

海・人・自然

東海大学博物館研究報告



No. 1
1999

**Science Reports of
The Museum, Tokai University**

創刊のことば

館長 鈴木克美

本誌は、従来、東海大学海洋科学博物館の機関誌として1972年に創刊された『東海大学海洋科学博物館年報』の発行方針の変更にともない、同誌の「研究活動」部門の発展的継承を願って、新たに創刊されたものである。

1970年に創立された東海大学海洋科学博物館の目的とするところは、『東海大学海洋科学博物館年報』の創刊号巻頭に、当時の東海大学総長松前重義が述べた「(大学の) 付属教育・研究施設として又海洋技術の知識普及の目的をもった海洋科学博物館」という言葉に尽きる。

博物館といえば、今日一般に社会教育施設と受け取られている。しかし、博物館は単なる「施設」ではない。博物館法にも明示されているように「社会教育機関」である。博物館には、一般社会に向かって開かれた教育機関としての収集・展示・研究にわたる日々の幅広い実践活動が活発に行われ、同時にその裏付けとなるオリジナルな研究調査が進められているのが理想であり、少なくとも、そのための努力が継続されているべきである。当東海大学海洋科学博物館は、大学教育・研究への寄与もふくめて、創立当初に掲げられた目的に向かってささやかながら努力をつづけてきた。その成果は『東海大学海洋科学博物館年報』の各号に逐次発表ないしは再録されている。学会誌や大学紀要のほかに印刷された1998年までの研究業績は170号となった。

当初、東海大学海洋科学博物館として発足した組織は、その後、東海大学社会教育センターと改称され、海洋科学・人体科学・自然史各博物館および関連諸施設を包括した運営組織に変わって今日に至り、来たる2000年には30周年を迎える。このあいだの社会情勢は大きく変わり、環境教育・理科教育をふくむ社会教育活動の重要性が再認識されるようになった。社会教育は、かつては学校教育と対比されるものでもあったが、今日に至って学校教育を包括する生涯学習という巨視的な教育概念に拡張されて、ますます活発な活動が期待されている。

東海大学海洋科学博物館創立の2年後に創刊された『東海大学海洋科学博物館年報』は、1998年3月に第25号が発行されたのを一区切りとして同号で一旦終刊とし、あとを2冊に分けて引き継ぐことになった。その一つは同誌の体裁内容の大部分をほぼそのまま受け継ぎ、誌名を『東海大学社会教育センター年報』に改称して、東海大学社会教育センター傘下各施設における諸活動の年次業務報告を網羅する内容で継続発刊をつづけ、これとは別に本誌『海・人・自然 東海大学博物館研究報告』を創刊して、傘下の海洋科学博物館、人体科学博物館、自然史博物館における研究成果の直接の発表の場とすることにした。二十一世紀を至近に迎えて、東海大学社会教育センターにおける教育・研究活動のいっそうの活発化と組織発展の一助となることを願うものである。

すなわち本誌は、原著論文、総説、ならびに資料をふくむオリジナルな研究報告の発表の場として、年次発行を基本とする。研究分野は博物館資料の研究をはじめ、資料の収集保管に関する技術手段の研究、社会教育手段の開発に関する研究、生涯学習に関する基礎理論研究など、博物館と博物館学に関する幅広い研究発表の場にしたいと考えている。

東海大学海洋科学博物館ならびに『東海大学海洋科学博物館年報』に対する従来のご指導、ご援助について深く感謝し、あわせて、今後なお一層のあたたかいご指導ご鞭撻をお願い申し上げたい。

キンチャクダイ科アブラヤッコ属12種の卵・仔魚の形態と亜属間の関係¹⁾

日 置 勝 三²⁾

Characteristics of Eggs and Larvae of Twelve Angelfishes Belong to the Genus *Centropyge* (Teleostei, Pomacanthidae) with Special Reference to Their Subgeneric Relationships¹⁾

Syozo HIOKI²⁾

Abstract

Little is known about the egg and larval characteristics of the genus *Centropyge* of the family Pomacanthidae. The authors observed the reproduction of specimens of this genus raised in aquariums during the period 1987-92 and the following is report of our records of the egg and larval characteristics of 12 species, *Centropyge vrolikii* (BLEEKER), *C. bicolor* (BLOCH), *C. flavissimus* (CUVIER), *C. heraldi* WOODS et SCHULTZ, *C. nox* (BLEEKER), *C. tibicen* (CUVIER), *C. multispinis* (PLAYFAIR), *C. acanthops* (NORMAN), *C. bispinosus* (GÜNTHER), *C. fisheri* (SNYDER), *C. flavicauda* FRASER-BRUNNER and *C. shepardi* RANDALL et YASUDA. The eggs of all of the 12 species involved in this research were colorless, transparent, spherical and buoyant with a single oil globule and with a diameter in the range of 0.58-0.73mm. Just after hatched out, all of the larvae had a large ellipsoid yolk sac, the tip of which extended forward beyond the snout. They shared common features such as the location of the single oil globule at the rear extremity of the yolk sac and a total length measurement of 0.97-1.74mm.

This genus is further divided into two subgenera, *Centropyge* and *Xiphypops*. As a result of the comparison and examination of the egg and larval characteristics of the 12 species in our research, we observed differences in the egg diameter and larva size between the two subgenera. The egg diameter of subgenus *Centropyge* was 0.7mm or more, while it was 0.7mm or less in subgenus *Xiphypops*, although this did not apply to 1 species in each of the subgenera. Total length just after hatched was 1.40mm or more in the case of *Centropyge* and 1.40mm or less in the case of *Xiphypops*. Differences were also observed between the two subgenera in melanophore distribution, which was particularly conspicuous in larvae one day after hatching. Specifically, several branched melanophores were observed on the dorsal, ventral and preanal finfold in the subgenus *Centropyge*, whereas a large mass of melanophores was observed on the dorsal part of the larval body and another on the digestive organ in the subgenus *Xiphypops*. Three days after hatching, these were observed to be concentrated on the central part of the body and on the dorsal, ventral and finfold of both subgenera and conspicuous differences were no longer observed between the two subgenera. These characteristics were similar in the various species within each subgenus. The previously-studied *C. ferrugatus* RANDALL et BURGESS and *C. interruptus* (TANAKA) both possess the characteristics of the subgenus *Xiphypops* and are consistent with above results.

¹⁾東海大学海洋科学博物館研究業績 No.171

Contributions from the Marine Science Museum, Tokai University, No. 171

²⁾東海大学社会教育センター 424-8620 静岡県清水市三保2389

Social Education Center, Tokai University, 2389, Miho, Shimizu, 424-8620, Japan

緒 言

キンチャクダイ科アブラヤッコ属は世界で33種が知られている (ALLEN, 1979; BURGESS, 1991; PYLE, 1992; PYLE and RANDALL, 1993). 本属の卵・仔魚の形態に関する情報は乏しく, レンテンヤッコ *Centropyge interruptus* (TANAKA), とアカハラヤッコ *C. ferrugatus* RANDALL et BURGESS (HIOKI and SUZUKI, 1987; HIOKI et al., 1990) の2種についての報告と *C. argi* WOODS et KANAZAWA の簡単な写真記載 (BAUER and BAUER, 1981) だけである。

著者は1987～1992年にかけて水槽飼育による本属の繁殖観察を行ない, ナメラヤッコ *C. vrolikii* (BLEEKER), ソメワケヤッコ *C. bicolor* (BLOCH), コガネヤッコ *C. flavissimus* (CUVIER), ヘラルドコガネヤッコ *C. heraldi* WOODS et SCHULTZ, オハグロヤッコ *C. nox* (BLEEKER), アブラヤッコ *C. tibicen* (CUVIER), *C. multispinis* (PLAYFAIR), *C. acanthops* (NORMAN), ルリヤッコ *C. bispinosus* (GÜNTHER), *C. fisheri* (SNYDER), チャイロヤッコ *C. flavicauda* FRASER-BRUNNER, ダイダイヤッコ *C. shepardi* RANDALL et YASUDA の計12種 (Fig. 1) について卵・仔魚の形態を記載することができたので報告する。本研究の12種と既報の2種を含めた合計14種の卵・仔魚の形態を比較検討した結果, 本属の *Centropyge* 亜属と *Xiphiopops* 亜属の両亜属間で卵径や仔魚の大きさに相違が認められた。また黒

色素胞の分布状態に亜属間で相違が認められ, とくに孵化1日後の仔魚で顕著であった。これらの形態は亜属内の種では類似するものであった。これら亜属間の形態の相違についても併せて報告する。本研究は九州大学に提出された学位請求論文「日本産キンチャクダイ科魚類の繁殖生態と雌雄性に関する研究」(日置, 1992) のうちアブラヤッコ属の結果の一部である。

材料と方法

1. 繁殖親魚とその飼育

本研究の水槽飼育による繁殖親魚は, いずれも業者を通じて入手したもので各種の雌雄の全長(体長)はTable 1のとおりである。これら親魚をアクリルガラス水槽(130×200×深さ75cm, 容量2000ℓ, 水温調節・濾過循環装置付き)に2尾(*C. fisheri*は3尾)のみで飼育した。この水槽は半透明のプラスチック波板で覆われた自然光下にある実験室内に設置され, 人工照明は行なわなかった。水槽内には隠れ場となるコンクリートブロックを入れた。魚肉, アサリ肉, オキアミ肉を細断して, 日曜日を除く毎日15時頃に適量与えた。繁殖行動は水槽ガラス越しに目視で確認および観察を行なった。

各種ごとの繁殖期間と飼育水温はTable 1に示すとおりである。

Table 1 Dates of parental fish sizes, spawning periods and water temperatures for the twelve *Centropyge* angelfishes in the aquarium.

	Parent fish		Spawning period	Water temperature (°C)
	Total length (mm)			
	Male	Female		
<i>C. (C.) vrolikii</i>	92.9	81.5	Mar. 13～Nov. 3, 1988	24.8～26.7
<i>C. (C.) bicolor</i>	102.0	79.5	Apr. 18～Oct. 20, 1989	25.4～26.8
<i>C. (C.) flavissimus</i>	96.5	79.5	Dec. 6, 1990～Jan. 10, 1991	27.8～28.0
<i>C. (C.) heraldi</i>	85.3	64.7	June 2～Oct. 5, 1989	25.4～26.8
<i>C. (C.) nox</i>	76.7	63.9	Sep. 1～Nov. 10, 1991	27.1～28.2
<i>C. (C.) tibicen</i>	90.4	77.9	June 18～Nov. 22, 1990	26.5～27.0
<i>C. (C.) multispinis</i>	80.8SL	77.0SL	Nov. 19～31, 1991	26.2～27.4
<i>C. (X.) acanthops</i>	71.2	62.9	Apr. 14～Aug. 1, 1992	27.1～28.2
<i>C. (X.) bispinosus</i>	77.8	73.2	July 22～Aug. 12, 1987	25.5～26.8
<i>C. (X.) fisheri</i>	70.1	66.8, 62.7	Oct. 13～Nov. 15, 1991	27.6～28.2
<i>C. (X.) flavicauda</i>	65.3	61.3	June 4～Nov. 28, 1990	26.5～28.0
<i>C. (X.) shepardi</i>	71.2	62.8	July 21～Nov. 17, 1992	26.8～27.8

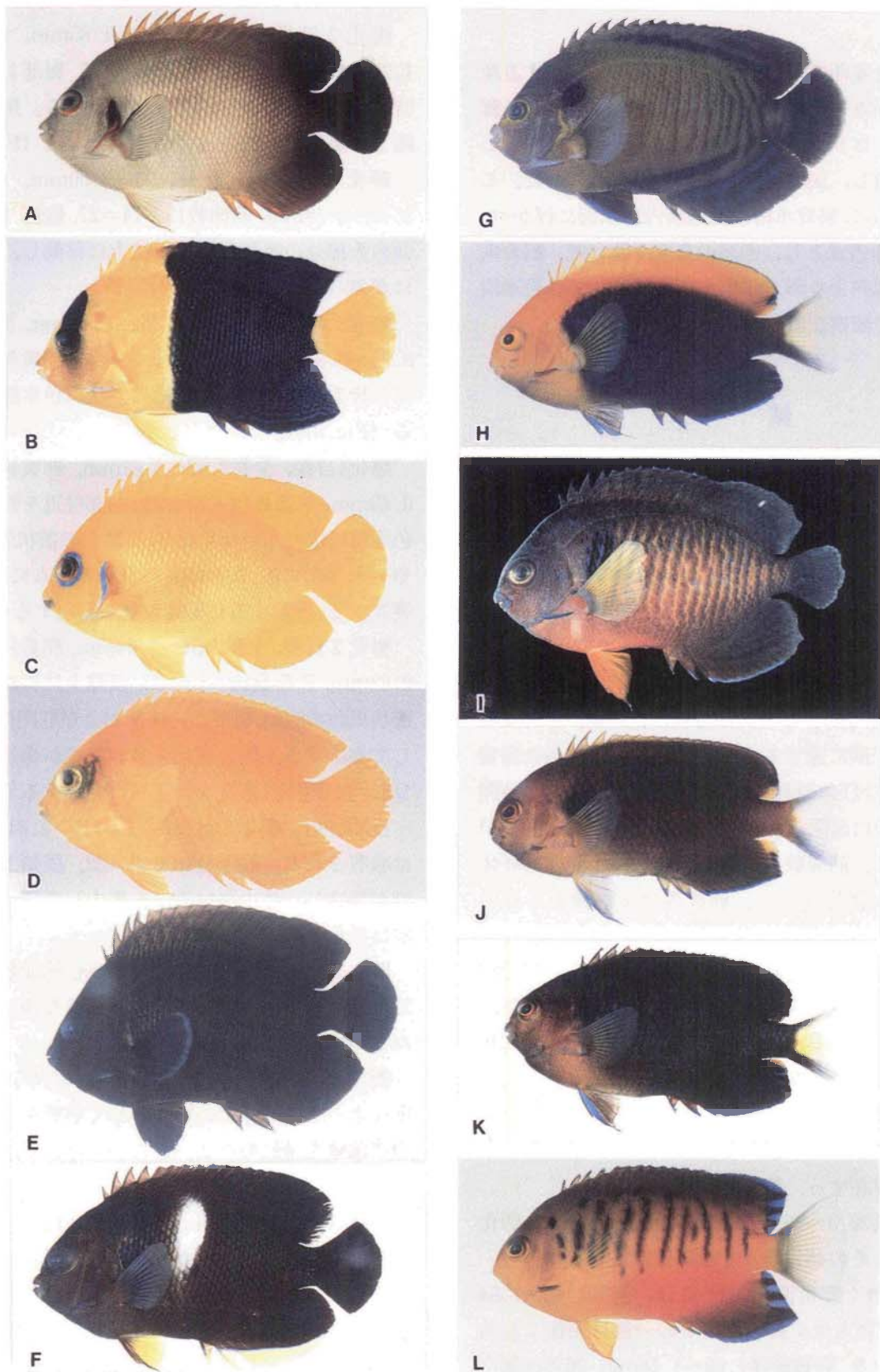


Fig. 1 Males of twelve angelfishes used for this study. (TL : in total length, SL : standard length)
 A : *C. vrolikii*, 92.9mm TL. B : *C. bicolor*, 102.0mm TL. C : *C. flavissimus*, 96.5mm TL. D :
C. heraldi, 85.3mm TL. E : *C. nox*, 76.7mm TL. F : *C. tibicen*, 90.4mm TL. G : *C.*
multispinis, 80.8mm SL. H : *C. acanthops*, 71.2mm TL. I : *C. bispinosus*, 77.8m TL. J : *C.*
fisheri, 70.1mm TL. K : *C. flavicauda*, 65.3mm TL. L : *C. shepardi*, 71.2mm TL.

2. 卵と仔魚の飼育

各種とも産卵直後、直ちに水面直下に浮漂する産出卵をピーカーで掬い取り、検鏡によって受精を確認した後、ポリカーボネイト容器(30ℓ)に収容して止水飼育し、弱い通気と換水を適宜行なった。この飼育容器は、飼育水槽の濾過槽内の水面に浮かべ、water-bath方式とし、水温の急変を防いだ。飼育期間中、容器内より卵・仔魚を適宜採取して各発達段階の形態を観察記載した。

結 果

1. ナメラヤッコ

受精卵は無色透明の球形分離浮性卵で、卵径0.72~0.73mm、卵黄中に1個の油球(径0.18mm)がある。卵膜腔は狭く、卵膜および卵黄表面に特殊な構造はない。

受精35分後、2細胞期(Fig. 2A)。1時間35分後、桑実期(Fig. 2B)。3時間5分後、胞胚期。4時間45分後、囊胚期に達する。6時間45分後、被包は卵黄の2/3に及び胚体原基が出現する(Fig. 2C)。8時間25分後、胚口は閉鎖され、眼胞及びKUPFFER氏胞が形成される。筋節数3。8時間40分後、油球は胚体の反対側に固定される。筋節数は4が数えられる(Fig. 2D)。1時間40分後、KUPFFER氏胞が消失する。11時間45分後、耳胞原基が形成される。12時間15分後、尾部は卵黄より遊離する。13時間10分後、眼胞内にレンズが形成される。筋節数22。14時間10分後、心臓の拍動が認められる。筋節数22。

孵化直前、頭部から尾部にかけての胚体背面に約25個、油球上に約5個、卵黄上に2~3個の叢状黒色素胞が存在する。筋節数23 (Fig. 2E)。

飼育水温26.3~26.5°Cで受精14時間25分後に孵化が始まり、その45分後までに孵化が終了した。

前期仔魚：孵化直後の仔魚は、全長1.45~1.54mm。卵黄は大きく長卵形でその一部は頭部より前方に突出する。卵黄長径1.08~1.18mm。卵黄後端には、径0.18mmの油球1個がある。筋節数14+10=24。口及び肛門は開いておらず、肛門は体前端より全長の約2/3に位置し、卵黄後縁に接する。頭部背面から尾部背面にかけての体上に20~25個、尾部腹面に2~3個、卵黄先端上部に1~3個、油球上に4

~6個の叢状黒色素が認められる (Fig. 2F)。

孵化3時間後、全長1.75~1.85mm。卵黄長径1.20~1.26mm。筋節数13+14=27。腹部および尾部背面の黒色素胞は背膜鰭上に移動する。尾部腹面膜鰭上の黒色素胞の数は2~5個となる (Fig. 2G)。

孵化6時間後、全長1.90~2.00mm。卵黄長径1.10~1.18mm。筋節数13+14=27。腹部及び尾部背面の大部分の黒色素胞は膜鰭上に移動し、ほぼ一列に並ぶ (Fig. 2H)。

孵化12時間後、全長2.30~2.40mm。卵黄長径0.82~0.88mm。筋節数12+14=26。卵黄先端は吻端より後方に位置する。眼には点状黒色素胞が出現する (Fig. 3A)。

孵化1日後、全長2.52~2.62mm。卵黄長径0.48~0.60mm。筋節数12+13=25。頭部付近を除き体上に色素胞はほとんどなくなり、膜鰭上の叢状黒色素胞がやや大型化する。また卵黄の吸収とともに、消化管が発達する。卵黄上方に胸鰭原基が出現する (Fig. 3B)。

孵化2日後、全長2.54~2.64mm。卵黄長径0.13~0.23mm。筋節数10+12=22。膜鰭上に広がっていた叢状黒色素胞が、背膜鰭中央部および肛門付近に移動して集中する。眼の黒化も進む。顎が発達し口および肛門が開く。消化管がさらに発達する (Fig. 3C)。

後期仔魚：孵化3日後、全長2.41~2.81mm。卵黄は吸収される。筋節数10+12=22。膜鰭上の黒色素胞が発達し、体中央付近にも集中して認められる。眼は黒化する (Fig. 3D)。

孵化5日後、全長2.38~2.58mm。筋節数10+13=23。仔魚の形態は孵化3日後と顕著な相違は認められない (Fig. 3E)。

孵化14日後、8尾の仔魚が得られたが、発育の程度によって3個体について詳しく形態を調べた。その3個体を全長の小さいものから順に、個体A、B、Cとした。

個体A：全長2.80mm。肛門は全長の42%に位置する。消化管が太くなり発達する。叢状黒色素胞が体前半に分布し、背膜鰭中央部及び肛門周辺の腹膜鰭にも多く存在する。また、点状赤色素胞が出現し、体中央付近に散在する。鰓蓋部には微小な棘が1本形成されている (Fig. 4A)。

個体B：全長3.08mm。筋節数10+15=25。肛門は全長の53%に位置する。鰾が形成されており、第1筋節後端より始まり第4筋節後端まで達する。背膜鰭起点は胸鰭基底上方に後退する。上顎骨が認めら

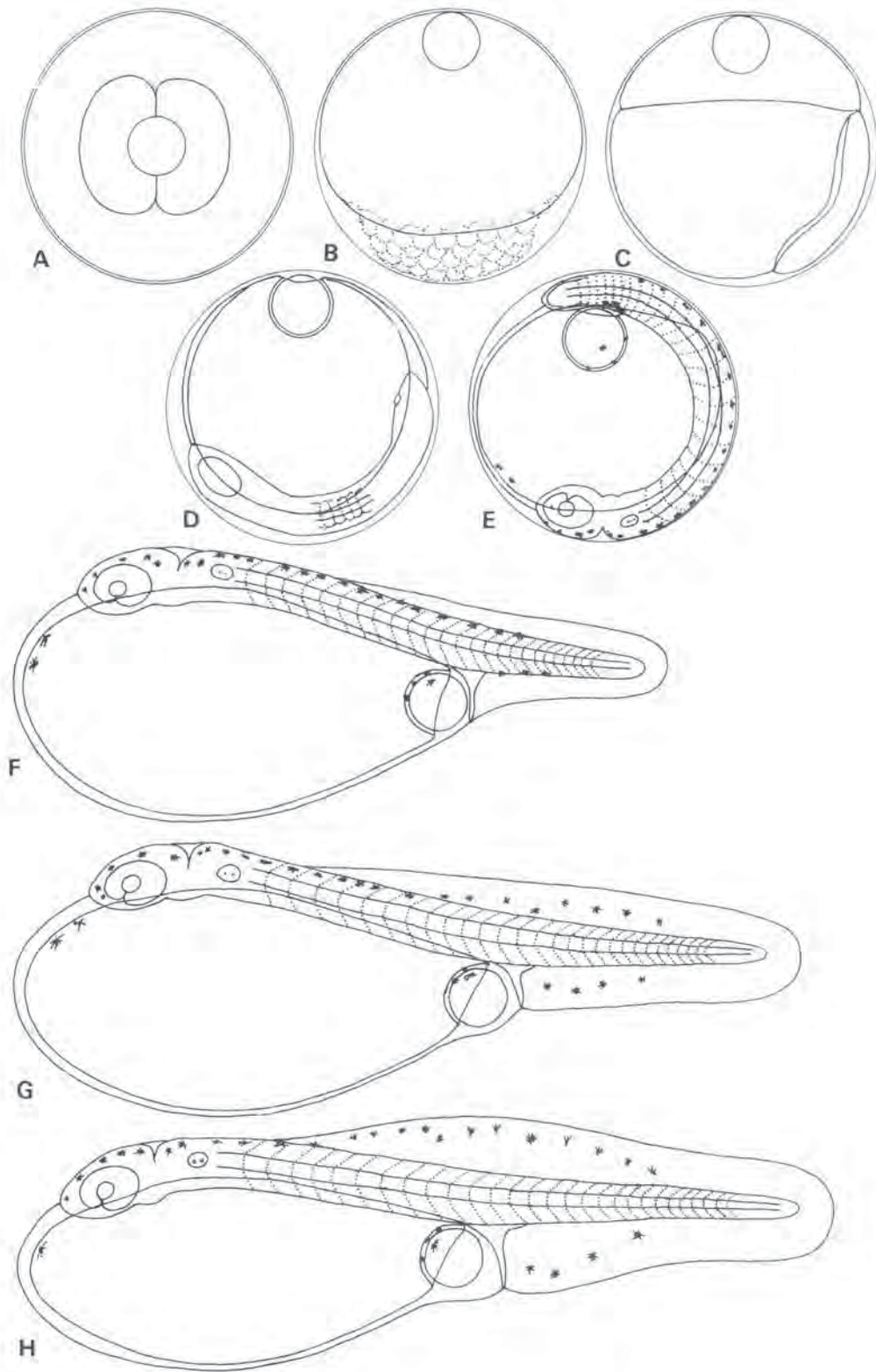


Fig. 2 Developing eggs and early larvae of *C. vrolikii*. A : 2-cell stage, 35 min after fertilization. B : Morula stage, 1 h 35 min. C : Formation of the embryonal body, 6 hrs 45 min. D : 4-myotome stage, 8 hrs 40 min. E : Immediately before hatching, 14 hrs 25 min. F : Newly hatched larva, 1.54mm in total length. G : Early larva, 3 hrs after hatching, 1.85mm. H : Early larva 6 hrs, 2.00mm.

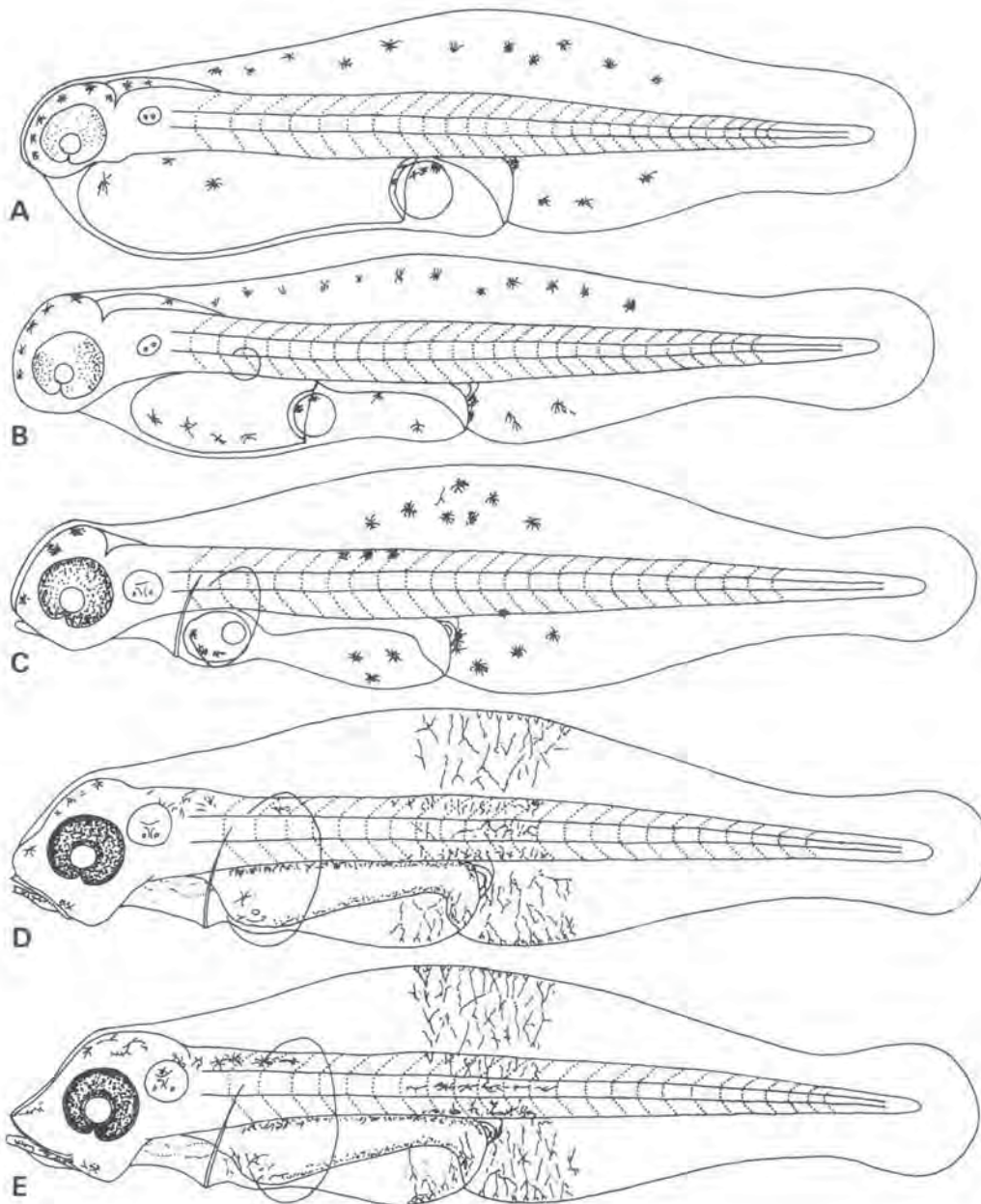


Fig. 3 Early and post-larvae of *C. vrolikii*. A: Early larva 12 hrs after hatching, 2.40mm in total length. B: Early larva 1 day, 2.62mm. C: Early larva 2 days, 2.64mm. D: Post-larva 3 days, 2.81mm. E: Post-larva 5 days, 2.58mm.

れる。鰓蓋部には比較的大きな棘が1本、そして小さな棘が3本形成されている。眼上にも棘が1本出現している。体及び背・腹膜鰭の中央付近には叢状黒色素胞が密に存在し、また点状赤色素胞が体中央部付近に散在する。消化管は太くなり、屈曲している (Fig. 4B)。

個体C：全長3.32mm、筋節数 $9+14=23$ 、肛門は全長の54%に位置する、体高が高くなり全長の27%に達し、全体として太短い体型となる。鰾は第1筋

節後端より始まり、第5筋節半ばまで達する。上顎骨が明瞭となり、鰓蓋部には1本の大きな棘と小さな4本の棘が形成されている。また、眼上に3本、耳胞前方および下方に各1本、第1筋節前方から第3筋節にかけての体背部に3本、それぞれ小さな棘が存在する。体及び背・腹膜鰭の中央付近には叢状黒色素胞が濃密に分布し、体中央部付近には顆粒状赤色素胞が散在する (Fig. 4C)。仔魚の飼育水温は $24.8\sim 26.4^{\circ}\text{C}$ であった。

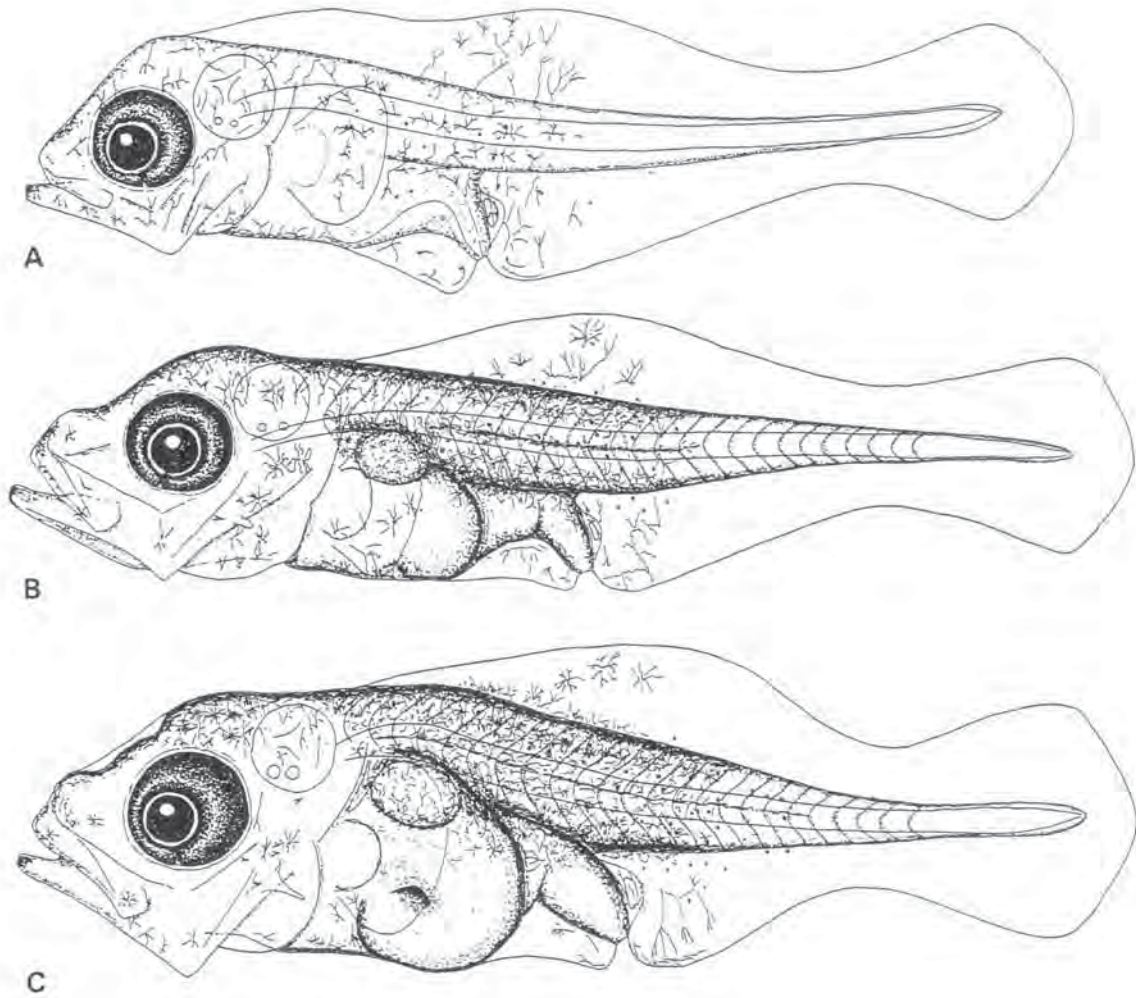


Fig. 4 Post-larvae of *C. vrolikii* 14 days after hatching. A : 2.80mm in total length. B : 3.08mm. C : 3.32mm.

2. ソメワケヤッコ

受精卵は無色透明の球形分離浮性卵で、卵径0.68~0.70mm、卵黄中に1個の油球(径0.15mm)がある。卵膜腔は狭く卵膜および卵黄表面に特殊な構造はない。

受精35分後、2細胞期、45分後、4細胞期(Fig. 5A)、1時間40分後、桑実期(Fig. 5B)、3時間30分後、胞胚期、5時間後、囊胚期に達する。6時間40分後、被包は卵黄の1/2に及び胚体原基が出現する(Fig. 5C)。8時間20分後、眼胞が形成される。筋節数3。8時間50分後、胚口は閉鎖され、油球は胚体の反対側に固定される。筋節数5。9時間後、KUPFER氏胞が出現する(Fig. 5D)。10時間10分後、耳胞原基が形成される。12時間後、KUPFER氏胞が消失する。筋節数16。12時間10分後、耳胞が形成される。12時間50分後、眼胞内にレンズが形成される。13時

間45分後、尾部は卵黄より遊離する。筋節数20。

孵化直前、頭部から尾部にかけての胚体背面に約26個、油球上に2~3個、卵黄上に5~6個の叢状黒色素胞が存在する。筋節数21(Fig. 5E)。

飼育水温26.3~26.7°Cで受精14時間40分後に孵化が始まり、その35分後までに孵化が終了した。

前期仔魚：孵化直後の仔魚は、全長1.58~1.74mm。卵黄は大きく長卵形でその一部は頭部より前方に突出する。卵黄を含む全長は1.63~1.78mm。卵黄長径1.03~1.20mm。卵黄後端には、径0.15mmの油球1個がある。筋節数14+11=25。口及び肛門は開いておらず、肛門は体前端より全長の約2/3に位置し、卵黄後縁に接する。卵黄先端上部に5~6個、油球上に6~8個、頭部背面から尾部背面にかけての体上に約25個、背膜鰭上に7~8個、尾部腹面膜鰭上に3~4個の叢状黒色素胞が存在する(Fig. 5F)。

孵化3時間後、全長1.90~1.98mm、卵黄長径

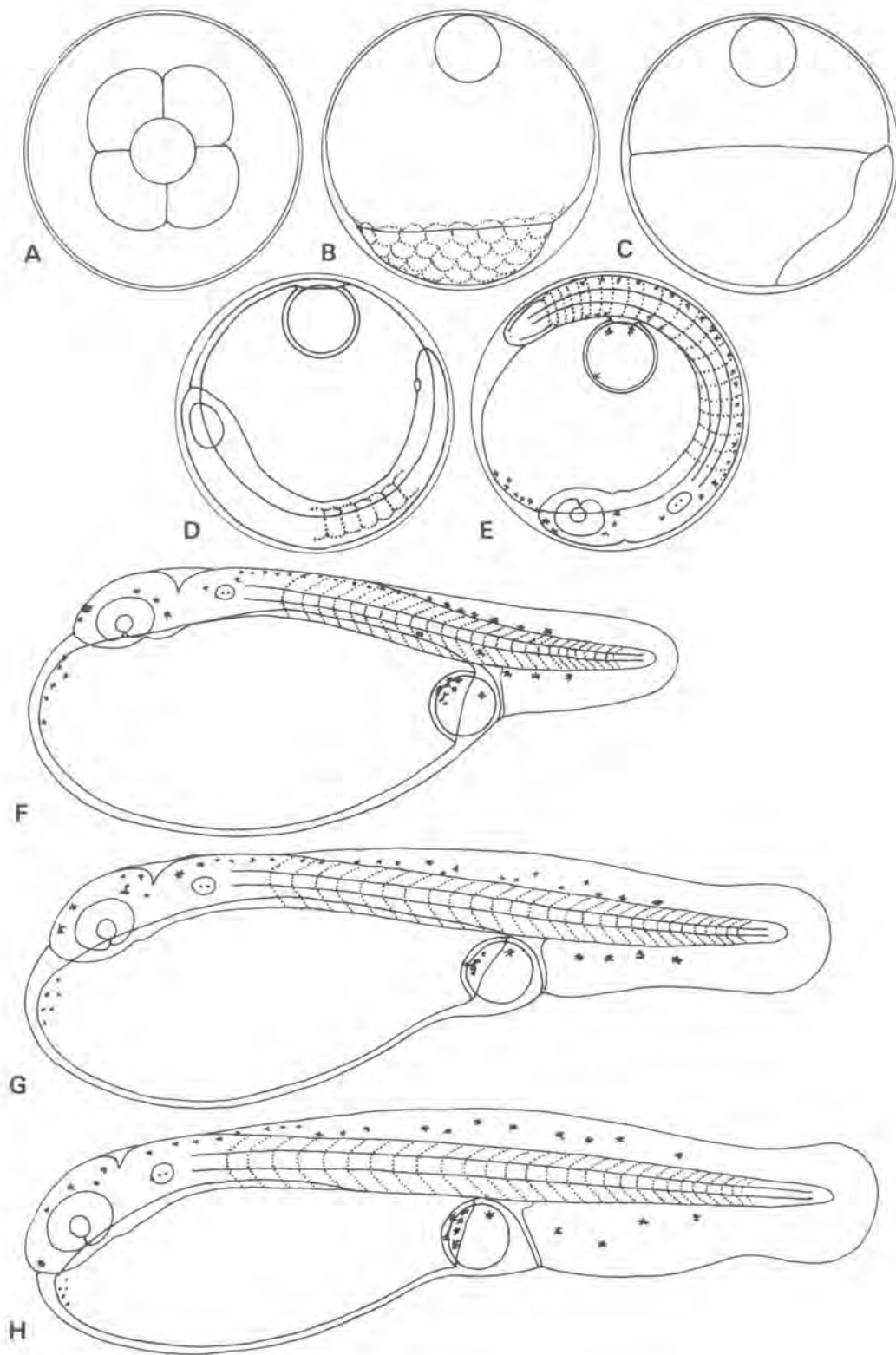


Fig. 5 Developing eggs and early larvae of *C. bicolor*. A : 4-cell stage, 45 min after fertilization. B : Morula stage, 1 h 40 min. C : Formation of the embryonal body, 6 hrs 40 min. D : 5-myotome stage, 9 hrs. E : Immediately before hatching, 14 hrs 40 min. F : Newly hatched larva, 1.58mm in total length. G : Early larva 3 hrs after hatching, 1.90mm. H : Early larva 6 hrs, 2.13mm.

0.85~0.95mm, 筋節数13+14=27, 体背面の大部分の黒色素胞は背膜鰭上に移動する (Fig. 5G).

孵化6時間後, 全長2.13~2.23mm, 卵黄長径0.85~0.95mm, 筋節数12+13=25, 卵黄先端は吻端より後方に位置する (Fig. 5H).

孵化12時間後, 全長2.28~2.35mm, 卵黄長径0.72~0.75mm, 筋節数13+14=27, 眼に点状の黒色素胞が出現する (Fig. 6A).

孵化1日後, 全長2.52~2.66mm, 卵黄長径0.72~0.75mm, 筋節数10+15=25, 卵黄上の黒色素胞が増

加する. また, 卵黄の吸収とともに消化管が発達する. 卵黄上方に胸鰭原基が出現する (Fig. 6B).

孵化2日後, 全長2.60~2.76mm, 卵黄長径0.12~0.16mm, 筋節数10+15=25, 膜鰭上に広がっていた叢状黒色素胞が, 背膜鰭中央部および肛門付近に移動し集中する. 体中央部付近にも多数の叢状黒色素胞が出現する. 眼の黒化も進み, 顎が発達し口および肛門が開く. 消化管がさらに発達する (Fig. 6C).

後期仔魚: 孵化3日後, 全長2.64~2.80mm, 卵黄は吸収される. 筋節数9+14=23, 膜鰭上及び体上

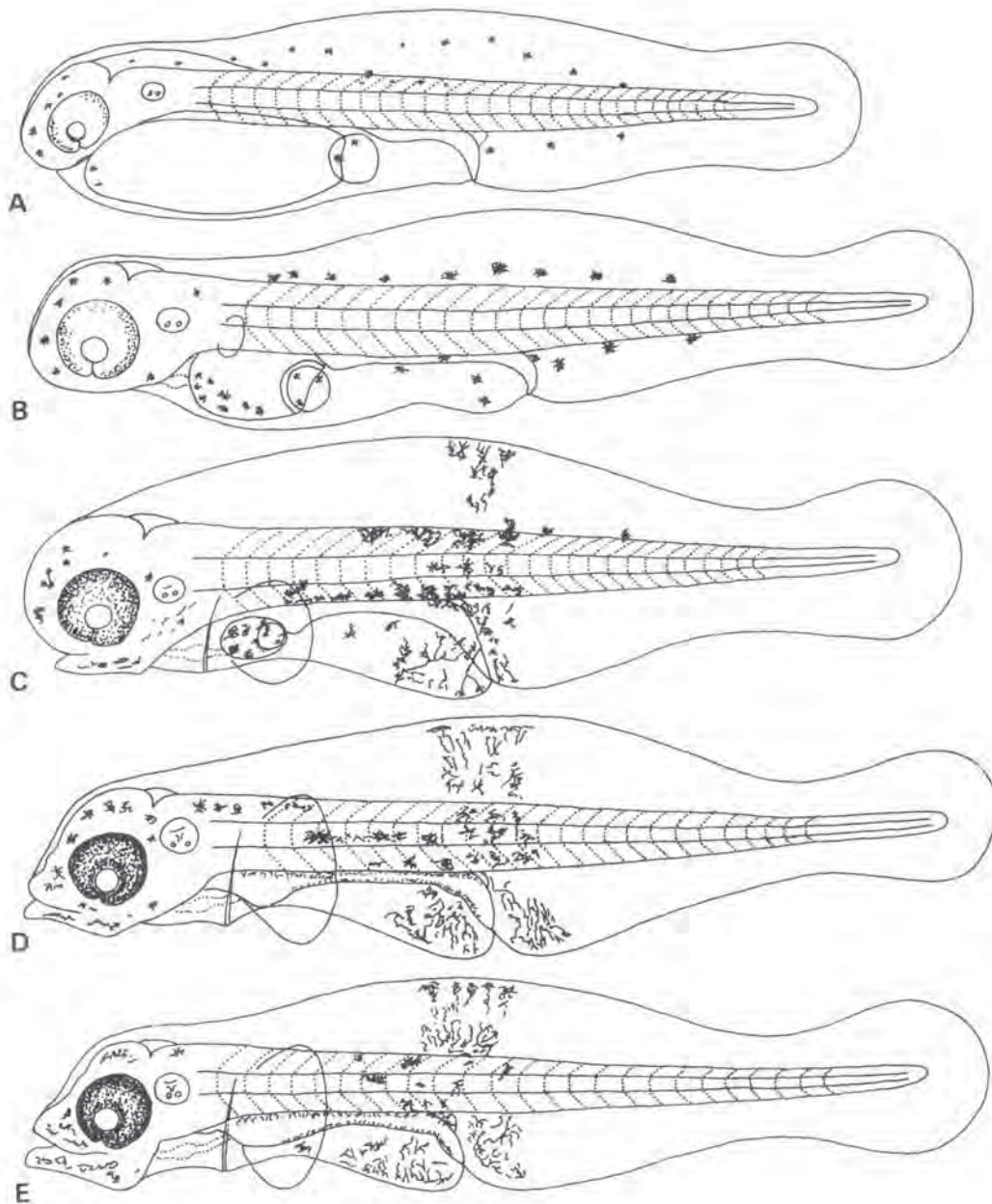


Fig. 6 Early and post-larvae of *C. bicolor*. A: Early larva 12 hrs after hatching, 2.28mm in total length. B: Early larva 1 day, 2.52mm. C: Early larva 2 days, 2.60mm. D: Post-larva 3 days, 2.64mm. E: Post-larva 5 days, 2.60mm.

の黒色素胞が発達し、体中央付近に集中する。頭部の黒色素胞が叢状を呈する。眼は黒化する (Fig. 6D)。

孵化5日後、全長2.52~2.60mm、筋節数8+16=24。仔魚の形態は孵化3日後と顕著な相違は認められない (Fig. 6E)。仔魚の飼育は孵化5日後までにとどまった。仔魚の飼育水温は26.3~26.7°Cであった。

3. コガネヤッコ

受精卵は無色透明の球形分離浮性卵で、卵径0.70~0.73mm、卵黄中に1個の油球 (径0.15mm) がある。卵膜腔は狭く卵膜および卵黄表面に特殊な構造はない。

受精45分後、2細胞期。55分後、4細胞期 (Fig. 7A)。1時間35分後、桑実期 (Fig. 7B)。3時間30分後、胞胚期。4時間50分後、囊胚期に達する。6時間40分後、被包は卵黄の2/3に及び胚体原基が出現する (Fig. 7C)。8時間20分後、油球は胚体の反対側に固定される。8時間40分後、胚体中央よりやや後方に筋節3個が出現する。9時間後、眼胞が形成される。筋節数5。9時間5分後、KUPFFER氏胞が形成される。9時間45分後、胚口が閉鎖される。筋節数6 (Fig. 7D)。10時間40分後、耳胞が形成される。11時間50分後、KUPFFER氏胞が消失する。13時間40分後、眼胞内にレンズが形成される。14時間15分後、尾部は卵黄より遊離する。筋節数22。

孵化直前、頭部から尾部にかけての胚体背面に約50個、油球上に約7~8個、卵黄上に3~4個の叢状黒色素胞が存在する。筋節数23 (Fig. 7E)。

飼育水温26.5~27.0°Cで受精15時間45分後に孵化が始まり、その30分後までに孵化が終了した。

前期仔魚：孵化直後の仔魚は、全長1.55~1.63mm、卵黄は大きく長卵形でその一部は頭部より前方に突出する。卵黄長径1.10~1.20mm。卵黄後端には、径0.15mmの油球1個がある。筋節数14+10=24。口及び肛門は開いていない。肛門は体前端より全長の2/3にあり、卵黄後縁に接する。頭部背面から尾部背面にかけての体上に35~40個、卵黄先端に2~3個、油球上に5~7個、尾部腹膜鰭上に3~4個の叢状黒色素胞が認められる (Fig. 7F)。

孵化3時間後、全長1.73~1.80mm、卵黄長径1.35~1.38mm、筋節数13+14=27。腹部の黒色素胞は背膜鰭上に移動する (Fig. 7G)。

孵化6時間後、全長2.00~2.10mm、卵黄長径1.13

~1.18mm、筋節数13+14=27。腹部及び尾部背面上の黒色素胞が背膜鰭上に移動し、ほぼ一列に並ぶ。尾部腹膜鰭上にも6~7個認められる (Fig. 7H)。

孵化12時間後、全長2.38~2.43mm、卵黄長径0.95~1.05mm、筋節数13+13=26。卵黄先端は吻端より後方に位置する。腹部背面上の黒色素胞大部分が膜鰭上に移動する。卵黄上にも5~6個の叢状黒色素胞が出現する (Fig. 8A)。

孵化1日後、全長2.58~2.63mm、卵黄長径0.53mm、筋節数12+14=26。眼に点状黒色素胞が出現し、胸鰭原基が出現する (Fig. 8B)。

孵化2日後、全長2.58~2.63mm、卵黄長径0.13~0.18mm、筋節数10+13=23。口及び肛門が開く。膜鰭上に拡がっていた叢状黒色素胞が体中央付近及び、背・腹膜鰭中央付近に集中して発達する。その他、頭部及び消化管上にも多数の叢状黒色素胞が認められ、眼の黒化も進む (Fig. 8C)。

後期仔魚：孵化3日後、全長2.55~2.63mm、卵黄は吸収される。筋節数10+12=22。眼は黒化する (Fig. 8D)。

孵化5日後、全長2.45~2.58mm、筋節数10+12=22。上下顎が発達する以外、仔魚の形態は孵化3日後と顕著な相違は認められない (Fig. 8E)。孵化10日後まで数尾を飼育したが、その形態は、孵化5日後と顕著な相違は認められない。仔魚の飼育水温は26.5~27.0°Cであった。

4. ヘラルドコガネヤッコ

受精卵は無色透明の球形分離浮性卵で、卵径0.73~0.75mm、卵黄中に1個の油球 (径0.17mm) がある。卵膜腔は狭く卵膜および卵黄表面に特殊な構造はない。

受精40分後、2細胞期。55分後、8細胞期 (Fig. 9A)。1時間45分後、桑実期 (Fig. 9B)。3時間40分後、胞胚期。5時間5分後、囊胚期に達する。6時間30分後、被包は卵黄の1/2に及び胚体原基が出現する (Fig. 9C)。7時間55分後、胚体中央部よりやや後方に筋節2個が形成される (Fig. 9D)。8時間35分後、眼胞及びKUPFFER氏胞が形成される。筋節数4。8時間45分後、油球は胚体の反対側に固定される。筋節数5。9時間20分後、胚口は閉鎖される。筋節数6。10時間35分後、耳胞原基が形成される。11時間35分後、KUPFFER氏胞が消失する。筋節数18。11

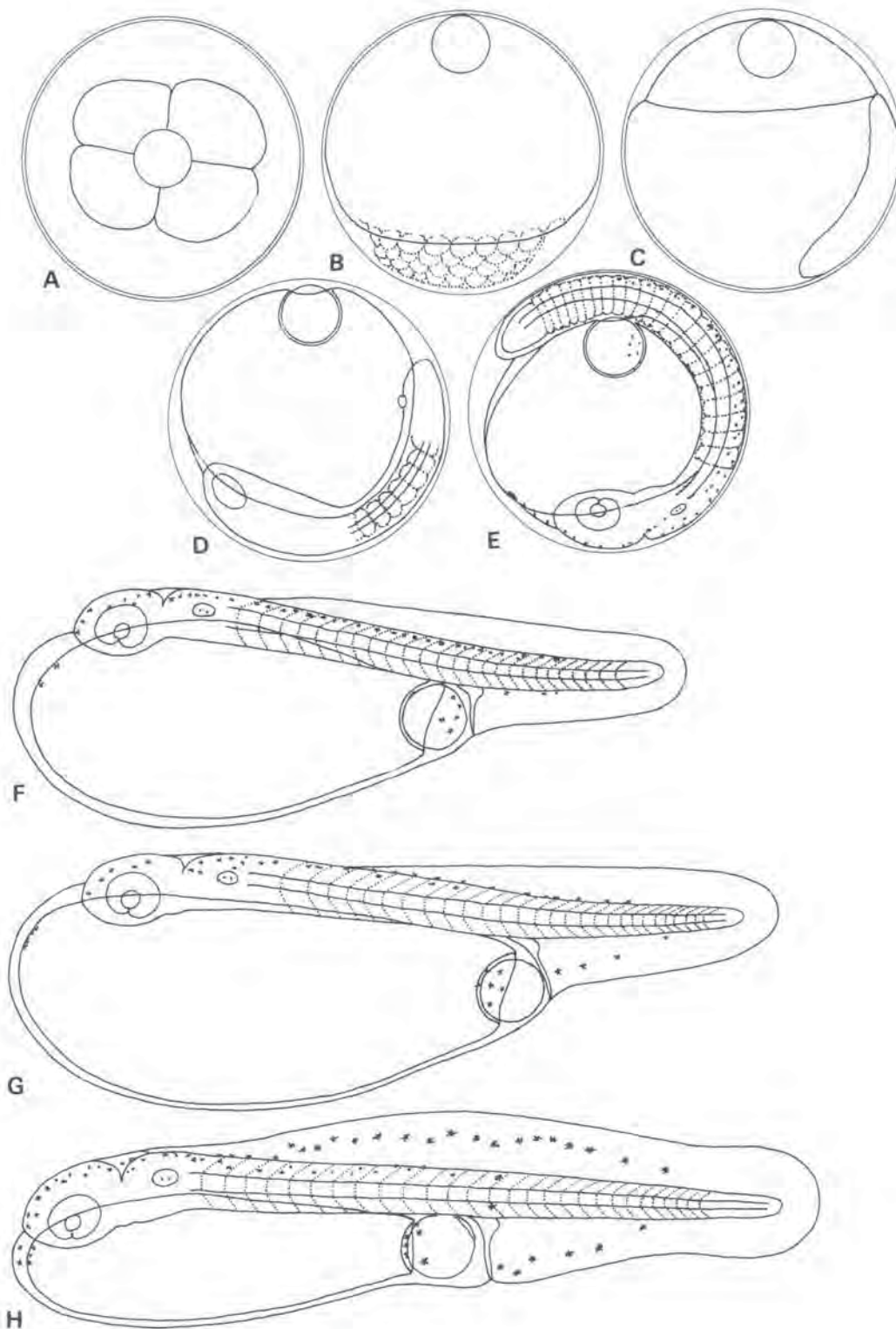


Fig. 7 Developing eggs and early larvae of *C. flavissimus*. A: 4-cell stage, 55 min after fertilization. B: Morula stage, 1 h 35 min. C: Formation of the embryonal body, 6 hrs 40 min. D: 6-myotome stage, 9 hrs 45 min. E: Immediately before hatching, 15 hrs 45 min. F: Newly hatched larva, 1.55mm in total length. G: Early larva 3 hrs after hatching, 1.73mm. H: Early larva 6 hrs, 2.00mm.

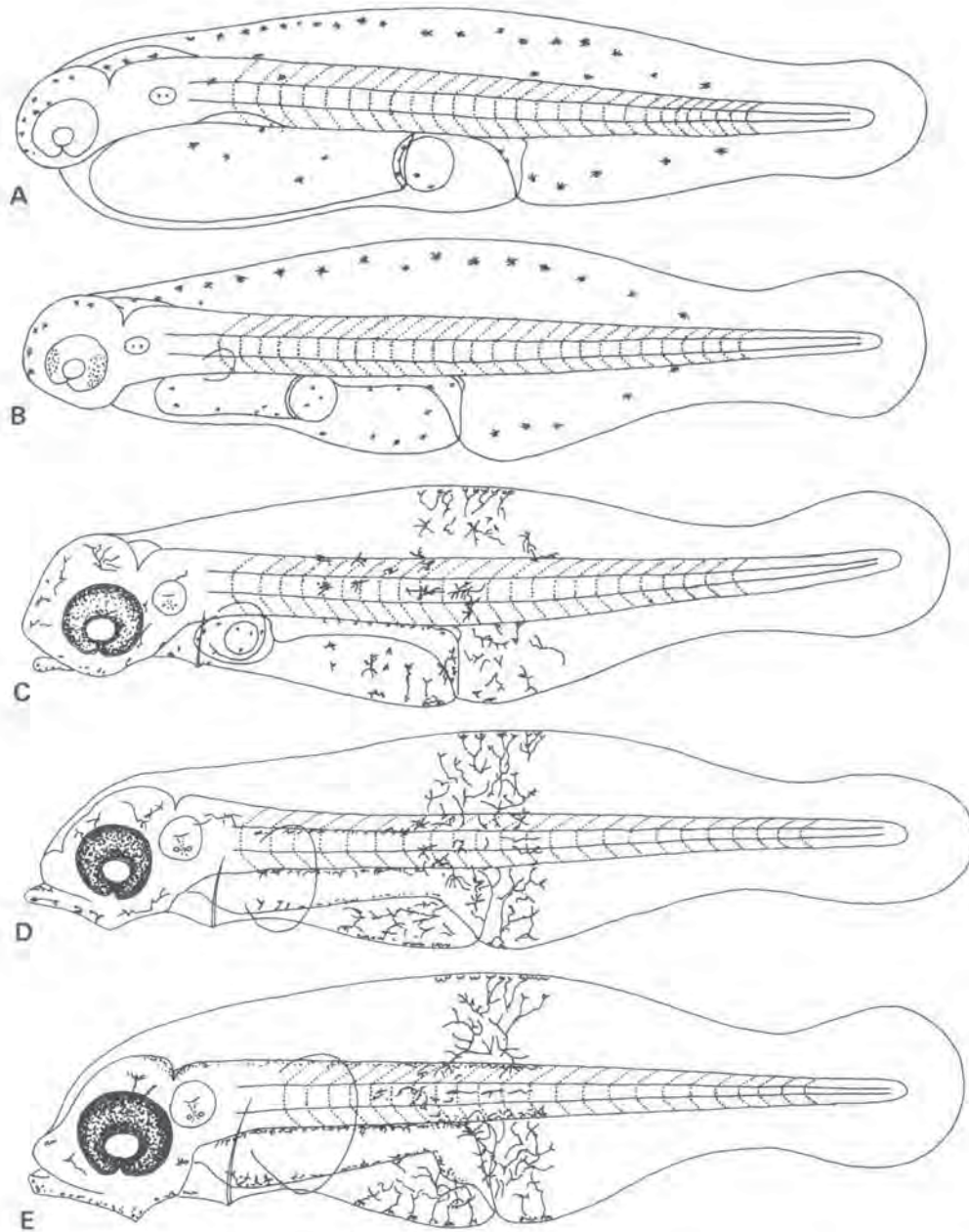


Fig. 8 Early and post-larvae of *C. flavissimus*. A: Early larva 12 hrs after hatching, 2.38mm in total length. B: Early larva 1 day, 2.58mm. C: Early larva 2 days, 2.58mm. D: Post-larva 3 days, 2.55mm. E: Post-larva 5 days, 2.58mm.

時間50分後、尾部は卵黄より遊離する。12時間後、耳胞が形成される。12時間10分後、眼胞内にレンズが形成される。12時間40分後、胚体が動き始める、筋節数19 (Fig. 9E)。

孵化直前、頭部から尾部にかけての胚体背面に約20個、油球上に約6個、卵黄上に5～6個の叢状黒色素胞が存在する。筋節数21。飼育水温26.4～27.1℃で受精13時間25分後に孵化が始まり、その20分後までに孵化が終了した。

前期仔魚：孵化直後の仔魚は、全長1.45～1.63

mm、卵黄は大きく長卵形でその一部は頭部より前方に突出する。卵黄を含む全長は1.55～1.74mm、卵黄長径1.06～1.20mm、卵黄後端には、径0.18mmの油球1個がある。筋節数14+9=23。口及び肛門は開いておらず、肛門は体前端より全長の約2/3に位置し、卵黄後縁に接する。卵黄先端上部に3～4個、卵黄後端に3～4個、油球上に6～8個、頭部背面から尾部背面にかけての体上に約20個、背膜鰭に7～8個、尾部腹面腹膜鰭上に2～3個の叢状黒色素胞が存在する (Fig. 9F)。

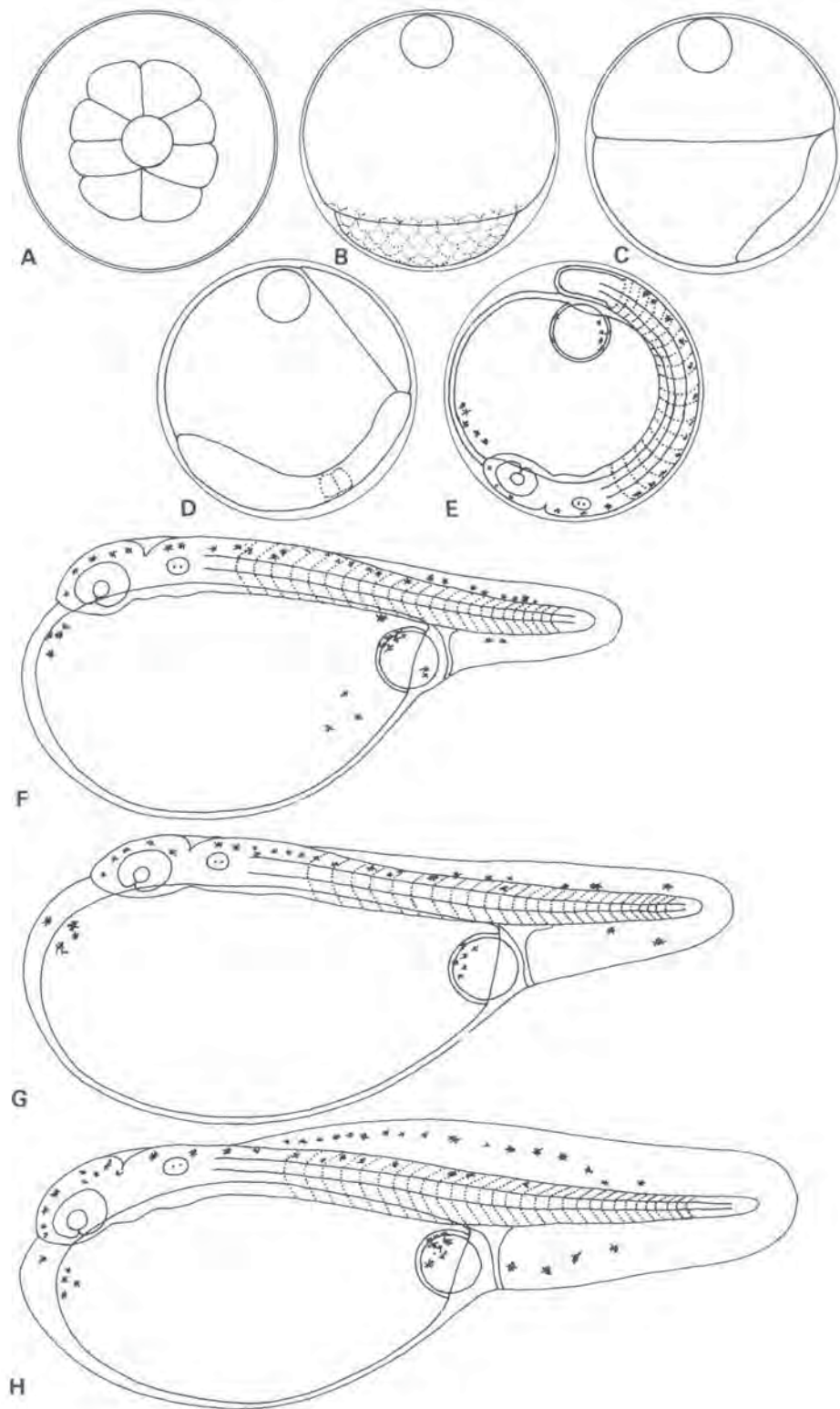


Fig. 9 Developing eggs and early larvae of *C. heraldi*. A : 8-cell stage, 55 min after fertilization. B : Morula stage, 1 h 45 min. C : Formation of the embryonal body, 6 hrs 30 min. D : 2-myotome stage, 7 hrs 55 min. E : 19-myotome stage, 12 hrs 40 min. F : Newly hatched larva, 1.45mm in total length. G : Early larva 3 hrs after hatching, 1.80mm. H : Early larva 6 hrs, 1.88mm.

孵化3時間後, 全長1.80~2.08mm, 卵黄長径1.08~1.45mm, 筋節数14+11=25 (Fig. 9G).

孵化6時間後, 全長1.88~2.15mm, 卵黄長径1.00~1.35mm, 筋節数14+15=29. 腹部及び尾部背面の黒色素胞は大部分が背膜鰭上に移動しほぼ一列に並ぶ. 頭部背面の黒色素胞が増加する. 腹膜鰭上の黒色素胞も数が増加し, 縁辺部に一列に並ぶ (Fig. 9H).

孵化12時間後, 全長1.70~2.33mm, 卵黄長径0.73~1.13mm, 筋節数13+12=25. 卵黄先端は吻端より後方に位置する. 眼に少数の点状黒色素胞が出現し,

膜鰭上の黒色素胞が増加する (Fig. 10A).

孵化1日後, 全長2.32~2.64mm, 卵黄長径0.28~0.56mm, 筋節数8+13=21. 頭部付近を除く体上の黒色素胞はほとんどなくなり, 膜鰭上の叢状黒色素胞がやや大型化する. また, 卵黄の吸収とともに, 消化管が発達する. 卵黄上方に胸鰭原基が出現する (Fig. 10B).

孵化2日後, 全長2.42~2.61mm, 卵黄長径0.10~0.14mm, 筋節数10+13=23. 膜鰭上に広がっていた叢状黒色素胞が, 背膜鰭中央部および肛門付近に移

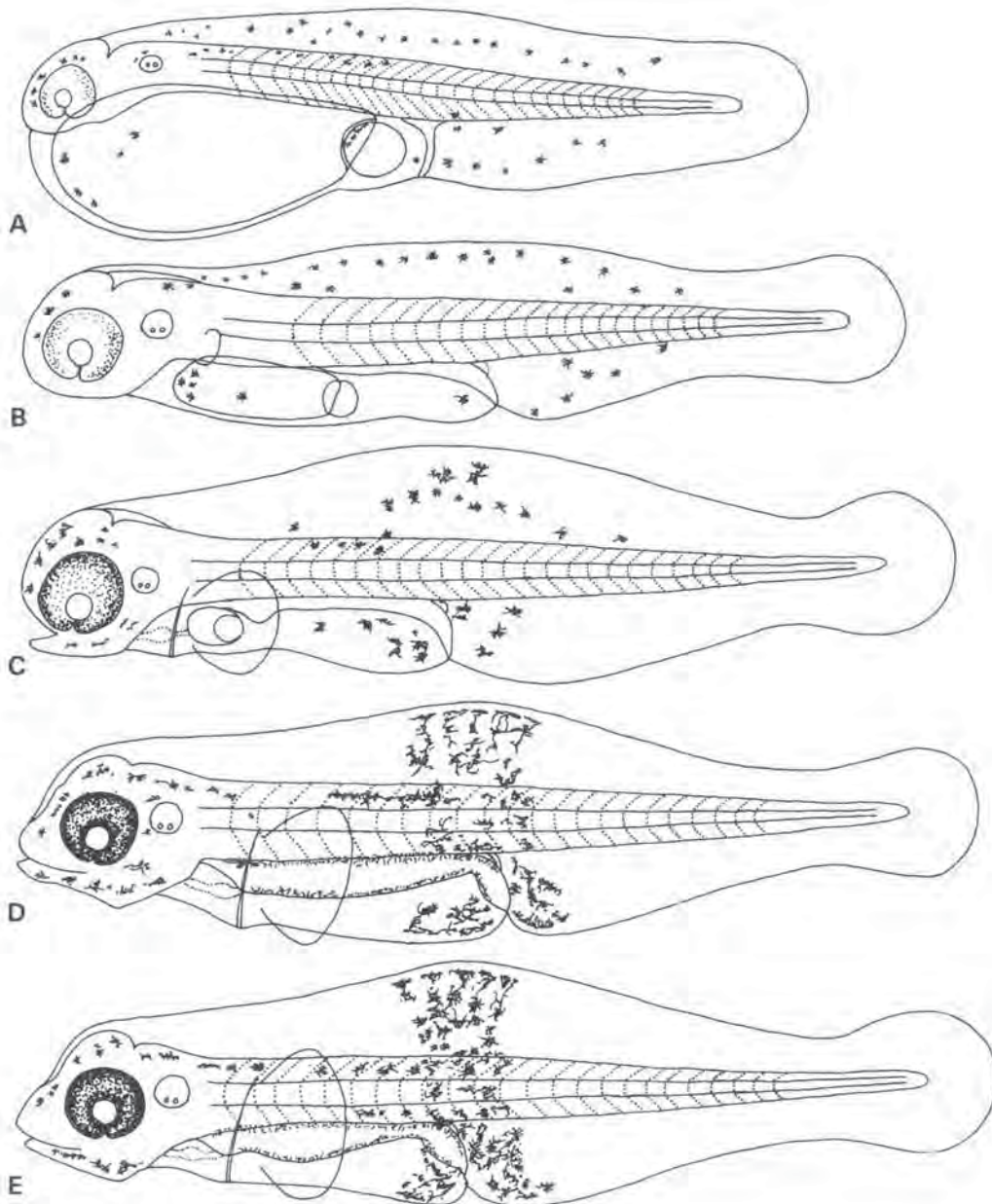


Fig. 10 Early and post-larvae of *C. heraldi*. A: Early larva 12 hrs after hatching, 1.70mm in total length. B: Early larva 1 day, 2.32mm. C: Early larva 2 days, 2.42mm. D: Post-larva 3 days, 2.36mm. E: Post-larva 5 days, 2.35mm.

動し集中する。眼の黒化も進む。顎が発達し口および肛門が開き、消化管がさらに発達する (Fig. 10C)。

後期仔魚：孵化3日後、全長2.36～2.74mm。卵黄は吸収される。筋節数 $9+12=21$ 。膜鰭上及び体上の黒色素胞が発達し、体中央付近に集中する。眼は黒化する (Fig. 10D)。

孵化5日後、全長2.35～2.53mm。筋節数 $8+15=23$ 。仔魚の形態は孵化3日後と顕著な相違は認められない (Fig. 10E)。仔魚の飼育は孵化5日後までにとどまった。仔魚の飼育水温は26.4～27.1℃であった。

5. オハグロヤッコ

受精卵は無色透明の球形分離浮性卵で、卵径0.70～0.73mm。卵黄中に1個の油球 (径0.15mm) がある。卵膜腔は狭く卵膜および卵黄表面に特殊な構造はない。

受精35分後、2細胞期。55分後、4細胞期 (Fig. 11A)。2時間45分後、桑実期 (Fig. 11B)。3時間41分後、胞胚期。4時間42分後、囊胚期に達する。6時間25分後、被包は卵黄の1/2に及び胚体原基が出現する (Fig. 11C)。8時間33分後、眼胞が形成される。8時間50分後、KUPFFER氏胞が出現し、油球は胚体の反対側に固定される。筋節数5 (Fig. 11D)。9時間15分後、胚口は閉鎖される。10時間5分後、胚体頭部に顆粒状黒色素胞が出現する。筋節数9。10時間37分後、耳胞原基が形成される。11時間30分後、卵黄上および油球上に顆粒状黒色素胞が出現する。11時間50分後、KUPFFER氏胞が消失する。筋節数15。12時間11分後、耳胞が形成される。12時間30分後、油球上に叢状黒色素胞が出現する。13時間30分後、眼胞内にレンズが形成される。筋節数19。

孵化直前、頭部から尾部にかけての胚体背面に約35個、卵黄上に4～5個の叢状黒色素胞があり、油球上にも5～6個の叢状黒色素胞がある。筋節数22 (Fig. 11E)。飼育水温27.1～28.2℃で受精14時間45分後に孵化が始まり、その25～40分後までに孵化が終了した。

前期仔魚：孵化直後の仔魚は、全長1.58～1.60mm。卵黄は大きく長卵形でその一部は頭部より前方に突出する。卵黄長径1.20～1.25mm。卵黄後端には、径0.15～0.18mmの油球1個がある。筋節数 $11+13+14+16=25\sim29$ 。口及び肛門は開いておらず、肛門は体前端より全長の約2/3に位置し、卵黄後縁に

接する。卵黄先端上部に3～5個、油球上に7～11個、頭部背面から尾部背面にかけての体上に約50個、尾部腹面に4～5個の叢状黒色素胞が認められる (Fig. 11F)。

孵化3時間後、全長1.78～1.83mm。卵黄長径1.13～1.20mm。筋節数 $11+12+15+16=26\sim28$ 。背膜鰭上に8～12個の叢状黒色素胞が出現する (Fig. 11G)。

孵化6時間後、全長2.00～2.13mm。卵黄長径1.03～1.25mm。筋節数 $12+13+14+16=26\sim29$ 。腹部及び尾部背面上の黒色素胞が背膜鰭上に移動し、ほぼ一列に並ぶ。頭部から尾部にかけての体背面にも黒色素胞が点在する (Fig. 11H)。

孵化12時間後、全長2.03～2.33mm。卵黄長径0.71～0.83mm。筋節数 $12+13+13+14=25\sim27$ 。卵黄先端は吻端より後方に位置する。卵黄に3～5個の顆粒状黒色素胞が出現する (Fig. 12A)。

孵化1日後、全長2.48～2.68mm。卵黄長径0.38～0.50mm。筋節数 $11+12+13+14=24\sim26$ 。腹部及び尾部背面上の黒色素胞は全て膜鰭上に移動する。消化管が発達する (Fig. 12B)。

孵化2日後、全長2.55～2.68mm。筋節数 $9+10+12+13=21\sim23$ 。膜鰭上に広がっていた叢状黒色素胞が、背膜鰭中央部および肛門付近に移動し集中する。体中央部付近にも多数の叢状黒色素胞が出現し、眼の黒化も進む。顎が発達し口および肛門が開く。消化管がさらに発達する (Fig. 12C)。

後期仔魚：孵化3日後、全長2.64～2.72mm。卵黄は吸収される。筋節数 $8+9+12+13=20\sim22$ 。膜鰭上及び体上の黒色素胞が発達し、体中央付近に集中する。眼は黒化する (Fig. 12D)。

孵化5日後、全長2.60～2.68mm。筋節数 $7+8+11+13=18\sim21$ 。仔魚の形態は孵化3日後と顕著な相違は認められない (Fig. 12E)。仔魚の飼育は孵化6日後までにとどまった。仔魚の飼育水温は27.1～28.2℃であった。

6. アブラヤッコ

受精卵は無色透明の球形分離浮性卵で、卵径0.71～0.75mm。卵黄中に1個の油球 (径0.15～0.16mm) がある。卵膜腔は狭く卵膜および卵黄表面に特殊な構造はない。

受精37分後、2細胞期 (Fig. 13A)。45分後、4細胞期。2時間30分後、桑実期 (Fig. 13B)。3時間30

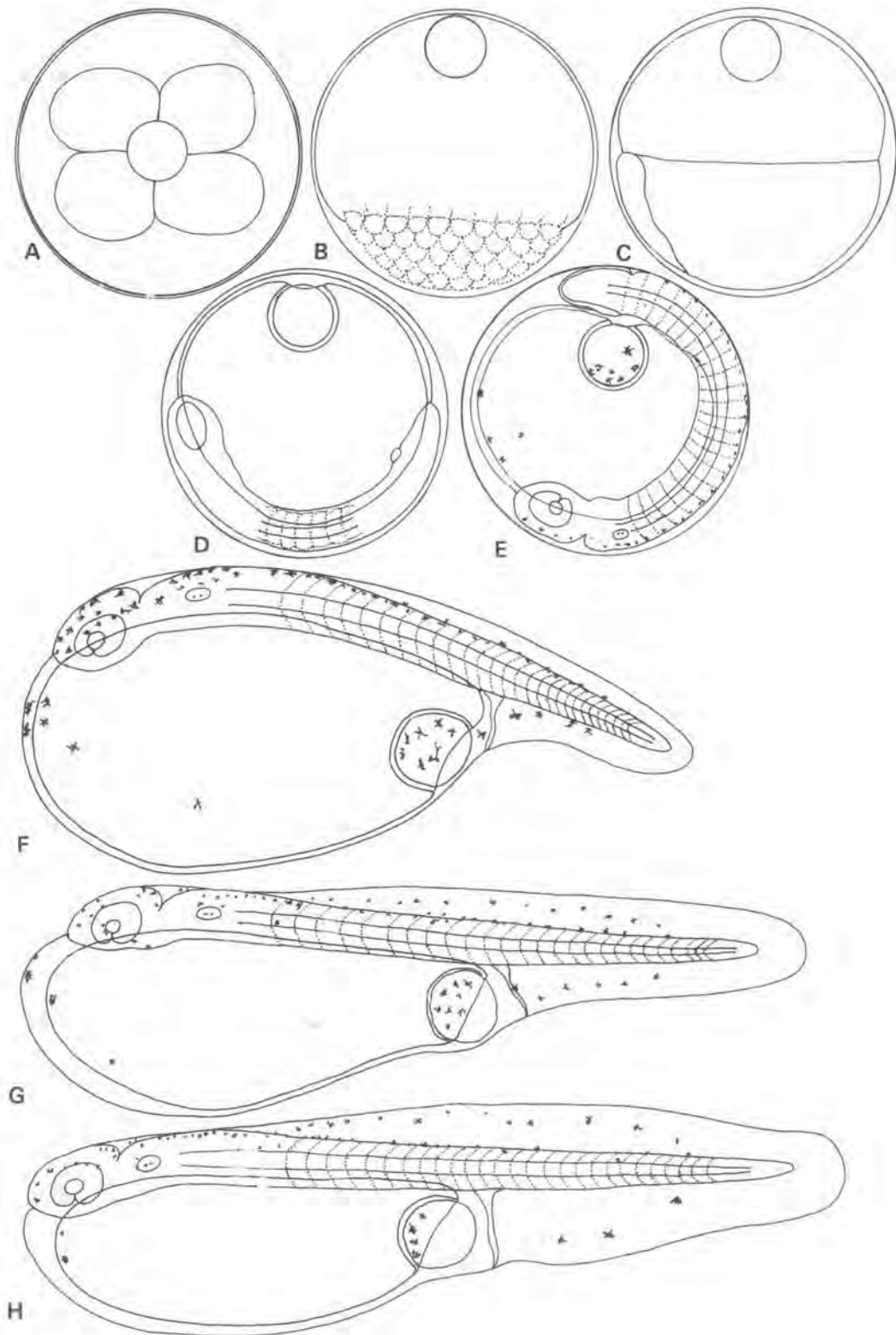


Fig. 11 Developing eggs and early larvae of *C. nox*. A : 4-cell stage, 55 min after fertilization. B : Morula stage, 2 hrs 45 min. C : Formation of the embryonic body, 6 hrs 25 min. D : 5-myotome stage, 8 hrs 50 min. E : Immediately before hatching, 14 hrs 45 min. F : Newly hatched larva, 1.58mm in total length. G : Early larva 3 hrs after hatching, 1.78mm. H : Early larva 6 hrs, 2.00mm.

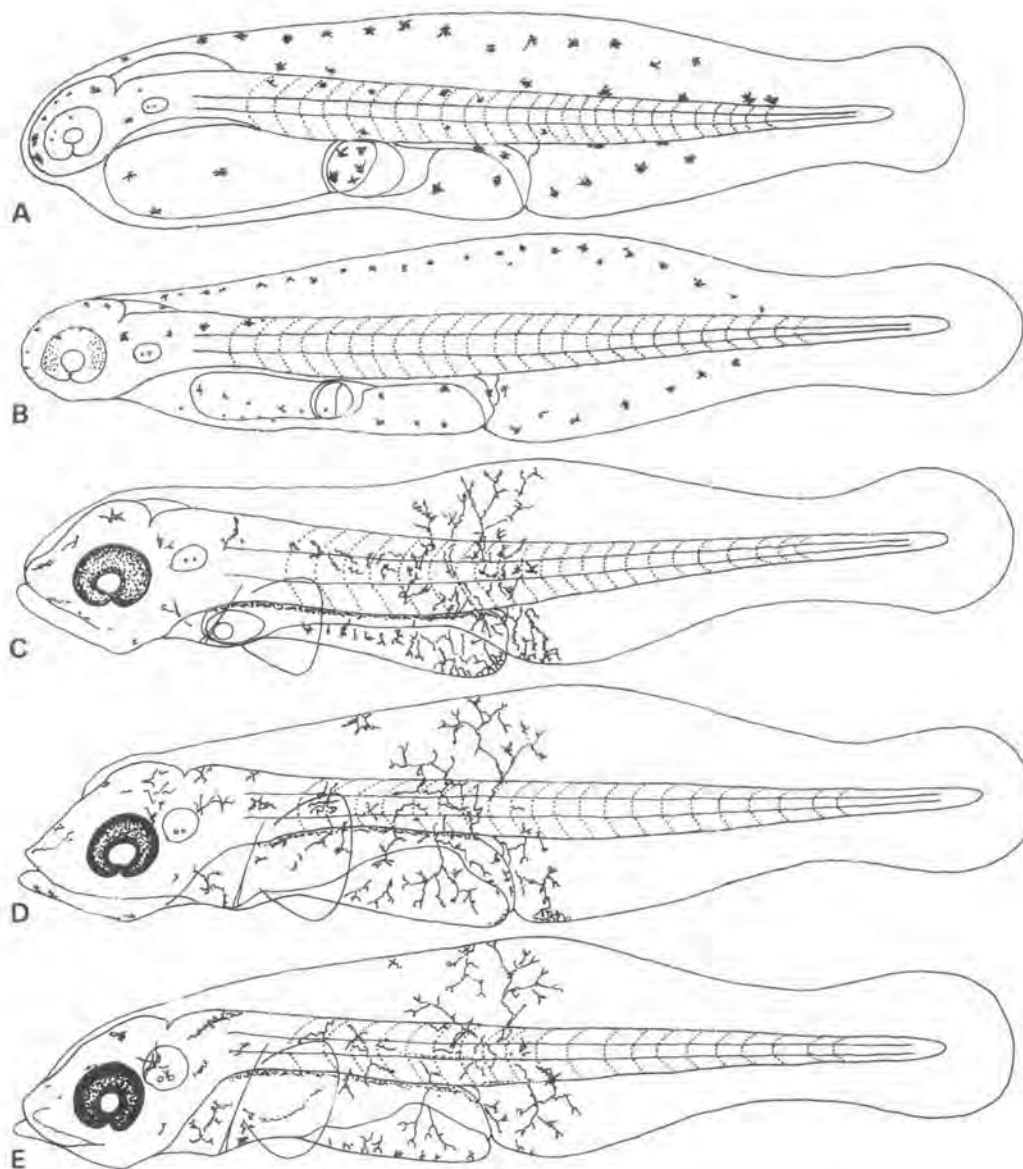


Fig. 12 Early and post-larvae of *C. nox*: A: Early larva 12 hrs after hatching, 2.03mm in total length. B: Early larva 1 day, 2.48mm. C: Early larva 2 days, 2.55mm. D: Post-larva 3 days, 2.64mm. E: Post-larva 5 days, 2.60mm.

分後、胞胚期。5時間10分後、囊胚期に達する。6時間5分後、被包は卵黄の5/6に及び、胚体原基が形成される (Fig. 13C)。7時間42分後、KUPFFER氏胞が出現する。筋節数4。8時間5分後、眼胞が形成され、油球は胚体の反対側に固定される。8時間29分後、胚口が閉鎖される。筋節数6 (Fig. 13D)。10時間25分後、耳胞原基が形成される。筋節数13。11時間5分後、心臓が形成される。11時間23分後、油球上及び卵黄先端に顆粒状黒色素胞が出現する。KUPFFER氏胞は消失する。筋節数17。11時間45分後、頭部及び胚体背部にも顆粒状黒色素胞が出現する。11時間56分後、尾部が卵黄より遊離する。12時間5

分後、耳胞が形成される。筋節数19。12時間16分後、眼胞内にレンズが形成される。

孵化直前、頭部から尾部にかけての胚体背面、卵黄上、油球上に叢状黒色素胞が点在する。筋節数22~23 (Fig. 13E)。飼育水温27.1~28.0°Cで受精14時間7分後に最初の孵化が始まり、その20~40分後までに孵化が終了した。

前期仔魚：孵化直後の仔魚は、全長1.65~1.70 mm。卵黄は大きく長卵形でその一部は頭部より前方に突出する。卵黄長径1.13~1.23mm、卵黄後端には、径0.15mmの油球1個がある。筋節数14+11=25。口及び肛門は開いていない。肛門は体前端より

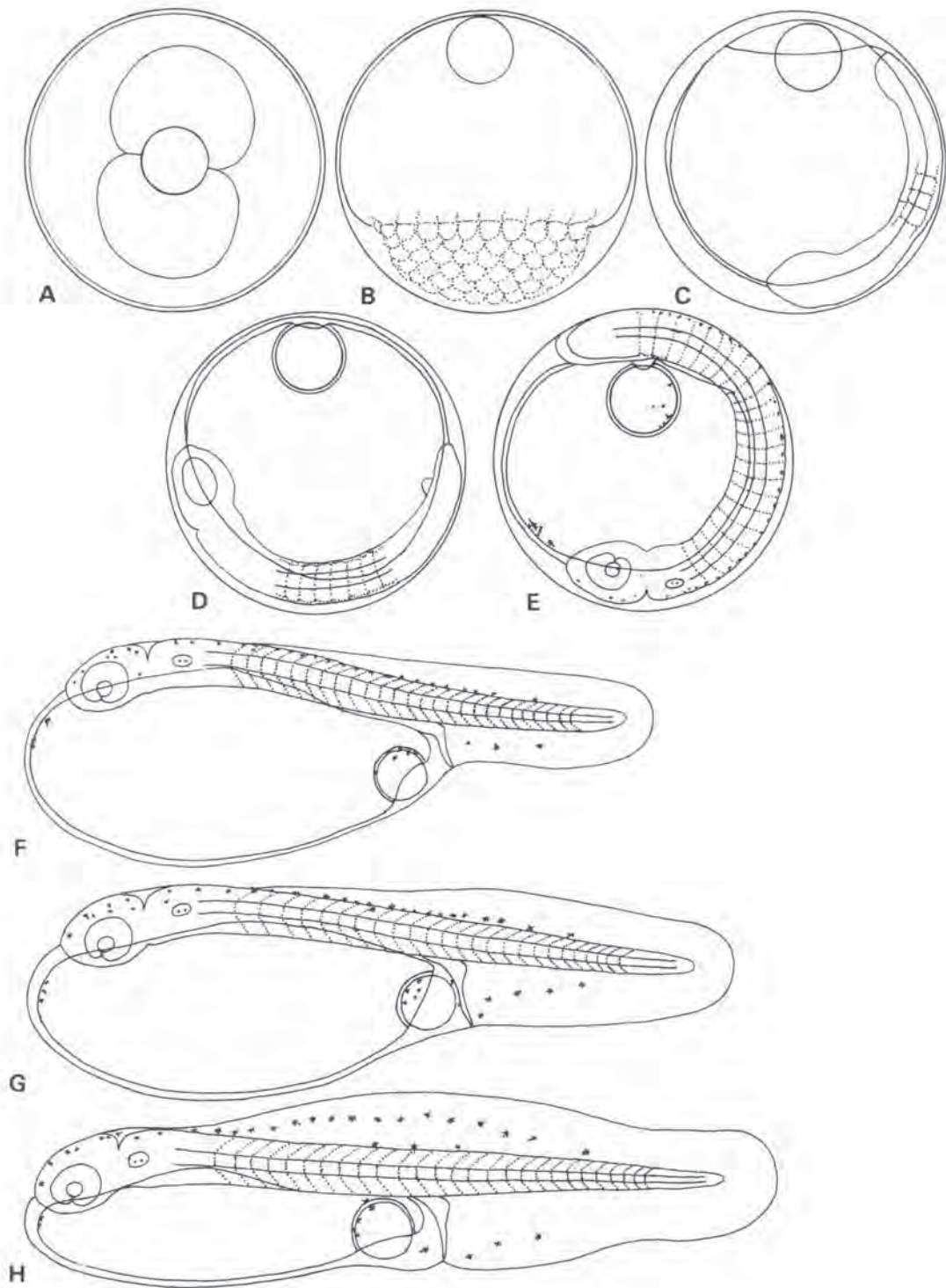


Fig. 13 Developing eggs and early larvae of *C. tibicen*. A: 2-cell stage, 37 min after fertilization. B: Morula stage, 2 hrs 30 min. C: Formation of the embryonal body, 6 hrs 5 min. D: 6-myotome stage, 8 hrs 29 min. E: Immediately before hatching, 14 hrs 7 min. F: Newly hatched larva, 1.65mm in total length. G: Early larva 3 hrs after hatching, 1.83mm. H: Early larva 6 hrs. 2.05mm.

全長の2/3にある。頭部背面から尾部背面にかけての体上に約30個、卵黄先端に2～3個、油球上に約6個、尾部腹面膜鰭上に3個の叢状黒色素胞が認められる (Fig. 13F)。

孵化3時間後、全長1.83～2.03mm、卵黄長径1.18～1.35mm、筋節数12+12=24、腹部及び尾部背面の黒色素胞は背膜鰭上に移動する (Fig. 13G)。

孵化6時間後、全長2.05～2.15mm、卵黄長径1.15～1.23mm、筋節数12+14=26、黒色素胞は膜鰭中央付近にほぼ一列に並ぶ、腹部背膜鰭の体直上にも2～3個の黒色素胞が認められる (Fig. 13H)。

孵化12時間後、全長2.30～2.45mm、卵黄長径0.88～0.98mm、筋節数12+15=27、卵黄先端は吻端より後方に位置する (Fig. 14A)。

孵化1日後、全長2.30～2.35mm、卵黄長径0.23～0.35mm、筋節数10+13=23、眼に点状黒色素胞が出現する。胸鰭原基が出現する (Fig. 14B)。

孵化2日後、全長2.56～2.68mm、卵黄はほとんど吸収される。筋節数10+14=24。口及び肛門が開く。膜鰭上に拡がっていた叢状黒色素胞が体中央付近、背・腹膜鰭中央付近に集中して発達する。その他、頭部及び消化管上にも多数の叢状黒色素胞が認められ、眼は黒化する (Fig. 14C)。

後期仔魚：孵化3日後、全長2.48～2.68mm、卵黄は吸収される、筋節数10+14=24、消化管が発達する以外、仔魚の形態は孵化2日後と顕著な相違は認められない (Fig. 14D)。仔魚の飼育は孵化3日後までにとどまった。仔魚の飼育水温は26.0～28.5℃であった。

7. *C. multispinis*

受精卵は無色透明の球形分離浮性卵で、卵径0.70～0.73mm、卵黄中に1個の油球 (径0.15mm) がある。卵膜腔は狭く卵膜および卵黄表面に特殊な構造

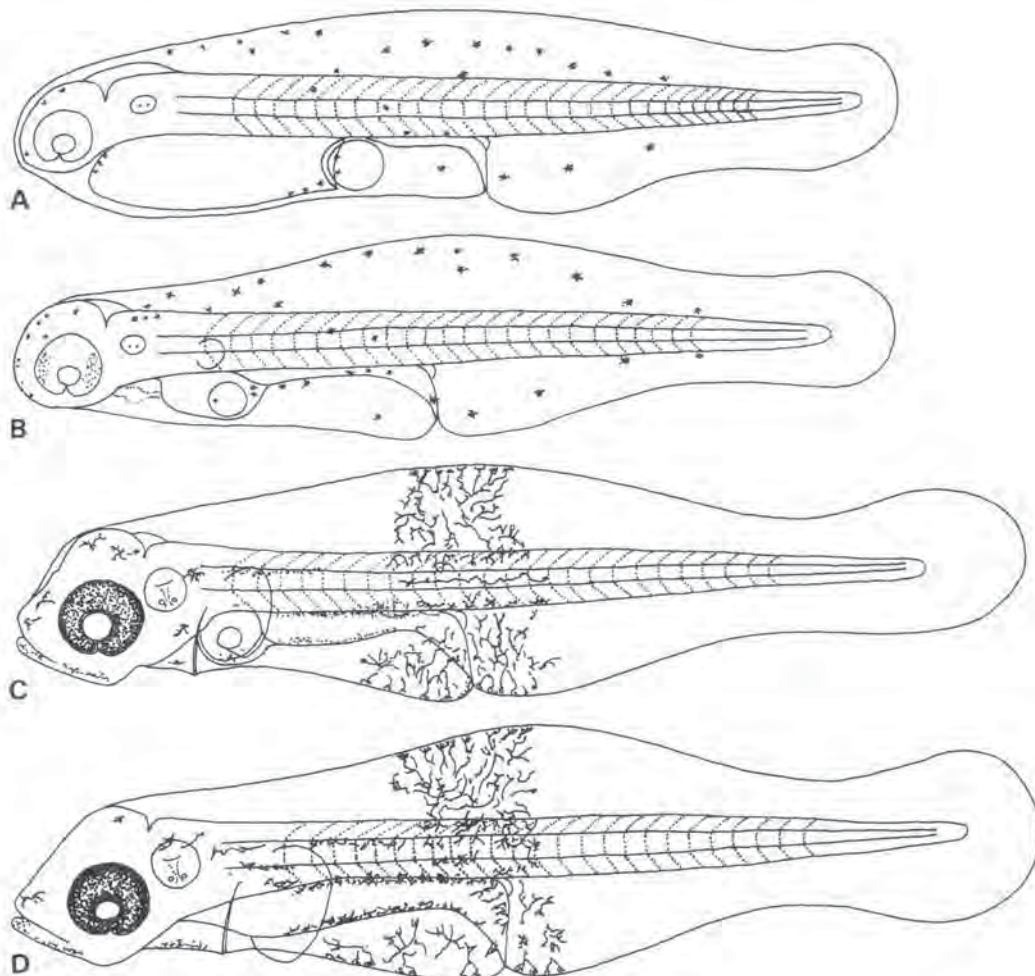


Fig. 14 Early and post-larvae of *C. tibicen*. A: Early larva 12 hrs after hatching, 2.30mm in total length. B: Early larva 1 day, 2.30mm. C: Early larva 2 days, 2.56mm. D: Post-larva 3 days, 2.68mm.

はない。

飼育水温27.1°Cで受精15時間後に孵化が始まり、その40分後までに孵化が終了した。

前期仔魚：孵化直後の仔魚は、全長1.43~1.50mm。卵黄は大きく長卵形でその一部は頭部より前方に突出する。卵黄長径1.00~1.05mm、卵黄後端には、径0.15mmの油球1個がある。筋節数12+13~14=25~26。口及び肛門は開いておらず、肛門は体前端より全長の約2/3に位置し、卵黄後縁に接する。卵黄先端上部に2~3個、油球上に5~7個、頭部背面から尾部背面にかけての体上に30~33個、尾部腹面に4~5個の叢状黒色素胞が点在している (Fig. 15A)。

孵化3時間後、全長1.83~1.90mm、卵黄長径1.23~1.30mm、筋節数12~13+14~16=26~29。体背面の大部分の黒色素胞は背膜鰭上に移動する。腹膜鰭上に5個の叢状黒色素胞が出現する (Fig. 15B)。

孵化6時間後、全長2.08~2.18mm、卵黄長径1.10~1.20mm、筋節数12~13+14~16=26~29。背膜鰭中央部に叢状黒色素胞が7個出現する (Fig. 15C)。

孵化12時間後、全長2.35~2.48mm、卵黄長径0.83~1.00mm、筋節数11~13+13~14=24~27。卵黄先端は、吻端より後方に位置する。背膜鰭中央部の黒色素胞は数が増え拡張する (Fig. 16A)。

孵化1日後、全長2.72~2.88mm、卵黄長径0.23~0.28mm、筋節数9~10+12~14=21~24。卵黄の吸収とともに消化管が発達する。眼に点状の黒色素胞が出現する (Fig. 16B)。

孵化2日後、全長2.76~2.84mm、筋節数9~10+12~14=21~24。膜鰭上に広がっていた叢状黒色素胞が、背膜鰭中央部および肛門付近に移動し集中する。体中央部付近にも多数の叢状黒色素胞が出現し、眼の黒化も進む。顎が発達し口および肛門が開く。消化管がさらに発達する (Fig. 16C)。

後期仔魚：孵化3日後、全長2.64~2.72mm、卵黄は吸収される。筋節数8+11~12=19~20。膜鰭上及び体上の黒色素胞が発達し、体さらに中央付近に集中する。頭部の黒色素胞が叢状を呈し、眼は黒化する (Fig. 16D)。

孵化5日後、全長2.68~2.80mm、筋節数7~8+

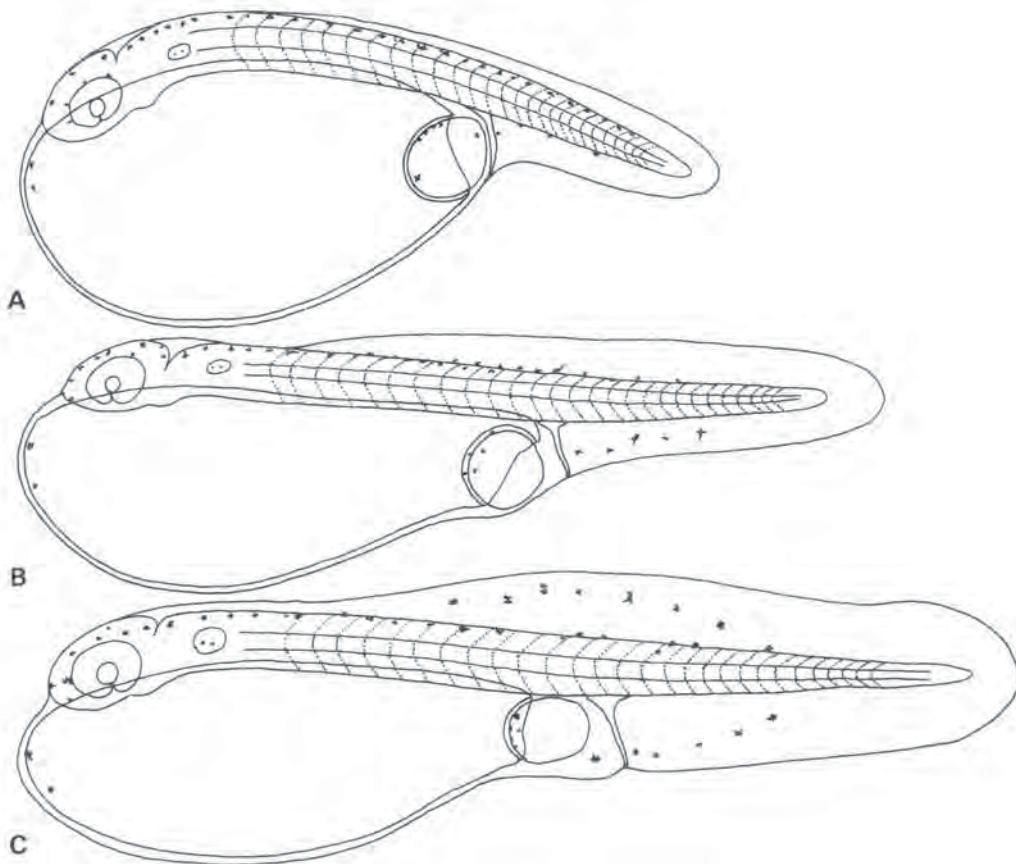


Fig. 15 Early larvae of *C. multispinis*. A: Newly hatched larva, 1.43mm in total length. B: Early larva 3 hrs after hatching, 1.83mm. C: Early larva 6 hrs, 2.08mm.

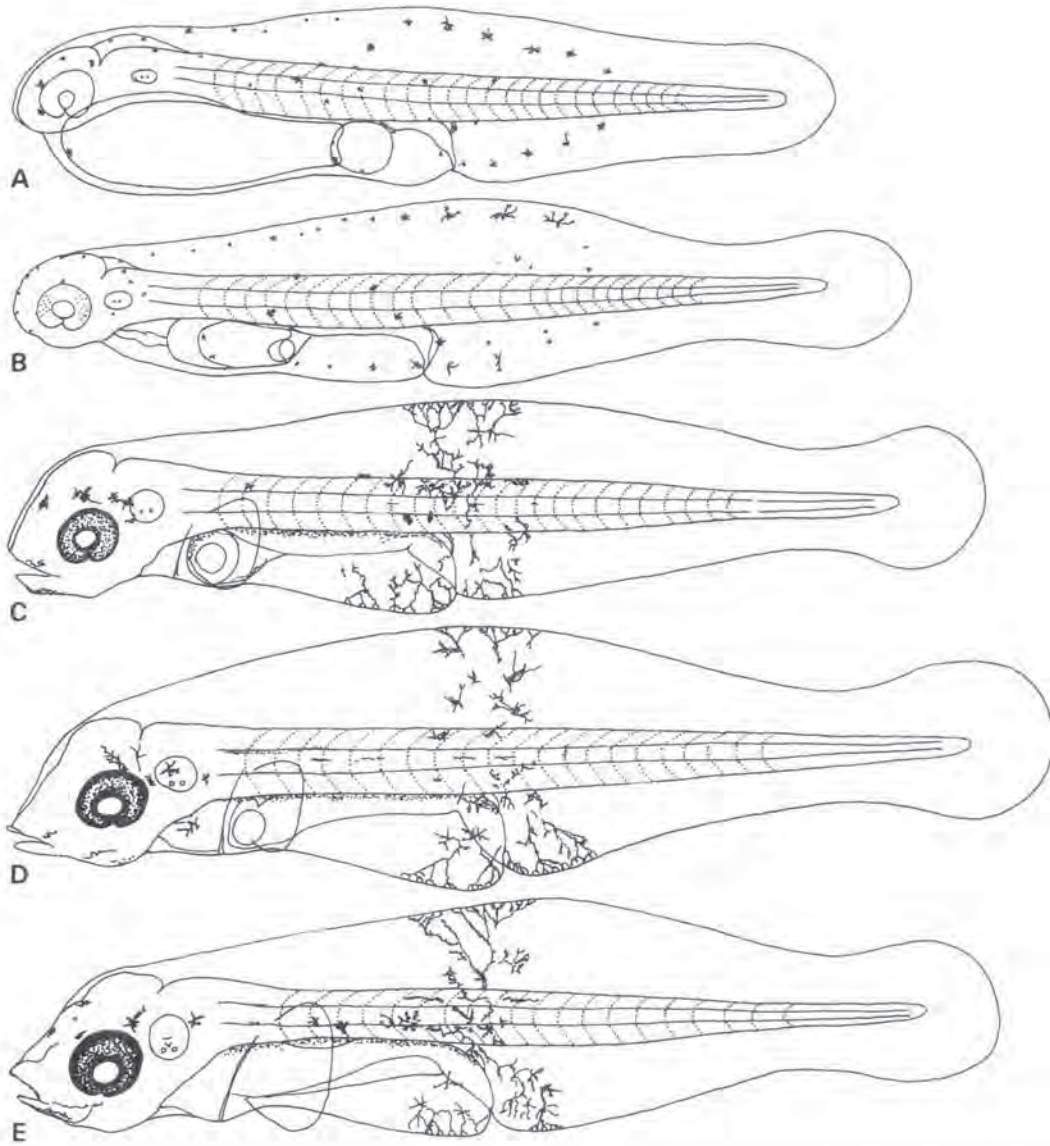


Fig. 16 Early and post-larvae of *C. multispinis*. A: Early larva 12 hrs after hatching, 2.35mm. B: Early larva 1 day, 2.72mm. C: Early larva 2 days, 2.76mm. D: Post-larva 3 days, 2.64mm. E: Post-larva 5 days, 2.68mm.

11~12=18~20. 仔魚の形態は孵化3日後と顕著な相違は認められない (Fig. 16E). 仔魚の飼育は孵化8日後までにとどまった. 仔魚の飼育水温は26.2~27.4°Cであった.

8. *C. acanthops*

受精卵は無色透明の球形分離浮性卵で, 卵径0.58~0.61mm, 卵黄中に1個の油球(径0.14~0.15mm)がある. 卵膜腔は狭く卵膜および卵黄表面に特殊な構造はない.

受精38分後, 2細胞期 (Fig. 17A). 49分後, 4細胞期. 2時間25分後, 桑実期 (Fig. 17B). 3時間50分

後, 胞胚期. 5時間8分後, 囊胚期に達する. 6時間24分後, 被包は卵黄の1/2に及び胚体原基が出現する (Fig. 17C). 8時間57分後, KUPFFER氏胞が出現し, 油球は胚体の反対側に固定される. 9時間18分後, 眼胞が形成され, 胚口が閉鎖される. 筋節数5 (Fig. 17D). 10時間25分後, 卵黄上に顆粒状黒色素胞9個が出現する. 11時間27分後, 耳胞原基が形成される. 筋節数11. 12時間10分後, 油球上に顆粒状黒色素胞が出現する. 13時間6分後, KUPFFER氏胞が消失する. 筋節数17. 12時間50分後, 眼胞内にレンズが形成される. 13時間10分後, 尾部は卵黄より遊離する. 筋節数20.

孵化直前, 頭部から尾部にかけての胚体背面に多数の顆粒状黒色素胞が密に並び, 油球上に約8個,

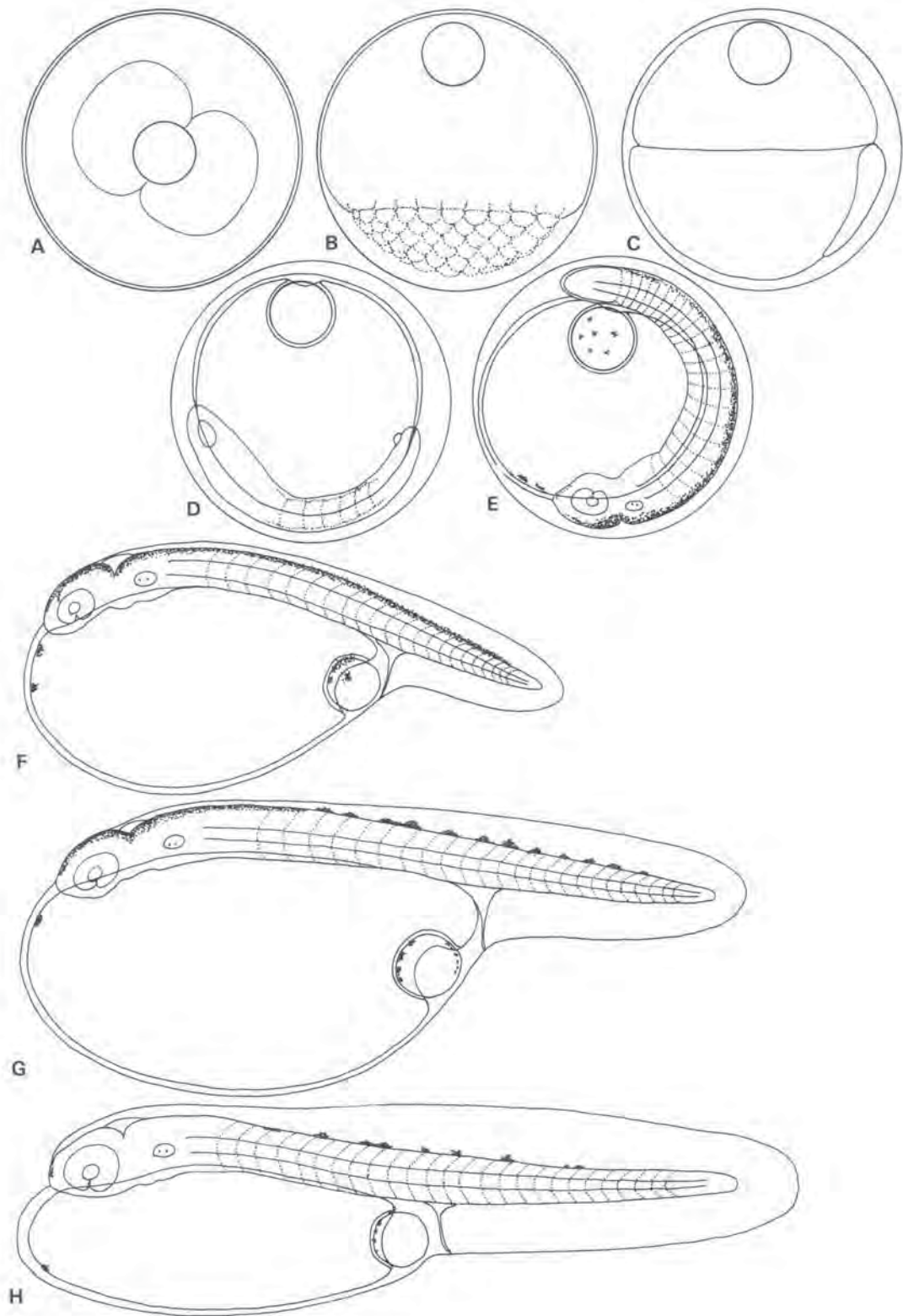


Fig. 17 Developing eggs and early larvae of *C. acanthops*. A: 2-cell stage, 38 min after fertilization. B: Morula stage, 2 hrs 25 min. C: Formation of the embryonal body, 6 hrs 24 min. D: 5-myotome stage, 9 hrs 18 min. E: Immediately before hatching, 14 hrs 30 min. F: Newly hatched larva, 1.05mm in total length. G: Early larva 3 hrs after hatching, 1.14mm. H: Early larva 6 hrs, 1.40mm.

卵黄先端部に2個の叢状黒色素胞が存在する。筋節数21 (Fig. 17E)。飼育水温26.4~27.6°Cで受精14時間30分後に孵化が始まり、その40分後までに孵化が終了した。

前期仔魚：孵化直後の仔魚は、全長0.97~1.05 mm。卵黄は大きく長卵形でその一部は頭部より前方に突出する。卵黄長径0.73~0.84 mm, 卵黄後端には、径0.14~0.16 mmの油球1個がある。筋節数12+9=21。口及び肛門は開いておらず、肛門は体前端より全長の約2/3に位置し、卵黄後縁に接する。卵黄先端に2個、油球上に6~7個、頭部背面から尾部背面にかけての体上に連続して多数の顆粒状黒色素胞が連続して密に分布する (Fig. 17F)。

孵化3時間後、全長1.14~1.31 mm, 卵黄長径0.73~0.96 mm, 筋節数11+12=23 (Fig. 17G)。

孵化6時間後、全長1.40~1.56 mm, 卵黄長径0.90~1.06 mm, 筋節数13+12=25。頭部背面から尾部背面にかけての黒色素胞は、数が少なくなり、腹部及び尾部では断続的に7個ほどの集塊となる (Fig. 17H)。

孵化12時間後、全長1.77~1.96 mm, 卵黄長径0.54~0.97 mm, 筋節数13+10=23。卵黄先端は吻端より後方に位置する。黒色素胞はさらに減少し、大型の叢状黒色素胞が第16~17筋節上の背膜鰭に1個および消化管上に認められる。その他、油球上、卵黄上及び吻端に認められる (Fig. 18A)。

孵化1日後、全長2.10~2.20 mm, 卵黄長径0.29~0.35 mm, 筋節数11+13=24。消化管上の黒色素胞数は減少し、1個の集塊をなす。眼に点状黒色素胞が出現する (Fig. 18B)。

孵化2日後、全長2.12~2.27 mm, 卵黄長径0.20~0.29 mm, 筋節数10+12=22。体背面及び消化管上の各1個の大型叢状黒色素胞および体中央部の背・腹膜鰭上に叢状黒色素胞がある。その他、頭部及び消化管背・腹面にも黒色素胞があり、眼の黒化も進む。胸鰭原基が形成される (Fig. 18C)。

後期仔魚：孵化3日後、全長2.17~2.32 mm, 筋節数10+12=22。口及び肛門が開く。眼が黒化する。体背面及び消化管上の各1個の大型叢状黒色素胞は消失する。体中央部の背・腹膜鰭上に広がる叢状黒色素胞は数を増し、体上の中央部にも出現する (Fig. 18D)。仔魚は孵化4日後まで数尾を飼育したが孵化3日後と形態の変化はほとんど認められなかった。仔魚の飼育水温は26.4~27.6°Cであった。

9. ルリヤッコ

受精卵は無色透明の球形分離浮性卵で、卵径0.66~0.70 mm, 卵黄中に1個の油球(径0.15~0.16 mm)がある。卵膜腔は狭く卵膜および卵黄表面に特殊な構造はない。飼育水温25.5~26.5°Cで受精14時間17分後に最初の孵化が始まり、その30分後までに孵化が終了した。

前期仔魚：孵化直後の仔魚は、全長1.35~1.40 mm。卵黄は大きく長卵形でその一部は頭部より前方に突出する。卵黄長径1.12~1.13 mm, 卵黄後端には、径0.16 mmの油球1個がある。筋節数14+7=21。口及び肛門は開いておらず、肛門は体前端より全長の約3/4に位置し、卵黄後縁に接する。卵黄先端上部に1~2個、油球上に8~10個、頭部背面から尾部背面にかけての体上に連続して多数の顆粒状および叢状黒色素胞が連続して密に分布する (Fig. 19A)。

孵化3時間後、全長1.60~1.61 mm, 卵黄長径1.25~1.27 mm, 筋節数13+13=26。黒色素胞の形状は孵化直後と大きな変化は認められないが、尾部背面のものは背膜鰭上に拡がっている (Fig. 19B)。

孵化6時間後、全長1.82~1.85 mm, 卵黄長径1.40 mm, 筋節数14+14=28。卵黄先端上部に1~2個、油球上に7~8個の叢状黒色素胞が認められる。また、腹部背膜鰭上、尾部背膜鰭上に黒色素胞が拡がるがその数はやや減少する (Fig. 19C)。

孵化12時間後、全長2.17~2.19 mm, 卵黄長径0.96 mm, 筋節数12+14=26。卵黄先端は吻端とほぼ同位になる。吻端、頭部背面、卵黄上及び油球上にそれぞれ叢状黒色素胞が認められる。また、消化管付近及び尾部背面膜鰭上にも叢状黒色素胞がある (Fig. 19D)。

孵化1日後、全長2.50~2.52 mm, 卵黄長径0.68 mm, 筋節数11+15=26。第17~18筋節上の背膜鰭上に大型の1個、消化管上に大型の1個と小型の1個の叢状黒色素胞が存在し、卵黄上の黒色素胞は2~3個に減少する。眼には点状黒色素胞が出現する (Fig. 19E)。

孵化2日後、全長2.57~2.59 mm, 卵黄長径0.25 mm, 筋節数9+15=24。頭部の形状が変化し、消化管が発達する。消化管上、尾部背面膜鰭上、頭部、卵黄上及び油球上にそれぞれ叢状の黒色素胞が存在し、眼の黒化が進む (Fig. 19F)。仔魚の飼育は孵化

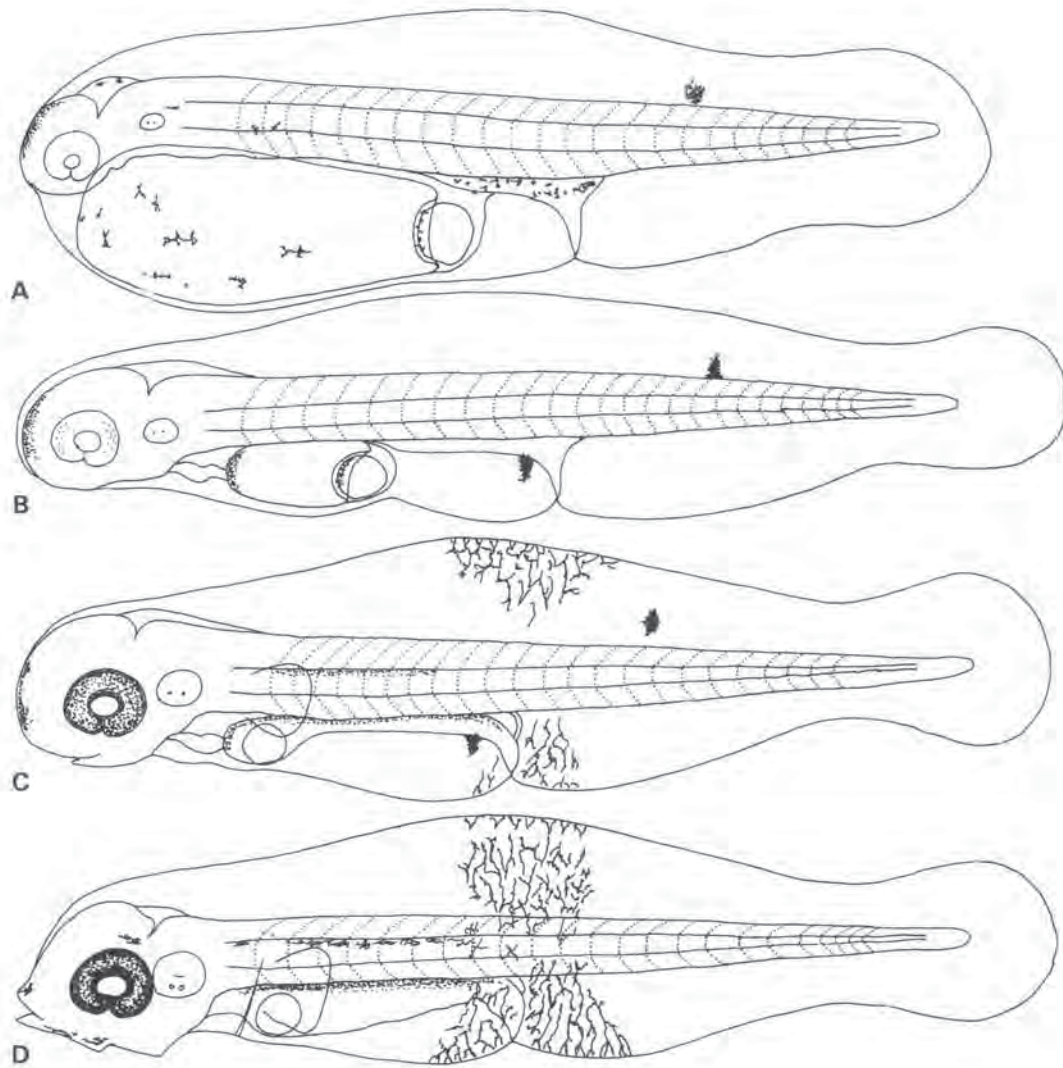


Fig. 18 Early and post-larvae of *C. acanthops*. A: Early larva 12 hrs after hatching, 1.77mm in total length. B: Early larva 1 day, 2.10mm. C: Early larva 2 days, 2.12mm. D: Post-larva 3 days, 2.17mm.

2日後までにとどまった。仔魚の飼育水温は25.5～26.5℃であった。

10. *C. fisheri*

受精卵は無色透明の球形分離浮性卵で、卵径0.65～0.68mm、卵黄中に1個の油球(径0.15mm)がある。卵膜腔は狭く卵膜および卵黄表面に特殊な構造はない。

受精35分後、2細胞期(Fig. 20A)。45分後、4細胞期。1時間50分後、桑実期(Fig. 20B)。3時間35分後、胞胚期。4時間30分後、囊胚期に達する。5時間55分後、被包は卵黄の2/3に及び胚体原基が出現する(Fig. 20C)。8時間15分後、KUPFFER氏胞が出

現し、眼胞が形成される。筋節数5(Fig. 20D)。8時間40分後、胚口は閉鎖される。油球は胚体の反対側に固定される。筋節数9。11時間後、耳胞原基が形成され、KUPFFER氏胞が消失する。筋節数14。11時間40分後、尾部は卵黄より遊離する。12時間30分後、眼胞内にレンズが形成される。

孵化直前、頭部から尾部にかけての胚体背面に多数の顆粒状黒色素胞が密に並び、油球上に6～7個、卵黄上に3～4個の叢状黒色素胞が存在する。筋節数23(Fig. 20E)。飼育水温26.8～28.2℃で受精12時間40分後に孵化が始まり、その40～50分後までに孵化が終了した。

前期仔魚：孵化直後の仔魚は、全長1.18～1.30mm。卵黄は大きく長卵形でその一部は頭部より前

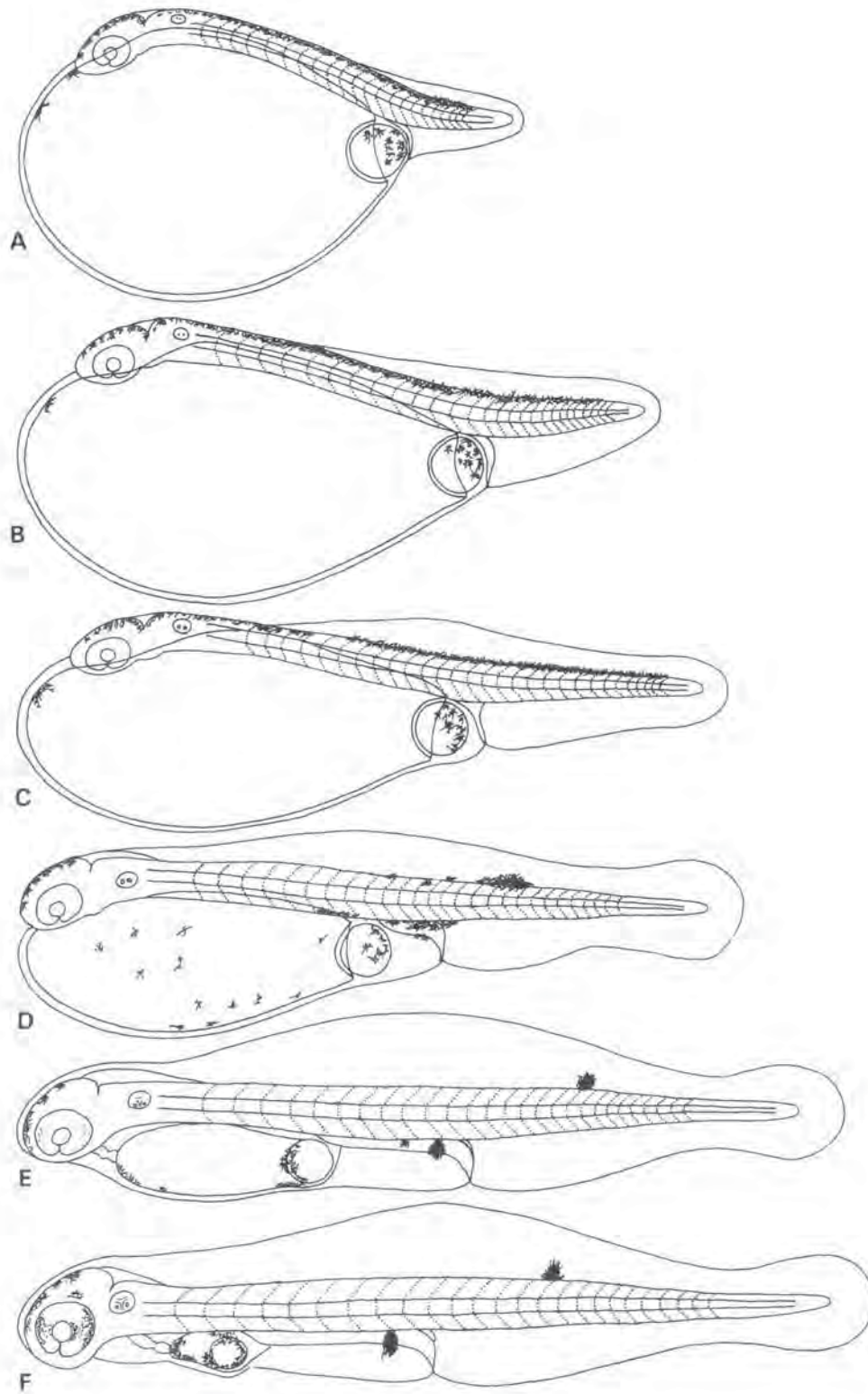


Fig. 19 Early larvae of *C. bispinosus*. A : Newly hatched larva, 1.35mm in total length. B : Early larva 3 hrs after hatching, 1.60mm. C : Early larva 6 hrs, 1.82mm. D : Early larva 12 hrs, 2.17mm. E. Early larva 1 day, 2.50mm. F : Early larva 2 days, 2.57mm.

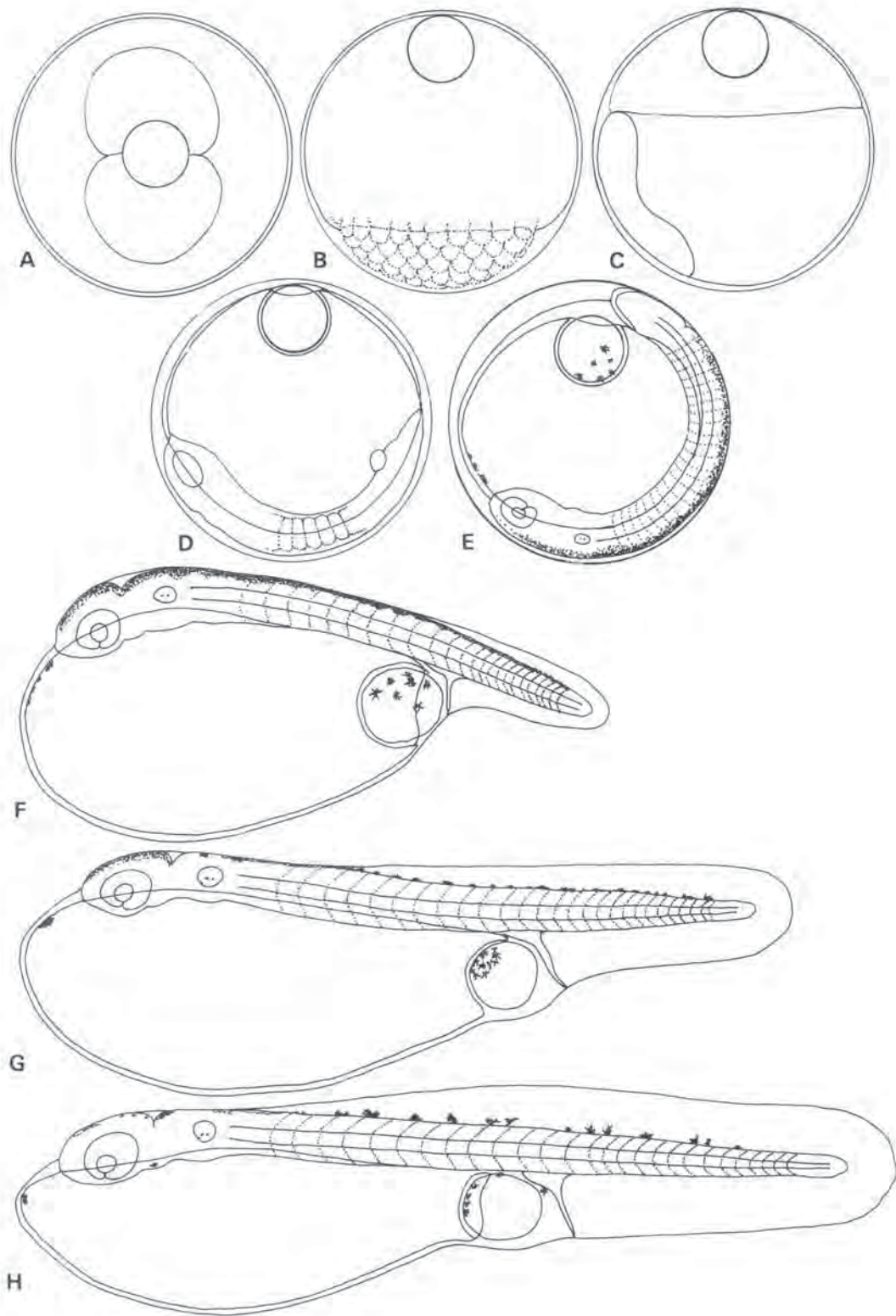


Fig. 20 Developing eggs and early larvae of *C. fisheri*. A : 2-cell stage, 35 min after fertilization. B : Morula stage, 1 h 50 min. C : Formation of the embryonic body, 5 hrs 55 min. D : 5-myotome stage, 8 hrs 15 min. E : Immediately before hatching, 12 hrs 40 min. F : Newly hatched larva, 1.18mm in total length. G : Early larva 3 hrs after hatching, 1.55mm. H. Early larva 6 hrs, 1.80mm.

方に突出する。卵黄長径0.80~0.98mm, 卵黄後端には、径0.15mmの油球1個がある。筋節数10~11+10~12=20~23。口及び肛門は開いておらず、肛門は体前端より全長の約2/3に位置し、卵黄後縁に接する。卵黄先端上部に3~5個、油球上に7~8個、頭部背面から尾部背面にかけての体上に連続して多数の顆粒状黒色素胞が密に分布する (Fig. 20F)。

孵化3時間後、全長1.55~1.68mm, 卵黄長径1.08~1.13mm, 筋節数11~13+13~14=24~27。尾部背面の黒色素胞の一部は背膜鰭上に広がる。卵黄先端の叢状黒色素胞は大型の1個となる (Fig. 20G)。

孵化6時間後、全長1.80~1.88mm, 卵黄長径0.88~1.15mm, 筋節数11~12+13~14=24~26。頭部背

面から尾部背面にかけての黒色素胞は、数が少なくなり、腹部及び尾部では断続的に15個ほどの集塊となる (Fig. 20H)。

孵化12時間後、全長2.05~2.10mm, 卵黄長径0.80~1.00mm, 筋節数11~12+14~15=25~27。卵黄先端は吻端より後方に位置する。頭部背面から尾部背面にかけての黒色素胞は減少し、腹・尾部体上に7~8個出現する。その他消化管上、油球上に叢状黒色素胞が認められる (Fig. 21A)。

孵化1日後、全長2.33~2.45mm, 卵黄長径0.37~0.48mm, 筋節数11~12+12~14=23~26。黒色素胞はさらに減少し、大型の叢状黒色素胞が第16筋節上の背膜鰭に1個および消化管上に1個認められ

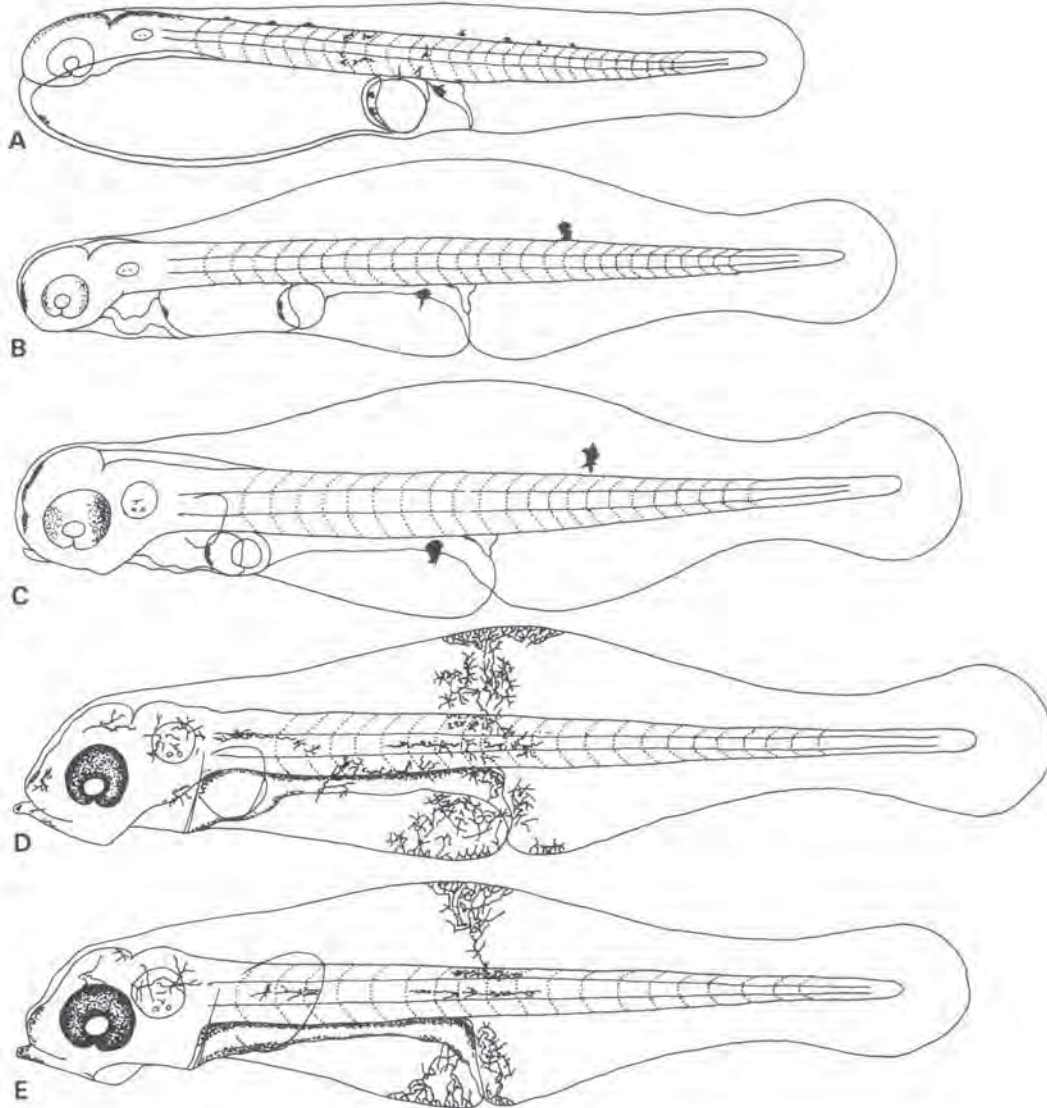


Fig. 21 Early and post-larvae of *C. fisheri*. A: Early larva 12 hrs after hatching, 2.05mm in total length. B: Early larva 1 day, 2.33mm. C: Early larva 2 days, 2.52mm. D: Post-larva 3 days, 2.48mm. E: Post-larva 5 days, 2.40mm.

る。その他、油球上、卵黄先端及び吻端に認められ、眼にも点状黒色素胞が出現する (Fig. 21B)。

孵化2日後、全長2.52~2.60mm、卵黄長径0.13mm、筋節数9~10+10~11=20~23。口と肛門が開く。消化管上、尾部背面の膜鰭上に大型の各1個の叢状黒色素胞が認められる。その他、頭部及び卵黄上に叢状黒色素胞が存在し、眼の黒化が進む。胸鰭原基が形成される (Fig. 21C)。

後期仔魚：孵化3日後、全長2.48~2.60mm、筋節数8~10+12~13=20~23。眼が黒化する。体背面及び消化管上の各1個の大型叢状黒色素胞はそれぞれ分散し数十個の叢状黒色素胞となり、体中央部の背・腹膜鰭上に拡がり、体上の中央部にもある。その他、頭部及び消化管背・腹面にも黒色素胞がある (Fig. 21D)。

孵化5日後、全長2.40~2.44mm、筋節数7~8+11=18~22。仔魚の形態は孵化3日後と顕著な相違は認められない (Fig. 21E)。仔魚は孵化6日後まで数尾を飼育したが、孵化3日後と形態の変化はほとんど認められなかった。仔魚の飼育水温は26.8~28.2°Cであった。

11. チャイロヤッコ

受精卵は無色透明の球形分離浮性卵で、卵径0.68~0.73mm、卵黄中に1個の油球 (径0.15mm) がある。卵膜腔は狭く卵膜および卵黄表面に特殊な構造はない。

受精35分後、2細胞期 (Fig. 22A)。50分後、4細胞期。1時間32分後、桑実期 (Fig. 22B)。3時間20分後、胞胚期。5時間30分後、囊胚期。6時間43分後、被包は卵黄の3/5に及び胚体原基が形成される (Fig. 22C)。8時間50分後、胚体中央よりやや後方に筋節2個が出現する。9時間18分後、眼胞が形成される。油球は胚体の反対側に固定される。9時間41分後、胚口が閉鎖される。10時間5分後、KUPFFER氏胞が形成される。筋節数6 (Fig. 22D)。11時間55分後、耳胞原基が形成され、KUPFFER氏胞は消失する。13時間35分後、眼胞内にレンズが形成される。

孵化直前、頭部から尾部にかけての胚体背面に多数の顆粒状および叢状黒色素胞が密に並び、油球上に十数個、卵黄上に1~2個の叢状黒色素胞が存在する。筋節数19 (Fig. 22E)。飼育水温26.5~27.5°Cで14時間5分後に最初の孵化が始まり、その30分後ま

でに孵化が終了した。

前期仔魚：孵化直後の仔魚は、全長1.13~1.25mm、卵黄は大きく長卵形でその一部は頭部より前方に突出する。卵黄長径0.80~1.00mm、卵黄後端には、径0.15mmの油球1個がある。筋節数13+10=23。口及び肛門は開いておらず、肛門は体前端より全長の約2/3に位置し、卵黄後縁に接する。卵黄先端上部に大型の1個、油球上に3~5個、頭部背面から尾部背面にかけての体上に連続して多数の叢状黒色素胞が密に分布する (Fig. 22F)。

孵化3時間後、全長1.40~1.55mm、卵黄長径0.95~1.15mm、筋節数12+13=25。尾部背面の黒色素胞の一部は背膜鰭上に拡がる (Fig. 22G)。

孵化6時間後、全長1.70~1.88mm、卵黄長径1.00~1.13mm、筋節数13+14=27。頭部背面から尾部背面にかけての黒色素胞は、数が少なくなり、腹部及び尾部では断続的に10個ほどの集塊となる。油球の後端にも黒色素胞が現われる (Fig. 22H)。

孵化12時間後、全長2.00~2.10mm、卵黄長径0.83~1.00mm、筋節数12+14=26。卵黄先端は吻端より後方に位置する。頭部背面から尾部背面にかけての黒色素胞は減少し、吻端部、背膜鰭上及び腹部体上に少数認められる。その他消化管上、油球上及び卵黄上に叢状黒色素胞が認められる (Fig. 23A)。

孵化1日後、全長2.40~2.60mm、卵黄長径0.64~0.80mm、筋節数12+14=26。黒色素胞はさらに減少し、大型の叢状黒色素胞が第16~17筋節上の背膜鰭に1個および消化管上に1個認められる。その他、油球上、卵黄先端及び吻端に認められ、眼にも点状黒色素胞が出現する (Fig. 23B)。

孵化2日後、全長2.25~2.40mm、卵黄長径0.13mm、筋節数10+12=22。消化管上、尾部背面と膜鰭上に大型の各1個の叢状黒色素胞が認められる。その他頭部及び卵黄上に叢状の黒色素胞が存在し、眼の黒化も進む。胸鰭原基が形成される (Fig. 23C)。

後期仔魚：孵化3日後、全長2.15~2.38mm、筋節数10+12=22。口及び肛門が開く。眼が黒化する。体背面及び消化管上の各1個の大型叢状黒色素胞はそれぞれ分散し数十個の叢状黒色素胞となり、体中央部の背・腹膜鰭上に拡がり、体上の中央部にもある。その他、頭部及び消化管背・腹面にも黒色素胞がある (Fig. 23D)。

孵化5日後、全長2.18~2.33mm、筋節数10+12=22。仔魚の形態は孵化3日後と顕著な相違は認め

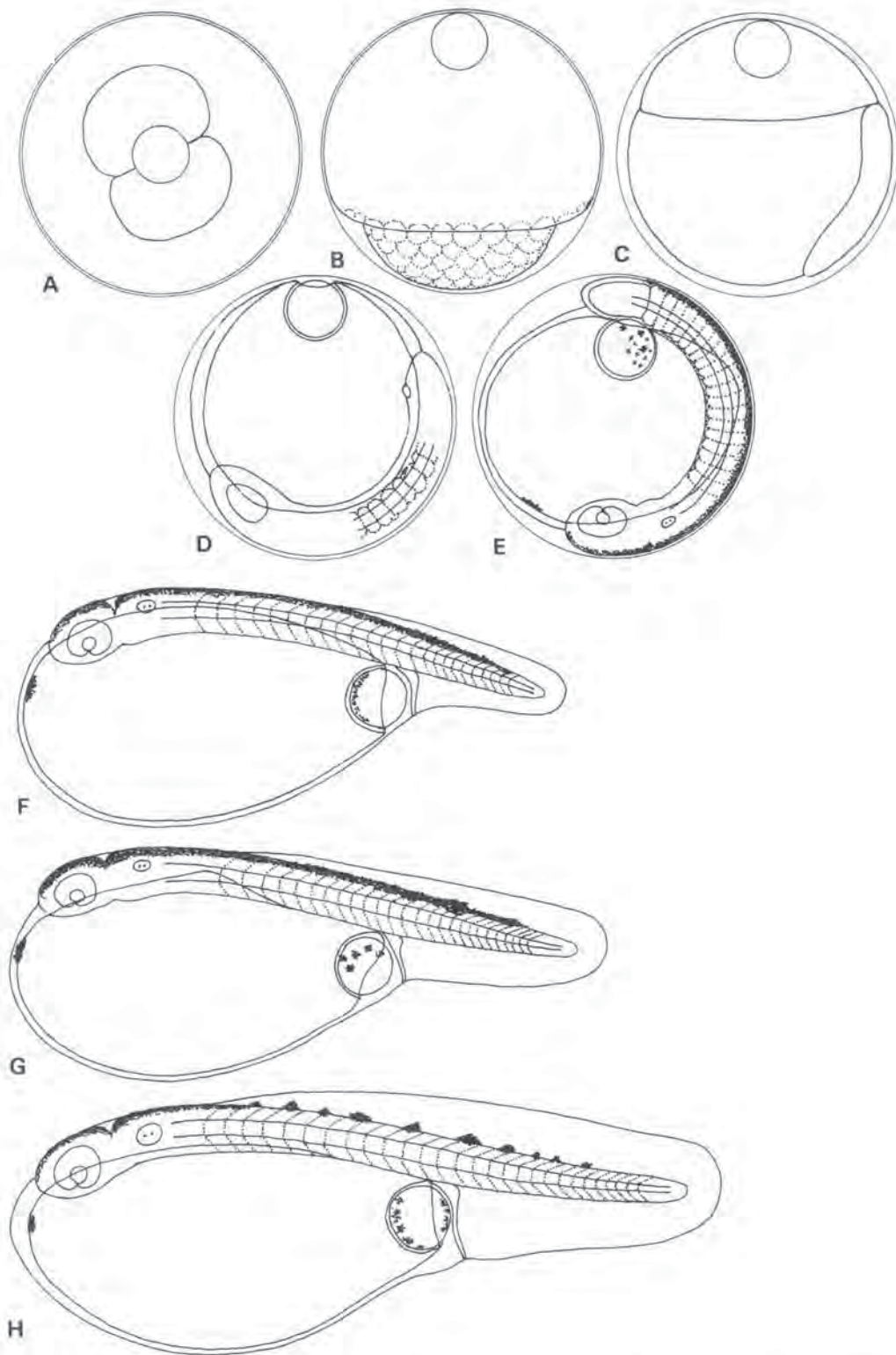


Fig. 22 Developing eggs and early larvae of *C. flavicauda*. A: 2-cell stage, 35 min after fertilization. B: Morula stage, 1 h 32 min. C: Formation of the embryonal body, 6 hrs 43 min. D: 6-myotome stage, 10 hrs 5 min. E: Immediately before hatching, 14 hrs 5 min. F: Newly hatched larva, 1.13mm in total length. G: Early larva 3 hrs after hatching, 1.40mm. H: Early larva 6 hrs, 1.70mm.

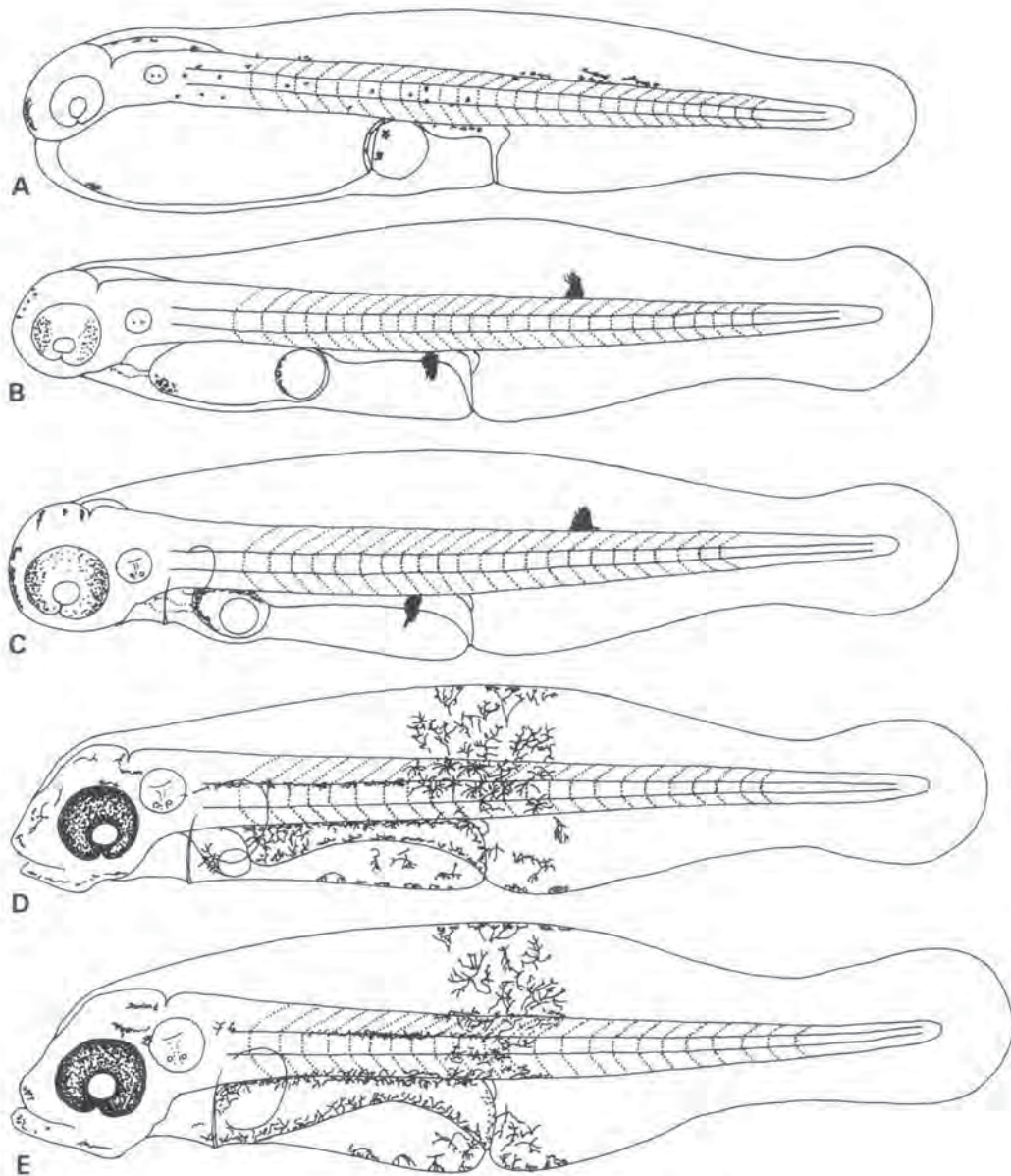


Fig. 23 Early and post-larvae of *C. flavicauda*. A: Early larva 12 hrs after hatching, 2.00mm in total length. B: Early larva 1 day, 2.40mm. C: Early larva 2 days, 2.25mm. D: Post-larva 3 days, 2.38mm. E: Post-larva 5 days, 2.33mm.

られない (Fig. 23E). 仔魚は孵化10日後まで数尾を飼育したが孵化3日後と形態の変化はほとんど認められなかった。仔魚の飼育水温は26.5~27.5°Cであった。

12. ダイダイヤッコ

受精卵は無色透明の球形分離浮性卵で、卵径0.63~0.70mm、卵黄中に1個の油球(径0.15mm)がある。卵膜腔は狭く卵膜および卵黄表面に特殊な構造はない。

受精42分後、2細胞期 (Fig. 24A)。1時間5分後、4細胞期。2時間28分後、桑実期 (Fig. 24B)。3時間52分後、胞胚期。5時間10分後、囊胚期。6時間44分後、被包は卵黄の1/2に及び胚体原基が形成される (Fig. 24C)。9時間18分後、胚口が閉鎖され、眼胞が形成される。油球は胚体の反対側に固定される。筋節数5 (Fig. 24D)。9時間35分後、KUPFFER氏胞が形成される。12時間30分後、耳胞原基が形成され、KUPFFER氏胞は消失する。12時間57分後、眼胞内にレンズが形成される。

孵化直前、頭部から尾部にかけての胚体背面に多

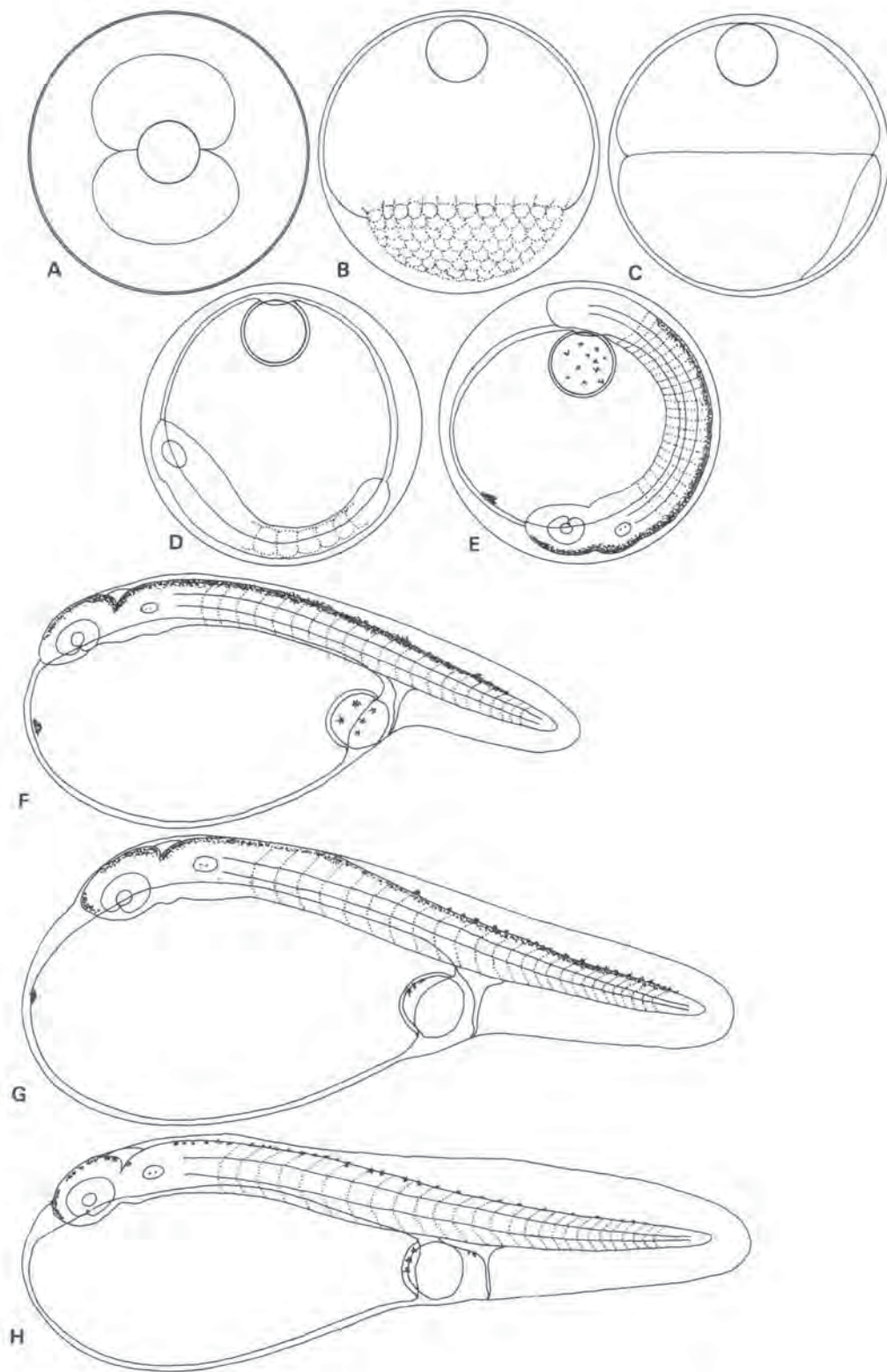


Fig. 24 Developing eggs and early larvae of *C. shepardi*. A: 2-cell stage, 42 min after fertilization. B: Morula stage, 2 hrs 28 min. C: Formation of the embryonic body, 6 hrs 44 min. D: 5-myotome stage, 9 hrs 18 min. E: Immediately before hatching, 14 hrs 37 min. F: Newly hatched larva, 1.22mm in total length. G: Early larva 3 hrs after hatching, 1.40mm. H: Early larva 6 hrs, 1.72mm.

数の顆粒状および叢状黒色素胞が密に並び、油球上に十数個、卵黄上に1~2個の叢状黒色素胞が存在する。筋節数21 (Fig. 24E)。

飼育水温26.4~26.8°Cで14時間37分後に最初の孵化が始まり、その40分後までに孵化が終了した。

前期仔魚：孵化直後の仔魚は、全長1.22~1.39 mm。卵黄は大きく長卵形でその一部は頭部より前

方に突出する。卵黄長径0.76~0.85mm, 卵黄後端には、径0.14~0.15mmの油球1個がある。筋節数13+8=21, 口及び肛門は開いておらず、肛門は体前端より全長の約2/3に位置し、卵黄後縁に接する。卵黄先端上部に大型の1個、油球上に3~5個、頭部背面から尾部背面にかけての体上に連続して多数の顆粒状および叢状黒色素胞が密に分布する (Fig. 24F)。

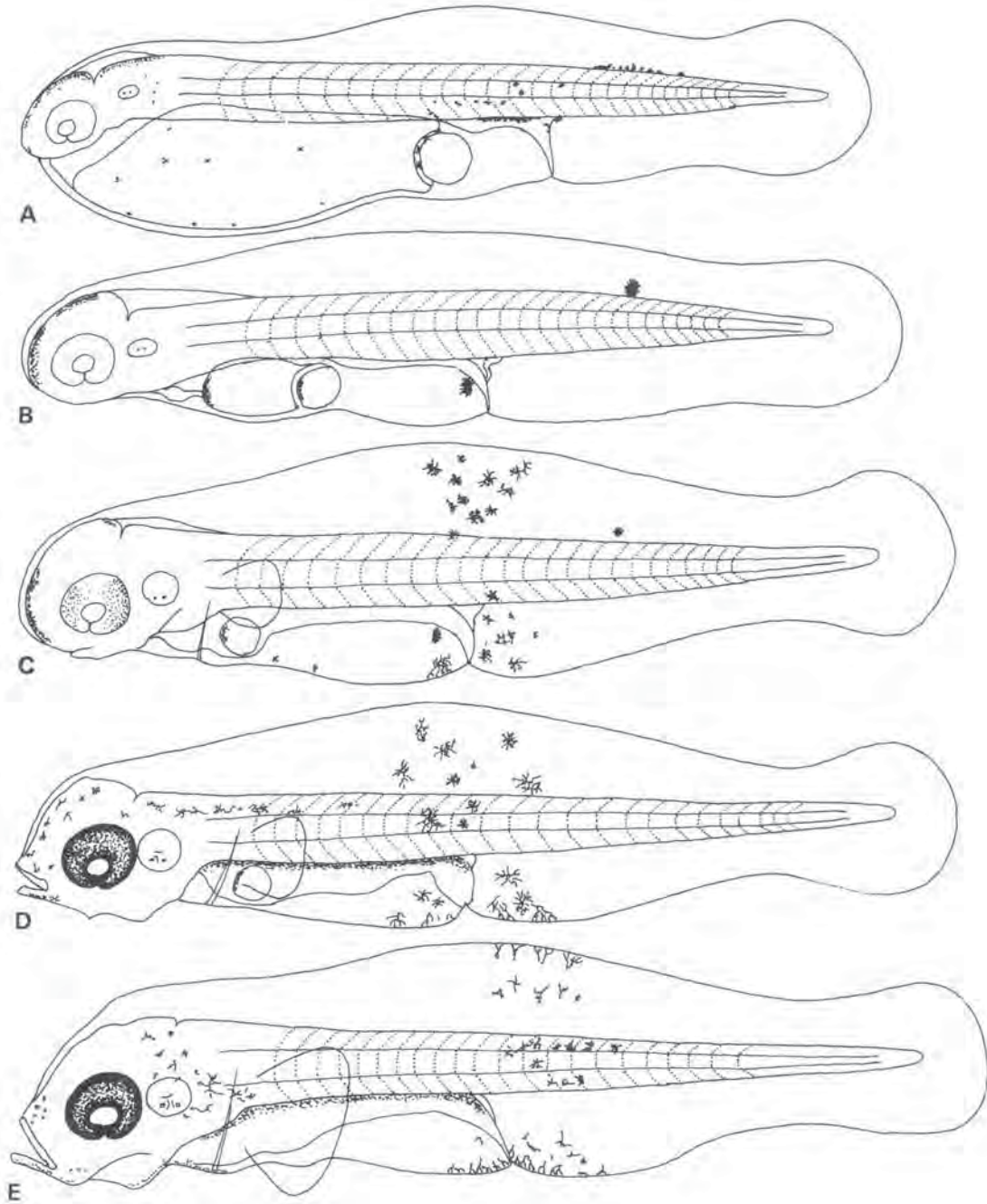


Fig. 25 Early and post-larvae of *C. shepardi*. A: Early larva 12 hrs after hatching, 1.95mm. B: Early larva 1 day, 2.26mm. C: Early larva 2 days, 2.27mm. D: Post-larva 3 days, 2.29mm. E: Post-larva 5 days, 2.27mm.

孵化3時間後, 全長1.40~1.80mm, 卵黄長径0.86~1.13mm, 筋節数12+13=25 (Fig. 24G).

孵化6時間後, 全長1.72~1.92mm, 卵黄長径0.93~1.12mm, 筋節数13+13=26. 頭部背面から尾部背面にかけての黒色素胞は, 腹部及び尾部では断続的に並ぶ (Fig. 24H).

孵化12時間後, 全長1.95~2.08mm, 卵黄長径0.75~1.05mm, 筋節数14+12=26. 卵黄先端は吻端より後方に位置する. 頭部背面から尾部背面にかけての黒色素胞は減少し, 頭部, 尾部背膜鰭上及び腹部体上に少数認められる. その他消化管上, 油球上及び卵黄上に叢状黒色素胞が認められる (Fig. 25A).

孵化1日後, 全長2.26~2.35mm, 卵黄長径0.44~0.58mm, 筋節数11+13=24. 黒色素胞はさらに減少し, 大型の叢状黒色素胞が第17~18筋節上の背膜鰭に1個と消化管上に1個認められる. その他, 油球上, 卵黄先端及び吻端に叢状黒色素胞が認められる (Fig. 25B).

孵化2日後, 全長2.27~2.36mm, 卵黄長径0.17~0.18mm, 筋節数10+13=23. 体背面及び消化管上の各1個の大型叢状黒色素胞の他に体中央部の背・腹膜鰭上及び体上の中央部に数十個の叢状黒色素胞が出現する. その他頭部及び消化管背・腹面にも黒色素胞があり, 眼にも点状黒色素胞が出現する. 胸鰭原基が形成される (Fig. 25C).

後期仔魚: 孵化3日後, 全長2.29~2.38mm, 筋節数10+13=23. 口及び肛門が開く. 眼が黒化し, 体背面及び消化管上の各1個の大型叢状黒色素胞は消失する. 消化管背面にも多数の黒色素胞がある (Fig. 25D).

孵化5日後, 全長2.20~2.27mm, 筋節数10+11=21. 仔魚の形態は孵化3日後と顕著な相違は認められない (Fig. 25E). 仔魚は孵化7日後まで数尾を飼育したが孵化3日後と形態の変化はほとんど認められなかった. 仔魚の飼育水温は26.4~26.8°Cであった.

論 議

本研究のキンチャクダイ科アブラヤッコ属12種の卵は, いずれも無色透明の球形分離浮性卵で, 卵黄内に油球1個を有する共通の形態であった. 孵化直後の仔魚はいずれも長卵形の大きな卵黄を有し, その一部は吻端より前方に突出することや, 1個の油球が卵黄後端に位置し, 肛門は体前部より約2/3に位

置するなど, 共通した外部形態を示す. この形態は既報の本科他属とも共通するものである (藤田・水戸, 1960; MOE, 1976, 1977; 鈴木ほか, 1979b; 日置ほか, 1982; HIOKI and SUZUKI, 1987; HIOKI et al., 1990; ARAI, 1994; 日置ほか, 1995; 日置・鈴木, 1995a, 1995b).

上記の卵・仔魚の形態は近縁のチョウチョウオ科3種シラコダイ *Chaetodon nippon* DÖDERLEIN (SUZUKI et al., 1982), ユウゼン *C. daedalma* JORDAN et FOWLER (鈴木ほか, 1996), ゲンロクダイ *C. modestus* TEMMINCK et SCHLEGEL (鈴木ほか, 1979a) と類似するものであった.

本研究の本属12種の卵径は0.58~0.75mmの範囲である. 既報の本属2種の卵径はレンテンヤッコで0.68~0.70mm (HIOKI and SUZUKI, 1987), アカハラヤッコで0.67~0.70mm (HIOKI et al., 1990) であり, 本報告の12種の卵径の範囲に入るものであった.

本属は2亜属に分類されている. 本研究の12種のうちナメラヤッコ, ソメワケヤッコ, コガネヤッコ, ヘラルドコガネヤッコ, オハグロヤッコ, アブラヤッコ, *C. multispinis* の7種が *Centropyge* 亜属で, *C. acanthops*, ルリヤッコ, *C. fisheri*, チャイロヤッコ, ダイダイヤッコの5種が *Xiphiops* 亜属に分類される (SHEN and LIU, 1978; ALLEN, 1979; KISHIMOTO et al., 1996).

2亜属間の卵径を比較すると *Centropyge* 亜属ではソメワケヤッコを除く6種で0.7mm以上であり, *Xiphiops* 亜属ではチャイロヤッコを除く4種で0.7mm以下である. *Xiphiops* 亜属の種の卵径が *Centropyge* 亜属のそれより小さいことが窺える (Table 2).

既報の *Xiphiops* 亜属2種レンテンヤッコとアカハラヤッコの卵径は前述のとおりで, 小卵グループに含まれ, 上記の結果と一致する (Table 2).

孵化直後の仔魚の全長は *Centropyge* 亜属7種では1.43~1.74mmであり, *Xiphiops* 亜属の5種の0.97~1.40mmよりも大きい. この結果は卵径と関連したものと考えられる. また既報の *Xiphiops* 亜属の2種の孵化直後の仔魚の全長はレンテンヤッコで1.30~1.40mm, アカハラヤッコで1.28~1.30mmで, やはり *Centropyge* 亜属より仔魚の全長が小さい結果であった (Table 2).

さらに本属の孵化直後の仔魚の黒色素胞の分布状

Table 2 Diameter of egg, total length of newly hatched larvae and larvae of one day after hatching, and melanophore patterns of fourteen *Centropyge* angelfishes in the aquarium.

	Egg diameter (mm)	Newly hatched larvae		One day larvae		
		Total length (mm)	Melanophores	Total length (mm)	Melanophores type *1	
<i>C. (C.) vrolikii</i>	0.72-0.73	1.45-1.54	sparsely	2.52-2.62	A	Present study
<i>C. (C.) bicolor</i>	0.68-0.70	1.58-1.74	sparsely	2.52-2.66	A	Present study
<i>C. (C.) flavissimus</i>	0.70-0.73	1.55-1.63	sparsely	2.58-2.63	A	Present study
<i>C. (C.) heraldi</i>	0.73-0.75	1.45-1.63	sparsely	2.32-2.64	A	Present study
<i>C. (C.) nox</i>	0.70-0.73	1.58-1.60	sparsely	2.48-2.68	A	Present study
<i>C. (C.) tibicen</i>	0.71-0.75	1.65-1.70	sparsely	2.30-2.35	A	Present study
<i>C. (C.) multispinis</i>	0.70-0.73	1.43-1.50	sparsely	2.72-2.88	A	Present study
<i>C. (X.) acanthops</i>	0.58-0.61	0.97-1.05	dense	2.10-2.20	B	Present study
<i>C. (X.) bispinosus</i>	0.66-0.70	1.35-1.40	dense	2.50-2.52	B	Present study
<i>C. (X.) fisheri</i>	0.65-0.68	1.18-1.30	dense	2.33-2.45	B	Present study
<i>C. (X.) flavicauda</i>	0.68-0.73	1.13-1.25	dense	2.40-2.60	B	Present study
<i>C. (X.) shepardi</i>	0.63-0.70	1.22-1.39	dense	2.26-2.35	B	Present study
<i>C. (X.) interruptus</i>	0.68-0.70	1.30-1.40	dense	2.30-2.50	B	HIOKI and SUZUKI (1987)
<i>C. (X.) ferrugatus</i>	0.67-0.70	1.28-1.30	dense	2.48-2.52	B	HIOKI et al. (1990)

* 1 : Types A and B are shown in Fig. 26.

態には亜属間に顕著な相違が見られた。つまり、頭部背面から尾部背面にかけての体上に存在する粒状あるいは叢状黒色素胞が*Centropyge*亜属の仔魚では20~50個程であるのに対し、*Xiphiopops*亜属の仔魚では多数が密に連続した状態で分布する相違が認められた。両亜属内での大きな相違は認められない。

孵化1日後には、黒色素胞の分布状態にさらに顕著な亜属間の相違が見られる。つまり、*Centropyge*亜属の仔魚では背・腹膜鰭上に数十個が連続して並ぶ (Figs. 26A, 27) のに対して、*Xiphiopops*亜属では尾部体上と消化管上に大型の各1個が存在する相違が認められた (Figs. 26B, 27)。孵化3日後には、両亜属ともに体中央部付近の体上、背・腹膜鰭上に集中して認められ、亜属間に顕著な相違は認められなくなる。以上のように本属の卵・仔魚の色素胞の分布状態には両亜属で明瞭な相違が認められ、亜属内の種ではそれぞれ類似した。既報のアカハラヤッコとレンテンヤッコはともに*Xiphiopops*亜属の特徴をそなえ、上記の結果と一致する (Fig. 27)。

卵・仔魚期の形態及び色素胞の分布状態が種の分類に有効で、かつ近縁種では相似することが以前から指摘されていた (水戸, 1975; 鈴木・日置, 1979 ほか)。本研究の*C. multispinis*はALLEN (1979) では

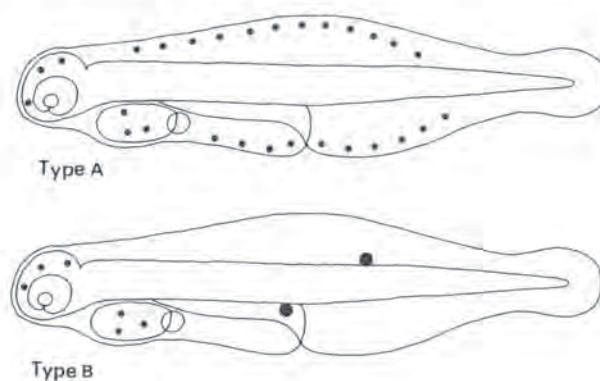


Fig. 26 Two melanophore pigment patterns in early larvae of one day after hatching in the *Centropyge* angelfishes. A: Subgenus *Centropyge* type. B: Subgenus *Xiphiopops* type.

*Xiphiopops*亜属に分類されていたが、本種の仔魚の色素胞の分布状態が*Xiphiopops*亜属のそれと相違することからKISHIMOTO et al. (1996) が成魚の形態を再調査したところ同種は*Centropyge*亜属に含まれることが確認され、訂正された。仔魚期の色素胞の分布状態による分類が成魚の分類に寄与した一例といえる。

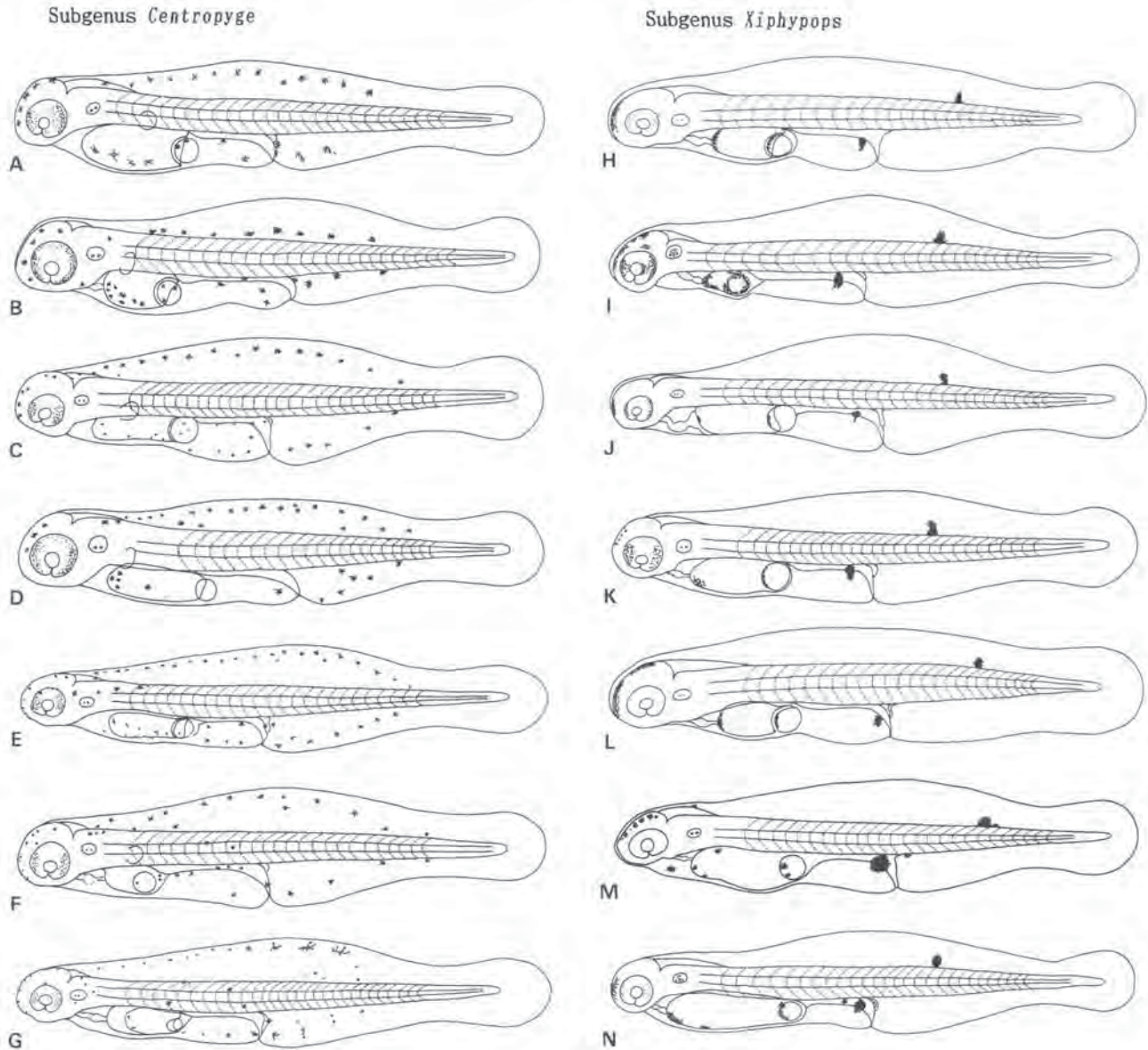


Fig. 27 Appearance of melanophore pigmentation in early larvae of one day after hatching in fourteen *Centropyge* angelfishes. A: *C. vrolikii*. B: *C. bicolor*. C: *C. flavissimus*. D: *C. heraldi*. E: *C. nox*. F: *C. tibicen*. G: *C. multispinis*. H: *C. acanthops*. I: *C. bispinosus*. J: *C. fisheri*. K: *C. flavicauda*. L: *C. shepardi*. M: *C. interruptus* (after HIOKI and SUZUKI, 1987). N: *C. ferrugatus* (after HIOKI et al., 1990).

謝 辞

研究をまとめるにあたって、論文の校閲の労をとられるとともに、終始懇切丁寧な指導を賜った九州大学教授 板澤靖男博士（現名誉教授）に深厚なる謝意を表す。また、本研究の機会を与えられ終始有益な指導、助言を与えられた東海大学海洋研究所教授 鈴木克美博士に深く感謝する。研究を進めるにあたって協力を得た東海大学海洋研究所岸本浩和助教授、田中洋一教授に深謝する。

本研究は当時東海大学海洋学部学生相原智由、徳武（永島）育子、水谷直樹、杉本（酒井）里絵子、鈴木宏易、土佐林 淳、横倉一賀、福田利幸、町田健二、宮島直樹、岡 秀彦、萱島 潤、木村太郎の各氏の協力によってなされたものである。また、東海大学海洋科学博物館水族課（当時）の小林弘治博士をはじめとする同課諸氏にも大変お世話になった。供試魚の入手に当たっては株式会社ひかるアクアリウム社長山崎博之氏、同社、根岸陽子氏に大変お世話になった。各氏に深謝する。

引用文献

- ALLEN, G.R. (1979) Butterfly and angelfishes of the world. 2, Wiley, New York, 352p.
- ARAI, H. (1994) Spawning behavior and early ontogeny of a pomacanthid fish, *Chaetodon toplus duboulayi*, in an aquarium. Japan. J. Ichthyol., **41** (2), 181~187.
- BAUER, J.A. Jr. and S.E. BAUER (1981) Reproductive biology of pygmy angelfishes of the genus *Centropyge* (Pomacanthidae). Bull. Mar. Sci., **31** (3), 495-513.
- BURGESS, W.E. (1991) Two new genera of angelfishes, family Pomacanthidae. Tropical Fish Hobbyist, **39** (7), 68-70.
- 藤田史郎・水戸 敏 (1960) キンチャクダイの卵発生と仔魚期. 日本水産学会誌, **26** (3), 227-229.
- 日置勝三 (1992) 日本産キンチャクダイ科魚類の繁殖生態と雌雄性に関する研究. 学位請求論文, 九州大学, 244p.
- HIOKI, S. and K. SUZUKI (1987) Reproduction and early development of the angelfish, *Centropyge interruptus*, in an aquarium. J. Fac. Mar. Sci. Technol., Tokai Univ., **24**, 133-140.
- HIOKI, S., K. SUZUKI and Y. TANAKA (1990) Development of eggs and larvae in the angelfish, *Centropyge ferrugatus*. Japan. J. Ichthyol., **37** (1), 34-38.
- 日置勝三・鈴木克美 (1995a) 水槽内で観察されたシテンヤッコ *Apolemichthys trimaculatus* (キンチャクダイ科) の繁殖行動・卵・仔魚および雌雄性. 東海大学海洋研究所研究報告, **16**, 13-22.
- 日置勝三・鈴木克美 (1995b) 水槽内で観察されたチリメンヤッコ *Chaetodontoplus mesoleucus* (キンチャクダイ科) の繁殖行動と卵及び仔魚. 東海大学紀要海洋学部, **39**, 195-205.
- 日置勝三・鈴木克美・田中洋一 (1982) 水槽内で観察されたヤイトヤッコ *Genicanthus melanospilos* の産卵習性, 卵, 前期仔魚及び性的変換. 東海大学紀要海洋学部, **15**, 359-366.
- 日置勝三・田中洋一・鈴木克美 (1995) 水槽内で観察されたタテジマヤッコ属の2種, ヒレナガヤッコ *Genicanthus watanabei* と *G. bellus* の繁殖行動と卵・仔魚及び雌雄性. 東海大学紀要海洋学部, **40**, 151-171.
- KISHIMOTO, H., S. HIOKI and K. SUZUKI (1996) Transfer of *Centropyge multispinis* (Teleostei; Pomacanthidae) from subgenus *Xiphypops* to subgenus *Centropyge*. Ichthyological Research, **43** (2), 153-159.
- 水戸 敏 (1975) 浮遊性魚卵および仔稚魚の分類. 海洋科学, **7** (3), 38-43.
- MOE, M.A., Jr. (1976) Rearing Atlantic angelfish. Mar. Aquar., **7** (7), 17-26.
- MOE, M. A., Jr. (1977) Inside the eggs of an angelfish. Mar. Aquar., **8** (3), 5-13.
- PYLE, R.L. (1992) The peppermint angelfish *Centropyge boylei*, n. sp. Pyle and Randall. Freshw. Aquar., **15** (7), 16-18.
- PYLE, R.L. and J.E. RANDALL (1993) A new species of *Centropyge* from the Cook Islands, with a redescription of *Centropyge boylei*. Revue fr. Aquarioll., **19** (4), 115-124.
- SHEN, S.C. and C.H. LIU (1978) Clarification of the genera of the angelfishes (Family Pomacanthidae). Acta Oceanogr. Taiwanica Sci. Rept. National Taiwan Univ., **1978**, 57-77.
- 鈴木克美・日置勝三 (1979) スズキ科魚類を中心とする孵化直後の仔魚の形質と類縁. 海洋科学, **11** (2), 117-125.
- 鈴木克美・日置勝三・小林 裕 (1996) 八丈島におけるユウゼン *Chaetodon daedalma* (チョウチョウウオ科) の繁殖期と卵仔魚の形態. 東海大学紀要海洋学部, **41**, 185-195.
- 鈴木克美・田中洋一・日置勝三 (1979a) 水槽内で観察されたチョウチョウウオ科魚類ゲンロクダイ *Chaetodon modestus* の産卵習性と初期生活史. 昭和54年度日本水産学会秋季大会講演要旨, 61.
- 鈴木克美・日置勝三・田中洋一・岩佐和裕 (1979b) 水槽内で観察されたタテジマヤッコ *Genicanthus lamarck* 及びトサヤッコ *G. semifasciatus* の産卵習性・卵・仔魚及び性的変換. 東海大学紀要海洋学部, **12**, 149-165.
- SUZUKI, K., Y. TANAKA and S. HIOKI (1980) Spawning behavior, eggs, and larvae of the butterflyfish, *Chaetodon nippon*, in an aquarium. Japan. J. Ichthyol., **26** (4), 334-341.

日本産ベラ科魚類の雌雄性と生殖現象¹⁾

小 林 弘 治²⁾

Intersexuality and Sexual Function in Some Japanese Wrasses (Teleostei, Labridae)¹⁾

Koji KOBAYASHI²⁾

Abstract

While the osteichthyes are generally considered to be characterized by gonochorism, they are at the same time known for the appearance of various forms of hermaphroditism. The various forms of hermaphroditism that are manifested in these fish are thought to be rich in suggestions relating to the evolution of intersexuality and there is thought to be a need for systematic examinations, including analyses of gonadogenesis in hermaphroditic species, in order to verify this, though such research has in actuality been quite scarce. Comparative examinations were carried out in this and previous research relating to the phenomenon of intersexuality in teleostei through morphological and experimental analyses of the relationship between early gonadogenesis and intersexuality and sexual function primarily involving 5 species of 5 genera of the family Labridae, 5 species of 3 genera of the family Cirrhitidae and 2 species of 1 genus of the family Mugiloididae, Suborder Percoidei, native to Suruga Bay in order to gain a detailed understanding of the phenomenon of intersexuality in teleostei.

In the case of *Labroides dimidiatus*, a monandric protogynous species of the family Labridae, all gonads were differentiated into perovarian type ovaries through the extension and fusion of the ventral and dorsal margins; however, some of the specimens displayed intersexuality due to the appearance of androgenic germ cells in the process of ovarian differentiation. Perovarian type ovarian differentiation was noted in the gonads of approximately half of the specimens of the diandric species *Suezichthys gracilis* while the formation of primary testes was observed in the other half, the same as in the diandric species *Halichoeres poecilopterus* already reported. Meanwhile, the gonads of *Thalassoma cupido* differentiated directly into perovarian type ovaries while still in the juvenile stage. We observed clearly-defined interspecific differences as the result of comparative examinations of early gonadogenesis in fish species of the family Labridae, including the previously-reported *Cirrhilabrus temminckii*. Due to the fact that neither elements of intersexuality nor secondary testes were observed in mature specimens of *Thalassoma cupido* from Suruga Bay and the fact that we were unable to induce sex succession in the aquarium, we judged that gonochorism becomes established at the juvenile stage. Since protogynous hermaphroditism is manifested with low frequency in specimens of this species from Miyake Island, it is possible that the

¹⁾東海大学海洋科学博物館研究業績 No.172

Contributions from the Marine Science Museum, Tokai University, No. 172

²⁾東海大学社会教育センター 424-8620 静岡県清水市三保2389

Social Education Center, Tokai University, 2389, Miho, Shimizu, 424-8620, Japan

ancestral form of this species is protogynous hermaphroditism and that it is the process of transition to gonochorism.

The basic mode of the species of the family Labridae, with the exception of the gonochoritic species *Thalassoma cupido*, generally speaking is protogynous sex succession in which the ovigerous lamellae are entirely infiltrated by seminal lobules after spawning and the ovarian cavity transforms to persistent secondary testes. However, male transformation also occurred in the functional ovary of *Suezichthys gracilis* and *Labroides dimidiatus* and, in the latter, there were even examples of development and maturation of tissue of the opposite sex. In addition, in the secondary testes of *Labroides dimidiatus*, the ovarian cavity gradually atrophied and finally disappeared. In cohabitation testes involving young fish of the species *Suezichthys gracilis*, sex succession appeared in all specimens and there were suggestions of a positive correlation between the progression of male transformation and total body length. We did not succeed in attempts to induce reversible sex succession from male to female in this species in aquarium tests. In regard to sex phase and body color phase in *Suezichthys gracilis* and *Labroides dimidiatus*, both males and females displayed the same body color phase and female, intersexual, primary male and secondary male all appeared in both the initial and terminal phases in *Suezichthys gracilis*. This suggests that the manifestation of the body color phase in fish of the family Labridae is not necessarily dependant on sex steroids.

As a result of our comparative examination of intersexuality in teleostei, we found that it is not rare for the early gonads of hermaphroditic fish species consisting primarily of protogynous species to simultaneously exhibit both ovarian differentiation and juvenile intersexuality and it is thought that the capacity for both male and female differentiation exists at the initial stage of gonad development. The functional duality of the capacity for sex differentiation has long been maintained in the life history and the potential for the occurrence of juvenile intersexuality, prematurational sex change, protogynous sex change, the simultaneous development and maturation of tissue of both sexes, hermaphroditism intermediate between protogyny and synchronous hermaphroditism and so forth has been recognized at various stages of development. In addition, we also consider consecutive hermaphroditism and simultaneous hermaphroditism to be variable rather than a sexual phenomenon at either one extreme or the other and that a continuous sexual phenomenon exists between these hermaphroditic phenomena and furthermore judged that the phenomena of hermaphroditism in the teleostei offer extremely abundant alternatives.

結 言

硬骨魚類は一般に雌雄異体性とされているが、真骨魚類には多様な型の雌雄同体現象の存在が知られている (ATZ, 1964; REINBOTH, 1970; 余吾, 1987a; 中園, 1991)。うち、雌雄性に関する多くの知見を集大成して提唱したATZ(1964)の定義は、多くの研究者に支持され引用されている (REINBOTH, 1970; SMITH, 1975; CHAN and YEUNG, 1983; SADOVY and SHAPIRO, 1987; 余吾, 1987a; 鈴木, 1989; 中園, 1991)。しかし、その後の研究進展に伴って前成熟型性変化 (prematurational sex change: WARNER and ROBERTSON, 1978)、早期型性変化 (early sex change: MOYER and ZAISER, 1984)、および

同時的雌雄同体型と雌性先熟型の間間的な雌雄同体現象 (REINBOTH, 1967; HASTINGS and PETERSEN, 1986; 小林・鈴木, 1992; SUNOBE and NAKAZONO, 1993; KUWAMURA et al., 1994; NAKASHIMA et al., 1995; 日置・鈴木, 1996; 塩原, 1996) など、ATZの定義を適用しにくい例が知られるに至っており、魚類の雌雄性がさらに多様性に富んでいることも明らかにされてきている (HARRINGTON, 1975; 高橋, 1978; CONOVER and HEINS, 1987; SADOVY and SHAPIRO, 1987; 山本・増谷, 1990)。

真骨魚類の機能的雌雄同体性種は、REINBOTH (1970)の総説では7目17科79種をあげたが、その後も雌雄同体性種が次々と発見され、余吾(1987a)は8目34科に300~400種が見出されるとした。さらに、

中園(1991)はこれに3科を追加している。それらの機能的雌雄同体種は、一般に科または亜科の段階でまとまって出現しているが、系統的に類縁の遠い分類群で相互に類似する雌雄同体現象がみられている一方、同一科内でもヨコエソ科(余吾, 1987a)、タイ科(MEHL, 1973; 北島・伏見, 1970; 鈴木, 1989)、イトヨリダイ科(YOUNG and MARTIN, 1985; TAKAHASHI et al., 1989) およびベラ科(余吾, 1987a)などでは、雌雄異体性と雌雄同体性の両現象を示す魚種がともに存在する事実も明らかにされている。これに関連して、SADOVY and SHAPIRO(1987)は魚類の雌雄同体現象の有無を、例えば二次雄の卵巣腔遺残構造などの組織学的な判断基準に基づいて判断することの重要性を強調している。確かに魚類の雌雄性の検討に当たっては、その種が雌雄異体性種であるか真の雌雄同体性種であるかの判定がまずなされねばならず、それには生殖腺の組織学的検討が最も確かな方法であるが、これまでの雌雄性の記述にはその根拠となる生殖腺の組織像が示されていない例、および記載の詳細を欠く例が多いために、相互の比較検討を困難にしている。

SMITH(1965, 1975), REINBOTH(1967), ROSS(1990)らは、雌雄同体性魚類の性変化現象を比較検討している。そのうちSMITH(1975)は硬骨魚類の雌雄性の進化について、それらは基本的に雌雄異体性であるが、自然淘汰の上で雌雄同体性の方が有利である場合には雌雄同体性に移行したと考えた。SMITH(1975)のいう雌雄同体性種の自然淘汰上の有利説は、近年活発になった行動生態学の分野からも支持されている(中園, 1991)。GHISELIN(1969)およびWARNER(1975)らは、社会構造と生殖様式に関する知見の集積を基に、雌雄同体性の適応的意義について検討し、魚類の隣接的雌雄同体に体長有利性モデル(size-advantage model)、同時的雌雄同体に低密度モデル(low density model)を仮説として提唱した。しかし、REINBOTH(1980)は形態学的あるいは組織学的な裏付けが欠如するとして、これらの仮説を批判し、またSHAPIRO(1988)は、これらの仮説が実際の性変化現象の様相と合致しないと指摘している。一方、雌雄同体性種の性変換発現機構について、FISHELSON(1970, 1975)は紅海産のキンギョハナダイ *Anthias squamipinnis* で、雌性先熟型の性変化現象に社会的性統御機構が存在することを実験的に立証した。またROBERTSON(1972)は、野外のホンソメ

ワケベラ *Labroides dimidiatus* の行動観察によって社会的性統御機構の存在を確認した。しかし、社会的性統御機構が如何なる生理学的変化を介して、性変化を導くかに関しては不明である。

機能的雌雄同体性を有する真骨魚類37科のうち、22科がスズキ目に属している(中園, 1991)。スズキ目は硬骨魚類の中で最も多数の種を擁する一大分類群で、形態的にも生態的にも多様であるとされ(松原ほか, 1982)、さまざまな雌雄同体現象をみせる種を含むことも知られている(REINBOTH, 1970; SMITH, 1975; CHAN and YEUNG, 1983; YOUNG and MARTIN, 1985; 余吾, 1987a, TAKAHASHI et al., 1989)。スズキ目の機能的雌雄同体性を呈する魚類は、体の大きさ、体形、色彩斑紋および鰭の形状等に雌雄二型が存在する種類を多く含み、その代表的な例としてベラ科やハナダイ亜科、およびキンチャクダイ科などの魚種があるが、これらの雌雄二型は雌雄同体現象によって生ずるとされている(KATAYAMA, 1960; 松原, 1964; 中園, 1979; 鈴木, 1979; 日置, 1992)。特に雌性先熟性種のベラ科における外部形態上の性差は、雌雄同体現象に起因することが早くから報告されており(KINOSHITA, 1934, 1935; OKADA, 1962, 1964; REINBOTH, 1975; WARNER and ROBERTSON, 1978)、雄性ホルモン投与による外部形態および生殖腺組織形態の変化を誘導する試みが、*Coris julis* (REINBOTH, 1962a, b, 1972, 1975)などでなされている。その実験結果から、性変化現象の誘導因子はステロイドホルモンであるとする意見(KINOSHITA, 1934, 1935; OKADA, 1962; REINBOTH, 1980)がある一方で、性変化の誘導因子をステロイドホルモンとすることに疑問を呈する意見(CHAN et al., 1975; CHAN and YEUNG, 1983; 中村, 1987; NAKAMURA et al., 1989)も存在する。GOLD(1979)によれば、雌雄同体現象における性の生理学的背景および遺伝学的基盤は殆ど分っていないとされている。

一方、ベラ科の同一種内には雌雄異体性と雌雄同体性の個体も存在するが(REINBOTH, 1961, 1962a, b, 1975; WARNER and ROBERTSON, 1978; 中園, 1979; DUCHAC et al., 1982)、*Coris julis* では、両者の核型が相違するという知見もある(DUCHAC et al., 1982)。以上、真骨魚類における従来の雌雄同体現象の研究は多岐に亘っているが、多くは断片的な記載にとどまり、雌雄同体現象と生殖現象との関連

について踏み込んだ研究は少ない。特に生殖腺形成初期の性分化期から生殖腺の発達、成熟期を通じて系統的に追求した研究は殆ど見当たらない。また、雌雄同体型生殖腺の形態形成過程について明らかにされた種は少数にすぎない(D'ANCONA, 1949, 1956; LISSIA-FRAU and CASU, 1968; LISSIA-FRAU et al., 1976; HARRINGTON, 1975; BRUSLÉ, 1983; KOBAYASHI and SUZUKI, 1990; 小林・鈴木, 1992; 小林ほか, 1993a; 小林・鈴木, 1994)。

本研究を含む学位請求論文「ペラ科魚類を主とする浅海性魚類の雌雄性と生殖現象に関する研究」(小林, 1993)では、このような真骨魚類の雌雄性ならびに雌雄同体現象に関する研究の現状を踏まえ、形態的にも生態的にも多様で種々の雌雄同体現象がみられ、真骨魚類の雌雄性を理解する上で興味ある分類群と考えられるスズキ目魚類における雌雄性現象の詳細を追求することを目的として、浅海性のスズキ目魚類のペラ科5属5種、ゴンベ科3属5種、およびトラギス科1属2種の計3科9属12種について、雌雄性現象とその生殖現象との関連について調査を行った。材料を駿河湾を中心に収集し、稚魚期における生殖腺の初期形成過程を明らかにするとともに、体成長に伴って発育する生殖腺の形態的变化と生殖機能ならびに体色相との関連について追求し、雌雄同体現象の発現様式を調査するため飼育実験をも行って、それらの結果を総合的に解析し、魚種間における雌雄性現象の比較検討に基いて、真骨魚類における雌雄同体現象について論議する。研究の対象種のうち、ペラ科イトヒキペラ *Cirrhilabrus temminckii*, キュウセン *Halichoeres poecilopterus*, オキゴンベ *Cirrhitichthys aureus* を中心とするゴンベ科5種、およびトラギス科コウライトラギス *Parapercis snyderi* の雌雄性現象と生殖現象については、それぞれ既にKOBAYASHI and SUZUKI (1990), 小林・鈴木 (1992, 1994) と小林ほか (1993a, b) で報告したので本報告では割愛する。なお、イトヒキペラについてはKOBAYASHI and SUZUKI (1990) で報告後、雌雄同体現象に関する飼育実験を行い若干の知見を得たので本報告で追加記述する。

材料と方法

本研究の対象となったペラ科4種の供試魚の内訳ならびに採集地と採集方法は以下に述べる通りである。

1) ニシキペラ *Thalassoma cupido* (TEMMINCK et SCHLEGEL)

駿河湾内浦沿岸の江梨地先の水深15m以浅にSCUBAを用いて潜水して、カーテン状の巻網(5×2m)で採捕した。供試魚は、1980年7月に主として卵成熟の日周期を調査するため各時刻(10:00, 15:00, 17:30, 05:00, 07:00)に採集した雌魚計56尾(69.6~136.7mm TL)を含め、1980年5月~1980年9月の各月の成魚を主体とした標本計155尾(29.1~166.0mm TL)である。また、1990年6月には卵巢機能を有する雌魚5尾(150.0~172.3mm TL)を採集して飼育実験を行った。

2) イトペラ *Suezichthys gracilis* (STEINDACHNER)

江梨地先と真崎地先で釣りと、水深20m以浅にSCUBAを用い潜水しカーテン状の巻網(2.7×1.2m)で採捕した。供試魚は、1980年7月に卵成熟の日周期を調査するため各時刻(12:00, 15:00, 18:00, 04:30, 08:00)に採集した雌魚計41尾(86.3~133.8mm TL)を含め、1980年4~11月と1989年4月~1990年5月の各月の成魚を主体とした192尾(53.4~161.0mm TL)である。また1990年4, 7月には江梨と真崎地先に潜水して、雌魚とみなされる12尾(92.2~107.0mm TL)を採集して飼育実験に用いた。

3) イトヒキペラ *Cirrhilabrus temminckii* BLEEKER

江梨地先の水深20m以浅にSCUBAを用い潜水し、カーテン状の巻網(2.7×1.2m)で採捕した。供試魚は1990年4~7月に、合計20尾(45.5~96.1mm TL)を採集して飼育実験に用いた。

4) ホンソメワケペラ *Labroides dimidiatus* (VALENCIENNES)

標本は全て水深3m以浅にSCUBAを用いて潜水し、カーテン状の巻網(6×2m)ないし直径30cmの手網で採捕した。その内訳は1990年3~9月に八重山諸島の黒島で、成魚を主体に採集した24尾(38.4~83.3mm TL), 1990年5~6月に八重山諸島の西表島で幼若魚を主体に採集した41尾(14.2~41.2mm TL), および1991年8月に西表島で成魚を採集した4尾(70.0~85.3mm TL)である。

飼育実験は、ニシキベラ・イトベラ・イトヒキベラの3種で雌雄同体現象に関する項目について行ったが、その内容と設定条件および実験期間などの詳細は各々の項で述べる。全ての供試魚は、生時に体色斑紋の観察と全長(TL)を計測し、生殖腺または生殖腺を含む軀幹部腹域を切り出しBOUIN氏液で固定処理して、常法によりパラフィンに包埋し6~8 μ の横断ないし縦断切片とした後に、MAYERの酸性ヘマラウンとエオジンの二重染色、またはMASSONの三重染色を施して、光学顕微鏡により観察した。また、供試魚の卵巢成熟度は卵巢組織内で最も発達していた卵母細胞の成熟段階に基づいて、無卵黄期、卵黄胞期、第一次卵黄球期、第二次卵黄球期、第三次卵黄球期、核移動期、前成熟期、成熟期、完熟期に類別した。なお、ニシキベラとイトベラの標本の一部は、生殖腺重量の計量を行い、生殖腺体指数($GSI = (GW/TL^3) \times 10^4$, GW:生殖腺重量, TL:全長)を求めた。

結 果

1. ニシキベラ *Thalassoma cupido* (TEMMINCK et SCHLEGEL)

1) 成魚の生殖腺の形態的特徴

本種の生殖腺は外観的には左右1対の嚢状器官で、約60mm TL以下の個体の生殖腺は細紐状かつ透明であり、肉眼的観察では性相の識別は困難であった。60mm TLを越す個体の生殖腺は一般に卵巢と精巢に区別され、外観的には同一生殖腺に卵巢組織と精巢組織との混在を認めた例はなかった。1980年5~9月に成魚を主体として採集した標本155尾(29.1~166.0mm TL)の生殖腺の形態的特徴は次の通りである。

精巢: 外観的に精巢は左右に扁平で一般に肥大しており、その前部と中部で不相称な左右の対に分かれ、後部で左右が癒合していた。左右の精巢には、不規則な形状の皺襞が多数観察され血管の所在は不明瞭で、小林・鈴木(1994)によるキュウセン *Hali-choeres poecilopterus* の一次精巢と同様な形態を呈していた。組織学的には、精巢を持つ最小個体(39.5mm TL)では、生殖腺は体の左側に偏在し左右が不相称で体側縁に少数の小さな陥入部を有し、実質は精原細胞の包囊を主体とする精小囊で占められてい

たが、一部に精子形成活動が認められた。左右の生殖腺が接する腸間膜基部付近には基質体細胞の集合がみられたが、輸精管は見出されなかった(Fig. 1A)。これよりも大型の6尾(44.5~58.7mm TL)の個体の精巢は上記とほぼ同様の形態を呈していたが、左右の連接部には細い腔所として輸精管が観察された。

60.5mm TL以上の個体の精巢は、左右が連接する部位を中心に複数の管状構造より成る輸精管系が発達していた。また、相対的に大型な個体の精巢は左右が複雑に分葉して、それぞれ内側に湾曲して、左右が著しく不相称な形態を呈する例が多かった(Fig. 1B)。分葉した精巢の実質内には様々な精子形成段階にある生殖細胞包囊で構成された精小囊が放射状に配列し、その中心部付近には輸精管と細い動脈が1~3本存在するのが通例であった。なお、全ての精巢には卵巢腔や卵母細胞などの雌的な性要素が見出されず、したがって二次精巢とみなされる形態的特徴を持つ精巢は本種では全く観察されなかった。

卵巢: 卵巢は一般に丸く肥大し、左右両葉が前部と中部で分離し後部で癒合して、両葉の背部には生殖腺間膜付近に各1本の動脈が縦走する。組織学的な観察によると、卵巢を持つ最小個体(29.1mm TL)では、卵巢は体腔の左側に偏在し左右不相称で、卵母細胞を有する卵巢薄板が基部から体側縁の周卵巢型の卵巢腔側に伸長して形成されていた(Fig. 1C)。卵巢は体成長に伴って正中域に移動し、かつその形状が左右相称となり、結合組織性の生殖腺皮膜が明確となり、多数の卵巢薄板内には様々な発達段階の卵母細胞が充満し、体壁側および腹側に広がる卵巢腔はほぼ体軸に沿って縦走し(Fig. 1D)、後端で左右が癒合して輸卵管に連なっていた。なお、機能の衰退状態にある卵巢は、薄板内に卵原細胞の増加を認めたが、雄的な生殖細胞が出現する例は観察されなかった。

上記の形態的特徴に基づいて採集標本155尾の生殖腺を区分すると、精巢を持つ個体は39.5~166.0mm TLに59尾、卵巢を持つ個体は29.1~136.7mm TLに96尾が存在し、精巢または卵巢を持つ個体の全長範囲はほぼ重複し明瞭な性的差異は認められなかった(Table 1)。また、各月の標本の雌雄組成においてもその出現傾向に性的な差異は見出し難かった。ただし、7月の標本中には卵巢を持つ個体が

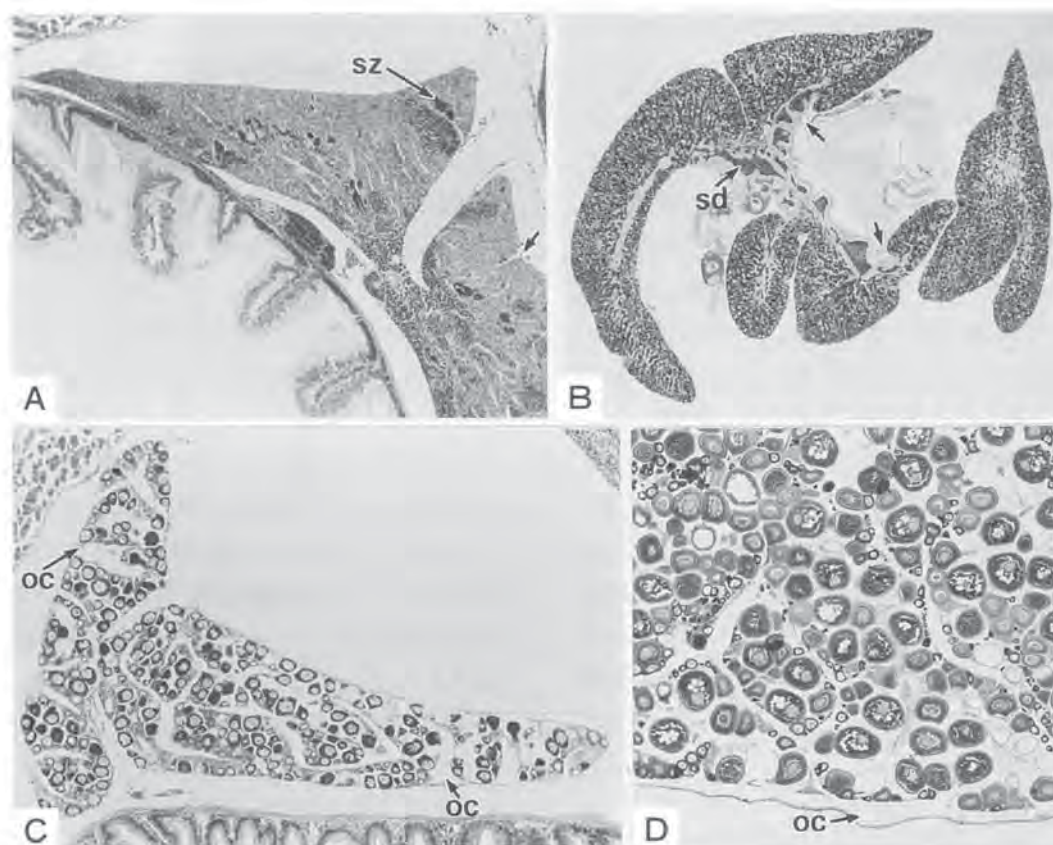


Fig. 1 Gonadal structure and development of the gonochoristic wrasse *Thalassoma cupido* from Suruga Bay. A: Young testis. Arrow indicates a shallow crack along lateral side of the right lobe, 39.5mm TL, June, $\times 60$. sz: spermatozoa. B: Mature testis of an adult fish. Left and right lobes branch out a few small lobes in which several seminal lobules line up radially, 98.0mm TL, April, $\times 10$. Arrows indicate gonadal supporting mesentery the basilar. sd: sperm duct. C: Parovarian-type ovary in young fish, 29.1mm TL, June, $\times 60$. oc: ovarian cavity. D: Parovarian-type ovary in adult fish. Numerial vitellogenic oocytes, fill the ovigerous lamellae, 92.1mm TL, July, $\times 25$. oc: ovarian cavity.

60～130mm級に多数存在したが、後述するように卵成熟の日周期調査の目的で雌魚を主体に採集した標本を含むためである (Fig. 2)。以上、本報告のニシキベラの雄にはREINBOTH (1961, 1962a, b, 1970) のいう一次雄のみが識別されたので、駿河湾産の本種に雌雄同体性が存在するか否かには疑問が持たれた。

2) 生殖腺の成熟と生殖周期

(1) 卵形成の過程

本種の卵形成および卵巣成熟の過程を観察した結果、卵巣内にみられた最小の生殖細胞は有糸分裂によって増殖した卵原細胞で (Fig. 3A)、それに続く卵母細胞の発達段階は以下に述べる前卵黄形成期と卵黄形成期および成熟期に大別された。

前卵黄形成期には、初め卵原細胞と大差のない大きさの、細胞質に乏しい卵母細胞の核で減数分裂前

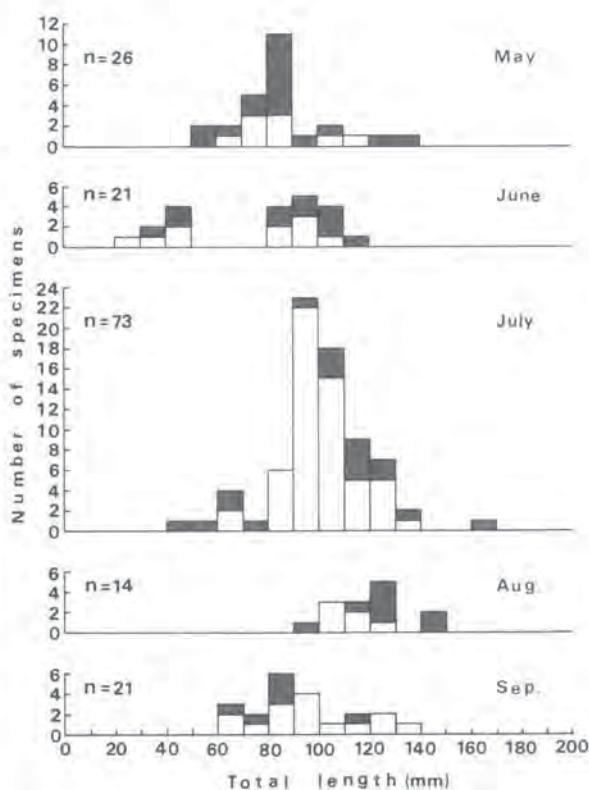
期の核変化が始まり、その後核は次第に肥大して染色仁の出現をみせ細胞質もやや増加をみせる (染色仁期; Fig. 3B)。続いて細胞質はさらに肥厚し核膜内面に接して仁が配列する (周辺仁期; Fig. 3C)。その後、細胞質周辺部付近を中心に卵黄胞が現われる (卵黄胞期; Fig. 3D)。うち前2者は無卵黄期の卵母細胞として一括される。

卵黄形成期には、その初期に細胞質内の卵黄胞の分布域に小型の卵黄顆粒が出現をみせる (第一次卵黄球期; Fig. 3E)。卵黄顆粒は次第にその数を増して核周辺部まで分布を広げる (第二次卵黄球期; Fig. 3F)。やがて卵黄顆粒は前期より大型となり細胞質の大半を占める (第三次卵黄球期; Fig. 3G)。

成熟期には、卵母細胞の中心に位置していた核が動物極側の卵門部に向かって移動する (核移動期; Fig. 3H)。次いで核膜が消失して核質と細胞質の境

Table 1 Size distribution with gonadal structure against total length in *Thalassoma cupido* from Suruga Bay.

Total length (mm)	Testis	Ovary	Total
20.0-29.9		1	1
30.0-39.9	1	1	2
40.0-49.9	3	2	5
50.0-59.9	3		3
60.0-69.9	4	5	9
70.0-79.9	4	4	8
80.0-89.9	13	14	27
90.0-99.9	5	29	34
100.0-109.9	7	21	28
110.0-119.9	7	9	16
120.0-129.9	7	8	15
130.0-139.9	2	2	4
140.0-149.9	2		2
150.0-159.9			
160.0-169.9	1		1
Total	59	96	155

Fig. 2 Seasonal change of gonadal composition with total length in *Thalassoma cupido* from Suruga Bay. Open bars : ovary, solid bars : testis.

界が不明瞭となり、卵母細胞は吸水を開始して卵黄顆粒の融合が顕著となる(前成熟期: Fig. 3I)。その後、卵黄顆粒は完全に1個の卵黄塊となり、卵膜に内接して表層胞が分布する(成熟期: Fig. 3J)。なお、本種では正常な完熟卵(完熟期)は観察されなかったが、卵巢薄板内の濾胞細胞層から脱して卵巢腔に排卵された完熟卵が少数残留する例が観察された。このように放卵に至らず残留した完熟卵では卵黄は1個の塊を形成していたが、表層胞の存在は認められなかった(Fig. 3K)。

(2) 卵巢成熟の年周期

1980年5月～1980年9月に成魚を主体に採集した月例標本のうち、卵巢を有する5～9月の96尾(29.1～136.7mm TL)について、卵巢成熟の経月変化を生殖腺体指数($GSI = (GW/TL^3) \times 10^4$)と組織像に基づいて調査した。GSIは5月には低値を示したが6月にはやや上昇し、7月には一般に高値をとるようになったが個体差が著しかった。GSIは8月には前月と比べて低下する傾向を示し、9月にはさらに5、6月の値にまで低下した(Fig. 4)。

組織学的な検討結果によると(Table 2)、5月の卵巢は小型で殆どの個体で無卵黄期にあったが、一部の個体では卵黄胞期にあった。6月になるとほぼ半数の個体では卵巢は肥大して核移動期に達しており、卵巢薄板周縁部に排卵後濾胞が存在していた。7月の卵巢は殆どの個体で明らかに肥大しており、第三次卵黄球期ないし核移動期にあって排卵後濾胞を多数有する例や、前成熟期ないし成熟期にある例が大部分であった。8月の卵巢は第三次卵黄球期ないし核移動期にあり、全てにおいて薄板周縁部に多数の排卵後濾胞が観察された。9月には前月と同様に成熟した個体も少なくなかったが、卵黄形成期、卵黄胞期および無卵黄期の卵巢では退化変性卵が観察され、卵巢機能の衰退傾向が認められた。

以上の結果から、本種の駿河湾における卵巢成熟は6月に始まり、その最盛期は7～8月にあること、および繁殖は6～9月にかけてなされることが知られたが、繁殖活動が10月にも行なわれているか否かは不明であった。また成熟魚の正常な卵巢には、成熟卵ないしこれに近い発達段階から染色仁期までの各発達段階の卵母細胞が常に存在していた。さらに、同一個体の卵巢内に卵黄形成途上の卵母細胞と排卵後濾胞とが同時に存在したことから、本種の雌は同一繁殖期に反復して産卵する分割産卵型であると示

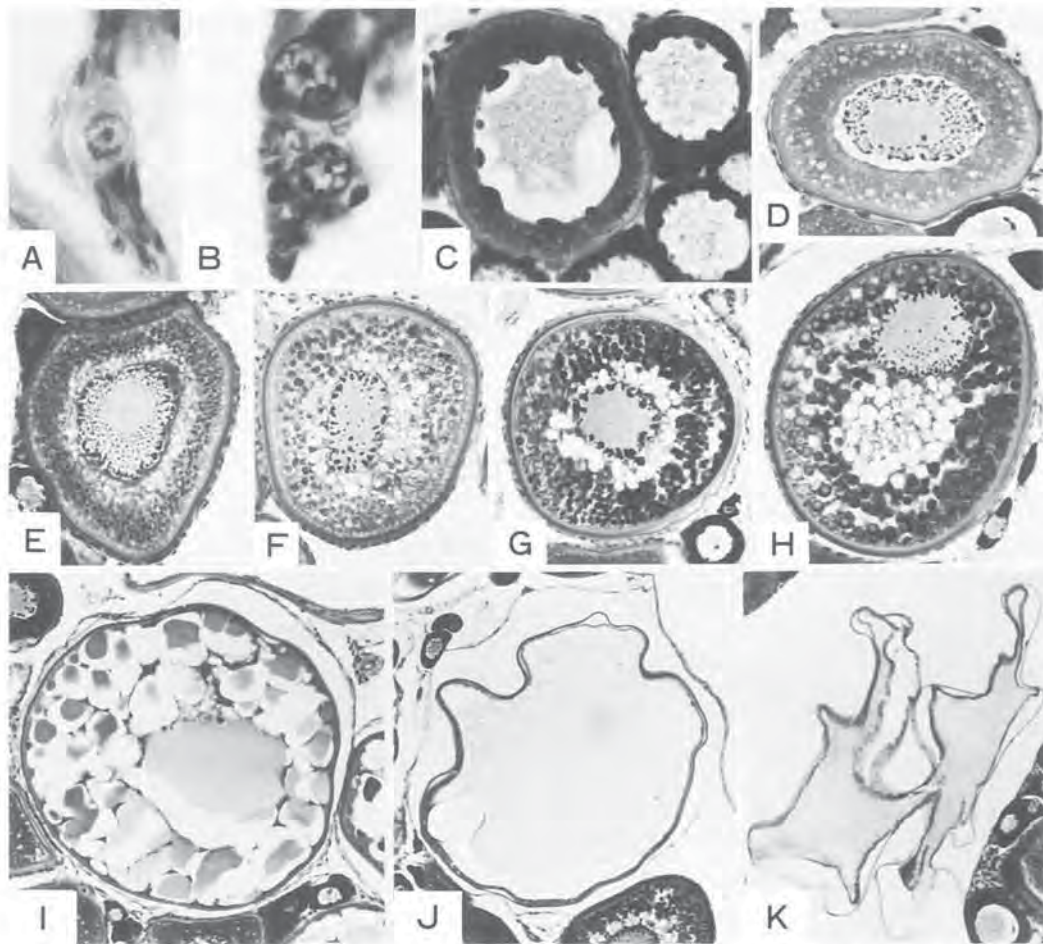


Fig. 3 Oogenetic stages in *Thalassoma cupido* from Suruga Bay. A : Oogonium stage, $\times 870$. B : Chromatin nucleolus oocytic stage, $\times 640$. C : Peripheral nucleolus, $\times 480$. D : Yolk vesicle, $\times 280$. E : Primary yolk globule, $\times 200$. F : Secondary yolk globule, $\times 180$. G : Tertiary yolk globule, $\times 160$. H : Migrating nucleus, $\times 180$. I : Pre-maturation, $\times 140$. J : Maturation, $\times 90$. K : Ripe egg, $\times 120$.

Table 2 Monthly change of ovarian maturation stages in *Thalassoma cupido* from Suruga Bay.

Month	Number of specimens	Total length (mm)	Developmental* stage			Ovulation	Oocyte atresia
			A	B	C		
May	9	68.2-118.9	9				
June	10	29.1-104.6	5	1	4	4	
July	56	69.6-136.7		17	39	33	1
Aug.	6	100.5-125.1		4	2	6	
Sep.	15	60.4-130.6	5	2	8	10	6

* : A : pre-vitellogenesis, B : vitellogenesis, C : maturation

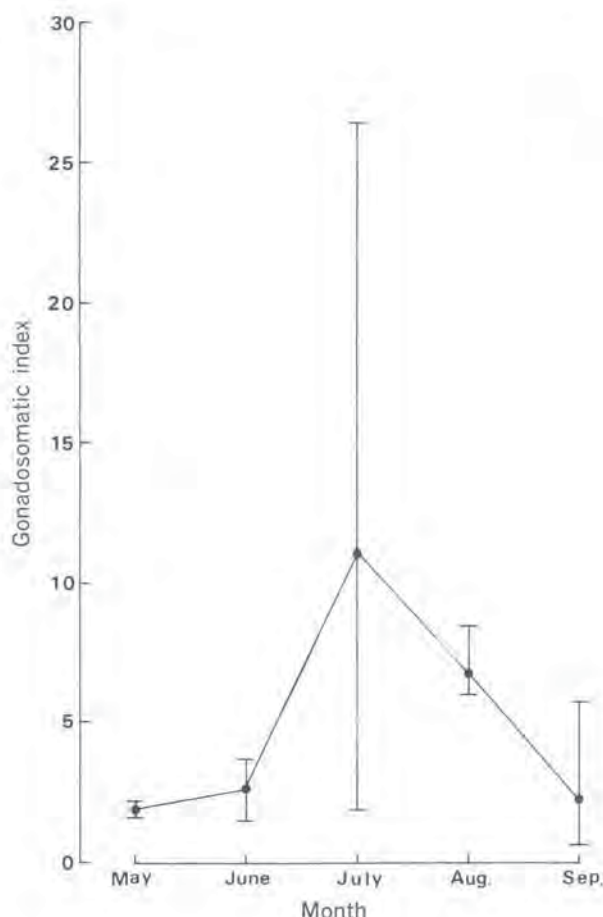


Fig. 4 Monthly change of ovarian gonadosomatic index (GSI) in *Thalassoma cupido* from Suruga Bay.

唆された。

一方、繁殖期の6～9月に卵巢を有する87尾(29.1～136.7mm TL)について、卵巢機能を果たす最小個体を検索した。43.0mm TL以下の個体の卵巢は無卵黄期にあり未成魚と判断された。また60.4mm TLの1尾の卵巢は無卵黄期にあったが退行変性卵を持ち、64.0mm TLの個体の卵巢は第二次卵黄球期にあったが退行変性卵を有し、65.9mm TLの個体の卵巢は核移動期にあり薄板周縁部に排卵後濾胞を多数有していた。したがって、本種の卵巢成熟が可能となる最小の大きさは約65mm TLと判断された。

(3) 卵成熟の日周期性

ニシキペラの繁殖盛期に相当する7月に、10:00、15:00、17:30、05:00、07:00の各時刻に雌魚各7～15尾を採集して、卵成熟と産卵現象の関連を生殖腺体指数(GSI)と組織学的変化の観察により調査した。

GSIの平均値は、15:00には6.8と最も低く、その

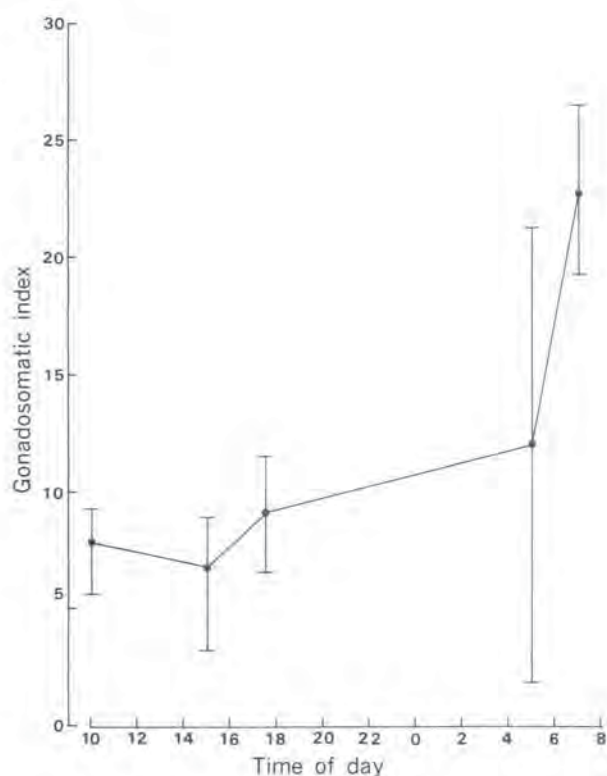


Fig. 5 Diurnal periodicity in ovarian gonadosomatic index (GSI) in spawning season of *Thalassoma cupido* from Suruga Bay, July, 1980.

後17:30にはやや上昇し、05:00には12.0に上昇したが、その値は1.9～21.3の範囲にあって著しい個体差をみせた(Fig. 5)。その後GSIは07:00には急激に上昇して平均値で22.8を示し、10:30には著しい低下をみせた。この結果から、本種の卵成熟には日周期性が存在することが示唆された。

卵巢の定時標本の組織学的な観察結果によると、15:00の卵巢では7尾(65.9～119.7mm TL)の全個体で卵母細胞は核移動期にあり(Fig. 6B)、17:30には10尾(86.2～126.6mm TL)の全ての個体で核移動期にあったが、卵核胞は15:00に比べさらに卵母細胞の周辺部へと移動を進めていた。卵母細胞は05:00には、15尾(64.0～124.1mm TL)のうち13尾(88.5～124.1mm TL)で前成熟期(Fig. 6D)、1尾(109.1mm TL)で成熟期に達していたが、GSIが最低値を示した残りの1尾(64.0mm TL)の卵巢は第二次卵黄球期の段階にあり非機能状態にあるものと判断された。前成熟期にあった個体の卵巢内には、核移動期の卵母細胞も比較的多数観察され、その核内では核小体が凝集しているのが特徴的であった(Fig. 6C)。07:00には卵母細胞は8尾(86.3～127.7mm TL)の全ての個体で成熟期にあり、この

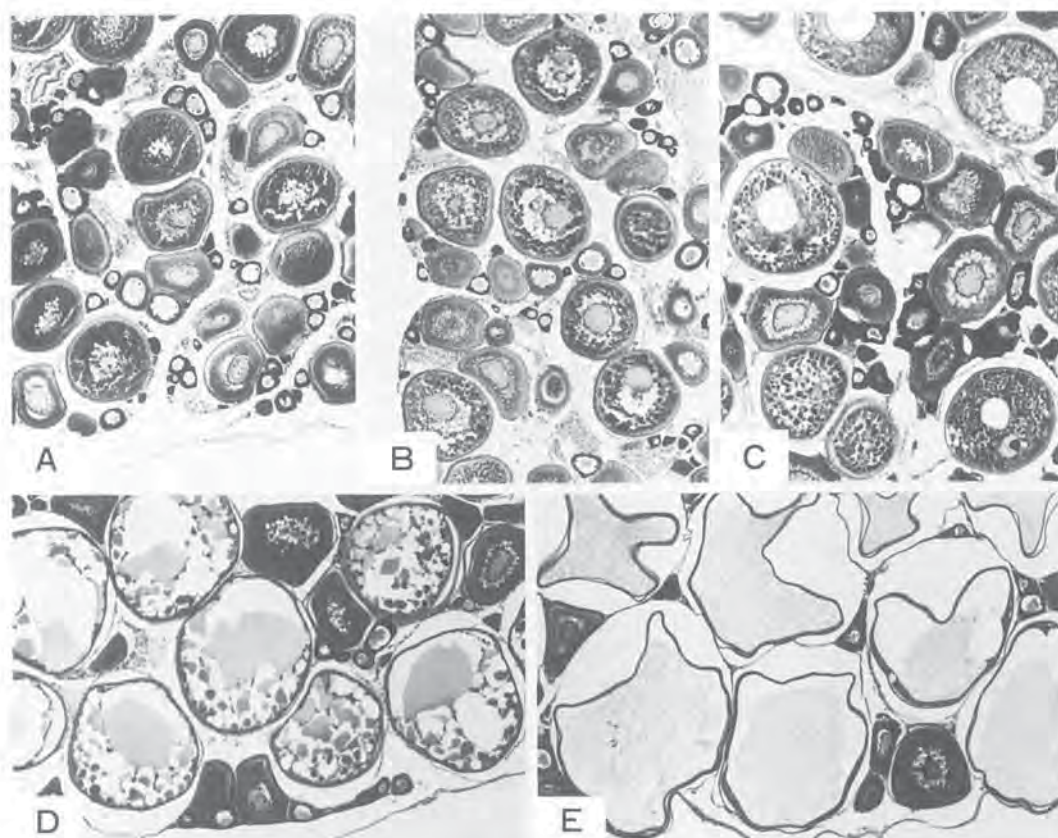


Fig. 6 Diurnal periodicity of oocytic maturation in the spawning season of *Thalassoma cupido* from Suruga Bay, July, 1980. A: Tertiary yolk globule stage, 10 AM, 102.7mm TL, ×60. B: Early migrating nucleus stage, 03 PM, 105.7mm TL, ×60. C: Migrating nucleus stage, 05 AM, 88.5mm TL, ×60. D: Pre-maturation stage, 05 AM, 91.0mm TL, ×60. E: Maturation stage, 07 AM, 100.9mm TL, ×60.

時間にはまだ排卵は認められなかった (Fig. 6E). 10:00には卵母細胞は16尾 (87.6~136.7mm TL) の全個体で第三次卵黄球期の段階にあって、卵巢薄板周縁部には明瞭な排卵後濾胞が多数観察された (Fig. 6A).

以上の定時標本では、完熟卵が卵巢腔に排卵されている卵巢は見出されなかったが、卵成熟には明らかに日周性が認められ、排卵は07:00以降に起こることが示唆された。なお、1975年7月の野外観察によると、本種の繁殖行動が観察された時刻は07:40であり、その産卵様式は1尾の雌 (約100mm TL) を70~80尾の雄 (約70~80mm TL) が追従する群れ産卵で、ペア産卵は観察されなかった。

(4) 精巣成熟の経月変化

5~9月に成魚を主体に採集した月例標本のうち、精巣を持つ59尾 (39.5~166.0mm TL) の成熟度を組織学的に調査した。

5月の精巣では一般に精原細胞が主に周縁部に位

置し、内側の精小囊は精母細胞を主体とする包囊で構成され部分的に精子形成活動が開始されていたが、輸精管には少量の精子が放出されているに過ぎなかった (Fig. 7A). 6月には精小囊が拡張して活発な精子形成活動をみせ、精小囊内腔には頭部を一定方向に向けた精子が多数観察され、輸精管にも精子の充満が認められた (Fig. 7B). 7月の精巣では精小囊は融合して大型となり精小囊内腔も拡張し、精子形成活動は活発で輸精管に近い精小囊内腔と輸精管には大量の精子が放出されていた (Fig. 7C). 8月の精巣は前月とほぼ同様に活発な精子形成活動をみせ、精小囊内腔と輸精管には精子が充満していた。9月の精巣には精子形成活動が活発な例と衰退状態にある例とが観察された。後者では精小囊は相対的に小型となり精子形成活動が不活発化し、精小囊内では精母細胞や精細胞と判断されるものに核濃縮変性や食細胞作用が認められ、精子形成の衰退傾向が明らかであった (Fig. 7D).

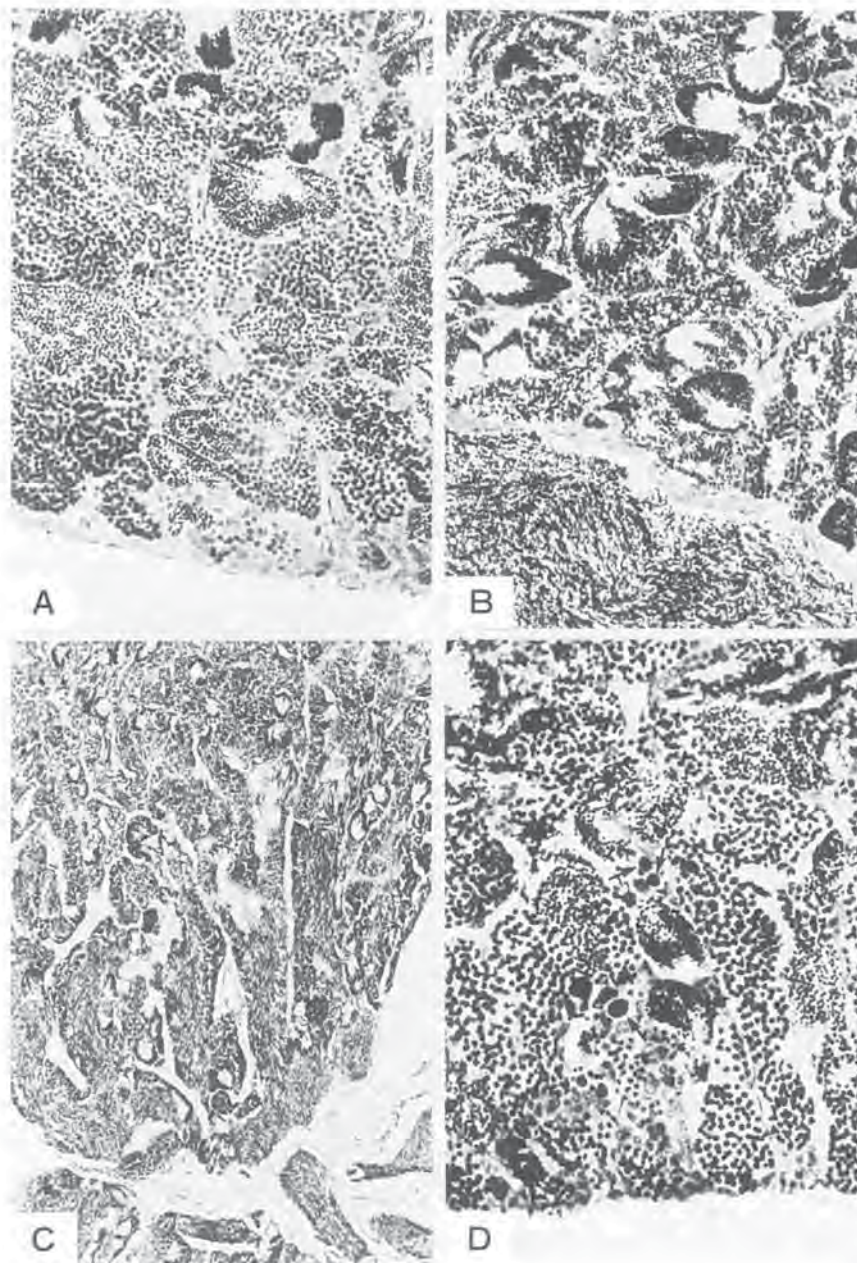


Fig. 7 Monthly change of testicular maturation in *Thalassoma cupido* from Suruga Bay. A: Starting of initial spermatogenesis, May, 82.6mm TL, $\times 250$. B: Occurrence of active spermatogenesis, June, 100.3mm TL, $\times 260$. C: Most active spermatogenesis with enlarged of seminal lobules, July, 109.9mm TL, $\times 60$. D: Appearance of degenerate seminal lobules and many phagocyte, September, 83.9mm TL, $\times 325$. Arrows indicate phagocytosis.

以上のように精巣成熟は、前述の卵巢成熟とよく一致した経過を示し、本種の精巣は5～9月に放精活動をみせるものと判断された。なお、精子形成活動が活発で輸精管に精子の充満がみられ、明らかに機能的な精巣を有すると判断された最小個体は、7月に採集した60.5mm TLの雄であった。

3) 体色相と生殖腺の関連

生殖腺の性型の同定に用いた155尾の個体について体色相を生時の新鮮な状態で肉眼的に観察した結果、ニシキペラの体色相は成魚では、背側が緑色をおび腹側が青色で体側の中央と背方には赤褐色の縦帯を有するのが基本型とみられた。しかし、約50mm TL未満の比較的小型な個体では体側の縦帯は赤味

をおび、これより大型の個体では体の背方が青味をおび、約120mm TL以上に成長した個体では体側の縦帯は黒色を呈していた。このように本種の体色相には不明瞭ながら連続性がみられ、体色相をREINBOTH(1975)のいう始相(initial phase)と終相(terminal phase)に明確に区分することは困難であった。また、精巣または卵巣を持つ個体は上記のいずれの体色相にも認められ、体色相と生殖腺の性の間には特別な規則性は認められなかった。

4) 性変化の有無の実験的検証

腹部の圧迫により搾卵し卵巣機能を有することを確認した雌魚5尾(150.0~172.3mm TL)を、同一水槽(100ℓ)に同居させ水温24.3~25.5°Cで30日間飼育し、本種に雄性化現象が生ずるか否かを検討した。

実験終了時の5尾(151.0~174.0mm TL)にはわずかに体成長がみられた。これらの個体の生殖腺を組織学的に観察した結果、いずれの生殖腺も卵巣薄板内に無卵黄期の卵母細胞を散在させる正常な形態の卵巣であることが確認された。それらの個体には卵黄胞期の卵母細胞を少数持つ例、卵黄形成期の卵母細胞に退化変性のみられる例、および卵巣腔に卵膜が多数存在する例があったが、5尾のいずれの生殖腺にも卵巣薄板の周縁部に卵原細胞とみなされる細胞が認められ、雄的な生殖細胞の出現は全く観察されなかった。したがって、本実験では本種に雌雄同体性が存在する確証は得られなかった。

2. イトベラ *Suezichthys gracilis* (STEINDACHNER)

1) 成魚の生殖腺の形態的特徴

1980年4月~1990年5月に成魚を主体として採集した標本合計192尾(53.4~161.0mm TL)について、生殖腺を肉眼的および組織学的に観察した結果、本種の成魚の生殖腺を一次精巣、卵巣、間性生殖腺および二次精巣の4型に大別することができた。

一次精巣：外観的に生殖腺は肥大し、左右にやや扁平でかつ正中側に湾曲しており、その前部と中部で外部形態の不相称な左右の対に分かれ、後部で左右が癒合していた。左右の生殖腺には不規則な形状の皺襞が観察され血管の所在は不明瞭であった(Fig. 8A)。組織学的には、前部と中部の横断面では生殖腺組織は分葉して不規則な形状を呈し、その実質は様々な発達段階の雄性生殖細胞の包囊より成る精小

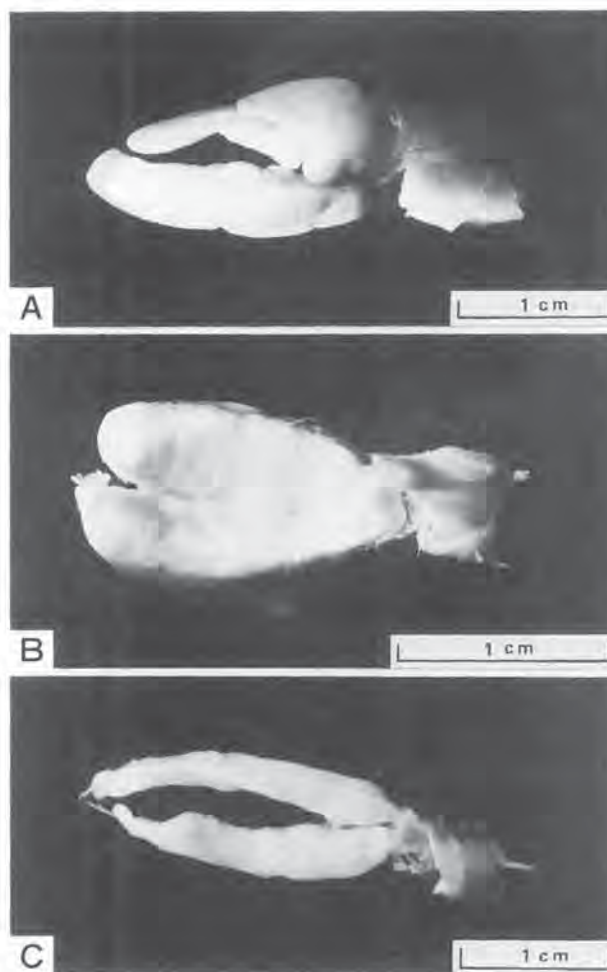


Fig. 8 External appearance of the gonad in adult fish of *Suezichthys gracilis* from Suruga Bay. A: primary testis, 125.9mm TL, May; B: ovary, 98.3mm TL, May; C: secondary testis, 161.0mm TL, June.

囊によって占められていた。精小囊は放射状に配列し、その中心部付近には管状構造をなす輸精管と1本の細い動脈が存在するのが通例であった(Fig. 9A)。

卵巣：外観的に生殖腺は一般に丸く肥大しており、生殖腺の前部と中部でほぼ相称な形状の左右両葉に分かれ後部で左右が癒合し、両葉の背部の生殖腺間膜付近には各1本の動脈が縦走していた(Fig. 8B)。組織学的には、生殖腺は結合組織性皮膜で覆われ、腹縁と正中縁より体壁側に向かって多数の卵巣薄板が伸び、薄板内には様々な発達段階の卵母細胞が充満していたが雄的な生殖細胞要素は見出されなかった。また、生殖腺の前部と中部では背縁から体側縁にかけて卵巣腔が広がり(Fig. 9C)、後部では背縁部に卵巣腔が存在し、生殖腺の辺端部と体腔背壁との接着によって背縁部に卵巣腔が形成されたことが明確であった(Fig. 9B)。したがって、本種の卵巣は卵巣薄板を囲む卵巣腔壁内に生殖細胞を欠く周卵

巢腔型の形態を呈していた。卵巢腔はほぼ体軸にそって縦走し後端で左右が癒合し輸卵管に連なった。

間性生殖腺：外観的には間性生殖腺は上記の卵巢ないしは後述の二次精巢と類似する形態を呈するが、顕著な肥大をみせなかった。また、外観からは同一生殖腺内の卵巢組織と精巢組織との混在を知ることはできなかった。組織学的には、これらの生殖

腺には卵巢に類似する形態から後述の二次精巢に類似する形態に至る多様な特徴が認められた。すなわち、結合組織性の皮膜によって覆われた生殖腺実質部は常に薄板構造を有し、薄板内には雌雄の生殖細胞が明確に混在しており、例外なく明瞭な卵巢腔が存在していた。雌雄の生殖細胞の分布状態には、薄板内に卵母細胞が卓越し小型の精母細胞包囊が薄板

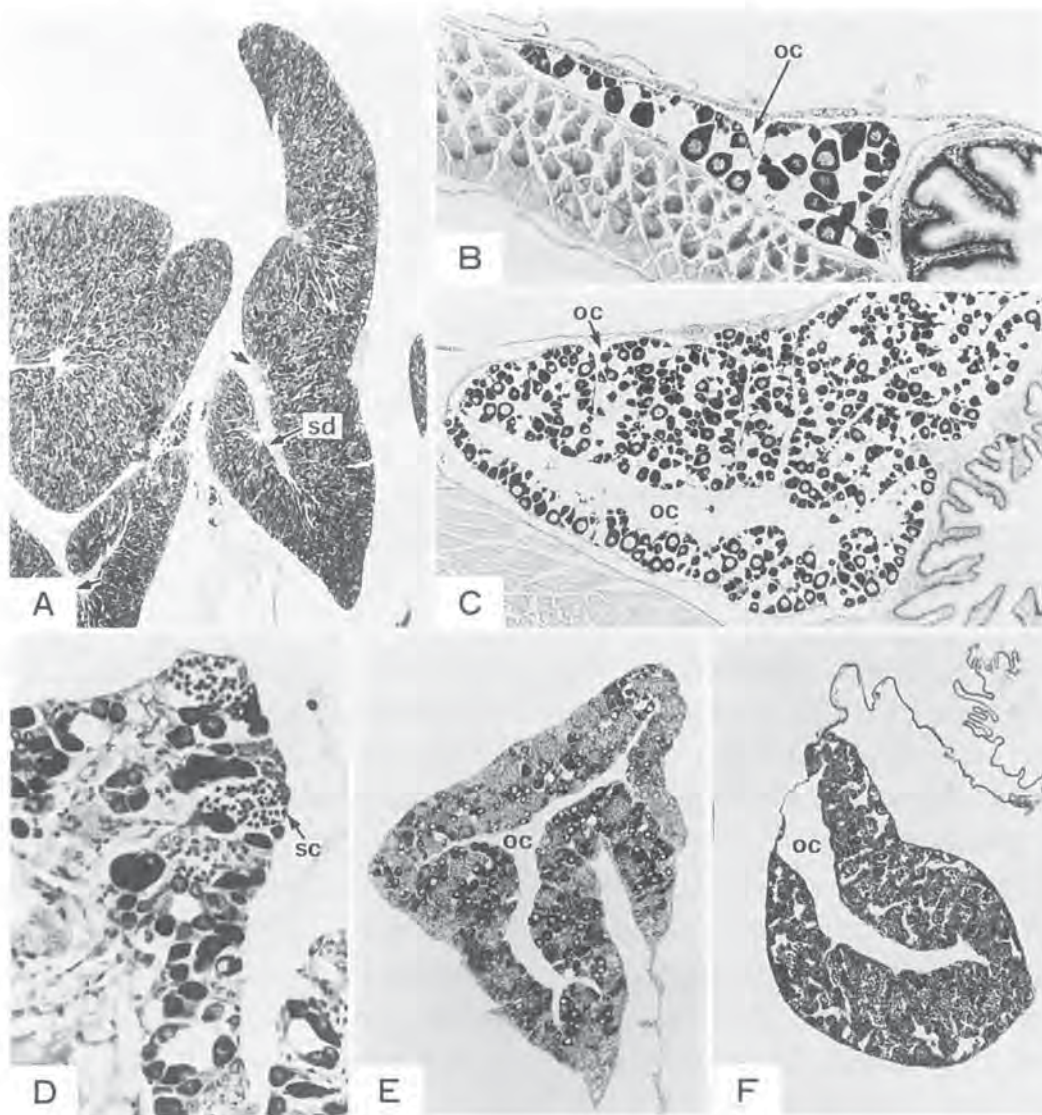


Fig. 9 Various gonadal sexual structures in the Protogynous *Suezichthys gracilis* from Suruga Bay. A: Primary testis. Showing an almost identical structure to the gonochoristic testis of *T. cupido* (Fig. 1B). Arrows indicate gonadal mesentery, 123.5mm TL, May, $\times 12$. sd: sperm duct. B: Young ovary with yolkless oocytes in the ovigerous lamellae at the posterior portion, 75.3mm TL, April, $\times 85$. oc: ovarian cavity. C: Ovarian cavity runs along the dorsal side and branches within at the middle portion of the ovary that is identical specimen to show B, $\times 35$. oc: ovarian cavity. D: Intersexual gonad. Showing degenerate oocytes and newly appearance of spermatocytes everywhere both in the ovigerous lamellae, 120.3mm TL, August, $\times 250$. sc: spermatocyte. E: Intersexual gonad. Showing developing and enlarging seminal lobules and degenerate oocytes in the ovigerous lamellae, 112.8mm TL, November, $\times 60$. oc: ovarian cavity. F: Secondary testis with a widely retained ovarian cavity, 95.3mm TL, July, $\times 60$. oc: ovarian cavity.

縁辺部に分布する例、薄板内に卵母細胞が散在し精小囊の発達が顕著な例(Fig. 9D)、薄板内に精小囊が卓越し卵母細胞が疎在する例(Fig. 9E)などが観察された。なお、実質部に精小囊が卓越する生殖腺では、腹縁側の生殖腺皮膜内に亀裂状の構造を呈する輸精管が1～3本存在する例もあった。

二次精巢：外観的には生殖腺は細長く、前記の一次精巢に比べ著しく小型で成熟しても顕著な肥大をみせず、その前部と中部では左右がほぼ相称の形状の2葉に分かれ後部で癒合し、背部の生殖腺間膜付近には動脈が各一本縦走していた(Fig. 8C)。組織学的観察によると、生殖腺の実質部は様々な発達段階の雄性生殖細胞包囊が集合した精小囊によって占められ、精小囊間に黄褐色小体を存在させる例が少なくなかった。実質内には雌的な生殖細胞は見出されなかった。生殖腺の前部と中部の背縁部から内側にかけて、卵巣腔と相同とみなされる内腔が位置していた(Fig. 9F)。生殖腺後半部には主として腹縁側の生殖腺皮膜の結合組織層内に上皮細胞で裏打ちされた管状の内腔、すなわち輸精管が多数認められた。

上記の生殖腺形態の類別によって採集標本192尾の個体の生殖腺を区分すると、一次精巢を持つ個体は119.4～140.2mm TLに8尾、卵巣を持つ個体は53.4～134.4mm TLに136尾、間性生殖腺を持つ個体は71.1～149.5mm TLに28尾、二次精巢を持つ個体は95.3～161.0mm TLに20尾が存在し、各型の生殖腺を持つ個体の全長範囲にはそれぞれ重複が顕著であった。一次精巢は少数の個体のみ出現し、また小型個体には見出されなかった(Table 3)。標本中には卵巣を持つ個体の比率が高いが、その理由は後述する卵成熟の日周期調査の目的で雌魚を主体に採集した標本を含むためである。

以上の結果、イトペラの雄にはREINBOTH(1961, 1962a, b, 1970)のいう生来の一次精巢を有する個体と、雌から雄への性変化によって生じた卵巣起源の二次精巢を有する個体の2型が認められ、雌雄異体性と雌雄同体性が存在することが確認された。なお、本種では幼若魚の標本が入手できなかったため、幼若期における生殖腺の形成過程は不明である。

2) 生殖腺の成熟と生殖周期

(1) 卵巣成熟の年周期

1980年4月～1990年5月に成魚を主体に採集した標本のうち、卵巣を有する136尾(53.4～134.4mm

Table 3 Size distribution with gonadal structure against total length in *Suezichthys gracilis* from Suruga Bay.

Total length (mm)	Primary testis	Ovary	Intersexual gonad	Secondary testis	Total
50.0-59.9		3			3
60.0-69.9		7			7
70.0-79.9		10	4		14
80.0-89.9		18	1		19
90.0-99.9		23	2	1	26
100.0-109.9		37	6	1	44
110.0-119.9	1	26	6	3	36
120.0-129.9	4	9	4	2	19
130.0-139.9	2	3	3	5	13
140.0-149.9	1		2	5	8
150.0-159.9				2	2
160.0-169.9				1	1
Total	8	136	28	20	192

TL) について卵巣成熟度の周年変化を組織学的に調査した(Table 4)。これらの個体の中には1980年7月に卵巣成熟の日周期を調査した定時採集標本41尾(86.3～133.8mm TL)と、各採集日の13～17時に採集したのち小型生簀に収容し、同日の任意の時刻に固定した標本が含まれる。

4月の卵巣には、無卵黄期あるいは卵黄胞期にある未発達な例と、卵黄形成期または核移動期に達して肥大が明らかな例とが認められた。そのうち主として核移動期にある卵巣では卵巣薄板縁辺部に排卵後濾胞が認められ、卵黄形成期の卵巣には卵黄形成途上の卵母細胞の退行変性像も観察された。5月の卵巣は殆どの個体において顕著な肥大をみせ核移動期にあり、卵巣薄板縁辺部に排卵後濾胞が見出される例が多く、一部の個体では卵巣腔に排卵された卵母細胞が存在し完熟期にあった。6月の卵巣も前月と同様に成熟した状態を呈していた。

7月の卵巣は卵黄形成期末期から成熟期の段階にあり、第三次卵黄球期の卵巣の大部分には薄板縁辺部に排卵後濾胞が存在した。ただし、同月には多数の個体において卵黄形成途上の卵母細胞に退行変性像が観察された。8月の卵巣は大多数の個体で成熟期ないしは完熟期にあった。9月には肥大卵巣と萎縮卵巣がみられ、前者は第三次卵黄球期にあって薄板縁辺に排卵後濾胞が観察されるか、あるいは完熟期にあり、共に卵巣機能を果たしていたが、後者は無卵黄期にあって卵巣機能は衰退していた。10月の卵巣は全て萎縮し無卵黄期にあり、一部では卵黄形成途上の卵母細胞が崩壊吸収過程にある例も存在

Table 4 Monthly change of ovarian maturation stages in *Suezichthys gracilis* from Suruga Bay.

Month	Number of specimens	Total length (mm)	Developmental * stage			Ovulation	oocyte atresia
			A	B	C		
Apr.	30	53.4-106.8	17	4	9	9	5
May	20	56.2-134.4	1		19	10	
June	20	85.6-123.5		2	18	19	1
July	41	86.3-133.8		9	32	10	16
Aug.	8	96.2-128.3			8	1	
Sep.	5	99.9-119.4	3		2	2	
Oct.	6	78.2-101.0	6				3
Nov.	4	55.2-76.1	4				
Jan.	2	116.5-123.0	2				

* : A : pre-vitellogenesis, B : vitellogenesis, C : maturation

した。11～1月の卵巣は無卵黄期にあり、それらは未成魚の卵巣もしくは衰退卵巣の様相を呈していた。

以上の結果から、本種の駿河湾における卵巣成熟は4月に始まりその最盛期は5～8月にあること、および繁殖活動は4～9月にかけてなされることが知られた。また、成熟雌魚の卵巣には完熟ないしそれに近い発達段階の卵母細胞から染色仁期に至る様々な発達段階の卵母細胞が常に存在していた。さらに、同一個体の卵巣内に卵黄形成途上の卵母細胞と排卵後濾胞とが同時に存在したことから、本種の雌は同一繁殖期に反復して産卵する分割産卵型であると示唆された。

一方、繁殖期の4～9月に卵巣を有する124尾(53.4～134.4mm TL)について、卵巣機能を果たす最小個体を検索した。4月に採集した75.3mm TL以下の個体の卵巣は、無卵黄期の卵母細胞を有し未経産魚と判断された。これに次ぐ76.8mm TLの4月の個体の卵巣では、核移動期の卵母細胞が存在し薄板縁辺部には排卵後濾胞が多数観察された。したがって、本種の卵巣成熟が可能となる最小の大きさは約77mm TLと判断された。

(2) 卵巣成熟の日周期

本種の繁殖期に相当する7月に雌魚を対象として、各時刻(12:00, 15:00, 18:00, 04:30, 08:00)にそれぞれ7～9尾を採集し、卵成熟と産卵現象の関連を、生殖腺体指数($GSI = (GW/TL^3) \times 10^4$, GW:卵巣重量, TL:全長)と組織学的変化の検討を行った。

GSIの平均値は12:00には5.0であり、15:00には9.8に急上昇したが、その値は2.9～13.3の範囲にあって著しい個体差をみせた。その後18:00には平均値は3.3と急激な低下をみせ、それ以降04:30～12:00にかけて緩やかな上昇傾向をみせた(Fig. 10)。この結果から、本種の卵成熟には日周期性が存在することが示唆された。

一方、卵巣の定時標本の組織学的な観察結果によると、卵母細胞は12:00の卵巣では8尾(86.3～115.7mm TL)の全個体で卵母細胞は前成熟期の段階にあり、15:00にはGSIが2.9と低い1尾(108.1mm TL)で核移動期、他の1尾(101.1mm TL)で前成熟期にあり、残りの6尾(101.2～115.7mm TL)では成熟期に達していた。18:00には卵母細胞は9尾(97.2～114.3mm TL)の全個体で第三次卵

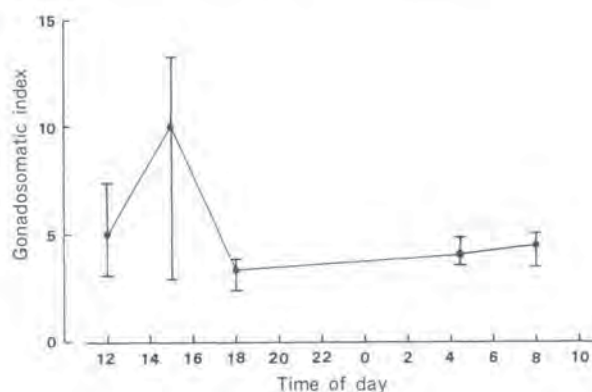


Fig. 10 Diurnal periodicity in ovarian gonadosomatic index (GSI) in the spawning season of *Suezichthys gracilis* from Suruga Bay, September 1980.

黄球期にあり、卵巢薄板縁部には明瞭な排卵後濾胞が多数観察された。04:30には9尾(103.8~125.3 mm TL)の全個体で卵母細胞が核移動期に入っており、上述した排卵後濾胞は消失していた。08:00には卵母細胞は前期と同様に核移動期にあったが卵核胞はさらに周辺へと移動していた。

以上の定時標本では、完熟卵が卵巢腔に排卵されている卵巣は見出されなかったが、卵成熟には明らかに日周性が認められ、卵巢腔への排卵は15:00以降に起こり、体外への放卵は18時以前に完了することが示唆された。なお、本調査地点で繁殖活動が観察された時刻は16:55~17:50であり、その産卵様式は1尾の雄が単独で散在する雌の居場所を巡回し、それぞれの場所でペア産卵を行っていた。

(3) 精巣成熟の年周期

1980年4月~1990年5月に成魚を主体に採集した標本には、一次精巣を持つ個体が8尾(119.4~140.2 mm TL)、二次精巣を持つ個体が20尾(95.3~161.0 mm TL)存在した。それらの精巣成熟度について組織学的に調査した結果、一次精巣と二次精巣は各月において極めて類似した成熟度を呈し、両者には明確な差異が見出されなかったため、両者を一括して精巣成熟の経月変化の概要を記述する。

4月の精巣では、精小嚢は一般に小型で精母細胞を主体とする包囊で構成され、精母細胞には分裂像も観察されて精子形成活動の進行が認められ、精小嚢内腔と輸精管には精子も存在したが少量にすぎなかった。5月の精巣では精小嚢が拡張し、主として精母細胞包囊が増数し精小嚢内腔には精子が比較的多数観察され、輸精管にも精子の充満が認められた。6月の精巣では精小嚢が融合して大型となり精母細胞と精細胞の包囊が多数認められ、精子形成活動は前月に比べより活発となり、拡張した精小嚢内腔と輸精管には大量の精子が放出されていた。

7~8月の精巣は前月とほぼ同様に活発な精子形成活動をみせ、精小嚢内腔と輸精管には精子が充満していた。10月の精巣では精小嚢は小型で、精小嚢周縁部に精原細胞が少数散在し、精小嚢内腔には極く少数の残留精子が存在するほか、好塩基性の小型の細胞が充満しており、精子形成活動は明らかに終息していた。1~3月の精巣では、精小嚢は小型で精母細胞の包囊を主体としており、精子形成活動は不活発であった。

以上の精巣成熟の様相は、前述の卵巢成熟の挙動

とほぼ一致する経過をみせた。なお、精子形成活動が活発で輸精管に精子が充満する機能的な精巣を有する最小個体は、一次精巣を持つ個体では5月に採集した123.5mm TLの雄で、二次精巣を持つ個体では6月に採集した107.0mm TLの雄であった。

3) 雌雄同体現象

(1) 生殖腺各型の出現状況とその様相

本研究では、一次精巣を持つ個体は8尾存在したが、その出現の季節的な変動傾向は見出し難かった(Fig. 11)。他方、卵巢を持つ個体は4月には50~100 mm TL級に多数存在し、5~7月にかけて明瞭な成長傾向をみせ、それ以降11月まで月を追って小型な体長階級に出現する傾向をみせた。

間性生殖腺を持つ個体は、4月に70~100mm TL級に3尾見出され、その生殖腺の卵巢薄板内には卵黄期までの卵母細胞が充満する雌性要素が優占

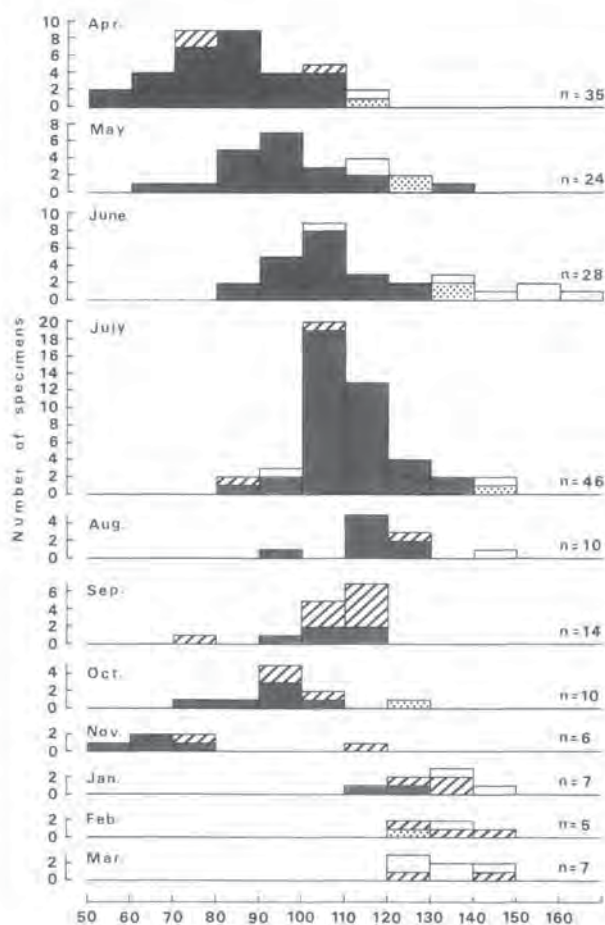


Fig. 11 Seasonal change of gonadal composition with total length in *Suezichthys gracilis* from Suruga Bay. Stippled bars, primary testis; solid bars, ovary; shaded bars, intersexual gonad; open bars, secondary testis.

し、薄板周辺部の随所に小型の精母細胞包囊が存在していたが、精小囊が拡張発達する傾向はみられなかった。5～6月には間性生殖腺を持つ個体は観察されず、全てが卵巢および一次精巢ないし二次精巢を有する個体で、その多くはそれぞれ雌性および雄性の生殖機能を果たしていた。7～8月の個体はその殆どが前月と同様に生殖機能を有していたが、7月には間性生殖腺を持つ個体が80～100mm TL級に2尾出現した。それらの生殖腺は薄板内に卵黄形成期の卵母細胞を充満させており雌性機能を果たしていたが、卵母細胞には退行変性像が観察され生殖機能に衰退傾向がみられ、また卵巢薄板の周縁部には精母細胞と判断される生殖細胞の包囊が随所に認められ、うち一尾には精細胞包囊の出現もみられた。

8月にも間性生殖腺を持つ個体が1尾が存在し、その生殖腺は退行傾向をみせる無卵黄期の卵母細胞を有し、薄板内には精母細胞を主体とする精小囊の存在が明瞭であって、雄性化の進行が明らかであった。9～11月には間性生殖腺が110mm TL以下の小型個体に比較的多数観察され、それらの個体は明確に卵巢から精巢への移行過程にあった。また、11～2月に出現した120mm TL以上の個体の間性生殖腺では、卵巢薄板内に精小囊が卓越し雄性化の進行が顕著である場合が多かった。この時期に観察された二次精巢には、精小囊に精子形成活動が認められ、卵巢腔や精巢実質部に卵膜の残渣が観察された。

二次精巢を持つ個体は、4～3月に90～160mm TL級に出現したが、その月毎の分布には明瞭な規則性は見出されなかった。また6～7月の繁殖期には二次精巢を有する小型個体が出現した。

以上の結果から、4月に観察された間性生殖腺では卵母細胞が発達をみせる一方で、精小囊は拡張傾向をみせず、また5～6月に間性生殖腺が存在せず全てが卵巢ないし二次精巢で多くは機能的であったことから、4月の間性生殖腺では繁殖期に向かって精小囊が退行し、これに対し卵母細胞は卵黄形成を進行させて卵巢としての生殖機能を果たすに至ると判断された。しかし、繁殖盛期の7月には卵巢機能が衰退をみせる一部の個体に雄性化現象が発現し、9月より多数の機能後卵巢に雄性化現象が生じるものと判断された。したがって、本種の性変化期は7～3月であると判断された。

(2) 生殖腺における性変化の過程

機能的卵巢を有する個体の殆どは、卵巢薄板内は無卵黄期から卵黄形成期、あるいは最終成熟段階にある卵母細胞を充満させており (Fig. 12A)、薄板周辺部には減数分裂前期に移行してまもない卵母細胞の他に、卵原細胞か精原細胞か判断のできない生殖原細胞が少数観察されるのみで、将来の性変化の発現を示唆する形態的特徴をみせなかった (Fig. 12B)。卵巢組織の雄性化の初期段階では、卵黄形成期の卵母細胞に退行変性像が高頻度で観察される生殖腺で、薄板縁辺部に生殖原細胞の増加、および精母細胞とみなされる生殖細胞包囊の形成を伴う初期の精小囊が形成されたい (Fig. 12C)。

さらに卵巢の雄性化傾向が強まる段階では、卵母細胞は無卵黄期にあるにすぎず、多くの薄板縁辺部には精母細胞包囊の増加がみられた (Fig. 12D)。卵巢の雄性化がさらに進行した段階では、卵母細胞の散在する薄板の中央部に結合組織が発達をみせ、薄板周縁部の随所に精母細胞包囊と精細胞包囊より成る精小囊の出現がみられたが、この段階では卵巢腔は残存するが輸精管系の形成は認められなかった (Fig. 12E)。

精巢への移行の進行に伴って、生殖腺実質部では精小囊が拡張し無卵黄期の卵母細胞がさらに少数となり (Fig. 13A)、移行末期には実質部の殆どは精子形成活動をみせる精小囊で占められ、退行卵は少数が残留するにすぎなかった。また、腸間膜の基部付近の生殖腺皮膜内層には上皮細胞で裏打ちされた内腔として輸精管が観察され、生殖腺内には体腔背壁に接して卵巢腔が残存していた (Fig. 13B)。卵巢から精巢に移行した二次精巢では、実質部が精子形成中の生殖細胞を持つ精小囊で占められると共に、体腔背壁側の卵巢腔中に卵膜の残渣が存在し、この精巢が卵巢に由来することが明確であった (Fig. 13C)。この二次精巢の後部では、体腔側壁側および腹縁側の生殖腺皮膜内層には複数の輸精管が存在したが、卵巢腔が接する体腔背壁には輸精管は観察されなかった (Fig. 13D)。

このような二次精巢の後方には生殖腺皮膜に囲まれた卵巢腔の延長、すなわち輸卵管が伸びるが、その腹縁の管壁内には屈曲した輸精管が位置する。輸精管は後方に向かうに伴って内側の輸卵管側に拡張し、また背縁部の管壁内にも出現し、最終的には管壁の接着によって残存輸卵管を閉塞する。各輸精管

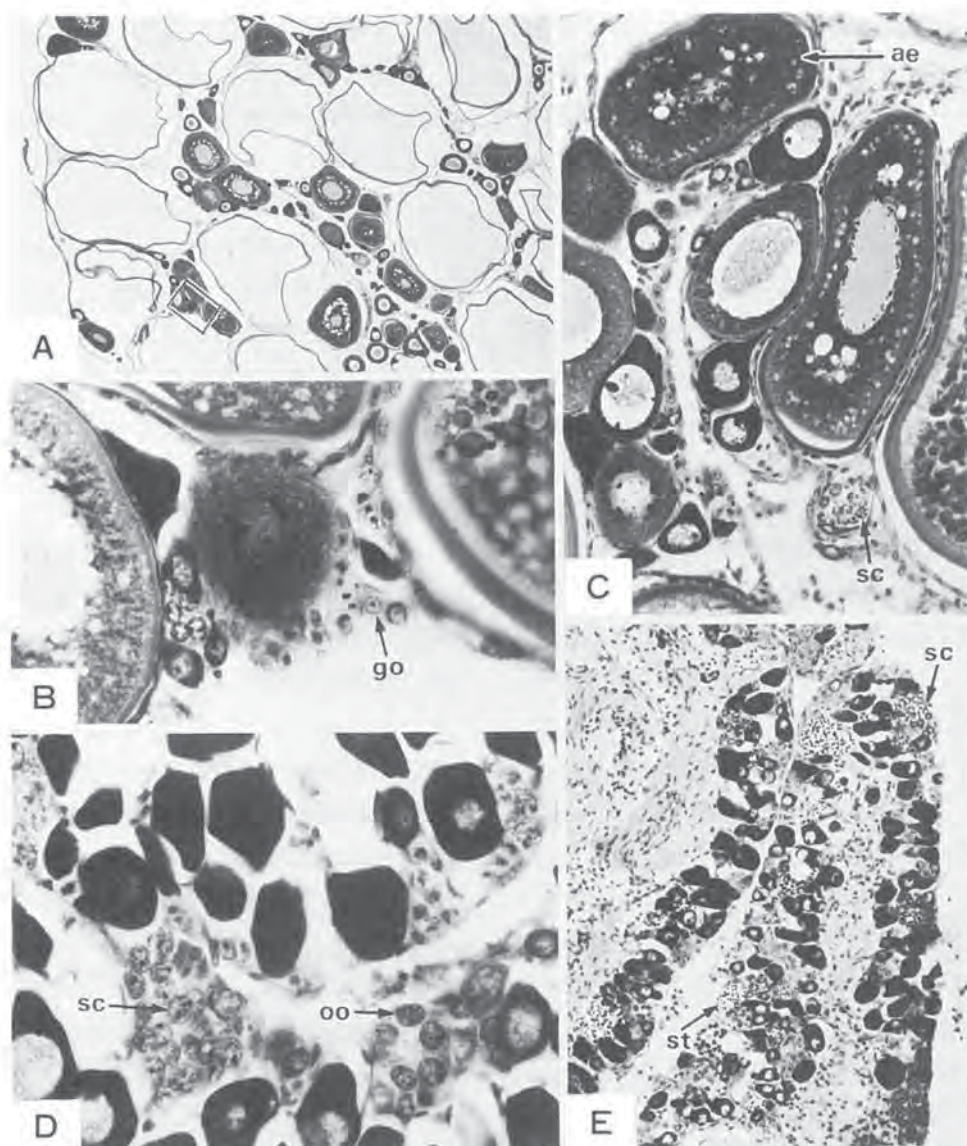


Fig. 12 Early process gonadal sex succession in *Suezichthys gracilis* from Suruga Bay. A: Parovarian type ovary in adult fish. Numeral maturation oocytes filled in the ovigerous lamellae, 115.7mm TL, July, $\times 30$. B: Partical magnification of the framework in A. Showing a few gonial germ cells and no seminal lobules appear in the ovigerous lamellae, $\times 500$. go: gonial germ cell. C: Formation of the spermatocytic cysts in the ovigerous lamellae, 108.1mm TL, July, $\times 250$. ae: atretic egg, sc: spermatocyte. D: Increasing in number of spermatocytes at the marginal part of ovigerous lamellae, 92.5mm TL, October, $\times 490$. oo: oocyte, sc: spermatocyte. E: Spoge-like somatic tissues markedly appears at the central part with many spermatocytic and apermatid seminal lobules close to marginal part of the ovigerous lamellae, 107.0mm TL, September, $\times 160$. sc: spermatocyte, st: spermatid.

はさらに後方で融合し単一の管状構造の総輸精管となり、後方に向かって縦走し体外に開口する (Fig. 14B)。一方、卵巢では本体部の背縁に存在した卵巢腔が、卵巢後端部で単一の輸卵管に連なり、輸卵管は膀胱および輸尿管の下方を後方に向かって縦走して、肛門の後方で体外に開口する。また、卵巢の生殖輸管系には輸精管に相当する形態は認められな

かった (Fig. 14A)。なお一次精巣を有する個体、精巣後端部より体外に開口するに至る間の形態は明らかにできなかった。

(3) 体色相と生殖腺の関連

生殖腺の性型の同定に用いた192尾の成魚について、体色相を生時の新鮮な状態で肉眼的に観察した結果、イトペラの体色相には次のAおよびBの2型

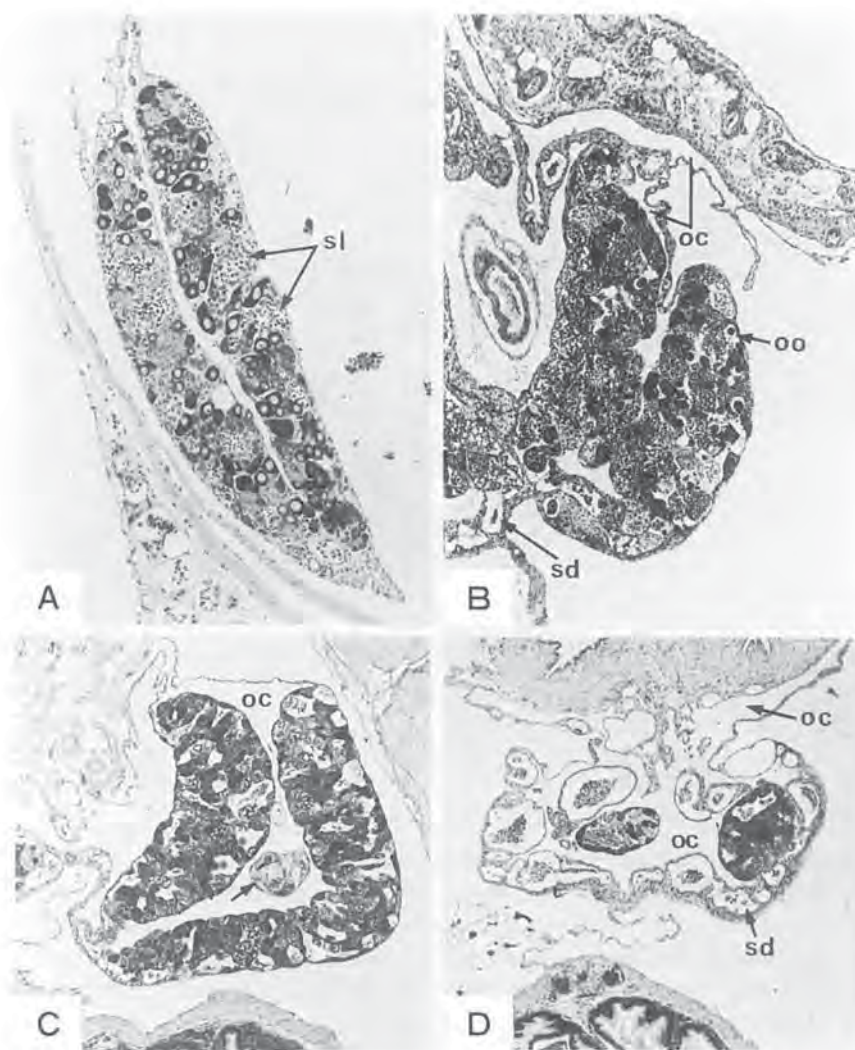


Fig. 13 Post process of gonadal sex succession in *Suezichthys gracilis* from Suruga Bay. A: Developing seminal lobules in the ovigerous lamellae, 112.5mm TL, September, $\times 120$, sl: seminal lobules. B: Late period of the protogynous sex succession. Seminal lobule develops and increases in number a few yolkless oocyte retained ovigerous lamellae. Sperm duct is seen at the median part, 135.6mm TL, January, $\times 60$. oc: ovarian cavity, oo: oocyte, sd: sperm duct, sl: seminal lobule. C: A residual egg (arrow) is seen in the remnant ovarian cavity at the median part of early secondary testis, 140.0mm TL, January, $\times 32$. oc: ovarian cavity, sd: sperm duct. D: Both ovarian cavity and sperm duct are seen at the rear part of early secondary testis in an identical specimen to C, $\times 32$. oc: ovarian cavity, sd: sperm duct.

が認められた。

A型：体全体は赤色をおび、体側には7条の不明瞭な赤色横帯を有し、尾柄部に1個の黒斑を有する (Fig. 15A)。

B型：体全体は基本的に淡い緑色を呈するが、環境条件によって白味や赤味を帯びた色彩に変る。尾柄部には黒斑がなく、尾鰭に明瞭な三角形の黄色斑紋が存在し、背鰭には明瞭な緑色の縦帯が1本あり、臀鰭は黄色を呈する (Fig. 15B)。ただし、本種の体

色相には上記のA型とB型の中間を呈する個体が少数例観察されたが、それらは固定直前に尾柄部に黒斑が認められる個体をA型、尾鰭に明瞭な黄色斑紋し尾柄部に黒斑が認められない個体をB型に含めた。

ペラ科魚類では、一般にくすんだ体色相を呈する個体が始相 (initial phase)、鮮やかな体色相を呈する個体が終相 (terminal phase) と呼ばれているが (REINBOTH, 1975)、本報告のイトペラではA型が始相、B型が終相に相当するとみなされた。調査し

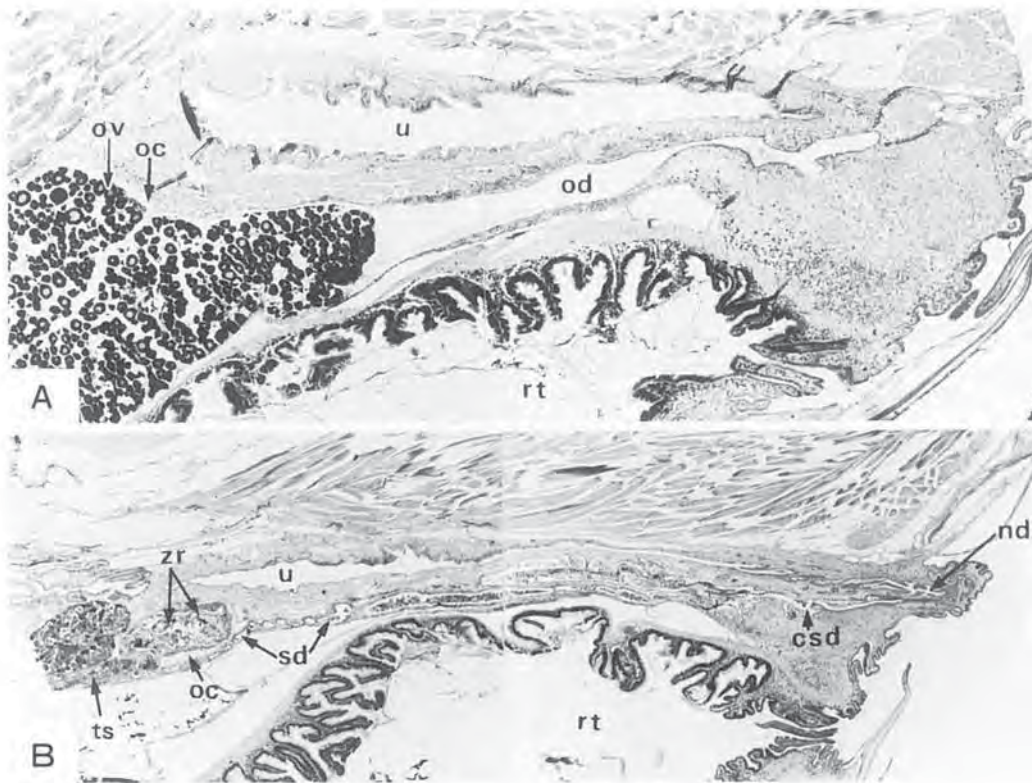


Fig. 14 Sagittal section along the median plane at the rear part of gonad and the genital duct of *Suezichthys gracilis* from Suruga Bay. A : Gonoduct behind the rear end of an ovary, 118.0mm TL, April, $\times 30$. B : Gonoduct behind the oviduct and sperm duct behind the end of secondary testis, 165.0mm TL, April, $\times 15$.
csd : common sperm duct, oc : ovarian cavity, od : oviduct, ov : ovary, rt : rectum, sd : sperm duct, ts : testicular tissue, u : ureter-duct.



Fig. 15 Dichromatism in *Suezichthys gracilis* from Suruga Bay. A : Initial color phase (type A), 105.7mm TL, June. B : Terminal color phase (type B), 161.0mm TL, June.

Table 5 Size distribution with gonadal structure and color pattern against total length in living specimens *Suezichthys gracilis* from Suruga Bay.

Total length	Initial phase				Terminal phase			
	Primary testis	Ovary	Inter-sexual gonad	Secondary testis	Primary testis	Ovary	Inter-sexual gonad	Secondary testis
50.0-59.9		3						
60.0-69.9		7						
70.0-79.9		10	4					
80.0-89.9		18	1					
90.0-99.9		23	2	1				
100.0-109.9		37	6	1				
110.0-119.9	1	25	6	1		1		2
120.0-129.9		8	1		4	1	3	2
130.0-139.9		2			2	1	3	5
140.0-149.9					1		2	5
150.0-159.9								2
160.0-169.9								1
Total	1	133	20	3	7	3	8	17

た192尾(53.4~161.0mm TL)の体色相の全長分布をみると、始相を呈する個体は53.4~133.8mm TLに157尾、終相を呈する個体は116.3~161.0mm TLに35尾が存在した(Table 5)。また体色相と生殖腺の関連をみると、卵巣を有する個体は133尾(53.4~133.8mm TL)が始相、3尾(116.5~134.4mm TL)が終相を呈し、間性生殖腺を有する個体は20尾(71.1~120.3mm TL)が始相、8尾(124.4~149.5mm TL)が終相を呈し、二次精巣を有する個体は3尾(95.3~119.9mm TL)が始相、17尾(116.3~161.0mm TL)が終相を呈していた。一方、一次精巣を有する個体では1尾(119.4mm TL)が始相を呈し、7尾(123.5~140.2mm TL)が終相であった(Table 5)。

以上の結果から、イトベラでは比較的小型な個体は始相を呈するが、体の成長に伴って始相から終相に変化する個体が存在することが示唆され、始相と終相を呈する個体には一次精巣、卵巣、間性生殖腺および二次精巣の4者が共に存在していた。なお間性生殖腺を有する個体では、始相個体に比べ終相個体で生殖腺の雄性化がより高度に進行する傾向をみせた。ただし、精巣の成熟度には始相と終相の個体、および一次精巣と二次精巣の間では明瞭な差異が認められなかった。

(4) 飼育実験による雌雄同体現象の検証

1990年4月に体色相が始相を呈し雌と推察される8尾(92.0~107.0mm TL)を水槽(780ℓ)に同居

飼育して実験を開始し、体色相が始相から終相への移行途上にある個体が出現した時点で、その個体を順次除去し固定標本とし、残りが2尾となった1990年7月にさらに4尾(96.2~101.0mm TL)の始相個体を追加飼育し、同様に体色相に変化の認められた個体を順次除去し固定標本とした。実験期間は通算215日で、飼育水温は24.0~25.5°C、餌として魚肉・アサリ肉のミンチを毎日1回適量投与した。

除去個体を含む計12尾(92.2~109.3mm TL)の生殖腺を組織学的に観察した結果では、11尾(92.2~105.5mm TL)が雌雄の生殖細胞が併在する間性生殖腺を有していた。うち1尾(96.8mm TL)の生殖腺では、卵巣要素が主体をなし卵巣薄板内には退行傾向を示す無卵黄期の卵母細胞が卓越していたが、主に薄板周縁部に精母細胞とみなされる生殖細胞包囊が観察され、この生殖腺が卵巣から精巣への移行の初期段階にあるものと判断された(Fig. 16A)。他の10尾(92.2~105.5mm TL)の生殖腺では、卵巣薄板内に明瞭な精小囊の存在が認められたが、卵巣要素が卓越する例や精巣要素が卓越する例などがあった(Figs. 16C, D)。それらの個体では、生殖腺の卵巣腔中に卵膜の残渣が観察される例が多かった。残りの1尾(109.3mm TL)の生殖腺では、実質部は精子形成活動の明らかな精小囊で占められ、かつ退行途上にある卵母細胞が少数残存しており、また体腔背壁側の拡張した卵巣腔中には卵膜の残渣が見出され、精巣への移行末期にある様相を呈する

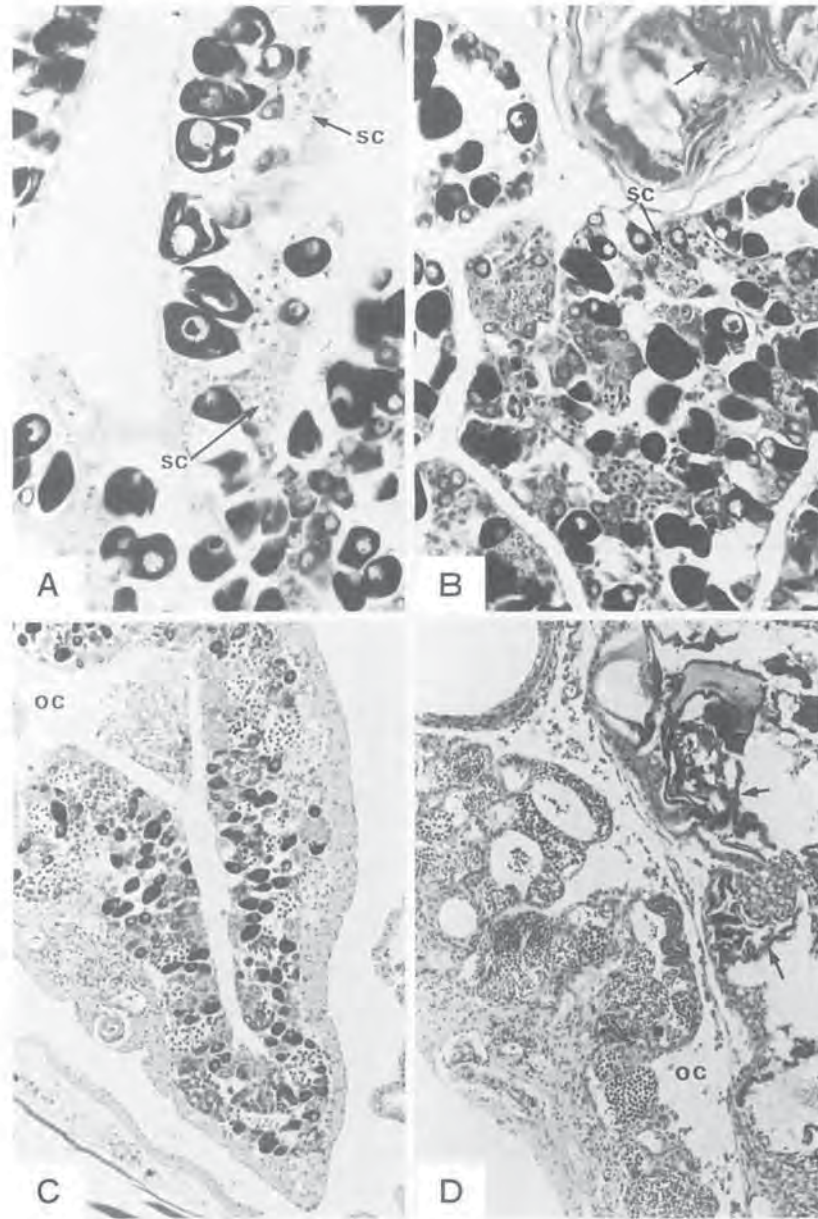


Fig. 16 Result of the experiment for protogynous sex succession in captive *Suezichthys gracilis*. A: Earliest stage of protogynous sex succession occurred in an ovary. A few spermatocytes appeared in reduced ovigerous lamellae, 96.8mm TL, $\times 250$. sc: spermatocyte. B: Clearly increasing in number of spermatocytes in reduced ovigerous lamellae. Arrow indicates residual chorion in the ovarian cavity, 92.2mm TL, $\times 240$. sc: spermatocyte. C: Developing seminal lobules in the ovigerous lamellae, 101.5mm TL, $\times 120$. oc: ovarian cavity. D: Secondary testis and a retained ovarian cavity within. Arrows indicate few residual chorion in the ovarian cavity, 109.3mm TL, $\times 120$. oc: ovarian cavity.

間性生殖腺であった (Fig. 16D)。本実験の結果では、全個体に明確な雄性化現象が認められたことから、本種では条件によっては全ての雌が二次雄に移行する性能をそなえる可能性が示唆された。なお、体色相が始相を呈し雌魚と推察される5尾を水族館で飼育した例では、7～10日目に1尾で終相への移行が認められ、15日目にはほぼ終相を呈するようになり、約25日目には明確な終相をみせ以後顕著な成長がみられた。他の4尾では90日の観察期間中に体色相が変わる徴候がみられず始相を呈していた。これらの個体では生殖腺を組織学的に観察できなかった。

3. イトヒキベラ *Cirrhilabrus temminckii* BLEEKER

雌性先熟型雌雄同体性種のイトヒキベラについては、初期生殖腺の形態形成過程、および体成長に伴う生殖腺の形態変化と生殖機能ならびに外見的性徴など、雌雄同体現象に関する知見をとりまとめ報告した (KOBAYASHI and SUZUKI, 1990)。本報告では、その後に調査した本種の雌雄同体現象に関する飼育実験結果を以下に記述する。

1) 性変化現象の発現の検証

1990年4月に採集した小型個体のうち、体色相が明確な始相を呈し、明らかに未産卵個体と判断される10尾 (45.5～57.6mm TL) を用いて、未産卵個体における性変化現象および体成長との関連を調べる実験を行なった。実験は、同一水槽 (100ℓ) に上記10尾収容して、水温23.5～24.8℃で、餌料として魚肉とアサリ肉の混合ミンチを毎日1～2回適量投与し、63日間飼育した。

実験開始後55日目に、全10尾中の最大個体1尾に行動上の優位性が観察され、60日目にはその個体の体色が青味を帯び始めて終相への変化を認め、63日目には同個体が腹部に肥大を認める始相個体2～3尾に対し求愛行動をとるのが観察された。この時点で雄魚が少なくとも1尾は出現しているものと判断され実験を終了し、実験魚10尾を固定処理し生殖腺を組織学的に調べた。実験終了時の63日目には、10尾は48.0～62.2mm TLに達し体成長が認められた。

実験終了時における生殖腺は、体色相が始相を呈する9尾 (48.0～60.7mm TL) のうち2尾 (48.0～49.0mm TL) では、成熟期または完熟期までの種々の卵母細胞が充満する機能的な卵巣の様相を呈して

いたが、卵巣薄板周縁部には精母細胞の小型の包囊が少数観察された。他の4尾 (53.0～57.2mm TL) の生殖腺は、卵黄形成期までの卵母細胞を有し卵巣腔には完熟卵を排卵していたが、薄板縁部には精母細胞あるいは精細胞の包囊より成る小型の精小囊が所々に観察された (Fig. 17A)。他の2尾 (56.6～

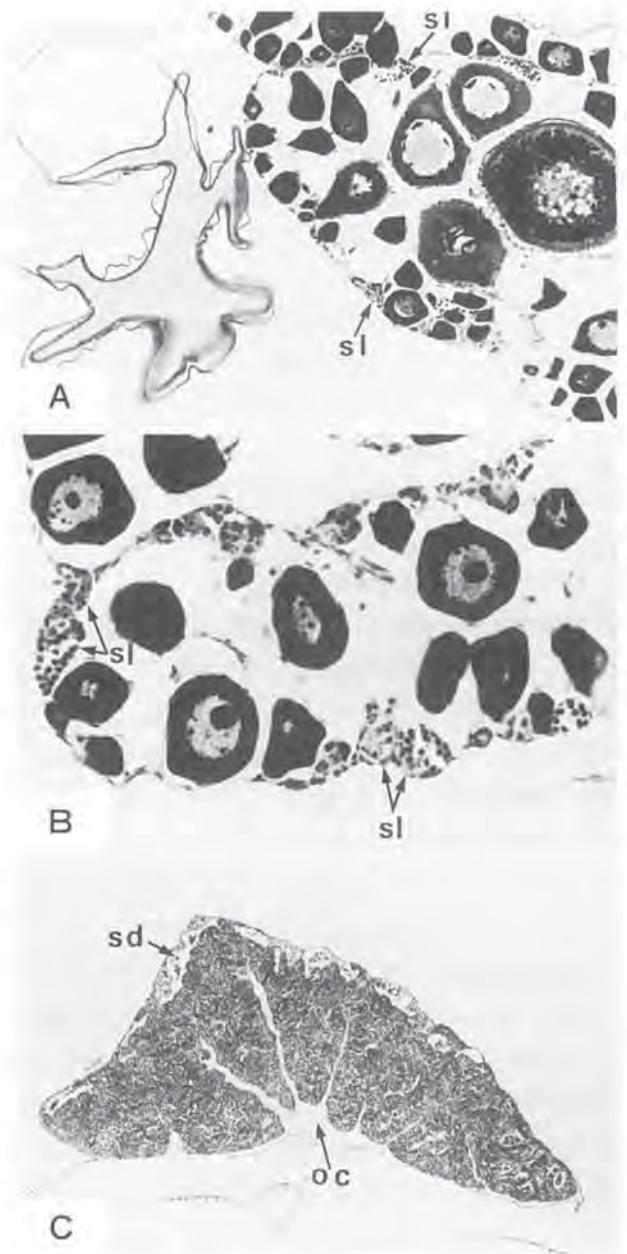


Fig. 17 Result of the experiment for protogynous sex succession in captive *Cirrhilabrus temminckii*. A: Gynogenic intersexual gonad. Seminal lobules appeared at the marginal part of ovigerous lamellae, 57.1mm TL, $\times 120$. sl: seminal lobule. B: Intersexual gonad. A few seminal lobules are seen at the part of reduced ovigerous lamellae, 56.6mm TL, $\times 260$. sl: seminal lobule. C: Secondary testis and a retained ovarian cavity within, 60.7mm TL, $\times 60$. oc: ovarian cavity; sd: sperm duct.

57.2mm TL)の生殖腺は、卵巢薄板に卵黄胞期までの少数の卵母細胞を有し、薄板周縁部には生殖原細胞と精母細胞および精細胞で構成される小型の精小囊が随所に見出された (Fig. 17B)。始相を呈する残り1尾 (60.7mm TL)、および体色相が終相への変化を認めた1尾 (62.2mm TL)の生殖腺は、何れの個体も生殖腺実質部を精小囊で占められ、活発な精子形成活動認め、輸精管に精子の充満が観察され、生殖腺内部には卵巢腔の遺残を伴う明瞭な二次精巢の形態を呈していた (Fig. 17C)。

以上の実験結果では、体が最も大きく行動上の優位性が認められ、かつ体色が終相への変化途上にある個体は、明らかに性変化を完了して雄になり、次に大型の始相の個体にも雄への変化を認め、他の8尾の始相の個体では雌的要素が卓越していたが、全長が大であるほど生殖腺の雄性化が進む傾向をみせた。したがって、本種の性変化現象の進行は全長とほぼ直線的な関連があり、併せて本種には全個体に雄性化が生ずる性能を有すると判断された。

2) 性変化現象の可逆性の検証

1990年4月に採集した大型個体のうち、体色が濃鮮赤色で尾鰭が輝青色を呈し、体色相が明確な終相を示す外観上の雄と判断される10尾 (85.0~96.1mm TL)を用いて、雌性先熟型雌雄同体性の本種で、雄から雌への性変化可逆性の可能性を調査した。実験は、同一水槽 (500ℓ) に上記10尾収容し、水温23.0~25.0°Cで、餌料として魚肉とアサリ肉の混合ミンチを毎日1~2回適量投与して、70日間飼育した。

実験開始直後より1~2尾の個体では体色が青味を帯び、8~9尾は体色が鮮赤色で、前者は後者に比べ行動上の優位性が認められた。この体色相と社会的な優劣関係は、以後も継続し特別な変化は観察されず、実験開始後70日経過しても体色相と行動には、雄から雌への可逆的な性変化現象の兆候は認められなかった。実験は70日で終了し、実験魚10尾を固定処理し生殖腺を組織学的に調べた。

実験終了時における10尾は85.8~102.0mm TLに達していた。その生殖腺を組織学的に観察した結果、何れの個体の生殖腺も精小囊が充満し、卵巢腔が残存する明瞭な二次精巢の形態を呈し、生殖細胞には雌的な要素の存在は全く観察されなかった。なお、この10尾の精巢における精子形成活動は、小型個体に比べ大型個体の方が明らかに活発であった。

以上の実験結果から、雌性先熟型雌雄同体性の本種には、雄から雌への可逆的な性変化現象は生じないものと判断された。

4. ホンソメワケベラ *Labroides dimidiatus* (VALENCIENNES)

1) 幼期における生殖腺の形態形成

1990年5~6月に西表島で採集したホンソメワケベラの幼若魚41尾 (14.2~41.2mm TL)について、幼期における生殖腺の形態形成過程を組織学的に観察した。

14.2mm TLの最小個体の生殖腺は、鰓直下の腸間膜をはさむ両側に、体腔壁から生殖腺間膜によって懸垂する小型の索状組織として見出された。生殖腺内には基質体細胞に埋もれて生殖原細胞が組織切片の1断面あたり1~3個見出されたが、生殖輸管や血管と判断される腔所の存在は認められなかった (Fig. 18A)。14.7~18.4mm TLの6尾の生殖腺は体成長に伴って生殖腺腹縁が伸長して扁平な形状を呈し、生殖原細胞は増加傾向をみせていた。うち16.7~18.4mm TLの2尾の生殖腺では、生殖腺基部付近に血管が認められたが生殖輸管の形成の徴候は観察されなかった。したがって、これら計7尾の生殖腺は性的未分化期にあるものとみなされた。

15.2~23.7mm TLの9尾の生殖腺は、左葉の両側縁が体腔側壁に向かって伸長してC字型の形状を呈し、生殖腺実質部には生殖原細胞が多数充満してした (Fig. 18B)。うち18.6~23.7mm TLの6尾では減数分裂前期に移行した生殖細胞の出現がみられた (Fig. 18C)。23.1~31.1mm TLの13尾の生殖腺では、背縁と腹縁が体腔側壁に向かってさらに伸長湾曲をみせ、その殆どの個体において生殖腺実質部に肥大卵母細胞が出現していた (Fig. 18D)。しかし、その内の27.1mm TLの個体の生殖腺内には、少数の肥大卵母細胞と共に精母細胞期とみなされる生殖細胞の包囊が出現していた (Fig. 18E)。

27.3~36.4mm TLの5尾の生殖腺では、腹縁と背縁とが接着癒合して体腔側壁側に腔所、すなわち卵巢腔の形成をみせた。しかし、卵巢腔は部位によって形成途上にあった (Fig. 18F)。したがって、これらの計27尾の生殖腺は卵巢への分化途上にあるものと判断された。31.5~41.2mm TLの7尾の生殖腺では、葉状の卵巢薄板構造の存在が明瞭で内部には卵

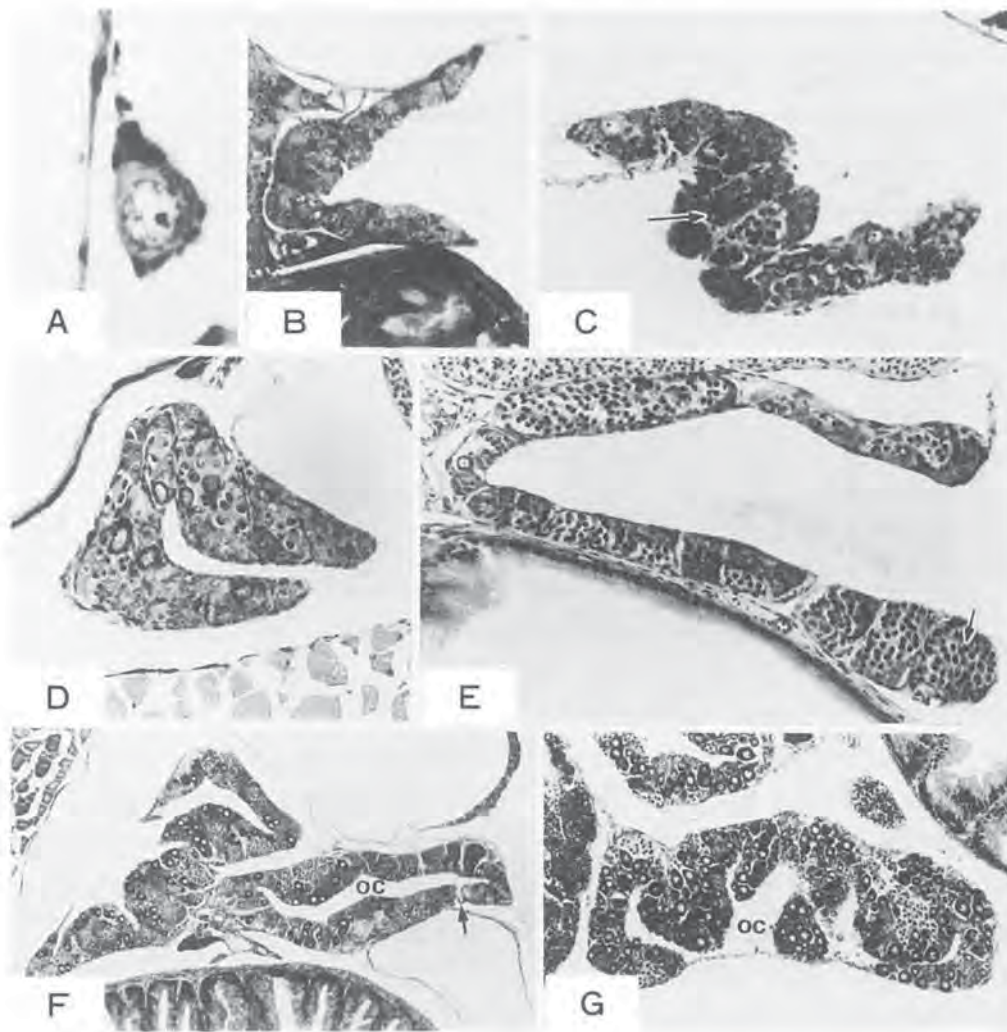


Fig. 18 Initial gonadal formation in *Labroides dimidiatus* from Iriomote and Kuroshima Islands. A: Sexually undifferentiate gonad. A few gonial germ cells occur in stroma, 14.2mm TL $\times$ 970. B: Both dorsal and ventral parts of the early gonad extend laterally and begin to form an early ovarian cavity, 20.0mm TL, $\times$ 320. C: An arrow indicates early meiotic germ cells, 21.2mm TL, $\times$ 320. D: Occurrence of several auxocytes of the an early ovarian cavity, 24.0mm TL, $\times$ 320. E: Markedly extending of both dorsal and ventral portions of the gonad and forming of a lateral embayment. Arrow indicates a few spermatocytic seminal lobules, 27.1mm TL, $\times$ 250. F: Early stage of ovarian formation. Left lobe shows a process immediately before to form ovarian cavity, and it has just formed in right lobe. Arrow shows the dorsal and ventral margins fuse together and an early ovarian cavity has been forming, 31.3mm TL, $\times$ 80. oc: ovarian cavity. G: Parovarian-type ovary has been mostly completed, 31.5mm TL, $\times$ 80. oc: ovarian cavity.

母細胞を多数有し、かつ体腔側壁側に卵巢腔を持ち明確な卵巢形態を呈していた (Fig. 18G)。

以上の結果から、本種の生殖腺は約15mm TL以上の成長段階で卵巢腔の形成を開始し、約32mm TL以上で卵巢薄板を囲む卵巢腔の壁内に、生殖細胞を欠く周卵巢腔型の卵巢の形態分化をみせることが確かめられた (Table 6)。これら幼若魚の生殖腺には、その形態形成の途上に卵母細胞と共に雄的な生殖細胞も出現し間性的な様相を呈する例もあった

が、性的未分化生殖腺から直接精巣への分化を示す例は認められなかった。

2) 成魚の生殖腺の形態的特徴

1990年3～9月に黒島と西表島で成魚を主体に採集した計28尾 (38.4～85.3mm TL) について生殖腺を組織学的に観察した結果、本種の生殖腺を卵巢、間性生殖腺および二次精巣に大別することができた。

卵巢：外観的には卵巢は細長い形状から丸く肥大

Table 6 Size distribution with gonadal structure under the initially sexual differentiation against total length in *Labroides dimidiatus* from Iriomote and Kuroshima Islands.

Total length (mm)	Sexually indifferent gonad	Gonad in the process of ovarian differentiation	Definite ovary	Intersexual gonad	Total
12.0-14.9	2				2
15.0-17.9	4	1			5
18.0-20.9	1	5			6
21.0-23.9		4			4
24.0-26.9		4			4
27.0-29.9		6		1	7
30.0-32.9		5	1		6
33.0-35.9			2		2
36.0-38.9		1	3		4
39.0-41.9			1		1
Total	7	26	7	1	41

した形状までの変化をみせ、その前部と中部ではほぼ相称な形状の左右両葉に分かれるが後部で融合し、両葉の背部の間膜基部付近には各1本の動脈が縦走していた。組織学的には卵巢は結合組織性の皮膜で覆われ、正中側の皮膜部より体腔側壁側に向かって卵巢薄板が伸び、薄板内にはさまざまな発達段階の卵母細胞が充満する。また、体腔側壁側には卵巢腔が存在し周卵巢腔型の卵巢形態を呈していた (Fig. 19A)。卵巢組織内には卵原細胞か精原細胞か判断のできない生殖原細胞が常に存在するが、明らかに雄的とみなされる生殖細胞はまったく観察されなかった。

間性生殖腺：外観的には上記の卵巢に類似する形態を呈する例が多いが、顕著な肥大をみせる例は少なかった。また、外観からは同一生殖腺内での卵巢組織と精巣組織の混在を知ることはできなかった。

組織学的にはこれらの間性生殖腺は、卵巢に類似する形態から後述する二次精巣に類似する形態に至るまでの多様な特徴をみせた。すなわち、結合組織性皮膜によって覆われた生殖腺実質は常に卵巢薄板状の構造を呈し、薄板内には雌雄の生殖細胞が明確に混在しており、また体側縁には例外なく卵巢腔に相当する腔所を有していた (Fig. 19B, C, D)。雌雄の生殖細胞の分布状態は多様で、薄板内には無卵黄期の卵母細胞が主に存在するが、薄板周縁部には生殖原細胞が比較的多く、かつ精母細胞あるいは精細胞が小型の包囊を形成している例 (Fig. 19B, C, D)、薄板内に第三次卵黄球期までの種々の卵母細胞が充

満し、排卵後濾胞が見出されるが、主に薄板周縁部に明確な精小囊が存在する例、卵巢薄板内の殆どが精子形成活動をみせる精小囊で占められ、精小囊間には無卵黄期の退行卵が散在する例 (Fig. 19E) などがあり、このような雌雄の性要素を併せ持つ生殖腺は本研究では全て間性生殖腺に区分した。

二次精巣：外観的には精巣は細長い形状を呈していた。組織学的には結合組織性皮膜で覆われた生殖腺実質は、精小囊によって占められ雌的な生殖細胞要素は見出されなかった。実質部は薄板状構造を呈する例と、実質の殆どの部位に薄板状構造などの特別な形態特徴は認められない例 (Fig. 19F) とがあり、前者では明確な遺残卵巢腔を有していたが、後者では殆どの部位で卵巢腔を欠き、局部的にその痕跡が存在するのみであった。本種では、性的未分化生殖腺から直接分化した一次精巣とみられる生殖腺を持つ個体は観察されず、本種の精巣は全て卵巢に由来する二次精巣と判断された。

上記の生殖腺形態の類別によって採集標本28尾の生殖腺を区分すると、卵巢を持つ個体は43.0~82.3 mm TLに11尾、間性生殖腺を持つ個体は38.4~83.3mm TLに14尾、二次精巣を持つ個体は74.2~85.3mm TLに3尾が存在し、卵巢と間性生殖腺を持つ個体の全長範囲には重複が顕著で、二次精巣を持つ個体は大型であった (Table 7)。ただし、本標本のうち一群としてハレム形成の採集標本3尾 (52.0~67.4mm TL) では、52.0mm TLの個体の生殖腺は卵黄胞期までの卵母細胞を有する卵巢で、

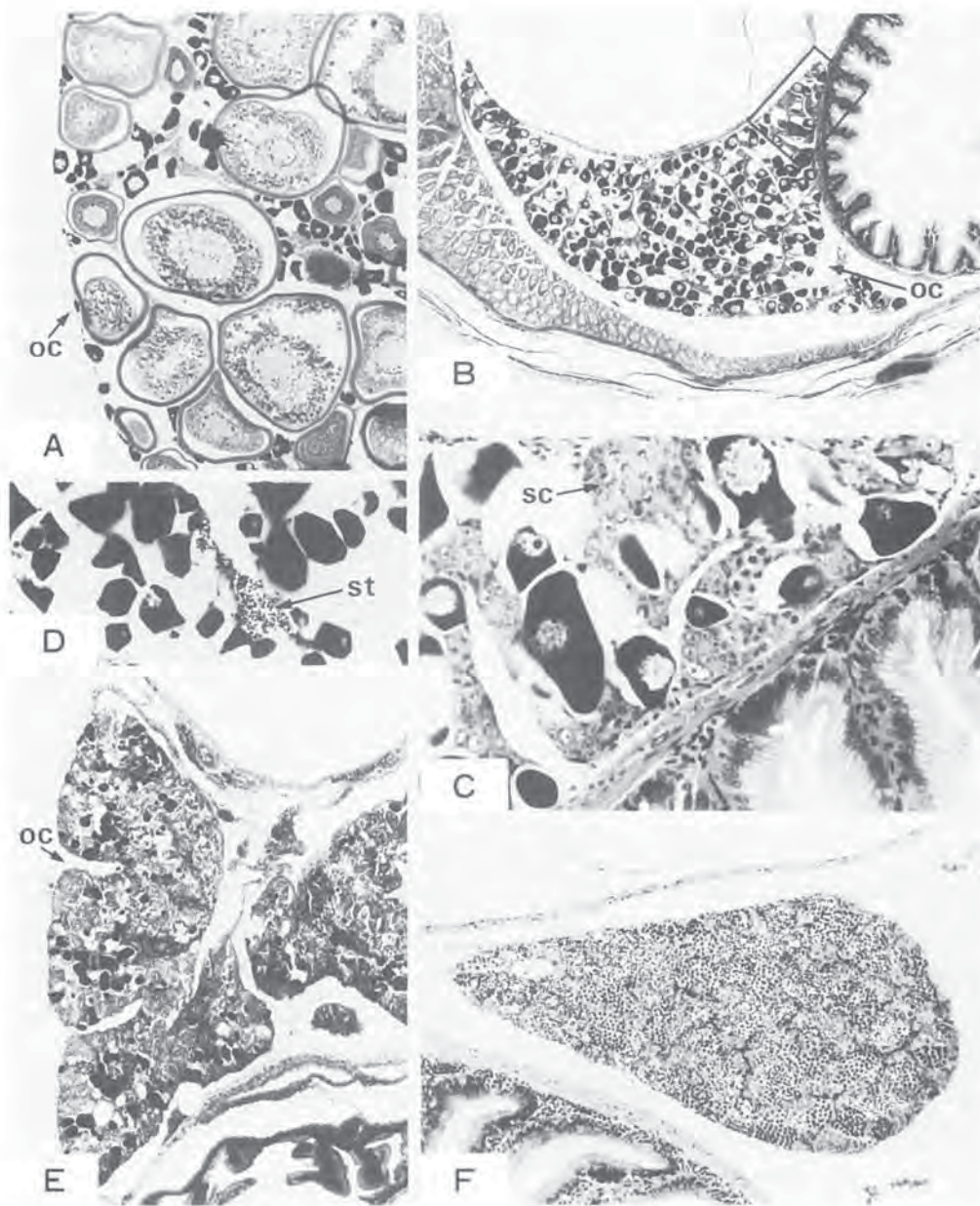


Fig. 19 Various gonadal sexual structure in the protogynous gonadal types in *Labroides dimidiatus* from Iriomote and Kuroshima Islands. A : Mature ovary with the vitellogenic oocytes in the ovigerous lamellae, 82.3mm TL, September, $\times 60$. oc : ovarian cavity. B : Intersexual gonad. Ovigerous lamellae are filled by numerous yolkless oocytes, 38.4mm TL, May, $\times 60$. oc : ovarian cavity. C : Partial magnification of the framework in B, showing spermatocyteic seminal lobules in the ovigerous lamellae, $\times 380$. sc : spermatocyte. D : Intersexual gonad. Showing both yolkless oocytes and spermatid seminal lobules in the ovigerous lamellae, 57.2mm TL, September, $\times 250$. st : spermatid. E : Intersexual gonad in an senior stage of protogynous sex succession. Ovigerous lamellae are filled by numerous seminal lobules and few reducing oocytes retained within, 67.4mm TL, April, $\times 80$. oc : ovarian cavity. F : Secondary testis without ovarian cavity at the central part, 74.2mm TL, September, $\times 70$.

Table 7 Size distribution with gonadal structure against total length in *Labroides dimidiatus* from Iriomote and Kuroshima Islands.

Total length (mm)	Ovary	Intersexual gonad	Secondary testis	Total
36.0-38.9		1		1
39.0-41.9				
42.0-44.9	1			1
45.0-47.9	1	1		2
48.0-53.9				
51.0-53.9	4	1		5
54.0-56.9	1	1		2
57.0-59.9		1		1
60.0-62.9				
63.0-65.9	1	3		4
66.0-68.9		2		2
69.0-71.9		3		3
72.0-74.9	1		1	2
75.0-77.9	1		1	2
78.0-80.9				
81.0-83.9	1	1		2
84.0-86.9			1	1
Total	11	14	3	28

56.5mm TLの個体の生殖腺は多数の卵黄形成期の卵母細胞と少数の精母細胞包囊とを含む間性生殖腺であり、また67.4mm TLの個体の生殖腺は生殖腺実質部の殆どが精小囊で占められ退行途上の卵母細胞を散在させる間性生殖腺であって、生殖腺の雄性化が体成長と相関する傾向を示唆した。

3) 卵巣成熟の経月変化

1990年3～9月に黒島および西表島で成魚を主体として採集した標本のうち、卵巣を有する11尾(43.0～82.3mm TL)、および間性生殖腺を持つが

その卵巣組織に成熟発達が認められた6尾(56.5～83.3mm TL)を一括して雌魚とみなし、本種の卵巣成熟度を組織学的に検討した。

3月の卵巣は2尾で無卵黄期、1尾で卵黄胞期にあり、後者では卵巣中に多数分布する卵黄形成期の卵母細胞の全てに退行変性がみられた。4月の卵巣は2尾で無卵黄期、1尾で卵黄胞期にあり、他の2尾では第三次卵黄球期にあり排卵後濾胞が見出されたが、卵黄形成期の卵母細胞には退行変性像もまた認められた。5月の卵巣は1尾で無卵黄期、3尾で第三次卵黄球期にあり、後者のうち2尾には排卵後濾胞が存在し、他の1尾には退行変性卵が多数見出された。7月の2尾の卵巣は、卵黄胞期にあったが退行変性卵も多数存在していた。8月の1尾の卵巣は、第三次卵黄球期にあり排卵後濾胞も存在した。9月には無卵黄期と第三次卵黄球期の卵巣とが存在し、後者では排卵後濾胞が認められた (Table 8)。

以上の結果から、ホンソメワケベラは黒島および西表島においては、少なくとも4～9月に繁殖がなされているものと判断された。なお、本種の卵巣成熟が可能となる最小の大きさは約57mm TLとみなされた。

4) 生殖腺における性変化の過程

本種の生殖腺は初め周卵巣腔型の卵巣としての形態的分化を示した後、一般に体成長に伴って卵母細胞の増数と成長をみせ、卵巣としての機能を果たすが (Fig. 20A)、卵巣薄板周縁部には卵原細胞または精原細胞か判断できない生殖原細胞が常に少数存在していた (Fig. 20B)。

卵巣組織に雄性化がみられる初期段階では、卵巣

Table 8 Monthly change of ovarian maturation stages in *Labroides dimidiatus* from Iriomote and Kuroshima Islands.

Month	Number of specimens	Total length (mm)	Developmental* stage			Ovulation	Oocyte atresia
			A	B	C		
Mar.	3	43.0-63.4	3				1
Apr.	4	52.0-72.8	3	2		2	1
May	4	53.7-83.3	1	3		2	1
July	2	64.4-65.8	2				2
Sep.	2	47.2-82.3	1	1		1	

* : A : pre-vitellogenesis, B : vitellogenesis, C : maturation

薄板内の卵黄形成期の卵母細胞に一齐に退行変性が生じ、薄板周縁部には生殖原細胞の増加が認められ (Fig. 20C), 部分的に精母細胞の包囊の形成がみられた。しかし、薄板内に第三次卵黄球期までの種々の発達段階にある卵母細胞が卓越し、排卵後濾胞が見出される機能的な卵巢にも、薄板周縁部の無卵黄期の卵母細胞が集合する部位に、精母細胞および精細胞の包囊形成がみられる例もあった (Fig. 20D)。

一方、卵黄形成期の卵母細胞に顕著な退行変性がみられる生殖腺では、生殖原細胞の増加に加えて生殖腺腹縁側の肥厚した皮膜内に、上皮細胞で裏打ちされた管状の内腔、すなわち輸精管の原基とみなされる構造を認める例もあった (Fig. 20E, F)。生殖腺の雄性化が進行した段階では、卵巢薄板内には精小囊の拡張がみられて精子形成活動が開始されており、精小囊間には無卵黄期の退行傾向を示す卵母細胞

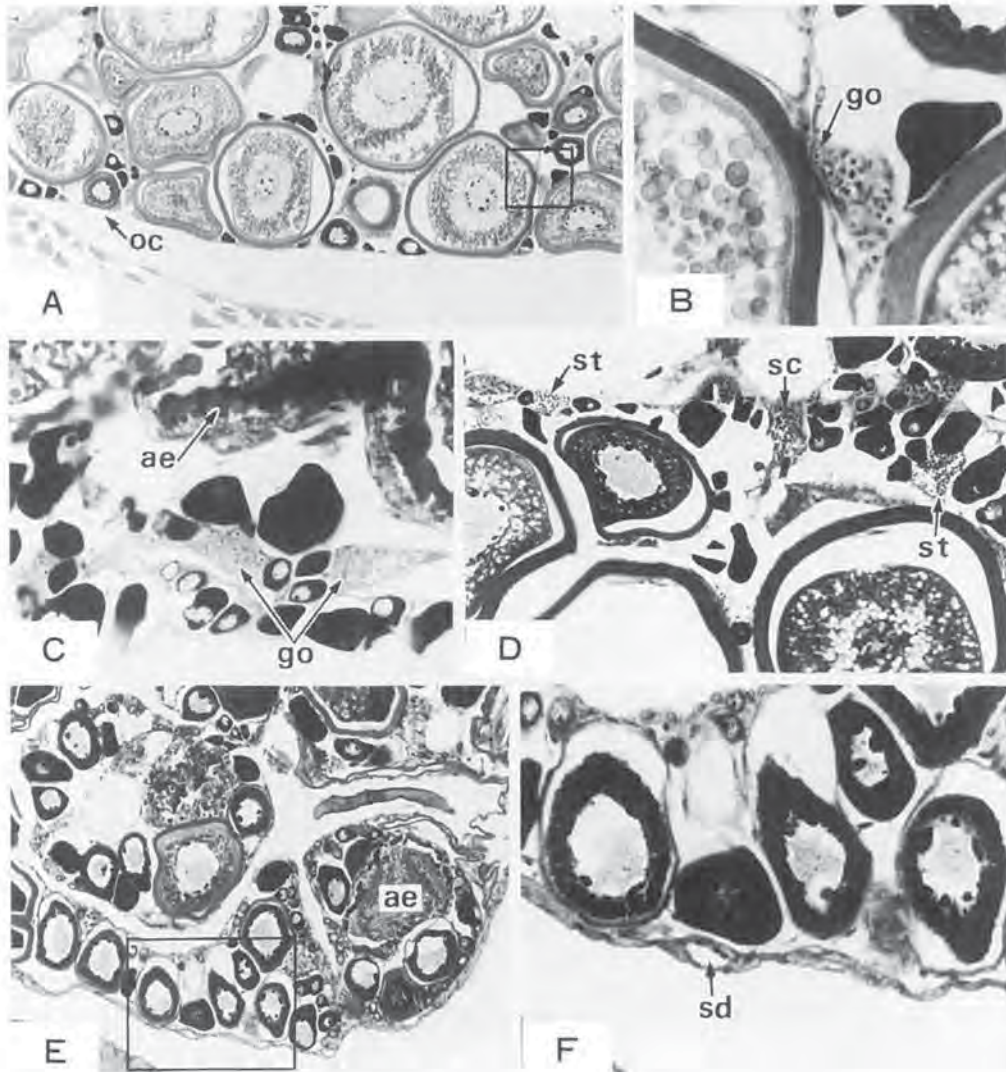


Fig. 20 Early process of the gonadal sex succession in *Labroides dimidiatus* from Iriomote and Kuroshima Islands. A: Mature parovarian-type ovary with the vitellogenic oocytes in the ovigerous lamellae, 77.4mm TL, May, $\times 60$. oc: ovarian cavity. B: Partial magnification of the framework in A, gonial germ cell in the ovigerous lamellae, $\times 370$. go: gonial germ cell. C: Atretic egg and increasing of gonial germ cell in the ovigerous lamellae in an early androgenic stage, 65.0mm TL, May, $\times 360$. ae: atretic egg, go: gonial germ cell. D: Androgenic development in a mature ovary and starting to change the gonadal protogynous sex succession, 83.3mm TL, May, $\times 160$. sc: spermatocyte, st: spermatid. E: Starting of degeneration in ovarian structure with occurrence of atretic eggs in the ovigerous lamellae, 64.4mm TL, July, $\times 120$. ae: atretic egg. F: Partial magnification of the framework in E, definite sperm ducts occur at the ventral margin in the gonadal wall, $\times 370$. sd: sperm duct.

胞が少数散在していた (Fig. 21A). 生殖腺実質部に精小嚢が卓越をみせる状態の生殖腺では、卵母細胞数はさらに減数し卵巣薄板は癒合して実質部が単純な形状となったが、体腔側壁側には単純な腔所となった卵巣腔が遺残していた (Fig. 21B).

卵巣に起源を持つとみなされる二次精巣では、結合組織性皮膜によって覆われ、内部の実質部は精小

嚢によって占められ、背部には左右の生殖腺が接続する部位に輸精管が存在していた。また精巣組織内には卵巣腔に由来する腔所が遺残するが、この腔所は次第に縮小して痕跡として局部的に観察されるのみとなった (Fig. 21C, D). 二次精巣後部にはいずれの部位においても、単一の管状構造として輸精管が存在していたが、輸卵管の構造は観察されなかつ

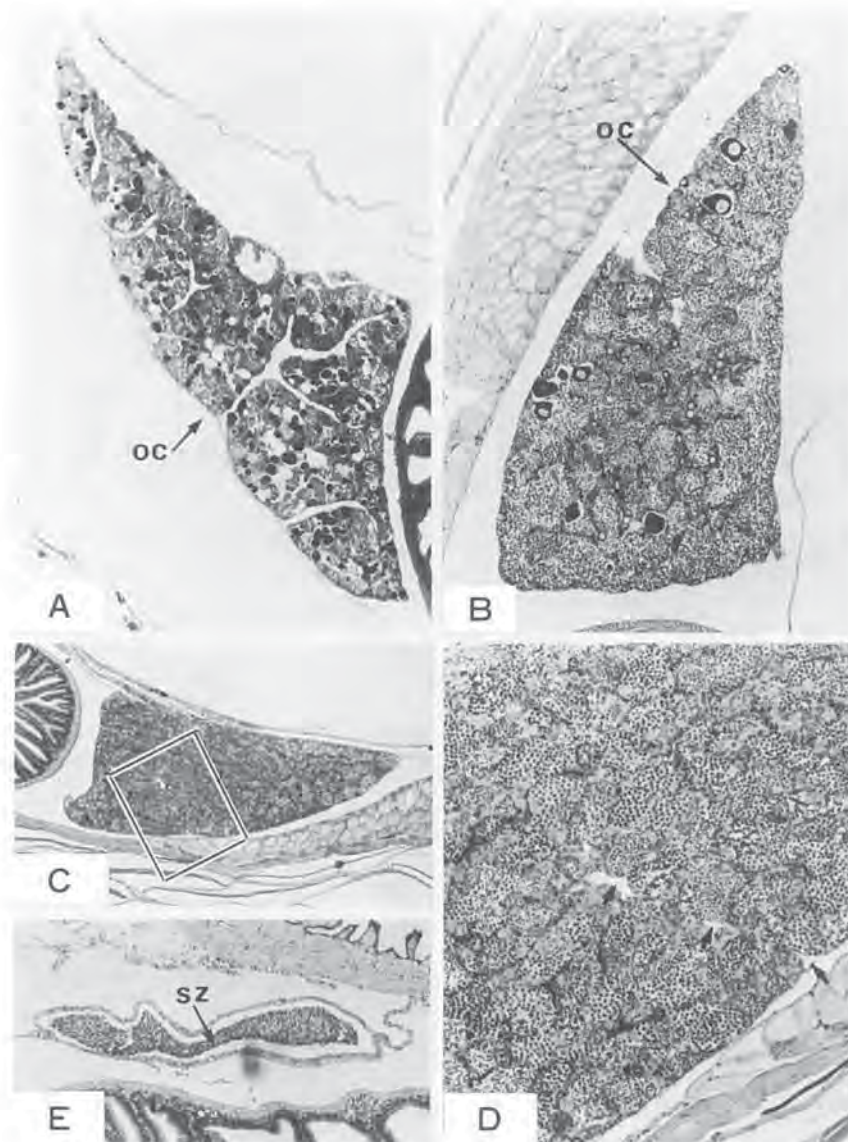


Fig. 21 Post process of the gonadal sex succession in *Labroides dimidiatus* from Iriomote and Kuroshima Islands. A : Developing seminal lobules and degenerating yolkless oocytes in the ovigerous lamellae in an intersexual gonad, 67.4mm TL, April, $\times 60$. oc : ovarian cavity. B : Post stage of the protogynous sex succession. Showing enlarged seminal lobules and reduced ovarian cavity, 66.2mm TL, July, $\times 80$. oc : ovarian cavity. C : Early secondary testis, 74.2mm TL, July, $\times 20$. D : Partial magnification of the framework in C. Numerous seminal lobules filled within. Arrows indicate reducing ovarian cavity, $\times 120$. E : Gonoduct close to rear end of secondary testis identical to C and D. Sperm duct is only seen with being filled by numerous sperms, $\times 60$. sz : spermatozoa.

た (Fig. 21E)。

なお、黒島で採集した最小個体 (38.4mm TL) の生殖腺は、卵巣薄板内に無卵黄期の卵母細胞を有すると同時に、薄板周縁部を中心に生殖原細胞が多数存在し、減数分裂前期にある精母細胞とみなされる小規模な包囊が随所に形成されており、その様態からこの生殖腺は卵巣から精巣への移行段階にあるものと推定された (Fig. 19B, C)。

以上の観察結果から、本種の性変化現象はその始期には卵巣薄板の周縁部より雄性化が開始され、その後は生殖腺内で同調的に精小囊形成がみられ、究極的には精巣組織の拡張発達によって卵巣腔も消失するものと判断され、二次精巣後方に輸卵管が存在しないことから、二次精巣への移行に伴ってかつての輸卵管が輸精管として機能の転換を果たすものと理解された。

5) 体色相と生殖腺の関連

本種の体色相は、約50mm TL未満の個体では体の背面側に細長い青色縦帯が存在する他は殆どが黒色で、小型な個体ほど黒色部が多い。約50mm TL以上の個体の体色相は、体成長に伴って背面側の青色縦帯は幅広くなり色調も鮮明となり、吻端部から尾端部にかけて黒色帯が縦走り、腹面側は白色を呈する。このような体色相は成長に伴い連続的な変化をみせた。

体色相と生殖腺形態との関連をみると、一般に黒色部が多い個体は性的未分化期の生殖腺ないし卵巣形成途上の生殖腺を持ち、背部の青色縦帯が明瞭でかつ鮮やかな個体は卵巣、間性生殖腺および二次精巣を持つが、そのうち比較的大型な個体に二次精巣を持つ個体が存在した。なお、ホンソメワケベラでは、前述したイトベラ *Suezichthys gracilis* のように体色相を始相と終相とに区別できず、体色相からは生殖腺の性的様相は判断できなかった。

考 察

ニシキベラ、イトベラ、イトヒキベラ、ホソメワケベラのベラ科4種の考察を以下に記述する。

1. ニシキベラ *Thalassoma cupido* (TEMMINCK et SCHLEGEL)

ニシキベラの雌雄性については、REINBOTH (1975) が日本産の同種で検討し、体色相が単色型で自然発生的な性変化の徴候を認めず、雄の生殖腺はすべて一次精巣型であるとし、本種がニシキベラ属の中では例外的な雌雄異体性を示すとしているが、調査個体数が少ないため本種の雌雄性についてはさらに検討する必要があるとも述べている。また MOYER (1974) は、三宅島産のニシキベラには性的二型が認められないとした。しかし MEYER (1977) は、三宅島産の本種には体色相に始相と終相の2型が存在し、雌雄はともに同範囲の体長分布を示し、始相の個体は未成魚、雌、一次雄および二次雄であり、終相の個体は一次雄と二次雄であって、その出現率は推定で1%以下であるとした。さらに大型個体の雄を組織学的に検討し、一次精巣には左右の精巣連接部に輸精管が存在し、二次精巣には卵巣腔由来の腔所が残存し卵巣に由来する皮膜内に輸精管が出現するとして、本種に雌雄異体性と雌性先熟型の雌雄同体現象が存在すると報じた。ただし、MEYER (1977) の調査した三宅島産の本種では、雌雄同体性の個体の出現は低頻度とされている。

本研究の駿河湾産のニシキベラでは、体色相は体成長に伴って軀幹部と体側の縦帯の色彩にわずかな変化をみせたがいずれも不明瞭であり、基本的には成長に伴う体色相の差異を見出すことができず、駿河湾産の本種は MEYER (1977) の記載した始相に準ずる単色型の個体のみから成るとみられた。また、駿河湾産の本種を組織学的に観察した結果では、生殖腺は幼若期に卵巣と精巣とに分化し、その精巣は REINBOTH (1961, 1962a, b, 1970) が記載した雌性先熟型種における一次精巣と同様な形態を呈していた。また成魚には、体成長に伴う性比の著しい偏りおよび逆転現象は見出されず、精巣には MEYER (1977) が三宅島産で認めた卵巣から転換した二次精巣は観察されず、全て一次精巣型であった。さらに、機能後の卵巣には雄性化の徴候を認めず、かつ雌魚のみを飼育した実験においても雄への性変化現象は生じなかった。したがって、駿河湾産のニシキベラは REINBOTH (1975) が報告したように雌雄異体性であると判断され、三宅島産は雌雄異体性への過渡期にあるとみなされ、本種の祖先型が雌雄同体性であると示唆を受ける。本種の雌雄性については、三宅島産と駿河湾産には相違がみられたが、その理由は不明であり、この相違が単なる海域差によるのか、

または遺伝的な系統の差異であるのかをさらに詳細に検討する必要があると思われる。ペラ科魚類の多くが雌性先熟型の雌雄同体性を呈することはよく知られているが(KINOSHITA, 1934, 1935; REINBOTH, 1970, 1975; ROBERTSON and CHOAT, 1974; WARNER and ROBERTSON, 1978; 中園, 1979; HOFFMAN et al., 1985; BRUSLÉ, 1987; 余吾, 1987a), *Symphodus* などには雌雄異体性を呈する種も知られ(WARNER and LEJEUNE, 1985; 余吾, 1987a), 雌性先熟型の種は浮性卵を産むものが多く、雌雄異体性の種は沈性卵を産むものが多いとされているが(余吾, 1987a), 本種の正常な産卵は久保(1939)が報告しているように分離浮性卵である。

一方、本研究で駿河湾産のニシキペラについて生殖腺を組織学的に観察した結果によれば、幼若期における生殖腺の形態形成過程を明らかにするには至らなかったが、本報告で観察した最小の29.1mm TLの個体の生殖腺は周卵巢型の卵巢腔を持つ卵巢に分化しており、次に大きい39.5mm TLの個体の生殖腺は精巢に分化していて、それ以上の体長範囲には卵巢と精巢を持つ個体が広汎に出現していた。また本種の精巢の形態は、左右の精巢が不規則に分葉し不相称な形状を呈する点などで、小林・鈴木(1994)のキュウセン *Haliohoeres poecilopterus* の一次精巢と基本的に同様な形態を呈していた。ただしキュウセンの一次精巢は、その形態形成の途上で肥大卵母細胞を出現させて間性的な様相を呈するが(小林・鈴木, 1994)、ニシキペラの幼若魚の精巢に雌的な性要素を認めた例はなかった。このニシキペラの組織学的な知見から、本種の雄ではキュウセンの一次雄(小林・鈴木, 1994)に比べ、雌雄異体性の性格が強いものと考えられた。

2. イトペラ *Suezichthys gracilis* (STEINDACHNER)

イトペラが雌性先熟型の雌雄同体性種であることが、本報告によって初めて確認されたが、雄には生来の一次精巢を持つ一次雄と、卵巢起源の二次精巢を持つ二次雄の双方があり、本種は雌雄異体性と雌雄同体性を併有する、REINBOTH(1961, 1962a, b, 1970)のいう雄性二型の種に相当するとみなされる。本種では初期生殖腺の形態形成過程を明らかにするには至らなかったが、生殖腺の組織学的な観察結果からみて、将来の雌が性的未分化期の生殖腺から、

その腹縁を湾曲伸長させて体腔背壁と接着させ、その背縁部に腔所を形成することにより周卵巢腔型の卵巢を形成すると推察された。一方、雌雄異体性を反映する一次精巢は左右不相称で不規則に分葉した形状を呈し、キュウセンの一次精巢の形態(小林・鈴木, 1994)に類似していたが、イトペラの一次精巢には、小林・鈴木(1994)がキュウセンの幼若期の一次精巢で観察した肥大卵母細胞は見出されなかった。本種では一次精巢を持つ個体の出現率が低いのが特徴的であったが、小型個体に一次精巢を持つ個体が見出されなかった。この理由として、本種はやや深所にまで生息範囲を広げているため、標本入手に片寄りがあった可能性も考えられる。これに関連して、本種の生殖腺の性分化過程に興味を持たれるが、本調査では本種の幼若魚の入手が困難であった。なお、イトペラは一次雄の出現頻度が低いことから、本種では雄性二型から雄性一型への移行も暗示される。

ペラ科の雌性先熟型の性変化現象は、一般に産卵後の卵巢に生ずるとされており(中園, 1979; REINBOTH, 1970, 1988; NAKAMURA et al., 1989)、本報告のイトペラにおいても、主として産卵後の卵巢機能の衰退に伴って卵巢から二次精巢への移行が開始された。この性変化の過程では、初めに卵巢薄板縁辺部に形成された精小囊を、次第に薄板全体に浸潤して発達したが、二次精巢には卵巢に由来する薄板形態と卵巢腔が常に保持されていた。しかし、二次精巢の輸精管は卵巢腔が残存する体腔背壁には見出されず、腹縁と体腔側壁側に面する生殖腺皮膜部のみに存在しており、生殖腺皮膜の全周に輸精管が位置するという他のペラ科魚種の二次精巢での知見(REINBOTH, 1961, 1962a, b, 1970, 1975; 中園, 1979)とは異なっていた。この相違は、本種の卵巢が体腔背壁と生殖腺腹縁との接着によって卵巢腔を形成することに起因するようで、このような周卵巢腔型の卵巢を持つ種では、体腔背壁に輸精管の形成が起こらない可能性が示唆される。ペラ科でこのような卵巢および二次精巢を持つ種が他に存在するか否かは、これまで調べられた他種の生殖腺の詳細な形態的記載が少ないため、明らかではない。

一方、同一の魚種に一次精巢と二次精巢が存在し、また生殖腺の性相と体色相との関連に多様性が存在することは、ペラ科とブダイ科において知られている(REINBOTH, 1975; ROBERTSON and WARNER,

1978; WARNER and ROBERTSON, 1978; 中園, 1979; 福井ほか, 1991)。それらのうち、両者の関係が複雑な瀬戸内海備後灘産のキュウセンでは、始相個体に一次雄、雌、間性個体および二次雄が存在し、終相の個体に一次雄、間性個体および二次雄が存在するとされている(福井ほか, 1991)。本研究の駿河湾産のイトベラも、体色相は体成長に伴って明らかに始相から終相への移行をみせ、始相の個体には一次雄(0.6%)、雌(84.7%)、間性個体(12.7%)および二次雄(1.9%)があったが、終相の個体にも一次雄(19.4%)、雌(8.3%)、間性個体(22.2%)および二次雄(50.0%)があって、それぞれの体色相を呈する個体には4型の生殖腺形態が共に見出され、本種では体色相から生殖腺の性相を確実に判定することは困難である。

ベラ科では一般に雌性先熟型の性変化現象と体色相の変化がみられることから、OKADA(1962)の報告以来ベラ科の魚類にアンドロゲンを投与して、体色相の変化および生殖腺の形態的变化を検討する試みがなされており、REINBOTH(1962a, b, 1972, 1973, 1975, 1980)は*Coris julis*, *Halichoeres bivittatus*, *H. poecilopterus*および*Thalassoma bifasciatum*で、雌にテストステロンを投与するといつても早熟性の性変化を誘導できるとしており、*Thalassoma bifasciatum*では性ホルモン処理が性変化と体色相の変化の双方を導くことを見出した。これに関連してREINBOTH(1980)は、 11β -ヒドロキシテストステロンが雌雄同体性魚種の雄性第二次性徴を誘導する重要なアンドロゲンであるとした。しかし、イトベラではそれぞれの体色相に上記の4型の生殖腺形態の全てが見出されたことから、ステロイドホルモンがベラ科における体色相の変化、および生殖腺の形態的变化を誘起する主たる要因とは考えられず、他の因子の関与が示唆された。

CHAN et al. (1975)は、雌性先熟型のタウナギ *Monopterus albus*の雌個体に、アンドロゲンを投与しても早期の性変化を誘起できないとし、タウナギの雌相では雄性生殖細胞の反応に年令依存性があるのではないかと示唆している。NAKAMURA et al. (1989)は、*Thalassoma duperrey*の性変化中にはテストステロンは血中値が低くかつ顕著な変化をみせず、ライディッヒ細胞と精原細胞の数の増加に並行して11-ケートテストステロンが徐々に増加し、性変化の後期と最終段階の二次精巣では11-ケートテスト

ステロンが高い値を示すとしたが、種々のステロイドホルモンの質的および量的変化は性変化が開始されてから生ずることから、ステロイドホルモンが性変化の誘導因子とは考えられないとし、また上記の2種のアンドロゲンのうち11-ケートテストステロンは、精子形成開始との関与に加えて同種の縄張り行為や社会性との関連を推察している。

雌雄同体性魚類における性変化現象に関する生理学的な要因、すなわち如何なる物質が如何なる作用機構によって性変化を生ずるかについては興味を持たれるが、それについてREINBOTH(1962b)とCHAN et al. (1975)は、下垂体からのゴナドトロピンの分泌が関与していると考え、近年の研究では、アンドロステンジオンの作用による可能性が示唆されている(YEUNG and CHAN, 1987)が、性変化を誘導する生理学的な要因については未だ明確な結論が得られていない。

3. イトヒキベラ *Cirrhitilabrus temminckii* BLEEKER

本種の雌雄性については、既報のKOBAYASHI and SUZUKI(1990)によって、ベラ科魚類の雄性一型(monandric; REINBOTH, 1970)種と基本的に同様な(余吾, 1987a)雌性先熟型雌雄同体性が知られている。また本種では、幼期における生殖腺の形態形成過程を記述している(KOBAYASHI and SUZUKI, 1990)。併せて、本種では雌性から雄性への性変化現象を、未成魚期と成魚期の双方の卵巣に認め、前者は雄成魚を含まない未成魚のみの小型個体群に、WARNER and ROBERTSON(1978)が提唱した“前成熟型性変化”が存在するとしている(KOBAYASHI and SUZUKI, 1990)。未成魚期の前成熟型性変化の生起は、本研究の飼育実験によっても追認できた。ただし、前成熟型性変化によって生じた二次雄の雄性機能が確認され例は、雌性先熟型雌雄同体性種ではコウライトラギス *Parapercis snnyderi*の飼育実験によるのみである(小林ほか, 1993b)。コウライトラギスでみられた雄性機能を伴った前成熟型性変化の存在は、卵成熟が常に精子形成に先行するとは限らないと示唆される。前成熟型性変化の生起は、性変化の始点が必ずしも雌性機能を果たした後の卵巣にのみにあるのではなく、雄性要素が生殖腺の個体発生のかかなり初期から潜在する前成熟型性変化の機構を有する可能性があると推察され、何等かのきつ

かけが得られれば雌相に相当する生活史の各段階で、性変化を起動させる能力を秘めている可能性が考えられる。したがって、本種には幼時間性～雌性先熟型雌雄同体性の連続性の存在が示唆される。

4. ホンソメワケベラ *Labroides dimidiatus* (VALENCIENNES)

ROBERTSON (1972) はグレート・バリア・リーフのヘロン島で、硬骨魚類における性変化の社会的調節の存在を、雌性先熟型雌雄同体性のホンソメワケベラで見出した。ROBERTSON (1972, 1973) によれば、本種はグループで生活し、1尾の雄の縄張りの中に数尾の雌と幼魚が存在し、最大個体が雄で、その雄が死亡するとハレムの雌の中で最大個体が雄に性変化を行うことを確認した。また、ROBERTSON (1972, 1973) は本種の雌個体29尾の生殖腺を組織学的に検討し、うち28尾の雌個体は卵巣を持つが、卵巣薄板内の初期の卵形成の部位付近に小型の精小嚢を有するとし、そのうちの15尾では精細胞または精子の出現を認めている。このROBERTSON (1972, 1973) が報告した雌魚における生殖腺の組織学的所見について、REINBOTH (1980) はベラ科では珍しい現象と考え、組織学的に再検討を行ったが、ROBERTSONが観察したような間性的な組織像は観察されなかったとした。

本研究の黒島産と西表島産のホンソメワケベラでは、卵巣構造の生殖腺を有する個体の約半数において雌雄の生殖細胞の併在が認められ、その様態には無卵黄期の卵母細胞が卓越し、精母細胞や精細胞が小型の包嚢を形成する例、卵黄形成期の卵母細胞が充満しかつ排卵後濾胞が存在して、雌性機能を有する状態にありながら明確な精小嚢形成をみせる例、および卵母細胞が少数残存する薄板内に精小嚢が卓越して精子形成活動をみせる例などがあった。ベラ科では機能的卵巣における精小嚢の形成は、本研究のイトベラおよびKOBAYASHI and SUZUKI (1990) によるイトヒキベラにおいても観察されており、ベラ科魚類でのこのような間性的な様相は、必ずしもREINBOTH (1980) が指摘したような特異な現象ではないと判断される。

ROBERTSON (1972, 1973, 1974) および本研究において、ホンソメワケベラの雌魚に間性的な組織像が観察された事実は、生殖腺の形態形成の過程ならば

に生殖細胞要素の挙動に興味を持たせる。この点についてROBERTSON (1974) は、本種の22mm TLまでの個体は性的未分化魚、または卵形成の進行がはっきりしない生殖腺を持つ雌で、23mm TL以上の個体で卵形成と精子形成とが開始されるとしている。一方、本研究の西表島産のホンソメワケベラは、約15mm TL以上の成長段階で生殖腺は卵巣腔の形成を開始し、約19mm TL以上の個体で生殖細胞が減数分裂前期への移行をみせ、約23mm TL以上の個体で肥大卵母細胞の出現をみせ、約32mm TL以上の個体で周卵巣腔型の卵巣の形態を完成した。さらに27.1mm TLの個体の発達初期の卵巣には、肥大卵母細胞と共に精母細胞も出現しており間性的な様相が認められたが、ROBERTSON (1974) が報告したような精細胞および精子の存在は確認できなかった。また、本種の23mm TL以上の個体の分化初期の生殖腺から精子の出現が認められというROBERTSONの結論には、本研究の結果からみて疑問が持たれたが、両者の相違が地域差に起因する可能性もある。しかし、ROBERTSON (1972, 1973, 1974) および本研究の結果から、本種では卵巣分化初期から生殖腺内に雄性の生殖細胞要素が明らかに潜在しているものと考えられ、本種に幼時間性～雌性先熟型雌雄同体性の連続性の存在が示唆される。

一方、黒島産の最小個体 (38.4mm TL) の生殖腺では、卵巣薄板内に無卵黄期の卵母細胞が発達すると同時に薄板周縁部に生殖原細胞が多数存在し、減数分裂前期にある精母細胞とみなされる細胞の小規模な包嚢が随所に形成されていたが、その様相からこの卵巣は薄板周縁部より精巣への移行を開始しているものと理解された。しかし、本種の卵巣成熟が可能となる大きさは、ヘロン島産では55mm TL (ROBERTSON, 1974)、黒島産では約57mm TLであったことから、黒島産の上記の個体は前成熟型性変化への移行途上にあるものと考えられる。本種の卵巣から精巣への性変化現象では、その始期には卵巣薄板周縁部より雄性化が開始され、その後は生殖腺内で同調的に精小嚢形成がみられ、最終的には卵巣腔が残存する二次精巣となり、ROBERTSON (1974) の記載との一致がみられた。しかし、本報告で認めた二次精巣では精巣組織が卵巣腔側に拡張発達した結果、卵巣腔が部分的に小型の腔所として残存するのみになった。したがって、本種の二次精巣における卵巣腔は究極的には消失する可能性があると考え

られる。この二次精巣では、かつての輸卵管が輸精管として生殖機能を果たすものと理解された。しかし、本報告のホンソメワケベラで二次雄で観察されたような生殖輸管の機能的転換は、既知のベラ科では認められていないようで、本種に特徴的であった。

総合論議

本章では、既報のベラ科イトヒキベラ *Cirrhitichthys temminckii* (KOBAYASHI and SUZUKI, 1990)、キュウセン *Halichoeres poecilopterus* (小林・鈴木, 1994) を含むベラ科魚類、およびオキゴンベ *Cirrhitichthys aureus* を中心とするゴンベ科 5 種 (小林・鈴木, 1994)、トラギス科コウライトラギス *Parapercis snyderi* (小林ほか, 1993a, b) について、雌雄性現象の比較検討を行うと共に、真骨魚類における雌雄同体現象について総合的に論議する。

真骨魚類には多様な型の雌雄同体性が知られており (ATZ, 1964; REINBOTH, 1970; SMITH, 1975; 高橋, 1978; CHAN and YEUNG, 1983; SADOVY and SHAPIRO, 1987; 余吾, 1987a; 中園, 1991)、それら各雌雄同体現象には魚類の雌雄性の進化に関しての多くの示唆が秘められているものと推察され、その検証には雌雄同体性種での初期生殖腺の形態形成、生殖腺の発達に伴う性変化現象と生殖現象との関連など体系的な検討が重要であると考えられる。機能的雌雄同体性を有する真骨魚類のうち、雌性先熟型の雌雄同体現象が多種に見出されているベラ科 (余吾, 1987a) には、雄個体が二次雄のみからなる雄性一型種と一次雄と二次雄よりなる雄性二型が存在するが (REINBOTH, 1962a, 1970)、初期生殖腺の形態形成過程が明らかにされている魚種は、雄性一型種では ROBERTSON (1974) と本報告のホンソメワケベラ *Labroides dimidiatus* および KOBAYASHI and SUZUKI (1990) のイトヒキベラ、雄性二型種では小林・鈴木 (1994) のキュウセンのみである。この 3 種における卵巣ないし一次精巣、および卵巣に起源を持つ二次精巣の初期形態形成に関する知見から、上記の 2 型の精巣がその形態的分化の様式に明確な差異のあることを確認できた。このうち、キュウセンは性的未分化生殖腺から卵巣と一次精巣とに分化するが、一次精巣の形態形成途上に卵母細胞の出現をみる幼時間性現象 (高橋, 1989) の発現が認められ (小林・鈴木, 1994)、この知見は本種の一次雄が

雌性先熟型雌雄同体性の祖先型からの派生を示唆する。

雌雄異体性魚種には、非機能的な幼時雌雄同体現象を含む痕跡的雌雄同体現象が、淡水産種のゼブラフィッシュ *Brachydanio rerio* (TAKAHASHI, 1977)、コイ *Cyprinus carpio* (DAVIES and TAKASHIMA, 1980)、スマトラ *Barbus tetrazona tetrazona* (TAKAHASHI and SHIMIZU, 1983)、モツゴ *Pseudorasbora parva* (TAKAHASHI and MAENO, 1986)、海産種の *Diplodus vulgaris* (REINBOTH, 1962a)、*Lithognathus lithognathus* (MEHL, 1973)、ソコイトヨリ *Nemipterus bathybius* とイトヨリダイ *N. virgatus* (TAKAHASHI et al., 1989) などの遺伝的雄に見出されている。このような雌雄異体性魚種にみられる間性現象は、雌性先熟型雌雄同体性種とされるキュウセンの一次精巣の分化様式 (小林・鈴木, 1994) と共通性がみられ、両者の精巣には進化の残存物として卵巣の特徴が一時的に出現もしくは遺残したものとみなされる。この雌雄異体性魚種にみられる幼時雌雄同体現象と、キュウセンにおける一次精巣の形成途上にみられた間性現象 (小林・鈴木, 1994) は、類似した雌雄同体性から派生したもの、すなわち幼時雌雄同体現象が雌性先熟型雌雄同体現象に起源を持つことを示唆する。SHAPIRO (1987, 1988) によれば、雌雄同体性魚種での成体における性変化は、本来ならば幼時雌雄同体性種にみられる初期生殖腺の発達の間にかかるべき性分化が遅れて発現する形式とみなされている。

初期生殖腺の形態形成を追求したベラ科ホンソメワケベラ、およびキュウセン (小林・鈴木, 1994)、イトヒキベラ (KOBAYASHI and SUZUKI, 1990)、ゴンベ科オキゴンベ *Cirrhitichthys aureus* (小林・鈴木, 1992)、トラギス科コウライトラギス *Parapercis snyderi* (小林ほか, 1993a) の 3 科 5 種の初期生殖腺は、当初は全ての個体で卵巣分化を開始する。このうち、ホンソメワケベラとコウライトラギスは、卵巣形成途上の幼期生殖腺に間性現象が出現し、オキゴンベでは卵巣形成に引続いて卵巣内側縁に精巣組織が出現し、共に明確な間性生殖腺ないし両性生殖腺の形成をみる。これら雌性先熟性を主体とする魚種では、初期生殖腺は卵巣への分化をみせると共に異性要素をも明確に併有する。これに関連して、雄性先熟性魚のタイ科 (赤崎, 1962; ZOHAR et al., 1978; 隆島・会田, 1984)、コチ科 (青山ほか, 1963;

藤井, 1970, 1974; FUJII, 1971), スズメダイ科 (FRICKE and FRICKE, 1977; MOYER and NAKAZONO, 1978b; SHAPIRO, 1992) などの魚種では, 初期生殖腺は雌雄の性形質を併有する両性生殖腺であるとされている。高橋 (1978) は魚類の性分化機構について, 硬骨魚類の性的未分化生殖腺が, その基質に雌性分化誘導能を潜在させており, 遺伝的雌ではこの性能が一般に雄よりも早く出現するが, 将来の精巣でのみ雄性分化誘導能を持つ組織が新生されて, 生殖細胞の雄性分化を可能にするという作業仮説を提示している。しかし機能的雌雄同体性魚種の初期生殖腺は, 上述の通り卵巣への分化をみせる一方で, 雄性生殖細胞系列をも併有しており, 間性現象を発現させることが決して稀でないことから, 雌雄同体性種の生殖腺は雌へと雄へと性の分化機構の両者を, 分化初期から併有することが示唆される。この性能の二重性はその後も長期にわたって存在し, 後述するように生活史のさまざまな段階で種々の性現象の生起を可能にすると考えられる。

機能的雌雄同体性種にみられる性変化現象は, 一般に生殖腺の活動が不活発な繁殖期以降の時期に生ずるとされ (REINBOTH, 1962a; BRUSLÉ and BRUSLÉ, 1975; DIPPER and PULLIN, 1979; 中國, 1979; JONES, 1980; 隆島・会田, 1984; NAKAZONO et al., 1985; 大田, 1987; SADOVY and SHAPIRO, 1987), 性変化の進行に伴って血中のステロイドホルモンの量的ならびに質的な変化が起こることが知られている (CHAN, 1977; NAKAMURA et al., 1989)。しかし, 性変化が周年可能な魚種も存在するとされ (SADOVY and SHAPIRO, 1987), 周年産卵を行うホンソメワケベラでは, 雄のいなくなった場合に性変化が生起するとされている (ROBERTSON, 1972, 1973, 1974)。また雌性先熟型種では, 雄を不特定の時期に入為的に除去することによっても, 雌から雄への性変化の誘導が可能とされている (FISHER, 1970, 1975; ROBERTSON, 1972, 1973, 1974; 鈴木ほか, 1978; SHAPIRO, 1980; 日置, 1992)。これらの事実から, 雌雄同体性種の性変化の時期が遺伝的に決定されているとは必ずしもいい難く, 性変化が自然界で一般に繁殖期以降に生ずるのは, NAKAZONO et al. (1985) や大田 (1987) がコウライトラギスで報告したように, 雄の死亡が主たる要因と考えられる。

一方, 雌性先熟性を示す魚類にはATZ (1964) の定

義に合致しない性変化現象, すなわち雌がその生殖機能を果たす以前に雄への性変化を行う前成熟型性変化 (prematurational sex change) が, ペラ科 (WARNER and ROBERTSON, 1978; HOFFMAN et al., 1985; JONES, 1980, 1981) やトラギス科 (NAKAZONO et al., 1985; 大田, 1987) に存在する。イトヒキベラでも, 野外で未成魚のみの小型個体群に性変化途上, もしくはそれを完了した二次精巣の出現が認められており (KOBAYASHI and SUZUKI, 1990), このイトヒキベラの前成熟型性変化は, ROBERTSON (1972, 1973) がホンソメワケベラの雌性先熟型性変化現象に存在するとした社会的性統御と同様な機構によって, 未成魚の個体群中で非機能的な前成熟型性変化が生じたものと理解される。また, イトヒキベラ (KOBAYASHI and SUZUKI, 1990) とコウライトラギス (小林ほか, 1993b) の性変化実験では, 未成魚に機能的な二次精巣誘導を確認できた。このような前成熟型性変化は, 前述した幼期生殖腺に間性現象を出現させる雄性要素と同様な要素の存在によって可能となったものと考えられる。イトヒキベラとコウライトラギスの前成熟型性変化では (KOBAYASHI and SUZUKI, 1990; 小林ほか, 1993b), 卵成熟に先立って精子形成の開始がみられる事実から, 雌性先熟型魚類では卵成熟が常に精子形成に先行するとは限らないと云える。なお, 雄性先熟型雌雄同体性種のヨコエソ科魚類でも, 前成熟型性変化の存在が示唆されている (FISHER, 1983; 余吾, 1987a)。

雌性先熟性魚種のキュウセン (小林・鈴木, 1994), イトヒキベラ (KOBAYASHI and SUZUKI, 1990), コウライトラギス (小林・鈴木, 1993a), および本報告のイトベラ *Suezichthys gracilis* とホンソメワケベラでは, 一般に機能後の卵巣に性変化現象が生じた。しかし, 上記5種のうちキュウセンを除く4種では, 機能的卵巣に精小囊の形成が認められ, このうちホンソメワケベラとイトヒキベラでは, それらの精小囊で精子形成活動の開始をみる例も存在する。このホンソメワケベラとイトヒキベラにみられた性変化現象は, 短期的であるが同時雌雄同体現象に類似する。このことは雌雄同体性種にみられる幼時間性現象, 前成熟型性変化, 雌性先熟型性変化および同時雌雄同体型が, それぞれ独立した性現象ではなく, 可変的なものであることを示唆している。このように雌雄同体性種の性変化様式は極めて多様

であると考えられるが、その実態の把握は未だ不十分である。

雌雄同体性魚種に生ずる性変化現象の発現に関して、雌性先熟性種では雄の存在が雌の性変化を抑制する社会的性統御作用の存在がハタ科 (FISHELSON, 1970, 1975), ペラ科 (ROBERTSON, 1972, 1973, 1974), ブダイ科 (CHOAT and ROBERTSON, 1975; ROBERTSON and WARNER, 1978) およびキンチャクダイ科 (MOYER and NAKAZONO, 1978a; MOYER and ZAISER, 1984) などでは知られ、雄性先熟性種のスズメダイ科 (FRICKE and FRICKE, 1977; MOYER and NAKAZONO, 1978b) でも、雌性先熟性種と反対の社会的性統御作用の存在が認められている。性変化に社会的性統御機構が存在するとされている *Anthias squamipinnis* の実験では (FISHELSON, 1970, 1975), 性変化が起った雄をその都度水槽から除去し、全ての雌個体の性変化の誘導が試みられている。しかし、鈴木ほか (1978) のキンギョハナダイ *Franzia squamipinnis* の実験では、性変化した雄個体が同居し続けても次々に雌の性変化が誘導されている。またコウライトラギスの性変化実験でも (小林ほか, 1993b), 未経産雌および経産雌を飼育した場合、両者に機能的な二次精巢が誘導され、また複数個体に性変化の開始を認め、鈴木ほか (1978) のキンギョハナダイの実験結果と一致した。したがって、性変化現象は余吾 (1987b) が指摘するように、雄の存否という単純な要因のみで性統御が生起されているとは考えられない。事実、コウライトラギスの実験では (小林ほか, 1993b), 性変化誘起には外見上の雌が2尾以上存在することが必要で、視覚要因ないし嗅覚要因による個体認知の結果として性変化が誘導がされる。しかし、社会的性統御についての行動特性や生理学的な機構は未だ不明である。

REINBOTH (1980) は、隣接的雌雄同体性種の性変化に可逆性が認められないとしている。イトヒキペラ (KOBAYASHI and SUZUKI, 1990) とコウライトラギス (小林ほか, 1993b) の性変化誘導実験では、雄性から雌性への可逆的な性変化を検討したが、体色相と外部形態および生殖腺にはその変化の徴候が認めず、この点でREINBOTH (1980) の見解と一致した。しかし、雌性先熟性とみなされているキンチャクダイ科魚類 (余吾, 1987a; 日置, 1992) では、機能的雄から機能的雌への可逆的な性変化が実験的に誘導されている (日置・鈴木, 1996)。また、ハタ科

(REINBOTH, 1967; HASTINGS and PETERSEN, 1986) やハゼ科 (SUNOBE and NAKAZONO, 1993; KUWAMURA et al., 1994; NAKASHIMA et al., 1995; 塩原, 1996) およびキンチャクダイ科 (日置・鈴木, 1996) には、同時雌雄同体性と雌性先熟型の中間的な雌雄同体現象の存在も知られている。基本的に常時両性生殖腺を有するゴンベ科オキゴンベ (小林・鈴木, 1992) は、雌雄いずれかの性機能を果たすが、雌性機能から雄性機能への移行、および雄性機能から雌性機能への移行の双方が起こることが確認され、本種にも同時雌雄同体性と雌性先熟型の中間的な雌雄同体現象が存在することが明らかとなった。さらにキンチャクダイ科魚類では、性機能後の早期に性変化を完了し群れ支配にそなえる早期型性変化 (early sex change) が存在する (MOYER and ZAISER, 1984)。このように雌雄同体性魚類には近年、ATZ (1964) の定義に該当しない多様な雌雄同体現象の存在が知られるに至っている一方、雌雄異体種では性決定が遺伝的に従わず、環境要因に左右される性分化様式が、CONOVER and HEINS (1987) によるトウゴロウイワシ科 *Menidia menidia*, 山本・増谷 (1990) によるヒラメ *Paralichthys solivaceus* で見出されており、雌雄異体性と雌雄同体性の境界が不明瞭な雌雄性的存在が知られている。このように、真骨魚類には多様な雌雄性的現象の存在を認めるが、雌雄性的現象の体系的な類別は余吾 (1987a) が指摘するようにまだ不確定な段階であるといえる。

一方、SADOVY and SHAPIRO (1987) は、雌雄同体性魚類の生殖腺の組織形態を、異性組織が結合組織性の隔壁で隔てられる分離型 (delimited type)、生殖腺の特定部位に異性組織が混在する部位限定混在型 (undelimited type 1) および生殖腺全域に異性組織が混在する全域混在型 (undelimited type 2) に区分している。本研究の雌雄同体性のペラ科4種の性的移行期にある生殖腺形態は、SADOVY and SHAPIROの全域混在型に相当し、既知のペラ科 (REINBOTH, 1970; 中園, 1979) のそれと一致したが、イトヒキペラの少数の個体では部位限定混在型の生殖腺も存在した (KOBAYASHI and SUZUKI, 1990)。また、ゴンベ科魚類は全て部位限定混在型に相当し (小林・鈴木, 1992)、トラギス科魚類のコウライトラギスのそれは生殖細胞の分布様式に限れば全域混在型であった (小林ほか, 1993a)。SADOVY and SHAPIROの全域混在型では、結合組織性の生殖

腺皮膜内に輸精洞が存在するが、コウライトラギスでは生殖腺皮膜と精小嚢が接する部位に輸精管系が分化するのが特徴的であった(小林ほか, 1993a)。

雌性先熟型魚類の二次精巣には、一般に卵巣構造に由来する卵巣腔が遺残し、生殖腺皮膜内に輸精管が存在するとされ(REINBOTH, 1961, 1962a, 1970; WARNER and ROBERTSON, 1978; 中園, 1979, 1991; SADOVY and SHAPIRO, 1987; 余吾, 1987a), この組織形態が雌性先熟型性変化の有力な判断基準となっている(SADOVY and SHAPIRO, 1987)。しかし、ハタ科のキンギョハナダイ(鈴木, 1979)とハゼ科の*Coryphopterus personatus* (COLE and ROBERTSON, 1988)では、二次精巣の卵巣腔は消失するとされている。本研究で記載したホンソメワケベラとコウライトラギス(小林ほか, 1993a)の二次精巣では、遺残卵巣腔が精巣発達に伴って次第に消失した。またコウライトラギスの二次精巣では、かつての卵巣腔の存在部位に精小嚢内腔が発達をみせ、それが基部の輸精管と連絡を持ち、雌雄異体性魚種にみられる精巣と類似する形態となることが判明した(小林ほか, 1993a)。したがって、卵巣腔の欠如はSADOVY and SHAPIRO (1987) が指摘するように、必ずしも雌性先熟型の性変化を否定することにはならない。

ベラ科魚類の性変化では、明確な精巣組織を持たない卵巣に二次精巣への移行が生じるとされている(REINBOTH, 1962a, 1970; WARNER and ROBERTSON, 1978; 中園, 1979, 1991; SADOVY and SHAPIRO, 1987; NAKAMURA et al., 1989)。ベラ科の生殖腺における性変化過程の詳細を観察したNAKAMURA et al. (1984, 1989) と中村(1987)によれば、*Thalassoma duperrey*の性変化では、まず卵黄形成期の卵母細胞に崩壊吸収が生じ、次に無卵黄期の卵母細胞の退化吸収と共に精原細胞が増加をみせ、後に卵巣薄板中央部でステロイドホルモン産生細胞を含む体細胞組織の発達がみられ、続いて精原細胞は包囊を形成して精子形成開始に至り、最終的に卵巣腔を遺残させ精子形成を活発に行う二次精巣が完成される。しかし雌性先熟性魚種では、卵巣から精巣に移行する際の基幹細胞となる精原細胞は形態的に卵原細胞と識別できず、その起源に関しても不明とされている(REINBOTH, 1970, 1982, 1983; SADOVY and SHAPIRO, 1987; NAKAMURA et al., 1989)。

REINBOTH(1988) は、卵巣組織と精巣組織の間に

結合組織性の隔壁を欠くようなベラ科、ブダイ科などの魚類では、活動的な雌相を呈する生殖腺には精子形成活動の開始が全くみられないとした。このことから、REINBOTH(1988) は雌雄同体現象における性変化は、新たな生殖細胞系列の産生の現われであるという説を提唱している。イトヒキベラ(KOBAYASHI and SUZUKI, 1990) とキュウセン(小林・鈴木, 1994)、および本研究で記載したイトベラ、ホンソメワケベラを含むベラ科、コウライトラギス(小林ほか, 1993a)の生殖腺の性変化現象には、上記の*T. duperrey* (NAKAMURA et al., 1984, 1989; 中村, 1987) と同様に、卵黄形成期の卵母細胞の退行変性を契機として卵巣に雄性化が生ずる場合の他に、卵黄形成期の卵母細胞が充満し雌性機能を有する状態で雄性化が生ずる例、および無卵黄期の衰退卵巣に雄性化が発現する例も存在した。また、ホンソメワケベラとイトヒキベラ(KOBAYASHI and SUZUKI, 1990)の両種では、性変化時に卵成熟と精子形成の双方が確認できた。したがって、性変化の基幹細胞となる雄性生殖細胞系列は、活動的な雌相を呈する以前から存在しているものとみなされ、この点で性変化が新たな生殖細胞系列の産生の結果であるとするREINBOTH(1988)の説には、少なくともベラ科魚類に関しては疑問が持たれる。雄性生殖細胞系列の産生については、体細胞要素による性分化誘導作用によって、性的に未分化な生殖細胞から精原細胞へ分化する可能性(HARRINGTON, 1975)、精原細胞が本来的に潜在する可能性、および卵原細胞が精原細胞へと変化する可能性も考えられるが、雌雄同体性種における生殖原細胞の動態を明らかにするには、何らかの性特異的な細胞学的指標を見出す必要がある。

以上、本研究では主として雌雄同体性を有する真骨魚類の性変化現象とその機構について検討したが、雌雄同体性魚類の初期生殖腺は、雄性先熟型種であっても雌雄の性形質を併有する両性生殖腺であるという諸研究(赤崎, 1962; 青山ほか, 1963; 藤井, 1970, 1974; FUJII, 1971; FRICKE and FRICKE, 1977; ZOHAR et al., 1978; MOYER and NAKAZONO, 1978b; 隆島・会田, 1984; SHAPIRO, 1992)がある一方、SHAPIRO(1992)によれば雌性先熟型や雄性先熟型の雌雄同体性魚種の生殖腺は基本的に卵巣であると考えたが、BUXTON and GARRATT (1990)によれば、タイ科魚類の生殖腺は幼時間性を基本型としている。本研究で初期生殖腺の形態形成過程が

明らかになったイトヒキペラ (KOBAYASHI and SUZUKI, 1990), キュウセン (小林・鈴木, 1994), ホンソメワケペラを含むペラ科, オキゴンベ (小林・鈴木, 1992) およびコウライトラギス (小林ほか, 1993a) の初期生殖腺は, 卵巣分化をみせると同時に雄性要素の発現をみせることから, 雌雄同体性種の生殖腺は将来の性変化の誘導因子となる異性要素が, 発生初期の生殖腺に併在する幼時間性を基本とするものであると考えられる。この雌雄同体性種にみられる性分化性能の二重性は, 生活史のさまざまな段階で幼時間性, 前成熟型性変化, 機能的卵巣に精子形成を伴う雄性化の発現, 雌性先熟型性変化や雄性先熟型性変化および同時雌雄同体型, 雌性先熟型と同時雌雄同体型の中間的な雌雄同体現象などの生起を可能にさせる。雌雄同体性から雌雄異体性への二次的な移行も存在する。

本研究で対象としたペラ科とゴンベ科およびトラギス科魚類の雌雄性については, ペラ科のニシキペラに雌性先熟型雌雄同体性～雌雄異体性への移行, 雄性一型種のイトヒキペラとホンソメワケペラに幼時間性～雌性先熟型雌雄同体性への移行, 雄性二型種のキュウセンの一次雄に幼時雌雄同体性～雌雄異体性への移行, 同種の二次雄に幼時間性～雌性先熟型雌雄同体性への移行, 同じく雄性二型種のイトペラの雄に雄性二型～雄性一型への移行が考えられた。また, ゴンベ科のオキゴンベでは幼時間性～同時雌雄同体性～雌性先熟型雌雄同体性への移行, トラギス科のコウライトラギスでは幼時間性～雌性先熟型雌雄同体性～雌雄異体性への移行が示唆されたが, 同科のクラカケトラギスなどには雌雄異体性が存在する (鈴木・小林, 未発表)。

従来の雌雄性の定義 (ATZ, 1964) による機能的雌雄同体性の範疇には, 卵巣から精巣ないしその反対の性機能を伴った性変化現象と, 同時雌雄同体現象が含まれるが, 本研究の検討によれば, 機能的雌雄同体現象の各型は, それぞれが一方の極にある性現象ではなく, 雌雄同体性の形態的表現は極めて可塑性に富んだものであって, 機能的雌雄同体現象と雌雄異体現象の両者の間にも連続的な雌雄性が存在するものと考えられる。本研究で得られた雌雄同体現象の新知見は, 既知の雌雄同体性種では殆ど知られていないが, 雌雄同体性を理解するには成魚の性変化現象のみの調査のみに留まらず, 幼期からの生殖腺の性的動態の詳細を知る必要がある。その形態形

成の過程には, 雌雄異体性と雌雄同体性の関連や雌雄性の進化上での示唆を与える性現象が存在するものと推察され, これらの知見の集積は硬骨魚類の雌雄性の法則性と性分化機構の理解と解明に役立つと期待される。

雌雄同体性魚種の性変化現象にみられる体色相や生殖腺の組織形態の変化は, 雌性先熟種ではアンドロゲンによる作用が考えられていた (KINOSHITA, 1934, 1935; OKADA, 1962; REINBOTH, 1970, 1975, 1980; 中園, 1979, 1991) が, NAKAMURA et al. (1989) による *Thalassoma duperrey* では, ステロイドホルモンの量的および質的变化がみられる以前に性変化が開始されることから, ステロイドホルモンが性変化の誘導因子でないと考えられているが, YEUNG and CHAN (1987) はアンドロステジオンの性変化における作用を示唆している, しかし, 性変化現象に関する生理学的要因については未だ結論が得られておらず, また性変化の社会的性統御機構の行動特性やその生理学的要因についても不明であり, 今後この分野の研究発展に期待したい。

謝 辞

本研究をまとめるに際し, 本論文の校閲の労をとられるとともに, 終始懇切丁寧な御指導を賜った前北海道大学水産学部教授 高橋裕哉博士に深厚なる謝意を表する。また, 原稿の校閲と研究内容の懇篤な検討を頂いた北海道大学水産学部教授 尼岡邦夫博士と同教授 山内皓平博士に厚くお礼申し上げます。また, この研究に入る機会を与えて頂き, 本論文の完成に至るまで御指導と励ましを頂いた東海大学海洋研究所教授 鈴木克美博士に対して深く感謝申し上げます。

さらに, 温かい援助と励ましを受けた東海大学海洋科学博物館学芸員 日置勝三博士をはじめとする同館同僚の方々に感謝する。

研究材料の標本採集に際しては, 東海大学海洋科学博物館学芸員 舟尾 隆氏, 伊豆海洋公園 故友 竹進一氏, 八丈島ダイビングセンター 佐藤謙二氏, 海中公園センター八重山海中公園研究所研究員 (当時) 柏原正尚氏, 東海大学海洋学部大学院生 (当時) 渡辺康夫君の御協力を得た。ここに厚くお礼申し上げます。さらに, 駿河湾での調査に当たっては沼津市内浦漁業協同組合に便宜を与えられたことに感謝する。

引用文献

- 赤崎正人 (1962) タイ型魚類の研究—形態・系統・分類および生態, 京都大学農学部水産学教室(タイプEP刷), 368p.
- 青山恒雄・北島忠弘・水江一弘 (1963) イネゴチ *Cociella crocodila* (Tilesius) の性転換. 西海区水産研究所研究報告, 29, 11-33.
- ATZ, J.W. (1964) Intersexuality in fishes. In ARMSTRONG, C.N. and A.J. MARSHALL eds.: Intersexuality in Vertebrates Including Man, Academic Press, London, New York, 145-232.
- BRUSLÉ, S. (1983) Contribution to the sexuality of a hermaphroditic teleost, *Serranus hepatus* L. J. Fish Biol., 22, 283-292.
- BRUSLÉ, J. and S. BRUSLÉ (1975) Ovarian and testicular intersexuality in two protogynous Mediterranean groupers, *Epinephelus aeneus* and *Epinephelus guaza*. In REINBOTH, R. ed.: Intersexuality in the Animal Kingdom, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 222-227.
- BUXTON, C.D. and P.A. GARRATT (1990) Alternative reproductive styles in seabreams (Pisces: Sparidae). Env. Biol. Fish., 28, 113-124.
- CHAN, S.T.H. (1977) Spontaneous sex reversal in fishes. In MONEY, J. and H. MUSAPH eds.: Handbook of Sexology, Excerpta Medica, Amsterdam, London, New York, 91-105.
- CHAN, S.T.H. and W.S.B. YEUNG (1983) Sex control and sex reversal in fish under natural conditions. In Hoar, W.S., D.J. RANDALL and E. M. DONALDSON eds.: Fish Physiology, IXB, Academic Press, New York, 171-221.
- CHAN, S.T.H., W.-S.O and S.W.B. HUI (1975) The gonadal and adeno-hypophysial functions of natural sex reversal. In REINBOTH, R. ed.: Intersexuality in the Animal Kingdom, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 201-221.
- CHOAT, J.H. and D.R. ROBERTSON (1975) Protogynous hermaphroditism in fishes of the family Scaridae. In REINBOTH, R. ed.: Intersexuality in the Animal Kingdom, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 263-283.
- COLE, K.S. and D.R. ROBERTSON (1988) Protogyny in the Caribbean reef goby, *Coryphopterus personatus*: gonad ontogeny and social influences on sex-change. Bull. Mar. Sci., 42 (2), 317-333.
- CONOVER, D.O. and S.W. HEINS (1987) Adaptive variation in environmental and genetic sex determination in a fish. Nature, 326, 496-498.
- D'ANCONA, U. (1949) Ermafroditismo ed intersessualità nei Teleostei. Experientia, 5 (10), 381-389.
- D'ANCONA, U. (1956) Morphogénèse et différenciation sexuelle chez les poissons téléostéens. Boll. Soc. Zool. France, 81, 219-229.
- DAVIES, P.R. and F. TAKASHIMA (1980) Sex differentiation in common carp *Cyprinus carpio* L. J. Tokyo Univ. Fish., 66, 191-199.
- DIPPER, F.A. and R.S.V. PULLIN (1979) Gonochorism and sex-inversion in British Labridae (Pisces). J. Zool. Lond., 187, 97-112.
- DUCHAC, B., F. HUBER, H. MULLER and D. SENN (1982) Mating behavior and cytogenetical aspects of sex-inversion in the fish *Coris julis* L. (Labridae, Teleostei). Experientia, 38, 809-811.
- FISHELSON, L. (1970) Protogynous sex reversal in the fish *Anthias squamipinnis* (Teleostei, Anthiidae) regulated by the presence or absence of a male fish. Nature, 227, 90-91.
- FISHELSON, L. (1975) Ecology and physiology of sex reversal *Anthias squamipinnis* (Peters), (Teleostei: Anthiidae). In Reinboth, R. ed.: Intersexuality in the Animal Kingdom, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 284-294.
- FISHER, R.A. (1983) Proterandric sex reversal in *Gonostoma elongatum* (Pisces: Gonostomatidae) from the eastern Gulf of Mexico. Copeia, 1983 (2), 554-557.
- FRICKE, H. and S. FRICKE (1977) Monogamy and sex change by aggressive dominance in coral reef fish. Nature, 266, 830-832.
- FUJII, T. (1971) Hermaphroditism and sex reversal in fishes of the Platycephalidae. II.. *Kumococius detrusus* and *Inegocia japonica*. Japan. J.

- Ichthyol., 18 (3), 109-117.
- 藤井武人 (1970) コチ科魚類における雌雄同体性と性転換現象—I, アネサゴチの性転換. 魚類学雑誌, 17 (1), 14-21.
- 藤井武人 (1974) コチ科魚類における雌雄同体性と性転換現象—III, 種的分化と性転換様式の変異. 魚類学雑誌, 21 (2), 92-100.
- 福井行雄・具島健二・角田俊平・橋本博明 (1991) キュウセンの成長に伴う色彩変化と性転換. 魚類学雑誌, 37 (4), 395-401.
- GHISELIN, M.T. (1969) The evolution of hermaphroditism among animals. Quart. Rev. Biol., 44, 189-208.
- GOLD, J.R. (1979) Cytogenetics. In HOAR, W.S., D. J. RANDALL and J.R. BRETT eds.: Fish Physiology, 8, Academic Press, New York, 353-405.
- HARRINGTON, R.W., JR. (1975) Sex determination and differentiation among uniparental homozygotes of the hermaphroditic fish *Rivulus marmoratus* (Cyprinodontidae: Atheriniformes). In REINBOTH, R. ed.: Intersexuality in the Animal Kingdom, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 249-262.
- HASTINGS, P.A. and C.W. PETERSEN (1986) A novel sexual pattern in serranid fishes: simultaneous hermaphrodites and secondary males in *Serranus fasciatus*. Env. Biol. Fish., 15 (1), 59-68.
- 日置勝三 (1992) 日本産キンチャクダイ科魚類の繁殖と雌雄性に関する研究. 学位請求論文, 九州大学, 244p.
- 日置勝三・鈴木克美 (1996) 雌性先熟雌雄同体性アブラヤッコ属 (キンチャクダイ科) 3属の雄から雌への性変換. 東海大学海洋研究所研究報告, 17, 27-34.
- HOFFMAN, S.L., M.P. SCHILDHAUER and R.R. WARNER (1985) The costs of changing sex and the ontogeny of males under contest competition for mates. Evolution, 39, 915-927.
- JONES, G.P. (1980) Growth and reproduction in the protogynous hermaphrodite *Pseudolabrus celidotus* (Pisces: Labridae) in New Zealand. Copeia, 1980 (4), 660-675.
- JONES, G.P. (1981) Spawning-site choice by female *Pseudolabrus celidotus* (Pisces: Labridae) and its influence on the mating system. Behav. Ecol. Sociobiol., 8, 129-142.
- KATAYAMA, M. (1960) Fauna Japonica. Seranidae. Biogeogr. Soc. Japan, Tokyo, 189p.
- KINOSHITA, Y. (1934) On the differentiation of the male color-patterns and sex ratio in *Halichoeres poecilopterus* (Temminck and Schlegel). J. Sci. Hiroshima Univ., Ser. B, Div. 1, Zool., 3 (6), 65-76.
- KINOSHITA, Y. (1935) Effects of the secondary sexual characters in *Halichoeres poecilopterus* (Temminck and Schlegel). J. Sci. Hiroshima Univ., Ser. B, Div. 1, Zool., 4 (1), 1-14.
- 北島 力・伏見 徹 (1970) マダイの親魚養成に関する研究. 昭和44年度指定調査総合助成事業種苗生産研究報告書, マダイ・クロダイ・スズキの親魚養成, 広島県水産試験場, 2-13.
- 小林弘治 (1993) ベラ科魚類を主とする浅海性魚類の雌雄性と生殖現象に関する研究. 学位請求論文, 北海道大学, 209p.
- KOBAYASHI, K. and K. SUZUKI (1990) Gonadogenesis and sex succession in the protogynous wrasse, *Cirrhitilabrus temmincki*, in Suruga Bay, Central Japan. Japan. J. Ichthyol., 37 (3), 256-264.
- 小林弘治・鈴木克美 (1992) オキゴンベを中心とする日本産ゴンベ科魚類の雌雄同体現象と性機能. 魚類学雑誌, 38 (4), 413-426.
- 小林弘治・鈴木克美 (1994) 駿河湾におけるキュセン *Halichoeres poecilopterus* の雌雄性と繁殖. 東海大学紀要海洋学部, 38, 233-256.
- 小林弘治・鈴木克美・塩原美敞 (1993a) 駿河湾におけるコウライトラギス *Parapercis snyderi* の繁殖と雌雄同体現象. 東海大学紀要海洋学部, 35, 149-168.
- 小林弘治・鈴木克美・塩原美敞 (1993b) 水槽飼育によるコウライトラギス *Parapercis snyderi* の生殖腺における性変化の検討. 東海大学海洋研究所研究報告, 14, 83-91.
- 久保伊津男 (1939) ニシキベラ *Thalassoma cupido* (Temminck and Schlegel) の発生に就いて(1). 日本水産学会誌, 8 (3), 165-167.
- KUWAMURA, T., Y. NAKASHIMA Y and. YOGO (1994) Sex change in either direction by growth-

- rate advantage in the monogamous coral goby, *Paragobiodon echinocephalus*. Behav. Ecol., 5 (4), 434-438.
- LISSIA-FRAU, A.M. and S. CASU (1968) Il processo gonadogenetico in alcune specie di sparidi (Teleostei, Perciformes). Studi Sassaresi, 1, 1-23.
- LISSIA-FRAU, A.M., M. PALA and S. CASU (1976) Observations and considerations on protandrous hermaphroditism in some species of sparid fishes (Teleostei, Perciformes). Studi Sassaresi, 54, 147-167.
- 松原喜代松 (1964) 魚類の形態と検索 2. 石崎書店, 東京, 1605p.
- 松原喜代松・落合 明・岩井 保 (1982) 魚類学 (上). 恒星社厚生閣, 東京, 342p.
- MEHL J.A.P. (1973) Ecology, osmoregulation and reproductive biology of the white steenbras, *Lithognathus lithognathus* (Teleostei: Sparidae). Zool. Africana, 8, 157-230.
- MEYER, K.A. (1977) Reproductive behavior and patterns of sexuality in the Japanese labrid fish *Thalassoma cupido*. Japan. J. Ichthyol., 24 (2), 101-112.
- MOYER, J.T. (1974) Notes on the reproductive behavior of the wrasse *Thalassoma cupido*. Japan. J. Ichthyol., 21 (1), 34-36.
- MOYER, J.T. and A. NAKAZONO (1978a) Population structure, reproductive behavior and protogynous hermaphroditism in the angelfish *Centropyge interruptus* at Miyake-jima, Japan. Japan. J. Ichthyol., 25 (1), 25-39.
- MOYER, J.T. and A. NAKAZONO (1978b) Protandrous hermaphroditism in six species of the anemonefish genus *Amphiprion* in Japan. Japan. J. Ichthyol., 25 (2), 101-106.
- MOYER, J.T. and M.J. ZAISER (1984) Early sex change: a possible mating strategy of *Centropyge* angelfishes (Pisces: Pomacanthidae). J. Ethol., 2, 63-67.
- 中村 将 (1987) 性転換の生理と組織. 中園明信・桑村哲生編: 魚類の性転換, 東海大学出版会, 東京, 48-76.
- NAKAMURA, M., K. YAMAUCHI, Y. NAGAHAMA and E.G. GRAU (1984) Endocrine-regulated morphological changes in the gonad during sex reversal in protogynous wrasse. Zool. Sci., 1, 967.
- NAKAMURA, M., T.F. HOURIGAN, K. YAMAUCHI, Y. NAGAHAMA and E. G. GRAU (1989) Histological and ultrastructural evidence for the role of gonadal steroid hormones in sex change in the protogynous wrasse *Thalassoma duperrey*. Env. Biol. Fish., 24 (2), 117-136.
- NAKASHIMA, Y., T. KUWAMURA and Y. YOGO (1995) Why be a both-ways sex changer?. Ethology, 101, 301-307.
- 中園明信 (1979) 日本産ベラ科魚類 5 種の性転換と産卵行動に関する研究. 九州大学農学部附属水産実験所報告, 4, 1-64.
- 中園明信 (1991) 機能的雌雄同体現象. 板沢靖男・羽生 功編: 魚類生理学, 恒星社厚生閣, 東京, 327-361.
- NAKAZONO, A., H. NAKATANI and H. TSUKAHARA (1985) Reproductive ecology of the Japanese reef fish, *Parapercis snnyderi*. Proc. 5th Int. Symp. Coral Reefs, 1, 355-360.
- OKADA, Y.K. (1962) Sex reversal in the Japanese wrasse, *Halichoeres poecilopterus*. Proc. Japan Acad., 38 (8), 508-513.
- OKADA, Y.K. (1964) Effects of androgen and estrogen on sex reversal in the wrasse, *Halichoeres poecilopterus*. Proc. Japan Acad., 40 (7), 541-544.
- 大田孝伸 (1987) ハレムを形成する雌性先熟魚コウライトラギスにおける生活史と性転換に関する研究. 広島大学生物学会誌, 52, 11-19.
- REINBOTH, R. (1961) Natürliche Geschlechtsumwandlung bei adulten Teleostiern. Zool. Anz., 24, Suppl., 259-262.
- REINBOTH, R. (1962a) Morphologische und funktionelle Zweigeschlechtlichkeit bei marinen Teleostiern (Serranidae, Sparidae, Centracanthidae, Labridae). Zool. Jb. Physiol., 69, 405-480.
- REINBOTH, R. (1962b) The effect of testosterone on female *Coris julis* (L.), a wrasse with spontaneous sex-inversion. Gen. Comp. Endocrinol., 2, 629. (Abstr.)

- REINBOTH, R. (1967) Protogynie bei *Chelidoperca hirundinacea* (Cuv. et Val.) (Serranidae). Ein Diskussionsbeitrag zur Stammesgeschichte amphisexueller Fische. Annot. Zool. Japon., 40 (4), 181-186.
- REINBOTH, R. (1970) Intersexuality in fishes. In BENSON, G. K. and J. G. PHILLIPS, eds.: Hormones and the Environment, Mem. Soc. Endocrinol., 18. Cambridge Univ. Press, Cambridge, 515-543.
- REINBOTH, R. (1972) Hormonal control of the teleost ovary. Amer. Zool., 12, 307-324.
- REINBOTH, R. (1973) Dualistic reproductive behavior in the protogynous wrasse *Thalassoma bifasciatum* and some observations on its daynight changeover. Helgol. Wiss. Meeresunters., 24, 174-191.
- REINBOTH, R. (1975) Spontaneous and hormone-induced sex-inversion in wrasses (Labridae). Publ. Staz. Zool. Napoli, 39, Suppl., 550-573.
- REINBOTH, R. (1980) Can sex inversion be environmentally induced?. Biol. Reprod., 22, 49-59.
- REINBOTH, R. (1982) The problem of sexual bipotentiality as exemplified by teleosts. Reprod. Nutr. Dev., 22 (2), 397-403.
- REINBOTH, R. (1983) The peculiarities of gonadal transformation in teleosts. In MULLER, U. and W.W. FRANKE, eds.: Mechanisms of Gonadal Differentiation in Vertebrates, Differentiation, 23, (Suppl.), 82-86.
- REINBOTH, H. (1988) Physiological problems of teleost ambisexuality. Env. Biol. Fish., 22 (4), 249-259.
- ROBERTSON, D.R. (1972) Social control of sex reversal in a coral-reef fish. Science, 177, 1007-1009.
- ROBERTSON, D.R. (1973) Sex changes under the waves. New Scientist, 58, 538-540.
- ROBERTSON, D.R. (1974) A study of the ethology and reproductive biology of the labrid fish, *Labroides dimidiatus*, at Heron Island, Great Barrier Reef. Ph. D. Thesis, Univ. Queensland, 295p.
- ROBERTSON, D.R. and J.H. CHOAT (1974) Protogynous hermaphroditism and social systems in labrid fish. Proc. 2nd. Int. Coral Reef. Symp., 1, 217-225.
- ROBERTSON, D.R. and R.R. WARNER (1978) Sexual patterns in the labroid fishes of the western Caribbean, II: the parrotfishes (Scaridae). Smith. Contr. Zool., 255, 1-26.
- ROSS, R.M. (1990) The evolution of sex-change mechanisms in fishes. Env. Biol. Fish., 29, 813-93.
- SADOVY, Y. and D.Y. SHAPIRO (1987) Criteria for the diagnosis of hermaphroditism in fishes. Copeia, 1987 (1), 136-156.
- SHAPIRO, D.Y. (1980) Serial female sex changes after simultaneous removal of males from social groups of a coral reef fish. Science, 209, 1136-1137.
- SHAPIRO, D.Y. (1987) Sexual differentiation and the evolution of sex change in fishes. Bioscience, 37, 490-497.
- SHAPIRO, D.Y. (1988) Behavioral influences on gene structure and other new ideas concerning sex change in fishes. Env. Biol. Fish., 23 (4), 283-297.
- SHAPIRO, D.Y. (1992) Plasticity of gonadal development and protandry in fishes. J. Exp. Zool., 261, 194-203.
- 塩原美敏 (1996) ハゼ科魚類 6 種の繁殖生態を中心とする生活史. 学位請求論文, 東海大学, 108p.
- SMITH, C.L. (1965) The patterns of sexuality and the classification of serranid fishes. Amer. Mus. Novit., 2207, 1-20.
- SMITH, C.L. (1975) The evolution of hermaphroditism in fishes. In Reinboth, R. ed.: Intersexuality in the Animal Kingdom, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 295-310.
- SUNOBE, T. and A. NAKAZONO (1993) Sex change in both direction by alteration of social dominance in *Trimma okinawae* (Pisces: Gobiidae). Ethology, 94, 339-345.
- 鈴木克美 (1979) 日本産ハナダイ類の生態学的研究. 学位請求論文, 東京大学, 222p.
- 鈴木克美 (1989) 硬骨魚類の雌雄同体現象. 栽培技研, 18(1), 45-55.

- 鈴木克美・小林弘治・日置勝三・坂本隆志 (1978) 駿河湾におけるキンギョハナダイ *Franzia squamipinnis* の生態. 魚類学雑誌, 25 (2), 124-140.
- TAKAHASHI, H. (1977) Juvenile hermaphroditism in the zebrafish, *Brachydanio rerio*. Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ., 28 (2), 57-65.
- 高橋裕哉 (1978) 性分化と性転換—魚類・両生類. 日本比較内分泌学会編: ホルモンと生殖1, 学会出版センター, 東京, 23-58.
- 高橋裕哉 (1989) 非機能的雌雄同体現象 (幼時間性現象を含む). 魚類学雑誌, 35 (4), 505-506.
- TAKAHASHI, H. and Y. MAENO (1986) Occurrence of an accessory cavity in the testis of the top-mouth gudgeon, *Pseudorasbora parva*, and its relation to juvenile intersexuality. Japan. J. Ichthyol., 33 (2), 180-185.
- TAKAHASHI, H. and M. SHIMIZU (1983) Juvenile intersexuality in a cyprinid fish, the Sumatra barb, *Barbus tetrazona tetrazona*. Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ., 34 (2), 69-78.
- TAKAHASHI, H., K. KOBAYASHI and K. SUZUKI (1989) Gonadal morphology of threadfin breams, *Nemipterus bathybius* and *N. virgatus*: evidence of rudimentary hermaphroditism. Japan. J. Ichthyol., 36 (1), 82-89.
- 隆島史夫・会田勝美 (1984) 魚類の性分化とホルモン. 日本比較内分泌学会編, 性分化とホルモン, 学会出版センター, 東京, 77-97.
- WARNER, R.R. (1975) The adaptive significance of sequential hermaphroditism in animals. Amer. Nat., 109, 61-82.
- WARNER, R.R. and P. LEJEUNE (1985) Sex change limited by paternal care: a test using four Mediterranean labrid fishes, genus *Symphodus*. Mar. Biol., 87, 89-99.
- WARNER, R.R. and D.R. ROBERTSON (1978) Sexual patterns in the labroid fishes of the western Caribbean. I: the wrasses (Labridae). Smith. Contr. Zool., 254, 1-27.
- 山本栄一・増谷龍一郎 (1990) ヒラメの雌性化種苗生産. 養殖, 27 (5), 80-85.
- YEUNG, W.S.B. and S.T.H. CHAN (1987) The plasma sex steroid profiles in the freshwater, sex-reversing teleost fish, *Monopterus albus* (Zuiew). Gen. Comp. Endocrinol., 65, 233-242.
- 余吾 豊 (1987a) 魚類にみられる雌雄同体現象とその進化. 中園明信・桑村哲生編: 魚類の性転換, 東海大学出版会, 東京, 1-47.
- 余吾 豊 (1987b) 群れの構造と性転換の起り方. 中園明信・桑村哲生編: 魚類の性転換, 東海大学出版会, 東京, 148-173.
- YOUNG, P.C. and R.B. MARTIN (1985) Sex ratios and hermaphroditism in nemipterid fish from northern Australia. J. Fish Biol., 26, 273-287.
- ZOHAR, Y., M. ABRAHAM and H. GORDIN (1978) The gonadal cycle of the captivity-reared hermaphroditic teleost *Sparus aurata* (L.) during the first two years of life. Ann. Biol. Anim. Biochim. Biophys., 18, 877-882.

博物館におけるホームページの役割¹⁾

石橋 忠信²⁾・柴 正博²⁾

The Function and Role of Home Page in Museums¹⁾

Tadanobu ISHIBASHI²⁾ and Masahiro SHIBA²⁾

Abstract

The number of hits by users accessing the center's home page (WWW sites) reached 34,000 since it was first established and continues to rise. This trend is thought to be due to general development of the Internet environment or, in other words, an increase in the number of people who have the ability to utilize the Internet. Seasonal fluctuations lead us to conjecture that access to the home page is considerably influenced by users seeking information about recreational activities. Among those users, there also seems to be a group that has an interest in the opportunities that the center has to offer and regularly accesses the home page.

The questions received from users by e-mail generally do not deal directly with the content of the home page or exhibits in the museum but seem rather to be indirectly related to them. This is a clear indication that the home page is working quite effectively in providing users with a motivation to study. By taking the best advantage of the features of the Internet as a physical network, it is furthermore possible to create a human network including interaction between museum curators and users who access the home page. This is also looked upon as a means of gaining more museum supporters that goes beyond the format of the established the association of supporters, resulting in new development from the standpoint of education at the museum.

These would seem to define the role of the home page, which generally tends to be viewed as a publicity medium, as indeed the educational activities of the museum and it is necessary to make every effort to provide a new motivation to users with the home page as with the exhibits.

In addition, the use of this network as a new medium is gradually bringing about a change in conventional curator activities. A review of these activities from the standpoint of office automation reveals that the preparation of home page data does not necessarily require activities that have that as their goal. Furthermore, by enhancing the efficiency of these activities with an emphasis on the management of the home page, there is a potential for rapid progress in the usual curator activities of exhibiting and controlling related data.

¹⁾東海大学海洋科学博物館研究業績 No.173

Contributions from the Marine Science Museum, Tokai University, No. 173

²⁾東海大学社会教育センター 424-8620 静岡県清水市三保2389

Social Education Center, Tokai University, 2389, Miho, Shimizu, 424-8620, Japan

はじめに

インターネットを利用したホームページは博物館の情報発信のひとつの手段であり、この1年で博物館のホームページは急激に増加している。1997年10月に筆者らが調査した結果(柴・石橋, 1998a)では、日本の博物館約3,500館の中でホームページを公開しているところは500館程度だった。そして、その多くは市町村やNTTなどの企業、それと全国科学博物館協議会など博物館関係の協会などのページに付加されている博物館紹介や観光施設案内程度のもので、博物館独自でホームページを製作・管理しているところは100館に満たない状況だった。しかし、その半年後の1998年4月に同様の調査を行ったところ、ホームページをもつ博物館は1,500館以上と半年で3倍以上になり、博物館独自で制作・管理するところも同様に急増していた(柴・石橋, 1998b)。また、サーバーを設置してホームページ、データベースの公開などに利用している博物館も増加している。

東海大学社会教育センターでは、1996年2月にインターネット活用委員会が組織され、同年5月よりインターネットによるホームページ(<http://www.scc.u-tokai.ac.jp/sectu/welcome.html>)を公開、運用を開始した。Fig. 1にそのうちの海洋科学博物館(<http://www.scc.u-tokai.ac.jp/sectu/kaihaku.html>)のホームページを示す。ホームページの公開以後、現在までに当センターのホームページには、約34,000件のアクセスがあった。また、利用者からの電子メールによる質問や問い合わせも延べ750通あった。

東海大学社会教育センターのホームページの開設と公開については、すでに柴・石橋(1997)でその詳細を報告したが、本稿ではまず当センターにおけるその後のホームページの運営経緯とアクセス件数の推移や問い合わせから、利用状況と利用者の目的について検討する。さらに、ホームページの情報作成の手段の紹介や今後のホームページのありかたの検討などを通して、博物館におけるホームページの情報媒体としての役割について考えてみたい。

なお本稿では、「情報」と「データ」を次のように使い分ける。「情報」とは、行事予定などのように媒体に固定されていない状態の情報について用い、「データ」とは印刷された回覧文書などのように特定の媒体に固定された状態の情報に用いる。

ホームページの運営経緯と利用傾向

1. 運営経緯

東海大学社会教育センターのホームページの公開について、1995年12月にセンター内で意思決定がされ、各種調査が開始された。その結果、サーバーの設置場所としては本学海洋学部電子計算機室のワークステーションにエリアを借用できることになった。しかし、海洋学部電子計算機室との取り決めとして、将来的にはセンター内にサーバーを設置し専用線で運用していくことを確認した。

1996年1月に、Macintosh上にホームページのプロトタイプを構築し、ページ構成や階層構造を決定した。公開時期に関しては、各種の雑誌に取り上げてもらえる可能性を考えると、「海」をキーワードにして夏の行楽地に関連させる方法が良いということで、1996年6月までには公開・周知する方針を決定した。なお、オリジナルコンテンツの開発として、海洋科学博物館の特性を活かし、博物館として見ると華やかに、水族館として見ると学術的という意味合いから、飼育魚類の解説ページを図鑑風に作成することを決定した。

2月にホームページの運用だけでなく、インターネットを有効に利用する方法を検討するために、「インターネット活用委員会」をセンター内に組織し、活動を開始した。インターネット活用委員会では、とりあえずセンターのホームページ公開を第一目標とした。

4月にイニシャルデータを電算機室にアップロードした。その時点ではまだ海洋学部電子計算機室側にPPP接続(電話回線を用いたインターネット接続)の環境ができていなかったため、ホームページのデータをMO(外部記憶媒体の一種)に保存して海洋学部電子計算機室に持参し、データを端末からftpで転送した。以後、リンクやファイルの調整作業を電子計算機室に出かけて行った。

5月にホームページを正式に公開し、Yahooなど各種ディレクトリや東海大学の他のサイトおよび関連団体にリンク依頼を行った。以降、定期刊行物「海のはくぶつかん」最新号およびバックナンバーや特別展などのコンテンツを順次追加公開した。たとえば、8月には海洋科学博物館の特別展「潜水の世界」、10月には飼育魚類のデータ16件を追加、11月には自



Fig. 1 Home page of Marine Science Museum, Tokai University.

然史博物館の特別展「静岡県の自然」ならびに定期的に行われる行事の参加者数を追記した。

1997年1月にソフトバンク社『YAHOO! JAPAN internet GUIDE』誌で行われたウェブ・オブ・ザ・イヤー学術・教育部門において、海洋科学博物館のサイトが3位にランクされた。4月には、センター全体のWeb構成を見直し、検討・修正を行った。自然史博物館のページに展示資料リストの追加もこの時に行った。なお、4月から海洋学部電子計算機室側にPPP接続の環境ができた。

2. 利用者数の推移

ホームページの利用者は一体どのくらい存在するのだろうか。そして、それは博物館で刊行している普及誌の読者数とどの程度の違いがあるのだろうか。ホームページを公開すると、そのホームページに同時にアクセスカウンタを設置するのが一般的である。アクセスカウンタとはホームページにどのくらいのアクセス件数があるか統計を取るものであり、当センターのホームページにもアクセスカウン

タを設置した。

当センターのサイトは館内と接続されていないため、カウント値は純粋に外部からのアクセス数のカウント値となる。また、カウント値をチェックする際に各ページを読みに行くと、そのためのアクセスもカウントされてしまうため、カウント値をチェックするための別のページを作成し、不要なカウントアップを防ぐようにした。当センターのように一日のアクセス件数が少ないサイトでは、内部アクセスによるカウントアップがデータに与える影響を無視できないためこのような方法を採用した。

ただし、このアクセスカウンタの値は単にそのページにアクセスされた件数ということであり、教育効果測定として利用する値としては疑問が残る。その意味では博物館における入館者数と同様の意味をもつ。

Fig. 2にホームページ公開当初から現在までの社会教育センター、海洋科学博物館、人体科学博物館、自然史博物館のそれぞれのトップページの月次アクセス件数を示す。これを見ると、センターに存在する3つの博物館のトップページへのアクセス状況は

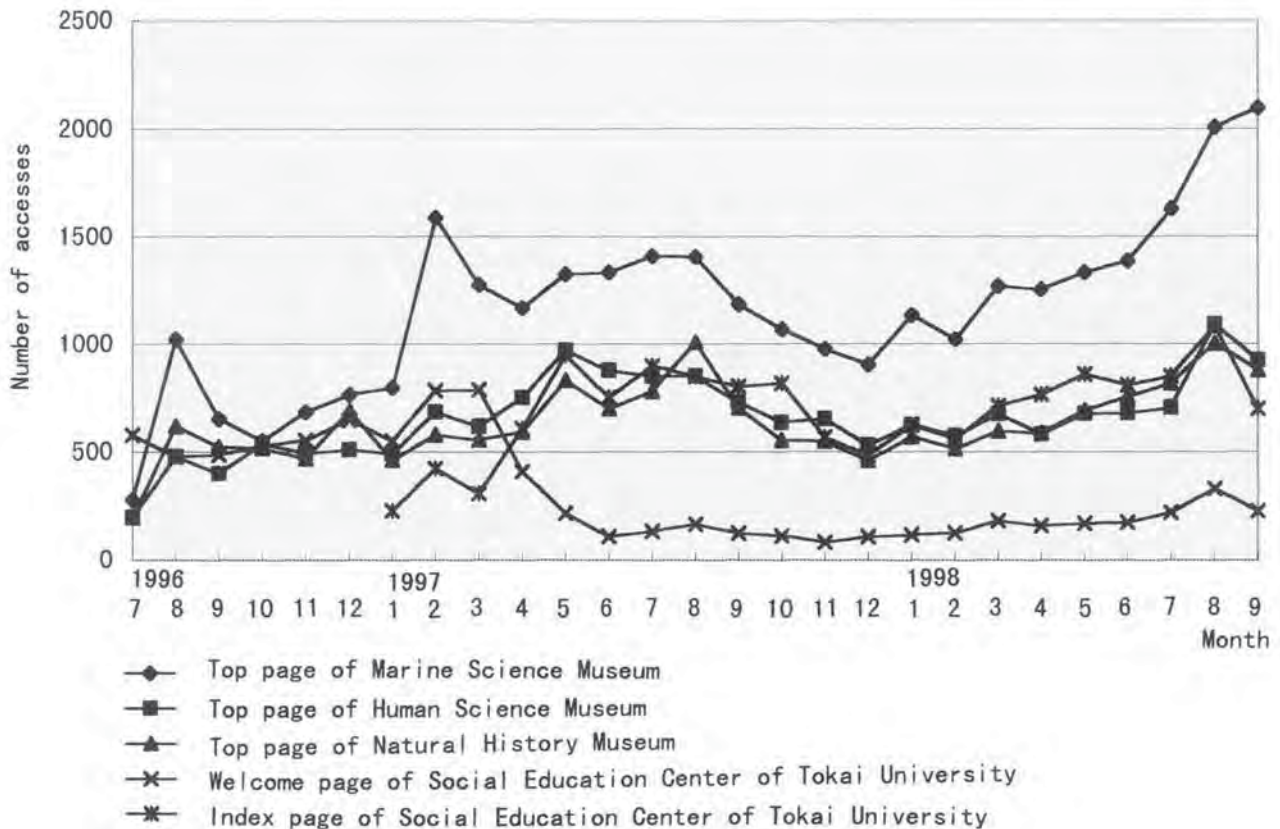


Fig. 2 Transition of monthly number of accesses to Home pages of Marine Science Museum, Human Science Museum, Natural History Museum and Social Education Center of Tokai University.

ほぼ同様なカーブを描いており、季節的なアクセス傾向も同じと考えられる。

1997年1月のアクセス件数が急増し高い値を示しているが、これは前述した『YAHOO! JAPAN internet GUIDE』誌による人気投票で取上げられたことが原因と考えられる。しかし、現在のアクセス件数はこの時の値を越えており、インターネットが利用できる環境を手に入れた層が確実に拡大していることが推定される。

現状ではまだ2年分のデータしか蓄積されていないため、これがアクセス傾向を明確に示しているとは考え難いが、このデータからは冬場にボトム、夏場にピークが現れる傾向が示される。この理由として、夏は行楽に関する情報を求める利用者が多く、全文一致の検索エンジンで「海」や「ダイビング」などのキーワードを使って検索した結果、海洋科学博物館のデータがヒットしやすいため、アクセスが多くなっていると思われる。

1997年12月から1998年8月までの期間で最大値と最小値の差を取ると約1,000件強となり、この1,000件が季節によって行楽地を探している層（浮動層）であると考えられ、同時にいわゆるリピーターとして季節に関らずアクセスする層（定着層）が同時期に約1,000件弱存在しているように見える。しかし、この時点でも行楽地を対象とした検索エンジンのヒットによるアクセス件数が予想される。そこで、センター内の他の博物館ホームページへのアクセス件数を見ると、同一期間にほぼ500件（海洋科学博物館の50%）のアクセスが記録されている。

各博物館のページからは他の博物館にリンクが設定されており、どれかの博物館にアクセスした場合、興味が湧けばすぐに他の博物館にアクセスすることが可能な状態にある。各博物館へのアクセスが外部から直接飛び込んだものなのか、センター内からのリンクによるものなのかは明確ではないが、変化のボタンが海洋科学博物館のボタンとほぼ同じであることから、海洋科学博物館からのリンクによる影響がかなり強いと推測できる。

したがって、センター内からのリンクが主要な要素であったと仮定した場合、最初に海洋科学博物館にアクセスし、かつ他の博物館に興味を持たなかった層は純粋に上記浮動層として扱える。この場合、海洋科学博物館に対する浮動層は約500件弱（ボトム時の50%）存在していると考えられる。これにより、

当センターの場合、定着層と浮動層はほぼ同数存在し、1997年12月の定着層はおおよそ450件であると考えられる。

他の時期に関しても、海洋科学博物館へのアクセス件数と他の博物館へのアクセス件数の比はほぼ一定であり、約半数が海洋科学博物館以外にも興味を示しているということになる。また、グラフそのものは右上がりに推移しており、浮動層の中から定着層に遷移するボタンも見られるが、浮動層の増加による影響の方が強く、分析しきれていないのが現状である。

以上のことより、1997年12月における定着層450件が海洋科学博物館ホームページによる影響範囲だと考えると、海洋科学博物館における普及誌の個人を対象とした配布件数約200件と比べ、多少ではあるが影響範囲が広いと言える。

このように考えてみると、この媒体の受信側・発信側双方に対するメリットがかなり多いことが明らかになる。また、東海大学海洋科学博物館の場合、ホームページは普及誌と同程度一般に対しての浸透力を持つ可能性が明らかになった。

ホームページのアクセス分析に関しては、幾つかのツールが公開されているが、当センターの場合、それらのツールの使用を見合わせている。理由としては、上部組織である東海大学海洋学部のサーバーにエリアを借用して公開しているため、当センターのみの情報が記録されたログファイルが存在しない点。また、当センターの情報も記録されている海洋学部のサーバーのログには、学部全体のアクセス情報が残されるため、ファイルサイズが巨大となり、分析できない点などがある。したがって、今回の分析は他のサイトで一般に行われている分析とは多少意味合いが異なるが、ここではホームページの影響しうる範囲の特定という意味で公開した。

3. リファレンスの傾向

ホームページには双方向の情報交換手段が存在する。そのひとつに、ホームページ管理者への利用者からの問い合わせや質問がある。当センターのホームページでもこのリファレンスサービスを行っている。利用者のほとんどは電子メールで問い合わせや質問をホームページ管理者であるインターネット活用委員会宛に送信してくる。

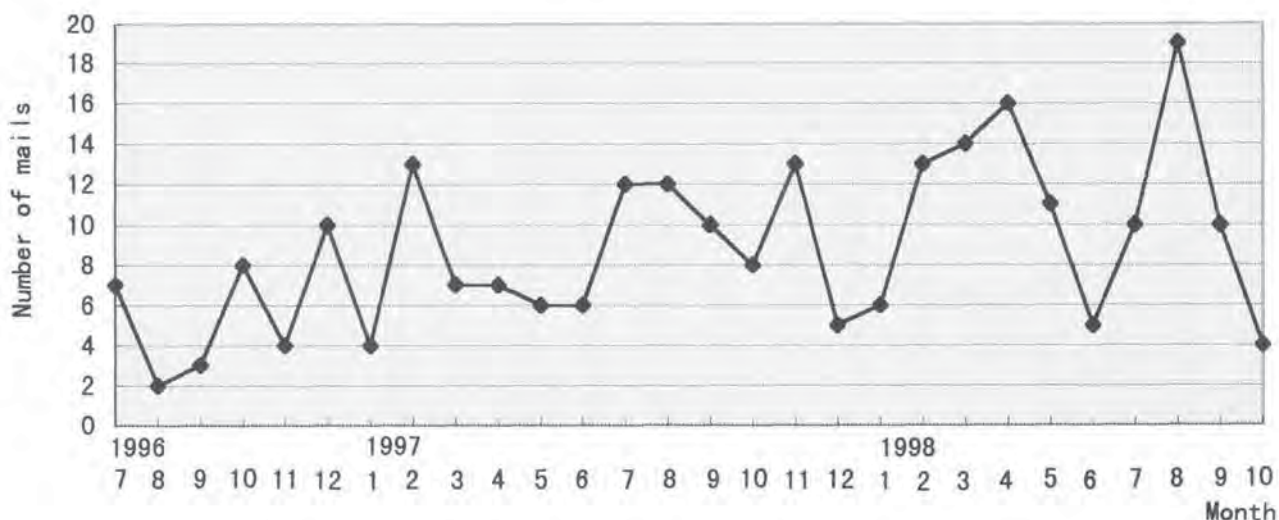


Fig. 3 Transition of monthly number of received mails to our Home page.

実際に当委員会に届いたメールの月別の数をFig. 3に示す。高低の波はあるものの、全体には増加傾向が認められる。現在までに委員会宛に届いたメールは延べ750通程度であり、そのうち業務に関する内容の物や、同じ内容に関するやり取りを除くと、192通である。

その内訳を見ると、リンクの設定許諾や雑誌での紹介許諾がほぼ半数の92通、メールによる宣伝が12通、残りの88通が質問のメールであった。質問のメールの内容を分類してみると、展示物や展示に関連する内容の質問が65%で一番多く、次いでアクセス方法や休館日、料金に関する質問が10%、博物館やホームページを見た時の感想が7%、資料や写真が借りられないかという問合せが5%、博物館に就職したいのだからどうすれば良いかという質問が5%、残りの8%は博物館やホームページに関係しない質問であった。

展示に関連する質問の中には、ホームページから誘発される疑問と同時に、利用者が探している情報や資料がどこに行けば見られるか、それに関して詳しい人・ホームページや参考書を教えて欲しいという索引的な役割を求めている質問が非常に多い。

ホームページの持つ意味

1. 広報媒体として

当センターの場合、将来のインターネットの活用を検討する組織としてインターネット活用委員会が

組織され、ホームページの公開はその委員会での最初の仕事となった。そして、委員会ではホームページでの一次的な役割をまず広報媒体として扱い、いわゆる博物館のガイドブック的な要素を中心にアピールする方針で作業が進められた。この時点でのホームページでのメリットとして、

- a. 作成されたガイドブックを配布するコストが見かけ上不要。
 - b. 24時間閲覧可能。
 - c. データの作成は既存媒体からの流用が可能。
- という項目が挙げられた。

この考え方によって暫くホームページの運用が続けたところ、一次的には広報媒体として考えていたホームページが、普及活動用の媒体として機能する可能性に気づきはじめた。つまり、作用としては、博物館の存在を知らせる（広報）ところからはじまるが、企画展や普及行事の案内、博物館に収蔵されている資料の紹介という段階になると、単なる広報の域を越え、教育普及的な意味合いが現れはじめることに気づいた。

さらに、展示場を紹介する意味でホームページに展示物の解説が現われはじめると、[物+展示場]という媒体を、[画像+インターネット]という媒体に置換した教育活動として作用しはじめた。加えて、提供する情報として研究報告や紀要などに記載されている論文を考える段階に至ると、単なる広報媒体とは呼びきれない側面が現れてきた。

2. 教育活動の媒体として

1) 利用するための環境(インフラストラクチャー)

ここで教育目的の媒体としてホームページの活用可能性を考えてみる。まず、条件としてコンピュータが必要となる。さらにそのコンピュータでインターネット接続し、データの送受信ができることが必要となる。すなわち、インターネット環境のインフラ整備であるが、これを用意することをデメリットととるかどうかはその人や組織の考え次第となる。

未来永劫にわたりパソコンは不要であり、インターネットによるデータ収集も考える必要がないという博物館も存在するはずであり、このような博物館に対し数10万円の初期投資と年間数万円の通信経費を強いることはできないかもしれない。

一方で、利用者側はどうかというと、現在新品で入手可能なパソコンはほとんどがインターネット接続を考慮した構成になっているため、ホームページを見るためにパソコンを購入するというケースでなくとも、ホームページを見ることができるとパソコンを購入することになる。

さらに職場でのOA化推進や文部省による学校教育へのコンピュータ浸透を考えると、親が業務を自宅に持ち帰るために購入したり、子供の教育目的で購入する可能性も高まるため、各家庭にパソコンが入り込むのはもはや時間の問題と言える。したがって、利用者側の受け入れ態勢はほぼできあがりつつあり、ホームページを活用するか否かは全て博物館側の判断に委ねられている。

2) 媒体としての博物館のホームページ

次に媒体としての博物館のホームページを現実にある博物館と比較しながらその得失を考えてみる。

(1) 授受側の得失

a. 存在そのものが判らない可能性。

現実の博物館は町並みを一変させてしまうため、新しく誕生すればその存在は人々に強力にアピールを開始する。しかし、ホームページの場合、人々が普段目にする景観は全く変化せず、いつできたのかが判らないことが多い。

b. 休館日がない。

現実の博物館は一年365日無休での運用はほぼ不可能に近く、週に一度程度や年末・年始に定期休館日を設定している。ホームページではこれが当ては

まらず、365日無休での情報提供が可能である。

c. 利用時間に制限がない。

開館時間を考えた場合、職員の管理面や利用者の状況を考えると24時間開館していても無駄であり、現実的には9時から17時付近までという時間帯で公開しているところが多い。したがって、真夜中に調べ物をしたい利用者が現われても、希望にそうことは不可能であるが、ホームページでは可能である。

d. 地理的な距離を気にする必要がない。

同じ町内に博物館があれば、毎日出かけて行くことも可能であるが、東京から大阪、北海道から沖縄というように距離が離れていると、一生のうちに一度という訪問にならざるを得ないことになる。しかし、ホームページであればアクセスするのに必要な費用として市内もしくは隣接区域への電話料金を考えればすむ。

e. 展示場では参照し難い出版物なども簡単に読める可能性。

博物館の展示場には限りがある。その限りあるスペースの中で最大限に情報を提供しているのであるが、やはり限度が存在する。ホームページにも量的な制限が存在する。しかし、その制限の枠を広げるために必要な費用は、現実の博物館における展示場拡大に必要な費用の恐らく0.1%にも満たないだろう。さらに、最初に存在する制限に対し、実際に用意されているデータの量は多分1%未満であると思われる。つまり事実上全く影響を受けないレベルの制限として考えて構わない。したがって、用意されていさえすれば、個々の展示に関する説明で、ホームページから論文集に匹敵する量のデータ、論文集そのものも利用することが可能になる。

f. 実物ではない。

ホームページに存在する情報は実物ではない。触れられないし、香りもない。大きさもデータの形になった時点で実世界のサイズとは別のものになっている。逆に言うと、実物にとらわれないから、ネットワークを通じて色々な場所から情報を入手できる。

(2) 提供側の得失

a. データを作成する必要。

最初に公開するデータの作成はかなり困難である。まったくの手探り状態から作り出さなければならない可能性もある。さらに、ホームページを生きた状態に保つため、データの更新・追加の作業も発生し、それは作業の増加にあたる。そしてそれはルー

チン化する可能性が大きい。

b. データの蓄積によるデータベース効果。

ルーチン化されたデータ追加を続けると、徐々にデータが蓄積されてくる。そしてそれは、データベース化することが可能な形式のデータである。普及誌の記事を登録し続けていけば、キーワードで検索できる解説データベースを構築できるようになるはずであるし、その時には、学芸員自らの役に立つ情報源となり得る可能性もある。

(3) 博物館のホームページの得失

この様な観点から見ると、利用者側からは実物ではないというデメリットがあるが、逆にそれ故いつでもどこでも情報が引き出せるというメリットが存在し、提供側からすると作業量の増加は発生するが、本来の教育活動と同じルーツを持つという点や、蓄積された結果が新たな利用価値を持つという意味から、意義がある作業であると思われる。

ホームページの情報

1. 期待される情報

ホームページという媒体を通して伝達される情報として、利用者が望んでいる内容は何なのか。利用者は目的とする情報を入手するためにホームページを訪れるはずである。利用者は目的にたどり着かなければ学習が成されないため、そこには道案内的な機能が必要になる。インターネットを巨大な図書館として考えた場合、一冊の書籍である博物館ホームページがどの書架のどこの位置にあるのかを探し出す司書的な機能が必要であり、その機能は利用者からの需要はかなり多い。

現在、ホームページの世界ではこの機能として「検索エンジン」と呼ばれるサービスが提供されている。これは利用者が検索エンジンにアクセスし、そのページから探したいキーワードを入力して検索を実行すると、該当するホームページの一覧が出力されるというサービスである。これは利用者からすると非常に便利なサービスであり、筆者らもかなりの頻度で利用している。

しかし、博物館のホームページという意味で言うと、司書の機能よりはやはり書籍としての機能が要求されるものと思われる。つまり博物館への司書的情報は外部の検索エンジンなどにまかせ、書籍的情

報を博物館で提供するということになる。ただし、書籍が厚い場合には索引の機能が欲しくなるのは当然であり、ホームページのデータが充実するに従い、ホームページに内部用の検索機能も用意する必要がある。

2. 公開されるべき情報

博物館の機能には色々な側面があるが、資料の保存という立場から見ると収蔵されている資料のリストは公開されるべきであると考えられる。また、普及誌や年報・研究報告など、一般に公開する目的で作成されている印刷物の類は全て公開して構わないものと考えられる。

同時に純粋に利用してもらうための情報、たとえば入館料や開館時間、休館日などの情報も欠かせないものである。また、アクセスのための交通機関の時刻表や料金、近辺駐車場の有無や料金、道路の混雑状況が得られるローカルFM局の周波数など、細かく考えると色々な情報がリストアップできる。中でも交通機関の時刻表などは、利用者から見ると便利な情報だと考えられるが、文字数が多いためパンフレットに載せ難い。交通機関を運営している組織がホームページで時刻表を公開している場合も考えられるため、リンクを貼っておくだけで最新の情報にアクセスできるようになる。

しかし、博物館が教育機関であり、ホームページが教育機関に管理されていると考えるならば、内容的には教育目的のデータが提供されるべきであろう。ただしこの点は現実の博物館での検討要素と全く同じとして扱えるため、本稿では簡単に触れるに留める。

1) 情報の範囲

情報が網羅されていることが重要なのか、掘り下げられていることが重要なのかという点では、博物館がテーマを持つという意味において掘り下げられた情報が提供されているべきであり、博物館で得られた研究成果など他では得られない情報を提供する必要がある。

2) 情報のレベル

博物館には年齢制限はなく、解説のレベルをどこに置くかは重要な問題である。そしてそれはホーム

ページにも当てはまる。博物館が対象としているのは大人なのか子供なのか、単に興味を持つ人間なのか研究者なのか、誰を対象にするべきか。単に興味を持つというレベルの人間を次のレベルに向けて育てようとする、という教育の目的に沿うのであれば、入口の敷居は低く、奥座敷は高度にという構造が必要となる。

たとえ現時点で理解できない内容が提供されていたとしても、一年後には理解可能になっているかも知れないし、その内容が理解できない時点では、そこに繋がる学術的背景や雰囲気だけでも感じ取れば良いのかも知れない。

データ作成の手段

ホームページを公開し運営する場合、博物館側にとっては唯一送信側からの障害として、データ作成の手間という問題が浮き上がってくる。そこで、この問題をどう捉え、どう対処して行けば良いのかという点について、ここでは色々な角度から考えていくことにする。

一般的に博物館におけるホームページ運用に関し、外部に委託するという手段を用いることが可能である。この媒体をパンフレットなどと同様の広報手段として考えた場合、そのデザインや手法に関しては学芸員よりも専門業者の方が技術的に優れているため、外注の形式を取ることが多くなる。

ここで注意すべき点は、この媒体を使って何を訴えるべきかという目的を明確にしておくことである。また、多くの利用者にアピールするためには、セールスポイントのように内容や表現で他の博物館ホームページとは違う何かが必要になるかも知れない。これは単にホームページ上のということだけでなく、博物館の展示においても必要な要素であり、これを含めて外注してしまうと、そこには教育的配慮のない単なる広報の情報に逆戻りしてしまう可能性もある。

つまり、学芸員のアイデアを実現するためにデザインと手法を外注するという形式が望ましい。そしてできうるならば、ホームページのためのデータは学芸員自ら作り出すことが望ましい。デザインに凝らないのであれば、それは決して難しい作業ではなく、ホームページのためだけに特別に必要となる作業でもないのである。

1. 電子化の必要性

1) HTML

ホームページで表示される情報は、HTML (Hyper text markup language) と呼ばれる書式にしたがって記述 (プログラム) された一種のテキストファイル (HTMLファイル) をもとに提供されている。したがって、ホームページを利用して情報を公開しようとした場合、その情報は一旦HTMLファイルの形式に変換される必要がある。

以前、オフィスオートメーション (OA) という言葉が盛んに使われていた時期があるが、この時期に導入された機器にワープロがある。あのブームのおかげで、かなり色々な職場にワープロが導入され、現在パソコンはないがワープロならある、という職場がかなり多くなっている。

HTMLファイルは、このワープロを利用して作成することが可能である。そのため、テキストファイルとして保存する機能のあるワープロであれば、ホームページ用のデータを作成することが可能であり、かなり多くの職場でホームページのデータを作成することが可能となる。

ワープロの利点は、単に文字を美しく印字するだけでなく、作成した文章を再利用できる点にある。依頼状など、一旦ひな型を作ってしまう後は日付と利用者の部分を書き換えることで、作業の繰返し部分を非常に少なくすることができる。したがって、一度作成した文書は必ず保存し、以降の再利用に備えるという姿勢が非常に重要である。

このような形で情報が蓄積されていれば、ごく普通のワープロ文書がホームページ用のデータとして再利用可能になる。たとえば、広報用の資料がワープロで作成され、印刷・配布してその役目を終えたとしても、ファイルが残っていれば、そのファイルにTAG (タグ) と呼ばれるマークを挿入することでホームページ用のHTMLファイルができあがる。

さらに、新たに文書を作成する場合においても、一旦普通の文書として保存した文書を読み出し、タグを挿入してテキストファイルとして保存するだけで従来の目的用ファイルとHTMLファイルがほぼ同時にできあがる。

当センターでの場合、定期刊行物の編集作業にワープロソフトを使用しており、数年分のバックナンバーはテキストファイルとして保存されている。

データ作成というとは新たに何かを作り出す必要があると考えがちであるが、現状のデータを流用することを考えると意外なところにもデータが存在することに気づく。

つまり、ワープロを使って作業しているセクションで作られデータは、ほとんどホームページ用のデータとして流用可能であり、作業としてもホームページ用のデータとして作成しているわけではないため、ホームページ用のデータ作成コストとしてはほぼ無視できるレベルになる。後はタグを埋めこむための人件費であり、文章そのものを考える必要がないので、時間的にもかなり少なくすることができる。

2) オートメーション

そもそもオートメーションとは、素材がベルトコンベアの上を移動し、それに対してコンベア脇から順番に加工して行き、目的の製品を作り出すことである。それでは、OAと呼ばれるオフィスにおける系をどのように考えれば良いのだろうか。

この場合、素材は電子化された情報である。たとえば、1990年の4月から1998年3月までに実施された特別展のデータがあったとする。これらのデータをもとに特別展入場者推移を作成したいこともあるだろうし、実施期間の一覧が必要な場合もある。OAと呼ぶのであるから、少なくとも数回のマウス操作で出力が得られる必要があるだろう。とすると、この場合OAを実現する核となるのはデータベースソフトである。

つまり、職場に存在する情報が電子化され、データベースとして機能していれば、ホームページ用のデータを作成する作業も自動化される可能性があり、ホームページ運用のみを目的とした特別な作業は姿を消してしまうのである。

3) 通常業務の電子化とデータベースへの登録

現在行われている作業を電子化していくということは、単にホームページ運用のためにというのではなく、職場のOA化を推進していくという意味を持つことになる。ただし、職場における情報の流れと処理方法を考えた場合、ホームページ運用という目的を持たなかったとしても必然的にその方向に向かうことになり、ホームページ運用と通常の業務変化における結果が同じ方法によって実現されることがになる。

そこで、現在手作業によって遂行されている業務を電子化していくことになるが、その場合一番重要なのは手作業の時代よりも作業者の負担を少なくする工夫をすることである。さらに、手作業で処理するための最善策と、電子化するパソコンで処理するための最善策は違う可能性があるという点も認識しなければならない。

つまり、OA化を実現するためには、新しい作業手順で処理しなければならない場合も発生する。従来は一週間分まとめて処理していた作業を、発生した時点で毎日処理しなければならない、というようなことになる場合もある。また、逆にこうした作業手順の見直しにより、今まで気づかなかった無駄の発見や順序の組合わせや変更による作業工程の短縮などが副作用として現れる場合もある。

当センターで公開している生物解説のデータを作成する場合、最初の時点ではまずレイアウトを決め、そのファイルをひな型として保存し、データ作成のたびにひな型に情報を書き加え、別のファイル名で保存してデータを作成した。数にしておよそ100を越える程度であるが、これらのデータはホームページ初公開の際にアクセスできるようにした。その後、数回にわたり数10枚のファイルを追加し、現在では200件弱のデータが公開されている。

運用して気づいた問題点であるが、このように手作業でファイルを作成する場合、ホームページ上でのレイアウト変更が非常に難しくなる。変更するファイルの量にもよるが150を越えたあたりから、気力・体力ともに維持できなくなってくるのである。この生物解説の場合、簡単な検索の意味もあってアイウエオ順の一覧ページも作成してある。ファイルを追加した場合には当然こちらのファイルも変更する必要があるが、忙しさにまぎれ、チェックが甘くなり欠落するデータが発生したりもした。

この時点で将来計画としてデータベースソフトを利用しないと、維持管理が破綻するであろうと予測し、時間を見つけては現状のデータをデータベースソフトに乗せたり、新規の情報は最初からデータベースソフトを利用して登録するなどして、処理するための実験を開始した。特に切実な問題として持ち上がったのが、1998年2月から実施された郵便番号7桁化である。解説用のデータには全て住所が記載されていたため、これをきっかけにして、ホームページ用データでもデータベースソフトによるデー

タ管理とHTMLファイルの自動生成に踏み切るようになった。

最近の市販データベースソフトでは、HTMLファイルへの自動変換機能を持つものもあるが、手持ちのデータベースソフト（1995年発売）がHTML形式ファイルの出力に対応していなかったため多少の工夫が必要だった。HTMLファイルの自動生成の完成により、現在では300件弱のデータから同数のHTMLファイルを生成する時間が2分程度に短縮された。

さらに具体的な利用には至っていないが、このデータベースソフトを利用すれば飼育生物の解説板を改修する際に版下を出力することが可能となり、文字データをフロッピーで入校できる業者を利用すれば校正の作業が極端に少なくなるはずである。

データベースソフトはワープロソフトと比べると柔軟性が高く、単にホームページのための情報管理として使いはじめたとしても、その応用は多岐にわたり展示を含めた広い範囲での情報利用が可能になる。最近では、安価な市販のデータベースソフトでも80万件のデータを瞬時に検索できるようになり、博物館の学芸員自身が市販ソフトを利用して手軽に標本データベースを作成することが可能となった（小川，1997；勝山，1998）。前述したOA化を検討する場合、このデータベースソフトの導入は必須となるため、いきなり重要な情報で運用するのではなく、ホームページ用といった基幹業務に影響を与えない情報を利用してトレーニングを開始するのも一つの方法である。

このような観点から見ると、ホームページ用のデータ作成という作業を考えるよりも、OA化を睨んで職場の情報の流れを把握し、電子化・合理化していくことこそがホームページの充実のために流用し得るデータの作成を生むと考えた方が良い。また、電子化が進むに連れ、ホームページ用のデータを自動生成できる環境が整ってくる。つまり、日常の業務でデータの管理をしていれば、ホームページで公開するためのデータは自動的に生成可能となり、全く意識する必要もなくなる可能性すらある。

2. 情報の表現の可能性

ここでは、ホームページという媒体を使ってどのような表現が可能なのかを確認していくことにす

る。ホームページという媒体は、提供するデータをネットワークを通して利用者のパソコンに送り込んで表示するという構造になっている。したがって、利用者側のパソコンの表示能力やネットワークでのデータ通信速度によって表示速度が著しく変化する可能性がある。

博物館ホームページの利用者は、おそらく一般市民であり、プロバイダ（インターネット接続サービスを提供する業者）に接続料を支払い、自宅からプロバイダまでの電話料金をも自己負担する必要がある。現在ではかなりのディスカウントが存在するため、数年前までとは比較にならないが、URL（Uniform resource locator：ネットワーク上でのデータの存在場所を示す文字列、住所の様なもの）を入力してから画面に表示されるまでの時間が、かなり気になる要素として存在するものと思われる。また、経済的な要素と同時に「待たされる」という精神的な不満も発生するため、表示までの時間短縮は重要な要素である。しかし、その原因の多くはネットワーク上の通信速度や混雑具合によるものであるため、博物館側で努力しても無駄、という考え方も存在するが、あくまでもサービスであると考えのなら、一件のデータをコンパクトにして転送時間を短くし、利用者をイライラさせない努力は大切である。以下、これを踏まえて媒体上での表現を考えていく。

1) 文字

まずは文字による文章表現。これは表示に必要な環境（利用者側パソコン）の能力が低くてもほとんどストレスを感じさせないで提供することが可能である。しかし、巨大な論文を一つのHTMLファイルにした場合にはデータを取り込むまでに時間がかかるため、サイズを考慮してファイルを分割するなどの処置が必要となる。

2) 写真・イラスト（静止画像）

写真やイラストによるグラフィック表現は、データ量に比例して転送時間が必要になる。したがって、パソコン上のモニタに表示するという前提を考えると、無意味に品質の高い写真やモニタに表示しきれない程大きいグラフィックなどは、データ表示を遅くするだけという結果になる。

3) アニメーション (Animated GIF)

アニメーション表現 (ここではイラストファイルの機能拡張として実現されるモノを意味する) は、楽しさを演出する場合に利用可能であるが、サイズやコマ数による転送時間に注意が必要である。

4) 動画 (ビデオ画像)

ホームページでは、いわゆるビデオの画面を送ることも可能である。貴重な生物の生態などを記録した画像が存在すれば、ホームページ上で公開することもできる。しかし、写真やアニメーションに比べ、ファイルのサイズが巨大になり、利用者側のパソコンで表示させるためにはプログラムも必要となる。

5) その他 (プラグインによるもの)

BGM的に音楽を流したり、ボタンをクリックすると音が出たり、3次元画像が操作できたり、リアルタイムでテレビカメラを操作し、遠隔地の様子を見ることができたり、この分野は次々に新しい機能が開発され、現在提供されている。これらを利用するためには、利用者側にプラグインと呼ばれるサブプログラムが組み込まれている必要があり、データの形式によって様々なメーカーからプラグインが提供されている。さらに利用者によって組込み状況も様々であるため、博物館側ではプラグインを指定し、利用者が確実に再現できるようにする必要がある。

以上の要素から考えると、1)と2)は解説パネルやキャプションと等価であり、3)と4)はビデオを利用した展示と等価であるとして考えることができる。ホームページ特有の表現として、3)と1)、2)を組み合わせ、解説パネル上でアニメキャラクターが動きまわる、というような表現が可能になる。さらに5)を利用すると、博物館の展示場では表現しきれない新たな表現可能性も考えられる。これからの博物館ホームページの展開を考えていく上で、この新たな表現可能性は非常に重要な意味を持つと思われる。先進的なホームページを持つ館による積極的なアプローチが期待される。

3. 電子メールの有用性

ここまでホームページを中心として検討を進めてきたが、実はインターネットで利用可能な機能のひ

とつとして電子メールがある。ホームページのようにセンセーショナルに宣伝されていないために、なかなか話題に上がらない感もあるが、実はホームページを運用していく上でかなり重要な位置を占める機能である。

電子メールは、その文字からかなり想像しやすい機能であり、一口に言えば、ネットワーク経由で配達される郵便物のような物である。実際には普通の郵便物とは違うところがあるが、イメージとしては私書箱を借り、私書箱を対象として郵便が配達されると考えて構わない。

では、何故それが重要な位置を占めるのだろうか。それはひとえに「手軽」だからである。電子メールはネットワーク (インターネット) に接続されているパソコンから簡単に送信することができる。一般的にパソコンを利用していない人が電子メールを送ろうとした場合、まずパソコンを立ち上げ、インターネットに接続し、手紙を書いて送信し、インターネットの接続を遮断し、パソコンの電源を切る、という作業が必要になり受け取る場合もほぼ同じ手順が必要となる。

したがって、どこが手軽なのか、という疑問も出て来るのだが、ホームページを見ている場合、パソコンを立ち上げ、インターネットに接続する状態が既にできているため、電子メールを送ろうとすれば、手紙を書いて送信するだけなのである。現実の郵便物と比較するならば、切手を準備して貼ったり、ポストまで出掛けて投函する必要もない。手紙が届いているかどうか、マウスをクリックするだけで確認でき、届いていれば受信して読むことも、その場で返事を送り返すことも簡単に可能なのである。

1) リファレンス

利用者はホームページを見ている疑問が湧いた時点で、手軽に質問の手紙を送信可能な状態にある。この時、利用者の学習要求は非常に高まっていると考えられるため、この機を有効に利用することがホームページにおける学習効率を高めるチャンスとなる。

当センターに届いた質問のメールの65%が展示物に関する内容であり、学芸員になるための方法の問合せを含めると、70%がホームページを学習の動機として機能していることになる。ただし、質問に対する回答がスムーズに行われない場合、質問者には

マイナスのイメージが発生するため、電子メールを利用したリファレンスに対する体制を構築しておく必要がある。

当センターの場合、今のところホームページにアクセスして実際に問い合わせや質問のメールを出す利用者の比率は少なく、アクセスされた数の0.3%程度の比率である。実際の件数に関しても、質問のメールは10日に1通程度であるため、担当者はそれ程の負担にはなっていない。ただし、月ごとに届いたメールの数を見ると、やはり右上がりに推移しており、件数の少ない間にメールの内容を累計化しておく作業は必要だと思われる。

当センターの場合、ホームページ公開当初、管理者のメールアドレスがなかったため、「質問はFAXをお願いします」という具合に処理するつもりだった。しかし、「ホームページを公開しておきながら、わざわざFAXで質問させるとは何事か」という利用者からのおしかりのFAXが舞い込み、慌ててメールアドレスを申請したという苦い経験がある。

考えてみれば、電子メールを紙に印刷することで手紙やFAXによる質問と同様な作業で対応が可能となり、返信のみを再度電子メールで行えば問題は解決できる。したがって必要なのは回答を得るための体制(すでに構築されている)ではなく、電子メールを送受信し、現状の体制に合せて処理させるための体制である。

2) ネットワーク

電子メールを利用した機能のひとつにメーリングリストというサービスがある。これは一通の電子メールを会員限定のサークル全員に送信する機能で、特定のメールアドレスに電子メールを送信すると、登録されている会員全員に配送されるというサービスである。つまり、一通の電子メールが複数の人間に届くということであり、あたかも電子メールを使った会議のような作業を行うことも可能となる。

電子メールは自分の好きな時刻に送信し、好きな時刻に受信できる。電話の場合には送信側の都合で送信が開始されるが、受信側の都合はまったくと言って良いほど考慮されていない。一方、電子メールの場合、送受信とも双方の時間的要素にほとんど束縛されない。

実際に会議を行う場合、出席者全員が時間と空間

を共有する必要がある。人数が増えるにしたがってその調整が難しくなる。しかし、メーリングリストであればこれらを共有する必要がなくなるため、広い範囲の参加者による、じっくりと考えた結果を集積することが可能になる。博物館におけるメーリングリストの利用として、友の会などの情報提供や会議室として利用できるばかりでなく、館内職員への相互情報提供などにも利用できる。

ところで、ここまでは電子メールについて解説を行い、ここでいきなり「ネットワーク」という語を使い始めている。つまり、これは暗黙のうちに「ネットワーク」を「物理的ネットワーク」と解釈してもらおうという意味である。しかし、このメーリングリストを利用することで、ネットワークの持つ別の側面、「人的ネットワーク」の構築が可能になるのである。

電子メールの特性として、「本人の私書箱に直接届く」という点がある。ネット上にメールアドレスを公開した人は、社会的な地位や経験による肩書きによってでなく、単にネットワーク上にアドレスを持つひとりの個人として扱われる。さらに、メーリングリストという環境は、時間・空間による制約も少なく、参加者全員が対等であるという自由な環境を作り上げる。ここで討論を繰り返すことにより、参加者のパーソナリティが明らかになり、自然に個人と個人のネットワークが構築されていくのである。

筆者らは、電子メールやインターネットというものは、物理的ネットワークを利用しながら結局は人的ネットワークが構築されていくところに一種の不思議さ、面白さを感じている。しかし、やはり物理的ネットワークは人的ネットワークをサポートする手段にしか過ぎないという気持ちも強く持っている。

4. 情報の伝達形式と受信者を意識した情報提供

ここまで、ホームページの意味やそれを媒体として伝達される情報に関する内容を説明してきたが、ここではその情報がどのように利用者に届いているのかを考えてみる。博物館がホームページを公開し、情報を発信しているとすると、利用者はその情報をどうやって受信しているのだろうか。

今まで説明してきたように、利用者はホームページのURLを入力し、博物館のホームページが存在す

るサーバーからデータを引き出して情報を入手している。それはたとえ、玄関先にあるパンフレットを取りに博物館の玄関までやって来るといった情報の伝達形式である。もちろんインターネットを通して電子的に、という条件がつくため利用者が「面倒だ」と感じることは少ないかも知れない。

これを利用者（クライアント）がホームページ（サーバー）からデータを引き出すという意味で、クライアントプル（Client pull）と呼ぶことにする。Client pullとは、本来、ホームページ上でアニメーションを実現する方式として使われる言葉らしいが、ここでは他に適切な言葉を見つからないことから、あえてこの言葉を使用させて戴く。この形式であると、Pullされない限りデータは転送されず、情報は伝達されない。

利用者の意識からすると、ニュースや新聞の様に毎日更新されているページでない限り、頻繁にホームページにアクセスする必要はなく、時々しかアクセスしないでいる間にアクセスすることすら忘れてしまう可能性がある。そうすると、その間に博物館がホームページのデータを更新・追加していたとしても、情報は利用者には届かない。たとえその情報が利用者が望んでいた特別展の開催情報であったとしても、である。

一方、電子メールを考えてみる。電子メールは送信側のタイミングで受信者側の私書箱に情報が届けられる仕掛けである。これをクライアントプルに対しメールサーバーがデータを押し出すという意味でサーバープッシュ（Server push）と呼ぶことにする。この形式ではデータはサーバーのタイミングで転送され、私書箱に蓄積されるため、利用者に忘れられることはなくなる。

ホームページでは表現に工夫されたデータが用意されていても、利用者がアクセスしないと情報は伝達されない。逆に、電子メールはネットワークに接続するだけで情報を入手できるが、表現としては文字情報が中心にならざるを得ない。この状態では双方がなんとなく中途半端な機能に思える。そこで、これらを組合わせて、ホームページでのデータ更新を電子メールで周知するというシステムを構築すれば、この問題は解決するのではないか。さらに、「電子メールによるお知らせサービス」をホームページ上から登録できるようにして、希望者にはメールアドレスを記入してもらうようにしておけば、利用者

は手軽にサービスを受け始めることができるようになる。

すなわち、電子メールでは最低限の情報を取りあえずお知らせし、どのページが更新・追加されたかを示して詳しい内容はホームページで見てもらうような構造になる。さらに、あらかじめ博物館でメーリングリストを設定しておけば、申込者が増えてもお知らせのメールは一通だけで済むため、登録件数が増えていっても作業量を心配する必要はない。また、この方法をインターネットにアクセスできない利用者にまで範囲を広げようとした場合、電子メールの代りにFAXを使うという方法も考えられる。ただし、この場合には電話回線が必要となったり、FAX用のモデムが必要となるため、博物館の中に物理的なサーバーを持っていないと難しい。しかし、一般家庭へのFAXの普及率を考えると、全く無駄になるアイデアとは言い難い。

ホームページの本質

当センターのホームページへのアクセス件数の増加は、一般におけるインターネット環境の整備、すなわちインターネットを利用できる人の増加を意味していると考えられる。また、その季節変化から、当センターへのアクセスは行楽地に関する情報を求める利用者によりかなり影響を受けることが推測できた。しかし、そのような利用者の中からも当センターのコンテンツに興味を持ち、定期的にアクセスしている層も存在する。

利用者からのメールによる質問を見ると、その内容はコンテンツや博物館の展示物を直接的に対象としたものではなく、それらに関連する内容がほとんどであった。このことから、ホームページは利用者の学習に対する動機付けとしてかなり有効に作用することが明らかになった。さらに、インターネットという物理的ネットワークが持つ特性を活用することにより、博物館学芸員相互やホームページにアクセスしてくる利用者をも含めた人的ネットワークの構築が可能となる。これは従来の「友の会」の形を越えた博物館サポーターの獲得にも繋がり、博物館での教育という観点から見ても新たな展開を生み出すことが可能であると考えられる。

ホームページによる情報提供が単なる広報目的であるとすれば、筆者らはこのような文章を公開する

こともなく、自らのページを充実させていくことに終始していたと思う。しかし、ホームページの本質が教育普及であり、伝達可能な範囲が地元からの利用者也北海道や沖縄といった遠距離にある利用者也、ホームページ利用に関して言えばコスト的にほとんど差がないメディアであり、この媒体の特性と新しい表現の可能性について考えるにつれ、何とか有効に利用すべきだと思いはじめるようになった。

博物館の機能は教育であり、教育の目的は人を変えることであると思われる。博物館の多くは特定の分野に絞って資料を収集・研究し、展示物や解説にその特徴を反映させることで、入館者の学習意識(知的好奇心)を促す組織である。それでは、博物館は人をどう変えたいのか、これが学芸員に課される最初のテーマだと思う。博物館での教育手段として、[物+展示場]、[普及活動]、[出版物]という媒体を利用しているが、やはり一番重要なポイントは何を訴えたいのかという意識、すなわち「主張」である。

博物館のホームページにとっても最も重要な要素は「主張」であり、それは「画像+インターネット」という媒体を利用するとはいえ、博物館活動のひとつであることにちがいない。これらのことより、一般に広報媒体としてとえられがちなホームページの役割は、まさに博物館の教育行為であり、ホームページでも展示と同様に利用者に新しい動機付けを提供する努力が重要である。

また、このネットワークという新しいメディアを利用することにより、従来の学芸活動が徐々に変化しはじめる。ホームページを公開し、データを更新・追加していくという作業を行うと、職場での情報整理が進化しはじめる。そして、ホームページの維持・管理、すなわち運用が学芸活動と同じ意味を持つと同時に、情報が整理された職場、すなわち学芸活動の拠点が進化して行くことになる。オフィスオートメーションという観点でこれらの作業を見直すと、ホームページのデータ作成は必ずしもそれを目

的とした作業を必要としないことが明らかになった。さらに、ホームページの運用をキーワードに作業を効率化することにより、展示物およびそのデータを管理するという従来の学芸作業が飛躍的に進歩する可能性がある。

ある目的のために「もの」を調査・収集し、保管・収蔵および研究して、その成果を教育・普及するという博物館の機能を考えれば、その仕事やデータ全体をデジタル情報という形で残し、ひとつの情報の流れ(系)の中で館内および館外の人にも利用できるようにすることは、博物館の最も重要な仕事である(柴・石橋, 1998b)。この重要な仕事を学芸員が中心となりシステムを構築するべきであり、ホームページが導入されることをきっかけに、各博物館における情報管理環境の向上を、ひいては学芸活動の一層の加速を願って止まない。

引用文献

- 勝山輝男(1998) 標本資料データベースの構築についての一考察。科学系博物館における標本データベースの標準化に関する調査研究委員会編：標本資料データベースの標準化に関する調査報告書(平成9年度), 全国科学博物館協議会, 東京, 38-40。
- 小川 誠(1997) 博物館の情報整理。徳島県立博物館ニュース, 28, 2-3。
- 柴 正博・石橋忠信(1997) 東海大学社会教育センターにおけるホームページの開設。静岡県博物館協会研究紀要, 20, 51-60。
- 柴 正博・石橋忠信(1998a) 博物館におけるホームページの活用と展開。静岡県博物館協会研究紀要, 21, 11-21。
- 柴 正博・石橋忠信(1998b) 博物館のデジタル情報とインターネット利用。地学雑誌, 107 (6), 809-816。

東海大学博物館研究報告投稿規程

1. 東海大学博物館研究報告は、海洋科学博物館、人体科学博物館、自然史博物館における資料・標本の調査研究または教育活動の研究成果の報告書とし、主に東海大学博物館の学芸員およびその共同研究者から投稿を受け付け、原則として年1回発行する。
2. 原稿には次の種類を設ける。
原著論文、概説（総説）、資料（記録）。
3. 原稿の内容や形式は著者の責任において十分に検討されたもので、本規定で別に設ける「原稿作成要領」に従う。
4. 東海大学博物館研究報告の原著論文の査読については、編集委員会が適当と判断した当該分野の研究者に依頼する。

原稿作成要領

1. 用 語

原稿は和文または英文とする。

2. 構 成

- (1) 表題、英文要旨 (Abstract)、要旨の直訳、本文 [例：緒言 (Introduction)、材料と方法 (Materials and methods)、結果 (Results)、論議 (Discussion)、謝辞 (Acknowledgment)、引用文献 (Literature cited) の順で作成]、図表及び写真とそのキャプション (英文が望ましい) から構成される。

(2) 表 題

- (a) 表題、著者名、所属及び住所（郵便番号必記）を本文とは別の紙に和文及び英文で上記の順に行を改めて書く。
- (b) 表題を省略したRunning head（ハシラ）を和文原稿は和文（20字程度）で、英文原稿は英文（30字程度）で指定する。
- (c) 英文表題の単語のうち、接続詞、冠詞、及び前置詞以外はすべて大文字で書き出す。ただし、文頭は全て大文字とする。

[例：The Evaluation Test of the Xanto Decca Chain in Suruga Bay.]

3. 書 き 方

- (1) 原稿は原則としてワードプロセッサを使用して作成し、紙面出力原稿2部（1部はコピー）とテキストファイル (.txt) の入った3.5インチフロッピーディスクを1枚提出する。
- (2) 和文の紙面出力原稿はA4判縦置きで、横書き、1行全角36字程度、30行程度で、行間をあけて上下左右に3cm程度の余白をとる。
- (3) 英文原稿は、A4判縦置きで、横書き、30行程度で、行間をあけてワードプロセッサで打ち出し、和文原稿と同様な余白をとる。
- (4) 和文の句読点はピリオド（.）とカンマ（,）を用いる。
- (5) 動植物の学名の属名と種名は、紙面出力原稿にイタリック指定を示す赤の下線を引く。和名の場合には、カタカナを用いる。

[例：Homo sapiens]

- (6) 特殊文字や記号、外字、下付小文字などの指定については紙面出力原稿に赤で指定する。
- (7) 脚注は原則として用いない。
- (8) 本文中に文献を引用するときは著者の姓と年号（カッコで囲む）で表す。たとえば NISHIMURA (1975) studied..., …いくつかの研究がある（岩下, 1975; 西村, 1978）。等とする。著者が2人以上の場合は、岩下・西村 (1975), NISHIMURA et al. (1975), 西村ほか (1975) のように書く。
- (9) 図（写真を含む）及び表
 - (a) 図表はそのまま写真版下になるよう作図、作表したものに限る。できれば原寸大のものを提出する。
 - (b) 図表の表題と説明文（キャプション）は原則として英文とする。その原稿は別の紙に順を追って書き、本文中には書かない。
 - (c) 図表には著者名と図表番号を明記する。
- (10) 引用文献
 - (a) 本文中に引用した文献のみを著者の姓のアルファベット順に別紙を並べ、番号はつけない。
 - (b) 引用文献表記の形式は著者名（欧文文献の主著者は姓を先に、第2著者以後は姓を後に）、西暦年（カッコで囲む）、表題、雑誌名（単行書のときは書名）、巻（号）（号のみの場合は巻の表記と同じ）、頁-頁とし、単行書のときは表題のあとに出版社、発行都市、総頁数p. の順に記載する。雑誌名の書名は頭文字を大文字で書く。巻と号はアラビア数字とし、ローマ数字を用いない。編著の場合は、編著：書名、を加える（英文ではIn...ed.:..., ）。同一著者が単独と他との共著で現れる場合は、単独の文献に続いて、2人共著、3人共著……の順に並べる。著者が何人いても、Aほか、A et al. とはせず、A・B・C・D（和文文献）、A, B, C and D（欧文文献）のようにする。同じ著者の論文が続く場合、著者名を略さず、また同じ雑誌名が続くような場合もIbid. 等で略さず全部書く。詳しくは本文中の引用文献の表記を参照。
 - (c) 英文論文中に和文の文献を引用するときは、各文献の末尾にカッコをつけて（in Japanese with English abstract）、または（in Japanese）と付記する。