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	272	4.94	ダート型 (白) ヲヨ86B
16	61年ゴトウ6	昭和61年9月25日	男女群島沖	6,469	27.3	151	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	151	2.33	ダート型 (黄) ヲヨ86C
17	61年ゴトウ7	昭和61年12月2日	有川町沖	2,731	35.1	227	45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	272	9.96	背骨型 (白) ヲヨ86A
18	62年ゴトウ1	昭和62年9月18日	男女群島沖	5,000	20.9	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.02	ダート型 (黄) ヲヨ87
19	62年ゴトウ2	昭和62年9月18日	有川町沖	5,000	20.4	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18	0.36	ダート型 (白) ヲヨ87
20	62年ゴトウ3	昭和62年9月19日	三井薬師沖	12,000	20.6	79	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	80	0.67	背骨型 (黄、赤)、ダート型 (黄、赤)、77カ型 (黄、赤) ヲヨ87
21	62年ゴトウ4	昭和62年9月24日	三井薬師沖	2,800	20.7	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0.11	アンカー型 (白) ヲヨ87
22	62年ゴトウ5	昭和62年10月5日	三井薬師沖	81	85.5	17	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	12.35	ダート型 (白) ヲヨ87 (738尾)、背骨型 (赤) ヲヨ87
23	62年ゴトウ6	昭和62年10月7日	五島瀬南	8,750	23.3	31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	31	3.65	背骨型 (白) ヲヨ87 (738尾)、背骨型 (赤) ヲヨ87
24	62年ゴトウ7	昭和62年10月26日	有川町沖	850	32.7	72	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	ダート型 (白) ヲヨ88
25	63年ゴトウ1	昭和63年8月29日	男女群島沖	4,958	17.6	15	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	0.33	ダート型 (白) ヲヨ88
26	63年ゴトウ2	昭和63年8月29日	有川町沖	4,835	18.7	72	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	72	1.44	ダート型 (白) ヲヨ88
27	63年ゴトウ3	昭和63年10月12日	五島瀬南	5,000	26.8	149	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	150	4.32	ダート型 (白) ヲヨ88 (1770尾)、背骨型 (赤) ヲヨ88 (1700尾)
28	63年ゴトウ4	平成1年10月11日	有川町沖	3,470	32.2	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	2.06	ダート型 (黄) ヲヨ88
29	元年ゴトウ1	平成1年4月5日	有川町沖	778	34.6	53	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	60	1.40	ダート型 (黄) ヲヨ89
30	元年ゴトウ2	平成1年8月31日	五島瀬南	4,300	22.8	565	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	566	13.16	ダート型 (黄) ヲヨ89
31	元年ゴトウ3	平成1年8月31日	有川町沖	4,300	21.5	24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24	17.39	ダート型 (黄) ヲヨ9000~
32	元年ゴトウ4	平成1年11月14日	五之浦町沖	138	93.5	21	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28	1.40	ダート型 (白) ヲヨ9000~
33	元年ゴトウ5	平成1年12月11日	有川町沖	2,000	34.6	32	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	38	0.76	ダート型 (白) ヲヨ90
34	2年ゴトウ1	平成2年9月7日	有川町沖	5,000	23.3	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	22	0.44	ダート型 (黄) ヲヨ90
35	2年ゴトウ2	平成2年10月2日	有川町沖	280	27.7	75	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	83	29.64	ダート型 (黄) ヲヨ200~
36	2年ゴトウ3	平成2年12月13日	五之浦町沖	2,170	38.7	64	41	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	105	4.84	ダート型 (白) ヲヨ90、背骨 (黄) ヲヨ87
37	2年ゴトウ4	平成2年12月25日	有川町沖	2,080	31.8	40	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	45	2.16	ダート型 (黄) ヲヨ91
38	3年ゴトウ1	平成3年11月26日	有川町沖	2,130	32.1	67	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	69	3.24	ダート型 (白) ヲヨ91
39	3年ゴトウ2	平成3年11月27日	有川町沖	2,080	32.1	39	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	39	3.90	ダート型 (白) ヲヨ91
40	3年ゴトウ3	平成4年3月28日	有川町沖	1,000	40.3	31	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	39	2.27	ダート型 (黄) ヲヨ92 (1000尾)、(白) ヲヨ89 (715尾)
41	4年ゴトウ1	平成4年12月1日	有川町沖	1,715	32.0	47	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	55	2.75	ダート型 (白) ヲヨ92
42	4年ゴトウ2	平成4年12月2日	有川町沖	2,000	31.0	38	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	38	3.80	ダート型 (黄) ヲヨ92
43	4年ゴトウ3	平成5年4月27日	有川町沖	1,000	40.0	597	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	619	15.48	ダート型 (黄) GOT083A
44	5年ゴトウ1	平成5年12月15日	有川町沖	4,000	32.5	102	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	102	5.10	ダート型 (黄) GOT083B
45	5年ゴトウ2	平成5年3月28日	有川町沖	2,000	36.0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0.05	左側カット
46	5年ゴトウ3	平成5年8月26日	五之浦町沖	19,000	17.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	右側カット
47	6年ゴトウ1	平成6年7月28日	五之浦町沖	90,000	9.6	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	4.67	ダート型 (白) 350~58 (改善有り)
48	6年ゴトウ2	平成6年7月29日	五之浦町沖	107	91.0	22	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25	1.10	アンカー型 (白) 3194
49	6年ゴトウ3	平成6年9月16日	奥浦町戸崎湾	2,000	18.2	366,835													5,289	1.44	
合計						5,289													5,289		
平均																					

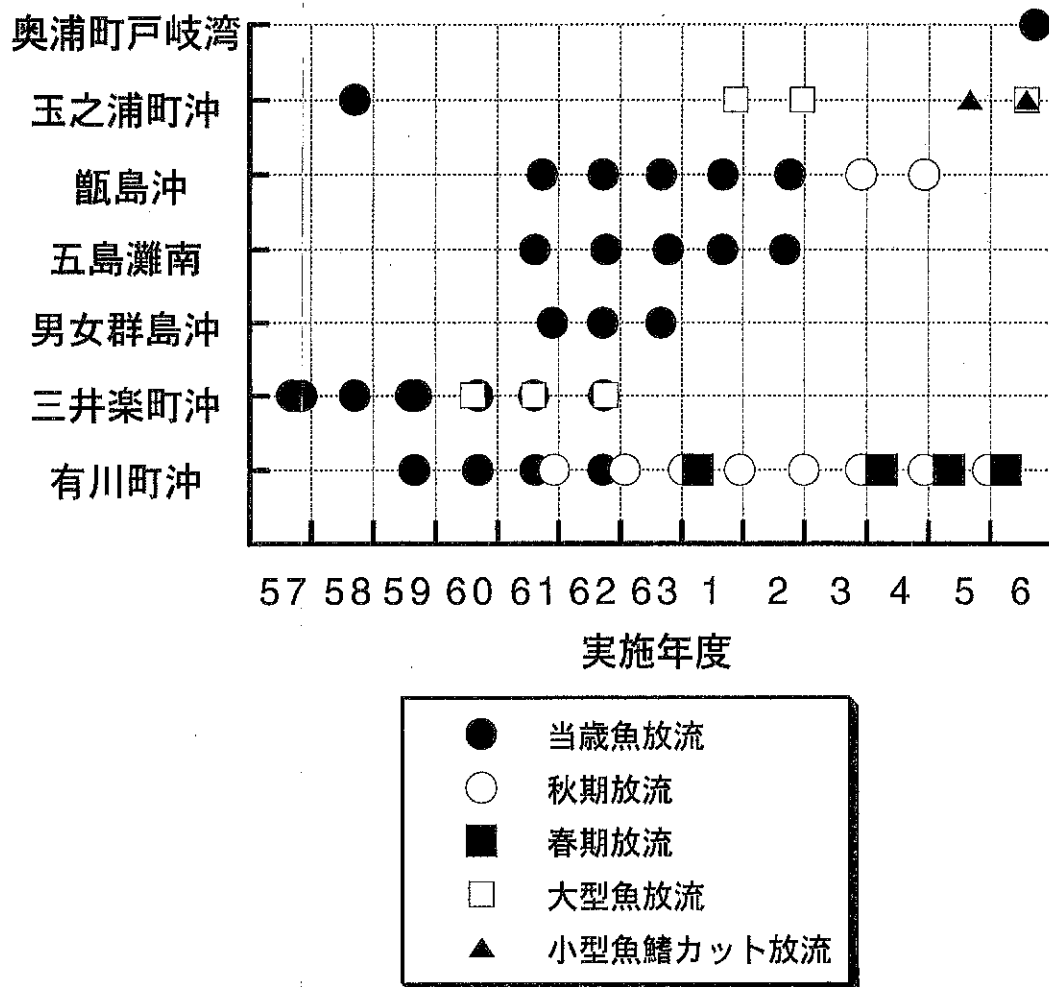


図12 放流実施状況

1-1有川放流群

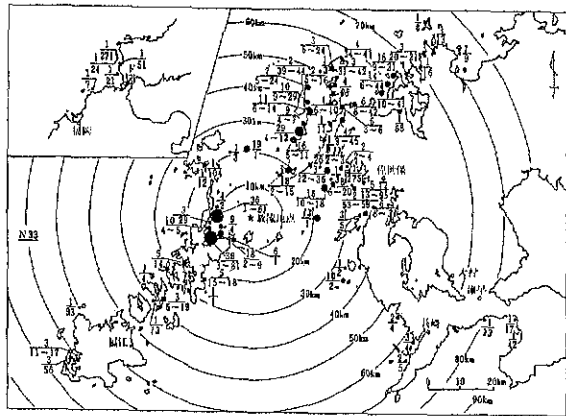


図13 昭和59年度有川放流群
(昭和59年8月28日放流, 整理番号6)

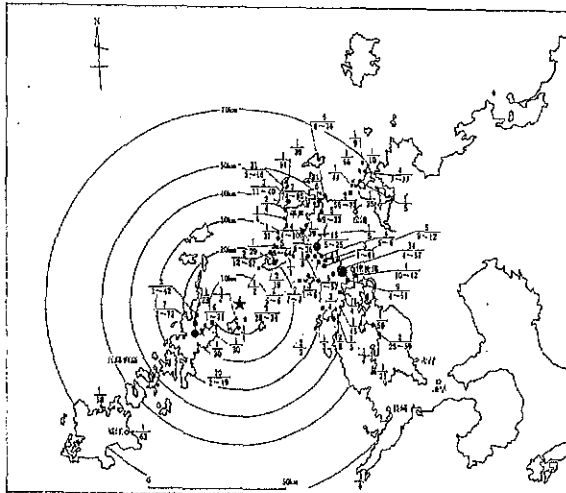


図14 昭和61年度有川放流群
(昭和61年8月12日放流, 整理番号14)

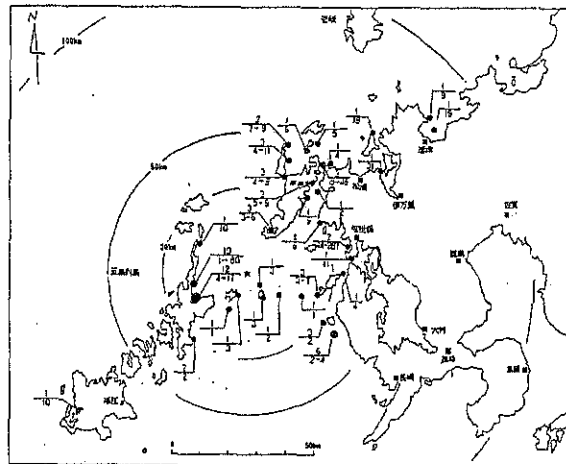


図15 昭和62年度有川放流群
(昭和62年9月19日放流, 整理番号20)

1-2有川秋期放流群

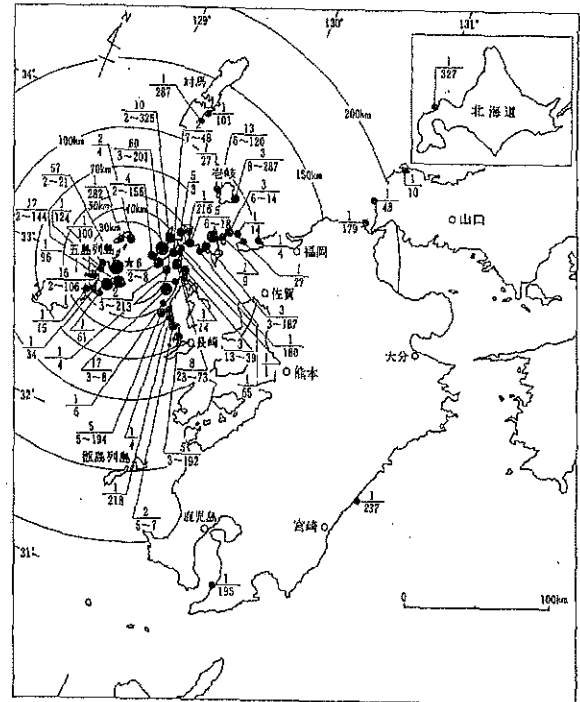


図16 昭和62年度有川秋季放流群
(昭和61年12月2日放流, 整理番号17)

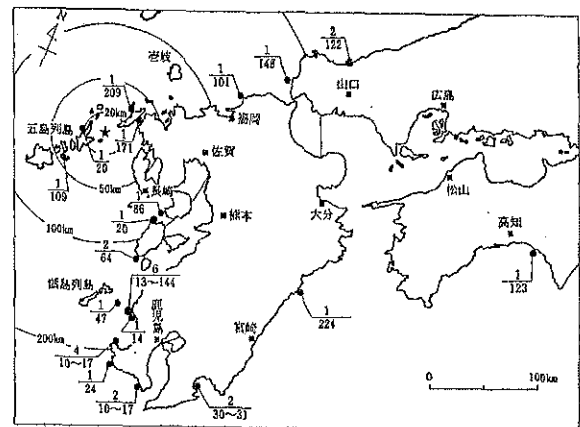
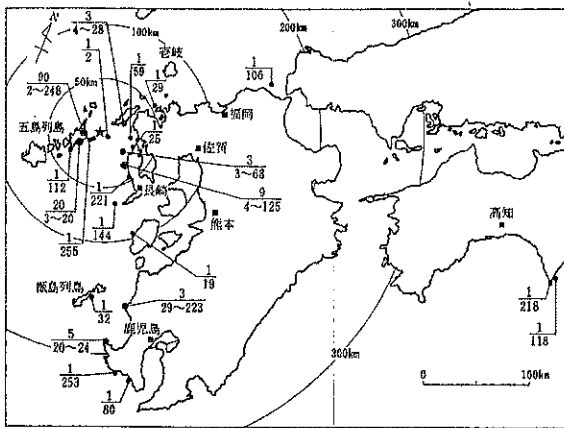
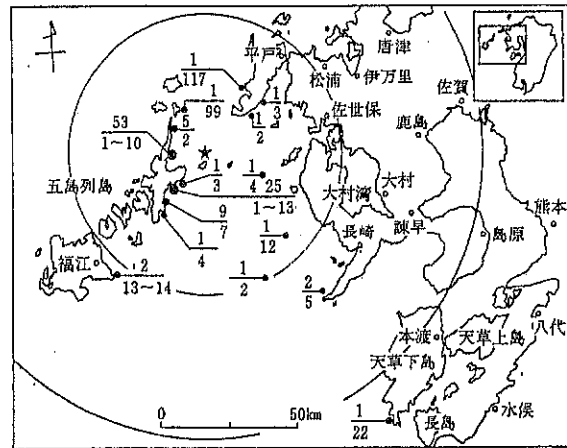


図17 昭和62年度有川秋季放流群
(昭和63年1月26日放流, 整理番号24)



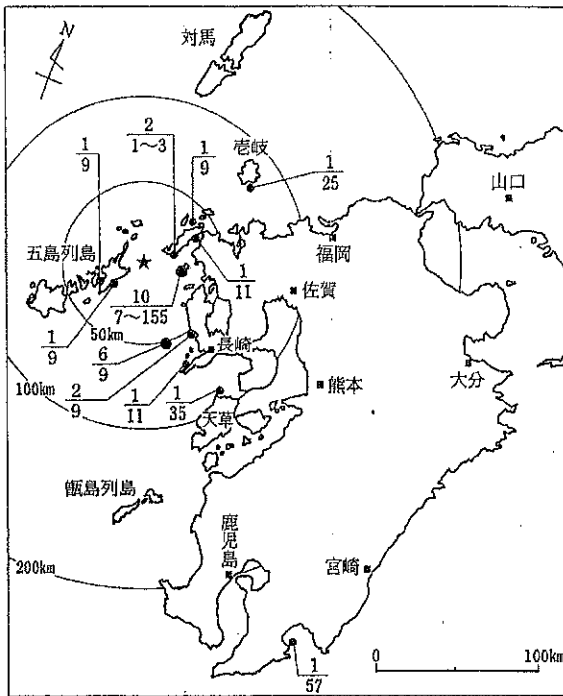
図Ⅳ・40 プリ昭和63年度有川沖北曾根大型種苗放流群の再捕状況(五島事業場)
平成元年10月31日現在
★ 放流地点 ● 1尾 ● 2-5尾 ● 6-10尾 ● 11尾以上
上段:再捕尾数
下段:経過日数

図18 昭和63年度有川秋季放流群
(平成元年1月11日放流, 整理番号28)



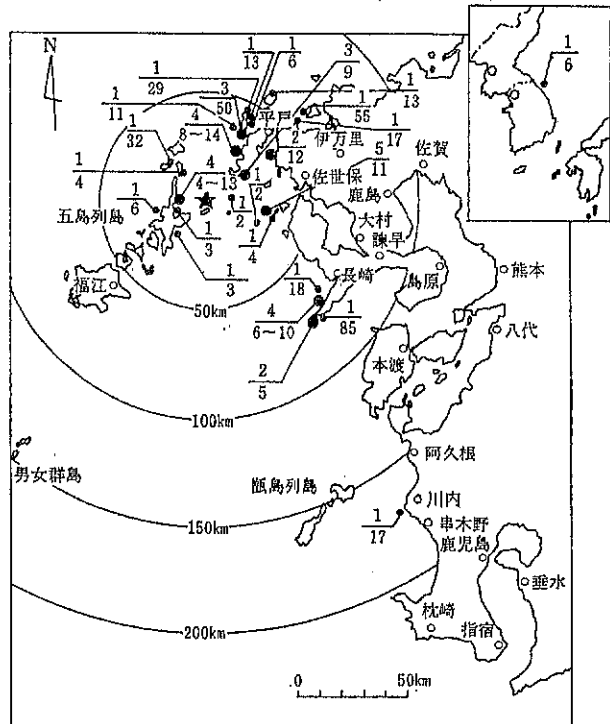
図Ⅳ・25 プリ平成2年度有川沖秋期放流群の再捕状況(五島事業場)
(平成2年12月25日: 2,170尾放流, 平成3年3月31日現在)
★ 放流地点 再捕尾数
経過日数

図20 平成2年度有川秋季放流群
(平成2年12月25日放流, 整理番号37)



図Ⅳ・17 プリ平成元年度有川晩期放流群の再捕状況(五島事業場)
★ 放流地点 ● 1-5尾 ● 6-10尾 ● 11尾以上
上段:再捕尾数
下段:経過日数

図19 平成元年度有川秋季放流群
(平成元年12月11日放流, 整理番号33)



図Ⅳ・18 平成3年度11月有川町プリ放流の再捕状況(五島事業場)
(平成4年12月31日現在)

放流: 平成3年11月26日

★ 放流地点 ● 1尾 ● 2-5尾
● 6-10尾 ● 11尾以上

上段:再捕尾数
下段:経過日数

図21 平成3年度有川秋季放流群
(平成3年11月26日放流, 整理番号38)

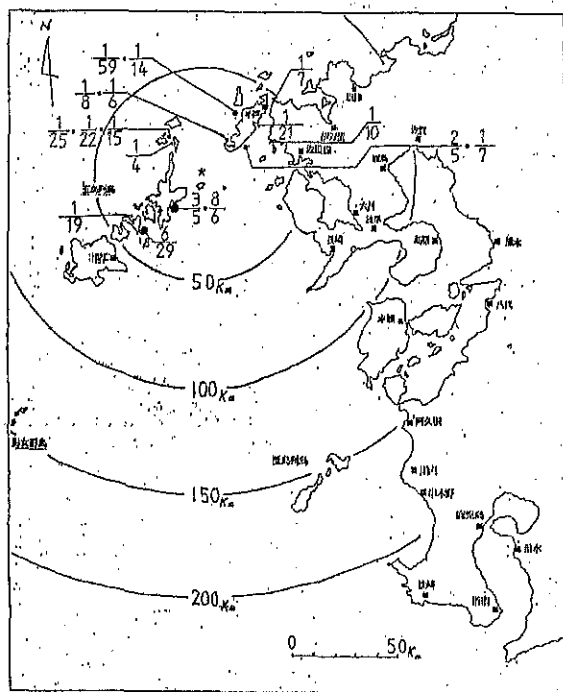


図22 平成4年度有川秋季放流群
(平成4年12月1日放流, 整理番号41)

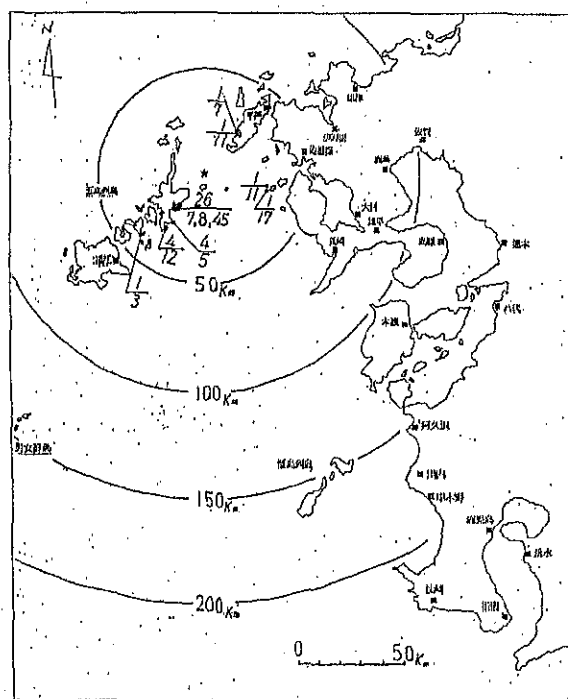
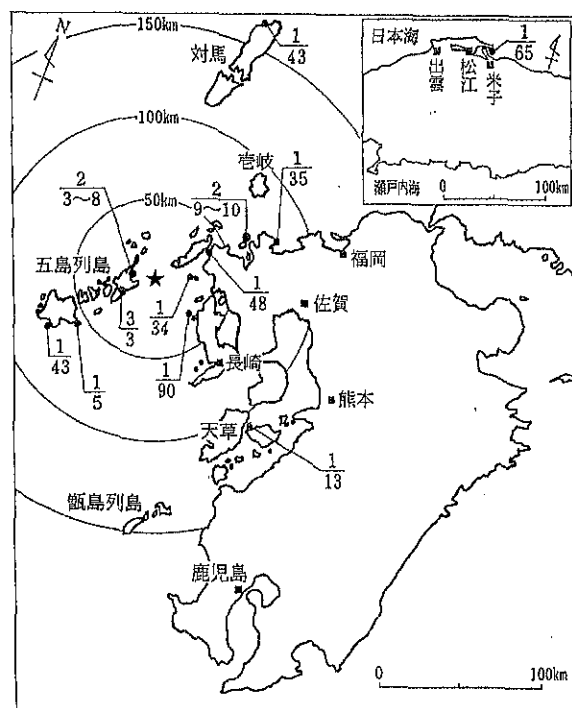


図24 平成3年度有川春季放流群
(平成4年3月28日放流, 整理番号40)

1-3有川水温上昇期放流群



平成元年有川町沖北首根ブリ1歳魚放流群の再捕状況(五島事業場)
平成元年10月31日現在

★ 放流地点 ● 1尾 ● 2~5尾 ● 6~10尾 ● 11尾以上

上段:再捕尾数
下段:経過日数

図23 平成元年度有川春季放流群
(平成元年4月5日放流, 整理番号29)

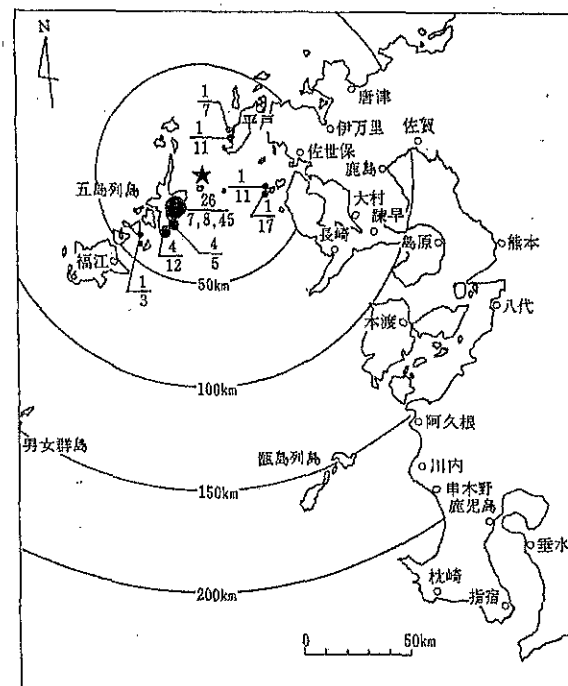


図20 平成3年度3月有川町ブリ放流の再捕状況(五島事業場)
(平成4年12月31日現在)

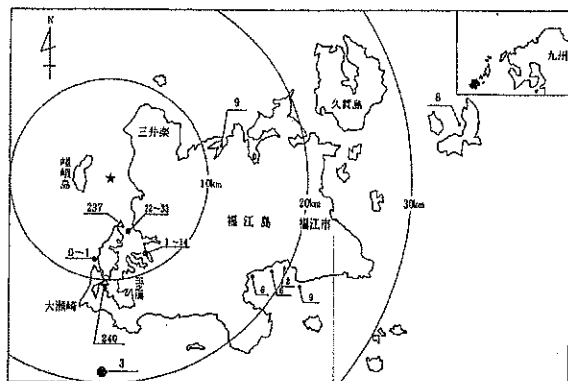
放流:平成4年3月28日

★ 放流地点 ● 1尾 ● 2~5尾
● 6~10尾 ● 11尾以上

上段:再捕尾数
下段:経過日数

図25 平成5年度有川春季放流群
(平成6年3月28日放流, 整理番号45)

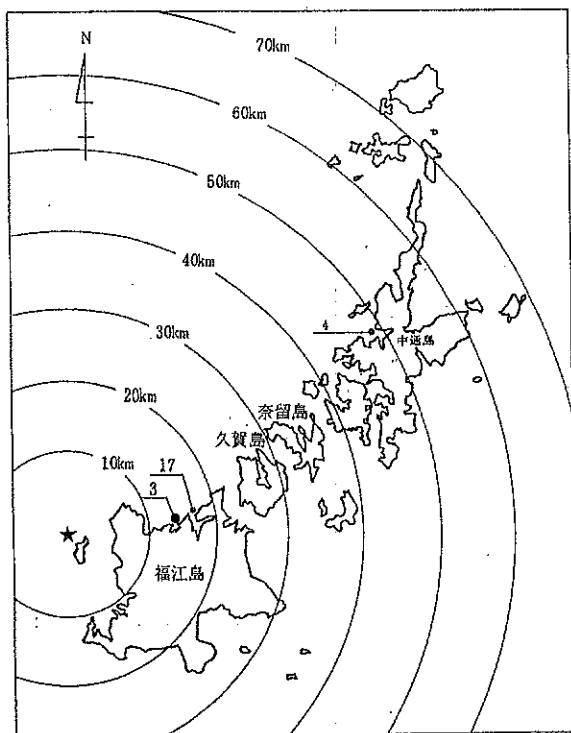
2-1 三井楽放流群（嵯峨島）



図Ⅳ・25 嵯峨島①57年9月7日放流群の再捕状況（五島事業場）
（昭和59年10月1日現在）

★ 放流地点 ● 1～2尾 ● 3～5尾 ● 6～10尾 ● 11～20尾
△ 越年魚 ● 経過日数

図26 昭和57年度三井楽町沖放流群
（昭和57年9月7日放流，整理番号1）

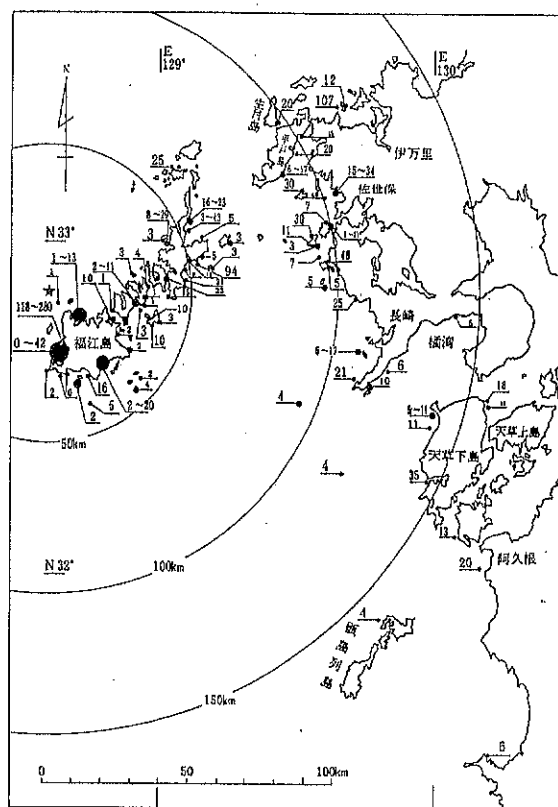


図Ⅳ・26 嵯峨島②57年11月4日放流群再捕状況（五島事業場）
（昭和59年10月1日現在）

★ 放流地点 ● 1～2尾 ● 3～5尾 ● 経過日数

図27 昭和57年度三井楽町沖放流群
（昭和57年11月4日放流，整理番号2）

2-2 三井楽放流群



図Ⅳ・28 三井楽58年9月13日放流群の再捕状況（五島事業場）
（昭和59年10月1日）

★ 放流地点 ● 1～2尾 ● 3～5尾 ● 6～10尾 ● 11～20尾
● 21～30尾 ● 31～40尾 △ 越年魚 ● 経過日数

図28 昭和58年度三井楽町沖放流群
（昭和58年9月13日放流，整理番号4）

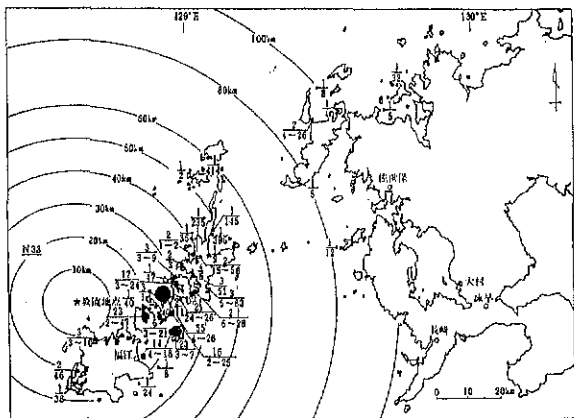


図29 昭和59年度三井楽町沖放流群
(昭和59年9月7日放流, 整理番号7)

3男女群島沖放流群

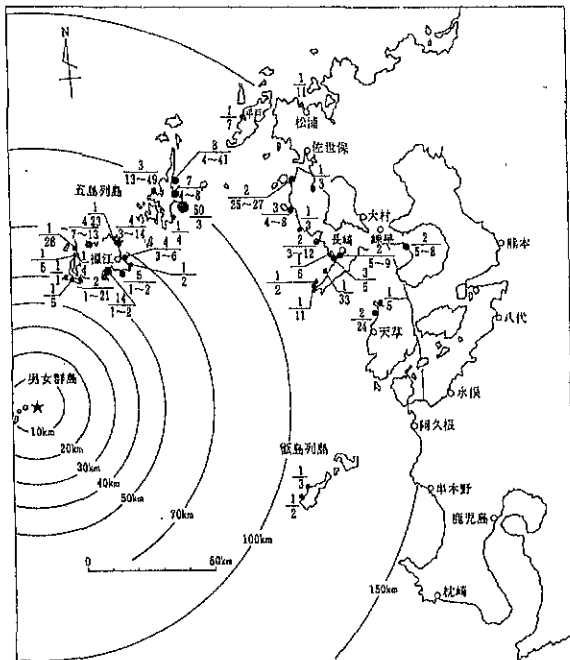


図30 昭和61年度男女群島沖放流群
(昭和61年9月25日放流, 整理番号16)

4五島灘南放流群

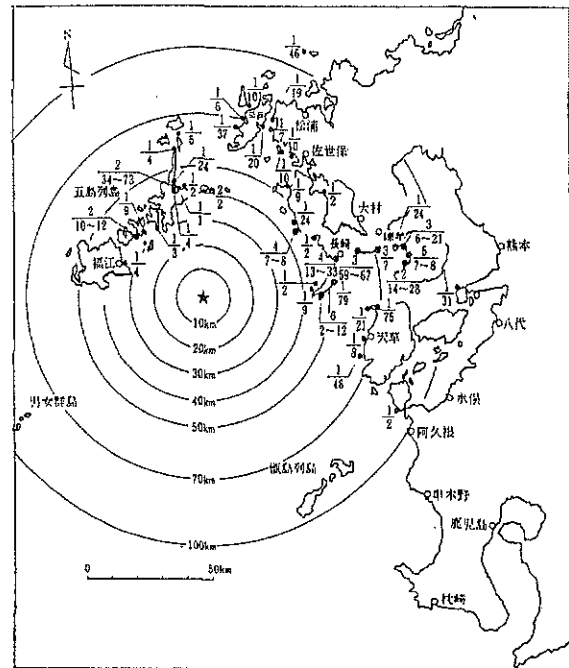


図31 昭和61年度五島灘南放流群
(昭和61年8月11日放流, 整理番号13)

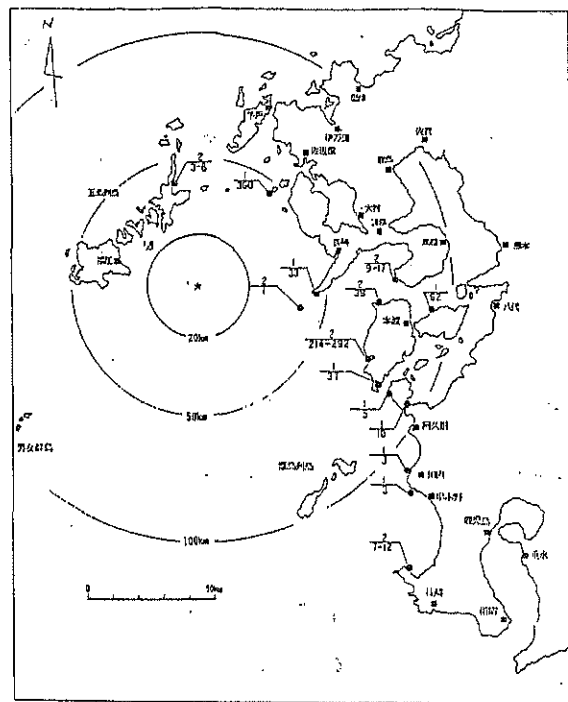
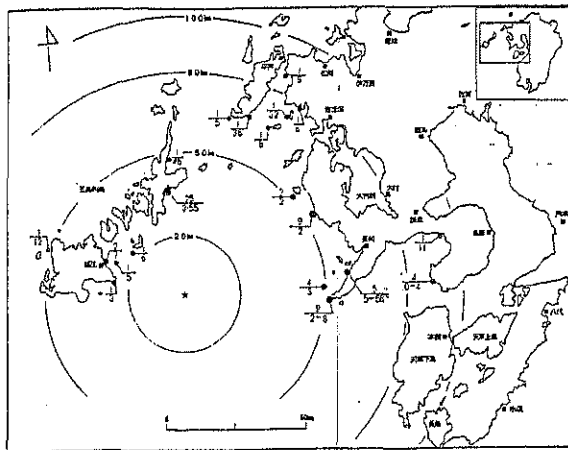


図32 昭和62年度五島灘南放流群
(昭和62年10月7日放流, 整理番号23)



★：放流地点 ●：1尾 ●：2-5尾 ●：6-10尾 ●：11尾以上 ●：再捕尾数
●：経過日数

図33 昭和63年度五島灘南放流群
(昭和63年10月12日放流，整理番号27)

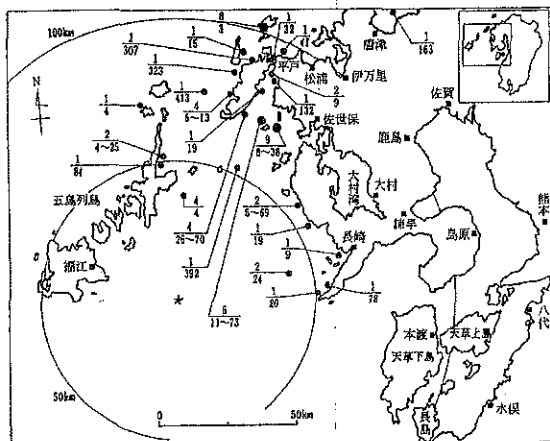


図34 プリ平成元年長崎県五島灘南放流群の再捕状況(五島事業場)
★：放流地点 ●：1-5尾 ●：6-10尾 ●：11尾以上
上段：再捕尾数
下段：経過日数

図34 平成元年度五島灘南放流群
(平成元年8月31日放流，整理番号30)

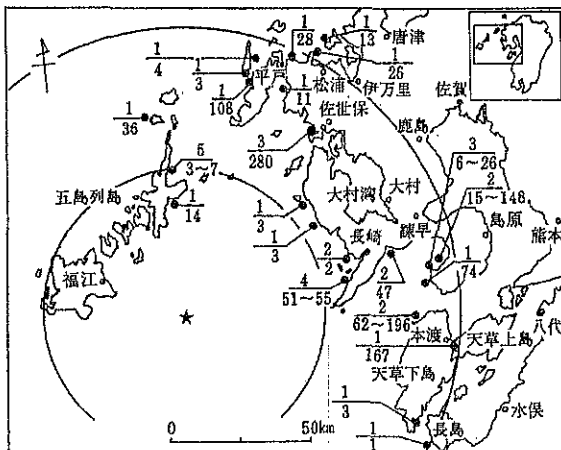
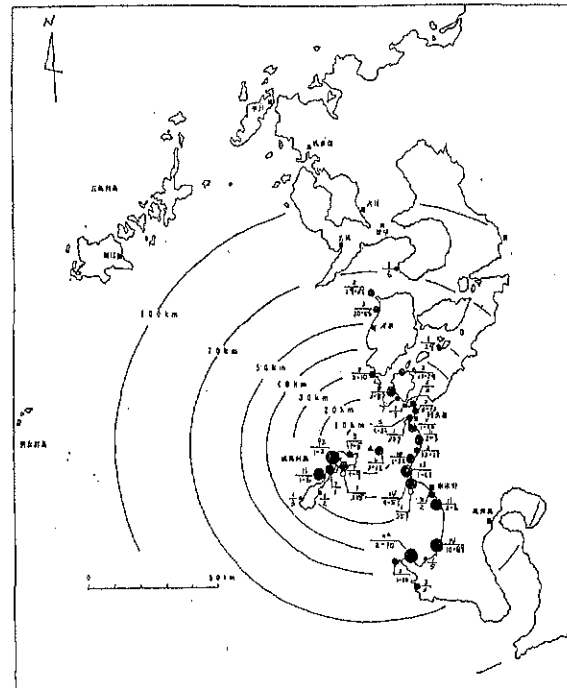


図35 プリ平成2年度長崎県五島灘南放流群の再捕状況(五島事業場)
(平成2年9月7日：5,000尾放流，平成3年12月31日現在)

★：放流地点 ●：再捕尾数
●：経過日数

図35 平成2年度五島灘南放流群
(平成2年9月7日放流，整理番号34)

5-1 甕島沖放流群



▲：放流地点 ●：1尾 ●：2-5尾 ●：6-10尾 ●：11-20尾 ●：21尾以上
●：再捕尾数
●：経過日数

図36 昭和61年度甕島沖放流群
(昭和61年9月24日放流，整理番号15)

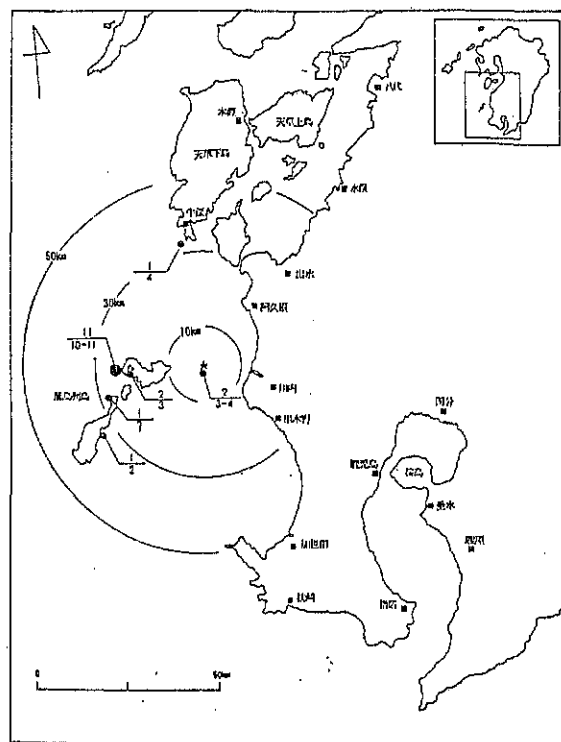


図37 昭和62年度甕島沖放流群
(昭和62年9月18日放流，整理番号19)

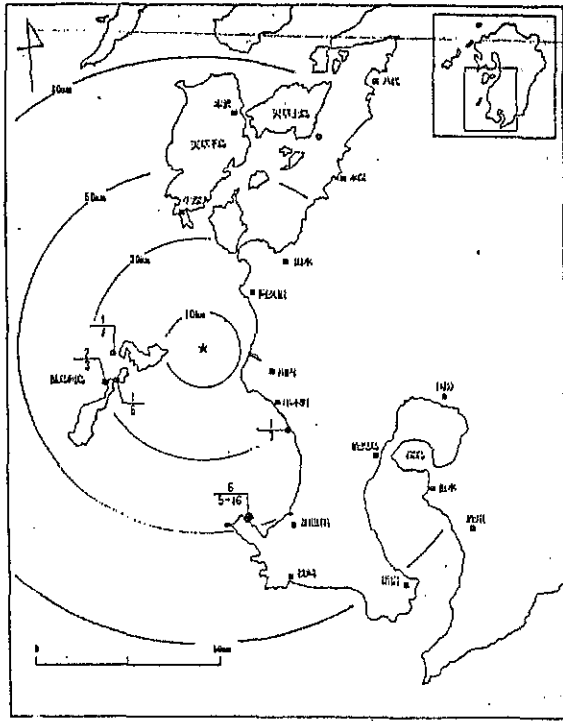


図5 鹿児島県甕島沖放流群の再捕状況(63年放流群)

★: 放流地点 ●: 1尾 ●: 2-5尾 ●: 6-10尾 ●: 11尾以上 ●: 再捕尾数
経過日数

図38 昭和63年度甕島沖放流群
(昭和63年8月29日放流, 整理番号26)

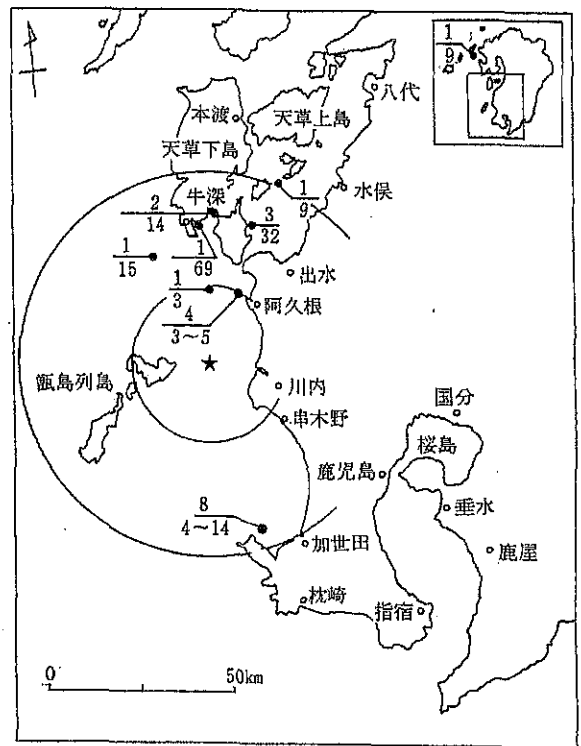


図40 平成2年度甕島沖放流群
(平成2年10月2日放流, 整理番号35)

5-2 甕島秋期放流群

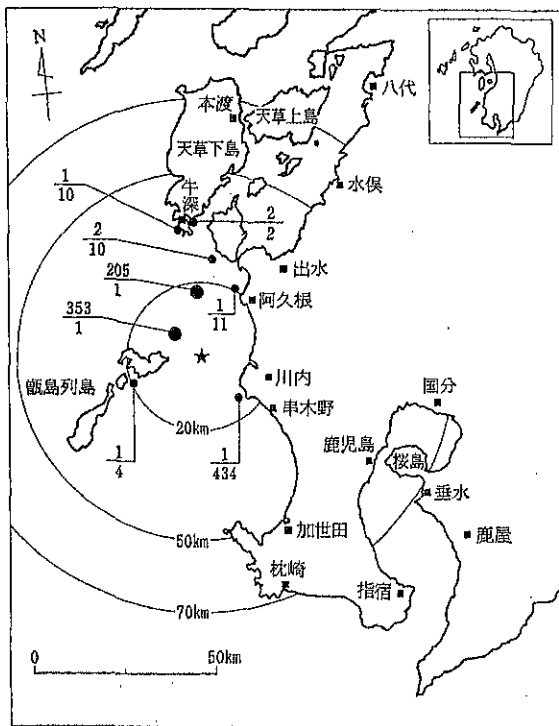


図39 平成元年度甕島沖放流群
(平成元年8月31日放流, 整理番号31)

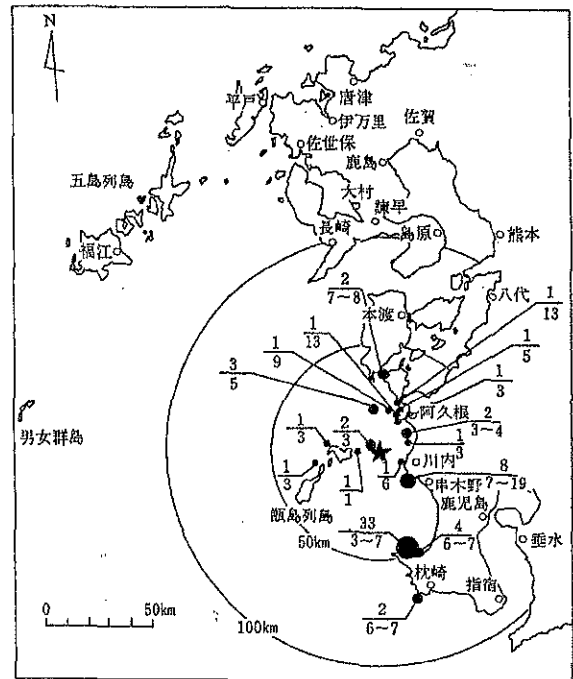


図41 平成3年度甕島秋季沖放流群
(平成3年11月27日放流, 整理番号39)

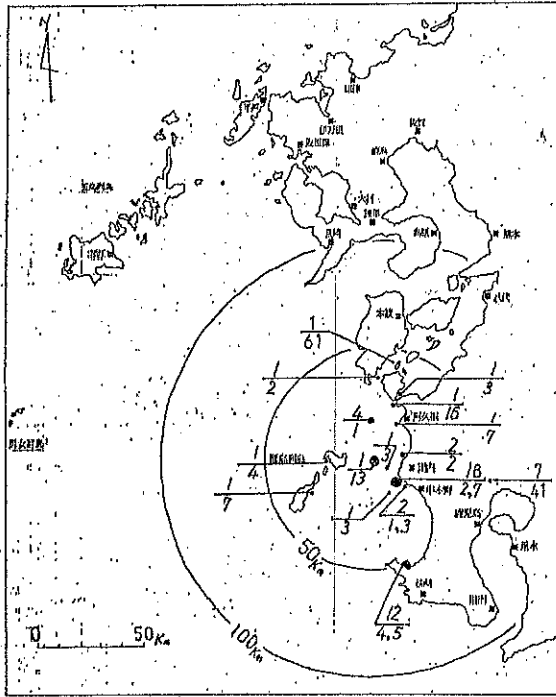
放流: 平成3年11月27日

★ 放流地点 ● 1尾 ● 2-5尾 ● 6-10尾 ● 11尾以上

上段: 再捕尾数
下段: 経過日数

図41 平成3年度甕島秋季沖放流群
(平成3年11月27日放流, 整理番号39)

6玉之浦町沖放流群



平成4年度12月既成プシ放流の高齢状況(五島市農産)
放流:平成4年12月2日。(平成5年3月31日現在)
●1尾以上 ●2~5尾 ●6~10尾 ●11~20尾
●21~30尾 ●31~40尾 ●41尾以上 △越冬魚 ●経過日数

図42 平成4年度甌島秋季沖放流群
(平成4年12月2日放流, 整理番号42)

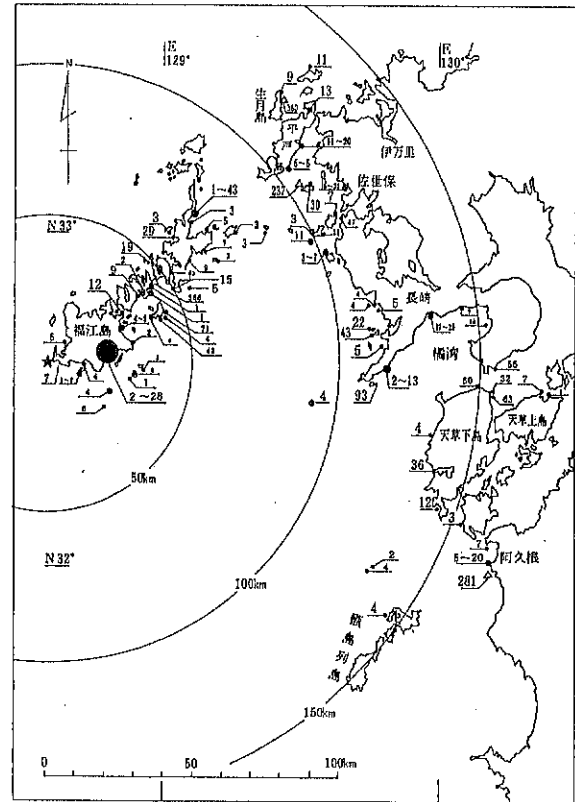


図43 玉之浦58年9月13日放流群の得捕状況(五島市農産)
(昭和59年10月1日)

★放流地点 ●1~2尾 ●3~5尾 ●6~10尾 ●11~20尾
●21~30尾 ●31~40尾 ●41尾以上 △越冬魚 ●経過日数

図43 昭和58年度玉之浦町沖放流群
(昭和58年9月13日放流, 整理番号3)

ヒラマサの標識放流

小金隆之

九州西部海域における本種の放流通地の探索及び放流海域からの移動，分散を把握する目的で昭和59年から標識放流試験を実施している。これまで三井楽町沖，玉之浦町沖，五島灘沖，有川町沖などで放流を行った。平成6年度には玉之浦町沖で大型魚の標識放流を実施した。なお，平成5年度は放流を実施しておらず，平成4年度放流群で，新たに追加する再捕報告はなかった。

1 平成6年度玉之浦町沖大型魚放流群の再捕状況

平成6年7月29日に平均全長100cm（93～105）のヒラマサ成魚31尾を玉之浦町沖に標識放流した。標識はダート型タグ（白色，番号：459～489）であった。平成6年12月31日現在の再捕尾数は4尾，再捕率は12.9％であった（表1）。放流後4日目に放流点から東方へ19km地点の福江島沿岸（大浜地先）で1尾と，放流6日目に放流点から西方へ3km地点（通称トンビの巣）で3尾が再捕された。再捕漁具は前者が不明，後者が一本釣り（アラ釣り）であった。

表1 平成6年度玉之浦町沖大型ヒラマサ放流群の再捕結果の概要（五島事業場）

再捕年	再捕月	経過日数	再捕尾数	再捕率	全長	体重	魚具別再捕尾数				移動距離別再捕尾数	
							定置網	釣り	刺し網	不明	0～10	11～21
(平成)			(尾)	(%)	(cm)	(kg)	(尾)	(尾)	(尾)	(尾)	(km)	(km)
6年	7月	0～	2	0	0.00		0	0	0	0		
	8月	3～	33	4	3.74	12	0	3	0	1	3	1
	9～12月	34～	155	0	0.00		0	0	0	0		
	合計		4	3.74			0	3	0	1		

(平成6年12月31日現在)

5. 種苗生産

環境清浄化システム

V - 1 シマアジのウイルス性神経壊死症

1. 親魚選別と種苗生産

- (1) 生産概要およびPCR検出結果を表1に示した。PCR陰性親魚（生殖腺を抽出し、PCRで陰性と判断された親魚）から得られた卵を用いて、11月30日より5月30日にかけて14回飼育し、12例の飼育でVNNが発生した。生産尾数は25,800尾（昨年367,000尾）であった。2例の成功事例はいずれもオゾン処理海水を用いた飼育事例であった。
- (2) 表2に産卵試験期間中における供試個体別のPCR検査結果を示した。12月中旬までいずれの個体もPCR陰性であった。しかし、1月中旬以降にPCR陽性魚が出現した。親魚の糞（消化管内容物）からも昨年同様にPCR陽性 appeared。PCR陽性個体は、必ずしも連続してPCR陽性とはならなかった。また、生殖腺と糞からの検出結果は必ずしも一致しなかった。
このようなことから生殖腺および糞でのウイルス量は感染仔魚と比較すると微量なウイルスしか存在しないこと、あるいは組織中でのウイルスの存在部位がかなり限定されている可能性が推定された。
- (3) PCR陰性親魚から得られた卵を用いてもVNNが発症したことより、PCRによる産卵親魚の選別は、今後、さらに検討する必要がある。

表1 平成6年度種苗生産結果と仔稚魚からのPCR法によるウイルス検出結果

Production Number	Date of spawning *1 hatching	Method of hatching and rearing			Detection of SINNV by PCR method from larvae																Number of juveniles produced						
		Hatching *2 sea water	Disinfection *3 of eggs	Rearing sea water	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	14	15	16	18		20	24	25	28	32	36
1R-1	Go-D-13	Nov.30	FSW	Iso-10ppm	Ozone	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	23,300
1R-2					U.V.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+			0
2R-1	Go-D-13	Dec.10	FSW	Iso-10ppm	Ozone	-	-	-	-	-	-	-	+	+													0
2R-2					U.V.	-	-	-	-	-	-	+	+	+													0
3R	Go-D-10	Feb.2	U.V	Iso-10ppm	Ozone	-	-	-	-	-	+	+	+														0
4R	Go-D-10	Feb.4	U.V	Iso-10ppm	Ozone	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+												0
5R	Go-D-10	Feb.15	Ozone	Iso-10ppm	Ozone	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+												0
6R	Go-D-10	Feb.17	Ozone	Iso-40ppm(2)	Ozone	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+						0
7R	Ko-W-13	Mar.7	U.V	Iso-8ppm	Ozone	-	-	-	+																		0
8R	Ko-W13.D9	Mar.17	U.V	Iso-8ppm	Ozone	-	-	-	+																		0
9R	Go-D-10	Apr.10	Ozone	Ozone-0.5ppm	Ozone	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	2,580
				-1min						0/10						0/10			1/10		0/10	0/10					0
10R	Go-D-13	Apr.24	Ozone	Ozone-0.5ppm	Ozone	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+	+						0
				-1min						0/10						4/10			9/10								0
11R	Ko-W-13	May.5	Ozone	Ozone-0.6ppm	Ozone	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+											0
				-1min						0/10						10/10											0

*1: Go: 五島事業産 Ko: 古瀬目事業場産 D: 人工生産魚 W: 天然養成魚

*2: FSW: ろ過海水, U.V.: 紫外線処理海水, Ozone: オゾン処理海水

*3: Iso: イソジン, Ozone: オキシダント海水

*4: 陽性サンプル数/検査サンプル数 (1サンプルに10尾)

表2 親魚個体別の生殖腺および糞からのウイルスの検出結果

Origin of Spawners	No. of Spawners	Sex	Detection of SJNNV by PCR method									
			10-Nov.	21-Dec.	15-Jan.	10-Feb.	18-Feb.	16-Mar.	18-May			
13 ages- Domestic	785 E 76	♀	-	-	-	+	-	-	-	-	ND	-
	76010B	♀	-	-	-	-	-	-	-	+	ND	-
	785317	♂	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	76037A	♀	-	-	-	-	-	+	-	+	-	-
	5C3D5F	♀	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-
	751C1A	♀	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	757F47	♀	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	784728	♀	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-
	78687C	♀	-	-	-	-	-	ND	-	-	-	-
	76037A	♂	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10 ages-Wild (no lights)	76146C	♀	-	-	-	+	-	-	-	-	ND	-
	785F22	♂	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	78616A	♀	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	784F27	♀	-	-	-	-	-	+	-	+	ND	-
	76146D	♀	-	-	-	-	-	-	-	-	ND	-
	784F2D	♀	-	-	-	-	-	-	-	-	ND	-
	78493A	♂	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	552D30	♀	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-
	785A06	♂	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10 ages-Wild (lights)	760723	♂	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	552044	♀	-	-	-	-	-	+	-	+	-	-
	785F47	♀	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-
	786410	♂	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	761238	♀	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-
	785547	♀	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	784 E 41	♂	-	-	+	+	+	ND*	-	-	-	-
	754D 29	♂	-	-	-	+	+	ND	-	ND	-	-
10 ages- Domestic	785013	♂	-	-	-	-	-	ND	+	-	-	-
	760 A 31	♂	-	-	-	-	-	ND	+	ND	-	-
	786850	♀	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	784951	♀	-	-	-	-	-	+	+	-	ND	-
	785 F 71	♀	-	-	-	-	-	+	-	-	+	-
	753 C 17	♀	-	-	-	-	-	ND	+	-	+	-
	786209	♂	-	-	-	-	-	+	-	ND	-	-

*: Not detection

2. VNNに関する試験

(1) 受精卵の洗浄に関する試験

1) 受精卵の磨砕液による仔魚への感染実験

① 方法

ELISAやPCRにより本ウイルスは親魚の生殖巣から検出されるが、受精卵では検出されていない。SJNNVの防除法として受精卵の洗浄効果を検討するに先立ち、受精卵におけるウイルスの存在とその存在部位について検討を行った。

仔魚にVNNが発生した2親魚群の5ロットの受精卵を供試した。受精卵表面を有効ヨウ素1,000 ppmの高濃度のイソジン液（有効ヨウ素10 mg/ml, 明治製菓製）で30分間処理した後、蒸留水でよく洗浄した。ヨード処理卵および無処理卵1gにそれぞれ海砂を加え、9倍量の10 mM PBS (pH 7.2) で磨砕し、磨砕液を遠心分離（3,000 g, 4℃, 30分）し、上澄みを0.45 μ mのメンブランフィルターでろ過し、この濾液1mlを接種液とした。シマアジ仔魚（日齢1）50尾を収容した海水100 ml（カナマイシン5 mg/l）に添加し、無給餌、無通気で飼育した。6日後に魚（各10尾）を磨砕し、PCRによるSJNNVを検出し、感染の有無を判定した。なお、対照としては、1mlのPBSを仔魚に接種する区を設けた。

② 結果

高濃度のヨード剤で処理した受精卵では、全てのロットで感染は成立しなかったが、無処理の受精卵では、5ロット中3ロットで感染が成立した。この結果、SJNNVは受精卵にも存在し、多くは受精卵表面に存在すると判断された。従って、受精卵の卵表面の洗浄はVNNの防除対策として有効と判断された(表1)。

2) 受精卵の洗浄が孵化に及ぼす影響

① 方法

洗浄剤にはイソジン液、オゾン海水およびNaOHでpH 12.0に調整した海水を用いた。イソジンでは、1lのビーカーに約4,000個の受精卵を入れ、有効ヨウ素として0、5、20、40、80 ppmのイソジン液を添加し、15分間処理した。卵洗浄実験は産卵盛期（1月21日）と産卵末期（4月6日）に得られた卵を用いて行った。オゾン海水は無声放電式オゾン発生機（OZSD-1000, 荏原実業製）で作製し、Shechterの方法により残留オキシダント濃度を測定した。受精卵0.2、0.5、0.7 ppmに調整したオキシダント海水中に受精卵を入れ、流水下で0.5～10分間処理した。pH 12.0による処理では、NaOHで海水をpH 12.0に調整し、5、10、20、30秒間処理した。何れの実験においても処理後、約2,000個の受精卵を密栓したポリエチレン製のビンに入れ、22℃の恒温槽で水を激しく暴気しながら孵化させ、孵化率を算出した。

② 結果

各濃度の有効ヨウ素で処理したふ化率は、産卵盛期の受精卵では80 ppmの有効ヨウ素でも、70%以上の孵化率が得られたが、産卵末期では20 ppmの濃度でも、孵化率は50%以下に減少した(図 1)。従って、ヨード剤に対する感受性は産卵時期あるいは卵質によりが異なると判断され、ヨード剤では20 ppm以下の濃度での使用が安全と判断された。

オゾン海水による受精卵処理では、残留オキシダント濃度が0.2 ppmでは5分、0.5 ppmでは3.0分、0.7 ppmでは1.0分以内の作用であれば、孵化率に影響しなかった（図2）。

pH 12液では5秒以上の処理ではふ化仔魚は得られなかった（図3）。

3) 受精卵の洗浄効果

① 方法

受精卵を所定濃度のイソジン液、オゾン海水およびpH 12.0液で処理し、得られたふ化仔魚800尾を30 l水槽に収容し飼育した。毎日10尾ずつサンプリングし、ELISAによりSJNNV抗原の検出を行った。

② 結果

イソジンで受精卵を処理し、得られたふ化仔魚からのSJNNV抗原の検出結果を図4に示した。対照区では、ふ化7日後からELISA値が上昇し、9日後には全滅した。受精卵を有効ヨウ素20 ppmおよび40 ppmで処理した場合、8日後および9日後よりELISA値が高くなり、9日後あるいは10日後には全滅した。一方、40 ppmおよび80 ppmで消毒した仔魚では11日後よりELISA値が高くなり、12日後には全滅した。このように、処理濃度が高い程、全滅までの日数およびウイルス抗原が検出されるまでの日数は長くなった。この結果、本剤でウイルスの不活化効果は認められるものの、完全にウイルスを失活できないと判断された。

一方、オキシダント海水で受精卵を処理した場合は、0.2 ppmで1分間消毒した区でも、ELISA値の上昇は認められず、10日後での生残率は9～48%の値を示した。オキシダント海水では低濃度のオキシダントでも卵洗浄効果が認められた（表2）。

pH 12で5秒間、0.5 ppmのオキシダント海水で1分間および40 ppmの有効ヨウ素で15分間それぞれ受精卵を処理し、得られたふ化仔魚からのSJNNV抗原の検出結果を図5に示した。pH 12の処理では、ELISA値の上昇および全滅までの日数が対照区に比較して長くなったが、オゾンおよびヨードの薬剤に比較すると短かった。ELISA値の上昇が遅く、全滅までの日数が最も長かったのは、オゾン処理であったが、ふ化18日後以降にELISA値が上昇し、20日目に全滅した。

4) 海水中有効ヨウ素濃度

① 方法

i) 定量法

ヨード剤は海水中で有効ヨウ素が低下することが知られているので、受精卵の洗浄状況下での有効ヨウ素濃度の変化を調べた。有効ヨウ素は日本薬局法の局外規定のポピドンヨードの定量法に準拠した。また、水中の有機物量の指標となるCOD（化学的酸素消費量, Chemical Oxygen Demand）は、工業排水実験法に準拠し、アルカリ性過マンガン酸カリウム法により酸素消費量を測定した。

ii) 受精卵の洗浄と有効ヨウ素濃度の変化

親魚の飼育水槽内の卵は、水槽の排水口からネットに集め、海水を切り水中の有機物（餌の残餌、糞）とともに約10 lに濃縮し、バケツに収容した（以下この水をRSWと略

す)。有機物を沈殿させるため、5分間バケツを静置させ、上に浮いている受精卵のみを新しい濾過海水が入れてある別のバケツに移した。この操作を3回（以下この水をFSW-1, FSW-2, FSW-3と略す）行うことにより有機物の除去を行った（図6）。

採卵後、各洗浄過程の海水の有効ヨウ素量を経時毎に測定した。同時に、各洗浄過程の海水のCODを測定した。試料には、卵を取り除いたRSW, FSW-1, FSW-2, FSW-3に加えて、濾過海水（FSW）も用いた。同時に、受精卵40個/mlを含んだ上記洗卵海水についても同様に有効ヨウ素を定量した。

② 結果

採卵ネット内の濃縮海水(RSW)および1回目の洗卵後の海水(FSW-1)では、有効ヨウ素濃度は著しく低下し、20分後には10 ppm以下となった。2回(FSW-2)および3回目(FSW-3)の洗卵後の濾過海水でも、20分後では30 ppm以下となった。一方、濾過海水では、20分後でも有効ヨウ素量は40 ppm以上を示した（図7）。CODは、RSWでは580 ppm、FSW-1で330 ppm、FSW-2で127 ppm、FSW-3で118 ppmと洗浄回数につれ順次低下したが、濾過海水の0.21 ppmと比較すると、はるかにその数値は高かった（図8）。

ろ過海水に受精卵を0～32個/mlを添加した場合の各ろ過海水の有効ヨウ素濃度の変化を図9に示した。32個/ml収容したろ過海水での有効ヨウ素は、20分後には5 ppm以下と著しく低下した。2～16個/mlを添加した場合の各ろ過海水でも、20分後には20 ppm以下となり、受精卵が海水中にない場合に比べ、ヨウ素の減衰は早かった。

以上の結果、有機物量が多い洗卵海水中では有効ヨウ素が著しく消費され、受精卵量も有効ヨウ素を減じる要因と判断された。

考察

IHNVなどの受精卵の表面に存在するウイルスは薬剤により失活させることができる。ウイルスが卵表面のみに存在するのか、卵内部にも潜んでいるのかについては、防除対策を講ずる際には重要な問題である。このため、受精卵でのSJNNVの存在場所について検討を行った結果、卵表面を高濃度のヨード剤で処理した場合、仔魚への感染は認められず、ウイルスは主に受精卵の表面に存在している可能性が示唆された。また、イソジンでの受精卵処理では、処理濃度と発病し全滅するまでの日数およびウイルス抗原が検出されるまでの日数が平行な関係であったことからこのことが推察される。しかし、卵内部に微量なウイルスが存在する可能性を否定できず、今後、ウイルスの卵内侵入の有無の確認が必要である。

イソジン、オゾン海水およびpH12での受精卵を洗浄することにより、仔魚のVNNの発生が遅れ、本ウイルスに対する防除効果は認められたが、完全にVNNの発生を防止することができなかった。本ウイルスは実験的にはイソジンでは有効ヨウ素50ppmおよびpH12で10分間の処理、オゾンでは0.5ppmの残留オキシダント濃度で0.5分の処理で不活化効果が認められている。この点から考えると、今回実験したpH12で0.5秒の処理では完全な本ウイルスの不活化は困難であり、防除効果は低いと考えられる。また、今回の実験よりイソジンでは有効ヨウ素が飼育水中での有機物および受精卵により著しく消費されることが明らかとなり、本ウイルスの不活化に有効な濃度を維持させるためには、

最初に100ppm以上の濃度が必要と考えられた。しかし、この高濃度のヨウ素では孵化率に影響するため、イソジンでも十分な受精卵の洗浄効果をあげることにはできないと判断された。一方、オゾン海水による洗浄では、0.5ppmのオキシダント濃度で0.5分間の作用で洗浄効果が期待され、かつ受精卵にも影響しないことから、オゾン海水での洗浄が最も有効と判断された。

しかし、VNNが発生している仔魚の受精卵を0.5ppmのオキシダント濃度で1.0分間洗浄したが、ふ化18日後以降にVNNの発生が見られた。この点から考えると、本ウイルスは卵内あるいは卵表面の残留オキシダントで洗浄できない場所に微量に存在している可能性がある。なお、オゾンもイソジン同様に残留オキシダントが有機物と反応し低下するが、今回の実験では流水式で洗浄したため、オキシダント濃度の低下は認められていない。今後、さらにオゾンを用いた受精卵の洗浄についての詳細な検討が必要である。

表1. バイオアッセイ法による受精卵からのSJNNVの検出

産卵親魚	試験回数	ヨード処理	PCR陽性
人工 10歳魚	2	無	1 ^{*1}
		有	0
		コントロール (PBS)	0
人工 13歳魚	3	無	2
		有	0
		コントロール (PBS)	0

*1,ヨード剤処理卵および無処理卵を磨砕し、磨砕液を仔魚に接種し、7日後に仔魚よりPCR法によりSJNNV RNAを検出した。

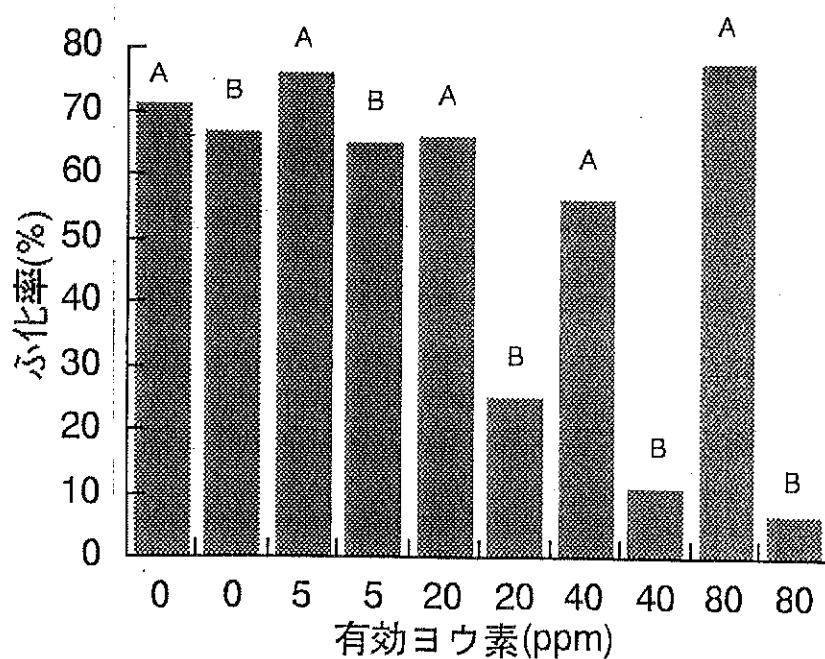


図1. 受精卵洗浄における有効ヨウ素量とふ化率
所定の有効ヨウ素濃度で15分間処理後、ふ化させた。

A;産卵盛期（1月21日）に得られた受精卵

B;産卵末期（4月6日）に得られた受精卵

表2. 受精卵をオゾンで処理し得られた仔魚からのSJNNV抗原の検出

残留オキシダント 濃度(mg/ml)	処理時間 (分)	ELISA値 ^{*1} ふ化1-10日後	ふ化10日後の 生残率(%)
0.2	1.0	—	17
	2.0	—	27
	3.0	—	11
	5.0	—	20
コントロール（無処理）		++	0
0.5	0.5	—	30
	1.0	—	23
	3.0	—	9
コントロール（無処理）		++	0
0.7	0.5	—	48
	1.0	—	25
コントロール（無処理）		++	0

*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。

各残留オキシダント濃度で0.5～5分間受精卵を処理後、ふ化させ10日間飼育し、仔魚からSJNNV抗原の検出およびふ化10日後の生残尾数を計数した。

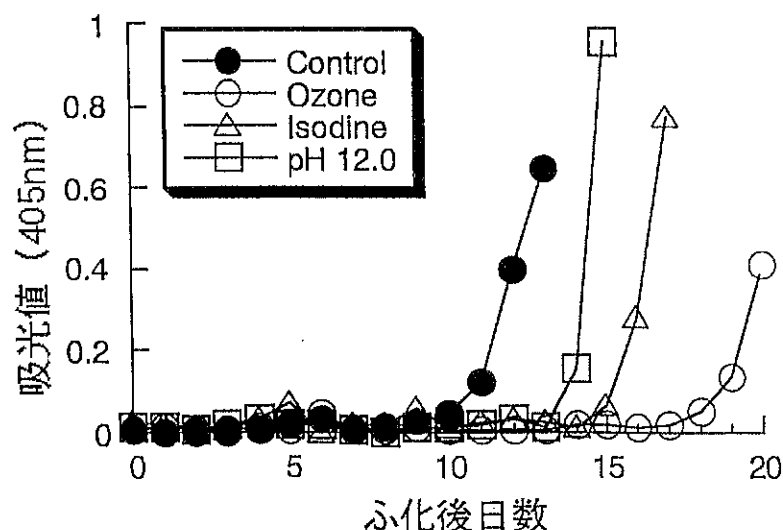


図5. 受精卵をヨード剤, pH12液およびオゾンで処理後得られた仔魚からのSJNNV抗原の検出
受精卵を0.5ppmの残留オキシダント海水で1分間, 40ppmの有効ヨウ素で15分間およびpH12液で5秒間それぞれ処理後、ふ化させた仔魚からSJNNV抗原の検出を行った。

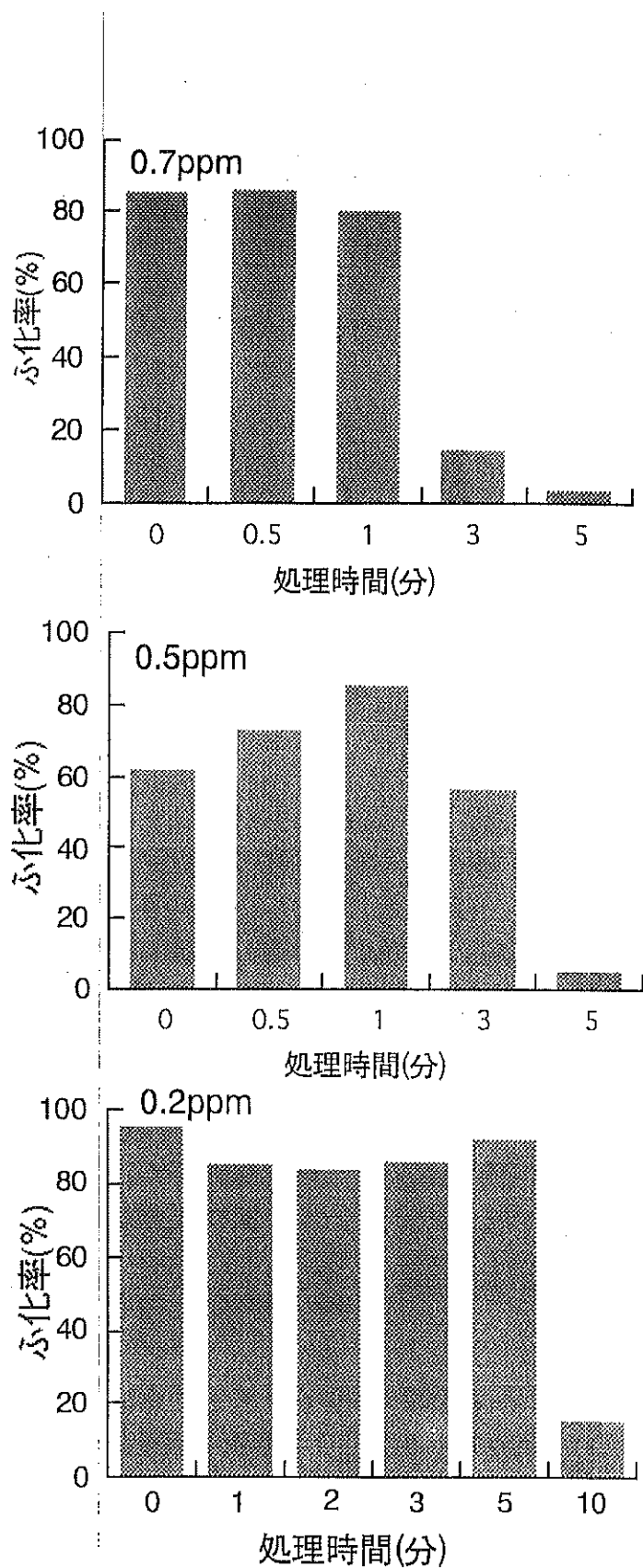


図2. オゾンによる受精卵洗浄での残留オキシダント濃度とふ化率
0.2, 0.5, 0.7ppmの残留オキシダント海水に1~10分間浸漬処理後、ふ化させた。

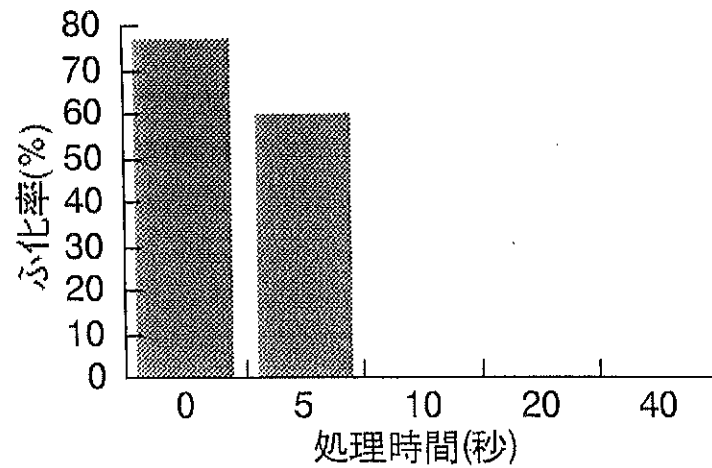


図3. pH12液による受精卵洗浄における
処理時間とふ化率
pH12液に受精卵を5～40秒間浸漬後、
ふ化させた。

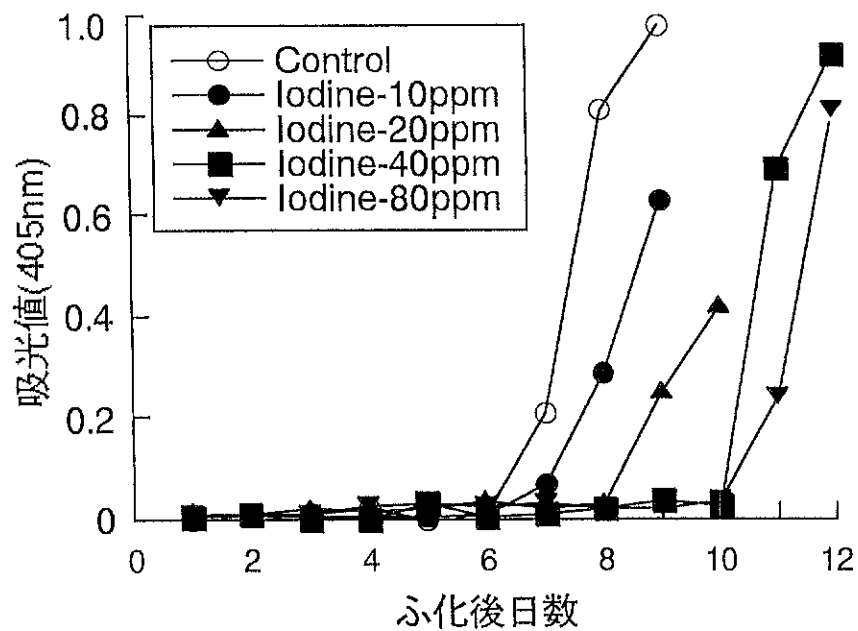


図4. ヨード剤による受精卵洗浄と仔魚からの
SJNNV抗原の検出
10～80ppmの有効ヨウ素濃度で受精卵を
洗浄後、ふ化させ飼育し仔魚からSJNNV
抗原の検出を行った。

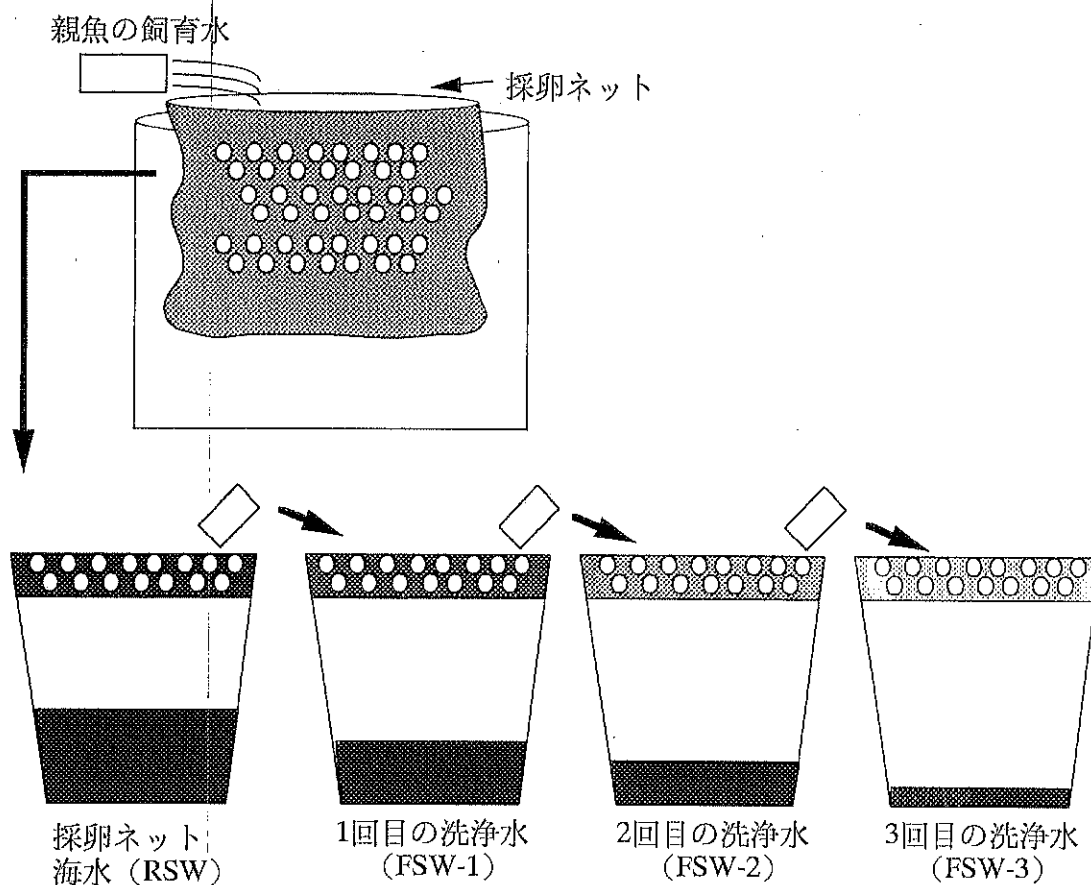


図6. シマアジの受精卵の洗浄方法

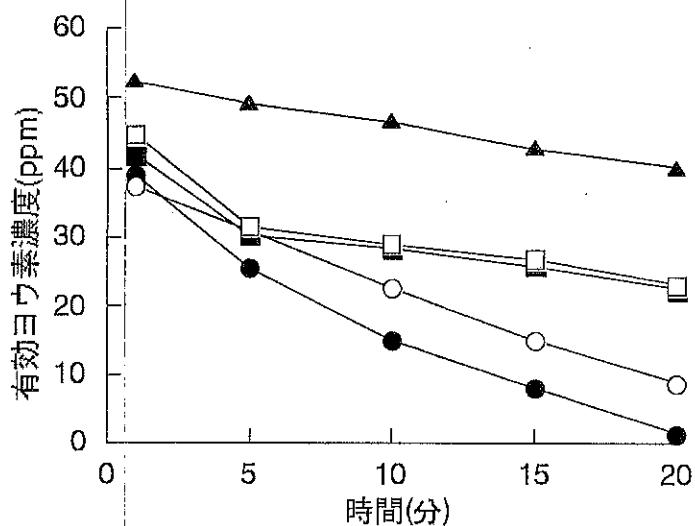


図7. 受精卵の洗浄過程における洗浄海水（受精卵を含まない）の有効ヨウ素量の変化
 ▲, ろ過海水；□, 3回目の洗浄ろ過海水(FSW-3)；
 ■, 2回目の洗浄ろ過海水(FSW-2)；○, 1回目の洗浄ろ過海水(FSW-1)；●, 採卵ネット内の親魚飼育水 (RSW)
 受精卵と有機物の分離過程（洗浄過程）における海水に有効ヨウ素濃度が50ppmとなるようにヨード剤を添加し、時間経過毎に有効ヨウ素を定量した。

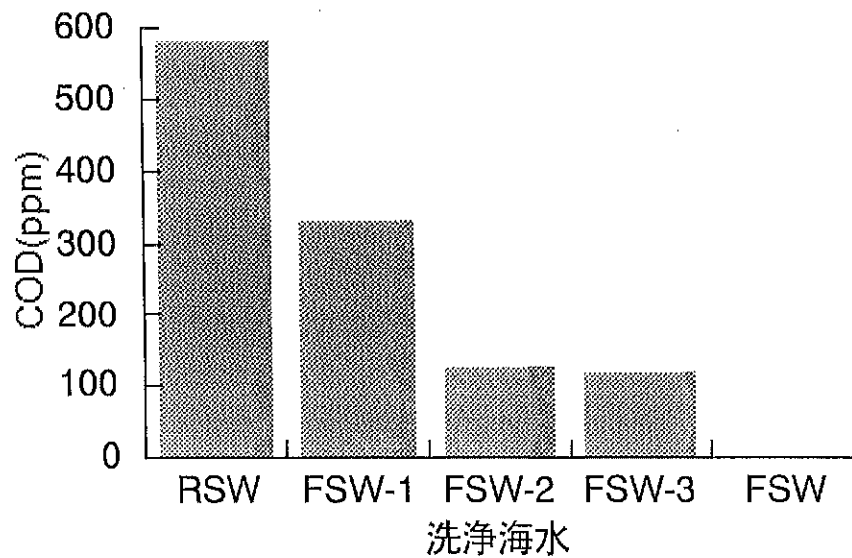


図8. 受精卵の洗浄過程における洗浄海水のCODの変化
 RSW, 採卵ネット内の親魚飼育水; FSW-1, 1回目の洗浄ろ過海水; FSW-2, 2回目の洗浄ろ過海水; FSW-3, 3回目の洗浄ろ過海水; FSW, ろ過海水。
 受精卵と有機物の分離過程（洗浄過程）における海水のCODを定量した。

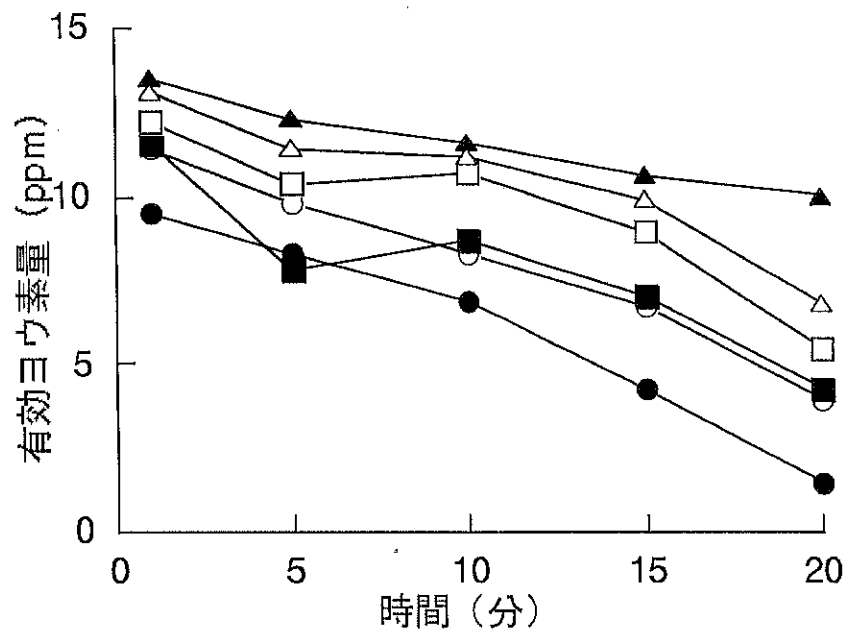


図9. 受精卵密度による洗浄海水の有効ヨウ素量の変化
 ▲; 0個/ml, △; 2個/ml, □; 4個/ml, ■; 8個/ml, ○; 16個/ml ●; 32個/ml

表1. PCR法により直接海水中からウイルスを検出した場合の検出限界

病魚磨砕液の 希釈濃度	SJNNV RNAの検出結果	
	海水	核酸抽出液 *1
10 ⁰	+	+
10 ⁻¹	+	+
10 ⁻²	+	+
10 ⁻³	-	+
10 ⁻⁴	-	+
10 ⁻⁵	-	-

*1, DEPC処理水

表2. シマアジ仔魚を用いたバイオアッセイによるウイルス検出限界

病魚磨砕液の 希釈濃度	PCR法による仔魚からのSJNNV RNAの検出結果*					
	病魚磨砕液接種後日数					
	1	2	3	4	5	6
10 ⁻³	+	+	+	+		
10 ⁻³	+	+	+	+		
10 ⁻⁵	-	+	+	+		
10 ⁻⁵	-	+	+	+		
10 ⁻⁷	-	+	+	+		
10 ⁻⁷	-	-	+	+		
10 ⁻⁹	-	-	+	+		
10 ⁻⁹	-	-	+	+		
10 ⁻¹¹	-	-	+	+		
10 ⁻¹¹	-	-	+	+		
10 ⁻¹³	-	-	-	+		
10 ⁻¹³	-	-	-	+		
10 ⁻¹⁵	-	-	-	-	-	-
10 ⁻¹⁵	-	-	-	-	-	-
Control	-	-	-	-	-	-

*病魚磨砕液の各希釈液を仔魚に接種し、仔魚からPCR法によりSJNNV RNAを検出した。

表3. シマアジの種苗生産における仔魚、飼育水および飼育用水からのSJNNVの検出

生産年度 生産回次 飼育用水	供試材料	SJNNV RNAの検出（+は陽性、-は陰性）																
		ふ化後日数																
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	14	16	18	20	25	30
1993-6R1 UV	仔稚魚	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	飼育水	-	Nt*	-	Nt	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+
	飼育用水	-	Nt	-	Nt	Nt	Nt	-	-	-	-	Nt	Nt	-	Nt	-	Nt	-
1993-6R2 オゾン	仔稚魚	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
	飼育水	-	Nt	-	Nt	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-
	飼育用水	-	Nt	-	Nt	Nt	Nt	-	-	-	-	Nt	Nt	-	Nt	-	-	-
1993-6R3 ろ過海水	仔稚魚	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+							
	飼育水	-	Nt	-	Nt	-	+	+	+	+	+							
	飼育用水	-	Nt	-	Nt	Nt	Nt	-	-	Nt	-							
1994-2R1 UV	仔稚魚	-	-	-	-	-	+	+	+	+								
	飼育水	-	-	-	-	-	+	+	+	+								
	飼育用水	-	Nt	-	Nt	Nt	Nt	-	Nt	-								
1994-2R2 オゾン	仔稚魚	-	-	-	-	-	-	+	+	+								
	飼育水	-	-	-	-	-	-	+	+	+								
	飼育用水	-	Nt	N	-	Nt	Nt	-	Nt	-								

* Not tested

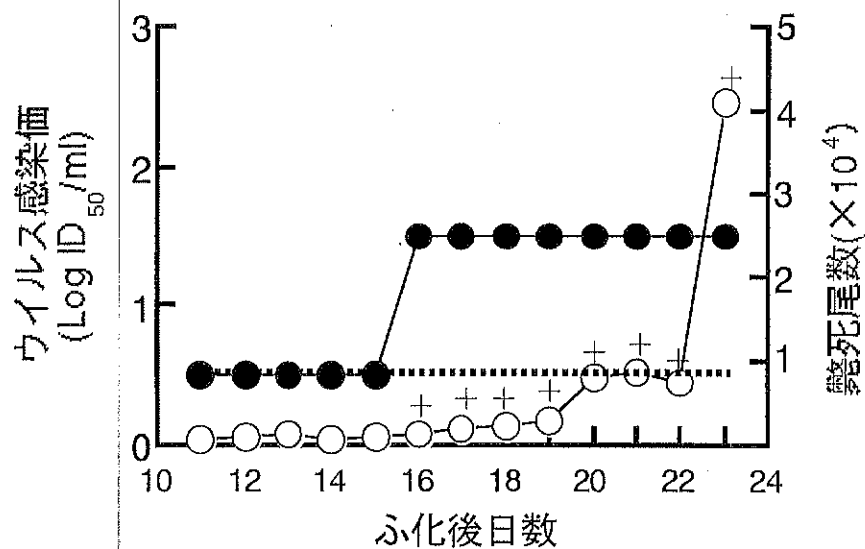


図1. 紫外線処理海水を用いた飼育における飼育水中のSJNNVの感染価と日間斃死尾数
 ●, 飼育水のウイルス感染価; ○, 日間斃死尾数;
 +, PCR陽性仔魚; , ウイルスの検出限界
 紫外線で処理した海水を飼育用水に用いた。仔魚の飼育水のウイルス感染価を測定した。

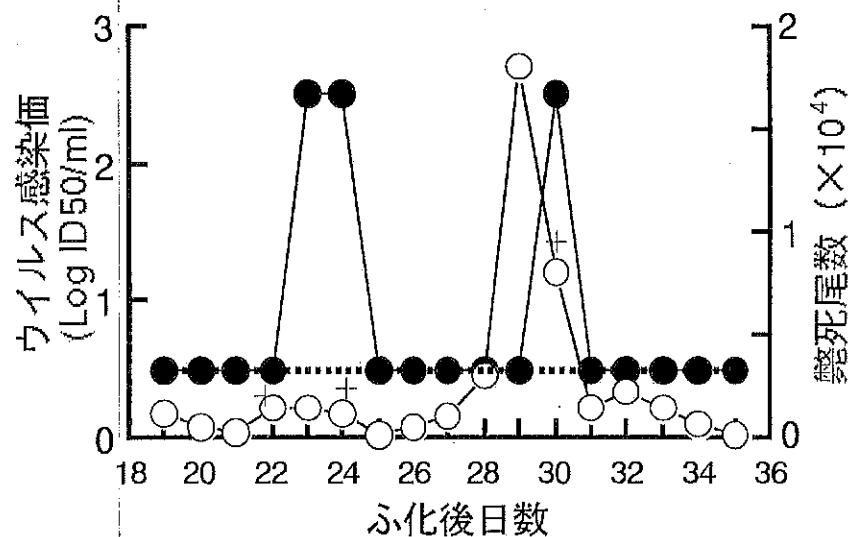


図2. オゾン処理海水を用いた飼育における飼育水中のSJNNVの感染価と日間斃死尾数
 ●, 飼育水のウイルス感染価; ○, 日間斃死尾数;
 +, PCR陽性仔魚; , ウイルスの検出限界
 オゾン処理した海水を活性炭でオキシダントを除去し飼育用水に用いた。仔魚を飼育している飼育水のウイルス感染価を測定した。

3. 環境水からのSJNNV検出

(1) 環境水からのSJNNV検出系の確立

種苗生産現場の飼育水を通じてSJNNVによるシマアジ仔魚への水平感染の可能性があるのかどうかを検討するため、シマアジ飼育環境水からのSJNNVの検出法を検討した。

1) 方法

① PCR法による海水中からのウイルスを検出

1gの感染仔魚を9倍量のPBSで磨砕し、核酸抽出液または海水で10倍段階希釈した。これらのウイルス懸濁液を材料にSJNNV RNA 2のT4領域増幅用のプライマーを用いて、PCRを25サイクル行い、増幅産物（436 bp）をアガロースゲル電気泳動で分析した。

② 感染実験によるウイルス検出

環境水中のウイルスを一旦仔魚に感染させ、その仔魚からPCRによりウイルスを検出した。上記のウイルス懸濁液（各1ml）を10倍段階希釈し、1mlをシマアジ仔魚（日齢1）50尾を収容した海水100 ml（カナマイシン5 mg/l）に添加し、無給餌、無通気で飼育した。6日後に魚（各10尾）を磨砕し、PCRによるSJNNVの検出結果から感染の有無を判定した。

2) 結果

PCRにより水中から直接ウイルスを検出する方法では、核酸抽出液では 10^{-4} の希釈液までSJNNVを検出することができたが、海水希釈では 10^{-2} となりその検出感度は低かった（表1）。感染実験による検出では 10^{-13} まで希釈した液に浸漬された仔魚からSJNNVが検出された（表2）。従って、感染実験による検出系を用いることにより水からSJNNVを高感度に検出できると判断された。

(2) 飼育環境水からのSJNNVの検出

1) 方法

VNNが発生した1993年および1994年の五島事業場と上浦事業場の仔稚魚の飼育水、海面生簀周辺海水、ろ過海水、オゾン処理海水、紫外線処理海水、ワムシおよびアルテミアの餌料培養水、作業用の淡水および親魚飼育水を各50ml採集し、 -85°C に凍結保存した。供試材料は速やかに融解し、上記の感染実験（バイオアッセイ法）によるウイルス検出法によりウイルスを検出した。

2) 結果

感染実験による検出系を用いてシマアジ飼育環境水からウイルスの検出を試みた結果、海面生簀周辺海水、ろ過海水、オゾン処理海水、紫外線処理海水、ワムシおよびアルテミアの餌料培養水、作業用の淡水および親魚飼育水からは検出されなかった。しかし、VNNが発生した飼育水槽内の飼育水からウイルスが検出された。いずれの飼育例でも、仔魚からウイルスが検出された後か、あるいは同時に飼育水中からウイルスが検出された（表3）。

(3) オゾンおよび紫外線処理海水を用いた飼育における飼育水中のウイルス感染価(50%感染価)

1) 方法

① 産卵親魚とふ化および飼育方法

1993年11月30日にPCR検出陰性と判断された人工13歳魚(雌8尾, 雄3尾)から得られた受精卵をヨード剤(有効ヨウ素10 ppm, 15分間)で消毒し, 1 m^2 水槽でふ化させた。ふ化後得られた仔魚を, 90 m^2 水槽2面にそれぞれ50万尾ずつ収容し, 紫外線処理海水を用いて飼育する区と, オゾン処理海水を用いて飼育する区を設けた。斃死尾数は, 底掃除で採集される斃死魚を数えるとともに, 20~48 lの飼育水中の生存魚数を数えることにより算出した。また, 水槽内の仔稚魚10尾を採集し, PCRによるSJNNVの検出を行い, 感染の有無を判定した。

② ウイルス感染価(50%感染価)の測定法

飼育水槽内の飼育水(50 ml)を毎日採集し, ウイルス検出に供試するまで-85 $^{\circ}\text{C}$ に凍結保存した。2個の100 mlビーカーにオゾンゾン処理海水を90 ml入れ, 仔魚50尾を収容した。これに10倍段階希釈した飼育海水を10 ml接種し, 6日目に仔魚を取り上げ, PCRによるSJNNVの検出を行い, 感染の有無を判定した。ウイルス50%感染価は, Behrens-Karber法によりを算出した。

2) 結果

紫外線処理海水を用いた飼育における, 飼育水中のウイルス感染価, 仔稚魚からのウイルス検出結果および日間斃死尾数について図1に示した。飼育水中のウイルス感染価は, ふ化後16日目より全滅するまでウイルス感染価 $10^{0.5}\text{ID}_{50}/\text{ml}$ を維持し, ウイルス感染価の変化は見られなかった。日間斃死尾数は, ふ化後20日目以降には5000尾以上に達し, VNNの症状が見られ斃死した。オゾン処理海水区では, 飼育水中のウイルスは, ふ化後23, 24, 30日目に検出され, ウイルス感染価は $10^{0.5}\text{ID}_{50}/\text{ml}$ であった。日間斃死尾数は, ふ化後29, 30日目に急激に増加し, 5000尾以上となったが, 特徴的なVNNの症状は認められず, 種苗を生産することができた(図2)。

(4) 考察

環境水からのSJNNVの検出系の確立を狙いとした実験を行い, 試料海水を一旦仔魚に接種し, 仔魚でウイルスを増殖させたのち, PCRにより仔魚からウイルスの検出を行った結果, シマアジ病魚1gのウイルス量を 10^{-13} 希釈した海水からもウイルスを検出することが可能で, 本検出系で高感度に水からウイルスを検出できると判断された。

この検出系を用いて, VNNが発生している条件下の環境水からウイルス検出を行ったが, 海面生簀周辺海水, ろ過海水, 飼育用水の紫外線処理海水およびオゾン処理海水, 生物餌料の培養水, 親魚の飼育水からもウイルスは検出できなかった。しかし, これらの用水および生物餌料を用いてPCR陰性親魚から得られた仔魚を飼育した結果, 実験区の仔魚および飼育水からSJNNVが検出された。飼育水

からウイルスが検出される時期は、仔魚からウイルスが検出されると同時か、あるいは数日後にウイルスが検出された。このことは、感染仔魚が斃死し、仔魚が水中で分解され、ウイルスが水中に拡散した結果であると推定される。従って、本ウイルスの第一次感染源はやはり親魚であり、感染仔魚を水槽に持ち込むことにより、水槽内では次々と健康仔魚への水平感染がおこると判断された。

これまでの飼育事例では、同じ親魚から得られたふ化仔魚を用いて種苗生産すると、紫外線処理海水を用いた飼育では全てVNNが発生したにもかかわらず、オゾン処理海水を用いた飼育では稚魚を生産することができた事例が2例認められている。用水を通じての水平感染は上記述べたことから発病の可能性は低いと判断されるが、この現象を詳細に検討するため、飼育水中のSJNNVの感染価（50%感染量）を定量した。紫外線処理水を用いた飼育水では、 $10^{0.5} \text{ID}_{50}/\text{ml}$ のウイルス感染価が連続して検出され、仔魚からも連続してSJNNVが検出され、最終的には全滅に至った。しかし、オゾン処理海水を用いた飼育では、ウイルス感染価は紫外線処理海水区よりも高い $10^{1.5} \text{ID}_{50}/\text{ml}$ のウイルス感染価が検出されたが、断片的にしかウイルスは検出されず、稚魚を生産することができた。紫外線処理海水区では、飼育水中にウイルスが連続的に検出されたことから、飼育水槽内で感染魚から健康魚への感染が次々に起こり、全滅した可能性がある。しかし、オゾン処理海水を用いた飼育環境中では、感染魚から次の仔魚へのウイルス感染が起こりにくい状況にあったと推定され、飼育水中でのウイルスの活性維持および仔稚魚へのウイルスの吸着が抑制された可能性がある。従って、飼育用水をオゾン処理して用いることは、本病の防除手段として有効と判断された。なお、オゾン処理海水区でも、高い斃死率を示すこともあったが、斃死原因については、VNN以外の斃死もあったのではないかと判断された。オゾンは、酸化力が塩素よりはるかに強く、ウイルスに対しても極めて有効な消毒剤であることが報告されている。また、本ウイルスにおいても0.1ppmでは2分30秒で、0.5ppmでは30秒で不活化効果が認められている。オゾンは不活化作用に加えて、海水中の鉄、マンガン、銅等の金属を酸化することが知られている。もし、本ウイルスの活性維持あるいはウイルスの仔魚への吸着に金属の存在が必要ならば、この現象を説明することもできるが、現段階では推定の域を出ない。今後、この点についての検討が必要である。

なお、ウイルス感染仔稚魚が斃死し、水中にウイルスが拡散することにより飼育水中のウイルス感染価が上昇すると推定されるが、紫外線処理海水区ではVNNによる斃死と診断されたにも関わらず、一定レベルで推移し、斃死魚数との関係は明らかでなかった。このことは、飼育水の注水量と関係し、水槽内のウイルスが薄められ、水槽外へ排出されたためと考えられる。この点からすると、飼育水の換水も、飼育水槽内の水平感染を防除する一つの手段であろう。

先に述べた、環境水からのウイルス検出系では、シマアジ病魚1gのウイルス量を 10^{13} の希釈した海水からもウイルスを検出することが可能であった。逆に上記のことは、1gの病魚が斃死し海水中にウイルスが拡散すると1億 m^3 (10^{14}ml)の海水中でも感染が成立し、100 m^3 水槽では1尾の感染魚が含まれれば、感染が成立

することになる。また、当該のある布浦湾全体の海水の容量は満潮時で約700万 m^3 であるので、約1000尾の感染仔魚が流出すると湾全体で感染が成立することとなる。従って、十分水平感染に留意したVNN対策が必要である。

4. ふ化仔魚中の感染魚が含まれる確率

PCRによる親魚選別が有効かどうかをさらに詳細に検討するため、PCR陰性および陽性親魚から得られた仔魚を飼育しVNNの発生状況を調査し、ふ化仔魚中の感染魚が含まれる確率を推定した。

(1) 方法

1) 供試親魚

PCR陰性群（人工10歳魚、1994年2月4日に産卵）およびPCR陽性群（人工13歳魚、1994年3月28日に産卵）から得られたふ化仔魚を用いた。PCR陰性群では、1993年11月10日から1994年2月4日にかけて計4回のPCRによるウイルス検査を行い、いずれもPCR陰性の個体である。PCR陽性群では、1993年11月10日から1994年3月24日にかけて計3回のPCRによるウイルス検査を行い、3月24日にPCR陰性からPCR陽性（10尾中4個体）に転じた群である。

2) 仔魚の飼育

洗卵した受精卵をヨードで消毒した後（有効ヨウ素で20 ppm、15分間）、ふ化させた。ふ化海水および飼育海水ともオゾン殺菌海水を用い、飼育では通気のみを行い、換水は行わなかった。PCR陰性群から得られた仔魚（日齢1）は60 m³水槽1面に120,000尾を、0.5 m³水槽を6面に5,000尾を収容し、PCR陽性群から得られた仔魚（日齢1）では0.5 m³水槽を6面に5,000尾を収容した。餌料にはシオミズツボワムシを投与した。

3) 検出方法

毎日10尾ずつ仔魚をサンプリングしたが、ふ化5日後、10日後および20日後では100尾をサンプルし、10サンプル（10尾ずつ）をPCRに供した。

(2) 結果

PCR陰性親魚群から得られたふ化仔魚を120,000尾収容した飼育例では、ふ化11日後より仔魚からウイルスが検出され、その後も連続的に仔魚からウイルスが検出され、20日後には仔魚が全滅した。一方、5,000尾を収容した6例の飼育では、ふ化20日後までの仔魚からはウイルスが検出されず、VNNの症状も見られない順調な飼育例が2例みられた。しかし、VNNが発生した群では、早いものでふ化14日後以降にウイルスが検出されたが、断片的にしか検出されなかった。20日後の10サンプル（10尾ずつ）を検査した結果、120,000尾収容群では10サンプル中全てがPCR陽性で、5,000尾収容群では0～90%と検出率に水槽間で差が見られた（表1）。

一方、PCR陽性親魚群から得られたふ化仔魚では、いずれの水槽でも、ふ化7日後までに仔魚からウイルスが検出され、その後も連続的にウイルスが検出され、10日後には全滅した。10サンプル中のPCR陽性率は、5日後には20～100%であったが10日後では、いずれも90%以上であった（表2）。

(3) 考察

本ウイルスは間接ELISAで検出すると雌親魚の卵巣より高い確率でウイルスが検出される。さらに微量なウイルスをPCRにより生殖巣から検出することにより親

魚選別が可能であると考えられたが、しかし、PCR陰性と判断された親魚群から得られたふ化仔魚でもVNNの発生が認められる場合があった。このため、PCR陰性親魚および陽性親魚から得られた仔魚を用いて、詳細に飼育実験を行った結果、PCR陽性魚から得られた仔魚では、6水槽（0.5 m³水槽）全ての仔魚からPCR陽性仔魚が認められ、10日目までに全ての実験区が全滅した。一方、陰性魚から得られた仔魚ではVNNが発生しなかった水槽が認められた。今回の実験で飼育に用いた用水を通じての感染がなかったと仮定すると、収容した仔魚の中に病魚が含まれていたかどうかで発生の有無が生じたと考えられ、VNNが発生しなかった陰性群から得られた仔魚では5,000尾中に1尾も病魚が含まれていなかったグループが存在したと考えられた。逆に、陽性魚から得られた仔魚では5,000尾の中にウイルス感染魚が1尾以上含まれていたと考えられる。従って、PCRにより生殖巣からウイルスを検出し親魚を選別することは有効と考えられる。なお、1尾のウイルス感染魚が存在し、海水中にウイルスが放出されると0.5 m³および60 m³水槽でも感染は成立する。このため、5,000尾仔魚を収容した場合の発病率は66.7%（4/6）であり、7,500尾では6/6（100%）の発病率が予想される。このことより、PCRによりウイルス陰性と判断された親魚群から得られたふ化仔魚でも7,500尾に1尾の割合で病魚が含まれていると推定される。陰性群から得られた仔魚で120,000尾収容した群と5,000尾を収容した群では、120,000尾を収容した群がウイルス検出までの日数も短く、連続的にウイルスが検出されたことより、水槽内のウイルス感染価および罹病率が高かったと考えられる。このことは、大型水槽での種苗生産ではVNNの発生率が高いことを示唆し、仔魚の飼育密度を低減することも本病の防除対策の一つの手段と考えられた。

表1. PCR陰性親魚から得られた仔魚を小分け飼育した場合の仔魚からの
SJNNV RNAの検出

水槽		SJNNV RNA検出結果（+は陽性, -は陰性）												PCR陽性率	生残率
供試	容量	ふ化後日数												(20日目)	(%)
尾数	(m³)	1-10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	(20日目)	(20日目)	
120,000	60	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	10/10 *	0.0	
5,000	0.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0/10	6.8	
5,000	0.5	-	-	-	-	+	-	-	-	-	+	+	2/10	4.0	
5,000	0.5	-	-	-	-	+	-	-	-	-	+	+	9/10	0.0	
5,000	0.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0/10	7.2	
5,000	0.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	5/10	0.0	
5,000	0.5	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	2/10	3.2	

* PCR陽性サンプル/ 供試サンプル, 1サンプルは10尾の仔稚魚を含む。

表2. PCR陽性親魚から得られた仔魚を小分け飼育した場合の仔魚からの
SJNNV RNAの検出

供試 尾数	水槽 容量 (m³)	SJNNV RNA検出結果（+は陽性, -は陰性）										PCR	PCR	生残率 (%)	
		ふ化後日数										陽性率	陽性率		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	(5日目)	(10日目)		(10日目)
5,000	0.5	-	-	+	+	+						10/10 *			0.0
5,000	0.5	-	-	+	+	+						10/10			0.0
5,000	0.5	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	7/10	9/10		0.0
5,000	0.5	-	-	-	-	+	+					8/10	10/10		0.0
5,000	0.5	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	8/10	10/10		0.0
5,000	0.5	-	-	-	-	+	+	+				7/10			0.0
5,000	0.5	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	2/10	10/10		0.0

* PCR陽性サンプル/ 供試サンプル, 1サンプルは10尾の仔魚を含む。

5. 発病を免れた仔稚魚からのウイルス抗原および抗体検出

- (1) 1993年3月に上浦事業場で仔魚期（ふ化10日後）から稚魚期まで引き続いてVNNの発生が認められ、大半は斃死したが、一部の稚魚が生残した。この生残した稚魚について定期的に本ウイルスに対する抗体の検出とPCR法により各組織からウイルスの検出を行った。
- (2) VNNの発生が認められた仔魚では、ふ化21日後では90%の個体からウイルスが検出されたが、その後ウイルス検出率は低下し、ふ化137日後以降では、稚魚の組織からウイルスは検出されなくなった。一方、抗体価はふ化137日後以降に0.1以上となり抗体陽性に転じた（表1）。
- (3) VNNの発病をのがれたシマアジは、ふ化137日後以降にはどの組織からもウイルスは検出されなかったが、血漿中に本ウイルスに対する抗体は上昇した。従って、仔稚魚期に感染し、発病をのがれたシマアジの体内にはウイルスが潜伏し、成長して親魚となった後、再び卵を介しての垂直感染が起こる可能性が示唆された。

6. 人為感染魚からのウイルス抗原の検出

- (1) 体内におけるウイルスの増殖様式を把握するために、ウイルスを人為的に投与し、PCR法により組織からのウイルス検出を行った。
- (2) まず、人工生産5年魚（平均体重499 g）にSJNNVの純化ウイルス150 μ g/尾（PBSで調整し、0.5 mlを注射）を筋肉、鼻孔および腹腔それぞれ5尾ずつ注射した。2日目および4日目にサンプリングし、各組織からウイルスの検出を行ったが、全く検出されなかった。
- (3) このため、人工生産0年魚（平均体重29.2 g）を用い、ウイルス液には病魚の磨砕液（病魚に9倍量のPBSを加え、磨砕）のろ液を用いた。筋肉、鼻孔および腹腔部に5尾ずつ注射し、2日目および4日目にサンプリングし、各組織からウイルスの検出を行った。筋肉内に注射した魚の各組織から高率にPCR陽性となった（表2）。
- (4) 上記のことから人為感染には病魚磨砕液が有効であり、より低年齢魚が有利と考えられた。従って、人工生産0年魚（平均体重24.3 g, 14.5~35.6 g）150尾に病魚の磨砕液（病魚に9倍量のPBSを加え、磨砕）のろ液を0.5 ml注射した。コントロールにはPBSを0.5 ml注射した。注射後160日目まで定期的にサンプリングし、各組織からウイルスの検出を行った。
- (5) 接種後20日目以降は、脳および目からはPCR陽性は認められなかった。しかし、腸（1/9, 9尾中1尾が陽性）、肝臓（1/9）、腎臓（1/9）および心臓（6/9）では160日目でもPCR陽性が認められた。また、血清中からも20日目までPCR陽性が見られた（表3）。
- (6) 期間中の死亡率は、試験区で96.6%、コントロールでは5.7%であった。

表1. VNNの発病を免れたシマアジからのSJNNV RNAおよび抗体の検出

器官	SJNNV RNAおよびSJNNVに対する抗体の検出									
	ふ化後日数（平均全長，mm）									
	21 (6.5)	48 (30.3)	71 (36.7)	89 (44)	102 (62)	137 (75)	166 (81)	183 (92)	214 (119)	260 (125)
全魚体	9/10	7/10	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT
眼	NT *1	NT	8/10 *2	9/16	2/20	0/5	0/5	0/10	0/3	0/3
胃	NT	NT	NT	NT	NT	NT	0/5	0/10	0/3	0/3
腸	NT	NT	NT	NT	NT	NT	0/5	0/10	0/3	0/3
肝臓	NT	NT	NT	NT	NT	NT	0/5	0/10	0/3	0/3
脾臓	NT	NT	NT	NT	NT	NT	0/5	0/10	0/3	0/3
腎臓	NT	NT	6/10	NT	NT	NT	0/5	0/10	0/3	0/3
幽門垂	NT	NT	NT	NT	NT	NT				
筋肉	NT	NT	NT	NT	NT	NT	0/5	0/10	0/3	0/3
脳	NT	NT	8/10	NT	1/20	0/5	0/5	0/10	0/3	0/3
心臓	NT	NT	NT	NT	NT	NT	0/5	0/10	0/3	0/3
SJNNVに対する 抗体の ELISA値	NT	NT	NT	NT	- *3	+	+	+	+	++

*1 Not tested

*2 PCR陽性個体数/調査個体数

*3 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。

表3. 人為的感染試験における各組織からのウイルス検出結果

Organ	Number of PCR-positive/ Number of fish examined					
	Days after exposure					
	0	5	10	20	40	80
Eye	4/5	3/5	2/5	0/5	0/5	0/5
Stomach	3/5	2/5	0/5	1/5	0/5	0/5
Intestine	4/5	5/5	3/5	0/5	1/5	0/5
Liver	4/5	3/5	4/5	4/5	3/5	4/5
Spleen	3/5	4/5	3/5	4/5	5/5	4/5
Kidney	4/5	4/5	5/5	4/5	5/5	5/5
Pyloric caecum	3/5	4/5	4/5	2/5	1/5	0/5
Muscles	5/5	3/5	0/5	0/5	1/5	0/5
Brain	5/5	5/5	3/5	1/5	0/5	0/5
Heart	5/5	3/5	3/5	3/5	3/5	5/5
Blood	+*	+	+	+	-	-

* PCR-positive

表2. 病魚磨砕液の注射部位ごとのウイルス検出結果（4日目）

Organ	Intact smear of nasal cavity	Injection into nasal cavity	Intramusclar injection
Eye	0/1	1/2	2/2
Stomac	0/1	1/2	2/2
Intestine	0/1	1/2	2/2
Liver	0/1	0/2	2/2
Spleen	0/1	1/2	2/2
Kidney	0/1	2/2	2/2
Pyloric caecum	0/1	0/2	2/2
Muscles	0/1	1/2	2/2
Brain	0/1	0/2	2/2
Heart	0/1	2/2	2/2

V-2 ブリのウイルス性腹水症

YAVの特異的な診断技術を開発する目的で、平成4年度から本ウイルスの大量培養方法と純化法の検討を行ってきている。しかし、感受性細胞（CHSE-214）を用いてのウイルスの大量培養と得られたウイルスの純化については、特異的診断法の開発を行えるまでには至っていない。

本年度はブリふ化仔魚を用い、バイオアッセイ法によりウイルスの大量培養を試みた。また、感受性細胞を用いウイルス液の接種濃度を検討した。

(1) 平成6年3月9日に得られたふ化仔魚200尾を1ℓビーカーに収容し、感染力価 $10^{8.5}$ TCID₅₀/mlのウイルス液を100μl加えた。1時間浸漬感染後、30ℓパンライトに収容し、毎日10尾をサンプリングし、感受性細胞によるウイルス分離を行った。その結果、CPE（細胞変性効果）は確認できなかった。

(2) 平成5年7月にYAV罹病魚から作製した感染力価 $10^{8.5}$ TCID₅₀/mlのウイルス液をCHSE-214細胞に接種し、CPEが起こった細胞の培養液をウイルス液とした。そのウイルス液を $10^0 \sim 10^{-13}$ に希釈し、25mlフラスコに培養したCHSE-214細胞に接種した結果、ウイルス液の接種濃度は $10^4 \sim 10^6$ 希釈の場合、CPEが接種後3～4日に現れることから、このウイルス接種濃度がウイルスの大量培養に適當であると判断した。

（佐藤 純）

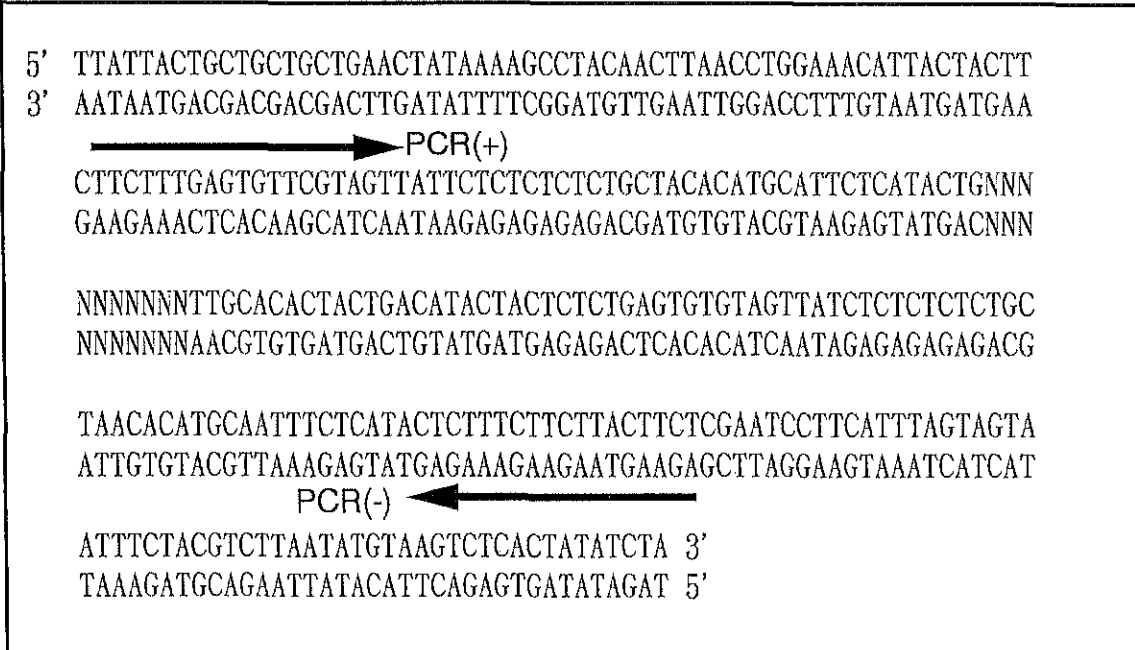
V - 3 クルマエビの中腸腺壊死症

- (1) PjNOV=BMNVのPCRによるウイルス遺伝子の検出法の開発を目的として試験を行った。
- (2) 昨年度にクローニングしたインサートDNA (pBV-3、pBV-5、pBV-7) から6種類の20merのオリゴヌクレオチドプライマーを合成した(図1)。
- (3) クローニングしたインサートDNAの大きさが95, 190, 165bpと小さく、PCRの増幅産物が小さく、PCRの感度は極めて低かった。
- (4) 今後、大きなインサートDNAをクローニングし、PCRのプライマーを作成する必要がある。

PBV-7



PBV-5



PBV-3

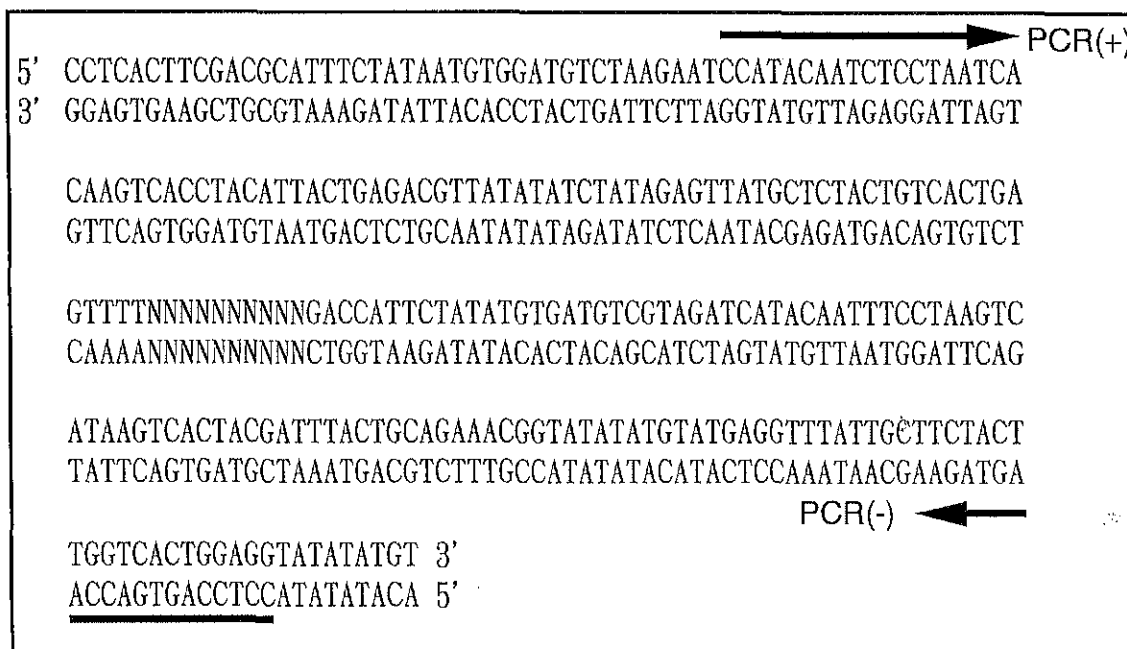


図1. PjNOB(BMNV)のDNAのクローンPBV-7,PBV-5およびPBV-3の一部の塩基配列とオリゴヌクレオチドプライマー

6. 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8年目を迎える。当初、大型生物餌料の代替餌料の開発を目的に微粒子人工配合飼料の開発を行ってきたが、全長20mmまでは順調に配合飼料の開発が進み、現在、ワムシ+アルテミア幼生+配合飼料の餌料系列でブリ種苗生産は行われている。

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。このため、一昨年度より、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種類の飼料を試作し、このサイズでの配合飼料化について試験を行なった結果、昨年度は全長10mmサイズで2飼料、全長15mmサイズで6飼料が生物餌料を上回る結果が得られた。今年度は、昨年度と同様、摂餌性の向上を共通テーマに試作した各社2種類の飼料を用いて試験を行った。なお、今年度は、全長10mmでの試験を一時休止し、全長15mmでの小型サイズでの配合飼料の開発に重点をおいて試験を行うこととした。

材料と方法

試験は、全長15mmサイズで2回（試験Ⅰ・Ⅱ）に分けて行った。

- 1) 試験月日 試験Ⅰ：5月20日から5月29日
試験Ⅱ：6月4日から6月13日
- 2) 試験期間 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・Ⅱとも 625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 給餌方法 配合飼料の給餌は手撒きで行う
 - ③ 給餌量 試験期間中の給餌量は体重比で設定（表4参照）
 - ④ 給餌時間 配合飼料区：表5参照
生物餌料区：表6参照
- 9) 実験区 実験区は合計17区設置した。
配合飼料区（13区）：6社1大学の飼料を用いて行う。
生物餌料区（2区）：アルテミア幼生単独給餌区
アルテミア幼生+天然コペポータ併用区
制限給餌区（1区）：配合飼料区と同じ割合で生物餌料を単独給餌

参加会社（大学）は以下の通りである

協和発酵株式会社	（対照飼料・改良飼料）
オリエンタル酵母株式会社	（対照飼料・改良飼料）
富士製粉株式会社	（対照飼料・改良飼料）
中部飼料株式会社	（対照飼料・改良飼料）
ハリマ化成株式会社	（対照飼料・改良飼料）
丸紅飼料株式会社	（対照飼料・改良飼料）
鹿児島大学	

（各社の飼料の粒径と特性については表 2・3 参照）

（改良飼料は、対照飼料を摂餌性の向上のために改良した飼料である）

10) 調査項目

- | | |
|---------------|---|
| ① 成長と生残 | 成長は 0 日目, 5 日目, 10 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） | 6 日目に調査を行う |
| ③ 活力試験（空中露出） | 試験終了時に行う |
| ④ 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・健苗指数*³をもとに配合飼料の有効性の検討を行なった。

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

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

$$*3 \quad \text{健苗指数} = \frac{\text{配合飼料区が生産指数} \times \text{活力試験の生残率}}{\text{生物餌料区が生産指数} \times \text{活力試験の生残率}} \times 100$$

結果

試験 I・II における飼育概要を表 7 に示した。また、試験結果を表 14 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

試験は、3 社（協和発酵・オリエンタル酵母・富士製粉）1 大学（鹿児島大学）の配合飼料区に生物餌料区を加えて行った。試験期間は 5 月 20 日～5 月 29 日までの 10 日間である。

1) 成長と生残

成長は、馴致期間終了時には生物餌料区が全長 15.4, 15.9mm であるのに対し、配合飼料区は全長 14.3～15.3mm であり、生物餌料が配合飼料区を上回っていた。

本試験終了時には生物餌料区が全長18.7, 19.9mmであるのに対し、配合飼料区は全長19.2~22.8mmであり、配合飼料区が生物餌料区を上回っていた(図1)。

馴致期間の減耗は、生物餌料区・配合飼料区ともにほとんどなく、馴致期間終了時の生残率は92.5~97.6%であった。

本試験期間の減耗は、配合飼料区では本試験開始2~3日目に見られ、本試験終了時の生残率は27.1~84.5%であった。一方、生物餌料区は生残率は96.8, 98.5%であった。

通算生残率は、配合飼料区が25.1~78.7%であるのに対し、生物餌料区(1)が96.2%, 生物餌料区(2)が92.8%であり、実験区の中で最も良かった(図2)。

2) 生残指数・生産指数・健苗指数

生残指数では生物餌料区を上回るものはなかった。また、生産指数では1飼料で生物餌料区を上回り、3飼料で80以上と生物餌料区に迫るものがあった。しかし、健苗指数では生物餌料区を上回るものはなかった。なお、生物餌料区では、アルテミア単独給餌区はアルテミア+天然コペポード併用区に比べて成長・活力が低かったため健苗指数では37と併用区を大きく下回った(図5)。

3) 配合飼料の摂餌率

馴致期間終了時の摂餌率は、平均50.0% (3.3 ~ 83.3) であった。また、対照飼料と改良飼料の摂餌率を比較すると、2社で改良飼料が対照飼料を上回り摂餌性の向上が認められたが、その差は大きいものでなかった。この中で、摂餌率の高い協和発酵の飼料では生残・成長も良かった。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比較すると、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(表10)。

4) 活力試験(2分間の空中露出)

各実験区の試験終了時の活力試験の生残率は、配合飼料区が平均71.8% (30~100) であるのに対し生物餌料区(2)が90%であり最も高かった。なお、生物餌料区(1)は40%と低く、天然コペポードの活力向上効果が伺われた。

5) 体組成分析結果

試験に使用した生物餌料(アルテミア, 天然コペポード)の脂肪酸組成をみると、アルテミア(Powersh Aにより強化)のEPAは6.09%, DHAは2.31%であるのに対し、天然コペポードのEPAは21.96%, DHAは18.46%であり、両者の間の組成に大きな差がみられた(表15)。

試験終了時の供試魚の脂肪酸組成をみると、全脂肪酸中に占めるEPAの割合は、生物餌料区(2)が7.32%であるのに対し配合飼料区は平均6.22 (4.84~7.47)%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(2)が11.35%であるのに対し配合飼料区は平均8.99 (6.83~13.08)%であり、天然コペポードの給餌によるDHAの増加が認められた。なお、生残・成長・活力についてそれぞれEPA, DHAとの関係をみると、特に関連性はみられなかった。また、一般組成中の脂質(dry)の割合は、生物餌料区(2)が最も低く、タンパク質は生物餌料区(2)が最も高かった(表16)。

2. 試験Ⅱ

試験は、3社（中部飼料・ハリマ化成・丸紅飼料）1大学（鹿児島大学）の配合飼料区に生物餌料区を加えて行った。生物餌料区はアルテミア，天然コペポダ併用区の1区のみとした。試験期間は6月4日～6月13日までの10日間である。

1) 成長と生残

成長は、馴致期間終了時には生物餌料区(2)が全長16.8mmであるのに対し、配合飼料区は全長15.8(15.2～16.5)mmであり、生物餌料区(2)が配合飼料区を上回っていた。

本試験終了時には生物餌料区(2)が全長21.9mmであるのに対し、配合飼料区は全長20.9(19.5～23.3)mmであり、大差なかった。

馴致期間の減耗は、生物餌料区(2)・配合飼料区ともにほとんどなく、馴致期間終了時の生残率は92.5～97.3%であった。

本試験期間の減耗は、配合飼料区では本試験開始2～3日目に見られ、本試験終了時の生残率は27.4～83.8%であった。一方、生物餌料区(2)は、95.9%であった。

通算生残率は、配合飼料区が26.2～79.2%であるのに対し、生物餌料区(2)は93.0%であり実験区の中で最も良かった(図4)。

2) 生残指数・生産指数・健苗指数

試験区の生残指数では生物餌料区(2)を上回るものはなかった。また、生産指数・健苗指数では1飼料で生物餌料区(2)を上回り、1飼料で90と生物餌料区(2)に迫るものがあった。

3) 配合飼料の摂餌率

馴致期間終了時の摂餌率は、平均29.9%(3.0～80.0)であった。また、対照飼料と改良飼料の摂餌率を比較すると、2社で改良飼料が対照飼料を上回り摂餌性の向上が認められたが、その差は大きいものではなかった。この中で、摂餌率の高い中部飼料の飼料では生残・成長も良かった。各配合飼料区における配合飼料の摂餌個体と未摂餌個体の全長を比較すると、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(表10)。

4) 活力試験(2分間の空中露出)

各実験区の試験終了時の活力試験の生残率は、配合飼料区が平均83.8%(66.7～96.6)であるのに対し生物餌料区(2)が90%であり、1飼料を除き大差なかった。

5) 体組成分析結果

試験終了時の供試魚の脂肪酸組成をみると、全脂肪酸中に占めるEPAの割合は、生物餌料区(2)が8.08%であるのに対し配合飼料区は平均8.02(5.24～9.92)%であり、平均値では大き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(2)が14.27%であるのに対し配合飼料区は平均8.18(6.73～9.99)%であり、天然コペポダの給餌によるDHAの増加が認められた。なお、生残・成長・活力についてそれぞれEPA、DHAとの関係をみると、特に関連性はみられなかった。また、一般組成中の脂質(dry)の割合は生物餌料区(2)が最も低く、タンパク質では生物餌料区(2)と配合飼料区の間には大きな差はなかった(表17)。

考察

1. 生残指数・生産指数

試験Ⅰ及び試験Ⅱを通して試験結果をみると、全長15mmサイズでは、生残指数では生物餌料区に及ばないものの、生産指数で2区、健苗指数で1区が生物餌料区を上回り、これまでにない好結果であった。一方、上浦事業場で行われた試験結果と比較すると、中部飼料の生産指数では生物餌料区(2)を上回り共通の結果が得られたが、それ以外の会社の飼料では結果に整合性が見られなかった。

2. 健苗指数

これまで本実験の結果の評価は、平成3年までは生残指数を用いて行ってきた。しかし、この評価方法だと配合飼料の特徴である成長の良さが評価されないということで、平成4・5年は生残指数に成長を加味した生産指数を用いて行った。さらに、今年度は、種苗の活力を加味して総合的に評価するため、生残指数・生産指数の他に健苗指数を用いて評価することとした。しかし、この評価方法は、生物餌料区の活力試験の生残率が低い場合に配合飼料区の健苗指数が著しく高く評価される傾向がある。このため、今年度は生物餌料区に天然コペポダを使用した結果、活力試験の生残率が高くなり、これにより配合飼料区の健苗指数も妥当な値が得られるようになった。健苗指数は、今後さらに改良の余地はあると思われるが、実験結果の相対評価に有効であると思われる。

3. 今後の展開

近年、本共同研究の停滞している理由として、全長15mm前後の配合飼料の開発が遅れていることがあげられる。これまでに、いくつかの飼料で生物餌料を上回る飼料が開発されたが、いずれも再現性に乏しく単年度の成果で終わっている。本種の飼育方法において不安定要因が多いことも再現性が乏しい原因となっている。このため、本共同研究を進展させるためには成果の再現性が重要な課題であり、原料等に左右されない安定した飼料の作成及び飼育方法の確立が必要と思われる。

要約

- 1) ブリ配合飼料化試験は、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8年目を迎える。これまで、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きたが、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。今年度は、全長10mmサイズでの試験を中止して、全長15mmサイズでの配合飼料化に重点をおいて試験を行った。
- 2) 配合飼料は、昨年度と同様に各企業から摂餌性を高める工夫をした2種類の試験飼料の提供を受けて、全長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、6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。試験は2回に分けて行い、試験Ⅰでは3社(協和・オリエタル・富士)、試験Ⅱでは3社(中部・ハリマ・丸紅)とした。そして、さらに鹿児島大学飼料区と生物餌料区(2区)を設けた。供試尾数は、試験Ⅰ、試験Ⅱとも625尾とした。飼育期間は、配合飼料への馴致期間を5日間、本試験を5日間とした。また、新たに、従来の対照区である栄養強化したアルテミアノープリウスのみを給餌する生物餌料区(1)の他に、アルテミアノープリウスと天然コペポダ(冷凍)を併用して

給餌する生物餌料区(2)を設けた。試験の結果は、生物餌料区(2)を基準として、生残・成長・活力および生残指数・生産指数・健苗指数より評価した。

- 4) 試験Ⅰでは、生残指数・生産指数・健苗指数のいずれも協和(対)が7飼料区のうち最も高かった。しかし、生物餌料区に比べると、生産指数では、協和(対)が104と生物餌料区を上回ったが、生残指数および健苗指数では、85と76となり生物餌料区より低かった。なお、生物餌料区(1)と(2)を比較すると、生残指数では差が見られなかったが、生産指数および健苗指数では天然コペポダを併用して給餌した(2)の方が高く、特に健苗指数ではその差は顕著であった。
- 5) 試験Ⅱでは、生残指数では中部(改)とハリマ(改)がともに85であり7飼料区の中で最も高かった。生産指数・健苗指数では、中部(改)が104と112となり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を通して協和(66.7%→83.3%)および中部(56.7%→80.0%)に摂餌性の改良飼料の効果が見られたものの、他社では改良効果は認められなかった。
- 7) 試験終了時の活力試験の結果は、従来対照区としていた生物餌料区(1)を基準とした場合、すべての配合飼料区で生物餌料区を上回った。他方、今年度新たに設けた生物餌料区(2)を基準とした場合では、天然コペポダの給餌効果により生物餌料区の活力が向上したにもかかわらず、生物餌料区と同等かそれ以上の活力が13飼料中4飼料区でみられたのは注目された。
- 8) 今年度は、生物餌料区に天然コペポダを使用した結果、成長・活力が向上し、その結果、各配合飼料区が生産指数・健苗指数は相対的に低下した。その中で中部(改)は生物餌料区を上回り、このサイズでの実用化の可能性が窺えた。
- 9) 今後は、引き続き摂餌性の向上を目指して全長15mmサイズでの再現試験を行う一方、今年度中止した全長10mmサイズでの試験を行いたい。

(塩澤 聡)

表1 試験Ⅰ・Ⅱにおける使用餌料

	馴致期間 (5日間)		本試験 (5日間)	
	サイズ	餌料	サイズ	餌料
配合飼料区	12mm	アルテミア 配合飼料 (No.1・2) *	15mm	配合飼料 (No.2・3) *
生物餌料区	12mm	アルテミア 天然コベ	15mm	アルテミア 天然コベ
制限給餌区	12mm	アルテミア	15mm	無

* 配合飼料の粒径は表2 参照

表2 各社の配合飼料の粒径 (μm)

配合飼料区	造粒法	No. 1	No. 2	No. 3
協和 (対)		125~250	250~400	400~700
協和 (改)		125~250	250~400	400~700
リエンル (対)		125~250	250~500	500~750
リエンル (改)		125~250	250~500	500~750
富士 (対)		150~250	250~500	500~750
富士 (改)		150~250	250~500	500~750
中部 (対)		150~250	250~500	500~750
中部 (改)		150~250	250~500	500~750
ハリマ (対)		125~250	250~500	500~750
ハリマ (改)		125~250	250~500	500~750
丸紅 (対)		125~250	250~500	500~750
丸紅 (改)		125~250	250~500	500~750
鹿大		150~250	250~350 350~500	500~700

表3 各社の配合飼料の特性

配合飼料区	飼料の特性
協和 (対)	
協和 (改)	タンパク源としてオキアミの比率を増大→摂餌性の向上
リエンル (対)	
リエンル (改)	水溶性タンパク増大→消化性の向上
富士 (対)	
富士 (改)	緑色系色素強調 (スピリリナ)
中部 (対)	ブラウンミール
中部 (改)	ホワイトミール
ハリマ (対)	
ハリマ (改)	酵母エキス・イノシン酸・アミノ酸添加→摂餌性の向上
丸紅 (対)	甲殻類エキス
丸紅 (改)	魚介類エキス
鹿大	

表4 基準給餌量 (体重比: %)

餌料の種類	馴致期間					本試験				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
アルテミア飼料区	100	80	60	40	20	0	0	0	0	0
配合飼料区	100	100	80	80	60	60	50	50	50	50
制限給餌区	100	80	60	40	20	0	0	0	0	0
天然コペポダ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
配合飼料区	300	300	300	250	250	250	250	200	200	200
制限給餌区	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
配合飼料区	200	200	150	150	100	100	50	50	0	0
125~250	150	150	100	100	100	150	150	150	120	120
250~500	50	50	80	80	80	100	100	100	120	120
500~750	400	400	330	330	280	350	300	300	240	240
合計	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
生物餌料区	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
制限給餌区	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
総給餌量	500	480	390	370	300	350	300	300	240	240
配合飼料区	400	400	380	330	310	310	300	250	250	250
制限給餌区	100	80	60	40	20	0	0	0	0	0

表5 給餌時間 (配合飼料区)

飼育日数	8:00	9:30	11:00	13:00	15:00	16:30	18:00
1日	○	○	○△	○△	○△	○△	○△
2日	○	○	○	○△	○△	○△	○△
3日	○	○	○	○	○△	○△	○△
4日	○	○	○	○	○	○△	○△
5日	○	○	○	○	○	○	○△
6日	○	○	○	○	○	○	○
7日	○	○	○	○	○	○	○
8日	○	○	○	○	○	○	○
9日	○	○	○	○	○	○	○
10日	○	○	○	○	○	○	○

○: 配合飼料

△: 生物餌料

表6 給餌時間 (生物飼料区: △, 制限給餌区: ▲)

飼育日数	8:00	9:30	11:00	13:00	15:00	16:30	18:00
1日	△	△	△▲	△▲	△▲	△▲	△▲
2日	△	△	△	△▲	△▲	△▲	△▲
3日	△	△	△	△	△▲	△▲	△▲
4日	△	△	△	△	△	△▲	△▲
5日	△	△	△	△	△	△	△▲
6日	△	△	△	△	△	△	△
7日	△	△	△	△	△	△	△
8日	△	△	△	△	△	△	△
9日	△	△	△	△	△	△	△
10日	△	△	△	△	△	△	△

△, ▲: 生物餌料

表7 試験Ⅰ・Ⅱにおける飼育概要

	試験Ⅰ	試験Ⅱ
期間：馴致期間	5/20～5/24（5日間）	6/4～6/8（5日間）
本試験	5/25～5/29（5日間）	6/9～6/13（5日間）
供試魚（TL：mm）	12.7（10.6～14.6）	12.2（10.0～14.0）
（BW：mg）	19.3（10.6～29.1）	18.5（9.0～29.2）
収容尾数	625	625
水槽	0.5m ³ リカ-リカ 水槽	0.5m ³ リカ-リカ 水槽
水温（℃）	21.7～22.2	21.8～22.0
換水率（%/日）	1000	1000

表8 配合飼料の摂餌率（%）

試験区	対照飼料	改良飼料
協和発酵	66.7%	83.3%
オリエンタル酵母	33.3%	3.3%
富士製粉	30.0%	33.3%
中部飼料	56.7%	80.0%
ハリマ化成	33.3%	33.3%
丸紅飼料	10.0%	3.3%
鹿大（試験Ⅰ）	16.7%	
（試験Ⅱ）	10.0%	

* 測定尾数 30尾

表9 活力試験における生残率（空中露出：2分間）

試験Ⅰ			試験Ⅱ		
試験区	生残率（%）		試験区	生残率（%）	
協和（対）	63.3		中部（対）	90.0	
（改）	70.0		（改）	96.7	
オリエンタル（対）	50.0		ハリマ（対）	70.0	
（改）	56.7		（改）	80.0	
富士（対）	53.3		丸紅（対）	90.0	
（改）	80.0		（改）	93.3	
鹿大（対）	50.0		鹿大（対）	66.7	
生物（*1）	40.0		生物（*2）	90.0	
生物（*2）	90.0				

* 測定尾数 30尾

* 1 アルテミア単独給餌

* 2 アルテミア、天然コペポダ併用給餌

表10 各試験区における配合飼料摂餌個体の全長（mm）

試験区	摂餌個体	未摂餌個体
協和（対）	14.5（12.4～18.1）	15.0（13.5～17.1）
（改）	14.3（12.6～16.2）	14.3（12.6～17.2）
オリエンタル（対）	14.6（12.6～16.6）	15.7（13.5～19.1）
（改）	15.1	15.1（10.2～17.7）
富士（対）	15.3（12.1～16.7）	15.0（11.0～19.1）
（改）	16.5（12.8～17.4）	14.5（13.3～17.3）
中部（対）	14.7（12.5～17.6）	15.7（12.1～18.8）
（改）	15.9（13.2～18.6）	15.4（13.5～16.9）
ハリマ（対）	15.7（14.7～17.2）	15.3（12.6～19.2）
（改）	15.7（13.8～18.5）	15.4（12.7～18.4）
丸紅（対）	17.0（16.6～17.6）	16.4（12.5～17.6）
（改）	17.1	15.6（11.7～19.3）
鹿大（試験Ⅰ）	16.0（13.6～18.2）	14.6（11.9～16.9）
（試験Ⅱ）	15.4（14.0～16.3）	16.3（12.3～18.9）

表11 試験Ⅰ・Ⅱにおける生残指数・生産指数・健苗指数

試験区	試験Ⅰ			試験区	試験Ⅱ		
	生残指数*	生産指数*	健苗指数*		生残指数*	生産指数*	健苗指数*
協和 (対)	85	108	76	中部 (対)	73	90	90
協和 (改)	76	83	65	中部 (改)	85	104	112
利エンル (対)	53	84	47	ハリマ (対)	61	58	45
利エンル (改)	27	31	20	ハリマ (改)	85	77	68
富士 (対)	44	41	24	丸紅 (対)	29	23	23
富士 (改)	37	38	34	丸紅 (改)	32	24	25
鹿大	35	41	23	鹿大	28	31	23
生物餌料**4	104	83	37	生物餌料**5	100	100	100
生物餌料**5	100	100	100				

- 配合飼料区の生残尾数
 *1 生残指数 = $\frac{\text{生物餌料区の生残尾数}}{\text{配合飼料区の生残尾数}} \times 100$
- 取り揚げ時の配合飼料区の総重量
 *2 生産指数 = $\frac{\text{取り揚げ時の生物餌料区の総重量}}{\text{取り揚げ時の配合飼料区の総重量}} \times 100$
- 配合飼料区の生産指数×活力試験の生残率
 *3 健苗指数 = $\frac{\text{生物餌料区の生産指数} \times \text{活力試験の生残率}}{\text{配合飼料区の生産指数} \times \text{活力試験の生残率}} \times 100$
- *4 アルテミア単独給餌区
- *5 アルテミア・天然コベ併用給餌区

表12 微粒子配合飼料の物性

試験区	油膜	拡散 状況	沈降 速度
協和 (対)			良好
協和 (改)		凝集	良好
利エンル (対)	多い	良好	
利エンル (改)	多い	良好	
富士 (対)	有り		速い
富士 (改)	有り		速い
中部 (対)		良好	良好
中部 (改)		良好	良好
ハリマ (対)	有り		
ハリマ (改)	有り		
丸紅 (対)			
丸紅 (改)			
鹿大	多い		速い

表13 上浦事業場・五島事業場における試験結果の比較

		上浦事業場			五島事業場		
		生残指数	生産指数	健苗指数	生残指数	生産指数	健苗指数
協和醗酵	(対)	26	14	4	85	108	76
協和醗酵	(改)	62	34	18	76	83	65
利エンル醗母	(対)	12	—	—	53	84	47
利エンル醗母	(改)	22	11	8	27	31	20
富士製粉	(対)	56	28	29	44	41	24
富士製粉	(改)	31	14	13	37	38	34
鹿児島大学		23	8	7	35	41	23
生物餌料	(*1)	—	—	—	104	83	37
生物餌料	(*2)	100	100	100	100	100	100
中部飼料	(対)	85	48	35	73	90	90
中部飼料	(改)	102	102	15	85	104	112
ハリマ化成	(対)	79	85	48	68	58	45
ハリマ化成	(改)	60	38	31	85	77	68
丸紅飼料	(対)	54	23	15	29	23	23
丸紅飼料	(改)	86	60	71	32	24	25
鹿児島大学		41	23	35	28	31	23
生物餌料	(*2)	100	100	100	100	100	100

- *1 アルテミア単独給餌
- *2 アルテミア・天然コベボード併用給餌

表14 プリ微粒子人工配合飼料による飼育試験結果 (試験 I・II)

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				
	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 (%)	摂餌率 (%)	活力 (%)	生残 指数 ^{*3}	生産 指数 ^{*4}
協和 (対)	5.20	625	12.7	19.3	5.24	582	14.7	34.3	93.1	5.29	492	21.1	108.2	84.5
協和 (改)	"	"	"	"	"	598	14.3	32.5	95.7	"	443	20.2	92.5	74.1
和光 (対)	"	"	"	"	"	596	15.3	36.2	95.4	"	308	22.8	133.9	51.7
和光 (改)	"	"	"	"	"	578	15.1	34.7	92.5	"	157	20.9	97.0	27.1
富士 (対)	"	"	"	"	"	609	15.1	33.0	97.4	"	256	19.2	78.4	42.0
富士 (改)	"	"	"	"	"	596	15.2	33.8	95.4	"	213	20.0	88.8	35.7
鹿児島 大学 (1)	"	"	"	"	"	601	14.8	33.1	96.2	"	204	20.6	98.7	33.9
鹿児島 大学 (2)	"	"	"	"	"	610	15.9	44.7	97.6	"	601	18.7	68.1	98.5
生物 制限給餌	"	"	"	"	"	599	15.4	35.1	95.8	"	580	19.9	84.8	96.8
中部 (対)	6.4	625	12.2	18.5	6.8	582	15.2	38.3	93.1	6.13	425	23.3	131.7	73.0
中部 (改)	"	"	"	"	"	591	15.8	43.6	94.6	"	495	22.5	130.1	83.8
ハリマ (対)	"	"	"	"	"	585	15.4	37.9	93.6	"	393	20.3	90.8	67.2
ハリマ (改)	"	"	"	"	"	608	15.5	40.1	97.3	"	493	20.7	96.1	81.1
丸紅 (対)	"	"	"	"	"	599	16.5	42.5	95.8	"	167	20.0	85.3	27.9
丸紅 (改)	"	"	"	"	"	603	15.6	35.6	96.5	"	185	19.5	80.0	30.7
鹿児島 大学 (2)	"	"	"	"	"	599	16.4	44.5	95.8	"	164	20.2	116.1	27.4
生物 制限給餌	"	"	"	"	"	606	16.8	49.0	92.5	"	581	21.9	106.5	95.9
中部 (2)	"	"	"	"	"	578	16.4	43.2	97.0	"	5	17.8	53.3	0.9
*1 馴致期間終了時 (試験開始後6日目) の摂餌率														
*2 2分間空中露出して水に戻し、1時間後の生残率														
*3 生残指数 = $\frac{\text{配合飼料区の生残尾数}}{\text{生物餌料区の生残尾数}} \times 100$														
*4 生産指数 = $\frac{\text{取り揚げ時の配合飼料区の総重量}}{\text{取り揚げ時の生物餌料区の総重量}} \times 100$														
*5 健苗指数 = $\frac{\text{配合飼料区の生産指数} \times \text{活力試験の生残率}}{\text{生物餌料区の生産指数} \times \text{活力試験の生残率}} \times 100$														

表15 生物餌料中の粗脂肪・水分・粗タンパク質含量及び総脂質中の脂肪酸組成

Fatty acid	ワムシ			アルデミア		
	イースト	冷蔵ナンノ	冷蔵ナンノ + イカ乳化オイル	未強化	Powersh A	天然 コペポーダ
14:0	2.14	4.69	5.68	0.64	0.51	7.78
15:0	0.63	0.60	0.65	0.36	0.30	0.76
16:0	9.62	14.71	17.08	9.93	8.74	21.01
16:1n-7	23.66	23.51	17.41	2.66	2.69	2.61
17:0	0.60	0.48	0.46	0.46	0.39	0.64
16:3n-6	0.80	0.68	0.57	0.66	0.62	0.30
16:3n-3	1.59	0.93	1.08	0.16	0.33	0.56
18:0	3.74	3.39	3.01	6.45	5.32	3.53
18:1	25.11	20.89	20.00	22.64	20.25	3.68
18:2n-6	9.03	5.55	5.57	4.11	4.45	1.17
18:3n-6	0.10	0.07	0.15	0.67	0.66	0.16
18:3n-3	0.81	0.38	0.87	32.34	30.28	1.38
18:4n-3	0.09	0.05	1.03	6.18	6.38	3.86
20:1	2.62	2.14	2.91	1.04	0.78	0.22
20:2n-6	0.39	0.22	0.18	0.25	0.24	0.22
20:3n-6	0.61	0.36	0.34	0.16	0.11	0.06
20:4n-6	0.67	1.38	1.21	0.53	0.80	0.77
20:3n-3	0.05	0.03	0.09	1.42	1.38	nd
20:4n-3	0.32	0.15	0.56	0.86	0.93	0.28
20:5n-3	2.01	10.64	9.74	1.60	6.09	21.96
22:1	0.84	0.27	0.62	0.17	0.22	0.18
22:4n-6	0.05	0.03	0.05	0.23	0.16	nd
22:5n-6	nd	0.04	nd	0.05	0.08	0.17
22:4n-3	nd	nd	nd	nd	nd	0.31
22:5n-3	0.72	0.95	0.65	nd	0.27	0.39
22:6n-3	0.24	0.25	2.36	nd	2.31	18.46
Σ Monoene	52.23	46.81	40.95	26.50	23.58	6.69
Σ n-3	5.82	13.38	16.38	42.55	47.96	47.20
Σ n-6	11.65	8.32	8.07	6.65	7.11	2.86
Σ n-3HUFA	3.33	12.02	13.40	3.88	10.97	41.40
EPA in sample (d.b.)	0.36	2.14	2.35	0.44	1.92	1.60
DHA in sample (d.b.)	0.04	0.05	0.57	0.00	0.73	1.35
Σ n-3HUFA in sample (d.b.)	0.59	2.42	3.23	1.06	3.46	3.02
Crude lipid (% w.b.)	3.08	3.68	5.01	3.09	5.04	0.86
(% d.b.)	17.71	20.11	24.11	27.40	31.57	7.30
Crude protein (% w.b.)	11.71	11.58	11.95	7.34	9.39	7.42
(% d.b.)	67.33	63.31	57.45	65.02	58.81	62.69
Moisture (%)	82.61	81.70	79.20	88.72	84.03	88.16

表16 魚体中の粗脂肪・水分・粗タンパク質含量及び総脂質中の脂肪酸組成

Fatty acid	実験 I									
	Initial	協和発酵		ササゲ酵母		富士製粉		鹿児島大学	生物餌料	
		(対照区)	(改良区)	(対照区)	(改良区)	(対照区)	(改良区)		(未強化)	(強化)
14:0	1.14	2.13	2.10	2.39	2.05	2.57	2.59	3.77	1.13	1.87
15:0	0.27	0.36	0.31	0.36	0.35	0.41	0.39	0.48	0.23	0.41
16:0	13.61	22.10	22.36	23.15	20.95	23.83	23.36	20.80	15.08	19.34
16:1n-7	3.35	3.56	3.09	3.40	2.76	3.06	3.05	5.23	2.85	2.84
17:0	0.53	0.39	0.39	0.43	0.47	0.32	0.40	0.33	0.53	0.66
16:3n-6	0.75	0.34	0.31	0.30	0.31	0.33	0.32	0.46	0.62	0.59
16:3n-3	0.71	0.88	0.71	0.79	0.89	4.05	3.90	2.07	3.89	3.82
18:0	5.19	6.46	7.37	7.17	8.04	4.67	4.59	3.82	5.52	6.41
18:1	19.02	24.34	24.77	22.17	20.10	13.33	13.38	16.33	16.42	14.73
18:2n-6	5.37	12.90	12.71	9.77	9.50	10.20	11.05	16.38	4.38	3.13
18:3n-6	0.50	0.16	0.18	0.15	0.15	0.13	0.26	0.14	0.42	0.27
18:3n-3	17.77	1.64	1.57	1.21	1.36	1.82	1.87	2.48	13.63	7.88
18:4n-3	2.42	0.71	0.74	0.67	0.72	0.46	0.54	0.69	1.93	1.42
20:1	0.64	1.57	1.48	2.06	1.45	1.04	1.12	1.66	0.38	0.58
20:2n-6	0.66	0.26	0.26	0.20	0.25	0.54	0.50	0.29	0.46	0.60
20:3n-6	0.20	0.13	0.14	0.14	0.25	0.07	0.08	0.14	0.15	0.12
20:4n-6	1.84	1.69	1.64	1.77	2.46	1.95	1.79	1.03	2.41	2.03
20:3n-3	1.04	0.21	0.22	0.21	0.24	0.22	0.21	0.19	0.89	0.65
20:4n-3	1.05	0.45	0.44	0.43	0.42	0.42	0.40	0.40	0.95	0.67
20:5n-3	7.26	5.34	5.11	6.55	7.05	7.47	7.15	4.84	8.00	7.32
22:1	0.13	0.49	0.51	0.66	0.33	0.08	0.14	0.34	0.12	0.05
22:4n-6	0.17	0.18	0.13	0.19	0.14	0.18	0.16	0.11	0.49	0.13
22:5n-6	0.07	0.25	0.25	0.16	0.25	0.10	0.09	0.09	0.14	0.15
22:5n-3	0.36	0.13	0.07	0.07	0.08	0.32	0.35	0.25	0.31	0.31
22:6n-3	1.68	1.30	1.32	1.73	1.79	2.18	2.15	1.97	2.15	1.99
22:6n-3	3.26	7.42	7.33	9.27	13.08	9.55	9.46	6.83	5.49	11.35
Σ Monoene	23.15	29.96	29.85	28.29	24.63	17.50	17.69	23.57	19.78	18.20
Σ n-3	35.56	18.06	17.52	20.92	25.64	26.50	26.03	19.72	37.23	35.41
Σ n-6	9.57	15.91	15.63	12.69	13.31	13.50	14.25	18.63	9.07	7.01
Σ n-3HUFA	14.65	14.83	14.51	18.25	22.66	20.17	19.72	14.48	17.78	22.29
EPA in sample (d.b.)	1.45	1.24	1.04	0.98	1.08	1.29	1.11	0.69	1.46	0.99
DHA in sample (d.b.)	0.65	1.72	1.50	1.38	2.01	1.65	1.47	0.98	1.00	1.53
Σ n-3HUFA in sample (d.b.)	2.92	3.44	2.96	2.72	3.48	3.49	3.06	2.07	3.24	3.00
Crude lipid (% w.b.)	3.98	4.27	3.85	2.76	2.92	3.24	2.89	2.56	3.37	2.44
(% d.b.)	19.97	23.18	20.40	14.89	15.36	17.28	15.52	14.29	18.25	13.47
Crude protein (% w.b.)	13.11	12.44	13.12	12.37	12.89	12.24	12.57	12.59	12.28	14.13
(% d.b.)	65.83	67.54	69.47	66.78	67.89	65.34	67.57	70.15	66.46	77.96
Moisture (%)	80.09	81.59	81.12	81.48	81.01	81.27	81.41	82.05	81.53	81.87

表17 魚体中の粗脂肪・水分・粗タンパク質含量及び総脂質中の脂肪酸組成

Fatty acid	実験 II									
	Initial	中部飼料		ハリマ化成		丸紅飼料		鹿児島大学	協和発酵(改)	生物餌料(対照区)
		(対照区)	(改良区)	(対照区)	(改良区)	(対照区)	(改良区)			
14:0	1.36	5.55	6.38	3.41	3.47	3.47	3.75	4.02	3.91	2.21
15:0	0.31	0.45	0.45	0.77	0.70	0.49	0.49	0.45	0.43	0.47
16:0	15.30	22.55	23.09	22.62	18.25	23.34	23.32	19.45	23.49	19.36
16:1n-7	3.52	6.35	6.83	4.36	4.34	3.61	3.78	5.58	4.52	2.67
17:0	0.46	0.30	0.21	0.56	0.52	0.40	0.31	0.31	0.30	0.57
16:3n-6	0.74	0.41	0.40	0.45	0.42	0.35	0.34	0.51	0.43	0.53
16:3n-3	2.74	2.40	2.04	2.08	2.29	2.67	2.26	1.69	1.89	3.78
18:0	4.79	3.86	3.59	4.12	2.30	4.55	4.04	3.57	4.18	5.05
18:1	15.63	13.70	14.08	12.22	8.97	13.04	12.68	16.10	18.70	11.41
18:2n-6	4.37	7.41	8.04	12.22	13.12	12.23	12.74	17.26	12.88	3.14
18:3n-6	0.51	0.19	0.19	0.21	0.13	0.10	0.09	0.17	0.18	0.42
18:3n-3	16.99	2.35	2.50	2.83	2.93	2.55	2.61	3.68	2.78	7.06
18:4n-3	2.67	1.05	0.94	0.82	2.60	0.89	1.04	1.14	1.34	1.70
20:1	0.68	1.42	1.81	0.70	0.26	1.01	0.90	1.67	0.73	0.12
20:2n-6	0.98	0.58	0.49	0.43	1.23	0.67	0.75	0.31	0.28	0.62
20:3n-6	0.14	0.12	0.10	0.06	0.04	0.10	0.07	0.07	0.09	0.07
20:4n-6	1.67	1.27	1.03	2.14	1.80	1.59	1.57	0.86	1.48	1.57
20:3n-3	0.78	0.18	0.14	0.17	0.28	0.25	0.22	0.22	0.19	0.51
20:4n-3	0.95	0.55	0.53	0.41	1.51	0.42	0.43	0.48	0.46	0.96
20:5n-3	5.30	9.92	9.40	8.86	8.33	6.95	7.44	5.24	6.49	8.08
22:1	0.10	0.29	0.26	0.09	0.16	0.19	0.13	0.41	0.15	0.04
22:4n-6	0.28	0.12	0.10	0.17	0.17	0.15	0.13	0.12	0.15	0.37
22:5n-6	0.06	0.06	0.03	0.36	0.25	0.14	0.14	0.10	0.16	0.18
22:n-3	0.41	0.20	0.18	0.19	1.13	0.27	0.24	0.22	0.11	0.52
22:5n-3	2.80	1.83	1.91	1.79	1.77	1.91	1.75	1.50	1.11	1.81
22:6n-3	2.82	8.23	6.63	9.99	7.52	8.99	9.18	6.73	6.31	14.27
Σ Monoene	19.92	21.77	22.99	17.37	13.72	17.85	17.49	23.76	24.10	14.23
Σ n-3	35.46	26.71	24.27	27.14	28.35	24.90	25.17	20.90	20.68	38.70
Σ n-6	8.75	10.15	10.38	16.04	17.16	15.32	15.84	19.40	15.65	6.89
Σ n-3HUFA	13.06	20.91	18.79	21.41	20.53	18.79	19.26	14.39	14.67	26.16
EPA in sample (d.b.)	0.95	2.14	2.01	2.20	2.03	1.41	1.21	1.10	1.31	1.11
DHA in sample (d.b.)	0.50	1.77	1.42	2.49	1.84	1.82	1.50	1.41	1.28	1.96
Σ n-3HUFA in sample (d.b.)	2.34	4.51	4.02	5.33	5.02	3.81	3.14	3.02	2.97	3.59
Crude lipid (% w.b.)	2.93	3.67	3.62	4.35	4.26	3.47	2.91	3.71	3.95	2.41
(% d.b.)	17.88	21.55	21.43	24.88	24.44	20.27	16.29	20.99	20.25	13.72
Crude protein (% w.b.)	11.38	12.16	11.79	12.89	13.17	12.12	12.37	12.68	13.46	12.66
(% d.b.)	69.53	71.46	69.72	73.81	75.56	70.83	69.24	71.81	69.09	72.21
Moisture (%)	83.64	82.98	83.10	82.53	82.57	82.88	82.14	82.35	80.52	82.47

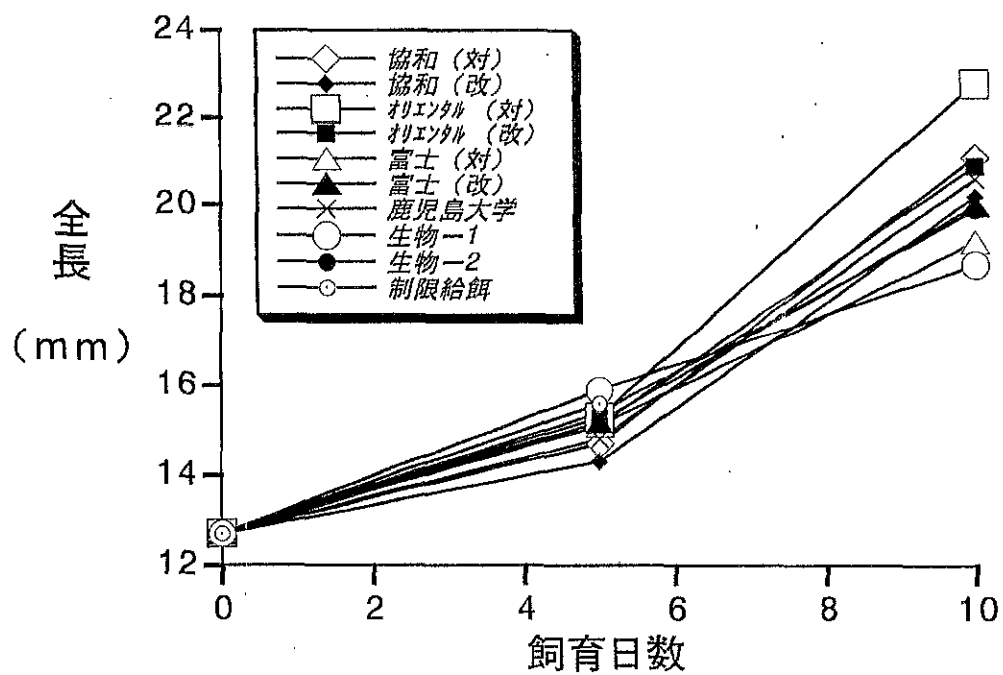


図1 試験 I における成長

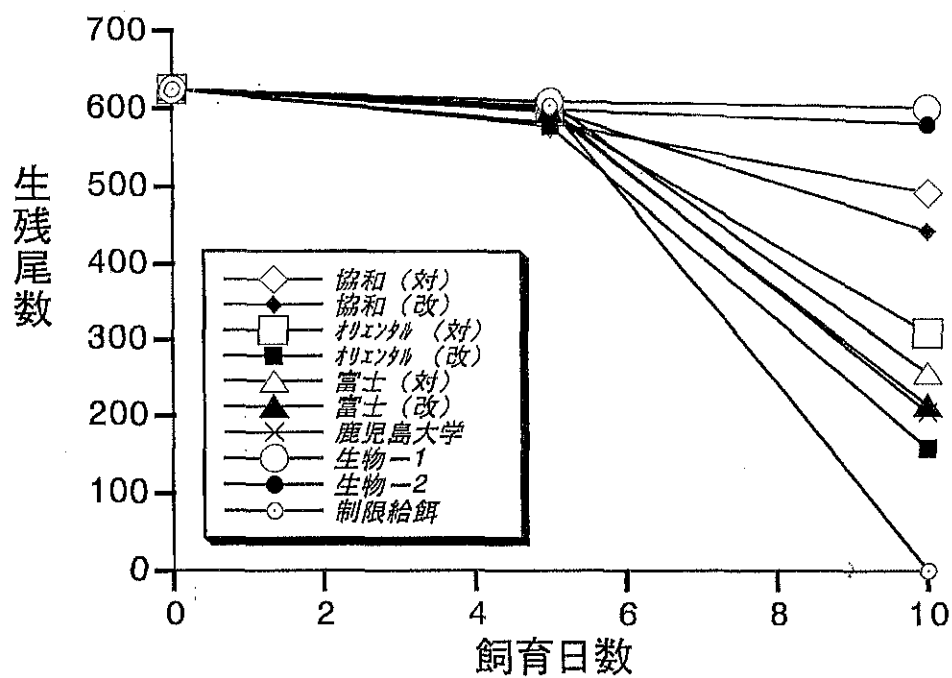


図2 試験 I における生残

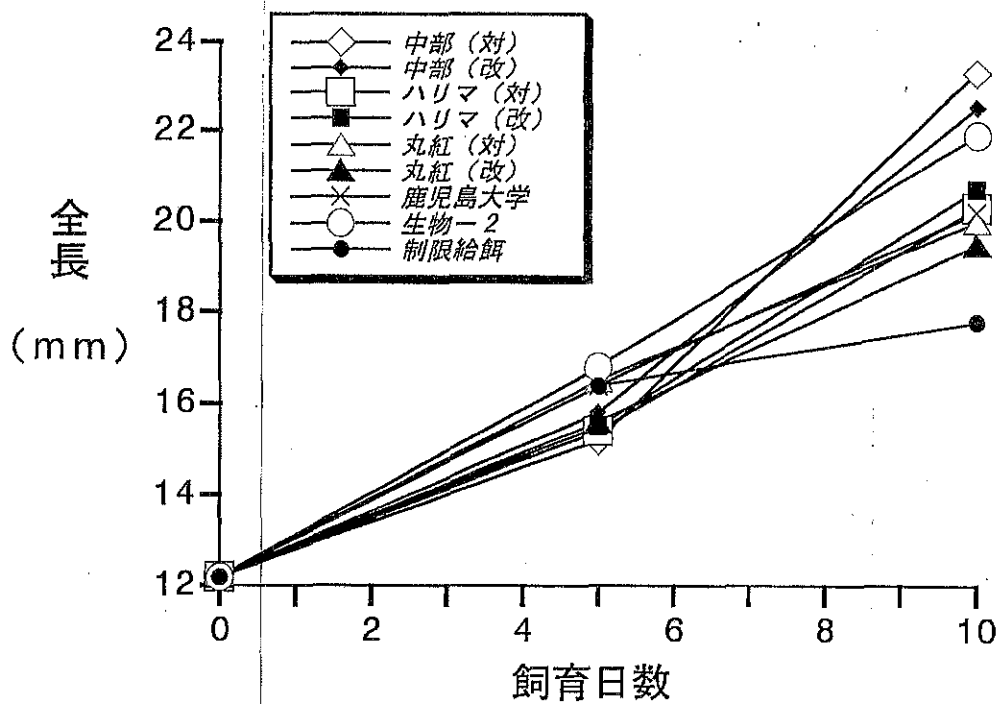


図3 試験Ⅱにおける成長

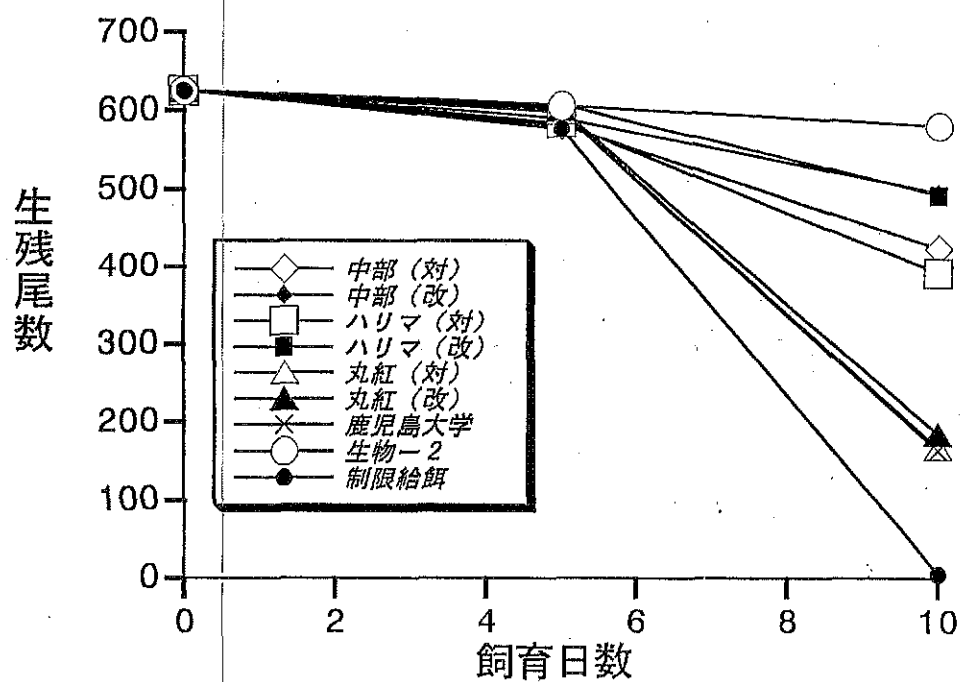


図4 試験Ⅱにおける生残

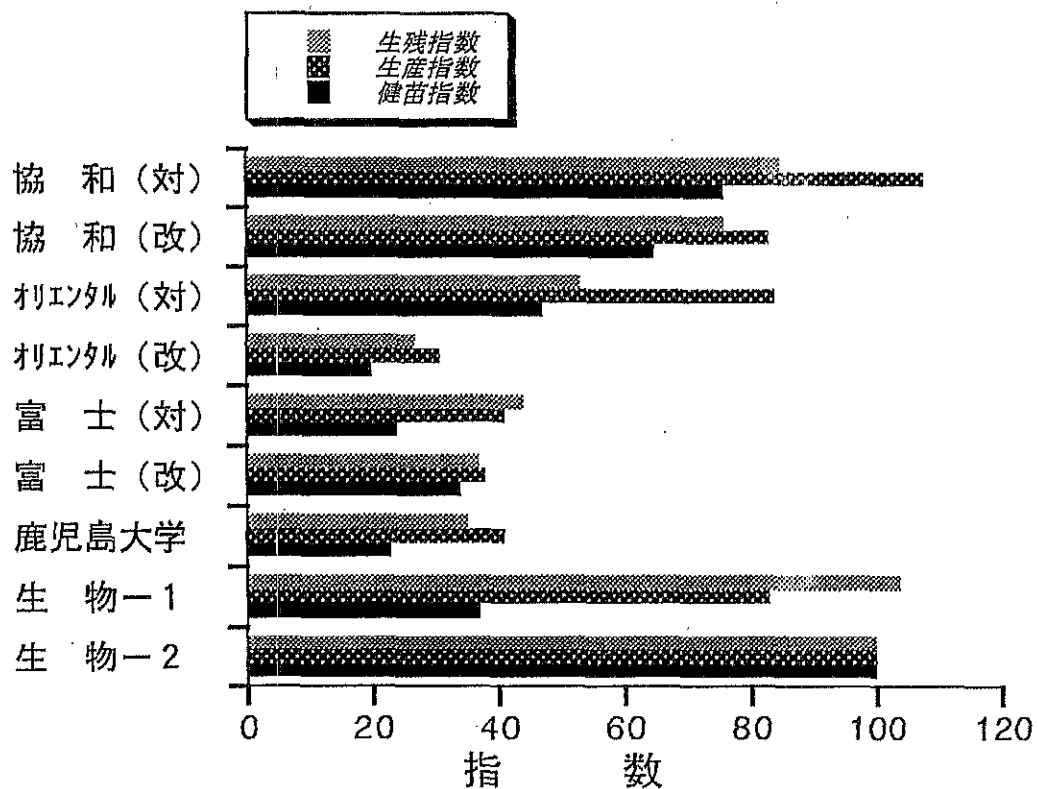


図5 試験Ⅰにおける生存指数・生産指数・健苗指数

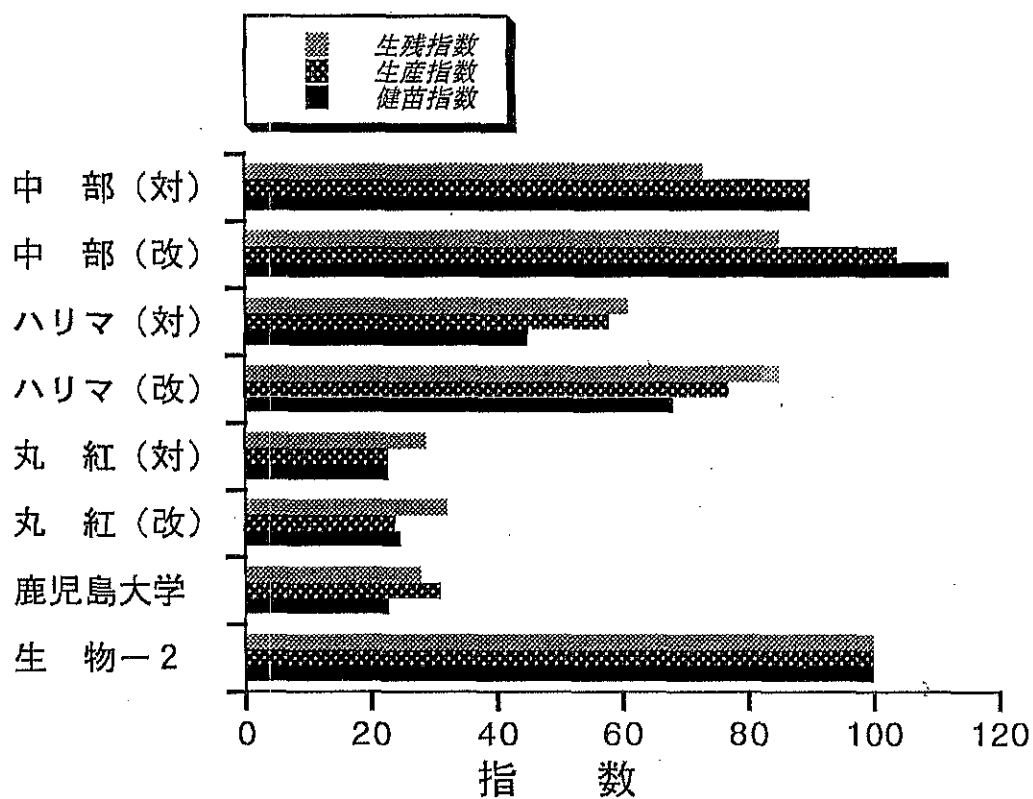


図6 試験Ⅱにおける生存指数・生産指数・健苗指数

1. 平成 5 年度飼付け試験の概要

① 平成 5 年度飼付け試験の平成 6 年 6 月までの概要

平成 5 年度の飼付け試験は 3 ヶ月間の短期飼付けの効果を明らかにすることを目的として、当事業場で生産したシマアジ稚魚 34,500 尾（平均尾叉長 128mm, 平均体重 35.7g）にアンカー型標識（赤色, コト93）を装着し放流した。給餌を停止した平成 5 年 9 月 22 日の残留尾数は 24,000 尾（残留率 70.4%）と推定された（詳細は平成 5 年度飼付け型栽培漁業技術開発報告書（5）を参照）。給餌停止後 6～7 日目にかけて大量逸散が見られ、翌年の平成 6 年 6 月には 1,600 尾の滞留が確認された。それらは次年度放流試験への影響を避けるため敷網で再捕後、新たな標識を装着し玉之浦湾内の笠神湾と森角湾に再放流した。

2. 平成 6 年度飼付け試験

① 平成 6 年度飼付け試験の目的

五島事業場では、昭和 63 年と平成 3 年には 1 年以上の飼付け期間を設け試験を行ってきたが、平成 5 年度は 3 ヶ月間、そして、今年度は 1 ヶ月間の飼付けを行い、飼付け期間とシマアジの飼付け状況、漁獲状況との関係を調査することを目的とした。

② 平成 6 年度の飼付け方法

1) 中間育成

当事業場で種苗生産したシマアジを低水温を避けるため陸上水槽で加温飼育後、3 月 3 日（平均尾叉長 74.3mm）に海上小割りに収容し飼育した。沖出し時の水温は 15.2℃であった。給餌は 1 日に 3～4 回飽食になるまで行った。沖出し後、滑走細菌による疾病が発生したため、濃度 100ppm のエルバージュ（上野製薬社製）による薬浴を 3 回行った。自動給餌機への馴致を目的として放流 2 週間前から自動給餌機による給餌を行い、同時に手撒きによるテラ

マイシン(50mg/kg)の投薬も行った。放流前には疾病の発生も終息したため投薬を中止し、自動給餌機のみで給餌した。

ii) 放流

放流用種苗には、放流 1 週間前にアンカー型標識(青色, ヌト94)を装着し、平成 6 年 6 月 28 日に飼付け場である長崎県玉之浦湾内の当事業場魚類育成筏群に飼付け放流マニュアルに従い放流した(図 1)。放流時のシマアジの平均尾叉長は 122mm(±11.5mm), 平均体重は 31g(±8.5g)と例年に比べ小さく、標準偏差が大きかった(表 1)。

iii) 給餌方法

配合飼料は協和発酵配合飼料 N0.3 を使用した。給餌量は 1 日当たり魚体重の 3% を目安としたが、放流後、マアジが給餌場に集まり、給餌場を占拠されたため、10~15 分給餌し、20~30 分給餌を停止する方法を繰り返し、マアジによる給餌場の占拠を防止した。

iv) 飼付け場での調査

a 飼付け場の環境調査

飼付け場の水温, 比重, 透明度を毎日測定した。

b 成長と標識装着率

全長, 尾叉長, 体重を 1 週間に 1 回測定し、それと同時に放流魚の標識装着率を調査した。

c 飼付け場での生態行動調査

飼付け場である魚類育成筏群におけるシマアジの分布, 行動の経時的, 経時的変化を調査した。また, 水中ビデオカメラを用いて水中からの観察も行った。

d 残留量調査

魚類育成筏群に分布するシマアジの目視尾数から滞留尾数を推定した。また, 給餌停止前に敷き網によって滞留魚のほとんどを再捕し, 滞留尾数を推定した。

e 飼付け場からの逸散状況調査

玉之浦湾内への逸散状況を調査する目的で飼付け場のある布浦湾

口の定置網への入網尾数の調査と湾内漁業者へ依頼した漁獲日誌と市場調査による漁獲量調査、養殖業者や遊漁者からの聞き取り調査を行った。

③ 結果

i) 飼付け場の環境

放流時の水温は 22℃であったが、その後上昇し、放流 10 日目には 28℃となり、飼付け期間中は 28℃以上の高水温が続いた（図2）。飼付け期間中の降雨量は少なかったため比重に大きな変化は見られなかった。透明度は 6～16m の範囲で変化した。台風や時化による環境の変化は少なかったが、28℃以上の高水温が長期にわたり継続したことが例年と異なった。

ii) 飼付け場での残留尾数の変化

16,000 尾を放流し、放流 1 日目の残留尾数は約 8,000 尾と推定された（図3）。飼付け場から逸散したシマアジの内約 4,000 尾は飼付け場から 100m 離れた事業場浮き桟橋下に滞留し、数 100 尾が湾内数カ所で確認された。浮き桟橋に滞留しているシマアジの内 3,000 尾を敷き網により再捕し、飼付け場に再放流した。その後、目視尾数に大きな変化は見られなかったが、放流後 12 日目から減少する傾向がみられた。これは、高水温によりシマアジの遊泳水深が深くなり確認が困難になったものと推定された。その後、給餌停止時の残留尾数は 6,900 尾と推定され、残留率は 43% であった。給餌停止後、徐々に目視尾数は減少し、給餌停止 87 日目には 80 尾となった。

iii) 飼付けシマアジの成長

放流時の平均尾叉長と平均体重は 122mm, 31g であったが、飼付け終了時には 148mm, 64g まで成長した（図4）。また、放流時の肥満度は 16.4 と例年に比べ低かったが、飼付け終了時には 19.0 まで増加した。

放流直後の尾叉長組成と放流後 7 日目の組成から初期に逸散したものは小型個体（ピリ）であると推定された（図5）。

iv) 飼付け場での分布と行動の変化 (図6)

放流直後は、大部分の個体は給餌場に集まり摂餌したが、例年に比べ、給餌場から離れ、遊泳が緩慢で、表層に滞留している個体が多かった。積極的な水上、水中構造物への寄り付きや群泳は観察されなかった。

放流後 3 日目には 10~50 尾程度の小さな群れで遊泳するようになり、小割のフロート下等に滞留する個体が見られた。放流後 5 日目には給餌中は給餌場を中心に分布するようになり、100 尾以上の群れでの群泳が観察され始めた。放流後 10 日目には水深 2~3 m にある筏を固定するためのロープの下に遊泳水深が移動した。これは、表面水温が 28℃ 以上に上昇した時期と一致した。放流後 15 日目には親魚養成筏側にも分布範囲を広げ、親魚のこぼれ餌を摂餌するようになった。過去 3 回の飼付け試験では、放流直後はほぼ全個体が給餌場を中心に分布していたが、今年度は放流直後から分布範囲が小割いけす群全体に広がり、明らかに例年とは異なる分布様式を示した。

v) 構造物への寄り付き試験

1 m x 1.8 m の合板にロープ (φ 12 mm) を垂下したものを基盤 A、基盤 C とし、合板のみのものを基盤 B、基盤 D としてそれらに対する寄り付き尾数の経日変化を調査した (図7)。基盤 A と基盤 B は放流直後から水面に設置し、基盤 C と基盤 D は放流後 22 日目から水深 2 m に設置し調査を行った。

放流直後はロープを垂下していない基盤 B のみに滞留していたが、その後はロープを垂下した基盤 A に多く滞留するようになった (図8)。放流後 10 日目ごろから両基盤への滞留尾数が減少し、基盤 B は放流後 11 日目から、また、基盤 A は放流後 15 日目から滞留が見られなくなった。これは表面水温の上昇によるものと推察された。

一方、水面に設置した基盤 A と基盤 B に滞留がみられなくなった放流後 22 日目に、水深 2 m に設置した基盤 C と基盤 D には滞留が

みられ、さらに、ロープを垂下した基盤 C の方が滞留尾数が多かった。両基盤とも放流 25 日目から滞留尾数が減少しているが、これは表面水温のみならず、基盤を設置している水深帯まで水温が 28℃ 以上に上昇したためであると推察された。

④ 考察

飼付け放流を行う上で、飼付け期間の決定は重要である。放流後、飼付け場での行動や分布に様々な変化がみられたが、今回の試験では放流後 15 日目以降は大きな変化は見られなかった。今回の試験のみで飼付けの成立を判断するにはデータが不十分ではあるが、放流後のシマアジの行動の変化を調査することは飼付けの成立を判断する材料の 1 つとして有効であると思われる。今後、より詳細な調査が必要である。

シマアジが飼付け場に滞留する条件としては、水平的な構造物に加え垂直的な構造も必要であることが明らかになった。また、水温等の環境要因もシマアジの滞留に影響を及ぼすと考えられた。水温上昇により分布水深が深くなり、その水深帯に構造物がなかった場合にはシマアジの逸散が起これると考えられることから、環境の変化にともなうシマアジの行動の変化を考慮した飼付け場の選択、構造物等の設置が必要であると思われる。

今年度の試験では給餌停止 87 日目には 80 尾が飼付け場に滞留するのみとなり、給餌停止後の残留尾数は例年に比べ極端に少なかった。その原因として、高水温により餌要求量が高くなり運動が活発になったこと、高水温からのシマアジの逃避と高水温による天然餌生物の減少、飼付け期間が例年に比べ短かったことなどが考えられるが、詳細については今後さらに調査を進める必要がある。

今年度飼付け放流したシマアジは放流当日から放流後 1 日目にかけての逸散が大きかった。放流当日の日没までは逸散はなかったことから日没から放流翌日の明け方にかけて逸散したものと思われる。

飼付け場にシマアジを留めるための要因としては、人（飼付け方法）、環境（場所）、魚（放流魚の質）があげられる。放流時の飼

付け場の環境は水温，比重，透明度とも異常は認められず環境の悪化による逸散とは考えられない。放流は飼付け放流マニュアルに従い，シマアジに刺激を与えないよう心掛けたが，放流時に小割り網を沈降させる際の不手際や，観察のためのダイバーの遊泳がシマアジへ刺激を与えたと思われる。しかし，これらが逸散の主要因になるとは考えにくい。放流種苗の性質が毎年異なることは指摘されてきた。今年度の飼付け用シマアジは明らかに例年と比べ放流直後の摂餌が不活発であり，遊泳が緩慢であった。そのため，例年では放流直後は給餌場を中心に分布したが，今年度は放流直後から徐々に分布範囲を広げ，放流後 1 時間以内に飼付け場全体に分布範囲が広がり明らかに例年と異なる行動を示した。また，1 水槽で飼育生産し，大きさの選別を行わなかった個体差の大きいシマアジを飼付け放流したところ，放流前と放流後の尾叉長組成から成長の悪い個体（ビリ）が多く逸散したことが明らかになった。前述したシマアジを留めるための条件の中で放流種苗の質と活力が例年と大きく異なっており，これらが逸散の主要因と考えられたが推察の域を出ない。今後，シマアジの飼付け放流を行う上で放流種苗の質と活力の評価が重要であり，飼付け放流に適した種苗の育成方法の開発が必要であると思われる。

3. シマアジの漁獲状況

① 詳細は平成 6 年度回遊性種飼付け実用化事業報告書（東京水産大学）参照（以下報告書より抜粋）

② 平成 6 年度放流群の放流年内の再捕率は 1.8% で約 3 カ月飼付けを行った平成 5 年放流群の約 43.3% と比較して小さい。これは 1 カ月の短期飼付けが原因しているのか，放流魚の質が原因しているのか不明であるが，次のような原因が推察される。1 カ月飼付けでは給餌停止時の平均尾叉長が 14.8 cm と小さく定置網を通過した可能性や漁協による小型魚の自主規制，魚類養殖筏での滞留が見られなかったことが原因と考えられる。

③ 飼付け期間が短いほど小型個体が高率で漁獲されることから、小型個体の漁獲規制が、飼付け放流の経済効果を上げるために必要である(表3)。

④ 飼付け期間が短いほど、給餌停止後に大きな群れで逸散し特定の定置網で集中的に漁獲される。

⑤ 放流シマアジを漁獲する漁法やそれらの漁法により漁獲される割合は漁業者や漁協の動きによって大きく変化することが明らかになった。このことは飼付けシマアジの漁獲管理の可能性を示している。

表1 五島事業場におけるシマアジ飼育付け試験の概要

年度	放流日	放流尾数 (尾)	尾叉長 (mm)	体重 (g)	肥満度	放流場所	飼付け期間	残留尾数 (残留率)
昭和 63 年度	S63.10.19	32,600	139	45.0	16.8	事業場	536	10,000
平成 3 年度	H3.8.26	43,176	118	28.9	17.6	小割生簀 事業場	398	(30.7) 8,000
平成 5 年度	H5.6.26	34,500	128	35.7	17.0	小割生簀 事業場	89	(18.5) 24,300
平成 6 年度	H6.6.28	16,000	122	31.0	17.1	小割生簀 事業場	35	(85.4) 6,900
						小割生簀		(43.0)

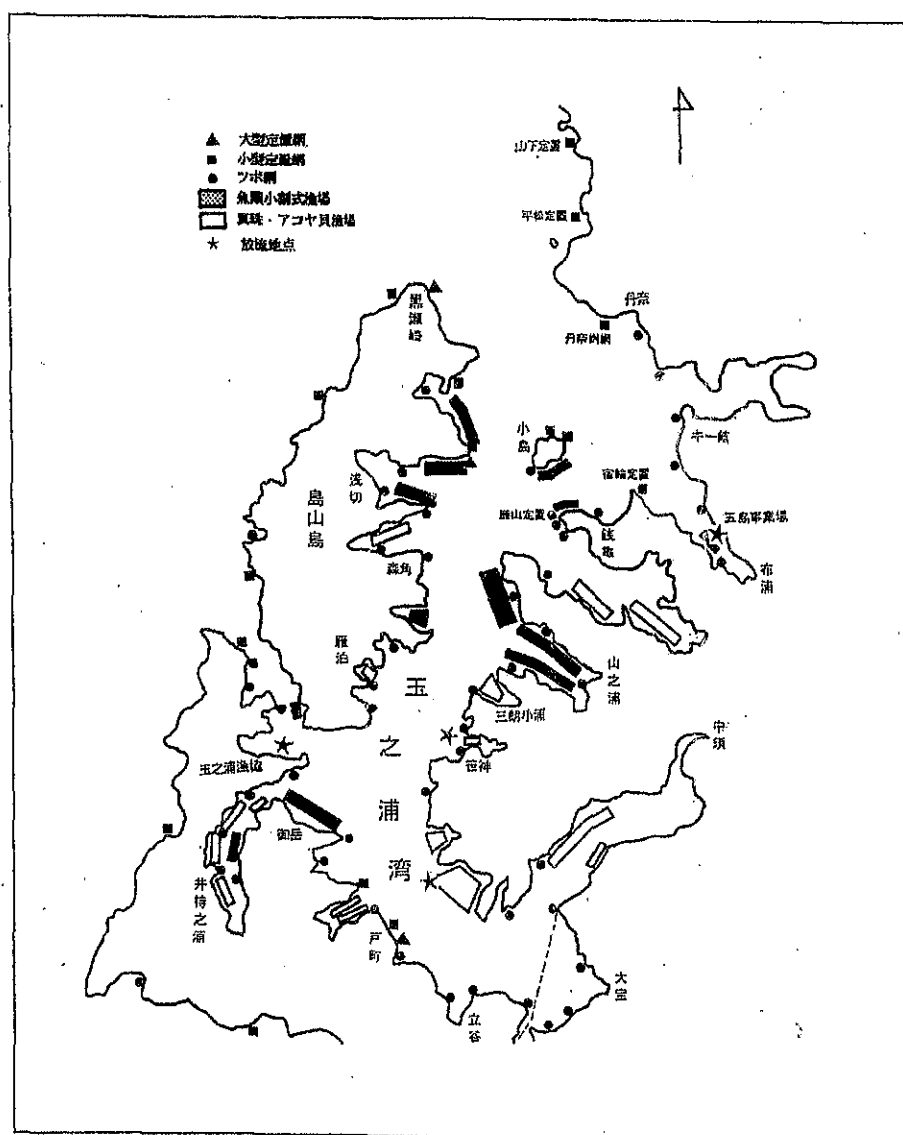


図1 玉之浦湾内の漁場図

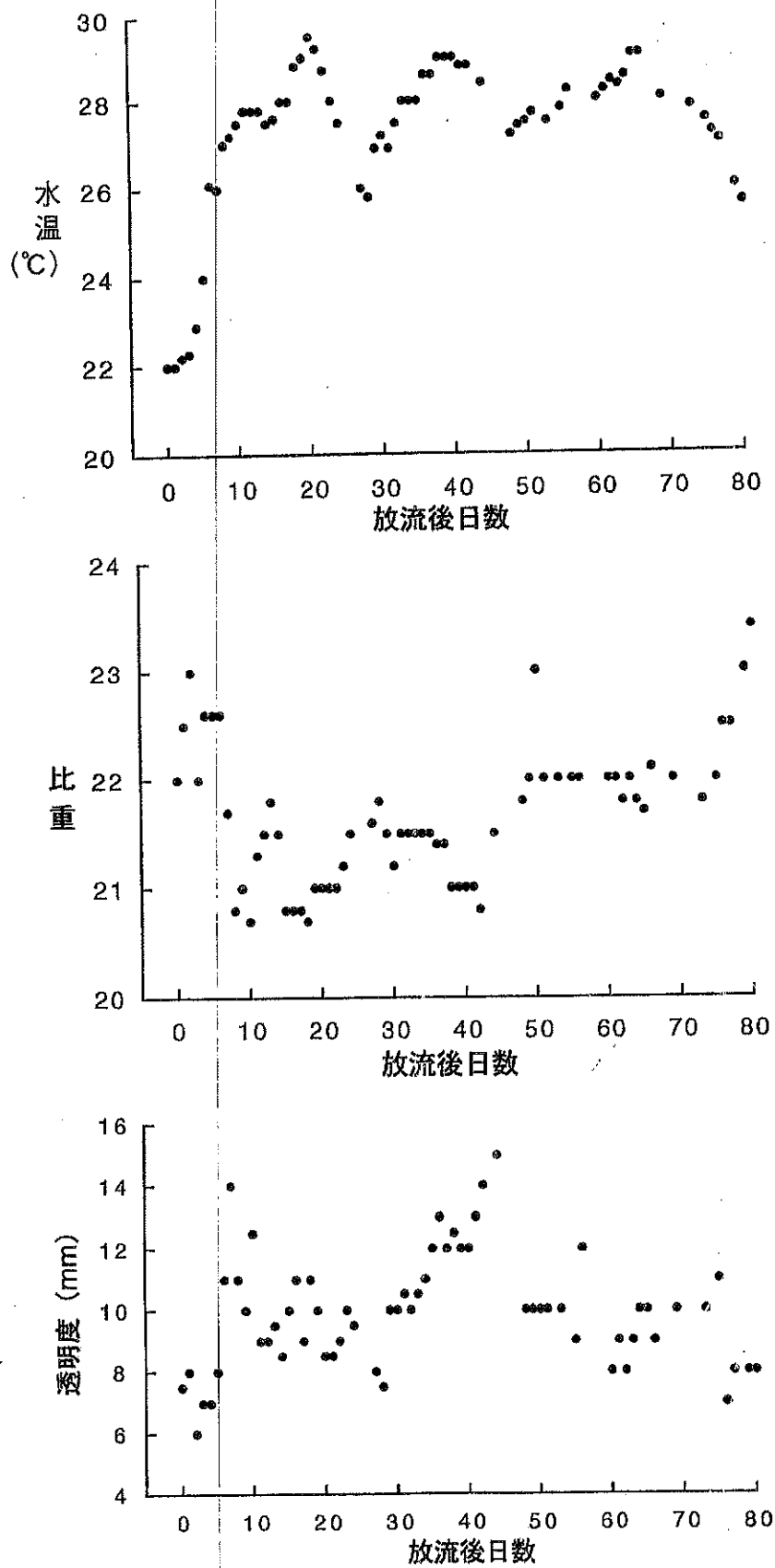


図2 飼い付け場の環境変化

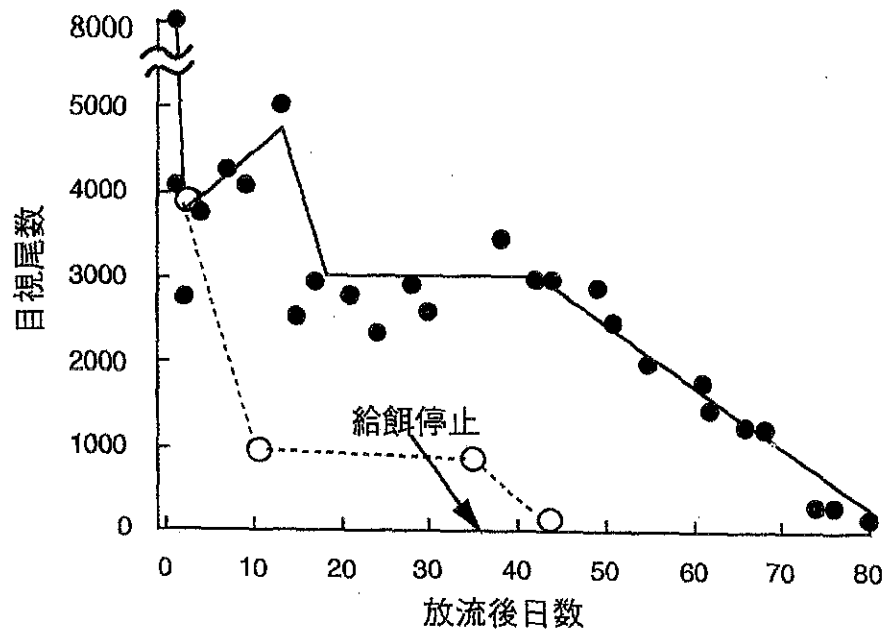


図3 飼付け場におけるシマアジ目視尾数の変化

●：飼付け場シマアジ ○：栈橋下シマアジ

- ・放流1日目に約4000尾が栈橋下に移動
- ・栈橋下のシマアジ約3000尾を放流10日目までに移送

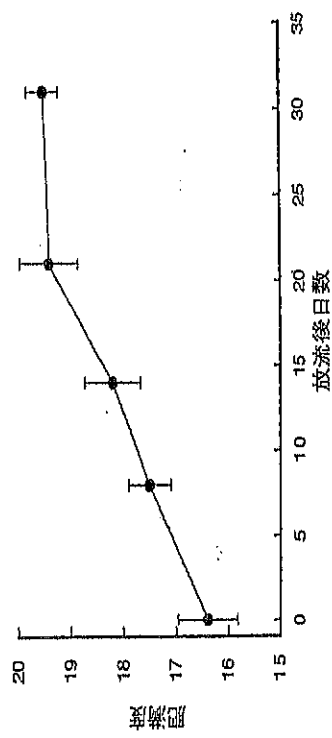
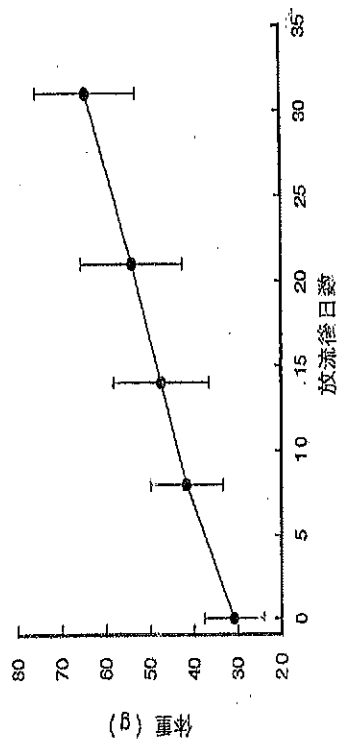
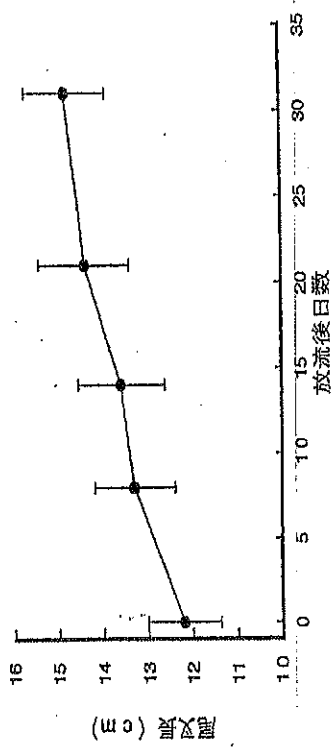


図4 飼い付けシマアジの成長

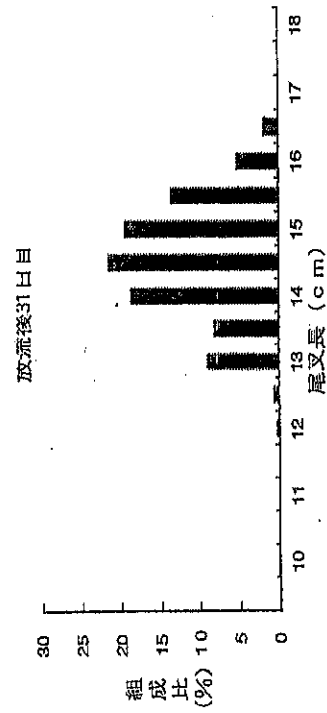
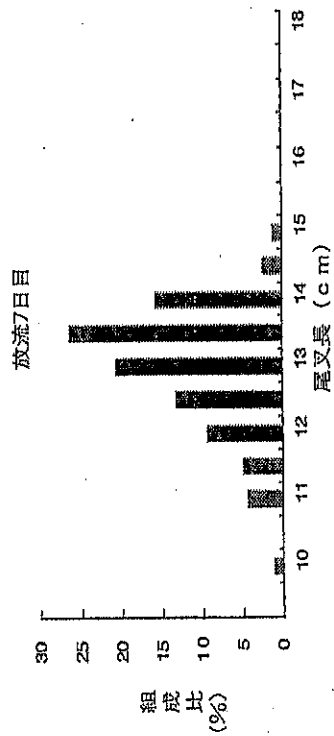
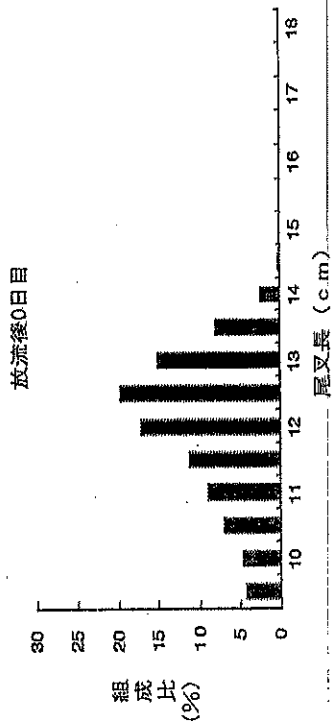


図5 飼い付けシマアジの尾叉長組成の変化

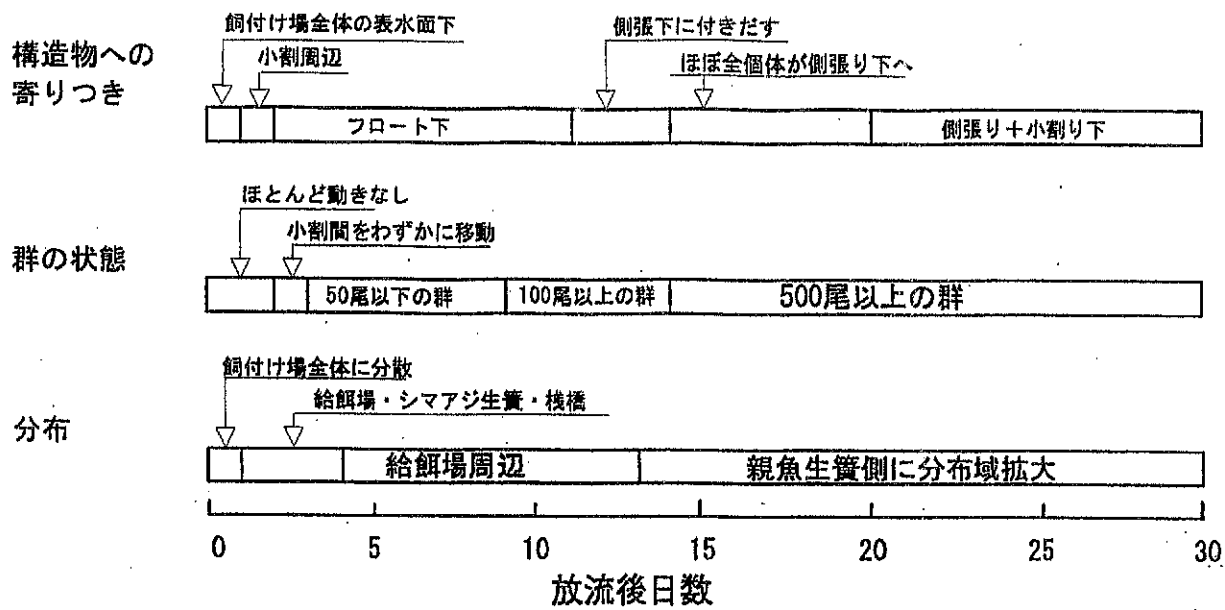


図6 飼付け期間中のシマアジの行動変化

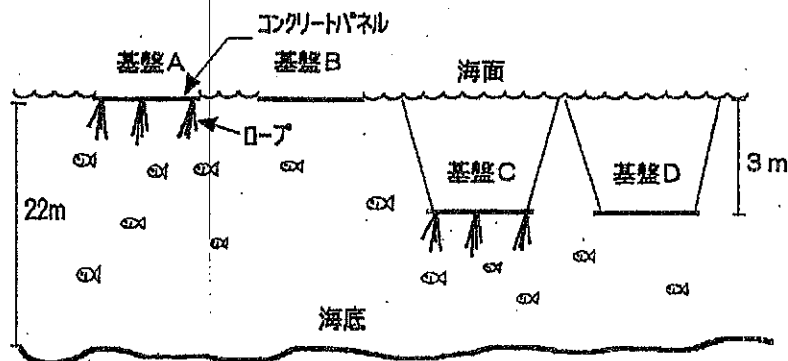


図7 試験基盤設置図

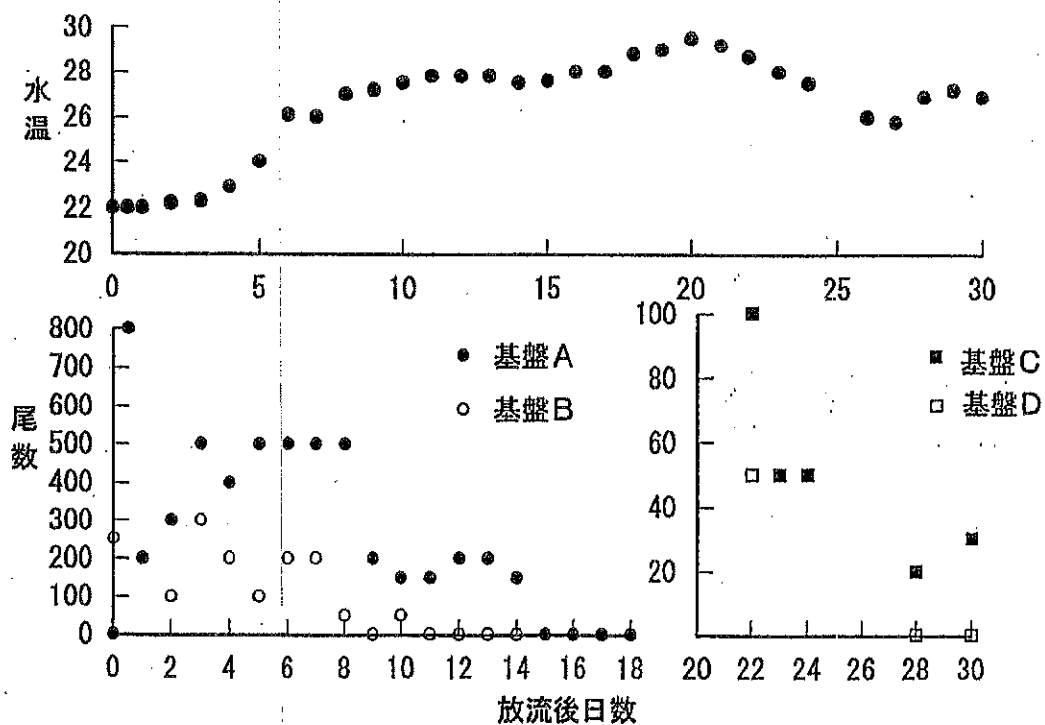


図8 試験基盤滞留尾数の経日変化

表 2 各放流群の年別再捕率(%)

放流群	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	累計
88 群	?	7.8	18.1	2.5	0.06	0.003	0	28.4
91 群	.	.	.	3.5	23.500	3.1	0.03	30.5
93 群	.	.	.	.	.	43.30	8.10	51.3
94 群	.	.	.	.	.	.	1.80	1.8

表 3 飼付けシマアジの再捕漁法(%)

放流群	定置網	刺し網	一本釣り	遊漁	敷き網
88 群	33	0.02	6	23	38
91 群	35	0	0.02	12	53
93 群	75	0	0	3	22
94 群	98	0	0	2	0

シマアジの行動特性に関する研究

はじめに

シマアジの飼付け放流において、放流魚が飼付け場に滞留することが大前提であることはいうまでもない。カツオ・シイラ・アジ類がある特定の場所や浮体の周辺に滞留する状態を“つく”といい、シマアジが一定場所に滞留することもまた同様な現象と考えられる。しかしながら、魚がものに“つく”現象のメカニズムやなぜつくのかといった生態的意義については不明な点が多い。シマアジの飼付け放流の効果を向上させるためには、魚の“ものにつく”性質（以下寄りつき性）を行動学的・生理学的に明らかにし、その成果を飼付け放流技術の開発に応用することが不可欠と考える。

我々は、1990年よりシマアジの行動特性に関する研究の中で、群れ行動を中心課題に据え、研究を進めてきた。その結果、シマアジの群れ行動と各種走性の発現時期と発達過程を明らかにし、群れの維持機構について知見を得た。また、水温・光など環境要因が群れに及ぼす影響を調べ、本種の群れの生態的意義は外部ストレスに対する警戒反応であると結論した。一方、群れ行動の正常な発現には、脳内の高次中枢の発達が必要であり、こうした脳の発達に餌を通じて取り込まれる高度不飽和脂肪酸のドコサヘキサエン酸が深く関わっていることが明らかにされた。さらに、放流後のシマアジの行動制御を目的として学習能の発達を実験的に解明し、野外の放流実験を通じて学習した魚が対照魚に比べ基盤に良く滞留することを確認した。

こうした一連の成果を受けて、本年度からは、研究の焦点をシマアジの寄りつき性に移し、その発達過程と生態的意義について研究することとした。また、寄りつき行動の刺激となる基盤の構造や条件についても本格的に研究を進めることにした。さらに、室内実験で得られた成果を野外の放流実験により実地に検証してゆくことも目的とした。

本年度は、寄りつき行動の研究に着手した初年度であるので、広くシマアジの寄りつき性に関連した行動を観察するとともに、本行動の生態的意義を探る目的で予備的な実験を多く実施した。一方で、これまで知見の少なかったシマアジの夜間の行動を詳細に調べ、飼付けシマアジの夜間の逸散の可能性について検討した。また、シマアジの視力について基礎的な研究も行った。さらに、応用的研究として、シマアジの滞留に効果が高いとされる海底基盤の有効性を確認した。また、将来、一般の放流の際に、初期逸散を防止する手法として、飼付け放流技術を利用するための学習による魚群の行動制御を試みた。同時に、海域において放流実験を行い、放流場所・基盤の構造などについて検討を加えた。

なお、本共同研究は、これまで東大海洋研・五島事業場・上浦事業場の3者で進めてきた。しかし、今年度より新たに古満目事業場が加わり、研究テーマ別に4者が個別にあるいは共同で試験を行った。

以下、今年度五島事業場で担当した項目について、とりまとめて報告する。

I 寄りつき及び群れ行動の定義

今年度より行う寄りつき性に関する研究を進めるにあたり、群れと寄りつきに関連した用語は以下のように定義した。

群れ (= 魚群) (school) : ある魚が他の 1 尾以上の魚に反応して、相互に誘引され近くに留まる結果形成される集団。群泳と群がりの 2 つの状態が可逆的に転換する (図 I・1)。

群泳 (schooling) : 移動している状態の群れ。各個体の遊泳速度が均一で、頭位交角・個体間距離が小さい。

群がり (aggregation) : 静止した状態の群れ。頭位交角の斉一性はないが、個体間距離は小さい。

寄りつき (association) : 魚が浮体や岩礁、時には大型の他魚種を目標物としてこれに接近し、近くに定位した状態。寄りつき行動、寄りそい行動及び潜り込み行動よりなる (図 I・2)。

寄りつき行動 : 一般に、視覚目標物に接近し、これに“つく”行動を指す。この中には、魚が目標物に誘引されて接近・定位する場合のポジティブな寄りつき行動 (積極的な寄りつき行動) と、魚が外界よりストレスを受けこれを回避するために目標物に接近しその物陰に隠れるネガティブな寄りつき行動 (逃避的寄りつき行動) がある。後者の場合は、目標物は隠れ場 (shelter) として機能し、前者に比べると定位した際、目標物との間の距離は小さい。また、魚は静止することが多い。これに対し前者の場合、目標物との距離は大きく、魚は緩やかに目標物の周囲を泳ぐ。

寄りそい行動 : シマアジの場合、一般に夜間に見られる行動で、水中の構造物や浮体などの対象物に体側を接触させて静止する行動。昼間見られる上記のネガティブな寄りつき行動と外観は似るが、夜間の寄りそい行動の場合は、特に刺激を与えた場合に反応が鈍い点で特異であり、この行動は現在のところシマアジの睡眠状態の一つの表現型と考えられる。

潜りこみ行動 : 流れ藻・房状の付着生物および間隙の多い構造物中に体を潜り込ませて定位する行動。現在のところその意味は不明である。

基盤 (reference) : 魚が“寄りつく”際の定位目標。通常は人工的な浮体を指す。

II シマアジの寄りつき

シマアジの稚魚が昼間及び夜間にどのような寄りつき行動をしているのか調べた。

1. 昼間の行動

(1) 寄りつき行動

実験 1

平均全長 249mm のシマアジ未成魚 147 尾を、90m³角型水槽に収容した。水槽内には、基盤として 0.65×0.65cm の板 (板の下方にはネットを U 字型に設置) を水槽中央の水面に設置し、夜明けとともに基盤への寄りつき状況を観察した。

シマアジは、明け方 5:00 には基盤周辺に群がり始め、一部は基盤下のネットのトンネル内に入り込むのが観察された。照度の上昇とともに、基盤下の日影に入り込む傾向が

見られた（図Ⅱ・1）

実験2

平均全長236mmのシマアジ未成魚10尾を、50m³角型水槽に収容した。水槽内には、0.9 × 1.8mの板を基盤として水面に設置し、基盤に対するシマアジの行動を観察した。シマアジは、雲の移動により照度が高くなったときには基盤下に入って群がり、照度が低くなると基盤下から出て水槽全体をゆっくりと群泳した（図Ⅱ・2）。

観察1

小笠原父島の滝之浦湾において天然シマアジの生息状況の観察を潜水により行った。シマアジは、水深15mにある沈船と水深30mにある沈船で観察された。水深15mにある沈船の周辺では、平均全長30cm前後のシマアジが、沈船の一番大きな陰で群がりを作って静止しているか、沈船の上方1～5mで群泳していることが多かった。水深30mにある沈船では、沈船の周辺および上方に、異なる3サイズのシマアジが確認され、それぞれ別々に群を形成していた。シマアジは、広い砂地の中で顕著な視覚目標物としての沈船に寄りついているものと解釈された。

観察4

シマアジの種苗生産過程で、飼育水槽内でみられる寄りつき行動を観察した。飼育水槽の全長40mmのシマアジは水槽全体に広がって分布し、流れに逆らって遊泳しているが、水槽内の構造物（エアホース・排水用ネット枠・ロープ）に出会うと、それに寄りつく行動を示した。特に、流れの速い位置では、目標物を視認するとそれに寄りつき定位しようとする傾向が見られた（図Ⅱ・3）。

2. 夜間の行動（睡眠様行動）

実験1

平均全長51mmのシマアジ稚魚10尾を、30ℓおよび500ℓ黒色ポリカーボネイト水槽、8m³角型水槽に収容した。水槽には、不透明な塩ビ製パイプ（φ50mm、長さ25cm）を基盤として垂下した。

シマアジは、夜間には水槽壁面に体側を密着させ静止している行動が3水槽それぞれで観察された。照明をシマアジに当てると、一瞬硬直した状態になった後照明を避けるように遊泳するが、すぐに再び水槽壁面に体側を密着させ静止した。基盤への寄りつきは見られなかった（図Ⅱ・4）。

実験2

平均全長67～70mmのシマアジ稚魚10尾を、500ℓ水槽に収容した。水槽内には、不透明な塩ビ製パイプ（φ50mm、長さ25cm）を垂下し基盤とした。

シマアジは、夜間には分散した状態で群れを作らず、水槽壁面に体側を寄りそわせていた。大部分のシマアジは水槽壁に寄りそっていたが、区によっては1～2尾水槽中央に分布しているものもあった（図Ⅱ・5）。照明をシマアジに当てるとすぐに照明を避け、しばらく遊泳し続けた。

同様の実験を平均全長84～85mm、平均全長95～103mm、平均全長144～151mmでも行ったが、これらのサイズでは水槽壁面への寄りそいは見られなかった。また、基盤への寄りつきも見られなかった（図Ⅱ・6）。

観察 1

シマアジ種苗生産において、飼育水槽における夜間のシマアジの分布状況を観察した。観察時のシマアジの大きさは全長15mmであり、観察時の照度は、 10^{-1} Lux 程度の明るさであった。

シマアジは、夜間水槽壁に寄りそい、頭を流れの上流に向けて流れに逆らって泳ぎ、その場に定位していた。このような夜間水槽壁に寄りそう行動は、平均全長10mm頃より見られ始め平均全長50mm頃まで確認した。また、シマアジは成長にともない、流れの速い水槽壁における寄りそいから流れの緩やかな場所での群がりを示す傾向が見られた。

以上の実験及び観察結果をみると、昼間見られる寄りつき行動の中にこの夜間の寄りそいと動作学的によく似た行動が見られることがある。しかし、寄りそいはほとんどの場合基盤の面と平行であること、魚が静止していること、さらに刺激を与えても反応が鈍いことなどの点で昼間の寄りつき行動と大きく異なる。生理的な意味が異なるものと考ええる。

Ⅲ 行動の発達過程

1. 寄りつき行動

(1) 目的

基盤に対する寄りつき行動の成長に伴う変化を明らかにすることを目的とした。

(2) 方法

上浦事業場で人工飼育した全長6～150mmの稚魚を使用し、実験水槽内に設置した基盤への寄りつき性を成長段階毎に観察した。平均全長30mm以下の稚魚は30ℓポリカーボネイト水槽に、40mm以上の稚魚は500ℓポリカーボネイト水槽にいずれも10尾ずつ収容して実験を行った。

実験区には水槽内のやや壁寄りの場所に長さ25cmのφ50mm塩ビ製パイプの基盤を上部5cmを水面上に出して垂下し、対照区には基盤を設置しなかった。実験は屋内で行い、8時～17時の日中のみ蛍光灯の照明により照度を400～500Luxに調節した。供試魚は観察前日の11～20時水槽へ収容し、12～21時間馴致した。

観察は8時、12時、16時、翌日の8時の4回、魚の行動に影響を与えないよう配慮しながら行った。水槽を上面からの目測により、底面を直角に交わる2本の直径で4等分し、基盤がある区に分布する魚の割合を寄りつき率として寄りつき性の指標とした。各観察回次に1分間隔で5回観察を行った。

(3) 結果と考察

全長6～10mmでは実験区の魚の分布は対照区のそれと差はなく、寄りつき行動はみられなかった。しかし、全長12mmになると寄りつき行動が発現し、全長20mmでは最も強くなり寄りつき率は100%に達した(図Ⅲ・1)。寄りつき行動の出現は、成長と共に減少し、全長60mmになると基盤への寄りつきが3区中1区で観察されたのを最後に、全長70mm以上では一切見られなくなった(図Ⅲ・2)。

このように全長20mm以上の稚魚で寄りつき性が低下した原因としては、魚サイズに対する装置の大きさが適切でなかったと考えられる。適当な大きさをもった容器で計測すれ

ば、20mmをこえても寄りつき性は急激に落ちることなく、横ばいかまたはゆるやかに低下したかもしれない。

2. 寄りそい行動

(1) 目的

水中の物体に対する寄りそい行動の成長に伴う変化を明らかにすることを目的とした。

(2) 方法

上記の寄りつき行動の実験の中で、平均全長40mm～150mmのシマアジについて夜間の寄りそい行動の観察を行った。

実験は屋内で行い、夜間照明を行わなかったため、観察時の照度はかなり低く、外部からの人工光や月の明りによってかすかに物影が見える程度の明るさであった。照度はおよそ0.001 Lux程度と考えられる。

観察は、収容当日または翌日の21時から4時の間に1～3回行った。観察は魚の行動に影響を与えないよう配慮しながら、一瞬明りを照らして目視観察を行うか、フラッシュカメラ撮影によって行った。水槽壁または基盤側面に体側を接するようにそわせて静止している場合を寄りそった状態として、その個体数を計数した。

(3) 結果と考察

40mmから70mmのサイズの稚魚では夜間ほとんど全ての個体で寄りそい行動がみられた。しかし、全長85～150mmでは夜間も水槽中央付近で遊泳し、寄りそい行動は観察されなかった(図Ⅲ・3)。

IV 寄りつき行動の意味

1. 基盤に対する反応

(1) 目的

飼付けシマアジの放流直後の基盤に対する反応を明らかにすることを目的とした。

1) 初発行動

あらかじめ基盤を設置した水槽にシマアジを放流し、その直後からシマアジの基盤に対する反応を追跡することを目的とした。

2) 警戒心

シマアジを入れた水槽に後から基盤を設置した場合の、設置直後の基盤に対する反応を明らかにすることを目的とした。

(2) 材料と方法

1) 初発行動

実験水槽には500ℓ黒色円形水槽または8^m角型水槽を使用した。500ℓ水槽には長さ25cmのφ50mm塩ビ製パイプの基盤を水槽の壁から約20cmの位置に基盤上部5cmを水面上に出して垂下した。8^m水槽には長さ約100cm、φ100mmの塩ビ製パイプの基盤を水槽の壁から約50cmの位置に立てて設置した。これらの水槽内にシマアジ10尾をバケツでそっと放流し、放流直後のシマアジの行動を観察した。観察項目は遊泳軌跡、成群状態、遊泳水深とした。遊泳軌跡は目測で1分間区切りで野帳にシマアジの動線を記入し、基盤に対するシマアジの位置変化、遊泳速度の変化を観察した。成群状態と遊泳水深は10秒間に1回観

察した。以上の観察を放流後15分間行った。

5月13日と17日に全長40mmの稚魚を用いて 500ℓ水槽で各1例、5月29日に全長50mmの稚魚を用いて 500ℓ水槽と8m³水槽で各1例、合計4例の実験を行った。

2) 警戒心

500ℓ円形水槽にシマアジ稚魚10尾を収容し、収容から約半日後に基盤（長さ60cmのφ50mmの塩ビ製パイプ）を設置し、基盤投入後の行動を観察した。全長40・60・80・100mmの稚魚を使用し、各サイズ毎に3回、合計12例の実験を行った。観察は遊泳軌跡、成群状態、遊泳水深について目視で初発行動と同様の方法またビデオカメラ撮影によって行った。

(3) 結果と考察

1) 初発行動

収容直後のシマアジはパニック状態となり水槽全体を群泳で高速に遊泳するが、3分目以降徐々に遊泳速度が低下し、8分目以降は群泳が現れると同時に遊泳速度が非常に遅くなった（図IV・1，IV・2，IV・3）。分布水深は観察時間中継続して底面であった。放流直後の基盤に対する回避行動と寄りつき行動は観察されなかった。

2) 警戒心

全長40mmのシマアジでは基盤の投入により、群がりから群泳へ成群状態が変化し、遊泳速度の増加が観察された。この状態が8分間程度継続した後、遊泳速度の急速な低下がみられた。また、シマアジ群の分布域は基盤投入直後の2～3分間は基盤から離れた場所に限られたが、時間の経過と共に徐々に接近し、7分後には偵察様行動がみられ、8分後には基盤直下を遊泳するようになった（図IV・4，IV・5，IV・6）。しかし、観察中に基盤への寄りつきはみられなかった。2～3分後までは警戒心のために基盤を回避するが、その後徐々に警戒心が解けると同時に好奇心が現れ、7～8分後には基盤に接近したものと考えられる。分布水深は観察時間中継続して底面であった。

初発行動の実験の放流直後の行動に比べて遊泳速度が遅く、群泳の出現頻度が低かった。その原因はバケツによる放流の刺激に比べて、基盤投入の刺激が弱かったためと考えられる。

2. 捕食者の影響

(1) 目的

寄りつき性の生態的意義を解明するため、寄りつきの要因の1つと考えられる基盤のシェルター効果について検討した。

(2) 材料と方法

1) 供試魚

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、五島事業場で1994年4月8日に採卵後4月10日にふ化したふ化仔魚を、陸上水槽（90m³コンクリート水槽）で50日間飼育を行い、沖出し後、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116日令に陸揚げを行い、陸上水槽（90m³コンクリート水槽）に設置した小割網に収容した。その後14日間小割網で飼育を行い、ふ化後130日令（平均全長94mm）で実験に供した。

供試魚の収容は実験開始時の前日に行い、一晚馴致後、試験に供した。

2) 実験水槽

実験には 500ℓ 黒色ポリカーボネイト水槽 (円形: $\phi 153 \times 84$ cm) 6面を用いた。実験中の水深は 70cm、実効水量 500ℓとした。実験中は通気は行わなかった。実験期間中の注水は、濾過海水を流水 ($0.1 \text{ m}^3/\text{hr}$) で行った。注水水温は自然水温としたが、日中の水温上昇を防ぐため、井戸水 (20°C) によるウォーターバスにより冷却した。実験中の照度調整は特に行わず、屋内自然光とした。各水槽には水槽底から 30cm, 水槽中心から 20cm の位置に塩ビ製の基盤を設置した。実験期間中の給餌は行わなかった。

3) 実験区

各実験区の内容を次に示した。

実験区	外敵 (1尾)	実験魚 (10尾)	基盤の種類
1	イシダイ (全長25cm)	シマアジ (全長94mm)	水平基盤
2	イシダイ (全長25cm)	シマアジ (全長94mm)	垂直基盤
3	イシダイ (全長25cm)	シマアジ (全長94mm)	水平-垂直基盤
4	シマアジ (全長30cm)	シマアジ (全長94mm)	水平基盤
5	シマアジ (全長30cm)	シマアジ (全長94mm)	垂直基盤
6	シマアジ (全長30cm)	シマアジ (全長94mm)	水平-垂直基盤

外敵として、イシダイ未成魚 (全長25cm)、シマアジ未成魚 (全長30cm) を用いた。イシダイ未成魚とシマアジ未成魚に対し各3区ずつ、合計6区を設けた。基盤は3種類 (水平・垂直・水平-垂直) 作製し、イシダイ未成魚とシマアジ未成魚に対しそれぞれ3種類の基盤を設置した。

4) 観察

外敵を加えた時のシマアジ稚魚の警戒行動、基盤への寄り付きについて観察した。観察は、捕食者を加えた直後、1時間後、3時間後の3回行った。観察時刻は、10:00, 11:00, 13:00である。各区の1回の観察につき1分間のビデオ撮影を行い、その後の解析に供した。

(3) 結果と考察

シマアジ稚魚の外敵 (イシダイ) に対する行動は以下の通りであった。

イシダイ区

観察時刻	シマアジの行動
10:00	イシダイが同居するとともにコンパクトな群れを形成する。常にイシダイと対称の場所に位置し、イシダイの動きに敏感に反応した。イシダイが静止している時の群れの形状は群がり、イシダイが動くと水槽内を狂奔状態で群泳した (図IV・7)。
11:00	群れ面積はやや大きくなる。常にイシダイと対称の場所に位置しイシダイの動きに敏感に反応した。
13:00	イシダイに慣れたような落ち着きが見られるが、常にイシダイと対称の場所に位置する。時々イシダイに興味を示すような行動が見られる。 (1~3区とも同様な行動であった)

シマアジ区

観察時刻

シマアジの行動

- 10:00 大型シマアジを収容した直後から、大型シマアジと合流しひとつの群れを形成した。群れの大きさはコンパクトであり、大型シマアジを中心に寄りそうように群泳した。遊泳速度は大きい(図IV・8)。
- 11:00 大型シマアジと合流しひとつの群れを形成した。群れの大きさは大きくなり、遊泳速度は遅くなった。
- 13:00 シマアジの群れは大型シマアジと離散・合流を繰り返した。
(4・6区は上記の行動を示したが、2区は大型シマアジが狂奔しシマアジの群れとは合流しなかった)

また、シマアジ稚魚の基盤に対する行動は以下の通りであった。

イシダイ区

観察時刻

シマアジの基盤への寄りつき

- 10:00 3回の観察とも、イシダイの動きには警戒し敏感に反応するが
～ 基盤への寄りつきは見られなかった。
- 13:00 (1～3区の3種類の基盤に対する寄りつきの差はなかった)

シマアジ区

観察時刻

シマアジの基盤への寄りつき

- 10:00 4・6区は3回の観察とも大型シマアジとの混成群を形成したが、
～ 基盤への寄りつきは見られなかった。混成群を形成しない5
13:00 区でも基盤への寄りつきは見られなかった。

今回の実験では、シマアジに警戒心を与えるものとして、供試魚よりも大きな魚を2種類選択して同じ水槽に収容した。しかし、シマアジ未成魚を入れた場合は、同種のためかシマアジ稚魚はこれに警戒反応を示さず、すぐに追尾し混成群を形成しようとした。一方、イシダイに対しては、明らかに警戒行動を示したものの基盤に隠れるような行動は示さず、基盤をシェルターとしてみなすような行動は認められなかった。

3. 群サイズの影響

(1) 目的

寄りつき性の生態的意義を解明するため、寄りつき要因の1つと考えられるストレスの効果について検討した。

(2) 材料と方法

1) 供試魚

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、五島事業場で1994年4月8日に採卵後4月10日にふ化したふ化仔魚を、陸上水槽(90m³コンクリート水槽)で50日間飼育を行い、沖出し後、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116日令に陸揚げを行い、陸上水槽

(90m³コンクリート水槽)に設置した小割網に収容した。その後14日間小割網で飼育を行い、ふ化後 130日令 (平均全長94mm) で実験に供した。

供試魚の収容は実験開始時の前日に行い、一晚馴致後、試験に供した。

2) 実験水槽

実験には 500ℓ 黒色ポリカーボネイト水槽 (円形: φ153 × 84 cm) 6面を用いた。実験中の水深は 70cm、実効水量 500ℓとした。実験中は通気は行わなかった。実験期間中の注水は、濾過海水を流水 (0.1 m³/hr)で行った。注水水温は自然水温としたが、日中の水温上昇を防ぐため、井戸水 (20℃) によるウォーターバスにより冷却した。実験中の照度調整は特に行わず、屋内自然光 (約 20000 lux) とした。各水槽には水槽底から 30cm, 水槽中心から 20cm の位置に塩ビ製の基盤を設置した。実験期間中の給餌は行わなかった。

3) 実験区

実験区の収容尾数は 1尾 (1～3区)、3尾 (4～6区)、10尾 (7～9区) とし、それぞれ3区ずつ合計9区を設けた。また、設置する基盤の種類は3種類 (水平, 垂直, 水平・垂直) であり、1尾区、3尾区、10尾区のそれぞれの区毎に3種類の基盤を設置した。

4) 観察

あらかじめ基盤を設置した水槽にシマアジ稚魚を収容し、収容直後からシマアジの基盤に対する寄りつきについて観察した。観察は、捕食者を加えた直後、2時間後、20時間後の3回行った。観察時刻は、14:00, 16:00, 翌日の10:00である。各区の1回の観察につき1分間のビデオ撮影を行い、その後の解析に供した。

(3) 結果と考察

シマアジの基盤への寄りつきは以下のものであった。また、この時の寄りつき状況を図IV・9, IV・10, IV・11, IV・12に示した。

実験区	収容尾数	設置基盤	寄りつきの有・無 (○・×)		
			0時間後	2時間後	20時間後
1	1尾	水平	×	○	○
2	1尾	垂直	×	○	○
3	1尾	水平・垂直	×	○	○
4	3尾	水平	×	×	○
5	3尾	垂直	×	×	△
6	3尾	水平・垂直	×	×	○
7	10尾	水平	×	×	×
8	10尾	垂直	×	×	×
9	10尾	水平・垂直	×	×	×

(△: 基盤に寄りつかずに水槽壁面に寄りつく)

以上の結果から、シマアジは群れのサイズが小さいほど基盤に寄りつく傾向が顕著であ

った。また、基盤の形状による寄りつきの差は、今回の結果からはわからなかった。シマアジは成群性の強い魚であり、群れのサイズが小さくなることはシマアジにとってかなりのストレスを受けることになると思われ、その結果寄りつき性が強くなるものと思われる。なお、群れサイズによって受けるストレスの強さは、シマアジの収容密度に依存すると思われ、今回の実験に使用した 500ℓ 水槽では10尾区は基盤に寄りつかなかったが、収容する水槽が大きくなり収容密度が低下すると、10尾区でも基盤への寄りつき性は強くなるものと考えられる。

4. 基盤の影響

(1) 目的

シマアジが基盤に寄りつく際、基盤の形状・サイズなどのどんな要素が魚を誘引するのかを明らかにする目的で、まず刺激としての基盤寄りつき行動の要素を視覚刺激と機械刺激の要素に分け、これらの有効性を検討した。次に、基盤の構造がシマアジの寄りつき行動に及ぼす影響を検討した。

(2) 材料と方法

1) 供試魚

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、五島事業場で1994年4月8日に採卵後4月10日にふ化したふ化仔魚を、陸上水槽(90m³コンクリート水槽)で50日間飼育を行い、沖出し後、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116日令に陸揚げを行い、陸上水槽(90m³コンクリート水槽)に設置した小割網に収容した。その後14日間小割網で飼育を行い、ふ化後117日令(平均全長82mm)で実験に供した。

供試魚の収容は実験開始時の前日に行い、一晚馴致後、試験に供した。

2) 実験水槽

実験には500ℓ 黒色ポリカーボネイト水槽(円形:φ153×84cm)12面を用いた。実験中の水深は70cm、実効水量550ℓとした。実験中は通気は行わなかった。実験期間中の注水は、濾過海水を流水(0.1 m³/hr)で行った。注水水温は自然水温としたが、日中の水温上昇を防ぐため、井戸水(20℃)によるウオーターバスにより冷却した。実験中の照度調整は特に行わず、屋内自然光(210~1200 lux)とした。各水槽には水槽底から70cm、水槽中心から20cmの位置に塩ビ製の基盤を設置した。実験期間中の給餌は行わなかった。

3) 実験区

基盤の種類は、水平基盤、垂直基盤、水平-垂直基盤の3種類とした。基盤の1面のサイズは15×15cmである。試験区は1基盤についてそれぞれ3区ずつ合計9区、また対照区として基盤を設置しない区を3区設け、合計12区とした。収容尾数は各区とも10尾とした。

4) 観察

基盤を設置した水槽にシマアジ稚魚を収容し、収容直後、18時間後、23時間後の3回、シマアジの基盤に対する寄りつきについて観察した。各区の1回の観察につき1分間のビデオ撮影を行い、その後の解析に供した。

(3) 結果と考察

3回の観察結果について、以下に記す。

第1回観察(放流直後)

シマアジは、放流後すぐにコンパクトな群れを形成し、基盤を避けるように速い遊泳速度で群泳した。収容後1分間は興奮した状態にあり、基盤に対する行動はいずれの基盤に対しても何も認められなかった。

第2回観察(9:45)

シマアジは12区中10区で水槽中央にコンパクトな群がりを形成して静止しているか、ゆっくりと群泳していた。いずれも落ち着いた状態であった。また、1区(対照区)で遊泳速度の速い群泳をしていた。基盤への寄りつきは1区(水平基盤区)で見られ、基盤の下を中心に大きい群がりを形成し、基盤と水槽中央部の間を行き来していた。

第3回観察(14:00)

シマアジは12区中11区で水槽中央にコンパクトな群がりを形成して静止しているか、ゆっくりと群泳していた。いずれも落ち着いた状態であった。基盤への寄りつきは、第2回観察と同じ1区(水平基盤区)で見られ、基盤の下を中心に大きい群がりを形成し、基盤と水槽中央部の間を行き来していた。

基盤への寄りつきは水平基盤の1区のみで見られたが、他の2区の水平基盤区では見られなかった。基盤に寄りつかない理由として、実験環境・実験装置・種苗の質などが考えられるが不明である。しかし、群サイズの実験では、同じ基盤を使用して3尾区・1尾区では3種類のいずれの基盤においても寄りつきが見られたことから、シマアジの収容尾数に対する占有空間比が関与しているかも知れない。

5. 天然の藻に対する行動

(1) 目的

シマアジの物への寄りつき性は、天然魚および人工生産魚においても数多く観察されている。しかし、シマアジが流れ藻につくという報告はない。ここでは、シマアジが天然の藻に対してどのような行動を示すか観察した。

(2) 材料と方法

1) 供試魚

実験には、日本栽培漁業協会五島事業場で生産したシマアジとブリを使用した。シマアジはふ化後104日目、平均全長52mmである。ブリは、ふ化後28日目、平均全長14mmのA群とふ化後42日目、平均全長14mmのB群を使用し、B群はさらにモード群(平均全長35mm)とビリ群(平均全長27mm)とトビ群(平均全長44mm)に分けて使用した。

2) 実験水槽

実験には500ℓの透明なポリカーボネイト水槽を用い、各水槽にはそれぞれ地先海面より採集した流れ藻(ホンダワラ)を水面の半分を覆う程度に等量ずつ入れた。

3) 実験区

実験区は以下のとおりに設定した。

1 区	シマアジ	10尾	平均全長5.2cm
2 区	ブリ (A群)	10尾	平均全長1.4cm
3 区	ブリ (B群: モード)	10尾	平均全長3.5cm
4 区	ブリ (B群: ビリ)	10尾	平均全長2.7cm

4) 観察

実験は、1994年6月6日16:00 から6月7日18:00 にかけて行った。観察は、収容から5分間は10秒おきに群れの形状・藻への寄りつき尾数について目視で行った。また、水槽側面からのビデオ撮影も行った。その後は収容1時間後、5時間後、19時間後、26時間後に藻への寄りつき尾数を目視観察した。また、24時間後には4区にB群のトビ10尾を収容しビリ群がトビ群から受ける影響や寄りつき性の変化を観察した。

(3) 結果と考察

実験結果は以下のとおりである。

- 1 区: シマアジの寄りつきは、いずれの観察時においても観察されなかった。収容後のパニック状態が落ち着いた後は藻の下の水槽の底層で群泳の状態を維持した。
- 2 区: 収容後5分間はパニック状態が続き、成群・寄りつきは見られなかった。その後、寄りつきは放流2時間後(18:00)に1尾、5時間後(21:00)に4尾、19時間後(11:00)に1尾見られたのみであった。群れの状態は常に分散であった。
- 3 区: 収容3分後に4尾、2時間後(18:00)に3尾、5時間後(21:00)に9尾、19時間後(翌日11:00)に2尾、26時間後(翌日11:00)に5尾の寄りつきが見られた。群れの形状は、終始分散であった。
- 4 区: 収容直後にすぐ2尾、2時間後(18:00)に2尾、5時間後(夜間21:00)に9尾、19時間後(翌日11:00)に7尾の寄りつきが観察された。また、追加直前(13:55)の寄りつき尾数は2尾であったが、トビ群追加直後(14:00)の寄りつきはビリ群とトビ群とも0尾、2時間後(16:00)はビリ群3尾、トビ群4尾、9時間後(23:00)はビリ群10尾、トビ群8尾が寄りついた。トビ群の追加によるビリ群の寄りつき行動の変化は見られなかった。
- 5 区: 収容(14:00)4~5分後に2尾が寄りついたのみで、4時間後(18:00)にはまったく寄りつかなかった。しかし、9時間後(23:00)には9尾が藻につき1尾が壁面についていた。

今回の実験では、藻への寄りつきは観察されなかったが、上浦事業場ではホンダワラコケムシの中に潜り込む行動が観察されている。藻への寄りつきに関してはさらに検討する必要がある。

V 低照度と成群行動

1. 低照度の影響（月夜）

（1）目的

仲間の視認が制限される夜間、例えば月夜の明るさ（0.01 Lux）程度の低照度下で、シマアジがどのような成群行動をするか調べた。同時に、仲間の視認が十分可能な明るさ（240 Lux）および仲間の視認が不可能な暗黒状態（0 Lux）の成群行動も観察し、これらと低照度下における行動を比較した。

（2）材料と方法

実験は、1994年10月28日から11月8日にかけて日本栽培漁業協会五島事業場で行った。用いたシマアジは当事業場で生産された日令173日目（平均全長 119.3 ± 5.6 mm，平均体重 19.4 ± 2.5 g）の種苗である。

1）実験装置

実験装置の概要を図V・1に示した。事業場の飼育棟屋内に、厚さ1.5mmのベニヤ板で広さ 1.8m^2 ，高さ1.8mの暗室を2区作った。各区の中央に黒色の 0.5m^3 のパンライト水槽を設置し、それぞれ実験区，対照区とした。水槽の照明には白熱球を用いた。実験区，対照区とも、水槽外縁の直上に直列につないだ100 Wの白熱球4個（図中a）を均等に配置し、水中照度（水槽中央の底面から10cmの場所における下方向照度）が240 Luxになるようにした。実験区にはさらに40Wの白熱球を取りつけた箱（縦18cm，横12cm，深さ20cm，図中b）を暗室の天井に取り付け、箱の口に乳白色ビニールシートを4枚張ることにより、これを単独点灯した場合の照度が 10^{-2} Luxになるようにした。なお、満月時の海表面照度は0.1 Luxであるが、0.01 Luxという値はシマアジの遊泳水深を23mとし（益田，1993）、飼付け試験現場の水深別照度（図V・2）から求めた消散係数 $K = 0.1\text{m}^{-1}$ を用いて次式からシマアジのおかれる満月時の低照度条件を推定したものである。

$$E_L = E_0 \cdot \exp(-KL)$$

水槽内にはろ過海水を深さ30cmまで入れ、80ml/秒で換水した。

観察は水槽の直上に取りつけたビデオカメラ（図中c）（実験区：ナイトビューア（浜松フォトニクス製），対照区：アイボール（日立造船））で行い、ビデオ録画した。なお、実験区には観察用の照明として、赤外線フィルターをかぶせた40Wの白熱球（図中d）を常時点灯した。

体長がほぼ等しいシマアジを沖出しした小割から取り揚げ、各水槽に10尾ずつ収容し、1時間以上放置した。実験は、魚の遊泳速度が安定し、緩やかな群泳が行われるようになってから開始した。

2）実験の手順

- ① 実験区，対照区の水中照度を240 Luxとし、水槽に体長がほぼ等しい魚を10尾ずつ収容した。（1日目，12:00）。
- ② 実験区の水中照度を0.01 Luxに減少させた（1日目，16:00）。
- ③ 実験区の水中照度を0.1 Luxに減少させた（2日目，16:00）。
- ④ 実験終了（3日目，10:00）。
- ⑤ 新規に魚を入れ換え上記実験を3回繰り返した（3日目，12:00）。

水中照度の経時変化を図V・3に示した。

3) 解析方法

録画ビデオを再生し、以下の2つのパラメーターを測定した。なお、測定は12, 16, 20, 0, 4および8時の各定時の最初の10分間を対象とした。

- ① 各測定時間帯に2回、2分間における群泳率（全部の魚がほぼ同じ方向に吻を向け、群れ全体が移動している状態の出現率）を測定した。
- ② 各測定時間帯に10回、任意に選抜した5個体について、解析画面上に設定した基線を通過する時間を調べ、魚の平均全長と通過に要した時間から遊泳速度を測定した。

(3) 結果と考察

1) 成群率

対照区では240 Lux の照度下におけるシマアジの成群行動を48時間連続撮影した。実験魚を入れ替えて3回行ったこの実験では、3回ともシマアジの成群率に明瞭な日周期性が認められた（図V・4）。

群泳率は20時頃から増加し始め、真夜中の0時から明け方の4時にかけて最大の100 %に達した。その後は急激に減少し、朝の8時には20~25%付近で最低となった。そして昼間は群泳率は50%以下の低い値で推移し、夕方から再び増加を始めた。群泳率は2日目もほぼ同様な傾向で変化した。

実験区では水中照度が0.01Lux および0 Lux の場合についても、それぞれ24時間連続観察した。群泳率の日周変化を240 Lux の場合と比較してみると（図V・5）、0.01Lux では240 Lux の場合と同様、真夜中の0時から4時にかけて群泳率が最大となった。また、明け方にかけて成群率が急激に低下する傾向も一致した。ただし、240 Lux の場合には、群泳率が増加の途にあった16時から20時の間に、0.01Lux では2例において高い群泳率を示したことである。これに関しては、実験区では、魚を収容した後240 Lux の照度で馴致したものの、16時に実験照度を急に变化させたために、魚が収容直後に似た恐慌状態になり、その結果群泳が多くなったのと思われる。さらに、低照度のために仲間の存在は認識できるものの、かなり見えにくい状態にあり、仲間と離れないように警戒した結果、16時から20時の間に群泳率が高くなったものと考ええる。

一方、0 Lux ではシマアジはまったく群れを形成することはなかった。照度が0.01Lux から0 Lux に減少すると同時に、すべての魚は水槽の壁面に沿って周回行動を始めた。その周回行動はばらばらで、互いに逆方向に遊泳する個体がぶつかることもあった。視覚がきかない場合であっても、魚は側線感覚で周囲の状況がある程度把握することができると従来から考えられている。しかしながら、本結果からは、シマアジの群れ形成において側線はほとんど関与せず、視覚のみがきわめて重要な役割を果たしていることが示唆された。

2) 遊泳速度

遊泳速度にも群泳率と同様な日周変化が見られた（図V・6）。すなわち、遊泳速度は夜間に最大になり、昼間に最低になる傾向があった。この傾向は、240 Lux と0.01Lux で特に顕著に現れた。なお、240 Lux での3回目の実験で、20時、8時および12時にデータが欠如しているのは、群れの移動速度が極めて遅く、遊泳速度の測定が不可能であったためである。

各照度において測定したそれぞれ600例（0.01Lux のみ700例）の遊泳速度の頻度分布

を図 V・7 に示した。240 Lux では 6～7 cm/秒 が最も出現頻度が高かった。0.01 Lux では頻度分布に 3 cm/秒 と 20 cm/秒 の 2 つの峰をもつことがわかった。3 cm/秒 付近にできた峰に関しては、照度の影響で魚の視機能が低下し警戒しながら行動するために、240 Lux で最も頻度の高かった遊泳速度 (6～7 cm/秒) よりも低いところで頻度が高くなったものと推測される。一方、20 cm/秒 付近に見られる峰に関しては、仲間との距離が離れ、急いで合流しようとする際に生じる瞬発的な遊泳速度の出現が影響していると考えられる。0 Lux での最大頻度は 17 cm/秒 付近に見られた。分布範囲は他の照度より狭いことから、常に高速で遊泳していることがうかがわれた。これは魚がまったく物が見えないために、狂奔的に遊泳するためと考えられる。このシマアジの暗黒条件下で観察された高速遊泳は、夜間の飼付け場で視覚がまったくきかない照度域値下の低照度条件の時、飼付け場からの逸散率を高くする一因になり得ると推察された。

2. 急激な照度変化の影響

(1) 目的

前節で夜間の低照度下のシマアジの成群行動を観察したが、本節では夜間月が雲に隠れた場合などの急激な照度変化がシマアジの成群行動に与える影響を検討した。

(2) 材料と方法

実験装置は「1. 低照度の影響」で使用したものを改造して用いた。実験区の照明装置には 40 W の白熱球を取りつけた箱 (縦 18 cm, 横 12 cm, 深さ 20 cm) を 5 個作製し用いた。これらを暗室の天井に均等に取り付け、箱の口に乳白色ビニールシートを 1, 4, 8, 12 および 16 枚張った。各照明装置の単独による照度はそれぞれ 2, 10^{-2} , 10^{-3} , 10^{-4} および 10^{-5} Lux になるようにした (図中 b)。これら照明の切り替えはスイッチ①～⑦により遠隔操作した。

水槽内にはろ過海水を深さ 30 cm まで入れ、80 ml/秒 で換水した。

観察は水槽の直上に取りつけたナイトビューアー (浜松フォトニクス製) で行い、ビデオ録画した。なお、観察用の照明として、赤外線フィルターをかぶせた 40 W の白熱球 (図中 d) を常時点灯した。

体長がほぼ等しいシマアジを 10 尾、沖出しした小割から取り揚げ、水槽に収容し、1 時間以上放置した。実験は、240, 2, 10^{-2} , 10^{-3} 及び 0 Lux の 5 段階の照度を短時間でランダムに切り替えて行い、各照度で魚が成群するか否かを観察した。

(3) 結果と考察

シマアジは 10^{-3} Lux 以上では群れを形成したが、0 Lux では形成せず、水槽縁を個々別々に周回した (図 V・8)。短時間の照度変化に対して、シマアジの反応は非常に鋭敏で、群泳から周回遊泳、周回遊泳から群泳へとわずか 1, 2 秒の内に切り替わった。ただし、240 Lux から 10^{-3} Lux、あるいは 0 Lux から 240 Lux に変化させた場合には、直後に魚の行動が無秩序になることがあった。これは魚の眼の明順応から暗順応、あるいは暗順応から明順応への移行が、短時間のやや大きな照度変化に対応できなかったためと思われる。実際に、飼付け現場において考えられる低照度下での急激な照度の変化としては、曇天の月夜に月に雲がかかったり、再び月が出たりする状況がある。このような自然による短期的な照度変化は、短時間で群れを崩壊させることもあり、シマアジの飼付け現場から

の逸散要因となるものと推察された。

3. 照度閾値

(1) 目的

シマアジが群れを形成維持できる照度閾値について検討した。

(2) 材料と方法

1) 実験装置

実験装置は「2. 急激な照度変化の影響」で使用したものをを用いた。

実験は、体長がほぼ等しいシマアジを10尾、沖出しした小割から取り揚げ、水槽に収容し、1時間以上放置してから開始した。

2) 実験の手順

- ① 実験区の照度を2 Lux とし、水槽に体長がほぼ等しいシマアジを10尾収容した。
- ② 約1時間後、赤外線を除くすべての照明を消して暗黒条件にした。この操作により、後述の通り群行動は崩壊し、各個体は無秩序な動きとなる。
- ③ 3分後、水中照度を実験照度に変化させ、30分間観察した。
- ④ 水中照度を2 Lux にして群れを形成させた。
- ⑤ 2分後、照明を消して群れを崩壊させた。
- ⑥ ③に戻り、実験照度を変えて実験を繰り返した。
- ⑦ 新規に魚を入れ換え、上記実験を3回繰り返した。

水中照度の経時変化を図V・9に示した。

3) 解析方法

ビデオを再生し、以下のパラメータを測定した。

- ① 各測定時間帯に2回、2分間における群泳率を測定した。
- ② 各測定時間帯に10回、任意に選抜した5個体について解析画面上に設定した基線を通過する時間を調べ、魚の平均全長と通過に要した時間から遊泳速度を測定した。
- ③ 各測定時間帯に10回、画面解析上に設定した基線を通過する魚の遊泳方向（時計回り、反時計回り）を測定。

(3) 結果と考察

1) 群泳率

実験区の水槽（照度2 Lux）に収容した直後のシマアジは、およそ40cm/秒のかなり速い遊泳速度で水槽内を個々別々に無秩序な動きをした。遊泳速度はしだいに遅くなった。群泳行動が見られるようになったのは収容してから30分後であった。この時の遊泳速度は15～20cm/秒であった。水中照度を0 Lux に減少させると群れは即座に崩壊し、2, 3秒後にはすべての魚が水槽の壁面に沿って、時計回りまたは反時計回りで周回遊泳し始めた。0 Lux で魚が周回遊泳している状態からある一定の実験照度に変化させた場合のシマアジの群泳率には、 10^{-3} Lux と 10^{-4} Lux の間で大きな差異が認められた（表V・1）。すなわち、 10^{-3} Lux 以上の照度に変化させた場合、魚は水槽壁面から離れ、中央に集まり、群れを形成した。この間1～3秒であった。その後も魚の体軸の方向がそろっていない群がり（Aggregation）の状態になることがあったものの、分散することはなく、群泳率は90%以上の高い値を示した。ところが、 10^{-4} Lux 以下の照度に変化させた場合には、魚の

行動に変化はほとんど見られず、水槽の壁面に沿って周回遊泳する行動が継続された。群泳率は0%であった。このとき、周回する個体の遊泳方向は特に偏りがなく、ランダムと推定された(図V・10)。また、魚が互いに至近を通過する機会は頻繁に合ったものの合流して群れを作ることにはなかった。

これらの結果より、シマアジが成群可能な照度閾値は 10^{-3} Lux と 10^{-4} Lux の間に存在するものと結論された。

従来より、水中照度の減少が魚の物体視認に影響を及ぼすことは種々の魚で知られているが、本結果はこれらの照度の3から4桁低い値である。これは、従来の研究で対象とした物体が餌や漁具のように小さな物体であったためである。本実験で対象とする物体は相手の“シマアジ”の魚体でかなり大きい。すなわち、仲間が見えなくなる明るさが、ほぼ群れ形成の限界照度であると考えられた。

2) 遊泳速度

各実験照度において測定したそれぞれ600例の遊泳速度の頻度分布を図V・11に示した。 10^{-3} Lux以上の照度では、分布範囲は10~50cm/秒と比較的狭く、明瞭な峰を有する分布を示した。これに対し、 10^{-4} Lux以下の照度では、分布範囲は10~80cm/秒と広く、なだらかな分布を示した。

最も頻繁に出現した遊泳速度を見てみると、群れを形成した 10^{-3} Lux以上では、2Luxで30cm/秒、 10^{-2} Luxで23~25cm/秒、 10^{-3} Luxで15~20cm/秒であり、照度が低下するにともない遅くなった。これに対し、群れを形成できなかった 10^{-4} 以下での遊泳速度は逆に速く、35~40cm/秒に最も高い出現頻度がみられた。これらの結果の理由としては、まず、シマアジが成群可能な 10^{-3} Lux以上の照度では、照度が低下するにしたがって仲間や周囲の様子が見えにくくなり、警戒しながら泳ぐようになるために速度が低下したのと考えられる。一方、成群不可能な 10^{-4} Lux以下の照度では、何も見えないために仲間あるいは寄りそえる基盤のようなものを求めて狂奔したのと考えられる。夜間にシマアジの棲息水深で閾値以下の低照度が生じ、長時間続き、また、寄りそえる基盤に遭遇できなかった場合、群れの崩壊、飼付け場からの逸散の危険性はより高くなると推察された。

VI 総合考察

1. シマアジの寄りつき行動

(1) 飼育水槽における寄りつき

シマアジ種苗生産の飼育水槽中で仔稚魚の分布が一樣ではなく、それぞれの時期に特有の集中分布をすることが観察されている(図VI・1)。これらの集中分布の消長は仔稚魚の器官形成・走性や群行動および寄りつき行動の発現・発達により起こるものと思われる(図VI・2, VI・3)。すなわち、飼育水槽では3日令より集中分布が形成されるが、これは光走性の発現時期と一致し、集中分布の成因として光走性が示唆される。また、5日令から10日令にかけて、夜間にも集中分布が観察されるが、これは6~7日令で観察される鰾の開腔によりシマアジの浮力は急激に高まり、その結果、水槽内の収斂域に吹きだまって濃密な集中分布を形成したものと推測される。その後筋肉の発達及び浮力調節の機能が十分に備わるにつれて、夜間の集中分布は消滅するものと考えられる。20日令から30日令の間に、昼間の明所の集中分布は消滅するが、これは28日頃から出現した群れ行動に関

係するものと考えられる。それまでは疑似群状態を含め受動的に集中分布するのみであったが、群れ行動の発現と共に能動的に離合集散が行われるようになり、水槽中で大規模な集中分布は見られなくなったと考えられる。また、選好照度の変化に伴う分布水深の変化があげられ、全長12mm以上（25日令以降）のシマアジは環境中の最も高い水面照度を避け、やや低い照度の水深帯を選んで分布したと考えられる。しかし、これについてはさらに詳しい検討を要する。一方、20日令以降、夜間に集中分布が再び出現する（図VI・1）が、これは、10日前後に出現した受動的な吹きだまり状態の集中分布とは異なり、稚魚が夜間水槽の壁面に能動的に寄りつくためと考えられる。

（2）天然海域における寄りつき

シマアジの寄りつき行動は、全長12mmから発現することが本共同研究により明らかになった。シマアジも天然海域においては、全長12mm前後から流れ藻その他の浮体に寄りついているものと推察される（図VI・4）。しかし、シマアジの初期生活史は、まったくといって良いほど明らかになっていない。そこで、本研究でえられた知見をもとに、接岸期以前のシマアジの生活史を推測してみよう。ふ化仔魚から接岸稚魚期の間は次の2つの浮遊期に分けることができると考えられる。

1）分散浮遊期

受精後約40時間（岩本，1980）でふ化したシマアジは、眼が黒化するまではパッチをつくることもなく、完全な分散状態で海中を漂っていると考えられる。上述のように、全長3.4mm（3日令）で眼が黒化すると、シマアジ仔魚は種苗生産水槽の表層浅所で濃密な集中分布を形成した。さらに、光走性の実験によれば、全長3.4～10mm（3～23日令）の個体が 10^5 Lux程度の極めて明るい場所を好むことが示されている（図VI・2）。したがって、10mmまでのいわゆる仔魚は、天然の状態でも海面下数cmの浅所に分布していると考えられる（図VI・4：分散浮遊期）。この時、潮目などの収斂水域があればそこに受動的に集中分布し飼育水槽と同様な疑似群がりをつくるだろう。また、全長4mmにおける感覚器の発達と各種走性の発現は、摂餌に必要な最低限の機能を保障するものと考えられる（図VI・3）。

2）寄りつき浮遊期

一方、12mm（25日令）以上の稚魚期になるとシマアジは、 10^5 Luxよりも 10^4 Luxを好むようになる。 10^5 Luxと 10^4 Luxは、それぞれ快晴の日の日向と日影の照度に相当する。照度選好性の変化は、この時期のシマアジが遊泳水深をより深い所にとるようになるか、または物影に寄りつくことを示唆している。寄りつき性の実験では、シマアジが12mmで透明および不透明基盤に寄りつくことが示されており、稚魚期のシマアジはおそらくこの時期から、天然海域でも流れ藻や流木などの漂流物につくようになると推察される（図VI・4）。

寄りつき性の発現した12mmサイズで相互誘因性も同時に発現する（益田，1995）。そして、同じ流れ藻や流木に寄りついたシマアジ同士が相互誘因性を示すことにより、これまで受動的に集合した疑似群がり状態であったものが、漂流物の周辺に有機的に集まった、いわゆる群がりへと移行する。15mm前後に成長すると、遊泳力がさらに高まるとともに頭部側線管器が完成して、ようやく群泳を示すようになるのであろう。これ以降は終生、群を中心とした生活が続く。

(3) 寄りつきの生態的意義

シマアジにおいては、少ない尾数の群れは摂餌をせず高速で遊泳し逃避的行動を示すこと、他魚種と混合群を形成して外敵を避けること、急激な照度変化の刺激により基盤に寄りつくことなどがこれまでの研究により示された。以上のことからシマアジの場合、寄りつき行動や群れ行動は捕食者回避のための警戒行動としての生態的意義が最も重要であると考えられる。

ネガティブな寄りつき行動は、それ自体が逃避行動であると理解できるが、一方でポジティブな寄りつき行動は、群れを維持するための生態機構とも考えられる。Keenleyside (1955) は夜間に群れが逸散しないように魚がとっている戦略として、①受動的に集団でドリフトしている、②そこに静止して滞留する、③化学感覚や側線感覚など視覚以外で群れを維持しているという3つの説を挙げている。

外洋で生活するシマアジの稚魚は、流れ藻などの漂流物に付随することにより、群を維持していると考えられる(図VI・4)。すなわち、昼間は視覚目標として漂流物の周辺に定位し、夜間は接触刺激を求めてこれに寄りつき、集団として昼夜ともまとまった状態で漂流することにより、群れの解体を防いでいるものと考えられる。

(4) 寄りつき行動と群行動

ネガティブな寄りつき行動は、シマアジが中程度のストレスを感じているときに現れる行動であると考えられる。すなわち、非常に強いストレスを感じたときには逃走しようと狂奔し、これよりもやや弱いストレスの状態の時は高速の群泳を示す。そして、高速の群泳から少し落ち着いた状態の時に、群がりが出現する。その際、付近に視覚的な定位目標となるものがある場合、この定位目標の周囲で群がりを形成することが多い。ストレスがほとんどなくなった時には、シマアジは水槽内の広い範囲に分散する。

ある視覚目標に対して接近し寄りついた状態になると、結果として群がり状態が出現し、これは初めに定義したように群れ行動の一要素に含まれる。寄りつき行動は、群行動と多くの共通性を持っている。まず、群れ行動も寄りつき行動も主として関与する感覚器官は眼である。視覚喪失した魚は群泳や群がりを作ることもないし、基盤に対し寄りつくこともなかった。また、生態観察や水槽実験を通じてみたように、シマアジの群行動が外敵からの逃避の意味が強く、外敵・仲間の数などの強いストレスによって心理的に不安定になったりこれに対し警戒した時に、個体間距離の小さい緊密な群れを作った。これと同様に、照度変化をストレスとして与えた時にも、警戒心の現れとしてネガティブな寄りつき行動が出現した。同じ心理状態の時に同じ感覚器を用いて出現する群れ行動と寄りつき行動は、シマアジの基本的なストレス反応として重要と考えられる。

2. 夜間の行動と逸散

本年度は“夜間シマアジはどのような行動をしているか”という素朴な疑問から出発した研究が、寄りそい行動の発見や低照度下の行動観察へと発展した。寄りそい行動は、その生理機構は明らかではないが、刺激を与えても反応が鈍いことから、現在のところ睡眠状態にある時の行動と考えている。魚類がヒトと同様の睡眠状態になるか否かはまた別の議論に譲ることとし、この行動と類似したものが他の魚種にも散見されることを指摘しておきたい。例えば、藻場に生息するアミメハギは夜間吻を海藻に付けて定位することはよ

く知られている。夜間活動が低下した時に生息域から遠く離れた場所へ流されないためと解釈されている。シマアジにおいても昼間寄りつき行動により定位した目標物から夜間離れないよう昼間より一層目標物に近い位置をとりに行って定位するものと考えられる。この寄りそい行動は、視力とも関係し、特に低照度下では視力の低い発育初期などにこの行動は顕著に現れる。成長とともに視力が上昇すると、暗い中でもある程度目標物の視認が可能になるため、幼魚期ほど顕著な寄り添い行動を示さなくなるものと推察される。寄り添い行動と視力の発達過程の解明は次年度の課題としたい。また、一方で、野外においてシマアジの夜間の行動を詳細に調べる必要もある。これまで、いくつか報告があるが、これらは必ずしも天然の状態を見ておらず、人間側が何らかの刺激を与えた状態を見ているものと考えられる。

放流サイズのシマアジ稚魚は、おそらく顕著な寄りそい行動は示さないと思われるが、多かれ少なかれ夜間は活動が低下し、刺激に対し反応の鈍い睡眠状態になるものと考えられる。もし、この時流れにより基盤よりわずかでも離れてしまった場合は、たとえ覚醒しても低照度下で基盤を再発見することは難しいだろう。その際、もし月の出ていない夜ならば、表層の飼付けシマアジは $10^{-4} \sim 10^{-5}$ Lux の照度下に置かれるため、群れを作れず狂奔してバラバラに逸散する可能性は強い。水深が大きくなるにつれ水中照度は減衰し、水深5mで約 $1/2$ 、15mで約 $1/4$ となるので（図V・2）、シマアジが深い所に夜間定位した場合はさらに逸散する確率は高くなる。もしこうした夜間の低照度下の逸散が現実で大規模に起こるならば、その対策として基盤に照明を設置すればよく、この問題の解決はさほど難しくない。いずれにしても今後シマアジの夜間の逸散に注目して研究を進めたい。

（塩澤 聡）

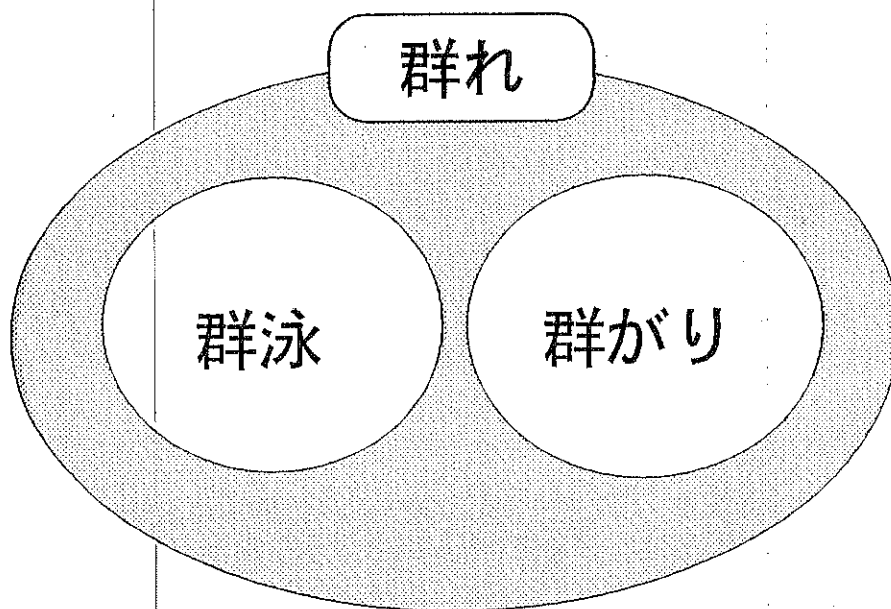


図 I ・ 1 群の定義

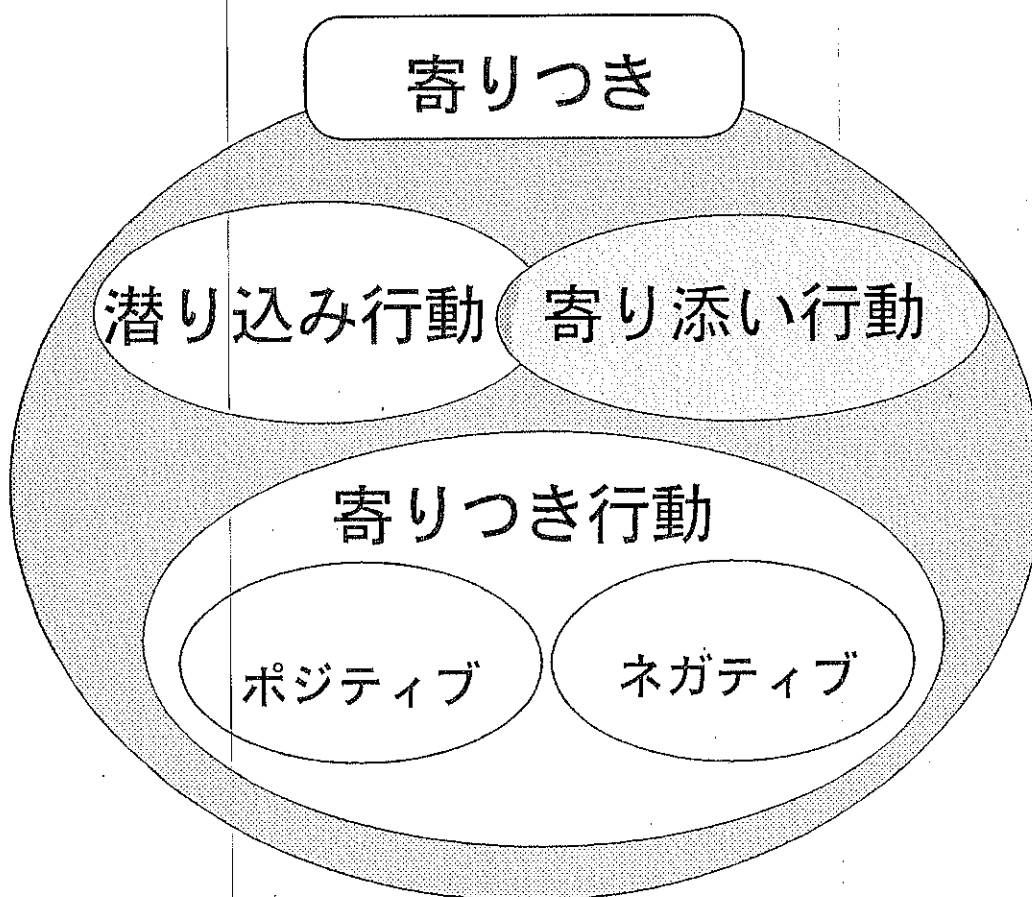
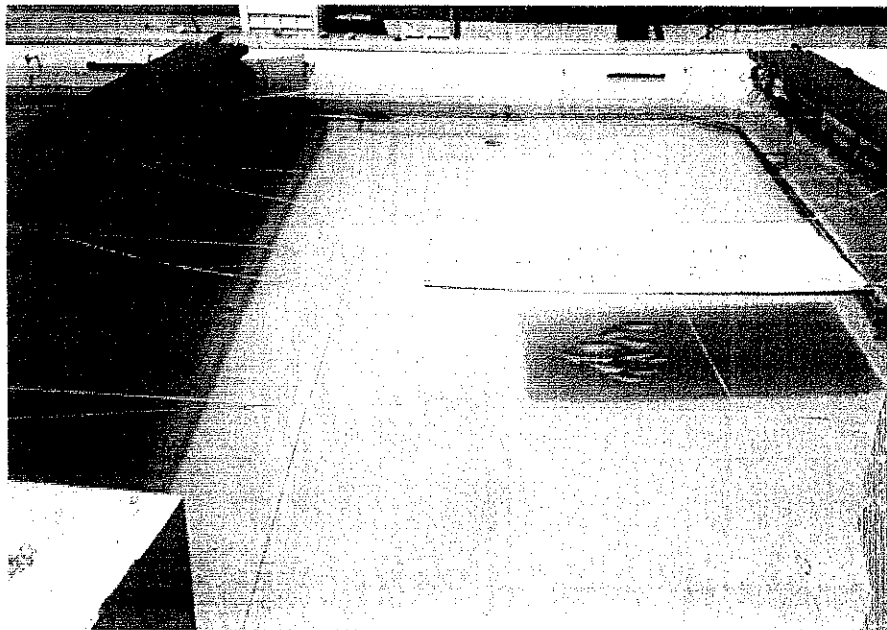


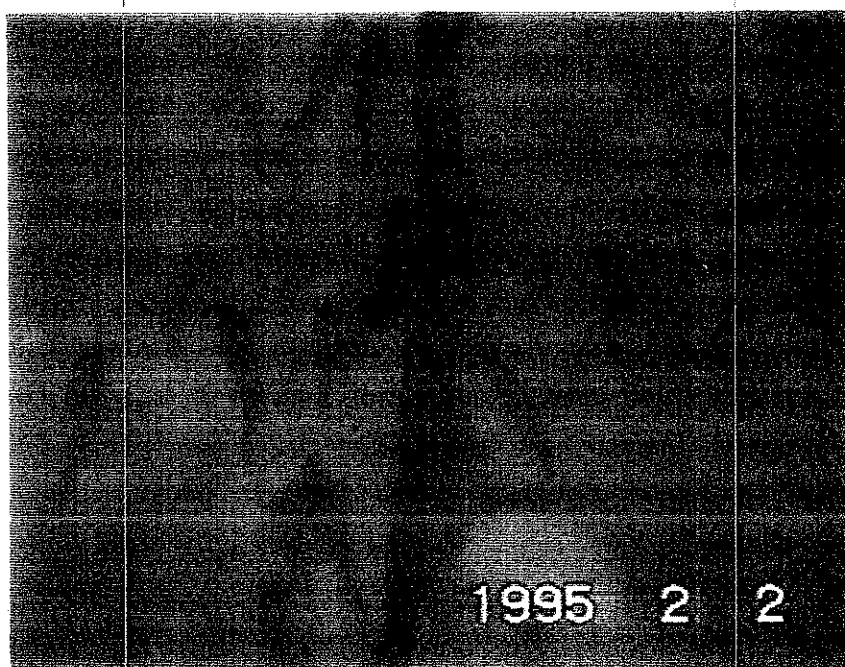
図 I ・ 2 寄りつきの定義



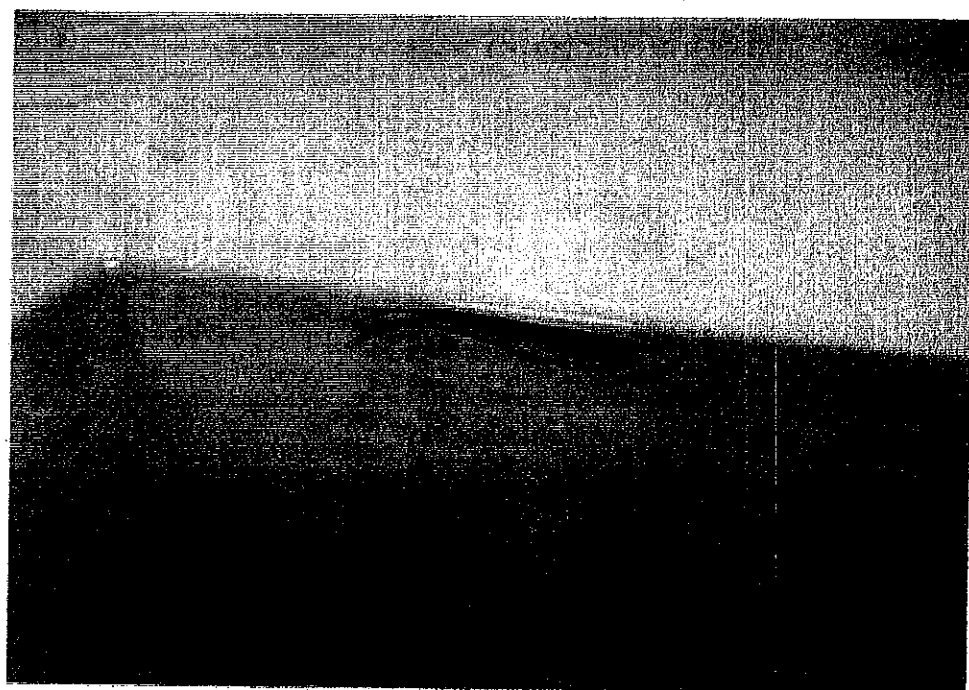
図Ⅱ・1 トンネル状基盤に寄りついたシマアジ (平均全長24.9 cm)



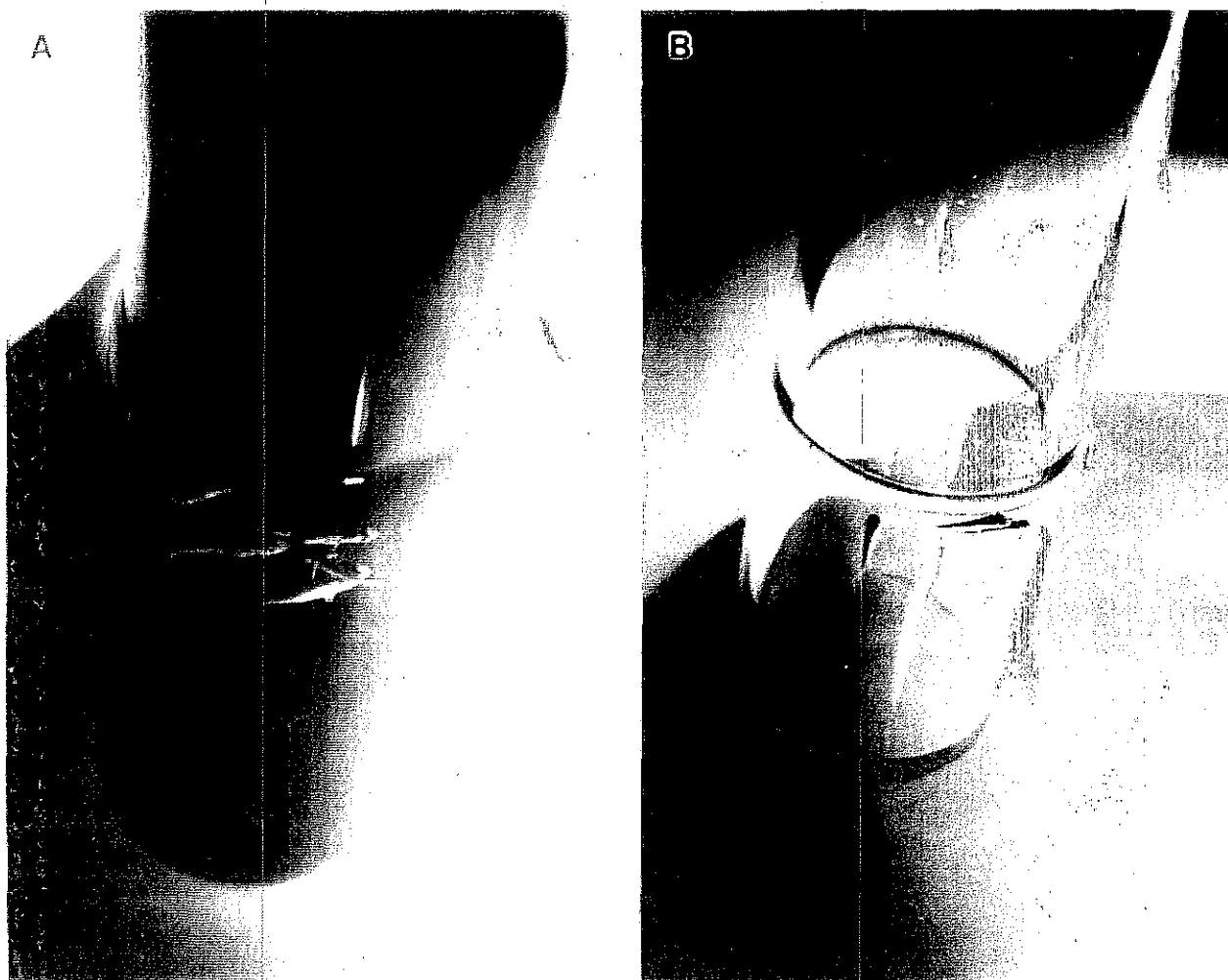
図Ⅱ・2 晴天時にベニア板に寄りついたシマアジ (平均全長23.6 cm)



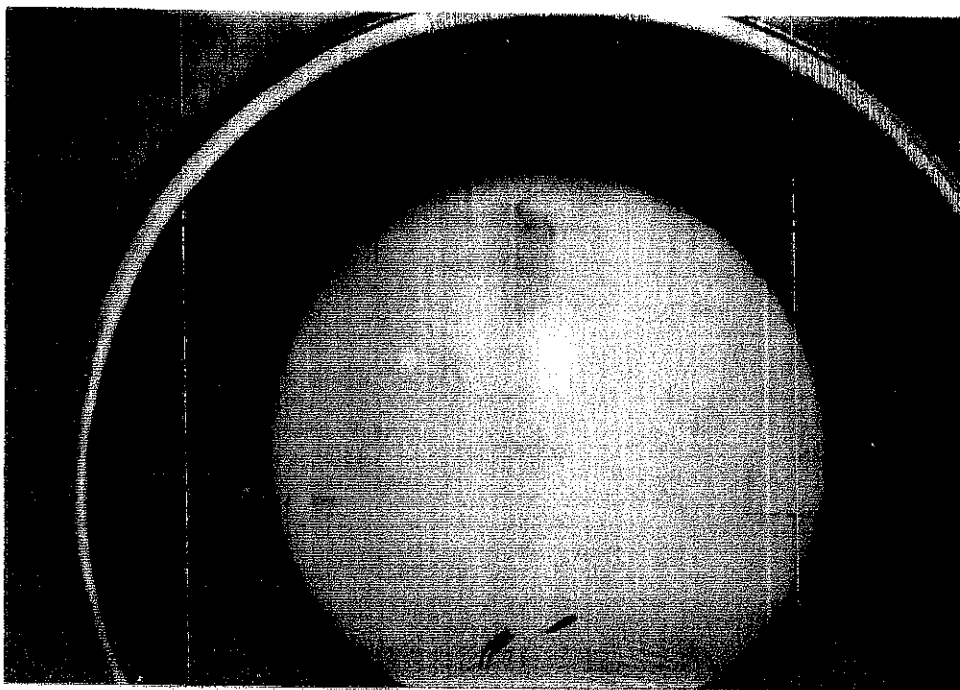
図Ⅱ・3 ロープに寄りついたシマアジ（平均全長3.4 c m）



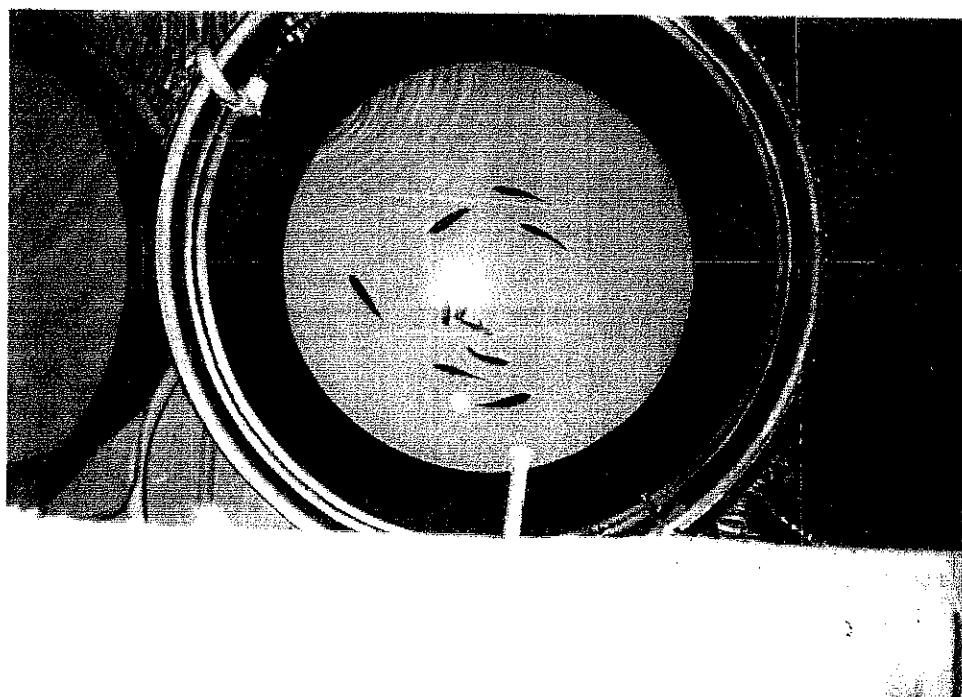
図Ⅱ・4 夜間の寄りそい行動（平均全長5.1 c m）



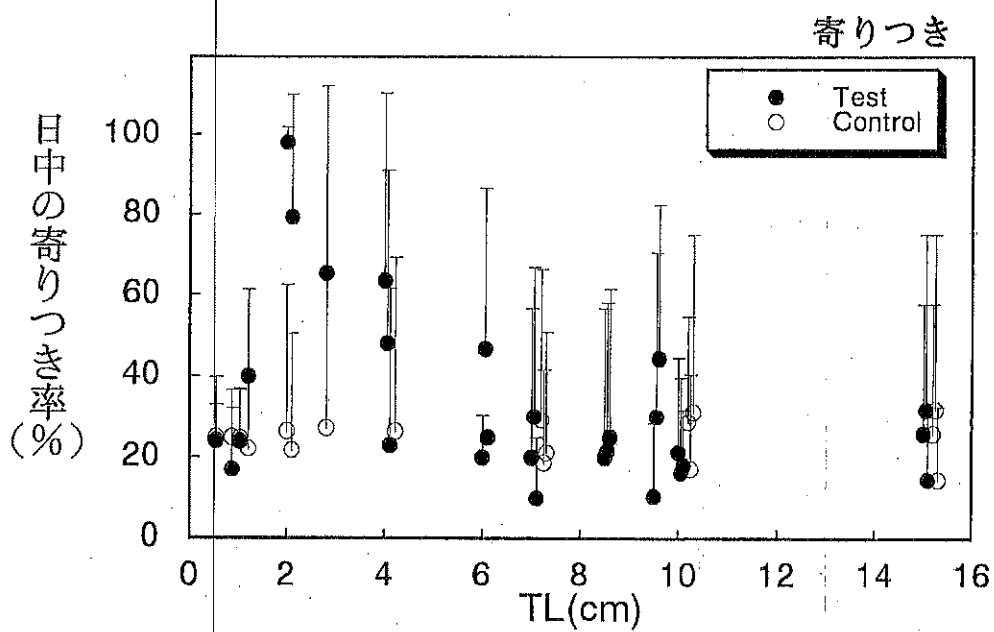
図Ⅲ・1 基盤に寄りつくシマアジ（平均全長2.0 c m）
A：不透明基盤，B：透明基盤



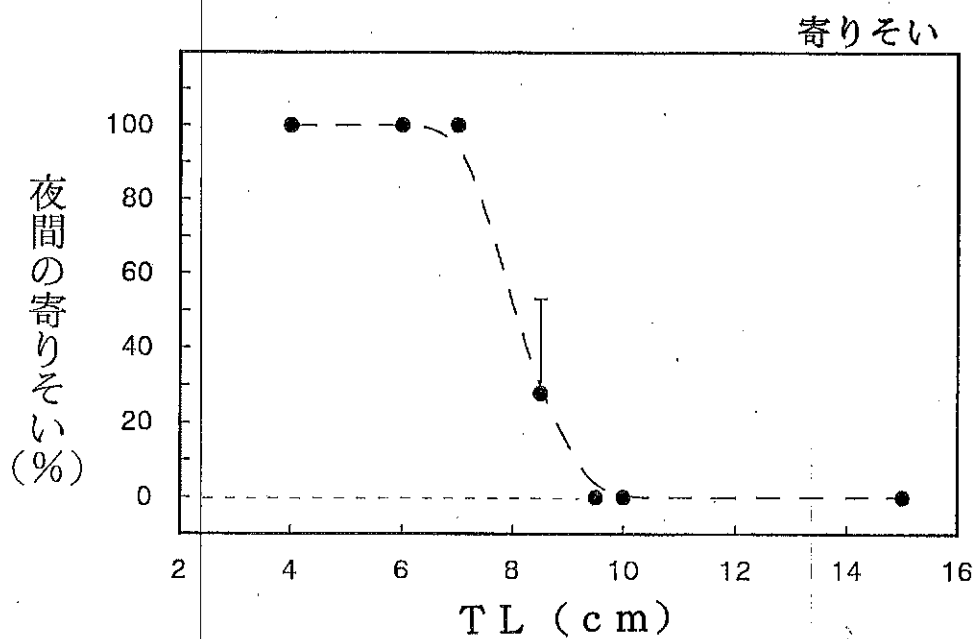
図Ⅱ・5 夜間の寄りそい行動（平均全長6.9 c m）



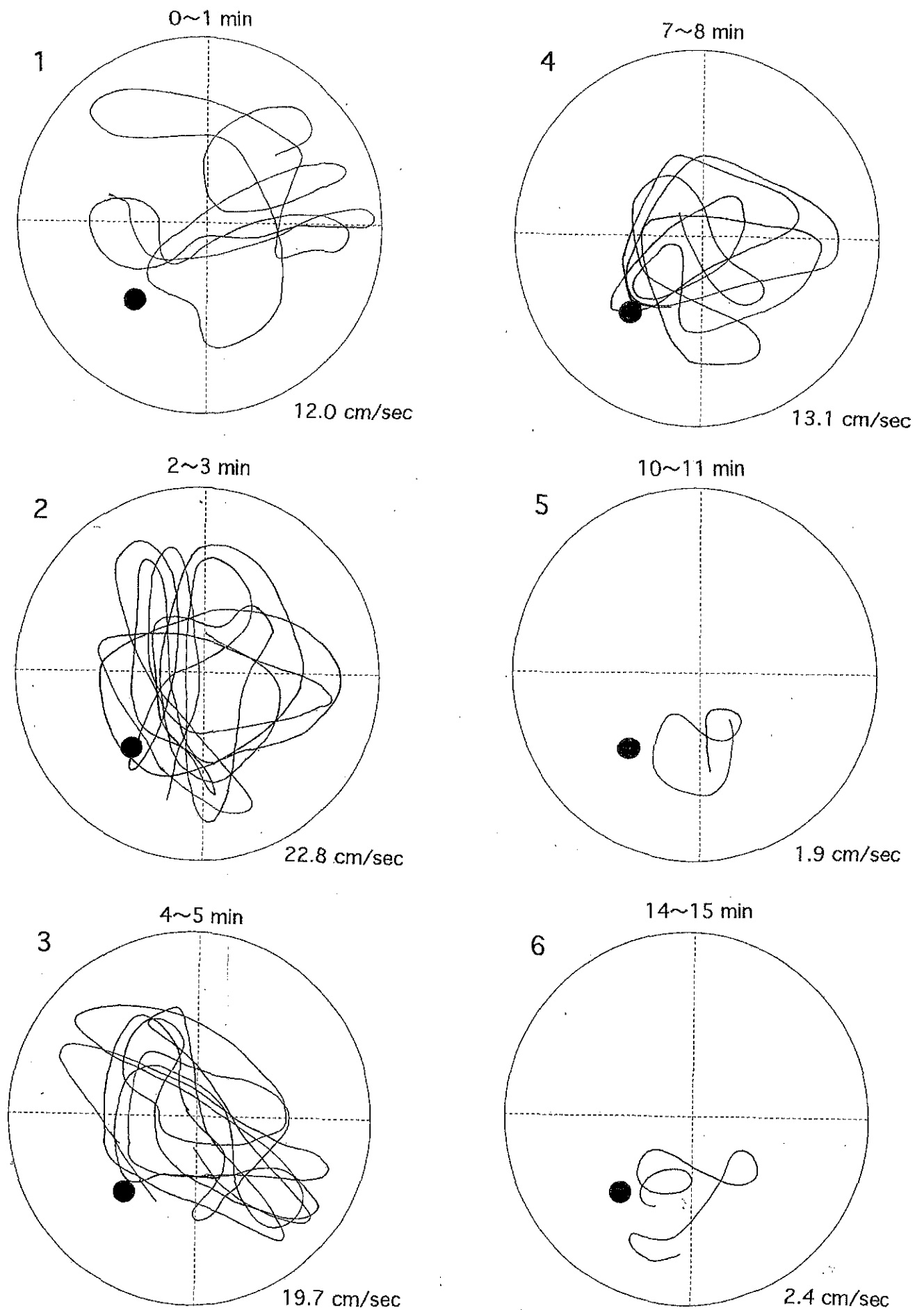
図Ⅱ・6 夜間遊泳するシマアジ（平均全長8.5 c m）



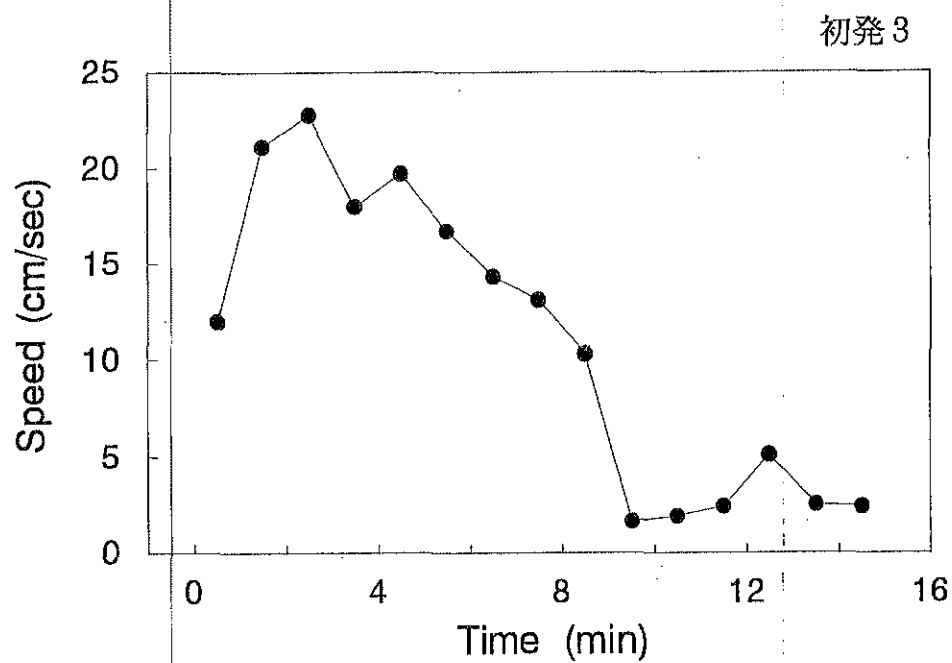
図Ⅲ・2 シマアジの成長に伴う寄りつき率の変化



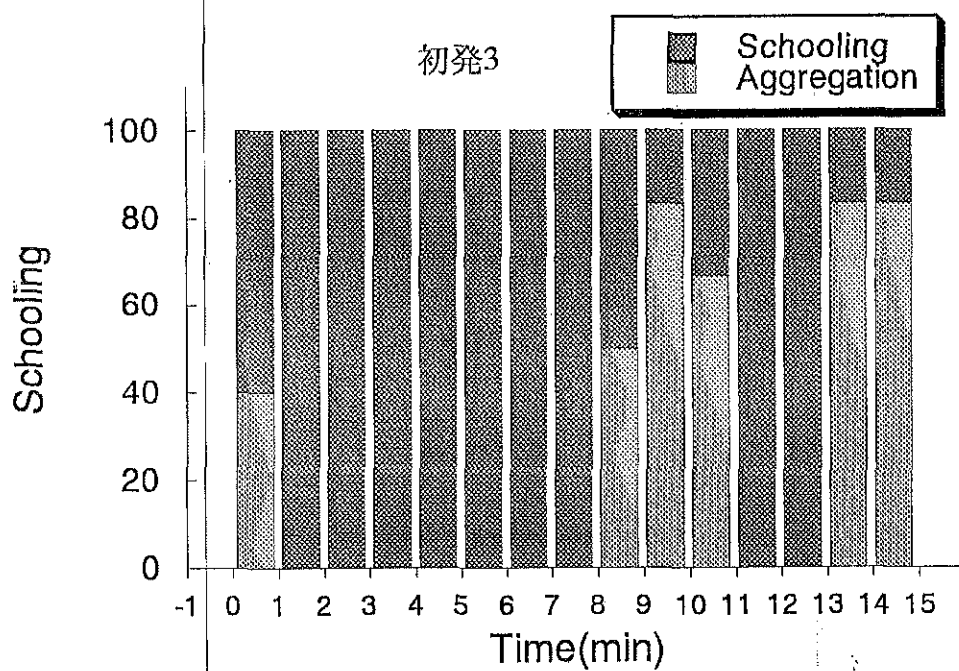
図Ⅲ・3 シマアジの成長に伴う寄りそい行動出現率の変化



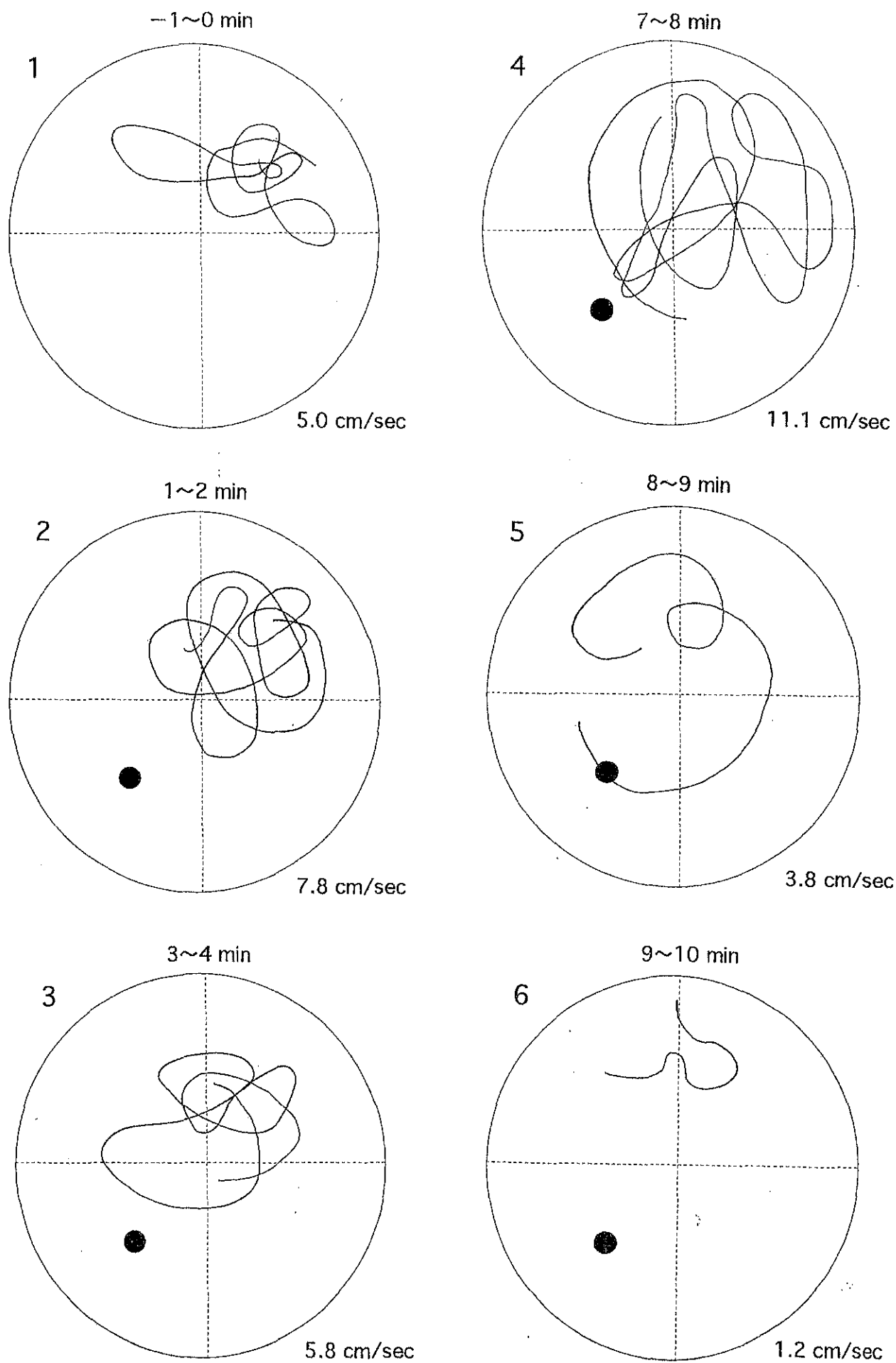
図IV・1 0.5m³円形水槽に放流した後のシマアジの移動範囲



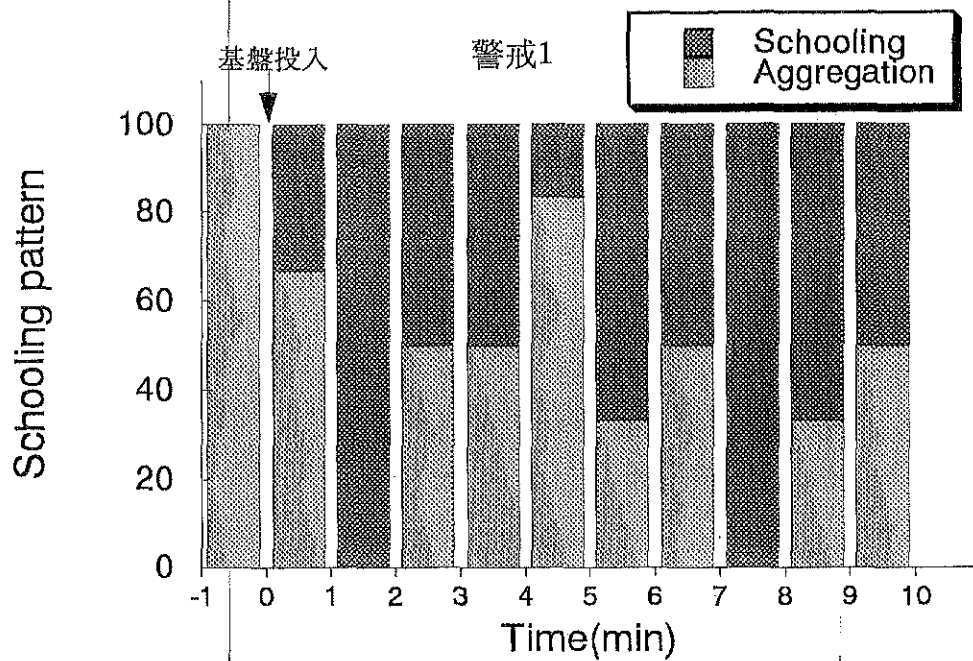
図IV・2 シマアジの遊泳速度の推移



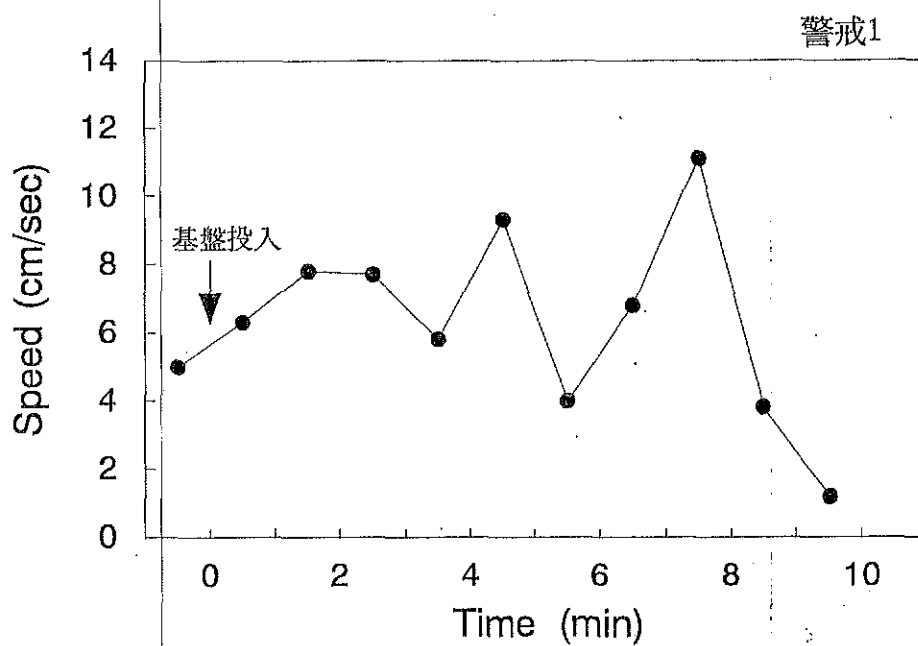
図IV・3 シマアジの成群状態の推移



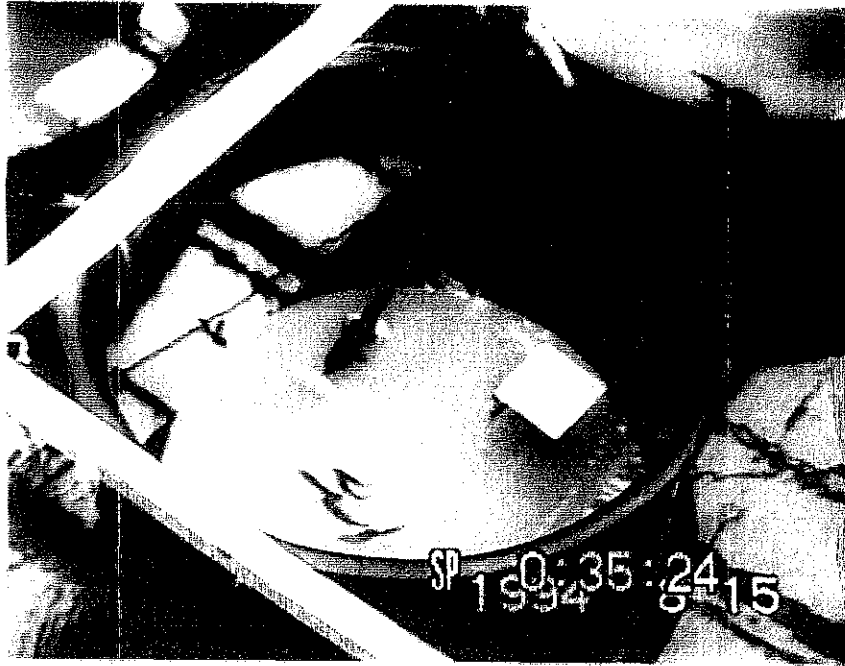
図IV・4 基盤を投入した後のシマアジの移動範囲



図Ⅳ・5 基盤を投入した後のシマアジの成群状態の推移



図Ⅳ・6 基盤を投入した後のシマアジの遊泳速度の推移



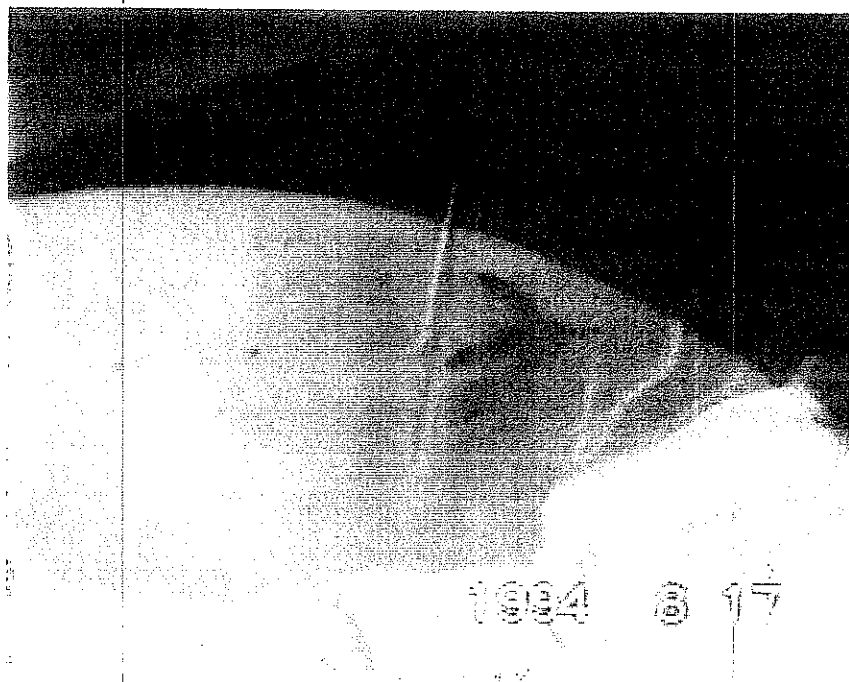
図IV・7 大型異種魚（イシダイ）に対する反応



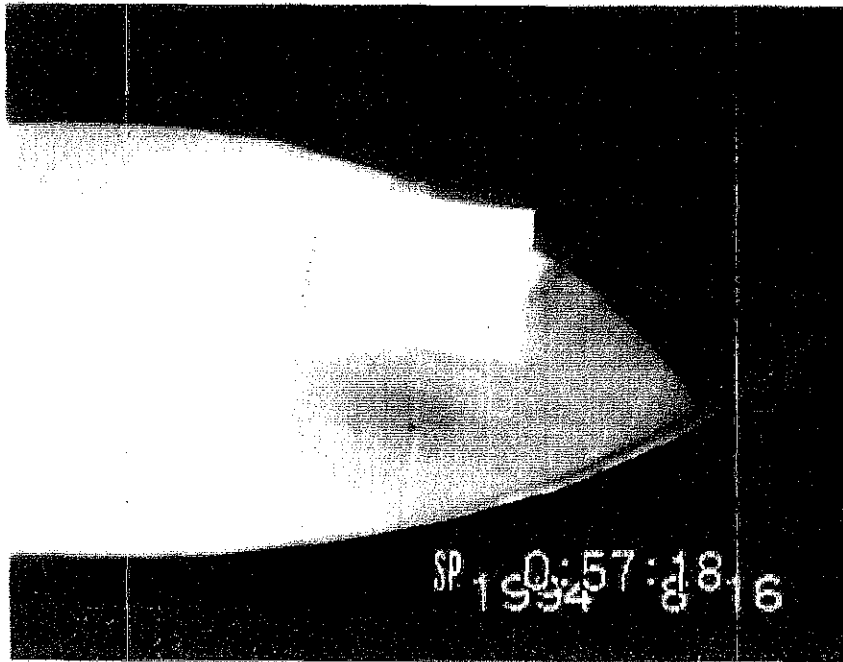
図IV・8 大型同種魚（シマアジ）に対する反応



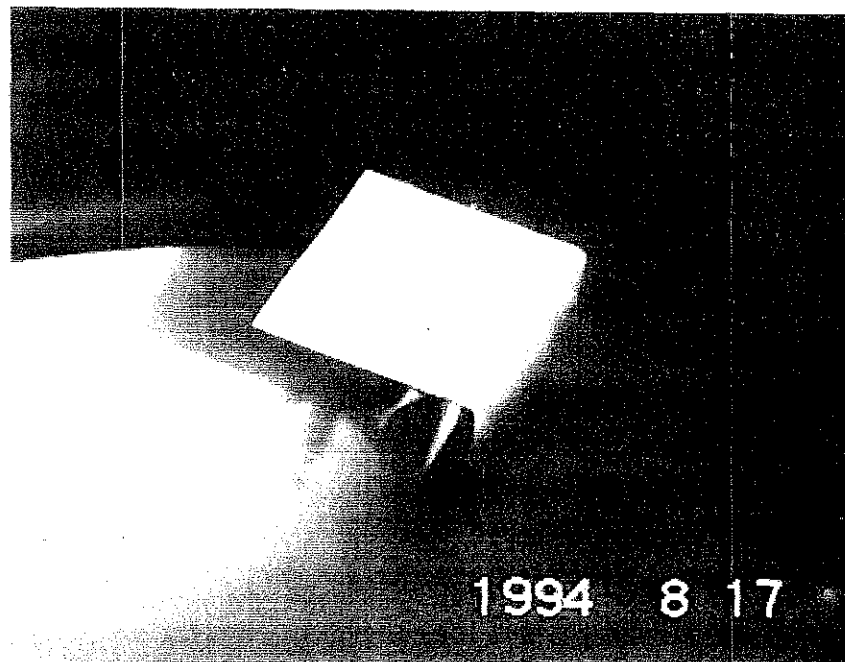
図IV・9 水槽壁に寄りつくシマアジ



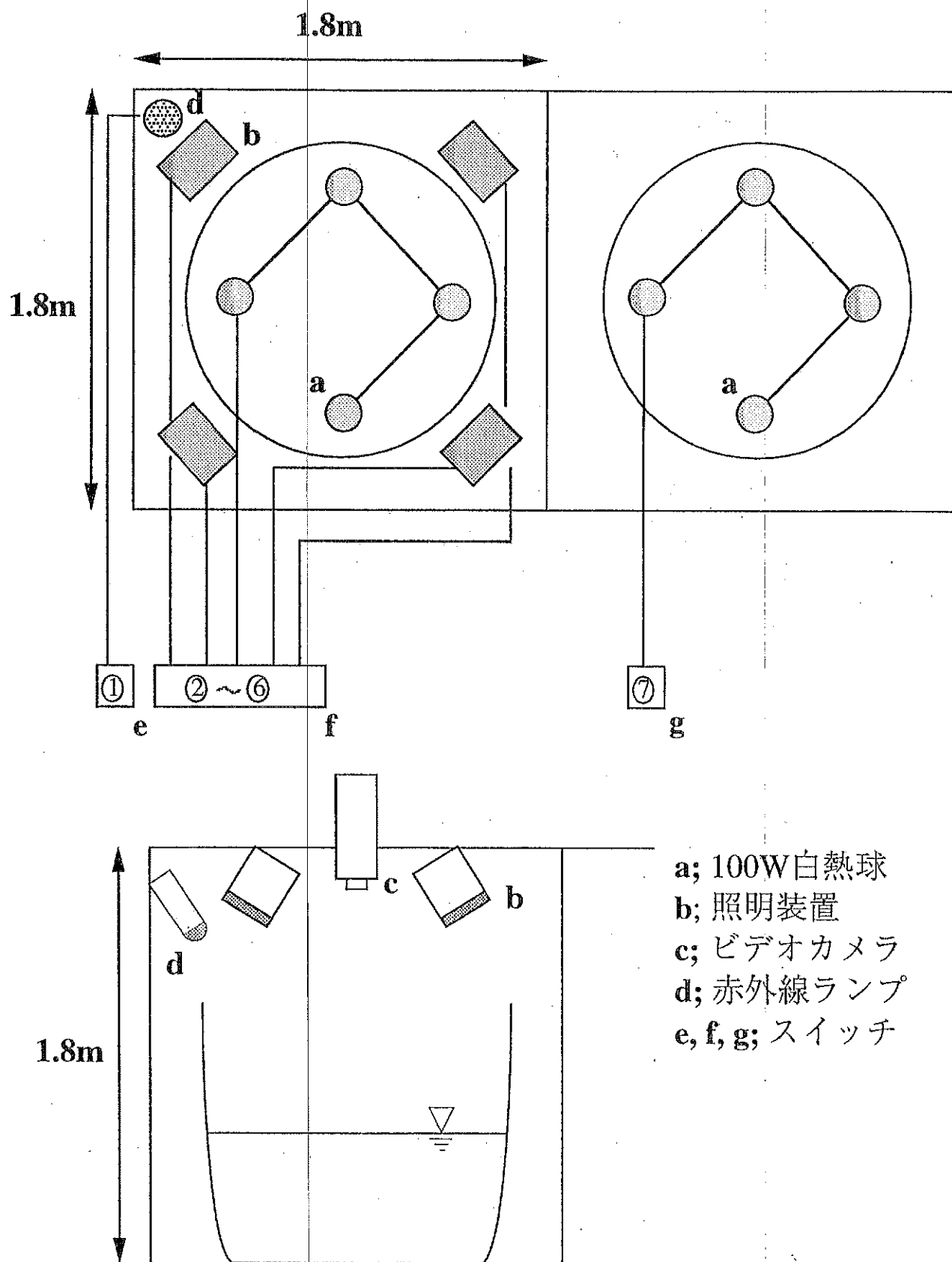
図IV・10 基盤に寄りつくシマアジ



図Ⅳ・11 基盤に寄りつくシマアジ



図Ⅳ・12 基盤に寄りつくシマアジ



図V・1 実験装置の概要

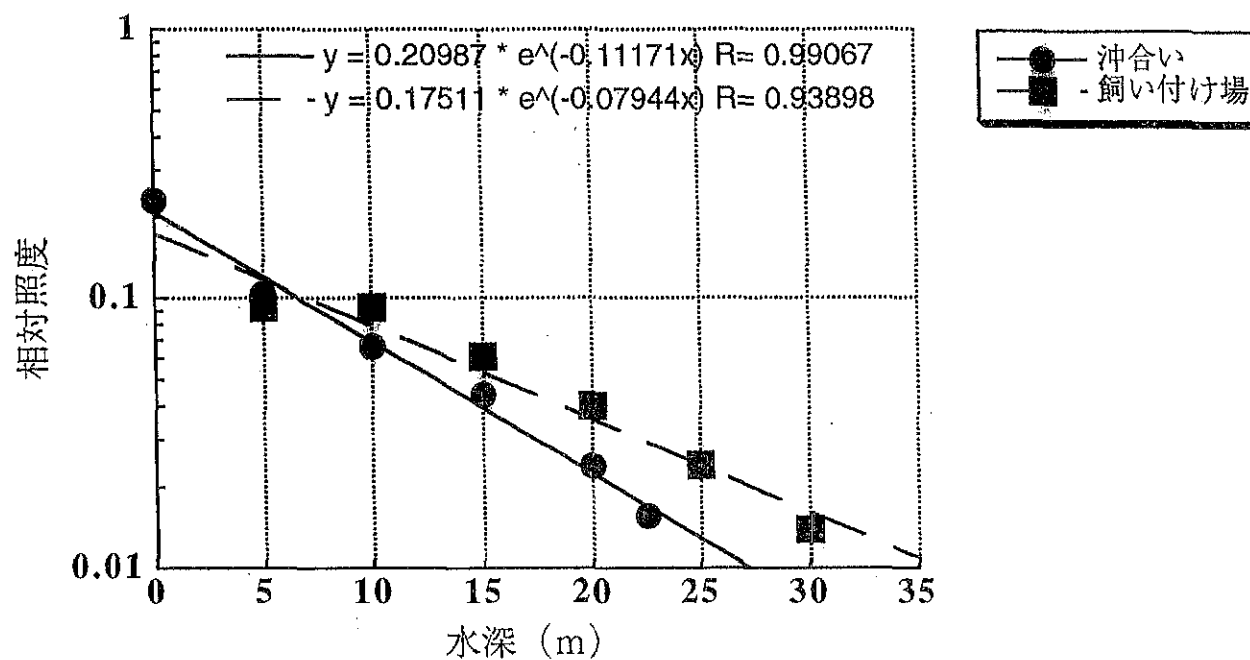


図 V ・ 2 五島事業場飼付け現場の水深別照度

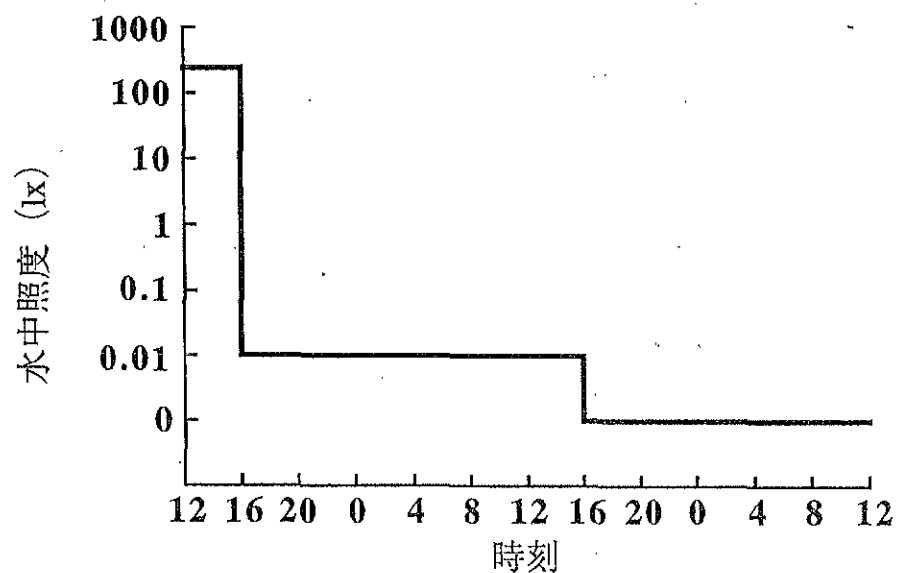
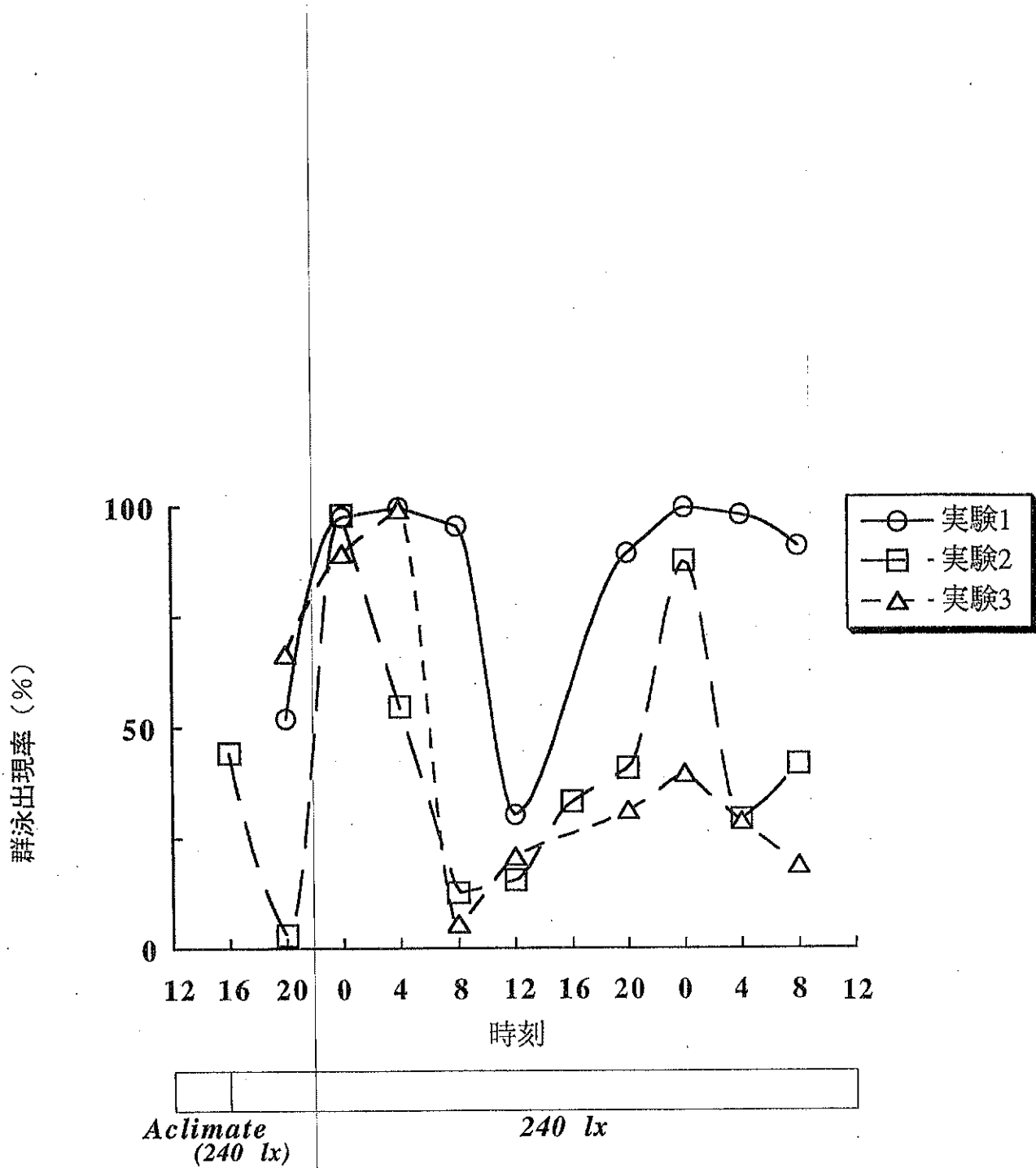


図 V ・ 3 実験期間中の照度変化



図V・4 明状態におけるシマアジの群泳出現率の日周変化 (240 lx)

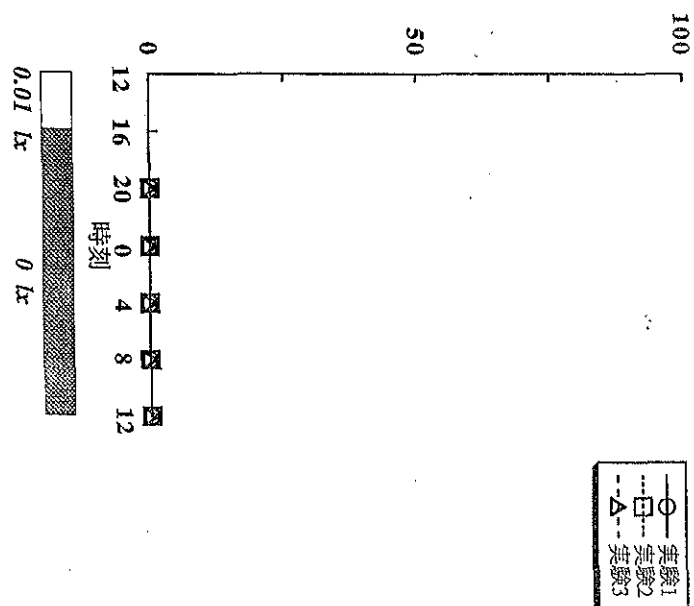
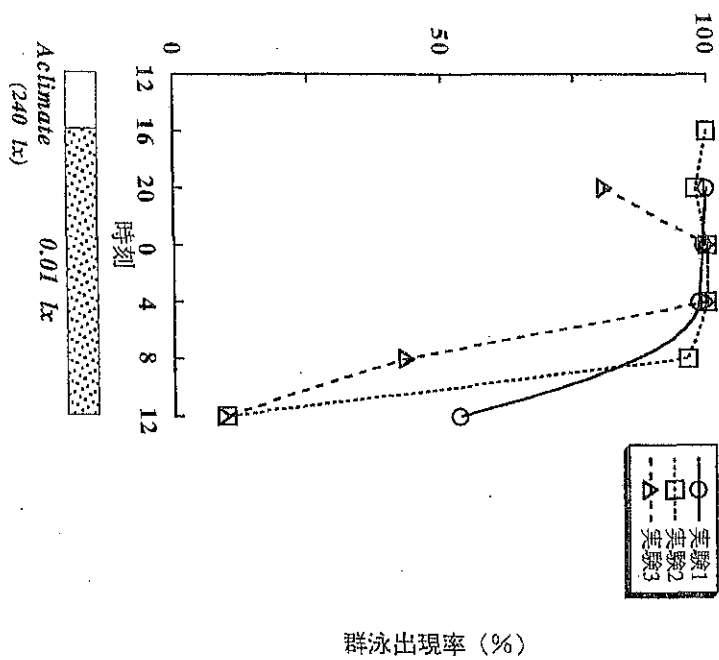
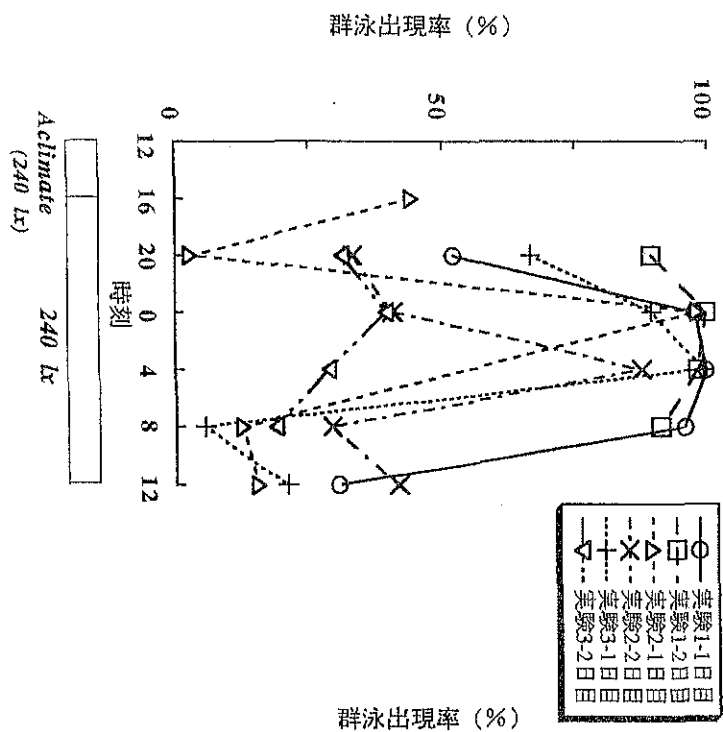


図 V・5 低照度下におけるシマアジの群泳出現率の日周変化

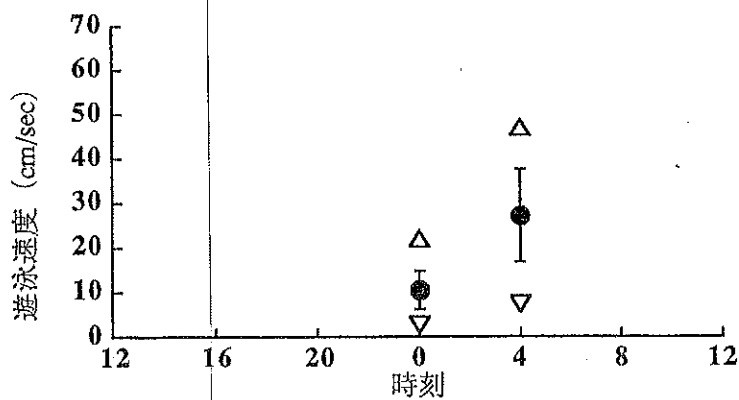
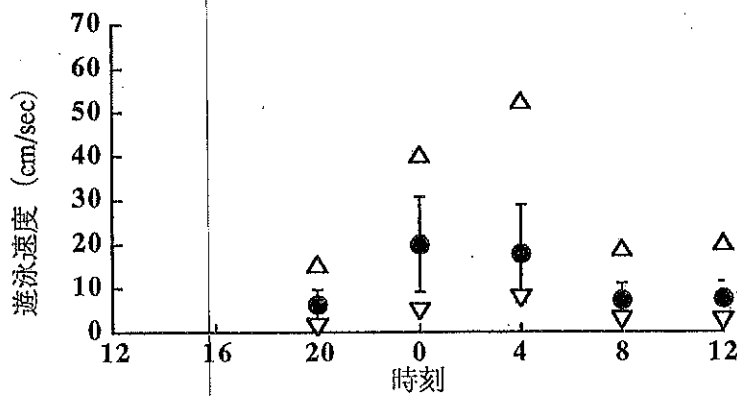
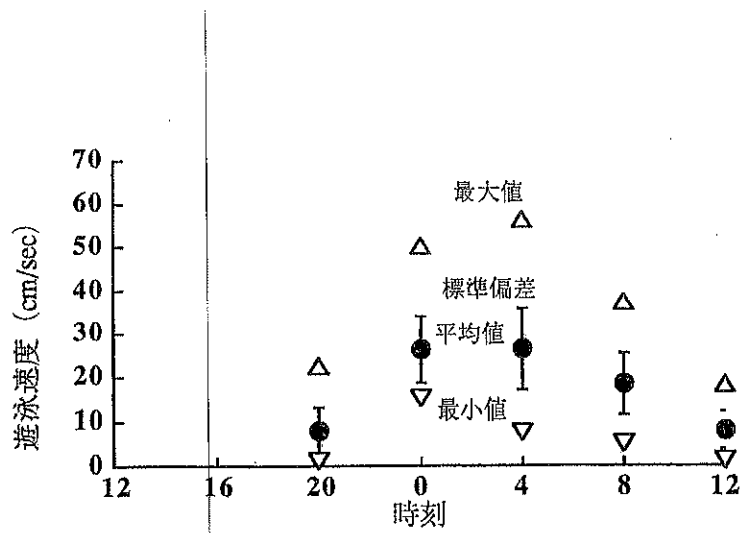


図 V・6 A 遊泳速度の日周変化 (240 lx)

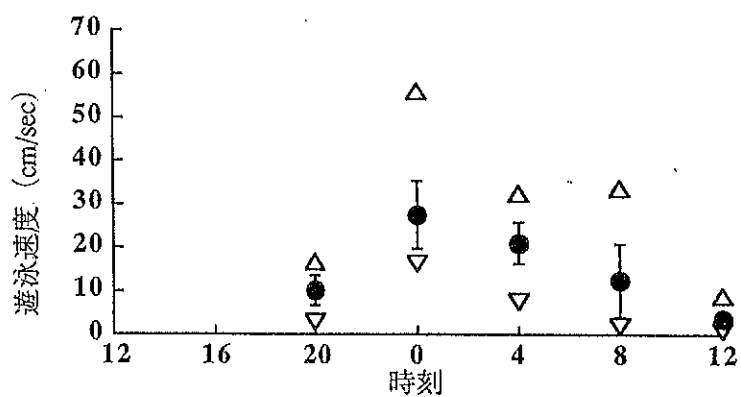
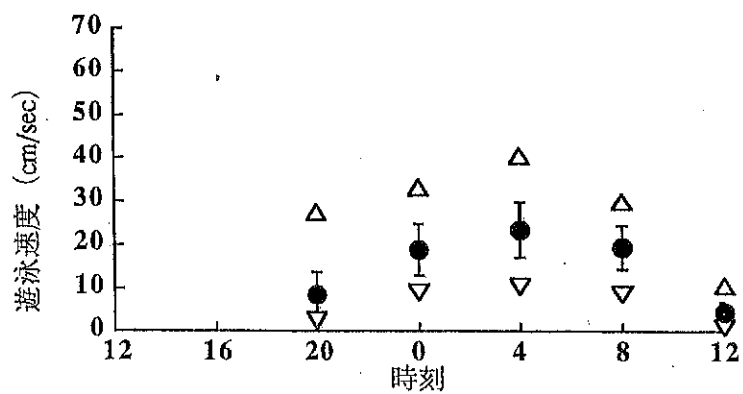
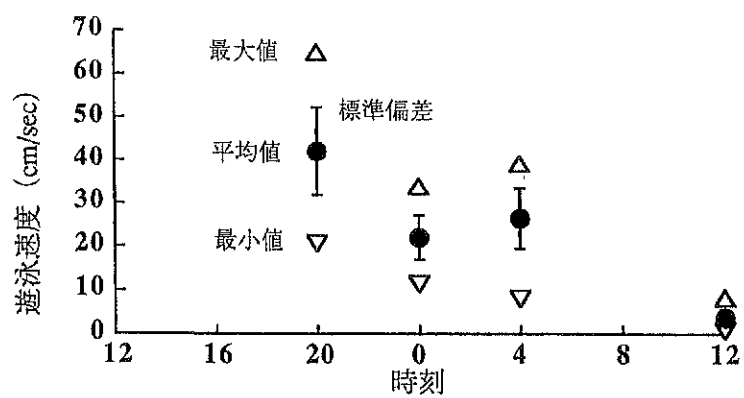
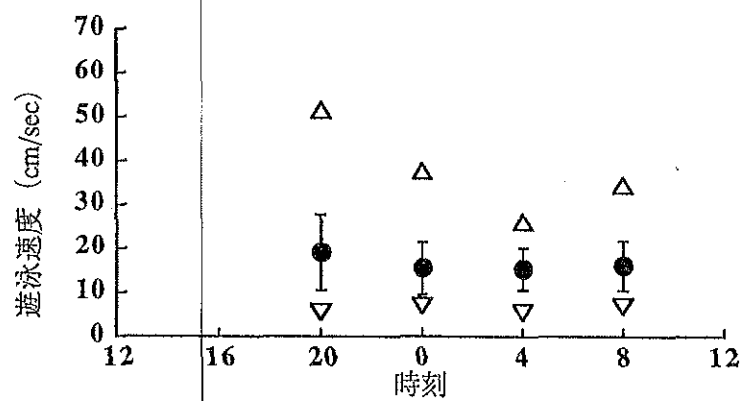
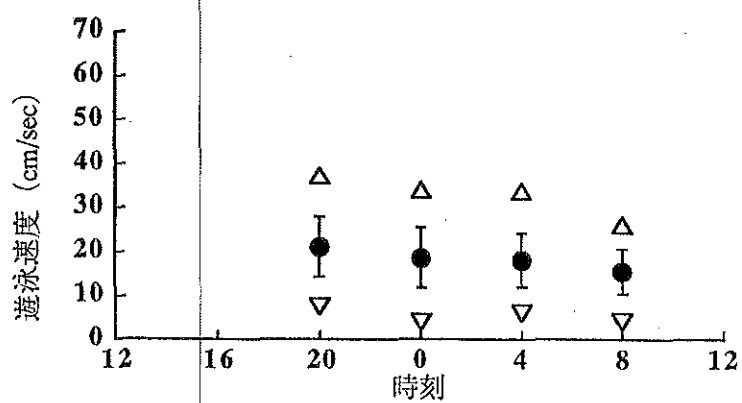
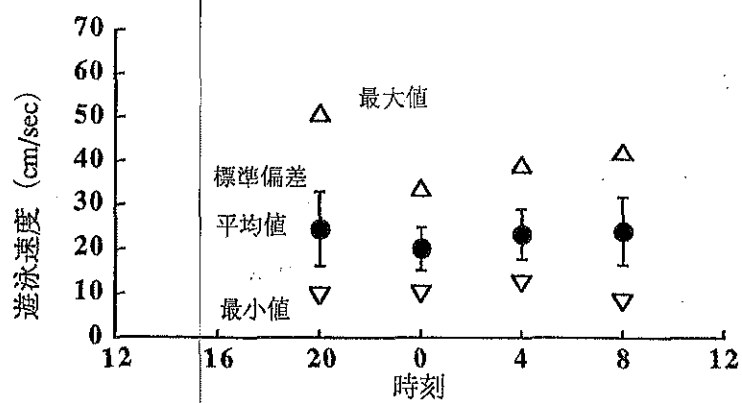


図 V・6 B 遊泳速度の日周変化 (0.01 lx)



図V・6C 遊泳速度の日周変化 (0 lx)

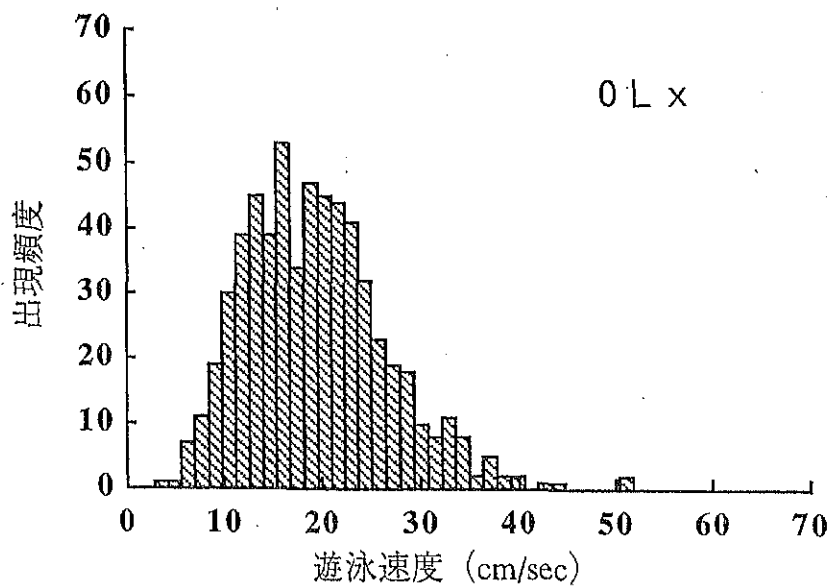
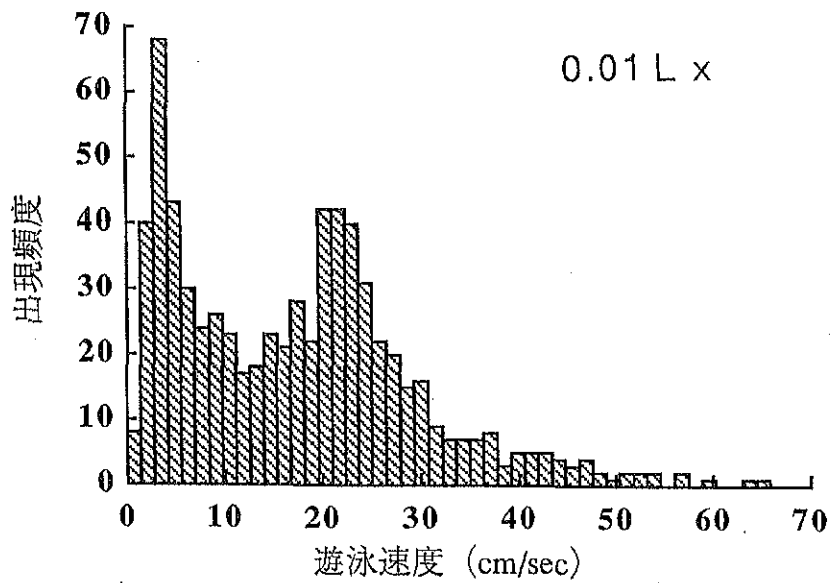
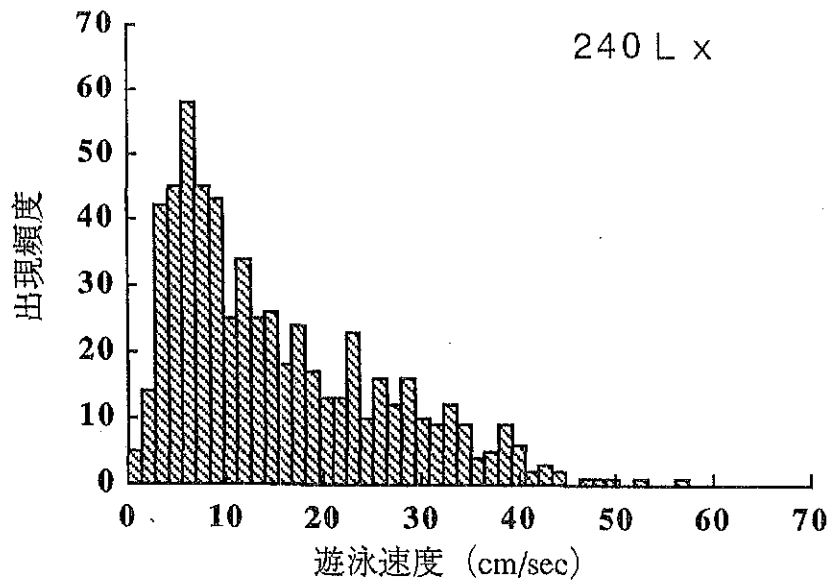


図 V・7 各照度における遊泳速度の頻度分布

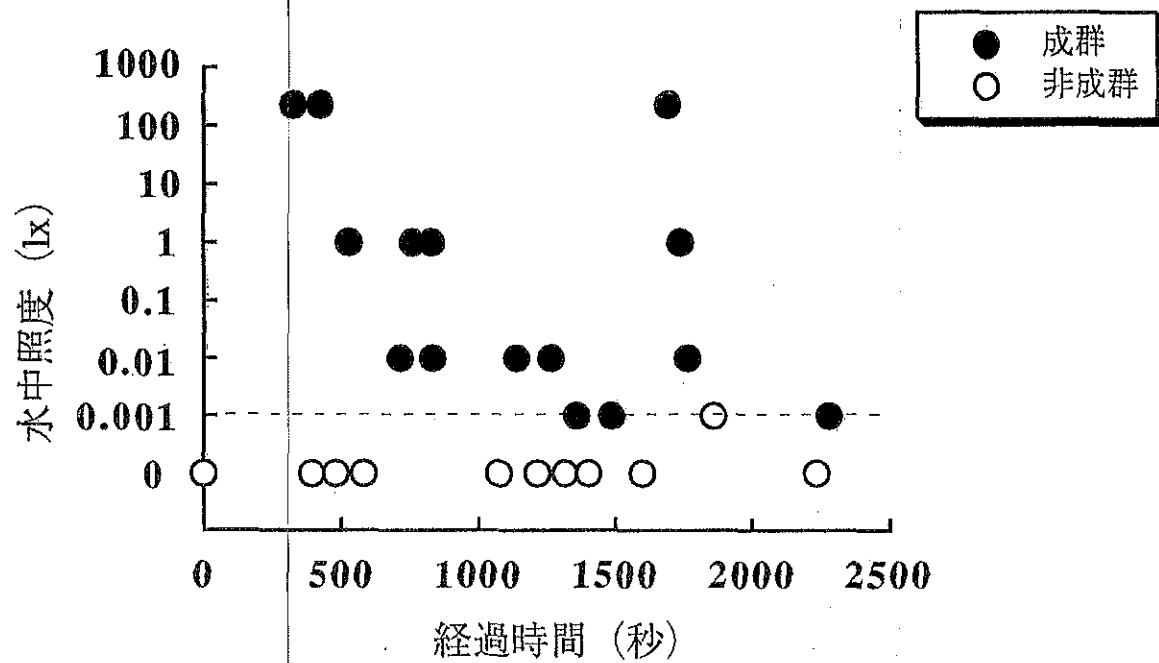


図 V・8 急激な照度変化が成群行動に及ぼす影響

表 V・1 異なる水中照度における遊泳速度の頻度分布

水中照度 (Lx)	2	0.01	0.001	0.0001	0.00001	0
群泳出現率 (%)	99.0	98.9	92.5	0	0	0

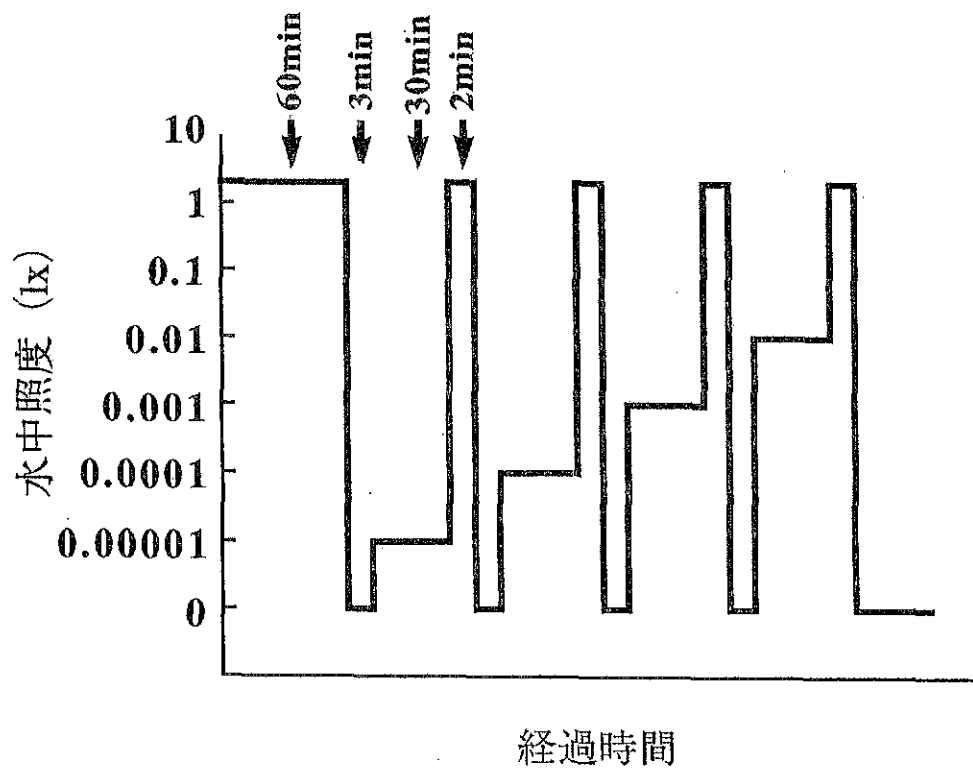


図 V ・ 9 実験期間中の照度変化

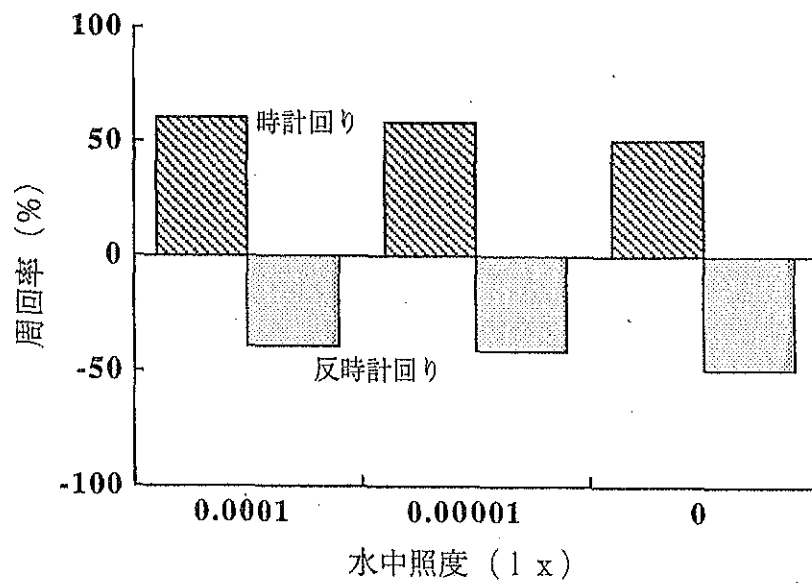


図 V ・ 10 回転方向

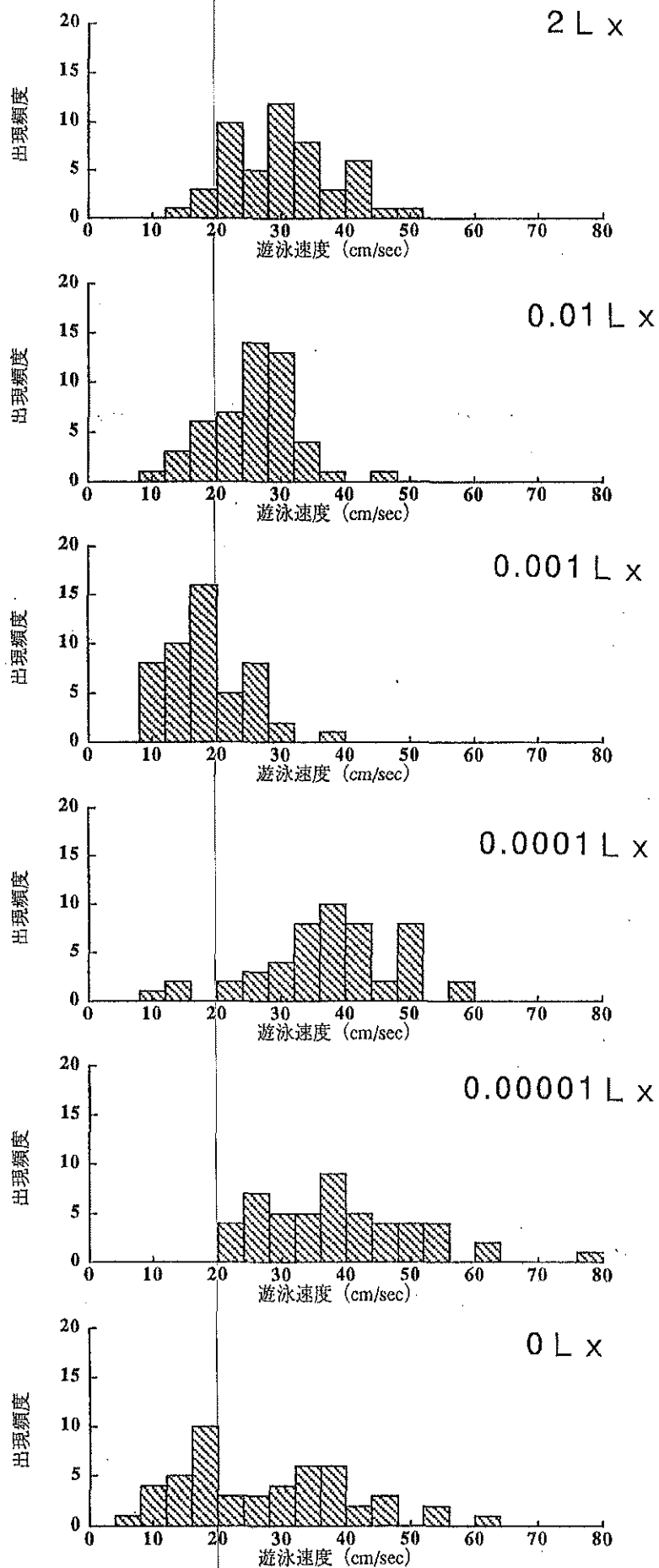
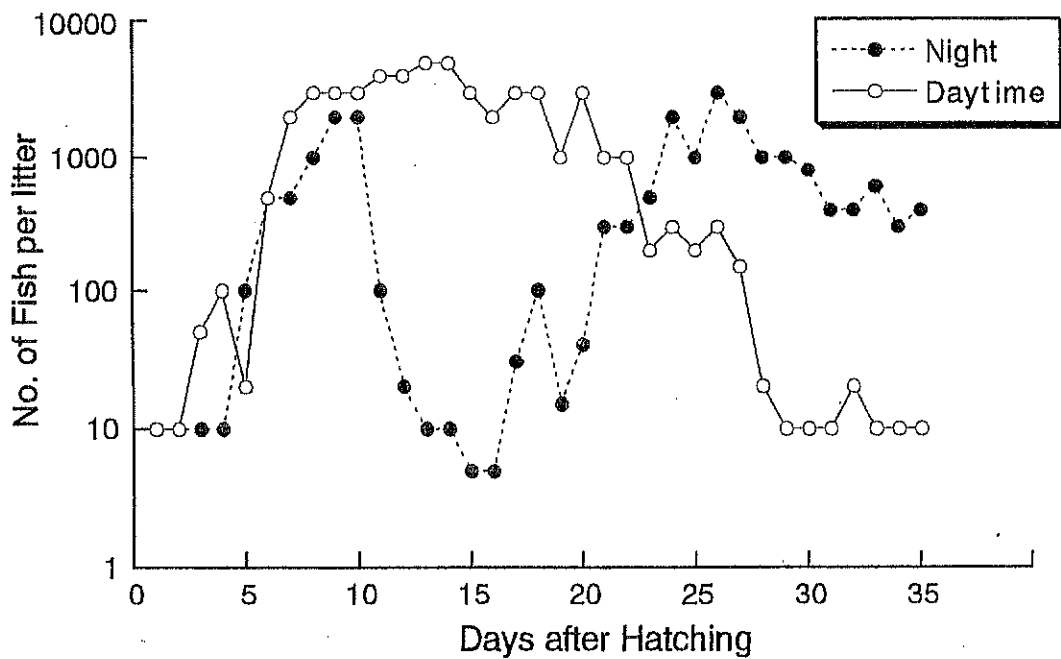
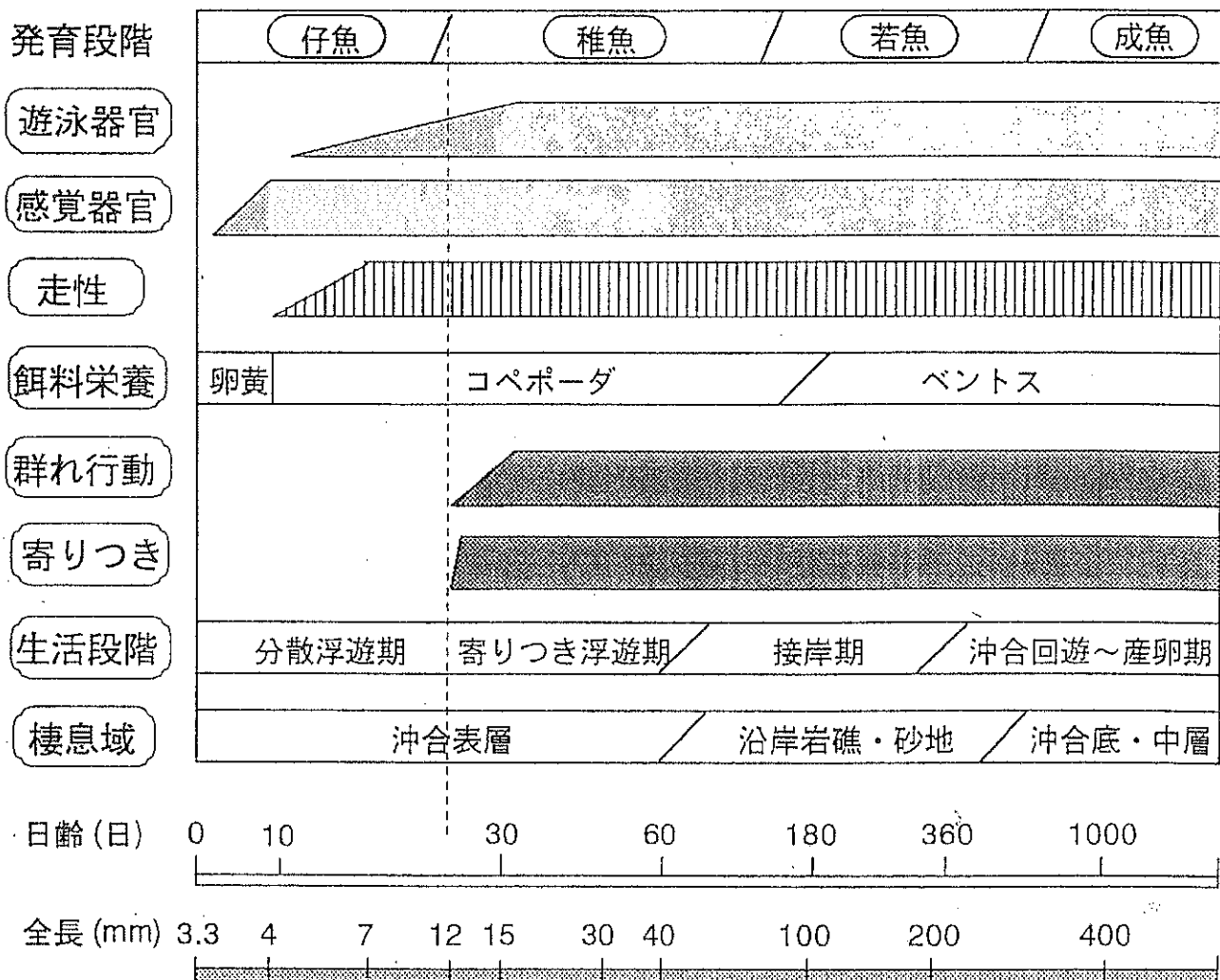


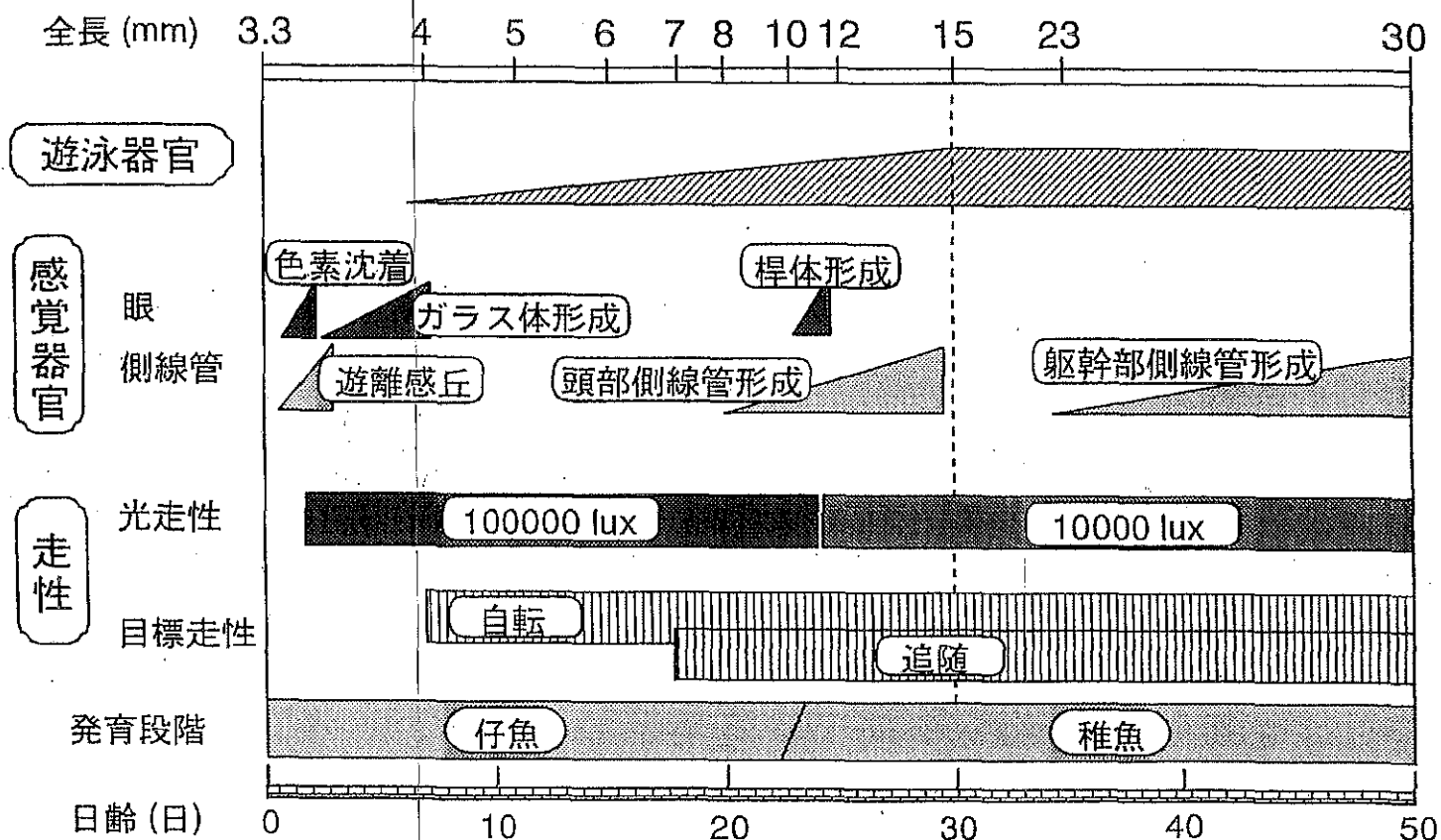
図 V・11 異なる水中照度における遊泳速度の頻度分布



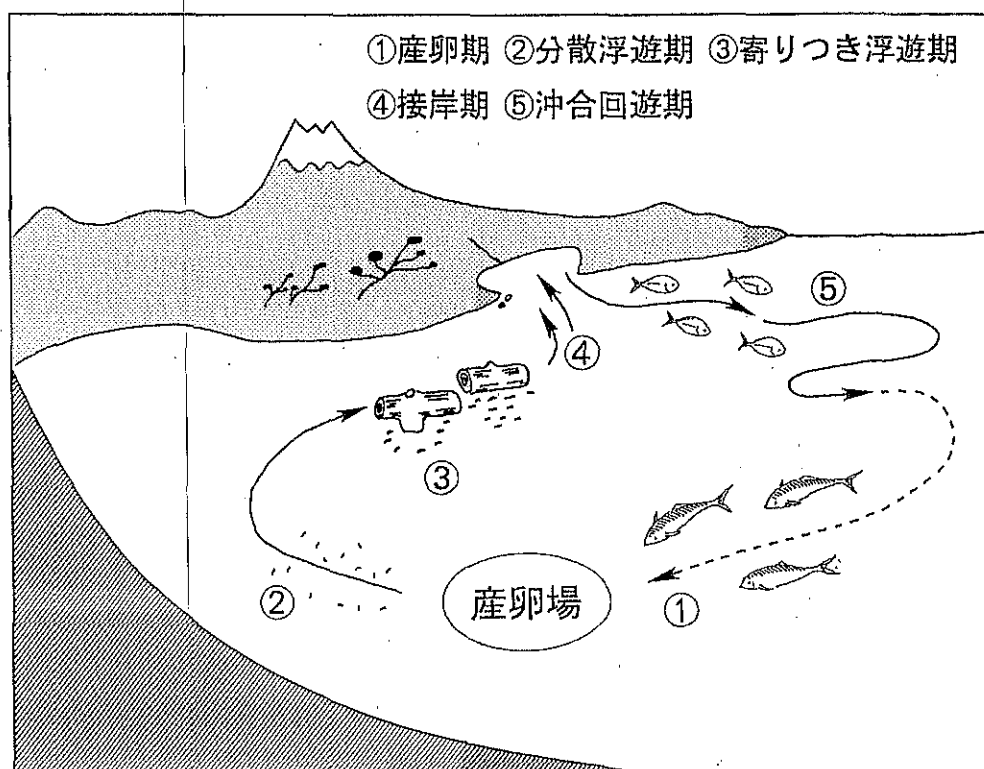
図VI・1 飼育水槽におけるシマアジの集中分布の消長



図VI・2 シマアジの生活史と器官形成・行動の発達



図VI・3 シマアジの器官形成と走性の発達



図VI・4 シマアジの回遊経路推定図

オゾン処理海水の利用に関する研究

昨年度は、これまでの基礎実験の結果をもとにオゾン処理海水を用いて量産規模でのシマアジの飼育試験を行った。その結果、紫外線処理海水を使用した区ではVNNが発症したが、オゾン処理海水を使用した区ではVNNの発症がみられなかったことから、オゾンを用いた防疫対策はシマアジのVNN防除に有効であることが認められた。

本年度は、オゾンを用いた防疫対策の有効性を再確認するため、昨年度の再現飼育を行うとともに、オキシダント海水による卵消毒、オゾン処理海水を用いたシマアジ受精卵のふ化管理方法、施設の消毒や排水処理などについても検討した。

1. 量産規模における飼育試験

(1) 目的

オゾン処理海水を用いることによるVNN発生防除の有効性を確認するため、昨年の再現飼育を行った。

(2) 材料と方法

供試魚には当场産のVNN陰性親魚（PCR法により判定）より得られたシマアジ仔魚（日齢1）を用いた。受精卵は、採卵後、ポピドンヨードにより卵消毒（100ppm, 15min）を行った。飼育水槽は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を設けた。飼育試験は2回行い、1回目は平成6年度シマアジ種苗生産1回次生産、2回目は2回次生産で行った。

飼育試験における防疫対策は、オゾンを利用してウイルスの感染経路を断つことを中心に進め、昨年度と同様に、オゾンによる用水の殺菌、オキシダント海水（0.5ppm）およびアルカリ（pH12）による施設・用水・餌料・飼育器具と人の出入り時の消毒を行い、水平感染の防止に重点を置いた。

(3) 結果と考察

今年度のシマアジの種苗生産結果を表1に、1・2回次生産における成長・生残状況を図1、2に、日齢毎のウイルス検査結果を表2に示した。

1) 1回次生産

紫外線処理海水区は、日齢16にPCR法によるウイルス検査からVNNの陽性反応が現れた。日齢20より浮遊衰弱魚が出現し斃死魚が増加したため日齢23で飼育を中止した。

オゾン処理海水区は、日齢20にVNNの陽性反応がみられたが、以後陰性となった。日齢51に平均全長32.1mmの種苗23,300尾（生残率は7.5%）を取り揚げた。

2) 2回次生産

2回次生産では、紫外線処理海水区は日齢6に、オゾン処理海水区は日齢7にVNNの陽性反応が現れ、以後浮遊衰弱魚が多く出現した。このため、両区とも日齢10で飼育を中止した。

2回の飼育試験で発症したシマアジのVNNの感染経路には垂直感染と水平感染が考えられる。垂直感染の可能性については、PCR法の検出限界によりウイルス保有親魚を選

別し産卵親魚群より取り除くことができなかったこと、またヨード剤による卵消毒では完全にウイルスを不活化できなかったことが考えられる。水平感染の可能性については、ふ化までの卵管理をろ過海水で行っていることから、ふ化管理中にVNNに感染した可能性が考えられた。

本実験は昨年度より3例行ってきたが、紫外線処理海水区では3例ともVNNが発症し全滅したのに対して、オゾン処理海水区では2例で種苗を取りあげることができ、昨年度に引き続きオゾンの防除効果が認められた。特に、オゾン処理海水区では紫外線処理海水区と同様にPCR法によりVNNの陽性反応がみられたにもかかわらず種苗が生産できていることから、オゾン処理海水にはVNNの水槽内2次感染を抑制する効果がうかがわれた。なお、オゾン処理海水区においても1例ではVNNが発症していることから、その効果についてはさらに検証する試験が必要である。

2. オゾン処理海水によるふ化実験

昨年度から今年にかけて行った3回のオゾン処理海水によるシマアジの量産規模での飼育試験では、3例の飼育中2例で有効性が認められたものの1例はVNNにより全滅した。感染経路について検討した結果、垂直感染の場合にはヨード剤による卵消毒が不十分であること、水平感染の場合にはふ化までの卵管理における用水（ろ過海水）がウイルスに汚染されている可能性が考えられた。

ここでは、VNN防除対策の見直しとして、オゾン処理海水を利用したふ化実験を行い、ふ化管理時の水平感染を防止対策の検討を行った。なお、本実験中、シマアジ受精卵がふ化しないアクシデントがあり、その原因究明を行ったので共に記す。

1) オゾン処理海水によるふ化実験（実験1）

- ① 卵管理時ににおいてろ過海水を介した水平感染を防止するため、従来行っているろ過海水による卵管理の替わりにオゾン処理海水による卵管理を行った。本実験は平成6年度シマアジ3回次生産用に1月24日に採卵した受精卵を用いて行った。
- ② シマアジ受精卵をペリヨード 100ppm 15min. による卵消毒後、屋外飼育水槽脇に設置した0.5m³ 水槽1面に40万粒（0.8 粒/ml）収容した。ふ化水温は22℃とした。換水は、あらかじめ収容先飼育水槽に貯水し加温しておいたオゾン処理海水をφ20mmサイホンによりふ化水槽に取水して行った。
- ③ 採卵後48時間経過してもほとんどふ化は認められなかった（ふ化率：2%）。ふ化しないものはほとんど生卵であり、発生はふ化直前まで進んでいた。その後、更に24時間放置してふ化状況を観察したが、新たにふ化するものはみられず、一部死卵が出現した。
- ④ オゾン処理海水（残留オキシダント）が受精卵に及ぼす影響については、平成4年にヒラマサの受精卵を用いて小規模の基礎実験を行っているが、ふ化に及ぼす影響については認められていない。シマアジ受精卵のふ化に及ぼすオゾン処理海水の影響についてはこれまで実験していなかったため、今回の原因がオゾン処理海水によって引き起こされたものか環境・卵質などの他の要因によるものなのか不明であり、原因究明のため続いて再実験を行った。

2) オゾン処理海水によるふ化実験 (実験2)

- ① 実験1における低ふ化率の原因を究明するため再現試験を行った。
- ② 平成6年1月28日に採卵したシマアジ受精卵を NaOCl 100ppm 15min. による卵消毒後、 0.5m^3 水槽1面に40万粒 (0.8粒/ml) 収容した。卵管理方法は、実験1と同様である。なお、今回は対照区として、同形同大の水槽によりろ過海水を用いた卵管理を屋内で行った。
- ③ 実験1と同様、採卵後48時間経過してもふ化率は5%であった。ふ化しない卵はほとんど生卵であり、発生はふ化直前まで進んでいた。その後、更に24時間放置しておいたがふ化はみられなかった。一方、ろ過海水を用いてふ化管理した水槽ではほとんどふ化し、ふ化率は90%であった。
- ④ 今回行った再現実験においてもオゾン処理海水を用いた場合ふ化がみられなかったこと、対照区であるろ過海水を用いた場合には通常にふ化したことから、オゾン処理海水が受精卵のふ化を阻害している可能性が伺われた。阻害要因としては残留オキシダントが考えられ、残留オキシダントが受精卵のふ化に及ぼす影響について検討してみる必要が生じた。

3) オキシダント濃度勾配実験 (実験3)

- ① 実験2では、ろ過海水区では通常にふ化したのに対しオゾン処理海水区ではほとんどふ化しなかった。このことから、ふ化阻害要因を残留オキシダントと仮定し、オキシダント海水を活性炭処理水で希釈し、オキシダントの濃度別にふ化実験を行った。
- ② 実験には1ℓ 料理用を使用した。実験区は6区設定し、対照区 (ろ過海水) を1区、試験区を5区 (0.005ppm~0.5ppm) とした。各実験区は2例ずつ設定した。卵管理はウォーターバス (22℃) 内に静置して行った。
- ③ 実験結果を図3に示した。オキシダント濃度0.5ppm区はまったくふ化がみられなかったが、その他の試験区 (0.005ppm~0.1ppm) では約30~50%のふ化がみられた。対照区も同様のふ化率であり試験区と差は認められなかった。なお、ふ化しない受精卵は、いずれも実験1, 2において見られた未ふ化卵と同様ふ化直前までは発生が進んでいた。
- ④ 今回の結果では、実験1, 2に比べてふ化率は高かったものの卵膜を破ることができずにふ化しない卵 (生卵) も多数見られた。特に0.5ppm区の大部分はまったくふ化できない生卵状態であったことから、オキシダント濃度の影響が疑われた。しかし、対照区も約半数の卵がふ化できない状態にあることから、卵質及びふ化方法についても検討する必要があると思われる。

4) 毒性物質Xの濃度勾配実験 (実験4)

- ① 実験3では、ふ化阻害要因をオキシダントと仮定し、活性炭処理水でオキシダントの希釈濃度勾配を作った。しかし、オキシダント濃度が0.005ppmの低濃度においてもふ化率が低かったことから、オキシダント海水にはオキシダント以外に未知の毒性物質 (活性炭で除去されない物質) が含まれている可能性があることが伺われた。今実験では、オキシダント海水を未知の毒性物質を含まないろ過海水を用いて希釈し、未知の毒性物質の濃度別にふ化実験を行った。

- ② 実験には1ℓ 試料瓶を使用した。実験区は6区設定し、対照区（ろ過海水）を1区、試験区を5区（1～100倍希釈）とした。各実験区は2例ずつ設定した。卵管理はウォーターバス（22℃）内に静置して行った。
- ③ 実験結果を図4に示した。1倍希釈区（オキシダント濃度0.5ppm）区はほとんどふ化がみられなかったが、その他の試験区（5～100倍希釈）は約40～60%のふ化がみられた。対照区も同様のふ化率であり試験区と差は認められなかった。なお、ふ化しない受精卵は50倍希釈区を除きいずれもふ化直前までは発生が進んでいた。
- ④ 今回の結果では、実験3と同様、1倍希釈区を除けばふ化率は約50%であり、実験1、2のふ化率（0～数%）に比べてふ化率は高かった。しかし、卵膜を破ることができずにふ化しない卵（生卵）が多数みられた。このため、ふ化阻害要因は、海水をオゾン処理した結果生じるオキシダントや他の毒性物質以外の要因であることが推定される。なお、1倍希釈区（0.5ppm区）のふ化率が低い原因については、実験3の結果と合わせて考えると、オキシダント濃度が0.5ppm以上ではふ化が阻害されるものと思われる。なお、今回も対照区は約半数がふ化できずにあることから、静水で行っている現在のふ化方法に問題があり、改良する必要が認められた。

5) 活性炭の毒性実験（実験5）

- ① 実験3、実験4では、オゾン処理海水中にふ化阻害物質があることを仮定したが、ここでは脱オキシダントの際の活性炭処理によって毒性物質が生じていると仮定して実験を行った。
- ② 実験は、ろ過海水を活性炭処理し、その処理水をろ過海水で希釈したものをを用いてふ化実験を行った。実験には1ℓ 試料瓶を使用した。実験区は6区設定し、対照区（ろ過海水）を1区、試験区を5区（1～100倍希釈）とした。各実験区は2例ずつ設定した。卵管理は、瀑気した水槽（水温：22℃）内に浮き漂わせて放置して行った。
- ③ 実験結果を図5に示した。1例（100倍希釈区）を除いて試験区・対照区ともほぼ100%がふ化した。この結果、活性炭処理水にはふ化疎外物質は存在しないものと判断される。なお、今回はふ化方法を改良し、実験3、4では恒温槽の中で静止した状態で放置したが、今実験では瀑気した水槽内に浮き漂わせて放置する方法（振蕩ふ化方法：図6）をとった結果、ふ化率が飛躍的に向上した。

6) 各種海水によるふ化試験（実験6）

- ① 実験3～5の結果からふ化阻害要因を断定するには至らなかった。ここでは、ふ化阻害要因を含むと予想される各種海水を用いてふ化実験を行い、ふ化阻害要因の究明を行った。
- ② 実験区を以下に示した。
- A ろ過海水
 - B ろ過海水＋ハイボ
 - C 活性炭処理ろ過海水
 - D オゾン処理海水
 - E オゾン処理海水＋ハイボ

F オキシダント海水+ハイポ（中和）

実験には30ℓパンライト水槽を使用した。

- ③ 実験結果を図7に示した。対照区（ろ過海水区）の1区でふ化率が80%とやや悪かったものの、他の区はすべて90%以上で良好であった。また、各区の間にはほとんど差はみられなかった。
- ④ 実験1, 2ではほとんどふ化しなかったオゾン処理海水区でもほとんどがふ化し、今実験ではオゾン処理海水は問題にならなかった。

7) 受精卵の発生段階別のオゾン処理海水によるふ化実験（実験7）

- ① 実験6ではオゾン処理海水がふ化に及ぼす影響は認められなかった。しかし、実験1, 2では明らかにふ化への影響が認められた。このことから、受精卵の発生段階のどこかでオゾン処理海水に感受性が高い時期があり、その時期にオゾン処理海水が何らかの影響をふ化に及ぼしている可能性が考えられ、受精卵の発生段階別にオゾン処理海水が受精卵に及ぼす影響について検討した。
- ② 受精卵を屋内ふ化水槽（1.0m³）に収容し、発生段階別に卵を採集し、それをオゾン処理海水（1ℓ 1リットル）に収容して卵管理を行った。卵管理は振蕩ふ化方法により行った。
- ③ 実験に供した卵の各発生段階におけるふ化率を図8に、ふ化水槽中の受精卵の比重の変化を図9に示した。桑実期からふ化直前まで11回のサンプリングを行いふ化させた結果、すべての区で90%以上のふ化率を示し、オゾン処理海水による影響は認められなかった。

8) 紫外線処理海水によるふ化実験（実験8）

- ① 実験1～7の結果をみると、オゾン処理海水を使用した場合、実験1～5ではふ化率が低く、実験6・7ではふ化率が高いことから、ふ化阻害要因がオゾン処理海水にあるとは断定できなかった。このため、3回次生産用に採卵したシマアジの受精卵は、ふ化率の安定しないオゾン処理海水ではなく紫外線処理海水を用いて卵管理を行った。
- ② 平成6年1月30日に採卵したシマアジ受精卵をβドノド 100ppm 15min. による卵消毒後、屋外飼育水槽脇に設置した0.5m³ 水槽4面に95万粒（0.5粒/m³）収容した。ふ化水温は22℃とした。換水はろ過海水を紫外線殺菌処理（荏原インフェルコ製:UV-500M）したものを用いた。紫外線照射量は 10⁵ μw・sec/cm² である。
- ③ 実験結果を図10に示した。採卵後48時間経過したふ化率は約60%であったが、ふ化仔魚にはふ化異常個体（卵膜より完全に離脱できない個体、ふ化後魚体が丸まった状態で伸長できない個体）が多く、72時間経過した時点ではふ化仔魚の2/3は斃死した。なお、ふ化しない卵はほとんど生卵であり、発生はふ化直前まで進んでいた。その後、更に24時間放置してしておいたがふ化せず、時間の経過とともに死卵となった。
- ④ 今回の実験で用いた紫外線処理海水でもふ化率が悪かったことから、ふ化阻害要因はふ化に用いた用水ではなくふ化時の環境条件の可能性が伺われた。実験1～7をふりかえると屋内実験では良いふ化率が得られていることから、ふ化阻害要因として直射日光（特に紫外線）が疑われた。

9) ふ化と日光に関する実験 (実験9)

- ① 実験8において、紫外線処理海水においてもふ化率が低いことから、ふ化阻害要因はオゾン処理海水以外の要因である可能性が伺われた。また、実験1～8を通じて、屋外で卵管理を行った場合にふ化率が低下する傾向が見られることから、ふ化阻害要因として直射日光 (紫外線) が疑われ、ここではふ化に及ぼす光の影響の検証を行った。
- ② 実験は、平成6年2月3日に4回次生産用に採卵したシマアジ受精卵をギドノード 100ppm 15min. による卵消毒後、屋外飼育水槽脇に設置した0.5m³ 水槽3面に40万粒 (0.3 粒/ml) 収容して行った。このうち2水槽は遮光を行い、直射日光が当たらないようにし、1水槽は遮光を行なわなかった。ふ化水温は22℃とした。換水は紫外線殺菌処理したものをを用いた。なお、対照区として、同形同大の水槽を屋内に設置してろ過海水による卵管理を屋内で行った。
- ③ 実験結果を図11に示した。遮光区のふ化率は66.1%, 66.3%であり、非遮光区のふ化率43.3%を上回っていた。また、屋内でふ化させたろ過海水区はふ化率が99.3%であり最も良かった。
- ④ 非遮光区のふ化率は43.3%であり、実験1, 2の数%を大きく上回っていた。これは照度の違いによるものと思われ、今回の実験では、卵管理中、雲が多く照度が低かったことによるものと思われる。

10) ふ化と日光に関する実験 (実験10)

- ① 実験9と平行して、オゾン処理海水を用いた場合のふ化に及ぼす光の影響の検証を行った。
- ② シマアジ受精卵をギドノード 100ppm 15min. による卵消毒後、屋外飼育水槽脇に設置した30ℓ水槽2面にそれぞれ40万粒 (0.7 粒/ml) を収容した。このうち30ℓ水槽1面は遮光を行い、直射日光が当たらないようにした。ふ化水温は22℃とした。
- ③ 実験結果を図12に示した。遮光区のふ化率は30ℓ水槽では69.4%であり、非遮光区のふ化率24.0%を大きく上回った。
- ④ 遮光区のふ化率は非遮光区のふ化率を上回り、実験9と同様の結果が得られた。実験9, 10の結果から、直射日光はシマアジ卵のふ化を阻害する作用があることが伺われた。また、今回の実験からは直射日光のどのような要因がシマアジの卵のふ化を阻害するのかは不明であるが、他魚種 (ニシン科, アジ科の1種) では紫外線がふ化率を低下させることが報告されており、シマアジにおいても紫外線がふ化阻害要因となっているものと思われる。

* 参考: 水族繁殖学 (緑書房) 8. 2, 発生期のふ化管理

11) オゾン処理海水によるふ化実験 (実験11)

- ① 実験9, 10の結果をうけて、生産規模でのオゾン処理海水を用いたふ化実験を行った。
- ② シマアジ受精卵をギドノード 100ppm 15min. による卵消毒後、屋外飼育水槽脇に設置した0.5m³ 水槽1面に53万粒 (1.1 粒/ml) 収容した。0.5m³ 水槽には遮光を行い、直射日光を遮断した。ふ化水温は22℃とした。換水は収容先飼育水槽に貯水して加温したオ

ゾン処理海水をφ20mmサイホンにより取水して行った。また、同じ卵を用いて、遮光の有無がふ化に及ぼす影響を再検証するため、ろ過海水とオゾン処理海水を用いて1ℓボトルによる小規模実験を行った。1ℓボトルの卵管理は振蕩ふ化方法により行った。

- ③ 実験結果を図13に示した。遮光した0.5m³水槽における採卵後48時間目のふ化率は93.9%であり、収容した卵の大部分がふ化した。また、1ℓボトル実験では、遮光区のふ化率はろ過海水区では81.3%，オゾン処理海水区では88.2%であった。非遮光区のふ化率はろ過海水区では15.3%，オゾン処理海水区では9.3%であった。
- ④ 以上の結果から判断すると、シマアジ受精卵のふ化に関しては、直射日光による屋外条件がふ化に影響を及ぼすことが認められたが、遮光を行うことによりオゾン処理海水によるふ化管理は問題のないことが確認された。これにより、卵管理時における水平感染の防除を行うことができるものと思われる。

3. オキシダント海水による卵消毒実験

(1) 目的

今年度のオゾン処理海水を用いたシマアジの量産規模飼育試験において、1例でVNNが発生し全滅した。垂直感染と水平感染が考えられるが、ここでは、VNN防除対策の見直しとして、垂直感染に注目し、卵消毒方法について検討を行った。

(2) 材料と方法

シマアジ受精卵の卵消毒は、ペドノード 100ppm 15min. により行っている。しかし、今年度の1・2回次種苗生産においてVNNが発生し、垂直感染の可能性が疑われた。これは、ペドノードは採卵時に混入する異物や卵に付着した有機物等と反応し急速に減衰するため、受精卵収容時に100ppmあったものが減衰しウイルスを不活化できなかったためと思われる。このため、3・4・5・6回次生産では卵消毒の15分間の間100ppmを維持するように数回ペドノードを添加して卵消毒を行った。しかし、いずれの回次もVNNが発生した。

ペドノードに代わる卵消毒方法としてオキシダント海水による卵消毒を行った。SJNNVは0.5ppmのオキシダント海水に30秒間浸漬することにより不活化されることから、実験では0.5ppmのオキシダント海水で1～5分間の浸漬を行い、ふ化率とふ化後のVNNの発症状況を調べた。

(3) 結果と考察

3分間の卵消毒まではろ過海水でふ化した場合に比べてふ化率に差はなく、またVNNの発症が卵消毒を行わなかった区よりも遅れたことから、オキシダント海水による卵消毒の効果がうかがわれた(図14)。

なお、SJNNVの不活化に関しては、ペドノードでは100ppm, 15min、オキシダントでは0.1ppm, 2.5分間を要する。一方、受精卵への影響に関しては、ペドノードでは40ppm, 15min、オキシダントは0.5ppm, 3minまではふ化に及ぼす影響はみられないが、これ以上の濃度または時間による卵消毒ではふ化率を低下させる。このことから、ペドノードの場合、受精卵のふ化に影響を及ぼさない濃度ではウイルスの不活化は困難である。よって、シマアジの受精卵消毒には、オキシダントを用いた卵消毒が有効と思われる。

(薬剤によるSLNNVの不活化試験に関しては、環境清浄化システムの項を参照)

4. オキシダント海水がふ化仔魚に与える影響

(1) 目的

シマアジの種苗生産に使用しているオキシダント海水は、活性炭で脱オキシダントしたたものを使用しているが、0.005 ~ 0.007ppm 程度のオキシダントが残留する。このため、残留オキシダントがふ化仔魚にどのような影響を与えるか調べるため、オキシダントの濃度別にシマアジふ化仔魚の無給餌飼育試験を行った。

(2) 材料と方法

供試魚は、ふ化後0日目の仔魚を用いた。実験容器には1ℓ ポリボトルを使用した。実験区は7区設定し、対照区(ろ過海水)を1区、試験区を6区(0.005ppm~0.5ppm)とした。各実験区は3例ずつ設定した。各水槽には30~50尾収容し、ウォーターバス内で22℃で飼育した。斃死魚は、毎日計数した後除去した。結果の比較は、SAI(無給餌生残指数)により判定した。

(3) 結果と考察

実験結果を図15に示した。オキシダント濃度0.5ppm区は、収容後2時間以内に全部斃死した。また、0.1ppm区は、収容後24時間以内に全滅した。その他の試験区(0.005ppm~0.05ppm)ではSAI値が5~7の範囲にあり、対照区も同様のSAI値であったことから、0.05ppm以下のオキシダント濃度ではオキシダントがふ化仔魚に及ぼす影響はないものと思われる。なお、今回の実験では、ふ化仔魚のSAI値が通常のSAI値(約28)に比較して非常に低いものであったが、供試卵の卵質あるいはふ化仔魚の取り扱い方法に問題があったものと思われる。

5. 排水処理実験

疾病発生時における病原菌の場内への蔓延及び環境へ拡散・汚染を防止するため、飼育排水及び底掃除排水の殺菌が必要である。ここではオゾンによる排水殺菌処理方法について検討し、殺菌処理に必要なオゾン量、反応時間及び殺菌効果を調べることを目的とした。

1) シマアジ親魚水槽排水処理実験-I(実験1)

① シマアジ親魚飼育排水を用いて、止水状態でオゾン通気を行い、オゾン通気時間(反応時間)毎のオキシダントの発生状況を調べた。

② 排水処理装置は荏原実業製作による試作装置(殺菌槽容量 280ℓ,

オゾン発生量: 5g/hr, オゾンガス流量 2ℓ/ml)

である。排水は目合い63μmのネットですり過して固形物を除去した後、

殺菌処理を行った。オゾンは止水で

6分間通気し、1分毎にオゾン処理

した排水のサンプリングを行い、オ

キシダント濃度を測定した。

③ 時間経過に伴うオキシダント

濃度(ppm)の変化を右表に示した。

反応時間	1回目	2回目	3回目
1分	0.009	0.041	0.000
2分	0.144	0.125	0.043
3分	0.349	0.203	0.120
4分	0.471	0.418	0.336
5分	0.675	0.544	0.600
6分	0.795	0.737	0.690

シマアジの親魚排水は、止水状態では5分間で0.5ppm以上となり、SJNNVの不活化には反応時間が5分以上必要であることが伺えた。

2) シマアジ親魚水槽排水処理実験－Ⅱ（実験2）

- ① シマアジの親魚排水を用いて、流水状態でのオゾンによる排水処理を行い、排水流量毎に反応時間、オキシダント発生量、細菌数を調べ、オゾン処理による排水の殺菌効果を検討することを目的とした。
- ② 排水の流量は3～7.5m³/hrの範囲で5段階に設定し、各流量における殺菌効果を調べた。排水処理装置は実験1で使用した装置を使用した。殺菌効果の判定は各流量毎に殺菌処理した排水中の生菌数の測定値より行った。生菌数の測定は1区につき2例ずつ行い、希釈平板法（zobel 2216培地・TCBS培地）により平板上に出現したコロニー数を測定した。なお、サンプリング排水は、過剰のチオ硫酸ナトリウムを添加してオキシダントを中和したものを使用した。
- ③ 各流量別の排水処理後の細菌数及び殺菌率を下表に示した。

処理水	流量	反応時間	オキシダント	一般細菌数	ビブリア細菌	殺菌率
ろ過海水	3.0	0 分	0	2.1×10 ⁵	6.3×10 ²	
シマアジ 産卵親魚 飼育排水	3.0	5.6 分	0.450	1.4×10 ²	0	99.93
				1.1×10 ²	0	99.94
	3.8	4.4 分	0.285	1.8×10 ²	0	99.91
				1.2×10 ²	0	99.94
	5.0	3.4 分	0.185	8.0×10 ¹	0	99.96
				1.0×10 ¹	0	99.99
	6.0	2.8 分	0.221	1.3×10 ²	0	99.93
				1.0×10 ¹	0	99.99
	7.5	2.2 分	0.239	3.1×10 ²	0	99.85
				9.8×10 ¹	0	99.95

排水処理流量7.5m³/hr区の1例を除いた全ての区で99.9%以上の殺菌率を示し、流水式による親魚排水の殺菌処理の有効性が伺えた。

3) ブリ飼育排水処理実験（実験3）

- ① 種苗生産における飼育排水のオゾン殺菌処理の可能性について検討した。
- ② 殺菌装置は実験Ⅰで使用した装置を使用した。実験処理用排水にはブリ飼育排水を物理的ろ過を行わずに用いた。排水流量は、2m³/hr（反応時間 7.5分）と4m³/hr（反応時間 3.8分）の2区を設定し、それぞれ2例ずつ行った。各実験例の殺菌効果の判定は各流量において殺菌処理した排水の生菌数の測定値より行った。生菌数の測定は1サンプルにつき2例ずつ行い、希釈平板法（zobel 2216培地・TCBS培地）により平板上に出現したコロニー数を測定した。

現したコロニー数を測定した。なお、サンプリング排水は、過剰のチオ硫酸ナトリウムを添加してオキシダントを中和したものを使用した。

③ 各流量別の排水処理後の細菌数及び殺菌率を下表に示した。

処理水	流量	反応時間	オキシダント	一般細菌数	ビフィス菌	殺菌率
ろ過海水				4.4×10^4	1.8×10^3	
ブリ 飼育排水	2.0	8.4 分	0.762	6.3×10^2	2.4×10^2	98.56
				1.3×10^2	7.7×10^2	99.70
	4.0	4.2 分	0.301	8.1×10^2	4.4×10^2	98.15
				3.0×10^1	<150	99.93

各区の殺菌率は98～99%であった。

④ 各実験例の一般細菌コロニーカウントデータを下表に示した。

処理水	流量	10^0		10^{-1}		10^{-2}		10^{-3}	
		1	2	1	2	1	2	1	2
ろ過海水		>300	>300	>300	>300	94	80	17	10
ブリ 飼育排水	2.0	1	251						
		8	44						
	4.0	129	194						
		3	9						

⑤ 各実験例のTCBSコロニーカウントデータを下表に示した。

処理水	流量	10^0		10^{-1}		10^{-2}	
		1	2	1	2	1	2
ろ過海水		405	321	33	16	5	5
ブリ 飼育排水	2.0	47	0				
		227	79				
	4.0	115	60				
		2	0				

- ⑥ コロニーカウントデータをみると、同じ区の中でも、また同じ例の中でも最大 10^2 も差があり、殺菌結果に大きなバラツキがみられた。コロニーカウントデータに大きなバラツキが見られる原因として、排水中の液体部についてはオゾンにより完全に殺菌されていたが、ワムシなどの餌料生物や浮遊懸濁物は殺菌されなかったため、平板上に試水を塗布するときにワムシ等の固形物を含んでいた場合には異常に高い菌数が測定されたものと思われる。特に、底掃除排水の処理では、排水中に多くの死魚、糞、残餌が含まれるため、これらの完全殺菌は困難であった。このため、フィルターによるろ過や凝集沈殿剤による固液分離処理が必要であり、固体部分と液体部分の殺菌を完全に分けて考える必要がある。

4) 固・液分離実験 (実験4)

- ① 実験3では飼育排水を物理的にろ過しないで殺菌処理をした結果、排水中の餌料生物(ワムシ・アルテミア)、糞等が殺菌率を低下させることが判明した。ここでは、排水の前処理として排水中の固形物の除去方法について検討した。
- ② 排水のろ材として、ボルティングクロス・糸巻きフィルター・凝集沈殿剤を用い、各ろ材を使用したときの固・液分離状況を調べた。
- ③ 各種ろ材を使用したろ過手法による排水の固・液分離状況及び細菌の検出結果を下表に示した。

ろ過手法		ワムシ検出状況	
ろ材未使用		0.5ppm, 60分間のオゾン処理でも細菌検出	
ボルティングクロス	(63 μ m)	ワムシ除去可	細菌未検出
	(25 μ m)	ワムシ除去可	細菌未検出
糸巻きフィルター	(50 μ m)	一部ワムシ通過	細菌検出
	(100 μ m)	ワムシ通過	細菌検出
凝集沈殿剤 (硫酸アルミニウム)		ワムシの沈殿状態が悪い 細菌検出 沈殿物と上澄液の分離が困難	

排水を物理的ろ過により前処理しないものは、0.5ppm, 60分間のオゾン処理でも細菌が検出され殺菌効果が見られなかった。また、前処理をしたものでもワムシが通過する場合には細菌が検出されることから、ワムシサイズ以上の固形物はオゾン殺菌処理を行う前に除去する必要があるものと思われる。なお、凝集沈殿剤の場合にはワムシの沈殿状態が悪く殺菌処理後の排水から細菌が検出された。また、凝集剤による沈殿物は砂ろ過では除去することができたが、糸巻きフィルターでは沈殿物の通過がみられ完全に除去することはできなかった。

- ④ ボルティングクロス(目合い: 63 μ m)により前処理を行った排水を0.86~6.0m³/hr

の範囲で4段階に流量を変えて殺菌処理した場合の殺菌効果を次表に示した。

ワムシサイズ以上の固形物を完全に除去した場合、排水処理量が $0.86\sim 3.4\text{m}^3/\text{hr}$ までは細菌は検出されなかったが、排水処理量が $6.0\text{m}^3/\text{hr}$ （オゾン濃度： 0.5ppm ，反応時間：3分）では細菌が検出され殺菌効果が低下した。

排水処理水量 (m^3/hr)	6.0	3.4	1.7	0.86
オゾン反応時間 (分)	3	5	10	20
殺菌効果	×	○	○	○

以上のオゾンによる排水処理の4実験の結果から、排水の性状（水質）により殺菌に要求されるオゾンの量，反応時間が大きく異なることがうかがえた。このため、オゾン処理によって完全に排水を殺菌するには排水の前処理（固液分離処理）が必要であり、今後は固液分離方法及び固体部の殺菌処理方法について検討する必要がある。

6. 循環飼育実験

(1) 目的

オゾン処理循環飼育の可能性を検討するため、ブリ稚魚を用いて、水質浄化効果及びブリ稚魚への影響を調べた。

(2) 材料と方法

供試魚には当场産のブリ稚魚（全長： 11.6cm ，体重： 14.1g ）を用い、ろ過海水区と循環オゾン処理海水区の2区を設けた。 50m^3 水槽にそれぞれ5,300尾ずつ収容し、平成6年8月1日から8月10日までの10日間の実験を行った。収容密度は $1.5\text{kg}/\text{m}^3$ である。換水量及び循環量は $10\text{m}^3/\text{hr}$ とした。循環オゾン処理には、荏原実業製のオゾン殺菌装置（オゾン発生量： $19\text{g}/\text{hr}$ ，処理水量 $10\text{m}^3/\text{hr}$ ）を使用した。

(3) 結果と考察

飼育実験終了時の大きさは、ろ過海水区が全長 12.9cm ，体重 20.0g であるのに対し、循環オゾン処理海水区が全長 12.3cm ，体重 17.7g であり、両区の間で成長には有為な差はみられなかった。しかし、生残尾数はろ過海水区が722尾、循環オゾン処理海水区が2,154尾で約3倍の差がみられた。

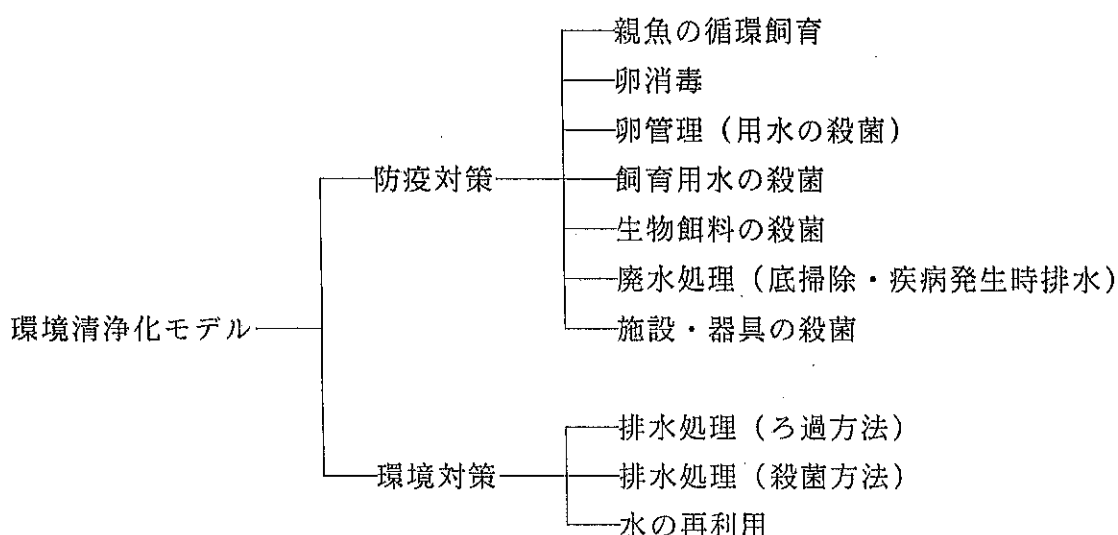
水質は、循環オゾン処理海水区では飼育開始直後から水温の上昇、DOの低下、pHの低下、 $\text{NH}_4\text{-N}$ の上昇がみられ飼育経過に伴いその変化は大きくなったのに対して、ろ過海水区では大きな変化がみられなかった（図16, 17, 18, 19, 20）。実験開始5日目には、循環オゾン処理海水区では水温が 30.4°C ，溶存酸素量が $4.4\text{mg}/\ell$ ，pHが7.43， $\text{NH}_4\text{-N}$ が $3.25\text{mg}/\ell$ となり、この環境条件では飼育の継続が困難であると思われるので、6日目よりろ過海水を20%注水し80%の循環飼育にした結果、水温が 27.9°C ，溶存酸素量が $6.0\text{mg}/\ell$ ，pHが7.71， $\text{NH}_4\text{-N}$ が $0.28\text{mg}/\ell$ となり、ろ過海水区に近い値まで回復し安定した。

実験期間中に類結節症が両区に発症し大量斃死がみられた。生残尾数をみると、循環オゾン処理海水区の斃死の方が少なく、両区の間には大きな差があった。このような傾向はシマアジのVNNでもみられ、オゾン処理海水には疾病の発症を抑制する効果がうかがわれた(図21)。

今回の実験は、実験開始時期が8月であったため気温が高く、循環オゾン処理海水区では飼育水温が30℃以上になったこと、また供試魚が類結節症に感染していたことなど実験条件設定に問題があったため、再度実験を行いオゾンによる循環飼育に関する知見の収集を図りたい。

7. 今後の展開

本共同研究の最終的目標は、以下に示すオゾンを中心とした環境清浄化モデル施設としての施設整備にある。



これまでは、シマアジのVNN対策を目的にした防疫対策を中心に実験を行ってきた。今後は、これまでにやり残した課題の整理を行うとともに、新たに環境対策を目的として排水処理方法、循環飼育方法に焦点を当てて実験を進めていきたい。

(塩澤 聡)

表1 平成6年度シマアジ種苗生産におけるVNN発生状況

生産回次	親魚			産卵月日	卵消毒	用水の殺菌処理		水作り	疾病	飼育 日数	生産尾数 (万尾)
	年齢	PCR	備考			ふ化海水	飼育水				
1-1	人工13才	陰性		11.28	紀ノヨド 100ppm, 15min	濾過海水	紫外線	0日間	VNN	23	0
2	人工13才	陰性		11.28	同上	濾過海水	オゾン	0日間	VNN	50	2.33
2-1	人工13才	陰性		12.08	同上	濾過海水	オゾン	0日間	VNN	9	0
2	人工13才	陰性		12.08	同上	濾過海水	オゾン	0日間	VNN	9	0
3	人工10才	陰性	ワカ	1.30	連続100ppm	紫外線海水	オゾン	0日間	VNN	6	0
4	人工10才	陰性	ワカ	2.02	同上	紫外線海水	オゾン	0日間	VNN	9	0
5	人工10才	陰性	ワカ	2.15	同上	オゾン海水	オゾン	0日間	VNN	9	0
6	人工10才	陰性	ワカ	2.18	同上	オゾン海水	オゾン	5日間	VNN	21	0
7	天然13才	陰性	古満目	3.05	同上	濾過海水	オゾン	5日間	VNN	2	0
8-1*1	人工9才	陰性	古満目	3.15	同上	濾過海水	オゾン	0日間	VNN	3	0
2	(天然10才)	陰性	古満目	3.15	同上	濾過海水	オゾン	0日間	VNN	3	0
9	人工10才	陰性	ワカ	4.08	オキシダント 0.5ppm 1min	オゾン海水	オゾン	0日間	VNN	50	0.26
10	人工10才	陰性	ワカ	4.21	オキシダント 0.5ppm 1min	オゾン海水	オゾン	0日間	VNN	18	0
11	天然13才	陰性	古満目	5.03	オキシダント 0.5ppm 1min	オゾン海水*2	オゾン	0日間	VNN	11	0

*1 人工9才・天然10才の2群の親魚より得られた卵を使用（混成）

*2 上浦事業場において卵消毒

表2 PCR およびELISA によるシマアジ仔魚及び稚魚からのSJNNV の検出結果 (1994年 五島事業場)

実験回次 年度 ふ化月日	試験区	検出法	ふ化後日数																				生産尾数 (万尾)
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	16	19	20	22			
平成5年度 (6R)	UV区	ELISA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	(30日目飼育中止)					全滅		
		PCR	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+								
	0 _s 区	ELISA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-						2.63		
		PCR	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+								
平成6年度 (1R)	UV区	PCR	-	-	-	-	-	-	-	-	-	(サンプル無し)			-	+	+	+	+	+	全滅		
															(23日目飼育中止)								
	0 _s 区	PCR	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	(サンプル無し)			-	-	-	+	-	2.33		
平成6年度 (2R)	UV区	PCR	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	(12日目飼育中止)					全滅			
	0 _s 区	PCR	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	(12日目飼育中止)					全滅		

*UV区：紫外線処理海水による飼育

*0_s区：オゾン処理海水による飼育

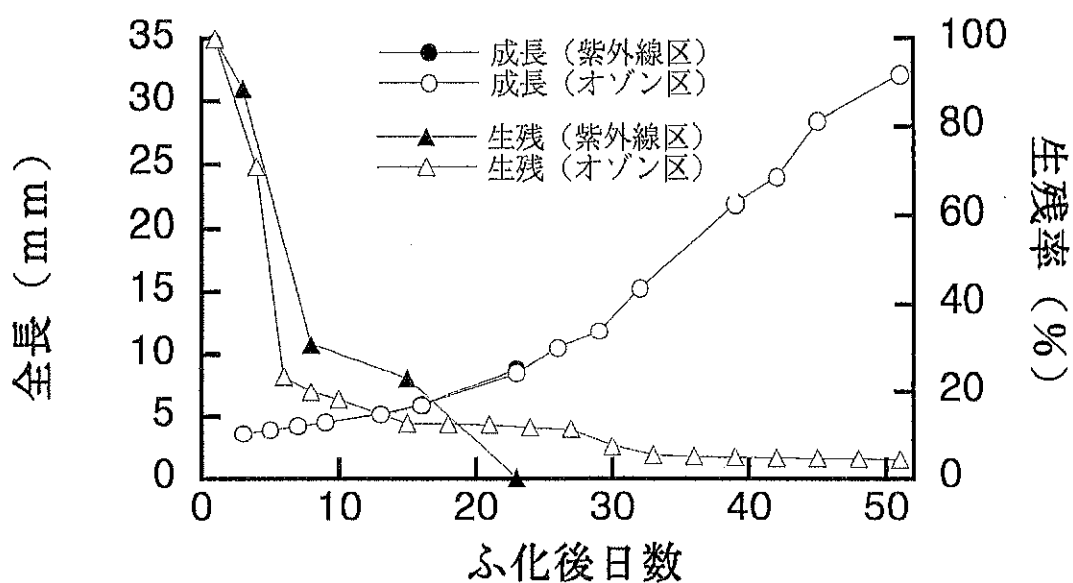


図1 成長及び生残状況（1回次生産）

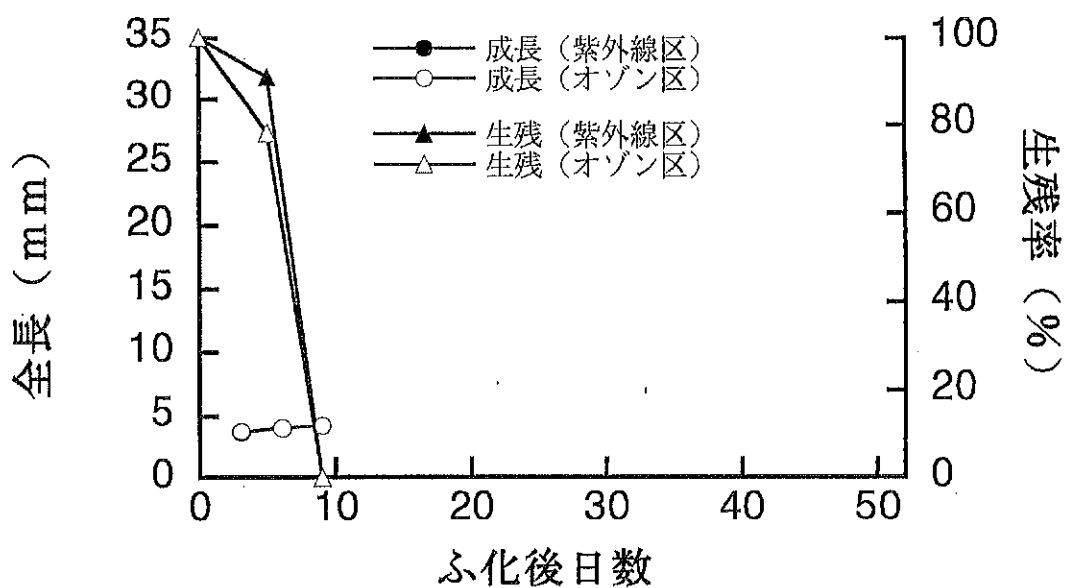


図2 成長及び生残状況（2回次生産）

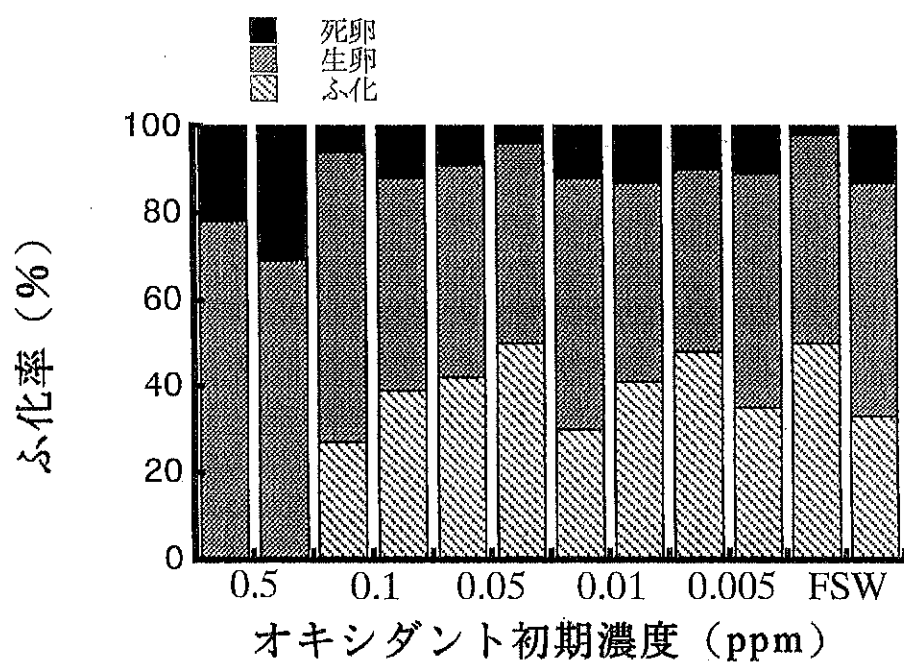


図3 オキシダント濃度別ふ化実験

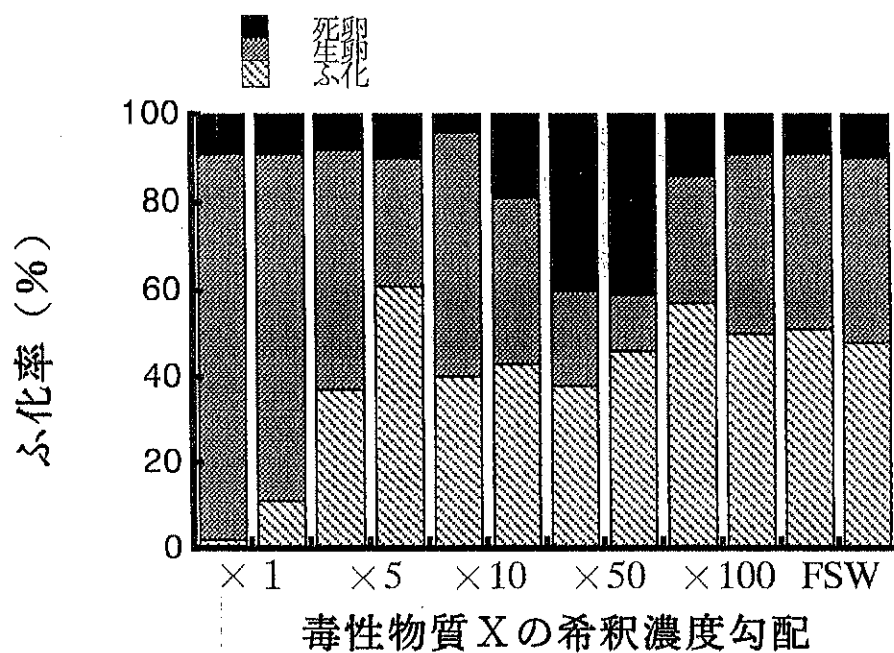


図4 毒性物質 X の濃度別ふ化実験
(仮定)

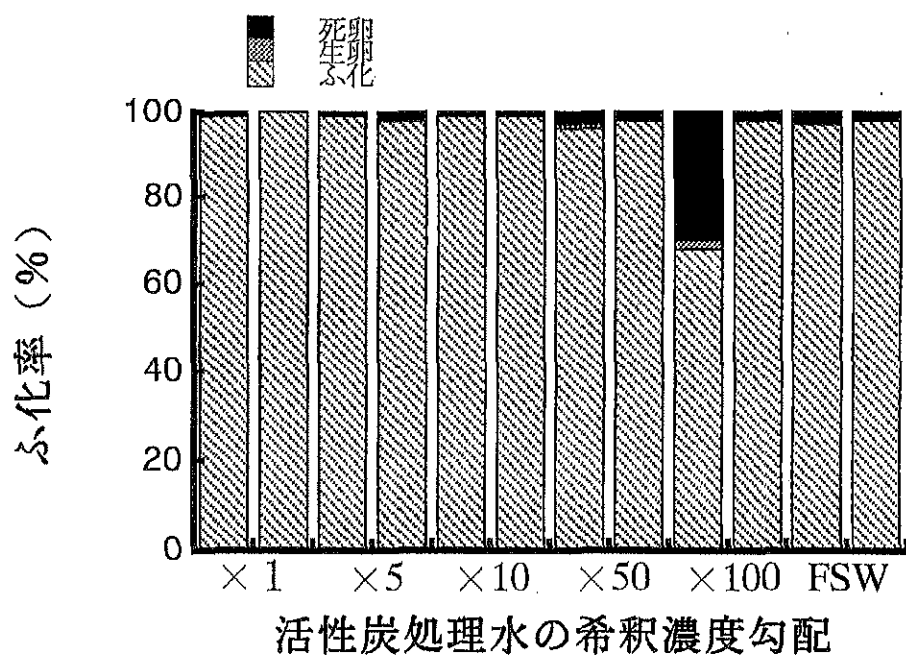


図5 活性炭処理水の濃度別ふ化実験

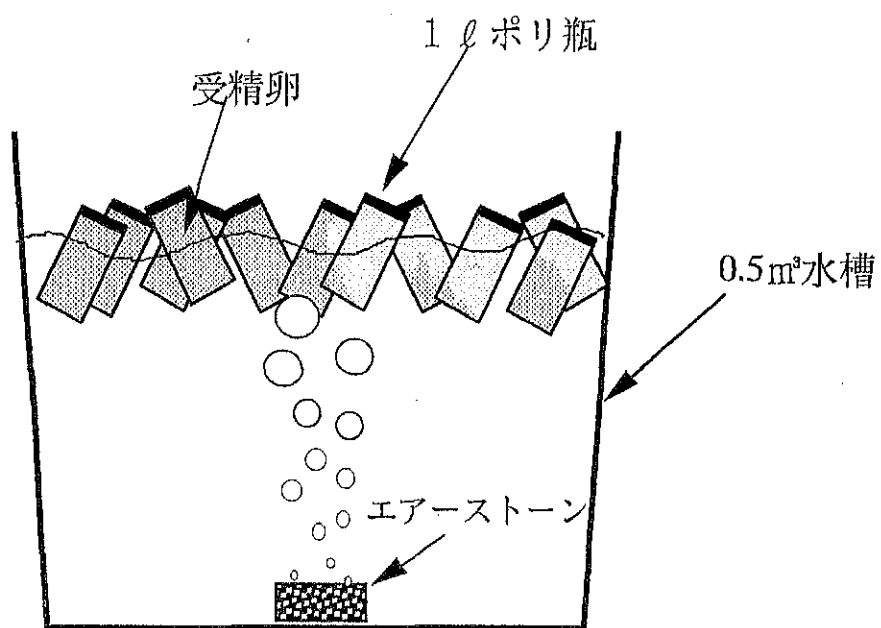


図6 振盪ふ化方法

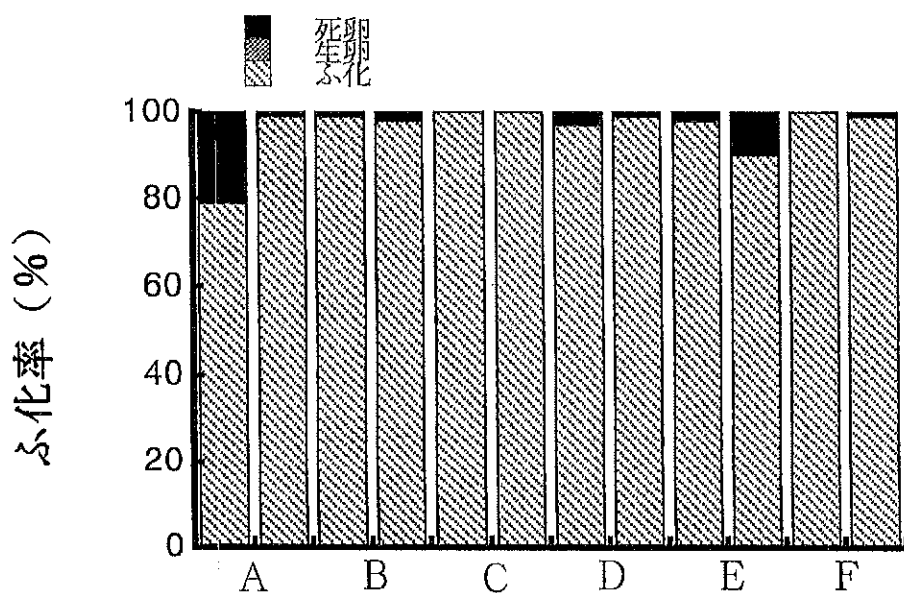


図7 各種海水によるふ化実験

A: FSW D: オゾン処理海水
 B: FSW+ハイポ E: オゾン処理海水+ハイポ
 C: FSW+活性炭処理海水 F: オキシダント海水+ハイポ

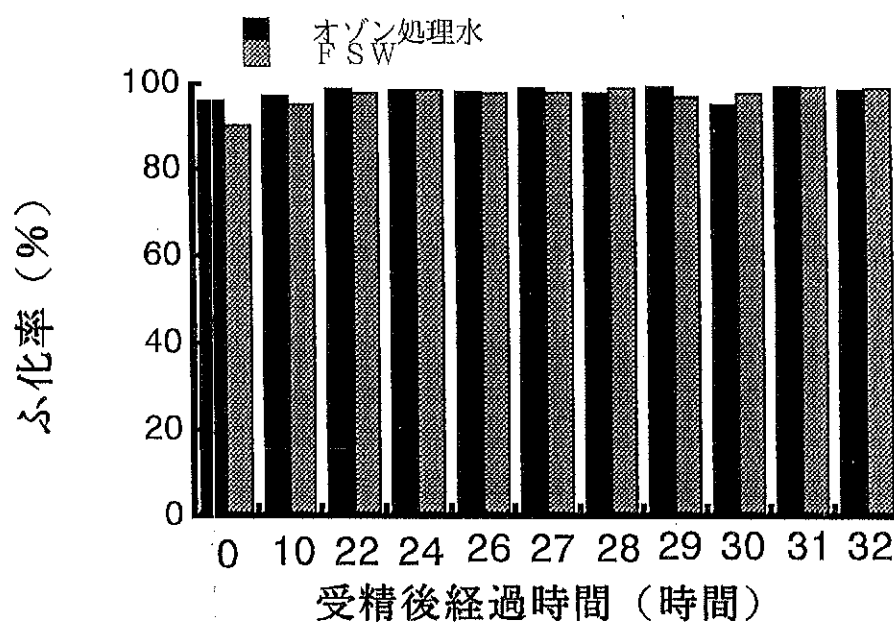


図8 オゾン処理海水によるふ化実験

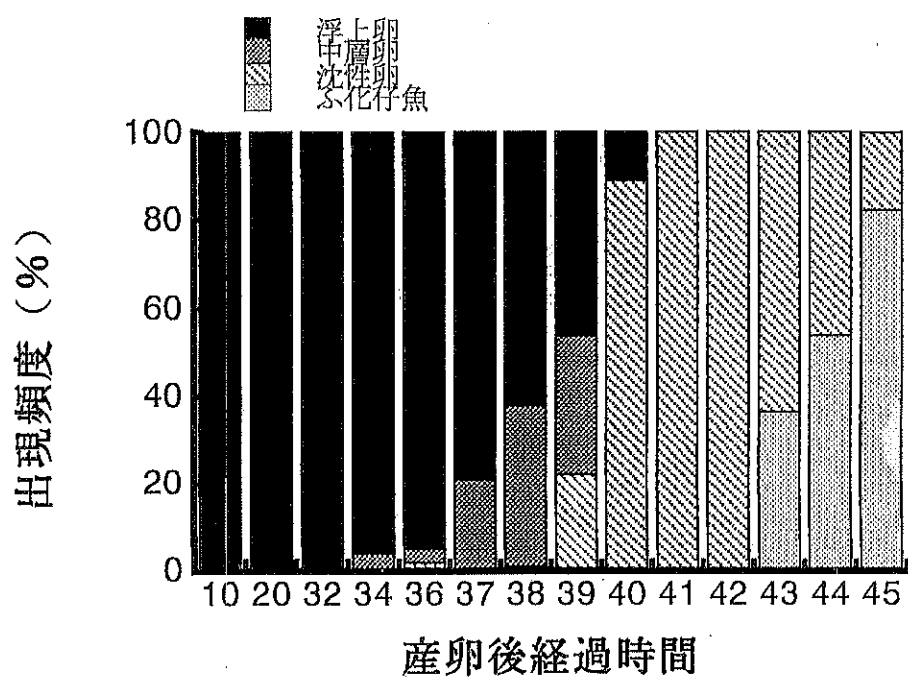


図 9 受精卵の比重の変化

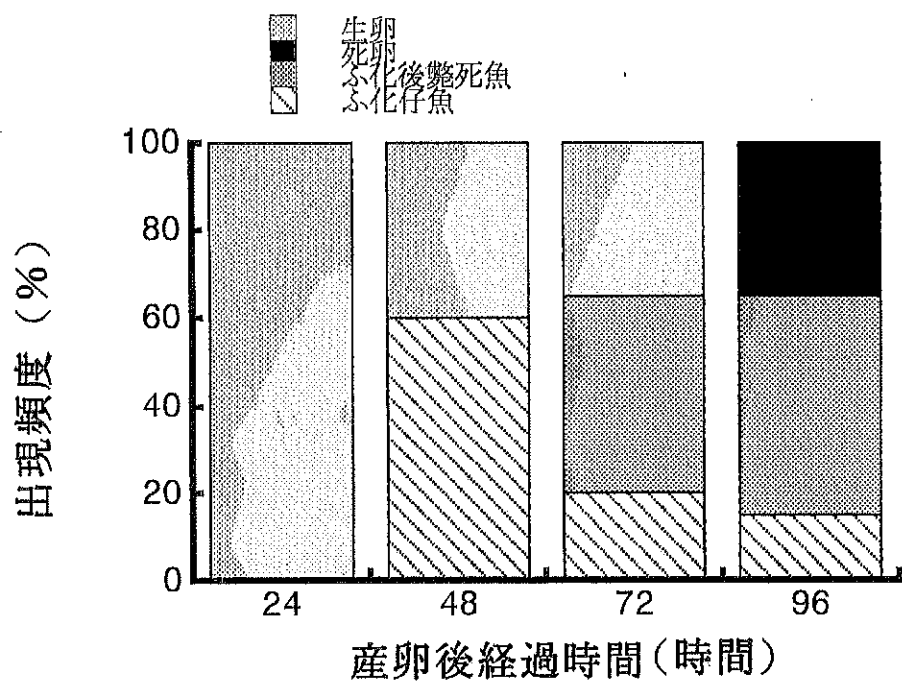


図 10 紫外線の影響-1

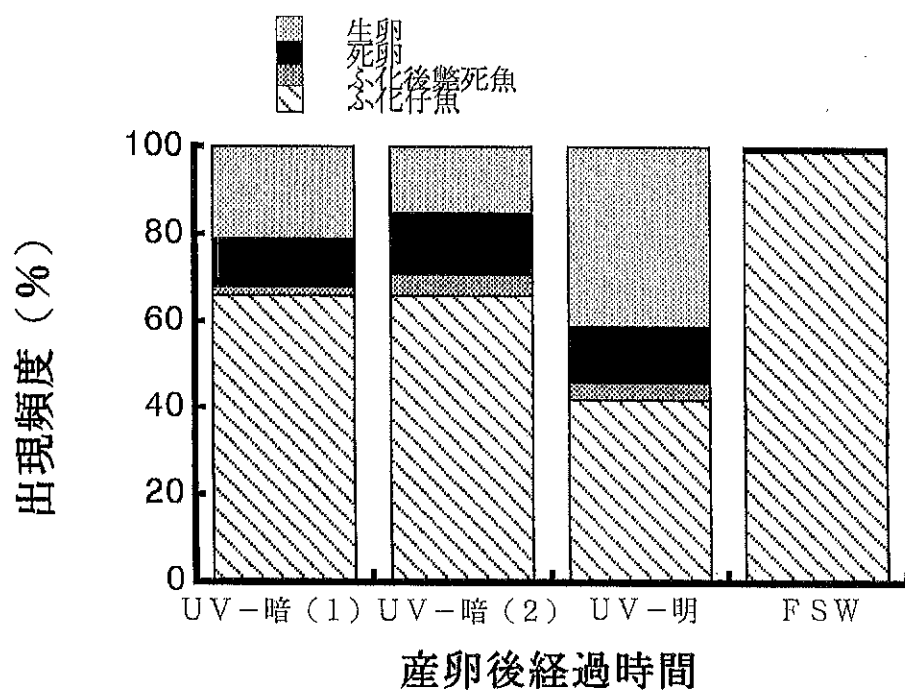


図 1 1 紫外線の影響－2

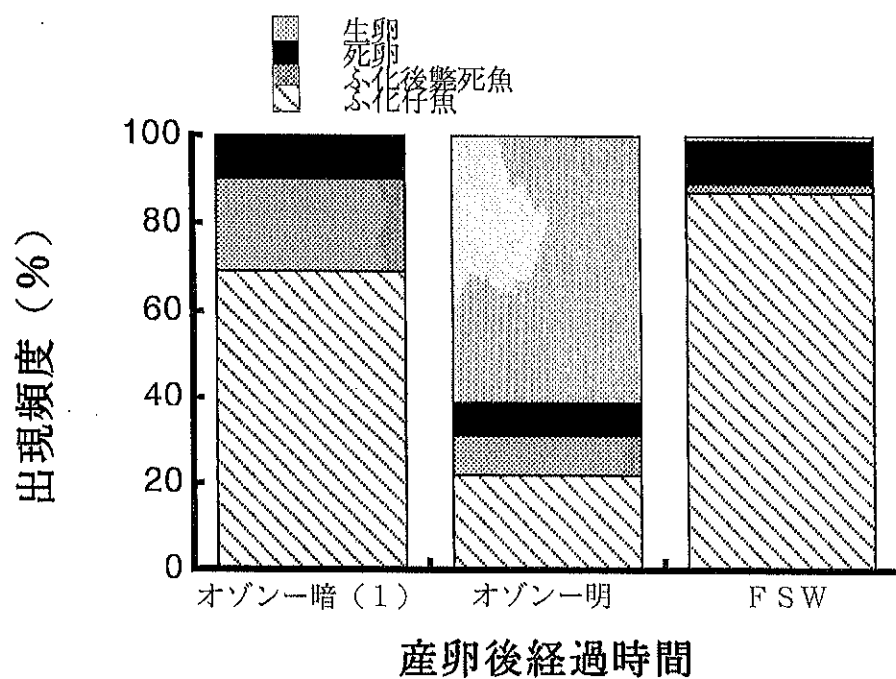


図 1 2 紫外線の影響－3

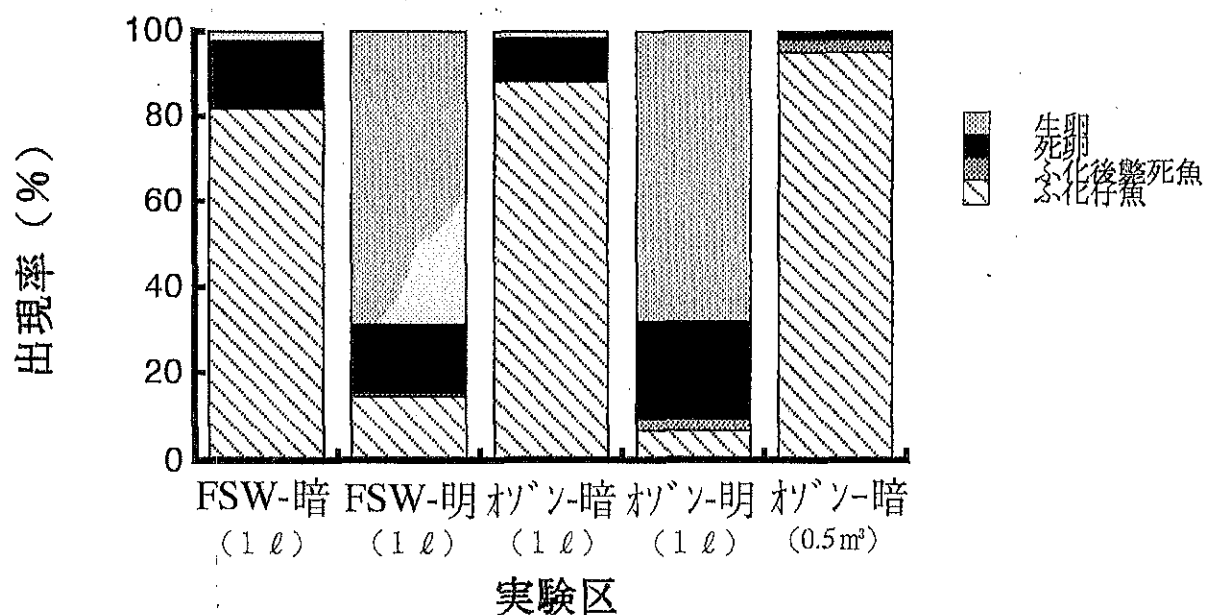


図 1 3 紫外線の影響 - 4

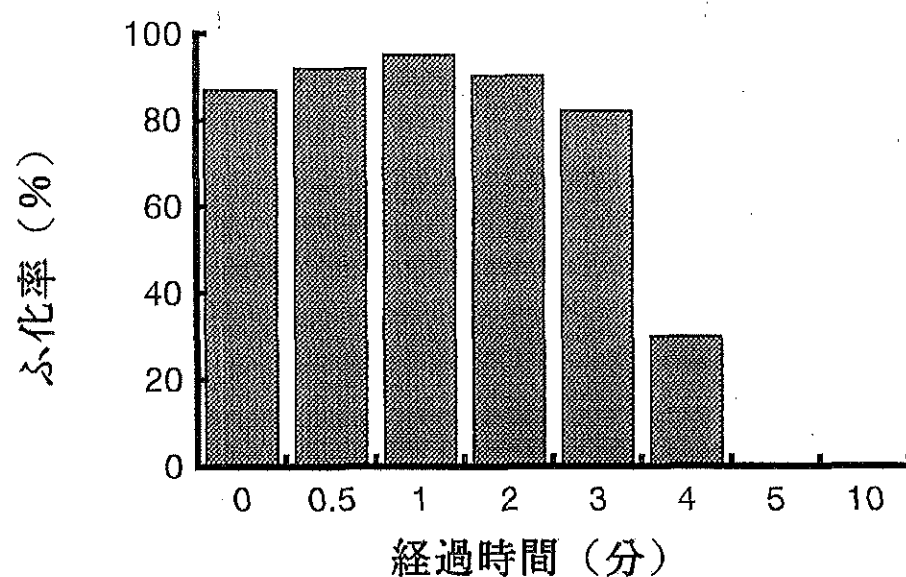


図 1 4 卵消毒実験

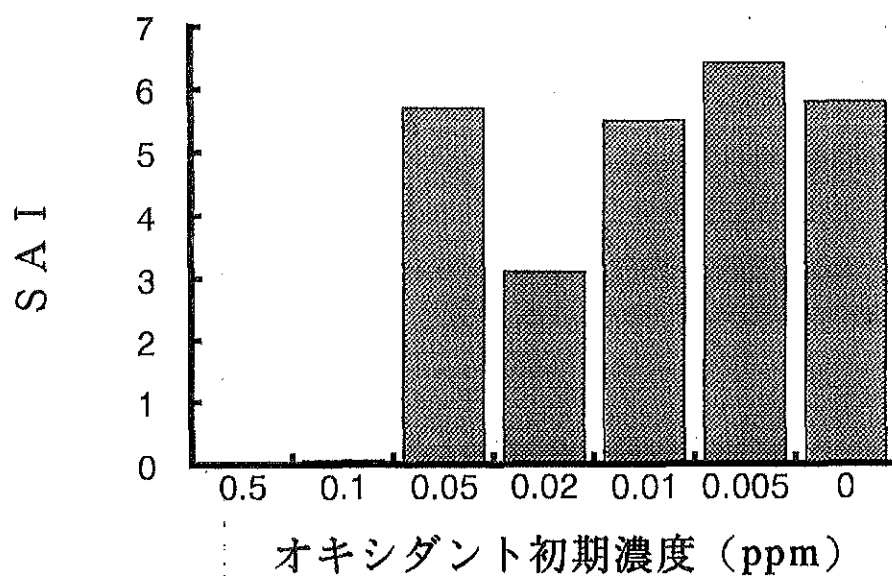


図 1 5 オキシダント濃度別 S A I

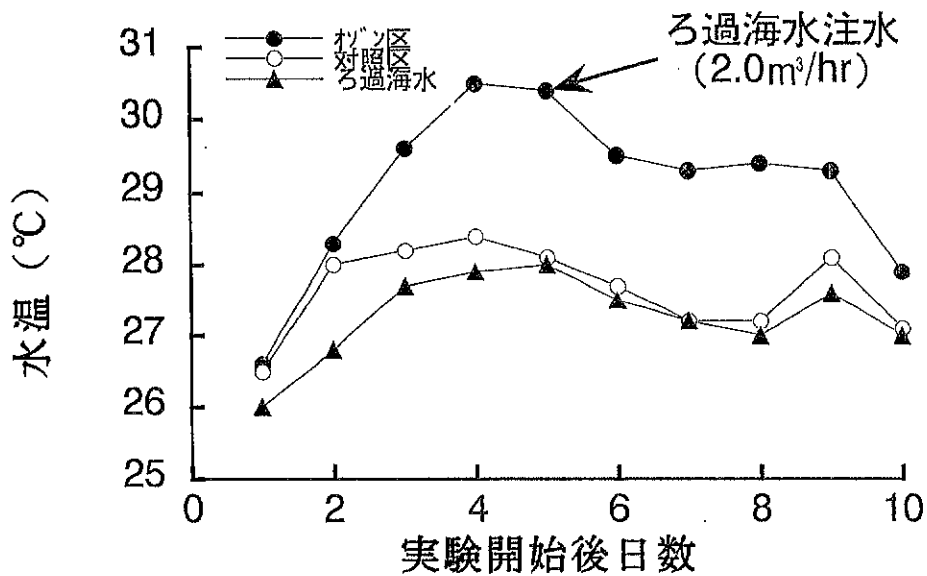


図 1.6 循環飼育実験における水温の変化

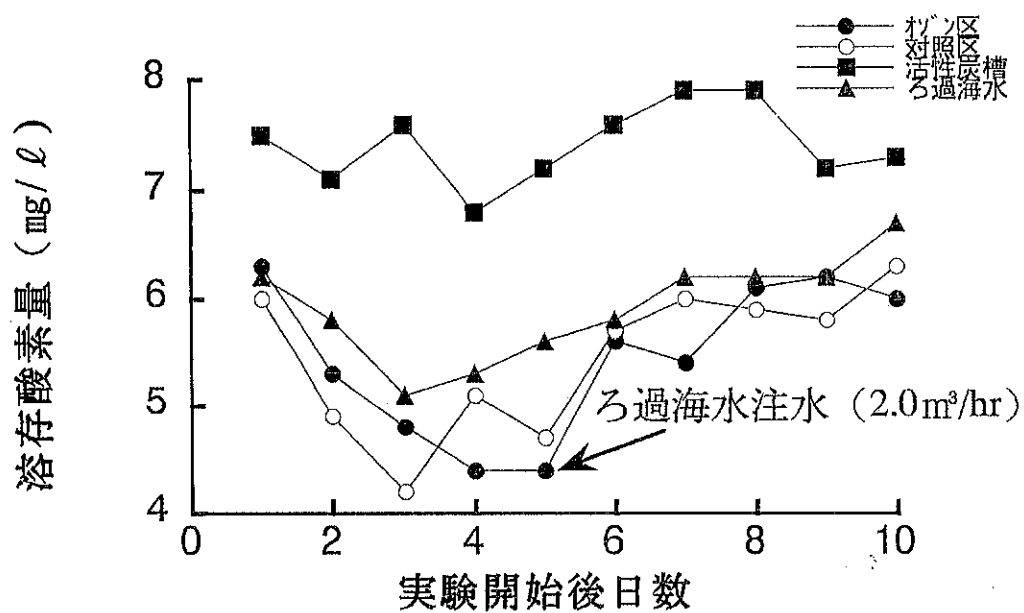


図 1.7 循環飼育実験における溶存酸素量の変化

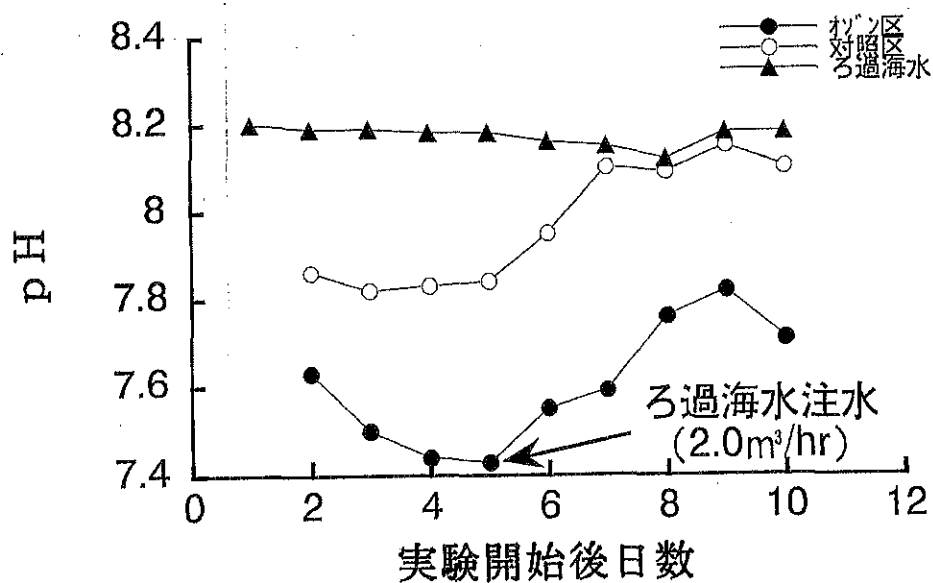


図 1 8 循環飼育実験における p H の変化

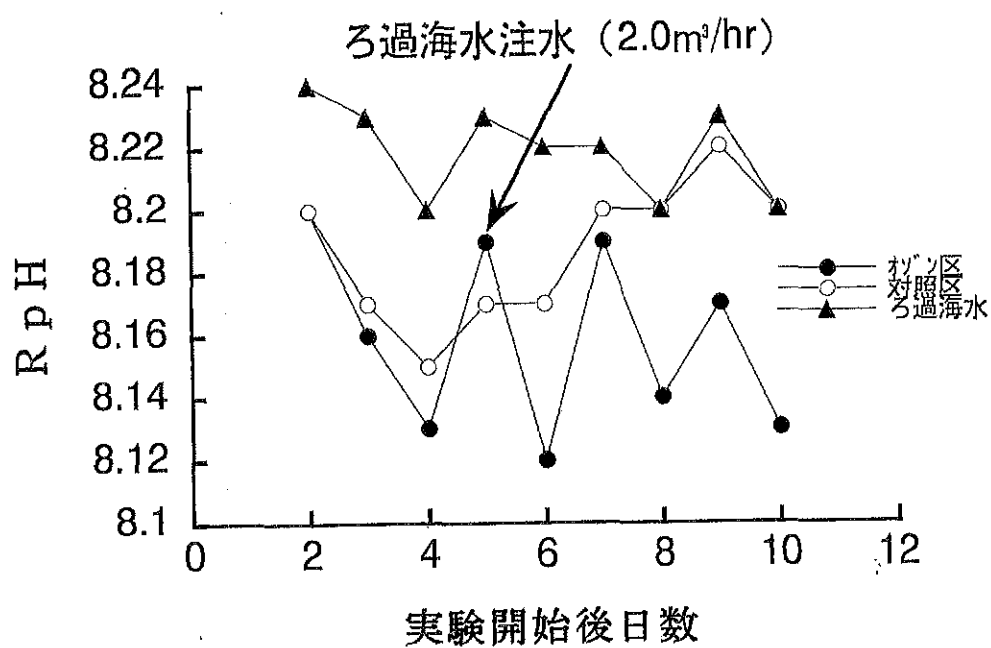


図 1 9 循環飼育実験における R p H の変化

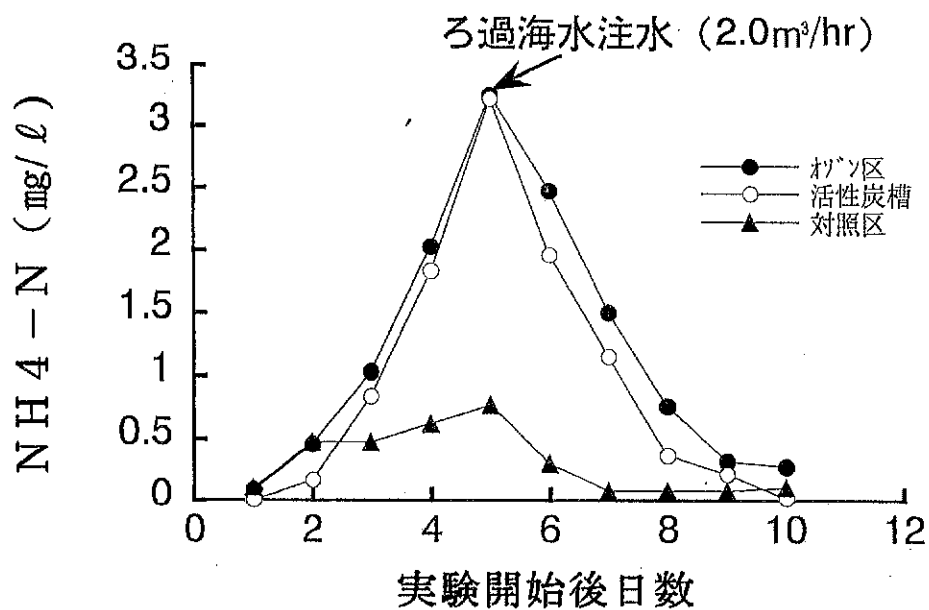


図 2 0 循環飼育実験における NH₄-N の変化

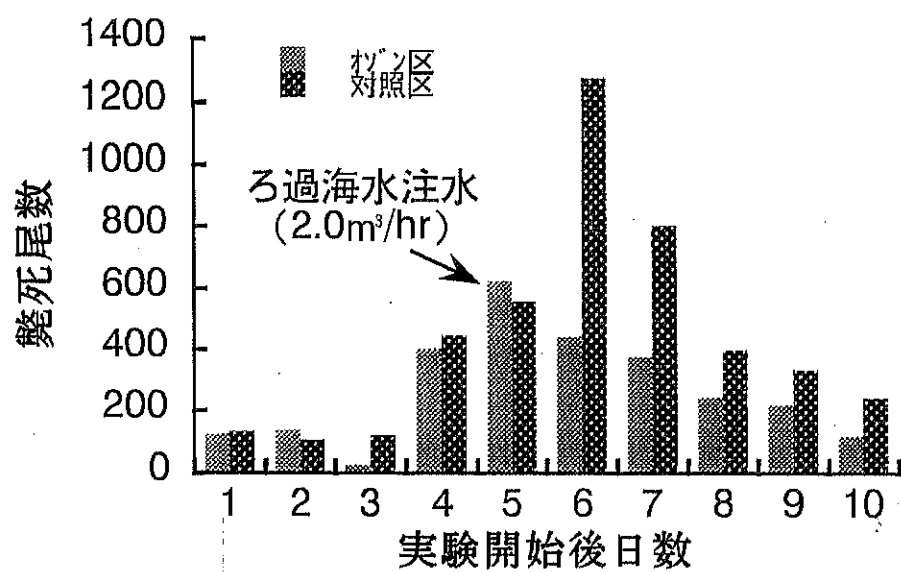


図 2 1 循環飼育実験における斃死尾数の推移

VI - 5 L H - R H によるブリの成熟

本研究は、養殖研と行っていた共同研究を引き継ぎ、平成6年度より九州大学農学部水産学第一講座の松山倫也助教授と行っている。平成6年度は、12月の採卵を目的としてオスミックポンプ、コレステロールペレットにより、また2月の採卵を目的としてポリマーペレットによりそれぞれL H R Hを投与して試験を行った。

共同研究の役割分担は、五島事業場でブリの親魚飼育、ホルモン投与と卵巣卵、血液のサンプリング、九州大学ではホルモン剤の作製、卵巣卵の組織学的調査と血中ステロイドホルモンの調査を行った。

(1) 12月における採卵試験

平成5年11月16日に海面小割生簀に天然養成3年魚を10尾ずつ収容し、それぞれコレステロールペレット(1000 μ g/尾)、オスミックポンプ(200および2000 μ g/尾)によりL H R Hを投与し、対照区も含めて1月15日まで飼育し調査を行った。

(2) 2月における採卵試験

平成5年12月16日に海面小割で育成していた天然養成3年魚を、陸上角型90m³水槽にそれぞれ13尾ずつ収容し、長日処理、加温を行い、一方にはポリマーペレットによりL H R Hホルモンを投与し、最終的にHCGにより産卵を誘起させる試験を行った。

(3) 結果と考察

これらの試験方法、試験結果の詳細についてはブリの親魚養成の項に示してあるが、九州大学で調査した組織学的観察結果を表1・2に、また血中のステロイドホルモンの変化を図-1～3に示した。

12月の採卵試験においては、L H R Hを投与しても卵径の増大や卵巣卵の発達認められず、1月以前の未熟な個体に本ホルモンを投与しても成熟促進は期待できないと判断された。

2月の採卵試験においては、試験開始の12月16日の最大卵径は何れも160 μ m以下であり、組織学的にも卵黄胞期もしくは第1時卵黄球期と未熟な個体ばかりで卵黄蓄積も殆どみられなかった。それに対し、HCGを投与した3月1日では、L H R H投与区の卵巣卵径646 μ m、対照区589 μ mと差がみられた。組織学的には試験区では、第2時卵黄球期5個体、第3時卵黄球期2個体、退行卵巣1個体であったのに対し、対照区では退行卵巣5個体、第2時卵黄球期3個体であった。これらの結果、L H R Hのポリマーペレットが卵黄蓄積と卵質保持に効果があることが示唆された。

魚類の卵成熟誘起ホルモン(MIT)としてこれまで知られている、17 α ,20 β -ジヒドロキシ-4-プレグネン-3-オン(17 α ,20 β -DP)と17 α ,20 β -21トリヒドロキシ-4-プレグネン-3-オン(20 β -S)の変化を図-1～3に示したが、何れにおいても大きな変化はみられなかった。これまで調べられた殆どの魚種でこの両者、あるいはいずれかが卵の最終成熟時に血中量が急激に増大するが、ブリではそのような変化が見られないことから、ブリのMITはこれら2種類のステロイド以外のものである可能性もあり今後の調査が期待される。

表 1 12月採卵試験における各試験区の卵径と組織学的観察結果

卵巣卵の発達段階と平均卵巣卵径 (μm)					
試験区	個体番号	LHRH-a投与時 93/11/16	11/30	12/15	94/1/15
オスミックホソフ° LHRH-a 200 $\mu\text{g}/\text{fish}$	1(1-1)	卵黄胞期 139	卵黄胞期 146	卵黄胞期 142	卵黄胞期 124
	2(1-2)	卵黄胞期 132	卵黄胞期 156	卵黄胞期 153	卵黄胞期 132
	3(1-8)	卵黄胞期 135	卵黄胞期 148	卵黄胞期 154	卵黄胞期 138
	4(1-9)	卵黄胞期 139	卵黄胞期 138	卵黄胞期 163	卵黄胞期 143
	5(1-10)	卵黄胞期 135	卵黄胞期 138	卵黄胞期 163	NO SAMPLE
オスミックホソフ° LHRH-a 2000 $\mu\text{g}/\text{fish}$	1(2-1)	周辺仁期 139	卵黄胞期 142	卵黄胞期 160	NO SAMPLE
	2(2-2)	卵黄胞期 141	NO SAMPLE	NO SAMPLE	NO SAMPLE
	3(2-3)	卵黄胞期 139	卵黄胞期 158	卵黄胞期 149	卵黄胞期 148
	4(2-4)	卵黄胞期 135	卵黄胞期 152	卵黄胞期 151	卵黄胞期 132
	5(2-5)	周辺仁期 134	卵黄胞期 150	卵黄胞期 151	卵黄胞期 137
コレステロールパレット LHRH-a 1000 $\mu\text{g}/\text{fish}$	1(3-6)	卵黄胞期 138	NO SAMPLE	NO SAMPLE	NO SAMPLE
	2(3-7)	卵黄胞期 144	卵黄胞期 165	卵黄胞期 154	卵黄胞期 129
	3(3-9)	卵黄胞期 147	卵黄胞期 151	卵黄胞期 136	卵黄胞期 123
	4(3-10)	卵黄胞期 147	卵黄胞期 161	卵黄胞期 157	卵黄胞期 138
コントロール	1(4-1)	卵黄胞期 120	卵黄胞期 152	卵黄胞期 155	卵黄胞期 121
	2(4-2)	卵黄胞期 137	NO SAMPLE	NO SAMPLE	卵黄胞期 136
	3(4-4)	卵黄胞期 129	卵黄胞期 148	卵黄胞期 151	卵黄胞期 125
	4(4-5)	卵黄胞期 131	卵黄胞期 154	卵黄胞期 145	卵黄胞期 136
	5(4-7)	周辺仁期 131	卵黄胞期 172	卵黄胞期 154	卵黄胞期 116

表2 2月採卵試験における各試験区の卵径と組織学的観察結果

卵巣卵の発達段階と平均卵巣卵径 (μm)				
試験区	個体番号	陸揚げ日 93/12/15	LHRH-a投与時 94/2/18	HCG注射時 3/1
ホリマ-ペレット LHRH-a 1000 $\mu\text{g}/\text{fish}$	1	第一次卵黄球期 145	第二次卵黄球期 631	第三次卵黄球期 664
	2	卵黄胞期 143	第二次卵黄球期 498	第二次卵黄球期 563
	3	卵黄胞期 157	第二次卵黄球期 537	第三次卵黄球期 689
	4	卵黄胞期 149	第二次卵黄球期 474	第二次卵黄球期 609
	5	卵黄胞期 155	第二次卵黄球期 576	退行 728
	6	卵黄胞期 152	第一次卵黄球期 419	第二次卵黄球期 540
	7	卵黄胞期 163	第二次卵黄球期 671	第二次卵黄球期 733
	8	卵黄胞期 146	第一次卵黄球期 506	第二次卵黄球期 642
コントロール	1		第二次卵黄球期 582	退行 635
	2		第二次卵黄球期 670	第二次卵黄球期 688
	3		第二次卵黄球期 540	退行 590
	4		第二次卵黄球期 581	退行 650
	5		第二次卵黄球期 513	第二次卵黄球期 601
	6		第二次卵黄球期 429	退行 439
	7		第二次卵黄球期 432	第二次卵黄球期 462
	8		第二次卵黄球期 512	退行 649

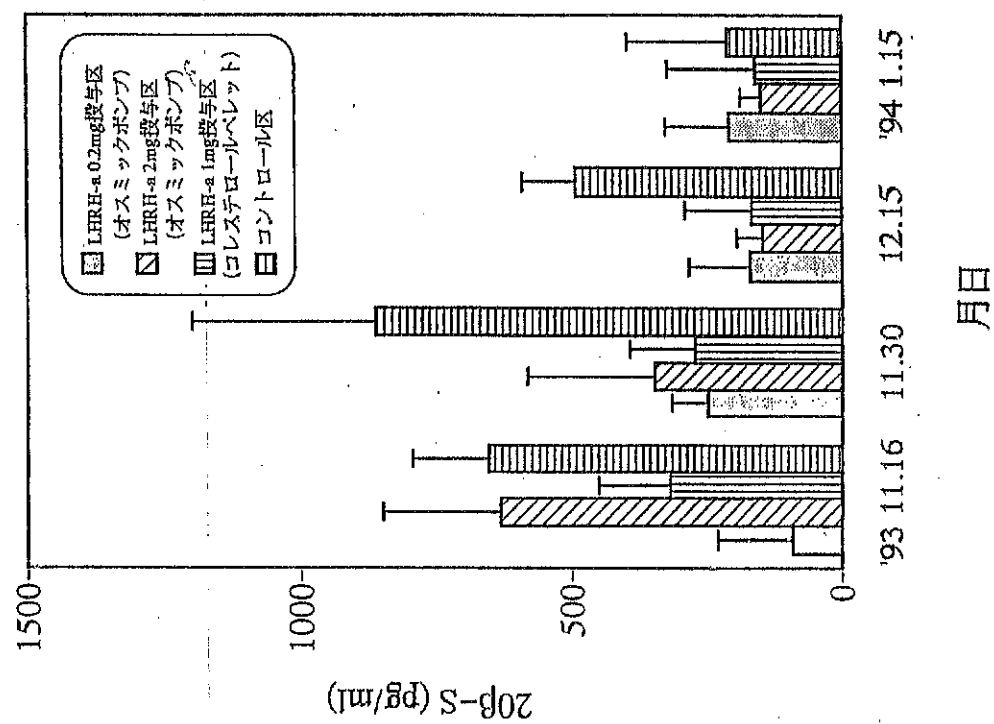
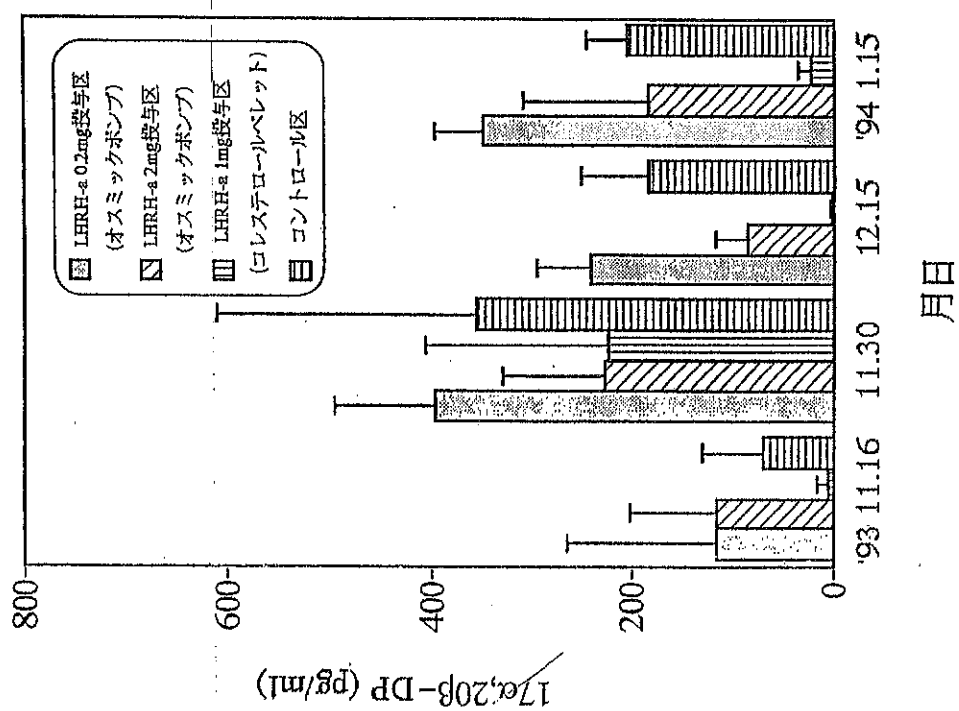


図1 12月採卵試験におけるブリ（雌）の血中ホルモン濃度

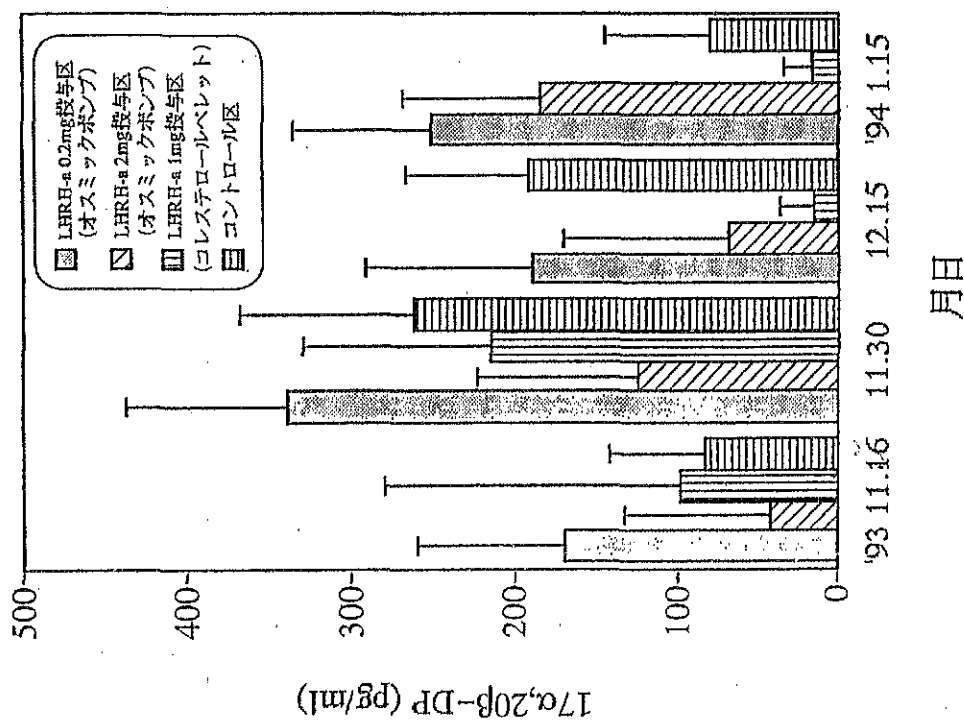
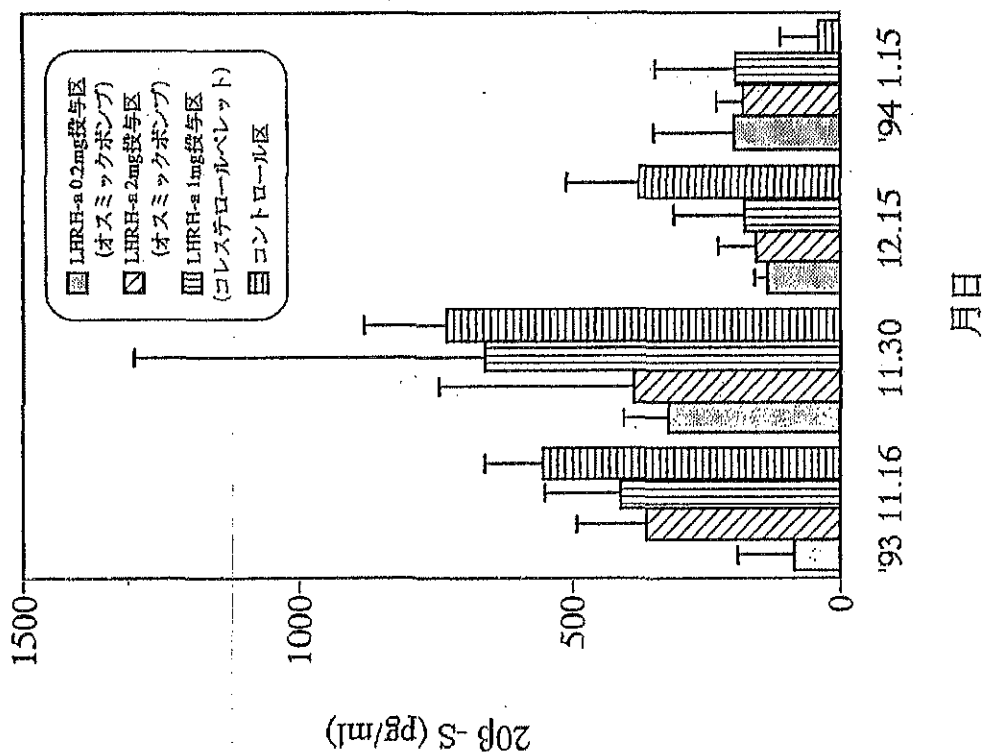


図2 12月採卵試験におけるブリ（雄）の血中ホルモン濃度

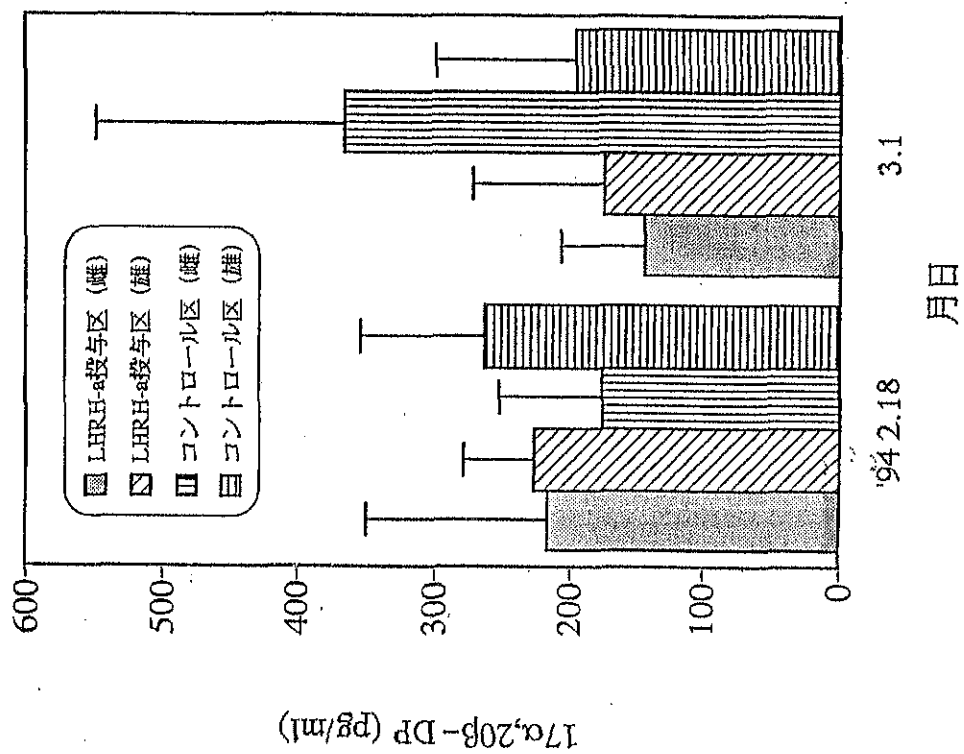
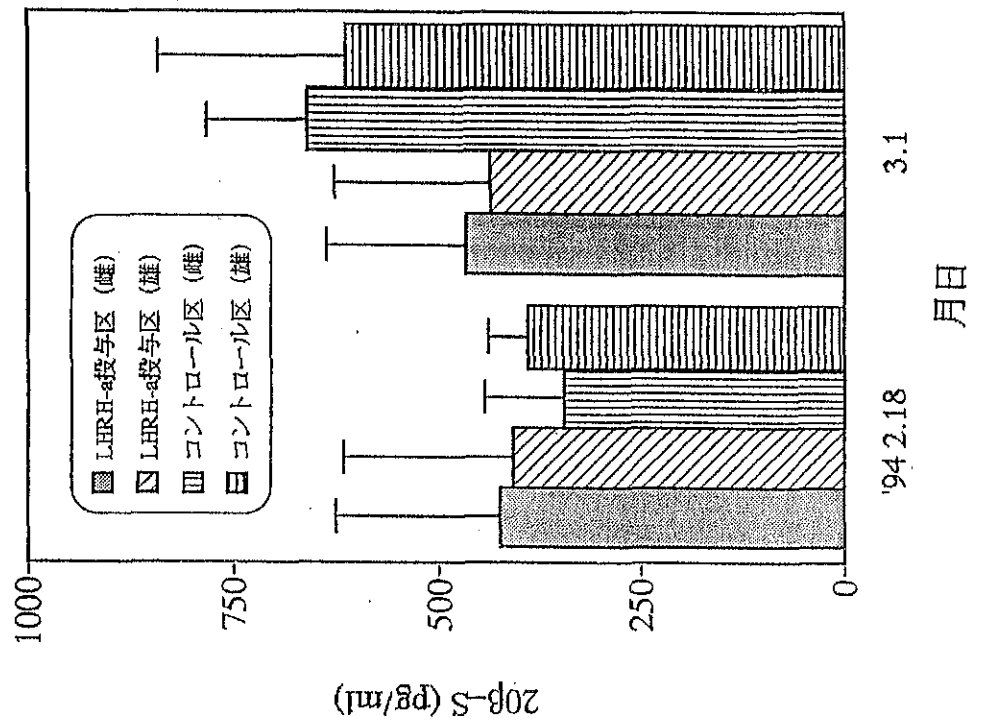


図3 2月採卵試験におけるブリの血中ホルモン濃度

7. 種苗配布・放流実績

VII 種苗配付・放流実績

1. 平成6年度種苗放流実績

平成6年度の種苗放流は表1の通り行った。

表1 平成6年度種苗放流結果

魚種	月日	尾数	大きさ	放流場所	備考
ブリ	7/04	51,300	46.0mm	玉之浦町黒瀬沖	無標識放流
	7/05	64,500	51.0	:	:
	7/15	32,300	101.0	:	鰭カット放流
	7/21	32,200	91.0	:	:
	7/28	25,900	96.0	:	:
	7/29	11,900	96.0	:	無標識放流
	8/02	14,000	94.0	:	:
	9/16	2,000	182.0	福江市土岐湾	給餌放流試験 (アノカー白コト94)
ヒラマサ	8/04	16,700	57.7	玉之浦町黒瀬沖	無標識放流
シマアジ	6/28	16,000	TL 135 FL 122	事業場地先	飼い付け放流 (アノカー青コト94)

2. 平成6年度ブリ種苗配布実績

五島事業場では平成6年度のブリ種苗の県配布は表2のとうり行った。

表2 平成6年度の種苗配布結果

魚種	月日	尾数	大きさ	配布先	備考
ブリ	6/17	15,000	29.7mm	沖縄県	航空便 約半数へい死
	6/21	13,000	23.4	:	: 良好
	6/22	10,000	23.4	:	: 良好
	6/22	37,000	55.0	高知県	活魚車 大量へい死
	6/28	21,000	40.0	:	: 良好
ヒラマサ	8/01	42,000	57.3	大分県	活魚車 良好

これらの配布において、高知県、沖縄県のそれぞれ第1回目に大量へい死がみられた。その後原因究明のために実験を行い、沖縄県の場合は酸欠が考えられたが高知県の場合には明確な答えが得られなかった。これらの輸送状況について記載し、今後の配布の参考とする。

表 3 高知県ブリ種苗配布結果

	第 1 回	第 2 回
日時	6月21日 16:00 事業場発 17:00 福江発フェリー 20:30 長崎着 6月22日 8:30 臼杵発フェリー 10:40 八幡浜着 14:20 高知水試着	6月27日 21:30 事業場発 23:00 福江発フェリー 6月28日 3:30 長崎着 11:00 佐伯発フェリー 13:20 宇和島着 16:00 高知水試着
輸送時間	22時間20分	18時間30分
輸送魚	尾数 37,000尾 (5,300尾・9.3kg/m) 全長 55mm(43-67) 体重 1.75g	尾数 21,000尾 (3,000尾・1.8kg/m) 全長 40mm(33-52) 体重 0.58g(0.4-0.75)
輸送車	11t活魚輸送車 2.3m水槽3面 酸素+強通気	11t活魚輸送車 2.3m水槽3面 酸素+強通気
水温	発時: 18~19℃(2~3℃下) 海水氷20kg, 淡水氷10kg 着時: 20.1℃	発時: 18.5~19.7℃(2~3℃下) 海水氷60kg, 途中淡水氷100kg 着時: 19.9~20.3℃
輸送結果	22日AM2:00頃稚魚が狂奔 上浦の事務所で約3時間換水 へい死魚除去し再出発 高知水試着時約5,000尾生残 翌日も約500尾へい死	出発時D0が17.5、酸素通気減す 高知水試着時へい死1,600尾 生残魚活力良好
その他		へい死魚1,600尾は水槽の簀子 の下へ入り込んでへい死 輸送途中D09-13を維持 アンモニアは0.05ppm以下

表4 沖縄県ブリ種苗配布結果

	試験	第1回	第2回	第3回
日時	6月15日	6月17日	6月21日	6月22日
発時刻	事業場 7時15分 福江空港 8時55分	同左	同左	同左
着時刻	那覇空港着 16時50分 沖縄水試着 17時30分	那覇空港着 13時05分 沖縄水試着 14時00分	那覇空港着 13時05分 沖縄水試着 14時10分	那覇空港着 13時05分 沖縄水試着 13時50分
輸送尾数	10Lに (ビニール袋) 100,200,300尾 計600尾	10Lに 300尾×50 計15,000尾	10Lに 200尾×50 300尾×10 計13,000尾	10Lに 200尾×50 計10,000尾
全長	25mm	29.7mm	23.4mm	同左
水温 発着	22.0℃ 21.0	22.0℃ 22.5	18~19℃ 20.2	19~20℃ 19.0
輸送海水	ろ過海水	ろ過海水	ろ過海水 +海水氷	ろ過海水 +海水氷
輸送結果	斃死 100尾区 2 200尾区 6 300尾区 22 翌日の斃死含	斃死 7,449尾 酸欠	斃死 200尾区 0 300尾区 324	斃死 数10尾
	その後は大きな斃死もなく落ち着いた			

8. 環境測定及び

来訪者一覧他

VIII — 1 環境測定

五島事業場

月	旬	五 島
1	上	16.5
	中	15.6
	下	16.0
	月平均	16.0
2	上	15.4
	中	14.9
	下	14.7
	月平均	15.1
3	上	14.6
	中	14.0
	下	15.7
	月平均	14.5
4	上	15.8
	中	16.5
	下	16.4
	月平均	16.5
5	上	18.8
	中	19.4
	下	19.6
	月平均	19.2
6	上	19.7
	中	21.2
	下	21.3
	月平均	21.0
7	上	21.9
	中	27.0
	下	28.7
	月平均	26.0
8	上	27.5
	中	28.8
	下	27.5
	月平均	27.9

月	旬	五 島
9	上	28.4
	中	27.9
	下	25.8
	月平均	27.4
10	上	24.6
	中	24.6
	下	24.2
	月平均	24.6
11	上	23.2
	中	21.6
	下	20.7
	月平均	21.9
12	上	20.4
	中	19.9
	下	18.8
	月平均	19.8
1～3 月平均		15.2
同前年差		+ 0.4
4～6 月平均		19.0
同前年差		- 0.1
7～9 月平均		27.0
同前年差		+ 1.9
10～12月平均		22.1
同前年差		+ 1.6
平成 4年平均		19.9
平成 5年平均		21.4

VIII - 2 平成6年度普及・啓蒙活動状況

平成6年度現地研修及び講師派遣等普及・啓蒙活動結果

年 月	研修会・講演会等への 講師派遣		研修会・ブロック会議、 各種委員会・技術交流会等	
	件 数	人 数	件 数	人 数
平5・4			1	1
5				
6				
7				
8				
9				
10			1	1
11	1	1		
12				
平6・1				
2				
3				
計	1	1	2	2

平成6年度における場内・指導活動一覧

事業場名 五島事業場			
水産関係	件数	37	
	人数	88	
一般	件数	6	
	人数	84	
学生	件数	11	
	人数	560	
計	件数	54	
	人数	732	

平成6年度映画フィルム・ビデオ貸し出し

映画名	みんなで作る豊かな海
貸出回数	1
延人数	145

