

原著論文

大型水槽を用いたコウライアカシタビラメの種苗生産試験

草加耕司*・岩本俊樹*・弘奥正憲*

Mass juvenile production of threeline tonguefish
Cynoglossus abbreviatus in a large culture tank

Koji KUSAKA, Toshiki IWAMOTO and Masanori HIROOKU

A 45-day mass production experiment of juvenile threeline tonguefish was conducted in a large culture tank (40 m³). A total of 77,000 juveniles with an average length of 22.8 mm were produced. The survival rate was low at around 10%, with a large number of fish being found dead on the water surface at growth stage D (larval stage) and at the bottom of the tank at growth stages E to H. However, it was shown that the fish could be raised by the same methods used for other saltwater fish species using, for example, a feeding regime primarily consisting of rotifers and *Artemia* larvae, indicating that mass production would be possible. Future issues in raising juvenile threeline tonguefish, such as difficulty in switching from live feed to formula feed and the occurrence of morphological abnormalities (e.g., in the head or body color), as observed in other Heterosomata species, and the future direction of technological development are discussed.

キーワード：コウライアカシタビラメ, 大型水槽, 種苗生産

2014年9月1日受付 2015年1月8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 (大坂・興石 1997)。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ため (元谷 2010, 岡山農林統計 2008), 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。

ウシノシタ科魚類の人工種苗生産に関しては, クロウシノシタ *Paraplagusia japonica* (土屋ら 1993), イヌシタ *Cynoglossus robustus* (弘奥ら 2013) で若干の試みはあるが, 受精卵の確保や初期減耗が難題で, 量産に繋が

る成果はあがっていない。本種については藤田ら (1965, 1986) の報告に基づき, 1990 年代に有明海 (深浦 1999, 福澄ら 2001) 及び瀬戸内海 (尾田・水戸 1994, 原田ら 1994) 各県において技術開発が試みられた経緯があるが, 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。近年では初期飼育の改良により, 1 ~ 6m³ の水槽を複数個使用した全長 13mm, 計 7.1 万尾の生産事例 (宮木 2010, 宮木・中田 2012) はあるが, 資源にインパクトを与えられる規模の大量種苗放流を可能とする大型水槽を用いた量産報告はない。

これまで筆者らは小型水槽での飼育実験を重ね (草加ら 2012), 本種仔稚魚の特性に応じた飼育方法とともに, 安定した種苗生産を行うための良質卵の確保についても検討してきた。その結果, 個体レベルの成熟・産卵特性は明らかでないものの, 種苗生産を安定的に行う上で必

* 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

要な親魚群の産卵生態の一端を明らかにし、養成した天然魚の自然産卵により、量産に十分な受精卵を得ることが可能となった(草加ら 2014)。そこで、これらの卵を用い 40m³ 大型水槽による種苗生産を試み、一部の種苗を全長約 80mm まで飼育した。本稿では、大型水槽での量産に成功したコウライアカシタビラメの種苗生産試験の概要を報告するとともに、種苗生産技術の問題点を整理し、その方向性について検討した。

材料と方法

親魚養成と採卵 供試したコウライアカシタビラメ卵は、草加ら (2014) に示した瀬戸内市牛窓町漁協の小型底びき網で漁獲された天然魚を養成した 2 親魚群からの自然産出卵を用いた。産出された卵は親魚水槽からオーバーフローした表層水とともに夕刻に設置したゴースネットを受け、翌日 9～10 時に浮上卵のみを回収した。種苗生産には 2012 年 5 月 24～26 日に得られた 1,265 千粒 (24 日：44.3 千粒, 25 日：33.4 千粒, 26 日：48.8 千粒) を併せて用いた。すなわち 3 日間の浮上卵を採卵日ごと別々に 1m³ 円形 FRP 水槽内でろ過海水を流水にしてふ化予定日の前日まで発生観察や死卵の除去等の管理を行った後、40m³ 長八角形コンクリート水槽 (底面積 48m², 図 1) へ順次に収容した。

仔魚期の飼育 飼育水は自然水温の紫外線殺菌海水を使用し、卵収容時から換水率 1 回転/日の流水とし、ふ化後 10 日目 (ふ化日の異なる 3 仔魚群について日齢を統一することとし、以後、5 月 24 日採卵の仔魚を基準にふ化後 n 日目を日齢 n とする) から 1.5 回転/日、それ以降最大 3.5 回転/日まで徐々に高めた。通気はエア分散ホース (Φ 25mm×1m, ユニホース, ユニホース株式会社) を用いて水槽底の縁辺 4 か所から行い、通気によって発生する上昇流で飼育水を一定方向に回転させた。さらに排水口付近のよどみを解消するため 2 個のエアストーン (20×20×150mm) を配置した。卵収容から開口までの通気量は、受精卵やふ化仔魚が沈下しないようエア分散ホース 1 本当たり 1.2～1.5L/分で、表面流速 5～8cm/秒とやや強めにした。また、開口する日齢 4～10 には仔魚が定位して摂餌できるよう 0.5～0.7L/分で流速 3～5cm/秒に弱めた。日齢 10 以降は仔魚の遊泳能力に応じて極度のバッチを形成しないよう流速 5～10cm/秒に強めた。

飼育水には給餌した生物餌料の飢餓を防止するため、日齢 4～39 に淡水産濃縮クロレラ (スーパー生クロレラ V12, クロレラ工業) 300mL を海水で約 10 倍に希釈して 1 日 2 回、水面から添加した。また、ふ化直後の仔魚が表層に蝟集して死亡する浮上死を防止するため、フィードオイル (理研ビタミン) 3～5mL を 1 日 1 回、8 時に表層から滴下した。照度は水槽上部に設置した水

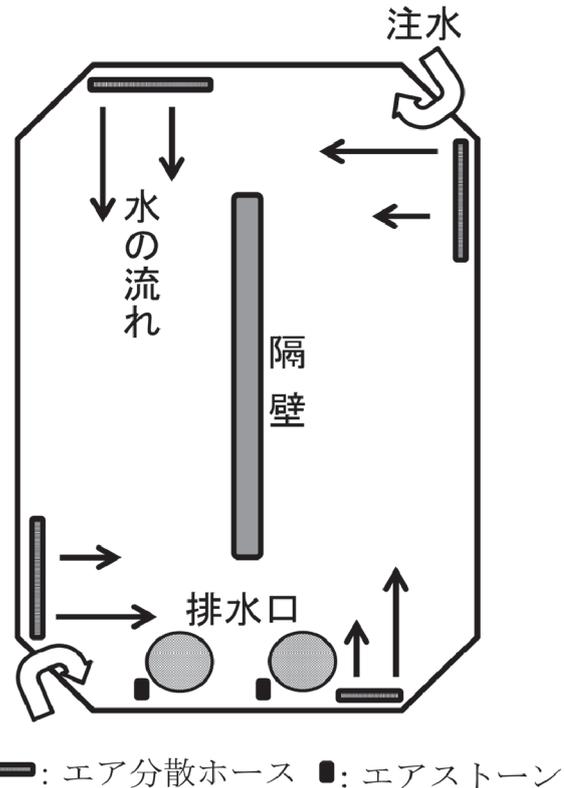


図 1. 種苗生産水槽内の飼育資材の配置

銀灯と蛍光灯により飼育水面直上で 600～2,000lux となるよう調光した。日長時間は、開口直後の日齢 4～10 までの間は 24 時間連続照明として仔魚の初期摂餌を促進し、日齢 11 からは 20 時間、日齢 16 からは 18 時間、日齢 30 からは 16 時間、日齢 38 に 14 時間まで短縮した。

仔魚の口径から摂餌可能サイズを推定した尾田ら (1994) の報告に従い、初期餌料はシオミズツボワムシ *Brachionus plicatilis* sp. complex S 型 (携卵個体サイズで 170～230 μm, 以下、ワムシとする) とし、次にアルテミア *Artemia* sp. 幼生 (米国ユタ州ソルトレイク産, 以下、アルテミアとする) を給餌した。ワムシは日齢 4～39 に飼育水中の密度が 15 個体/mL となるよう 1 日 1 回、給餌した。アルテミアは日齢 21 から日齢 45 まで、0.1～4 個体/mL になるよう 1 日 2 回、給餌した。なお、ワムシは高密度連続培養装置 (ワムシわくわく, クロレラ工業) で増殖させ、高度不飽和脂肪酸が強化された淡水産濃縮クロレラ (スーパー生クロレラ V12, クロレラ工業) で 2 時間栄養強化した。午前中に給餌するアルテミアはふ化後 18 時間から市販の高度不飽和脂肪酸強化剤 (ハイパーグリーン, 日清マリンテック) で、午後給餌するアルテミアはふ化直後から高度不飽和脂肪酸強化剤 (すじこ乳化油, 日清マリンテック) でそれぞれ 2 時間栄養強化した。

底掃除は行わず、飼育水や底質の改善を目的に開口から取上げまで、沈降性貝化石 (フィッシュグリーン, グ

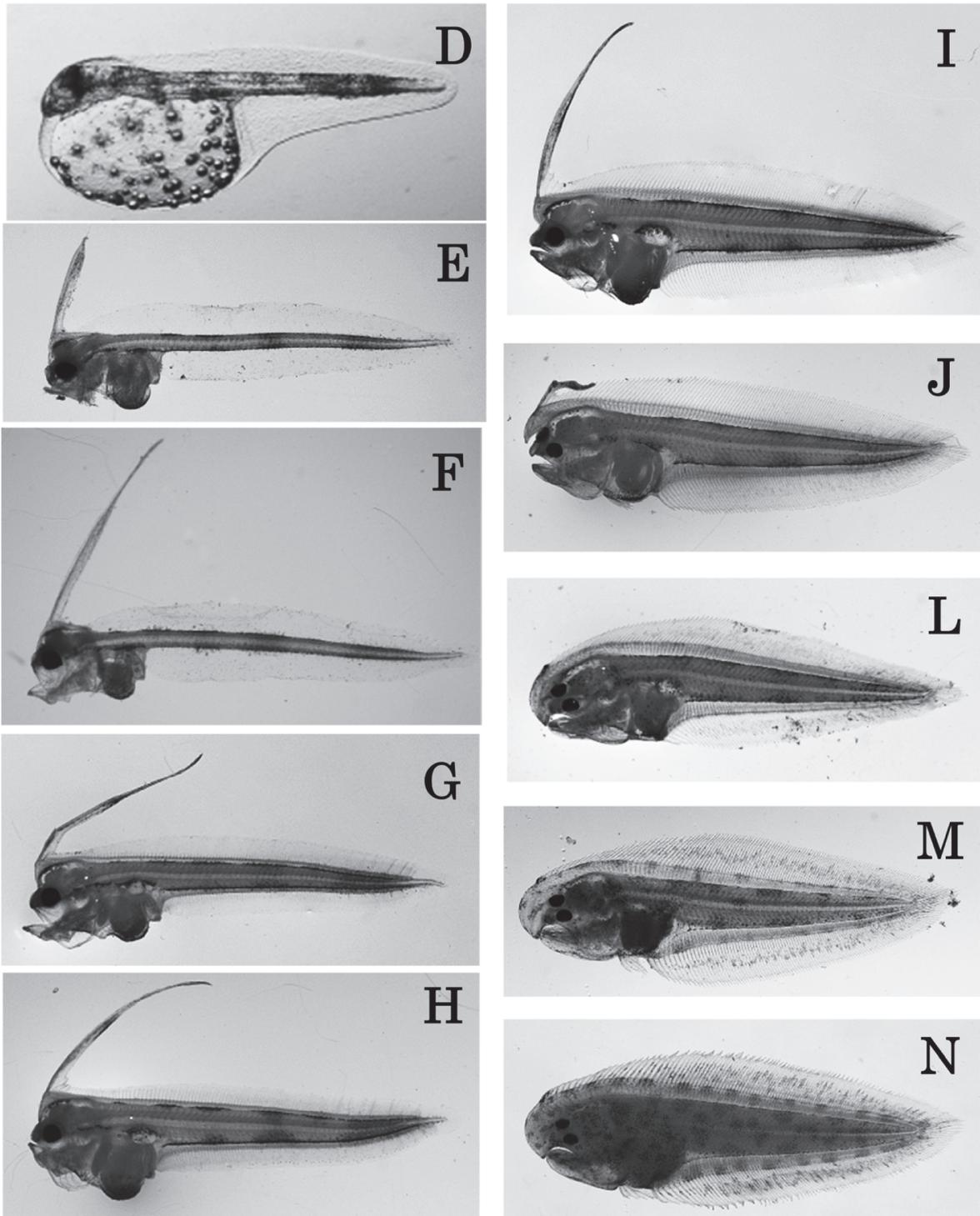


写真1. 発育ステージ（発育ステージ区分は藤田ら1986を参照）
D：ふ化仔魚，全長2.7mm E：仔魚，5.8mm F：後期仔魚，6.7mm
G：後期仔魚，6.7mm H：後期仔魚，7.6mm I：後期仔魚，9.7mm
J：変態中の後期仔魚，9.8mm L：変態終期の仔魚，10.2mm
M：稚魚，12.4mm N：稚魚，15.0mm

リーンカルチャー) 600g を 4L の海水に溶いて 1 日 2 回添加した。

生残尾数は、日齢 20 まで 5 日おきに直径 50mm の塩化ビニール製パイプを用いて暗期に水槽内 10 定点より柱状サンプリングを行い、これらを併せて飼育水約 25L 中の仔魚を計数して容積法により推定した。同時に仔魚 30 尾を m-アミノ安息香酸エチルメタンスルホネートで麻酔後に万能投影機で 20 倍に拡大し、デジタルノギスで全長を計測した。これらの仔魚を 5% ホルマリン溶液中に保存し、藤田ら (1965) に従って外部形態的特徴から発育段階を卵黄の仔魚 (ステージ D) から稚魚 (ステージ M) までの 10 段階に区分した (写真 1)。飼育魚の全てがステージ M に達した日齢 45 で取上げ、重量法により生残尾数を算出するとともに、稚魚 60 尾の全長を測定した。

稚魚期の飼育 種苗生産した稚魚の一部 350 尾を自然光の屋内 1m³ 円形 FRP 水槽 (実容量 0.5m³) に収容し、日齢 135 まで飼育して着底以降の成長と生残を調べた。飼育水は自然水温のろ過海水を用い、換水率 10 回転/日の流水とした。一定方向の緩やかな水流となるよう、塩化ビニール製パイプの下部にエアストーンを取り付けたエアリフトを水槽壁面 1 か所に配置した。

餌料は、日齢 45 ~ 60 では 10 時と 16 時にアルテミアを、日齢 61 ~ 105 では 8 ~ 14 時に 2 時間間隔で配合飼料 (おとひめヒラメ C2, 日清丸紅飼料) を、16 時にアルテミアをそれぞれ与えた。日齢 106 ~ 115 はゼンマイ式自動給餌機 (クロックワーク・フィーダー, フィリップ) で日中、配合飼料のみを連続給餌した。なお、午前給餌するアルテミアはふ化後 12 時間から高度不飽和脂肪酸強化剤 (スーパーカプセル A-1 パウダー, クロレラ工業) で 8 時間、午後給餌するアルテミアはふ化後 24 時間から高度不飽和脂肪酸強化剤 (ハイパーグリーン, 日清マリンテック) で 2 時間栄養強化した。配合飼料の給餌期間には、毎日 16 時前後にサイフォンにより底掃除を行い、残餌や糞を排出した。

生残尾数の計数は試験終了時まで 15 日おきに全数を取上げて行い、同時に 30 尾について、m-アミノ安息香酸エチルメタンスルホネートで麻酔後にデジタルノギスで全長を、電子天秤で体重を計測した。

結 果

種苗生産結果 種苗生産結果の概要を表 1 に示した。種苗生産期間中の飼育水温は平均値が 20.7°C, 17.6 ~ 23.1°C の範囲で、産卵終期の水温 (草加ら 2014) から 2 ~ 3°C 高く推移した。

取上げは底面に堆積した貝化石へ潜砂した種苗をサイフォンで概ね吸い取った後、水位を下げて残りを掬い取る手順で、稚魚を傷めることなく回収できた。種苗の平均全長 (平均値 ± 標準偏差) は 22.8 ± 3.1mm, 全長範囲は 16.1 ~ 28.9mm で 2 倍近い成長差が生じた。生残尾数は 77,480 尾で、ふ化仔魚からの生残率は 9.9% であった。

成長, 発育 餌料系列と飼育水温、仔稚魚の全長及び生残率の推移を図 2 に、発育ステージ組成の推移を図 3 に示した。平均全長 3.57 ± 0.14mm で発育ステージ D のふ化仔魚は、日齢 4 で開口後、ワムシを摂餌し始めた。日齢 5 に 4.77 ± 0.30mm, 日齢 10 には 6.43 ± 0.64mm に成長したが、この間の発育はステージ E のままであった。日齢 15 には 7.52 ± 1.22mm になり、発育ステージは E が 6%, F が 63%, G が 14%, H が 17% と F が過半数を占めた。日齢 20 には 9.74 ± 0.99mm で、F が 10%, G が 25%, H が 33%, I が 25%, J が 3%, L が 5% と様々なステージが混在し、変態完了直前の仔魚も認められた。水槽内の観察では、日齢 19 に全長 10.5 ~ 11.0mm のステージ L, M の仔稚魚で着底を初認、日齢 22 以降に着底魚が急増した。着底してステージ M, N に移行した稚魚の多くは水槽底に数 cm 堆積した貝化石の中に体の一部を潜砂させた。日齢 36 には概ね稚魚に変態し、日齢 40 以降は成長の遅れた変態直後の個体のみが浮遊する状態が続いたため、日齢 45 で種苗生産を終了した。

日齢 45 ~ 135 の稚魚期の飼育水温は、21.3°C から 28.3°C の範囲であったが、日齢 49 ~ 127 は 25°C 以上の高水温で推移した (図 2)。日齢 45 以降の平均全長は日齢 60 で 33.7 ± 5.3mm, 日齢 105 で 47.8 ± 9.8mm, 日齢 135 で 74.4 ± 16.2mm に達した。日間成長量は、アルテミアのみを給餌した日齢 45 ~ 60 の間が 0.73mm/日、アルテミアと配合飼料を併用した日齢 60 ~ 105 の間が 0.31mm/日、配合飼料を単独給餌した日齢 105 ~ 135 の間が 0.89mm/日であった。生物餌料から配合飼料への

表 1. 種苗生産結果の概要

開始時				終了時		
ふ化仔魚数 (尾)	全長 (mm)	飼育日数 (日)	飼育水温*1 (°C)	生産尾数 (尾)	生残率 (%)	全長*2 (mm)
785,000	3.57 ± 0.14	45	20.7 (17.6-23.1)	77,480	9.9	22.8 ± 3.1

*1 飼育水温: 平均値 (範囲)

*2 終了時全長: 平均値 ± 標準偏差

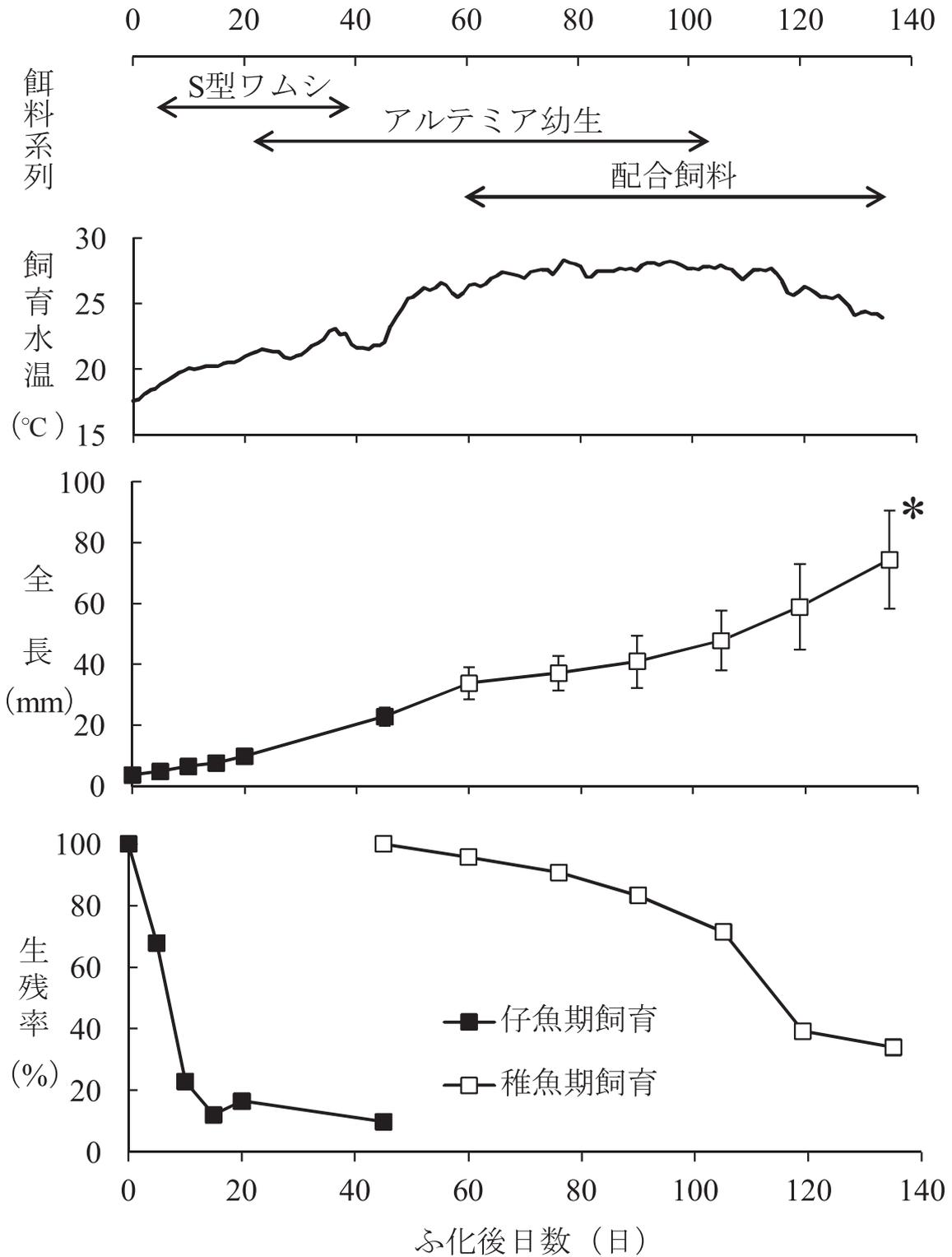


図2. 餌料系列と飼育水温, 全長及び生存率の推移
*全長のバーは標準偏差

切り替え時期にあたる日齢 60～105 の間に成長が停滞した (図 2)。日齢 45 から 135 までの通算日間成長量は 0.57mm/日 で、全長 (TL, mm) と体重 (BW, g) の間に $BW=4.435 TL^{3.051} \times 10^{-6}$ ($r^2=0.991, n=240$) の関係式を得た (図 4)。

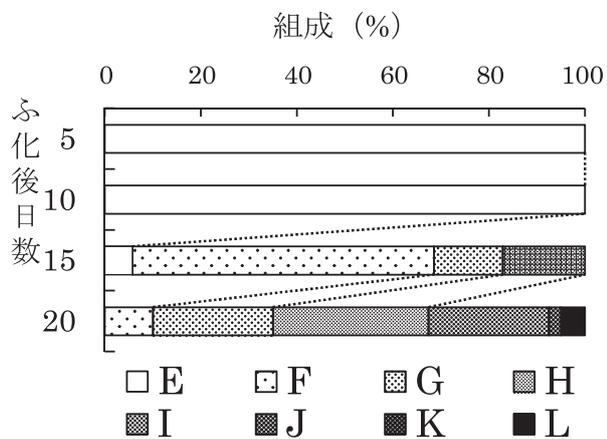


図 3. 発育ステージ組成の推移

目視行動観察と生残率 日齢 3～7 に仔魚が水槽表面で稠密なパッチを形成したあと浮上死し、日齢 8～12 には表層付近を定位できずふらついたあと沈降する状況も観察された。これらの影響で、生残率は開口後の日齢 5 に 67.8% となり、後期仔魚期に移行した日齢 10 には 22.9% にまで低下するなど、日齢 10 までの減耗が特に激しかった。日齢 10～20 には暗期と点灯後の数時間の間、仔魚が底面に蟄集する行動が頻繁にみられ、そのまま浮上できずにへい死するなど、生残率は 16.5% に低下した。全期間を通じて共食いは全く観察されず、変態後の大きな減耗はなかった。しかし、日齢 28 以降における着底魚の急増と成長に伴う水槽底面及び側面の高密度化により、小型魚が大型魚に突かれる状況が観察され、鰭の損傷やびらんが見られた。この頃から水槽壁の水面上に干上がって死亡する「這い上がり死」が発生し始めた (写真 2)。これらによる若干の減耗もあり、種苗生産終了の日齢 45 には生残率 9.9% となった。

日齢 45 以降へい死はわずかで、稚魚期の飼育水槽へ収容してから日齢 60 までの生残率は 95.7% であったが、アルテミアと配合飼料の併用給餌とした日齢 60 からへ

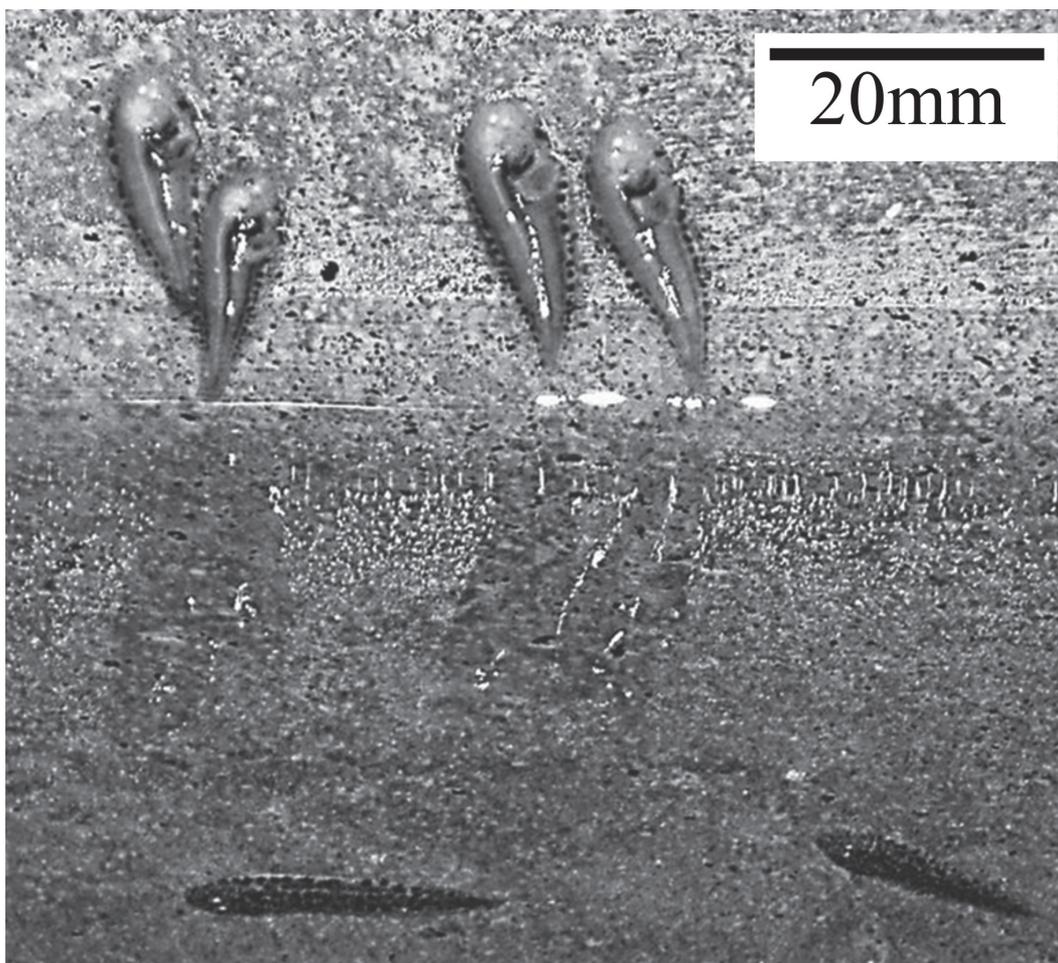


写真 2. 「這い上がり死」した稚魚
写真下部は水面下の正常な稚魚

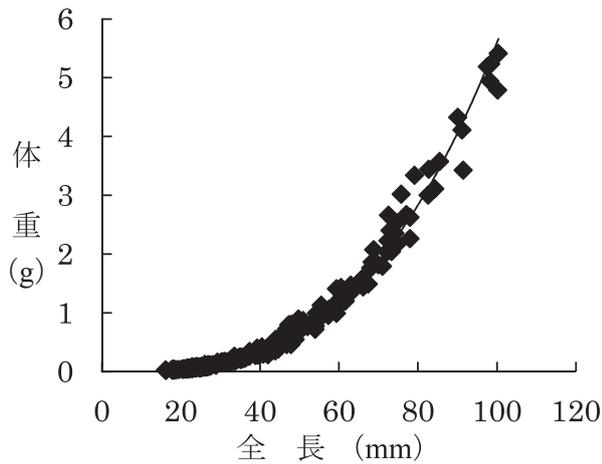


図4. 稚魚の全長と体重の関係
BW：体重 TL：全長

い死魚が徐々に増加し、日齢105で71.4%に減少した。配合飼料単独給餌とした日齢105からは、さらにへい死が顕著となり、日齢120には39.2%とこの期間に半減した。日齢45～135の間、稚魚期飼育の開始から終了までの生残率は34.0%であった。

これら成長過程において外部形態に異常を呈す種苗が顕著になってきた。形態異常は頭部周辺と体色にみられ、右眼が無眼側に残存するものや頭部の吻端に亀裂が生じる症状、無眼側の有色化等が混在した。

考 察

仔魚期の飼育 コウライアカシタビラメの自然産出卵を用い40m³の大型水槽による種苗生産を実施したところ、全長22.8mmの稚魚7.7万尾の生産に成功した。ワムシとアルテミア主体の餌料系列など他の海産魚類と同様の方法で飼育できることが分かり、量産の見通しを得た。しかし、その生残率は浮上死や沈降死など飼育初期の減耗の影響で約10%と、ヒラメ *Paralichthys olivaceus* の平均生残率50.3% (草加ら2007)、オニオコゼ *Inimicus japonicus* の28.8% (草加ら2006) 等、事業化されている着底性の海産魚と比較すると低いものであった。

魚類の種苗生産における初期減耗には卵質・ふ化仔魚の活力、餌料、光、水質、飼育水の流動など様々な要因が影響を及ぼすものと考えられているが、現象的には浮上死と沈降死に大別される (宮下2006)。今回の飼育では浮遊期の日齢3～7、日齢8～12、日齢10～20にそれぞれ異なる要因と考えられる減耗が観察された。浮上死とは、仔魚が通気のための気泡によって水面に運ばれ、あるいは照度の上昇にともなって表層に移動し、粘液の分泌と表面張力によって水面に張り付いて死亡する現象であり、ハタ類等の種苗生産では飼育水へフィードオイルを添加して水面に油膜を形成することでこれを抑止し

ている (Yamaoka *et al.* 2000, 土橋ら2003, 平田ら2009)。ふ化直後のステージDで水槽の表層に仔魚が著しく蝟集し起こる浮上死については、その兆候がみられた日齢3～7にフィードオイルで表面を皮膜したところ、水面に張り付く現象は抑止され、浮上死の防止に一定の効果が認められた。しかし、この時期の表層への極度の蝟集は、初期摂餌や健全な成長に悪影響を及ぼし、その後の生残率を下げる要因となったと考えられる。フィードオイル以外の対策としてクロマグロ *Thunnus orientalis* (宮下2006) やマハタ *Epinephelus septemfasciatus* (Sakakura *et al.* 2006) で有効とされる通気の改善やアカアマダイ *Branchiostegus japonicus* (清川ら2014) で報告されている照度の調整等により仔魚を分散させる飼育方法を検討する必要がある。

次に日齢8～12、ステージEにおける減耗については、これまでの筆者ら (草加ら2012) の飼育実験でも報告されている。福澄ら (2001) においても日齢10～15に大幅な減耗がみられ、この時期が無給餌条件下で飼育した場合の全減期と一致するため、摂餌不良による減耗と推察している。卵黄を吸収した時点の仔魚は、眼や口が機能し始めた直後であり、筋肉組織の発達も十分でないため、たとえ餌生物に遭遇しても摂餌に成功する率はかなり低く、仔魚が視界に餌生物をとらえて摂餌姿勢に入っても全てが捕食行動につながるとはかぎらない (田中1981)。特に本種は遊泳行動がやや緩慢なため、狙ったワムシに対する積極的な捕食行動ができていない、あるいは摂餌成功率が低いことが推測される。そこで、開口から日齢10までの期間、摂餌の機会を増やすことでスジアラ *Plectropomus leopardus* (與世田ら2003) 等の初期摂餌の促進に有効とされる恒明条件を採用し、さらにワムシの密度を他魚種の生産で一般的な5～10個/mLより多い15個/mLに高めたが、ステージEに起こるへい死は改善できなかった。ワムシの給餌密度について、福澄ら (2001) は50個/mL以上で群摂餌率や平均摂餌数が高まったとし、クエ *Epinephelus bruneus* (照屋・與世田2006) では20～30個/mL、遊泳力の乏しいアカハタ *Epinephelus fasciatus* (川辺・木村2007) 仔魚では30個体/mLの維持が初期減耗には有効とされていることから、より高密度の給餌が適している可能性もある。今後、適正なワムシ密度について明らかにする必要がある。また、ワムシの単独給餌期間が日齢4～20と長期に及ぶことから、ヒラメ仔魚の成長や発育促進への有効作用が確認されているタウリン強化ワムシの給餌 (陳ら2005) が効果的かもしれない。

一方、沈降死とは、主に夜間に仔魚が水槽底に沈降して死亡する現象であり (宮下2006)、水槽底への沈降による仔魚の死亡原因は必ずしも明らかでないものの、水槽底との接触で生じる外傷や病原菌の侵入 (宮下2006) あるいは水槽底の水の動きが弱い環境で仔魚のガス交換の効率が著しく劣る (萱場ら2003) ことなどが原因と

して考えられている。日齢 10～20, F～H ステージにおける沈降死については、日長時間を恒明から 18～20 時間とした期間の暗期に主に発生した。仔魚の沈降は、発育に伴う体密度の増大に起因し、日中には遊泳している仔魚が静止する夜間に起こることがクロマグロ（坂本ら 2005, Takashi *et al.* 2006）やカンパチ *Seriola dumerili*（照屋ら 2009）で報告されている。特に発育過程を通して鰾が形成されないマツカワ *Verasper moseri*（萱場ら 2003）では、変態直前のステージにおける体高の増加に伴う筋肉や骨組織の形成が体密度の急増に繋がり、特異的な一斉沈降から大量死に至ると推察されている。本種と近縁のクロウシノシタ（南 1982）、同属のアカシタピラメ *Cynoglossus joyneri*（南 1983）は、浮遊期には鰾を形成するが変態期に縮小し、着底時には退化消失することが確認されている。本種でも変態前ステージでの体高の増加や鰾の縮小等が相まって、マツカワと同様の要因で沈降しやすい状態となったと推察される。仔魚の発育に伴う体構造や体密度が遊泳行動に及ぼす影響を明らかにするとともに、夜間の強通気（Sakakura *et al.* 2006）や水中ポンプによる飼育水の循環（Kato *et al.* 2008）等による沈降防除策も検討する必要がある。

稚魚期の飼育 変態後はヒラメ（翠川 1974）やオニオコゼ（八木 1996）等で多発する共食いが無いため減耗は軽微であったが、ふ化日の異なる 3 仔魚群を併せて飼育した影響もあり、成長差は著しく大きかった。加えて、着底魚の増加と成長に伴う水槽底面及び側面の高密度化により、小型魚が大型魚に突かれる状況や若干の這い上がり死もみられた。這い上がり死は、夜間に有眼側で水槽壁面の水面上に這い上がり、自力で戻れなくなる死亡例で、全長 18～40mm で頻発する（草加ら 2012）。ただし、40m³ 水槽での這い上がり死は、コンクリート壁面に凹凸が多いことで体側が壁面に接着し難いためか、ポリエチレンや FRP など表面が滑らかな水槽よりも軽微で、壁面上部からのシャワーや水面の曝気等の防除対策（宮木・中田 2012, 草加ら 2012）を要する程の減耗ではなかった。これら高密度化に伴う弊害に対しては、他のカレイ目魚類同様、適切な時期にサイフォンを用いた早期着底魚の移槽等による密度調整が重要と考えられた。

稚魚期の餌料については、アルテミアのみで育成可能であることがすでに明らかであったため（藤田ら 1986, 草加ら 2012）、将来的な事業化を目指す観点から、生物餌料よりも給餌作業が簡素で低コスト、栄養価が高い配合飼料への切り替えを試みた。しかし、配合飼料への餌付きが悪く、結果、アルテミアを単独給餌した飼育事例の 87.5%（草加ら 2012）を大きく下回る 34.0% の低い生残率となった。全般的に配合飼料への反応は鈍く、摂餌できないまま衰弱死する稚魚が多かったが、積極的に摂餌する個体も見られた。コウライアカシタピラメ 0 歳

魚の食性について大坂ら（1997）は、主な餌料は成長によって変化し、全長 70mm 以下ではカイアシ類、クマ類、ヨコエビ類であるとしている。また、クロウシノシタの種苗生産においても、同様に着底後の稚魚は配合飼料への反応が鈍く、摂餌は不活発であったことから（土屋ら 1993）、ウシノシタ類の稚魚において生物餌料から配合飼料へ切り替えるには技術的な検討が必要であると考えられる。一方、宮木ら（2012）は稚魚を巡流水槽に収容して、全長 30mm までの間に配合飼料に餌付けたことを報告しており、水槽底に沈下した配合飼料を動きのある状態とすることで改善できる可能性もある。

今回の飼育試験では外部形態に異常を呈す種苗が観察された。カレイ目魚類では、ヒラメやカレイ科で眼位や体色異常の頻発が報告され、種苗生産現場で解決すべき大きな問題となってきた（青海 2003, 有瀧 2013）。クロウシノシタ（土屋ら 1993）、イヌノシタ（弘奥ら 2013）、及び本種（藤田ら 1986）でも形態異常の発現を示す簡略な報告は存在することから、ウシノシタ科魚類の人工種苗においても他のカレイ目魚類同様の症状が多発する可能性が考えられる。現在筆者らは、本種における形態異常について観察を始めており、今後詳細に検討していく予定である。

謝 辞

本研究を進めるにあたり、本種の種苗生産技術全般にわたりご教授いただいた長崎県総合水産試験場種苗量産技術センター 宮木廉夫博士に厚くお礼申し上げます。また、本論文をとりまとめるにあたり、有益なご助言をいただいた福山大学教授 南 卓志博士、並びに有瀧真人博士に深謝する。

文 献

- 有瀧真人（2013）カレイ科魚類人工種苗における形態異常魚の普遍的特徴。日水誌, 79, 613.
- 陳 昭能・竹内俊郎・高橋隆行・友田 努・小磯雅彦・桑田博（2005）ヒラメ仔魚の成長に及ぼすタウリン強化ワムシの効果。日水誌, 71, 342-347.
- 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.
- 藤田矢郎・田北 徹（1965）ムラサキアカシタピラメの卵発生と仔魚前期。日水誌, 31, 388-392.
- 藤田矢郎・北島 力・林田豪介（1986）コウライアカシタピラメの成熟促進。卵発生と飼育による仔稚魚の形態。魚類学雑誌, 33, 304-315.
- 深浦雄一・倉田清典（1999）種苗生産試験Ⅲ（コウライアカシタピラメ）。平成 10 年度熊本水研事報, 179-181.
- 福澄賢二・太刀山透・深川敦平（2001）コウライアカシタピラメの採卵と仔稚魚の飼育。福岡水海技七研報, 11, 21-27.

- 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.
- 平田義郎・浜崎活幸・照屋和久・虫明敬一 (2009) マハタおよびクエ仔稚魚の成長にともなう体密度の変化. 日水誌, **75**, 652-660.
- 弘奥正憲・杉野博之・草加耕司 (2013) イヌノシタの人工授精と仔稚魚の飼育. 岡山水研報告, **28**, 39-46.
- Kato Y, Takebe T, Masuma S, Kitagawa T, Kimura S (2008) Turbulence effect on survival and feeding of Pacific Bluefin tuna *Thunnus orientalis* larvae, on the basis of a rearing experiments. *Fish. Sci.*, **74**, 48-53.
- 川辺勝俊・木村ジョンソン (2007) 選別した小型S型ワムシを用いたアカハタの種苗生産. 栽培技研, **35**, 11-21.
- 萱場隆昭・杉本 卓・松田泰平 (2003) マツカワの種苗生産における仔魚の大量沈下減耗. 水産増殖, **51**, 443-450.
- 清川智之・堀 玲子・佐藤利夫 (2014) 小型水槽を使用したアカアマダイの種苗生産. 水産技術, **6**, 147-159.
- 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.
- 草加耕司・岩本俊樹・後藤真樹 (2014) 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. 水産技術, **7**, 17-22.
- 草加耕司・樫東裕子・池田博明・弘奥正憲・池田善平 (2007) ヒラメの種苗生産. 岡山水研報告, **22**, 190-195.
- 草加耕司・弘奥正憲・藤井義弘 (2006) オニオコゼの種苗生産. 岡山水研報告, **21**, 99-103.
- 南 卓志 (1982) クロウシノシタの初期生活史. 日水誌, **48**, 1041-1046.
- 南 卓志 (1983) アカシタビラメの初期生活史. 日水誌, **49**, 719-724.
- 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.
- 宮木廉夫・中田 久 (2012) コウライアカシタビラメ種苗生産. 平成23年度長崎水試事報.
- 宮下 盛 (2006) 種苗生産における浮上および沈降死. 日水誌, **72**, 947-948.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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, 190-195.
- Sakakura Y, Shiotani S, Chuda H, Hagiwara A (2006) Improvement of the survival in the seven-band grouper *Epinephelus septemfasciatus* larvae by optimizing aeration and water inlet in the mass-scale rearing tanks. *Fish. Sci.*, **72**, 939-947.
- 坂本 亘・岡本杏子・上土行起典・家戸敬太郎・村田 修 (2005) クロマグロ仔魚の成長に伴う比重変化. 日水誌, **71**, 80-82.
- 青海忠久 (2003) 異体類体色異常出現の防除に関する研究. 日水誌, **69**, 697-700.
- 翠川忠康 (1974) ヒラメの種苗生産について. 栽培技研, **3**, 15-21.
- Takashi T, Kohno H, Sakamoto W, Miyashita S, Murata O, Sawada Y (2006) Diel and ontogenetic body density change in Pacific Bluefin tuna *Thunnus orientalis* (Temminck and Schlegel), larvae. *Aquacult. Res.*, **37**, 1172-1179.
- 田中 克 (1981) 海産仔魚の摂餌と生残-Ⅲ. 生残に必要な限界餌料密度の推定 (2). 海洋と生物, **13**, 140-146.
- 照屋和久・與世田兼三 (2006) クエ仔魚の成長と生残に適した初期飼育条件と大量種苗量産試験. 水産増殖, **54**, 187-194.
- 照屋和久・浜崎活幸・橋本博・片山俊之・平田義郎・鶴岡廣哉・林 知宏・虫明敬一 (2009) カンパチ仔魚の成長にともなう体密度と水槽内鉛直分布の変化. 日水誌, **75**, 54-63.
- 土屋笙子・細谷久信・渡辺昭・佐藤義昭 (1993) ウシノシタ種苗生産技術開発試験. 新潟栽セ業務研報, **16**, 73-82.
- 八木秀志 (1996) オニオコゼ種苗生産時に共食いが発生する条件について. 栽培技研, **24**, 121-122.
- Yamaoka K, Nanbu T, Miyagawa M, Isshiki T, Kusaka A (2000) Water surface tension-related deaths in prelarval red-spotted grouper. *Aquaculture*, **189**, 165-176.
- 與世田兼三・團 重樹・藤井あや・黒川優子・川合真一郎 (2003) 異なった日周条件がスジアラ仔魚の初期摂餌, 初期生残および消化酵素に及ぼす影響. 水産増殖, **51**, 179-188.