

キュウセンの成長に伴う色彩変化と性転換

福井行雄¹・具島健二²・角田俊平²・橋本博明²

¹734 広島市南区出汐 2-4-76 広島県立広島皆実高等学校

²724 広島県東広島市鏡山 1-4-4 広島大学生物生産学部

Growth-Related Changes in Color and Sex in *Halichoeres poecilopterus*

Yukio Fukui¹, Kenji Gushima², Shunpei Kakuda² and Hiroaki Hashimoto²

¹Hiroshimaminami High School, Deshio, Minami-ku, Hiroshima 734, Japan

²Faculty of Applied Biological Science, Hiroshima University,
Higashihiroshima 724, Japan

Coloration and sex change were studied in a temperate wrasse *Halichoeres poecilopterus* in the central part of the Seto Inland Sea, Japan. 1,270 examples, 45–179 mm SL, were collected from May to December both in 1983 and 1984. The species is a diandric, protogynous hermaphrodite, and has three color patterns: pale color type (A), brilliant color type (B) and intermediate color type (AB). A-fish were less than 142 mm SL and consisted of primary males (42.6%), females (55.4%), secondary males (0.3%) and fish with transitional gonads (1.7%). A-females changed their color to B, through AB, in the size range 101–131 mm SL. A-primary males changed their color to B, through AB, in the size range 103–134 mm SL. B-fish consisted of primary males (38.6%), secondary males (54.6%) and fish with transitional gonads (6.8%). The majority of females changed their sex to male in the size range 98–131 mm SL.

キュウセン *Halichoeres poecilopterus* (Temminck et Schlegel) は、ズキ目ベラ科に属し、本邦の沿岸浅所の岩礁・砂底域に生息する磯魚であって、瀬戸内海にも数多く分布している。本種には“アカベラ”と“アオベラ”があって、同種内で色彩が異なり、性転換することがよく知られていて、古くから体色変化と性に関する研究がなされている (Kinoshita, 1934; 木下, 1935a; Kinoshita, 1935b; 木下, 1936; Okada 1962, 1964a, b; 中園, 1979)。しかし、これらの研究の多くは定性的であり、成長に伴う色彩変化と性転換の様相が必ずしも明らかにされているとは言えず、それらの標本個体数は多くない。筆者らは、瀬戸内海に生息するキュウセン個体群の成長に伴う色彩の変化と性転換の詳細を定量的に明らかにしたので、その結果を報告する。

材料と方法

標本採集 標本は、Fig. 1 に示す瀬戸内海のほぼ中央に位置する備後灘の袴島の磯で 1,116 尾、その周辺の島々(仙酔島, 走島, 宇治島, 梶子島)の磯で 154 尾、計 1,270 尾を採捕した。その期間は、本種のこの水域での冬

眠期である 1–4 月を除いた 1983, 1984 両年の 5–12 月であった。標本は、釣り、刺し網(網目 1 cm)、巻き網(網目 0.5 cm) およびスキューバの使用によるたも網を用いて採捕した。

採集場所の環境 標本個体の 90% 近くを採捕した袴島の採集地点は、水深が 10 m 以浅で、岩礁と砂地が混在する場所であった。ここでは冬期にはホンダワラ類がよく繁茂してガラモ場が形成されていたが、夏期にはこの藻場は衰退し、アナアオサ *Ulva pertusa*, ミル *Codium fragile* 等が優占種となって冬期と夏期とでは植生に明らかな相違が認められた。潜水観察によると、この水域のベラ科魚類は、キュウセンの個体数が極めて多く、ホンベラ *Halichoeres tenuispinnis* も僅かに生息したが、他のベラ類は全く観察されなかった。

標本個体の体長 標本とした個体の体長(標準体長)は最小 45 mm, 最大 179 mm であり、大多数の個体の体長は 50–130 mm であった (Fig. 2)。

雌雄の判別 標本は、採集直後に各個体の色彩を記録し、生物学的な測定を行なって、10% ホルマリン溶液中で固定した。各個体の生殖腺のうち、成熟していた生殖腺は精巣であるか卵巣であるかを実体顕微鏡下で判別し

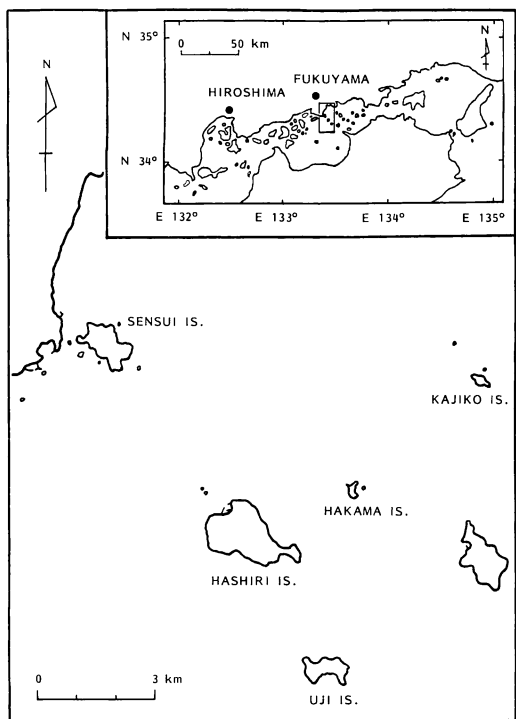


Fig. 1. Map of the study area.

た。このような判別が不可能であった生殖腺は常法にしたがってパラフィン包埋して 6 μm の横断切片とした後、ヘマトキシリン・エオシン染色し、これを顕微鏡で観察することによって雌雄を判別した。なお、組織切片を作製するに当たっては、生殖腺の後端部に近い左葉と右葉とが癒合した部位の組織を用いたが、生殖腺の部位によって雌雄の判別に支障をきたすことはなかった。

結果と考察

色彩 キュウセンの色彩は3型に分けることができた (Fig. 3)。Fig. 3A は一般に“アカベラ”と称されている型であって、色彩は全体的に黄色を基調としており、体側中央部の黒色縦帯が特徴的であった。以下、この体色をA型とする。Fig. 3B は一般に“アオベラ”と言われており、色彩は緑色を基調とし、体側中央部の胸鰭付近の1黒斑ならびに青色の地に赤色の小斑点が散在する背鰭、尾鰭、臀鰭の色彩が特徴的であった。以下、この型をB型とする。Fig. 3AB はA型とB型との中間的な色彩で、黄緑色を基調とし、体側中央部の黒色縦帯はA型と比較してやや淡色であり、胸鰭付近にはB型の特徴で

ある黒斑が現われ始めていた。また、背鰭、尾鰭、臀鰭の縁辺部の色彩はA型と同様に黄色であったが、各鰭の中央部と基部は青色を基調とし、赤色の小斑点が散在するB型の色彩を呈した。以下、このようなA型とB型の特徴を合わせ持った色彩をAB型とする。

体長と色彩との関係 標本1,270尾の色彩を上述の3型に分け、各型の体長別出現頻度を明らかにした (Fig. 4)。A型個体の体長範囲は142mm以下であり、B型のそれは93mm以上、AB型は95-142mmであった。このように、AB型個体の最小体長はB型個体の最小体長とほぼ等しく、その最大体長はA型個体の最大体長と一致した。換言すれば、体長93mm未満の個体はすべてA型であり、142mmより大きい個体はすべてB型で、両者の中間の体長93-142mmでは、A、B、AB型の各色彩の個体が認められた。そして、この範囲内では、体長が大きくなるほどA型個体が減少し、代わってB型個体が増加した。このような結果から、AB型はA型からB型への移行途中に現れる色彩であり、本種の色彩は成長に伴ってA型からAB型を経てB型へ移行することが分かった。

生殖腺 キュウセンの性は、既に中園 (1979) が明らかにしているように、雌、一次雄、二次雄および両性生殖腺をもつ個体の4つに分けることができた。生来の雄である一次雄と雌が性転換をした雄である二次雄のそれぞれの生殖腺の横断面の組織図 (Fig. 5) で分かるように、精巣には一次精巣と二次精巣とがあり、一次精巣には精巣を包む薄膜が認められなかったが、二次精巣にはこの薄膜があって、その一部は輸精管となっていた。二次精巣に認められた膜構造は、雌の生殖腺の横断面の組織図 (Fig. 6) で見られる卵巣膜に由来するものと考えられる。ベラ科魚類における一次雄と二次雄の存在は、既に多種のベラ類について認められている (余吾, 1987)。また、ホンベラの精巣で明らかにされたように (中園, 1979)、キュウセンでもその成熟期には一次精巣と二次精巣との区別が肉眼的に可能であった。すなわち、一次精巣はその組織が輸精管を中心として数葉に分かれて発達するため、小葉と小葉との間に不規則な溝が認められた (Fig. 7-1)。これに対して二次精巣は、精巣組織が1枚の膜におおわれているため、外部へ開いた溝は認められない (Fig. 7-2) という外観上の相違があった。両性生殖腺の外観は、産卵後の萎縮した生殖腺と酷似しており、肉眼的にこれを判別することは不可能であった。両性生殖腺では卵母細胞と精細胞とが不規則に混在しており、卵母細胞の大きさとは形は産卵期以外の卵巣で見られる卵母細胞と同様であったが、核の存在は不明瞭であっ

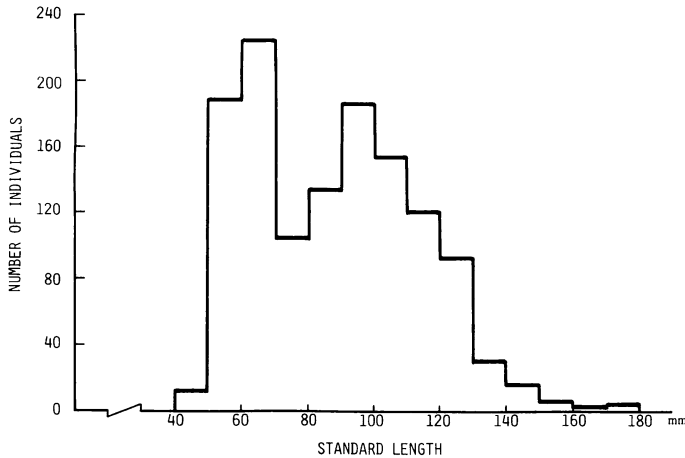


Fig. 2. Length frequency of *Halichoeres poecilopterus* examined.

た (Fig. 8). このような両性生殖腺を持つ個体は性的に不安定な状態、すなわち性転換の途中にあると考えることができる。

体長と性との関係 標本の全個体を体長 40-139 mm の 20 mm 毎の 5 段階と 140-179 mm を 1 段階とした計 6 段階に分け、各体長段階における性の比率を見ると (Fig. 9)、一次雄はすべての体長段階に出現したが、その比率は、体長 40-59 mm で最高 (56.8%), 140-179 mm で最低 (28.0%) であった。雌個体の最大体長は 131 mm であり、その比率は体長 80-99 mm で最高 (61.6%) を示し、これより小さいほど、また大きいほど低下した。二次雄の最小体長は 98 mm で、その比率は体長の増大に伴って次第に増加し、140-179 mm では 64.0% を占めた。そして両性生殖腺をもつ個体は、体長 69 mm の 1 個体を除くと、体長 94-142 mm で出現し、100-129 mm (8.1%) と 120-139 mm (11.2%) で比較的高い比率を示した。

色彩と性との関係 各色彩における性の比率を検討した結果 (Fig. 10)、A 型個体 (1,051 尾) の大多数は雌 (55.4%) か一次雄 (42.6%) であり、両性生殖腺をもつ個体 (1.7%) と二次雄 (0.3%) は極めて少数であった。なお、A 型雌個体の最大体長は 131 mm であり、A 型一次雄個体の最大体長は 134 mm であった。AB 型個体 (43 尾) の中では、一次雄が最も多く (44.2%), 両性生殖腺を持つ個体 (27.9%), 雌 (16.3%), 二次雄 (11.6%) も出現した。そして、B 型個体 (176 尾) の多くは二次雄 (54.6%) か一次雄 (38.6%) であり、両性生殖腺をもつ個体 (6.8%) は少なく、雌は出現しなかった。

ここで得られた A 型個体のなかにも占める一次雄の比

率 42.6% は、北九州津屋崎周辺のキュウセンについて得られた結果 11.8% (中園, 1979), また、東京湾での“アカベラ” (本研究での A 型に当たる) に占める雄の比率約 14% (岡田, 1964a) と比べて高い値である。上述したように、両性生殖腺をもつ個体が AB 型個体のなかで占める比率は、それが A 型、B 型それぞれにおいて占める比率よりも高く、加えて両性生殖腺をもつ個体の体長範囲 94-142 mm (体長 69 mm の 1 個体を例外として除く) が AB 型個体の体長範囲 95-142 mm とほぼ一致することから、性転換の途中にある個体の多くは AB 型を示すとみてよいであろう。しかし一方、AB 型には雌、一次雄、二次雄、両性生殖腺をもつ個体のいずれもが出現すること、さらに両性生殖腺を持つ個体 27 尾の中には AB 型個体、B 型個体がそれぞれ 12 尾、A 型個体が 3 尾認められたことから性転換と色彩変化は相関連するものの、必ずしも同時並行的に進行するものではない。

先に述べたように、B 型個体の大多数 (93.2%) は雄であり、さらに雄の中の 41.5% の個体が一次雄であって、B 型を示す一次雄が多数存在することが明らかとなった。中園 (1979) は B 型一次雄の存在を既に示唆しており、木下 (1934) と岡田 (1964a) は“アカベラ”の中に雄が存在することを報告している。

以上、明らかにされた瀬戸内海のキュウセンの色彩変化と性転換の様式を体長との関係で、雌と一次雄について模式的に Fig. 11 に示した。色彩は、雌は体長 101-131 mm で、一次雄は 103-134 mm で、A 型から AB 型を経て B 型へ変化する。しかし、一次雄の中に体長 95 mm の AB 型個体が認められ、他方、両性生殖腺を持つ 142 mm の A 型個体が出現したことから、一部の個体は上記の

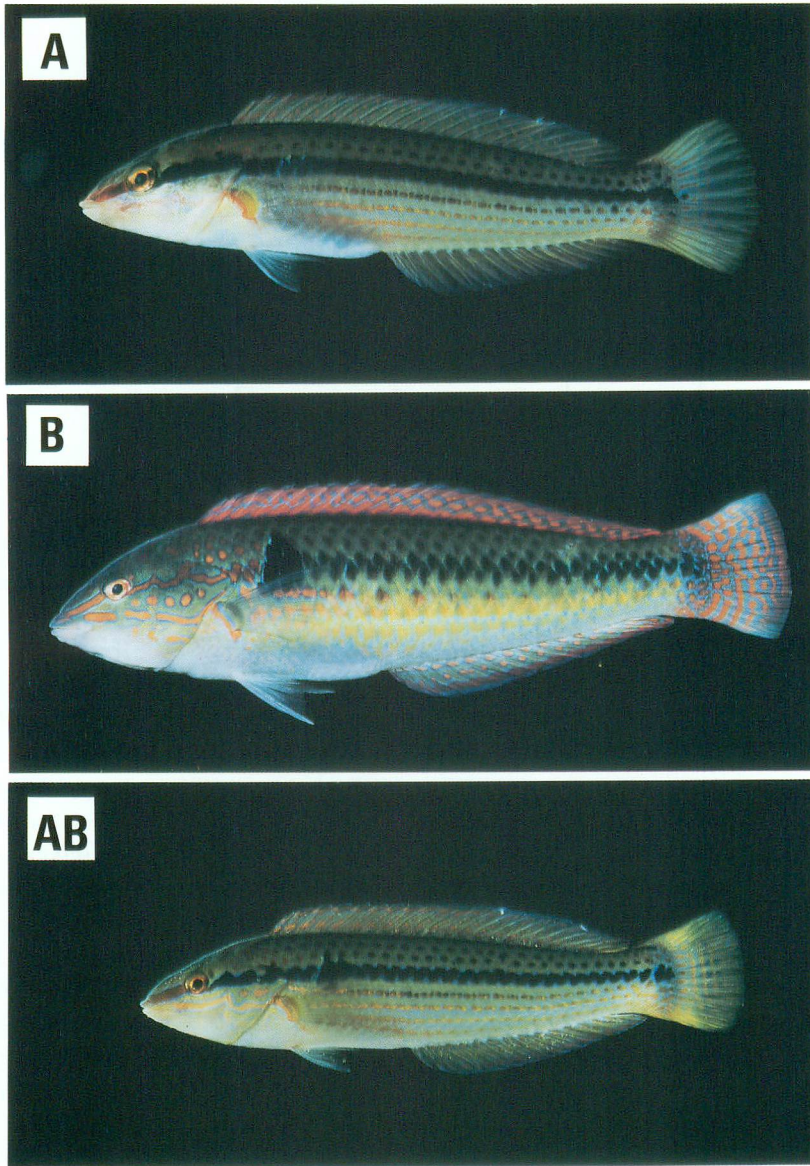


Fig. 3. Three color types of *Halichoeres poecilopterus*. A, pale color type, 94 mm SL; B, brilliant color type, 136 mm SL; AB, intermediate color type, 116 mm SL.

記の範囲外の体長で色彩が変化することもあり得る。

性転換については、二次雄の最小体長が 98 mm であり、雌の最大体長が 131 mm であったことから、98-131 mm を性転換の体長範囲とすることができる。しかし、両性生殖腺を持つ個体の体長範囲が 94-142 mm であったことから、個体によっては上記の範囲外の体長で性転換することも考えられる。

本種の色彩変化と性転換に関する既往の研究によると、北九州津屋崎周辺のキュウセンは、A 型雌個体の最大体長が 15.2 cm であり、B 型雄個体の最小体長が 12.7 cm であった (中國, 1979)。本研究では、既に述べたように前者が 131 mm、後者が 98 mm であり、北九州と比べて両者共に小さい。また、北九州と瀬戸内海における A 型一次雄の出現率を見ると、北九州津屋崎周辺では

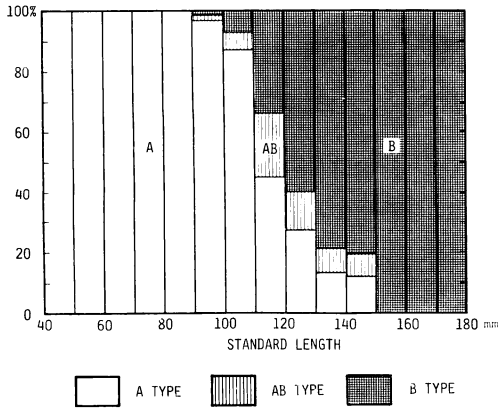


Fig. 4. Color type composition of *Halichoeres poecilopterus* in each size class.

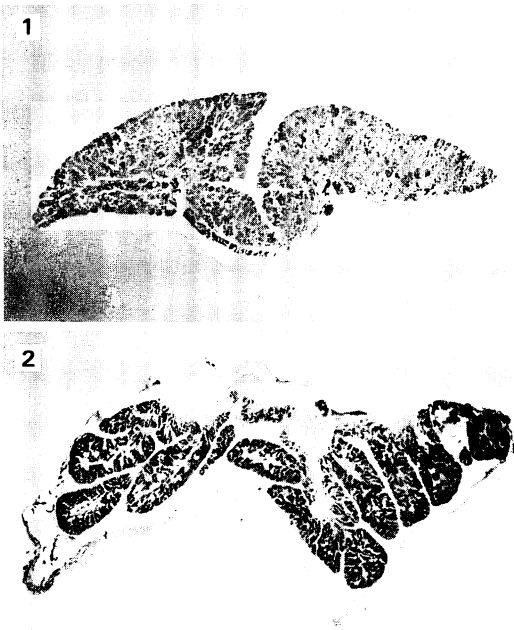


Fig. 5. Cross sections of a primary testis (1), and a secondary testis (2) in *Halichoeres poecilopterus*. $\times 11$.

11.8%と低く、瀬戸内海袴島周辺では44.2%と高い比率を示して、両水域で著しく値が異なる。このような2つの相違点を両水域における本種の生息密度と産卵様式から検討する。生息密度については、中園(1979)が北九州津屋崎周辺の4箇所それぞれ200m、計800mを潜



Fig. 6. Cross section of an ovary in *Halichoeres poecilopterus*. $\times 16$.

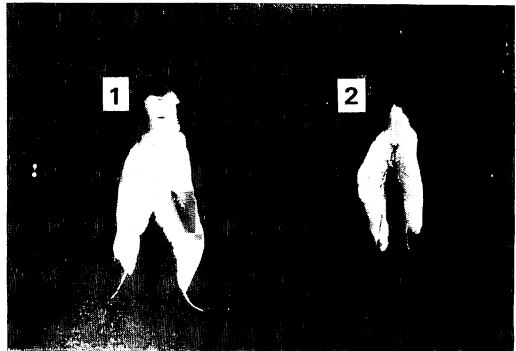


Fig. 7. External appearance of a primary testis (1), and a secondary testis (2) in *Halichoeres poecilopterus*. $\times 0.9$.

水移動し、その間に本種を5尾観察したことを報告している。本研究では、瀬戸内海袴島周辺の2箇所では1984年7月に14回、50 \times 2mのtransect line上を潜水観察し、1回の観察で31-271尾(105.1尾/回)を記録した。

一方、産卵様式については、北九州津屋崎周辺では、雌と比べてA型一次雄が極めて少数であり、pair-triple型と推察されている(中園, 1979)。筆者等は、瀬戸内海袴島周辺の産卵期における長時間の潜水観察において、複数のA型一次雄と1尾の雌によるgroup産卵を13回観察することができた。また、このようなgroup産卵へのB型雄の参加も認められたが、pair-triple産卵を確認することはできなかった。

以上のような北九州と瀬戸内海における本種の生息密度と産卵様式の相違点を考えると、北九州津屋崎周辺では本種の生息密度が低いため、性転換してB型となった二次雄は産卵期に雌を充分コントロールすることが可能であるため、このような場所でのA型一次雄の出現率

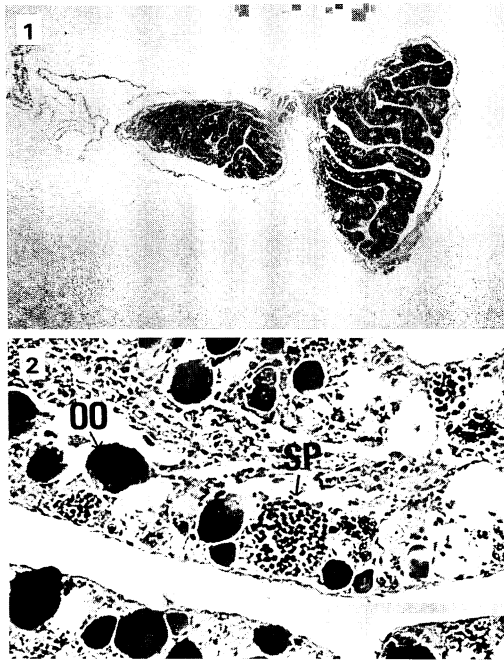


Fig. 8. Cross section of a transitional gonad (1, $\times 13$), and its partial magnification (2, $\times 79$) in *Halichoeres poecilopterus*. OO, oocyte; SP, spermatid.

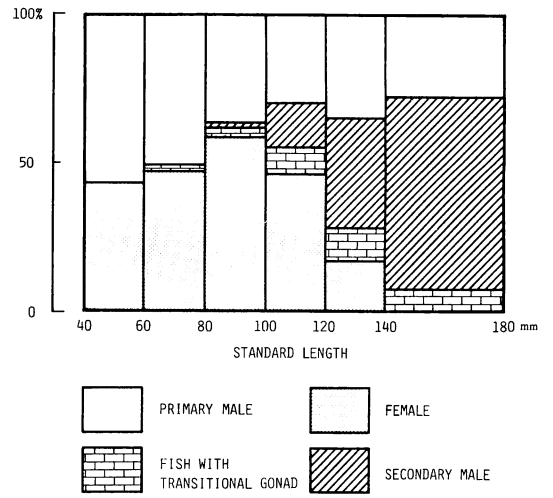


Fig. 9. Sex composition of *Halichoeres poecilopterus* for each size class.

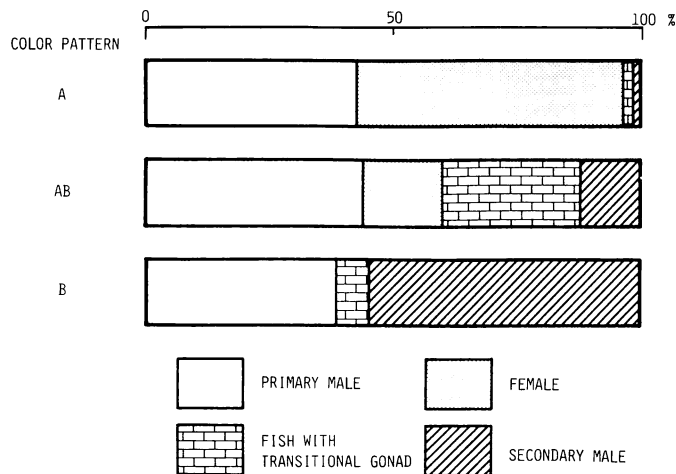


Fig. 10. Sex composition of *Halichoeres poecilopterus* for each color type.

は小さい(中園, 1987)。しかし、瀬戸内海袴島周辺では本種の生息密度が北九州津屋崎周辺と比べて著しく高いため、B型雄が産卵期に雌を充分コントロールすることは困難であろう。したがって、A型一次雄が繁殖へ参加する機会が多くなる結果、その出現率が高くなると考え

ることができる。瀬戸内海袴島周辺における本種の雌から雄への性転換体長が北九州津屋崎周辺と比べて小さい点に関しては、水温、餌生物等の環境要因による成長差に起因することも考えられるが、キュウセン個体群に対する人為的影響も無視できない。すなわち、本種は北九

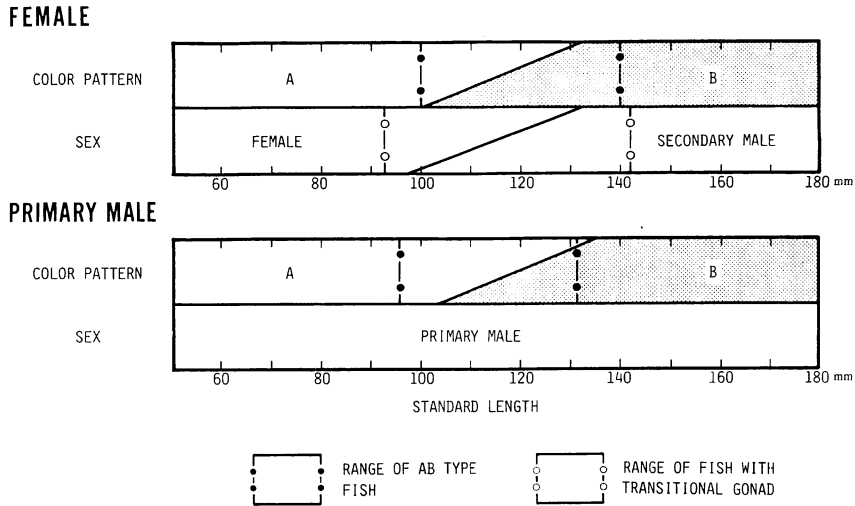


Fig. 11. Relationships between color and sex change in *Halichoeres poecilopterus*.

州沿岸域では漁獲の対象となっていないが、瀬戸内海では重要な漁獲資源であり、漁獲の圧力が大きい。特に大型のキュウセンについては、刺し網によってこれが選択的に多量に漁獲されている事実を考慮する必要がある。このことは多数のB型雄が選択的に間引かれていることを意味しており、結果的に雌の性転換体長の低下をきたし、B型雄の雌に対する支配力が弱くなることにつながる。生息密度の相違に加えて、このような因果関係からB型雄の比率が比較的低いという条件もA型一次雄の出現率をより高くしていることと関連しているように考えられる。

謝 辞

本研究に際し、生殖腺の組織切片の作製と観察について御指導と有益な御助言を賜った九州大学農学部中園明信助教授に深く感謝申し上げます。また、広島大学生物生産学部附属水産実験所佐々田憲講師と神吉勝夫技官には標本採集に際して多大の御援助を受けた。記して御礼申し上げます。

引用文献

- Kinoshita, Y. 1934. On the differentiation on the male colour patterns, and sex ratio in *Halichoeres poecilopterus* (Temminck and Schlegel). J. Sci. Hiroshima Univ., Ser. B., Div. 1, 3(6): 65-76, pls. 1-2.
- 木下好治. 1935a. キューセンの雌雄間に於ける形態的差異二三. 植物及動物, 3(7): 1275-1282.
- Kinoshita, Y. 1935b. Effects of gonadectomies on the secondary sexual characters in *Halichoeres poecilopterus* (Temminck and Schlegel). J. Sci. Hiroshima Univ., Ser. B., Div. 1, 4(1): 1-14, pls. 1-3.
- 木下好治. 1936. キューセンに見出された精巣卵並びに性転換に就て. 植物及動物, 4(6): 1027-1030.
- 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. 1987. 性転換と一次雄の代替戦略. 中園明信・桑村哲生編. 動物その適応戦略と社会9, 魚類の性転換, pp. 174-200. 東海大学出版会, 東京.
- Okada, Y. K. 1962. Sex reversal in the Japanese wrasse, *Halichoeres poecilopterus*. Proc. Japan Acad., 38(8): 508-513.
- Okada, Y. K. 1964a. A further note on sex reversal in the wrasse, *Halichoeres poecilopterus*. Proc. Japan Acad., 40(7): 533-535.
- Okada, Y. K. 1964b. Effects of androgen and estrogen on sex reversal in the wrasse, *Halichoeres poecilopterus*. Proc. Japan Acad., 40(7): 541-544.
- 余吾 豊. 1987. 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. 動物その適応戦略と社会9, 魚類の性転換, pp. 1-47. 東海大学出版会, 東京.

(Received June 25, 1990; accepted October 16, 1990)