

福岡県筑前海におけるシロサバフグの 成熟および年齢と成長

中岡 歩¹・杉野 浩二郎¹・宮内 正幸²

(¹研究部・²豊前海研究所)

福岡県筑前海におけるシロサバフグ *Lagocephalus spadiceus* (Richardson, 1845) の生物情報を得るため、成熟および年齢と成長に関する調査、解析を行った。生殖腺指数の月別推移より、産卵期は5～8月、その盛期は6、7月頃と推定された。脊椎骨第7椎体の輪紋を調べた結果、標示(透明帯から不透明帯への移行部)は年1回5月頃に形成されると推測され、年齢査定に有効と判断された。椎体標示から標本魚の年齢査定を行い、雌雄別に成長式を求めたところ、1歳で全長雄212mm、雌205mm、2歳で雄255mm、雌258mm、3歳で雄269mm、雌289mm、4歳で雄274mm、雌308mm、5歳で雄276mm、雌318mm、6歳で雄276mm、雌325mmと推定された。なお、本研究で得られた標本魚の最高齢は雄で5.4歳、雌で5.8歳であった。

キーワード：シロサバフグ、成熟、年齢、成長、生殖腺指数、脊椎骨椎体、成長式、Age-length-key

シロサバフグは、北海道以南、鹿児島県以北の日本沿岸、東シナ海、中国沿岸に分布し、¹⁾本県ではふぐかご、二そうごち網、ふぐはえ縄、小型底びき網、定置網など様々な漁業により漁獲されている。本県においてフグ類の漁獲量は常に全国の上位に位置し、本種はその多くを占める重要魚種であるが、漁獲変動は大きいことから、安定した漁獲を維持するためにも資源特性を明らかにし、資源管理を行うことが必要である。

しかし、本種に関する知見としては、これまでサバフグ類の卵の孵化に関する報告¹⁾のほか若干程度で、当海域においても生物情報が不足している。

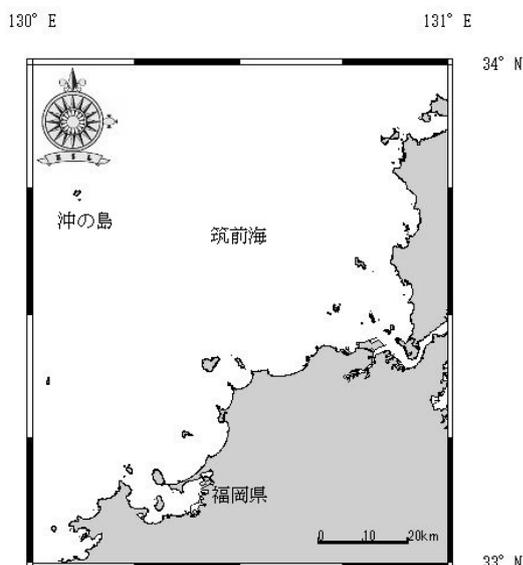


図1 筑前海海域図

そこで本研究では、本県筑前海で漁獲される本種の成熟状況を把握するとともに、脊椎骨椎体の輪紋を用いた年齢査定により年齢と成長を求め、さらに全長組成を年齢別漁獲尾数に変換するための Age-length-key (年齢-全長相関表) の作成を行った。

方 法

標本魚の採集は、図1の筑前海を対象海域とし、2011年9月から2014年10月にかけて行った。当海域では年間をとおしてシロサバフグを漁獲する漁業がないため、まき網、二そうごち網、はえ縄、イカ釣、ふぐかご、小型底びき網および定置網によって漁獲された2,353個体を標本魚として用いた。標本魚の漁獲月、漁獲漁業種類、標本数は表1に示したとおりである。

全標本魚については全長 (mm)、体重 (g)、内蔵を除いた体重 (g) および生殖腺重量 (g) を測定し、また、これらの測定値を用いて生殖腺指数 (GSI, GSI-bw) を以下のとおり求めた。

$$GSI = (\text{生殖腺重量 } g / \text{体重 } g) \times 100$$

$$GSI\text{-}bw = (\text{生殖腺重量 } g / \text{除内蔵体重 } g) \times 100$$

測定で得られた2,353個体のデータを用いて、雌雄別の全長と体重との関係を求めた。一般に全長 (X) と体重 (Y) との関係はアロメトリー (相対成長) 式 $Y=aX^b$

(a, b は定数) で示されることから、ソルバーを用いた非線形最小二乗法により係数 a, b を推定した。

標本魚のうち509個体については、上田ら²⁾、小谷ら³⁾および松井ら⁴⁾の方法をもとに脊椎骨椎体に刻まれる輪紋を利用し、年齢査定を行った。なお、査定に用いた椎体は輪紋を読み取りやすいように、最も大きな第7椎体とした。まず、標本魚の肉質部を取り除き、脊椎骨を約70℃の湯で煮沸した後、残った肉質部をブラシで除去した。次に脊椎骨を75%アルコールに4週間以上浸漬して脱水し、その後アルコールから取り出して常温で乾燥させ、第7椎体を抽出した。さらに第7椎体を縦断・研磨して中心軸を露出させ、スライドガラスに接着して標本を作成した。

椎体の中心軸を通る縦断面の前後半円錐部には、幅が狭い透明帯と、幅が広い不透明帯の2種類の輪紋が交互に形成されているため、透明帯から不透明帯への移行部を標示として、測定を行った。測定部位は、図2に示すように中心から外縁までの長さを椎体長 (R)、中心から各標示までの距離を標示長 (r_n : n は中心からの標示数) とし、mm 単位で小数点第三位まで記録した。なお、脊椎骨の縦断・研磨作業から椎体長、標示長の測定はマリノリサーチ (株) に委託した。さらに、標示の形成時期を明らかにし、年齢査定を行うため、椎体の縁辺成長率 (MI: Marginal Index) を以下の式により求めた。なお、ある椎体の標示が4本ある場合、 r_{max} は r_4 となり椎体の中心から第4標示までの長さを表す。したがって MI は最外標示以降の輪紋の成長度合を表すこととなる。

$$MI = (R - r_{max}) / (r_{max} - r_{max-1})$$

MI: 椎体の縁辺成長率

R : 椎体長 (mm) ※結果のグラフ、式は mm

r_{max} : 最外標示の標示長 (mm)

本種の年齢と成長との関係は、年齢査定を行った509個体のデータを用い、トラフグ^{2,3)} やショウウサイフグ⁴⁾ で当てはまりが良かった von Bertalanffy の成長式により求めた。

$$Lt = L_{max}(1 - e^{-K(t-t_0)})$$

Lt : 年齢 t 歳の推定全長 (mm)

L_{max} : 最大到達全長 (mm)

K : 成長係数

t : 年齢

t_0 : $Lt = 0$ となる時の年齢

なお、 L_{max}, K, t_0 の3つのパラメータは五利江⁵⁾の方法に従い、MS-Excel のソルバーを用いて、非線形最小二乗法により求めた。

さらに年齢査定を行った個体の全長データを用い、全長10mm 刻みで Age-length-key の作成を行った。

表1 月別漁業種類別標本数

| 年月 | まき網 | 二そごち網 | はえ縄 | イカ釣 | ふぐかご | 小型底びき網 | 定置網 | 総計 |
|-------|-----|-------|-----|-----|------|--------|-----|-------|
| 2011年 | | | | | | | | |
| 9月 | | | | | | 61 | | 61 |
| 10月 | | | | | | | 200 | 200 |
| 11月 | | | | | | 20 | 43 | 63 |
| 12月 | | 104 | | | | | | 104 |
| 2012年 | | | | | | | | |
| 1月 | | | 46 | | | | | 46 |
| 2月 | | | 78 | | | | | 78 |
| 3月 | | | 13 | | | | | 13 |
| 6月 | 16 | | | | | | | 16 |
| 7月 | | 26 | | | | 10 | 19 | 55 |
| 8月 | | 57 | | 6 | 99 | | | 162 |
| 9月 | | | | | 104 | 224 | | 328 |
| 10月 | | 52 | | | | 112 | | 164 |
| 11月 | | 44 | | | 53 | | | 97 |
| 12月 | | 39 | | | | | | 39 |
| 2013年 | | | | | | | | |
| 1月 | | | 86 | | | | | 86 |
| 3月 | | | 15 | | | | | 15 |
| 4月 | | | 13 | | | | | 13 |
| 5月 | | 6 | | | | | | 6 |
| 6月 | 23 | | | | | | | 23 |
| 7月 | | 25 | | | | | | 25 |
| 8月 | | 73 | | | 31 | | | 104 |
| 9月 | | | | | 26 | 243 | | 269 |
| 10月 | | | | | 48 | 34 | | 82 |
| 11月 | | | | | 69 | 44 | | 113 |
| 12月 | | | | | 57 | | | 57 |
| 2014年 | | | | | | | | |
| 1月 | | | 29 | | | | | 29 |
| 2月 | | | 15 | | | | | 15 |
| 5月 | 12 | | 6 | | | | | 18 |
| 6月 | | | 2 | | | | | 2 |
| 7月 | | | 29 | | | | | 29 |
| 8月 | | | | | 22 | 10 | | 32 |
| 10月 | | | | | | 9 | | 9 |
| 総計 | 51 | 426 | 332 | 6 | 590 | 929 | 19 | 2,353 |

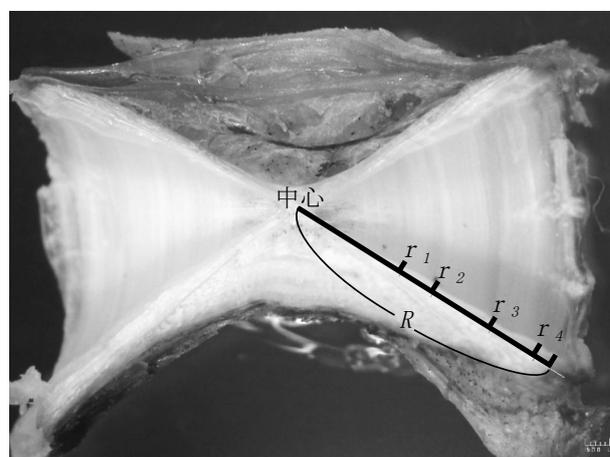


図2 脊椎骨第7椎体断面図と測定部位

($n=942$, $r^2=0.933$, $p < 0.01$)

結 果

1. 成熟

雌雄別 GSI 平均値の月別推移を図 3 に示した。なお、エラーバーは標準偏差を示す。これによると、雌雄の GSI 平均値はいずれの年も 1～3 月に 1% 未満で推移したが、4 月から徐々に上昇し、6 月と 7 月に高まる傾向を示した。その後、値は 8 月に急落し、9～12 月は再び 1% 未満となった。なお、雌の GSI 平均値は、上昇が始まる 4 月から、降下する 8 月まで、年によるばらつきが大きい傾向がみられた。以上のことから、当海域におけるシロサバフグの産卵期は 5～8 月、産卵盛期は 6、7 月であると推定された。

標本魚のうち、解剖して取り出した卵巣から卵が流出し、産卵間近と推測される雌 2 個体を確認したので、その標本の全長、体重及び生殖腺指数 (GSI, GSI-bw) を表 2 に示した。2013 年 6 月 12 日の標本の GSI は調査期間で最大であった。

2. 年齢・成長

(1) 全長と体重の関係

測定で得られた全長と体重のデータをもとに、雌雄別の全長と体重との関係を図 4 に示した。全長と体重との関係には雌雄ともに有意な正の相関があり、次の関係式が得られた。

$$\text{雄} : Y = 1.807 \times 10^{-4} X^{2.576}$$

($n=1,110$, $r^2=0.912$, $p < 0.01$)

$$\text{雌} : Y = 1.486 \times 10^{-4} X^{2.619}$$

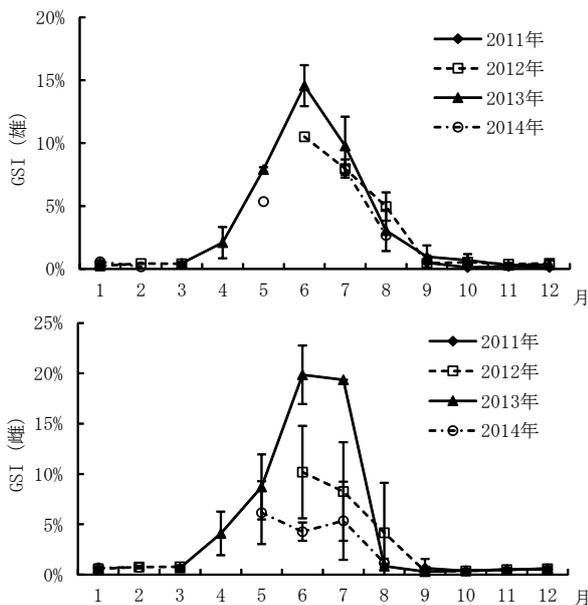


図 3 GSI の月別推移 (上段: 雄, 下段: 雌)

Y : 体重 (g), X : 全長 (mm)

なお、 F 検定では雌雄で有意な差は認められなかった ($F=0.91$, $p > 0.01$), さらに雌雄および性別不明個体込みで全長と体重との関係式を求め、以下に示した。両者には有意な正の相関が認められた。

$$\text{雌雄と性別不明} : Y = 1.473 \times 10^{-4} X^{2.617}$$

($n=2,353$, $r^2=0.921$, $p < 0.01$)

(2) 全長と椎体長の関係

第 7 椎体を測定した結果、椎体長については、全標本 509 個で計測できたため、これをもとに雌雄別の全長と椎体長との関係を図 5 に示した。全長と椎体長との関係には雌雄とも有意な正の相関があり、次の直線回帰式が得られた。なお、標本には性別不明個体はなかった。

$$\text{雄} : R = 0.0193X - 0.4062$$

($n=314$, $r^2=0.734$, $p < 0.01$)

$$\text{雌} : R = 0.0225X - 1.4151$$

($n=195$, $r^2=0.785$, $p < 0.01$)

R : 椎体長 (mm), X : 全長 (mm)

F 検定では、雌雄で有意な差は認められなかった ($F=1.01$, $p > 0.01$), さらに雌雄を合わせた全長と椎体長との関係式を求め、以下に示した。両者には有意な正の相関が認められた。

$$\text{雌雄} : R = 0.0201X - 0.7517$$

($n=509$, $r^2=0.774$, $p < 0.01$)

これらのことから、第 7 椎体の成長と魚体の成長は高い相関を有することが示唆された。

表 2 成熟卵をもった雌の全長、体重及び生殖腺指数

| 日付 | 全長(mm) | 体重(g) | GSI | GSI-bw |
|-----------|--------|-------|-------|--------|
| 2012/7/20 | 287 | 473 | 17.5% | 24.2% |
| 2013/6/12 | 264 | 376 | 24.2% | 36.4% |

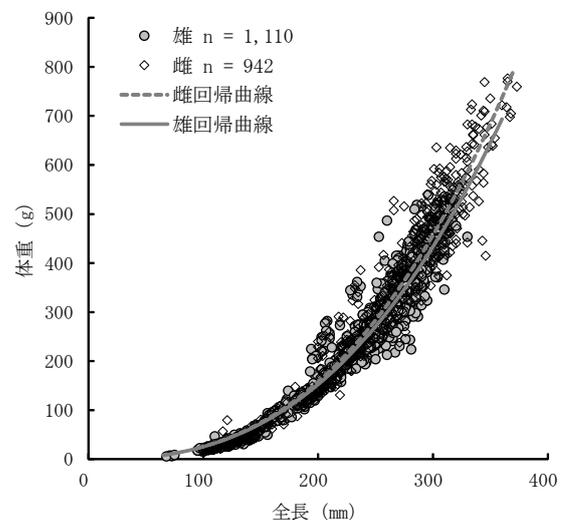


図 4 雌雄別全長と体重との関係

(3) 椎体長と標示長の関係

第7椎体の標示長を測定した結果、標示が認められなかったものは12個体、標示数が1本のは50個体、2本は200個体、3本は173個体、4本は61個体、5本は12個体、6本は1個体であった。そのうち標示数1～5本のそれぞれの椎体について、標示形成の相似性を確認するため、椎体長と標示長との関係を図6に示した。椎体長と標示長との間には正の相関があり、標示数と同数の回帰直線が得られた。各標示ごとにその標示長と椎体長との関係をみると、 r_1 を除いて高い正の相関があり、標示の形成に相似性があることが確認された。

(4) 椎体における標示形成時期の推定

椎体の標本数は、前述のとおり標本数ごとに異なり、また、採集月に偏りもあった。そのため、ここでは標本数が多く、かつ、おおむね年間をとおして採集できた標示数2本及び3本のデータを用いることとし、図7にこれらのMI平均値の月別推移を示した。なお、エラーバーは標準偏差を示す。標示数2本のMI平均値は、2013年1～4月では62～66%で推移し、5月に39%に急落したが、再び6月から徐々に上昇し、7～12月まで約60%で推移した。2014年のデータは少ないものの、5月頭から5月末にかけて低下がみられた。標示数3本では2013年4月末に期間中で最低の43%となり、2014年5月には最高140%から59%に急落したが、おおむね標示数2本と同じ月別推移を示した。これらのことから、椎体の標

示は年に1回、5月頃に形成されることが示唆された。

なお、今回のサンプルでは標示数が雄で最大5本、雌で6本であった。

(5) 成長

GSIの月別推移から、当海域におけるシロサバフグの産卵期は5～8月、その盛期は6、7月と推定された。また、第7椎体長と全長との間に高い相関があること、その標示の形成に相似性があることから、椎体の標示は年齢形質として有効と考えられ、MIの月別推移からその標示形成期は年1回、5月頃と示唆された。そこで、本種の誕生日を7月1日、椎体の標示形成日を5月1日と仮定して、各個体の採集月および標示の数に応じて標本魚ごとに年齢を割り振った。たとえば、10月に採集された個体で第1標示形成前のものは $3/12=0.25$ 歳、第1

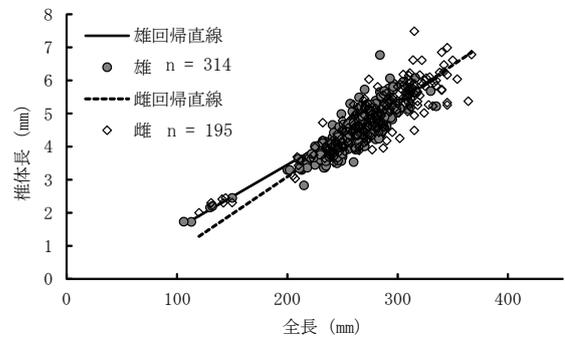


図5 雌雄別全長と椎体長との関係

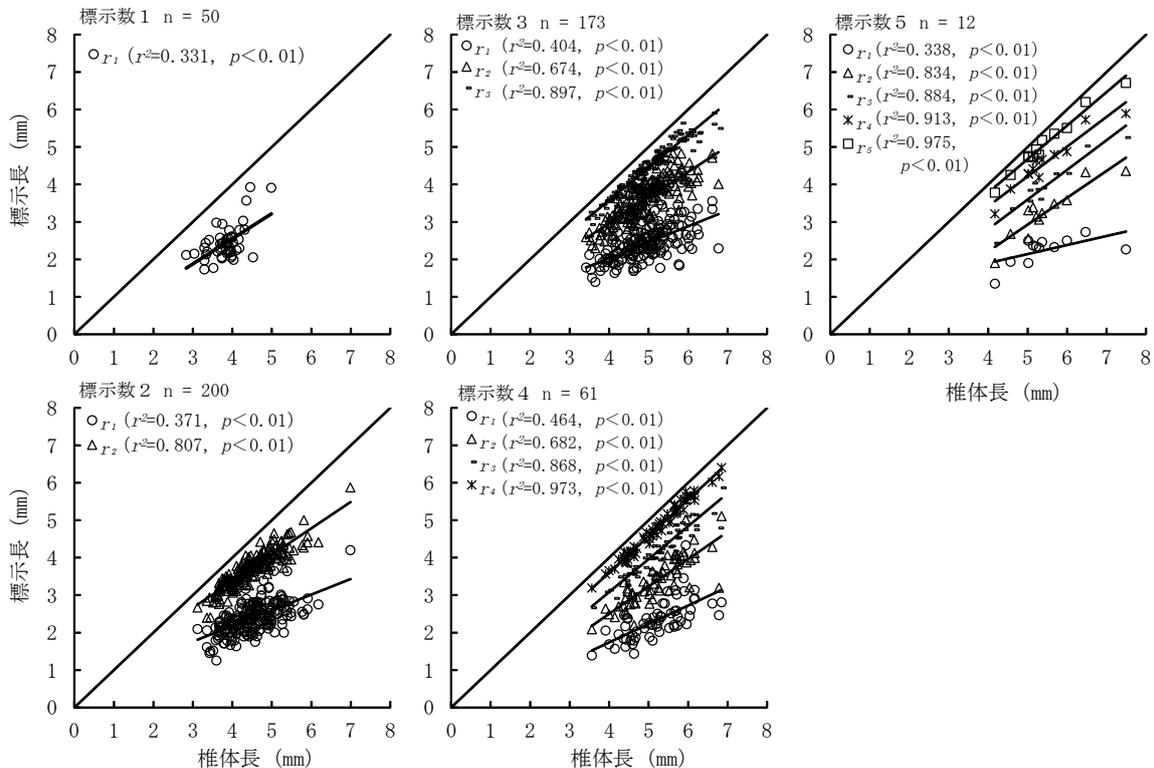


図6 標示数別椎体長と標示長との関係

標示形成後のものは1+(3/12)歳とした。第2標示群以降も同様に年齢を小数第2位までの数字に割り振った。

次に、各個体の年齢と全長データをもとに成長曲線を推定した。その結果、雌雄それぞれの成長式は次式で表された。また、雌雄別の年齢・全長の散布図と成長曲線を図8に示した。

$$\text{雄: } Lt=276.4 (1 - e^{-1.089(t+0.333)})$$

$$(n=314, r^2=0.512, p < 0.01)$$

$$\text{雌: } Lt=333.5 (1 - e^{-0.537(t+0.772)})$$

$$(n=195, r^2=0.670, p < 0.01)$$

F検定を行ったところ、雌雄で成長に有意な差がみられた ($F=1.18, p < 0.05$)。参考までに雌雄をあわせた関係式を以下に記す。

$$\text{雌雄: } Lt=303.9 (1 - e^{-0.682(t+0.664)})$$

$$(n=509, r^2=0.570, p < 0.01)$$

また、この成長式をもとに雌雄別に満年齢1から6歳の全長を求め、さらに(1)で求めた全長-体重関係式に各全長を代入して体重を計算し、表3に示した。

年齢査定を行った509個体について、成長式を求めるために割り振った年齢からさらに満年齢を設定した。たとえば0~0.99歳は0歳、1.00~1.99歳は1歳とし、2歳以降も同様に割り振った。さらに全長10mmごとの年齢組成を集計し、表4に雌雄別のAge-length-keyを作成した。なお、参考のため雌雄をあわせたAge-length-keyを作成し、表5として付した。

雄のAge-length-keyをみると、全長100~159mmでは0歳魚が100%を占めた。次に、全長200~209mmでは1歳魚、210~229mmでは1、2歳魚が出現した。全長

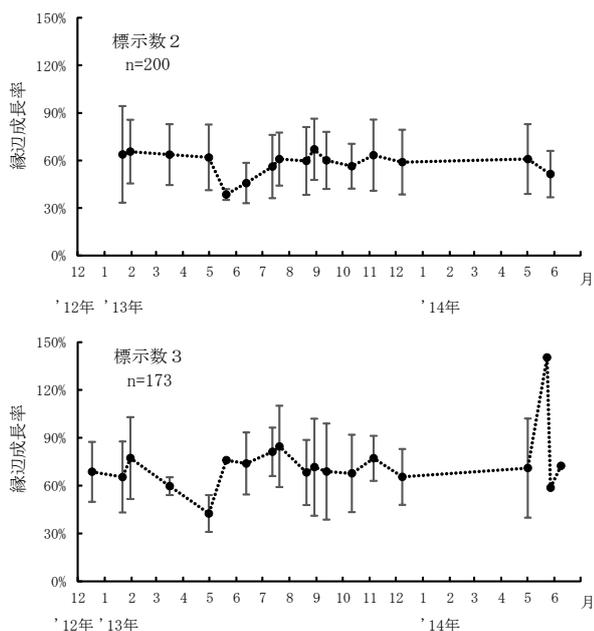


図7 椎体の縁辺成長率頻度分布の月別推移

230~279mmでは1~4歳魚が出現したが、そのうち全長240~279mmでは2歳魚の割合が多かった。全長280~299mmでは2~5歳魚が出現し、3歳魚の割合が高かった。全長300mm以上では標本数が少なく、2~4歳魚が散発的に出現した。

雌のAge-length-keyをみると、雄同様全長159mmまでは0歳魚が占め、200~239mmでは1、2歳魚が出現した。全長240~269mmでは1~3歳魚が出現した。全長270~279mmでは1~4歳魚が出現し、2歳魚の割合が高かった。全長280~319mmでは1~5歳魚が出現し、そのうち280~289mmでは2歳魚が多く、290~319mmでは3歳魚の割合が多かった。全長320mm以上では2~4歳魚が主に出現したが、出現割合が高い年齢は、全長が大きくなるにつれて高齢魚に移行している様子が見られた。雌雄ともに全長160~199mmの標本はなく、年齢の割合は不明であった。

雌雄別の年齢とGSIとの関係を図9に示した。雄は1歳前半でGSIが12%を超える個体が1個体出現しているが、他は3%以下であった。2歳と3歳ではGSIが最高16%、4歳では最高11%となった。雌では1歳前半では2%未満の低い値を示したが、2歳前後で最高24%、3歳前後で最高31%、4歳前後で最高22%、5歳前後で最高23%を示し、2歳以降は高い値の標本が出現した。雌雄ともに0歳魚の標本が少なく、GSI変化の詳細は不明であった。これらの結果より、成熟開始年齢は2歳前後であると推測された。

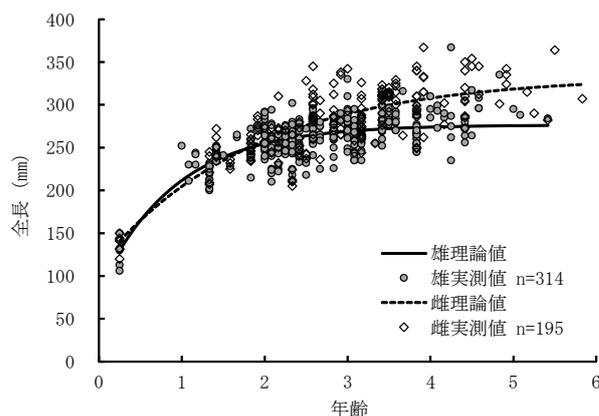


図8 雌雄別年齢と全長の散布図と成長曲線

表3 各年齢における雌雄別の全長と体重

| 年齢 | 雄 | | 雌 | |
|----|--------|-------|--------|-------|
| | 全長(mm) | 体重(g) | 全長(mm) | 体重(g) |
| 1 | 212 | 179 | 205 | 164 |
| 2 | 255 | 291 | 258 | 301 |
| 3 | 269 | 336 | 289 | 407 |
| 4 | 274 | 352 | 308 | 477 |
| 5 | 276 | 358 | 318 | 522 |
| 6 | 276 | 359 | 325 | 549 |

表 4 雌雄別の Age-length-key

| 全長 (mm) | 雄年齢割合 (標本数) | | | | | 標本数総計 | |
|-----------|-------------|------------|-------------|------------|------------|-----------|-------|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | | 5 |
| 100 ~ 109 | 1.000 (1) | | | | | | (1) |
| 110 ~ 119 | 1.000 (1) | | | | | | (1) |
| 120 ~ 129 | | | | | | | |
| 130 ~ 139 | 1.000 (2) | | | | | | (2) |
| 140 ~ 149 | | | | | | | |
| 150 ~ 159 | 1.000 (1) | | | | | | (1) |
| 160 ~ 169 | | | | | | | |
| 170 ~ 179 | | | | | | | |
| 180 ~ 189 | | | | | | | |
| 190 ~ 199 | | | | | | | |
| 200 ~ 209 | | 1.000 (2) | | | | | (2) |
| 210 ~ 219 | | 0.556 (5) | 0.444 (4) | | | | (9) |
| 220 ~ 229 | | 0.250 (3) | 0.750 (9) | | | | (12) |
| 230 ~ 239 | | 0.476 (10) | 0.333 (7) | 0.143 (3) | 0.048 (1) | | (21) |
| 240 ~ 249 | | 0.311 (14) | 0.489 (22) | 0.200 (9) | | | (45) |
| 250 ~ 259 | | 0.098 (4) | 0.585 (24) | 0.293 (12) | 0.024 (1) | | (41) |
| 260 ~ 269 | | 0.037 (2) | 0.556 (30) | 0.333 (18) | 0.074 (4) | | (54) |
| 270 ~ 279 | | 0.043 (2) | 0.457 (21) | 0.391 (18) | 0.109 (5) | | (46) |
| 280 ~ 289 | | | 0.289 (13) | 0.511 (23) | 0.156 (7) | 0.044 (2) | (45) |
| 290 ~ 299 | | | 0.320 (8) | 0.400 (10) | 0.240 (6) | 0.040 (1) | (25) |
| 300 ~ 309 | | | 0.333 (1) | | 0.667 (2) | | (3) |
| 310 ~ 319 | | | | 0.500 (2) | 0.500 (2) | | (4) |
| 320 ~ 329 | | | | | | | |
| 330 ~ 339 | | | | 0.500 (1) | 0.500 (1) | | (2) |
| 340 ~ 349 | | | | | | | |
| 350 ~ 359 | | | | | | | |
| 360 ~ 360 | | | | | | | |
| 計 | 0.016 (5) | 0.134 (42) | 0.443 (139) | 0.306 (96) | 0.092 (29) | 0.010 (3) | (314) |

| 全長 (mm) | 雌年齢割合 (標本数) | | | | | 標本数総計 | |
|-----------|-------------|------------|------------|------------|------------|-----------|-------|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | | 5 |
| 100 ~ 109 | | | | | | | |
| 110 ~ 119 | | | | | | | |
| 120 ~ 129 | 1.000 (1) | | | | | | (1) |
| 130 ~ 139 | 1.000 (2) | | | | | | (2) |
| 140 ~ 149 | 1.000 (3) | | | | | | (3) |
| 150 ~ 159 | 1.000 (1) | | | | | | (1) |
| 160 ~ 169 | | | | | | | |
| 170 ~ 179 | | | | | | | |
| 180 ~ 189 | | | | | | | |
| 190 ~ 199 | | | | | | | |
| 200 ~ 209 | | 0.667 (2) | 0.333 (1) | | | | (3) |
| 210 ~ 219 | | | 1.000 (2) | | | | (2) |
| 220 ~ 229 | | 0.667 (2) | 0.333 (1) | | | | (3) |
| 230 ~ 239 | | 0.625 (5) | 0.375 (3) | | | | (8) |
| 240 ~ 249 | | 0.400 (6) | 0.400 (6) | 0.200 (3) | | | (15) |
| 250 ~ 259 | | 0.417 (5) | 0.333 (4) | 0.250 (3) | | | (12) |
| 260 ~ 269 | | 0.211 (4) | 0.421 (8) | 0.368 (7) | | | (19) |
| 270 ~ 279 | | 0.192 (5) | 0.500 (13) | 0.231 (6) | 0.077 (2) | | (26) |
| 280 ~ 289 | | 0.095 (2) | 0.429 (9) | 0.333 (7) | 0.095 (2) | 0.048 (1) | (21) |
| 290 ~ 299 | | | 0.200 (2) | 0.700 (7) | | 0.100 (1) | (10) |
| 300 ~ 309 | | | 0.267 (4) | 0.467 (7) | 0.200 (3) | 0.067 (1) | (15) |
| 310 ~ 319 | | | 0.154 (4) | 0.731 (19) | 0.077 (2) | 0.038 (1) | (26) |
| 320 ~ 329 | | | 0.200 (2) | 0.600 (6) | 0.200 (2) | | (10) |
| 330 ~ 339 | | | 0.400 (2) | 0.400 (2) | 0.200 (1) | | (5) |
| 340 ~ 349 | | | 0.111 (1) | 0.444 (4) | 0.444 (4) | | (9) |
| 350 ~ 359 | | | | | 1.000 (2) | | (2) |
| 360 ~ 360 | | | | 0.500 (1) | | 0.500 (1) | (2) |
| 計 | 0.036 (7) | 0.159 (31) | 0.318 (62) | 0.369 (72) | 0.092 (18) | 0.026 (5) | (195) |

表5 雌雄を合わせた Age-length-key

| 全長 (mm) | 雌雄年齢割合 (標本数) | | | | | 標本数総計 | |
|-----------|--------------|------------|-------------|-------------|------------|-----------|-------|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | | |
| 100 ~ 109 | 1.000 (1) | | | | | (1) | |
| 110 ~ 119 | 1.000 (1) | | | | | (1) | |
| 120 ~ 129 | 1.000 (1) | | | | | (1) | |
| 130 ~ 139 | 1.000 (4) | | | | | (4) | |
| 140 ~ 149 | 1.000 (3) | | | | | (3) | |
| 150 ~ 159 | 1.000 (2) | | | | | (2) | |
| 160 ~ 169 | | | | | | | |
| 170 ~ 179 | | | | | | | |
| 180 ~ 189 | | | | | | | |
| 190 ~ 199 | | | | | | | |
| 200 ~ 209 | | 0.800 (4) | 0.200 (1) | | | (5) | |
| 210 ~ 219 | | 0.455 (5) | 0.545 (6) | | | (11) | |
| 220 ~ 229 | | 0.333 (5) | 0.667 (10) | | | (15) | |
| 230 ~ 239 | | 0.517 (15) | 0.345 (10) | 0.103 (3) | 0.034 (1) | (29) | |
| 240 ~ 249 | | 0.333 (20) | 0.467 (28) | 0.200 (12) | | (60) | |
| 250 ~ 259 | | 0.170 (9) | 0.528 (28) | 0.283 (15) | 0.019 (1) | (53) | |
| 260 ~ 269 | | 0.082 (6) | 0.521 (38) | 0.342 (25) | 0.055 (4) | (73) | |
| 270 ~ 279 | | 0.097 (7) | 0.472 (34) | 0.333 (24) | 0.097 (7) | (72) | |
| 280 ~ 289 | | 0.030 (2) | 0.333 (22) | 0.455 (30) | 0.136 (9) | 0.045 (3) | (66) |
| 290 ~ 299 | | | 0.286 (10) | 0.486 (17) | 0.171 (6) | 0.057 (2) | (35) |
| 300 ~ 309 | | | 0.278 (5) | 0.389 (7) | 0.278 (5) | 0.056 (1) | (18) |
| 310 ~ 319 | | | 0.133 (4) | 0.700 (21) | 0.133 (4) | 0.033 (1) | (30) |
| 320 ~ 329 | | | 0.200 (2) | 0.600 (6) | 0.200 (2) | | (10) |
| 330 ~ 339 | | | 0.286 (2) | 0.429 (3) | 0.286 (2) | | (7) |
| 340 ~ 349 | | | 0.111 (1) | 0.444 (4) | 0.444 (4) | | (9) |
| 350 ~ 359 | | | | | 1.000 (2) | | (2) |
| 360 ~ 360 | | | | 0.500 (1) | | 0.500 (1) | (2) |
| 計 | 0.024 (12) | 0.143 (73) | 0.395 (201) | 0.330 (168) | 0.092 (47) | 0.016 (8) | (509) |

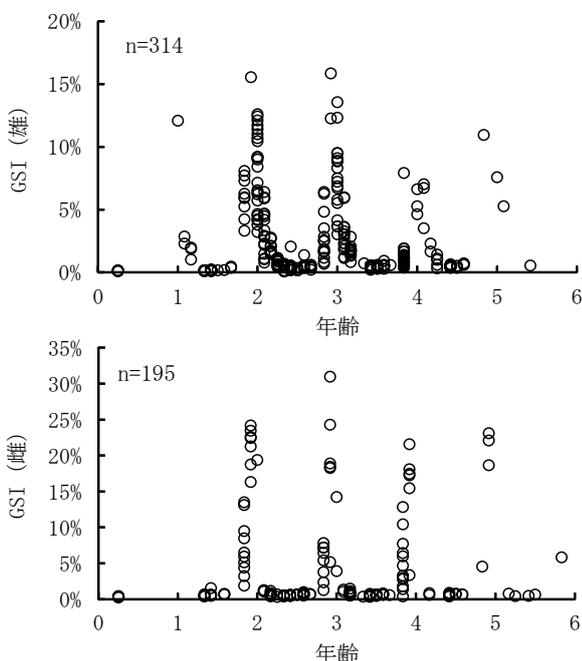


図9 雌雄別の年齢とGSIとの関係 (上段：雄，下段：雌)

考 察

1. 成熟

雌雄の GSI は、ともに5～7月にかけて相対的に高

く、8月から下がり始めた。このことから、前述のとおり産卵期は5～8月、盛期は6、7月であると推定された。

サバフグ類の産卵期に関するいくつかの報告がある。日高ら⁷⁾は、1987年5月1～12日にかけて福岡湾口沖合で全長2.5～4 mm のシロサバフグを採集している。このサイズの個体は、藤田¹⁾のサバフグ類に関する報告によるとふ化後約11～18日であり、5月前後に生まれたものと推定される。日高ら⁷⁾の調査は本研究と同じ海域で行われており、今回の結果から判断すると、その採集魚は産卵期初期に生まれたものと考えられる。また藤田⁸⁾は、稚仔魚の出現状況からサバフグ類の産卵期を推測し、九州周辺および日本海西部では6月下旬から7月下旬としている。さらに藤田¹⁾は、五島灘東部の野母崎から天草沖で採集された親魚の卵巣状態から、産卵は5月中旬から6月下旬にかけて行われたと報告している。これらのことは、今回の結果により推定された産卵期とおおむね一致する。

本研究では生殖腺を組織学的に観察しなかったが、表2で示したように、卵巣から卵が流れ出す成熟個体と思われる雌の標本魚が確認された。松井ら⁹⁾が筑前沿岸部で調査したフグ類のうち雌の GSI-bw 最大値は、ヒガンフグで約36%、コモンフグで約37%、クサフグで約36%

であった。これに対し、種は違うものの、今回の調査で得られた雌個体の GSI-bw は最高36.4%であり、また、卵巣からの卵流出もみられたことから、十分に成熟していることがうかがえた。

成熟開始年齢は、年齢と GSI との関係から2歳前後であると推測したが、雌に関しては先の GSI-bw36.4%の個体が年齢査定の結果1.92歳と判定されており、この結論はおおむね妥当なものと考えられた。

2. 年齢・成長

シロサバフグの年齢査定のため、脊椎骨の椎体のうち最も大きな第7椎体を調べたところ、前述のとおり、全長と椎体長との間に高い正の相関があり、かつその標示の形成に相似性が認められたことから、椎体の標示は年齢形質として有効と考えられた。また、MI の月別推移からその標示形成期は年1回、5月頃と示唆された。さらに、これらの情報をもとに、年齢と成長との関係を求めるとともに、Age-length-key を作成することができた。

なお、全長と椎体長との関係については、全長310mm程度まではほぼ回帰式と重なるものの、全長が大きくなるに従って実測値がばらける傾向がみられた。トラフグについては、全長195～632mmの個体のうち400～500mmの個体では、全長－椎体長の関係式と実測値とで誤差が生じ、これは椎体の歪みや変形が原因と報告されており、²⁾ 本種においても大型魚では椎体に変形が生じていることが示唆された。

脊椎骨椎体の標示形成時期について本種に関する報告はないが、フグ類ではトラフグやショウサイフグで、年齢査定のため椎体の標示形成に関する解析が行われ、報告されている。小谷ら³⁾は、トラフグにおける椎体の標示は低成長期である3月に年1回形成され、その産卵期が3～6月、最盛期が5月頃と考えられることから、第1標示は生後10ヶ月で形成され始めると報告している。一方上田ら²⁾は、トラフグは12～4月の低水温期と4月の産卵期に代謝量が低下して透明帯が生じ、産卵後の5～6月以降には水温上昇に伴い代謝が活発になり、不透明帯が生じ始めると推測している。また、松井ら⁴⁾は、ショウサイフグの産卵期は6月下旬から7月上旬で、標示形成期は6月初旬であると報告している。今回の調査結果では、当海域におけるシロサバフグの椎体の標示形成期は5月頃、また産卵期は5～8月と推定され、この場合、標示形成時期は産卵期の前半となる。このことは、小谷ら³⁾によるトラフグの、松井ら⁴⁾によるショウサイフグの報告とおおむね一致する。本研究では、生理面の分析は行っていないが、シロサバフグの椎体標示は、冬から春にかけての水温上昇などの環境変化、あるいは成

熟・産卵を契機として、代謝等の変化により形成されるものと予想される。

藤田⁵⁾はサバフグ類について、全長4～10mmの稚仔魚は7月下旬から9月上旬にかけて外海で浮遊生活し、秋に体長4～10cmになると内湾に入って初冬まで成長した後、水温の低下とともに外海へ移動すると報告している。今回得られた情報と照らし合わせ移動生態に関して若干の考察をすると、当海域においてシロサバフグは、9～10月頃に福岡湾内の小型底びき網漁業で全長7～15cmの当歳魚が漁獲され始め、12月には漁獲されなくなることから、幼魚は秋頃に内湾を中心とする浅海域に生息し、その後冬季の水温低下とともに外海へ移動するものと考えられる。1歳魚以上は、外海に主漁場が形成されるが、ふぐかご漁業などの漁獲状況から、夏季から秋季にかけて当海域の沿岸域に来遊するものと考えられた。春季、冬季については漁獲が散発的となり推定が難しいが、漁業者への聞き取りなどから、冬季は沖合、または他海域へ移動するものと思われた。

シロサバフグについては、これまで報告事例が非常に少なく、生物情報が不足していたが、今回、成熟、年齢、成長に関する各種の知見を得ることができ、今後の研究を進める上で貴重な情報になるものと考えられる。しかし、標本収集に関しては、あらゆる漁業に情報を求め、年間を通しての確保に努めたものの、結果として欠測部分が生じ、Age-length-key においては不自然な数値も認められた。本種は広域的な移動が想定されるため、本県の管轄海域のみでは移動・産卵生態を含めた生活史の把握や資源評価等は困難であり、今後、研究をさらに進めるためには、他県あるいは広域連携での調査の実施が望まれる。

文 献

- 1) 藤田矢郎. サバフグの卵発生, 幼稚仔の形態および幼生飼育. 魚類学雑誌 1966; 13(4/6): 162-168.
- 2) 上田幸男, 佐野二郎, 内田秀和, 天野千絵, 松村靖治, 片山貴士. 東シナ海, 日本海および瀬戸内海産トラフグの成長と Age-length-key. 日本水産学会誌 2010; 76(5): 803-811.
- 3) 小谷正幸, 山口義昭, 伊東弘, 松井誠一. 沿岸域に出現するフグ類の生態学的研究 III. トラフグの年齢と成長. 九州大学農学部学藝雑誌 1987; 41(3/4): 195-200.
- 4) 松井誠一, 福元勝志, 塚原博. 沿岸域に出現するフグ類の生態学的研究 II. ショウサイフグの年齢と成

- 長. 九州大學農學部學藝雜誌 1987 ; **41 (3/4)** : 105-110.
- 5) 五利江重昭. 資料 MS-Excel を用いた成長式のパラメータ推定. 水産増殖 2002 ; **49 (4)** : 519-527.
- 6) 松井誠一, 福元勝志, 塚原博. 沿岸域に出現するフグ類の生態学的研究 I. 筑前沿岸部におけるフグの出現時期と成熟について. 九州大學農學部學藝雜誌 1987 ; **41 (3/4)** : 97-104.
- 7) 日高健, 高橋実, 伊藤正博. トラフグの資源生態に関する研究 I -福岡湾周辺における卵と幼稚魚の分布-. 福岡県水産試験場研究報告 1988 ; **14** : 1-11.
- 8) 藤田矢郎. 日本産主要フグ類の生活史と養殖に関する研究. 長崎水試論文集 1962 ; **2** : 1-121.