

島根半島産アカアマダイの年齢組成推定

松本洋典¹

Estimation of the age composition of Red Tilefish (*Branchiostegus japonicus*) in Shimane Peninsula

Hironori MATSUMOTO

キーワード：アカアマダイ，年齢組成，ALK，最尤法

はじめに

島根県においてアカアマダイは重要な水産資源のひとつであり，釣り，延縄，底曳網漁業，刺し網で漁獲されている．ことに島根半島においては地域の漁業を支える最重要資源である．島根県では2004年に第5次栽培漁業基本計画においてアカアマダイを新規栽培漁業対象種に選定し，2006年からは水産技術センター内水面浅海部浅海科において小型水槽を使用した種苗生産技術開発など，主に種苗放流による資源水準向上に取り組んできた．しかしながら，当該水域におけるアカアマダイ資源の評価についての調査研究は，安達¹⁾の報告があるのみで，現状では資源水準の評価，放流効果の検証とも十分に

なされないままである．

島根半島沖で漁獲されるアカアマダイのうちJFしまね平田支所佐香出張所（小伊津漁港）に水揚げされるものは，その取扱いの良さから京阪神市場での評価が高く，「小伊津のアマダイ」として地域ブランドの一角を占めるなど，小伊津漁港は県内のアカアマダイ主産地となっている（図1）．同地におけるアカアマダイの漁獲は釣り，延縄が主たるもので，全長200～600mmのサイズを漁獲対象としている．水揚げされたアカアマダイは，漁船ごとに直ちに3S～2Lの6規格に銘柄分けして出荷する．この規格基準は重量で，200g未満を3S，200～300gを2S，300～400gをS，400～600gをM，600～1000gをL，1000gを超えるものを2Lとしており，JFしまね平田支所佐香出張所ではこの銘柄別漁獲量集計データが日々蓄積されている．

このようなデータをコホート解析などの手法を用いて資源評価に利用するためには，年齢別漁獲個体数に数値変換する必要があるが，その方法としてはAge-Length Key法を用いる場合が多い．安達ら¹⁾は佐香出張所における市場調査で得られた体長組成データから年齢組成を推定して資源評価を試みているが，この時に使用したAge-Length Keyは当該水域のアカアマダイから算定したものでなく，しかも前提条件として雌雄の成長を同一と仮定していた．アカアマダイの成長は地域により異なることのほか，雄が雌を大きく上回ることが知られている^{2),3),4)}．したがって，漁獲物の年齢組成を適切に把握するためのAge-Length Key作成には，当該海域から得たアカアマダイの魚体測定のほか，硬組織を用いた年齢査定を雌雄別に行う必要がある．しかしながら，アカアマダイは単価が非常に高いこと，また処理に

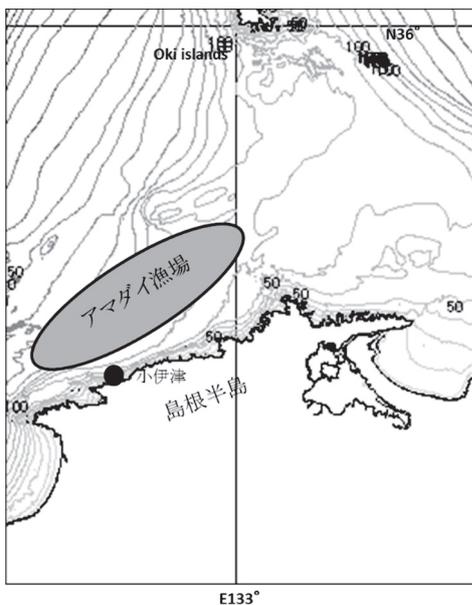


図1. 島根半島沖のアカアマダイ漁場

¹ 内水面浅海部 Inland Water Fisheries and Coastal Fisheries Division

かかる労力などを勘案すると、Age-Length Key 作成に十分な数量の標本を得ることは困難を伴う。

本稿では、限られた数の標本から最尤法により Age-Length Key を作成することを目的とした。また、これを応用して JF しまね平田支所佐香出張所の銘柄別漁獲量データから資源評価の基礎となる年齢別漁獲個体数を把握する方法についても検討する。

材料と方法

Age-Length Key 作成に使用したのは、JF しまね平田支所佐香出張所に 2015 年夏期（7 月～9 月）に水揚げされた漁獲物 85 尾で、毎月 1 回各銘柄 5 尾以上を無作為に抽出して買い取った（なお、2L サイズだけはいずれの買い取り日にも入手できなかった）。得られた標本は研究室に持ち帰り、直ちに雌雄判別、全長、体重等の測定、年齢査定を行った。年齢査定には耳石を使用し、顕微鏡下（10～20 倍）で表面法による観察を行い、不透明帯と透明帯の境界を年齢指標とした。得られたデータは雌雄別にとりまとめ、Age-Length Key（以下 ALK）作成の計算に供した。

一般的な ALK 作成には、年齢査定に際して全漁獲物の体長組成を網羅し、かつ偏りのない多数の無作為標本抽出が必須となる。しかしながら、前述のように検体購入費用、労力および時間に制約がある状況では従来の方法による推定は困難である。ここで ALK とは体長階級別年齢頻度分布を表現する相関図表で、その各階級の年齢境界を通過する曲線は

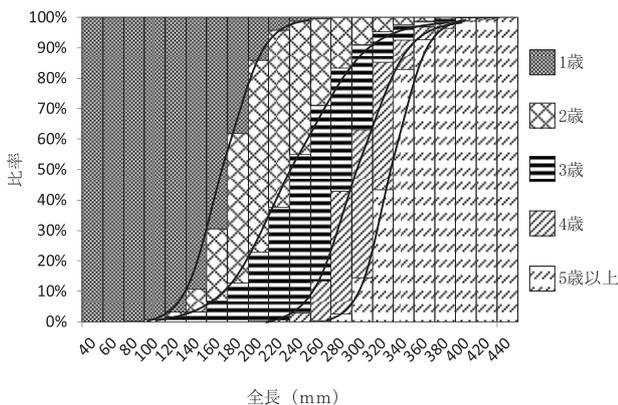


図 2. 本研究における ALK 算定のイメージ

累積確率密度関数となる（図 2）。この関数は 1～K 齢までで構成される魚群の年齢 α と $\alpha + 1$ の境界について、(1) 式に示す複数の年級の平均体長 (μ_t) と、標準偏差 (σ_t) に依拠した正規分布に基づく累積確率分布が混合したシグモイド曲線となる。

$$G(x) = \frac{\sum_{t=\alpha+1}^k n_t \cdot p[N(\mu_t, \sigma_t), x]}{\sum_{t=1}^k n_t \cdot p[N(\mu_t, \sigma_t), x]} \quad (1)$$

ここで n_t は年齢 t の尾数、 $p[N(\mu_t, \sigma_t), x]$ は年齢 t 歳群のうち体長が x である確率を示している。この数式は理論的には、仮にすべての階級を網羅するデータがなくとも、実測値から連続関数の推定値として計算することができる⁵⁾。しかしながら、このやり方では各年齢の平均体長と標準偏差の計測が必要であるためサンプル数の軽減が期待できないこと、また関数が複雑であるためこのままでは取扱いにくいなどの欠点がある。そこで本稿では星野⁵⁾の方法に従い、同様のシグモイド曲線を描くモデルに近似させることで計算の簡便化を図り、各年級間の境界となる確率分布曲線をそれぞれに推定し、これをもとに ALK を作成した。この際に近似するモデルは次式のロジスティック曲線

$$P_t(x) = \frac{1}{1 + \exp(q + r \cdot x)} \quad (2)$$

とした。ここで q および r は推定パラメータであり、 $P_t(x)$ は全長 x の個体が t 齢以上である確率を示している。さらに (2) 式を最尤推定する場合の尤度関数積算値を次式とした⁵⁾。

$$\prod_{i=1}^N \frac{Y_i!}{(Y_i - S_i)! S_i!} P_t(l_i)^{S_i} (1 - P_t(l_i))^{Y_i - S_i} \quad (3)$$

Y, S は全長 l の個体の尾数と、そのうち t 歳以上の尾数をそれぞれ示す。この (3) 式の最大対数尤度をとる q および r を、MS-Excel（株）マイクロソフト社のソルバー機能を使って求め、(2) 式を推定した。この年齢境界関数値の全長階級ごとの差分を求めることで、各全長階級における年齢構成比率が求められる。すなわち、1～4 齢で構成される魚群のうち、全長 l の個体が 1 齢、2 齢、3 齢、4 齢である確率は (2) 式によりそれぞれ $1 - P_2(l)$ 、 $P_2(l) - P_3(l)$ 、 $P_3(l) - P_4(l)$ 、 $P_4(l)$ となり、本報告ではこれを ALK とする。なお、これら年齢境界を示す確率曲線は各年齢について独立であるため、差分が負の値になる可能性もある。この場合は、負の値を 0 とし、隣り合う年齢階級の高い方に負の数値を加え、これを若齢階級から高齢階級へ順に計算することで、全長の各階級の積算値が全て 1 となるように調整した。

このようにして得られた ALK を現場で得られる銘柄別漁獲量に適用するためには、前提として漁獲量

の全長組成分布への変換，および全長組成に応じた性別分離が必要となる．そこで，それらの過程についても検討した．

漁獲量の全長組成分布への変換に使用する資料には，本研究で得られた全長一体重の関係式，2015年7～9月のJFしまね平田支所佐香出張所で記録された銘柄別漁獲量集計データ，および同時期の全長測定調査データを用いた．全長測定調査は毎月1回，月半ばに実施し，同出張所に水揚げされたアカアマダイについて各漁船の帰港直後に測定記録した．

また，性別分離については2003年7月～2007年3月に実施したアカアマダイ成熟度調査の際に得られた魚体測定データを用いた．

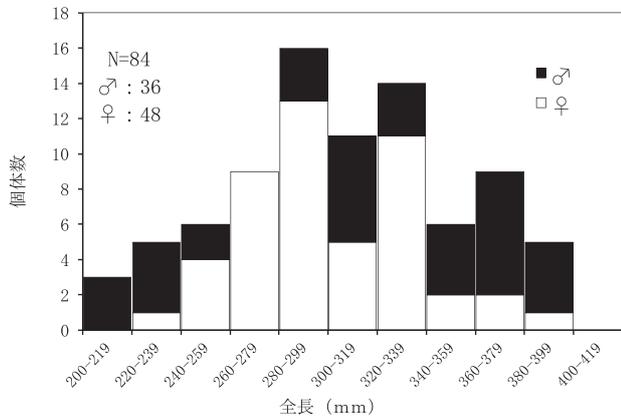


図3. 2015年7～9月に採集したアカアマダイの全長組成

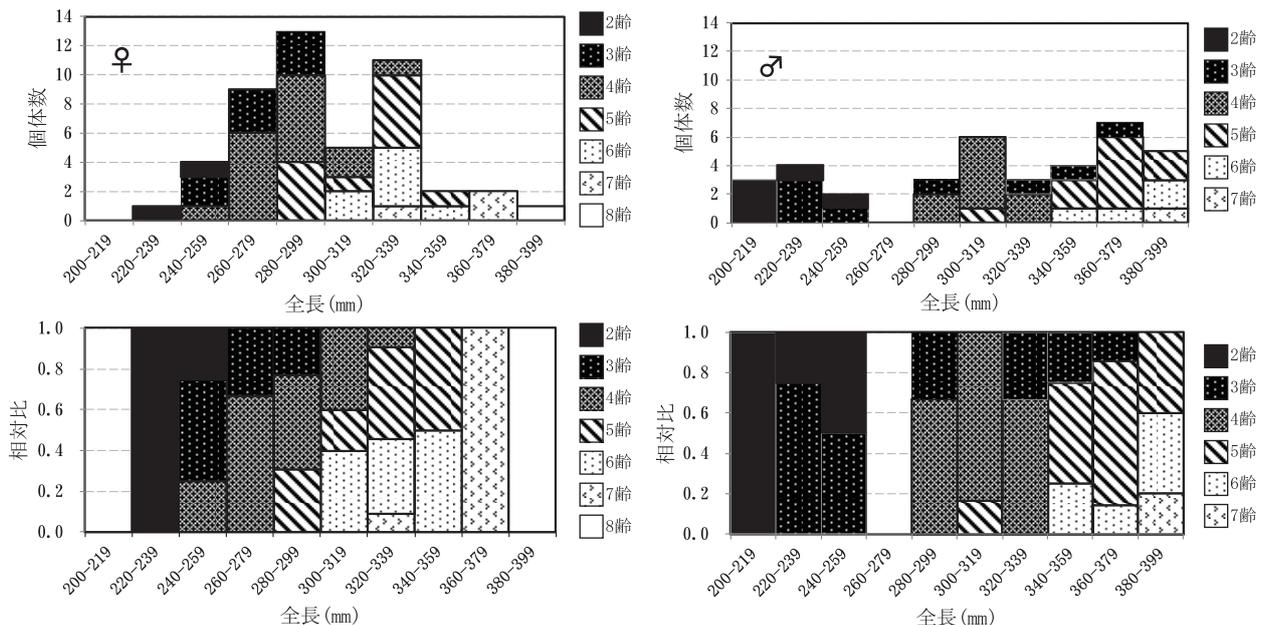


図4. 本研究で使用したアカアマダイの年齢構成

結果

標本の全長組成と年齢 集められた標本の全長組成を図3に示す．標本数は84尾で，このうち雌が48尾，雄が36尾であった．全長は211～394mmの範囲にあり，雌は228～394mm，雄は211～386mmの範囲に分布していた．さらに，年齢査定結果を全長にあわせて図4に示す．査定された年齢は雌で2～8齢，雄は2～7齢の範囲であった．

全長の分布から，小型のものほど雌の比率が高く，大型になるにつれて雄の比率が高くなること，また同齢魚の全長を雌雄で比較すると，雄が雌よりも大型であったことから，アカアマダイの成長は雄が雌を上回るという既存の報告と一致する傾向が確認された．

各年級境界となる確率分布曲線とALKの推定 計算により得られたロジスティック曲線の2つの係数qおよびrを表1に示す．さらにこの曲線を雌雄別に図5に示した．この曲線はそれぞれの年齢階級の境界となる連続関数である．

雌では査定された2～8齢のうち8齢が1個体，雄では2～7齢のうち7齢が1個体と明らかに少なかったため，雌では7齢と8齢をあわせて7齢以上，雄では6齢と7齢をあわせて6齢以上として扱った．すなわち，雌については2-3齢～6-7 ≤ 齢の各境界の5本の曲線，雄については2-3齢～5-6 ≤ 齢の境界となる4本の曲線を推定した．

得られた年齢境界曲線を雌雄で比較すると，全長を示す軸に沿った各年齢境界の間隔について，雄

表 1. 最尤法によって得られた各年齢境界を示すロジスティック曲線式の係数 q と r

性別	係数	3 齢以上	4 齢以上	5 齢以上	6 齢以上	7 齢以上
♀	q	43.2610	19.4027	32.7078	24.4491	46.7912
	r	-0.1782	-0.0731	-0.1083	-0.0738	-0.1319
♂	q	15.1340	10.5271	26.7383	25.1251	*
	r	-0.0651	-0.0363	-0.0780	-0.0652	*

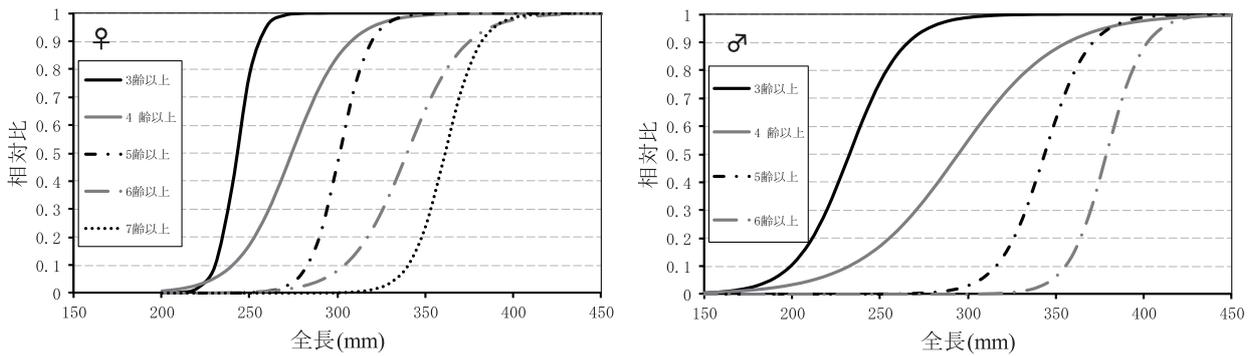


図 5. ロジスティックモデルを適用して推定したアカアマダイの年齢境界曲線

表 2. 2015 年 7 月～9 月に採集したアカアマダイから推定した雌雄別の Age-Length Key

全長 (mm)	♀						♂					
	Age						Age					
	2 齢以下	3 齢	4 齢	5 齢	6 齢	7 齢以上	2 齢以下	3 齢	4 齢	5 齢	6 齢以上	
180 - 189	1.000	0	0	0	0	0	0.957	0.022	0.021	0	0	
190 - 199	1.000	0	0	0	0	0	0.920	0.049	0.031	0	0	
200 - 209	0.999	0	0.001	0	0	0	0.857	0.100	0.043	0	0	
210 - 219	0.993	0	0.007	0	0	0	0.758	0.181	0.061	0	0	
220 - 229	0.960	0	0.040	0	0	0	0.620	0.294	0.086	0	0	
230 - 239	0.800	0.103	0.096	0	0.001	0	0.460	0.422	0.118	0	0	
240 - 249	0.402	0.416	0.180	0	0.002	0	0.307	0.530	0.162	0	0	
250 - 259	0.102	0.582	0.311	0.003	0.004	0	0.188	0.594	0.217	0.001	0	
260 - 269	0.019	0.491	0.473	0.010	0.007	0	0.260	0.607	0.283	0.002	0	
270 - 279	0.003	0.330	0.616	0.035	0.015	0	0.270	0.059	0.576	0.360	0.004	
280 - 289	0.001	0.194	0.669	0.105	0.032	0	0.280	0.032	0.516	0.442	0.009	
290 - 299	0	0.104	0.578	0.255	0.064	0	0.290	0.017	0.440	0.519	0.020	
300 - 309	0	0.053	0.367	0.455	0.124	0.001	0.300	0.009	0.361	0.581	0.044	
310 - 319	0	0.026	0.171	0.573	0.225	0.005	0.310	0.005	0.285	0.609	0.092	
320 - 329	0	0.013	0.064	0.538	0.366	0.019	0.320	0.002	0.219	0.581	0.179	
330 - 339	0	0.006	0.021	0.406	0.498	0.069	0.330	0.001	0.164	0.485	0.314	
340 - 349	0	0.003	0.006	0.258	0.515	0.217	0.340	0.001	0.120	0.339	0.473	
350 - 359	0	0.001	0.002	0.145	0.342	0.509	0.350	0	0.087	0.194	0.597	
360 - 369	0	0.001	0	0.076	0.128	0.795	0.360	0	0.062	0.089	0.637	
370 - 379	0	0	0	0.038	0.026	0.936	0.370	0	0.044	0.032	0.585	
380 - 389	0	0	0	0.019	0	0.981	0.380	0	0.031	0.005	0.468	
390 - 399	0	0	0	0.009	0	0.991	0.390	0	0.022	0	0.324	
400 - 409	0	0	0	0.004	0	0.996	0.400	0	0.015	0	0.201	
410 - 419	0	0	0	0.002	0	0.998	0.410	0	0.011	0	0.115	
420 - 429	0	0	0	0.001	0	0.999	0.420	0	0.007	0	0.062	
430 - 439	0	0	0	0	0	1.000	0.430	0	0.005	0	0.032	
440 - 449	0	0	0	0	0	1.000	0.440	0	0.004	0	0.016	
450 - 459	0	0	0	0	0	1.000	0.450	0	0.003	0	0.008	
460 - 469	0	0	0	0	0	1.000	0.460	0	0.002	0	0.004	
470 - 479	0	0	0	0	0	1.000	0.470	0	0.001	0	0.002	
480 - 489	0	0	0	0	0	1.000	0.480	0	0.001	0	0.001	
490 - 499	0	0	0	0	0	1.000	0.490	0	0.001	0	0	
500 - 509	0	0	0	0	0	1.000	0.500	0	0	0	1.000	
510 - 519	0	0	0	0	0	1.000	0.510	0	0	0	1.000	
520 - 529	0	0	0	0	0	1.000	0.520	0	0	0	1.000	

が雌を上回っていることが示されている。また雌の7歳以上の境界の勾配は300～400mmの範囲で急峻なものとなっており、雌の成長がこの全長範囲で停滞しつつあることを示している。

さらに求められた各年齢境界曲線から全長階級ごとの年齢比を算定し、前述の方法で調整した結果を

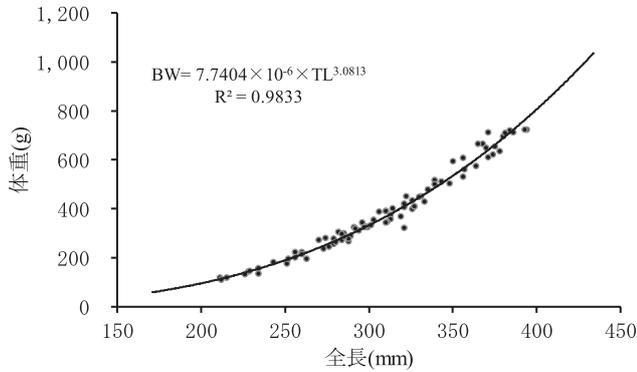


図6. アカアマダイの全長と体重の関係

ALKとして、雌雄別に表2に示した。

全長と体重の関係 標本から得られた測定データをもとに算出したTL(mm)とBW(g)の関係を図6に示す。両者の関係は $BW = 7.7404 \times 10^{-6} \times TL^{3.0813}$ の式で示され、寄与率は0.9833と高い水準であった。

漁獲物全長組成の推定 漁獲量の個体数換算については銘柄ごとに漁獲量をその時期における平均個体重量で除することで推定できる。表3には2015年7～9月のJFしまね平田支所佐香出張所における銘柄別漁獲量、全長測定調査結果による各銘柄の平均全長および全長-体重の関係式により推定した各銘柄平均体重と、これらから算出した銘柄別漁獲尾数を集約して示している。

次に、表3の各銘柄の全長がその平均値と標準偏差に基づく正規分布をすると仮定してその確率を求めたのが表4である。

表3. 2015年夏期に小伊津で漁獲されたアカアマダイの漁獲量、平均全長と標準偏差、平均重量および漁獲個体数

銘柄	3S	2S	S	M	L	2L
漁獲量(kg)	95.2	996.6	1440.5	1696.0	2967.0	501.2
平均全長(mm)	238.0	280.0	307.0	334.6	387.8	447.1
標準偏差	15.54	12.20	11.25	14.64	19.03	13.55
平均重量(g) ^{※1}	162.9	268.6	356.6	465.2	732.5	1135.8
漁獲個体数 ^{※2}	584	3,710	4,039	3,646	4,050	441

※1 $BW = 7.7403 \times 10^{-6} \times TL^{3.0813}$

※2 漁獲個体数=漁獲量/平均重量

表4. 銘柄別全長分布確率

全長(mm)	銘柄					
	3S	2S	S	M	L	LL
- 199	0.002	0	0	0	0	0
200 - 209	0.014	0	0	0	0	0
210 - 219	0.052	0	0	0	0	0
220 - 229	0.132	0	0	0	0	0
230 - 239	0.222	0	0	0	0	0
240 - 249	0.250	0.002	0	0	0	0
250 - 259	0.190	0.018	0	0	0	0
260 - 269	0.096	0.089	0	0	0	0
270 - 279	0.033	0.232	0.002	0	0	0
280 - 289	0.007	0.318	0.023	0	0	0
290 - 299	0.001	0.232	0.118	0.003	0	0
300 - 309	0	0.089	0.287	0.018	0	0
310 - 319	0	0.018	0.332	0.069	0	0
320 - 329	0	0.002	0.183	0.165	0	0
330 - 339	0	0	0.048	0.255	0.002	0
340 - 349	0	0	0.006	0.251	0.010	0
350 - 359	0	0	0	0.157	0.030	0
360 - 369	0	0	0	0.063	0.073	0
370 - 379	0	0	0	0.016	0.135	0
380 - 389	0	0	0	0.003	0.191	0
390 - 399	0	0	0	0	0.206	0
400 - 409	0	0	0	0	0.169	0.001
410 - 419	0	0	0	0	0.106	0.008
420 - 429	0	0	0	0	0.051	0.043
430 - 439	0	0	0	0	0.019	0.135
440 - 449	0	0	0	0	0.005	0.253
450 - 459	0	0	0	0	0.001	0.282
460 - 469	0	0	0	0	0	0.186
470 - 479	0	0	0	0	0	0.073
480 - 489	0	0	0	0	0	0.017
490 - 499	0	0	0	0	0	0.002
500 - 509	0	0	0	0	0	0
510 - 519	0	0	0	0	0	0
520 -	0	0	0	0	0	0

表5. アカアマダイ漁獲物の全長分布

全長(mm)	銘柄						計
	3S	2S	S	M	L	LL	
- 199	1	0	0	0	0	0	1
200 - 209	8	0	0	0	0	0	8
210 - 219	31	0	0	0	0	0	31
220 - 229	77	0	0	0	0	0	77
230 - 239	129	0	0	0	0	0	129
240 - 249	146	7	0	0	0	0	153
250 - 259	111	67	0	0	0	0	178
260 - 269	56	331	0	0	0	0	387
270 - 279	19	859	9	0	0	0	887
280 - 289	4	1,180	93	1	0	0	1,278
290 - 299	1	859	477	11	0	0	1,348
300 - 309	0	331	1,158	66	0	0	1,555
310 - 319	0	67	1,341	250	0	0	1,658
320 - 329	0	7	741	603	2	0	1,353
330 - 339	0	0	195	929	9	0	1,133
340 - 349	0	0	24	914	39	0	977
350 - 359	0	0	1	573	123	0	697
360 - 369	0	0	0	230	297	0	527
370 - 379	0	0	0	59	549	0	608
380 - 389	0	0	0	10	774	0	784
390 - 399	0	0	0	1	834	0	835
400 - 409	0	0	0	0	686	0	686
410 - 419	0	0	0	0	430	4	434
420 - 429	0	0	0	0	206	19	225
430 - 439	0	0	0	0	75	59	134
440 - 449	0	0	0	0	21	111	132
450 - 459	0	0	0	0	4	124	128
460 - 469	0	0	0	0	1	82	83
470 - 479	0	0	0	0	0	32	32
480 - 489	0	0	0	0	0	8	8
490 - 499	0	0	0	0	0	1	1
500 - 509	0	0	0	0	0	0	0
510 - 519	0	0	0	0	0	0	0
520 -	0	0	0	0	0	0	0

この表4の確率分布に銘柄別漁獲尾数を乗じること
 で漁獲物の全長組成を推定した(表5)。

雌雄別全長組成への分離 2003年7月～2007年
 3月に本海域で漁獲されたアカアマダイ全長と性比
 の関係を表6, 図7に示す。数値は, 測定されたア
 マダイ 899尾のうち雌雄判別が可能であった846尾
 について, 全長階級を40mm刻みで示している。測
 定された全長の範囲は200～470mmであった。

全長200～319mmまでの雌雄比は概ね7:3でほ
 とんど変化がないが, 320mmを超えると急激に雄の
 比率が増え, 360mm以上では9割以上を雄が占める
 ようになる。これは成長の雌雄差に起因するもの
 と考えられ, 本海域のアカアマダイの雌の成長は
 320mm前後で停滞する一方で, 雄の成長はそれ以降
 も継続するためと判断される。

さらに, 全長一性比の関係は一定と仮定して, 対
 応する2015年7～9月の漁獲物全長組成の各階級

表6. 2003年7月～2007年3月に漁獲された
 アカアマダイの全長階級ごとの性比

全長(mm)	♀	♂
200-239	0.703296703	0.296703297
240-279	0.699029126	0.300970874
280-319	0.681355932	0.318644068
320-359	0.421768707	0.578231293
360-399	0.061538462	0.938461538
400-439	0.029411765	0.970588235
440-479	0.000000000	1.000000000

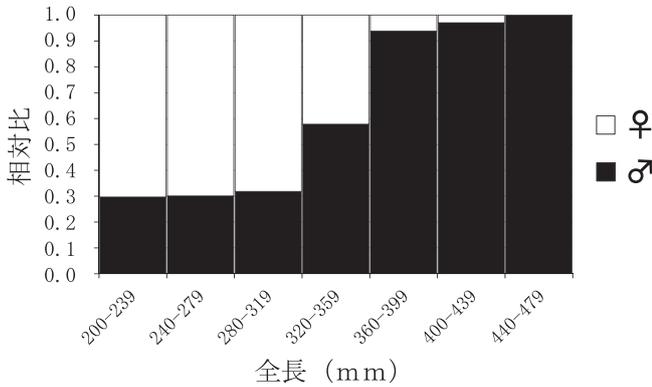


図7. アカアマダイの全長階級ごとの性比
 (2003年7月～2007年3月)

の尾数に各性比値を乗ずること
 で雌雄別の全長組成
 を算出し, 表7に示した。なお, 対応する値のない
 全長200mm未満および470mm以上の階級の性比は直
 近の階級の値を乗じた。

この計算により得られた雌雄の個体数はそれぞれ
 7,242尾, 9,225尾であった。

雌は全長190～439mmの範囲にあり, 300mm前後
 への集中が著しい。一方, 雄では全長190～489mm
 の範囲に分布しており, 380mm前後への集中が見ら
 れるが, 雌に比べると集中は緩やかであった。

雌雄別年齢組成の推定 前項で得られた雌雄別
 全長組成に, 本研究で推定された雌雄別 ALK を対応

表7. 2015年7月～9月のアカアマダイ
 漁獲物の雌雄別全長分布

全長 (mm)	♀	♂
- 199	1	0
200 - 209	6	2
210 - 219	22	9
220 - 229	54	23
230 - 239	91	38
240 - 249	107	46
250 - 259	124	54
260 - 269	271	116
270 - 279	620	267
280 - 289	871	407
290 - 299	918	430
300 - 309	1,060	495
310 - 319	1,130	528
320 - 329	571	782
330 - 339	478	655
340 - 349	412	565
350 - 359	294	403
360 - 369	32	495
370 - 379	37	571
380 - 389	48	736
390 - 399	51	784
400 - 409	20	666
410 - 419	13	421
420 - 429	7	218
430 - 439	4	130
440 - 449	0	132
450 - 459	0	128
460 - 469	0	83
470 - 479	0	32
480 - 489	0	8
490 - 499	0	1
500 - 509	0	0
510 - 519	0	0
520 -	0	0
計	7,242	9,225

表8. 2015年7月～9月のアカアマダイ漁獲物の雌雄別年齢構成

性別	2歳以下	3歳	4歳	5歳	6歳以上
♀	217	824	2,324	2,133	1,742
♂	121	1,529	2,276	2,387	2,910
計	338	2,353	4,600	4,520	4,652

させることで算定した, 2015年夏期(7-9月)の雌雄別年齢組成を表8に示した. ここでは比較のため, 雌の6歳と7歳以上をあわせて6歳以上とした.

漁獲物全体では6歳以上が最も多く, 比較的若齢魚の比率が少ない. 雌雄で比較すると, 雌は4歳魚が最も多かったが, 雄では6歳以上が最も多く, 雌よりも高齢魚の比率が高かった.

考察

通常のALK作成は, 漁獲物の実測値から直接年齢頻度分布を推定することから, その標本抽出に際しては全体の魚群構造を反映するよう大量の標本採集が求められる. しかしながら, アカアマダイはことに単価が高く, 限られた調査費用では通常の方法によるALK作成に十分な標本数は得られない. さらに, 買い取りに際して, ある特定の体長階級範囲の漁獲物が得られない場合もたびたびあり, その場合には, たまたまデータが得られなかった階級の魚は存在しないという不合理を招くことになる. 加えて, アカアマダイのALK作成に際しては雌雄の成長差を考慮しなくてはならない. 表9にこれまでに報告されたアカアマダイについての von Bertalanffy の成長式における極限全長を雌雄別に示す²⁾⁶⁾⁷⁾⁸⁾. いずれも雄の成長が雌を上回っており, その体長差比は雌の全長の10~40%に及んでいる. 本研究における全長と性比との関係でも, 全長320mmから雌の比率が急に低くなり, 360mm以上になると雄がほとんどを占めるという結果を得た. このことは, 本海域産のアカアマダイにおいても雌雄の成長差が確認できるのみならず, この雌雄差が魚群構造の把握をより複雑なものにしていることを示している. したがって, 年齢構造を適切に把握するには雌雄別に推定する必要があり, 従来の方法によるALK作成に必要な標本数はさらに高く見積もられる. また, 環境の変化等によって成長, 生残に影響が及ぶ場合にはALKも大きく変化する可能性があるため, 十分な精

度で算定したALKであっても必ずしも恒久的なものとは言えず, 理想的には定期的に改定すべきものである.

星野⁹⁾は, 資源構造の把握に同様の課題を持つ北海道日本海産マダラについて, 少ない標本から適切に年齢構造把握を実現するために, 体長に対する連続関数として年齢境界となる曲線を導く最尤法推定を検討し, コンピュータシミュレーションによってその方法の妥当性を示した. 本報告で試みたALK算出はこの方法に則っている. 星野⁹⁾はこの方法の利点のひとつとして, 年齢境界曲線の算出には必ずしもすべての体長階級にデータがなくとも推定が可能であることを述べている. 本研究においては, 雄の標本のうち260~279mmの階級を得ることが出来なかったが(図4), その指摘のとおりデータに空白があっても年齢境界曲線を得られることが確認できた.

また尾崎ら⁴⁾は若狭湾において1年を3期に分けて雌雄別ALKを従来の方法で作成したが, その際には1~4月期で580尾(雌391尾, 雄189尾), 5~8月期で772尾(雌498尾, 雄274尾), 9~12月期で967尾(雌602尾, 雄365尾), 合計で2,319尾もの標本数を要し, さらにこの標本収集に6年の期間をかけている. 本研究で夏期のALK算定に使用した標本は2015年7~9月に採集した85尾であったが, すべての季節について算定することを考慮した場合に必要な標本数を通年換算しても400尾未満にとどまる. これらのことからALK構築に際しては, 本研究で示した方法により, 検体購入に要する費用, 期間, および魚体測定や年齢査定にかかる時間, 人員の大きな軽減が期待される.

さらに, この境界曲線(図5)を雌雄で比較すると, 雄の成長が雌を上回るのが明瞭に確認できる. また雌の各境界曲線間の幅は雄に比して著しく狭く, 全長300~400mmの範囲で成長が停滞することが表現されている. これは全長と性比の関係で示された360mm以上では雌の比率が著しく低くなるとい

表9. これまでに報告されたアカアマダイの von Bertalanffy 成長曲線の極限全長

報告者	林		山下 ほか		LIM & Misu		京都府海洋水産研究所		尾崎 ほか	
漁場	東シナ海		東シナ海		対馬付近海域		若狭湾		若狭湾	
調査年	1973-1976		1996-2000		1973		1977		2001-2006	
性別	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂
L_{∞} (mm)	380※	428※	375	520	454	592	258	362	298.1	336.5

※原報では標準体長で記載

う結果とも一致している。したがって、今回得られた ALK は本種の生物学的特性および海域特性を反映したものであり、本研究で試みた ALK の作成については、実用に際しても十分に有用な手法であると考えられる。

本研究では 2015 年夏期におけるアカアマダイ漁獲物の年齢組成の推定までの過程と結果を試算として示した。しかしながら、今回作成した ALK はあくまでも夏期の漁獲物の特性を反映したものであり、アカアマダイの成長等を考慮するとこれを通年適用するのは妥当ではない。また、雌の各年齢境界の間隔の変化に注目すると（図 5）、曲線の間隔の変化が高齢になるにしたがって規則的に狭くなるのではなく、交互に拡大縮小している。これについては年齢境界ごとの推定精度のばらつきを示している可能性がある。したがって実際のアカアマダイの資源診断については、まだ調査していない秋、冬、春の雌雄別 ALK を作成することに加え、夏期の ALK についてもデータ量を増やして再検討する必要があるだろう。またここに示した年齢組成推定方法は、漁獲物の全長組成推定、雌雄分離、雌雄別 ALK の適用と、複数の手順を踏むため、作業がやや煩雑であることは否めない。今後は産地市場で得られた銘柄別漁獲データから、より簡便に年齢組成を推定するための「Age- 銘柄 Key」を構築する必要がある。これらについては今後の課題としたい。

謝辞

調査を行なうにあたり、元 JF しまね平田支所佐香出張所長金築恭二氏はじめ同出張所職員の皆様には格別の協力を頂いた。また、内水面浅海部浅海科

の職員各位には試料の測定・整理にご協力頂いた。ここに記して深謝します。

文献

- 1) 安達二郎, 石田健次 (2002) 隠岐海峡におけるアマダイ延縄漁業とアカアマダイの資源評価. 島根県水産試験場研究報告書, 10, 17-22.
- 2) 林泰行 (1976) 東シナ海産アカアマダイの成長に関する研究 - II. 日水誌, 42, 1243-1249.
- 3) 渡辺健一 (1996) 徳島県太平洋沿岸のアカアマダイの年齢と成長. 平成 5 年度徳島県水産試験場事業報告書, 293-302.
- 4) 尾崎仁, 飯塚寛, 宮崎俊明, 濱中雄一 (2008) 若狭湾西部海域におけるアカアマダイの年齢と成長. 京都府立海洋センター研究報告, 第 30 号, 1-11.
- 5) 星野昇 (2010) 北海道日本海産マダラにおける漁獲物年齢組成の推定方法. 北水試研報, 77, 35-44.
- 6) 山下秀行, 酒井猛, 片山知史, 東海正 (2011) 東シナ海産アカアマダイの成長と成熟の再検討. 日水誌, 77 (2), 188-198.
- 7) P. Y. LIM and H. MISU (1974) On the age determination of the Aka-amadai, *Branchiostegus japonicus* (HOULTUYN), in the adjacent waters of Tsushima Islands. *Bull. Seikai Reg. Fish. Res. Lab.* 46, 41-51.
- 8) 水産庁研究部研究課 (1979) アカアマダイ資源生態研究. 昭和 53 年度指定調査研究報告概要書, 昭和 54 年