海生研研報，第26号，63－67，2021
Rep. Mar. Ecol. Res. Inst., No. 26, 63-67, 2021

資　料

水槽内自然産卵による受精卵を用いたイカナゴ種苗生産の試み

大坂綾太*§・渡邉裕介*

Trial for Seedling Production of Japanese Sand Lance *Ammodytes personatus* Using Fertilized Eggs Obtained by Natural Spawning in a Rearing Tank

Ryota Osaka*§ and Yusuke Watanabe*

要約：イカナゴ*Ammodytes personatus*の増養殖法の開発および試験生物としての利用を目的として，本種の種苗生産を試みた。2019年4月に入手したイカナゴ220個体を底に砂を敷き海水をかけ流しにした円形FRP製3t水槽内で飼育したところ，7月下旬までは活発に遊泳したが，その後摂餌時間以外は潜砂する個体が増加し，8月10日（飼育水温約25℃）以降は全個体が潜砂したままの夏眠状態となった。12月10日（飼育水温14.1℃）に再び遊泳個体が観察され，2020年1～3月に産卵が確認された。底砂に付着した受精卵を回収して種苗生産を試みたところ，飼育中の仔魚の一部が夜間に斃死したが，日照条件を自然光から24時間照明に変更したことにより改善され，193個体の未成魚が得られた。これらの未成魚も2020年7月2日（水温17.4℃）以降に夏眠に入った。本研究では，水槽内自然産卵による採卵とその受精卵から孵化した仔魚の飼育に成功したが，安定的に良質な受精卵を得ることが困難であり，再現性のある種苗生産方法を確立するためには，成熟に適した水温や給餌量等の条件を把握するとともに，人工授精による採卵についても検討する必要がある。

キーワード：イカナゴ，自然産卵，種苗生産

まえがき

イカナゴ類は英名でsand lanceあるいはsand eelと呼ばれるように，主に沿岸から沖合域の砂もしくは砂礫質の底質の海域に生息し，夜間の休息や外敵から逃れるために砂中に身を隠すこと，瀬戸内海などでは6月頃から高水温期に半年ほど潜砂して夏眠する性質があること（柴田, 2019）など，その名のとおり砂と深い関わりのある生活史を持つ。

イカナゴ*Ammodytes personatus*は日本沿岸に広く分布し，漁業対象種として，また，沿岸生態系における高次捕食者の餌生物として重要な種である。しかし，近年，日本各地で漁獲量の減少が顕在化しており，本種の生息に欠かせない砂底の減少や海域の貧栄養化等がその原因と考えられている（社団法人日本水産資源保護協会, 2006; 反田, 2020）。また，近年，大量導入が見込まれている洋上風力発電所の建設，運転に伴う水中音や振動が潜砂性の本種に与える影響も懸念されている。

当所では，発電所温排水等による種々の環境変化が海生生物に及ぼす影響を解明するため，これまで多くの魚種を飼育繁殖させ，試験生物として利用してきたが，イカナゴについては種苗生産を実施していない。また，他の研究機関においても実施された例はなく，飼育繁殖法が確立されていないため，試験に必要な供試魚の確保が困難な状況にある。そこで，増養殖法の開発および試験生物としての利用に資するため，種苗生産を試みた。

（2020年12月2日受付，2021年1月4日受理）
＊　公益財団法人海洋生物環境研究所　中央研究所（〒299-5105 千葉県夷隅郡御宿町岩和田300番地）
§　E-mail: osaka@kaiseiken.or.jp

材料と方法

親魚養成と採卵　瀬戸内海で捕獲されたイカナゴ（体長9cm，体重2.4g，1個体のみ計測）220個体を2019年4月26日に株式会社森水産（愛媛県松山市）にて入手した。これらを海水10Lと純酸素3Lを充填したビニール袋へ1袋当り約20個体収容した後に発泡スチロール箱に梱包し，宅配便により当研究所中央研究所へ搬送した。翌日，中央研究所に到着したイカナゴを底に濾過砂（粒径約0.6mm）を敷いた円形FRP製3t水槽に収容した。水槽には当初は砂濾過した自然海水（以下，自然海水）のみを注水したが，2020年1月以降の産卵期には水温の変動を約15℃以下に抑えるため，自然海水に8℃の冷却海水を混合して使用した。海水交換率はともに0.5回転/hとした。光条件は自然採光，自然日長とした。餌料として，飼育開始から2019年8月まではヒラメ*Paralichthys olivaceus*またはマダイ*Pagrus major*活卵を，8月以降は冷凍のヒラメ・マダイ卵を，12月以降は冷凍アミのミンチとマダイの冷凍卵をそれぞれ1日に2回，1回当たり20g投与した。全個体が潜砂した夏眠期間中は無給餌とした。

水温が15℃以下となった2020年1～3月には，毎朝の観察時に産卵行動に由来すると推定される浮遊物が水槽底で確認された場合，底の砂を一部回収し卵の有無を確認した。また，2020年2月4日に17個体の生殖腺を採取し10%ホルマリン液で固定した後，水溶性樹脂（Technovit 7100, Kulzer GmbH）に包埋し，常法により厚さ5μmの切片を作成して光学顕微鏡により成熟状態の確認を行った。

種苗生産　2020年2月21日に確認された受精卵を用いて飼育を開始した。受精卵は沈性粘着卵のため，サイフォンを用いて底砂とともに回収し，円形ポリカーボネート製30L水槽の底面全体に砂の厚みが1mm程度になるように収容した。その後，飼育水槽はイカナゴの成長に伴い孵化後12日目から円形ポリカーボネート製100L水槽，孵化後26日目から円形ポリカーボネート製500L水槽へ変更した。注水方法は，孵化後12日目までは1日に5～15Lの換水を行う半止水，孵化後13日目からは自然海水のかけ流しとし，飼育海水のpHが8.0以下にならないように流量を0.06～3.2L/minの範囲で調整した。なお，半止水式での飼育中には，自然海水をかけ流したウォータバス中に水槽を収容することにより外気温の影響を抑えた。餌料として孵化後1日目はシオミズツボワムシ*Brachionus plicatilis* sp. complexのSS型を，孵化後2日目からシオミズツボワムシのSS型とL型を，孵化後5日目からはL型のみを給餌した。シオミズツボワムシの給餌量は飼育水槽内での濃度が1～1.5個体/mlとなるように調整し，1日に3回仔魚の摂餌状況を観察しながら与えた。孵化後28～33日目はシオミズツボワムシに加え，アルテミア*Altemia* sp.のノープリウス幼生を少量追加した。孵化後36日目からはシオミズツボワムシに加え，シロギス*Sillago japonica*の活卵および冷凍卵それぞれ4～25gを1日に2回給餌した。孵化後57日目からはヒラメあるいはマダイの活卵および冷凍卵それぞれ10～110gを1日に2回給餌した。孵化後49日目以降は配合餌料（ライフ，日本農産工業株式会社）0.3～0.5gを1日5回（6:00，7:00，8:00，13:00，15:00）自動給餌器を用いて給餌した。

飼育水槽中でのシオミズツボワムシの餌料として，また飼育海水の濁度維持，光合成による酸素供給と二酸化炭素消費を目的として，飼育海水に植物プランクトンのパブロバ*Pavlova lutheri*およびテトラセルミス*Tetraselmis tetrathele*を1日に1回添加した。添加量は，飼育海水のpHが8.0以下にならないようにそれぞれ1～30Lの範囲で調整した。飼育水槽上部には遮光ネットを設置して照度を調整し，水面での照度が正午において100～1,500luxに収まるようにした。孵化後33日目からは，曇天時の水面での照度を100lux以上確保するため，スパイラルバイタライト（株式会社マルトキ）および白熱灯を水槽上部に設置して手動にて点灯・消灯することにより照度を調整した。孵化後37日目～72日目にかけては白熱灯（60W）を24時間点灯して飼育を行った。

2020年5月6日（孵化後72日目）に500L水槽で飼育していたイカナゴ188個体を，底に濾過砂を敷いた円形FRP製3t水槽へ移した。飼育水については，同時期の自然海水の温度が急激に上昇する傾向にあったため，自然海水に8℃の冷却海水を混合して自然海水温より1～2℃低くなるように水温調整し，0.5回転/hの流量で注水した。光条件は自然採光，自然日長とした。餌料として，ヒラメ，マダイおよびシロギスの活卵それぞれ20～150gを1日に2回給餌するとともに，6月6日まではシオミズツボワムシ（L型）100～150万個体を1

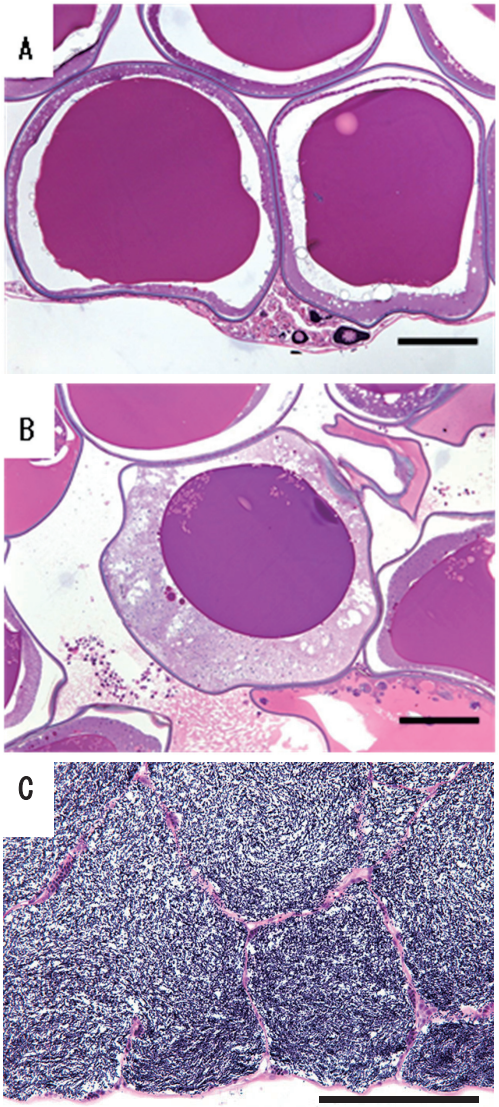
第1図　飼育水温の推移とイカナゴの行動。

日に2～3回給餌した。また，5月13日からは冷凍オキアミ5gも1日に2回投与した。夏眠のため全個体が潜砂した期間は無給餌とした。

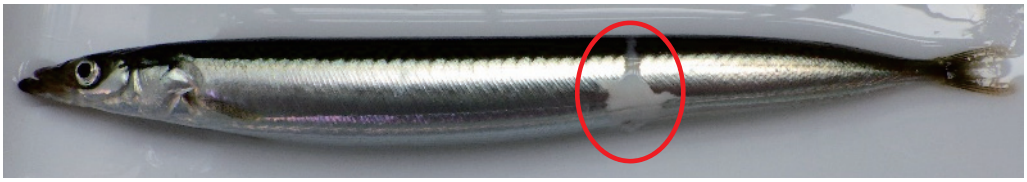
結果と考察

親魚養成と採卵　飼育期間中の水温の推移とイカナゴの行動を第1図に示した。森水産によると，イカナゴ漁獲時の松山市沿岸の水温は約13℃であった。中央研究所の水槽へ収容した2019年4月27日における自然水温は14.4℃であり，翌日からヒラメ卵を与えるとイカナゴは活発に摂餌した。水温が上昇した7月下旬になると摂餌活動が緩慢になるとともに，摂餌時間以外は潜砂する個体が半数程度になった。8月初旬に水温の急激な低下がみられたが，その後水温が25℃付近へ上昇した8月10日に全ての個体が潜砂した。潜砂期間は4ヶ月におよび，再び遊泳個体が確認されたのは12月10日（飼育水温14.1℃）であった。

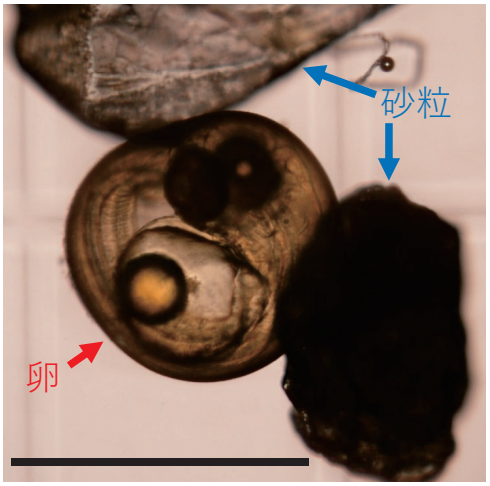
第2図に成熟確認用に採取した個体の生殖腺組織を示した（2020年2月4日に採取）。雌雄別の個体数（および標準体長，体重の平均値±標準偏差）は，雌11個体（89.8±8.9mm，4.3±1.6g），雄6個体（101.1±12.5mm，4.6±2.1g）であった。大部分の雌では卵成熟が完了していたが，排卵はされず卵は濾胞内に留まっていた（第2図A）。一部の雌では退縮卵が確認された（第2図B）。雄では精巣の精小嚢内腔が精子で満たされ成熟は完了しており（第2図C），解剖前に腹部圧迫を行うといずれの個体でも精液が確認された（第3図）。2020年1～3月において合計5回の産卵を確認したが，受



第2図　イカナゴの生殖腺組織。（A）雌，体長10.5cm，GSI 28.5；（B）雌，体長8.9cm，GSI 21.1；（C）雄，体長12.1cm，GSI 19.5。スケールバーは0.1mmを示す。



第3図　成熟したイカナゴ雄で確認された精液（円内の白色部分）。



第4図　底砂に付着した状態のイカナゴ受精卵（2020年2月21日に採取）。スケールバーは1mmを示す。

精卵（第4図）が得られたのは2月21日のみでその他は未発生卵であった。

イカナゴの卵黄の形成は，海底直上の水温が20℃付近へ低下することが引き金となり，さらに最終成熟段階への移行には11℃付近への水温低下が必要であり，精子形成の開始も卵黄形成開始時と同様である（山田，2011）ことから，親魚養成時には適切な水温コントロールが必要と考えられた。

種苗生産　2020年2月21日に飼育を開始した受精卵は，2月24日に孵化が始まった。本種は孵化の時点で直ちに摂餌可能な状態にあり，さらに外部からの栄養摂取に伴い卵黄や油球の消費が抑制されるという内外の栄養源を混合して利用する生態を持つ（山田，2011）ため摂餌開始期における減耗は起こりにくいと予想された。しかし，孵化後31日目以降，夜から早朝にかけて10個体以上の斃死が確認された。死因については明らかではないが，孵化後37日目以降に夜間も80lux前後の照度が保たれるように日照状況を変更したところ，死亡個体数が大幅に減少したことから，暗黒条件下におけるイカナゴ仔魚の行動が斃死の原因であることが示唆された。

孵化後72日目（5月6日）に円形ポリカーボネート製500L水槽から取り上げ，193個体の生残を確認した。そのうち5個体を測定用にサンプリングし，残りの188個体を円形FRP製3t水槽へ移した。サンプリングした5個体の平均体長は70.7mm，平均体重は2.2gであり，前年同時期に入手したイカナゴ当歳魚よりやや小さかった。

孵化後76日目（5月10日，飼育水温15.2℃）に日中に潜砂行動を示す個体を確認した。孵化後82日目（5月16日，飼育水温15.0℃）より全個体が日中に潜砂し，給餌後のみ砂から出て摂餌するようになった。その後，徐々に摂餌行動も鈍化し，孵化後129日目（7月2日，飼育水温17.4℃）以降は給餌後も全く姿を見せなくなったため，孵化後148日目（7月21日，飼育水温18.4℃）以後は無給餌とした。

以上のように，濾過砂を底に敷き，自然海水をかけ流しにした3t水槽を用いることにより，夏眠も含めたイカナゴの長期飼育が可能であった。また，夏眠を終えて再び遊泳を開始した成熟個体を約15℃以下に調整した海水中で飼育することにより，自然産卵させることができた。さらに，受精卵を底砂とともに採取し，小型の円形ポリカーボネート製水槽に収容して孵化させ，仔魚の成長に合わせてシオミズツボワムシ，アルテミア幼生，魚卵等を給餌することにより，夏眠に至るステージ（未成魚）まで生育させることができた。ただし，計5回の産卵が確認されたものの受精卵が得られたのは1回のみで，再現性のある種苗生産技術の確立のためには，安定的に受精卵を採取するための飼育条件（水温や給餌量など）の検討とともに，人工授精による種苗生産の試みも必要であろう。また，夜間に仔魚の斃死が見られ，24時間照明によって死亡率を低下させることができた

が，その因果関係は不明であり，より生残率を向上させるためには，夜間の仔魚の行動観察等により死因を明らかにすることが望まれる。

謝　辞

イカナゴ親魚の入手に関して，突然の依頼にも拘らず懇切にご対応頂いた株式会社森水産の皆様に心からお礼申し上げます。

また，本稿をとりまとめるにあたり貴重なご助言を賜った東京大学名誉教授日野明徳博士，イカナゴ生殖腺の組織切片を作成して頂いた堀田公明博士，イカナゴの輸送および飼育管理を担当して頂いた磯野良介主幹研究員，山本めぐみ氏，関根あずさ氏，および本研究の遂行にご協力頂いた海洋生物環境研究所役職員の皆様に感謝の意を表します。

引用文献

社団法人日本水産資源保護協会（2006）. わが国の水産業「いかなご」. http://www.fish-jfrca.jp/02/pdf/pamphlet/090.pdf.（2020年12月1日アクセス）.

柴田淳也（2019）. イカナゴの砂中生態シンポジウム記録　イカナゴを巡る諸問題と生物学. 日水誌, **85**, 513.

反田　實（2020）. 瀬戸内海・播磨灘における水産業と窒素. 海洋と生物, **42**, 446-455.

山田浩且（2011）. 伊勢湾におけるイカナゴの新規加入量決定機構に関する研究. 三重水研報, **No. 19**, 1-77.