

えりも産ハタハタ仔稚魚の日齢と耳石輪紋数の関係

吉村圭三*¹, 筒井大輔*², 前田圭司*³, 三戸 充*⁴, 芳賀恒介*⁴

Validation of daily increments in the otolith microstructure of sailfin sandfish, *Arctoscopus japonicus*, larvae in Erimo, the Pacific coast of Hokkaido

Keizo YOSHIMURA*¹, Daisuke TSUTSUI*², Keiji MAEDA*³,
Mitsuru SAN-NOHE*⁴, Kohsuke HAGA*⁴

The otolith microstructure of larval sailfin sandfish, *Arctoscopus japonicus*, was studied at Erimo, on the Pacific coast of Hokkaido. Compared to the populations in the Sea of Japan, this local population experiences noticeably colder water temperature during eggs and larval stage by the influence of the Oyashio current. We attempted to find an appropriate ageing technique for this population using artificially fertilized eggs in December 2004. We reared larvae from March to May 2005, aged 0 to 60 days and examined at 10-day intervals.

The lapilli provided apparently lower incremental counts to age under optical microscopy (mean±SD: -21.1 ± 4.5), in spite of a previous study had recommended as precisely representing daily increments. We hypothesize that the relatively smaller size of lapilli to the body and very cold rearing water temperature resulted in narrower increments. In addition, there were many invisible increments around the hatch check, resulting in considerable counting error.

In the sagittae, regular concentric rings were found and increment counts were closely correlated with age (-2.8 ± 1.9). Again, some increments around the hatch check were difficult to resolve, but the estimated increment deposition rate between 30-60 days was one per day. The sagittae of larger juveniles (N=5: 30.5-35.7mm in TL) exhibited some accessory layers around the edge. However, these increments had regular deposition and it was possible to track growth. We conclude that in this population, the analyses of daily increments should be performed with sagittae, not lapilli.

キーワード：ハタハタ, 耳石, 輪紋数, 日齢, えりも, 日高, 光学顕微鏡, 仔稚魚

緒言

日高系ハタハタは、北海道日高海域に分布し、えりも町沿岸に主産卵場を持つ地域群である¹⁻²⁾。この系群は、主に産卵群を対象とした刺し網漁業によって、近年では年間100～500トン程度漁獲されており、当地域にとって貴重な冬期の収入源となっている。このため、当地域では、漁業の自主管理に加え、打ち上げ卵塊の回収や人工種苗放流等の積極的な取り組みがなされ、資源の維持・増殖が図られている。これらの取り組みを一層効率的に

進めるためには、日高系ハタハタの生態、中でも資源加入量の変動に重要な影響を及ぼす初期生態を十分に解明し、増殖対策に反映する必要がある。

初期生態の解明には耳石日周輪を用いた日齢解析が有効な手法となる。ハタハタでは、Tsukamoto and Shima³⁾が秋田産人工種苗の耳石について検討し、礫石に形成される輪紋が日周輪であること、また他魚種で一般的に用いられる扁平石では、縁辺部に形成される2次核を中心とする耳石成長 (accessory layers) のために輪紋パターンが乱れ、読輪が困難になることを報告している。ハタ

報文番号A437 (2009年7月2日受理)

* 1 北海道立栽培水産試験場 (Hokkaido Mariculture Fisheries Experiment Station, Funami-cho, Muroran, Hokkaido, 051-0013, Japan)

* 2 北海道総務部 (Hokkaido Government, Department of General Affairs, Sapporo, Hokkaido, 060-8588, Japan)

* 3 北海道立稚内水産試験場 (Hokkaido Wakkanai Fisheries Experiment Station, Suehiro, Wakkanai, Hokkaido, 097-0001, Japan)

* 4 えりも町役場 (Erimo Town Office, Erimo, Hokkaido, 058-0292, Japan)

ハタに関するこれまでの研究は、秋田をはじめとする日本海海域におけるものが多く、太平洋海域に関する知見は少ないのが現状である。しかし、すでにその中でも、日高系を含む北海道太平洋岸に棲息するハタハタは、日本海産ハタハタに対し遺伝的に高度に隔離されていることが指摘されている⁴⁻⁵⁾。また、卵発生期である冬期の水温は、暖流の影響を受ける日本海では比較的温暖であるのに対し、本道太平洋では寒流の影響により、しばしば零度を下回る著しい低温で経過する。加えて、耳石の輪紋形成パターンは、同一魚種においても、成長速度等によって変化することが知られている⁶⁻⁷⁾。以上のことから、日高系ハタハタの日齢解析を試みるに当たり、遺伝的・環境的に大きく異なる本州日本海産の仔稚魚と同様の手法が適用できるのか、改めて検討し、日高系に適した手法を確立しておく必要がある。

そこで、本研究では、日高系ハタハタ仔稚魚の礫石及び扁平石について、輪紋数と日齢の関係、日齢の推定誤差等を検討すると共に、日本海との差異、及び扁平石の使用について考察した。

材料および方法

供試魚および飼育条件

2004年12月3～10日に、北海道えりも町で漁獲されたハタハタから人工的に採卵・受精された卵塊を、えりも町ウニ種苗センターで2005年3月26日まで自然海水の流水下で管理した。卵管理中の水温は $-0.6\sim 7.4^{\circ}\text{C}$ 、平均 2.6°C であった。3月27日にふ化した仔魚約180,000尾を同センター内の3.3t FRP水槽に収容し、自然海水の流水下で5月26日まで60日間飼育した。飼育期間中の水温は $1.2\sim 6.8^{\circ}\text{C}$ 、平均 3.3°C であった。Fig. 1に、同センターの2004年12月上旬から2005年5月下旬までの取水海水温の推移を旬平均値で示した。陸上水槽では気温の影響を若干受けるものの、飼育水温はえりも町周辺の沿岸水温の実態を概ね反映していた。

仔魚飼育には、餌料として栄養強化したアルテミア幼生、冷凍カイアシ類および市販の配合餌料を与えた。

飼育期間中、ふ化を含めて10日ごとに、30～90尾の仔魚を無作為に採取し、生鮮状態で全長を 0.1mm 単位で測定した。全長は下顎前端から尾鰭後端までとした。測定後の仔魚を、速やかに70%エタノールで固定し、保存した（以下飼育個体と略す）。

耳石の測定と輪紋の観察

保存された飼育個体の各日齢群について20尾を上限に、原則として体右側の礫石および扁平石を取り出し、耳石径の測定および輪紋の観察に用いた（Table 1）。両耳石

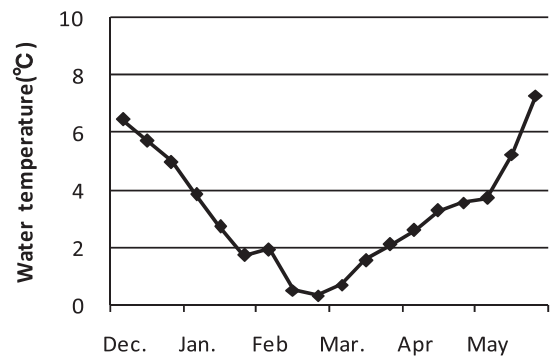


Fig.1 Change in water temperature of Erimo coast from Dec. 2004 to May 2005.

は体外側（凸面）を上にしてスライドガラス上にエナメル樹脂またはエポキシ樹脂を用いて包埋した。ふ化日から20日齢の耳石はそのまま観察に供したが、30～60日齢の耳石は耐水サンドペーパー（1000～2000番）およびラッピングフィルム（ $20\sim 0.3\mu\text{m}$ ）を用いて耳石核が露出するまで研磨したものを標本とした。

また、Tsukamoto and Shima³⁾の扁平石（95日齢）の観察結果と比較するために、2004年6月29日及び2005年6月22日に、えりも町沿岸で採集されたハタハタ稚魚⁸⁻⁹⁾計5個体（全長 $30.5\sim 35.7\text{mm}$ 、平均 33.2mm ）から扁平石を取り出し、耳石研磨標本を作製した（以下採集個体と略す）。

耳石径（核を通る最大径）の計測および輪紋の観察、計数は、100倍の対物レンズを装着した光学顕微鏡下で行った。耳石径の計測は接眼マイクロメータで直接行うか、CCDカメラを経由しモニターに映し出した画像上で、コンピュータソフトACT-1C for DXM1200C（ニコン株式会社）を用いて行い、いずれも $1\mu\text{m}$ 単位で計測した。

結果

Fig. 2に、ふ化日から10日ごとの飼育個体の平均全長を示した。ふ化仔魚の平均全長は $13.2\pm 0.3\text{mm}$ であった。平均全長は日齢に伴いほぼ直線的に増加し、60日齢では $20.5\pm 0.8\text{mm}$ に達した。

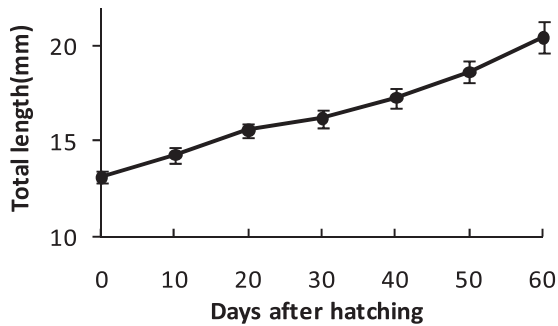


Fig.2 Growth of sandfish larvae hatched and reared in captivity. Error bars indicate SD.

1 礫石

耳石の形態、サイズと輪紋構造

ふ化日（以下0日齢）の礫石は概ね円形であるが、日齢が増すに伴い、やや角張った楕円形に変化すると共に、不均等な成長により核が中心からやや偏った (Fig. 3-A, C)。

0日齢礫石の耳石径は39~51 μ m, 平均45 μ mであった。耳石径はほぼ日齢に比例して増加し、60日齢で平均117 μ mまで達したが、10日齢の礫石は平均58 μ mで20日齢の51 μ mよりも大きかった (Table 1, Fig. 4)。平均体長に対する平均耳石径の関係 (Fig. 5) は、ほぼ比例関係であったが、20日齢では他の日齢に比べて、全長に対する耳石径が小さかった。

30~60日齢の研磨標本では核を中心とする直径45 μ m程度の同心円位置に、比較的コントラストの強い輪紋が

認められた (Fig. 3-C, E)。これらの輪紋の最大直径を、0日齢耳石径と比較したところ、有意差は認められなかった (ANOVA; df=64, P>0.05)。このことから、これらの輪紋をふ化輪と見なした (Table 1)。なお、10, 20日齢でも同様の輪紋が観察されたが、未研磨標本のため焦点が定まり難く、輪紋直径の計測は行わなかった。

ふ化輪の外側5 μ m付近に再びコントラストの強い輪紋が観察される個体が多く (Fig. 3-E), ふ化輪からこれらの輪紋付近まで、不鮮明な輪紋がやや不規則な間隔で3~6本程度観察された。それより外側には比較的鮮明で規則的な輪紋が観察される個体が多かった (Fig. 3-E)。縁辺付近の輪紋幅は、日齢が増すに伴いやや広くなり、30日齢で0.8 μ m程度、60日齢では1.2 μ m程度であった。

ふ化時点の耳石径の個体差と、その後の成長の関係を把握するため、30~60日齢について、ふ化輪径と耳石径の関係を調べた (Fig. 6)。両者には、30~60日齢のいずれにおいても、明確な関係はみられなかった。

日齢と輪紋数の関係

日齢と輪紋数の関係をTable 2, Fig. 7に示した。輪紋数は日齢に比例して増加し、回帰式Y=0.847X-13.88が得られた。すべての個体で輪紋数は日齢よりも少なかった。

光学顕微鏡下で計数可能な輪紋が1日1本形成されると仮定した場合、日齢と輪紋数の関係は、原点を通る傾き1の直線となることが期待される。しかし、上式の傾きは有意に1より小さく (t-test; df=31, P<0.05), 切片は0より大幅に小さかった (t-test; df=31, P<0.01)。

輪紋数の変動係数 (CV) は30・40日齢では19.7~39.0と大きく、個体間のばらつきが大きいことを反映してい

Table 1 The results of otolith measurements.

Age in days	N	Diameter on long axis			Diameter of hatch check		
		Average (μ m)	Range (μ m)	SD	Average (μ m)	Range (μ m)	SD
Lapilli							
0	17	44.7	39-51	3.5	-	-	-
10	20	57.6	49-65	4.2	-	-	-
20	20	51.4	44-60	4.9	-	-	-
30	11	69.1	62-75	5.2	45.5	43-50	2.1
40	14	79.6	73-91	5.0	44.6	41-48	2.6
50	14	91.8	76-107	8.7	43.6	40-55	4.2
60	13	116.8	103-133	8.4	46.0	40-51	3.4
Sagittae							
0	20	93.8	65-110	10.4	-	-	-
10	19	119.3	103-149	10.2	-	-	-
20	20	128.5	102-150	13.7	-	-	-
30	14	165.4	135-183	16.3	97.8	86-113	7.4
40	15	206.6	166-241	22.8	99.9	80-120	9.9
50	11	247.5	179-273	29.8	95.5	74-108	11.0
60	14	323.5	290-380	26.5	96.5	81-110	8.0

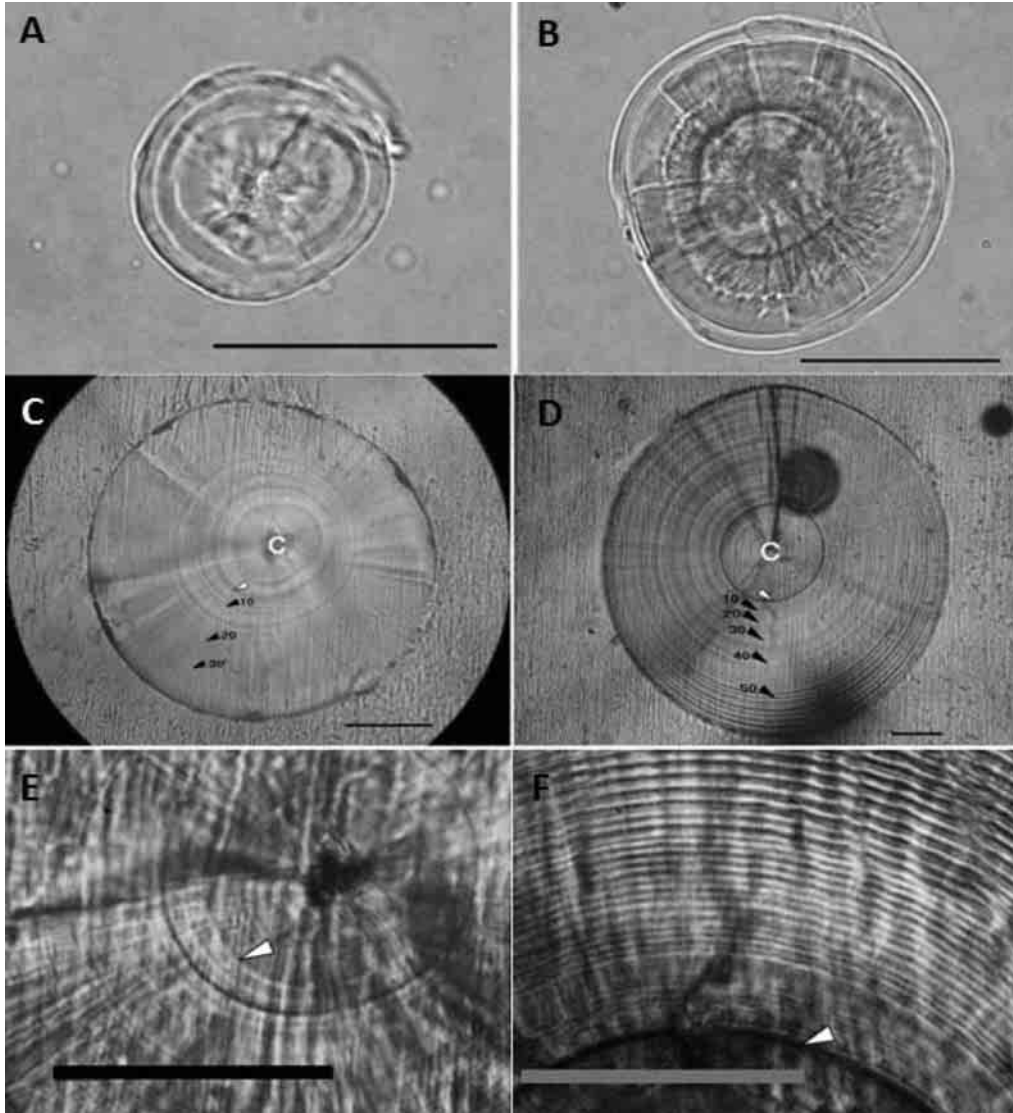


Fig.3 Otolith of larval sailfin sandfish, A:lapillus of 0-day-old, B:sagitta of 0-day-old, C,E:lapillus of 60-day-old, ground preparation, D,F:sagitta of 60-day-old, ground preparation. Open arrows indicate "hatch check". Closed arrows indicate the numbered increments exterior of hatch check. The centers of nucleus are shown as c, Scale bars=50 μ m.

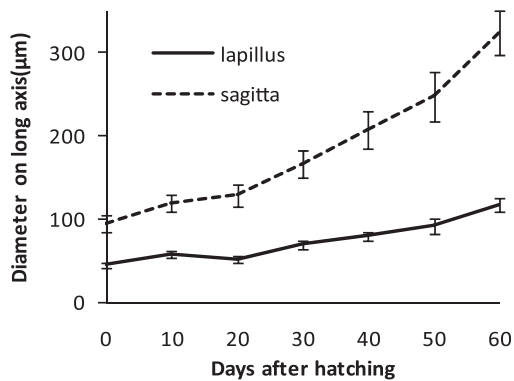


Fig.4 Change in mean diameter on the long axis of lapilli and sagittae, Error bars indicate SD.

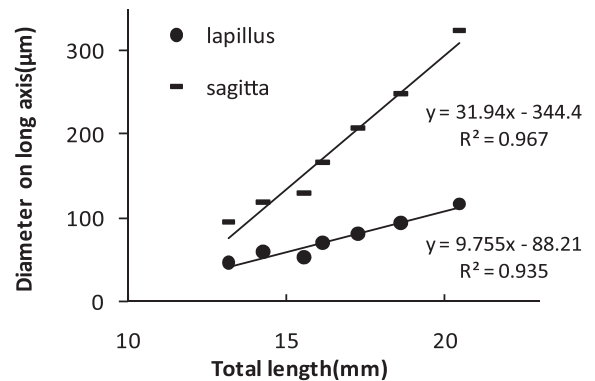


Fig.5 Relationships between the mean total length of the larvae and the mean otolith diameter.

たが、50・60日齢では4.5~6.0と小さかった (Table 2)。

成長の個体差と、計数可能な輪紋数の関係を把握するために、30~60日齢について、耳石径と輪紋数の関係を調べたところ (Fig. 8), 40日齢で有意な正の相関が認められた ($r=0.83, df=5, P<0.05$)。他の日齢では明確な関係はみられなかった。

2 扁平石

耳石の形態、サイズと輪紋構造

0日齢の扁平石は概ね円形で、高日齢になるに伴い rostrum (前角) 部分がわずかに突出してくるが、核はほぼ中心に位置した。60日齢までのすべての標本で、縁辺

部にはaccessory layersは観察されなかった (Fig. 3-B, D)。採集個体の扁平石は、核-rostrum方向 (体軸方向) に長軸を持つ楕円形~卵形を基本とするが、背後縁部の1~3カ所に、2次核を中心として扇状に突出するaccessory layersが形成されていた。核は概ね中心に位置した (Fig. 9)。

0日齢扁平石の耳石径は65~110 μm 、平均94 μm であった。耳石径は日齢に比例して増加し、60日齢で平均324 μm に達した (Table 1, Fig. 4)。平均体長に対する平均耳石径の関係は、ほぼ比例関係であったが、礫石と同様に、20日齢では全長に対する耳石径比がやや小さかった (Fig. 5)。採集個体の耳石径は741~909 μm 、平均854 μm

Table 2 The results of otolith Analysis.

Age in days	N	Increment count				CV(%)	Variation from actual age (days)
		Average	Range	SD			
Lapilli							
30	6	14.2	11-18	2.8	19.7	-15.8	
40	8	17.9	11-32	7.0	39.0	-22.1	
50	7	26.7	25-29	1.6	6.0	-23.3	
60	11	38.3	34-40	1.7	4.5	-21.7	
Sagittae							
30	12	26.9	25-29	1.1	4.0	-3.1	
40	15	37.7	32-40	1.8	4.9	-2.3	
50	11	47.1	42-51	2.9	6.2	-2.9	
60	13	57.1	54-60	1.8	3.1	-2.9	

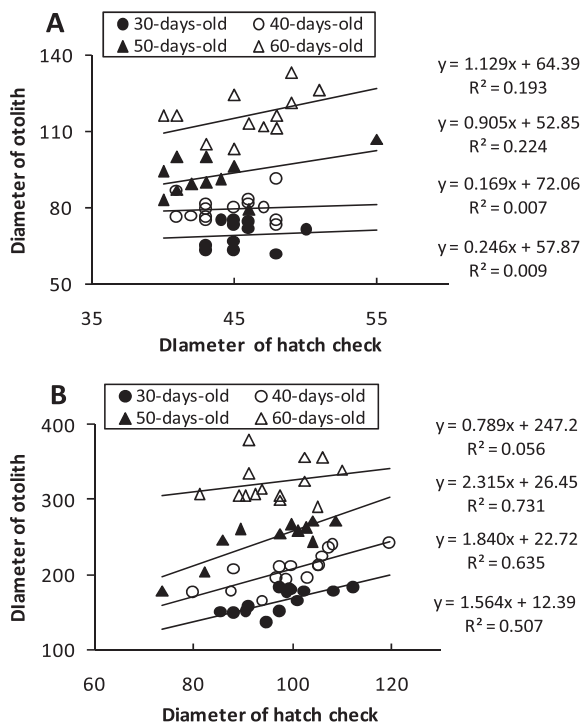


Fig.6 Relationships between the diameter of hatch check and the diameter of otolith, lapilli(A) and sagittae(B).

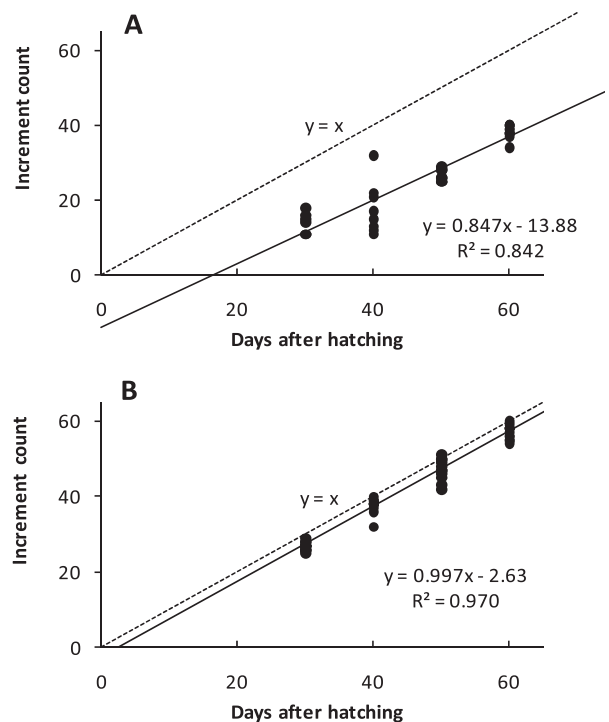


Fig.7 Relationships between age (day) and increment count in lapilli(A) and sagittae(B).

であった (Table 3)。

30~60日齢では核を中心とする直径100 μm 程度の同心円の位置に、コントラストの強い輪紋が認められた (Fig. 3-D, F)。礫石と同様に、これらの輪紋の最大直径を、0日齢耳石径と比較し、有意差が認められなかったため (ANOVA; $df=73, P>0.05$)、これらの輪紋をふ化輪と見なした (Table 1)。採集個体では、核を中心とする直径123~141 μm (平均131 μm) の位置に、コントラストの強い輪紋が認められた (Fig. 9)。これらの輪紋径は、飼育個体のふ化輪径より有意に大きかった (t-test; $df=58, P<0.01$)。

飼育個体では、ふ化輪から外側の輪紋構造は礫石に比べて明らかに鮮明で、縁辺に至るまで規則的であり、計数が容易であった。輪紋幅は、ふ化輪周辺で1.2 μm 程度であったが、縁辺に近づくにつれて広くなり、60日齢の

縁辺付近では3~5 μm 程度であった。採集個体では、飼育個体と同様に、コントラストの強い輪紋より外側に、同心円状の輪紋が規則的に形成されていたが、縁辺に近い部分では、耳石が楕円形に変化することに伴い、短軸方向に比べて長軸方向の輪紋幅がやや広がった。accessory layersでは成長の中心角が変化するものの、輪紋は連続して規則的に形成され、成長過程を縁辺まで追跡することが可能であった。輪紋幅は、コントラストの強い輪紋付近で1.2 μm 程度、縁辺付近の長軸方向で7~9 μm 程度であった。

Fig. 6に、飼育個体のふ化輪径と耳石径の関係を示した。両者の間には30~50日齢で強い正の相関が認められた (30日 齢; $r=0.71, df=13, P<0.01$, 40日 齢; $r=0.80, df=14, P<0.001$, 50日 齢; $r=0.85, df=10, P<0.001$)。

日齢と輪紋数の関係

日齢と輪紋数の関係をTable 2, Fig. 7に示した。輪紋数は日齢に比例して増加し、回帰式 $Y=0.997X-2.63$ が得られた。ほとんどの個体で輪紋数は日齢よりも少なかったが、その程度は礫石よりも小さかった。

上式の傾きは1と有意な差はみられなかった (t-test; $df=50, P>0.05$)。切片は礫石に比べて差は少なかった

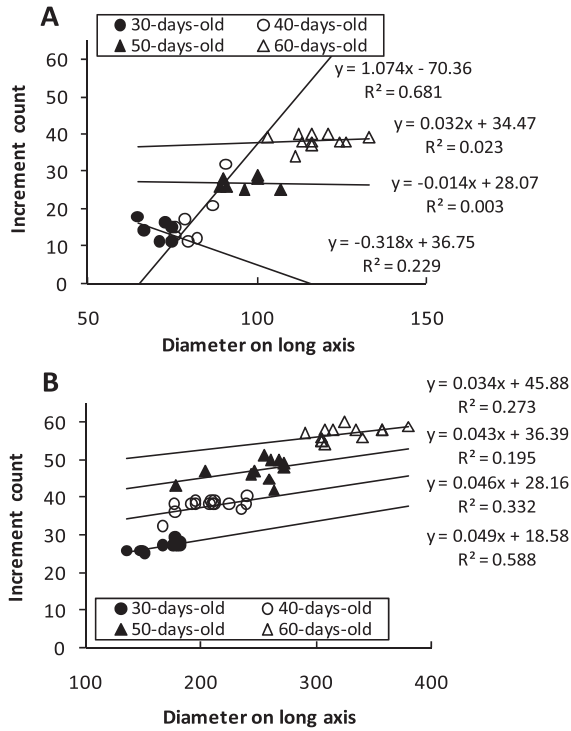


Fig.8 Relationships between otolith diameter and increment count in lapilli(A) and sagittae(B).

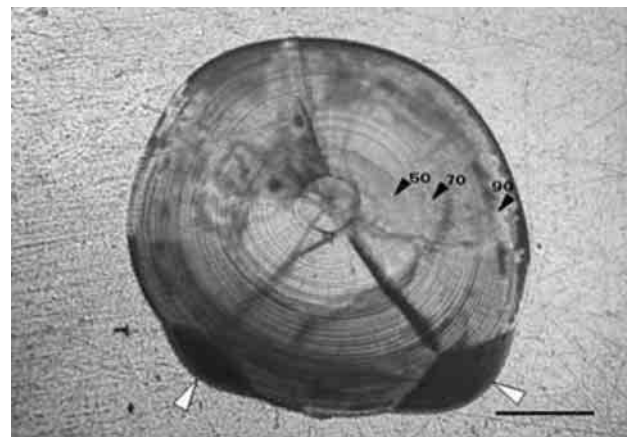


Fig.9 Sagitta of juvenile sandfish(35.7mm in TL). Open arrows show "accessory layers". Closed arrows indicate the numbered increments. Scale bar=200 μm .

Table 3 Saggitae measurements of juveniles.

Date of collection*	N	Total length of juveniles		Otolith diameter on long axis		Increment count	
		Average (mm)	Range (mm)	Average (μm)	Range (μm)	Average	Range
2004.6.29	4	33.0	30.5-35.7	846	741-909	88	75-100
2005.6.22	1	34.3		886		102	

* Collected with beam trawl net at 3-9m depth.

が、0より有意に小さかった (t -test; $df=50$, $P<0.05$)。

30~60日齢の輪紋数の変動係数は、3.1~6.2で、礫石に比べて小さく安定していた (Table 2)。

耳石径と輪紋数の関係を見ると (Fig. 8)、30日齢で強い正の相関が、40日齢でも正の相関が認められた (30日齢; $r=0.77$, $df=11$, $P<0.01$, 40日齢; $r=0.58$, $df=14$, $P<0.05$)。

採集個体の輪紋数は75~102, 平均91であった (Table 3)。

考察

1 礫石

耳石の形態, サイズと輪紋構造

本研究で観察された礫石の形態は, Tsukamoto and Shima³⁾の記述と良く一致した。しかし, 0日齢礫石の耳石径は $45 \pm 4 \mu\text{m}$ で, Tsukamoto and Shima³⁾が示した $55.4 \pm 6.4 \mu\text{m}$ よりも有意に小さかった (t -test; $df=56$, $P<0.01$)。ふ化仔魚の平均全長は, 本研究では $13.2 \pm 0.3 \text{mm}$ であるのに対し, Tsukamoto and Shima³⁾では $11.9 \pm 0.4 \text{mm}$ であり, 耳石径と逆転した関係であった。本研究においても認められたように, 魚類では通常, 耳石サイズは体サイズと比例関係にあるとされるが¹⁰⁾ (Fig. 5), 成長速度によってサイズ比が変化することも知られている⁶⁻⁷⁾。本研究では, 卵期における環境水温が低く, 卵期間もTsukamoto and Shima³⁾より約1ヵ月長かったため, 成長速度と同様に, 発生速度の違いが耳石の体に対するサイズ比に影響した可能性が考えられる。

10日齢の耳石径は20日齢よりも大きかった。エタノール固定後の平均全長は10日齢 $14.0 \text{mm} \pm 0.5$, 20日齢 $14.3 \text{mm} \pm 0.5$ と非常に近かったため, サンプリングの偶然の偏りに起因すると考えられた。

日齢と輪紋数の関係

日齢と輪紋数の関係から得られた直線式は, 傾き, 切片共に期待される $Y=X$ から大きく外れ, 輪紋数は30~60日齢の全標本平均で, 日齢よりも21.1少なかった。Tsukamoto and Shima³⁾では, 95日齢の礫石で日齢とほぼ同数の, 94.6 ± 7.7 (平均 \pm SD)本の輪紋が計数されたが, 本研究の結果は大きく異なった。原因として挙げられるのは, 前述のようにふ化時点の礫石サイズが小さかったことと, ふ化後の飼育水温がTsukamoto and Shima³⁾の9~20°Cに比べて1.2~6.8°Cと著しく低く, 耳石の日間成長量が小さかったと推測されることである。10日齢および20日齢の平均耳石径から0日齢平均耳石径を減じ, 2で除して得られた成長部分の幅は, それぞれ6.5, $3.3 \mu\text{m}$ と推定された。1日1本の輪紋が形成されて

いると仮定すると, 推定される平均輪紋間隔は0.2~0.7 μm 程度で, 光学顕微鏡の解像限度¹¹⁾以下であるため, すべての輪紋を計数することはできないと考えられる。このことは, 30~60日齢の研磨標本において, ふ化輪の外側5 μm 付近までは輪紋が不鮮明で, 輪紋幅も不規則であったことと一致した。従って, 北海道太平洋海域のように卵期~仔魚期の水温が低い場合, 少なくとも20日齢程度までは礫石による日齢推定は困難であると考えられる。

30・40日齢では個体による輪紋数のばらつきが著しく大きかった。原因として, 40日齢において耳石径と輪紋数の間に正の相関が認められたように, 比較的成長の良い個体では輪紋幅が広く, 解像可能な輪紋が多かったことが考えられるが, 技術的な問題も無視できない。すなわち, 礫石は非常に小さく, 特に30・40日齢では摘出, 研磨が難しかったため, 標本処理が必ずしも均一に行われなかった結果, 輪紋の見えやすさにばらつきが生じた可能性も考えられる。一方, 50・60日齢では, ばらつきが小さく比較的安定した計数結果となった。日齢に対する差はそれぞれ平均23.3, 21.7で, 両者に有意な差はなかった (t -test; $df=16$, $P>0.05$)。今後, 十分な数の標本を解析すれば, 50日齢以上では輪紋形成に日周期性が認められ, 計数できた輪紋数に22~23を加えることにより日齢を推定できる可能性がある。しかし, 20以上の誤差を前提とした解析は用途に限られること, 環境条件によって誤差が大幅に変化する可能性があること, 加えて, 標本処理が難しいことから, 現時点では日高系ハタハタの日齢解析に, 礫石は適した材料ではないと考えられる。

2 扁平石

耳石の形態, サイズと輪紋構造

飼育個体の30~50日齢で, ふ化輪径と耳石径に強い相関がみられた。これらの日齢では, 耳石径の40~60%をふ化輪径が占めるため, ふ化サイズの個体差の影響が大きかったと考えられる。耳石径と全長は概ね比例関係にあったことから (Fig. 5), 仔魚の全長も同様に, ふ化時点の個体差に影響されることが示唆される。しかし, 本研究では個体別の全長-耳石径関係を把握しておらず, 誤差範囲が不明であり, また上述のように両者の関係は条件によって変化する可能性がある。従って, 耳石径と全長におけるふ化時点の個体差や両者の対応関係, そして成長に及ぼす影響については今後改めて検討する必要がある。一方, 耳石の計測についても検討が必要である。本研究では耳石径を最大径としたが, 最大径軸の体軸に対する角度は, 個体によって異なることが予想される。30日齢以上の扁平石ではrostrumを概ね識別

できるため, 今後はrostrumを基準に計測部位を定義する必要がある。

Tsukamoto and Shima³⁾では95日齢, 平均全長35.6±2.6mmの稚魚の扁平石の状態が記述され, 耳石直径は1,500±100μmとされている。本研究における採集個体の平均全長は33.2mmでやや小さいが, 平均耳石径は854μmと大幅に小さく, 最も大きな全長35.7mmの個体でも908μmであり, 明らかに差が認められた。全長30~35mm程度のハタハタ稚魚の扁平石は, accessory layersが形成され始めると共に前後方向に伸張し, 成魚の形態に近づく成長段階にあると考えられる。上述のようにaccessory layersは2次核を中心とする突出部であるため, これらの形成によって, 耳石径は形成以前に比べて急激に大きくなる。Tsukamoto and Shima³⁾では, 耳石全周にaccessory layersが形成された状態が示されているのに対し, 本研究の採集個体ではaccessory layersの形成が比較的進んでおらず, 全周にも及んでいない。これらのことから, 同様の全長にも関わらず, 両者の耳石径に大きな差が生じたと考えられる。

accessory layersの輪紋形成についてTsukamoto and Shima³⁾では, 不規則で成長過程を追跡することが困難と報告しているが, 本研究の採集個体では縁辺部まで規則的に形成されており問題なく計数可能であったことから(Fig. 8), 輪紋形成パターンが異なっていると考えられる。

採集個体の核周辺に観察されたコントラストの強い輪紋は, 飼育個体のふ化輪に比べて平均直径が有意に大きかったが, これらの輪紋の外側に微細輪紋が規則的に形成され, 飼育個体と同様の構造であったことから, ふ化輪であると考えられる。飼育個体よりも直径が大きい原因については, 今後検討する必要がある。

日齢と輪紋数の関係

日齢と輪紋数の関係から得られた直線式は, 傾きを1と見なすことができるため, 30日齢以降の輪紋形成は日周的であるといえる。切片は有意に0より小さく, 全標本平均で輪紋数は日齢より2.8少なかった。原因として, ふ化後数日経ってから輪紋が形成される可能性もあるが, 礫石の例からみて, 30日齢以前の部分に, 解像が困難な輪紋が数本存在する可能性が高い。30~40日齢において, 耳石径と輪紋数に正の相関が認められたことは, 比較的成長の遅い個体ほど輪紋間隔が狭く, 計数できない輪紋が多かったためと考えられる。

扁平石では, 礫石に比べて個体による輪紋数のばらつきが大幅に小さく, 30日齢以降の日周性が確認されたことから, 輪紋数に3本を加えれば, 飼育個体で確認され

た60日齢程度までは日齢査定が可能であると考えられる。また, 採集個体では75~102本の輪紋が計数されたことから, さらに100日齢程度までは日齢査定が可能であると見込まれる。加えて, 扁平石は比較的大きいため標本処理が容易であったことも考慮すると, 日高系ハタハタでは日齢査定に礫石ではなく扁平石を用いた方がよいと結論できる。

本研究では扁平石の体に対するサイズ比や輪紋構造についても, Tsukamoto and Shima³⁾と差異が認められたが, 礫石と同様に, 低水温のため成長が緩やかであったことに起因すると思われる。従って, 日高系同様に仔魚期の水温が低い北海道太平洋海域に分布する釧路系等, 他のハタハタ系群についても, 日齢査定には扁平石を用いるべきであると考えられる。

要約

- 1) 光学顕微鏡で観察された, えりも産ハタハタ耳石の輪紋数は, 日齢に対して, 礫石では平均21.1, 扁平石では平均2.8少ない。
- 2) 礫石の輪紋は日齢推定誤差が大きく, 日齢査定に用いるには実用的でない。扁平石の輪紋を用いれば, 少なくとも60日齢程度まで解析が可能である。

謝辞

(独)水産研究総合センター北海道区水産研究所の西村明博士には, 耳石日周輪観察法についてご指導賜ると共に, 本研究のとりまとめに貴重なご助言を賜った。心よりお礼申し上げる。中央水産試験場の志田修氏, 釧路水産試験場の石田良太郎氏には, 本研究のとりまとめに貴重なご助言を頂いた。えりも町栽培漁業振興協議会, えりも漁業協同組合及び日高地区水産技術普及指導所には, 野外採集等で大変お世話になった。記して深謝する。

文献

- 1) 小林時正, 加賀吉栄: 北海道周辺のハタハタの産卵群の計数形質変異から推定される系統群構造について. 北水研報. 46, 69-83 (1981)
- 2) Kobayashi, T.: Variations in number of Vertebrae of sandfish, *Arctoscopus japonicus* (STEINDACHNER), correlated with water temperature in period of early development. *Bull. Hokkaido Reg. Fish. Res. Lab.*, 46, 57-67 (1981)
- 3) Tsukamoto, K. and Shima, Y.: Otolith daily increment

- in sandfish. *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.*, 56, 1083-1087 (1990)
- 4) 柳本卓：mtDNAのPCR-RFLP分析によって明らかになったハタハタ集団の地理的文化. 日水誌. 70(4), 583-591 (2004)
 - 5) Shirai, S., Kuranaga, R., Sugiyama, H., Higuchi, M. : Population structure of the sailfin sandfish, *Arctoscopus japonicus* (Trichodontidae), in the Sea of Japan. *Ichtyol. Res.*, 53, 357-368 (2006)
 - 6) Francis, M. P., Williams, M. W., Pryce, A. C., Pollard, S., Scott, S. G. : Uncoupling of otolith and somatic growth in *Pagrus auratus*(Sparidae). *Fish. Bull.*, 91 (1), 159-164 (1993)
 - 7) 西村明：耳石日周輪観察のためのマニュアル. 漁業資源研究会議, 北日本底魚部会報 (28), 27-32 (1995)
 - 8) 筒井大輔, 吉村圭三, 奥村裕弥：ハタハタ初期生態解明調査. 平成16年度函館水産試験場事業報告書, 93-101 (2005)
 - 9) 筒井大輔, 吉村圭三, 奥村裕弥：ハタハタ初期生態解明調査. 平成17年度函館水産試験場事業報告書, 95-103 (2006)
 - 10) 渡邊良朗：“年齢形質の有効性検討”. 水産動物の成長解析 (赤嶺達郎, 麦谷泰雄編), 東京, 恒星社厚生閣, 1997, 17-27
 - 11) 石田良太郎, 佐々木正義, 高柳志朗：石狩湾ニシン仔稚魚の耳石輪紋数と日齢との関係. 北水試研報. 62, 129-134 (2002)