

若狭湾西部海域産ヒラメの耳石初輪径にみられる 未成魚と成魚間の差異

竹野 功 璽,* 葭 矢 護,^a 宮 嶋 俊 明

(2000 年 12 月 12 日受付, 2001 年 5 月 29 日受理)

京都府立海洋センター

Differences in the First Ring Radius of the Otolith between Immature and
Adult Japanese Flounder *Paralichthys olivaceus*, Collected in Western Wakasa Bay

Koji Takeno,* Mamoru Yoshiya,^a Toshiaki Miyajima

Kyoto Institute of Oceanic and Fishery Science, Kyoto 626-0052, Japan

In order to clarify the stock structure of the Japanese flounder *Paralichthys olivaceus* in western Wakasa Bay, the first annual ring radius of the otolith was compared between immature and adult fish collected from 1994 to 2000. The average radius of the first ring in adult fish was significantly smaller than that of the same year-class immature fish. This phenomenon was observed in both females and males. Considering the previous reports which showed that there were two distinct populations as early settlers and late settlers, we speculated that the early settlers with larger fin ray number grow fast and migrate westward at one or two years old, whereas the late settlers with smaller fin ray number grow slowly and stay in this area throughout their life.

キーワード：ヒラメ，耳石初輪径，移動，系群，Lee 現象，若狭湾西部海域

若狭湾西部海域では、背鰭および臀鰭鰭条数の異なる 2 つの個体群のヒラメ稚魚が時期を違えて浅海域に着底することが知られている。^{1,2)} それらのヒラメは 1 歳の夏季までは成育場付近に分布し、ほとんど移動しないとされている。^{3,4)} しかし、1 歳の秋季になると沖合域へと移動し、一部は西方の海域まで長距離移動することが確認されている。^{3,4)} そして、この西方への長距離移動は 2 歳時にも認められ、3 歳になるまでには相当数が若狭湾西部海域から移出することが示唆されている。⁴⁾ 前報⁵⁾ では、成育場付近に分布するとされる 1 歳の春季から夏季のヒラメ未成魚と、西方海域への移動時期を過ぎた 3 歳以上のヒラメ成魚とでは、背鰭および臀鰭鰭条数が異なることを示し、その差異が当海域に着底する 2 つの個体群のうちの一方の群が、1, 2 歳時に西方海域へと移出することによって生じることを推察した。

系群などの魚類集団の識別には、計数形質である鰭条数以外の形態学的形質として、耳石や鱗の形状、輪紋などの計量形質がいくつかの魚種で用いられている。⁶⁻¹³⁾

耳石や鱗の輪紋は年齢形質としても広く用いられているが、¹⁴⁾ 高年齢魚の輪径が若年齢魚のそれより小さくなる Lee 現象^{14,15)} がしばしば認められ、当海域産ヒラメの耳石初輪径からも Lee 現象が報告されている。¹⁶⁾ 本研究では、若狭湾西部海域のヒラメの資源構造を解明するため、前報と同じ当海域産ヒラメの未成魚と成魚を試料として、Lee 現象の原因を含めて、当海域に着底するとされる 2 つの個体群の動向について耳石初輪径から検討した。

試料および方法

試料として、1994 年～2000 年に若狭湾西部海域で定置網、刺網、延縄などにより漁獲された前報⁵⁾ と同じ未成魚および成魚を用いた。そのうち、耳石初輪径が計測できた個体は、未成魚が 883 尾、成魚が 345 尾であった (Table 1)。未成魚については、当海域湾奥部の成育場付近¹⁷⁾ で 5 月～7 月に漁獲された 1993 年～1995 年級の 1 歳魚を対象とした。成魚については、当海域の産卵期 (2 月下旬～6 月上旬) に漁獲された成熟個体の中

* Tel : +81-772-25-3077, Fax : +81-772-25-1532, E-mail : kaiyose2@vega.ocn.ne.jp

^a 現所属：京都府水産事務所 (Kyoto Prefectural Fisheries Office, Kyoto 626-0041, Japan)

Table 1. Specimens of Japanese flounder used in this study

Life stage	Year-class	Sampling date	Fishing gear*	Sex	Number of specimens	Range of total length (mm)	Range of age (year)
Immature	1993	May 17–July 22, 1994	G, T, S	Female	118	253–382	1
				Male	76	232–356	1
	1994	June 15–July 20, 1995	G	Female	238	236–396	1
				Male	205	231–359	1
	1995	May 22–July 22, 1996	G	Female	136	252–400	1
Adult	1993	Feb. 29, 1996–May 15, 2000	L, G, T, S, D	Female	19	476–642	2–4
				Male	41	407–606	2–7
	1994	May 12, 1997–June 5, 2000	L, G, S, D, T	Female	78	458–686	2–6
				Male	101	378–575	2–6
	1995	Mar. 12, 1998–May 25, 2000	L, G, S, D	Female	44	442–650	2–4
				Male	62	380–589	2–5

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

から,¹⁸⁾ 未成魚と同じ 1993 年～1995 年級に属し, かつ漁獲された年に満 3 歳以上に達する個体を対象とした。供試魚は生鮮状態で実験室に持ち帰り, 全長 (cm) の測定, 生殖腺の肉眼観察による性と成熟度の判定後, 無眼側の耳石 (扁平石) を摘出し, 万能投影機 (日本光学工業株式会社 V-16D) 下で輪紋による年齢査定と耳石初輪径の計測を行った。耳石初輪径は, 核から最初の不透明帯の最外部までの距離を長軸に沿って前端方向に計測した。¹⁹⁾

結 果

耳石初輪径の雌雄差を検討するため, 各年級の未成魚および成魚の耳石初輪径組成について順位と検定 (Mann–Whitney の *U* 検定)^{20,21)} を行った結果, 1993 年級の成魚と 1995 年級の未成魚を除いて, それぞれ雌雄間に 5% 水準で有意差が認められた。そこで, 未成魚と成魚間の耳石初輪径組成の比較は, 雌雄別に行った。

雌の場合 (Fig. 1), 1993 年級の未成魚の耳石初輪径組成のモードは 2.9 mm であるのに対して, 1993 年級の成魚のそれは 2.7 mm であった。耳石初輪径の平均値は同未成魚では 3.05 mm であり, 同成魚では 2.51 mm であった。1994 年級の未成魚の耳石初輪径組成のモードは 2.9 mm であり, その平均値が 2.87 mm であるのに対し, 成魚の耳石初輪径組成はモードが 2.7 mm, 平均値が 2.71 mm であった。1995 年級の未成魚の耳石初輪径組成のモードと平均値はそれぞれ 2.9 mm, 2.88 mm であったが, 成魚のそれらは 2.5 mm, 2.53 mm であった。

このように, 雌ではいずれの年級においても, 未成魚と成魚間には耳石初輪径組成のモードと平均値に差がみられ, 未成魚より成魚においてそれらの値が小さいことが明らかとなった。さらに, 未成魚と成魚の耳石初輪径組成について順位と検定 (Mann–Whitney の *U* 検

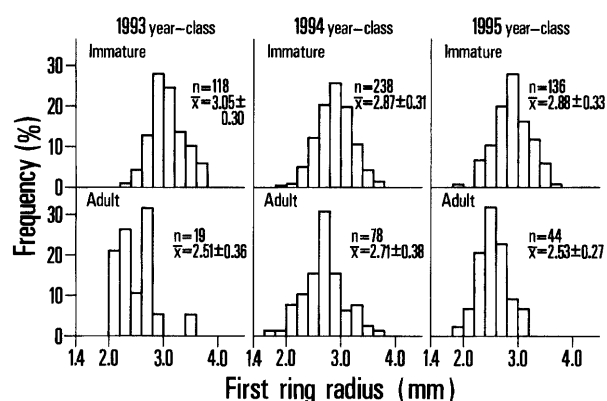


Fig. 1. Frequency distributions of the otolith first annual ring radius in female Japanese flounder. Adult fish had significantly smaller first annual ring compared to the immature fish in each year class.

定)^{20,21)} を行った結果, いずれの年級においても 1% 水準で有意差が認められ, 成魚の耳石初輪径が未成魚より小さかった。

一方, 雄の場合 (Fig. 2), 1993 年級の未成魚の耳石初輪径組成のモードは 2.9 mm, 平均値は 2.95 mm であるのに対して, 成魚では 2.3 mm, 2.45 mm であった。1994 年級の未成魚のモードは 2.9 mm, 平均値が 2.79 mm であるのに対し, 成魚ではモードは 2.5 mm, 平均値は 2.46 mm であった。1995 年級の未成魚の耳石初輪径組成のモードと平均値はそれぞれ 2.7 mm, 2.88 mm であり, 成魚のそれらは 2.3 mm, 2.42 mm であった。

このように, 雄の場合も雌と同様に, いずれの年級の未成魚と成魚間においても, 耳石初輪径組成のモード, 平均値は未成魚より成魚において小さいことが明らかとなった。さらに, 雄の未成魚と成魚の耳石初輪径組成について順位と検定 (Mann–Whitney の *U* 検定)^{20,21)} を行った結果, いずれの年級においても 1% 水準で有意な差

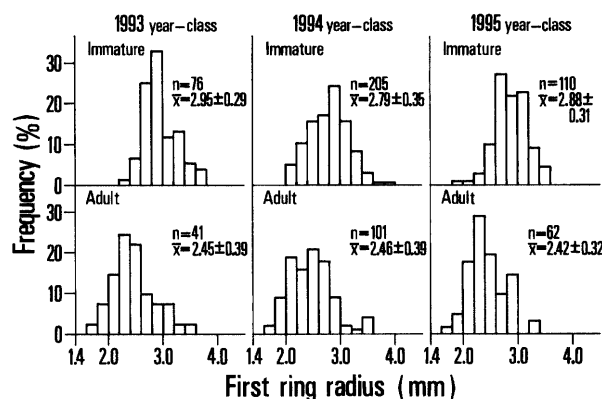


Fig. 2. Frequency distributions of the otolith first annual ring radius in male Japanese flounder.

が認められ、成魚の耳石初輪径が未成魚より小さかった。

以上のように、若狭湾西部海域で漁獲された1993年～1995年級の未成魚と成魚の耳石初輪径組成を雌雄別に同一年級同士で比較した結果、雌雄、年級を問わず成魚の耳石初輪径組成のモードと平均値は未成魚より小さく、その差は統計的にも有意であることが明らかとなった。

考 察

年齢形質である耳石や鱗などの輪紋に関しては、高齢魚の輪径が若齢魚のそれより小さい傾向がしばしば認められ、この現象はLee現象と呼ばれている。^{14,15)} ヒラメの耳石輪径にもLee現象が認められており、^{16,22)} 若狭湾西部海域産のヒラメでは耳石初輪径から同現象が報告されている。¹⁶⁾ Lee現象の原因には諸説あるが、鱗などでは成長度合が魚体の部位によって異なることや既成部分が加齢とともに収縮することが原因の一つに挙げられている。^{14,23)} しかし、本研究では、ヒラメ1個体に1対あるうちの無眼側の扁平石のみを用いたため、鱗のように採取部位による成長度合の違いを考慮する必要はない。また、魚類の耳石は炭酸カルシウムからなる高度に石灰化した硬組織であり、一旦沈着したカルシウムは安定してほとんど回転代謝されないため、²⁴⁾ 耳石の既成部分が形成後に収縮する可能性は小さいと考えられる。

また、Lee現象の原因の一つには漁具の選択性が挙げられており、漁具の種類や網目の大きさによってサイズ選択的な漁獲効果が働く場合には、若齢期に大型個体から先に漁獲され、高齢魚には若齢期の小型個体のみが残ることが考えられる。^{14,25)} しかし、若狭湾西部海域ではヒラメは定置網、刺網、釣・延縄、底曳網など多様な漁法で漁獲されており、若齢期に漁具によるサイズ選択的な漁獲をどの程度受けているかは定かではない。一方、当海域の未成魚と成魚では、耳石初輪径のみならず背鰭および臀鰭鰭条数も有意に異なることが判っており、両

鰭条数の差異には当海域で着底するヒラメ個体群^{1,2)}の成長に伴う分布・移動が関係していることを前報⁵⁾で示した。計量形質である鱗の輪紋では、サケ⁸⁾やマダイ¹³⁾でみられるLee現象が、異なる輪径を持った集団の移動に伴って起こることが報告されている。そこで、若狭湾西部海域産ヒラメの耳石初輪径にみられる未成魚と成魚間の有意差の原因について、当海域に着底するとされるヒラメの個体群^{1,2)}の着底後の成長、分布・移動様式から検討した。

若狭湾西部海域では、ヒラメ稚魚の着底時期には2つのピークが認められ、前期に着底する群と後期に着底する群の2群あることが報告されている。^{1,2,26,27)} 同様に生まれたヒラメであっても、着底時期が異なる前期着底群と後期着底群との間には、当然全長差が生じることが考えられる。また、当海域でのヒラメ稚魚の着底後2ヶ月間の成長は前期着底群の方が優っており、特に後期着底群の着底後30日以降の成長速度は主要餌料であるアミ類の減少により顕著に劣ることが報告されている。²⁶⁾ さらに、近隣の鳥取県沿岸では、アミ類が減少した6月下旬以降には、魚食性に転換した大型個体は順調に成長を続けるのに対し、^{28,29)} アミ類への依存度が高い小型個体は摂餌率や肥満度の低下などが起こり成長が停滞することが示唆されている。³⁰⁾ 稚魚期以降のヒラメの成長は、アミ類が減少する時期までにヒラメが到達するサイズによって顕著に異なることが予想され、着底時期が異なることによる成長への影響は大きく、前期着底群と後期着底群の間には満1歳時に形成される耳石初輪径にも顕著な差が生じることが考えられる。

両着底群は、それらの出現時期と背鰭および臀鰭鰭条数の違いから判断して、由来の異なる別々の個体群であり、前期着底群が西方海域で生まれた「西方群」、後期着底群が若狭湾西部海域で生まれた「地先群」、と考えられている。^{1,2,27)} 若狭湾西部海域の浅海域で着底したヒラメは翌年の夏季までは成育場付近に分布し、ほとんど移動しないとされている。^{3,4)} 当海域の浅海域には、少なくとも1歳の夏季までは、前期着底群である大きい耳石初輪径(多い鰭条数)を持つ個体からなる「西方群」と、後期着底群である小さい耳石初輪径(少ない鰭条数)を持つ個体からなる「地先群」の2つの個体群が分布していることが考えられる。一方、1歳の秋季以降は、ほとんどが沖合域へと移動し、一部は西方海域まで長距離移動することが標識放流試験により確認されている。^{3,4)} この西方海域へのヒラメ未成魚の移動が清野・林³¹⁾やKinoshita *et al.*²⁾が指摘した「西方群」の回帰回遊であるとする、大きい耳石初輪径を持つ個体のみが当海域から移出することが考えられる。西方への長距離移動は2歳の秋季から冬季にも認められ、3歳になるまでには相当数が当海域から移出する可能性が高い。⁴⁾ そ

の結果, 3 歳以上の成魚期には小さい耳石初輪径を持つ個体からなる「地先群」のみが残ることとなり, 成魚の耳石初輪径が未成魚と比べ顕著に小さくなる現象が起こることが考えられる。つまり, 若狭湾西部海域産ヒラメの耳石初輪径にみられる未成魚と成魚間の有意差は, 当海域に着底時期を違えて出現する 2 つの個体群の着底後の成長差と, 1 歳の秋季以降の分布・移動様式の違いによって生じたものであると推察された。さらに, 当海域産ヒラメの耳石に認められる Lee 現象の中でも, 特に 1 輪群と 2 輪群間で顕著である初輪径の差異は,¹⁶⁾ 当海域に着底する成長の異なる 2 つの個体群の分布・移動様式の違いが原因であることが示唆された。

謝 辞

本研究をとりまとめるにあたり, 懇切なる御指導と御校閲を賜った京都大学大学院農学研究科教授田中 克博士, 貴重な御助言をいただいた京都大学院農学研究科附属水産実験所助手益田玲爾博士に深く感謝の意を表します。また, 本研究の機会を与えて下さった京都府立海洋センター所長桑原昭彦博士, 有益なる御助言をいただいた同センター前所長篠田正俊博士, 海洋調査部長宗清正廣博士, ならびに調査に御協力いただいた同センター濱中雄一氏をはじめとする関係者各位に心からお礼申し上げます。本報告の御校閲をいただき, 適切な御指摘, 御助言をいただいた匿名の査読者の方々に感謝いたします。本論文は, 京都府立海洋センター業績 No. 139 である。

文 献

- 1) Tanaka M, Ohkawa T, Maeda T, Kinoshita I, Seikai T, Nishida M. Ecological diversities and stock structure of the flounder in the Sea of Japan in relation to stock enhancement. *Bull. Natl. Res. Inst. Aquacult. Suppl.* 1997; **3**: 77-85.
- 2) Kinoshita I, Seikai T, Tanaka M, Kuwamura K. Geographic variations in dorsal and anal fin ray counts of juvenile Japanese flounder, *Paralichthys olivaceus*, in the Japan Sea. *Environ. Biol. Fish.* 2000; **57**: 305-313.
- 3) 竹野功壘, 葭矢 護, 宮嶋俊明. 標識放流結果からみた若狭湾西部海域産ヒラメの若齢期の分布と移動. 京都海洋セ研報 2001; **23**: 1-6.
- 4) 竹野功壘, 葭矢 護, 宮嶋俊明. 標識放流結果からみた若狭湾西部海域産ヒラメの分布・移動. 日水誌 2001; **67**: 807-813.
- 5) 竹野功壘, 葭矢 護, 宮嶋俊明. 若狭湾西部海域産ヒラメの背鰭および臀鰭鰭条数にみられる未成魚と成魚間の差異. 日水誌 2001; **67**: 1051-1055.
- 6) 能勢幸雄. 水産資源の単位と組成. 「水産資源学」(能勢幸雄, 石井丈夫, 清水 誠著) 東京大学出版会, 東京, 1988; 8-36.
- 7) 木下哲一郎. 津軽海峡および噴火湾におけるカタクチイワシ群について. 北大水産彙報 1962; **13**: 63-81.
- 8) Stanley CA. Lee's phenomenon in the western subspecies of the Australian salmon, *Arripis trutta esper*. *Aust. J. Mar. Freshwater. Res.* 1980; **31**: 13-19.
- 9) 菅野泰次. オホーツク海北海道近海におけるニシンの系群構造. 日水誌 1982; **48**: 755-762.
- 10) Ishida Y, Ito S, Takagi K. Stock identification of chum salmon *Oncorhynchus keta* from their maturity and scale characters. *Nippon Suisan Gakkaishi* 1989; **55**: 651-656.
- 11) Campana SE, Casselman JM. Stock discrimination using otolith shape analysis. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 1993; **50**: 1062-1083.
- 12) 西村 明, 宝田貴久, 木田哲規. ベーリング海におけるスケトウダラ成魚耳石にみられる初年年輪径の地理的差異. 1997 年北洋底魚資源調査研究報告集, 遠洋水研, 清水, 1997; 77-84.
- 13) 戸嶋 孝, 桑原昭彦, 藤田眞吾. 鱸の第 1 輪径からみた若狭湾西部海域におけるマダイ群の移出入. 日水誌 1998; **64**: 665-670.
- 14) 久保伊津男, 吉原友吉. 年齢査定法. 「水産資源学」共立出版, 東京, 1969; 129-133.
- 15) Lee RM. An investigation into the methods of growth determination in fishes. *Publ. Circunst. Cons. Int. Explor. Mer.* 1912; **63**: 35.
- 16) 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. 京都海洋セ研報 1999; **21**: 65-71.
- 17) 南 卓志. ヒラメの初期生活史. 日水誌 1982; **48**: 1581-1588.
- 18) 竹野功壘, 浜中雄一, 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.
- 19) 竹野功壘, 浜中雄一, 宮嶋俊明. 日本海沿岸におけるヒラメ 1 才魚の背鰭・臀鰭鰭条数と耳石初輪径の地理的差異. 京都海洋セ研報 1997; **19**: 65-71.
- 20) 石居 進. いろいろな検定法. 「生物統計学入門」培風館, 東京, 1975; 109-116.
- 21) 山田作太郎, 北田修一. ノンパラメトリック検定. 「生物資源統計学」成山堂書店, 東京, 1997; 189-195.
- 22) 山岡 仁, 樋田陽治. 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, 鶴岡, 1977; 15-33.
- 23) 三谷文夫, 井田悦子. マアジの成長と年齢. 日水誌 1964; **30**: 968-977.
- 24) 麦谷泰雄. 魚類の耳石情報分析に関する研究. 日水誌 1994; **60**: 7-11.
- 25) Robertson JA. The occurrence of Lee's phenomenon in the sprat, and the size-relation between fish and scale. *J. Cons. Int. Explor. Mer.* 1936; **11**: 219-228.
- 26) 桑村勝士. 若狭湾西部海域に出現するヒラメ稚魚の着底日と成長過程の推定. 京都大学農学部附属水産実験所報告 1991; **1**: 7-9.
- 27) 前田経雄. 若狭湾西部海域におけるヒラメ仔稚魚の加入機構. 修士論文, 京都大学, 京都, 1997.
- 28) 今林博道. 生物群集内における稚魚期および若魚期のヒラメの摂餌生態-I. 個体群の種内関係. 日水誌 1980; **46**: 427-435.
- 29) 古田晋平. 鳥取県沿岸浅海域におけるヒラメ当歳魚の分布量, 全長組成, 摂餌状態および被食状態の季節的变化. 日水誌 1999; **65**: 167-174.
- 30) 古田晋平, 渡部俊明, 西田輝巳, 山田英明, 宮永貴幸. 鳥取県沿岸浅海域に放流したヒラメ人工種苗の分布, 成長および個体数変動. 日水誌 1997; **63**: 877-885.
- 31) 清野精次, 林 文三. 若狭湾西部海域におけるヒラメ資源の研究-Ⅲ 若狭湾産ヒラメの動態. 昭和 50 年度京都府水産試験場報告, 京都海洋セ, 宮津, 1977; 1-15.