大阪環農水研報　5：07 ～ 12（2012）
Bull. Res. Inst. Env. Agr. Fish. Osaka 5:07 ～ 12（2012）

大阪湾産アカシタビラメ *Cynoglossus joyneri* の年齢と成長

日下部敬之・浅見　亮 *

Age and Growth of Red Tongue Sole *Cynoglossus joyneri* in Osaka Bay, Japan

Takayuki Kusakabe and Ryou Asami*

Summary

Age and growth of red tongue sole *Cynoglossus joyneri* in Osaka Bay were studied. Using a dyeing technique of sectioned sagittal otoliths with methyl violet B, the otoliths showed distinct violet rings. These rings were confirmed to be annual and formed mainly in June. As a result of reading 367 specimen landed from 2000 to 2001, growth of the fish was expressed by the von Bertalanffy's equation as $TL_t=270.2(1-e^{-0.328(t+2.784)})$ for males and $TL_t=288.6(1-e^{-0.365(t+1.871)})$ for females, where *TL* is total length in mm and t is age in years. It was found that the extremity length of female is larger than that of male. Red tongue sole grows relatively fast, attaining 71% in male and 65% in female of their extremity length within their first year. Analysis of the size composition of the landed fish showed that the body size at first capture, about 70% of its extremity length, is relatively big in comparison with other flatfishes.

Ⅰ．はじめに

アカシタビラメ *Cynoglossus joyneri* は南日本から黄海，南シナ海にかけて分布するカレイ目ウシノシタ科の魚類で[1]，大阪湾では主に小型底びき網と刺網によって漁獲されている．大阪府の「うしのした」漁獲量は農林統計に平成 18 年まで記載されており，その直近 10 年の平均値は年間 233 トンであるが，そのうちの 20％あまりをアカシタビラメが占めていると推定されている[2]．このように，大阪府の主要水産資源のひとつである本種を持続的かつ有効に利用していくためには，科学的な解析に基づいた資源管理が必要不可欠である．ところが，そのために必要な年齢と成長に関する知見は非常に乏しく[3-5]，特に大阪湾における報告例はない．そこで，大阪湾産の本種について，資源解析のために不可欠な生物情報である年齢と成長を明らかにするための研究を行った．

一般に魚類の年齢査定には，鱗，脊椎骨，耳石などの硬組織を使用することが多いが，なかでも非常に安定な硬組織である耳石に記された輪紋を年齢形質として用いることが多い[6-14]．その際，輪紋の計数は，耳石表面あるいは薄切断面をそのまま観察して透明帯と不透明帯を識別して行うことが多いが，アカシタビラメの耳石は透明帯と不透明帯の透明度の差が小さく，加工せずにそのまま観察する方法では輪紋計数が困難であるため，メチルバイオレット B による耳石染色法[15-17]を用いて年齢査定を行った．

Ⅱ．材料および方法

1．供試個体のサンプリングと測定

2000 年 3 月から 2001 年 2 月まで毎月 1 回中～下旬に，大阪府中部に位置する泉佐野漁業協同組合所属の小型底びき網が大阪湾北部～中部で漁獲・水揚げしたアカシタビラメを市場で購入した．購入した漁獲物から原則として各回 30 個体以上を抽出し，生鮮状態もしくは一旦冷凍して解凍後速やかに，全長（1mm 単位），体重（0.1g 単位）を測定した．また，性成熟の年周期を把握するため，生殖腺の外観や内部形状から性別を判断した後，生殖腺重量（0.01 g 単位）を測定し，生殖腺重量指数（GSI：生殖腺重量 / 体重 × 100）を求めた．それらの後，耳石（扁平石）を摘出し，年齢査定に供した．

また，本種の漁獲物加入前の成長を明らかにするための資料として，2001 年 7 ～ 11 月に毎月 1 回，下旬に行った小型底びき網の試験操業（袋網の目合は内径 27mm）

* 現所属：丸魚水産株式会社（姫路市中央卸売市場）

で得られたアカシタビラメの全長組成データ（性別および耳石輪紋数は調査せず）を用いた．なお，試験操業の曳網海域は市場での購入個体の漁獲海域と同じ大阪湾北部～中部海域であった．本研究に用いた全標本の漁獲日，標本個体数，全長範囲を Table 1 に示す．

Table 1. List of *Cynoglossus joyneri* samples examined in the present study

Date	Sampling method	Number of fish examined		Range of total length (mm)
21 Mar. 2000	market sampling	male	18	213－261
		female	13	196－259
18 Apr. 2000	market sampling	male	16	187－269
		female	19	181－266
16 May 2000	market sampling	male	16	186－257
		female	17	182－261
20 Jun. 2000	market sampling	male	13	177－263
		female	10	188－215
27 Jul. 2000	market sampling	male	14	209－240
		female	13	183－248
22 Aug. 2000	market sampling	male	13	199－264
		female	25	193－269
18 Sep. 2000	market sampling	male	14	203－238
		female	16	176－233
26 Oct. 2000	market sampling	male	10	211－244
		female	21	197－259
24 Nov. 2000	market sampling	male	6	205－253
		female	14	194－241
18 Dec. 2000	market sampling	male	7	204－253
		female	24	194－260
30 Jan. 2001	market sampling	male	4	187－227
		female	26	190－250
27 Feb. 2001	market sampling	male	22	211－271
		female	16	208－279
30 Jul. 2001	field sampling	not distinguished	68	128－267
27 Aug. 2001	field sampling	not distinguished	104	120－270
26 Sep. 2001	field sampling	not distinguished	179	128－265
23 Oct. 2001	field sampling	not distinguished	94	169－269
29 Nov. 2001	field sampling	not distinguished	85	98－283

２．耳石（扁平石）による年齢査定

アカシタビラメの耳石は厚みのある楕円形で，全体に白濁していて透明帯と不透明帯の境界が明確でなく，表面法や薄切しただけの観察では輪紋の計数が困難であった．そこで，Albrechtsen[15] および八吹[16] にならい，日下部[17] がイヌノシタ *Cynoglossus robustus* に施した方法と同様に，断面をメチルバイオレット B で染色して輪紋を読みとった．具体的には，以下の手順で年齢査定を行った．なお，耳石は原則として有眼側よりも湾曲の少ない無眼側のものを使用した．

摘出した扁平石を乾燥後，エポキシ樹脂（コニシボンド製ボンドクイック 5）中に包埋し，回転砥石（日立工機製 GK21S2，使用砥石 #1000）で研磨して，フロンタルな断面（魚体の体軸方向および有眼側－無眼側方向を含む平面）を出した．

次に，メチルバイオレット B 0.01g，12N 塩酸 0.1ml，蒸留水 35ml の混合液を耳石断面に塗布し，数分後に水道水で余分な染色液を静かに洗い流すと，赤紫色に濃く染色された輪紋が出現するので，その輪数を計数した．また，輪紋の形成時期を把握するため，染色後の耳石断面を実体顕微鏡下で 1mm のスケールとともに写真撮影し，得られた画像を印刷して，縁辺成長率（marginal growth index：MGI）を

$$MGI=(R_1 - R_2)/R_1 \times 100$$

により求めた．ここで，R_1 は耳石前端と核の間の距離，R_2 は最外輪紋前端と核の間の距離である（Fig. 1）．

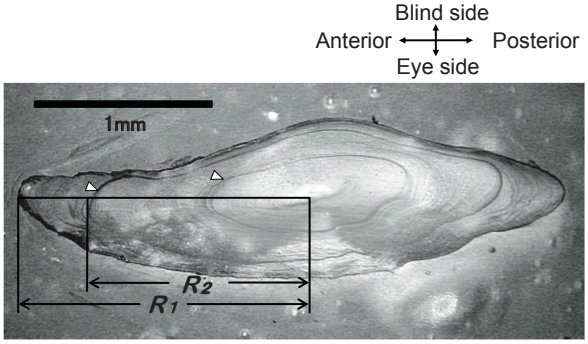

Fig. 1　A dyed frontal section of sagittal otolith of 2-years-old female *Cynoglossus joyneri* (239 mm in total length, caught on 18 December 2000) with methyl violet B. Open triangles indicate annual rings. Marginal growth index (MGI) was calculated as follows: $MGI=(R_1-R_2)/R_1 \times 100$.

全長－体重関係にはべき乗式を，成長式には von Bertalanffy の式を用い，パラメータの決定には MS-Excel のソルバーによる非線形最小二乗法[18] を用いた．また，成長式に用いる年齢は，後述する産卵期間から 9 月を誕生月として，各個体の輪数と採集月から月齢を求め，それを小数点以下の数値を含んだ年齢に換算した．

Ⅲ．結果

１．漁獲物の全長組成および全長－体重関係

市場での購入個体の全長組成を雌雄込みで Fig. 2 に示す．全長 176 ～ 279mm の個体が出現していたが，漁獲物の主体は全長 190 ～ 250mm であり，全個体の 85％がこの 60mm の範囲に含まれていた．次に，雌雄別の全長

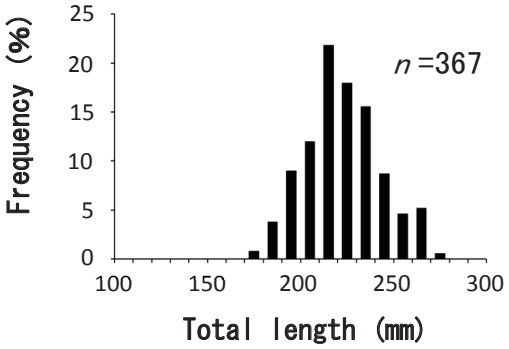

Fig. 2　Size composition of *Cynoglossus joyneri* caught by trawl net in Osaka Bay and sampled in the fish market from March 2000 to February 2001.

－体重関係を Fig. 3 および次式に示す.

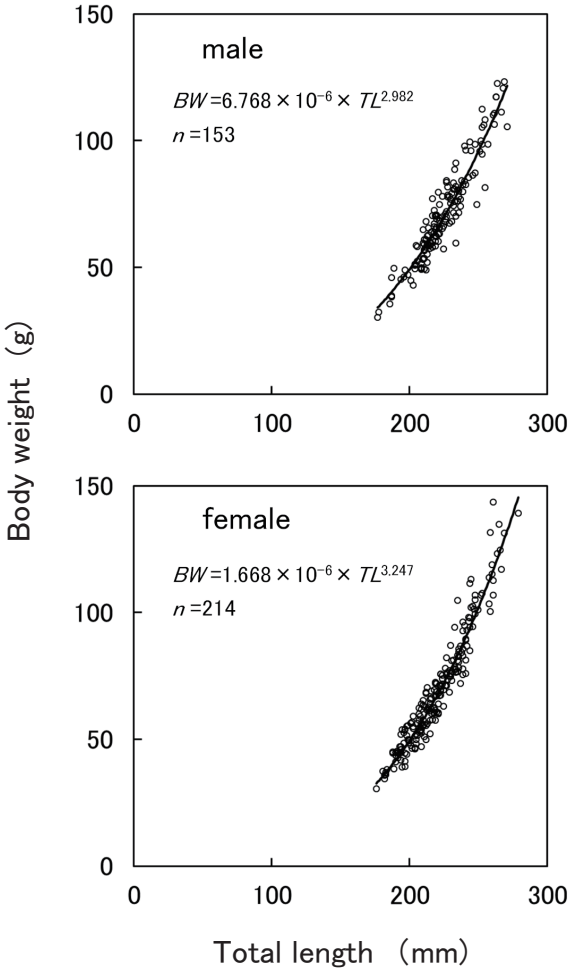

Fig. 3 Total length - body weight relationship in male and female *Cynoglossus joyneri*.

雄：$BW=6.768\times10^{-6}\times TL^{2.982}$, n=153, $r^2=0.896$

雌：$BW=1.668\times10^{-6}\times TL^{3.247}$, n=214, $r^2=0.931$

ここで BW は体重（g）を，TL は全長（mm）を表す．雌雄の全長－体重関係には有意差があり（$F=16.16$, $p<0.01$），同全長における雌雄の計算体重は，全長が小さいうちは雄がわずかに重く，全長 198 mm 以上では雌が重かった.

2．性成熟の年周期

雌雄別の生殖腺重量指数の経月変化を Fig. 4 に示す．雄の生殖腺重量指数は年間を通して低かった．雌の生殖腺重量指数の平均値は 10 ～ 5 月の間は低く，6 月にやや上昇した後，7 月に急激に上昇して最大値を示し，その後は 10 月にかけて減少した．このことから，大阪湾における本種の産卵期は 7 ～ 10 月であると判断された．産卵期間が約 4 ヶ月であるため，期間の中央月が選び難いが，7 月から 9 月にかけての生殖腺重量指数の低下量と，9 月から 10 月の低下量がほぼ等しかったことから，年齢と成長に関する解析では誕生月を 9 月とした.

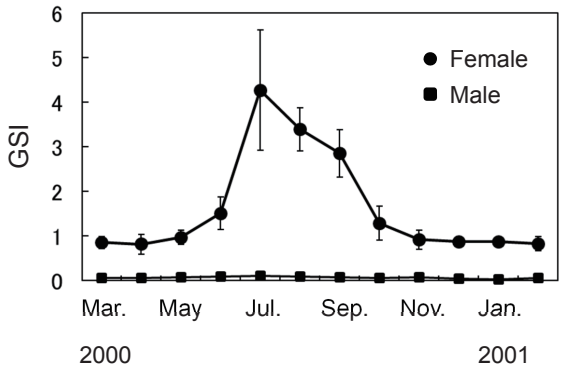

Fig. 4 Seasonal changes in mean gonad somatic index (GSI) of male (solid squares) and female (solid circles) *Cynoglossus joyneri* from March 2000 to February 2001. Vertical bars represent standard deviations (invisible in males).

3．耳石による年齢査定結果と成長

染色により，イヌノシタの耳石断面には赤紫色の明瞭な線状の輪紋が出現した（Fig. 1）．縁辺成長率について，周年のサンプルが得られた 2 輪群と 3 輪群の経月変化をみると，どちらも 5 月から 6 月にかけて大きく低下し，年間の最低値を示し，その後再び増加していた（Fig. 5）.

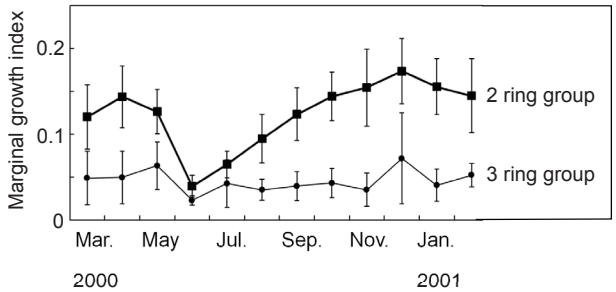

Fig. 5 Seasonal changes in marginal growth index (MGI) of dyed otoliths of *Cynoglossus joyneri* in 2- and 3-ring groups. Solid squares and circles represent the means of MGI in 2- and 3-ring groups, respectively, and vertical bars represent standard deviations.

このことから，染色によって出現する輪紋は，1 年に 1 本，主として 6 月に形成される年輪であることが確認された.

つぎに，2001 年 7 ～ 11 月に実施した小型底びき網の操業で得られたアカシタビラメの全長組成を，雌雄込みで Fig. 6 に示す．採捕個体の全長は 98 ～ 283mm であった．7 月から 11 月まで，各回とも明瞭に 2 群の存在が認められ，それらのうち大型群のモードは 210 ～ 250mm

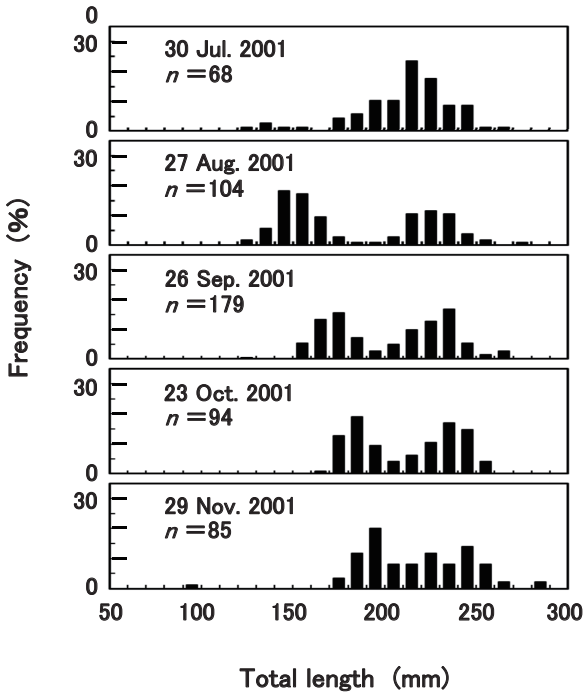

Fig. 6 Size compositions of *Cynoglossus joyneri* caught by field sampling using trawl net from July to November 2001.

の範囲にあり，期間中の変化は大きくなかったが，小型群のモードは７月 30 日の 130 ～ 140mm 級から毎月大型化して 11 月には 190 ～ 200mm 級になっており，４ヶ月間で 60mm の成長がみられた．この小型群は，その成長速度と，同属のコウライアカシタビラメ *Cynoglossus abbreviatus* が飼育下でふ化後 84 日で全長 48 ～ 59mm に成長したと報告されていることから[19]，前年生まれの群であると判断された．そこで，横軸に年齢を，縦軸に全長をとったグラフ上にまずこの小型群のモードをプロットし，そこに上述の輪紋計数を行った市場購入個体の年齢－全長データをプロットしてみると，生後９ヶ月にあたる６月に第１輪が形成されるとの仮定で輪数から年齢を算出してプロットした場合には，両者の分布は同一の成長曲線に乗ることが想定できたが（Fig. 7），生後

Fig. 7 Age-size relationships in field collected *Cynoglossus joyneri* (open circle for their mode in each survey) and hypothetic ones in market sampled *C. joyneri* (solid circle) on the assumption that the formation time of the first ring is 9 months old.

１年９ヶ月あるいはそれ以上で形成されると仮定して年齢を算出してプロットすると両者の分布を同一の成長曲線で結ぶことはできなかった．したがって，アカシタビラメの耳石年輪の第１輪形成時期は，生後９ヶ月の６月であると判断された．

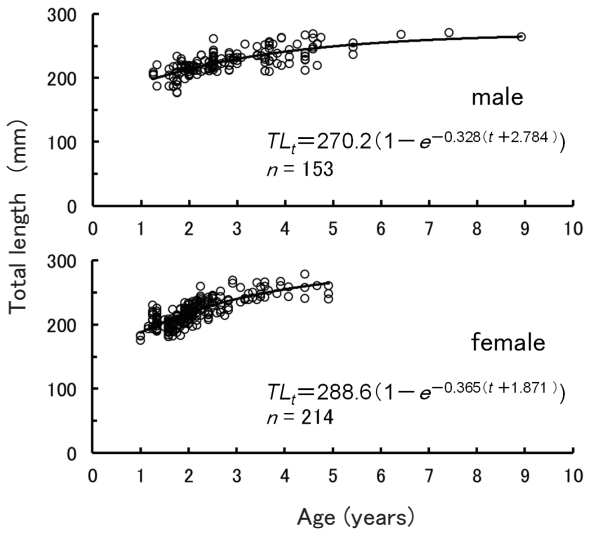

Fig. 8 Von Bertalanffy growth curves fitted to age - length relationships in male and female *Cynoglossus joyneri*.

以上のことから，耳石断面の染色によって出現した輪紋は，生後９ヶ月目の６月に第１輪が形成され，その後１年ごとに１本ずつ増加していく年輪であることが明らかになった．そこで，耳石輪数を計数した個体について，年齢と全長の関係を雌雄別に Fig. 8 に示す．von Bertalanffy の成長式は次式で表された．

雄：TL_t=270.2(1-$e^{-0.328(t+2.784)}$)，n=153，r^2=0.553

雌：TL_t=288.6(1-$e^{-0.365(t+1.871)}$)，n=214，r^2=0.641

ここで TL_t は年齢 t における全長（mm）である．雌雄の成長式を F 検定によって比較したところ，雌雄差が認められた（F=10.5，p<0.01）．極限全長は雄より雌が大きく，各年齢の計算全長は１歳では雄が雌より大きかったものの，２歳以降は雌の方が大きかった（Table 2）．また，１歳の計算全長は極限全長の 71％（雄）および 65％（雌）に達していた．

Table 2. Calculated length and weight at each age for male and female *Cynoglossus joyneri*

Age (year)	Male		Female	
	Total length (mm)	Body weight (g)	Total length (mm)	Body weight (g)
1	192	44	187	40
2	214	60	218	66
3	230	74	240	89
4	241	86	255	108
∞	270	121	289	162

Ⅳ．考察

メチルバイオレットＢを用いた染色法によって，アカシタビラメの耳石断面に出現した輪紋は，生後９ヶ月の６月から毎年１輪形成される年輪であることが明らかになった．漁獲物の年齢査定から求めた成長曲線によると，本種は１歳で雄が全長 192mm，雌が 187mm，２歳で雄が 214mm，雌が 218mm，３歳では雄が 230mm，雌が 240mm に達した．この結果を過去の報告と比較してみると，Yamamoto *et al.*[4] と各年齢の全長が似通っており，両者とも生後１年間の成長速度が相対的に大きく，その後は成長が鈍化するという点で共通していた．すなわち，本研究では満１歳での全長が極限全長の 71％（雄）と 65％（雌）に達していたが，Yamamoto *et al.*[4] でも 66％であった．それらに比べ，落合[3] および Baeck and Huh[5] は各年齢の全長が小さく，特に低年齢においてはその傾向が顕著であり，満１歳全長の極限全長に対する割合は 32 ～ 48％にしか達していなかった（Table 3）．

Table 3. Total length (mm) of *Cynoglossus joyneri* at each age reported by previous studies

	Ochiai (1956)*	Baeck and Huh (2004)		Yamamoto *et al.* (2009)
Age (year)	male and female	male	female	male and female
1	110	132	138	175
2	156	154	165	210
3	180	173	186	231
4	227	189	204	244
∞	347	274	291	265

* Standard length is converted into total length using the following equation.
$TL=1.048SL+6.29$
（TL: total length in mm, SL: standard length in mm, Kusakabe unpublished）

同属他種の，１歳時全長の極限全長に対する割合は，コウライアカシタビラメが雄 70％，雌 63％[6]，イヌノシタが雄 66％，雌 60％[17]，*Cynoglossus zanzibarensis* では雌雄とも 56％であり[7]，生後１年間の成長速度がそれ以降に比べて相対的に大きいことが，本属魚類に共通した特徴であるといえる．このことから，落合[3] および Baeck and Huh[5] の結果は本種の成長様式を的確に把握できていない可能性が高い．Yamamoto *et al.*[4] の年齢査定方法は，耳石を薄切し，酸でエッチングを施して表面に現れる微細輪紋の変化傾向を観察しているのに対し，落合[3] は鱗によって，Baeck and Huh[5] は耳石の表面観察によって年齢査定を行っている．鱗は成長停滞による過小推定や偽年輪による過大推定が生じやすいと指摘されており[20]，耳石表面観察による輪紋読み取りも，断面を観察する方法に比べて読み取り誤差が生じやすいとされている[21,22]．本研究と Yamamoto *et al.*[4] の結果が落合[3] および Baeck and Huh[5] と異なった理由は，染色するか否かの違いはあるものの，耳石断面の輪紋を読み取ることにより，正確な輪数計数ができたためであると考えられる．

アカシタビラメ漁獲物の主体は全長 190 ～ 250mm であったが（Fig. 2），今回得られた成長式によると，全長 190mm は極限全長の 65（雌）～ 71％（雄）であり，漁獲開始サイズとしては比較的大きい．同じ大阪湾で漁獲されるカレイ目魚類では，イヌノシタの漁獲開始全長 200mm が極限全長の 49（雌）～ 57％（雄）[17]，マコガレイ *Pleuronectes yokohamae* の漁獲開始全長 150mm（自主規制による再放流サイズ）が極限全長の 45（雌）～ 57％（雄）[23]，ヒラメ *Paralichthys olivaceus* の漁獲開始全長 280mm（自主規制による再放流サイズ）が極限全長の 38（雌）～ 41％（雄）[24] など，どれもアカシタビラメに比べ，より小さなサイズから漁獲されている．また，図には示していないが，年齢査定を行ったアカシタビラメ漁獲物は 35％が１歳魚，41％が２歳魚，３歳魚以上が 23％であった．マコガレイ漁獲物の場合は約 87.4％が１歳で占められていること[23] と比較すると，本種は漁獲物の年齢組成も比較的高いといえる．これらのことから，大阪府の底びき網漁業による本種の漁獲の現状は，小型魚の不合理漁獲という状況にはないものと考えられる．ただし，今回の研究では成熟年齢については調査しなかったため，再生産を健全に維持する上で現状の漁獲開始年齢が妥当かどうかについては不明であり，今後の検討が必要である．

Ⅴ．摘要

大阪湾におけるアカシタビラメの年齢と成長を，メチルバイオレットＢにより耳石断面の輪紋を染色する方法によって明らかにした．染色された輪紋は，毎年１本，主として６月に形成される年輪であり，第１輪形成時期は生後９ヶ月の６月と判断された．2000 ～ 2001 年に漁獲された 367 個体の耳石を観察し，von Bertalanffy の成長式 $TL_t=270.2(1-e^{-0.328(t+2.784)})$（雄），$TL_t=288.6(1-e^{-0.365(t+1.871)})$（雌）を得た（$TL_t$：年齢 t における全長 mm）．雌の極限全長は雄のそれよりも大きかった．アカシタビラメは生後１年で極限全長の 71％（雄）および 65％（雌）にまで達し，その後は成長が鈍化することが分かった．本種の大阪府での漁獲開始全長は比較的大きく，小型魚の不合理漁獲という状況にはないと考えられた．

本研究で用いた耳石染色方法について詳しくご教示くださった独立行政法人水産総合研究センターの八吹圭三研究開発コーディネーターに心からお礼を申し上げる．また，測定作業にご尽力いただいた大阪府環境農林水産総合研究所水産技術センターの研究員，非常勤職員の方々に厚くお礼申し上げる．

Ⅵ. 引用文献

1）益田　一・尼岡邦夫・荒賀忠一・上野輝彌・吉野哲夫(編)(1984). 日本産魚類大図鑑. 東海大学出版会: 448 pp. + 370 pl.

2）日下部敬之（2005）. ウシノシタ類. 平成 15 年度大阪水試事報：87 ～ 89.

3）落合　明（1956）. 日本産ウシノシタ魚類の成長について. 日水誌. 22: 279 ～ 283.

4）Yamamoto, M ., Katayama, S., Makino, H. and Takemori, H. (2009). Age and growth of red tongue sole (*Cynoglossus joyneri*) in the central Seto Inland Sea, Japan. *Aquaculture Sci*. 57:341-342.

5）Beak, G. W. and Huh, S. H.（2004）. Age and growth of red tongue sole (*Cynoglossus joyneri*) in the Southern Sea of Korea. *J. Kor. Fish. Soc*. 37:307-311.(in Korean with English abstract)

6）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, 成長および漁獲開始年齢組成. 水産海洋. 72: 174 ～ 181.

7）Booth, AJ. and Walmsley-Hart, SA.(2000). Biology of the redspotted tonguesole *Cynoglossus zanzibarensis* (Pleuronectiformes: Cynoglossidae) on the Agulhas Bank, South Africa. *S. Afr. J. Mar. Sci.* 22: 185-197.

8）Williams, T. and Bedford, BC.(1974). The use of otoliths for age determination. In: Bagenal, TB. (eds). The ageing of fish. Unwin Brothers, pp. 114-123.

9）Jones, CM. (1992). Development and application of the otolith increment technique. In: Stevenson, DK. and Campana, SE. (eds). Otolith microstructure examination and analysis. *Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci.* : 1-11.

10）正木康昭・伊東　弘・東海　正・山口義昭（1986）. 周防灘産イシガレイの年齢と成長. 日水誌. 52: 435 ～ 445.

11）Kimura, R., Yamamura, O., Oozeki, Y. and Tsuda, A. (2003). Elemental analysis of otoliths of walleye pollock: A trial to discriminate the local stocks around Hokkaido, Japan. *Fish. Sci*. 69: 1207-1215.

12）厚地　伸・増田育司・赤毛　宏・伊折克生（2004）. 耳石横断薄層切片を用いた鹿児島県近海産ヒラメの年齢と成長. 日水誌. 70: 714 ～ 721.

13）Kume, G., Horiguchi, T., Goto, A., Shiraishi, H., Shibata, Y., Morita, M. and Shimizu, M.(2006). Seasonal distribution, age, growth, and reproductive biology of marbled sole *Pleuronectes yokohamae* in Tokyo Bay, Japan. *Fish. Sci*. 72: 289-298.

14）反田　實・五利江重昭・中村行延・岡本繁好（2008）. 播磨灘・大阪湾産マコガレイの年齢と成長. 日水誌. 74: 1 ～ 7.

15）Albrechtsen, K. (1968). A dyeing technique for otolith age reading. *J. Cons. Perm. Int. Explor. Mer* 32: 278-280.

16）八吹圭三（1994）. ホッケの耳石染色法による年齢査定と根室海峡における成長. 漁業資源研究会議北日本底魚部会報. 27: 39 ～ 48.

17）日下部敬之（2011）. 大阪湾産イヌノシタ *Cynoglossus robustus* の年齢と成長. 日水誌. 77: 1 ～ 7.

18）東海　正（1997）. MS-Excel のソルバーによる曳網の網目選択性 Logistic 式パラメータの最尤推定. 水産海洋研究. 61: 288 ～ 298.

19) 福澄賢二・太刀山　透・深川敦平・林　宗徳（2000）. 有明海地域特産種増殖事業・コウライアカシタビラメの種苗生産に関する研究. 平成 10 年度福岡県水産海洋技術センター事報：41 ～ 45.

20) 渡邊良朗（1997）. 年齢形質の有効性検討. 赤嶺達郎・麦谷泰雄(編). pp. 17 ～ 27. 水産動物の成長解析(水産学シリーズ 115). 恒星社厚生閣.

21）厚地　伸・増田育司・赤毛　宏・伊折克生（2004）. 耳石横断薄層切片を用いた鹿児島県近海産ヒラメの年齢と成長. 日水誌. 70: 714 ～ 721.

22）増田育司・野呂忠秀（2003）. 耳石横断薄層切片を用いた魚類の年齢査定の薦め. 鹿児島大学水産学部紀要. 52: 51 ～ 56.

23）辻野耕實・安部恒之・日下部敬之（1997）. 大阪湾におけるマコガレイの漁業生物学的研究. 大阪水試研報. 10: 29 ～ 50.

24）前原　努（1992）. 愛媛県瀬戸内海域におけるヒラメの年齢および成長. 愛媛水試研報. 5: 13 ～ 29.