

## 耳石横断薄層切片を用いて解析した富山湾産ヒラメの 年齢と成長

浦邊 清治・横越 淳・鴨野 裕紀・増田 育司  
(2007年1月10日受理)

**Estimated age and growth of the Japanese flounder, *Paralichthys olivaceus*, from Toyama Bay , Japan , calculated by measuring transverse sections of otoliths**

Seiji URABE \*<sup>1</sup>, Jun YOKOGOSHI \*<sup>2</sup> , Yuki KAMONO \*<sup>3</sup>, and Yasuji MASUDA \*<sup>4</sup>

The ages of the Japanese flounder, *Paralichthys olivaceus*, sampled from Toyama Bay, Japan, were estimated by measuring 311 transverse sections of otoliths. The monthly changes in the percentages of sectioned otoliths with opaque margin indicated that one annulus was formed during the period April to June. Assuming a birth date of April 1 from the monthly change in gonadosomatic indices, the ages were estimated for every individual according to the number of opaque zones, after which the age and length -at-age date of each specimen were fitted to the von Bertalanffy growth equations. The equations employed were  $L_t=470.3 (1 - \exp (-0.5138 (t+0.5712)))$  for males, and  $L_t=986.0 (1 - \exp (-0.1939 (t+0.6820)))$  for females, where  $t$  is age (year) and  $L_t$  is total length (mm) at age  $t$ . The equations yielded significantly different results (i.e. females grew faster than males) . Maximum age observed was 4 years for males and 5 years for females. No significant difference in the regression coefficient and the adjusted mean was found in the relationship of total length and body weight between females and males. The combined equation is as follows:

$$W=3.100 \times 10^{-5} \times TL^{2.800}$$

Where W is body weight (g) , and TL total length (mm) .

Key words : age, growth, Japanese flounder, Toyama Bay, sectioned otolith

ヒラメ *Paralichthys olivaceus* は、富山湾では主に刺し網、大型定置網、小型定置網で漁獲され、富山県農林水産統計年報によると1965～2004年の県内漁獲量（1965～2001年は属地統計、2002～2004年は属人統計）は55～340トンの範囲で、その平均は128トンである。定着性の強い高級魚であるため栽培漁業の対象種として期待が大きく、本県においては1971年に放流試験が始まり、1979年以降は人工種苗の放流による栽培漁業が事業化された（堀田・藤田 1999）。近年、ヒラメの漁獲量が減少傾向にあることや、地区によっては全長25cm未満の小型個体が20%以上占めるな

\*<sup>1</sup> 富山県水産試験場（Toyama Prefectural Fisheries Research Institute, Namerikawa, Toyama 936-8536, Japan）

\*<sup>2</sup> 富山県農林水産公社氷見栽培漁業センター（Toyama Prefectural Agriculture, Forestry and Fishery Public Corporation; Himi sea farming center, Sugata, Himi, Toyama 935-0411, Japan）

\*<sup>3</sup> 富山県農林水産公社滑川栽培漁業センター（Toyama Prefectural Agriculture, Forestry and Fishery Public Corporation; Namerikawa sea farming center, Takatsuka, Namerikawa, Toyama 936-0011, Japan）

\*<sup>4</sup> 鹿児島大学水産学部（Faculty of Fisheries, Kagoshima University, Kagoshima, Kagoshima 890-0056, Japan）  
富山県水産試験場業績A18第1号

ど小型魚に依存している傾向もある(富山県 2002)。このため、全長25cm未満の小型魚を保護する資源管理指針が示され、ヒラメ刺し網漁業における網目拡大、小型魚の再放流、小型魚の多獲時期における操業の自粛による資源管理型漁業が進められている(富山県 2002)。

ヒラメの人工種苗の放流効果の評価や資源管理型漁業を有効に行うには、漁獲物の年齢組成を知る必要があり、その際、年齢と成長に関する情報は必要不可欠である。ヒラメは産卵の季節が海域によって異なることから、その後に経験する水温変動パターンの違いの影響を受け、成長にも地理的な差が生じていると思われるため(南 1997)、地域によって成長パターンも異なると考えられる。富山湾における本種の成長については、土井・堀田(1983)が市場調査で雌雄を区別せず全長を測定し、全長の複合正規分布を分解することにより、雌雄混合の成長式を得ている。しかし、ヒラメの成長には雌雄差があり(前原 1992, 田代・一丸 1995, 河野 1997, 竹野ら 1999b, 厚地ら 2004)、大型魚においては性比の偏りが見られることから、雌雄混合の全長の複合正規分布を分解する手法では、年級の分解は困難とされている(前原 1992)。

ヒラメの年齢と成長については、全国の各海域で知見が得られており年齢形質として鱗(前川・松清 1951)、脊椎骨(佐藤 1975)および耳石(篠田 1974, 山洞・樋田 1977, 石田ら 1978, 小田切ら 1985, 加藤ら 1987, 前原 1992, 北川ら 1994, 小澤ら 1995, 田代・一丸 1995, 河野 1997, 竹野ら 1999b, 厚地ら 2004)が用いられている。耳石による年齢査定では、耳石表面の研磨により輪紋を観察する方法(篠田 1974, 山洞・樋田 1977, 石田ら 1978, 小田切ら 1985, 前原 1992, 北川ら 1994, 小澤ら 1995, 河野 1997, 竹野ら 1999b)や横断薄層切片を作成し、輪紋を判読する方法(加藤ら 1987, 北川ら 1994, 田代・一丸 1995, 厚地ら 2004)に分けられ、さらに横断薄層切片を用いる方法では、耳石の長軸方向(加藤ら 1987, 田代・一丸 1995)と短軸方向(北川ら 1994, 厚地ら 2004)の横断薄層切片が用いられている。北川ら(1994)や厚地ら(2004)は、本種耳石の短軸方向の横断薄層切片を用いることによって、正確に年齢が読み取れることを報告している。本報においては、同手法を用いることによって富山湾産ヒラメの雌雄別の年齢と成長、全長と体重の関係などが明らかとなったので報告する。

## 材料および方法

**材料** 2005年2～9月にかけて、富山県内の氷見市場、滑川市場、魚津市場および黒部市場の計4市場(Fig. 1)に水揚げされたヒラメ311個体を標本に用いた(Table 1)。これらはいずれも富山県内の各漁協に所属する漁業者が地曳網、刺し網および定置網により漁獲したものである。

**方法** 購入した標本は研究室に持ち帰り、全長(TL)を1mm、体重(BW)を1gの単位で測定した。生殖腺を摘出後、肉眼により性の判別を行った。ただし、未熟で肉眼による判別が困難な場合は、後日、生殖腺の一部を2枚のスライドガラスで挟み込み、生物顕微鏡で精細胞か卵細胞の有無を確認した。生殖腺重量(GW)を秤量し、生殖腺体指数[ $GSI = 100 \times GW / (BW - GW)$ ]を算出した。なお、全長300mm以下の標本は生殖腺重量が非常に小さかったので、生殖腺重量を秤量しなかった。

左右の耳石は摘出後、乾燥保存し、後日、厚地ら(2004)に従い、無眼側の耳石(無眼側破損の場合は有眼側の耳石)をエポキシ樹脂に包埋した後、耳石の長軸方向(前部—後部方向)に直

角で、かつ耳石の中心部を残すように、マイクロカッター（マルトー株式会社製 MC-201型）で厚さ2mmに切断し、さらに刃物研磨機（マキタ製作所製9820型, Grit1000MV のプレート使用）で厚さ0.2mmになるまで両面を研磨した。研磨を終えた横断薄層切片は、透明マニキュアを用いてスライドガラスに貼付け実体顕微鏡（ライカマイクロシステムズ社製 MZ12.5型）により明視野透過光下で、輪紋の最も明瞭な耳石の中心から耳石溝側（体内側）にかけて輪紋数（不透明帯内縁数）を2名で数え、計数值が一致した耳石のみを解析に用いた。さらに、暗視野透過光下で耳石溝側（体内側）の縁辺部における透明帯と不透明帯の出現状況を調べ、輪紋形成期を求めた。後述から、本県におけるヒラメの産卵期は3～5月と考えられ、不透明帯の形成期4～6月とほぼ一致する。

そこで、本種の誕生月を4月1日と仮定し、各個体の採集月および輪紋数（不透明帯の内縁数）とその形成状況（形成前か形成後か、すなわち最外輪紋から耳石縁辺部までの距離 $\Delta R$ が大きい小さいか）に応じて、個体ごとに年齢を決定した。例えば、3月に採集された個体で第1輪が形成前（まもなく形成される、すなわち $\Delta R$ が大きい）か、形成後（既に形成された、すなわち $\Delta R$ が小さい）のものはいずれも $11/12=0.92$ 歳、4月に採集された個体で第1輪が形成前か、形成後のものはいずれも $12/12=1$ 歳、5月に採集された個体で第1輪が形成前か、形成後のものはいずれも $1+(1/12)=1.08$ 歳とした。2輪群以降も同様の手順で、年齢を決定した。以上のように決定した各個体の年齢と全長のデータをもとに、コンピュータアプリケーションソフト「Delta Graph5.0」（日本ポラデジタル株式会社）のカーブフィット機能を用いて雌雄別に von Bertalanffy の成長曲線を求めた。

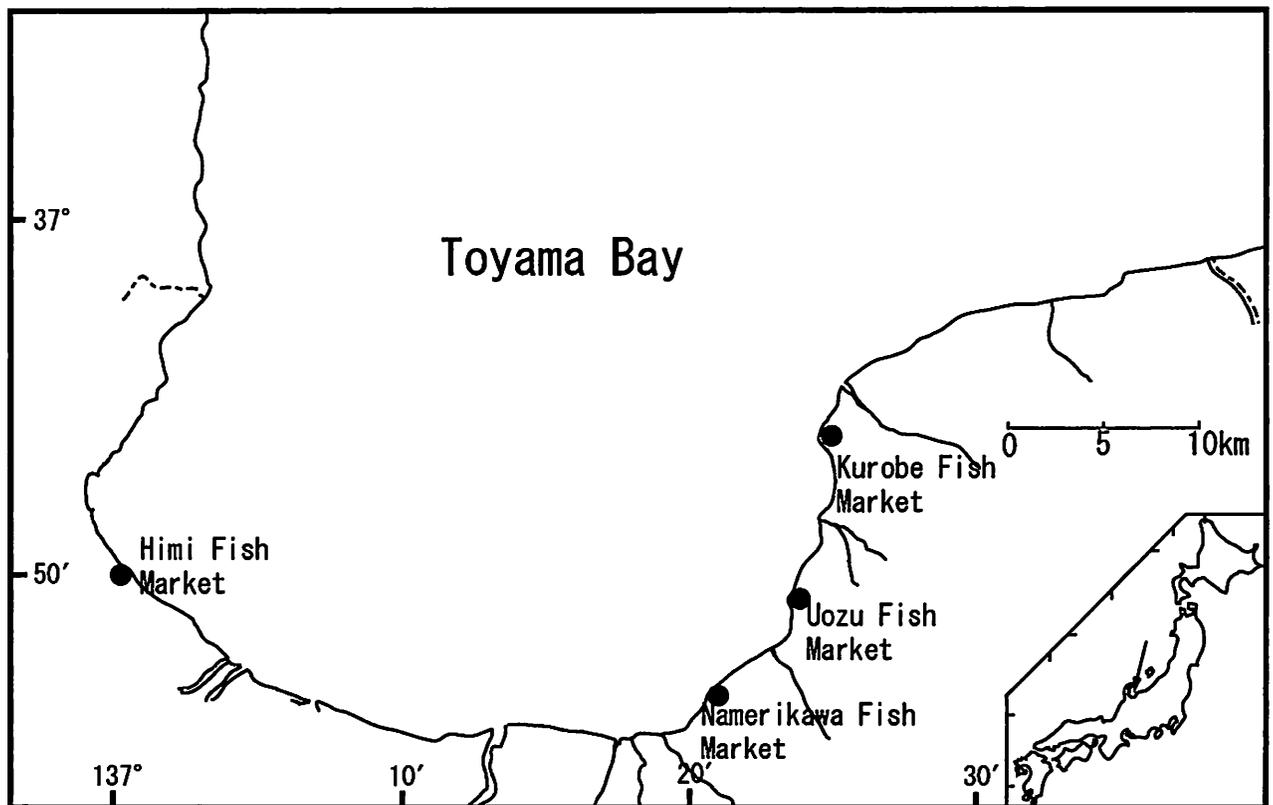


Fig. 1 Map showing the four fish markets where the specimens of Japanese flounder *Paralichthys olivaceus* were sampled.  
ヒラメを入手した4市場

Table 1 List of Japanese flounder *Paralichthys olivaceus* specimens used in this study.  
本研究で用いたヒラメ

Sampling month	Fishing gear *	No. of specimens		Total length (range in mm)	
		Male	Female	Male	Female
Feb., 2005	G	15	4	332-428	346-372
Mar.	G, S	23	52	252-434	253-609
Apr.	S	21	37	244-429	256-535
May	G, S	13	30	319-397	333-659
June	G, S	6	7	317-353	315-360
July	B	16	19	238-300	236-420
Aug.	S	11	6	254-343	264-336
Sep.	B, G	27	24	164-232	171-476
Total		132	179		

\* B : Beach seine (地曳網), G : Gill net (刺し網), S : Set net (定置網)

## 結 果

GSIの経月変化 GSIの経月変化を雌雄別に Fig. 2に示した。雄では生殖腺体指数が0.8以上の個体が3～5月にかけて、雌では生殖腺体指数が2.0以上の個体が同じく3～5月にかけて出現した。

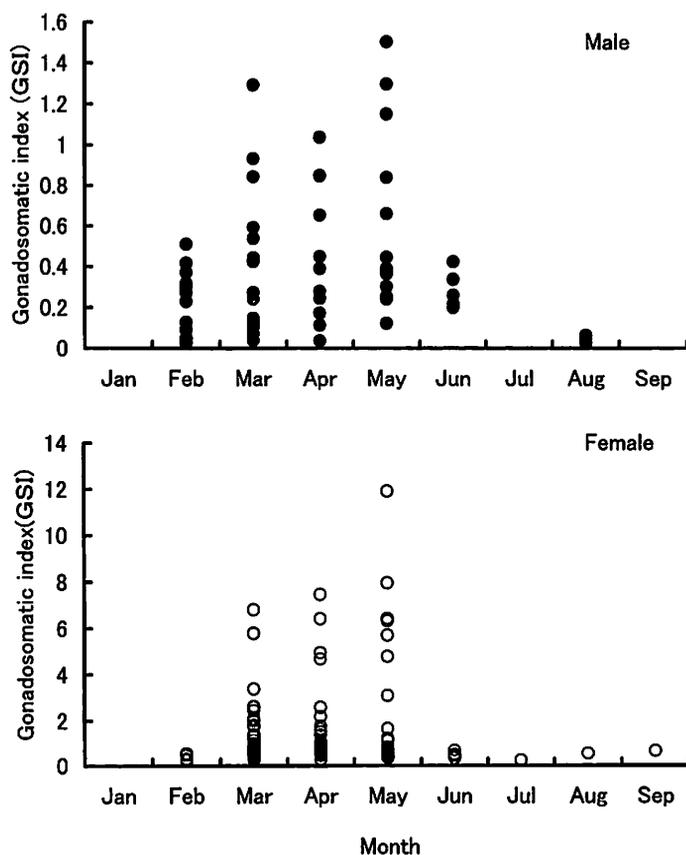


Fig. 2 Monthly change in gonadosomatic index (GSI) for male (●) and female (○) Japanese flounder *Paralichthys olivaceus* in Toyama Bay.

富山湾におけるヒラメの雄 (●) と雌 (○) の生殖腺体指数 (GSI) の月変化

**輪紋の形状および不透明帯の形成時期** 耳石横断薄層切片を観察すると、中心部の不透明帯に続いて透明帯と不透明帯が交互に、極めて明瞭に観察された (Fig. 3)。雌雄併せて311個体の耳石横断薄層切片を作成し、これらをすべて2名で観察した結果、293個体 (94.2%) について輪紋数 (不透明帯の内縁数) が一致した。

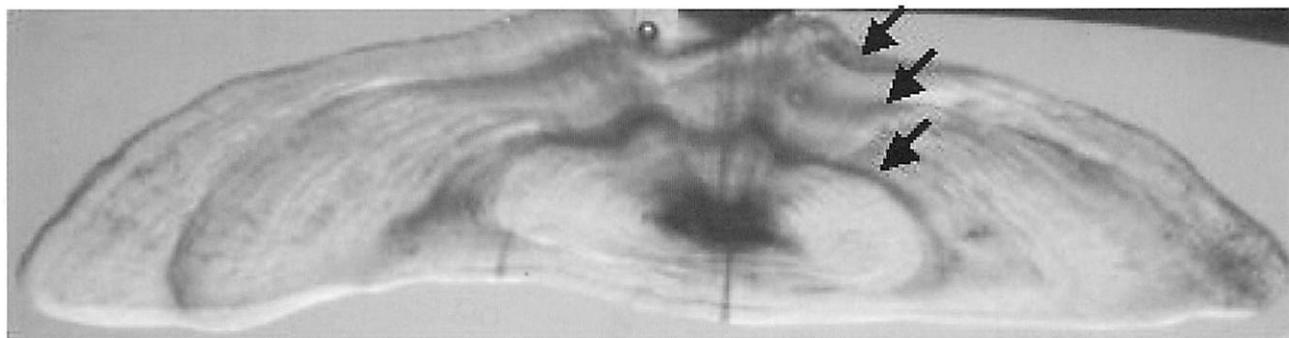


Fig. 3 Photograph of a transverse section of otolith from a female Japanese flounder *Paralichthys olivaceus* (TL = 501mm) with 3 opaque zones. Arrows indicate the opaque zones. Bar = 1 mm.

雌ヒラメ (全長501mm) の耳石から作成した横断薄層切片, 3つの不透明帯が見られる。矢印は不透明帯を示す。バーの長さは1mm

輪紋数の異なる個体を全て込みにした場合の耳石縁辺域における不透明帯の月別出現割合を Fig. 4 に示した。不透明帯の出現割合は4～6月に高くなったが、7月に急激に減少し、8～9月には出現しなかった。このように不透明帯の出現の山は単峰型を示した。

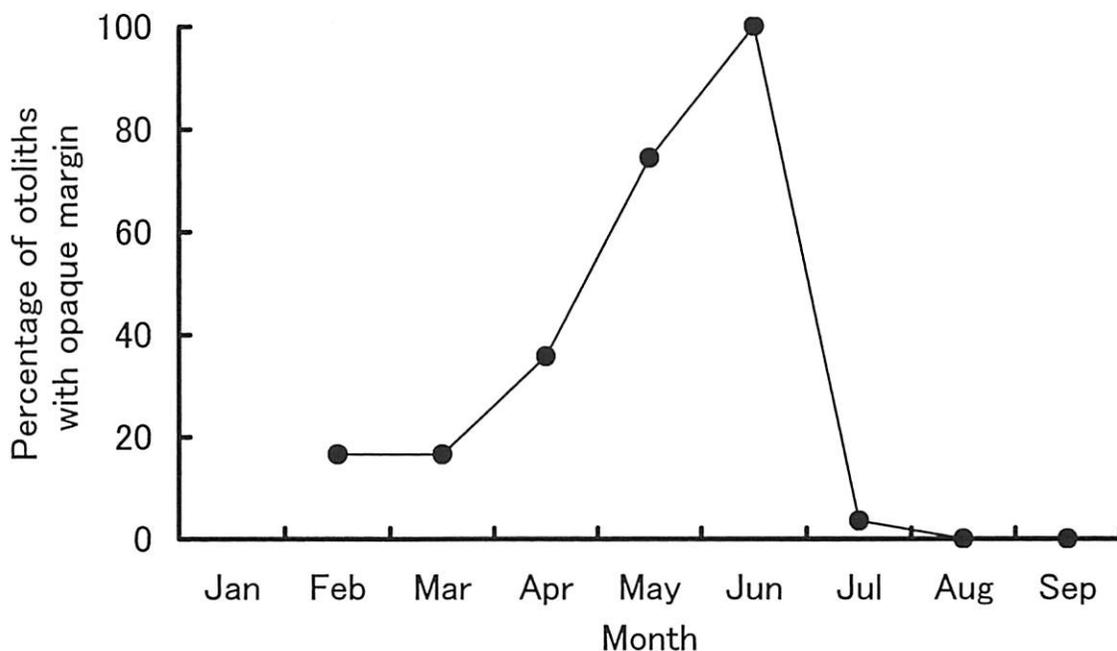


Fig. 4 Monthly changes of the percentage of otoliths of Japanese flounder *Paralichthys olivaceus* with opaque margin. ヒラメの耳石縁辺域における不透明帯の月別出現割合

**年齢と成長** 耳石横断薄層切片によって求めた年齢と全長のデータをもとに von Bertalanffy の成長曲線の当てはめを行った。Fig.5に雄124個体、雌169個体のデータから推定された雌雄別の成長曲線を示した。成長式は、

$$\text{雄: } L_t = 470.3 (1 - \exp(-0.5138 (t+0.5712)))$$

$$\text{雌: } L_t = 986.0 (1 - \exp(-0.1939 (t+0.6820)))$$

で表され、F-検定法 (Chen *et al.* 1992) により比較した結果、両曲線は1%レベルで有意に異なり ( $F = 33.74$ ,  $p < 0.01$ )、2歳以上では雌は雄よりも大きな体サイズを示した。サンプルに含まれる雄の最高年齢は4歳、雌のそれは5歳であった。

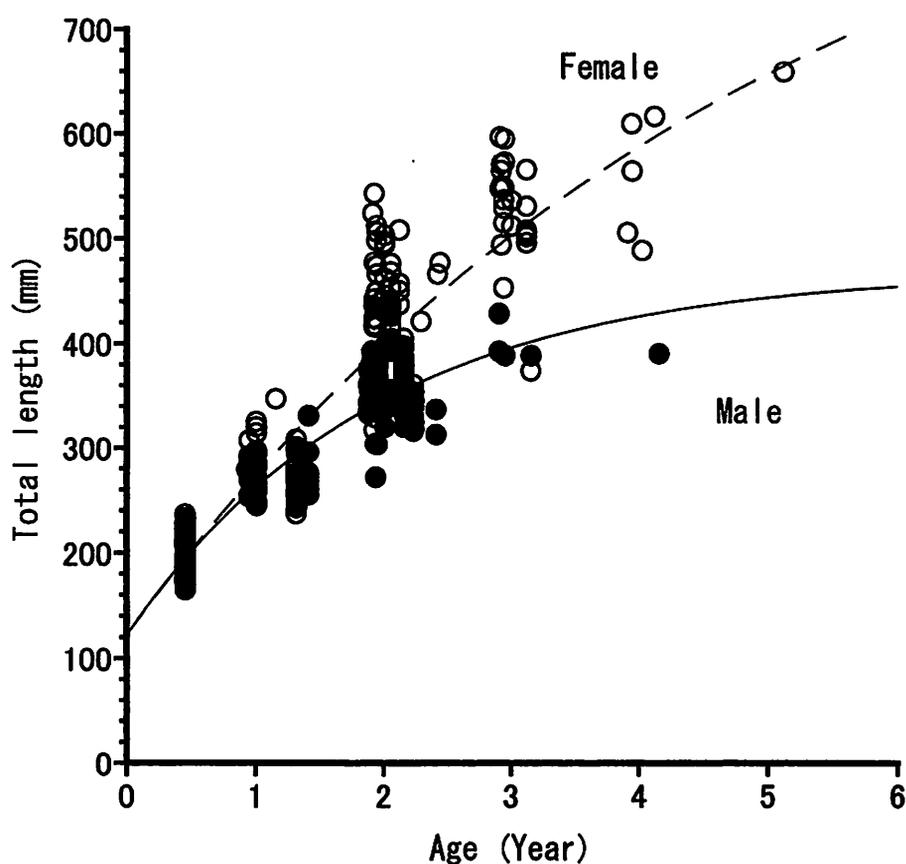


Fig. 5 Von Bertalanffy growth curves fitted to length-at-age date of male (●) and female (○) Japanese flounder *Paralichthys olivaceus*.

ヒラメの雄 (●) と雌 (○) の年齢時の全長を Von Bertalanffy の成長式に当てはめた

**全長階級別性比** 本研究で用いたヒラメ雄132個体、雌179個体の全長階級別性比を Table 2 に示した。全長階級毎に  $\chi^2$ -検定で性比を比較した結果、全長400mm未満では有意差は見られなかったが ( $p > 0.05$ )、全長400mm以上450mm未満の階級では有意に雌が多く ( $p < 0.01$ )、全長450mm以上の個体は全て雌であった。

Table 2 Sex ratio (proportion of males or females) and the results of chi square test by total length class (mm) in the samples of Japanese flounder *Paralichthys olivaceus* collected from the four fish markets in Toyama Prefecture, Japan. The number of specimens of each total length class is shown in parentheses.  
 富山県内の4市場で入手したヒラメの全長階級毎の性比(雌雄の割合)と全長階級毎の性比を $\chi^2$ -検定で比較した結果。( )内の数字は、全長(mm)階級毎の標本数を示す

Totallength class (mm)	Sex ratio (%)				X <sup>2</sup> value
	Male		female		
150≦	58.3	(14)	41.7	(10)	0.67 (NS)
200≦	59.4	(19)	40.6	(13)	1.13 (NS)
250≦	47.1	(32)	52.9	(36)	0.32 (NS)
300≦	60.8	(31)	39.2	(20)	2.37 (NS)
350≦	52.6	(30)	47.4	(27)	0.18 (NS)
400≦	19.4	(6)	80.6	(25)	11.65 (*)
450≦	0	(0)	100	(18)	18.00 (*)
500≦	0	(0)	100	(20)	20.00 (*)
550≦	0	(0)	100	(7)	7.00 (*)
600≦	0	(0)	100	(2)	2.00 (NS)
650≦	0	(0)	100	(1)	1.00 (NS)
total	42.4	(132)	57.6	(179)	

NS : not significant (有意差なし)

(\*) : Significant at 1% level (1%レベルで有意差有り)

**全長と体重の関係** ヒラメの雌雄間における全長と体重の相対成長の差を調べるため、産卵期に入手した雌の成熟サイズである426mm以上(竹野ら 1999a)の標本を除き、共分散分析により雌雄間における全長と体重の相対成長の差を調べた。その結果、回帰係数( $F=0.1437, p>0.05$ ), 修正平均値( $F=0.002967, p>0.05$ )ともに雌雄間で有意差は見られなかった。雌雄を一括して相対成長式を求めたところ、 $BW = 3.100 \times 10^{-5} \times TL^{2.800}$  ( $R^2=0.9811, p<0.01$ )の式が成り立った(Fig. 6)。

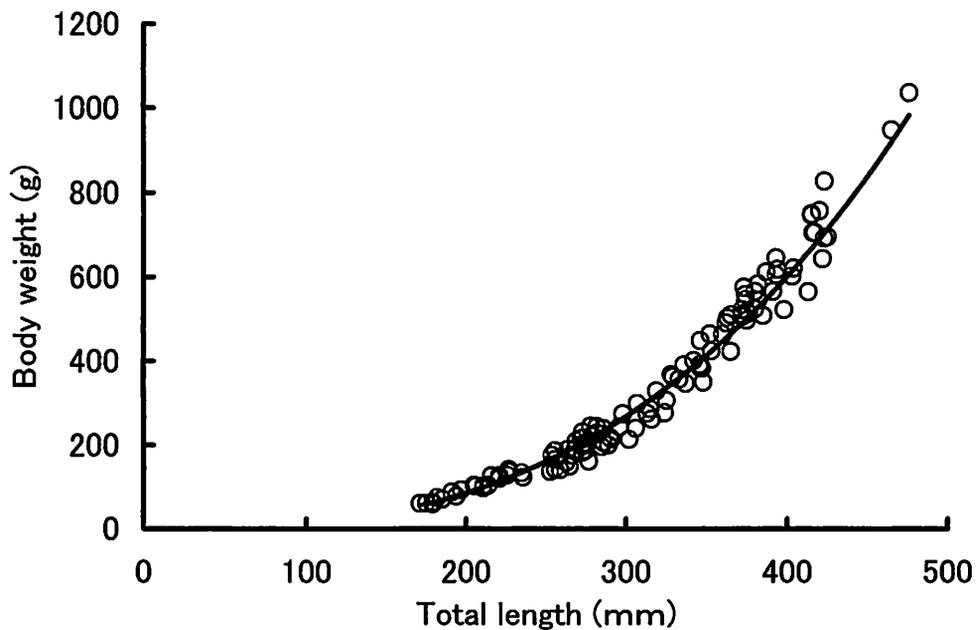


Fig. 6 Relationship between total length and body weight in Japanese flounder *Paralichthys olivaceus*. Females larger than the length at sexual maturity (= 426mm TL) in the spawning season (March to May) were excluded from the analysis.  
 ヒラメの全長と体重の関係。産卵期(3~6月)に入手した成熟サイズ(全長426mm)より大きい雌は分析から除いた

## 考 察

竹野ら (1999a) は雌雄の50%の個体が成熟する GSI はそれぞれ、2.0および0.8以上と報告している。本研究では、年間を通して標本を得ることができなかったが、雌雄ともに少なくとも3～5月には産卵可能な個体が出現した (Fig. 2)。富山県水産試験場 (1970) は、成熟度 (成熟度 = 生殖重量 / 全長  $3 \times 10^4$ ) と生殖腺の肉眼観察から、富山湾におけるヒラメの産卵期は4～6月と報告しており、これを支持する結果となった。

各海域における耳石に見られる不透明帯の形成期は、通年のサンプリングから青森県北部日本海で12～3月 (小田切ら 1985)、山形県沿岸で1～3月 (山洞・樋田 1977)、京都府沿岸で12～6月 (竹野ら 1999b)、兵庫県但馬沿岸で2～6月 (五利江ら 2005)、鳥取県沿岸で12～2月 (篠田 1974)、千葉県房総海域で2～5月 (石田ら 1978)、九州南西海域で1～4月 (小澤ら 1995)、鹿児島県近海産で12～4月 (厚地ら 2004) と報告されており、全体的には年一回の12～6月である。本研究では10～1月の標本は得られていないが、この間は一般に不透明帯の非形成期である。従って、富山湾での不透明帯の形成期は年1回、4～6月と考えられた。

これまで、富山湾におけるヒラメの成長は、土井・堀田 (1983) による全長の複合正規分布から求めた式が用いられているが、この成長式は他海域と比べて成長が遅いことが指摘されている (加藤ら1987, 小澤ら1995, 南1997)。本研究における結果を土井・堀田 (1983) のそれと比較したところ、雌雄の各年齢における全長は、土井・堀田 (1983) の報告している各年齢の全長を明らかに上回った (Table 3)。

Table 3 Total length (mm) at each age of Japanese flounder *Paralichthys olivaceus* in Toyama Bay.  
富山湾におけるヒラメの各年齢時の全長 (mm)

Sex	Age						Aging account method *	References
	1	2	3	4	5	6		
Unsexed	181	267	335	399	456	506	F	Doi and hotta, (1983)
Female	274	400	503	588	658		S	Present study
Male	261	345	395	425				

\* F : Frequency distribution of total length (全長組成法), S : Sectioned otolith (耳石の切片)

本研究と同じ耳石の短軸方向の横断薄層切片を用いた三陸北部沿岸産 (北川ら1994) および鹿児島県近海産 (厚地ら2004) と雌雄ごとに比較すると (Table 4), まず、雌では鹿児島県近海産、富山湾産、三陸北部沿岸産の順に成長が良かった。次に雄では、2歳までは鹿児島県近海産、富山湾産、三陸北部沿岸産の順に成長がよく、2歳以上では鹿児島県近海産、三陸北部沿岸産、富山湾産の順に成長が良かった。以上のように、2歳以上の雄では三陸北部沿岸産のものが富山湾産のものより若干成長が良いが、雌雄ともに、ほぼ、鹿児島県近海産、富山湾産、三陸北部沿岸産の順に成長が良かった。ヒラメの成長は南の海域ほど良いとされており (竹野ら1999b, 厚地ら2004), これを支持する結果となった。

Table 4 Total length (mm) at each age of Japanese flounder *Paralichthys olivaceus* at three different localities in Japan.  
3 海域におけるヒラメの各年齢時の全長 (mm)

Locality	Sex	Age						References
		1	2	3	4	5	6	
Toyama Bay	Female	274	400	503	588	658		Present study
	Male	261	345	395	425			
Coastal Waters of the Northern Sanriku District	Female	258	351	431	499	557	606	KITAGAWA et al. (1994)
	Male	256	336	397	444	479	506	
Coastal Waters around Kagoshima Pref.	Female	336	462	556	627	681		ATSUCHI et al. (2004)
	Male	327	417	470	501	520	721	

全長階級別の性比は全長400mm以上450mm未満の階級では、有意に雌が多く、全長450mm以上の個体は全て雌であった (Table 2)。全長が大きくなると雌の出現比率が高くなることは他海域においても報告されている (小林 1974, 佐藤 1975, 山洞・樋田 1977, 加藤ら 1987, 厚地ら 2004, 五利江ら 2005)。この性比の偏りは、雌雄の成長速度の違いに起因するヒラメの生物特性と考えられた。

ヒラメの雌雄間において、全長と体重の相対成長の差を比較したところ、雌雄間で有意差は見られなかった。北川ら (1994), 田代・一丸 (1995), 五利江ら (2005) は雌雄で相対成長に有意差は見られなかったと報告しており、富山湾産のものも他海域産のものと同様の結果であった。

今回、用いた標本は2～9月の間にのみ漁獲された時期的に限られたものである。また、標本の中には雌雄ともに6歳以上の高齢魚は含まれていなかった。これらの問題点を含むものの、正確に年齢が読み取れるとされる耳石の短軸方向の横断薄層切片 (北川ら 1994, 厚地ら 2004) を用いて、新たに富山湾産のヒラメの年齢と成長を推定することができた。今後は、得られた成長式をもとに、富山湾におけるヒラメの人工種苗の放流効果の評価や資源管理型漁業を有効に行う必要がある。

## 謝 辞

本研究を行うに当たり、標本購入に格別のご協力をいただいた氷見漁協、滑川漁協、魚津漁協およびくろべ漁協の職員ならびに漁業者の方々に厚く御礼申し上げます。また、富山県水産試験場、(社)富山県農林水産公社の職員の方々には議論を深めていただいた。本研究の一部は富山県技術開発派遣研修によった。ここに記して感謝の意を表します。

## 文 献

- 厚地 伸・増田育司・赤毛 宏・伊折克生 2004. 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. 日本水産学会誌 70(5): 714-721.
- Chen Y・Jackson DA・Harvey HH 1992. A comparison of von Bertalanffy and polynomial functions in modelling fish growth data. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 49:1228-1235.
- 土井捷三郎・堀田和夫 1983. 昭和57年度放流技術開発事業報告書(ヒラメ班)富山県 pp. 75-106.
- 五利江重昭・大谷徹也・宮原一隆 2005. 兵庫県但馬沿岸域におけるヒラメの資源特性. 兵庫県農林水産技術総合センター研究報告(水産) 38: 7-13.
- 堀田和夫・藤田大介 1999. 富山湾東部で放流されたヒラメの再捕と移動. 富山県水産試験場研究報告11:47-59.
- 石田 修・田中邦三・庄司泰雅 1978. ヒラメの資源生態調査—Ⅲ, 内房及び外房海域のヒラメの年令と成長. 千葉県水産試験場研究報告38:31-36.
- 加藤和憲・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, 標識放流結果から見たヒラメの未成魚の移動およびヒラメの成熟と成長. 新潟県水産試験場研究報告12:42-59.
- 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. 山口県外海水産試験場研究報告26:27-40.
- 北川大二・石戸芳男・桜井泰憲・福永辰廣 1994. 三陸北部沿岸におけるヒラメの年齢, 成長, 成熟. 東北区水産研究所研究報告56:69-76.
- 小林啓二 1974. 漁場資源生態調査・魚類放流技術開発調査, 産卵親魚の分布生態(昭和46~48年度). 鳥取県水産試験場報告15:64-76.
- 前原 務 1992. 愛媛県瀬戸内海域におけるヒラメの年齢および成長. 愛媛県水産試験場研究報告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. 日本水産学会誌 16(12): 179-181.
- 南 卓志 1997. ヒラメの生活史特性 pp.9-24. 水産学シリーズ112 「ヒラメの生物学と資源培養」(南卓志・田中克編). 恒星社厚生閣, 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. 青森県水産試験場事業報告, 165-176.
- 小澤貴和・三浦信昭・鶴田和宏 1995. 九州南西海域産ヒラメ *Pralichthys olivaceus* の年齢と成長. 日本水産学会誌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) pp. 1-45. 昭和51年度浅海漁場重要資源生態調査報告, 山形県水産試験場.
- 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. 東北区水産研究所研究報告35:15-30.

- 篠田正俊 1974. 漁場資源生態調査・魚類放流技術開発調査（昭和46～48年度），ヒラメの年令と成長について．鳥取県水産試験場報告15：80－89.
- 竹野功壘・浜中雄一・木下 泉・宮嶋俊明 1999a. 若狭湾西部海域におけるヒラメの成熟．日本水産学会誌65(6)：1023－1029.
- 竹野功壘・浜中雄一・宮嶋俊明 1999b. 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－．京都府立海洋センター研究報告21：34－40.
- 田代征秋・一丸俊雄 1995. 長崎県近海海域におけるヒラメの漁業生物学的特性．長崎県水産試験場研究報告21：37－49.
- 富山県水産試験場 1970. 日本海栽培漁業事前調査結果．日本海栽培漁業推進協議会 43pp.
- 富山県 2002. 富山県バイ類・ヒラメ資源管理推進指針 2 pp.