大阪湾産イヌノシタ *Cynoglossus robustus* の年齢と成長

日下部 敬 之

(2010 年 6 月 17 日受付, 2010 年 9 月 3 日受理)

大阪府環境農林水産総合研究所

Age and growth of robust tonguefish *Cynoglossus robustus* in Osaka Bay, Japan

TAKAYUKI KUSAKABE

Research Institute of Environment, Agriculture and Fisheries, Osaka Prefectural Government, Misaki, Osaka 599-0311, Japan

Age and growth of robust tonguefish *Cynoglossus robustus* in Osaka Bay were studied. The technique of dyeing sectioned sagittal otoliths with methyl violet B showed distinct violet rings. These rings were confirmed to be annual and formed mainly from June to July, corresponding with the spawning season. Reading 784 specimens from 2000 to 2002, growth of the fish was expressed by von Bertalanffy's equation as $TL_t = 352.9(1 - e^{-0.703(t+0.528)})$ for males and $TL_t = 406.6(1 - e^{-0.638(t+0.422)})$ for females where TL is total length in mm and t is age in years. The females were larger than the males at each age. The total length of 1-year-old males and females reached 66% and 60% of their extremity length, suggesting the relatively fast growth of this species. The seasonal changes in the size composition of the fish caught by trawl net showed relatively large catches of low-value small fish from April to September. It was suggested that postponing the start of fishing of this fish by 4-6 months could lead to a higher fishing income.

キーワード : *Cynoglossus robustus*, イヌノシタ, 大阪湾, 耳石, 成長, 染色, 年齢

イヌノシタ *Cynoglossus robustus* 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イヌノシタ属の魚類で,¹⁾ 大阪湾では小型底びき網と刺網によって漁獲されている。2005 年の大阪府における「うしのした (イヌノシタを含む)」の漁獲量は小型底びき網 192 トン, 刺網 8 トンの計 201 トンであり,²⁾ 魚種別では第 8 位となっているが, その大半が本種によって占められている。³⁾ また, 大型で味もよいことから価格も高く, 当該漁業にとって重要な漁業資源となっている。このように重要な本種の資源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。本種の年齢と成長に関しては, 過去に鱗を年齢形質に用いた落合⁴⁾の報告があるが, 年輪の判断根拠やデータが不明である点, 成長に雌雄差のある種が多いイヌノシタ属⁵⁻⁷⁾の本種に対して最初から雌雄を区別せずに扱っている点など, 再検討の余地が大きい。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⁾ 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, イヌノシタ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^{15,16)}を用いて年齢査定を行った。

試料および方法

耳石観察個体のサンプリングと測定 2000 年 3 月から 2001 年 12 月にかけて毎月 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内でその日に漁獲・水揚げしたイヌノシタを市場で購入した。操業時間は日の出～14 時前後で, 漁獲場所は大阪湾北～中部の, 水深 15～30 m の砂泥～泥質

Fig. 1 Map showing the fishing points of *Cynoglossus robustus* purchased for the present study (solid circles) in Osaka Bay, eastern part of Seto Inland Sea, Japan.

の海域であった (Fig. 1)。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 (1 mm 単位)、体重 (0.1 g 単位) を測定した。また、生殖腺の外観や内部形状から性別を判断した後、性成熟の年周期を把握するため生殖腺重量 (0.01 g 単位) を測定し、生殖腺重量指数 (GSI: 生殖腺重量/体重 $\times$ 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。なお、漁獲物から測定個体を抽出する際には、無作為に抽出すると大型個体のサンプル数が少なくなってしまうため、漁獲物のサイズ範囲をできるだけカバーするように抽出した。

また、漁獲物として水揚げされない小型個体を得るため、2001 年 9 月 26 日、10 月 23 日、11 月 29 日、および 2002 年 3 月 4 日に、市場での購入個体の漁獲海域と同じ大阪湾北部～中部海域で小型底びき網 (袋網の目合は内径 27 mm) の操業を行い、採集されたイヌノシタを漁獲物と同様の調査に供した。ただし、ここで得られた個体は小型で生殖腺が未熟なものが多かったため、性成熟の年周期把握のための解析には使用しなかった。

耳石 (扁平石) による年齢査定 イヌノシタ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、Albrechtsen¹⁵⁾ および八吹¹⁶⁾ にならい、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、核を通るフロンタルな断面 (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 0.01 g, 12 N 塩酸 0.1

Fig. 2 A dyed frontal section of sagittal otolith of a 3-year-old female *Cynoglossus robustus* (386 mm in total length, caught on 16 May 2000) with methyl violet B. Open triangles indicate annual rings. Marginal growth index (MGI) was calculated as $MGI = (R_1 - R_2) / R_1 \times 100$.

mL, 蒸留水 35 mL の混合液を耳石断面に塗布し、数分後に水道水で静かに余分な染色液を洗い流すと、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、2000 年 3 月～2001 年 2 月の 1 年間のサンプルについては、輪紋の形成時期を把握するために染色後の耳石断面を実体顕微鏡下で 1 mm 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. 2)。耳石観察に供した全標本の漁獲日、雌雄別の標本個体数、全長範囲を Table 1 に示す。

漁獲物の全長組成 小型底びき網で漁獲されるイヌノシタのサイズ組成を把握するため、2007 年 4 月～2008 年 3 月の間に毎月 1 回、中～下旬に泉佐野漁港において小型底びき網漁船 1 隻がその日に漁獲したイヌノシタをすべて買い上げ、雌雄を判別した後、それぞれについて 10 mm 幅の全長階級別尾数を計数した。得られた全長階級別尾数は十分な標本数を確保するため四半期ごと (2007 年 4～6 月, 7～9 月, 10～12 月, 2008 年 1～3 月) に合算し、全長組成図を描いた。

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¹⁷⁾を用いた。また、成長式に用いる年齢は、後述する産卵期の中心である 7 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。

結 果

全長-体重関係 雌雄別の全長-体重関係を Fig. 3 および次式に示す。

$$\text{雄: } BW = 3.152 \times 10^{-7} \times TL^{3.505}, n = 314, r^2 = 0.955$$

Table 1 A list of *Cynoglossus robustus* otolith samples examined in the present study

Date	Sampling method	Number of fish examined	Range of total length (mm)
21 Mar. 2000	market sampling	male	12 263-328
		female	18 263-389
18 Apr. 2000	market sampling	male	17 241-338
		female	13 260-411
16 May 2000	market sampling	male	11 269-338
		female	20 284-386
20 Jun. 2000	market sampling	male	14 215-341
		female	12 267-399
27 Jul. 2000	market sampling	male	10 214-300
		female	27 235-406
22 Aug. 2000	market sampling	male	14 210-346
		female	18 221-328
18 Sep. 2000	market sampling	male	11 204-300
		female	16 222-359
26 Oct. 2000	market sampling	male	17 242-323
		female	15 226-325
24 Nov. 2000	market sampling	male	10 234-332
		female	21 253-372
18 Dec. 2000	market sampling	male	11 248-355
		female	17 254-415
30 Jan. 2001	market sampling	male	21 225-374
		female	15 230-451
27 Feb. 2001	market sampling	male	9 236-289
		female	24 237-403
27 Mar. 2001	market sampling	male	20 216-360
		female	15 233-427
23 Apr. 2001	market sampling	male	16 226-345
		female	19 238-458
21 May 2001	market sampling	male	14 260-338
		female	16 278-383
26 Jun. 2001	market sampling	male	13 269-329
		female	17 259-381
24 Jul. 2001	market sampling	male	4 209-317
		female	27 269-413
23 Aug. 2001	market sampling	male	15 189-324
		female	19 215-440
18 Sep. 2001	market sampling	male	9 220-329
		female	26 221-380
19 Oct. 2001	market sampling	male	14 242-293
		female	18 249-366
20 Nov. 2001	market sampling	male	13 238-351
		female	20 245-365
18 Dec. 2001	market sampling	male	12 276-350
		female	22 276-414
26 Sep. 2001	field sampling	male	6 104-271
		female	11 79-273
23 Oct. 2001	field sampling	indistinguishable	8 65-140
		male	1 272
		female	4 118-287
		indistinguishable	1 89
29 Nov. 2001	field sampling	male	16 132-297
		female	23 125-206
4 Mar. 2002	field sampling	male	4 173-190
		female	17 155-321
		indistinguishable	1 100

Fig. 3 Total length-body weight relationship of male and female *Cynoglossus robustus*. **Fig. 4** Seasonal change in mean gonad somatic index (GSI) of male (solid squares) and female (solid circles) *Cynoglossus robustus* from March 2000 to December 2001. Vertical bars represent standard deviations (invisible in males).

雌: $BW = 1.261 \times 10^{-6} \times TL^{3.260}$, $n = 470$, $r^2 = 0.956$
 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 ($F = 6.65$, $p < 0.01$), 同全長における雌雄の計算体重は, 全長が小さいうちは雌が重く, 全長 285 mm で雌雄が同体重となり, それ以上では雄が重かった。

性成熟の年周期把握 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 2000 年, 2001 年とも同様の経月変化を示し, 9~5 月の間は低く,

Fig. 5 Seasonal changes in marginal growth index (MGI) of dyed otoliths of *Cynoglossus robustus* in 1-, 2-, and 3+-ring groups. Solid diamonds, squares and triangles represent the means of MGI in 1-, 2-, and 3+-ring groups, respectively, and vertical bars represent standard deviations.

6月に急激に上昇して最大となった後、7月にやや低下し、8月にかけて大幅に低下した。このことから、大阪湾における本種の産卵期は6~8月であると考えられたため、年齢と成長に関する解析では誕生月を7月とした。

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きわめて明瞭な線状の輪紋が出現した (Fig. 2)。透明帯と不透明帯が比較的明瞭な少数の耳石で観察したところでは、染色輪紋は不透明帯中に出現していた。耳石の縁辺成長率の経月変化をみると、3輪以上の群では個体数が少なかったため明確ではなかったが、1輪群では6月から7月にかけて、2輪群では5月から7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)。このことから、染色によって出現する輪紋は、1年に1本、主に6月から7月に形成される年輪であることが確認された。

小型底びき網を操業して得られたイヌノシタには、耳石に輪紋がない個体と1輪の個体が存在した。その全長組成 (雌雄込み) をみると (Fig. 6)、2001年11月29日に1個体のみ、0輪群と近接した大きさの1輪個体が出現したが、それ以外は0輪群の全長範囲と1輪群のそれは連続せず明瞭に分かれており、両者とも時間経過に伴って大型化していく傾向が認められた。0輪群の全長組成は単峰型を示すことが多く、その平均全長は2001年9月26日には104 mm ($n=18$) であったが、2002年3月4日には175 mm ($n=21$) になっており、5ヶ月あまりで約70 mm大きくなっていた。一方、2001年9月26日の1輪群の平均全長は246 mm ($n=7$) であり、この日の0輪群と1輪群の平均全長の差は142 mmであった。0輪群の成長速度および0輪群と1輪群の全長差から、0輪群は2001年生まれの当歳魚、1輪群は2000年生まれの1歳魚であり、第1輪は満1歳

Fig. 6 Size compositions of *Cynoglossus robustus* caught by field sampling using trawl net from September 2001 to March 2002. Solid and open rectangles represent 0- and 1-ring groups, respectively.

Fig. 7 Von Bertalanffy growth curves fitted to age-length relationships in male and female *Cynoglossus robustus*.

で形成されると判断された。

全長と耳石染色輪数および性別のデータが得られたすべての個体について、年齢と全長の関係を雌雄別に Fig. 7 に示す。von Bertalanffy の成長式は次式で表された。

雄: $TL_t = 352.9(1 - e^{-0.703(t + 0.528)})$, $n=314$, $r^2=0.745$

雌: $TL_t = 406.6(1 - e^{-0.638(t + 0.422)})$, $n=470$, $r^2=0.824$

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 ($F=53.5$, $p<0.01$)。極限全長は雌の方が大きく、各年齢の計算全長と計算体重も雌が雄を上回っており、2歳の雌は3歳の雄とほぼ同サイズであった。

また、1歳の計算全長は極限全長の66%（雄）および60%（雌）に達していた（Table 2）。

漁獲物の全長組成 2007年4月～2008年3月における小型底びき網のイヌノシタ漁獲物の四半期ごと全長組成では、雌雄共に4～6月期および7～9月期に小型個体の漁獲割合が高かった（Fig. 8）。小型個体のモードは、4～6月期では雄で全長200～210 mm、雌で全長200～230 mm 付近にあり、7～9月期には雌雄共に全長240～250 mm 付近にあった。10～12月期以降になると全長250 mm 以下のモードはみられなくなっていた。

考 察

メチルバイオレット B による耳石染色の機序について Albrechtsen¹⁵⁾は、有機物を多く含んだ層が化学的に染色されるものであり、エッチング等によって断面にできた凹部に染色液が物理的に入り込むことによって染められるのではないと推定しているが、具体的にどのような有機質に染色液が結合するのかについては示しておらず、現在でもその染色機序については十分把握できてい

ない。しかしながら、本染色法によってイヌノシタの耳石断面には赤紫色のきわめて明瞭な線状の輪紋が出現し（Fig. 2）、容易かつ判断に迷うことなく輪紋数を計数することができた。耳石縁辺部幅の増減から、この輪紋は1年に1本、主に6月から7月にかけて形成される年輪であることが確認された。一方、雌の生殖腺熟度指数の変化から、大阪湾での本種の産卵期は6～8月であると考えられ、輪紋の形成時期は産卵期と一致していた。これまでに耳石を形質として行われた異体類の年齢査定では、コウライアカシタビラメ *Cynoglossus abbreviatus*⁶⁾ やマコガレイ *Pleuronectes yokohamae*^{13,14,18)} ヒラメ *Paralichthys olivaceus*^{12,19-21)} イシガレイ *Kareius bicoloratus*¹⁰⁾ など他の多くの魚種で1年に1回、産卵期に不透明帯が形成されることが報告されている。今回、染色された輪紋の形成時期が産卵期と一致していたこと、輪紋が不透明帯中に出現している例が観察されたことから、イヌノシタの場合、不明瞭ながら存在している不透明帯の一部が染色される可能性が示唆された。しかしながら、ホッケ *Pleurogrammus azonus* では本染色法によって耳石透明帯の外縁部が染色されると報告されており¹⁶⁾、染色輪紋と透明・不透明帯の対応およびその染色機序については、今後知見を集積する必要がある。

本研究により、本種の耳石染色輪紋が年輪であること、第1輪が満1歳で形成されることが明らかになり、輪紋からの年齢査定が可能になった。得られた成長式によれば、大阪湾産イヌノシタの極限全長は雄が353 mm、雌が407 mm であり、各年齢における全長も雌の方が大きかった。同属他種の極限全長は、コウライアカシタビラメが雄265 mm、雌328 mm⁶⁾ アカシタビラ

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

Age (year)	Male		Female	
	Total length (mm)	Body weight (g)	Total length (mm)	Body weight (g)
1	232	62	243	75
2	293	140	320	185
3	323	197	361	273
4	338	231	382	331
∞	353	268	407	405

Fig. 8 Seasonal changes in the size compositions of male and female *Cynoglossus robustus* caught by trawl net in Osaka Bay from April 2007 to March 2008 (added data in quarters of the year). Solid and open triangles represent estimated mean sizes of the 2006 year class and 2005 year class in the middle month of each quarter, respectively.

メ *Cynoglossus joyneri* が雌雄とも 265 mm,²²⁾ アフリカ沿岸の *Cynoglossus zanzibarensis* が雄 321 mm, 雌 395 mm であり⁷⁾ (いずれも von Bertalanffy の成長式), 雌雄共にこれまでに報告されたどの種よりも本種が大きい。雌雄間の比較では, コウライアカシタビラメは本種と同様に極限全長, 各年齢の全長とも雌が大きかったが,⁶⁾ *C. zanzibarensis* では極限全長は雌の方が大きいものの若齢時一部の年齢で雄の方が大きく,⁷⁾ アカシタビラメでは雌雄の成長に有意差がみられなかった。²²⁾ このことから, 本属魚類では成長に雌雄差のある種が多いものの, すべての種に共通した特徴ではないと考えられる。

得られた成長式による本種の 1 歳時全長は雄が極限全長の 66%, 雌が 60% となったが, 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⁾ アカシタビラメで雌雄とも 66%,²²⁾ *C. zanzibarensis* では雌雄とも 56% であり,⁷⁾ 今回の結果と同程度あるいはそれ以上に 1 歳時全長の極限全長に対する割合が高いことが報告されている。生後 1 年間の成長速度がそれ以降に比べて大きいことが, 本属魚類に共通した成長面での特徴であると考えられる。それに対して落合⁴⁾のイヌノシタ 1 歳時体長は極限体長の 34% にしか達しておらず, 他の報告と傾向が大きく異なっていることから, 本種の成長様式を的確に反映できていない可能性が高い。

泉佐野漁協におけるイヌノシタ漁獲物の四半期別雌雄別全長組成では, 4~6 月期および 7~9 月期に小型個体の漁獲割合が高く, 全長 200~250 mm の範囲にモードが存在していた。本研究で得られた成長式から 2006 年 7 月生まれの計算全長を求めると, 4~6 月期の中央月の 5 月では雄 217 mm, 雌 224 mm, 7~9 月期の中央月の 8 月では雄 239 mm, 雌 251 mm であり, 観察されたモードの全長階級とほぼ一致した。10~12 月期および 1~3 月期の全長組成は, 雌雄共に山の頂上部が平坦なひとかたまりとなっていたが, これは本種の 1 歳以降の成長が鈍いために, 2005 年生まれ群と 2006 年生まれ群の山が大きく重なったものと考えられた。全長 250 mm 未満の尾数割合は, 10~12 月期と 1~3 月期は 1~5% と少なかったが, 4~6 月期と 7~9 月期では 38~64% の高い割合を占めていた。一方, 泉佐野産地市場の仲買業者からの聞き取りによると, イヌノシタは大型になると高級魚として取引されるが, 全長 250 mm 未満の小型魚は肉厚が薄い商品価値が低く, 平均 270 円/kg でしか売れない。全長 250 mm を越えると「小」銘柄 (全長約 25~30 cm) となり, 平均単価も 2.1 倍の 560 円/kg に上昇する (2007 年 4 月~2010 年 3 月の月別価格平均, 大美私信)。現在の漁獲実態は, 単価の低い小型のうちに漁獲を開始しており, 経済的に不合理であるといえる。前年生まれ個体の計算全長は, 雌では 8

月に, 雄でも 10 月には全長 250 mm を越えるので, 漁獲開始を現状より 4~6 ヶ月遅らせて 250 mm から開始すれば, 体重増加と単価上昇の相乗効果はその間の自然死亡による資源減少を大きく上回り, 漁獲金額が増加すると予想される。一般に, 多種類の生物を漁獲対象とする底びき網において特定種の漁獲開始サイズのみを拡大するのは困難な場合が多いが, イヌノシタを含むウシノシタ類は, 底びき網に入網すると網口近くの網底部分から外へ抜け出そうとする習性があるため (日下部, 未発表), その部分の目合いのみを拡大することにより, 他の対象生物の漁獲量を減少させずに漁獲開始サイズを大きくできる可能性がある。有限な資源からできるだけ高い漁獲金額を引き出すために, 本種の漁獲開始サイズを拡大するための技術的検討を今後進める予定である。

謝 辞

本研究で用いた耳石染色法についてご紹介くださり, 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, 漁獲物のサンプリングに際して漁獲海域の日誌記帳などご協力いただいた泉佐野漁業協同組合の西座真二氏, および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ます。最後に, 本稿を丁寧に校閲下さり, 文献の紹介なども含めて有益なご助言をくださった 2 名の査読者に心よりお礼を申し上げます。

文 献

- 1) 落合 明, 田中 克. 「新版魚類学 (下)」恒星社厚生閣, 東京. 1986.
- 2) 平成 17 年大阪府漁業の動き. 近畿農政局大阪農政事務所, 大阪. 2007.
- 3) 日下部敬之. ウシノシタ類. 平成 15 年度大阪水試事報, 大阪府立水産試験場, 大阪. 2005; 87-89.
- 4) 落合 明. 日本産ウシノシタ魚類の成長について. 日水誌 1956; 22: 279-283.
- 5) Kutty MK. Observations on the growth and mortality of the large scaled tongue sole, *Cynoglossus macrolepidotus* (Bleeker). *Proc. Natl. Inst. Sci. India* 1967; 33: 94-110.
- 6) 山本昌幸, 片山知史, 牧野弘靖, 竹森弘征. 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, 成長および漁獲年齢組成. 水産海洋 2008; 72: 174-181.
- 7) Booth AJ, Walmsley-Hart SA. Biology of the redspotted tonguesole *Cynoglossus zanzibarensis* (Pleuronectiformes: Cynoglossidae) on the Agulhas Bank, South Africa. *S. Afr. J. Mar. Sci.* 2000; 22: 185-197.
- 8) Williams T, Bedford BC. The use of otoliths for age determination. In: Bagenal TB (eds). *The ageing of fish*. Unwin Brothers, Ltd., Surrey. 1974; 114-123.
- 9) Jones CM. Development and application of the otolith increment technique. In: Stevenson DK, Campana SE (eds). *Otolith microstructure examination and analysis*. Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci., Ottawa. 1992; 1-11.

- 10) 正木康昭, 伊東 弘, 東海 正, 山口義昭. 周防灘産イシガレイの年齢と成長. 日水誌 1986; **52**: 435-445.
- 11) Kimura R, Yamamura O, Oozeki Y, Tsuda A. Elemental analysis of otoliths of walleye pollock: A trial to discriminate the local stocks around Hokkaido, Japan. *Fish. Sci.* 2003; **69**: 1207-1215.
- 12) 厚地 伸, 増田育司, 赤毛 宏, 伊折克生. 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 2004; **70**: 714-721.
- 13) Kume G, Horiguchi T, Goto A, Shiraishi H, Shibata Y, Morita M, Shimizu M. Seasonal distribution, age, growth, and reproductive biology of marbled sole *Pleuronectes yokohamae* in Tokyo Bay, Japan. *Fish. Sci.* 2006; **72**: 289-298.
- 14) 反田 實, 五利江重昭, 中村行延, 岡本繁好. 播磨灘・大阪湾産マコガレイの年齢と成長. 日水誌 2008; **74**: 1-7.
- 15) Albrechtsen K. A dyeing technique for otolith age reading. *J. Cons. Perm. Int. Explor. Mer* 1968; **32**: 278-280.
- 16) 八吹圭三. 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 1994; **27**: 39-48.
- 17) 東海 正. 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 1997; **61**: 288-298.
- 18) Solomon G, Sano M, Shimizu M, Nose Y. Age and growth of the Pleuronectid flounder *Limanda yokohamae* in Tokyo Bay, Japan. *Nippon Suisan Gakkaishi* 1987; **53**: 711-716.
- 19) 小澤貴和, 三浦信昭, 鶴田和弘. 九州南西海域産ヒラメ *Paralichthys olivaceus* の年齢と成長. 日水誌 1995; **61**: 505-509.
- 20) 竹野功壘, 浜中雄一, 宮嶋俊明. 京都府沿岸海域におけるヒラメの資源構造に関する研究Ⅳ ヒラメの年齢と成長. 京都府海洋センター研報 1999; **21**: 34-39.
- 21) 五利江重昭, 大谷徹也, 宮原一隆. 兵庫県但馬沿岸域におけるヒラメの資源特性. 兵庫農技総セ研報 (水産) 2005; **38**: 7-13.
- 22) Yamamoto M, Katayama S, Makino H, Takemori H. Age and growth of red tongue sole (*Cynoglossus joyneri*) in the central Seto Inland Sea, Japan. *Aquaculture Sci.* 2009; **57**: 341-342.