

若狭湾西部海域におけるアカアマダイの年齢と成長

尾崎 仁, 飯塚 寛, 宮嶋俊明, 濱中雄一

Age and growth of the red tilefish *Branchiostegus japonicus* in western Wakasa Bay

Hitoshi Ozaki, Satoshi Iizuka*, Toshiaki Miyajima and Yuuichi Hamanaka

The age and growth of red tilefish, *Branchiostegus japonicus*, in western Wakasa Bay were estimated from otoliths of 2427 specimens caught by long line and beam trawl from June 2001 to June 2006. Otoliths were alternately composed of opaque and hyaline zones, formed once a year. Von Bertalanffy's growth curves for body length (Lt; mm) at an age in years (t) were estimated as follows: $L_t = 336.5(1 - \exp(-0.343(t + 0.102)))$ for males, $L_t = 298.1(1 - \exp(-0.287(t + 0.488)))$ for females. The growth of males was greater than that of females. There was tendency for the ratio of males to decrease at more than three years old. It was considered that red tilefish more than four years old were mainly caught by the long line in western Wakasa Bay.

キーワード：アカアマダイ, 年齢, 成長, 耳石, 性比

アカアマダイ *Branchiostegus japonicus* は日本海側では青森県以南, 太平洋側では本州中部以南に分布し, その範囲は南シナ海にまで及ぶ暖海性の底魚である (沖山, 1964; 山田ら, 1986; 奥村, 1999)。京都府において, アカアマダイは主に若狭湾西部海域で釣延縄漁業により漁獲されており, 本漁業の重要対象魚種となっている。京都府の1958年から2005年までのアカアマダイの年間漁獲量は18~86トンの範囲であり, 2000年以降は30トン前後で推移している。若狭湾西部海域では, 本種は周年漁獲されるが, 月別にみると9月から12月の漁獲量が特に多く, この4ヶ月間で年間の約55%が漁獲されている。

一方, アカアマダイの資源増大を目的とした種苗生産技術が確立され (奥村, 1999), 若狭湾西部海域では放流技術開発に関する調査が行われている (京都府ら, 2006)。放流魚を含めたアカアマダイ資源を持続的, 効率的に利用するためには, 本種の年齢と成長, 成熟と産卵および分布と移動などの資源生態特性を明らかにする必要がある。

本種の年齢と成長については, 若狭湾 (船田, 1963; 京都府立海洋センター, 1979), 対馬周辺海域 (Lim and Misu, 1974), 東シナ海 (林, 1976b), 日向灘海域 (黒木, 寺山, 1993) および徳島県太平洋沿岸域 (渡辺ら, 1995) での報告がある。若狭湾では, 年齢形質に鱗を用いて雌雄込み (船田, 1963) と雌雄別 (京都府立海洋センター, 1979) の成長式が推定されている。一般に鱗を年齢形質として用いる場合には, 年齢を過少推定しないよう注意する必要がある (渡邊, 1997), さらに本種では高齢魚になるほど再生鱗が多くなることが指摘されている (船田, 1963)。そこで,

筆者らは比較的漁獲量が安定している2001年から2006年の期間に若狭湾西部海域で桁曳網および釣延縄漁業で採捕されたアカアマダイを試料に用いて, 耳石を年齢形質として年齢と成長および年齢別の性比について検討した。また, 釣延縄漁業で漁獲されたアカアマダイの体長組成から近年の本漁業による資源の利用状況を検討した。

材料および方法

年齢と成長 2001年6月から2006年6月の期間に, 若狭湾西部海域 (Fig. 1) の水深60~100 mにおいて釣延縄

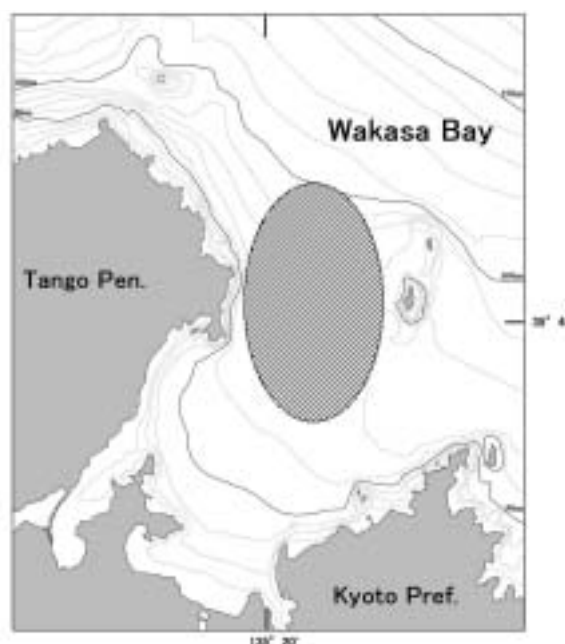


Fig. 1 Sampling area in western Wakasa Bay.

*京都府水産事務所 (Kyoto Prefectural Fisheries office, Kyoto 626-0041, Japan)

Table 1 Summary of specimens used in this study

Date	Number of specimens			Range of body length (mm)		
	Male	Female	unknown	Male	Female	unknown
June., 2001		3	1		177 - 207	125
Oct.		12	4		154 - 235	127 - 148
Nov.		14	3		148 - 280	100 - 113
Jan., 2002		10			138 - 267	
Feb.		16			106 - 206	
Mar.	4	28		174 - 230	140 - 236	
Apr.	24	37	3	226 - 359	96 - 284	53 - 72
May	46	134	18	150 - 372	116 - 268	61 - 147
June	18	49	2	158 - 386	131 - 295	79 - 85
July	54	50		164 - 258	164 - 279	
Aug.	16	38		153 - 305	163 - 264	
Sep.	46	47	7	138 - 223	146 - 289	88 - 117
Oct.	20	30	7	160 - 212	142 - 242	82 - 126
Nov.	18	38	7	150 - 239	183 - 284	100 - 149
Dec.	69	32		131 - 226	140 - 235	
Jan., 2003	6	4		193 - 228	220 - 238	
Feb.	31	37		124 - 224	156 - 235	
Mar.	13	18		184 - 207	175 - 238	
Apr.	6	21		181 - 204	168 - 222	
May	5	8		183 - 312	184 - 216	
June	6	7	1	142 - 308	135 - 280	103
July	20	18		145 - 330	149 - 296	
Aug.	7	5		172 - 197	167 - 212	
Sep.	42	27		164 - 204	148 - 221	
Oct.	9	15		148 - 300	136 - 272	
Nov.	52	106		172 - 340	163 - 278	
Dec.	22	41		182 - 341	158 - 294	
Nov., 2004	3	27	10	233 - 276	179 - 285	110 - 140
Dec.	14	56	17	241 - 336	188 - 316	117 - 149
Feb., 2005	34	101		215 - 358	186 - 295	
Mar.	38	77		218 - 377	186 - 320	
Apr.	32	40	1	122 - 348	117 - 302	51
May	25	45	4	140 - 346	127 - 294	67 - 71
June	26	56	2	125 - 346	126 - 290	64 - 92
July	19	32	1	140 - 351	135 - 314	86
Aug.	18	38		151 - 349	130 - 294	
Sep.	21	39	5	176 - 325	163 - 302	87 - 120
Oct.	34	80	2	180 - 342	180 - 311	96 - 128
Nov.	19	38	1	194 - 350	171 - 310	117
Jan., 2006	1	2	6	310	146 - 252	106 - 137
May	2	6	2	180 - 190	108 - 228	136 - 143
June	12	9		114 - 224	116 - 214	
Total	832	1491	104	114 - 386	96 - 320	51 - 149

漁業および桁曳網試験操業で採捕された2,427個体について、体長（BL：上顎前端から下尾骨後端まで）を1 mm単位で、体重（BW）を0.1 g単位で測定した（Table 1）。生殖腺を摘出して肉眼により雌雄の判別を行った後、耳石を摘出して水洗、乾燥保存した。体長150 mm以下の小型個体では肉眼で雌雄を判別することが可能なものも出現したが、そのほとんどは困難なものであり、ここではこれらを奥村（1999）が指摘した未分化生殖腺を持った個体とみなし、雌雄不明個体として取り扱った。雄543個体、雌861個体、雌雄不明104個体の計1,508個体の耳石については、70%エタノールに浸漬し、高精細デジタルマイクロスコープ（キーエンス株式会社製VH-6300型）で20倍に拡大し、耳石径および輪紋径を測定した。高齢魚の耳石は中心部に向かうに従って肥厚しており、輪紋を判別することが困難であったため、200 で5～10分間加熱処理した後、輪紋の読み取りを行った（Christensen, J.M.,

1964）。耳石には、中心部の不透明域に続いて、透明帯と不透明帯が交互に出現した（Fig. 2）。輪紋の読み取り位置は、林（1976a）に従って透明帯の内縁とした。耳石中心部（F）から最大突出部先端までの長さを耳石径（R, mm）、耳石中心部から耳石径上に出現する各輪紋の長さを輪紋径（ r_1, r_2, \dots, r_n , mm）とし、それぞれを1/1000 mmの単位で測定した（Fig. 2）。また、輪紋径の計測に用いなかった雄289個体、雌630個体の計919個体の耳石については、輪紋数の計数のみを行った。輪紋の形成時期を調べるため、縁辺部における透明帯および不透明帯の出現割合を月別に求めた。耳石径と体長との関係式を求め、計測した輪紋径を代入して各輪紋形成時の体長を算出し、これをもとにMarquardt法による非線形最小二乗法を用いてvon Bertalanffyの成長式のあてはめを行った。性比と銘柄別年齢組成 本研究で輪紋の読み取りを行った雄832個体、雌1,491個体の計2,323個体のデータを、

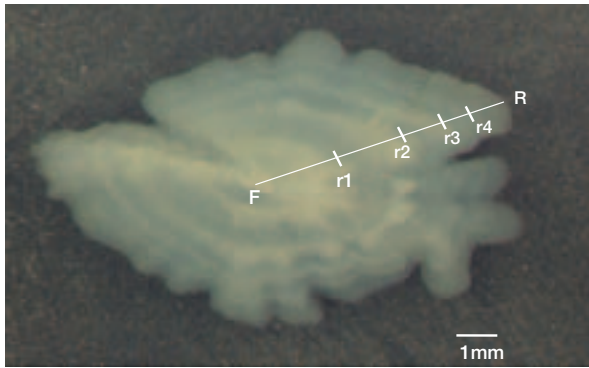


Fig. 2 Sagittal otolith of *B. japonicus* showing the axis of measurement.

F : focus, R : otolith radius, r1-r4 : the first to the fourth radii.

成長停滞期の1~4月と成長期の5~12月で区分し(京都府立海洋センター, 1980), さらに後者については盛漁期の9~12月とそれ以外の5~8月に分けて, 各期間における雌雄の年齢-体長相関表を作成した。本相関表をもとに, 年齢ごとの性比を雄/(雄+雌)として計算した。

若狭湾西部海域において釣延縄漁業で漁獲されるアカアマダイは, 水揚げ市場において体重500 g以上を「大」, 300~500 gを「中」, 200~300 gを「小」および200 g未満を「小小」もしくは「シャリ」(以下, 「シャリ」と呼ぶ)と称した4銘柄に区分けされる。これらの体重を体長と体重関係式を用いて体長に換算し, 上述した年齢-体長相関表をもとに銘柄別の年齢組成を求めた。

漁獲物の年齢組成 若狭湾西部海域で釣延縄漁業により漁獲されるアカアマダイの代表的な体長組成を推定するために, 本種の漁獲量が多い9~12月において, 1999年から2003年までの期間に, 水揚地で6,728個体の体長をパンチング法により10 mm単位で測定した。各年の体長組成データをもとに, 体長別の測定個体数を本海域における同時期の釣延縄漁業の漁獲重量で引き伸ばし, 各年の9~12月の推定漁獲個体数を年齢別に算出し, 漁獲物の年齢組成を求めた。

結 果

年齢と成長 耳石縁辺部における透明帯および不透明帯の月別出現割合をFig. 3 に示した。透明帯の出現割合は8月から増加し(39%), 10月から2月に最も高くなり(92~98%), その後徐々に減少した。一方, 不透明帯の出現割合は3月から徐々に増加し(13%), 6月から7月に高くなった(76~89%)。このことから, 透明帯および不透明帯はそれぞれ年1回形成されると推定された。また, 透明帯の出現割合は8月から増加しはじめ, 9月には90%を占めるようになったことから, 平均的な透明帯形成開始時期は8月から9月である

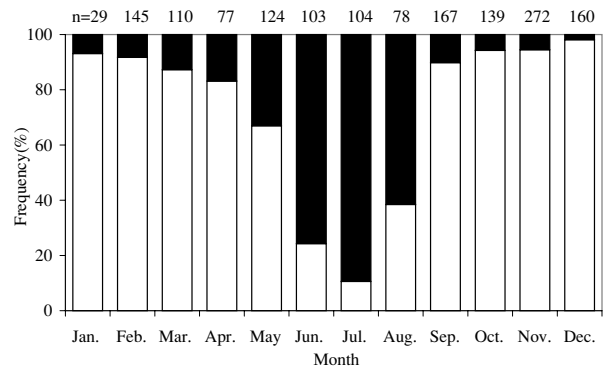


Fig. 3 Monthly changes in the frequency (%) of hyaline () and opaque () zones at the outer margin of the otolith in *B. japonicus*. The number of specimens examined is shown above each column.

と推定された。この傾向に雌雄の違いは認められなかった。輪紋は雄では7輪まで, 雌では8輪まで確認できたが, これ以上の高齢魚では輪紋間隔が狭まり輪紋の判読が不確実になると考えられたため, 本研究では雄は7輪魚, 雌は8輪魚までについて成長解析を行った。

雌雄別の耳石径と体長との関係を雌雄不明個体を含めてFig. 4 に示した。雌雄の耳石径と体長の関係は下式で表すことができた。

$$\text{雄: } BL = 54.256R - 4.396 (r^2 = 0.949, n = 647) \quad (1)$$

$$\text{雌: } BL = 48.581R + 10.487 (r^2 = 0.927, n = 965) \quad (2)$$

雌雄別, 輪紋群別の平均輪紋径をTable 2 に示した。

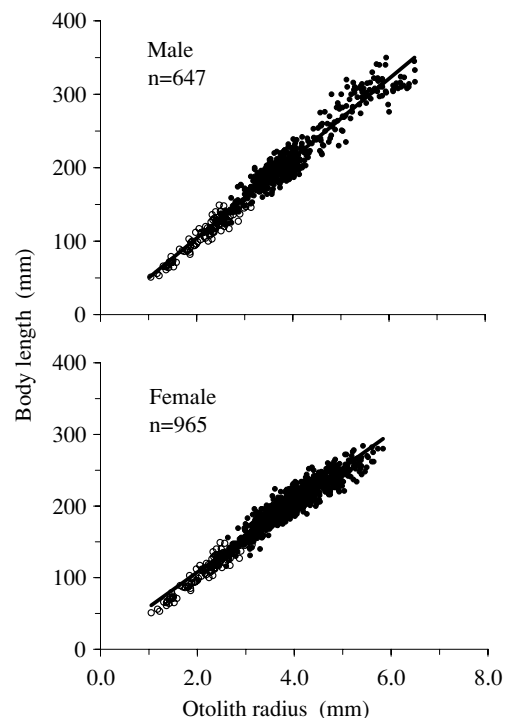


Fig. 4 Relationship between the otolith radius and body length for males and females of *B. japonicus*, as well as specimens whose gender was unidentifiable. Open circles indicate unknown gender.

Table 2 Mean values and standard deviations of ring formation radii (mm) and calculated body length (CBL, mm) in *B. japonicus*

Sex	Rn*1	N*2	r1	r2	r3	r4	r5	r6	r7	r8
Male	1	143	1.97 ± 0.22							
	2	327	1.97 ± 0.19	3.20 ± 0.21						
	3	54	1.95 ± 0.23	3.10 ± 0.32	3.92 ± 0.36					
	4	40	2.09 ± 0.19	3.30 ± 0.27	4.14 ± 0.38	4.70 ± 0.43				
	5	18	1.99 ± 0.25	3.26 ± 0.32	4.17 ± 0.39	4.78 ± 0.45	5.22 ± 0.46			
	6	26	2.19 ± 0.17	3.44 ± 0.24	4.36 ± 0.28	4.91 ± 0.31	5.31 ± 0.32	5.64 ± 0.31		
	7	11	2.11 ± 0.27	3.27 ± 0.21	4.13 ± 0.36	4.66 ± 0.49	5.11 ± 0.49	5.43 ± 0.52	5.73 ± 0.50	
	Mean			2.04 ± 0.22	3.26 ± 0.26	4.14 ± 0.35	4.76 ± 0.42	5.21 ± 0.42	5.53 ± 0.41	5.73 ± 0.50
CBL (mm)			106.2	172.6	220.4	254.0	278.5	295.9	306.3	
Female	1	130	1.86 ± 0.20							
	2	323	1.85 ± 0.18	3.03 ± 0.24						
	3	216	1.84 ± 0.19	2.89 ± 0.24	3.66 ± 0.26					
	4	128	1.84 ± 0.20	2.95 ± 0.26	3.72 ± 0.28	4.19 ± 0.27				
	5	89	1.88 ± 0.19	2.96 ± 0.20	3.73 ± 0.24	4.18 ± 0.26	4.52 ± 0.27			
	6	35	1.89 ± 0.14	2.96 ± 0.21	3.76 ± 0.25	4.23 ± 0.22	4.57 ± 0.26	4.85 ± 0.28		
	7	12	1.83 ± 0.21	2.89 ± 0.26	3.64 ± 0.24	4.13 ± 0.27	4.47 ± 0.29	4.78 ± 0.29	5.02 ± 0.29	
	8	5	1.95 ± 0.21	3.14 ± 0.21	3.94 ± 0.08	4.43 ± 0.19	4.75 ± 0.23	5.03 ± 0.24	5.28 ± 0.22	5.51 ± 0.18
Mean			1.87 ± 0.19	2.98 ± 0.23	3.74 ± 0.22	4.23 ± 0.24	4.58 ± 0.26	4.89 ± 0.27	5.15 ± 0.25	5.51 ± 0.18
CBL (mm)			101.2	155.0	192.3	216.0	232.9	247.9	260.5	278.3

*1 Number of annual rings

*2 Number of specimens examined

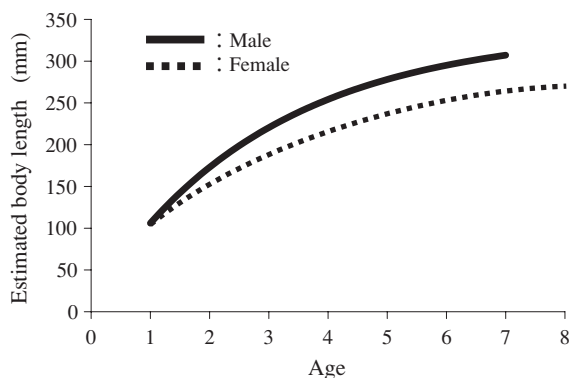


Fig. 5 Estimated growth curves for body length by von Bertalanffy's growth equations in *B. japonicus*.

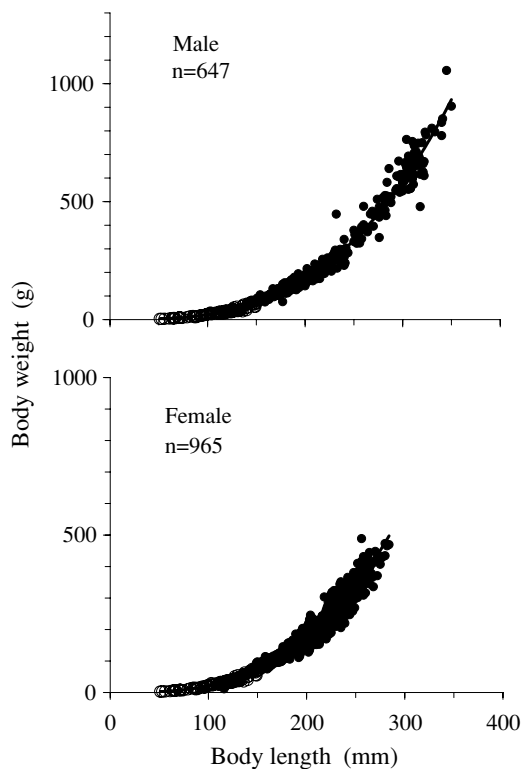


Fig. 6 Relationship between the body length and body weight for males and females of *B. japonicus*, as well as specimens whose gender was unidentifiable. Open circles indicate unknown gender.

各輪紋径が高齢魚になるほど大きく算出される反L_∞現象が、雌で顕著にみられたが、原因を特定できないため、この現象に対する補正は行わなかった。各平均輪紋径を(1)、(2)式に代入し、各輪紋形成時の計算体長を算出して(Table 2)、雌雄別に年齢(t)と体長(Lt)の関係を表すvon Bertalanffyの成長式を求めた(Fig. 5)。

$$\text{雄: } Lt = 336.5(1 - \exp(-0.343(t + 0.102))) \quad (3)$$

$$\text{雌: } Lt = 298.1(1 - \exp(-0.287(t + 0.488))) \quad (4)$$

雌雄の体長と体重の関係をFig. 6に示した。雌雄の体長と体重の関係を求め、一回帰式に変換して両者を比較したところ、回帰係数および回帰式の分散に5%水準で有意差は認められなかったため、雌雄あわせた体長と体重の関係を以下のとおり求めた。

$$BW = 2.107 \times 10^{-5} BL^{3.004} \quad (r^2 = 0.966, n = 1508) \quad (5)$$

(3)、(4)および(5)式から各年齢における推定体長および推定体重を求めた(Table 3)。その結果、雌雄の体長差は、2歳で21 mm、3歳で31 mm、4歳で38 mmと高

齢になるにしたがって大きくなった。体重差は、2歳で36 g、3歳で84 g、4歳で136 gであり、体長同様に高齢になるにしたがって雌雄差が大きくなった。本海域における本種の産卵期は6~10月、その盛期は9~10月(船田, 1963; 清野ら, 1977)であり、輪紋形成時期が8~9月(Fig. 3)であったことから、本研究で推定

Table 3 Comparison of size between both sexes of *B.japonicus* from western Wakasa Bay

Age	Male		Female	
	BL (mm)	BW (g)	BL (mm)	BW (g)
1	106	26	104	24
2	173	111	152	75
3	220	229	189	145
4	254	353	216	217
5	278	463	236	283
6	295	553	252	345
7	307	624	263	392
8			272	434

した本種の成長はほぼ満年齢時の体長や体重を表している。

性比と銘柄別年齢組成 1~4月, 5~8月および9~12月の雌雄の体長ごとの年齢組成をFig. 7 に示した。な

お, 9~12月 (Fig. 3) には, 満年齢時経過後も透明帯が形成されない個体が少数みられたので, 耳石縁辺部に透明帯が形成されていなかった個体については, 耳石径と体長との関係 (Table 2) から判断して1歳を加齢した。Fig. 7から各期間における雌雄の年齢 - 体長相関表 (Appendix 1~3) を作成し, それらをもとに求めた各期間および年間の年齢別の性比をFig. 8に示した。年齢別の性比は, 調査個体数の少ない年齢があったことから, 期間によって多少異なった。年間の性比は, 1~2歳は0.48~0.56であったが, 3歳以上になると0.20~0.33と低い値となった。

各銘柄の体重を(5)式により体長に換算し, 各期間の年齢 - 体長相関表 (Appendix 1~3) をもとに銘柄別の年齢組成を求め, Table 4に示した。各銘柄の体

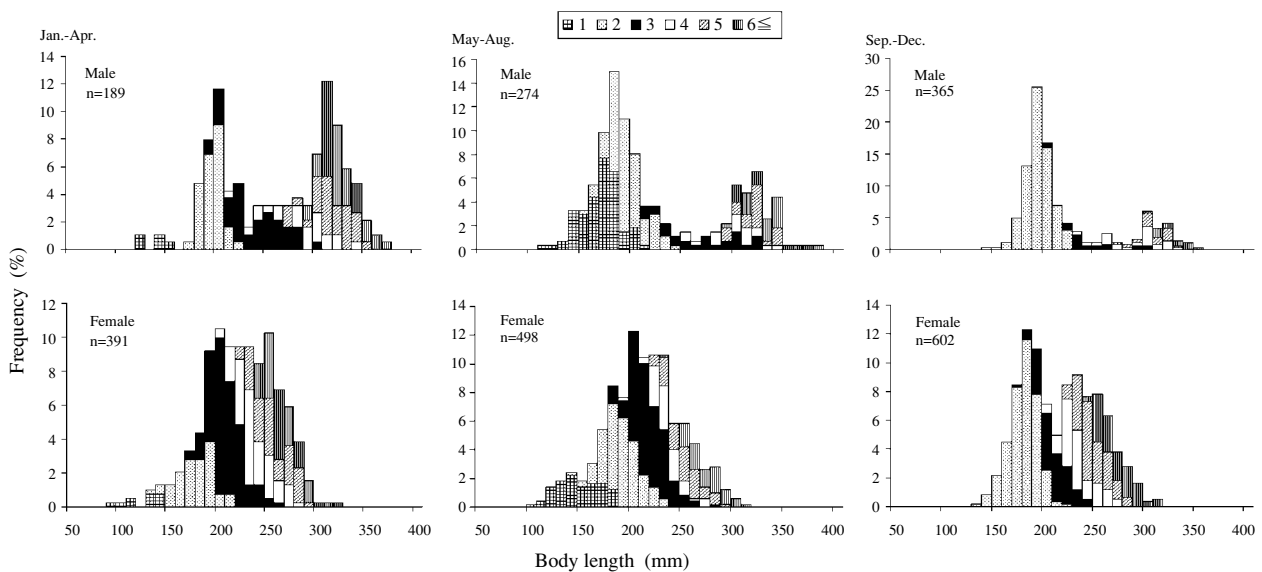


Fig. 7 Age composition regarding the body length of *B.japonicus* caught in periods from January to April, May to August and September to December from 2001 to 2006.

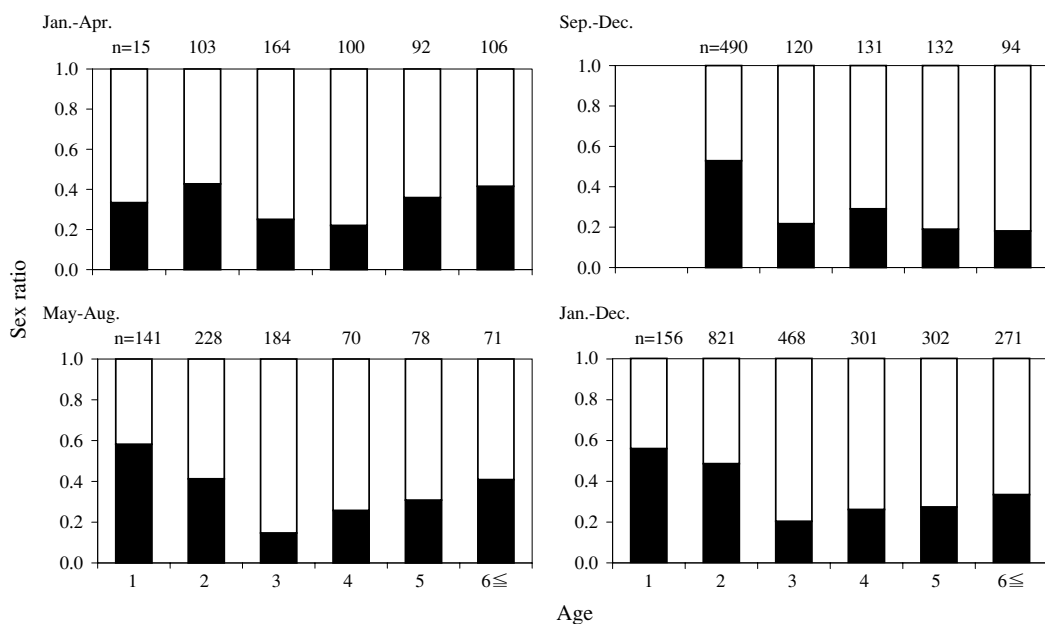


Fig. 8 Frequency of sex classified by age group of *B.japonicus* during the periods from January to April, May to August and September to December. Solid and open columns indicate the frequency of males and females, respectively.

Table 4 Age compositions divided into market size categories for *B. japonicus* for the period from January to April, May to August and September to December

Jan. - Apr.												
Body length range (mm)	Male						Female					
	1	2	3	4	5	6≤	1	2	3	4	5	6≤
Extremely small ≤209	0.027	0.216	0.038	0	0	0	0.054	0.303	0.351	0.011	0	0
Small 210-239	0	0.031	0.107	0.015	0	0	0	0.023	0.382	0.344	0.099	0
Medium 240-284	0	0	0.112	0.043	0.025	0	0	0	0.050	0.193	0.261	0.317
Large 285≤	0	0	0.019	0.126	0.282	0.427	0	0	0	0	0.039	0.107

May - Aug.												
Body length range (mm)	Male						Female					
	1	2	3	4	5	6≤	1	2	3	4	5	6≤
Extremely small ≤209	0.213	0.200	0	0	0	0	0.155	0.297	0.132	0.003	0	0
Small 210-239	0.005	0.092	0.043	0	0	0	0	0.114	0.495	0.168	0.076	0.005
Medium 240-284	0	0.009	0.069	0.043	0	0	0	0	0.138	0.172	0.310	0.259
Large 285≤	0	0	0.120	0.141	0.261	0.315	0	0	0	0	0.043	0.120

Sep. - Dec.												
Body length range (mm)	Male						Female					
	1	2	3	4	5	6≤	1	2	3	4	5	6≤
Extremely small ≤209	0.008	0.437	0.006	0	0	0	0	0.447	0.094	0.008	0	0
Small 210-239	0	0.194	0.065	0.011	0	0	0	0.016	0.231	0.328	0.156	0
Medium 240-284	0	0	0.038	0.076	0.011	0	0	0	0.016	0.151	0.405	0.303
Large 285≤	0	0	0.044	0.244	0.256	0.189	0	0	0	0	0.033	0.233

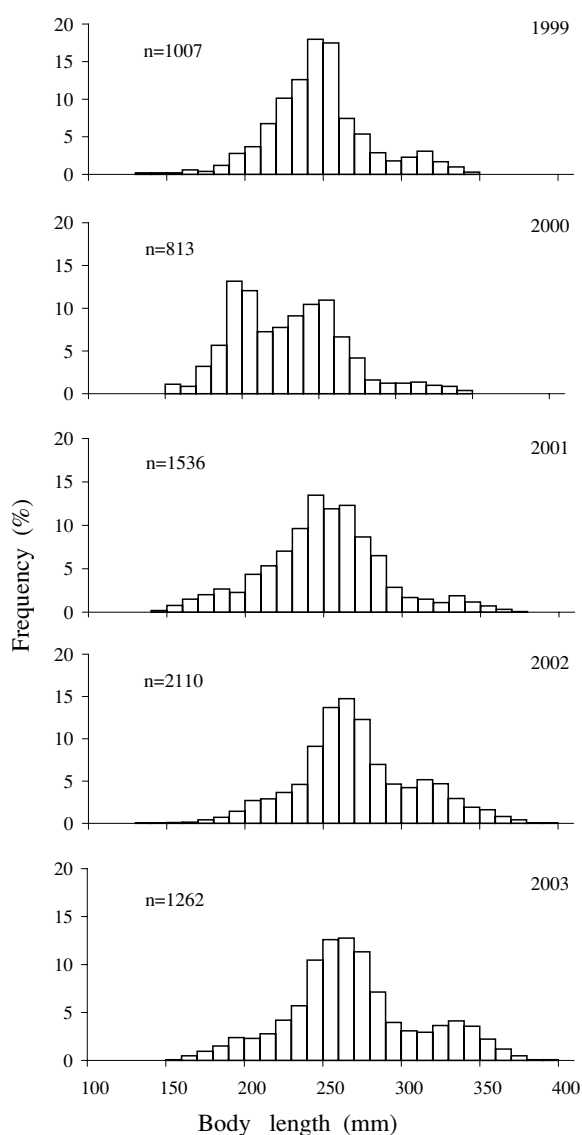


Fig. 9 Body length composition of *B. japonicus* caught by the long line from 1999 to 2003 in western Wakasa Bay.

長範囲は「シャリ」が体長209 mm以下,「小」が体長210~239 mm,「中」が体長240~284 mmおよび「大」が285 mm以上であった。年齢の組成は「シャリ」では,雄は1~2歳,雌は1~3歳が中心であった。「小」では,雄は2~3歳,雌は3~5歳,「中」では雄は3~4歳,雌は4~6歳,「大」では雄は4歳以上,雌は6歳以上が中心であった。

漁獲物の年齢組成 1999年から2003年において,年間の漁獲が多い9~12月に若狭湾西部海域で釣延縄漁業により漁獲されたアカアマダイの体長組成をFig. 9に示した。本期間に漁獲された本種の体長は130~390 mmの範囲であり,体長250 mm前後と体長320~330 mm前後にピークが認められた。体長200 mm前後にピークが出現した2000年を除けば,各年の体長組成は体長250 mm前後が卓越した。各年の体長別の測定個体数を同時期の漁獲重量で引き伸ばし,年齢-体長相関表(Appendix 3)をもとに年齢別雌雄別の推定漁獲個体数を求め, Fig. 10に示した。なお,9~12月において,本種の1歳魚と考えられる体長130 mm未満の個体がわずかにみられたが(Fig. 9),年齢-体長相関表(Appendix 3)には1歳魚が含まれていなかったため, Fig. 10では1歳魚は2歳魚以下に含めた。2000年には2歳魚以下が卓越(37.8%)しており,特に雌は5歳魚とほぼ同数程度を占めた。他の年では5歳魚が最も多く(28.3~31.1%),4歳魚以上が全体の73.4~82.6%を占めた。

考 察

年齢と成長 本研究では,林(1976a)と同じ方法で耳石の輪紋の読み取りを行い,耳石縁辺部の透明帯は8月から形成され始め,10月から2月に最も高い割合で観察されたことから(Fig. 3),年輪形成時期を8~9月とした。一方,東シナ海(林,1985)や対馬周辺海域

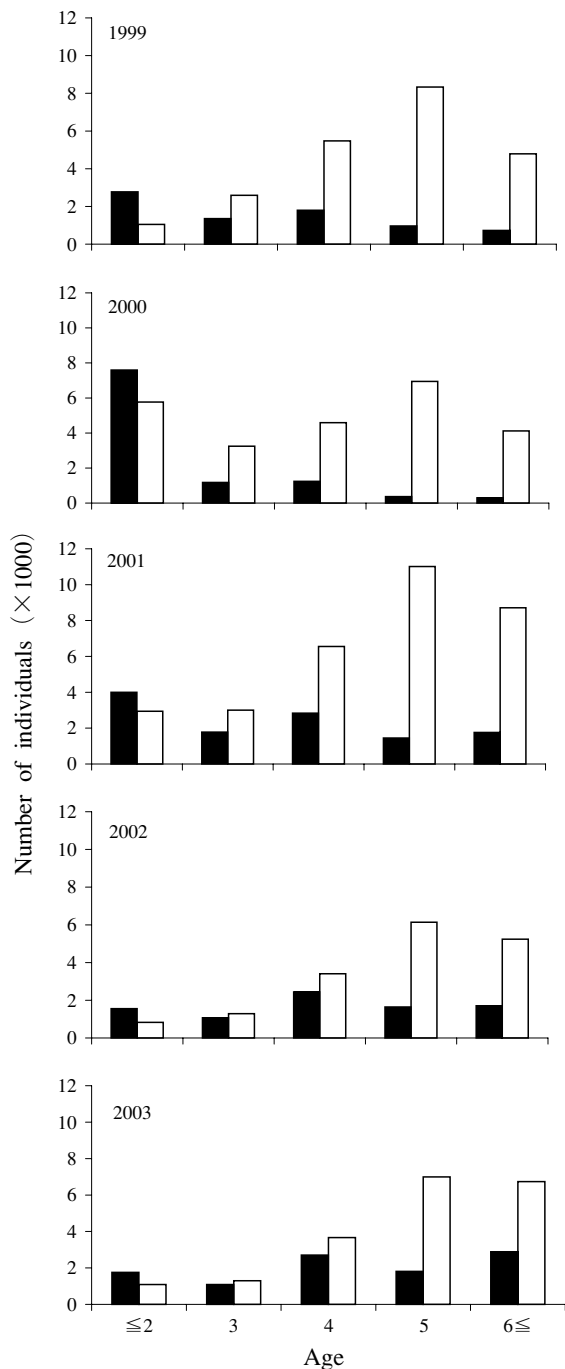


Fig. 10 Estimated number of individuals of *B. japonicus* caught classified into age categories by the long line from September to December in western Wakasa Bay in 1999, 2000, 2001, 2002 and 2003. Solid and open columns indicate the number of males and females, respectively.

(水産総合研究センター, 2002)においては、いずれも年輪の形成時期は2~3月であり、本研究の結果とは6ヶ月の違いが認められた。魚類の耳石に形成される年輪は、成長周期や産卵期と密接に関係する(能勢ら, 1988; 麦谷, 1997)。北半球の温帯域では、成長期には不透明帯、成長停滞期には透明帯が形成され、産卵期には透明帯が形成される魚種が多い(渡邊, 1997)。

若狭湾西部海域でのアカアマダイの成長期は5月から10月、成長停滞期は11月から翌年4月であることから(京都府立海洋センター, 1980)、本研究における輪紋形成時期は成長周期とのずれはみられるが、産卵盛期の9~10月(船田, 1963; 清野ら, 1977)とはほぼ一致した。輪紋形成時期が海域により異なるヒラメでは、その主な原因が海域による産卵期の違いと密接な関係があると考えられている(片山ら, 2006)。しかし、アカアマダイの産卵盛期は東シナ海では6~10月(林, 1985)、対馬周辺海域では9月(水産総合研究センター, 2002)であり、両海域では輪紋形成時期と一致していない。アカアマダイの輪紋形成時期が本研究と東シナ海および対馬周辺海域で異なった理由については特定することができなかった。

アカアマダイの年齢と成長について、本研究結果と既往知見をTable 5に示した。本研究の結果は、若狭湾西部海域での既往知見(京都府立海洋センター, 1979)を雌雄とも下回った。これは後者の場合には年齢形質に鱗を用いたことから、高齢化に伴う成長の停滞や体液中のカルシウム不足により鱗の石灰化部分が体内に再吸収されて年輪が形成されなくなる(渡邊, 1997)ことにより、年齢が過少評価され、成長が過大推定されたためと考えられた。

本研究結果と他海域の知見をみると、本種の成長はいずれの海域においても雄が雌を上回っており、このことは各海域に共通する本種の成長特性であるといえる。本研究での雄の成長は、対馬周辺海域(Lim and Misu, 1974)を1~5歳で上回ったが、その他の海域を下回った。雌では、対馬周辺海域(Lim and Misu, 1974)を1~3歳、徳島県太平洋沿岸域(渡辺ら, 1995)を2~6歳で上回ったが、その他の海域を雄と同様に下回った。また、本種の成長は海域で異なり、南の海域ほど成長の速い傾向がみられたことから、水温が関係していることが示唆された。

そこで、各海域における本種の成長と水温との関係について検討した。本種の主漁場の水深は、若狭湾西部海域および対馬周辺海域では80 m(清野ら, 1977; Lim and Misu, 1974)、東シナ海および徳島県太平洋沿岸域では100 m(林, 1985; 渡辺ら, 1995)、日向灘海域では120 mであり(黒木, 寺山, 1993)、それらの漁場の年間平均水温(1906~2003年)はそれぞれ15.8、16.5、17.0、17.5および18.0であった(URL:http://www.jodc.go.jp/index_j.html)。水温が最も低かった若狭湾西部海域と各海域との年間平均水温の差と、各年齢(1~6歳)の体長差との関係を、雌雄別にFig. 11に示した。対馬周辺海域の雌雄および徳島県太平洋沿岸域の雌で若狭湾西部海域よりも平均水温が高いにもかかわらず同年齢の体長が小さい事例もみられたが、水温差の大きい海域ほど体長差が大きくなる傾向が認められた。対馬周辺海域(Lim and Misu,

Table 5 Comparison of age and body length for *B.japonicus* among localities

Age	Adjacent waters of Tsushima		East China Sea		Hyuga-Nada Sea		Pacific coast of Tokushima Pref.		Western Wakasa Bay			
	Lim and Misu (1973)		Hayashi (1976)		Kuroki and Terayama (1993)		Watanabe <i>et al.</i> (1995)		K.I.O.F.S. (1979)**		This study	
	Male	Female	Male	Female	Male	Female	Male	Female	Male	Female	Male	Female
	BL* (mm)		BL (mm)		BL (mm)		BL (mm)		BL (mm)		BL (mm)	
1	86	81	120	114	115	115	149	121	135	114	106	104
2	144	142	180	165	222	206	197	152	204	170	173	152
3	194	189	224	201	251	228	237	180	253	205	220	189
4	237	228	257	229	279	250	272	205	290	223	254	216
5	273	259	282	250	307	272	301	227	311	238	278	236
6	305	283	301	268	335	293	327	247		246	295	252
7			313	277	363	315	349	265			307	263
8					391	337	367	281				272

* Body length was deduced from the total length by Funada (1963)

** Kyoto Institute of Oceanic and Fishery Science

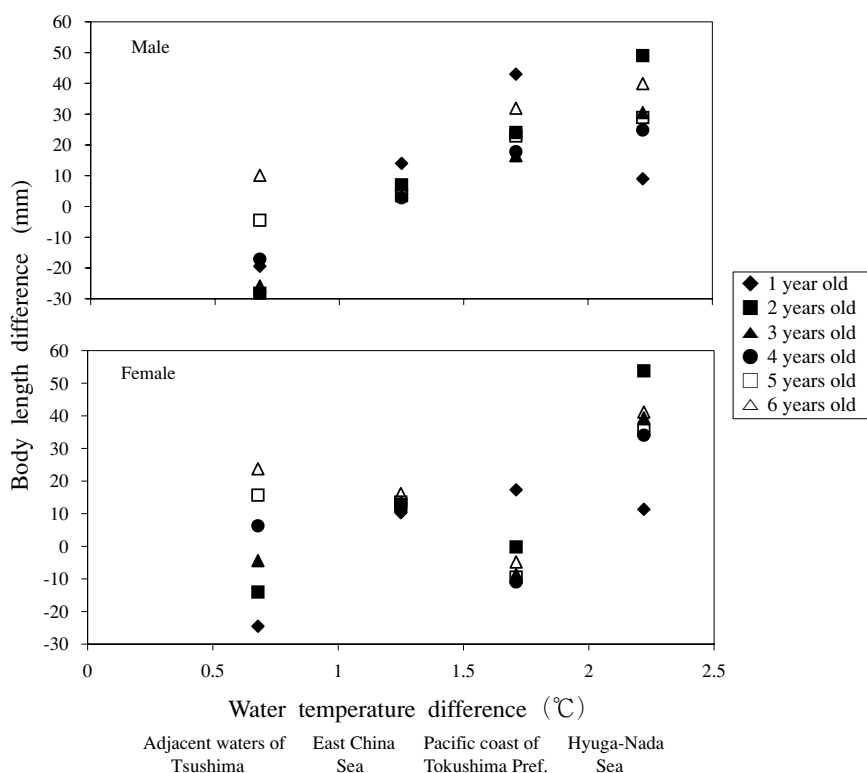


Fig. 11 Comparison of differences between the water temperature and body length for *B.japonicus* among localities.

1974)での成長が本研究を下回った原因には、供試魚が小型魚に偏っていたために成長が過小推定された(水産総合研究センター, 2002)ことが関係していると推察された。なお、本海域より海水温の高い徳島県太平洋沿岸域で雌の3~6歳の体長が本研究を下回った原因は特定できなかった。以上述べたように、多少の例外はみられたが、本種の成長には水温が密接に関係していることが示唆された。

性比 本研究では、年齢別の性比は2歳までは0.5前後であったが、3歳以降は大きく低下することが明らかとなった(Fig. 8)。この傾向は、若狭湾西部海域の既往知見(船田, 1963; 清野ら, 1977)、東シナ海(林, 1985)および日向灘海域(黒木, 寺山, 1993)でも同様に認められた。3歳以上で性比が低下する理由として、延縄の漁場外へ雄が逸散すること、雄が釣られに

くくなること、3歳以降に雄が雌へ性転換することの3つが考えられる。まず、漁場外への雄の逸散について検討する。若狭湾西部海域(清野ら, 1977)や東シナ海(山下, 2007)においては、水深や海域によって本種の体長組成が異なることが報告されている。清野ら(1977)は、水深別の性比が、本研究に用いた試料の漁獲水深より浅い30~95 mや深い105~115 mにおいても3歳以降に雄の割合が減少したことを報告している。また、東シナ海においても、性比の偏りが漁獲水深によっても変わらないことが報告されている(山下, 2007)。このように、水深帯にかかわらず雄の占める割合が減少する現象がみられることから、雄の漁場外への逸散の可能性は低いと推察される。次に、雄の釣られにくさについて検討する。若狭湾の釣延縄漁場では、本種を対象とした漕刺網漁業が行われている。漕

刺網の漁獲物には雄の3~5歳も含まれ、それらの性比は釣延縄と同様に低い値(0.2~0.3)であった(清野ら, 1977)。漕刺網ではその漁具特性から釣られにくさの如何に関わらずアカアマダイを漁獲できることから、性比の低下が雄の釣られにくさに起因するものではないと考えられる。次に、雄から雌への性転換について検討する。奥村(1999)が若狭湾西部海域、渡辺、鈴木(1996)が徳島県太平洋沿岸域で本種の生殖腺の組織学的な調査を行い、体長150 mm前後で機能的な性分化が始まり、体長200 mm前後までにほぼ性分化を終え、それ以降の性は変わらないと推察した。さらに、両者は精巣組織の中に卵母細胞を含む両性生殖腺(奥村, 1999; 渡辺, 鈴木, 1996)を持った個体(bisexual)が体長170 mm前後から出現することを報告した。しかし、両者ともに両性生殖腺をもった個体(bisexual)が体長270 mm以降(4歳以上)に雄へ移行することを確認しているが、雌への移行については触れていない。3歳以降の性比の低下における原因は性転換以外に考えられないため、今後、周年の組織学的な調査を行い、3歳以降の雄から雌への性転換について検証する必要がある。

漁獲物の年齢組成 1999年から2003年に若狭湾西部海域で釣延縄により漁獲された本種は、雌雄ともに4歳

以上の漁獲割合が約80%以上と高いことが明らかとなった。本海域における本種の成熟開始年齢は雄が4歳、雌が2歳である(清野ら, 1977)ことから、釣延縄は主に雌雄の親魚(成魚)を漁獲対象としており、現在の釣延縄漁業では未成魚を多獲するいわゆる成長乱獲は引き起こしていないと考えられる。しかし、2000年には体長200 mm前後の2歳魚の漁獲が目立っており、これらはKitahara(1985)が指摘した卓越年級である可能性が考えられる。このような卓越年級群の加入がある場合には、未成魚に過剰な漁獲努力が払われないよう注意する必要がある。

一方、釣延縄漁業では主に親魚を漁獲していることから、再生産に必要な親魚数が十分に確保されているかどうかについて検討する必要がある。特に、雄については4歳以上の親魚の漁獲個体数が同年齢の雌の半数にも満たないほど少ないことから(Fig. 10)、現状の雄に対する漁獲強度が適当であるかどうかを評価することは重要である。このことに加え、本研究で明らかになった3歳以降から雄の割合が低下する原因を究明することは重要と考える。アカアマダイ資源を持続的かつ効率的に利用するには、今後、小型魚の体長制限や再生産を考慮した産卵親魚量の漁獲制限を検討する必要があると考える。

Appendix 1 Age-length key for *B. japonicus* applicable to the period from January to April

Male							Female						
BL(mm)	Age						BL(mm)	Age					
	1	2	3	4	5	6≤		1	2	3	4	5	6≤
90 - 99	0	0	0	0	0	0	90 - 99	1.000	0	0	0	0	0
100 - 109	0	0	0	0	0	0	100 - 109	1.000	0	0	0	0	0
110 - 119	0	0	0	0	0	0	110 - 119	1.000	0	0	0	0	0
120 - 129	1.000	0	0	0	0	0	120 - 129	0	0	0	0	0	0
130 - 139	0	0	0	0	0	0	130 - 139	0.750	0.250	0	0	0	0
140 - 149	0.286	0	0	0	0	0	140 - 149	0.429	0.286	0	0	0	0
150 - 159	0.167	0	0	0	0	0	150 - 159	0	0.833	0	0	0	0
160 - 169	0	0	0	0	0	0	160 - 169	0	1.000	0	0	0	0
170 - 179	0	0.071	0	0	0	0	170 - 179	0	0.786	0.143	0	0	0
180 - 189	0	0.346	0	0	0	0	180 - 189	0	0.423	0.231	0	0	0
190 - 199	0	0.255	0.039	0	0	0	190 - 199	0	0.294	0.412	0	0	0
200 - 209	0	0.270	0.079	0	0	0	200 - 209	0	0.048	0.571	0.032	0	0
210 - 219	0	0.067	0.089	0.022	0	0	210 - 219	0	0.067	0.578	0.178	0	0
220 - 229	0	0.022	0.174	0	0	0	220 - 229	0	0	0.413	0.326	0.065	0
230 - 239	0	0	0.050	0.025	0	0	230 - 239	0	0	0.125	0.550	0.250	0
240 - 249	0	0	0.103	0.051	0	0	240 - 249	0	0	0.128	0.256	0.256	0.205
250 - 259	0	0	0.109	0.022	0	0	250 - 259	0	0	0.043	0.217	0.283	0.326
260 - 269	0	0	0.121	0.061	0	0	260 - 269	0	0	0.030	0.152	0.152	0.485
270 - 279	0	0	0.103	0	0.103	0	270 - 279	0	0	0	0.172	0.310	0.310
280 - 289	0	0	0.136	0.136	0.045	0	280 - 289	0	0	0	0.045	0.364	0.273
290 - 299	0	0	0	0.250	0.083	0.167	290 - 299	0	0	0	0	0.083	0.417
300 - 309	0	0	0.071	0.286	0.357	0.214	300 - 309	0	0	0	0	0	0.071
310 - 319	0	0	0	0.083	0.333	0.542	310 - 319	0	0	0	0	0	0.042
320 - 329	0	0	0	0.111	0.222	0.611	320 - 329	0	0	0	0	0	0.056
330 - 339	0	0	0	0	0.545	0.455	330 - 339	0	0	0	0	0	0
340 - 349	0	0	0	0.111	0.444	0.444	340 - 349	0	0	0	0	0	0
350 - 359	0	0	0	0	0.250	0.750	350 - 359	0	0	0	0	0	0
360 - 369	0	0	0	0	0	1.000	360 - 369	0	0	0	0	0	0
370 - 379	0	0	0	0	0	1.000	370 - 379	0	0	0	0	0	0
380 - 389	0	0	0	0	0	0	380 - 389	0	0	0	0	0	0
390 - 399	0	0	0	0	0	0	390 - 399	0	0	0	0	0	0

Appendix 2 Age-length key for *B.japonicus* applicable to the period from May to August

Male							Female						
BL (mm)	Age						BL (mm)	Age					
	1	2	3	4	5	6≤		1	2	3	4	5	6≤
100 - 109	0	0	0	0	0	0	1000	0	0	0	0	0	0
110 - 119	0.333	0	0	0	0	0	0.667	0	0	0	0	0	0
120 - 129	0.125	0	0	0	0	0	0.875	0	0	0	0	0	0
130 - 139	0.182	0	0	0	0	0	0.818	0	0	0	0	0	0
140 - 149	0.429	0	0	0	0	0	0.524	0.048	0	0	0	0	0
150 - 159	0.444	0.056	0	0	0	0	0.389	0.111	0	0	0	0	0
160 - 169	0.400	0.100	0	0	0	0	0.267	0.233	0	0	0	0	0
170 - 179	0.389	0.111	0	0	0	0	0.148	0.352	0	0	0	0	0
180 - 189	0.217	0.277	0	0	0	0	0.072	0.361	0.072	0	0	0	0
190 - 199	0.059	0.382	0	0	0	0	0	0.456	0.088	0.015	0	0	0
200 - 209	0.060	0.205	0	0	0	0	0	0.277	0.458	0	0	0	0
210 - 219	0.016	0.097	0.048	0	0	0	0	0.177	0.629	0.032	0	0	0
220 - 229	0	0.127	0.032	0	0	0	0	0.111	0.444	0.222	0.063	0	0
230 - 239	0	0.051	0.051	0	0	0	0	0.051	0.407	0.254	0.169	0.017	0
240 - 249	0	0.031	0.063	0	0	0	0	0	0.281	0.344	0.281	0	0
250 - 259	0	0	0.061	0.061	0	0	0	0	0.121	0.152	0.364	0.242	0
260 - 269	0	0	0.042	0.042	0	0	0	0	0.083	0.042	0.417	0.375	0
270 - 279	0	0	0.188	0	0	0	0	0	0	0.188	0.250	0.375	0
280 - 289	0	0	0.056	0.167	0	0	0	0	0.056	0	0.222	0.500	0
290 - 299	0	0	0.167	0	0.250	0.083	0	0	0	0	0.083	0.417	0
300 - 309	0	0	0.222	0.222	0.167	0.222	0	0	0	0	0	0.167	0
310 - 319	0	0	0.071	0.286	0.214	0.357	0	0	0	0	0	0.071	0
320 - 329	0	0	0.167	0.111	0.556	0.167	0	0	0	0	0	0	0
330 - 339	0	0	0	0.143	0.143	0.714	0	0	0	0	0	0	0
340 - 349	0	0	0	0.083	0.333	0.583	0	0	0	0	0	0	0
350 - 359	0	0	0	0	0	1.000	0	0	0	0	0	0	0
360 - 369	0	0	0	0	0	1.000	0	0	0	0	0	0	0
370 - 379	0	0	0	0	0	1.000	0	0	0	0	0	0	0
380 - 389	0	0	0	0	0	1.000	0	0	0	0	0	0	0
390 - 399	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Appendix 3 Age-length key for *B.japonicus* applicable to the period from September to December

Male						Female					
BL (mm)	Age					BL (mm)	Age				
	≤2	3	4	5	6≤		≤2	3	4	5	6≤
100 - 109	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0
110 - 119	0	0	0	0	0	110	0	0	0	0	0
120 - 129	0	0	0	0	0	120	0	0	0	0	0
130 - 139	0	0	0	0	0	130	1.000	0	0	0	0
140 - 149	0.167	0	0	0	0	140	0.833	0	0	0	0
150 - 159	0.071	0	0	0	0	150	0.929	0	0	0	0
160 - 169	0.129	0	0	0	0	160	0.871	0	0	0	0
170 - 179	0.261	0	0	0	0	170	0.725	0.014	0	0	0
180 - 189	0.393	0	0	0	0	180	0.574	0.033	0	0	0
190 - 199	0.585	0	0	0	0	190	0.296	0.119	0	0	0
200 - 209	0.558	0.029	0	0	0	200	0.144	0.231	0.038	0	0
210 - 219	0.455	0	0	0	0	210	0.036	0.364	0.145	0	0
220 - 229	0.167	0.061	0	0	0	220	0.015	0.242	0.424	0.091	0
230 - 239	0	0.123	0.031	0	0	230	0	0.108	0.385	0.354	0
240 - 249	0	0.040	0.040	0	0	240	0	0.060	0.160	0.660	0.040
250 - 259	0	0.039	0.039	0	0	250	0	0	0.196	0.333	0.392
260 - 269	0	0.064	0.128	0	0	260	0	0	0.149	0.340	0.319
270 - 279	0	0	0.111	0.037	0	270	0	0	0.111	0.296	0.444
280 - 289	0	0	0.050	0.100	0	280	0	0	0	0.200	0.650
290 - 299	0	0.125	0.125	0.125	0	290	0	0	0	0	0.625
300 - 309	0	0.083	0.458	0.333	0.042	300	0	0	0	0	0.083
310 - 319	0	0	0.200	0.267	0.333	310	0	0	0	0	0.200
320 - 329	0	0	0.333	0.467	0.200	320	0	0	0	0	0
330 - 339	0	0	0.200	0.200	0.600	330	0	0	0	0	0
340 - 349	0	0	0	0	1.000	340	0	0	0	0	0
350 - 359	0	0	0	0	1.000	350	0	0	0	0	0
360 - 369	0	0	0	0	0	360	0	0	0	0	0
370 - 379	0	0	0	0	0	370	0	0	0	0	0
380 - 389	0	0	0	0	0	380	0	0	0	0	0
390 - 399	0	0	0	0	0	390	0	0	0	0	0

文 献

- Christensen, J. M. 1964. Burning of otoliths, a technique for age determination of soles and other fish. *Journal du Conseil Permanent International pour l'Exploration de la Mer*, **29**: 73-81.
- 独立行政法人水産総合研究センター. 2002. 平成13年度水産研究成果情報. 162-163.
- 船田秀之助. 1963. 若狭湾におけるアカアマダイの資源調査 アカアマダイの生物学的研究. 京都水試業績第15号. 1-24.
- 林 泰行. 1976a. 東シナ海産アカアマダイの成長に関する研究 - 年齢表示形質としての耳石の検討. 日水誌, **42**: 1237-1242.
- 林 泰行. 1976b. 東シナ海産アカアマダイの成長に関する研究 - 耳石による年齢と成長の推定. 日水誌, **42**: 1243-1249.
- 林 泰行. 1985. 東シナ海産アカアマダイの漁業生物学的研究. 山口外海水試研報, **20**: 1-95.
- 片山知史, 栗田 豊, 米田道夫. 2006. ヒラメの耳石輪紋形成時期の海域による差異. 東北底魚研究, **26**: 9-11.
- Kitahara T. 1985. Characteristics of yearly fluctuation in the size of tile fish population in Wakasa Bay and its mean generation time. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **51**: 239-246.
- 清野精次, 林 文三, 小味山太一. 1977. 若狭湾産アカアマダイの生態研究- 産卵と性比. 京都海洋セ研報, **1**: 1-14.
- 黒木敏行, 寺山誠人. 1993. 日向灘におけるアカアマダイの生態と漁獲状況について. 南西外海の資源・海洋研究, **9**: 53-64.
- 京都府, 北海道, 青森県, 秋田県, 富山県, 茨城県, 千葉県. 2006. 平成15年度資源増大技術開発事業報告書魚類Aグループ. 京都1-京都12.
- 京都府立海洋センター. 1979. 若狭湾産アカアマダイの生態研究 昭和53年度指定調査研究報告書. 1-95.
- 京都府立海洋センター. 1980. 若狭湾産アカアマダイの生態研究 昭和54年度指定調査研究報告書. 1-90.
- 松宮義晴. 1996. 水産資源管理概論, 「水産研究叢書」. 1-77. 日本水産資源保護協会, 東京.
- 麦谷泰雄. 1997. 魚類年齢形質の形成と輪紋性状. 「水産動物の成長解析」. 9-16. 恒星社厚生閣, 東京.
- 能勢幸雄, 石井丈夫, 清水 誠. 1988. 年齢と成長. 「水産資源学」. 37-58. 東京大学出版会, 東京.
- 沖山宗雄. 1964. アカアマダイの初期生活史. 日水研報告, **13**: 1-14.
- 奥村重信. 1999. アカアマダイの親魚養成と種苗生産に関する研究 別研究報告16号. 1-43. 日本栽培漁業協会.
- Pang-Yong Lim and Hiroshi Misu. 1974. On the age determination of the Aka-amadai, *Branchiostegus japonicus* (HOUTTUYN), in the adjacent waters of Tsushima Islands. *Bull.Seikai Reg.Fish.Res.Lab.*, **46**: 41-51.
- 渡辺健一, 鈴木伸洋. 1996. 徳島県太平洋沿岸のアカアマダイの性分化, 成熟および産卵期. 日水誌, **62**: 406-413.
- 渡辺健一, 上田幸男, 城 泰彦. 1995. 徳島県太平洋沿岸域のアカアマダイの年令と成長. 平成5年度徳島県水産試験場事業報告書, 293-302.
- 渡邊良朗. 1997. 年齢形質の有効性検討. 「水産動物の成長解析」. 17-27. 恒星社厚生閣, 東京.
- 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, 614-622. 東海大学出版会.
- 山下秀幸. 2007. 東シナ海産アカアマダイの体長組成の海域差. 日水誌, **73**: 1074-1080.