日長および水温条件の制御によるブリの12月産卵

浜田 和久, 虫明 敬一^{a*}

(2005年5月31日受付, 2005年10月12日受理)

佃水産総合研究センター五島栽培漁業センター

Advanced spawning of yellowtail *Seriola quinqueradiata* as early as December
by manipulations of both photoperiod and water temperatureKAZUHISA HAMADA AND KEIICHI MUSHIAKE^{a*}*Goto Station, National Center for Stock Enhancement, Fisheries Research Agency, Goto, Nagasaki 853-0508,
Japan*

The present study examined the combined effects of photoperiod and temperature control on the ovarian maturation and human chorionic gonadotropin (HCG)-induced spawning of yellowtail *Seriola quinqueradiata*, with the aim of achieving advanced spawning as early as December. In experiments conducted from 2002 to 2004, the daylength was set to 8 hours (8L16D) for 10 days followed by a 10-hour daylength extension to 18 hours (18L6D) for the next 80 days under controlled water temperature that was maintained at 19°C before the injection of HCG. Female broodstock kept under these controlled conditions were induced to mature more rapidly than those kept under natural conditions. Neither controlled photoperiod nor controlled water temperature was sufficient to induce the maturation of fish. During these 3 years, fish kept under both controlled conditions were able to spawn in advance during December, with the total eggs produced per female ranging from 87×10^3 to 1000×10^3 . Survival rates for the first 10 days of the rearing experiments of larvae at first spawning obtained in 2002 and 2004 were 14.1 and 36.7%, respectively. These values were similar to those obtained during the spawning season in April. This experiment showed that manipulations of both photoperiod and water temperature are effective in accelerating the maturation of female yellowtail broodstock and that good quality eggs may be obtained as early as December after HCG injection.

キーワード：ブリ, 日長制御, 水温制御, 卵黄形成, 早期採卵

ブリ *Seriola quinqueradiata* は、日本列島近海を南北方向に移動する大型の回遊魚で、わが国沿岸の水産資源の中でも最も重要な魚種の一つである。本種の養殖は、1960年頃から本格的な取り組みが始まり、西日本を中心に急速に発展してきた。その一方で、ブリの種苗生産を目的とした研究は多くの研究者によって取り組まれてきた。¹⁻¹¹⁾ しかし、これまでのブリ養殖における種苗の確保は、すべて天然稚魚（モジャコ）に依存しており、この天然種苗も乱獲等による資源量の減少が懸念されるため、漁獲尾数には厳しい規制が加えられている。現在、ブリの漁獲量は徐々に増加傾向を示しているもの

の、天然種苗の資源量には豊凶があるため、今後も天然種苗だけに依存するには予断できない状況にある。そのため、放流あるいは養殖用に人工種苗を計画的かつ安定的に確保するための技術開発が強く望まれている。

ブリ天然魚の産卵期は薩南海域で2~3月,¹²⁾ 四国と九州沖合海域で3月から4月,¹³⁾ および能登半島近隣海域では6~7月¹⁴⁾と報告されており、ブリの産卵海域は水温19°C線の北上とともに移動すると予想されている。¹³⁾ 一方、天然種苗を海面小割等で養成した親魚（以下養成親魚と記す）では、四国や九州の沿岸海域における通常の産卵期は海水温が19°Cに達する4月下旬から

* Tel : 81-45-227-2715. Fax : 81-45-227-2704. Email : mushiake@fra.affrc.go.jp

^a 現所属：佃水産総合研究センター栽培漁業部（Fisheries Stock Enhancement Department, Fisheries Research Agency, Yokohama, Kanagawa 220-6115, Japan）

5月上旬で、^{9,13)} 天然魚よりも約2カ月遅い。この産卵期の違いに由来して、放流用の人工種苗は同じ時期の天然種苗の大きさに比べると著しくサイズが小さく、この点がブリでは標識放流を行っても放流効果が上がりにくい原因の一つと考えられてきた。¹⁵⁾ そのため、天然親魚とはほぼ同じ産卵期、すなわち、2月に養成親魚から採卵を行う（以下2月採卵と記す）ため、通常の成熟期よりも早い時期に親魚の卵黄形成を促進させる環境制御手法として、日長と水温の両条件を制御する技術が開発された。¹⁶⁾ 2月採卵由来の人工種苗は、天然種苗と比較しても成長および生残率の点で遜色はなく、実際に瀬戸内海東部海域に放流した結果、ブリ当歳魚の全漁獲尾数の中で放流魚の占める混獲率は20.7~34.7%に達し、放流効果が実証されている。^{17,18)}

しかし、養殖用種苗としては、2月採卵由来の人工種苗はサイズにおいて、また、成長や生残においても天然種苗と差は認められないものの、人工種苗としての付加価値を発揮するには十分ではない。本研究では、養殖用のブリ人工種苗の付加価値を高めるため、天然種苗よりも大型の人工種苗を生産することにより、養殖業における出荷サイズまでの飼育期間を短縮しコストを軽減させる技術を開発することを目的とした。そのために、まず、天然種苗よりも大型の種苗を種苗生産できるような卵の安定的かつ計画的な確保を目指して、養成親魚の産卵期を早期化させることを試みた。すなわち、陸上水槽において日長および水温の両条件を制御することにより、ブリ養成親魚の卵黄形成を促進させ、ホルモン処理により産卵を誘発した。その結果、ブリでは初めて天然魚よりも約2カ月早い12月に産卵させること（以下12月採卵と記す）に成功したので、これらの結果について報告する。

材料および方法

親魚養成 2002年および2004年に行った試験には、いずれも天然種苗を養殖業者が約2年間飼育した2+歳の成魚を11月に独立行政法人水産総合研究セン

ター五島栽培漁業センター（旧日本栽培漁業協会五島事業場）の海面小割生簀（円形、直径10m×水深5m）で約9カ月養成した3+歳の親魚を供した。また、2003年は同じ由来の成魚を約2年7カ月養成した5+歳の親魚を試験に供した。いずれの供試魚も搬入直後から市販の配合飼料（ハマチソフトドライベレット、坂本飼料製）で養成し、産卵期の約4カ月前からこの配合飼料ともう1種類の市販配合飼料（かんぱちくん、ヒガシマル製）を等量混合して週3回の割合で飽食量（魚体重の3%）を給餌した。2002年、2003年および2004年において、海面小割生簀で養成した親魚はそれぞれ9月17日、9月16日および9月19日にコンクリート製陸上水槽（四角形、実容量90kl）2面にそれぞれ雌雄同数を収容した（Table 1）。各年とも供試したすべての親魚には、背部筋肉内にピットタグ（長さ18mm×直径2.1mm、MPR製）を装着し個体識別した。いずれの試験においても、自然環境条件下で2日間の水槽への馴致期間を設けた後に、環境条件（日長および水温）を制御する試験区（環境制御区）と両条件とも自然条件とする対照区（無制御区）を設けた。なお、供試魚の魚体測定は、いずれも陸上水槽に収容する際に実施した。

環境条件の制御 環境条件の制御は、供試魚の自然環境条件下での2日間の水槽への馴致が終了した翌日（環境制御開始0日後とする；2002年、2003年および2004年でそれぞれ9月19日、9月18日および9月21日）から、以下に述べる日長および水温の両条件について行った。

日長条件は短日処理と長日処理を組み合わせで制御した（Fig. 1）。すなわち、短日処理は明期8時間と暗期16時間（8L16D）として8:00から16:00までの8時間は自然日長条件下で飼育し、16:00から翌朝8:00までは水槽全体を遮光幕（遮光率100%；ボンガードZT-2602F、日本ウェーブロック）で覆った。2002年、2003年および2004年における短日処理の期間は、それぞれ9月19日から9月29日、9月18日から9月28日、および9月21日から10月1日までのいず

Table 1 Yellowtail broodstock used for advanced spawning manipulations for 2002–2004

Year	Test group	Origin	Age	No. of fish (M : F)*1	Fork length ±SD*2(cm)	Body weight ±SD (kg)	Condition factor*3±SD	Initial mean oocyte diameter ±SD (μm)	Condition	
									Photoperiod	Water temperature
2002	Manipulated	Wild	3	20(10 : 10)	67.9±2.0	5.7±0.6	18.5±0.9	108±64	Controlled	Controlled
	Control	Wild	3	20(10 : 10)	68.4±1.6	6.1±0.4	18.3±0.7	107±48	Natural	Natural
2003	Manipulated	Wild	5	14(7 : 7)	74.4±2.4	8.7±1.0	20.8±1.3	102±53	Controlled	Controlled
	Control	Wild	5	14(7 : 7)	74.2±2.0	8.4±0.7	20.4±0.9	104±56	Natural	Natural
2004	Manipulated	Wild	3	18(9 : 9)	69.6±1.5	6.6±0.5	19.5±1.5	107±46	Controlled	Controlled
	Control	Wild	3	18(9 : 9)	69.8±1.8	6.7±0.6	19.7±1.8	106±48	Natural	Natural

*1 M : male, F : female.

*2 Standard deviation.

*3 Condition factor = (body weight) / (fork length)³ × 10³.

Fig. 1 Photoperiod regimes during the experiments. The solid line and the broken line in the figure show manipulated daylength and natural daylength, respectively. SDT and LDT along the solid line represent short-day treatment and long-day treatment, respectively.

れも10日間とした。次に、長日処理は短日処理終了直後から明期18時間と暗期6時間(18L6D)として6:00から24:00までの18時間について、タイマー制御により水槽直上部に設置したレフランプ(500W)2灯を点灯した。2002年、2003年および2004年における長日処理の期間は、それぞれ9月30日から12月20日、9月29日から12月19日、および10月2日から12月22日までのいずれも80日間とした。なお、無制御区はいずれの年も水槽収容直後から試験期間を通して自然日長とした。

また、環境制御区における水温条件はMushiake *et al.*¹⁶⁾を参考に、供試魚を水槽に収容した直後は自然条件とし、その後、自然水温が19℃を下回るようになった時点(2002年、2003年および2004年でそれぞれ11月5日、12月8日および11月30日)から加温により最低水温を19℃に維持した。一方、無制御区では試験期間を通して自然水温とした。

成熟度調査 親魚の成熟度調査は、水槽への収容当日(2002年、2003年および2004年でそれぞれ9月17日、9月16日および9月19日)、環境制御開始40日後(短日処理10日+長日処理30日;それぞれ11月1日、10月31日および11月3日)および同90日後(短日処理10日+長日処理80日;それぞれ12月20日、12月19日および12月22日)に行った。供試親魚はピットタグにより個体識別し、親魚への麻酔は使用せず、カニューレを用いて卵巢卵の一部を個体別に採取した。そして、万能投影機(V-12, ニコン製)を用いて得られた卵巢卵の中で最大卵径を有するサンプル30粒の卵径を測定して平均値を求め、この値を成熟度の指標としての平均卵巢卵径として表記した。個体別に得られた平均

卵巢卵径は、環境制御区と無制御区との間でStudentの*t*検定により統計学的検定を行った。

誘発産卵 環境制御開始90日後(2002年12月20日、2003年12月19日および2004年12月22日)にHCG(human chorionic gonadotropin: 帝国臓器製薬製)注射による水槽内での誘発産卵を試みた。各年とも雌雄すべての供試魚の背部筋肉内に魚体重1kg当たり600IUのHCGを注射して産卵を誘発した。

HCG注射2日後に水槽内に産出された卵の回収からふ化までの卵管理の方法は既報⁹⁾に準じた。すなわち、産出された卵は、水槽内に設置したサイフォン(直径50mm, 4本)により飼育海水とともに隣接した採卵用水槽(0.5kℓポリカーボネイト製円形)に設置した採卵ネット(直径70cm×深さ60cm, ゴース地)に導入してろ過収集する方法で回収した。これらの卵は、メスシリンドー(容量2ℓ)を用いて浮上卵と沈下卵に分離させて浮上卵率を求めた後に、浮上卵のみを水温20℃に調温したふ化水槽(8kℓコンクリート製水槽)に設置したふ化ネット(直径90cm×深さ75cm, ゴース地)に収容した。そして、ふ化ネット内には通気(700ml/分)と注水(6.5ℓ/分)を施しながらふ化まで管理した。⁸⁾ふ化までの間に発生が停止してネット内に沈下した卵は適宜除去した。卵の発生段階が桑実期以降に達した段階で100粒の卵を検鏡し、受精率、卵径および油球径を測定した。受精率は、まず浮上卵中に占める受精卵数の割合で求め、最終的には総採卵数に対する受精率に換算した。ふ化が完了した時点で比容法⁹⁾によりネット内のふ化仔魚数を計数し、総採卵数に対するふ化率を算出した。

仔魚の活力判定 仔魚の活力判定は、採卵を行う毎に得られた仔魚(日齢0)を用いて虫明ら¹⁹⁾の方法により水温20℃で飢餓耐性試験を行った。すなわち、容量500mlのガラス製ビーカーに予め試験水温(20℃)に調温した砂ろ過海水を200ml入れ、別のビーカーでふ化ネットから無作為に掬い取ったふ化仔魚(日齢0)を、可能な限りショックを与えないように30尾ずつ流し込んで収容した。その後、調温海水を加え500mlとした。試験用ビーカーには覆いをせず、屋内の自然光条件下で行った。試験期間中、水温はウォーターバス方式で20℃に設定した。また、仔魚へのハンドリングなどの影響を極力少なくするため、換水と通気は全く行わなかった。ビーカー内の仔魚の観察は毎日ほぼ一定時間に1回行い、死亡魚は計数して駒込ピペットで除去した。なお、観察は供試した全個体が死亡するまで続けた。これらの結果に基づき、次式により無給餌生残指数(survival activity index: SAI)²⁰⁾を算出した。

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

ここで、*N*: 試験開始時のふ化仔魚数、*hi*: *i*日目の累

積死亡尾数, k : 生残尾数が0となるまでの日数である。また、初回産卵で得られた仔魚を用いて小型水槽 (0.2 kl) で日齢10までの飼育 (以下初期飼育とする) を行い、初期飼育における成長と生残率を調査した。得られたふ化仔魚 (日齢0; 平均全長 3.6 ± 0.1 mm) 2,000尾を計数しながら水槽に収容し、飼育水温はウォーターバス方式により $19.3 \sim 22.0^\circ\text{C}$ に維持した。初期飼育は従来のブリ種苗生産の方法²¹⁾に準じた。すなわち、餌料にはシオミズツボムシ *Brachionus plicatilis* を給餌し、日齢10 (初期飼育終了時) に達した段階で全数を取り揚げて生残尾数を計数して生残率を算出するとともに、30尾について仔魚の全長測定を行った。なお、2003年には初期飼育に供せるほど十分な数のふ化仔魚が得られなかったため、試験は実施できなかった。

結 果

成熟度調査 いずれの年においても、親魚を陸上水槽

Fig. 2 Changes in mean oocyte diameter with time in yellowtail ovaries. Vertical lines represent the standard deviation.

に収容する時点では卵径は $102 \sim 108 \mu\text{m}$ の範囲であった (Fig. 2)。2002年の環境制御区では、環境制御開始0, 40 および 90 日後の平均卵巣卵径はそれぞれ $108 \pm 64 \mu\text{m}$, $142 \pm 35 \mu\text{m}$ および $690 \pm 81 \mu\text{m}$ であった。一方、無制御区ではそれぞれ $107 \pm 48 \mu\text{m}$, $141 \pm 29 \mu\text{m}$ および $332 \pm 65 \mu\text{m}$ となり、90 日後の両区の平均卵巣卵径に有意な差が認められた ($p < 0.01$)。

また、2003年の環境制御区では、環境制御開始0, 40 および 90 日後の平均卵巣卵径はそれぞれ $102 \pm 53 \mu\text{m}$, $141 \pm 28 \mu\text{m}$ および $543 \pm 104 \mu\text{m}$ であった。一方、無制御区ではそれぞれ $104 \pm 56 \mu\text{m}$, $140 \pm 36 \mu\text{m}$ および $352 \pm 89 \mu\text{m}$ となり、前年と同様に90 日後における両区の平均卵巣卵径に有意な差が認められた ($p < 0.01$)。さらに、2004年には環境制御区で、環境制御開始0, 40 および 90 日後の平均卵巣卵径がそれぞれ $107 \pm 46 \mu\text{m}$, $191 \pm 60 \mu\text{m}$ および $598 \pm 137 \mu\text{m}$ であったのに対して、無制御区ではそれぞれ $108 \pm 51 \mu\text{m}$, $142 \pm 47 \mu\text{m}$ および $339 \pm 69 \mu\text{m}$ で、これまでの2年間の結果と同様に90 日後の両区の平均卵巣卵径に有意な差が認められた ($p < 0.01$)。

誘発産卵 いずれの年も環境制御区のみでHCG注射を行った2 日後に産卵が認められた。2002年の産卵試験では2002年12月22日から2003年1月5日までの15日間毎日産卵が認められた (Table 2)。この間、供試した雌親魚1尾当りの産卵数、浮上卵数およびふ化仔魚数はそれぞれ999.8千粒、566.3千粒および183.8千尾であった。総産卵数に対する浮上卵率、受精率およびふ化率はそれぞれ56.6%, 41.9% および18.4% であった。

また、2003年の産卵試験では2003年12月21日から12月26日までの6日間に4回の産卵が認められ、雌親魚1尾当りの産卵数、浮上卵数およびふ化仔魚数はそれぞれ86.9千粒、44.0千粒および3.3千尾であった。総産卵数に対する浮上卵率、受精率およびふ化率はそれぞれ50.7%, 37.7% および3.8% であった。さらに、2004年には、2004年12月24日から2005年1月3日までの11日間に9回の産卵が認められ、産卵数、浮上卵数およびふ化仔魚数はそれぞれ201.3千粒、98.2千粒および23.7千尾であった。総産卵数に対する浮上卵率、受精率およびふ化率はそれぞれ48.6%, 42.7% および11.8% であった。

各年に得られた卵の卵径および油球径の平均値は、それぞれ $1174 \sim 1192 \mu\text{m}$ および $296 \sim 305 \mu\text{m}$ と各年ごとの差は認められなかった (Table 2)。

仔魚の活力判定 2002年、2003年および2004年に得られたふ化仔魚の平均SAIは、それぞれ15.3, 19.2 および19.8であった (Table 3)。2004年に得られたふ化仔魚では、産卵回数の増加に伴ってSAIが次第に低

Table 2 Results of egg collection from yellowtail in each group during 2002 to 2004

Year Tested group	2002		2003		2004	
	Manipulated	Control	Manipulated	Control	Manipulated	Control
Spawning period	Dec. 22 in 2002~ Jan. 5 in 2003	—	Dec. 21~ Dec. 26 in 2003	—	Dec. 24 in 2004~ Jan. 3 in 2005	—
Spawning days	15	0	4	0	9	0
<i>Eggs</i>						
Eggs produced/fish ($\times 10^3$)	999.8	0	86.9	0	201.3	0
Buoyant eggs/fish ($\times 10^3$)	566.3	—	44.0	—	98.2	—
Rate of buoyant eggs* ¹ (%)	56.6	—	50.7	—	48.6	—
Rate of fertilized eggs* ¹ (%)	41.9	—	37.7	—	42.7	—
Egg diameter $\pm$ SD* ² (μm)	1180.7 $\pm$ 59.7	—	1192.8 $\pm$ 33.7	—	1174.2 $\pm$ 29.9	—
Oil droplet diameter $\pm$ SD (μm)	303.4 $\pm$ 20.7	—	305.5 $\pm$ 12.8	—	296.3 $\pm$ 16.5	—
<i>Hatched larvae</i>						
Hatched larvae/fish ($\times 10^3$)	183.8	—	3.3	—	23.7	—
Rate of hatched larvae* ¹ (%)	18.4	—	3.8	—	11.8	—

*¹ Each rate of buoyant eggs, fertilized eggs, and hatched larvae was calculated from total eggs obtained.

*² Standard deviation.

Table 3 Survival activity index and survival rates for newly hatched yellowtail larvae after 10 days

Year	Larval activity		Experimental period	Initial number of larvae	Survival rate at 10-dah* ² (%)	Total length $\pm$ SD* ³ (mm)	
	N =	Mean of SAI* ¹				0-dah	10-dah
2002	15	15.3	Dec. 25, '02–Jan. 4, '03	2,000	14.1	3.6 $\pm$ 0.1	4.8 $\pm$ 0.3
2003	4	19.2	Not conducted	—	—	—	—
2004	9	19.8	Dec. 27, '04–Jan. 6, '05	2,000	36.7	3.8 $\pm$ 0.1	4.8 $\pm$ 0.3

*¹ SAI: survival activity index. Tolerance tests were conducted at 20°C for each trial.

*² dah: days after hatching.

*³ Standard deviation.

Fig. 3 Changes in survival activity index (SAI) of yellowtail larvae obtained during 2002 to 2004.

下する傾向がみられたが、2002年および2003年では採卵月日によりSAIは大きく変動する傾向を示した (Fig. 3)。特に、2002年には産卵末期にむしろSAIが

上昇する傾向がみられた。

2002年と2004年の初回産卵由来のふ化仔魚を用いて行った初期飼育では、日齢10における生残率はそれぞれ14.1%と36.7%で、仔魚の全長はいずれの年も4.8 $\pm$ 0.3 mmであった。

考 察

ブリ養成親魚を9月中旬に陸上水槽に収容して90日間にわたって日長および水温の両方の環境条件を制御することにより、親魚の卵黄形成を促進して卵巣卵径を有意に増大させ、また、HCG注射を行うことにより3年続けて12月採卵に成功した。この環境条件の制御手法を用いることにより、ブリ養成親魚の産卵期を通常の産卵期(4月下旬から5月上旬)からは約4カ月、天然親魚からは約2カ月早めることが可能となった。本研究はブリでは初めて12月採卵に成功した報告である。

これまで水研センターにおけるブリの早期採卵を目的とした種々の研究により、2月採卵を目的とする場合、日長条件に関しては短日処理を施さず長日処理だけでも

卵黄形成が促進されることが明らかにされている。²²⁾その後、12月採卵を目的として、長日処理の前に短日処理の必要性について検討した結果、長日処理のみより長日処理の直前に10日間の短日処理を実施した方が卵黄形成促進により有効であることが示された(浜田ら、未発表)。したがって、12月採卵を目的とした今回の試験では、長日処理前における10日間の短日処理を行った。また、2月採卵の場合、日長と水温の一方の条件のみを制御しただけでは、ブリの卵黄形成の促進には不十分であることが報告されているので、¹⁶⁾今回の試験では日長あるいは水温条件のいずれかを制御する試験区は設定しなかった。今後、12月採卵における卵黄形成促進に対するさらに効果的な環境制御手法を開発するためには、まず、日長および水温条件の個別の検討や、短日処理の期間や水温との種々の組み合わせ実験を行う必要があると考えられる。また、他の魚種で日長条件の制御に深く関与していると考えられているメラトニン^{23,24)}などの生殖関連ホルモンの動態等の詳細な解析を通して、環境因子がブリの生殖内分泌機構に与える影響を詳細に調べることも必要であると考えられる。

通常の産卵期における比較的良好な産卵成績としては、雌親魚1尾当りの採卵数およびふ化仔魚数はそれぞれ140万粒および65万尾と報告されている。^{25,26)}これに対して、漁獲直後の天然親魚では、特に雌親魚の成熟段階が様々であり、HCG注射を用いた人工授精でも十分な採卵ができる訳ではない。これまでに天然親魚からの雌親魚1尾当りの採卵数およびふ化仔魚数は、それぞれ20~27万粒および7~19万尾程度と報告されており、^{27,28)}陸上水槽等の人工的環境下では養成親魚からの産卵成績の方が勝ることが知られている。一方、今回の12月採卵では最良の事例でも、それぞれ100万粒および18万尾であった。これらの値は、2月採卵における産卵成績とほぼ同程度であり、²²⁾今後、12月採卵における雌親魚1尾当りの産卵数の増加および卵質の向上をもたらすような技術開発が必要と考えられた。また、2003年および2004年の試験では、環境制御が終了した時点での環境制御区の雌の平均卵巣卵径はそれぞれ543 μm および598 μm と、ブリでの成熟の目安となる700 μm ¹¹⁾には達していなかった。本研究においては、いずれの年もすべての供試親魚にHCG注射を行って産卵を誘発したが、HCG注射の時点で卵黄形成が十分に進み、HCGに反応した個体のみが産卵に関与したものと推察され、このことが2003年および2004年の産卵成績が芳しくなかった原因の一つと考えられた。この点は、中田ら¹¹⁾の報告により裏付けられる。そのため、環境制御終了時点で平均卵巣卵径が確実に700 μm に達するような環境制御あるいは給餌する配合飼料の栄養学的観点からの成熟促進技術を開発する必要があると考え

られる。さらに、これら兩年の産卵成績が不良であった原因の一つとして、HCG注射を実施する時点での雄親魚の成熟状態についても懸念されるが、本研究では精巢の成熟状況については調査していないので、現段階では不明である。

得られたふ化仔魚の活力については、従来の報告ではブリふ化仔魚のSAIは初回産卵で得られた仔魚のSAIが最も高く、親魚が産卵を繰り返すにしたがってSAIは低下する傾向がみられることが報告されている。^{16,29)}しかし、今回の試験においては、このような傾向がみられたのは2004年に得られたふ化仔魚のみであった。2002年および2003年の仔魚ではこのような傾向はみられず、親魚群の産卵日によって仔魚のSAIが大きく変動する傾向を示した。シマアジ *Pseudocaranx dentex* では親魚の産卵誘発方法によって、産卵期間中に得られるふ化仔魚のSAIの変動傾向に大きな違いがみられることが報告されている。³⁰⁾ブリでは試験を行った3年間の産卵誘発方法は同一であり、ブリ仔魚のSAIの変動傾向の違いについては、詳細は不明であるが、2002年および2003年の産卵日ごとのブリ仔魚のSAIの大きな変動は、実際の産卵に関与した親魚が産卵日ごとに異なっていた可能性を示唆していると考えられた。その理由は、次のように考えられる。すなわち、ブリは本来、多回産卵型の魚種であるが、雌親魚1尾の産卵試験では断続的に産卵することが実験的に確かめられている。⁸⁾一方、本研究のように集団で産卵させた場合には、群として見かけ上毎日産卵するためである。しかし、SAIの変動が実際に産卵に関与した親魚に依存しているかどうかは、今後、マイクロサテライトDNAマーカーなどを用いた親子鑑別による検証が必要と考えられる。

初回産卵で得られたふ化仔魚を用いた初期飼育での生残率は14.1~36.7%であり、通常の時期におけるブリ種苗生産での初期生残率(10~15%)²¹⁾と比較しても遜色のない結果であった。このことから、今回の12月採卵における初回産卵で得られた仔魚は、通常期の採卵および2月採卵で得られる仔魚と同程度の活力を有しているものと考えられた。

前述したように、今後、12月採卵における親魚の産卵数を増加させるとともに、卵質を向上させるような技術の開発が必要である。この技術を利用することによって、12月採卵で得られた卵を用いた種苗生産で生産される種苗は、翌年12月の満1歳の時点には出荷サイズの成魚(2.5~3 kg)まで成長することも予想される。これまでの養殖では、出荷サイズに達するのに約2年近くを要しており、この養殖期間の短縮による大幅なコスト削減に貢献できることが強く期待される。

謝 辞

稿を終えるに当たり、本研究の機会を与えて頂くとともに、貴重なご助言を頂きました旧日本栽培漁業協会の古澤 徹専務理事（前水産総合研究センター栽培漁業担当理事）、廣瀬慶二参与ならびに水田洋之介第一技術部長（現全国豊かな海づくり推進協会調査役）に厚くお礼申し上げます。また、試験を進めるに当たりご配慮頂いた水産総合研究センター五島栽培漁業センターの職員ならびに現場での種々の作業にご協力頂いた嘱託職員の宿輪 仁氏、岩村文一郎氏、竹中次夫氏、田中孝二氏、角田 健氏および川上さつき氏に感謝します。

文 献

- 1) 道津喜衛. 採卵用親魚の育成. 日水誌 1962; **28**: 549-551.
- 2) 榎田 晋, 広沢国昭, 落合 明. 高知県古満目漁場に来遊するブリ産卵群とシナホリンによる成熟促進について. 日水誌 1969; **35**: 446-450.
- 3) 榎田 晋, 落合 明. 産卵期前後における養成ブリの成熟について. 魚雑 1971; **18**: 175-181.
- 4) 広沢国昭. ブリの採卵について. 栽培技研 1972; **1**(2): 17-24.
- 5) 藤田矢郎, 与賀田稔久, 飯島秀雄. 人工ふ化・養成ブリからの採卵. 長崎水試研報, 1977; **3**: 16-22.
- 6) 落合 明, 榎田 晋. ぶりの成熟と採卵に関する研究. 協会研究資料 12, 瀬戸内海栽培漁業協会, 神戸. 1979; 1-15.
- 7) 有元 操, 津崎龍雄, 宿輪 仁. ブリの親魚養成と自然産卵. 栽培技研 1987; **16**: 63-79.
- 8) 虫明敬一. 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. 博士論文, 広島大学, 東広島. 1996.
- 9) 日本栽培漁業協会. ブリの親魚養成技術開発. 栽培漁業技術シリーズ 5, 日本栽培漁業協会, 東京. 1999; 1-72.
- 10) 中田 久, 中尾貴尋, 荒川敏久, 松山倫也. ブリの人工授精における排卵後経過時間と受精率との関係. 日水誌 2001; **67**: 874-880.
- 11) 中田 久, 中尾貴尋, 荒川敏久, 松山倫也. 養成ブリ2歳魚に対するHCG投与の排卵誘導効果. 水産増殖 2002; **50**: 235-236.
- 12) 松田星二. 南西海区水域における魚卵・稚魚の研究—1出現種類と出現期. 南西水研研報 1969; **2**: 49-83.
- 13) 榎田 晋. 7. ブリ. 「水産学シリーズ 海産魚の産卵・成熟リズム」(廣瀬慶二編) 恒星社厚生閣, 東京. 1991; 92-100.
- 14) 辻 俊宏. 能登半島沿岸で漁獲されるブリ成魚の成熟度. 石川県水産総合センター, 石川. 2000; **2**: 37-39.
- 15) 藤本 宏, 池脇義弘, 城 泰彦, 上田幸男, 天真正勝, 大槻観三. 徳島県鳴門海峡に放流したブリの天然0歳魚と人工種苗0歳魚の特性について. 栽培技研 1994; **23**: 61-75.
- 16) Mushiaki K, Kawano K, Kobayashi T, Yamasaki T. Advanced spawning in yellowtail, *Seriola quinqueradiata*, by manipulations of the photoperiod and water temperature. *Fish. Sci.* 1998; **64**: 727-731.
- 17) 藤本 宏, 山崎英樹. 瀬戸内海東部海域におけるブリ早期種苗の放流効果. 栽培技研 2001; **29**: 21-34.
- 18) 須田 明, 岩本明雄, 藤本 宏, 山崎英樹, 小畑泰弘. 瀬戸内海東部水域に放流されたブリ早期種苗群から期待される生産効果の総合評価. 栽培資源調査検討資料 17, 水産総合研究センター, 横浜. 2004: 1-59.
- 19) 虫明敬一, 藤本 宏, 新聞脩子. ブリふ化仔魚の活力判定の試み. 水産増殖 1993; **41**: 339-344.
- 20) 新聞脩子, 辻ヶ堂 諒. カサゴ親魚の生化学的性状と仔魚の活力について. 養殖研報 1981; **2**: 11-20.
- 21) 山崎英樹, 塩澤 聡, 藤本 宏. 日本栽培漁業協会におけるブリ種苗生産の現状. 水産増殖 2002; **50**: 503-506.
- 22) 今泉 均, 堀田卓朗, 河野一利, 山崎哲男. ブリの2月採卵における日長制御方法の改良. 栽培技研 2002; **30**: 1-6.
- 23) Bromage N, Porter M, Randall C. The environmental regulation of maturation in farmed finfish with special reference to the role of photoperiod and melatonin. *Aquaculture* 2001; **197**: 63-98.
- 24) Pankhurst NW, Porter MJR. Cold and dark or warm and light: variations on the theme of environmental control of reproduction. *Fish Physiol. Biochem.* 2003; **28**: 385-389.
- 25) 虫明敬一, 新井 茂, 松本 淳, 新聞脩子, 長谷川泉. モイストペレットで飼育した養殖ブリ2年魚の人工採卵. 日水誌 1993; **59**: 1721-1726.
- 26) 虫明敬一, 河野一利, Visuthi Verakunpiriya, 渡邊武. 市販ソフトドライペレットを給餌したブリの採卵結果. 日水誌 1995; **61**: 540-546.
- 27) 河野一利. ブリ. 成体の確保と採卵. 昭和61年度日本栽培漁業協会事業年報, 日本栽培漁業協会, 東京. 1988; 17-18.
- 28) 河野一利. ブリ. 成体の確保と採卵. 昭和63年度日本栽培漁業協会事業年報, 日本栽培漁業協会, 東京. 1990; 21-23.
- 29) Mushiaki K, Kawano K, Sakamoto W, Hasegawa I. Effect of extended daylength on ovarian maturation and HCG-induced spawning in yellowtail fed moist pellets. *Fish. Sci.* 1994; **60**: 647-651.
- 30) 虫明敬一, 関谷幸生. シマアジふ化仔魚の活力判定の試み. 水産増殖 1993; **41**: 155-160.