

# 京都府沖合海域における耳石を用いた アカガレイ若齢期の年齢と成長

柳下直己, 山崎 淳

Age and Growth of *Hippoglossoides dubius* when Young, Estimated from Otoliths  
in the Waters off Kyoto Prefecture

Naoki Yagishita\* and Atsushi Yamasaki

Age and growth of flathead flounder *Hippoglossoides dubius* when young were estimated from sagittal otoliths of 381 small specimens (28–177 mm in body length) collected off Kyoto Prefecture, Japan. Examination of outer margin of the otolith showed that opaque and hyaline zones composed the ring mark that was formed once a year. Body length ( $L_t$ , mm) at full age in year ( $t$ ) was calculated using on equation of body lengths and otolith radii, and each ring formation radius as follows;  $L_1=50.7$ ,  $L_2=85.3$ ,  $L_3=120.0$ . There was no sexual difference in growth till 3 years.

キーワード：アカガレイ, 耳石, 若齢期, 年齢, 成長

京都府において、アカガレイ *Hippoglossoides dubius* は沖合および小型底曳網漁業により漁獲されており、底曳網漁業における漁獲金額に占める割合は近年10%前後と、ズワイガニ *Chionoecetes opilio* に次ぐ重要資源である。京都府内における本種の漁獲量は、1975年には411トンであったが、1984年以降は減少を続け1992年には54トンとなった。その後、1997年には152トンまで増加したが、資源が完全に回復したとは言い難い。

アカガレイの適切な資源管理を行うためには、本種の生態的知見は不可欠であり、京都府沖合海域においては食性(内野ら, 1994)、主産卵期と成熟体長(内野ら, 1995)、標識放流からみた移動(内野ら, 1997)、産卵期の分布様式(山崎ら, 1999)の報告があるが、年齢と成長については明らかにされていない。日本海西部海域における本種の年齢と成長については、宇野(1994a)による石川県、福井県、兵庫県の3県沖合および鳥取県沖合の報告がある。本種の耳石輪紋は高齢魚において不明瞭であるため、宇野(1994a)は鱗の輪紋を用いているが、3県沖合海域と鳥取県沖合海域では、若齢時からその推定結果に大きな相異がみられる。

そこで、本研究では小型個体の耳石を用いて、京都府沖合海域におけるアカガレイ若齢期の年齢と成長を明らかにした。

## 材料および方法

2002年7月から2005年2月の期間に京都府沖合海域

で桁曳網、ズワイガニ籠および小型底曳網で採捕された399個体を用いた(Fig. 1, Table 1)。

得られた標本の体長( $BL$ :下顎前端から下尾骨の後端まで)を1 mm単位で測定した。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(扁平石)を摘出して水洗後蒸留水中に保存した。

無眼側の耳石を99.5%エタノールに浸し、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50倍に拡大し観察を行った。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観察された(Fig. 2)。輪紋の読み取り位置を不透明帯の内縁とし、耳石の中心部( $F$ )から後方に、長径に沿って輪紋径( $r_1, r_2, \dots, r_n$ , mm)と耳石径( $R$ , mm)を1/1,000 mm単位で測定した。

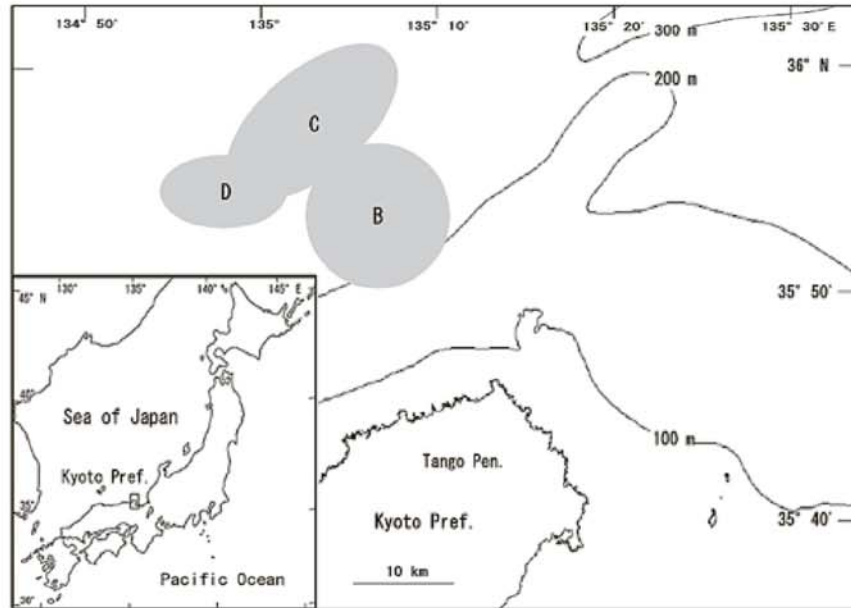
耳石輪紋の形成時期を明らかにするために、縁辺部における透明帯、不透明帯の出現を調べ、輪紋群ごとに不透明帯の月別出現割合を求めた。

耳石径と体長との関係式を求め、各輪紋形成時の輪紋径を代入することによって、各輪紋形成時の体長を算出した。

## 結 果

輪紋は雌雄とも4輪まで確認できたが、3輪を超えると輪紋の判読が極めて困難で不確実になると考えられたため、3輪魚までの381個体について成長解析を行った。耳石縁辺部における不透明帯の月別出現割合を、輪紋群ごとにFig. 3に示した。不透明帯の出現割合は4~7月に高く、どの輪紋群においても9~12月

\* 近畿大学大学院農学研究科 (Graduate School of Agriculture, Kinki University, Nakamachi 3327-204, Nara 631-8505, Japan)



**Fig. 1** Sampling area (shaded) and contours of depth off Kyoto Prefecture. B, beam trawl; C, crab trap; D, Danish seine.

**Table 1** Sampling data of *H. dubius* used in this study

| Date         | Fishing gear* | No. of specimens |            |            | BL (mm)       |               |              |
|--------------|---------------|------------------|------------|------------|---------------|---------------|--------------|
|              |               | Male             | Female     | Indistinct | Male          | Female        | Indistinct   |
| July, 2002   | B             | 11               | 13         |            | 57- 79        | 59- 79        |              |
| Aug.         | B             | 17               | 24         |            | 66-131        | 69-146        |              |
| Sep.         | C             | 1                |            |            | 77            |               |              |
| Dec.         | B             | 22               | 25         |            | 61-122        | 57-121        |              |
| Mar., 2003   | B             | 25               | 10         |            | 57-107        | 76-107        |              |
| Sep.         | C             |                  | 4          |            |               | 73- 94        |              |
| Oct.         | B             | 18               | 23         |            | 85-133        | 65-131        |              |
| Apr., 2004   | B             | 13               | 14         |            | 73-163        | 65-161        |              |
| May          | D             | 4                | 21         |            | 143-152       | 103-159       |              |
| June         | B             | 21               | 13         |            | 67-162        | 79-172        |              |
| Nov.         | B             | 9                | 12         |            | 99-164        | 99-177        |              |
| Jan., 2005   | B             | 17               | 16         | 14         | 57-152        | 56-166        | 30-54        |
| Feb.         | B             | 25               | 21         | 6          | 67-158        | 64-168        | 28-52        |
| <b>Total</b> |               | <b>183</b>       | <b>196</b> | <b>20</b>  | <b>57-164</b> | <b>56-177</b> | <b>28-54</b> |

\*B, beam trawl; C, crab trap; D, Danish seine.

では0%であった。このことから、透明帯および不透明帯はそれぞれ年1回形成されると考えられた。また、不透明帯の出現割合が増加し始めるのは、1輪群および2輪群では3月、3輪魚では2月であることから、平均的な不透明帯形成開始期は2月から3月であると考えられた。この傾向に雌雄の違いは認められなかった。

推定された輪紋形成時期の前後（1～3月）に採集された0～3輪群の体長組成を耳石縁辺部が透明帯、不透明帯個体に区分けてFig. 4に示した。0輪群は全て透明帯個体で、体長範囲は28～69mm、平均

51.6mmであった。1輪群は不透明帯と透明帯個体が出現し、前者は体長64～66mm、平均65.0mm、後者は体長57～104mm、平均80.0mmであった。2輪群は不透明帯個体の体長が79～96mm、平均88.0mm、透明帯個体の体長が92～142mm、平均115.9mmであった。3輪群は不透明帯個体の体長が94～145mm、平均122.3mm、透明帯個体の体長が137～168mm、平均153.0mmであった。

雌雄における耳石径と体長との関係は一次式で表され、共分散分析で比較した結果、傾きおよび切片に雌雄の違いは認められなかったため、関係式を雌雄併せ

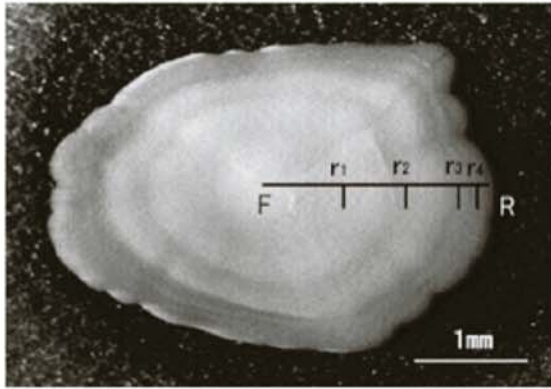


Fig. 2 Sagittal otolith of *H. dubius* showing the axis of measurement. F, focus; R, otolith radius;  $r_1$ - $r_4$ , the first to the fourth radii.

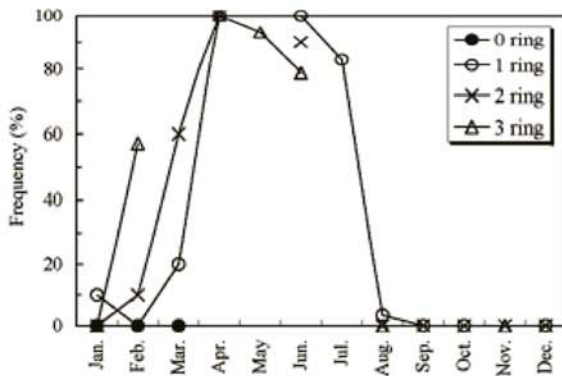


Fig. 3 Monthly change in frequency (%) of opaque zone at the outer margin of the otolith by the ring group in *H. dubius*.

て求めた (Fig. 5)。

$$BL = 67.369R - 4.903 \quad (r^2 = 0.929, N = 381) \quad (1)$$

輪紋群別の各平均輪紋径を Table 2 に示した。各輪紋径が高齢魚になるほど小さく算出される Lee 現象が第 1 輪および第 2 輪で見られたが、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。

各輪紋径を (1) 式に代入し、各輪紋形成時の計算体長を算出したところ、各輪紋形成時 ( $t$ ) における計算体長 ( $L_t$ , mm) は、 $L_1 = 50.7$ ,  $L_2 = 85.3$ ,  $L_3 = 120.0$  であった (Table 2)。

### 考 察

1 ~ 3 輪群の耳石縁辺部の不透明帯の月別出現状況 (Fig. 3) から、不透明帯は年 1 回 2 ~ 3 月頃に形成されると考えられた。当海域におけるアカガレイの主産卵期は 3 月上旬から中旬である (内野ら, 1995) ことから、本種の耳石に不透明帯が形成される時期は、産卵期とほぼ一致する。すなわち、輪紋形成時における計算体長は、ほぼ満年齢時における平均的な体長を表している。満年齢の平均体長は 1 歳で 50.7 mm, 2 歳で 85.3 mm および 3 歳で 120.0 mm であった

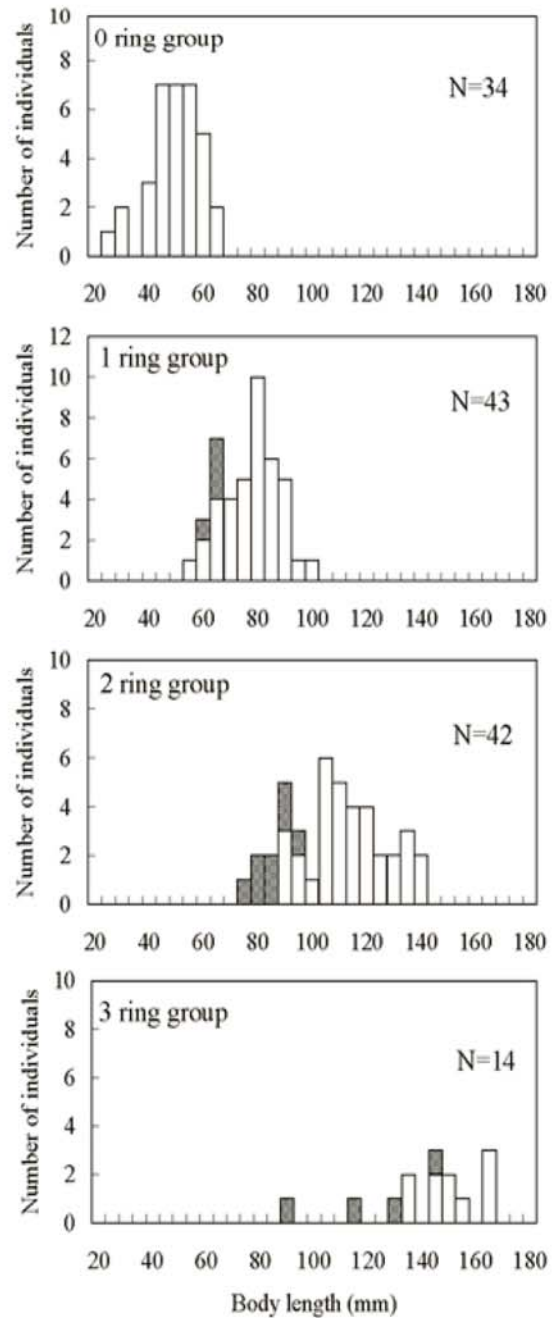


Fig. 4 Body length composition of each ring group of *H. dubius* caught before and after the period of ring formation (from January to March). Open and solid columns indicate hyaline and opaque zone at outer margin of the otolith, respectively.

(Table 2)。2 ~ 3 月頃に不透明帯を形成した個体は、輪紋数と年齢とが一致しており、その体長はほぼ満年齢時の値を示している。Fig. 4 の 1 ~ 3 輪群の不透明帯個体は、それぞれ満 1 ~ 3 歳に加入して間もない個体と判断される。透明帯個体は直後に不透明帯を形成するものであり、1 ~ 3 輪群はそれぞれ満 2 ~ 4 歳に加入する前の個体といえる。0 輪群は全て透明帯群であったが、これは当期に不透明帯を形成する個体で、

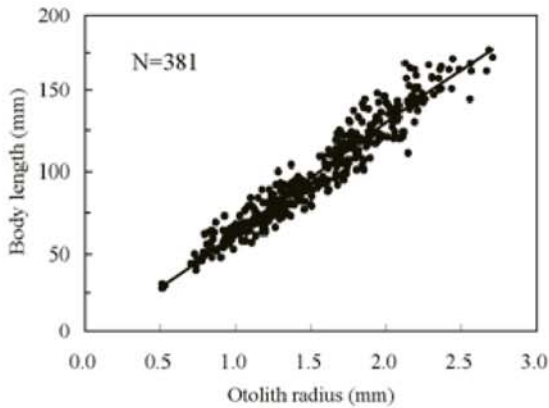


Fig. 5 Relationships between otolith radius and body length of *H. dubius*.

Table 2 Mean values and standard deviation of ring formation radii (mm), and calculated body length (CBL, mm) in *H. dubius*

| Rn <sup>*1</sup> | N <sup>*2</sup> | r <sup>1</sup> | r <sup>2</sup> | r <sup>3</sup> |
|------------------|-----------------|----------------|----------------|----------------|
| 1                | 144             | 0.85±0.12      |                |                |
| 2                | 127             | 0.83±0.12      | 1.34±0.17      |                |
| 3                | 76              | 0.79±0.10      | 1.32±0.15      | 1.84±0.22      |
| Mean             |                 | 0.83±0.12      | 1.33±0.16      | 1.84±0.22      |
| CBL              |                 | 50.7           | 85.3           | 120.0          |

\*1 Number of annual rings. \*2 Number of specimens.

満1歳に加入する前のものと考え。1～3輪群の耳石縁辺部が不透明帯であった個体の平均体長は、それぞれ65.0, 88.0 mm および122.3 mm であった (Fig. 4)。これらの平均体長は計算体長に比べ1輪群で多少大きかったが、2～3輪群ではほぼ同じ値を示した。なお、1輪群の平均体長 (65.0 mm) が満1歳の計算体長 (50.7 mm) よりもかなり大きかった原因は、現時点では特定できない。満1歳に加入する前と考えられた0輪群の透明帯個体の平均体長は51.6 mm であり、上述した計算体長に近似した。本研究における満3歳までの計算体長は、本種の若齢期の平均的な体長

として妥当と考えられる。

Fig. 4 では0輪群の体長40 mm 未満の小型個体が出現しており、また、各輪紋群の体長組成が単峰形の正規分布を示すが、その最小と最大体長とはかなりの差が認められた。つまり、若齢期のアカガレイの成長には、比較的大きな個体差があると考えられる。これはアカガレイが多回産卵を行う種であり (石田, 北片, 1982), その産卵期は比較的長期に亘ること (宇野, 1994b) に関係していると推察される。

本研究における1～3歳までの成長は、宇野 (1994a) による石川県、福井県、兵庫県の3県沖合海域の成長をほぼ1歳、鳥取県沖合海域の成長をほぼ2歳下回った (Table 3)。一般に、魚介類の年級群別の体長はその資源豊度が高くなれば小型化し、逆に豊度が低くなれば大型化するような傾向がある (久保, 吉原, 1986b)。日本海西部海域におけるアカガレイ資源は、宇野 (1994a) が供試魚を採集した1991～1993年は近年では最も悪化した時期であり、本研究で供試魚を採集した2002～2005年はやや回復し、漁獲量も安定している時期である (廣瀬, 2005)。本研究と宇野 (1994a) の成長の違いは、標本採集時の資源豊度の違いから生じた可能性がある。一方、宇野 (1994a) は鱗の輪紋を用いて年齢査定を行っており、解析に用いられた供試魚は、3県沖合海域では体長50 mm 前後が皆無もしくは極端に少なく、鳥取県沖合海域では体長100 mm 未満は皆無となっている。このように供試魚として小型個体が著しく少ない場合には、特に若齢期の体長が過大に推定されることがある (久保, 吉原, 1986a)。3県沖合および鳥取県沖合海域での成長が本研究よりも上回ったのは、このようなことが原因となっている可能性も考えられる。なお、宇野 (1994a) は同時期の標本採集にもかかわらず、3県沖合海域と鳥取県沖合海域とで成長差が認められたことを、後者の採鱗箇所が前者よりも広い範囲であり、鱗径と体長の関係のばらつきが大きくなったためとしている。横川ら (1997) は鳥取県沖合海域での成長の違い (宇野, 1994a) は、遺伝的に独立した繁殖集団に由来する可能性を示唆した。しかし、京都府沖合海域

Table 3 Comparison of age and body length (mm) till 3 years among localities in western Sea of Japan in *H. dubius*

| Locality | Western Sea of Japan                  |        |                   |        |                 |        |
|----------|---------------------------------------|--------|-------------------|--------|-----------------|--------|
|          | Uno (1994)                            |        |                   |        | This study      |        |
|          | Off Ishikawa, Fukui, and Hyogo Prefs. |        | Off Tottori Pref. |        | Off Kyoto Pref. |        |
| Age      | Male                                  | Female | Male              | Female | Male            | Female |
| 1        | 97                                    | 95     | 122               | 105    | 51              |        |
| 2        | 128                                   | 129    | 156               | 153    | 85              |        |
| 3        | 154                                   | 160    | 181               | 194    | 120             |        |

(内野ら, 1997) および福井県沖合海域 (森山, 下中, 2002) で標識放流されたアカガレイは, 鳥取県沖合海域まで移動することが知られており, 鳥取県産のアカガレイが遺伝的に独立した集団であるとは考え難い。以上述べたように, 宇野 (1994a) の鱗による年齢査定では小型個体の検体数を増やし, 特に第1輪の形成状況を再調査する必要があると考える。

アカガレイの耳石輪紋は高齢魚において不明瞭であるため, 本研究では3歳までの成長の推定にとどまった。また, 鱗による年齢査定は, 魚種によっては特に成熟年齢に達した後は, 信頼できないとされる (渡邊, 1997)。著者らは, 1994~1997, 2002, 2003年に本種の標識放流実験を行っており, これまでに多くの大型個体が再捕されている。今後, 耳石から得られた若齢時における年齢と成長の関係および標識放流実験の再捕結果も併せて, より高齢時までのアカガレイの年齢と成長の関係を明らかにするとともに, 他海域における本種の年齢と成長についても比較検討することとしたい。

## 文 献

- 廣瀬太郎. 2005. 平成16年アカガレイ日本海系群の資源評価. 我が国周辺水域の漁業資源評価. 水産庁増殖推進部, 独立行政法人水産総合研究センター, 1209-1222.
- 石田力一, 北片正章. 1982. アカガレイ *Hippoglossoides dubius* (SCHMIDT) の雌魚の性成熟に関する研究. 東海水研報, **107**: 61-95.
- 久保伊津男, 吉原友吉. 1986a. 成長曲線. 「水産資源学」. 163-198. 共立出版株式会社, 東京.
- 久保伊津男, 吉原友吉. 1986b. 乱獲の徴候. 「水産資源学」. 315-321. 共立出版株式会社, 東京.
- 森山 充, 下中邦俊. 2002. 標識放流結果からみた福井県沿岸のアカガレイの移動様式. 福井県水産試験場報告平成13年度, 160-162.
- 宇野勝利. 1994a. アカガレイ年齢と成長. 平成3~5年度水産関係地域重要新技術開発促進事業総合報告書 (重要カレイ類の生態と資源管理に関する研究). 67-74. 石川県水産総合センター, 福井県水産試験場, 兵庫県但馬水産事務所試験研究室, 鳥取県水産試験場, 島根県水産試験場.
- 宇野勝利. 1994b. アカガレイ成熟と産卵. 平成3~5年度水産関係地域重要新技術開発促進事業総合報告書 (重要カレイ類の生態と資源管理に関する研究). 74-80. 石川県水産総合センター, 福井県水産試験場, 兵庫県但馬水産事務所試験研究室, 鳥取県水産試験場, 島根県水産試験場.
- 内野 憲, 藤田真吾, 戸島 孝. 1997. 京都府沖合海域のアカガレイの生態に関する研究 III. 標識放流からみたアカガレイの移動. 京都海セ研報, **19**: 7-13.
- 内野 憲, 山崎 淳, 藤田真吾, 戸島 孝. 1994. 京都府沖合海域のアカガレイの生態に関する研究—I. 食性. 京都海セ研報, **17**: 41-45.
- 内野 憲, 山崎 淳, 藤田真吾, 戸島 孝. 1995. 京都府沖合海域のアカガレイの生態に関する研究 II. 主産卵期・成熟体長. 京都海セ研報, **18**: 41-45.
- 渡邊良朗. 1997. 年齢形質の有効性検討. 「水産動物の成長解析」(赤嶺達郎, 麦谷泰雄編). 17-27. 恒星社厚生閣, 東京.
- 山崎 淳, 大木 繁, 内野 憲, 葭矢 護. 1999. 京都府沖合海域のアカガレイの生態に関する研究—IV. 産卵期の分布様式. 京都海セ研報, **21**: 1-7.
- 横川浩治, 倉長亮二, 大橋洋一. 1997. 鳥取県近海産および石川県近海産アカガレイの遺伝的差異, アカガレイの生態と資源に関する研究報告. アカガレイの生態と資源に関する研究報告書. 48-54. 鳥取県水産試験場.