

栽培漁業センター技報

第5号

平成18年9月

目次

素掘池で養成したクルマエビの捕獲方法の検討 崎山 一孝・足立 純一	1
マナガツオの生態と採卵および種苗生産に関する情報 山本 義久・小金 隆之・山崎 英樹・岩本 明雄	4
水槽内自然産卵により得られたマツカワふ化仔魚の遺伝的多様性 鈴木 重則・森岡 泰三・錦 昭夫	11
ケガニ抱卵雌ガニの短期養成における水温とふ化の関係 神保 忠雄・芦立 昌一	15
ニシンの種苗生産に適したワムシ栄養強化剤の検討 大河内裕之・中川 雅弘・熊谷 厚志	20
輸送ワムシを用いた「ほっとけ飼育」の試み 森田 哲男・小磯 雅彦	24
クロソイの種苗単価の試算 中川 雅弘・大河内裕之・有瀧 真人	28
海水中に残留した微量オキシダントがクロマグロ受精卵のふ化に及ぼす影響 今泉 均・武部 孝行・二階堂英城・井手健太郎・升間 主計	34
オゾン殺菌装置と電気分解式殺菌装置で殺菌処理した海水がヒラメの生残と有眼側色素異常に及ぼす影響 藤浪祐一郎・熊谷 厚志	39
ワムシの連続注水間引き培養法と植え継ぎ培養法の比較 奥村 重信・岩本 明雄	43
オニオコゼ中間育成における収容密度と給餌量の影響について 兼松 正衛・太田 健吾・島 康洋	46
放流したクエ人工種苗の被食と保護について 本藤 靖・齊藤 貴行・服部 圭太	52
水槽内におけるヒラメ人工種苗の被捕食 森田 哲男・崎山 一孝・清水 大輔	58
ウイルス性神経壊死症(VNN)を耐過したキジハタにおけるベータノダウイルスの検出 西岡 豊弘・森 広一郎・津村 誠一・高野 正嗣	62
異なる給餌条件下で飼育したヒラメにおけるネオヘテロボツリウム寄生状況について 山田 達哉・塩澤 聡・森田 哲男	66

素掘池で養成したクルマエビの捕獲方法の検討

崎山 一孝^{*1}・足立 純一^{*2}

(^{*1} 瀬戸内海区水産研究所栽培資源部栽培技術研究室, ^{*2} 志布志栽培漁業センター)

クルマエビの種苗生産では、採卵に使用する親エビを天然エビに依存しているため、親エビの安定確保が重要課題となっている。そこで、百島実験施設では、半開放的な素掘池を用いて親クルマエビの養成試験と採卵試験を行っている。これらの試験に使用するクルマエビは、複数のカゴ網を用いて捕獲される。しかし、捕獲尾数はカゴ網の設置場所により、また、捕獲日より大きく変動するため、常に試験に必要な尾数が確保されるとは限らない。そこで本試験では、カゴ網を用いて十分な数のクルマエビを効率よく採取するために、捕獲尾数の多いカゴ網の設置場所と設置方法について検討した。

材料と方法

試験には、百島実験施設の実験池（7,500㎡）で養成している1歳クルマエビ（平均体長153mm）を用

いた。クルマエビを捕獲するためのカゴ網（ドーム型、86×56×46cm、入口1カ所）は市販のものを使用した。捕獲調査では、実験池を東西2列（A, B）、南北4列（1-4）の合計8ブロックに区切り（図1）、冷凍サンマの切り身を入れたカゴ網を各ブロックに4個ずつ約10m間隔で投入した。カゴ網の投入は16時～17時、回収は翌日9時～10時に行った。カゴ網による捕獲調査は2000年6月20日、6月27日、7月4日、7月11日および7月18日の5回行い、ブロックごとの捕獲尾数を調査した。なお、調査期間中にコドラート法により推定¹⁾したクルマエビの生息尾数は5,000～6,800尾であった。

また、池内に設置した2機の攪水機による水流と、カゴ網の入との関係を明らかにするために、各ブロックに入口が水流に向いたカゴと、反対に向いたカゴを2個ずつ設置し、両者の捕獲尾数を比較した。

結果と考察

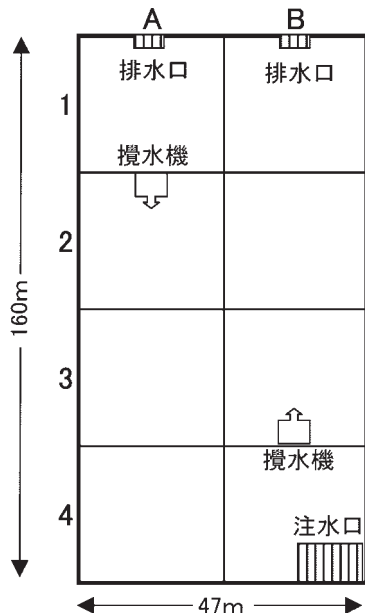
カゴ網による捕獲調査の結果を表1に示した。1回の調査での捕獲尾数は、187～717尾（平均322尾）と調査日より大きく異なり、7月以降の捕獲尾数が増加した。これは7月以降の実験池内の水温が上昇し、クルマエビの索餌行動が活発になり、カゴ網への入網尾数が増加したためであると考えられる。

また、ブロックごとの平均捕獲尾数は17～61尾（平均40尾）と、ブロックにより大きく異なったので、このデータをもとにして、カゴ網の設置場所により捕獲尾数に差があるかどうかを分散分析法により検定したところ有意差（ $p=0.04$ ）が認められた。そこで、エビが良く取れる場所を特定するために、各ブロックの捕獲尾数をもとにして、以下の式により捕獲指数を求め、その結果を図2に示した。なお、この指数が高いほどクルマエビが獲れやすい場所であることを表す。

捕獲指数＝

$$\frac{[(\text{捕獲尾数} - \text{捕獲尾数の平均}) / \text{標準偏差}]^2}{n}$$

池の中央部より注水口側であるA3とA4、およびB3の捕獲指数は0.48、0.46および1.01であり、いずれも他のブロックより値が高く、クルマエビが良く取れる場所であると推察された（表2）。一方、海水の



実験池に設定した8ブロック (A1～4, B1～4)

図1 素掘池で養成したクルマエビの捕獲調査

表1 各ブロックのクルマエビの捕獲尾数*

ブロック	調査日ごとの各区域の捕獲尾数					平均
	6月20日	6月27日	7月4日	7月11日	7月18日	
A1	28	10	19	44	82	37
A2	23	28	2	43	136	46
A3	32	30	13	58	119	50
A4	43	26	33	39	95	47
B1	8	34	27	48	21	28
B2	29	18	36	25	70	36
B3	27	44	46	47	141	61
B4	3	4	11	16	53	17
合計	193	194	187	320	717	322
平均	24	24	23	40	90	40
標準偏差	12.9	13.0	14.7	13.4	41.7	13.8

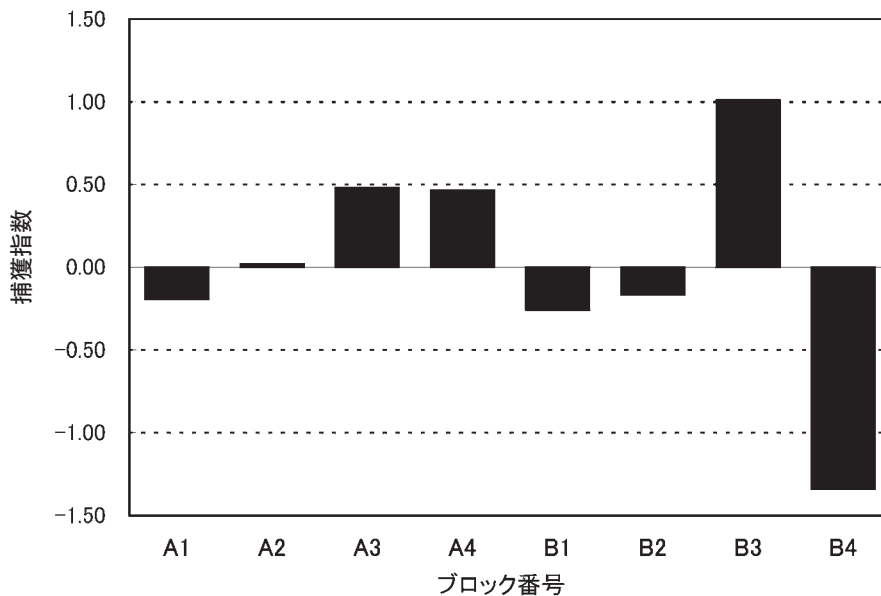


図2 各ブロックのクルマエビの捕獲指数

流入が多く環境が良いと考えられる注水口 (B4) の捕獲指数は-1.34と最も低く、エビが獲れ難い場所であると推察された。

水流に対するカゴの入口の向きと捕獲尾数との関係 (表3) では、水流向きと反水流向きのカゴの平均捕獲尾数は、それぞれ3.6尾 (0~18尾) と4.0尾 (0~18尾) であり、両者に有意差 ($p=0.905$, Wilcoxon符号付順位和検定) は認められなかった。

以上の結果から、素掘り池のクルマエビを効率よく捕獲するためには、カゴ網は池の中央から注水口側の

範囲 (注水口付近は除く) に設置した方が最適であり (図3)。その場合、カゴ網入り口の向きに注意を払う必要は無いものと判断された。

今回の試験では、クルマエビの捕獲場所に偏りが見られた理由を明らかにすることはできなかった。しかし、実験池内の水温と底質、水の流れは場所により異なることから、これらの要因がクルマエビの分布に影響を及ぼし、カゴ網への入網尾数が不均一になった可能性が考えられる。そのため、実験池でのクルマエビの分布状態とこれらの要因との関係を明らかにすることは

クルマエビの養成に役立つだけでなく、天然海域での生息域の推定や生息環境の評価に有益な情報を与えるものと考えられる。

文 献

- 1) 崎山一孝・清水大輔 (2004) 素掘池で養成したクルマエビの生残尾数の推定. 栽培漁業センター技報, 1, 112-115.

表2 各ブロックのクルマエビの捕獲指数*

ブロック	調査日ごとの各区域の捕獲尾数					平均
	6月20日	6月27日	7月4日	7月11日	7月18日	
A1	0.30	-1.09	-0.29	0.30	-0.18	-0.19
A2	-0.09	0.29	-1.45	0.22	1.11	0.02
A3	0.61	0.45	-0.70	1.34	0.71	0.48
A4	1.47	0.14	0.66	-0.07	0.13	0.46
B1	-1.25	0.75	0.25	0.60	-1.65	-0.26
B2	0.38	-0.48	0.86	-1.12	-0.47	-0.16
B3	0.22	1.52	1.54	0.52	1.23	1.01
B4	-1.64	-1.55	-0.84	-1.79	-0.88	-1.34

*: 捕獲指数 = [(各ブロックの捕獲尾数 - 平均捕獲尾数) / 標準偏差]

表3 カゴ網の入口の向きと捕獲尾数との関係

カゴ番号	カゴ網入口の方向	
	水流向き	反水流向き
1	7	9
2	3	13
3	2	0
4	6	0
5	3	0
6	18	18
7	2	1
8	3	3
9	2	0
10	0	0
11	0	2
12	1	0
13	5	4
14	6	6
15	0	2
16	0	6
平均	3.6	4.0
標準偏差	4.47	5.32

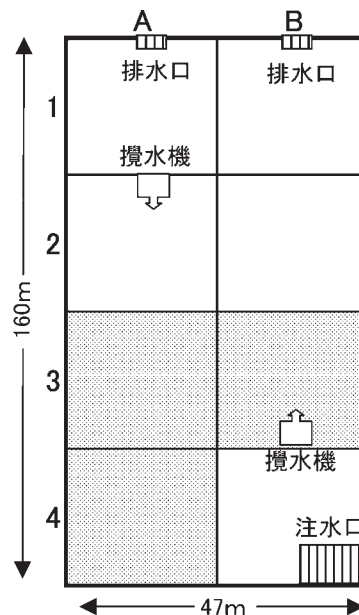


図3 素掘池でカゴ網によりクルマエビを効率よく捕獲できる場所(A3,A4,B3)

マナガツオの生態と採卵および種苗生産に関する情報

山本 義久・小金 隆之・山崎 英樹・岩本 明雄
(屋島栽培漁業センター)

マナガツオは本州中部以南の暖水域を中心に生息し、特に瀬戸内海では商品価値が高く、重要魚種の一つに数えられている。しかし、我が国で本種に関する知見は少なく、これまでに初期発生や人工授精の取り組み等が報告されているのみである^{1,2)}。屋島栽培漁業センターではマナガツオを栽培漁業の対象種として取り上げ、1976年から基礎的知見を収集するための調査を開始し、1977～1983年の間に採卵および種苗生産試験を実施した^{3,4)}。これらの調査・技術開発で本種の仔稚魚飼育には餌料としてクラゲが必須であることが判明したが、クラゲの安定的な大量確保が困難であり、1985年に本種の技術開発を一旦休止した。

近年、全国各地でエチゼンクラゲを主としたクラゲ類の大量発生による漁業被害が深刻化している。これまでに水産総合研究センター水産工学研究所が駆除用の漁具を開発し効果を上げているが、抜本的な対処方法は未だ確立されていない。先に述べたようにマナガツオは飼育環境下で仔稚魚期の主餌料としてクラゲ類が重要であることに加え、成魚でもクラゲ類を積極的に摂餌するなど、「クラゲ駆除対策」としての利用も注目されている。

本報告では、マナガツオについての既存の生態・漁業情報をとりまとめるとともに、屋島栽培漁業センターが過去に実施した採卵および種苗生産のデータを元に、増養殖技術や本種の生物学的な特徴を明らかにする上で重要な事項を総説として整理した。

生物学的情報と漁業

分類、形態および分布 マナガツオ *Pampus argenteus* (Euphrasen) は、スズキ目イボダイ亜目マナガツオ科マナガツオ属に属し、英名は Silver pomfret, Butterfish, Harvestfishである。本邦近海の近縁種は、コウライマナガツオ *P. echinogaster* (Basilewsky) および、シママナガツオ *P. chinensis* (Euphrasen) が知られている⁵⁾。

外部形態は体高が高く、菱形状を呈し、よく側扁する。口が小さく、吻は下顎より突出し、腹鰭は無く、鰓孔は小さいのが特徴である。歯は両顎に微小なものがあり、食道嚢は長楕円形でその内側に食道歯が密生

する角質の柱状体が多数存在する。鱗は円鱗で小さく、脱落しやすい。また、全長は60cmに達し、雌は体長25cm、雄は体長20cm前後で成熟する⁶⁾。

日本近海では南日本に多く、太平洋側は中部以南、日本海側は北海道以南から朝鮮、東シナ海に分布し、黄海、インド洋にまで至る⁶⁾。

行動様式および食性 成魚は外洋性で、水深100～200m以浅の砂泥域に生息する。産卵期は春から夏で、紀伊水道は6～7月、瀬戸内海中部は7～8月が盛期である。産卵は、沿岸の水深10～20m前後の岩礁域や砂泥域の中層で行われ、内湾や時には河口域まで来遊するが、産卵後は沖合の深部に戻る⁶⁾。

食性は肉食で、クラゲ類、サルパ類などの大型プランクトンやアミ類、多毛類を摂餌する⁶⁾。また、屋島栽培漁業センターが行った漁業者からの聞き取り調査では、イカナゴシラス、キビナゴ、イカ類を餌に釣獲されている事例が報告されている。成魚の飼育試験ではミズクラゲへの嗜好性ももっとも強く、大型個体は1日当たり1kg/尾のミズクラゲを摂餌することが確認されている⁴⁾。

発育および成長 卵は球形の分離浮遊卵で、直径は1.2～1.35mm前後、1個の油球(径0.43～0.45mm)を持つ¹⁾。卵は水温26℃で受精後24時間でふ化する。ふ化仔魚は全長3.15～3.65mmで細長く、腹部に楕円形の卵黄を持ち、胸鰭は大きい。全長4mm前後で卵黄をほぼ吸収し、全長6mmから体高が増加し始める⁷⁾。形態的には体長22mm前後で稚魚期に移行し、体長40～50mmでほぼ成魚の形態的特徴を有するようになる(図1)⁷⁾。仔稚魚は内湾浅場の砂泥域に生息し、成長した幼魚は秋頃沖合に移動する。

屋島栽培漁業センターでは、1977年7月～11月に備讃瀬戸での魚込瀬網および小型底曳網の漁獲物調査を実施し、同海域における全長約3～15cmのマナガツオ稚魚および幼魚の出現状況を明らかにした(図2)⁴⁾。魚込瀬網の採集では、8月下旬に5cm以上の稚魚が採集され、8月中旬には約10cm、8月下旬から9月上旬に13～14cmに達する群が中心となった。一方、小型底曳網での漁獲物では8月中下旬から3cm以上の稚魚が採集され、9月下旬に約8cm、10月中旬に約13cm、11月上旬に約15cmといずれも魚込瀬網のも

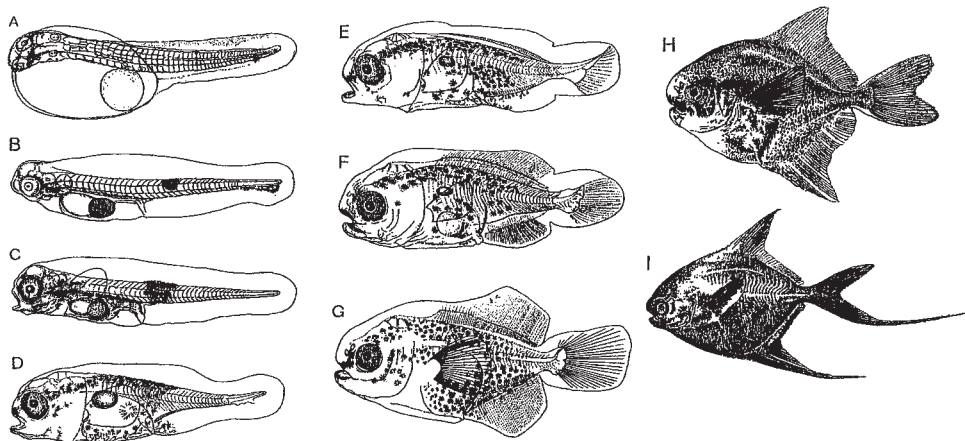


図1 マナガツオ仔稚魚の発生段階 (Almatar S. et al 2000を改変)

A) ふ化仔魚, 2.4mmBL, B) 日齢1, 2.9mmBL, C) 日齢2, 2.8mmBL, D) 日齢6, 3.0mmBL, E) 日齢8, 3.7mmBL, F) 日齢12, 4.4mmBL, G) 日齢13, 8.4mmBL, H) 日齢40, 22.2mmBL, I) 日齢90, 93.0mmBL

のよりも小さかった。このデータから、①魚込瀬網に入網した群と小型底曳網に入網した群は発生時期が異なる、②前者の発生時期は7月上旬頃、後者は8月中旬頃である、③両群はその間断続的に発生している、の3点が推察された。また、稚魚の成長速度を概算すると約2mm/日前後と極めて速く、11月には全長15~20cm以上に達すると考えられた。その後の調査では、10~11月には20cm前後の未成魚が漁獲され、香川県さぬき市引田町の漁業者はこれらを通称「チョウチョ」³⁾として成魚と区別している。

水温と移動 屋島栽培漁業センターで1977年に実施した越冬試験では、水温が15℃以下になると急速に活力が低下し、横転して遊泳することが観察された。また、香川県でのマナガツオの漁獲は、おおむね5月下旬から11月までで、8月をピークに成熟した個体が漁獲される²⁾。備讃瀬戸の水温は12月に15℃以下に低下し、5月下旬から再び15℃以上に上昇する³⁾。これらのことから、この海域で発生した群は、水温が15℃以下に低下する12月には紀伊水道を経て外海に移動し、その後水温が15℃以上に上昇する5月下旬以降、産卵のために来遊すると考えられた。

漁業および利用 日本近海では瀬戸内海や九州西方の東シナ海で周年にわたり、底曳網、定置網、刺網等で漁獲される。瀬戸内海の漁獲量は近年減少し、香川県ではここ数年間100トン/年前後で推移している²⁾。一方、東シナ海ではマナガツオとコウライマナガツオ

が混獲され、両者の合計で年間8,000トン前後の漁獲がある¹⁾。10月の大阪魚市場での魚価は1kg当たり2,000円前後(1,500~3,500円/kg)と高値で取引されている。本種の旬は冬⁶⁾で俳句の季語にもなっており、淡泊な白身で大変美味である。関西では西京味噌漬の焼物が特に有名で高級食材として取り扱われ、瀬戸内海では夏場に揚がる新鮮なものは刺身として珍重される⁶⁾。

親魚および採卵に関する情報^{3, 4)}

親魚および成熟 屋島栽培漁業センターでは、1977年よりマナガツオの種苗生産のため親魚の確保に着手した。親魚は香川県東かがわ市引田町沖の大敷網の漁獲物から入手した。輸送時に横転して水槽の底で体表を擦り死亡するため、その防止策として背鰭基部に浮子を装着し搬入した。確保した親魚は作業船で1~1.5時間かけて輸送し、屋島栽培漁業センターの小割網生簀(8節:4.8×4.8×2m)に収容後、採卵まで短期間養成した。購入した親魚は、尾叉長が約20~40cm、体重が約250~2,100gで、尾叉長約27cmを境にほぼ雌雄が分かれ、大型が雌、小型が雄である(図3)。産卵盛期の7月中旬から8月上旬に至っても尾叉長30cm以下の雌は成熟が遅れ、GSIは4以下と極めて低い。このことから産卵盛期に採卵に利用可能な雌は尾叉長30cm以上、体重900g以上と判断された。

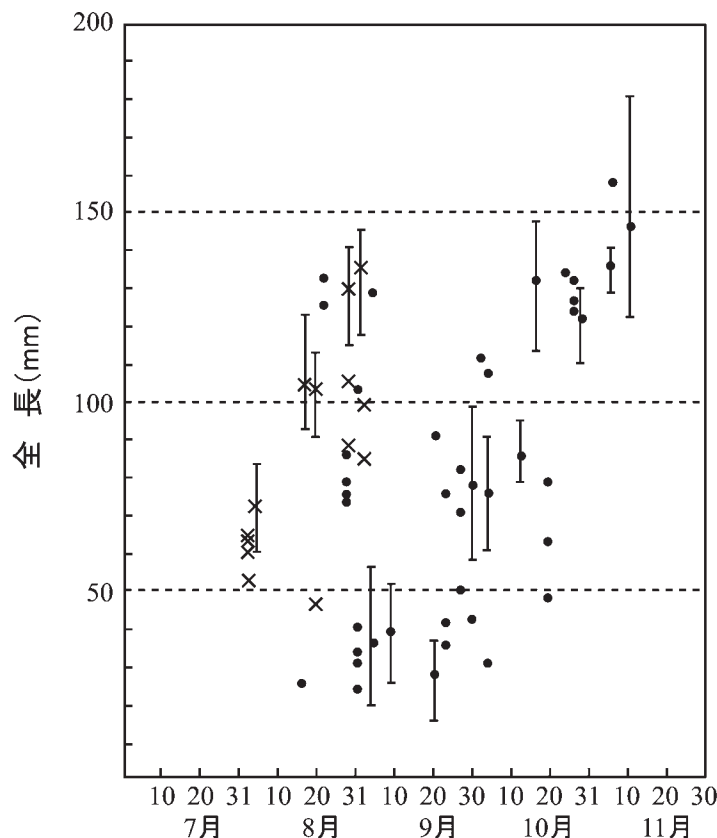


図2 1977年に備讃瀬戸で採集されたマナガツオ稚魚の時期別の全長推移
 (日本栽培漁業協会 1983から引用)
 ×：魚込瀬網 ●：小型底曳網

入手した親魚の透明卵の出現状況から、①排卵はGSIが10以上で開始され、最終成熟時にはGSIが19～29に達し産卵する、②この海域の雌は7月中旬から産卵を開始し、8月下旬もしくは9月上旬まで続くと考えられた。一方、1977年7月下旬に行った卵巣内卵径の調査では、平均卵径が1.31、0.93および0.53mmの3段階に区分されたことから、本種は多回産卵魚である可能性が高いと考えられた。また、産卵期に來遊する本種の性比はほぼ1：1であった。

催熟、採卵およびふ化 先に述べたように、全ての親魚は入手後に短期養成し、ホルモン処理を施し採卵に供した。ホルモン処理による催熟は、ゴナトロピン(10,000単位/kg)およびハクレン脳下垂体(30mg/kg)を筋肉に注射して行い、1回の使用量は前者が300～1,000単位/kg、後者が15～30mg/kgであった。また、この方法で効果がない場合でも、2～3日後に再注射すれば40～48時間後に排卵が確認された。

採卵方法は主に人工授精を用いたが、陸上水槽内の

自然産卵で採卵した実績もある。採卵可能な個体の目安としてGSIは20以上で、産卵量は尾叉長30～35cm(体重1～1.5kg)の親魚でおおよそ10～20万粒の卵が得られた。

上記の方法で人工授精を行った結果、総卵数が1万粒を越えたものは8事例あり、雌1個体当たりの平均採卵数は10.5万粒(2.3～19.4万)であった(表1)。しかし、浮上卵は3.1万粒(0～7.5万粒)と少なく、得られたふ化仔魚の平均尾数は8,251尾(0～28,300尾)、浮上卵に対するふ化率は23.8%(0～51.1%)と極めて低かった。自然産卵は1978年、1983年の2事例で、両年の合計は産卵量が62.1万粒、浮上卵が36.1万粒、ふ化仔魚が13,900尾、ふ化率が1.8%であった(表2)。1979年に確保できたマナガツオの受精卵の卵径は直径1.25mm(1.23～1.26mm)で、ふ化は27.3～27.5℃で24時間を要し、ふ化仔魚の全長は平均2.9mm(2.6～3.2mm)と全ての値で既存の天然魚の数値(前述の発育および成長の項参照)とほぼ同様であった。

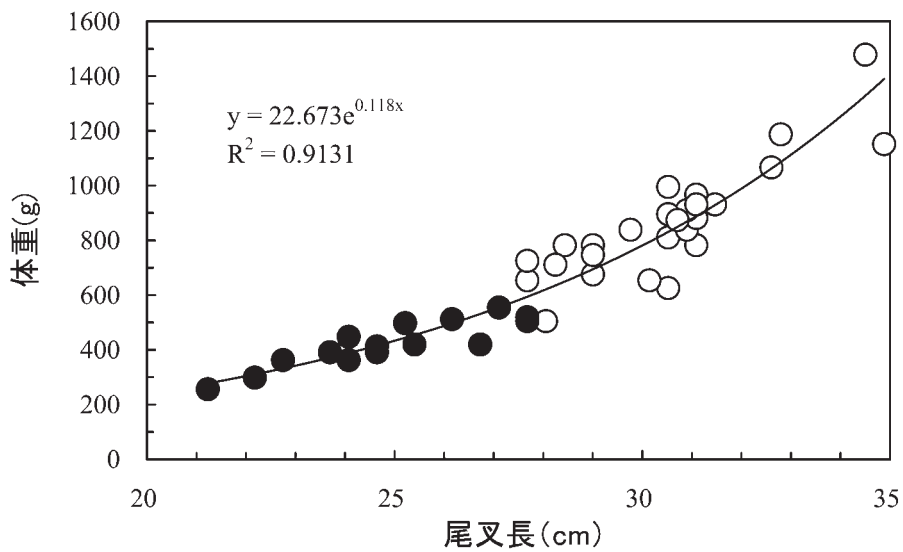


図3 香川県引田沖で採集した天然マナガツオ親魚の尾叉長と体重の関係と雄雌の区分 (水田ら 1977を改変)
○: ♀ ●: ♂

表1 天然マナガツオ親魚からのホルモン処理後の人工受精による採卵及びふ化

	親 魚		採 卵		ふ 化	
	尾叉長 (cm)	体 重 (g)	総採卵数 (万粒)	浮上卵数 (万粒)	ふ化仔魚尾数 (尾)	ふ化率 (%)
1978	—	1,500	8.8	1.2	50	0.4
	—	1,510	12.3	7.5	500	0.7
1979	26.5	—	8.3	4.0	320	0.8
	30.0	—	16.7	5.7	28,300	49.8
1981	—	880	4.7	2.2	10,440	47.2
	—	1,100	2.3	0.3	0	0.0
1982	32.5	1,280	11.3	3.4	0	0.0
	33.0	1,150	19.4	0.5	2,400	51.1
計			83.8	24.8	42,010	16.9

注: 表中の—の表示は資料に明記されていないことを示す

なお、卵 1 ml 当たりの卵数は504粒であった。

種苗生産に関する情報¹⁾

仔稚魚の飼育事例 前述の採卵により確保したふ化仔魚を用い10回の仔稚魚飼育が試みられ、1979年の2事例で全長40mmサイズの稚魚が生産できた(表3)。以下の情報は、主にこれらを取り纏めた報告書から抜

粋した。

餌料および摂餌 餌料にはワムシ、アルテミア、配合飼料、Acartia sp.を主体とする天然コペポーダおよびミズクラゲを供した。表4には餌料系列および給餌量を示した。仔魚はこれらの餌料の内、天然コペポーダ以外はよく摂餌した。ワムシとアルテミアのみを給餌した事例ではアルテミアを積極的に摂餌したが、開口後16~17日目にアルテミアの栄養的障害と思われる

表2 天然マナガツオ親魚からのホルモン処理後の自然産卵による採卵及びふ化

	親 魚		採 卵		ふ 化	
	尾叉長 (cm)	体 重 (g)	総採卵数 (万粒)	浮上卵数 (万粒)	ふ化仔魚尾数 (尾)	ふ化率 (%)
1978	—	900-1400	53.6	22.0	3,000	1.4
1983	26.5-39.0	—	0.2	0.2	300	12.5
			2.2	0.7	1,000	14.9
			3.2	2.8	5,200	18.7
	27.5-34.0	—	2.9	1.9	4,200	22.1
計			62.1	27.6	13,700	5.0

注：表中の—の表示は資料に明記されていないことを示す

表3 屋島栽培漁業センターで実施したマナガツオの種苗生産試験

	飼育回次	収 容		日 齢 (日)	平均全長 (mm)	取り揚げ		
		飼育水槽 (kl)	尾 数 (尾)			最小-最大	尾 数 (尾)	生残数 (%)
1978	1	0.5	470	—	—		0	0.0
	2	0.5	2,800	20	7.8		6	0.2
	3	0.5	320	17	9.6		15	4.7
1979	4	2	10,000	47	36.0	22.0-68.0	39	0.4
	5	2	10,000	47	44.8	24.0-76.0	19	0.2
1981	6	2	10,440	20	9.1		5	0.0
1982	7	0.5	2,400	27	10.0		0	0.0
1983	8	—	1,000	9~13	5~7		0	0.0
	9	—	5,200	9~13	5~7		0	0.0
	10	—	4,200	9~13	5~7		0	0.0
計			42,630				84	0.2

注：表中の—の表示は資料に明記されていないことを示す

大量死亡がみられた。一方、ミズクラゲは日齢18（仔魚の平均全長8.2mm）から給餌したところ、きわめて嗜好性が強く、日齢19~46までミズクラゲ単独で飼育可能であった。これらのことから、この時点での有効な餌料はワムシおよびミズクラゲであると考えられた。しかし、当時はアルテミアの栄養強化は実施されておらず、強化剤で処理したアルテミアの効果については今後検討の余地がある。また、飼育した仔魚の胃内容を観察した結果、開口後のワムシの摂餌数は全長4.0~4.5mmで10個体、全長4.5~6mmで50~80個体、全長6mmを越えるサイズでは100個体以上であった。

行動および生残 マナガツオ仔魚は全長4.5mmからつつき合う行動が観察され、歯の形成が開始される

全長6mmから激しくなった。また、仔魚はミズクラゲの周囲に蝟集し、積極的につついて摂餌する行動が観察された。しかしこの事例ではミズクラゲの給餌時期が遅かったため、仔魚同士のつつき合いが原因と考えられる減耗も大きく、全長40mm前後で僅か58尾（生残率は0.3%）しか生き残らなかった。一方、前述したようにアルテミアの大量摂餌による栄養的障害と思われる大量死亡が全ての飼育事例でみられ、全長8mmからアルテミアの給餌を中止してミズクラゲ単独で飼育した2事例のみで稚魚期までの飼育が可能であった。これらのことは、つつき合い防止や栄養面からもミズクラゲの重要性を示唆しており、本種の飼育においては全長6mm以前からのミズクラゲの給餌が効果

表4 マナガツオ種苗生産の給餌系列および給餌量(1979年)

餌料区分	給餌期間 (日齢)	飼育4回次		飼育5回次	
		日間給餌量 (万個体)*	総給餌量 (万個体)*	日間給餌量 (万個体)*	総給餌量 (万個体)*
シオミズツボウムシ	0~18	100~400	4,700	100~500	4,900
北米産アルテミア	10~19	5~10	71	6~20	70
ミズクラゲ	18~47	1~7	89	1~5	54
天然コペポーダ	18~19	3~15	18	3~15	18

*: ミズクラゲのみ数量の単位は個体で示す

注: 飼育水槽は2kℓ水槽を使用

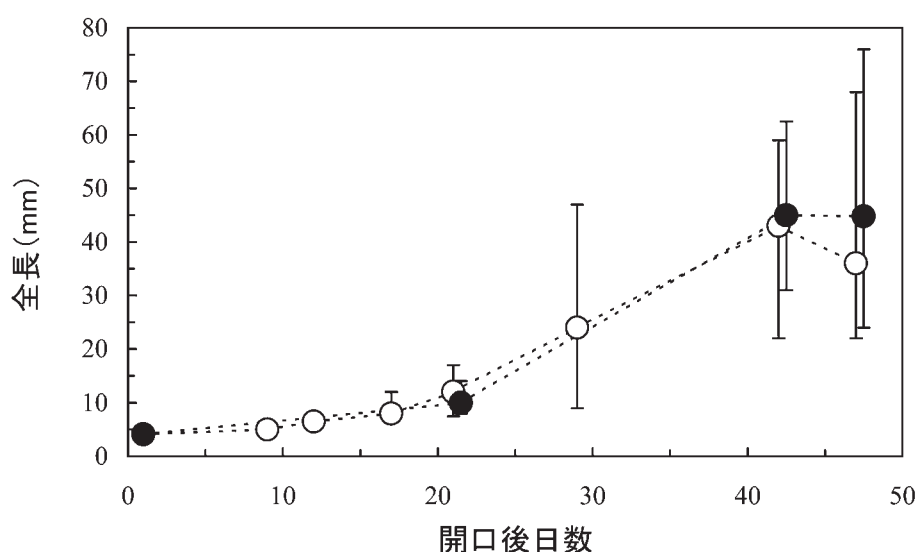


図4 1979年のマナガツオ種苗生産試験での成長の推移
(図中の縦線は最小, 最大の範囲を示す)
--○--: 飼育4回次 --●--: 飼育5回次

的であると考えている。しかし、前述したようにアルテミアの栄養強化を行うことで生残率が向上する可能性があり、ワムシ、アルテミアおよびエビをペースト状に加工したもので稚魚期まで飼育した報告⁷⁾がある。なお、この事例ではアルテミアの栄養強化の有無については明記されていないが、いずれにしても餌料系列は再度検討する余地があろう。

成長 上記の2事例の成長は、ふ化仔魚で全長2.9mm、開口時で全長4.1mm、その後10日、20日後、30日後および40日後にはそれぞれ全長6mm、10mm、25mmおよび40mmに達した(図4)。成長は全長10mmまで緩やかであるが、クラゲを摂餌するようになっ

てから急速に早まる傾向が窺われた。大型の個体では日齢47で全長76mmに達し、その日間成長率は1.62mm/日と高く、約1ヵ月間をミズクラゲのみの摂取で、この成長率は特筆すべきものがある。

他機関での取り組み

漁獲時に腹部が膨満し、搾出すると透明卵が得られる個体は、人工授精が可能であり、1991年から岡山県東部3漁協では僅かではあるが、マナガツオ流し刺し網の漁獲物を用いて受精卵放流を実施している^{*4)}。

また、クウェートでは1997年に天然魚からの人工授

精で得られたふ化仔魚を1kl水槽で体長93mmの稚魚まで飼育し、仔稚魚期の発達と形態学的な特徴を報告している⁷⁾。一方、シンガポール農食物獣医局海洋養殖センターでは、2004年からマナガツオの養殖試験の取り組みを開始し、現在養殖場での飼育試験を実施中との報告がある^{*5)}。このほかにも、マナガツオ仔稚魚と成魚の成長、食性および飼育環境についていくつかの報告がみられる^{8,9)}。

まとめ

今回報告したほかにもマナガツオに関しては、中国を筆頭にアジア地区で極めて大きな需要があり、増養殖への関心も高いことが指摘されている。しかし、これまで述べてきたように、本種は飼育技術のみならず生物学的な情報がきわめて少なく、ハンドリングに弱いことやクラゲという特殊な餌が必要であるため、日本を含めこの地域で増養殖の試みはほとんど実施されていない。しかし、食味が良く淡泊でありながら脂質含量が高い等の栄養面や、鮮魚のみならず、味噌漬け等に加工することにより付加価値が格段に高まること、また冷凍後も味が落ちない等の加工・流通面でも高く評価できる魚種である。本種は前述したように高い成長率を示すことから、安定した種苗生産ができれば、栽培漁業や養殖漁業の対象魚種としても有望であると考えられ、今後の取り組みが期待される。

資料の出典 本報告の屋島栽培漁業センターの成果については、1978～1983年の(社)日本栽培漁業協会内部資料の屋島事業場事業報告書からの抜粋で、使用した資料は今村茂生、水田洋之介、中川 亨、三橋直人らがまとめたものである。また、文章中の*1～*5についてはホームページから参照し、URLは参考文献の後に記述した。

参考文献

- 1) 水戸 敏・千田哲資(1967) マナガツオの卵発生、仔魚前期および瀬戸内海における産卵について。日水誌, 33, 948-951.
- 2) 尾田 正・難波洋平(1982) マナガツオの採卵および仔魚飼育の試み。昭和56年度岡山県水産試験場事業報告, 195-197.
- 3) 水田洋之介・伊藤 司・尾野 久(1977) マナガツオの親魚養成に関する基礎的知見(予報)。栽培技研, 6, 33-38.
- 4) 日本栽培漁業協会(1983) III. 1. (2)-D マナガツオ。栽培漁業技術開発の歩み, 79-82.
- 5) 檜山義夫・安田富士郎(1971) マナガツオ。日本産魚類大図鑑, 講談社, 東京, p.136
- 6) 真木長彰・寺島裕晃・中村啓美(1997) マナガツオ。現代おさかな事典 漁場から食卓まで(阿部宗明, 本田昭朗 監修, 山本保彦 編纂)。NTS inc, 東京, pp.634-636
- 7) Sulaiman Almatar, Khailid Al-Abdul Elah and Tawfiq Abu-Rezq (2000) Larval developmental stages of laboratory-reared silver pomfret, *Pampus argenteus*, *Ichthyological Research*, 47, 137-142.
- 8) Sulaiman Almatar, Khailid Al-Abdul Elah and Charles M James (2000) Development of culture technology for the silver pomfret, *Infifish International*, 6, 29-34.
- 9) E.M.Cruz, S. Almatar, K.Al-Abdul Elah and A.AL-Yaqout (2003) Indoor overwintering of silver pomfret (*Pampus argenteus*) fingerings in fiberglass tanks. *Asian Fisheries Society*, 16, 1-2.

【参照したURL】

- *1) http://www.snf.affrc.go.jp/sakana/sakana_1/mana_gatuo_k/mana_gatuo_z/mana_gatuo/mana_main.html
- *2) http://www.pref.kagawa.jp/nousei/santa/demawari/sakana_natsu/sakana_natsu.htm
- *3) <http://www.pref.kagawa.jp/suisanshiken/suionjyouhou/suion.htm>
- *4) <http://www.jf-net.ne.jp/ogyoren/torikumi/>
- *5) <http://www.seaworld.co.jp/fisdb/hotnews/article.asp?value=1416>

水槽内自然産卵により得られたマツカワふ化仔魚の遺伝的多様性

鈴木 重則*¹・森岡 泰三*²・錦 昭夫

(*1 南伊豆栽培漁業センター, *2 北海道区水産研究所 海区水産業研究部栽培技術研究室)

冷水性の大型異体類であるマツカワ *Verasper moseri* は、市場価値が高く、北日本における重要な水産生物である。しかし近年、国内で年間に捕獲されるマツカワ天然魚の数は二桁のオーダーと見積もられており、その資源水準は極めて低位である。また、水産庁の「日本の希少な野生水生生物に関するデータブック」において希少種に指定されるなど、このまま放置すれば近い将来のうちに絶滅する可能性が高いと考えられる¹⁾。また、1992年に開催された環境サミット以降、世界的に遺伝的多様性保全の観点が重要視されるようになり、栽培漁業における大量の種苗放流が天然集団に与える影響が懸念されるようになった。特に、人工種苗における遺伝的多様性の低下と、種苗放流による天然集団の遺伝的攪乱については、それらを回避するための新たな種苗生産手法および放流手法の開発が求められている。

そこで、厚岸栽培技術開発センターでは人工種苗を生産・放流することによる資源回復の試みを進める一方で、遺伝的多様性の維持を図るための栽培漁業技術についてもマツカワを対象として開発を進めている²⁾。

ここでは、陸上水槽で養成するマツカワ親魚が自然産卵することにより得られたふ化仔魚の両親由来を高感度マイクロサテライトDNAマーカーにより判別し、自然産卵由来ふ化仔魚の遺伝的多様性維持に向けた活用方法を検討した。

材料と方法

採卵およびふ化仔魚の確保 マツカワ天然親魚の雄4尾および雌7尾の合計11尾を2002年12月に厚岸栽培技術開発センターの容量50kℓコンクリート水槽1面に収容した(表1)。養成水温は2003年2月12日まで3℃を維持し、2月13日から3月14日にかけて10日に1℃の割合で昇温し、6℃まで上昇させた後は同水温を維持した。餌料としてチカ、キュウリウオのぶつ切りもしくはエビジャコを週1回与えた。産卵期間中の注水量は7 m³ (3回転)/時間とした。卵の回収はゴースネット製ネットへ飼育水の表層水をオーバーフローさせて毎日1回行った。卵が回収された場合には、飽和食塩水を35%となるように添加して浮上卵と沈下卵

表1 試験に供したマツカワ天然親魚のサイズ、由来およびマイクロサテライトDNAのアリル型

個体 番号	全長 (cm)	体重 (kg)	雌 雄	活け込み状況		msDNAのアリル型		
				搬入年	漁獲海域	Vmo2	Vmo17	Vva7
612	53.5	2.26	♂	1994	厚岸	259/270	196/222	172/172
150	58.0	2.87	♂	1997	厚岸	208/286	216/241	172/236
409	60.0	3.43	♂	1994年以前	広尾	283/301	203/224	224/270
101	53.0	2.09	♂	2000	根室	263/285	171/197	210/260
326	68.0	5.87	♀	1999	広尾	193/222	167/167	194/240
F40	75.0	8.16	♀	不明	不明	278/282	201/225	158/252
602	61.5	4.35	♀	2000	厚岸	199/272	211/234	184/264
408	58.5	3.99	♀	1999	厚岸	258/272	196/207	204/222
D33	62.0	3.82	♀	1999	厚岸	218/268	203/203	182/250
E0C	60.0	3.91	♀	2001	厚岸	270/294	179/179	180/240
474	75.0	7.00	♀	1994年以前	広尾	204/292	193/227	154/160

測定日：2002年12月16日

表2 マツカワふ化仔魚の親子鑑定に用いたマイクロサテライトDNAマーカーの概要

遺伝子座	プライマー配列(5'-3')	反復配列	検出アレル数	msDNAサイズ (bp)	日本DNA
					データバンク 登録番号
<i>Vmo2</i>	F: ATGCTTTTACTCACGGCTCAGT R: AGTGGCAGTTCATTTGGATTC	(CA) ₁₇	33	189-318	AB110617
<i>Vmo17</i>	F: GTGACCTGCCTCCGAATA R: ACTGTCGCTTCAAGATTTCAA	(GA) ₂₉	27	167-242	AB110623
<i>Vva7</i>	F: GGTGCTTGCGTTCTTGG R: ACAAAGGCTTCAATCAGGATG	(GT) ₁₂ TT(GT) ₂	24	148-286	AB110625

表3 陸上水槽におけるマツカワ自然産卵結果および得られたふ化仔魚の親子鑑定結果

採卵日	総採卵数 (粒)	浮上卵数 (粒)	受精卵数 (粒)	受精率 (%)	分析した ふ化仔魚数 (尾)	ふ化仔魚の親魚由来															
						♂ (ID)				♀ (ID) ^{※3}											
						● 612	▲ 150	○ 409	△ 101	326	F40	602	408	D33	E0C	474					
3月11日	11,700	10,800	0	-	-																
3月12日	61,200	61,200	20,065	32.8	18	18				●18											
3月13日	43,200	28,800	0	-	-																
3月14日	7,200	2,700	0	-	-																
3月15日	331,200	230,400	125,564	54.5	18	18					●18										
3月16日	230,400	147,600	114,144	77.3	3				3	○3											
3月17日	72,000	36,000	0	-	-																
3月18日	201,600	180,000	153,852	85.5	16		16				▲16										
3月19日	347,400	277,200	206,878	74.6	18	16	2			●16	▲2										
3月20日	133,200	86,400	49,950	57.8	14	14				●9	●5										
3月21日	129,600	93,600	75,600	80.8	20				20										○20		
3月22日	223,200	198,000	62,873	31.8	19				19										○19		
3月23日	257,400	216,000	180,727	83.7	9				9	○9											
3月24日	144,000	118,800	56,470	47.5	11				11										○11		
3月25日	100,800	64,800	0	-	-																
3月26日	46,800	32,400	0	-	-																
3月27日	115,200	108,000	73,053	67.6	※1																
3月28日	495,000	424,800	127,035	29.9	20				20	○20											
3月29日	226,800	198,000	60,791	30.7	19		15	4		○4	▲15										
3月30日	46,800	28,800	0	-	-																
3月31日	295,200	252,000	58,531	23.2	19				19	○11										○8	
4月1日	370,800	363,600	135,371	37.2	8				8	○2	○6										
4月2日	79,200	68,400	0	-	-																
4月3日	165,600	162,000	17,330	10.7	※1																
4月4日	147,600	140,400	49,687	35.4	18				18											○18	
4月5日	64,800	32,400	0	-	-																
4月6日	100,800	82,800	0	-	-																
4月7日	109,800	108,000	0	-	-																
4月8日	0	0	0	-	-																
4月9日	72,000	68,400	16,800	24.6	18		18														▲18
4月10日	115,200	108,000	25,043	23.2	18		10	8			▲10	○8									
4月11日	0	0	0	-	-																
4月12日	90,000	68,400	27,735	40.5	15				15			△15									
4月13日	136,800	118,800	10,058	8.5	※2																
4月14日	39,600	14,400	0	-	-																
4月15日	122,400	108,000	35,172	32.6	20				20												▲20
4月16日	86,400	68,400	6,235	9.1	18		14	4											△4	▲14	
4月17日	12,600	1,800	0	-	-																
4月18日	32,400	28,800	7,476	26.0	19				19											○19	
4月19日	0	0	0	-	-																
4月20日	7,200	0	0	-	-																
合計	5,273,100	4,338,900	1,696,440		338																

※1 卵管理中の事故でサンプルが得られなかった ※2 受精率が低かったために卵管理を中止した

※3 数値左の図形は雄親魚由来を示す

表4 マツカワふ化仔魚の親子鑑定結果から推定された親魚別の自然産卵由来受精卵に対する貢献度

項目	♂ (ID)	♀ (ID)							合計
		326	F40	602	408	E0C	D33	474	
受精卵数 (粒)	409	502,433		218,815	138,473	32,121			891,842
	612	236,068	125,564	17,839					379,471
	150		190,751	47,993		40,021	16,800		295,565
	101			27,735			1,386		29,121
	合計	738,501	316,315	312,382	138,473	72,142	18,186	0	1,595,999
貢献度 ^{※1} (%)	409	31.5		13.7	8.7	2.0			55.9
	612	14.8	7.9	1.1					23.8
	150		12.0	3.0		2.5	1.1		18.5
	101			1.7			0.1		1.8
	合計	46.3	19.8	19.6	8.7	4.5	1.1	0	100.0

※1 貢献度：シーズンを通して得られた受精卵総数に対するその親が関わった受精卵総数の割合
受精卵の発生率およびふ化率は親魚由来により差がないものとした

を分離し、容量法でそれぞれの卵数を求めた。なお、卵数を求める際、1 ml当たり卵数は180粒と仮定した。浮上卵が得られた場合には、浮上卵約200粒の発生状況を万能投影機により観察し受精率を求めた。受精卵が観察された場合には、浮上卵の一部を容量1 lの容器でふ化まで管理した。卵管理においては、水温はウォーターバス方式により8℃とした。容器内の受精卵が全てふ化した後、無作為に200尾程度のふ化仔魚を採取し分析用の標本としてアルコール固定した。

マイクロサテライトDNA分析 ふ化仔魚1尾ずつをプロテナーゼKで処理した後、フェノール・クロロフォルム法によりDNAを抽出した。マイクロサテライトDNA領域は、下流域の5'末端にビオチン標識した3セットのプライマー (*Vmo 2*, *Vmo 17*, *Vva 7*) を用いてPCR法によって検出した (表2)³⁾。PCRは94℃ 1分, 53℃ 1分, 72℃ 1分を7サイクル行った後、90℃ 1分, 53℃ 1分, 72℃ 1分を33サイクル行った。得られた増幅断片は、マニュアルシーケンサーによる電気泳動とケミルミネッセンス法によって検出した。アレルは増幅断片の断片長に従って決定した。得られたデータを供試親魚のマイクロサテライトDNA情報と照合して各ふ化仔魚が由来する両親を判別した。

結 果

産卵 (卵回収ネット内で確認) は2003年3月11日～4

月20日に見られ、総採卵数は527万粒、浮上卵の総数は434万粒であった。また、受精卵は3月12日～4月18日までの24採卵日 (以下、採卵日をロットと称する) で得られ、その総数は170万粒 (受精率44.3%, 対浮上卵数) であった (表3)。24ロットの受精卵のうち21ロットの受精卵について一部をふ化まで管理し、各ロット3～20尾のふ化仔魚合計338尾の両親をマイクロサテライトDNA分析により判別した。その結果、産卵期間全体を通じて雌1尾 (ID: 474) を除く10尾が繁殖に関わっていたことが明らかとなった。しかし、各親魚の次世代への貢献度 (シーズンを通して得られた受精卵総数に対するその親が関わった受精卵総数の割合) は、雄では1.8～55.9%, 雌では0～46.3%であり、個体間で顕著な差が見られた (表4)。また、各親魚が繁殖に関わっていた時期は偏っており、産卵期間の初期または末期のごく一部の日にのみ繁殖への関与が見られた親魚が多かった。

一方、親魚の交配様式としては雌雄一対交配が最も多く、21ロットのうち18ロットで観察された。またそのペア数は1ペアおよび2ペアであり、それぞれ14ロットおよび4ロットで観察された。残りの3ロットは雌雄1:2の交配が観察された。

考 察

本研究では、得られた338尾のふ化仔魚を分析したところ、ほぼ全ての親魚が繁殖に関わっていたことが

明らかとなった。しかし、各親魚の貢献度には大きな個体差が見られ、得られたふ化仔魚の由来は一部の親魚に偏っていた。さらに、各ロットのふ化仔魚が由来する親魚の数は雌雄ともに1～2尾と少なかった。

これまでマツカワの産卵行動については、産卵に先立って夜間に1尾の雄が雌の頭部を中心に円を数回描くようにゆっくりと遊泳すること⁴⁾、および複数の雄が1尾の雌を追尾する行動が観察されていないことから、雌雄一対交配である可能性が示唆されている。本研究においても、雌雄一対交配が最も多く観察され、その可能性が支持された。しかし、本研究における交配様式の分析においては、雌雄一対交配を行った一日当たりのペア数は少なく、1ロットのみながら雄一尾に複数の雌が関わる交配が確認された。この原因として、水槽内の環境がマツカワの自然産卵に適していなかったために雌雄一対交配が優先した可能性も否定できない。よって、マツカワの自然産卵での交配様式については、今後より大きな規模での確認試験が必要である。

以上のことから、マツカワが水槽内で自然産卵することにより得られるふ化仔魚の遺伝的多様性は低く、遺伝的多様性保全の観点からは、放流用マツカワ種苗

の量産には人工授精により繁殖に関与する親魚数を人為的に増やす努力が必要であると考えられる。

文 献

- 1) 南 卓志 (1994) 19. マツカワ. 日本の希少な野生生物に関する基礎資料 (I) II. 海産魚類. 水産庁, 284-288.
- 2) 鈴木 重則 (2006): 希少種マツカワの遺伝的多様性の維持に向けた交配技術. 日本水産学会誌, 72, 254-258.
- 3) Ortega-Villaiz Romo M., Nakajima M., and Taniguchi N. (2003) Microsatellite DNA markers isolation and characterization in the rare species barfin flounder (*Verasper moseri*) and its close related species spotted halibut (*Verasper variegatus*). *Mol. Ecol. Notes.*, 3, 629-631.
- 4) 鈴木重則 (2003) 冷水性異体類の自然産卵技術の開発 (マツカワ). 平成14年度日本栽培漁業協会事業年報, 13-14.

ケガニ抱卵雌ガニの短期養成における水温とふ化の関係

神保 忠雄*¹・芦立 昌一*²

(*1 南伊豆栽培漁業センター, *2 玉野栽培漁業センター)

ケガニ *Erimacrus isenbeckii* は、国内では主に北海道沿岸域に分布しており、北海道では重要な漁業資源の一つであるが¹⁾、その漁獲量は低水準で推移していることから²⁾、種苗放流による積極的な資源増殖が望まれている。このような背景を受けて、厚岸栽培技術開発センター（以下、当センター）では、1982年からケガニの種苗生産技術開発に取り組んできたが、安定した種苗量産技術は未だ確立されていない。

本種の抱卵期間は1～1年半³⁾、生殖周期は2～3年に及ぶこと^{4, 5)}や親ガニの長期養成技術が確立されていないことから、周年飼育による親ガニの催熟や安定したふ化幼生の確保が困難である。また、雌ガニの漁獲は禁止されており、本種の種苗生産技術開発に供する良質なふ化幼生を確保するためには、道知事許可の特別採捕によりふ化直前の卵を抱卵している雌ガニ（以下、抱卵雌）を採捕し、ふ化までの短期間（約2ヵ月間）を養成する必要がある。さらに、採捕される抱卵雌の数は漁獲状況に依存しており、毎年安定的に必要な数を確保することは難しいことから⁶⁾、ふ化の同調等により得られたふ化幼生をできるだけ有効に利用する手法を検討する必要もある。

現在、当センターにおける抱卵雌の入手からふ化までの飼育水温はおよそ2℃としているが⁶⁻⁸⁾、1999～2000年の漁獲海域の水温が-1.5～1.4℃であったことから^{6, 8)}、2℃では飼育水温として高すぎる可能性があると考えられた。一般に、甲殻類におけるふ化までの抱卵期間は水温に依存することが知られているが⁹⁻¹⁷⁾、本種におけるふ化までの短期養成において、飼育水温とふ化の関係について詳細に検討した事例はほとんどない。そこで、本報告では、抱卵雌の入手後からふ化までの飼育において、水温の違いが幼生のふ化に与える影響について比較し、その有効性について検討した。

材料と方法

抱卵雌の入手 抱卵雌は、2001年の1月25日～3月10日の間に、北海道釧路沖合漁場で21回の特別採捕により、合計53個体を入手した。採捕方法はカニかごと

し、採捕した抱卵雌は、船上では海水（-2.1～0.2℃）に固形酸素（アクアレー；ダイハツアクアネット）を入れたポリエチレン容器（容量50ℓ）に1～21尾ずつ収容した。釧路港へ帰港後、当センターまでは50ℓまたは200ℓ水槽に収容し、1.5時間を要してトラックで輸送した。搬入した抱卵雌の甲長の平均値と標準偏差は67.4±5.9mm、体重の平均値と標準偏差は234.0±76.3gであった。なお、一部のカニかごにデータロガー式水温計（TidbiT；ONSET）を取り付け、採捕地点の水温を測定した。

抱卵雌の飼育方法 搬入した抱卵雌53個体は、8kl角型FRP水槽1槽に収容して予備飼育を開始した。飼育水には砂ろ過海水を使用し、約7回転/日の流水とし、水温は試験を開始するまで自然水温（0.5～1.7℃）とした。餌は冷凍チカ、冷凍オキアミ、アサリむき身の切り身を週2回順番に残餌が出る程度に与えた。残餌は次の給餌前に除去した。

試験区の設定 試験区として、従来の飼育と同様に水温を2℃に加温した区（以下、加温区）、および天然生息域の水温にあわせて自然水温とした区（以下、自然水温区）を設けた。飼育水槽は、各試験区とも500ℓ円形ポリカーボネート水槽5面を使用した。試験に供試したのは、8kl角型FRP水槽で予備飼育していた抱卵雌の内、2001年2月1日に採捕した10個体であり、2001年2月14日に各試験区に5尾ずつ、1水槽あたり1尾ずつ収容して試験を開始した。基本的な飼育方法は予備飼育と同様とした。ふ化開始後は、幼生が排出されないように排水用ホース（直径30mm）には40目のアンドン型排水ネットを設置し、サイホンにより海水だけを排水するようにした。また、加温区の飼育水は、50klコンクリート水槽で2℃に調温した後に水中ポンプで試験水槽に供給した。試験を開始した翌日から、毎日午前中に幼生のふ化を確認した。ふ化幼生が確認された場合は、抱卵雌を一時的に13ℓバケツに収容し、容量法で飼育水槽内のふ化幼生を計数した後、飼育水を入れ替えて再び抱卵雌を収容した。この時に、抱卵状況を観察し、全てのふ化を確認した時点で試験を終了した。

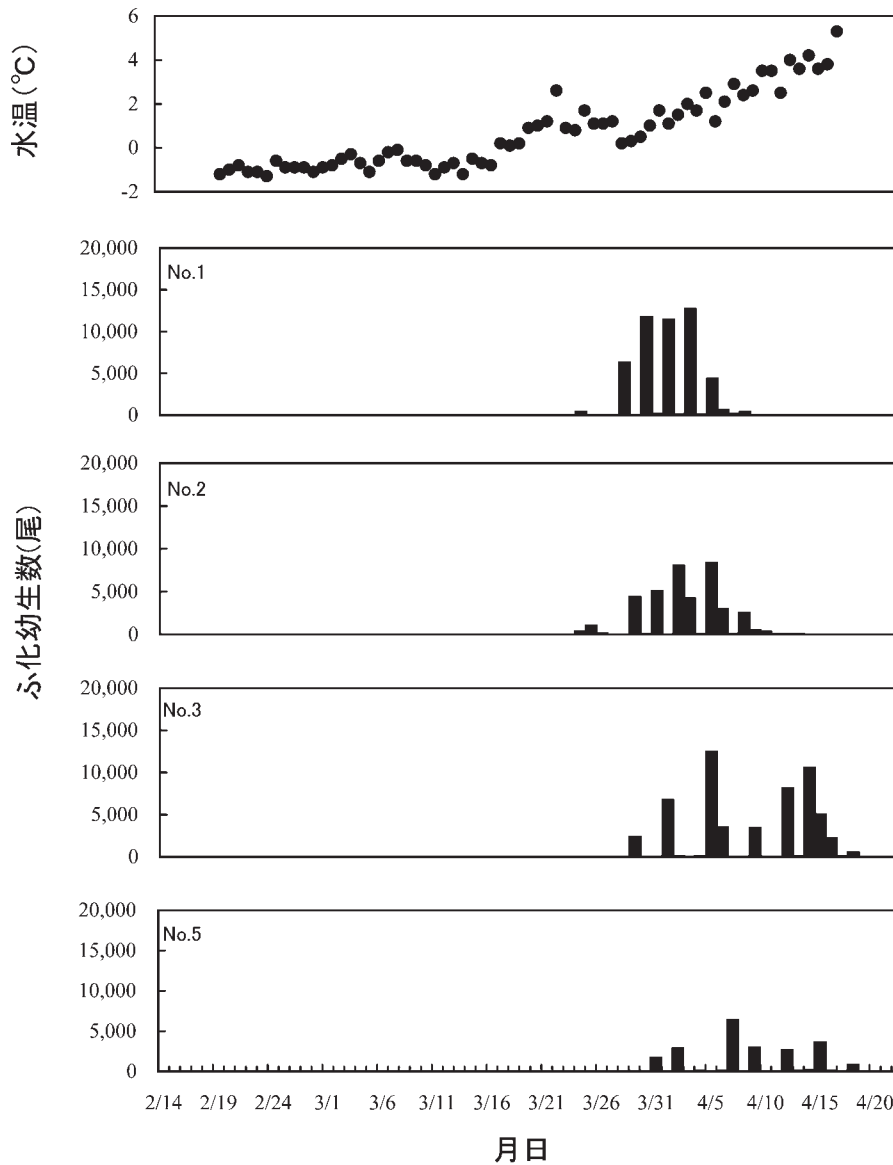


図1 ケガニ抱卵個体の幼生ふ出数(自然水温区)

結果

水温 抱卵雌採捕時の水温は、 $-1.3 \pm 0.3^{\circ}\text{C}$ (平均値 \pm 標準偏差)であった。試験期間中の自然水温区の飼育水温を図1に、加温区を図2に示した。試験期間の平均水温は、自然水温区は $0.7 \pm 1.7^{\circ}\text{C}$ で、飼育経過に伴って水温が -1.3°C から 5.3°C まで上昇した。加温区では、飼育水温の変動が少なく $1.9 \pm 0.4^{\circ}\text{C}$ であった。

抱卵雌の大きさと**生残** 試験に供した抱卵雌のサイズは、自然水温区が甲長64.8mm (62.2~67.4mm)、体重189.0g (168~219g)、加温区がそれぞれ62.8mm (61.0~67.6mm)、182.2g (134~205g)であった(表

1)。試験期間中の抱卵雌の死亡は、自然水温区では試験開始から35日目(3月21日)にふ化開始前と推定された1個体(個体番号4)と、63日目(4月18日)にふ化終了直前と推定された1個体(個体番号5)の計2個体であり、加温区では見られなかった。

ふ化数 各試験区におけるふ化結果の概要を表1に示した。また、自然水温区の試験期間中のふ化幼生数の推移を図1に、加温区を図2に示した。自然水温区では、5個体中4個体でふ化が見られ、3月22~27日にふ化が開始され、4月12~22日には全ての個体が終了した。ふ化期間(ふ化幼生を確認した最初の日から最後の日までの日数)は平均23.5日間(21~27日間)

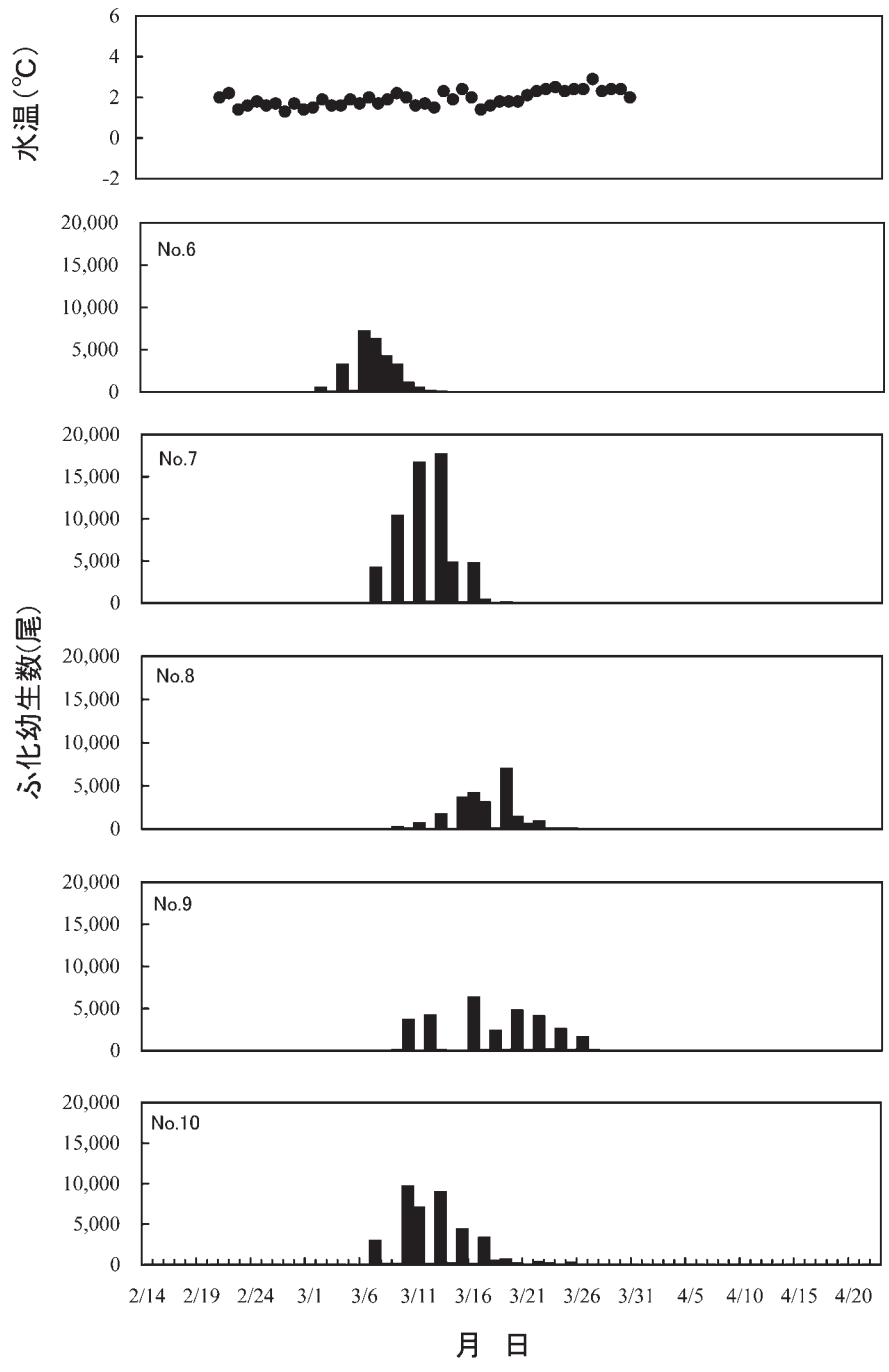


図2 ケガニ抱卵個体の幼生ふ出数(加温区)

で、個体ごとの総ふ化幼生数は2.2～5.6万尾であった。1個体の1日あたりの最大ふ化幼生数が得られた日は、ふ化開始から10～13日目、試験開始日から48～52日目で、ふ化幼生数は0.6～1.3万尾であった。加温区では5個体全てでふ化が見られ、ふ化開始は3月2～8日で、3月17～30日に全ての個体が終了した。ふ化期間は平均21.4日間(16～26日間で)、個体ごとの総ふ化幼生数は2.9～6.0万尾であった。1個体の1日あたりの

最大ふ化幼生は、ふ化開始から5～12日目、試験開始日から20～33日目で、幼生数は0.6～1.8万尾であった。

本試験の結果では、総ふ化幼生数と1日1個体あたりの最大ふ化幼生数は、自然水温区と加温区で顕著な差がなかった。しかし、試験開始からふ化開始および終了までの日数や、ふ化期間およびふ化のピークまでの日数は、いずれも加温区が自然水温区よりも短い傾向が窺えた。

表1 ケガニ抱卵個体の大きさとふ化結果の概要(2001年)

実験区	個体番号	甲長* ¹ (mm)	体重 (g)	ふ化期間 (日数)* ²	総ふ化個体数 (万個体)
自然水温	1	65.9	187.0	3月22日～4月12日 (22)	4.9
	2	64.8	181.0	3月24日～4月13日 (21)	3.8
	3	67.4	219.0	3月27日～4月22日 (27)	5.6
	4	63.5	190.0	nd* ³	nd* ³
	5	62.2	168.0	3月26日～4月18日* ⁴ (24)	2.2
平均±標準偏差		64.8±2.0	189.0±18.8	23.5±2.6	4.1±1.5
加温	6	61.3	168.0	3月2日～3月17日 (16)	2.7
	7	61.0	202.0	3月4日～3月26日 (23)	6.0
	8	61.2	134.0	3月8日～3月26日 (19)	2.4
	9	63.1	202.0	3月5日～3月30日 (26)	3.1
	10	67.6	205.0	3月5日～3月27日 (23)	3.9
平均±標準偏差		62.8±2.8	182.2±30.9	21.4±3.9	3.6±1.4

*1 第1額角2歯中央の切れ込みから頭胸後縁中央まで

*2 ふ化開始から終了までの日数

*3 ふ化開始前と推定された3月21日に死亡

*4 ふ化終了直前と推定された4月19日に死亡

考 察

これまでに、抱卵雌のふ化までの短期養成において、水温を2℃に設定した飼育事例(平均水温2.4℃、抱卵雌数219個体)では、ふ化期間は2月25日～4月16日、ふ化数のピークは3月15日頃であった(堀田ら、1996年内部資料、未発表)。本試験における加温区の結果と比較すると、ふ化期間およびふ化数のピークもほぼ同時期であり、同様の傾向が得られた。上田¹⁸⁾は、ケガニ抱卵雌を水温5～6℃で飼育して幼生のふ化状況を観察し、ふ化期間を13～14日間、最大ふ化数は6～7日後という結果を得ている。一方、宮古事業場⁹⁾で報告されているふ化期間(8～18日間)と比較する

と、本試験の加温区の結果はやや長かったが概ね一致した。しかし、飼育水温が低かった自然水温区では、加温区よりふ化期間が長くふ化のピークが約3週間遅れることが明らかになった。なお、両区ともふ化は一日おきに行われ(図1, 2)、上田¹⁸⁾の結果と異なっていた。この傾向については、今後事例を重ねて本種のふ化の特徴を明らかにする必要がある。

甲殻類における飼育水温と抱卵期間の関係については、ガザミ^{10, 15)}、ノコギリガザミ類^{11, 12)}、イセエビ¹³⁾、アサヒガニ¹⁴⁾などで明らかにされており、いずれの種においても飼育水温の上昇に伴って抱卵期間が短くなる傾向が認められている。このことから、本試験において自然水温区と加温区でふ化のピークに差が生じた

原因として、飼育水温の影響が最も大きいと考えられた。

ガザミ¹⁵⁾では、抱卵雌の飼育水温の調整によりふ化を同調させ、種苗生産に供するふ化幼生を効率的に得ることが可能となっている。また、抱卵期間が長期間にわたる冷水性甲殻類のズワイガニ¹⁶⁾およびトヤマエビ¹⁷⁾では、抱卵雌の短期養成において飼育水温の調整によりふ化時期をコントロールする試みが行われている。トヤマエビ¹⁷⁾では、1℃、3℃および5℃での短期養成試験で、入手からふ化までの期間は5℃が最も早くなることが報告されている。本試験では、加温区でふ化期間が短縮され、ふ化のピークが早期化したことから、ケガニにおいても抱卵雌を用いた短期養成で飼育水温の調整により、ふ化までの期間を制御することが可能であるものと考えられた。

今後、ふ化幼生の効率的な利用を図るためには、飼育水温の幅を広げてふ化に対する影響や得られたふ化幼生の活力等についての調査が必要であろう。また、トヤマエビ²⁰⁾では、異なるふ化日の幼生を低水温で飼育する日数を調整することにより幼生の成長を同調させ、量産試験に供するふ化幼生数を確保する技術が確立している。ケガニにおいてもこのような幼生の発育を同調させる技術を応用し、本試験で可能性が見いだされた飼育水温によるふ化時期の制御手法を併用すれば、より有効にふ化幼生を利用する技術を開発することが可能になると考えられる。

文 献

- 1) 三原栄次 (2003) ケガニ。「新北のさかなたち」(上田吉幸・前田圭司・嶋田 宏・鷹見達也編), 北海道新聞社, 北海道, 380-385.
- 2) 池原宏二・小川泰樹 (1997) 全国の地方設定魚種の漁獲量。水産庁資源生産推進部整備課, 東京, 153-154.
- 3) 中川 亨・今村茂生・中川雅弘 (1996) III. 生物的基础調査。海域特性総合利用技術開発調査報告書(北海道噴火湾海域ケガニ保護育成施設調査), 日本栽培漁業協会, 東京, 10-26.
- 4) 佐々木 潤 (1999) 道東太平洋におけるケガニの生殖周期。北水試研報, 55, 1-27.
- 5) 尾身東美・山下幸悦 (1993) III. 甲殻類種苗培養技術開発試験ケガニ。昭和55年度北海道立栽培漁業センター事業報告書, 27-36.
- 6) 芦立昌一 (2001) 冷水性甲殻類良質幼生の確保技術の開発(1)ケガニ。日本栽培漁業協会年報(平成12年度), 13-14.
- 7) 中川雅弘 (1996) L-5ケガニ。日本栽培漁業協会年報(平成7年度), 83.
- 8) 堀田卓朗 (2000) K-5ケガニ。日本栽培漁業協会年報(平成11年度), 110-111.
- 9) 中村 薫 (1996) 3. 成熟機序。エビ・カニ類の増養殖・基礎科学と生産技術(橋高二郎・隆島忠夫・金澤昭夫編), 恒星社厚生閣, 東京, 131-132.
- 10) K. Hamasaki, K. Fukunaga, M. Maruyama (2003) Egg development and incubation period of the swimming crab *Portunus trituberculatus* (Decapoda: Portunidae) reared in the laboratory. *Crustacean Research*, 32, 45-54.
- 11) K. Hamasaki (2003) Effect of temperature on the egg incubation period, survival and developmental period of larvae of the mud crab *Scylla serrata* (Forsk.) (Brachyura: Portunidae) reared in the laboratory. *Aquaculture*, 219, 561-572.
- 12) K. Hamasaki (2002) Effect of temperature on the survival, spawning and egg incubation period of overwintering mud crab broodstock *Scylla paramamosain* (Brachyura: Portunidae). *Suisan Zosyoku*, 50, 301-308.
- 13) 野中 忠 (1988) 2. イセエビ。エビ・カニ類の種苗生産(平野礼次郎編)。水産学シリーズ71, 恒星社厚生閣, 東京, 28-38.
- 14) 市川 卓, 浜崎活幸, 浜田和久 (2004) 飼育環境下におけるアサヒガニの卵サイズおよび水温と抱卵期間の関係。日水誌, 70, 343-347.
- 15) ガザミ種苗生産研究会 (1997) I 親ガニ。ガザミ種苗生産技術の理論と実践(ガザミ種苗生産研究会編著), 日本栽培漁業協会, 東京, 1-35.
- 16) 森田哲男 (2005) 養成環境下におけるズワイガニ雌ガニの生残, 産卵, ふ化に及ぼす水温の影響およびふ化幼生の質の判定の試み。栽培技研, 33, 1-8.
- 17) 吉田一範 (2003) (2) トヤマエビの良質幼生確保技術開発。日本栽培漁業協会年報(平成14年度), 130-132.
- 18) 上田吉幸 (1997) ケガニ幼生放出数の日変化。北水試研報, 51, 83-87.
- 19) 宮古事業場 (1983) G-2. ケガニ。日本栽培漁業協会年報(昭和56年度), 51-53.
- 20) 吉田一範 (2001) L-1トヤマエビ。日本栽培漁業協会年報(平成11年度), 208-209.

ニシンの種苗生産に適したワムシ栄養強化剤の検討

大河内裕之^{*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)

種苗生産技術を向上・安定させる上で、海産仔魚の必須栄養素である高度不飽和脂肪酸 (HUFA) を餌料生物に取り込ませる、いわゆる栄養強化は重要な要素である。1970年代当初にはナンクロプシスや珪藻など植物プランクトンを用いた栄養強化が主流であったが、近年では市販の栄養強化剤を用いる方法が一般的となった。しかし、市販品の性能表示は餌料生物へのHUFA等の取り込み量の分析結果を示したに過ぎず、実際に種苗生産に用いた場合の効果は知ることができない。また、原材料に天然素材を使用している場合には、生産ロットによって栄養成分が異なるといった問題がある。事実、宮古栽培漁業センターにおいて1997年に実施したニシン *Clupea Pallasi* 種苗生産試験では、良好な種苗生産実績を持つ栄養強化剤を用いたにも関わらず、栄養成分の違いに起因すると考えられる大量死が発生した事例がある¹⁾。

この大量死の事例を教訓として、宮古栽培漁業センターでは1998年以降は、ニシン種苗生産に適した栄養強化剤を選択するため、数種類の強化剤を用いて短期間の飼育試験を毎年実施してきた。試験に用いる強化剤は新製品の発売等に応じて入れ替えを行っているが、商品によってニシンの飼育結果に明瞭な差が生じるこ

とが確認されている。本稿では、毎年試験の代表例として2005年の試験結果を報告し、市販の強化剤を利用する際の留意点等について考察する。

材料と方法

栄養強化 試験に用いた生物餌料は、一般にL型ワムシと呼ばれるシオミズツボワムシ *Brachionus plicatilis* (以下、ワムシ) である。収穫後にろ過海水のみで6時間放置したワムシを、10ℓバケツに800万個体 (ワムシ密度: 800個体/ℓ) ずつ収容し、16時間の1次強化と、続く5時間の2次強化を行った。強化水温は20℃とし、ウォーターバス方式で維持した。各バケツにはエアーストーンによる微通気を行った。

強化剤は、市販品A, B, C, Dに、Dの改良品であるD'を加えた計5種類とした。強化剤の添加量は、1次強化ではA以外は各メーカーの使用基準量に準じたが、Aについては、使用基準量の1/2量で使用基準量と同レベルの効果が得られることが確認されているためこの値とした。2次強化での添加量はそれぞれ1次強化の1/2量とした。対照として、試験区と同じ条件で無強化とした区 (対照区) を設けた (表1)。

表1 ニシンを対象としたワムシ栄養強化試験の設定および結果の概要

試験区 水槽No.		A		B		C		D		D'		対照区(Cont)	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
栄養強化	濃度/時間*	100g/kl/16h		1ℓ/kl/16h		1ℓ/kl/16h		100g/kl/16h		100g/kl/16h		-	
		50g/kl/5h		0.5ℓ/kl/5h		0.5ℓ/kl/5h		50g/kl/5h		50g/kl/5h		-	
	ワムシ回収率	0.97		1.00		0.99		0.97		1.02		1.07	
生 残	収容尾数	1,346	1,738	1,703	1,404	1,553	1,583	1,379	1,376	1,283	1,432	1,546	1,226
	生残尾数	1,273	1,576	1,587	1,321	1,284	1,347	1,187	1,303	1,196	1,261	1,458	1,046
	生残率%	94.6	90.7	93.2	94.1	82.7	85.1	86.1	94.7	93.2	88.1	94.3	85.3
	(各区平均)	(92.6)		(93.6)		(83.9)		(90.4)		(90.6)		(89.8)	
取揚全長 (mm)	各水槽	14.3	13.9	13.8	13.9	13.0	13.0	13.8	13.7	12.9	12.9	13.5	13.0
	(各区平均)	(14.1)		(13.9)		(13.0)		(13.8)		(12.9)		(13.3)	

* 上段は1次強化, 下段は2次強化の条件



写真1 飼育水槽のセッティング

卵管理および仔魚の収容 試験に用いたニシン受精卵は、宮古湾内の定置網で2005年1月24日に採捕されたニシン成魚から人工授精により得た。ニシンふ化仔魚は脆弱で移槽に耐えられないので、人工授精により得た受精卵をあらかじめナイロンネット（20×20cm，40目）12枚に3,500粒ずつ附着させ、各飼育水槽にネットごと収容してふ化させる方法を採用した。この附着卵数は、ふ化率60%で1水槽あたり約2,000尾の収容を見込んだものである。なお、本試験では、ふ化のピークを確認した受精後14日目（2月7日）を飼育0日目とした。卵管理水温は10℃とした。

飼育管理 飼育には100ℓポリカーボネイト水槽12面を用い、各試験区、対照区ともにそれぞれ2水槽ずつ設けた。温度管理はウォーターバス方式とし、飼育水槽12面をFRP角型3kℓ水槽に収容して管理した（写真1）。水温は、10℃から毎日1℃ずつ上昇させて5日目に15℃まで昇温し、以降その水温を維持して15日目に試験を終了した。換水率は試験期間を通して3回転/日とした。各水槽の収容尾数は、飼育0日目に夜間計数を行い容積法で推定した。生残状況は、毎日1回の底掃除によって死亡数を把握した。試験終了時には実数計数で生残尾数を求めた。

ワムシの基本的な給餌量は、量産試験の標準量に準じて200～1,000個/尾/日とし、1次強化したワムシを9時に、2次強化したワムシを14時にそれぞれ給餌した。飼育0，5，10および15日目に、各水槽から30尾ずつを取り出し、全長を測定した。

飼育結果の評価 試験終了時の生残率と全長を主な指標とし、飼育中の活力等の観察結果も考慮してそれぞれの栄養強化剤を評価した。さらに、ワムシの衰弱・死亡が発生し易い栄養強化剤は、強化レベルや飼育成績にかかわらず好ましくないため、ワムシへの負荷の指標として回収率（1次強化後のワムシ密度/強化前のワムシ密度）を把握した。

結 果

ふ化率および生残率 各水槽の収容尾数は1,283～1,738尾と推定され、平均ふ化率は45.5%と期待値（60%）より低い結果となった。一方、各水槽の生残率は82.7～94.6%，平均生残率は90.2%と比較的高く、全般的に順調な飼育であった。試験区ごとの平均生残率はA，Bがともに高く92.6%と93.6%，次いでD，D'が90.4%と90.6%であったが、Cは83.9%と6ポイント以上低くなった（図1）。対照区でも89.8%が生残しているため、Cの生残率は対照区を下回ったことになる（表1，図1）。

大きさと活力 各水槽の取り揚げ時の平均全長は12.9～14.3mm，全体の平均は13.5mmであった。試験区毎の平均全長はAが最も大きく14.1mm，次いでBが13.9mm，Dが13.8mmであったが，CとD'は13.0mm，12.9mmと明らかに小型であり（ $P<0.01$ ），かつ対照区と同等の水準であった。各試験区の水槽毎の取揚げ全長はほぼ一致しており（図2），対照区で若

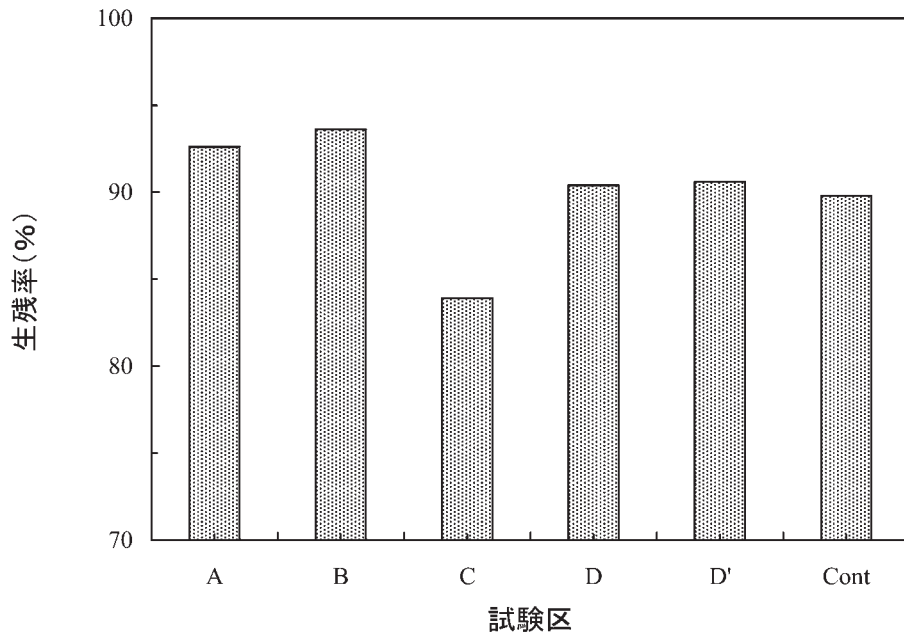


図1 栄養強化試験における各試験区の生存率

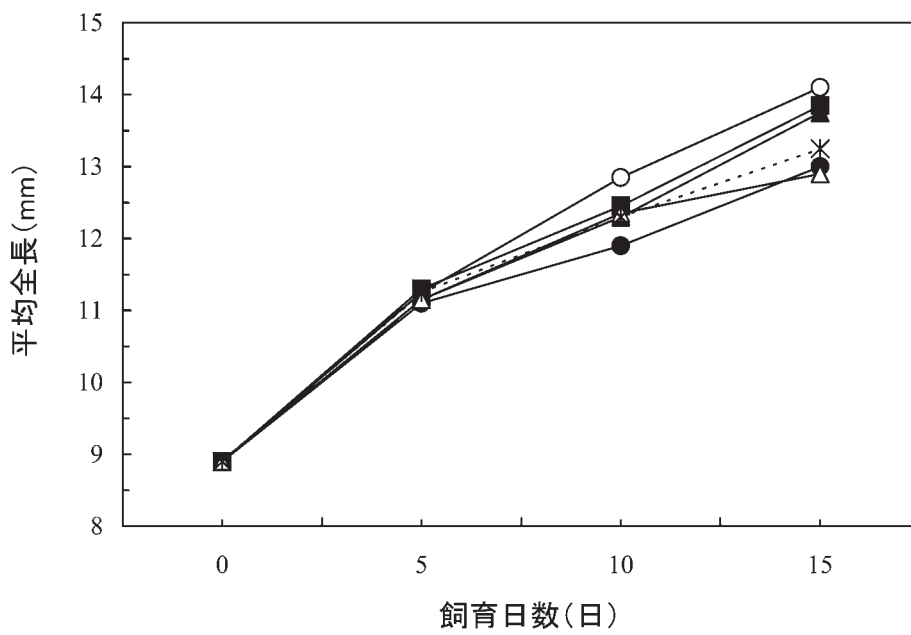
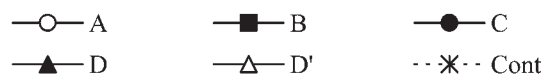


図2 栄養強化試験における各試験区の成長



干ばらついたのみであった。A, B, Dの3区に比べ、C, Dの飼育魚は振動などの刺激に対する反応が鈍く、活力が低いと考えられた。

ワムシの回収率 各試験区の平均回収率は0.97～1.02の範囲であり、対照区の1.07と大差のない結果であった（表1）。このことから、今回用いた強化剤（濃度）は、ワムシへの負荷は少なかったと判断された。

飼育結果の評価 成長、生残および活力の3点でAとBが優れており、この2つの栄養強化剤がニシンの飼育に適していると判断された。逆に、Cは全ての基準において対照区を下回っており、本種の栄養強化剤としては不適であると判断された。

考 察

本試験は短期の飼育試験であり、ワムシの強化時間等も一律としているために、それぞれの強化剤の能力を完全に引き出せているとは言えない面も多い。しかし、試験が長期化すれば餌料以外の様々な要素が飼育結果に影響すると考えられるので、明瞭な選択基準を得るには本試験のような割り切った設定も必要である。なお、ニシンでは不適と判断された栄養強化剤であっても、ヒラメでは良好な結果が得られる事例も認められる。このため、生物餌料の栄養強化方法は、対象魚

種ごとに検討すべき事項であることが再認識された。

強化剤Aは過去8年間の試験では常に良好な成績が得られ、量産試験にも採用されている栄養強化剤である。その意味では陽性対照と位置づけることができ、本試験からBがこれと同等であると判断された。この結果を得た担当者は、強化剤Aが何らかの原因で入手困難となった場合にはBを、その次にはDを選択することとなろう。問題なのは、選択試験を行わない場合に、Cのような強化剤を採択する可能性がある点である。Cは生物餌料へのHUFAの取り込みが良い強化剤として既に広く使用されているが、少なくとも本試験と同じ条件で栄養強化し、ニシンの種苗生産に用いた場合は生産不調を招く可能性が高まると考えられた。

全ての種苗生産機関が栄養強化剤の選択試験を実施するのは難しいので、可能な範囲で栄養強化方法に関連する生産成績や試験等の情報を共有するのが最善の策と考えられる。また、市販品の性能表示と飼育成績は必ずしもリンクしないことを念頭に置く必要がある。

文 献

- 1) 大河内裕之（1999）種苗生産技術の開発，ニシン．日本栽培漁業協会事業年報（平成9年度），174-176.

輸送ワムシを用いた「ほっとけ飼育」の試み

森田 哲男^{*1}・小磯 雅彦^{*2}

(*1 小浜栽培漁業センター, *2 能登島栽培漁業センター)

ヒラメの「ほっとけ飼育」¹⁾では、飼育水槽に収容した受精卵のふ化と同時にシオミズツボワムシ *Brachionus plicatilis* (小浜株: 以下, ワムシ) を種ワムシとして飼育水に添加し、飼育水槽中で増殖したワムシを仔魚が摂餌する仕組みとなっている。そのため、「ほっとけ飼育」では一般的な飼育と比べて給餌するワムシの量は少なく、原則的に種ワムシとして1回だけの給餌である。このような「ほっとけ飼育」の特徴を活用すると、ヒラメの種苗生産を実施する機関は他の施設から種ワムシを譲り受けることにより種苗生産が可能となり、自らワムシの培養を行なう必要はなく、省力化、省コストに有効である。

そこで、小浜栽培漁業センター(以下、当センター)では、能登島栽培漁業センターが培養して高密度輸送法²⁾により受け入れたワムシと、自場で培養したワムシを用いてヒラメの「ほっとけ飼育」を行い、種苗生産結果を比較したので報告する。

材料と方法

試験区 試験区は、当センターで培養したワムシ(以下、培養ワムシ)を給餌する「培養ワムシ区」と能登島栽培漁業センターから輸送されたワムシ(以下、輸送ワムシ)を給餌する「輸送ワムシ区」を設定し、「ほっとけ飼育」マニュアル¹⁾(以下、マニュアル)に従ってヒラメの種苗生産を行なった。

供試魚 種苗生産に供した受精卵は、2003年4月1日に福井県栽培漁業センターの養成親魚から自然産卵により得られたものを用いた。各試験区には浮上卵26.9万粒(179g)を収容した。

飼育方法 飼育水槽には、屋内角型20klコンクリート水槽(実容量18kl)2面を用いた。飼育水は、紫外線殺菌処理したろ過海水を使用した。飼育水温は、卵収容時には採卵水温である15℃に設定し、収容後は1日1℃ずつ18℃まで昇温した。通気方法および通気量は、マニュアルに従った。また、稚魚の着底期前には、夜間移槽を行い、新しい水槽での飼育を行った。

ワムシの餌料として飼育水に添加する植物プランクトンには、濃縮ナンノクロロプシス(マリーンプレッ

シュ; マリーンプライオ)をマニュアルに従い、水作りでは1,000万細胞/ml、その後は、原則として飼育水の密度が200万細胞/ml以下に低下した場合は、200~400万細胞/mlを基準に添加した。餌料には、ワムシ、アルテミアノープリウス(以下、アルテミア)、配合飼料を用いた。アルテミアは、水温28℃、30時間でふ化させ、栄養強化剤(添加量2,500ml/kl、マリンオメガA; オリエンタル酵母工業)で24時間の強化後に給餌した。配合飼料(おとひめ; 日清丸紅飼料, なぎさ; オリエンタル酵母工業)は、平均全長10mmからマニュアルに従い、魚体重に対する日間給餌量は、全長10mmで10%、11~12mmで7%、12~20mmで5%、20mm以降で4%給餌した。

飼育期間中は、一般的な環境測定(水温, pH, DO, 全アンモニア態窒素濃度)の他に、ナンノクロロプシスの密度を毎日計測した。ワムシ密度は飼育水槽中における増殖状況を確認するため、毎日9時, 13時および16時に計測した。種苗の全長測定は適宜行ない、低温麻酔した30尾を測定した。また、種苗の健苗性を把握する目的で、取り揚げた種苗100尾について無眼側体色異常率(以下、黒化率)、有眼側体色異常率(以下、白化率)および中軸骨格の異常率(以下、骨格異常率)を算出した。体色異常については、微少なものでも色素異常が認められた場合、黒化率、白化率に含めた。骨格異常については、軟X線撮影した写真を実体顕微鏡下(3~4倍)で観察し、微小でも骨格異常が認められた場合、骨格異常率に含めた。

ワムシの培養および輸送 ワムシの培養には、淡水クロレラ(生クロレラV12; クロレラ工業)およびイースト(カネカイースト; 鐘ヶ淵化学)を給餌し、培養ワムシは当センターの3klFRP水槽で、輸送ワムシは能登島栽培漁業センターの25klコンクリート水槽を用いて粗放連続培養を行なった。輸送ワムシは、受精卵の収容2日前に入手した。それぞれのワムシは、給餌する24時間前に500lアルテミアふ化水槽に収容し、濃縮ナンノクロロプシス1lを添加した海水で栄養強化し、ふ化当日(日齢0)にそれぞれ2億個体を給餌した。

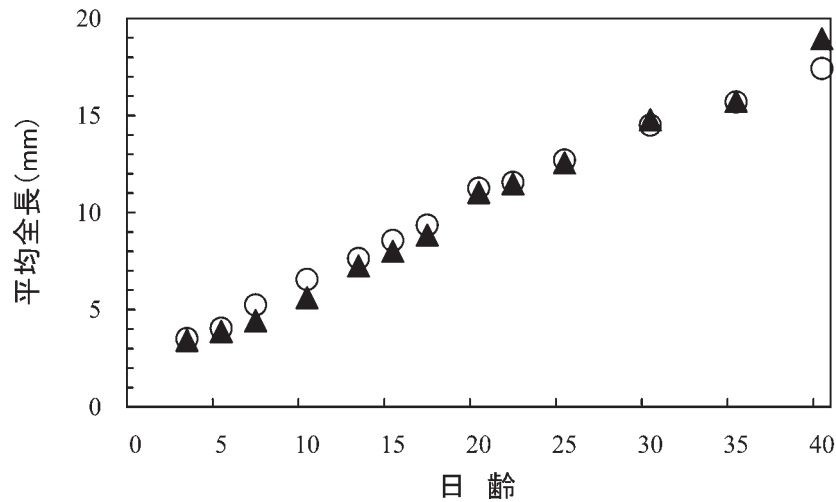


図1 ヒラメ成長の推移

—▲— 培養ワムシ区 —○— 高密度輸送ワムシ区

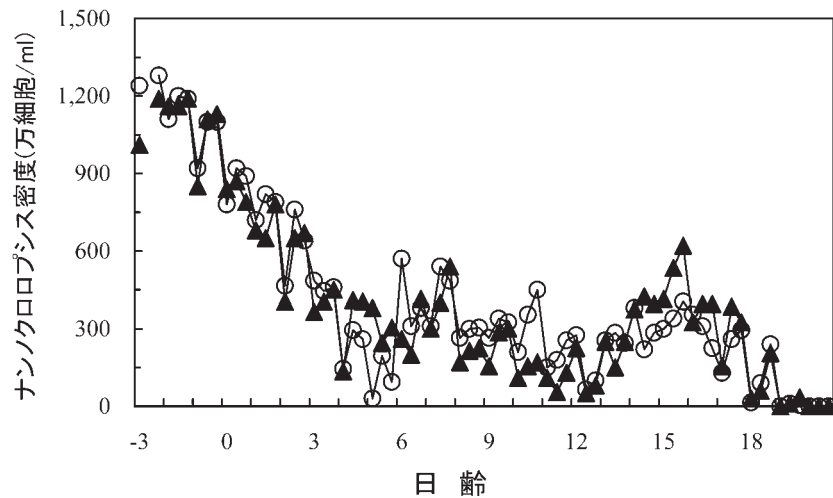


図2 飼育水のナンノクロロプシス密度の推移

—▲— 培養ワムシ区 —○— 高密度輸送ワムシ区

結 果

成長および生残 飼育結果の概要を表1に示した。飼育試験は2003年4月1日～5月22日（52日間）まで行った。各試験区とも数回に分けて取り揚げを行い、培養ワムシ区では平均全長25.2～30.1mmで8.5万尾（生残率45.8%）を、輸送ワムシ区では平均全長23.6

～28.4mmで10.2万尾（生残率49.8%）を生産した。飼育試験中に疾病の発生や大きな減耗は認められず、成長（図1）と生残率に顕著な差は認められなかった。また、黒化率、白化率、骨格異常率についても低い値を示した。

飼育環境およびワムシの増殖 飼育期間中の水温、pH、DO、全アンモニア態窒素濃度に試験区間で顕著

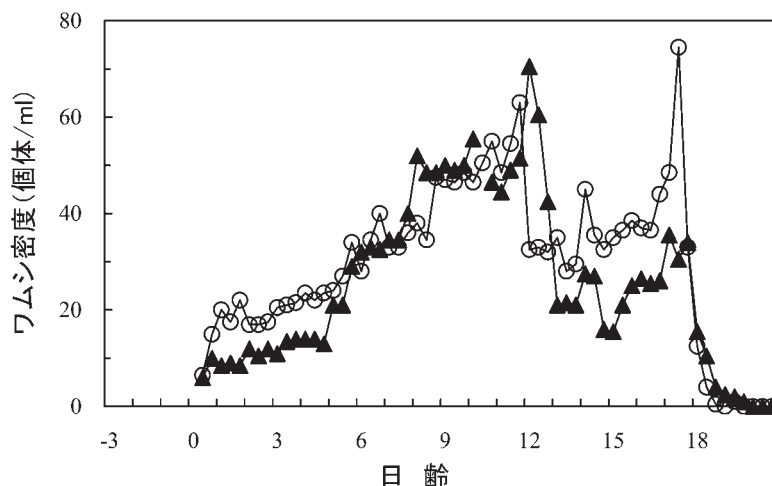


図3 飼育期間中の飼育水中のワムシ密度の推移

▲ 培養ワムシ区 ○ 高密度輸送ワムシ区

表1 培養由来の異なるワムシの給餌によるヒラメ「ほっとけ飼育」試験結果の概要

試 験 区	受精卵 収容個数 (万粒)	ふ化 尾数 (万尾)	ふ化率 (%)	取り揚げ結果					
				平均全長 (mm)	尾 数 (万尾)	生残数* ¹ (%)	白化率 (%)	黒化率* ² (%)	骨格異常率 (%)
培養ワムシ区	26.9	20.2	75.1	25.2~30.1	8.5	45.8	2.0	4.0	4.0
高密度輸送ワムシ区	26.9	22.3	82.9	23.6~28.4	10.2	49.8	7.0	3.0	3.0

*1 生残率は、試験途中で廃棄した個体等を調整して算出した

*2 黒化率は、軽微な色素異常個体も含めた

な差は認められなかった。ナンクロロプシス密度の変化を図2に示した。試験区間でナンクロロプシス密度に差はなく、輸送ワムシ区でもワムシは活発にナンクロロプシスを摂餌していた。飼育水槽に添加した濃縮ナンクロロプシスの量は、培養ワムシ区57.0 l、輸送ワムシ区49.5 lであった。

ワムシの給餌量は両試験区とも2.0億個体であり、増殖不調による追加給餌はなかった。図3に各試験区における飼育水中のワムシ密度の推移を示した。培養ワムシ区では、添加後ゆっくりと増加し、日齢5から増殖速度を増して日齢10には50個/mlに達した。日齢12で70個/mlに達したため換水を実施したが、密度は50個/ml以上を維持し、アルテミア給餌に伴う換水開始で流失して密度は低下した。一方、輸送ワムシ区では、給餌翌日の日齢1から暫増して日齢10には50個/mlに達した。日齢11で55個/mlに達したため換水を実

施したが、日齢17まで密度30~50個/mlを維持し、その後は換水の増加とともに密度は低下した。

考 察

「ほっとけ飼育」は飼育作業の省力化、作業時間の短縮を目的に考案された飼育手法¹⁾であり、種苗生産経費を削減できる飼育手法として普及することが期待されている。しかし、ヒラメの「ほっとけ飼育」に用いるL型ワムシは低水温での良好な増殖が必要条件であるが、一般的に培養が難しいと考えられて取り組む機関が少ない。一方、多くの機関で培養されているS型ワムシは、至適培養水温が30℃と高い³⁾ため「ほっとけ飼育」への利用が難しい。このため、能登島栽培漁業センターのような餌料の培養を専門とする機関で大量に培養されたものを高密度輸送し、「ほっとけ飼

育」に利用することで、ワムシの培養経費の大幅な削減や省力化につながるだけでなく、培養不調の影響を受けない安定した種苗生産が可能となる。

本試験では、「ほっとけ飼育」において、低温で宅配輸送した濃縮ワムシ（小浜株）でも通常培養のワムシと同等の結果が得られたことから、都道府県等の種苗生産機関が餌料培養を行わずに種苗生産が行える可能を示した。今後は、高密度輸送のワムシによる飼育事例を重ねて飼育の安定化を図るとともに、「ほっとけ飼育」の技術を普及していくことが重要であると考えている。

文 献

- 1) 高橋庸一（1998）ヒラメの種苗生産マニュアル，－「ほっとけ飼育」による飼育方法－．日本栽培漁業協会，58pp.
- 2) 桑田 博（2000）海産ワムシ類の培養ガイドブック．日本栽培漁業協会，pp.119-126.
- 3) 伊藤四郎・坂本 久・堀 正和・平山和次（1981）系統の異なるシオミズツボワムシの形態および増殖適温．長崎大学水産学部研究報告，51，9-16.

クロソイの種苗単価の試算

中川 雅弘^{*1}・大河内裕之^{*2}・有瀧 真人^{*2}

(*1 五島栽培漁業センター, *2 宮古栽培漁業センター)

クロソイ *Sebastes schlegelii* は、北海道から九州および朝鮮半島沿岸まで分布するメバル属の魚類である¹⁾。本種は2003年には全国でおよそ110万尾の種苗が放流される²⁾栽培漁業の代表種の一つとなっている。

栽培漁業を事業として成立させるには、経済的な側面からの検討を加える必要がある。その指標として、魚市場における放流魚の水揚げ金額を放流までに要した種苗の経費で除した経済回収率³⁾があげられる。これまでに、ヒラメ *Paralichthys olivaceus*³⁻⁵⁾、マダイ *Pagrus major*³⁾、ブリ *Seriola quinqueradiata*⁶⁾、ニシン *Clupea pallasii*^{7,8)} およびサワラ *Scomberomorus niphonius*⁹⁾ で、経済回収率を推定するための種苗単価が算出されてきた。クロソイについても同様の検討が必要であるが、本種については全長45~100mmサイズの間育成に要した種苗単価が報告¹⁰⁾されているにすぎず、生産過程全般に要した値は算出されていない。

そこで本報告では、2003年に宮古栽培漁業センター(以下、宮古センター)で実施した全長45mmのクロソイ種苗の単価を算出した。また、本報告で得られた値と既報の見聞¹⁰⁾を基に、全長30~100mmまでのクロソイのサイズ別の種苗単価を試算した。

材料と方法

費用の分類 費用は、日本栽培漁業協会が2000年に作成した種苗生産・中間育成コスト実態調査報告書⁵⁾に従って、人件費、光熱水費、親魚購入費、餌料費、

備品費、資材消費費の6区分に分類して算出した。さらに、各費用は親魚養成(親魚の飼育および仔魚の収容まで。以下、工程1)、種苗生産(仔魚の収容から全長30mmの取り揚げまで。以下、工程2)、標識付けおよび輸送(取り揚げから全長45mmまで。以下、工程3)の工程別に算出した。

費用計算は表1に示した種苗生産事例を基に、積算された費用の合計値を生産尾数で除し、1尾あたりの種苗単価を算出した。なお、使用した水槽は、工程1では150klが1基および10klが2基、工程2では50klが2基、工程3では100klが2基であった。

償却年数のある物品については、耐用年数表¹¹⁾に従い、1年間に要した費用(償却換算値)として算出した。なお、本報告には、施設の減価償却費は含まなかった。宮古センターではクロソイのほか3魚種(ニシン、ヒラメ、ホシガレイ)の種苗生産を実施しているため、共用する物品の費用は、関係する魚種数で除し、クロソイに要した部分を算出した。

1. 人件費 人件費は作業工程ごとの必要人数を割り出し(表2)、業務時間、日数および雇用単価から算出した。職員の雇用単価は、2001年の全国の納税者一人あたりの平均所得5,647千円を労働日数252日(8時間)で除した2,801円/時間を用いた。非常勤職員の雇用単価は、2001年の岩手県における最低賃金606円/時間を用いた。

2. 光熱水費

2.1 電気代(Ce) 宮古センターでは、飼育用水のろ過および送水用ポンプ、飼育水槽への通気用ブローア-

表1 宮古栽培漁業センターにおけるクロソイの種苗生産結果の概要(2003年)

生産	水槽		収容		取り揚げ			生残率 (%)
	容量 (kl)	面数	月日	尾数 (万尾)	飼育日数 (日)	尾数 (万尾)	平均全長 (mm)	
1回次	50	1	5.11-12	52.6	38-39	42.8	25.8	81.4
2回次	50	1	5.12	50.8	42	40.0	32.1	78.7
合計	100	2	5.11-12	103.4	38-42	82.8	28.8	80.1

表2 工程別の必要人数

工 程	作業内容	職 員				非常勤職員			
		人 数	時 間	日 数	人・時・日	人 数	時 間	日 数	人・時・日
1	新魚養成	1	1.5	252	378.0	1	1.5	252	378.0
2	種苗生産	1	6.5	55	357.5	2	6.5	55	715.0
3	標識付け、輸送	5	8.0	5	200.0	15	8.0	5	600.0

親魚用餌料を保存する冷凍庫，ボイラーと循環ポンプ類，アルテミア耐久卵ふ化用の電気ヒーター，および事務所の照明に電気を使用している。これらの個別の電気代を算出することは困難であるため，本報告では以下の方法で電気代*Ce*を算出した。まず，2003年の1年間に宮古センターで使用した電気代*E*（12,349千円）から，ブローア，冷凍庫およびボイラーポンプ類に要した電気代を差し引き，残りすべてをろ過および送水用ポンプの電気代と仮定した。従って，電気ヒーターおよび事務所で使用した電気代はすべてろ過および送水用ポンプの電気代に含めた。

2.1.1 ブローア経費(*Ce₁*) 宮古センターには定格出力18.5kw/時 (*Bl₁*) と11kw/時 (*Bl₂*) のブローアが各1基設置されている。ブローアは半年ずつ交互で稼働しているため，契約単価*Ceu*に定格出力 (*Ble₁*, *Ble₂*) と使用日数*Bld*および使用時間*Blh*を乗じ，対象魚種数*nf*で除して1年間のブローアに要した経費*Ce₁*を算出した(式1)。なお，各作業工程のブローアの使用量は，ろ過海水の使用量に比例すると仮定し，*Ce₁*を作業工程ごとに使用したろ過海水量の比で分けた。

$$Ce_1 = ((Ble_1 \cdot Ceu \cdot Bld \cdot Blh) + (Ble_2 \cdot Ceu \cdot Bld \cdot Blh)) / nf \quad (1)$$

Ble₁, *Ble₂*: ブローアの定格出力

Ceu: 契約単価(2003年は11.5円/kw)

Bld: ブローアの使用日数

Blh: ブローアの使用時間

nf: 対象魚種数

2.1.2 冷凍庫経費(*Ce₂*) 定格出力4.5kw/時の冷凍庫が周年・終日稼働しているため，契約単価*Ceu*に定格出力*Fe*，使用日数*Fd*，使用時間*Fh*を乗じ，対象魚種数*nf*で除して1年間の冷凍庫に要した経費*Ce₂*を算出した(式2)。

$$Ce_2 = (Fe \cdot Ceu \cdot Fd \cdot Fh) / nf \quad (2)$$

Fe: 冷凍庫の定格出力

Fd: 冷凍庫の使用日数

Fh: 冷凍庫の使用時間

2.1.3 ボイラー用ポンプ類経費(*Ce₃*) ボイラーには，温水循環用の定格出力5.5kw/時のポンプが稼働しているため，契約単価*Ceu*に定格出力 (*Boe*)，使用日数*Bod*および使用時間*Boh*を乗じ，対象魚種数*nf*で除してボイラー用ポンプ類経費*Ce₃*を算出した(式3)。ボイラーは工程1では出産水槽で90日間使用し，工程2では種苗生産水槽で40日間使用した。

$$Ce_3 = (Boe \cdot Ceu \cdot Bod \cdot Boh) / nf \quad (3)$$

Boe: ボイラーポンプの定格出力

Bod: ボイラーの使用日数

Boh: ボイラーの使用時間

2.1.4 ろ過および送水用ポンプ経費(*Ce₄*) ろ過海水1klあたりに要する電気代*Cwu*は式4を用いて算出した。なお，*Ce₁*，*Ce₂*，*Ce₃*の値はクロソイに要した経費であるため，ろ過海水1klの単価*Cwu*は，それぞれの*Ce*に*nf*を乗じた値を*E*から差し引き，ろ過海水使用量(kl)の1年間の合計値*W*で除して*Cwu*を算出した。得られた*Cwu*を各作業工程で使用した実際のろ過海水量*Wu*を乗じて，それぞれの*Ce₄*を算出した(式5)。

$$Cwu = E - (Ce_1 \cdot nf) - (Ce_2 \cdot nf) - (Ce_3 \cdot nf) / W \quad (4)$$

$$Ce_4 = Cwu \cdot Wu \quad (5)$$

E: 1年間の電気代の合計値(2003年は12,349千円)

W: ろ過海水使用量(kl)の1年間の合計値(2003年は160万kl)

Wu: 作業工程1~3で使用したろ過海水量(kl)

2.1.5 重油代(*Co*) ボイラーの使用日数*Bod*は，工程1で90日間，工程2で40日間であった。作業工程ごとの*Co*は式6を用いて算出した。重油の単価*Co_u*は40円/ℓとして算出した。なお，工程3ではボイラーは使用しなかった。

$$Co = T \cdot W / 9,000 / Boe \cdot 0.8 \cdot Boh \cdot Cou \cdot Bod \quad (6)$$

T: 設定水温と飼育用水の温度差の平均値

W: 使用水量(ℓ/時)

表3 クロソイ種苗生産に要する経費

区分	小区分	工程	数量	単位	単価 (円)	金額 (千円)	償却年数 (年)	償却換算*1 (千円)	対象 魚種数	クロソイ経費 (千円)	比率(%)
人件費 (表2参照)		1	378	時	2,801	1,059	1	1,059	1	1,059	44.8
			378	時	606	229	1	229	1	229	
		2	358	時	2,801	1,001	1	1,001	1	1,044	
			715	時	606	433	1	433	1	433	
		3	200	時	2,801	560	1	560	1	560	
			600	時	606	364	1	364	1	364	
光熱水費	ブローア-電気代	1	1	式		235	1	235	1	235	28.3
		2	1	式		100	1	100	1	100	
		3	1	式		38	1	38	1	38	
	冷凍庫電気代	1	1	式		453	1	453	4	113	
		1	1	式		137	1	137	4	34	
	ボイラーポンプ電気代	2	1	式		61	1	61	2	31	
		1	78,400	kl	6.4	502	1	502	1	502	
	ろ過・送水ポンプ電気代	2	31,000	kl	6.4	198	1	198	1	198	
		3	12,000	kl	6.4	77	1	77	1	77	
		1	2,215	ℓ	40	89	1	89	1	89	
	重油	2	18,379	ℓ	40	735	1	735	1	735	
		1, 2, 3				720	1	720	4	180	
親魚購入		1	20	kg	700	14	1	14	1	14	0.2
餌料費	冷凍餌料	1	2,000	kg	150	300	1	300	1	300	17.5
	アルテミア耐久卵	2	200	缶	3,000	600	1	600	1	600	
	栄養強化剤	2	10	kg	10,000	100	1	100	1	100	
	淡水クロレラ	2	57	ℓ	500	29	1	29	1	29	
	配合飼料	2	3	kg	6,000	18	1	18	1	18	
		2	30	kg	1,320	40	1	40	1	40	
	2	180	kg	1,050	189	1	189	1	189		
2	200	kg	538	108	1	108	1	108			
3	100	kg	538	54	1	54	1	54			
備品費	ビットリーダー ビットタグ、秤	1	1	式		495	8	62	4	16	6.7
	自動底掃除機、活魚移槽ポン プ、顕微鏡	2	1	式		6,930	8	866	4	217	
	酸素調節器	3	1	式		137	8	17	4	4	
	FRP水槽	1	2	台	750,000	1,500	8	188	2	94	
	パンライト、孵化器	2	1	式		2,951	5	590	4	148	
	輸送水槽	3	1	式		1,458	5	292	4	73	
資材・ 消耗費	塩ビ類、ホース類	1	1	式		30	3	10	4	3	2.6
		2	1	式		300	3	100	4	25	
		3	1	式		50	3	17	4	4	
	タモ網、ネット類	1	1	式		30	3	10	4	3	
		2	1	式		300	3	100	4	25	
		3	1	式		200	3	67	4	17	
	薬品類	3	1	式		135	1	135	1	135	
計					22,959		10,897		8,235		

*1：金額を償却年数で除した値

9,000：重油発熱量 (kcal/時：一定)

Boe：ボイラー効率 (0.65：宮古センターの場合)

0.8：重油の比重 (一定)

Cou：重油の単価 (2003年は40円/ℓ)

2.1.6 水道代(Cfw) 水道代Cfwは、宮古センターで2003年に使用された水道料金Fwを、対象魚種数nfで除して算出した(式7)。なお、水道は全体の作業工程に掛かる部分であるため、各作業工程で3等分した。

$$Cfw = Fw / nf \quad (7)$$

Fw：2003年に使用された水道料金(720千円)

3. 親魚購入費 宮古センターにおけるクロソイ種苗生産には、一定期間同じ親魚群を用いるため、親魚購入費用は、次期親魚群(天然未成魚)の購入費用を示した。

4. 餌料費 工程1の餌料費は冷凍魚類の購入費用、工程2ではアルテミア耐久卵、栄養強化剤、淡水クロレラおよび配合飼料の購入費、工程3では配合飼料の購入費である。なお、宮古センターではクロソイの種苗生産にシオミズツボムシ*Brachionus plicatilis*は使用しなかった。

5. 備品費 備品は自動底掃除機(かす兵衛SMMI；ヤンマー)、活魚移槽ポンプ(Z-65Z；松坂製作所)、実体顕微鏡(SMZ-10；Nikon)、秤(HV30K；AND)、デジタルノギス(CD-20C；Mitutoyo)、酸素流量調整器(活魚用酸素流量制御装置：古橋機器)、ピットリーダー(Power Tracker II；AVID)、0.5klポリカーボネイト水槽、1klアルテミアふ化水槽、5klFRP水槽および1kl種苗輸送水槽の購入費用であり、その合計値を償却年数Yと対象魚種数nfで除して算出した。

6. 資材、消耗費 主に塩化ビニール管、継ぎ手およびホース類の購入費用、排水ストレーナや種苗の取り揚げに使用するネット類の購入および製作費用、標識剤のAlizarin Complexone(ALC)および消毒剤(アルコール、塩素等)の購入費用で、その合計値を償却年数Yと対象魚種数nfで除して算出した。

結 果

2003年のクロソイ生産に要した総経費は8,235千円であった(表3)。種苗の取り揚げ尾数で除すと、45mmサイズの種苗単価は9.9円となった。各経費の内訳を表3に示した。

1. 人件費 工程1では1,288千円、工程2では1,477千円、工程3では924千円となり、合計3,689千円を要した。全体の経費に占めるCpの割合は39.6%であった。

2. 光熱水費

2.1 電気代(Ce)

2.1.1 プロアー経費(Ce1) 宮古センターでプロアーに要した経費は1,490千円となり、Ce1は372千円であった。これを、後述する工程1~3で使用したろ過海水の比率(0.63：0.27：0.10)で分けると、それぞれ、235千円、100千円および38千円となった。

2.1.2 冷凍庫経費(Ce2) 宮古センターで冷凍庫に要した経費は453千円となり、その内Ce2は113千円であった。

2.1.3 ボイラー用ポンプ類経費(Ce3) 工程1のボイラー用ポンプに要した経費は137千円となり、Ce3は34千円であった。工程2では61千円となり、Ce3は31千円であった。

2.1.4 ろ過および送水ポンプ経費(Ce4) ろ過および送水ポンプに要した経費は、10,208千円であった。ろ過海水の単価Cwuは6.4円/klとなった。

工程1のろ過海水使用量Wuは、150kl水槽(実水量100kl：1面、換水率200%/日、周年使用)の73,000klと、出産水槽(実水量：10kl：2面、換水率300%/日、90日間使用)の5,400klで合計78,400klとなり、Ce4は502千円であった。工程2のろ過海水使用量Wuは、50kl水槽(実水量50kl：2面、換水率50~1200%/日、40日間使用)の31,000klであり、Ce4は198千円であった。工程3のろ過海水使用量Wuは、100kl水槽(実水量100kl：2面、換水率300%/日、20日間使用)で12,000klとなり、Ce4は77千円であった。

2.1.5 重油代(Co) 工程1では、設定水温と飼育用水の温度差は平均3.0℃、ろ過海水使用量は2,500ℓ/時、使用日数90日から、Coは89千円であった。工程2では、設定水温と飼育用水の温度差は平均5.0℃、ろ過海水使用量は28,000ℓ/時、使用日数40日からCoは735千円であった。

2.1.6 水道代(Cfw) 水道代は各魚種60千円であった。

光熱水費の総額は2,332千円で、全体の経費に占める割合は28.3%であった。

3. 親魚購入費 14千円を要し、全体の経費に占める割合は0.2%であった。

4. 餌料費 工程1では300千円、工程2では1,084千円、工程3では54千円であった。餌料費の総額は1,438千円となり、全体の経費に占める割合は17.5%であった。

5. 備品費 工程1では109千円、工程2では365千円、工程3では77千円であった。備品費の総額は552千円となり、全体の経費に占める割合は6.7%であった。

6. 資材・消耗費 工程1では6千円、工程2では50

千円、工程3では156千円であった。資材・消費費の総額は212千円となり、全体の経費に占める割合は2.6%であった。

作業区分毎の経費 最も高い値を示したのは工程2の4,099千円(43.6%)、次に工程1の2,750千円(33.4%)、工程3の1,386千円(16.8%)であった。

考 察

種苗単価の低減 一般に種苗単価を低減させるには、生残率の向上が重要な検討項目の1つである。しかし、今回、クロソイの種苗単価算出に用いた事例では約80%と高い生残率であったため、生残率の向上から本種の種苗単価を大幅に下げることが極めて困難と考えられる。しかし、高橋¹²⁾はヒラメの飼育に関わるすべての作業時間を詳細に計測し、不規則の作業より毎日の作業を見直すことが、さらに効率化を進める上で重要であると提言している。クロソイの生産経費を低減するには、ヒラメと同様に日々の作業時間を再検討し、省力化を進めることが急務であると考えられる。工程別にみると、最も高い値を示したのは工程2の種苗生産であるが、宮古センターではワムシを用いず、配合飼料の給餌を早期化するなど餌料費を削減してきた。また、工程3の標識付けおよび輸送では標識剤として使用するALCの濃度を薄くするなど、経費を抑制する技術を開発してきた¹³⁾。しかし、工程1の親魚養成については、上記のような検討は全く行われていないため、今後、出産の同調等により、保有している親魚の効率的な利用方法の開発に取り組み、経費の削減に努める必要がある。

サイズ毎の種苗単価 2003年におけるクロソイ種苗の取り揚げサイズは概ね全長30mmであったため、工程1と2の経費の合計値を取り揚げ尾数で除すと、30mmサイズの種苗単価が得られる。この値と本報告で得られた45mmサイズの種苗単価(9.9円/尾)および既報の中間育成に掛かる経費¹⁰⁾を用いて、全長30~100mmの種苗単価を推定した。その結果、サイズ(X: mm)と種苗単価(Y: 円)の間に $Y=0.1267X+4.5351$ ($R^2=0.9966$)の関係式が得られ、30mmでは8.3円、40mmでは9.6円、60mmでは12.3円、80mmでは14.7円、100mmでは17.1円となった。今後、これらを基に、これまで宮古センターで実施してきた各放流群の経費を算出し、経済回収率を推定することが本種の放流効果を明らかにする上で重要である。

種苗単価の算出方法の統一 栽培漁業の対象種において、種苗生産経費を算出した事例は極めて少なく、ヒラメ^{4,5)}、マダイ³⁾、ブリ⁶⁾、ニシン^{7,8)}、サワラ⁹⁾

など数例にすぎない。また、サイズ毎の経費はヒラメ⁴⁾でしか明らかにされていない。しかし、これらの魚種では、種苗単価を算出するための項目や手法が統一されていないため、魚種間あるいは生産機関毎に比較することが困難である。今後、種苗生産技術を経済的に評価するには、経費の相対的な比較が不可欠であり、種苗単価の算出方法の統一が望まれる。

本報告では、施設の減価償却費を含めずに種苗単価を算出した。宮古センターにおけるクロソイの飼育には、親魚養成、種苗生産などに用いる水槽のほかに、海水の取水管、取水された海水をろ過する施設、水温制御をするためのボイラー施設、飼育水槽内の通気を行うためのブロー施設等が必要である。宮古センターの建設費は934,463千円であり、1年間にクロソイに要した施設の減価償却費は5,191千円(施設償却年数を45年¹¹⁾、対象魚種数を4種とした場合)となる。今回試算された種苗単価に施設の減価償却費を加えると45mmサイズでは16.2円/尾となり、本結果の1.64倍の値を示す。種苗単価には減価償却費を含めて算出する報告もあるが⁴⁾、種苗生産施設は各機関で構造や規模が大きく異なる。従って、先に提案した種苗生産技術を経済的な側面から相対的に比較するには、施設の減価償却費を含めない算出方法も検討すべきであろう。

引用文献

- 1) 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, 解説. 東海大学出版, 東京, 450pp.
- 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(2005)平成15年度栽培漁業種苗生産, 入手・放流実績(全国)資料編. 134-137.
- 3) 北田修一(2001)栽培漁業と統計モデル分析. 共立出版, 東京, 334p.
- 4) 岩本明雄(1989)昭和62年度日本栽培漁業協会事業年報 B ヒラメ 宮古事業場, (社)日本栽培漁業協会, 東京, pp140-147.
- 5) 日本栽培漁業協会(2000)種苗生産・中間育成コスト実態調査報告書. 回遊性種栽培漁業地域展開促進事業, (社)日本栽培漁業協会, 東京, pp151.
- 6) 須田 明・岩本明雄・藤本 宏・山崎英樹・小畑泰弘(2004)瀬戸内海東部水域に放流されたブリ早期種苗群から期待される生産効果の総合評価. 栽培資源調査検討資料, 17, 水産総合研究センター, 東京, 1-59.

- 7) 山本義久 (2001) ニシンの種苗生産技術. 栽培漁業技術シリーズ, 7, (社)日本栽培漁業協会, 東京, 94-97.
- 8) 大河内裕之・児玉純一・永島 宏・兜森良則・岩本明雄 (2003) 本州の太平洋沿岸におけるニシン放流魚の移動生態と産卵回帰. 栽培資源調査検討資料, 16, (社)日本栽培漁業協会, 東京, 40-43.
- 9) 岩本昭雄・山崎英樹・藤本 宏・奥村重信・山本義久・小畑泰弘 (2006) サワラの種苗生産単価の試算. 栽培技研, 33, 61-65.
- 10) 中川雅弘・大河内裕之 (2003) クロソイ種苗の中間育成における飼育密度と給餌回数の検討. 栽培技研, 30, 55-60.
- 11) 東京国税局法人課税技術係 (1977) 耐用年数の使い方. 税務研究会出版局, 東京, 1-241.
- 12) 高橋庸一 (1993) ヒラメの種苗生産工程における飼育作業の評価と作業の効率化の検討. 栽培技研, 21, 81-92.
- 13) 中川雅弘・大河内裕之 (2003) クロソイの放流試験, ALC濃度試験. 平成14年度日本栽培漁業協会事業年報, pp58-59.

海水中に残留した微量オキシダントがクロマグロ受精卵のふ化に及ぼす影響

今泉 均*¹・武部 孝行*¹・二階堂英城*¹・井手健太郎*¹・升間 主計*²

(*¹ 奄美栽培漁業センター, *² 宮津栽培漁業センター)

奄美栽培漁業センターでは、2000年にクロマグロ *Thunnus orientalis* の種苗生産過程においてウイルス性神経壊死症 (VNN) の発症が確認されたため、2001年から受精卵の消毒と飼育海水の殺菌による防除対策を開始したが、十分な防除効果は得られなかった。しかし、2003年からは、卵と飼育水の殺菌にオキシダントを用いることでVNN発症の防除効果が得られるようになった¹⁾。オキシダントによる殺菌は、オゾン接触または電気分解により海水中に発生させたオキシダントの殺菌効果²⁻⁶⁾を利用し、卵の洗浄、飼育用水や排水の殺菌を行う手法であり、水産増養殖施設においてその殺菌システムが導入されつつある。

2004年からは海水電解装置を導入し、すべての飼育試験に供する受精卵の洗浄を電気分解によりオキシダントが含まれた海水 (以下、残留オキシダント海水) で行った。さらに、オキシダントを活性炭に吸着処理させた海水 (以下、殺菌海水) をふ化管理と仔稚魚の飼育水に使用することでVNNの発症が防除できた。しかし、残留オキシダント海水による卵洗浄と殺菌海水によるふ化管理の過程で、卵膜内での生存が確認されるがふ化に至らない個体 (以下、未ふ化生残卵) が高率に発生する事例がみられた (今泉, 未発表)。現行のオゾン殺菌システムでは、活性炭槽での脱オキシダントが完全に行われていないこと⁷⁾、未ふ化生残卵の発生にはオキシダントの影響が報告されていること^{8,9)}から、2004年に高率で発生した未ふ化生残卵は、卵管理に用いた殺菌海水中に残留した微量なオキシダントが原因ではないかと考えられ、注水量 (換水量) と残留オキシダントがクロマグロ受精卵に及ぼす影響について検討した。

材料と方法

残留オキシダント海水と殺菌海水の作製 海水電解装置によるオキシダント海水の作製方法は、電解殺菌装置 (荏原実業; オキシダント濃度0.5mg/l で処理能力45m³/時) 内の電解槽で海水の電気分解によりオキシダントを発生させ、反応槽で用水を殺菌する方法で得た。オキシダント海水中のオキシダント濃度は、電気分解における電流値を変えることで設定した。殺

菌海水は、残留オキシダント海水を同装置内の活性炭槽に通し、オキシダントを活性炭に吸着処理させて得る。受精卵の洗浄は残留オキシダント海水で、卵のふ化管理は殺菌海水で行った。

オキシダント濃度の測定 オキシダント濃度の測定は、三村ら¹⁰⁾に従いo-トリジンで発色させた試水の吸光度を分光光度計 (U-2001; 日立製作所) により測定した。三村らは吸光度測定容器に1cmセルを使用し、o-トリジン添加後1分以内に測定した場合での定量下限を0.005~0.013mg/lとした。本試験では、卵洗浄時の残留オキシダント海水のオキシダントを測定する場合、三村らと同様に1cmセル容器を使用した。殺菌海水中の微量濃度の測定には、感度を高めるために5cmセル容器を使用した (試料15mlに対しo-トリジン0.6ml混合)。測定感度はセル長に比例して高くなるため、この場合の定量下限は0.0010~0.0026mg/lとなる。ふ化水槽内の残留オキシダント濃度は、注水開始から2~3時間ごとに中央排水口付近の海水を採取して測定した。また、試験期間を通じて、ふ化水槽の注水口の殺菌海水の残留オキシダント濃度を測定した。

試験区の設定 注水量の差によるオキシダントの残留濃度が、発生段階の異なる受精卵のふ化に与える影響について、2回の試験 (試験1および2) を行った。試験1では胚胎形成期、試験2では囊胚期の卵を用いた。

試験1 供試卵と卵の洗浄 試験には、近畿大学奄美実験場で2004年8月3日午後9:00~9:30に自然産卵により得られた胚体形成期の受精卵を用いた。

センターへ搬入した受精卵は、一旦殺菌海水 (残留濃度0.018mg/l) を満たした200l水槽2面に収容して沈下卵および夾雑物を除去した。卵収容直後の残留オキシダント濃度は、輸送水の混入により減衰し、測定下限以下であった。約30分後、浮上卵88万粒を回収して卵洗浄を行った。

卵洗浄は、濃度約0.2mg/lに調整した残留オキシダント海水を満たした200l水槽に1分間浸漬する方法で行った。浸漬後は、直ちにチオ硫酸ナトリウム (0.1g/オキシダント海水200l) で海水中の残留オキシダントを中和した。

表1 微量の残留オキシダントがクロマグロ卵のふ化に及ぼす影響（試験1）

試験区	注水量 (回転/日)	オキシダント 最大濃度(mg/ℓ)	収容卵数 (万粒)	13時間後の結果				
				ふ化率(%)			未ふ化 生残卵率 (%)	死卵率 (%)
				正常	異常	合計		
1	1	0.001	21.0	80.7	19.3	100	0	0
2	6	0.003	21.0	75.0	25.0	100	0	0
3	12	0.005	21.0	74.4	20.5	94.9	4.0	1.1
4	24	0.007	21.0	64.0	32.0	96.0	3.2	0.8
5	48	0.014	4.0	0	11.8	11.8	86.9	1.3

卵消毒条件：胚体形成期にオキシダント0.2mg/ℓ海水で1分間（海水温28.5℃）

注水元殺菌海水のオキシダント濃度：0.020～0.026mg/ℓ

表2 微量の残留オキシダントがクロマグロ卵のふ化に及ぼす影響（試験2）

試験区	海水の殺菌方法	オキシダント 最大濃度 (mg/ℓ)	注水量 (回転/日)	収容卵数 (万粒)	24時間後の結果				
					ふ化率(%)			未ふ化 生残卵率 (%)	死卵率 (%)
					正常	異常	合計		
1	オキシダント	0.001	1	34.2	88.8	7.5	96.3	0	3.7
2	オキシダント	0.003	6	34.2	85.4	10.4	95.8	0	4.2
3	オキシダント	0.005	12	34.2	85.0	10.0	95.0	1.7	3.3
4	オキシダント	0.012	48	4.0	9.8	13.7	23.5	72.5	4.0
5	紫外線	0.000	48	4.0	94.3	4.2	98.5	0	1.5

卵消毒条件：囊胚期にオキシダント0.2mg/ℓ海水で1分間（海水温28.5℃）

注水元殺菌海水のオキシダント濃度：0.018～0.019mg/ℓ

卵の収容とふ化管理 ふ化管理には500ℓ水槽を用いた。試験区は、殺菌海水の注水量を1, 6, 12, 24および48回転/日に設定した5試験区を設け、それぞれ1区～5区とした（表1）。受精卵の収容は、容量法により卵洗浄後の200ℓ水槽から各ふ化水槽へ2～10ℓ容器により分配した。本試験に供した受精卵は、種苗生産試験に使用するふ化仔魚を得るためのふ化管理が目的であるため、収容卵数は1～4区が21万粒、未ふ化生残卵出現の可能性が高い5区は4万粒とした。

ふ化判定 ふ化状況の観察は、ふ化時間と水温との関係¹⁾によりふ化完了時刻を卵の発生段階と管理水温から推定し、試験開始から13時間後に行った。ふ化状況は、以下の4つに区分した。①正常ふ化：外見上正常な個体。②異常ふ化：体躯の屈曲や仔魚膜に異常が見られる仔魚、またはふ化しているが死亡している個体。③未ふ化生残卵：ふ化せず、卵膜内で心臓の動きが確認できる個体。④死卵：胚が白濁した未ふ化卵。

なお、ふ化仔魚数と未ふ化卵数は容積法により計数した。

試験2 供試卵と卵の洗浄 試験には、株式会社拓洋（奄美）で2004年8月7日午後1:00～2:00に自然産卵で得られた囊胚期の受精卵を用いた。

センターへ搬入した受精卵は、殺菌海水（残留濃度0.009mg/ℓ）を満たした200ℓ水槽2面に一旦収容し、沈下卵および夾雑物を除去した。収容時の残留オキシダントは、卵収容直後に減衰して測定下限以下となった。発生段階が囊胚期に達した浮上卵（同日午後7:30囊胚期）110万粒を500ℓ水槽1面に収容して、試験1と同様の方法で卵洗浄を行った。

卵の収容とふ化管理 ふ化管理を行う500ℓ水槽への収容方法は試験1と同様に行った。試験区は、殺菌海水の注水量を1, 6, 12および48回転/日とした4試験区（1～4区）を設けた。さらに、ふ化管理の用水に紫外線（UV）殺菌海水を用いた対照区を設け、

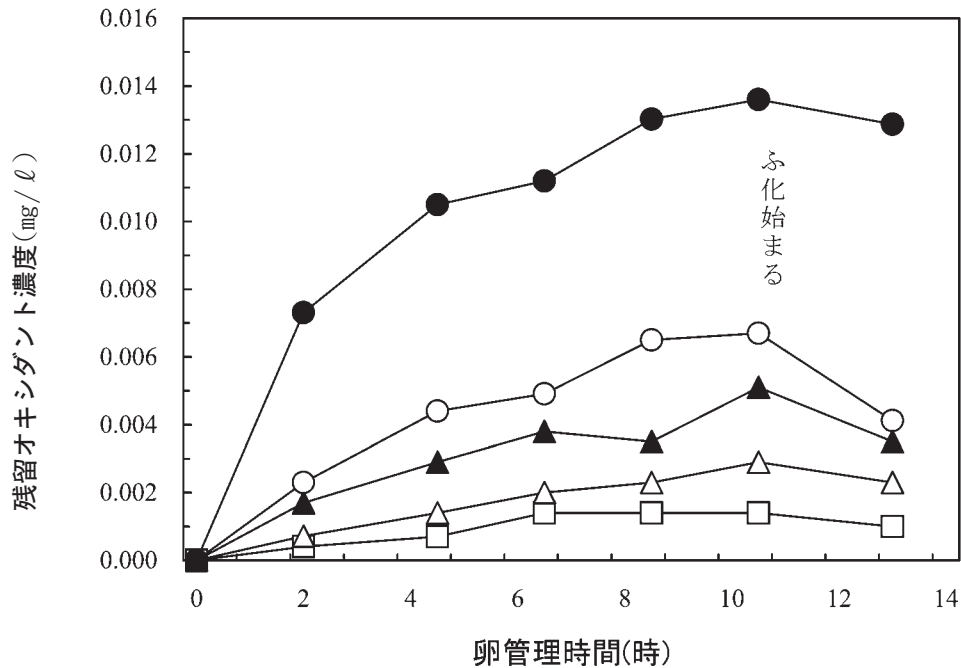


図1 注水量を変えた卵管理水槽のオキシダント濃度(試験1)

□—1回転/日 △—6回転/日 ▲—12回転/日
 ○—24回転/日 ●—48回転/日

収容卵数の差と高い回転率(48回転/日)が物理的にふ化に及ぼす影響を把握した。受精卵の収容数は1~3区が34万粒, 4区と対照区は4万粒とした(表2)。

ふ化判定 ふ化状況の観察は, 卵の発生段階と管理水温からふ化完了時を推定し, 試験開始から24時間後に行った。ふ化仔魚数と未ふ化卵の判定と計数は試験1と同様の方法で求めた。

結 果

ふ化管理に用いた殺菌海水の注水口でのオキシダント濃度は, 試験1で0.020~0.026 mg/l, 試験2で0.018~0.019 mg/lであった。

試験1 各試験区のオキシダントの残留濃度の変化を図1に示した。いずれの試験区も卵収容時のオキシダント濃度は0 mg/lであったが, 2時間後には注水量に比例して濃度が増加する傾向が認められた。2~5区では, オキシダント濃度は時間の経過に伴って増加し, 10時間半後には5区で0.014 mg/lと最も高くなった。1区のオキシダント濃度は, 試験期間を通し

て0.001 mg/l以下であった。各試験区とも, ふ化は注水開始11時間後から観察され, ふ化が完了した13時間後のオキシダント濃度はピーク時を下回った。試験期間中の管理水温は28.5~28.8℃であった。

ふ化状況を表1に示した。ふ化率は, 1区と2区が100%, 3区と4区は95%前後であったが, 5区では11.8%と著しく低下した。正常ふ化率は注水量が少ない1区で81%と最も高く, 注水量の増加に伴って減少し5区では0%であった。逆に, 未ふ化生残卵率は1~4区は4%以下であったが, 5区では86.9%と高くなった。異常ふ化の状況については試験区間で顕著な差は認められなかった。

試験2 各試験区のオキシダント濃度の変化を図2に示した。各試験区とも, 卵収容時のオキシダント濃度は0 mg/lであった。4区の濃度は, 卵管理開始から4時間後までに急激に増加し, 4時間以降は0.010~0.012 mg/lを維持した。3区では8時間後に0.005 mg/l, 2区では16時間に0.003 mg/lまで増加した。1区と対照区では0.001 mg/l以下であった。

試験期間中の管理水温は28.4~28.8℃であった。ふ

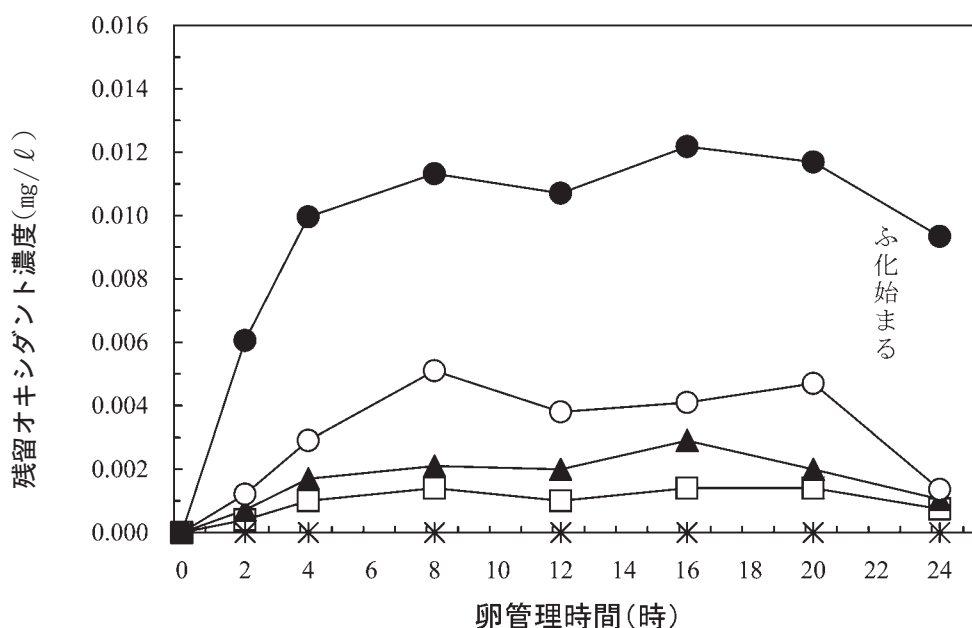


図2 注水量を変えた卵管理水槽のオキシダント濃度(試験2)

□ 1回転/日 ▲ 6回転/日 ○ 12回転/日
● 48回転/日 * UV殺菌区

化は試験開始後21時間頃から観察された。ふ化状況(表2)を見ると、正常ふ化率は1~3区と対照区は95%以上であったが、4区は9.8%と著しく低下した。未ふ化生残卵率は4区が72.5%と最も高く、3区で1.7%、他の試験区では0%であった。異常ふ化の状況については試験区間で顕著な差は認められなかった。

考 察

海水中のオキシダントが卵のふ化に与える影響については、既にシロギスやヒラメ卵で報告^{8,9)}されており、ヒラメ卵ではオキシダントが卵膜外層を変性させ、卵膜外層の膨潤過程が欠落することで未ふ化生残卵が生じるとされている¹⁰⁾。オゾンと海水と接触させて発生させたオキシダントによる影響の調査では、暴露時間を一定にした場合はオキシダント濃度の高低が、濃度を一定にした場合は暴露時間の長短が未ふ化生残卵の発生に影響し、ヒラメ卵では未ふ化生残卵の発生に影響しないオキシダント濃度は0.8mg/l以下、暴露時間は3分間以内と報告されている⁹⁾。

オキシダントがクロマグロ卵の洗浄時に及ぼす影響について、武部ら¹²⁾は0.5mg/lのオキシダント海水で1分間洗浄した卵をUV殺菌海水(100回転/日)で管理し、19例中11例で70%以上のふ化率を得ている。また、0.5~0.8mg/lのオキシダント海水で1分間洗浄した囊胚期以降の卵では、6穴マルチウェルプレート内での振盪管理で正常ふ化率80%以上を得ている(手塚、未発表)。このため、今回の試験で発生した未ふ化生残卵はオキシダントによる卵洗浄時の影響ではなく、卵管理時の用水中へのオキシダントの蓄積が影響を与えたと考えられた。また、流量の多寡による卵への物理的影響も懸念されたが、48回転/日の注水を行った対照区の未ふ化生残卵率が0%であったことから、今回の注水量は卵の発生とふ化に影響しないと考えられた。

本試験において、試験開始前にふ化水槽に溜めた殺菌海水中の微量オキシダントは、消毒後の卵とともに収容されるチオ硫酸ナトリウムで中和した海水との混合により、試験開始時には0mg/lであった。しかし、ふ化管理時に微量のオキシダントを含む殺菌海水を流

水状態で用いることにより、注水量と経過時間に比例してオキシダントが蓄積され、卵のふ化に強く影響することがわかった。通常、残留量が微量であれば、オキシダントは飼育海水中の多量の有機物等と反応して減衰するため問題視されていないが、卵以外の有機物が少ない管理水槽中では、注水量を増すことで微量オキシダントが蓄積し、0.005mg/ℓ以上（ふ化水温28℃前後）の濃度が継続するとクロマグロ受精卵のふ化に悪影響を及ぼした。一方、塩澤ら⁷⁾は、シマアジ卵のふ化管理において、濃度0.005~0.1 mg/ℓ（ふ化水温22℃前後）の残留オキシダント海水とろ過海水でふ化率に差がなかったことを報告しており、オキシダントに対する受精卵への影響は魚種や水温等により異なる可能性が考えられた。

オキシダントを用いた用水の消毒手法は、ウイルス疾病の防除対策には非常に有効な手段である。しかし、これまで問題視されていなかった微量のオキシダントがふ化に影響を及ぼす危険性が判明したことから、オキシダントの残留量と対象魚種ごとの特性を常に把握しておくことが必要である。

文 献

- 1) 手塚信弘・升間主計・武部孝行・二階堂英城・井手健太郎 (2004) クロマグロ種苗生産におけるオキシダント処理海水のウイルス性神経壊死症 (VNN) への防除対策効果. 栽培漁業センター技報, 1, 76-79.
- 2) Arimoto M., J. Sato, K. Maruyama, G. Mimura, and I. Furusawa (1996) Effect of chemical and physical treatments on the inactivation of striped jack nervous necrosis virus (SJNNV). *Aquaculture*, 143, 15-22.
- 3) 伊藤慎吾・吉水 守・呉 明柱・日向進一・渡辺研一・早川 豊・絵面良男 (1967) 海水のオゾン処理による飼育水の殺菌効果とヒラメ (*Paraliichthys olivaceus*) およびマツカワ (*Verasper moseri*) の生存率に及ぼす影響. 水産増殖, 44, 457-463.
- 4) 伊藤慎吾・吉水 守・絵面良男 (1967) 人工海水における低濃度オキシダントの魚類病原微生物に対する殺菌・不活化効果. 日水誌, 63, 97-102.
- 5) 笠井久会・石川麻美・堀 友花・渡辺研一・吉水 守 (2000) 流水式海水電解装置の魚類病原細菌およびウイルスに対する殺菌効果. 日水誌, 66, 1020-1025.
- 6) 渡辺研一・吉水 守 (2000) ウイルス性神経壊死症原因ウイルスに汚染したマツカワ受精卵のオゾン処理海水による消毒. 日水誌, 66, 1066-1067.
- 7) 塩澤 聡 (1998) オゾン殺菌システムの種苗生産への導入事例. 栽培漁業技術研修事業, 基礎理論コーステキスト集XI, 種苗期疾病対策シリーズ. 日本栽培漁業協会, No.14, 1-22.
- 8) 磯野良介・伊藤康男・木下秀明・城戸勝利 (1993) シロギス卵・稚魚の生残に及ぼす海水オゾン処理の影響. 日水誌, 59, 1527-1533.
- 9) 三村 元・長瀬俊哉・片山泰人・長光貴子・難波憲二 (1998) オゾン処理海水のヒラメ, *Paraliichthys olivaceus* 卵に対する影響. 水産増殖, 46, 101-110.
- 10) 三村 元・長光貴子・片山泰人・長瀬俊哉 (1999) 海水中の残留オキシダントのo-トリジン法による簡易測定. 水産増殖, 47, 103-110.
- 11) 宮下盛・田中祐志・澤田好史・村田修・服部巨宏・滝井健二・向井良夫・熊井英水 (2000) クロマグロ卵の発生と孵化に及ぼす水温の影響. 水産増殖, 48, 199-207.
- 12) 武部孝行・升間主計・手塚信弘・二階堂英城・井手健太郎 (2004) オキシダント海水で消毒したクロマグロ受精卵のふ化管理手法. 栽培漁業センター技報, 1, 80-83.
- 13) 三村 元・長瀬俊哉・片山泰人・難波憲二 (1999) 未孵化生残卵の生理学のおよび組織学的考察. 日水誌, 65, 448-456.

オゾン殺菌装置と電気分解式殺菌装置で殺菌処理した海水が ヒラメの生残と有眼側色素異常に及ぼす影響

藤浪祐一郎・熊谷 厚志
(宮古栽培漁業センター)

ウイルス性疾病の発生は種苗生産過程における重大な問題となっている。また、放流海域への原因ウイルスの蔓延を防ぐために種苗放流そのものを中止せざるを得ない例も散見され、ウイルス性疾病の防除は栽培漁業の根幹に関わる課題となっている。

宮古栽培漁業センターでは1996年にヒラメのウイルス性神経壊死症 (viral nervous necrosis : VNN) が発生したが、検査精度の高いnested-PCR法を用いたウイルス検査で陰性と判定された親魚¹⁾ならびに親魚用餌料の使用²⁾、残留オキシダント海水による受精卵の消毒³⁾、飼育水のオゾン殺菌⁴⁻⁷⁾等の防除対策を実施した結果、1999年以降、本症の発生は見られていない。一方、これらの防除対策を講じて生産した種苗は有眼側色素異常 (以下、白化) 率が高いことが報告されており⁴⁾、健苗育成という点では未だ検討の余地があると考えられる。そこで著者らは白化を誘発する要因の一つと考えられている飼育水のオゾン殺菌処理^{4,8-9)}に注目し、オゾン海水殺菌装置ならびに電気分解式海水殺菌装置でそれぞれ殺菌した海水でヒラメを飼育し、両者の生残、成長および白化率を比較した。

なお、本報では海水にオゾンを曝露して残留オキシダントを発生させる殺菌処理方法をオゾン殺菌処理、海水を電気分解することで残留オキシダントを発生させる方法を電解殺菌処理とした。また、いずれかの方法で発生させたオキシダントを含む海水を残留オキシダント海水、残留オキシダント海水を活性炭に通すことで残留オキシダントを除去する過程を活性炭処理とし、活性炭処理した後の海水を殺菌海水とした。

材料と方法

試験区 試験にはオゾン海水殺菌装置 (オゾンバリアOZF015; 荏原実業) および電気分解式海水殺菌装置 (HSE-100; 同) の2機種を供した。試験区はこれらの装置で処理した殺菌海水で飼育する区 (以下、それぞれオゾン区および電解区)、ならびにろ過海水で飼育する区 (以下、ろ過海水区) の3区とし、各試験区とも2水槽で飼育を行った。両殺菌装置で発生させ

た残留オキシダント濃度はいずれも0.3mg/ℓとし、曝露時間は7~8分間とした。両装置による残留オキシダント海水は、活性炭処理した後に飼育用水とした。なお、活性炭処理前後の残留オキシダント濃度はo-トリジン法により毎日測定した。

供試魚および収容 5~8歳の天然養成親魚から自然産卵で得られた桑実胚期の受精卵を用い、0.75mg/ℓの残留オキシダント海水に2分間浸漬⁴⁾して卵消毒を行った。これらの受精卵は0.5klふ化槽に収容し、オゾン海水殺菌装置で処理した16℃の殺菌海水をかけ流す (5回転/日) ことにより卵管理を行った。得られたふ化仔魚は、500l透明ポリカーボネート水槽6面に5,000尾ずつ収容して試験を開始した。

飼育方法 飼育水温は、500Wの電気ヒーターとコントローラーを用いて18℃に調整した。換水率は開口から日齢10までが50%、日齢20までが100%、それ以降は200%とした。底掃除は収容翌日から試験終了まで毎日行った。

餌料は、開口から全長15mmまでL型ワムシ (以下、ワムシ) を、全長8mmから試験終了まで北米産アルテミアノープリウス (以下、アルテミア) を与えた。ワムシは飼育水中の密度を3~6個体/mlに維持するように9:00と15:00に、アルテミアは2時間で飼育水中の残餌がなくなる量を目安に10:00と16:00に給餌した。両者ともプラスアクアラン (BASF) を150g/ℓの濃度で添加して栄養強化を行った。栄養強化時の密度はワムシが800~1,000個体/ml、アルテミアが70~100個体/mlとし、栄養強化時間は両者とも6~12時間とした。また、ワムシの給餌期間中は飼育水に毎日10mlの淡水クロレラ (フレッシュグリーン600; 日清マリンテック) を添加した。

生残率、成長、白化率および眼位異常率調査 試験期間は日齢35までとし、試験終了時に全試験区の生残尾数を計数して生残率を算出した。また、取り揚げ直後に30尾を無作為に抽出し、2-フェノキシエタノールで麻酔した後に全長測定を行った。同様に100尾について白化率および眼位の異常率を調査した。

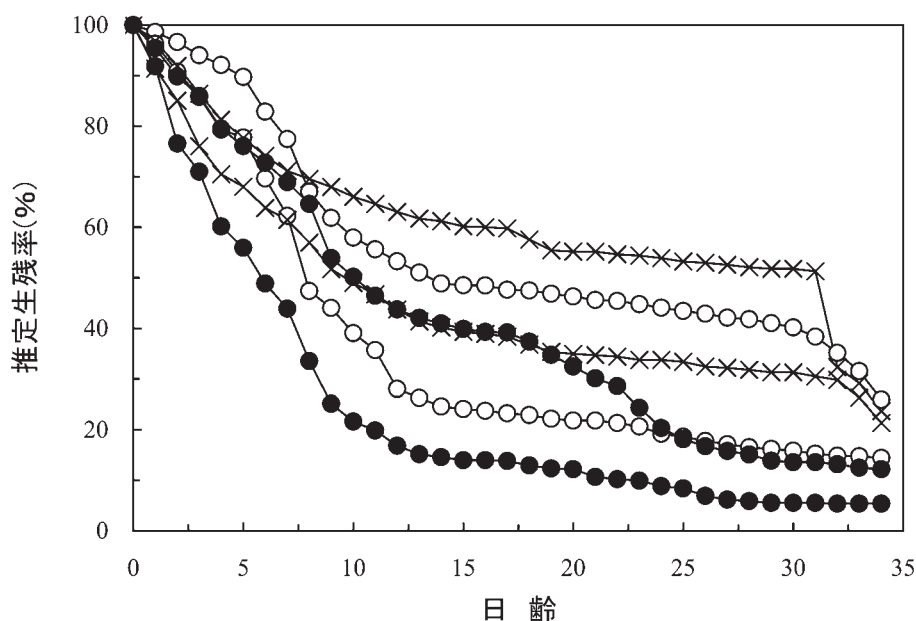


図1 飼育水の殺菌処理方法の違いによるヒラメの生残率

○:オゾン区 ●:電解区 ×:ろ過海水区

表1 飼育試験結果の概要

	収 容		日 齢	取 り 揚 げ				
	全 長 (mm)	尾 数 (尾)		全 長(mm) 平均±標準偏差	全 長(mm)		生残率 (%)	白化率 (%)
					最小	最大		
オゾン区-1				16.6±1.5	(13.9~21.4)		25.9	74.0
オゾン区-2				18.3±2.3	(13.5~24.8)		14.4	32.0
電解区-1	3.3	5,000	35	18.5±2.3	(14.1~22.4)		5.4	22.0
電解区-2				17.2±2.0	(12.4~21.2)		12.2	46.0
ろ過海水区-1				16.5±1.9	(12.4~21.5)		21.3	6.0
ろ過海水区-2				16.8±1.8	(13.2~21.0)		23.7	2.0

結果と考察

試験終了時の平均全長はオゾン区で16.6mmと18.3mm、電解区で18.5mmと17.2mm、ろ過海水区で16.5mmと16.8mmであり、ろ過海水区で低い傾向がみられた。一方、生残率はオゾン区で25.9%と14.4%、電解区で5.4%と12.2%、ろ過海水区で21.3%と23.7%であり、成長とは反対にろ過海水区で高い傾向が見られた(表1)。各試験区とも収容直後から供試魚が死亡したが(図1)、オゾン区と電解区の生残率の低い水槽では小型個体が共食い等の影響で死亡しているのが

観察されており、この影響でろ過海水殺菌区の取り揚げ時の平均全長がろ過海水区よりも大きくなったと考えられた。

オゾン区と電解区における殺菌海水の残留オキシダント濃度は、それぞれ $0.004 \pm 0.001 \text{ mg/l}$ (0.002~0.006 mg/l)、 $0.006 \pm 0.002 \text{ mg/l}$ (0.002~0.009 mg/l)であり(図2)、両者ともヒラメ仔魚に急性毒性を及ぼすとされる $0.02 \sim 0.05 \text{ mg/l}^{10}$ を下回っていたことから、本試験において急性毒性による影響はなかったと考えられる。なお、ろ過海水殺菌区の生残率がろ過海水区よりも低くなった原因については明らかに

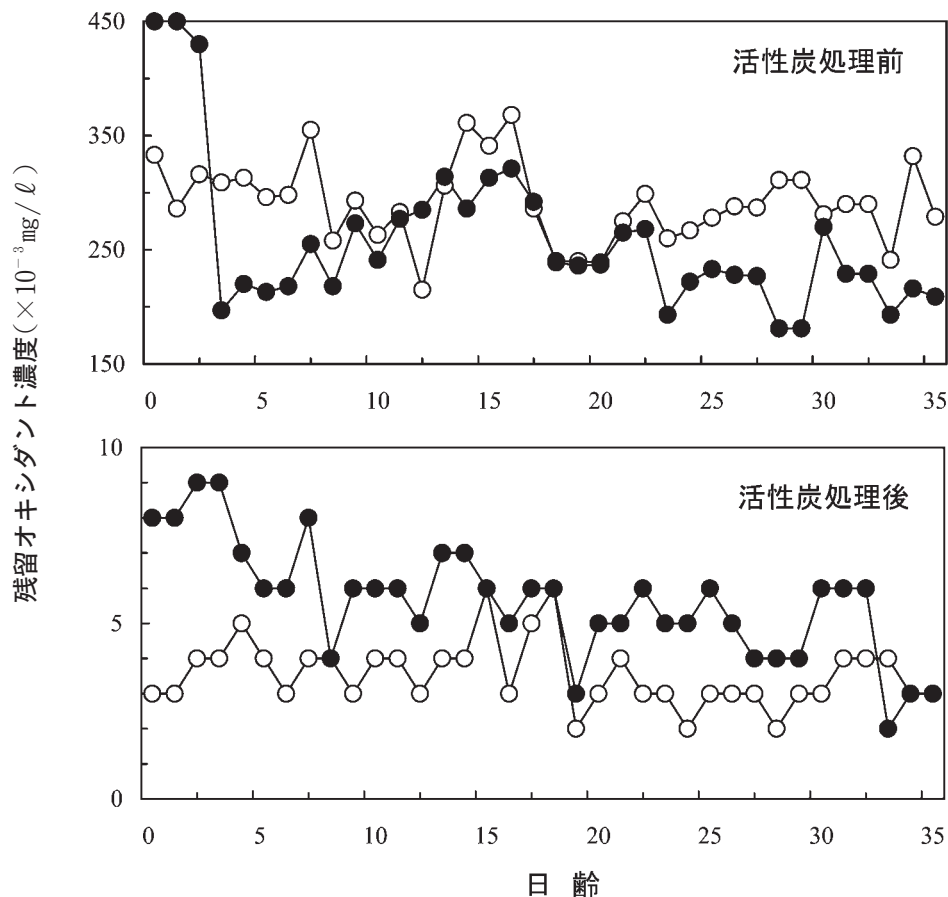


図2 殺菌処理方法が異なる海水の活性炭処理前後の残留オキシダント濃度の推移

○:オゾン区 ●:電解区

できなかった。

各試験区の平均白化率は、ろ過海水区の平均4.0% (6.0%および2.0%) に対し、オゾン区が53.0% (74.0%および32.0%)、電解区が34.0% (22.0%および43.0%) と両海水殺菌区で高い傾向が見られ (表1)、海水殺菌処理の白化への影響が示唆された。なお、眼位の異常は全ての試験区において観察されなかった。

オゾンや電気分解による飼育用水の殺菌処理は、多くの海産魚の疾病防除に有効であることが報告されている。しかし、山田ら¹⁾は100 l水槽を用いて残留オキシダント海水による受精卵消毒の有無、卵管理用水および飼育用水のオゾン殺菌処理の有無という条件でヒラメを飼育し、飼育用水のオゾン殺菌処理が白化に影響を及ぼしている可能性があるとして報告している。同様に宮古栽培漁業センターのヒラメ量産試験においても、オゾン殺菌海水の使用期間が長い試験区ほど白化率が高い傾向が示された^{8,9)}。今回の試験ではオゾン殺菌処理のみならず、電解殺菌処理についても白化に

対する影響が示唆された。殺菌装置の残留オキシダント濃度を低く設定した場合、オゾン殺菌処理、電解殺菌処理はいずれも次亜臭素酸を生成することから¹⁰⁾、これがヒラメの白化に何らかの影響を与えていると考えられるが、その機序については明確に示されていない。

白化などの形態異常魚は、放流後の生残、水揚げ時の魚価や風評などを考慮すると放流種苗としては不適であることから、今後は残留オキシダント処理濃度や換水率等などについて検討し、形態異常の防除に主眼を置いた疾病対策の確立が必要であると考えられる。

文 献

- 1) 熊谷厚志・山田徹生・有瀧真人 (2003) 事業段階にある魚種の量産レベルでの健苗生産技術の開発 (ヒラメ), 平成14年度日本栽培漁業協会事業年報, 55-56.

- 2) 西岡豊弘・森広一郎・菅谷琢磨・岡 雅一・有元 操・冲中 泰・中井敏博 (2004) 日本近海で漁獲された天然魚におけるベータノダウイルスの検出. 平成16年度日本魚病学会大会プログラム・要旨集, 39.
- 3) 太田健吾 (1998) III-1 生体の確保と採卵 Bヒラメ. 平成9年度日本栽培漁業協会事業年報, 24-25.
- 4) 山田徹生・藤浪祐一郎・熊谷厚志 (2004) オゾン処理海水がヒラメ稚魚の白化出現に及ぼす影響. 栽培漁業センター技報, 1, 35-37.
- 5) 伊藤慎悟・吉水 守・呉 明柱・日向進一・渡辺研一・早川 豊・絵面良男 (1996) 海水のオゾン処理による飼育水の殺菌効果とヒラメ (*Paralichthys olivaceus*) およびマツカワ (*Verasper moseri*) の生存率に及ぼす影響. 水産増殖, 44, 457-463.
- 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対策に関する研究. 特別研究報告15号, 日本栽培漁業協会.
- 7) 有元 操 (1998) シマアジの神経壊死症に関する研究. 特別研究報告10号, 日本栽培漁業協会.
- 8) 熊谷厚志・山田徹生・有瀧真人 (2003) ヒラメ種苗生産の技術開発試験. 平成14年度日本栽培漁業協会事業年報, 56.
- 9) 藤浪祐一郎・山田徹生・熊谷厚志 (2004) ヒラメ種苗生産試験. 平成15年度日本栽培漁業協会事業年報, 31-32.
- 10) 三村 元 (2001) ヒラメ *Paralichthys olivaceus* の生理機能及ぼすオゾン暴露海水の影響. 広島大学博士論文, 82-92.
- 11) 三村 元・長光貴子・長瀬俊哉・難波憲二 (1998) 海水中の残留オキシダントの定性分析とヒラメ, *Paralichthys olivaceus* 卵への影響. 水産増殖, 46, 579-587.

ワムシの連続注水間引き培養法と植え継ぎ培養法の比較

奥村 重信・岩本 明雄
(屋島栽培漁業センター)

種苗量産に供給するワムシ培養は、いわゆる植え継ぎ(バッチ)培養法と間引き培養法によることが多い。植え継ぎ培養法は短期間の培養を繰り返す集約的な培養方法であり、単位水量あたりの生産数量は多いが植え継ぎや水槽の洗浄等の作業量が大きい。他方、間引き培養法は比較的低密度でワムシの収穫と注水を続けて長期間培養する方法であり、省力化が可能であるが培養密度を高く保つことは困難である。また、両培養法では水槽内の環境変化によりワムシ個体数の急減を招く場合があるので、環境の急変を避けるために連続して給餌と換水を行う連続培養法が開発されている¹⁻³⁾。種苗量産の現場では、これらの方法の中から施設やワムシの需要数量に見合った方法を選択し、場合によっては複数の培養法を折中することも必要である。本報告では間引き培養において水槽内の環境の急変を防止するため、培養水槽から間引いた水量分の海水を連続的に注水する方法でワムシを培養し、その結果を植え継ぎ培養法による培養結果と比較して、両者の特性について検討を加えた。

材料と方法

サワラの種苗生産における餌料として使用するヒラメやマダイ仔魚⁴⁾の飼育に供給するため、1日あたり30億個体の生産を目標に2002年と2003年の5月にワムシを培養した。培養には4.5klFRP角型水槽(3.2×1.7×1.5m)を延べ8面使用した。水槽には懸濁物除去フィルター(サランロックフィルター25mm, 1×2m; 旭化成ライフ&リビング)を2枚垂下し、通気は長さ1mのエアーレイションホース(FAL5000; ユニホース)を2本用いて緩やかに施した。培養水には砂ろ過海水のみを用い、塩分濃度は調整しなかった。培養水温は水槽内に設置したチタン製熱交換器を用いて25℃に保った。ワムシの餌料には濃縮淡水クロレラ(生クロレラV12; クロレラ工業。以下、クロレラ)のみを用い、培養水槽上に取り付けた給餌槽(50ℓ)で水道水と混合した後に、約24時間かけて連続的に滴下した。ワムシの元種は玉野栽培漁業センターから搬入したS型株を用いた。

植え継ぎ培養区 4.5klの海水を満たした水槽に約1

5億個体前後の元種を添加し、クロレラを400ml/ワムシ1億個体・日の基準で給餌した。培養開始から3日(72時間)後に全量を抜き取り、他の水槽に約15億個体の元種を供給した残りを種苗生産用に供給した。収穫後は水槽とフィルターを洗浄し、海水を注水して加温し、翌日に元種を添加して培養を再開した。水槽は4面を1組とし1~2組で順々に培養を繰り返した。培養は2002年5月6~31日まで25日間行い、培養例は延べ35例であった。

連続注水間引き培養区 4.5klの海水を満たした培養水槽に元種を5~10億個体添加した後、クロレラを4~5ℓ/槽・日の基準で給餌した。収穫は培養1~3日目から開始し、毎日1回午前中に1.8~2.0klを抜き取った。培養期間中は1.2~1.4ℓ/分の分量で海水を連続して注水した。各水槽の培養期間は13~21日であり、8面を用いて延べ9例の培養を行った。通算の培養期間は2003年5月8~29日までの21日間であった。

結果

培養結果の概略を表1に示した。日間増殖率(%)は、[当日のワムシ保有数/

(前日の保有数-前日の生産数)]×100-100として求めた。生産数は、収穫個体数から接種個体数を差し引いたものとした。日間増殖率では連続注水培養法の値が有意に高く、平均値では約1.5倍の差があった。培養密度では植え継ぎ培養法の密度が高く、平均すると連続注水間引き培養法の2倍以上の密度で培養されていた。総生産数は植え継ぎ培養法がやや多かったが、1日あたりの生産数では逆に連続注水間引き培養法の方がやや高い値を示した。クロレラ給餌量も1日あたりに換算すると植え継ぎ法は34.9ℓ/日、連続注水間引き培養法では34.2ℓ/日とほぼ同等であり、ワムシ1億個体を生産するために給餌したクロレラの量も約1ℓと変わらなかった。培養にかかる作業時間は、植え継ぎ培養法では1日あたり作業員2名で3時間を要したが、連続注水培養法では1日あたり1名で2時間と1/3の作業量であった。ワムシ10億個体を生産するのに要する作業時間で比較すると106分対35分であり、同様に3:1の割合となった。培養期間を通

表1 植え継ぎおよび連続注水間引き培養法によるワムシ培養の結果

培養方法	日間増殖率*1	収穫時の培養密度	生産数	培養日数	クロレラ給餌量	単位生産数		作業時間*4
	(%)	(個体/ml)	(億個体)	(日)	(ℓ)	(億個体/日)*2	(億個体/ℓ)*3	
植え継ぎ	43.6±24.3	772±317	848.7	25	873	33.9	0.97	106
連続注水間引き	63.4±31.7	294±89	718.0	21	718	36.1	1.06	35

- *1 両区の日間増殖率には有意差が認められた (マン・ホイットニーのU検定, $p < 0.05$)。
- *2 ワムシ生産数÷培養日数。
- *3 ワムシ生産数÷クロレラ給餌量。
- *4 1日あたりの作業時間×培養日数÷ワムシ生産数。

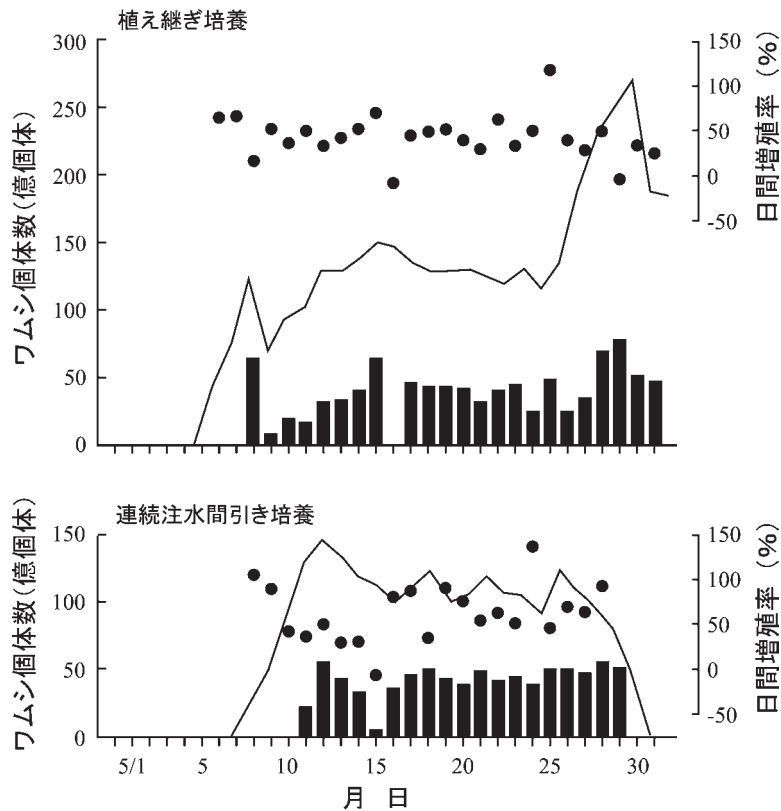


図1 ワムシの保有数・生産数・日間増殖率の推移

—:保有数 ■:生産数 ●:日間増殖率

したワムシの保有数, 日ごとの生産数および増殖率を図1に示した。植え継ぎ培養区では培養期間の後半に需要の増大に対応して培養水槽を増やしたため保有数が増加した。この期間を除くと保有数は100~150億個体で推移した。日間増殖率がマイナスになった日数は植え継ぎ培養区では2日(-8%, -3%), 連続注水間引き培養区では1日(-7%)であり, 両区とも個体数の急減もなくほぼ順調に培養できた。連続注水

間引き培養区では, 培養開始から8日目まで増殖率が低下し続けたが, その後は上昇に転じ比較的安定した増殖率を示した。

考 察

ワムシ培養において, 増殖率を高く維持することは若齢個体の増加につながり, 個体群のその後の生残や

増殖に有利に作用すると考えられる¹⁾。この点から植え継ぎ培養法に比べて、日間増殖率が有意に高かった連続注水間引き培養法は優れていると考えられる。このような差が生じた原因は、植え継ぎ培養法では3日ごとにネットを用いてすべての個体を漉し取り、新しい環境に植え継ぐことにあると考えられる。これらの作業によって生ずる物理的なショックと異なる環境へ順応するための生理的なストレスが、植え継ぎ後の増殖を低下させていると推測される。また、収穫後にフィルターや水槽壁に付着したワムシは、回収されずロスが生ずる。連続注水間引き培養法では、培養槽内のワムシはハンドリングを受けず、抜き取り作業にともなうロスがなく、連続給餌と連続注水によって環境の変化も緩やかであったと推定されるので高い増殖率を維持できたと考えられる。

培養作業においても、植え継ぎ培養法では水槽内のワムシをすべて収穫し、水槽やフィルターを洗浄しなければならないが、間引き培養法では種苗生産に供する分だけを収穫すればよく、フィルターも培養終了時まで洗浄しなかった。このため、大幅な省力化が可能であった。

連続注水間引き培養区では、培養開始時は高かった日間増殖率が8日目まで連続して低下した。この現象は、培養当初はワムシ密度が低いため高い増殖率を示したが、密度が高くなるにつれて増殖率が低下したことと、本培養法は給餌量を一定に保つケモスタット式培養¹⁾であるため、給餌量と摂餌量のバランスがとれるまで数日間を要したためと推察された。このため、

本培養法では安定期間に達するまでの培養管理法に検討の余地があるとともに、現状では種苗生産にワムシを供給する10日程度以前に培養を開始して、増殖率を安定させる必要があると考えられた。間引き培養では培養期間の長期化に伴って、水槽内に有機物が蓄積し培養が破綻する危険があるが、本培養法では31日間の培養でも増殖率は低下しなかった(奥村, 未発表)ことから、培養期間を延長させても特に問題はないと判断された。

連続注水間引き培養法は、連続培養法¹⁾のように培養水槽と収穫水槽の2面を必要とせず簡便な培養方法である。今後は両者の培養特性の違いを比較し、それぞれの特性を検証する必要がある。

文 献

- 1) 日本栽培漁業協会 (2000) 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, 6, 1-137.
- 2) 桑田 博 (2001) 日本栽培漁業協会におけるワムシ大量培養技術開発の取り組み. 日水誌, 67, 1140-1141.
- 3) 熊谷厚志・有瀧真人・藤波祐一郎 (2004) 宮古栽培漁業センターにおけるワムシ粗放連続培養技術の実証例. 栽培漁業センター技報, 1, 84-90.
- 4) 山崎英樹・藤本 宏 (2003) 量産飼育におけるビタミンB₁₂強化によるサワラ稚魚の大量死亡の防止. 栽培技研, 31, 19-24.

オニオコゼ中間育成における収容密度と給餌量の影響について

兼松 正衛^{*1}・太田 健吾^{*1}・島 康洋^{*2}

(*1 瀬戸内海区水産研究所 栽培資源部栽培技術研究室, *2 能登島栽培漁業センター)

オニオコゼ *Inimicus japonicus* は、太平洋側は房総以南、日本海側は新潟県以南の南日本沿岸から台湾、東シナ海に分布し、自身で美味であることから3,000～5,000円/kgで取引される高級魚である。本種の種苗生産の取り組みはこれまでに19府県で実施されており、伯方島栽培技術開発センターでは1976年から生産試験を開始した。2002年には岡山県の呼びかけでオニオコゼ研究会が結成され、約20の公的機関が参加して親魚からの採卵、仔稚魚の飼育および中間育成に関する技術の開発が進められている。

オニオコゼの中間育成では、着底期(全長11mm)以降の成長が遅く、放流サイズの全長50mmに達するまでに3～4ヵ月間を要し^{*}、この期間の労力や経費が大きいことが問題となっている。本報では、飼育の効率化を図るため、高い生残と成長が得られる飼育技術の開発を目的に、小割網によるオニオコゼの中間育成(全長20～50mm)における適正な種苗の収容密度と配合給餌量を検討した。

材料と方法

供試魚 試験に用いた種苗は、2003年6月29日～7月2日に、伯方島栽培技術開発センターで養成したオニオコゼ親魚から自然産卵で得た受精卵を用いて生産されたものである。餌料は、開口から着底する全長11mmまではS型ワムシ、アルテミアおよびヒラメ用配合飼料を、着底後から本試験開始サイズまではアルテミアおよびヒラメ用配合飼料を給餌した。試験には、種苗が目的のサイズに達した段階で順次供した。

試験設定 試験には、全長20mm(平均全長22.2mm)、30mm(平均全長34.1mm)および40mm(平均全長39.8mm)サイズの種苗を用い、それぞれ試験1～3とした。供試魚は、黒色ポリエチレン水槽(容量100ℓ)内に設置した円形の小割網(モジ網製、目合い120～240経、底面積0.1㎡)に収容した。各試験区の収容密度と給餌量を表1に示した。収容密度は、試験1(20mmサイズ)では0.6、1.2および1.8万尾/㎡、試験2(30mmサイズ)では0.3、0.6および0.9万尾/㎡、

試験3(40mmサイズ)では0.2、0.4および0.6万尾/㎡のそれぞれ3段階を設定した。給餌量は、試験1と試験2では75、150および225g/㎡/日、試験3では50、100および150g/㎡/日の3段階を設定し、両者の組み合わせで各試験とも9試験区を設けた。

飼育期間は、試験1、2、3の順で、それぞれ2003年8月25～9月8日(14日間)、9月11～25日(14日間)、9月30日～10月21日(21日間)とした。餌料には沈降性のヒラメ用配合飼料(商品名おとひめヒラメ;日清丸紅飼料)を使用し、自動給餌機(YDF-100S;ヤマハ)で計画量を毎日6:00～18:00の間に等時間間隔(20～60分)で給餌した。飼育水は毎分1.5ℓ(換水率27回転/日)の砂濾過海水掛け流しとし、自然水温で飼育した。試験期間中は毎日一回夕方に底掃除を行い、5～7日ごとに網替えと水槽替えを行った。

試験終了時には、各試験とも収容尾数と取り揚げ尾数から生残率を求め、供試魚の収容時と取り揚げ時の全長(各80尾)と体重(各60尾)を測定した。なお、試験結果の比較には、繰り返しのある二元配置分散分析結果に基づく多重比較検定を用いた。

また、体成分分析用サンプルとして、収容時、取り揚げ時とも体重を測定した個体の各区5尾ずつを-80℃の超低温フリーザー(MDF-382;三洋電機)で冷凍保存した。

体成分分析 冷凍保存したサンプルを解凍した後、全長と体重を測定し、1尾ずつ魚体全体をホモジナイズし、単位体重当たりの総蛋白質、中性脂質(トリグリセライド)量およびリン脂質量を測定した。各成分の定量は、総蛋白質はLowry法、中性脂質はGPO・DAOS法、リン脂質はコリンオキシダーゼ・DAOS法で行った。

結果

試験1(20mmサイズ)の試験結果を表2に示した。試験期間の水温は平均26.1℃(25.6～26.7℃)であった。1～9区の生残率は89.8～99.2%であり、種苗の収容密度と日間給餌量が生残率に及ぼす顕著な影響は

*平成16年度オニオコゼ研究会会議資料

表1 オニオコゼ中間育成試験の設定

試験期間	試験1 (20mmサイズ)		試験2 (30mmサイズ)		試験3 (40mmサイズ)	
	14日		14日		21日	
開始時サイズ	全長22.2mm	体重160mg	全長34.1mm	体重669mg	全長39.8mm	体重976mg
試験区	収容密度	日間給餌量	収容密度	日間給餌量	収容密度	日間給餌量
	(万尾/m ²)	(g/m ² /日)	(万尾/m ²)	(g/m ² /日)	(万尾/m ²)	(g/m ² /日)
1	0.6	75	0.3	75	0.2	50
2	0.6	150	0.3	150	0.2	100
3	0.6	225	0.3	225	0.2	150
4	1.2	75	0.6	75	0.4	50
5	1.2	150	0.6	150	0.4	100
6	1.2	225	0.6	225	0.4	150
7	1.8	75	0.9	75	0.6	50
8	1.8	150	0.9	150	0.6	100
9	1.8	225	0.9	225	0.6	150

表2 試験1：中間育成時の収容密度と日間給餌量がオニオコゼの生残・成長等に与える影響

試験区	取り揚げ結果			体成分分析結果					
	生残率 (%)	平均全長 (mm)	平均体重 (mg)	日間成長量 (mm/日)	蛋白質 (mg/g)	中性脂肪 (mg/g)	リン脂質 (mg/g)	TG/PL比	
1	98.0	28.1	298	0.42	89.5	5.1	7.1	0.72	
2	93.5	33.0	505	0.77	95.1	6.6	7.1	0.93	
3	99.2	33.1	558	0.78	86.3	8.2	7.4	1.11	
4	92.3	26.1	215	0.28	96.1	2.6	6.6	0.39	
5	89.8	28.4	291	0.44	96.3	4.9	7.0	0.70	
6	98.5	31.2	441	0.64	91.3	6.4	7.1	0.90	
7	92.8	25.2	188	0.21	92.8	3.6	7.3	0.49	
8	98.9	28.2	280	0.43	96.8	5.4	6.9	0.78	
9	98.8	29.5	342	0.52	97.1	6.5	7.6	0.86	

* 繰り返しのある二次配置分散分析結果に基づく多重比較検定の結果：* : P<0.05, ** : P<0.01

認められなかった。一方、[(終了時全長 - 開始時全長) / 飼育日数] で求めた日間成長量 (図1) は、収容密度が同じ場合は日間給餌量が多い試験区で、給餌量が同じ場合は収容密度が低い試験区で向上する傾向が認められた (p<0.01)。収容密度0.6万尾/m²では、日間給餌量225g/m²/日 (3区) で最大の成長が得られたが、150g/m²/日 (2区) との成長に有意差がなかった。このため、給餌のロスが少なくかつ成長の良い効率的な飼育条件は、収容密度0.6万尾/m²と日間給餌量150g/m²/日であった。取り揚げ時の体成分を比較すると、総蛋白質量とリン脂質量は収容密度と日間給餌量に影響されなかったが、中性脂質量とト

リグリセライド/リン脂質比 (以下、TG/PL比) は日間給餌量が多いほどまた収容密度が低いほど増加する傾向が認められた。

試験2 (30mmサイズ) の試験結果を表3に示した。試験期間の水温は平均26.1°C (25.1~27.0°C) であった。1~9区の生残率は85.9~99.5%であり、種苗の収容密度と日間給餌量が生残率に及ぼす顕著な影響は認められなかった。一方、日間成長量 (図1) は試験1と同様に、収容密度が同じ場合は日間給餌量が多い試験区で (p<0.05)、給餌量が同じ場合は収容密度が低い試験区で向上する傾向が認められ (p<0.01)、収容密度0.3万尾/m²と日間給餌量225g/m²/日の組み合

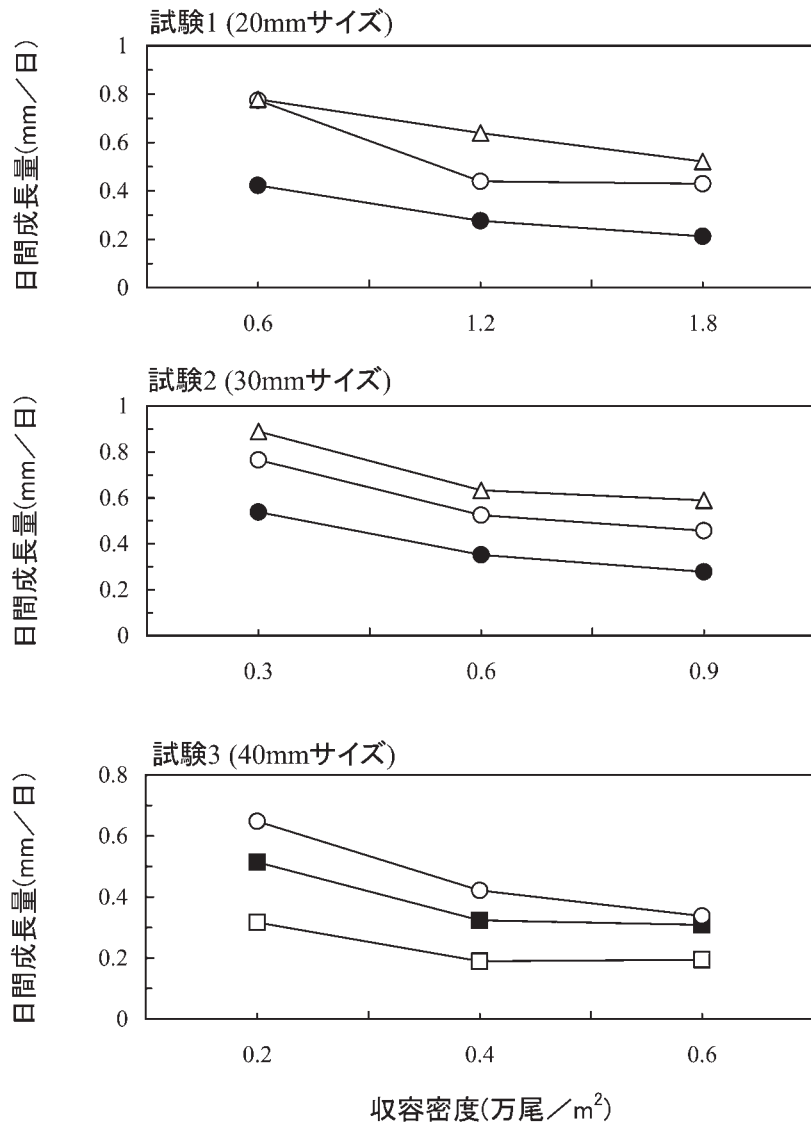


図1 オニオコゼ中間育成試験における日間成長量

□ : 50g/m²/日, ● : 75g/m²/日, ■ : 100g/m²/日
○ : 150g/m²/日, △ : 225g/m²/日

わせ(3区)で成長が向上した。しかし、収容密度0.6万尾/m²以上では、給餌量と同じなら成長に有意差はみられなかった。取り揚げ時の体成分を比較すると、総蛋白質量とリン脂質量は収容密度と日間給餌量に影響されなかったが、中性脂質量とTG/PL比は日間給餌量が多いほど、また収容密度が低いほど増加する傾向が認められた。

試験3(40mmサイズ)の試験結果を表4に示した。試験期間の水温は平均23.5℃(22.2~24.7℃)であった。試験3では、一部の試験区で真菌症が発症したた

め生残率は64.5~99.5%、試験終了時の平均全長は43.8~53.4mmと試験区間で差が生じた。日間成長量(図1)は試験1と同様に、収容密度が同じ場合は日間給餌量が多い試験区で(p<0.01)、給餌量が同じ場合は収容密度が低い試験区で向上する傾向が認められ(p<0.05)、収容密度0.2万尾/m²と日間給餌量150g/m²/日の組み合わせ(3区)で成長は最大となった。取り揚げ時の体成分を比較すると、総蛋白質量、中性脂質量、リン脂質量およびTG/PL比は、日間給餌量が多い試験区で増加する傾向が窺えた。

表3 試験2：中間育成時の収容密度と日間給餌量がオニオコゼの生残・成長等に与える影響

試験区	取り揚げ結果				体成分分析結果				
	生残率 (%)	平均全長 (mm)	平均体重 (mg)	日間成長量 (mm/日)	蛋白質 (mg/g)	中性脂肪 (mg/g)	リン脂質 (mg/g)	TG/PL比	
1	97.3	41.6	1012	0.54	92.7	6.0	6.5	0.92	
2	97.7	44.8	1462	0.77	93.8	7.9	6.0	1.32	
3	99.3	46.6	1641	0.89	100.5	7.6	6.0	1.27	
4	91.7	39.0	845	0.35	93.9	6.0	6.1	0.98	
5	98.3	41.5	1122	0.53	95.5	7.2	5.6	1.29	
6	99.5	43.0	1226	0.63	103.7	7.5	5.7	1.32	
7	85.9	38.0	789	0.28	86.5	5.4	6.3	0.86	
8	89.4	40.5	999	0.46	93.2	6.2	5.5	1.13	
9	94.7	42.4	1181	0.59	89.3	8.0	5.8	1.38	

* 繰り返しのある二元配置分散分析結果に基づく多重比較検定の結果：*：P<0.05, **：P<0.01

表4 試験3：中間育成時の収容密度と日間給餌量がオニオコゼの生残・成長等に与える影響

試験区	取り揚げ結果				体成分分析結果				
	生残率 (%)	平均全長 (mm)	平均体重 (mg)	日間成長量 (mm/日)	蛋白質 (mg/g)	中性脂肪 (mg/g)	リン脂質 (mg/g)	TG/PL比	
1	98.0	46.5	1324	0.32	98.4	5.2	5.4	0.96	
2	93.5	50.6	1884	0.51	98.0	7.6	5.9	1.29	
3	99.5	53.4	2329	0.65	102.3	7.5	5.9	1.27	
4	64.5	43.8	1095	0.19	92.9	5.2	5.1	1.02	
5	87.3	46.6	1535	0.32	103.3	7.9	5.6	1.41	
6	96.3	48.7	1778	0.42	102.9	8.4	5.9	1.42	
7	80.7	43.9	1160	0.19	103.0	5.0	5.4	0.93	
8	65.0	46.3	1423	0.31	103.4	5.1	5.7	0.89	
9	91.3	46.9	1444	0.34	110.7	8.2	6.0	1.37	

* 繰り返しのある二元配置分散分析結果に基づく多重比較検定の結果：*：P<0.05, **：P<0.01

考 察

本試験で設定した収容密度と給餌量は、中間育成時の生残率には大きく影響しなかったが、成長に影響する結果が得られた。そこで、成長を指標として、オニオコゼ種苗の中間育成に適した収容密度と給餌量について考察する。

オニオコゼ種苗は、各試験サイズとも日間給餌量が同じ場合、収容密度が低い試験区で最も成長が良かった。しかし、成長効率を求めて本試験で設定した収容密度以下で飼育した場合、本種の種苗は目の前に落下してきた配合飼料しか摂餌しないため、残餌が多くな

り実用的ではないと考えられた。一方、高密度で飼育した場合は種苗の成長が遅くなる傾向が認められたが、これは成長に伴って個体どうしが幾重にも積み重なり、最下層の個体では餌不足になったためと考えられた。また、水槽底で種苗が積み重なった状態が長く続くと、死亡個体の発見が遅れ、水質の悪化や感染症の発生の原因となることが多く、本試験では真菌症の発生による種苗の死亡が確認された。

また、収容密度が同じ場合は、各試験サイズとも給餌量が多い試験区で成長が早く、体成分中の中性脂質量および飢餓耐性の強さを示す指標であるTG/PL比¹⁾が高くなる傾向が認められた。本試験の結果から、

表5 オニオコゼ中間育成試験実施期間中の日間給餌率(%)の変化

試験区	試験1 (20mmサイズ)			試験2 (30mmサイズ)			試験3 (40mmサイズ)		
	開始時(a)	最終日(b)	減少率(b/a)	開始時(a)	最終日(b)	減少率(b/a)	開始時(a)	最終日(b)	減少率(b/a)
1	7.8	4.3	54.8	3.7	2.5	67.9	2.6	1.9	75.5
2	15.6	5.3	33.9	7.5	3.5	46.8	5.1	2.8	55.6
3	23.4	6.8	28.9	11.2	4.6	41.0	7.7	3.2	42.3
4	3.9	3.2	80.7	1.9	1.6	86.4	1.3	1.8	138.8
5	7.8	4.8	61.3	3.7	2.3	60.6	2.6	1.9	73.2
6	11.7	4.3	36.8	5.6	3.1	54.8	3.8	2.2	57.3
7	2.6	2.4	91.9	1.2	1.2	98.6	0.9	0.9	104.8
8	5.2	3.0	57.7	2.5	1.9	74.9	1.7	1.8	106.0
9	7.8	3.7	47.3	3.7	2.2	59.8	2.6	1.9	74.3

* 給餌最終日の給餌率は、試験前日給餌量/取り揚げ総重量×100として算出した。

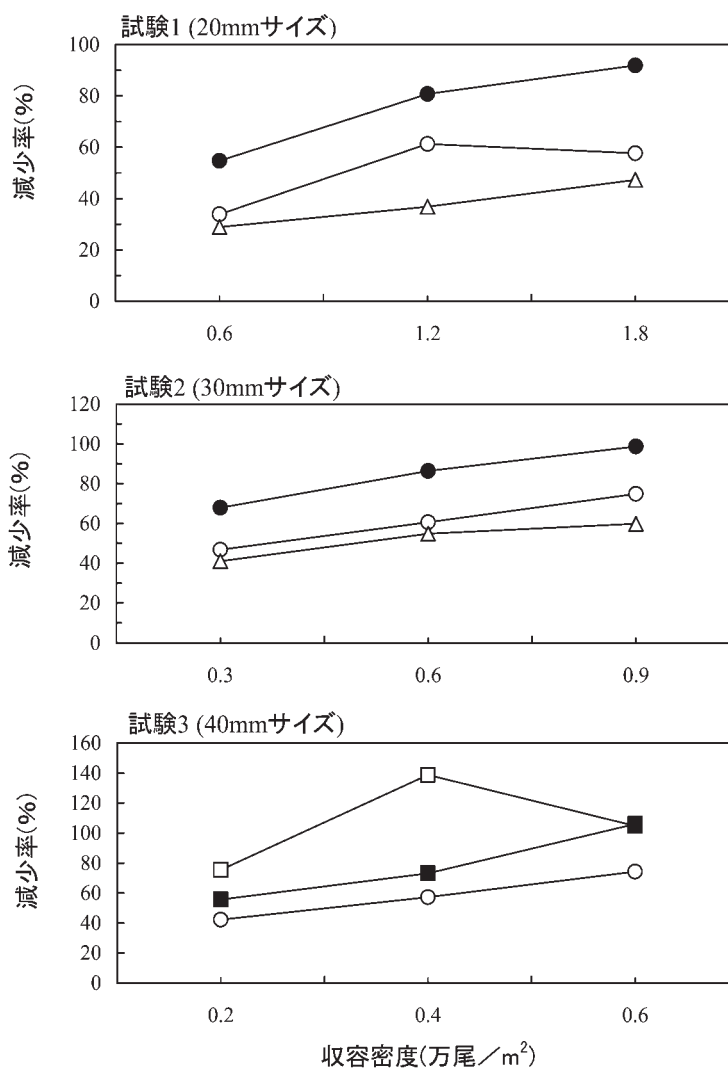


図2 オニオコゼ中間育成における日間給餌量の減少率

□ : 50g/m²/日, ● : 75g/m²/日, ■ : 100g/m²/日

○ : 150g/m²/日, △ : 225g/m²/日

給餌ロスが少なく効率的であると判断された適正な日間給餌量は、20mmサイズでは $150\text{g}/\text{m}^2/\text{日}$ 、30mmサイズでは $225\text{g}/\text{m}^2/\text{日}$ 、40mmサイズでは $150\text{g}/\text{m}^2/\text{日}$ であった。

今回の試験では日間給餌量を固定値にしたため、魚体重に対する日間給餌率は成長（体重の増加）に従って経日的に減少した（表5）。日間給餌量の減少率を〔最終給餌日の給餌率/試験開始時の給餌率 $\times 100$ 〕の比率で図2に示した。各試験サイズとも、収容密度が高くなるに従って減少率が増加する傾向が窺え、それ

に伴って日間成長量（図1）も減少した。中間育成時においては、成長に合わせて毎日の給餌量を変えていく必要があり、各サイズにおける適正給餌率についてはさらに検討する必要がある。

文 献

- 1) 銭谷 弘 (2001) 太平洋岸域におけるマイワシの資源変動に関連した初期生態に関する研究. 瀬戸内水研報, 3, 1-45.

放流したクエ人工種苗の被食と保護について

本藤 靖^{*1}・齊藤 貴行^{*2}・服部 圭太^{*1}

(^{*1} 五島栽培漁業センター, ^{*2} 水産庁栽培養殖課)

クエ *Epinephelus bruneus* は日本沿岸に生息するハタ類の中で最も大型になり、長崎県では7,000~10,000円/kgで取り引きされる高級魚である。しかし、近年は漁獲量が低下し、漁獲サイズも小型化してきていることから資源量が減少してきていると考えられている¹⁾。五島栽培漁業センターでは1998年より本種の標識放流試験を開始し、中間育成した1歳魚の放流を行って放流後の成長や放流場所での滞留状況等を明らかにした^{2,3)}。しかし、放流されたクエの行動や摂餌、被食など不明な点が多く残されており、放流方法等についても解明すべき点が多い。今後、効果的に放流を行うためには、放流種苗としての性質を把握するとともに、放流魚の減耗要因を明らかにし、減耗を防止する放流技術の開発を行う必要がある。本稿では2002~2005年までに実施した放流試験での観察結果並びに室内水槽での被食実験について報告する。また、これらの結果をもとに放流魚の保護について若干の考察を行った。

材料と方法

放流試験 2002~2005年に、五島栽培漁業センターで種苗生産した平均全長89~165mmのクエ種苗500~3,000尾(0歳および1歳魚)の第1背鰭基部に長さ15mmのスパゲティ標識(ホールプリント社製)を装着し長崎県福江島小泊地先の築磯(水深5~8m)に船上から放流した(表1, 図1)。また、2005年には、長崎県との共同放流群として小泊地先以外の福江島周辺の外洋に面した沿岸2ヵ所、内湾4ヵ所の合計6ヵ所に平均全長76~81mmのクエ種苗3,000~5,000尾(合計26,000尾)を無標識で放流した。2002~2004年の小泊での調査は放流魚の滞留状況や被食状況を把握するためスキューバ潜水を行い、放流魚を目視で計数するとともに放流魚および魚食性生物の観察(以下、潜水調査)を定期的に行った。また、カゴ網(カマボコ型60×40×120cm)3個を用いて放流魚の再捕や魚食性生物の採集を行い、放流魚の摂餌や被食状況を調査した。

2005年の小泊地先での潜水調査は、放流点周辺で放

表1 クエの放流試験の概要

放流月日	放流場所	平均全長 (mm)	年 齢 (歳)	尾 数 (尾)	標識のタイプ
2002年2月19日	小泊	145	0	2,600	スパゲティ
2002年6月18日	小泊	165	1	2,500	スパゲティ
2004年9月28日	小泊	120	0	5,000	スパゲティ
2005年9月14日	玉之浦(超首)	76	0	3,000	無標識
2005年9月14日	玉之浦(大宝)	76	0	3,000	無標識
2005年9月15日	三井楽(浜ノ畔)	81	0	5,000	無標識
2005年9月15日	三井楽(後網)	81	0	5,000	無標識
2005年9月16日	奥浦	81	0	5,000	無標識
2005年9月20日	長手	81	0	5,000	無標識
2005年9月20日	小泊	89	0	500	スパゲティ
合 計				36,600	



図1 長崎県福江島におけるクエの放流試験場所
(2002年, 2004年, 2005年)

▲ 内湾域放流場所 ● 外洋域放流場所

流後8日まで1日1回午前中に行った。刺し網調査には三重刺し網500m(目合78mm×高さ2.3m)を用い、魚礁周辺を囲うように夕方投網し翌朝揚網した。また、カゴ網(釣り鐘型80×80cm)10個を放流点近辺に夕方投入し翌朝揚網した。各年度ともカゴ網の中には餌として冷凍マアジ、ソウダカツオの切り身、冷凍キビナゴ、配合飼料などを入れた。揚網時に採集した標本は水蔵して実験室に持ち帰り、種を同定するとともに魚体測定後に胃内容物を取り出して分析した。

2005年の小泊放流群以外の調査は、カゴ網(カマボコ型)を使用して放流後0日目から7日目までほぼ毎日クエ放流魚の採集を実施した。カゴ網は、それぞれの放流場所付近に5~10個を投入した。餌料には主に冷凍マアジを使用した。無標識で放流した個体は、再捕時に鼻孔隔皮欠損があるものを放流魚と判別した。

小型魚礁を利用した野外放流実験 この実験では野外に設置した小型魚礁(以下、実験礁)にクエを放流し、放流直後のクエの詳細な行動を潜水調査した。実験海域の五島栽培漁業センター地先(水深15m)には、

放流前にコンクリートブロック(390×100×190mm, 40個)製の実験礁を設置した。2004年10月31日に、五島栽培漁業センターで種苗生産した0歳魚152尾(平均全長108mm)の第1背鰭基部に、長さ45mmのリボンタグ(ホールプリント社製)を装着し実験礁上に放流した。放流は、船上で放流魚約10尾をビニール袋に入れ、これをダイバーが実験礁上まで運んで袋を開放する方法で行った。放流後の潜水観察は午前と午後の2回、放流日より10日間連続で行った。また、37日目にも1回潜水調査を実施した。

室内水槽における被食実験 水中構造物の有無とその設置方法により、魚食性生物によるクエがどの程度の被食を受けるかを調査した。試験は2001年、2003年および2004年に行った。試験では1.5kl FRP水槽、2.5klコンクリート水槽および60klコンクリート水槽を使用し、0~24個のコンクリートブロックを構造物として水槽底に設置した。飼育水には自然水温のろ過海水を用いた。また、水槽上面には90%遮光率の寒冷紗を設置し、可能な限り外部からの刺激を遮断した。

捕食生物にはこれまでの放流調査海域で生息が確認され、放流魚を捕食する可能性があると考えられたカサゴ、クロアナゴ、クエ1歳魚、マダコ、アオリイカを用いた。試験水槽には予め数日間絶食した捕食生物を収容し、3～7日間安静にした後、平均全長120～160mmのクエ0歳魚5～20尾を静かに投入した。試験期間は7～30日間とし、捕食等の観察は8時30分と16時に目視で行った。試験終了時にはクエ供試魚の生残尾数を計数した。

結 果

築磯魚礁における放流直後のクエの行動と滞留状況
小泊地先の築磯の面積は約4800㎡（30×160m）あり、直径2mの自然石が2～5段に積み上げられ、築磯の内部には大小さまざまな空隙が存在し、多くの魚種が潜入する様子が観察された。船上より放流したクエは、いずれの放流群も直ちに海底に移動し着底した。2002年6月放流群の計数値は、放流後10日目には約600尾であったが30日目には約100尾まで減少した。2004年放流群は、放流後10日目には50～60尾が観察されたが、30日目にはわずか5尾であった。いずれの放流群も、放流直後から数日間は岩礁の間隙で20～30尾の群れを形成したが、次第に分散し30日目には数尾もしくは単独となった。2002年6月放流群の放流後3日目の潜水観察では、ササノハベラ（推定全長80mm）を2尾のクエが奪い合う摂餌行動が見られた。また、放流後2、3日目より蟄集する放流魚の頭上でダイバーが配合飼料を撒くと摂餌する個体が見られ、その数は

次第に増加した。

カゴ網での調査では放流後35日目の69尾を最高に、再捕尾数はその後次第に減少した。最後に再捕されたのは、放流後153日目14尾であった。この時の再捕個体の平均全長は24.5cmであった。またカゴ網の混獲物にはカサゴ、クロアナゴ等も見られ、胃内容物を調査したがクエ放流魚の食害は認められなかった。2005年の小泊でのカゴ網調査では放流魚は再捕されなかった。潜水観察では放流後2日目には20尾が観察されたが、5日目には観察できなかった。

2005年に放流を行った内湾4ヵ所の海底は、直径が約0.5mの自然石が積み上げられた構造で、小さな空隙が多く見られた。放流魚は直ちに自然石の空隙に潜入し、小泊の築磯でみられたような放流直後の群れの形成は見られなかった。調査海域では放流後1週間までにカゴ網で355尾の放流魚を再捕し、107尾の胃内容物を調査した。再捕魚の摂餌個体率は60%であったが、摂餌個体の胃内容物はカゴ網内に入れた冷凍餌料のみで、天然餌料の摂餌は認められなかった。

一方、外洋に面した2ヵ所に放流したクエは、どちらも海底に移動し着底した後、岩礁の間隙に直ちに潜入した。群れの形成はなく、その後5～8回行ったカゴ網調査では、2尾のクエを再捕するにとどまった。胃内容物を調査したところ2尾とも摂餌は見られなかった。

放流調査海域における被食の状況 放流試験の潜水調査時に確認された魚食性生物は、越年したクエ放流魚およびカサゴなどであった。しかし、いずれの潜水調査でも、これらの生物がクエ放流魚を捕食するところ

表2 2006年クエの放流試験における被食魚胃内容物調査結果

調査場所	魚種名	調査尾数 (尾)	平均全長 (cm)	平均体重 (kg)	クエ放流魚捕食尾数 (尾)
玉之浦(超首) 小泊	ミノカサゴ	1	29.0	0.45	1
	カサゴ	21	23.4	0.25	0
	クロアナゴ	2	70.0	0.6	0
	ヒラメ	1	41.5	0.78	0
	クエ放流魚	6	38.1	0.82	0
玉之浦(大宝)	クロアナゴ	4	68.1	0.52	2
	カサゴ	2	25.8	0.36	0
三井楽(浜ノ畔) 長手	ミノカサゴ	1	29.8	0.32	1
	クロアナゴ	7	62.9	0.48	0
	カサゴ	1	24.5	0.3	0

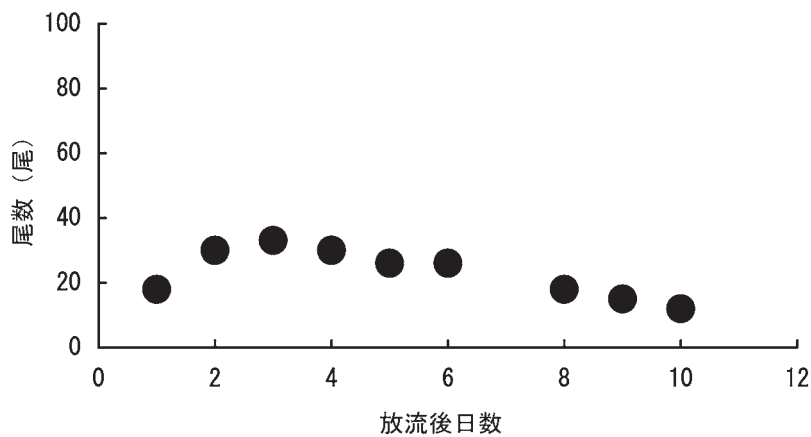


図2 クエの野外放流実験における放流後の滞留状況調査結果

表3 室内水槽におけるクエ被食実験結果の概要

クエ		捕食生物			試験回数	水槽容量 (kl)	平均水温 (°C)	試験期間 (日)	平均被 捕食率 ^{※3} (%)	構造物の 有無
平均全長 (mm)	尾数 (尾)	種類	体重 (kg)	尾数 (尾)						
120	20	クエ1歳魚	0.3	12	1	1.5	15	30	45.0	無
120	20	クエ1歳魚	0.3	11	1	1.5	23	30	95.0	無
137	5	カサゴ	0.3	3	1	2.5	17	7	0.0	無
135	5	アオリイカ	0.6	2	2	2.5	16	7	80.0	無
135	5	アオリイカ	0.6	2	2	2.5	16	7	70.0	有 ^{※1}
160	5	マダコ	0.8	2	1	2.5	20	7	20.0	無
160	5	マダコ	0.8	2	1	2.5	20	7	0.0	有 ^{※1}
135	5	クロアナゴ	0.8	2	1	2.5	17	7	0.0	無
135	5	クロアナゴ	0.8	2	1	2.5	17	7	0.0	有 ^{※1}
120	20	アオリイカ	1.0	2	3	60	16	7	58.3	無
120	20	アオリイカ	1.0	2	1	60	16	7	0.0	有 ^{※2}

※1：市販ブロック1個

※2：市販ブロック24個

※3：実験を複数回行った場合はその平均値

ろを観察することはできなかった。一方、刺し網やカゴ網の調査では全放流地点で、カサゴ、越年したクエ放流魚、クロアナゴ、ミノカサゴなどの魚食性生物46尾を採集した。このうちミノカサゴとクロアナゴの胃内容物からクエ放流魚を確認した(表2)。

野外放流実験での行動と被食 放流直後のクエは、ほとんどの個体がブロック内の空隙に潜入した。また、実験礁より逸散した放流魚は、近くに投棄された漁網

やホースなどの障害物に接触して着底した。しかし、放流後37日目には実験礁やその付近では確認できなくなった(図2)。

潜水調査では、アオリイカ(推定体重500g)とオニオコゼ(推定全長30cm)による放流魚の捕食を確認した。アオリイカは、すべての調査回次で実験礁周辺の底層から中層付近に5~10尾が観察された。放流6日目には、アオリイカが食腕を伸ばしてブロックの

空隙にいるクエ放流魚を捕獲するのを確認した。オニオコゼは、実験礁付近で2～4尾を確認し、放流3日目に実験礁の周辺を遊泳するクエ放流魚の捕食を観察した。実験礁周辺では、放流後1～3日目からカサゴ、ミノカサゴ、放流クエ1歳魚（2003年にセンター地先において放流後の行動観察用に300尾を放流した。表1の放流実験には含めていない）などの魚食性生物が増加した。

被食実験 被食試験では、クエ1歳魚、アオリイカおよびマダコがクエ供試魚を捕食した。カサゴ、クロアナゴによる捕食は認められなかった（表3）。1日の最大捕食尾数はアオリイカが3尾、マダコが1尾であった。アオリイカ（体重0.6～1.0kg）は平均全長120～135mmのクエを容易に捕食した。また、捕食時間は、アオリイカでは16時以降から翌朝までの夜間に、マダコは日中であった。

放流したクエの水槽内での行動は、ブロックを設置していない試験区ではいずれの場合も直ちに水槽底に移動後着底し、ほとんどのクエは水槽の隅に数尾で蟻集した。一方、ブロックを設置した試験区では直ちにブロック内の空隙に潜入または接触して着底する行動をとった。ブロック内部の空隙には1～2尾が潜入した。ブロック1個を設置した試験区では、設置しない試験区と同様にアオリイカによる捕食が認められた。しかし、ブロックを積み上げた構造物にクエが潜入した試験区ではクエの被食は認められなかった。

考 察

クエ放流魚は、放流直後に海底もしくは水槽底へ移動し、構造物に接触して着底もしくは構造物の空隙に潜入した。このようなクエの潜入や接触行動は、同じハタ類のキジハタ⁴⁾やスジアラ⁵⁾の潜入行動と同様に、捕食魚からの逃避行動と推察される。これらの行動はクエ放流魚が食害生物から回避し、その後の生き残りを左右する非常に大きな要素と考えられるが、潜入行動がいつから発現し、どのような大きさや構造の空隙を好むのかなどは不明である。一方、潜入できる構造物の空隙が大きい場合や構造物がない場合は、数十尾で群れを形成することが多く、このような行動は捕食生物に見つかりやすく、食害を受ける可能性を高めているものと考えられる。

実験礁での放流実験では、放流後2日目には放流魚の約80%が観察できなくなった。この原因として、一つは早期の逸散の可能性が考えられた。現段階では逸散状況の調査が十分でないため、今後の課題として早急に取り組む必要がある。二つ目の原因として捕食に

よる減耗が考えられた。キジハタ^{7,8)}やスジアラ⁵⁾でも、カサゴ、ハタ類、マダコおよびアオリイカによる放流後の捕食が報告されている。クエではクロアナゴ⁶⁾による食害が報告されているが、今回の調査からミノカサゴ、オニオコゼ、アオリイカなどによる捕食の可能性が示された。さらに、夜間の捕食はアオリイカやクロアナゴが、日中は魚類やマダコなどと常に被食圧を受けると考えられるため、これらの捕食生物からの食害を回避するには、放流後直ちに岩礁等の空隙に逃避できる条件を備えた放流場所を選定することが重要と考えられた。このことは、水槽を用いたアオリイカによる捕食試験でも実証され、クエが逃避できる構造物および捕食生物の侵入困難な空隙を有する保護礁等の設置により放流後の食害を軽減することが可能になると考えられる。

近年、キジハタでは放流後の食害を軽減する対策として、鋼鉄製の外枠の内部にポリエチレン製のネットを入れ、その中に貝殻を取り付けた放流保護礁を用いた放流技術の開発^{9,10)}が進められている。これらの内部には放流魚は潜入できるが、捕食生物は潜入できず、放流魚の滞留の向上効果も認められている。また、内部の貝殻には餌生物が生息し、放流キジハタが餌料生物を摂餌する場としても有効に機能していると考えられている。クエについても、今後はこのような放流保護礁を応用することで放流後の食害を軽減し、さらに放流場所への馴致に効果が期待される。

文 献

- 1) 齊藤貴行・本藤 靖・服部圭太（2005）長崎県におけるクエの漁業実態と流通について．栽培漁業センター技報，4，56-60.
- 2) 浜田和久・虫明敬一・中園明信（2003）長崎県福江島におけるクエ人工種苗の滞留と成長．平成15年度日本水産学会大会要旨集，117.
- 3) 本藤 靖・浜田和久・虫明敬一・西田高志・中園明信（2004）長崎県福江島におけるクエ人工種苗の滞留と成長（続報）．平成16年度日本水産学会大会要旨集，25.
- 4) 玉木哲也（2000）兵庫県但馬沿岸におけるキジハタの行動とすみ場．水産工学，37，63-65.
- 5) 浜崎活幸・竹内宏行・塩沢 聡・照屋和久（2004）サンゴ礁域に放流したスジアラ人工種苗の滞留，摂餌および被食に及ぼす囲い網による環境馴致効果．日水誌，70，22-30.
- 6) 小金隆之（1997）IV 資源添加技術開発の概要 K-5（2）クエ．日本栽培漁業協会年報，昭和9

- 年度, 310-311.
- 7) 萱野泰久・林 浩志・田中丈裕・片山敬一
(1998) 瀬戸内海白石島海洋牧場に生息する魚類の生活様式とキジハタの放流魚の生態. 栽培技研, 27, 27-34.
- 8) 松尾健司・宮川昌志・神田 優・山岡耕作
(1997) 息吹島岩礁性魚類の食性, 高知大学海洋生物教育センター研究報告, 17, 41-61.
- 9) 奥村重信・津村誠一・丸山敬悟 (2002) 水槽実験によるキジハタ幼魚保護礁の素材評価. 日水誌, 68, 186-191.
- 10) 奥村重信・津村誠一・丸山敬悟 (2003) 野外放流実験による二種類のキジハタ幼魚保護礁の比較. 日水誌, 69, 57-64.

水槽内におけるヒラメ人工種苗の被捕食

森田 哲男*¹・崎山 一孝*²・清水 大輔*³

(*1 小浜栽培漁業センター, *2 瀬戸内海区水産研究所栽培資源部栽培技術研究室,

*3 宮古栽培漁業センター)

ヒラメ *Paralichthys olivaceus* 種苗生産技術の開発は1960年代に原田ら¹⁾によって始められ、現在では全国で放流尾数の最も多い魚種となっている²⁾。しかし、放流手法は十分に確立されておらず、放流初期の被食による減耗³⁾の大きいことが問題となっている。

放流初期のヒラメを捕食する生物としては、かに類³⁾、魚類⁴⁻⁶⁾、腐食生物⁵⁾等が考えられるが、放流海域は1~2歳のヒラメ(以下、ヒラメ成魚)にとっても好適な生息環境である場合が多く、ヒラメ成魚により放流したヒラメ種苗が捕食される可能性も高いと考えられる。また、有眼側色素異常魚(以下、白化魚)では目立ちやすいことから、さらに捕食される可能性が高くなると推測される。そこで、漁獲されたヒラメ成魚を用いて、ヒラメ種苗の捕食状況を室内実験により観察するとともに、白化魚と有眼側色素正常魚(以下、正常魚)の捕食状況を比較したので報告する。

材料と方法

試験の概要 試験は、小浜栽培漁業センターにおいて2005年7月11日~31日まで実施した。試験水槽には500ℓ黒色ポリカーボネイト水槽(底面直径1,120mm, 高さ770mm, 水深510mm)を用いた。試験期間中の水温は24.1~25.4℃であった。注水量は4~5回転に調整し、通気は行わなかった。捕食魚には、2005年6月7日~15日に福井県若狭高浜漁協に水揚げされた全長30~47cmのヒラメ成魚を用いた。試験に供する前の27~35日間は角型20ℓコンクリート水槽で飼育し、別途飼育していた活ヒラメ人工種苗(平均全長81.5mm)を十分量与えた。

試験開始時間は全て午前9時とし、24時間または72時間後の生残状況を確認し、被食率を算出した。被食率は試験終了後に消失した種苗数を供試種苗数で除して算出した。なお、ヒラメ種苗には試験開始直前まで給餌を行ったが、試験開始後は給餌を行わなかった。

予備試験 試験水槽におけるヒラメ種苗の共食いによる消失を調査した。捕食魚は収容しなかった。試験には平均全長99~108mmのヒラメ種苗を用い、1回の試験では10尾を1組みとして収容し、24時間および

72時間後の生残状況を観察した。水槽底面には、厚さ約5mmの海砂を敷いた。試験魚には白化魚は用いなかった。

試験1 捕食魚1尾当りのヒラメ種苗捕食尾数を調査した。試験にはヒラメ成魚(全長31~47cm)1尾とヒラメ種苗(平均全長84~110mm)10尾を1組として収容し、24時間後の生残状況を観察した。また、試験では海砂を入れない試験区(砂なし区)と海砂を入れた試験区(砂あり区:海砂を厚さ約5mmに敷設)を設定した。なお、被食率は被食のあった試験区のみで算出し、被食率の有意差の検定にはt検定(危険率5%)を用いた。

試験2 被食されるヒラメ種苗の大きさと捕食魚の大きさの関係を把握した。ヒラメ種苗は全長により70~90mm, 90~110mm, および110~130mmの3グループ、捕食魚は全長30~35cm, 35~40cmおよび40cm以上の3グループに分けて比較した。試験水槽にはヒラメ種苗1尾と捕食魚1尾を収容し、24時間後の生残を調査した。さらに、ヒラメ種苗の潜砂行動の有無による被食率の差を比較した。潜砂行動の有無は、厚さ約5mmの海砂を敷いた1,200ℓ水槽に収容し、30秒後までに潜砂した個体を潜砂魚、潜砂しなかった個体を非潜砂魚と定義した。区分した潜砂魚と非潜砂魚について、砂を敷いた水槽で継続飼育して1時間後、6時間後および24時間後の潜砂状況を観察したところ、潜砂魚の潜砂率はそれぞれ90%(18/20), 75%(15/20), 95%(19/20)、非潜砂魚ではそれぞれ15%(3/20), 40%(8/20), 10%(2/20)であった。その結果、種苗の潜砂行動の有無は30秒間の観察で判断できると考えられた。なお、各群の被食率の有意差の検定には χ^2 検定(危険率5%)を用いた。

試験3 ヒラメ種苗の有眼側色素異常の有無による被食率の差を比較した。試験では、捕食魚の存在下で正常魚と白化魚を1尾ずつ収容し、24時間後の生残を調査した。白化魚と正常魚の全長差は3%以内となるように全長76~85mmのヒラメ種苗を組み合わせた。捕食魚は全長30~32cmのヒラメ成魚を用いた。水槽底面には、厚さ約5mmの海砂を敷いた。なお、各群の被食率の有意差の検定にはFisherの正確確率検定

(危険率5%)を用いた。

結果

予備試験 試験は13回実施した。供試したヒラメ種苗130尾の内、死亡魚は24時間後0尾、72時間後2尾(1.5%)であったが、共食いによる消失は認められなかった。2尾の死亡魚には体表に傷があったため、噛み合いが主な死亡原因と推察されるが、噛み合いが生じても食べきることはできず、死亡魚は水槽内に残されるものと考えられた。このことから、以下の試験におけるヒラメ種苗の消失はヒラメ成魚による捕食とした。

試験1 表1に試験結果の概要を示した。試験は砂なし区13回、砂あり区13回の26回実施した。砂なし区では10試験区で被食が認められ、被食総数は28尾、平均被食数は2.8尾であった。砂あり区では11試験区で被食が認められ、被食総数は20尾、平均被食数は1.8尾であった。両試験区で被食数に有意差は認められなかった。24時間の試験期間中に死亡したヒラメ種苗は、

各区とも1尾(死亡率0.8%)であった。死亡魚の体表に噛み痕などは認められなかった。

試験2 表2に種苗の大きさと捕食魚の大きさによる被食率の関係を示した。試験は50回実施した。捕食魚の大きさを全長30~35cm, 35~40cmおよび40cm以上に区分した場合、被食率はそれぞれ29.6%, 22.2%および21.4%であり、捕食魚の大きさと被食率に有意な差は認められなかった。同様に、種苗の大きさを全長70~90mm, 90~110mmおよび110~130mmに区分した場合、被食率はそれぞれ23.1%, 35.0%および0%であり、110mm以下の種苗では、小型種苗が有意に捕食されていた。また、潜砂行動の有無による被食率は潜砂魚が26.8%, 非潜砂魚が22.2%と有意差は認められなかった(表3)。

試験3 表4に試験結果の概要を示した。試験は18回実施し、7回で被食が認められた。7回の内、白化魚が被食されたのは2回、正常魚が被食されたのは5回であり、両者間の被食数に有意差はなかった。また、白化魚と正常魚が同時に被食された事例はなかった。

表1 捕食魚1尾当たりのヒラメ種苗捕食状況(試験1)

試験区	種苗の平均全長(mm)	試験回数*(回)	供試尾数(尾)	捕食魚の全長(cm)	24時間後の結果				
					生残数(尾)	死亡数(尾)	被食が見られた試験区数	被食数(尾)	平均被食数(尾)
砂なし区	83.7~96.8	13	130	30.5~47.1	101	1	10	28	2.8
砂あり区	94.1~110.3	13	130	30.5~47.2	109	1	11	20	1.8

* 1回の試験で10尾のヒラメ種苗を用いた

表2 ヒラメ種苗と捕食魚の大きさによる被食率の関係(試験2)

種苗の大きさ(mm)	24時間後の被食率%(試験尾数)			
	捕食魚の大きさ*(cm)			合計
	30~35	35~40	40以上	
70~90	22.2 (9)	20.0 (5)	25.0 (12)	23.1 (26)
90~110	40.0 (15)	25.0 (4)	0.0 (1)	35.0 (20)
110~130	0.0 (3)		0.0 (1)	0.0 (4)
合計	29.6 (27)	22.2 (9)	21.4 (14)	26.0 (50)

* 全長31.8~47.1cmのヒラメ成魚を5cm間隔でグループ分けした

表3 ヒラメ種苗の被食状況の概要(試験2)

区分	供試尾数 (尾)	平均全長 (mm)	24時間後の結果		
			生残数 (尾)	被食数 (尾)	被食率 (%)
潜砂魚	41	93.2	30	11	26.8
非潜砂魚	9	81.1	7	2	22.2
合計	50	91.0	37	13	26.0

表4 有眼側色素異常の有無によるヒラメ種苗の被食率の比較(試験3)

白化の有無	供試尾数 (尾)	平均全長 (mm)	24時間後の結果		
			生残数 (尾)	被食数 (尾)	被食率 (%)
白化魚	18	81.9	16	2	11.1
正常魚	18	80.9	13	5	27.8
合計	36	81.4	29	7	19.4

考 察

放流直後のヒラメ種苗の減耗としては、大型動物による被食、飢餓・疾病等による死亡、漁獲における他の魚介類との混獲等が考えられる。放流海域での捕食動物による被食調査では、かに類³⁾、魚類⁴⁻⁶⁾、腐食生物⁵⁾で報告されているが、それらによる正確な被食量を天然海域で調査するのは難しい。そこで、まず実験水槽内で捕食動物によるヒラメ種苗の捕食程度を把握する必要があるが、報告事例はほとんどみあたらない。ヒラメ種苗の放流が実施される4～9月²⁾には、過年度放流魚が1歳以上、全長は30cm以上に達している⁷⁾。これらのヒラメ成魚は、放流ヒラメ種苗の捕食動物に成り得ると考えられることから、ヒラメ成魚1尾当りの捕食量、捕食サイズの把握は放流試験において重要な調査項目である。

ヒラメ種苗の被捕食試験(試験1)では、1尾のヒラメ成魚が24時間で1.8～2.7尾の種苗を捕食し、この時のヒラメ成魚(平均体重384g)の日間摂餌量は、砂の有無に関わらず体重の約4%であった。これは、梨田ら⁸⁾が新潟県沖(6月)の1～2歳魚で報告している4.7%、笠松ら⁹⁾が青森県沖(15℃)で算出した3.6%と同程度であった。一方、砂の有無は天然海域では被食防止に有効であると考えられるが、試験水槽ではほとんど効果が認められなかった。これは、小規模な試験水槽では、常に底面で獲物を待ちかまえている

ヒラメ成魚からは視認しやすいことによるものと推測された。

一方、被食率に影響するヒラメ種苗のサイズの比較(試験2)では、今回試験を行った全長70～130mmの種苗では90～110mmの個体グループが最も捕食されやすく、110mm以上のグループでは試験個体数は少ないが被食はなかった。天然海域では潜砂能力の有無により、被食される機会が変化することは容易に推測されるが、本試験では潜砂能力の有無が被食率に影響を与えなかった。これは、潜砂行動の有無よりも馴致の期間が大きく関与したためと考えられる。古田¹⁰⁾は水槽試験で砂の有無による離底時間を観察し、最低2～3日以上馴致しないと差が生じないとしており、24時間では砂の有無による効果はなかったものと考えられた。

有眼側体色の白化の有無による被食については、首藤ら¹¹⁾が放流追跡調査において、天然海域では白化個体は目立ちやすく選択的に被食されることを報告している。しかし、本試験では白化個体が選択的に被食される結果は示せなかった(試験3)。これは、他の試験と同様に閉鎖的な試験水槽では、体色の有無に関わらず捕食魚に容易に視認されてしまうのが原因と推測された。

今回の試験では、種苗の大きさ、潜砂能力や白化の有無による被食率の差については判然とした結果が得られなかったが、ヒラメ成魚の日間摂餌量は体重の約

4%であることが確認された。ヒラメ成魚にとって、天然海域に馴致できていない放流直後のヒラメ種苗は格好の餌料となることが容易に推察されるため、これらの捕食動物の分布密度が放流直後の減耗数に関与してることが推察された。

文 献

- 1) 原田輝雄・榎田 晋・村田 修・熊井英水・水野兼八郎 (1966) ヒラメの人工孵化仔魚の飼育とその成長について. 近大水研報, 1, 289-303.
- 2) 水産庁・独立行政法人水産総合研究センター・全国豊かな海づくり推進協会 (2005) 平成15年度栽培漁業種苗生産, 入手・放流実績 (全国).
- 3) 独立行政法人水産総合研究センター (2005) ヒラメ放流種苗の初期減耗の解明. 最近の研究紹介, 30-31.
- 4) 齊藤憲治・高垣 守・山下 洋 (2003) フィールドにおける捕食者胃内容物からのヒラメ特異的DNAの検出. 日水誌, 69, 473-477.
- 5) 古田晋平・西田輝巳・山田英明・宮永貴幸・渡邊敏明・平野誠師 (1992) 鳥取西部砂浜域におけるヒラメ放流稚魚と天然稚魚の追跡調査結果に基づく放流技術的考察. 鳥取水報, 36, 61-82.
- 6) 山下 洋・山本和稔・長岡幸夫・五十嵐和昭・石川 豊・佐久間修・山田英明・中本宣典 (1993) 岩手県沿岸における放流ヒラメ種苗の被食. 水産増殖, 41, 497-505.
- 7) 落合 明・田中 克 (1986) ヒラメ. 魚類学 (下), 厚星社厚生閣, 東京, pp. 1075-1079.
- 8) 梨田一也・富永 修・宮島英雄・伊藤光郎 (1984) ヒラメ若齢魚の日間摂餌量の推定. 日水研報, 34, 1-17.
- 9) 笠松不二男・中原元和・中村良一・鈴木 譲・北川大二 (2001) 放射性同位体法による青森県沖ヒラメの日間摂餌率の推定. 日水誌, 67, 500-502.
- 10) 古田晋平 (1991) 捕食離底時間からみたヒラメ放流種苗の短期馴致効果. 栽培技研, 19, 117-125.
- 11) 首藤宏幸・後藤常夫・池本麗子・富山 実・畔田正格 (1992) 志々岐湾におけるヒラメ種苗の減耗過程. 西水研報, 70, 29-37.

ウイルス性神経壊死症 (VNN) を耐過したキジハタにおける ベータノダウイルスの検出

西岡 豊弘*¹・森 広一郎*²・津村 誠一*³・高野 正嗣*⁴

(*1 養殖研究所魚病診断・研修センター, *2 養殖研究所病害防除部種苗期疾病研究グループ,

*3 岡山理科大学専門学校, *4 玉野栽培漁業センター)

ウイルス性神経壊死症 (viral nervous necrosis : VNN) は, 海産魚の種苗生産および中間育成過程で発生することから¹⁻⁴⁾, 種苗の安定確保を図る上で大きな障害となっている。わが国では, 1990年にイシダイで初めて報告され⁵⁾, その後, シマアジ⁶⁾, クエ⁷⁾, ヒラメ⁸⁾などで本病の発生が報告されている。また, 同じ疾病が海外においてもバラマンディー⁹⁾, スズキ¹⁰⁾, ターボット¹¹⁾, ハタ類^{12,13)}などで症例が報告されている。これまでに14科30種の魚類で本症の発生が報告されており^{14,15)}, 世界的に大きな問題となっている。本病の原因ウイルス (nervous necrosis virus : NNV) は当初, ノダウイルス科に分類されたが¹⁶⁾, 現在ではベータノダウイルスに分類されている¹⁷⁾。

キジハタにおけるVNNの発生では, 水温25~27°Cで全長7~39mmの仔稚魚期に発病し, 病魚は活力が低下し, 症状として巡回遊泳や水槽底面方向に沈んで行く等の異常行動を示し, 死亡率は約80%に達することが報告されている¹⁸⁾。また, 全長80~90mmの稚魚で発病した場合には, およそ2ヵ月間に渡り本症による死亡が認められるものの, 全滅に至ることはなく, 生残する個体が存在することが報告されている¹⁹⁾。しかし, VNN発病後に生残したキジハタの感染耐過魚におけるウイルス保有状況については, 明らかにされていない。そこで, 著者らは, 1999年と2002年にVNNが発病した群で, キジハタ感染耐過魚におけるウイルス保有状況を明らかにするため, 感染耐過魚を長期間飼育し, NNVの感染状況を調査したので報告する。

材料と方法

種苗生産および育成 玉野栽培漁業センター (以下, 玉野センター) において, 天然魚を1~4年間養成した親魚 (年齢は不明) から自然産卵により得られた受精卵を, ヨード剤 (有効ヨウ素20mg/ℓ) を含む海水で洗浄し飼育に供した。飼育用水は砂ろ過海水を紫外線 (10万 $\mu\text{W}/\text{秒}/\text{cm}^2$; 日本フォトリックス) で殺

菌し, 飼育水温は25~26°Cを維持した。飼育初期にはナンノクロロプシスまたは濃縮淡水クロレラ (スーパー生クロレラV12; クロレラ工業) を添加し, S型ワムシタイ株, S型ワムシ, アルテミア幼生および配合飼料を給餌した。日齢40以降に飼育水槽から取り揚げて中間育成に供し, 日齢200以降に達した時点で一部の稚魚を上浦栽培技術開発センター (以下, 上浦センター) へ輸送し継続飼育した。上浦センターでの用水には, ろ過海水を紫外線殺菌またはオゾン (OZF-30; 荏原実業) で殺菌後, オキシダントを除去した殺菌海水を用いた。餌料には市販の配合飼料 (海産ソフト餌付け用; 坂本飼料) を与え, 自然水温で育成した。

NNVの検出 玉野センターでは, 日齢50までの仔稚魚期と異常な死亡が認められた時に, また上浦センターでは育成開始の約2~10ヵ月後に, 飼育群から無作為に仔稚魚を採取し, 網膜および脳を含む頭部組織を試料として, 市販のRNA抽出試薬 (ISOGEN; 日本ジーン) を用いて常法に従い全RNAを抽出した。抽出したRNAは0.1%のジエチルピロカーボネイト処理水に溶解し, PCR用の検査試料とした。PCR法はNishizawa *et al.*²⁰⁾の方法に準じ, ウイルス外被タンパク質をコードしているT4領域 (427bp) を増幅した。すなわち, 逆転写酵素にはSuper Script II Reverse Transcriptase (Invitrogen) および下流プライマーを用いて, 逆転写反応 (42°C, 30分) によりNNVのRNAからcDNAを合成させた後, 上流プライマーとDNA合成酵素Takara EX Taq, (Takara) を添加し, サーマルサイクラー (GeneAmp PCR System 9700; アプライドバイオシステムズ) により, 熱変性 (95°C, 40秒), アニーリング (55°C, 40秒) および伸長 (72°C, 40秒) を1サイクルとするPCR反応を30サイクル行った。さらに, PCR増幅産物の一部を用いて, 森ら²¹⁾の方法によりnested-PCRを行った。nested-PCRでは, NNVのうちキジハタタイプに特異的なプライマーを用い, nested-PCR反応を計30サイクル繰り返した。PCRおよびnested-PCRで増幅させたDNAは, トリスホウ酸/EDTA緩衝液で調製した2.0%

表1 キジハタ稚魚におけるPCR検査結果

試験区	生産年	検査法	仔稚魚の日齢				
			25-50	51-100	100-150	450-500	1100-1200
1	1999	PCR	0/6* ¹	10/10	NT	NT	0/26
		nested-PCR	NT* ²	NT	NT	NT	18/26
2	2002	PCR	0/60	0/30	0/35	0/30	-
		nested-PCR	0/60	0/30	6/35	30/30	-

*1 陽性尾数/検査尾数

*2 検査を実施せず

Nusieve 3:1 Agarose (FMC) で電気泳動し、紫外線照射によりPCR増幅産物 (T4領域) およびnested-PCR増幅産物 (259bp) の有無をそれぞれ確認した。

結果および考察

1999年と2002年の種苗生産および中間育成過程におけるPCR法によるNNVの検査結果を表1に示した。

種苗生産および中間育成中の仔稚魚では、何れの年もウイルスは検出されず、VNNの発生も認められなかった。

1999年に生産された稚魚では、中間育成過程の日齢51~100で一部の稚魚が旋回遊泳等の異常行動を示し、これらの個体からPCR法によりNNVが検出され、VNNが発生したことを確認した。しかし、その症状が飼育群全体に拡大することはなく、その後は死亡も観察されなくなった。約3年間育成した日齢1,100~1,200の時期には、PCR法ではウイルスは確認されなかったが、nested-PCR法では、26尾のうち18尾 (検出率69.2%) からウイルスが検出された。

2002年に生産された稚魚では、日齢110~120の時点で放流用に関係機関へ輸送した稚魚において本症の症状が認められ、死亡個体からPCR法によりウイルスが検出され、VNNの発生が確認された。輸送した群と同じ群を玉野センターで継続して飼育試験を行ったところ、日齢100まではPCR法およびnested-PCR法による検査でウイルスは検出されなかったが、日齢100~150でPCR法ではウイルスは検出されなかったものの、nested-PCR法により35尾中6尾 (検出率17.1%) からウイルスが検出され、その後、約1年2ヵ月~1年4ヵ月育成した日齢450~500には、nested-PCR法により検査した30尾全ての個体からウイルス

が検出 (検出率100%) された。なお、何れの年度の稚魚も日齢100以降に、本症の特徴的な症状や死亡は認められず、PCR法による検査では全て陰性であり、VNNの再発は認められなかった。

VNNが発生した1999年に生産された稚魚では、3年後においてもnested-PCRによりNNVの感染が確認された。一方、VNNの発生が認められなかった2002年に生産された稚魚では、約1年4ヵ月後においもウイルスが検出されたことから、NNVが感染したキジハタでは、ウイルスを完全に排除できず、長期間に渡り不顕性感染していることが明らかとなった。

ウイルス感染では長期間あるいは生涯にわたって感染が持続する感染様式を持続感染と呼んでいる²³⁾。本調査において2002年に生産された稚魚では、日齢100~150のnested-PCR法による検出率が17.1%で有ったのに対し、日齢450~500には100%に増加していることから、稚魚体内においてウイルスがいずれかの標的器官で増殖していると考えられる。また、病的症状を示さない天然キジハタ (体重120~1,252g) から、培養細胞 (E-11) により感染性を有するNNVが分離されていることから^{23,24)}、キジハタにおけるNNVの感染は、持続感染であると推察された。従って、VNNの感染耐過魚を放流した場合には、天然海域での新たな感染源と成りうる可能性があり、感染耐過魚は放流に供すべきでないと考えられる。なお、今回の調査では、nested-PCR法でのみウイルスが検出された2002年の稚魚から、培養細胞を用いてウイルス分離を実施していないため、これらの稚魚が感染性を有するウイルスを保有していたか否かについては、不明のままである。今後、稚魚からのウイルス分離を行い、nested-PCR法で陽性であることと稚魚体内でのウイルス増殖の有無について検討を行う必要があると考えられた。

文 献

- 1) 室賀清邦 (1995) 海産魚介類の仔稚におけるウイルス性および細菌性疾病. 魚病研究, **30**, 71-85.
- 2) 西岡豊弘・古澤 徹・水田洋之介 (1997) 種苗生産過程の海産魚介類における疾病発生状況 (1989~1994年). 水産増殖, **45**, 285-290.
- 3) Muroga, K. (2001) Viral and bacterial diseases of marine fish and shellfish in Japanese hatcheries. *Aquaculture*, **202**, 23-44.
- 4) 鴨志田正晃・高橋 誠・水田洋之介 (2005) 種苗生産過程の海産魚介類における疾病発生状況 (1994~1999). 栽培技研, **32**, 15-24.
- 5) Yoshikoshi, K. and K. Inoue (1990) Viral nervous necrosis in hatchery-reared larvae and juveniles of Japanese parrotfish, *Oplegnathus fasciatus* (Temminck & Schlegel). *J. Fish Dis.*, **13**, 69-77.
- 6) 有元 操・丸山敬悟・古澤 巖 (1994) シマアジのウイルス性神経壊死症の発生状況. 魚病研究, **29**, 19-24.
- 7) 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**, 211-213.
- 8) Nguyen H. D., T. Mekuchi, K. Imura, T. Nakai, T. Nishizawa and K. Muroga (1994) Occurrence of viral nervous necrosis (VNN) in hatchery-reared juvenile Japanese flounder *Paralichthys olivaceus*. *Fisheries Sci.*, **60**, 551-554.
- 9) Glazebrook, J. S., M. P. Heasman and S. W. de Beer (1990) Picorna-like viral particles associated with mass mortalities in larval barramundi, *Lates calcarifer* Block. *J. Fish Dis.*, **13**, 245-249.
- 10) Breuil, G., J. R. Bonami, J. F. Pepin and Y. Pichot (1991) Viral infection (picorna-like virus) associated with mass mortalities in hatchery-reared sea-bass (*Dicentrarchus labrax*) larvae and juveniles. *Aquaculture*, **97**, 109-116.
- 11) Bloch, B., K. Gravning and J. L. Larsen (1991) Encephalomyelitis among turbot associated with a picornavirus-like agent. *Dis. Aquat. Org.*, **10**, 65-70.
- 12) Danayadol, Y., S. Direkbusarakom and K. Supamattaya (1995) Viral nervous necrosis in brownspotted grouper, *Ephinephelus malabaricus*, cultured in Thailand, in "Diseases in Asian Aquaculture II" (ed. by M. Shariff, J. R. Arthur and R. P. Subasinghe), Fish Health Sec., *Asian Fish Soc.*, Manila, pp.227-233.
- 13) Chua, F. H. C., J. J. Loo and J. Y. Wee (1995) Mass mortality in juvenile greasy grouper, *Epinephelus tauvina*, associated with vacuolating encephalopathy and retinopathy, in "Diseases in Asian Aquaculture II" (ed. by M. Shariff, J. R. Arthur and R. P. Subasinghe), Fish Health Sec., *Asian Fish. Soc.*, Manila, p. 235-241.
- 14) 室賀清邦・古澤 徹・古澤 巖 (1998) 総説：シマアジのウイルス性神経壊死症. 水産増殖, **46**, 473-480.
- 15) Munday, B. L., J. Kwang, N. Moody (2002) Betanodavirus infections of teleost fish: a review. *J. Fish Dis.*, **25**, 127-142.
- 16) Mori, K. T. Nakai, K. Muroga, M. Arimoto, K. Mushiake and I. Furusawa (1992) Properties of a new virus belonging to Nodaviridae found in larval striped jack (*Pseudocaranx dentex*) with nervous necrosis. *Virology*, **187**, 368-371.
- 17) Schneemann, A., L. A. Ball, C. Delsert, J. E. Johnson, T. Nishizawa (2005): Family Nodaviridae, *Virus Taxonomy, Eight Report of the International Committee on Taxonomy of Viruses*. Academic Press, New York, 865-872.
- 18) Mori, K., T. Nakai, M. Nagahara, K. Muroga, T. Mekuchi and T. Kanno (1991) A viral disease in hatchery-reared larvae and juveniles of red-spotted grouper. *Fish Pathol.*, **26**, 209-210.
- 19) 津村誠一 (2003) 地域型底層性魚類の放流手法技術開発 (キジハタ). 平成14年度日本栽培漁業協会事業年報, pp. 201.
- 20) Nishizawa, T., K. Mori, T. Nakai, I. Furusawa and K. Muroga (1994) Polymerase chain reaction (PCR) amplification of RNA of

- striped jack nervous necrosis virus (SJNNV). *Dis. Aquat. Org.*, **18**, 103-107.
- 21) 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年度日本魚病学会春季大会.
- 22) 本間守男 (1997) 1. ウイルス学 1.3 人間. 「ウイルス学」朝倉書店, 東京, pp.22-29.
- 23) 西岡豊弘・森 広一郎・菅谷琢磨・有元 操・冲中 泰・中井敏博 (2003) キジハタ天然魚からのベータノダウイルスの検出. 平成15年度日本魚病学会大会.
- 24) 森 広一郎・西岡豊弘・菅谷琢磨・有元 操 (2004) 天然キジハタからのベータノダウイルスの検出. 栽培漁業センター技報, **1**, 63-66.

異なる給餌条件下で飼育したヒラメにおけるネオヘテロボツリウム寄生状況について

山田 達哉*¹・塩澤 聡*²・森田 哲男*¹

(*¹ 小浜栽培漁業センター, *² 奄美栽培漁業センター)

ネオヘテロボツリウム *Neoheterobothrium hirame* は、ヒラメに特異的に寄生する吸血性単生虫であり¹⁻³⁾、ヒラメのネオヘテロボツリウム症の原因虫である。本種の成虫は主にヒラメの口腔壁に寄生し、寄生された個体において鰓および肝臓の褪色、心臓の肥大、造血組織における病理組織学的変化および血液性状の異常などの顕著な貧血症状を引き起こすことが知られている⁴⁻⁶⁾。また、本種は日本および韓国沿岸の天然ヒラメにおいても確認されており、天然資源を減少させている可能性が指摘されている^{3,5,7,8)}。しかし、天然海域におけるネオヘテロボツリウム（以下、*N.hirame*）とヒラメの相互作用については未だ十分な調査手法が確立されておらず、今後更なる技術開発が必要である。このため、小浜栽培漁業センターでは、ヒラメを天然海域で実験的に飼育して本種の動態を調査する手法の確立に取り組んでいる。

本調査では、その手法の予備的試験として、*N.hirame*を寄生させたヒラメを様々な給餌条件下で飼育し、寄生状況を調査した。

材料と方法

試験1 *N.hirame*が寄生したヒラメ200尾（平均全長90mm）を給餌条件が異なる2つの0.5kl水槽で35日間飼育し、寄生率および寄生個体数を比較した。各水槽はそれぞれ毎日飽食区および制限給餌区とし、前者では毎日、後者では7日おきに飽食させた。ヒラメは試験に先駆けて7日間各水槽で馴致した。*N.hirame*は、ふ化幼生をヒラメ1尾あたり30個体になるように各水槽に加え（3000尾/水槽）、止水で微通気のまま3時間静置することによって寄生させた。また、試験の開始に際しては、底面の*N.hirame*未ふ化卵およびゴミを底掃除によって除去した。飼育期間中は日間の換水率は5回転とし、飼育水温が20~25℃になるように冷却海水を加えた。

ヒラメは7日目、14日目、21日目、28日目および35日目に15尾ずつサンプリングし、全長、体長および口腔内寄生数を測定した。サンプルは一尾ずつチェック

付ビニール袋に入れて10%ホルマリンで固定し、固定液は水を介して75%エタノールに置換した。置換に際しては袋の底の沈殿物が流出しないよう注意した。

試験2 *N.hirame*が寄生したヒラメ80尾（平均全長125mm）を給餌条件が異なる3つの0.5kl水槽で39日間飼育し、寄生率、寄生個体数および貧血症状の程度を比較した。各水槽はそれぞれ毎日一回飽食区、7日に一回飽食区、および無給餌区とし、無給餌以外の2区では毎日あるいは7日おきに稚魚を飽食させた。ヒラメは試験に先駆けて14日間各水槽で馴致した。*N.hirame*の寄生およびヒラメの飼育は試験1と同様に行った

ヒラメは14日目、21日目、31日目および39日目に10尾ずつサンプリングし、全長、体長、口腔内寄生数、鰓葉中寄生数およびヘマトクリット値（Ht値）を測定した。Ht値はマイクロヘマトクリット管を用い、遠心法（12,000回転/分、5分間）に基づいて測定した。サンプルの固定および保存は試験1と同様に行った。

結果

試験1 生残率は毎日飽食区では83%、制限給餌区では76%となった。口腔内の成熟虫は28日目以降に観察され、28日目および35日目の寄生率は毎日飽食区ではそれぞれ6.7%および30.4%、制限給餌区ではそれぞれ46.7%および81.3%となり、制限給餌区が高くなる傾向が見られた（図1）。また、28日目および35日目の平均寄生個体数は、毎日飽食区ではそれぞれ0.1尾および0.6尾、制限給餌区ではそれぞれ1.2尾および5.4尾となり、いずれの日においても制限給餌区が有意に高くなった（Chi square test, $p < 0.05$ ）。

試験2 3試験区とも試験期間中の死亡は見られなかった。口腔内の成熟虫は毎日飽食区では全期間を通して観察されず、無給餌区と制限給餌区では31日目以降に観察された（図2）。制限給餌区および無給餌区の寄生率は31日目ではそれぞれ70.0%および60.0%、39日目にはそれぞれ90.9%および100%となり、試験

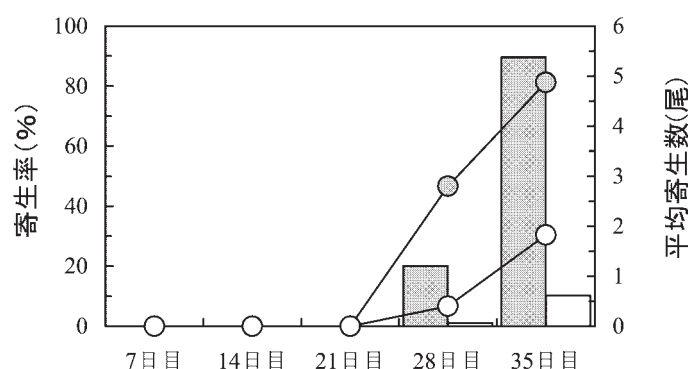


図1 試験1における寄生率と平均寄生数の推移

■ 制限給餌区平均寄生数 □ 毎日飽食区平均寄生数
 ○ 制限給餌区寄生率 ○ 毎日飽食区寄生率

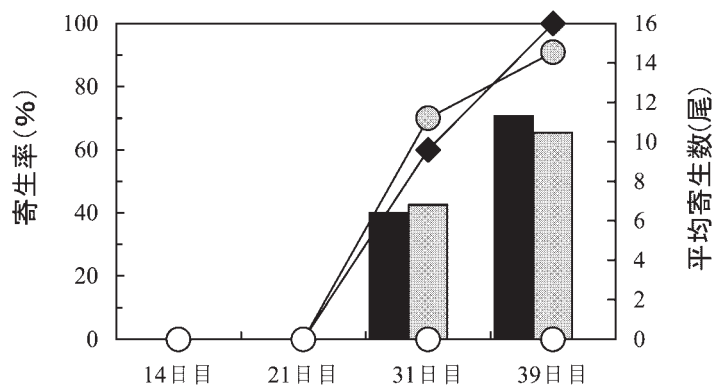


図2 試験2における寄生率と平均寄生尾数の推移

■ 無給餌区平均寄生数 ■ 制限給餌区平均寄生数
 □ 毎日飽食区平均寄生数 ◆ 無給餌区寄生率
 ○ 制限給餌区寄生率 ○ 毎日飽食区寄生率

区間で顕著な差は見られなかった。また、制限給餌区および無給餌区の平均寄生個体数は、31日目ではそれぞれ6.8および6.4、39日目にはそれぞれ10.5および11.3となり、両試験区に有意な違いは認められなかった (Chi square test, $p < 0.05$)。

試験期間中のHt値は、毎日飽食区では平均24.8~27.0%となり、貧血の指標である20%未満の個体は2尾のみであった (図3)。制限給餌区では21日目までは平均24%以上であったが、31日目には15.4%、39日目には11.4%と低下した。無給餌区では21日目までは平均25.2%であったが、31日目には12.9%、39日目には

8.1%と低下した。31日目および39日目のHt値において、毎日飽食区と制限給餌区、毎日飽食区と無給餌区では有意差が認められたが、制限給餌区と無給餌区には有意な差は見られなかった。

また、未成熟虫については、口腔内の成熟虫と同様に毎日給餌区では観察されなかった。(図4)

考 察

本試験においては、試験1、試験2ともに試験区間で口腔内の*N.hirame*成熟虫の個体数に有意差が認め

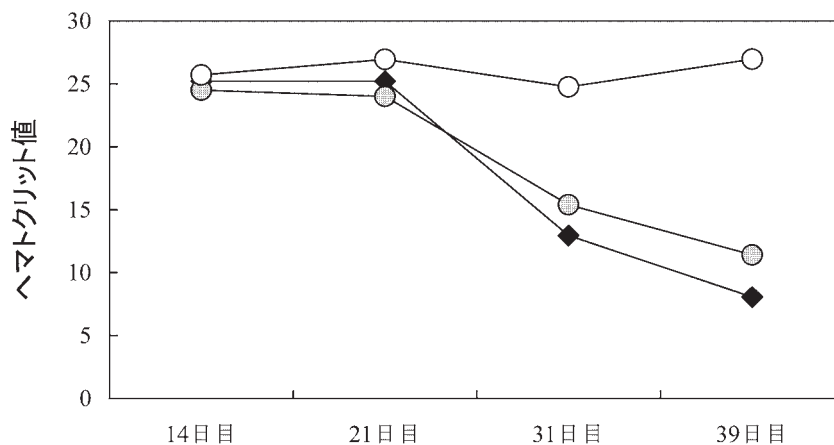


図3 試験2におけるHtの推移

◆ 無給餌区Ht値 ● 制限給餌区Ht値
○ 毎日飽食区Ht値

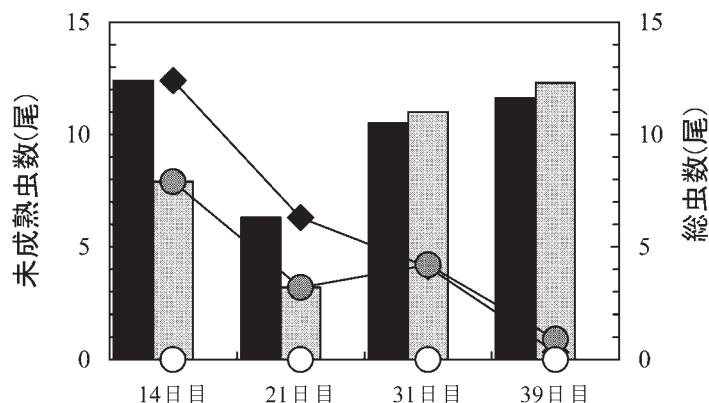


図4 試験2における未成熟虫および総虫数の推移

■ 無給餌区未成熟虫数 ▨ 制限給餌区未成熟虫数
□ 毎日飽食区未成熟虫数 ◆ 無給餌区未成熟虫数
● 制限給餌区未成熟虫数 ○ 毎日飽食区未成熟虫数

られ、給餌条件によって寄生に差があることが示唆された。特に、試験2では毎日飽食させた試験区で、*N.hirame*の寄生が全く見られなかったため、実験的な飼育によって寄生状況を調査しようとする場合、最初の寄生が完了するまでは給餌を制限するかあるいは無給餌で飼育を行う必要があると考えられた。さらに、試験1で比較的生存率が低かったこと、および試験2で制限給餌区と無給餌区とで寄生個体数および寄生率に違いが無かったことを考慮すると、週一回程度の給餌で飼育するのが望ましいと考えられた。

*N.hirame*の寄生について、水田ら⁹⁾は、全長約130

mmのヒラメを用いた水温24~24.5℃の飼育試験において、無給餌では30日目の寄生率が90%以上となったことを報告している。これに対して、今回の試験では、試験2の無給餌区での寄生率は31日目では60%と比較的低かった。*N.hirame*については水温の低下によって寄生率や成長が抑制されることが知られており¹⁰⁾、本試験での水温が20℃と水田らに比べて低かったことが影響している可能性が考えられた。このため、実験的に*N.hirame*を寄生させようとする場合には、飼育水温についてもさらに検討する必要があると考えられた。

文 献

- 1) Ogawa, K. (1999) *Neoheterobothrium hirame* sp. nov. (Monogenea: Diclidophoridae) from the Buccal Cavity Wall of Japanese Flounder *Paralichthys olivaceus*. *Fish Pathol.*, **34**, 195-201.
- 2) Yoshinaga, T., T. Kamaishi, I. Sagawa, K. Yamano, H. Ikeda, M. Sorimachi (2001) Anemia Caused by Challenges with the Monogenean *Neoheterobothrium hirame* in the Japanese Flounder. *Fish Pathol.*, **36**, 13-20.
- 3) 虫明敬一・森 広一郎・有元 操 (2001) 天然ヒラメにおける貧血症の発生状況. *Fish Pathol.*, **36**, 125-132.
- 4) Anshary, H. and K. Ogawa (2001) Microhabitats and mode attachment of *Neoheterobothrium hirame*, a monogenean parasite of Japanese flounder. *Fish pathol.*, **36**, 21-26.
- 5) 三輪 理・井上 潔 (1999) 日本沿岸で発生している貧血を特徴とするヒラメの疾病の病理組織学的研究. *魚病研究*, **34**, 113-119.
- 6) 良永知義・釜石 隆・瀬川 勲・熊谷 明・中易 千早・山野恵祐・竹内照文・反町 稔 (2000) 貧血ヒラメの血液性状, 病理組織および単生類 *Neoheterobothrium hirame* の寄生状況. *Fish Pathol.*, **35**, 131-136.
- 7) Hayward C., J. Kim, H. Gang-Joon (2001) Spread of *Neoheterobothrium hirame* (Monogenea), a serious pest of olive flounder *Paralichthys olivaceus*, to Korea. *Dis. Aquat. Org.*, **45**, 209-213.
- 8) 竹内照文・服部未夏 (1999) ヒラメの貧血症に関する研究. 和歌山県農林水産総合技術センター水産増殖試験場報告, **31**, 21-29.
- 9) 水田洋之介・有元 操・虫明敬一・森 広一郎・西岡豊弘・今村茂生・山田達哉・本藤 靖 (2001) ヒラメの増殖阻害要因の解明. 水産基盤整備開発調査委託事業 (大規模砂泥域開発調査) 報告書.
- 10) Shirakashi S., T. Yoshinaga, M. Oka, K. Ogawa (2005) Larval attachment and development of the Monogenean *Neoheterobothrium hirame* under low water temperature. *Fish Pathol.*, **40**, 33-35.

栽培漁業センター技報第5号

平成18年9月25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

株式会社シーケン

横浜市栄区飯島町1439

電話 045(893)5171