

福島産ウミタナゴ胎仔の耳石微細構造 (予報)

櫻井 真¹, 涌井邦浩², 吉永裕美¹, 所崎桂子¹, 牧元志乃¹

Otolith microstructure of the embryo of Japanese Surfperch,
Ditrema temminckii temminckii (Embiotocidae) in Fukushima Prefecture
(preliminary report)

Makoto Sakurai¹, Kunihiro Wakui², Hiromi Yoshinaga¹, Keiko Tokorozaki¹,
and Shino Makimoto¹

福島県沿岸で採集したウミタナゴ親魚から得られた胎仔について、耳石微細構造を調べた。耳石を合成樹脂で包埋して研磨とエッチング処理を施した後、光学顕微鏡下で観察した。耳石の形態は妊娠初期から中期の胎仔では円形であったが、出生間近には横幅の広い扇型を呈した。耳石には核を中心とする同心円状の輪紋構造が観察された。核からやや離れた位置には明瞭で幅の広い輪紋が観察され、さらにその外周に幅が狭い輪紋が認められた。幅が狭い輪紋の本数は胎仔の成長に伴って増加し日周輪と推測された。今後、耳石微細構造の観察精度を向上させることで、ウミタナゴ胎仔の妊娠期間などの初期生活史を解明できると考えられた。

Key words: [ウミタナゴ] [胎仔] [耳石] [微細構造] [日周輪]

(Received September 24, 2013)

I. 緒 言

魚類の耳石は、内耳に存在する炭酸カルシウムを主成分とする硬組織で、生時には平衡器官及び聴覚器官として機能している。耳石は礫石 lapillus, 扁平石 sagitta, 星状石 asteriscus と呼ばれる3種類の平衡石の総称である。鱗や骨では硬組織を形成するカルシウムは代謝の結果減少することがあるが、耳石では一旦取り込まれたカルシウムが代謝により他の組織で再利用されることはほとんど無い。すなわち、耳石は着実に成長を継続する硬組織である(田中, 1984; 麦谷, 1994)。また、カルシウムが耳石に蓄積する量は時間的な差異が認められ、蓄積量の相違から輪紋状の構造が形成される。カルシウム蓄積量の変動が年周期で規則的に起こる場合には年輪が形成される。耳石の年輪は鱗や脊椎骨などと並んで年齢査定形質として利用されてきた。ところが、耳石には年輪とは異なる幅の狭い微細な輪紋が認められ、これが日周期で形成される事が示唆された(Pannella, 1971)。これに伴い、幅の狭い微細な輪紋を計数することで仔稚魚の孵化からの日数を知ることが出来るようになった(Tsuji and

1 鹿児島純心女子短期大学生活学科食物栄養専攻 (〒890-8525 鹿児島市唐湊4丁目22番1号)

2 福島県水産課

Aoyama, 1982; 1984他)。これまでに多くの魚種で耳石輪紋形成の日周性が確認され、耳石の微細輪紋などの構造は魚類の初期生活史を解明する際の重要な形質として取り扱われてきた (Campana and Neilson, 1985; 麦谷, 1994他)。また、輪紋数だけではなく耳石の化学成分分析を組み合わせることで、回遊履歴、系群判別など多方面の応用研究が進んでいる (麦谷, 1994)。現在では、耳石成長の中心となる核、輪紋の形態や輪紋数などの諸特徴は耳石微細構造と呼ばれ、魚類の初期生活史を解明する上で重要な形質となっている。最近では、ウナギ仔稚魚の耳石微細構造の解析に基づく回遊履歴や孵化日の解明によってウナギの産卵場が解明され、野外で成熟ウナギを初めて捕獲する成果を挙げている (Chow *et al.*, 2009)。

ところで、耳石を用いた初期生活史の研究は卵生魚類を中心に実施されており、体内で仔稚魚が長期間保育される胎生魚に関するものはほとんど無かった。ウミタナゴ科Embiotocidaeは北米太平洋沿岸、および日本と韓国沿岸の温帯-亜寒帯に20種以上が生息する (Tarp, 1952; Nelson, 1994)。本科魚類はいずれも胎生で30-70mmの子魚を出産する (Wourms, 1981, Baltz, 1984)。Schultz (1990)は北米産ウミタナゴ科の*Micrometrus minimus*において、親魚体内で成長する胎仔にも日周輪紋が形成されることを飼育実験で証明し胎仔の成長履歴を明らかにした。日本産ウミタナゴ科に関しては福岡産のウミタナゴ*Ditrema temminckii*について、胎仔の耳石に日周輪と推測される輪紋構造が観察されることが報告されている (Sakurai and Mochioka, 1995)。

筆者らは西日本産と共に、日本における分布の中心と考えられる亜寒帯水域の東北産ウミタナゴ科について、出産時期、胎仔数、胎仔の成長などの繁殖生態を明らかにしてきた (櫻井・新井, 2001, 櫻井他, 2008, 2009, 2010, 2011)。本研究では胎仔の耳石微細構造を観察することで、福島産のウミタナゴに関して妊娠期間など胎仔期の成長履歴を解明することを目的として予備的な観察を行ったので報告する。

なお、本研究で用いた個体はKatafuchi and Nakabo (2007)によるウミタナゴ*D. temminckii* *temminckii*であることが親魚標本から確認されたため、本論文でもこれに従った。

II. 採集場所と材料

1998年4月-7月に福島県南部の小名浜・請戸沿岸の海域で釣り・刺し網・小型底曳網によりウミタナゴ雌親魚を採集した。妊娠中の雌親魚は直ちに腹部を解剖して卵巣を取り出し、卵巣から胎仔を摘出した。実験に供した親魚の採集日と個体数 (親魚体長, 胎仔数)は1998年4月24日2個体 (188mm, 41個体; 186mm, 36個体), 5月10日1個体 (184mm, 33個体), 5月20日1個体 (187mm, 29個体), 5月31日1個体 (124mm, 12個体), 6月28日2個体 (140mm, 6個体; 177mm, 20個体), 7月25日1個体 (224mm, 47個体)の親魚合計8個体, 胎仔224個体であった (表1)。親魚は海水希釈した10%ホルマリン, 摘出した胎仔は95%エタノールで固定して保存した。

表1 ウミタナゴ親魚の採集日と体長，胎仔数，観察胎仔数と全長，および胎仔グループ名

採集日 (1998年)	親魚体長 (mmSL)	胎仔数	観察 胎仔数	胎仔全長 (平均±SD, 範囲, mm)	胎仔グループ名
4月24日	188	41	6	8.4±0.37 (8.0- 9.1)	8mmグループ
4月24日	186	36	5	9.5±0.37 (9.1-10.0)	9mmグループ
5月10日	184	33	5	13.0±0.53 (12.2-13.6)	13mmグループ
5月20日	187	29	5	11.3±0.19 (11.1-11.6)	11mmグループ
5月31日	124	12	7	18.6±0.59 (17.7-19.5)	18mmグループ
6月28日	140	6	5	31.3±1.21 (30.2-33.6)	30mmグループ
6月28日	177	20	9	40.8±0.38 (39.9-41.1)	40mmグループ
7月25日	224	47	10	62.4±1.24 (60.9-64.9)	60mmグループ
合計	—	224	52	—	—

Ⅲ. 方 法

体サイズの測定

親魚は体長（Standard Length=SL）をディバイダーを用いて1mmの単位で測定した。胎仔は全長（Total length=TL），体長（SL），脊索長（Notochord Length=NL）のいずれかを実体顕微鏡，またはラウンドルーペ下で0.1mmの単位で測定した。

耳石試料の作成

(1) 耳石の摘出 星状石，礫石（図1，a），扁平石（図1，b）の3種の耳石を予備観察した結果，星状石は小型で摘出が困難，扁平石は形が歪で微細構造の観察が困難だったことから，礫石（lapillus）を観察に用いた。以降，礫石を耳石と呼称する。耳石の摘出は実体顕微鏡下で次

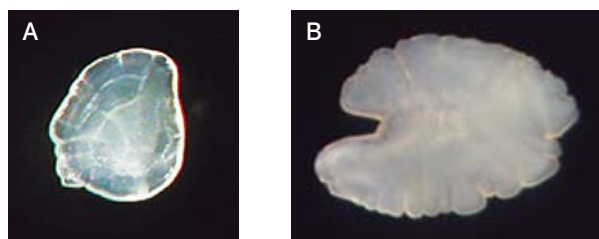


図1 ウミタナゴ胎仔の耳石

A：礫石（lapilus），長径 673.5μm，短径 581.6μm；

B：扁平石（sagitta），長径 2306.1μm，短径 1632.7μm

の手順で行った。①プレパラート上に胎仔を静置し，ピンセットと検索針を用いて頭部を解剖して耳石を摘出する。②駒込ピペットで蒸留水を滴下し，その水滴中で耳石に付着した組織片を取り除く。③余分な水分をキムワイプで吸い取り乾燥させる。

(2) 包埋 プレパラートの中央に合成樹脂（東亜合成(株)製アロンアルファ）を滴下して樹脂の

魂を作成した後、耳石を検索針で緩やかに押して樹脂魂の中央に移動する。その際、耳石の水平面とプレパラート面が平行となるように調整する。これを一昼夜静置、乾燥させて耳石包埋試料とした。

- (3) 研磨 耳石包埋試料は耐水研磨紙（株マルトー製）を用いて、耳石の核が露出するまで研磨した。開始時は目の粗い1000番を用い、核が視認され始めたら1500番、核が明瞭に視認されたら2000番へと順次切り替えた。研磨の進行状況は100倍あるいは400倍の光学顕微鏡下で随時確認した。最後に、ラッピングフィルムで研磨して仕上げた。
- (4) エッチング 研磨した試料は表面の凹凸を強調して輪紋を判読し易くするために、0.5Nの塩酸でエッチングした。0.5N塩酸を50mlビーカーに用意し、耳石包埋試料のプレパラートを5-30秒間浸漬した。浸漬後直ちに蒸留水で塩酸を洗い流した。塩酸浸漬後、その都度検鏡して耳石表面を観察した。エッチング不足で輪紋が判読しにくい場合は、塩酸浸漬作業を2-3回繰り返した。

耳石微細構造の観察

- (1) 形態の観察 耳石包埋試料は100倍または400倍の光学顕微鏡下で、外部形態と微細構造を観察した。また、観察結果はデジタルカメラ（株ニコン製、クールピクス950）でデジタル画像データとして記録し、画像編集ソフト（アドビシステムズ株製 Adobe Photoshop LE）を用いて印刷した。
- (2) 耳石径の測定 光学顕微鏡の接眼レンズにマイクロメーターを装着して耳石径を測定した。耳石は歪な円形であることから長径と短径を測定した。
- (3) 輪紋数と輪紋間隔 耳石微細構造をデジタルカメラで撮影、印刷した紙上で調べた。輪紋数は研磨により微細構造の視認性が良好であった全長約20mm以上の胎仔について計数した。また、輪紋間隔は核から縁辺部までの輪紋が一直線上に判読可能だった胎仔3個体について計測した。核から縁辺にいたるまで輪紋10本ごとの間隔を計測して、この値を10で除したものを1本あたりの輪紋間隔とした。

IV. 結果及び考察

実験に供した胎仔

耳石微細構造の観察が可能だった胎仔の数は、1998年4月24日親魚2個体（胎仔6個体、5個体）、5月10日1個体（5個体）、5月20日1個体（5個体）、5月31日1個体（7個体）、6月28日2個体（5個体、9個体）、7月25日1個体（10個体）の親魚合計8個体、胎仔52個体であった（表1）。

親魚が保育する一腹の胎仔は、体サイズがほぼ等しく成長段階も均一であった。本研究では、一腹胎仔の平均全長の概数を実験に供した胎仔グループ名とした（表1）。すなわち、8mmグループ（親魚採集4月24日）、9mmグループ（4月24日）、11mmグループ（5月20日）、13mmグループ（5月10日）、18mmグループ（5月31日）、30mmグループ（6月28日）、40mmグループ（6月28日）、60mmグループ（7月25日）の8グループであった。

耳石形態の変化

成長に伴うウミタナゴ胎仔の外部形態と耳石形態の変化を図2に示す。

8mmグループの胎仔の形態（図2-1A）は、脊索が認められ膜鰭が発達していた。卵黄はすでに吸収され開口して消化管が発達していた。鰓蓋は未発達であった。耳石の形状は円形であったが核の数により歪なものとなった。微細構造を見ると、耳石の中心付近に核が認められたが、1個だった（図2-1B）のは観察した16個体中8個体で、残りの胎仔は複数の核を有し（図2-1C、核3個）最大は5個であった（平均 $1.9 \pm 1.20SD$, $n = 16$ ）。本研究の100倍または400倍の光学顕微鏡の観察では、核周辺の微細構造は不明瞭であった。より精度の高い機器による観察が必要だと考えられた。

9mmグループの胎仔の形態（図2-2A）は、膜鰭が消失して背鰭、臀鰭、胸鰭、尾鰭の形成が始まり擬鎖骨が形成された。耳石には核から少し離れた周囲に、明瞭で幅の広い輪紋が形成された。この明瞭で幅の広い鱗紋を強輪紋と呼称することにする（図2-2B）。

11mmグループの外部形態（図2-3A）は、脊索末端が屈曲して消化管が大きく発達した。鰓蓋骨が形成されてきたが鰓の一部は露出していた。耳石の縁辺部には強輪紋が認められた。強輪紋の本数は2-4本（平均 $3.2 \pm 0.84SD$, $n = 5$ ）であった（図2-3B）。

13mmグループの外部形態（図2-4A）は、各鰭の成長が進み消化管も更に発達して体外に大きく膨出した。耳石には強輪紋の外周に、幅が狭く輪紋間隔も狭い輪紋の形成が認められた。形状は円形に近づいてきた（図2-4B）。

18mmグループの外部形態（図2-5A）は、背鰭、臀鰭、尾鰭が拡張し鰭膜縁辺は丸く皮弁状を呈した。鰭膜上には毛細血管が発達した。消化管は腹部に収容されてきたが一部は体外に膨出していた。耳石（図2-5B）には強鱗紋の外周に幅の狭い輪紋が多数認められ、これ以降も輪紋の形成は継続した。耳石は同心円状に成長して真円に近い形状を呈した。

30mmグループの外部形態（図2-6A）では、背鰭、臀鰭、尾鰭が拡張する特徴は同様であった。消化管の膨出が更に小さくなり、鰓蓋骨が発達して鰓が覆われた。体躯幹部が成長して成魚の体型にやや近くなった。耳石（図2-6B）は、核から上下左右各方向への成長が均一ではなく楕円を呈した。耳石縁辺の一部は波打つ曲線を呈した。

40mmグループの外部形態（図2-7A）は、各鰭は拡張していたが消化管の膨出は非常に小さくなった。成魚と同様の体型となり体側面に鱗が形成されつつあった。頭部や体躯幹部背面には黒色素胞が出現した。耳石（図2-7B）は、楕円型が顕著となった。

60mmグループの外部形態（図2-8A）は、各鰭が退縮して鰭膜縁辺部の皮弁と鰭膜上の毛細血管がほぼ消失した。体表面全体に鱗が発達して黒色素胞の形成が進んだ。耳石（図2-8B）は核を下方に配置した時に、左右方向の幅が広い扇形を呈した。

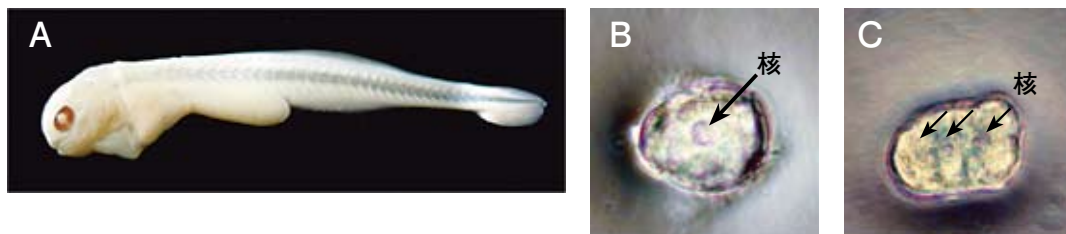


図2-1

A : 胎仔8mmグループ, 8.5mmTL (親魚採集1998年4月24日, 188mmSL) ;

B : 8.2mmTL胎仔耳石, 長径42.5 μ m, 短径36.3 μ m ; C : 8.2mmTL胎仔耳石, 長径58.8 μ m, 短径36.3 μ m



図2-2

A : 胎仔9mmグループ, 9.6mmTL (親魚採集1998年4月24日, 186mmTL) ;

B : 9.1mmTL胎仔耳石, 長径52.5 μ m, 短径48.8 μ m



図2-3

A : 胎仔11mmグループ, 11.9mmTL (親魚採集1998年5月20日, 187mmTL) * ;

B : 11.4mmTL胎仔耳石, 長径57.5 μ m, 短径50.0 μ m



図2-4

A : 胎仔13mmグループ, 13.2mmTL (親魚採集1998年5月10日, 184mmTL) ;

B : 13.3mmTL胎仔耳石, 長径53.8 μ m, 短径48.8 μ m

図2 ウミタナゴ胎仔の外部形態と耳石の形態

*は櫻井他 (2009) から引用



図2-5

A : 胎仔18mmグループ, 19.4mmTL (親魚採集1998年5月31日, 124mmSL) * ;
B : 18.4mmTL胎仔耳石, 長径113.8 μ m, 短径101.3 μ m



図2-6

A : 胎仔30mmグループ, 31.2mmTL (親魚採集1998年6月28日, 140mmSL) * ;
B : 31.0mmTL胎仔耳石, 長径203.8 μ m, 短径228.8 μ m



図2-7

A : 胎仔40mmグループ, 40.5mmTL (親魚採集1998年6月28日, 177mmSL) * ;
B : 40.5mmTL胎仔耳石, 長径303.9 μ m, 短径288.4 μ m



図2-8

A : 胎仔60mmグループ, 60.6mmTL (親魚採集1998年7月25日, 224mmSL) * ;
B : 63.9mmTL胎仔耳石, 695.3 μ m, 短径561.4 μ m

図2 ウミタナゴ胎仔の外部形態と耳石の形態（続き）

耳石径の増加

長径, 短径の増加を耳石形状の変化と共に検討する。耳石の形状は妊娠初期のグループでは, 核が1個の場合には円形に近かったが, 核が複数の場合には歪な長方形を呈し長径と短径の差が大きくなった。耳石径は8mmグループで長径 $44.2 \pm 7.02\text{SD}\mu\text{m}$, 短径 $34.6 \pm 2.86\text{SD}$ ($n = 6$), 9mmグループで 55.0 ± 7.95 , 43.5 ± 4.14 ($n = 5$), 11mmグループで 61.3 ± 3.16 , 53.8 ± 4.11 ($n = 5$), 13mmグループで 57.8 ± 3.82 , 50.0 ± 5.59 ($n = 5$) であった。妊娠中期では耳石は真円に近くなり長径と短径の差は小さくなった。耳石径は20mmグループで長径 $113.2 \pm 3.53\text{SD}\mu\text{m}$, 短径 $108.9 \pm 4.70\text{SD}$ ($n = 7$), 30mmグループで 214.0 ± 12.85 , 204.3 ± 7.48 ($n = 5$), 40mmグループで 303.3 ± 14.47 , 300.2 ± 13.64 ($n = 10$) であった。妊娠後期には耳石は横方向の幅が大きい扇型を呈し, 長径と短径の差が大きくなった。60mmグループの耳石径は長径 $668.0 \pm 26.37\text{SD}\mu\text{m}$, 短径 $547.7 \pm 9.83\text{SD}$ ($n = 10$) であった。耳石の長径, 短径と胎仔全長の関係は, 長径が $y = 11.22x - 86.90$ ($r = 0.98$, $n = 53$), 短径が $y = 9.45x - 62.11$ ($r = 0.99$, $n = 53$) の回帰直線で示された (図3)。

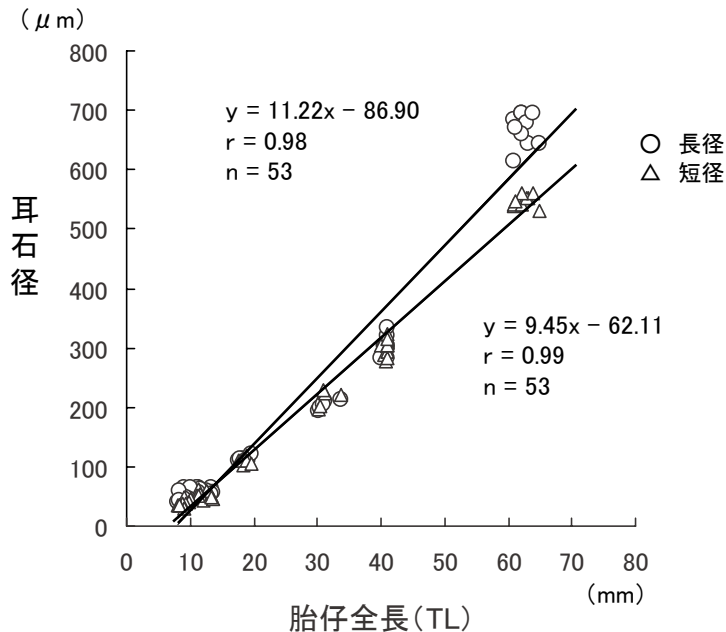


図3 耳石径と胎仔全長の関係

耳石微細構造

本研究のウミタナゴ胎仔耳石では, 核からやや離れた位置に強輪紋が約3本形成され, 更にその外周に幅が狭く輪紋間隔も小さい輪紋が形成された。北米産本科魚類の *Micrometrus minimus* 胎仔に関しては, 飼育親魚が保育する胎仔に対して蛍光塗料を暴露させて耳石への標識とし, 耳石 (lapillus) の幅の狭い輪紋が日周輪であることが証明されている (Schults, 1990)。これに従い, 本研究で観察された狭い輪紋を日周輪と仮定して本数を計数した。

輪紋数の計数には微細構造の観察が容易であった18mmグループ（ $n = 7$ ）、40mmグループ（ $n = 9$ ）、60mmグループ（ $n = 10$ ）の胎仔を供した。胎仔全長と耳石輪紋数の関係を図4に、各胎仔グループの耳石輪紋数を表2に示す。輪紋数は、18mmグループ：平均 25.0 ± 1.20 SD（23 - 27本）、40mmグループ： 55.2 ± 4.52 （47 - 61）、60mmグループ： 72.0 ± 2.61 （68 - 77）であった。胎仔全長と耳石輪紋数の関係は $y = 1.05x + 8.07$ （ $r = 0.97$ ）で示され、狭い輪紋の本数は成長に伴って増加した。

親魚の採集日と輪紋数に基づいて、狭い輪紋の1本目（耳石第1輪）の形成日を計算した（表2）。18mmグループの耳石第一輪形成日は、1998年5月6日 ± 1.20 SD（範囲：5月4日 - 5月8日）、40mmグループでは5月3日 ± 4.52 （4月28日 - 5月12日）、60mmグループでは5月14日 ± 2.61 （5

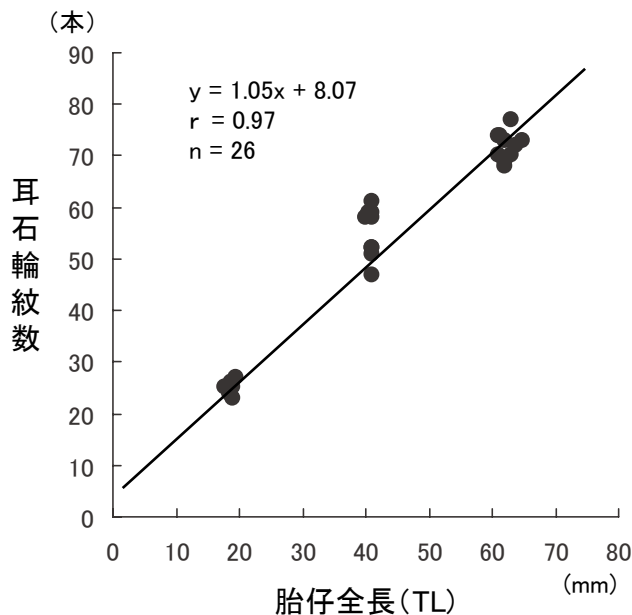


図4 胎仔全長と耳石輪紋数の関係

表2 ウミタナゴ胎仔の耳石輪紋数と第一輪形成日

胎仔グループ名	18mmグループ	40mmグループ	60mmグループ
採集日（1998年）	5月31日	6月28日	7月25日
観察胎仔数	7	9	10
胎仔全長（平均 $\pm$ SD, mm）	18.6 ± 0.59	40.8 ± 0.38	62.4 ± 1.24
耳石輪紋数 （平均 $\pm$ SD, 範囲, 個体数）	25.0 ± 1.20 (23 - 37)	55.2 ± 4.52 (47 - 61)	72.0 ± 2.61 (68 - 77)
第一輪形成日 （平均 $\pm$ SD, 範囲）	5月6日 ± 1.20 (5月4日 - 5月8日)	5月3日 ± 4.52 (4月28日 - 5月12日)	5月14日 ± 2.61 (5月9日 - 5月19日)

月9日-5月19日)であった。5月上旬-中旬に狭い輪紋の1本目(耳石第一輪)が形成されたと考えられた。一方, 5月10日に採集した13mmグループの胎仔耳石には, 強輪紋周辺に狭い輪紋が少数形成されており(図2-4B), 狭い輪紋が日周輪と仮定した場合の耳石第一輪形成日と, 狭い輪紋の形成開始時期はほぼ一致した。このことから, 本研究のウミタナゴ胎仔においても狭い輪紋は一日に1本形成される日周輪と考えられた。

成長に伴う耳石輪紋間隔の変化

耳石鱗紋同士の間隔(輪紋間隔)は魚体の成長率を反映すると考えられている(麦谷, 1994)。そこで, 核から縁辺部までの輪紋が直線上で観察できた胎仔, 全長18.8mm(18mmグループ), 40.5mm(40mmグループ), 63.1mm(60mmグループ)の3個体について, 狭い輪紋の輪紋間隔の変化を調べた(図5)。輪紋0-10本における輪紋間隔は $0.97 \sim 2.01 \mu\text{m}$ と狭かったが, 輪紋10-40本の間に $1.72 \sim 2.78 \mu\text{m}$ へと緩やかに上昇した。そして輪紋40-60本では $3.30 \sim 4.55 \mu\text{m}$ の最高となり, 輪紋60-70本では $3.47 \sim 3.91 \mu\text{m}$ へとやや減少した。耳石輪紋40-60本は, 図3の回帰式によると胎仔全長30-50mmに相当する。この時期には背鰭, 臀鰭, 尾鰭が拡張して鰭膜に毛細血管が発達する等ウミタナゴ科の胎仔に特徴的な形質が発達して(図2-6A, 7A), 効率的な酸素供給に寄与すると考えられている(Webb and Brett, 1972)が, この時期の輪紋間隔は大きくなった。また, 輪紋間隔が小さくなる60本以降は胎仔全長50mm以上に相当する。この時期は鰭膜の特徴が縮小, 消失して(図2-8A)出生後の海中生活への準備が始まり体成長は低下すると考えられたが, この頃の輪紋間隔は小さくなる傾向にあった。このように, 耳石輪紋間隔の変化は, ウミタナゴ科の胎仔に特徴的な形態変化と対応していた(Sakurai and Mochioka, 1995)。

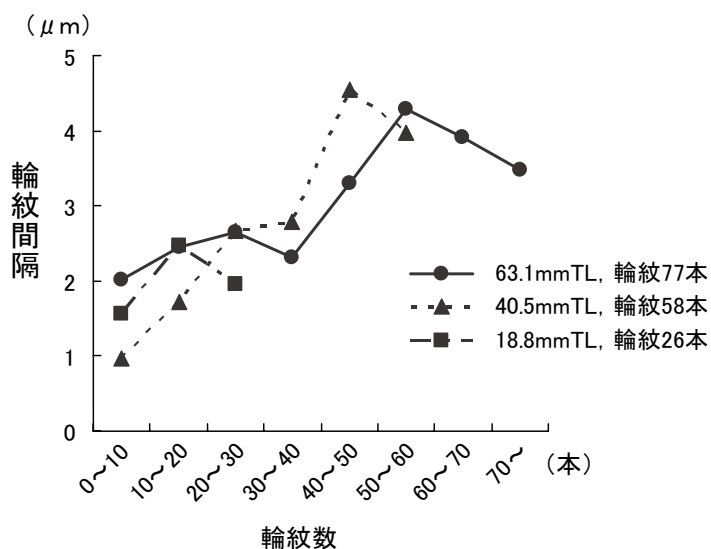


図5 ウミタナゴ胎仔の耳石輪紋幅の変化

課題と展望

耳石の輪紋は炭酸カルシウムの結晶が良く発達した成長層と、結晶が途切れて溝状を呈する不連続層の交互のパターンで形成され、成長層は日中、不連続層は夜間に形成される（麦谷, 1994）。日周輪紋の形成は光周期にも影響を受けるが、生物体内の体内時計により形成リズムが保持されと考えられている（田中, 1984；麦谷, 1994）。ウミタナゴ胎仔は親魚体内の暗黒下で成長するが、強輪紋以降の日周輪の形成は体内時計の影響を受けているか、あるいは日周性を有する親魚の何らかの生理リズムが胎仔に反映したものと推測された。

胎仔の耳石微細構造を福岡県博多湾産（Sakurai and Mochioka, 1995）と比較すると、核が複数の個体が出現する、強輪紋が3-5本認められる、その外周に狭い輪紋が多数形成されるという結果は福島産と福岡産で同様であった。一方、博多湾産では耳石の強輪紋の内側に弱い輪紋が約3本観察されると報告されているが、本研究では核周辺の微細構造は不鮮明で輪紋構造も不明であった。狭い輪紋第一輪の形成日は、福岡産で1月14日-2月8日だったのに対し、福島産では4月28日-5月19日であったが、両水域の間でウミタナゴの妊娠期間や時期が異なると推測された（櫻井他, 2009）。顕微鏡の倍率を高めるなど観察の精度を高めて耳石微細構造を精細に観察することで、胎仔の成長過程を解明することが出来ると考えられた。

V. 謝 辞

標本採集にご協力いただいた福島県水産試験場小野剛場長（当時）、涌井智子氏に深謝する。また、耳石包埋試料作成に関して丁寧なご指導を賜った九州大学大学院農学研究院望岡典隆博士、解剖実験に際してご協力いただいた元鹿児島大学水産学部四宮明彦博士に深謝する。

本研究で用いた標本は東日本大震災以前に採集した、たいへん貴重なものである。

VI. 引用文献

- Baltz, D. M. 1984. Life history variation among female surfperches (Perciformes: Embiotocidae). *Env. Biol. Fish.*, 10(3): 159-171.
- Campana S. and J. D. Neilson. 1985. Microstructure of fish otoliths. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 42: 1014-1032.
- Chow S., H. Kurogi, N. Mochioka, S. Kaji, M. Okazaki and K. Tsukamoto. 2009. Discovery of mature freshwater eels in the open ocean. *Fish. Sci.*, 75: 257-259.
- Katafuchi H. and T. Nakabo. 2007. Revision of the east Asian genus *Ditrema* (Embiotocidae), with description of a new subspecies. *Ichthyol. Res.* 54: 350-366.
- 麦谷泰雄, 1994, 魚類の耳石情報解析に関する研究, *Nippon Suisan Gakkaishi*, 60(1): 7-11.
- Nelson, J. S. 1994. *Fishes of the world*. John Wiley and Sons, Inc. New York. pp.600.
- Panella, G., 1971. Fish otolith: Daily growth layers and periodical patterns. *Science*, 173: 1124-1127.
- Sakurai M. and N. Mochioka. 1995. Otolith microstructure of the viviparous Japanese

- surfperch *Ditrema temmincki* (Embiotocidae). Fisheries Science., 61(2): 351-352.
- 櫻井真, 新井崇臣. 2001. 岩手県大槌湾産ウミタナゴ科3種の出産時期. 魚類学雑誌. 48巻2号: 121-124.
- 櫻井真, 涌井邦浩, 溝上智美, 小城智美, 階元恵美子. 2008. 福島産ウミタナゴの生活史特性に関する研究. 鹿児島純心女子短期大学研究紀要., 第38号: 147-154.
- 櫻井真, 涌井邦浩, 小城智美, 階元恵美子, 溝上智美. 2009. 福島産ウミタナゴ胎仔の成長. 鹿児島純心女子短期大学研究紀要., 第39号: 77-86.
- 櫻井真, 涌井邦浩, 階元恵美子, 溝上智美, 小城智美. 2010. 福島産オキタナゴの生活史特性. 鹿児島純心女子短期大学研究紀要., 第40号: 67-75.
- 櫻井真, 牧元志乃, 所崎桂子, 吉永裕美. 2011. 岩手県大槌産ウミタナゴ3種の生活史特性. 鹿児島純心女子短期大学研究紀要., 第41号: 29-37.
- Schultz E. T., 1990. Daily otolith increments and the early life history of a viviparous fish, *Micrometrus minimus* (Embiotocidae), Copeia, 1990(1): 59-67.
- 田中邦明, 1984. 魚類耳石日周輪の形成機構. 海洋と生物., 33 (Vol.6-No.4): 250-256.
- Tarp, F. H. 1952. A revision of the family Embiotocidae (The surfperches). Fish. Bull. Calif. Dep. Fish and Game, 88: 1-99.
- Tsuji S. and T. Aoyama. 1982. Daily growth increments observed in otoliths of the larvae of Japanese red sea bream *Pagrus major*., Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish. 48: 1559-1562.
- Tsuji S. and T. Aoyama. 1984. Daily growth increments in otoliths of Japanese anchovy larvae *Engraulis japonica*., Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish. 50: 1105-1108.
- Webb, P. W. and J. R. Brett. 1972. Respiratory adaptations of prenatal young in the ovary of two species of viviparous seaperch, *Rhacochilus vacca* and *Embiotoca lateralis*. J. Fish. Res. Board Can., 29(11): 1525-1542.
- Wourms, J. P. 1981. Viviparity: The maternal-fetal relationship in fishes. Amer. Zool., 21: 473-515.