

1980～2005 年の瀬戸内海における カタクチイワシの産卵量分布

河野 悌 昌,* 銭 谷 弘

(2007 年 5 月 28 日受付, 2008 年 1 月 17 日受理)

海水産総合研究センター瀬戸内海区水産研究所

Distribution of egg production of Japanese anchovy, *Engraulis japonicus*,
in the Seto Inland Sea, Japan, from 1980 to 2005

NAOAKI KONO* AND HIROMU ZENITANI

National Research Institute of Fisheries and Environment of Inland Sea, Fisheries Research Agency, Hattukaichi, Hiroshima 739-0452, Japan

Egg production of Japanese anchovy, *Engraulis japonicus*, in the Seto Inland Sea was estimated based on extensive egg census data from 1980 to 2005. The fluctuations in temporal and spatial distribution of anchovy egg production were analyzed to understand trends of adult stock and the relationship between egg production and sea surface temperature. From 1980 to 2005, the annual egg production in the Seto Inland Sea fluctuated between 153 trillion in 1993 and 1,146 trillion in 2002. Spawning occurred mainly for 5 months from May to September. Annual egg production was the largest in Iyo-Nada. Density of annual egg production was the largest in Osaka Bay. Anchovy eggs were detected in the SST range from 7.9 to 31.7°C, and more concentrated from 16.0 to 28.9°C. Mean SST from May to September tended to be lower than the 26-year mean from 1986 to 1993 and higher than in 1994 and after. The fluctuation of total egg production from May to September showed similar trends as that of the mean SST except for 1997 and 1998.

キーワード：カタクチイワシ，産卵量，水温，瀬戸内海，卵分布

「平成 17 年瀬戸内海区及び太平洋南区における漁業動向」¹⁾によると，瀬戸内海におけるカタクチイワシ *Engraulis japonicus* の漁獲量は，シラスを含めて約 6 万トンであり，本種は重要な漁獲対象種の 1 つとなっている (Fig. 1: 「昭和 27 年～昭和 59 年瀬戸内海漁業灘別漁獲統計累年表」; 社団法人日本水産保護協会: 「瀬戸内海地域の漁業」, 「瀬戸内海地域における漁業動向」, 「瀬戸内海区及び太平洋南区における漁業動向」; 中国四国農政局統計部)。資源の効率的な利用による漁家経営の安定化のためには，変動する資源量の予測が重要である。カタクチイワシは寿命が 2 年程度²⁾と短いことから，資源量を評価し予測するために年別年齢別漁獲尾数に基づいたコホート解析を用いることは不向きである。したがって，産卵親魚の資源量を推定する際の基礎データとなる産卵量^{3,4)}が，カタクチイワシの資源評価を実施する上で有用な情報源となる。

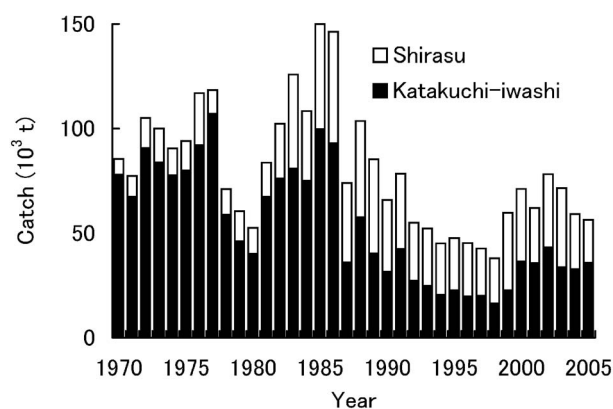


Fig. 1 Fluctuations in catch of Japanese anchovy in the Seto Inland Sea. Shirasu is late larvae about 15–40 mm in total length, and Katakuchi-iwashi is juvenile and adult larger than about 40 mm in total length.

Table 1 Egg production, variance and number of net tows for collecting Japanese anchovy eggs in each sea area

Year	Kii Channel			Osaka Bay			Harima-Nada			Bisan-Seto			Hiuchi-Nada		
	E (10^{12} eggs)	$Var(E)$ (10^{24} eggs)	No. of net tows	E (10^{12} eggs)	$Var(E)$ (10^{24} eggs)	No. of net tows	E (10^{12} eggs)	$Var(E)$ (10^{24} eggs)	No. of net tows	E (10^{12} eggs)	$Var(E)$ (10^{24} eggs)	No. of net tows	E (10^{12} eggs)	$Var(E)$ (10^{24} eggs)	No. of net tows
1980	7.63	3.25	380	3.21	0.51	180	59.13	1,480.53	359	2.58	2.97	278	23.95	49.11	175
1981	9.64	11.47	422	34.50	65.01	225	99.34	687.72	335	29.80	149.63	357	68.28	221.39	205
1982	9.00	3.99	398	65.34	121.90	237	51.53	156.80	364	9.03	4.73	360	10.93	5.74	240
1983	32.94	36.67	430	314.57	3,555.07	239	202.43	2,226.80	386	3.53	1.47	360	110.90	1,106.40	207
1984	26.59	16.72	429	74.86	145.07	240	137.85	5,305.02	356	5.41	14.17	360	17.00	19.35	236
1985	55.31	169.87	443	64.58	322.96	240	146.41	1,934.85	395	3.59	2.04	346	74.42	1,018.98	182
1986	54.96	64.02	422	76.44	649.17	240	234.19	3,952.65	397	11.18	17.49	346	76.66	509.92	220
1987	5.91	1.20	444	59.13	198.46	240	148.14	2,949.53	403	7.09	2.57	359	66.46	641.53	224
1988	9.11	7.08	423	18.28	34.68	180	32.81	105.93	399	8.88	20.05	360	45.48	101.93	219
1989	7.28	4.44	443	29.25	88.16	240	123.83	704.92	394	9.31	10.00	360	52.61	275.11	224
1990	25.38	23.05	423	74.50	971.26	240	40.00	100.16	393	1.46	0.13	360	52.48	285.88	240
1991	27.55	57.64	444	90.33	564.85	239	16.74	30.67	378	0.62	0.04	331	23.94	154.77	216
1992	6.19	2.51	340	11.17	10.90	160	21.26	69.72	335	4.09	6.54	276	19.42	81.55	222
1993	1.61	0.25	324	1.61	1.10	160	4.22	109.45	322	44.52	1.48	245	2.76	12.96	139
1994	8.48	3.35	292	136.54	1,827.35	120	96.37	1,117.77	329	0.98	0.15	274	27.48	33.90	120
1995	7.65	4.24	331	28.59	59.89	120	333.90	74,485.22	308	1.49	0.39	233	18.14	17.62	156
1996	15.98	22.55	268	104.71	1,049.04	120	96.97	1,053.96	315	4.39	1.95	239	26.56	24.71	152
1997	25.50	252.47	250	38.42	349.33	120	55.35	195.64	357	2.45	0.42	327	17.89	29.82	168
1998	8.49	2.44	260	16.59	18.14	118	57.10	222.95	372	1.96	0.29	359	22.62	60.53	192
1999	45.04	240.47	333	119.92	848.56	120	115.47	1,279.09	342	1.83	0.70	302	85.04	395.22	145
2000	21.36	35.69	300	187.45	1,198.58	180	122.14	1,038.35	273	3.16	0.39	276	42.74	158.01	215
2001	10.04	5.43	335	136.63	1,145.16	240	44.28	287.51	372	9.97	18.05	360	26.42	74.76	192
2002	110.44	1,305.95	288	261.84	2,815.73	180	259.18	3,033.68	315	36.65	583.39	360	103.34	2,031.11	192
2003	23.93	74.56	314	116.92	1,801.02	240	91.96	1,020.06	339	9.90	13.84	222	35.84	76.86	180
2004	19.83	9.71	326	60.13	173.40	240	126.98	1,493.57	361	11.58	10.84	248	85.68	665.32	144
2005	28.00	32.88	321	63.68	211.62	240	20.70	63.58	374	5.83	3.29	298	78.66	444.21	176
Total			9,383			5,098			9,273			8,196			4,981

Table 1 Egg production, variance and number of net tows for collecting Japanese anchovy eggs in each sea area (continued)

Year	Bingo Geiyo-Seto				Aki-Nada			Iyo-Nada			Suo-Nada			Total		
	E (10^{12} eggs)	$Var(E)$ (10^{24} eggs)	No. of net tows	E (10^{12} eggs)	$Var(E)$ (10^{24} eggs)	No. of net tows	E (10^{12} eggs)	$Var(E)$ (10^{24} eggs)	No. of net tows	E (10^{12} eggs)	$Var(E)$ (10^{24} eggs)	No. of net tows	E (10^{12} eggs)	$Var(E)$ (10^{24} eggs)	No. of net tows	
1980	4.29	2.24	100	87.62	531.68	151	115.62	1,187.81	185	62.53	138.38	445	366.56	3,396.48	2,253	
1981	7.99	3.62	137	179.61	1,136.91	206	186.02	1,546.28	332	72.96	220.55	514	688.16	4,042.57	2,733	
1982	6.10	18.50	134	89.98	625.17	186	37.58	72.68	380	48.16	147.92	471	327.64	1,157.42	2,770	
1983	0.36	0.04	130	41.19	143.04	191	106.94	805.65	340	153.72	909.17	503	966.58	8,784.31	2,786	
1984	2.85	2.75	142	13.70	14.20	200	381.16	11,609.20	359	223.31	1,705.17	495	882.74	18,831.65	2,817	
1985	4.88	14.99	124	21.31	88.81	186	71.46	511.58	346	74.36	382.47	491	516.32	4,446.54	2,753	
1986	0.69	0.06	142	13.38	9.07	200	132.25	332.42	371	14.42	17.26	460	614.19	5,552.06	2,798	
1987	1.15	0.23	143	29.36	72.58	207	96.75	192.30	376	38.81	115.40	513	452.80	4,173.80	2,909	
1988	3.67	2.88	136	21.05	46.83	194	46.45	48.89	345	17.52	8.09	477	203.25	376.36	2,733	
1989	1.70	0.48	115	46.36	93.11	166	47.41	141.92	366	68.51	75.91	464	386.25	1,394.04	2,772	
1990	1.30	0.99	135	123.87	351.67	187	218.63	3,685.52	396	34.67	64.21	370	572.29	5,482.87	2,744	
1991	0.45	0.02	129	25.14	53.72	179	167.25	2,672.19	382	42.24	57.53	372	394.27	3,591.42	2,670	
1992	14.24	66.26	127	15.40	44.61	203	245.48	2,637.74	396	181.28	3,191.84	372	518.55	6,111.68	2,431	
1993	3.77	1.70	48	9.40	12.93	133	17.74	249.78	385	67.60	96.05	384	153.24	485.70	2,140	
1994	0.59	0.06	36	268.52	3,816.99	106	242.28	2,001.32	357	82.74	651.71	384	863.98	9,452.59	2,018	
1995	0.08	0.01	54	9.68	6.13	127	26.91	117.09	240	63.76	355.57	384	490.21	75,046.15	1,953	
1996	0.22	0.01	48	141.25	1,965.82	120	170.04	2,353.72	351	51.94	199.41	327	612.06	6,671.18	1,940	
1997	0.35	0.02	48	16.24	97.12	120	79.28	946.46	362	58.57	230.83	384	294.04	2,102.10	2,136	
1998	1.19	0.19	62	33.06	81.25	125	109.84	2,257.01	375	233.60	3,597.20	383	484.46	6,239.98	2,246	
1999	3.53	3.17	50	42.32	230.35	115	318.32	9,946.36	328	111.79	661.24	348	843.26	13,605.16	2,083	
2000	7.25	39.91	80	144.41	5,049.55	139	119.91	590.12	402	132.14	1,288.07	384	780.54	9,398.68	2,249	
2001	2.65	0.99	69	48.40	487.80	119	74.19	482.60	358	112.73	539.51	380	465.31	3,041.81	2,425	
2002	3.60	2.31	70	78.21	603.90	124	127.60	1,088.71	358	165.49	5,084.71	324	1,146.34	16,559.48	2,211	
2003	4.63	5.25	70	146.16	812.50	127	191.72	2,725.71	382	119.89	1,130.31	361	740.95	7,660.12	2,235	
2004	12.55	41.62	52	100.46	296.91	115	196.39	5,735.51	395	97.68	315.55	371	711.30	8,742.42	2,252	
2005	7.44	4.18	64	102.25	995.52	123	151.24	1,454.30	390	58.23	395.96	354	516.01	3,605.53	2,340	
Total			2,445			4,049			9,257			10,715			63,397	

我が国では1949年以降、卵稚仔調査が継続して実施されており、⁴⁾ 瀬戸内海においても1955年以降、組織的な卵稚仔調査が行われている。⁵⁾ 特に、瀬戸内海におけるカタクチイワシの産卵や卵分布に関する報告は、紀伊水道、⁶⁾ 備讃瀬戸、⁷⁾ 伊予灘、^{8,9)} 周防灘^{10,11)}などで行われている。しかし瀬戸内海全体を網羅した報告は、高尾⁵⁾が1955～1962年、服部¹²⁾が1972～1979年について行っているものの、それ以降についてはなされていない。

本報告では瀬戸内海におけるカタクチイワシの産卵親魚量について長期的な変動を把握し、環境との関連性を検討するために、1980～2005年のカタクチイワシの産卵量を算出し、卵の時空間分布特性、および産卵と表面水温との関係について解析を行った。

試料および方法

解析に用いた資料は、瀬戸内海に面した11府県（和歌山、大阪、兵庫、岡山、広島、山口、福岡、大分、徳島、香川、愛媛）の13水産試験研究機関が「200カイリ水域内漁業資源総合調査」、「我が国周辺漁業資源調査委託事業」、および「我が国周辺水域資源調査等推進対策委託事業」において1980～2005年の1～12月に実施した卵稚仔調査で収集したものであり、解析に使用した曳網回数の合計は63,397回である（Table 1）。カタクチイワシ卵の採集には口径45 cmの丸特B型ネット¹³⁾または改良型ノルパックネット¹⁴⁾を用い、水深150 m以深の場合はワイヤー長150 mの、水深150 m以浅の場合は海底近くから表面までの鉛直曳網を行った。採集されたカタクチイワシ卵数を標準化するためにプランクトンネットの網口に濾水計を取り付け、各曳網時における濾水計回転数を読み取った。得られた標本は船上において5～10%海水ホルマリンで固定し、その後、実験室でカタクチイワシ卵の査定と計数を行った。また、カタクチイワシ卵は表層から5 m層の範囲で多く採集されることから、¹⁵⁾ 鉛直曳網を行った各観測点において表面水温の測定を行った。

瀬戸内海の各海域の産卵量を比較するため、瀬戸内海を9つの海域に分け（Fig. 2）、それぞれの海域における各月の産卵量を算出した。産卵量とその分散の算出はZenitani *et al.*¹⁶⁾に従い、次式により求めた。

$$E_{i,j} = \sum_k \left(\frac{X_{i,j,k}}{I_{i,j,k} \cdot S} \right) \cdot \frac{1}{n_{i,j}} \cdot D_j \cdot A_i$$

$$Var(E_{i,j}) = \left(\frac{D_j \cdot A_i}{S} \right)^2 \cdot V_{i,j}$$

$$V_{i,j} = \left[\sum_k \left(\frac{X_{i,j,k}}{I_{i,j,k}} \right)^2 - \left\{ \sum_k \left(\frac{X_{i,j,k}}{I_{i,j,k}} \right) \right\}^2 \cdot \frac{1}{n_{i,j}} \right] \cdot \frac{1}{n_{i,j}(n_{i,j}-1)}$$

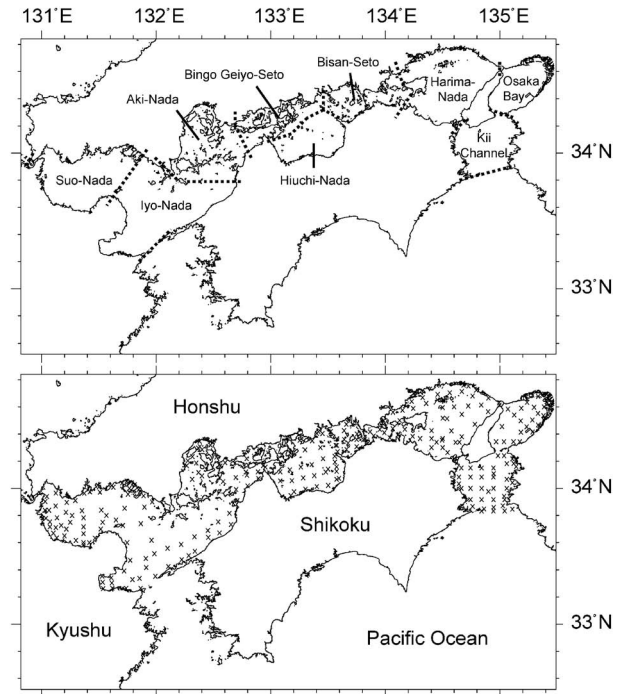


Fig. 2 Map showing the nine areas (top) and distribution of sampling stations (bottom) for egg census of Japanese anchovy in the Seto Inland Sea.

ここで、

$E_{i,j}$: i 海域の j 月の産卵量

$Var(E_{i,j})$: i 海域の j 月の分散

$X_{i,j,k}$: i 海域の j 月の k 調査点における海面 1 m² 当たりの卵数

$I_{i,j,k}$: i 海域の j 月の k 調査点における受精から孵化に要する日数

S : 卵期の平均生残率 (=0.6)

$n_{i,j}$: i 海域の j 月の調査点数

D_j : j 月の日数

A_i : i 海域の面積 (m²)

瀬戸内海における卵期の平均生残率については不明であるが、服部¹²⁾が瀬戸内海での産卵量計算に用いた0.59に近く、銭谷ら¹⁷⁾や久保田ら¹⁸⁾が太平洋での産卵量計算に使用した値、0.6を便宜的に用いた。カタクチイワシの受精から孵化に要する日数は服部¹⁹⁾に従い、次式により求めた。

$$I_{i,j,k} = \frac{483.26}{24} \exp(-0.121 T_{i,j,k})$$

ここで、

$T_{i,j,k}$: i 海域の j 月の k 調査点における表面水温

産卵がよく行われる傾向にある調査点の表面水温を明らかにするため、以下の指標を用いた。²⁰⁾

$$PTS(T) = \frac{E(T)}{SST(T)} \cdot \frac{1}{\frac{\sum_T E(T)}{\sum_T SST(T)}}$$

ここで,

$PTS(T)$: 表面水温 $T^{\circ}\text{C}$ (0.1°C 間隔) における産卵の行われやすさを表す指標

$E(T)$: 表面水温 $T^{\circ}\text{C}$ でカタクチイワシ卵が採集された調査点数

$SST(T)$: 表面水温 $T^{\circ}\text{C}$ を観測した調査点数

$PTS(T) > 1$ である場合, 産卵がよく行われていた表面水温であることを示す。

カタクチイワシの主産卵期 (結果参照) である各年の5~9月の平均表面水温は次式により求めた。

$$T_y = \frac{\sum_{j=5}^9 T_{y,j}}{5}$$

$$T_{y,j} = \frac{\sum_i \sum_k T_{i,j,k}}{\sum_i n_{i,j}}$$

ここで,

T_y : y 年の5~9月の平均表面水温

$T_{y,j}$: y 年 j 月の平均表面水温

結 果

推定産卵量は1980年の367兆粒から1983年には967兆粒に増加したが, 1988年までには203兆粒に漸減した。1993年に最小値の153兆粒となったが, 1994年には864兆粒に急増し, その後も増減を繰り返して, 2002年には1,146兆粒まで増加した。全体としては1983~1990年前後までは漸減傾向, それ以降は漸増傾向を示した (Fig. 3, Table 1)。

それぞれの年における各月の産卵量割合を求め, 1980~2005年の各月割合の平均値を Fig. 4 に示した。

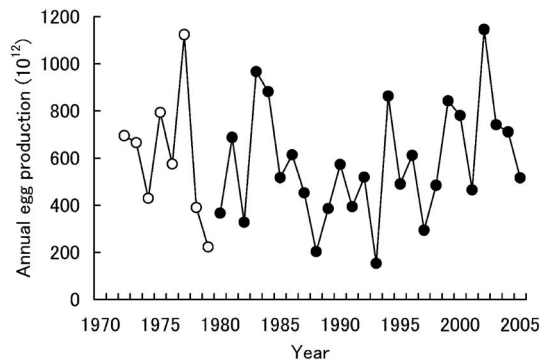


Fig. 3 Annual egg production of Japanese anchovy in the Seto Inland Sea from 1972 to 2005. Open circles are data from Hattori (1982).¹²⁾

カタクチイワシの産卵は全ての月に確認されたが, 5~9月の各月の割合が10.6~26.1%と高かった。各年の5~9月の合計産卵量は年間産卵量の84.3~99.7%を占め, 主産卵期は5~9月であることがわかった。

1980~2005年における各海域の年間産卵量の平均値を Fig. 5-A に, 各海域の単位面積当たりの年間産卵量の平均値を Fig. 5-B に示した。年間産卵量は伊予灘

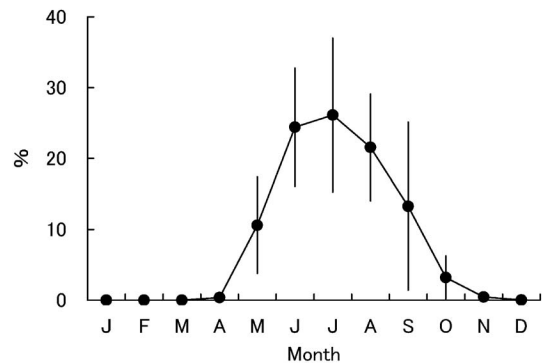


Fig. 4 Mean monthly egg production as a percentage of the annual egg production of Japanese anchovy in the Seto Inland Sea. Vertical bar represents SD.

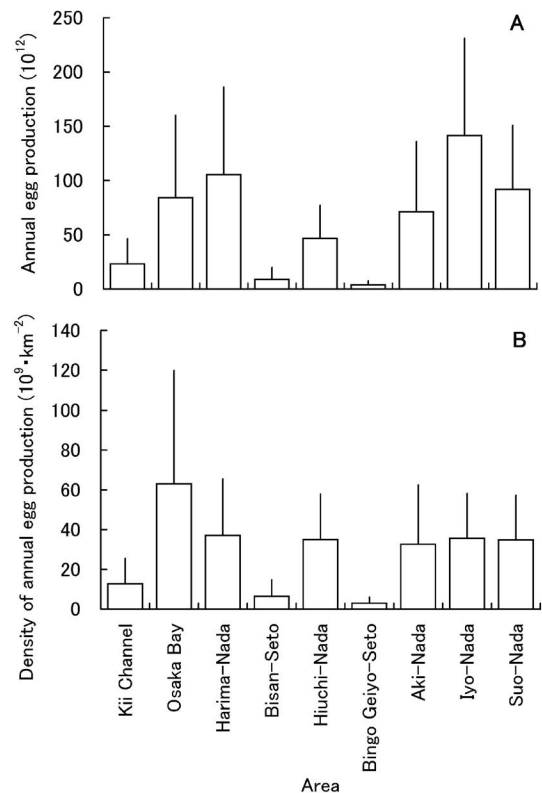


Fig. 5 Mean annual egg production (A) and mean density of annual egg production (B) of Japanese anchovy in each area of the Seto Inland Sea. Vertical bar represents SD.

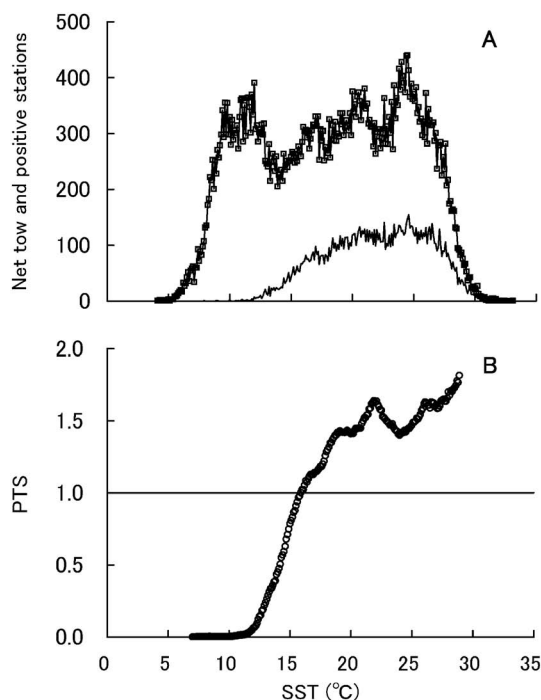


Fig. 6 Frequency distribution of total net tow stations ($\square$) and positive stations for egg collection ($-$) (A), and PTS (B, preferred sea surface temperature spawning index) for Japanese anchovy eggs by SST in the Seto Inland Sea from 1980 to 2005. Each value in PTS is an 11-term running mean including the previous and following 5-term.

(141 兆粒) で最も多かった。備讃瀬戸、備後芸予瀬戸における産卵量は他の海域と比較して極めて少なかった。単位面積当たりの産卵量は大阪湾 (630 億粒/km²) で最も多かった。単位面積当たりの産卵量についても備讃瀬戸、備後芸予瀬戸では他の海域と比較して極めて少なかった。

0.1°C 間隔での特定の表面水温を示す調査点数とカタクチイワシ卵が採集された調査点数を Fig. 6-A に示した。1980~2005 年における調査点の表面水温範囲は 4.1~33.1°C で、カタクチイワシ卵は表面水温が 7.9~31.7°C の調査点で採集された。全調査点のデータを用いて 0.1°C 間隔で $PTS(T)$ を求め、前後それぞれ 5 つの計算値を平均して Fig. 6-B に示した。ただし表面水温が 6.5°C 以下と 29.4°C 以上の範囲では調査点数が 50 以下と他の水温区分より少なかったため、6.5°C 以下、および 29.4°C 以上については、それぞれひとまとめにして $PTS(T)$ を求めた。 $PTS(T)$ は表面水温 16.0°C 以上で 1 よりも大きかった。21.7~22.3°C では 1.60 以上となり、その後 24.0°C の 1.40 までやや減少するが、その後増加し、28.9°C で最大値の 1.81 となった。

瀬戸内海におけるカタクチイワシの主産卵期である 5~9 月の平均表面水温は、1980~2005 年において 20.9

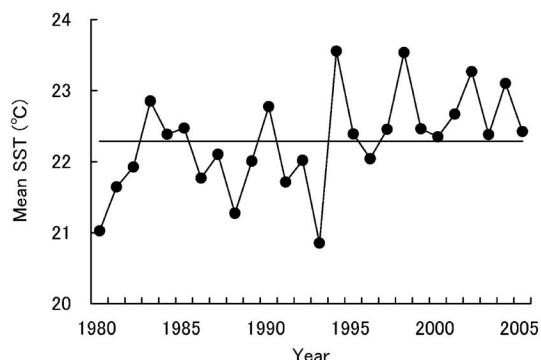


Fig. 7 Mean SST during the main spawning season (May-September) from 1980 to 2005 in the Seto Inland Sea. Horizontal line shows the 26-year mean, 22.3°C.

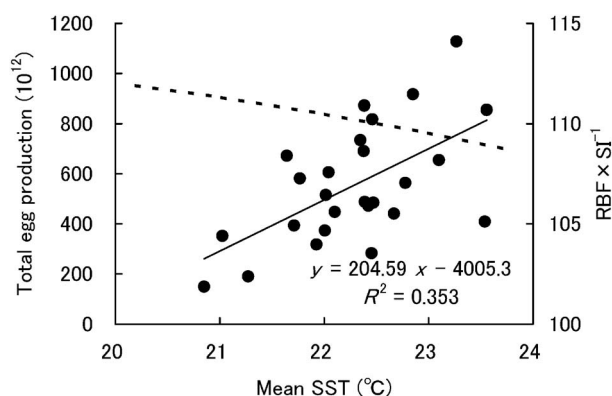


Fig. 8 Relationship between mean SST and total egg production for Japanese anchovy from May to September in the Seto Inland Sea from 1980 to 2005. Dotted line shows $RBF \times SI^{-1}$ (relative batch fecundity/spawning interval) calculated after Zenitani *et al.* (2005).

~23.6°C で変動した (Fig. 7)。全体としては、1986 年から 1993 年にかけて 26 年間の平均水温より低い傾向にあり、その後最近までは高い傾向にある。各年の平均表面水温の増減は 1997 年と 1998 年を除き、Fig. 3 に示した産卵量の増減と比較的によく一致していた。

瀬戸内海でのカタクチイワシの主産卵期である 5~9 月の平均表面水温と同期間の合計産卵量の関係を Fig. 8 に示した。平均表面水温と合計産卵量の間には有意な正の相関が認められた ($R^2 = 0.353$, $N = 26$, $P = 0.0014$)。

考 察

海域区分と生残率 (=0.59) のわずかの違いを除いて本研究と同様の方法で瀬戸内海のカタクチイワシ産卵量を算出した服部¹²⁾の図から、1972~1979 年の産卵量は 223 兆~1,120 兆粒と読み取ることができる (Fig. 3)。今回明らかにした 1980~2005 年の推定結果に加えて判

断すると、瀬戸内海のカタクチイワシ産卵量水準は1970年代から、800~1,100兆粒台のピークと100~200兆粒台の水準で増減を繰り返し、1980年代後半から1990年前半に減少傾向を示した後、2000年代前半までは増加傾向にあったことがわかった。

カタクチイワシの産卵生態は生息環境の水温によって変化することが知られている。カタクチイワシは産卵期に複数回の産卵を行い、²¹⁾ 産卵間隔 SI (日/回) は水温 T (°C) の上昇とともに短くなることが報告されており、²¹⁻²⁴⁾ 瀬戸内海では $SI = -0.12T + 4.28$ と表される。²⁴⁾ 一方、体重1g当たりの1回産卵数 RBF は水温の上昇とともに減少する ($RBF = -14.7T + 504.6$)。²⁴⁾ これらの関係式より、体重1g当たりの1日当たり産卵数 $RBF \times SI^{-1}$ は水温の上昇に伴ってやや減少することが予想される (Fig. 8)。このことから、水温が高い年にみられる産卵量の増加は産卵親魚量の増加に起因すると考えられる。

児玉ら²⁵⁾ は1910年代以降の金華山近海域において、1950年代~1970年代前半と1990年代の暖水期にカタクチイワシの水揚げ量が多かったことから、カタクチイワシの資源量は暖水期に増加すると結論づけた。同様の現象は鹿島灘海域の水揚げ量²⁶⁾ や九州から北海道に及ぶ太平洋岸での合計水揚げ量²⁵⁾ においても示されている。三陸・常磐の東方沖合域(黒潮・親潮移行域)では、カタクチイワシ仔魚が高水温と豊富な餌料に遭遇した場合、速やかな成長、変態の完了により、産卵親魚資源に加入する確率が高まることが明らかにされている。そして、増加した親魚が翌年に再び移行域で産卵するという過程が連続的に起こることにより、資源量が増加すると推定されている。^{27,28)} 暖水期にみられるカタクチイワシ資源量の増加は、仔魚の成長・発達に適した海域の拡大が連続して起こり、産卵親魚量が増加しやすい状況が続くことによると解釈されている。²⁹⁾

瀬戸内海におけるカタクチイワシの産卵量の増加は1990年前後以降にみられ、この間、産卵盛期の平均表面水温は高い傾向を示した。したがって瀬戸内海におけるカタクチイワシの産卵親魚量は高水温期に増加したもののと言える。また各年の産卵量の多寡は各年の平均表面水温の高低に比較的に一致し、例えば1993年の冷水温年に産卵量は少なかったが、1994年の高水温年に急増した。一方、金華山海域におけるカタクチイワシ来遊群は多年級群で構成されているため、暖水年が連続すると水揚げ量が飛躍的に増大するが、冷水期における単年の暖水年では水揚げ量が少ないとされている。²⁵⁾ このような単年の水温変化に対する資源量変動の応答の違いから判断すると、瀬戸内海のカタクチイワシには黒潮・親潮移行域と異なる資源変動機構が存在するものと考えられるが、詳細は不明であり、今後の課題である。

北米西海岸のカタクチイワシ類 *Engraulis mordax* では、産卵は11.5~16.5°Cの表面水温範囲で行われる傾向にあることが報告されている。²⁰⁾ しかし、瀬戸内海のカタクチイワシでは16.0~28.9°Cの表面水温範囲で行われる傾向にあり (Fig. 6-B), *E. mordax* より高水温に適応しているものと思われる。

高尾⁵⁾ が備後芸予瀬戸、服部¹²⁾ が備讃瀬戸で指摘しているのと同様、本研究においても両海域の産卵量は他の海域と比較して極めて少なかった。また、単位面積当たりの産卵量においても他の海域と比較して著しく少なく、産卵場が備讃瀬戸と備後芸予瀬戸を境として瀬戸内海の東部(紀伊水道、大阪湾、播磨灘)と西部(安芸灘、伊予灘、周防灘)の2つの海域に分かれている可能性がうかがわれた。瀬戸内海で発生した群のうち、瀬戸内海の東部では秋季から冬季にかけて紀伊水道外域や土佐湾で越冬回遊し、翌年の春季には成魚に成長し、瀬戸内海に来遊する。³⁰⁾ 安江ら³¹⁾ は1991~2004年の紀伊水道周辺や日向灘、土佐湾の各海域におけるカタクチイワシの産卵量について相関分析を行い、紀伊水道の紀伊半島西岸においてカタクチイワシの産卵は4~9月にみられ、5~6月の産卵量は同月の紀伊水道外域西部や播磨灘北西部の産卵量と有意な正の相関関係があることを示した。一方、瀬戸内海の西部においても秋季から冬季にかけて豊後水道や日向灘へ越冬回遊し、翌年の春季にそのまま残る群と産卵のために瀬戸内海へ回遊する群が想定されている。³⁰⁾ 今回の結果はこれまでの報告をより確かなものにしたといえる。ただし、産卵量が極めて少なかった備讃瀬戸と備後芸予瀬戸に囲まれている燧灘への産卵回遊についての詳細は不明である。産卵期初期に燧灘やその周辺海域で一斉調査を行い、カタクチイワシ資源構造を解明することにより、燧灘への回遊経路が明らかになるものと思われる。

服部¹²⁾ は、1972~1979年における銘柄「カタクチイワシ」(全長約40mm以上)の漁獲量と産卵量に正の相関があることを示した。これは「カタクチイワシ」の漁獲量が産卵親魚量の水準をよく反映していることを意味している。しかしながら、1980~2005年における両者の間には有意な相関は認められない (Fig. 9, $P = 0.545$)。これは瀬戸内海のカタクチイワシ漁業における漁獲対象が銘柄「カタクチイワシ」から「シラス」(全長約40mm未満)に変化してきている海域³²⁻³⁴⁾ があり、「カタクチイワシ」を漁獲できるにもかかわらず漁獲対象としないことが影響していると指摘できる。Fig. 3に示した1990年代後半から2000年代前半にかけての産卵量の増加傾向が、Fig. 1に示したカタクチイワシの漁獲量の年変化とあまり符合しない傾向にあることは、このことの反映と考えられる。漁獲の対象となる体長に変化がある魚種において漁獲量を資源量の水準とし

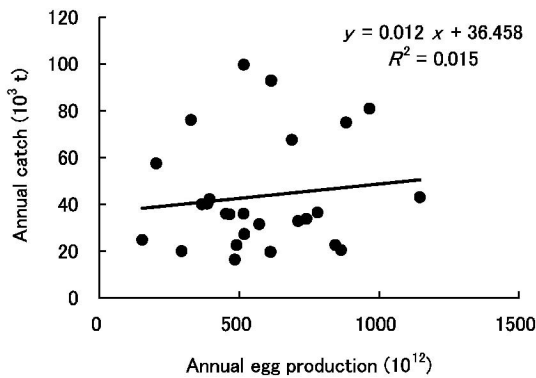


Fig. 9 Relationship between annual egg production of Japanese anchovy and catch of Katakuchi-iwashi in the Seto Inland Sea from 1980 to 2005.

て使用することの危険性を示す一例であり、カタクチイワシの資源管理を行う上で産卵量を把握することの重要性を示唆するものである。今後、瀬戸内海におけるカタクチイワシの資源管理方策を検討するためには、例えば月別月齢別漁獲尾数データを用いたコホート解析結果を、産卵量から推定した親魚資源量によってチューニングすることにより、より精度の高い資源尾数を推定することが重要であると考えられる。

謝 辞

本研究に使用した資料は、瀬戸内海に面する府県水産試験研究機関担当者の長年にわたる努力によって蓄積されたものである。ここに記して深謝の意を表す。また本論文の執筆にあたり、有益なご助言をいただいた瀬戸内海区水産研究所の山崎 誠生産環境部長に深く感謝する。本調査は水産庁の委託による「200 カイリ水域内漁業資源総合調査」、「我が国周辺漁業資源調査委託事業」、および「我が国周辺水域資源調査等推進対策委託事業」により実施された。

文 献

- 1) 平成 17 年瀬戸内海及び太平洋南区における漁業動向 (中国四国農政局統計部編)。中国四国農林水産統計協会協議会, 岡山. 2007.
- 2) 落合 明, 田中 克. 「新版魚類学 (下) 改訂版」恒星社厚生閣, 東京. 1998.
- 3) 渡部泰輔. 卵数法. 「水産資源の解析と評価 その手法と適用例」(石井丈夫編) 恒星社厚生閣, 東京. 1983; 9-29.
- 4) 大関芳沖. 卵稚仔調査法. 「TAC 管理下における直接推定法—その意義と課題」(浅野謙治編) 恒星社厚生閣, 東京. 2000; 70-80.
- 5) 高尾亀次. 瀬戸内海のカタクチイワシ *Engraulis japonica* (HOUTTUYN) の生態について. 内海区水産研究所刊行物 C 輯 1964; 2: 1-50.
- 6) 堀木信男. 紀伊水道および紀南沿岸海域における魚卵・

- 稚仔魚の出現・分布と海況の関係についての研究. 和歌山県水産試験場特別研究報告 1994; 3: 1-57.
- 7) 安家重材, 千田哲資, 三谷 勇, 原田徳三. 備讃瀬戸における 1968 年のカタクチイワシ卵, 仔魚. 昭和 43 年度岡山県水産試験場事業報告書, 岡山県水産試験場, 岡山. 1969; 59-60.
- 8) 平島 裕. 1965~1968 年の大分県沿岸域におけるカタクチイワシの卵・稚仔について. 大分県水産試験場調査研究報告 1970; 7: 32-44.
- 9) 渡辺昭生, 菊地隆展. 伊予灘におけるカタクチイワシ卵の分布. 愛媛県水産試験場研究報告 1997; 6: 71-79.
- 10) 宇都宮 正, 富山 昭. 周防灘に於けるカタクチイワシ *Engraulis japonicus* TEMMINCK & SCHLEGEL の産卵について. 山口県内海水産試験場調査研究業績 1955; 7 (1): 64-71.
- 11) 小林知吉. 山口県周防灘海域におけるカタクチイワシ卵の分布について. 山口県内海水産試験場報告 1977; 6: 71-89.
- 12) 服部茂昌. 瀬戸内海におけるカタクチイワシ卵の分布. 水産海洋研究会報 1982; 41: 39-44.
- 13) Nakai Z. Apparatus for collecting macroplankton in the spawning surveys of *Iwashi* (sardine, anchovy, and round herring) and others. *Bull. Tokai Reg. Fish. Res. Lab.* 1962; 9: 221-237, pls I-X.
- 14) 元田 茂. プランクトンの採集. 「海洋プランクトン」(丸茂隆三編) 東京大学出版会, 東京. 1974; 191-225.
- 15) 山本圭吾, 中嶋昌紀, 辻野耕實. 大阪湾における魚類卵稚仔の鉛直分布について. 大阪府立水産試験場研究報告 1997; 10: 1-17.
- 16) Zenitani H, Tsujino K, Saiura K, Kato T. Interannual fluctuations in recruitment and egg production of Japanese sardine in the Seto Inland Sea. *Bull. Jpn. Soc. Fish. Oceanogr.* 2001; 65: 145-153.
- 17) 銭谷 弘, 石田 実, 小西芳信, 後藤常夫, 渡邊良朗, 木村 量(編). 日本周辺水域におけるマイワシ, カタクチイワシ, サバ類, ウルメイワシ, およびマアジの卵仔魚とスルメイカ幼生の月別分布状況: 1991 年 1 月~1993 年 12 月. 日本周辺水域における主要浮魚類の卵仔魚分布, 水産庁中央水産研究所, 横浜. 1995.
- 18) 久保田 洋, 大関芳沖, 石田 実, 小西芳信, 後藤常夫, 銭谷 弘, 木村 量(編). 日本の周辺水域におけるマイワシ, カタクチイワシ, サバ属魚類, ウルメイワシの卵仔魚およびマアジ仔魚, スルメイカ幼生の月別分布状況: 1994 年 1 月~1996 年 12 月. 日本周辺水域における主要浮魚類の卵仔魚分布 (1994~1996), 水産庁中央水産研究所, 横浜. 1999.
- 19) 服部茂昌. カタクチイワシ卵の発育速度と温度との関係. 第 15 回南西海区ブロック内海漁業研究会報告, 水産庁南西海区水産研究所, 広島. 1983; 59-64.
- 20) Lluch-Belda D, Lluch-Cota DB, Hernández-Vázquez S, Salinas-Zavala CA, Schwartlose RA. Sardine and anchovy spawning as related to temperature and upwelling in the California Current system. *Calif. Coop. Oceanic Fish. Invest. Rep.* 1991; 32: 105-111.
- 21) 靄田義成. 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. 水産工学研究所研究報告 1992; 13: 129-168.
- 22) 船本鉄一郎. カタクチイワシの成熟・産卵. 日水誌 2001; 67: 1129-1130.
- 23) Takasuka A, Oozeki Y, Kubota H, Tsuruta Y, Funamoto T. Temperature impacts on reproductive parameters for Japanese anchovy: Comparison between inshore and offshore waters. *Fish. Res.* 2005; 76: 475-482.

- 24) 銭谷 弘, 河野悌昌, 塚本洋一. 夏秋季に瀬戸内海に分布するカタクチイワシの産卵間隔および産卵数に及ぼす水温, 肥満度の影響. 日水誌 2005; **71**: 821-823.
- 25) 児玉純一, 永島 宏, 和泉祐司. 万石浦ニシンの長期変動に関する一考察: 特に金華山近海域の気象・海況および生物群集との関係. 宮城県水産研究開発センター研究報告 1995; **14**: 17-36.
- 26) 二平 章, 土屋圭己. 鹿島灘海域におけるカタクチイワシの漁況変動と海洋環境. 茨城県水産試験場研究報告 1990; **28**: 55-64.
- 27) Takahashi M, Watanabe Y. Growth rate-dependent recruitment of Japanese anchovy *Engraulis japonicus* in the Kuroshio-Oyashio transitional waters. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 2004; **266**: 227-238.
- 28) 高橋素光. カタクチイワシの資源量変動. 「海の生物資源—生命は海でどう変化しているか—」(渡邊良朗編) 東海大学出版会, 神奈川. 2005; 192-207.
- 29) 高橋素光. カタクチイワシの仔稚魚期における成長・発達様式と資源加入機構. 博士論文, 東京大学, 東京. 2001.
- 30) 高尾亀次. 瀬戸内海におけるカタクチイワシの回遊・産卵. 水産技術と経営 1990; **3**: 9-17.
- 31) 安江尚孝, 内海遼一, 武田保幸. 紀伊水道西岸海域におけるカタクチイワシシラスの漁獲量と産卵量の関係. 水産海洋研究 2006; **70**: 163-169.
- 32) 外間源治. 瀬戸内海におけるいわし揚繰網漁業の歴史的経過と現状. 南西海区水産研究所研究報告 1981; **13**: 93-110.
- 33) 外間源治. 瀬戸内海のおかし漁業と機船船びき網経営. 漁業経済論集 1995; **36**: 31-44.
- 34) 斎浦耕二, 妻 小波. 徳島県における瀬戸内海機船船びき網漁業の経営特質と存立条件. 地域漁業研究 2000; **41**: 71-94.