

論文

兵庫県大阪湾・紀伊水道海域におけるオニオコゼの資源特性

五利江重昭*

Population characteristics of devil stinger *Inimicus japonicus* in Osaka Bay and the Kii Channel, eastern Seto Inland Sea off Hyogo Prefecture, Japan

Shigeaki GORIE*

The present study examined population characteristics of devil stinger in Osaka Bay and the Kii Channel off Hyogo Prefecture, Japan. Monthly change in the occurrence of the opaque zone in the outer edge of transverse otolith sections showed that the opaque zone was deposited once a year, indicating that the otolith is valid for age determination. The oldest specimens were age-19 in both sexes. Von Bertalanffy's growth formulae and TL-BW relationship were estimated as follows: Male, $L_t = 252(1 - e^{-0.44(t + 0.97)})$; Female, $L_t = 287(1 - e^{-0.44(t + 0.35)})$; and $BW = 1.13 \cdot 10^{-5} TL^{3.10}$, where L_t , total length (mm) at age t ; t , chronological age; BW , body weight (g); TL , total length (mm). Spawning period ranged from June to August (peak period in July). Fishery recruitment and first maturation occurred at age-1 and 2, respectively, in both sexes. Sex ratio was biased to female from ≥ 240 mm TL class, but natal sex ratio was 1:1. For efficient fishery management, in addition to mass release of hatchery-reared juveniles (TL 50 mm); the release of smaller fish ($< TL 200$ mm), larger fish ($> TL 240$ mm) and/or females from May to July for the pre-spawning period are possible options.

キーワード：オニオコゼ，資源特性，年齢，成長，成熟

オニオコゼは，主に千葉県以南の太平洋側，青森県以南の日本海側の水深 10-200 m に生息する底生性の魚類で（阿部 1989; FishBase: *Inimicus japonicus* (Cuvier, 1829). <http://www.fishbase.org/summary/6386>, 2015 年 8 月 24 日），兵庫県では主に小型底びき網と刺網で漁獲される。漁獲量は少ないものの白身の高級魚であり，地先定着種としての放流効果が期待されたためか，本県では 1982 年から種苗生産試験が始まった（五利江 1994）。2001 年からは事業化され，現在では毎年全長 15 mm サイズ 15 万尾の生産計画

が立てられており，中間育成後（全長 50 mm）の放流尾数は毎年 10 万尾に上っている。

種苗放流（栽培漁業）は資源管理型漁業を推進していくための重要な方策の一つであるが，それと同時にオニオコゼの漁獲実態・年齢と成長・成熟等の資源特性を明らかにし，放流効果や資源水準の評価を並行して行うことが，効率的な栽培漁業の実施に不可欠である。

兵庫県では，これまでオニオコゼの稚魚期の生態や成長，餌生物に関する報告があるほか（長浜ら

*Tel: 078-941-8601. Fax: 078-941-8604. Email: Shigeaki_gorie@pref.hyogo.lg.jp
兵庫県立農林水産技術総合センター水産技術センター（674-0093 兵庫県明石市二見町南二見 22-2）

1985, 1986; 長浜・丹下 1987; 川村ら 1990; 五利江 1996), 放流効果調査に有効な外部標識法(鰓蓋切除)も開発されている(南浦 2010)。しかしながら, 資源特性に関する報告例はない。

他の海域においてもオニオコゼの年齢と成長, 成熟に関する知見は少ないが, 成長については群分離(有山 1995)や後翼状骨(渡辺ら 2003), 耳石(清川ら 2000; 鈴木 2006; 岩本 2013)を用いて年齢が推定されている。また成熟に関しては, 渡辺(2006, 2012)が詳細に報告している。

本研究では, オニオコゼの耳石が年齢形質となることを確認し, 耳石薄層切片に観察される不透明帯の出現状況を判定する新たな指標として, 不透明帯スコアを提案する。そして, オニオコゼの年齢と成長, 成熟等を明らかにするとともに, 本研究によって明らかとなったオニオコゼの資源特性に基づき, 資源管理方策案を提示する。

材料および方法

市場調査 大阪湾で操業する仮屋漁業協同組合(仮屋漁協), 大阪湾南部・紀伊水道北部で操業する由良町漁業協同組合(由良町漁協), および紀伊水道で操業する南淡漁業協同組合(南淡漁協)の市場(Fig. 1)で水揚げされたオニオコゼ 1,191 尾を生物測定用に購入し, 一部(242 尾)は市場で全長(1 cm 単位)を測定した。調査期間は 2008 年 4 月~2013 年 12 月である。オニオコゼは, 仮屋漁協では小型底びき網によって, 由良町漁協では小型底びき網と刺網で, また南淡漁協では主に刺網で漁獲されている。

南淡漁協地先には, 2008 年度に鰓蓋の先端部切除を外部標識(南浦 2010)としたオニオコゼが放流されているため, 市場調査時には標識の有無を確認し, 放流魚(15 尾)は全て水産技術センターに持ち帰った。

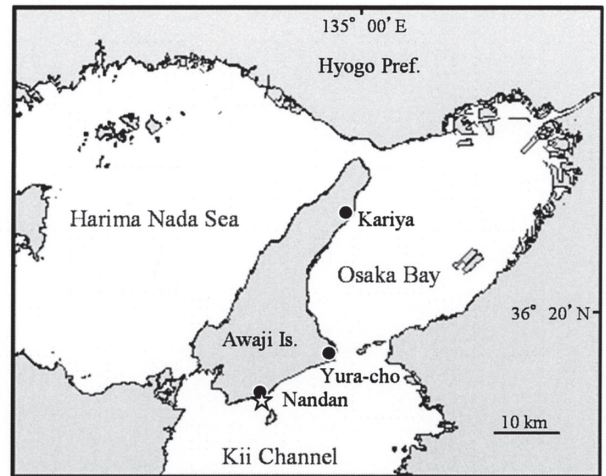


Fig. 1 Sampling locations of devil stinger in Awaji Island, Hyogo Prefecture, Japan. Locations of Kariya, Yura-cho, and Nandan Fisheries Cooperative Associations are indicated by closed circles. The release site of marked juvenile devil stinger is shown by an open star.

生物測定 全長(TL, mm)・体重(BW, 0.1 g)・生殖腺重量(GW, 0.01 g)を測定後, 性別と成熟度(Table 1)を判定した。耳石を取り出して洗浄し, 付着物を除去した後, 水分をふき取ってからビニール袋に入れて保存した。

生殖腺熟度指数(GSI)は, 次式により求めた。

$$GSI(\%) = GW \cdot BW^{-1} \cdot 100$$

年齢査定 耳石が隠れる程度に水を張った小型フラットシャーレに2つの耳石を並べ, 実体顕微鏡下(透過光)で耳石表面の全体写真を撮影した。

原則として右側の耳石を用い, Katayama *et al.* (2002) および増田・野呂(2003)の方法を参考に, 耳石をポリエステル樹脂に包埋後, 短軸方向に厚さ約 0.3 mm の連続薄層切片を作製した。切断した切片を風乾後, ステッキワックスでスライドガラスに貼り付けて研磨し(耐水研磨紙: #800, 1200), 0.2 N の塩酸に 30~60 秒間浸漬してエッチングを行った後, 市販の透明マニキュアを塗布して顕微鏡下で観察した。耳石薄層切片の縁辺部に見られる透明帯・不透明帯(輪紋)が年1回形成されるという周期性

Table 1 Criteria to determine the gonadal maturity of devil stinger based on the gross morphology of the gonad

Maturity scale	Male	Female
Immature	Immature, small and firm tissue	Immature, small and firm tissue, individual oocytes not visible with the naked eye
Maturing	Testis development in progress	Ovary development in progress, individual oocytes visible, transparent eggs are found
Spawning	Spermiation, sperm is found in the sperm duct, a small amount of seminal fluid may hardly be released by pressure on the abdomen	Ovulation, matured eggs are found in the ovary and oviducts, eggs flow outside by pressure on the abdomen
Spent-recovery	Spent	Spent

を確認するため、耳石中心部の横断面が得られている薄層切片を選び、複数枚の顕微鏡写真を撮影した（全体図と拡大図）。オニオコゼの耳石薄層切片の縁辺部は、透明帯・不透明帯の形成状況が様ではなく、一部分のみで耳石縁辺部が不透明帯であるか否かを判断するのは困難である。そこで、不透明帯（輪紋）の数が5以下の個体は、Fig. 2aに示す耳石縁辺部A~Dの4カ所を観察し、A~Dを、1) 透明帯、2) 不明瞭（透明帯・不透明帯の判断が困難）、3) 不透明帯、の3段階で評価し、それぞれに0, 1, および2の点数を与え、合計得点を「8」で除した値を不透明帯スコアとした。たとえば、ある耳石薄層切片の縁辺部の4カ所が、「透明帯」、「不明瞭」、「不明瞭」、および「不透明帯」と判断された場合、その耳石の不透明帯スコアは $(0+1+1+2) \cdot 8^{-1} = 0.5$ と計算される。採集月別に各耳石の不透明帯スコアを集計し、平均値を算出して月別不透明帯スコアとした。輪紋数が多いと耳石縁辺部が判別しにくいいため、本研究では輪紋数が6以上の個体は、不透明帯スコアの評価から除外した。

複数回の見直しを行い、年齢の査定結果に迷う場合は査定から除外した。そして耳石の採集月・表面写真（若齢魚）・薄層切片の輪紋数、および縁辺部の

透明帯・不透明帯の形成状況（幅）等を考慮して、総合的に年齢を判断した。生物測定を行った1,191尾のうち、雌雄別に年齢査定が可能であったのは1,109尾であった（判読率, 0.931）。

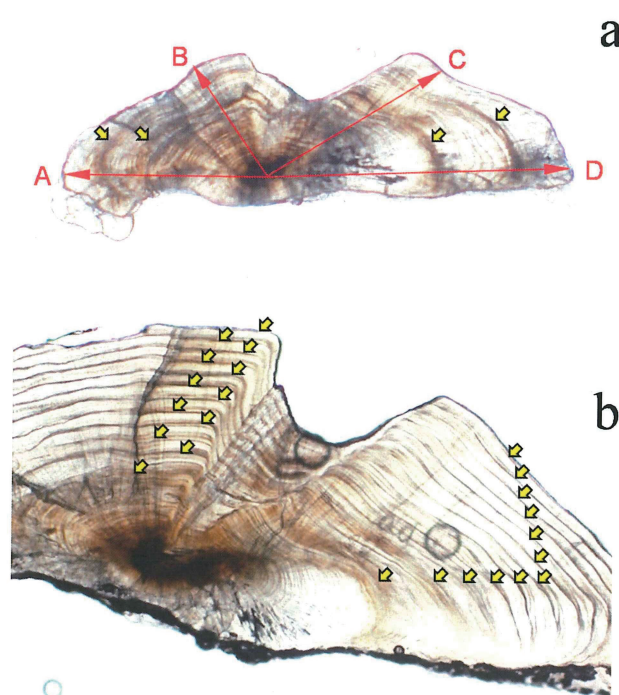


Fig. 2 Transverse section of sagittal otoliths (0.3 mm thick). a: hatchery-reared mark-released devil stinger (age-2). A–D indicate observation points where otolith margin is regarded as 1) translucent, 2) indeterminate, and 3) opaque. b: transverse section of a sagittal otolith inferred as age-12. Yellow thick arrows indicate otolith annuli (opaque zone).

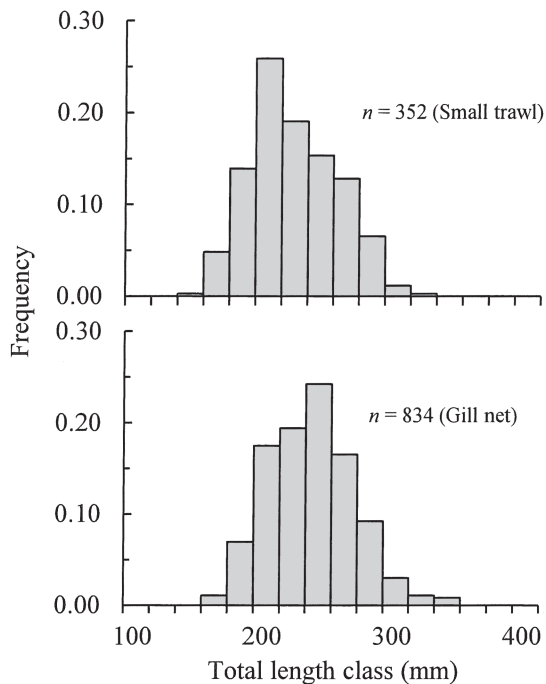


Fig. 3 Length frequency distribution of devil stinger in Osaka Bay and the Kii Channel caught by the small trawl and gill net fisheries from 2008 to 2013. *n*: sample size.

年齢の表記は暦年齢とし、生まれた年を0歳と数え、生まれ年の1月1日から年齢を起算した。

成長式には von Bertalanffy の成長式を当てはめ、Excel のソルバーを用いた非線形最小二乗法により (五利江 2001)、雌雄別に成長式のパラメータを推定した。天然魚と放流魚の成長差はないと思われたため、パラメータの推定時に両者を区別しなかった。**統計解析** 統計解析には EZR (Kanda 2013) を用い、性比の検定には 1 標本比率検定を適用した。

結 果

漁業実態 大阪湾・紀伊水道で水揚げされるオニオコゼは、主に小型底びき網と刺網で漁獲される。小型底びき網では TL 130 mm から漁獲され始め、そのモードは 200 mm であった。一方刺網の漁獲加入は TL 150 mm、モードは 240 mm となって、小型底びき網よりも刺網の方が大きかった (Fig. 3)。また、測

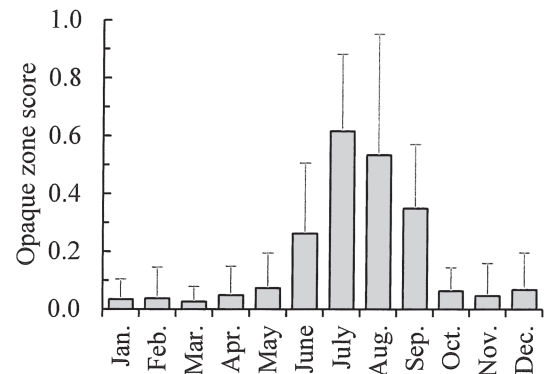


Fig. 4 Monthly change in the mean opaque zone score of the transverse section of sagittal otolith of devil stinger from age-0 to 5 caught in Osaka Bay and the Kii Channel from 2008 to 2012. Vertical bars show standard deviation.

定したオニオコゼ雄の全長範囲は 133~299 mm、雌は 140~340 mm で、漁獲物の年齢は 2・3 歳魚が多く、5 歳までで全体の約 80% を占めていた。

年齢と成長、成熟 不透明帯スコアの推移は、耳石縁辺部の不透明帯が 6 月から 9 月にかけて年 1 回形成され、毎年 7 月にピークを迎えることを示している (Fig. 4)。したがって、耳石薄層切片に見られる不透明帯 (輪紋) 数は年輪であり、年齢形質として利用できる。本研究では、耳石の不透明帯数に基づいて Fig. 2a を 2 歳、Fig. 2b を 12 歳と査定した。2 歳と査定した個体 (Fig. 2a) は標識放流魚 (左鰓蓋切除) で、年齢が明らかな個体であり (2 歳)、不透明帯数に基づいた査定結果と実年齢は一致した。この例に限らず、耳石薄層切片を用いた推定年齢と放流魚の実年齢は全て一致した。年齢査定できた最高齢は、雌雄とも 19 歳であったが (Fig. 5)、確定できなかったものの、20 歳を超える個体も確認できた (五利江 未発表)。

査定年齢と全長から、雌雄別に成長式のパラメータを推定した (Fig. 5)。雌雄とも 5 歳以降の成長は停滞し、成長が頭打ちになる様子が見られた。雌の成長が早く、雌雄別の極限体長もそれぞれ 287 mm、252 mm と、雌の方が大きかった。しかし年齢ごとの全長幅や、全長階級ごとの年齢組成幅は大きく、測

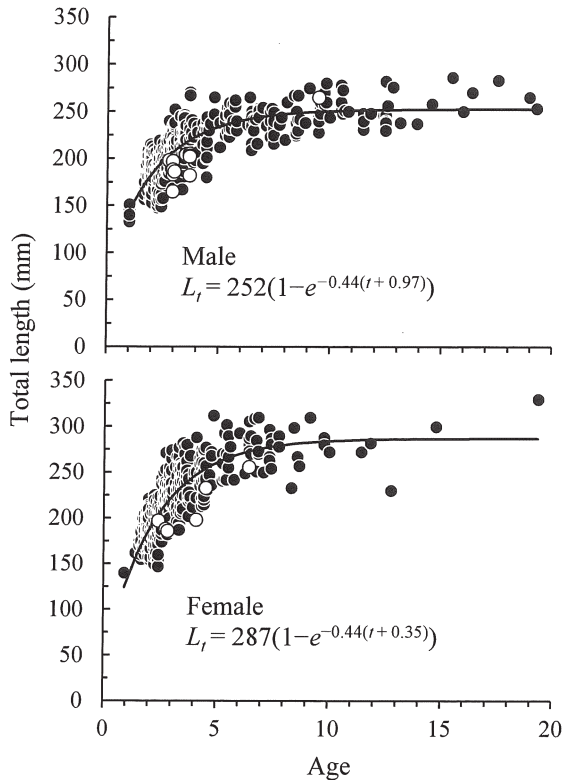


Fig. 5 Von Bertalanffy's growth formulae of devil stinger caught in Osaka Bay and the Kii Channel from 2008 to 2012. Closed circle: wild specimen; open circle: hatchery-reared mark-released specimen. L_t : total length at t ; t : chronological age.

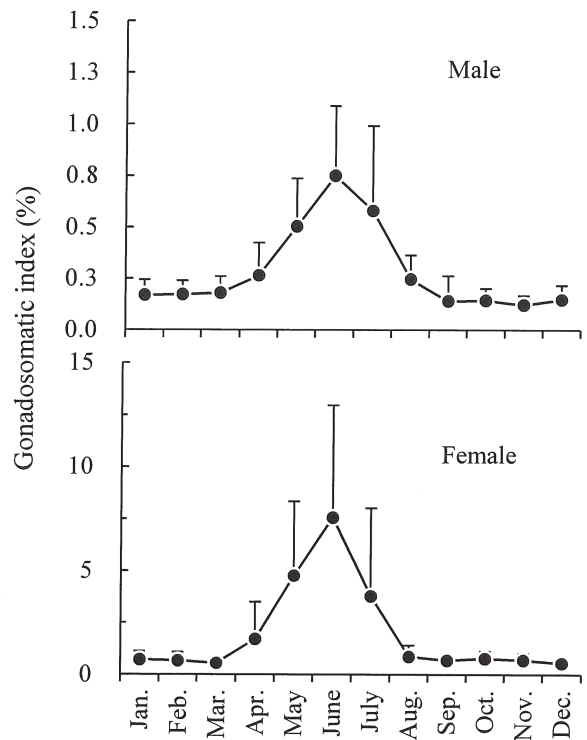


Fig. 6 Monthly change in the mean gonadosomatic index (GSI) of devil stinger caught in Osaka Bay and the Kii Channel from 2008 to 2012. Vertical bars show standard deviation.

定した雌雄の最大全長はそれぞれ 340 mm, 299 mm で、推定値よりも実測値の方が大きくなった。また天然魚と放流魚の成長差は見られなかった。

生殖腺熟度指数 (GSI) は、雌雄とも 4 月から上昇し始め、6 月にピークを迎えた後、7 月に急減した (Fig. 6)。5~7 月の、全長階級ごとの生殖腺の成熟度は雌雄で異なり、雌は 180 mm で、雄は 160 mm で成熟個体が出現し、雌雄とも 2 歳 (暦年) であった (Fig. 7)。

全長階級別の性比は、TL 220 mm まで 1:1 とみなせたが、240 mm 以降では雌に偏った (Fig. 8) (240 mm 階級: $p = 0.025$)。ただし、全体の性比は 1:1 であった (雄: $n = 450$; 雌: $n = 495$, $p = 0.15$)。

全長-体重関係を Fig. 9 に示した。

考 察

オニオコゼの年齢査定は、これまでに群分離 (有山 1995)、後翼状骨 (渡辺ら 2003)、加熱処理した耳石 (鈴木 2006)、耳石薄層切片 (清川ら 2000; 岩本 2013) によるものが報告されており、後翼状骨を用いて年齢査定された 12 歳が今までの最高齢である。しかし岩本 (2013) は、後翼状骨輪紋の形成には生息環境が大きく影響し、高齢魚の輪紋形成が不全となる場合があるため、耳石を利用した年齢査定の方が、より適していると判断している。またオニオコゼに限らず、近年の魚類の年齢査定では耳石の薄層切片が用いられることが多く (増田・野呂 2003; 厚地ら 2004; 浦邊ら 2007; Katayama *et al.* 2010; 吉田ら

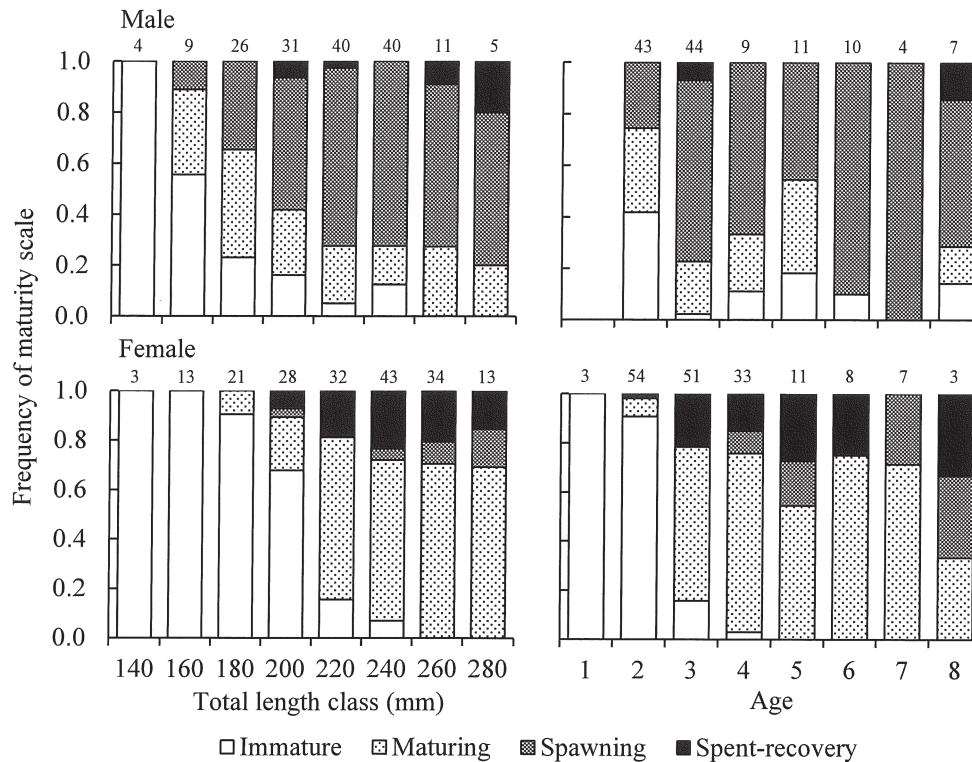


Fig. 7 Frequency of maturity scale from May to August in different total length classes and age of devil stinger caught in Osaka Bay and the Kii Channel from 2008 to 2012. Above, male; below, female. Sample size is given for each size class and age.

2011; 長野ら 2014), 本手法は, 標準的な手法の一つになっていると言えよう。

通常, 耳石薄層切片に見られる透明帯・不透明帯(輪紋)が年1回形成されることを利用して年齢を査定する(増田・野呂 2003)。オニオコゼの耳石薄層切片の縁辺部は, 透明帯・不透明帯の形成状況が一樣ではないため, 一部分のみで耳石縁辺部が不透明帯であるか否かを判断するのは困難である。これは, 1) オニオコゼの耳石形状が不定で, 薄層切片の作製時に耳石長軸方向に対し, 直角に切断するのが難しい, 2) 耳石全体が一樣に肥厚せず, 透明帯・不透明帯の形成時期によって耳石の成長方向が変化する(Katayama *et al.* 2010; 吉田ら 2011; 長野 2014) ことなどから, 薄層切片の観察部位によって透明帯・不透明帯の形成状況が異なっているためと思われる。このような場合, 耳石縁辺部が不透明帯か否か, 二者択一の評価は困難である。そこで本研究では, 耳

石縁辺部4カ所の不透明帯形成状況を3段階で評価した不透明帯スコアを計算し, 指標とした。不透明帯スコアは薄層切片の不透明帯の形成状況を数値化して定量評価できるため, オニオコゼだけでなく他の魚種でも有効となろう。

不透明帯スコアは耳石縁辺部における不透明帯の出現状況の指標であり, その月変化が7月をピークとする一峰性のグラフを示すことから, オニオコゼの耳石薄層切片に見られる不透明帯(輪紋)は年1回形成され, 年齢形質となることが確認された(岩本 2013)。また, 年齢が明らかな標識放流魚の耳石輪紋数と年齢が一致することからも, 不透明帯(輪紋)数を基準とした年齢査定 of 妥当性が支持される。

飼育条件下のオニオコゼの産卵期は, 6月中旬~8月中旬である(五利江 1994)。また GSI の推移から, 大阪湾・紀伊水道の兵庫県海域におけるオニオコゼの産卵期は6~8月, 産卵盛期は7月(Fig. 6)と思

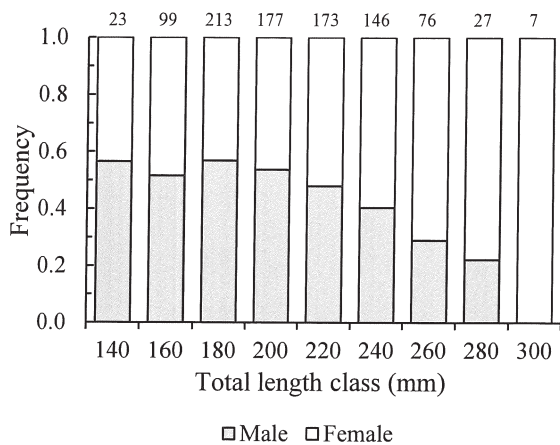


Fig. 8 Sex ratio of devil stinger in different total length classes caught in Osaka Bay and the Kii Channel from 2008 to 2012. Sample size is given for each size class.

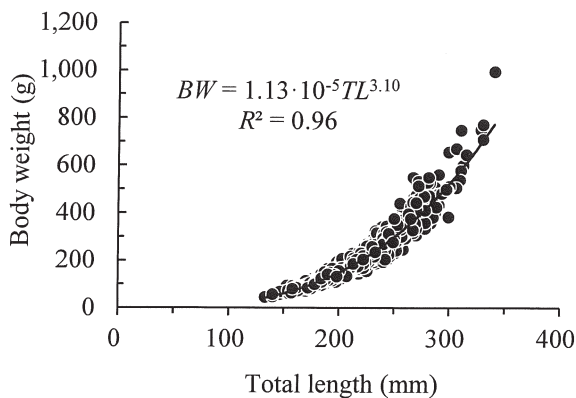


Fig. 9 Total length (TL , mm)–body weight (BW , g) relationship of devil stinger caught in Osaka Bay and the Kii Channel from 2008 to 2012.

われる。したがって、不透明帯の形成時期は産卵期と一致し、不透明帯の内縁（透明帯の外縁）を年齢起算の基準とすることが妥当である（岩本 2013）。

また、当海域でオニオコゼの満年齢を計算する場合には、7月を起算として年齢を査定すべきであろう。

満年齢時の計算全長を他の海域と比較してみると（岩本 2013）、本研究のオニオコゼの成長が一番早い結果となった（Table 2）。これには水温や餌生物の差が反映されている可能性（有山 1995）も否定できないが、それよりもこれまでの報告例を含め、小

型魚の測定尾数が少なく、推定した成長式が若齢魚の成長を正しく反映していない可能性があるほか、個体ごとの成長差が大きいため、計算全長の点推定値だけで海域別の成長を比較することには問題があると思われる。全長の実測値と成長式からの誤差に正規分布を仮定すると、雌雄それぞれの標準偏差（SD）は 19.0 と 16.0 と計算される。平均値 $\pm 2SD$ を考慮すると、満 1 歳時の全長範囲は、雌で 161 ± 38 mm、雄では 167 ± 32 mm 程度となるため、他の海域と比較した場合、成長差があるのは日本海（新潟）の報告例だけかもしれない。

本研究では、放流魚の成長は天然魚と同等であると判断した（Fig. 5）（清川ら 2000; 荒巻ら 2013）。放流魚の成長が天然魚に劣るという報告もあるが（有山 1995）、適正放流サイズが TL 50 mm 程度であること（尾串 2008）を考慮すると、放流サイズが小さかった（TL 28~40 mm）ことが影響していると思われる。

当海域のオニオコゼの成長と漁獲物の全長組成から見て、漁獲加入年齢は 1 歳である。最高齢は雌雄とも 19 歳であったが（Fig. 5）、20 歳を超える個体も確認できた。これまで報告されている最高齢は 12 歳であり（渡辺ら 2003）、オニオコゼにこのような高齢魚が存在することは、本研究で初めて明らかとなった。これにより、現段階ではオニオコゼの寿命は 20 年程度と考えられるが、今後他の海域での報告例を含め、新たな知見が得られることを期待したい。

仮に寿命を 20 年と仮定すると、田内・田中の方法（田中 1960）により、漁獲加入後の自然死亡計数（ M ）は、 $M = 2.5/20 = 0.125$ と推定できる。また漁獲加入後 20 年で 95% が死亡すると仮定した場合、 $M = 0.15$ と計算される。

漁獲物の年齢組成は若齢魚に偏っているため、年齢別の漁獲尾数を推定する際には、5 歳あるいは 6

Table 2 Age and total length (mm) of devil stinger estimated by von Bertalanffy's growth formulae in Osaka Bay and the Kii Channel

Age	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Male	167	197	217	230	238	243	246	248	250	251
Female	161	206	235	254	266	273	278	281	283	285

歳以上をプラスグループとして取り扱うのが妥当と思われる。

雄の生物学的最小形は TL 160~180 mm, 雌のそれは 180~200 mm であった (Fig. 7)。したがって, 雌雄とも 2 歳になった産卵期から, 成長の早い一部の個体が産卵に加わると推定される (Fig. 5)。

全長 240 mm 階級から大型魚の性比は雌に偏るが, 全体の性比は 1:1 とみなせるため, 年齢別の性比も 1:1 とみなして差し支えないであろう。

オニオコゼの資源管理を考える場合, 成熟全長を管理基準にすることも一つの方法である。なぜなら, 漁獲されるまでに最低 1 回は産卵に関与させるのが妥当と思われるからである。したがって, 種苗放流に加えて小型魚 (未成魚) の保護を資源管理手法とするのであれば, TL 200 mm 以下の再放流が妥当であろう。さらに産卵親魚を保護するのであれば, 主産卵期 (前) となる 5~7 月に, 雌の割合が多い TL 240 mm 以上, あるいは外見からを雌と判別できる個体を保護することも考慮すべきと思われる。

耳石薄層切片を用いることによって, 高齢魚まで年齢査定が可能であった。しかし, ヒラメやマダイでは, ほぼ全個体の年齢査定が可能であることに比べ (判読率: ヒラメ, 0.996; マダイ, 0.998) (五利江未発表), オニオコゼの判読率は低い (0.931)。耳石形状が不定であることが最大の原因であり, 標本数を増加させる以外に解決策がないように思われる。

これまで, 1 歳までの若齢魚と 10 歳以上の高齢魚の測定例が少ないため, 特に 10 歳以上の成長につ

いては, 今後の研究が必要である。Age-length key の必要性が生じた場合等, なるべく大型魚の年齢組成を明らかにすることが重要であろう。また全長組成別や年齢別の成熟率に関する知見も不足している。

今回, 年齢の表記方法には満年齢ではなく暦年齢を用いたが, 成長式の極限体長と成長係数のパラメータは両年齢とも同一で, 7 月を基準月とする満年齢時の全長は, 暦年齢から -0.5 歳時の全長である。年齢が暦年表記であれば, 起算日が産卵月によらないので, 海域ごとの成長差を比較しやすいと思われるが, 一般的ではない。しかし, 年齢別漁獲尾数を算出する場合には, 暦年集計となっている漁獲統計資料との整合性を図るため, 暦年齢が用いられており, 今後の検討が望まれる。

文 献

- 阿部宗明 (1989) かさご科. 「原色魚類検索図鑑 I」, 北隆館, 東京, 205.
- 荒巻 裕・中島則久・古川泰久・金丸彦一郎 (2013) 唐津湾海域におけるオニオコゼの移動と成長に関する研究-1. 佐玄水振セ研報, 6, 95-98.
- 有山啓之 (1995) 大阪湾におけるオニオコゼの成長. 大阪水試研報, 9, 33-39.
- 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.
- 五利江重昭 (1994) 兵庫県におけるオニオコゼ種苗

- 生産の現状と問題点. 兵庫水試研報, **31**, 65–77.
- 五利江重昭 (1996) 飼育条件下でのオニオコゼ稚魚の成長について. 兵庫水試研報, **33**, 1–4.
- 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.
- 岩本俊樹 (2013) 岡山県東部海域におけるオニオコゼの年齢と成長及び成熟. 岡山水研報告, **28**, 23–30.
- Kanda Y (2013) Investigation of the freely available easy-to-use software ‘EZR’ for medical statistics. *Bone Marrow Transplant*. **48**, 452–458.
- Katayama S, Ishida T, Goto K, Iizuka K, Karita K (2002) A new aging technique by UV light observation of burnt otoliths for the conger eel *Conger myriaster* (Brevoort). *Ichthyol. Res.* **49**, 81–84.
- Katayama S, Yamamoto M, Gorie S (2010) Age compositions of flatfish stocks as determined by a new otolithometric method, its application in the estimation of growth, spawning potential and fisheries management. *J. Sea Res.* **64**, 451–456.
- 川村芳浩・永山博敏・末原裕幸 (1990) オニオコゼ仔魚の初期生物餌料であるシオミズツボワムシの必要性の検討. 兵庫水試研報, **27**, 27–31.
- 清川智之・曾田一志・佐々木 正 (2000) 島根県東部沿岸における放流オニオコゼ人工魚の再捕状況について. 栽培技研, **28**, 17–23.
- 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への勧め. 鹿児島大学水産学部紀要, **52**, 51–56.
- 南浦達也 (2010) オニオコゼ幼魚における鰓蓋切除による外部標識の有効性. 水産増殖, **58**, 351–356.
- 長浜達章・丹下勝義・生田和明・永山博敏 (1985) オニオコゼの種苗生産に関する研究－I 飼育水槽における産卵について. 兵庫水試研報, **23**, 39–42.
- 長浜達章・丹下勝義・永山博敏 (1986) 小型水槽におけるオニオコゼ仔稚魚の飼育. 兵庫水試研報, **24**, 11–17.
- 長浜達章・丹下勝義 (1987) 種苗生産したオニオコゼ稚魚の潜砂行動について. 兵庫水試研報, **25**, 47–52.
- 長野昌子・片山知史・中村充志・甲斐史文・齋藤友則 (2014) 耳石を用いた日向灘産マダイの年齢査定. 宮崎水試研報, **15**, 1–8.
- 尾串好隆 (2008) 響灘山口県沿岸におけるオニオコゼ人工種苗の放流効果について. 山口水研研報, **6**, 79–87.
- 鈴木洋行 (2006) 加熱処理した耳石を用いた有明海におけるオニオコゼの年齢と成長. 長崎水試研報, **32**, 1–5.
- 田中昌一 (1960) 水産生物の population dynamics と漁業資源管理. 東海区水研研報, **28**, 1–200.
- 浦邊清治・横越 淳・鴨野裕紀・増田育司 (2007) 耳石横断薄層切片を用いて解析した富山湾産ヒラメの年齢と成長. 富山水試研報, **18**, 1–11.
- 渡辺憲一・貝田雅志・花田利香子・伊藤 東 (2003) 新潟県沿岸海域におけるオニオコゼ *Inimicus japonicus* の年齢と成長および産卵期. 日水誌, **69**, 201–207.
- 渡辺憲一 (2006) 天然および養成オニオコゼ *Inimicus japonicus* 雌の成熟. 水産増殖, **54**, 495–503.
- 渡辺憲一 (2012) 養成オニオコゼ *Inimicus japonicus* 雄の成熟. 水産増殖, **60**, 227–232.
- 吉田雅範・片山知史・藤井徹生・野呂恭成 (2011) 青森県日本海海域におけるヒラメの年齢と成長. 青産技セ水研研報, **7**, 1–8.

和文要旨

兵庫県大阪湾・紀伊水道海域におけるオニオコゼの資源特性を明らかにした。耳石薄層切片に観察される不透明帯が年1回7月頃に形成され、耳石が年齢形質となることが確認できた。査定できた最高齢は、雌雄とも19歳であった。成長式は、雄では $L_t = 252(1 - e^{-0.44(t + 0.97)})$ 、雌では $L_t = 287(1 - e^{-0.44(t + 0.35)})$ 、全長-体重関係式は $BW = 1.13 \cdot 10^{-5} TL^{3.10}$ と推定された (L_t : t 時の全長 (mm), t : 暦年齢, BW : 体重 (g), TL : 全長 (mm))。産卵期は6~8月、盛期は7月と考えられた。漁獲加入年齢は雌雄とも1歳、生物学的最小形は、雄は全長160~180 mm、雌は180~200 mm であり、雌雄とも2歳から産卵に加わると推定された。雌の成長は雄を上回るため、性比は全長240 mm 階級から雌に偏ったが、年齢別の性比は1:1と思われた。資源管理方策として、現状の種苗放流に加えて全長200 mm 以下の保護、また産卵期前(5~7月)には、全長240 mm 以上もしくは雌を保護することが望ましいと考えられた。

オニオコゼの資源特性

Appendix 1 Population characteristics of devil stinger in Osaka Bay and the Kii Channel, off Hyogo Prefecture

Growth formulae	Male: $L_t = 252(1 - e^{-0.44(t+0.97)})$ Female: $L_t = 287(1 - e^{-0.44(t+0.35)})$
TL-BW relationship	$BW = 1.13 \cdot 10^{-5} TL^{3.10}$
Sex ratio	1:1
Spawning period	From June to August (peak period in July)
Fishery recruitment	Age-1 (both sexes)
First maturation	Age-2 (both sexes)
Life span	At least 19 years
Natural mortality coefficient (M)	M = 0.125

L_t , total length at t ; t , chronological age; BW , body weight (g); TL , total length (mm).

Appendix 2 Sex ratio and number of fish at age by total length class of devil stinger in Osaka Bay and the Kii Channel, off Hyogo Prefecture

Total length class (mm)	Rate of Male ^b	Male							<i>n</i>	Female						<i>n</i>	
		Age-1	Age-2	Age-3	Age-4	Age-5	Age-6<	Age-1		Age-2	Age-3	Age-4	Age-5	Age-6<			
-140	1.00	1							1								
140-160 ^a	0.59	5	12						17	1	10						11
160-180	0.52	15	52	2					69	28	37						65
180-200	0.56	34	111	13	2				160	44	78	5	1				128
200-220	0.55	17	43	44	7	1	5		117	7	70	21	2				100
220-240	0.52		12	36	16	8	25		97		35	43	14			2	94
240-260	0.45		1	10	5	11	44		71		17	35	19	7		6	84
260-280	0.29			2	1	1	15		19		1	13	15	6	10		45
280-300	0.24						4		4			2	1	2	14		19
300-320	0.00												1	1	5		7
320-	0.00															1	1

Age, chronological age; *n*, number of fish examined; a, from 140 mm and over to less than 160 mm; b, including age undetermined specimens.

Appendix 3 Maturity rate from May to August examined by the age of devil stinger in Osaka Bay and the Kii Channel, off Hyogo Prefecture

Age	Male	<i>n</i>	Female	<i>n</i>
Age-1	ND	NA	0.00	3
Age-2	0.58	43	0.09	54
Age-3	0.98	44	0.84	51
Age-4	0.89	9	0.97	33
Age-5	0.82	11	1.00	11
Age-6<	0.93	42	1.00	21

Age, chronological age; *n*, number of fish examined; ND, not determined; NA, not available.