

九州北西海域におけるアカムツの年齢、成長および成熟について

島崎裕紀・江口勝久

Age, Growth and Maturation of the Blackthroat Seaparch *Doederleinia berycoides* in northwest Kyushu

Yuki SHIMAZAKI and Katsuhisa EGUCHI

キーワード：アカムツ、耳石、年齢、成長、成熟

アカムツ *Doederleinia berycoides* は、北海道以南に分布し、日本海南西海域に多く分布する重要な漁獲対象種である。沖合底引網、延縄で主に漁獲されており、近年需要の高まりから市場では高価格で取引されている。漁獲量は年々減少傾向にあることから、今後アカムツの資源を継続して利用するためには、海域の資源状態や漁獲動向を適切に把握する必要がある。

本種はこれまで、田代¹⁾によって五島南部海域における分布、河野・小林²⁾によって対馬海峡での成熟と産卵などが報告されており、九州北西海域に生息する個体の生態的知見が蓄積されてきた。しかし、それ以降の研究例はなく、特に、成長に関する知見が不足している。

そこで、本研究では、資源状態を把握するための基礎データとして、九州北西海域における、本種の年齢、成長および成熟について調査した。

材料と方法

年齢と成長の関係

2019年7月から2021年3月にかけて九州北西海域で延縄により漁獲されたアカムツ、雄115個体、雌351個体、合計466個体の精密測定を行った。月ごとの、尾叉長(FL)、体重(BW)、生殖腺重量(GW)を測定し、耳石および鱗を採取した。また、体長(標準体長:BL))について、雄37個体、雌47個体で別途測定を行い、尾叉長との関係式を次のとおり算出し変換を行った。

雄: $BL = 0.7137 \times FL + 26.309$ (n=37)

雌: $BL = 0.6669 \times FL + 44.517$ (n=47)

魚類の年齢査定には、耳石または鱗を用いて輪紋の計数を行う方法がある。本研究ではアカムツの耳石と鱗の

両方を採取し、輪紋数を比較した。アカムツ頭部より採取した耳石(扁平石)144サンプルは、マリノリサーチ株式会社に委託し、薄層断片標本の作製および撮影を行った。作業手順は以下のとおりである。

1. 耳石の片方をポリエステル樹脂に包埋し、2 cm角のシリコン容器に収容して、室温で10時間静置後、乾燥機(ADVANTEC社 DRA330DB)で100℃、2時間加熱して包埋した。
2. 包埋した耳石を長軸方向に直角でかつ耳石中心部を残すように、マイクロカッター(マルトー社 MC-201N)で厚み約1 mmの横断薄片を切り出した。
3. 耳石切片は、スライドガラスに研磨試料接着ワックス(株式会社マルトー製 ステッキワックス)で貼り付けた。
4. 研磨機(マルトー社 ML-110NT)を用いて、耐水研磨紙 #800 ~ #7000で両面を0.4 ~ 0.6 mmの厚みになるまで研磨した後、年輪が計測できるように表面を仕上げた。
5. 耳石年輪の観察は、光学顕微鏡(OLYMPUS社 CX41)の100 ~ 200倍、実体顕微鏡(OLYMPUS社 SZ60)10 ~ 60倍で行った。
6. 薄層断片標本は、それぞれの顕微鏡に付属する撮影装置(RATOC社 耳石計測システム)で撮影した。
7. 横断切片の年輪計数は、実体顕微鏡で撮影した写真を耳石測定ソフト(RATOC社 耳石計測システム)で行った。また、核から各輪紋までの距離は、背側の最大成長軸に沿って測定した。

鱗は、耳石を採取した個体の胸鰭周辺から、1個体につき2 ~ 3枚のサンプルを採取した。水とアルコールで夾雑物を洗浄後、スライドガラスで挟んで保管し、実体顕微鏡によって輪紋の観察、撮影を行った。

雌雄別に年齢と体長の関係を調べるために、五利江³⁾の作成した、MS-Excelのソルバーを用いてVon Bertalanffyの成長式パラメータを推定するワークシートを使用し、成長曲線を作成した。また、この成長曲線を作成する際に得られる標準偏差を用い、五利江⁴⁾のワークシートを用い、age-length keyを作成した。

産卵期および成熟年齢の推定

月別、雌雄別に生殖腺熟度を調査し、その推移から産卵期を推定した。生殖腺熟度の推移については、GW/BW×100で算出する生殖腺熟度指数（GSI）によって評価した。また、特に生殖腺が発達していた8月、9月のサンプルについては肉眼で観察を行い、形態観察によって卵および精子の成熟状況を確認した。成熟の基準については、河野・小林²⁾の生殖腺の成熟段階を参考に判断した。雄は、精巣が薄く半透明か灰色であり、切断しても精子が滲み出ないものを未熟、精巣が不透明で白色であり、切断すると精液が流れ出るものを成熟として、2段階で評価した。雌は、卵巣が薄く針状または紐状で半透明のものを未熟、卵巣が肥厚し淡黄色で、卵粒が肉眼観察できるものを発達中、卵巣が不透明で淡い黄金色のものを成熟、卵巣が委縮し淡黄色のものを産卵後として、4段階で評価した。

結 果

年齢と成長の関係

鱗は再生鱗の割合が多かった。再生鱗では鱗中央の輪紋が円形に欠損しており（図1）、輪紋の計数が正しく行えなかった。そのため、今回は耳石の輪紋数を測定結果として採用した。

また、耳石と鱗の両方で輪紋観察が可能な個体で輪紋数の差を調べたところ、耳石よりも鱗の輪紋数の方が少

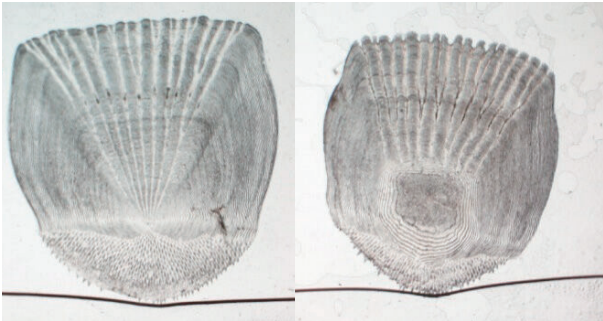


図1 正常な鱗（左）と再生鱗（右）

なく計測される傾向が見られた。

表1 耳石輪紋数と鱗輪紋数の査定結果比較

採取年	月	性別	体長(mm)	体重(g)	耳石 輪紋数(A)	鱗 輪紋数(B)	輪紋数の差 (A-B)
2020	1	♀	214.6	270.0	7	5	-2
2020	1	♀	214.6	284.1	7	6	-1
2020	3	♀	257.9	15.5	10	6	-4
2020	4	♂	204.7	251.6	11	5	-6
2020	4	♂	226.1	360.9	13	7	-6
2020	4	♂	229.7	362.6	11	7	-4
2020	4	♂	209.7	284.5	6	5	-1
2020	4	♂	201.2	242.7	8	7	-1
2020	4	♂	204.0	250.0	8	8	0
2020	4	♂	210.4	307.0	6	7	1
2020	4	♂	210.4	294.8	7	5	-2
2020	5	♀	197.9	222.6	8	7	-1
2020	5	♀	216.6	295.5	8	5	-3
2020	6	♂	201.2	246.9	6	7	1
2020	6	♂	156.9	108.7	5	7	2
2020	7	♂	194.0	236.9	6	6	0
2020	7	♂	204.7	283.7	6	6	0
2020	7	♂	197.6	236.0	8	7	-1
2020	7	♂	169.0	153.8	6	4	-2
2020	9	♀	277.9	721.2	14	6	-8
2020	9	♀	249.9	505.2	9	5	-4
2020	9	♂	226.1	400.1	9	9	0
2020	9	♀	277.9	715.9	10	8	-2
2020	9	♂	186.9	199.2	7	5	-2
2020	9	♂	213.3	287.2	7	8	1
2020	9	♂	203.3	305.5	6	5	-1
2020	10	♂	229.7	423.5	9	11	2
2020	10	♂	197.6	288.7	7	6	-1
2020	11	♂	201.2	244.2	8	8	0
2020	11	♂	203.3	222.8	10	7	-3
2020	11	♂	198.3	225.6	7	8	1
2020	11	♂	203.3	254.7	7	8	1
2020	11	♂	206.9	267.7	9	3	-6
2020	11	♀	275.9	679.2	8	4	-4
2020	11	♀	217.2	260.8	6	6	0
2020	11	♂	186.9	211.7	5	5	0
2020	12	♀	217.9	294.5	6	3	-3
2020	12	♀	171.2	122.5	5	5	0
2020	12	♂	179.8	178.5	6	7	1
2020	12	♂	186.9	187.5	6	6	0
2020	12	♂	167.6	134.2	4	7	3
2020	12	♂	173.3	146.5	5	7	2

耳石を用いた年齢査定の結果、今回、九州北西海域で漁獲されたアカマツは、雄が4歳から13歳、雌が4歳から14歳であった。また、耳石輪紋の透明体、不透明体の出現状況を調べたところ、不透明体は9月～11月にかけて1本出現していた。

雌雄別の年齢tと体長Ltの関係は、次式のように推定された。

雄 $Lt=224.9 (1-e^{-0.2535 (t+1.3718)}) (r^2=0.8829)$

雌 $Lt=282.4 (1-e^{-0.2499 (t+0.0308)}) (r^2=0.8951)$

体長を比較すると、4歳の時点では成長差はほとんどないが、5歳以降になると、雄より雌の方が大型になる傾向があった。雄は最大で293mm、雌は390mmの個体が確認された（図2）。

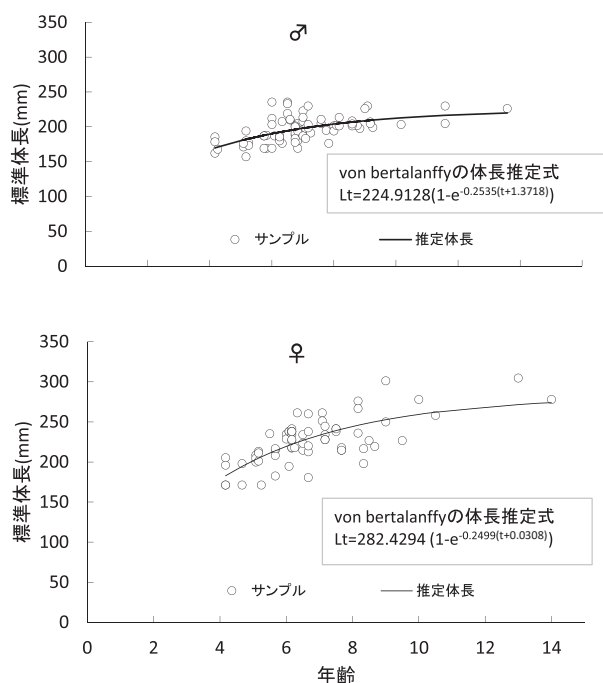


図2 雌雄別年齢・体長の関係

また、age-length keyは表の通り推定された（表2）。今回分析したサンプルに1歳から3歳までの若齢魚および11歳以上の高齢魚がほとんど含まれなかったことから、4歳以上11歳未満を対象として表を作成した。

産卵期および成熟年齢の推定

GSIの推移を図3に示す。雄では6月からGSIの値が上昇し、10月にピークを迎え、11月以降急激に減少した。雌でもほぼ同様の傾向が見られ、7月からGSIの値が上昇し、9月にピークを迎え、10月以降急激に減少した。

生殖腺の肉眼観察結果は以下のとおりとなった。8月の雄個体は、雌同様に腹部が張っており、精巣が肥大していた。色は白色・不透明になったものが多く、切断す

ると精液の流出が見られた。9月になるとさらに精巣が肥大し、切断すると精液の流出が確認でき、ほとんどで成熟が確認された。成熟が確認されたサンプルのうち体長が最小だったものは、雄で169mm、雌で225mmであった。

8月の雌個体は腹部が張ったものが多く、卵巣は肥大し、卵の色はほとんど透明がかった淡黄色だった。成熟段階では未熟～発達中のものがほとんどを占めていた。9月になると不透明の淡い黄色になった卵が増え、完全に成熟した粒子が一部放出されていた。10月には、不透明の淡い黄色になった卵も依然として確認されたが、産卵後の特徴である卵巣の萎縮が多くの個体で観察された。

考 察

年齢と成長の関係

年齢査定の結果、今回測定を行ったサンプルにおいて1歳から3歳までの若齢魚は観察されず、4歳以上の個体が多く観察された。魚類においては、高齢化や摂餌環境の悪化による成長停滞などが原陰で、年輪以外に疑似輪が出現する可能性があるとも報告されているため⁵⁾、疑似輪の有無を検討する必要がある。疑似輪と年輪を見分けるには、耳石の輪紋伸長方向の転換を確認する方法がある。

産卵期の前後に輪紋を形成する際、不透明体の内縁において、耳石の成長は伸長から肥厚に切り替わり、再び伸長に戻る。このとき、耳石の成長方向が転換する。今回観察したサンプルでは、この現象が確認されたことから（図4）、輪紋は周期的に年1度形成されたものであると考える。

また、Choiら⁶⁾の報告によって、対馬北西部周辺の海

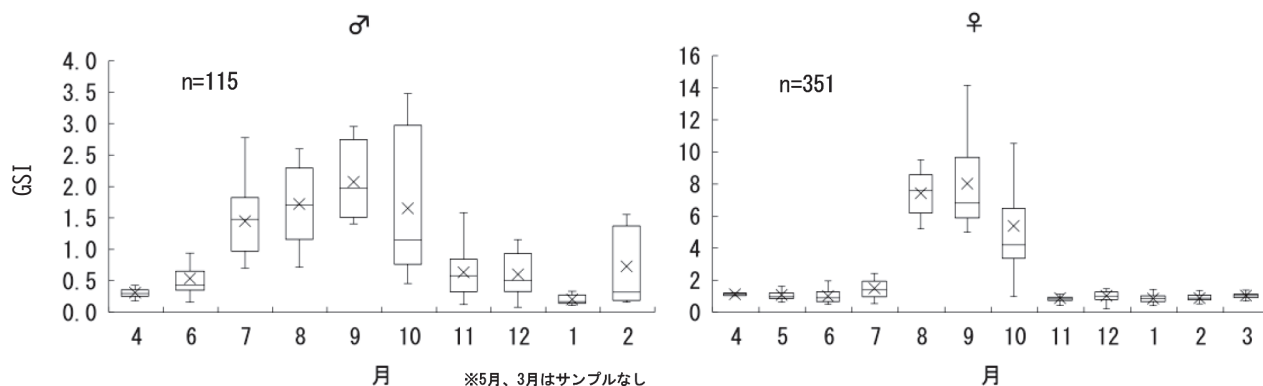


図3 雌雄別の月別GSI

表2 九州北西海域で漁獲されたアカムツのage-length key

標準体長 (mm)	個体数	雄										
		年齢										
		4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
100-119	0	0.647	0.034	0.001	0	0	0	0	0	0	0	0
120-139	0	0.767	0.189	0.023	0.001	0	0	0	0	0	0	0
140-159	0	0.376	0.432	0.175	0.013	0.002	0	0	0	0	0	0
160-179	0	0.065	0.350	0.469	0.091	0.021	0.004	0	0	0	0	0
180-199	4	0.004	0.110	0.488	0.239	0.114	0.034	0.004	0.005	0	0.001	
200-219	17	0	0.015	0.220	0.272	0.268	0.139	0.025	0.043	0.001	0.016	
220-239	22	0	0.001	0.042	0.130	0.264	0.240	0.067	0.161	0.003	0.093	
240-259	40	0	0	0.004	0.030	0.125	0.198	0.086	0.288	0.006	0.264	
260-279	7	0	0	0	0.004	0.036	0.101	0.067	0.318	0.009	0.464	
280-299	12	0	0	0	0	0.008	0.040	0.041	0.271	0.010	0.629	
300-319	0	0	0	0	0	0.002	0.014	0.022	0.203	0.010	0.750	

標準体長 (mm)	個体数	雌											
		年齢											
		4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
100-119	0	0.106	0.001	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
120-139	0	0.711	0.029	0.001	0	0	0	0	0	0	0	0	0
140-159	0	0.853	0.107	0.010	0	0	0	0	0	0	0	0	0
160-179	0	0.678	0.257	0.058	0.003	0	0	0	0	0	0	0	0
180-199	1	0.352	0.404	0.217	0.023	0.003	0	0	0	0	0	0	0
200-219	8	0.099	0.346	0.441	0.091	0.019	0.003	0.001	0	0	0	0	0
220-239	28	0.016	0.169	0.511	0.206	0.074	0.018	0.007	0	0	0.001	0.001	
240-259	62	0.002	0.052	0.374	0.296	0.178	0.064	0.033	0	0	0.008	0.006	
260-279	57	0	0.010	0.177	0.274	0.279	0.151	0.108	0.001	0.001	0.046	0.043	
280-299	77	0	0.001	0.056	0.172	0.295	0.241	0.235	0.004	0.005	0.181	0.189	
300-319	18	0	0	0.014	0.081	0.234	0.287	0.385	0.008	0.012	0.536	0.628	

表3 海域別、雌雄別の年齢と体長の関係 (mm)

年齢	♂							♀						
	東シナ海		日本海北部		京都沖		五島西	東シナ海		日本海北部		京都沖		五島西
	小嶋 ⁽¹⁰⁾	Choi et al. ⁽⁹⁾	河野 ⁽¹¹⁾	大西 ⁽¹²⁾	熊木ら ⁽⁸⁾	今回の調査		小嶋 ⁽¹⁰⁾	Choi et al. ⁽⁹⁾	河野 ⁽¹¹⁾	大西 ⁽¹²⁾	本間ら ⁽¹³⁾	熊木ら ⁽⁸⁾	今回の調査
1	73	95	70	68	72	-		72	69	80	82	57	76	-
2	123	132	118	110	111	-		134	119	135	126	123	121	-
3	166	159	156	145	144	-		184	157	178	163	175	159	-
4	200	179	186	174	172	167		227	187	212	195	218	193	179
5	223	192			196	180		254	210	238	223	251	221	202
6					216	190		274	228	259	247	278	246	219
7					233	198		288			267	300	267	233
8					247	204					285	317	285	244
9					259	209						330	301	253
10					269	212						341	314	259

域に生息するアカムツでは年1回7～9月に輪紋が形成されること、幟川ら⁷⁾の報告によって、対馬周辺海域に生息するアカムツでは年1回9月前後に輪紋が形成されることが分かっている。

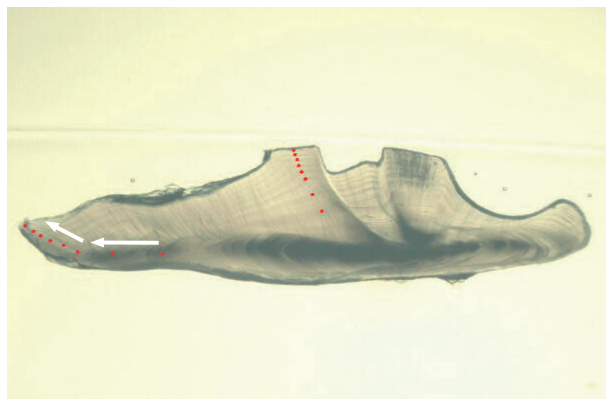


図4 耳石伸長方向の転換

図4は9月に採取された耳石のひとつであり、9月前後には、このように最新の年輪ができて間もないサンプルが多数観察された。これらを考慮し、本研究では9月を加齢月とした。

熊木、山崎⁸⁾が算出した、雌雄別、海域別のアカムツの成長と、今回の調査で得られた結果を比較した(表3)。今回漁獲されたアカムツは、同じ年齢の日本海北部や京都沖等他海域で漁獲された個体に比べ、雌雄ともに小型となる傾向が見られた。また、一番成長が類似しているのは、Choiらの報告した、対馬北西海域のもの⁹⁾であった。海域によって成長差が生じた理由としては、水温、水深、餌料環境の違い、サンプルの漁獲方法、年齢査定に耳石と鱗のどちらを使用するか等、様々な要素が考えられるため、今後の調査で引き続き検討する必要がある。

産卵期および成熟年齢の推定

G S Iの推移の結果より、九州北西海域のアカムツの産卵期は、7月から10月であると考えられた。これは対馬海峡の8～11月²⁾、山口県日本海側の7～9月¹²⁾と同程度であった。

今回のサンプルでは、最小成熟体長は雄で169mm、雌で225mmであり、本調査から得られた成長曲線より年齢を推定すると、どちらも5歳相当であった。また、10月に漁獲されたサンプルでG S Iを測定したところ、5歳の雌で3.64、5歳の雄で2.80と高い値が確認された。肉眼観察の結果、どちらのサンプルも成熟した状態であったことから、九州北西海域に生息するアカムツは、少な

くとも5歳以降に産卵すると考えられる。

河野ら²⁾の調査では4～10月の代表的な標本において、熟度が2.7で産卵期中に成熟に至る可能性が高い体長155mmの雌個体が確認されており、これは2～3歳の大きさと推定される。本調査では年間を通して4歳以上の大型サンプルしか確認できず、7～10月に漁獲された4歳のサンプルでは未成熟の個体しか確認されなかったが、河野らの調査結果を考慮すると、実際には更に若齢で小型な個体でも成熟している可能性がある。

最小成熟体長や成熟年齢をより詳細に明らかにするには、今後5歳未満、特に今回漁獲されなかった1～3歳の小型若齢魚のサンプルを採取し、データを拡充する必要があると考える。

文 献

- 1) 田代征秋(1988):五島南部海域におけるアカムツの分布. 長崎県水産試験場研究報告, (14), 13-17.
- 2) 河野光久, 小林知吉(2011):対馬海峡におけるアカムツの成熟および産卵. 山口県水産研究センター研究報告, (9), 119-123.
- 3) 五利江重昭(2001):MS-Excelを用いた成長式のパラメータ推定, 水産増殖, (49), 519-527.
- 4) 五利江重昭(2002):MS-Excelを用いた混合正規分布のパラメータ推定, 水産増殖, (50), 243-249.
- 5) 片山知史(2021):耳石が語る魚の生い立ち 雄弁な小骨の生態学. 第1版, 50-51, 恒星社厚生閣, 東京.
- 6) Choi JH., Choi SH., Lee DW., Ryu DK. (2014):Population ecology of Blackthroat seaperch *Doederleinia berycoides* in the southern Sea of Korea. *Kor. J. Fish. Aquat. Sci.* (47), 901-907.
- 7) 幟川亜希子, 酒井猛(2017):対馬周辺海域におけるアカムツの年齢・成長. 平成29年度日本水産学会春季大会要旨集, 32.
- 8) 熊木豊, 山崎淳(2021):京都府沖合におけるアカムツの生物資源学的特性を考慮した底曳網の漁業管理方策の提案, 京都府農林水産技術センター海洋センター研究報告, (43), 11-19.
- 9) Choi JH., Choi SH., Kim YH., Lee DW., Ryu DK. (2012): Age and growth of Blackthroat seaperch *Doederleinia berycoides* in the south Sea of Korea. *Kor. J. Fish. Aquat. Sci.*, (45) 246-252.
- 10) 小嶋喜久雄(1976):日本海西南海域産アカムツの年齢と

成長，西海区水産研究所研究報告，(48)，93-111.

- 11) 河野光久 (2010) : 日本海南西山口県沖におけるアカムツの年齢と成長. 山口県水産研究センター研究報告，(8)，45-47.
- 12) 大西健美 (2009) : 新潟県沿岸域におけるアカムツの年齢と成長及び産卵期. 新潟県水産海洋研究所研究報告，(2)，15-20.
- 13) 本間仁一，石向修一，菅原雅直，秋野亨 (2000) : アカムツ資源生態調査. 山形県水産試験場事業報告，15-18.