

## マイワシの耳石輪紋の日周性- 1

船木 修・仲手川 恒

Daily growth increments in otoliths of Japanese sardine

Osamu FUNAKI\*, and Hisashi NAKATEGAWA\*\*

### 緒言

マイワシ *Sardinopus melanostictus* はわが国の重要な水産資源の一つであり、全国各地で定置網及びまき網で漁獲される代表的な多獲性魚類である。本種の資源量は、他魚種に比べ大きく変動することが知られているが、加入量が例年に比べ極端に少なかった1988年以降、激減し回復しないまま今日に至っている。<sup>1)</sup>

本県の漁獲量も全国の動向と同様に、1984年の2万トンを超えて減少傾向にある。2000年及び2001年は6,000トン台であったが、2002年及び2003年は200トン前後まで大きく落ち込んだ。2004年は0歳魚の加入が比較的良く2,000トンまで回復したが<sup>2)</sup>、2005年は再び1,000トンの大台を下回った。漁獲物も小羽～中羽サイズ(0～1歳魚)主体となる傾向があり、若齢化が顕著になっている。<sup>3)</sup>

このように資源量が大きく落ち込んでいるマイワシについては資源量を的確に把握し、適切な資源管理を行うことが求められる。

資源量解析を行う手段の一つとして、年齢査定に基づく成長解析に関する研究が数多く行われてきた。

年齢と成長に関しては多くの報告例があり、Hayashi and Kondo<sup>4)</sup> はカタクチイワシ *Engraulis japonicus* について鱗による年齢査定を行い成長曲線を推定している。しかし、鱗による査定では過小推定となることも指摘されている<sup>5)</sup>。一方、Pannella<sup>6)</sup> が耳石上に見られる微細な輪紋が1日1本ずつ形成されることを発見して以来、年齢形質は鱗から耳石へと、年齢査定は年から日単位へと移っていった。最近では魚の耳石上に形成される微細輪紋を日輪として扱った、成長解析に関する研究も多く行われるようになってきた。イワシ類で見ると、カタクチイワシ仔魚については、Tsuji and Aoyama<sup>7)</sup> が輪紋の日周性を明らかにしているし、マイ

ワシ仔魚については林ら<sup>8)</sup> が同様に明らかにしている。

しかし、この輪紋の日周性が、その後の成長段階でも継続されているかの確認は未だ不十分である。そこで本研究では、マイワシ未成魚を飼育し、耳石に対し間隔を空けてALC染色を行い、経過日数とマーク間の輪紋数を計測することで、輪紋の日周性を検証した。

### 材料と方法

#### 供試魚と耳石染色法

2004～2006年において3回の実験を行った。1回目は2004年7月26日に、まき網漁船が漁獲しカツオ船の餌イワシとして海上生簀で活かしておいたものを入手し、県水産技術センター内の屋内円形水槽(0.5トン)で10月12日まで飼育した。2回目は2005年5月26日に漁船に依頼して採捕したものをセンター内の屋外水槽(2.7トン)に収容し6月24日まで飼育した。3回目は低温下での日周性を確認するために行った。魚は2回目の供試魚を2005年10月20日からセンター内の屋外円形水槽(1トン)に移して継続飼育した個体を用い、2006年4月6日から7月30日まで屋内水槽(0.4トン)で飼育した。4月15日から28日までは水温調節器で約10℃で推移させ、翌29日に8℃台まで下げ、5月9日まで約8℃で推移させた。各実験時におけるALC(アリザリンコンプレクソン)染色日、水温範囲、ALC濃度及び染色開始時刻は表1に示したとおりである。3回とも海産魚配合飼料(Progression#3, Progression#4: saltcreek社製、粗タンパク質55%以上、粗脂質13%以上)を給餌し、流水中で飼育した。染色は2時間行った。

#### 耳石輪紋観察

各個体について体長測定後、耳石扁平石(以下、耳石という)を摘出し、スライドガラス上にステッキワツ

表1 ALC染色日、実験期間中の水温、ALC濃度

	ALC染色日	期間中の水温℃	ALC濃度 ppm	染色開始時間
1回目	2004/8/6、12	26.5～26.7	30	18:00、18:45
2回目	2005/6/2、13	17.8～20.0	25	19:35、19:45
3回目	10℃設定	9.1～10.4	25	17:50、16:30
	8℃設定	2006/5/9	7.9～8.9	25

クスを塗り、その上にエポキシ樹脂で耳石を包埋・硬化させた後、水平研磨した。これを落射蛍光装置付き光学顕微鏡でALCマークの位置を確認した後、耳石日輪計測システム（RATOCエンジニアリング社）を用いて輪紋数を計測した。観察は透過光により200～500倍で行った。

### 結果

3回の実験で用いた個体の被鱗体長を表2に示す。取上げ時において1回目が被鱗体長14.9～16.4cm、2回目が9.4～10.2cm、3回目が14.2～16.6cmの各5個体であった。いずれも、摂餌及び遊泳状況を見る限り、外見上問題はなかった。

表2 3回の飼育終了時に耳石扁平石を摘出した個体の被鱗体長（cm）

標本番号	1	2	3	4	5
1回目	15.0	15.8	14.9	16.3	16.4
2回目	9.4	9.5	9.6	9.8	10.2
3回目	16.6	14.2	15.0	14.4	16.5

1回目に実験を行った個体の結果の一例（標本No.4）を図1-1及び図1-2に示した。前者は蛍光下で見た画像で、ALC染色を施した日に形成されたとと思われる2本の輪紋がオレンジ色に光っていた。後者は同じ箇所を透過光で見た画像であるが、2本の太い輪紋（＝蛍光下でオレンジ色に光っていた輪紋と位置が同じ）の間に5本の輪紋が確認でき、その間隔は2.0～2.8  $\mu\text{m}$ であった。残り4個体の結果も同様であった。

2回目に実験を行った個体の結果の一例（標本No.5）を図2-1及び図2-2に示した。前述同様、前者は蛍光下で見た画像で、ALC染色を施した日に形成されたとと思われる2本の輪紋がオレンジ色に光っていた。後者は同じ箇所を透過光で見た画像であるが、2本の太い輪紋（＝蛍光下でオレンジ色に光っていた輪紋と位置が同じ）の間に10本の輪紋が確認でき、その間隔は4.0～5.8  $\mu\text{m}$ であった。残り4個体の結果も同様であった。

3回目に実験を行った個体の結果の一例（標本No.1）を図3-1及び図3-2に示した。前述同様、前者は蛍光下で見た画像で、ALC染色を施した日に形成されたとと思われるオレンジ色に光る輪紋が、100倍では1本に見えたが、200倍及び400倍では3本見えた。1本目と2本目の間隔は4  $\mu\text{m}$ で、2本目と3本目のそれは3.4  $\mu\text{m}$ であり、いずれも極端に狭かった。後者は同じ箇所を透過光で見た画像であるが、前2回と違い、太い輪紋（＝蛍光下でオレンジ色に光っていた輪紋と位置が同じ）の間隔が非常に狭く、400倍でもその間に計20本の輪紋を確認することはできなかった。残り4個体

のうち、1個体の結果は同様であったが、3個体についてはオレンジ色に光る輪紋が400倍でも、3本ではなく1本にしか見えなかった。

### 考察

マイワシに限らず、最近は多くの魚種で成長解析を行うにあたり、耳石上に形成される微細輪紋を日周輪として扱う報告が増えている。しかし、一生涯にわたり日周性が維持されるとは必ずしも言えず、日周輪として扱うには事前に日周性を確認しておく必要がある。

マイワシについては、林ら<sup>8)</sup>が仔魚期での日周性を明らかにしているが、未成魚期以降については未解明であった。

本研究の結果から、小羽サイズ（体長10cm程度）及び中羽サイズ（体長14～16cm程度）において輪紋形成の日周性を明らかにすることができた。このことにより、林らの結果と併せれば、マイワシが天然で通常生息していると思われる水温帯（実験水温17～26）において、仔魚期 小羽期 中羽期を通じて、耳石輪紋形成の日周性を継続していることが明らかになった。輪紋の日周性が明らかになったことで、これまで推定でしか説明ができなかった、「漁獲日から輪紋数を遡ることで個体ごとのおおよその誕生日を明らかにする。」ことが可能となった。また輪紋幅はその時点での体長の成長度合いを表すことから、個体ごとの成長履歴を把握することも可能になった。このことは、マイワシの成長解析を行う上で大きな前進と言えるであろう。

しかし、この結果をもってマイワシの耳石輪紋形成の日周性が、生涯を通じて継続するとは説明することはできない。なぜならば、冬場の環境を想定した低温実験で、その日周性を明らかにすることができなかったからである。3回の実験に供した5個体のうち、2個体は3本のALCマークを確認できた。3回ALC染色を行い3本のALCマークが見えたことから、少なくとも8、10という極めて低い水温下でも輪紋自体が形成されることは明らかにできた。その他の3個体については、著しく輪紋間隔が狭いため、包埋時の耳石の微妙な傾きにより3本が1本に重なったためと考えられた。

一方、3本のALCマークが見えた2個体においても、各マーク間の10本の輪紋を確認ができなかったことから、低温下での輪紋形成の日周性の未確認という課題は残った。今回の実験では、光学顕微鏡を使用して透過光下で計測したが、マーク間の輪紋は著しく細かつ薄いため、その輪紋を確認できる状況では全くなかった。今後はさらに計測精度の高い電子顕微鏡での検証も考える必要があるだろう。ただし、8、10という水温は、天然でマイワシが生息する環境ではないと考えられる。資源水準が高く分布域が広い時代には、表面水温が10以下になる冬季の常磐以北の海域にも分布することが考え

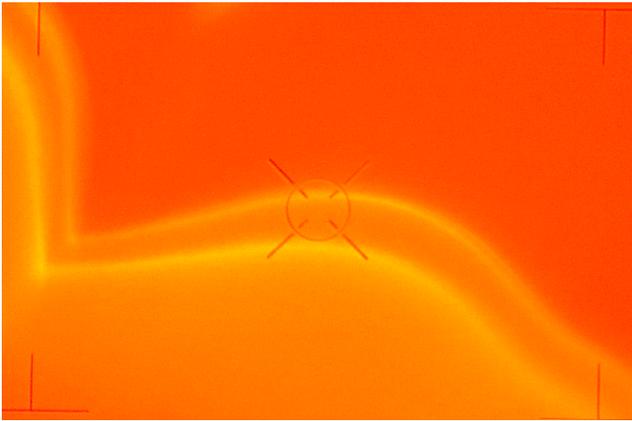


図 1 - 1 耳石輪紋の蛍光画像の一例(2004年, SL16.3cm)

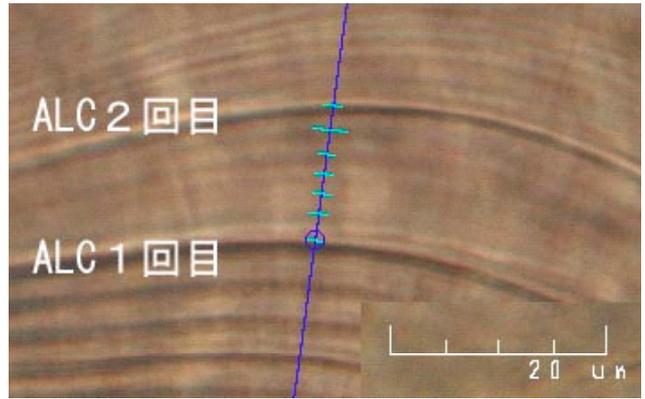


図 1 - 2 図 1 - 1 と同じ箇所(図 1 - 1 の焦点の部分)を輪紋測定)の透過光画像

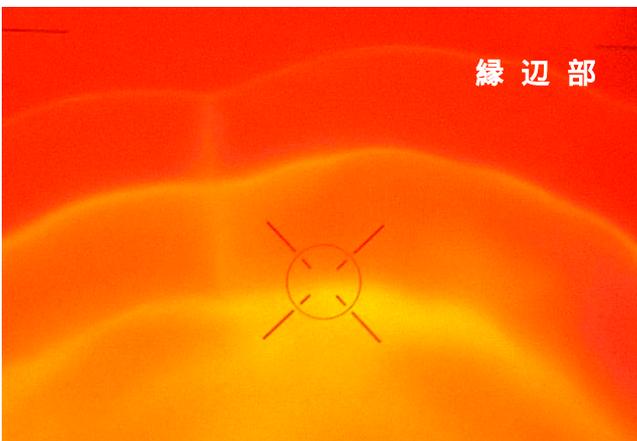


図 2 - 1 耳石輪紋の蛍光画像の一例(2005年, SL10.2 cm)

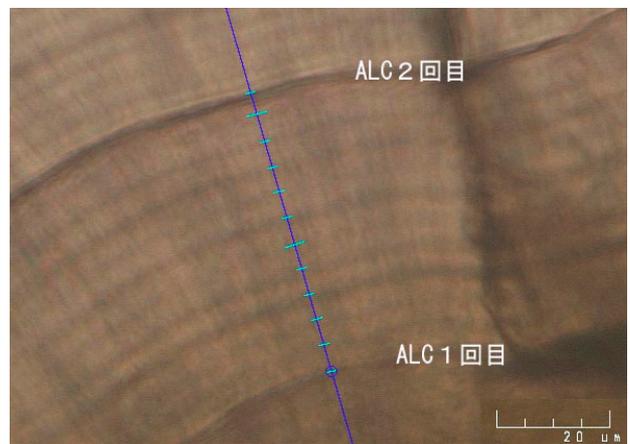


図 2 - 2 図 2 - 1 と同じ箇所の透過光画像

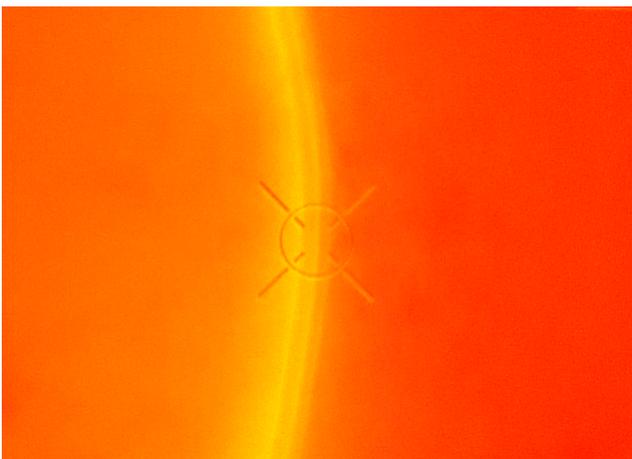


図 3 - 1 耳石輪紋の蛍光画像の一例(2006年, SL16.6 cm)

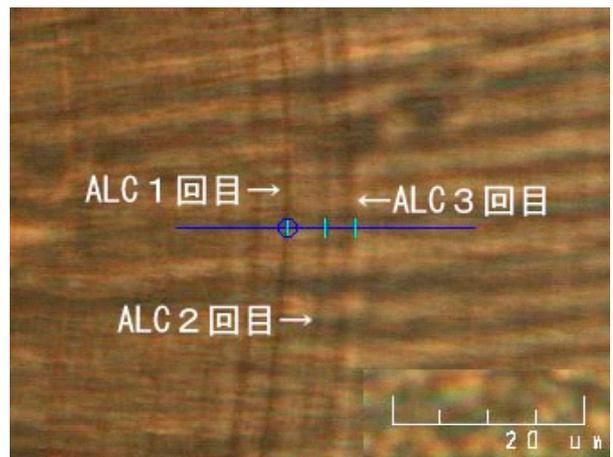


図 3 - 2 図 3 - 1 と同じ箇所の透過光画像

られるが、それでも表層にマイワシがいることはまずない。今回は万全を期してこの水温で実験を行ったが、今回は12~13程度で行う予定である。この水温は、相模湾でもマイワシシラスが必ず遭遇する水温帯である。

また、供試魚が約1年間にわたり飼育された個体であったことも、実験がうまくいかなかった要因ではないかと考えている。つまり、今回の供試魚は2005年5月に0歳魚で漁獲され飼育されてきたものだが、相模湾の天然魚では同年暮れには体長17cmに達していたのに対し、供試魚は1年2ヶ月経た2006年7月で一番大きい個体で16cm台にしか成長していなかった。口先も天然魚に比べ明らかに丸みを帯びており、健常体といえるか疑わしい体形であった。飼育環境下や環境条件の悪い時には日輪が不明瞭になることが知られている。<sup>9,10)</sup> 今回の飼育実験でも成長が天然魚と比べかなり悪い状態になったため、耳石の成長も鈍くなり輪紋形成にもマイナスの影響が及んだことで、光学顕微鏡での検証は困難だったのではないかと考えられる。

本研究での残された課題は、低温下及び大羽イワシ(体長20cm以上)での輪紋形成の日周性を確認することである。昨今、マイワシの資源水準が極めて低い状況にあるため、活きたマイワシそのもの、特に大羽イワシを手に入れることは大変困難であるが、入手に努力し一刻も早く解決したいと考えている。

### 摘 要

1. マイワシ未成魚における耳石輪紋の日周性を検証した。
2. 20 前後の水温環境下で、小羽期および中羽期とも日周性を維持することが明らかとなった。
3. このことから、過去の知見と併せ、マイワシがシラス期~中羽期まで耳石輪紋形成の日周性を維持することが明らかとなった。
4. 低温下(水温8~10)での日周性は明らかにすることができなかった。
5. 低温下及び大羽期での日周性を明らかにすることが残された課題である。

### 謝 辞

県水産技術センター栽培技術部の濱田信行氏、原田穰氏及び山田敦氏(現水産課)をはじめとする種苗生産スタッフには、マイワシ飼育全般にわたり甚大なる便宜を図って頂いた。同資源環境部の岡部久氏及び同栽培技術部の一色竜也氏にはALC実験の際、有益な助言を頂いた。

小杉邦洋氏及び高梨理恵子さんには、長期間にわたり給餌に協力を頂いた。砂村芳行氏(天照丸)、岩崎晃次氏(山茂丸)には魚の提供に協力を頂いた。ここに記して、心から御礼申し上げます。

### 文 献

- 1) 水産庁増殖推進部, 独立行政法人水産総合研究センター(2006): 平成18年度我が国周辺水域の漁業資源評価(魚種別系群別資源評価ダイジェスト(要約版)), 14-20
- 2) 船木修(2005): 日齢を指標とした相模湾におけるマイワシ仔魚の成長(2004年), 神奈川県水産総合研究所研究報告, 10, 73-78
- 3) 平成18年度第1回太平洋イワシ・アジ・サバ等長期漁海況予報会議(2006): 神奈川県水産技術センター資料.
- 4) Hayashi S. and Kondo K.(1957): Growth of the Japanese anchovy-IV, Age determination with use of scales, Bull.Tokai . Fish. Res. Lab, 17, 31-64.
- 5) Beamish R. J. and McFarlane C. A. (1987): Current trends in age determination methodology, in "The Age and Growth of Fish" (ed. by R.C. Summerfelt and G.E. Hall), Iowa State University Press, 15-42
- 6) Pannella G.(1971): Fish otoliths: daily growth layers and periodical patterns, Science, 173, 1124-1127.
- 7) Tsuji S. and Aoyama T. (1984): Daily growth increment in otoliths of Japanese anchovy larvae, *Engraulis japonica*, Bull. Japan. Soc. Sci Fish., 50, 1105-1108.
- 8) Hayashi A., Yamashita Y., Kawaguchi K. and Ishii T. (1989): Rearing method and daily otolith ring of Japanese sardine larvae, *Nippon Suisan Gakkaishi*, 55, 997-1000.
- 9) Taubert B. D. and Coble D. W.(1977): Daily rings in otoliths of three species of *Lepomis* and *Tilapia mossambica*, *J. Fish. Res. Board Can.*, 34, 332-340.
- 10) Radtke R. L. and Dean J. M.(1982): Increment formation in the otoliths of embryos, larvae, and juveniles of the mummichog, *Fundulus heteroclitus*, *Fish. Bull.*, U.S., 80, 201-215.