

熊野灘におけるマイワシ2011年級群の来遊および鱗・耳石 の第1年輪形成

誌名	黒潮の資源海洋研究 = Fisheries biology and oceanography in the Kuroshio
ISSN	13455389
著者	岡田, 誠
巻/号	14号
掲載ページ	p. 69-75
発行年月	2013年3月

熊野灘におけるマイワシ2011年級群の来遊および鱗・耳石の第1年輪形成*¹

岡田 誠*²

Migration and the first annual ring formation on scales and sagittal otoliths of 2011 year-class of Japanese sardine *Sardinops melanostictus* in the Kumano-nada *¹

Makoto OKADA *²

マイワシ *Sardinops melanostictus* は日本沿岸に産卵場をもち、生育場は日本沿岸から黒潮親潮移行域まで広域に及び、資源水準は長期的な大変動を繰り返すことで知られている(近藤他 1976)。マイワシは多様な生活戦略をとることで知られ、内山(2005)は、マイワシ太平洋系群の生活型を大回遊型、小回遊型、黒潮内側域回遊型の3パターンに区分し、資源水準の変動とともにそれらの出現パターンが変化してきたことを示した。近年、マイワシ太平洋系群の資源量は2010年の卓越年級群の発生(水産総合研究センタープレスリリース <http://www.fra.affrc.go.jp/pressrelease/pr23/230606/>)など、2008年級群以降の比較的良好な加入により増加しており(川端他 2013)、マイワシ太平洋系群の資源水準は2002年以降の「現・極小期」(内山 2005)から上昇基調にある。なお、八角(2011)によれば、マイワシ太平洋系群の加入量は常磐・房総海域の0歳魚の越冬群重量指数によって指標され、マイワシ太平洋系群の主群は、資源水準が低い状態にあっても大回遊型であることが示されている。

熊野灘は本州中部、紀伊半島の東側に広がり、太平洋に面した海域である。近年、熊野灘のマイワシ漁獲量は太平洋系群の資源量増大に同調するかのよう増加傾向にあり、平成23年漁期の房総海域以西の海域においてはもっとも多くなっている(水産庁TAC採捕状況 http://www.jfa.maff.go.jp/j/suisin/s_tac/index.html)。

html)。

熊野灘におけるマイワシについては、山田(1986)、津本(1990, 1995)など、1980年台の漁獲最盛期～減少期にかけて、主に春季大羽群の来遊や成熟に関する知見が得られてはいるが、未だ情報量は少なく、年齢に関する報告はない。内山(2005)、八角(2011)などで指摘されているように、さまざまな生活型や発育段階での出現が想定される熊野灘において、マイワシの来遊や生態を明らかにしていくことは、当海域におけるマイワシの漁況予報はもちろん、マイワシ資源全体の動向を把握するうえでもきわめて重要である。一方、これまで年齢に関する情報のない熊野灘においては、調査の基礎となる年齢査定を慎重に進める必要がある。本研究では、まき網主要港のマイワシ漁獲量が1990年代以来の1万トンを超えた2011年について、漁獲主体となっていた2011年級群における年齢形成の形成過程を明らかにしたうえで来遊状況の分析を行った。また、生活型および生物学的特性についても検討を加え、熊野灘におけるマイワシの生態に関する基礎的な情報を得たのであわせて報告する。

材料および方法

マイワシの漁獲量は、1992年から県内のまき網主要港である贄浦、奈屋浦、錦、紀伊長島の中型まき網の月別魚種別データを収集し、月別に集計した。

* 1 平成24年度中央ブロック資源・海洋研究会にて「熊野灘におけるマイワシ2011年級群の来遊、および鱗、耳石の輪紋形成」と題して口頭発表した。

* 2 三重県水産研究所 〒517-0404 三重県志摩市浜島町浜島3564-3 e-mail: okadam04@pref.mie.jp

Mie Prefecture Fisheries Research Institute, 3564-3 Hamajima, Hamajima-cho, Shima-shi, Mie 517-0404, Japan

市場調査は、2011年1月から2012年8月まで、贅浦、奈屋浦においては毎週、波切および安乗においては月に2回程度行い、パンチングにより漁業種類別にそれぞれ100個体程度の被鱗体長 Body Length (BL (mm)) を測定した。

精密測定は、2011年7月から2012年8月まで、贅浦、奈屋浦の市場測定の際に30尾程度を持ち帰り、研究室において被鱗体長 (BL (mm))、体重 Body Weight (BW (0.1g))、生殖腺重量 Gonad Weight (GW (0.01g)) を測定し、鱗、耳石 (扁平石) の採取を行った。鱗は洗浄後2枚のスライドガラスにはさみ乾燥させたものを実体顕微鏡下で観察した。耳石は洗浄後乾燥保存し、乾燥状態あるいはシャーレに水浸して実体顕微鏡下で観察した。

なお、マイワシがウルメイワシやカタクチイワシに混入して水揚げされ、マイワシの漁獲量が誤差を大きく含むと判断されることがあったため、2010年以降は以下の方法により漁獲量を補正した。市場内で混じり水槽内から無作為に200個体程度採取してマイワシと混入魚のそれぞれ全数について体長 (被鱗体長、以下同じ) を測定し、同日の精密測定における体長-体重関係からエクセルの growth 関数を用いて市場内で測定した標本の換算重量比を算出し、月平均して混入重量比とした。次に、月ごとにマイワシ混じり、ウルメイワシ混じりあるいはカタクチイワシ混じりとして計上された数量を当該月の混入重量比に基づき按分した。

年齢査定は原則として鱗の標本を使用した。鱗の表面は、7月~翌1月までは平滑なものが多く、2、3月は多くの個体で縁辺が厚みを帯びるように輪紋を形成し、4月以降、輪紋の外縁は平滑となった。一方、秋にも同様の輪紋をもつ個体がわずかに出現したほか、季節を問わず縁辺以外に形成された輪紋も散見され、三谷 (1983) や八角 (2011) のように明瞭に2本の輪紋を持つ個体も見られた。また、輪紋は個体によって明瞭な線や、帯状に広く盛り上がるなど多様な形状を呈したが、輪紋の形状で年輪か否かを判断することはできなかった。したがって、検鏡の際に観察された輪紋は原則として計数し、複数の鱗で認められない輪、および12月以前に体長17cm以下の標本では、夏以前に形成されたと推定される中心近くの輪は偽輪とした。一方で、後述のように耳石後縁の不透明帯が鱗の年輪よりも遅く形成されることが判明したため、10~12月に輪紋をもつ個体については耳石後縁に不透明帯の

ないものは0歳とした。検鏡は1か月程度の間隔をあけて2回繰り返す、結果の一致しないものは3回目を実施した。年齢起算日は1月1日とし、1~4月は縁辺付近に輪紋がない個体について1歳を加えた。

肥満度、成熟度、縁辺成長率、耳石後縁の輪紋の検討は年齢査定後、2011年級群についてのみ行った。肥満度 (CF) および成熟度 (KG) はそれぞれ以下の計算によって求めた。

$$CF = (BW - GW) / BL^3 \times 10^6$$

$$KG = GW / BL^3 \times 10^7$$

縁辺成長率は鱗の中心をとる任意の直線上にある、もっとも外側の輪径 (A) と外縁径 (B) をそれぞれ実体顕微鏡下で測定し、(B) と (A) の差を (A) で除して求め、1個体につき3鱗の平均値をその個体のデータとした。

耳石後縁は、幼魚期は薄い縁辺部分がなく、成長に伴って透明の縁辺が伸長し、春季以降に一旦縁辺が不透明になった後、ふたたび透明となって後縁近くに不透明帯を形成したことから、以下のように分類して集計した。(1)なし、(2)透明、(3)不透明、(4)不透明帯。

使用した標本は、市場測定が235標本、18,020個体で、2011年級群の精密測定は46標本、790個体について行った。精密測定のうち、鱗の縁辺成長率、耳石後縁の観察および成熟度の調査はそれぞれ45標本、484個体、45標本、519個体および42標本、475個体について行った。

結 果

まき網主要4港の中型まき網によるマイワシの漁獲量 (表1) をみると、2011年および2012年1~8月の漁獲量はそれぞれ10,019トン、6,376トンで、2011年は近年では最低水準であった2005年以降、2010年までの比較的緩やかな増加傾向から、一挙に1990年代前半並の水準となった。また、続く2012年も8月現在の合計値で前年並みのまとまった漁獲となっている。2011年の漁獲量を大きく増加させたのは、夏秋季としては特異的な好漁が8、10月にみられたからであり、2012年は大きく突出した好漁はないものの、比較的水準の高い漁獲が継続した。

2011~2012年8月の体長組成 (図1) をみると、2011年級群の加入は定置網において4~7月にみられ、定置網では10月まで、さまざまな体長の個体が漁獲された。また、まき網では13cm以上の個体が6月以降に漁獲された。漁獲量が著しく増加した8月と10

表1 熊野灘まき網主要4港(奈屋浦, 贅浦, 錦, 紀伊長島)における中型まき網のマイワシ漁獲量(トン)。ただし, 1998年4月までは神前浦を含む5港の合計。

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	Total
1992	53	823	9,386	6,685	2,150	2,655	399	740	225	126	592	2,787	26,621
1993	135	32	3,861	5,823	1,423	6	16	62	5	17	2,285	80	13,745
1994	458	488	2,013	2,683	10	72	98	233	32	16	869	2,032	9,004
1995	7	22	766	2,382	578	79	59	770	610	115	627	1,793	7,808
1996	448	98	807	177	19	5	179	656	166	91	53	1,014	3,713
1997	800	1,059	458	53	2	57	206	774	254	3	0	284	3,949
1998	1,068	314	207	100	1	9	36	54	102	189	15	45	2,140
1999	171	674	94	3	5	23	196	12	1	53	94	593	1,919
2000	2,008	1,584	1,219	17	2	1	2	6	0	1	5	1,907	6,752
2001	1,009	888	1,301	576	1	4	547	1,453	234	269	183	2	6,467
2002	583	19	80	36	3	11	15	84	1	191	213	21	1,258
2003	25	76	272	92	36	0	0	53	36	108	405	99	1,203
2004	28	71	46	0	38	91	8	1,183	996	30	18	0	2,510
2005	22	3	6	4	1	17	3	158	159	277	67	20	736
2006	108	43	11	26	34	260	144	80	23	28	910	208	1,875
2007	162	23	23	370	0	3	48	577	612	324	33	4	2,180
2008	27	16	5	7	4	27	199	1,216	662	182	3	85	2,432
2009	211	182	560	557	64	15	24	560	511	444	567	236	3,933
2010	104	277	1,413	93	86	186	85	30	53	1,424	209	29	3,988
2011	21	33	405	28	98	91	64	4,264	380	3,399	1,201	34	10,019
2012	252	358	1,209	123	480	341	1,962	1,650					6,376

月に主体となっていたのは, それぞれ12~16.5cm, 14~17cmの個体であった。11月以降は定置網で小型の個体が漁獲されなくなり, 2012年1月にはまき網に13cm程度の, それまでより明らかに小型の個体が出現し, 以降は主体がこれらの小型群に移った。小型群のモードは3月以降に大きくなり, 4月は15cm, 8月は18cmであった。

2011年7月~2012年8月の熊野灘におけるマイワシ2011年級群の肥満度は7.6~13.6の範囲で, 8月に極大となった後2月まで低下して極小となり, 3月以降増加した(図2)。成熟度は0~12.5の範囲で, 10~4月に高く, 極大は2月であった(図3)。

鱗の縁辺成長率と被鱗体長の関係(図4)をみると, 鱗の輪紋は, 2011年10月には15~17cm, 11月には16cm程度の, いずれも一部の個体で認められた。12月には輪紋を持つ個体は採集されず, 2012年1月には, 13cm台, 17cm台のごく一部で, 2月は13~17cmの幅広い範囲で, 3月以降はほとんどの個体で輪紋が認められた。縁辺成長率の大きな個体は2月以降に急増し, 7月以降は多くの個体が0.4以上を示した。一方, 8月の1歳魚において, 縁辺成長率が0.2未満の個体が出現した。なお, 複数の輪紋を持つ個体は11月に48個体中2個体, 2月に50個体中2個体, 3月に77個体中6個体, 4月に21個体中1個体, 5月に26個体中5個体, 8月に33個体中1個体出現した。この

ほか, 偽輪と判断される輪紋を持つ個体は0歳の夏秋季に比較的多くみられた。

耳石後縁の状態と被鱗体長の関係(図5)をみると, 耳石後縁は0歳の夏以前は不透明で薄い縁辺部がみられず, 8月以降翌年4月まで透明であった。5月には不透明な縁辺をもつ個体が出現し, 7月以降は多くの個体で再び縁辺が透明となって不透明帯が形成された。

考 察

熊野灘における2011年の漁獲量は8, 10月に著しく増加し(表1), それぞれ12~16.5cm, 14~17cmの個体が主体となっていた(図1)。これらに該当する個体は, 鱗の輪紋形成状況(図4)および耳石後縁の状態(図5)から, 両月とも明らかに0歳魚と判断される。2012年の漁獲量は3, 7, 8月に比較的多く(表1), それらの月に漁獲の主体となっていた14cm前後, 17cm前後, 13~16cm(図1)は, 図4および図5から, 3, 7月は1歳魚, 8月は0歳魚である。したがって, 2011年および2012年前半に漁獲量を増加させたのは, 同一の年級群に含まれる個体といえる。一方, 2011年級群は, 2012年1月に新たな小型の個体加わり, その後はこの群が主体となった(図1)。平成24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関係資料(未発表)によると, 2012年1月には, 紀伊水道~熊野灘で漁獲されたマイワシ1歳

魚の体長組成と、常磐・房総海域で漁獲されたマイワシ1歳魚の体長組成はよく一致し、土佐湾以西の海域とは一致しない。また、2011年12月以前にそれらに相当する漁獲は、三陸でのみ認められる。したがって、熊野灘で1月以降に漁獲された小型の個体は、常磐・房総海域に南下した未成魚越冬群と同じ由来、すなわち大回遊型であることが示唆される。2012年1月の未成魚越冬群の体長を、2000年級群（八角・須能2006）と比較すると、S（13cmモード）、M（14cmモード）、L（14.5, 15cmモード）、LL（15.5cmモード）の4群の中で、もっとも小型のS群に相当する。S群の由来について、八角・須能（2006）は同一年級群のうち、より遅くに発生したものと考察している。また、高木他（2011）は耳石日周輪の解析によって、2003, 2007, 2008年級群における、S群よりやや大型のM群に相当する魚群の孵化月が主に5～7月であることを示した。一方、2011年級群を生じた産卵は、2010年10月～2011年7月まで継続し、2011年3月までは土佐湾が主体で、4, 5月には相模湾沖以東が主体となって活発に行われ、6, 7月にもわずかながら相模湾沖以東で認められた（高須賀他2012）。以上から、熊野灘で1月以降に漁獲された小型の1歳魚は4月以降に相模湾沖以東の海域で生まれた遅生まれ群、12月以前に漁獲された0歳魚は3月以前の土佐湾などに由来する早生まれ～産卵盛期群と推察される。

熊野灘で漁獲されたマイワシ2011年級群の主体が大回遊型となった1月において、17cm程度の、体長から小回遊型と推定される1歳魚がわずかに残留し（図1）、それらは図6から、2～4月に成熟したように見える。また、12月以前に漁獲されたマイワシ2011年級群は小回遊型で、秋に一部の個体が成熟していた（岡田2012）。一方、大回遊型は1月には成熟度、肥満度ともに低い状態だった（図2）が、3月には14cm前後の多くの個体で成熟がみられた（図6）。内山（2005）によると、小回遊型は秋生まれで、翌年秋に産卵し、遅くとも翌々年の春には産卵するが、大回遊型は満1歳の成熟は起こらないとしている。熊野灘における2011年級群は、小回遊型は内山（2005）のと通りの成熟をみせたが、大回遊型の1歳魚は異なっていた。未成魚越冬群の成熟について、八角・須能（2006）は、越冬海域に出現した2000年級群において、15, 16cmの、より大型の群れでは成熟度が高くなったことを報告している。また、高木他（2010）による

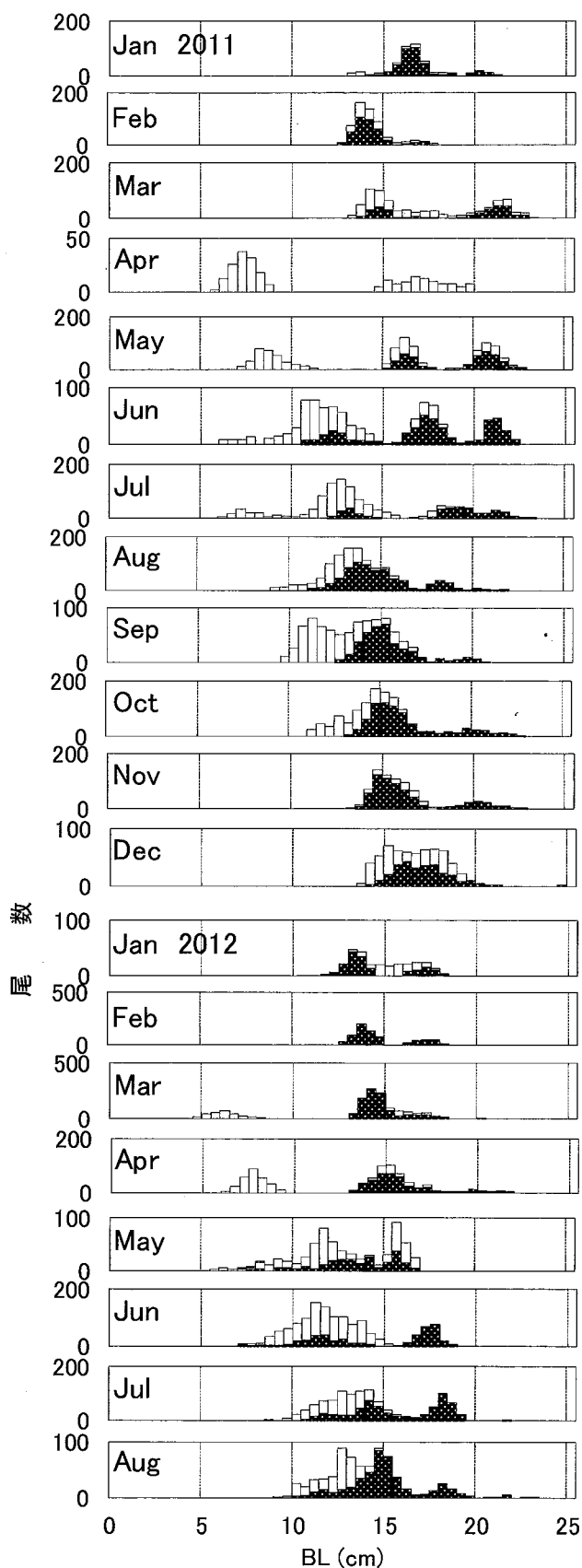


図1 2011年～2012年8月に熊野灘で漁獲されたマイワシの体長組成。ただし、黒塗りはまき網、白抜きは定置網による。

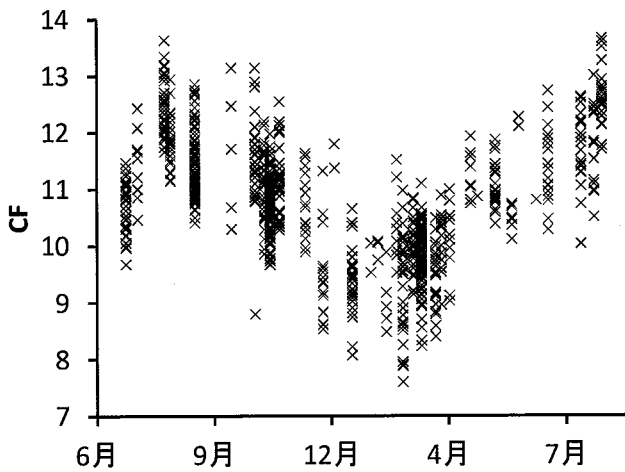


図2 熊野灘における2011年7月～2012年8月のマイワシ2011年級群の肥満度 (CF)。

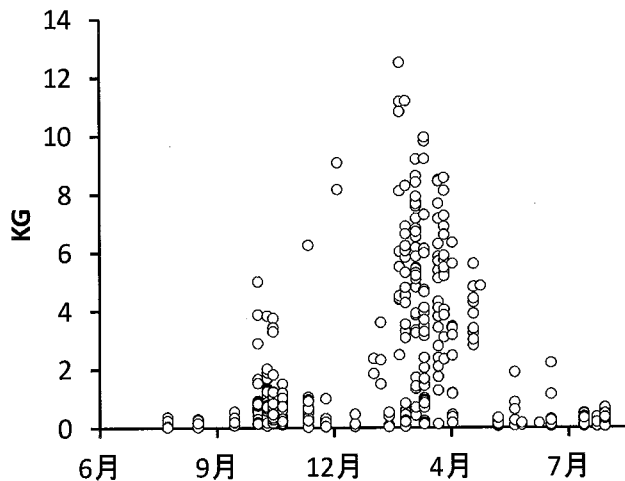


図3 熊野灘における2011年7月～2012年8月のマイワシ2011年級群の成熟度 (KG)。

と、越冬海域で採集された2007, 2008年級群では、13, 14cmの小型の1歳魚が成熟している。これらのことから、2011年の熊野灘で見られた大回遊型の1歳魚の成熟は特異的とはいえ、1歳魚の成熟は大回遊型、小回遊型に関わらず生じうる現象であると考えられる。

月ごとの鱗の縁辺成長率と被鱗体長の関係 (図4) から、熊野灘における輪紋形成は10～4月にみられ、成熟度の高い時期 (図3)、および肥満度の低下～顕著な上昇がみられた時期 (図2) と一致した。しかし、秋季においては一部の個体でのみ輪紋がみられ、11月中旬～1月は輪紋を持つ個体が出現しなかったことから、秋季の輪紋形成は個体の状態に左右されること

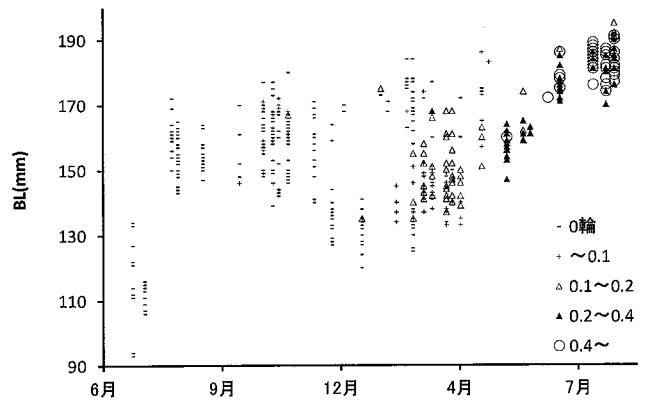


図4 熊野灘における2011年7月～2012年8月のマイワシ2011年級群の被鱗体長 (BL) と鱗の縁辺成長率。

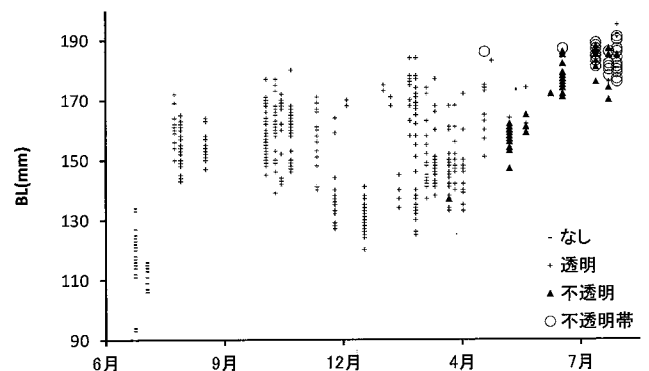


図5 熊野灘における2011年7月～2012年8月のマイワシ2011年級群の被鱗体長 (BL) と耳石後縁の状態。

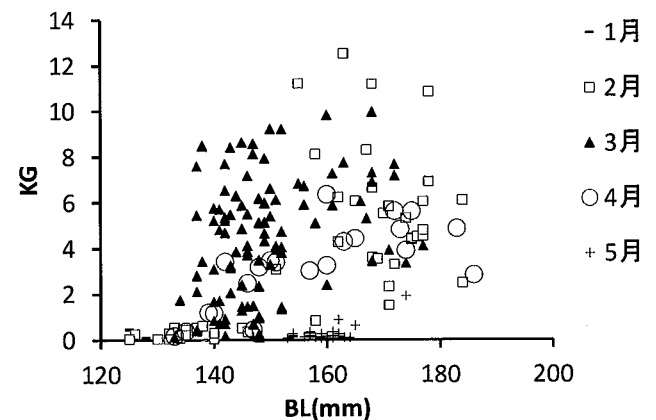


図6 熊野灘における2012年1月～5月のマイワシ2011年級群の被鱗体長 (BL) と成熟度 (KG)。

が考えられる。また、当時は由来の異なる複数の魚群が入替わっていた可能性もある。一方、冬春季では5月以降に輪紋のない個体は出現せず、縁辺成長率が0.4以上の個体が顕著に出現したこと、縁辺成長率が0.1以上の個体が2～4月に急増したことから、輪紋は安定して形成され、最後の輪紋形成は2～4月に行われ

たことが示唆される。この期間は、熊野灘に来遊した2011年級群の大回遊型における年輪形成時期とみなすことができ、八角・須能(2006)の2000年級群における冬季越冬群調査で年輪の形成が認められた期間(1~4月)とほぼ一致する。一方、小回遊型における秋季の輪紋形成については標本が少ないために十分な検討ができず、成熟期間と輪紋形成期間の一致もみられたもののそれらの関係を明らかにすることはできなかった。熊野灘におけるマイワシの年齢査定を確立するためには、成熟や餌料環境など、さまざまな生理、生態的状态にある個体を含め、標本数を増やして検討することが必要である。

図4において、大、小、両回遊型の成長と鱗の縁辺成長率に着目すると、秋季に15cm前後の小型の小回遊型は8月に18cm前後に達し、1月に13cmで来遊した大回遊型は4月以降著しい成長を遂げて8月には小回遊型に追いついたように見える。一方、体長が比較的大きく縁辺成長率が小さい個体が春季以降わずかに出現したことから、それらは早く大きくなった履歴を有する魚、すなわち秋季に17cm程度に達していた小回遊型の可能性がある。なお、春季における縁辺成長率は大回遊型が常に大きく、夏季には同体長であっても縁辺成長率には大小の差がみられたことから、縁辺成長率によって大回遊型と小回遊型を区別できる可能性も考えられる。

耳石後縁に形成される不透明帯は、1歳の5月以降に縁辺が不透明になることで形成されはじめ、4月以前には観察されなかった(図5)。鱗の縁辺成長率(図4)とあわせて検討すると、耳石後縁の不透明帯は鱗の輪紋形成終了後に高い縁辺成長率を示す時期になってから出現することになり、冬以前に耳石縁辺に不透明帯を有する個体は当年生まれではないと判断することが可能と考えられる。また、本研究においてもしばしば出現した、年輪と区別つかない偽輪がある鱗をもつ個体の場合、鱗だけを用いた年齢査定では年齢を多く見積もってしまう可能性もあるが、1歳の4月以前では耳石後縁の状態をあわせて検討することで年齢査定の精度を高められると考えられる。なお、5月以降、大回遊型の1歳魚の鱗は広い縁辺成長域を有することが特徴であり(図4)、このような鱗の場合は縁辺成長域の内側に複数の輪紋が認められる場合でも、最外の1本のみを計数すれば妥当な結果を得ることができると考えられる。なお、複数の輪紋形成は、2月

以降の大回遊型だけでなく、小回遊型であった11月にも認められたことから、個体によっては輪紋を生じさせるような生理的変動が年間に複数回存在する可能性が示唆される。

2011~2012年8月まで、熊野灘に来遊した2011年級群は、体長や加入の時期、定置網の漁況から、12月までは小回遊型が沿岸域に加入、成長したものと考えられる。そして1月以降、入れ替わるように大回遊型の越冬群の一部が来遊し、成熟する個体がみられた。すなわち、同一年級群ではあるが生まれも育ちも異なる複数の群が、熊野灘を生育場、あるいは生育場および産卵場として入れ替わり利用していたと考えられる。内山(2005)によれば、熊野灘はマイワシ小回遊型が生育場や産卵場として利用するだけでなく、資源規模の大きいときには大回遊型も産卵のために来遊し、由来が不明とされる黒潮内側域回遊型も5~12月に熊野灘を訪れる。一方、八角・須能(2006)は1990年代以降、冬春季に房総海域に南下した未成魚越冬群が熊野灘に来遊する可能性を指摘し、八角(2011)は2004年夏秋季の熊野灘で漁獲される1歳魚の由来を未成魚越冬群と考察している。本研究において、八角・須能(2006)や八角(2011)の指摘が確認された一方、内山(2005)の考察した黒潮内側域回遊型の由来は、大回遊型、小回遊型の両方が該当する可能性が示されたことになる。

熊野灘における2011年の漁獲量は約20年ぶりの漁獲水準に達し、マイワシ太平洋系群の主群である大回遊型の来遊も認められた。しかし、2011年の漁獲主体が夏秋季の0歳魚であることは、1980~1990年代前半の好漁時が大回遊を行う春季大羽群が主体であった(山田1986, 津本1995)こととは異なり、依然として熊野灘に来遊するマイワシは夏秋季の小回遊型が主体であることを示している。また、卓越年級群である2010年級群が未成魚越冬群として南下した2011年冬春季の熊野灘の漁獲量は低調で(表1)、熊野灘における大回遊型の来遊量は太平洋系群の資源量に対して不安定であるといえる。これらは、熊野灘が現在の大回遊型のマイワシにとって辺境の地であることを示唆しており、越冬群重量指数が資源量と同調する常磐・房総海域(八角2011)とは対照的な海域ともいえる。一方、本研究によって熊野灘は大小の回遊型が行き交い、時には産卵する、マイワシにとって東西交通の要所ともいえる海域であることが示された。今後も熊野

灘におけるマイワシの来遊状況および生態は注目されるべきあり、当海域での漁況予測の精度を高めるためには、大、小両回遊型の資源量の推定と海況等の来遊条件をあわせて検討していくことが重要であると考えられる。

謝 辞

漁獲データの収集、市場での測定および標本の収集等の調査に際し、三重外湾漁業協同組合をはじめ漁業関係者の皆様には多大なるご配慮、ご協力を賜り、心から御礼申し上げます。匿名の査読者には原稿のチェックと有益なご助言を賜り、謹んで感謝申し上げます。三重県水産研究所の皆様には調査や測定に際しさまざまなご助言、ご協力を賜り、特に業務補助職員の森真弓氏には測定補助、標本作成およびデータ入力に多大なるご助力を賜りました。記して深謝します。

文 献

- 川端 淳・本田 聡・渡邊千夏子・久保田 洋, 2013: 平成24年度マイワシ太平洋系群の資源評価. 平成24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・TAC種)第1分冊, 水産庁増殖推進部・独立行政法人水産総合センター, 印刷中.
- 近藤恵一・堀 義彦・平本紀久雄, 1976: マイワシの生態と資源(改訂版). 水産研究叢書30. 日本水産資源保護協会, 東京, 68p.
- 三谷 勇, 1983: 鱗によるマイワシの年齢査定. 神奈川県水産試験場研究報告, 5, 1-10.
- 岡田 誠, 2012: 2011年の伊勢湾, 熊野灘におけるマイワシ0歳魚の来遊および産卵. 第61回サンマ等小型浮魚資源研究会議報告, 印刷中.
- 高木香織・川端 淳・西田 宏・谷津明彦, 2010: 冬季の表中層トロール調査で採集されたマイワシ当歳魚の推定孵化月組成. 黒潮の資源海洋研究, 11, 37-42.
- 高須賀明典・梨田一也・宇田川美穂・阪地英男, 2012: 2011年~2012年春季の我が国太平洋岸におけるマイワシ卵・仔魚の分布状況. 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, 32, 88-102.
- 津本欣吾, 1990: 熊野灘におけるマイワシ大羽群の夏季滞留現象について. 南西外海の資源・海洋研究, 6, 49-53.
- 津本欣吾, 1995: 熊野灘におけるマイワシ春季大羽群の漁獲動向と性状の変化. 南西外海の資源・海洋研究, 11, 45-51.
- 内山雅史, 2005: 本邦太平洋岸におけるマイワシの生活様式に見られる多様性. 黒潮の資源海洋研究, 6, 63-70.
- 八角直道, 2011: 資源低水準期におけるマイワシ越冬群指数と加入量との関係. 茨城県水産試験場研究報告, 42, 8-14.
- 八角直道・須能紀之, 2006: 資源低水準期におけるマイワシ越冬群の移動・回遊. 茨城県水産試験場研究報告, 40, 1-10.
- 山田浩且, 1986: 熊野灘における近年のマイワシ漁況の特徴. 水産海洋研究, 50(4), 342-343.