

筑前海におけるイサキの成熟と成長および漁獲物の年齢組成

松島 伸代・長倉 光佑・長本 篤^a・吉浦 藍
(水産海洋技術センター)

筑前海におけるイサキの成熟、年齢と成長の関係および漁獲物の年齢組成について調査を行った。その結果、イサキの生殖腺指数は雌雄ともに5~6月に盛期となり、1990年代の同海域よりも成熟時期が約1ヵ月早期化していた。また、耳石の不透明帯は6~7月に1本形成され、年齢はそれぞれ雄0~31歳、雌0~25歳と推定された。得られた成長曲線は、他の海域と比較して若齢魚の成長が遅く、漸近尾叉長が大きい結果となった。さらに、得られたAge-Length Keyと市場調査の結果から年齢別漁獲尾数を算出した結果、漁獲開始年齢は2歳からであり、一本釣り、1そうごち網、刺し網漁業において10歳以上の漁獲割合が高い傾向が見られた。

キーワード：イサキ、年齢、成長、年齢別漁獲尾数、成熟、筑前海

イサキ *Parapristipoma trilineatum* は、新潟県~九州南岸の日本海・東シナ海沿岸、瀬戸内海、宮城県~九州南岸の太平洋沿岸、東シナ海大陸棚域、朝鮮半島南岸、中国南シナ海沿岸に分布する魚種で¹⁾、筑前海では主に一本釣り漁業で漁獲され、まき網、ごち網、さし網漁業などでも混獲されている。筑前海におけるイサキの研究は1990年代に行われており、漁業種類別の体長組成や、月別漁場別漁獲量の変化、生殖腺指数の経月変化が報告されている²⁾。また、イサキの年齢と成長に関する研究は、これまで鱗や耳石表面法による年齢査定方法で行われてきた³⁻⁷⁾。しかし、鱗による年齢査定では耳石表面法と比較して、輪紋が不明瞭な個体や偽輪の出現が多いため、耳石に比べ年齢形質として劣っていることが報告されている⁸⁾。一方、耳石表面法による年齢査定では特に高齢魚の年齢を過小に評価することが報告されているため⁹⁾、近年は耳石横断切片法を用いた年齢査定が行われている⁹⁻¹¹⁾。

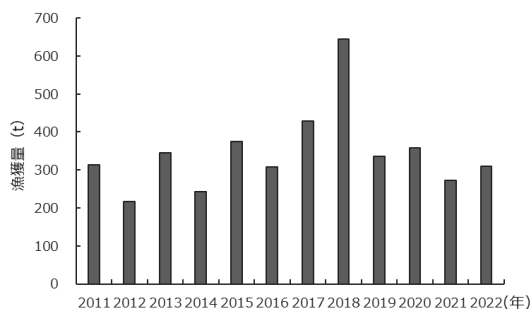


図1 筑前海におけるイサキ漁獲量

漁業・養殖業生産統計年報によると、福岡県東シナ海区のイサキの漁獲量は2022年に310tであり、近年は2018年の644tを除き300t前後で推移している(図1)。このようにイサキは一定の漁獲があり、魚価も高いことから、筑前海の漁業者にとって重要魚種である。また、全国的な取り組みとして、2020年に施行された改正漁業法に基づき、イサキは2021年度に新たな資源評価対象魚種となっている。このため、福岡県も2021年度から資源評価に参画し、安定した資源を維持するための調査を行っている。資源評価において、成熟や成長などの生態的知見は不可欠な情報の一つであるが、筑前海における近年の成熟や、年齢と成長の関係などはいまだ報告されていない。そのため本研究では、近年のイサキの成熟時期について明らかにし、さらに耳石の横断切片法を用いた成長式・Age-Length Keyと、年齢別漁獲尾数の算出を行うことを目的とした。

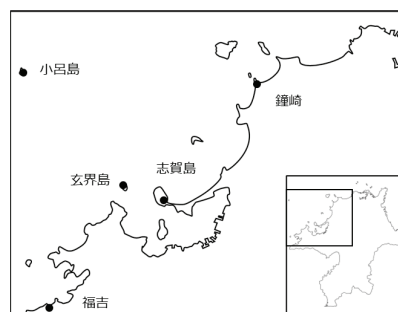


図2 調査海域

a 現所属：水産振興課

方 法

2021年4月から2024年8月にかけて、福岡市小呂島、志賀島、玄界島、糸島市福吉、および宗像市鐘崎の各漁港で水揚げされたイサキを3,278個体購入し、標本に用いた(図2)。標本は一本釣り、まき網、1そうごち網、2そうごち網、定置網、および刺し網漁業で漁獲されたものとした。購入した標本は氷蔵して持ち帰り、尾叉長(Fork Length: FL)と体重(Body Weight: BW)をそれぞれ1mm、0.1g単位で測定した後、次に次の項目に沿って処理を行った。

1. 成熟時期

標本から生殖腺を取り出し、肉眼で性の判別を行い、生殖腺重量(Gonad Weight: GW)を0.001g単位で秤量した。なお、生殖腺が未熟で肉眼による雌雄の判別が困難な場合は標本を10%中性ホルマリンで固定したのち、スライドグラスにはさみ、顕微鏡下で精細胞、卵細胞の有無を確認した。また、生殖腺熟度指数(Gonad Index: GI, 以下GIとする)を下記の式から計算した。

$$GI = GW/FL^3 \times 10^7$$

2. 耳石輪紋形成期の推定と年齢査定

年齢査定は雄350個体、雌433個体で行った。原則として左側の耳石を用い、中心部が破損している個体や輪紋が不明瞭な個体は右側を使用した。摘出した耳石は乾燥させ、エポキシ樹脂(三啓社製)に包埋し、マルチカッター(マルトー社製)で耳石中心部から短軸方向に約2mmの厚さに切断したのち、スライドグラスにサーモプラスチックセメント(BUEHLER社製)を用いて接着し、研磨機(マルトー社製)で厚さ約0.2mmになるまで両側から削った。

耳石は顕微鏡下で写真を撮影し、輪紋数を計数した。また、輪紋形成期を推定するため、輪紋数が1~5の個体については、画像処理ソフトImageJを用いて耳石中心から縁辺までの距離(R)と、中心から最外輪紋までの距離(r_n)、中心から最外輪紋の1つ前の輪紋までの距離(r_{n-1})をそれぞれ測定し、縁辺成長率(Marginal Growth Rate: MGR)を下記の式から求めた(図3)。

$$MGR = R - r_n / r_n - r_{n-1}$$

なお、イサキは1年に一度、産卵期に輪紋が1輪形成されることが報告されていることと⁹⁾、後述する本研究の縁辺成長率の結果から、6月1日を年齢起算日とし、既報に従った年齢割り振り法を用いて年齢査定を行った¹²⁾。

3. 成長式とAge-Length Key

得られた個体ごとの年齢と尾叉長から、MS-Excel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。また、雌雄および10歳以上を一つにまとめて、20mmごとの尾叉長階級におけるAge-Length Key(以下ALKとする)を作成した。

4. 漁獲物の年齢組成

2021年4月から2023年10月にかけて、福岡市中央卸売市場において月1~2回、市場調査を行った。測定の対象は、筑前海において一本釣り、1そうごち網、2そうごち網および刺し網漁業で漁獲されたものとした(表1)。市場調査では魚箱に並べられたイサキの尾叉長を、メジャーを用いて5mm単位で測定し、併せて、出荷されている全てのイサキの箱数と入り数を記録した。なお、魚体が重なり合って尾叉長を測定できない場合は、全体が目視できる魚体を抽出して測定した。次に、測定した尾叉長に入り数と箱数の結果を反映させて全体の組成を算出し、全体の組成結果とALKを用いて年齢別の測定尾数を算出した。この上で、後述する年齢と体重の成長式を用いて年齢別測定重量を算出したのち、漁協から提供された仕切りデータから得られた各漁業種類のイサキ漁獲量を反映させることで、漁業種類別の年齢別漁獲尾数を算出した。

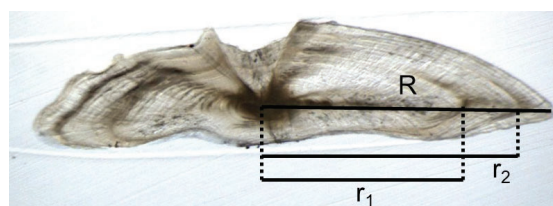


図3 輪紋数2の時の縁辺成長率測定箇所

表1 各漁業種類における漁期と測定月

漁業種類	漁期	測定月		
		2021年	2022年	2023年
一本釣り漁業	周年	4, 6, 8~11月	5~11月	4~10月
1そうごち網漁業	5~12月	5~6月	7~8月	5~6, 10月
2そうごち網漁業	4~12月	6~7, 9, 12月	5~7月	5, 7月
刺し網漁業	周年	5~7月	1~4月	4月

結 果

1. 成熟時期

未成熟の個体を除くため、雄の成熟開始年齢1歳と、雌の成熟開始年齢2歳¹³⁾の尾又長を、後述する成長式から算出した上で、雄1歳 (FL 146mm 以上)、雌2歳 (FL 186 mm 以上) のGI について示した (図 4)。その結果、GI は雌雄ともに4月に上昇をはじめ、5、6月に極大となり、7月に減少した。1月はサンプルが得られなかったが、2~3月と8~12月は雄で2以下、雌で3以下と低い値を示した。

2. 耳石輪紋形成期の推定と年齢査定

縁辺成長率は輪紋数1で7月上旬に最も低く、8~9月にかけて上昇した。輪紋数2では6月に0.1以下の低い値を示す個体が集中して出現し、7月上旬には0.1以下の個体に加えて、0.2~0.4の個体も多く出現し、6月よりも縁辺の成長がみられた。輪紋数3~5でも輪紋数2と同様に、6月に縁辺成長率が最も低い個体が出現し、7月以降上昇傾向となった (図 5)。以上の結果から、本研究では年齢起算日を6月1日とした。

次に、各個体の採集月と輪紋数、縁辺成長率に応じて個体ごとに年齢の割り振りを行った。6~7月に採集された個体は年齢=輪紋数とし、8~9月に採集された個体は年齢=輪紋数+1/6、10~11月は年齢=輪紋数+2/6、12~1月は年齢=輪紋数+3/6、2~3月は年齢=輪紋数+4/6、4~5月は年齢=輪紋数+5/6とした。なお、例外として、4~5月に縁辺成長率が小さいものは輪紋形成直後と判断し、年齢=輪紋数+5/6-1とし、6~7月に縁辺成長率が高いものは輪紋形成直前と判断し、年齢=輪紋数+1とした。

年齢査定した標本の尾又長範囲は雄 84~383mm、雌 87~398 mmであった。年齢は雄 0.33~31.83歳、雌 0.33~25歳と推定された。年齢査定を行った標本について、雌雄込みの小数点以下切り捨てとした各年齢における平均尾又長と分散を示した (表 2)。

3. 成長式と Age-Length Key

年齢査定結果をもとに成長式を当てはめると、雌雄別に以下のように推定された (図 6)。

$$\text{雄} : FL_t = 340 [1 - \exp\{-0.224(t+1.51)\}]$$

$$\text{雌} : FL_t = 355 [1 - \exp\{-0.233(t+1.17)\}]$$

雌雄の成長式について、F検定によって残差平方和を

比較したところ有意な差はみられなかった (F=1.05, p = 0.25)。次に、雌雄込みの成長式を求めた。

$$\text{雌雄} : FL_t = 344 [1 - \exp\{-0.240(t+1.23)\}]$$

さらに、雌雄および10歳以上を一つにして20 mm 以下の尾又長階級におけるALKを作成した (表 3)。

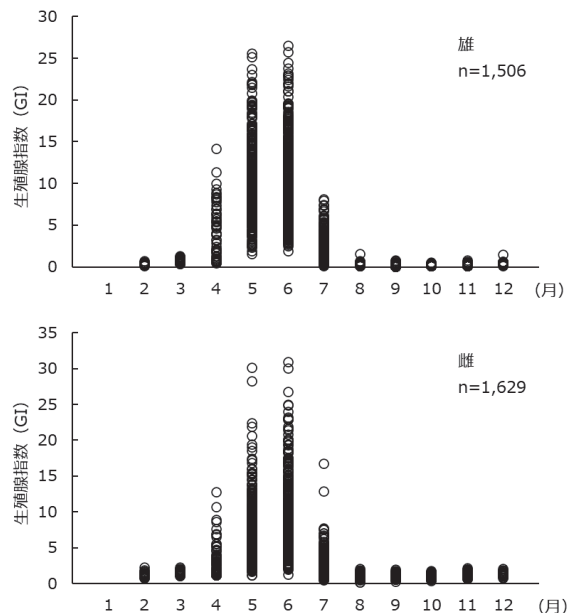


図 4 雌雄別のGIの経月変化

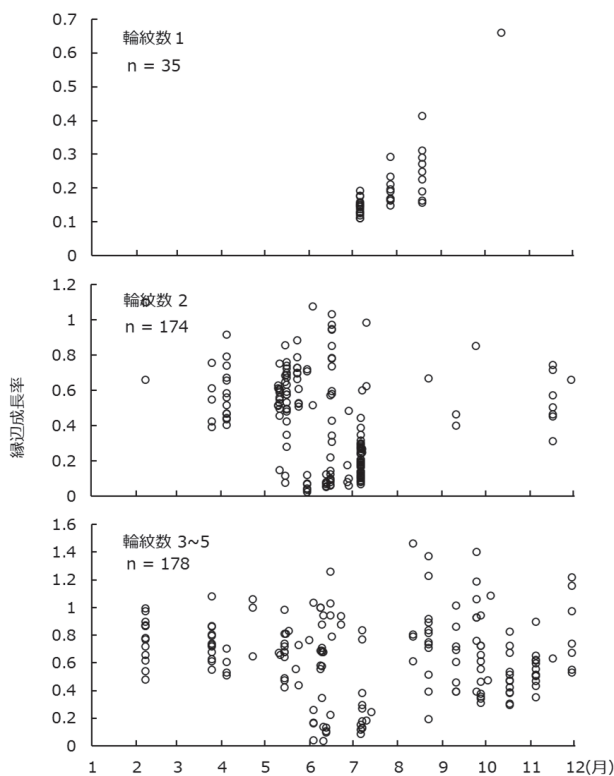


図 5 輪紋数別の縁辺成長率の経月変化

また、体重と尾叉長の関係式は、以下のように推定され、雌雄の違いはほとんどみられなかった(図7)。

雄: $BW = 1.0 \times 10^{-5} FL^{3.053}$ ($r^2 = 0.954$)

雌: $BW = 9.0 \times 10^{-6} FL^{3.095}$ ($r^2 = 0.954$)

雌雄: $BW = 1.0 \times 10^{-5} FL^{3.075}$ ($r^2 = 0.954$)

次に体重(BWt)の成長式を推定した。

雄: $BWt = 655 [1 - \exp\{-0.180(t+2.49)\}]^3$

雌: $BWt = 749 [1 - \exp\{-0.210(t+1.44)\}]^3$

雌雄: $BWt = 671 [1 - \exp\{-0.213(t+1.62)\}]^3$

雌雄の成長式を、F検定によって残差平方和を比較したところ有意な差はみられなかった(F=1.08, p=0.14)

表2 雌雄込みの年齢査定結果

年齢	平均尾叉長 (mm)	分散 (s ²)	個体数 (n)	年齢	平均尾叉長 (mm)	分散 (s ²)	個体数 (n)
0	98	54	25	15	335	389	11
1	151	386	49	16	348	430	8
2	199	411	154	17	336	342	16
3	235	356	114	18	351	435	8
4	259	350	36	19	350	775	11
5	278	663	34	20	348	260	4
6	281	547	116	21	355	694	5
7	294	461	55	22	358	286	4
8	306	695	49	23	372	406	3
9	315	598	15	24	372	0	1
10	323	906	15	25	367	342	2
11	342	725	11	26~28	-	-	0
12	339	521	10	29	369	72	2
13	324	341	8	30	-	-	0
14	327	641	15	31	348	49	2

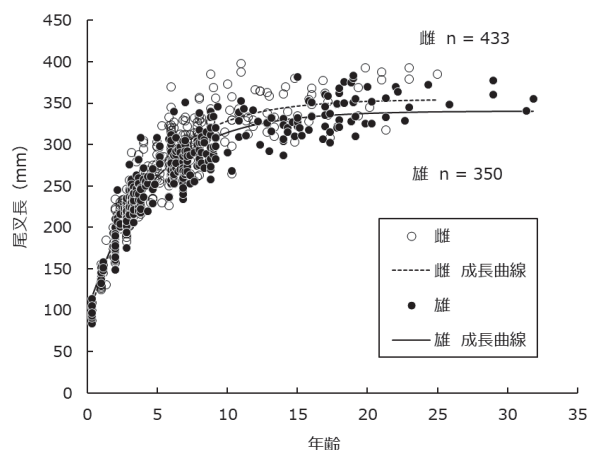


図6 雌雄別の成長曲線

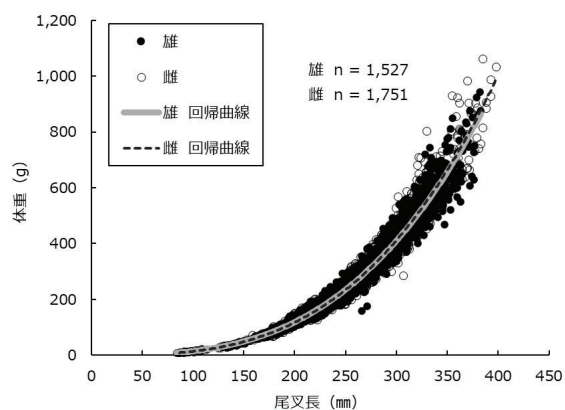


図7 雌雄別の尾叉長と体重

表3 雌雄込みのALK

尾叉長 (mm)	個体数 (n)	年齢												
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10+		
<100	15	1.00												
101-120	10	1.00												
121-140	18		1.00											
141-160	22		0.86	0.14										
161-180	39		0.18	0.82										
181-200	53		0.09	0.91										
201-220	72			0.63	0.36	0.01								
221-240	83			0.29	0.57	0.07	0.05	0.02						
241-260	80			0.03	0.43	0.18	0.06	0.26	0.04	0.01				
261-280	93				0.03	0.13	0.11	0.49	0.12	0.10				0.02
281-300	80				0.04	0.01	0.11	0.31	0.28	0.13	0.06	0.06		
301-320	79				0.01	0.03	0.04	0.20	0.15	0.20	0.08	0.29		
321-340	67						0.04	0.06	0.09	0.13	0.01	0.66		
341-360	36							0.03	0.03	0.08	0.06	0.81		
361-380	27							0.04			0.04	0.93		
381-400	9									0.11		0.89		

4. 漁獲物の年齢組成

年齢組成を解析したところ、一本釣り漁業では、年や月による違いはあるものの0～1歳魚の漁獲はほとんどなく、2歳魚から漁獲されていた。また、2022年の6～7月は3歳魚および6歳魚の漁獲が多かったが、2023年の6月は10歳以上が多くなるなど、年によって傾向が異なる結果となった(図8)。一本釣り漁業の3年間の平均年齢別漁獲尾数に占める各年齢の割合は3歳が21%と最も高く、全漁獲尾数のうち3～6歳で約5割を占める結果となった。また、他の漁業種類でも一本釣り漁業と同様に2歳魚から漁獲が確認された。漁業種類別にみると、1そうごち網漁業では10歳以上の割合が23%と最も高く、2そうごち網漁業では3歳魚の割合が31%と最も高かった。また、刺し網漁業では6歳魚の割合が30%と最も高かった(表4)。

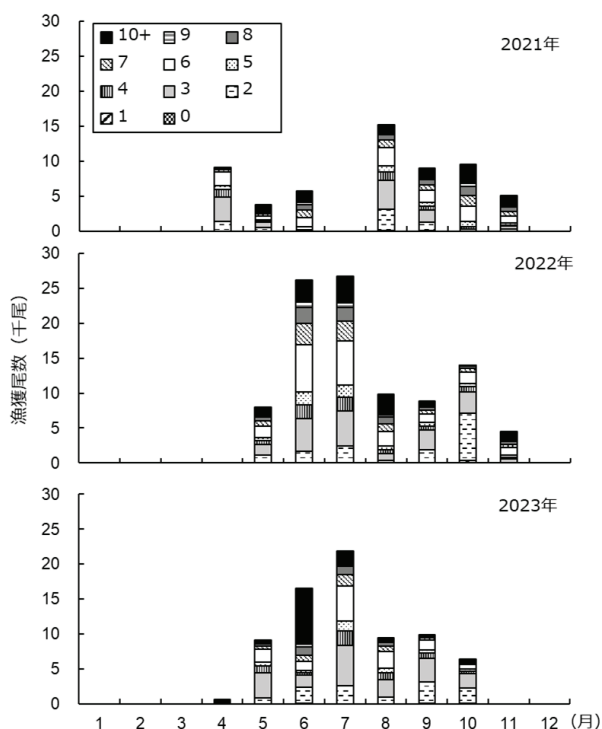


図8 一本釣り漁業における年齢別漁獲尾数

表4 漁業種類ごとの年齢別漁獲尾数割合

漁業種類	年齢										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10+
一本釣り	0%	0%	14%	21%	7%	6%	20%	8%	7%	2%	15%
1そうごち網	0%	0%	9%	17%	6%	6%	19%	10%	8%	3%	23%
2そうごち網	0%	0%	25%	31%	7%	5%	14%	5%	4%	1%	8%
刺し網	0%	0%	2%	12%	8%	8%	30%	13%	10%	3%	15%

考 察

1. 成熟時期

本研究では、GIは雌雄ともに4月から上昇し、5～6月に極大となり、7月に減少するという結果となった。1993～1995年に筑前海で行われた研究では、GIは5月から上昇し、6月～7月上旬にかけて極大となり、7月下旬に減少していた²⁾。また、1993～1994年に筑前海と隣接する山口県沿岸で行われた研究でも、GIは5月から上昇し、6～7月に高いことが報告されている⁶⁾。以上のことから、現在の筑前海沿岸では1990年代と比較して成熟時期が約1ヵ月早くなっていることが示された。イサキの成熟時期の早期化は他の海域でも報告されており、徳島県牟岐大島周辺では盛漁期の結果から、産卵期は1990～1993年に6～7月と推定されていたが、1994年から1997年にかけて、5月主体に4～6月へと変化しており、筆者は水温上昇の影響について考察している¹⁴⁾。また、熊野灘では1978～1979年にGIの結果から産卵期は6～8月としており¹⁵⁾、近接した紀伊半島南西岸では1998～2006年に、GIの結果から産卵期は4～7月としている¹⁶⁾。本海域でも、他海域での報告と同様に、成熟時期が早期化していることから、水温上昇などの環境変化に影響を受けている可能性が考えられる。

また、紀伊半島南西岸では、GIの結果から産卵期を4～7月としていたが¹⁶⁾、生殖腺組織学的観察の結果から排卵後濾胞が確認されたのは5～8月であり、実際の産卵期はGIに基づいて推定されたものよりも1ヵ月ほど遅いことが報告されている¹³⁾。耳石の不透明帯が産卵期に形成されること⁹⁾を考慮すると、本研究の結果からも筑前海におけるイサキの実際の産卵期がGIの盛期よりも1ヵ月ほど遅い可能性が考えられる。今後はより詳しく産卵期を調査するために生殖腺の組織学的観察を行う必要がある。

2. 耳石輪紋形成期の推定と年齢査定

前述のとおり本研究では、GIの盛期が5～6月で、耳石の縁辺成長率が低い個体の出現は6～7月に多かった。豊後水道西部海域においては、イサキのGIは6～7月に最も高くなったことと、耳石の不透明帯は主に7～9月に形成されていたことから、不透明帯はGIの盛期後半から数ヵ月間にかけて形成されると報告されている¹⁰⁾。GIの盛期と不透明帯の形成された時期は本研究の方が1ヵ月早い、GIの盛期後半から1

ヵ月後にかけて不透明帯が形成されたという点で既知の報告と同様の結果となった。

本研究では年齢査定の結果、雄 0~31 歳、雌 0~25 歳が確認された。耳石横断切片法で年齢査定を行った他海域の年齢と比較すると、紀伊半島南西岸では雄 0~21 歳、雌 0~16 歳⁹⁾、豊後水道西部海域では雄 0~23 歳、雌 0~17 歳¹⁰⁾、熊野灘では雌雄は不明であるが 1~24 歳が報告されている¹¹⁾。以上のように、本研究では雄雌ともに他海域よりも高齢魚が多く確認された。その要因の一つとして、既報では主に一本釣りや定置網漁業で漁獲された標本を用いていたが⁹⁻¹¹⁾、本研究では、一本釣りと定置網漁業のほかに、漁場がより沖合となるまき網、ごち網および刺し網漁業の標本を用いた。その結果、筑前海を網羅的に調査することができ、さらにそれぞれの漁業種類で用いる漁具の特性が異なることから、幅広い成長段階の標本が得られたと考えられる。

3. 成長式と Age-Length Key

本研究における雌雄別の成長特性については、雄の方が雌よりも高齢魚が確認され、雄より雌の方が漸近尾又長が大きいという傾向があった。紀伊半島南西岸では 8 歳以上及び尾又長 300 mm 以上の個体には雄が多く¹⁶⁾、豊後水道西部海域でも雄の方が高齢魚の割合が高く、雌の漸近体長の方が大きいことが報告されており¹⁰⁾、本研究と同様の結果となった。

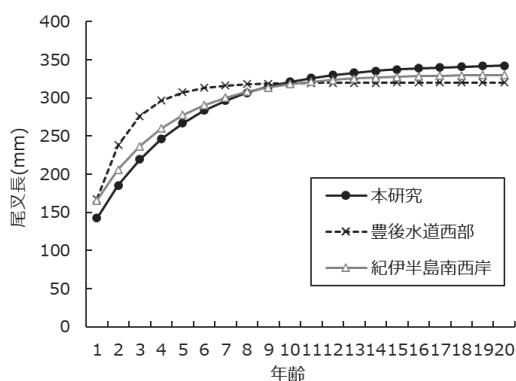


図 9 成長曲線の比較

表 5 成長式パラメータの比較

海域	年齢範囲	L_{∞}	K	t_0	文献
豊後水道西部	雄: 0~23 雌: 0~17	320	0.622	-0.193	山田ほか 2011
紀伊半島南西岸	雄: 0~21 雌: 0~15	331	0.283	-1.45	Doiuchi et al. 2007
筑前海	雄: 0~31 雌: 0~25	344	0.240	-1.23	本研究

また、紀伊半島南西岸ではイサキの雄は 1 歳以上で全個体が成熟し、雌の最小成熟年齢は 2 歳であることが報告されており、雌雄で成熟開始年齢や成熟率が異なる¹³⁾。これらのことから、雌雄で成熟の特性が異なることが成長の違いに関与している可能性が考えられる。

次に、年齢査定を耳石横断切片法で行った既報について、雌雄込みの 20 歳までの成長曲線と成長式について、本研究と比較を行った^{9, 10)} (図 9, 表 5)。本研究で得られた成長曲線は他の 2 つの海域と比較し成長が 8 歳以下では下回り、10 歳以降の高齢期では上回るという傾向がみられた。特に、8 歳以下では豊後水道西部海域との成長の差が大きく、紀伊半島南西岸と似た傾向となった。成長曲線が似た傾向を示した紀伊半島南西岸と筑前海はそれぞれ黒潮、対馬海流と強い暖流が近接しているのに対し、2 つの海域と異なる傾向を示した豊後水道西部海域では黒潮を起源とする暖流が流れ、沿岸域は複雑な地形である。このような海流や地形による違いや、水温や餌環境などの複合的な要因により、海域によって成長曲線に差異が生じたことが示唆される。

4. 漁獲物の年齢組成

本研究の結果から、調査したすべての漁業で、漁獲開始年齢は 2 歳であることと、一本釣り、1 そうごち網、刺し網漁業において、10 歳以上の漁獲割合が高い傾向がみられた。実際に、一本釣りの漁業者複数人に聞き取り調査を行ったところ、1 歳 (15 cm 前後) のイサキが釣れることは少なく、20 cm 前後から釣れ始めるという結果が得られた。このことから、漁具の性能上 1 歳以下は漁獲が困難であると考えられる。また、20 cm 以下のイサキは魚価が安いいため、釣れたとしても放流しているという漁業者もいた。さらに、まき網、ごち網および刺し網漁業においても、1 歳以下のイサキは網目をすり抜けられる大きさであることや、沖合の漁場に若齢魚が少ないため漁獲がほとんどなかったと考えられる。以上のことから、筑前海のイサキが雄で 1 歳、雌で 2 歳から成熟すると仮定すると¹³⁾、主に漁獲されている 2 歳以上のイサキは産卵・放精可能個体であり、未成魚の漁獲は少ないと考えられる。また、10 歳以上の個体も一定数確認されていることから、筑前海の資源は、現在は安定した状態である可能性が考えられるが、今後も適切な資源状態を維持するためには、資源評価のための継続した調査が必要である。

謝 辞

本研究を進めるにあたり、漁獲物調査および操業状況聞き取り調査にご協力いただいた漁業者の皆様、ならびに関係漁協の皆様へ深く感謝申し上げます。また、本研究に対し、ご助言をいただきました元福岡県水産海洋技術センター職員の金澤孝弘氏に深く感謝申し上げます。

文 献

- 1) 島田和彦. イサキ科. 「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, 神奈川. 2013 ; 940.
- 2) 大村浩一, 内田秀和. 筑前海におけるイサキの漁獲動向と分布特性. 福岡県水産海洋技術センター研究報告 1998 ; 8 : 1-7.
- 3) 増沢 寿. イサキ資源に関する研究-I. 年齢と成長について. 日本水産学会誌 1967 ; 33 : 812-817.
- 4) 木村清志. 耳石を用いたイサキの年齢と成長. 日本水産学会誌 1984 ; 50 : 1843-1847.
- 5) 川口和宏, 山元宣征. 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 1990 ; 16 : 1-6.
- 6) 河野光久. 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. 山口外海水試研報 1997 ; 26 : 41-53.
- 7) 渡辺健一, 岡崎孝博. 徳島県沿岸のイサキの年齢と成長. 水産増殖 1999 ; 47 : 349-353.
- 8) 木村清志. イサキの資源生物学的研究. 三重大学水産学部研究報告 1987 ; 14 : 113-235.
- 9) Doiuchi R, Kokubo T, Ogawa M. Age and growth of threeline grunt *Parapristipoma trilineatum* along the south-western coast of Kii Peninsula, Japan. *Fisheries Science* 2007 ; 73 : 777-783.
- 10) 山田英俊, 片山知史, 高田淳史, 安楽康宏, 真田康広. 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. 水産海洋研究 2011 ; 75 : 161-169.
- 11) 笹木大地, 木村清志. 熊野灘で漁獲されるイサキの年齢査定. *Ichthy, Natural History of Fishes of Japan* 2023 ; 29 : 34-38.
- 12) 増田育司, 酒匂貴文, 松下 剛, 白石哲朗, 切通淳一郎, 神村裕司, 小澤貴和. 鹿児島湾産アカカマスの年齢, 成長および年級群組成. 日本水産学会誌 2003 ; 69 : 709-716.
- 13) 土居内 龍, 吉本 洋. 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 2009 ; 75 : 819-827.
- 14) 渡辺健一, 岡崎孝博. 徳島県牟岐大島周辺におけるイサキの成熟および産卵期. 日本水産学会誌 2000 ; 66 : 631-638.
- 15) 木村清志, 鈴木 清. 熊野灘におけるイサキの成熟と産卵. 日本水産学会誌 1981 ; 47 : 9-16.
- 16) 土居内 龍, 小久保友義, 小川満也. 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 2007 ; 55 : 529-534.