

瀬戸内海備讃瀬戸におけるキュウセンの資源特性

山本昌幸

Fishery biology of labroid fish *Parajulis poecileptera* in Bisan-Seto, central Seto Inland Sea.

Masayuki YAMAMOTO

To reveal fishery biology of labroid fish *Parajulis poecileptera* in the central Seto Inland Sea, we examined age, growth, spawning period, coloration change and total mortality coefficient of the fish caught from May to October in 2000 and 2001. Using scale reading method, the maximum ages were 8 years old. The von Bertalanffy growth equation was estimated to be as follows: $SL_t = 208\{1 - \exp[-0.17(t-0.46)]\} + 42.3$, where SL_t = standard length (mm) at age t , t = age (year). The gonadosomatic index was high from June to August and low in other months, suggesting that the spawning period ranged from June to August. Fish with initial color were smaller than 197 mm and consisted of primary males (6.7%) and females (93.3%). Fish with terminal color were larger than 125 mm and consisted of primary males (11.6%) and secondary males (88.4%). The total mortality coefficient was estimated to be 0.76.

キーワード：キュウセン，成長，体色変化，性転換，瀬戸内海

キュウセン *Parajulis poecileptera* は南北海道から九州の沿岸域の砂礫域に生息し¹⁾，体長23 cm程度に成長するベラ科魚類である²⁾。本種は瀬戸内海で重要な資源として扱われ，資源の増大のため移植放流が行われている^{2,3)}。本種は性転換し，また，色彩が変化することから，これらに関して研究が行われ，体色変化サイズや一次雄の割合に海域差があることが明らかとなった^{4,6)}。さらに本種の成長については瀬戸内海の広島県沿岸⁷⁾と三重県英虞湾⁸⁾で調べられた。しかしながら，キュウセンを重要種とし，毎年，約60万尾の稚魚を放流し，約40トンの漁獲をしている香川県³⁾における本種の成長や体色変化などの資源生態に関する研究は行われていない。そこで，本研究では，資源管理措置検討の一助のため，本種の資源生態を調べた。

材料と方法

検体の採集と処理

検体には香川県沿岸の備讃瀬戸海域（中讃海域）に

おいて (Fig. 1)，2000年5月～10月および2001年6月～8月に小型機船底びき網または延なわで漁獲されたキュウセン計395尾を用いた (Table 1)。検体は，氷蔵して実験室に持ち帰り，各個体の体色を既報^{5,6)}に基づき，「赤ベラ (A型，始相)」と「青ベラ (B型，終相)」に分類した。体色を記録した後，全長 (TL; 1 mm単位)，体長 (SL; 1 mm単位)，体重 (BW; 0.01 g単位) を測定し，Kimuraらの研究⁸⁾において年齢形質とした左胸鰭後方に位置する鱗を6～10枚を抜き出し，洗浄まで水道水の中に保存した。その後，検体を開腹し，生殖腺重量 (GW; 0.01 g単位) を測定し，肉眼による形態観察で性を判別した。性は，生殖腺が未発達の場合は不明としたが，生殖腺が発達しているものについては，小林・鈴木⁸⁾に基づき，一次精巢，二次精巢，卵巣に分類した。

鱗を5% KOH水溶液で洗浄した後，2枚のスライドガラスで挟み込んだ。年齢査定のため，鱗の標本を実体顕微鏡下で観察し，焦点が明瞭な鱗の中で鱗径が最

も大きな鱗の年輪（成長線が細く、その間隔が密な部分、冬期の成長停滞時に形成^{7,8)}）を計数した。年齢査定信頼度を評価するため、年輪の計数を2回行った。

データ分析

成熟を調べるため、性ごとに生殖腺重量指数 GSI を次式で算出した：

$$GSI = GW / (BW - GW) \times 100.$$

鱗による年齢査定の信頼度を評価するため、Index average percent error (IAPE)⁹⁾を算出した。この値が5以下であると信頼度が高いとされる¹⁰⁾。

鱗の年輪から満年齢は次のように求めた。GSIの季節変動から6月～8月が産卵期であることに基づき（後述）、7月1日を年齢基準日とした。年輪は産卵後約半

年後に形成され、その後は1年間隔で形成される^{7,8)}。よって、5月～6月の検体については、年輪数から1引いたものが満年齢となり、7月～10月の検体は年輪数が満年齢となる。ただし、成長式を推定する際には満年齢ではなく、月齢を考慮した年齢（小数点2位まで算出）を用いた。体長と年齢のデータに基づき、MS-Excelのソルバーによる非線形最少二乗法によって Von Bertalanffy の成長曲線を求めた。成長式を推定する際、当歳魚のデータがないと Von Bertalanffy の成長曲線の t_0 が大きくなるため、本研究では Biological Intercept 法¹¹⁾を採用した。Biological Intercept には広島沿岸で12月に採集されたキュウセン当歳魚⁷⁾の値 ($t = 0.46$; $TL = 42.3$) を使用した。

全死亡係数 Z と自然死亡係数 M はそれぞれ対数回帰法と田内・田中の方法¹²⁾を用いて算出した。

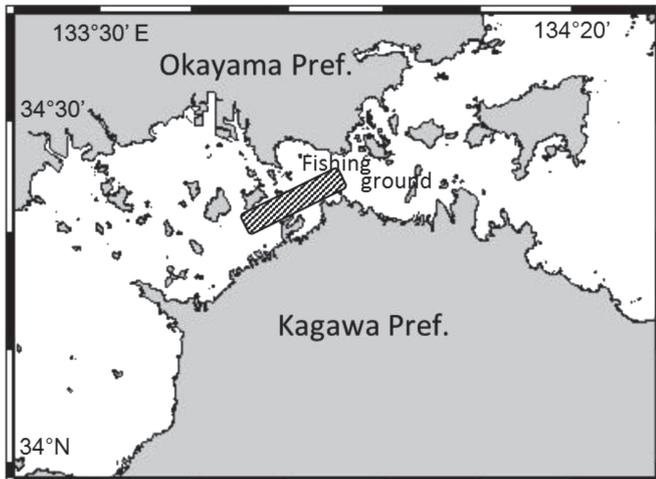


Fig. 1 Map showing sampling area.

Table 1 Collection record of labrid fish *Parajulis poecileptera*

Date	Fishing method	No. of ind.
2000/5/26	Trawl	29
2000/6/20	Trawl	9
2000/7/14	Long-line	143
2000/8/22-23	Long-line	18
2000/8/29	Trawl	11
2000/9/4	Long-line	27
2000/9/8	Trawl	13
2000/10/5	Long-line	37
2000/10/31	Long-line	17
2001/6/7	Long-line	31
2001/6/25	Long-line	21
2001/7/22	Long-line	18
2001/8/2	Long-line	21
		395

結果および考察

キュウセンの検体の体長範囲は99～215 mm（全長範囲：121～259 mm）で、145 mm が最頻値であった（Fig. 2）。

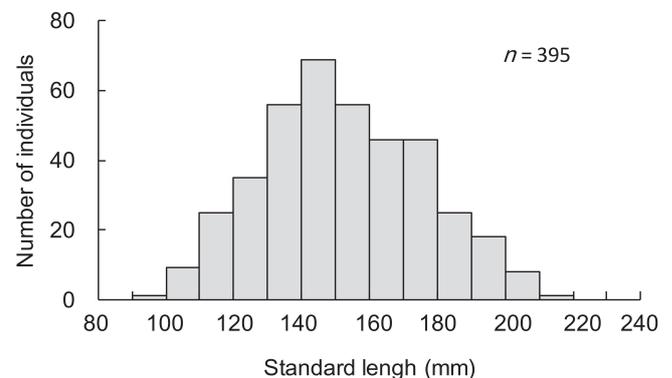


Fig. 2 Size distribution of labroid fish *Parajulis poecileptera* examined.

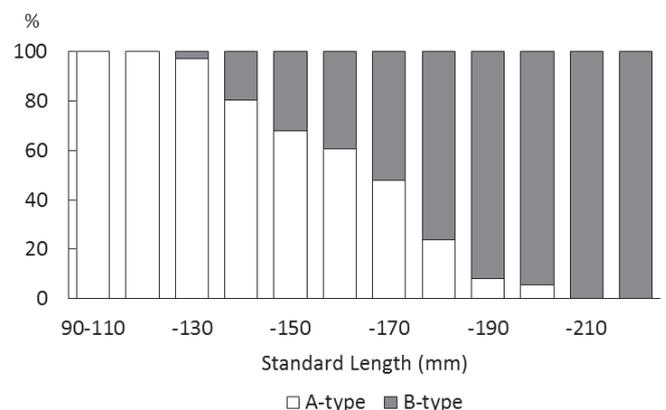


Fig. 3 Color type composition of labroid fish in each size class.

赤ベラ (A型: 231尾) は体長197 mm以下で, 青ベラ (B型: 164尾) は125 mm以上で出現した (Fig. 3)。体長121~200 mmの範囲では体長が大きくなるほど赤ベラの割合が減少し, 青ベラの割合が増加した。検体全体の性の割合をみると (性不明個体を除く337尾), 雌が57.6%, 一次雄が8.6%, 二次雄が33.8%であった。二次雄の最少体長は125 mmであった。体色ごとの性の割合をみたところ (Fig. 4), 赤ベラ (性不明個体を除く208尾) の雌と一次雄の割合はそれぞれ93.3%と6.7%であり, 二次雄は観察されなかった。青ベラ (129尾) の一次雄と二次雄の割合はそれぞれ11.6%と88.4%であり, 雌は観察されなかった。

雌のGSIの平均は5月には1程度であったが, 6月~8月には3.5程度と高くなり, 9月には2程度に減少した (Fig. 5)。一次雄のGSIの平均は5月に1程度であったが, 6月に2.63となり, 7月以降減少した。二次雄のGSIは雌や一次雄に比べて大きくなかったが, 5月と9月の平均値は0.35程度, 6月~8月の平均値は0.50程度と雌や一次雄と同じような季節変動であった。これらのGSIの季節変動から6月~8月が産卵期である

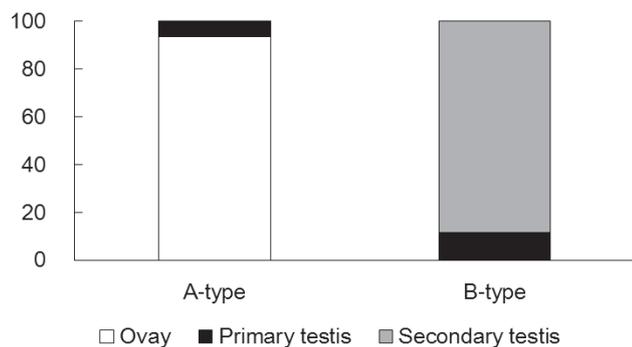


Fig. 4 Sex composition of labroid fish for each color type

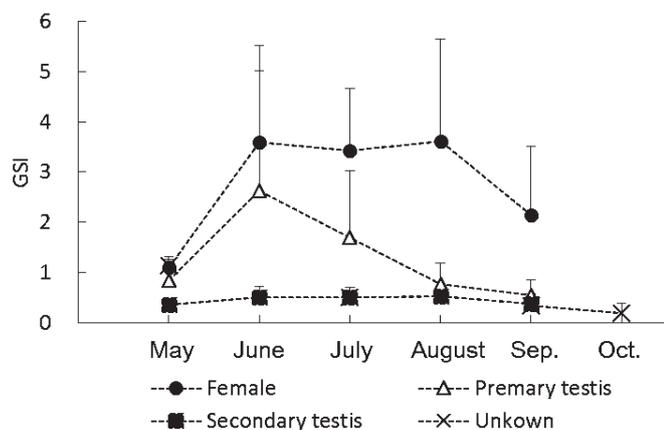


Fig. 5 Seasonal changes in gonadosomatic index (GSI) of each sex for labroid fish.

ことが示唆された。そして, この結果は広島県沿岸⁷⁾, 駿河湾沿岸⁶⁾, 飼育実験¹³⁾の結果とほぼ一致した。

IAPEは2.26%となり, 年齢査定の高信頼度が高いことが示された。2回の年輪計数において同値であった319尾の体長と年齢のデータに基づいて推定された成長式は次式のようにになった (Fig. 6)。

$SL_t = 208\{1 - \exp[-0.17(t - 0.46)]\} + 42.3$.
8歳までの満年齢の体長をみると, 1歳が61 mm, 2歳が91 mm, 3歳が117 mm, 4歳が138 mm, 5歳が156 mm, 6歳が171 mm, 7歳が183 mm, 8歳が194 mmとなった。

Age-length keyをTable 2に示す。
体長と体重および体長と全長の関係はそれぞれ次式のようにになった。

$$BW = 1.30 \times 10^{-5} SL^{3.09} (r^2 = 0.97),$$

$$SL = 1.17 TL + 4.19 (r^2 = 0.99).$$

5~8歳までの個体数減少の傾きから全死亡係数Zは0.76と推定された。また, 自然死亡係数Mは検体の最高年齢が8歳であったことから, 0.31と推定された。これらの値から漁獲死亡係数F (= Z - M)は0.45と推定された。対象生物の再生産機構がよく分かっていない資源に関する資源管理の一つの基準として, 漁獲死亡係数Fが自然死亡係数Mより大きくならないことがある¹¹⁾。これに照らし合わせると, 本海域の漁獲率は高いようである。

本研究の対象海域の備讃瀬戸における成長式の極限体長は250 mmとなり, 広島県沿岸 (235 mm)⁷⁾と英虞湾 (211 mm)⁸⁾の値より高い値となった。満年齢時の体長は5歳までは広島県沿岸⁷⁾と英虞湾⁸⁾の成長式で算出される体長の中間値をとり, 6歳以降は備讃瀬戸の体長が大きくなった。体長が150 mmを超えるまでは成長速度は海域で大きく異なることはないようであるが, それ以降は備讃瀬戸で大きくなるようである。これは, 本研究の検体は最大体長が215 mmで最大年齢が8歳

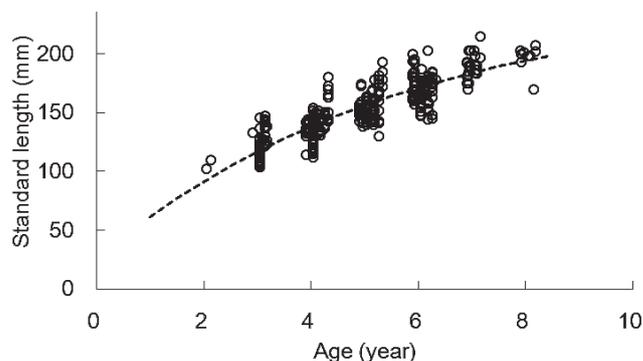


Fig. 6 Von Bertalanffy growth equation fitted age-length relationships in labroid fish.

であるのに対して、広島県沿岸では約180 mm, 6歳⁷⁾, 英虞湾では203 mm, 7歳⁸⁾と、備讃瀬戸では既報^{7,8)}より大型で高年齢魚が検体として使用されていたことが影響しているのかもしれない。

本種の一次雄の割合は各地で調べられており、九州沿岸⁴⁾では11.8%, 広島県沿岸⁵⁾では44.2%, 駿河湾沿岸⁶⁾では34%であり、本研究の8.6%より高い値であった。また、体色と体長の関係も各地で調べられており、九州沿岸⁴⁾では赤ベラは152 mm 以下、青ベラは127 mm 以上、広島沿岸⁵⁾では赤ベラは142 mm 以下、青ベラは93 mm 以上、駿河湾沿岸⁶⁾では赤ベラは150 mm 以下、青ベラは104 mm 以上で出現していた。本研究では、赤ベラは197 mm 以下、青ベラは125 mm 以上で出現した。言い換えると、備讃瀬戸では他の海域より一次雄が少なく、大きくならないと青ベラにならず、大きな赤ベラがいることとなる。福井ら⁵⁾によると、広島県沿岸で一次雄が多く、青ベラの出現サイズが小さい原因として、生息密度が高く、大型魚の漁獲圧が高いことを挙げている。しかしながら、本研究海域もキュウセンの漁業が盛んにおこなわれ、漁獲圧も比較的高いにもかかわらず、広島県沿岸の結果⁵⁾とは対照的に一次雄が少なく、青ベラの出現サイズが大きかった。これらのことから、一次雄の割合や性転換サイズには生息密度や漁獲圧以外の要因があるのかもしれない。性転換サイズには、雌雄やサイズによる生残率や繁殖成功率¹⁴⁾も関係がある、これらに関する情報も蓄積し、本種の性転換の議論を深めていかなければならない。

謝 辞

本研究に関してサンプル採集や助言を頂いた山賀賢一氏、藤原宗弘博士（現 水産課）に深謝する。本研究は「平成12年度および13年度の水産基盤整備課題調査（中讃地区）」の一環として実施された。

文 献

- 1) 中坊徹次編：2013, 日本産魚類検索 全種の同定 第3版. 東海大学出版会, 秦野市, 2428p.
- 2) 瀬戸内海水産開発協議会：1997, 瀬戸内海のさかな. 今田印刷, 大竹市, 97p.
- 3) 香川県農政水産部水産課・水産試験場：2015, 香川県の栽培漁業の現状と今後（レポート）. 43p.
- 4) 中園明信：1979, 日本産ベラ科魚類の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.
- 5) 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, 395-401.
- 6) 小林弘治・鈴木克美：1994, 駿河湾におけるキュウセン *Halichoeres poecilopterus* の雌雄性と繁殖. 東海大紀要海洋学部, 38, 233-256.
- 7) Hashimoto, H., Gushima, K., Kakuda, S.: 1991, On the age and growth of the labroid fish

Table 2 Age-length key of labroid fish *Parajulis poecileptera*

SL (mm)	No. of inds.	Age						
		2	3	4	5	6	7	8
101-110	8	25.0	75.0					
-120	18		55.6	44.4				
-130	26		53.8	42.3	3.8			
-140	52		13.5	80.8	5.8			
-150	57		8.8	47.4	35.1	8.8		
-160	43			7.0	67.4	25.6		
-170	37			10.8	32.4	51.4	2.7	2.7
-180	36			5.6	19.4	69.4	5.6	
-190	19				10.5	36.8	52.6	
-200	14				7.1	35.7	28.6	28.6
-210	8					12.5	37.5	50.0
-220	1						100	
Total	319	2	42	97	75	73	21	9

- Halichoeres poecilopterus* from the Seto Naikai, Japan. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **57**, 1457-1462.
- 8) Kimura, S., Nakayama, Y., Mori, K. : 1992, Age and growth of the labroid fish *Halicjoeres poecilopterus* in Ago Bay, central Japan. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **58**, 811-817.
- 9) Beamish, R.J., Fournier, D.A. : 1981, A method for comparing the precision of a set of age determinations. *Can. J. Fish. Aqua. Sci.*, **38**, 982-983.
- 10) Palla, H.P., Gonzales B.J., Sotto F.B., Ilano A.S., Tachihara K. : 2016, Age, growth and mortality of brown stripe snapper *Lutjanus vitta* (Quoy and Gaimard 1824) from west sulu Sea, Philippines. *Asian Fish. Sci.*, **29**, 28-42.
- 11) Katayama, S., Yamamoto, M. : 2012, Age, growth and stock status of rubust tongue *Cynoglossus rubustus* Günther, 1873 in Japan determined by a new observation technique. *Asian Fish. Sci.*, **25**, 206-217.
- 12) 日本水産資源保護協会 : 2015, 平成12年度資源評価体制確立推進事業報告書, 資源解析手法教科書. 325p.
- 13) 木村清志・桐山隆哉 : 1992, キュウセンの水槽内自然産卵. 水産増殖, **40**, 81-85.
- 14) 桑村哲生 : 1996, 魚類の繁殖戦略入門. 魚類の繁殖戦略 (桑村哲生・中嶋康裕編) 海游舎, 東京, 1-41.

要 旨

瀬戸内海の香川県備讃瀬戸海域で2000年と2001年の5月～10月に漁獲されたキュウセン *Parajulis poecileptera* の資源特性値を調べた。鱗を年齢形質として年齢査定を行ったところ、最高漁獲年齢は8歳であった。標準体長 (SL, mm) と年齢 (t) の関係に基づき、成長式を推定したところ次式が得られた。

$$SLt = 208\{1 - \exp[-0.17(t - 0.46)]\} + 42.3.$$

生殖腺重量指数は6月～8月に高く、他の月では低かったことから、産卵期は6月～8月であることが示された。赤ベラは197 mm 以下であり、性は一次雄 (6.7%) と雌 (93.3%) で構成されていた。青ベラは125 mm 以上から出現し、一次雄 (11.6%) と二次雄 (88.4%) で構成されていた。全死亡係数は0.76と推定された。