

豊後水道西部海域におけるイサキの年齢と成長および漁獲物の年齢組成

山田英俊^{1†}, 片山知史², 高田淳史³, 安楽康宏⁴, 真田康広⁵Age, growth and age composition of the landings of threeline grunt, *Parapristipoma trilineatum*, in the western Bungo Channel, JapanHidetoshi YAMADA^{1†}, Satoshi KATAYAMA², Atsushi TAKADA³,
Yasuhiro ANRAKU⁴ and Yasuhiro SANADA⁵

We examined age and growth by thoroughly observing otolith sections of threeline grunt, *Parapristipoma trilineatum*, caught by angling, set net and gill net in the western Bungo Channel, Japan, from August 1988 to July 2006. We found that at the otolith margin an opaque zone was formed each year from July to September. Growth of the males and females significantly differed to each other because old males were smaller than females of the same age. However, considering that the difference was slight and that we needed to collect data easily and rapidly, we estimated the growth of the fish by using the data for both sexes altogether to derive von Bertalanffy's equation: $FL_t = 320 (1 - e^{-0.622(t+0.193)})$, where FL_t is the Fork length (mm) at t (years). The estimated maximum ages for male and female were 23 years and 17 years old, respectively. Age composition of fisheries catch was estimated by Age-weight key method. Fish at 1-3 years old constituted 61% of total catch in number. A large proportion of the landings were immature fish under 2 years old.

Key words: age, age composition, growth, otolith, *Parapristipoma trilineatum*, western Bungo Channel

はじめに

イサキ *Parapristipoma trilineatum* は、主に関東および島根県以南、東シナ海、南シナ海の黒潮およびその分派の影響のある大陸棚上に分布する魚種である (山田ほか, 2007)。イサキの漁期は全国的にほぼ同一で、夏季を中心に漁獲されており、大規模な漁場の移動はないと考えられている

(木村, 1987)。標識放流によって確認された移動距離は 15 km 程度である (河野, 1997)。大分県では、主に豊後水道西部海域において一本釣りや定置網、刺網で漁獲されている。特に、一本釣りで漁獲されたイサキについては「関いさき」、「豊後水道鶴見一本釣りいさき」などとして銘柄化され、高値で取引されることから、重要な漁獲対象魚種となっている。しかしながら、1994年に536トンあったこの海域での漁獲量は、1995年以降減少し、近年は200トン前後の低水準にとどまっており (九州農政局大分統計情報事務所, 1994-2006)、資源水準も低下しているものと推察される。このため、当該海域では産卵親魚量の確保を目的として、一本釣り漁業者が全長200mm以下のイサキを再放流する取り組みを行っている。また、近年では豊後水道沿岸各地で種苗放流が行われている。しかしながら、現時点では大幅な漁獲水準の回復は認められず、今後の漁獲動向次第では、さらなる資源管理措置の実施が必要であると考えられる。

資源管理措置の実施を検討するためには、年齢別資源尾数を推定し、資源の状態を評価する必要がある。年齢別資源尾数の推定方法としてはコホート解析がある。コホート解析は年齢別漁獲尾数をもとに資源尾数を推定するため、その実施のためには年齢と成長および漁獲物の年齢組成に

2010年11月17日受付, 2011年7月3日受理

¹ 大分県南部振興局

Oita Prefecture Southern Region Bureau, 1-2-1 Nagashima-machi, Saiki, Oita 876-0813, Japan

² (独) 水産総合研究センター中央水産研究所浅海増殖部

Coastal Fisheries and Aquaculture Division, National Research Institute of Fisheries Science, 6-31-1 Nagai, Yokosuka, Kanagawa 238-0316, Japan (現所属: 東北大院農)

³ 大分県農林水産部

Division of Agriculture, Forestry and Fisheries, Oita Prefectural Office, 3-1-1 Ote-machi, Oita, Oita 870-8501, Japan

⁴ 大分県東部振興局

Oita Prefecture Eastern Region Bureau, 786-1 Ankokuji, Kunisaki, Oita 873-0504, Japan

⁵ 大分県農林水産研究指導センター水産研究部

Fisheries Research Division, Oita Prefectural Agriculture, Forestry and Fisheries Research Center, 194-6 kamiura, Saiki, Oita 879-2602, Japan (現所属: 大分県農林水産部)

† yamada-hidetoshi@pref.oita.lg.jp

関する情報が必要不可欠である。

本種の年齢と成長については、三浦半島南部（増沢，1967），静岡県（佐藤，1971），熊野灘沿岸（木村，1984），五島列島北部海域（川口・山元，1990），山口県（河野，1997），徳島県（渡辺・岡崎，1999a），紀伊半島南西岸（Doiuchi et al., 2007）などにおいて明らかにされているが，大分県海域での知見はほとんど得られていない。また，多くの事例は鱗による年齢査定や耳石の表面観察による年齢査定（表面法）に基づいて検討されている。これらの方法は，高齢時の成長停滞に伴う鱗の隆起線形成の停止，または耳石長軸方向への成長の停滞による年齢の誤査定が指摘されており，高齢魚では耳石横断切片の観察による年齢査定（横断面法）が推奨されている（西村，2001）。実際，Doiuchi et al. (2007) は紀伊半島南西岸のイサキについて，耳石の表面法と横断面法による年齢査定結果を比較し，表面法では，横断面法に比べ3歳魚以上で年齢を過小に推定する傾向があることを明らかにし，3歳魚以上の年齢を正確に把握するには，横断面法による年齢査定が必要であると報告している。

そこで，本研究では耳石の細かな輪紋構造が観察可能な横断面法によって年齢査定を行い，豊後水道西部海域におけるイサキの年齢と成長の関係を明らかにするとともに，漁獲物の年齢組成を推定した。

材料と方法

年齢と成長

1998年8月から2006年7月にかけて，豊後水道西部（Fig. 1）に位置する佐賀関，鶴見，元猿市場に水揚げされたイ

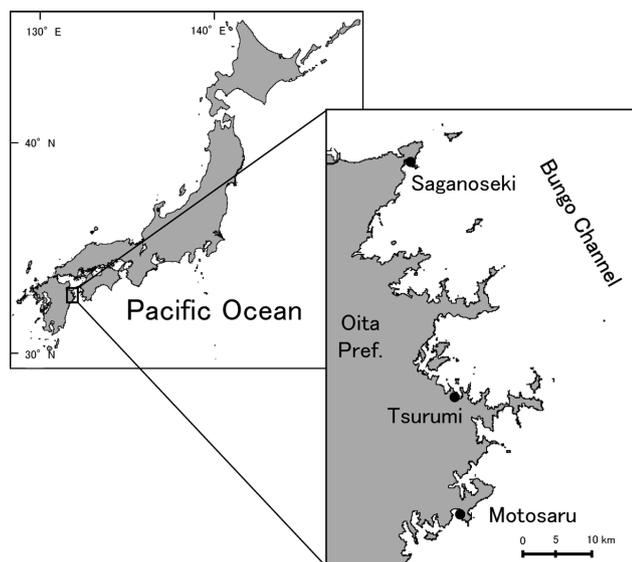


Figure 1. Locations of the 3 fisheries markets where the specimens of threeline grunt *Parapristipoma trilineatum* were sampled.

サキ 1,603 個体を購入し，標本に用いた。なお，これらの大部分は，1998–1999 年にかけて鶴見大島地区の漁業者が一本釣りによって漁獲したものであるが，一部に定置網，刺網で採集された個体も含まれている（Table 1）。

標本は氷蔵して実験室に持ち帰り，全長（TL），尾叉長（FL）を 1 mm 単位，体重（BW）および生殖腺重量（GW）を 1 g 単位で測定し，雌雄の判別，耳石（扁平石）の摘出を行った。また，生殖腺の発達程度から産卵期を推定するため，生殖腺熟度指数（GI）を次式 $GI = (GW/FL^3) \times 10^7$ により計算した。

耳石輪紋の観察は，Doiuchi et al. (2007) に従い横断面法によって行った。耳石横断切片は，乾燥させた耳石をポリエステル樹脂（丸本ストルアス社製）に包埋した後，硬組織切断機（ゼーゲミクロトーム，Leica SP1600；ライカ社製）を用いて，耳石中心部を通るよう短軸方向に厚さ約 300 μm に切断し，その薄片をステッキワックス（マルトー社製）でスライドガラスに貼り付けて作成した。その

Table 1. Sample data of *Parapristipoma trilineatum* used in the present study.

Year	Month	Fishing gear	No. of specimens	Range of fork length (mm)
1998	Aug.	Angling	52	244–352
	Sep.	Angling	51	198–316
	Oct.	Angling	60	201–336
	Nov.	Angling	102	202–330
	Dec.	Angling	110	190–336
1999	Jan.	Angling	91	195–340
	Feb.	Angling	47	203–337
	Mar.	Angling	106	191–318
	May	Angling	136	195–386
	June	Angling	148	196–346
	July	Angling	81	196–354
	Aug.	Angling	84	207–389
	Sep.	Angling	49	235–326
	Oct.	Angling	64	194–321
	Nov.	Angling	56	191–343
	Dec.	Angling	46	193–349
	2001	May	Set net, Angling	28
July		Angling	27	204–294
Aug.		Set net	26	215–250
Sep.		Set net	16	152–194
2002	Oct.	Angling, Set net	43	184–298
	Jan.	Gill net	26	182–297
2006	Feb.	Angling	5	276–328
	Mar.	Angling	1	340–340
	May	Set net	2	156–164
	June	Set net, Angling	22	133–344
	July	Set net, Angling	124	122–391
Total			1603	122–391

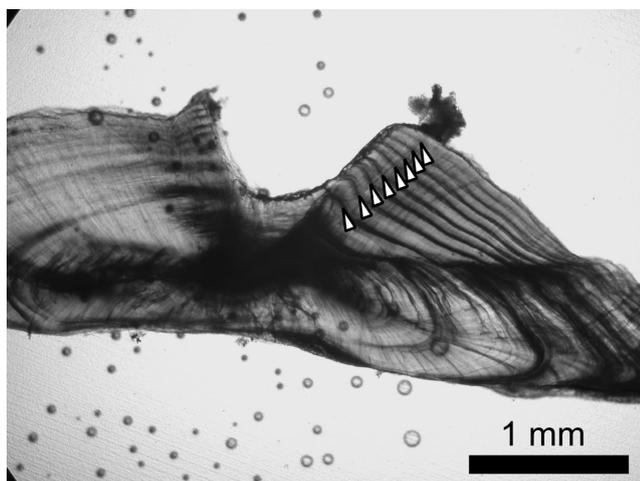


Figure 2. Otolith transverse section of *Parapristipoma trilineatum* (FL: 297 mm, male, Jan. 27, 1999). Arrowheads in the picture indicate opaque zones.

後、仕上げに透明マニキュア液を塗布することで、研磨処理を施さなくても明瞭な耳石輪紋が容易に観察できるよう加工した。耳石の観察は光学顕微鏡（透過光、40–100倍）で行った。年輪構造については、最も明瞭な輪紋（不透明帯）が形成されていた耳石裂溝（体軸側）の周辺部位を観察した（Fig. 2）。しかし、当部位の若齢時の輪紋は比較的不明瞭であったため、腹側もしくは背側に観察される同一輪紋上の不透明帯も並行して観察した。その際には、若齢時の不透明帯の形成時に生じる耳石成長方向の変化（Directional Change, 田中ほか, 2008; 山本ほか, 2008）に注目して、不透明帯の判別を行った（Fig. 3）。なお、耳石の中心部が破損している個体や輪紋が不明瞭な個体は解析の対象外とした。また、同時に耳石縁辺部における透明帯と不透明帯の出現状況を調べ、輪紋の形成時期を調べた。

横断面法で得られた個体ごとの年齢と尾叉長データに基づき、便宜的に雌雄込みの年齢体長相関表（Age-length key）および年齢体重相関表（Age-weight key）を作成した。また、表計算ソフト MS-Excel（Microsoft 社製）のソルバー機能を用いて非線形最小二乗法により von Bertalanffy の成長式を求めた。なお、本研究の結果から、豊後水道西部海域における本種の産卵盛期は、後述のように6–7月と推定されたため、7月1日を年齢起算日とした。

漁獲物の年齢組成

豊後水道西部海域で漁獲されるイサキの年齢組成を把握するため、市場調査の結果と Age-weight key から年ごとの年齢別漁獲尾数を推定した。市場調査は、豊後水道西部海域で漁獲されるイサキの約40%が水揚げされる鶴見公設市場（Fig. 1の Tsurumi）において、1998–2006年まで月1–3回の頻度で実施した。各調査では、ほぼ大きさを揃えて発泡スチロール箱に並べて出荷されるイサキの箱ごとの重量

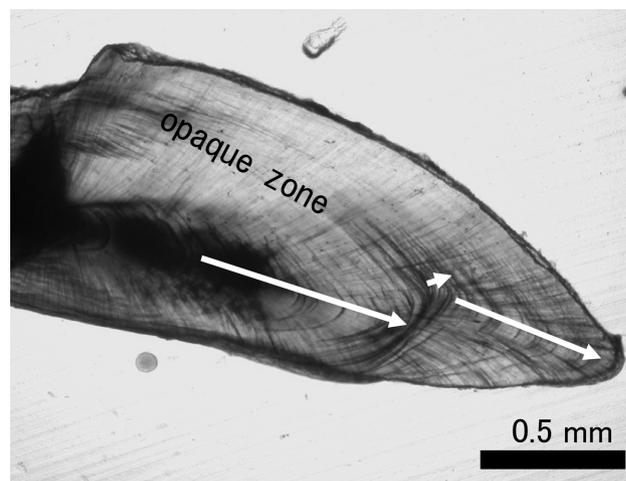


Figure 3. Otolith section of *Parapristipoma trilineatum* of 1 year old (FL: 202 mm, female, Dec. 27, 1999). The open arrows point to directions of otolith growth.

（100 g 単位）と個体数を記録し、1尾当たりの体重を算出した。調査で得られた体重データを一括して解析し、体重階級別（100 g ごと）の調査尾数・重量を集計したのち、Age-weight key を用いて0–10歳以上まで年齢分解し、年齢別調査尾数・重量を推定した。その後、鶴見地区の年間漁獲量と市場調査の年間総調査重量の比を乗ずることで、鶴見地区における年別・年齢別漁獲尾数を求めた。なお、鶴見地区における漁獲量については1998–2006年までの大分農林水産統計年報（九州農政局大分統計情報事務所）データを使用した。

結果

生殖腺熟度指数（GI）の経月変化

雌雄ともにGIは1–3月に5以下の低い値で推移した（Fig. 4）。4月は標本を入手できなかったため不明であるが、5–8月に明らかに高い値を示した。その後、9月以降は再び低い値となり雌の1個体を除いて全て5以下であった。平均GIは雌雄ともに6月に最高となり雄が15.2、雌が12.1であった。以上のことから、豊後水道西部海域における本種の産卵期は5–8月で、産卵盛期は6–7月であると推定された。

不透明帯の形成時期

耳石横断面を光学顕微鏡下で観察すると、特に耳石の裂溝周辺において、明瞭な幅の太い透明帯と幅の狭い不透明帯が交互に観察された（Fig. 2）。しかし、若齢時に形成された不透明帯については、耳石中心不透明部と重なっていたり、明暗の差が小さく透明帯との境界が不明瞭であったり、判別困難な場合がみられた。そのため、腹側もしくは背側に観察される輪紋構造を並行して観察したところ、コウライアカシタビラメ（山本ほか, 2008）やヒラメ（田中ほか, 2008）での観察事例と同様に、不透明帯形成時には、耳石

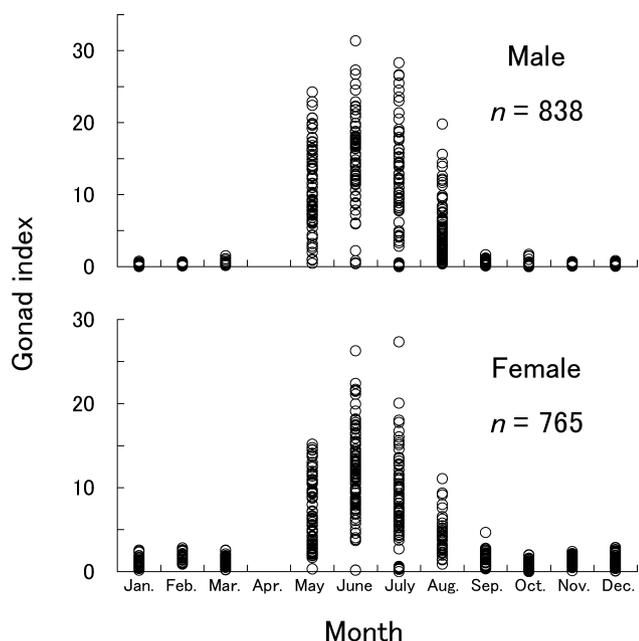


Figure 4. Monthly changes in gonad index (GI) for male and female *Parapristipoma trilineatum* in the western Bungo Channel.

の成長方向が変化する特徴 (Directional Change) があつた (Fig. 3). すなわち, 透明帯および透明帯から不透明帯の内縁にかけての部位では, 耳石は伸長する方向に成長していたが, 不透明帯の外縁では肥厚方向 (体軸側) に成長していた. さらにその外側の透明帯においては, 耳石は再び伸長方向に成長していた. この耳石成長方向の変化の有無を基準に若齢時の不透明帯を判別することによって, 精度の高い年齢査定が可能となった. その結果, 標本1,603個体のうち1,581個体 (雄830個体, 雌751個体) について輪紋を計数することができた.

耳石縁辺部に不透明帯を有する個体の月別出現割合を Fig. 5 に示した. なお, 査定できた1,581個体中, 1輪以上の輪紋を持つ1,478個体のデータを使用した. 4月の標本は欠けているが, 耳石縁辺部に不透明帯を持つ個体の出現割合は5月頃から増加し始め, 7月の出現割合は57%と最も高かつた. その後, 出現割合は減少して10月には5%となり, 12-3月までは0%となった. 以上のことから, 不透明帯は主に7-9月にかけて1年に1本形成される年輪であることが確認された.

成長式および Age-length key, Age-weight key

年齢査定を行ったイサキの雄と雌の尾叉長範囲はそれぞれ127-378 mm, 122-391 mmであつた. 横断面法によって査定された年齢範囲は雄が0-23歳, 雌が0-17歳であつた. 10歳以上の高齢個体は雄の方が多い傾向がみられた. 各個体の年齢査定結果を基に, 年齢 t に対する尾叉長 (mm) の関係について, von Bertalanffy の成長式を当てはめると

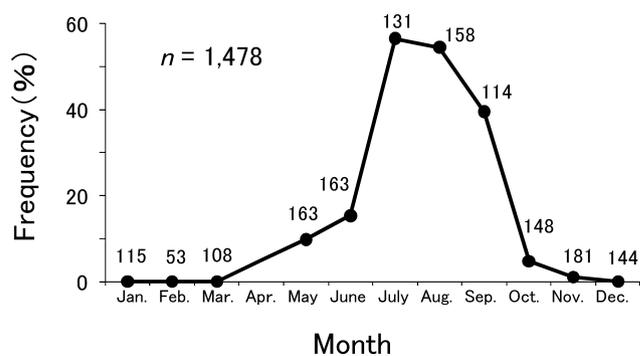


Figure 5. Monthly change in proportion of sectioned otoliths with opaque zone at their margins. Numbers on each plot indicate sample size. No data was obtained for April.

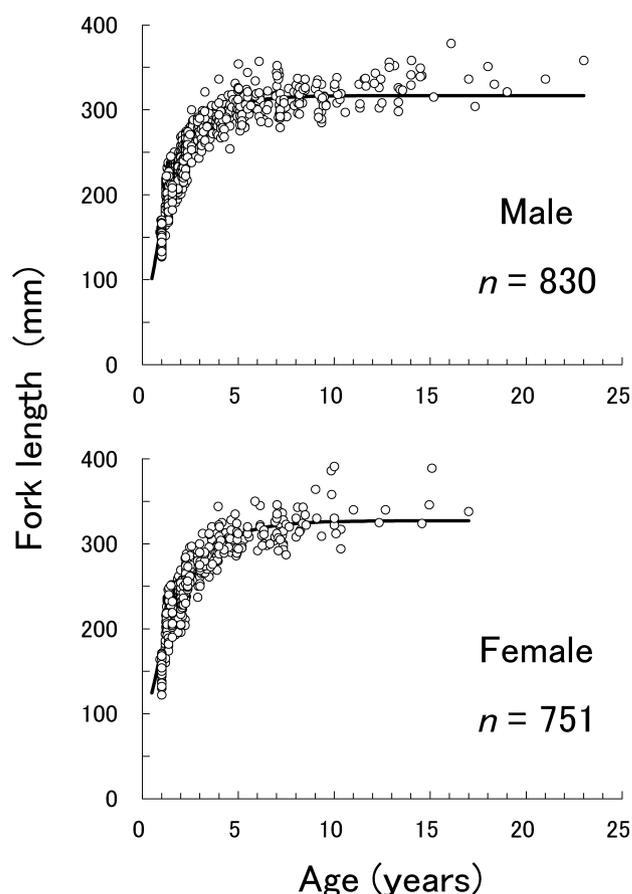


Figure 6. Von Bertalanffy growth curves fitted to age-FL relationships of male and female of *Parapristipoma trilineatum*. Age was determined using otolith section, assuming the birth date as July 1st.

以下のように推定された (Fig. 6).

$$\text{雄: } FL_t = 317 [1 - \exp\{-0.659(t+0.086)\}] \quad (1)$$

$$\text{雌: } FL_t = 327 [1 - \exp\{-0.555(t+0.363)\}] \quad (2)$$

雌雄の成長式を, F 検定によって比較したところ, 両曲

線は1%水準で有意に異なった ($F=12.6, p<0.01$). 雌雄ともに3歳までの成長は早い, 4歳で尾叉長約300mmに達すると尾叉長の増加が停滞し, その後はほとんど増加しないという成長様式であるが, 雄の方が高齢魚の割合が高いこと, 特に高齢魚では同年齢で比較すると雌の方が若干大きいという差異がみられた. なお, 市場調査で得られた大

量の漁獲物データから迅速に年齢別漁獲尾数を推定する必要があるため, 便宜的に雌雄込みの成長式を求めると以下のように推定された.

$$\text{雌雄込み: } FL_t = 320 [1 - \exp\{-0.622(t+0.193)\}] \quad (3)$$

また, 雌雄および10歳以上を一つにまとめて, 20mmご

Table 2. Age-length key of *Parapristipoma trilineatum* caught in the western Bungo Channel in Oita Prefecture.

Fork length (mm)	Number of specimens	Age (years)											
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10+	
120-140	25	0.04	0.96										
140-160	60	0.05	0.95										
160-180	31	0.10	0.90										
180-200	62		0.98	0.02									
200-220	280		0.91	0.09									
220-240	356		0.76	0.24									
240-260	206		0.36	0.60	0.03	0.01							
260-280	131		0.01	0.56	0.36	0.05	0.02						
280-300	172			0.19	0.37	0.18	0.09	0.05	0.06	0.01	0.03	0.02	
300-320	144			0.01	0.08	0.24	0.15	0.10	0.19	0.07	0.07	0.09	
320-340	80				0.05	0.11	0.08	0.06	0.15	0.19	0.06	0.30	
340-360	28				0.03		0.11	0.11	0.18	0.07	0.04	0.46	
360-	6										0.33	0.67	

Table 3. Age-weight key of *Parapristipoma trilineatum* caught in the western Bungo Channel in Oita Prefecture.

A) May-August

Body weight (g)	Number of specimens	Age (years)											
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10+	
0-100	103	0.07	0.93										
100-200	222		0.62	0.38									
200-300	161		0.55	0.38	0.07								
300-400	70		0.03	0.31	0.40	0.16	0.06		0.03	0.01			
400-500	77			0.13	0.25	0.25	0.16	0.06	0.08	0.04			0.03
500-600	47				0.09	0.19	0.04	0.19	0.17	0.09	0.09	0.14	
600-700	16					0.19	0.19	0.13	0.13	0.06			0.30
700-800	13				0.08		0.15		0.23				0.54
800-	9								0.11		0.33		0.56

B) September-April

Body weight (g)	Number of specimens	Age (years)											
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10+	
0-100	28		1.00										
100-200	342		0.96	0.04									
200-300	162		0.35	0.61	0.03	0.01							
300-400	122			0.35	0.42	0.10	0.03	0.02	0.05	0.01	0.02		
400-500	116			0.03	0.10	0.18	0.13	0.10	0.16	0.10	0.10	0.10	
500-600	35				0.05	0.09	0.09	0.03	0.09	0.17	0.06	0.42	
600-	3						0.33			0.33			0.34

Table 4. Calculated total length, fork length and body weight at age in year.

Age	Total length (mm)	Fork length (mm)	Body weight (g)
1	179	168	70
2	254	238	210
3	295	276	333
4	316	296	415
5	328	307	466
6	335	313	495
7	338	316	510
8	340	318	520
9	341	319	525

との尾叉長階級における Age-length key (Table 2) と 100 g ごとの体重階級における Age-weight key (Table 3) を作成した。なお、産卵期には卵巣重量が最大で 163 g にまで発達した個体も確認されたため、Age-weight key については生殖腺重量の影響を考慮して産卵期 (5–8 月) と産卵期以外の時期 (9–4 月) に分けて作成した。

尾叉長-全長, 尾叉長-体重関係

尾叉長と全長のデータから雌雄込みの尾叉長 (mm) と全長 (mm) の関係は以下のように推定された。

$$TL = 1.076FL - 2.02 \quad (n = 1526, r^2 = 0.99) \quad (4)$$

また、尾叉長と体重のデータから雌雄込みの尾叉長 (mm) と体重 (g) の関係は以下のように推定された。

$$BW = 7.29 \cdot 10^{-6} FL^{3.14} \quad (n = 1543, r^2 = 0.99) \quad (5)$$

これらの関係式 (4), (5) および前述の雌雄込みの成長式 (3) から求めた満年齢時における推定全長, 推定尾叉長, 推定体重を Table 4 に示した。

鶴見地区における漁獲物の年齢組成

年による変動はあるものの、0 歳魚の漁獲は極めて少なく、全体に占める 1 歳魚の漁獲尾数の割合が 23.9% と最も多かった (Fig. 7)。このことから、豊後水道西部海域での漁獲開始年齢は 1 歳とみなされた。また、2 歳魚と 3 歳魚の平均割合はそれぞれ、22.7% と 14.6% で、1–3 歳魚が主な漁獲対象となっていた (全体の 61.2%)。その一方で、10 歳以上の割合は 7.4% となり、漁獲量では約 13% を占めていると推定された。

考察

イサキの耳石横断面を観察した結果、不透明帯は年に 1 回、主に 7–9 月に形成されていた。また、GI の経月変化から、産卵期は 5–8 月で、産卵盛期は 6–7 月であると推定された。これらのことから、耳石の不透明帯は産卵盛期から産卵後

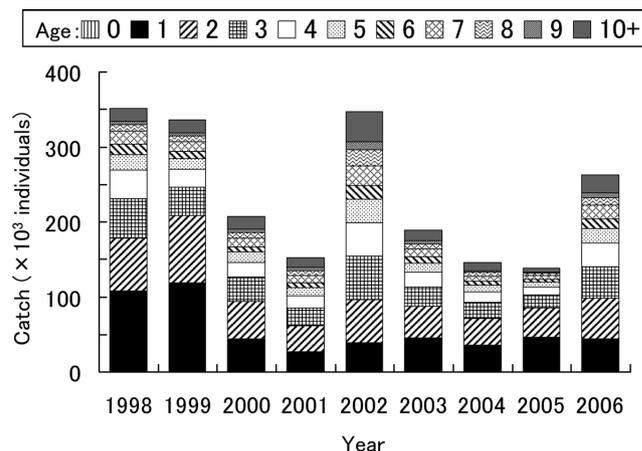


Figure 7. Estimated age compositions of *Parapristipoma trilineatum* landed from 1998 to 2006 in Tsurumi Fish Market, the western Bungo Channel. Age 10+ means over-age group (10–23 years old).

1 ヶ月までの数ヶ月間に形成されるものと思われる。

熊野灘沿岸 (木村, 1984)、徳島県沿岸 (渡辺・岡崎, 1999a) および紀伊半島南西岸 (Doiuchi et al., 2007) におけるイサキにおいても耳石の不透明帯は年に 1 回形成され、その時期は概ね産卵期に相当している。本研究でも同様の結果が得られ、イサキの年齢査定においては耳石横断面の不透明帯内縁を年齢起算に相当する部位として扱うことが適当と判断される。

また今回、耳石横断面を顕微鏡で観察した結果、特に若齢時の不透明帯外縁では、耳石の成長が伸長方向から肥厚方向に変化するという特徴があった。このように耳石の成長方向が産卵期に変化することは、メイタガレイ (片山・五利江, 2007) やヒラメ (田中ほか, 2008)、コウライアカシタビラメ (山本ほか, 2008)、アカシタビラメ (Katayama et al., 2010) でも観察されている。この産卵期における耳石成長方向の変化 (Directional Change) は、耳石横断面において透明帯・不透明帯の識別が困難な場合や、偽年輪のような構造がみられる場合において、不透明帯を判別する有用な基準になると考えられており (片山・五利江, 2007; 山本ほか, 2008; 片山, 2010; Katayama et al., 2010)、イサキの年齢査定についても適用可能と考えられる。

イサキの年齢と成長に関する既報の結果および本研究の結果を Table 5 に示した。本研究と同じ横断面法による年齢査定を行った紀伊半島南西岸海域の結果と比較すると、2 歳以降の年齢で豊後水道西部海域の体長が上回り、成長が良いことが示唆された。一方、表面法を用いた熊野灘沿岸、徳島県沿岸での体長は 1–5 歳までは本海域を下回っていたが、6 歳以降において徳島県沿岸での体長が本海域を上回った。また、鱗を用いた三浦半島南部、静岡県沿岸、

Table 5. Comparison of estimated fork lengths in the present study with those of previous studies (modified from Doiuchi et al., 2007).

Area	Fork length (mm) at each age									Aging character	Source	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9			
Miura Peninsula	122	177	218	247							Scale	Masuzawa (1967)
Shizuoka Pref.	119	185	235	272							Scale	Sato (1971)
Kumano-nada	110	172	218	252	279	298	313				Otolith (Su)	Kimura (1984)
Goto Islands	127	178	219	253	281	303					Scale	Kawaguchi and Yamamoto (1990)
Yamaguchi Pref.	129	184	228	263	290	311	320				Scale	Kawano (1997)
Tokushima Pref.	150	221	261	287	307	326	343	356	365		Otolith (Su)	Watanabe and Okazaki (1999a)
Kii Peninsula	166	206	237	260	278	291	301	308	314		Otolith (CS)	Doiuchi et al. (2007)
Western Bungo Channel	168	238	276	296	307	313	316	318	319		Otolith (CS)	Present study

CS, cross-section method; Su, surface method.

五島列島北部，山口県沿岸海域での体長は1-6歳までは本海域を下回っていたが，7歳において山口県沿岸での体長が本海域を上回った。これらの成長差は水温や資源豊度などの環境要因の差によるとも考えられるが，Doiuchi et al. (2007) が指摘したように表面法を用いた年齢査定がイサキ高齡魚の年齢を過小に評価すること，および木村 (1987) が指摘したように輪紋の明瞭性および偽輪の出現率からイサキの鱗は耳石に比べ年齢形質として劣っており，年齢の誤査定が生じやすいことに起因していると考えられる。今回，他の多くの魚類と同様に，生息する海域によってイサキの成長速度が異なることが示唆されたが，海域間の成長を正確に比較するためには，今後より多くの海域で横断面法を用いた年齢査定調査を行う必要があると思われる。

また本研究において，雄で23歳，雌で17歳という高齡魚が確認された。このような高齡魚の存在は，同じ横断面法で年齢査定を行った紀伊半島南西岸において21歳魚が確認されているのみであり，表面法や鱗による年齢査定を行った他海域の報告では7歳を超えるイサキの確認事例は非常に少ない。このように，確認された最高年齢に海域間の差が生じた要因としては，漁獲によって高齡魚が少なくなっていることも想定されるが，年齢形質や年齢査定方法の違いが大きいと考えられる。また，本種の寿命については，Doiuchi et al. (2007) が指摘したように，従来の知見よりも長いと考えられ，20歳以上であると推定される。

雌雄の成長式を比較すると，若干ではあるが雌の成長が緩やかで，漸近体長が大きい結果となった。Table 5に示した既往の研究では，雌雄に明確な成長差があると報告された事例はない。このような成長式の雌雄差が生じたのは雄の方が高齡魚の割合が高く，雄の漸近体長が小さくなったためと考えられる。5-6歳までの標本を用いて検討した事例 (河野, 1997; 渡辺・岡崎, 1999b) では年齢による性

比の差はないとされているが，横断面法により21歳までの標本を用いた和歌山の事例 (土井内ほか, 2007) では，8歳以上および尾叉長300 mm以上の個体には雄が多いと報告されている。後述のように雌雄では成熟年齢が若干異なっており，体長の差は僅かであるものの，雌雄間で，成熟，寿命といった生活史に差異があるものと考えられる。

漁獲物の年齢組成を推定するためには，Age-length key法を用いるのが一般的である。本研究では，水揚げされた大量の漁獲物データを活用して迅速に年齢別漁獲尾数を推定するため，大きさを揃えて発泡スチロール箱に並べて出荷されるイサキの箱ごとの重量と個体数から1尾当たりの体重を算出し，Age-weight key法を用いて年齢分解を行った。しかしながら，体重は生殖腺の成熟状態や餌料環境などに影響されて変動することから，年齢組成の推定精度はAge-length key法よりもAge-weight key法の方が劣るものと懸念される。そこで1尾当たりの推定体重を用いたAge-weight key法による年齢別漁獲尾数の推定精度を評価するため，鶴見公設市場調査時に箱単位で購入し，本研究の年齢査定に用いた一部の標本について，耳石横断面法による年齢組成の実測値およびAge-length key法，Age-weight key法による年齢組成の推定値をTable 6に示した。なお，Age-weight key自体の精度を確認するため，実測体重から推定した年齢組成についても列記した。実測尾叉長・体重を用いた両者の推定値を実測値と比較すると，両者とも8歳魚および10歳魚以上において誤判別率 (推定値と実測値が異なる個体の割合) が大きいものの，漁獲物の主体と考えられる1-3歳魚の誤判別率は10%以内となっていた。また，全体的な年齢組成の推定精度はAge-length key法の方がAge-weight key法よりも優れている傾向がみられた。一方，1尾当たりの推定体重を用いたAge-weight key法による推定結果は実測値よりも全体的に誤判別率が大きく，

Table 6. Comparison of the actual age determined by otolith sectioning method and the estimated age using age-length key and age-weight key.

Method and tool	Sample size	Age (years)										
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10+
Otolith sectioning method	580	0	267	141	56	32	19	10	17	14	9	15
Age-length key	580	1	262	139	57	32	18	12	20	10	9	20
Age-weight key (based on individual weight)	580	0	256	152	54	30	17	11	19	10	10	21
Age-weight key (based on mean weight in each container)	580	0	253	161	68	29	16	8	17	7	6	15

1歳魚および4歳魚以上の尾数を過小に推定し、2-3歳魚の尾数を過大に推定している傾向がみられた。漁獲物の主体と考えられる1-3歳魚での同法による誤判別率は3歳魚で大きく、その誤判別率は21%であった。1尾当たりの推定体重を用いたAge-weight keyによる誤判別の割合は、鶴見公設市場に出荷されるイサキでは1尾当たりの体重が300gを超えると同じ出荷箱内の体重の個体差が大きくなる傾向があること（末吉ほか、2000）、各年齢間で体重範囲に重なりがあることなどに起因していると考えられる。推定値に若干の誤判別はみられるものの、1尾当たりの推定体重を用いたAge-weight key法は市場に水揚げされた大量の漁獲物の年齢組成を迅速に推定することが可能であるため有用性が高いと考えられる。ただし、同法を用いる場合には、誤判別を小さくするため、極端に体重の個体差が大きいような出荷箱については1個体ずつ体重を測定するような対策が市場調査時に望まれる。なお、さらに高い推定精度を求める場合には、測定作業にかかる人的・時間的制約があるもののAge-length keyを用いるべきであろう。

熊野灘、徳島県および山口県沿岸における年齢別成熟率に関する知見を整理した結果、イサキの雌は2歳になると約45-60%が、3歳では95%以上が成熟し、雄は2歳で85%前後以上が成熟に達すると推定されている（山田ほか、2007）。また、紀伊半島南西岸においては、雌は2歳から全個体が成熟し、雄は1歳から全個体が成熟すると報告されている（土井内・吉本、2009）。本研究で推定した漁獲物の年齢尾数組成では10歳以上の個体が7.4%を占めており、豊後水道西部海域には高齢魚もある程度生残しているものと推定された。しかしながら、成熟前もしくは産卵に完全に参加していないと考えられる2歳以下の個体の割合が46.6%を占めていた。2歳ではまだ体長も小さい状態であり、未成熟な小型魚に対する漁獲圧が高いことが示唆され、資源管理上懸念される。

今回、年齢別漁獲尾数を推定するために必要な、イサキの年齢と成長の関係、およびAge-length keyとAge-weight keyが得られた。これにより、市場調査の結果等から年齢

別資源尾数を算定することが可能となった。今後は、若齢魚に対する漁獲圧が過剰で、成長乱獲の状態にあるのかどうか判断するため、コホート解析などを用いた資源評価を行うべきである。そして、評価結果を踏まえたうえで、適切な資源管理方策を漁業者へ提示していく必要がある。

謝 辞

本論文は著者らが、大分県農林水産研究センター水産試験場在籍中に行った仕事をとりまとめたものである。本研究を行うにあたり、調査にご理解とご協力をいただいた大分県内の漁業協同組合職員ならびに漁業者の方々に厚くお礼申し上げます。

引用文献

- Doiuchi, R., T. Kokubo and M. Ogawa (2007) Age and growth of threeline grunt *Parapristipoma trilineatum* along the south-western coast of Kii Peninsula, Japan. *Fish. Sci.*, **73**, 777-783.
- 土居内 龍・小久保友義・小川満也 (2007) 紀伊半島南西岸におけるイサキ, *Parapristipoma trilineatum*の成熟と性比. *水産増殖*, **55**, 529-534.
- 土居内 龍・吉本 洋 (2009) 生殖腺の組織学的観察による紀伊半島南西岸におけるイサキの成熟年齢, 産卵期, 産卵頻度の推定. *日本水産学会誌*, **75**, 819-827.
- 片山知史 (2010) ヒラメ耳石の横断切片における年輪判別方法. 我が国周辺水域資源調査推進委託事業・日本海北区広域連携ヒラメ調査報告書 (平成21年度), 水産総合研究センター日本海区水産研究所, 1-17.
- 片山知史・五利江重昭 (2007) メイタガレイの年齢と成長. *東北底魚研究*, **27**, 99-100.
- Katayama, S., M. Yamamoto and S. Gorie (2010) Age compositions of flatfish stocks as determined by a new otolithometric method, its application in the estimation of growth, spawning potential and fisheries management. *J. Sea Res.*, **64**, 451-456.
- 川口和宏・山元宣征 (1990) 五島列島北部海域におけるイサキの年齢と成長. *長崎県水産試験場研究報告*, **16**, 1-6.
- 河野光久 (1997) 山口県沿岸海域におけるイサキの資源管理のための研究. *山口県外海水産試験場研究報告*, **26**, 41-53.
- 木村清志 (1984) 耳石を用いたイサキの年齢と成長. *日本水産学会誌*, **50**, 1843-1847.
- 木村清志 (1987) イサキの資源生物学的研究. *三重大学水産学部研究報告*, **14**, 113-235.

イサキの年齢と成長

- 九州農政局大分統計情報事務所（1994-2006）市町村別・漁業種類別生産量。第42-54次大分農林水産統計年報，大分農林統計協会。
- 増沢 寿（1967）イサキ資源に関する研究-I。年令と成長について。日本水産学会誌，**33**，812-817。
- 西村 明（2001）年齢・日齢査定法，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—，（社）日本水産資源保護協会，東京，31-43。
- 佐藤浩一（1971）イサキの成長について，鱗による年令査定。静岡県水産試験場研究報告，**4**，19-23。
- 末吉 隆・家長和敏・高田淳史（2000）複合的資源管理型漁業促進対策事業。平成10年度大分県海洋水産研究センター事業報告，大分県海洋水産研究センター，52-65。
- 田中種雄・片山知史・加藤正人・目黒清美（2008）耳石横断薄片法を用いた銚子周辺海域におけるヒラメの年齢と成長。千葉県水産総合研究センター研究報告，**3**，1-5。
- 渡辺健一・岡崎孝博（1999a）徳島県沿岸のイサキの年齢と成長。水産増殖，**47**，349-353。
- 渡辺健一・岡崎孝博（1999b）徳島県太平洋沿岸におけるイサキの性比。水産増殖，**47**，377-380。
- 山田梅芳・時村宗春・堀川博史・中坊徹次（2007）東シナ海・黄海の魚類誌。東海大学出版会，東京，718-725。
- 山本昌幸・片山知史・牧野弘靖・竹森弘征（2008）瀬戸内海中央部におけるコウライアカシタビラメの年齢，成長および漁獲年齢組成。水産海洋研究，**72**，174-181。