若狭湾西部海域におけるマダイの移動と 鱗の第1輪径との関係について

戸嶋 孝, 桑原昭彦, 藤田眞吾

(1995年6月23日受付)

Relationship between Movement and the First Ring Radius on the Scale of the Red Sea Bream *Pagrus major* in the Western Wakasa Bay*¹

Takashi Tojima,*² Akihiko Kuwahara,*² and Shingo Fujita*²

Lee's phenomenon is apparent in the first ring radii on the scales readings of 1-4 years old the red sea bream *Pagrus major* caught from the Western Wakasa Bay. The compositions of the first ring radii on the scales of the fishing season in spring (April-June) and autumn (September-November), increased in the mean first ring radius from spring to autumn and decreased from autumn to spring in the following year, and the percentage occurrences of small first ring radius increased with their ages. Based upon the regional differences in the first ring radius on the scale of 1 year old fish in the Tsushima Warm Current area, is it partly caused by their movement and migration toward the northern or southern area.

キーワード: 若狭湾, マダイ, 鱗, 移動

鱗や耳石などの年齢形質に形成される年齢別輪径が、高年齢魚になるに従い低年齢魚に比較して小さくなる現象は、Lee¹⁾によって発見されて以来多くの魚種で確認されており、Lee現象として一般的に知られている。日本海沿岸で漁獲されたマダイ *Pagrus major* についても、この現象は報告されている。^{2,3), *3, *4} Lee現象の原因については、同一年齢では体長の大きい個体ほど漁獲され易いとする、体長従属的な要因によるとの考え方など幾つかの仮説が提案されている。⁴⁻⁶⁾ しかし、それぞれの仮説には、まだ多くの疑問点が残されており、Lee現象の解明は、魚類の年齢と成長などについて調査研究する上で重要な課題となっている。

今回著者らは、若狭湾西部海域で漁獲される1~4歳のマダイの鱗を調査し、その平均第1輪径が年齢の増加とともに減少することを確認した。そこで、このような年齢の増加に伴う第1輪径の小型化の原因について、前報⁷⁾で示した対馬暖流域における1歳マダイの第1輪径組成の海域差と関連させて検討したので報告する。

材料と方法

本研究には、1992年4月から1993年11月にかけて、若狭湾西部海域 (Fig. 1) の主として定置網および釣・延縄漁業で漁獲された合計2,956個体のマダイを用いた (Table 1)。なお、1~3月、7~8月および12月はマダイの漁獲が少なく、標本を入手できなかった。

Fig. 1. Map of sampling area (hatched part) of red sea breams.

*¹ 京都府立海洋センター業績 No. 108.

*² 京都府立海洋センター (Kyoto Institute of Oceanic and Fishery Science, Miyazu, Kyoto 626, Japan).

*³ 秋田県栽培漁業センター: 昭和56年度回遊性魚類共同放流実験調査事業報告書 (日本海中部海域マダイ班).

*⁴ 京都府立海洋センター: 昭和60年度回遊性魚類共同放流実験調査事業報告書 (日本海中部海域マダイ班).

Table 1. *Pagrus major* specimens used in this study

Month	Number of specimens			
	Set net	Handline and Longline	Others	Total
Apr. 1992	120			120
May	83	12		95
Jun.	159	94	24	277
Sept.	64	222		286
Oct.	51	486	6	543
Nov.	3	131		134
Apr. 1993	32	4		37
May	176	89	22	287
Jun.	301	89	53	443
Sept.	199	211		410
Oct.	219	47		268
Nov.		59		59
Total	1,407	1,444	105	2,956

採集したすべてのマダイについて尾叉長の測定を行うとともに、鱗を採集し、スライド標本とした後に年齢査定を行った。マダイの年齢は、赤崎⁸⁾が行った若狭湾産マダイの年齢査定の結果から、輪紋形成時期を年1回、4月として推定した。さらに、年齢査定を行ったマダイのうち2,813個体については、第1輪径(r_1)を万能投影機を用いて0.01 mm単位まで測定した。なお、採鱗部位、標本処理および第1輪径の判断基準などについては、前報⁷⁾と同様であった。

また、第1輪径組成における輪径型別の構成比率は、前報⁷⁾で示した対馬暖流域内における1歳マダイの鱗の第1輪径組成から分離できた、長崎県沿岸海域に代表されるA型(平均値±標準偏差; 4.44 ± 0.33 mm)、島根県から京都府沿岸海域に代表されるB型(同; 3.66 ± 0.31 mm)および石川県から青森県沿岸海域に代表されるC型(同; 2.68 ± 0.28 mm)の各正規分布の平均値と標準偏差から計算された第1輪径範囲ごとの3つの型の出現割合⁷⁾を用いて、それらの割合を観測度数に乗じるにより求めた。

結 果

今回の調査で採集されたマダイの尾叉長は100~443 mmの範囲にあり、これらのマダイは鱗を用いた年齢査定の結果で1歳から4歳に分けることができた。1歳魚は1,023尾出現し、尾叉長範囲は100~266 mm、2歳魚は1,169尾で、尾叉長範囲は140~333 mm、3歳魚は518尾で、尾叉長範囲は206~443 mm、4歳魚は234尾で、236~425 mmの尾叉長範囲であった。ここで、満年齢時の尾叉長を知るために、4~6月の春季に採集された個体について、1992年と1993年の年齢別の平均尾叉長と標準偏差および変動係数をTable 2に示した。1992年の場合には平均尾叉長は、1歳魚で146 mm、2歳魚で211 mm、3歳魚で271 mm、4歳魚で305 mmであった。1993年の1歳魚から4歳魚までの平均尾叉長はそれぞれ、137 mm、207 mm、264 mmおよび311 mmであった。年齢ごとの平均尾叉長を1992年と1993年とで比較すると、その差は10 mm以下であり、調査年による大きな違いは認められなかった。

1992年と1993年の年齢別第1輪径組成をFig. 2に示した。1992年では1歳魚の第1輪径は、2.0~5.6 mmの範囲にあり、モードは輪径3.7 mmにみられた。2歳魚では組成のモードの位置は1歳魚と変わらなかったが、3歳魚では輪径3.1 mmに出現した。4歳魚の第1輪径組成ではモードの位置は2.9 mmで、1歳時と比べて約1.0 mm小さい方に移動し、輪径3.6 mm以上の個体の出現割合は1歳魚のそれに比較して減少していた。また、1歳魚から4歳魚までの平均第1輪径はそれぞれ、3.79 mm、3.57 mm、3.41 mmおよび3.08 mmであった。なお、これらの第1輪径組成についてKruskal-Wallisの検定⁹⁾を行ったところ、1%の有意水準で差が認められた。このような年齢の増加に伴う第1輪径の小型化の傾向は、1993年についても1992年と同様に認められた。すなわち、若狭湾西部海域で漁獲されるマダイの第1輪径には、高年齢になるほど小さくなる現象が認められた。

従来から、若狭湾西部海域に來遊するマダイ群については、春季(4~6月)群と秋季(9~11月)群の2群

Table 2. Mean and standard deviation (SD) of fork length in mm from age classes

Sampling Date	Age															
	1				2				3				4			
	n	Mean	SD	CV*	n	Mean	SD	CV*	n	Mean	SD	CV*	n	Mean	SD	CV*
Apr.-Jun. 1992	176	146	16.3	11.2	121	211	21.5	10.2	141	271	29.8	11.0	54	305	28.7	9.4
Apr.-Jun. 1993	223	137	16.8	12.3	330	207	19.9	9.6	117	264	25.7	9.7	93	311	34.5	11.1

* CV; Coefficient of variation (%).

Fig. 2. Frequency distributions of the radius of the first ring (r_1) on the scales of red bream.

Table 3. Mean and standard deviation (SD) of radius of first ring in mm on the scale at the fishing season and each age

Sampling Date	Age											
	n	Mean	SD	n	Mean	SD	n	Mean	SD	n	Mean	SD
Apr.-Jun. 1992	176	3.78	0.56	121	3.44	0.60	141	3.25	0.71	54	3.07	0.68
Sep.-Nov. 1992	481	3.80	0.61	272	3.63	0.68	161	3.54	0.70	37	3.09	0.57
Total	657	3.79	0.60	393	3.57	0.66	302	3.41	0.71	91	3.08	0.64
Apr.-Jun. 1993	223	3.51	0.55	207	3.49	0.62	109	3.31	0.56	93	3.16	0.65
Sep.-Nov. 1993	143	3.69	0.59	446	3.63	0.66	99	3.65	0.69	50	3.23	0.67
Total	366	3.59	0.58	653	3.58	0.65	208	3.47	0.65	143	3.18	0.66

がみられ、各来遊群の年齢構成などは異なっていることが報告されている。¹⁰⁾そこで、春季来遊群と秋季来遊群における年齢ごとの第1輪径を調べるために、4~6月と9~11月に各々漁獲されたマダイを区別して集計し、平均第1輪径を調査年別年齢別に Table 3 に示した。

年齢の増加に伴い平均第1輪径が小さくなるという傾向は、春季および秋季に分離して調べても認められた。しかし、同一年齢魚の平均第1輪径を春季と秋季と比較してみると、1992年の場合には1歳魚で0.02 mm、2歳魚で0.19 mm、3歳魚で0.29 mm、4歳魚では0.02

Fig. 3. Frequency distributions of the radius of the first ring (r_1) on the scales of red breams in each age at April-June 1992.

Frequency occurrences of the first ring on the scales of the 1 year old fish by each size radius.

Type A: large radius, Type B: mediumradius, Type C: small radius.

mm 春季よりも秋季の方が大きな値となっており、2歳魚と3歳魚でその大きさに有意差が認められた (t 検定, $p < 0.01$). 1993年の場合でも、平均第1輪径は全ての年齢で春季よりも秋季の方が大きく、4歳魚を除く全ての年齢で有意差が認められた。 (t 検定, $p < 0.01$). さらに、第1輪径の変化を詳細に調べるために、春季および秋季別年齢別第1輪径組成に占めるA~C型の各輪径型別の構成比率を求め、1992年春季の年齢別第1輪径組成についての結果を、1例としてFig. 3に示した。第1輪径組成に占めるA~C型の構成比率の変化をみると、第1輪径が最も小さいC型の比率は1歳魚では13%ではあったが、2歳魚で31%となり、3歳魚で53%、4歳魚では66%となり、高年齢になるほど第1輪径組成に占めるC型の比率が高くなっていた。逆に、A型およびB型の比率は年齢の増加とともに低くなっていた。

ここで、1992年と1993年の年齢別第1輪径を同一年級群で連続させて比較してみた (Fig. 2, Table 3). 1992年の1歳魚と1993年の2歳魚、1992年の2歳魚

と1993年の3歳魚および1992年の3歳魚と1993年の4歳魚を各々比較すると、平均第1輪径は全て高齢魚の方が小さく、各々の輪径組成には有意差が認められた (Mann-Whitneyの U 検定, $p < 0.05$). なお、1993年4歳魚の第1輪径組成では、輪径2.4~2.6 mmと3.2~3.4 mmに2つのモードが認められた。また、先程示したように、同一年齢魚の春季と秋季では、平均第1輪径は全て秋季の方が春季より大きかったが、同一年級群の秋季から翌年春季にかけては、平均第1輪径は全て小さくなっていた (t 検定, $p < 0.001$). つぎに、春季および秋季別年齢別第1輪径組成におけるA~C型の構成比率の変化を、同一年級群ごとに比較出来るように並べてFig. 4に示した。各型の構成比率の増減の仕方を、第1輪径の最も小さいC型に着目してみると、1992年1歳魚と1993年2歳魚の場合には、1歳魚の春季と秋季では15%前後で変化は認められなかったが、2歳魚の春季では31%であり1歳魚の秋季よりも倍増していた。そして、2歳魚の春季から秋季にかけては逆に減少した。1992年2歳魚と1993年

Fig. 4. Percentage changes in radius compositions of the first ring on the scales by each year class of three types (A-C) radius. Parenthesized numbers indicate year of survey.

3歳魚では、C型の比率は2歳魚の春季から秋季には6%減少していたが、2歳魚の秋季から3歳魚の春季には40%以上に増加し、3歳魚の春季から秋季にかけては再び減少していた。このようなC型の比率の変化は、1992年3歳魚と1993年4歳魚の場合にも認められ、1993年4歳魚ではC型の比率は春季、秋季とも45%を超えていた。一方、B型の構成比率は、1992年春季の3歳魚を除き、どの組成においても40~50%で推移していた。

考 察

1979~1980年の若狭湾西部海域におけるマダイの成長解析の結果⁴⁾では、年齢ごとの計算尾叉長は1歳で130 mm、2歳で185 mm、3歳で248 mm、4歳で300 mmと報告されており、今回の平均尾叉長と比べて全ての年齢で10~20 mm程度小さい。この報告の尾叉長は輪紋形成時の計算尾叉長であり、一方今回調査に用いたマダイの平均尾叉長は、4~6月の既に輪紋が形成された後の個体のものである。このことから、本研究で用いたマダイの年齢ごとの魚体の大きさと、過去の報告での大きさとには大差がなかったといえる。

今回の調査結果では、若狭湾西部海域で漁獲されたマダイの平均第1輪径は、高年齢になるとともに小さくなっていた。しかし、マダイ鱗の第1輪径は時間の経過とともに直線的に減少しているのではなかった。すな

わち、全体としては年齢を経るに従い小さくなっていたが、2年に亘る調査では、第1輪径は1992年の1歳時を除いてどの年齢群においても春季から秋季にかけては大きく、秋季から翌年春季には小さくなる傾向がみられた。このような第1輪径の変化の原因については、魚体の大きさに依存した漁獲の影響を受けたためだけであるとは考え難い。

さて、日本海沿岸域におけるマダイの移動・回遊についての過去の知見を整理してみると、本種は地先の深淺移動だけでなく府県境を越えて広範囲な移動・回遊を行い、この傾向は3~4歳以降で特に強くなることが指摘されている。^{10,11),45}さらに、若狭湾域で放流されたマダイの一部は、春季から秋季にかけて北上し、秋季から翌年春季にかけては南下して再捕されるケースが多く、年間を通してみると南下する個体の方が多くことが報告されている。^{10),46}このようなマダイの季節的な回遊パターンが日本海沿岸域において普遍的なものとするならば、若狭湾西部に海域を特定してマダイの第1輪径を調べた場合には、季節によってその大きさに差が生じることになる。すなわち、若狭湾以西海域から比較的大きな第1輪径を有した個体が来遊する春季から秋季にかけては、平均第1輪径は大きくなる。逆に比較的小さな第1輪径を有した個体が来遊してくる秋季から翌年春季にかけては、平均第1輪径は小さくなる。さらに、成長するとともに南下移動・回遊が大規模なものとなれ

⁴⁵ 秋田県栽培漁業センター・石川県増殖試験場：昭和59年度回遊性魚類共同放流実験調査事業報告書（日本海中部海域マダイ班）。

⁴⁶ 藤田眞吾・戸嶋 孝・桑原昭彦：平成6年度日本水産学会春季大会講演要旨集，1994，p. 193。

ば、全体としては年齢を増すごとに小さな第1輪径を有する個体が多くなると推察される。若狭湾西部海域内外におけるマダイ群の“入れ替わり現象”に関しては、天然魚に占める人工放流種苗の年齢ごとの混獲状況の変化からも一部推定されている。¹²⁾ また、標識放流の結果では、1歳時にはあまり大きな移動・回遊をしないと報告されており、¹³⁾ 今回の1992年1歳魚の春季と秋季で第1輪径に殆ど差が見られなかったことと一致している。以上のことから、マダイの広域的な移動・回遊は、若狭湾西部海域で認められた第1輪径の小型化を引き起こす1つの大きな要因となる可能性が高いと考える。Stanley¹⁴⁾は、*Arripis trutta esper*の鱗にみられるLee現象について調べ、その原因が成長の異なる個体群の漁場への加入、逸散によるものであることを示唆している。

今回の調査では、調査年によって年齢による第1輪径組成の変化には、大きな違いは認められなかった。しかし、マダイの未成魚期から成魚期、つまり3歳から4歳以降にかけての移動生態については、不明な点が多く、特に季節的な移動の仕方については、今後さらに精査する必要がある。

謝 辞

本調査を行うに当たり、ご指導とご鞭撻を賜った京都府立海洋センター所長篠田正俊博士に感謝の意を表す。また、有益な助言を頂いた同センター海洋調査部の内野 憲氏ならびに山崎 淳博士に厚くお礼申し上げます。

文 献

- 1) R. M. Lee: An investigation into the methods of growth determination in fishes. *Publ. Circunst. Cons. Int. Explor. Mer.* 63 (1912).
- 2) 戸嶋 孝, 桑原昭彦, 松田秀之助, 山崎 淳, 藤田眞吾, 内野 憲: 京都府沿岸海域におけるマダイの鱗の年齢別初輪径について. 京都海セ研報, 16, 18-21 (1993).
- 3) 佐藤雅希: 山形県沿岸域におけるマダイの年齢と成長について. 日本海ブロック試験研究集録, 27, 5-17 (1993).
- 4) J. A. Robertson: The occurrence of Lee's phenomenon in the sprat, and the size-relation between fish and scale. *J. Cons. Int. Expl. Mer.*, 11(2), 219-228 (1936).
- 5) W. E. Ricker: Effects of size-selective mortality and sampling bias on estimates of growth, mortality, production and yield. *J. Fish. Res. Bd Canada.*, 261, 479-541 (1969).
- 6) L. C. Chen: Systematics, variation, distribution, and biology of rockfishes of the subgenus *Sebastes* (Pisces, Scorpaenidae, Sebastes). *Bull. Scripps Inst. Ocean. Univ. Calif.*, 18, 1-107 (1971).
- 7) 戸嶋 孝, 桑原昭彦, 藤田眞吾: 対馬暖流域におけるマダイ鱗の第1輪径組成の海域差. 日本誌, 61, 874-879 (1995).
- 8) 赤崎正人: 若狭湾産マダイの年令と成長. 日本誌, 26, 217-222 (1960).
- 9) 石居 進: 生物統計学入門, 培風館, 東京, 1975, pp109-133.
- 10) 宗清正廣, 傍島直樹: 京都府沿岸域におけるマダイ群の回遊パターン. 京都海セ研報, 5, 1-16 (1981).
- 11) 佐藤雅希, 鎌田 稔, 鈴木裕之, 忠鉢孝明: 標識放流結果からみた北部日本海のマダイの系群について. 日本海ブロック試験研究集録, 29, 9-15 (1993).
- 12) 桑原昭彦: マダイの放流結果について一種苗放流の経済的効果と生物的效果について. 日本海ブロック試験研究集録, 27, 97-107 (1993).
- 13) 尾形哲男, 伊東 弘, 加藤史彦: 能登近海におけるマダイ資源の補給機構—着底期. 資源培養方式開発のための沿岸域における若令期タイ類補給機構に関する研究 (特別研究成果シリーズ, 129), 農林水産技術会議事務局, 東京, 1980, pp26-40.
- 14) C. A. Stanley: Lee's phenomenon in the western subspecies of the Australian salmon, *Arripis trutta esper*. *Aust. J. Mar. Freshwater Res.*, 31, 13-19 (1980).