

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

八角 直道

Relationship between Estimated Index of Stock Size on Wintering immatures and Recruitment of the Japanese Sardine when its stock size is low around the Coastal Waters of Pacific Honshu Area

Naomiichi YASUMI

Key Word : マイワシ, 未成魚越冬群, マイワシの加入量推定

目 的

我が国のマイワシの漁獲量は、1988年級群の再生産の失敗を契機に減少の一途をたどり、2002年以降は、盛期の45分の1～150分の1の3～10万トンに減少している。

常磐・房総海域で北部太平洋海区まき網漁業により漁獲されるマイワシは、北海道～熊野灘海域を分布域とする本州太平洋系群に属すると言われている（近藤・平本・堀1976）。毎年、常磐・房総海域では、本州太平洋系群の回遊群区分において、体長12～15cm未満の未成魚越冬群（平本1991, 内山1998）と識別される小羽・小中羽イワシ（年明け1歳魚）が、冬春季の12月～翌年3月の長期にわたって、この海域に高密度にとどまり、80トン以上のまき網漁船を主体に漁獲されている（図1）。

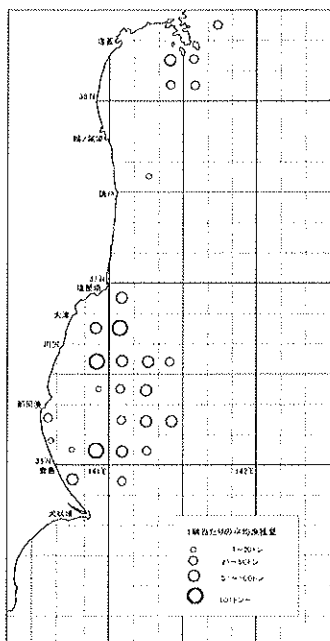


図1 未成魚越冬群の漁獲状況（2000年12月）

これまでの茨城水試や千葉県水産総合研究センターの研究成果により（堀1993, 平本・鈴木・内山1995）、本州太平洋系群の毎年の加入量水準はこの群れの漁獲・分布状況から推定できることが明らかにされ、茨城水試では、その指標値として、「未成魚越冬群資源量指数」（以下「越冬群指数」という。）を、2000年級群まで算出してきた（図2）。

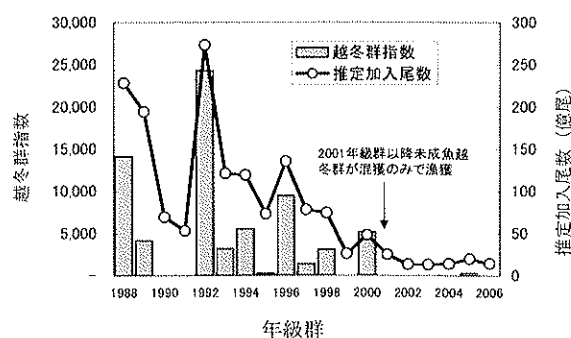


図2 越冬群指数と中央水研推定加入尾数との関係

しかし、2001年級群以降は、未成魚越冬群が単独群で漁獲されることがなくなり、ゴボセグロと呼ばれる体長12cm以上のカタクチイワシに混獲されるようになったため、未成魚越冬群がカタクチイワシに混獲されても、まき網漁船間で交信される「船間連絡漁況記録（QRY）」（平本1991）では、「カタクチイワシ」と交信されることが多くなり、この群れの漁獲状況や分布状況をQRY情報から把握することができなくなった。この結果、茨城水試では、2001年級群以降、2005年級群を除いて、この値を止む得ずゼロとしている（図2）。

なお、茨城水試での越冬群指数の算出方法は、平本・鈴木・内山（1995）と同様であるが、越冬群指数の集計単位については、平本・鈴木・内山（1995）の緯度・経度5' 升目では

なく、10' 升目としている。

そこで、筆者は、次の「方法」で述べるようにQRY情報をもとに算出したカタクチイワシ資源量指数に、カタクチイワシ漁獲物中における未成魚越冬群の混獲率(以下「越冬群重量比」という。)を乗じて、2001年級群以降求めることができなくなった「越冬群指数」の代替値として「越冬群重量指数」を算出した。

この研究は、このように算出した越冬群重量指数が、資源低水準期におけるマイワシ資源の加入量を的確に指標しているかどうかを明らかにするとともに、越冬群重量指数から漁況予測で最も重要な情報である来遊水準や漁期最盛期におけるまき網漁船一網当たりの漁獲量(以下「漁期最盛期のCPUE」という。)を推定できるかどうかを明らかにすることを目的に実施した。また、本州太平洋系群を構成する魚群のうち、越冬群重量指数がどの魚群の加入量を指標しているのかを考察し、資源評価の実施や漁況予測を作成する際の魚群の単位について、筆者の見解を整理したので、併せて報告する。

方 法

越冬群重量比(%)の算出には、茨城水試が2002年～2006年のそれぞれ12月～翌年3月(以下この4ヶ月を「冬春季」という)において、千葉県銚子漁港、飯岡漁港、茨城県波崎漁港、大津漁港および大洗港に水揚げされ、収集した漁獲物標本(77-ロット、カタクチイワシ55,448個体、マイワシ1,041個体)を用いた。この算出方法は、まず、まき漁船から入手したバケツ(20リットル)1杯中のカタクチイワシと小中羽イワシの尾数を計数し、これに魚体測定結果から得られたそれぞれの平均体重を乗じて、{越冬群重量比=小中羽イワシ重量/(カタクチイワシ重量+小中羽イワシ重量)}の式により、月単位で求めた。

本研究におけるカタクチイワシ資源量指数とは、茨城県水産試験場漁業無線局がカタクチイワシ漁場緯度・経度10' 升目毎のCPUE(=10' 升目内の漁獲量/10' 升目内の投網数)を日々算出した値で、ここではこれを月単位で集計した。この値は、茨城県が独自に開発した「まき網漁場マップシステム」を用い、これに2002年～2006年における冬春季の日々のQRY情報(船別に漁場位置、漁場水深、水温、流向・流速、魚種、漁獲量等)を漁業無線局が入力して求めたもので、集計範囲は北緯34°00'～42°00'、東経139°30'～144°00'である。

越冬群重量指数とは、本報告の冒頭で述べたようにカタクチイワシ資源量指数に越冬群重量比を乗じて算出した値であり、また、漁期最盛期のCPUEとは、北部太平洋海区まき網漁業協同組合連合会(以下「北部まき網漁連」という。)

が、2003年4月～2008年3月において月別に集計した所届船のマイワシ漁獲量を、各月の月間の投網数で除した一網当たりの漁獲量のこと、ここでは上位3カ月の平均値で表した。

年級群別の漁獲尾数及び漁獲量の算出には、2003年4月～2008年3月に茨城水試が、越冬群重量比の算出に用いた標本と同様の漁港で収集した漁獲物標本の体長、体重測定データ(37,906個体)および鱗標本の読輪結果から求めた体長-年齢関係データ(1,154個体)を用いた。

なお、体長-年齢関係データは月別に集計した。ここでいう月別とは、例えば4月ならば2003年4月から2008年3月における各年の4月のデータを総計したものである。

漁獲尾数の算出は、次の方法で行った。まず、月毎に漁獲物標本の体長組成(体長幅10.0～23.5cm、体長階級を5mm間隔で区分)を、当該月の体長-年齢関係を用いて1～4歳魚について、年齢分解した。次に別途求めた体重-体長関係式を用いて長さから重さに変換して、標本全体に対する年齢別・体長別の標本重量比を求めた。そして、この標本重量比を北部まき網漁業の月間漁獲量に乘じて年齢別-体長別の漁獲量を算出した後、この値を各体長階級の中央値の体重で除して、年齢別・体長別の漁獲尾数を算出した。

年齢査定には鱗を用い、加齢月日を4月1日とし、読鱗は近藤(1964)の手法によった。

なお、鱗による年齢査定では、高齢魚における年齢の過小推定とは反対に、偽輪の形成による年齢の過大推定の危険性が指摘されている(渡辺 1997)。マイワシでは、三谷(1983)が1979～1981年のそれぞれ2～6月に相模湾で漁獲された体長14cmの1歳魚に2輪の輪紋が見られ、このうちの1本は偽輪ではないかと指摘している。本研究においても、4月以降に漁獲される1歳魚と推定される個体に2本の輪紋(写真1)が見られるケースもあったため、このうちの1本を三谷と同様偽輪と判断し、1歳魚と年齢判定した。

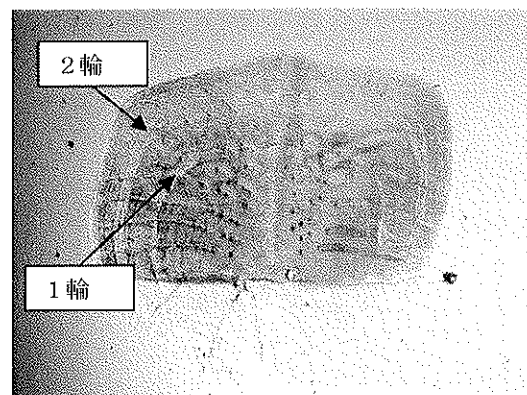


写真1 2004.6.3 採集

L=15.4cm (2003年級群)

結 果

(1) 加入量指標としての妥当性の検討

2002～2006 年級群の越冬群重量指数と漁獲尾数の計算結果をそれぞれ表 1, 表 2 に示した。現在, 各年級群は 2 歳までに 9 割以上が漁獲されていることから, 各年級群の加入量水準は, 2 歳までの漁獲尾数で代表できる (表 3)。そこで, 越冬群重量指数 (X) と各年級群の 2 歳までの漁獲尾数 (Y 1) との関係を分析し, 越冬群重量指数の加入量指標としての妥当性について検討した。この結果, 越冬群重量指数と 2 歳までの漁獲尾数との間には有意な正の相関があり, 次の式で表せた (図 3)。

$$Y 1 \text{ (万 t)} = 1.015X + 31.76 \dots (1)$$

$$(n=5, r^2=0.97, p<0.05)$$

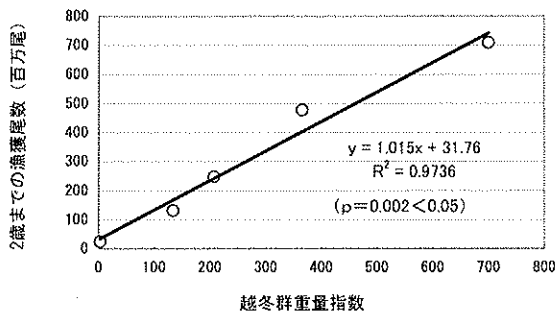


図3 越冬群重量指数と加入水準との関係

(2) 漁況予報への活用の検討

2003 年 4 月～2008 年 3 月における年齢別漁獲量と漁獲盛期上位 3 ケ月の CPUE の算出結果をそれぞれ表 4 及び表 5 に示した。また, 2005 年 4 月～2008 年 3 月の北部まき網漁業による漁獲量を図 4 に示した。

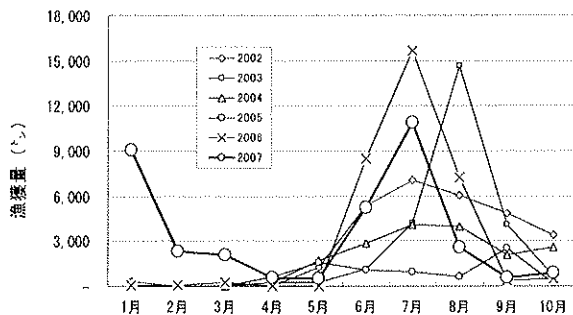


図4 北部まき網漁業によるマイワシの月別漁獲量

現在, 北部まき網漁業による水揚げは, 早い年には 4 月から始まり, 漁獲量のピークは 6 月～9 月で, 1 歳魚が漁獲物の約 7 割を占める (表 4)。漁獲量は 10 月以降, 急激に低下するが, 2005 年級群のように加入量が多い年級群が発生すると冬季の 1 月～3 月にも漁獲される (図 4)。このため, ここでは, 4 月～翌年 3 月における 1 歳魚の漁獲量 (Y 2) と越冬群重量指数との関係を分析し, 越冬群重量指数 (X) から上記期間における 1 歳魚の漁獲量を予測できないか検討した。

この結果, 4 月～翌年 3 月における 1 歳魚の漁獲量と越冬群重量指数との間には有意な正の相関があり, 次の式で表せた (図 5)。

$$Y 2 \text{ (万 t)} = 0.0062X + 0.1091 \dots (2)$$

$$(n=5, r^2=0.98, p<0.05)$$

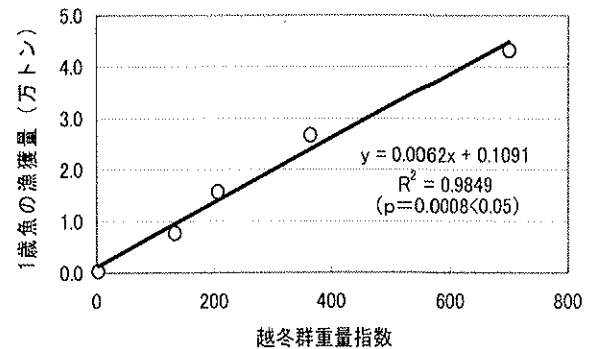


図5 越冬群重量指数と1歳魚の漁獲量の関係

また, 漁獲盛期の CPUE の推定については, 4 月～翌年 3 月における漁獲量上位 3 ケ月の 1 歳魚の平均 CPUE (Y 3) と越冬群重量指数の関係を分析した。この結果, 両者の間には正の相関があり, 次の式で表せた (図 6)。

$$Y 3 \text{ (万 t)} = 0.069X + 4.55 \dots (3)$$

$$(n=5, r^2=0.86, p<0.05)$$

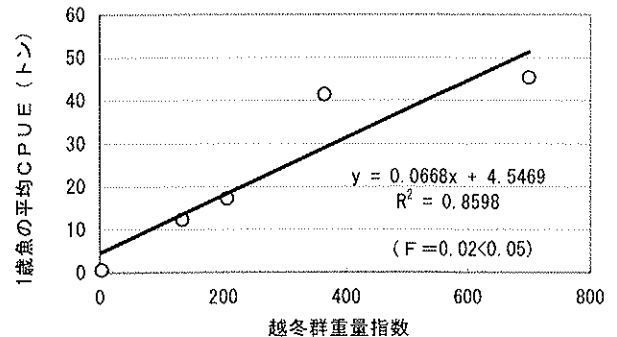


図6 越冬群重量指数と漁獲盛期上位3カ月の1歳魚の平均CPUEとの関係

表1 越冬群重量指数の算出結果

区分	カクテイワシ資源量指数(A)	越冬群重量比(B)	越冬群重量指数(A) × (B)	標本数	
2002-2003冬春季	1 2月	3,108	0.043	134	1
	1月	4,533	0.035	159	8
	2月	2,468	0.016	39	1
	3月	1,578	0.021	33	1
	計	11,687	-	365	11
2003-2004冬春季	1 2月	397	0.021	8	-
	1月	3,858	0.034	131	6
	2月	3,375	0.011	37	8
	3月	1,383	0.021	29	-
	計	9,013	-	206	14
2004-2005冬春季	1 2月	1,573	0	0	1
	1月	2,770	0.001	3	8
	2月	1,538	0	0	3
	3月	706	0	0	3
	計	6,587	-	3	15
2005-2006冬春季	1 2月	78	0.000	0	-
	1月	106	0.112	12	1
	2月	806	0.192	155	5
	3月	2,570	0.208	535	12
	計	3,560	-	701	18
2006-2007冬春季	1 2月	942	0.031	29	5
	1月	1,317	0.009	12	5
	2月	685	0.008	5	5
	3月	950	0.093	88	4
	計	3,894	-	135	19
総計	-	-	-	77	

注) 2003-2004冬春季の12月と3月は標本を入手できず、越冬群重量比を得ることができなかつたため、1月~2月の14標本の平均値(0.021)を用いた。

表2 年齢・年級群別の漁獲尾数

年齢	千尾				
	2002年級群	2003年級群	2004年級群	2005年級群	2006年級群
1	418,790	204,947	4,066	611,247	130,532
2	58,008	42,825	20,491	97,741	
3	10,805	2,763	16,869		
4	460	1,974			
合計	488,063	252,509	41,426	708,988	130,532
1~2歳計	476,798	247,772	24,557	708,988	130,532
1・2歳魚の割合	0.98	0.98	0.59	-	-

※1歳の漁獲尾数：2002年級群の場合は、2003年4月~2004年3月末までの漁獲尾数

表3 越冬群重量指数と加入水準との関係

年級群	越冬群重量指数	百万尾		
		2歳までの漁獲尾数(A)	1~4歳魚までの漁獲尾数(B)	(A) / (B)
2002	366	477	488	0.98
2003	207	248	253	0.98
2004	3	24	41	0.59
2005	700	709	709	-
2006	134	131	131	-

注1) 2歳までの漁獲尾数：2002年級群の場合、2003年4月~2004年12月末までの漁獲尾数

注2) 2004年級群は、3歳まで、2005年級群は2歳まで、2006年級群は1歳までの集計

表4 2003～2008年度の年齢別漁獲量

年度	千トン、%						1歳魚の割合
	0歳	1歳	2歳	3歳	4歳	計	
2003	0.1	26.7	4.4	0.8	0.2	32.3	82.7
2004	0.0	15.7	6.8	1.2	0.2	23.9	65.5
2005	1.6	0.3	4.8	1.4	0.3	8.4	3.3
2006	0.3	43.2	2.0	0.4	0.1	46.1	93.8
2007	0.1	7.6	10.8	2.1	0.3	20.9	36.5
計	2.2	93.5	28.9	5.9	1.0	131.5	71.1

表5 漁獲盛期上位3ヶ月の1歳魚の平均CPUE

年度	月	単位：トン		
		1歳魚の漁獲量	投網数	1歳魚の平均CPUE
2003	7月	2,934	154	
	8月	13,582	220	
	9月	5,380	155	
計		21,896	529	41.4
2004	6月	1,671	164	
	7月	2,827	130	
	8月	2,436	109	
計		6,934	403	17.2
2005	5月	61	123	
	6月	30	127	
	9月	119	93	
計		210	343	0.6
2006	6月	6,776	168	
	7月	14,416	247	
	8月	6,683	199	
計		27,875	614	45.4
2007	6月	2,558	141	
	7月	2,574	259	
	8月	716	74	
計		5,848	474	12.3
2008	6月	630	87	
	7月	951	35	
	8月	2,114	51	
計		3,695	173	21.4

考 察

平本・鈴木・内山(1995)は、資源高水準期の1985-86年及び資源減少期の1992-93年における越冬群指数と半年後の道東漁場における1歳魚の漁獲尾数との関係を分析し、1歳魚の漁獲尾数は越冬群指数に正比例していたことを示して、この指数の加入量指標としての有効性を示している。本研究でも、越冬群重量指数と2歳までの漁獲尾数との間には、前述のように正の相関関係が見られたことから、資源高水準期と資源減少期だけでなく、2002年以降のような資源低水準期においても、越冬群重量指数は加入量水準を指標する有効な資料と言えることが明らかになった。

なお、資源水準が高くてまき漁船が他魚種に漁獲努力を向けていたために漁獲量が低下し、ここで示した漁獲尾数が資源を反映していない可能性があるため、表5に漁獲盛期上位3か月の投網数を示した。この表を見ると、資源の少なかった2005年でも資源の多かった2006年の約1/2に相当する343投網もあり、まき網漁船がマイワシを狙っ

て操業していたが、漁場への来遊量が小さく漁獲量が伸びなかったことが、この数字から理解できる。従って、表2に示した漁獲尾数は、各年級群の加入状況を反映しているものと思われる。

また、本研究の結果、毎年4月～翌年3月における1歳魚の漁獲量と漁獲盛期上位3ヶ月の平均CPUEは、越冬群重量指数からかなり精度良く推定できることが明らかになった。そこで、2007年級群について検証した結果、この年級群の越冬群重量指数は109で、式(2)から推定した2008年4月～翌年3月における1歳魚の漁獲量は約8千トン、漁獲盛期の上位3ヶ月の平均CPUEは約12トンで、豊漁は期待できないと予測された。現実の北部まき網漁業による2008年4月から翌年3月までの1歳魚の漁獲量は約4千トン、漁獲盛期の上位3ヶ月の平均CPUEは21トンであった。

今のところ越冬群重量指数から1歳魚の漁獲量と漁獲盛期上位3ヶ月の平均CPUEを、それなりの精度で予測できると思われるが、表4に示したように、漁獲物には1歳魚だけ

でなく、当然2歳魚以上の魚も見られることから、来遊量を予測するためには、2歳魚以上の魚について、予報期間当初における各年級群の残存量 $\{=(各年級群の4歳までの予想漁獲尾数) - (N歳までに漁獲された尾数)\}$ を、式(1)を活用し求める必要がある。

坪井(1988)は、房総地方における干鰯の生産や流通について古文書を詳細に調べ、これに明治以降の漁獲統計をつなげて漁獲量の周期性を解析した。その結果、16世紀以降のマイワシは約70年の周期で豊漁と不漁を繰り返し、大変動してきたことを明らかにしている。他方、マイワシは資源水準により、成長の良否、成熟年齢の遅速、分布域や産卵場の拡大・縮小、産卵数の増減などの生物特性を大きく変化させてきたことが指摘されている(伊藤 1988)。また、渡辺(1987, 1988)は、産卵場の変遷から、マイワシの資源構造が、資源の増加期や減少期に変化することを指摘している。すなわち、1960年代後半のように資源水準が極めて低かった最低水準期には、沿岸域を中心に生活する沿岸・内湾回遊型のマイワシが主体になるが、1970年代前半のような資源回復期になると東北の索餌場に隣接する関東近海で産卵量が増える沖合回遊型に変化し、さらに資源高水準期になると主産卵場が薩南海域に移行する沖合大回遊型に変化することが指摘されている。そして、現在のような資源減少期から低水準期には、再び沖合回遊型に変化して、最低水準期には再度沿岸・内湾回遊型の資源構造になると推測されている(八角 2008)。

一方、平成18年度第2回イワシ、アジ、サバ長期漁海況予報会議に鹿児島県から北海道の各都道府県の研究機関から提出された漁獲量や体長組成のデータを見ると、房総以北は、冬春季が小中羽イワシ(体長11cm~15cm未満)、春季が中羽イワシ(15cm~18cm未満)、夏季~秋季はニタリイワシ(18cm~20cm未満)~大羽イワシ(20cm以上)が漁獲物の主体になっており、この体長組成の推移は1970年代前半に資源構造が沿岸・内湾回遊型から沖合回遊型にシフトした資源回復期の体長組成の推移と同じであることから、現在の房総以北のマイワシの資源構造は、沖合回遊型であると思われる(八角 2006, 八角 2008)。これに対し、現在の紀伊水道以南における漁獲量のピークは1960年代後半と同じ夏秋季が中心で、漁獲物の魚体組成が小中羽・中羽イワシが主体になっていることから、この海域の現在の資源構造は沿岸・内湾回遊型であると思われる。つまり、現在、常磐・房総以北には渡辺が指摘した沖合回遊型の魚群が分布し、紀伊水道以南には沿岸・内湾回遊型の魚群が分布しているということである(八角 2008)。

ここまでの既往の知見に基づく資源構造の分析から、常磐・房総海域に来遊し、漁獲されるマイワシは沖合回遊型

の生活をする魚群であると考えられることから、本研究により得られた越冬群重量指数は、房総以北の沖合回遊型の群れの加入量水準を指標し、夏季を主体に小中羽・中羽イワシが主に漁獲される紀伊水道~薩南海域のマイワシ資源の加入量水準は指標していないと考えられる。従って、房総以北と紀伊水道以南の群れは異なる資源構造を持つ魚群と考へて、資源評価の実施と漁況予報を作成することが適切と思われる。

なお、マイワシ本州太平洋系群の分布域は、本報告の冒頭で述べたとおり、道東・三陸海域から熊野灘までとされている(近藤・平本・堀 1976)。八角・須能(2006)は、冬春季に常磐・房総海域に出現した未成魚越冬群と同じ体長の魚群が、同時期の相模湾~熊野灘に出現していることから、常磐・房総海域で越冬した未成魚越冬群の一部が相模湾以南に移動・回遊した可能性を指摘している。また、三重県科学技術振興センター水産研究部が、平成16年度第2回長期漁海況予報会議に提出したマイワシの体長組成をみると、熊野灘・伊勢湾海域で発生・成長したと推定される体長13-16cmの0歳魚と推定される魚群が夏秋季に出現するほか、同時期の房総・常磐海域で見られる体長17-19cmの1歳魚と同じ体長組成の魚群が熊野灘海域でも出現していることから、常磐・房総海域で越冬した未成魚越冬群の一部が熊野灘まで移動・回遊し、この海域で操業している中型まき網団により漁獲されていると考えられる。

従って、今後は、常磐・房総海域に分布する群れと熊野灘海域に分布する群れとの生物学的な繋がりについて解明するとともに、熊野灘で漁獲されるマイワシの漁獲量と越冬群指数や越冬群重量指数との相関関係を分析して、これらの指数で熊野灘海域の来遊水準を予測できないか、検討していくことが大切である。

要 約

- (1) 資源水準が大きく減少した2003年以降、マイワシ未成魚越冬群は、カタクチイワシに混獲されるだけになった。この結果、まき網漁船によるQRY情報では、未成魚越冬群が混獲されても、カタクチイワシと交信されるため、この情報から未成魚越冬群の漁獲・分布状況が把握できなくなり、越冬群指数を算出できなくなった。
- (2) 筆者は、まき網漁船から入手したカタクチイワシ標本における未成魚越冬群の混獲率(重量比)を求め、カタクチイワシ資源量指数に、この混獲率を乗じて越冬群重量指数を算出した。
- (3) この研究は、このように求めた越冬群重量指数の加入量指標としての評価を行うとともに、来遊水準や漁獲盛期におけるまき網漁船のCPUEを推定できるか検討した。

- (4) この結果, 資源低水準期においても, 越冬群重量指数は, 毎年のマイワシの加入量を精度高く指標する値であることが明らかになり, また, この指数から1歳魚の漁獲量と漁獲盛期における CPUE をそれなりの精度で予測できることが明らかになった。
- (5) 現在のマイワシ本州太平洋系群の資源構造は, 房総・常磐以北は沖合回遊型, 紀伊水道以南は沿岸・内湾回遊型の資源構造になっていると考えられるため, 資源評価の実施や漁況予報の作成に際しては, 房総・常磐以北と紀伊水道以南を分けて行う必要があると思われる。

謝 辞

本県のまき網各船の船主, 船頭および運搬船の船長, 船員の皆さんには, マイワシとカタクチイワシの標本を快く提供頂きました。また, 大津漁協, 大洗町漁協およびはさき漁協の職員の方々には, たびたび, 筆者に代わって運搬船から標本をサンプリングしていただきました。ここに深く感謝いたします。

文 献

- 伊藤祐方 (1988) : 日本近海におけるマイワシの漁業生物学的研究. 日本海区水産研究所研報, (9), 1-227.
- 内山雅史 (1998) : マイワシの資源変動と生態変化 越冬期の未成魚. 水産学シリーズ 119, 103-113, 恒星社厚生閣, (東京).
- 近藤恵一 (1964) : マイワシの生態と資源, 水産研究業書, 5, 1-56.
- 近藤恵一・堀義彦・平本紀久雄 (1976) : マイワシの生態と資源. 水産研究業書, 30, 1-68.
- 坪井守夫 (1988) : 本州・四国・九州を一周したマイワシ主産卵場 (3). さかな (東海区水研業績C集), 40, 37-49.
- 平本紀久雄 (1991) 私はイワシの予報官. 1-277, 草思社, (東京).
- 平本紀久雄・鈴木達也・内山雅史 (1995) : 北部太平洋海区まき網QRYデータによる資源量指数と漁獲量との関係. 千葉水試研報, 53, 1-4.
- 堀 義彦 (1993) : 常磐・鹿島灘・犬吠埼周辺海域における「まき網」漁業の近年の秋・冬期の漁況について. 茨城水試研報, 31, 35-54.
- 三谷 勇 (1983) : 鱗によるマイワシの年齢査定. 神奈水試研究報告, 5, 1-10.
- 八角直道 (2006) : 漁獲と自然要因がマイワシ太平洋系群の加入量変動に与える影響と資源の管理. (財)日本鯨類研究所水産資源管理談話会報, 第38号, 21-32.
- 八角直道 (2008) : マイワシ資源 低迷から増加への移行プロセス 資源低迷期におけるマイワシの生物特性. 月刊海洋, VOL.40, No. 3 189-194.
- 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. 茨城水試研報, 40, 1-10
- 渡辺泰輔 (1987) : マイワシ1980年級群をめぐって. 水産海洋研究会報, 第51巻, 1, 34-39.
- 渡辺泰輔 (1988) : マイワシ資源解析の問題点—主として産卵調査による再生産手法について. 漁業資源研究会議, 第19回浮魚部会報告, PP. 73-88.
- 渡邊良朗 (1997) : 水産動物の成長解析 年齢形質の有効性検討. 水産学シリーズ, 115, 17-27, 恒星社厚生閣, 東京.