

BULLETIN
OF
YAMAGUCHI PREFECTURAL FISHERIES RESEARCH CENTER

No. 20
March, 2023

山口県水産研究センター研究報告
第20号
令和5年3月

山口県水産研究センター

外海研究部：〒759-4106 長門市仙崎 2861-3
内海研究部：〒754-0893 山口市秋穂二島 437-77

Yamaguchi Prefectural Fisheries Research Center
Japan Sea Research Division: Senzaki, Nagato-city, 759-4106, Japan
Inland Sea Research Division: Aiofutajima, Yamaguchi-city, 754-0893, Japan

目 次

山口県日本海域におけるキジハタの年齢，成長および成熟	河野光久・南部智秀	1
標識放流に基づく日本海におけるマフグの回遊	河野光久・渡邊俊輝・天野千絵	9
安価で自作可能なハモ用標識放流タグの作成方法とその評価（短報）	國森拓也	17
〈抄録〉		
周防灘に生息するマコガレイの夏季から冬季にかけての経験水温・深度および離底行動の観測	山本宗一郎・三田村啓理・黒川皓平・國森拓也・堀 正和・荒井修亮	19
日本海南西海域産アカムツの資源特性値の把握と資源量推定	金元保之・八木佑太・田中空太・金岩美幸・松本洋典・ 大田寿行・河野光久・寺門弘悦・道根 淳・川内陽平・酒井 猛・矢野寿和・金岩 稔	20

山口県日本海域におけるキジハタの 年齢，成長および成熟

河野光久・南部智秀*

Age, Growth and Maturation of Red spotted Grouper *Epinephelus akaara*
in Waters off Yamaguchi Prefecture, Southwestern Japan Sea

Mitsuhisa KAWANO and Tomohide NANBU*

Age, growth and maturation of red spotted grouper *Epinephelus akaara* caught in waters off Yamaguchi Prefecture, southwestern Japan Sea were studied. Gonadosomatic indices for females were higher than 5.0 during June to August, indicating the spawning season. The biological minimum size and 50% maturity size for female were 270 mm and 352 mm in total length, respectively. The male and intersex individuals occurred at sizes larger than 300 mm in total length. The age was determined by reading yearly rings of the transverse otolith sections. The length-at-age data were fitted to the Von Bertalanffy's equation by non-linear least squares method. The equation combined sexes was estimated as follows:

$TL_t = 502.5 (1 - \exp(-0.213 (t + 0.933)))$, where TL_t is the total length (mm) at t year - old. The growth was greater than those from Toyama and Okayama. The maximum age was 32 year - old and maximum total lengths were 548 mm for male and 533 mm for female.

Key words: *Epinephelus akaara*; Growth; Maturation; Southwestern Japan Sea

キジハタ *Epinephelus akaara* は主に青森県以南の日本海・東シナ海沿岸および瀬戸内海沿岸の岩礁域に分布する魚種で、これまでハタ科 Serranidae, マハタ属 *Epinephelus* に帰属するとされていた¹⁾が、最近、中村・本村²⁾によりアカハタ属 *Epinephelus* に帰属が変更された。山口県は全国に先駆けて2012年から本種の種苗生産事業を開始し、種苗放流を実施してきた。さらに、2013年からは全長30cm未満の個体の採捕を禁止し、本種の資源増大に取り組んできた³⁾。一方、近年資源評価対象種の拡大が進み、日本海のキジハタについても2020年度から資源評価の対象種となった。そのため、本種の基礎的な資源生物学的情報として年齢、成長、成熟、性比等の解明が必要とされている。これらの資源生物特性値の解明は、本種の資源評価に直接役立つだけでなく、資源動向の解明を通じて資源増大の取り組みの効果を評価する上でも役立つことが期待される。

そこで、本研究は山口県日本海域における本種の年齢、成長、成熟および性比を明らかにし、他海域の研究結果⁴⁻⁷⁾との比較を行ったので、ここに報告する。

材料および方法

成長解析に用いたキジハタは、2003～2015年に山口県日本海沿岸域で釣り、刺網、籠等で漁獲された794個体（全長182～531 mm）である。

これらの標本について、全長 (TL , mm), 体重 (BW , g) を計測した後、生殖腺を取り出し肉眼観察により雌、雄、間性を判別後、その重量 (GW , g) を計測した。成長に伴う性比の変化を調べるため、雌、雄、および間性の出現率 (%) を全長 5 cm 階級ごとに求めた。また、産卵期や成長に伴う成熟状況を明らかにするために、生殖腺熟度指数 (GSI) を調べた。ここで $GSI = GW / BW \times 100$ とした。雌の成熟段階については、山本・小林⁷⁾に従い GSI が 2.0

*元：外海研究部

以上の個体を成熟個体、萱野⁹⁾に従いGSIが5.0以上の個体を産卵個体とみなした。

年齢査定のために耳石(扁平石)を採取し、水洗後乾燥させて保存した。耳石は破損がない限り、原則として右側耳石を使用した。乾燥保存した耳石をエポキシ樹脂に包埋後、ミクロトームを用い中心核をはさむ短軸方向に厚さ0.3~0.5 mmで切断した。その後、スライドガラス上に熱ワックスで貼り付け、輪紋が明瞭に見えるまで両面研磨を行った。さらに、研磨面に透明マニキュアを塗布し、薄片標本を作製した。耳石の観察には実体顕微鏡下で撮影した写真を用いた。本種の耳石縁辺部の不透明帯は年1回形成され、年齢形質に利用できる⁶⁾ため、不透明帯を年輪として扱った。

成長式は以下の方法で推定した。まず、後述するGSIの経月変化を基にふ化月を仮定し、各標本の採集月における月齢を求め、これを小数点以下を含む年齢に換算した。次に、各標本の年齢と全長データにVon Bertalanffyの成長式を当てはめた。成長式の各パラメータの推定にはMS-Excelのソルバー機能の非線形最小二乗法を用いた。

Age-length keyは、本種が雌から雄に性転換する⁹⁾こと、および高齢魚の標本数が少なかったことから、雌雄込みで以下の方法で作成した。高齢魚の標本数が少ないことによる標本の偏りを補うため、(1)年齢別全長が正規分布すること、(2)各年級群の加入尾数が等しく、生残率0.877⁴⁾で減少すること、さらに(3)後述するGSIの経月変化から8月をふ化月と仮定し、1年を8~12月および1~7月の2期に分けて作成した。正規分布のパラメータとして必要な各期の全長の平均値は、Von Bertalanffyの成長式による各期の中央日における推定全長を用いた。また年齢別全長の標準偏差は各年齢の実測値の標準偏差を用いた。ただし、0歳魚は標本が無かったことから1歳魚と同じ値、14歳以上の高齢魚は標本数が少なかったことから13歳の標準偏差と同じ値を用いた。

結 果

成熟

雌では6~9月に成熟の基準となるGSI2.0以上の個体が出現した(Fig.1)。6~8月にはGSI5.0以上の産卵個体も出現したが、8月から9月にかけてはGSIの高い個体は顕著に減少した。最小成熟個体は7月の全長270 mm(GSI2.6)の個体であった(Fig.1)。雄のGSIは1.0以下で雌に比べて低く、季節的には5~10月に0.5以上の比較的高い値を示す個体が出現し、最大値は7月に出現した全長520 mmの個体の1.0であった(Fig.2)。間性は4~6月および8~10月に出現し、そのGSIは0.2~0.9であった(Fig.3)。

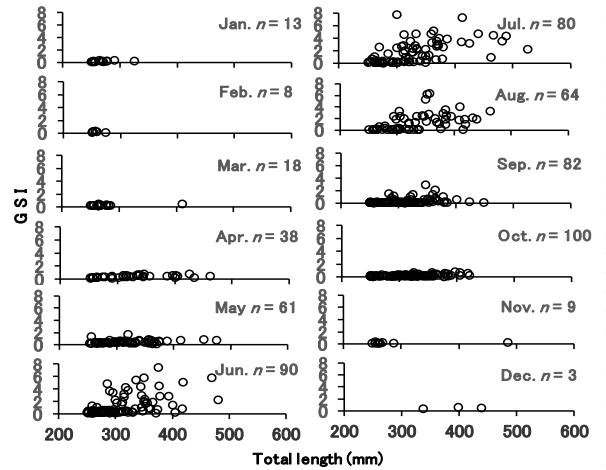


Fig.1 Gonadosomatic indices (GSI) for female *Epinephelus akaara* by month.

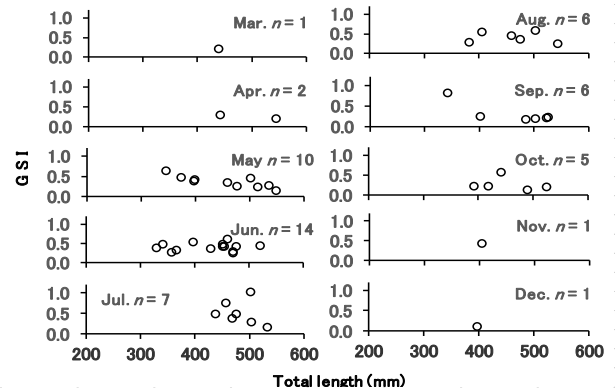


Fig.2 Gonadosomatic indices (GSI) for male *Epinephelus akaara* by month.

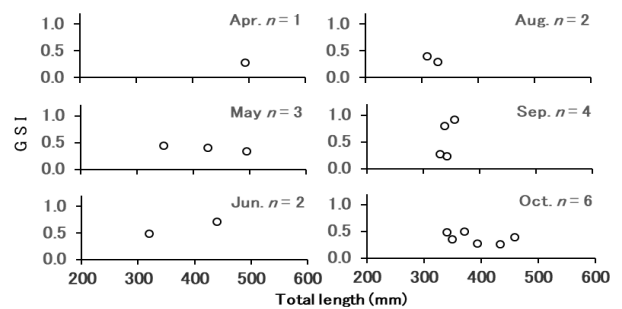


Fig.3 Gonadosomatic indices (GSI) for intersex *Epinephelus akaara* by month.

雌の全長 (TL , mm) と成熟率 (MR) との関係にゴンペルツ曲線を当てはめた結果は以下のとおりであった (Fig. 4)。

$$MR = 100/\exp(\exp(5.580 - 0.0169 TL))$$

実測データは (Fig. 4), 全長 380mm まではこの曲線によく適合していたが, それより大きくなると曲線からのバラツキが大きくなった。全長 460mm 以上では成熟率は 100%であった。50%成熟率の全長はこの曲線から 352 mm と推定された。

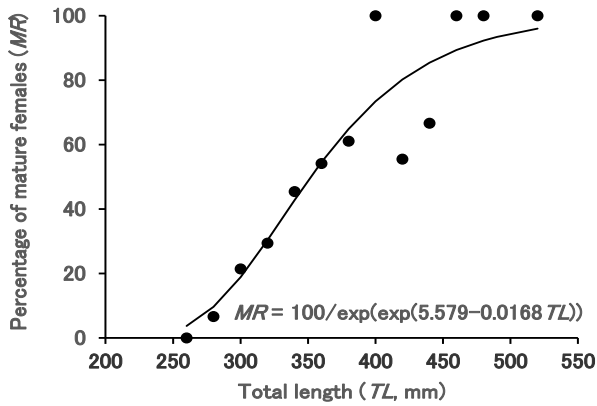


Fig.4 Relationship between the percentage of mature females and total lengths of *Epinephelus akaara*.

成長に伴う性比の変化

雌の出現率は全長 300 mm 未満では 100%であったが, 全長が大きくなるにつれ次第に低下し, 全長 300~449 mm では 92.0~70.8%, 450~499 mm では 36.8%, 500 mm 以上では 12.5%となった (Fig. 5)。雄は全長 300 mm 以上で出現し, その出現率は大きくなるにつれ次第に高まり, 全長 300~449 mm では 3.1~25.0%, 450~499 mm では 52.6%, 500 mm 以上では 88.1%であった (Fig. 5)。間性は全長 300

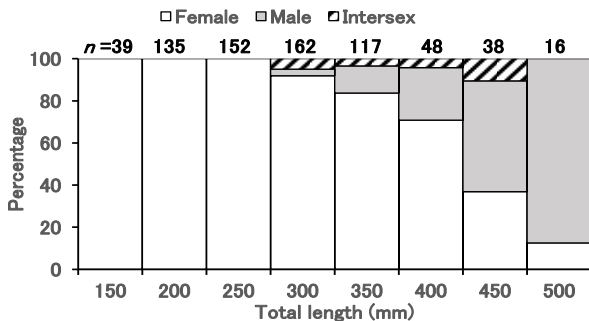


Fig.5 Percentages of sexes by total length class in *Epinephelus akaara*.

~499 mm で出現し, 出現率は全長 300~449 mm では 3.4~4.9%, 450~499 mm では 10.5%であった (Fig. 5)。

年齢と成長

年齢査定が可能であった標本は 794 個体で, その内訳は雌 623 個体, 雄 66 個体, 間性または性不明個体 105 個体であった。

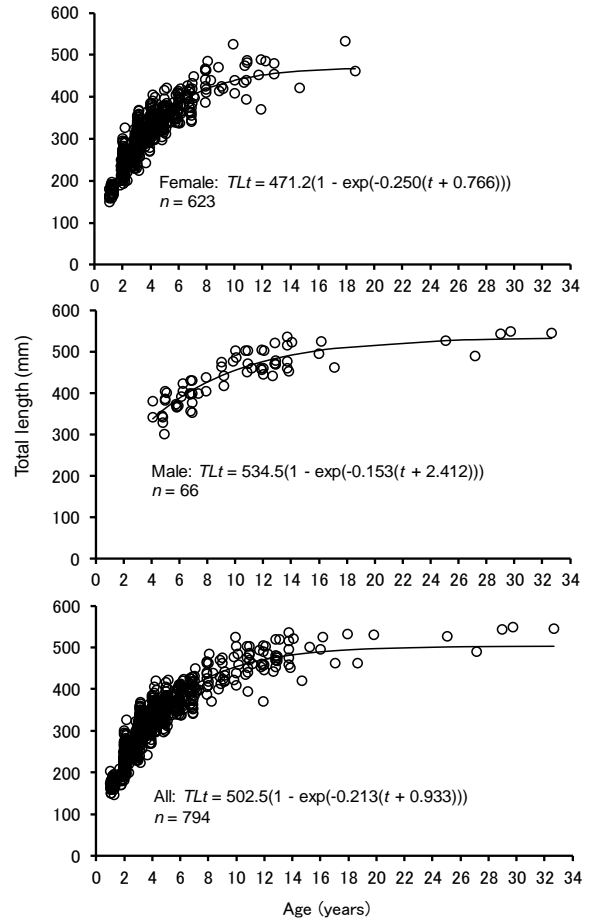


Fig.6 Observed ages (years) and total lengths (mm), and estimated growth curves for *Epinephelus akaara*.

確認された最大全長は雌で 533 mm, 雄で 548 mm, 最高齢は雌で 18 歳, 雄で 32 歳であった (Fig. 6)。

雌の GSI の経月変化から 8 月をふ化月と仮定して, 雌雄別の年齢 (t) と全長 (TLt , mm) のデータを基に, 年齢と全長の関係を Fig. 6 に示した。

年齢-全長データから非線形最小二乗法によって推定された Von Bertalanffy の成長式は以下のとおりであった。

$$\text{雌: } TLt = 471.2 (1 - \exp(-0.250(t + 0.766))), n = 623$$

$$\text{雄: } TLt = 534.5 (1 - \exp(-0.153(t + 2.412))),$$

$n = 66$
 全個体: $TLt = 502.5 (1 - \exp(-0.213(t + 0.933)))$,
 $n = 794$

これらの成長式から計算される満年齢の全長は、雌で1歳168 mm, 2歳235 mm, 3歳287 mm, 4歳328 mm, 5歳360 mm, 6歳384 mm, 7歳404 mm, 10歳439 mm, 15歳462 mm, 20歳469 mm, 雄で1歳217 mm, 2歳262 mm, 3歳301 mm, 4歳334 mm, 5歳363 mm, 6歳387 mm, 7歳408 mm, 10歳454 mm, 15歳497 mm, 20歳517 mm, 雌雄込みで1歳170 mm, 2歳233 mm, 3歳285 mm, 4歳327 mm, 5歳360 mm, 6歳388 mm, 7歳410 mm, 10歳454 mm, 15歳486 mm, 20歳497 mmであった (Table 1)。雌雄の成長を比較すると、すべての年齢で雄の方が雌より大きく、かつ年齢が増すにつれ雌雄の成長差が大きくなる傾向が認められた (Table 1)。

Table 1 Growth of *Epinephelus akaara* in waters off Yamaguchi Prefecture, southwestern Japan Sea based on the estimated growth models *.

Age (years)	Total length (mm)		
	Female	Male	Female + Male
1	168	217	170
2	235	262	233
3	287	301	285
4	328	334	327
5	360	363	360
6	384	387	388
7	404	408	410
8	419	426	428
9	430	441	442
10	439	454	454
11	446	466	463
12	452	476	471
13	456	484	477
14	459	491	482
15	462	497	486
16	464	503	489
17	466	507	491
18	467	511	494
19	468	514	495
20	469	517	497

* Growth models shown in Fig.6 were used.

全長-体重関係

全長 (TL , mm) と体重 (BW , g) の関係は以下のアロメトリー式で表された (Fig. 7)。

雌: $BW = 0.0000101TL^{3.069}$ ($R^2 = 0.9809$, $n = 623$)

雄: $BW = 0.00000622TL^{3.1554}$ ($R^2 = 0.9636$, $n = 66$)

全個体: $BW = 0.0000075TL^{3.1225}$ ($R^2 = 0.9878$, $n = 794$)

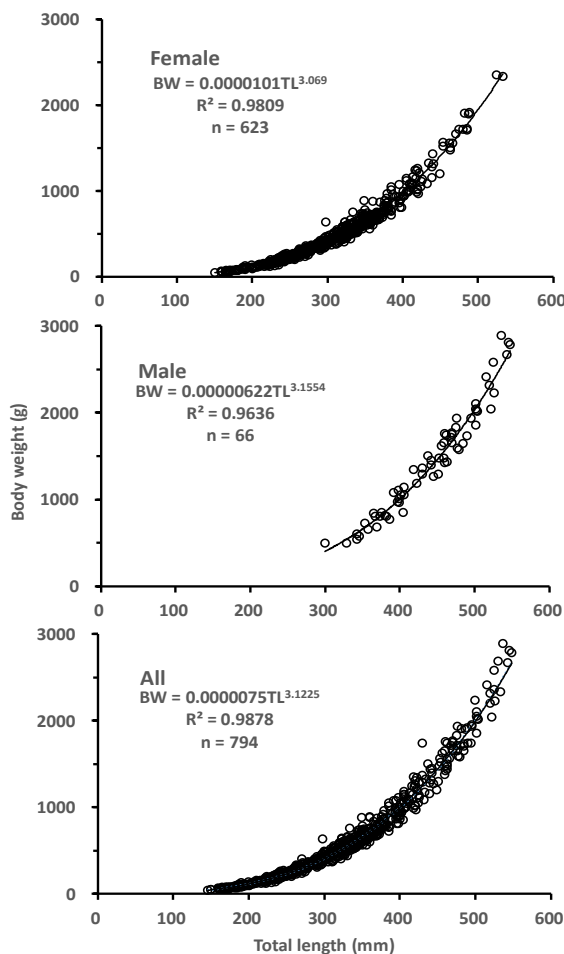


Fig.7 Length-weight relationships of *Epinephelus akaara* by sex.

Age-length key

年齢査定が可能であった 794 個体の年齢と全長の相関表を Table 2 に示す。年齢別個体数は 2 歳魚が 246 個体と最も多く、年齢が増えるにつれ次第に減少し、7 歳では 16 個体に減少した。1 歳から 7 歳までの累積個体数 (717 個体) は全標本個体数 (794 個体) の 90% を占めた。さらに 10 歳までの個体数を追加すると 752 個体となり、全標本個体数の 95% を占めた。

8~12 月および 1~7 月各期中央日における成長式に基づく雌雄込みの年齢別推定全長を各期の年齢別平均全長、年齢別全長の標準偏差を各期各年齢の標準偏差として (Table 3), 作成した期別の Age-length key を Tables 4, 5 に示した。

Table 2 Age-length key for *Epinephelus akaara* based on the observed data.

TL(mm)	Age (years)																																Total		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	25	27	29	32												
140-159	5																																5		
160-179	41																																	41	
180-199	25	3																																28	
200-219	6	17																																23	
220-239	3	62	2																															67	
240-259	1	94	5																															100	
260-279		51	14																															65	
280-299		12	30	3																														45	
300-319		5	30	19	1																													55	
320-339		2	35	37	5	2																												81	
340-359			17	41	19	7																												84	
360-379			5	19	20	10		1			1																							56	
380-399				6	7	12	5			1																								31	
400-419				1	8	11	3	4	1	1																								29	
420-439				1	1	6	4	2	4	2				1																				21	
440-459							2		1	3	2	4	2																					14	
460-479							2	2	3	2	2	5	1				1	1																19	
480-499								1		3	2	2	1			1						1												11	
500-519										3	1	1	1		1																			7	
520-539									1			1	2	1		1	1			1	1													9	
540-559																																2	1		3
Total	81	246	138	127	61	48	16	10	10	15	8	13	7	2	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1		794		

Table 3 Total lengths and the standard deviations of *Epinephelus akaara* by age.

Age (years)	Total lengths (mm)		Standard deviations (mm)
	Aug.-Dec.	Jan.-Jul.	
0	108	148	19.0
1	184	216	19.0
2	245	271	23.1
3	295	316	28.3
4	334	351	24.2
5	367	380	22.6
6	393	404	26.5
7	414	423	26.4
8	431	438	35.2
9	445	450	34.8
10	456	460	33.8
11	465	468	41.6
12	472	475	21.7
13	478	480	32.1
14	483	485	32.1
15	486	488	32.1
16	489	491	32.1
17	492	493	32.1
18	494	495	32.1
19	496	496	32.1
20	497	497	32.1

考 察

雌では6~8月にGSI 5.0以上の産卵個体が出現し、8月から9月にかけてGSIが顕著に低下したこと (Fig. 1)、および6~8月には雄のGSIも0.5以上と比較的高い値を示す個体が多く出現したこと (Fig. 2) から、本海域におけるキジハタの産卵は6~8月に行われ、盛期は6~7月と考えられる。

本種の産卵盛期は、豊前海では6~7月⁵⁾、富山県では7~8月⁶⁾、および瀬戸内海中央部では7月⁷⁾とされていることから、日本海および瀬戸内海における産卵盛期は6~8月の期間内で北方の海域で遅くなるのが推察される。天然魚を用いた水槽内の自然産卵は水温が22℃を超えた時期から行われることが報告されている¹⁰⁾ことから、北方の海域ほど水温上昇が遅れ産卵盛期も遅くなるのであろう。

本研究では、雌の最小成熟全長は270 mmであった (Fig. 1) が、南部¹¹⁾によれば本海域では26.3 cm以上で成熟すると報告されている。親魚量を評価する上で、より重要なのは全長と成熟率との関係で、今回初めて全長—成熟率曲線を示した (Fig. 4)。

前述のとおり本種は雌性先熟で性転換を行う⁹⁾ことが知られており、本海域における雌の出現率は全長300 mm未満では100%であったが、300 mm以上になると次第に雄の出現率が高まり、450 mm以上では50%を超えた (Fig. 5)。また、間性は4~6月および8~10月に (Fig. 3)、全長300~499 mmで出現した (Fig. 5)。

本海域における性比を他海域と比較すると、豊前海では320 mm前後から雄が出現し、420 mm前後から雄の割合が50%以上に増加していること⁵⁾、および富山県では全長277 mm以上で雄が出現し、全長400 mmで雄の割合が50%以上となっていること⁶⁾から、雌から雄へ性転換する全長は300 mm前後、雄の割合が50%以上になる全長は400~450 mmで共通している。このため、通常このように体サイズに依存して性転換が起こるものと考えられるが、そのサイズには幅があることから、シモフリハタ *Epinephelus rivulatus* やチャイロマルハタ *Epinephelus coioides* で報告されているように群れの大きさや性比などの社会的要因¹²⁾も影響している可能性がある。本研究では確認されなかったが、本種は性成熟前あるいは最初から雄に分化する個体も存在し、小型の雄が出現することが報告されている^{9, 13)}。性転換が起こる時期は、カンモンハタ¹²⁾ *Epinephelus merra* やアカハタ¹⁴⁾ *Epinephelus fasciatus* では非繁殖期とされているが、本種では間性が産卵期の6月および8月にも出現したことから、繁殖期でも性転換が行われると考えられた。

本研究で確認された最大全長は雌で533 mm、雄で548

mm、最高齢は雌で18歳、雄で32歳であった (Fig. 6)。これまで報告された最高齢および最大全長はいずれも豊前海産の個体で、雌では20歳、495 mm、雄では25歳、530 mmであった⁵⁾ことから、本研究で確認された最大全長は豊前海産よりも雌で38 mm、雄で18 mm大きく、雄の最高齢も7歳上回った。今回得られた最高齢の情報は、本種の寿命がこれまで考えられていた以上に長いことを示しており、田内・田中の式¹⁵⁾を用いて自然死亡係数を推定する際に有用となる。

本種の年齢と成長はこれまで備讃瀬戸、富山県、および豊前海で報告されている^{4,6)}が、各標本数は375個体以下で、寿命の長い本種の標本数としては少なかつた。本研究では794個体の標本を用いたので、既存研究よりも高い精度で年齢と成長を推定できたのではないかと考える。とはいえ、高齢魚の標本数はまだ十分といえないため、Age-length keyの作成にあたっては、年齢別全長が正規分布することを仮定して、年齢別の全長平均値はVon Bertalanffyの成長式による推定値を用いざるを得なかつた。今後、高齢魚の標本を増やして、さらに精度を上げていく必要がある。

本海域における雌雄込みの成長を他海域の成長と比較すると、本海域の成長は備讃瀬戸⁴⁾の成長よりはやや良く、富山県⁶⁾の成長よりはかなり良い (Fig. 8)。豊前海の雄の成長は標本数が少ないために1歳で全長325 mmと他県の1歳魚の約2倍の大きさとなっており不自然である。そのため、豊前海の雌の成長と比べると本海域の成長はやや劣っている (Fig. 8)。以上のとおり、本種の成長は北方ほど遅くなる傾向が窺われ、成長についても水温が影響している可能性が示唆される。

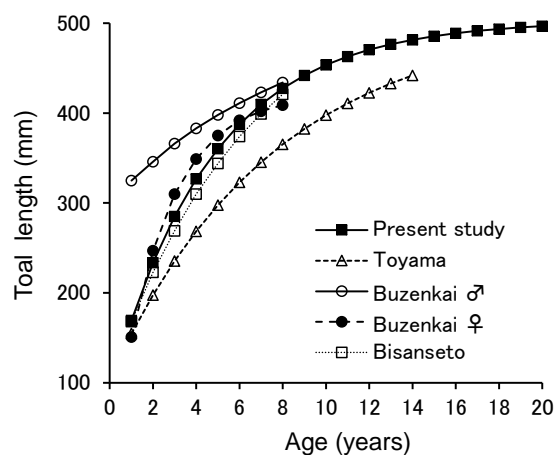


Fig. 8 Comparison of calculated total lengths at ages among sea areas.

文 献

- 1) 瀬能 宏 (2013) : ハタ科. 日本産魚類検索 全種の同定 (中坊徹次編). 第3版, 東海大学出版会, 秦野, pp. 757-802.
- 2) 中村潤平・本村浩之 (2022) : ハタ科 Serranidae とされていた日本産各種の帰属, および高次分類群に適用する標準和名の検討. *Ichthy, Natural History of Fishes of Japan*, **19**, 26-43.
- 3) 南部智秀 (2014) : やまぐちのキジハタ 高級魚による栽培漁業の推進. *豊かな海*, (32), 40-42.
- 4) 萱野泰久 (2012) : 岡山県備讃瀬戸海域におけるキジハタの漁獲実態と資源特性. 岡山県農林水産総合センター水産研究所報告, (27), 12-16.
- 5) 俵積田 貴彦・野副 滉・黒川皓平 (2019) : 福岡県豊前海におけるキジハタの成熟, 成長及び年齢. 福岡県水産海洋技術センター研究報告, (29), 25-31.
- 6) 飯野浩太郎・町 敬介・福西悠一・八木佑太・上原伸二 (2021) : 耳石横断薄層切片を用いて解析した富山県産キジハタの年齢と成長. *水産増殖*, **69** (1), 113-116.
- 7) 山本昌幸・小林靖尚 (2017) : 瀬戸内海中央部におけるキジハタ *Epinephelus akaara* の産卵期と肉眼観察による性判別の信頼性. *水産増殖*, **65** (2), 165-169.
- 8) 萱野泰久 (1995) : キジハタ. *水産増殖*, **43** (2), 269-272.
- 9) 田中秀樹・広瀬慶二・野上欣也・服部圭太・石橋矩久 (1990) : キジハタの性成熟と性転換. 養殖研究所研究報告, (17), 1-15.
- 10) 南部智秀 (2014) : キジハタの種苗生産・養殖技術. 日本水産学会誌, **80** (6), 1000.
- 11) 南部智秀 (2015) : 種苗放流への取り組みと問題点～キジハタを例として～. ハタ科魚類の水産研究最前線 (征矢野 清・照屋和久・中田 久編), 恒星社厚生閣, 東京, pp. 96-108.
- 12) 村田良介・小林靖尚・野津 了・中村 将 (2020) : ハタ科魚類の性分化と性転換に関する形態学および生理学的研究. 日本水産学会誌, **86** (4), 274-287.
- 13) 岡山県水産試験場 (1989) : 地域特産種増養殖技術開発事業 魚類, 甲殻類グループ総合報告書 キジハタV. 資源生態調査 平成元年, 岡23-24.
- 14) 川瀬大輔・淀 太我・小川清宏・船坂徳子・吉岡 基 (2022) : 三重県志摩沖におけるアカハタ *Epinephelus fasciatus* の成熟と性転換. *水産増殖*, **70** (2), 149-156.
- 15) 田中昌一 (1960) : 水産生物の Population Dynamics と漁業資源管理. 東海区水産研究所研究報告, **122**, 49-127.

標識放流に基づく日本海におけるマフグの移動・回遊

河野光久・渡邊俊輝・天野千絵

Migration of Purple Puffer, *Takifugu porphyreus* in the Japan Sea Based on Tagging Experiments

Mitsuhsisa KAWANO, Toshiteru WATANABE and Chie AMANO

A total of 2,169 purple puffer, *Takifugu porphyreus* (21.0 – 44.5 cm TL) were tagged and released in waters off Yamaguchi Prefecture, southwestern Japan Sea from 1998 to 2002 to investigate the migration pattern. About 80 % of recaptures were occurred in the southwestern Japan Sea, west of 133°E. Recaptured numbers in the area were most abundant in January to March and decreased after April seasonally with decreasing year by year until January-March three years after release. Recaptures were also obtained from Japan Sea off Oki Island, San-in, Yamato Bank, Sado Island, Aomori Prefecture, Hokkaido and the Pacific Ocean off Iwate Prefecture. These results indicate that most of the fish would migrate northward widely in the Japan Sea after April and some migrate into the Pacific Ocean. Since January to March is the spawning season in the southwestern Japan Sea and the most recaptured fish were estimated to have reached the spawning body size, these fish would stay to spawn in the area and some fish would return to spawn or overwinter. According to the previous knowledges on the spawning and the body sizes, the recaptures off Oki Island would have spawned there and those off Sado Island and Iwate Prefecture may have migrated to spawn. Recaptured individual from Yamato Bank may have moved to feed after spawning in the southwestern Japan Sea. Since no fish were recaptured in the waters south off Tsushima Island, it was considered that the fish would not migrate into the East China Sea through the Tsushima Straits.

Key words: *Takifugu porphyreus*; Migration; Japan Sea

マフグ *Takifugu porphyreus* (Temminck and Schlegel, 1850) は、間宮海峡、オホーツ海南西部、北海道～九州南岸の太平洋沿岸、瀬戸内海、日本海、渤海、黄海、東シナ海に分布するフグ科魚類で¹⁾、山口県日本海沖では主にふぐ延縄で漁獲される重要種である²⁾。本種は日本海において 2021 年度に資源評価の対象種となったため、年齢、成長、性比、成熟、産卵、移動・回遊などの基礎的な生物学的知見が必要とされている。これらのうち、成長、性比、成熟および産卵についてはいくつか知見がある³⁻⁷⁾ものの、移動・回遊については、漁期および漁場の推移から 3～4 月に山陰沖で産卵を行い、4 月以降日本海を北上し、夏まで日本海に広く分布した後、9 月以降南下移動すると想定されているだけ³⁾で、標識放流などによりそれを実証する研究は行われていない。

そこで本研究は、日本海における本種の移動・回遊を

明らかにすることを目的として、1998～2002 年に山口県日本海沖において本種の標識放流を行ったので、その結果を報告する。

材料および方法

標識放流魚は、1998～2002 年に山口県見島北方約 26～37 海里沖の天然礁、千里ヶ瀬およびウマモチ周辺海域 (Fig. 1) でふぐ延縄漁船により漁獲されたマフグを使用した。標識は赤色スパゲティ型タグ (印字: ヤマクチ、連番) を使用し、背鰭前端基部に装着した。標識作業時には個体毎に全長 (単位: cm) を測定後、タグの連番を記録した。1998～1999 年には南下回遊期と想定される 10～12 月³⁾にウマモチ、見島南海域、相島西海域、千里ヶ瀬および萩湾 (Fig. 1) に全長 20.0～44.5 cm の個体 1,400

尾 (以下, 10~12 月放流群という。) を放流した。また, 2000~2002 年には北上回遊期と想定される 4~6 月³⁾ に南風泊地先, 萩湾, ウマモチおよび千里ヶ瀬 (Fig. 1) に全長 20.0~44.0 cm の個体 769 尾 (以下, 4~6 月放流群という。) を放流した (Table 1)。

放流魚の追跡は, 漁業者からの再捕報告に基づいて行った。再捕資料の解析にあたっては, 放流地点から再捕地点までの陸地を横切らない最短距離を移動距離, 移動距離を放流から再捕までの経過日数で除した値を移動速度とした。

結 果

再捕の概要

1998~2002 年の 5 か年合計で 2,169 個体を放流した結果, 160 個体が再捕され, 再捕率は 7.4% であった (Table 1)。再捕率を 10~12 月放流群と 4~6 月放流群と比較すると, 前者の再捕率 (9.5%) の方が後者の再捕率 (3.5%) よりも高かった (Table 1)。

漁業種類別の再捕個体数は, ふぐ延縄が 109 個体 (全再捕個体数の 68.1%) と最も多く, 次いで沖合底びき網の 25 個体, 小型底びき網の 10 個体の順で多かった (Table 1)。

10~12 月放流群の再捕状況

10~12 月放流群の再捕は, 山口県日本海沖の大陸棚上を主体とする対馬北端から東経 133 度までの日本海南西海域 (以後, 日本海南西海域という。) で 112 個体と最も多く (Fig. 2, Table 2), 本放流群の再捕個体数 133 個体 (Table 1) の 84.2% を占めた。

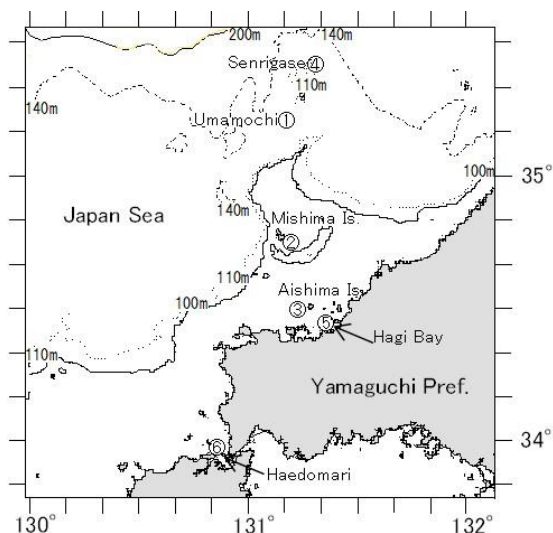


Fig.1 Released locations of *Takifugu porphyreus*.
Details of released locations are shown in Table 1.

Table 1 Summarized result of release and recapture of *Takifugu porphyreus*.

Released date	Released location*	Released number	Total length (cm)	Recaptured number (recapture rate, %)				
				Longline	Offshore trawl	Small trawl	Others	Total
Oct. 13, 1998	Umamochi ①	27	27.5-39.5	2				2 (7.4)
Nov. 6, 1998	South off Mishima Is. ②	194	24.0-39.0	19	1		1	23 (11.9)
Nov. 16, 1998	South off Mishima Is. ②	198	27.0-38.0	17		3		20 (10.1)
Dec. 7, 1998	West off Aishima Is. ③	348	20.0-36.0	10			4	3 17 (4.9)
Oct. 19, 1999	Senrigase ④	13	28.0-44.5		1			1 (8.3)
Oct. 19, 1999	Umamochi ①	23	28.0-35.0	4				1 5 (21.7)
Nov. 2, 1999	Senrigase ④	91	26.0-35.5	8		3		1 12 (13.2)
Nov. 9, 1999	South off Mishima Is. ②	296	26.5-36.0	20		7		1 28 (9.5)
Dec. 3, 1999	Hagi Bay ⑤	210	28.0-37.0	17		4	1	3 25 (11.9)
Subtotal		1,400		97	19	6	11	133 (9.5)
Apr. 29, 2000	Off Haedomari ⑥	125	25.0-38.8	3	1		1	5 (4.0)
May 9, 2000	Hagi Bay ⑤	331	24.0-44.0	3		4	1	3 11 (3.3)
Apr. 29, 2001	Off Haedomari ⑥	107	20.0-38.1				1	1 (0.9)
Jun. 1, 2002	Umamochi ①	31	25.0-30.5					0 (0.0)
Jun. 3, 2002	Senrigase ④	70	24.0-30.0	2		1		1 4 (5.7)
Jun. 4, 2002	Umamochi ①	35	21.0-30.0	1				1 2 (5.7)
Jun. 6, 2002	Umamochi ①	70	23.0-30.5	3			1	4 (5.7)
Subtotal		769		12	6	4	5	27 (3.5)
Total		2,169		109	25	10	16	160 (7.4)

* See Fig.1 for numerals enclosed circle.

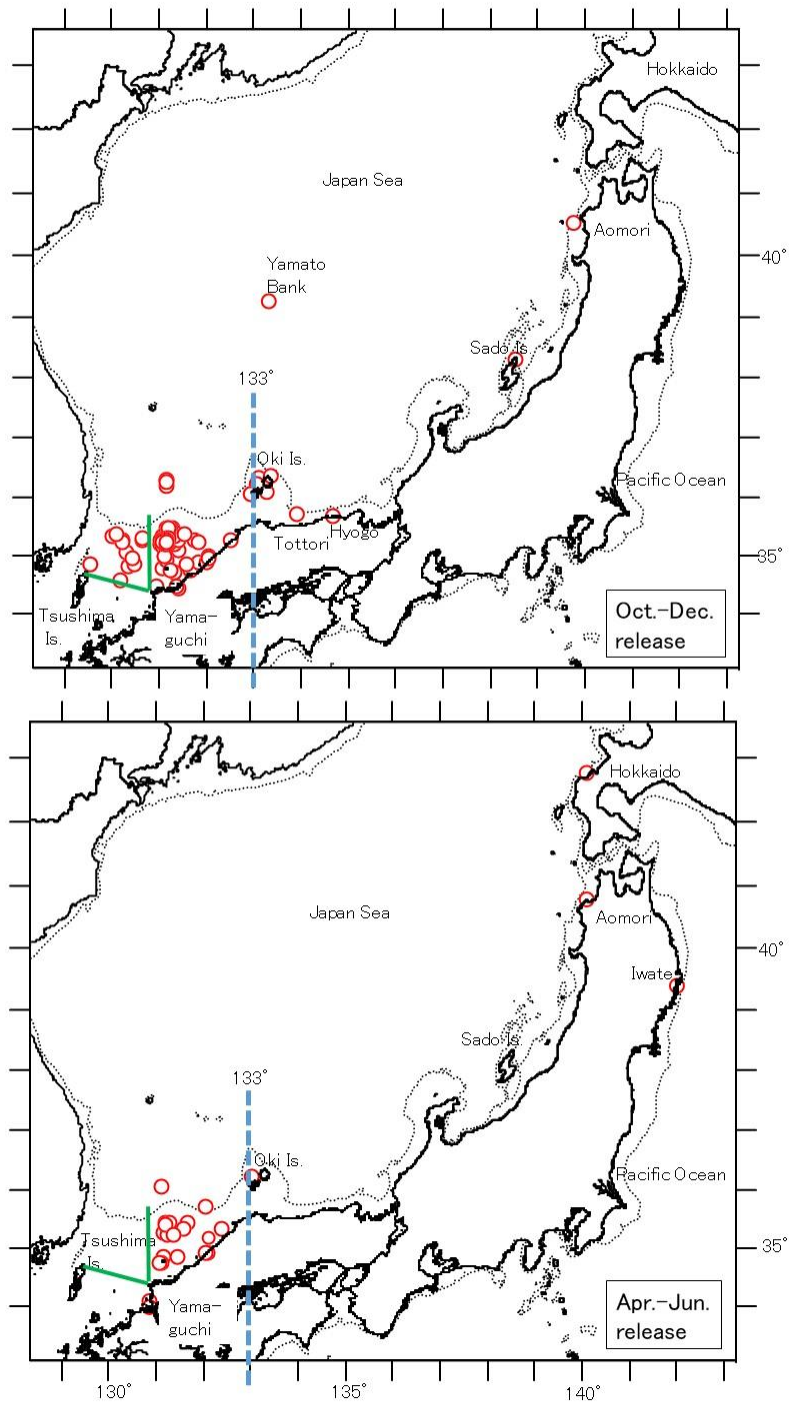


Fig.2 Recaptured sites (red circles) of *Takifugu porphyreus* released in waters off Yamaguchi Prefecture, southwestern Japan Sea. Upper: October to December release group, lower: April to June release group. Dotted line and blue dashed line show the depth contour of 200 m and 133° east longitude, respectively. Region between the two green lines shows the northwest waters off Yamaguchi Prefecture. Released locations are shown in Fig.1 and Table 1.

日本海南西海域における再捕個体数を時系列で見ると (Table 2), 再捕個体数は放流年の10~12月には20個体であったが, 放流翌年の1~3月に59個体と最高を示した後, 4~6月に8個体, 7~9月に2個体と著しく減少した。その後10~12月に4個体とやや増加した。放流後2年目の1~3月には12個体とさらに増加したが, 4~6月以降10~12月まで2個体以下に減少した。放流後3年目には1~3月に4個体が再捕されただけで, その後の再捕は無かった。以上のとおり再捕個体数は放流後経年的に減少し, 季節的には1~3月に最も多く, 4~6月以降減少し, 7~9月に顕著に減少した。日本海南西海域におけ

る1~3月の再捕個体の放流時全長は27.0~36.9 cmで, モードは32.0 cmであった (Fig. 3)。また, その主な再捕水深は110~139 mで, この水深範囲で60個体 (80.0%) が再捕された (Fig. 4)。

日本海南西海域以遠では, 島根県隠岐島周辺海域で6個体, 大和堆, 兵庫県香住町柴山沖, 鳥取県湯梨浜町泊沖, 青森県深浦町須郷岬沖および新潟県佐渡市鷺崎沖で各1個体が再捕された (Fig. 2, Table 3)。このうち, 隠岐島周辺海域で再捕された6個体は放流後翌年から2年目の2~4月に再捕された。これらは11~12月に萩湾から見島にかけての海域に放流された個体 (放流時全長

Table 2 Recaptured number of *Takifugu porphyreus* in the southwestern Japan Sea by release group and recaptured month.

Release group	Recaptured number												Total
	R yr.*			R+1 yr.			R+2 yr.			R+3 yr.			
	Apr.- Jun.	Jul.- Sep.	Oct.- Dec.	Jan.- Mar.	Apr.- Jun.	Jul.- Sep.	Oct.- Dec.	Jan.- Mar.	Apr.- Jun.	Jul.- Sep.	Oct.- Dec.	Jan.- Mar.	
Oct.-Dec. release	-	-	20	59	8	2	4	12	2	0	1	4	112
Apr.-Jun. release	7	1	0	6	1	0	0	4	1	0	0	1	21
Total	7	1	20	65	9	2	4	16	3	0	1	5	133

*R yr: Release year.

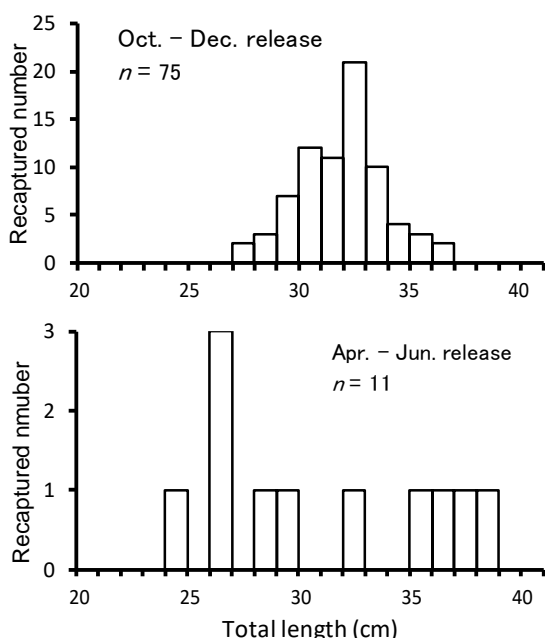


Fig.3 Total lengths at releasing of *Takifugu porphyreus* which were recaptured in the southwestern Japan Sea during January to March. Upper: October to December release group, lower: April to June release group.

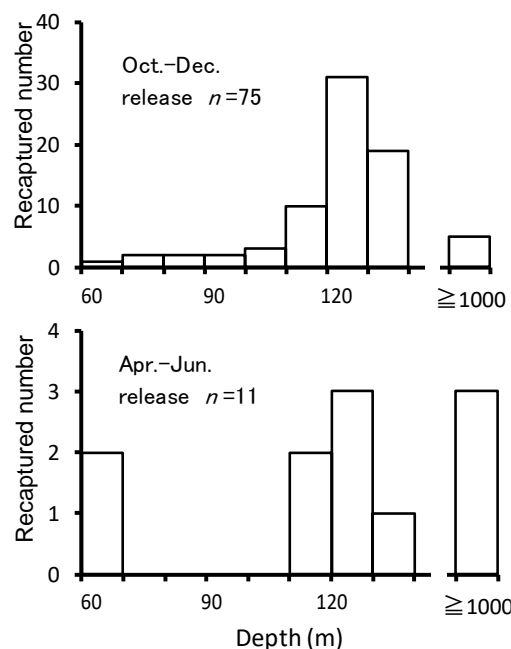


Fig.4 Recaptured depths of *Takifugu porphyreus* which were recaptured in the southwestern Japan Sea during January to March. Upper: October to December release group, lower: April to June release group.

Table 3 Details of long-distance-moved (east of 133°E) *Takifugu porphyreus*.

Recaptured date	Recaptured site	Released date	Released location	Total length at release (cm)	Days after release	Moving distance (km)	Moving speed (km/day)
Mar. 17,1999	Off Oki Is., Shimane Pref.	Dec. 7,1998	West off Aishima Is.	30.0	100	253	2.5
Mar. 30,1999	Off Oki Is., Shimane Pref.	Dec. 7,1998	West off Aishima Is.	34.0	113	262	2.3
Jun. 7,1999	Yamato Bank	Nov. 6,1998	South off Misjima Is.	30.5	213	537	2.5
Oct. 20,1999	Off Shibayama, Hyogo Pref.	Nov. 6,1998	South off Misjima Is.	36.5	348	348	1.0
Dec. 12,1999	Off Tomari, Tottori Pref.	Nov. 9,1999	South off Misjima Is.	32.0	33	272	8.2
Jan. 10,2000	Off Fukaura, Aomori Pref.	Dec. 7,1998	West off Aishima Is.	30.0	399	997	2.5
Feb. 14,2000	Off Oki Is., Shimane Pref.	Nov. 9,1999	South off Misjima Is.	31.0	97	269	2.8
Apr. 10,2000	Off Oki Is., Shimane Pref.	Nov.16,1998	South off Misjima Is.	29.5	511	219	0.4
Apr. 10,2000	Off Oki Is., Shimane Pref.	Dec. 3,1999	Hagi Bay	33.5	129	229	1.8
Apr. 12,2000	Off Sado Is., Niigata Pref.	Nov. 9,1999	South off Misjima Is.	32.0	155	800	5.2
Apr. 24,2000	Off Oki Is., Shimane Pref.	Nov.16,1998	South off Misjima Is.	33.0	525	239	0.5
May 24,2001	Funakoshi Bay, Iwate Pref.	May 9,2000	Hagi Bay	28.5	380	1,509	4.0
Jan. 20,2002	Off Ajigasawa, Aomori Pref.	May 9,2000	Hagi Bay	30.0	621	1,039	1.7
Aug. 22,2002	Off Utashima, Hokkaido	Jun. 3,2002	Senrigase	27.5	80	1,114	13.9
Apr. 8,2003	Off Oki Is., Shimane Pref.	Jun. 4,2002	Umamochi	28.5	308	197	0.6
May.19,2003	Off Oki Is., Shimane Pref.	Jun. 6,2002	Umamochi	25.0	347	211	0.6

29.5~34.0 cm)であった。大和堆で再捕された個体は、1998年11月6日に見島南海域に放流された個体(放流時全長30.5 cm)で、放流後213日経過した1999年6月7日にいか釣りでも再捕された。兵庫県沖で再捕された個体は、1988年11月6日に見島南海域に放流された個体(放流時全長36.5 cm)で、放流から348日後の1999年10月20日に再捕された。鳥取県沖で再捕された個体は1999年11月9日に見島南海域に放流された個体(放流時全長32.0 cm)で、放流から33日後に再捕された。その移動速度は8.2km/日と遠距離移動個体の中で2番目に速かった。青森県で再捕された個体は、1998年12月7日に相島西沖に放流された個体(放流時全長30.0 cm)で、放流後399日経過した2000年1月10日に再捕された。本個体の移動距離は997kmで10~12月放流群の中で最長であった。佐渡島沖で再捕された個体は、1999年11月9日に見島南海域に放流された個体(放流時全長32.0 cm)で、放流後155日経過した2000年4月12日に再捕された。

4~6月放流群の再捕状況

4~6月放流群の再捕個体数も10~12月放流群と同様に、日本海南西海域で21個体と最も多く(Fig. 2, Table 2)、本放流群の再捕個体数27個体(Table 1)の77.8%を占めた。

日本海南西海域における本放流群の再捕場所を10~12月放流群のそれと比較すると、10~12月放流群では山口県北西端と対馬北端を結んだ線と山口県北西端正北線で挟まれた山口県沖大陸棚上(以後、山口県北西沖という。)で再捕がかなり見られたが、本放流群ではその海域で再捕された個体は無かった(Fig. 2)。

日本海南西海域における再捕個体数を時系列で見ると(Table 2)、再捕個体数は放流年の4~6月に最も多く7個体であったが、7~9月に1個体と顕著に減少し、10~12月に再捕が無くなった。放流翌年の1~3月には6個体に増加したが、4~6月に1個体に減少し、7月以降再捕が無くなった。さらに放流後2年目の1~3月には4個体とやや増加したが、4~6月に1個体に減少し、その後は放流後3年目の1~3月に1個体が再捕されるまで再捕が無かった。以上のとおり、4~6月放流群も10~12月放流群と同様に、再捕個体数は放流後経年的に減少し、季節的には1~3月に増加し、4~6月以降減少し、7~9月に顕著に減少した。

日本海南西海域で1~3月に再捕された個体の放流時全長は24.0~38.9 cmであった(Fig. 3)。また、その水深別再捕個体数は10~12月放流群と同様に110~139 mで再捕された個体数(6個体)が最も多かった(Fig. 4)。

日本海南西海域以遠では、岩手県船越湾、青森県鯉ヶ沢町赤石沖および北海道島牧村歌島沖で各1個体、隠岐島周辺海域で2個体が再捕された(Fig. 2, Table 3)。このうち岩手県沖で再捕された個体は2000年5月9日に全長28.5 cmで萩湾に放流され、放流後380日経過した2001年5月24日に再捕された。本個体の移動距離は1,509 kmとなり、再捕個体の中で最長であった。青森県沖で再捕された個体は、2000年5月9日に全長30.0 cmで萩湾に放流され、放流後最長の621日経過した2002年1月20日に再捕された。北海道日本海沖で再捕された個体は、2002年6月3日に全長27.5 cmで千里ヶ瀬に放流された個体で、再捕日は2002年8月22日であったので、わずか80日で1,114 kmを移動しており、その移動速度は13.9

km/日と遠距離移動個体の中で最速であった。隠岐島周辺海域で再捕された2個体は、2002年6月4~6日にウマチに放流された個体(放流時全長25.0~28.5cm)で、翌年の4~5月に再捕された。

考 察

漁業種類別の再捕個体数はふぐ延縄によるものが最も多かったこと(Table 1)、および10~12月放流群、4~6月放流群ともに大部分が山口県日本海沖の大陸棚上を中心とする日本海南西海域で再捕されたこと(Fig. 2)は、本種が主にふぐ延縄で漁獲され、本海域が主要な生息場所および主漁場になっていることを示している。

日本海南西海域における再捕個体数は1~3月に最も多く(Table 2)、これらの放流時全長は10~12月放流群で27.0~36.9cm、4~6月放流群で24.0~38.9cmであった(Fig. 3)。山口県日本海沖における3~4月の本種の体長組成に見られる第1モード21cm(推定全長25.5cm)および第2モード28cm(推定全長33.9cm)⁶⁾はそれぞれ満2歳および3歳に相当するとみなされている⁷⁾ことから、両放流群とも放流時の年齢はほぼ2歳魚以上であったと推定される。本種の産卵に関与する体長(以下、産卵体長という。)は雌で26cm(推定全長31.5cm、推定3歳)以上、雄で21cm(推定全長25.5cm、推定2歳)以上である⁴⁾こと、および当海域では雌雄とも1~4月に熟度が高まり産卵するとされている⁴⁾ことから、放流翌年の1~3月には再捕個体の大部分が産卵体長に達し、産卵に加わったと推測される。ただし、小林⁴⁾のFig. 5を細かく見ると、当海域で1~4月に産卵体長に達した雌の中にGSI(生殖腺熟度指数)が10%以下と低い個体も存在しており、生殖腺が未発達な個体や産卵後の個体もいることが示唆される。このため、日本海南西海域に回帰した個体の中には産卵のために回帰した個体のほかに、越冬のために回帰してきた個体もいた可能性が高い。そして、後者には後述するように日本海南西海域以北の海域で産卵後、回帰してきた個体が含まれている可能性がある。

本海域における本種の産卵場の詳細はこれまで明らかにされていないが、1~3月の再捕個体の再捕水深(Fig. 4)から、日本海南西の110~139m水深帯で主に産卵していると推定される。産卵場の環境情報として、千里ヶ瀬における産卵期(1~4月)の1998~2002年の平均水温は、表層で13.7~15.3℃、50m深で13.7~15.3℃、100m深で13.3~14.3℃であったと報告されている⁴⁾。また、本海域の110~139m水深帯の底質は見島以西では細砂から極細砂、見島以东では主にシルト、見島の北方では周囲よりもやや粗粒の堆積物(粗砂)が分布し、小礫の分布も認められている⁸⁾。

松浦³⁾は、本種が大和堆周辺および兵庫県沖で6月に大

量に生息し、さらに日本海中北部(北緯41~43度、東経132~136度)にも6~7月⁹⁾および9月¹⁰⁾に生息していることに加え、1960年代から1970年代の漁期と漁場の推移を基に、本種は3~4月に山口県沖から隠岐島地先で産卵を行った後、4月を過ぎると日本海を北上し夏期まで日本海に広く分布すると想定している。本研究において、日本海南西海域の再捕個体数が4~6月以降減少に転じ、7~9月に著しく少なくなったこと(Table 2)、および6月にスルメイカ釣りの主漁場となる大和堆で、8月に北海道日本海沖で各1個体の再捕があったこと(Fig. 2, Table 3)は、本種が4月以降日本海を広域に北上するという想定を裏付けるものである。このうち大和堆で再捕された個体は、1998年11月6日に見島南海域に放流された個体(放流時全長30.5cm)で、放流翌年の1~4月には産卵体長に達していたと考えられること、および山口県日本海沖のマフグの餌生物としてはイカ類が最も多く出現するとされている⁹⁾ことから、日本海南西海域で産卵後、スルメイカを追って索餌回遊中に大和堆で再捕された可能性がある。北海道日本海沖で再捕された個体は、2002年6月3日に全長27.5cmで放流された個体で、放流から80日しか経過していない8月22日に再捕されていることから、雌なら再捕日にはまだ産卵体長に達していないが、雄なら産卵体長に達していたと考えられる。本種は再捕海域北方の北海道北西部初山別沿岸で6月中旬から7月上旬に産卵することが報告されている⁹⁾が、本個体は再捕個体の中で最高の移動速度(13.9km/日)を示したものの、産卵期には間に合わず雄であったとしても産卵に関与できなかったと推察される。

10~12月放流群では放流海域よりも西側の山口県北西沖で再捕が見られたものの、対馬北端以南の海域では再捕がまったく見られなかった(Fig. 2)ことから、10~12月に山口県日本海沖に分布する個体の中には南下する個体がいるものの、南下は対馬付近までで、対馬海峡を通過して東シナ海へ南下する個体はほとんどいないのではないかと推察される。本種は1965年から1970年代中ごろまでは日本海南西海域だけでなく黄海でもかなり漁獲されていた¹¹⁾が、1970年代後半以降顕著に減少し、対馬以北の漁場との間に連続性が見られなくなったため、少なくとも資源が低水準となった1980年以降、黄海・東シナ海から日本海への来遊は極めて少ないのではないかと推測されている⁷⁾。以上のことから、日本海に分布する群と黄海・東シナ海に分布する群との間には対馬海峡を通過しての移動・交流はほぼないと推察される。

4~6月放流群では放流海域よりも西側の山口県北西沖では再捕がまったく見られなかった(Fig. 2)。このことも、4~6月に山口県日本海沖に分布する個体の北上移動を支持している。このために、4~6月放流群の再捕率は10~12月放流群の再捕率よりも低い(Table 1)なのであ

う。

日本海南西海域における再捕個体数は、産卵期の1~3月に増加した後、4~6月に減少し、7~9月に著しく減少する季節変化を繰り返しながら、経年的に減少し、放流後3年目の1~3月まで再捕個体が確認された (Table 2)。このことは、4月以降日本海を北上した後、産卵期に日本海南西海域に産卵回帰する個体が存在する可能性を強く支持しており、中には複数年に渡って回帰する個体がいる可能性も示唆している。ただし、10~12月放流群は放流翌年までわずかではあるが周年再捕されたこと (Table 2) から、4月以降も北上せず日本海南西海域に滞留する個体が少ないながらも存在する可能性もある。

本種は朝鮮民主主義人民共和国東岸沖合で10~11月に多獲されたことがあったことから、降温期となる9月以降南下移動を行い、韓国東岸沖合、山口県沖合で10月から翌3月にかけて越冬滞留すると推測されている³⁾。本研究では、前述のとおり日本海南西海域を北上後、1~3月に日本海南西海域に回帰し、産卵または越冬する個体が存在する可能性が極めて高いことを示した。とはいえ、見島南海域で11月に放流され、放流年の12月に鳥取県沖で再捕された個体があった (Table 3) ことから、冬季には日本海南西海域に滞留する個体が多いものの、中には北上する個体もいることが明らかになった。

尾串¹²⁾は北海道で本種の水揚げ状況の聞き調査を行った結果、津軽海峡西側 (松前~渡島福島) で2~3月頃ホッケまき網で本種が混獲されることから、津軽海峡を通過して太平洋側に達する群の存在を推定している。本研究において5月に岩手県船越湾で1個体の再捕があったこと (Table 3) から、山口県日本海沖から太平洋側への移動が裏付けられた。また、津軽半島西方の青森県日本海で1月に2個体の再捕が見られたこと (Table 3, Fig. 2)、および北海道の積丹半島以北の日本海、北海道のオホーツク海側および太平洋側での再捕が無かったことから、本個体はおそらく尾串¹²⁾の推定どおり2~3月頃津軽海峡を通過して太平洋側へ移動したのではないかと推測される。本個体は2000年5月9日に全長28.5 cmで萩湾に放流され、放流後1年経過した2001年5月24日に再捕されたものであった (Table 3) ことから、再捕日には産卵体長に達していたとみなされる。本種の産卵水温は北海道北西部初山別沿岸で13.5~17.1℃で山口県日本海沖の産卵期の水温範囲を含むとされている⁵⁾こと、および岩手県水産技術センターの定置水温資料によると再捕日の船越湾の表層水温は10.7℃であった (瀬川, 私信) ことから、再捕日にはまだ産卵水温には達していなかった。このため、本個体は再捕日までに産卵しなかったと考えられる。しかし、船越湾では6月には産卵水温に達する (瀬川, 私信) ので、本個体は産卵のために移動した可能性がある。

日本海南西海域以遠で再捕された個体のうち、佐渡島

沖で再捕された個体は、1999年11月9日に全長32.0 cmで見島南海域に放流され、放流後155日経過した2000年4月12日に再捕されたこと (Table 3) から、再捕日には産卵体長に達していたと考えられる。新潟県水産海洋研究所の定置水温資料によると再捕日の佐渡島沖の表層水温は9.8℃であった (佐藤, 私信) ので、本個体は再捕日までに産卵しなかったと考えられるが、佐渡沖では5月には産卵水温に達する (佐藤, 私信) ので、本個体も船越湾の再捕個体と同様に産卵のために移動した可能性がある。また、隠岐島周辺海域で放流後翌年から2年目の2~5月に再捕された8個体の放流時全長は10~12月放流群で29.5~34.0 cm、4~6月放流群で25.0~28.5 cm (Table 3) で、再捕日にはすべて産卵体長に達していたとみなされること、および本海域では1964~1973年の4月にまき網で産卵群が漁獲され、産卵場が形成されると報告されている³⁾ことから、これらの個体は産卵に加わった可能性が高い。

以上のとおり、山口県日本海沖から北方への移動には索餌回遊だけでなく産卵回遊が含まれており、これまで産卵場とされてきた北海道北西部初山別沿岸⁵⁾や隠岐島周辺海域³⁾以外に佐渡島周辺海域や太平洋側の船越湾周辺海域へも産卵のため移動している可能性が示唆された。

謝 辞

標識放流の実施にあたり多大な御協力をいただいた元中伝丸船長中村英夫氏に心より感謝する。標識放流の企画および船上での作業においてそれぞれ中心的な役割を担った元山口県水産研究センター小林知吉氏および川村邦彦氏に深く感謝する。下関唐戸魚市場株式会社元代表取締役社長松村久氏には南風泊地先の標識放流のためにさまざまな便宜を図っていただいた。また、同社職員、県内外の漁業者、関係道県の水産研究機関の皆様には再捕報告に御協力をいただいた。定地水温資料の入手にあたっては、岩手県水産技術センターの瀬川 叡氏および新潟県水産海洋研究所の佐藤 修氏に御協力をいただいた。以上の皆様に感謝する。

なお、本研究は水産庁補助事業複合型資源管理型漁業促進対策事業で実施したものである。

文 献

- 1) 山田梅芳・柳下直己 (2013) : フグ科. 日本産魚類検索全種の同定第三版 (中坊徹次編), 東海大学出版会, 秦野, pp. 1728-1742.
- 2) 河野光久・小林知吉・渡邊俊輝 (2022) : 山口県日本海沿岸におけるシロサバフグの移動. 山口県水

- 産研究センター研究報告, (19), 15-19.
- 3) 松浦 勉 (1983) : 漁獲組成から見た日本海南西部海域のナメラフグ延縄漁業に関する2・3の知見. UO, (32), 9-24.
 - 4) 小林知吉 (2006) : マフグ *Takifugu porphyreus* の生殖腺熟度の季節変化と性比. 山口県水産研究センター研究報告, (4), 73-80.
 - 5) 藤田矢郎・阿部宗明・道津喜衛 (1992) : 北海道北西部初山別沿岸のマフグの産卵期と産卵魚. 日本水産学会誌, **58**(9), 1621-1625.
 - 6) 中原民男 (1969) : 山口県沖合大陸棚に分布する重要底魚類の漁業生物学的特性. 山口県外海水産試験場研究報告, **11**(2), 70 pp.
 - 7) 山田梅芳・時村宗春・堀川博史・中坊徹次 (2007) : マフグ. 東シナ海・黄海の魚類誌, 東海大学出版会, 秦野, pp. 1213-1218.
 - 8) 池原 研・川幡徳高 (1986) : 北九州・山陰沖の表層堆積物. 西南日本周辺大陸棚の海底地質に関する研究 昭和60年度研究報告書—響灘・見島沖海域—, 工業技術院地質調査所, 68-102.
 - 9) Nishimura S. (1965) : The Zoogeographical Aspects of the Japan Sea Part 1. Publ. Seto. Mar. Biol. Lab., **13**(1), 35-79.
 - 10) 高木和昭・小川嘉彦・林 泰行・桑原哲太郎 (1974) : ナメラフグ漁場開発調査. 昭和48年度山口県外海水産試験場事業報告, 1-2.
 - 11) 花渕信夫 (1982) : 黄海・東シナ海におけるフグ類について. 昭和56年度漁業資源研究会議 西日本底魚部会会議報告, 水産庁・水産研究所漁業資源研究会議, 37-45.
 - 12) 尾串好隆 (1983) : 北海道におけるフグ類の分布と水揚状況の聞取調査. 昭和57年度山口県外海水産試験場事業報告, 109-111.

安価で自作可能なハモ用標識放流タグの 作成方法とその評価（短報）

國森拓也

Methods of Creating Cheap and Easy-to-make Tags for Mark and Recapture Experiments of Daggertooth pike conger *Muraenesox cinereus* and their Evaluation (Short Paper)

Takuya KUNIMORI

By using commercially available cable ties and heat-shrinkable tubes specially designed for label writers, we created cheap and easy-to-make tags for mark and recapture experiments of daggertooth pike conger *Muraenesox cinereus*. Daggertooth pike conger with these tags “cable tie tag” and Atkins-type tags, which are in common use, were released into the Seto Inland Sea off Yamaguchi Prefecture, Japan.

Based on the recapture rates, elapsed days until recapture and ease of reading characters, the cable tie tag was considered to have the same or better performance than the Atkins-type tag.

Key Words : Daggertooth pike conger; *Muraenesox cinereus*; Fish tag; Mark and recapture experiments

ハモの標識放流は、1950～60年代に東シナ海・黄海においてアトキンス型¹⁾、挟み込み型¹⁾およびカフス型²⁾の標識を用いた報告があるほか、近年は瀬戸内海においてアトキンス型タグによる標識放流が実施されている³⁻⁵⁾。

岡崎ら³⁾は徳島県海域においてアトキンス型タグを使用したハモの標識放流を行い、放流から最長で1,112日後の再捕を確認し、長期間にわたって脱落しにくく、本種の生態特性から、標識による行動への影響は非常に低いとしている。

このようにハモの標識放流において古くから使用され続けた実績があり、優れた性能を有するとされるアトキンス型タグであるが、現在以下のような問題を抱えている。すなわち、①受注生産であり、納期に2か月程度の時間を要する。②一般に最少注文個数は500～1,000個となっており、対象個体数の少ない調査には向かない。③価格が1個100円程度で高い。④国内に製造会社が少なく、近年は廃業などにより入手が難しくなっている。

そこで、これらの問題を解決するため、外部の製造会社に依存せず市販の部材で自作可能なタグを作成し、これをハモに装着して放流し、その回収率等から性能を評

価したので報告する。

タグの作成

ナイロン製結束バンド（幅3.6mm、長さ150mm、たとえばナフコ製 NCVR-150W、以下、結束バンド）、ラベルライター（キングジム製 TEPURA PRO）、および専用熱収縮チューブ（キングジム製 SU5S、以下、熱収縮チューブ）を準備する。

まず、ラベルライターで熱収縮チューブに必要な事項（個体番号、機関名等）を印字したものを必要数作る（通し番号を印字する際、使用するラベルライターに連番を自動で印字する機能がある場合はこれを利用するとよい）。この熱収縮チューブの穴に結束バンドを通し、オープンにより160℃で1時間程度加熱する。これにより、熱収縮チューブが収縮し、結束バンドに密着し、タグが完成する（Fig. 1）。

結束バンドタグ250個作製の所要時間は約2時間、材料費は1個あたり約40円であった。

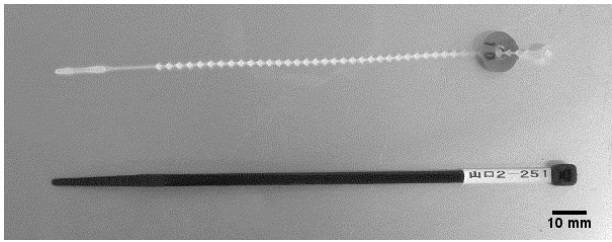


Fig. 1 The commercial Atkins type tag (above) and cable tie tag (below) created in this study.

タグの装着と放流

2020年10月19日および20日に前述の方法により作成したタグ（以下、結束バンドタグ）および直径12mmのアトキンス型タグ（離合社製、5658-D、ビードタイで固定）をそれぞれ250尾のハモに装着した。ハモは山口県瀬戸内海域で操業する底びき網漁業により、当日水揚げされたものを用いた。

魚体へのタグの装着は、両種のタグとも金属製で筒状のアプリーケーターを用いて背鰭付根の筋肉に体側側から貫通させた後、結束バンドまたはビードタイが直径3~4cmになるように調整した。

両種のタグには個体識別のため、通し番号（1~250または251~500）が印字されており、この番号に従い1個体ずつ0.01kg単位で体重を記録した後、当日中に漁獲された海域付近で放流した（Table 1）。

Table 1 Summary of release by tag type.

Tag type	Released date	N. of fish released	Body weight (kg)			
			Mean	SD	Min.	Max.
Cable tie tag	Oct.19-20, 2020	250	0.51	0.17	0.22	1.47
Atkins type tag		250	0.57	0.22	0.22	2.41

放流結果

2021年12月末までに、結束バンドタグ装着個体が9尾、アトキンス型タグ装着個体が6尾再捕された。再捕率はそれぞれ3.6%および2.4%、放流から再捕までの平均経過日数はそれぞれ101日（最短35日、最長293日）、および98日（最短35日、最長238日）であった（Table 2）。両タグ間の再捕率（Fisherの正確確率検定、 $p = 0.602$ ）および経過日数（T検定、 $p = 0.955$ ）に有意な差は確認されなかった。

Table 2 Result of recapture by tag type.

Tag type	N. of fish recaptured	Recapture rate (%)	Days after released		
			Mean	Min.	Max.
Cable tie tag	9	3.6	101	35	293
Atkins type tag	6	2.4	98	35	238

また、アトキンスタグでは印字された文字が擦れて判読しづらくなっているものがみられたが、結束バンドタグでは、すべてのタグで明瞭に判読可能であった（Fig. 2）。

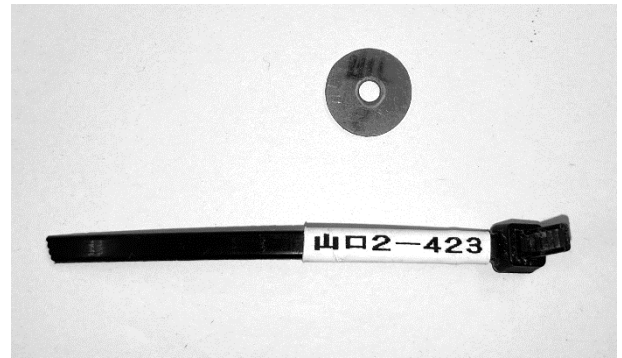


Fig.2 Atkins tag (above, 203 days after released) illegible due to scuffing and clearly legible cable tie tag (below, 202 days).

結束バンドタグはアトキンス型タグの入手性や価格に係る問題点を大幅に改善できるうえ、再捕率や経過日数、文字の判読しやすさの面からアトキンス型タグと同等以上の性能を有していると考えられた。

ただし、本報告で確認できた放流から再捕までの期間は、最長で293日間であり、これ以上長い時間が経過した場合の評価はできていない。したがって、今後アトキンス型タグの代用品として結束バンドタグを使用していく場合は、飼育実験を行うなどして、なるべく長期間の生残率や脱落率を把握する必要があるだろう。

文 献

- 1) 大滝英夫 (1964) : 東シナ海・黄海産ハモの漁業生物学的研究. 西海区水産研究所研究報告, (32), 59-123.
- 2) 大滝英夫 (1971) : 標識放流による以西底魚資源の研究. 漁業資源研究会議報, (12), 73-97.
- 3) 岡崎孝博・上田幸男・浜野龍夫 (2012) : 標識放流からみた瀬戸内海東部海域におけるハモの分布と移動. 日本水産学会誌, 78(5), 913-921.
- 4) 安部昌明 (2022) : 香川県東部沿岸海域において標識放流したハモ小型個体の移動と成長. 香川県水産試験場研究報告, (21), 5-11.
- 5) 國森拓也 (2019) : 標識を付けたハモを放流しました. 山口県水産研究センターだより, (12), 3.

周防灘に生息するマコガレイの夏季から冬季にかけての 経験水温・深度および離底行動の観測

Experienced water temperature, depth and vertical movements
of marbled flounder *Pseudopleuronectes yokohamae* from
summer to winter in Suo Nada, the Seto Inland Sea, Japan

山本宗一郎*^{1,2}・三田村啓理*³・黒川皓平*⁴・
國森拓也・堀 正和*⁵・荒井修亮*⁶

Soichiro Yamamoto, Hiromichi Mitamura, Kouhei Kurokawa, Takuya
Kunimori, Masakazu Hori and Nobuaki Arai

Nippon Suisan Gakkaishi, **88**(5), 355-364 (2022) DOI:10.2331/suisan.21-00031

We released 30 adult marbled flounder *Pseudopleuronectes yokohamae* attached with temperature-depth data loggers off Himeshima Island at Suo Nada in the Seto Inland Sea, on July 3, 2017. Two loggers recorded data from the release day until December-January. In September, the hottest month of the year, the most frequently experienced water temperature and depth for marbled flounder were 24-25 °C (53.9-57.6%) and 0-5 m (44.3-73.9%), respectively. The experienced water temperature reached 27 °C, but the proportion of the experienced water temperature over 26 °C was low at 3.9-4.5% for the two marbled flounder. We also noticed vertical movements of the marbled flounder based on depth data. When marbled flounder experienced marked changes in water temperature, water depth and distribution area, they continued to move vertically. The results suggested that marbled flounder can survive in a water temperature lower than 26 °C in natural sea water. Moreover, vertical movements may be related to migration.

2017年7月3日、瀬戸内海周防灘姫島沖に水温・深度ロガーを取り付けたマコガレイ 30尾を放流した。2台のロガーから放流日から12-1月までの記録を得ることができた。年間の最高水温月である9月には経験水温で24-25 °C (53.9-57.6%)、深度で0-5 m (44.3-73.9%)の階級で頻度が最も高かった。2個体のマコガレイの経験水温は最高で27 °Cに達したが、26 °C以上の階級の全体に占める比率は3.9-4.5%と低かった。我々は深度データを基にマコガレイの離底行動にも言及した。マコガレイは水温、深度および推定分布域の急激な変化を経験したとき、離底行動を繰り返していたと推測された。これらの結果はマコガレイが天然の海域では水温26 °C以下で生存することができることを示唆している。さらに、連続した離底行動は海域間の移動と関係している可能性がある。

キーワード： *Pseudopleuronectes yokohamae* ; 高水温 ; 生息域 ; 離底行動

*1 愛媛大学大学院連合農学研究科生物環境保全学専攻

*2 大分県農林水産研究指導センター水産研究部

*3 京都大学フィールド科学教育研究センター

*4 福岡県水産海洋技術センター豊前海研究所

*5 (国研) 水産研究・教育機構 水産資源研究所

*6 同水産大学校

日本海南西海域産アカムツの資源特性値の把握と資源量推定 Estimation of stock characteristics and stock assessment of blackthroat seaperch *Doederlenia berycoides* in the southwestern Japan Sea

金元保之*1・八木佑太*2・田中空太*3・金岩美幸*4・松本洋典*1・
大田寿行*5・河野光久・寺門弘悦*6・道根 淳*7・川内陽平*8・
酒井 猛*9・矢野寿和*10・金岩 稔*4

Yasuyuki Kanamoto, Yuta Yagi, Sorata Tanaka, Miyuki Kanaiwa,
Hironori Matsumoto, Hisayuki Ota, Mitsuhisa Kawano,
Hiroyoshi Terakado, Atsushi Michine, Yohei Kawaguchi,
Takeshi Sakai, Toshikazu Yano and Minoru Kanaiwa

Nippon Suisan Gakkaishi, 88(5), 365-385 (2022) DOI:10.2331/suisan.21-00047

This study focused on blackthroat seaperch in the southwestern Japan Sea. An age-length key (ALK) was established based on transverse sections of otoliths. Catch in number by age was estimated using the ALK and catch information from Shimonoseki and Hamada fishing ports in Yamaguchi and Shimane prefectures, respectively. Standardized catch per unit effort (CPUE, kg/tow * vessel) was calculated after filtering the organized CPUE data of blackthroat seaperch from the fishery logbook data of offshore trawl fisheries. Stock in biomass, fishing mortality coefficient, and relationship between spawning stock biomass and recruitment in number were estimated using an adaptive framework virtual population analysis. A retrospective analysis confirmed the validity of the estimated results. Stock levels in biomass of blackthroat seaperch in the southwestern Japan Sea have been high and constant in recent years. We considered a management policy for protecting the small-sized blackthroat seaperch.

本研究は日本海南西海域に生息するアカムツを対象とし、耳石横断薄層切片を用いた年齢査定による年齢体長キー（ALK）を作成した。また、ALKと山口県下関漁港および島根県浜田漁港における漁獲情報を用いて年齢別漁獲尾数を推定した。さらに、沖合底びき網の漁獲成績報告書からアカムツの狙い操業を考慮したフィルタリングにより標準化した単位努力量当たり漁獲量（CPUE, kg/網×隻）を算出した。資源量、漁獲死亡係数、および親魚量と加入尾数との関係をチューニングVPAにより推定した。推定結果をレトロスペクティブ解析により検証した。日本海南西海域のアカムツの資源水準は近年高水準を維持していた。解析結果を基に、アカムツ小型魚を保護するための管理方策を提言した。

キーワード：ADAPT-VPA；ALK；Directed CPUE；アカムツ；資源評価；耳石横断薄層切片；日本海南西海域；レトロスペクティブ解析

-
- *1 島根県水産技術センター内水面浅海部
 - *2 (国研) 水産研究・教育機構 水産資源研究所 新潟庁舎
 - *3 三重大学大学院生物資源学研究所, 現所属：水産庁資源管理部
 - *4 三重大学大学院生物資源学研究所
 - *5 山口県農林水産部水産振興課
 - *6 島根県水産技術センター漁業生産部
 - *7 島根県東部農林水産振興センター
 - *8 (国研) 水産研究・教育機構 水産資源研究所
 - *9 同長崎庁舎
 - *10 同水産大学校

山口県水産研究センター研究報告 第20号

2023年3月発行

編集・発行者 山口県水産研究センター

〒759-4106 山口県長門市仙崎 2861-3

TEL: 0837-26-0711 FAX: 0837-26-1042

E-mail: a16402@pref.yamaguchi.lg.jp

<https://www.pref.yamaguchi.lg.jp/cms/a16500/uminari/uminari-top.html>

外海研究部 (同上)

内海研究部 〒754-0893 山口市秋穂二島 437-77

TEL: 083-984-2116 FAX: 083-984-2209

E-mail: a16403@pref.yamaguchi.lg.jp
