

1979~1994年春季の日本海における マイワシ卵の豊度と分布*

後藤 常夫¹⁾

Abundance and Distribution on the Eggs of the Sardine, *Sardinops melanostictus*, in the Japan Sea during Spring, 1979-1994

Tsuneo Goto¹⁾

Abstract

Egg abundance of the sardine, *Sardinops melanostictus*, in the Japan Sea was estimated in three areas, the west from 131°E (Area S), the east from 135°E (Area N), and between Areas S and N (Area M), from data from the plankton surveys during March to May, 1979-1994. There were three peaks in the total egg abundance in this period. The main spawning area and month of each peak was Area S in March 1980, Area S&M in May 1986, and Area N in May 1993, which corresponds to the increase, highest and decrease periods of the sardine catch around Japan, respectively. These data suggest that the main spawning area and month is from Area S in March to Area M in May in the sardine stock increasing and high level, Area N in May during the stock decreasing period, indicates that interannual changes both spatially and temporarily in the main spawning would give clues to predict the trend in the sardine stock fluctuation.

Key words : egg abundance, egg distribution, *Sardinops melanostictus*, spawning, Japan Sea

緒 言

我が国のマイワシ *Sardinops melanostictus* の漁獲量は、1976年に100万トン台に達したのち、1980年代には300~400万トン台を維持してきた。しかし1988年を頂点に、それ以降の漁獲量は急減し、1995年には約66万トンとなった(農林水産省統計情報部 1996, 1997)。こうした漁獲量の大きな変動に伴って太平洋側では、プランクトンネットによる卵の採集結果や親魚の分布状態から、産卵場の中心が1980年代に入って西偏し、そして中頃には沖合域へ拡大したが、1990年代に入ると産卵場が東偏し、縮小したことなどが指摘されている(例えば 黒田 1988, 1991; 菊池ら 1992; ISHIDA *et al.* 1994; 渡邊 1996; WATANABE *et al.* 1996; WATANABE *et al.* 1997 など)。一方日本海側では、いわし類を主対象とした卵・稚仔採集調査が、1978年から現在に至るまで、日本海区水産研究所並びに各府県の水産研究機関によって春季に行われている。渡辺(1987)は1978年から1984年までのマイワシ卵の出現・分布状況を示すとともに、山陰西部

1997年11月19日受理 日本海区水産研究所業績A第521号

¹⁾ 〒951-8121 新潟市水道町1丁目5939-22 日本海区水産研究所

(Japan Sea National Fisheries Research Institute, Suido-cho, Niigata 951-8121, Japan)

*本研究の一部は平成5年10月、日本水産学会秋季大会で発表した。

海域における卵の出現ピークが1981年以降それまでの3月から4・5月に移行したことを述べ、1980年代前半に産卵時期の遅れがみられたことを指摘した。しかし、それ以後マイワシ卵の出現・分布等に関するまとまった報告はなされていない。

本研究は、日本海における卵・稚仔採集調査が比較的安定して行われ、かつ漁獲量の著しい変動期にあたる1979年から1994年における3～5月のマイワシ卵の分布の特徴を、卵の採集結果から算出した卵豊度*を指標に把握することを目的とした。さらに日本海における4・5月の主産卵場を推定し、また主な産卵場と産卵時期の経年変動について、他海域の結果と比較・検討を加え、これら産卵に関わる情報がマイワシ資源の動向を探る上で重要であることを指摘した。

報告に先立ち、採集調査並びに卵の選別・査定そして結果のとりまとめにあたられた各水産研究機関の皆様には厚くお礼申し上げる。また、1979年から1986年までの各研究機関による採集結果から、卵豊度を計算された日本海区水産研究所の担当者の方々に謝意を表す。

材 料 と 方 法

用いたデータは、1979～1994年の日本海ブロック各府県水産研究機関が実施した200カイリ水域内漁業資源卵・稚仔調査の3月分(島根県～福井県)と4～5月分(島根県～青森県)並びに山口県外海水産試験場が行った卵・稚仔調査の3～5月分、さらに日本海区水産研究所が5月あるいは4～5月に行った調査(1983年以降は漁業資源評価システム高度化調査による)の結果である。さらに、1979～1983年においては西海ブロックの卵・稚仔調査報告や福岡県の卵・稚仔調査結果を使用した(詳しくは渡辺 1987 を参照)。

調査内容を以下に略記する。マイワシ卵の採集には口径45cmのプランクトンネットを用い、各調査定点においてワイヤを150 m繰り出したのち約1 m/secで巻き上げる鉛直曳きを行った。ネットの種類と使用期間については、研究機関によって若干の違いがあるものの、1979～1987年には丸特Bネットを、1988～1992年にはノルパックネットを、1993～1994年には改良型ノルパックネットを用いた(各ネットの構造については、NAKAI 1962 と後藤 1998 を参照)。また海洋環境を把握するために、各定点において表面水温等の観測を同時に行った。

卵豊度の算出対象海域として、NAKAI and HATTORI(1962)が設定した200 m等深線沿いとそこから10マイル毎の帯状に設けた合計3大海区46小海区を用いた(Fig. 1)。大海区は、東経131°以西を九州北部海域(Area S)、東経135°以东を日本海北部海域(Area N)、その間を日本海南西部海域(Area M)と名付けた。これらの海域は、NAKAI and HATTORI(1962)のV・VII・VI海区にそれぞれ相当する。月別の各小海区における卵豊度の算出方法は、NAKAI and HATTORI(1962)と渡部(1983)に従った。なお、小海区毎の海面1 m²当たりの卵密度は、その海区内において採集された個体数の合計値を海区内の曳網回数で除し、さらにその値を網口面積(0.159 m²)で除して求めた。またここでは、ネットの平均濾過係数(average straining coefficient of the net)を0.7とし、卵期の平均生残率を渡部(1983)が用いた0.572とした。平均孵化日数は、各月別の大海区毎に、卵が採集された定点の表面水温を採集個体数で重み付けして算出した平均表面水温(卵数加重平均表面水温)から求めた。大海区の卵豊度は、そこに含まれる小海区の

*材料と方法で述べているように本研究では、NAKAI and HATTORI(1962)と渡部(1983)に倣って卵豊度を算出した。従って、これらの方法で求めた値に対する用語として本来は、産卵量という語が当てはまる。しかし、筆者はこの値に対し渡辺(1996)が用いている卵豊度をより適切な用語と判断し、本報では、他海域と同様の方法により得られている結果も含め、この用語を用いた。

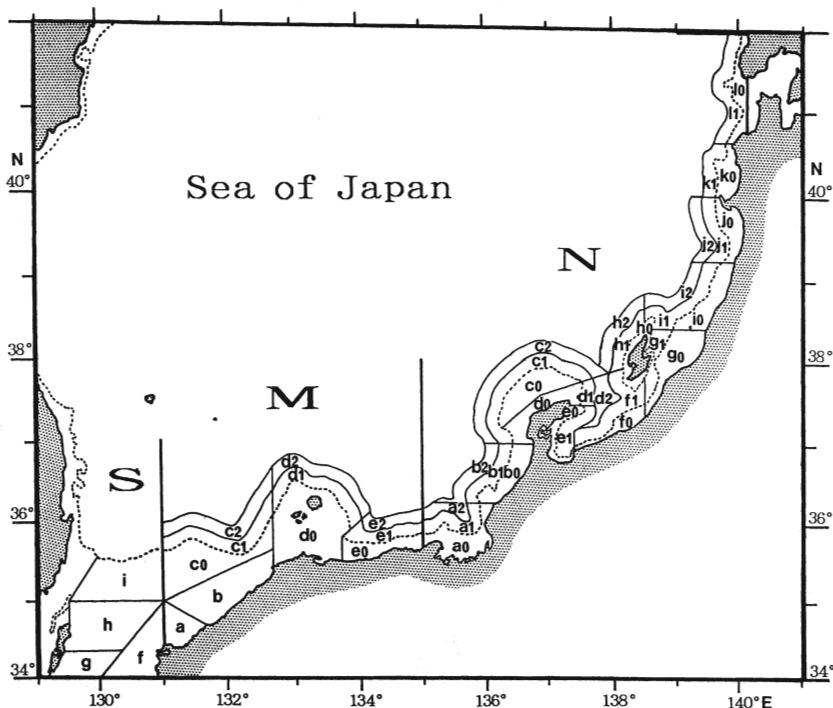


Fig. 1. Three areas (N, M, S) and 46 subareas (small letters) classified for the estimation of sardine egg abundance after Fig.16 in NAKAI and HATTORI (1962). Broken lines indicate the 200 m contours as well as the boundary between subareas.

卵豊度を合計して求めた。

本報では、以上のようなデータと方法に基づいて卵豊度を求めたけれども、1979～1986年についてはすでに月別に算出されている小海区毎の値を、1987年以降は各調査機関による採集結果から新たに算出した値を用いた。従って、卵豊度の算出対象海域内における調査定点数は、1979～1986年については不明であるが、1987年以降では3月に約120定点点前後、4・5月には各々260～360定点点であった。

結 果

1979～1994年の3～5月におけるマイワシの卵豊度の経年変化を Fig. 2 に示した。卵豊度は、1980年の270.8兆粒から1987年の20.2兆粒と最大13.4倍の変動をした。この16年間に卵豊度の極大値が3つ、1980年・1986年・1993年に認められる一方、翌年にあたる1981年と1987年には卵豊度は急減し、以後極大年にあたるそれぞれ1986年・1993年に向けて漸増するという傾向がみられた。さらに卵豊度の経年変化について、大海区別にまとめたものが Fig. 3 である。卵豊度の経年変動は、九州北部海域が最も大きく (Area S : 1988年の0粒から1980年の202.9兆粒の範囲)、次いで日本海北部海域 (Area N : 1984年の1.6兆粒から1992年の113.9兆粒の範囲)、そして日本海南西部海域は最も安定していた (Area M : 1988年の11.1兆粒から1986年の69.0兆粒の範囲)。また、3つの大海区全体の卵豊度に対する各大海区の卵豊度が占める割合の経年変化に

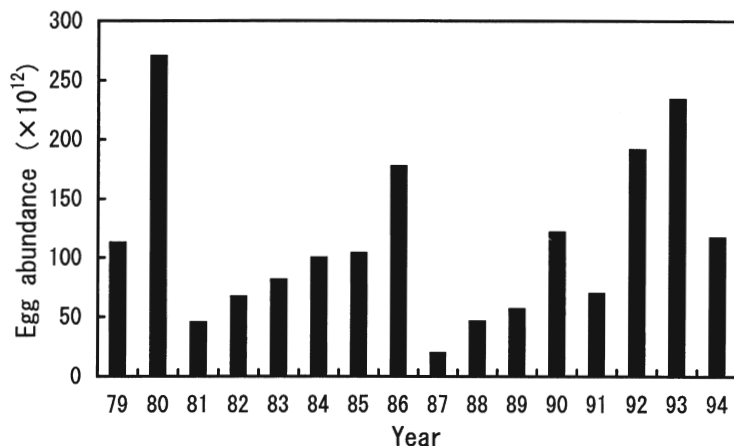


Fig. 2. Interannual fluctuation of sardine egg abundance in the Japan Sea during spring, March to May, 1979-1994.

については、1986年まで主に九州北部海域の割合が高く、続く1987年と1988年には、1980年以後1988年まで増減を繰り返しながらも漸増傾向にあった日本海南西部海域で最も高かった。しかしこの海域の割合は、1988年をピークに減少した。そして1990年以降、全体の40～60%を占めた日本海北部海域の卵豊度が、3つの大海区の中で最も高かった。この海域の卵豊度の割合は1987年以後1989年を除くと、1990年まで増加傾向が認められ、以後1992年まで高い値を維持したのち漸減した。代わって九州北部海域の割合が30%前後にまで上昇した。Fig. 2では卵豊度の経年変化において3つの極大値が認められたけれども、各極大値を構成している主な海域や時期は異なることがFig. 3から認められる。すなわち最初と次のピークにあたる1980年と1986年では、ともに主体となる海域は九州北部海域であったが、時期は1980年が3月、1986年が5月であった。3番目のピークにあたる1993年には、主体となる海域は日本海北部海域で、時期は5月であった。しかしこの年は、九州北部海域における3月の卵豊度の増加も顕著であった。

考 察

日本海において3月の産卵海域は主に九州北部海域であったことはFig. 3より明らかであるが、4月と5月の主な産卵海域について小海区レベルで検討を試みた。なお材料と方法すでに指摘したように、1979～1986年については採集点数が明らかでないので、以下本論では全ての小海区で毎月採集が行われたとみなして論議を進める。Fig. 4は、小海区毎に1979～1994年の16年間におけるマイワシ卵の出現頻度を5段階で表示したものである。図から4月は九州北部の沿岸域から隠岐島周辺に至る海域と若狭湾で極めて高い頻度で卵が採集されていることがわかる。5月になると4月の海域に能登半島の西岸から先端にかけての沿岸域が加わり、さらに富山湾や、新潟県から山形県の沿岸域でも出現頻度が増している。このような4・5月の出現海域に加え、各小海区の卵豊度が全体に占める割合の上位5つを各年毎に示したものがTable 1である。4月は、1984年から1989年にかけて卵の採集された小海区の数が少なく(表のn)、上位5つの小海区以外ではほとんど卵が採集されていないことがわかる(表のothers)。対

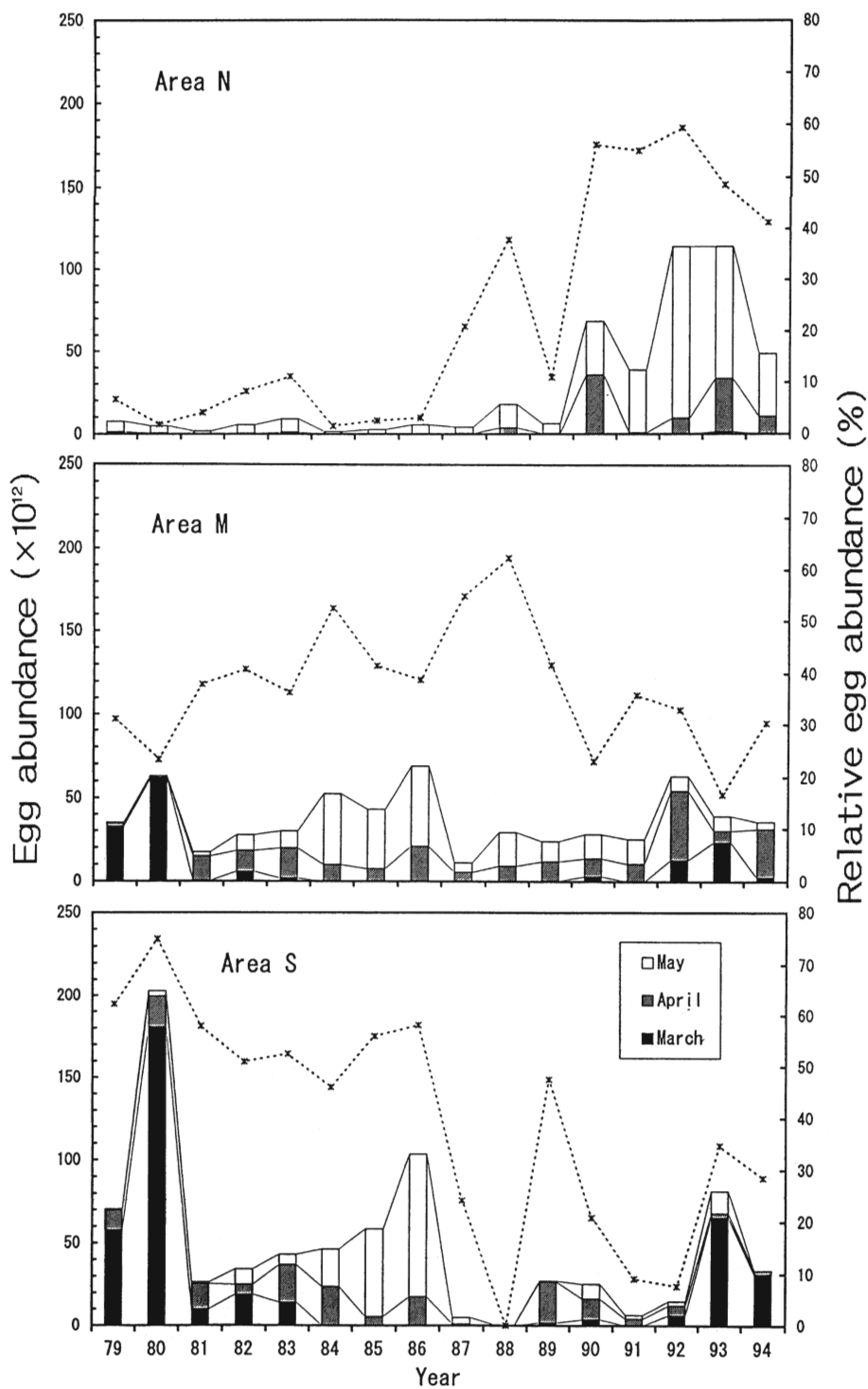


Fig. 3. Interannual fluctuations of sardine egg abundance (bars) and ratio (broken line) of the egg abundance in each area to the total abundance in the three areas N (top), M (middle), S (bottom). See Fig. 1 on the location of each area.

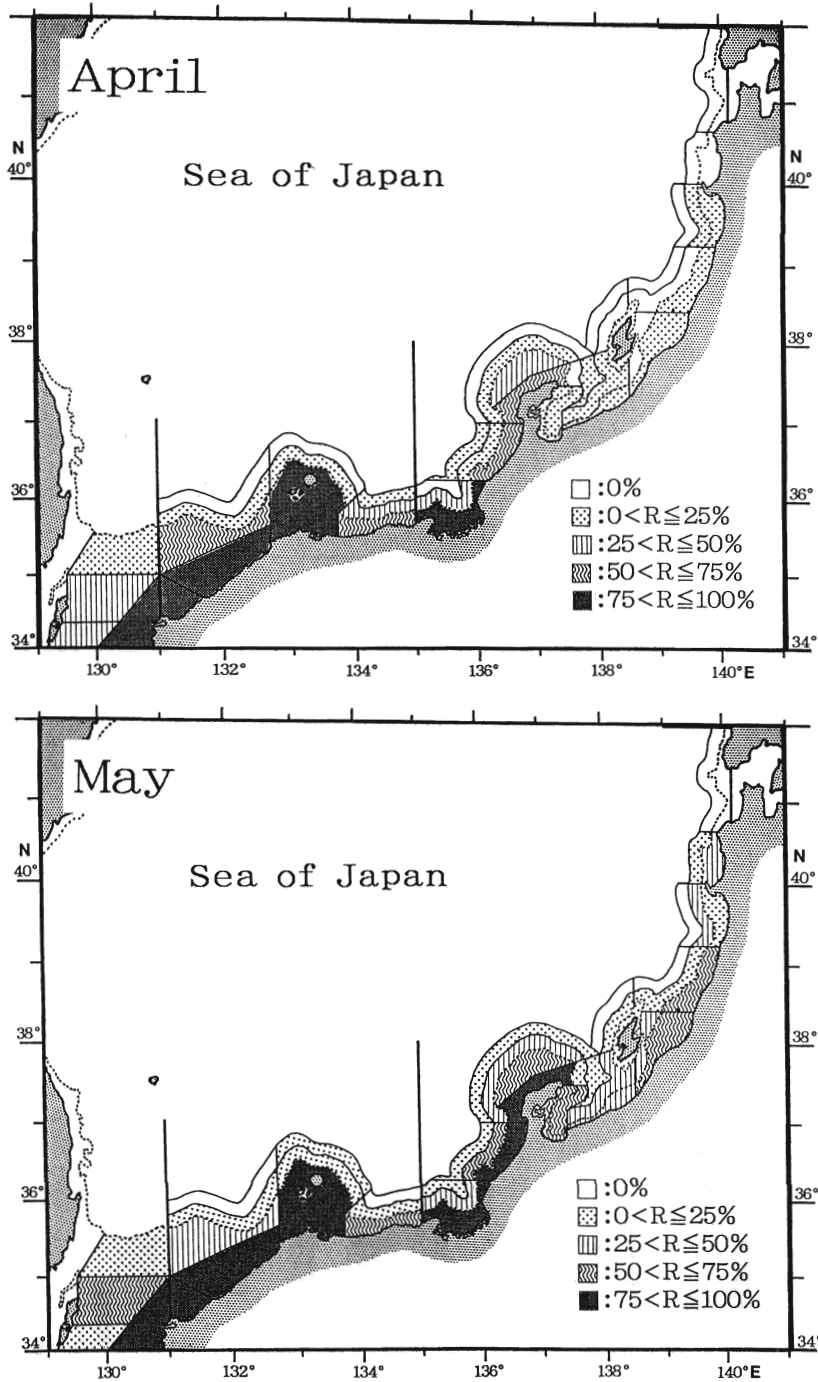


Fig. 4. Sardine egg occurrence in April (top) and May (bottom) for 16 years, 1979-1994. Ratios (R) of the number of years when eggs were collected to the total of 16 years are classified into 5 categories in 46 subareas.

照的にその他の期間、特に1990年以降は九州北部海域の小海区 f に代わって、日本海南西部海域の小海区 a, b や日本海北部海域の小海区 a0, b0 で卵豊度が高かった。5月、1984年から1989年がその他の期間に比べ、やはり4月と同様の傾向を示したが、1983年以前と1990年以降においては上位5つの小海区以外でも卵豊度が高く(表のothers)、産卵場の分散化が著しく生じていることが示唆される。その中で能登半島先端に位置する小海区 d0 が1990年以降常に上位5つの小海区に入っていることは、かつてマイワシ資源の減少期であった1940年代末から

Table 1. Ratios of egg abundances in the upper 5 subareas to the total abundance in April and May. n: the number of subareas where the eggs were collected (total: 46). See Fig. 1 for meaning of capital (areas) and small (subareas) letters.

April

Year	n	S			M				N						others	
		f	g	h	a	b	c0	d0	e0	a0	a1	b0	c1	d0		f0
1979	12	75.4	4.8			10.0						1.9	4.0			3.9
1980	9	79.8	3.7	9.7		2.3		2.0								2.5
1981	10	43.2		6.2	25.6	12.4		8.0								4.6
1982	13	26.6			15.4	21.1	19.6	9.6								7.7
1983	14	50.3	3.7		17.2	7.7		16.4								4.7
1984	4	70.5			7.9	16.3		5.3								0.0
1985	6	40.0		1.5	17.3	8.7		32.1								0.4
1986	7	45.7			9.0	23.0	0.2	21.9								0.3
1987	8	12.6			10.5	31.5		35.9	5.0							4.5
1988	10				17.2	33.7		16.3			26.7		1.5			4.6
1989	9	66.1	1.8		13.8	11.2		5.4								1.7
1990	15	21.6			8.3	6.8				36.2		23.5				3.6
1991	12	26.3			4.5	19.3		32.4	9.8							7.7
1992	14	8.7			5.4	63.3						5.5		4.8		12.3
1993	16				3.7					20.5	5.0				10.3	39.0
1994	15				7.1	32.6	18.9			13.3		10.8				17.3

May

Year	n	S		M				N						others	
		f	h	a	b	d0	a0	b0	c0	c2	d0	f0	g0		i0
1979	23		8.6				18.6					11.4	10.4	11.9	39.1
1980	12	34.1			8.9					11.2	10.5	22.5			12.8
1981	17	6.5	12.1	38.6					10.2	8.8					23.8
1982	16	21.0	10.6	20.4	8.6	9.3									30.1
1983	15	23.6		10.1	22.9	5.9		19.3							18.2
1984	8	33.6		18.2	14.9	31.0		1.1							1.2
1985	10	58.0		12.1	19.2	7.6		1.9							1.2
1986	9	61.6		4.0	10.7	19.7		2.2							1.8
1987	11	29.9		27.8		7.0		6.8		9.4					19.1
1988	16				40.0	13.0	25.1	10.0			3.6				8.3
1989	11			13.2	25.2	26.2	15.7	10.5							9.2
1990	24	15.0			15.9		16.8	21.0			10.6				20.7
1991	27				14.1		11.9				20.4	9.5	13.3		30.8
1992	29							10.4			10.9	9.2	11.5	28.5	29.5
1993	27	9.5								18.4		19.9	6.8	10.4	35.0
1994	23						5.2	6.2	34.8		20.5		11.6		21.7

1950年代における日本海の主産卵場として挙げられた海域(伊東 1961; NAKAI and HATTORI 1962)と一致しており、資源の著しい減少過程における特徴と見なせるであろう。以上のことから主産卵場は資源状況によって異なるけれども、Fig. 4 と Table 1 から1990年代に入ってから、4月に山口県から隠岐島周辺と若狭湾から能登半島西岸にかけての沿岸域に、5月には若狭湾から能登半島の先端海域に、そのほか年によりさらに北に位置する沿岸域に形成されたものと考えられる。

日本のマイワシ漁獲量が著しく変動した1979~1994年に、日本海におけるマイワシの主な産卵場や産卵時期は、大きく変化することが明らかとなった。黒田(1991)は、太平洋側の産卵調査と既往の知見から、資源水準と産卵特性との関係についてまとめ、マイワシ資源の高水準期の特徴として、産卵場は南偏・拡大し、産卵期は早まる傾向があることを挙げ、一方低水準期には、産卵場は北偏・縮小し、産卵期は遅れる傾向があることを指摘している。そこで本研究結果とこれまでの議論を踏まえ、日本の漁獲量の経年変動と、日本海における主産卵場と主産卵期の経年変化を示したものが Fig. 5 である。なお、ここでは主産卵場を各年の3~5月における卵豊度の合計値が最も高い大海区とし、また主産卵期はこの主産卵場となった海区において卵豊度が最も高い月とした(Fig. 3 を参照)。この図から、1979~1984年にみられた漁獲量の著しい増加とともに、日本海では、渡辺(1987)がすでに山陰西部海域における卵の出現状況から指摘しているように、主産卵期が3月から4・5月へと遅れる傾向が認められた。さらに、漁獲量が極めて高い値を維持していた1984~1988年には、主産卵期は5月に定着するとともに、一方主産卵場については、九州北部海域から日本海南西部海域への移行が認められた。そして漁獲量の減少が著しい1990年以降主産卵場は日本海北部海域へとさらに北へ移り、主産卵期も5月になる傾向がみられた。しかし1993~1994年になると、卵豊度の割合が日本海北部海域以外の海域においても高くなり、卵豊度の高い時期は九州北部海域が3月で、日本海北部海域では5月であった(Fig. 3)。一方九州五島灘から玄海灘にかけて、同じ調査期間にあたる1979~1994年における主産卵期は、1979~1980年と1989年以降が3月に、1981~1988年は4月にあったことが永谷ら(1995)により報告されている。また松岡・小西*は、九州西岸域における産卵のピークは1979~1982年に3月であったのに対し、1983~1988年には4月と遅れ、1989年以降再び3月になったことを報告している。さらに太平洋側では、資源が高水準であった1978~1992年の主産卵期は2・3月であったが(渡邊 1996; WATANABE *et al.* 1996)、1993年以降潮岬以東では、4・5月に産卵の中心が移りつつある(渡邊ら 1995)。したがって漁獲量が極めて多かった1980年代における主産卵期は、太平洋側で2・3月と早い反面、九州海域と日本海の各海域では3月から4・5月へと遅くなったと言える。そして1990年代に入り漁獲量が激減していく過程で主産卵期は、九州海域で3月へと早まり、一方潮岬以東の太平洋側並びに日本海側においては、それぞれ4・5月となる傾向がみられた。このように、九州海域の産卵時期は1980年代に遅れる傾向が、また日本海側では1980・1990年代ともに遅れる傾向が認められた。この1980年代、特に九州海域と日本海側において産卵時期の遅れが顕著に認められた1984年以降、太平洋側では産卵群の増加により、それまでは大陸棚上の卵豊度が高かったのに対し、この年以降黒潮外側域における割合が急増し、産卵場の沖合への拡大が認められている(渡邊 1996; WATANABE *et al.* 1996, 1997)。1984年以降、太平洋側では同一産卵場においてこのような空間的变化が認められたのに対し、九州海域や日本海側では、主な産卵場や産卵時期自体に変化が生じている。おそらくこれは増加した産卵親魚群の一部が、この時の主産卵期に相当する産卵適水温を求めて春季の水温上昇の著しい九州西部・北部海域や日本海において産卵した

*松岡正信・小西芳信 九州周辺海域における近年のマイワシ産卵量. 平成7年度日本水産学会秋季大会要旨, 20.

結果、場所的に北上し、時間的に太平洋側より遅れたためではないかと推察される。なお1987年の日本海・太平洋における卵豊度は前年よりも大きく減少しているが(渡邊 1996; WATANABE *et al.* 1996)、九州周辺海域における卵豊度は、1979年以降の調査結果では最も高い値を記録したことが前述の松岡・小西によって報告されている。このことから、この年の産卵群は何らかの要因により九州海域へ集中したのかもしれない。1989年以降産卵時期は、九州海域において3月と早まり、日本海においては、1990年以後1984年から継続してみられた4・5月で、しかも主産卵場は日本海北部海域で認められた。これらのことから産卵期が大きく二分される傾向が示唆され、1990年前後から産卵親魚群が九州海域と日本海とに分離し始めたと考え

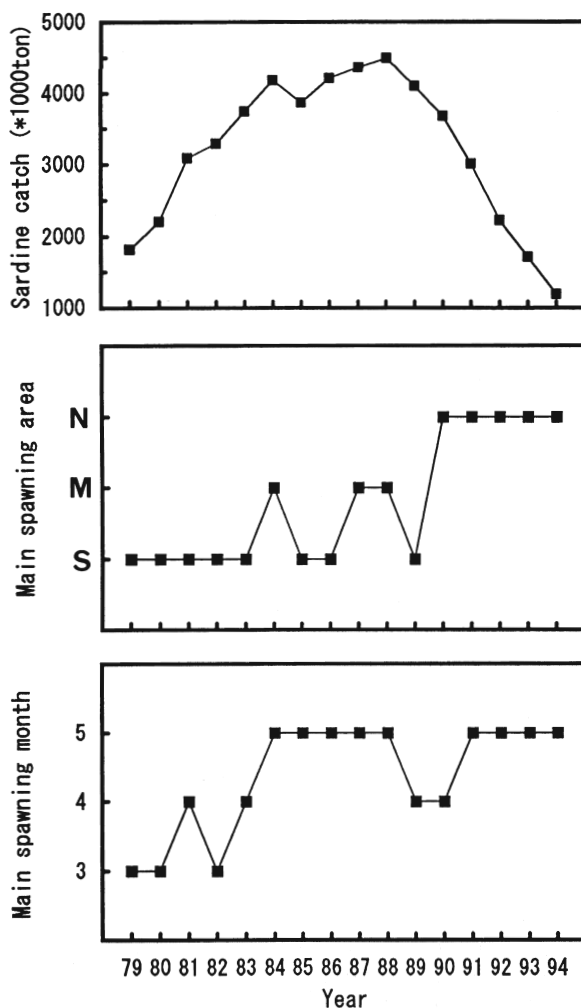


Fig. 5. Interannual fluctuations of the sardine catch around Japan (top: after Statistics and Information Department 1996), the main spawning area (middle) and month of main spawning (bottom) of the sardine in the Japan Sea. The main spawning area and month in each year are defined as the area where the highest egg abundance in March to May was observed, and the month when the highest egg abundance was observed in the main spawning area, respectively (see Fig. 3). In the main spawning area the letters N, M, and S mean the areas in Fig. 1.

えられる。そしてこの分離は、1993～1994年にかけてさらに明瞭になったと推察される (Fig. 3)。一方、太平洋側では1990～1992年に、黒潮の内側域で、薩南海域より下流に相当する紀伊半島沖で卵豊度の比重が増加する中、太平洋側全体の卵豊度としては年々減少傾向にあった (ISHIDA *et al.* 1994; 渡邊 1996; WATANABE *et al.* 1996)。このように1990年代初頭に認められた太平洋側の産卵場の東偏・縮小は、日本海側における産卵海域の北への移行と現象的にも時間的にもよく一致する。さらにこれらが、日本海で1989年以降認められた資源量の急減 (HIYAMA *et al.* 1995) とよく対応しているということは、資源変動と産卵場の変化とが密接に関連していることを示唆している。

以上のように、卵豊度を指標としてその経年変化や、卵豊度から推察される主産卵場と主産卵期の経年変化を、他海域における関連情報と組み合わせて比較・解析を行うことにより、これらの変化が漁獲量変動すなわち資源変動とよく対応することが示唆された。従って、日本海において卵豊度を指標に導き出される産卵情報を把握・蓄積し、他海域の結果や過去の知見等から総合的に比較・検討を行うことは、マイワシ資源の動向だけでなく、資源変動機構を解明する上で極めて重要なことである。さらにここで指摘した産卵に関する場所的・時間的变化に対し、水温がどの程度関与しているかを検討することは、これら変化と資源変動との関係について理解を深める上で不可欠なことと考えられるので、今後各海域・時期におけるマイワシの産卵水温を比較することが必要である。

文 献

- 後藤常夫 (1998) ノルバックネットと改良型ノルバックネットで同時に採集された魚卵数の比較. 日水研報告, (48), 61-69.
- HIYAMA, Y., NISHIDA, H. and GOTO T. (1995) Interannual fluctuations in recruitment and growth of the sardine, *Sardinops melanostictus*, in the Sea of Japan and adjacent waters. *Res. Popul. Ecol.*, **37**, 177-183.
- ISHIDA M., HANAOKA F. and NAKAGAWA N. (1994) Distribution of adult fish and eggs of Japanese sardine in the Kuroshio area off the Kii Peninsula, Shikoku and Kyushu in the recent spawning seasons. *Proceedings of China-Japan JSCRK*, 544-552.
- 伊東祐方 (1961) 日本近海におけるマイワシの漁業生物学的研究. 日水研報告, (9), 1-227.
- 菊池 弘・森慶一郎・中田 薫 (1992) 潮岬以東海域におけるマイワシ卵・仔魚の出現域の沖合化. 日水誌, **58**, 427-432.
- 黒田一紀 (1988) 本邦の太平洋沿岸域におけるマイワシ主産卵場の変遷. 水産海洋研究会報, **52**, 289-296.
- 黒田一紀 (1991) マイワシの初期生活期を中心とする再生産過程に関する研究. 中央水研研究報, (3), 25-278.
- 永谷 浩・大下誠二・丸俊雄 (1995) 漂流ハガキ調査から推定したマイワシ卵仔魚の輸送に関する研究. 西海ブロック漁海況研報, (4), 27-33.
- NAKAI, Z. (1962) Apparatus for collecting macroplankton in the spawning surveys of Iwashi (sardine, anchovy and round herring) and others. *Bull. Tokai Reg. Fish. Res. Lab.*, (9), 221-237, 10 pls.
- NAKAI, Z. and HATTORI S. (1962) Quantitative distribution of eggs and larvae of the Japanese sardine by year, 1949 through 1951. *Bull. Tokai Reg. Fish. Lab.*, (9), 23-60.
- 農林水産省統計情報部 (1996) 平成6年漁業・養殖業生産統計年報. 農林統計協会, 東京, 292 pp.
- 農林水産省統計情報部 (1997) 平成7年漁業・養殖業生産統計年報. 農林統計協会, 東京, 309 pp.
- 渡辺和春 (1987) マイワシ九州・日本海系群の産卵状況. 水産海洋研究会報, **51**, 42-46.
- 渡部泰輔 (1983) 卵数法. pp 9-29. 石井丈夫編 水産資源の解析と評価, 恒星社厚生閣, 東京.
- 渡邊良朗 (1996) 資源変動に伴うマイワシ産卵場の沖合化. 海洋, **28**, 92-97.
- 渡邊良朗・銭谷 弘・木村 量 (1995) 潮岬以東海域におけるマイワシの産卵量および仔魚の分布状況. 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, (15), 51-63, 中央水産研究所.
- WATANABE Y., ZENITANI H. and KIMURA R. (1996) Offshore expansion of spawning of the Japanese sardine, *Sardinops melanostictus*, and its implication for egg and larval survival. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, **53**, 55-61.
- WATANABE Y., ZENITANI H. and KIMURA R. (1997) Variations in spawning ground area and egg density of the Japanese sardine in Pacific coastal and oceanic waters. *Fish. Oceanogr.*, **6**, 35-40.