

原著論文

養成期間の異なるコウライアカシタビラメ親魚群の 自然産卵と卵質

草加耕司*¹・岩本俊樹*¹・後藤真樹*²

Spawning and egg quality of the threeline tonguefish *Cynoglossus abbreviatus* reared in tanks for two different periods

Koji KUSAKA, Toshiki IWAMOTO and Masaki GOTO

To obtain quality eggs for seed production, we reared threeline tonguefish *Cynoglossus abbreviatus* caught in the Seto Inland Sea in land-based tanks. We then investigated and compared the number of eggs spawned and the egg quality of these two brood fish groups. Brood fish started spawning in late April, when the water temperature was about 13°C, and spawned almost every day until early June, when the water temperature reached about 19°C. The total number of eggs spawned by one female fish in the short-term-bred and long-term-bred groups was 194,000 and 537,000, respectively; these numbers were less than the batch fecundity of a wild fish. The floating egg ratio, egg diameter, and survival activity index of larval fish, all of which are indices of egg quality, declined as the spawning season passed and were negatively correlated with water temperature. Although quality eggs were able to be collected from wild fish immediately after they were caught, quality eggs should be able to be collected more stably and more systematically from brood fish group reared for more than 1 year.

2013年12月5日受付, 2014年6月5日受理

コウライアカシタビラメ *Cynoglossus abbreviatus* はウシノシタ科に属し全長40cm以上に成長する大型のシタビラメで、朝鮮半島南部及び西部沿岸、渤海、黄海、東シナ海、南シナ海に至る中国大陸沿岸に広く分布し、日本周辺では駿河湾、瀬戸内海、土佐湾、有明海とその隣接海域の砂泥域に生息している¹⁾。瀬戸内海中央部では他のウシノシタ科魚類とともに小型底びき網漁業の主要対象種であるが、近年、漁獲量が減少傾向にある^{2,3)}ため、従来からの漁獲圧低減等の資源管理に加え、将来的には種苗放流による資源水準の維持方策も検討されている。

本種の種苗生産に関しては、藤田ら^{4,5)}の報告に基づき、1980年代に有明海^{6,7)}及び瀬戸内海^{8,9)}各県におい

て技術開発が試みられた経緯があり、近年では、初期飼育の改良による数万尾規模の生産¹⁰⁾や小型水槽での飼育事例¹¹⁾が報告されている。このように本種の種苗生産は量産事業化へと進展しつつあるが、初期減耗や着底期以降の育成方法に課題を残すなど、未だ確立されているとは言い難い。

安定した種苗生産を行うためには、親魚を養成して計画的な良質卵の大量供給が必要となる。陸上水槽における本種の自然産卵と卵質については、有明海産親魚での報告⁷⁾があるが、漁獲された天然魚から推定される産卵期、孕卵数、及び卵径は有明海産¹²⁾と瀬戸内海産^{13,14)}で異なるため、養成親魚でも両者で差異の生じることが

*¹ 岡山県農林水産総合センター 水産研究所
〒701-4303 岡山県瀬戸内市牛窓町鹿忍 6641-6

Okayama Prefectural Technology Center for Agriculture, Forestry and Fisheries, Research Institute for Fisheries Science, Setouchi, Okayama 701-4303, Japan
kouji_kusaka@pref.okayama.lg.jp

*² 岡山県農林水産部水産課

表 1. 供試親魚について

項目	短期養成群	長期養成群
漁獲年月 (年/月)	2012/3	2010/11 ~ 2011/4
養成期間 (か月)	1	12 ~ 17
尾数 (雌:雄)	70 (35:35)	26 (11:15)
平均全長±標準偏差 (mm)	雌 284 ± 22 雄 238 ± 20	307 ± 23 256 ± 28
平均体重±標準偏差 (g)	雌 175 ± 63 雄 70 ± 29	204 ± 34 103 ± 51

予想される。また、種苗生産に天然の親魚を用いる魚種では、購入後、継続的に養成しながら、複数年にわたり採卵に供す魚種がほとんどであるが、本種を長期間飼育した場合の卵質への影響については明らかではない。

そこで本研究では、養成期間の異なる瀬戸内海産のコウライアカシタビラメ 2 親魚群について、陸上水槽での産卵期間、産卵数、浮上卵率、卵径、ふ化率、仔魚の無給餌生残指数 (Survival Activity Index:SAI)¹⁹⁾等を調査し、産卵数及び卵質の推移を把握するとともに、親魚養成期間の影響を検討した。

材料と方法

親魚養成と採卵 瀬戸内市牛窓町漁協の小型底びき網で、2010年11月～2011年4月に漁獲された天然魚を12～17か月間飼育した親魚26尾(長期養成群)、及び2012年3月に漁獲され約1か月間飼育した親魚70尾(短期養成群)の2親魚群を用いた(表1)。養成には屋内のFRP水槽(3.5×2.5×0.9m,実容量4kL)を用い、底面に数cmの海砂を敷き詰め、自然水温で1日当たり飼育水量の10倍の砂ろ過海水を注水した。餌料として、産卵期には活きたアオゴカイ *Perinereis aibuhitensis*、それ以外の時期には冷凍オキアミ *Euphausia* sp. をほぼ毎日、飽食量給餌した。

産卵期間中、親魚水槽の排水口からオーバーフローした表層水を受けるゴースネット(φ60×60cm)を15時に設置し、翌日9～10時に流出した卵を回収した。採集した卵は5Lのビーカー内で約5分間静置後、沈下卵のみサイフォンで吸い取って浮上卵と分離し、それぞれの湿重量を計量した。採卵総重量に対する浮上卵重量の比率を浮上卵率とした。その後、浮上卵については海水ともに2Lビーカーへ収容して攪拌し、そのうち5ml中の卵数を計測して容量法により全浮上卵数を求め、重量比から総採卵数に換算した。

卵径、ふ化率調査及び無給餌飼育試験 採卵直後の浮上卵50粒について、万能投影機で20倍に拡大し、デジタルノギスで卵径を計測した。同時に100～120粒を1Lのろ過海水が入ったポリ瓶に収容し、15℃に設定したインキュベータ内に静置してふ化させた。ふ化率は収容卵

数に対する全ふ化仔魚数の比率から算出した。産卵期間中2,3日おきに、ふ化率調査時のふ化仔魚のうち外観上異常のみられない仔魚をガラスピペットを用いて各親魚群から50～100尾採取し、1Lのろ過海水が入ったポリ瓶に収容し、15℃で無給餌飼育した。飼育期間中、毎日正午に死魚をピペットで取り上げ計数し、次式によりSAIを求めた。

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

N: 試験開始時のふ化仔魚数

h_i: i日目の累積へい死尾数

k: 生残尾数が0となるまでの日数

統計処理 2親魚群の浮上卵率、卵径、ふ化率及びSAIの比較には、ウィルコクソンの符号順位和検定を用い、産卵水温や卵質評価項目間の関係は、スピアマンの順位相関係数を用いて有意性を検定した。

結果

産卵状況 産卵水温と親魚群別産卵数の推移を図1に、採卵結果を表2に示した。産卵は長期養成群で4月21日、短期養成群で4月23日から前者が数日早く、50千粒以上のまとまった産卵も1週間早く確認された。両群とも産卵開始の水温は13℃台、4月末以降水温が15℃台から産卵数が急増し、5月20日前後の16℃台まで盛期を形成した。また、短期養成群が6月12日、長期養成群が6月9日の19℃台までほぼ毎日産卵した。試験期間中、産卵数は50～350千粒であったが、産卵盛期を過ぎるまでその増減は両群とも水温の動向に同調した。すなわち水温が低下または停滞すると卵数が減少し、上昇すると増加する傾向がみられた。試験期間中の産卵回数及び総産卵数は、短期養成群がそれぞれ47回及び6,880千粒であったのに対し、長期養成群ではそれぞれ50回及び5,840千粒であった。また、浮上卵数及び浮上卵率は、短期養成群ではそれぞれ6,130千粒及び89.1%であったのに対し、長期養成群ではそれぞれ5,320千粒及び91.0%であった。一方、雌の収容尾数及び平均体重はそれぞれ35尾及び175gと11尾及び204gであったので、雌1尾当たりの浮上卵数は175千粒と484千粒(総産卵数:194千粒と537千粒)で後者が2.8倍多く、雌魚体重当たりの浮上卵数は1,000粒/gと2,370粒/gで後者が2.4倍多かった。

卵質評価 親魚群別産出卵の浮上卵率、卵径、及びふ化率の推移を図2に、仔魚のSAIの推移を図3に示した。浮上卵率は短期養成群が54.1～100%(平均86.9%)、長期養成群が67.9～100%(平均90.0%)で推移した。いずれも産卵盛期までは80～100%で一定していたが、

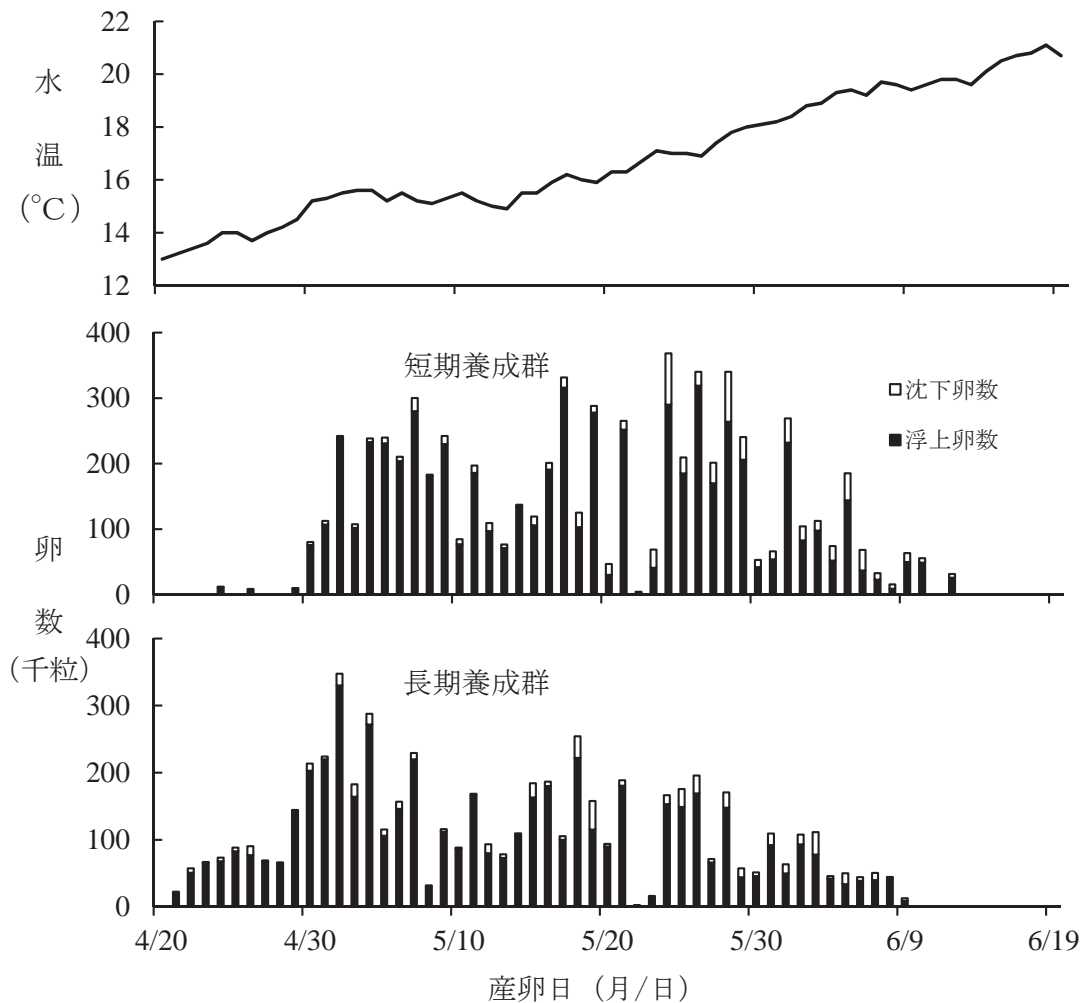


図1. 産卵水温と親魚群別産卵数の推移

表2. 親魚群別の採卵結果

項目	短期養成群	長期養成群
産卵期間 (年/月/日)	2012/4/23 ~ 6/12	2012/4/21 ~ 6/9
産卵回数 (回)	47	50
産卵水温 (°C)	13.6 ~ 19.8	13.2 ~ 19.4
総産卵数 (千粒)	6,880	5,840
浮上卵数 (千粒)	6,130	5,320
浮上卵率 (%)	89.1	91.0
雌1尾当たりの浮上卵数* (千粒/尾)	175	484
雌魚体重当たりの浮上卵数* (粒/g)	1,000	2,370

*供試した雌親魚が同等に産卵へ関与したと仮定した場合の浮上卵数

5月20日以降徐々に低下し、短期養成群では60%前後に低下することもあった。短期養成群の浮上卵率は変動が大きく、特に産卵期後半にその傾向が強くなった。平均卵径は短期養成群が1.00~1.11mm(平均1.06mm)、長期養成群が0.95~1.10mm(平均1.05mm)で推移し、いずれも徐々に小型化した。浮上卵率と同様に、短期養成群は日較差が大きい傾向にあった。ふ化率は短期養成群が31.9~100%(平均87.1%)、長期養成群が31.6~

100%(平均88.0%)の範囲で、産卵初期と終期に60%以下に低下することがあった。それ以外はいずれも70%以上で安定し、経過日数に伴う低下はみられなかった。SAIは短期養成群が1.6~11.0(平均6.1)、長期養成群が1.4~15.2(平均7.3)の範囲で推移し、両群とも経過日数とともに低下傾向を示したが、長期養成群で顕著であった。また、産卵前期から中期は長期養成群の方が高く、後期は短期養成群が高かった。

上記のうち卵径は短期養成群が有意に大きかったが($p < 0.01$)、その他の項目には親魚群間に有意差はみられなかった。

卵質評価項目間の関係 産卵水温と浮上卵率、卵径、SAIの関係を図4に示した。短期養成群、長期養成群とも産卵水温と浮上卵率($r = -0.699, -0.576$)、卵径($r = -0.650, -0.864$)には負の相関関係がみられ、水温の上昇に伴い浮上卵率は降下、卵径は小型化した。一方、SAIは長期養成群でのみ強い負の相関関係がみられた($r = -0.832$)。卵径とSAI、浮上卵率の関係を図5に示した。卵径とSAIには長期養成群のみで強い正の相関関係がみられ($r = 0.855$)、卵径の大型化に伴いSAIは上昇した。

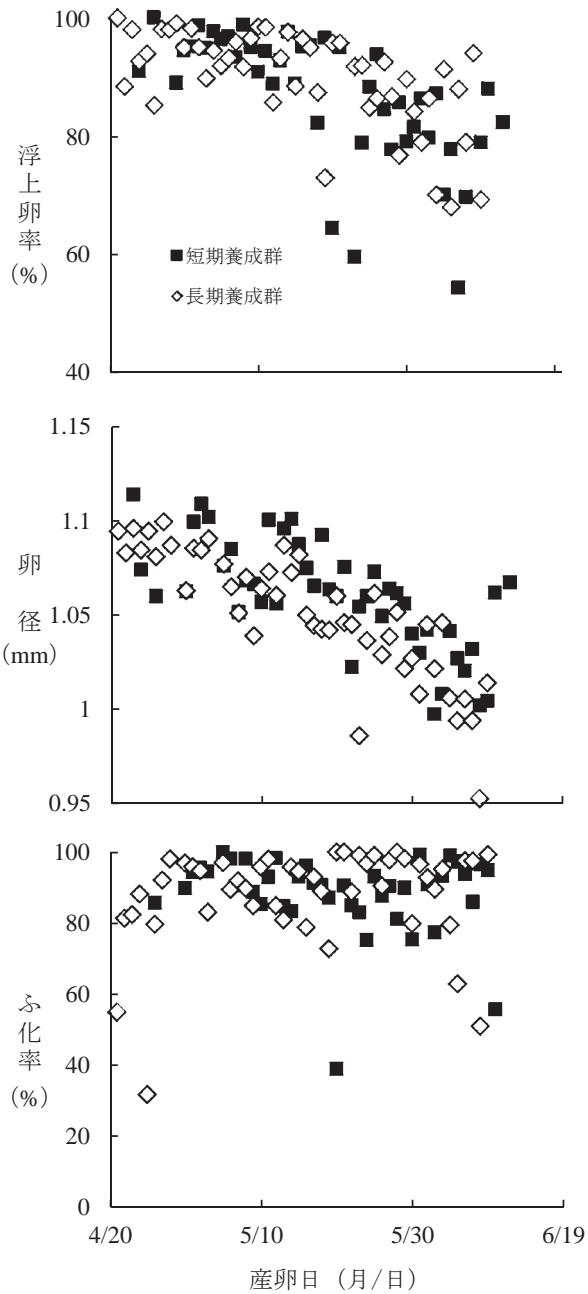


図2. 親魚群別産出卵の浮上卵率, 卵径, ふ化率の推移

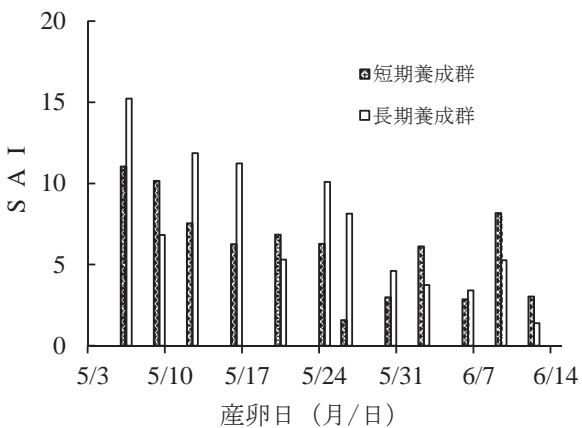


図3. 親魚群別仔魚のSAIの推移
SAI: 無給餌生残指数, 本文参照

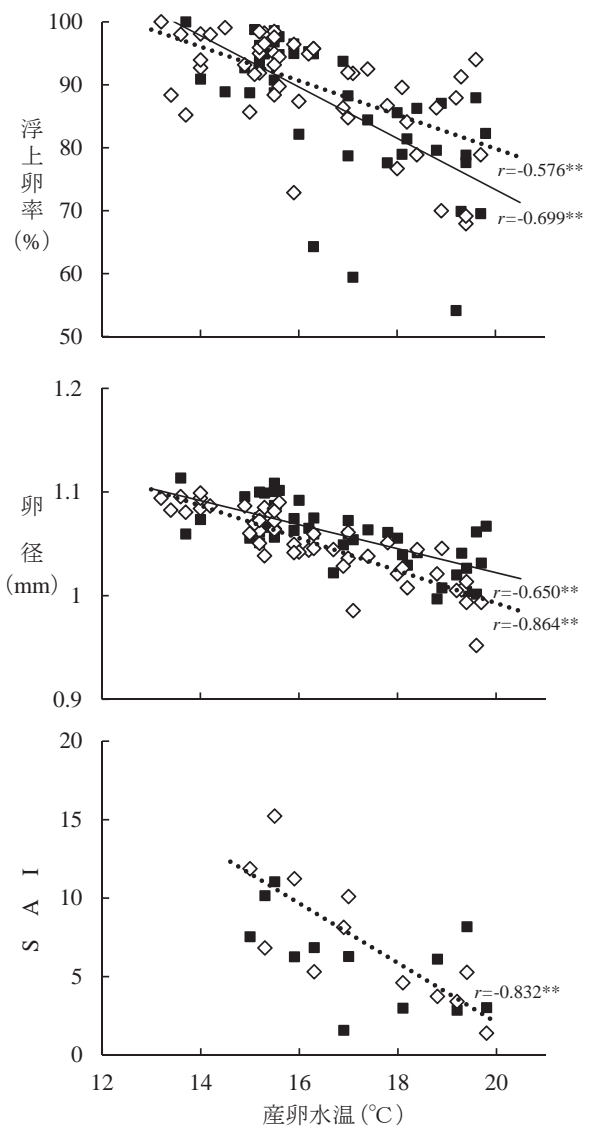


図4. 産卵水温と浮上卵率, 卵径, SAIの関係
■—: 短期養成群 ◇---: 長期養成群
 r は相関係数, **: $p < 0.01$

その他, 両群で卵径と浮上卵率に正の相関関係があり ($r = 0.651, 0.531$), 卵径が大きいほど浮上卵率が高かった。

考察

養成期間の異なる瀬戸内海産コウライアカシタビラメ2親魚群を飼育し, 自然産卵で大量の受精卵を得た。親魚は飼育水温が13℃以上になると産卵を開始し, 水温15~19℃の間はほぼ毎日産卵したものの, 19℃を超えると終了した。また, 期間中の日産卵数は, 水温の低下または停滞で減少したのに対し, 上昇で増加した。これらのことから, 本種の産卵周期は水温が大きな影響を与えていることが強く示された。春から夏に産卵する魚では春季における水温上昇だけが成熟開始に必要で, 光周期は決定的な役割を持たないことが多いとされる¹⁶⁾。本種もマダイ *Pagrus major*¹⁷⁾ やヒラメ *Paralichthys*

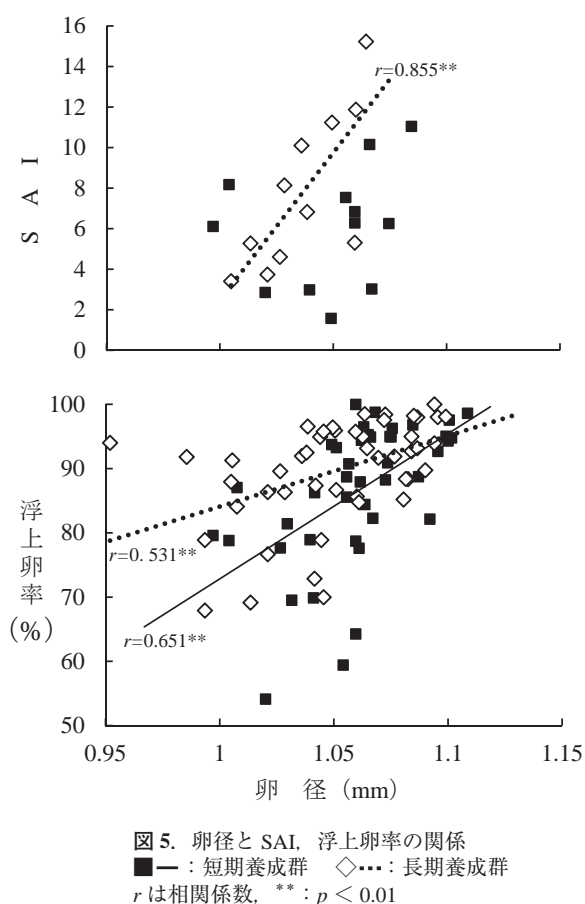


図5. 卵径とSAI, 浮上卵率の関係
 ■—: 短期養成群 ◇---: 長期養成群
 r は相関係数, $**$: $p < 0.01$

*olivaceus*¹⁸⁾等と同様に、水温管理による産卵誘発及び制御の可能性が示唆された。一方、生殖腺指数の経月変化から瀬戸内海中央部における本種の産卵盛期は3～4月と推察されているが^{13,19)}、本研究では5月が盛期となり、天然魚に比べやや遅かった。冬季から春季の親魚飼育水温が、産卵場の水温よりも低かったことによって、成熟及び産卵に遅れが生じたと推察される。

盛期の産卵数は1日当たり50～350千粒であり、数十尾の雌で種苗生産に十分な卵数を確保できた。また、雌1尾当たりの総浮上卵数は、長期養成群が短期養成群の2.8倍と多かったが、これは魚体のサイズが大きく影響している。瀬戸内海中央部におけるコウライアカシタビラムエの孕卵数と全長の関係は、直線回帰式で表され、孕卵数は全長の増加とともに増加することが示されている¹⁴⁾。この関係式に本研究の2親魚群の平均全長をあてはめると、孕卵数は約310千粒と610千粒となり、今回得られた1尾当たりの総産卵数（短期養成群：194千粒、長期養成群：537千粒）は両養成群とも及ばない。特に短期養成群でその傾向が強く、養成期間の長短が影響している可能性が示された。

日本近海で本種を対象とした漁業が行われているのは有明海と瀬戸内海であるが、両海域の個体群はそれぞれ隔絶された地域個体群と考えられ¹⁾、地域的な差の存在が指摘されている。そこで、有明海産の採卵に関する福澄らの報告⁷⁾とサイズの近い本研究の短期養成群を

比較検討した。用いた親魚群の雌雄比、雌の尾数及び平均体重はほぼ同条件であったが、総産卵数は有明海産が3,221千粒に対し瀬戸内海産は6,880千粒、浮上卵率及びふ化率は前者がそれぞれ83.2%、72.9%に対し、後者が89.1%、86.9%と、産卵数、卵質を示す項目は概ね本研究の産卵結果が優れた。両海域における天然魚の生殖腺指数^{12,13)}には差がみられないことや、有明海産では産卵期間中の産卵回数が少なかったことから、漁獲後の馴致など飼育状態に起因する可能性も考えられる。卵径は有明海産が1.10～1.23mmに対し瀬戸内海産は1.00～1.11mmと約10%小さく、卵径及びふ化仔魚の大きさは有明海産と地域的な差があるとした既往知見^{7,8)}と一致した。一方、産卵水温は13.5～19℃前後とほぼ同様であった。

一般に良質卵とは、ふ化後の生残が良好な仔魚をふ出する卵であり²⁰⁾、「ふ化率やふ化後の生残率が高い卵」と理解されている。卵質の評価指標には受精率、浮上卵率、発眼率、ふ化率、仔魚生残率、卵の大きさ、形態、比重、色調、pHがある²¹⁾。これらのうち、本研究では浮上卵率、ふ化率、卵径、SAIを測定し、卵質の推移及び各項目と産卵水温間の関係を検討した。その結果、ふ化率以外は産卵期が進むにつれて低下する傾向があるとともに、両群の浮上卵率、卵径及び長期養成群のSAIと産卵水温との間に負の相関関係が認められた。このことは、水温の上昇や産卵回数の増加など産卵期の進行に伴い卵質が低下することを示しており、シマアジ *Pseudocaranx dentex*²²⁾、ブリ *Seriola quinqueradiata*²³⁾、オニオコゼ *Inimicus japonicus*²⁴⁾等、他の海産魚類での報告と一致した。

その他の関係では浮上卵率と卵径、さらに、長期養成群については卵径とSAI間で強い正の相関関係が認められた。SAIは無給餌飼育において生残の良いものが高いため、仔魚の活力を表わす指標として上述の3魚種²²⁻²⁴⁾やキジハタ *Epinephelus akaara*²⁵⁾等で有効性が確認されている。ただし、判定にはふ化後1週間以上を要するため、種苗生産用卵の事前の評価指標にはなり得ない。そこでSAIとの相関が高く、産卵直後に簡便かつ正確に測定できる代替指標が魚種に応じて検討されてきた。本種においては、卵径が良質卵評価の有効な指標となり得ることが示唆されたため、産卵前期から中期、水温15～16℃の間に卵径の大きい受精卵を選択すれば、種苗生産初期の生残向上に繋がるものと考えられた。

親魚の養成期間の違いについて、漁獲後1年以上経過した長期養成魚と漁獲直後の短期養成魚の卵質比較では、有意差はないものの長期養成群が浮上卵率、ふ化率、SAIでやや上回った。一方、短期養成群の浮上卵率や卵径などの卵質評価項目は不安定で大きく変動する傾向があり、長期養成群でみられた産卵水温とSAI、卵径とSAIの相関関係も明らかでなかった。酒井ら²⁶⁾はマダイでは浮上卵率等に親魚個体間で著しく大きな差異が存

在するとし、森田²⁷⁾は卵サイズの変異は母親体内よりも母親間の変異の方が大きいとしている。今回の短期養成群が、個々に水温や餌料環境の異なる海域において成熟期を過ごしたことによる個体間差が起因したばらつきなのかもしれない。一方、魚体重当たりの産卵数についても長期養成群が2.4倍多かった。この要因として、漁獲のストレスにより、短期養成群のすべてが成熟・産卵に関与できるほど、水槽環境に馴化していなかったことがあげられる。これらのことから、漁獲直後の天然魚からでも良質卵は確保できるが、養成期間が長い親魚の方がより安定かつ計画的に採卵できると考えられた。

本研究により、種苗生産を安定的に行う上で必要な親魚群の産卵生態の一端を明らかにできた。今後はより効率的かつ計画的な採卵のため、さらには資源管理上の基本情報を得ることを目的として個別の採卵試験等を行い、産卵間隔や個体レベルの成熟・産卵特性に関する基礎的知見を得る必要がある。

謝 辞

本研究を進めるにあたり、仔魚の無給餌飼育試験方法についてご指導いただいた(独)水産総合研究センター瀬戸内海区水産研究所の太田健吾博士に厚くお礼申し上げます。

文 献

- 1) 大坂幸男・興石裕一(1997)日本の稀少な野生水生生物に関する基礎資料(Ⅳ)。日本水産資源保護協会、東京、190-195pp.
- 2) 元谷 剛(2010)岡山県海域で操業する小型底びき網漁業の漁獲物組成(平成21年)。岡山水研報告, 25, 24-29.
- 3) 岡山県農林統計協会(2008)平成18~19年岡山県水産統計年報, 37pp.
- 4) 藤田矢郎・田北 徹(1965)ムラサキアカシタビラメの卵発生と仔魚前期。日水誌, 31, 388-392.
- 5) 藤田矢郎・北島 力・林田豪介(1986)コウライアカシタビラメの成熟促進。卵発生と飼育による仔稚魚の形態。魚類学雑誌, 33, 304-315.
- 6) 深浦雄一・倉田清典(1999)種苗生産試験Ⅲ(コウライアカシタビラメ)。平成10年度熊本水研事報, 179-181.
- 7) 福澄賢二・太刀山透・深川敦平(2001)コウライアカシタビラメの採卵と仔稚魚の飼育。福岡水海技セ研報, 11, 21-27.
- 8) 尾田 正・水戸 鼓(1994)コウライアカシタビラメ仔魚の相対成長、摂餌可能サイズと適正塩分。岡山水試報, 9, 85-88.
- 9) 原田和弘・水田 章・杉野雅彦(1994)コウライアカシタビラメの種苗生産試験。平成5年度兵庫水試事報, 137-138.
- 10) 宮木廉夫(2010)コウライアカシタビラメの種苗生産について。豊かな海づくり水産開発ながさき, 106, 1-4.
- 11) 草加耕司・後藤真樹・小見山秀樹・弘奥正憲(2012)コウライアカシタビラメの仔稚魚の飼育方法の検討。岡山水研報告, 27, 37-43.
- 12) 林 宗徳・石田祐幸・上田 拓(2000)有明海におけるコウライアカシタビラメの産卵期。福岡水海技セ研報, 10, 19-22.
- 13) 鎌木昭久(1992)コウライアカシタビラメの年齢と産卵時期。岡山水試報, 6, 61-68.
- 14) 鎌木昭久(1992)コウライアカシタビラメの産卵に関する年齢と孕卵数。岡山水試報, 7, 24-28.
- 15) 新聞脩子・辻ヶ堂 諦(1981)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, 2, 11-20.
- 16) 会田勝美(1982)水産動物の成熟・産卵に関与する内分泌機構 環境-視床下部-脳下垂体。「魚介類の成熟・産卵の制御」(日本水産学会編), 恒星社厚生閣, 東京, 9-19pp.
- 17) 宮下 盛・瀬岡 学(2005)マダイ・チダイ。「水産養殖システム1海水魚」(熊井英水編), 恒星社厚生閣, 東京, 45-81pp.
- 18) 村田 修(2005)ヒラメ。「水産養殖システム1海水魚」(熊井英水編), 恒星社厚生閣, 東京, 83-109pp.
- 19) 元谷 剛(2011)岡山県東部海域におけるウシノシタ科魚類3種の資源特性。岡山水研報告, 26, 6-13.
- 20) 清野通康(1974)産出卵の卵質評価 海産魚。「魚類の成熟と産卵」(日本水産学会編), 恒星社厚生閣, 東京, 113-119pp.
- 21) 岩井寿夫・柏木正章(1989)発生と孵化管理。「水族繁殖学」(隆島忠夫・羽生 功編), 緑書房, 東京, 195-237pp.
- 22) 虫明敬一・関谷幸生(1993)シマアジふ化仔魚の活力判定の試み。水産増殖, 41, 155-160.
- 23) 虫明敬一・藤本 宏・新聞脩子(1993)ブリふ化仔魚の活力判定の試み。水産増殖, 41, 339-344.
- 24) 渡辺憲一(2005)オニオコゼ *Inimicus japonicus* 雌1尾の産卵と卵質。水産増殖, 53, 107-114.
- 25) 萱野泰久・何 玉環・原 隆・福永丈人(1998)年齢組成の異なるキジハタ親魚群の自然産出卵の卵質。水産増殖, 46, 213-218.
- 26) 酒井 清・野村 稔・井上正昭・城条義興・武富正和(1985)マダイ自然産出卵の卵質。水産増殖, 33, 7-11.
- 27) 森田健太郎(2003)配偶子の多様性 卵サイズの多様性。「水産動物の性と行動生態」(中園明信編), 恒星社厚生閣, 東京, 48-65pp.