マフグの成熟促進、卵内発生と飼育による仔稚魚の形態

藤田 矢郎, 阿部 宗明

(1992 年 1 月 20 日受付)

Induction of Ovarian Maturation and Development of Eggs, Larvae,
and Juveniles of the Purple Puffer *Takifugu porphyreus*
Reared in the LaboratoryShiro Fujita*¹ and Tokiharu Abe*²

The induction of ovarian maturation and early development of the puffer *Takifugu porphyreus* (Temminck et Schlegel) are described. The brood fish were collected off the coast of Shozanbetsu in northwestern Hokkaido in late June 1986. To each 1 kg of body weight of the female, 6 mg of acetone-dried pituitary of silver carp was injected to induce ovarian maturation, which took place in 79 to 96 h at a water temperature of 14.2–15.6°C. The eggs obtained by hormone injection were artificially fertilized with milt from a collected male. The incubation period was about 142 h at a water temperature of 15.3–21.0°C. The hatched larvae were fed with rotifers *Artemia* nauplii and fish meat, and reared for a period of 216 days. The eggs were spherical, 1.28 ± 0.04 mm in diameter, demersal and adhesive, nontransparent and milky white, containing a cluster of small oil-globules. Newly hatched larvae, measuring 2.53 ± 0.09 mm TL, had $8 + 15 = 23$ myomeres. Absorption of the yolk was completed four days after hatching, when the larvae attained 3.42 ± 0.17 mm TL. In a 20-day-old specimen, 13 mm TL, the complements of fin rays were completed on all the fins and fish reached the juvenile stage. At the early stage of the juvenile, puffers attacked each other violently and injured the caudal fins of their opponents.

マフグ *Takifugu porphyreus* (Temminck et Schlegel)

はサハリン南西岸以南の日本海、沿海州、根室以南の太平洋沿岸、黄海、東支那海に分布する¹⁾ 大型のフグで全長 550 mm に達する。フグ料理の材料としてトラフグ、カラスについて重要なフグで、主として延縄²⁾、*³ 定置網³⁻⁵⁾ 以西底曳網⁶⁾ などによって漁獲されるが、1979 年頃から漁獲量の減少が著しい。^{5,7)} 本種の生態については、魚群の季節移動²⁾、*³ 成長^{8,9)} 産卵^{2,8,9)}、*⁴ などについて若干の報告があるが、初期の形態発達については知られていない。筆者らは 1984 年と 1986 年に北海道苫前郡初山別村豊岬の大型定置網の漁獲物を用いて人工授精を行い、受精卵を東京水産大学に輸送してふ化仔魚を約 7 か月間飼育した。本報ではマフグの人工授精、ホルモン処理による成熟促進、卵内発生、仔稚魚の形態、飼育と成長について得られた結果の概要を報告する。

材料および方法

完熟の漁獲雌魚による人工授精 1986 年 6 月 28 日–7 月 1 日、1985 年 6 月 21 日–26 日、1986 年 6 月 21 日–25 日の間、前述の初山別豊岬の定置網 (3 か統) の操業時に朝夕 2 回乗船して、マフグの全漁獲物について腹部圧搾法によって成熟調査を行った。各年とも雌はほとんどすべて完熟しており精子が流出したが、熟卵が流出する雌は 3 か年を通して、1984 年 6 月 28 日、同 29 日、7 月 1 日に各 1 尾が得られただけであった。6 月 28 日の雌は筆者らが初山別に到着する以前に、漁業者が同日早朝漁獲されたマフグ 10 数尾を、初山別漁協豊岬支所の活魚槽に生かしていたものの中の 1 尾であった。精子が流出する雌は毎回の操業時に容易に得られたので、これら 3 尾の雌魚から採卵して湿導法によって人

*¹ 16-13 Oomiyamachi, Nagasaki 852, Japan.*² 東京大学資料館 (The University Museum, The University of Tokyo, Hongo, Bunkyo, Tokyo 113, Japan).*³ 花岡信夫: 黄海・東シナ海におけるフグ類について。昭和 56 年度漁業資源研究会議西日本底魚部会報, 37–45 (1982).*⁴ 尾串好隆: 北海道におけるフグ類の分布と水揚げ状況の聞取調査。昭和 57 年度山口外海水試事報, 109–112 (1983).

工授精を行った。人工授精月日, 雌雄の全長, 媒精時水温を下記に示した。

6月28日, ♀ 430×♂ 380 mm, 16.7°C

6月29日, ♀ 450×♂ 370 mm, 16.9°C

7月1日, ♀ 430×♂ 380 mm, 16.8°C

ハクレンの脳下垂体注射による成熟促進と人工授精

1986年6月22日朝の操業で漁獲されたマフグから、腹部の膨出した全長 388-463 mm (Table 1) の雌 6 尾を選んで、同日 9 時にアセトン乾燥保存のハクレン *Hypophthalmichthys molitrix* の脳下垂体を磨砕したものを、マフグの魚体重 1 kg 当り 6 mg の割合で少量の生理食塩水に懸濁させ、背面筋肉内に注射した。注射後供試魚は初山別漁協豊岬支所の 5 t 流水水槽に収容して成熟を待った。精液はほとんどすべての雄から容易に得られるので雌魚には注射は行わなかった。供試魚は注射後 52 時間, 79 時間, 96 時間の 3 回腹部圧搾法で採卵を試み、熟卵が得られた場合には湿導法で人工授精を行った。注射後親魚を飼育した水槽の水温は 14.2-15.6°C, 平均 $15.1 \pm 0.7^\circ\text{C}$ で産卵海域の水温にはほぼ等しかった。

受精卵の輸送 1984年7月2日と1986年6月26日に、それぞれ受精後 23 時間, 39 時間の発生卵を北海道初山別から東京水産大学まで約 11 時間の携帯輸送を行った。容器には卵が粘着しないポリエチレン製の小型の袋か又は 200 ml の広口ビンを用い、それぞれの容器に少量の海水とともに卵 2000-3000 個を収容した。1984年の輸送では水温の上昇防止対策を講じなかったため、朝 7 時の輸送開始時 16.8°C の輸送水の温度が 18 時の東京到着時には 26.5°C (外気温 27°C) に上昇していた。1986年には水温上昇を防ぐため、発泡スチロールの断熱箱と氷嚢を用いた。輸送水の温度は開始時の 7 時に 15.4°C, 到着時 18 時に 12.0°C (外気温 25°C) であった。

発生卵の管理 卵輸送後実験室での卵発生は、1984年(7月2日から6日)、1986年(6月26日から7月1日)ともにポリエチレン製の 2 l 広口ビンを用い、1 本当り卵約 2000 個を収容して飼育水に強く通気し、卵が常に水中に浮動する状態に保ち、1 日 2 回換水した。ふ化が近づくと卵を仔魚飼育水槽に移してふ化させた。卵発生水温は、1984年には盛夏の自然室温に放置したため 22.2-27.6°C, 平均 $25.8 \pm 2.4^\circ\text{C}$ に上昇した。1986年には、水温上昇を防ぐため、卵発生容器を水道水の流水によるウォーターバスに浸漬してほぼ 21°C に保った。

仔稚魚の飼育 飼育方法は 1986 年 7 月 1 日にふ化し、翌年 2 月 2 日まで約 7 か月間飼育した例について述べる。飼育には 60×60×36 cm の約 60 l 容量のプラスチック製角型透明水槽 2 個を 1 対として、一方を砂

Fig. 1. Changes in body length, diets, and water temperature during a rearing experiment with *Takifugu porphyreus* from July 1, 1986 to February 2, 1987. Horizontal bars show the duration of feeding of each food. R, rotifers; A, *Artemia nauplii*; F, fish meat.

濾過槽として両槽の海水をエアリフトによって循環させ、水質が悪化した場合には、貯蔵海水によって全換水を行った。7月1日にふ化仔魚約 2000 尾で飼育を始め、1987年2月初めまで約 7 か月飼育した。餌料系列は Fig. 1 に示したが、ふ化後 4 日からふ化後 16 日稚魚期直前までは、*Nannochloropsis oculata* と油脂酵母で培養したシオミズボウムシ (以下ワムシ) *Brachionus plicatilis* を用いた。ふ化後 13 日 (全長 6.2 mm) から 33 日までは、乳化イカ肝油で必須脂肪酸 $\omega 3\text{HUFAs}$ の強化培養を行ったアルテミア幼生と培養した少量の *Tigriopus japonicus*, ふ化後 27 日 (全長 20.5 mm) 以後は細切した魚介肉を投与した。飼育期間中の水温経過は Fig. 1 に示した。

観察、測定と標本固定 卵, 仔稚魚は MS222 で麻酔して、生時に顕微鏡による形態の観察と作画及び測定を行った。作画には描画装置を用いた。標本は 5% ホルマリンで固定した。

今回の飼育では、ふ化後 22 日から激しいとも食いが起り、数日以内に尾鰭が完全な仔稚魚はいなくなったので、ふ化直後からふ化後 23 日までの仔稚魚の記載と図には生時全長 total length, それ以後は生時体長 body length を用いた。しかし、成長を示した Fig. 1 に用いた測定値は資料の整合性を保つために、すべてホルマリン固定標本について、仔魚では脊索後端長 notochord length, 稚魚では体長 body length を用いた。

結果と考察

成熟した漁獲雌魚による人工授精 1984 年 6 月 28 日 16 時に人工授精した雌魚は、同日朝 8 時に漁獲され、

Table 1. Results of silver carp *Hypophthalmichthys molitrix* pituitary homogenate injections to the female specimens of *Takifugu porphyreus*

Female No.	Size		Time required for ovulation (h)	% Fertilized
	TL (mm)	BW (g)		
1	392	1370	79	69.0
2	452	2010	96	<0.1
3	388	1460	96	<0.1
4	463	2650	96	76.9
5	417	1860	96	0
6	440	1940	96	0

The eggs obtained by the injection were artificially fertilized with the milt from a collected male and fertilizing rate were examined.

筆者らが到着するまで約 10 時間, 初山別漁協豊碑支所の流水活魚槽に蓄養されていたもので, 大量の卵は得られたが殆んど受精しなかった。6 月 29 日の雌魚は, 同時に入網した大量のウマズラハギとともに定置網の魚取部から, ウインチで巻き揚げて母船の魚倉に収納され, 船上で選別発見された時には既に斃死していた。この魚から大量の卵は得られたが, 受精率は 52.5% であった。7 月 1 日の雌魚は漁獲直後に船上で卵をしぼり直ちに人工授精した。受精率は高く 91.9% であった。長時間蓄養した雌から得られた卵は, 受精率が極めて低いか, 受精しない例が多く, 斃死魚から得られた卵は死後経過時間が短い場合には受精はするが, 受精率が一般に劣ることが知られている。¹⁰⁾

成熟促進と人工授精 1986 年 6 月 21 日 9 時に 6 尾の雌にハクレンの脳下垂体を注射し, 水温 14.2–15.6°C の流水水槽中で飼育し, 注射後 52, 79, 96 時間で腹部圧搾法によって採卵を試み, 湿導法によって人工授精を行った結果を Table 1 に示した。52 時間では完熟卵が得られた個体は 1 尾もなく, 79 時間では親魚番号 No. 1 の 1 尾から熟卵が得られ人工授精を行ったが, 受精率は 69.0% であった。96 時間では残りの 5 尾すべてから大量の卵が得られたが, 受精率は雌魚によって著しく異なった。親魚番号 No. 4 の卵の受精率は 76.9%, No. 2 と No. 3 は僅かに受精卵が得られたにすぎず, No. 5 と No. 6 の卵は全く受精しなかった。今回の実験結果から, マフグは海域ごとに産卵期を確かめ, 放卵個体が漁場に出現する時期に, 腹部がよく膨出し卵黄形成が進んでいると推定される雌魚にハクレンなどの脳下垂体を注射するば, 約 80 ないし 96 時間後に人工授精可能な卵が得られることが予測される。

卵輸送および実験室での発生水温とふ化 1984 年には卵輸送中も実験室での卵発生中も飼育水温の上昇防止を行わず, 自然状態に放置したため輸送中には開始時の 16.8°C から到着時 26.5°C に上昇し, 実験室では最低 22°C, 最高 27.6°C, 平均 25.8±2.4°C であった。これら

の水温は初山別の産卵場水温 15.2–17.1°C より約 10°C 近く高く, 卵発生に悪影響を及ぼしたものと考えられ, ふ化前にはほぼ全卵発生が停止し, 10 数尾がふ化したにすぎなかった。

1986 年には卵輸送に断熱箱と氷嚢を用いたため, 輸送水の温度は 15.4°C から到着時 12°C に低下した。到着後実験室での卵発生には水道水によるウォーターバスを用い, ふ化まで発生水温をほぼ 21°C に保った。輸送中は 1986 年の産卵場水温 14.2–15.6°C より 2–4°C 低く, 到着後ふ化までの約 92 時間は, 産卵場より 5–6°C 高い水温であったが, 人工授精後約 142 時間で, 飼育中の卵のほぼ 2/3 がいっせいにふ化し, ふ化仔魚の形態も正常であった。今回はマフグの卵発生の最適水温や最低, 最高水温を明らかにする実験を行うことはできなかったが, 両年の卵発生結果の顕著な差異は, 卵発生水温にあると考えられ, 1984 年の水温は明らかに高すぎたものと推察される。

熟卵 球形の多油球分離沈性粘着卵で乳白色を呈し, 卵膜は殆んど不透明。卵径 1.22–1.33 mm, 平均 1.28±0.04 mm。卵黄には無数の小油球からなる卵径の約 1/2 の大きさの油球塊がある。卵膜は粘着物質で覆われ, 表面にはしわがあり, 他のトラフグ属のフグ類の卵と同様, 砂, 礫, 岩, ガラス板などにはよく粘着するが, ポリエチレン製の器物には粘着しない。^{10, 11)} 本種の卵はトラフグ属のフグ類の卵としては大型である。^{12, 13)}

卵発生 卵発生の観察は, 6 月 24 日 16 時に人工授精を行い, 媒製後 142 時間でふ化した卵について行った。この間の飼育水温経過については前述した通りである。本種の卵膜は不透明に近く, 顕微鏡下で卵割や胚体の有無, 発生の進行が辛うじて判別できる程度であった。受精後 49 時間で胚体に眼胞が生じ (Fig. 2A), 73 時間では卵黄上に星状の黒色色素胞が現われ, ゆるやかな胚体運動が見られた。91 時間後には胚体の尾部は卵黄から離れ, 胚体と卵黄上に大型黒色色素胞が生じた。ふ化前には胚体の尾部と卵黄上に黒色色素胞に混って赤橙色素

Fig. 2. Development of eggs, larvae, and juveniles of *Takifugu porphyreus*, reared in the laboratory. A, appearance of eye vesicle, 49 h after fertilization; B, about 10 h before hatching; C, newly hatched larva, 2.6 mm TL; D, 4-day-old postlarva, 3.6 mm TL; E, 13-day-old postlarva, 6.2 mm TL; F, 20-day-old juvenile, 13.0 mm TL; G, dorsal view of F; H, 29-day-old juvenile, 17.4 mm BL; I, dorsal view of H; J, 40-day-old juvenile, 23.0 mm BL; K, dorsal view of J; L, 216-day-old juvenile, 101 mm TL.

胞が出現した (Fig. 2B)。本種では卵発生中に、青、緑色などの色素胞は出現しなかった。

仔稚魚の形態 本種の成魚の脊椎骨数、背鰭鰭条数、臀鰭鰭条数はそれぞれ、V 8+14-15=22-23, D 14-17, A 13-14 である。

ふ化直後の仔魚 (Fig. 2C) は、生時 (以下生時を略す) 全長 2.6 mm (平均 2.53 ± 0.09 mm) で、筋肉節数 8+15

=23。仔魚膜鰭は胸部中央背面に始まり肛門直後に終る。膜鰭の全面に顆粒構造があるが、色素胞は全く分布しない。小さな胸鰭がある。口はわずかに開き、肛門は魚体のほぼ中央下に開く。卵黄は大きく多数の小油球がある。眼には黒色素が沈着している。後頭部から胸部の前部背面に黒色素胞が散在し、肛門後方の尾部には背面から腹面にかけて黒色素胞の横帯があり、小数の赤橙色

素胞が混在する。卵黄上には多数の黒色素胞が分布し前腹面には赤橙色素胞が混在する。

ふ化後 4 日の仔魚 (Fig. 2D) は, 全長 3.6 mm (平均 3.42 ± 0.17 mm) で卵黄を吸収しつつし, 仔魚後期に達している。鼻の原基が生じ, 胸鰭はやや大きい。肛門は魚体の中央下に開く。色素胞の分布は前記仔魚と大差はない。生時頭胸部は淡橙緑色を呈している。

ふ化後 7 日, 全長 4.2 mm (平均 4.20 ± 0.14 mm) の仔魚は, 筋肉節 $8+15=23$ で肛門は魚体の中央のわずかに後方に開く。仔魚膜鰭は尾部中央の背腹でくびれ, 背, 臀, 尾鰭の原基に分化しているが, 鰭条はない。胸鰭は大きく, 鰭条が形成され始めている。頭胸背面の黒色素胞は発達して, 尾部中央の黒色素胞横帯につながっている。この尾部横帯はよく発達し, 遊泳中の仔魚はこの部分に大黒点があるように見える。生時体色は淡橙緑色である。

ふ化後 10 日の仔魚は, 全長 5.3 mm (平均 4.82 ± 0.35 mm) で, 背鰭 11 条, 臀鰭 9 条, 下尾骨と 10 条の尾鰭条の原基が見られる。脊索の後端は棒状に突出している。胸鰭は大きく 15 条が数えられる。尾柄部後半を除く魚体上には黒色素胞が発達している。背鰭と臀鰭の鰭条基部にそって黒色素胞がある。

ふ化後 13 日, 全長 6.2 mm の仔魚 (Fig. 2E) は, 背鰭 11 条, 臀鰭 11 条, 尾鰭 11 条が数えられる。脊索の後端はわずかに上屈し, 尾鰭の鰭膜後縁は最後部鰭条の先端方向にゆるく湾入している。魚体上に黒色素胞が発達し, 生時仔魚は淡青緑色を呈している。

ふ化後 15 日, 全長 7.1 mm の仔魚では, 脊索の後端は下尾骨の上角部に大きく鎌状に突出している。癒合歯が形成されている。背鰭 15 条, 臀鰭 13 条が数えられる。

ふ化後 17 日, 全長 9.8 mm (平均 9.5 ± 0.36 mm) の仔魚では, 脊索の後端が下尾骨の上縁隅角部に僅かに突出している。魚体の背面には, 黒色素胞がよく発達し, 頭頂部, 項部, 胸鰭後方背面, 背鰭基底部周辺には黒色素胞が集まって, 不明瞭な幅広い横縞が見られる。遊泳中の仔魚は淡緑青色である。

ふ化後 20 日, 全長 13.0 mm の個体 (Fig. 2F, G) は背鰭 15 条, 臀鰭 13 条, 胸鰭 16 条が数えられ, 各鰭は鰭条定数に達し, 尾鰭も完成して稚魚期に達している。頭部の体側には体側皮褶がある。生時は吻部, 眼間部, 頂部, 胸鰭基底部背面, 背鰭前方背面, 背鰭基底部周辺に黒色素胞からなる幅広い横縞があるが, 固定標本では不明瞭である。いずれの鰭にも色素胞はない。遊泳中の体色は淡緑青草である。本種の鰭の形成は, 胸鰭が最も早く, 背鰭と臀鰭は同時に進み, 尾鰭は背, 臀鰭と同時に始まるが完成は最も遅れる。

ふ化後 23 日, 全長 17.7 mm の稚魚では, 前述の項部から背鰭周辺に至る背面の幅広い横縞はくずれて前後のものが互に接し, 大柄の円形の白色斑が現われ始めている。頭部から尾部まで体側皮褶が形成され, これより下方の腹面は尾柄部を除き白い。尾鰭中央部鰭条にそってうすく橙色素胞が分布する。

ふ化後 22~23 日から飼育中の稚魚に激しいとも食いが始まり, ほとんどすべての稚魚の尾鰭が破損したので, ふ化後 23 日以後の稚魚の大きさは, すべて生時の体長 body length で示すことにした。ふ化後 29 日, 体長 17.4 mm の稚魚 (Fig. 2H, I) では, 背面の幅広い横縞がくずれ, 淡黒褐色の円形の網目状斑紋が形成され, 網目の内側は顕微鏡でみると淡橙緑色を呈している。しかし, 遊泳中の稚魚を肉眼でみるとこの部分に多数の白色斑点があるように見える。また, 胸鰭後方体側に左右 1 対, 背鰭基底周辺と尾柄部背面に顕著な黒色斑が形成されている。

ふ化後 40 日, 生時体長 23.0 mm (固定標本の平均体長 24.14 ± 2.49 mm) の稚魚 (Fig. 2J, K) では, 背面と体側の網目模様は小型化して数が増え, 網目の内側は淡青白の円点になっている。遊泳中の稚魚には多数の白色の小円点があるように見える。

ふ化後 56 日, 生時体長 26.0 mm (固定標本の平均体長 28.86 ± 4.15 mm) の稚魚では, 背面の淡青白色の円形斑紋は小型化し数が増え, 黒褐色の網目状斑紋の中にちりばめられたように多数分布し, 本種の幼魚型の斑紋の形成が始められている。胸鰭後方体側に一対, 背鰭基底周辺, 尾柄部背面に大きな黒褐色斑がある。胸鰭後方の大型黒褐色斑の周囲には, 円形の青白色斑が点状に分布する個体が多いが, これらが連続して明瞭な白色帯を形成することはない。

ふ化後 216 日の稚魚 (Fig. 2L) は, 尾鰭が再生しており, 生時体長 101 mm, 同体長 83 mm (固定標本の平均体長 81.25 ± 6.27 mm) で, 背鰭 16 条, 臀鰭 14 条が数えられる。体側皮褶より上方の体色は, うすく緑を帯びた褐色で, 多数の白色の小円点または短棒状の白色斑点が分布する。胸鰭後方の体側に一対, 背鰭基底周辺に大黒褐色斑があるが, その周辺に白色帯はない。吻部, 眼隔部, 後頭部, 胸鰭後方の一対の黒褐色斑間, 背鰭前方背面, 尾柄部背面にうすく不明瞭な黒褐色の横帯が認められる。魚体前面の皮膚にきわめて微小な無数の突出物があるが, 本種の成魚の皮下に埋没して存在する微小な棘状鱗¹⁰⁾はまだ認められない。

飼育と成長 Fig. 1 に餌料系列, 飼育水温, ホルマリン固定標本の体長 (仔魚は脊索後端長) によるふ化直後から 216 日までの成長を示した。飼育水温は夏は自然水温に放置したので, 最高 28°C まで上昇したが, 冬期は

11 月以後, 熱帯魚用投込みヒーターを用いて水温をほぼ 20°C に保った。本種の仔稚魚は夏季 26°C 以上, 冬季 17°C 以下では摂餌が劣えた。本種の仔稚魚は, 同一の実験室ではほぼ同様の方法で飼育したアカメフグ *Takifugu chrysopus*¹²⁾ やムシフグ *T. exascurus*¹¹⁾ に比較すると夏季の高水温時の飼育が難しかった。餌料は Fig. 1 に示した餌料系列によって, ワムシ, アルテミア幼生, 魚介肉を細切したものを与えたが, いずれの餌料にもよく餌付きした。しかし, 今回の飼育ではワムシが不足したため, ふ化後 15 日全長 7.1 mm の時期にワムシの投与を中止せざるを得なかった。この頃から伝染性疾病が生じ, さらにふ化後 22 日から, 激しいかみ合いが始まり, 病気とかみ合いのため, ふ化後 27 日頃まで毎日 50-70 尾が斃死した。また, 生き残った稚魚の大多数は尾鰭が破損しており, その再生にかなりの時日を要した。成長曲線を Fig. 1 に示したが, このような飼育経過から良好な成長であったとは考えられない。

謝 辞

本研究に当り, 御助力をいただいた北海道初山別村豊岬在住の定置網経営者岩田祭蔵氏, 初山別漁業協同組合

参事成田邦好氏並びに北海道立水産孵化場増毛支場長栗倉輝雄博士に深謝の意を表する。

文 献

- 1) T. Abe: Taxonomic studies on the puffers (Tetraodontidae, Teleostei) from Japan and adjacent regions. *Bull. Biogeogr. Soc. Japan*, **14**, 89-140 (1949).
- 2) 松浦 勉: 漁獲組成から見た日本海西部海域のナメラフグ延縄漁業に関する 2・3 の知見. *魚*, **32**, 9-24 (1983).
- 3) 北海道立水産試験場: 巻頭写真 フグの豊漁. *北水試月報*, **16** (10), (1959).
- 4) 平島安雄: フグ談義. *北水試月報*, **17**, 157-158 (1960).
- 5) 藤田矢郎: 日本近海のフグ類. 日本水産資源保護協会, 東京, 1988, pp. 8-49.
- 6) 山田梅芳, 岩田周三: 東シナ海・黄海のさかな(岡村 収監修). 水産庁西海区水産研究所, 長崎, 1986, pp. 430-455.
- 7) 花岡信夫: 九州周辺におけるトラフグについて. 西海区ブロック浅海開発会議魚類研究会報, **3**, 83-90 (1985).
- 8) 中原民男: 山口県沖合大陸棚に分布する重要底魚類の漁業生物学特性. *山口外海水試研報*, **11** (2), 1-70 (1969).
- 9) 藤田矢郎, 阿部宗明, 道津喜衛: 北海道北西部初山別沿岸のマフグの産卵期と産卵魚. *日水誌*, **58**, 1621-1625 (1992).
- 10) 藤田矢郎: 日本産主要フグ類の生活史と繁殖に関する研究. 長崎県水産試験場論文集, 第 2 集, 1-121 (1962).
- 11) 藤田矢郎, 本間義治: ムシフグの成熟促進, 卵発生と飼育による仔稚魚の形態. *魚雑*, **38**, 211-218 (1991).
- 12) 藤田矢郎, 篠原政明: アカメフグの卵発生と飼育による仔稚魚の形態. *魚雑*, **33**, 186-194 (1986).
- 13) 藤田矢郎: 日本産稚魚図鑑. フグ科(沖山宗雄編). 東海大学出版, 東京, 1988, pp. 977-989.