

栽培漁業センター技報

第6号

平成19年 4月

目 次

配合飼料を用いたクエ親魚の養成 加藤雅博・照屋和久・森 広一郎・菅谷琢磨・佐藤 純・池田和夫・岡 雅一・虫明敬一	1
瀬戸内海燧灘におけるホシガレイ人工種苗の成熟について 兼松正衛・熊谷厚志・島 康洋	4
ハモ受精卵のポビドンヨード剤による消毒の効果と安全性 堀田卓朗・西 明文・加治俊二・渡辺研一	9
夜間の電照飼育がマツカワ仔稚魚の生残、成長および形態異常に与える影響 村上直人・森岡泰三・福永恭平・市川 卓・関谷幸生	13
銅イオン発生装置によるトラフグのビブリオ病防除の可能性 (2) 藤本 宏・岩本明雄	16
配合飼料の給餌開始サイズがヒラメの無眼側体色異常個体の出現状況に及ぼす影響 小金隆之・塩澤 聡	19
ケガニ幼生の沈降防止手法の検討 市川 卓・福永恭平・村上恵祐・浜崎活幸	24
ズワイガニメガロパ幼生の生残率に及ぼす付着基質の有効性 森田哲男・藤本 宏・山田達哉	28
ズワイガニのメガロパ期におけるふ化ゾエアの餌料としての有効性 森田哲男・團 重樹・藤本 宏・山田達哉	32
シオミズツボワムシの高密度輸送試験の実施状況 (2001 ~ 2005年) 小磯雅彦・島 康洋・桑田 博	37
宮津栽培漁業センターにおけるワムシの粗放連続培養法の適正な収穫率の検討 渡辺 税・升間主計・中川 亨・竹内宏行・町田雅春	41
宮古魚市場に水揚げされた沿岸性メバル属魚類の年および季節変動 野田 勉・中川雅弘・熊谷厚志	43
七尾北湾におけるマダラ天然稚魚の移動と成長 手塚信弘・荒井大介・小磯雅彦・友田 努・島 康洋	50
アリザリン・コンプレクソンおよびアリザリン・レッドSの経口投与によるクロソイ稚魚の鱗および耳石染色 足立純一・熊谷厚志	54
ブリとヒラマサにおけるYTAVに対する感受性の比較 長倉義智・西村卓哉・虫明敬一・佐藤 純・服部圭太・岡本信明	59

配合飼料を用いたクエ親魚の養成

加藤 雅博^{*1}・照屋 和久^{*1}・森 広一郎^{*1}・菅谷 琢磨^{*1}・佐藤 純^{*1}・
池田 和夫^{*1}・岡 雅一^{*2}・虫明 敬一^{*1}

(*1 養殖研究所上浦栽培技術開発センター, *2 本部業務推進部)

クエ *Epinephelus bruneus* は、近年、栽培漁業対象種および新たな養殖対象種として注目されている魚種である。養殖研究所栽培技術開発センター（以下、栽培センター）では、これまで栽培漁業の推進およびウイルス性神経壊死症（viral nervous necrosis : VNN）の防除対策を確立する目的で、親魚養成を含めた本種の種苗生産技術開発を実施してきた。VNNは主に魚類の種苗生産過程で発生し、これまでに諸外国を含めて9目19科37種で発生が報告されている¹⁾。一度発生すると、その被害は甚大であり、このことがクエ種苗の生産コストを引き上げる要因の一つとなっているといっても過言ではない。VNNの原因ウイルス（nervous necrosis virus : NNV）はベータノダウイルス科に属するが、ハタ科魚類でも種苗生産および中間育成において大きな問題点になっている²⁾。

従来、本種の親魚養成では、餌料に冷凍した生餌やモイストベレットが用いられてきた。しかし、近年、冷凍マアジなどの生餌からポリメラーゼ連鎖反応（polymerase chain reaction : PCR）法によりNNVが検出され、生餌が種苗生産現場でのVNNの汚染源となる可能性が強く指摘されている^{3,4)}。そこで、本研究ではVNN発生防除の観点から、クエの親魚養成における配合飼料給餌の有効性について検討した。

材料と方法

供試魚および養成方法 供試魚には長崎県の沿岸域で漁獲され、2000年11月に栽培センターの隔離飼育水槽（実容量50kℓ）に収容して養成した天然魚由来の親魚8尾（年

齢不明、平均体重6.31 kg）を用いた（表1）。餌付けのため2004年1月までは養成用餌料には冷凍マアジを給餌していたが、VNN防除の観点から同年2月より粒径20 mmの市販配合飼料（クエEP20号；日清丸紅飼料）に切り替えた。配合飼料は週に3回の頻度で総魚体重の1.5 %を目安に給餌した。試験期間を通して、飼育水にはオキシダント殺菌海水を用いて流水飼育（2.5kℓ/時）とし、飼育水温は自然水温とした（表1）。

採卵と卵洗浄 採卵試験は2005年6月と2006年6月に実施し、2006年に得られた受精卵については、後述の種苗生産試験に供試した。採卵に際してはゴナトロピン（帝国臓器製薬）を雌雄すべての親魚の背部筋肉内に体重1 kg当たり600 IUの割合で注射し、48時間後に採卵・採精し、乾導法により人工授精を行った。また、採卵時はカニューレを用いて各親魚から個体別に生殖腺の一部を採取し、RT-PCR法およびnested-PCR法によりNNV保有の有無に関するウイルス検査を行った⁵⁾。得られた卵は21のメスシリンダー内に静置して浮上卵と沈下卵とに分離させ、浮上卵のみをふ化槽（1kℓ）に収容した。浮上卵と沈下卵のそれぞれの卵数は容積法により算出した。卵の発生段階が桑実期に達した浮上卵を無作為に100～200粒検鏡して、受精率を確認した後、浮上卵中の受精率を求めた。2006年の試験より得られた受精卵は、親魚養成における養成飼料の配合飼料化がVNN防除対策としての効果を検証するため、大型水槽を用いた種苗生産試験に供した。

種苗生産 VNN防除対策の目的で、供試する受精卵は照屋ら⁶⁾の方法により卵消毒を行った。すなわち、受精

表1 供試魚の大きさと養成方法

水槽規模 (kℓ)	換水方法	飼育水	注水量 (kℓ/時)	水温	尾数 (♂:♀)	平均全長 cm* (範囲)	平均体重 kg* (範囲)	平均肥満度 (範囲)
50	流水	オキシダント殺菌海水	2.5	自然水温	8 (3:5)	72.5 (65.0～84.0)	6.31 (3.82～9.54)	16.3 (14.8～17.6)

* 全長と体重は2004年4月26日測定

表2 試験区の採卵結果と過去の実績との比較

餌料区分	採卵年度	使用雌数 (尾)	総採卵数 (万粒)	浮上卵数 (万粒)	浮上卵中の 受精率 (%)	受精卵数 (万粒)	雌1尾当りの 受精卵数 (万粒)
配合飼料	2005	5	509.5	345.0	95.7	330.2	66.0
	2006	5	793.5	507.0	94.0	476.6	95.3
モイストペレット	2000	7	740.0	375.1	64.0	240.1	34.3
	2001	5	606.0	338.1	88.0	297.4	59.5

表3 2006年度クエ種苗生産試験の結果

生産回次	水槽規模 (kℓ)	収容尾数 (万尾)	取揚時			
			飼育日数	生残率 (%)	取揚尾数 (万尾)	平均全長 (mm)
1	140	50.0	56	25.4	12.7	23.8

卵はオキシダント海水 (0.3 mg/ℓ) で1分間消毒した後、直接140kℓの屋内飼育水槽に収容し、種苗生産試験を行った。飼育条件、方法について、光の条件は人工光のみで調光設備により、照度と点灯時間の調整を行った他は、照屋ら⁶⁾の方法に準じて行った。

結果と考察

親魚の養成用飼餌料を冷凍生餌から配合飼料に切り替えた当初は、8尾中1～2尾しか摂餌せず、ほとんどすべての個体が配合飼料に餌付くには約2カ月程度を要した。その後は、それまでの冷凍生餌と比較しても遜色のない摂餌状況であった。

配合飼料を給餌して養成した親魚群 (以下、配合区) を用いた2005年と2006年の人工授精による採卵結果を表2に示した。なお、参考として2000年および2001年にモイストペレットを給餌して養成した親魚群 (以下、モイスト区) からの人工授精による採卵結果も併記した。

2005年および2006年における雌1尾当たりの受精卵数は、それぞれ66.0万粒および95.3万粒であった。一方、親魚群が異なるため厳密な比較はできないものの、モイスト区の雌1尾当たりの受精卵数は、2000年および2001年でそれぞれ34.3万粒および59.5万粒であった (表2)。

このように、配合区の採卵結果は、モイスト区と比較しても遜色ない結果であった。また、これも参考データであるが、受精卵に対するふ化率も配合区では2005年お

よび2006年 (2006年については種苗生産試験に用いた部分の水槽でのふ化率) にそれぞれ79.8 %および100 %であったのに対して、モイスト区では2000年および2001年にそれぞれ27.4 %および85.8 %であり、いわゆる卵質の観点からも特に問題はないものと考えられた。

2006年に実施した種苗生産試験においては、平均全長23.8 mmの種苗を12.7万尾生産することに成功し、卵収容から取り揚げまでの生残率は25.4 %であった (表3)。この値は、従来の結果⁶⁾と比較しても全く遜色ない結果であった。なお、種苗生産期間中のPCR法によるウイルス検査においても、すべてPCR陰性と判定された。

海産魚の親魚養成における養成用飼餌料の配合飼料化に関しては、これまでにブリやヒラメにおいて、その有効性が報告されている⁷⁻⁹⁾。また、栽培センターではマハタの親魚養成についても同様に配合飼料の給餌を行っているが、クエ同様に遜色ない採卵結果が得られている。

以上の結果から、本種においても、少なくとも陸上水槽における配合飼料を用いた親魚養成および採卵が可能であると考えられた。VNNが多発している魚種での親魚養成では、親魚養成用飼餌料の配合飼料化を検討すべきである。また、天然魚介類が本ウイルス以外の何らかの病原体を保有している可能性も考えられることから、親魚養成用飼餌料の配合飼料化は、生餌からの病原体の感染防除対策として有効であると考えられる。

文 献

- 1) 森 広一郎・虫明敬一 (2006) 親魚管理による種苗期疾病の防除. 日水誌, **72**, 246-249
- 2) 中井敏博・Nguyen Huu Dung・西澤豊彦・室賀清邦・有元 操・大槻観三 (1994) クエおよびトラフグにおけるウイルス性神経壊死症の発生. 魚病研究, **29**, 211-212
- 3) 菅谷琢磨・森 広一郎・西岡豊弘・有元 操・中井敏博 (2003) 親魚餌料からのベータノダウイルスの検出. 平成15年度日本魚病学会講演要旨集, p.25
- 4) Mori, K., T. Sugaya, T. Nishioka, D. K. Gomez, Y. Fujinami, M. Oka, M. Arimoto, Y. Okinaka, and T. Nakai (2005) Detection of betanodaviruses from feed fish used in marine aquaculture. Book of abstracts EAFP 12th international conference, p.146
- 5) 森 広一郎, 西岡豊弘, 有元 操, 中井敏博 (2001) 魚類ノダウイルスのPCR検出系の再検討. 平成13年度日本魚病学会講演要旨集, p.21
- 6) 照屋和久・與世田兼三 (2006) クエ仔魚の成長と生残に適した初期飼育条件と大量種苗量産試験. 水産増殖, **54**, 187-194
- 7) 虫明敬一・河野一利・Visuthi Verakunpiriya・渡邊武 (1995) 市販ソフトドライペレットを給餌したブリの採卵結果. 日水誌, **61**, 540-546
- 8) 村上直人・竹内宏行 (2004) 飼餌料を変えて養成したヒラメ親魚から得られた卵の飼育試験. 栽培漁業センター技報, **1**, 1-3
- 9) 本藤 靖・村上直人・虫明敬一・津崎龍雄 (2006) ヒラメ天然魚を用いた配合飼料給餌による親魚養成と採卵. 日水誌, **72**, 873-879

瀬戸内海燧灘におけるホシガレイ人工種苗の成熟について

兼松 正衛^{*1}・熊谷 厚志^{*2}・島 康洋^{*3}

(*1 瀬戸内海区水産研究所伯方島栽培技術開発センター, *2 宮古栽培漁業センター, *3 能登島栽培漁業センター)

ホシガレイ *Verasper variegatus* はカレイ科マツカワ属の一種で、我が国では東北地方から九州まで分布する。本種は美味なうえに希少なため市場価値が高く、宮城県や福島県、茨城県、神奈川県、大阪府、愛媛県、大分県、長崎県等で栽培漁業や養殖の対象種として取り組まれている。瀬戸内海では、主に伊予灘および燧灘で冬から春に底引き網で漁獲されるが、その量は年間で1トン未満¹⁾と少なく、採卵用親魚の安定確保が困難な状況にある。

そこで伯方島栽培技術開発センターでは、瀬戸内海燧灘由来の天然魚から採卵して種苗生産した人工魚を陸上水槽で周年飼育し、ホシガレイの産卵期である冬から春季に採卵用親魚として利用可能かを観察した。

材料と方法

供試魚 観察には、2000年2月23日、25日および3月2日と、2001年2月18日にふ化した2群の人工種苗（以下、前者は2000年級群、後者は2001年級群）を供した。両群とも、1996年に愛媛県西条市河原津漁協所属の小型底引き網漁船によって燧灘で漁獲された天然魚を伯方島栽培技術開発センターの陸上水槽で養成し、人工授精で得た受精卵を用いて種苗生産したものである。種苗は、2kℓ容量円形FRP水槽および7kℓ容量角形コンクリート水槽数面へ群別に収容し、砂ろ過海水を掛け流して自然水温で飼育した。

餌料は、2000年級群では満10あるいは22月齢まで配合飼料（おとひめ；日清丸紅飼料）、以降は冷凍オキアミおよびマアジを、2001年級群では満22月齢まで配合飼料、以降は冷凍オキアミを3～5回/週の間隔で飽食量となるように与えた。冷凍オキアミとマアジには総合ビタミン剤（シーバランスW；日本水産）を外割で3%添加した。

なお、本研究の供試魚の月齢起算月は2月とした。

成熟調査 成熟調査は、2000年級群、2001年級群とも2002年12月3日～2003年5月13日に毎月一回、無作為に各10～11尾ずつを取り上げて実施した。測定は、全長、体重、生殖腺重量について行い、肥満度（体重／（全長）³×1,000）、生殖腺熟度指数（GSI；体重比（%））を求めた。さらに卵巣は、排卵の有無を観察するとともに卵巣卵の最大径を測定した。精巣は、細断後滲出した精巣内液にろ過海水

を少量滴下し、精子の運動性および賦活した精子の割合を検鏡した。卵巣と精巣の一部はブアン氏液で24時間固定し、90%エタノール液で保存した。これらは後日組織切片標本（ヘマトキシリン・エオジン二重染色法）を作成し、成熟状態を判断した。雌の成熟状態は、卵巣卵が卵黄球期以上に発達した個体のサンプル数に占める割合を、雄の成熟状態は精子の賦活が確認できた個体のサンプル数に占める割合を、それぞれ雌雄の群成熟率として比較した。

なお、精子の運動性は全く動かない場合を0点とし、運動する精子の割合に応じて5%未満を1点、5～10%を2点、10～50%を3点、50%以上を4点とする5段階で評価した。

結果

2000～2002年におけるホシガレイ人工種苗の飼育水温は、年平均17.7～18.8℃、最高水温25.9～27.8℃、最低水温10.1～10.8℃で推移した（図1）。

2000年級群 観察時（満34～39月齢）における2000年級群の平均全長と平均体重は、それぞれ雌が30.9～35.6cm、540～856g、雄が27.3～29.9cm、298～423gであり、雌の方が大型であった（表1）。GSIは12月より急速に増加し、雌では2月（平均16.3、最大23.0）、雄では1月（平均1.8、最大2.1）に最大となった後、徐々に減少した（図2）。肥満度は、雌雄とも1月が最高で、以降は減少する傾向がみられた（表1）。卵巣卵の最大径は12月から徐々に増加して2月（平均1,153μm）に最大値を示した（図3）。また、排卵している個体が2月のサンプル6尾中に1尾確認された。精子活性度は、12月より徐々に増加して3月（平均3.7）に最高となった（図4）。

組織切片標本について観察した結果、卵巣では12～1月に卵黄球前期および後期、2～3月に成熟期に達して一部が排卵されており、3～5月には卵巣の退行が認められた。精巣では、12月に精子形成中期および後期、1～5月に機能的繁殖期の状態であった。雌の群成熟率は12～4月に88～100%、5月に50%であったのに対し、雄の群成熟率は12～5月の間全て100%であった。

2001年級群 観察時（満22～27月齢）における

表1 成熟調査に供したホシガレイ人工種苗のサイズ等について

ふ化 年月	調査年月	満 月 齢	雌				雄					
			調査 数	全長 (cm)	体重 (g)	肥満度*1	群成熟 率*2 (%)	調査 数	全長 (cm)	体重 (g)	肥満度	群成熟 率 (%)
2000年 2月	2002年12月	34	6	32.7 (28.0 ~ 27.5)	663 (414 ~ 972)	18.3 (16.8 ~ 19.3)	100	4	29.1 (25.2 ~ 31.8)	372 (277 ~ 443)	15.1 (13.8 ~ 17.3)	100
	2003年1月	35	6	35.6 (30.8 ~ 37.5)	856 (520 ~ 1055)	18.7 (17.5 ~ 20.5)	100	4	29.8 (27.0 ~ 32.5)	423 (305 ~ 560)	15.7 (15.3 ~ 16.3)	100
	2003年2月	36	6	33.5 (31.4 ~ 34.8)	650 (495 ~ 822)	17.1 (15.8 ~ 20.0)	100	4	28.6 (25.2 ~ 33.5)	363 (246 ~ 582)	15.0 (14.3 ~ 15.5)	100
	2003年3月	37	8	30.9 (26.3 ~ 35.4)	548 (310 ~ 855)	17.7 (13.5 ~ 20.1)	88	3	27.3 (23.0 ~ 30.6)	298 (180 ~ 400)	14.3 (14.0 ~ 14.8)	100
	2003年4月	38	4	31.8 (29.2 ~ 33.8)	540 (435 ~ 660)	16.7 (15.1 ~ 17.5)	100	6	29.3 (24.7 ~ 31.2)	381 (220 ~ 465)	14.8 (14.0 ~ 15.6)	100
	2003年5月	39	4	34.6 (34.0 ~ 35.4)	648 (595 ~ 700)	15.6 (15.1 ~ 16.3)	50	6	29.9 (27.5 ~ 33.7)	376 (285 ~ 550)	13.8 (12.1 ~ 15.9)	100
2001年 2月	2002年12月	22	5	25.8 (23.1 ~ 30.2)	277 (198 ~ 397)	16.0 (14.4 ~ 18.0)	20	5	23.6 (22.1 ~ 25.1)	178 (129 ~ 206)	13.4 (12.0 ~ 14.3)	60
	2003年1月	23	4	24.9 (20.5 ~ 27.8)	233 (117 ~ 355)	14.3 (13.0 ~ 16.5)	50	6	23.9 (21.8 ~ 26.3)	178 (131 ~ 230)	12.8 (11.3 ~ 13.9)	100
	2003年2月	24	6	26.6 (23.0 ~ 29.5)	271 (169 ~ 363)	14.2 (13.9 ~ 14.6)	50	4	25.3 (24.0 ~ 26.7)	192 (170 ~ 226)	11.9 (11.4 ~ 12.3)	100
	2003年3月	25	9	26.4 (21.2 ~ 29.8)	257 (118 ~ 385)	13.6 (12.3 ~ 14.8)	89	1	21.2	107	11.2	100
	2003年4月	26	8	25.1 (23.2 ~ 29.2)	212 (177 ~ 338)	13.3 (11.7 ~ 14.6)	50	2	24.0 (21.7 ~ 26.3)	170 (119 ~ 220)	11.9 (11.6 ~ 12.1)	100
	2003年5月	27	8	27.6 (24.2 ~ 30.2)	273 (160 ~ 415)	12.6 (11.2 ~ 15.1)	25	2	25.0 (23.8 ~ 26.2)	160 (135 ~ 185)	10.2 (10.0 ~ 10.3)	100

*1：肥満度＝体重（g）／全長（cm）³×1000

*2：雌は卵巣卵が卵黄球期以上の成熟度に達している個体，雄は精子を形成し賦活した個体の割合をそれぞれ群成熟率とした

2001年級群の平均全長と平均体重は、それぞれ雌が24.9～27.6cm，212～277g，雄が21.2～25.3cm，107～192gであり，2000年級群と同様，雌の方が大型であった（表1）。GSIは，雌では12月より徐々に増加して3月（平均10.6，最大26.7）に最大となったが，雄では12月（平均1.1，最大1.5）が最大で以降は減少した（図2）。肥満度は，雌雄とも12月が最高で，以降は減少する傾向がみられた（表1）。卵巣卵の最大径は12月より徐々に増加して3月（平均982μm）に最大となった（図3）。しかし，3月のサンプル中1尾に排卵痕らしき組織像がみられたものの，実際に排卵する個体は確認出来なかった。精子活性度は，12月より増加して1月（平均3.2）が最高となり（図4），12

月の2個体を除いた全ての個体で運動性が確認された。

組織切片標本について観察した結果，最も発達した雌の卵巣卵では12月に卵黄球前期，1～3月に卵黄球後期，成熟期に達しており，3～5月には卵巣の退行がみられた。このように2001年級群は，2000年級群より1カ月程度，組織的な遅れがみられた。精巣は，12月に精子形成中期および後期，1～5月に機能的繁殖期となり，2000年級群と大きな違いはなかった。雌の群成熟率は12月の20%から経月的に増加し，1～2月に50%，3月に89%でピークを示したが，4月には50%，5月には25%へ減少した。雄の群成熟率は，12月に60%，1～5月に100%であった。

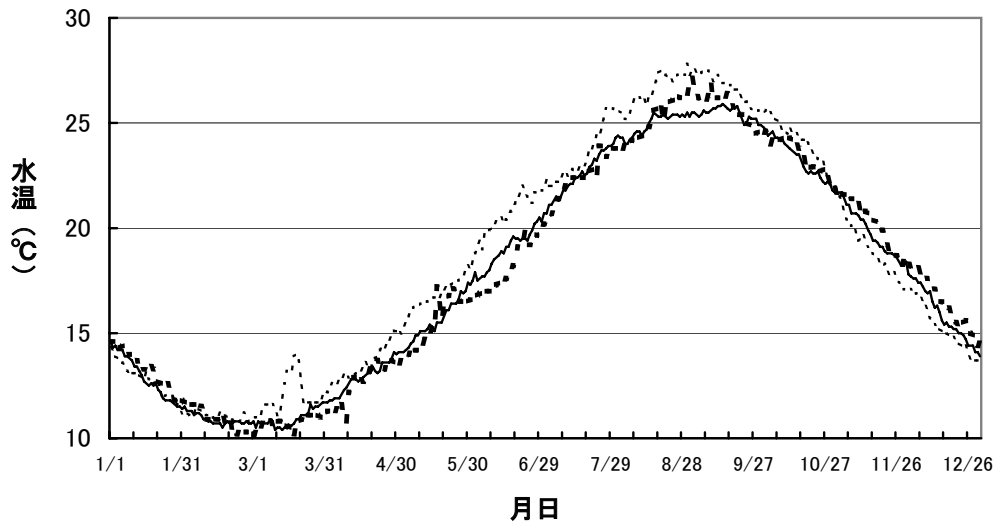


図1 伯方島栽培技術開発センターにおけるホシガレイ人工種苗の飼育水温の変化

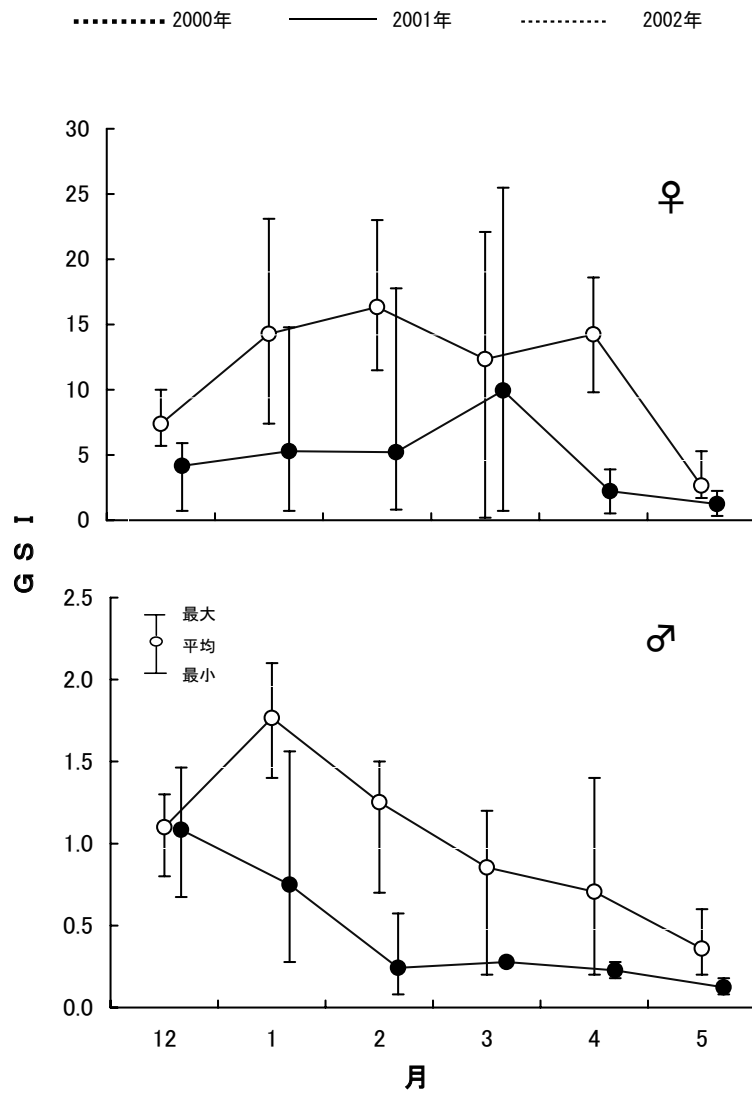


図2 ホシガレイ人工種苗の生殖腺熟度指数の月別変化

○ 2000年級群 ● 2001年級群

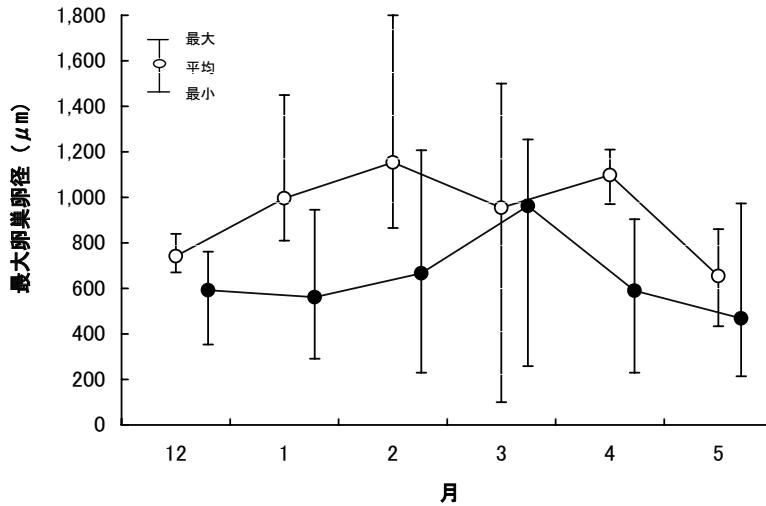


図3 ホシガレイ人工種苗における最大卵巢卵径の月別変化

○ 2000年級群 ● 2001年級群

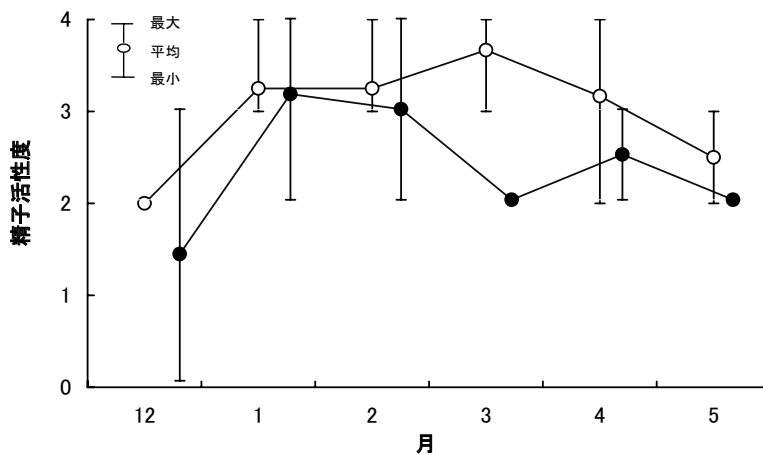


図4 ホシガレイ人工種苗における精子活性度の月別変化

○ 2000年級群 ● 2001年級群

考 察

今回の調査結果から、ホシガレイ人工種苗のGSIは、雌では満25月齢の3月および満36月齢の2月に、雄では満22月齢の12月および満35月齢の1月に最大となった。組織切片標本の観察および精子活性度からみた生殖細胞の成熟度でも、GSIと同様に各月齢で雄が雌に先んじて成熟していることが明らかとなった。瀬戸内海伊予灘における天然魚の主産卵期は1～2月²⁾とされているが、今回の人工種苗の調査結果でも1～3月と判断され、天然魚

とほぼ同じであると考えられた。

雌の2歳魚は排卵せず、群成熟率は89%に留まるなど産卵期に未成熟な個体が多くみられた。これに対し、3歳魚の群成熟率は12月に100%となり、2月には排卵した。一方、雄は2歳の1月から全てのサンプルで精子が形成され、一部の個体では排精もみられた。したがって、この海域において飼育した人工種苗の初回成熟年齢³⁾は雄が2歳、雌が3歳であることが明らかとなった。また今回の調査で、生物学的最小形は雄が全長21.2cm、体重107g、雌が全長24.7cm、体重214gとなった。

佐久間⁴⁾は、福島県水産種苗研究所で人工飼育したホシガレイの雌について2歳時の6月から3歳時の3月まで調査を行った結果、卵巣重量は2歳時の10月から増加し、3歳時の1月に最大になったことを報告している。また、佐伯ら⁵⁾は、宮城県栽培漁業センターで人工飼育した雌雄について2歳時の10月から3歳時の2月に調査を行った結果、生殖腺重量は雌では3歳時の1月、雄では2歳時の12月に最大となり、雄が先行して成熟する傾向があったことを報告している。今回、これら2機関で調べられていない1歳時の12月より調査を行った結果、すでに1歳魚の12月より卵巣重量の増加（不完全な初回成熟＝ダミーラン³⁾）がみられるものの、瀬戸内海燧灘でも生殖腺重量が最大となるのは雌では3歳時の2月（満36月齢）、雄では2歳時の1月（満35月齢）となり、上記両県とほぼ同時期であった。先に比較した人工飼育した雌の平均全長は、福島県が2年経過時に33.8cm、3年経過時に41.7cm⁴⁾、宮城県が3年経過時に44.6cm⁵⁾、伯方島栽培技術開発センターが2年経過時に26.6cm、3年経過時に30.9cmとなり、明らかに当センターでの成長は両県と比較して劣った。前2報告に周年の飼育水温データが記載されていないため直接比較することは出来ないが、おそらく両県では瀬戸内海燧灘より年平均水温が低く、高水温時に当センターで観察される摂餌不良がないか、その期間が短いため成長が速いものと推測される。このように、同年齢時のサイズが大きく異なっても成熟の時期がほぼ同じであったことは興味深く、瀬戸内海燧灘では生物学的最小形がおそらく両県より小型化しているものと考えられる。

以上の結果より、瀬戸内海燧灘海域で人工飼育したホ

シガレイは成熟すること、雌は3歳、雄は2歳から採卵用親魚として利用可能であることが明らかとなった。しかしながら、当センターにおけるホシガレイの親魚養成では、産卵期に自然排卵する個体の少ないことが問題となっており、本種の成熟と排卵の関係についてはさらに検討する必要がある。

謝 辞

本報告に当たり、ホシガレイ生殖腺組織標本の成熟度についてご指導していただき、また取り纏めに当たり懇切なるアドバイスをいただいた元日本栽培漁業協会参与・廣瀬慶二博士に深謝申し上げます。

文 献

- 1) 加藤利弘（2002）放流技術の開発（5）愛媛県、ホシガレイ栽培漁業技術開発推進検討会報告書、日栽協・協会研究資料、No.81、70-74.
- 2) 加藤利弘・竹中彰一・喜安宏能（2001）伊予灘重要資源生態基礎調査。平成12年度愛媛県中予水試事報、50-57.
- 3) 奥澤公一（2006）魚類の初回成熟。水研センター研報、別冊4、75-85.
- 4) 佐久間 徹（2001）ホシガレイの種苗生産技術に関する研究。福島県水産種苗研究所研報、3、1-37.
- 5) 佐伯光広・田口滋之（1998）放流技術開発事業2）ホシガレイ。平成7年度宮城県栽培漁業センター事報、21-26.

ハモ受精卵のポビドンヨード剤による消毒の効果と安全性

堀田 卓朗^{*1}・西 明文^{*2}・加治 俊二^{*2}・渡辺 研一^{*3}

(*1 養殖研究所栽培技術開発センター, *2 志布志栽培漁業センター, *3 養殖研究所病害防除部)

独立行政法人水産総合研究センターでは、種苗生産過程における垂直感染防除に有効とされている受精卵消毒について¹⁻⁶⁾、ポビドンヨード剤（以下、ヨード剤）が海産魚介類の受精卵のふ化に及ぼす影響と消毒効果を、目（Order）ごとに対象種を選定して調査している。本報告ではウナギ目のハモ *Muraenesox cinereus* について検討した。

材料と方法

供試卵 試験には、志布志栽培漁業センターで養成した親魚から自然産卵で得たモルラ期の受精卵（産卵から約3時間経過）を用いた。供試卵はろ過海水で洗浄し、夾雑物を可能な限り除去した。試験は2回行い、試験1は2004年7月18日に、試験2は7月19日に行った。モルラ期での受精率はそれぞれ98.6%と95.7%であった。

有効ヨウ素濃度および浸漬時間 ヨード剤には、水産用イソジン液10%（明治製菓）を用いた。ヨード液は有効ヨウ素濃度が0, 25, 50および100mg/ℓとなるようにヨード剤をろ過海水に溶解して作製した。ヨード液の使用基準量は、4ℓ/卵1g（約220粒）とし、各濃度への浸漬時間は5, 10, 15および20分間とした。対照区はヨード剤未処理とした。

浸漬方法 試験には卵約2g（2.5ml, 約440粒）を用い、ネット（10×7×6cm, ナイロン製, 目合い0.5mm）に收容してヨード液に浸漬し、卵全体にヨード液が行き渡るように所定時間内でゆっくり、ネットを揺らした。

ふ化管理 ふ化管理には、蓋付きプラスチック瓶（広口T型瓶; アズワン）を用いた。瓶にはカナマイシン硫酸塩（ナカライテスク）の終濃度を5mg/ℓに調整したろ過海水500mlを満した。所定の浸漬時間に達した卵は、ネットごとろ過海水を満した水槽で3分間流水状態で洗浄し、ヨード剤を速やかに除去した後、約200粒をプラスチック瓶に收容した。プラスチック瓶は、水温を一定に保つためろ過海水をかけ流した1kℓ水槽に入れ、瓶内で卵が塊状にならないように強通気で振盪させてふ化まで管理した。

ふ化状況の観察 ふ化状況の観察は、対照区の卵がすべてふ化した時点で行った。プラスチック瓶にホルマリ

ン（和光純薬）を3%となるように添加して固定後、実体顕微鏡（SMZ-U; ニコン）下で観察した。なお、ふ化状況は、ふ化仔魚、未ふ化卵（胚体等の形成が確認でき、ふ化直前まで発生が進んでいたと思われる卵）、および死亡卵（胚体等が確認できない卵）の3種類に分けた。

統計検定 ふ化仔魚、未ふ化卵および死亡卵の出現状況については、カイ2乗検定を用いて比較した。

生菌数と殺菌率 浸漬後の生菌数を調べた。まず、ヨード剤の反応を止めるため、約0.1～0.2gの卵を滅菌2%ペプトン水（1.5% NaCl添加）1mlを入れた滅菌処理済の強化ポリエチレン製の袋（ストマッカー 80形; オルガノ）に收容した。これに、卵重量の9倍量の滅菌人工海水を加えてホモジナイズし、10倍希釈液列を作製した。海水培地平板⁷⁾に希釈液0.1μℓを塗抹後、25℃で5日間好氣的に培養して出現コロニー数を求めた。消毒効果の指標として、殺菌率を以下の式により求めた。

殺菌率 = $\{1 - (\text{試験区の生菌数}) / (\text{対照区の生菌数})\} \times 100$

結果

ふ化状況 卵管理中の水温は26.0～26.6℃であった。ふ化状況の観察結果および検定の結果を表1に示した。

試験1では、対照区のふ化率は64.7%、未ふ化卵率6.4%、死亡卵率28.9%であった。有効ヨウ素濃度0 mg/ℓ区のふ化率は、浸漬時間5～20分間で62.9～68.3%、未ふ化卵率5.3～7.0%、死亡卵率26.0～30.0%であり、対照区と顕著な差はなかった。25mg/ℓ区のふ化率は、浸漬時間5分間で58.7%、10分間で36.4%、15分間で2.9%、20分間で0%であり、浸漬時間が長くなるのに伴って減少した。未ふ化卵率は、5分間で9.3%、10分間で37.7%、15分間で67.8%、20分間で72.2%と浸漬時間に伴って増加した。死亡卵率は25.9～32.0%であり、各浸漬時間とも対照区と顕著な差は無かった。50mg/ℓ区のふ化率は、5分間で66.0%、10分間で7.1%、15分間、20分間で0%であり、25mg/ℓ区と同様に浸漬時間に伴って減少した。未ふ化卵率は、5分間で8.6%、10分間で74.3%、15分間で75.3%、20分間で50.3%であり、10分以上の浸漬で未ふ化卵率が増加した。死亡卵率は、15分までは18.6～25.4%と対照区と顕著な差は無かったが、20分間では

表1 ハモ受精卵をヨード液に浸漬した時の有効ヨウ素濃度と浸漬時間がふ化に及ぼす影響

試験区	有効ヨウ素濃度 (mg/l)	浸漬時間 (分)	試験1				試験2			
			ふ化率 (%)	未ふ化卵率 (%)	死亡卵率 (%)	カイ2乗検定結果	ふ化率 (%)	未ふ化卵率 (%)	死亡卵率 (%)	カイ2乗検定結果
対照区	0	0	64.7	6.4	28.9		50.0	5.5	44.5	
0 mg/l 区	0	5	67.0	7.0	26.0		47.4	2.6	50.0	
		10	66.0	5.3	28.6		52.4	2.8	44.8	
		15	68.3	5.4	26.3		55.5	4.2	40.3	
		20	62.9	7.0	30.0		50.4	4.0	45.6	
25 mg/l 区	25	5	58.7	9.3	32.0		58.5	7.3	34.1	
		10	36.4	37.7	25.9	**	18.6	39.5	41.9	**
		15	2.9	67.8	29.2	**	0.0	55.4	44.6	**
		20	0.0	72.2	27.8	**	0.0	51.2	48.8	**
50 mg/l 区	50	5	66.0	8.6	25.4		45.4	14.7	39.9	*
		10	7.1	74.3	18.6	**	3.7	49.7	46.6	**
		15	0.0	75.3	24.7	**	0.0	50.4	49.6	**
		20	0.0	50.3	49.7	**	0.0	54.2	45.8	**
100 mg/l 区	100	5	68.0	9.6	22.3		17.2	34.3	48.5	**
		10	3.6	59.8	36.6	**	0.7	59.1	40.3	**
		15	0.0	1.0	99.0	**	0.0	0.0	100.0	**
		20	0.0	0.0	100.0	**	0.0	0.0	100.0	**

* : p<0.05, ** : p<0.01

カイ2乗検定は、それぞれの試験区と0mg/l に0分浸漬した区のふ化仔魚、未ふ化卵、死亡卵の出現状況について比較して行った

表2 ハモ受精卵をヨード液に浸漬した時の生菌数と殺菌率

試験区	有効ヨウ素濃度 (mg/l)	浸漬時間 (分)	試験1		試験2	
			生菌数 (CFU/g)	殺菌率 (%)	生菌数 (CFU/g)	殺菌率 (%)
対照区	0	0	4.8×10^3		1.5×10^4	
0 mg/l 区	0	5	2.1×10^3	56	3.1×10^3	80
		10	2.1×10^3	56	5.0×10^3	67
		15	2.7×10^3	43	2.5×10^3	84
		20	1.4×10^3	71	5.8×10^3	62
25 mg/l 区	25	5	nd	>99	5.0×10^1	>99
		10	nd	>99	nd	>99
		15	nd	>99	nd	>99
		20	nd	>99	nd	>99
50 mg/l 区	50	5	nd	>99	nd	>99
		10	nd	>99	nd	>99
		15	nd	>99	nd	>99
		20	nd	>99	nd	>99
100 mg/l 区	100	5	nd	>99	nd	>99
		10	nd	>99	nd	>99
		15	nd	>99	nd	>99
		20	nd	>99	nd	>99

nd : 検出限界以下

殺菌率 = (1 - 消毒後の生菌数 / 消毒前の生菌数) × 100

49.7%と対照区と比べて増加した。100mg/ℓ区のふ化率は、5分間で68.0%、10分間で3.6%、15、20分間で0%であり、25、50mg/ℓと同様に浸漬時間に伴って低下した。未ふ化卵率は、5分間で9.6%、10分間で59.8%、15分間で1.0%、20分間で0%、また死亡卵率は5分間で22.3%、10分間で36.6%、15分間で99.0%、20分間で100%となり、15分以上の浸漬でほとんどの卵が死亡した。これらの試験区のふ化状況に、対照区と有意差が認められなかったのは、0mg/ℓ区と浸漬時間5分間の25、50、100mg/ℓ区であった。

試験2では、対照区のふ化率は50.0%、未ふ化卵率5.5%、死亡卵率44.5%であった。有効ヨウ素濃度0mg/ℓに5～20分間浸漬した試験区ではふ化率47.4～55.5%、未ふ化卵率2.6～4.2%、死亡卵率40.3～50.0%と対照区と顕著な差はなかった。25mg/ℓ区のふ化率は、5分間で58.5%、10分間で18.6%、15分間、20分間で0%であり、浸漬時間に伴って減少した。未ふ化卵率は5分間では7.3%、10分間で39.5%、15分間で55.4%、20分間で51.2%であり、浸漬時間に伴い増加する傾向が認められた。死亡卵率は各浸漬時間とも34.1～48.8%と対照区と顕著な差は無かった。50mg/ℓ区のふ化率は、5分間で45.4%、10分間で3.7%、15分間、20分間で0%であり、浸漬時間に伴って低下した。未ふ化卵率は5分間浸漬した区で14.7%と対照区と比べて顕著に増加し、10分以上の浸漬で10倍近くなった。死亡卵率は、各浸漬時間とも39.9～49.6%と対照区と顕著な差は無かった。100mg/ℓ区のふ化率は、5分間で17.2%、10分間で0.6%、15分間、20分間は0%と浸漬時間に伴って低下し、他の濃度と同様の結果であったが、5分間浸漬した区でも対照区より顕著に低下した。未ふ化卵率は、5分間で34.3%、10分間で59.1%、15分間と20分間で0%であった。また、死亡卵率は、5分間で48.5%、10分間は40.3%、15分間、20分間で100%であり、15分以上の浸漬で全ての卵が死亡した。これらの試験区のふ化状況に、対照区と有意差が認められなかったのは、0mg/ℓ区と25mg/ℓに5分間浸漬した試験区のみであった。

生菌数と殺菌率 生菌数および殺菌率を表2に示した。試験1および2とも、0 mg/ℓ区の生菌数は何れの浸漬時間においても $10^3 \sim 10^4$ CFU/gであった。一方、25 mg/ℓ区と50mg/ℓ区では 10^1 CFU/gおよび検出限界以下、100mg/ℓ区ではすべて検出限界以下であった。25 mg/ℓ区、50 mg/ℓ区および100mg/ℓ区の殺菌率は、すべての浸漬時間で99%以上であった。

考 察

ふ化に及ぼす影響 対照区と有効ヨウ素濃度0mg/ℓの試験区では、ふ化状況に有意差は認められず、モルラ期に卵をネットに入れて5～20分間揺する処理方法は、卵の発生とふ化に影響を及ぼさないと考えられた。

ヨード剤を用いた試験区において、対照区とふ化状況に有意差が認められなかったのは、試験1では全濃度とも浸漬時間5分間の試験区、試験2では25mg/ℓで5分間浸漬した区のみであり、ハモ卵は有効ヨウ素濃度25 mg/ℓのヨード液への10分以上の浸漬によりふ化に悪影響を受けることが明らかとなった。一方、5分間の浸漬時間では、試験によってふ化に影響を及ぼさない有効ヨウ素濃度が異なった。ホシガレイでは浮上率や発生率の低い卵は、ヨード剤の影響を受けやすいと報告されている⁸⁾。試験1より対照区のふ化率が低かった試験2では、ヨード剤の影響を受けやすい卵であった可能性が考えられた。これらの結果から、ハモ受精卵のふ化に影響を及ぼさない安全なヨード剤の消毒条件は、有効ヨウ素濃度25 mg/ℓ、浸漬時間5分間以下が適切であると考えられた。

今回、消毒時期をモルラ期で行ったが、ホシガレイでは受精から1時間後と眼胞およびクッパー氏胞の形成期において、またシマアジでは発眼期で消毒を実施した場合にふ化率の低下が認められている^{8,9)}。ハモでも、発生段階によってふ化率が低下する可能性が考えられることから、さらに検討を加える必要がある。

消毒効果 試験1、2とも、全ての試験区でヨード液への浸漬により99%以上の殺菌率が得られた。これらの結果からハモ受精卵の消毒に有効なヨウ素濃度は25mg/ℓ、浸漬時間は5分間が適切であると考えられた。

文 献

- 1) 「魚類防疫への挑戦」編集委員会 (1993) 一成功・失敗事例集—魚類防疫への挑戦サケ・マス編. 緑書房, 東京, pp. 46-49.
- 2) 桃山和夫・谷村利克 (2004) クルマエビ受精卵消毒によるPAVの予防. 山口県水産試験場研究報告, 2, 117-123.
- 3) 佐藤 純・虫明敬一・森 広一郎・有元 操・今泉 圭之輔 (2003) 種苗生産過程におけるクルマエビの急性ウイルス血症 (PAV) の防除対策. 栽培技研, 30, 101-109.
- 4) 堀田卓朗・藤本 宏・山崎英樹・渡辺研一 (2004) トラフグ受精卵のヨード剤による消毒の効果. 栽培漁業センター技報, 2, 92-95.

- 5) 虫明敬一・有元 操 (2000) シマアジのウイルス性神経壊死症 (VNN) に関する防除対策. 栽培技研, **28**, 47-55.
- 6) 渡辺研一 (2000) マツカワに発生したウイルス性神経壊死症の防除に関する研究(特別研究報告15号). 社団法人日本栽培漁業協会, 東京, pp.71.
- 7) Yamamoto, H., Y. Ezura, and T. Kimura (1982) Effect of antibacterial action of seawater on the viability of some bacterial species. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **48**, 1427-1431.
- 8) Hirazawa, N., T. Hara, T. Mitsuboshi, J. Okazaki, and K. Hata (1999) Idophore disinfection of eggs of spotted halibut *Verasper variegates* and red sea bream *Pagrus major*. *Fisheries Sci.*, **65**, 333-338.
- 8) 虫明敬一 (1996) シマアジおよびブリの親魚養成技術の開発に関する研究. 特別研究報告9号, 社団法人日本栽培漁業協会, 東京, 19-32.

夜間の電照飼育がマツカワ仔稚魚の生残, 成長 および形態異常に与える影響

村上 直人・森岡 泰三・福永 恭平・市川 卓・関谷 幸生

(北海道区水産研究所 厚岸栽培技術開発センター)

近年, マツカワ *Veraper moseri* の種苗生産量が増加する中で, 体表の色および眼位の形態異常個体が多く出現し, 放流用種苗として大きな問題となっている。これらの異常は仔魚から稚魚への変態過程における何らかの異常が原因として考えられる。有瀧¹⁾ は, マガレイ, ホシガレイおよびババガレイについて水温条件を変えて飼育した場合, 着底までにかかる日数が天然魚とほぼ同じ値で最も正常魚の出現率が高くなることを報告し, 変態異常の発現は飼育下での成長や発達過程が天然魚と大きくずれることに一因があり, その是正が防除に大きく寄与すると推察している。

飼育条件下では, マツカワ仔魚の成長や生残に適切な飼育水温は16~18℃と報告²⁾ されているが, 14℃以上で飼育すると雄の出現率が高くなる³⁾ ことから, 14℃以下での飼育方法の開発が必要と考えられる。しかし, 14℃以下での飼育条件では, 成長や発達過程が天然魚と大きくずれを生じ, 変態異常の発現が増加することが懸念される。一方, 他の魚種では, 夜間の電照によって仔稚魚の摂餌量が増加し, 成長が促進されることが報告⁴⁻⁶⁾ されている。

そこで, マツカワの種苗生産においても, 夜間の電照飼育が成長の促進と生残の向上, および形態異常率の軽減に有効であるかを検討した。

材料と方法

飼育試験は2004年に2回(試験1および2), 2005年と2006年にそれぞれ1回ずつ(試験3および4)実施した。

試験区の設定 各試験とも, 18kl角形コンクリート水槽2面を使用し, 試験区として夜間電照する区(以下, 電照区)と自然日長区(以下, 対照区)の2試験区を設けた。電照区は水面上30cmに蛍光灯(ビオルックス20W; NEC)を設置し, タイマーで17時から22時まで点灯した。

照度の測定方法 照度の測定にはANA-F9LUX METER(東京光電)を用い, 測定位置は水面3cm上の蛍光灯直下, 水槽中央および水槽の四隅とした。

供試魚 試験に用いたふ化仔魚は, 厚岸栽培技術開発

センターの陸上水槽内で周年養成した親魚から人工授精により得たもので, 1水槽当たり6,000尾/klの密度で収容した。

飼育方法 餌料には, L型シオミズツボワムシ(以下, ワムシ)とアルテミア幼生(以下, アルテミア)を用い, ともにマリングロス(日清マリンテック)により6~18時間の栄養強化(添加量1l/kl)を行った。ワムシの給餌期間は開口から日齢30までとし, 飼育水中の密度が5個体/mlを維持するように与えた。アルテミアの給餌は日齢15から開始した。給餌量は仔魚がアルテミアを1~2時間で食べ尽くす量を1回の目安とし, 1日2回与えた。配合飼料(おとひめ; 日清飼料)は日齢30から給餌した。1日の給餌基準量は魚体重の5%とし, 給餌回数は開始7~10日間は餌付けるために7時から11時まで30分間隔で9回に分けて与え, その後は1日5回とした。

飼育水には, 電気分解殺菌装置(エスティテクノス)で処理した残存塩素量0.02ppm以下の海水を用いた。処理海水は, 角形FRP水槽(水量2kl)に溜めて温水配管で13.5℃に加温し, さらに強通気により残存塩素量を0.01ppm以下まで低減させた後, 飼育に供した。換水は日齢10から換水率50%で開始し, pHの低下に伴い150%まで増加した。飼育水中のワムシの飢餓防止のために, マリンアルファ(日清マリンテック)400mlを処理海水100lで希釈して1日3回に分けて飼育水槽に添加した。

生残率, 成長および形態正常個体の出現調査 試験期間は発育段階G(眼球が移動を開始し背正中線の上に達する)⁷⁾ までとした。試験終了時には全個体を取り上げ, 総重量とサンプルとして50~100g量の尾数を数回計数して個体当たりの平均重量を求め, 生残尾数を算出した。

また, 形態正常個体の出現状況を調査するため, 試験1~3では試験終了後に各試験とも12,000尾を小割り網(2×2.75×1m, 目合い2mm)に収容し, 全長30mmまで継続飼育した。試験4では, 全個体を18kl角形コンクリート水槽に収容して全長30mmまで継続飼育した。各試験とも, 稚魚の有眼側体色異常と眼位異常を肉眼で観察した。

表1 マツカワ電照飼育試験における飼育結果の概要

飼育試験	試験区	収容時				試験終了時			
		年月日	尾数(尾)	全長(mm)	密度(尾/k θ)	年月日	全長(mm)	尾数(尾)	生残率(%)
1	電照区	2004.4.3	108,000	5.8 \pm 0.2	6,000	2004.5.9	15.1 \pm 1.1 ^{a*}	94,860	87.8 ^a
	対照区		108,000			6,000		14.2 \pm 0.9 ^b	95,150
2	電照区	2004.4.8	108,000	5.6 \pm 0.2	6,000	2004.5.16	16.2 \pm 1.6 ^a	82,600	76.5 ^a
	対照区		108,000			6,000		15.2 \pm 1.3 ^a	70,200
3	電照区	2005.4.4	108,000	6.0 \pm 0.1	6,000	2005.5.14	15.0 \pm 1.3 ^a	77,000	71.3 ^a
	対照区		108,000			6,000		12.9 \pm 1.3 ^b	51,000
4	電照区	2006.4.7	101,200	5.7 \pm 0.2	5,950	2006.5.16	13.8 \pm 1.0 ^a	77,300	76.4 ^a
	対照区		100,400			5,900		13.5 \pm 1.0 ^a	78,200

*異なる小文字は有意差 (p<0.05) を示す

表2 マツカワ電照飼育試験における全長30mm時点での正常個体出現状況

飼育試験	試験区	形態タイプ 体色パターン 眼(正位, 逆位 ^{*1})	正常タイプ		白化タイプ		両面有色タイプ						調査尾数(尾)	正常率(%)
							正常 ^{*1}		白化 ^{*2}		有色 ^{*3}			
			正位(尾)	逆位(尾)	正位(尾)	逆位(尾)	正位(尾)	逆位(尾)	正位(尾)	逆位(尾)	正位(尾)	逆位(尾)		
1	電照区		93	7	59	15	6	1	19	3	4	0	207	44.9
	対照区		143	1	36	9	1	2	5	0	3	0	200	71.5
2	電照区		78	4	93	9	1	1	11	2	2	0	201	38.8
	対照区		98	10	42	7	8	1	16	1	6	0	189	51.9
3	電照区		260	0	54	1	0	0	25	2	126	0	468	55.6
	対照区		219	0	21	1	0	0	1	1	21	0	264	83.0
4	電照区		121	1	13	3	0	0	0	0	0	0	138	87.7
	対照区		165	0	4	3	0	0	0	0	0	0	172	95.9

*1 眼位は両面有色タイプで、体色は正常タイプ

*2 眼位は両面有色タイプで、体色は白化タイプ

*3 眼位、体色ともに両面有色タイプ

*4 右側に頭があるものが正位、左が逆位

結果と考察

電照時における水面照度は、対照区が0 ~ 2lx、電照区では蛍光灯直下で1,800lx、最も離れた水槽縁辺部で5 lxであった。電照区では多くの仔魚が蛍光灯下で光に向かって遊泳していたが、対照区ではエアレーションによって仔魚が水中を漂っているのが観察された。

試験終了時のマツカワ稚魚の全長と生残状況を表1に示した。各試験とも、試験終了時の全長は電照区が対照区に比較して大きくなったが、有意差が認められたのは試験1および3のみであった (t検定 p<0.05)。また、生

残率も各試験の電照区と対照区間で有意差は認められなかった (t検定, p>0.05)。

全長30mmでの形態正常個体の出現状況を表2に示した。各試験とも、形態正常個体の出現率は電照区が対照区より低い傾向が認められたが、有意差はなかった (t検定, p>0.05)。

このように、マツカワの種苗生産においては、夜間の電照飼育が成長や生残の向上に与える効果は少ないと考えられた。電照飼育による長日処理が成長、生残に与える影響は、アカメの一種 *Lates calcarifer*⁸⁾ やツノガレイの一種 *Pleuronectes ferrugineus*⁹⁾ では有効とされ

ているが、ヘダイの一種 *Sparus aurata*¹⁰⁾ やゴマアイゴ *Siganus guttatus*¹¹⁾ では影響しないとされ、効果は魚種によって異なる。また、今回の試験では、有意差は認められなかったが電照飼育がマツカワ仔魚の形態異常出現を助長させる可能性が示された。

ヒラメでは形態異常の防除対策として、ふ化仔魚の活力も含めた飼育全般における技術の向上が出現率低下に結びつくことが報告¹²⁾ されている。マツカワも過去に形態異常魚の出現率が少ない飼育事例があることから、これまでの飼育方法を精査し、現在の飼育方法を検証することが重要と考えられる。

文 献

- 1) 有瀧真人 (2005) 飼育したカレイ科魚類の左右性に関する形態異常. 日水誌, **71**, 998-999.
- 2) 村上直人 (1990) III-3 種苗生産技術の開発. 昭和63年度日本栽培漁業協会年報, 224-227.
- 3) 森 立成 (1997) 飼育水温で性比が変わるマツカワ人工種苗. 北水試だより, **37**, 12-14.
- 4) 手塚信弘・中澤昭夫・升間主計 (2005) キハダ仔魚のワムシ摂餌に及ぼす光条件の影響. 栽培漁業センター技報, **4**, 18-23.
- 5) 渡辺昌人・千代窪孝志・菊地正信 (2006) ヒラメ体色異常軽減技術研究. 福島県水産種苗研究所 平成16年度事業報告, 49-55.
- 6) 土橋靖史・栗山 巧・黒宮香美・柏木正章・吉岡基 (2003) マハタの種苗生産過程における仔魚の活力とその生残に及ぼす水温, 照明およびフィードオイルの影響. 水産増殖, **51**, 49-54.
- 7) 有瀧真人・鈴木重則・渡辺研一 (2000) 飼育したマツカワ仔稚魚の形態発育と成長. 日水誌, **66**, 446-453.
- 8) Barlow, C. G., and M. G. Pearce, L. J. Rodgers, and P. Clayton (1995) Effects of photoperiod on growth, survival and feeding periodicity of larval and juvenile barramundi *Lates calcarifer* (Bloch). *Aquaculture*, **138**, 159-168.
- 9) Purchase, C. F., D. L. Boyce, and J. A. Brown (2000) Growth and survival of juvenile yellowtail flounder *Pleuronectes ferrugineus* (Storer) under different photoperiods. *Aquaculture Research*, **31**, 547-552.
- 10) Tandler, A., and S. Helps (1985) The effects of photoperiod and water exchange rate on growth and survival of gilthead sea bream (*Sparus aurata*, Linnaeus; Sparidae) from hatching to metamorphosis in mass rearing systems. *Aquaculture*, **48**, 71-82.
- 11) Duray, M., and H. Kohno (1988) Effects of continuous lighting on growth and survival of first-feeding larval rabbitfish, *Siganus guttatus*. *Aquaculture*, **72**, 73-79.
- 12) 高橋庸一 (1992) ヒラメの種苗生産における体色異常個体の出現と防除, 体色異常防除試験結果報告書 (1986 ~ 1989). 日本栽培漁業協会, 特別研究報告, **3**, 43-49.

銅イオン発生装置によるトラフグのビブリオ病防除の可能性 (2)

藤本 宏^{*1}・岩本 明雄^{*2}

(*1 小浜栽培漁業センター, *2 屋島栽培漁業センター)

トラフグの種苗生産ではビブリオ病や滑走細菌症等の細菌性疾病に対し、承認された水産用医薬品がなく、その防除対策が課題となっている。前報¹⁾では全長30mmサイズのトラフグ稚魚を対象に、銅イオン発生装置を用いて銅イオンを飼育水中へ添加することで細菌性疾病の防除効果を確認した。その結果、0.058 ~ 0.102mg / ℓの濃度の銅イオンを飼育水へ添加することにより、ビブリオ病の防除効果が認められたが、使用可能な種苗の大きさや適正濃度についてはまだ明らかでない。

一般に、本種の種苗生産では全長20 ~ 30mm前後より噛み合いが増加し、この噛み合いによる魚体の損傷が細菌感染を受けやすい²⁾ことから、より小型サイズでの銅イオンの使用に対する検討が必要と思われる。そこで、今回は全長10mmサイズのトラフグ稚魚を対象に、飼育水への銅イオンの添加がビブリオ病等の細菌性疾病の防除に対する効果を確認する試験を行ったので報告する。

材料と方法

試験区には、ろ過海水を注水する対照区と、ろ過海水の注水口へ銅イオン発生装置を取り付け、飼育水へ銅イオンを添加する銅イオン添加区の2区を設けた。銅イオン濃度は、試験開始時は稚魚の大きさを考慮して前回の試験¹⁾で実施した濃度の1/2である0.03 mg / ℓとし、成長に併せて濃度を最大0.08 mg / ℓまで増加した。試験は2005年4月15日に開始し、試験期間は20日間とした。

供試魚は、30kℓコンクリート水槽(5m×5m×1.3m, 実容量25kℓ)で生産した日齢30, 平均全長10.4mm(8.7 ~ 12.5mm)の稚魚を用い、目視による比色法で3万尾ずつを計数し、30kℓコンクリート水槽2面へ収容した。銅イオン発生装置も前回試験で使用した和光技研製のCK-65型を用い、飼育水中の銅イオン濃度は分光高度計(DR/2000; HACH)を用いてポリフィリン法にて適宜測定した。

試験期間中の餌料には、試験開始後9日目までL型ワムシを、試験開始から終了までアルテミアノープリウス、配合飼料(トラフグ用配合飼料2, 3号; オリエンタル酵母工業)と冷凍イサザアミを用いた。ワムシは生クロレラスーパーV12(クロレラ工業)で栄養強化(水温

20°C, 添加量1ℓ / kℓ, 強化時間6 ~ 24時間)したものを1日に2回, 1.5億個体ずつ給餌した。アルテミアノープリウスはパウッシュA(オリエンタル酵母工業)で栄養強化(水温22°C, 添加量50ml / kℓ, 強化時間26時間)したものを1日に1回, 1,300 ~ 3,600万個体を給餌した。配合飼料は総魚体重の3%を目安に自動給餌器(YDF-220BO; ヤマハ発動機)を用いて16回 / 日に分けて給餌した。冷凍イサザアミは魚体重の20 ~ 30%を目安に2回 / 日に分けて解凍して給餌した。

飼育水温は20°Cに加温し、換水率は1 ~ 2回転 / 日とした。底掃除は自走式底掃除機(おそうじ君; 神戸メカトロニクス)を用いて、試験開始から15日目までは1 ~ 2日間隔, 16日目以降取り揚げまでは毎日行い、この時排出された死亡魚の累積死亡数を基に生残率を算出した。試験終了時の生残率はカイ自乗検定で、平均全長はt検定で有意性を検定した。

飼育水中のビブリオ属生菌数は、試験開始後10, 14, 20日目に寒天培地を用いた希釈法で計数した。培地は、TCBS培地(DIFCO)に塩化ナトリウムを添加して塩分濃度を2%に調整したものをを用いた。菌の識別は、衰弱魚の肝臓よりTCBS培地を用いて菌分離し、その菌株より抗血清を用いた凝集反応により検査した。

結 果

試験期間中の水温は、対照区20.0°C(19.9 ~ 20.1°C)、銅イオン添加区19.9°C(19.8 ~ 20.1°C)であった。また、銅イオン添加区の飼育水の銅イオン濃度は0.031 ~ 0.078 mg / ℓであった。

試験期間中の生残状況を図1に示した。試験開始2日目に初めて底掃除を行い、銅イオン添加区で400尾、対照区で500尾の死亡が確認されたが、これは試験開始時のハンドリングによる死亡個体と考えられた。その後15日目までは両区とも目立った減耗は認められなかった。しかし、対照区では16日目から遊泳不良や体色が黒化した個体が観察され、同日に600尾の死亡を確認し、その後も試験終了まで死亡個体は増加した。17日目に衰弱個体5尾を検査した結果、前回試験と同様に*Vibrio anguillarum* Cタイプが検出された。

表1 トラフグの飼育水への銅イオン添加試験の概要

試験区	収容		飼育水中の 銅イオン濃度 (mg/ ℓ)	水温 (°C)	取り揚げ		
	尾数	全長 (mm)			尾数	全長 (mm)	生残率 (%)
対照区	30,000	10.4 ± 1.1	0.0	20.0 (19.9 ~ 20.1)	17,610	26.0 ± 3.1	58.7
銅イオン添加区	〃	〃	0.031 ~ 0.078	19.9 (19.8 ~ 20.1)	29,095	26.2 ± 3.6	97.0

試験期間 : 2005.4.15 ~ 5.5 (20日間)

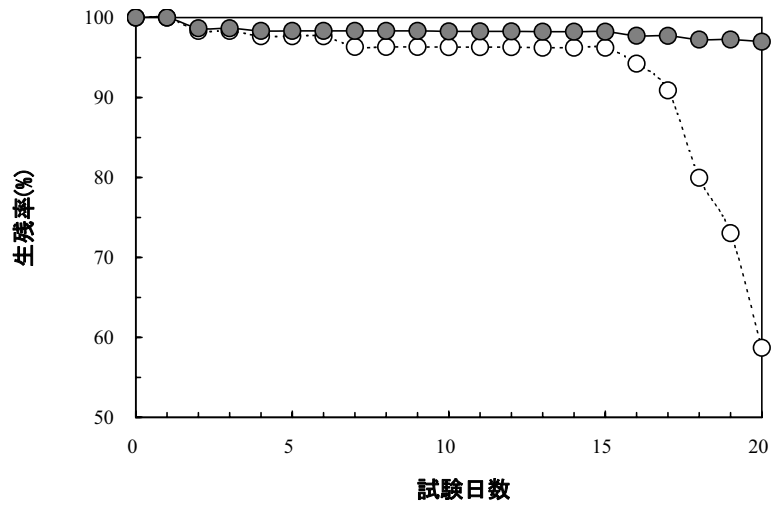


図1 飼育水への銅イオン添加によるトラフグの生残状況

--○-- 対照区 —●— 銀イオン添加区

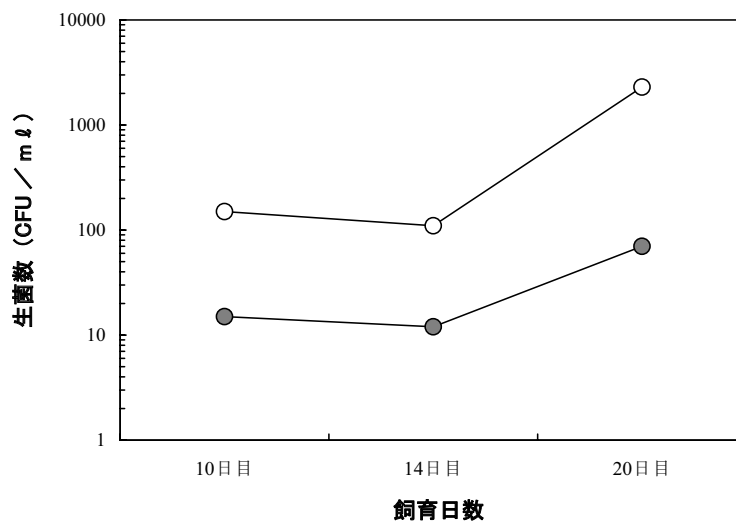


図2 飼育水中のビブリオ属生菌数

—○— 対照区 —●— 銀イオン添加区

飼育水中のビブリオ属生菌数の推移を図2に示した。生菌数は10日目に対照区 15×10^1 CFU / ml, 銅イオン添加区 15×10^0 CFU / ml, 14日目に対照区 15×10^1 CFU / ml, 銅イオン添加区 12×10^0 CFU / mlであったが、試験終了時の20日目では、衰弱個体の出現した対照区は 23×10^2 CFU / mlまで増加し、銅イオン添加区も 7×10^1 CFU / mlまで増加した。

試験結果の概要を表1に示した。試験終了時の生残率は、ビブリオ病の検出された対照区で58.7%, 銅イオン添加区が97.0%と有意差が認められた ($p < 0.05$)。成長は、試験終了時の平均全長で対照区 26.0 ± 3.1 mm, 銅イオン添加区 26.2 ± 3.6 mmと有意差は認められなかった ($p > 0.05$)。

考 察

今回の試験も前回¹⁾と同様に、銅イオンを添加しなかった対照区の衰弱個体から*Vibrio anguillarum* Cタイプが検出された。銅イオン添加区は衰弱個体が出現しなかったため検査は行っていないが、目視ではビブリオ病の症状を示す個体は観察されなかった。また、飼育水中のビブリオ属生菌数は、銅イオン添加区が $10^0 \sim 10^1$ CFU / mlを維持していたが、ビブリオ病を発症した対照区では試験最終日に 23×10^2 CFU / mlまで増加していた。これらの結果から、前回の試験と同様に銅イオンを飼育水へ添加することによってビブリオ病の発症を抑えられることが可能であると考えられた。また、今回初めて全長10mmサイズの稚魚へ銅イオンを添加したが、摂餌状態や遊泳状態は衰弱個体が観察される前までの対照区の稚魚と遜色なく、試験終了時まで通常の飼育状況を示していた。本種に対する種苗サイズと安全な銅イオン添加濃度についての使用報告は見あたらないが、今回設定した $0.03 \sim 0.08$ mg / lの銅イオン濃度が全長10 ~ 26mmサイズのトラフグ稚魚へ悪影響を及ぼす可能性は少ないと考えられた。

一般に、銅イオンをはじめとする金属イオンの持つ微量金属作用には強い抗菌作用を持つことが知られており、細菌の不活化³⁾や繊維素材への活用⁴⁾等が報告されて

いる。本試験でも銅イオンを飼育水へ添加することにより、飼育水中の有害細菌の低減を図った。その結果、トラフグ稚魚へ影響を及ぼさないと考えられる銅イオン濃度はほぼ推定されたが、この飼育水の排水にも銅イオンは含まれている。国の定めた水質汚濁防止法による排水基準(一律基準)では、一般基準14項目の中に銅含有量が入っており、その許容限度値は 3 mg / lと定められている⁵⁾。本試験および前回試験で添加した銅イオン濃度はこの値を十分下回っているが、甲殻類幼生のうちクルマエビ(ノープリウス)の24時間LC50は 0.001 mg / l, ヨシエビ(ゾエア)では 0.066 mg / l⁶⁾との報告もあり、微量な銅イオン濃度でも強い毒性を示すことから、今後は排水に対しても何らかの処理を施す必要があると考えられる。また、使用に際しては、添加する銅イオン濃度を常時把握するとともに、恒常的な使用を控えてビブリオ病の発症しやすい時期に限定した必要最小限の使用に心がけることが必要である。

文 献

- 1) 藤本 宏・岩本明雄(2005)銅イオン発生装置によるトラフグのビブリオ病防除の可能性. 栽培漁業センター技報, **4**, 28-31.
- 2) 矢野由晶(2000)トラフグの種苗生産. 水産増殖, **48**, 727-728.
- 3) 菊野理津子・笹原武志・関口朋子・高橋 晃・曾我英久・青木正人・佐藤義則・高山陽子・北里英郎・井上松久(2004)銅イオンの*Cryptosporidium parvum*オーシスト感染性に対する不活化効果. 感染症誌, **78**, 138-140.
- 4) 田島 尚, 坂本大輔(2004)脱臭・抗菌性能を持った機能性繊維素材の開発. 埼玉県産業技術総合センター研報, **2**, 5.
- 5) 中塩真喜夫(1990)廃水の活性汚泥処理. 恒星社厚生閣, pp.1 ~ 319.
- 6) 日本水産資源保護協会(2000)水産用水基準(2000年版). pp.1 ~ 96.

配合飼料の給餌開始サイズがヒラメの無眼側体色異常個体の出現状況に及ぼす影響

小金 隆之*¹・塩澤 聡*²

(*¹ 屋島栽培漁業センター, *² 奄美栽培漁業センター)

ヒラメ *Paralichthys olivaceus* では安定した種苗生産が可能になり、毎年多くの機関で大量に放流種苗が生産されている^{1,2)}。しかし一方で種苗の無眼側の体色異常（以下、黒化と称する）が高率に発生し、放流魚の標識となる反面、市場価格を低下させる要因として問題となっている^{3,4)}。

日本栽培漁業協会では1995年から複数の事業場で、黒化を発現させる要因を大きく環境、飼育密度、餌料の面に分け、また成長段階別に浮遊期と着底期に分けて黒化防除技術開発に取り組んできた⁵⁾。本報告は、これらの一環として浮遊期の餌料について検討した結果をとりまとめたものである。

ヒラメの種苗生産において配合飼料は主要な餌料となっているが⁴⁾、一方でその給餌により黒化個体の出現率が増加する傾向があり、その使用時期や使用量の検討を要することが指摘されている⁶⁾。本試験では全長8～12mmの仔魚を用いて、配合飼料の給餌時期と黒化出現の関係について調査した。

材料と方法

試験1 試験は1997年5月10日～6月9日に行った。供試魚は、小浜栽培漁業センターにおいて生物餌料のみで飼育した日齢16、平均全長 7.7 ± 0.5 mm (6.6～8.7 mm) の浮遊期仔魚を使用した。

試験区は、配合飼料を平均全長8 mmサイズ（日齢16）から給餌する1区、10 mmサイズ（日齢23）から給餌する2区、12 mmサイズ（日齢30）から給餌する3区を設けた。試験は寒冷紗で遮光した屋内で行い、飼育には0.5kl円形黒色ポリエチレン水槽6面を使用し、1試験区には2水槽ずつを用いた。仔魚の収容尾数は5,500尾/槽（収容密度11,000尾/kl）とし、比色法により計数した。水温は18℃とし、換水量は3～5回転/日、通気は水槽の中央1カ所からエアーストーンで行った。

配合飼料には仔魚用初期餌料（B400, B700, 協和発酵）を使用し、魚体重の4～10%量を目安に1日8回に分けて給餌した。アルテミア幼生はマリンオメガ（クロレラ工業）

で24時間の栄養強化（添加量2.5 l / kl）を行った。給餌基準は、配合飼料の給餌開始前には飽食量の1尾当たり140～400個体を、配合飼料の餌付け期間である給餌開始後10～12日間は1尾当たり100個体から15個体までを段階的に減少させながら給餌した。

なお、試験期間は供試魚の全長が20 mmサイズに達するまでとした。

試験2 試験は1999年5月21日～6月21日に行った。試験2では、試験1の結果を受けて2回（試験2-1および2-2）の試験を行い、試験2-1では、全長10～12mm間について、配合飼料を10 mm（日齢22）から与える1区、11 mm（日齢30）から与える2区、および12 mm（日齢33）から与える3区を設けた。試験2-2では試験2-1の2区を対照区とし、配合飼料と併用してアルテミア幼生を15 mmまで給餌する4区と20 mmまで給餌する5区を設けた。

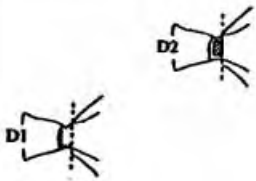


各試験には、小浜栽培漁業センターにおいて生物餌料のみで飼育した日齢18、平均全長 8.3 ± 0.5 mm (6.1～9.3 mm) の浮遊期仔魚を使用した。飼育には、0.5kl円形黒色ポリエチレン水槽10面を使用した。

配合飼料の種類と給餌方法は試験1と同様とした。アルテミア幼生は、パワッシュ A（理研ビタミン工業）で17時間の栄養強化（添加量75ml / kl）を行った。アルテミア幼生の給餌基準は、配合飼料の給餌開始前は100万個体/槽/日（約200個体/尾）、配合飼料の餌付け期間の3日間は50万個体/槽/日（100～140個体/尾）とした。

仔魚の収容尾数、水温調節、換水、通気、照度調節および試験期間は試験1と同様とした。

観察 試験1では、試験開始時の全長測定を、試験2では全長測定と発育段階⁷⁾の観察を行った。試験終了時は、全個体を取り揚げての生残尾数の計数を行った。さらに、各試験区とも100個体をホルマリン固定して、無眼側の黒化面積割合と黒化の出現状況の分類パターン（図1）を基準に黒化判定を行った。

統計処理 平均全長の差の検定にはt検定（試験1）、またはTurkeyの方法（試験2）を用いた。また、生残率と異常個体出現率の平均値の差はTurkeyの方法により検定

D		A	C
			
類表示記号	内 容		
A	C, D以外の部位すべて (黒化の軽重で±~++++の4段階に分ける)		
C1	頭部 (鰓蓋及び鰓蓋上端と背鰭先端を結ぶ線から鰓蓋の部分)		
C2	胸鰭基部周辺		
C3	腹鰭基部周辺 (喉部~背鰭前端までを含む)		
D1±	尾柄部の縁側部分 軽度		
D1+	尾柄部の縁側部分 重度		
D2	尾柄部内部 (D=尾柄部は背鰭後端と臀鰭後端を結ぶ後ろの部分)		

(水産庁の提示パターンを基準に改変)

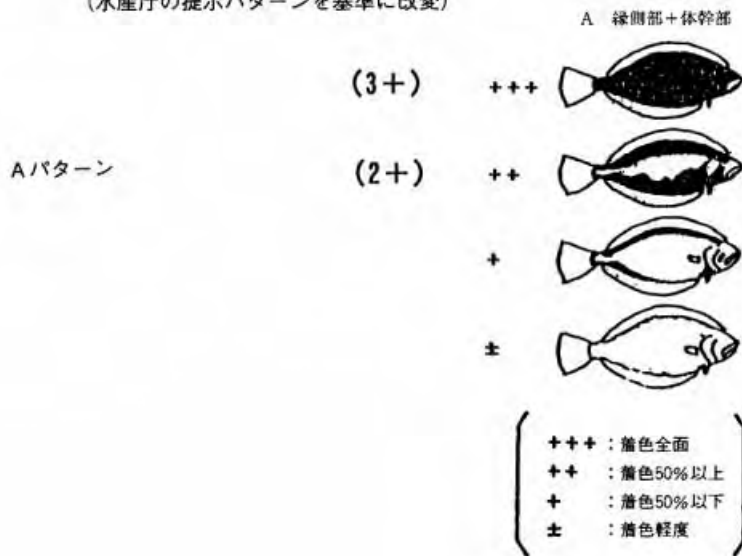


図1 ヒラメ無眼側体色異常(黒化)の出現状況の分類パターン
(水産庁パターンを基準に改変)

した。変態ステージの出現頻度の差はカイ2乗法による独立性の検定により検定した。

結 果

試験1 試験期間中の平均水温は18.0℃(17.0~19.2℃)であった。

試験開始時の平均全長は、1区が7.7±0.5 mm(6.6~8.7 mm)、2区が9.9±0.5 mm(8.8~10.7 mm)、3区が11.8

±0.6 mm(10.5~12.4 mm)とほぼ計画通りであった。

結果の概要を表1に示した。平均生残率は1区が44.4%と最も低かったが試験区間で有意差はなかった(p>0.05)。正常個体の出現率は、1区が0%、2区が7.5%、3区が32.5%となり、1、2区間では有意差がなかった(p>0.05)が3区は他の2区より有意に高く(p<0.05)なった。

パターン別の判定結果を表2に示した。A+, A++, A+++の合計(体幹部の明瞭な異常)、C1, C2, C3, D1+, D2の異常個体の出現率は1、2区に比べて3区が

表1 試験1の取り揚げ結果と無眼側体色異常個体出現状況

試験区	取り揚げ結果				無眼側体色異常個体出現状況 (%)			
	全長 (mm)			生残率 (%)	正常	黒化面積 1/2 以下	黒化面積 1/2 以上	
	平均±標準偏差	最小	最大					
1区 (8mm)	1	19.0 ± 1.3	(16.6 ~ 23.4)		58.5	0	46.0	54.0
	2	19.2 ± 2.4	(15.1 ~ 26.5)		30.4	0	48.0	52.0
	平均	19.1 ± 1.9	(15.1 ~ 26.5)		44.4	0	47.0	53.0
2区 (10mm)	1	18.6 ± 2.0	(15.0 ~ 25.7)		65.5	3.0	45.0	52.0
	2	20.2 ± 2.3	(16.3 ~ 25.9)		58.2	12.0	29.0	59.0
	平均	19.4 ± 2.3	(15.0 ~ 25.9)		61.8	7.5	37.0	55.5
3区 (12mm)	1	19.6 ± 1.6	(15.5 ~ 25.2)		51.4	31.0	66.0	3.0
	2	17.1 ± 1.2	(14.4 ~ 20.6)		66.9	34.0	66.0	0
	平均	18.3 ± 1.9	(14.4 ~ 25.2)		59.1	32.5	66.0	1.5

, NS : 有意水準 (: p<0.05, NS : p>0.05)

表2 試験1の全長20mmサイズにおける黒化パターン別の出現状況

試験区	A (緑側+体幹部) (%)					C (頭胸部) (%)			D (尾柄部) (%)			
	A ±	A +	A ++	A +++	②+③+④	C1	C2	C3	D 1 ±	D 1 +	D2	
	①	②	③	④								
1区 (8mm)	1	28.0	24.0	25.0	23.0	72.0	4.0	50.0	69.0	12.0	86.0	74.0
	2	19.0	31.0	20.0	30.0	81.0	6.0	66.0	88.0	3.0	93.0	88.0
	平均	23.5	27.5	22.5	26.5	76.5	5.0	58.0	78.5	7.5	89.5	81.0
2区 (10mm)	1	23.0	25.0	22.0	27.0	74.0	7.0	58.0	89.0	12.0	84.0	66.0
	2	12.0	21.0	17.0	38.0	76.0	8.0	60.0	86.0	4.0	78.0	74.0
	平均	17.5	23.0	19.5	32.5	75.0	7.5	59.0	87.5	8.0	81.0	70.0
3区 (12mm)	1	48.0	18.0	3.0	0	21.0	0	5.0	34.0	20.0	35.0	22.0
	2	58.0	8.0	0	0	8.0	0	1.0	42.0	25.0	27.0	21.0
	平均	53.0	13.0	1.5	0	14.5	0	3.0	38.0	22.5	31.0	21.5

, NS : 有意水準 (: p<0.05, NS : p>0.05)

表3 試験2-1の取り揚げ結果と無眼側体色異常個体出現状況

試験区	取り揚げ結果				無眼側体色異常個体出現状況 (%)			
	全長 (mm)			生残率 (%)	正常	黒化面積 1/2 以下	黒化面積 1/2 以上	
	平均±標準偏差	最小	最大					
1区 (10mm)	1	20.7 ± 3.10	(13.1 ~ 28.6)		52.8	1.0	69.0	30.0
	2	20.6 ± 3.17	(15.8 ~ 31.3)		59.0	3.0	67.0	30.0
	平均	20.7			55.9	2.0	68.0	30.0
2区 (11mm)	1	20.5 ± 3.14	(15.4 ~ 30.2)		71.1	19.0	60.0	21.0
	2	19.7 ± 2.45	(15.1 ~ 27.5)		73.3	26.0	47.0	27.0
	平均	20.1			72.2	22.5	53.5	24.0
3区 (12mm)	1	18.3 ± 2.12	(15.1 ~ 27.0)		73.0	26.0	56.0	18.0
	2	21.3 ± 3.09	(15.1 ~ 30.4)		82.1	33.0	53.0	14.0
	平均	19.8			77.6	29.5	54.5	16.0

, NS : 有意水準 (: p<0.05, NS : p>0.05)

表4 試験2-1の全長20mmサイズにおけるパターン別の黒化個体出現状況

試験区	A (緑側+体幹部) (%)						C (頭胸部) (%)			D (尾柄部) (%)		
	A ±	A +	A ++	A +++	②+③+④	C1	C2	C3	D 1 ±	D 1 +	D 2	
	①	②	③	④								
1区 (10mm)	1	25.0	41.0	29.0	4.0	74.0	27.0	46.0	86.0	13.0	76.0	0
	2	29.0	31.0	32.0	4.0	67.0	24.0	45.0	93.0	26.0	68.0	0
	平均	27.0	36.0	30.5	4.0	70.5	25.5	45.5	89.5	19.5	72.0	0
2区 (11mm)	1	28.3	15.2	16.2	5.1	36.5	11.0	32.0	70.0	14.3	27.6	0
	2	23.0	13.0	25.0	4.0	42.0	8.0	37.0	66.0	4.0	43.0	0
	平均	25.6	14.1	20.6	4.5	39.3	9.5	34.5	68.0	9.2	35.3	0
3区 (12mm)	1	23.2	13.1	17.2	2.0	32.3	6.0	34.0	72.0	23.2	27.3	0
	2	24.0	19.0	16.0	3.0	38.0	6.0	23.0	53.0	9.0	28.0	0
	平均	23.6	16.1	16.6	2.5	35.2	6.0	28.5	62.5	16.1	27.6	0

, NS : 有意水準 (: p<0.05, NS : p>0.05)

表5 試験2-2の取り揚げ結果と無眼側体色異常個体出現状況

試験区	取り揚げ結果				無眼側体色異常個体出現状況 (%)		
	全長 (mm)		生残率 (%)	正常	黒化面積 1/2 以下	黒化面積 1/2 以上	
	平均±標準偏差	最小 最大					
2区 (11mm)	1	20.5 ± 3.14	(15.4 ~ 30.2)	71.1	19.0	60.0	21.0
	2	19.7 ± 2.45	(15.1 ~ 27.5)	73.3	26.0	47.0	27.0
	平均	20.1		72.2	22.5	53.5	24.0
4区 (11mm)	1	20.0 ± 2.24	(16.8 ~ 29.3)	70.3	23.0	74.2	2.8
15mmまで併用	2	20.7 ± 2.51	(15.6 ~ 28.8)	83.3	42.0	50.0	8.0
	平均	20.4		76.8	32.5	62.1	5.4
5区 (11mm)	1	19.9 ± 2.02	(16.5 ~ 25.7)	74.3	32.0	62.0	6.0
20mmまで併用	2	20.9 ± 2.53	(15.3 ~ 29.7)	84.7	26.0	70.0	4.0
	平均	20.4		79.5	29.0	66.0	5.0

, NS : 有意水準 (: p<0.05, NS : p>0.05)

表6 試験2-2の全長20mmサイズにおけるパターン別の黒化個体出現状況

試験区	A (緑側+体幹部) (%)						C (頭胸部) (%)			D (尾柄部) (%)		
	A ±	A +	A ++	A +++	②+③+④	C1	C2	C3	D 1 ±	D 1 +	D 2	
	①	②	③	④								
2区 (11mm)	1	28.3	15.2	16.2	5.1	36.4	11.0	32.0	70.0	14.3	27.6	0
	2	23.0	13.0	25.0	4.0	42.0	8.0	37.0	66.0	4.0	43.0	0
	平均	25.6	14.1	20.6	4.5	39.2	9.5	34.5	68.0	9.1	35.3	0
4区 (11mm)	1	30.0	7.0	10.0	0	17.0	1.0	18.0	72.0	13.0	27.0	1.0
15mmまで併用	2	24.0	5.0	13.0	4.0	22.0	11.0	17.0	52.0	9.0	22.0	1.0
	平均	27.0	6.0	11.5	2.0	19.5	6.0	17.5	62.0	11.0	24.5	1.0
5区 (11mm)	1	23.0	12.0	8.0	0	20.0	2.0	14.0	75.0	12.0	19.0	3.0
20mmまで併用	2	42.0	14.0	10.0	0	24.0	2.0	9.0	60.0	6.0	16.0	3.0
	平均	32.5	13.0	9.0	0	22.0	2.0	11.5	67.5	9.0	17.5	3.0

, NS : 有意水準 (: p<0.05, NS : p>0.05)

有意に低く ($p < 0.05$), 1, 2区間に差はなかった ($p > 0.05$)。有眼側の体色正常個体の出現率は, 1区98.5%, 2区91.5%, 3区41.0%と3区が顕著に低下した。

試験2 試験期間中の平均水温は18.0°C (16.8 ~ 19.9°C) であった。

試験2-1では, 試験開始時の平均全長は1区9.7 ± 0.65 mm (7.6 ~ 11.1 mm), 2区10.3 ± 1.04 mm (6.5 ~ 12.7mm), および3区11.5 ± 1.15 mm (8.5 ~ 14.0mm) でありほぼ計画通りであった。また, 各試験区の発育段階は, 1区がF, 2区がFとG, および3区がGとHであった。

結果の概要を表3に示した。平均生残率は1区55.9%, 2区72.2%, 3区77.6%となり, 1区が3区より有意に低く ($p < 0.05$), 1, 2区間, 2, 3区間では有意差はなかった ($p > 0.05$)。正常個体の出現率は1区2.0%, 2区22.5%, 3区29.5%となり, 1区が2, 3区に比べて有意に低く ($p < 0.05$), 2区と3区間では差がなかった ($p > 0.05$)。黒化パターン別の判定結果(表4)を見ると, 2区と3区はA+, A++, A+++の合計, およびC1とD1+の出現率が1区に比べて有意に低く ($p < 0.05$), 2区と3区間では有意差はなかった ($p > 0.05$)。

試験2-2では, 試験開始時の平均全長は4区が10.7 ± 1.09 mm (7.6 ~ 13.1mm), 5区が10.5 ± 0.83 mm (8.3 ~ 13.0mm), 主な発育段階は4区, 5区ともにFとGであった。

結果の概要を表5に示した。各区の試験終了時の平均生残率 (72.2 ~ 79.5%) と正常個体出現率 (22.5 ~ 32.5%) に有意差はなかった ($p > 0.05$)。黒化面積の比率が1/2以上を占める個体の出現率は, 2区が24.0%, 4区が5.4%, 5区が5.0%となり, 4区と5区が2区より有意に低く ($p < 0.05$), 4区と5区間で有意差はなかった ($p > 0.05$)。パターン別の黒化出現状況(表6)は, A+, A++, A+++の合計とC2の出現率は4区と5区が2区に比べて有意に低く ($p < 0.05$), 4区と5区間では有意差がなかった ($p > 0.05$)。

有眼側の体色正常個体の出現率は, 89.0 ~ 96.5%と試験区間で顕著な差は認められなかった。

考 察

試験1の黒化出現率を見ると, 8 mm区と10 mm区では出現率に有意差がなかったが両区とも12 mm区より有意に高くなった。このことから, 配合飼料の給餌が黒化出現率に及ぼす影響は全長10 mmから12 mmの間で大きく

変化すると考えられた。また, 試験2では, 10 mm区の黒化出現率が11 mm区と12 mm区に比べて高く, 11 mm区と12 mm区の間には差がないことから, 配合飼料の給餌が黒化出現率に及ぼす影響は, 少なくとも11 mmサイズ以降は少ないことがわかった。また, 11 mmサイズから配合飼料の給餌を開始する場合, アルテミア幼生を全長15 mmサイズまで併用する給餌方法により黒化出現率を低減できると考えられた。

これらの試験の結果から, ヒラメの種苗生産においては, 全長11 mmサイズまで生物餌料を用い, 全長11 ~ 15 mmサイズではアルテミアと配合飼料を併用し, 以降は配合飼料のみで飼育することにより, 黒化の少ない種苗を生産できるものと考えられた。

今後, 飼育作業の簡素化や種苗生産コストの低減の目的で配合飼料をさらに有効に利用するためには, 配合飼料が黒化を発現させる要因を解明して配合飼料を改良することや, 生物餌料の利用方法を検討すること等が必要と考える。

文 献

- 1) 水産庁・日本栽培漁業協会 (1998) 平成8年度栽培漁業種苗生産、入手・放流実績 (全国) 資料編, 141-195.
- 2) 水産庁・日本栽培漁業協会 (1999) 平成9年度栽培漁業種苗生産、入手・放流実績 (全国) 資料編, 139-190.
- 3) 加治俊二・福永辰廣 (1999) ヒラメ種苗生産の現状と体色異常魚の魚市場での価格等に関するアンケート結果について. 栽培技研, 27, 67-101.
- 4) 太平洋北区栽培漁業協議会技術部会ヒラメ作業部会 (1994) 太平洋北区におけるヒラメ種苗生産技術集. 栽培漁業シリーズ, 1, 57-61.
- 5) 福永辰廣 (1998) ヒラメの無眼側体色異常防除技術開発の現状. 栽培漁業技術研修事業基礎理論コーステキスト集VII, 日本栽培漁業協会, 1-2.
- 6) 高橋庸一 (1994) ヒラメ稚魚の無眼側の体色異常に及ぼす飼育密度と飼餌料の影響. 日水誌, 60, 593-598.
- 7) 南 卓志 (1982) ヒラメの初期生活史. 日水誌, 48, 1581-1588.

ケガニ幼生の沈降防止手法の検討

市川 卓^{*1}・福永 恭平^{*1}・村上 恵祐^{*2}・浜崎 活幸^{*3}

(*1 北海道区水産研究所栽培技術研究室, *2 南伊豆栽培漁業センター, *3 東京海洋大学)

ケガニ *Erimacrus isenbeckii* の種苗生産技術の開発は、これまで厚岸栽培技術開発センターを含むいくつかの機関で取り組まれてきた¹⁻³⁾。ケガニ幼生は5齢のゾエア期幼生 (以下、ゾエア) とメガロバ期幼生 (以下、メガロバ) を経てふ化から2ヶ月程度で第1齢稚ガニへと脱皮、変態していく。当センターでは1992年に50kl水槽を用いて10.3万尾のメガロバ (生残率20.6%) を取り揚げた事例¹⁾ を最後に、大型水槽での生残率は0 ~ 8.5%と低迷している⁴⁻⁶⁾。

近年、ゾエアの飼育状況を詳細に観察したところ飼育中に沈下する傾向があり、第5齢ゾエアでは水槽底に沈下するだけでなく大量死亡する現象が発生し、生残率を下げる要因となっている。そこでゾエアの沈下を防いで大量死亡を回避することを目的に、ガザミの種苗生産⁷⁾ で実用化されて冷水性甲殻類のズワイガニの幼生飼育⁸⁾ でも効果が見られている攪拌機を用いた飼育手法について検討した。さらに、光条件の異なる水槽で飼育を行い、浮遊性に及ぼす明るさの影響について検討を行った。

材料と方法

供試ゾエア 試験に供したゾエアは、特別採捕により2006年3月2日に北海道噴火湾長万部沖で漁獲した抱卵雌ガニから得た。親ガニの大きさは平均甲長76.1mm (61.2 ~ 107.7mm)、平均体重300g (179 ~ 445g) であった。親ガニは4kl円形FRP水槽1槽に18尾を収容して、調温海水を用いて2°Cでふ化開始まで飼育した。ふ化ゾエアはオーバーフローによって0.5kl水槽に回収し、実数計数により試験水槽に収容した。

試験区の設定 試験区は3区設けた。飼育水の攪拌効果を比較するための試験として、0.5klポリカーボネイト水槽を用いて、攪拌機を設置した区 (以下、攪拌区) と設置しない区 (以下、対照区) を設けた。さらに、ゾエアの浮遊状況を比較するため、0.5kl黒色ポリエチレン水槽を用いた黒色水槽区 (攪拌機なし) を設けた。各試験区とも2水槽を使用して、1槽当たり5,000尾 (収容密度10,000尾/kl) のふ化ゾエアを収容した。

飼育方法 攪拌機は0.9kwモーターに無段変速機を組み込み、回転翼は長さ86cm×高さ8cmで、回転速度を1.5

回転/分とした。飼育水温は調温海水で12°Cを維持した。換水率は、収容時が水槽容量の100%/日、以降脱皮する毎に50%ずつ増やして第5齢ゾエアでは300%/日とした。

餌料には北米産アルテミアと市販の濃縮珪藻 (タラシオシラW; REED MARICULTURE) を使用した。アルテミアは24°C, 48時間でふ化させた後、スーパーマイクロカプセルA-1パウダー (添加量70g/億個体; クロレラ工業) を用いて水温24°Cで16時間の栄養強化を行った。第1齢期のゾエアには、飼育水中のアルテミア密度が1個体/mlを維持するように給餌し、以降は脱皮する毎に密度を0.5個体/mlずつ増やし、第5齢期では3個体/mlとなるようにした。給餌は1日1回、朝に行った。濃縮珪藻は第3齢期まで与え、飼育水中の密度が3,000細胞/mlとなるように1日1回添加した。

飼育結果の比較 生残個体の計数は、それぞれの齢期への脱皮を確認した日の夜間にφ40mmの塩ビパイプを用いて柱状サンプリングを行い、齢期毎の生残数を推定した。

試験の終了は、いずれかの試験区で全ての個体がメガロバに変態した時点までとし、その時点で全試験区を取り揚げて生残尾数と齢期の組成を調査した。試験区間の生残状況の差は分散分析 (p<0.05) を用いて検定した。

結 果

試験は2006年3月22日に開始し、黒色水槽区で生残個体が全てメガロバへ脱皮した4月27日 (日齢36) に終了した。平均生残率は対照区17.3%, 攪拌区14.2%, 黒色水槽区20.7%となり、試験区間で有意差は認められなかった (表1)。なお、攪拌区では、1水槽で事故のため4月4日 (日齢13) で飼育を中止した。

生残率は、第3齢ゾエアが出現し始めた日齢14には対照区が49.7% (2水槽平均)、攪拌区が48.9%まで低下し、減少傾向は試験終了まで続いた。一方、黒色水槽区では日齢25まではほとんど死亡は見られず、第5齢ゾエアまでほぼ100%の生残であった (図1)。

各試験区の試験終了時における幼生の齢期組成を表2に示した。生残個体中のメガロバの割合は、黒色水槽区の

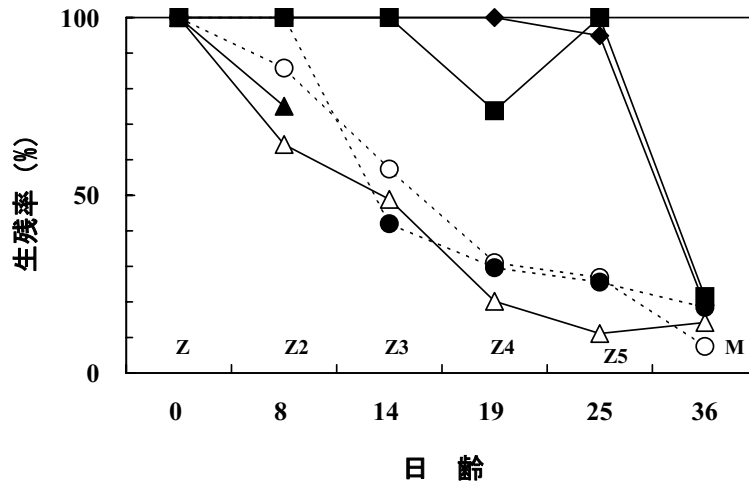


図1 ケガニゾエアの沈降防止を目的とした飼育手法の効果

...○... 対照区-1 —△— 攪拌区-1 —■— 黒色水槽区-1
 ...●... 対照区-2 —▲— 攪拌区-2 —◆— 黒色水槽区-2

100%に対して対照区が5.4%と10.5%、攪拌区が1.0%と両区とも著しく低かった。脱皮間隔の最短到達日数を表3に示した。これを見ると、各試験区とも第3齢期までは脱皮間隔に差はなかったが、第4齢期以降は黒色水槽区の脱皮間隔が対照区および攪拌区より1～3日早くなる傾向が認められた。

水槽内でのゾエアの浮遊状況を観察すると、対照区では飼育開始直後から水槽底面の周辺部から側面部分に偏在する傾向が認められ、さらに第4齢期以降は水槽底に横臥した個体が多数観察された。攪拌区ではほとんどのゾエアは飼育水中に分散していたが、一部の個体では対照区と同様の位置に集まる傾向が見られた。黒色水槽区ではゾエアは飼育水中に分散して遊泳し、特に夜間は活発に遊泳して第3齢期まで水槽底へ沈下することはなかった。しかし、第4齢期以降からは沈下する傾向が顕著となり、メガロバへ脱皮する前後では水槽底に横臥する個体が多数見られた。

目視観察によると、ゾエアは光の差し込む方向へ集まる傾向が見られたため、晴天の日中に飼育中の水槽の水面および水槽周辺の照度を測定したところ、水面に対して垂直角に差し込む光は56～318 lx、水槽の壁面に水平角に差し込む光は351～1,354 lxであった。

考 察

本試験では、攪拌機によるゾエアの浮上効果と、横からの光を遮断した黒色水槽を用いることで、沈下による大量死亡の防止を目的とした飼育を行ったところ、ゾエアの浮遊状況、発育および生残率の向上には黒色水槽を用いた飼育に最も効果が認められた。

黒色水槽区で第4齢期までのゾエアに活発な遊泳が見られたのは、水槽の上方のみが明るいことによるもので、飼育水中の光環境がゾエアの浮遊性に重要な役割を果たしていると考えられた。しかし、黒色水槽でも第4齢期以降は水槽底への沈下傾向が著しいことから、光に対する幼生の反応は発育段階で異なるものと考えられた。今後は、飼育水中の照度とゾエアの分布状態との関連を把握し、生残率の向上を図る必要がある。

透明水槽を用いた対照区と攪拌区では、第3齢期以降のゾエアの発育に遅延が認められた。対照区ではゾエアの分布は水槽底面が中心であり、逆に餌のアルテミアは水面付近に集まる傾向が見られた。ケガニ幼生の飼育では、給餌密度は幼生の生残と発育速度に大きく影響することから⁹⁾、対照区では十分な摂餌が行えなかった可能性が考えられる。

一方、攪拌区ではゾエアの浮遊状態は比較的良好であったが、生残率の向上には至らなかった。攪拌機は幼生の沈下防止に効果があるが、ズワイガニ幼生では本試験と

表1 ケガニ幼生の浮遊性を確保する飼育手法の検討結果

試験区	水槽	収容日	取り揚げ時				水温 (°C)	
			日齢	齢期*1	尾数	生残率 (%) 平均生残率 (%)		
対照区	1	H18.3.22	36	Z3, Z4, Z5, M	810	16.2	17.3*2	9.7 (2.0 ~ 12.4)
	2		36	Z3, Z4, Z5, M	922	18.4		9.6 (2.7 ~ 12.0)
攪拌区	1		36	Z3, Z4, Z5, M	711	14.2	14.2*2	9.6 (2.8 ~ 12.2)
	2		日齢13で飼育中止		-	7.6 (2.0 ~ 10.2)		
黒色水槽区	1		36	M	1,075	21.5	20.7*2	9.4 (2.4 ~ 12.1)
	2		36	M	996	19.9		9.4 (2.1 ~ 11.7)

*1 Z:ゾエア (3~5の数字は齢期を表す), M:メガロバ

*2 p<0.05で有意差なし

表2 取り上げ時点での幼生の齢期の組成とメガロバの推定生残尾数

試験区	各齢期の組成 (%) *1					
	対照区		攪拌区		黒色水槽区	
	1	2	1	2	1	2
Z1	0	0	0	-	0	0
Z2	0	0	0	-	0	0
Z3	21.1	10.8	20.0	-	0	0
Z4	26.3	43.2	40.0	-	0	0
Z5	42.1	40.5	36.0	-	0	0
M	10.5	5.4	1.0	-	100	100
Mの推定生残尾数*2	39	50	7	-	1,075	996
推定生残率 (%) *3	0.8	1.0	0.1	-	21.5	19.9

*1 取り揚げ時に任意抽出したサンプル中の齢期の割合

*2 取り揚げ尾数に任意抽出したサンプル中のメガロバの割合を乗じて算出

*3 *1を基に推定した尾数から算出した、取り揚げ時点のメガロバの生残率

Z:ゾエア (1~5の数字は齢期を表す), M:メガロバ

表3 ケガニ幼生の各齢期毎の最短到達日数

試験区	水槽	各齢期毎の最短到達日数					
		Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	M
対照区	1	0	8	14	20	27	35
	2	0	8	14	20	27	35
攪拌区	1	0	8	14	18	26	35
	2	0	8	14	-	-	-
黒色水槽区	1	0	8	14	18	24	34
	2	0	8	14	18	24	34

同様に脱皮の遅れや生残率の減少が認められ、攪拌機による幼生への物理的刺激の影響が推察されている⁸⁾。20kℓ水槽でのズワイガニ飼育⁷⁾では、生残率は攪拌機の回転速度が1回転/分より0.5回転/分が高く、すでに実用化されているガザミ量産飼育¹⁰⁾では0.5～1回転/分が適正とされている。本試験では回転速度を1.5回転/分に設定したことから、物理的な刺激がゾエアの発育と生残率に影響した可能性が考えられる。

本試験では、飼育水の機械的攪拌によるゾエアの強制浮上に生残率向上の効果は認められなかった。しかし、ガザミやズワイガニの種苗生産では大量死亡の防止手法として実績があることから、本種においてもゾエアが特に沈降しやすい第4齢期以降での利用効果が期待される。このためには、攪拌機の利用方法や生残に悪影響を与えない回転速度などの把握が必要があり、今後は光条件の制御手法とともにゾエアの沈降防止手法の検討を進めたい。

文 献

- 1) 厚岸事業場 (1982) 種苗生産技術の開発 (ケガニ)。日本栽培漁業協会事業年報 (昭和57年度), 239-242.
- 2) 宮古事業場 (1982) 種苗生産技術の開発 (ケガニ)。日本栽培漁業協会事業年報 (昭和56年度), 196-175.
- 3) 尾身東美・山下幸悦 (1978) 昭和52年度北海道立栽培漁業センター事業報告書, 54-62.
- 4) 成生正彦 (1994) 種苗生産技術の開発 (ケガニ)。日本栽培漁業協会事業年報 (平成8年度), 196-198.
- 5) 神保忠雄 (2003) 冷水性甲殻類の種苗生産技術の開発 (ケガニ)。日本栽培漁業協会事業年報 (平成13年度), 21-24.
- 6) 神保忠雄 (2003) 冷水性甲殻類の種苗生産技術の開発 (ケガニ)。日本栽培漁業協会事業年報 (平成14年度), 19-22.
- 7) ガザミ種苗生産技術の理論と実践 (1997) ガザミ種苗生産研究会編著, 68.
- 8) 小金隆之 (2003) ズワイガニ種苗生産の基礎技術の開発。日本栽培漁業協会事業年報 (平成14年度), 133-136.
- 9) 神保忠雄・浜崎活幸・芦立昌一 (2005) ケガニ幼生の生残, 発育および摂餌に及ぼすアルテミア給餌密度の影響。日水誌, 71, 563-570.
- 10) 小金隆之 (2004) ズワイガニ種苗生産の基礎技術の開発。日本栽培漁業協会事業年報 (平成15年度), 62.

ズワイガニメガロパ幼生の生残率に及ぼす付着基質の有効性

森田 哲男^{*1}・藤本 宏^{*2}・山田 達哉^{*2}

(^{*1} 小浜栽培漁業センター 現 水産庁栽培養殖課, ^{*2} 小浜栽培漁業センター)

ズワイガニ *Chionoecetes opilio* の種苗生産は、1967年から福井水試¹⁾ や山形水試²⁾ で始まり、その後石川県³⁾、鳥取県⁴⁾、兵庫県⁵⁾ の各水試で相次いで取り組まれたが、ゾエアおよびメガロパ期以降に特有の減耗要因^{6,7)} があり、大量生産が困難な魚種の一つとなっている。浮遊生活を送るゾエア期の主な死亡要因は、細菌感染症による斃死や幼生の沈降による共食いであり⁸⁾、これまで、定期的な薬浴による細菌感染症の防除⁹⁾ や攪拌機設置による幼生の沈降防止技術の開発¹⁰⁾ により、ゾエア期の生残率は向上してきた。一方、メガロパ期の飼育では、感染症に変わって遊泳中の共食いが減耗の主原因と考えられるが、近年までゾエア期の生残率が低かったため、十分なメガロパが得られず共食いの防除に関する試験の事例はなかった。

本報では、メガロパ期の共食い防除技術の開発として、数種類の付着基質を設置して、メガロパ幼生の付着状況を比較するとともに、生残率の向上に効果があるかを検証した。

材料と方法

試験は3回行い、試験1では付着基質に対するメガロパ幼生の嗜好性、試験2では付着基質による生残率の向上と稚ガニへの脱皮効果の把握、試験3では大型水槽でのメガロパの生残率向上の効果を検討した。試験は、2006年3

月20日～4月24日に小浜栽培漁業センターで行った。試験期間中の水温は13.1～15.0℃であった。試験に供したメガロパは、甲殻が硬くなりハンドリングの影響が少ないと考えられる脱皮後2～3日を経過した個体を用いた。

試験1 メガロパ幼生の付着基質への嗜好性を比較した。試験水槽には500ℓ透明ポリエチレン水槽1面を用い、日齢38の幼生160尾を收容した。通気はエアーストーンにより行い、通気量は200～400ml/分とした。飼育水には、紫外線殺菌処理 (Flonizer DL; 千代田工販) したろ過海水 (以下、殺菌海水) を用い、換水量は水槽容量の150%/日とした。餌料には無強化のアルテミア幼生を用い、1日1回、50万個体を与えた。アルテミアはふ化後24時間経過したものを殺菌海水で洗浄して給餌した。

付着基質には、180径 (目合い2.7mm) のモジ網 (20cm角。以下、モジ網)、長さ210mmの人工海藻 (エスラン; 栽培漁業機器。以下、エスラン)、直径10cmの人工ろ材 (けまり; ユニチカ。以下、ケマリ) を用いた (写真1)。付着基質の設置位置は、水面下5cm (表層) に各1個、水底と水面の間点 (中層) に各2個および水底 (下層) に各2個の合計15個を設置し (図1)、毎朝11時に付着した個体数を目視で計数した。

試験2 付着基質としてエスランおよびケマリを設置し、基質の差が生残率に与える影響を比較した。試験には30ℓ透明ポリエチレン水槽3面を用い、各槽には日齢42の幼生150尾を收容した。通気はエアーストーンにより



写真1 メガロパの付着基質に用いた各素材の形状

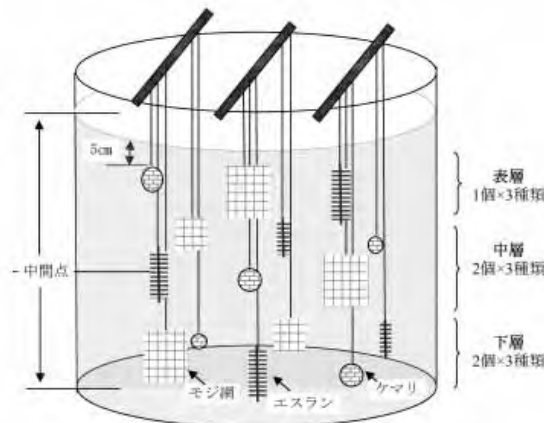


図1 付着基質の設定方法

表1 各試験の飼育結果の概要

試験区	試験開始			試験結果				
	月日 (日齢)	個体数 (個体)	飼育 日数	稚ガニ脱皮 期間 (日齢)	稚ガニ数 (個体)	生残率 (%)	脱皮成功率*1 (%)	
試験1	3/20 (38)	160	15		118 (M) *2	73.8		
試験2	対照区	3/24 (42)	150	36	4/15 - 23 (64-72)	45	30.0	56.3
	エスラン区	3/24 (42)	150	33	4/13 - 21 (62-70)	39	26.0	50.6
	ケマリ区	3/24 (42)	150	36	4/15-28 (64 - 77)	61	40.7	58.1
試験3	3/27 (33)	13,014	29		4,019	30.9		

*1 稚ガニへの脱皮開始日の生残尾数から試験終了までの死亡尾数により算出した

*2 メガロバ (M) での計数結果

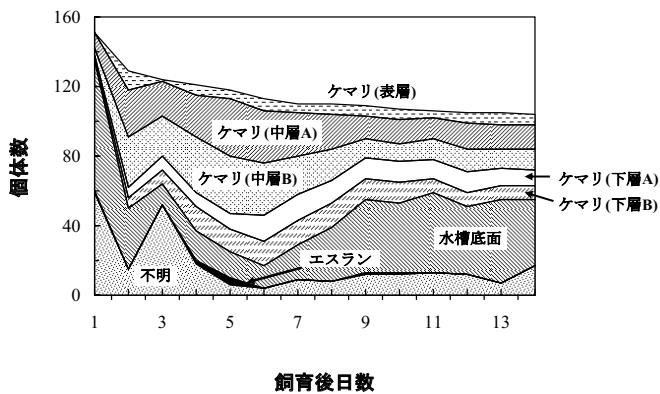


図2 基質（エスランとケマリ）へのメガロパの付着状態（試験1）

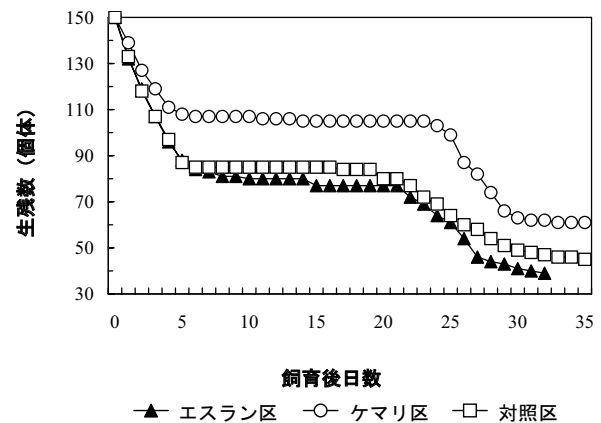


図3 付着基質がメガロパの生残率に及ぼす影響（試験2）

行い、通気量は100～200ml/分とした。飼育水には殺菌海水を用い、1日1回10ℓ量を換水した。餌料には無強化のアルテミア幼生を用い、1日1回、10万個体を与えた。アルテミアはふ化後24時間経過したものを殺菌海水で洗浄して給餌した。

試験区は、エスランまたはケマリを各2個ずつ垂下したエスラン区とケマリ区および付着基質を設置しない対照区を設定した。付着した個体数は毎朝10時に目視で計数した。試験終了時には、稚ガニへの脱皮期間、生残率、脱皮成功率を求めた。稚ガニへの脱皮期間は、稚ガニ出現から全個体の脱皮完了までの日数とした。脱皮成功率は、全稚ガニ数を稚ガニへの脱皮が始まった時点のメガロバ数で除して求めた。

試験3 20kl角型コンクリート水槽を用いて、量産規模での付着基質の効果を確認した。通気はエアストーン5本により行い、通気量は各200～400ml/分になるように調整した。飼育水には殺菌海水を用い、換水量は水槽容量の100～200%/日とした。水槽には攪拌機（攪拌翼；長さ3.0×幅0.3m×2枚）を水槽底部から約20cmの位置に設置し、0.5回転/分で連続攪拌して幼生の沈下を防止した。試験には日齢33の幼生約1.3万尾を用いた。

付着基質は、長さ1,500mmのエスラン（栽培漁業機器）とケマリおよびガザミ用人工海藻（キンラン：川島商事、以下キンラン）を各8個ずつ垂下した。なお、キンランは2つ折りにして使用した。

給餌は1日1回行い、アルテミア幼生、冷凍イサザアミ

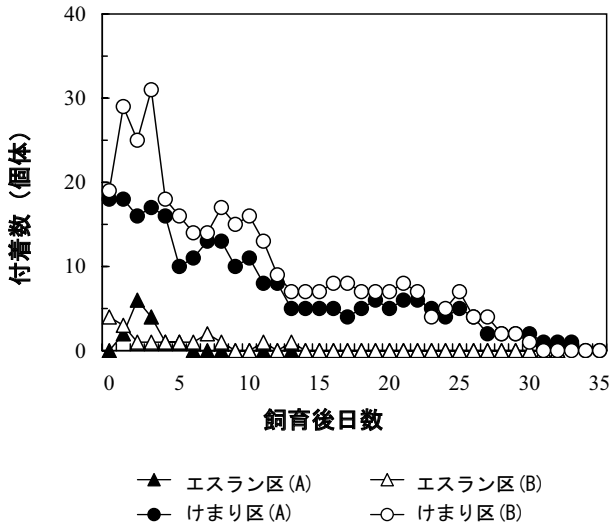


図4 附着基質の材質によるメガロパの附着状況(試験2)

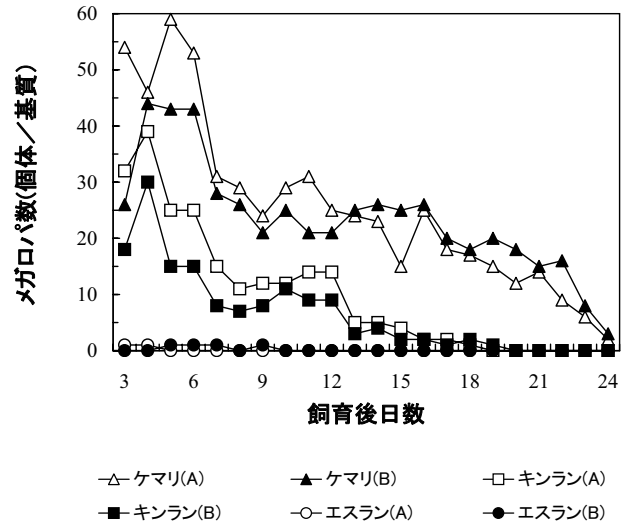


図5 20kℓ水槽に設置した附着基質へのメガロパ附着状況(試験3)

およびズワイガニのふ化ゾエアを残餌が出ない程度給餌した。アルテミア幼生は、水温28℃、30時間でふ化させ、マリンオメガA(添加量2,000ml/kℓ, オリエンタル酵母工業)およびDHAce(添加量80ml/kℓ, オリエンタル酵母工業)で18時間の栄養強化後に給餌した。冷凍イサザアミは0.5～1mmの細片にして与えた。

基質への附着尾数は、毎朝10時に中央部の特定した基質各2個(A, Bと区分)に附着した個体数を目視で計数した。

結果

飼育期間中、各試験とも疾病等による大量減耗は認められなかった。

試験1 飼育試験は15日間行った。生残数は、脱皮直前のメガロパ幼生で118個体(生残率73.8%)であった(表1)。図2にメガロパの基質への附着状況を示した。メガロパ幼生のモジ網への附着は観察されなかった。附着個体数を水深ごとに比較すると、表層ではケマリが1～11個体/個(平均5.4個体/個)、エスランが0個体/個、中層ではそれぞれ4～33個体/個(同18.9個体/個)、0～2個体/個(同0.4個体/個)、下層では1～15個体/個(同10.1個体/個)、0～4個体/個(同0.3個体/個)であり、各層ともケマリへの附着が多かった。

試験2 飼育結果の概要を表1、各試験区の生残状況を図3に示した。稚ガニでの生残率は、ケマリ区(40.7%)>対照区(30.0%)>エスラン区(26.0%)となった。脱皮成功率は、ケマリ区が58.1%と最も高かった。基質

へのメガロパ幼生の附着状況を見ると(図4)、ケマリ区が0～29個体/個(平均8.2個体/個)と、エスラン区の0～6個体/個(同0.5尾個体/個)より顕著に多かった。また、両試験区とも、附着個体は飼育開始11日目までに附着する個体が多い傾向にあり、この期間のケマリ1個あたりの平均附着数は11～31個体であった。

試験3 図5にメガロパ幼生の附着状況を示した。基質はケマリとキンランへの附着が顕著であり、試験開始3～9日後までに多く見られたが、その後は両者とも同様の減少傾向が認められた。附着個体は、ケマリ2～59個体/個(平均24.5個体/個)、キンラン0～39個体/個(同8.3個体/個)であり、エスランへの附着は0～1個体/個(同0.1個体/個)とほとんど認められなかった。

29日間の飼育で稚ガニ4,019尾(生残率30.9%)を取りあげた(表1)。

考察

ズワイガニと同様にメガロパ幼生期があるガザミでは、この期間に懸垂網¹¹⁾やモジ網¹²⁾を設置することで共食いが防止でき、生残率の向上に有効であることが飼育実験で確かめられている。ガザミの種苗生産過程では、モジ網の代用として設置や取り上げ作業が容易なエスランが用いられ、共食いを防止している¹³⁾。ズワイガニの種苗生産においても、メガロパ期の共食い防止が生残率向上には重要であり、附着基質の効果が期待された。

本試験では、ズワイガニのメガロパ幼生が好む附着基質として、エスランよりケマリへの嗜好性が最も強く、

モジ網には付着しないことがわかった(試験1)。また、基質への付着場所は、水槽の下層だけでなく表・中層でも付着していることから、量産水槽では攪拌機による飼育水の循環を妨げない表～中層での垂下が適していると考えられた。飼育経過に伴う付着状況をみると、基質への付着数はメガロバへ脱皮した後の1～2週間が多く、この時期に付着基質を設置することで共食いが防止できる可能性が得られた(試験2)。

大型水槽に付着基質を設置した飼育試験では、稚ガニでの生残率が30.9%とこれまでの最高生残率18.4%¹³⁾より高くなり、メガロバ幼生の初期生残率の向上に効果があったと推察された(試験3)。

これらのことから、メガロバ期の生残率向上に付着基質の設置が有効であり、さらに基質の種類や設置時期も重要であることがわかった。また、今回の試験では、付着効果はケマリで最も優れていたが、ケマリは構造上幼生が中に潜り込むことから取り揚げが難しく、また一般的に普及した素材でもないことから、さらにより簡便な付着基質の探索が必要である。

文 献

- 1) 今 攸(1967)ズワイガニに関する漁業生物学的研究-I, プレゾエア幼生について, 日水誌, **33**, 726-730.
- 2) 山洞 仁(1969)昭和43年度指定調査研究, 底魚資源調査研究, 山形水試, 1-18.
- 3) 皆川哲夫・野村 元(1979)ズワイガニの種苗生産研究, 石川県増試資料15号, 33-37.
- 4) 小林啓二・三木教立・山本栄一・谷口朝宏(1985)ズワイガニ増殖試験, 昭和59年度鳥取栽試報, 100-105.
- 5) 田畑和男・益田恵一・原田和弘(1989)ズワイガニ種苗生産試験, 平成元年度兵庫水試報, 124.
- 6) 小金隆之(2005)ズワイガニを大量生産するための取り組み, おさかな瓦版No.6.
- 7) 今 攸(1981)ズワイガニの幼生飼育に関する現状と問題点, 栽培技研, **10**, 125-136.
- 8) 小金隆之(2003)II-1各事業場において実施した技術開発, 5小浜事業場, 3.ズワイガニ種苗生産の基礎技術の開発. 日本栽培漁業協会事業年報(平成13年度), 126-128.
- 9) 森田哲男, 小金隆之(2005)ズワイガニ種苗生産における飼育水薬浴による細菌数の動態, 栽培漁業センター技報, **3**, 57-60.
- 10) Morita, T., T. Kogane, and K. Hamazaki(2004) The experiments of early hatching of Snow crab and its seed production. 第15回(日中韓)水産研究者協議会.
- 11) 福井県水産試験場(1970)昭和44年指定調査研究総合助成事業, 種苗生産技術研究報告書(ガザミ), 16pp.
- 12) 大分県水産試験場高田分場(1965)昭和39年指定試験研究事業, ガザミ種苗生産研究報告, 39pp.
- 13) ガザミ種苗生産研究会(1997)ガザミ種苗生産技術の理論と実践, 栽培漁業技術シリーズNo3, 72-73.
- 14) 小金隆之(2005)II-1各事業場において実施した技術開発, 5小浜事業場, 3.ズワイガニ種苗生産の基礎技術の開発. 日本栽培漁業協会事業年報(平成15年度), 62-63.

ズワイガニのメガロパ期におけるふ化ゾエアの餌料としての有効性

森田 哲男^{*1}・團 重樹^{*2}・藤本 宏^{*3}・山田 達哉^{*3}

(*1 小浜栽培漁業センター 現 水産庁栽培養殖課, *2 西海区水産研究所石垣支所栽培技術研究室,
*3 小浜栽培漁業センター)

ズワイガニ *Chionoecetes opilio* はクモガニ科の大型カニ類で、グリーンランド西岸域から北米メイン州沿岸、ベーリング海、アリューシャン列島、日本海、朝鮮半島東海岸まで広く分布する¹⁾。本種は、日本海を中心に重要な漁業資源を成しており、本種の漁獲量は1968年から1972年までは4.2～6.2万トンのレベルで推移したが、その後乱獲等により減少し、1982年には1万トン以下となった²⁾。将来の種苗放流による資源増殖を目標にした種苗生産に関する研究は1967年から1989年にかけて日本海に面した数県で開始されてきたが³⁻⁷⁾、1980年に福井県で稚ガニ1,023尾を生産した以外は⁸⁾、種苗の量産に成功した事例はほとんどない。これは、一つには本種の餌料系列、特にゾエア期とメガロパ期の有効な餌料が得られていないことも要因の一つとなっている。

ズワイガニ種苗生産における餌料については、ゾエア期ではn-3HUFAを強化したL型ワムシとアルテミアノープリウス（以下、強化アルテミア）による系列が採用されている⁹⁻¹²⁾。メガロパ期では強化アルテミアと冷凍イサザアミ（以下、アミエビ）を餌料として使用することにより稚ガニまで飼育できることが知られているが¹³⁾、それぞれの餌料の有効性について成長と生残の両面から詳細に評価した事例はほとんどない。そこで、本報告では、これらの餌料に、予備試験で嗜好性がみられたふ化直後のズワイガニゾエア幼生（以下、ふ化ゾエア）を用いた飼育を行い、各生物餌料による成長や生残等を比較検討するとともに、これらの脂肪酸組成比および脂肪酸量、特に成長や生残に不可欠なエイコサペンタエン酸（EPA）やドコサヘキサエン酸（DHA）等の脂肪酸組量を比較した。

材料と方法

試験区の設定 試験区は、ふ化ゾエア（ふ化ゾエア区）、アミエビ（アミエビ区）および強化アルテミア（強化アルテミア区）をそれぞれ単独で与える3試験区を設定した。本飼育試験にはメガロパ脱皮1日目の個体を供試し、全ての個体が稚ガニに到達した段階で試験を終了した。

餌料の由来 餌料用ふ化ゾエアは2005年12月に石川とぎ漁業協同組合（石川県）に水揚げされた抱卵雌ガニ

から得たもので、雌ガニは900ℓ水槽で水温約3℃で養成した。ふ化ゾエアは、雌ガニ養成水槽からのオーバーフローでプランクトンネット（目合い150μm、容量約30ℓ）に採集したものを供した。アミエビは釣り餌用冷凍イサザアミ、アルテミアは北米産を用いた。

飼育方法 試験は小浜栽培漁業センターで2006年3月17日～4月20日（35日間）に実施した。試験には予め500ℓ透明ポリカーボネイト水槽で生産した日齢35のメガロパ幼生（平均甲幅3.22±0.13mm）を用い、メガロパへ脱皮した1日目の個体を試験開始1日目とした。

試験には500ℓ透明ポリカーボネイト水槽を用いた。各試験区の飼育水温は温水循環により14℃を維持し、流量は1回転/日とした。通気は水槽底面の中央部からエアストーン1個で行い、通気量は200～400ml/分とした。また、各水槽とも攪拌機（翼直径1,200mm）を用い、底面から5cm上に設置した回転翼で飼育水を攪拌（1回転/分）してメガロパの沈下を防止した。

餌料は、ふ化ゾエア区では、1,000～10,000個体/日量のふ化ゾエアを給餌した。アミエビ区では、0.5～1mm程度にスライスして水洗いしたイサザアミを0.5～8.0g/日量給餌した。強化アルテミア区では、水温28℃、30時間でふ化させノープリウスをマリンオメガA（添加量2,000ml/ℓ；kℓオリエンタル酵母工業）とDHAce（添加量80ml/ℓ；オリエンタル酵母工業）で18時間の強化後、50～100万個体/日量を給餌した。

餌料の採取と測定方法 各試験区とも試験開始3日目から稚ガニ出現まで、毎日目視により生残個体数を計数した。計数方法は、2.5cm角の格子状に線引きした直径9.2cmの白色板を水槽の下に敷き、格子の中にいるメガロパを計数して求めた。試験開始21日目には、各試験区より60個体を無作為に抽出し乾燥重量を測定した。

試験終了時には、稚ガニへの平均到達日数、生残率、脱皮成功率、甲幅長および乾燥重量を求めた。稚ガニへの平均到達日数は、生残した全ての稚ガニについて、メガロパ脱皮後から稚ガニに脱皮するまでの日数を求め平均値を算出した。生残率は試験期間中にサンプリングした個体数を除外して算出した。脱皮成功率は、試験終了時の稚ガニ生残数を稚ガニへの脱皮が始まった時点のメガロパ生残数で除して求めた。稚ガニの甲幅長の測定は、

表1 各試験区における稚ガニの出現状況

試験区	試験開始 個体数 (個体)	稚ガニ出現結果					
		飼育 日数	出現数 (個体)	平均到達日数 (日)	平均甲幅長* ¹ (mm)	生残率* ² (%)	脱皮成功率* ³ (%)
ふ化ゾエア区	300	33	161	24.3	3.35 ± 016 ^a	67.1	88.5
アミエビ区	300	32	81	27.6	3.19 ± 012 ^b	33.8	81.8
強化アルテミア区	300	32	111	25.2	2.94 ± 021 ^c	46.3	71.2

*1 平均値±標準偏差

*2 試験開始21日後(日齢52)でサンプリングした60個体は除外して計算した

*3 稚ガニへの脱皮開始日の生残個体数から試験終了までの死亡個体数により算出した異なる英字は試験区間の有意差を示す(多重比較, Sheffe法, a>b>c, p<0.05)

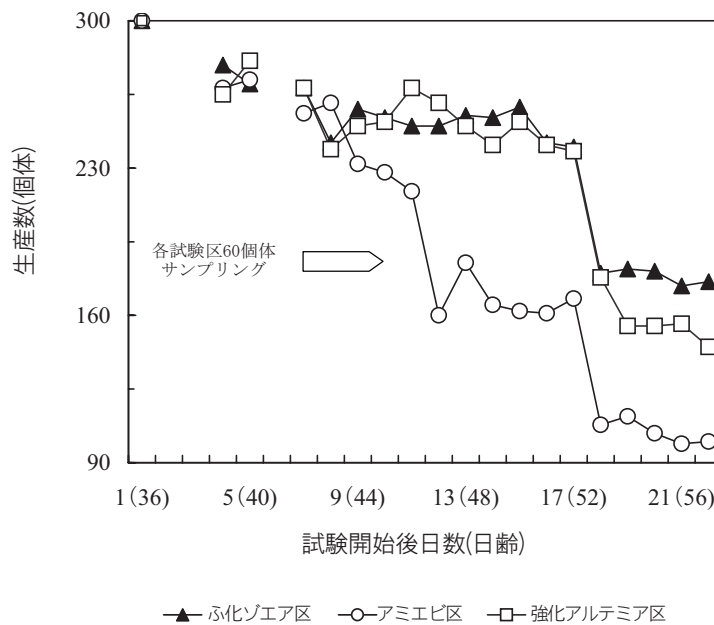


図1 各試験区の生残個体数の推移

稚ガニに脱皮翌日の30個体について行った。乾燥重量の測定は、飼育開始前と試験開始21日目のメガロパおよび稚ガニで行い、それぞれ1ロット20～50個体×3回について60℃で24時間の乾燥後に計量し、1個体当りの乾燥重量を求めた。

栄養分析 本試験に用いた餌料の主な脂肪酸組成比と脂肪酸量を西水研石垣支所栽培技術研究室で分析した。分析に供した各餌料は試験開始1日目の給餌直前のものを採集し、淡水で洗浄した後、水分を十分に切って-80℃で凍結保存して後日分析に供した。粗脂肪含量の測定はFolch et al. 14) のクロロホルム・メタノール(2:1, v/v)法に従った。脂肪酸組成分析では、脂肪酸を三フッ化ホウ素-メタノール法によりメチル誘導体化し、得られた

脂肪酸メチルエステルについて水素塩イオン化検出器を接続したガスクロマトグラフ(GC-17A; 島津製作所)に供した。カラムにはSUPELLOWAX10(30m×0.25mm×0.25μm; SUPELCO)を用い、分析条件としてスプリット比20:1、カラム温度175℃～225℃(昇温1℃/min)、注入口温度250℃、検出器温度270℃、キャリアーガスはヘリウム(1.3ml/min)を採用した。各脂肪酸メチルエステルの同定は標準試料との比較で行った。分析結果は、クロマトパック(C-R8A; 島津製作所)にて電算処理した。

統計処理 甲幅長の有意差の検定は、一元配置の分散分析で有意差が認められた場合に限り、多重比較検定(Sheffe法)を用いて行った(有意水準, 5%)。

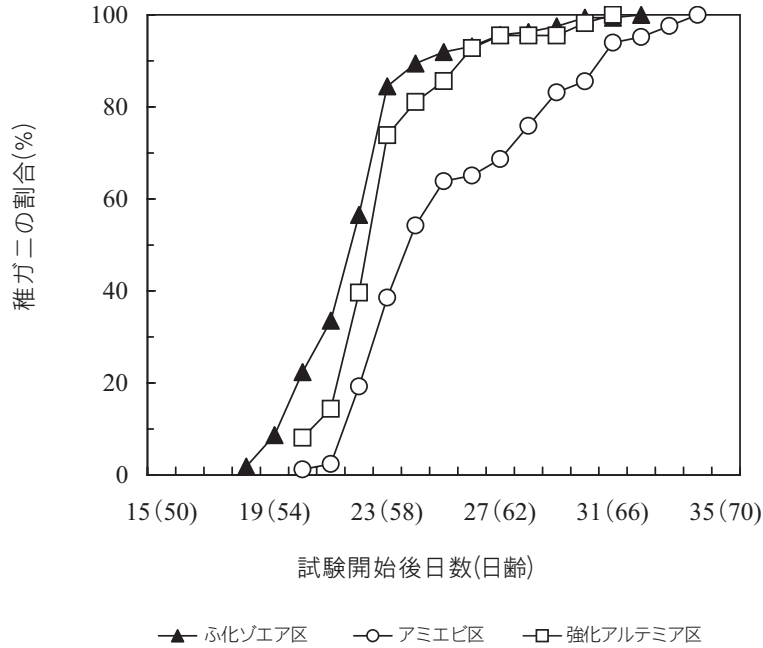


図2 各試験区の稚ガニの累積出現割合

表2 各試験区のメガロパおよび稚ガニの乾燥重量

試験区	1個体あたりの乾燥重量 (平均値±標準偏差, mg)		
	メガロパ		稚ガニ
	試験開始前	試験開始 21 日後	
ふ化ゾエア区	0.75 ± 0.08	1.47 ± 0.15	3.04 ± 0.30
アミエビ区	0.75 ± 0.08	1.41 ± 0.14	2.74 ± 0.27
強化アルテミア区	0.75 ± 0.08	1.39 ± 0.14	2.56 ± 0.26

結果

表1に試験結果の概要を示した。試験終了時の稚ガニの生残率は、ふ化ゾエア区 (67.1%) > 強化アルテミア区 (46.3%) > アミエビ区 (33.8%) となった。ふ化ゾエア区と強化アルテミア区では試験開始から1～2週間の急激な減耗は認められなかったが、アミエビ区では試験開始12日目 (日齢47) からの死亡個体が増加した。稚ガニへの脱皮個体が観察された試験開始20日目 (日齢54) からはいずれの試験区でも大きな減耗が見られ、アミエビ区で最も顕著であった (図1)。出現した稚ガニの累積数の割合を図2に示した。ふ化ゾエア区と強化アルテミア区では同様の出現傾向を示したが、稚ガニへの平均到達日数はふ化ゾエア区が0.9日早かった。稚ガニへの到達はアミエビ区が最も遅く、平均到達日数は、ふ化ゾエア区と強化アルテミア区より4～5日遅れた。

甲幅長と乾燥重量 稚ガニの平均甲幅長 (±標準偏差) は、ふ化ゾエア区 (3.35±0.16mm) > アミエビ区 (3.19±0.12mm) > 強化アルテミア区 (2.94±0.21mm) となり、ふ化ゾエア区が他2区よりも有意に大きくなった (表1)。乾燥重量は、メガロパ (試験開始21日目) では、ふ化ゾエア区 (1.47±0.15mg) > アミエビ区 (1.41±0.14mg) > 強化アルテミア区 (1.39±0.14 mg) となった。稚ガニでは、ふ化ゾエア区 (3.04±0.30mg) > アミエビ区 (2.74±0.27mg) > 強化アルテミア区 (2.56±0.26mg) となり、ふ化ゾエア区が最も重かった (表2)。稚ガニの乾燥重量を比較するため、強化アルテミア区を100とした相対重量を図3に示した。メガロパ期 (試験開始21日目) では、強化アルテミア区とふ化ゾエア区の相対重量の差は1.06倍であったが、稚ガニ期では1.19倍にまで広がった。

栄養分析 各生物餌料の主な脂肪酸組成分析結果を表3に示した。脂肪酸組成ではEPA (20:5n-3) 比はアミエビ

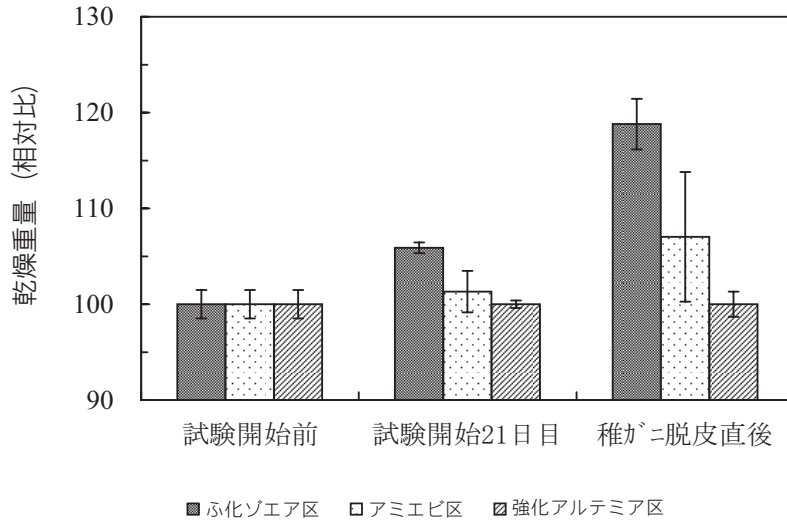


図3 各試験区のメガロパおよび稚ガニの乾燥重量
強化アルテミア区を100として表示した

表3 飼育試験に供した生物餌料のEPA, DHAおよびn-3HUFAの分析結果

餌料の脂肪酸組成 (% dry base)	ふ化ゾエア (%)	アミエビ (%)	強化アルテミア (%)
20:5n-3(EPA)	14.86	23.85	9.26
22:6n-3(DHA)	8.16	5.55	9.16
n-3HUFA*1	23.49	29.40	20.22

*1 n-3HUFAは (20:3n-3+20:4n-3+EPA(20:5n-3)+DPA(22:5n-3)+DHA(22:6n-3)の合計値を示す

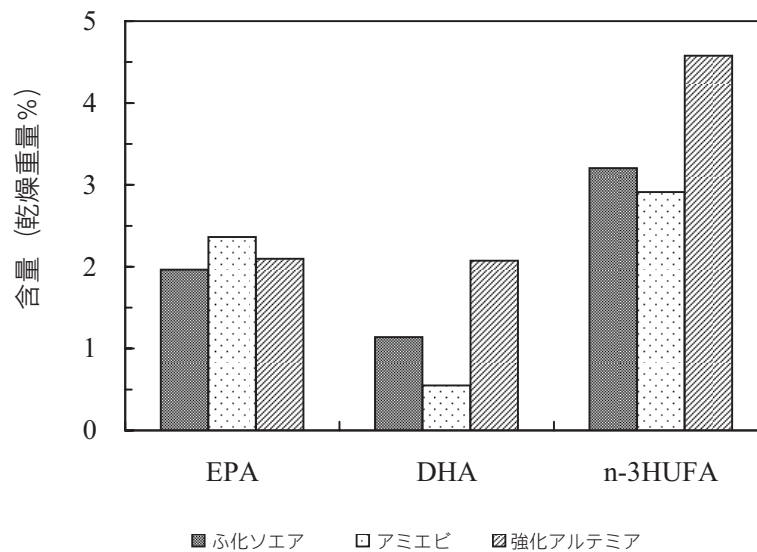


図4 各生物餌料のEPA, DHAおよびn-3HUFA含量

で顕著に高くなったが、DHA (22:6n-3) 比は逆に他2区より低かった。各餌料の含有量を比較すると、EPA含量は各試験区間で顕著な差はなく、DHAおよびn-3HUFA含量は強化アルテミア>ふ化ゾエア>アミエビの順に高くなった (図4)。

考 察

ズワイガニのメガロバ期の餌料に関しては、他の甲殻類の餌料系列に準じて用いており、適正な餌料の探索はこれまで実施されていない。今回行ったズワイガニのふ化ゾエア、アミエビおよび強化アルテミアの生物餌料を用いた試験では、ふ化ゾエアを与えた試験区で生残率、脱皮成功率、成長および稚ガニへの平均到達日数がともに最も好成績が得られた。一方、アミエビのみを与えた試験区ではふ化ゾエア給餌より成長、生残等が劣り、単独給餌には問題があることが分かった。

甲殻類の幼生期の成長や脱皮は、脂肪酸の含量や組成比が大きく関与することが知られており¹⁵⁾、その中でEPAやDHAを中心としたn-3HUFA含量が重要であることがズワイガニで知られている*。今回用いた餌料の分析結果では、EPA含量は3種類の餌料間で差はほとんどなかったが、餌料の質をn-3HUFA含量で評価した場合、栄養強化した強化アルテミアが最も優れていた。また、アミエビはEPA量が多いものの、DHA量は他の餌料より少ないことが分かった。

しかし、今回の飼育試験では、n-3HUFA含量が強化アルテミア区よりも低いふ化ゾエア区の飼育成績が最も良好であった。この原因は強化アルテミアでは栄養強化後の時間経過に伴って脂肪酸含量が低下したためと考えられ、メガロバは強化レベルが低いアルテミアを捕食している可能性が考えられた。今後は、飼育水槽中での強化アルテミアのn-3HUFAの減少等を調査するとともに、ふ化ゾエアについても市販の脂肪酸強化剤による栄養強化の可能性と、n-3HUFA含量の増加が飼育成績に反映するかの検討が必要である。

文 献

- 1) 三宅貞祥 (1983) 原色日本大型甲殻類図鑑 (II)。保育社、大阪、pp.31.
- 2) 青山恒雄 (1980) 底魚資源。恒星社厚生閣、東京、pp.237.
- 3) 今 攸 (1980) ズワイガニ *Chionoecetes opilio* (O. FABRICIUS) の生活史に関する研究。新潟大学理学部付属佐渡臨海実験所特別報告第2集、1-64.
- 4) 伊藤勝千代 (1967) 日本海におけるズワイガニの生態に関する研究-I、初産卵時期と初産群から経産群への添加過程について。日水研報、17、67-84.
- 5) 桑原昭彦・篠田正俊・山崎 淳・遠藤 進 (1995) 日本海西部海域におけるズワイガニの資源管理。水産研究叢書、22-33.
- 6) 農林水産省統計情報部 (1966-2002) 漁業・養殖業生産統計年報。
- 7) 今 攸 (1981) ズワイガニの幼生飼育に関する現状と問題点。栽培技研、10、125-136.
- 8) 今 攸 (1967) ズワイガニに関する漁業生物学的研究-I、プレゾエア幼生について。日水誌、33、726-730.
- 9) 皆川哲夫・野村 元 (1979) ズワイガニの種苗生産研究。石川県増試資料15号、33-37.
- 10) 野上欣也 (1989) ズワイガニ。日裁協年報、平成8年度、220-240.
- 11) 原田和弘・安信秀樹・山本 勉 (1999) ズワイガニ種苗生産研究。平成9年度兵庫水試事報、47-48.
- 12) 原田和弘・山本 勉 (2006) ズワイガニゾエア2期の生残に及ぼす餌料種類の影響。水産増殖、54、227-228.
- 13) 小金貴之 (2002) 3ズワイガニ種苗生産の基礎技術の開発。日裁協年報、平成14年度、133-137.
- 14) Folch, J., M. Lees, and G.H. Stanley (1957) A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J. Biol. Chem.*, 226, 497-509.
- 15) 竹内俊郎・佐藤敦一・関谷幸生・清水智仁・渡邊武 (1999) ガザミ幼生の脱皮率に及ぼすEPAとDHAの影響。日水誌、65、998-1004.

*小金ら、未発表

シオミズツボワムシの高密度輸送試験の実施状況 (2001 ~ 2005 年)

小磯 雅彦^{*1}・島 康洋^{*1}・桑田 博^{*2}

(*1 能登島栽培漁業センター, *2 業務企画部)

従来, ワムシ大量培養で密度の急減や培養不調が生じ, 飼育への供給量が不足した場合には, 近隣の栽培漁業センターから活魚トラックや0.5 ~ 1.0klの輸送用水槽を積んだトラックを用いてワムシを大量輸送してきた。しかしながら, ワムシの大量輸送は, 大掛かりな輸送設備を伴うため多大な労力と経費がかかり栽培漁業センターとしては負担が大きかった。

ワムシの大量輸送を安価で迅速に長距離を安定した品質で行うことができれば, 飼育への供給量不足が生じた際に速やかに対応することができると考えられる。さらに, 億単位のワムシを宅配で入手することで, これまで年間を通じて行っているワムシの元種の維持培養や, 大量培養前に行う拡大培養を省くことができるなど, 各栽培漁業センターのワムシ生産に係わる作業と経費の軽減に貢献できると考えられる。

能登島栽培漁業センターでは, ワムシの大量輸送に関する技術開発を進めてきた結果, 低水温に強いL型ワムシ *Brachionus plicatilis*¹⁾ を宅配便で輸送できる大きさのダンボール箱1個に億単位で梱包して冷蔵宅配する“高密度輸送法”²⁾ を2001年に開発し, 輸送試験を開始した。本報告では, 2001 ~ 2005年度の5年間における高密度輸送試験の実施状況をとりまとめ, 輸送ワムシ数や輸送日数が到着時の生残に及ぼす影響について検討した。

材料と方法

供試ワムシ 高密度輸送には, 25kl水槽を用いて水温20°C, 塩分20psuの希釈海水(以下, 希釈海水)で粗放連続培養法³⁾により生産したL型ワムシ(小浜株:携卵個体の背甲長(平均±標準偏差)=238±15μm)を用いた。

高密度輸送法の手順 L型ワムシ(以下, ワムシ)の収穫から輸送までの手順を以下に示す。①輸送予定数のワムシを培養槽から収穫し, 希釈海水で十分に洗浄してワムシ以外の懸濁物を除去する。②ワムシを酸素飽和状態とした約10°Cの冷却希釈海水で急冷する。③冷却後にワムシ濃縮液を容量9.5l(1mlあたり数万単位)に調整した後, この濃縮液を一部採取してワムシ密度を計数し, 予定数のワムシが収穫されたことを確認する。④濃縮液を27×27×4cmの輸送用容器(サンライト2000NT;ポ

ルテックス)18個に約500mlずつ入れ, 食品梱包用器機(Model ST-FLL; エーシンパック工業)により容器上部を専用のフィルムで密封する。なお, 密封作業は容器内に酸素を注入しながら進める。⑤ワムシ濃縮液を封入した輸送容器をダンボール箱(52×29×39cm)1個に詰めて5°Cの冷蔵宅配便で輸送する。

高密度輸送試験の評価 輸送先の機関に, 事前に調査項目や推奨する計数方法を記述した記録用紙を送付し, 到着時のワムシ濃縮液の水温測定ならびに生残ワムシ数の計数を依頼した。推奨する計数方法とは, ワムシ濃縮液が入っている輸送用容器を攪拌した後に, ワムシ濃縮液を2ml採取して海水500mlを入れたビーカーに移し入れ, 2時間放置してからこのビーカーから0.5mlを取り出し, ワムシ計数を行う方法である。なお, 計数は5回繰り返しその平均値から生残ワムシの総数を推定した。

輸送ワムシ数と生残率の関係 高密度輸送では, 1回あたり5 ~ 12億個体のワムシを同一水量に濃縮して輸送している。このため, 輸送時のワムシ密度は輸送事例によってそれぞれ異なっている。具体的に示すと, 1箱あたりの輸送ワムシ数が5億個体の場合には濃縮液のワムシ密度は5.3万個体/mlで, 10億個体では10.5万個体/mlとなる。そこで輸送ワムシ数が輸送時の生残に与える影響を明らかにするため, 輸送にかかる日数が1日以内のデータを収集し, 輸送ワムシ数の範囲が5 ~ 8億個体(5億個体以上8億個体未満), 8 ~ 10億個体, 10 ~ 12億個体の3段階に分けて生残率を比較した。なお, 本来ならば輸送ワムシ密度で比較するべきであるが, 1箱あたりの輸送ワムシ数の方がより実用的で理解しやすいと考えられるため, 今回は1箱あたりの輸送ワムシ数で比較検討した。なお, 平均値の差の検定にはScheffe's検定を用い, 有意水準5%で行った。

輸送日数と生残率の関係 能登島栽培漁業センターから宅配便を利用して, 高密度輸送を行う場合, その輸送にかかる日数は, 本州と九州の大部分は1日以内, 青森県以北ならびに長崎県と宮崎県以南は2日以上かかり, 鹿児島県奄美大島(水産総合研究センター奄美栽培漁業センター)へは3日を要する。そこで, 輸送にかかる日数が輸送時の生残に与える影響を明らかにするため, 輸送ワムシ数が5 ~ 8億個体/箱のデータのみを収集し, 輸送

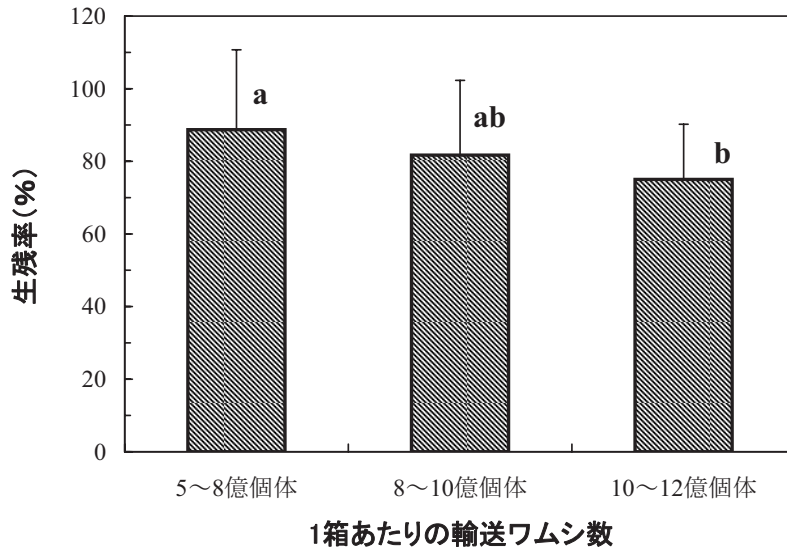


図1 高密度輸送で異なる輸送ワムシ数での生残率の比較
(Scheffe's検定, $p < 0.05$, $a > b$)

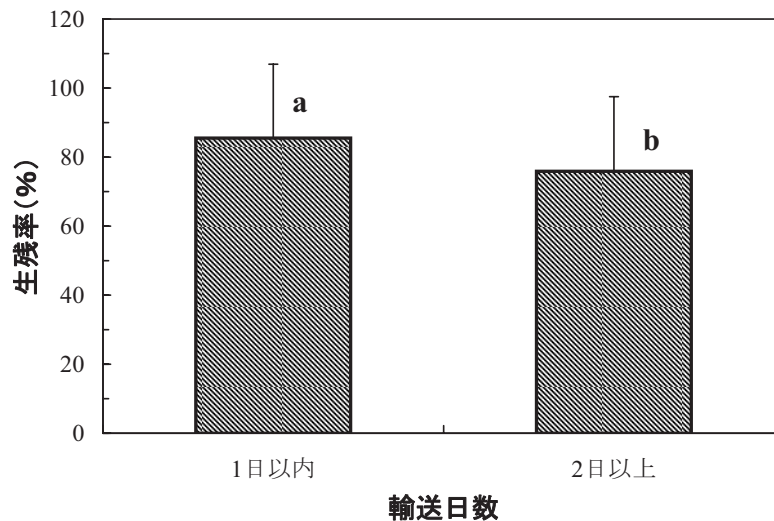


図2 高密度輸送で輸送日数が1日以内と2日以上での生残率の比較
(Mann-Whitney's U検定, $p < 0.05$, $a > b$)

にかかる日数を1日以内と2日以上に分けて、それぞれの生残率を比較した。なお、平均値の差の検定にはMann-Whitney's U検定を用い、有意水準5%で行った。

結果と考察

2001～2005年度の高密度輸送試験の実施状況

年度別の高密度輸送試験の結果の概要を表1に示した。利用機関数と輸送回数は、2001年度には25機関で75回であったが、年度ごとに増加して2005年度には47機関で

153回となった。

輸送先は、水産総合研究センターの栽培漁業関係機関、都道府県の栽培漁業関係機関ならびに大学などの広範囲に及び、2005年度には水産総合研究センターと都道府県の栽培漁業センターの合計80機関の内、43機関（53.8%）へ配布した。このことから、高密度輸送は多くの栽培漁業関係機関のワムシ培養や種苗生産に大きく貢献していることが示された。総輸送ワムシ数は2001年度には538.4億個体であったが、2005年度には858.3億個体に達した。輸送における生残率は、30%近くまで低下する事

表1 年度別のL型ワムシの高密度輸送試験結果の概要

年 度	利用 ^{*1} 機関数	輸送 回数	輸送 ワムシ数 (億個体)	到着時 ワムシ数 (億個体)	生残率 ^{*2} (%)	輸送ワムシ数の内訳 (%)		
						水研関係	県関係	大学, その他
2001	25	75	538.4	409.2	76.0	38.7	56.0	5.3
2002	37	95	611.7	479.0	78.3	57.9	36.8	5.3
2003	39	98	560.1	403.7	72.1	24.5	68.4	7.1
2004	40	113	621.3	499.7	80.4	16.8	80.5	2.7
2005	47	153	858.3	788.1	91.8	34.6	61.4	3.9

*1：利用機関数は高密度輸送を1回でも利用した機関の数

*2：生残率は、(到着時のワムシ数) / (輸送前のワムシ数) × 100 で求めた

例も認められたが、平均すると2003年度までは70%台で、2004年度には80.4%、2005年には91.8%と年々向上した。高密度輸送の生残率が向上した理由については、ワムシの培養法である粗放連続培養法において、培養日数を30日以内としたことで、安定した品質のワムシで高密度輸送が行えたことや、1箱あたりの輸送ワムシ数を極力10億個体以下に抑えたこと(“輸送ワムシ数と生残率の関係”を参照)等が挙げられる。また、輸送先の機関に推奨する計数方法を普及させ、到着後のワムシ計数の精度を高めたことも間接的に作用していると考えられる。

2005年度の輸送事例を用途別に分けると、種苗生産期間の開始時の接種株としての計画的な利用が60件(39.2%)、種苗生産途中の培養不調に伴う緊急的な利用が93件(60.8%)であった。なお、到着時の水温については、多くは5～10℃の範囲内であったが、一部20℃を超える場合があり、このような輸送では半数以上のワムシが死亡する事例も認められた。

輸送ワムシ数と生残率の関係 1箱あたりの輸送ワムシ数と生残率の関係を図1に示した。生残率(平均値±標準偏差)は、1箱あたりの輸送ワムシ数が5～8億個体では88.7±22.0% (n=115)、8～10億個体では81.7±20.6% (n=51)、10～12億個体では75.0±15.2% (n=18) となり、5～8億個体と10～12億個体の間で有意差が認められた(p<0.05)。このことから、輸送ワムシ数の増加に伴い生残率は低下するが、輸送日数が1日以内の輸送の場合、1箱あたり10億個体以下での輸送が適していると考えられた。

輸送日数と生残率の関係 輸送日数が1日以内と2日以上でのそれぞれの生残率を図2に示した。生残率(平均±標準偏差)は、輸送日数が1日以内では85.5±21.4% (n=186)、2日以上では75.9±21.6% (n=164) となり、1日以内で有意に高くなった(p<0.05)。なお、輸送

に3日を要する奄美栽培漁業センターでの生残率は59.1±14.3% (n=8) であった。これらのことから、輸送日数の増加に伴い生残率は低下するが、ほぼ70%以上の生残率で日本全国に輸送できることが示された。

今後の課題 ワムシの高密度輸送を活用することにより、各栽培漁業センターでの元種の維持培養や拡大培養などのワムシに係わる作業と経費を大幅に削減できる。また、培養不調で供給量不足が生じた時にも迅速に対応できるなど、利用価値が高いことから、今後も必要性は高まると考えられる。しかし、ますます高まるニーズに対応するためには、処理方法や容器の改善などに取り組み、現行の高密度輸送技術をさらに高度化する必要がある。一方、ワムシ輸送で注意すべき点として、ワムシを介しての疾病伝播の問題が挙げられる。当センターでは、培養水の紫外線殺菌処理や収穫したワムシの洗浄などは行っているものの、これだけではワムシを介しての疾病伝播を完全に防除することはできない。そのため、さらに防疫面を強化した消毒ワムシ卵の生産、保存ならびに輸送技術¹⁾についても開発を進めている。また、現在はL型ワムシのみの輸送にとどまっているが、S型ワムシやSS型ワムシについても輸送を試みる予定である。今後、高密度輸送技術の進歩により、あらゆる要求に応じて様々なワムシを輸送できる体制が整えば、定期的に輸送されるワムシのみで種苗生産を行うことも可能となり、栽培漁業センター間での業務分担も実現可能になると考えられる。

文 献

- 1) LUBZENS, L., G. KOLODNY, B. PERRY, N. GALAI, R. SHESHINSKI, and Y. WAX (1990) Factors affecting survival of rotifers (*Brachionus*

- plicatilis* O. F. Mller) at 4 °C. *Aquaculture*, **91**, 23-47.
- 2) 桑田 博 (2001) シオミズツボワムシの高密度宅配. 養殖, **4**, 76-79.
 - 3) 桑田 博 (2001) 日裁協におけるワムシ大量培養 技術開発の取り組み. ミニシンポジウム ワムシ大量培養法の進展とその現状. 日水誌, **67**, 1140-1141.
 - 4) 小磯雅彦・手塚信弘・桑田 博・渡辺研一 (2006) 消毒したシオミズツボワムシ複相単性生殖卵の短期冷蔵保存. 日水誌, **72**, 239-240.

宮津栽培漁業センターにおけるワムシの粗放連続培養法の 適正な収穫率の検討

渡辺 税・升間 主計・中川 亨・竹内 宏行・町田 雅春

(宮津栽培漁業センター)

ワムシ類の培養技術は、伊藤¹⁾による海水馴致の成功から40数年の間に、多くの基礎的な研究に加え、全国の各種苗生産機関が実施した数多くのワムシ培養事例の積み重ねによって進展してきている。中でも、培養環境制御において科学的な理論で裏付けされた 10^4 / mlオーダーでの高密度培養法^{2, 3)}と、給餌量で増殖を制御するという生態学的研究に用いられてきたケモスタット式を採用して、培養槽内の環境を連続的な注水と収穫で維持させる連続培養法^{4, 5)}の開発は、培養の安定性の向上に大きく貢献した。

宮津栽培漁業センターでは、ワムシ培養の安定性を高めるために、1998年から培養法をそれまでの間引き式から粗放連続培養に変更してシオミズツボワムシ *Brachionus plicatilis* の生産を行っている。その結果、期待通りの増殖率で1カ月以上の長期間にわたり安定培養ができた事例もあるが、一部、そうでない事例も認められた。当センターにおける粗放連続培養法は、水温や塩分および給餌量等の培養条件はほぼ同じであったが、収穫率だけがやや異なっていた。収穫率の決定は連続培養の運転条件の中でも重要な部分である⁶⁾ことから、収穫率の違いが培養の成否に関与している可能性が考えられた。このため、当センターでの粗放連続培養事例から、収穫率が異なる培養事例を示し、それぞれの日間増殖率や餌料コストを比較して、収穫率の違いが培養結果に及ぼす影響を検討した。

材料と方法

ワムシは、能登島栽培漁業センターから譲与されたL型ワムシ小浜株（以下、ワムシ）を用いた。培養は、角形25kℓコンクリート水槽2面を用いて培養槽と収穫槽を設け、紫外線殺菌処理したろ過海水と水道水を混合して70%希釈海水（海水：淡水=7：3）を作り、22～23℃に加温した。餌料は、市販の濃縮淡水クロレラ（FG600；日清サイエンス。以下、クロレラ）を用い、100ℓ水槽にクロレラ15～20ℓと水道水を入れて計100ℓとし、定量ポンプを用いて24時間の連続給餌を行った。なお、気

温が高い時期には水槽内に氷を入れて、クロレラの品質劣化を防止した。

当センターでの粗放連続培養法は、まず、搬入したワムシを培養槽に収容し、ワムシ密度が200個体/mlに達するまでは止水状態で拡大培養した⁵⁾。その後、培養槽への注水を開始して、培養槽と収穫槽を連結しているカラナインホース（直径25mm）でサイホン式により同量を収穫槽へ移送して収穫した。収穫率は、通常は30～40%の範囲としたが、生産量が過剰となった場合には30%以下に抑えた。懸濁物の除去は100cm×85cmのエアーフィルター（バイリンフィルター；東洋紡カンキョウテクノ）を6枚用い、毎日交換した。また、1日1回多孔質物質（ロイヤルスーパーグリーン；グリーンカルチャア）を25kℓ水槽に1～2kgを散布して堆積物による底面の環境悪化の防止を図った。培養槽への通気は、水槽の四隅に塩ビパイプ（直径13mm, 150cm）を設置したエアブロック方式とし、強通気で行った。さらに、酸素ガス発生装置（酸気社）による通気（8.6ℓ/分）を併用した。なお、収穫槽では、培養槽と同じ方式で弱通気とし懸濁物を沈澱させた。

培養槽、収穫槽内のワムシ密度は毎日朝7時に培養水1mlを時計皿に取り、ルゴール液で固定した後、実体顕微鏡（ニコン）を用いて計数した。計数は3回繰り返し平均値を求めた。また、収穫水量を測定し、培養水量で除して前日からの収穫率とした。日間増殖率は、（当日の総増加数）／（前日の収穫後の総ワムシ数）×100で求め、1億個体生産に要する餌料費は、クロレラ単価を525円/ℓとして培養期間中の{総クロレラ経費(円)}／{総収穫数(億個体)}で算出した。

結果と考察

当センターでの粗放連続培養法の事例の中から、培養水量19.0～19.5kℓ、培養水温21.7～23.0℃およびワムシ密度293～341個体/mlの培養条件で、平均収穫率が31%と40%の通常的事例と、生産量調整のため26%と28%に低下した事例をそれぞれ表1に示した。なお、各

表1 宮津栽培漁業センターにおける収穫率の違いによるL型ワムシ小浜株の粗放連続培養結果

	平均収穫率 (%)	培養水量*1 (kl)	培養日数 (日)	培養水温 (°C)	ワムシ密度 (個体/ml)	日間増殖率 (%)	総収穫数 (億個体)	総クロレラ量 (ℓ)	餌料費*2 (円/億個体)
通常の収穫率 1	31	19.0	24	21.7 ± 0.1	293 ± 51	41.5 ± 27.7	414	360	456
2	40	19.0	36	22.0 ± 0.2	308 ± 41	53.3 ± 19.1	843	710	442
低い収穫率 1	26	19.5	49	23.0	341 ± 56	31.4 ± 14.4	847	852	528
2	28	19.5	31	23.0	303 ± 38	32.5 ± 20.4	513	521	533

*1 培養水量は拡大培養終了後の生産培養期の水量を示した

*2 1億個体生産に要する餌料費は、クロレラ単価を525円/ℓとして、{総クロレラ経費(円)} / {総収穫数(億個体)}で求めた水温、ワムシ密度、日間増殖率は平均値±標準偏差で示した

事例で培養日数が24～49日間と異なったが、これは飼育への供給期間が異なったためである。

日間増殖率は、収穫率が通常の事例では41.5%と53.3%であったが、低い事例では31.4%と32.5%と共に低かった(表1)。また、1億個体生産に要する餌料費は、通常の事例では456円と442円であったが、低い事例では528円と533円と共に高かった(表1)。

粗放連続培養法での収穫率は、ケモスタット式の給餌により培養槽のワムシが制限増殖した分量を収穫する様に設定しなければならない。収穫率が高すぎる場合には、培養槽のワムシ密度が急減するいわゆるwash out現象が起こり、逆に低すぎる場合には、培養槽のワムシ密度の上昇に伴う飢餓や培養槽の環境悪化等により増殖率の低下が起こることが危惧されている⁶⁾。収穫率が26%や28%に低下した事例では、上記のような増殖阻害要因が発生したことで、通常の収穫率の事例に比べ、日間増殖率の低下や1億個体生産に要する餌料費が高くなり、さらに増殖率の低下によりワムシ個体群の日齢組成が高齢化して、ワムシの品質も低下したと考えられる。

これらのことから、当センターでの粗放連続培養法において、収穫率を30%以下に低下させることは培養上様々な問題を引き起こすため、好ましくないと考えられる。また、生産量調整の対策としても、日間増殖率が低下することで生産量は抑えられるが、その代償が大きいため不相当であると考えられる。一方、通常の培養事例を比較すると、収穫率40%の事例の方が、収穫率31%の事例よりも日間増殖率や1億個体生産に要する餌料費が優れていた(表1)。このことから、当センターにおいては、収穫率40%がより適正な収穫率であると考えられる。

今後、さらに様々な収穫率での培養事例を比較検討して、当センターの培養条件での適正な収穫率を把握する必要がある。また、ワムシの供給量は仔魚の生残や成長段階等により大きく変化するため、ワムシ生産における

経費や労力の無駄を省くためには、生産量調整は必要な技術である。今回の結果から、これまで行ってきた収穫率を低下する手法は不相当であると示されたことから、新たな生産量調整法についての検討が必要である。

文 献

- 1) 伊藤 隆 (1960) 輪虫の海水培養と保存について、三重大紀要, 3, 708-740.
- 2) 吉村研治・宮本義次・中村俊政 (1992) 濃縮淡水クロレラ給餌によるワムシの高密度大量培養. 栽培技研, 21, 1-6.
- 3) 吉村研治・岩田 剛・田中賢二・北島 力・石崎文彬 (1995) 非解離アンモニア抑制のためのpH制御によるシオミズツボワムシの高密度培養. 日本水誌, 61, 602-607.
- 4) FU, Y., A. HADA, T. YAMASHITA, Y. YOSHIDA, A. HINO (1997) Development of a continuous culture system for stable mass production of the marine rotifer *Brachionus plicatilis*. *Hydrobiologia*, 358, 145-151.
- 5) 桑田 博 (2000) 3-2粗放連続培養. 海産ワムシ類の培養ガイドブック, 栽培漁業技術シリーズNo.6, 日本栽培漁業協会, 東京, 92-107.
- 6) 山下貴示 (2000) 3-1装置連続培養. 海産ワムシ類の培養ガイドブック, 栽培漁業技術シリーズNo.6, 日本栽培漁業協会, 東京, 81-92.

宮古魚市場に水揚げされた沿岸性メバル属魚類の 年および季節変動

野田 勉^{*1}・中川 雅弘^{*2}・熊谷 厚志^{*1}

(*1 宮古栽培漁業センター, *2 五島栽培漁業センター)

メバル属魚類は北太平洋を中心に分布し、全世界でおよそ100種、日本沿岸にはおよそ30種が生息し¹⁾、多くは漁業および遊漁の対象である。また、定着性が強いことや魚価も比較的高いことから重要な栽培漁業の対象種で、これまでにメバル *Sebastes inermis*、ムラソイ *S. pachycephalus*、クロソイ *S. schlegeli*、ウスメバル *S. thompsoni*、キツネメバル *S. vulpes* およびタケノコメバル *S. oblongus* が種苗放流されている²⁾。宮古栽培漁業センターでは、岩手県沿岸の宮古湾でクロソイの放流試験を1999年から実施し、漁獲量の増加や30～45%の混獲率といった明確な放流効果が報告されている (http://ncse.fra.affrc.go.jp/00kenkyu/001topics/060topics_089.html)。

一方、メバル属魚類は水産上重要な魚類でありながら、外見がよく似ていることから、魚市場で取り扱われる際には、ソイ類あるいはメバル類として一括して集計され

る場合が多い。従って、魚市場の台帳調査から種別の漁獲実態を推定することが不可能で、本属の放流効果を把握する上で大きな問題となっている。

そこで、宮古栽培漁業センターでは、メバル属魚類の放流効果調査を実施する際の基礎情報として、1989年6月～1996年5月の7年間にわたり、岩手県宮古魚市場へ水揚げされた沿岸性の本属魚類を対象に種別の水揚げ尾数から種組成の変化について調査するとともに、生態的知見と併せて漁獲量の変動要因について考察した。

材料と方法

調査市場および漁獲の概要 今回調査対象とした宮古魚市場は、岩手県内の主要市場の一つであり、宮古湾を中心とした南北約50kmの沿岸海域の漁獲物は大部分が水揚げされる。この海域でのメバル属魚類の漁獲方法は主

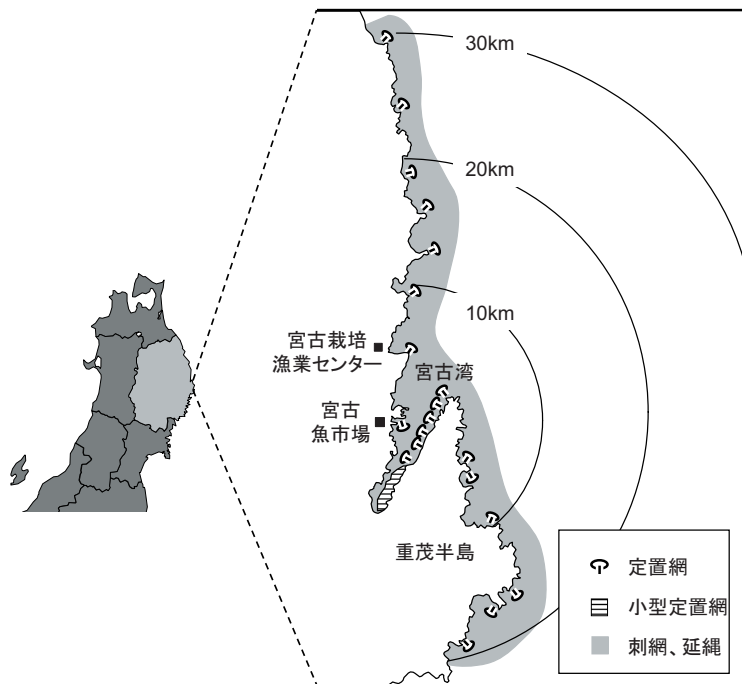


図1 宮古魚市場に水揚げされる漁獲物の主な漁場

表1 宮古魚市場におけるメバル属魚類の水揚げ尾数

調査年度	ムラソイ	キツネメバル	クロソイ	ウスメバル	メバル	エゾメバル	ヨロイメバル	タケノコメバル	ゴマソイ	集計
1989	6,918	7,033	4,751	3,947	598	545	81	339	43	24,255
1990	9,322	7,048	5,915	2,352	342	313	73	36	33	25,434
1991	9,201	3,781	16,230	990	590	105	58	8	37	31,000
1992	12,495	4,203	3,700	593	2,375	67	86	13	23	23,555
1993	15,688	5,039	3,894	1,049	1,789	98	162	17	14	27,750
1994	12,375	14,787	3,532	7,183	1,757	116	129	23	4	39,906
1995	9,249	21,401	3,764	8,876	1,681	386	81	51	10	45,499
合計(尾)	75,248	63,292	41,786	24,990	9,132	1,630	670	487	164	217,399
平均(尾)	10,750	9,042	5,969	3,570	1,305	233	96	70	23	31,057
比率(%)	34.6	29.1	19.2	11.5	4.2	0.8	0.3	0.2	0.1	

表2 宮古魚市場におけるメバル属魚類の月ごとの水揚げ尾数

調査月	ムラソイ	キツネメバル	クロソイ	ウスメバル	メバル	エゾメバル	ヨロイメバル	タケノコメバル	ゴマソイ	集計	比率(%)
1	1,234	4,205	2,268	6,089	912	370	19	19	3	15,119	7.0
2	7,392	16,805	4,126	2,047	1,071	291	44	23	8	31,807	14.6
3	2,107	3,908	1,291	376	262	109	9	4	1	8,067	3.7
4	2,878	4,535	1,586	426	221	182	14	13	9	9,864	4.5
5	7,858	6,965	3,068	1,203	884	72	63	51	18	20,182	9.3
6	7,327	5,747	2,948	698	501	162	124	133	19	17,659	8.1
7	11,032	7,933	2,420	814	537	224	136	133	21	23,250	10.7
8	7,481	4,178	2,711	210	399	23	94	37	19	15,152	7.0
9	7,272	2,057	4,247	935	1,193	56	75	46	17	15,898	7.3
10	10,774	3,004	5,973	5,231	2,205	91	55	16	31	27,380	12.6
11	5,493	1,756	4,387	3,305	389	26	27	2	8	15,393	7.1
12	4,400	2,199	6,761	3,656	558	24	10	10	9	17,627	8.1
平均(尾)	6,271	5,274	3,482	2,083	761	136	56	41	14	18,117	

表3 対象とした沿岸性メバル属の生態的知見

	魚種	生息場	分布	食性	産仔期
	エゾメバル	岩礁, 沖の根	岩手以北	ゴカイ, ヨコエビ	6 - 7
	ゴマソイ	藻のある岩礁	宮城以北, 北海道	アミ, 小魚	4
①	ウスメバル	水深 20-150m	茨城以北	アミ, 小魚	4 - 6
	キツネメバル	岩礁, 浅場	千葉以北	アミ, 小魚	5 - 6
	クロソイ	藻のある岩礁	日本各地	アミ, 甲殻類, 小魚	4 - 6
	ムラソイ	藻のある岩礁	北海道以南	アミ, 小魚	12 - 4
②	メバル	藻のある岩礁	北海道以南	ワレカラ, エビ, アミ, シラス	12 - 2
	ヨロイメバル	岩礁	東京以南, 南日本に多い	ゴカイ, エビ, カニ, 小魚	10 - 1
③	タケノコメバル	内湾, 浅場の藻場	北海道以南	ゴカイ, エビ, カニ, 小魚	11 - 1 (瀬戸内海, 若狭湾では5月)

に定置網，小型定置網，刺網および延縄である(図1)。

調査期間および対象種 調査期間は1989年6月～1996年5月の7年間で，宮古魚市場に水揚げされたメバル属魚類のうち，沖合トロールなどで漁獲されるメヌケ類を除いた，沿岸性のメバル属のムラソイ，キツネメバル，クロソイ，ウスメバル，メバル，エゾメバル *S. taczanowskii*，ヨロイメバル *S. hubbsi*，タケノコメバルおよびゴマソイ *S. nivosus* の9種について，全ての水揚げ尾数を計数し，年別および月別に集計した。なお，調査開始月が6月であったため，水揚げ尾数の年別集計を行うにあたり，6月1日から翌年5月31日までを同一年とし，6月が含まれる年で表示した。

本調査において，ムラソイの亜種であるアカブチムラソイ，オウゴンムラソイ，ホシナシムラソイはムラソイに，キツネメバルと外見上の判別がつきにくいタヌキメバル *S. zonatus* はキツネメバルに，近年3種に分類^{3,4)}されているメバルはメバルとしてそれぞれ一括集計した。

結 果

魚種組成 調査期間中に宮古魚市場に水揚げされたメバル属魚類は，合計217,399尾であった。種別の漁獲割合は水揚げ尾数が多い順に，ムラソイが34.6%，キツネメバルが29.1%，クロソイが19.2%，ウスメバルが11.5%，

メバルが4.2%，エゾメバルが0.7%，ヨロイメバルが0.3%，タケノコメバルが0.2%およびゴマソイが0.1%であった(表1)。上位4種で全体の94.4%を占め，エゾメバル，ヨロイメバル，タケノコメバルおよびゴマソイの水揚げ量は1%以下と極めて少なかった。

水揚げ尾数の経年変動 各年の総水揚げ尾数は1989～1993年において23,555～31,000尾とほぼ横ばいで推移したが，1994年以降，増加し1995年には45,499尾と約1.8倍になった。また，総水揚げ尾数の増加は，概ねキツネメバルとウスメバルによるものであった(表1，図2)。

種別の変動の傾向を図3に示した。これを見ると，ムラソイ，クロソイ，メバルおよびヨロイメバルが1991～1993年をピークとした単峰形の変化を示し，キツネメバル，ウスメバルおよびエゾメバルについてはその逆の傾向を示し，双曲線様の変化を示した。また，タケノコメバルは急激な減少がみられ，ゴマソイは漸減し，両者とも回復傾向は見られなかった。

季節変動 月別の水揚げ尾数を表2に示した。総水揚げ尾数は2月と10月に多く，それぞれ31,807尾，27,380尾であった。また3月と4月が少なく，それぞれ8,067尾，9,864尾であった。他の月は，15,152～23,250尾で推移した。最大の水揚げがあった2月ではキツネメバルの水揚げの増加が顕著であった。

月別の水揚げの種別の比率を図4に示した。水揚げの

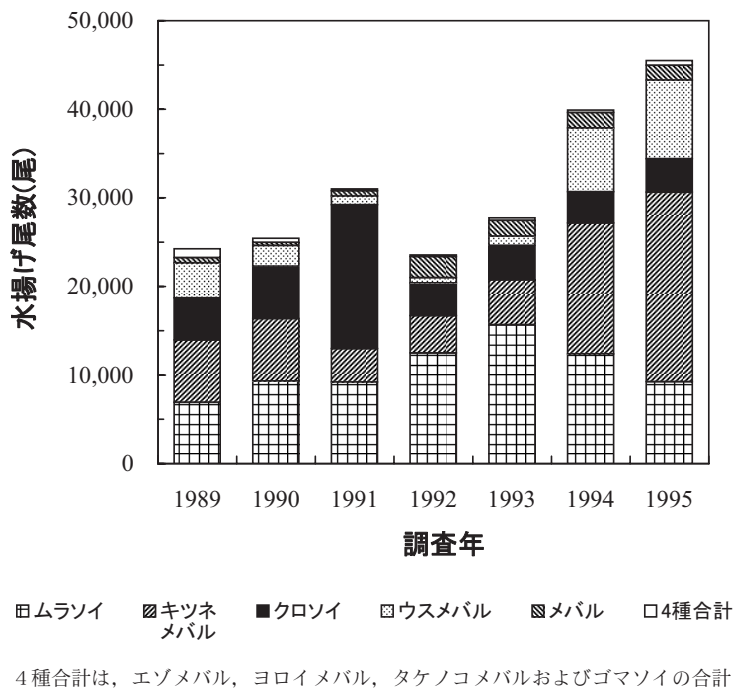


図2 年別に見たメバル属魚類水揚げ尾数の推移

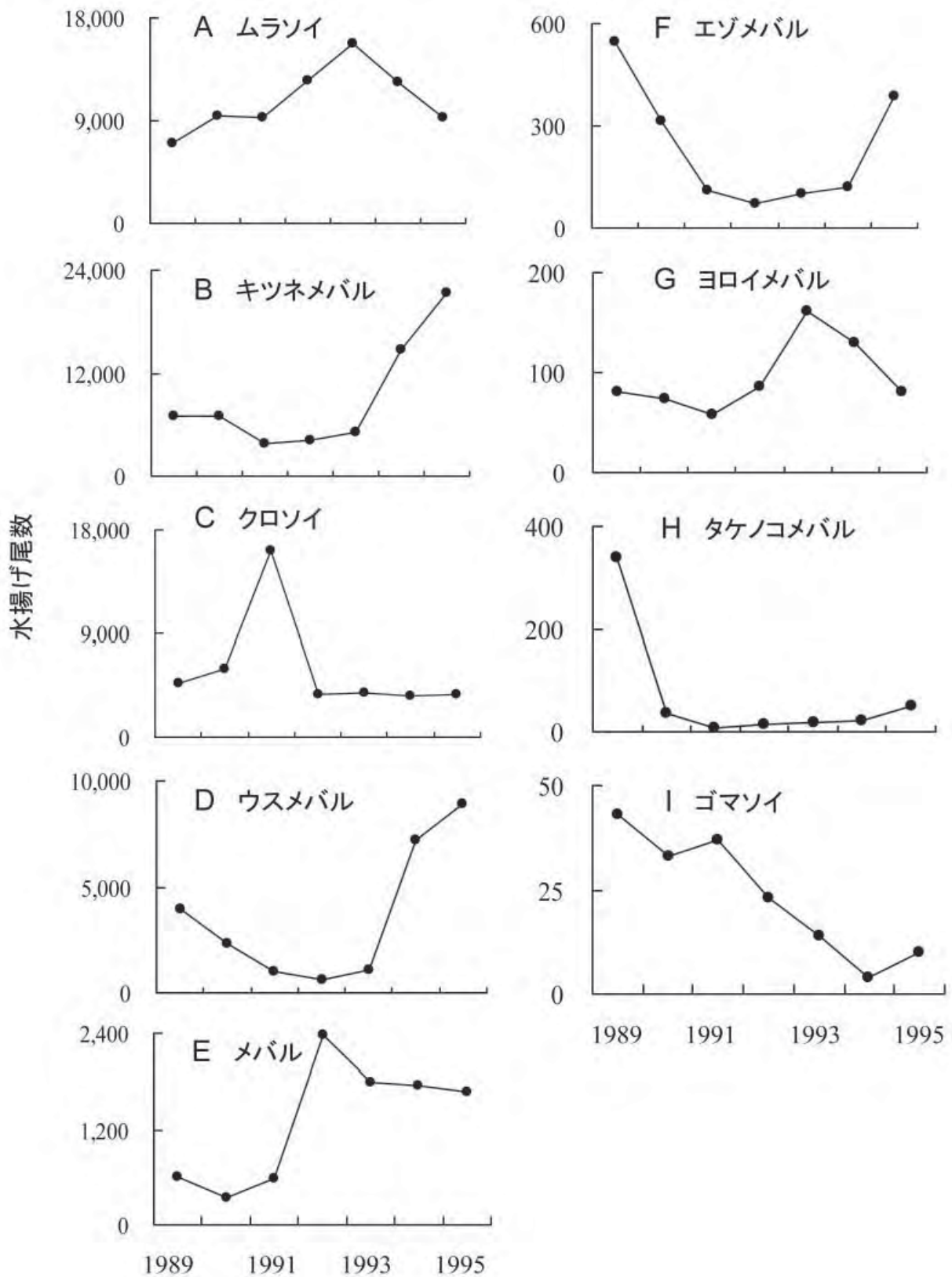
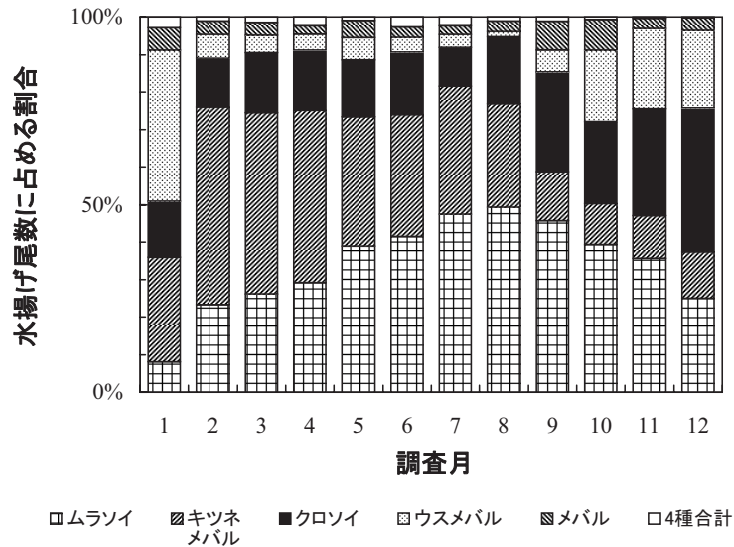


図3 宮古魚市場に水揚げされた主な沿岸性メバル属魚類の年変動



4種合計は、エゾメバル、ヨロイメバル、タケノコメバルおよびゴマソイの合計

図4 種別に見た月別水揚げ率

優占種は、1月はウスメバル、2～4月はキツネメバル、5月～11月はムラソイ、12月はクロソイであった。

各魚種の季節変動(図5)を見ると、ムラソイ、ヨロイメバル、タケノコメバルは夏季～秋季、メバル、ゴマソイは秋季、クロソイ、ウスメバルは秋季～冬季、キツネメバルは冬期に水揚げ尾数が増加した。また、ムラソイ、クロソイは2月、エゾメバルは4月および7月にも増加が見られた。上記の季節変動の傾向はほぼ毎年同様であった。

考 察

栽培漁業における放流効果調査では、現在、市場調査法⁵⁾が主流となっているが、メバル属魚類のように複数種を同一銘柄として取り扱われる場合には、魚種組成や季節、年変動をある程度把握した上で、各魚種の生態的特性を踏まえたサンプリング計画を設計する必要がある。

今回の調査において、宮古魚市場に水揚げされたメバル属魚類は、ムラソイ、キツネメバル、クロソイ、ウスメバルが主体であることが明らかとなった。また、それぞれの魚種ではムラソイが春から秋に、キツネメバルが冬から春に、クロソイおよびウスメバルが秋から冬に優占し、季節による種組成の変化が見られた。多くの魚種で成長、成熟、索餌および水温などの物理的環境条件等により水平移動、垂直移動することが知られている。今回対象としている漁法の多くは上記の魚の移動を利用し、

待ち受けて漁獲するものであり、漁獲量の季節変動は魚の移動の規模や頻度が大きな決定要素となる。今回調査した沿岸性のメバル属魚類は同一の属ながら生息場、地理的分布および繁殖行動の時期が著しく異なる⁶⁻¹⁰⁾。これらの生態的特性が水揚げの季節変動に大きく影響していると考えられる。

本調査においてメバル属魚類全体の漁獲量やそれぞれの魚種の出現状況は年度間で変化が認められた。漁獲量の増減には、漁業実態や対象種の生残等が大きく影響するが、調査期間中、宮古湾周辺海域で操業する漁家数、漁法組成等に大きな変化は見られなかった(野田、未発表)。また、メバル属は定着性が強く、大きな回遊はしないことから、本調査における漁獲量の年変動は調査海域での資源量の変動であると考えられる。

一方、メバル属魚類の仔稚魚は沿岸域の藻場や流れ藻に多く生息し、それらが重要な生育場であるのに加え¹¹⁻¹⁴⁾、メバルの漁獲量は藻場の面積とよく一致していることが明らかにされている¹⁰⁾。本調査の結果、成長しても藻場に依存する傾向が強いタケノコメバルの水揚げ量が大きく減少したが、宮古湾内においても、1969年～1996年の間に埠頭および大型漁港などの整備が連続的に実施されたため¹⁵⁾、1978年に52haであった湾内のアマモ場の面積は1992年には36haまで減少した(http://www.biodic.go.jp/kiso/fnd_f.html)。このことから、今回報告したタケノコメバルの資源量の減少は、アマモ場の減少が大きく影響している可能性が示された。しかし、調査期間中

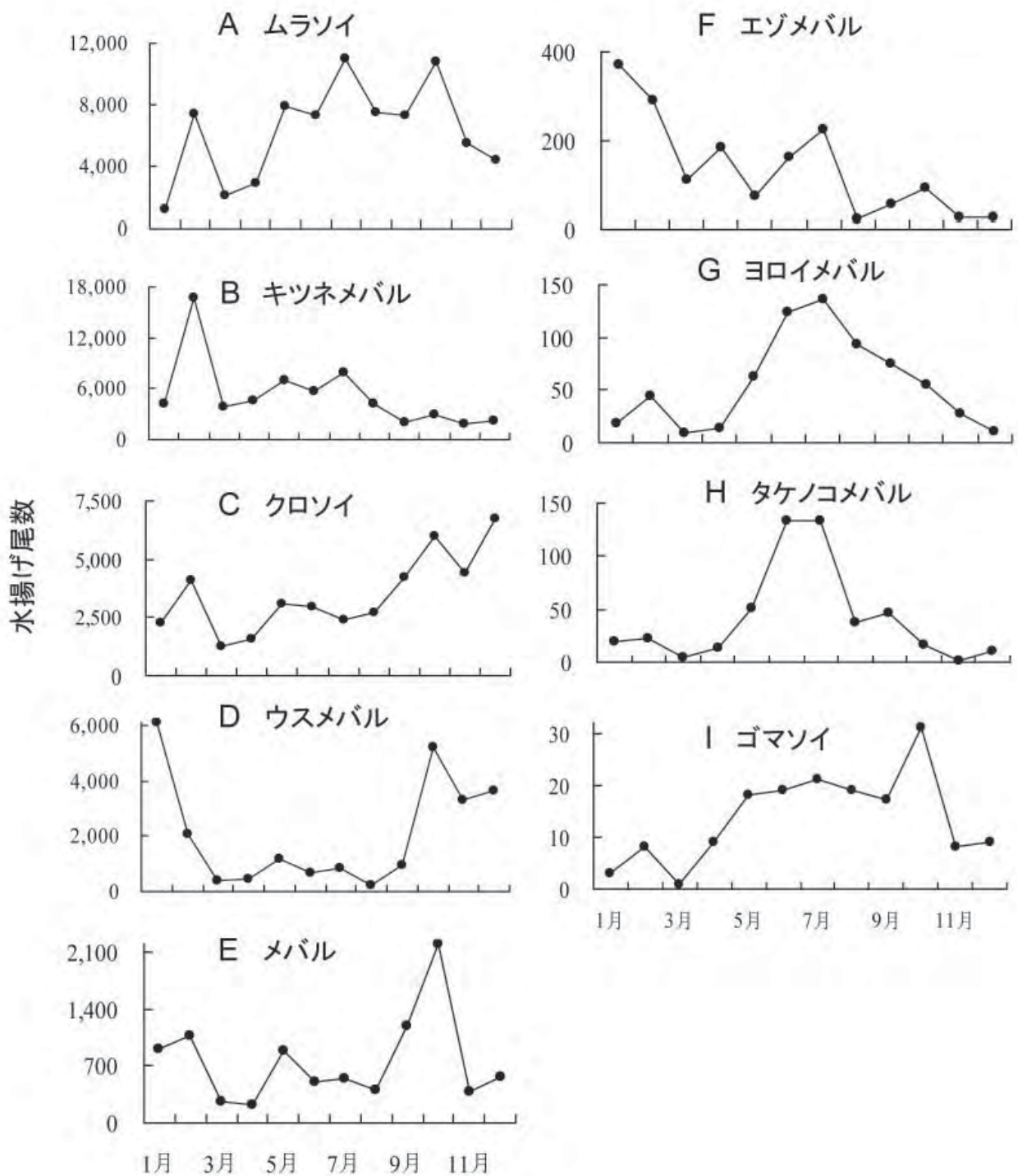


図3 宮古魚市場に水揚げされた主な沿岸性メバル属魚類の年変動

におけるメバル属全体の水揚げ尾数はアマモ場の減少とは逆に増加傾向を示しており、直接的な関係は認められない。そこで、各魚種の生態的特性を整理し、今回の資源量の年変動の関連について以下の考察をした。

各魚種の生息場、地理的分布、食性について取りまとめた表3から、今回対象とした種類は①冷水性、②暖水性

と大きく2つに区分される。冷水性は Kitsunemaru, Usumaru, Esomaru および Gomazoi で 暖水性は Murasoi, Kurosoi, Mabaru, Yoroi および Takenokomaru である。また、暖水性の Takenokomaru は藻場に依存していることが特徴的である。

今回の年変動の結果(図3)から、個体数が極めて少

ないゴマソイを除いて、変動のパターンが①単峰形と②双曲線のような変動、③急激に減少してその後低レベルで推移する変動の3つに大きく分かれ、それぞれ①はキツネメバル、ウスメバルおよびエゾメバル、②はムラソイ、クロソイ、メバルおよびヨロイメバル、③はタケノコメバルと区分される。上記のグループ分けは①冷水性、②暖水性、③暖水性+藻場依存と生態的特徴と一致した。

宮古周辺は寒流と暖流の混合域であることと深浅が急な海域であることから、暖水性魚類と冷水性魚類が混じり合って生息している場所で魚種が豊富であることが知られている。このため、海域の水温の季節変動や年変動は大きく、物理的環境条件のみならず餌料環境の変化も大きいと考えられ、各魚種の資源量と密接に関連する可能性がある。今後、これらのことについて十分な精査が必要である。

謝 辞

宮古魚市場において、専属調査員としてデータを収集していただいた佐々木昭治氏に深く感謝申し上げます。

文 献

- 1) 永沢 亨 (2001) 日本海におけるメバル属魚類の初期生活史. 日水研, 51, 1-132.
- 2) 水産庁・水産総合研究センター・全国豊かな海づくり推進協会 (2006) 平成16年度栽培漁業種苗生産、入手・放流実績 (全国), 82-85.
- 3) Kai, Y., K. Nakayama, T. Nakabo (2002a) Genetic differences among three colour morphotypes of the black rockfish, *Sebastes inermis*, inferred from mtDNA and AFLP analyses. *Molecular Ecology*, 11, 2591-2598.
- 4) Kai, Y., T. Nakabo (2002b) Morphological differences among three color morphotypes of *Sebastes inermis* (Scorpaenidae). *Ichthyological Research*, 49, 260-266.
- 5) 大河内裕之 (2006) 栽培漁業技術開発の最前線Ⅱ, 放流効果の調査手法と標識技術. 日水誌, 72, 450-453.
- 6) 益田 一・尼岡邦夫・荒賀忠一・上野輝彌・吉野哲夫 (1984) 日本産魚類大図鑑, 東海大学出版会, 297-299.
- 7) 沖山宗雄 (1988) 日本産稚魚図鑑, 東海大学出版会, 779-790.
- 8) 阿部宗明 (1978) 原色魚類検索図鑑, 北隆館, 195-199.
- 9) 井田 齋 (1991) 宮古の魚類図鑑, 宮古市役所, 77-80.
- 10) 茨城県水産試験場 (2006) 水産の窓, 35.
- 11) 布施慎一郎 (1981) メバルとアマモ場・ガラモ場との関係, 「藻場・海中林」(日本水産学会編) 恒星社厚生閣, 24-33.
- 12) 東 幹夫 (1981) 稚魚育成場としてのアマモ場の役割, 「藻場・海中林」(日本水産学会編) 恒星社厚生閣, 34-56.
- 13) 池原宏二 (1977) 佐渡海峡水域の流れ藻に付随する魚卵, 稚魚. 日水研報, 28, 17-28.
- 14) 佐々木正義・西内修一・塩川文康 (2002) 北海道西岸中央域におけるクロソイ稚魚の生息域と胃内容物に関する予報. 栽培技研, 30, 27-30.
- 15) 宮古漁業協同組合 (2001) 宮古漁業協同組合50周年記念誌 50年の歩み, 16-40.

七尾北湾におけるマダラ天然稚魚の移動と成長

手塚 信弘・荒井 大介・小磯 雅彦・友田 努・島 康洋
(能登島栽培漁業センター)

マダラ *Gadus macrocephalus* は冷水系の底棲性魚類で、北部日本の重要な漁獲対象種となっている¹⁾。日本海北部におけるマダラの漁獲量は、1990年まで2,000～5,000トンであったが、それ以降は1,000～3,000トンに減少している。富山湾における石川県の漁獲量は、1990年までは北部日本海の漁獲量の30～50%を占めていたが、それ以降10%以下に低下している。このような状況の中、種苗放流を中心とした栽培漁業によるマダラ資源増大への期待が高まっており、能登島栽培漁業センターでは地先の七尾北湾をフィールドとして、稚魚の放流試験を実施してきた。

種苗放流の技術開発を行うにあたっては、放流の時期、場所、方法および放流魚のサイズを検討する必要がある。そのためには天然稚魚の生態に関する情報が不可欠である。しかし、七尾北湾における天然魚の生態に関する情報は乏しく、森岡・桑田²⁾が1999年に当湾で漁獲した158尾の情報をもとにマダラ稚魚の生息水温の上限と食性について報告しているにすぎない。筆者らは、2005～2006年に行った天然稚魚の採集調査から七尾北湾におけるマダラ稚魚の移動、成長についての知見を得たので報告する。

材料と方法

ビームトロール網調査 稚魚の湾内での分布を調べることを目的に、森岡・桑田²⁾の方法に基づき、七尾北湾のSt.1～8の8調査地点でビームトロール網（間口7m、袋網の目合2.5mm）の着底曳き調査を行った(図1)。調査は、GPSの表示に従って1地点当たり500mの距離を船速約2km/hで曳網した。調査時の曳網方向は風下方向とした。水温はビームに取り付けたメモリー式水温計(ATD-HR;アレック電子)で記録した。調査地点St.1～5は比較的岸に近く水深はそれぞれ24, 33, 30, 28, 33m, St.6～8は湾口部の深みに位置して水深はそれぞれ48, 52, 47mであったので、大まかな区分としてSt.1～5を沿岸部, St.6～8を湾口部の2エリアに分類した。各エリアでは曳網回数が異なるため、総採集尾数を曳網回数で除して調査1回当たりの平均採集尾数(尾/回)を求めた。

定置網調査 湾外に移動した稚魚の採集を目的として、森岡・桑田²⁾の方法に基づき、七尾北湾の外側にありSt.6～8に位置する湾口部から続く滞筋に対して直角に設置された大型定置網（総延長2,000m、水深13～55m、魚捕部の目合5mm, 図1）において、マダラ稚魚の調査を実施した。稚魚は、定置網の揚網時と魚槽内で水面に浮上してきたものを掬い取るほか、水揚げ場の漁獲物の選別台でも採集した。当エリアは湾外部とした。

測定および解析方法 採集した稚魚は水冷して実験室に持ち帰り、ノギスを用いて全長を測定した。採集尾数は原則として全数計数したが、採集数が多い場合には総重量を100～200尾の重量で除する重量法で求めた。各調査エリアで採集された稚魚の平均全長は、一元配置分散分析で差を検定し、有意差が認められた場合は多重比較法(Fisher's PLSD法)により比較した。調査年による全長の違いについては、平均値をt検定により比較した。

結果と考察

表1に調査エリアごとの調査期間、調査回数および採集尾数を示した。2005年と2006年の総採集尾数は1,120尾

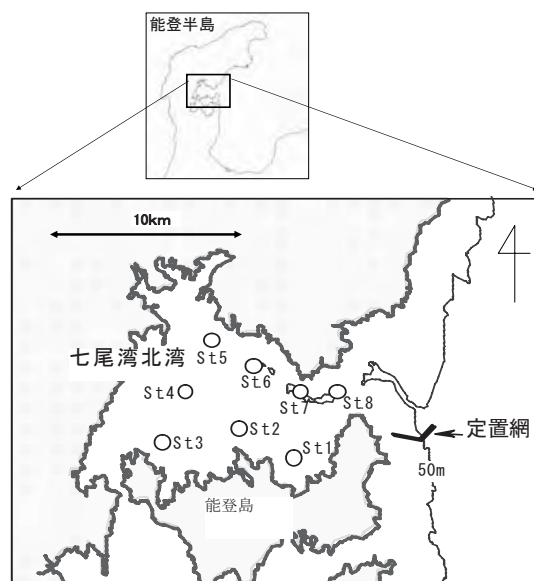


図1 七尾北湾とマダラ調査地点の位置

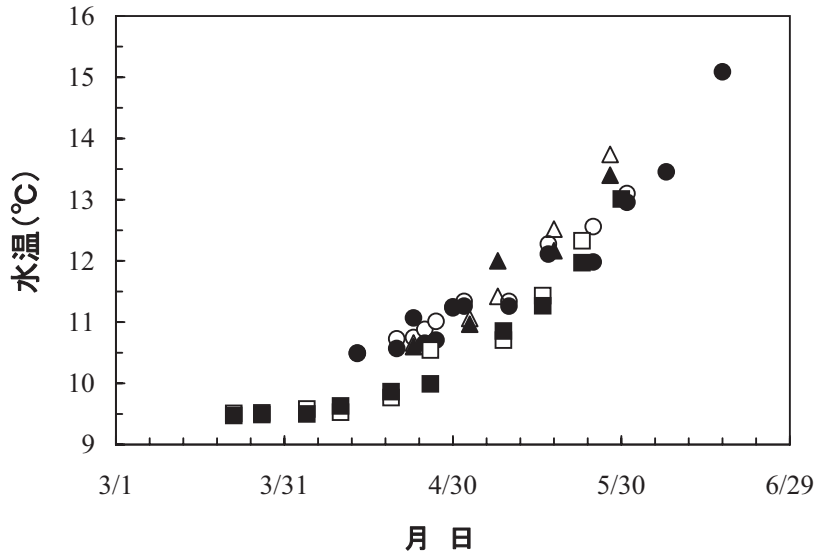


図2 七尾北湾におけるビームトロール操業時の海底の水温

○:2005年沿岸部 ●:2005年湾口部 □:2006年沿岸部
 ■:2006年湾口部 △:1999年沿岸部*¹ ▲:1999年湾口部*¹
 * 1: 森岡・桑田(2002)から改変

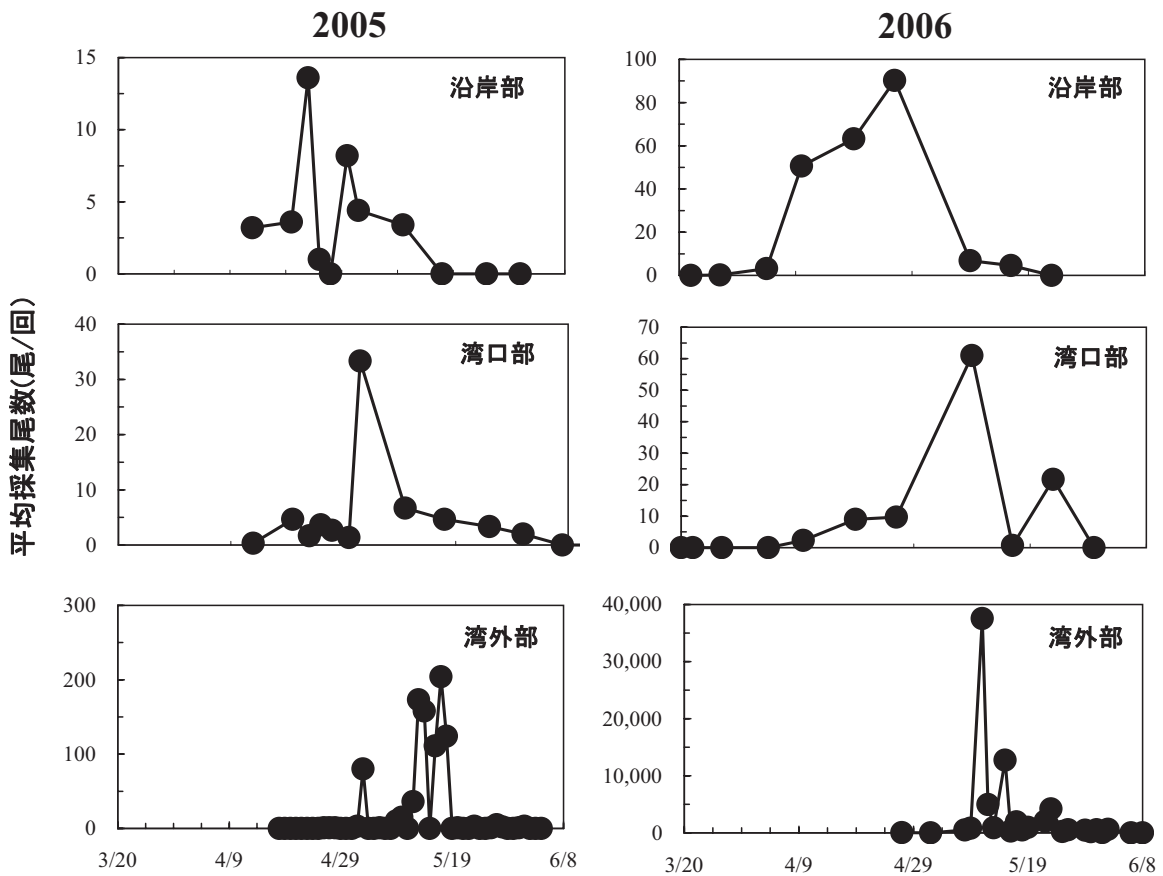


図3 2005年(左列)と2006年(右列)のマダラ稚魚の平均採集尾数の推移

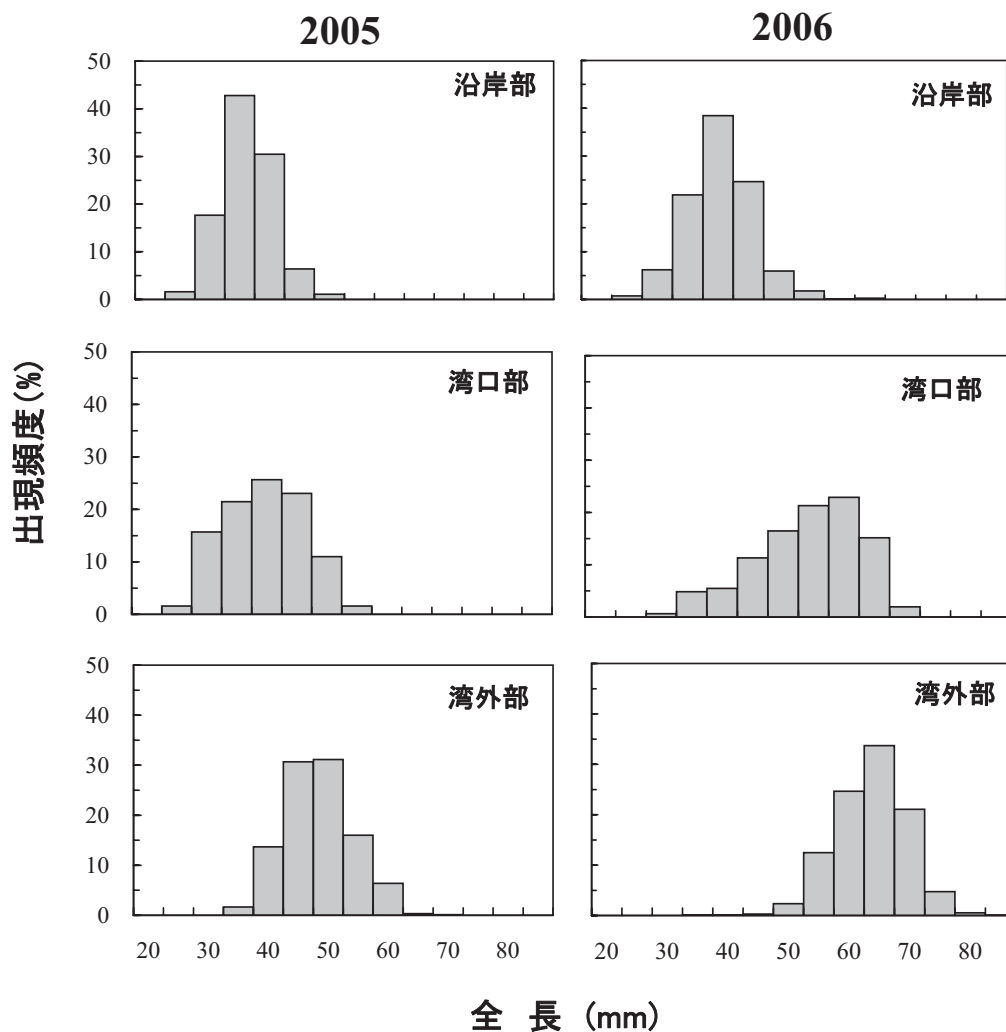


図4 2005年(左列)と2006年(右列)の各調査エリアにおけるマダラ稚魚の全長組成

と71,341尾で、平均採集尾数は8.8尾／回と720.6尾／回であった。当湾における1992～2004年の調査結果をみると、各年のマダラ稚魚の総採集尾数は、湾内のビームトロール網調査で8～655尾、定置網で0～3,195尾の間であった³⁾。この結果、2005年の稚魚の採集尾数は過去3番目に多く、2006年の採集尾数は過去の最多採集尾数(2001年 3,244尾)の21倍であった。桑田³⁾は、3月、4月の低層の平均水温が低い年は採集尾数が多い傾向があるとしているが、2006年の水温は2005年や森岡・桑田の結果と比べて約1℃低かった(図2)。2006年の稚魚の大量採集の理由の一つとして、この低水温が考えられた。

稚魚の平均採集尾数の推移を図3に示した。沿岸部、湾口部、湾外部の各エリアでの平均採集尾数のピークは、2005年が4月23日、5月2日、6月17日で、2006年は沿岸部が4月26日、湾口部と湾外が5月9日であり、両年とも沿

岸部から湾口部さらに湾外部と時系列で採集尾数が増加して行く傾向があり、森岡・桑田²⁾の結果と同様に、稚魚は5月中旬までに湾外に移動して行くものと考えられた。

沿岸部、湾口部、湾外部の各エリアで採集された稚魚の平均全長は、2005年がそれぞれ、33、37、45mm、2006年が37、51、61mmで(表2)、両年とも沿岸部、湾口部、湾外部の順で有意に大きかった ($p < 0.01$)。各エリアの稚魚の全長組成のモード(図4)は、2005年は沿岸部30～35mm、湾口部35～40mm、湾外部45～50mmに、2006年はそれぞれ35～40mm、55～60mm、60～65mmにあり、沿岸部、湾口部、湾外の順に大きかった。各エリアにおける、稚魚の大きさの推移および採集尾数の推移(図2)から、マダラ稚魚は、成長するに従って、湾内から湾口部を経て、湾外へ移動することが考えられた。

2006年の採集稚魚の平均全長(表2)は、全てのエリ

表1 七尾北湾におけるマダラ稚魚採集調査結果の概要

	沿岸部	湾口部	湾外部	計
2005年				
調査期間	4/13～5/31	4/13～6/17	4/23～6/4	4/13～6/17
調査回数(回)	51	38	38	127
総採集尾数(尾)	187	191	742	1,120
平均採集尾数(尾/回)	3.7	5.0	19.5	8.8
2006年				
調査期間	3/22～5/23	3/22～5/30	4/27～6/9	3/22～6/9
調査回数(回)	45	30	24	99
総採集尾数(尾)	1,093	313	69,935	71,341
平均採集尾数(尾/回)	24.3	10.4	2,914.0	720.6

表2 各調査エリアのマダラ稚魚の全長測定結果

	2005年			2006年		
	沿岸部	湾口部	湾外	沿岸部	湾口部	湾外
測定尾数	187	191	906	1079	310	2748
平均(mm)	33.7	37.1	45.8	37.8	51.5	61.1
最小(mm)	20.9	22.5	31.4	20.1	27.7	30.1
最大(mm)	46.0	51.4	66.1	64.5	67.5	83.2
標準偏差	4.41	6.52	5.67	5.42	8.60	5.79

アで2005年よりも有意に大きかった ($p < 0.01$)。また、森岡・桑田²⁾によると、湾内で採集された稚魚の全長の中央値は33～42mm、湾外は47mmであったことから、2006年の沿岸部37mm、湾口部52mm、湾外部61mmと比較すると、2006年は例年になく大きく成長して湾外に移動したことが推察された。

湾内で稚魚が初めて採集されたのは、2006年が3月22日であったのに対して、2005年が4月13日、1999年²⁾が4月23日であった。2006年の湾内の水温が他の年に比べて約1℃低いにも関わらず、採集された稚魚が大きかった理由の一つとして、稚魚の発生が他の年よりも約20～30日早かった可能性が考えられた。このことは、七尾北湾でのマダラ稚魚の生息条件を考慮した人工種苗の放流技術を開発する上で重要な知見であり、今後もマダラの発

生量、成長、移動、摂餌等に及ぼす水温等の環境条件の影響を詳細に調査する必要がある。

文 献

- 1) 森岡泰三, 山本和久, 堀田和夫, 大槻観三 (1998) 石川県能登島沖に放流されたマダラ人工種苗の成長と移動. 栽培技研, 27, 11-26.
- 2) 森岡泰三・桑田 博 (2002) 七尾北湾とその沖におけるマダラ稚魚の生息上限水温と食性. 日水誌, 68, 345-350.
- 3) 桑田 博 (2004) 能登半島周辺のマダラ資源変動への栽培漁業からのアプローチ. 平成16年度日本水産学会中部支部大会, 8-9.

アリザリン・コンプレクソンおよびアリザリン・レッドSの 経口投与によるクロソイ稚魚の鱗および耳石染色

足立 純一^{*1}・熊谷 厚志^{*2}

(*1 志布志栽培漁業センター, *2 宮古栽培漁業センター)

耳石や鱗を対象とした標識の開発は、塩酸オキシテトラサイクリン (以下, TC) やアリザリン・コンプレクソン (以下, ALC), アリザリン・レッドS (以下, ARS) などの蛍光物質による生体染色法が様々な魚種で行われている。耳石染色ではTCによるアユ^{1, 2)}, ALCによるマダイ^{3, 4)}, ヒラメ⁵⁾, 鱗染色ではARSによるニジマス⁶⁾, ALCによるマダイ⁷⁾, アカハタ⁸⁾, スズキ⁹⁾ が報告されている。鱗は、生体から採取することが可能で、耳石のように魚を購入し耳石を摘出する作業がないことが大きな利点である。

これらの生体染色による標識は、蛍光物質を溶解した飼育水 (止水) に一定時間暴露して染色する方法^{1-4, 7-9)} (以下, 浸漬法) と、蛍光物質を餌料に添加して染色する経口投与方法がある。経口投与方法はスルメイカ¹⁰⁾, ヒラメ⁵⁾, トラフグ¹¹⁾ で報告されている。これまで、クロソイのALCによる耳石染色の浸漬法は、全長35 ~ 40mmの稚魚に対してALC50ppmで8時間の浸漬を行ってきたが¹²⁾, この条件では鱗への染色はほとんど見られず、これ以上の濃度、時間で浸漬するとクロソイはほとんどが死亡する (足立, 未発表)。そこで、クロソイ稚魚を対象に経口投与方法でALCによる鱗への染色の可能性を検討した。また、ホッキガイの殻¹³⁾ やコブシメの甲¹⁴⁾ などで用いられたARSについても同様の検討を行ない、合わせて耳石の染色状況も観察した。

材料と方法

供試魚 供試魚は、1994年に宮古栽培漁業センターで生産した全長45 ~ 71mmのクロソイ稚魚を用いた。

試験区 ALCの経口投与試験 (以下, ALC試験) では、1%, 2%および4%添加の3区を設け、1%添加区と2%添加区は1994年7月21日から、4%添加区は同年8月6日から試験を行った。ARSの経口投与試験 (以下, ARS試験) は、2%添加および4%添加の2区を設け、1994年8月22日から試験を行った。

飼料の調整方法 試験に用いた配合飼料は、固さがありベレットより吸水がよいクランブル飼料(C-2000および

C-3000; 協和発酵)を用いた。ALC試験の1%添加区と2%添加区はC-2000(粒径2mm)を、それ以外はC-3000(同3mm)を用いた。ALC (同仁化学研究所), ARS(和光純薬工業)は配合飼料に対して外割り量で添加した。ALC, ARSは、蒸留水に炭酸水素ナトリウム(和光純薬工業)を添加してpH8.0の弱アルカリ性に調整した溶液に必要量を入れ、マグネチック・スターラーで溶解した。配合飼料への展着は、バットに広げた配合飼料全体にこの溶液をふりかけて、均等に配合飼料が色付くまで攪拌した。その後、配合飼料はバットごと冷蔵庫 (5°C) で24時間以上乾燥し、密閉容器に入れ冷蔵保存した。

飼育方法 ALC試験の1%添加区と2%添加区では、0.5kℓ黒色ポリエチレン円型水槽に平均全長51.7mmの稚魚1,500尾を收容し、各区とも2面ずつを設けた。4%添加区では平均全長67.3mmの稚魚700尾を用い、1kℓポリカーボネート円型水槽2面を用いた。ARS試験は0.5kℓ黒色ポリエチレン円型水槽を用い、2%添加区では平均全長62.1mm, 4%添加区では平均全長64.2mmの稚魚を各100尾收容し、各区2面ずつを設けた。飼育は自然水温のろ過海水の流水で行い、エアストーンによる通気を行った。

蛍光物質の投与期間は10日間とし、摂餌が著しく低下した場合は給餌を中止した。なお、試験開始前の3日間は蛍光物質を添加していないクランブル飼料を口径に応じて与え、摂餌の確認後試験を開始した。給餌は1日2回飽食量を与え、底掃除は1日1回行った。飼育水槽および底掃除による排水は、すべて別の水槽に回収し、次亜塩素酸ナトリウムで分解後、チオ硫酸ナトリウムで中和して放水した。

耳石および鱗の観察 耳石および鱗を観察するため、両試験とも給餌3, 5および7日目に10尾ずつを取り揚げた。試験終了後は、14日間通常の配合飼料で飼育した50尾を観察に供した。取り揚げた魚は水道水で十分洗浄した後、-30°Cで冷凍保存した。鱗は、背鰭の第1棘と側線の間位置から左右両側から採取した。採取した耳石や鱗は、50%エチルアルコールで十分洗浄した後、ろ紙で表面の汚れ等を除去した。観察には落射蛍光顕微鏡

表1 ALCおよびARSの経口投与試験におけるクロソイの全長、生残率および日間成長量

試験区	添加量 (%)	収容尾数 (個体)	全長 (mm) *		生残率 (%)	給餌期間 (日)	日間成長量 (mm/日)
			開始	終了			
ALC	1	1,500	51.7 ± 4.3	61.8 ± 4.9	99.7	10	1.01
"	2	1,500	51.7 ± 4.3	61.5 ± 4.7	99.6	10	0.98
"	4	700	67.3 ± 2.7	72.8 ± 2.8	99.9	5	1.10
ARS	2	100	62.1 ± 1.4	69.1 ± 1.5	100.0	10	0.70
"	4	100	64.2 ± 1.9	67.7 ± 1.9	100.0	7	0.50

* 平均±標準偏差

表2 ALCおよびARSの経口投与試験におけるクロソイの鱗と耳石の染色状況^{*1}

試験区	添加量 (%)	鱗 給餌日数 (日)				耳石 給餌日数 (日)			
		3	5	7	10	3	5	7	10
ALC	1	D	D	D	D	C	C	C	B
"	2	D	C	C	C	C	B	A	A
"	4	C	B	— ^{*2}	— ^{*2}	A	S	— ^{*2}	— ^{*2}
ARS	2	C	B	A	A	C	C	B	B
"	4	A	S	S	— ^{*2}	C	B	A	— ^{*2}

*1 染色状況をレベルS～Dで示した。SとAは標識として使用可能、BとCは染色程度は薄く不鮮明、およびDは染色の痕跡なし、とした

*2 摂餌低下のため、給餌中止

表3 ALCおよびARSの経口投与試験におけるクロソイ1尾当たりの蛍光物質の使用状況

試験区	添加量 (%)	収容尾数 (尾)	総給餌量 (g)	給餌日数 (日)	蛍光物質の単位投与量 (mg/尾/日)	蛍光物質の使用金額 ^{*1} (円/尾/日)
ALC	1	1,500	2,805	10	1.9	1.7
"	2	1,500	2,790	10	3.7	3.3
"	4	700	977	5	11.2	10.1
ARS	2	100	279	10	5.6	1.2
"	4	100	183	7	10.5	2.3

*1 蛍光物質の単価は、ALC 900円/g、ARS 220円/gとして計算(和光純薬工業、2006年カタログより)。

(BH-2; オリンパス) のBおよびG励起を用い、耳石は直接40倍率で、鱗は蒸留水を1滴落しカバーガラスで封じたものを40倍および100倍率で行った。

染色状況の評価は、レベルSおよびA～Dの5段階とした。評価の基準は、レベルSは染色が著しく鮮明で鱗では40倍率で容易に観察ができる、レベルAは染色が鮮明で鱗では100倍率で容易に識別でき標識として使用が可能、レベルBは染色痕が細くかつ色薄く識別が困難、レベルC

は局所的に極微量の染色痕が見える程度、およびレベルDは染色の痕跡が全く見えず染色されていない、とした。なお、耳石のレベルAは、50ppm濃度の浸漬法で染色した耳石と同程度の染色状況とした。

2重標識試験 ARS 4%添加区では、試験終了後のクロソイ稚魚50尾にARS無添加の配合飼料を与え、平均全長82mmで再びARSを4%添加した配合飼料を5日間給餌した。飼育方法はARS 4%添加区と同じである。

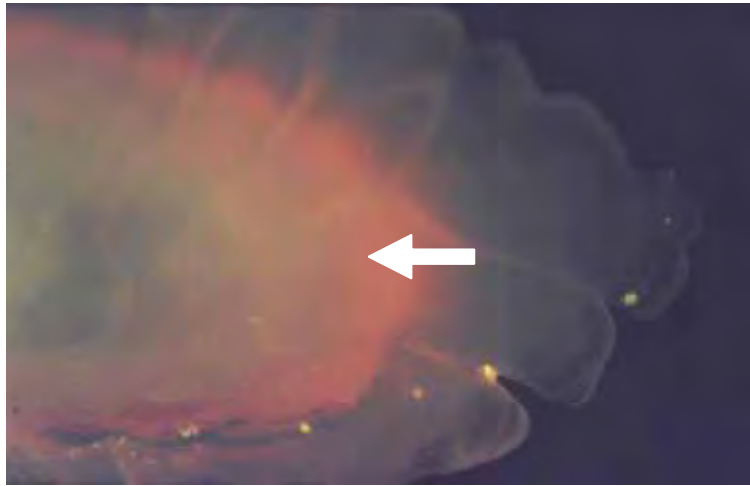


写真1 ALC 4%添加飼料5日給餌後、14日間ALC無添加飼料で飼育した全長87mmのクロソイの扁平石
(矢印：ALC染色痕，B励起)

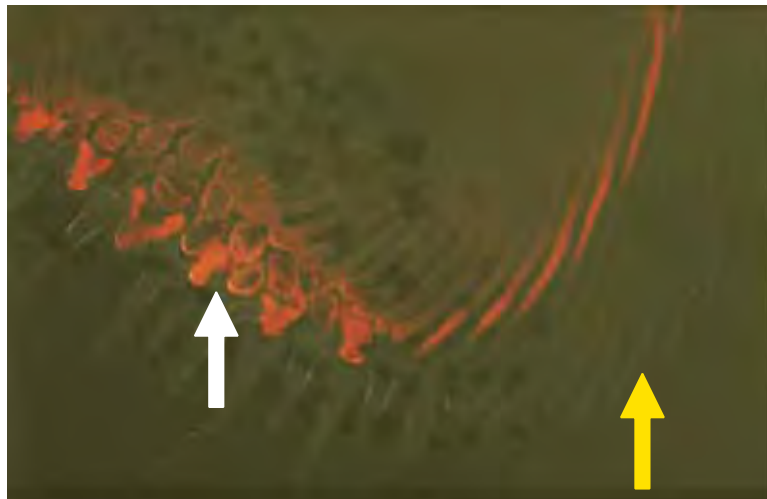


写真2 ARS 4%添加飼料7日給餌後、14日間ALC無添加飼料で飼育した全長86mmのクロソイの鱗後部
(白色矢印：ARS染色痕，黄色矢印：縁辺部，B励起)



写真3 ARS 4%添加飼料7日給餌後、全長86mmで再度ARS 4%飼料で飼育した全長86mmのクロソイの鱗前部
(白色矢印：1回目ARS染色痕，緑色矢印：2回目ARS染色痕，G励起)

蛍光物質の推定摂取量 試験期間中の各試験区の総給餌量から、稚魚1尾当たりの蛍光物質の推定摂取量を求めた。なお、試験中のサンプルで採捕した尾数は除外し、開始時の収容尾数で計算した。

結 果

試験期間中の平均水温は20.3～21.8℃であった。ALCおよびARS試験における全長、生残率および日間成長量を表1に示した。ALCおよびARSを添加した飼料の給餌によるクロソイ稚魚の死亡はほとんど見られなかったが、日間成長量はALC試験で0.98～1.10mm/日、ARS試験で0.50～0.70mm/日であり、通常の中間育成例の1.00mm/日¹⁵⁾と比べてARS添加配合飼料を与えた試験区で成長の低下が見られた。また、両試験とも4%添加区では5～7日目頃から飼育水が赤くなり摂餌が著しく低下したため給餌を中止し、試験を終了した。

鱗および耳石への染色状況を表2に示した。鱗の染色状況を比較すると、ALCでは1%添加区では染色は確認できず、2%添加区では5日以上給餌で染色(レベルC)が見られたが、10日間の給餌でもレベルC以上には染色されなかった。ALC 4%添加区では、摂餌が低下するまでの5日間でレベルBまで染色できたが、染色の程度は薄く染色部位の幅も細かった。一方、ARSでは標識として使用可能なレベルAは、ARS 2%添加区では7日以上投与を要した。ARS 4%添加区では3日間の給餌でレベルAまで、さらに5日間以上の給餌でレベルSまで染色可能であった(写真1)。ARS 4%添加飼料による鱗の2重染色では、2カ所ともレベルSの染色が可能であった(写真2)。魚体の部位による鱗の染色状況を比較するため、魚体の左右、腹部および尾部の4カ所から鱗を採取して検鏡したが、部位による染色の有無や濃淡の差は観察されなかった。

耳石の染色が浸漬法と同程度のレベルAまで染色できたのは、ALCでは2%添加で7日間以上、4%添加で3日間の給餌により、またARSでは4%添加で7日間の給餌により可能であった。さらに、ALCの4%添加では5日間の給餌でレベルSまで染色できた(写真3)。しかし、ALCの1%添加とARSの2%添加では10日間の給餌でもレベルAには至らなかった。

各試験区の総給餌量から稚魚1尾当たりの蛍光物質の平均日間摂取量(推定)を求めた(表3)。これを見ると、ALCでは1%添加区が1.9mg/日/尾、2%添加区が3.7mg/日/尾、4%添加区が11.2mg/日/尾、ARSでは2%添

加区が5.6mg/日/尾、4%添加区が10.5mg/日/尾であった。

考 察

ALCおよびARSの経口投与により、クロソイの鱗や耳石の染色が可能である結果が得られた。また、供試魚のサイズを揃えて安定した摂餌を行ったことで、同一試験区内では鱗および耳石の染色状況に個体間での差はほとんど認められず、均一の染色が得られる有効な手段の一つであると考えられた。

一方、染色状況は、蛍光物質の種類によって顕著な差が認められた。その結果、鱗の染色にはARSが適しており、良好な染色状態が得られる添加量と給餌期間は2%で7日間、4%では3日間であった。耳石の染色にはALCが適し、浸漬法(濃度50ppm)と同程度の染色状態が得られる添加量と給餌期間は2%で7日間、4%では3日間であった。今回のALCの経口投与量は、ヒラメでの染色例(0.1%添加で10日間給餌⁵⁾)と比べると添加量が20～40倍と多く、染色に必要なALCの量に著しい差がみられたが、魚種やサイズによる差については今後さらに検討が必要である。

経口投与方法によるALCの経費(900円/g^{*})をクロソイ1尾当たりに換算すると(表3)、ALC 2%添加の7日間給餌では23円/尾、4%添加の3日間給餌では30円/尾となり、浸漬法(全長40mm個体を濃度15ppmで24時間)による経費の1.35円/尾(中川ら¹⁶⁾)から換算)よりも著しく高くなった。また、ALCより安価なARS(220円/g^{*})による鱗染色でも、4%添加の3日間給餌で6.9円であった。クロソイの中間育成で基準とされている配合飼料の給餌量¹⁷⁾は、全長60mmサイズでは浸漬法を行った40mmサイズの3.5倍を要するため、経口投与による染色はサイズの増加に伴い蛍光物質の使用量も急激に増加していく。経口投与による染色は、省力化の面では有効と考えられるが、さらに省コスト化の面から経費に見合ったサイズでの投与方法の検討を進める必要がある。

文 献

- 1) TUKAMOTO, K. (1985) Mass-marking of ayu eggs and larvae by tetracycline-tagging of otoliths, *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.*, **51**, 903-911.
- 2) TUKAMOTO, K. (1985) Otolith tagging of ayu

*2006年カタログ、和光純薬工業

- embryo with fluorescent substances, *Nippon Suisan Gakkaishi*, **54**, 1289-1295.
- 3) 桑田 博・塚本勝巳 (1987) アリザリン・コンプレクソンによるマダイ稚仔魚の耳石標識-I. 栽培技研, **16**, 93-104.
 - 4) 桑田 博・塚本勝巳 (1989) アリザリン・コンプレクソンによるマダイ稚仔魚の耳石標識-II, 大量標識. 栽培技研, **17**, 115-128.
 - 5) 高橋庸一 (1994) アリザリン・コンプレクソンの経口投与によるヒラメ稚魚の耳石染色. 日水誌, **60**, 611-616.
 - 6) 小林哲夫 (1959) 魚の生体染色について, I.注射によるニジマスのウロコの染色効果について, 北海道サケ・マスふ化場研究報告, **14**, 1-4.
 - 7) 土地敬洋・今井利為 (1993) マダイ稚魚の組織と鱗へのアリザリン・コンプレクソンによる標識. 水産増殖, **41**, 379-385.
 - 8) 東京都水産試験場 (2003) B小笠原海域栽培漁業推進研究, 1.アカハタの標識放流. 平成13年度東京都水産試験場事業報告, 80-81.
 - 9) 山崎幸夫 (2001) スズキ放流魚の鱗によるアリザリン・コンプレクソン標識の検出. 茨城県水産試験場研究報告, **39**, 1-6.
 - 10) NAKAMURA, Y. and Y. SAKURAI (1991) Validation of daily increments in statoliths of Japanese common squid *Todaodes pacificus*. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **57**, 2007-2011.
 - 11) 松村靖治 (2005) アリザリンコンプレクソン並びにテトラサイクリンによるトラフグ *Takifugu rubripes* 卵および仔稚魚の耳石標識. 日水誌, **71**, 307-317.
 - 12) 清水 健 (1992) IV 資源添加技術開発の概要 E クロソイ. 日本栽培漁業協会事業年報平成2年度, 326-334.
 - 13) 中川義彦 (1986) IV 放流順化試験, 1.ホッキガイ種苗の生体染色. 昭和60年度北海道立栽培漁業総合センター事業報告書, 65-66.
 - 14) 岡 雅一 (1994) ふ化イカを放して, 甲を集めるーコブシメ放流に関する一つの試み. さいばい, **70**, 8-12.
 - 15) 足立純一 (1997) IV 資源添加技術開発の概要 E クロソイ. 日本栽培漁業協会事業年報平成7年度, 267-271.
 - 16) 中川雅弘・大河内裕之 (2003) クロソイの放流試験. 日本栽培漁業協会事業年報平成14年度, 58-59.
 - 17) 野田 勉・中川雅弘・大河内裕之 (2007) クロソイ中間育成ガイド, 栽培漁業実践ガイドブック-I, 水産総合研究センター.

ブリとヒラマサにおける YTAV に対する感受性の比較

長倉 義智^{*1}・西村 卓哉^{*2}・虫明 敬一^{*3}・佐藤 純^{*3}・服部 圭太^{*1}・岡本 信明^{*4}

(*1 五島栽培漁業センター, *2 いなば食品株式会社, *3 上浦栽培技術開発センター, *4 東京海洋大学)

1983年に、瀬戸内海の一部苗生産場においてブリ稚魚が腹水貯留を呈して大量に死亡し、ウイルス学的研究により本病はウイルス病であることが確認された¹⁾。その後、病理組織、感染経路およびウイルス学的性状などについて検討され²⁻⁸⁾、本病は、ウイルス性腹水症 (viral ascites, 以下VA)⁹⁾、原因ウイルスは現在では国際的な命名法によりYTAV (yellowtail ascites virus) と呼ばれている。

ブリ *Seriola quinqueradiata* およびヒラマサ *Seriola lalandi* の種苗生産場における本病の発生は、中間育成の段階で問題となった事例が多いが、種苗生産過程でも死亡率が90%を越えた事例が両種ともみられ、計画的な生産を行う上では大きな障害の一つになっているといえる¹⁰⁾。しかし、これら両魚種間におけるYTAVに対する感受性を比較した報告はこれまでにない。そこで、両魚種で感染実験を行い、YTAVに対する感受性を比較したので報告する。

材料と方法

供試魚 試験には、2002年に五島栽培漁業センターで種苗生産されたブリ稚魚200尾 (平均全長50mm, 平均体重1.36g) およびヒラマサ稚魚250尾 (平均全長54mm, 平均体重1.71g) を用いた。

供試ウイルス VAで死亡したブリ幼魚からCHSE-214 (マスノスケの胚由来) 細胞により分離されたYTAVを、CHSE-214細胞に接種し20°Cで6日間培養後、遠心分離 (3,000×g, 4°C, 5分) により得られた上清を-80°Cで凍結保存した。なお、CHSE-214細胞を用いて測定したウイルス感染価は、 $10^{8.0}$ TCID₅₀/mlであった。

感染方法と飼育 ブリおよびヒラマサのそれぞれについて、供試ウイルスを100倍および1,000倍に希釈した海水2.5 l (ウイルス感染価： $10^{6.0}$ TCID₅₀/ml および $10^{5.0}$ TCID₅₀/ml) に、供試魚各50尾を60分間浸漬して感染させた後、各区別々に円形ポリエチレン水槽 (実水量60 l) に収容して11日間飼育した (表1)。なお、対照区はMEM₁₀ (ウシ胎児血清10%添加イーグルMEM培地) を100倍に希釈した海水に、それぞれブリ稚魚およびヒラマサ稚魚を浸漬し、その後、同様に飼育した。浸

漬感染中は通気し、その間の水温は20.0 ~ 20.8°Cであった。感染後の飼育試験期間中は、各水槽に配合飼料を1日当たり5g / 50尾給餌した。また、20°Cに調温した海水を換水率が1日当たり12回転となるように注水するとともに、ウォーターバス方式により飼育水温を20°Cに維持した。死亡魚は適宜取上げ、体測後、その症状を観察し、肝臓を摘出して-80°Cに保存した。所定の観察期間が経過した生残魚についても、同様に肝臓を摘出し、-80°Cに保存した。また、実験終了時における両魚種間の累積死亡率についてMann-Whitney検定を行った。

ウイルス検査 凍結保存した死亡魚および生残魚の肝臓の一部について、ポリメラーゼ連鎖反応 (polymerase chain reaction: PCR) 法によるウイルス検査を行った。PCR法によるウイルス検査は、常法に従ってISOGEN (日本ジーン製) を用いてウイルスRNAを抽出し、Suzuki et al.¹¹⁾ の方法に準じてPCR反応を行った後、増幅産物の有無を確認した。なお、実験開始直前に供試魚の一部の魚についてPCR法を用いたウイルス検査を行ったが、ブリおよびヒラマサともウイルスは検出されなかった。

結 果

感染実験 ブリにおいては、YTAV感染3日後から死亡がみられ、供試ウイルスを100倍に希釈した実験区では累積死亡率が4日後から6日後にかけて急激に上昇して58 ~ 66%に達し、その後、9日後まで漸増し、最終的な累積死亡率は65 ~ 72%となった (図1)。また、1,000倍に希釈した実験区では、累積死亡率は4日後から8日後にかけほぼ一定の割合で上昇し、最終的には24%となった (図1)。これらの死亡魚の大半は腹水症状を呈し、肝臓に著しい出血が観察された。実験終了時の生残魚の平均全長は61 ~ 63mm, 平均体重は2.0 ~ 2.1gであった。なお、対照区では死亡は全く認められなかった。

一方、ヒラマサでは、YTAV感染2日後から死亡がみられ、供試ウイルスを100倍に希釈した実験区では累積死亡率が4日後に急激に上昇し、その後、8日後までほぼ一定の割合で上昇し、最終的な累積死亡率は55%となった (図2)。また、1,000倍に希釈した実験区における累積死亡率は、ブリと同様に4日後から8日後にかけほぼ一定の

表1 Y T A V感染実験における実験区設定

魚種	実験区	供試尾数 (尾)	供試ウイルス原液 あるいは MEM ₁₀ *1	浸漬液におけるウイルス 原液あるいは MEM ₁₀ の希釈倍率 (倍)	浸漬液の ウイルス濃度 (TCID ₅₀ /ml)	浸漬時間 (分)
ブリ	対照区	50	MEM ₁₀	100	0	60
	100 倍区	1	YTAV (10 ^{8.0} TCID ₅₀ /ml)	100	10 ^{6.0}	60
		2	YTAV (10 ^{8.0} TCID ₅₀ /ml)	100	10 ^{6.0}	60
	1000 倍区	50	YTAV (10 ^{8.0} TCID ₅₀ /ml)	1000	10 ^{5.0}	60
ヒラマサ	対照区	50	MEM ₁₀	100	0	60
	100 倍区	1	YTAV (10 ^{8.0} TCID ₅₀ /ml)	100	10 ^{6.0}	60
		2	YTAV (10 ^{8.0} TCID ₅₀ /ml)	100	10 ^{6.0}	60
	1000 倍区	1	YTAV (10 ^{8.0} TCID ₅₀ /ml)	1000	10 ^{5.0}	60
		2	YTAV (10 ^{8.0} TCID ₅₀ /ml)	1000	10 ^{5.0}	60

*1 ウシ胎児血清10%添加イーグルMEM培地

表2 Y T A V感染実験におけるPCR法によるウイルス検査結果

魚種	実験区	生残個体			死亡個体			
		検査個体数 (尾)	陽性個体数 (尾)	陽性率 (%)	検査個体数 (尾)	陽性個体数 (尾)	陽性率 (%)	
ブリ	対照区	15	0	0	—	—	—	
	100 倍区	1	11	2	18	35	32	91
		2	17	1	6	31	31	100
	1000 倍区	36	4	11	10	9	90	
ヒラマサ	対照区	20	0	0	—	—	—	
	100 倍区	1	21	6	29	27	27	100
		2 *1	0	—	—	0	—	—
	1000 倍区	1	36	6	17	13	13	100
		2 *1	0	—	—	0	—	—

*1 未検査

割合で上昇し、最終的に26%となった(図2)。これらの死亡魚には腹水症状を呈する個体とそうでない個体があり、肝臓にはブリの死亡魚でみられたような顕著な出血は観察されなかった。実験終了時の生残魚の平均全長は65~68mm、平均体重は2.9~3.3gであった。なお、対照区では死亡は全く認められなかった。

同一のウイルス株による感染実験の結果、両魚種間で累積死亡率に有意な差は認められなかった(p<0.05)。

ウイルスの検出 ブリでは一部の死亡魚でウイルスが検出されなかったが、ヒラマサではすべての死亡魚でウイルスが検出された。また、生残魚でもブリで6~18%、ヒラマサで17~29%からウイルスが検出された(表2)。なお、対照区からはウイルスは検出されなかった。

考 察

本感染実験では、ブリとヒラマサの間で累積死亡率に有意な差が認められず、また、同様の死亡状況を示したことから、今回設定したウイルス濃度では両魚種間でYTAVに対する感受性に差がないことが示唆された。しかし、今回よりもさらに高い希釈倍率、すなわち、ウイルス力価の低い濃度での感染実験の結果がないため、今後、さらに検討を要するものと考えられた。一方、ブリではほとんどの死亡魚が腹水症状を呈していたのに対し、ヒラマサでは腹水症状を呈する個体とそうでない個体とがあった。また、ブリで肝臓に出血が認められたのに対し、ヒラマサでは必ずしも認められず、YTAVによる死亡魚

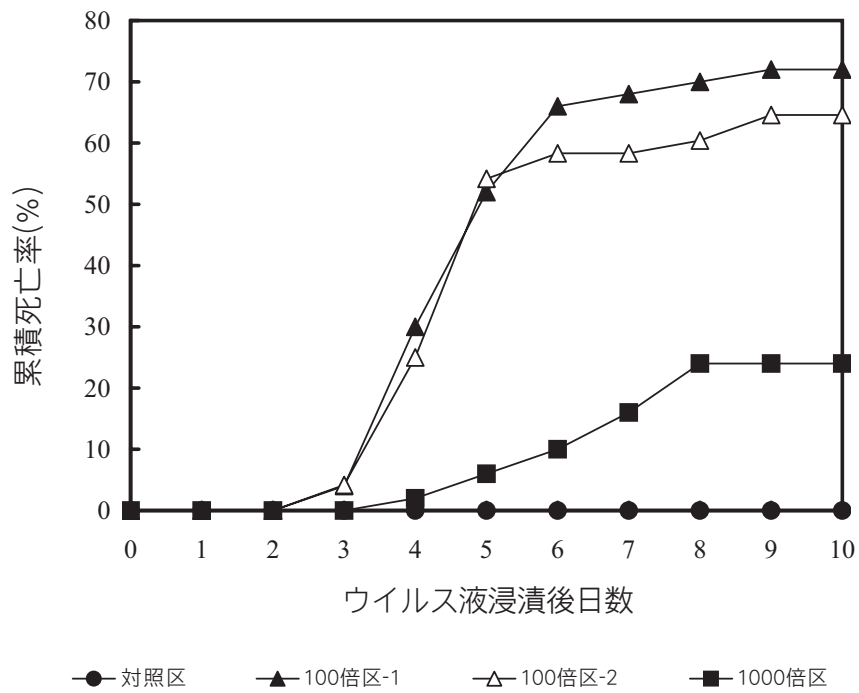


図1 ブリのYTA V感染実験における累積死亡率の推移

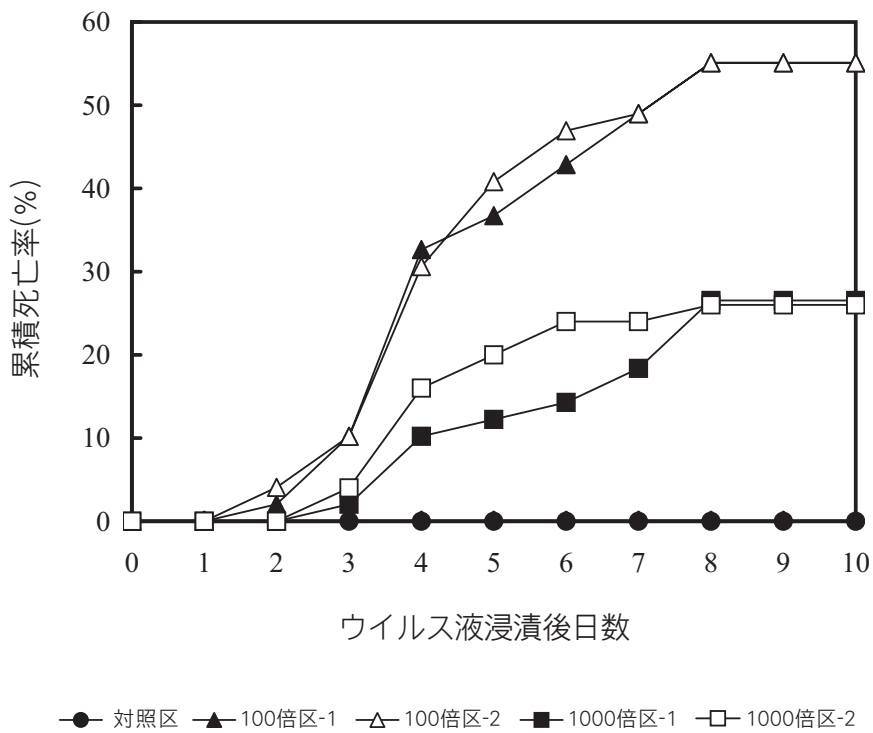


図2 ヒラマサのYTA V感染実験における累積死亡率の推移

の症状には違いがみられた。

今回は、ブリとヒラマサの2魚種での実験であったが、ブリ属における感受性を比較するという観点から、重要種であるカンパチ *Seriola dumerili* についても、このような症状の違いも含めたYTAVに対する感受性の検討が必要であろう。

本報では、実験スペースの兼ね合いから、小型水槽（実水量60ℓ）を用いた感染方法および飼育方法の標準化を行った（長倉，未発表）。その結果，ブリおよびヒラマサにおいてダブルで設定された実験区での累積死亡率はほぼ同じ，とくにヒラマサでは同じ死亡率を示したことから，精度の高い実験が可能となった。この標準化された方法を用いることでYTAVの病原性あるいは宿主の抵抗性を正しく評価できるものと考えられた。ブリ稚魚のYTAVに対する感受性は魚の大きさにより異なる⁵⁾ことから，実験に先立ち，供試魚の大きさを揃えることも重要な要因となり得ることが示唆された。そのため，事前に供試魚の大きさを揃えるための選別を行うなどの工夫も必要と考えられた。

文 献

- 1) 反町 稔・原 武史 (1985) 腹水症を呈するブリ稚魚から分離されたウイルスについて. 魚病研究, **19**, 231-238.
- 2) 藤巻由紀夫・服部浩一・畑井喜司雄・窪田三朗 (1986) 腹水症を伴うブリ稚魚の光顕的ならびに電顕的研究. 魚病研究, **21**, 105-111.
- 3) 江草周三・反町 稔 (1986) ブリ稚魚のYellowtail Ascities Virus (YAV) 感染症の病理組織学的研究. 魚病研究, **21**, 113-121.
- 4) 宮崎照雄 (1986) 三重県下で発生したブリ稚魚のウイルス性腹水症重篤例の病理組織像. 魚病研究, **21**, 123-127.
- 5) 反町 稔・江草周三 (1986) ブリ稚魚に対するウイルスYAVの感染実験. 魚病研究, **21**, 133-134.
- 6) 一色 正・川合研児・楠田理一 (1989) 天然採捕ブリ稚魚におけるYAV感染. 日水誌, **55**, 633-637.
- 7) 一色 正・川合研児・楠田理一 (1989) 養殖ブリにおけるYAVと抗YAV中和抗体の保有の推移. 日水誌, **55**, 1305-1310.
- 8) 一色 正・川合研児・楠田理一 (1993) 採卵用ブリ親魚からのYAVと抗YAV中和抗体の検出. 魚病研究, **28**, 65-69.
- 9) 日本魚病学会 (2004) 選定された魚病名 (2004年改訂). 魚病研究, **39**, 223-233.
- 10) 西岡豊弘・塩澤 聡・小金隆之・小磯雅彦・虫明敬一・有元 操 (2006) ブリおよびヒラマサの種苗生産過程におけるウイルス性腹水症の疫学調査. 栽培技研, **33**, 77-83.
- 11) Suzuki, S., N. Hosono, and R. Kusuda (1997) Detection of the aquatic birnavirus gene from marine fish by using a combination of reverse transcription- and nested-PCR. *J. Mar. Biotechnol.*, **5**, 205-209.

栽培漁業センター技報第6号

平成19年5月30日 発行

編集人
発行 独立行政法人 水産総合研究センター
〒220-6115
神奈川県横浜市西区みなとみらい 2-3-3
クイーンズタワー B 15F
電話 045 (227) 2715

印刷所 野崎印刷紙器株式会社
川崎市中原区新丸子東 2-925 白誠ビル 2F
電話 044 (422) 6531