

## 耳石横断薄片法を用いた石狩湾産ヒラメの年齢査定

星野 昇\*

北海道立総合研究機構中央水産試験場

Age determination of Japanese flounder *Paralichthys olivaceus*, caught from Ishikari Bay, using cross-sections of otoliths

NOBORU HOSHINO\*

Central Fisheries Research Institute, Hokkaido Research Organization, Yoichi, Hokkaido 046-8555, Japan

The age of Japanese flounders (*Paralichthys olivaceus*) caught using commercial gill nets from Ishikari Bay in the Sea of Japan was determined using cross-sections of sagittal otoliths. It was possible to determine individual age by counting the fine growth increments formed on the otolith cross-section in the spawning season (July). The age of Japanese flounder landed to the port of Yoichi since 2005 ranged from 1 to 9 years, with the highest frequency being 2 years. This result suggests that the growth variation among individuals or year-classes is significantly large. In the class with total length >550mm, the frequency of males was remarkably low, and females aged 3-9 constituted most of the class. Flounders caught in the feeding season (November to December) were younger than those caught in the spawning season (June to July), and individuals aged above 6 years were not found.

キーワード：ALK, 石狩湾, 耳石, 日本海, ヒラメ

ヒラメ (*Paralichthys olivaceus*) は北海道の沿岸海域で漁獲される漁業資源である。本種は、主に日本海から津軽海峡にかけて漁獲され、その漁獲量は年間500~1,000トンの水準で推移している (Fig. 1)。積丹半島以北の海域では底刺網漁業、以南の海域では底建網・小定置網漁業による漁獲が多く、産卵期前後の5~7月頃と索餌期の10~12月頃が盛漁期となる。漁獲対象サイズを全長35cm以上とする資源管理方針が定められており、全長35~45cmサイズの漁獲が多い。また、資源増大を目的に1996年から栽培事業が行われており、約220万尾の種苗が日本海から津軽海峡の各地に放流されている (西村ら, 2014)。放流種苗の漁獲物への混入率は年当たり1~14%程度と推定されている (石野, 2015)。

ヒラメの資源管理方針の検討や種苗放流効果の分析に際しては、年齢別漁獲尾数の年推移を推定しコホート解析 (VPA) に基づき資源動態を把握することが必要である。東北太平洋 (後藤, 2006; 栗田ら, 2015) や本州日本海 (上原ら, 2015), 相模湾 (一色ら, 2006) などではこうした研究や資源評価が進められているが、北海道に

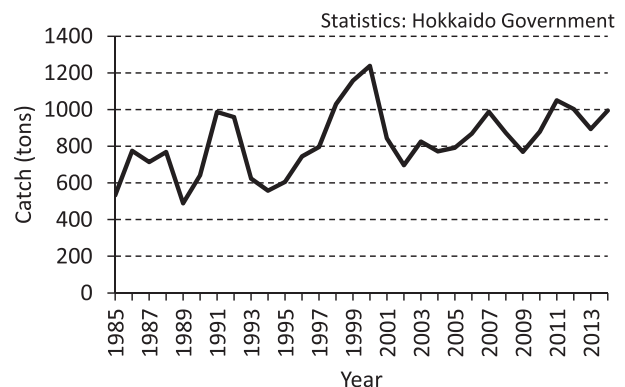


Fig.1 Annual changes in the commercial catch of Japanese flounder in Hokkaido.

分布するヒラメについては年齢に関する情報が不足しているため十分に検討が進んでいない。とくに、上記の本州海域における研究では、個体の年齢を耳石の横断薄片断面に観察される輪紋の読み取りにより決定している (厚地ら, 2004) が、北海道のヒラメについてこの手法を用いて年齢を決定した事例はない。

そこで本研究では、2005~2014年に石狩湾で実施した

ヒラメ漁獲物調査で採集した標本の耳石を用いて、当海域においても薄片標本の輪紋観察によって年齢を決定することができるか、その有用性について検討した。そして、体サイズと年齢の関係を漁期ごとに分析し、今後、年齢別漁獲尾数を推定していくうえで必要な情報を得ることを目的とした。

### 試料及び方法

**試料** 本研究で用いた漁獲物標本は、2005～2014年に石狩湾で刺し網により漁獲され湾西岸の余市町に水揚げされたヒラメである (Fig. 2)。漁獲物標本は「我が国周辺水域の漁業資源評価事業 (水産庁委託事業)」の調査として、大きさごとに選別され箱入れで出荷された漁獲物の中から任意に数箱を購入した。雌雄別や種苗・天然物別には選別されていない。標本は年2回の盛漁期である産卵期漁期 (6～7月) と索餌期漁期 (11～12月) において、毎年それぞれ1～2回採集した。2013年以降は本研究を進める

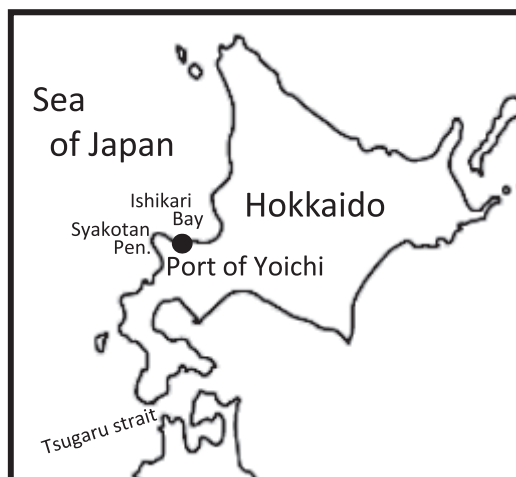


Fig.2 Map showing the geographic locations referred to in the text.

ため標本数を増やしたが、それ以前は各期20尾前後である (Table 1)。なお、産卵期漁期の標本は、雄が雌より漁場に来遊する時期が早いことを反映して索餌期漁期に比べて雄の割合が高い年が多くなっている。また、石狩湾内において地曳網で採集された漁獲サイズに満たないヒラメを、若齢期の耳石薄片の状態を観察するため補足的に用いた。

標本は生鮮もしくは解凍状態で全長、体重、雌雄判別など基本項目を測定したのち、耳石 (偏平石) を摘出し乾燥状態で保管した。

**耳石薄片標本の作製** 耳石は、厚地ら (2004) などに準じ無眼側の偏平石を用いた。ただし著しく破損するか形成異常の場合は有眼側で代用した。薄片標本作製の作業は概ね高嶋ら (2013) に準じ、数枚の耳石を同時に、耳石の中心を通る短径方向の横断線に沿って1mm程度に切り抜いた。そして、テクノビット樹脂で包埋した状態でスライドガラスにエポキシ系接着剤で接着し観察に供した。薄片標本の観察は、試行錯誤を経た最良の方法として、薄片を厚さ約0.2～0.3mmまで研磨仕上げた状態で、実体顕微鏡により明視野透過光 (標本下側からの反射鏡光) のもとで行った。

**漁獲物年齢組成の推定** 2005～2014年を込みにした漁獲物年齢組成を推定した。まず、余市港において種苗の混入状況を把握するために、原則として毎月実施している漁獲物の全長データ (社団法人北海道栽培漁業振興公社とりまとめ) を、産卵期漁期については6、7月、索餌期漁期については11、12月における余市郡漁業協同組合および隣接する東しゃこたん漁業協同組合の合計漁獲量で引きのばすことで、年・漁期ごとの全長組成を得た。次に、全長-年齢関係を用いて全長組成から年齢組成を推定した。

Table 1 Summary of Japanese flounder samples used in this study

Sampling season	June - July				November - December			
	Year	male	female	total range in T.L.(mm)	male	female	total range in T.L.(mm)	
2005					26	9	35	335-481
2006	54	20	74	349-575	13	5	18	341-505
2007	14	1	15	387-538	26	9	35	378-515
2008	8	7	15	370-652	8	12	20	400-568
2009	14	1	15	429-511	17	3	20	356-473
2010		21	21	384-613	13	14	27	370-517
2011	15	1	16	373-625	15	9	24	379-524
2012	15	1	16	420-710	12	31	43	416-513
2013	28	3	31	383-590	17	20	37	324-474
2014	33	11	44	341-463	29	33	62	352-516

## 結 果

**年齢形質としての有用性** 耳石薄片には、耳石の中心から形成された不透明帯の外側に、狭い透明帯を挟んで細い線状の不透明帯（以下、輪紋と称す）が観察された（Fig.3）。さらに有眼側に向けて同様の輪紋が明瞭かつ規則的に形成されていた（Fig. 3の矢印）。これらの輪紋は、大型個体についても縁辺付近まで明瞭に観察でき、その特徴は厚地ら（2004）など他海域の報告例と同様であった。厚地ら（2004）や北海道の分布域に隣接する青森県日本海産（吉田ら，2011）における耳石外縁部の経時観察から、これらの輪紋は年1回、産卵期前後に形成されることがわかっている。一方、Fig. 3に示した2013年7月採集の全長196mmの個体をはじめ、同日に曳き網で採集された140~200mmの個体にはいずれも耳石の外縁より内側に当該輪紋が認められなかった。このサイズ範囲は孵化後約1年が経過したヒラメであることが既知である（南，1997）。以上から、石狩湾産のヒラメについても、これらの輪紋を年輪とみなすことができると判断した。そこで、以降の検討では、産卵期の終了する8月1日を年齢更新日と定義し、耳石中央部の不透明帯の外側に形成される輪紋を一輪目として、それより外側にある輪紋の計数値を個体の年齢とした。すなわち、産卵期漁期（6~7月）の漁獲物は年齢更新日には満たないので、産卵・孵化から実際に経過した年数より1年少ない年齢標記となる。

**漁獲物の年齢** 2005~2014年に余市港に水揚げされたヒラメの漁獲物標本の年齢は、1歳から9歳まで確認された（Table 2, Fig. 4）。最も出現頻度の高い年齢は2歳であった。2歳は、産卵期漁期、索餌期漁期のいずれにおいても供試された標本サイズのほぼ全域に現れた。

全長階級ごとに年齢構成をみると、全長350mm未満では産卵期漁期、索餌期漁期いずれも1歳魚が大半を占めていた。全長350~375mmでは、索餌期漁期には1歳が雌を主体に約33%、産卵期漁期には1歳魚が約64%以上を占めた。全長375~425mmでは、両漁期ともに2歳魚が主体となっていたが、全長425mm以上では全長が大きくなるとともに3歳以上の割合が大きくなった。500mm以上では、索餌期漁期については標本数が少なく詳細な結果が得られなかったが、産卵期漁期の550mm以上では雄の割合が著しく少なくなり、3~9歳の雌で占められていた。

両漁期で年齢組成を比べると、全長450mm以上では、産卵期漁期ではサイズとともに5歳以上の個体の割合が大きくなったのに対し、索餌期漁期では5歳以上がほとんど現れず、6歳以上は全く確認されなかった。

**漁獲物年齢組成** Table 2の値と、余市港における漁獲物の全長測定データから、2005~2014年を込みにした漁獲

物年齢組成を推定した（Fig. 5）。産卵期漁期の漁獲物は約40%が1~2歳魚で、4歳までで80%以上を占めており、2~4歳（満年齢に読み替えると満3~5歳）が漁獲物の主体であった。索餌期漁期の漁獲物は1~2歳魚が約60%、3歳までで約90%を占め、2~3歳が漁獲物の主体となっていた。

## 考 察

本研究では石狩湾で漁獲され余市港に水揚げされたヒラメの年齢を、耳石の薄片断面に観察される輪紋を計数することで決定した。この輪紋の明瞭さは他海域で行われた研究でも報告されており、複数の観測者による読み合わせの整合率が90%前後と高く、有効な年齢指標であることが確認されている（厚地ら，2004；浦邊ら，2007）。輪紋は、いずれの海域においても産卵期頃かその直前の1~2か月という短期間に形成されている。鹿児島では4月（厚地ら，2004）、富山では6月（浦邊ら，2007）、千葉県銚子では7月（田中ら，2008）、青森では3~6月（吉田ら，2011）と報告されている。本研究では、年2回の漁獲物調査によって採集された標本が対象であったため、輪紋形成時期を明確に把握することはできないが、6~7月期の標本の多くは耳石の伸長方向に不透明帯が形成されており（Fig.6）、それより内側の輪紋の形成過程の規則性をふまえると、有眼側の縁辺（Fig.6の薄片層に向かって上側縁辺）には輪紋が形成され始めている、もしくは、その直前の状態と考えられた。このことから、石狩湾でも他海域と同様に産卵期である7月頃を中心に輪紋が形成されていると考えられる。8月から9月にかけて標本を継続採集し、輪紋形成後の状態を経時的に追認することで、より正確に輪紋形成時期を特定することが可能である。一方、11~12月の標本ではFig.6に示したような輪紋形成時期とみられる個体はなかった。他海域においても輪紋形成時期にある個体は産卵期の前後に集中して出現し、秋には存在しなくなることが報告されており、当海域においても輪紋は産卵期前後に形成される特徴であると考えられる。

石狩湾におけるヒラメの漁獲物標本には、1歳魚から9歳魚までが確認された。ただし、本研究では600mm以上の大型個体の標本がほとんど得られていないので、600mmを超える大型ヒラメの中には10歳以上の個体が現れることが予想される。一方、2012年11月に周辺海域で操業する沖合底びき網漁業の大型ヒラメ3尾（全長740, 716, 675mmのいずれも雌個体）の年齢を調べたところ、それぞれ8, 8, 7歳であった（未発表）。他海域における報告でも10歳以上の出現数はきわめて少ない。これらのこと

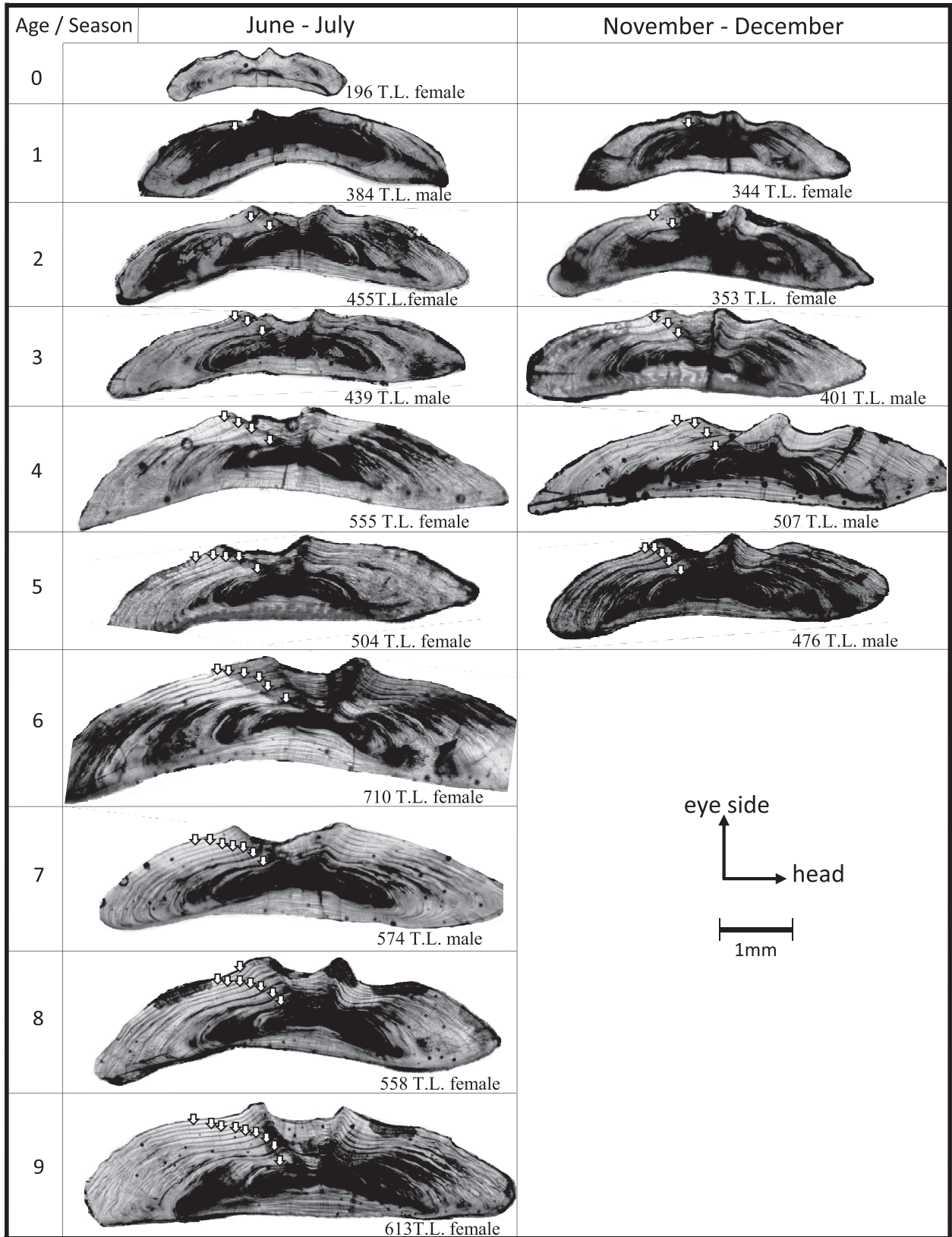


Fig.3 Cross-sectioned otolith of Japanese flounder caught from Ishikari Bay. Arrows indicate the annual rings.



Table 2 Age composition of Japanese flounder caught on the west coast of Ishikari Bay

Season	Age	Total length (range in mm)							
		-350	350-375	375-400	400-425	425-450	450-475	475-500	500-
	1	1	0.636	0.128					
	2		0.364	0.795	0.721	0.387	0.265	0.000	0.042
Jun.	3			0.077	0.230	0.468	0.235	0.429	0.167
-Jul.	4				0.033	0.145	0.441	0.429	0.208
	5				0.016		0.029	0.071	0.167
	6-9						0.029	0.071	0.417
	1	0.900	0.333	0.153	0.030				
	2	0.100	0.667	0.778	0.761	0.655	0.400	0.364	0.158
Nov.	3			0.069	0.194	0.293	0.400	0.364	0.579
-Dec.	4				0.015	0.052	0.182	0.227	0.263
	5						0.018	0.045	

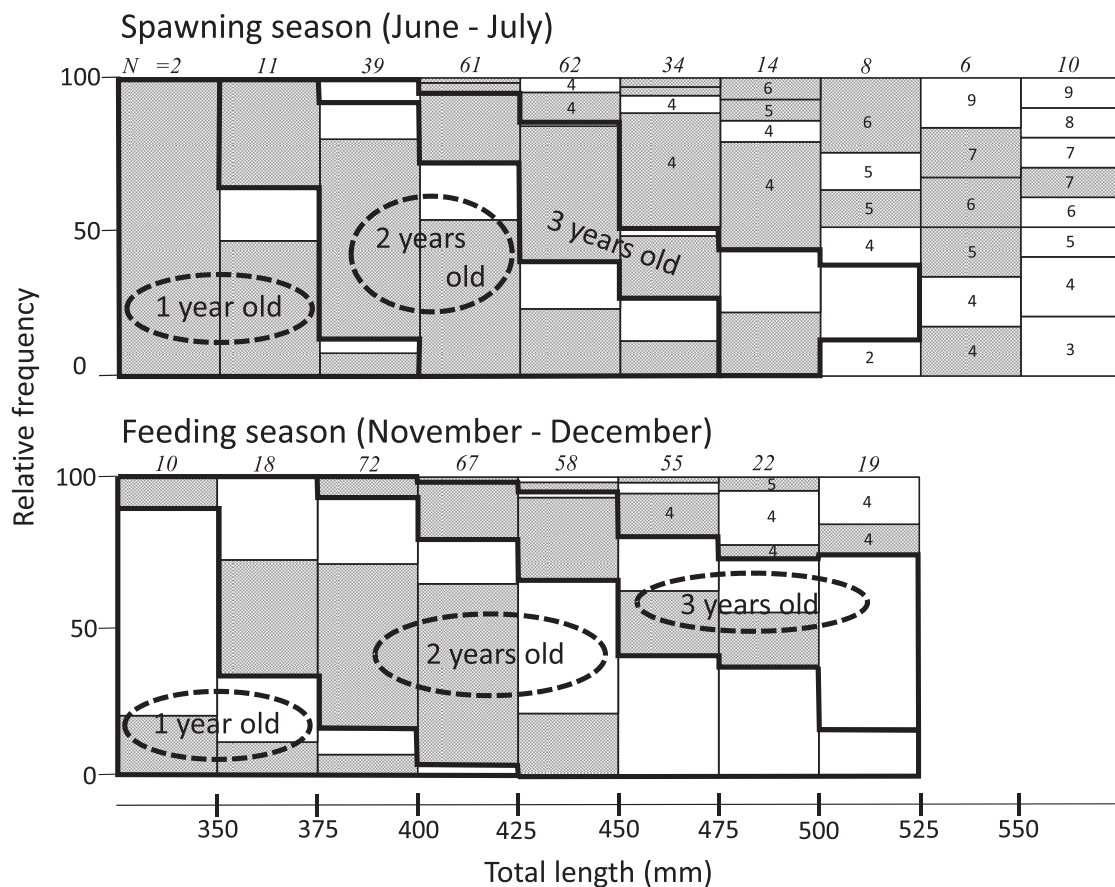


Fig.4 Relative age compositions for each total length-class of Japanese flounder shipped to the port of Yoichi in 2005 to 2014. Closed and opened bar show the frequencies of males and females, respectively. Values in graphs indicate the age.

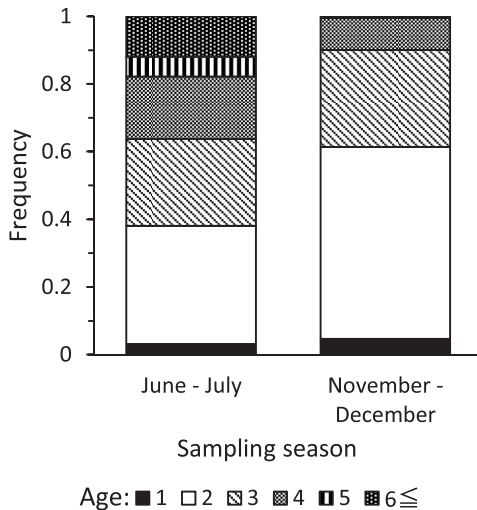


Fig.5 Age compositions of Japanese flounder caught on the west coast of Ishikari Bay.

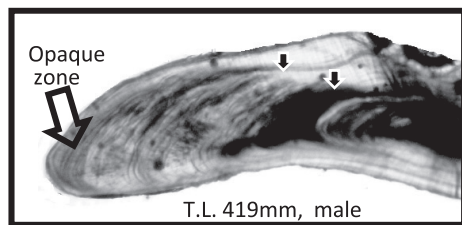


Fig.6 Cross-sectioned otolith of the Japanese flounder caught on July 15, 2014. Closed arrows indicate the annual rings.

から、石狩湾海域においても10歳を超えるような個体はまれで、7~8歳程度までで漁獲物の大半が占められていると考えられる。

2005~2014年の漁獲物年齢組成は、産卵期漁期、索餌期漁期ともに2歳魚の割合が最も高かった。漁獲物には1歳も含まれていたが、1歳は全長規制サイズ350mm程度もしくはそれに満たない混獲個体に多く、近年の刺し網漁業では漁獲が少ないため、石狩湾における刺し網漁業への実質的な漁獲加入年齢は2歳といえる。したがって、資源量の著しく大きい年級群が発生したような場合、その2年後の秋から漁獲量が増加することとなる。

本研究において、2歳魚は全長300mm台から500mm以上の広いサイズ範囲に出現し3歳魚も全長400mm以上の広いサイズ範囲にみられたことから、2歳までの成長の個体差や年級群間の差は著しく大きいことが示唆される。他海域においては、満3歳期の全長が、青森(吉田ら, 2011)、富山(浦邊ら, 2007)、三陸(北川ら, 1994)で雄300~500mm・雌350~600mm、銚子(田中ら, 2008)や鹿児島(厚地ら, 2004)で雄350~600mm・雌400~600mmと報告されている。黒潮流域の資源でやや成長の早い可能性があるものの、いずれも本研究の結果と同様に2

歳までの成長は雌雄とも個体差が大きい。本研究では、一年分の標本数が少なく雌雄別の分析が困難なうえ、刺し網の網目選択によって本来のサイズ組成から大きく偏った標本を扱っているため、成長特性に関する詳細な検討はできない。成長特性に関する理解を深めるには、耳石輪紋からの計算体長を推定して他海域の知見と比較検討する必要がある。

索餌期漁期は産卵期漁期に比べると4歳以上の出現割合が顕著に低かった。このことは当資源の回遊生態への理解を深める上でも重要な情報である。留萌沖で実施したヒラメ成魚の標識放流試験では、産卵期後にやや北上した後は南下傾向を示し、中には300km以上も南で再捕された個体もあった(富永ら, 1994)。その一方で、毎年9~10月に留萌沖合のおよそ150~300mの水深帯で実施している着底トロール調査でヒラメが採集されることはまれである(著者私信)。これらのことを総合すると、石狩湾や留萌沖のヒラメは初回繁殖を行う2~3歳頃までは索餌期にも沿岸漁場に分布するが、4歳以降になると産卵期にのみ浅海に移動し漁獲対象となり、産卵後は北上しながら分布水深を深みに移して、以降は水深100m台前半の大陸棚縁辺付近を南下して翌年の産卵期まで過ごすと考えられる。そのため、秋季に沿岸の刺し網や定置網では4歳以降のヒラメが漁獲されにくくなっているのではないかと推察される。

本研究で、漁獲物の年齢査定方法と石狩湾における漁獲物の年齢情報が得られたので、今後はコホート解析による資源量推定や放流効果の分析など実用面への展開が可能となる。コホート解析の基となる年齢別漁獲尾数の推定に際しては、供試できる標本数に限りがあるので、漁獲物の全長組成をAge-length key (ALK)を用いて年齢分解することが想定される。Table 2の2005年以降のデータを込みにした全長-年齢関係もALKの一つではあるが、実用に際しては年・漁期ごとにALKを作成すべきである。刺し網の漁獲物は網目選択性の影響でサイズ組成の年変化が小さくなるため、これに一律のALKを適用すると、年齢構成の年変動を捉えることができず年級群ごとの加入量を正しく推定できなくなる可能性が高い。上述のとおり、成長の個体差や年級群間の差異が大きいことが想定されるため、例えば卓越発生があった場合には漁獲サイズの全範囲で2歳魚が主体となることも考えられる。実際に、本研究結果を用いて年・時期ごとのALKに基づき年齢別漁獲尾数を試算したところ、2005年級など卓越加入により、漁獲物の大半が同一年級で占められた年・時期があった(星野, 2015)。このためALKを年・時期、雌雄別など細かな区分で得ていくことが理想的ではあるが、当面は現行の漁獲物モニタリングで漁獲物のサイズ全範

囲からなるべく多くの標本を採集し、ALKを作成することが現実的であろう。

### 引用文献

- 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(5): 714-721.
- 後藤友明. VPAによって推定された岩手沿岸に生息するヒラメ *Paralichthys olivaceus* の資源変動と加入特性. 日水誌 2006; 72(5): 839-849.
- 星野 昇. 1.4ヒラメ. 平成25年度道総研中央水産試験場事業報告書. 2015; 18-19.
- 石野健吾. 10.1.1ヒラメ放流基礎調査. 平成25年度道総研中央水産試験場事業報告書. 2015; 142-149.
- 一色竜也, 相澤 康, 中村良成. 相模湾におけるヒラメ栽培漁業と資源管理. 水産海洋研究 2006; 70(4): 249-255.
- 北川大二, 石戸芳男, 桜井泰憲, 福永辰廣. 三陸北部沿岸におけるヒラメの年齢, 成長, 成熟. 東北水研報 1994; 56: 69-76.
- 栗田 豊, 玉手 剛, 服部 勉, 柴田泰宙, 伊藤正木. 平成26(2014)年度ヒラメ太平洋北部系群の資源評価. 我が国周辺水域の漁業資源評価第3分冊. 水産庁増殖推進部・独立行政法人水産総合研究センター, 東京. 2015; 1420-1444.
- 南 卓志. 生活史特性1.「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. 1997; 9-24.
- 西村 勉, 渡邊郁夫, 柳沢三朗. ヒラメ種苗生産事業. 平成24年度種苗生産事業報告書 2014: 13-49.
- 高嶋孝寛, 星野 昇, 板谷和彦, 前田圭司, 宮下和士. 耳石断面観察によるホッケ道北群の年齢査定法と年齢-サイズ関係. 日水誌 2013; 79(3): 383-393.
- 田中種雄, 片山知史, 加藤正人, 目黒清美. 耳石横断薄片法を用いた銚子周辺海域におけるヒラメの年齢と成長. 千葉水総研報 2008; 3: 1-5.
- 富永 修, 馬淵正裕, 石黒 等. 北海道北部日本海で標識放流された天然ヒラメと人口種苗ヒラメの移動と成長. 水産増殖 1994; 42(4): 593-600.
- 上原伸二, 井関智明, 八木佑太. 平成26(2014)年度ヒラメ日本海北・中部系群の資源評価. 我が国周辺水域の漁業資源評価第3分冊. 水産庁増殖推進部・独立行政法人水産総合研究センター, 東京. 2015; 1472-1502.
- 浦邊清治, 横越 淳, 鴨野裕紀, 増田育司. 耳石横断薄層切片を用いて解析した富山県産ヒラメの年齢と成長. 富山水研報 2007; 18: 1-11.
- 吉田雅範, 片山知史, 藤井徹生, 野呂恭成. 青森県日本海海域におけるヒラメの年齢と成長. 青産技セ水研報 2011; 7: 1-8.