

## 駿河湾におけるキンギョハナダイ *Franzia squamipinnis* の生態\*

鈴木克美・小林弘治・日置勝三・坂本隆志

### Ecological Studies of the Anthiine Fish, *Franzia squamipinnis*, in Suruga Bay, Japan

Katsumi Suzuki, Koji Kobayashi, Syozo Hioki and Takashi Sakamoto

(Received February 13, 1978)

*Franzia squamipinnis* (Peters), a sexually dimorphic and protogynous hermaphroditic fish belonging to the subfamily Anthiinae, ranges widely from Tokyo Bay to the tropical Pacific and Indian Ocean. Its size is usually less than 12.0 cm in fork length. The present paper deals with ecology, behavior, life history, and sex reversal of this species in Suruga Bay. Investigations were performed by SCUBA diving and were conducted at the stations shallower than 45 m deep. The stations were visited for two to five days in every month during the three years, 1973~1975. After the each underwater observation, live specimens of the fish were caught for studies in the laboratory and for aquarium rearing experiments.

*Franzia squamipinnis* is found commonly but not abundantly along the coast. They form rather small schools of less than 1000 fish in a subtidal rocky habitat shallower than 30 m deep. Schools are based around large rocks and boulders or tall soft-coral colonies reaching 2~3 m in height. Annual water temperatures range from 14 to 25.5°C. In schools, males swim lively and extensively whereas females swim gently closer to the bottom.

Among 310 specimens captured monthly for a year, 222 were females and 88 were males when the sexes were identified by appearance. No apparent transitional or intermediate form between female and male was obtained in the monthly specimens. In fork length, the apparent females were in the range of 43.4~108.0 mm, and apparent males ranged from 83.0 to 122.2 mm. Both sexes were confirmed histologically. No monthly change in sex ratio was found.

The breeding season of the fish starts in June, reaches a peak in September, and falls in November. Previous to and in the breeding season, males are quite lively and perform display dances in "S" or "C" type swimming towards selected females. Territorial behavior and display of the male of *F. squamipinnis* is more active than the allied species *Sakura margaritacea* reported previously by the present authors (Suzuki et al., 1974).

*Franzia squamipinnis* mostly feeds through the year in Suruga Bay on calanoid copepods, belonging to 12 genera, including *Eucalanus*, *Oncacea*, *Paracalanus*, *Corycaeus*, *Calanus*, and *Temora*. The feeding rate decreases in winter and at the peak of the breeding season.

One specimen, showing intermediate appearance between female and male, was collected separately from the station in September, 1975. Unexpectedly, the specimen had a testis. It was difficult to find intermediate or transitional fish in the school at the station. However, a connection between the prolongation of third dorsal spine and sex reversal of this species was discovered. The apparent females, usually, have a short third dorsal spine. But, among them, a few larger fishes, which are in the range 83.9~108.0 mm in fork length, have a rather prolonged third dorsal spine. The third dorsal spine of the apparent male becomes remarkably prolonged. Based on the "third dorsal spine index: D<sub>III</sub>L index = (D<sub>III</sub>L/FL) × 10<sup>2</sup>" of 309 specimens, the indices of the apparent females range from 6.79 to 30.49, and of the apparent males range from 18.80 to 60.00. Among females, larger ones have intermediate indices between female and male, and are in the range of 15.00~30.49. These results accompanied with histological observations on these specimens suggest

\* 東海大学海洋科学博物館研究業績 No. 46

that the prolongation of the third dorsal spine follows immediately after transformation of gonadal structure, and starts previous to the changing of body color.

Sex reversal of *F. squamipinnis* takes place in females after spawning. These fish measure 83.0~113.0 mm in fork length, and sex change occurs from July to November. Fifty percent of the females change to male when they reach the 95 mm class in fork length. An aquarium rearing experiment with histological studies on sex reversal in this species was conducted from September, 1974 to March, 1975. Nineteen apparent females, measuring 63.9~93.4 mm in fork length, were kept 185 days in an aquarium (1.0 m<sup>3</sup> in capacity) with water temperatures of 16.3~23.7°C. One apparent male first appeared at 170 days after the beginning of the experiment, and 3 apparent males and 2 transitinals appeared finally in the school. These apparent males and transitinals had testes without exception. Apparent females had ovaries, but it was confirmed that a few spermatogonia appeared in an ovary of a female who had a rather prolonged third dorsal spine.

Fishelson (1970) and Popper and Fishelson (1973) made interesting aquarium rearing experiments on sex reversal in the anthiine fish *Anthias squamipinnis*, which is probably identical to *F. squamipinnis*. Sex reversal in *A. squamipinnis*, according to conclusions based on their experiments, "never occurs when a male is present in a school, but occurs easily when no male is present". Although the result of the present experiments is quite different from theirs, it is difficult to compare these results, because no histological description on the gonad was given for the experiments on *A. squamipinnis*.

The starting point of sex reversal in *F. squamipinnis* was confirmed in another aquarium rearing experiment. Twelve females were reared for 91 days, from September to November in 1975, with a male in an aquarium (3.7 m<sup>3</sup> in capacity) immediately after squeezing their fully ripe eggs. The structure of their gonads was observed in detail histologically. The results of these observations are summarized as follows: A few spermatogonia are first seen individually and mostly at the circumference of the ovarian lamellae in the female after spawning. The spermatogonia, then, increase in number and develop into spermatoocytes, spermatids, and spermatozoa. At that time, oocytes decrease in number and degenerate, and the appearance of the gonad turns from ovary to testis, though the appearance of the fish retains female features. The characteristics and structure of the hermaphroditic gonad of *F. squamipinnis* is similar to that of *A. squamipinnis* (see Fishelson, 1975) but differs decidedly from those of known related species *S. margaritacea* and *Pseudanthias elongatus*, and rather resembles the genus *Epinephelus* and its allies belonging to the subfamily Epinephelininae (see Smith, 1959, 1965, 1973; Smith and Young, 1966; Reinboth, 1963, 1967; Okada, 1965a, b; Suzuki et al., 1974, in press).

Artificially fertilized eggs of *F. squamipinnis* are buoyant, colorless, spherical, and measuring 0.65~0.67 mm in diameter. Hatching takes place 15 hrs. and 50 min. after fertilization at water temperatures of 23.9~25.9°C. Newly hatched larvae, measuring 1.22~1.28 mm in total length, have an oil-globule at the anterior tip of the yolk, and have 13+12~13=25~26 myotomes. Larvae 24 hrs after hatching measure 1.92~2.28 mm in total length, and have 11+16=27 myotomes, with both the black and iridescent chromatophores appearing in the posterior part of eye. Larvae 48 hrs after hatching measure 1.92~2.28 mm (similar to the previous stage) in total length, have 10+16=26 myotomes and the fish has 26 vertebrae. The larvae float with the head upward in the rearing tank. The characteristics of the early larvae closely resemble those of *S. margaritacea* and *P. elongatus* (see Suzuki et al., 1974 and in press).

(KS, KK and SH, Marine Science Museum, Tokai University, Miho, Shimizu-shi, 424, Japan; TS, Kanazawa Aquarium, Higashimikage-machi, Kanazawa-shi, 920, Japan).

キンギョハナダイ *Franzia squamipinnis* (Peters) (スズキ目スズキ科ハナダイ亜科) は東京湾以南フィリピン、インド洋を経てアフリカ東岸に至る浅海岩礁に広く分布する小型魚で、顕著な性的二型を有するため、雌雄が別種とされたことがある (Aoyagi, 1942). その後雌

性先熟の性転換をなすことが示唆された (Katayama, 1960) が、わが国沿岸における本種の生態・生活史は未知であった。紅海産の *Anthias squamipinnis* (Peters)について Fishelson (1970), Popper and Fishelson (1973) の潜水による生態観察及び性転換に関する飼育

実験についての報告がある。しかし、同種の生態についての知識もまだ断片的であって、その生活史も不明である。また、本種の外見上の雌雄二型が雌性先熟の性転換の結果であるとする根拠は不明確で、組織学的な確認もまだなされていないようである。著者らは駿河湾北東部の内浦沿岸に見出されるキンギョハナダイについて、1973~1976年にスクーバ潜水による生態観察と標本採集を行い、組織標本の観察と水族館での飼育実験を加えて、駿河湾沿岸における本種の生態の概要を明らかにすることができた。本報告の一部は1975年及び1976年の日本魚類学会年会で発表した。

#### 調査方法と研究材料

予備調査によって本種は駿河湾内浦沿岸では水深2~30mの岩礁海岸に生息することが知られたので、そのうち比較的本種の生息数が多く、調査が比較的容易と判断された若松崎周辺を月例調査の対象地とし、若松崎東側湾入部(St. A)及び同先端(St. B)を観察定点とした(Figs. 1, 2)。1973年5月~1974年10月に原則として毎月1回、両定点においてスクーバによる潜水観察を行い、1973年5月~1974年4月には(1974年1,3月を除き)両定点において毎月1回、月例標本を採集した。標本採集は潜水者が自製の網に魚を追込む方法により、採集標本は現地で計測と外形観察を行ったのち10%フォルマリンで固定して研究室へ持帰り、内部形態の観察

に当たる。生殖巣は常法による厚さ7μのパラフィン包埋切片標本とし、Delafieldのヘマトキシリソ・エオジン二重染色を施した。1973~1975年には7~10月に合計7回の人工受精による初期発生の観察と仔稚魚の育成を試みた。1974年9月~1975年3月には性転換に伴う体色変化を観察するために、雌の外見を有する19尾を1個の水槽(1.0 m<sup>3</sup>)で185日間飼育し、実験終了後上記と同方法で組織標本を作成して観察を行った。また1976年9~11月には産卵後の雌における性転換の確認と生殖巣の変換を追求するために、搾卵した雌12尾を雄1尾とともに1個の水槽(3.7 m<sup>3</sup>)で91日間飼育し、実験終了後生殖巣をブアン固定し、上記と同様な切片標本を作成して Mayerのヘマトキシリソ・エオジン二重染色を施した。なお、本沿岸における随時の潜水観察と水族館での飼育観察の結果をも参考とした。本研究に使用した標本は東海大学海洋科学博物館に保存されている。

#### 結 果

**生活環境** St. A(若松崎東側湾入部): 水深20m以浅は約25°の急勾配、水深20~25mは勾配約13°の比較的平坦な海底である。水深10m以浅には直径1m以下の大小の転石が堆積して海底をおおい、水深10~21mは転石の散在する砂泥底、21m以深は転石の少ない単調な砂泥底である。10m以浅の転石の上・側面

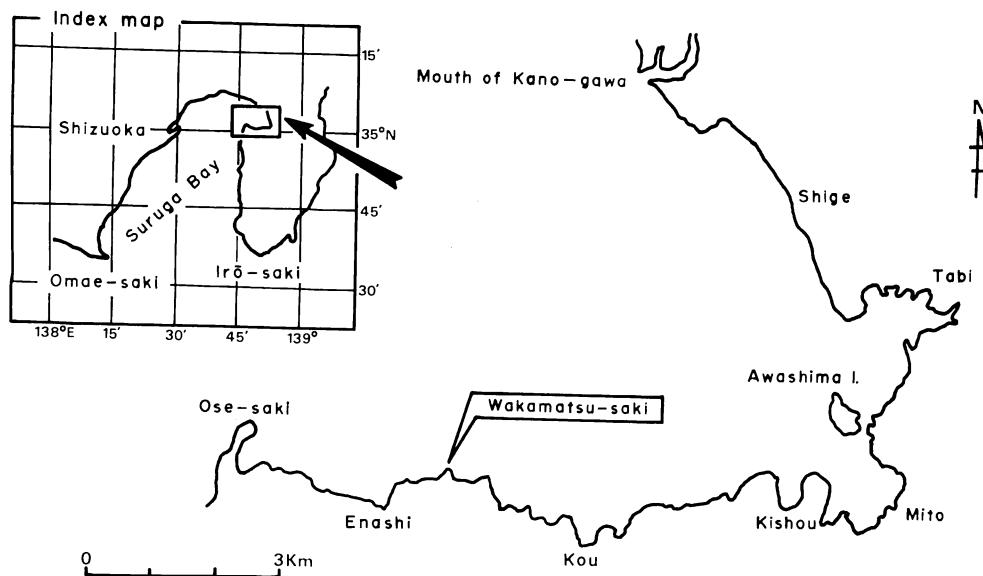


Fig. 1. Outline map of the Uchiura coast in Suruga Bay showing the station (Wakamatsu-saki) where the investigations were done.

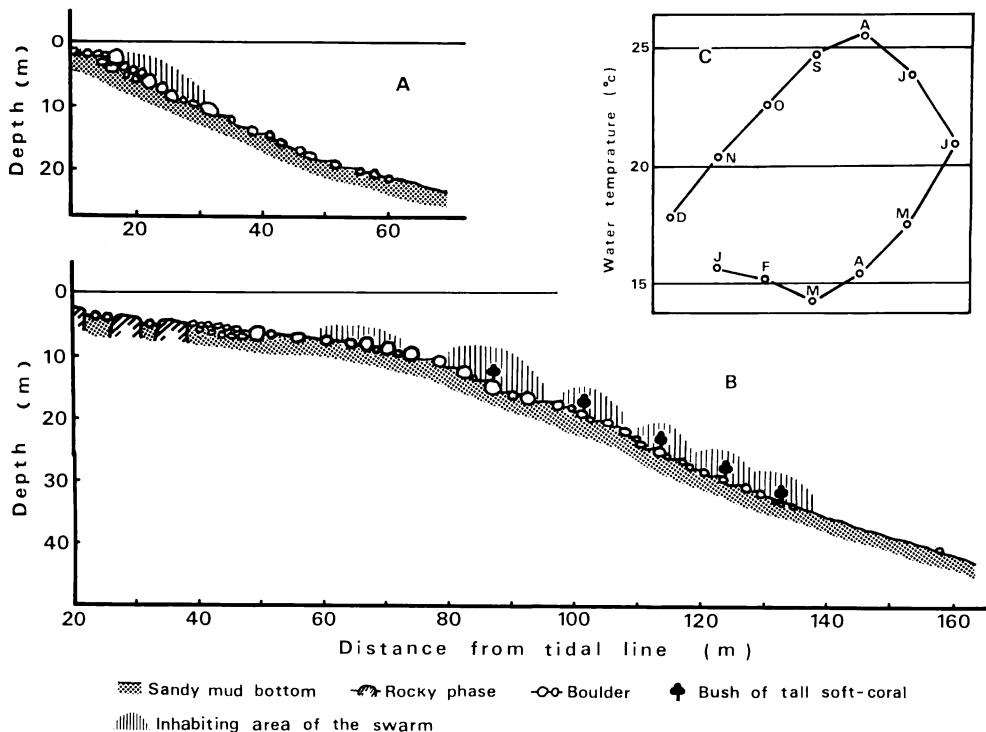


Fig. 2. Diagrammatic cross-sections through the station (A, near the tip of Wakamatsu-saki key; B, east side of the key) and monthly change of water temperatures in °C at the station in 1973~1974 (C).

やその間隙にガンガゼ *Diadema setosum* が群生する。浮泥の堆積が顕著で渦りやすく浮遊懸濁物の多い場所である。本地点では本種は周年にわたり水深 2~10 m の海底付近に生活する (Fig. 2A)。

St. B (若松崎先端): 水深 10 m 以浅は約 8° の緩勾配、水深 10~45 m は約 22° の急勾配である。水深 5 m 以浅は露岩の散在する砂泥底、水深 5~35 m は大小の転石が散在する砂泥底である。10 m 以浅にはガンガゼ *D. setosum* が群生するが、10 m 以深には少ない。水深 15~35 m には高さ 3 m に達するウミトサカ類 *Dendronephthya* sp. の巨大な群体が転石上面にふつうに着生し、その他の花虫類も豊富である。35 m 以深は転石の少ない砂泥底で、ウミトサカ類の大型群体も見出されない。浮泥が堆積し浮游懸濁物の多い状態は St. A と同様である。本地点では本種は周年にわたり水深 5~35 m の海底付近で生活する。St. A と比べて本種の生息数は著しく多い (Fig. 2B)。

内浦沿岸における本種の一般的な生息水深は上述とはほぼ同様であるが、場所によっては夏期に単独個体が水面直下にも見出される。本沿岸では本種は比較的大型の転

石、露岩、ウミトサカ群体等を生活基盤とし、その周辺に小群を形成して生活するものようである。1973~1974 年における本沿岸の年間表水温(月平均)は 14.0~25.5°C である (Fig. 2C)。

**群の構成** 本沿岸では本種はふつう数十尾以内の小群を形成する。群の生活基盤となる露岩、転石等の表面積が大きければ群を構成する個体数も多く、群の行動範囲も拡大する傾向がある。隣接群との境界は一般に明らかであるが、各群の基盤が近接するようなときは両群中の個体が相互に往来して両群の境界が不明瞭になる。しかし本沿岸では群を構成する個体数が 1,000 尾を越えることはなかった。また本種の群中に他種の魚類の混在は比較的少ないと。

既知の通り、本種では外見上の雌雄差が顕著である。雌の体色は橙赤色と橙黄色とがモザイク状に入り混って、眼を斜断し胸鰓基部に達する橙黄色帶のほかは各鰓を含む体表に特別な斑紋はない。幼魚の体色も雌のそれとほぼ同様である。一方、雄の体色は全体に濃赤紫色で、眼を斜断する橙赤色帶のほか、胸鰓上部に 1 赤色円斑があり、胸鰓以外の各鰓の縁辺は暗赤紫色または黒紫色で

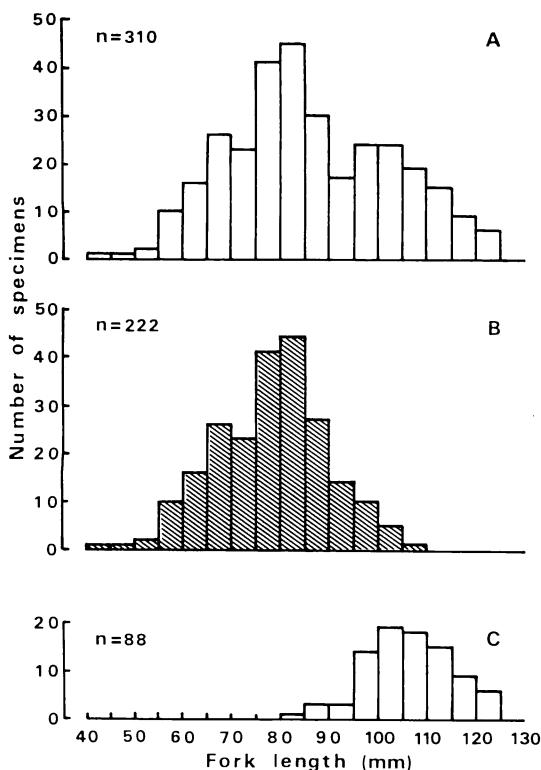


Fig. 3. Size frequency polygons in total (A), female (B), and male specimens (C) against fork length in the school of *F. squamipinnis*. Both apparent sexes were confirmed histologically. No intermediate or transitional form was found in these specimens.

ある。海底では雄の体色にさらに2型が識別できる。すなわち、各鰓を含む全体が暗色の雄と、各鰓を除く体色が淡色の雄とで、暗色の雄は小さく、淡色の雄は大小さまざまである。しかし、海面に取り出した雄の体色はすべて暗色であり、水槽飼育中の雄には淡色の個体を見出せなかつた。従って、海底で雄の体色に2型が識別される理由ははっきりしない。

潜水観察によれば、本種の群は一般に多数の小型の外見上の雌と比較的少数の大型の外見上の雄とで構成され、外見上の雄の1群中の全個体に対する性比は0.05～0.5であった。この構成比に周年はっきりした変化は認がたい。潜水観察ではサクラダイ *Sacura margaritacea* で比較的ふつうに見出しえた雌雄の中間の外見を有する個体（鈴木ら、1974）は稀で、これを見出すのは困難であった。

月例標本310尾(43.4～122.2 mm FL)を体色によって区分すると小型の外見上の雌(43.4～108.0 mm FL)

と大型の外見上の雄(83.0～122.2 mm FL)とに分けられ、双峰型の尾叉長組成が認められた(Fig. 3)。なお、月例標本中にも雌雄の中間の体色の個体は含まれていない。そのような体色の個体は、月例標本とは別に1975年9月にSt. Aにおける小群中でただ1尾(89.4 mm FL)見出され採集された。この個体の体色は雌とほとんど同様であるが、胸鰓に雄の特徴である円斑が不鮮明な暗色斑として発現し、背鰓第3棘の伸長が認められた。

潜水観察によれば、春から夏の水温上昇期には外見上の雌は月を追って成長大型化し、水温下降期には大型の雌の個体数が減少する傾向が認められる。すなわち、6月までの群中には全長5～7 cmの小型の雌が多いが、8月には大部分が全長7 cm以上となり、9月には全長10～11 cmに達する個体が多くを占める。さらに9月には群中に全長7 cm以下の小型の雌が現われ、10月にはその数が顕著に増加する。12月には全長10～11 cmの大型の外見上の雌はごく少数となり、ほとんどが全長7 cm以下の雌で構成される。外見上の雄では、春から初夏にかけて比較的小型の個体が出現するが、その他の季節的变化は明らかでない。

8月には成魚群の付近の岩陰に全長1～2 cmの幼魚が出現し、9月には全長3～5 cmの幼魚が成魚群の周辺、あるいは成魚群中に見出される。月例標本中の最小個体(43.4 mm FL)は9月に得られている。

**生殖腺指数の季節変化と産卵期** 組織観察の結果、月例標本310尾の生殖巣はすべて卵巣と精巣とに二大別できた。生殖腺指数( $GI = (GW/FL^3) \times 10^4 \cdot GW$ , 生殖腺重量; FL, 尾叉長)の平均値の季節変化は卵巣で顕著で、8月に急増して9月に最大となり11月に急減する。精巣では季節変化は明らかでない。後述する潜水観察、人工受精等の結果を考え合わせれば、本種の本沿岸における産卵期は6～10月で、8～9月上旬が盛期と察せられる。ただ、産卵期の卵巣の生殖腺指数には著しい個体差がある。年間を通じて最大の生殖腺指数を示す卵巣(GI=21.2)は9月に、同じく最小の指数を示す卵巣(GI=0.11)もやはり9月に得られている。月例標本中最大の卵巣は8月の1.40 g、最小の卵巣は前出の9月の0.001 gであった。なお、精巣重量は年間を通じて0.002～0.13 gであった。生殖巣の休止期に当る2月の卵巣重量は0.08～0.16(平均0.11) gである(Fig. 4)。産卵期の卵巣の大きさに個体差が顕著な理由については論議の項で述べる。

**群行動と繁殖行動** 本種の游泳行動は一般に比較的緩慢である。緩潮時には転石、露岩、大型ウミトサカ群体などの周辺に群がり、海底に沿って拡散し、個体の行動

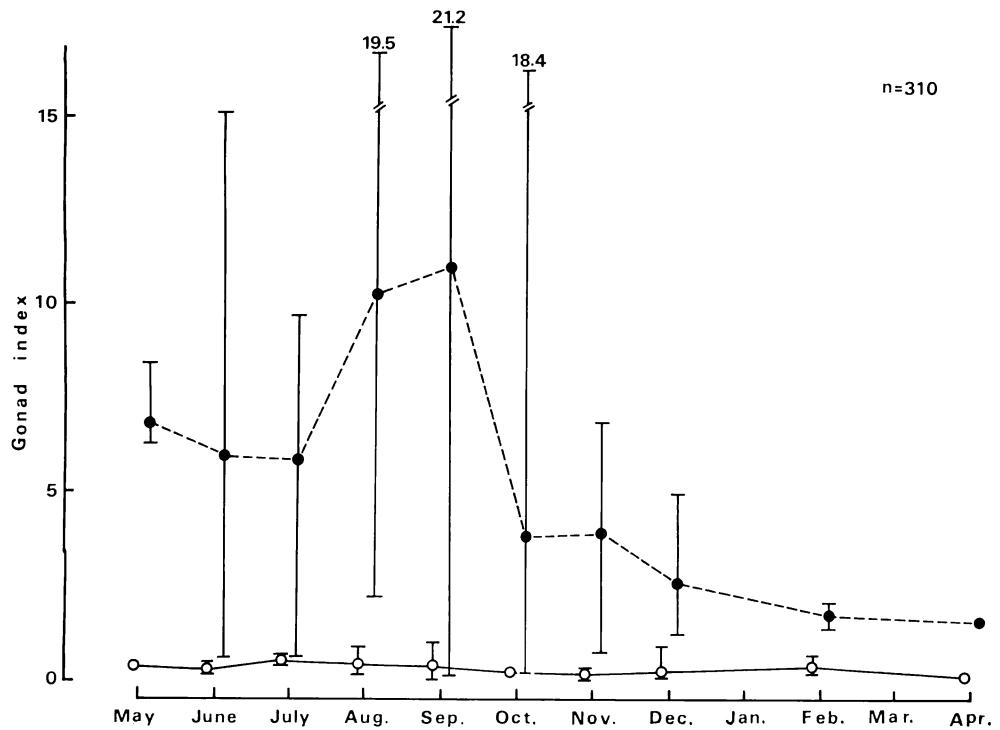


Fig. 4. Monthly change of average gonad index ( $(GW/FL^3) \times 10^4$ ; GW, gonad weight; FL, fork length) in *F. squamipinnis* with their maximum and minimum ranges showing in vertical lines. Solid circles, female; open circles, male.

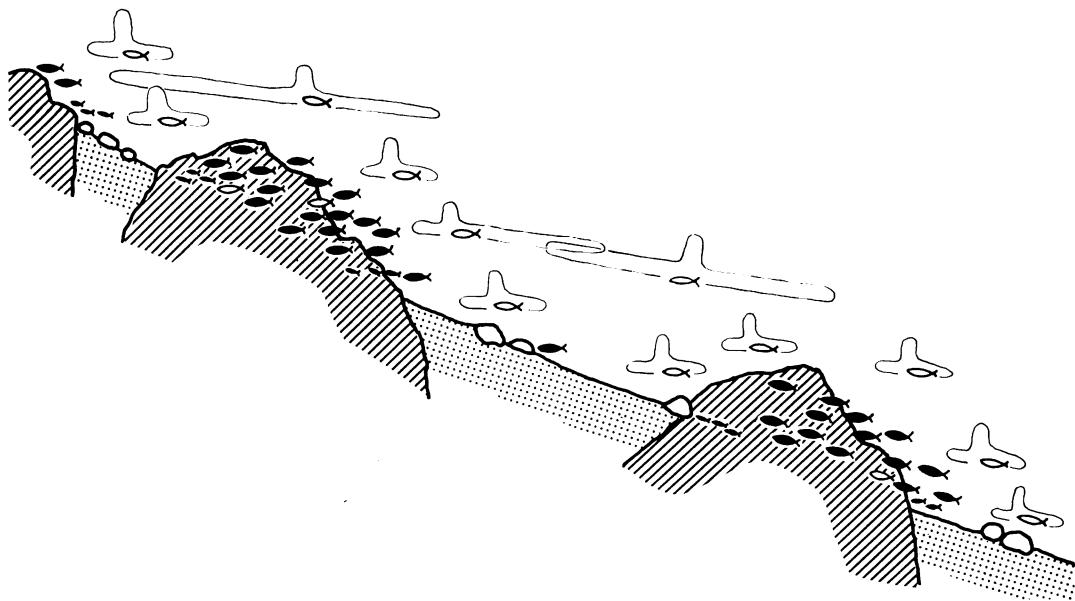


Fig. 5. Diagrammatic view of the schools of *F. squamipinnis* at the station. Sexual composition is shown by white fish (male), larger black fish (female), and smaller black fish (young). Territorial behavior of the dominant males is shown by the curved lines around white fish.

に統一性は認めがたい。一方、急潮時には海底を離れて上方へも拡散するが、潮流に向かってほぼ統一行動をとるか、またはほとんど動かない。冬から春にかけての低水温期には雌雄とともに不活発で、基盤を中心狭い範囲に集まるか岩蔭にかくれて動かない。低水温期には警戒心が強く、潜水者が近付くとすばやく岩蔭にかくれる。しかし、水温上昇に伴って行動は比較的活発となり行動範囲が著しく拡大し、潜水者が近付くと基盤を離れて遠くへ逃げ去る傾向が強くなる。7~10月には群は基盤を中心に半径約10mまたはそれ以上の水平範囲に拡張する。群の上方への拡張は水深、潮流速等の条件によって相違するようである。行動上の雌雄差は低水温期にははっきりしないが高水温期には明瞭で、雌は雄に比べると一般に游泳範囲が狭く基盤近くに滞留し、行動も比較的不活発である。これに対して雄は広範囲を活発に游泳する(Fig. 5)。本種の行動の雌雄差はサクラダイ *S. margaritacea* の雌が広範囲に拡散し雄が海底近くに滞留する習性(鈴木ほか, 1974)とは明らかに相違する。

5月以降、複数の雄が群の周辺あるいは群の内外で水平上下に活発に泳ぎまわり、互いに追いかけ合うが激しい闘争には至らない。隣接群が近くにあるときは、両群の雄が往来交流して追いかけ合い、ときに雌も混合合流して両群の境界がときに不明となる。雄同志の追いかけ行動はいわゆるなわばり行動と看做されるが、なわばりの占有範囲や個体間の優劣、順位等ははっきりしない。しかし、群中には追いかけ行動を示さない1~数尾の雄が含まれる場合もあった。また、海底で暗色に見える雄は淡色の雄よりも明らかに劣位にあるように観察された。

6~10月には雄が不特定の雌に対して、体をふるわせながら垂直または水平にS乃至C字型を書いて接近する求愛行動が観察される。雄の求愛行動が最も盛んに観察されるのは7~9月で、10月には観察例は少なく11月には観察されていない。海底では雄の求愛に対して雌が特別な関心を示す例は観察されず、産卵を確認する機会も得られなかった。しかし、1976年8月28日に水槽(3.7m<sup>3</sup>、水深1.3m)飼育中の個体で、海底で見られたのと同様な求愛行動とその後の産卵を観察することができた。このときは1尾の雄が1尾の雌に対して上述の求愛行動を5~6回繰返したのち、雌雄が体側を合わせてやや斜め上方に30~40cm上昇し水面直下で放卵放精している。産卵時刻は19時16分、産卵時水温は25.5°Cであった。海底においても、おそらく同様な経過を経て産卵するのであろう。

飼育条件下の産卵時刻と、人工受精(後述)の際の卵

の熟度、受精率等から本種の野外産卵時刻は午後から日没までと推定された。上述の水槽内産卵は人工照明の点灯下でなされたが、水槽飼育中の本種の行動は夜間不活発となり、消灯時は岩蔭にひそんで活動しない。夜間の海底観察は行われなかつたが、明らかな昼夜性を示すものと思われる。この点も、夜間消灯時にも水槽内で拡散游泳をつづけるサクラダイ *S. margaritacea* とは習性を異なる。

**摂餌率と食性** 本種の胃は空胃状態でY型、満胃状態でト型である。月例標本のうち287尾の胃内容物重量は0.001~0.260gで個体差が著しい。また雌の摂餌率が雄のそれをいくぶん上回る傾向が認められた。ほとんど周年摂餌するが、雌雄とも低水温期に摂餌活動の低下傾向が認められ、産卵期の7~8月にも摂餌率の低い個体が見出された(Fig. 6)。6~10月の月例標本から任意に抽出された各月10尾の胃内容物はほとんど動物プランクトンで、主として橈脚類 *Eucalanus, Oncacea, Paracalanus, Corycaeus, Calanus, Temora, Euchaeta, Rhincalanus, Sapphirina, Setella, Candacia, Centropages* 12属のほかカタクチイワシ卵などの魚卵が見出された。潜水観察によって本種が急潮時に流下してくるプランクトンを活発に摂餌する様子も確認されている。なお、本沿岸のサクラダイ *S. margaritacea* の胃内容物は主として橈脚類と魚卵であり(鈴木ら, 1974)、上記のうち *Calanus, Paracalanus, Rhincalanus, Candacia, Euchaeta, Sapphirina* 6属が検出された。

**雌雄性と性転換** 1. 背鰭第3棘の伸長: 月例標本310尾の生殖巣を検討した結果、外見上の雌222尾(43.4~108.0mm FL)は卵巣、外見上の雄88尾(83.0~122.2mm FL)は精巣を有するが、固定の不手際もあって明瞭な両性生殖巣を見出すことができなかつた。また、先にも述べたように雌雄の中間の外見を有する個体を月例標本中に見出すこともできなかつた。ただし、外見上の雄の背鰭第3棘は著しく伸長し、これに対して外見上の雌のそれは一般に短いが、なかに同棘の伸長する個体を含む。Katayama(1960)は本種の背鰭第3棘長に性差のあることを示唆した。しかし、性転換との関連についての検討はまだなされていない。

そこで著者らは背鰭第3棘長の尾叉長比を背鰭第3棘長指数(D III L index=(D III L/FL)×10<sup>2</sup>; D III L、背鰭第3棘長; FL、尾叉長)とし、これと尾叉長、体色、生殖巣の観察結果との比較検討を試みた。

月例標本中、背鰭第3棘が切損した1尾を除く309尾の背鰭第3棘長指数は6.79~60.00で、うち雌の同指数は6.79~30.49、雄のそれは18.80~60.00であった。雌

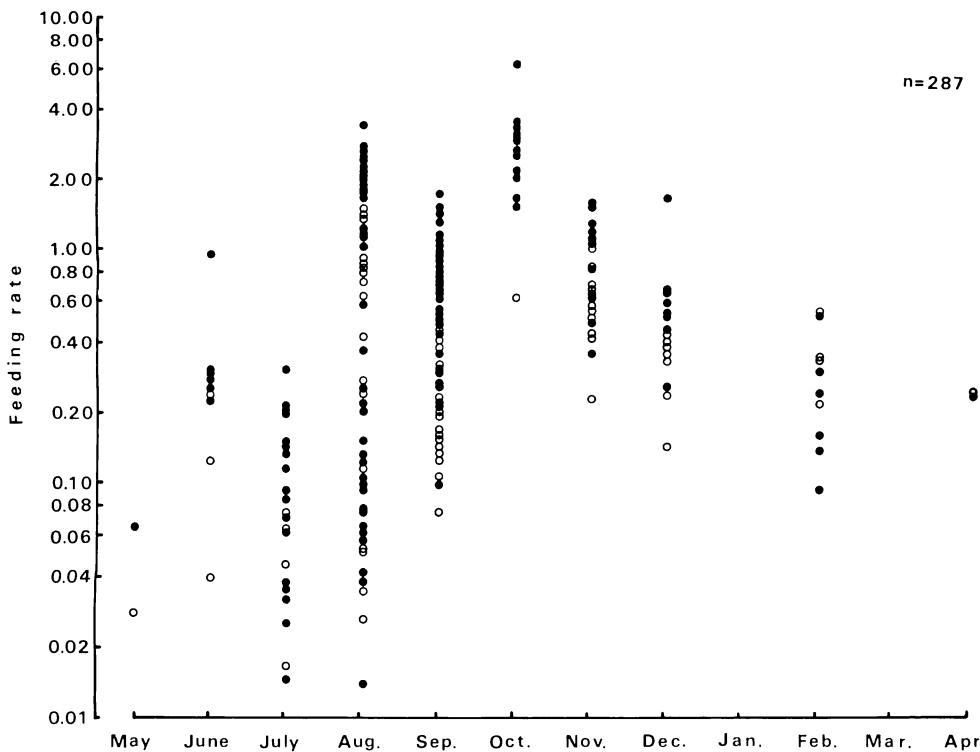


Fig. 6. Composition of feeding rate ( $(SCW/BW) \times 10^2$ ; SCW, stomach contents weight; BW, body weight) in seasonal, individual, and sexual differences in *F. squamipinnis*. Solid circles, female; open circles, male.

のうち 95.2% の同指数は 6.79~14.55 である。別に同棘の伸長の著しい雌（同指数 15.00~30.49）23 尾があつて、その尾叉長は 83.9~108.0 mm であった。尾叉長 83~100 mm の範囲には背鰭第 3 棘の伸長しない雌、伸長した雌、及び伸長した雄の 3 者が入り混る。尾叉長 83 mm 以下には背鰭第 3 棘の伸長した個体は存在せず、尾叉長 100 mm 以上には同棘の伸長しない雌は存在しない。雄では背鰭第 3 棘長指数は 50~60 に達する。尾叉長が最大に近い雄の同指数はやや小さいが、大型の雄に背鰭第 3 棘の切損した個体が多いいためとも考えられる。

背鰭第 3 棘長指数の分散傾向から、これを 15.00 を境界として二分すると、同指数と尾叉長の間には  $y = 0.03x + 8.67$ ,  $y' = 2.22x - 196.93$  の 2 本の直線を引くことができる。両線の交点は尾叉長 91 mm 付近にある (Fig. 7)。これらの結果から本種の背鰭第 3 棘の伸長には明らかに性転換との相関がうかがわれるところがわかった。

2. 性比：月例標本についてその尾叉長と組織標本によって確認された雄の出現個体数との関連を検討した。性比(尾叉長各級の雄の個体数の全個体数に対する比率)は尾叉長 80 mm 級の 2.2% から始まって尾叉長の伸長

に伴い S 字型の曲線を画き、尾叉長 110 mm 級で 100% に達する。性比が 50% に達するのは尾叉長 95 mm 級である。尾叉長 90~100 mm 級で雄の個体数増加が最も顕著である (Fig. 8)。これらの傾向は前述の背鰭第 3 棘の顕著に伸長する個体の出現傾向ともよく一致する。

3. 中間型の外見を有する個体の採集：1975 年 9 月に St. A で採集された（月例標本とは別の）雌雄の中間の外見を有する 1 尾 (89.4 mm FL) について述べる。この個体については群の構成の項でも触れたが、体色は雌のそれと同様で、胸鰓に雄の特徴である暗色円斑が不鮮明ながら認められた。背鰭第 3 棘は伸長 (D III L index, 22.25) し、精巣を有することが組織標本によって確認された。

4. 性転換に関する飼育実験：本種の性転換を水槽飼育によって確認し、あわせてその経過を知ろうとした。なお、この実験は Fishelson (1970) 及び Popper and Fishelson (1973) による *A. squamipinnis* の性転換抑制についての飼育実験の追試を兼ねて行われたものである。

1974 年 9 月 26 日、外見上の雌 19 尾を水槽（容積 1

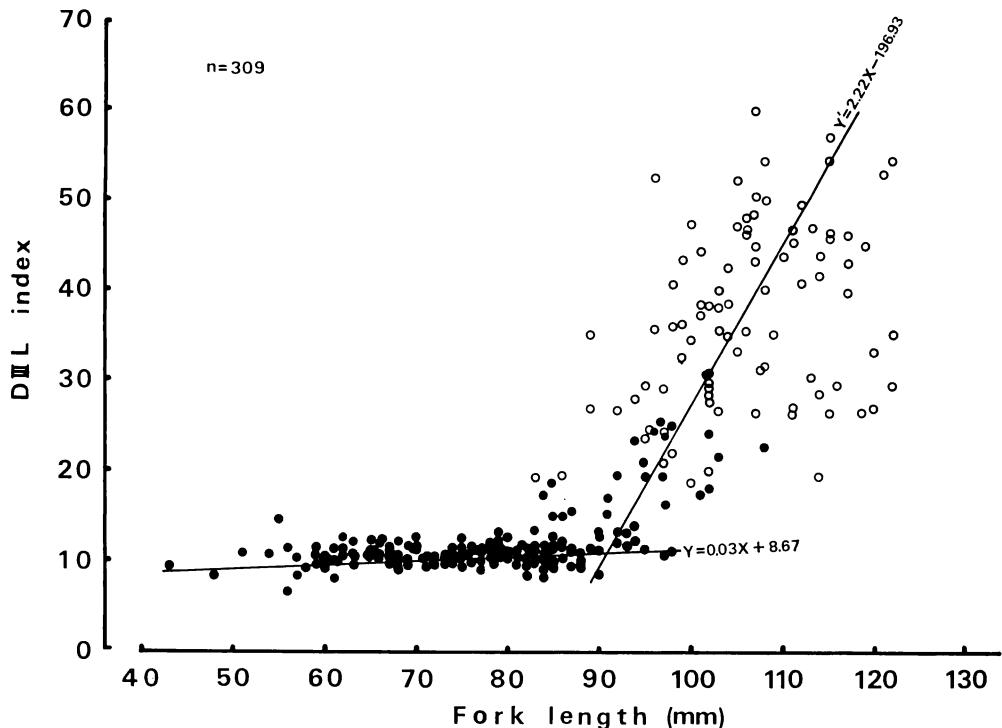


Fig. 7. Relationships between length of third dorsal spine shown by D III L index ( $(D \text{ III } L/FL) \times 10^2$ ; D III L, length of third dorsal spine; FL, fork length) and fork length, sex, and sex reversal in *F. squamipinnis*. Solid circles, female; open circles, male.

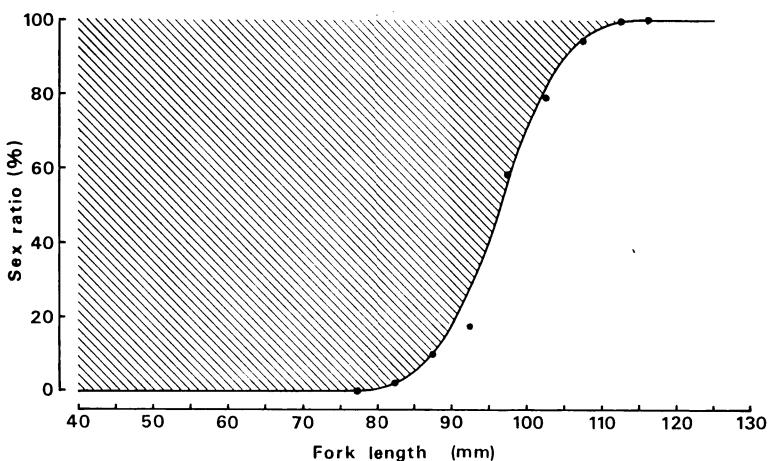


Fig. 8. Sex ratio and sex reversal shown by appearance of male against fork length in *F. squamipinnis*. Shadow part, female; open part, male.

$m^3$ ) に収容して実験を開始した。外見は雌であるがこのうちには背鰭第3棘の伸長しない17尾 (63.9~86.5 mm FL; D III L index 8.80~11.35. A型とする) と、背鰭第3棘のやや伸長する2尾 (91.0~93.4 mm FL; D III L index 16.68~26.37. B型とする) が含まれる。実験開

始後 85 日目にB型は3尾となり、同 96 日目にはB型は5尾となった。同 122 日目にB型のうち1尾は各鰭縁辺と前頭部がわずかに暗色化 (C型とする)、同 147 日目にC型は2尾となった。同 170 日目にC型のうち1尾が外見上の雄 (D型とする) に変り、すなわち D, C 型

Table 1. Results of histological observations on appearance of males by sex reversal in *F. squamipinnis* reared in an aquarium for 185 days without separation of the apparent males (see Fig. 9).

Date of record	Keeping term of fish (day)	Number of fish					Fork length (mm)	D III L index		
		Apparent form				Total				
		A	B	C	D					
Sep. 26, 1974	0	17 <sup>1)</sup>	2 <sup>2)</sup>			19	1) 63.9-86.5 2) 91.0-93.4 3) 65.1-86.8 4) 89.3 5) 89.4 6) 86.6-92.5	1) 8.80-11.35 2) 16.68-26.37 3) 9.29-12.48 4) 21.16 5) 18.46 6) 19.24-24.43		
Dec. 20, 1974	85		3							
Dec. 31, 1974	96		5							
Jan. 26, 1975	122		4	1						
Feb. 20, 1975	147		3	2						
Mar. 15, 1975	170		3	1	1					
Mar. 25, 1975	280		1	2	2					
Mar. 30, 1975	185	12 <sup>3)</sup>	1 <sup>4)</sup>	1 <sup>5)</sup>	3 <sup>6)</sup>	17				

D III L index, ( $D III L / FL \times 10^2$ ): D III L, length of 3rd dorsal spine; FL, fork length. A: Apparent female with a short third dorsal spine. B: Apparent female with a somewhat prolonged third dorsal spine. C: Intermediate or transitional form with a somewhat prolonged third dorsal spine (edge of fins and anterior part of head become darkish). D: Apparent male with a remarkably prolonged third dorsal spine.

各1尾、B型3尾となった。同180日後にはD、C型各2尾、B型1尾となり、同185日後にはD型3尾、C、B型各1尾となった。実験は185日で打ち切り、A型12尾を含む生残の17尾を直ちに固定して生殖巣の組織標本を作成した。実験期間中に2尾が死んだが死亡を直接確認できず、死亡日時は不明である。期間中の飼育水温は16.3~23.7°Cであった(Table 1)。

実験の結果、本種でも *A. squamipinnis* で知られたのと同様に水槽飼育中の外見上の雌から外見上の雄が出現することがわかった。ただし本実験では飼育中の外見上の雌から転換した外見上の雄を除かず同居飼育をつづ

け、次々に複数の外見上の雄が出現している。この点は *A. squamipinnis* における飼育結果とは相違する。論議の項で改めて述べるが、少なくとも本種では、雄の存在に左右されず外見上の雌に体色の転換が生ずることが明らかとなった。さらに飼育実験を継続すれば、本実験終了時のB、C両型の2尾はD型に転換し、残る12尾のA型から、B、C、D型への転換が生ずる可能性も大きい。

組織観察の結果、B、C、D型の5尾(実験終了時 86.6~92.5 mm FL; D III L index 18.46~24.43)の生殖巣は精巣を有し、生殖巣の外見も明らかに精巣であった。標本の外見を詳細に検討したところ、D型の3尾は外見

Table 2. Results of histological observations on sex reversal of *F. squamipinnis* reared in an aquarium for 91 days after squeezing of their fully ripe eggs (see Fig. 10).

No.	Fork length (mm)	Appearance	D III L index	Gonad						
				Index	Appearance	oc	sg	sc	st	sz
1	102.5	Female	25.17	0.56	Ts	+	+	-	-	-
2	94.5	Female	11.43	0.59	Ts	+	+	-	-	-
3	92.1	Female	11.18	0.51	Ts	+	+	-	-	-
4	90.9	Female	15.40	0.34	Ts	+	+	+	+	-
5	90.7	Female	17.60	0.67	Ts	+	+	-	-	-
6	86.7	Female	11.19	0.61	Ts	+	+	-	-	-
7	82.9	Female	9.65	1.05	Ts	+	+	-	-	-
8	74.2	Female	10.78	1.22	Ts	+	+	-	-	-
9	73.8	Female	10.03	0.50	Ts	+	+	-	-	-

D III L index, ( $D III L / FL \times 10^2$ ): D III L, length of 3rd dorsal spine; FL, fork length. Gonad index, ( $GW / FL^3 \times 10^4$ ): GW, gonad weight. oc, oocyte; sg, spermatogonium; sc, spermatocyte; st, spermatid; sz, spermatozoon; Ts, testis.

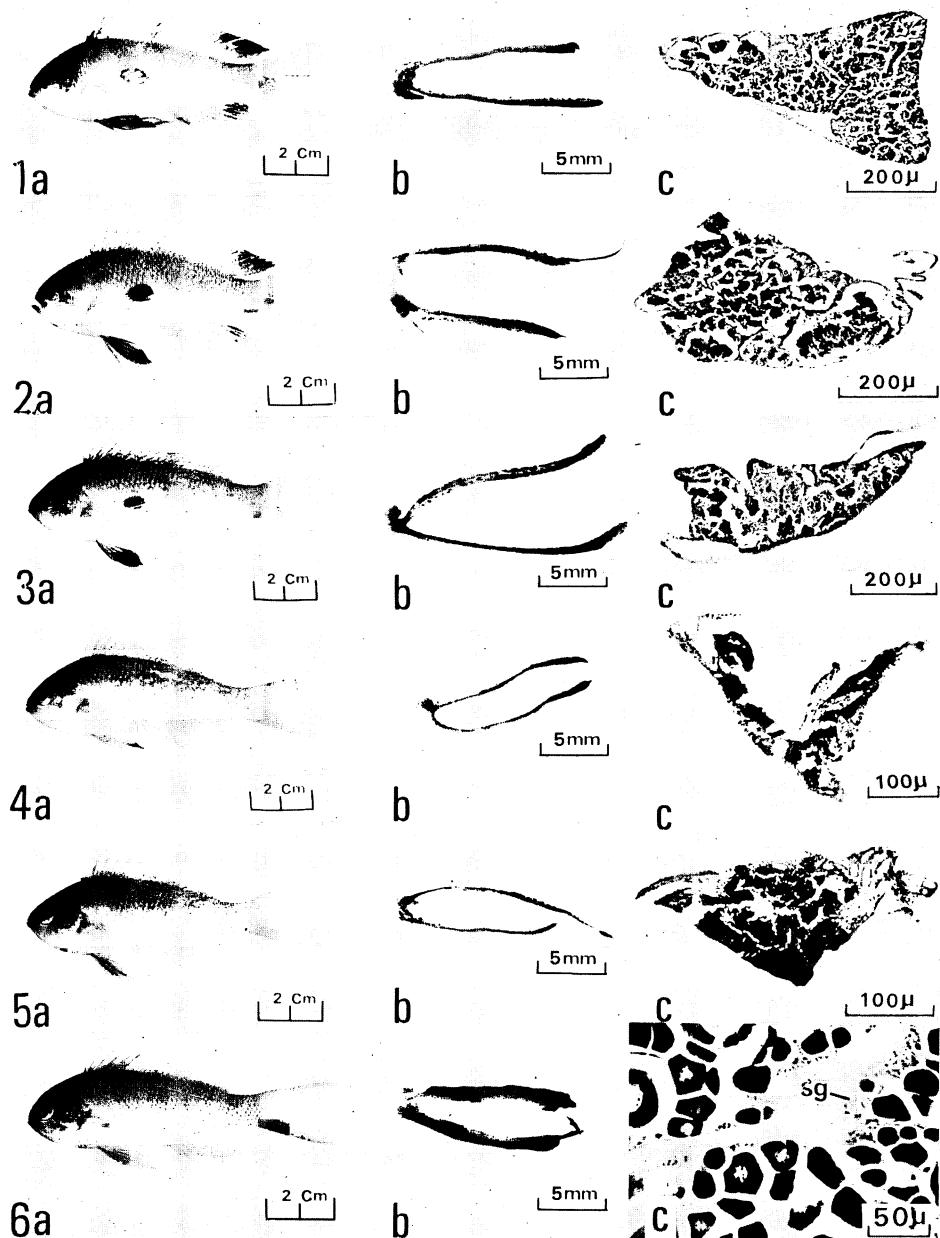


Fig. 9. Results of a 185-day aquarium rearing experiment on sex reversal in *F. squamipinnis* (see Table 1). Apparent males (1~3) and apparent intermediate forms (4~5), being transformed from the apparent females during the experimental period without separation of males, have testes which were confirmed apparently (1b~5b) and histologically (1c~5c). One apparent female (6) has an ovary in which a few spermatogonia were found (6b~c).

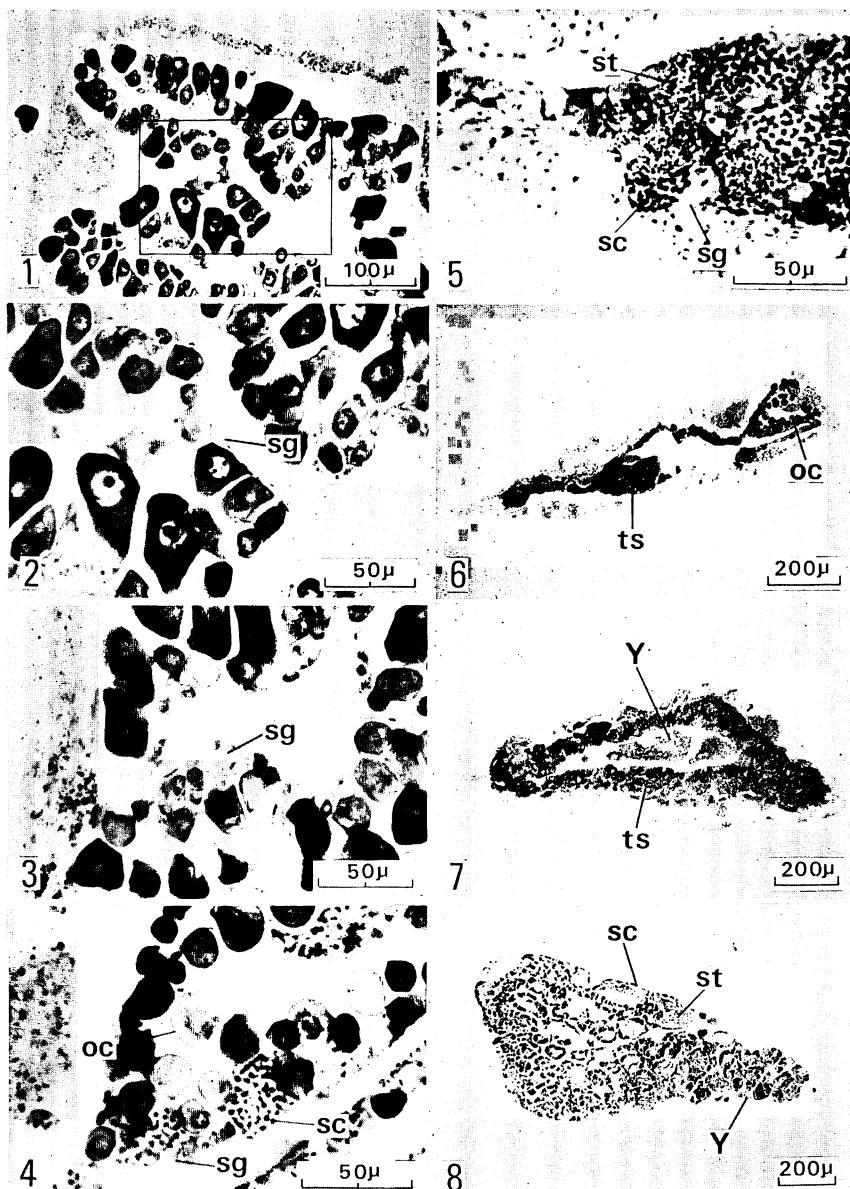


Fig. 10. Beginning and progressing of protogynous sex reversal found in the gonads of *F. squamipinnis*. 1: Gonad of an apparent female (94.5 mm FL), 1-2 spermatogonia, measuring 10~12.5 $\mu$  in diameter, appear at the circumference of lamellae. 2: Twice enlarged from the photo 1. 3: Gonad of another apparent female (73.8 mm FL), 4~10 spermatogonia are found with forming of the cyst at the circumference of lamellae. 4~6: Gonads show sex reversal from female to male. The fish (90.9 mm FL) seems to show a female feature. Spermatogonia increase in number and develop into spermatocytes and spermatids. Oocytes retain but degenerate. 7: Gonad of an apparent male (111.0 mm FL). Appearance and structure of the gonad turns to testis. Spermatids, spermatocytes, and spermatogonia arrange mostly from outside to inner part of the gonad. Yellow granules are found at the center and are close to epithelium. 8: Testis of a male (104.0 mm FL). Yellow granules are found abundantly. sg, spermatogonium; oc, oocyte; sc, spermatocyte; st, spermatid; ts, testicular tissue; Y, yellow granule. (1~7: From the results of a 91 days aquarium rearing experiment showing Table 2. 8: From the monthly collected specimens).

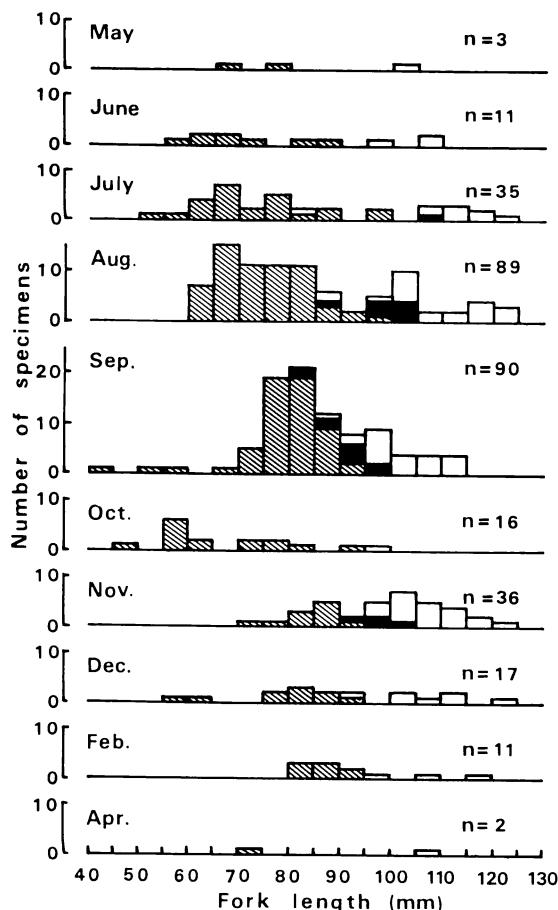


Fig. 11. Seasonal changes in size composition by sex, and seasonal appearance of transitional forms indicated by prolongation of third dorsal spine of *F. squamipinnis*. Shaded bars, female; solid bars, transitional forms; open bars, male.

上も明らかに雄であるが、C型は背鰭第3棘の伸長を除くと外見上雌との識別は困難、B型は背鰭第3棘の伸長以外に外見上雌の相違点を見出すことができない。A型の12尾は外見上まったく雌で、その生殖巣は卵巣であることが確認された。しかし、そのうちの1尾の卵巣内に精原細胞と思われる小細胞が見出され、この個体が性転換の始期にあることが予察された(Fig. 9)。D型に転換した3尾のうち少なくとも2尾は、水槽内にそれぞれなわばりを占有し他の個体を追う様子が見られたが、雄同志の間に *A. squamipinnis* の飼育実験で報告されたような激しい闘争は観察されず、優劣の順位もはっきりしなかった。

##### 5. 産卵雌の飼育による性転換過程の追究： 上記の実

験によって外見上の雌が外見上の雄に転換すること、及び体色変換中の個体と変換によって生じた外見上の雄が精巣を有し、外見上の雌が卵巣を有することが確認された。上記実験期間は産卵期の終期以降に当り、実験対象個体はその大きさから見て少なくとも性成熟に達した雌であろうと推察される。しかし、性転換と雌の生殖機能との関連は未だ明確ではない。そこで、上記実験で確認された体色及び生殖巣の変換が産卵後の雌(雌として機能した個体)に生じた変換であるとの確認を得るために別の飼育実験を行った。

1976年9月3日に搾卵し熟卵を得た雌12尾を雄1尾とともに水槽(容積3.7m<sup>3</sup>)に収容して91日間飼育した。本実験では最初から雄を同居させたが、飼育期間中に2尾の雌が外見上の雄に転換し、実験終了時には外見上の雄は3尾となっていた。期間中の飼育水温は20.3~26.2°Cであった。

実験終了後雌9尾と雄1尾をとりあげ(Table 2)、生殖巣を組織標本として検鏡した結果、背鰭第3棘長を除く外見が雌(73.8~102.5mm FL; D III L index 9.65~25.17)のうち8尾の生殖巣は卵巣であったが、lamellae周辺部に精原細胞(長径10~12.5μ, 核径5~8.7μ)が1~2個存在する個体(Fig. 10·1, 2)と、同じくlamellae周辺部に4~10個の精原細胞による包囊の形成の見られる個体(Fig. 10·3)とが含まれることがわかった。これらは卵巣から精巣への転換の始期にある生殖巣と看做され、生殖巣内に黄色顆粒群の存在が確認された。外見が雌の別の1尾(90.9mm FL, D III L index 15.40)の生殖巣には卵母細胞と精原・精母・精細胞が共存し、明らかに性転換中であるものと看做された(Fig. 10·4~6)。これら9尾の生殖巣は紐状で、外見上は精巣との識別が困難であった。これらの観察結果は、先述の185日間の飼育実験で中間の体色を有する2尾の生殖巣が外見も構造も精巣に転換していたのと考え合わせて興味がもたれる。

外見が雄となった1尾(111.0mmFL, D III L index 35.14)の生殖巣は、外見構造とも明らかに精巣で、おおむねその外側から精細胞、精母細胞、精原細胞の順にそれぞれ包囊を形成してならぶ。ただし、精原細胞は生殖巣上皮付近の一部にも見出される。生殖巣中央部と上皮付近には黄色顆粒群が存在する。卵母細胞は認められない(Fig. 10·7)。なお、月例標本中の精巣には常に黄色顆粒群が見出されている(Fig. 10·8)。

本実験は雌の搾卵後直ちに開始されたものであり、従って産卵後91日またはそれ以内で雌から雄への転換が

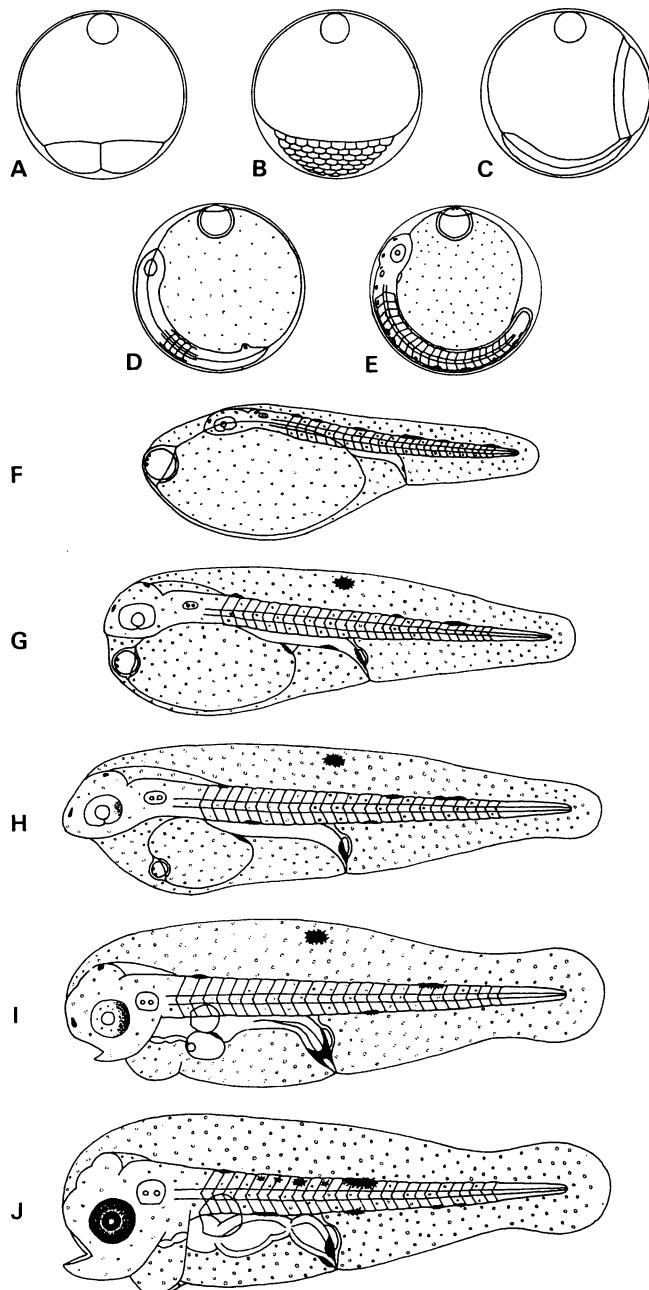


Fig. 12. Developing eggs and early larvae of *F. squamipinnis*. A: 2-cells stage, 35 min. after fertilization. B: Morula stage, 2 hrs 40 min. after. C: Formation of embryonal body, 8 hrs 10 min. D: 3-myotome stage, Kupffer's and eye vesicles appeared, 10 hrs 20 min. E: Just before hatching, 15 hrs 50 min. F: Larva just hatched out, 1.22 mm in total length. G: Larva, 12 hrs after hatching, 1.92 mm in total length. H: Larva, 24 hrs after hatching, 2.28 mm in total length. I: Larva, 2 days after hatching, 2.28 mm in total length. J: Larva, 3 days after hatching, 2.28 mm in total length.

完了し、あるいは転換の進捗した個体が得られることがわかった。また本種の性転換は産卵期中でも、少なくとも産卵後の雌には生じ得ることが明らかである。

6. 性転換期：上記飼育実験によって産卵期間中、または産卵期の終了直後に性転換が生じ得ることがわかつたが、一方、月例標本のうち背鰭第3棘の伸長した雌23尾 (D III L index 15.00~30.49) はすべて7~11月に採集されていて、その内訳は7月1尾、8月8尾、9月10尾、11月4尾である (Fig. 11)。これら23尾の雌の尾叉長 83.9~108.0 mm は、先に述べた雄の個体数増加の著しい尾叉長範囲、及び2回の飼育実験で確かめられた性転換中または性転換を完了した個体の尾叉長範囲ともよく一致する。月例標本とは別に採集された外見が中間型で精巢を有する個体が9月に得られたこともすでに述べた。従って本種の性転換は産卵直後に始まり、産卵期及びその直後の8~11月を中心としてなされるものと思われる。

初期生活史 1. 卵の形態：受精卵は油球1個を有する無色透明の球形分離浮性卵で、卵径 0.65~0.67 mm, 油球径 0.13~0.14 mm, 卵黄表面に微細なしづら構造が認められる。卵膜腔は狭い。以下に 1973 年 7 月、雌2尾 (77.0, 85.0 mm FL) 雄1尾 (118.5 mm FL) を用いて人工受精を行い孵化後3日まで飼育した例について発生経過を記述する。卵及び仔魚の飼育水温は 23.9~25.9°C であった。

2. 卵内発生：受精 35 分後、2細胞期 (Fig. 12-A)。同 2 時間 40 分後、桑実期に達する (Fig. 12-B)。同 8 時間 10 分後、胚体原基形成、まもなく原口を閉じる (Fig. 12-C)。同 10 時間 20 分後、筋肉節 3 個を生じ Kupffer 氏胞出現、卵黄表面に顆粒が認められる。油球は胚体の反対側に位置する (Fig. 12-D)。同 11 時間 40 分後、筋肉節 12 個となり胚体上及び油球前面に黑色素胞出現、同 14 時間後、筋肉節 19 個となり、レンズ、耳胞、心臓が分化、Kupffer 氏胞は消失する (Fig. 12-E)。15 時間 50 分後、最初の孵化が見られ、その 1 時間後以内にはほとんどの卵が孵化した。

3. 仔魚前期：孵化直後、全長 1.22~1.28 mm、卵黄前端より体後端までの長さ 1.44~1.57 mm、卵黄は長卵形で長径 0.90~0.96 mm、卵黄前端は頭部より前方に突出する。油球は卵黄前端に位置し、その全部または一部が卵黄表面から突出する。筋肉節数 13+12~13=25~26、肛門は体前端から全長のはば 2/3 のところに位置する。膜鰓を含む体全表面は顆粒でおおわれる。頭部前端から尾部までの体背面に黑色素胞 8~10 個が並び、油球前面、直腸部にも黑色素胞が認められる。水槽内の仔魚

は頭部を上にして水面直下に浮かぶ (Fig. 12-F)。孵化 3 時間後、尾部の筋節が分化し筋節数 13+15=28 となる。孵化 12 時間後、全長 1.73~1.79 mm、筋節数 11~12+15~16=27、尾部が伸長し肛門は体中央よりやや後方に位置する。体背面の黑色素胞は 4~5 個となる。背膜鰓中央に 1 個の大型黑色素胞、卵黄後縁、消化管上にも黑色素胞が認められる (Fig. 12-G)。孵化 24 時間後、全長 1.92~2.28 mm、筋節数 11+16=27、肛門は体のほぼ中央に開く、眼のレンズ後方に黒色と輝青紫色の色素胞が現われる (Fig. 12-H)。孵化 2 日後、全長 1.92~2.28 mm、筋節数 10+16=26 となり成魚の脊椎骨数と一致する。口が開き、胸鰓が形成され、飼育容器底に沈み、ときどき泳ぎ上る (Fig. 12-I)。孵化 3 日後、卵黄、油球を吸収しつくすが、全長、筋節数に変化は見られない。背膜鰓の黑色素胞は消失し、体中央背面に大型叢状の 1 個の黑色素胞、その前方及び体腹面に小型の黑色素胞が並ぶ。眼は暗青色を呈する (Fig. 12-J)。

上述のほか繰返し仔魚育成を試みた結果、孵化後 6 日目に胸膜鰓の伸長が観察された例があったが、仔魚は成長しなかった。最長飼育日数は孵化 14 後日であった。

## 論 議

スズキ科魚類に雌性先熟の性転換が見出されることはすでによく知られている (Lavenda, 1949 ほか)。Smith (1965) は本科魚類の性転換型を *Serranus*, *Rypticus-Anthias*, *Epinephelus* の 3 type に分けそれぞれの類縁系統と関連づけて論じ、Reinboth (1967) は本科魚類の性転換の様相について *Serranus-Chelidoperca* 型を基本とし、*Epinephelus*, *Sacura* の 2 型をそれぞれ別途に派生したものと考えた。本報に述べるキンギョハナダイの性転換の様相は、ハナダイ類のうち性転換の様相が組織学的に追究されたサクラダイ *S. margaritacea* (see Reinboth, 1963; Okada, 1965a, b) 及び断片的に記載されたナガハナダイ *Pseudanthias elongatus* (see Reinboth, 1963; 鈴木ほか, 印刷中) のいずれとも明らかに相違する。本種の性転換が少なくとも組織学的には、既知のスズキ科魚類のうちでは別亜科 (または別科) に属するハタ類 *Epinephelus* に類似するのは興味深い。

ベラ類では性転換によって出現した二次雄の精巢に卵巣腔の残存することが知られている (Reinboth, 1961; Yamamoto, 1969; 中園明信, 私信)。Heemstra (1973) はハナダイ類の *Anthias conspicuus* の精巢に卵巣腔が存在するとしているが、キンギョハナダイの精巢には明瞭な卵巣腔を見出し得なかった。その理由は明らかではない。

さきにも述べたように、紅海産の近似種 *A. squamipinnis* の飼育実験では、同一水槽内に飼育された雄の存在が他の個体の性転換を抑制し、雄が除外されたとき、あるいは雄が存在しないときに限り、しかも 1 個体に限って雌の性転換が発現するとされた (Fishelson, 1970; Popper and Fishelson, 1973)。またベラ類でも性転換に対する“社会的抑制”的例が知られている (Robertson, 1972; Robertson and Choat, 1974)。しかし、キンギョハナダイに関する著者らの実験では、雌の性転換は雄または他の個体の性転換の有無とは関係なく発現し、同一水槽内において複数の性転換とその結果による複数の雄が発現する結果を得た。また、これと同時に雌雄の中間の外見を有する複数の個体も現われている。

体色が雄となった個体、及び雌雄の中間の体色を有する個体の生殖巣は外見組織ともすべて精巣であった。これらの個体の背鰭第 3 棘は例外なくよく伸長している。一方雌の体色を有する個体には背鰭第 3 棘の伸長したものと伸長せぬものとの両様があり、前者には退縮期にある卵巣内に少数の精原細胞が見出されるものから、同じく精原・精母・精細胞の発現したものまで、種々の段階の性転換途中の両性生殖巣が見出された。転換中の生殖巣は外見ほとんど精巣に似る。一方、背鰭第 3 棘の伸長しない雌の体色の個体の生殖巣は卵巣であった。従って飼育実験の結果、本種の性転換の開始は背鰭第 3 棘の伸長によって知ることができた。すなわち、体色が雌のうちに生殖巣の転換が進み、雌雄の中間の体色の個体の生殖巣は転換を完了しつつあるものであることがわかった。

しかし、標本固定の不手際もあるにせよ、月例標本中に性転換中の生殖巣を有する個体を見出せなかった。この点は紅海産の *Anthias squamipinnis* についての結果 (Fishelson, 1975) と相違する。その理由は明らかでない。

また本種の性転換に関する飼育実験の結果が *A. squamipinnis* についての実験結果 (Fishelson, 1970; Popper and Fishelson, 1973) と相違する理由もはっきりしない。*A. squamipinnis* の実験においては実験対象魚の組織学的観察の結果が不明であって比較検討が困難なためである。少なくとも著者らの実験では、*A. squamipinnis* で “Whenever there was a male present in a tank, the females did not change into males” (Popper and Fishelson, 1973) とされたような事実を見出すことはできなかった。

なお、本報告では搾卵後の雌に性転換が発現することが確認され、同時に性転換の連続的様相が追究された。産卵後の雌の飼育による性転換確認の既往の報告例を参考できなかつたが、本種のように幼魚と成熟雌との間に

外部形態の相違を認めがたい小型種では、性転換の確認追究のために有効な手段であろう。ただし、生物学的最小形に達した雌のうち、産卵の機会を得ずに産卵期を終つた個体の卵巣の組織学的变化については未確認である。

本種の卵内発生及び前期仔魚の形態は既報 (鈴木ほか, 1974) のサクラダイ *S. margaritacea* のそれに類似し、孵化直後の仔魚及びそれ以前での両種の識別は困難である。しかし、孵化後 1 日を経た本種仔魚には体中央背膜鰓縁近くに 1 個の黒斑が存在するのに対して、サクラダイ仔魚には体中央背面に 1 黒斑があり背膜鰓にはない。また、本種では尾膜鰓の形状が匙状であるのに対して、サクラダイのそれは舌状である。なお、孵化後 2 日目の本種仔魚の眼球に見出された青紫色の色素胞は、追試の結果サクラダイ仔魚にも見出され、両種に共通の性質であることが明らかになった。後期仔魚及び稚魚の育成を果すことができなかつたが、海底で 8 月に出現する稚魚 (約 10 mm TL) は出生後約 1 カ月を経たものと推定される。紅海産の *A. squamipinnis* は 1 年で成熟し (Popper and Fishelson, 1973)、本沿岸産のサクラダイは 1~2 才で産卵するものと推定された (鈴木ほか, 1974)。本種も出生の翌年に生物学的最小形に達し、雌として産卵したのち性転換し、早く性転換した個体はその年のうちに雄の機能を果すのであろう。産卵期の終期近く性転換した個体は翌年になって雄として機能するものと推察される。一方、海底で 12~6 月に全長 10~11 cm の大型の外見上の雌が少数ながら見出される事実から、出生後 2 年目の冬を外見上の雌として過し、3 年目に雄に転換する個体の存在も示唆される。なお、産卵期中に雌から雄への転換が生じ、産卵の確認された雌がその約 39 日後には雄として求愛行動を示し卵を受精させ得た例が最近タテジマヤッコ *Genicanthus lamarck* (チョウチョウウオ科) で確認されている (鈴木ら、印刷中)。

## 謝 辞

本稿校閲の労をとられた山口大学片山正夫教授、日本ルーテル神学大学上野輝弥教授、放射線医学研究所江藤久美技官、英文を見ていただいた Mrs. J. K. Kramer に深謝する。また胃内容物査定をお願いした東海大学魚谷逸郎講師、有益な助言を与えられた九州大学中國明信博士、ならびに調査に便宜を与えられた沼津市内浦漁業協同組合及び調査に協力された東海大学海洋科学博物館の同僚諸氏に厚くお礼申上げる。

## 引 用 文 献

Aoyagi, H. 1942. The fishes of the genus *Franzia*

- found in the waters of the Riu-kuu Islands. Annot. Zool. Japon., 21(1): 48~52.
- 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 in *Anthias squamipinnis* (Peters) (Teleostei: Anthiidae). Intersexuality in Animal Kingdom, Springer-Verlag: 284~294, figs. 1~6.
- Heemstra, P. C. 1973. *Anthias conspicuus* sp. nova (Perciformes: Serranidae) from the Indian Ocean, with comments on related species. Copeia, 1973 (2): 200~210, figs. 1~3.
- Katayama, M. 1960. Fauna Japonica. Serranidae. Biogeogr. Soc. Japan, Tokyo, 8+189 pp., 816 figs.
- Lavenda, N. 1949. Sexual differences and normal protogynous hermaphroditism in the Atlantic sea bass, *Centropristes striatus*. Copeia, 1949 (3): 185~194, figs. 1~4.
- Okada, Y. K. 1965a. 160. Sex reversal in the serranid fish, *Sacura margaritacea*. I. Sex characters and changes in gonads during reversal. Proc. Japan Acad., 41 (8): 737~740, figs. 1~3.
- Okada, Y. K. 1965b. 161. Sex reversal in the serranid fish, *Sacura margaritacea*. II. Seasonal variation in gonads in relation to sex reversal. Proc. Japan Acad., 41 (8): 741~745, figs. 1~5.
- Popper, D. and L. Fishelson. 1973. Ecology and behavior of *Anthias squamipinnis* (Peters, 1855) (Anthiidae, Teleostei) in the coral habit of Eilat (Red Sea). J. Exp. Zool., 184: 409~423, figs. 1~6, pls. 1~2.
- Reinboth, R. 1961. Natürliche Geschlechtsumwandlung bei adulten Teleosteern. Zool. Anz., Suppl., 24: 259~262, figs. 1~2.
- Reinboth, R. 1963. Natürliche Geschlechtswechsel bei *Sacura margaritacea* (Hilgendorf) (Serranidae). Annot. Zool. Japon., 36 (4): 173~178, figs. 1~7.
- Reinboth, R. 1967. Protogynie bei *Chelidoperca hirundinacea* (Cuv. et Val.) (Serranidae). Ein Diskussionsbeitrag zur Stammesgeschichte amphissexueller Fische. Annot. Zool. Japon., 40 (4): 181~186, fig. 1, pl. 1.
- Robertson, D. R. 1972. Social control of sex reversal in a coral-reef fish. Science, 177: 1007~1009.
- Robertson, D. R. and J. H. Choat. 1974. Protogynous hermaphroditism and social systems in labrid fish. Proc. 2nd Intn. Coral Reef Symp. 1. Great Barrier Reef Com., Brisbane: 217~225, figs. 1~4.
- Smith, C. L. 1959. Hermaphroditism in some serranid fishes from Bermuda. Papers Michigan Acad. Sci., 44: 111~119, figs. 1~8.
- Smith, C. L. 1965. The patterns of sexuality and the classification of serranid fishes. Amer. Mus. Nov., (2207): 1~20, figs. 1~12.
- Smith, C. L. 1973. Reproductive anatomy and color pattern of *Bullisichtys caribbaeus* (Pisces: Serranidae). Copeia, 1973 (1): 149~151, fig. 1.
- Smith, C. L. and P. H. Young. 1966. Gonad structure and the reproductive cycle of the kelp bass, *Paralabrax clathratus* (Girard), with comments on the relationships of the serranid genus *Paralabrax*. Calif. Fish and Game, 52 (4): 283~292 figs. 1~5.
- Smith, J. L. B. 1961. Fishes of the family Anthiidae from the western Indian Ocean and Red Sea. Rhodes Univ. Ichtyol. Bull., 21: 359~368, figs. 1~5, pls. 34~35.
- 鈴木克美・小林弘治・日置勝三・坂本隆志. 1974. 駿河湾におけるサクラダイ *Sacura margaritacea* の生態, 魚類学雑誌, 21 (1): 21~33, figs. 1~12.
- 鈴木克美・小林弘治・日置勝三・坂本隆志. (印刷中). 駿河湾におけるナガハナダイ *Pseudanthias elongatus* の生態.
- 鈴木克美・日置勝三・田中洋一・岩佐和裕. (印刷中). 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, 及び性転換.
- Yamamoto, T. 1969. Sex differentiation. III. Reproduction and growth bioluminescence, pigments, and poisons. In Fish Physiology, 3: 117~175, figs. 1~14. Academic Press, New York and London, xvi+485 pp.

(鈴木・小林・日置, 424 清水市三保 東海大学海洋科学博物館; 坂本, 920 金沢市東御影町 金沢水族館)