

トラフグ属5種の初期発育

土井啓行^{1*}, 園山貴之¹, 今井千文², 酒井治己³, 石橋敏章¹

Early Development of Five Tiger Puffer Species of the Genus *Takifugu*

Hiroyuki Doi^{1*}, Takayuki Sonoyama¹, Chifumi Imai², Harumi Sakai³
and Toshiaki Ishibashi¹

Abstract : Development of five tiger puffer species of the genus *Takifugu* was investigated from artificially inseminated eggs to 150-180 days young fishes. Growth rate in the period was large in the order of *T. stictonotus*, *T. pardalis*, *T. snyderi*, *T. niphobles* and *T. poecilonotus*. Biting behavior was observed strongly during juveniles in the order of *T. pardalis*, *T. snyderi* and *T. poecilonotus* but not in *T. niphobles* and *T. stictonotus*. Panicking behavior against human was observed in young fishes of *T. poecilonotus* and *T. snyderi*.

Key words : Tetraodontidae, *Takifugu*, development, egg, larva, juvenile, biting behavior

緒言

フグ科トラフグ属 (*Takifugu*, Tetraodontidae) には 25 種が知られ, インド洋にも生息する 2 種を除いてすべての種が東シナ海, 黄海, 及び日本周辺海域に分布しているため, この海域で急速に進化したグループとされている¹⁾. 日本からはそのうちの 2 0 種について採捕または水揚げされた記録があるが²⁾, フグ毒 (tetrodotoxin) を有するにもかかわらずそのうちの 1 3 種の筋肉などが可食とされるなど (ただしナシフグについては現在香川県・岡山県の瀬戸内海沿岸及び有明海・橋湾で捕れたものに限り販売が認められている)³⁾, 重要な食用資源魚類となっている. トラフグの集散地として有名な山口県下関近辺では, 約 1 0 種のトラフグ属魚類が食用として流通している⁴⁾.

トラフグ属のうち最も高級とされるトラフグ *T. rubripes* については, 比較的古くから種苗生産と養殖の取り組みが

行われ⁵⁾, また資源の減少が著しいため放流による資源増殖事業も盛んである⁶⁾. しかしながらトラフグ以外の種では種苗生産は行われておらず, 初期生活史や成長の詳細は必ずしも明らかではない.

日本産トラフグ属魚類の人工授精による発育については, アカメフグ *T. chrysops*, ムシフグ *T. exacurus*, クサフグ *T. niphobles*, ヒガンフグ *T. pardalis*, コモンフグ *T. poecilonotus*, マフグ *T. porphyreus*, トラフグ, ショウサイフグ *T. snyderi*, ゴマフグ *T. stictonotus*, ナシフグ *T. vermicularis*, シマフグ *T. xanthopterus* の 11 種⁷⁾, 及びクサフグ, ヒガンフグ, コモンフグ, シマフグの 4 種及びそれらの交雑種の観察⁸⁾が纏まったものとして報告されている. しかし, いずれの種についても後期仔魚期または稚魚初期までの記録で, その後の成長は報告されていない. また, 前者 11 種の卵・仔稚魚のスケッチは白黒であり⁷⁾, 一方後者の仔稚魚のそれは赤色素胞及び黄色色素胞を書き入

¹ 下関市立しものせき水族館 (Simonoseki Marine Science Museum)

² 水産大学校海洋生産管理学科 (Department of Fisheries Science and Technology, National Fisheries University)

³ 水産大学校生物生産学科 (Department of Applied Aquabiology, National Fisheries University)

* 別刷り請求先 (corresponding author): doi@kaikyokan.com (〒750-0036 下関市あるかぼーと 6-1: 6-1 Aruca-port, Shimonoseki, Yamaguchi 750-0036, Japan)

れた彩色スケッチであるが必ずしも光彩色を表現できていない⁸⁾。

下関市立しものせき水族館では、クサフグ、ヒガンフグ、コモンフグ、ショウサイフグ、ゴマフグの5種について人工授精を行って継続的に飼育・観察し、そのふ化仔魚と稚魚のスケッチを添えて概略を紹介した⁹⁾。その資料の他に、若魚までの発育段階ごとに適宜カラーデジタル撮影を行って生体色を記録し、また、若魚までの成長を測定し種間で比較した。さらに、フグ類の特徴的行動と考えられる噛み付き行動等を観察したところ種間差が認められたのでその詳細を報告する。

材料及び方法

親魚

人工授精に使用した親魚は、2006年から2009年の産卵期に山口県日本海側に面する下関市豊浦町室津地先、水深10-15mに設置された小型定置網に入網した5種各雌雄1個体、合計10個体である(Fig.1, Table 1)。下関市立しものせき水族館に搬入された後は、バックヤードに設置された水量200m³の水槽に収容し、新鮮海水を常時注水して、冷凍ウシエビ及び冷凍アサリに総合ビタミン剤を添加したものを給餌した。

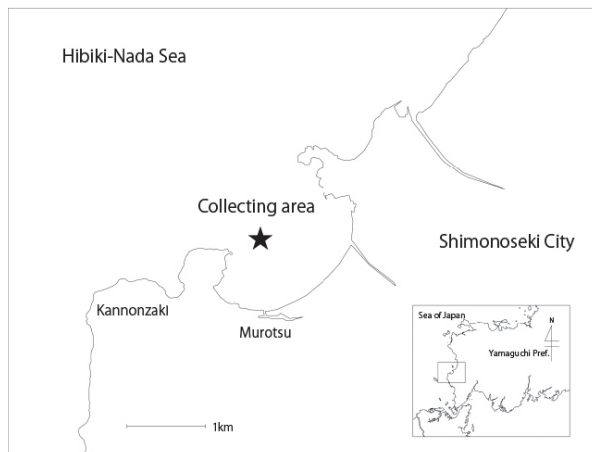


Fig. 1. Map showing the collecting area off Murotsu where the set net is settled.

人工授精

親魚は毎日腹部を指で圧して排卵及び排精を確認し、搾出法及び乾導法によって人工授精を実施した。なお、特段の催熟措置は行わなかった。

授精に際しては、ボール状容器の中に雌親魚個体から卵を採取した後、雄親魚より採取した精子を入れて攪拌し、1分間静置した後、海水で精子を洗い流した。

受精卵の培養

受精卵は、30ℓないし100ℓポリカーボネイト水槽に収容した。卵が強い粘着性を示したため、水槽底部に堆積・付着しないようにエアーストーンを用いて強く通気した。ふ化まで2日に一度の割合で1/3～1/2量の換水を行った。培養中の水温は20—23℃であった。ふ化直前には、仔魚が攪拌されるのを避けるため、弱い通気へと切り替えた。

飼育

ふ化仔魚は、スポイトを用いてただちに1.6m³の飼育水槽に移動した。飼育水槽の上部に20w蛍光灯2灯を24時間点灯させた。若魚期には約5m³の水槽で飼育した。

餌料は、成長に従ってS型ワムシ(スーパー生クロレラV12によって栄養強化;クロレラ工業)、アルテミアノープリウス幼生、冷凍アルテミア(クリーンブラインシュリンプ;株式会社キョーリン)、そして魚介類のミンチに切り替えた。また、口径に合わせた配合飼料(ラブ・ラバNo.2, 林兼産業株式会社;おとひめC2, 日清丸紅飼料株式会社)も併用した。

記録

親魚の体長は0.1cm, 若魚は0.1mm, それ以前の卵及び仔稚魚については0.01mmの位まで測定した。

受精卵は卵径を計測し、その後適宜写真撮影に供した。ふ化後は、原則として30日後までは1日ないし2日間隔、30日後以降180日後まで10日間隔で仔稚魚を取り上げ、エチレングリコールモノフェニルエーテルで麻酔し、体長測定後(仔魚期の体長は脊索の末端まで)、写真撮影を行

Table 1. Parental fish of five species of *Takifugu*

	<i>T. niphobles</i>	<i>T. pardalis</i>	<i>T. poecilonotus</i>	<i>T. snyderi</i>	<i>T. stictonotus</i>
Collection date of fish	Jun. 5, 2006	Feb. 22, 2007	Apr. 25, 2007	May 30, 2009	May 23, 2006
Insemination date	Jun. 16, 2006	Mar. 26, 2007	Apr. 26, 2007	Jun. 5, 2009	May 26, 2006
Standard length in mm (female)	110.0	226.0	124.0	296.0	313.0
Standard length in mm (male)	107.0	216.0	146.0	244.0	316.0
Round number of eggs collected	15,000	68,000	24,000	70,000	50,000

うとともに適宜顕微鏡下で観察した。

特に、ふ化仔魚、後期仔魚、稚魚、及び若魚に達した場合は、色素胞の出現状況を記録するため慎重にデジタル写真撮影を行った。なお、発育段階の基準は、ふ化直後をふ化仔魚、卵黄を消費し終わったものを後期仔魚、体形や体の模様などは成魚と異なる状態であるが鰭条数が定数に達したものを稚魚、体形や模様が成魚と同様に発育したものを若魚とした¹⁰⁾。

飼育期間中は給餌時などに注意深く観察し、種間で異なる行動や目立った行動などがあれば記録した。

結果

親魚搬入から採卵までの日数は、1日(コモンフグ)から32日(ヒガンフグ)とまちまちであった(Table 1)。受精卵数、卵径、ふ化日数、各成長段階に達した日数とその体長をTable 2に、各成長段階のカラー写真及びスケッチをそれぞれFig.2と3に、若魚までの成長をFig.4に示した。

受精卵

すべての種の受精卵は多数の小油球からなる一つの油球塊を形成し、球形沈性粘着卵であった。得られた受精卵数、卵径の平均値及びふ化時間は、クサフグで約15,000粒、0.87mm及び約144時間、ヒガンフグで約68,000粒、1.31mm及び約216時間、コモンフグで約24,000粒、1.14mm及び約144時間、ショウサイフグで約70,000粒、1.00mm及び約96時間、ゴマフグで約50,000粒、1.09mm及び約168時間であった。ふ化率は算出できていないが、おおむね順調にふ化し、極端に悪いものは無かった。クサフグ(Fig. 2A-1)、コモンフグ(Fig. 2C-1)、ショウサイフグ(Fig. 2D-1)、ゴマフグ(Fig. 2E-1)では卵膜が透明であったが、

ヒガンフグ(Fig. 2B-1)では卵膜が乳白色をしており、受精5日後より卵膜の色が薄れたもののふ化直前でも完全に透明にはならなかった。

発育

すべての種において、ふ化直後の仔魚は上層に向かい垂直に遊泳したのち、遊泳をやめて垂直に下層へ落下していく行動を示した。また蛍光灯に対して正の走光性を示した。

クサフグ：ふ化仔魚(Fig. 2A-2, Fig. 3A)の体長は平均2.17mmで、眼前部・後頭部・腹部に星状の黒色素胞が分布し、特に肛門周辺の黒色素胞は顕著であった。肛門前方に黄色素胞と赤色素胞、眼の後方に赤色素胞が認められた。

後期仔魚(Fig. 2A-3)の体長は平均2.38mmで、眼前部から後頭部にかけての黒色素胞がより発達した。眼前部から後頭部・腹部に黄色素胞がより発達し、眼の後方・肛門前方に赤色素胞が認められた。

稚魚(Fig. 2A-4, Fig. 3B)の体長は平均5.42mmで、眼前部・体の背面のほぼ全体、及び尾部の背腹両面に黒色素胞が分布していた。体全体に黄色素胞が認められ、特に背面においてが顕著であった。

若魚(Fig. 2A-5)の体長は平均18.3mmで、腹部は銀色、背面は褐色となり、円形の白い斑点が認められた。胸鰭後方・背鰭基部中央部に黒斑が認められた。

ヒガンフグ：ふ化仔魚(Fig. 2B-2, Fig. 3C)の体長は平均2.90mmで、腹部のほぼ全面に多数の黒色素胞、後頭部・眼前部・尾部腹面にわずかに黄色素胞、腹部・尾部腹面にわずかに赤色素胞が認められた。

後期仔魚(Fig. 2B-3)の体長は平均3.43mmで、眼前部・後頭部・腹部の黒色素胞、及び後頭部・眼前部・尾部腹面に黄色素胞がより発達していた。

稚魚(Fig. 2B-4, Fig. 3D)の体長は平均8.23mmで、体

Table 2. Egg diameter and standard length (SL) ± standard deviation in mm with number of individuals in parenthesis of each developmental stage and those age in hours or days of five species of *Takifugu*

	<i>T. niphobles</i>	<i>T. pardalis</i>	<i>T. poecilnotus</i>	<i>T. snyderi</i>	<i>T. stictonotus</i>
Temperature for hatching (°C)	22.6 ± 0.29	20.2 ± 2.08	21.2 ± 1.32	23.0 ± 0.00	20.6 ± 0.56
Egg diameter	0.87 ± 0.02 (n=10)	1.31 ± 0.03 (n=23)	1.14 ± 0.03 (n=28)	1.00 ± 0.02 (n=14)	1.09 ± 0.02 (n=15)
SL of hatched larvae	2.17 ± 0.06 (n=21)	2.90 ± 0.07 (n=9)	2.80 ± 0.05 (n=11)	2.51 ± 0.08 (n=10)	2.47 ± 0.12 (n=20)
Hours for hatching	144	216	144	96	168
SL of post larvae	2.38 ± 0.06 (n=4)	3.43 ± 0.10 (n=5)	3.12 ± 0.08 (n=6)	2.74 ± 0.06 (n=10)	3.20 ± 0.15 (n=22)
Days for post larval stage	5	4	3	3	3
SL of juveniles	5.42 ± 0.41 (n=3)	8.23 ± 0.53 (n=6)	7.84 ± 0.42 (n=6)	6.03 ± 0.44 (n=10)	6.78 ± 1.06 (n=2)
Days for juvenile stage	24	20	29	20	28
SL of young fishes	18.3 ± 0.15 (n=3)	23.7 ± 3.62 (n=10)	20.00 ± 2.87 (n=9)	17.79 ± 1.42 (n=14)	28.00 ± 0.00 (n=4)
Days for young stage	51	50	60	50	55
SL of 150 days young	53.0 ± 7.1 (n=2)	82.4 ± 7.1 (n=5)	49.5 ± 7.1 (n=5)	61.4 ± 4.6 (n=10)	79.7 ± 5.3 (n=9)

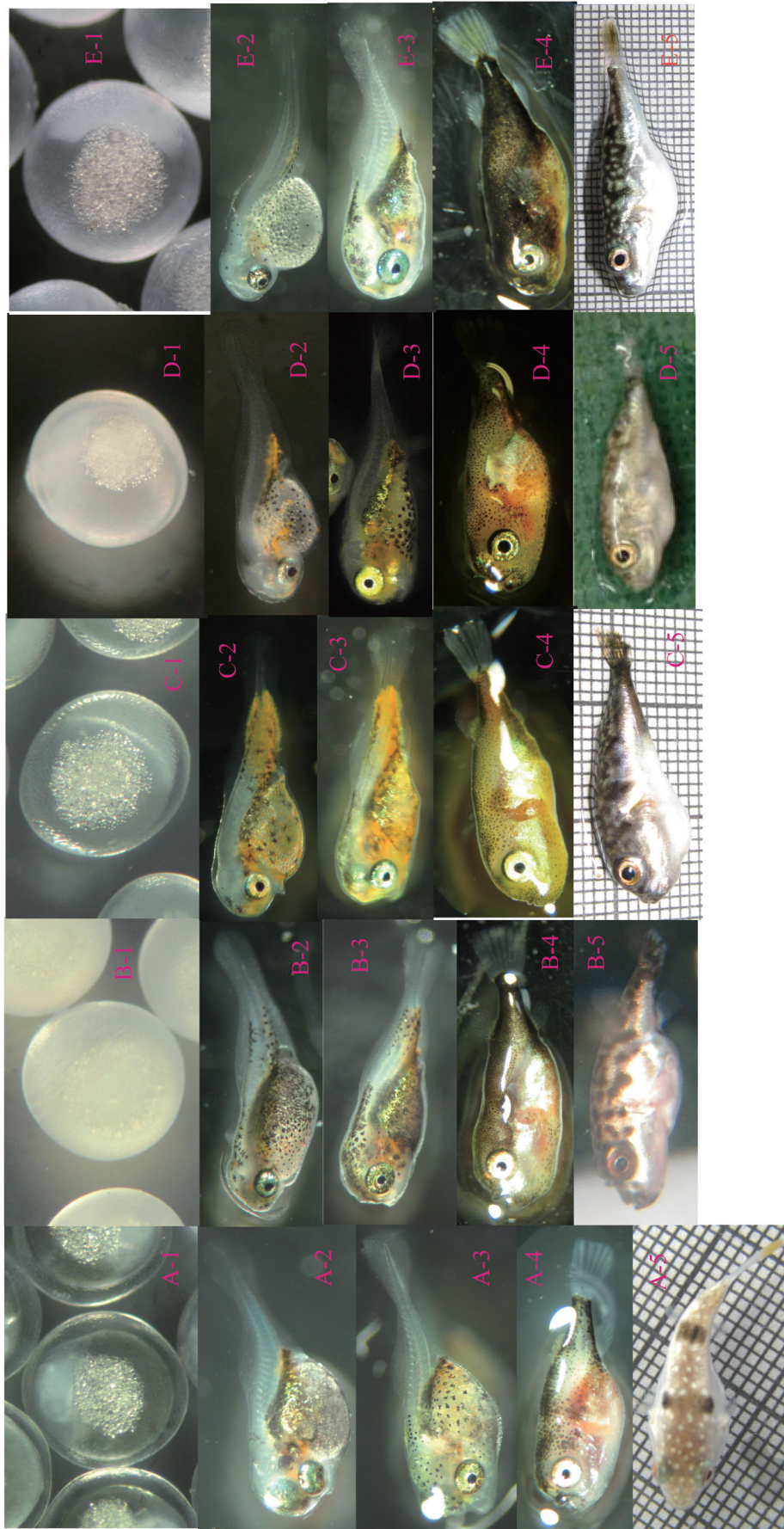


Fig. 2. Photos of eggs (1), hatched larvae (2), post larvae (3), juveniles (4) and young fishes (5) of *Takifugu niphobles* (A), *T. pardalis* (B), *T. poecilonotus* (C), *T. snyderi* (D) and *T. sctictonotus* (E). Age in days and standard length are shown in Table 2.

の背面のほぼ全体、特に尾柄部・臀鰭基部・背鰭基部に多く黒色素胞が分布していた。腹部はほぼ銀色であるが、黄色素胞も認められた。

若魚 (Fig. 2B-5) の体長は平均 23.7mm で、腹部は銀色、背面は褐色となり、本種の特徴である黒褐色斑が認められた。

コモフグ：ふ化仔魚 (Fig. 2C-2, Fig. 3E) の体長は平均 2.80mm で、眼前部・後頭部・腹部・尾部に星状の黒色素胞が分布していた。眼前部・腹部・尾部腹面に黄色素胞、腹部・尾部腹面にわずかに赤色素胞が認められた。

後期仔魚 (Fig. 2C-3) の体長は平均 3.12mm で、後頭部・

腹部・尾部背腹両面の黒色素胞がより発達していた。眼前部・腹部・尾部腹面に黄色素胞がより発達し、腹部・尾部腹面の赤色素胞が顕著となった。

稚魚 (Fig. 2C-4, Fig. 3F) の体長は平均 7.84mm で、眼前部・体の背面・尾柄部のほぼ全体に点状の黒色素胞が分布していた。体全体に黄色素胞の、尾柄部に赤色素胞の分布が認められた。黄色素胞と赤色素胞により体全体が褐色に見えた。

若魚 (Fig. 2C-5) の体長は平均 20.0mm で、腹部は銀色、背面は褐色となり、円形の白い斑点が認められた。尾部腹面には黒色素胞が分布していた。

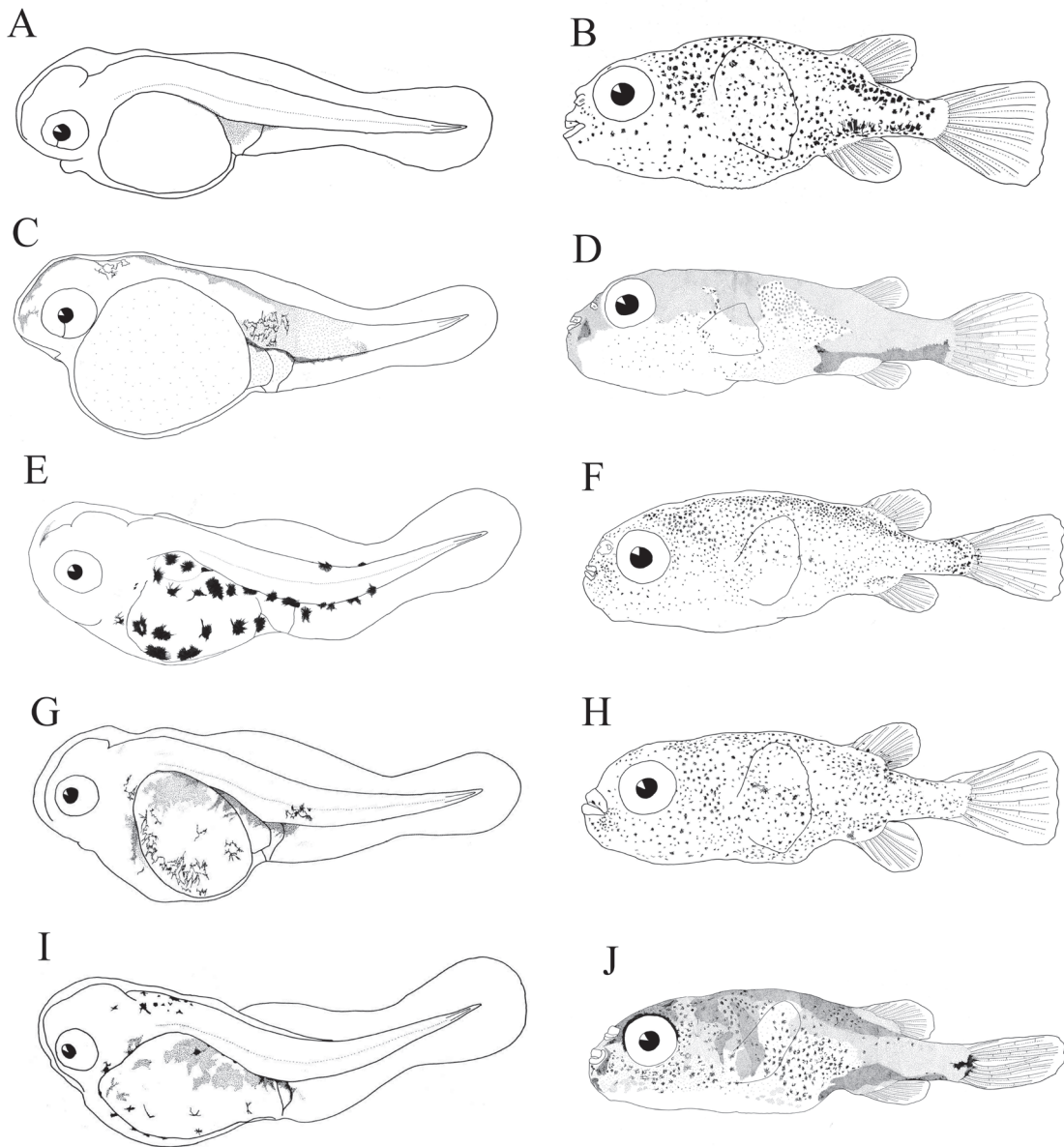


Fig. 3. Sketches of hatched larvae (left) and juveniles (right) of *Takifugu niphobles* (A, B), *T. pardalis* (C, D), *T. poecilonotus* (E, F), *T. snyderi* (G, H) and *T. stictonotus* (I, J) redrawn from those shown by Doi and Ishibashi⁹⁾

ショウサイフグ：ふ化仔魚 (Fig. 2D-2, Fig. 3G) の体長は平均 2.51mm で、腹部に点状の黒色素胞が分布していた。尾部及び頭部には色素胞が分布せず、眼後方・肛門付近に黄色素胞が認められた。

後期仔魚 (Fig. 2D-3) の体長は平均 2.74mm で、腹部の黒色素胞がより発達していた。後頭部・眼前部・腹部全体に黄色素胞が発達した。

稚魚 (Fig. 2D-4, Fig. 3H) の体長は平均 6.03mm で、体の背面のほぼ全体、特に頭部・尾柄部・臀鰭基部・背鰭基部に多く黒色素胞が認められた。

若魚 (Fig. 2D-5) の体長は平均 17.8mm で、腹部は銀色となり、本種の特徴である白色の斑点が認められた。

ゴマフグ：ふ化仔魚 (Fig. 2E-2, Fig. 3I) の体長は平均 2.47mm で、後頭部・腹部・卵黄上に点状の黒色素胞が分布し、特に卵黄上の黒色素胞は顕著であった。肛門周辺に黄色素胞、眼の後方に赤色素胞が認められた。

後期仔魚 (Fig. 2E-3) の体長は平均 3.20mm で、後頭部・腹部・卵黄上に点状の黒色素胞がより発達した。尾部を除

き体全体に黄色素胞が分布し、眼の後方にのみ赤色素胞が認められた。

稚魚 (Fig. 2E-4, Fig. 3J) の体長は平均 6.78mm で、上部からは魚体は黒色に見えた。

若魚 (Fig. 2E-5) の体長は平均 28.0mm で、腹部は銀色、背面は褐色となり、藍青色の小斑点が密に分布していた。

色素胞発現の比較

ふ化仔魚の色素沈着では、黄色素胞、赤色素胞、黒色素胞の出現部位に 5 種間でわずかな差異を認めることができた。ヒガフグでは黒色素胞が腹部のほぼ全面に多数散在し、ゴマフグでは腹部、卵黄上にわずかに散在していた。コモンフグは黒色素胞よりも黄色素胞が体全体に優先していた。肛門後方に黒色素胞が顕著であればクサフグ、黄色素胞が顕著であればショウサイフグと識別できた。

黄色素胞及び赤色素胞の出現密度は、前期仔魚期では密度の高い順に、コモンフグ、ショウサイフグ、クサフグ・ヒガフグ、ゴマフグであった。後期仔魚期では、コモン

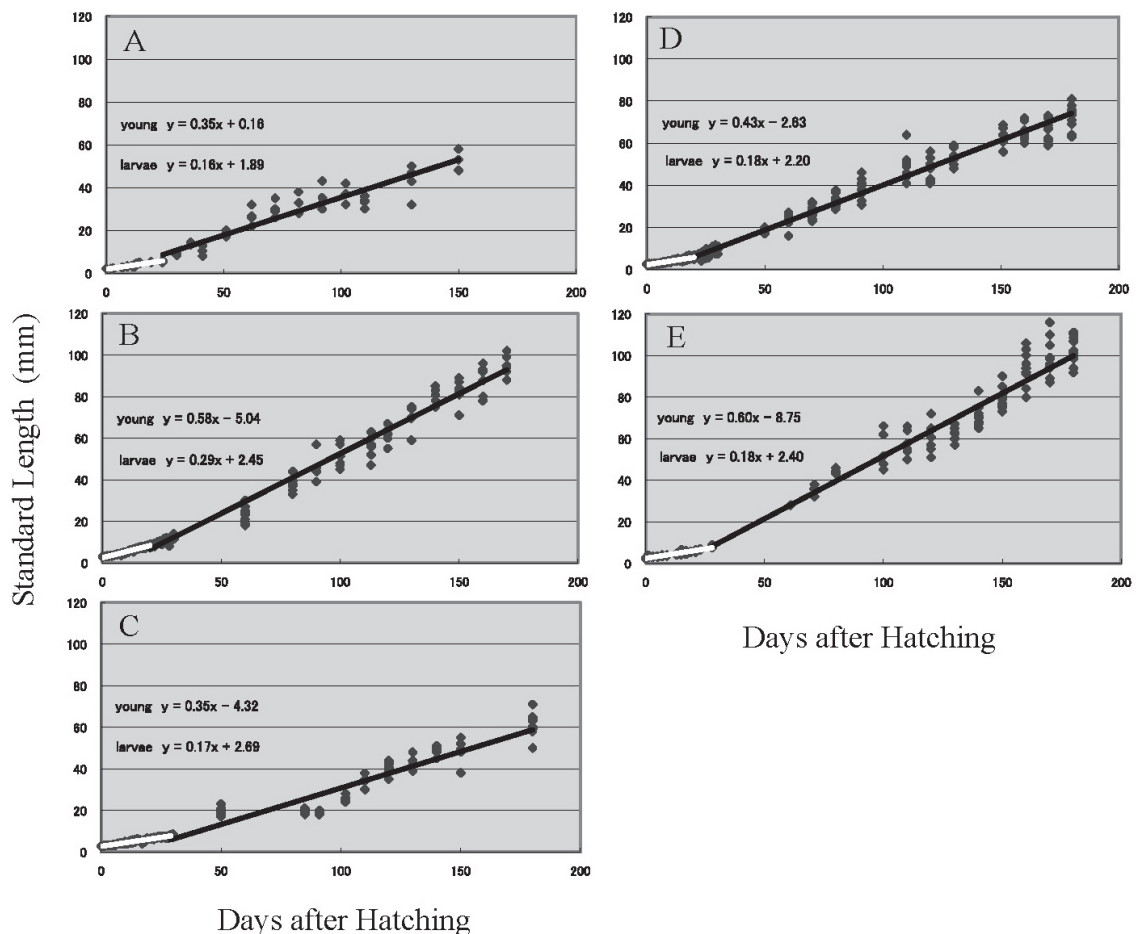


Fig. 4. Growth diagrams and growth regression lines (larvae, white lines; young fishes, black lines) of *Takifugu niphobles* (A), *T. pardalis* (B), *T. poecilnotus* (C), *T. snyderi* (D) and *T. stictnotus* (E).

フグ、ショウサイフグ、ヒガンフグ、クサフグ、ゴマフグ、稚魚期では、コモンフグ、ショウサイフグ、ゴマフグ、クサフグ・ヒガンフグで、最も密度の高いコモンフグ及びショウサイフグ以外は順の入れ替わりがあった。

稚魚から若魚期までのコモンフグでは腹部が顕著な黄色を呈していた。ゴマフグ及びショウサイフグでも稚魚期までそのような傾向があったが、クサフグとヒガンフグではそのようなことは認められなかった。

成長

トラフグ属5種の各成長段階での平均体長(SL)をTable 2に、約150—180日齢までの成長をFig. 4に示した。どの種においても仔魚期と稚魚期以降の成長速度が異なっていたため、別に成長回帰直線をもとめた。仔魚期の成長速度はヒガンフグが若干良く(Fig. 4B; 回帰係数0.29)他はほぼ同様であった(回帰係数0.16—0.18)。稚魚期以降はゴマフグ(Fig. 4E; 回帰係数0.60)、ヒガンフグ(Fig. 4B; 回帰係数0.58)の成長が良く、ショウサイフグが中庸で(Fig. 4D; 回帰係数0.43)、クサフグ(Fig. 4A; 回帰係数0.35)及びコモンフグ(Fig. 4C; 回帰係数0.35)が遅かった。ふ化後150日齢の平均体長で比較すると(Table 2)、クサフグ53.0 mm、ヒガンフグ82.4 mm、コモンフグ49.5 mm、ショウサイフグ61.4 mm、ゴマフグ79.7 mmで、それぞれの成長速度を反映していた。

噛み合いと逃避行動

飼育中の噛み合いによる尾鰭欠損はクサフグ、ゴマフグでは認められず、コモンフグではふ化後35日前後(平均体長8.1mm)に一時的に、ヒガンフグではふ化後25日前後(平均体長10.2mm)より継続して顕著に、ショウサイフグではふ化後60日前後(平均体長29.4mm)より継続して認められた。

また、人影に対してコモンフグ及びショウサイフグでは顕著な逃避行動(慌てふためく行動)が認められたのに対し、ヒガンフグでは逆に接近してくる行動が観察された。クサフグとゴマフグでは特段の行動は認められなかった。

考 察

本報告でのトラフグ属5種の卵及び仔稚魚の発育記録は、既往の報告^{7,8)}を追認するものとなった。特に、仔魚期にクサフグ、ショウサイフグ及びゴマフグでは尾部に黒色素胞が無く、ヒガンフグ及びコモンフグではあることを

あらためて確認できた。また、コモンフグ、ショウサイフグ及びゴマフグでは、稚魚期まで腹部が顕著な黄色を呈する特徴を確認できた。稚魚期以降の成長はゴマフグ、ヒガンフグ、ショウサイフグ、クサフグ、コモンフグの順に良かったが、このことはそのままこれらの種の成魚サイズ(ゴマフグ及びヒガンフグは30cm以上、クサフグ及びコモンフグは30cm未満で、ショウサイフグはその中間)^{2,4,7)}に表れているものと考えられる。

既往の報告^{7,8)}では、発育中の噛み合い行動や逃避行動についての言及はない。本研究における観察の結果では、ヒガンフグ、ショウサイフグ、コモンフグの順に噛み合い傾向が強く、クサフグとゴマフグではほとんど認められなかった。また、逃避行動がコモンフグ及びショウサイフグで顕著であった。

トラフグにおける噛み合い行動は、個体間の大小差が大きい場合や餌不足、高密度、健康状態の悪い場合に誘発されることから、共食い行動とほぼ同じ条件で発現するとされている¹¹⁾。しかし、本研究の飼育観察においては、個体間の大小はなく、餌不足や健康状態の悪化もなかった。したがって、噛み合い行動や逃避行動における種間の違いは、飼育条件下のみならず野外の仔稚魚の何らかの生態的違いを反映している可能性は高いであろう。

本研究では、記述しにくい仔稚魚の色彩情報も、デジタルカラー写真として記録した。そのような仔稚魚の行動や色彩の違いは、今後トラフグ属魚類の初期生態に関する野外調査を敢行する上で、貴重な手がかりとなると考えられる。水族館における繁殖の取り組みは、展示魚の増殖に直接的に資するだけでなく、重要水産資源魚種の生態解明の一助にもなりうるものと期待される。

謝 辞

フグ類の入手に際し、山口県漁業協同組合豊浦室津支店川本浩志、教仙淳己、西川真登の各氏に協力いただいた。人工授精に関する知見をご教示いただいた東京大学大学院農学生命科学研究科の渡部終五教授、古川聡史氏、株式会社河久の望月俊孝氏、フグ類の種同定や文献収集においてご協力いただいた水産大学校生物生産学科の須田有輔教授、高橋洋助教、クサフグの産卵生態をはじめ浅海性のトラフグ属魚類に関する情報をご提供いただいた新潟大学理学部附属臨海実習場の安東宏徳准教授、東京工業大学大学院生命理工学研究科加藤明助教、仔稚魚の飼育に協力いただいた下関市立しものせき水族館・海響館展示部魚類展示

課の野村美沙紀, 山ノ内祐子, 石橋將行, 久志本鉄平の各氏に深謝する.

引用文献

- 1) Yamanoue Y, Miya M, Matsuura K, Miyazawa S, Tsukamoto N, Doi H, Takahashi H, Mabuchi K, Nishida M, Sakai H: Explosive speciation of *Takifugu*: Another use of fugu as a model system for evolutionary biology. *Mol Biol Evol*, **26**, 623-629 (2009)
- 2) 山田梅芳, 柳下直己: フグ科. 中坊徹次 (編), 日本産魚類検索全種の同定, 第三版. 東海大学出版会, 東京, 1728-1742 (2013)
- 3) 厚生省通知: フグの衛生確保について. 環乳第 **59** 号 (1983)
- 4) 岩本明雄, 藤本 宏: 種苗生産技術の現状. 多部田修 (編), トラフグの漁業と資源管理. 恒星社厚生閣, 東京, 97-109 (1997)
- 5) 堀井豊充, 片町太輔: トラフグの資源. 長島裕二, 村田 修, 渡部終五 (編), フグ研究とトラフグ生産技術の最前線. 恒星社厚生閣, 東京, 34-45 (2012)
- 6) 山口県食品衛生協会: ふぐ, 第 1 1 版. 社団法人山口県食品衛生協会, 山口, 205 pp. (2012)
- 7) 藤田矢郎: 日本産主要フグ類の生活史と養殖に関する研究. 長崎水試論文集, (2), 1-121 (1962)
- 8) 宮木廉夫: 交雑フグの初期形態. 長崎水試研報, **24**, 27-688 (1998)
- 9) 土井啓行, 石橋敏章: 水族館におけるフグ類の収集と繁殖. 長島裕二, 村田 修, 渡部終五 (編), フグ研究とトラフグ生産技術の最前線. 恒星社厚生閣, 東京, 924-45 (2012)
- 10) 河野 博 (監・編著): 東京湾一魚の自然誌. 平凡社, 東京, 252 pp. (2006)
- 11) 畑中宏之: トラフグ稚魚の成長と尾鰭の形状に及ぼす飼育水槽の色, 照度及び飼育密度の影響. 日水誌, **63**, 734-738 (1997)