カタクチイワシ本州太平洋系群の再生産関係

岡田 行 親, 和 田 時 夫

(1999 年 4 月 15 日受付)

Reproductive Relationships of the Pacific Stock of
Japanese Anchovy *Engraulis japonicus*Yukichika Okada*¹ and Tokio Wada*¹

The relationships between the number of parents, the egg production in the eastern area from the Shionomisaki of the Pacific water off Japan from 1978 to 1994, and the number of children, the cumulative egg production of progeny from 1978 to 1994 year-classes, of the Pacific stock of Japanese anchovy were investigated. We obtained the cumulative egg production of progeny from the egg production of the Pacific stock of Japanese anchovy divided by the ratio of relative annual fecundity estimated from past studies and the annual adult catch every year from 1978 to 1996. Reproduction relationships of 1978-1988 year-classes differed from 1990-1994 year-classes. The reproductive relationship of the former was constant when the stock abundance was low and that of the latter fluctuated when it was high.

キーワード：カタクチイワシ，再生産，資源量，産卵量

カタクチイワシ *Engraulis japonicus* は日本周辺に広く分布し、まき網をはじめとする沿岸、沖合漁業の主要な対象種となっており、産卵状況、分布域および漁況の推移から本州太平洋系群、九州太平洋系群、九州西岸系群、および日本海系群の4系群に分けられている。このうち、本州太平洋系群は熊野灘～三陸沿岸を主な分布域とし、熊野灘～房総海域を主産卵場としている。^{1,2)} 日本のカタクチイワシの漁獲量は近年では13～33万トンの間で変動している。1978～1996年の本州太平洋系群の漁獲量（北海道太平洋側～三重県までの合計漁獲量）の経年変化は日本の漁獲量および潮岬以東の太平洋側産卵量の経年変化とほぼ一致し、1978～1989年には低水準にあったが1990年に急増し、以後高い水準で増減をくり返してきた（Fig. 1）。

日本は1996年に海洋に関する国際連合条約（国連海洋法条約）を批准するとともに関連国内法を整備し、1997年からマイワシ、サバ類、マアジ、サンマ、スケトウダラ、ズワイガニを対象に漁獲可能量（Total Allowable Catch, TAC）制に基づく資源管理を実施している。1998年にはスルメイカが追加され、対象魚種は今後さらに増える見込みであり、カタクチイワシもその

候補である。

漁獲可能量算定のための生物学的資源管理基準として、近年、加入当たり産卵資源量（Spawning Biomass per Recruitment, SPR）が注目され、³⁾ マサバのような個体数変動の激しい浮魚類に対しても、加入乱獲の防止を目的とする管理基準として有効であることが指摘されている。⁴⁾ SPRによる資源管理において再生産関係は次世代の資源を安定的に確保するために必要な産卵資源量を推定するために不可欠な情報である。また、将来の資源動向を予測する上でも重要である。しかし、カタクチイワシ本州太平洋系群の再生産関係については産卵量の経年変動に基づく定性的な分析^{5),*2)}があるにすぎない。そこで本研究では、産卵調査から得られた産卵量推定値を観測値、年齢別漁獲量と単位体重当たり年間産卵量から得られた産卵量推定値を推定値として、1978～1996年のカタクチイワシ本州太平洋系群を対象に、単位体重当たり1回当たり産卵量、産卵間隔⁶⁻¹⁰⁾および成長モデル¹¹⁾を利用して、成魚漁獲量と既往の知見から推定した単位体重当たりの年間産卵量に基づいて年々の観測値を年級別推定値に分解し、ある年の観測値とその年生まれの子が生涯に産んだ累積推定値との間で再生産関係を

*¹ 中央水産研究所（National Research Institute of Fisheries Science, Fukuoka, Kanazawa, Yokohama 236-8648, Japan）.*² 渡部泰輔：多獲性浮魚類の魚種交代と資源管理について 産卵調査による結果を中心として．東北水研ニュース，36，15-21（1989）.

Fig. 1. Annual changes of Japanese anchovy in catch around Japan, (●); the whole catch in the area from southeastern Hokkaido to Mie Prefecture, (■); and observed egg production in the eastern area from Shionomisaki of the Pacific coast off Japan, (▲) from 1978 to 1996.

検討した。

資料と方法

資料 体長階級別漁獲量の計算には、中央水産研究所が主催する「太平洋北部イワシ・サバ長期漁況海況予報会議資料」、北海道水産現勢、青森県～三重県の農林統計年報、ならびに北部太平洋まき網漁業連合会の「北部太平洋海区まき網陸揚量」を用いた。また、体長一体重関係および体長一成熟関係の分析には、水産庁が主催する「我が国 200 カイリ水域内漁業資源調査」と「我が国周辺漁業資源調査資料」を用いた。観測値の資料としては、1978 年以降計算されている太平洋側の産卵量¹²⁻¹⁸⁾を用いた。

体長階級別漁獲量の計算 月別漁獲量と体長組成の変動傾向から、海域を北海道、青森県～宮城県、福島県～千葉県、神奈川県～静岡県、愛知県～三重県の 5 つに区分し、体長 4 cm 以上を対象に 0.5 cm 間隔で、海域別に 1978～1996 年の体長階級別漁獲尾数を計算し、全海区の合計値を求めた。次いでこれに年別に求めた体長一体重関係から計算される体長階級別平均体重を乗じて、年別に体長階級別漁獲量を計算した。

年齢別成魚漁獲量の計算 カタクチイワシ本州太平洋系群の産卵期間は 2～11 月に及ぶが盛期は 5～7 月である。^{19,20)} 最小成熟体長は 8～9 cm^{7,9,21,22)} であり、孵化後 4 ヶ月で成熟する個体もあるが、大部分は翌年に成熟する。⁷⁾ 産卵盛期が 5～7 月であることから、個体成長が Hayashi and Kondo¹¹⁾ の夏秋発生群のモデルにしたがうと仮定すれば、7 月に生まれた個体は、翌年 1 月には 6.5 cm、翌々年の 1 月には 12 cm に達する (Fig. 2)。一方、寿命は 2～3 年とされている。¹¹⁾ しかし、漁獲物の体長組成では 14 cm 以上の個体は極めて少なく、体

長から 2 歳魚と 3 歳魚を区別するのは困難⁷⁾ である。

そこで、本研究では、毎年 1 月 1 日に加齢するとの前提のもとで、産卵成魚は 1 歳魚と 2 歳魚で構成されると仮定した。また、成長モデル (Fig. 2) と 1991、1992 年の房総海域での漁獲物を対象とした鱗による年齢査定結果 (Table 1) に基づき、1 歳魚と 2 歳魚の体長の境界を 12.5 cm とした。

露田⁸⁾ は飼育実験から生殖腺指数 (GSI, 生殖腺重量/体重×100) が 4 以上で卵黄球期後期に達し、この後成熟期を経て産卵することを報告している。また、三谷²¹⁾ は産卵期を通した漁獲物の生殖腺の肉眼による観察結果に基づき、おおむね GSI が 5 を超えると成熟することを報告している。ここでは GSI>5 の雌は全て産卵に参加すると仮定し、1978～1996 年の年別月別に体長に対する GSI のプロットを検討し、0.5 cm 単位で最小成熟体長を求めた。最小成熟体長の決定の具体例として、Fig. 3 に 1981、1985、1993 年の 4、7、9 月の体長と GSI の関係を示した。決定した最小成熟体長はそれぞれ、9、7.5、10 cm であった。

これらの仮定に基づき、年別体長階級別漁獲量から年別年齢別成魚漁獲量を計算した。

成魚の単位体重当たり年間産卵量の推定 単位体重当たり年間産卵量は、単位体重当たり 1 回当たり産卵量に 1 産卵期間中の産卵回数に乗じて計算される。また、1 産卵期間中の産卵回数は、産卵期間と産卵間隔から求められる。

カタクチイワシ雌の単位体重 (1 g) 当たり 1 回当たり産卵量について、今井⁶⁾ や船越⁷⁾ は低温期より高温期で多いことを認めている。また、露田⁸⁾ は飼育実験で水温と正の相関があると報告している。季節を冬・春季 (2～5 月)、夏季 (6～8 月)、秋季 (9、10 月) の 3 つに

Fig. 2. Approximate growth curve for the brood born in July predicted from that for fall brood of the Pacific stock of Japanese anchovy by Hayashi and Kondo (1957).

Table 1. Monthly body length of Japanese anchovy by age using scale age determination off the Boso Peninsula in 1991 and 1992

Month/Age	1991				1992			
	Body length (cm)			Sample size	Body length (cm)			Sample size
	0	1	2	3	0	1	2	3
Jan.			*12.5±0.53				12.7±0.31	12.7
Feb.			12.1±0.55					
Mar.							12.6±0.23	15
Apr.								
May			12.8±0.40			10.4±0.21		18
June			12.9±0.30			11.1±0.48		19
July		11.7±0.28		8		11.1±0.38	13.1±0.37	10 7
Aug.						10.9±0.48		10
Sept.								
Oct.					10.4±0.19			14
Nov.								
Dec.	10.0±0.64			14	9.9±0.41			20

* Mean±S.D.

分け、単位体重当たり1回当たり産卵量についての既往のデータ⁶⁻¹⁹⁾を、成魚の体重に対してプロットすると、季節および体重により、値は大きく変化した (Fig. 4)。そこで本研究では、単位体重当たり1回当たり産卵量は季節別年齢別に求めることとした。先に設定した成長モデルと体長-体重関係から、季節別年齢別に成魚の平均体重を求め、Fig. 4 から対応する単位体重当

たり1回当たり産卵量を読みとった。なお、季節区分は Fig. 4 と同様とした。

本研究では、産卵期間は1歳魚では体長組成から産卵が1歳魚主体と考えられる1978~1986年の月別産卵量¹²⁾を用いて6~9月(120日間)とし、2歳魚の産卵期の始まりは1990年以降の月別産卵量¹⁴⁻¹⁸⁾から、産卵期の終わりは1990年以降の三重県~福島県の体長13

Fig. 3. Gonad somatic index (GSI) plotted against body length of Japanese anchovy on April, July, and September in 1981, 1985, and 1993.

Fig. 4. Relative batch fecundity (RBF, number of eggs spawned per batch per gram female body weight) in season (Winter-Spring, Feb.-May; Summer, Jun.-Aug.; Autumn, Sept.-Oct.) plotted against body weight by the past studies.

cm 以上の月別漁獲尾数 (Table 2) から推定して 2~6 月 (150 日間) とした。雌は産卵期間中継続して産卵すると仮定した。今井⁶⁾, 船越⁷⁾, 靄田⁸⁾, 靄田・高橋⁹⁾らは産卵間隔を推定してその季節変化を認め、今井⁶⁾は水温から産卵間隔を推定する式を提示している。そこで本研究では、これらの既往の値を季節別に平均した値を用いた。夏季については 1 歳魚, 2 歳魚ともに産卵するが、産卵間隔は両方で等しいと仮定した。

Table 3 に年齢別, 季節別に推定した単位体重当たり産卵 1 回当たり産卵量, 産卵期間, 産卵間隔および計算された年齢別単位体重当たりの年間産卵量を示した。

なお, 単位体重当たり 1 回当たり産卵量, 産卵期間, 産卵間隔は年により変動することが知られている。^{8,10,23)} しかしながら, 本研究で用いたデータからは, これを毎年明らかにすることは難しく, ここでは考慮しなかった。

年齢別産卵量の計算 産卵量が産卵資源量に比例し、毎年年齢や体長によって漁獲のされ方に差がないと仮定できれば、 i 年の j 歳魚の推定値 E_{ij} は、性比を1:1として、

$$E_{ij} = ET_i \times F_{ij} \times S_{ij} / \sum_{j=1}^2 (F_{ij} \times S_{ij}) \quad (1)$$

$$F_{ij} = f_{ij} \times T_{ij} / D_{ij} \quad (2)$$

で計算される。ここで、 ET_i : i 年の観測値、 F_{ij} : i 年の j 歳魚の体重1g当たりの年間産卵量、 S_{ij} : i 年の j 歳魚の漁獲物中の割合あるいは漁獲量、 f_{ij} : i 年の j 歳魚の単位体重当たり産卵1回当たり産卵量、 T_{ij} : i 年の j 歳魚の産卵期間(日)、 D_{ij} : i 年の j 歳魚の産卵間隔(日)である。

カタクチイワシ本州太平洋系群の産卵量が、潮岬以東の海域で観察されている観測値に対応すると仮定して、上で求めたパラメータにより(1), (2)式を用いて1978~1996年の観測値を年齢別推定値に振り分け、さらに年級別推定値を計算して、観測値との間で再生産関

係を検討した。

結 果

年齢別成魚漁獲量 Table 4に1978~1996年の最小成熟体長と年齢別成魚漁獲量の経年推移を示した。成魚漁獲量は1978~1989年では1歳魚主体で1~6万トンの低い水準であったが、1990年に21万トンに急増後、大きく変動しながら漁獲量水準は8~19万トンと高くなった。1歳魚の成魚漁獲量は1978~1988年では1986年を除き1~3万トン台の低い水準であったが、1989年に増加して5万トンに、1990年には約13万トンに達した。1991年以降4.5~8万トン前後で変動しながら高い水準を維持している。2歳魚以上の成魚漁獲量は1978~1988年では約0.1~0.7万トンの低い水準であったが、1歳魚同様に1989年以降大幅に増加し、大きく変動しながら約3~11万トンで高い水準を維持している。最小成熟体長は資源水準の低い時代には7.5~9.5 cm、資源水準の高い時代には9.5~10.0 cmであった。

年齢別産卵量 Table 5に1978~1994年級の年齢別推定値と年級別推定値および観測値の経年推移を示した。資源水準の低い1978~1987年級では1歳魚が産卵主体となり、その産卵量は600~2,000兆粒であり、2歳魚の産卵量は25~140兆粒にすぎなかった。しかし、資源水準の低かった1988年級から2歳魚の産卵量が大幅に増加し、資源水準の高かった1989~1994年級群では1歳魚の産卵量は約1,000~4,000兆粒、2歳魚の産卵量は700~3,000兆粒となった。

再生産関係 Figure 5に、1978~1994年級群について、年々の潮岬以東海域での観測値(親世代の産卵量)に対する各年級群別の推定値(子世代の産卵量)をプロットした。1978~1988年級群では子世代推定値は親世代の観測値とほぼ同量で、資源は低い水準に留まっていた。しかし、1989, 1990年級群では親世代の観測値が低水準であったにもかかわらず子世代の推定値はそれぞれ親世代の4.6, 2.2倍にも達して、極めて良好な再生産関

Table 2. Monthly catch in number ($\times$ million) of body length over 13 cm from Fukushima to Mie Prefecture from 1990 to 1996

Month/ Year	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
Jan.	74	697	1,397	170	35	597	838
Feb.	6	34	182	123	138	224	244
Mar.	1	28	20	93	172	55	18
Apr.	16	6	0	57	40	23	27
May	34	13	33	93	21	185	85
June	44	65	56	66	88	114	35
July	8	38	39	9	3	34	86
Aug.	2	31	49	2	30	71	57
Sept.	26	14	2	3	4	27	8
Oct.	1	1	5	2	0	16	3
Nov.	0	4	272	0	0	38	150
Dec.	928	967	25	75	0	334	535

Table 3. Relative batch fecundity (number of eggs spawned per batch per gram female body weight), f (egg/g), spawning period, (T); spawning interval (D) by season (winter-spring, Feb.-May.; summer, Jun.-Aug.; autumn, Sept.-Oct.), and relative annual fecundity (annual fecundity per gram female body weight, F) of Japanese anchovy

Age	f (eggs/g)			T (days)			D (days/spawning)			F (eggs)
	Winter-Spring	Summer	Autumn	Winter-Spring	Summer	Autumn	Winter-Spring	Summer	Autumn	
1		600	500		90	30		2.4	2.5	28,500
2	300	500		120	30		4.7	2.4		13,900

Table 4. Annual changes in the size at first sexual maturity, catches of 1, 2 year-old adults, and total catch of adults of Japanese anchovy in the area from southeastern Hokkaido to Mie Prefecture from 1978 to 1996

Year	The size at first sexual maturity (cm)	Catch of 1 year-old adult (tons)	Catch of 2 year-old adult (tons)	Catch of adults of all ages (tons)
1978	9.5	13,389	3,296	16,685
1979	9.5	15,697	6,651	22,348
1980	8.0	30,794	7,452	38,246
1981	9.0	14,112	5,485	19,597
1982	9.0	10,853	2,100	12,953
1983	9.0	19,808	1,219	21,027
1984	8.0	24,001	2,034	26,035
1985	7.5	33,088	768	33,856
1986	8.5	46,818	1,225	48,043
1987	9.0	35,603	2,090	37,693
1988	8.5	35,806	4,374	40,180
1989	9.5	49,780	11,618	61,398
1990	9.5	126,603	87,711	214,314
1991	10.0	81,319	112,822	194,141
1992	9.0	78,283	108,087	186,370
1993	10.0	42,050	35,877	77,927
1994	10.0	48,841	33,304	82,145
1995	10.0	47,746	68,041	115,787
1996	10.0	77,139	105,135	182,274

Table 5. Annual changes in estimated egg production of Japanese anchovy for each age in 1978–1994 year-classes and observed egg production in the eastern area from the Shionomisaki from 1978 to 1994

Year-class (Year)	Estimated Egg production ($\times 10^{12}$ eggs)			Observed egg production ($\times 10^{12}$ eggs)
	1 year-old adult	2 year-old adult	Total adults	
1978	608	112	720	314
1979	952	138	1,091	734
1980	730	85	815	1,065
1981	901	30	931	868
1982	998	43	1,041	986
1983	1,034	24	1,058	1,028
1984	2,134	25	2,159	1,077
1985	1,953	54	2,007	2,159
1986	1,874	56	1,929	1,978
1987	932	109	1,041	1,927
1988	960	713	1,673	988
1989	2,111	2,856	4,967	1,069
1990	4,220	2,103	6,323	2,824
1991	3,123	744	3,866	7,076
1992	1,787	1,030	2,817	5,225
1993	3,098	1,306	4,404	2,530
1994	1,879	917	2,797	4,128

係を示した。この2つの年級群の出現をきっかけとして資源は大幅に増加した。その後1991～1994年級群では再生産関係は良好と不良の年級が出現したため大きく変動し、資源量は高水準となった。

親世代の観測値と子世代の推定値の比を再生産率として求め、その自然対数と親世代の観測値との関係を示した (Fig. 6)。1978～1988年級群では相対的に親世代の観測値は低水準で再生産率は $-0.6 \sim 0.8$ であった。しかし、1989年級群は再生産率が研究対象の年級群ではもっとも高い1.5を示し、これ以降産卵量も増加して1990年級群以降では親世代観測値が相対的に高水準で再生産率は $-0.6 \sim 0.8$ となった。

考 察

本研究においては、カタクチイワシ太平洋系群の産卵量は潮岬以東の観測値に対応すると仮定した。しかし、使用した資料の調査海域は常磐海域までに限られているため北緯38度以北の産卵量は評価されていない。カタクチイワシ本州太平洋系群は資源量が高水準になると産卵場が拡大し、²⁰⁾ 三陸沖合域も産卵場になる。⁵⁾ 宮城県

Fig. 5. Relation between estimated egg production of progeny in 1978–1994 year-classes and observed egg production of parent in 1978–1994 years on the Pacific stock of Japanese anchovy.

Replacement line means that egg production of progeny on it is the same as the egg production of parent.

Fig. 6. Relation between the reproduction rate ($\ln$ (estimated egg production of progeny/observed egg production of parents)) in 1978–1994 year-classes and observed egg production of parent in 1978–1994 years on the Pacific stock of Japanese anchovy.

沿岸では採集卵数が1988年から増加し,²⁴⁾ 道東海域でも1988年からカタクチイワシ卵が採集されたことが報告されている。²⁵⁾ このため本論文で用いたカタクチイワシ本州太平洋系群の観測値は資源水準が高い年代には過少に評価されていると考えられる。

本研究によりカタクチイワシ本州太平洋系群は資源低水準期(1978~1988年級群)から資源増大期(1989年級)を経て資源高水準期(1990~1994年級群)になり、再生産関係も1989年級群を境に異なることが明らかとなった。マイワシ、マサバにこのような異なる再生産関係があるのは認識されていたが、^{19,26-28)} カタクチイワシにおいても同様であることが確かめられた。渡部⁵⁾ はある年の観測値と翌年のそれを用いて模式的に本州太平洋系群において資源水準の高低により産卵量水準の異なる右回りの再生産関係をすでに指摘している。本研究においても親世代に対する子世代の推定値のプロットは1994年級を除き右回りに推移していた(Fig. 5)。船越⁷⁾ が指摘しているように資源水準によって産卵群構成に変化が生じ、資源水準の低い1978~1987年級では成魚は1歳魚主体の単年級であったが、資源水準の低い1988年級から2歳魚による産卵量が増加し、資源水準の高い1989~1994年級では1歳魚と2歳魚の複数年級であった。

カタクチイワシの雌の最小成熟体長の判定にGSIを用いた。ただし、GSIは固有の問題点をもっている。GSIによる成熟状態の判定では産卵後であるか、産卵活動終了後であるか判定できない。また成熟状態が同一でも体長差によりGSIは異なる。今回得られた最小成熟体長範囲は7.5~10 cmであり、これまでの知

見^{7,8,21,22)} の8~9 cmと異なったのはGSIのみで成熟状態を判定したためである可能性がある。また、雌1尾当たり産卵量や産卵間隔等の産卵パラメータに関する時系列情報は整備されておらず、春季の黒潮域での産卵生態情報が皆無である等沖合域の産卵生態に関する情報は非常に少ないことから、本研究では年変動について考慮していない。このため本研究における再生産関係は資源動態の影響が強く表れたものになっている。今井ほか²³⁾ は沿岸域での水温および生殖腺重量と産卵パラメータの関係から過去にさかのぼって1回当たり産卵数、産卵間隔の推定が可能と述べており、靄田・高橋¹⁹⁾ は沖合域での産卵特性が沿岸域とは異なる可能性を指摘している。今後は沖合域の産卵生態を明らかにし、過去の雌1尾あたり年間産卵量の年変動を推定することにより再生産関係を検討しなければならない。

謝 辞

本論文のご校閲をいただくとともに貴重なご助言を賜った、水産庁北海道区水産研究所靄田義成博士、ならびに水産大学校今井千文博士に厚く御礼申し上げる。本研究で用いた資料の多くは、これまで水産庁が実施してきた「我が国200カイリ水域内漁業資源調査」、「我が国周辺漁業資源調査」および「漁況海況予報事業」を通じて、北海道から三重県に至る都道府県の水産研究機関や関係する水産研究所によって、取得し蓄積されてきたものである。これらの資料の収集や整理にあたられた関係機関の担当者のご努力に対し、心からの敬意と感謝の意を表す。また、千葉県水産試験場の内山雅史氏には年齢査定のための鱗の試料をご提供いただいた。記して感謝

申し上げる。

文 献

- 1) S. Hayashi: Fisheries biology of the Japanese anchovy, *Engraulis japonica* (HOUTTUYN). *Bull. Tokai Reg. Fish. Res. Lab.*, **31**, 145-268 (1961).
- 2) 近藤恵一: カタクチイワシの生態と資源. 日本水産資源保護協会, **20**, 1-57 (1971).
- 3) 松宮義晴: 水産資源管理概論, 水産研究叢書 **46**, 日本水産資源保護協会, 東京, 1996, pp. 76.
- 4) 和田時夫, 佐藤千夏子, 松宮義晴: 加入量あたり産卵資源量解析によるマサバ太平洋系群の資源管理. 水産海洋研究, **60**, 363-371 (1996).
- 5) 渡部泰輔: 多獲性浮魚類の再生産からみた魚種交代について. 水産海洋研究, **56**, 505-514 (1992).
- 6) 今井千文: 初期減耗変動に関わる諸要因—カタクチイワシの飼育実験例から—, 水産海洋研究, **51**, 55-58 (1987).
- 7) 船越茂雄: 遠州灘, 伊勢・三河湾およびその周辺海域におけるカタクチイワシの再生産機構に関する研究. 愛知水試研究業績 B 集, **10**, 1-208 (1990).
- 8) 鶴田義成: カタクチイワシの成熟・産卵と再生産力の調節に関する研究. 水工研研報, **13**, 129-168 (1992).
- 9) 鶴田義成, 高橋章策: 黒潮流域および混合水域におけるカタクチイワシ *Engraulis japonicus* H. の産卵生態. 北水研研報, **61**, 9-15 (1997).
- 10) C. Imai and S. Tanaka: Effect of sea water temperature on variability of batch fecundity in Japanese anchovy from coastal waters around MIURA Peninsula, Central Japan. *Fisheries Sci.*, **63**, 489-495 (1997).
- 11) S. Hayashi and K. Kondo: Growth of Japanese anchovy—IV. Age determination with the use of scales. *Bull. Tokai Reg. Fish. Res. Lab.*, **17**, 31-64 (1957).
- 12) 森慶一郎, 黒田一紀, 小西芳信: 日本の太平洋岸 (常磐～薩南海域) におけるマイワシ, カタクチイワシ, サバ類の月別, 海域別産卵状況: 1978 年 1 月～1986 年 12 月. 東海区水産研究所, 東京, 1988, pp. 6-7.
- 13) 菊地 弘, 小西芳信: 日本の太平洋岸 (常磐～薩南海域) におけるマイワシ, カタクチイワシ, サバ類の月別, 海域別産卵状況: 1987 年 1 月～1988 年 12 月. 中央水産研究所, 東京, 1990, pp. 6.
- 14) 石田 実, 菊地 弘: 日本の太平洋岸 (常磐～薩南海域) におけるマイワシ, カタクチイワシ, サバ類の月別, 海域別産卵状況: 1989 年 1 月～1990 年 12 月. 中央水産研究所, 東京, 1992, pp. 6.
- 15) 銭谷 弘, 石田 実, 小西芳信, 後藤常夫, 渡邊良朗, 木村 量 (編集): 日本周辺水域における主要浮魚類の卵仔魚分布: 1991 年 1 月～1993 年 12 月. 水産庁研究所資源管理研究報告シリーズ A-1, 横浜, 1995, pp. 14-15.
- 16) 銭谷 弘, 渡邊良朗, 木村 量: 潮岬以東海域におけるカタクチイワシの産卵量および卵の分布状況: 1994 年 1 月～12 月. 平成 7 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, **15**, 64-71 (1995).
- 17) 銭谷 弘, 大関芳沖, 木村 量: 潮岬以東海域におけるカタクチイワシの産卵量および卵の分布状況: 1995 年 6 月～1996 年 5 月. 平成 8 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, **16**, 70-80 (1996).
- 18) 木村 量, 大関芳沖, 久保田洋, 塚本洋一, 石井裕二, 上田容之: 潮岬以東海域におけるカタクチイワシの産卵量および卵の分布状況: 1996 年 6 月～1997 年 5 月. 平成 9 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, **17**, 91-103 (1997).
- 19) 渡部泰輔: 沿岸回遊性浮魚類の卵・稚仔分布と黒潮. 沿岸海洋研究ノート, **19**, 149-162 (1982).
- 20) 銭谷 弘, 木村 量: 太平洋岸域のカタクチイワシの資源回復に伴う 2～3 月産卵量の増加. 日水誌, **63**, 665-671 (1997).
- 21) 三谷 勇: 神奈川のカタクチイワシ. 神奈川水試資料, **259**, pp. 61 (1978).
- 22) 近藤恵一: カタクチイワシの資源学的研究. 東海水研研報, **60**, 29-81 (1969).
- 23) 今井千文, 楢取和明, 田島良博, 中村元彦, 内山雅史, 山田浩且: 水温情報を用いた卵数法によるカタクチイワシ本州太平洋系群の資源量推定. 水産海洋研究, **62**, 356-368 (1998).
- 24) 高橋清孝: 近年の宮城県沿岸におけるカタクチイワシ卵の出現状況について. 平成 8 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, **16**, 57-58 (1996).
- 25) 三原行雄: 道東太平洋海域におけるカタクチイワシの卵・仔魚の分布. 北水試研報, **44**, 1-8 (1994).
- 26) 渡部泰輔: マイワシ・マサバの資源変動と黒潮. 缶詰時報, **62**, 1-14 (1983).
- 27) 渡部泰輔: 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. 漁業資源研究会議浮魚部会報告, **19**, 73-88 (1988).
- 28) T. Wada and L. Jacobson: Regimes and stock-recruitment relationships in Japanese sardine (*Sardinops melanostictus*), 1951-1995. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, **55**, 2455-2463 (1998).