

原著論文

飼料の違いがカタクチイワシの親魚養成と産卵成績、 仔魚に及ぼす影響

松田圭史^{*1a}・橋本 博^{*1b}・木村拓人^{*2}・伏島一平^{*2}・
増田賢嗣^{*1}・神保忠雄^{*1}・今泉 均^{*1}

Effect of Different Types of Feed on Brood Stock Culture, Egg Production and Quality of Larvae of Japanese Anchovy *Engraulis japonicus*

Keishi MATSUDA, Hiroshi HASHIMOTO, Takuto KIMURA, Ipei FUSEJIMA, Yoshitsugu MASUDA,
Tadao JINBO and Hitoshi IMAIZUMI

We compared the effect of three types of formula feed, with different prices and nutritional value (New Altech K-4; diet A, Mojako EP0; diet B and Iwashi Tairyo A; diet C: price and nutritional value become higher in this order), on brood stock culture, egg production and quality of larvae of Japanese anchovy *Engraulis japonicus*. The diet C was inferior in the growth and the condition factor of adult anchovy comparing with the other diets. Although egg volume was not different among three types of diets, total egg production was greater in diet A than in diet C. There was no difference in larval quality (total length, wet weight, dry weight and survival activity index; SAI) among three types of diets. These results suggested that the diet B, which was superior in cost performance, was suitable for brood stock culture.

2013年5月13日受付, 2013年10月29日受理

カツオ *Katsuwonus pelamis* を対象とした一本釣漁業では、魚群を発見すると先頭魚の前方に出て投餌を行い、魚群が船側に近付くと多量の活餌を撒くと同時に撒水し、一斉に釣獲を始める¹⁾。このように本漁業では活餌は必要不可欠なものであり、カツオ釣漁業を含む漁業向け活餌販売量 5,007 トンのうちカタクチイワシ *Engraulis japonicus* は 2010 年には 98% を占めていた²⁾。本種の分布域は全国の沿岸域であり、活餌を供給するための餌場と呼ばれる基地が東北太平洋岸から九州西岸にかけて点在している^{3,4)}。

一般的に活餌となるカタクチイワシは餌場周辺水域でまき網漁業や定置網漁業により漁獲され、海上生簀で餌付け等の馴致のため数日間畜養された後、漁船に引き渡される^{4,5)}。しかし、まき網漁業や定置網漁業の操業は漁海況等の影響を受けるため、活餌を安定して供給することが難しい。また東北太平洋岸の餌場は、2011年3月11日の三陸沖を震源としたM9.0の地震により壊滅的な被害を受け、2013年に至っても原状回復はしていない。活餌供給不足は、カツオ釣船への供給制限や複数の餌場での積み込み等による操業効率の低下、販売価格

*1 独立行政法人水産総合研究センター増養殖研究所 (志布志庁舎)

〒 899-7101 鹿児島県志布志市志布志町夏井 205

Shibushi Station, National Research Institute of Aquaculture, FRA, 205

Natsui, Shibushi, Kagoshima 899-7101, Japan

matsukei@affrc.go.jp

*2 独立行政法人水産総合研究センター開発調査センター

*a 現所属: 独立行政法人水産総合研究センター増養殖研究所 (日光庁舎)

*b 現所属: 独立行政法人水産総合研究センター西海区水産研究所 (八重山庁舎)

の上昇による経費増等、漁業経営に悪影響を及ぼす要因の一つとなっている。よって天然カタクチイワシの漁獲量の変動に関わらず、安定的に活餌用カタクチイワシを供給可能とする、人工種苗による本種の大量養殖技術の開発が求められている。

本研究では活餌用カタクチイワシの大量生産に必要な親魚について、価格と栄養価の異なる市販の餌料3種を用いて飼育を行い、親魚養成と産卵成績、仔魚への影響について比較した。一般的に魚類養殖における餌代の漁業支出全体に占める割合は約6割から7割に達することから⁶⁾、生産コストに見合う活餌用カタクチイワシを供給するためにも、親魚用餌料費の削減は重要な課題と考えられる。

材料と方法

実験 I

実験 I では親魚養成餌料について検討するために、養成初期から与えた成分の異なる餌料がその後の成長、成熟および産卵に及ぼす影響について調べた。

試験区

試験区は市販のニューアルテック K-4 (1,230 円/kg [小売価格], 日清丸紅) を給餌する A 区, モジャコ EP0 (653 円/kg [小売価格], 日清丸紅) を給餌する B

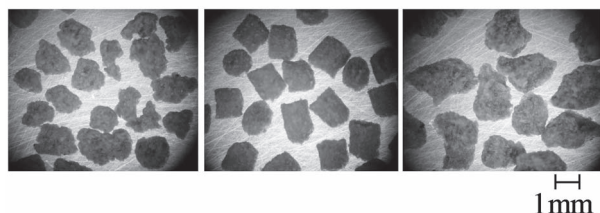


写真 1. 試験に使用した各餌料
左からニューアルテック K-4, モジャコ EP0, いわし大漁 A

区, およびいわし大漁 A (290 円/kg [小売価格], 日清丸紅) を給餌する C 区の 3 区を設定した。各区で使用した餌料を写真 1 に, 成分割合と原材料割合を表 1 に示した。各餌料は 1 日 3 回与え, 1 日の給餌量が体重の 3% 以上の飽食量となるようにした。使用したすべての水槽の水面照度は照度計 (コニカミノルタオプティクス株式会社製, T-10Ws) を用いて測定し, LED 照明の点灯時は 120-395 lx とした。カタクチイワシは 15℃ 以下の水温条件では, 排卵及び産卵を行わないため⁷⁾, 本試験では飼育水温はすべて 20℃ とした。

供試魚

供試魚はカツオ釣り漁業の餌用として捕獲され, 海上生簀で数日飼育された長崎県西海市大村湾産とした。2011 年 11 月 10 日に長崎県西海市から活魚車で搬送し, 水産総合研究センター増養殖研究所志布志庁舎の 100kL 水槽 (八角形水槽: 直径 7.67m × 水深 2.05m) 2 面に約 5,000 尾ずつ収容した。供試魚 (平均値 ± 標準誤差) の肥満度は 1.00 ± 0.01 ($n=30$), 生殖腺指数は雄: 0.25 ± 0.03 ($n=17$), 雌: 0.39 ± 0.04 ($n=13$) であった。2011 年 9 月 13 日から自然日長は 12.5 時間以下 (各地の暦, 国立天文台天文情報センター暦計算室) のため, 入手した供試魚は成熟の短日臨界日長である 12-12.5 時間の明環境⁷⁾以下の状態となっていた。

馴致方法

供試魚には, 入手先で使用されていたイワシ EC (伊藤忠飼料) を 1 日当たり総体重の 0.8% と与え, 日長 10 時間照明 (06:00-16:00 まで点灯) で 5 日間馴致を行った。

親魚養成初期の親魚への餌料効果

試験期間は 2011 年 11 月 15 日から 2012 年 1 月 2 日

表 1. 各配合餌料の成分量と原材料の割合

餌料	成分量割合						原材料割合		
	粗たん 白質	粗脂肪	粗繊維	粗灰分	カル シウ ム	りん	動物質 性餌料	穀類	その他*
ニューアル テック K-4	52.0% 以上	11.0% 以上	3.0% 以下	18.0% 以下	2.0% 以上	1.5% 以上	81%	1%	18%
モジャコ EP0	50.0% 以上	12.0% 以上	3.0% 以下	15.0% 以下	2.5% 以上	1.5% 以上	76%	15%	9%
いわし大漁 A	38.0% 以上	3.5% 以上	5.0% 以下	15.0% 以下	1.1% 以上	1.2% 以上	32%	28%	40%

*その他にはそうこう類, 植物性油かす類を含めた

(49日間)として0.5kL水槽(ポリエチレン製丸型容器)を各区3面ずつ使用して約45尾ずつ収容した。供試魚はA区に130尾、B区に130尾、C区に135尾収容した。なお、雌雄の尾数はそれぞれA区で雄78尾、雌52尾、B区で雄85尾、雌45尾、C区で雄76尾、雌59尾であった。本種の成熟短日臨界日長は12-12.5時間との報告⁷⁾があることから、本試験では成熟を促すために日長を14時間(06:00-20:00まで点灯)として飼育を行った。また砂濾過海水を紫外線殺菌して掛け流し、換水量は300L/時間とした。

7日毎に各区より一部の供試魚を取り揚げ、体長(mm)、体重(g)、生殖腺重量(g)、卵巢卵の長径(mm)と短径(mm)を測定し、肥満度や生殖腺指数、卵巢卵体積(mm³)を以下の式から算出した。卵巢卵は回転楕円体とみなして計算した。卵巢卵体積は卵巢卵を持つ供試魚1尾当たり20粒ずつ無作為に選び求めた。

$$CF = GAW / BL^3 \times 10^5 \quad (1)$$

$$GSI = GW / W \times 10^2 \quad (2)$$

$$V = 4/3 \pi ab^2 \quad (3)$$

ここでCF:肥満度, GAW:生殖腺除去体重(g), BL:体長(mm), GSI:生殖腺指数, GW:生殖腺重量(g), W:体重(g), V:回転楕円体体積(mm³), a=長径(mm)/2, b=短径(mm)/2とする。

また各区において産卵日と産卵数について調べた。産卵を確認した場合、09:00に水槽からネットで回収した卵を2L容器内で攪拌し、卵密度を一定として2mLをピペットで採取して卵数を計測し、容積倍として卵数を推計した。産卵数[粒]は試験区毎に1日当たりに得られた卵数を雌の尾数で除して、各区の[産卵数/尾/日]として示した。合計産卵数は各区で49日間の[産卵数/尾/日]を合計して比較した。

実験Ⅱ

実験Ⅱでは親魚養成初期にモジャコEPOを給餌して一定期間の飼育を行い、その後与えた成分の異なる餌料が産卵数、卵質、仔魚に及ぼす影響について調べた。

供試魚と馴致方法

供試魚は100kL水槽(実験Ⅰで収容した片面)で2011年11月10日から2012年1月15日(67日間)まで日長は14時間照明(06:00-20:00まで点灯)で飼育し、餌料はモジャコEPOを用いて総体重の3%以上となるよう給餌した。

産卵数、卵質と仔魚への餌料効果

試験期間は2012年1月16日-3月29日までの74日間とした。供試魚を各区0.5kL水槽3面ずつに収容し、日長14時間照明(06:00-20:00まで点灯)、換水量は300L/時間として、試験区は実験Ⅰと同様に設定した。試験開始時、測定開始時、試験終了時の供試魚数を表2に示した。試験終了時に解剖して供試魚の雌雄の判別を行った。各餌料で養成を始める前の2012年1月16日の供試魚(雄:n=15,雌:n=15)と試験終了時2012年3月29日の各供試魚について体長、生殖腺除去体重、肥満度、GSIを測定し比較した。

卵体積は2012年3月15日-29日の15日間に渡って卵を各水槽で一日当たり最大15粒について長径と短径を測定し、回転楕円体とみなして(3)式から体積を求め各試験区間で比較した。産卵数[粒]は実験Ⅰと同様に容積法で算出した。合計産卵数は各水槽で15日間の[産卵数/尾/日]を合計して比較した。

孵化率は上記の15日間の内で5日間(1回/日)測定を行い、卵を攪拌してそれぞれ30粒採取して各区で合計90粒となるように500mL容器に収容し、通気した20℃の水槽に浮かべ48時間後に測定した。孵化率は以下の式から求めた。

$$HR = HL / E \times 100 \quad (4)$$

ここでHR:孵化率(%), HL:孵化仔魚数, E:供試卵数(n=90)とする。

孵化仔魚は上記の15日間の内で5回測定を行い、各区で1日当たり15尾を測定した。浮上卵をそれぞれ最大約150粒採取して各区で合計約450粒となるように500mL容器に収容した。容器はクールインキュベータ(三菱電機エンジニアリング株式会社製, CN-25C)で17℃に保ち、正常発生卵の孵化率が約60%に達した48

表2. 各餌料区の供試魚数

試験区	飼育尾数/0.5kL水槽								
	A区①	A区②	A区③	B区④	B区⑤	B区⑥	C区⑦	C区⑧	C区⑨
2011年1月16日 (試験開始時)	50	49	47	48	49	51	47	50	49
2012年3月15日 (測定開始時 [*])	35	35	32	26	30	31	26	28	28
2012年3月29日 (試験終了時)	雄:22 雌:11	雄:22 雌:11	雄:14 雌:12	雄:11 雌:9	雄:6 雌:18	雄:13 雌:12	雄:10 雌:9	雄:13 雌:11	雄:9 雌:15

*測定開始時とは産卵数と卵体積の測定を始めた日

時間後に供試体を測定した。万能投影機（株式会社ニコン製、V-12B）とデジタルノギス（株式会社ミットヨ製、CD-S20C）を用いて、20倍率で供試体の全長と卵黄の長径と短径を測定し、卵黄は回転楕円体とみなして(3)式から体積を計算した。

孵化仔魚重量は各区で1日当たり30尾をまとめて1群として5回測定を行った。湿重量は良く水を切った状態、乾燥重量は湿重量の測定後に定温乾燥器（ADVANTEC製、FS-620）で100℃、24時間乾燥させてから0.1mg単位まで測定した。無給餌生残指数⁸⁾(SAI)は5回測定を行い、各水槽の浮上卵をそれぞれ最大90粒採取して各区で合計270粒となるように500mL容器に収容し、通気した20℃の水槽に浮かべた。次に48時間後に孵化仔魚を30尾ピペットで取り出し、別の500mL容器に収容し毎日13:30に死亡魚をピペットで取り除き計数して以下の式から求めた。SAIの試験中は蛍光灯を使用し、常時200 lx以上の光環境下に500mL容器を安置し、室温は20℃として水温を維持した。

$$SAI = N^{-1} \sum_{i=1}^k (N - h_i) \times i \quad (5)$$

ここでN：試験開始時の孵化仔魚数、 h_i ：i日目の累積死亡尾数、k：生残尾数が0となるまでの日数とする。

統計処理

多群データはLeveneの方法で分散の均一性を検定した後、等分散がみなせた場合は分散分析の後、Scheffeの方法で多重比較を行った。等分散がみなせない場合はKruskal Wallisの検定の後、Scheffeの方法で多重比較を行い、有意水準5%で検定した。ただし比率データについては、逆正弦変換した値を用いて、上記の統計解析を行った。

結 果

実験Ⅰ：親魚養成初期の親魚への餌料効果

実験開始日の供試魚30尾（雄：n=17、雌：n=13）と各餌料区の7日毎の49日目までの体長、生殖腺除去体重、肥満度、GSI、卵巣卵体積を表3に示した。実験期間に死亡した供試魚数はA区が1尾（生残率99.2%）、B区が2尾（生残率98.5%）、C区が2尾（生残率98.5%）であった。49日目にすべての供試魚を解剖して性別を確認し、標本は可能な限り雌雄比が同じになるよう選別した。体長は21日目までは各区に有意な差は認められなかったが、28日目のA区とB区はC区に比べて有意に大きかった（ $p<0.05$ ）。また35日目と49日目は各区に有意な差は認められなかったが、42日目のB区はC区に比べて有意に大きかった（ $p<0.05$ ）。

生殖腺除去体重は21日目までは各区に有意な差は認められなかったが、28日目と35日目のA区とB区はC区に比べて有意に重かった（ $p<0.05$ ）。42日目のB区

はA区とC区より有意に重く（ $p<0.05$ ）、49日目のA区とB区はC区に比べて有意に重かった（ $p<0.05$ ）。

肥満度は14日目までは各区に有意な差は認められなかったが、21日目にB区はC区に比べて有意に高く（ $p<0.05$ ）、28日目と35日目のA区とB区はC区に比べて有意に高く（ $p<0.05$ ）、42日目と49日目のB区はA区とC区より有意に高かった（ $p<0.05$ ）。

雄のGSIは28日目にA区はC区に比べて有意に高く（ $p<0.05$ ）、35日目のB区はA区とC区に比べて有意に高く（ $p<0.05$ ）、49日目のB区はA区に比べて有意に高かった（ $p<0.05$ ）。雌のGSIは35日目のみB区はA区に比べて有意に高かった（ $p<0.05$ ）。

卵巣卵体積は14日目に大きな順にB区、A区、C区、21日目はB区、C区、A区となり有意な差が認められた（ $p<0.05$ ）。28日目のA区はC区より、35日目のB区はA区より卵巣卵体積は有意に大きかった（ $p<0.05$ ）。42日目の卵巣卵体積は大きな順にC区、B区、A区、49日目はC区、B区、A区となり有意な差が認められた（ $p<0.05$ ）。

A区では40日目に初回産卵（294粒）し、41日目（135粒）、49日目（866粒）にも産卵した。B区では19日目に初回産卵（31粒）し、24日目（113粒）、28日目（179粒）、45日目（718粒）、46日目（333粒）にも産卵した。C区では41日目に初回産卵（100粒）し、47日目（144粒）、49日目（182粒）にも産卵した。49日間で産卵回数はA区3回、B区5回、C区3回であり、合計産卵数はA区で1,295粒、B区で1,374粒、C区で426粒となった。

実験Ⅱ：産卵数、卵質と仔魚への餌料効果

各餌料で養成を始める前と試験終了時の各区について供試魚の体長、生殖腺除去体重、肥満度、GSIを表4に示した。体長はいずれも有意な差は認められなかった。生殖腺除去体重はB区は養成前より有意に重く（ $p<0.05$ ）、A区とB区はC区より有意に重かった（ $p<0.05$ ）。肥満度はC区のみ養成前より有意に低く（ $p<0.05$ ）、A区とB区は有意にC区より高かった（ $p<0.05$ ）。雄のGSIはC区のみ養成前より有意に低かったが（ $p<0.05$ ）、各試験区間に有意な差は認められなかった。雌のGSIはB区とC区は養成前より有意に低かったが（ $p<0.05$ ）、各試験区間に有意な差は認められなかった。

15日間で各水槽の産卵回数はA区（①15回、②14回、③14回）、B区（④11回、⑤15回、⑥14回）、C区（⑦8回、⑧8回、⑨13回）であった。15日間で各区とも1日当たりの産卵数と卵体積に有意な差は認められなかった。各区の合計産卵数を表4に示した。A区はC区に比べて有意に合計産卵数が多かったが（ $p<0.05$ ）、A区とB区およびB区とC区には有意な差は認められなかった。また各区の卵体積はすべて平均0.29mm³、孵

表3. 各餌料区の体長、生殖腺除去体重、肥満度、GSI、卵巢卵体積の変化

0日目			
体長 (mm)	82.65 ± 1.03 (n=30)		
生殖腺除去体重 (g)	5.72 ± 0.22 (n=30)		
肥満度	1.00 ± 0.01 (n=30)		
GSI (雄)	0.25 ± 0.03 (n=17)		
GSI (雌)	0.39 ± 0.04 (n=13)		
卵巢卵体積 (×10 ² mm ³)	卵巢卵は見当たらない		
試験区	A区	B区	C区
7日目			
体長 (mm)	84.89 ± 2.28 (n=10)	86.14 ± 1.76 (n=10)	86.75 ± 2.28 (n=10)
生殖腺除去体重 (g)	7.20 ± 0.49 (n=10)	7.67 ± 0.49 (n=10)	7.59 ± 0.60 (n=10)
肥満度	1.17 ± 0.03 (n=10)	1.19 ± 0.03 (n=10)	1.14 ± 0.02 (n=10)
GSI (雄)	0.42 ± 0.12 (n=4)	0.32 ± 0.06 (n=7)	0.77 ± 0.31 (n=7)
GSI (雌)	0.67 ± 0.14 (n=6)	0.64 ± 0.18 (n=3)	0.66 ± 0.09 (n=3)
卵巢卵体積 (×10 ² mm ³)	1.03 ± 0.05 (n=20)	卵巢卵は見当たらない	卵巢卵は見当たらない
14日目			
体長 (mm)	89.39 ± 1.19 (n=13)	89.53 ± 1.12 (n=13)	86.38 ± 1.12 (n=13)
生殖腺除去体重 (g)	8.76 ± 0.39 (n=13)	9.13 ± 0.43 (n=13)	7.79 ± 0.33 (n=13)
肥満度	1.22 ± 0.02 (n=13)	1.26 ± 0.03 (n=13)	1.20 ± 0.03 (n=13)
GSI (雄)	1.53 ± 0.72 (n=7)	0.93 ± 0.26 (n=10)	0.33 ± 0.05 (n=7)
GSI (雌)	1.20 ± 0.19 (n=6)	1.77 ± 0.62 (n=3)	0.77 ± 0.06 (n=6)
卵巢卵体積 (×10 ² mm ³)	2.51 ± 0.15 ^a (n=80)	3.98 ± 0.12 ^b (n=40)	1.11 ± 0.05 ^c (n=20)
21日目			
体長 (mm)	88.04 ± 1.44 (n=17)	86.40 ± 1.38 (n=15)	85.80 ± 1.41 (n=16)
生殖腺除去体重 (g)	8.91 ± 0.41 (n=17)	8.96 ± 0.51 (n=15)	7.87 ± 0.37 (n=16)
肥満度	1.30 ± 0.03 ^{ab} (n=17)	1.37 ± 0.03 ^a (n=15)	1.24 ± 0.03 ^b (n=16)
GSI (雄)	1.65 ± 0.34 (n=9)	2.50 ± 0.51 (n=8)	1.54 ± 0.42 (n=8)
GSI (雌)	2.30 ± 0.54 (n=8)	2.26 ± 0.32 (n=7)	1.78 ± 0.47 (n=8)
卵巢卵体積 (×10 ² mm ³)	4.00 ± 0.17 ^a (n=160)	5.84 ± 0.16 ^b (n=140)	4.62 ± 0.20 ^c (n=140)
28日目			
体長 (mm)	89.66 ± 0.97 ^a (n=20)	91.59 ± 1.22 ^a (n=19)	85.06 ± 1.04 ^b (n=20)
生殖腺除去体重 (g)	10.00 ± 0.39 ^a (n=20)	11.12 ± 0.48 ^a (n=19)	7.99 ± 0.29 ^b (n=20)
肥満度	1.38 ± 0.02 ^a (n=20)	1.44 ± 0.03 ^a (n=19)	1.29 ± 0.02 ^b (n=20)
GSI (雄)	4.25 ± 0.56 ^a (n=14)	4.10 ± 0.79 ^{ab} (n=11)	1.79 ± 0.33 ^b (n=9)
GSI (雌)	2.92 ± 0.36 (n=6)	3.72 ± 0.50 (n=8)	2.57 ± 0.39 (n=11)
卵巢卵体積 (×10 ² mm ³)	7.42 ± 0.07 ^a (n=120)	7.21 ± 0.07 ^{ab} (n=160)	6.62 ± 0.13 ^b (n=220)
35日目			
体長 (mm)	90.84 ± 1.01 (n=20)	91.43 ± 1.41 (n=20)	87.54 ± 1.25 (n=20)
生殖腺除去体重 (g)	10.99 ± 0.42 ^a (n=20)	10.75 ± 0.57 ^a (n=20)	8.17 ± 0.40 ^b (n=20)
肥満度	1.45 ± 0.02 ^a (n=20)	1.38 ± 0.03 ^a (n=20)	1.21 ± 0.03 ^b (n=20)
GSI (雄)	2.56 ± 0.40 ^a (n=9)	5.31 ± 0.46 ^b (n=13)	2.95 ± 0.44 ^a (n=16)
GSI (雌)	2.97 ± 0.40 ^a (n=11)	5.08 ± 0.58 ^b (n=7)	2.88 ± 0.81 ^{ab} (n=4)
卵巢卵体積 (×10 ² mm ³)	7.41 ± 0.07 ^a (n=220)	7.82 ± 0.10 ^b (n=140)	6.94 ± 0.28 ^{ab} (n=80)
42日目			
体長 (mm)	91.07 ± 1.20 ^{ab} (n=20)	93.37 ± 0.94 ^a (n=20)	88.60 ± 1.16 ^b (n=20)
生殖腺除去体重 (g)	10.02 ± 0.48 ^b (n=20)	12.09 ± 0.38 ^a (n=20)	9.43 ± 0.39 ^b (n=20)
肥満度	1.31 ± 0.03 ^b (n=20)	1.48 ± 0.03 ^a (n=20)	1.35 ± 0.03 ^b (n=20)
GSI (雄)	5.39 ± 0.56 (n=13)	4.86 ± 0.69 (n=13)	3.94 ± 0.47 (n=13)
GSI (雌)	3.48 ± 0.67 (n=7)	3.49 ± 0.62 (n=7)	4.30 ± 0.55 (n=7)
卵巢卵体積 (×10 ² mm ³)	3.96 ± 0.18 ^a (n=140)	6.62 ± 0.16 ^b (n=140)	7.64 ± 0.16 ^c (n=140)
49日目			
体長 (mm)	94.43 ± 1.28 (n=20)	94.24 ± 1.05 (n=20)	90.87 ± 0.77 (n=20)
生殖腺除去体重 (g)	11.68 ± 0.49 ^a (n=20)	12.59 ± 0.51 ^a (n=20)	10.06 ± 0.26 ^b (n=20)
肥満度	1.38 ± 0.02 ^b (n=20)	1.49 ± 0.03 ^a (n=20)	1.34 ± 0.03 ^b (n=20)
GSI (雄)	3.95 ± 0.51 ^a (n=13)	7.01 ± 0.96 ^b (n=11)	4.50 ± 0.79 ^{ab} (n=10)
GSI (雌)	4.15 ± 0.51 (n=7)	4.64 ± 0.55 (n=9)	4.49 ± 0.29 (n=10)
卵巢卵体積 (×10 ² mm ³)	4.82 ± 0.07 ^a (n=140)	7.98 ± 0.07 ^b (n=180)	8.50 ± 0.11 ^c (n=200)

数値は平均値±標準誤差を示す

各日数で異なるアルファベット間に有意差が認められることを示す (p<0.05)

表 4. 各餌料での養成前と試験終了時の各区の体長

2012年1月16日 (各餌料での養成前)			
体長 (mm)	99.72 ± 4.12 (n=30)		
生殖腺除去体重 (g)	13.99 ± 0.41 ^{bc} (n=30)		
肥満度	1.40 ± 0.02 ^a (n=30)		
GSI (雄)	11.15 ± 1.17 ^a (n=15)		
GSI (雌)	6.34 ± 0.47 ^a (n=15)		
試験区	A区	B区	C区
2012年3月29日 (試験終了時)			
体長 (mm)	102.35 ± 0.57 (n=92)	102.69 ± 0.65 (n=69)	100.24 ± 0.57 (n=67)
生殖腺除去体重 (g)	15.50 ± 0.35 ^{ab} (n=92)	16.33 ± 0.47 ^a (n=69)	13.21 ± 0.28 ^c (n=67)
肥満度	1.43 ± 0.02 ^a (n=92)	1.49 ± 0.02 ^a (n=69)	1.30 ± 0.02 ^b (n=67)
GSI (雄)	8.62 ± 0.49 ^{ab} (n=58)	8.12 ± 0.78 ^{ab} (n=30)	6.81 ± 0.69 ^b (n=32)
GSI (雌)	5.30 ± 0.31 ^{ab} (n=34)	4.14 ± 0.30 ^b (n=39)	4.42 ± 0.28 ^b (n=35)
15日間の合計産卵数	24,975 ± 5,139 ^a (n=3)	16,269 ± 285 ^{ab} (n=3)	8,315 ± 1,109 ^b (n=3)
卵体積 (mm ³)	0.29 ± 0.00 (n=645)	0.29 ± 0.00 (n=600)	0.29 ± 0.00 (n=442)
孵化率 (%)	4.67 ± 1.55 (n=5)	5.11 ± 1.56 (n=5)	1.56 ± 0.44 (n=5)

生殖腺除去体重, 肥満度, GSI, および 15 日間の合計産卵数, 卵体積, 孵化率. 数値は平均値 ± 標準誤差を示す
異なるアルファベット間に有意差が認められることを示す ($p < 0.05$)

表 5. 各餌料で養成した親魚由来の仔魚の全長, 卵黄体積, 湿重量, 乾燥重量, SAI

試験区	A区	B区	C区
全長 (mm)	2.80 ± 0.18 (n=75)	2.81 ± 0.19 (n=75)	2.81 ± 0.23 (n=75)
卵黄体積 (mm ³)	0.21 ± 0.06 ^a (n=75)	0.18 ± 0.05 ^b (n=75)	0.23 ± 0.05 ^a (n=75)
湿重量 (mg)	0.68 ± 0.08 (n=5)	0.66 ± 0.09 (n=5)	0.68 ± 0.05 (n=5)
乾燥重量 (mg)	0.54 ± 0.06 (n=5)	0.56 ± 0.06 (n=5)	0.54 ± 0.06 (n=5)
SAI	13.85 ± 3.17 (n=5)	14.54 ± 1.32 (n=5)	13.63 ± 1.39 (n=5)

数値は平均値 ± 標準偏差を示す
異なるアルファベット間に有意差が認められることを示す ($p < 0.05$)

率は 1.56-5.11% となり, 各区で有意差は認められなかった (表 4)。なお, 孵化率の低かった原因については後述する。

各区で養成された親魚由来の仔魚は, 卵黄体積について, A 区と B 区, B 区と C 区で有意差が認められたが ($p < 0.05$), A 区と C 区には有意な差が認められず, 全長, 湿重量と乾燥重量, SAI に有意な差は認められなかった (表 5)。

考 察

親魚の体長については実験 I では飼育 28 日目以降に試験区間に成長差がみられ, 28 日目は C 区に比べて A と B 区で, 42 日目は C 区に比べて B 区で優れた成長が認められた。実験 II では 74 日間各餌料で養成したが, 養成前や各区と比較して成長に差はみられなかった。この原因として実験 I の A 区では開始から終了時で体長

が [114%/49 日間] に達しているのに対して, 実験 II では [103%/74 日間] の低成長率であり, 開始時に十分成長していたため顕著な差が出なかったと考えられる。

生殖腺除去体重については実験 I では飼育 28 日目以降に試験区間に差がみられ, 42 日目以外のすべてで A 区と B 区は C 区に比べ有意に高くなっており, さらに A 区と B 区に差は無かった。実験 II では生殖腺除去体重は B 区が養成前より重く, A 区と B 区は C 区に比べ有意に重かった。これらから餌料の質は, 生殖腺除去体重に影響すると言える。

肥満度については実験 I では体長と生殖腺除去体重の変化を反映しており, 飼育 21 日目以降に試験区間に差がみられた。実験 II では C 区は他の区に対して有意に肥満度が低かった。原因として, いわし大漁 A (C 区) が他の 2 飼料に比べて粗たん白質含量が低いと推察される。ただしいわし大漁 A は安価であり, 実験 I の結果から生残率に影響しないため, 生産した活餌用カタ

クチイワシの出荷までの飼育用餌料に適すと考えられる。

雌のカタクチイワシの GSI は 5 月 - 9 月までは 2.5-4.5 の間を変動し、雄は 4 月中旬に 4.8 となり、産卵期間中は雌より高い値を示すことが多いとされている⁷⁾。GSI は実験 I では 28 日目に雄で A 区は C 区より高く、35 日目に雄で B 区は A 区と C 区より高く、雌で B 区は A 区より高く、49 日目に雄で B 区は A 区より高かった。また実験 II では雌雄ともに各試験区間に差は無かった。これらの結果からは餌料と GSI の明確な関連は推測できず、相対的に供試魚の少ない実験 I では上記の GSI の変動に影響されたと考えられる。

卵巣卵体積は 14 日目以降の試験区間に有意な差が認められたが、試験期間の間で各区の順位が入れ替わっているため個体間の影響が大きいと考えられた。35 日目以降はすべての区で産卵が始まったため、卵巣卵体積の値がばらついたと考えられる。

実験 I から短日条件下で生殖腺が退縮した状態で、肥満度が平均 1.00 であるカタクチイワシを、長日処理と 3% 以上の飽食給餌を行い親魚養成した場合、最短で 19 日目から産卵する個体が存在することが分かった。また、実験 II では測定を行った 15 日間では A 区と B 区においてほぼ毎日産卵が確認できた。この期間は卵体積に各区で有意差は認められなかったが、各餌料区の合計産卵数は A 区が有意に C 区より多かったため、いわし大漁 A は親魚から大量の卵を得るうえで不適であると言える。A 区と B 区では合計産卵数に有意な差は認められなかった。カタクチイワシの給餌量の減少に対する反応は、まず産卵間隔が長くなり、ついで 1 回当たりの産卵量が減少し、給餌量が体重維持以下になると卵の大きさが変わることが報告されている⁷⁾。C 区では給餌量を減少させた場合と似た影響が出たが、生殖腺除去体重は維持していたため卵の体積に有意な差が認められなかったと考えられる。また孵化率は各試験区間に有意な差は認められず、各試験区において正常発生卵が少なく、孵化率は 1.6-5.1% と低かった。100kL 水槽では整然とした群れの形成が確認でき、3,000-5,000 尾の親魚から採卵した例では 2 日間で合わせて 61.5 万粒の卵が得られ、孵化率は 72.4% であった (松田ら未発表)。しかし、本試験に使用した 0.5kL 水槽では群れは形成されなかったため、何らかのストレスが産卵に影響した可能性がある。今後はより大きな水槽を使用することでストレスを減じて孵化率の改善は見込めると考えられる。

ハドック *Melanogrammus aeglefinus* では親魚への給餌量が体重維持以下の時には卵の乾燥重量が低下すること⁹⁾やマダイ *Pagrus major* では親魚の餌料が低たん白やリン無添加、必須脂肪酸欠乏であった場合、浮上卵率が著しく劣ること¹⁰⁾が報告されている。一方、ナマズ的一种である *Rhamdia quelen* では 90 日間親魚の餌料に含まれる粗たん白質の割合を 40% から 28% に低下させた場

合でも、卵の重量や親魚の体重当たりの産卵数、孵化仔魚の全長と卵黄径等に有意な差は認められないとされている¹¹⁾。各区で得られた孵化仔魚について卵黄体積は A 区と C 区は B 区に比べ有意に大きかったが、全長、湿重量、乾燥重量、SAI については有意な差が認められなかったため、本試験で用いた各餌料は孵化仔魚の質にはほとんど影響が無いと考えられる。カタクチイワシは餌料の栄養価によっては卵黄蓄積が遅れ、産卵量に影響することが示唆された。実験 II で 67 日間モジャコ EPO を与えた、各餌料での養成前の供試魚と、その供試魚をその後 74 日間いわし大漁 A で養成した供試魚では、後者は平均肥満度が有意に低下しており、これ以上長期に渡っていわし大漁 A を給餌する場合、孵化仔魚の質に影響が出る可能性は考えられる。以上の試験結果から親魚への影響と産卵成績、仔魚への影響を考えた場合、粗たん白質 50% 以上、粗脂肪 11% 以上、カルシウム 2% 以上、リン 1.5% 以上であり、原材料が 76% 以上の動物質性飼料を含む安価なモジャコ EPO がカタクチイワシの親魚養成に相当であると考えられる。

今後、大きな水槽での同様な試験の実施と、餌料費削減のためどの程度まで含有する動物質性飼料等の削減を行えるかについて試験を行う必要があると考える。

謝 辞

本研究を実施するに際して、多くの有益な助言を頂いた與世田兼三博士 (現 西海区水産研究所)、増養殖研究所の濱田和久博士、山本剛史博士、瀬戸内海区水産研究所の米田道夫博士、高橋誠氏に感謝致します。

文 献

- 1) 金田禎之 (2005) 日本漁具・漁法図説. 成山堂書店, 東京, 475-476 pp.
- 2) 農林水産省 (2010) 漁業・養殖業生産統計, 2-4pp.
- 3) 小長谷輝夫 (1975) II. 餌料問題 3. 活魚餌の供給と輸送. [南方カツオ漁業 - その資源と技術] (日本水産学会編), 恒星社厚生閣, 東京, 46-62pp.
- 4) 秋本 徹 (2004) 餌屋の世界. [カツオとかつお節の同時代史] (藤森 泰・宮内泰介編), コモンズ, 東京, 215-231pp.
- 5) 若林良和 (2004) カツオの産業と文化. 成山堂書店, 東京, 21-58pp.
- 6) 神原 淳・田畑満生・秋山敏男・山本剛史・浮 永久 (2008) 次世代型魚類養殖給餌システム開発の現状と展望. 日水誌, 74, 897.
- 7) 鶴田義成 (1992) カタクチイワシの成熟・産卵と再生産力の調節に関する研究. 水工研報, 13, 129-168.
- 8) 社団法人日本栽培漁業協会企画調査室 (1999) 栽培漁業技術シリーズ No.5 プリの親魚養成技術開発. 社団法人日本栽培漁業協会, 東京, 49-50pp.
- 9) HISLOP, J.R.G., A.P. ROBB, and J.A. GAULD (1978)

- Observations on effects of feeding level on growth and reproduction in haddock, *Melanogrammus aeglefinus* (L.) in captivity. *J. Fish Biol.*, **13**, 85-98.
- 10) 渡邊 武 (2009) 8. 親魚の栄養. [改訂 魚類の栄養と餌料] (渡邊武編). 恒星社厚生閣, 東京, 229-250 pp.
- 11) COLDEBELLA, I.J., J.R. NETO, C.A. MALLMANN, C.A. VEIVERBERG, G.T. BERGAMIN, F.A. PEDRON, D. FERREIRA, and L.J.G. BARCELLOS (2011) The effects of different protein levels in the diet on reproductive indexes of *Rhamdia quelen* females. *Aquaculture*, **312**, 137-144.