

北海道日本海産アカガレイ、ヒレグロ、ウロコメガレイの年齢決定に関する耳石の表面観察法と薄片観察法の比較

星野 昇*, 山口浩志, 三原行雄, 丸山秀佳

*北海道立総合研究機構中央水産試験場

Comparison between surface reading and cross-section methods for age determination in the flathead flounder, Korean flounder, and scale-eye plaice in the Sea of Japan, off Hokkaido

NOBORU HOSHINO*, HIROSHI YAMAGUCHI, YUKIO MIHARA AND SHUKA MARUYAMA

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

To establish an appropriate method for age determination of the flathead flounder (*Hippoglossoides dubius*), Korean flounder (*Glyptocephalus stelleri*), and scale-eye plaice (*Acanthopsetta nadeshnyi*) collected from the Sea of Japan, off Hokkaido, we compared the number of translucent zones on sagittal otoliths that were counted using the cross-section and surface reading methods. The translucent zones were counted by 4 researchers with experience in the observation of flatfish otoliths. For all species, we counted 1 or 2 more translucent zones by using the cross-section method than by using the surface reading method, on an average. The translucent zones formed in the otoliths of old specimens were counted more precisely by using the cross-section method than the surface method. Our results suggested that the cross-section method is more appropriate for age determination of these species. Conversely, the consistency of the count among the readers for the cross-section method was lower than that for the surface reading method. Therefore, training for age-reading is required for precise determination of age.

キーワード： age-determination, アカガレイ, ウロコメガレイ, 耳石, 日本海, ヒレグロ

北海道日本海に生息するカレイ類のなかで、アカガレイ (*Hippoglossoides dubius*)、ヒレグロ (*Glyptocephalus stelleri*)、ウロコメガレイ (*Acanthopsetta nadeshnyi*) は沖合の深みに分布している。宗谷から後志総合振興局管内の沿岸漁業で漁獲されるアカガレイ、ヒレグロの漁獲量はそれぞれ788トン、145トン (2010年値：北海道水産現勢の基資料より)、北海道日本海の沖合底曳網漁業で漁獲されるアカガレイ、ヒレグロはそれぞれ144トン、171トン (2010年値：水産庁北海道漁業調整事務所・独立行政法人水産総合研究センター北海道区水産研究所, 2011) であり、沿岸漁業、沖底漁業ともに主要な漁業資源となっている。また、ウロコメガレイについては現在ほとんど漁獲対象となっていないが、すり身原魚として活用可能であることが報告されており (蛭谷ら, 2012)、今後有用資源となる可能性がある。

北海道日本海においては、これら3種についての漁獲

物モニタリングや資源評価などは行われていないが、今後年齢査定や Age-Length Key の推定などが進めば、年齢-成長・成熟関係など、資源の持続的利用を図るうえで重要な情報を得ることが可能となる。

ウロコメガレイについては他海域を含め年齢査定が行われた知見はないが、アカガレイ、ヒレグロについては他海域で耳石の表面観察法 (Surface reading method) に基づき年齢査定が行われてきた (倉長, 2003; 柳下ら, 2006; 板谷ら, 2009; 米田ら, 2010) 一方、近年多くの魚種で耳石の横断薄片観察法 (Cross-section method) に基づく年齢査定が行われ、表面観察法では確認できない耳石縁辺部 (高齢部分) の輪紋が計数されることで、表面観察法に基づく年齢査定結果が過少評価となる傾向が多いことが明らかとなってきた (例えば Peltonen *et al.*, 2002; Stransky *et al.*, 2005)。カレイ類でも Yellowtail flounder (*Limanda ferruginea*) (Dwyer *et al.*, 2003)、マコガレイ

(*Pseudopleuronectes yokohamae*) (Lee *et al.*, 2009) やサメガレイ (*Clidoderma asperrimum*) (稲川ら, 2011) などと同様の結果が得られている。沖合の深みに生息するアカガレイ, ヒレグロ, ウロコメガレイについては, 沿岸性のマガレイ (*Pleuronectes herzensteini*) などと比べると高齢魚の出現頻度が高いことが想定される (Cailliet *et al.*, 2001) ことから, 表面観察法では妥当な年齢を決定できない可能性がある。しかし, これら3種について横断薄片観察法による年齢査定方法は確立されていない。

本研究は, これら3種のカレイ類について年齢査定法の確立に不可欠な基礎的知見を得ることを目的として, 表面観察法と薄片観察法の両方法に基づき複数人による耳石輪紋の計数を行い, それぞれの種について, 計数結果に計数者間・観察方法間でどのような差異が生じるのかを検討した。また, 今後 Age-Length Key の推定や成長特性の研究を行う際の事前情報を得ることを目的として, それぞれの種の体長に対する透明帯数のばらつきの程度を検討した。

試料及び方法

標本採集 標本は2009年と2010年に留萌振興局沖合の水深250~270mの海域において, 北海道立水産試験場(現北海道立総合研究機構水産研究本部)のトロール調査で採集されたものを供試した (Table 1)。いずれの種についても一回の曳網で得られた全採集物を標本とした。冷凍保存した標本を解冻し, 標準体長 (S.L.: 以下, 体長とする) を測定した後, 耳石 (扁平石) を採取してエタノール中に保存した。

耳石標本の作成 カレイ類の耳石は無眼側と有眼側で形状が異なるが, 無眼側の耳石の方が中心から同心円状に輪紋が形成される傾向があり観察にも供しやすいことから, 一般的には無眼側の耳石が用いられている。そこで本研究でも耳石は無眼側のものを用いることとした。

まず, 表面を耐水ペーパー (#1000) で研磨した後, 50%グリセリン水溶液に浸漬した状態で, 実体顕微鏡下で CCD カメラによりデジタル画像として撮影し, これを表面観察に用いた。次に, その耳石を中心を通過する横断面を含んだ薄片 (Fig. 1) に加工した。加工方法は概ね高嶋 (2010) に準じた。切り抜いた薄片を約0.2mmの厚

さまで耐水ペーパー (#600) で研磨した状態で, 実体顕微鏡下で CCD カメラによりデジタル画像として撮影し, これを薄片観察に用いた。なお, 耳石はすべて黒い背景下で側射照射を行って撮影し, 画像はいずれも JPEG 形式 (1280×960pixel) として扱った。

これによって得られた耳石画像から, 種ごとに30個体分 (表面と薄片の計120画像) を無作為に選んだ。それらの画像を, 4名の, いずれも北海道周辺のカレイ類数種について表面観察法による年齢査定の実験を持つ計測者がパソコンモニタ上で観察し, これまでの読輪経験に基づいて「年輪」として計数すべきと判断する透明帯を計数した。4名の計測者は, 体サイズや性別などの個体情報を知らされていない状態で読輪を行った。

薄片観察法と表面観察法による読輪結果の差異 薄片観察法と表面観察法による計数結果の差異は, 種, 計測者ごとに Wilcoxon 検定により比較した。

表面観察法によって計数された透明帯の間に, 薄片観察法では何本の透明帯が観察されるか調べた。表面観察法で透明帯数が「i 輪以上」と計数された個体について, 「i-1 輪目」と計数された透明帯の外側から「i 輪目」を含む範囲内に, 薄片観察法でも表面観察法で「i 輪目」と計数した透明帯と同一の輪のみが計数された場合は1, くわえて表面観察法では計数されていない透明帯がk 輪あった場合は1+k, 表面観察法で「i 輪目」と計数した透明帯が計数されなかった場合は0として, その頻度分布を求めた。

計測者間の一致性 計測者間の一致性については, 読輪結果の比較研究で広く使われている (Campana, 2001) 指標である CV 値 (Chang, 1982) を次のように用いた。すなわち,

$$CV = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N \left[\frac{\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^R (X_{ij} - X_j)^2}{R-1}}}{X_j} \times 100 \right]$$

ここで, N は標本数, R は計測者の数 (= 4), X_{ij} は計測者 i による j 番目の標本の計数値, X_j は R 人の計測者による標本 j の平均計数値を示す。計測者間の計数結果が一致するほど CV 値は0に近くなる。なお, 各計測者による読み始めの透明帯を, 1名の計測者 (以降, 計測者 A

Table1 Information of samples using otolith analysis in this study

| | Date | Location | Depth(m) | Total samples | S.L.mm(min-max) |
|---------------------|-------------|-------------------|----------|---------------|-----------------|
| <i>H. dubius</i> | 21-Jul-2009 | 43°57'N 141°10'E | 260 | 55 | 254(134-400) |
| <i>G. stelleri</i> | 14-Sep-2010 | 43°57'N 141°9.5'E | 269 | 47 | 196(90-351) |
| <i>A. nadeshnyi</i> | 14-Sep-2010 | 43°50'N 141°8.3'E | 257 | 63 | 184(89-333) |

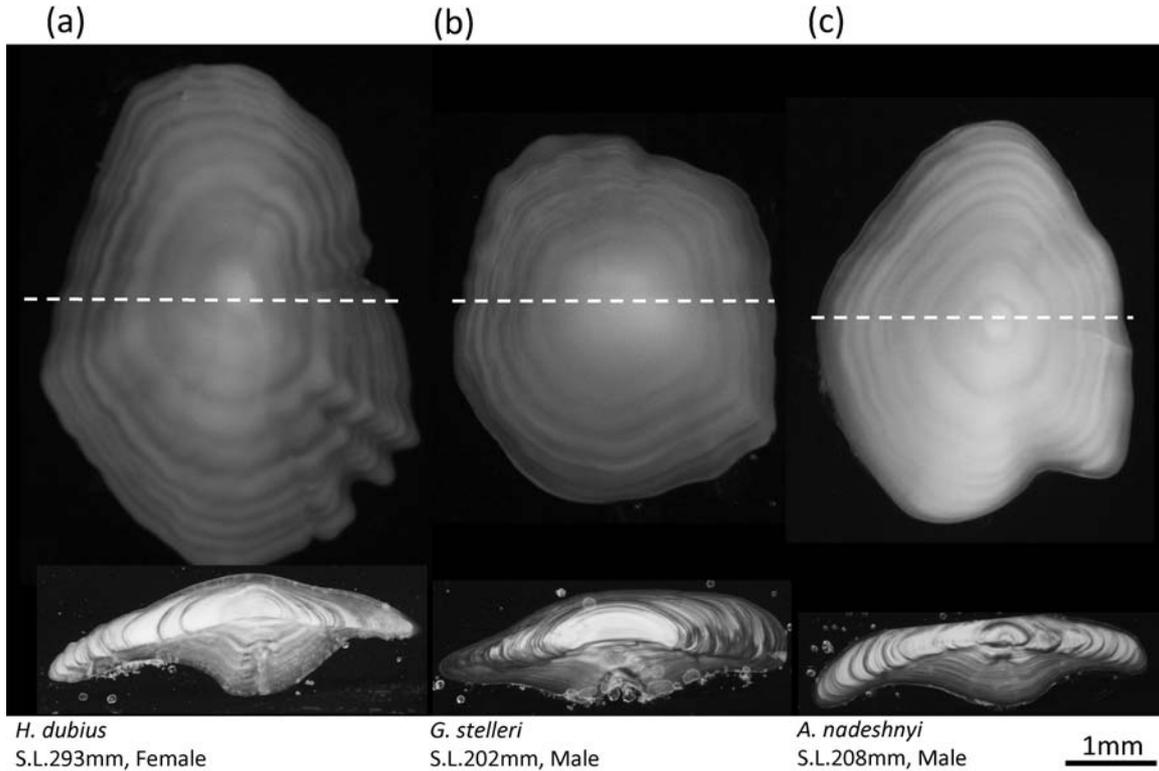


Fig. 1 Photographs of (a) *Hippoglossoides dubius*, (b) *Glyptocephalus stelleri*, and (c) *Acanthopsetta nadeshnyi* otoliths. Each broken line shows a cutting line.

と記す) による読み始めの透明帯に合わせるよう調整したうえで解析した。すなわち A 以外の計測者が A の 1 輪目より耳石中心側に 1 輪目を設定している場合は総計数値から 1 を減じ、A による 1 輪目より縁辺側に 1 輪目を設定している場合は総計数値に 1 を加えた。これにより、実際の年齢査定においては事前に定めることが必要となる読み始めの位置についての計測者間の不一致は無いことになる。また、計数値の差の有意性については種、観察方法ごとに Kruskal Wallis 検定を行った。

透明帯の形成位置に応じて計測者間の一致性がどのように変化するかを検討した。1 名の計測者 (以降、計測者 A と記す) により計数された各透明帯の外縁までに、その透明帯を含め他の 3 名が何本の透明帯を計数したか、その一致性を CV 値で示した。計測者 A が i 輪目とみなした透明帯までに他の 3 名とも i 本と計数していれば CV は 0 となり、4 名の計数値がばらつくほど CV は大きくなる。読み始めの位置を計測者 A に合わせていることから、1 輪目の CV 値はそれぞれの種、観察方法でいずれも 0 となる。解析は 3 輪目以降から行い、12 輪目以降は対象となる個体数が少ないことから、12 輪以上と計数された全個体の平均値で示した。

耳石の伸長方向 耳石の伸長方向の特性を把握するため、計測者 A の薄片観察法による読輪結果に基づいて、中心

から 1 輪目の透明帯の最外縁を通過するように伸ばした直線から、2 輪目以降の各輪の最外縁までの垂直距離を画像上で計測した (Fig. 2)。Fig. 2 の写真に向かって直線より上側に垂線が引かれた場合の計測値は正值となり、横断面からみて「反り上がる」ように伸張方向が変化したことを示す。一方、下方向に垂線が引かれた場合の計測値は負値となり、横断面からみて下側に湾曲するように伸長方向が変化したことを示す。計測値は pixel 値として記録したものを対物マイクロメータにより実寸長 (mm) に変換して解析に供した。

体長と透明帯数の関係 計測者 A の薄片観察法による透明帯数の計数値を用いて、体長に対する透明帯計数値の関係を把握した。この検討には、4 名での計測を行った各種 30 個体に加え、これに用いなかった残りの標本も同

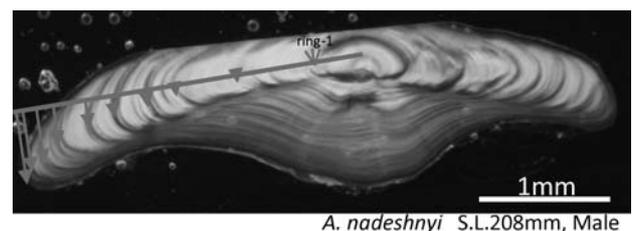


Fig. 2 Measurement line (arrowhead) for the growth direction in a cross-sectioned otolith.

様の方法で計数した結果を含めた。

結 果

薄片観察法と表面観察法による読輪結果の差異 計測者 A と B は、いずれの種でも薄片観察法の計数値が1～3本程度多いのに対し、計測者 C によるアカガレイとヒレグロ、計測者 D によるウロコメガレイでは両方法の結果に有意差はなく、計測者間の結果に一定の傾向はみられなかった (Table 2)。観察方法間で透明帯数に有意差のあった種・計測者 (Table 2) に関しては、総計数値が4～5本と少ない個体でも散布点が45°線の下側、すなわち薄片観察法の計数値の方が上回るという傾向があり (Fig. 3), 10本目前後からさらにその乖離が大きくなっていった。種間で比較すると、ヒレグロについては薄片観察法での計数結果に対する表面観察法の結果の散らばりが他種に比べ大きかった。

アカガレイとヒレグロでは表面観察による7～9本目以降の透明帯間に薄片観察法ではより多くの透明帯を年輪として計数していた (Fig. 4)。ウロコメガレイでも同様の傾向が現れ、さらに薄片観察法では計数されなかった場合も増加していた。また、アカガレイとヒレグロでは表面観察法で1輪目と計数した輪紋よりも内側に、薄片

Table 2 Mean number (minimum-maximum) of translucent zones counted by the 4 readers
The upper row shows the cross-section; the middle row shows surface reading; and the bottom row shows Wilcoxon's statistics.

| | Reader A | Reader B | Reader C | Reader D |
|---------------------|---------------|--------------|--------------|----------------|
| <i>H. dubius</i> | 9.2 (5-17) | 10.1 (5-17) | 7.9 (3-15) | 9.6 (5-16) |
| | 7.4 (4-13) | 7.3 (4-12) | 8.1 (3-17) | 7.6 (3-16) |
| | 31.5 (p<0.01) | 3.5 (p<0.01) | 182 (p>0.05) | 49.5 (p<0.01) |
| <i>G. stelleri</i> | 7.2 (2-16) | 8.5 (5-16) | 5.8 (2-15) | 11.1(5-23) |
| | 5.4 (2-11) | 5.0 (3-9) | 5.2 (1-13) | 8.6 (4-15) |
| | 16.5 (p<0.01) | 3 (p<0.01) | 122 (p>0.05) | 54.5 (p<0.01) |
| <i>A. nadeshnyi</i> | 9.4 (4-17) | 8.7 (4-13) | 10.6 (4-20) | 8.1 (3-17) |
| | 8.3 (4-13) | 7.6 (4-13) | 8.9 (4-13) | 8.2(4-18) |
| | 50 (p<0.01) | 44 (p<0.01) | 39 (p<0.01) | 117.5 (p>0.05) |

観察法での第1輪目を計数している個体が約40%あり、1～2輪目の間にも薄片観察法では1本多く計数している個体もあった。2～7輪目までは両方法で同一の輪紋を透明帯とみなしている傾向があったが、ヒレグロについては、この範囲においても他種より薄片観察法の方が多くの透明帯を年輪と判断していた。

計測者間の一致性 アカガレイの表面観察法とウロコメガレイの薄片観察法では4名の計数結果に有意差はなかった (Table 3)。ヒレグロでは他種と比べて両方法ともにCV値は著しく大きくなり、計測者間の一致性は相対的に低かった。アカガレイでは両方法ともに8輪目付近まで

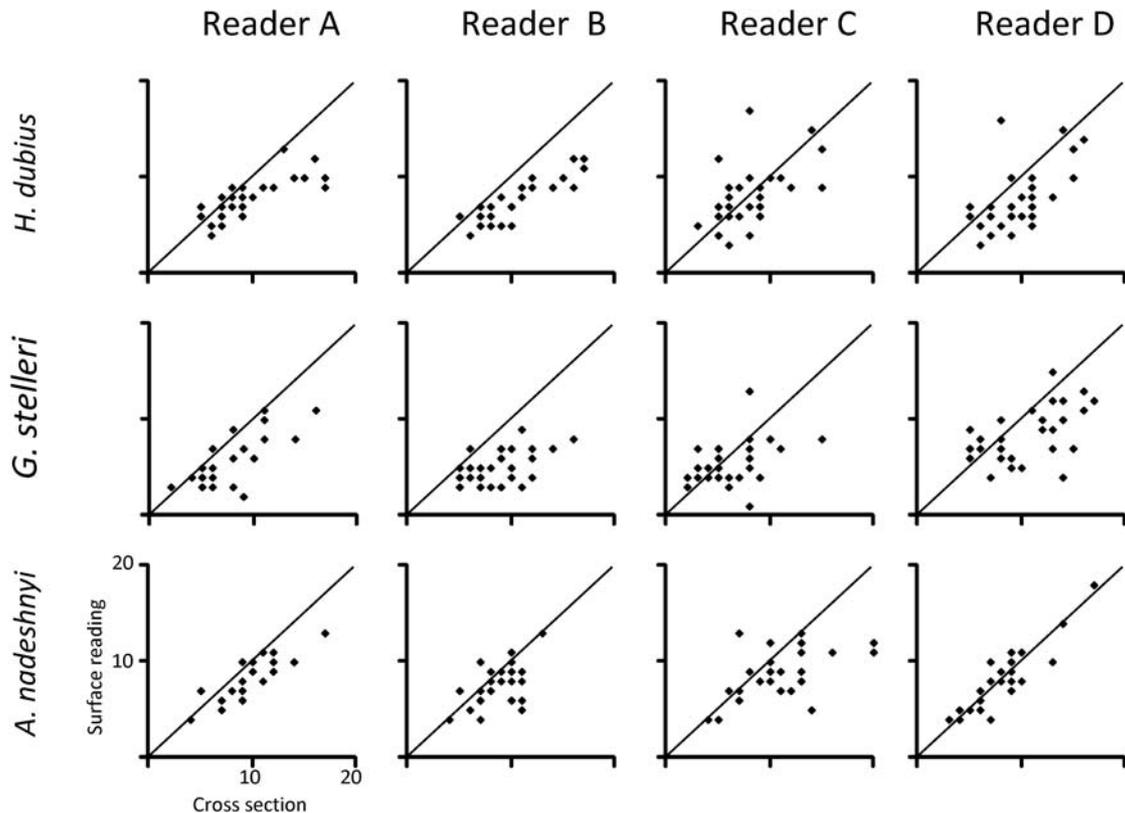


Fig. 3 Relationships between the number of translucent zones counted using surface reading and cross-section methods.

は計測者間の差異の変化は小さかったが、表面観察法では8輪目以降はCV値が増加した (Fig.5)。ヒレグロでは他種と比べ3輪目からCV値が大きく、表面観察法では7輪目にさらに大きく増加した後、徐々に低下した。薄片観察法では7輪目に低下したがそれ以降は増加した。ウロコメガレイでは、表面観察法では連続的にCVが増加したのに対し、薄片観察法では8輪目から漸増した。いずれの種でも共通して7~9輪目付近で表面観察法によるCV値が増大していた。

Table3 Precision of the translucent readings between the 2 methods
Upper row show CV, and the bottom row show Kruskal Wallis statistics

| | Cross section | Surface reading |
|---------------------|-----------------|-----------------|
| <i>H. dubius</i> | 16.0% | 9.2% |
| | 11.08 (p=0.011) | 1.67 (p>0.05) |
| <i>G. stelleri</i> | 31.4% | 27.7% |
| | 29.31 (p<0.01) | 22.28 (p<0.01) |
| <i>A. nadeshnyi</i> | 13.2% | 12.9% |
| | 4.96 (p>0.05) | 7.49 (p=0.057) |

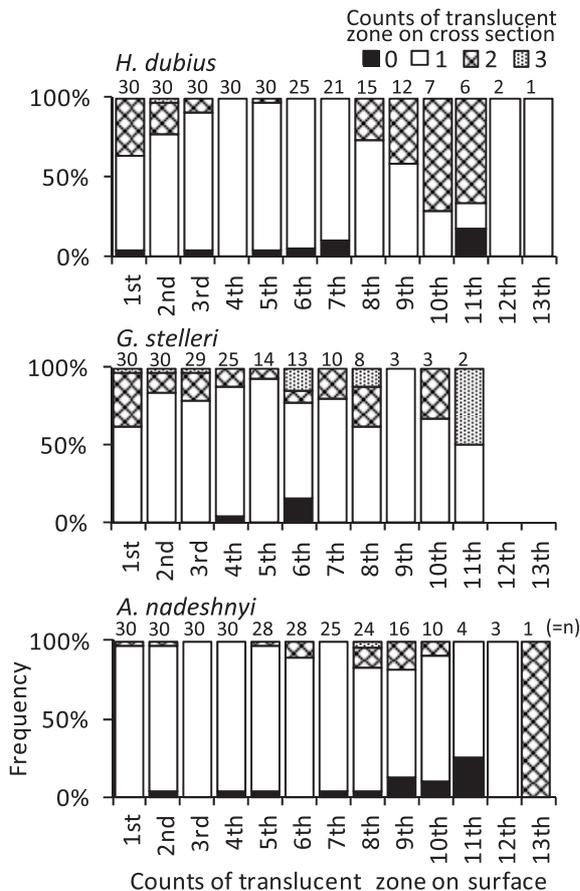


Fig. 4 Differences in the number of translucent zones counted by reader A by using the surface reading and cross-section methods.

耳石の伸長方向 耳石の中心から1輪目の最外縁部を通過する直線から、各透明帯の最外縁部に引いた垂線の長さは、アカガレイでは9~11輪目にかけて値が高くなったものの、他種に比べ輪数が増加しても垂線距離の変化は小さかった (Fig.6)。ヒレグロは7輪目くらいまでは正值で推移したが、それ以降は負値に転じてその値は急速に減少した。ウロコメガレイは当初から負値で推移しそ

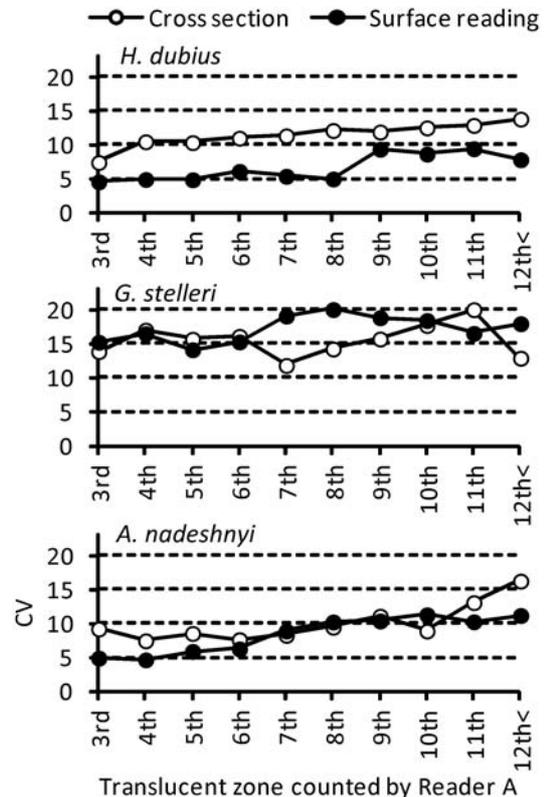


Fig. 5 Changes in the CV for the number of translucent zones among the readers.

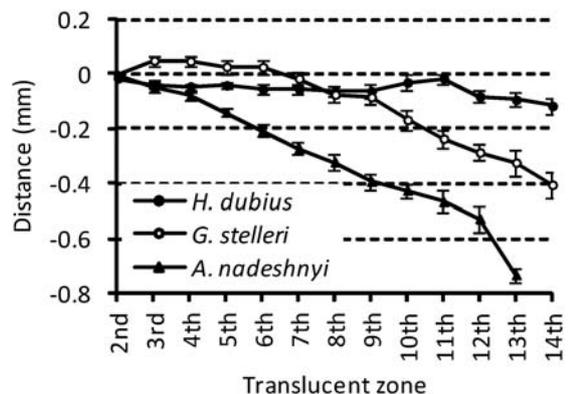


Fig. 6 Changes in the average length (\pm SEM) of the perpendicular drawn from the line (broken line in Fig.2) to the edge of each translucent zone. The line set from the otolith core towards the edge of the first translucent zone. Each translucent zone was determined by reader A.

の値は直線的に減少した。

体長と透明帯数の関係 いずれの種についても、雄は約250mmより大型の標本はなく、200mm前後から大きい範囲では透明帯の計数値が大きくばらついた (Fig. 7)。雌では全体長範囲で体長が大きいほど計数値が多くなる傾向が認められたが、アカガレイについては体長約300mmより大きい範囲では透明帯の計数値は他2種と比べ大きくばらついた。

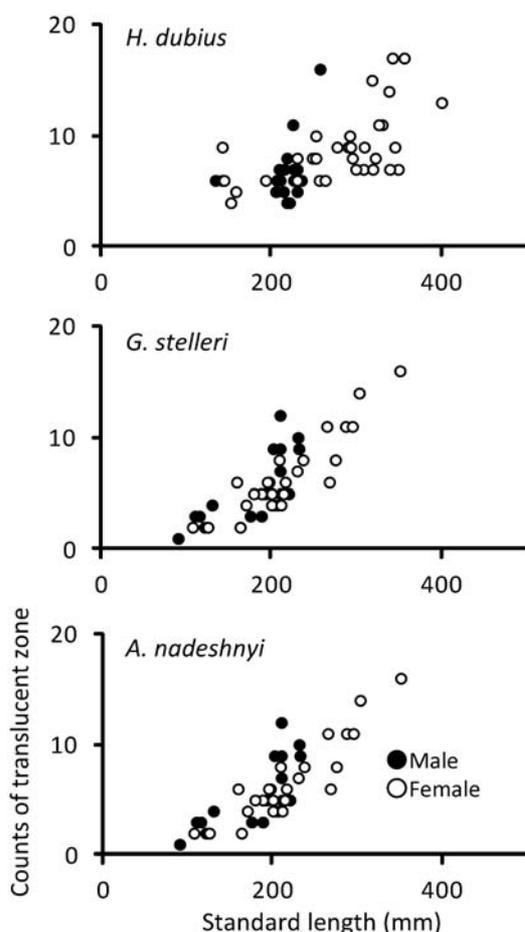


Fig. 7 Relationships between standard length and the number of translucent zones counted by reader A. Each translucent zone was counted using the cross-section method.

考 察

薄片観察法による計数値は表面観察法によるものを上回る傾向が顕著にみられ、他魚種の結果 (例えば Dwyer *et al.*, 2003) と同様であった。観察方法の違いによる計数結果の差は、表面観察法でみた場合の耳石の中心から2～3輪目までの比較的若齢期に形成される範囲と、7～9輪目以降外縁までの高齢期に形成される範囲で顕著であった (Fig. 4)。

薄片観察法では中心付近に数本の明瞭な透明帯が確認

されたが、耳石の肥厚にもなって表面観察法では確認されにくくなった。このことが、若齢期に形成される透明帯の計数結果に観察方法間で差が生じた主要因であると考えられた。

高齢期に形成される透明帯の方法間の計数差には、耳石の伸張方向の変化 (Fig. 6) が影響していると考えられた。アカガレイでは、それまでほとんど耳石中心から第1透明帯の最外縁方向に伸ばした直線とほぼ同じであった耳石の伸張方向が、8～9輪目の付近で横断面からみて「反り上がる」ように変化した後、下側に湾曲するように変化していた。ヒレグロでは7輪目付近までは反り上がるように伸長して、そこから急速に下側への湾曲が進んでいた。ウロコメガレイでは耳石の伸長は一貫して湾曲が進んでいた。3種ともに耳石の伸長方向が下側への湾曲を強めると、表面からの観察では輪紋の間隔が極端に狭く見え (Fig. 1, 2), 分離が困難であった。その結果、7～9輪目以降の範囲では薄片観察の方が多くの透明帯を読み取ったと考えられた。

7～9輪目以降外縁までの高齢期における計測者間の一致性についても耳石の伸張方向の変化が影響していると考えられた。アカガレイの表面観察では、耳石の伸長方向に変化が生じる8～9輪目付近で一致性が急に低下 (CVが増加) した (Fig. 5)。ヒレグロの表面観察では、耳石が反り上がるように伸長する7輪目まで一致性の低下は小さいが、耳石の伸長が下側に湾曲を始める7～8輪目付近で一致性は急に低下した。ウロコメガレイでは他2種と比べ伸長方向の劇的な変化はなく一貫して湾曲が進み、表面観察法による計測者間の一致性も連続して低下していった。

一方、耳石の中心から3輪目にかけても計測者間の一致性が低かった (Fig. 5)。薄片観察法では中心付近に明瞭な透明帯が数本確認されたが、薄片観察法ではこの付近の輪紋を年輪とするか否かの判断が計測者間で異なり、結果として表面観察法よりさらに大きなCV値となったと考えられた。

年齢決定に際してどの輪紋を第1輪目 (満1歳の年輪)、2輪目 (満2歳の年輪) と考えるかは、飼育魚あるいはALC (アリザリンコンプレクソン) 標識魚など実年齢が判明している個体や、採集標本のうち最も小さな体長群の耳石形状を観察するなど予備検討を行ったうえで、計測者が事前に定義しておく必要がある (Campana, 2001)。本研究でみられた若齢期の計測者間の不一致については、どの輪紋を第1輪目と扱うかを定義することで今後の解決が可能である。一方で、高齢期 (7～9輪目以降) については、耳石の形状変化により表面からの観察では輪紋の情報量自体が少なくなることが明らかであり、基本

的にこれら3種の年齢決定方法は、薄片観察法が望ましいと結論付けられる。ただし、薄片観察法でも透明帯数が増えるにしたがってCVが増加、すなわち計測者間の一致度が低くなった (Fig.5)。本研究では4名の計測者はいずれもカレイ類の薄片標本については読輪経験がなく、他種での経験に基づいていることが、計数結果の違いに現れているのかもしれない。以上のことから、これら3種の異体類については薄片観察法による年齢査定を行う前に、透明帯、不透明帯の観察に十分な習熟が必要である。

体長と透明帯数の関係について、ヒレグロとウロコメガレイでは、雌は体長が大きくなるほど透明帯計数値は多くなる傾向があるのに対し、雄では体長約200mm以上のサイズでは計数値が大きくばらつき、それ以降のサイズ範囲では標本自体が採集されなかった (Fig.7)。これは、カレイ類の一般的特徴である雄の成長停滞が200mm台前半で起こることで、いくつもの年級群がそのサイズ範囲に出現し、計数値が大きくばらついたと考えられる。同様の傾向はアカガレイの雄にもみられたが、アカガレイについては雌でも体長300mm以降で計数値のばらつきが大きくなった。その要因は雄と同様と考えられるが、他2種に比べると広い体長範囲でばらつきが大きくなっていることから、成長の個体差や年差が大きい資源である可能性がある。以上のことから、これら3種について今後 Age-Length Key や成長曲線を推定する場合には、体長に対する計数値のばらつきが大きくなったサイズ範囲で、十分な標本数を供試するとともに複数年の標本を用いるといった工夫が必要と考えられた。

謝 辞

本研究で用いたカレイ類の標本は、中央水産試験場調査船おやしお丸 (2010年に用途廃止) および稚内水産試験場調査船北洋丸によって採集された。採集調査にご尽力いただいた両船の船舶職員の皆様に感謝申し上げます。

引用文献

- Cailliet GM, Andrews AH, Burton EJ, Watters DL, Kline DE, Ferry-Graham LA. Age determination and validation studies of marine fishes : do deep-dwellers live longer? *Experimental Gerontology* 2001 ; 36 : 739-764.
- Campana SE. Accuracy, precision and quality control in age determination, including a review of the use and abuse of age validation methods. *J. Fish. Biol.* 2001 ; 59 : 197-242.
- Chang WYB. A statistical method for evaluating the reproducibility of age determination. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 1982 ; 39 : 1208-1210.
- Dwyer KS, Walsh SJ, Campana SE. Age determination, validation and growth of Grand Bank yellowtail flounder (*Limanda ferruginea*). *ICES J. Mar. Sci.* 2003 ; 60 : 1123-1138.
- 蛭谷幸司, 菅原玲, 今村琢磨. 4. 食用としての利用の少ない地域水産資源のすり身化技術開発 (重点研究). 平成22年度道総研中央水産試験場事業報告書, 北海道立総合研究機構水産研究本部, 余市. 2012 ; 228pp. 北海道沖合底曳網漁業漁場別漁獲統計年報 (2010年). 北海道区水産研究所. 2011.
- 稲川亮, 服部努, 渡邊一仁, 成松庸二, 伊藤正木. サメガレイの年齢査定および成長様式. *東北底魚研究* 2011 ; 31 : 64-70.
- 板谷和彦, 高嶋孝寛, 三橋正基. 留萌沖合日本海に分布するアカガレイ (*Hippoglossoides dubius*) の年齢と成長. *北水試研報* 2009 ; 74 : 13-17.
- 倉長亮二. 山陰沖合のヒレグロ *Glyptocephalus stelleri* の年齢と成長. *鳥取水試報告* 2003 ; 37 : 82-85.
- Lee JH, Kodama K, Kume G, Oyama M, Katayama S, Takao Y, Horiguchi T. Comparison between surface-reading and cross-section methods using sagittal otolith for age determination of the marbled sole *Pseudopleuronectes yokohamae*. *Fish. Sci.* 2009 ; 75 : 379-385.
- Peltonen H, Raitaniemi J, Parmanne R, Eklund J, Nyberg K, Halling F. Age determination of Baltic herring from whole otoliths and from neutral red stained otolith cross section. *ICES J. Mar. Sci.* 2002 ; 59 : 323-332.
- Stransky C, Gudmundsdottir S, Sigurdsson T, Lemvig S, Nedreaas K, Saborido-Rey F. Age determination and growth of Atlantic redfish (*Sebastes marinus* and *S. mentella*) : bias and precision of age readers and otolith preparation methods. *ICES J. Mar. Sci.* 2005 ; 62 : 655-670.
- 高嶋孝寛. II. 耳石による年齢査定. 技術資料 No.6 北海道周辺におけるホッケの資源と漁業. 北海道立水産試験場, 余市. 2011 ; 55pp.
- 柳下直己, 山崎淳, 田中栄次. 京都府沖合海域で採集されたアカガレイの年齢と成長. *日水誌* 2006 ; 72(4) : 651-658.
- 米田典子, 高橋豊美, 高津哲也. 北海道噴火湾におけるヒレグロの年齢と成長. *水産増殖* 2010 ; 58(1) : 11-16.