

# 栽培漁業センター技報

第8号

平成20年7月

## 目次

クエ養成親魚の卵巣内に形成される卵塊の形成状況と産卵に及ぼす影響 本藤 靖・堀田卓朗・服部圭太	1
オキシダント海水がアカアマダイ卵に及ぼす影響 竹内宏行・升間主計・渡辺 税・中川 亨・町田雅春	5
近年のハタハタ種苗生産技術開発 友田 努	9
ホシガレイ種苗生産における少換水飼育の有効性について 兼松正衛・熊谷厚志・太田健吾・島 康洋	14
クエ種苗生産における量産化に向けた各種指標の提唱 本藤 靖・中川雅弘・服部圭太	21
市販の濃縮淡水クロレラを用いたマダイの「ほっとけ飼育」 島 康洋・小磯雅彦・友田 努・手塚信弘・荒井大介	27
飼育水温の違いが初期のニシン仔魚の生残に与える影響 長倉義智・大河内裕之・野田 勉・熊谷厚志	31
マダコ浮遊期幼生の成長に及ぼすイカナゴ細片肉の給餌量の影響 荒井大介・栗原紋子・小味亮介・岩本明雄・竹内俊郎	36
アリザリンコンプレクソンを用いたメバル種苗の標識試験 野田 勉・長倉義智・熊谷厚志	40
陸上水槽におけるサワラ人工種苗0歳魚の育成 藤本 宏・山崎英樹・町田雅春・白木美聡・岩本明雄	43
七尾公設市場の記録から推定したマダラの水揚げ量と産卵期 手塚信弘・荒井大介・小磯雅彦・友田 努・島 康洋	48
北海道厚岸湖に出現するニシンおよびチカの mtDNA の PCR-RFLP 分析による判別 鈴木重則・森岡泰三・福永恭平	52
近年の厚岸湖と厚岸湾におけるニシンの産卵場 森岡泰三・松尾祐太・吉田 聡・松原孝博・大久保信幸・ 澤口小有美・福永恭平・村上直人・市川 卓・関谷幸生	55

## クエ養成親魚の卵巣内に形成される卵塊の形成状況と産卵に及ぼす影響

本藤 靖・堀田卓朗・服部圭太  
(五島栽培漁業センター)

クエ *Epinephelus bruneus* の種苗生産に供する良質な受精卵を確保するには、若齢の天然魚を活け込み、数年間養成した後に親魚として産卵させるのが一般的な方法である<sup>1,2)</sup>。しかし、複数年にわたり産卵を経験させた雌の養成魚の中には、卵巣内に排卵された卵が体外に排出されず残存した過熟卵や、退行変性卵が吸収されずに結合組織様と化した塊を形成（以下、卵塊）した個体が多数存在することが知られている。卵塊を形成した養成魚は、成熟度調査を行う際にカニューレによる卵巣卵を採取することが困難であるばかりか、その後の採卵にも著しく支障をきたしている<sup>3,4)</sup>。卵塊の形成は、採卵のためにホルモン注射を繰り返し行う結果、卵巣中の退行変性卵や過熟卵等が未吸収のまま残存するために生じると推察されているが、本種の安定した採卵技術を開発する上で非常に大きな課題である。五島栽培漁業センターでは、クエの採卵技術を開発する上で、クエ養成魚の卵塊形成の防除対策の取り組みを開始した。本年度は養成しているすべての養成魚における卵巣中の卵塊形成の有無を調査するとともに、卵塊形成を確認した養成魚を一部使用した採卵試験を行ったので報告する。

## 材料と方法

**クエ養成親魚の養成状況** 表1に現在五島栽培漁業センターで保有しているクエ親魚の養成状況、全長、体重および搬入先を示した。1993年+1994年群と2000年群は、長崎県五島灘沿岸海域で延縄により釣獲された天然魚（魚体重1～3kg）を購入した。2002年群、2003年+2005年群および2006年群は、新上五島町および五島市の養殖業者が地先でカゴ網により漁獲した未成魚（魚体重200～300g）を約1～3年間養成したも

のを購入した。

**養成方法** 搬入したクエは当栽培漁業センターの小割網生簀（4×4×3m, 10節）に収容し、餌付け時の餌料にはマサバとスルメイカの切り身を給餌した。餌付き後は、モイストペレット（マサバ：スルメイカ：アミエビ：配合飼料=1：1：1：6）に総合ビタミン剤（パラミックスFA：外割1.5%）を追加したものを週2～3回ほぼ飽食量（総魚体重の約4%）を給餌した。

**卵塊の大きさ**と**形成状況** 1993年+1994年群、2000年群、2002年群および2003年+2005年群は2006年1月に、2006年群は2007年10月にすべての個体について、ピットタグ（田中三次郎商店）により個体識別を行った。その後、全長、体重および卵塊の形成の有無を触診により調査した。なお、卵塊の大きさはピンポン玉1個相等（長径約3cm）を+、2個（同約6cm）を++、3個（同約9cm）を+++、全くなかったものを0と判定した。腹部の触診で卵塊の形成を確認した人工養成魚（1995年生産：12歳魚、全長72.0cm、体重6.5kg）を2006年10月に解剖し、形態等を顕微鏡観察した。腹部より摘出した卵塊は、生理食塩水でほぐした後、検鏡した。

**採卵試験** 2000年群の雌親魚12尾（卵塊の大きさ：++：3尾、+：3尾、0：6尾）と雄2尾を5月17日に海上の小割生簀網から取り上げ、90kℓ角形コンクリート水槽（実容量90kℓ）2面へそれぞれ雌6尾と雄1尾ずつを収容した。収容後は腹部の膨留状況、産卵行動等に注意しながら育成を行い、水温が20℃に達した5月30日にカニューレにより生殖腺の一部を採取し、約100粒の最大卵巣卵径を万能投影機とノギスを用いて測定した。最大卵巣卵径が約500～600μmに達した卵巣卵が得られた個体は、ホルモン（ゴナトロピン

表1 五島栽培漁業センターにおけるクエの親魚養成状況

親魚区分	保有尾数（尾）			全長（cm）	平均体重（kg）	購入先
	雌	雄	不明			
1993年+1994年群	14	5		92.0 (89.0～98.0)	15.1 (9.2～23.0)	西海市
2000年群	12	3		65.0 (57.0～74.0)	4.6 (3.0～7.1)	西海市
2002年群	22	1		61.0 (54.0～72.0)	3.8 (2.1～5.5)	新上五島町
2003年+2005年群	42		8	52.0 (45.0～62.0)	2.2 (1.0～3.7)	五島市
2006年群	3		28	50.0 (45.0～55.0)	1.9 (1.4～2.9)	新上五島町
計	93	9	36			

600IU/kg；帝国臓器製薬）を注射し、23℃になるように1日1.5℃ずつ昇温させた後、48時間後に採卵・採精し、乾導法にて人工授精を行った。得られた卵は2ℓのメスシリンダーに收容して静置させ、浮上卵と沈下卵に分離した。浮上卵は1ℓ水槽に收容し、発育段階が桑実期に達した時点で約100粒を観察して浮上卵中の受精率を算出した。また約50粒の浮上卵を500mlのピーカーに收容して23℃に調温し、ふ化率を算出した。

## 結果と考察

クエ養成魚の育成では、1～3年間民間養成業者が飼育した若齢魚を搬入して養成を開始しているが、搬入後の餌付けが良好で死亡はまったく認められず、活け込みから養成期間中にかけて特に大きな問題は認められなかった。

表2に、5群すべての養成魚の卵塊の形成状況の概要を示した。卵塊形成の割合は、1993年+1994年群、2000年群、2002年群、2003年+2005年群および2006年群はそれぞれ57.1%、50.0%、54.5%、20.0%および9.7%で、養成年数が長い群ほど卵塊形成率が高くなる傾向が認められた。また、これまで一度も採卵試験に供していない2003年+2005年群でも比較的高い割合

を示した。

本調査で卵塊の形成が確認された最小の個体は2003年+2005年群の中の1.6kgであった。過去の知見では、クエの生物学的最小形は3.5kgとされており<sup>1)</sup>、本調査結果と大きく異なった。今後、本種の親魚養成において、成熟開始年齢を把握することは親魚の効率的利用の観点からも重要であるが、現状では十分な知見は得られていないため、早急な取り組みを開始する必要があると考えられた。クエ養成魚で卵塊が形成される原因としては、毎年繰り返されるホルモン注射の影響と推察される。すなわち、産卵経験個体において排卵された卵は、ホルモン注射を用いても自発的に体外に放出されず、卵巣腔内に残存して過熱となり、退行変性して卵塊を形成したものと推察される<sup>3)</sup>。ホルモン注射による人工授精を経験していない小型魚（2003年+2005年群）においても卵塊が形成されたが、この直接的な原因については現段階では明らかではない。

養成魚から摘出した卵塊(写真1)を検鏡した結果、卵塊を形成しているものは退行変性した卵巣卵が結合した状態の膜様結合組織(写真2)であると判断された。また、卵塊は年数の経過に伴い同心円の層状に形成されており、外側はまだ十分には結合しておらず、ピンセットで容易に卵粒をほぐすことができた。表面に形成された卵塊は、今期の産卵期の退行変性により

表2 クエ天然養成魚における卵塊形成調査結果

親魚区分	調査尾数(尾)	卵塊の大きさ別保有尾数(尾)*1				保有率(%)
		なし	+	++	+++	
1993年+1994年群	14	6	2	2	4	57.1
2000年群	12	6	3	3	0	50.0
2002年群	22	10	7	5	0	54.5
2003年+2005年群	50	30	6	4	0	20.0
2006年群	31	27	3	0	0	9.7

\*1：卵塊形成の有無 卵塊なし：0、ピンポン球1個；+、2個；++、3個；+++

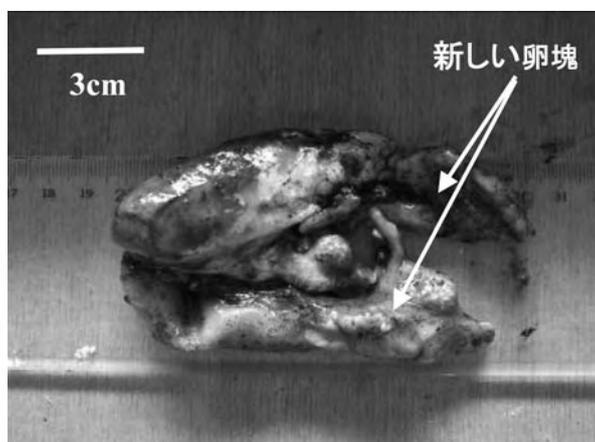


写真1 人工生産魚10歳 (TL72.0cm, BW6.5kg) に形成された卵塊 (49g)

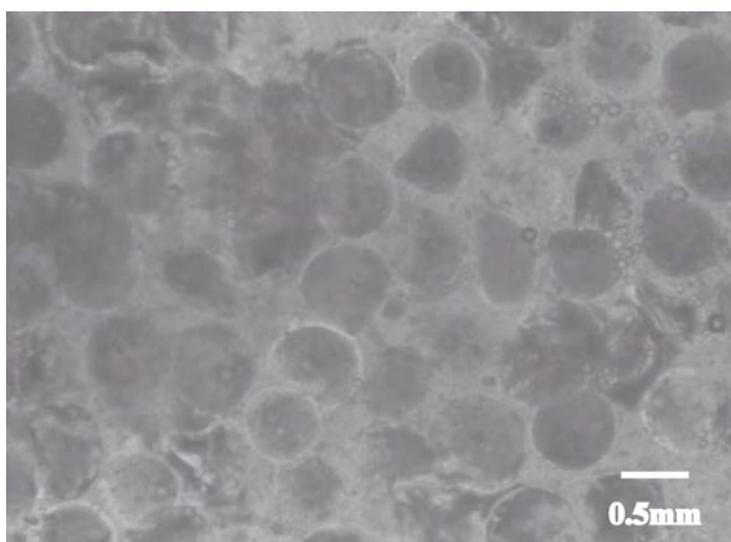


写真2 人工生産魚10歳に形成された卵塊の性状

表3 2000年群を使用した採卵試験結果の概要

個体 No	魚体重 (kg)	卵塊形成の有無と 大きさ*1	総採卵数 (万粒)	受精卵数 (万粒)	受精卵率*2 (%)	ふ化率 (%)
2625	4.5	-	90.0	84.0	93.3	NS*3
4139	4.5	-	109.2	31.2	28.6	67.5
3B50	3.1	-	108.0	102.0	94.4	100
5D1D	4.5	-	158.4	122.4	77.3	88.9
6011	5.0	-	174.0	138.0	79.3	97.7
0A1A	3.0	-	63.6	51.6	81.1	95.1
715A	3.5	+	72.0	36.0	50.0	NS*2
027F	7.9	+	52.8	19.2	36.4	97.1
4D69	3.6	+	87.6	61.2	69.9	94.1
4B54	6.5	++	63.6	18.0	28.3	NS*2
0B36	4.3	++	24.0	12.0	50.0	100
6607	4.2	++	96.0	60.0	62.5	90.6
	5.0		66.0	34.4	49.5	95.3
合計			1099.2	735.6		

\*1: 卵塊なし: 0, ピンポン球1個: +, 2個: ++

\*2: 受精卵率 = 受精卵数 / 総採卵数 × 100

\*3: サンプル採取ができなかった

生じたものと推察された。

触診により卵塊の形成が認められた養成魚では、生殖孔からカニューレを挿入する際に卵巣卵の採取に不都合が生じるだけでなく、その後の人工授精による採卵を行う場合にも大きな障害になることが経験的に知られている。実際に2000年群で5月30日にカニューレを用いて卵巣卵を採取し、成熟状況を調査した上でホルモン注射を行い、6月1日に人工授精による採卵を

試みた。その結果、表3に示すように雌12尾すべての親魚からの採卵に成功したが、卵塊の形成の有無で産卵成績を比較したところ、卵塊を形成していない親魚の1尾当たりの平均総採卵数は102万粒で、平均受精卵数は88.2万粒（総採卵数に対する受精率75.7%）得られたのに対し、卵塊の形成された親魚では総採卵数66万粒のうち、受精卵34.4万粒（同受精率45.9%）と有意な差が認められた（表3）。以上の結果より、卵

巢中における卵塊形成の有無が、産卵成績に大きな影響を与えていることが明らかとなった。近年では、卵塊を形成した親魚を外科的手法により卵塊を摘出・除去することが可能となり、翌年には通常通り成熟も順調に進んでいることが確認されている<sup>3)</sup>。しかし、この方法では親魚に対する負担が大きく、手術も1尾の親魚に複数回行えないなどの欠点があり、最近では卵塊を形成させない手法として、産卵末期にポリエチレンチューブ（内径1.7mm）を取り付けた50mlシリンジを用いて生殖孔より0.8% NaCl溶液を卵巣内に注入し、卵巣内に残存する退行卵等をNaCl溶液とともに体外に排出する方法が考案されている<sup>5)</sup>。マツカワやホシガレイでも、卵巣腔内に送液ポンプを使用して人工的に作製した溶液を注入し、排卵された卵を排出させる方法が開発されている<sup>6)</sup>。この方法はオニオコゼ等の魚種でも同様の卵塊形成を未然に防除し、翌年の採卵に効果があることが確認されている<sup>7,8)</sup>。

今後、クエ養成魚にこの方法を応用するにあたり、洗浄時期、洗浄回数および送液量、また養成魚にストレス負荷の掛からない取り扱い方法等、クエに応じた適正な方法について検討を進めていく必要がある。

## 文 献

- 1) 熊井英水 (2000) 最新海産魚の養殖. 湊文社, 173-180.
- 2) 河野一利・長谷川 泉 (1993) 日本栽培漁業協会年報 (平成5年度), 成熟・産卵手法の開発. 251-252.
- 3) 堀田拓朗・今泉 均・河野一利・山崎哲男 (2003) クエ卵巣卵内に残留した卵塊の摘出と成熟への影響. 栽培技研, 31, 1-4.
- 4) 堀田拓朗 (2002) 日本栽培漁業協会年報 (平成12年度), 成熟・産卵手法の開発. 251-252.
- 5) 堀田拓朗・今泉 均・山崎哲男 (2003) クエ卵巣内に残留した卵塊形成防除手法の試み. 栽培漁業センター技報. 平成15年度, 14-15.
- 6) 澤口小有美・大久保信幸・安藤 忠・鈴木重則・有瀧真人・山田徹生・松原孝博 (2005) 送液ポンプによるマツカワ・ホシガレイの新規人工採卵技術の開発. 水産増殖, 53, 167-173.
- 7) 板垣恵美子 (2000) 日本栽培漁業協会年報 (平成10年度), 成体の確保と採卵. 91-92.
- 8) 太田健吾 (2001) 日本栽培漁業協会年報 (平成11年度), 成体の確保と採卵. 91-92.

## オキシダント海水がアカアマダイ卵に及ぼす影響

竹内宏行・升間主計・渡辺 税・中川 亨・町田雅春

(宮津栽培漁業センター)

アカアマダイ *Branchiostegus japonicus* は東シナ海を中心として分布し、主に延縄漁や一本釣り漁で漁獲される。関西圏、特に京都市場では高値で取り引きされており、他魚種に比べて市場価格が比較的安定して推移している<sup>1)</sup>。しかし、近年資源の減少が懸念されており、漁業者から種苗放流による資源回復への要望が高くなってきている。本種は定着性が強く、広範囲な移動をしないと考えられていることから<sup>2)</sup>、栽培対象種として有望であり、近年長崎県、島根県、山口県などで種苗生産の技術開発が進められている。

宮津栽培漁業センターでは、1997年に天然魚からの人工授精による採卵法を開発し、10万尾を越す種苗を生産できるようになり<sup>3)</sup>、量産化のめどが立ちつつあった。しかし、2004年に中間育成中の全長5 cm サイズの種苗でウイルス性神経壊死症（以下、VNN）が発生し、VNN 防除対策の確立が本種の技術開発上の緊急の課題となった<sup>4)</sup>。

感染経路の調査結果から、ウイルスは天然親魚由来の垂直感染であることが明らかになり<sup>4)</sup>、2005年には nested PCR 法を用いた VNN 陰性親魚の選別を行い、これらの親魚より得られた受精卵、精子を用いて種苗生産試験を行った。しかし、2回の飼育試験のうち1回で VNN 陽性となり、親魚検査だけでは VNN 感染を完全に防ぐことができなかった<sup>5)</sup>。このため、2006年の種苗生産試験では、新たな垂直感染防除対策として、オキシダント海水による受精卵の消毒手法を検討することとした。しかし、残留オキシダントによる卵消毒は未ふ化生残卵（ふ化していないが卵膜内で生存している個体）の出現によるふ化率の低下を招くこと<sup>6)</sup>、またその出現率はオキシダント濃度、卵の発生段階、浸漬時間および魚種によって異なることが報告されている。

そこで、本種におけるオキシダント海水による卵消毒法を確立するために、本試験では受精卵へのオキシダントの影響について調べた。

### 材料と方法

**供試卵** 2006年10月20日に京都府伊根町漁協所属の底延縄漁船によって漁獲された雌活魚5尾に成熟を誘発するためゴナトロピン（帝国臓器製薬）300IU/kg を注射し、水温20℃に調整した2 kℓ FRP 水槽に収容

した。翌日に5尾から搾出した約50gの卵に冷蔵保存精子<sup>7)</sup>を媒精し、得られた約8万粒の受精卵を試験に用いた。受精率は96.4%であった。得られた受精卵は20ℓバケツに収容し（実水量15ℓ）、20℃調温海水で流水管理した（40ml/分）。さらにウォーターバス方式で約20℃に維持した。

**試験区の設定** 卵消毒には海水を電解処理したオキシダント海水を用い、オキシダント海水に浸漬する受精卵の発生段階は、受精直後、桑実期（受精後4時間）、胞胚期（同8時間）、囊胚前期（同12時間）、胚体形成直後（同16時間）および心拍開始時（同31時間）の6段階とした。オキシダント濃度は0、0.3、0.5および0.8mg/ℓとした。なお、浸漬時間は1分間とした。

オキシダント濃度の測定は三村ら<sup>8)</sup>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（AE-350；エルマ）で測定した。浸漬直前のバケツ内のオキシダント海水を採取して測定し、実際の浸漬濃度の値とした。

**試験の手順** 各発生段階の受精卵を卵管理水槽からすくって市販の観賞魚用タモ網（22×16cm）に収容し、オキシダント海水を満たした5ℓバケツに受精卵をタモ網ごと移すと同時に、20ℓバケツから内径8 mm のビニールチューブを通して濃度調整したオキシダント海水をタモ網の中に約2ℓ/分の流量でかけ流した。消毒後はタモ網ごと紫外線殺菌海水を満たした5ℓバケツへ移して軽く洗浄した後、5 ml 駒込ピペットで数十粒の卵を取り、約8 mlの海水を入れた6ウェルのマルチウェルプレート（住友ベークライト）上の3ウェルに収容した。試験区ごとに同様の操作を繰り返した。ウェルプレートは20℃に設定した恒温器内に設置したデジタルマイクロプレートシェーカー（MTS 2/4；IKA）の上に置き、150rpmで振盪してふ化させた。

**結果の判定** 受精48時間後に各ウェルの死亡卵、異常ふ化仔魚（形態異常魚および死亡魚）および正常ふ化仔魚を実体顕微鏡下で計数した。ふ化日翌日（受精後68時間）までに生残しているがふ化していない卵を未ふ化生残卵とした。ウェルごとに正常ふ化率（正常ふ化仔魚数/供試卵数×100）および未ふ化生残卵出現率（未ふ化生残卵数/供試卵数×100）を算出し、3ウェルの平均値、不偏標準偏差を求めた。

## 結 果

1 ウェル当りの卵数は20~170粒とばらつきがあったが、ふ化への影響は認められなかった ( $p = 0.215$ )。

各発生段階におけるオキシダント濃度別の正常ふ化率を図1に示した。正常ふ化率は、受精直後が77.0~88.3%、桑実期で85.1~89.0%、胞胚期88.6~93.2%、囊胚前期83.1~95.2%、胚体形成直後89.4~91.7%および心拍開始時94.3~98.0%であった。そのうち桑実期、胞胚期、胚体形成直後および心拍開始時においてはオキシダント濃度による差は認められなかった。一方、受精直後および囊胚前期においては、オキシダ

ント濃度0.8mg/lでの正常発生率がそれぞれ77.0%、83.1%となり、対照区としたオキシダント濃度0mg/lの88.3%、95.2%に比べて有意な低下が認められた ( $p < 0.05$ )。

未ふ化生残卵の出現率を図2に示した。各発生段階での未ふ化生残卵出現率は、受精直後が0.0~8.4%、桑実期で0.0~2.2%、胞胚期0.0~0.9%、囊胚前期0.0~3.6%、胚体形成直後0.0~0.9%および心拍開始時0.8~1.8%であった。受精直後および囊胚前期においてオキシダント濃度0.8mg/l処理で未ふ化生残卵の出現率が高くなる傾向が認められ、特に受精直後ではオキシダント濃度0~0.5mg/l処理に比べて0.8mg/l処理で有意に高くなった ( $p < 0.01$ )。

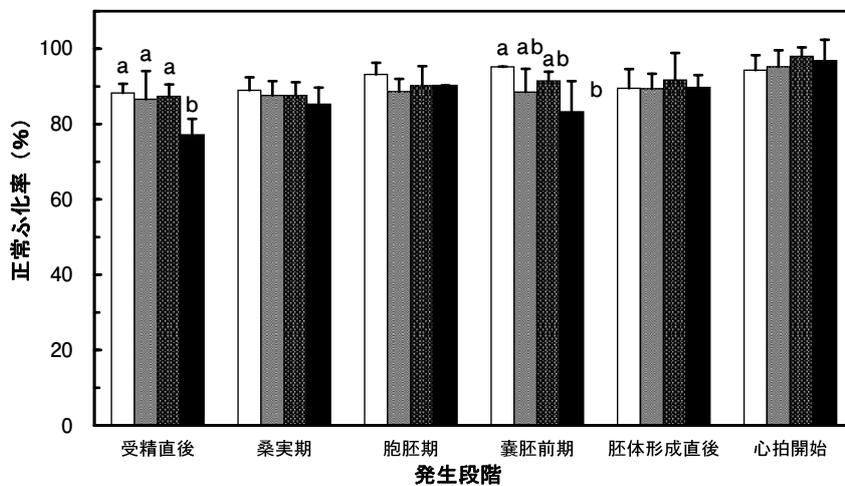


図1 アカアマダイ受精卵の各発生段階におけるオキシダント濃度と正常ふ化率の関係

バーは平均値の標準偏差, 異なるアルファベットは有意差 ( $p < 0.05$ ) を示す。

□0mg/l ■0.3mg/l ■0.5mg/l ■0.8mg/l

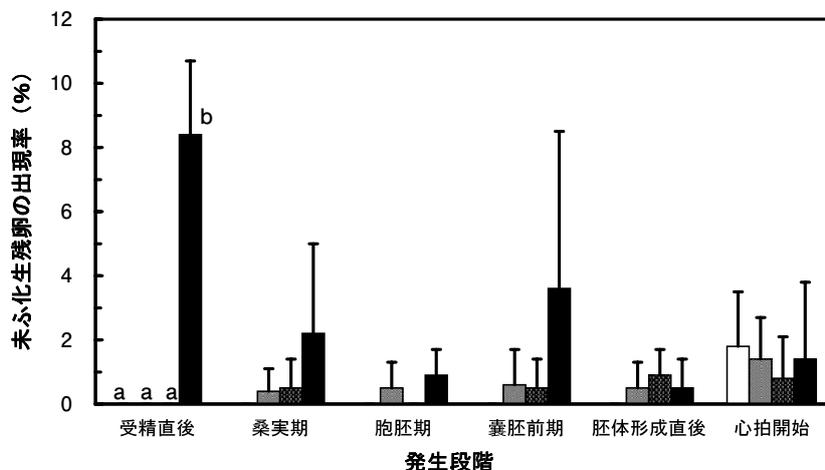


図2 アカアマダイ受精卵の各発生段階におけるオキシダント濃度と未ふ化生残卵の出現率の関係

バーは平均値の標準偏差, 異なるアルファベットは有意差 ( $p < 0.01$ ) を示す。

□0mg/l ■0.3mg/l ■0.5mg/l ■0.8mg/l

## 考 察

VNN ウイルスはオキシダント濃度0.5mg / ℓ, 30秒間の処理で不活化が認められる<sup>9)</sup>。本試験では、オキシダント濃度を0.3~0.8mg / ℓ, 浸漬時間1分に設定して卵への影響を検討したところ、正常ふ化率は77.0~98.0%と全体的に高く、この範囲内ではオキシダントがアカアマダイ受精卵のふ化に与える影響はそれほど大きくないものと推察された。しかし、受精直後および囊胚期における0.8mg / ℓ処理で正常ふ化率の有意な低下が認められた。また、0.8mg / ℓ処理では受精直後で未ふ化生残卵の出現率が有意に高く、オキシダントの影響と考えられた。

オキシダントに対する受精卵の耐性は、これまでにシマアジ<sup>9)</sup>、ヒラメ<sup>10-11)</sup>、マツカワ<sup>12)</sup>、マハタ<sup>13)</sup>、ハマフエフキ<sup>14)</sup>等で検討され、オキシダント濃度の上昇や曝露時間に伴うふ化率の低下や、発生段階による感受性の違いが報告されている。ヒラメおよびマツカワでは、オゾン処理によるオキシダント海水を用いて卵消毒に適した発生段階について検討し、ヒラメでは胞胚期から心拍開始時において未ふ化生残卵の出現率が高くなること<sup>10)</sup>、マツカワでは受精直後、胚体形成期においてふ化率の低下が認められ、ふ化に影響を及ぼさずに卵消毒を行うには、桑実期から胞胚期が望ましいことが報告されている<sup>12)</sup>。また、ハマフエフキでは電解処理によるオキシダント海水を用いて検討し、初期桑実期および胚体形成期以降において、オキシダント海水への浸漬時間の増加に伴ってふ化率が低下し、オキシダントに対する感受性が低い胞胚期および囊胚期での卵消毒が望ましいとしている<sup>14)</sup>。

アカアマダイでは、受精直後、囊胚前期でオキシダント濃度が高くなるにしたがって正常ふ化率が有意に低くなる傾向が認められ、マツカワと同様に受精直後にオキシダントに対する感受性が高かったが、マツカワでふ化率の低下が認められた胚体形成期でなく、1段階前の発生段階である囊胚前期にふ化率の低下が認められるなど、他の魚種とのオキシダントに対する感受性の違いが認められた。

卵消毒による受精卵への影響としては他にヨード剤を用いた試験が多数報告されている<sup>15-20)</sup>。ヒラメでは発生段階による影響を調査し、受精直後とふ化直前においてふ化率の低下や異常ふ化率の上昇を報告している<sup>15)</sup>。シマアジでは、4細胞期から発眼期にかけて検討した結果、発眼期にふ化率が低下する傾向が認められ<sup>16)</sup>、虫明ら<sup>17)</sup>は卵消毒を行う発生段階として、桑実期から発眼期の間が望ましいと報告している。虫明ら<sup>17)</sup>はその中で、桑実期以前および発眼期以降にハンドリングによる物理的損傷による影響を指

摘している。アカアマダイにおいても、対照区とした0 mg / ℓ処理において、心拍開始時に未ふ化生残卵の増加が認められており、ハンドリングの影響の可能性も考えられる。

本試験結果から、オキシダント海水によりアカアマダイの卵消毒を行う場合、囊胚期を除く桑実期から心拍開始期では、VNN ウイルスの不活化が可能なオキシダント濃度0.5~0.8mg / ℓ, 浸漬時間1分間で正常ふ化率に影響しないことが明らかとなった。一方、アカアマダイのふ化仔魚はハンドリングに弱く、ふ化仔魚での収容は困難とされている<sup>21)</sup>。そのため、実際の種苗生産試験では胚体形成期の卵を飼育水槽へ収容している。したがって、アカアマダイの卵消毒を行う場合、受精卵のハンドリング回数を少なくする観点から、飼育水槽収容直前の胚体形成期に卵消毒を行うことが実用的であり効果的と考えられる。

## 文 献

- 1) 京都府水産事務所 (2007) 月別・魚種別単価。平成17年海面漁業生産高資料, 30-31.
- 2) 沖山宗雄 (1964) アカアマダイ *Branchiostegus japonicus japonicus* (HOUTTUYN) の初期生活史。日水研報告, 13, 1-14.
- 3) 本藤 靖・村上直人・渡辺 税・竹内宏行・藤浪祐一郎・津崎龍雄 (2001) 人工授精によるアカアマダイの種苗生産。栽培技研, 28, 73-79.
- 4) Nishioka, T., K. Mori, T. Sugaya, H. Takeuchi, T. Tsuzaki, S. Masuma and M. Oka (2006) Epidemiological surveillance and prevention of viral nervous necrosis in red tilefish, *Branchiostegus japonicus*. Book of abstracts VNN2006 FIRST INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON VIRAL NERVOUS NECROSIS OF FISH, p.20.
- 5) 竹内宏行 (2007) ウイルス病を水際で防ぐ~アカアマダイ親魚の選別によるウイルス性神経壊死症 (VNN) の垂直感染防除~。豊かな海, 社団法人全国豊かな海づくり推進協会, 13, 12-14.
- 6) 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.
- 7) 藤浪祐一郎・竹内宏行・津崎龍雄・太田博巳 (2003) アカアマダイ漁獲鮮魚から採取した精巢精子の運動活性と冷蔵保存。日水誌, 69, 162-169.
- 8) 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 $\alpha$ -トリジン法による簡易測定. 水産増殖, 47, 103-110.
- 9) 有元 操 (1995) シマアジのウイルス性神経壊死症に関する研究. 特別研究報告10号, 社団法人日本栽培漁業協会, 東京. 33-37.
  - 10) 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, *Paralichthys olivaceus* 卵に対する影響. 水産増殖, 46, 101-110.
  - 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.
  - 12) 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, 社団法人日本栽培漁業協会, 東京. 45-48.
  - 13) 土橋靖史・栗山 功・黒宮香美・柏木正章・吉岡 基 (2002) マハタ種苗生産におけるウイルス性神経壊死症 (VNN) の防除対策の検討. 水産増殖, 50, 355-361.
  - 14) 井手健太郎・手塚信弘・二階堂英城・武部孝行・升間主計 (2004) オキシダント海水がハマフエフキ卵のふ化に及ぼす影響. 栽培漁業センター技報, 2, 100-103.
  - 15) 佐藤 修・村上啓士・水呉 浩・木村 淳・米司 隆・伏見 徹 (1994) ポビドンヨード剤によるヒラメ卵の耐性. 広島県栽培漁業協会事業報告, 13, 83-87.
  - 16) 虫明敬一 (1996) シマアジおよびブリの親魚養成技術の開発に関する研究. 特別研究報告9号, 社団法人日本栽培漁業協会, 東京. 29-32.
  - 17) 虫明敬一・有元 操 (2000) シマアジのウイルス性神経壊死症 (VNN) に関する防除対策. 栽培技研, 28, 47-55.
  - 18) 堀田卓朗・藤本 宏・山崎英樹・渡辺研一 (2004) トラフグ受精卵のヨード剤による消毒の効果. 栽培漁業センター技報, 2, 92-95.
  - 19) 太田健吾・堀田卓朗・渡辺研一 (2005) ポビドンヨード剤がオニオコゼ卵のふ化と生菌数に及ぼす影響. 栽培漁業センター技報, 3, 61-67.
  - 20) 堀田卓朗・西 明文・加治俊二・渡辺研一 (2007) ハモ受精卵のポビドンヨード剤による消毒の効果と安全性. 栽培漁業センター技報, 6, 9-12.
  - 21) 奥村重信 (1988) 種苗生産技術の開発. 新しい栽培種として期待される魚類, アカアマダイ. 日本栽培漁業協会事業年報 (昭和61年度), 208-209.

## 近年のハタハタ種苗生産技術開発

友田 努

(能登島栽培漁業センター)

ハタハタは、北海道および日本海では産卵のため回帰する回遊性底魚資源として重要な魚種であり、秋田県では独特の食文化とも深く関連することから、特に珍重される水産物となっている。

当栽培センターの前身である(株)日本栽培漁業協会能登島事業場では、1982年の開所時よりハタハタの親魚養成および種苗生産に関する基礎的な技術開発を行ってきた。1984年からは秋田県水産振興センターと共同研究を行うこととなり、本種の栽培漁業技術全体を分担して開発に当たってきた。1992年には当栽培センターにおいて海上生簞網を用いた種苗生産技術を開発し<sup>1)</sup>、大幅な低コスト・省力化を進展させた。秋田県ではその技術を応用することで70%近い生残率を得ることが可能となり、毎年500万尾の種苗を生産、放流できる技術水準にまで達した。また、1998年から開始した富山県水産試験場との共同研究により、天然より2カ月早い採卵・種苗生産が技術的に可能であることを実証した<sup>2)</sup>。2001年には当栽培センターにおいて海上生簞網におけるハタハタ仔稚魚の摂餌生態<sup>3)</sup>に関するさらなる知見を集積した。2002年には秋田県の協力のもと、これまでに解明された本種(日本海北部系群)の生物学的知見と生産技術を集大成し、実践的な技術マニュアル<sup>4)</sup>として刊行した。それらの知見をもとに、近年はさらなる低コスト・省力化型飼育手法の開発を検討し続け、2003年以降は85%前後の高生残率を維持している。

本報告では2002年度から技術開発を終了した2005年度まで、4年間にわたる種苗生産の実施概要を低コスト・省力化の面から取りまとめたので報告する。

### 材料と方法

**供試卵** すべての種苗量産試験では、秋田県水産振興センターで人工授精により得られた天然親魚由来の卵を用いた。得られた卵塊は、同振興センターにおいて約1カ月間流水条件下で管理したのち、無水輸送<sup>4)</sup>により当栽培センターに搬入した。

**飼育方法** 飼育は、原則として上記の技術マニュアル<sup>4)</sup>に準じた。一方、これまで当栽培センターで実績のあった収容密度3,000尾/kℓで飼育初期から配合飼料のみを給餌する餌料系列を標準型とし、各年度とも適宜低コスト・省力化に向けて改良を加えていった。

**生産コストの概算** 本種の種苗生産はふ化から取り上げまで一貫して海上生簞網で行うため、ほとんど光熱水費や備品費を要せず、餌料費と人件費が生産コストの約9割を占める。従って、各々で積算された合計費用を取り上げ尾数で除し、1尾当たりの種苗単価<sup>5)</sup>として概算した。また、アルテミア幼生のふ化および栄養強化等にかかる費用は餌料費に、天然プランクトン採集にかかる費用は人件費に加算した。なお、本報告では施設(海上筏)や資材・消耗品(生簞網、沈子等)の減価償却費を含めなかった。

### 結果と考察

**2002年度(H14)** 飼育試験は、従来の配合飼料単独給餌よりも低コストで成長・生残状況が良好な飼育方法を確立することを目的に、餌料系列別で種苗単価を比較した。実験区は、収容密度3,000~4,000尾/kℓで統一し、取り上げ時まで一貫して配合飼料の単独給餌を行う従来区(14-1)とふ化後30日齢まで生物餌料(アルテミア幼生、市販冷凍コペポダ)を主体に給餌する改良区(14-2)の2区を3面ずつ、および飼育初期から配合飼料と生物餌料を併用給餌する併用区(14-3)を1面設けた(表1)。取り上げ時の平均全長は差が認められなかったものの、14-2は15~35日齢までの初期成長が有意に優れた(図1)。また、生残状況は冷凍コペポダの給餌で75%以上の高い値を得られることから、これらの有効性が実証された。種苗単価の平均値は、14-1が5.84円、14-2が4.02円となった(表2)。この原因として、14-1では飼育初期からの配合飼料給餌により粘液状物質が頻繁に発生し、飼育管理(網替え等)に多大な労力を要したことが挙げられる。以上のことを総合的に評価すると、配合飼料への餌付けが困難な飼育初期は、生物餌料のみを給餌する方が効率的であると考えられた。

**2003年度(H15)** 2003年度は、さらに効率的な飼育方法を確立するため、前年度の試験結果を踏まえ、ふ化後30日齢まで生物餌料のみを給餌する飼育の収容密度試験を行った。実験区は、従来密度区(15-1)の2,700尾/kℓ、1.5倍密度区(15-2)の4,050尾/kℓ、2.0倍密度区(15-3)の5,400尾/kℓおよび別途試験(電照試験)の予備飼育区(15-4)の3,250尾/kℓをそれぞれ1面ずつ設けた(表1)。15-3では25日齢以降、

表1 近年におけるハタハタ種苗生産の実施概要

年度	実験区	収容		飼育			取り上げ				備考		
		月日	尾数 (万尾)	密度 (尾/kℓ)	水温 (℃)	餌料	飼育 日数 (日)	月日	尾数 (万尾)	密度 (尾/kℓ)		生残 率 (%)	平均全長 ±標準偏差 (mm)
2002	14-1.a	2/13	5.80	2,900	9.7 (7.9~11.3)	天 pl <sup>*1</sup> , 配合 BC <sup>*2</sup>	48	4/02	3.87	1,935	66.7	35.0±1.6	配合飼料単独給餌
	14-2.a	2/13	5.80	2,900	〃	天 pl <sup>*1</sup> , An <sup>*3</sup> , 北極 pl <sup>*4</sup> , 配合 BC <sup>*2</sup>	〃	4/02	4.57	2,285	78.8	34.4±1.9	生物餌料主体給餌
	14-1.b	2/16	8.30	4,150	9.7 (7.9~11.8)	天 pl <sup>*1</sup> , 配合 BC <sup>*2</sup>	46	4/03	5.69	2,847	68.6	34.5±1.8	配合飼料単独給餌
	14-2.b	2/16	8.30	4,150	〃	天 pl <sup>*1</sup> , An <sup>*3</sup> , 北極 pl <sup>*4</sup> , 配合 BC <sup>*2</sup>	〃	4/03	5.50	2,752	66.3	34.0±2.1	生物餌料主体給餌
	14-1.c	2/20	6.10	3,050	9.8 (7.9~11.8)	天 pl <sup>*1</sup> , 配合 BC <sup>*2</sup>	43	4/04	5.67	2,836	93.0	34.5±2.2	配合飼料単独給餌
	14-2.c	2/20	6.10	3,050	〃	天 pl <sup>*1</sup> , An <sup>*3</sup> , 北極 pl <sup>*4</sup> , 配合 BC <sup>*2</sup>	〃	4/04	4.59	2,297	75.3	35.2±2.4	生物餌料主体給餌
	14-3	2/25	4.75	2,375	〃	天 pl <sup>*1</sup> , An <sup>*3</sup> , 北極 pl <sup>*4</sup> , 配合 BC <sup>*2</sup>	35.36	4/02	3.92	1,962	82.6	30.0±1.1	配合飼料, 生物餌料を 飼育初期から併用給餌
	計		45.15						33.83		75.9		
2003	15-1	2/06	5.40	2,700	8.9 (7.0~10.3)	天 pl <sup>*1</sup> , An <sup>*3</sup> , 北極 pl <sup>*4</sup> , 配合 BC <sup>*5</sup>	49	3/27	4.84	2,419	89.6	31.0±1.8	収容密度試験 (生物餌料主体給餌)
	15-2	〃	8.10	4,050	〃	〃	〃	〃	6.80	3,398	83.9	30.8±1.9	〃
	15-3	〃	10.80	5,400	〃	〃	〃	〃	9.40	4,701	87.1	29.7±1.8	〃
	15-4	2/10	6.50	3,250	9.1 (7.0~10.6)	〃	50	4/01	4.60	2,301	89.3	31.6±1.8	別途試験 (電照試験) の予備飼育区
	計		30.80						25.64		87.5		
2004	16-1	1/31	9.20	4,600	9.1 (7.6~10.3)	天 pl <sup>*1</sup> , An <sup>*3</sup> , 北極 pl <sup>*4</sup> , 配合 NC <sup>*6</sup>	45	3/16	5.97	2,987	64.9	29.3±1.7	餌料系列試験 (初期は 生物餌料のみを給餌する 従来区)
	16-2	2/07	6.18	3,090	9.3 (7.6~10.5)	天 pl <sup>*1</sup> , An <sup>*3</sup> , 北極 pl <sup>*4</sup> , 配合 NC <sup>*6</sup>	45	3/22	6.03	3,015	97.6	33.1±1.3	収容密度試験 (中期に採 集した天然プランクトン を併用給餌する区)
	16-3	〃	9.27	4,635	〃	〃	〃	〃	8.22	4,110	88.7	29.8±1.6	同上
	計		24.65						20.23		83.7		
2005	17-1	2/01	10.00	5,000	9.3 (7.3~10.4)	天然 pl <sup>*1</sup> , 中国 pl <sup>*7</sup> , 北極 pl <sup>*4</sup> , 配合 NC <sup>*6</sup>	53	3/26	9.07	4,536	90.7	29.5±2.1	高密度飼育の実証試験
	17-2	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	8.78	4,391	87.8	29.5±2.3	同上
	17-3	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	7.45	3,723	74.5	30.3±2.1	同上
	計		30.00						25.30		84.3		

※ 全区とも飼育には、3.0×3.0×2.5m (実容量20kℓ) の小割網を使用

\*1 小割網内の電照装置に謂集した天然プランクトン

\*2 初期飼料協和 B-400, B-700, C-700 (協和醗酵株式会社)

\*3 アルテミア幼生 (48時間ふ化後, 20時間栄養強化)

\*4 北極圏産の冷凍コペポダ Cyclop-eeze (SETL CO. LTD)

\*5 初期飼料協和 B-700, C-700 (協和醗酵株式会社)

\*6 初期飼料協和 N-700, C-700 (協和醗酵株式会社)

\*7 中国産の冷凍コペポダ雅1号 (JCK ロウピン貿易)

表2 近年のハタハタ種苗生産における餌料使用量と作業人員数と種苗単価

年度	実験区	アルテミア幼生 (億個体)	冷凍コペポーダ(kg)		配合飼料(kg)					作業人員数(人・時・日)			合計 金額*1 (万円)	種苗 単価*2 (円/尾)	備考
			中国産	北極圏産	B-400	B-700	N-700	C-700	合計	職員	非常勤	合計			
2002	14-1.a	-	-	-	2.95	5.41	-	2.35	10.71	60.0	120.0	180.0	29.60	7.65	配合飼料単独給餌
	14-1.b	-	-	-	3.78	6.43	-	1.71	11.92	57.5	115.0	172.5	29.70	5.21	〃
	14-1.c	-	-	-	2.95	4.66	-	0.60	8.21	53.8	107.5	161.3	26.43	4.66	〃
	平均													5.84	
	14-2.a	1.62	-	5.95	-	3.48	-	4.23	7.70	36.0	72.0	108.0	19.96	4.37	生物餌料主体給餌
	14-2.b	2.18	-	8.00	-	3.88	-	4.14	8.02	34.5	69.0	103.5	20.59	3.74	〃
	14-2.c	1.64	-	5.95	-	3.48	-	1.73	5.20	32.3	64.5	96.8	18.20	3.96	〃
	平均													4.02	
	14-3	1.25	-	4.96	2.39	2.38	-	-	4.77	45.0	90.0	135.0	23.36	5.96	配合飼料, 生物餌料を 飼育初期から併用給餌
	年度平均													5.08	
2003	15-1	1.46	-	5.64	-	0.78	-	4.19	4.97	36.8	73.5	110.3	18.33	3.79	収容密度試験 (生物餌料主体給餌)
	15-2	2.18	-	8.41	-	1.16	-	6.29	7.45	36.8	73.5	110.3	20.10	2.96	〃
	15-3	2.92	-	11.28	-	1.55	-	8.78	10.33	36.8	73.5	110.3	21.95	2.33	〃
	15-4	1.47	-	5.82	-	0.63	-	4.52	5.14	37.5	75.0	112.5	18.62	4.05	別途試験(電照試験) の予備飼育区
	年度平均													3.28	
2004	16-1	2.28	-	8.80	-	-	1.43	5.10	6.53	33.8	67.5	101.3	18.66	3.12	餌料系列試験(初期 は生物餌料のみを 給餌する従来区)
	16-2	1.51	-	5.78	-	-	0.95	4.00	4.95	40.5	81.0	121.5	19.70	3.27	収容密度試験(中期 に採集した天然ブラ ンクトンを併用給餌 する区)
	16-3	2.26	-	8.59	-	-	1.43	6.00	7.43	40.5	81.0	121.5	21.39	2.60	同上
	年度平均													3.00	
2005	17-1	-	10.04	7.10	-	-	1.33	7.37	8.70	39.8	79.5	119.3	21.16	2.33	高密度飼育の実証試験
	17-2	-	〃	〃	-	-	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	2.41	同上
	17-3	-	〃	〃	-	-	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	2.84	同上
	年度平均													2.53	

\*1 以下の割合で算出した(消費税含む)

アルテミア幼生	: 7,500円/億個体	配合飼料	協和 B-400および B-700 : 6,000円/kg
冷凍コペポーダ	中国産 : 2,000円/kg		協和 N-700 : 3,000円/kg
	北極圏産 : 2,500円/kg		協和 C-700 : 1,050円/kg
雇用単価	職員 : 2,801円/時間		
	非常勤 : 606円/時間		

\*2 合計金額を生産尾数で除した値

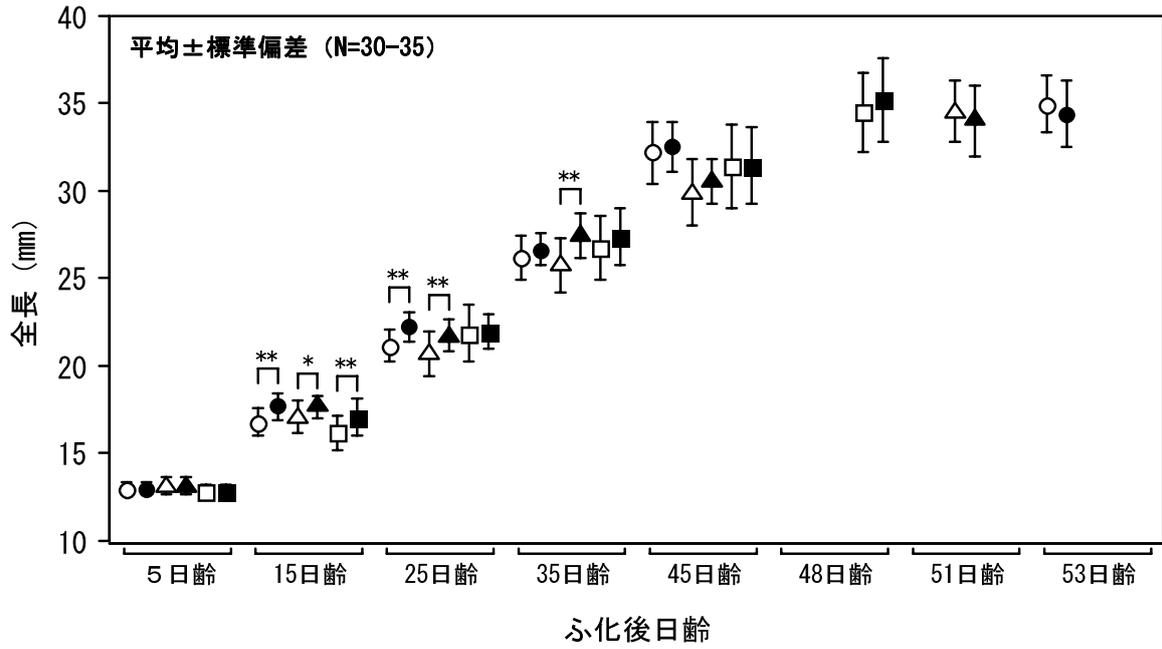


図1 2002年度種苗生産におけるハタハタの成長

○ 14-1.a ● 14-2.a △ 14-1.b ▲ 14-2.b □ 14-1.c ■ 14-2.c  
 \* :  $p < 0.005$   
 \*\* :  $p < 0.001$

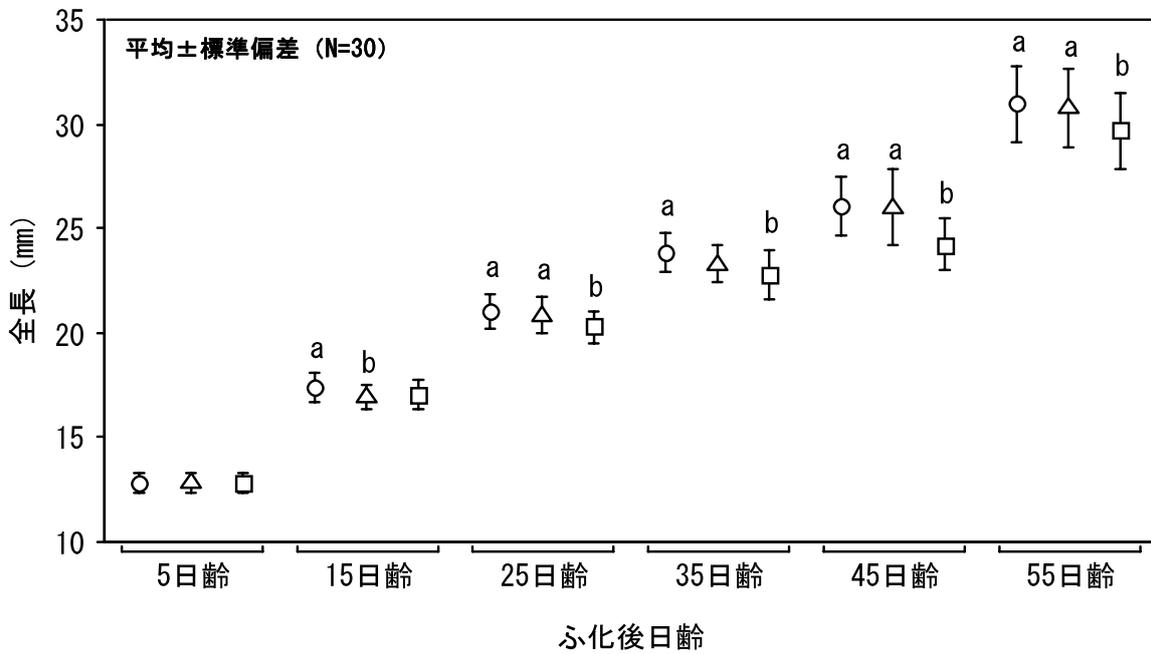


図2 2003年度種苗生産におけるハタハタの成長

○ 15-1 △ 15-2 □ 15-3  
 ( $p < 0.05$ ; Tukey-Kramer 法,  $a > b$ )

成長の遅れが認められたが、全区とも生残に顕著な差は見られず、85%前後の高い値であった(図2,表1)。以上の結果、収容密度4,000尾/kℓ程度では成長・生残にほとんど影響なく、5,000尾/kℓ以上の密度においては成長が若干劣るものの、取り上げサイズまでの飼育成績は遜色ないことが実証された。平均の種苗単価は、15-1が3.79円、15-2が2.96円、15-3が2.33円および15-4が4.05円となり、高密度飼育により種苗量産の効率化を図ることが可能であった(表2)。また、全体の平均種苗単価は3.28円となり、2002年度実績の5.08円(3.74~7.65円)よりも顕著なコスト軽減となった。

**2004年度(H16)** 試験の目的は、成長促進とコスト軽減とし、収容密度と餌料系列別飼育を検討した。実験区は、前年度までに良好な飼育成績が得られた餌料系列(飼育初期には生物餌料のみ、後期に配合飼料を主体給餌する)で高密度の4,500尾/kℓ区(16-1)を基準に、飼育中期に灯火採集した天然プランクトンを併用給餌する従来密度の3,000尾/kℓ区(16-2)と高密度の4,500尾/kℓ区(16-3)を設けた(表1)。なお、天然プランクトンの採集量と組成は既報<sup>3)</sup>とほぼ同様であった。収容密度別の事例を比較したところ、従来密度の3,000尾/kℓで飼育した16-2が高密度4,500尾/kℓの16-3よりも一貫して成長・生残とも優れた。餌料系列別の事例を比較したところ、天然のプランクトンを併用した16-3が従来区の16-1よりも30日齢までの初期成長(16-3:23.3mm>16-1:21.2mm,  $p<0.05$ )と取り上げ時の生残が優れた。以上の結果、4,500尾/kℓの高密度でも餌料系列次第では成長・生残に影響することなく、遜色ない飼育成績が得られることが実証された。このことは、管理する生簀網面数の削減、すなわち作業量の軽減に有効であると考えられる。種苗単価の平均値は、16-1が3.12円、16-2が3.27円、16-3が2.60円となり、天然プランクトンを併用給餌することにより効率的な飼育が可能であった。また、全体の平均種苗単価は3.00円となり、2002、2003年度実績(平均5.08, 3.28円)よりも、さらなるコスト軽減となった。以上のことから、飼育初期~中期における生物餌料主体の餌料系列は合理的かつ効率的であることが示された。

**2005年度(H17)** 前年度までに得られた結果をもとに、さらなるコスト軽減を目的とした高密度飼育の実証試験を行った。飼育事例として、前年度までに良

好な飼育成績が得られた餌料系列(飼育初期には生物餌料のみ、後期に配合飼料を主体給餌する)で収容密度5,000尾/kℓの区を3例(17-1~17-3)設けた(表1)。本年度はさらなる省力化のため、アルテミア幼生の給餌を削除し、その代替として市販の小型冷凍コペポータ(300~800 $\mu$ m)を用いた。取り上げ時の平均全長に差は認められなかった。一方、生残には開きがあったものの(74.5~90.7%)、平均生残率は84.3%となり高密度条件下ながらも良好な成績をおさめた。1例(17-3)のみ生残率が74.5%と低くなった原因として、生簀網への収容に時間がかかりすぎたため、仔魚の活力が低下し、収容翌日までに約20%が減耗したことが挙げられる。種苗単価の平均値は2.53円(2.33~2.84円)となり、2002年度実績(平均5.08円)の1/2以下まで軽減できた(表2)。

## ま と め

以上、長年にわたり集積された多くの知見と4年間の試験研究により、ハタハタの種苗生産技術はほぼ確立したと思われる。生産コストに関しては、餌料費は削減困難であるものの、人件費は作業工程の見直しにより削減できる点も多く、検討の余地がある。現在、当栽培センターではマダラ種苗生産においても本飼育手法の応用を試みており、今後はさらなる低コスト・省力化が期待される。

## 文 献

- 1) 島 康洋(1991)海上小割網生簀を利用したハタハタの種苗生産について. 第4回ハタハタ研究協議会報告, 日水研, 新潟, 32-35.
- 2) 森岡泰三・堀田和夫(2001)海洋深層水で飼育されたハタハタの成熟と産卵. 海洋深層水研究, 2, 65-71.
- 3) 森岡泰三(2002)プランクトン蝸集ランプを設置した海面網生簀におけるハタハタ仔稚魚の食性. 日水誌, 68, 526-533.
- 4) 日本栽培漁業協会(2002)栽培漁業技術シリーズ No.8「ハタハタの生物特性と種苗生産技術」
- 5) 中川雅弘・大河内裕之・有瀧真人(2006)クロソイの種苗単価の試算. 栽培漁業センター技報, 5, 28-33.

## ホシガレイ種苗生産における少換水飼育の有効性について

兼松正衛<sup>\*1</sup>・熊谷厚志<sup>\*2</sup>・太田健吾<sup>\*1</sup>・島 康洋<sup>\*1</sup>

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

ホシガレイ *Verasper variegatus* はカレイ目魚類の中では比較的大型種で、体長60cmに成長し<sup>1)</sup>、自身で美味なうえに希少なため市場価値が高い。瀬戸内海ではヤマブシ、キビガレイ等と呼ばれており、主に伊予灘および燧灘で冬から春に底引き網で漁獲されるが、その量は年間で1トン未満<sup>2)</sup>と少ないため、地元市場に出回することはほとんどない。栽培漁業や養殖の対象種として注目され各地で種苗生産に取り組まれているものの、これまでの種苗生産事例では安定した飼育成績が得られておらず、健全な種苗の飼育技術が確立できていない。

伯方島栽培技術開発センター（以下、伯方島センター）では1996～2004年まで種苗生産技術の開発に取り組んできた。9年間の試験では保有親魚の自然排卵個体数が少なく<sup>3)</sup>、まとまったふ化仔魚が安定的に確保できない状況が続いたため、2 kℓ水槽を用いて通算27回の飼育試験を行った。当初の飼育技術は不安定で、生産尾数は図1に示したように1万尾程度であったが、取り組み最終年の2004年には6回の飼育試験で約5万尾（全長25～30mm、生残率約60%）の着底種苗を生産した。

本報では、これまでの飼育結果<sup>4-10)</sup>を分析し、本種では換水率を少なくすることが有効な飼育手法であるとの知見を得たので報告する。

### 材料と方法

**供試魚** 採卵用の親魚は、主に愛媛県西条市河原津漁協所属の小型底引き網漁船によって燧灘で漁獲された天然魚を伯方島センターの陸上水槽（7 kℓおよび14 kℓ角形コンクリート水槽）に収容して自然水温条件下で養成した。飼育試験に供したふ化仔魚は、1～5年間養成した親魚から自然成熟およびホルモン（LHRHa コレステロールペレット）処理した個体を選別して人工授精で得た受精卵から得た<sup>3)</sup>。また2003年の試験区1では、宮古栽培漁業センター（以下、宮古センター）より受精卵を輸送して試験に供した。2003年と2004年は、表皮増生症の防除を目的として受精卵の胞胚期にヨード剤（水産用イソジン液10%；明治製菓）50ppm濃度で15分の薬浴を行った。

**試験区の設定** 試験区の概要を表1に示した。試験は、飼育初期の換水量を水槽容量の100%量/日以下

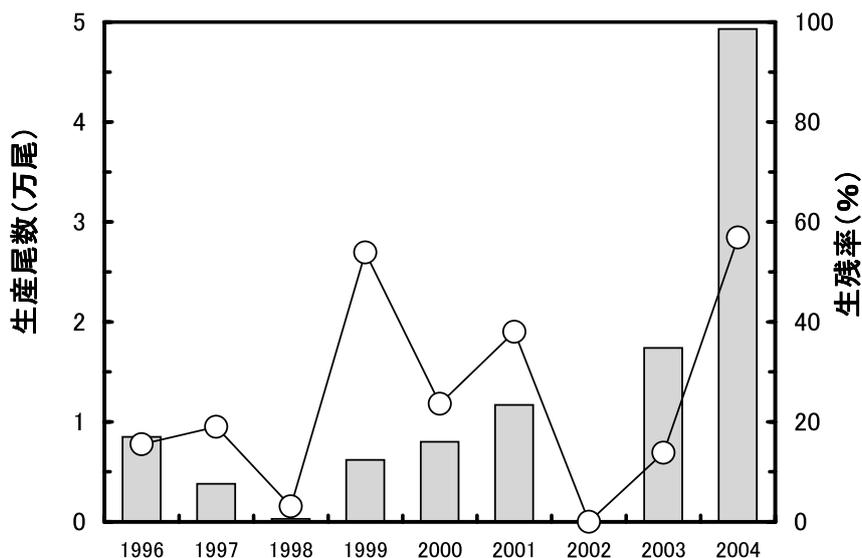


図1 伯方島センターにおけるホシガレイの種苗生産尾数と生残率の推移

■ 生産尾数 ○ 生残率

にした期間の長さにより、多換水飼育と少換水飼育を設定した。日齢30までの換水率の設定を図2に示した。多換水飼育試験では、日齢6まで止水、日齢20前後まで100%/日以下を維持し、その後徐々に換水率を増加して130%/日とした。少換水飼育試験では日齢8までを止水とし、その後段階的に換水量を増加させて40~50%/日程度とし、45日前後（全長15~19mm）まで100%/日以下を維持した。

多換水飼育試験では、2002年と2003年にそれぞれ4試験区（1~4区）ずつを設けた。2002年は水温を18℃（1区と4区）、20℃（2区）および22℃（3区）に、2003年は15℃（2区）、18℃（1区と3区）および21℃（4区）を設定し、飼育水温の影響を比較した。少換水飼育試験では、2003年に4試験区（5~8区）、2004年に6試験区（1~6区）を設けた。飼育水温は、2003年は4試験区とも17℃、2004年は6試験区とも16℃に設定した。

なお、2001年以前の試験は飼育方法が大きく異なること、データの記録が不十分であることからここでは除外した。

なお、配合飼料の給餌を開始した日齢33~42から、各試験区とも水質悪化を防止するため換水率を最大320%/日まで急速に増加させた。

**飼育方法** 飼育方法の概要を表1に示した。飼育水槽は屋内の2kℓ円形FRP水槽（直径1.8×深さ1m）

を使用した。飼育用水は砂ろ過後に紫外線殺菌処理（フロンライザー 4DL；千代田工販）を行い、温水循環によりふ化時の自然水温（10~11℃）から約7~20日間かけて設定温度（16~21℃）まで加温した。加温は、急激な温度変化を避けるため1日当たりの昇温の幅をふ化から開口（日齢6~7）まで0.5℃以内、開口以降は1℃以内とし、午前と午後の2回に分けて設定水温まで加温した。また、全個体が着底後は伯方島センター地先の自然水温（14~15℃）に近づけるため、1日当たり1℃以内の範囲で低下させた。

水面照度は、200~300lx程度を維持するように40W蛍光灯を用いて調整した。点灯時間は、2002~2003年は11時間（7:00~18:00）、2004年は日間摂餌量を増やす目的で14時間（5:00~19:00）または16時間（4:00~20:00）とした。

通気は水槽中央部に設置したエアストーン1個で行い、通気量は約1ℓ/分とした。さらに、水面への仔魚の蝟集を防ぐため、壁面にエアリフト（直径75mm塩ビVUパイプ製）2個を設置し緩やかな回転流を発生させた。

水槽底面の汚れが目立ち始める日齢10頃より底掃除を開始し、排出された死亡魚の計数を行うとともに、活力の良い個体は回収して水槽へ再収容した。試験区によっては全長8mm前後から水腫症個体が観察されたが、罹患個体はピーカー等で取り除き、計数後に塩

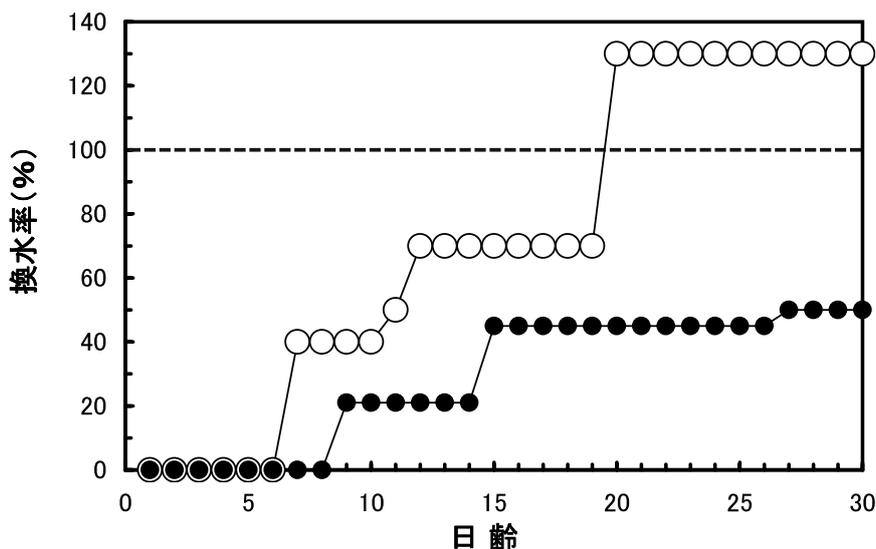


図2 ホシガレイ換水比較試験における1日あたり換水率の設定（飼育初期30日間）

—○— 多換水飼育区 —●— 少換水飼育区

表1 ホシガレイ換水比較試験の設定および飼育方法

年	試験区	換水率100%/日 以下の期間 (日間)	飼育水温 (℃)	蛍光灯 点灯時間 (時間)	飼育水への 添加 *1	生物餌料の栄養強化剤*2	
						L型ワムシ	アルテミア
多 換 水 飼 育	2002	1	16	11	C2	C2	D
		2	21	20	11	C2+N	〃
		3	16	22	11	C2	〃
		4	21	18	11	N	〃
	2003	1	18	18	11	C2	〃
		2	19	15	11	〃	〃
		3	19	18	11	〃	〃
		4	19	21	11	〃	〃
少 換 水 飼 育	2003	5	41	17	C1+C2	〃	〃
		6	40	17	11	C2	〃
		7	42	17	11	C2+R	〃
		8	42	17	11	C1+C2	〃
	2004	1	44	16	14-16	N	B
		2	41	16	14-16	〃	〃
		3	43	16	14-16	〃	〃
		4	47	16	14-16	〃	〃
		5	39	16	14-16	〃	〃
		6	41	16	14-16	〃	〃

\*1: 略号 C1: 淡水クロレラ (クロレラ工業: 生クロレラ V12), C2: 同 (同: スーパー生クロレラ V12),  
N: ナンノクロロプシス (ヤンマー: ヤンマリン K-1あるいは東海澱粉: マリーンプレッシュ),  
R: 貝化石粉末 (グリーンカルチャー: リバイタルグリーン)

\*2: D: 油脂製品 (DH Ace: オリエンタル酵母工業), B: 油脂製品 (クロレラ工業: バイオクロミス)

素で処分した。死亡尾数と水腫症で除去した尾数は、前日の推定生残尾数で除して日間死亡率とした。

日齢54~64にはほぼ全個体の変態完了 (着底) と配合飼料の摂餌を確認し、全数を取り上げた。2003年は、糸状に伸びる粘性細菌 (通称, バクテリア・フロック) による減耗防除のため、着底期前 (全長15mm 前後) に取り上げて生け簀網 (1m 角のモジ網) に移動し、着底終了まで飼育した。

**餌料** 餌料にはL型ワムシ *Brachionus plicatilis* (以下, ワムシ), アルテミア *Artemia salina* のふ化幼生 (以下, アルテミア) および市販配合飼料を用いた。各餌料の給餌基準は、ワムシが開口 (全長6.5mm) 前後から14~15mm までの25~30日間, アルテミアは全長8mm 前後から18~28mm までの22~45日間, および配合飼料は全長15mm 前後から28mm (取り上げ) までの23~26日間とした。

給餌方法は、ワムシでは飼育水中の密度が5~10個/mlとなるよう1~2回/日給餌した。アルテミアは当日中に仔稚魚が食べ切る量を与え、翌朝の残餌状況により給餌量を調整した。配合飼料は約1時間おきに5~10回/日, 1回当たり2~6gを給餌した。

ワムシとアルテミアは市販の栄養強化剤 (スーパー生クロレラ V12, バイオクロミス; クロレラ工業。DH Ace; オリエンタル酵母工業) により強化した。

強化方法は、ワムシではスーパー生クロレラ V12 (100~200ml/1億個体) で14~19時間, バイオクロミス (20g/1億個体) で6~9時間とした。アルテミアでは, DH Ace (40~80ml/1億個体) で6~19時間, バイオクロミス (100g/1億個体) で6~9時間とした。さらに給餌1時間前にニフルスチレン酸ナトリウム (水産用エルバージュ 10% 顆粒; 上野製薬) 5~10ppm で薬浴を行い、紫外線殺菌処理海水で十分に洗浄後給餌した。

配合飼料の給餌は、ワムシの給餌終了 (全長15~18mm, 変態期) とともに開始し、粒径および給餌量は稚魚の成長に合わせて徐々に増加させ、併せてアルテミアの給餌量を低減した。

**飼育水への添加物** ワムシの給餌期間中には、飼育水に市販のナンノクロロプシス (ヤンマリン K-1; ヤンマーおよびマリーンプレッシュ; 東海澱粉) あるいは淡水クロレラ (スーパー生クロレラ V12および生クロレラ V12; クロレラ工業) をそれぞれ50~200万細胞/mlの密度で添加した。2003年の7区 (少換水飼育) では、日齢14~34に水質の安定を目的として貝化石粉末 (リバイタルグリーン; グリーンカルチャー) を4~15g/kℓ/日添加し、取り上げまで底掃除は行わなかった。

## 結 果

試験結果の概要を表2に示す。

**多換水飼育試験** 2002年の試験では、各試験区とも日齢12頃（全長7mm前後）より水流に対して定位できずに横転し流される個体が出現し、日齢13～15に著しく減耗したため飼育を中止した。衰弱個体の症状から表皮増生症様の疾病が疑われたが、病原ウイルスおよび細菌は確認できなかった（広島大学および上浦栽培漁業センターで検査）。4区では、前試験に飼育水に添加した淡水クロレラ（スーパー生クロレラV12）が水質を悪化させたと考えてナンノクロロプシス（ヤンマリンK-1）に切り替えたが、1～3区と同様に日齢16（全長7.5mm）から大きな減耗が見られたため飼育を中止した。

2003年の試験では、1区（18℃）で日齢13～17（全長7mm）に大きな減耗がみられ、日齢20で飼育を中止した。2～4区では日齢17頃（全長7～8mm）に日間死亡率10～15%に達する大きな減耗が発生し、さらに日齢30頃（全長10～13mm）に水腫症により5～13%/日が死亡した。着底前の日齢41に生残尾数を取り上げたところ、2区（15℃）が2,400尾（生残率14.0%、

平均全長14.5mm）、3区（18℃）が2,500尾（同14.5%、15.1mm）、4区（21℃）が700尾（同4.1%、15.6mm）であった。これらの個体は、生け簀網に再収容して飼育を継続した。さらに、2区では日齢56頃（全長20mm）に糸状の粘性細菌が大量発生して稚魚の体表や鰓に絡まり、日間死亡率4～11%の減耗がみられた（図3）。その後、換水量の増加と底掃除の徹底により粘性細菌の増殖は終息したが、着底が完了した日齢62～64の生残率は8%程度であった。

成長については、2、3区ともほとんど変わらず、日齢30で平均全長10mmとなった。

**少換水飼育試験** 2003年の5～8区では、各試験区とも日齢17頃まで減耗がみられ、さらに日齢17～22（全長7～9mm頃）から発生した水腫症により大きく減耗したものの、日齢54～64に平均全長22.5～23.9mmで938～6,192尾（生残率10.7～45.2%）の種苗を取り上げた。

成長については4試験区ともほぼ同じで、日齢27前後で平均全長10mmになった。

2004年の1～6区では、飼育初期の日間死亡率は1～3%と比較的軽微に推移した。日齢30頃（全長15mm）に水腫症の発生がみられたが、発生率は0.4

表2 ホシガレイ換水比較試験結果の概要

年	試験区	収容尾数 (尾)	飼育日数 (日)	取り上げ						備考		
				日齢30までの 平均換水率 (%/日)	平均全長 (mm)	生残尾数 (尾)	生残率 (%)	眼位正常率 (%)	水腫症*1 発生率 (%)			
多換水 飼育	2002	1	18,400	16	—	7.1	飼育中止			減耗要因は不明		
		2	18,400	21	—	8.9	〃			〃		
		3	18,400	16	—	7.2	〃			〃		
		4	23,500	21	—	8.0	〃			〃		
		2003	1	17,100	18	—	8.2	〃			〃	
			2	17,200	64	69	23.5	1,436	8.3	100	6.6	一次飼育(41日間、着底前)の生残率は15℃区14.0%、18℃区14.5%、21℃区4.1%
			3	17,200	62	69	23.4	2,760	8.0	98.5	0.0	
			4	17,200			(着底前に取り上げて試験区3と統合)					
	合計		147,400				4,196	2.8				
少換水 飼育	2003	5	17,500	64	61	23.9	2,281	13.0	95.7	7.0		
		6	17,500	63	48	22.7	3,841	21.9	93.9	8.0		
		7	8,800	56	53	22.6	938	10.7	100	6.0		
		8	13,700	54	34	22.5	6,192	45.2	89.5	1.7		
		2004	1	10,500	62	24	27.1	5,662	53.9	75.7	1.1	
			2	10,300	59	24	27.9	5,630	54.7	80.6	5.4	TL7.8mmより水腫症増加
			3	19,500	62	24	27.7	10,313	52.9	89.8	1.0	
			4	7,400	61	22	26.3	3,191	43.1	92.2	0.4	
			5	19,000	58	27	29.0	10,316	54.3	89.2	21.4	TL11mmより水腫症増加
			6	20,000	57	29	25.4	14,236	71.2	75.0	11.5	〃
	合計		144,200				62,600	43.4				

\*1：皮下、消化管、腹腔部に液体が貯留して正常な遊泳が困難となり浮上横転。広島大学および上浦センターにおいて2002～2004年にウイルス・細菌検査を実施したがいずれも検出されず、原因不明であった。

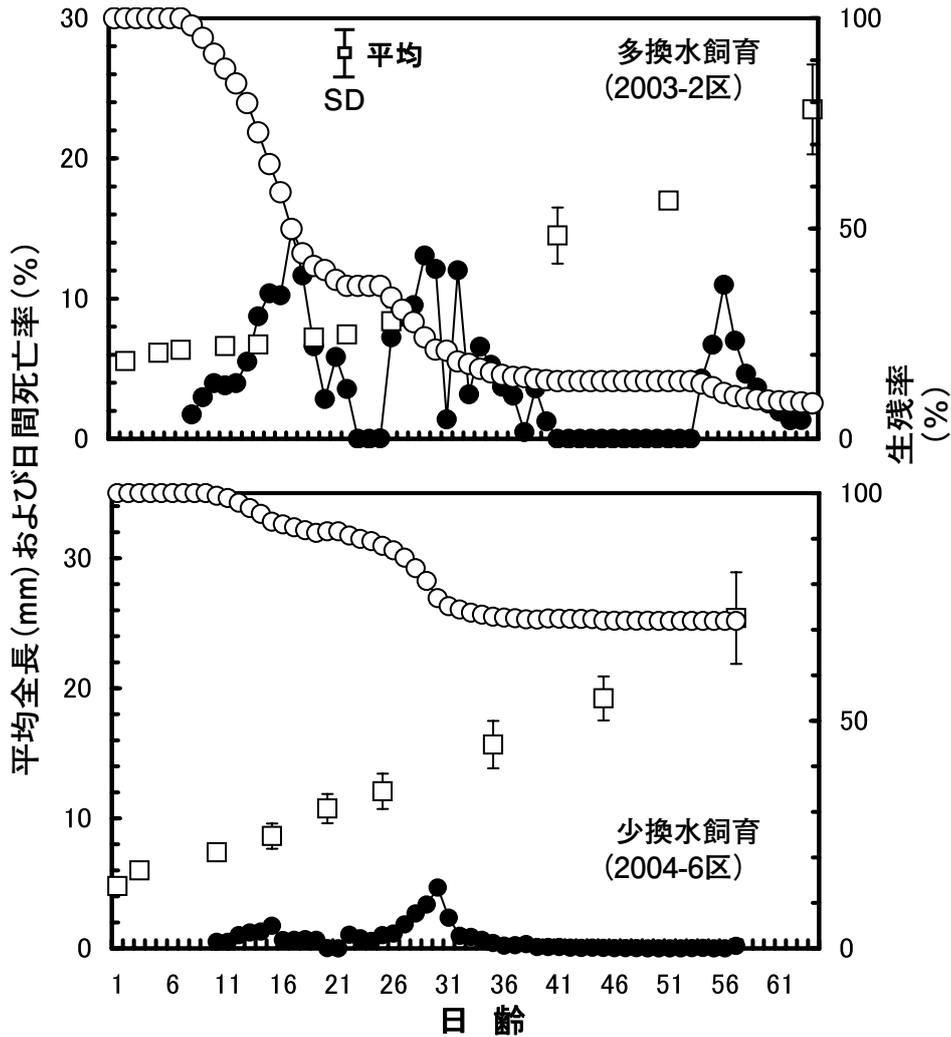


図3 換水比較試験におけるホシガレイの成長と生残・日間死亡率の推移

● 日間死亡率 □ 全長 ○ 生残率

～21.4%と試験区間で大きく異なった。本試験区では安定した生残，成長が得られ（図3），日齢57～62日に平均全長25.4～29.0mmで3,191～14,236尾（生残率43.1～71.2%），合計49,348尾（通算生残率56.9%）の種苗を取り上げた。生産した種苗の眼位正常率は75.0～92.2%とやや低かった（表2）。

成長については点灯時間を14～16時間にしたことにより6試験区とも順調に推移し，日齢20で平均全長10mmになった。

### 考 察

多換水飼育試験では2002～2003年に8試験区行った

が，種苗が生産できたのは2試験区のみであり，生残率は8%程度と低かった。一方，少換水飼育試験では2003～2004年に10試験区を行い全ての区で生産でき，平均生残率は43.4%（10.7～71.2%）であった。また成長は少換水飼育で早く，ふ化から全長10mmまでに要した期間は多換水飼育（照明時間11時間）の30日間に対して，照明時間11時間の場合27日間，同14～16時間の場合20日間程度であった。

本種の種苗生産では，減耗が発生したステージは大きく分けて開口から全長7mm前後の飼育初期（第1期），全長8～15mm前後の変態期（第2期）および着底期である全長18mm以降（第3期）の3つに分けられた。第1期では，減耗は少換水飼育で少ない傾向

が認められ、換水量を減らしたことで水質の急激な変化が減少し、仔魚に適した環境になったのではないかと考えられた。また、全長10mmまでの成長も少換水飼育で良好であったことから、換水量の多寡は摂餌状況にも影響していると考えられた。

第2期の減耗は水腫症の発生が主な原因であり、発生率は少換水飼育の2004年-5区で21.4%、多換水飼育では2003年-2区で6.6%と最も高かった。このため、両試験区は日間死亡率もそれぞれ6.1%、13.1%と最も高くなった。2002年に行った4試験区でも本症が原因で全滅したと考えられたが、ウイルスや細菌は検出されなかったことから、栄養面や飼育環境面に由来する代謝異常（窒素ガス病を含む）の可能性も考えられた。

少換水飼育（2004年の1～6区）の効果は本種と同属のマツカワでも認められており、日齢13（摂餌開始）の仔魚では給餌後8時間止水状態に置いた場合の摂餌率と飽食率はほぼ100%であった。マツカワ仔魚では、飼育水中のナンノクロロプシス濃度が40万細胞/ml以上で摂餌が促進されるが、換水によりナンノクロロプシス濃度が低下した場合は摂餌量が急減し、給餌後の止水が2～4時間の場合には8時間経過しても60%以上の個体で摂餌が認められず、この傾向は日齢20でも同様である<sup>11)</sup>とされている。2004年の生残率が好調であった原因として、少換水飼育に併用して行った生物餌料の栄養強化、飼育水中へのナンノクロロプシス添加および14～16時間の照明延長に効果があったと考えられた。

第3期の減耗要因は、2003年の2区で顕著にみられ

た糸状の粘性細菌によるものがほとんどであった。これは主に配合飼料の残餌や糞等の有機物質が原因菌の増殖を誘因しているものと考えられ、底掃除の徹底や移槽、換水量の大幅な増加（最大320%/日）により対処が可能であった。したがって、着底期以降は少換水飼育に拘らず換水量を増やす必要がある。

生産に至った12試験区では、日齢30までの平均換水率と取り上げ時の生残率とは負の相関が認められ（図4）、浮遊期には換水率を下げるのが有効な飼育手法であるといえる。一方、仔稚魚の成長を見ると、宮古センターでは飼育水温18℃で61日間の飼育を行い、平均全長42.6mm（取り上げ時密度3,000尾/kl）の成長を得ている<sup>13)</sup>が、伯方島センターでは最も良い例でも58日間の飼育で同29.0mm（同5,158尾/kl）であった。健全な種苗の生産技術には成長速度の向上、水腫症の防除手法および眼位異常や体色異常の防除など、まだ多くの課題が残されている。

## 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. 東海大学出版会.
- 2) 加藤利弘 (2002) 放流技術の開発(5)愛媛県. ホシガレイ栽培漁業技術開発推進検討会報告書, 日裁協・協会研究資料, No.81, 70-74.
- 3) 兼松正衛・太田健吾・島 康洋 (2004) ホシガレイの成熟・排卵に及ぼす LHRHa の投与効果について. 栽培漁業センター技報(平成15年度), 4-7.

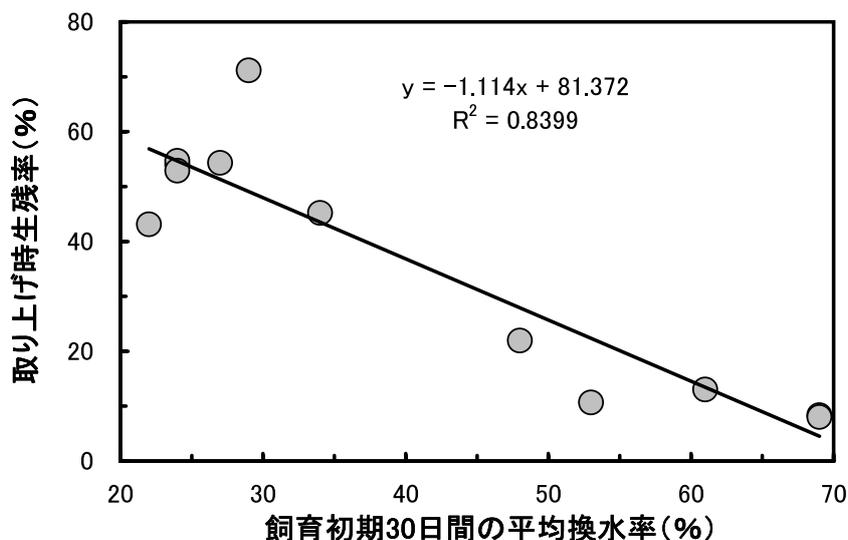


図4 ホシガレイ換水比較試験における飼育初期30日間の平均換水率と取り上げ時の生残率の関係

- 4) 岡 雅一 (1999) N-1ホシガレイ(2)伯方島事業場. 日本栽培漁業協会事業年報(平成9年度), 250-251.
- 5) 岡 雅一 (2000) N-1ホシガレイ(2)伯方島事業場. 日本栽培漁業協会事業年報(平成10年度), 265-266.
- 6) 熊谷厚志 (2001) L-1ホシガレイ(2)伯方島事業場. 日本栽培漁業協会事業年報(平成11年度), 235-237.
- 7) 熊谷厚志 (2002) 9 伯方島事業場 2(2)ホシガレイの種苗生産技術開発. 日本栽培漁業協会事業年報(平成12年度), 214-216.
- 8) 兼松正衛 (2003) 9 伯方島事業場 2(2)ホシガレイの種苗生産技術開発. 日本栽培漁業協会事業年報(平成13年度), 245-246.
- 9) 兼松正衛 (2003) 9 伯方島事業場 2(2)ホシガレイの適正飼育水温の検討. 日本栽培漁業協会事業年報(平成14年度), 239.
- 10) 兼松正衛 (2003) 9 伯方島事業場 2(2)適正飼育水温の検討(ホシガレイ). 日本栽培漁業協会事業年報(平成15年度), 96.
- 11) 萱場隆昭・杉本 卓・佐藤敦一 (2002) マツカワ仔魚の初期摂餌及び生残に及ぼすナンノクロロプシス *Nannochloropsis oculata* 添加飼育の影響. 北水試研報, **63**, 55-63.
- 12) 津崎龍雄 (1995) ホシガレイの種苗生産の現状と問題点. 水産増殖, **43**, 273-276.

## クエ種苗生産における量産化に向けた各種指標の提唱

本藤 靖・中川雅弘・服部圭太

(五島栽培漁業センター)

クエ *Epinephelus bruneus* は大型の魚類で商品価値が極めて高いこと、放流後に大きな移動は行わないと推察されることなどから、早くから放流種苗を確保する目的で種苗生産の取り組みが開始された<sup>1,2)</sup>。五島栽培漁業センターでは1981年からクエの親魚養成・種苗生産の技術開発に取り組み、1996年には1万尾を超える種苗の生産に成功した<sup>3)</sup>。近年では、飼育方法等の改善を行ってきた結果<sup>4-8)</sup>、10万尾レベルでの種苗の生産が可能となり、2007年には1水槽で13万尾の生産に成功した。しかし、未だに飼育途中で失敗と考えられる飼育事例もあり、安定したクエの種苗生産技術が確立されたとはいえない。

一般に、種苗生産の成否は、親魚由来の卵質や飼育環境、給餌したワムシの栄養価等および飼育初期の生残率に大きく左右される。そこで本報では、飼育結果の成否を判断する5つの指標（①生残率、②死亡率、③成長、④単位生産尾数および⑤取り上げ時の全長組成）を定め、過去に行った10例の飼育試験について、これらの指標をもとに成否を判断した。その結果、その指標から判断して基準となる飼育が行えたので報告する。

### 材料と方法

**飼育試験** 指標の判定には、2003～2007年にそれぞれ2回ずつ行った飼育試験の結果を用いた。各年とも試験区はそれぞれ2区設け、2003-1区、2004-2区のように表記した。

**飼育方法** 飼育水槽は、2003-1区と2区および2004-2区では60kℓ角型コンクリート水槽（4.3×7.8×2 m）を、2005～2007年は90kℓ 8角形コンクリート水槽（7.2×7.2×2 m）を使用した。飼育水は、2003～2004年はろ過海水をオゾン殺菌装置（荏原実業）で殺菌した海水（殺菌濃度0.3ppm）を、2005年からは海水電解装置（荏原実業）により殺菌処理した海水（殺菌濃度0.3ppm）を用いた。通気のため、2003年と2004年は水槽の四隅に2 mのユニホース（ユニホース：田中三次郎）を、2005～2007年は8角形の全ての辺に2 mのユニホースを設置し、さらに各水槽の中央にエアストーン1個を設置した。60kℓ角型コンクリート水槽では、ふ化時の通気量はユニホースが10 ℓ/分、エアストーンは4 ℓ/分とし、日齢3にはそ

れぞれ3 ℓ/分と2 ℓ/分に低下させた。90kℓ 8角形コンクリート水槽の通気量は、ユニホースが12 ℓ/分、エアストーンは6 ℓ/分とし、日齢3にはそれぞれ3 ℓ/分と2 ℓ/分に低下させた。

卵収容時の飼育水温は23℃とし、開口日に26℃となるように1日1℃ずつ昇温させた。照度管理として水槽上に遮光率70%と90%の寒冷紗を2重に設置し、水面照度が2,000～5,000lxを維持するように調整した。換水は日齢10より水量の10%/日で開始し、日齢30で50%/日、取り上げ時で100%/日前後になるように調整した。貝化石（フィッシュグリーン：グリーンカルチャー）の添加は卵収容時から日齢50まで行い、10g/kℓ量を1日3回散布した。2003年の2区では貝化石を用いなかった。飼育水への淡水クロレラ（スーパー生クロレラV12：クロレラ工業）の添加は日齢3から開始し、30mg/kℓを基準として定量ポンプで連続投与した。

底掃除は日齢25よりサイホン方式により毎日行い、取り上げた死亡個体数は容量法または実数計数で求めた。

**餌料系列と栄養強化方法** 餌料系列（給餌期間）はS型ワムシ（日齢3～16）、L型ワムシ（日齢10～35）、アルテミア（日齢25～50）、配合飼料（日齢30～）を基準とした。餌料の栄養強化は、S型およびL型ワムシでは市販濃縮冷蔵および冷凍ナンククロロプシス（太平洋貿易）を用いて2000万細胞/ml濃度で6～24時間行い、さらにハイパーグロス（1.0 ℓ/kℓ、日清マリンテック）で3～16時間強化を併用した。2003年はスーパー生クロレラV12（太平洋貿易）とマリングロス（日清マリンテック）で行った。アルテミアは、ハイパーグロス（1.0 ℓ/kℓ）で18～24時間の強化を行った。

配合飼料は、おとひめ（B1, B2, C1；日清丸紅飼料）を用いた。

**生残率(指標1)と日間死亡率(指標2)** 日齢10までの生残率および日間死亡率の推定はふ化から2日おきに6回行った。生残尾数の計数には一端にボールバルブを付けた2.5m×直径5 cmの塩ビパイプを用い、夜間に1水槽当たり約12点から約32 ℓを採水し容積法で算出した。生残率は、ふ化（日齢0）時の飼育尾数を基準として求めた。日齢10以降の日間死亡率は、夜間の柱状サンプリングと底掃除で回収された死亡魚数か

ら求めた。なお、日間死亡率は1日当たりの死亡魚を同日の生残尾数で除した割合とした。

**成長(指標3)** 種苗生産過程における魚類の成長を示す指標として、全長、体長、体重などが用いられているが、本報告では全長を使用した。測定は、飼育開始から5~10日ごと計6~7回、各回約20尾を採集して行った。採集した個体はm-アミン安息香酸エチルメタンスルホネート(関東化学)で麻酔後、万能投影機(ニコン)下で0.1mm単位までデジタルノギス(ミットヨ)を用いて測定した。

**単位生産尾数(指標4)** 平均全長が約30mmに達した時点で全個体を取り上げて生残数を求め、これを水槽の実容量で除した値を単位生産尾数とした。

**取り上げ時の全長組成(指標5)** 取り上げ時における各選別群の全長組成を求めた。取り上げた個体は5mm目合いのステンレス製のカゴ(45×35×17cm)で選別し、目合いを通り抜けた個体(以下、5mm目抜け群)と残った個体(以下、5mm目止まり群)の尾数を重量法で算出した。取り上げ時の全長は、各群とも約100尾を測定した。

**飼育結果の成否** 2003~2007年に実施した合計10回の飼育試験について、特に飼育結果が良好と判断した2007-2区を基準とし、5項目の評価指標について種苗生産過程および結果の成否を判断した。

## 結 果

**生残率(指標1)** 10回の飼育試験について、日齢10の生残率を図1に示した。40%以上の生残率が得られたのは2004-1区と2区および2007-2区の3例で、他の試験区は19.3~38.9%の範囲であった。さらに、日齢10と取り上げ時の生残率を比較すると(図2)、日齢10の時点で生残が良かった3例のうち2004-1区と2007-2区で取り上げ時の生残率も25%前後の高い値が得られた。取り上げ時の生残率が低い2003-2区(2.5%)と2006-2区(2.9%)では、日齢10の生残率はそれぞれ19.3%、27.6%であった。

取り上げ時の生残率が8.2%と低かった2004-2区を除くと、日齢10(X)と取り上げ時(Y)の生残率には $Y = 0.6978X - 11.88$  ( $R^2 = 0.726$ )の相関が認められた。

**日間死亡率(指標2)** 2004-1区、2006-2区および2007-1区と2区の日間死亡率を図3に示した。各試験区とも高い死亡率は日齢10までに集中して見られ、その後はなだらかな減耗状態が続いた。日齢30以降は、底掃除で回収した死亡魚から算出した日間死亡率はきわめて小さかった。

**成長(指標3)** 各試験区の成長を図4に示した。日

齢10での平均全長の範囲は3.4~4.3mm、日齢20では5.8~7.4mmとなり、日齢30以降は経過日数に伴い成長差が拡大し、日齢50では22.9~35.7mmであった。

**単位生産尾数(指標4)** 図5に取り上げ時の単位生産尾数を示した。各試験区の単位生産尾数は76~1,576尾であり、試験区間で顕著な差が認められた。単位生産尾数が1,000尾/kℓを超えた試験区は2003-1区と2007-2区で、特に2007-2区では1,576尾/kℓと最も高くなった。

**取り上げ時の全長組成(指標5)** 2004-1区と2007-2区の取り上げ時の全長組成を図6に示した。2004-1区は、日齢52に全長28.0mm(21.2~39.2mm)で取り上げたところ、5mm目合いで選別した抜け群の比率が79.2%でモードは26mmであった。一方、日齢51に平均全長29.3mm(22.9~44.4mm)で取り上げた2007-2区は、選別目合いの抜け群の比率が78.4%でモードは30mmであった。

## 考 察

通常、各魚種の種苗生産の成否を判断する基準としては初期生残率<sup>9-11)</sup>、生産尾数、成長等が用いられている<sup>12, 13)</sup>。しかし、いかに高い初期生残や良い成長量が得られても、生産結果に反映されない場合は問題のある飼育と判断される。このため、安定したクエの種苗量産技術を確立する上で、これまでの飼育結果から判断基準となる指標作りを行うことは非常に重要である。そこで本報では、2003年からの10例の飼育結果を5つの指標で比較した結果、以下の4つの指標に有効性が認められた。

まず、第1の指標とした生残率については、クエの種苗生産では日齢10までに卵質、飼育環境等により初期の生残率が大きく低下する結果が多く見られ、このような飼育例では日齢10と取り上げ時の生残率とに相関が認められた。従って、生残率は飼育の成否を判断する重要な指標であると考えられ、目標値として初期生残率によって飼育の成否を判断する値は概ね40%以上とした。しかし、第2の指標とした日間死亡率は、いずれの試験区とも同様の傾向を示し、指標には適さなかった。

第3の指標とした成長は、クエ種苗の成長は試験区間により差異が認められ、成長差は日齢30以降に顕著となったが、この時期は生物餌料から配合飼料へと移行する時期であり、配合飼料への餌付きの早さが試験区ごとに異なることによるものと考えられた。成長の停滞やサイズ差の拡大は、その後の共食いの原因となることから、稚魚1尾当たりに対し十分量の生物餌料を給餌すること、さらに配合飼料の給餌時期にお

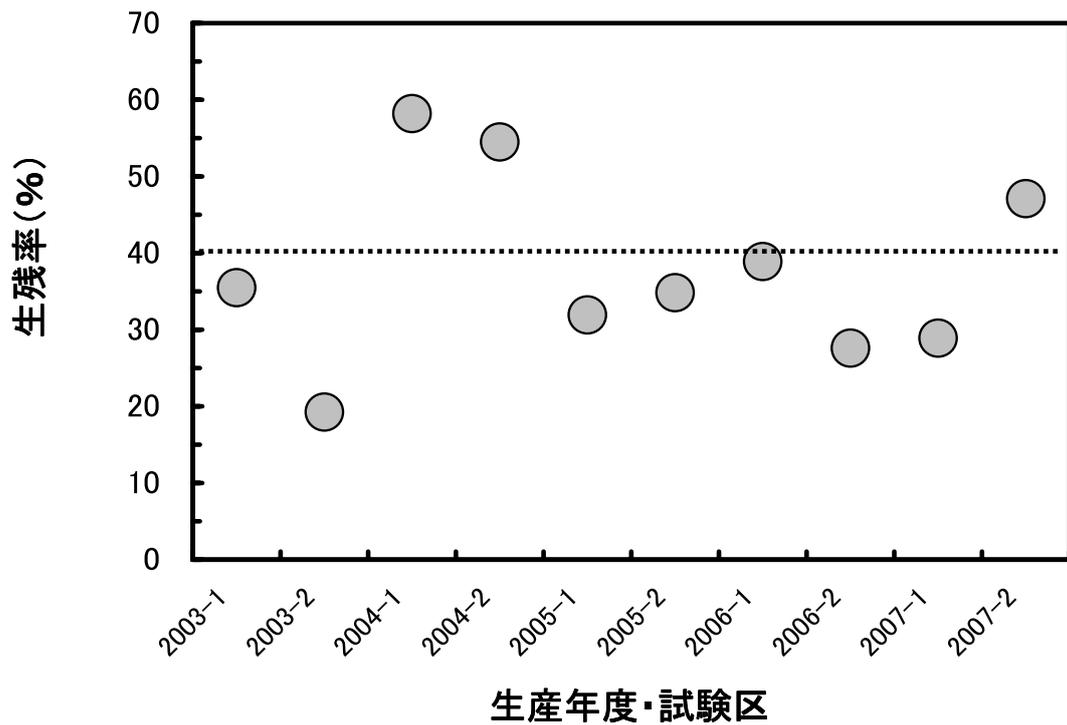


図1 日齢10における生存率の推移

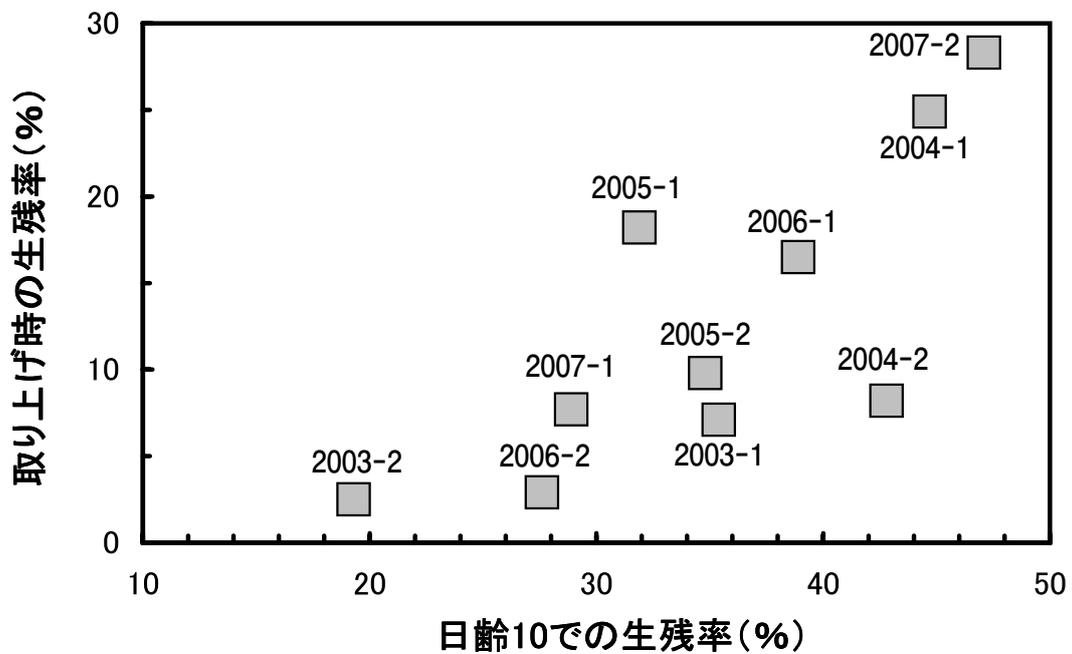


図2 日齢10での生存率と取り上げ時の生存率との関係

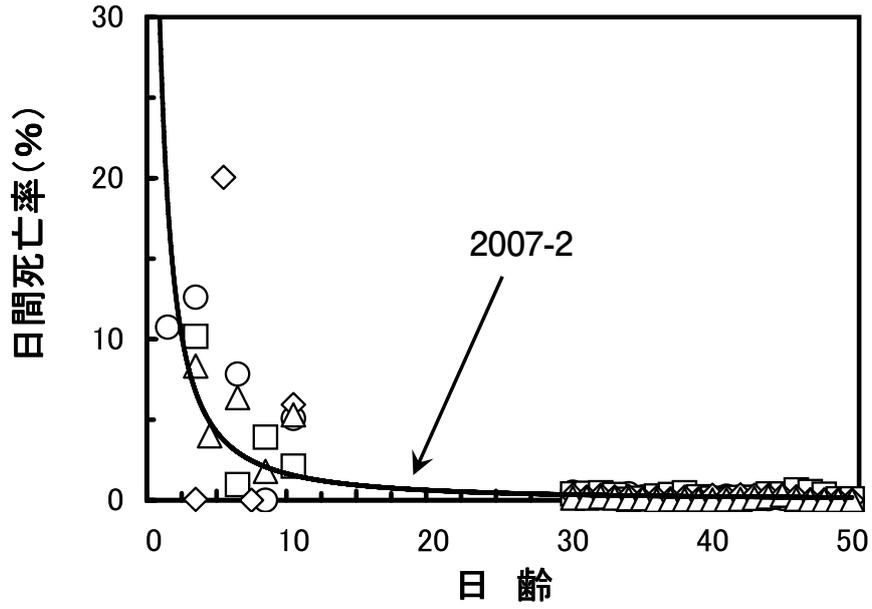


図3 飼育期間中の日間死亡率

○ 2007-1   □ 2007-2   ◇ 2006-2   △ 2004-1

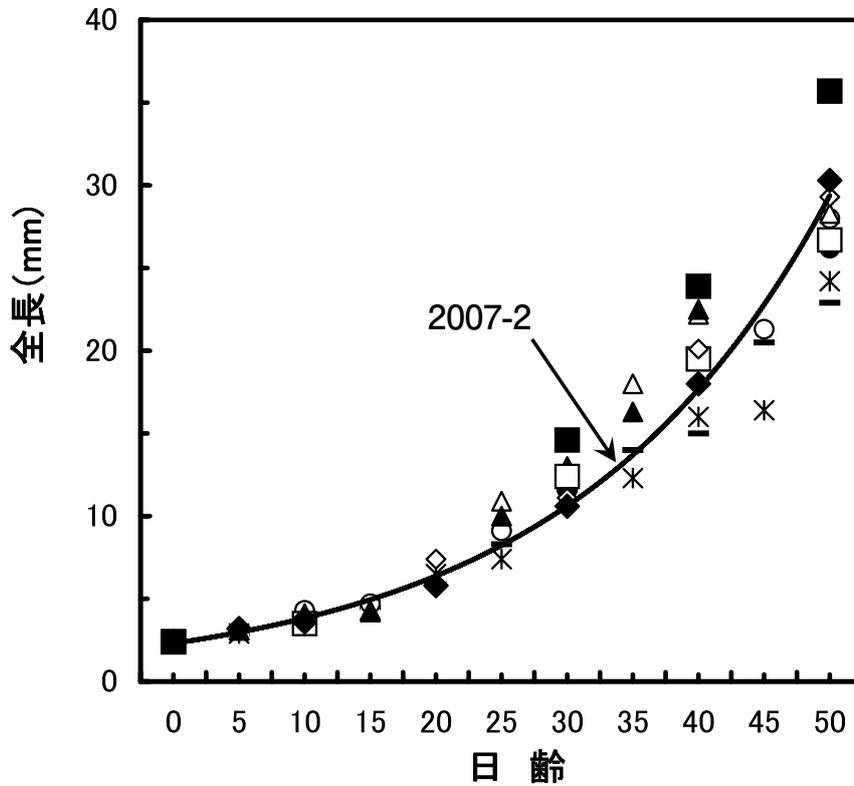


図4 クエの種苗生産における成長の推移

— 2003-1   \* 2003-2   ○ 2004-1   ● 2004-2   △ 2005-1  
 ▲ 2005-2   □ 2006-1   ■ 2006-2   ◇ 2007-1   ◆ 2007-2

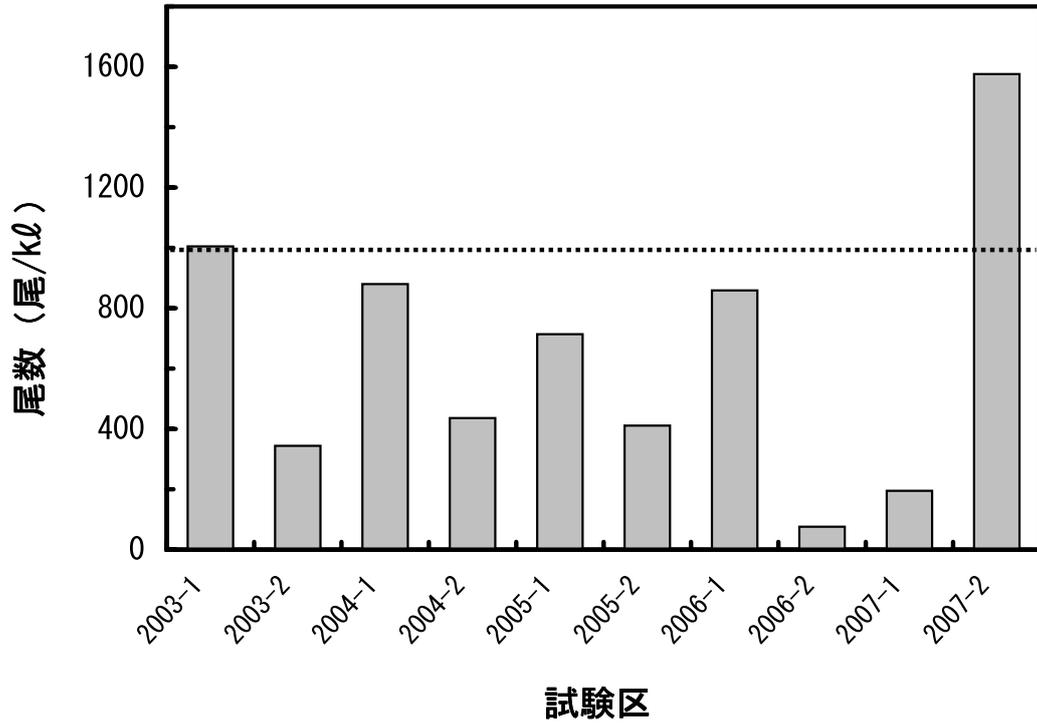


図5 クエの種苗生産における取り上げ時の単位生産尾数

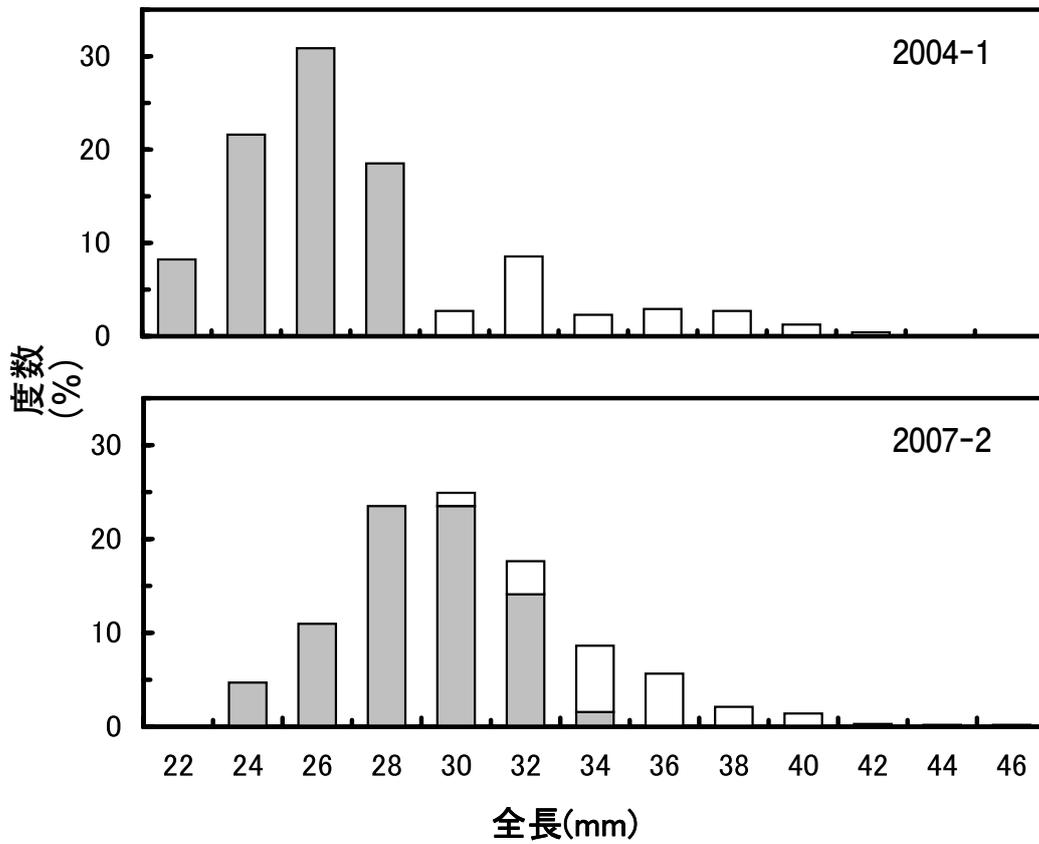


図6 クエの種苗生産取り上げ時の全長組成  
 ■ 5mm目抜け群      □ 5mm目止まり群

いては摂餌や残餌を確認しながらの給餌管理が非常に重要と考えられた。指標とした成長は、平均的な成長を示し他機関の飼育例<sup>6, 14)</sup>と比較しても良好であった2007-2区を基準とし、目標値を日齢10で全長3.6mm、日齢20で全長5.8mm、日齢40で全長18mm および日齢50で全長30.3mmとした。

第4の指標とした取り上げ時の単位生産尾数は、76~1,576尾/kℓと大きな幅が認められたが、生産が安定しているスズキ<sup>15)</sup>では4,533~6,800尾/kℓ(取り上げサイズ全長30mm前後)と高い。また同じハタ類のキジハタ<sup>16)</sup>では1,326~2,043尾/kℓでクエよりやや高い値であった。各試験区および高橋(1,230尾/kℓ)<sup>14)</sup>や照屋(925尾/kℓ)<sup>17)</sup>の結果から、全長30mm時点におけるクエの取り上げ時の単位生産尾数は、飼育が順調であった4試験区の800尾/kℓ以上が妥当な目標値といえるが、本報ではより高い飼育技術の確立と生産の安定化を目標としているため、指標4の目標値を1,500尾/kℓとした。

第5の指標とした取り上げ時の全長組成は、2004-1区では5mm目合いを抜けた個体のうち全長24mm以下の個体(全体の約30%)は、配合飼料には餌付しているが主にアルテミアを摂餌し、取り上げの影響で死亡する個体が見られた。さらに当試験区では、顕著な共食いが観察され日齢40日以降のアルテミアの餌不足、配合飼料の給餌方法等の飼育管理に問題があったと判断された。2007-2区では平均全長が29.3mm、最小サイズは24mmで、取り上げた稚魚は配合飼料にほぼ餌付しており、取り上げ時の全長組成としてはほぼ理想的と判断されたことから、全長組成はクエの飼育の良否の指標になると考えられた。

以上のように、クエの種苗生産の成否には検討した5つの指標のうち4つが利用できることがわかった。飼育のモデルは2007年に行った試験区2とし、基準値として生残率は日齢10で40%以上、成長は取り上げ基準の30mmに達する日齢を50日とした。取り上げ時の単位生産尾数は1,500尾/kℓ、全長の組成は全長30mmを中心とした単峰型である。今後は、今回の4つ指標を基準にして飼育における問題点の抽出と検証を行い、より安定した量産飼育技術の開発を進めて行く。

## 文 献

- 1) 狭間弘学(1999)クエの種苗生産技術開発試験。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, 1-3.
- 2) 桑田 博(1992)種苗生産技術の開発, ハタ類, クエ. 日本栽培漁業協会事業年報(平成2年度), 199-200.
- 3) 塩沢 聡(1996)種苗生産技術の開発, ハタ類, クエ. 日本栽培漁業協会事業年報(平成8年度), 177-180.
- 4) 照屋和久(2002)クエの種苗生産の初期減耗対策. 養殖, 2, 66-69.
- 5) 本藤 靖・照屋和久・高橋 誠(2004)貝化石添加によるクエ種苗生産の有効性. 栽培漁業センター技報, 平成15年度, 52-53.
- 6) 照屋和久・與世田兼三(2006)クエ仔魚の成長と生残に適した飼育条件と大量種苗生産試験. 水産増殖, 54, 187-194.
- 7) 本藤 靖・齋藤貴行・照屋和久・與世田兼三(2005)流速環境の変化がクエ仔魚の摂餌および生残に与える影響. 栽培漁業センター技報, 3, 37-40.
- 8) 小金隆之・兼松正衛(2004)飼育水への貝化石の添加がクエの成長, 生残および水質に及ぼす影響. 栽培漁業センター技報, 2, 17-21.
- 9) 土橋靖史・栗山 功・黒宮香美・柏木正章・吉岡 基(2003)マハタの種苗生産過程における仔魚の活力とその生残に及ぼす水温, 照明およびフィードオイルの影響. 水産増殖, 51, 49-54.
- 10) 手塚信弘・升間主計・小磯雅彦・武部孝行・二階堂英城・井手健太郎(2005)クロマグロ仔魚の初期生残に及ぼす照度と水流の効果. 栽培漁業センター技報, 3, 41-44.
- 11) 本藤 靖・村上直人・渡辺 税・竹内宏行・藤波祐一郎・津崎龍雄(2001)人工授精によるアカアマダイの種苗生産. 栽培技研, 28, 73-79.
- 12) 塩沢 聡・竹内宏行・廣川 潤(2003)カンパチ種苗生産方法の改良. 栽培技研, 31, 11-18.
- 13) 陸谷一馬・中瀬玄徳・柳 秀林(2001)オニオコゼの種苗生産に関する研究-Ⅱ, 流水飼育と循環ろ過飼育. 栽培技研, 29, 1-7.
- 14) 高橋 誠(2002)種苗生産技術の開発, ハタ類, クエ. 日本栽培漁業協会事業年報(平成14年度), 320-321.
- 15) 日本栽培漁業協会(1998)スズキ種苗生産技術開発の現状. 協会研究資料, 73, pp32.
- 16) 福永恭平・野上欣也・吉田儀弘・浜崎活幸・丸山敬吾(1990)日本栽培漁業協会・玉野事業場における最近のキジハタ種苗生産量の増大と問題点について. 栽培技研, 28, 73-79.
- 17) 照屋和久(2002)種苗生産技術の開発, ハタ類, クエ. 日本栽培漁業協会事業年報(平成14年度), 290-291.

## 市販の濃縮淡水クロレラを用いたマダイの「ほっとけ飼育」

島 康洋\*<sup>1</sup>・小磯雅彦\*<sup>2</sup>・友田 努\*<sup>2</sup>・手塚信弘\*<sup>2</sup>・荒井大介\*<sup>3</sup>

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

ヒラメ *Paralichthys olivaceus* の「ほっとけ飼育」は、高密度のナンノクロロブシス（以下、ナンノ）を飼育水槽に添加するとともに採卵当日の受精卵を収容し、ふ化と同時に海産ワムシ（以下、ワムシ）を接種して飼育水槽内でワムシを増殖させる飼育手法で、飼育水槽に添加したナンノがワムシに摂餌されること等により密度が低下した場合は、濃縮ナンノや濃縮淡水クロレラを飼育水槽に添加してワムシの増殖を管理する<sup>1)</sup>。マダイ *Pagrus major* の種苗生産においても、濃縮ナンノと濃縮淡水クロレラを併用した当飼育方法でその有効性が確認され<sup>2)</sup>、量産対象種の飼育作業の省力化やコスト削減に貢献するものと期待されている。

飼育水に添加する植物プランクトンとして、ヒラメの「ほっとけ飼育」が考案された当時はナンノが使用され、通常培養したナンノ（密度2,000~3,000万細胞/ml）を飼育水槽に添加した。しかし、この方法では飼育水槽内のナンノ密度を高く維持することが困難なことから、市販の濃縮冷蔵ナンノが使われるようになり、さらなるコストの軽減化を目的に、濃縮冷蔵ナンノより価格が安い濃縮淡水クロレラを併用する方法<sup>2)</sup>も行われた。一方、近年のワムシ培養技術は、濃縮淡水クロレラの導入<sup>3)</sup>や生産性や安定性に優れた培養法が開発されたこと<sup>4)</sup>で大量培養技術は飛躍的に発展した。本試験ではワムシの培養餌料、栄養強化に頻繁に使用されるようになった濃縮淡水クロレラを単独で、低い密度で添加給餌することで、さらなるコスト軽減の可能性を検討した。

### 材料と方法

**試験区の設定** 試験には3種類の植物プランクトンを用い、高度不飽和脂肪酸を強化した濃縮淡水クロレラ（スーパー生クロレラ V12；クロレラ工業。以下、SV12）を添加するSV12区、ビタミンB<sub>12</sub>を含有した濃縮淡水クロレラ（生クロレラ V12；クロレラ工業。以下、生クロレラ）を添加する生クロレラ区、および能登島栽培漁業センターで培養・濃縮し、冷凍保存したナンノ（以下、冷凍ナンノ）を添加する冷凍ナンノ区の3試験区を設けた。試験期間は、ワムシ単独で飼育することが可能な15日間とした。

**供試卵および仔魚** 供試したマダイ受精卵は、2005年6月14日に石川県水産総合センター能登島事業所で採卵されたもので、浮上卵をポビドンヨード剤（有効ヨウ素濃度50ppm、水産用イソジン液10%；明治製菓）を用いて1分間の洗浄を行ったのち、280g（約84万粒）を秤量して各水槽に収容した。ふ化は翌日の夕方にほぼ終了したことから、6月15日を飼育開始（日齢0）とした。

**飼育方法** 試験には、50kl水槽（実水量約45kl、正8角形水深2m、FRPコーティング）3水槽を用いた。飼育海水は、センター内で砂ろ過した海水を電解殺菌装置（電解バリア ESF-030；荏原実業）で処理して使用した。飼育水温は、収容時の20℃から22℃とした。飼育水槽内の通気は、水槽底側面の50cm上方に設置されている温水加温管の4カ所に固定した長さ50cmのユニホース（ユニホース社）と中央部のエアストーン（直径15mm×30mm）1個により行い、通気量は沈下したゴミが舞い上がらない程度とした。

**餌料と植物プランクトンの添加** 餌料にはS型ワムシ *Brachionus rotundiformis* を用い、各試験区とも日齢2に4億個体（添加密度9個体/ml）を接種した。植物プランクトンは、SV12と生クロレラは1回当たり50万細胞/ml、冷凍ナンノは100万細胞/mlの密度となる量を基準として、日齢2~5は朝1回、日齢6~15は朝夕2回添加した。添加方法は、1回添加では10ℓ量、2回添加では25ℓ量の淡水または海水で希釈して、飼育水槽上面に設置した50ℓポリカーボネイト水槽から2~3時間かけて滴下した。

**飼育環境および成長の測定** 飼育期間中は、水温、pH（pHメーター F-52；HORIBA）、全アンモニア態窒素濃度（吸光光度計 DR2000；HACH）、DO（DOメーター Model55；YSI）、植物プランクトン密度およびワムシ密度を毎朝観察するとともに、収容から5日ごとに容量法による計数（取り上げ時は全数計数）と体長（脊索長）の測定を行った。また、飼育期間中は換水や底掃除は行わなかった。

### 結 果

飼育期間中の水温は、地先海水温の上昇により日齢12以降は23℃を超えた。pHは、ワムシの接種後徐々

に低下して日齢8以降は7.5前後を推移した。DOは日齢0の90%から徐々に低下し、日齢15では65~75%となった。また、全アンモニア態窒素濃度はワムシの接種後から徐々に上昇し、日齢15にはSV12区と生クロレラ区で6ppmに達したが、冷凍ナンノ区では2.7ppmであった。

飼育結果の概要を表1に示した。日齢15までの飼育で、SV12区では平均体長5.84mmで45.9万尾(生残率61.5%)、生クロレラ区では平均体長4.04mmで31.9万尾(46.2%)、冷凍ナンノ区では平均体長5.81mmで62.2万尾(62.2%)を取り上げた。飼育期間中に飼育水に添加した植物プランクトンの量は、SV12、生ク

ロレラが52ℓであり、冷凍ナンノは48kℓ(2,000万細胞/ml換算での水量)であった。

ワムシ接種からの増殖状態をみると(図1)、SV12区と生クロレラ区では日齢6で20個体/ml、日齢10では約60個体/mlと順調に増殖した。しかし、冷凍ナンノ区では増殖が悪く、日齢9まで緩やかに増殖したものの密度は20個体/mlを超えることはなかった。マダイ仔稚魚の成長と生残率(図2)は、日齢5まで試験区間で差は認められなかったが、日齢10以降は生クロレラ区で成長の停滞と生残率の低下が見られた。日齢15では、SV12区と冷凍ナンノ区の体長および生残率は生クロレラ区より有意に高くなった(表1)。

表1 濃縮淡水クロレラを用いたマダイの「ほっとけ飼育」

試験区	ふ化時		日齢15			植物プランクトン 総給餌量
	体長 (mm)	尾数 (万尾)	体長 *4 (mm)	尾数 (万尾)	生残率 (%)	
SV12 *1	2.29±0.07	74.6	5.84±0.63 <sup>a</sup>	45.9	61.5 *5	52 ℓ
生クロレラ *2		69.0	4.04±0.44 <sup>b</sup>	31.9	46.2	52 ℓ
冷凍ナンノ *3		87.4	5.81±0.70 <sup>a</sup>	54.4	62.2 *5	48 kℓ *3

\*1: スーパー生クロレラ V12

\*2: 生クロレラ V12

\*3: 能登島栽培漁業センター産濃縮冷凍ナンノクロロプシス: 2,000万細胞/ml換算水量

\*4: Fisher's 検定, 有意水準0.05 (a > b)

\*5:  $\chi^2$  検定, 生クロレラ区に対して有意差あり。有意水準0.05

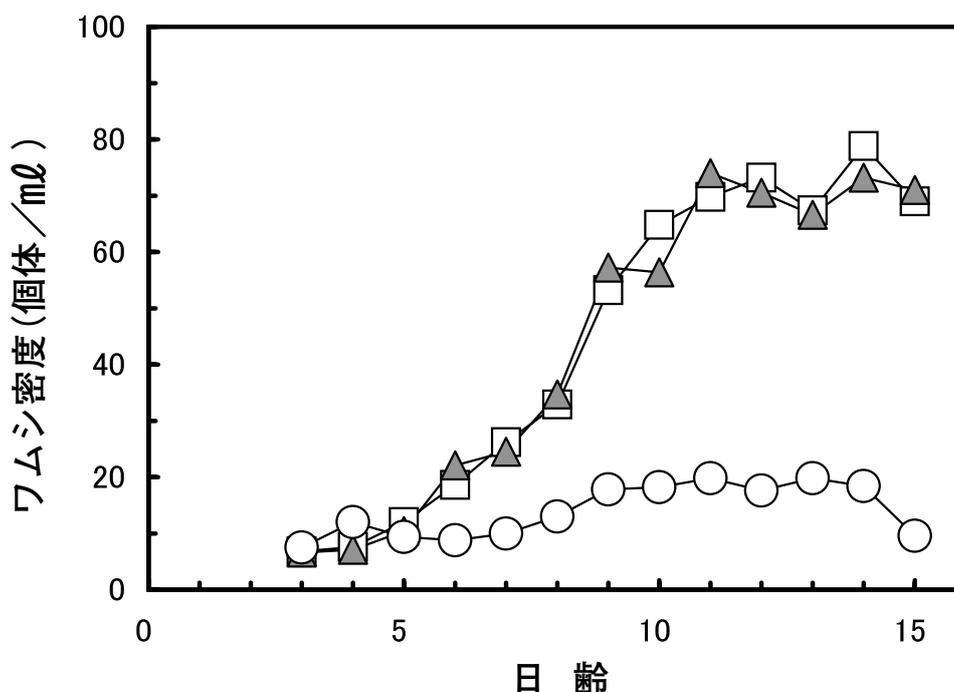


図1 濃縮淡水クロレラを用いたマダイの「ほっとけ飼育」におけるワムシ密度の推移

□ SV12区    ▲ 生クロレラ区    ○ 冷凍ナンノ区

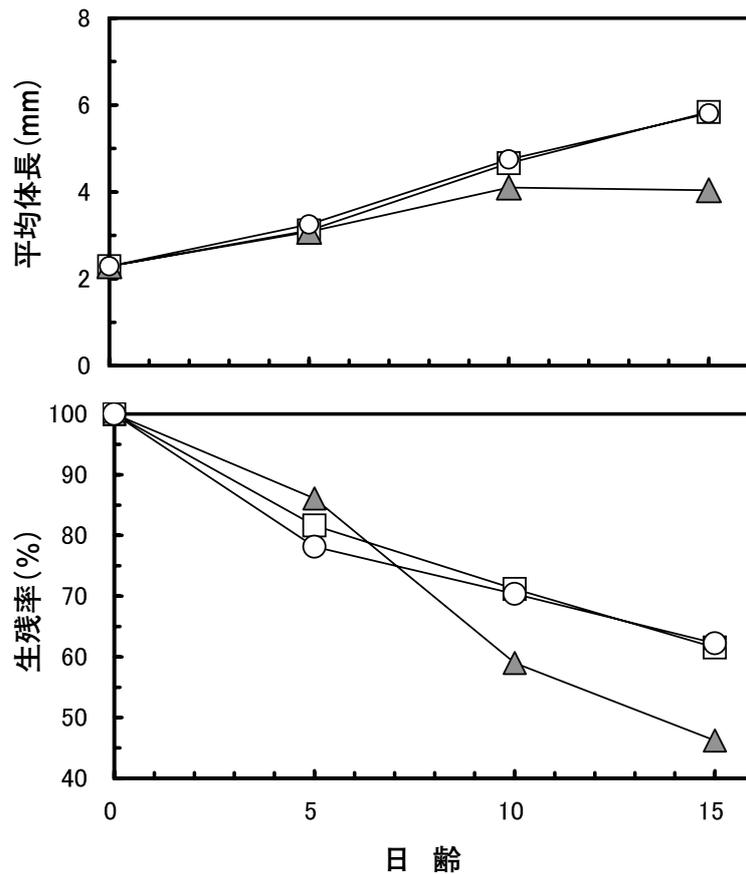


図2 濃縮淡水クロレラを用いたマダいの「ほっとけ飼育」における成長と生残率

—□— SV12区 —▲— 生クロレラ区 —○— 冷凍ナンノ区

## 考 察

本試験では、いずれの植物プランクトンでも「ほっとけ飼育」が可能であったが、増殖状態の良いワムシを摂餌させることで一定の飼育結果を得ることができたものと考えられた。

ヒラメの「ほっとけ飼育」では、水作りやワムシの培養餌料として高密度のナンノを用いるが、本試験ではコストの軽減化を目的にワムシの培養餌料として入手が容易な市販の淡水産の濃縮クロレラ（SV12および生クロレラ）と冷凍ナンノを使用して飼育の可能性を検討した。今回の試験に用いたSV12と生クロレラは海水中では1日程度で細胞が死ぬことから<sup>5)</sup>、水作りとして高密度添加は行わず、ワムシの餌料として摂餌量を定期的に添加する方法とした。その結果、日齢15（全長約6 mm）までの飼育では、pHやアンモニア態窒素濃度等の飼育環境はヒラメの「ほっとけ飼育」<sup>1)</sup>より良好であった。飼育状況を見ると、生クロ

レラ区では成長の停滞と生残率の低下傾向が見られ、これは生クロレラがマダいの仔稚魚に必須とされるn-3HUFAを含まないこと<sup>5)</sup>によるものと考えられた。また、冷凍ナンノ区ではS型ワムシの増殖不良が見られたが、ナンノは凍結処理により餌料価値が低下したものと推察され、添加餌料として使用する際には給餌量や給餌方法についての検討が必要である。

ヒラメの「ほっとけ飼育」では、飼育水槽への添加や栄養強化のためにナンノが必須とされているが、市販の淡水産の濃縮クロレラでも種苗生産が可能であった。このことにより、今後、種苗生産機関ではナンノの培養にかかる経費や施設の利用を再考して、一層の経費削減を図ることが可能と考えられる。また、「ほっとけ飼育」の飼育手法においても、管理の困難な高密度ナンノを添加する水作りが必要でなくなることで、ワムシの増殖、培養管理を中心としたより簡便な飼育手法への切り替えを行うことが必要である。

## 文 献

- 1) 高橋庸一 (1998) ヒラメの種苗生産マニュアルー「ほっとけ飼育」による飼育方法ー. 栽培漁業技術シリーズ, **4**, pp.4-14.
- 2) 島 康洋・高橋 誠 (2005)「ほっとけ飼育」によるマダイの種苗生産事例. 栽培漁業センター技報, **4**, 14-17.
- 3) 丸山 功 (1991) シオミズツボワムシ大量培養餌料の開発に関する研究. 長崎大学大学院海洋生産科学研究科 博士論文, 65-75.
- 4) 桑田 博・山下貴示・藤浪祐一郎・小磯雅彦・日野明德 (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**, pp.43-118.
- 5) 丸山 功 (1991) シオミズツボワムシ大量培養餌料の開発に関する研究. 長崎大学大学院海洋生産科学研究科 博士論文, 104-117.

## 飼育水温の違いが初期のニシン仔魚の生残に与える影響

長倉義智<sup>\*1</sup>・大河内裕之<sup>\*2</sup>・野田 勉<sup>\*1</sup>・熊谷厚志<sup>\*1</sup>

(<sup>\*1</sup> 宮古栽培漁業センター, <sup>\*2</sup> 本部業務企画部)

2005年における我が国のニシン *Clupea pallasii* の種苗生産尾数は、魚類ではマダイ、ヒラメ、ハタハタに次ぐ617万尾で、放流尾数は529万尾である<sup>1)</sup>。このような大量放流を可能とするニシンの種苗量産技術に関するマニュアルが出版されているが<sup>2, 3)</sup>、ガス病、形態異常魚の出現、原因不明の死亡など多くの問題がいまだに残っている<sup>2)</sup>。

宮古栽培漁業センター（以下、当センター）では、1979年からニシンの種苗生産技術開発に取り組み、1982年には量産が可能になった。また、1992年以降は毎年数十万尾レベルの種苗を生産・放流している。しかし、日齢20までの死亡が他の生産機関にくらべて多く<sup>2)</sup>、解決すべき大きな課題となっている。ここでは、細菌性疾病の防除を目的に、水温を低くすることで飼育初期の死亡の抑制が可能かを比較するため、2007年に行った量産試験の過程で日齢20まで異なった水温（10℃、12℃および14℃）で飼育を行ったところ、減耗状況に違いがみられたので報告する。

### 材料と方法

**試験区の設定** 試験区は初期水温を変えた3試験区を設けた。飼育開始時の水温を10℃とし、その後、飼育水温を10℃に維持する区（10℃区）、12℃まで4日間かけて昇温し、12℃を維持する区（12℃区）、および14℃まで7日間かけて昇温し14℃を維持する区（14℃区）の3区を設けた。12℃区と14℃区では、生産した種苗を放流試験へ供するため日齢10～11で ALC（アリザリンコンプレクソン）標識（水温14℃、20ppm / 24h 浸漬）を装着した。このため、12℃区では日齢9～10に一時的に飼育水温を14℃まで昇温して ALC 標識を装着し、再び日齢11から3日間かけて12℃まで下げた。これらの水温設定は、死亡が顕著となる日齢20までを目安とした（図1）。

**卵管理および仔魚の収容** 採卵は、2007年1月14～20日に宮城県松島湾で得られたニシン親魚（雌49尾、雄53尾）から人工授精により行った。得られた受精卵

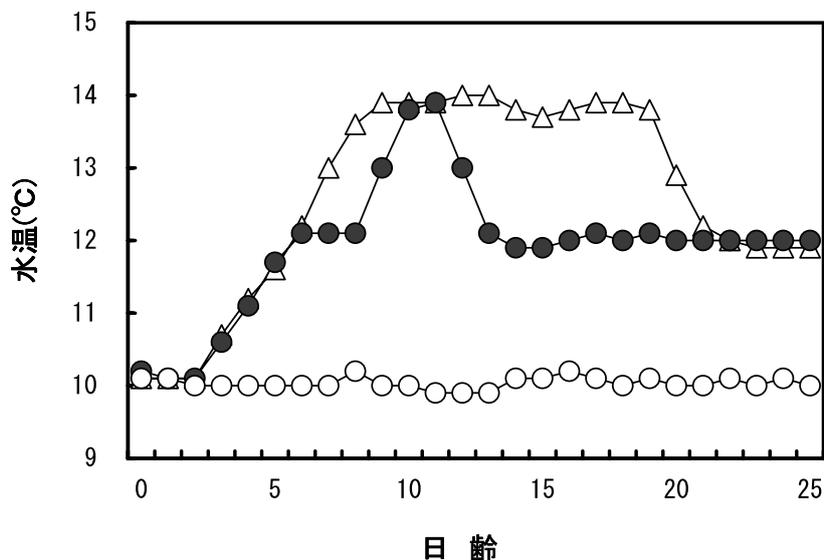


図1 ニシンの初期飼育における設定水温の推移

○— 10℃区    ●— 12℃区    △— 14℃区

は、直ちにふ化盆（30cm × 45cm の木枠に40目ナイロンネットを貼り付けたもの）に付着（2.4～2.7万粒／ふ化盆1枚）させ、屋内12kℓ角型水槽（実容量10kℓ）1～2面に収容した。卵管理水温は10℃を目安とし、ふ化直前に飼育水槽へ移してふ化させた。なお、ふ化のピークを確認した日を日齢0とした。

**飼育方法** 飼育には、屋内角型60kℓコンクリート水槽（実容量50kℓ）3面を使用した。飼育水には砂濾過海水を使用し、換水率は仔稚魚の育成に合わせて徐々に増加させ、飼育開始時の50％／日から日齢20で200％／日、取り上げ時の約500％／日までとした。通気はごく弱く施し、底掃除は収容翌日から試験終了まで毎日行った。また、飼育水には日齢0～45前後まで0.3～1.0ℓ／日の淡水クロレラ（生クロレラ V12；クロレラ工業）を添加した。

餌料には、L型ワムシ（以下、ワムシ）、アルテミアノープリウス（以下、アルテミア）および配合飼料（N700, C700, C1000；科学飼料研究所）を用いた。給餌期間は、ワムシは開口から全長18mm（日齢20前後）まで、アルテミアは全長15～35mm（日齢13～60前後）まで、配合飼料は全長24mm（日齢35前後）から試験終了までとした。生物餌料の栄養強化は、ワムシにはプラスアクアラン（添加量75g／kℓ；BASF）およびアクアプラス ET（添加量250g／kℓ；日清丸紅飼料）、アルテミアにはプラスアクアラン（添加量100g／kℓ）を用い、それぞれ16～24時間強化した。

飼育期間中は、水温、pH、DOを毎日測定した。全長測定は5日間隔を目安に行った。また、生残尾数の推定は、ふ化終了直後は柱状サンプリングによる容量法で行い、その後は毎日の死亡尾数から推定した。取り上げ尾数は重量法により算出した。

さらに、生産種苗の一部を全長10cmサイズまで飼育し、肉眼観察による外部形態異常率調査、および軟X線撮影による脊椎骨異常率調査を行った。外部形態の異常では、下顎の不整合と上顎の変形に分けた。脊椎骨は異常の癒合の程度により軽度（1カ所のみ）、中度（2カ所以上）および重度（癒合が著しく外見で短軀を呈する）の3段階に区分した。

## 結 果

試験結果の概要を表1に、各試験区の日間死亡率と生残率を図2に示した。

10℃区は、1月29日に受精卵87.1万粒（ふ化盆32枚）を収容し、1月31日に46.5万尾の仔魚がふ化（ふ化率53.4％）して飼育を開始した。生残状況を見ると、日齢25までは減耗は少なく飼育は順調であったが、日齢30と39に腸管が白濁した個体が出現し、死亡尾数が増加した。

12℃区は、1月25日に受精卵105.2万粒（ふ化盆47枚）を収容し、1月28日に54.2万尾の仔魚がふ化（ふ化率51.5％）した。生残状況は、日齢10までの飼育は順調であったが、日齢11のALC標識装着終了後から徐々に死亡尾数が増加し、日齢30には腸管が白濁した個体が出現し死亡個体数が増加したため、さらに水温を11℃にまで下げて対処した（図1）。死亡尾数のピークは、日齢12, 20, 30に認められた。

14℃区は、1月25日に受精卵107.4万粒（ふ化盆48枚）を収容し、1月28日に59.2万尾の仔魚がふ化（ふ化率55.1％）した。日間死亡率は、日齢10まで2％以下で推移したが、12℃区と同様に日齢11のALC標識装着後から徐々に死亡が増加した。このため、日齢19から

表1 初期飼育の水温を変えたニシン種苗生産試験の結果概要（2007年）

試験区	収容			飼育水温（℃）	取り上げ					備考	
	月日	尾数 （万尾）	密度 （尾／kℓ）		月日	飼育 日数	尾数 （万尾）	密度 （尾／kℓ）	平均全長 （mm）		生残率 （％）
10℃	1.31	46.5	9,300	11.1 (9.4～13.7)	4.19	78	18.3	3,660	44.7	39.4	ALC 装着なし
12℃	1.28	54.2	10,840	11.8 (8.8～13.9)	4.6	68	16.5	3,300	41.3	30.4	日齢10～11に ALC 装着
14℃	1.28	59.2	11,840	12.1 (9.3～14.0)	4.3	65	15.5	3,100	43.0	26.2	日齢10～11に ALC 装着
合計(平均*)		159.9	10,660				50.3	3,350*	43.1*	31.5*	

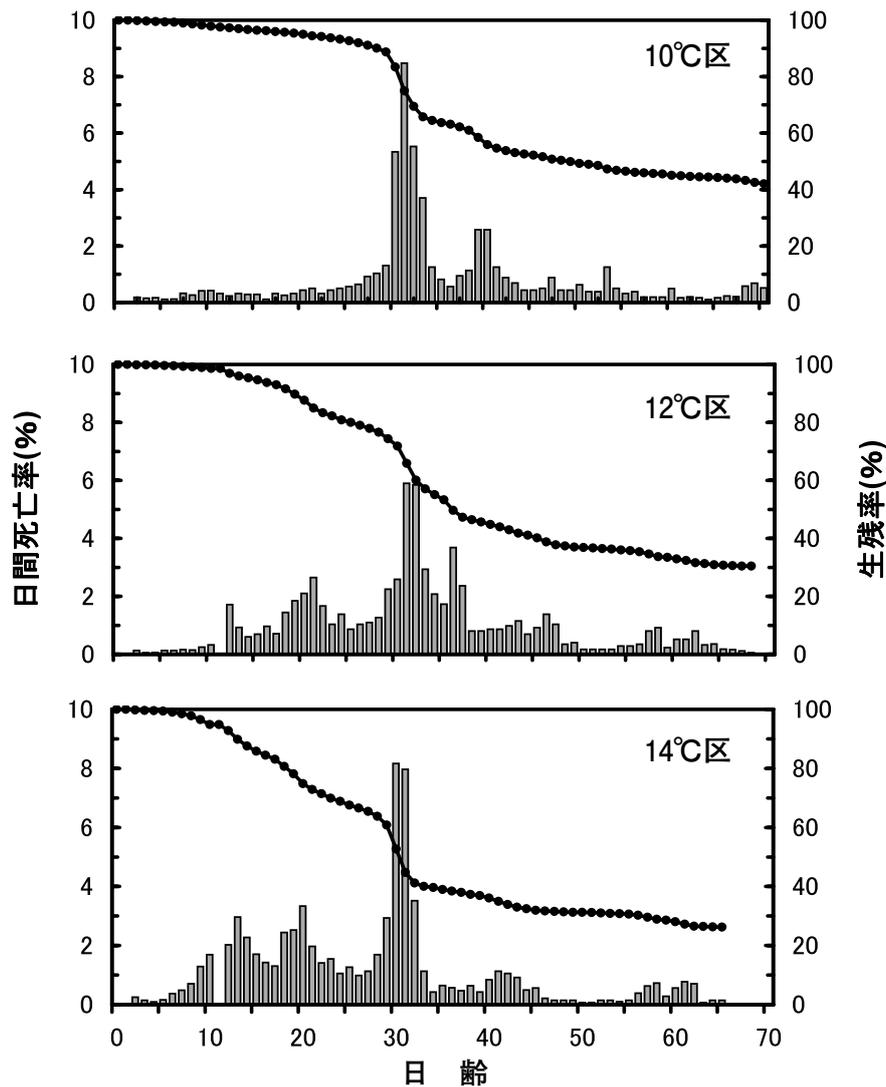


図2 ニシンの種苗生産試験における日間死亡率と生残率の推移

■：日間死亡率， ●：生残率

水温を12℃に下げた（図1）ことで日齢20以降の死亡は一時減少したが、日齢30日前からの腸管白濁個体の出現により再度増加し始め、日間死亡率は8%に達した。12℃区と同様に、日齢12、20および30に死亡尾数の増加が認められたが、日間死亡率は12℃区よりも高かった。

取り上げ時の生残率は、10℃区で39.4%（18.3万尾）と最も高く、続いて12℃区が30.4%（16.5万尾）、14℃区が26.2%（15.5万尾）となり、水温が低い試験区で良好であった。

図3に各試験区の成長を示した。取り上げ時の平均

全長をみると、14℃区（平均全長43.0mm）と12℃区（平均全長41.3mm）では顕著な差は認められなかった。一方、10℃区（平均全長44.7mm）では、水温を変えた日齢20までの成長には差はなかったが、日齢30以降は他の2区に比べて遅れる傾向が認められた。

外部形態および脊椎骨の異常の出現状況を表2に示した。観察した平均全長109～114mmの種苗では、両顎の外部形態異常率は各試験区とも6%と試験区間で差はなかったが、脊椎骨異常率は10℃区（4.0%）と12℃区（6.0%）が14℃区（0%）より高い傾向がみられた。

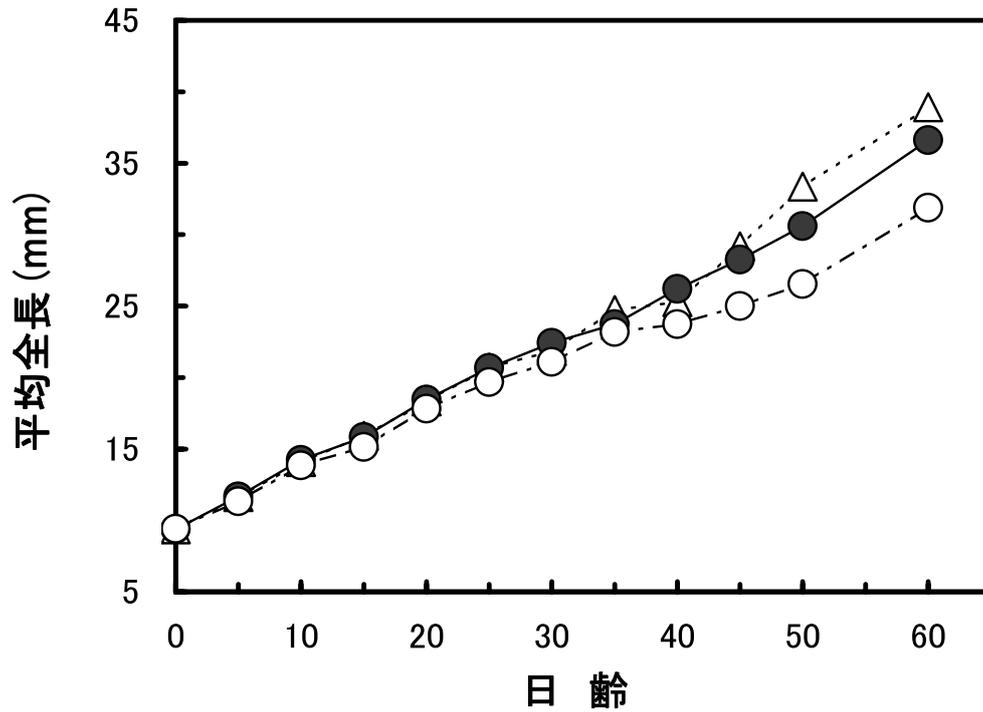


図3 飼育初期の水温とニシン仔稚魚の成長の関係

○：10℃区， ●：12℃区， △：14℃区

表2 飼育初期の水温の差が外部形態と脊椎骨の異常に与える影響

試 験 区	10℃	12℃	14℃
平均全長 (cm) ± SD * <sup>1</sup>	10.9±0.56	11.3±0.63	11.4±0.59
サンプル数 (尾)	50	50	50
外部形態異常個体数 (尾)			
下顎不整合	2	0	2
上顎変形	1	3	1
合 計	3	3	3
脊椎骨異常個体数 (尾)			
軽度* <sup>2</sup>	0	1	0
中度* <sup>3</sup>	1	1	0
重度* <sup>4</sup>	1	1	0
合 計	2	3	0
外部形態異常率 (%)	6.0	6.0	6.0
脊椎骨異常率 (%)	4.0	6.0	0.0

\*<sup>1</sup> SD は標準偏差

\*<sup>2</sup> 1カ所のみ癒合がみられる個体

\*<sup>3</sup> 2カ所以上の癒合がみられる個体

\*<sup>4</sup> 外見で短軀が認められるような重度の癒合個体

## 考 察

当センターで課題としている日齢20までの生残率向上として、飼育水温を10～14℃に変えた試験を行ったところ、10℃区で日間死亡率が0.5%以下と最も少なく効果が認められた。一方、12℃区と14℃区では、ALC標識装着の影響と考えられる日齢10頃、および日齢20頃に2～3%の死亡が見られたが、さらに14℃区では加温に伴い水温が12℃を超えた日齢5以降の減耗が顕著であった(図2)。

飼育水温を変えた場合のニシン種苗の成長と生残について、厚岸栽培漁業センターでは水温13℃と15℃では両者はほぼ同様であるとしている<sup>2)</sup>。本試験でも、12℃と14℃で成長に差はなかったが、生残率は14℃の方が低かった。この違いについては、採卵に用いたニシン親魚の由来や、ワムシ・アルテミアの栄養強化剤、強化法の違いなどが原因で生じた可能性も考えられるが、当センターでは初期の減耗防止として低い水温設定(10℃)で飼育を開始し、成長の面で差が生じる日齢30以降(図3)は12℃以上に昇温させる方法が生残と成長の面から適していると考えられた。

今回の試験では、日齢20までの減耗に関してはその対処の一端を把握することができたが、いずれの試験

区でも日齢30からの減耗が顕著となった。これは、腸管白濁の出現が原因と考えられたが、腸管の白濁を発生させる原因および機序は不明であり、今後の大きな課題として残った。

また、外部形態異常率は試験区間で顕著な差がみられず、厚岸栽培漁業センター<sup>2)</sup>などの他機関と同程度の数値であった。一方、脊椎骨異常率は厚岸栽培漁業センターより低かったが、12℃以下で出現が見られたことについては、当センターで頻発するガス病(骨内に窒素ガスが貯留)が低い飼育水温で発生しやすいことと関連する可能性が考えられた。

## 文 献

- 1) 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(2007)平成17年度栽培漁業種苗生産、入手・放流実績(全国)。
- 2) 日本栽培漁業協会(2001)ニシンの種苗生産技術。栽培漁業技術シリーズ, 7, 1-100.
- 3) 北海道水産林務部日本海ニシン増大推進プロジェクト(2006)ニシン種苗生産マニュアル, 1-42.

## マダコ浮遊期幼生の成長に及ぼすイカナゴ細片肉の給餌量の影響

荒井大介\*1・栗原紋子\*2・小味亮介\*2・岩本明雄\*3・竹内俊郎\*2

(\*1 屋島栽培漁業センター, \*2 東京海洋大学, \*3 瀬戸内海区水産研究所)

マダコ *Octopus vulgaris* は我が国の重要な水産資源であり、1960年代から種苗生産に係わる研究が実施されてきたが<sup>1,2)</sup>、種苗を大量に生産できた事例はほとんどない<sup>3)</sup>。しかし、近年、マダコの餌料として用いられている北米産アルテミアのドコサヘキサエン酸（以下、DHA）やエイコサペンタエン酸（以下、EPA）の栄養強化の必要性が明らかになるとともに<sup>4)</sup>、強化した脂肪酸をいかに給餌後も維持するかに着目した試験が実施された<sup>5)</sup>。さらに、屋島栽培漁業センター（以下、当センター）では、北米産アルテミアに比べてサイズや高度不飽和脂肪酸の含有量に優れているチベット産アルテミアと、イカナゴを与えることでマダコ幼生のDHA含有量が増加し、成長の向上に効果があることを明らかにした<sup>6,7)</sup>。

当センターでは、チベット産アルテミアとイカナゴを併用給餌する基本的な飼育技術の確立を目指しているが、イカナゴ給餌は水質の悪化を招く可能性が高いため、必要最少量の把握が必要である。このため本研究では、給餌量がマダコの浮遊期幼生の成長に及ぼす影響を検討した。

### 材料と方法

**試験区の設定** 試験区として、イカナゴの給餌量を変えた3区を設けた。給餌量は Okumura *et al.*<sup>7)</sup>（4 kℓ水槽で20~30g/回、0.5kℓ水槽で2~4g/回）を参考に6g/kℓを基準量とし、1.5kℓ水槽を用いた本試験では、1回当たりの給餌量として基準量の9gを与える区（以下、9g区）、1/2量を与える区（4.5g区）および1.5倍量を与える区（13.5g区）とした。

**供試ふ化ダコ** マダコのふ化幼生を得るため、2007年5月8日~7月4日に瀬戸内海小豆島周辺で漁獲された親ダコ19尾（平均体重1.75kg、0.78~2.36kg）を当センターに搬入した。親ダコは8kℓ水槽に収容し、冷凍保存した甲殻類（イシガニやシャコ等）を与えて産卵まで流水飼育を行った。産卵には、タコツボ漁で使用されている樹脂製の壺を使った。産卵を確認後、親ダコと壺は0.5kℓ黒色パンライト水槽に個別収容し、22~26℃の自然水温で換水率600%程度の流水でふ化まで管理を行った。

**飼育方法** 飼育には1.5kℓ角型FRP水槽を用いた。試験は7月5日（日齢0）に開始し、試験期間は沈着

移行期までの25日間とした。試験には前日の夜間にふ化した幼生を用い、容量法で計数した4,500個体/槽を収容した。各試験区において水槽は2基ずつ設けた。

飼育水には急速ろ過後さらに2次処理（けまり；ユニチカ）した海水を用い、日齢5まで止水、6日目以降は流水（換水率100%/日）とした。飼育水温は冷却機により23℃を維持した。通気にはエアストーン1個（径50×30mm）を用いた。照明は水銀灯（400W×6個）により、7時半から12時間点灯した。飼育水にはマダコ幼生の水面への蝸集を防ぐため、1日1回スーパー生クロレラV12（クロレラ工業）を30ml添加した。

底掃除は、イカナゴ細片肉の残餌を取り除くため日齢5から毎日1回行い、幼生の死亡個体数を計数した。試験終了時には全数を取り上げて計数し、生残率を求めた。

**餌料** 餌料にはチベット産アルテミアとイカナゴを用いた。アルテミアの給餌は、ふ化から日齢25までとし、25℃、48時間でふ化させた未強化の幼生を1日2回（10時と15時）、2個体/mlの密度で与えた。イカナゴは、あらかじめ冷凍ブロックをアイススライサー（ISL-2TD；HOSHIZAKI）で1~5mm程度の細片にして、-30℃で冷凍保存した。給餌の際には、海水に混ぜて飼育水中で浮遊しやすい状態にして与えた。給餌は Kurihara *et al.*<sup>6)</sup> および Okumura *et al.*<sup>7)</sup> に従い日齢5から開始し、給餌回数は1日3回（8時、13時および17時）とした。

**成長の測定** 成長の指標として、一般的にタコの外部形態の測定に使用されている部位<sup>8)</sup>のうち、外套後端から眼の中心までの長さである外套長（図1）、湿重量および吸盤数を計数した。吸盤数は、右第一腕で吸盤の中央部に凹部が形成されているものを実態顕微鏡下で計数した。測定は飼育開始時から5日ごとに10個体について行った。湿重量の測定は Kurihara *et al.*<sup>6)</sup> と Okumura *et al.*<sup>9)</sup> に従い、マダコ幼生をキムタオル（日本製紙クレシア）上で水分を吸収させた後、さらにろ紙上で極力水分を取り除き、あらかじめ重量を測定したアルミカップに移して電子天秤（A200S；ザルトリウス）で秤量した。試験区間の有意差の検定は一元配置分散分析を行い、有意差が見られた場合、多重比較として Scheffe's *F* 検定を実施した。

**飼育環境の測定** 飼育期間中は毎日8時と14時の

2回, 水温, 塩分 (Model 30; YSI), 溶存酸素濃度 (Model#55/25; YSI) および水面照度 (デジタル照度計 IM-5; Topcon) を測定した。また, アンモニア

濃度はイオンメーター (Orion Research) で3日ごとに測定した。

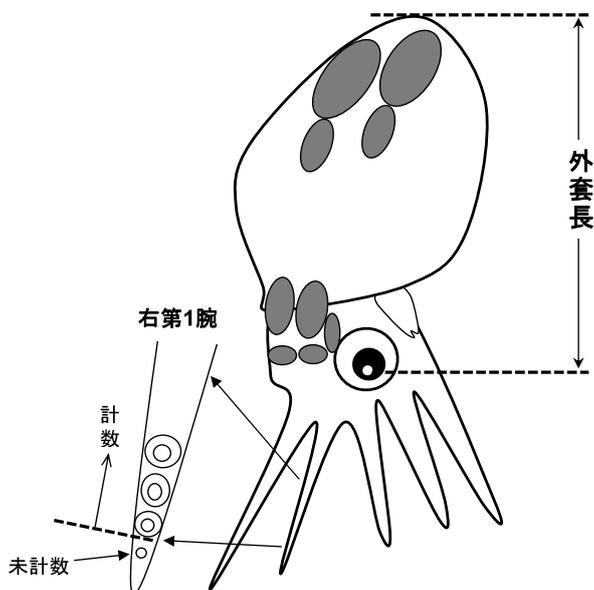


図1 マダコ幼生の外套長測定部位

吸盤数の計数は, 大判のスライドガラスにマダコを付着させた後, 裏返して実体顕微鏡で観察したとき右の第1腕を測定した。また, 吸盤数は①完全に吸盤の形をしたもの, ②中央部にくぼみのあるものを数えた。

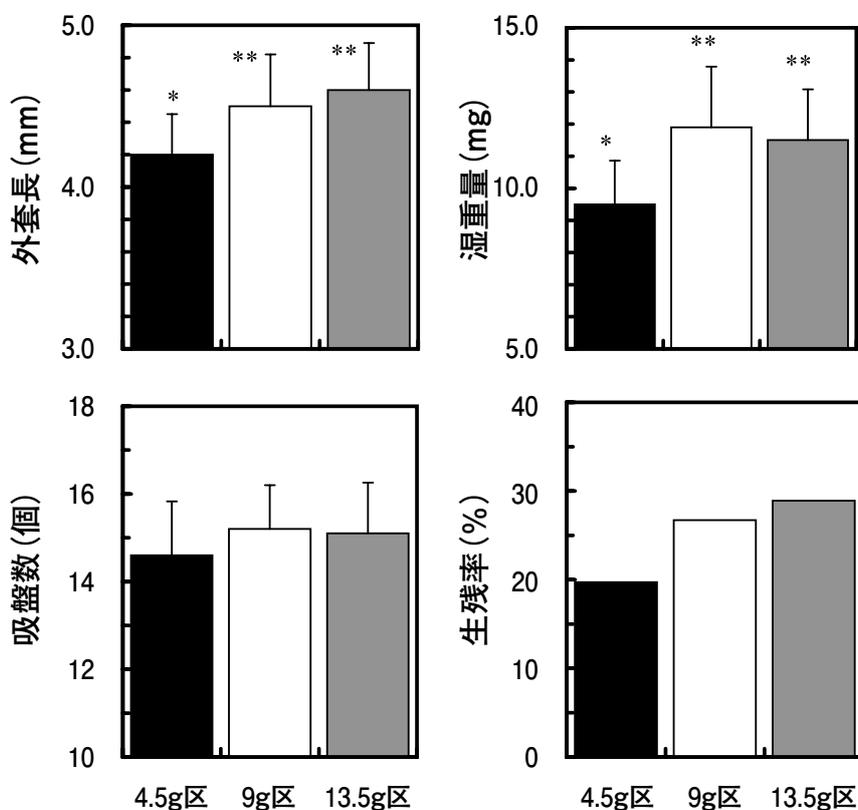


図2 給餌量別飼育におけるマダコの成長と生存率

\*<math>p</math><math>< 0.05</math>, \*\* :  $p < 0.05$

表1 マダコ飼育水槽における水質（最小-最大）

試験区		水温 (°C)	塩分 (psu)	溶存酸素 (mg/ℓ)	水面照度 (lx)	NH <sub>3</sub> -N (mg/ℓ)
4.5g区	1	23.1 (22.9-24.2)	31.4 (30.3-32.4)	6.8 (6.2-7.4)	2,905 (2,370-3,480)	0.38 (0.03-0.56)
	2	23.1 (22.8-23.8)	31.5 (30.7-32.4)	6.8 (6.0-7.4)	3,399 (2,570-3,980)	0.38 (0.04-0.53)
9g区	1	23.1 (22.8-24.0)	31.4 (30.6-32.4)	6.8 (6.1-7.4)	3,005 (2,480-3,560)	0.40 (0.04-0.64)
	2	23.1 (23.0-24.3)	31.4 (30.6-32.4)	6.8 (6.0-7.4)	2,802 (2,050-3,190)	0.39 (0.04-0.61)
13.5g区	1	23.1 (22.9-24.3)	31.4 (30.6-32.4)	6.8 (6.1-7.5)	3,415 (2,970-3,900)	0.42 (0.03-0.75)
	2	23.1 (22.9-24.1)	31.4 (30.5-32.4)	6.8 (6.1-7.4)	3,760 (2,610-4,250)	0.41 (0.04-0.61)

## 結 果

**飼育結果** 仔ダコの成長と生残状況を図2に示した。試験終了時の日齢25の平均外套長は9g区と13.5g区が、4.5g区より有意に大きくなった( $p < 0.05$ )。また、平均湿重量も9g区と13.5g区は、4.5g区より有意に増加した( $p < 0.05$ )。平均吸盤数は、4.5g区が平均14.6個、9g区が15.2個、13.5g区が15.1個と給餌量が多い試験区で増加する傾向が見られたが、試験区間で有意差は認められなかった( $p > 0.05$ )。生残率は、13.5g区(28.9%) > 9g区(26.7%) > 4.5g区(19.7%)となり、給餌量が多い区で高くなる傾向が認められたが有意差はなかった(Mann-whitney's U,  $p > 0.05$ )。

**飼育環境の測定** 飼育期間中の環境測定結果を表1に示した。水温、塩分、溶存酸素濃度および水面照度に水槽間および試験区間で顕著な差はなく、ほぼ同一の条件下で試験が行えた。塩分濃度は台風の影響により、日齢9以降は31psu以下に低下した。アンモニア濃度は、イカナゴ細片肉の給餌量が多い試験区で高くなる傾向がうかがえた(表1)。

## 考 察

本試験では、日齢25までの飼育でイカナゴ給餌量の違いがマダコの成長や飼育環境等に与える影響を調べた結果、給餌量の増加は、外套長と湿重量の増加に影響したが吸盤数には影響せず、成長に適した給餌量は6g/kℓ以上であった。給餌量の増加に伴う環境への影響として、アンモニア濃度がわずかに上昇する傾向が見られたが、今回の試験範囲における給餌量ではほとんど無視できる程度であった。生残率は給餌量が基

準の半分では低下する傾向がみられ、基準量の1.5倍では若干だが向上する傾向がみられた。また、給餌量の増加でアンモニアおよび溶存酸素などの水質を大きく悪化させなかったことから、給餌量を増加することで沈着移行期までの生残率を向上させる可能性が示唆された。

マダコは他の海産魚の種苗と同様に、必須脂肪酸であるEPAやDHAを必要とする<sup>4,5)</sup>。アルテミアを餌料に用いた場合は、給餌前の栄養強化と飼育水中に残存したアルテミアへの強化(栄養強化剤の飼育水への添加<sup>10)</sup>)が重要である。一方、イカナゴはアルテミアより多くのDHAを含んでいることから<sup>6)</sup>、DHAを直接マダコに取り込ませる最適の方法であると考えられる。現在のチベット産アルテミアを与える飼育方法に加え、イカナゴを併用給餌することで活力や飼育成績の評価基準となるDHA/EPAを向上させることで<sup>11)</sup>、優良なマダコ種苗の生産につながると考える。今回の試験で得られたイカナゴ給餌量については、成長、生残への影響とともに、さらに生産した稚ダコの栄養状態を明らかにしていく。

## 文 献

- 1) 伊丹宏三・井沢康夫・前田三郎・中井昊三(1963) マダコ稚仔の飼育について. 日水誌, 29, 514-520.
- 2) 井上喜平治(1969) タコの増殖. 水産増殖叢書. 日本水産資源保護協会.
- 3) 今村茂生(1990) マダコ種苗生産技術の現状. 採集と飼育, 52, 339-343.
- 4) 浜崎活幸・竹内俊郎(2000) マダコ浮遊期幼生の

- 生残と成長に及ぼす飼育水へのナンノクロロプシスの添加効果. 栽培技研, **28**, 13-16.
- 5) 浜崎活幸・竹内俊郎 (2001) 油脂酵母あるいはサメ卵乾燥粉末で栄養強化したアルテミアのマダコ浮遊期幼生に対する餌料価値. 栽培技研, **28**, 65-68.
- 6) Kurihara, A., S. Okumura, A. Iwamoto, and T. Takeuchi (2006) Feeding pacific sandeel enhances DHA level in common octopus paralarvae. *Aquaculture science*, **54**, 413-420.
- 7) Okumura, S., A. Kurihara, A. Iwamoto, and T. Takeuchi (2005) Improved survival and growth in *Octopus vulgaris* paralarvae by feeding large type *Artemia* and Pacific sandeel, *Ammodytes personatus*. *Aquaculture*, **244**, 147-157.
- 8) 奥谷喬司 (1984) 頭足類の生物学 底棲八腕形類の分類と生態. 海洋と生物, **33**, 257-263.
- 9) Okumura, S., A. Kurihara, A. Iwamoto, and T. Takeuchi (2005) Correlations among arm sucker count, wet and dry weight of reared common octopus paralarvae. *Aquaculture science*, **53**, 329-330.
- 10) 小畑泰弘 (1997) 種苗生産技術開発, 新しい栽培種として期待される頭足類. 日本栽培漁業協会年報. 平成9年度, 242-245.
- 11) J. Iglesias, F.J. Sanchez, J.G.F. Bersano, J.F. Carrasco, J. Dhont, L. Fuentes, F. Linares, J. L. Munoz, S. Okumura, J. Roo, T. van der Meeren, E.A.G. Vidal, and R. Villanueva (2007) Rearing of *Octopus vulgaris* paralarvae: Present status, bottlenecks and trends. *Aquaculture*, **266**, 1-15.

## アリザリンコンプレクソンを用いたメバル種苗の標識試験

野田 勉・長倉義智・熊谷厚志  
(宮古栽培漁業センター)

メバル *Sebastes inermis* は、日本の北海道南部から九州および朝鮮半島まで広く分布するフサカサゴ科の胎生魚であり、古くから沿岸漁業の対象として利用されてきた<sup>1)</sup>。本種は、ヒラメ *Paralichthys olivaceus* やマダイ *Pagrus major* と比較して放流後の移動範囲が比較的狭いと考えられる<sup>2)</sup> ことから、重要な栽培漁業対象種として、2005年には全国で107万尾の種苗が放流されている<sup>3)</sup>。

種苗放流の効果を定量的に把握するためには、魚市場に水揚げされた放流魚を天然魚と確実に識別することが重要となる。宮古栽培漁業センターが実施したクロソイ *S. schlegeli* の放流試験では、外部標識の一つである腹鰭抜去を毎年左右交互に施して、放流種苗と天然魚を区別するとともに、放流群の年級を識別してきた<sup>4)</sup>。腹鰭抜去はクロソイの他にもマダイ等<sup>5,6)</sup> でその有効性が確認されており、メバルでも現在再生等の予備的な試験を実施している(野田未発表)。しかし、この標識は左右2カ所しか装着できないため、様々な放流至適条件(場所・時期・サイズ)等を検討する場合には、各放流群の新たな識別手法が必要となる。

大河内<sup>7)</sup> は、放流効果の調査には、目的に適合した標識を用いることが重要であることを提言し、それらの事例を紹介した。また、その中で外部標識と内部標識を組み合わせることで、それぞれの短所を補い効率的な調査の実施が可能であることを示している。

内部標識の一つであるアリザリンコンプレクソン(以下、ALC)は、耳石、背鰭棘、鱗への装着が確認されている<sup>8-10)</sup>。この標識はアユ *Plecoglossus altivelis* で検討が開始され、これまでも、マダイ、ニシンなどの魚種で耳石標識としての効果が認められている<sup>11,12)</sup>。しかし、ALC標識には、標識装着時における大量死亡の危険性<sup>13)</sup> や高コスト<sup>14)</sup> などの問題が指摘されている。

著者らはメバルに使用する内部標識として ALC を選択し、本種種苗へ安全かつ経済的に装着する技術を開発することを目的に試験を行った。また、耳石における視認性や用いた稚魚の生残率を ALC の濃度別に比較し、本標識の装着条件について検討すると共に、背鰭棘と鱗についても観察を行い、標識としての可能性を判断したので報告する。

## 材料と方法

**試験設定** 供試魚は、天然由来の親魚から2007年5月3日に確保し、同9月3日まで養成した稚魚(全長 $57.0 \pm 5.0$  mm) 60尾を用いた。

試験区は、ALCを海水1ℓ当たり各々10, 15, 20および30mgの割合で溶解させた4試験区と、添加しない対照区の合計5試験区を設けた。試験水槽には12ℓ容量のプラスチック製バケツ(実水量7ℓ) 5個を用い、供試魚を1試験区当たり12尾ずつ収容した。また、稚魚への給餌は試験前日から中止した。

**装着手順** ALC標識の装着は、①各試験区のALCを計量、②500mlの蓋つきポリ容器に水道水とALCを入れて攪拌、融解、③ゆっくりと供試魚の入った水槽へ添加、の順で行った。装着のための浸漬は午前11時から24時間行い、装着中の水温はウォーターバス方式により22℃前後を維持した。なお、通気はブローのみとし、酸素は使用しなかった。

**蛍光の確認** 浸漬終了後は30ℓパンライトに移槽して換水を行いながら3日間飼育した。餌には配合飼料を用いて、移槽後から毎日給餌した。飼育終了後、全ての供試魚を取り上げて観察に供した。観察の対象は、耳石、背鰭棘(第3~6棘)、体側部の鱗とし、各部位は蛍光顕微鏡下(BおよびG励起)で蛍光の有無を確認した。

**蛍光の評価** ALCの標識としての評価は、視認性、生残率および種苗1尾あたりの標識単価の3項目から判断した。標識の視認性については、蛍光の度合いを藤原<sup>15)</sup>の方法に準じ、「非常に明瞭で確認しやすい(評価点100)」、「確認できる(同50)」、「不明瞭で確認しにくい(同25)」、「確認できない(同0)」の4段階とした。各試験区の評価は5個体の平均値で比較した。

## 結 果

本試験では、浸漬中および浸漬終了後とも死亡は認められなかった。

各試験区における標識の装着状態を表1に示した。耳石ではALCによる蛍光は縁辺部に認められ、視認性の評価値は全ての試験区でB励起、G励起ともに100と明瞭に確認できた(図1)。また、蛍光は高濃度で強くなったが、各試験区とも個体間で蛍光の強度に

表1 検鏡したALC標識の励起別および部位における視認性の評価状況

励起	標識部位	対照区	10mg/ℓ	15mg/ℓ	20mg/ℓ	30mg/ℓ
B	耳石	0	100	100	100	100
B	背鰭棘	0	50	50	50	50
B	鱗	0	0	0	0	0
G	耳石	0	100	100	100	100
G	背鰭棘	0	100	100	100	100
G	鱗	0	0	0	0	0

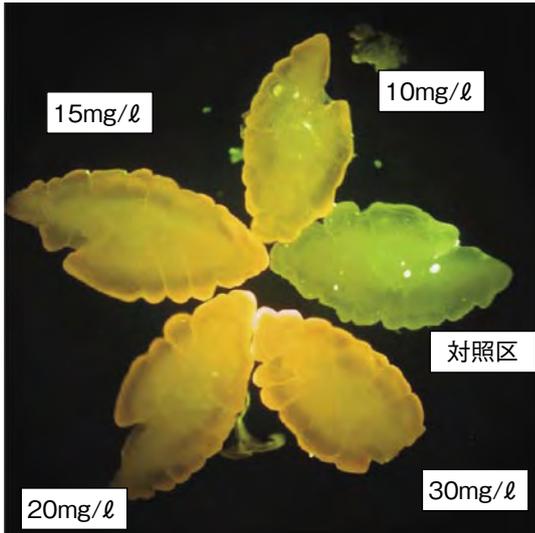


図1 ALC標識の耳石への装着状況 (B励起)

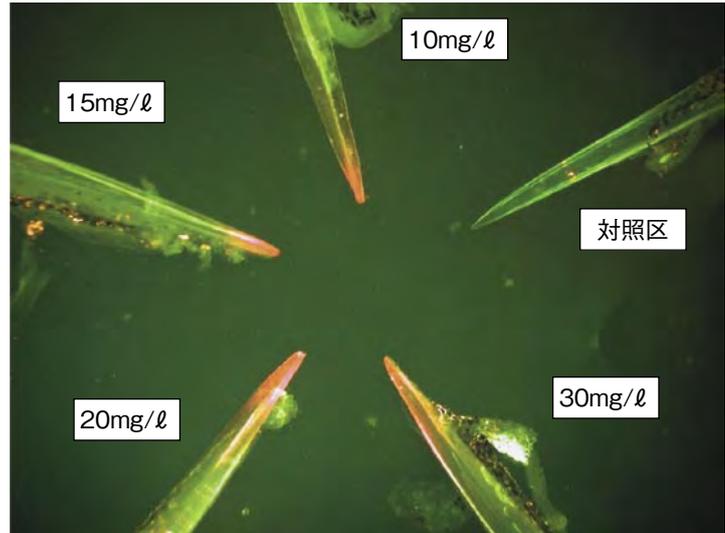


図2 ALC標識の背鰭棘への装着状況 (B励起)

差は認められなかった。

背鰭棘では、特に先端部にALCによる蛍光が認められた(図2)。視認性の評価値は、B励起では全ての試験区で50、G励起では100となった。

鱗への装着は、B励起、G励起ともに全ての試験区で蛍光は認められなかった。

各試験区の1水槽あたりに要したALCの費用と種苗1尾あたりの標識単価はそれぞれ、10mg/ℓ区で70円と5.83円、15mg/ℓ区で105円と8.75円、20mg/ℓ区で140円と11.6、および30mg/ℓ区で210円と17.5円であった。

## 考 察

本試験の結果から、メバルについては10mg/ℓで耳石に蛍光標識が認められ、20mg/ℓ以上で蛍光強度がより強くなることが確認された。一方、他魚種において実際に使用されている浸漬濃度は、マダイでは80-160mg/ℓ<sup>14)</sup>、ヒラメでは80mg/ℓ<sup>16)</sup>であり、本試験に比べると高い。メバルは低濃度でも装着ができる魚種と考えられるが、今後は継続飼育を行い、標

識の識別が可能な期間の把握が必須である。

背鰭棘では全ての試験区で蛍光が認められたが、棘の先端部はサンプリングの際に欠ける、または成長とともに肥厚するといった事が考えられる。このため、本種の棘におけるALC標識の評価は今後さらなる検討を要する。また、鱗については、今回蛍光が全く認められず、現段階においてメバルの標識には利用できないと考えられた。しかし、鱗のALC標識は、魚体を買取ることなく観察できるなど調査時の利用度は極めて高い。今後、高濃度での浸漬を行うなど鱗について標識装着手法を検討する必要もあるが、標識装着単価の上昇や、死亡の発生などのデメリット<sup>18)</sup>も考慮しなくてはならないであろう。

ALCは高価な薬剤であるため、1尾あたりの標識単価を下げるためには、収容密度を高くする必要がある。本試験では全ての試験区で死亡は認められなかったが、クロソイでは、30mg/ℓ以上の濃度で、本試験の約5倍の収容密度(8.5尾/ℓ)において装着を行った場合、生残率が低下しており<sup>18)</sup>、過度な収容は逆効果である。また、今回メバルでは全長57mmの稚魚を用いて試験したが、マダイやトラフグ *Takifugu*

*rubripes* では、標識を装着する体サイズによって適正濃度に変化することが明らかにされている<sup>15, 18, 19)</sup>。さらに、ハタハタでは溶液の pH 調整を行うことにより、装着状況が良好になると報告されている<sup>20)</sup>。今後メバルに関しても、魚種別、サイズ別の適正な水温、浸漬時間、収容密度、浸漬濃度、溶液の pH 調整の導入などの条件について検討を重ねることで、効率的な ALC 標識の装着手法を明らかにしていく。

## 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. 東海大学出版会, pp. 297-299.
- 2) 相田 聡・左田小夜子・水主村敏治 (1999) メバルの採仔の基礎的知見について. 栽培技研, **27**, 43-46.
- 3) 水産庁・水産総合研究センター・全国豊かな海づくり推進協会 (2006) 平成16年度栽培漁業種苗生産, 入手・放流実績 (全国), 東京, pp. 82-85.
- 4) Nakagawa M., H. Okouchi, and J. Adachi (2004) Stocking effectiveness of black rockfish *Sebastes schlegeli* released in Yamada bay evaluated by a fish market census. In "Stock Enhancement and Sea Ranching" (ed. By K. M. LEber, S. Kitada, H. L. Blankenship and T. Svasand), Blackwell, Oxford, pp. 501-511.
- 5) 北川 衛・山口光明・萩野節雄 (1983) マダイの腹鰭抜去による標識法について. 栽培技研, **12**, 5-9.
- 6) 高場 稔 (1986) マダイの種苗放流・追跡 - V. 腹鰭抜去標識放流魚の腹鰭再生について. 栽培技研, **15**, 177-186.
- 7) 大河内裕之 (2006) 栽培漁業技術開発の最前線 - II 放流効果の調査手法と標識技術, 日水誌, **72**, 450-453.
- 8) 土地敬洋・今井利為 (1993) マダイ稚魚の組織と鱗へのアリザリン・コンプレクソンによる染色. 水産増殖, **41**, 379-385.
- 9) 中村良成・桑田 博 (1994) アリザリン・コンプレクソンによる稚魚への大量標識法における鱗からの標識検出の検討. 栽培技研, **23**, 53-60.
- 10) 岡本 昭・安元 進・蛭子亮制・森川 晃 (1993) カサゴ稚魚に対するアリザリンコンプレクソンによる標識の有効性. 長崎水試研報, **20**, 25-29.
- 11) Tsukamoto, K. (1988) Otolith tagging of Ayu embryo with fluorescent substances. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **54**, 1289-1295.
- 12) 村上倫哉・吉岡孝治・相田 聡・海野徹也・中川平介 (2005) 広島県生野島のアマモ場に放流した人工種苗メバルの放流サイズと初期生残について. 日水誌, **71**, 354-362.
- 13) 友田 努 (2003) 海上筏における ALC 標識装着試験, 日本栽培漁業協会事業年報 (平成14年度). 社団法人日本栽培漁業協会, pp.119-120.
- 14) 桑田 博・塚本勝巳 (1989) アリザリン・コンプレクソンによるマダイ稚仔魚の耳石標識 - II. 栽培技研, **17**, 115-128.
- 15) 藤原公一 (1999) アリザリン・コンプレクソンを用いたニゴロブナ, *Carassius auratus grandoculis* の耳石への標識装着条件. 水産増殖, **47**, 221-228.
- 16) Y. Yamashita, S. Nagahora, H. Yamada, and D. Kitagawa (1994) Effects of release size on survival and growth of Japanese flounder *Paralichthys olivaceus* in coastal water off Iwate prefecture, northeastern Japan. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **105**, 269-276.
- 17) 中川雅弘・大河内裕之・服部圭太 (2007) Alizarin Complexone を用いたクロソイ種苗の耳石標識試験. 水産増殖, **55**, 253-257.
- 18) 桑田 博・塚本勝巳 (1987) アリザリン・コンプレクソンによるマダイ稚仔魚の耳石標識 - I. 栽培技研, **16**, 115-128.
- 19) 松村靖治 (2005) アリザリンコンプレクソン並びにテトラサイクリンによるトラフグ *Takifugu rubripes* 卵および仔稚魚への耳石標識. 日水誌, **71**, 307-317.
- 20) 友田 努・桑田 博 (2006) pH 希釈したアリザリン・コンプレクソン溶液の希釈によるハタハタ稚魚の耳石標識. 日水誌, **72**, 76-78.

## 陸上水槽におけるサワラ人工種苗0歳魚の育成

藤本 宏<sup>\*1</sup>・山崎英樹<sup>\*2</sup>・町田雅春<sup>\*3</sup>・白木美聡<sup>\*4</sup>・岩本明雄<sup>\*5</sup>

(\*1 小浜栽培漁業センター, \*2 瀬戸内海区水産研究所百島実験施設, \*3 宮津栽培漁業センター,  
\*4 元屋島栽培漁業センター, \*5 瀬戸内海区水産研究所)

サワラ *Scomberomorus niphonius* は日本沿岸に広く分布する魚食性の回遊性魚類で、西日本では特に珍重され、冬から春に漁獲される大型魚は瀬戸内海において高級魚として取り扱われる。しかし、瀬戸内海での本種の漁獲量は、1986年の6,255トンピークに年々減少し、1998年には196トンまで低下した<sup>1)</sup>。このような背景を受け、屋島栽培漁業センターでは、1988年から休止していた本種の種苗生産技術開発を1998年より再開し、香川県並びにサワラ漁業関係団体と連携して本種の栽培漁業を積極的に推進してきた。

これまでに得た種苗生産についての知見としては、初期餌料にはふ化仔魚しか受け付けられないこと、激しい共食いをすること、驚異的な成長を示すこと等が挙げられる<sup>2)</sup>。一方、ふ化仔魚や育成仔魚以降の餌料としてカタクチイワシの冷凍シラスを給餌した場合、全長4cm頃に大量死亡を引き起こすことが知られており、ブリ養殖等で報告されているカタクチイワシの冷凍物に含まれるビタミンB<sub>1</sub>破壊酵素(チアミナーゼ)によるビタミンB<sub>1</sub>欠乏症<sup>3)</sup>が疑われている<sup>2)</sup>。

種苗生産を再開した1998年は平均全長43mmの種苗を1.9万尾生産するに留まっていたが、これらの知見に基づきカタクチイワシの冷凍シラスをイカナゴの冷凍シラスに変更した結果、1999年には平均全長25~38mmの種苗を19.4万尾生産することが可能となった<sup>4)</sup>。また、香川県では1999年より全長約100mmサイズの人工種苗を数万尾単位で放流することを開始し、放流追跡調査の結果、瀬戸内海東部系群の移動回遊を行う過程についての成果が得られている<sup>5)</sup>。

このように、種苗生産や資源添加に関する技術は着実に確立されつつあるが、種苗生産に供する受精卵は100%天然親魚に依存しており、前述したように瀬戸内海における漁獲量も激減していることから、受精卵を安定的に確保するためには、親魚養成に関する知見を収集する必要がある。しかし、これまで本種を陸上水槽で長期間育成した事例としては、当センターで1981年に全長300mmまで<sup>6)</sup>、および1986年に平均体重823gまで育成した事例<sup>2)</sup>があるものの、人工種苗の育成に関する知見は非常に少ない。そこで、陸上水槽における本種の育成条件を把握する目的で、水温が低下する12月下旬まで173日間の飼育試験を行ったので、その結果を報告する。

## 材料と方法

育成試験は、1999年6月29日に平均全長119.6mm(日齢44)の種苗814尾で開始した。試験には屋外の200kℓコンクリート水槽(9×11×水深2m, 実容量170kℓ)を用いた。飼育水には砂ろ過した海水を使用し、換水率は3回転/日、飼育水温は自然水温とした。

餌料には、冷凍のイカナゴ(全長5~12cm)、マアジ(全長15cm)およびオキアミ(全長3~4cm)を用い、解凍後にイカナゴとオキアミはそのまま、マアジは1~2cm幅に細断して給餌した。イカナゴは育成期間を通じて給餌し、マアジとオキアミは全長400~450mm頃から併用した。給餌回数は収容時が3回/日(8時, 12時および16時)、全長250~300mm(日齢75)から取り上げまでは2回/日(10時および15時)とし、いずれも摂餌状況に応じて飽食量を与えた。給餌方法は手撒きで行い、1日当たりの給餌量は給餌前後の餌重量の差より求めた。

底掃除は毎日行い、1日の給餌終了後にサイホンにより底掃除ホース(径30mm)で残餌や排泄物を除去し、約1カ月間隔でブラシ洗浄機(神戸メカトロボックス)を用いて水槽底面に付着した汚れを除去した。死亡魚は適宜タモ網で取り上げた。摂餌不良に陥った9月末に水槽替えを行った。移槽のための取り上げは、育成水槽内の水位を約40cmに下げて巻き網(長さ15m, 幅1m, テトロンラッセル網T-140)で魚を集め、ゴース地(黒色テトロン#c-119, 東レ)の円形ネット(直径80cm, 深さ75cm)ですくい取る方法で行い、取り上げた個体は直ちに同型水槽へ移槽した。試験終了時の取り上げも同様の方法で行った。

## 結 果

育成結果の概要を表1に示す。12月20日に育成日数173日で42尾を取り上げた。成長測定のため途中でサンプリングした81尾を除いた生残率は5.7%であった。試験終了時の大きさは、平均全長490.4±17.6mm, 平均尾叉長439.5±18.2mm, 平均体重901.9±120.1gで、最大個体は全長534mm, 尾叉長481mm, 体重1,186gであった。

育成期間中の水温、生残尾数、1尾当たりの給餌量

表1 サワラ人工種苗0歳魚の育成結果の概要

育成水槽	開始			取り上げ				育成日数 (日)	平均水温 (℃)	生残率*1 (%)
	年月日	平均全長 (mm)	尾数 (尾)	月日	平均全長 (mm)	平均体重 (g)	尾数 (尾)			
200kℓ コンクリート 水槽1面 (実容量170kℓ)	1999年 6月29日	119.6±9.6 (104.5~130.7)	814	12月20日	490.4±17.6 (450.0~534.0)	901.9±120.1 (692.0~1186.0)	42	173	22.5 (13.4~ 27.4)	5.7

\*1 途中測定のためサンプリングした81尾は除いた

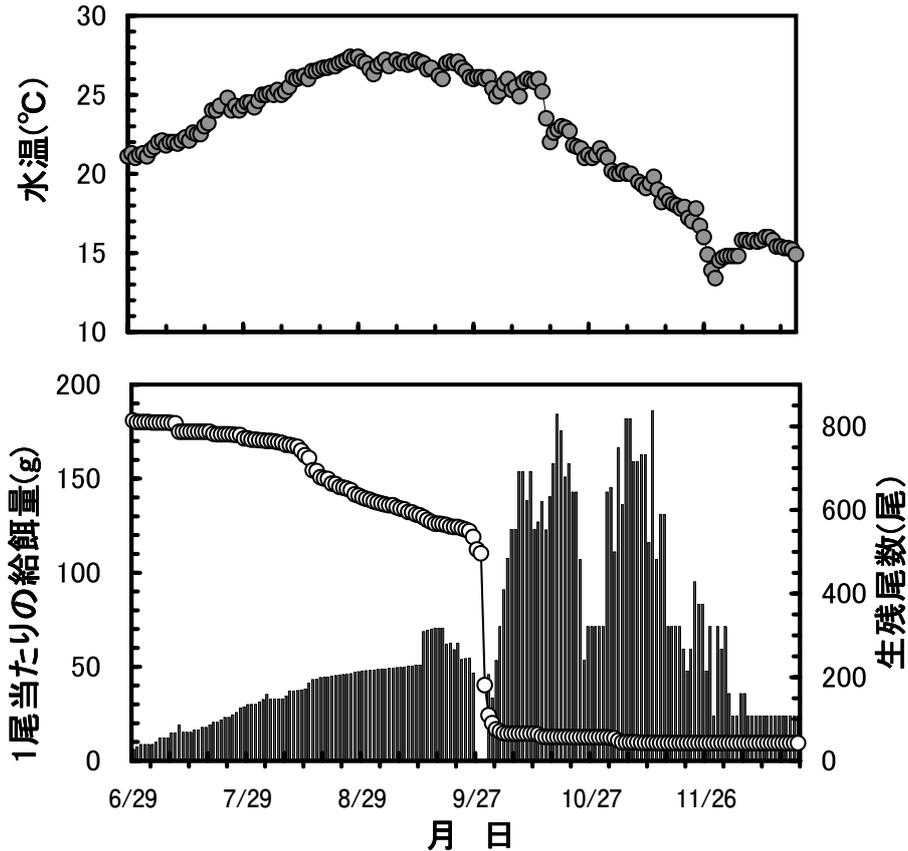


図1 200kℓ水槽で育成したサワラ人工種苗0歳魚の生残尾数

■：1尾当たり給餌量，○：生産尾数

を図1に示す。総給餌量は冷凍イカナゴ2,578kg, 冷凍マアジ62kg, 冷凍オキアミ4kgであった。全期間の平均水温は22.5℃(13.4~27.4℃)で、8月、9月の平均水温は26℃台が続いたが摂餌状況は活発で、月毎に平均した1尾当たりの給餌量も8月が41g, 9月が57gと増加した。その後、9月末と10月末に摂餌が低調となり、給餌量も低下した。9月末は鰓への寄生虫の付着が原因と考えられたが、大量死亡後に摂餌状況は回復した。10月末の低下は、それまで給餌していたイカナゴ以外にマアジ、オキアミを給餌したことで摂餌が低調となったもので、マアジ、オキアミの給餌を止めたことにより、摂餌状態は約1~2週間で回復

した。11月中旬に水温が18℃台になった頃から摂餌行動が緩慢になり、月平均の1尾当たりの給餌量も10月は117g, 11月は107gおよび12月は29gと低下した。各餌料の摂餌状態をみると、全期間を通してイカナゴは嗜好性が高く活発に摂餌した。マアジとオキアミは、イカナゴと一緒に給餌すると摂餌はするものの、オキアミのみではほとんど摂餌せず、マアジもイカナゴに比べると積極的な摂餌行動は見られなかった。

育成期間中の主な減耗要因としては、摂餌時の個体同士による衝突とアミルウージニウム *Amyloodinium ocellatum* の鰓への寄生(香川県水産試験場で診断)に伴う酸素欠乏が挙げられた。サワラは、水槽内で

は群を形成して整然と壁面に沿って遊泳しているが、給餌時は群が散開して個々に餌料を求めて突進し、一部の個体は水面上へ飛び跳ねる行動が観察された。全長約250mmに達した8月中旬頃から、死亡個体には体表の切り傷や下顎の骨折または欠損が多く観察された。しかし、これらの死亡個体は、アミルウージニウムの寄生による大量死亡が終息した10月以降は、ほとんど観察されなくなった。

アミルウージニウムの寄生による大量死亡は9月末の全長400mm、体重400gを超えた頃にみられた。大量死亡の数日前から摂餌量が低下し、その前日は摂餌した個体も数尾だけであった。大量死亡が認められた日は、朝から摂餌個体が1尾も観察されなかったため直ちに上げて移槽したが、移槽した496尾のうち315尾が同日に死亡した。その後3日間は摂餌が全く見られなかったが、大量死亡後の6日目には摂餌も回復し、7日目以降に死亡個体は見られなくなった。なお、この時点での生残尾数は65尾であった。

育成魚の日齢と尾叉長および体重の関係を図2に示

す。これらは以下の関係式で示された。

$$F = 6.4775 \times D^{0.8127} \quad R^2 = 0.887 \quad n = 286$$

$$W = 0.0017 \times D^{2.5074} \quad R^2 = 0.912 \quad n = 286$$

育成魚の全長104mmから534mmまでの全長、尾叉長および体重の関係を図3に示す。これらは以下の関係式で示された。

$$F = 1.0534 \times T^{0.9717} \quad R^2 = 0.990 \quad n = 286$$

$$W = 7.7 \times 10^{-6} \times T^{2.9403} \quad R^2 = 0.979 \quad n = 286$$

$$W = 8.4 \times 10^{-6} \times F^{3.0137} \quad R^2 = 0.981 \quad n = 286$$

ただし、F：尾叉長 (mm)、W：体重 (g)、D：日齢、T：全長 (mm)。

## 考 察

今回の育成試験では、全長110mm以降のサワラに全長5～12cmのイカナゴを用い、全長400～450mm頃からは入手が容易なマアジとオキアミを併用し、本種の育成用餌料としての可能性を検討した。その結果、イカナゴはマアジやオキアミに比べて嗜好性が非常に

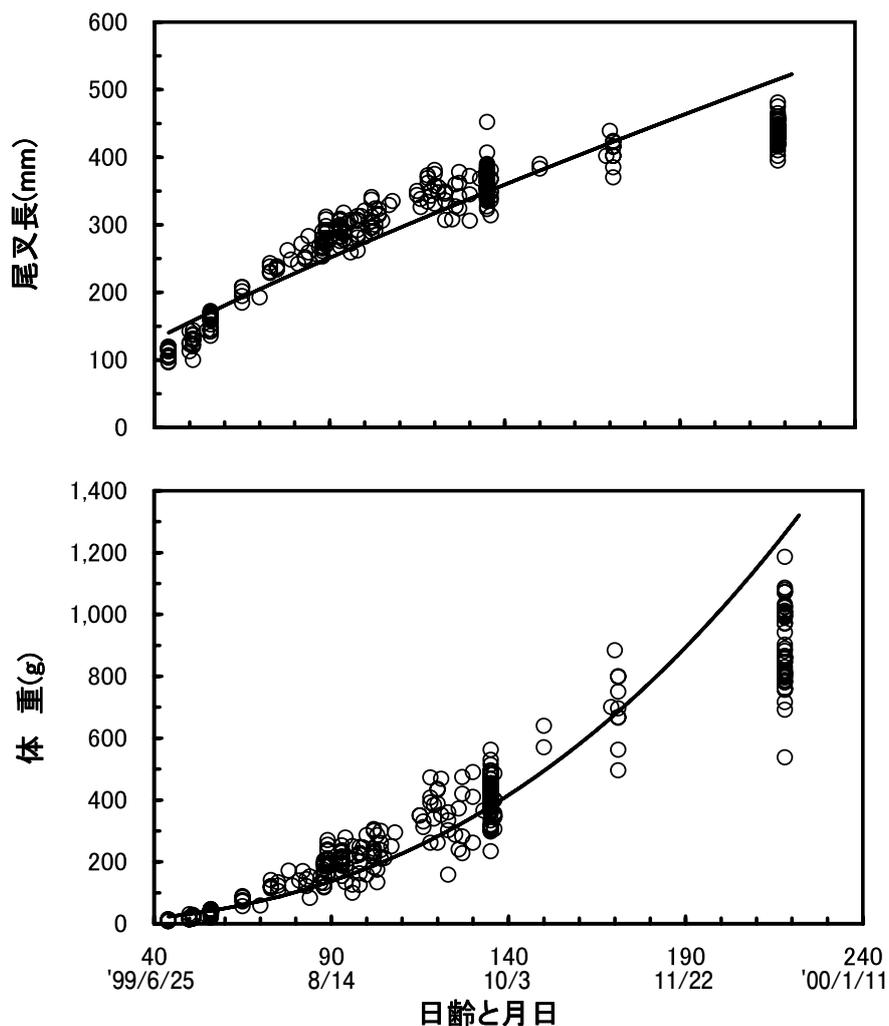


図2 200kl水槽で育成したサワラ成魚の成長

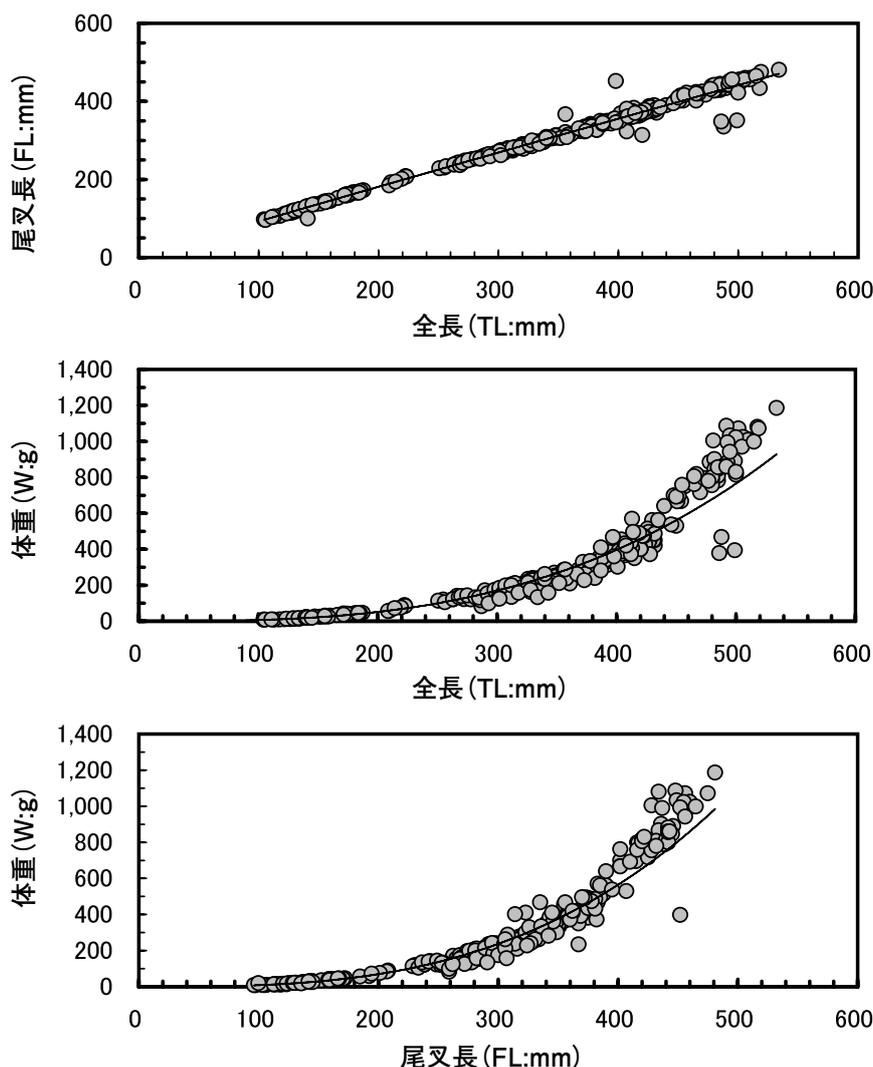


図3 200kℓ水槽で育成したサワラ成魚の全長，尾叉長，体重の関係

高く、体重約1kgに成長した時点においてもその嗜好性は変わらなかった。今回の試験期間を通してほぼイカナゴのみの給餌となったが、単一餌料の栄養の偏りによる弊害を考えると、長期の育成を行う場合はイカナゴ以外で嗜好性が高く、かつ栄養的に十分な餌料の検討が必要である。

飼育水温は自然水温としたが、8～9月の平均水温が26℃台の期間においても摂餌状態は活発であり、水温が18℃台になった11月に摂餌行動が緩慢になり給餌量も減少した。また、11月末に水温が13.4℃まで低下したが、摂餌量は低下したものの死亡する個体はなかった。これまでの育成事例<sup>2)</sup>では、水温26℃で摂餌量は最高に達し、14℃で摂餌量は魚体重の2～3%まで低下しており、今回の試験結果とほぼ一致した。また、瀬戸内海で標識放流したサワラ人工種苗の0歳魚は、備讃瀬戸、播磨灘および大阪湾で索餌成長し、水

温低下に伴い紀伊水道へと南下して越冬した後、再び産卵・索餌のために瀬戸内海に入り込んでくることが報告<sup>5)</sup>されており、この移動要因は低い水温を回避するための行動と考えられる。これらのことから、本種を長期育成して越冬させる場合、最低水温は13～14℃台以上を維持する必要があると考えられた。

本試験で得られた成長の関係式より、育成魚の尾叉長と体重は日齢50（7月6日）でそれぞれ156mmと31g、日齢100（8月26日）では273mmと176g、日齢150（10月14日）では380mmと487g、日齢200（12月4日）では480mmと1,003gと推定された。これまでの育成事例<sup>2)</sup>では日齢185で体重823gに達しているが、今回の育成試験でも日齢185で体重は822gと推定され、これまでと同等の成長が得られた。

育成魚と同一ロットの放流再捕魚<sup>7)</sup>（以下、再捕魚と記す）との比較を表2に示す。再捕された5尾は、

表2 放流再捕魚と育成魚の成長比較

再捕月日	日齢	放流再捕魚		育成魚*	
		尾又長 (mm)	体重 (g)	尾又長 (mm)	体重 (g)
7.26	70	220	102	204	72
7.28	72	230	110	210	77
8.19	95	305	242	262	155
10.4	141	472	1,044	361	417
12.24	222	538	1,341	523	1,302

\*育成魚の日齢-尾又長, 日齢-体重の関係式より計算した値

7月1日～8日に平均全長140～150mmで4,800尾を香川県の屋島湾で放流し, 7月末から12月末に再捕されたものである。5尾のうち, 10月4日に再捕された1尾の体重は育成魚の約2倍に達し, 他の4尾も育成魚の尾又長および体重より優っており, 陸上水槽での育成技術は餌料や飼育環境面でまだまだ不十分であったといえる。

育成期間中の主な減耗要因の一つと考えられた個体間の衝突は, 水槽への餌料の投入により稚魚は狂奔状態となり, 摂餌のため開口した状態で遊泳速度を高めた個体同士が衝突することで下顎がはずれて脱落, または骨折し死亡したと考えられた。しかし, この摂餌に伴う衝突は生残尾数が大きく減少した以降はほとんど観察されなくなったことから, 飼育密度が衝突の一因であったと考えられる。養殖における適正放養密度は体重3～4kgサイズのブリで7kg/kℓ, 放養密度の限界は体重3kgのクロマグロで2～3kg/kℓとされている<sup>8)</sup>。本試験では, 最も高い飼育密度は大量死亡直前の1.25kg/kℓであり, ブリやクロマグロと比べて低い密度であった。本種のように運動性が著しく高い魚種では, 200kℓ水槽(実容量170kℓ)を用いた場合の密度は, 摂餌に伴う負傷個体が増加した尾又長250mm時で0.5kg/kℓ, 最終取り上げ時で0.25kg/kℓが目安と考えられた。

もう一つの減耗要因と考えられたアミルウージニウムの寄生は, 本来は珊瑚礁の魚類に寄生するものであるが水族館などでの発生が報告されている<sup>9)</sup>。人工生産されたサワラ稚魚に本虫が寄生していたとは考えにくく, 何らかの要因で飼育水槽内に持ち込まれた可能性が高いと考えられたことから, 飼育用水の殺菌が本虫の予防法と考えられた。また, 本症は水温23～27℃で発生し, 十分な通水量のある施設では仔虫も流されるため問題となることは少ないとされており<sup>9)</sup>, 換水量が最大3回転/日と少なかったことが被害を拡大したものと考えられ, 潮通しの良い海面小割生簀の利用

も考える必要がある。

今回は自然水温という条件の基で試験を開始したため, 摂餌量が減少した12月20日で育成試験を終了したが, 親魚養成に関する知見の収集にはさらに長期間の試験が必要であり, 特に成熟に関するデータ収集が重要と考えられる。

## 文 献

- 1) 永井達樹(2003)サワラの資源状況と資源回復計画. 日水誌, 69, 99-103.
- 2) 中川 亨(1990)Ⅲ-3種苗生産技術の開発, K新しい栽培種として期待される魚類, 12サワラ. 日本栽培漁業協会事業年報(昭和63年度), 214-222.
- 3) 石原 忠・保田正人・柏木 哲・八木基明(1974)海産魚のチアミナーゼIの研究-V. 日水誌, 40, 675-682.
- 4) 藤本 宏(2000)Ⅲ-3種苗生産技術の開発, K新しい栽培種として期待される魚類, 18サワラ. 日本栽培漁業協会事業年報(平成10年度), 234-236.
- 5) 竹森弘征・坂本 久・植田 豊・山崎英樹・岩本明雄(2005)瀬戸内海東部海域におけるサワラ標識放流結果-I, 移動遊について. 栽培技研, 32, 25-34.
- 6) 福永辰廣・石橋矩久・三橋直人(1982)サワラの採卵および種苗生産. 栽培技研, 11, 29-48.
- 7) 藤本 宏・坂本 久・植田 豊・竹森弘征(2001)再捕されたサワラの焼き印標識魚. 栽培技研, 29, 51-53.
- 8) 山口光明(1986)第2編 各論編 8クロマグロ. 浅海養殖, 大成出版, 335-355.
- 9) 江草周三(1988)魚病学〔感染症・寄生虫病編〕. 新水産学全集17-B, 223-225.

## 七尾公設市場の記録から推定したマダラの水揚げ量と産卵期

手塚信弘<sup>\*1</sup>・荒井大介<sup>\*2</sup>・小磯雅彦<sup>\*1</sup>・友田 努<sup>\*1</sup>・島 康洋<sup>\*3</sup>

(<sup>\*1</sup> 能登島栽培漁業センター, <sup>\*2</sup> 屋島栽培漁業センター,

<sup>\*3</sup> 瀬戸内海区水産研究所伯方島栽培技術開発センター)

マダラ *Gadus macrocephalus* は冷水系の底棲性魚類で、北部日本の重要な漁獲対象種である<sup>1)</sup>。日本海北部におけるマダラの漁獲量は、1990年まで2,000～5,000トンであったがそれ以降1,000～3,000トンに減少している。また、石川県の漁獲量は、1990年までは700～2,400トンであったが、それ以降100～300トンに低下している。この海域においては、種苗の放流や適切な資源管理等によるマダラ資源の維持、増大を早急に検討する必要があると考えられる。

能登島栽培漁業センターでは、マダラの種苗放流を行うとともに、水揚げ魚の中に占める放流魚の混入率を明らかにするため石川県の七尾公設市場で調査を実施している<sup>2)</sup>。この調査のなかで、水揚げされたマダラの量や雌雄の組成等を明らかにすることは、的確な

放流効果の評価や資源管理を行う上で非常に重要であると考えられる。

本報告では、マダラの放流効果に関する基礎的知見の蓄積を目的として、七尾公設市場における月別水揚げ量や成熟個体の出現率について調査を行った。

### 材料と方法

**調査市場の概要** 調査対象とした七尾公設市場は、能登半島東岸の中央部に位置している石川県の主要な市場の一つである(図1)。この市場には主に能登半島東部の沿岸海域の漁獲物が水揚げされ、マダラは石川県漁協ななか支所、能都支所、穴水支所、七尾西湾支所、佐々波支所の5支所から、刺し網と定置網で漁

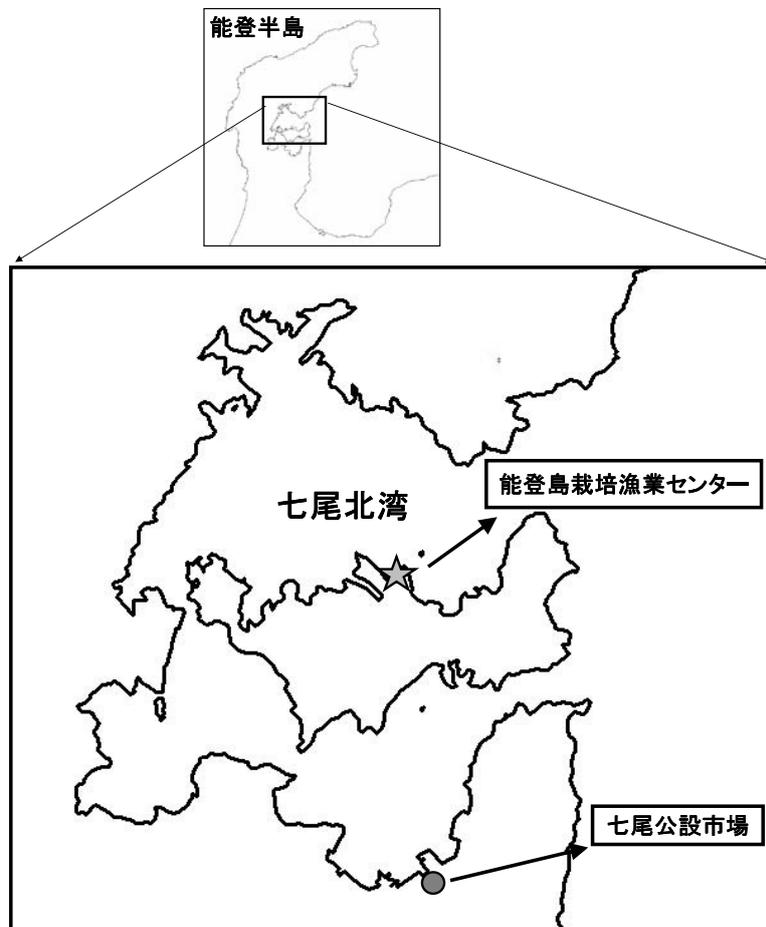


図1 七尾北湾および七尾公設市場の位置

獲されたものが水揚げされる。この他、北海道および東北の各県からと、まれに能登半島西岸の輪島支所、とぎ支所、石川県西部の金沢港支所等から刺し網や底曳網で漁獲されたマダラが水揚げされる。

**水揚げ量** 1988年12月～2006年11月までの七尾公設市場の月別の記録から、水揚げされたマダラの重量を石川県内産と石川県外産に分けて、漁獲盛期（12月から翌年3月まで）とそれ以外の時期（4月から11月）別に調べた。各年の水揚げ量は漁獲盛期とそれ以外の時期の合計とした。

**七尾北湾周辺の漁獲尾数と成熟個体の出現率** 石川県内産のマダラについて、2001年12月～2007年3月までの漁獲盛期の水揚げ尾数と成熟個体の出現率の調査を行った。調査は、七尾公設市場の日別の水揚げ記録から、セリの実施日、水揚げした漁業者名、銘柄別水揚げ尾数を調べた。水揚げされたマダラは、ほとんどが当日のうちにセリにかけられるため、セリの実施日を水揚げ日とした。マダラを水揚げした漁業者名から、その漁業者が所属する支所を特定し、ななか支所や能都支所等の5支所に所属する漁業者が漁獲したマダラを調査対象とした。水揚げされたマダラは、雌雄あるいは成熟状態によって市場では全部で4種類の銘柄に区別されており、腹部が膨満し、圧迫すると精液が総排泄口から流れ出る個体が「白」、同様に卵が出る個体が「子」、腹部を圧迫しなくても排卵され、吸水した卵が流れ出る個体が「ツメ」、その他の雌雄不明の個体が「タラ」と呼ばれている。そこで、本論文では銘柄「白」は成熟した雄、「子」は成熟状態にあり排卵前の雌とし、銘柄「ツメ」を排卵し産卵直前の雌の個体と定義した。銘柄「タラ」には、小型の未成熟個体や腹部が膨満しているものの総排泄口から卵や精液

が流れでない個体、産卵後と思われる腹部が非常に細い個体等が含まれているため、銘柄「タラ」は雌雄不明の個体とした。これらの個体の出現率は同1月の水揚げ尾数で除して求めた。

## 結果と考察

**水揚げ量** 調査期間中の七尾公設市場における年間水揚げ重量は平均127トン（67～237トン）で、このうち石川県内産マダラの年間水揚げ重量は平均36トン（7～131トン）であった（図2）。石川県内産のマダラの水揚げ量は、1988年に131トンあったものが1997年には7トンまで減少した。それ以降、2003年までは多少の増減はあるものの9～24トンの範囲で推移し、2004年は50トン、2005年は57トンと増加した（図2）。石川県内産の漁獲盛期の水揚げ量は、県内産全体の水揚げ量の79～100%を占めており、1997年以降は全体の平均97%（93～100%）を占めていた（図3）。このことから、七尾公設市場で市場調査を行う場合、漁獲盛期である12月から翌年3月までの間に実施すれば、その年に七尾公設市場に水揚げされるマダラのほとんどを調べることができると考えられた。

**七尾北湾周辺の漁獲尾数と成熟個体の出現率** 七尾北湾の周辺で漁獲され七尾公設市場に水揚げされたマダラは、2001年～2003年の漁獲盛期が1,543尾～4,743尾であったのに対して、2004年と2005年は15,493尾、10,252尾と増加し、2006年には3,501尾と再び減少した（表1）。成熟個体の出現率はいずれの年も12月から2月にかけて上昇し、3月には低下する傾向を示した（図4）。また、2月から3月にかけて成熟した雌が減少し、排卵し産卵直前の雌が増加し、3月は雌雄

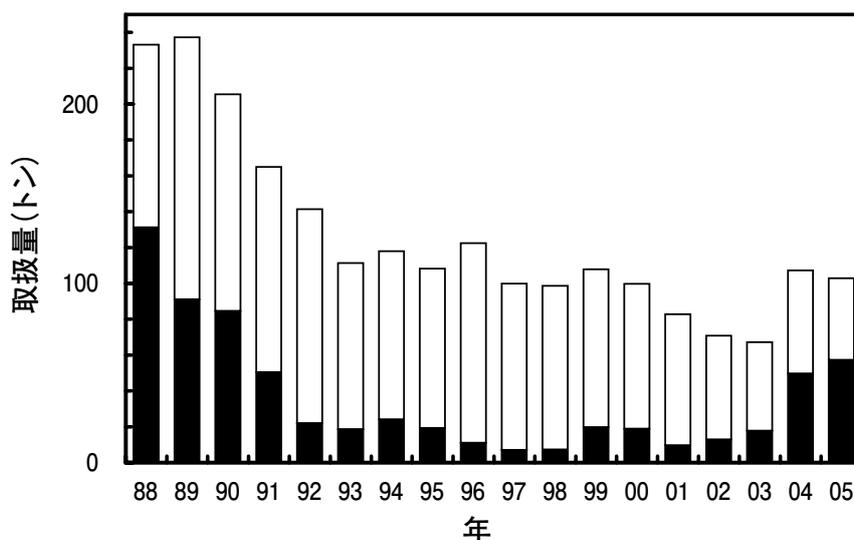


図2 七尾公設市場のマダラ水揚げ量

□：石川県外産 ■：石川県内産

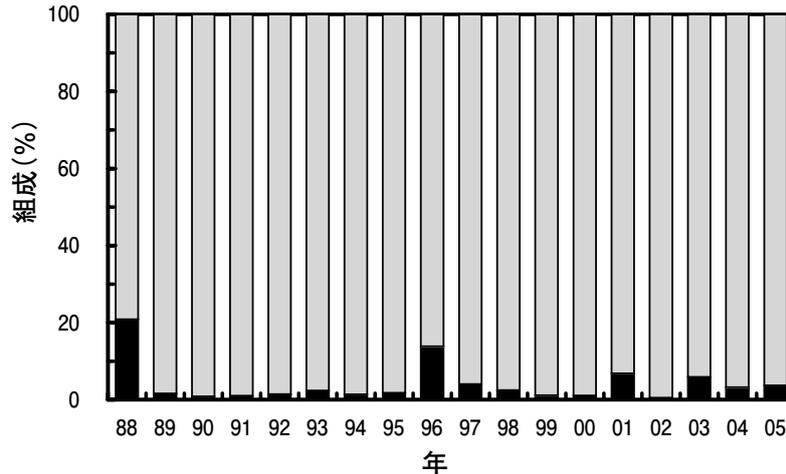


図3 七尾公設市場の漁獲期と非漁獲期のマダラ水揚げ量の比較

□：漁獲期 ■：非漁獲期

不明の個体の割合が増加した(図4)。3月の雌雄不明の個体は、市場の記録だけでは解析できないものの、市場での観察結果から産卵後と考えられる非常に痩せた個体が多かった。毎年11月と4月の漁獲量が少なく調査を行っていないものの、これらのことから、マダラの産卵期は12月から翌年3月で、ピークは2月であると考えられた。一方、柴田<sup>4)</sup>は本種の漁獲は産卵回遊期のものが主体であるとしており、本調査でも成熟個体は12月～翌年3月まで出現しており、マダラの漁獲盛期と一致していた。また、漁獲盛期の市場での目視調査において雌雄不明とされたマダラの中に腹部を強く圧迫すると卵や精子が出るものが多数含まれていた。そして、前述の水揚げ量調査において非産卵期と考えられる4月から翌年11月までのマダラの水揚げはほとんど無かった。これらのことから、七尾公設市場に水揚げされるマダラも柴田<sup>4)</sup>同様に産卵回遊期のものと考えられた。

本調査では、年齢組成を明らかにしていないことから、水揚げ尾数と成熟個体の割合が増加した2004年の漁獲の主体が何歳魚かは不明である。桑田<sup>3)</sup>は、七尾

公設市場に水揚げされるマダラが稚魚の時に育成場として利用していると考えられる七尾北湾(図1)で、2000年に底曳網や定置網で多数の稚魚が捕獲されたことを報告している。また、柴田<sup>4)</sup>は、本種が産卵群に加入し、漁獲され始める年齢は4歳であるとしている。これらの事から、七尾公設市場におけるマダラの水揚げ尾数が2004年に急激に増加した理由は、2000年に七尾北湾で多数捕獲された稚魚と同一の群が、2004年に4歳になり、漁獲されはじめたためと考えられた。そして、成熟個体の出現率が2004年以降非常に高かった事は、漁獲の主体である2000年生まれのマダラが4歳に達し、成熟したことを示唆していると考えられた(図4)。

これらのことは、七尾公設市場に水揚げされるマダラの漁獲実態を把握する上で必要な情報であり、放流効果を評価するために重要な知見であると考えられた。今後は、七尾公設市場に水揚げされるマダラの体長組成を調べ、年級群ごとの漁獲尾数を明らかにする必要がある。

表1 七尾公設市場における2001年～2006年の漁獲期に水揚げされたマダラの雌雄別の尾数

雌雄	年					
	2001	2002	2003	2004	2005	2006
雄	159	66	504	4,797	3,087	996
雌	176	75	466	5,512	3,395	1,024
雌(排卵後)	82	30	77	225	165	90
雌雄不明	1,927	1,372	3,696	4,959	3,605	1,391
合計	2,344	1,543	4,743	15,493	10,252	3,501

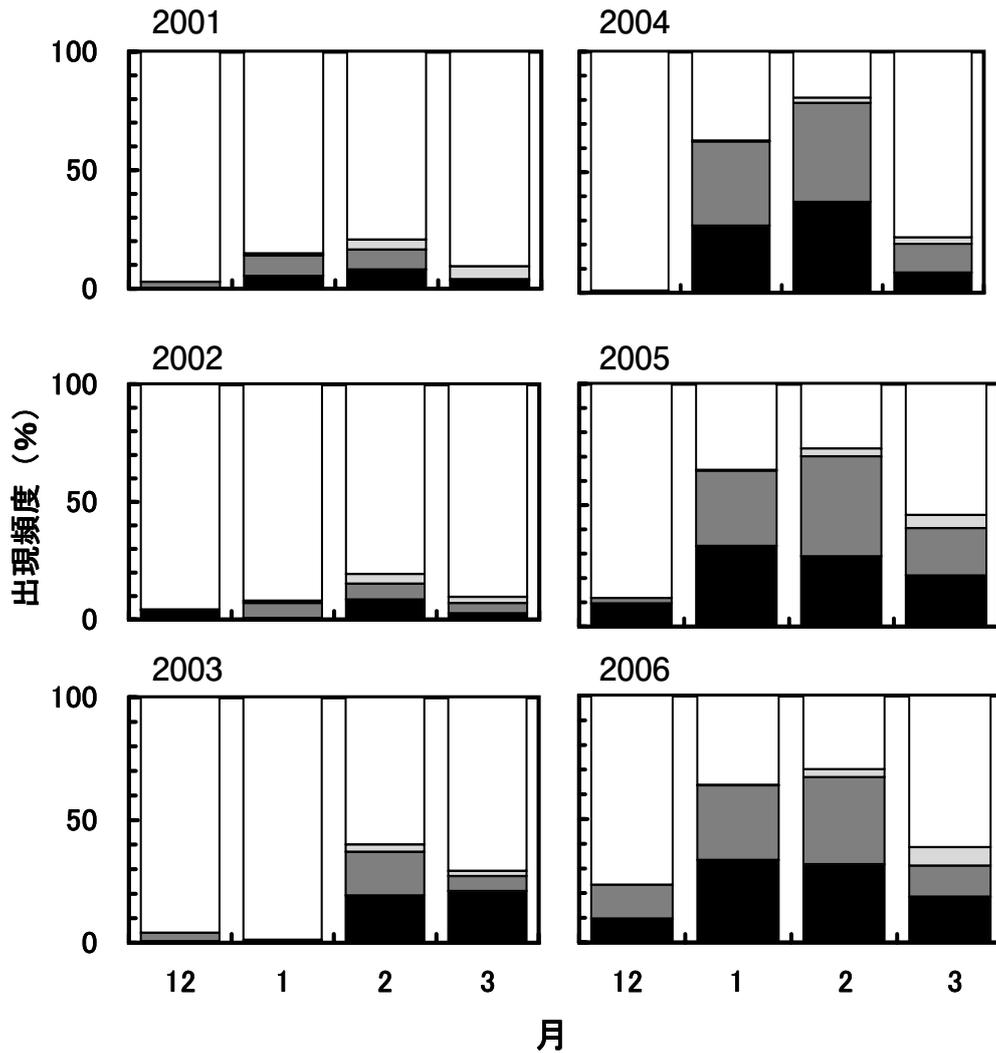


図4 七尾公設市場に水揚げされたマダラの月別雌雄組成

■：雄， ■：雌， ■：雌（排卵後）， □：雌雄不明

## 謝 辞

本調査に便宜を図っていただいた、石川県漁協ななか支所、能都町支所の皆様に感謝します。また、七尾公設市場の記録の整理にご助力頂いた川口雅子氏、調査に多大の便宜を図っていただいた七尾市公設地方卸売市場（七尾魚市場株式会社）の田尻豊治代表取締役社長、青木 紀取締役部長および職員の皆様に深謝します。

## 文 献

1) 森岡泰三・山本和久・堀田和夫・大槻観三（1998）

石川県能登島沖に放流されたマダラ人工種苗の成長と移動. 栽培技研, 27, 11-26.

2) 手塚信弘・小磯雅彦・友田 努・荒井大介・島 康洋（2007）能登半島東岸の七尾公設市場に水揚げされたマダラの年変動. 平成19年度日本水産学会中部支部大会講演要旨集, 25-26.

3) 桑田 博（2004）能登半島周辺のマダラ資源変動への栽培漁業からのアプローチ. 平成16年度日本水産学会中部支部大会講演要旨集, 8-9.

4) 柴田 理（1994）地先資源漁場形成要因研究事業（マダラの生態と資源に関する研究）. 平成5年度 秋田県水産振興センター事業報告書, 103-111.

## 北海道厚岸湖に出現するニシンおよびチカの mtDNA の PCR-RFLP 分析による判別

鈴木重則<sup>\*1</sup>・森岡泰三<sup>\*2</sup>・福永恭平<sup>\*2</sup>

(\*1 南伊豆栽培漁業センター, \*2 北海道区水産研究所厚岸栽培技術開発センター)

厚岸栽培技術開発センターでは、ニシン *Clupea pallasii* を対象種として種苗生産技術開発並びに放流技術開発に取り組んでおり、技術開発を進める上で重要なニシン仔稚魚期における生物・生態学的な基礎的知見を得ることを目的としたニシン天然仔稚魚の採集調査を北海道厚岸沿岸域において実施してきた。現在までの曳網による調査の結果、ニシン仔魚は厚岸湖奥部を育成場所として利用していることが明らかとなった<sup>1)</sup>。しかし、曳網調査ではニシンが選択的に採集されるわけではなく、5～6月に当海域で採集されるシラス型仔魚には、ニシン仔魚およびチカ *Hypomesus pretiosus japonicus* 仔魚等が含まれ、特に背鰭鰭条原基の形成以前の仔魚期では、判別の手がかりとなる色素が不明瞭であることから、形態学的に両種を判別することは困難である(図1)。そこで、これら2魚種を遺伝子レベルで判別する方法について検討した。

### 材料と方法

判別手法の検討に用いたニシンは2004年4月に、チカは2004年2月に北海道厚岸湖で漁獲された成魚を用いた(表1)。分析手法としては種判別に最も適しているとされる mtDNA の PCR-RFLP 分析を用いることとした<sup>2)</sup>。エタノール固定した各個体の筋肉から8M尿素溶液を抽出液に用いたフェノール・クロロフォルム法<sup>3)</sup>によりDNAを抽出し、TE Bufferで溶解してPCR用テンプレートとした。

最初に両魚種から識別性および再現性の高い増

幅産物が得られる領域を探索するため、mtDNA の cytochrome b, D-Loop および12SrRNA-16SrRNA の3領域についてPCR法による増幅を試みた。増幅には、それぞれのユニバーサルプライマーとDNAポリメラーゼとしてTAKARA EX Taq (Takara Co.)を用いた。PCR反応液の組成は、滅菌蒸留水 18.25  $\mu$ l, dNTP Mixture (2.5mM) 2  $\mu$ l, 10 $\times$ Ex Taq buffer (Mg2+plus) 2.5  $\mu$ l, Primer 1: (10  $\mu$ M) 1  $\mu$ l, Primer 2: (10  $\mu$ M) 1  $\mu$ l, TaKaRa Ex Taq (5 units/ $\mu$ l) 0.25  $\mu$ l の合計25  $\mu$ l とした。1  $\mu$ l のPCR用テンプレートを上記のPCR反応液(25  $\mu$ l)と混合し、サーマルサイクラー(MyCycler, TM, thermal cycle; BIO-RAD)により遺伝子を増幅した。

次に、識別性と再現性の高い増幅産物が得られることが判明した mtDNA 領域の増幅条件を把握するために、アニーリング温度の検討を行いPCR条件の最適化を図った。最後に、最適と考えられたPCR条件でニシンおよびチカのDNA領域を増幅し、得られたPCR産物を10種類の制限酵素(Alu I・Afa I・Mbo I・Mbo II・Mbo III・Hha I・Hae III・Cfr13 I・Hinf I・Fok I)で処理し、ニシンおよびチカ由来の切断型を比較した。なお、各酵素による処理条件は、製品に添付されている処方に従った。増幅産物は、電気泳動装置(Mupid-2; コスモバイオ)を用いて1.5%アガロースゲル(タカラバイオ NuSieve GTG Agarose)により50W・1.5時間の電気泳動を行った後、エチジウムブロマイドで染色し、UVイルミネーター上で発色させてポラロイドカメラで撮影することによ

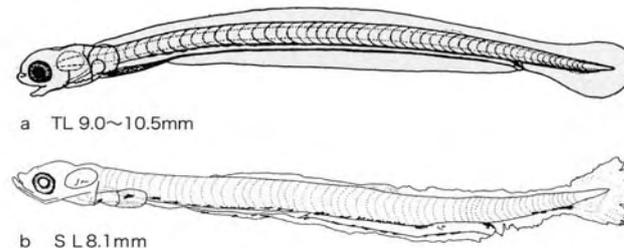


図1 ニシンおよびチカ仔魚の形態の比較

a: ニシン仔魚(出典:1988日本産稚魚図鑑 沖山 宗雄編)

b: チカ仔魚(出典:1958 日本産魚類の稚魚期の研究)

表1 種判別手法の検討に用いたニシンおよびチカ成魚の概要

魚種	漁場	漁期	標本数(尾)	全長(cm)	体重(g)
ニシン ( <i>Clupea pallasii</i> )	厚岸湖	2004.4	15	26.0±1.15	149.8±27.5
				24.5~29.0	111~228
チカ ( <i>Hypomesus pretiosus japonicus</i> )	厚岸湖	2004.2	15	18.9±1.34	54.9±14.5
				16.8~21.5	35.6~89.7

\*全長・体重の下段は範囲

り確認した。

### 結果および考察

**mtDNA 増幅領域の検討** mtDNA の PCR-RFLP 分析に適した増幅領域を探索するため、増幅されたニシンおよびチカの mtDNA の 3 領域について識別性および再現性を比較した結果、cytochrome b 領域はチカでは全ての供試魚で識別性の高い増幅産物が得られたが、ニシンでは半数で増幅産物が確認できなかった。D-Loop 領域は、ニシンでは全ての供試魚で識別性の高い増幅産物が得られたが、チカでは全ての供試魚で増幅産物が確認できなかった。12SrRNA-16SrRNA 領域は、ニシンおよびチカの両種ともに全ての供試魚で識別性の高い増幅産物が得られた。したがって、ニシンおよびチカの種判別には、12SrRNA-16SrRNA 領域を用いることが適していると考えられた。なお、得られた12SrRNA-16SrRNA 領域の断片長は、ニシンおよびチカの両種ともに約1500bpであった。

**12SrRNA-16SrRNA 領域増幅のための PCR 反応条件 (アニーリング温度) の検討** 12SrRNA-16SrRNA

領域を増幅する際の最適なアニーリング温度を48~65℃の範囲について8段階で検討した結果、57℃以下では非特異的な増幅産物が増加し、57℃以上では温度の上昇に従ってターゲット領域の増幅量が急激に減少した。よって、アニーリング温度を57℃に設定し、94℃で3分加熱した後、変性94℃ 30秒、アニーリング57℃ 30秒、伸長反応72℃ 2分の30サイクルを行い、最後に伸長反応72℃ 7分の加熱処理を行う PCR 反応が適当と考えられた。

**制限酵素の選択** 上記の PCR 反応条件で増幅した12SrRNA-16SrRNA 領域を10種類の制限酵素で処理した結果、Alu I・Afa I・Fok I は、すべての断片が500bp以下の断片に切断され種判別に利用することは困難と判断された。Hae III はニシンで500bp以下の断片が見られ、Mbo III ではチカで種内変異が認められたため種判別には適さないと判断された。Cfr13 I・Mbo I・Hha I・Hinf I はニシンおよびチカともに範囲100~1000bp、2~5本の断片に切断され、種判別に利用可能であると判断された。特に Mbo I では、ニシンで130, 190, 250, 390および540bpの5本、チカで320, 400および780bpの3本に切断され、両種の

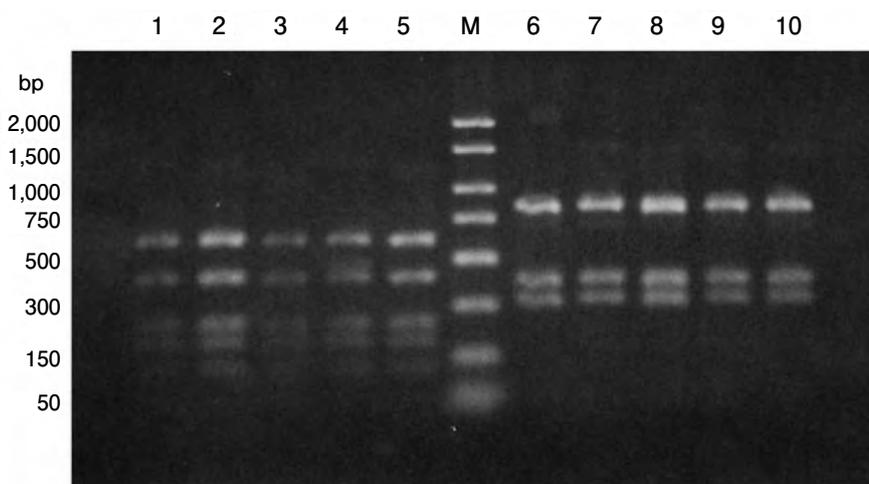


図2 制限酵素 Mbo I による mtDNA 12SrRNA-16SrRNA 領域切断型の種間変異

1~5: ニシン (*Clupea pallasii*)

M: サイズマーカー (PCR Markers, 50-2000bp Novagen)

6~10: チカ (*Hypomesus pretiosus japonicus*)

断片長に重なりが少なく、明瞭な判別が可能であった(図2)。なお、MboⅢ以外の制限酵素では、ニシン、チカともに種内変異は確認されなかった。

以上の分析手法により、北海道厚岸湖に出現するニシンとチカの仔魚を遺伝子レベルで明瞭に判別することが可能と考えられる。さらに地理的に広範囲に分布するニシンとチカの種判別に利用可能であるかについても、他海域の標本を分析して検討する必要がある。一方、厚岸湖内ではキュウリウオ *Osmerus mordax* やシシャモ *Spirinchus lanceolatus*、シラウオ *Salangichthys microdon* などの仔魚も存在していることが予想され、特にキュウリウオ科の3種(チカ、シシャモ、キュウリウオ)は仔魚初期における形態判別に不明な点の多いことが報告されている<sup>4)</sup>。現時点では、本手法がこれらの魚種とニシンとの判別に適用できるのかは不明であることから、mtDNAのPCR-RFLP分析の改良、およびそれ以外の分析方法の活用も視野に入れつつ、魚種判別の適用拡大を検討する必要がある。

## 謝 辞

本判別手法を検討するにあたり、終始ご指導を頂いた遠洋水産研究所の柳本 卓博士に深くお礼申し上げます。

## 文 献

- 1) 鈴木重則(2003) 8. 道東海域における地域性ニシンの放流効果評価技術開発. 平成14年度日本栽培漁業協会事業年報, 28-29.
- 2) 谷口順彦・高木基裕(1997) DNA多型と魚類集団の多様性解析. 「魚類のDNA 分子生物学的アプローチ」(青木 宙, 隆島忠夫, 平野哲也編), 恒星社厚生閣, 117-137.
- 3) Asahida T., T. Kobayashi, K. Saitoh, and I. Nakayama (1996) Tissue preservation and total DNA extraction from fish stored at ambient temperature using buffers containing high concentration of urea. *Fish Sci*, **62**, 727-730.
- 4) 猿渡敏郎・沖山宗男(1988)「日本産稚魚図鑑」(沖山宗男編). 東海大学出版会, 65-67.

## 近年の厚岸湖と厚岸湾におけるニシンの産卵場

森岡泰三\*<sup>1</sup>・松尾祐太\*<sup>2</sup>・吉田 聡\*<sup>3</sup>・松原孝博\*<sup>1</sup>・大久保信幸\*<sup>1</sup>・

澤口小有美\*<sup>1</sup>・福永恭平\*<sup>1</sup>・村上直人\*<sup>1</sup>・市川 卓\*<sup>1</sup>・関谷幸生\*<sup>4</sup>

(\*<sup>1</sup> 北海道区水産研究所厚岸栽培技術開発センター, \*<sup>2</sup> 厚岸漁業協同組合,

\*<sup>3</sup> 北海道釧路支庁釧路地区水産技術普及指導所, \*<sup>4</sup> 本部業務推進部)

厚岸湖は、北海道東部の太平洋岸に位置し、幅約600mの水路で厚岸湾に通じる汽水湖である(図1)。この海域では太平洋ニシン *Clupea pallasii* が主要な水産資源の一つとなっており、3～5月にはニシンの成熟魚が刺し網や小型定置網などによって漁獲される。それらの漁獲量は、1956年までは年間100～2,000トンで推移していたが、1957年以後増大して1967年には14,878トンの最高値を記録した。また、1976年には漁獲が激減して水揚げはほぼ皆無となったものの、2005年には50トン台まで回復している。こうした漁獲量の顕著な変動は日本の太平洋沿岸では唯一の事例であり、特に1957年以降の増大はそれまで北海道のニシンの漁獲の中心となっていた北海道サハリン系群が同時期に消滅<sup>1)</sup>したのとは動向が異なっている。これらのことから、厚岸湖および厚岸湾のニシン集団には特有の資源変動機構が存在すると考えられ、それを明らかにすることはこの海域の資源管理を考える上で非常に重要と考えられる。

魚類の資源量変動は、卵・仔稚魚期の生残と密接な関係があると考えられており<sup>2-5)</sup>、ニシンについて

も厚岸湾と厚岸湖における初期生活史が、1960年代に飯塚<sup>6)</sup>、三上<sup>7)</sup>、飯塚ら<sup>8)</sup>によって報告されている。しかし、近年は1998～2003年に産卵場と仔稚魚の分布調査が実施されているものの、産卵量や仔稚魚の数が少なく、初期生活史を十分に明らかにするには至っていない<sup>9-13)</sup>。一方、太平洋ニシンは卵に粘着性の二次卵膜を持ち<sup>14, 15)</sup>、湖沼や内湾の汽水域、あるいは外海に面した高塩分の沿岸において<sup>16)</sup>、スガモ *Phyllospadix iwatensis* やアマモ *Zostera marina*, 漁網、その他付着できるものなら何でも卵を産み付けることが知られている<sup>6)</sup>。実際に、厚岸湖と厚岸湾で行われている刺し網や定置網では、ニシンの成熟魚が漁獲される時期に、しばしば魚卵が付着していることが知られている。

そこで、それらの漁業者を対象に魚卵の漁網への付着と操業場所に関する聞き取り調査を行い、本種の産卵場の分布を推定することとした。さらに、厚岸湖および厚岸湾の水質調査を行い、産卵場の環境や厚岸ニシンの生活型に関する特徴を考察した。

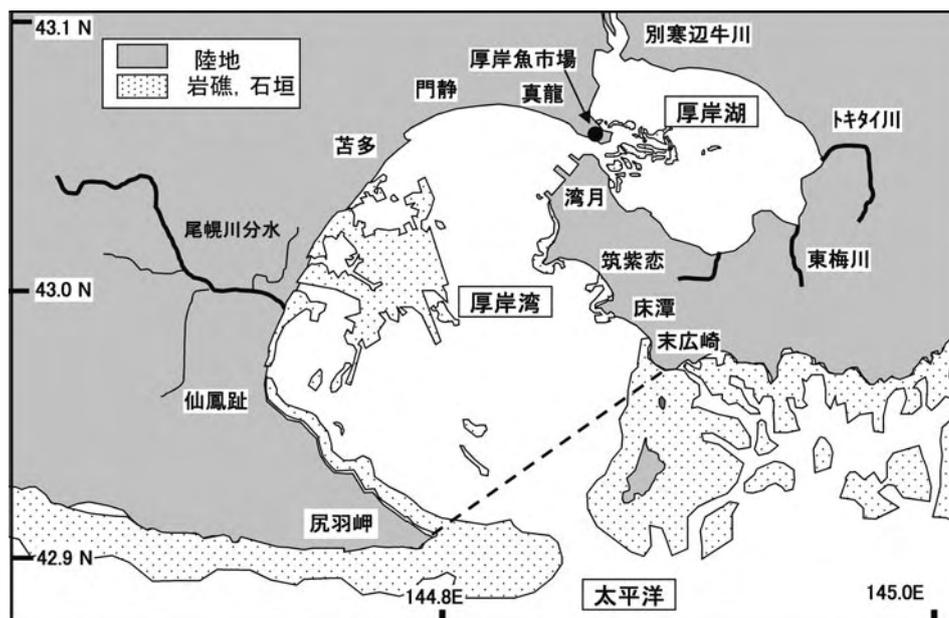


図1 厚岸湖および厚岸湾の地勢

厚岸海域漁場基本図(厚岸漁業協同組合)を改変

## 材料と方法

厚岸湖は、幅約600mの水路によって厚岸湾に通じる汽水湖である(図1)。湖の面積は31.2km<sup>2</sup>、大部分は水深2m未満の砂泥底であるが、水路付近は枝分かれした滞と石垣で囲まれた砂場があって複雑である。北部から東部にかけて3つの河川が流入しており、湖のほぼ全面がカキ *Crassostrea gigas* の養殖籠やアマモ *Zostera marina* で覆われている。一方、厚岸湾は尻羽岬と末広崎を結ぶ線の内側を指し、南を太平洋に開いている。面積は102.6km<sup>2</sup>、水深は湾口部が最も深くて24m、湾の中央部や奥の底質は砂泥であるが、東岸と特に西岸には岩礁が多い。岩礁地帯にはコンブ *Laminaria japonica* やスガモ *Phyllospadix iwatensis* などが生育している。また、湾の中央部はカキの養殖施設が約2kmにわたって配置されている。

厚岸湖および厚岸湾では、毎年3~5月にニシンの成熟魚が小型定置網や刺し網によって漁獲される。その際、漁業者は海面の白濁や漁網に産み付けられた魚の卵を認めることがある。そこで、2006~2007年に、2001年以降の漁網への魚卵の付着状況や海面の白濁、海草等への産卵について漁業者を対象とした聞き取り調査を行った。厚岸湾中央部に配置されているカキの養殖籠については、聞き取り調査に加えて、揚陸された数十個の養殖籠に対する魚卵の付着状況の調査を行った。

また、魚網に付着した卵がニシンの卵であることを確認するため、定置網5件、刺し網2件から魚卵を入

手し、シャーレを用いて各々約200粒を水温13℃のろ過海水中でふ化させた。ふ化仔魚について、外部形態のみの同定ではチカ *Hypomesus japonicus* やキュウリウオ *Osmerus eperlanus* との区別が難しいため、ピテロジェニン遺伝子による種判別<sup>17)</sup>を行った。加えて、産卵期における水質を把握するため、2006年4月26日と5月18日に、厚岸湾と厚岸湖の28点(図2)において表層の水温と塩分濃度を調べた。

## 結果

**漁業者の聞き取り調査** 調査の結果、定置網については厚岸湾内で15カ統、厚岸湖内で4カ統について情報が得られた。厚岸湾西岸の真龍から尾幌川分水地先にかけての11カ統と、湾内東岸の床潭地先の1カ統、および厚岸湖内中央部から奥にかけての3カ統においては、2001年から2007年の間の複数の年で、袋網の内外や誘導網への魚卵の付着が認められていた(図3)。さらに、厚岸湖の最奥部にある定置網の周辺では、ニシンの群れが渦巻くように遊泳しながら定置網に産卵している様子が目撃されていた。一方、湾口部に近い西岸の仙鳳趾地先と厚岸湾東岸の湾月および筑紫恋の各地先は、1960年前後の豊漁期にニシンが大量に漁獲され、漁網に魚卵が大量に産み付けられていた水域であるが、近年の漁獲量は少なく、情報が得られた3カ統に魚卵の付着は全く認められていなかった。付け加えて、筑紫恋に隣接している床潭地先の定置網でも、希に少数の魚卵が確認できる程度であった。

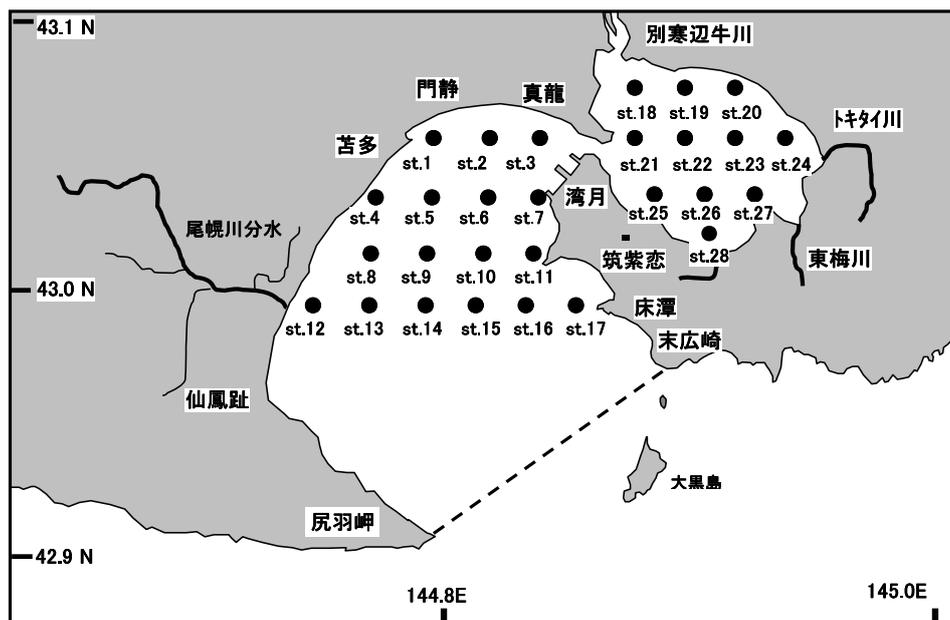


図2 厚岸湖と厚岸湾における水質調査点

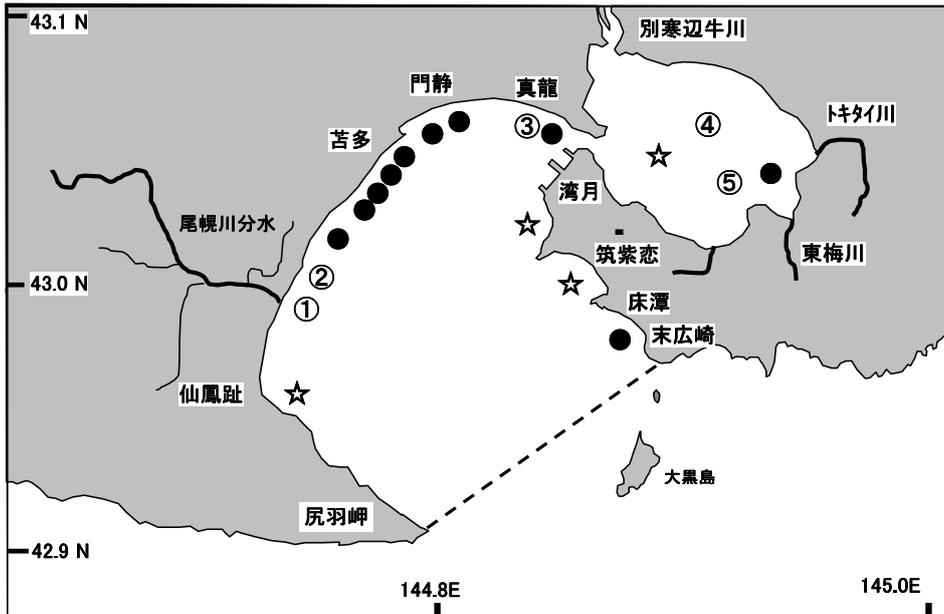


図3 定置網への魚卵付着状況 (2001~2006年)

付着あり (●, ①~⑤), 付着なし (☆)

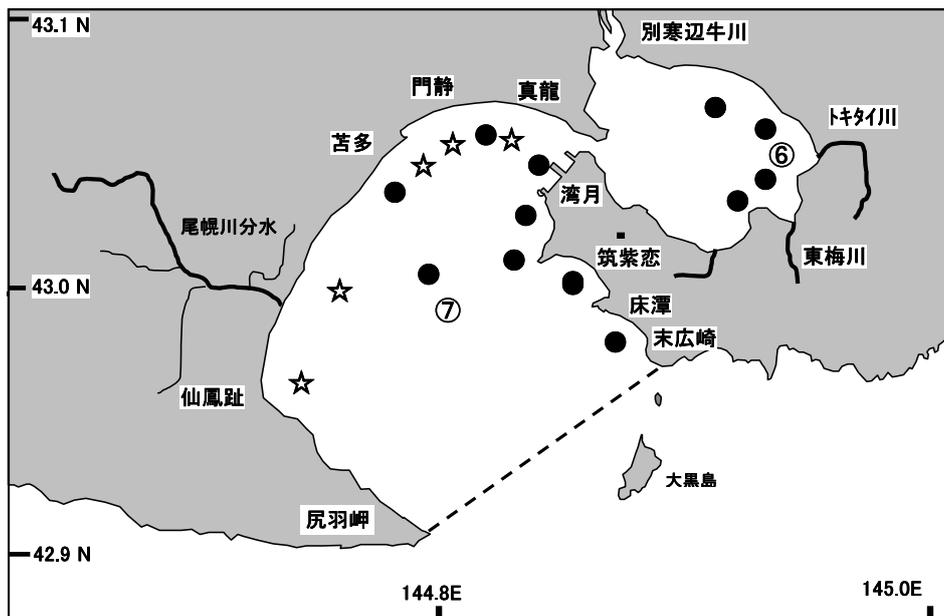


図4 刺し網への魚卵付着状況 (2001~2006年)

付着あり (●, ⑥, ⑦), 付着なし (☆)

刺し網について、本研究では厚岸湾内14カ所と厚岸湖内5カ所の操業点を確認した(図4)。これらの操業点は、厚岸湾内のほぼ全域と厚岸湖内の奥部にあり、厚岸湾内の5カ所を除く全ての点で魚卵の付着が認められていた。魚卵が認められなかった5つの操業点のうち、比較的湾奥のものは付近の刺し網や定置網で魚

卵が確認されていた。しかし、定置網の調査結果と同様に、湾口部に近い西岸の仙鳳趾地先では1960年前後の状況とは異なり、近年は全く魚卵の付着が認められないとのことであった。なお、漁業者によれば刺し網に付着した魚卵には産み付けられたものと、魚が漁網に捕捉された際に腹部が圧迫されて体外に押し出され

たものがあり、両者は容易に区別できるということである。厚岸湾の東岸にある床潭の地先については、ニシンの成熟魚を漁獲するには不適な目合いの刺し網に魚卵が付着している事例があったが、全体的に魚卵の数や漁獲量は少ない傾向にあった。

ニシンの産卵行動によると推測される海面の白濁は、2005年に厚岸湾の奥部西岸の門静地先で1例目撃されていた。海草類への産卵については、1960年代に特に厚岸湾の東岸と厚岸湖内において大量に目撃されていたにもかかわらず、近年の情報は全く得られなかった。また、湾中央部に配置されているカキの養殖施設では、付近の刺し網で魚卵が認められてはいるものの、施設への魚卵の付着に関する情報は得られず、漁業者が持ち帰った養殖籠を対象に行った調査でも魚卵は認められなかった。

**漁網に付着した魚卵のふ化試験と同定** 湾内および湖内各所の定置網と刺し網に付着していた魚卵をふ化させた結果、ふ化率はそれぞれ92~98%および3%であった(表1)。ふ化した仔魚は、ピテロジェニン遺伝子を用いた分析によってニシンであると判定された。また、定置網に付着していた卵塊では、個々の卵と卵の間に間隙が認められたが、刺し網に付着していた卵塊ではそうした間隙がほとんどなく、成熟した卵巣卵の断片を押し潰した状態に似ていた。

**水質測定結果** 厚岸湾と厚岸湖の、4月26日と5月18日における表層水温・塩分濃度の分布を調査した結果、厚岸湾では水温がそれぞれ4.3~6.1℃(平均5.4℃)および6.1~12.5℃(同9.6℃)、厚岸湖では4.4~10.2℃(同8.1℃)および11.3~17.5℃(同15.0℃)であり、いずれの調査日においても、厚岸湖のほうが高い傾向にあった(表2)。また、塩分濃度は、厚岸湾ではそれぞれ22.1~31.3PSU(平均27.9PSU)および26.7~32.0PSU(同30.1PSU)、厚岸湖では2.4~28.4PSU(同19.5PSU)および9.5~27.5PSU(同22.3PSU)であり、いずれの調査日においても、厚岸湖が低い傾向にあ

った(表2)。厚岸湾および厚岸湖を含めた全調査水域の中で、湾口部の東岸付近(図2, 表2: Sts.15~17)は最も水温が低く、且つ塩分濃度が高かった。これに対して、厚岸湖の奥部(Sts.18~20)は逆の傾向を示した。付け加えて、漁業者から、外洋水は厚岸湾の東岸に沿って流入していること、および湾口部西岸の尻羽岬付近には、常に外洋に向う潮流が存在しているとの情報を得た。

## 考 察

本研究においては、ニシンの産卵行動と卵の漁網への付着の有無についての情報を定置網や刺し網の漁業者から収集するとともに、卵の一部を入手してシャーレでふ化させ、ピテロジェニン遺伝子の分析によってふ化仔魚の種を同定した。その結果、定置網と刺し網のいずれにおいてもふ化仔魚がニシンであることが確認された。このため、本研究の聞き取り調査で得られた情報は、ニシンの産卵場の分布を反映しているものと考えられる。しかし、シャーレでのふ化率について、定置網から得られた卵は92%以上の高い値を示したのに対して、刺し網から得られた卵では3%と顕著に低くなっていた。また、多くの場合、刺し網における卵は互いに非常に密着しており、個々の卵が比較的分離している定置網の卵塊とは形態が著しく異なっていた。これらのことから、刺し網の卵が自発的に産卵されたものではなく、網に捉えられた際の圧力によって魚体から押し出されたものである可能性が考えられ、刺し網での調査で得られた情報については注意が必要と考えられる。

漁網への卵の付着に関する聞き取り調査では、定置網と刺し網のどちらにおいても湾口部に近い海域では目撃例は少なかった。特に、定置網では厚岸湖内と厚岸湾西岸の奥部で目撃例が多くなる傾向が強く、厚岸湖の最奥部では網の周辺でのニシンの産卵行動が目撃

表1 漁業者から提供された漁網に付着した卵のふ化試験結果

提供月日	漁網の種類	採集場所 <sup>*1</sup>	ふ化率(%) <sup>*2</sup>
4月13日	小型定置網	尾幌川分水河口①	96.2
4月21日	小型定置網	尾幌川分水河口②	95.5
4月21日	小型定置網	真龍沿岸③	92.3
4月22日	小型定置網	厚岸湖中央部④	93.8
4月22日	小型定置網	厚岸湖中央部⑤	98.8
4月22日	刺し網	厚岸湖東部⑥	2.5
4月22日	刺し網	厚岸湾中央部⑦	3.2

<sup>\*1</sup> 括弧内の番号は図3、4における番号に対応。

<sup>\*2</sup> 200粒をシャーレに収容。水温13℃のウオーターバスに浮かべ、ふ化するまでろ過海水を毎日交換した。

表2 厚岸湾と厚岸湖の2006年4月26日と5月18日における表層水温と塩分濃度

定点*1 番号	厚岸湾				定点*1 番号	厚岸湖			
	4月26日		5月18日			4月26日		5月18日	
	水温 (℃)	塩分濃度 (PSU)	水温 (℃)	塩分濃度 (PSU)		水温 (℃)	塩分濃度 (PSU)	水温 (℃)	塩分濃度 (PSU)
St.1	5.7	27.2	12.3	29.5	St.18	10.1	2.4	14.4	9.5
St.2	5.2	27.8	11.1	28.3	St.19	9.5	9.6	17.0	18.6
St.3	5.5	27.1	12.5	26.7	St.20	10.2	21.3	17.5	19.6
St.4	5.7	26.7	11.2	29.7	St.21	6.0	25.1	11.3	26.4
St.5	5.6	26.5	8.1	29.8	St.22	4.4	28.4	13.3	25.7
St.6	5.1	27.7	8.7	30.6	St.23	9.1	21.2	14.8	22.8
St.7	6.0	24.0	10.0	29.2	St.24	9.9	19.4	17.2	20.5
St.8	5.6	27.6	11.6	29.8	St.25	6.6	20.7	12.3	27.5
St.9	5.8	27.7	10.3	29.8	St.26	6.9	23.2	14.3	25.4
St.10	5.4	29.0	9.3	30.6	St.27	8.3	21.2	16.2	23.9
St.11	4.9	30.1	8.9	31.3	St.28	7.7	22.4	16.4	25.7
St.12	6.1	22.1	11.3	29.6					
St.13	5.8	28.7	9.4	30.1					
St.14	5.9	29.3	8.2	31.1					
St.15	4.3	31.0	7.1	31.8					
St.16	4.3	31.3	6.7	31.8					
St.17	4.3	31.2	6.1	32.0					
最小	4.3	22.1	6.1	26.7		4.4	2.4	11.3	9.5
最大	6.1	31.3	12.5	32.0		10.2	28.4	17.5	27.5
平均	5.4	27.9	9.6	30.1		8.1	19.5	15.0	22.3

\*1 定点番号の地点は図2に示した。

されていた。これらのことから、厚岸湖および厚岸湾における近年のニシン産卵場は、主に厚岸湾の比較的奥部西岸（真龍から尾幌川分水の地先にかけて）の一带と、厚岸湖内の中央から奥に存在していると推定される。

一方、厚岸湖および厚岸湾の表層水温・塩分濃度に関する調査では、厚岸湖の水温が比較的高く、塩分濃度が比較的低くなっていた。この結果と、厚岸湾の東岸に沿って外洋の水が流入しており、湾口部西岸の尻羽岬付近に常に湾外に向う潮流が存在していると漁業者が認識していることを考え合わせると、外洋水は厚岸湾の東岸に沿って流入し、厚岸湖内に達して温められ、さらに河川水によって希釈されたあと、厚岸湾の西岸に沿って湾外に流出しているものと推測される。この推測が正しいとすると、厚岸湖と厚岸湾における近年のニシンの産卵場は、比較的水温が高く、塩分濃度の低い水域に形成される傾向があるものと考えられる。

本研究におけるニシンの産卵場の分布に関する知見を水揚げ量が5,000トン以上に達した1960年前後の知見<sup>6,19)</sup>と比較した場合、かつて厚岸湾の東岸を中心に厚岸湾の西岸や厚岸湖内においても形成されていた産卵場は、現在かなり縮小しており、佐藤<sup>19)</sup>が報告した1940年頃のニシンの産卵場、つまり厚岸湖内およ

び厚岸湾の西岸（真龍から苦田にかけての地先と仙鳳趾地先）に極めて近い状況にある。当時の漁獲量は数100トンであり、桁数としては1960年前後と現在の間にある。当該水域で産卵するニシンの群れや系群の解釈は様々であることを菅野<sup>20)</sup>がまとめているが、アイソザイム分析を行った堀田ら<sup>21)</sup>によれば、道東に棲息するニシンは十勝の湧洞沼で産卵する群と、それ以外の沿岸域で産卵する群に大別されるとしている。実際、厚岸湾に放流したニシンの人工種苗は根室湾から十勝にかけての水域で再捕されているが、特に厚岸沿岸の漁獲物中に数多い<sup>9-11,22-25)</sup>。

すなわち、現在のニシンは、主に厚岸湖と湖水の影響を受ける水域で産卵する移動・分布範囲の比較的狭い群れと推測することができ、その生活型は小林<sup>16)</sup>の類型化による「湖沼性地域型」としての特徴を、1960年前後の豊漁期のニシンよりも強く示している。このため、厚岸湖と厚岸湾に産卵のため来遊するニシンの資源を維持するためには、この海域におけるニシンの再生産能力を常に高く保つ必要があると考えられる。

## 謝 辞

本論をまとめるにあたり、ニシンの産卵と漁業に関

する貴重な情報を提供していただいた高田清治氏、鈴木見世彦氏、和泉 隆氏、梶谷 克氏、紺野正美氏、木下政則氏、溝端静雄氏、大磯勇雄氏、中野利春氏、中島弘樹氏、堀内秀三氏、岩井隆雄氏、平 定美氏をはじめとする多くの漁業者に感謝する。厚岸町の漁業に関する資料を提供していただいた厚岸町まちづくり推進課の須佐祐吉氏、文献類やニシン仔稚魚の生態に関する情報を提供していただいた釧路水産試験場の佐々木正義氏、並びに聞き取り調査の便宜をはかっていただいた厚岸漁業協同組合、特に魚市場の職員諸氏に心からお礼申し上げます。

## 文 献

- 1) 小林時正 (2002) 北海道におけるニシン漁業と資源研究 (総説). 北水研報, **62**, 1-8.
- 2) Cushing, D.H. (1990) Plankton production and year class strength in fish populations: an update of the match/mismatch hypothesis. *Adv. Mar. Biol.* **26**, 249-293.
- 3) Nakata, H., M. Fujita, Y. Suenaga, T. Nagasawa, and T. Fujii (2000) Effect of wind blows on the transport and settlement of brown sole (*Pleuronectes herzensteini*) larvae in a shelf region of the Sea of Japan. *J. Sea Res.* **44**, 91-100.
- 4) Kjesbu, O.S., P. Solemdal, P. Bratland, and M. Fonn (1996) Variation in annual egg production in individual captive Atlantic cod (*Gadus morhua*) *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* **53**, 610-620.
- 5) Houde, E.D. (2002) Mortality. In "Fishery Science - The unique contributions of early life stages - "Ed. Fuiman, L.A., Werner, R.G. Blackwell Publishing 64-87.
- 6) 飯塚 篤(1966)厚岸湾における発生幼期の生態. 北水研報, **31**, 18-63
- 7) 三上正一, 田村真樹, 八木英子, 飯塚 篤 (1961) ニシン *Clupea pallasii* C. et V. の初期生活史の研究. 1. 厚岸湾における仔魚の棲息域と食性について. 北水研報, **23**, 1-16.
- 8) 飯塚 篤, 三上正一, 田村真樹, 八木英子 (1962) ニシン *Clupea pallasii* C. et V. の初期生活史の研究. 2. 厚岸湾における稚魚の成長と, 死亡に関する若干の考察. 北水研報, **25**, 1-10
- 9) 鈴木重則(1999)ニシン. 平成9年度日裁協年報, 295-297.
- 10) 鈴木重則(2000)ニシン. 平成10年度日裁協年報, 328-330.
- 11) 鈴木重則(2001)ニシン. 平成11年度日裁協年報, 292-293.
- 12) 鈴木重則(2003)ニシン. 平成14年度日裁協年報, 28-31.
- 13) 鈴木重則(2003)ニシン. 平成15年度日裁協年報, 20.
- 14) Ohta, H. (1984) Electron microscope study on adhesive material of Pacific herring *Clupea pallasii* eggs. 魚類額雑誌, **30**, 404-411.
- 15) Gillis, D. J., B. A. Mckeown, and D. E. Hay (1990) Ultrastructural observations on the ovary and eggs, and the development of egg adhesion in Pacific herring *Clupea harengus pallasii*. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, **47**, 1495-1504.
- 16) 小林時正 (1993) 太平洋ニシンの集団遺伝的特性と種内分化に関する研究. 遠洋水研報, **30**, 1-77.
- 17) 松原孝博・大久保信幸・澤口小有美・森岡泰三 (2007) ビテロジェニン遺伝子によるニシンおよびキュウリウオ科4種の仔魚の種判別法開発 (口頭発表). 平成19年度日本水産学会大会発表要旨.
- 18) 中山信之 (1958) 厚岸湾における昭和33春期の産卵ニシンについて. 北水試月報, **15**, 3-8.
- 19) 佐藤信一 (1944) 厚岸湾および厚岸湖の鯨について. 日水誌, **12**, 194-201.
- 20) 菅野泰次 (1983) 日本周辺海域に分布するニシンの系群構造とその生態. 栽培技研, **12**, 59-69.
- 21) 堀田卓朗・松石 隆・板野博之・菅野泰次 (1999) 北海道東部沿岸域に産卵するニシン *Clupea pallasii* の系群判別. 日水誌, **65**, 655-660.
- 22) 山本和久(1995)ニシン. 平成5年度日裁協年報, 296-298.
- 23) 山本和久(1996)ニシン. 平成6年度日裁協年報, 256-260.
- 24) 山本和久(1998)ニシン. 平成8年度日裁協年報, 274-276.
- 25) 鈴木重則(2002)ニシン. 平成12年度日裁協年報, 31-33.

栽培漁業センター技報第8号

平成20年7月30日 発行

編集人  
発行

独立行政法人 水産総合研究センター

〒220-6115

神奈川県横浜市西区みなとみらい2-3-3

クイーンズタワー B 15F

電話 045 (227) 2715

印刷所

日昇印刷株式会社

東京都中央区湊1-14-14

電話 03 (3553) 3161 (代)