

耳石日周輪から見た相模湾における資源低水準期のマイワシの成長

船木 修* 田中寛繁** 青木一郎***

Growth of the Japanese Sardine in Sagami Bay during the Low Abundant Period
by Daily Increments in Otoliths

Osamu FUNAKI*, Hiroshige TANAKA**, Ichiro AOKI***

緒言

マイワシ *Sardinops melanostictus* はサバ類、アジ類と並び、日本周辺海域に分布する代表的な小型浮魚類の一つであり、わが国の重要な漁獲対象種となっている。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¹⁾。

本県の漁獲量も全国の動向と同様に、1984年の2万トンを一気に減少傾向にある。2000年及び2001年はまだ6,000トンの漁獲があったが、2002年以降は最高でも2,000トン、年によっては200トンまで落ち込むことも度々あり低迷の一途を辿っている。2001年までは、春先の5～7月に、中型まき網漁船による産卵後の大羽マイワシ(索餌北上群)の漁獲が百トン単位であったが、2002年以降無くなり、本県沿岸海域へのまとまった大羽マイワシの来遊は見られなくなった。したがって漁獲物は小羽～中羽サイズの若齢魚主体になってきている²⁾。

本県では1983年から隔月でいわし類の漁獲量予測を行っているが、的確に予測するには、その時代におけるマイワシの資源量を的確に把握するとともに、成長様式を正確に把握することが求められる。

一般に、生物が増加過程に入ると、成長鈍化や分布域拡大など密度従属的な生物特性が発現しやすくなる³⁾。マイワシの場合、それが成長面で現れる。つまり、資源水準が高い時代には成長が遅くなり、低水準期には速くなるというものである⁴⁾。

2004年、筆者が9～11月に入手した被鱗体長(以下、体長という。)17cm台のマイワシの鱗を見たところ、年輪が見えない個体が殆どであった。従来⁵⁾の知見に従えば、10月の体長17cmといえれば前年生まれの1歳魚と考えるのが妥当であったが、このことは体長17cmでありながら0歳魚であることを意味する。

そこで、本研究では2005年度に入手した相模湾産マイワシについて、シラス期～中羽期まで継続的に、耳石上に形成される微細輪紋(以下、耳石輪紋という。)を基に、資源低水準期における本種の成長過程を調べた。なお、本種の耳石上に形成される輪紋は、船木ら⁶⁾

が中羽サイズまで1日1本ずつ形成される「日周輪」であることを報告していることから、本研究でも日周輪として扱った。また、林ら⁷⁾に従い輪紋数に3を加えた値を漁獲日から遡り、ふ化日と推定した。

材料と方法

供試魚

2005年4月～2006年2月に定期的に行った、サンプリング調査で得られた体長21.5～53.9mmの仔稚魚41個体、68～173mmの未成魚30個体を供試魚として用いた。なお、仔魚については、漁獲後ただちに99.5%エタノールで固定されたものを使用した。アルコール固定された仔魚は体長が若干収縮するが、その影響は本研究では考慮しなかった。未成魚については鮮魚のまま研究室に持ち帰った後、直ちに体長(SL)、体重、生殖腺重量等の測定を行い、耳石扁平石(以下、耳石という)の摘出を行った。

ふ化時の体長を3.5mm⁸⁾としたうえで、平均成長速度(mm/day)は、(漁獲時体長 - 3.5) / 日齢で求めた。

耳石輪紋観察

各個体について、仔稚魚の場合は、実体顕微鏡下で耳石を摘出し、その耳石をスライドガラス上に載せ、マニキュアトップコートで包埋・硬化させた。未成魚については、スライドガラス上にステッキワックスを塗り、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。これらを耳石日輪計測システム(RATOCエンジニアリング社)を用いて、耳石核から体軸後方への最大半径上に計測線を設定し、輪紋数と各輪紋幅を計数・計測した。観察は透過光により200～500倍で行った。

安定同位体比

体長78.0～163.8mmの未成魚20個体について炭素・窒素安定同位体比($\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$)を測定した。測定には背部の筋肉組織を用いた。測定にあたってはMinagawa et al.⁹⁾に従い、凍結乾燥処理を施した後に乳鉢で粉碎し、クロロホルム:メタノール(2:1)により脱脂処理を行った。

脱脂処理を終えたサンプルは再度凍結乾燥した後、

2008. 1. 受理 神水セ業績No.07-03

脚注* 環境農政部水産課

** 独立行政法人水産総合研究センター西海区水産研究所 〒851-2213 長崎県長崎市

*** 東京大学 〒113-8657 東京都文京区

EA1110-DELTA^{plus}AdvantageConflo System (株)昭光通商杉戸研究所) によって燃焼、気化させ¹³C/¹²C、¹⁵N/¹⁴Nを測定した。測定結果より、炭素安定同位体比はPee Dee Belemniteを、窒素安定同位体比は大気中の窒素を標準物質として、以下の式で求めた。

$$\delta^{13}C \text{ or } \delta^{15}N(\text{‰}) = [(R_{\text{sample}}/R_{\text{standard}} - 1)] \times 1000$$

$$R = {}^{13}C/{}^{12}C \text{ or } {}^{15}N/{}^{14}N$$

結果

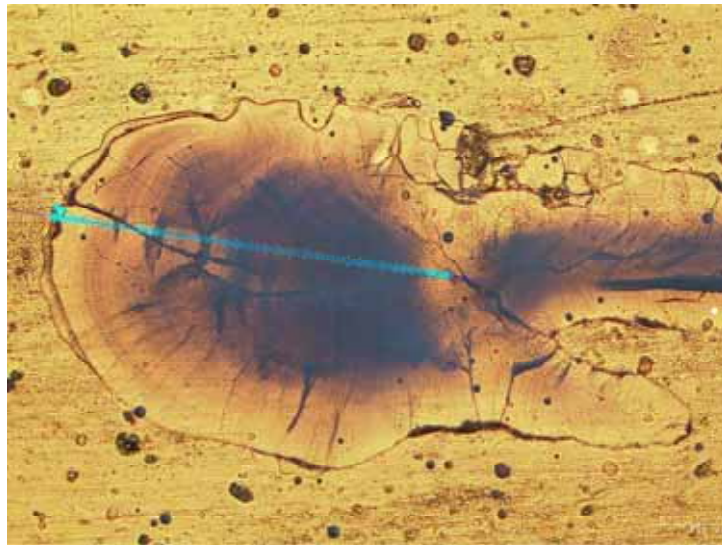
耳石輪紋

2005年4月から2006年2月までに測定した個体の体長組成を表1に、輪紋測定画像の一例を図1に示す。

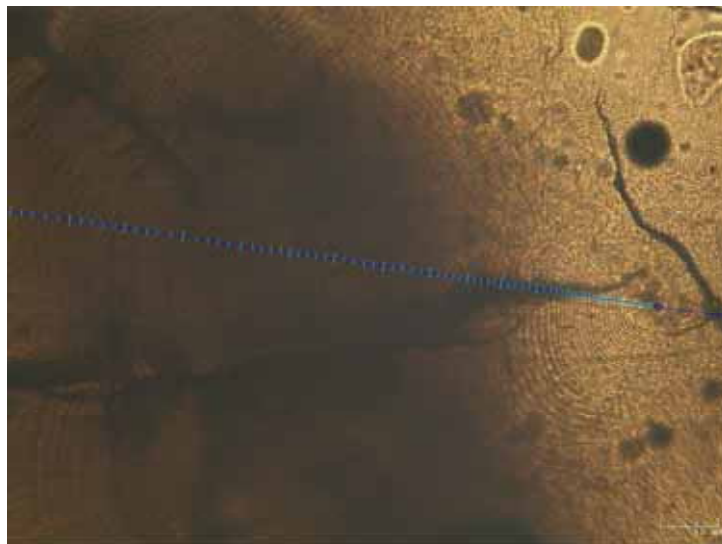
2005年4月、5月、8～9月、10月、11月及び2006年2月に、体長測定した一部の個体について、耳石輪紋幅の変移を調べた結果を表2、図2-1～6に示す。

表1 マイワシの体長組成 (個体：2005年4月～2006年2月, は体長モードを示す)

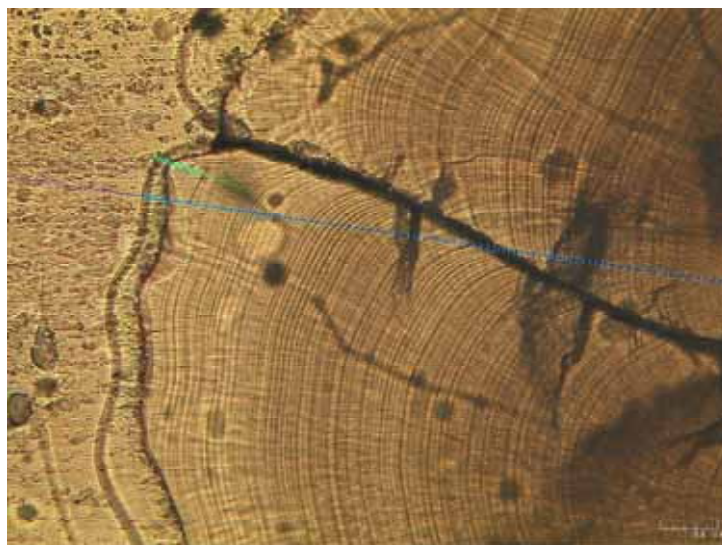
体長(cm)	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月
1.5	3										
2.0	60										
2.5	93	7									
3.0	15	4									
3.5	5	4									
4.0	1	4									
4.5		3									
5.0		2									
5.5		7									
6.0		1									
6.5		12									
7.0		29									
7.5		33									
8.0		16									
8.5		1		1							
9.0				1							
9.5				13							
10.0				12							
10.5				8							
11.0				8							
11.5				5		1					
12.0				2							15
12.5					2				1		14
13.0					11		1	1	1		24
13.5					11		4	6			16
14.0					15	3	7	28	11		3
14.5					2	7	19	39	12		
15.0						30	25	55	23		
15.5						19	12	21	7		
16.0						16	8	19	9		
16.5						3	5	8	2		
17.0							2	25	2		
17.5								3			
18.0									1		
18.5											
19.0											
19.5											
20.0											
計	177	131	0	50	41	79	83	205	69	0	72



(a)



(b)



(c)

図1 耳石輪紋の測定画像の一例(2005.11.1, 体長 164mm) (a)全体(b)核部分拡大(c)縁辺部拡大

表2 耳石輪紋測定に供した個体の体長、輪紋数、日齢、推定ふ化日及び平均成長速度

	n	体長mm			輪紋数		日齢(dav)	推定ふ化日	平均成長速度(mm/day)
		Range	AV	SD	Range	AV			
仔稚魚									
2005.4	27	21.5-29.9	26.7	2.6	30-52	45.7	7.2		
2005.5	14	34.3-53.9	42.4	6.1	40-71	59.4	7.3		
未成魚		(測定値)			(測定値)	輪紋数+3		(体長-3.5)/日齢	
2005.5		68			87	90	2/19	0.72	
		73			85	88	2/21	0.79	
		83			90	93	2/16	0.85	
		84			92	95	2/14	0.85	
2005.8-9		128			135	138	3/16	0.90	
		134			126	129	3/25	1.01	
		140			145	148	3/6	0.92	
		144			158	161	2/21	0.87	
		144			168	171	3/14	0.82	
		150			172	175	3/10	0.84	
		150			193	196	2/17	0.75	
		154			187	190	2/23	0.79	
2005.10		150			183	186	3/30	0.79	
		157			184	187	3/29	0.82	
		162			206	209	3/7	0.76	
		170			233	236	2/8	0.71	
2005.11		148			172	175	5/10	0.83	
		150			189	192	5/10	0.76	
		154			192	195	4/20	0.77	
		154			204	207	4/25	0.73	
		160			257	260	2/14	0.60	
		164			234	237	3/9	0.68	
		172			230	233	3/30	0.72	
		173			219	222	4/10	0.76	
2006.2		120			180	183	2005/8/7	0.64	
		123			224	227	2005/7/8	0.53	
		124			180	183	2005/8/7	0.66	
		128			204	207	2005/7/28	0.60	
		132			234	237	2005/6/28	0.54	
		138			212	215	2005/7/20	0.63	

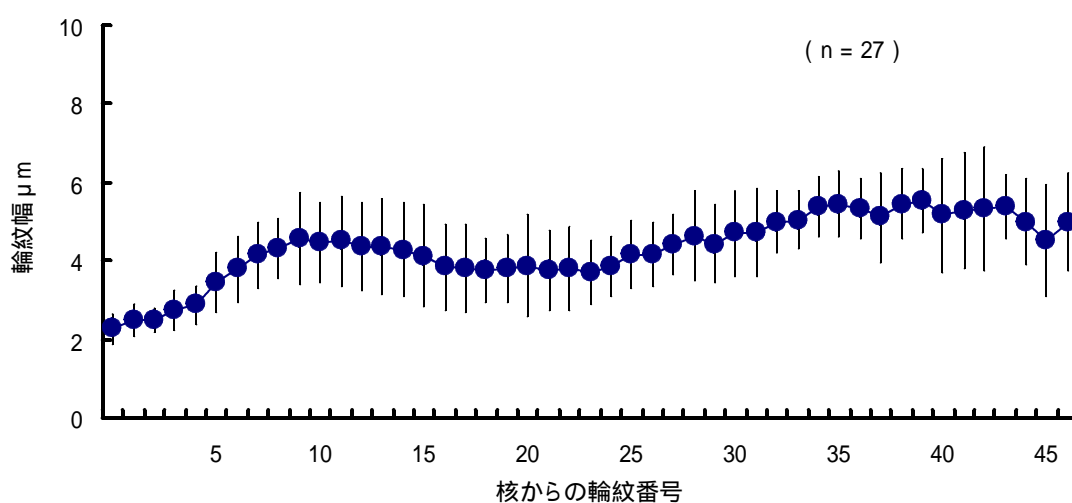


図2 - 1 仔稚魚(2005.4)の耳石輪紋幅の平均輪紋幅と標準偏差

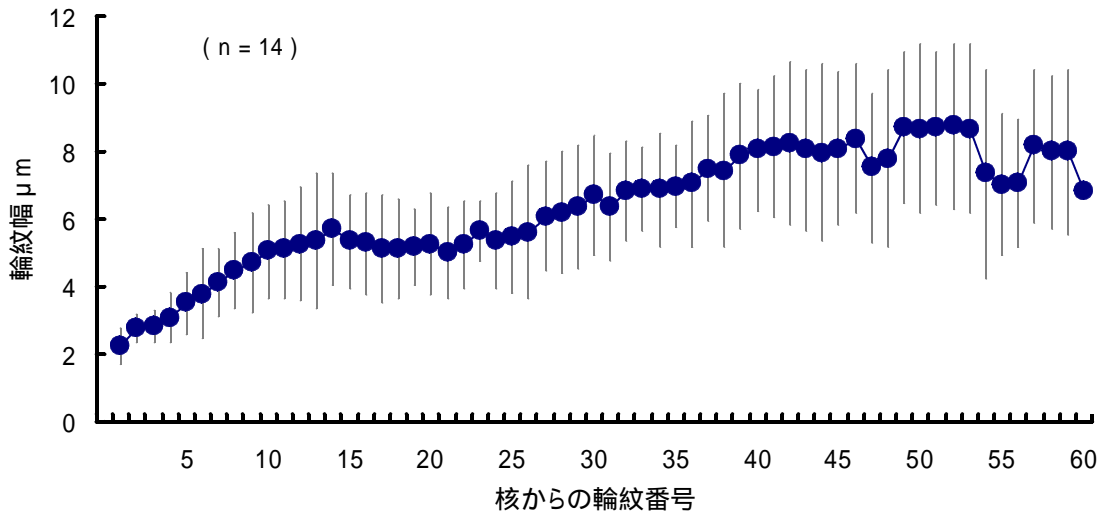


図 2 - 2 - 1 仔稚魚(2005.5)の耳石輪紋幅の平均輪紋幅と標準偏差

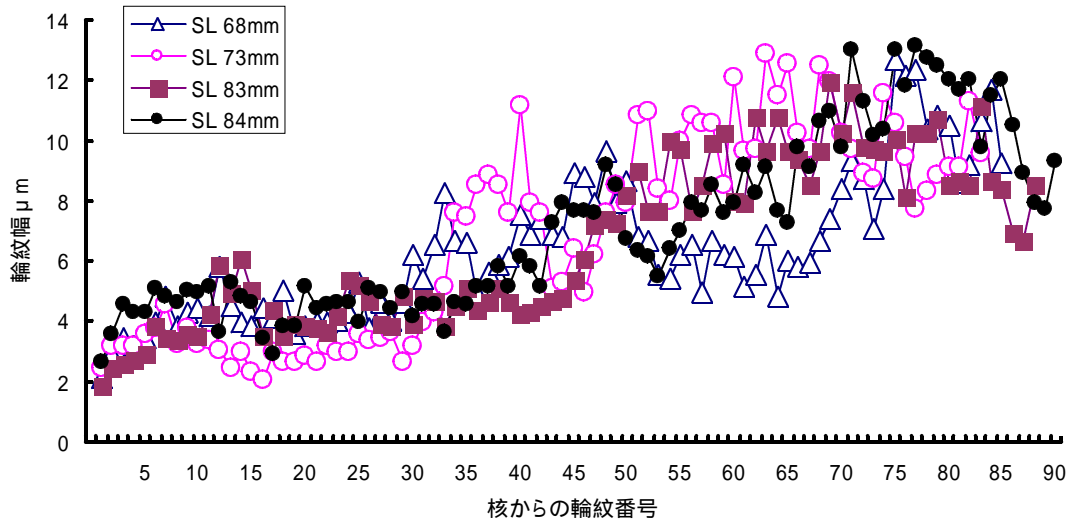


図 2 - 2 - 2 未成魚(2005.5)の耳石輪紋幅の変移

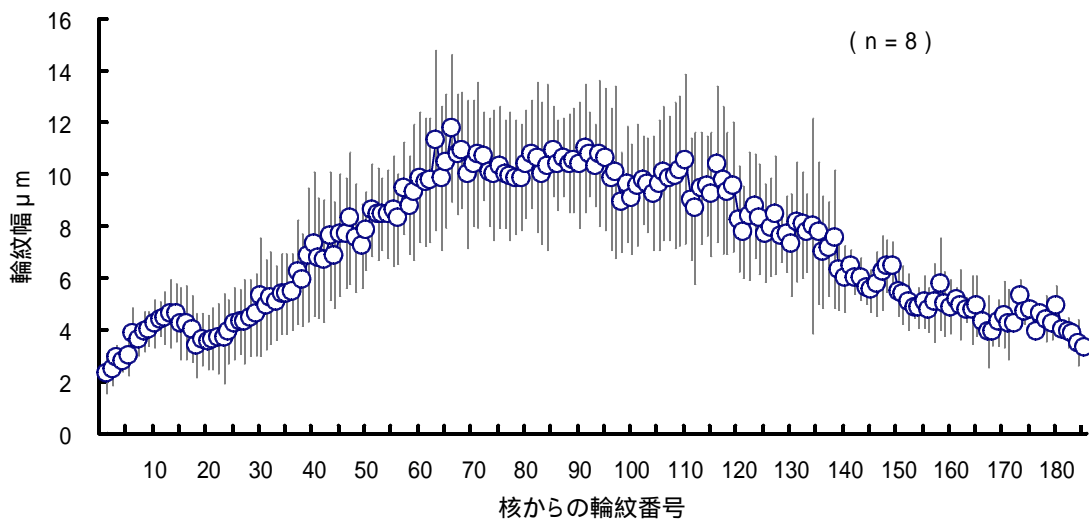


図 2 - 3 未成魚(2005.8-9)の耳石輪紋幅の平均輪紋幅と標準偏差

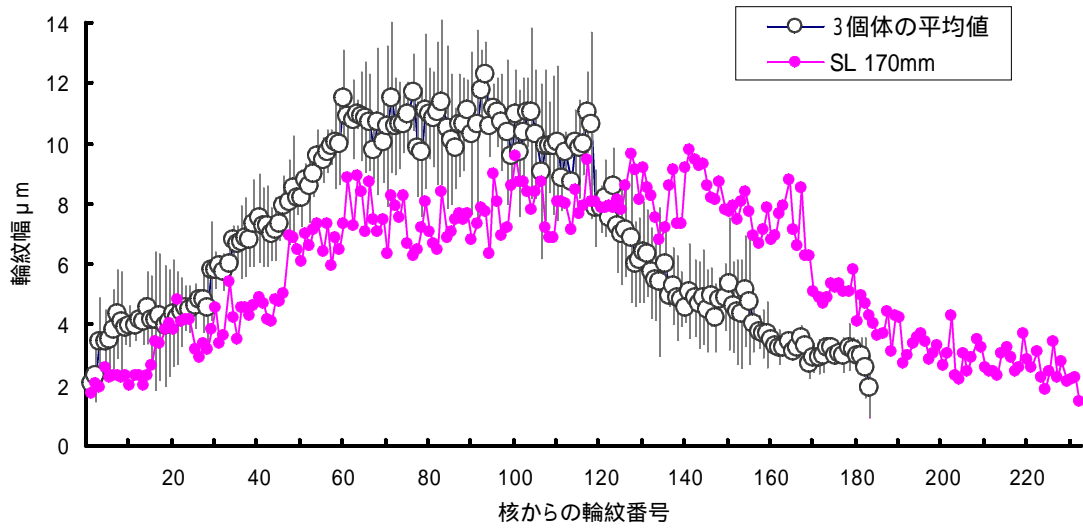


図2 - 4 未成魚(2005.10)の耳石輪紋幅の変移

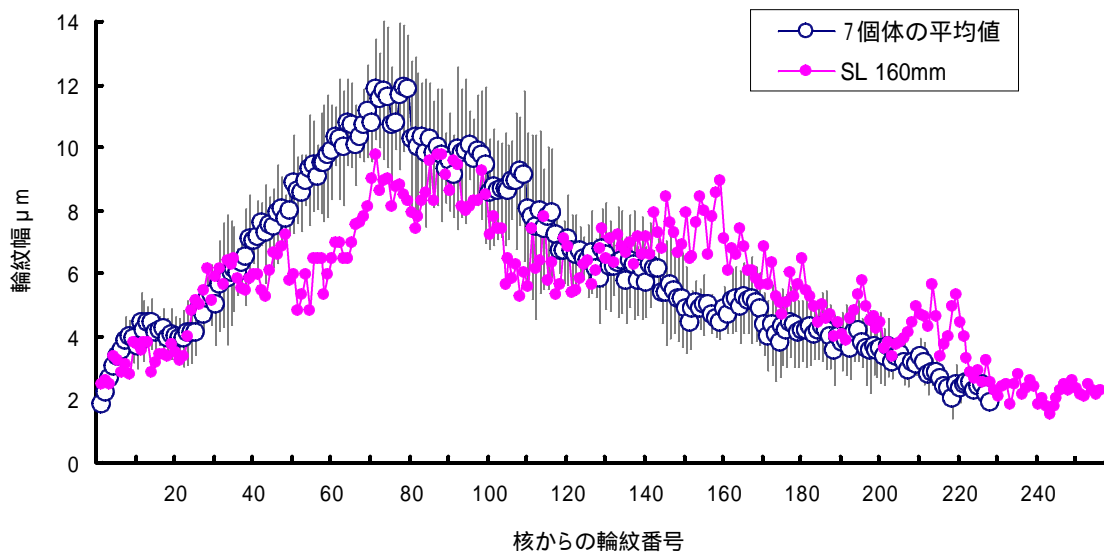


図2 - 5 未成魚(2005.11) 7個体の耳石輪紋幅の平均輪紋幅と標準偏差並びに体長160mmの耳石輪紋幅の変移

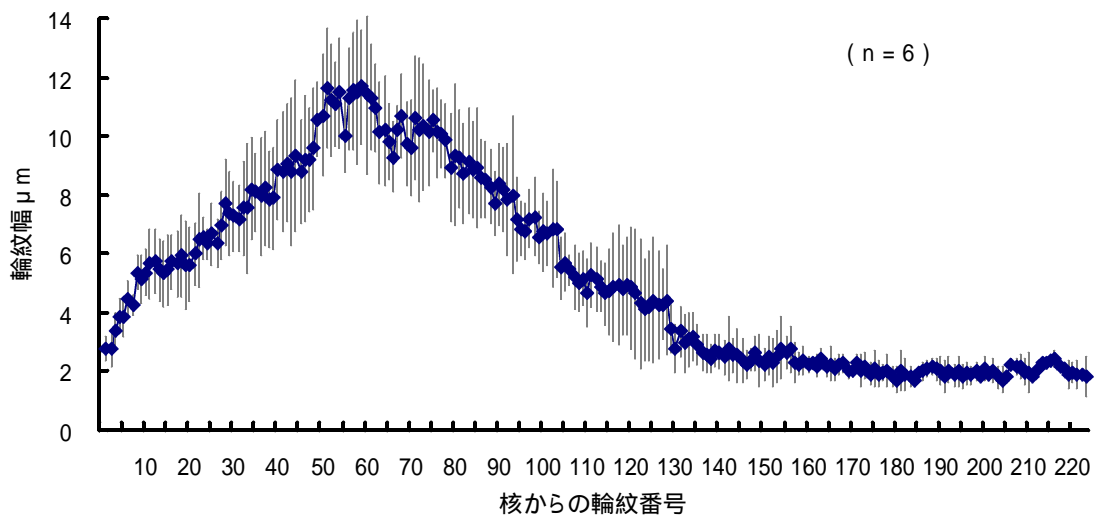


図2 - 6 未成魚(2006.2)の耳石輪紋幅の平均輪紋幅と標準偏差

4月の供試魚(27個体)の体長及び輪紋数の範囲は、21.5-29.9mm(Av.26.7mm)、30-52本であった。平均の輪紋幅(±標準偏差)は、核から10本目で4.6 μ m程度でピークになった後一旦減少するが、25本目から徐々に増加し縁辺部で5 μ m台まで増加していった。いずれも、2月下旬から3月上旬がふ化日と推定された(図2-1)。

5月の供試魚のうち、仔稚魚(14個体)の体長及び輪紋数の範囲は、34.3-53.9mm(Av.42.4mm)、40-71本であった。平均の輪紋幅(±標準偏差)は、14本目で6 μ m程度でピークになった後一旦減少するが、25本目から徐々に増加し縁辺部で8 μ m台まで増加していった。いずれも、3月生まれと推定された(図2-2-1)。一方、未成魚(4個体)の体長及び輪紋数の範囲は、68-84mm、85-92本であった。輪紋幅は、14本目前後でピークになった後一旦減少するが、その後徐々に増加し縁辺部で11~13 μ m台まで増加していった。いずれも、2月中旬生まれと推定された(図2-2-2)。

8~9月の供試魚(8個体)の体長及び輪紋数の範囲は、128-154mm、126-193本であった。平均の輪紋幅(±標準偏差)は、13本目前後でピークになった後一旦減少するが、その後増加し、60~120本目の2ヶ月にわたり10~11 μ m台であった。その後は徐々に減少していき縁辺部では4 μ m前後であった。いずれも2~3月生まれと推定された(図2-3)。

11月の供試魚(8個体)の体長及び輪紋数の範囲は、148-173mm、172-257本であった。7個体の平均の輪

紋幅(±標準偏差)は、60~110本目の2ヶ月弱がピークとなり、その値は10~11 μ m台であった。残り1個体は160mmであり、10月群の170mmの個体同様、ピークでも10 μ m未満であったが、120本目以降も159本目までの1ヶ月強8 μ m前後を維持していた。縁辺部ではいずれも2~3 μ m程度であった。ふ化日は、150mm前後(148,150,154)の4個体は4月下旬から5月上旬、170mm台(172,173)の2個体は3月下旬から4月上旬と推定された。160mm台(160,164)の2個体は2月14日と3月9日と各々推定され、成長速度に大きな差が見られた(図2-5)。

2006年2月の供試魚(6個体)の体長及び輪紋数の範囲は、120-138mm、180-234本であった。平均の輪紋幅(±標準偏差)は、49~77本目の1ヶ月間がピークとなり、その値は10~11 μ m台であった。ピーク後は徐々に減少していったが、縁辺部において約100本にわたり2005年群よりも長く2 μ m台が続いたことが特徴的であった。ふ化日は、7~8月と推定された(図2-6)。

平均成長速度を比較すると、2005年群は0.60-1.01mm/dayであったが、2006年2月群は0.53-0.66mm/dayであり、差が見られた。

安定同位体比

2005年5月、9月、10月及び2006年2月に採集したサンプルの炭素・窒素安定同位体比の測定結果を表3及び図3に示す。 $\delta^{13}\text{C}$ 、 $\delta^{15}\text{N}$ ともに2005年群が高い値に、2006年2月群は低い値となり、両群で有意に差が見られた。(p<0.01, Wilcoxon検定)

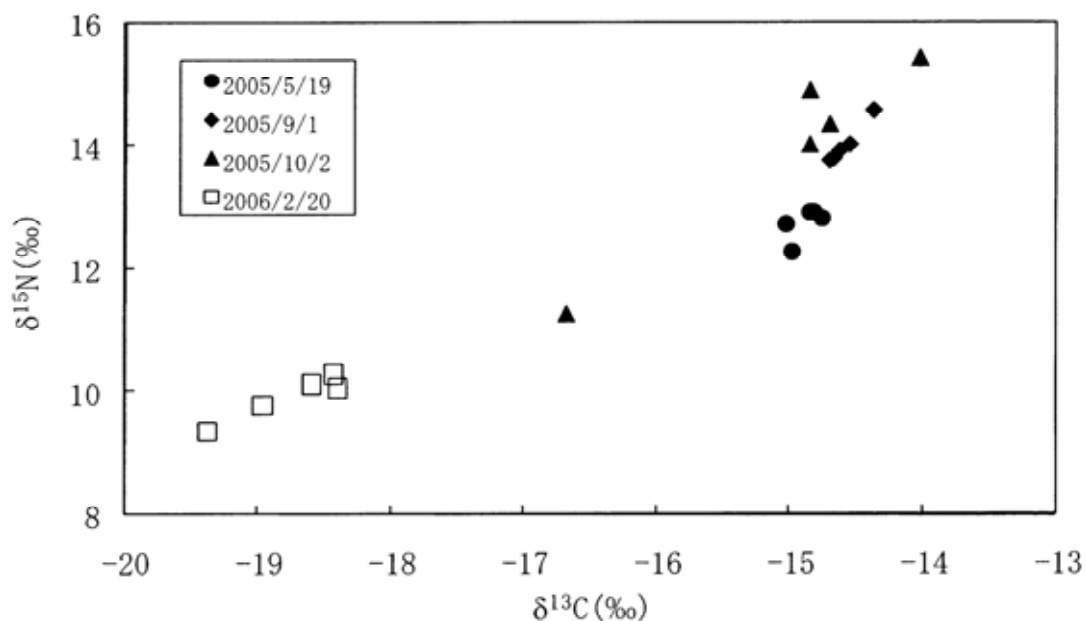


図3 炭素・窒素安定同位体比

表3 炭素・窒素安定同位体比

Sample name	Data	SL (mm)	Weight (g)	13C(‰)	15N(‰)
M1	2005/5/19	78.0	5.42	-14.76	12.84
M2	2005/5/19	79.2	5.63	-14.84	12.93
M3	2005/5/19	75.2	4.61	-14.81	12.92
M4	2005/5/19	74.3	3.66	-15.03	12.73
M5	2005/5/19	76.4	4.86	-14.98	12.27
S1	2005/9/1	150.5	47.76	-14.62	13.95
S2	2005/9/1	156.6	52.93	-14.36	14.60
S3	2005/9/1	155.4	49.56	-14.70	13.76
S4	2005/9/1	151.6	47.46	-14.55	14.04
S5	2005/9/1	153.1	49.88	-14.66	13.81
O1	2005/10/2	162.3	51.96	-14.84	14.91
O2	2005/10/2	158.1	48.77	-14.84	14.04
O3	2005/10/2	160.0	53.84	-14.01	15.44
O4	2005/10/2	156.8	47.41	-16.68	11.27
O5	2005/10/2	163.8	56.00	-14.69	14.36
F1	2006/2/20	135.7	25.14	-18.40	10.06
F2	2006/2/20	131.2	23.21	-18.43	10.28
F3	2006/2/20	132.9	24.84	-18.96	9.77
F4	2006/2/20	126.7	21.93	-18.60	10.12
F5	2006/2/20	128.9	21.83	-19.38	9.35

考 察

2000年における本種の測定結果によれば、11月の体長モードは13~14cm台であり0歳魚主体であった¹⁰⁾。このことは、NAKAI and HAYASHI^{11,12)}の報告と一致する。

緒言でも述べたが、2004年9~11月の漁獲物の体長モードは17cm台であったが、殆どの個体で鱗に年輪が見えなかった。このことは、0歳魚でありながら体長17cmまで成長する個体が出現していることを示唆した。本研究における2005年に相模湾で漁獲されたマイワシの輪紋測定の結果は、これを裏付けるもので、2005年2~3月に生まれた個体はその年の暮れには体長17cmまで成長する可能性が考えられた。また、2006年の測定結果でも10~12月の体長モードは16cm台であり、2000年に比べて引き続き成長が速いと考えられる。このことは、平本⁴⁾が示すところの資源低水準期の特徴ではないかと思われる。

次に、炭素・窒素安定同位体比の実験においては、2005年5、9及び10月の試料群の値は、10月の1個体を除いていずれも同じグループに属していた。一般に安定同位体比は、ある一定期間における過去の累積的な摂餌履歴を反映した値をとる。したがって、これら3つの試料群は類似した餌料環境、例えば相模湾で摂

餌・成長してきた群であることが示唆された。値が異なる10月の1個体は回遊履歴が異なると推定される。一方、2005年暮れの群に比べ一回り小さい12~13cm台で2006年2月に来遊した群は、有意に値の低いグループだったことから、前者とは違う環境で摂餌・成長したと考えられた。田中¹³⁾は、マイワシ・カタクチイワシの窒素・炭素安定同位体比は、より沿岸域で摂餌・成長したものの安定同位体比は高い値に、黒潮続流域などを含む太平洋側の沖合域で摂餌・成長したもののそれは低い値になることを明らかにしている。2006年2月群のふ化日は輪紋数測定の結果、前年の7~8月と推定されたが、これは11月~翌年5月とするマイワシの産卵時期¹⁴⁾としてはかなり遅い。ただし、この年の7~8月に常磐海域で僅かながらマイワシ卵が出現していることを勘案すれば¹⁵⁾、間違った測定結果ではないと思われる。さらに、同じ2月に同じ体長モードの魚は、茨城県や三重県でも突如漁獲された¹⁶⁾。また、その出現群は、平均成長速度で2005年群よりも明らかに劣っていたが、これは成長速度が9~10月にピークを過ぎて直ちに水温低下の時期に入ることから、相模湾群よりも長く水温の低い環境下で生息したことに起因するのではないかと思われる。以上のことから、当該群は、2005年の夏にふ化後常磐海域付近の沖合海

域で摂餌・成長した後、年が明けてから相模湾を含む日本の太平洋岸各地に來遊してきた群と考えられた。勿論これは確証がある訳ではないが、これまで経験的に議論されてきたマイワシの回遊について、データで検証できる可能性を示したものといえるだろう。

マイワシ太平洋系群の漁獲量は長らく低迷し、1995年～2001年は系群全体で10～30万トンであったが、2002年以降はもう一段落ち込み5万トン程度で推移している¹⁾。本県の漁獲量も2001年の6,000トンから2002年には一気に200トンまで落ち込んだ。密度従属説³⁾にたてば、この年が相模湾での本種の成長が早くなる転換期だったのかもしれない。

これまでのマイワシの豊凶パターンからすれば、暫くは劇的な資源量増加は期待できないことから、本県での漁獲も特に年下半期は0歳魚主体の年が引き続き続くと思われる。また、漁期途中における他海域からの加入量も少ないため、下半期における漁獲水準は春先に相模湾へ來遊するマシラスの來遊量に大きく左右される。しかし、シラスは遊泳力が乏しく黒潮の影響を受けやすいため、他海域の産卵量が多くても卵・仔魚が必ずしも相模湾に多く來遊するとは限らない。

本県の中型まき網は、漁獲対象が「いわし類」に限定されているので、マイワシの資源状態＝経営状況となるため、現在は非常に厳しい状況にある。一方で、現在は成長が早く年末には0歳魚ながら中羽サイズ(体長16cm程度)になる。この大きさであれば鮮魚出荷ができ、浜値で300～400円/kg程度するので、少しでもまとまった漁獲があれば、一時的ではあるが収入が見込める。相模湾における夏以降のマイワシ漁を継続させるには、春に來遊するマシラスをいかに多く残せるかが鍵であり、その方策を検討していく必要がある。

摘要

1. 2005年4月～2006年2月に行ったマイワシの耳石輪紋数測定結果を基に、資源低水準期における相模湾での本種の成長過程を検証した。
2. 輪紋数測定及び安定同位体比の結果から相模湾で摂餌・成長したと推定される個体は、0歳魚で体長17cmまで成長する可能性が明らかになった。これは過去の知見よりも速い成長速度である。
3. 2006年2月に來遊した群は成長が遅く、相模湾以外で摂餌・成長してから來遊したものと推定された。
4. 今後も暫く資源低水準期が続くため、0歳魚主体の漁模様になることが予想されるので、春に來遊するマシラスをいかに残せるかが課題である。

謝辞

岩崎晃次氏(山茂丸) 長井町漁業協同組合 嘉山博氏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(2007): 平成19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), 14-17.
- 2) 平成19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(2007): 神奈川県水産技術センター資料.
- 3) 和田時夫(1998): 成魚の生態変化 親潮域での回遊範囲と成長速度, 「マイワシの資源変動と生態変化」(渡邊良朗, 和田時夫編), 恒星社厚生閣, 東京, 27-34.
- 4) 平本紀久雄(1996): イワシの自然誌, 中央公論社, 東京, pp183.
- 5) 近藤恵一, 堀 義彦, 平本紀雄(1976): マイワシの生態と資源(改訂版), 水産研究叢書, 30, (社)日本水産資源保護協会, 東京, 1-68.
- 6) 船木修・仲手川恒(2006): マイワシの耳石輪紋の日周性 - 1, 神奈川県水産技術センター研究報告, 2, 97-100.
- 7) 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.
- 8) 内田恵太郎, 今井貞彦, 水戸敏, 藤田矢郎, 上野雅正, 庄島洋一, 千田哲資, 田福正治, 道津喜衛(1958): 日本産魚類の稚魚期の研究, 九州大学農学部水産学第二教室, 1, 10-13.
- 9) Minagawa, M., Winter, D.A. and Kaplan, I.R. (1984): Comparison of Kjeldhal and combustion method for measurement of nitrogen isotope composition in natural organic matters, Analytical Chemistry, 56, 1859-1861.
- 10) 平成12年度第2回太平洋イワシ・アジ・サバ等長期漁海況予報会議(2000): 神奈川県水産総合研究所資料.
- 11) Nakai, Z. and S. Hayashi (1962): On the age composition of the Japanese sardine catch, 1949 through 1951 - with an attempt of population analysis, 東海区水産研究所研究報告, 9, 61-84.
- 12) Nakai, Z. and S. Hayashi (1962): Growth of the Japanese sardine, A note on the growth rate, 1949 through 1951, 東海区水産研究所研究

報告，9，85-95．

- 13) 田中寛繁(2006)：カタクチイワシを中心とした小型浮魚類の摂餌生態の比較研究，東京大学博士論文，189pp．
- 14) 近藤恵一(1988)：資源高水準期における日本産マイワシの分布・移動について，東海水研報，124，1-33．
- 15) 独立行政法人水産総合研究センター中央水産研究所(2007)：平成19年度中央ブロック卵・稚仔、プランクトン調査研究担当者協議会研究報告，69-72．
- 16) 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)：茨城県水産試験場及び三重県科学技術振興センター水産研究部資料．