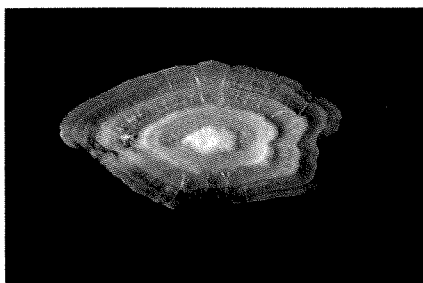


京都府沿岸海域におけるヒラメの資源構造に関する研究—IV

—ヒラメの年齢と成長—

竹野 功 璽
浜中 雄 一
宮嶋 俊 明



1989～1998年に京都府沿岸海域で採捕されたヒラメ、雌2,217尾、雄2,147尾の耳石を用いて、年齢と成長を調べた。輪形成期は4～6月であった。成長式として、雌は $L_t = 873.6 (1 - \exp^{-0.2255(t+0.5934)})$ 、雄は $L_t = 678.2 (1 - \exp^{-0.2360(t+0.9920)})$ の von Bertalanffy 式が得られた。1歳までは成長に雌雄差はないが、1歳を超えると雌の方が大きかった。また、全長と体重について、雌は $W = 5.2838L^{3.1159} \times 10^{-6}$ 、雄は $W = 7.6630L^{3.0501} \times 10^{-6}$ の関係式が得られた。

水産資源の研究では、魚の年齢と成長は必要不可欠な情報である。年齢査定には、普通、全長組成法と年齢形質法が用いられる（久保・吉原，1969；能勢ほか，1988）。前者は比較的簡便だが高年齢魚の識別がむずかしく、後者は煩瑣な作業を必要とするものの年齢査定の信頼性は高いと言われている。ヒラメの年齢形質は、鱗（前川・松清，1951）、脊椎骨（佐藤，1975）、耳石（亀井・増沢，1974；篠田，1974；山洞・樋田，1977；石田ほか，1978；小田切ほか，1985；篠原ほか，1986；加藤ほか，1987；平田・隅田，1987；西林・中村，1989；宮崎県栽培漁業センター・宮崎県水産試験場，1990；島根県，1990；金丸ほか，1992；前原，1992；藤田・後藤，1994；北川ほか，1994；徳島県水産試験場，1994；小澤ほか，1995；田代・一丸，1995；河野，1997）が用いられるが、最近の研究では専ら耳石が用いられている。

日本海のヒラメの成長式は、富山県以北の海域（山洞・樋田，1977；小田切ほか，1985；加藤ほか，1987；堀田・土井，1983；北海道，1991；秋田県水産振興センター，1995）と鳥取県以西の海域（篠田，1974；島根県，1991；河野，1997）から報告されているが、若狭湾周辺海域からの報告はない。そこで、京都府沿岸海域で採捕されたヒラメの耳石を用いて年齢査定を行い、年齢と成長について検討したので報告する。

材料および方法

材料として、1989年8月19日～1998年8月3日に京都府沿岸海域で採捕されたヒラメ4,364尾を用いた（Table 1）。供試魚は、生鮮状態で全長 L (mm)、体重 W (g) の測定、生殖腺による性の判定を行った。体重は、魚体総重量から胃内容物重量を差し引いた重量とした。その後、耳石（扁平石）を摘出し、水分を拭き取ってキシレンに浸漬し、万能投影機（日本光学工業㈱製 V-16D）の透過光下で20倍に拡大して、デジタル・マイクロメーターで計測した。ま

Table 1. Collection record of the flounder specimens used in this study.

Sampling date	Number of specimens		Range of total length (mm)		Range of body weight (g)		Fishing gear*
	Female	Male	Female	Male	Female	Male	
1989.8.19	1		796		5,500		G
1991.1.11-12.25	41	77	296-856	266-744	291-9,900	184-6,300	G, S, L
1992.1.12- 9.11	258	168	215-795	236-681	96-6,210	128-3,780	G, S, L
1993.1.12-12.24	207	237	223-826	219-690	122-6,900	98-3,980	G, S, L
1994.1.13-12.26	393	344	124-862	130-691	16-8,260	20-3,980	G, S, L, D, T
1995.1. 9-12.21	354	370	236-582	231-460	130-1,907	119- 999	G, S
1996.1. 7-12.10	354	286	252-792	240-698	113-6,489	143-3,442	G, S, L, D, T
1997.1. 9- 7.22	332	375	243-690	234-581	137-3,421	117-2,130	G, S, L, T
1998.2.13- 8. 3	277	290	224-790	226-596	111-6,306	98-2,498	G, S, L, D, T, B

* B: beam trawl, D: Danish seine, G: gill net, L: long line, S: set net, T: trolling line.

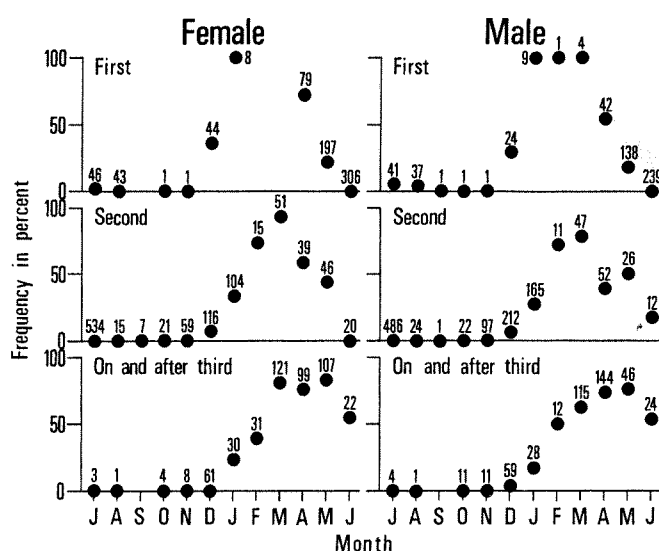


Fig. 1. Monthly changes of frequency in percent of otolith with opaque margin for the flounder. Sample sizes are given for each month.

た、一部の耳石については、砥石で研磨してから計測に供した。

ヒラメの耳石は、有眼側のものは核が後方寄りに偏在する傾向があるので（小田切ほか，1985；前原，1992），径の測定には核が中心にある無眼側の耳石を用いた。測定に際しては，各不透明帯の最外部を輪標示部位と定め，耳石の核から長軸に沿って前端方向に，耳石縁辺までの距離を耳石径 R ，各輪標示部位までの距離を輪径 r_i とした。

結果

耳石不透明帯の形成の周期および時期 耳石縁辺部にお

ける不透明帯の出現状況を，雌雄別に不透明帯毎に整理した。不透明帯は雌雄とも12月から6月に出現し，出現の山は年1回であった（Fig. 1）。1番目の不透明帯の出現率は，雌が1月，雄が1～3月にそれぞれ100%であった。4月になると雌が72%，雄が55%となり，5月には雌雄とも20%前後に減少し，6月には0になった。2番目の不透明帯の出現率は，雌雄とも2～3月に最も高く，その後4～5月には39～59%に減少し，6月には20%未満になった。3番目以降の不透明帯の出現率は，雌雄とも3～5月に最も高く，6月になると55%に減少した。耳石縁辺部で不透明帯の出現率が頂点から減少に転じ，透明帯の出現率と拮抗する時期は，雌雄とも1番目および2番目の不透明帯が

4～5月, 3番目以降が6月であった。

全長と耳石径の関係 全長 L と耳石径 R の間には, 雌

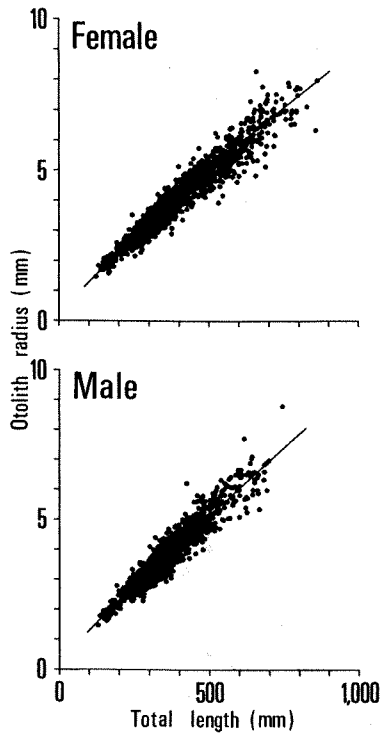


Fig. 2. Relationships between total length and otolith radius of female and male flounder.

雄とも相関が認められ, 次の曲線回帰式が得られた (Fig. 2)。

$$\text{雌: } R = 0.02319 \cdot L^{0.8634} \quad (r = 0.9707, n = 2,219)$$

(以下, (1) 式)

$$\text{雄: } R = 0.01827 \cdot L^{0.9065} \quad (r = 0.9572, n = 2,150)$$

(以下, (2) 式)

以下の輪径に基づく解析には, 上記の曲線式で実測輪径を標準化した値を用いた。

標本数が5以上の, 雌は9輪群, 雄は10輪群までの各輪径の平均値を Fig. 3 に示した。第1輪径の平均値は, 雌では1輪群が2.86 mm, 2輪群が2.60 mm, 5輪群が2.51 mm, 8輪群が2.35 mm, 雄では1輪群が2.78 mm, 2輪群が2.42 mm, 5輪群が2.24 mm, 7輪群が2.07 mmであった。雌雄とも輪数の多い群ほど輪径の小さい傾向があり, Lee 現象が認められた。しかし, 第2以降の輪径には, 輪数の増加にともなう顕著な増減傾向は雌雄とも認められなかった。

また, 今回確認できた最高輪数は, 雌で13, 雄で15, 最大全長は雌が862 mm, 雄が744 mmであった。

成長 雌は9輪群, 雄は10輪群までの平均輪径を用いて, Walford の定差図を作成したところ, 雄の第10輪群を用いた一点を除いて, 雌雄とも各点は同一直線上に並び, 各輪が周期的に形成されていることを確認した。雄の第10輪群の平均輪径は第9輪群より小さく第10輪群と第9輪群から求めた定差図上の点は, 他の各点を結んだ直線から下方に外れていた。なお, 雌の第1輪径には Lee 現象が認

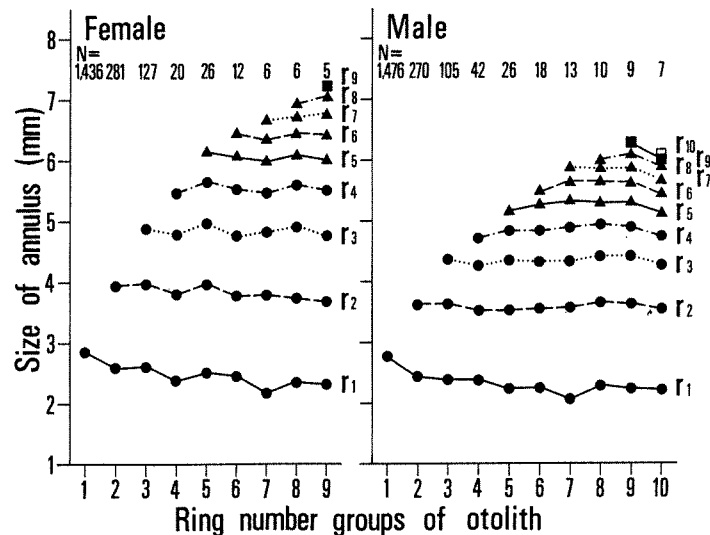


Fig. 3. Mean size of otolith annuli by each ring number groups for females and males of the flounder. (N) indicate the sample sizes, (r_i) otolith annulus of i .

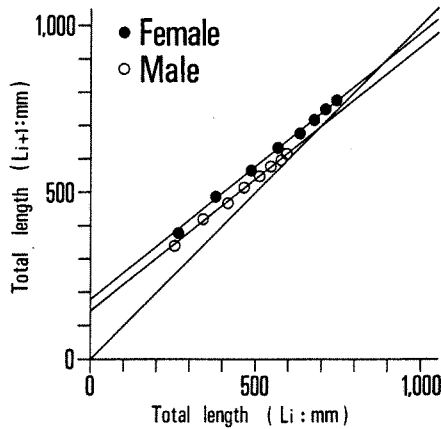


Fig. 4. Walford's diagrams of back-calculated total lengths in female (closed circle) and male (open circle) of the flounder.

められたので、第1輪の平均輪径には雌雄とも1輪群の平均値を用いた(正木ほか, 1985)。

次に、平均輪径の定差図の直線上から外れた雄の第10輪群を除いて、雌雄の第9輪群までの平均輪径から、(1)および(2)式により輪形成時の計算全長を求め、Walfordの定差図を作成した(Fig. 4)。各点は一直線上に並び、von Bertalanffyの成長式にあてはまる。その定差図からvon Bertalanffyの成長式のパラメータを推定し、次式を得た。

$$\text{雌: } L_t = 873.6 (1 - \exp^{-0.2255(t+0.5934)}) \quad (\text{以下, (3) 式})$$

$$\text{雄: } L_t = 678.2 (1 - \exp^{-0.2360(t+0.9920)}) \quad (\text{以下, (4) 式})$$

(3) および(4)式から*t*が整数時の計算全長を求めた(Table 2)。満1歳時の全長は、雌が264 mm、雄が254 mmで、雌雄差はほとんどなかった。満2歳では雌が387 mm、雄が343 mmとなり、雌雄差が生じた。その差は年齢の増加とともに拡大し、満5歳を超えると雌が雄より100 mm以上大きかった。

次に、全長*L* (mm) と体重*W* (g) について(Fig. 5)、次の関係式を得た。

$$\text{雌: } W = 5.2838L^{3.1159} \times 10^{-6} \quad (r=0.9938, n=2,218)$$

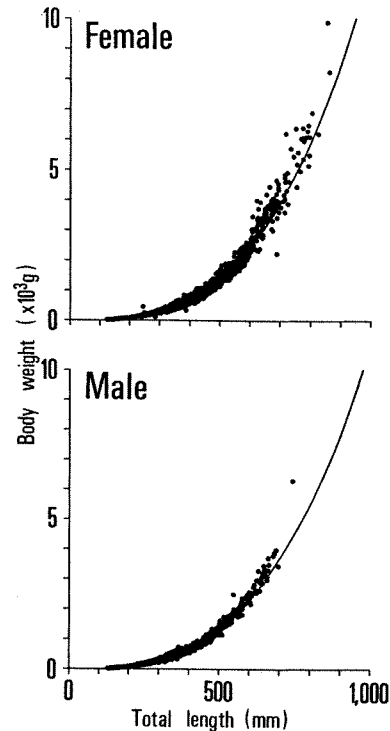


Fig. 5. Relationships between total length and body weight of female and male flounder.

$$\text{雄: } W = 7.6630L^{3.0501} \times 10^{-6} \quad (r=0.9918, n=2,148)$$

この式に*t*の整数時の計算全長を代入し、計算体重を得た(Table 2)。体重は満1歳では雌雄とも200 gに満たないが、雌は満3歳、雄は満4歳で1,000 gを超えた。雌雄の差は満1歳ではわずかだが、2歳になると顕著となり、年齢の増加とともに差が広がり、満5歳では雌の体重は雄の2倍近くになった。

考 察

耳石縁辺部における不透明帯の出現状況から、各不透明帯は雌雄とも年1回形成されると判断され、その最外部の輪標示が年齢として妥当であることが示された。その輪の

Table 2. Estimated total length and body weight of the flounder at full age.

Full age (year)		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Total length (mm)	Female	264	387	485	564	626	676	716	748	773
	Male	254	343	414	469	513	548	575	597	614
Body weight (g)	Female	185	610	1,235	1,970	2,735	3,475	4,154	4,757	5,279
	Male	166	416	735	1,079	1,417	1,729	2,007	2,246	2,447

形成時期は、不透明帯の形成が終わる時期、即ち耳石縁辺部の不透明帯の出現率が頂点から減少に転じ、透明帯の出現率と拮抗する時期と考えられ、第1および第2輪が4～5月、第3輪以降が6月と推定される。若狭湾西部海域でのヒラメの産卵期は2～6月で、その盛期は4～5月である(竹野ほか、未発表)。産卵盛期と耳石輪紋の形成時期はほぼ一致しており、(3)および(4)の成長式は満年齢時の全長を示していると考えてよからう。

1番目および2番目の不透明帯の形成が盛んな1～3月は、若狭湾西部海域では水温が1年で最も低い時期にあたり、その形成が終わる時期は、水温が上昇に転じる時期と一致している(京都府立海洋センター、未発表)。不透明帯の形成時期は、他の海域でも冬期の低水温期と一致しており(篠田、1974; 山洞・樋田、1977; 小田切ほか、1985; 加藤ほか、1987; 前原、1992; 小澤ほか、1995)、その形成には水温の関与が考えられる。一方、3番目以降の不透明帯の形成の盛期は3～5月で、1番目および2番目より少し遅れていた。若狭湾西部海域では、雌雄とも満3歳を迎える春には半数以上のヒラメが成魚となる(竹野ほか、未発表)。当海域のヒラメの産卵期は2～6月であり、3番目以降の不透明帯ができる頃には、ヒラメは成熟年齢に達して産卵を控え生殖腺が発達している(竹野ほか、未発表)。イシガレイやマコガレイでは、生殖腺の発育による成長の鈍化が耳石年輪の成因とされている(Hatanaka et al., 1952; Hatanaka and Iwahashi, 1953)。ヒラメでは、脊椎骨の輪紋で同様のことがいわれている(佐藤、1975)。これらのことから、3番目以降の不透明帯

の形成が遅れる原因として、ヒラメの成熟が関係していると考えられる。

次に、満年齢時のヒラメの大きさを雌雄で比べると、1歳ではほとんど同じで、差は認められなかった。しかし、2歳以上では雌が大きく、その差は年齢とともに広がり、5歳を越えると全長で100 mm以上、体重で概ね2倍以上となった(Table 2)。雌雄で成長が異なることは、他の海域からも報告されており(小田切ほか、1985; 平田・隅田、1987; 加藤ほか、1987; 西鉢・中村、1989; 宮崎県栽培漁業センター・宮崎県水産試験場、1990; 金丸ほか、1992; 前原、1992; 藤田・後藤、1994; 北川ほか、1994; 徳島県水産試験場、1994; 小澤ほか、1995; 田代・一丸、1995; 河野、1997)、ヒラメの一般的な特性と言えよう。成長に雌雄差が生ずる満年齢は、青森県北部は3～4歳(小田切ほか、1985)、新潟県北部および九州北西海域は2歳(加藤ほか、1987; 金丸ほか、1992; 田代・一丸、1995)、九州南西海域は1歳であり(小澤ほか、1995)、京都府沿岸海域では、新潟県北部および九州北西海域と同じ2歳であった。成長に雌雄差が生じる年齢は、南の海域ほど若齢である。これは、後述するように、ヒラメの成長が南の海域ほど速いため、雌雄差が生ずる年齢も南ほど低くなるものと考えられる。

成長が雌雄で異なることから、雌雄別の知見が揃っている本州沿岸の日本海および九州沿岸の東シナ海(小田切ほか、1985; 加藤ほか、1987; 金丸ほか、1992; 小澤ほか、1995; 田代・一丸、1995; 河野、1997)の他県海域と京都府沿岸海域で、ヒラメの満年齢時の全長を比較した(Fig.

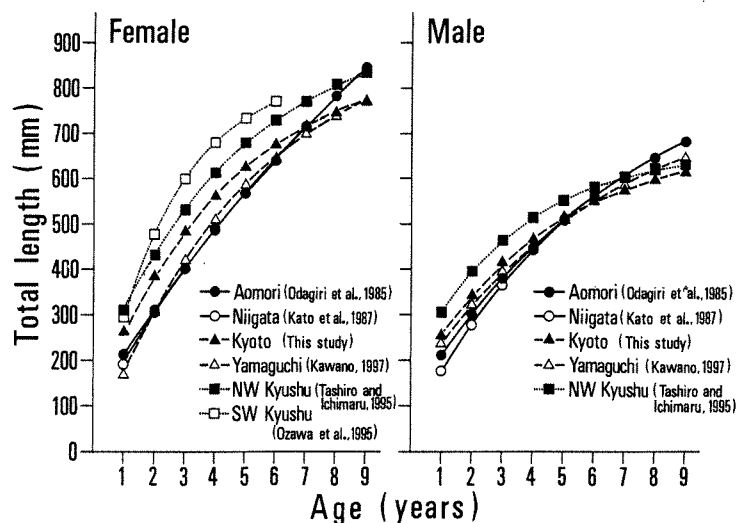


Fig. 6. Comparison of theoretical growth curves for the flounder from the Japan Sea and Eastern China Sea along the Japanese coast.

6). 青森県北部および新潟県北部との比較では、全長は雌は7歳まで、雄は5歳まで京都府沿岸の方が大きかった。山口県沿岸との比較では、雌は9歳まで、雄は6歳まで京都府沿岸が大きかった。一方、九州北西海域と比べると、いずれの年齢においても雌雄とも京都府沿岸の方が小さかった。九州南西海域の雌との比較でも、いずれの年齢でも京都府沿岸が小さく、その差は3~5歳では100 mm以上あった。このように、本州沿岸の日本海から九州沿岸の東シナ海では、ヒラメの成長は雌雄とも概ね南の海域ほど速い傾向が認められ、そのヒラメ分布域の中央に位置する京都府沿岸海域でのヒラメの成長は、中位に属するものであった。

今回、耳石の第1輪径には雌雄ともLee現象が認められた。この現象は、ヒラメでは既に山洞・樋田(1977)が報告している。Lee現象の原因には諸説あるが、その一つに成長の遅い海域からの移動・回遊等との関連が指摘されている(Stanley, 1980)。日本海では、ヒラメは南ないし西方向に長距離の移動を行なうことが知られている(清野・林, 1977; 山洞・樋田, 1977; 渡部, 1983; 加藤ほか, 1987; 竹野・浜中, 1994; 京都府立海洋センター, 1998)。また、ヒラメ1歳魚の耳石の第1輪径は海域により異なり、北の海域ほど小さいことも報告されている(竹野ほか, 1997)。耳石の第1輪径のLee現象が、第1輪径の小さいヒラメの移入や、第1輪径の大きいヒラメの移出といった、海域内外へのヒラメの移動により起こっていることが推察される。今後、京都府沿岸海域はもちろんのこと、移動・回遊範囲である日本海西部海域のヒラメの成長や資源構造などを精査し、Lee現象の原因についてさらに追求していきたい。

文献

- 秋田県水産振興センター. 1995. 平成2~6年度放流技術開発事業総括報告書資料編(日本海ブロックヒラメ班), 秋田県, 秋1-秋31.
- 藤田信一・後藤裕康. 1994. 平成5年度放流技術開発事業報告書(太平洋海域ヒラメ班), 静岡県, 静26-静31.
- *Hatanaka, M., Sekino, K., Otsuka, A.. 1952. Studies on the populations of the flat-fishes in Sendai Bay. II. Age, growth and spawning of *Kareius bicoloratus* (Basileusky). *Tohoku J. Agr. Res.*, **2**(2): 25-32.
- *Hatanaka, M., Iwahashi, S.. 1953. Studies on the populations of the flat-fish in Sendai Bay. III. The biology of *Limanda yokohamae* (Günther). *Tohoku J. Agr. Res.*, **2**(2): 303-309.
- 平田郁夫・隅田征三郎. 1987. 昭和61年度放流技術開発事業報告書(ヒラメ班), 瀬戸内・九州海域ブロック, 熊本県, 26-33.
- 北海道. 1991. 平成2年度資源培養管理対策推進事業報告書, 北海道(日本海北ブロック), 49-53.
- 堀田和夫・土井捷三郎. 1983. 昭和57年度放流技術開発事業報告書(ヒラメ班), 富山県, 75-106.
- 石田 修・田中邦三・庄司泰雅. 1978. ヒラメの資源生態調査一Ⅲ, 内房及び外房海域のヒラメの年令と成長. *千葉水試研報*, **38**: 31-36.
- 亀井正法・増沢 寿. 1974. ヒラメ発育段階別分布生態一3. 年令と成長, 「昭和48年度太平洋中区栽培漁業資源生態調査報告書」. 神奈川水試資料217, 神奈川水試, 神奈川, 64-67.
- 金丸彦一郎・伊藤正博・田代征秋・一丸俊雄. 1992. 九州北西部海域におけるヒラメの年令と成長. 平成4年度日本水産学会秋季大会講演要旨集, 24.
- 加藤和範・安沢 弥・梨田一也. 1987. 新潟県北部沿岸域におけるヒラメの資源生物学的研究Ⅱ 標識放流結果からみたヒラメ未成魚の移動およびヒラメの成熟と成長. *新潟水試研報*, **12**: 45-59.
- 北川大二・石戸芳男・桜井泰憲・福永辰広. 1994. 三陸北部沿岸におけるヒラメの年令, 成長, 成熟. *東北水研報*, **56**: 69-76.
- 河野光久. 1997. 山口県沿岸海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*, **26**: 27-40.
- 久保伊津男・吉原友吉. 1969. 水産資源学. 482 pp. 共立出版, 東京.
- 京都府立海洋センター. 1998. 平成9年度放流技術開発事業報告書, 異体類, 京都府, 京都1-京都9.
- 前原 務. 1992. 愛媛県瀬戸内海域におけるヒラメの年令および成長. *愛媛水試研報*, **5**: 13-29.
- 前川兼佑・松清恵一. 1951. 山口県瀬戸内海に於ける重要生物の資源学的研究, 第2報, ヒラメ *Paralichthys olivaceus* (Temminck et Schlegel) の年令査定について. *日水誌*, **16**(12): 179-181.
- 正木康昭・伊東 弘・東海 正・山口義昭. 1985. 周防灘産メイトガレイの年令と成長. *日水誌*, **51**(12): 1963-1970.
- 西躰幹夫・中村章彦. 1989. 昭和63年度放流技術開発事業報告書(ヒラメ班), 瀬戸内・九州海域, 鹿児島県, 鹿24-鹿28.
- 能勢幸雄・石井丈夫・清水 誠. 1988. 水産資源学. 217 pp. 東京大学出版会, 東京.

- 小田切譲二・池内 仁・奈良賢静・小倉大二郎. 1985. 青森県北部日本海におけるヒラメの年令と成長. 昭和59年度青森水試報告. 165-176.
- 小澤貴和・三浦信昭・鶴田和弘. 1995. 九州南西海域産ヒラメ *Paralichthys olivaceus* の年齢と成長. 日水誌, **61** (4): 505-509.
- 山洞 仁・樋田陽治. 1977. 浅海漁場重要資源生態調査—3 (ヒラメ). 「昭和51年度浅海漁場重要資源生態調査報告」, 山形水試資料112, 山形水試, 山形, 1-45.
- 佐藤祐二. 1975. 仙台湾を中心としたヒラメ *Paralichthys olivaceus* (Temminck et Schlegel) の生活史について. 東北水研報, **35**: 15-30.
- 鳥根県. 1990. 平成元年度広域資源培養管理対策推進事業報告書, 鳥根県 (日本海西ブロック), 31-32.
- 篠田正俊. 1974. ヒラメの年令と成長について. 鳥取水試報. **15**: 80-89.
- 篠原基之・尾田 正・萱野泰久. 1986. 昭和60年度放流技術開発事業報告書 (ヒラメ班), 瀬戸内・九州海域, 岡山県, 38-48.
- Stanley, C.A. 1980. Lee's phenomenon in the western subspecies of the Australian salmon, *Arripis trutta esper*. Aust. J. Mar. Freshwater. Res., **31**: 13-19.
- 竹野功璽・浜中雄一. 1994. 標識放流からみた若狭湾周辺海域におけるヒラメの移動. 京海セ研報, **17**: 66-71.
- 竹野功璽・浜中雄一・宮嶋俊明. 1997. 日本海沿岸におけるヒラメ1歳魚の背鰭・臀鰭鰭条数と耳石初輪径の地理的変異. 京海セ研報, **19**: 65-71.
- 田代征秋・一丸俊雄. 1995. 長崎県近海におけるヒラメの漁業生物学的特性. 長崎水試研報, **21**: 37-49.
- 徳島県水産試験場. 1994. 平成5年度放流技術開発事業報告書 (ヒラメ班), 瀬戸内・九州海域. 徳島県, D41-D65.
- 宮崎県栽培漁業センター・宮崎県水産試験場. 1990. 平成元年度放流技術開発事業報告書 (ヒラメ班), 瀬戸内・九州海域, 宮崎県, H34-H76.
- 渡部俊昭. 1983. ヒラメの標識放流調査結果について. 鳥取水試事業報告, **26**: 77-83.
- (* 印を付したものは直接参照できなかった。)

Synopsis

Studies on Stock Structure of the Japanese Flounder, *Paralichthys olivaceus*, in the Sea off Kyoto Prefecture-IV

—Age and Growth Estimations with Otolith—

Koji TAKENO, Yuichi HAMANAKA and Toshiaki MIYAJIMA

Age and growth of the Japanese flounder *Paralichthys olivaceus* were estimated from right otoliths (sagittae) of 2,217 females and 2,147 males, collected from the sea off Kyoto prefecture from 1989 to 1998.

Examination of outer margin of otoliths showed that opaque zone was formed once a year, and a single annulus was formed each year during the period from April to June. The time of annulus formation was overlapped approximately spawning season of the flounder in this waters.

The von Bertalanffy growth equation for females was $L_t = 873.6 (1 - \exp^{-0.2255(t+0.5934)})$ and for males $L_t = 678.2 (1 - \exp^{-0.2360(t+0.9920)})$, where L_t is total length in millimeters at age t in years. Females grew faster over one year old and reached about 29% larger than males through their life span.

Length-weight relations for females was $W = 5.2838L^{3.1159} \times 10^{-6}$ and males was $W = 7.6630L^{3.0501} \times 10^{-6}$, where W =weight in grams and L =total length in millimeters.