市販ソフトドライペレットを給餌したブリの採卵結果

虫 明 敬 一, 河 野 一 利, Wisuthi Verakunpiriya

渡 邊 武, 長谷川 泉

(1994年10月11日受付)

Egg Collection from Broodstocks of Yellowtail Fed Commercial Soft Dry Pellets

Keiichi Mushiake,^{*1} Kazutoshi Kawano,^{*1} Wisuthi Verakunpiriya,^{*2}
Takeshi Watanabe,^{*2} and Izumi Hasegawa^{*1}

Yellowtail *Seriola quinqueradiata* broodstocks, captured by set-net fishery and reared on raw fish for one and a half years, were fed frozen raw fish (RF group), moist pellets (MP group), or soft dry pellets (SDP group) for 6 months before egg collection. The MP group received a 1:1 diet mixture consisting of a formula feed prescribed by the National Research Institute of Aquaculture and raw fish, whereas the SDP group was fed a commercial soft dry pellet. After 6 months the fish in each net-cage were injected with hormone (HCG) to induce spawning, and eggs were collected from each broodstock either after induced spawning or by strip spawning of adults followed by the dry method of insemination. Parameters of the SDP group such as number of eggs per spawner, fertilization rate, hatching rate, and survival rate of the larvae were compared with those of the RF and MP groups. The success of egg collection from the SDP group was as good as that from the MP group, and those from the SDP and MP groups were superior to that from the RF group. These results clearly indicated that both DP and MP were efficacious for broodstock management of yellowtail and their egg collection.

キーワード: ブリ, ソフトドライペレット, 親魚養成, 誘発産卵, 人工授精

ブリ *Seriola quinqueradiata* は、わが国の水産資源の中でも最も重要な位置を占める魚種の一つである。本種の養殖は1958年頃から急速に発展したが、種苗はすべて天然稚魚(モジャコ)に依存していたため、入手の不安定と既存のブリ漁業との競合問題から人工種苗生産による種苗の確保が望まれるようになった。¹⁾ また、ブリの漁獲量自体も減少傾向にあることから、²⁾ 人工種苗生産に供する大量の良質な卵を確保するための親魚の養成技術ならびに成熟させた親魚からの採卵技術の開発が特に重要視されている。

前報³⁾で約半年間ブリ親魚に水産庁養殖研究所との共同で開発したモイストペレットを給餌することによって、親魚の成熟が促進され比較的良好な採卵結果が得られたことを報告した。また近年、ブリにおいて育成用配合飼料として開発されたソフトドライペレットを給餌することにより成長への有効性も確認されている。^{4,5)} ソフ

トドライペレットの利点としては、モイストペレットと同様に飼料組成を自由に改変でき、その品質はモイストペレットや生餌よりは安定していることが上げられる。また、将来的にブリ親魚の養成飼料の完全配合化を目指すことは、海域環境の自家汚染を軽減する上でも重要な意義を含んでいる。

日本栽培漁業協会(以下、日栽協と略記)古満目事業場では、1993年から東京水産大学との共同研究によりソフトドライペレット給餌によるブリの親魚養成および産卵の可能性について検討したところ、モイストペレットを給餌した親魚よりも雌1尾当たりの産卵数は少なかったものの、ソフトドライペレットを給餌した親魚からも採卵が可能であるとともに得られた卵の卵質では優れた結果が得られた。^{*3} そこで、1994年は前年の試験結果、すなわち、ソフトドライペレットを給餌した親魚からの良質卵の確保を再現することを目的として、生

^{*1} 日本栽培漁業協会古満目事業場 (Komame Station of Japan Sea-Farming Association, Komame, Otsuki, Kochi 788-03, Japan).

^{*2} 東京水産大学水産栄養学研究室 (Laboratory of Fish Nutrition, Tokyo University of Fisheries, Konan, Minato, Tokyo 108, Japan).

^{*3} 渡邊 武, ウィークランピア ウィスー, 竹内俊郎, 虫明敬一, 河野一利, 長谷川 泉: 平成5年度日本水産学会秋季大会講演要旨集, 1993, p. 71.

餌、モイストペレットおよび市販のソフトドライペレットの3種類の飼餌料をそれぞれ約6カ月間給餌して養成したブリ親魚を用いて、誘発産卵と人工授精との両方で採卵比較試験を行った。その結果、ブリの親魚養成および産卵におけるソフトドライペレット給餌の効果が認められたので、以下に報告する。

材料および方法

親魚養成 1992年4月に高知県古満目地先の定置網で漁獲したブリ天然魚(平均魚体重5.5 kg)を日裁協古満目事業場の海面小割生簀(10×10×6 m)で約1年半の間飼育した親魚(計53尾)を試験に供した(Table 1)。定置網からの搬入直後から1993年10月までの約1年半の間、供試魚には生餌(マサバ *Scomber japonicus*: マアジ *Trachurus japonicus*=1:1)を給餌した。その後、供試魚を3群に分けて各小割(10×5×6 m)に収容し、1994年4月の産卵試験直前までの6カ月間、それぞれ以下の飼餌料を給餌した。すなわち、生餌区(以下RF)にはマサバ、マアジおよびスルメイカ *Todarodes pacificus*をそれぞれ2:2:1の割合で混合した生餌を給餌した。モイストペレット区(以下MP)には、前報³⁾にしたがって養殖研究所処方配合粉末飼料と魚介肉ミンチ(マサバ:マアジ:エビ(種不明)=2:1:1)を等量混合して作製したモイストペレット(長さ70 mm×直径30 mm)を給餌した。そして、ソフトドライペレット区(以下SDP)には、市販のハマチ用ソフトドライペレット(直径21 mm, 坂本飼料(株)製)を給餌した。

親魚からの採卵 各飼餌料で養成した親魚からの採卵は、ホルモン注射による誘発産卵および人工授精による採卵の2通りの方法で行った。

誘発産卵試験は、1994年4月5日にRF, MPおよびSDPで飼育した親魚をそれぞれ10尾(雄:雌=5:5), 9尾(同5:4)および10尾(同5:5)ずつコンクリート製8角水槽(実容量110 kL)3面に収容して行った(Table 1)。その際、各給餌区親魚の産卵を誘発するために水槽への収容直前に背部筋肉内に魚体重1 kg当たり600 IUを目安としてHCG(human chorionic gonadotropin: 帝国臓器製薬)を注射した。水槽内の産出卵の採集は、水槽の中央部に設置した4本のサクシオンホース(直径50 mm)を用いて水槽の表層水を隣接した集卵槽に導入し、毎日午後6時から翌日午前8時までの間、円筒状の採卵用ネット(直径70 cm×深さ60 cm)でろ過収集する方法で行った。試験期間中の親魚の飼育水温は自然水温の変動と同じとした。

一方、人工授精による採卵は、前報³⁾に準じて行った。すなわち、1994年4月16日に各飼餌料で飼育した親魚の背部筋肉内にHCG(600 IU/kg 体重)を注射し、雌雄別に各小割(5×5×5 m)に収容した。4月18日(注射48時間後)に先ず雄親魚3尾を取り上げて腹部を押して精液を搾出して混合し、授精を行うまで冷蔵庫(4℃)に保管した。次いで、雌の各個体から卵を搾出し、乾漙法による人工授精を行った。なお、得られた結果はt検定により統計的に処理して比較した。

ふ化までの卵管理 誘発産卵および人工授精により得られた卵は、浮上卵と沈下卵に分離して浮上卵率を求め、浮上卵のみを水温20℃に調温したふ化水槽に設置した円筒状の卵管理用ネット(直径90 cm×深さ65 cm)に収容した。この時のネットへの収容卵数は、浮上卵1 m²/当たりの卵数を計数して求めた。浮上卵の収容は、誘発産卵の場合には採卵回次毎に、また人工授精の場合には親魚毎に行った。いずれの場合も通気(700

Table 1. Broodstocks of yellowtail used for the experiments

	Broodstocks of yellowtail fed		
	RF	MP	SDP
Induced spawning			
Number of fish (M : F) *1	10(5 : 5)	9(5 : 4)	10(5 : 5)
Fork length ± SD (cm)	82.1 ± 2.1	84.9 ± 3.8	85.2 ± 3.4
Body weight ± SD (kg)	12.81 ± 1.08	13.20 ± 1.66	13.37 ± 1.17
Condition factor *2 ± SD	23.14 ± 0.89	21.57 ± 0.68	21.61 ± 0.95
Artificial insemination			
Number of fish (M : F)	8(3 : 5)	8(3 : 5)	8(3.5)
Fork length ± SD (cm)	81.9 ± 1.7	85.2 ± 3.4	85.2 ± 4.4
Body weight ± SD (kg)	12.32 ± 1.15	13.12 ± 1.57	13.25 ± 1.28
Condition factor ± SD	22.41 ± 0.72	21.11 ± 0.40	21.46 ± 1.43

*1 M : male, F : female.

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

ml/分)と注水(6.5 l/分)を行いながらふ化まで管理した。その間、発生が停止してネット内に沈下した卵を2回除去した。また、いずれの方法で得られた卵についても各ネット中の卵を無作為に約100個ずつサンプリングし、そのうち各50個の卵について受精率、卵径および油球径を測定した。ふ化が完了した時点で、ネット毎にふ化仔魚数を計数した。なお、ふ化率は誘発産卵の場合は各給餌区の1日当たりの産卵数に対する割合で、また、人工授精の場合には各親魚からの採卵数に対する割合でそれぞれ算出した。いずれの方法で得られた卵の場合も受精からふ化までは63~68時間(水温20℃)を要した。

仔魚の活力判定 両方の採卵方法で得られたふ化仔魚の活力判定を無給餌生残指数(Survival Activity Index: 以下, SAIと略記)により行った。⁶⁾すなわち、ネットから無作為に掬い取った仔魚(平均全長 4.2 ± 0.1 mm: 日齢0)を容量500 mlのガラスビーカーに30尾ずつ収容し、無給餌のままウォーターバスで水温(20℃)を維持した。観察はすべての供試魚が斃死するまで継続し、斃死魚は毎日1回計数しながら除去した。供試魚には、誘発産卵由来のものは採卵回次毎に、また、人工授精由来のものでは親魚毎に得られた仔魚を用いた。なお、SAIは次式により算出し、結果はt検定により統計

的処理を行い比較した。

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

ここで、 N は試験に供したふ化仔魚数、 h_i は*i*目の累積斃死尾数、および*k*は生残尾数が0となるまでの日数である。

結 果

誘発産卵試験 RF, MP および SDP をそれぞれ給餌した親魚群の誘発産卵は、4月7日(注射44~48時間後)に初回産卵が認められ、2回目以降の産卵では得られる卵数は急減したが、すべての親魚群で量的には少ないものの4月20日までの14日間ほぼ連続的に産卵する傾向が認められた(Fig. 1)。産卵試験期間中の各給餌区の雌親魚1尾当たりの産卵数は、RF, MP および SDP 給餌区でそれぞれ160.1万粒、213.0万粒および266.7万粒であり、SDP 給餌区で最も多くの産卵数が認められた(Table 2)。MP および SDP 給餌区と RF 給餌区との間に有意な差($p < 0.01$)が認められた。浮上卵率はいずれの試験区から得られた卵でも有意な差は認められなかった。受精率は RF 給餌区の親魚から得られた卵(77.5%)で MP (71.1%) および SDP (70.0%) 給餌区よりも若干高い値を示したが、差は認められな

Fig. 1. Results of induced spawning of yellowtail fed experimental diet.

Table 2. Results of induced spawning in yellowtail fed each diet

		Broodstocks of yellowtail fed		
		RF	MP	SDP
Eggs				
Total eggs produced/fish	($\times 10^4$)	160.1	213.0	266.7
Floating eggs/fish	($\times 10^4$)	92.6	125.1	149.3
Rate of floating eggs	(%)	57.7	58.7	56.0
Rate of fertilized eggs	(%)	77.5	71.1	70.0
Egg diameter $\pm$ SD	(μm)	1070 $\pm$ 38	1176 $\pm$ 25	1130 $\pm$ 36
Oil droplet diameter $\pm$ SD	(μm)	284 $\pm$ 12	299 $\pm$ 13	299 $\pm$ 9
Abnormal eggs*	(%)	38.7	31.2	30.8
No. of oil droplet/egg		3.6	2.9	2.1
Hatched larvae				
Total larvae obtained/fish	($\times 10^4$)	69.0	76.6	83.4
Rate of hatching	(%)	43.1	36.0	31.3
Normal larvae obtained from floating eggs	(%)	90.4	91.2	90.8
Normal larvae obtained/fish	($\times 10^4$)	62.4	69.9	75.7

* Eggs having more than 2 oil droplets.

った。また、得られた卵の卵径および油球径は、MP および SDP 給餌区では差は認められなかったが、これら両区と RF 給餌区との間に有意な差 ($p < 0.05$) が認められた。油球数異常率は RF 給餌区で若干高い値を示し、平均油球数でも RF 給餌区が他の給餌区よりも高い値 (3.6 個) を示した。

親魚 1 尾当たりのふ化仔魚数は、RF, MP および SDP 給餌区の親魚でそれぞれ 69.0 万尾、76.6 万尾および 83.4 万尾と SDP 給餌区で最も多い結果となったが、ふ化率においてはそれぞれ 43.0%、36.0% および 31.3% と RF 給餌区で最も高くなった (Table 2)。また、これらのふ化仔魚のうち、油球が卵黄の前端に 1 個だけ存在する正常な油球⁷⁾を有する正常ふ化仔魚の占める割合は、いずれの給餌区でも約 90% を示し、差はみられなかった。

各給餌区の親魚群から得られたふ化仔魚の SAI は、いずれの給餌区から得られたものでも産卵初期ほど高く、産卵の繰り返しとともに次第に低下する傾向が認められた (Fig. 2)。仔魚の SAI 値そのものは、産卵期間全体を通して SDP 給餌区の親魚から得られた仔魚で若干高い傾向がみられた。同一採卵月日での比較では、4 月 8 日および 4 月 20 日に SDP 給餌親魚から得られた卵由来の仔魚の SAI 値と RF 給餌区との間に有意な差 ($p < 0.05$) が認められた。しかし、それ以外の採卵月日で得られた各区の仔魚の SAI の間には有意な差は認められなかった。

人工授精による採卵 試験には各給餌区とも雌親魚

5 尾を供し、RF および SDP 給餌区ではすべての親魚から採卵できたが、MP 給餌区の親魚では 5 尾中 4 尾から採卵可能であった (Table 3)。採卵可能であった雌雄魚 1 尾当たりの採卵数で比較すると、RF, MP および SDP 給餌区でそれぞれ 109.9 万粒、127.6 万粒および 124.4 万粒と、MP 給餌区で最も多くの卵が得られた。また、浮上卵率および受精率においても MP > SDP > RF の順に高い結果となったが、これらの値の間には有意な差は認められなかった。

次に、採卵可能であった雌親魚 1 尾当たりのふ化仔魚数で比較すると、RF, MP および SDP 給餌区でそれぞれ 45.2 万尾、78.6 万尾および 82.9 万尾となり、MP および SDP の両給餌区は RF 給餌区よりも有意 ($p < 0.01$) に高い値を示した (Table 3)。また、MP および SDP 両給餌区のふ化率はともに RF 給餌区よりも有意 ($p < 0.01$) に高い値を示した。そのため、各区の正常ふ化率の間には有意な差はみられなかったものの、採卵可能であった雌 1 尾当たりの正常ふ化仔魚数で求めると、MP (63.4 万尾) および SDP (67.2 万尾) 給餌区の方が RF (32.9 万尾) 給餌区よりも有意 ($p < 0.01$) に高い値を示した。

各給餌区から得られたふ化仔魚の SAI は、SDP > MP > RF の順に高い値を示したが、これら間には有意な差は認められなかった (Table 3)。

考 察

ブリの産卵前の 6 カ月間各飼餌料で養成した親魚を

Fig. 2. Changes over time in survival activity index (SAI) of yellowtail larvae obtained from broodstocks fed each experimental diet by induced spawning.

○: RF, △: MP, □: SDP.

用いてホルモン注射による誘発産卵および人工授精による採卵試験を行った結果、いずれの飼餌料を給餌した親魚群からも総採卵数としては過去の結果^{3,8,9)}よりも比較的多くの卵を採卵することができた。また、人工種苗生産を行う際に必要な多くの活力の高いふ化仔魚を確保するという観点から養成親魚の良否を判定する上で重要な指標となる雌親魚1尾当たりの採卵数および正常ふ化仔魚数と比較すると、誘発産卵あるいは人工授精による採卵のいずれの方法でもSDPおよびMPを給餌した親魚群からの採卵成績が優れていた。さらに、両方の採卵方法により得られたふ化仔魚のSAIは、SDPとMPの各給餌区の仔魚がRF給餌区の仔魚よりも高い値を示す傾向が見られた。このふ化仔魚のSAIは、プリの場合、値が高い仔魚のロットほど種苗生産過程における初期生残率が高く、プリふ化仔魚の活力を判定する際の一つの

有効な指標と考えられており、⁶⁾ 誘発産卵由来のものは産卵初期ほど高く次第に低下する傾向がこれまでも認められている。^{6,10)} したがって、今回SDPあるいはMP給餌区で産卵初期に得られたような仔魚を種苗生産に供することにより、仔魚の飼育過程における歩留りの向上を目指すものと考えられた。

今回SDP給餌区に使用した飼料は市販の配合飼料であったため、プリ親魚の成熟および産卵に効果を示した成分そのものは不明である。しかしながら、上述した実験結果から前報⁹⁾で述べたMP給餌による親魚養成の場合と同様に、市販のSDPを用いた場合にも産卵前の6カ月間の給餌が本種の採卵用親魚の養成および産卵に十分有効であると考えられた。

MPあるいはRFを給餌して行うプリの親魚養成では、餌料の大半を生餌が占めている。生餌は一般に魚種

Table 3. Results of artificial insemination and egg collection in yellowtail fed each diet

		Broodstocks of yellowtail fed		
		RF	MP	SDP
Spawning success ^{*1}		5/5	4/5	5/5
Eggs				
Mean number ^{*2} of eggs $\pm$ SD				
Total eggs collected	($\times 10^4$)	109.9 $\pm$ 44.0	127.6 $\pm$ 50.4	124.4 $\pm$ 16.1
Floating eggs	($\times 10^4$)	96.0 $\pm$ 51.2	125.3 $\pm$ 49.3	115.0 $\pm$ 11.8
Fertilized eggs	($\times 10^4$)	82.1 $\pm$ 49.0	111.2 $\pm$ 46.1	103.7 $\pm$ 15.0
Rate of floating eggs	(%)	87.4	98.2	92.4
Rate of fertilized eggs	(%)	74.7	87.2	83.4
No. of eggs examined		250	200	250
Egg diameter $\pm$ SD	(μ m)	1233 $\pm$ 16	1219 $\pm$ 30	1222 $\pm$ 9
Oil droplet diameter $\pm$ SD	(μ m)	321 $\pm$ 25	366 $\pm$ 3	326 $\pm$ 3
Abnormal eggs ^{*3}	(%)	28.7	26.2	25.8
No. of oil droplet/egg		3.8	2.1	2.2
Hatched larvae				
Mean number ^{*2} of larvae $\pm$ SD	($\times 10^4$)	45.2 $\pm$ 31.3	78.6 $\pm$ 37.1	82.9 $\pm$ 11.3
Rate of hatching	(%)	41.2	61.7	66.7
Normal larvae obtained from floating eggs	(%)	72.8	80.7	81.1
Normal larvae obtained/fish	($\times 10^4$)	32.9	63.4	67.2
SAI ^{*4} of larvae (Min.-Max.)		15.40(13.67-17.63)	18.71(18.03-19.44)	19.21(17.35-21.38)

^{*1} Number of fish eggs collected/conducted.^{*2} Mean number of eggs or larvae per one female fish from which eggs were collected.^{*3} Eggs having more than 2 oil droplets.^{*4} Survival activity index at 20°C.

や漁獲時期により脂質含量等が変化するため、それらの魚種を餌料として考えた場合には品質そのものがきわめて不安定である。そのため、生餌の購入時期や購入ロットによりブリの必須脂肪酸であるn-3高度不飽和脂肪酸(n-3HUFA)含量に違いがあり、必ずしも品質の安定した餌を入手できるとは言えない。実際に冬期のブリ幼魚に用いたMPやRFにおけるエイコサペンタエン酸やドコサヘキサエン酸の割合の減少によるn-3HUFA含量の変動が認められている。¹¹⁾ また、今回の試験結果が示すように、ブリの成熟および産卵に関しては、SDPはMPに匹敵する餌料であることが明らかになった。しかも、漁場環境の自家汚染を軽減するという観点からすれば、SDPの方が従来使用してきたRFやMPよりも優れた性能を有していることは容易に推察できる。事実、渡邊ら¹¹⁾は、SDPはRFやMPに比べ環境水への窒素やリンの負荷が少ないことを報告しており、今後、海産魚の親魚養成における配合飼料の導入は重要な意味を持つと考えられる。

謝 辞

本実験に終始御協力頂いた日裁協古満目事業場小林孝技術員、福見房信氏および大黒一臣氏に御礼申し上げます。

文 献

- 1) 藤田矢郎：総説（特集ブリ）2. ブリ人工採苗事始。水産増殖, 38, 303-304 (1990)。
- 2) 有元貴文, 根本雅生：総説（特集ブリ）6. ブリの生態と漁獲量の変遷。水産増殖, 38, 309-310 (1990)。
- 3) 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, 59, 1721-1726 (1993)。
- 4) T. Watanabe, H. Sakamoto, M. Abiru, and J. Yamashita: Development of a new type of dry pellet for yellowtail. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 57, 891-897 (1991)。
- 5) V. Viyakarn, T. Watanabe, H. Aoki, H. Tsuda, H. Sakamoto, N. Okamoto, N. Iso, S. Satoh, and T. Takeuchi: Use of soybean meal as a substitute for fish meal in a newly developed soft-dry pellet for yellowtail. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 58, 1991-2000 (1992)。
- 6) 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, 41, 339-344 (1993)。

- 7) 内田恵太郎, 道津喜衛, 水戸 敏, 中原官太郎: プリの産卵および初期生活史. 九州大学農学部学芸雑誌, **16**, 329-342 (1958).
- 8) 河野一利, 虫明敬一, 長谷川 泉: プリⅢ-1. 成体の確保と採卵. 日本栽培漁業協会事業年報, 平成3年度, 19-21 (1993).
- 9) 河野一利, 虫明敬一, 長谷川 泉: プリⅢ-1. 成体の確保と採卵. 日本栽培漁業協会事業年報, 平成4年度, 21-22 (1994).
- 10) K. Mushiake, K. Kawano, W. Sakamoto, and I. Hasegawa: Effects of extended daylength on ovarian maturation and HCG-induced spawning in yellowtail fed moist pellets. *Fisheries Sci.*, **60**, 647-651 (1994).
- 11) 渡邊 武, 竹内俊郎, 岡本信明, V. ウイヤカーン, 坂本孝明, 佐藤秀一, 松田正彦: 新型ソフトドライベレットによるプリ幼魚および成魚の飼育試験. 東京水産大学研究報告, **80**, 1-17 (1993).