

論文

兵庫県但馬沿岸域におけるヒラメの資源特性

五利江重昭^{*1}・大谷徹也^{*2}・宮原一隆^{*2}Population characters of the Japanese Flounder *Paralichthys olivaceus* Caught in the Sea of Japan, off Hyogo PrefectureShigeaki GORIE^{*1}, Tetsuya OHTANI^{*2} and Kazutaka MIYAHARA^{*2}

This study describes population characters of Japanese flounder *Paralichthys olivaceus* caught in the Sea of Japan, off Hyogo Prefecture. Seasonal changes in the proportion of the opaque zone at the otolith margin showed that the zone was formed once a year from February to June, suggesting that the sagittal otoliths of Japanese flounder is available for age determination. The von Bertalanffy's growth formulae and total length - body weight relationship were estimated as follows: $L_t=680\{1-e^{-0.272(t+0.95)}\}$, Male; $L_t=840\{1-e^{-0.255(t+0.62)}\}$, Female; $BW=2.99 \cdot 10^{-6} \cdot TL^{3.202}$, Male and Female; where t is age (year), L_t is total length (mm) at age t , BW is body weight (g) and TL is total length (mm). Seasonal changes of the gonadosomatic index (GSI) indicate that the spawning season peaked during April to May. Recruitment and maturation occurred at age 1 and 2, respectively. Sex ratio regarded as 1 : 1 for <450 mm TL class, while the ratio of male was lower for >450 mm and was 0 for >750 mm TL class.

キーワード：ヒラメ，年齢と成長，雌雄比，資源特性，兵庫県但馬沿岸域

兵庫県但馬地域の漁業は，沖合底曳網，いか釣り，ベニズワイかに籠漁業が主体で，一本釣り，定置網，小型底曳網，刺網，延縄漁業などの漁獲量が総漁獲量に占める割合は5%程度である。¹⁾しかし，近年沖合底曳網による漁獲量が減少から低位安定傾向にある中で，漁業者の高齢化にともなって，一本釣り，定置網などの沿岸漁業が見直されつつある。このような中で，ヒラメは沿岸域の高級魚として重要な漁獲対象資源であり，1995年度から但馬栽培漁業センターによる本格的なヒラメの種苗生産と放流が，また1996年度からは資源管理に向けての調査が始まった。

資源管理を実施するためには，成長式，全長 - 体重関係，産卵期などの資源特性を明らかにし，資源量を推定することが不可欠である。しかし当海域では，標識放流によるヒラメの移動と成長について報告されて

いるのみで，²⁾ヒラメに関する生物情報は不足している。

本研究では，兵庫県但馬沿岸域で漁獲されたヒラメについて，耳石の不透明帯（輪紋）が年齢形質として利用できることを確認するとともに，耳石輪紋数を指標として年齢査定を行い，成長式のパラメータを推定した。また，全長 - 体重関係や全長階級別の性比，産卵期など，資源解析に必要ないくつかの資源特性を明らかにしたので報告する。

材料および方法

1996年9月から2002年2月に，兵庫県の但馬沿岸域（Fig. 1）で，釣り，定置網，底曳網によって漁獲されたヒラメ651尾について，全長，体重，生殖腺重量を

*1 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）

*2 兵庫県立農林水産技術総合センター但馬水産技術センター（669-6541 兵庫県美方郡香美町香住区境1126-5）

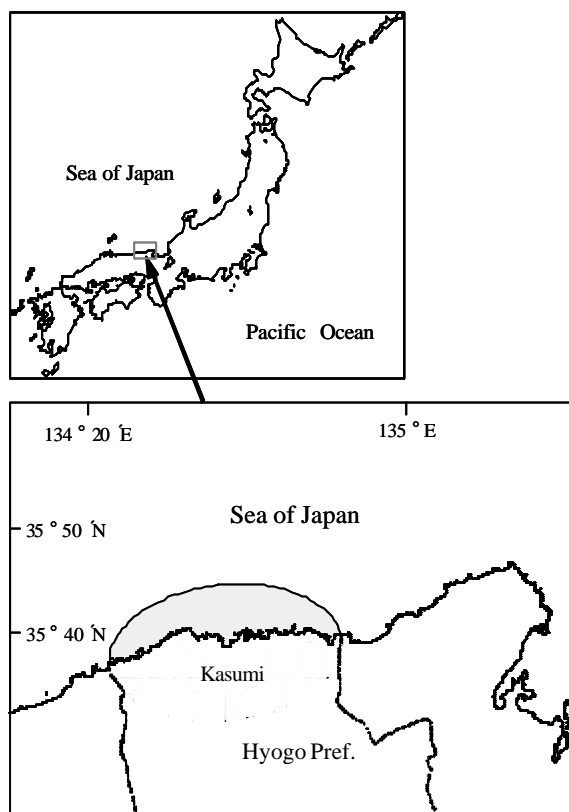


Fig. 1 Sampling locations of present study.

測定後、耳石を採取した。耳石は水道水で洗浄して付着物を除去し、水分をぬぐい取った後小さなビニール袋に入れ、測定するまで冷凍保存した。また一部の個体については、Table 1に基づいて生殖腺の成熟度を判定し、Maturing stage 以上のものを成熟個体と判断した。

年齢査定には無眼側の耳石（扁平石）を用いた。研磨等の前処理は行わず、測定時に水に浸して、ビデオマイクロメータ（オリンパスVM60）により、透過光で観察される不透明帯を計数するとともに、耳石縁辺部が透明帯か不透明帯かを判定した。後述するように、

年齢は年1回形成される不透明帯の数で判断したが、満年齢に達していても縁辺部に不透明帯の形成されていない個体が存在する。そこで、輪紋形成時期にあたる2～6月に採集したヒラメの耳石のうち、縁辺部の透明帯幅の広い個体は輪紋の形成が遅れていると判断し、輪紋数+1を満年齢とした。

なお、年齢査定時に耳石の輪紋形成の不明瞭な個体は、年齢査定から除外した。また、体色異常により明らかに放流魚と判断された個体は、以下の解析に用いなかった。

生殖腺指数（GSI）は次式により求めた。

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

GW：生殖腺重量（g）、BW：体重（g）

成長式には von Bertalanffy の式を当てはめた。

$$2) L_t = L_{max} \{1 - e^{-k(t-t_0)}\}$$

t：年齢、 L_t ：t歳時の推定全長（mm）

L_{max} は極限全長、 k は成長係数、 t_0 は $t=t_0$ のとき $L_t=0$ となる、時間に関するパラメータである。パラメータの推定には、非線形の最小2乗法を用いた。³⁾ t歳時の実測全長 x_t と推定全長 L_t との残差平方和 $\{S = (x_t - L_t)^2\}$ を目的関数とし、これが最小になるように MS-Excel^{*1} のソルバーで成長式のパラメータを推定した。

全長 - 体重関係式にはアロメトリー式を当てはめ、非線形のまま準ニュートン法による最小2乗法でパラメータを推定した。

統計解析 雌雄の全長測定値は等分散とみなせなかったため、平均全長の差の検定には Welch's *t*-test を用いた。雌雄の成長式ならびに全長 - 体重関係式のパラメータの有意差検定には、共分散分析を適用した。

Table 1 Criteria to the maturity stages of gonads of male and female Japanese flounder

| Stages | Male | Female |
|----------|--|---|
| Immature | Color of testes is pale white. No sperms are found in the seminal duct. | Color of ovaries is whitish orange or light yellow. |
| Maturing | No criteria | Color of ovaries is yellowish orange. Oocytes are visible with the naked eye. |
| Mature | Testes are very smooth in bright pale white. The seminal duct is filled with sperms. Milt can be released by gentle external pressure. | Oocytes are hydrating. Eggs can be stripped with gentle external pressure. |
| Spent | Milt cannot be released by gentle external pressure. Few or no sperms are found in the seminal duct. | Few leftover oocytes are embedded in the tissue. Loose abdomen is easily detected. |

*1 MS-Excel は米国 Microsoft Corporation の登録商標

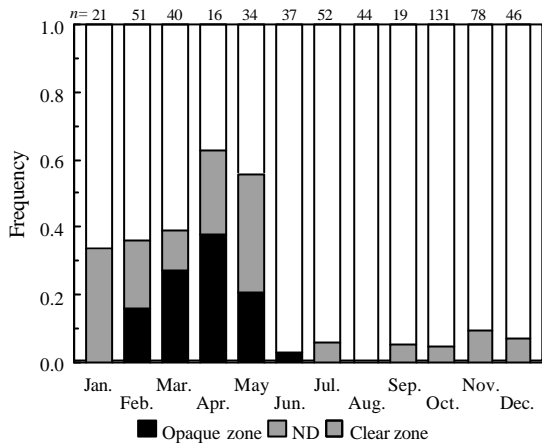


Fig. 2 Seasonal changes in the proportion of otoliths with opaque zone or clear zone at the margins. ND: not determined. n: number of fish examined.

GSI の比較には Mann-Whitney's *U*-test を、また雌雄比の検定と、雄の比率の 95% 信頼区間を求めるには、2 項確率検定を用いた。

結 果

耳石の観察 耳石縁辺部における不透明帯の月別出現状況を Fig. 2 に示した。不透明帯は毎年 1 回 2 ~ 6 月に出現し、4 月にその出現率が最大になった。

GSI の推移 雌雄別の GSI の季節変化を Fig. 3 に示した。雄の GSI は、2 ~ 6 月に相対的に高い値であった。雌の GSI は 12 月に比べ、1 月から有意に上昇し ($P < 0.01$)、3、4 月にそのピークを迎えた後 5 月に急減して、6 月以降は低い値を示した ($P = 0.036$)。生殖腺

に Maturing stage 以上が出現するのは、雄で 12 ~ 6 月、雌では 1 ~ 7 月であった。年齢と成熟の関係を明らかにするため、この期間中に測定した個体の年齢と全長の関係を、成熟度別に Fig. 4 に示した。この期間は加齢月を含むため、満年齢を用いると加齢月の前後で年齢表示が変わってしまう。そこで、ここでは便宜上 12 月になった時点で 1 齢を加えて成熟年齢を計算した。Immature と判定した以外の個体がこの期間中に全て成熟すると仮定した場合、雄の 1、2、3 歳の成熟率は、それぞれ 8% ($n = 13$)、50% ($n = 6$)、100% ($n = 2$)、また雌の 1、2、3 歳では 0% ($n = 14$)、50% ($n = 4$)、80% ($n = 5$) であった。なお、雌の Spent は 3 ~ 7 月に観察された。成長式 成長式のパラメータ推定にあたっては、4 月を年齢計算の基準月とし、各個体の年齢と全長の関係を求めた。測定したヒラメの最高齢は雄が満 13 歳、雌は満 12 歳、また最大全長は雄が 716 mm、雌は 892 mm であった。雌雄別に von Bertalanffy の成長式を当てはめたところ、(4)、(5) 式となり、この 2 つの式には有意差が認められたため ($P < 0.001$)、雌雄別の成長曲線を Fig. 5 に示した。

$$4) L_t = 680 \{1 - e^{-0.272(t+0.95)}\}$$

$$\text{雄} (r^2 = 0.886, n = 208)$$

$$5) L_t = 840 \{1 - e^{-0.255(t+0.62)}\}$$

$$\text{雌} (r^2 = 0.921, n = 361)$$

$$t: \text{年齢}, L_t: t \text{ 歳時の推定全長 (mm)}$$

満 1 歳時の全長は雌雄とも約 300 mm であった。各年

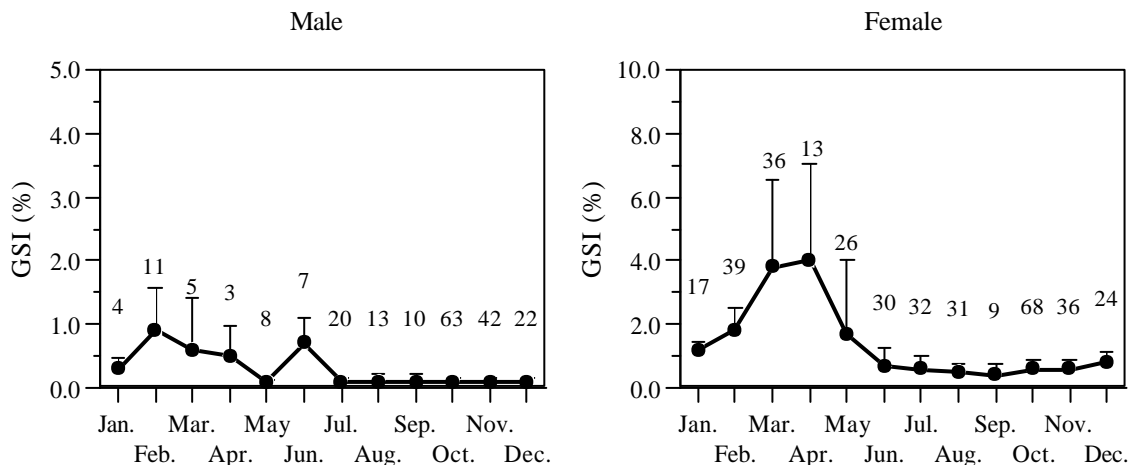


Fig. 3 Seasonal changes of gonadosomatic index (GSI, mean + SD). Numerals indicate the number of fish examined.

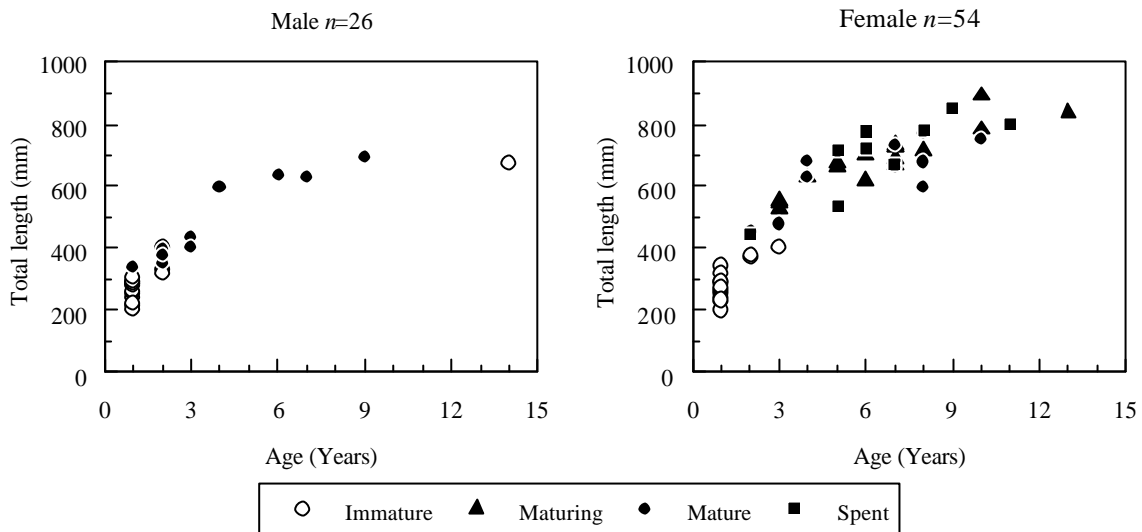


Fig. 4 Relationship between TL and age (years) classified with maturation stage. From Dec. to Jun. in male, from Jan. to Jul. in female.

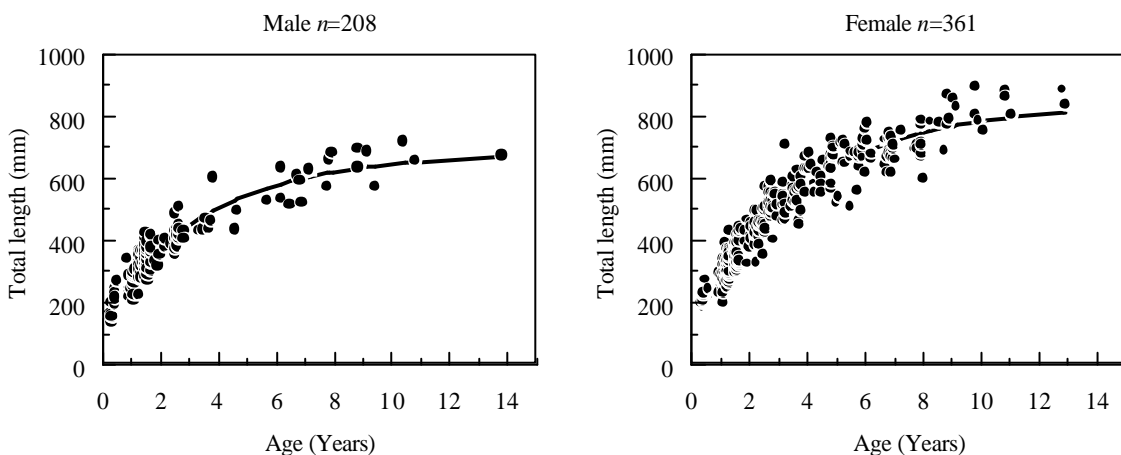


Fig. 5 Von Bertalanffy's growth curves with observed sample data.

齢における雌雄の平均全長を比較したところ、満1歳では差はなかったが、2歳になると雌の方が大きかった ($P < 0.001$)。なお3歳以上については、雌雄で標本数の差が大きいため、統計処理を行わなかった。

全長 - 体重関係 雌雄別の全長 - 体重関係式は以下の通りである。

$$6) BW = 3.00 \cdot 10^{-6} \cdot TL^{3.198}$$

雄 ($r^2 = 0.989, n = 208$)

$$7) BW = 3.38 \cdot 10^{-6} \cdot TL^{3.184}$$

雌 ($r^2 = 0.983, n = 361$)

TL: 全長 (mm), BW: 体重 (g)

共分散分析の結果、6)式と7)式には有意差が認めら

れなかったため ($P = 0.0894$)、雌雄込みの全長 - 体重関係式を計算し、8)式を得た (Fig. 6)。

$$8) BW = 2.99 \cdot 10^{-6} \cdot TL^{3.202}$$

雌雄 ($r^2 = 0.985, n = 569$)

雌雄比 全長階級別の雄個体の比率をFig. 7に示した。全長階級400 mmまでは95%信頼区間が0.5を含むため、雌雄比を1:1とみなせるが、全長階級450 ~ 750 mmでは有意に雌に偏り ($P < 0.01$)、全長階級750 mm以上は全て雌であった。

放流魚の年齢査定 測定した651尾のうち、天然魚と判断されたのは596尾、放流魚と思われたのは55尾で、そのうち年齢が査定できたのは、それぞれ569尾、

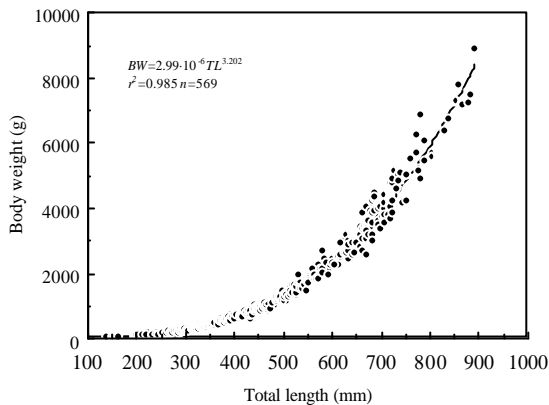


Fig. 6 Relationship between TL and BW with observed sample data (male and female). *n*: number of fish examined.

50尾であった。年齢を査定できた個体数の割合は、天然魚と放流魚で差はなかった ($P=0.189$, χ^2 test)。

考 察

雌の成熟個体は1～7月までみられる。また Spent が観察される期間(3～7月)と GSI の推移を考慮すると (Fig. 3), 兵庫県但馬沿岸域では、ヒラメの卵巣は1月から発達し始め、産卵は3月に始まって遅くとも7月には終息し、産卵盛期は4～5月と判断される。以上のことから、ヒラメの成長式のパラメータ推定にあたっては、年齢計算の基準月を4月とした。

但馬沿岸域では、耳石の不透明帯は年1回、2～6月にかけて形成され (Fig. 2), 耳石がヒラメの年齢形質になることを示している。また既報と同様に、^{4,7)} 不透明帯の形成時期は産卵期とほぼ一致しているため、不透明帯の数は満年齢を表していると判断される。

今回測定したヒラメの最高齢は、雄で満13歳、雌では満12歳であった。これまでに、ヒラメの寿命は9～18歳程度との報告がある。⁶⁻⁸⁾ 雌雄で寿命が異なる可能性も示唆されているが、⁷⁾ 兵庫県但馬沿岸域のヒラメの場合、雌雄とも寿命を15歳程度と仮定することは妥当であろう。

兵庫県但馬沿岸域では、満1歳時の平均全長は雌雄とも約30cmである (Fig. 5)。但馬沿岸域(浜坂地区)

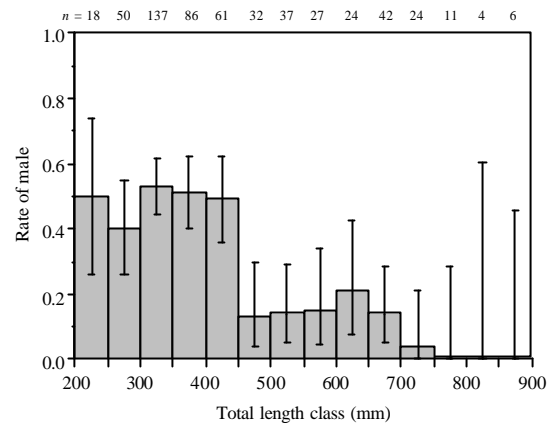


Fig. 7 Rate of male by TL classes. Vertical bar indicates 95% confidence interval. *n*: number of fish examined.

のヒラメは、全長制限(全長27cm以下の再放流)が実施されているため、²⁾ ヒラメの完全漁獲加入年齢は満1歳と考えられる。

成熟個体の割合が50%を越える年齢を成熟年齢とすると、⁹⁾ 但馬沿岸域のヒラメの成熟年齢は雌雄とも満2歳以上と考えられる。しかし、雄の1歳でも全長が大きければ成熟している場合もあり (Fig. 4), 成熟は年齢だけでなく体サイズの影響を受けることが示唆される。竹野¹⁰⁾ も、雌の成熟は年齢と体サイズに、また雄の成熟は体サイズに左右されると推察している。この点については、今後測定尾数を増やして検討する必要があるだろう。

ヒラメでは、大きさによる性比の偏りが報告されている。長崎県⁶⁾ では、全長20～25cmと全長45cm以上で雌が多く、全長35～45cmでは雄の比率が高い。また、山口県沿岸域や⁷⁾ 鹿児島県近海¹¹⁾ では、全長20～30cmまでほぼ1:1であるが、全長30～60cmで雄に偏った後、雌の割合が高くなる。大きさによって性比が変化する理由としては、雌雄で成長が異なっているため、雄の成長が全長400～500mmで鈍化し始めて、漁獲対象サイズに含まれる雄が多年齢にわたるためと考えられている。^{6, 11)} 鳥取県では、^{12, 13)} 全長が大きくなるにつれて雌の比率が高くなり、今回の結果と同様である。このように、全長組成別の性比は海域によって異なるため、性比情報は海域別に得なけれ

ばならない。

ヒラメの資源量を推定するためには、年齢別漁獲尾数を推定する必要がある。そのためには、市場調査で得られた全長組成を雌雄に分離した上で、Age-length key を利用して各年級群に分解しなければならない。現在得られている全長階級別の性比、および全長階級別・年齢別の測定尾数を一覽にしたが(Appendix 1, 2)高齡魚のサンプル数が不足している。今後さらに測定尾数を増やし、精度の高いAge-length key を作成する必要がある。

ところで、ヒラメは栽培漁業対象種で、但馬海域でも1996年以降本格的な種苗放流が続けられている。しかし、天然魚と放流魚の資源特性はほとんど比較されていない。今回も、放流魚とみられる個体は解析から除外したが、放流魚と天然魚で耳石の輪紋形成が不明瞭な尾数の割合に有意差はなく、放流ヒラメの年齢が天然ヒラメに比べて査定しにくいということはなかった。また鹿児島県近海では、天然魚と放流魚の成長差はみられないと報告されている。¹¹⁾今後但馬海域におけるヒラメの放流効果を明らかにするためには、天然魚と放流魚の成長差、放流魚の漁獲状況、さらに市場での価格差などを、明らかにしていく必要があるだろう。

謝 辞

本研究の一部は、「資源評価調査(水産庁、独立行政法人水産総合研究センター)」の委託研究により実施した。

文 献

- 1) 兵庫県農林統計協会. 平成12年兵庫県水産業の動き. 近畿農政局兵庫統計情報事務所, 神戸. 2003; 220.
- 2) 堀 豊. 兵庫県日本海沿岸域で放流した人工生産

- ヒラメの移動と成長. 兵庫水試研報 1990; 27, 17-25.
- 3) 五利江重昭. MS-Excelを用いた成長式のパラメータ推定. 水産増殖 2001; 49: 519-527.
- 4) 竹野功璽・浜中雄一・宮嶋俊明. 京都府沿岸域におけるヒラメの資源構造に関する研究 - ヒラメの年齢と成長 -. 京都府立海洋センター研報 1999; 21: 34-40.
- 5) 小澤貴和・三浦信昭・鶴田和弘. 九州南西海域産ヒラメ *Paralichthys olivaceus* の年令と成長. 日水誌 1995; 61: 505-509.
- 6) 田代征秋・一丸俊雄. 長崎県近海域におけるヒラメの漁業生物学的特性. 長崎水試研報 1995; 21: 37-49.
- 7) 河野光久. 山口県沿岸域におけるヒラメの資源生物学的研究. 山口外海水試研報 1997; 26: 27-40.
- 8) 小田切穰二・池内 仁・奈良賢静・小倉大二郎. 青森県北部日本海におけるヒラメの年齢と成長. 昭和59年度青森水試事報, 青森水試, 青森. 1985; 165-176.
- 9) 松宮義晴. 水産資源管理概論「水産研究叢書46」. 日本水産資源保護協会, 東京. 1996; 27.
- 10) 竹野功璽・濱中雄一・木下 泉・宮嶋俊明. 若狭湾西部海域におけるヒラメの成熟. 日水誌 1999; 65: 1023-1029.
- 11) 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.
- 12) 小林啓二. 産卵親魚の分布生態. 鳥取水試報告 1974; 15: 64-76.
- 13) 野沢正俊. ヒラメ若魚期, 未成魚期, 成魚期の分布. 鳥取水試報告 1974; 15: 20-64.

Appendix 1 Sex ratio by TL class in the present study

| Total length class (mm) | Rate of male | <i>n</i> |
|-------------------------|--------------|----------|
| 200-250 | 0.50 | 18 |
| 250-300 | 0.40 | 50 |
| 300-350 | 0.53 | 137 |
| 350-400 | 0.51 | 86 |
| 400-450 | 0.49 | 61 |
| 450-500 | 0.13 | 32 |
| 500-550 | 0.14 | 37 |
| 550-600 | 0.15 | 27 |
| 600-650 | 0.21 | 24 |
| 650-700 | 0.14 | 42 |
| 700-750 | 0.04 | 24 |
| 750-800 | 0.00 | 11 |

Appendix 2 Number of fish examined by TL class and age of the Japanese flounder caught in the Sea of Japan, off Hyogo Prefecture

| Total length class (mm) | Age (Years) ^{*1} | | | | | | | | | | | | | | Total |
|-------------------------|---------------------------|-----|----|----|---|----|---|---|---|---|----|----|----|----|-------|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | |
| -150 | 2 ^{*3} | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| 150-200 ^{*2} | 12 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 13 |
| 200-250 | 7 | 21 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 28 |
| 250-300 | 4 | 46 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 51 |
| 300-350 | 1 | 128 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 130 |
| 350-400 | 0 | 65 | 19 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 84 |
| 400-450 | 0 | 15 | 40 | 5 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61 |
| 450-500 | 0 | 1 | 16 | 8 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 26 |
| 500-550 | 0 | 0 | 14 | 14 | 1 | 5 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 37 |
| 550-600 | 0 | 0 | 7 | 10 | 5 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 28 |
| 600-650 | 0 | 0 | 0 | 4 | 8 | 2 | 9 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 25 |
| 650-700 | 0 | 0 | 0 | 1 | 8 | 13 | 6 | 9 | 2 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 42 |
| 700-750 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 4 | 9 | 6 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 23 |
| 750-800 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 2 | 3 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 9 |
| 800-850 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 1 | 1 | 0 | 4 |
| 850- | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 2 | 2 | 0 | 1 | 0 | 6 |

^{*1}On the assumption that initial hatching occurred in April. ^{*2}From 150 mm and over, to less than 200 mm. ^{*3}Number of fish.

和文要旨

1996年から2002年に、兵庫県但馬沿岸域で漁獲されたヒラメの耳石を用い、年齢と成長を調べた。耳石の不透明帯は年1回2～6月に形成され、但馬沿岸域で漁獲されたヒラメでも、耳石輪紋数から年齢が推定できることが確認された。成長式は、雄： $L_t=680\{1-e^{-0.272(t+0.95)}\}$ 、雌： $L_t=840\{1-e^{-0.255(t+0.62)}\}$ で、全長-体重関係式は、雌雄： $BW=2.99 \cdot 10^{-6} \cdot TL^{3.202}$ であった。ここで、 t ：年齢、 L_t ： t 歳時の全長（mm）、 BW ：体重（g）、 TL ：全長（mm）である。産卵盛期は4～5月、漁獲加入年齢は満1歳、また成熟年齢は雌雄とも満2歳と推定された。性比は全長450 mm以上で雌に偏っていた。