

山口県日本海におけるカタクチイワシの 1 回当たり産卵数の変動

今井千文*¹・楳取和明*²

Variability in Batch Fecundity of Japanese Anchovy in Yamaguchi Waters, the Sea of Japan

Chifumi Imai*¹ and Kazuaki Kajitori*²

Batch fecundity was estimated for the Japanese anchovy in Yamaguchi waters, the Sea of Japan by analyzing ovarian egg diameter frequency distributions in 1988, 1989, 1991, and 1995. The gonad index ($GI=(BW-GW)/SL^3 \times 10^3$) increased from April to June and then decreased after July. The total number of yolked eggs in an ovary (NT) was evaluated using the gravimetric method. The relative value of total number of eggs ($NTR=NT/SL^3 \times 10^3$) was at a low level of about 10000-20000 in 1988 and 1989. The NTR was at its highest level in 1991 from 14000 to 42000. The NTR then dropped to a medium level of 14000-20000 in 1995. The mean diameter of the large egg group (MDL) decreased from April to July with the increased sea surface temperature (SST) in each year, but was at a low level in 1991. Batch fecundity (BF) was estimated by the number of large egg groups taken from ovaries which have an MDL greater than the value of a decreasing function of SST at three days before sampling date. The relative batch fecundity ($BFR=BF/SL^3 \times 10^3$) increased from April to June, but decreased after July in each year. The BFR was at a low level of 1100-5100 in 1988 and 1989, and at a high of 3800-9200 in 1995. In 1991, the BFR was at the medium level of 1700-6400 in spite of the high NTR because the proportion of the large egg group was low.

1 緒言

カタクチイワシ *Engraulis japonicus* は日本周辺に広く分布する小型短命のプランクトン食性浮魚であり、主として本州中部以南において重要な漁獲対象種となっている。また、重要漁業資源である中大型の魚

食魚種の主要な餌となり、海洋の低次生産力を利用可能な資源に変換する大切な役割を担っている。本種の太平洋側に分布する系群については再生産生態¹⁻³⁾あるいは資源量^{8,9)}に関する知見が蓄積されつつあるが、日本海系群に関する情報は極めて少ない。

カタクチイワシは長い産卵期に短い間隔で産卵を繰

水産大学校研究業績 第1628号, 1999年12月21日受付。

Contribution from National Fisheries University, No.1628. Received Dec. 21, 1999.

1991年度水産海洋学会研究発表発表大会 (1991年7月, 東京) にて発表

*1 水産大学校海洋生産管理学科 (Department of Fishery Science and Technology, National Fisheries University).

*2 水産大学校水産情報経営学科 (Department of Fisheries Information and Management, National Fisheries University).

り返す多回産卵魚で、産卵時の水温に反応して、低水温では大卵を少産し、高水温では小卵を多産することが知られる⁴⁻⁷⁾。さらに、1回当たり産卵数は水温以外の環境要因や生物学的要因にも影響されて変化する^{5, 7)}。1回当たり産卵数の推定結果は卵数法により親魚資源量を推定する際の重要な基礎情報であり^{10, 11)}、その変動と環境要因との関係を解析することの意義は大きい。

本研究では、これまでほとんど研究成果が公表されていない日本海西部におけるカタクチイワシの1回当たり産卵数を卵巣卵径頻度分布の解析により推定し、その季節変化および年変動に対する環境変動の影響、特に水温の影響に注目して考察する。

標本の採集にご協力をいただいた萩越ヶ浜漁業協同組合の仁保宣誠氏に厚くお礼申し上げる。漁業学科漁場学講座の卒業論文学生、彦根隆宏、下条 岳、原田晴透君は辛抱強く測定を実施した。その努力に対し敬意を表す。

2 材料と方法

使用したカタクチイワシ親魚標本の大半は、1988年、1989年、1991年および1995年の4月から11月にかけて、長門市仙崎漁港における棒受網の漁獲物より無作為抽出して得たものである。1995年の標本には萩越ヶ浜漁協の大型定置網の漁獲物および下関漁港の棒受網漁獲物を一部含んでいるが、同一群と考え、区別はしなかった。

標本は水揚げ直後に凍結し、後に解凍して魚体全体を10%ホルマリンにより固定した。固定後1ヶ月以上経過し、固定による収縮が安定したのちに、標準体長 SL (cm)、湿体重 BW (g) および湿生殖腺重量 GW (g) を測定した。肥満度 CF および生殖腺重量指数 GI は、それぞれ $CF = (BW - GW) / SL^3 \times 10^3$ 、 $GI = GW / SL^4 \times 10^4$ により計算した。

1回当たり産卵数の推定法はこれまでに報告した方法^{6, 7)}と基本的に同様であり、ここでは概略を述べる。左側卵巣中央部より小卵塊の副標本を抽出し、その中の卵黄保有卵数から重量比例配分法により卵巣内の総卵数 NT を求めた。 NT は SL^3 にほぼ比例するので、

相対総卵数 NTR として、 $NTR = NT / SL^3 \times 10^3$ により体長10cmの個体の値に標準化した。なお、本研究では卵巣内の卵黄を保持する卵母細胞および成熟卵を区別せず卵と総称する。

副標本から無作為抽出した卵粒の長径(以下では「卵径」と呼ぶ)を測定して卵径頻度分布を作成した。測定卵数を1988年と1989年は100、1991年と1995年は200~500とした。1988年~1991年の標本については、写真撮影して約10倍に拡大した画像をデジタルノギスを用いて測定し、結果をオンライン接続したパソコンに記録して解析した。1995年の標本については、画像解析ソフトウェア「optimetric」(optimas社、米国)を用いて自動計測した。

カタクチイワシは数日以内の短い周期で産卵を繰り返す。その卵巣卵径頻度分布は2峰型または3峰型を示す。コンピュータグラフィックスを用いた放物線当てはめ法¹²⁾を使用し、多峰分布に2つまたは3つの正規分布を当てはめて解析した。卵径が最も大きい峰を大型卵群と呼び、当てはめた正規分布の特性値から、その平均卵径である平均大型卵径 MDL (mm) と総卵数に占める割合である大型卵群比率 RL を求めた。1回当たり産卵数推定の基礎となる大型卵群卵数 NL を $NL = NT \times RL$ より求めた。 NL についても NT の場合と同様に、相対大型卵群卵数 NLR を $NLR = NL / SL^3 \times 10^3$ より求め、親魚サイズの影響を除去して比較検討した。

カタクチイワシの産卵周期について齋田⁵⁾が報告した内容を概説すると、以下のようなものである。産卵直後の卵巣では大型卵群の卵径が増大するとともに、その卵数も増大する(卵数増大期)。産卵後約1日を経過すると、大型卵群卵数の増大は停止し、卵数は一定となって、卵径をゆっくりと増大しながら産卵間隔の調整を行う(卵数安定期)。

したがって、卵数安定期にある卵巣の NL が1回当たり産卵数に最も近い値とみなされる。卵数増大期と卵数安定期の判別法として、Imai and Tanaka⁷⁾が提唱した方法を用いた。これは、 MDL を受精卵卵径の推定値 DE (mm) により標準化した MDL / DE を用いて、各標本の MDL の下限値を定める方法である。

標本毎の DE は、太平洋側において求められた受精卵卵径観測値の平均表面水温 SST ($^{\circ}C$)に対する回帰式⁹⁾,

$$DE = 1.966 - 0.0354 \times SST \quad (SST < 21.5) \quad (1)$$

$$DE = 1.21 \quad (SST \geq 21.5)$$

より求めた。

各標本に対応する SST 値は以下のようにして求めた。山口県外海水産試験場(現山口県水産研究センター外海研究部)が山口県日本海域の30定点において、毎月1回実施している定線観測調査結果から、沿岸寄りの14定点の表面水温計測値の平均値を求めた。この資料から当該年の水温季節変動傾向を作図し、この図から標本採集3日前の SST 値を読み取った。

3 結果

3.1 表面水温の変動

Fig. 1に、解析を実施した1988年, 1989年, 1991年および1995年の4月から11月における山口県日本海沿岸域の平均表面水温 SST の季節変化を示す。当海域においてカタクチイワシは周年産卵していると考えられるが、産卵の盛期は春から夏季の水温上昇期である。したがって、以下において春から夏を中心に、年ごとの変動傾向について述べる。1988年は4月初旬から5月初旬の水温が低く経過したが、6月から7月の水温は当該期間の他の年に比べ最も高い値を示した。1989年は4月, 5月の水温は高めに経過したが、7月初旬の水温が低いことが目立った。1991年は4月, 5月の水温は最も低く経過したが、6月以降は1988年と同水準の水温に回復した。1995年には4月, 5月は高めに推移し、6月, 7月はやや低水温傾向にあったが、8月, 9月は非常に高水温であったことが特徴的であった。

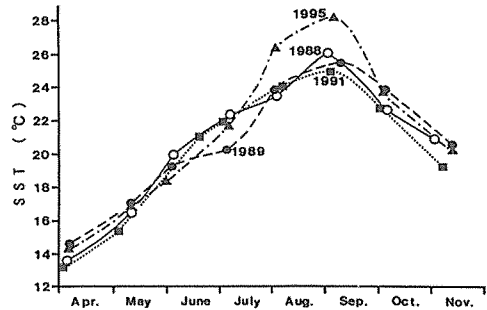


Fig. 1. Seasonal change trends of mean sea surface temperature (SST , $^{\circ}C$) observed at 14 stations in Yamaguchi waters in the Sea of Japan, in 1988, 1989, 1991, and 1995.

3.2 生物測定結果

山口県日本海域における1988年, 1989年, 1991年および1995年の36標本2067(雌: 988, 雄: 1079)個体の生物測定結果を Table 1に示す。各標本の平均体長範囲は、雌が8.9~13.0cm, 雄が7.9~12.7cmであった。全36標本のうち、28標本で雌の平均体長が雄よりも大きく、雄が大きいのは5標本のみであった。1988年と1989年の4月には平均体長8~9cmの小型個体が多い傾向にあり、1991年と1995年の4月から6月にかけては平均体長11cm以上の大型個体が多く見られた。各年とも夏から秋にかけて平均体長10cm以下の小型個体の出現頻度が高くなった。

肥満度 CF は各年とも11~12の高い値を示したが、6月, 7月にやや減少する傾向が認められた。1995年には肥満度は全体的に低い値を示し、6月中旬以降は10以下の水準であった。

生殖腺重量指数 GI の季節変化をFig. 2に示す。 GI は各年とも5月から6月の初旬にかけて最大値を示し、後に減少する傾向が認められた。雌の GI の最大値は、1988年では6月初旬の6.7で、1989年では5月中旬の6.6, 1991年は6月初旬の7.5であった。1995年5月初旬における7.9が今回の標本の最大値であった。

Table 1. Mean of *SL*, *BW*, *CF*, and *GI* in female and male anchovy samples from Yamaguchi waters in the Sea of Japan
1-1 (1988)

Date	Sex	N	N_1^*	<i>SL</i> (cm)	<i>BW</i> (g)	<i>GW</i> (g)	<i>CF</i>	<i>GI</i>
28 Apr.	Female	24	22	9.3	10.0	0.30	12.0	3.6
	Male	28	-	8.9	8.5	0.19	11.8	2.7
20 May	Female	21	19	12.3	21.9	0.97	11.2	5.2
	Male	23	-	12.3	21.5	1.00	11.1	5.5
8 June	Female	5	5	12.5	23.0	1.30	11.0	6.7
	Male	26	-	11.9	20.4	1.20	11.3	7.1
8 July	Female	43	0	9.1	8.4	0.26	10.6	3.3
	Male	33	-	8.9	7.7	0.22	10.4	3.0
3 Aug.	Female	16	0	10.3	12.9	0.54	11.1	4.8
	Male	14	-	9.7	11.5	0.45	11.7	4.6
29 Aug.	Female	10	0	9.1	8.5	0.15	11.1	2.0
	Male	43	-	8.6	7.2	0.04	11.0	0.5
7 Sep.	Female	8	0	10.0	11.2	0.18	11.1	1.9
	Male	15	-	9.7	10.3	0.05	11.3	0.5
1 Nov.	Female	36	12	9.0	9.5	0.22	12.4	2.9
	Male	28	-	8.7	8.4	0.18	12.2	2.6

* N_1 is the sample size for the analysis of ovarian egg diameter frequency distributions.

1-2 (1989)

Date	Sex	N	N_1^*	<i>SL</i> (cm)	<i>BW</i> (g)	<i>GW</i> (g)	<i>CF</i>	<i>GI</i>
30 Apr.	Female	23	23	9.1	9.0	0.32	11.5	4.2
	Male	36	-	8.7	7.8	0.24	11.5	3.7
16 May	Female	15	15	10.7	16.0	0.81	12.1	6.4
	Male	21	-	9.6	11.7	0.54	12.7	6.1
19 May	Female	21	0	10.1	13.2	0.68	12.2	6.6
	Male	31	-	9.8	11.5	0.51	11.7	5.1
2 June	Female	18	18	10.3	13.9	0.71	12.0	6.4
	Male	30	-	9.6	11.4	0.63	12.0	6.9
18 June	Female	23	23	9.4	10.3	0.36	11.8	4.3
	Male	29	-	9.3	9.9	0.33	11.9	4.1
23 June	Female	12	0	10.2	12.9	0.51	11.7	4.8
	Male	42	-	10.2	13.2	0.66	11.7	5.9
10 July	Female	20	0	9.8	11.0	0.39	11.0	4.0
	Male	10	-	9.8	10.0	0.32	10.8	3.5
20 July	Female	24	0	9.9	10.5	0.32	10.4	3.2
	Male	23	-	9.7	9.9	0.24	10.5	2.6
28 Aug.	Female	17	0	9.9	11.9	0.39	11.7	3.9
	Male	21	-	10.1	12.8	0.42	12.1	4.0
22 Sep.	Female	31	0	8.9	9.0	0.21	12.3	2.8
	Male	19	-	8.8	8.7	0.24	12.5	3.6
27 Oct.	Female	16	0	10.7	15.6	0.47	12.2	3.8
	Male	9	-	10.5	14.8	0.23	12.6	2.0

1-3 (1991)

Date	Sex	N	N ₁ [†]	SL(cm)	BW(g)	GW(g)	CF	GI
24 Apr.	Female	31	21	12.9	26.2	1.57	11.2	6.9
	Male	1	-	10.9	10.2	0.06	7.8	0.5
29 Apr.	Female	24	20	12.5	22.3	1.28	10.5	6.2
	Male	29	-	12.7	21.5	1.27	10.2	6.3
8 May	Female	17	14	13.0	26.8	1.70	11.5	7.8
	Male	33	-	12.4	23.3	1.79	11.4	9.4
13 May	Female	25	23	11.2	16.6	0.64	11.4	4.4
	Male	30	-	11.9	19.5	0.49	11.2	2.8
4 June	Female	53	21	12.8	24.4	1.60	10.9	7.5
	Male	5	-	13.0	25.3	1.80	10.5	8.1
11 June	Female	50	28	12.0	19.5	1.12	10.5	6.6
	Male	16	-	10.7	13.1	0.36	10.3	2.6
26 June	Female	38	24	12.3	19.9	1.04	10.2	5.6
	Male	28	-	12.0	19.6	0.96	10.8	5.5
2 July	Female	29	27	10.9	15.0	0.41	10.9	3.0
	Male	25	-	11.1	15.1	0.29	10.4	2.3
10 July	Female	30	19	10.0	11.5	0.46	10.6	4.5
	Male	46	-	9.9	11.3	0.51	10.7	4.8
13 Sep.	Female	2	0	9.9	11.9	0.51	11.2	0.5
	Male	88	-	7.9	6.5	0.01	12.8	0.1
6 Oct.	Female	36	13	8.9	8.6	0.27	11.7	3.9
	Male	45	-	8.5	7.5	0.24	11.8	3.9

1-4 (1995)

Date	Sex	N	N ₁ [†]	SL(cm)	BW(g)	GW(g)	CF	GI
28 Apr.	Female	53	15	11.3	15.3	0.27	10.3	1.8
	Male	58	-	10.8	13.8	0.27	10.5	2.0
8 May.	Female	62	15	12.3	23.1	1.60	11.3	7.9
	Male	38	-	11.6	18.7	1.14	10.9	7.0
6 June	Female	27	0	12.7	24.1	1.24	10.8	5.6
	Male	28	-	12.6	23.8	1.84	10.7	9.2
7 June	Female	34	15	12.2	20.4	1.14	10.2	5.8
	Male	20	-	12.0	19.2	1.22	10.2	7.1
15 June	Female	49	0	10.9	12.6	0.48	9.3	3.7
	Male	71	-	10.4	11.0	0.59	9.2	5.2
7 July	Female	45	19	11.2	13.8	0.47	9.5	3.3
	Male	37	-	10.9	13.0	0.44	9.7	3.4

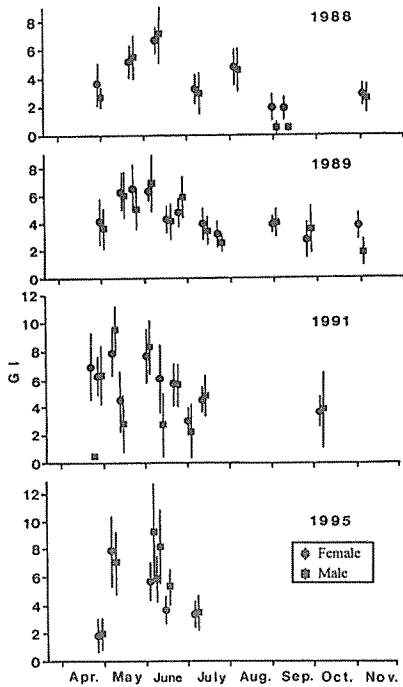


Fig. 2. Seasonal variability of mean \pm S.D. (bars) of the gonad index (GI) of female and male anchovy samples from Yamaguchi waters in the Sea of Japan.

3.3 卵巣内総卵数の変動

卵巣標本の全部または一部 (Table 1 の N_i) について卵巣内総卵数 NT を推計した。 NT を体長10cmの魚の値に標準化した相対総卵数 NTR の季節変化を Fig. 3 に示す。1988年の平均値は10,000前後の低い値を示した。1989年の6月初旬には約20,000の値が観察されたほかは、11,000前後の低い値であった。1991年には1988年、1989年に比較して平均値、標準偏差とも非常に大きい値を示した。特に、5月初旬には42,000の高い値が観察され、この時期の非常に高い GI (Fig. 2) に対応していた。1995年は4月下旬に約14,000とやや低い値を示した他は、20,000~27,000の範囲で変動し、6月初旬に最も高い値が見られた。

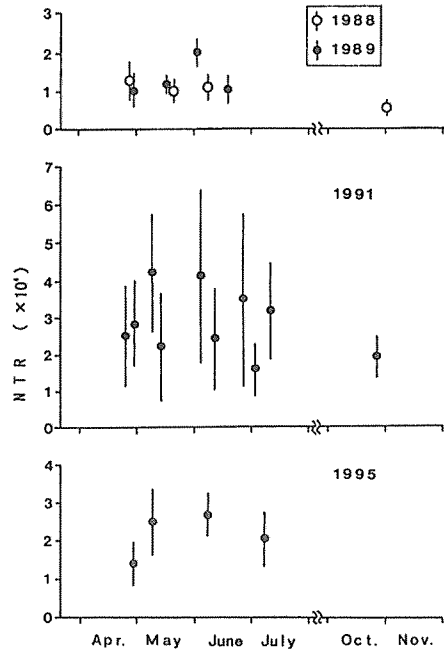


Fig. 3. Seasonal variability of mean \pm S.D. (bars) of the relative number of total eggs in an ovary (NTR) of anchovy samples from Yamaguchi waters in the Sea of Japan.

3.4 平均大型卵径の変動

卵巣卵の卵径頻度分布に正規分布をあてはめて解析し、大型卵群の平均卵径 MDL を推定した (Fig. 4)。各年とも MDL は4月下旬から7月にかけて減少した。1988年、1989年には4月下旬の0.7mm前後から6月中旬の約0.6mmまで減少した。1991年にも同様に4月から6月にかけて MDL は減少したが、1988年、1989年の同時期の値よりも小さく、6月初旬以降は0.5mm前後の低い水準で推移した。1995年には1988年、1989年と同様に4月下旬、5月初旬の0.7mm以上の値から6、7月の約0.6mmまで季節的に減少した。

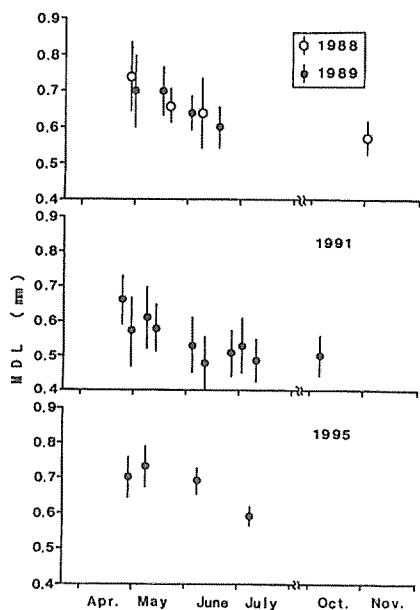


Fig. 4. Seasonal variability of mean \pm S.D. (bars) of the mean diameter of large egg group (*MDL*, mm) of anchovy samples from Yamaguchi waters in the Sea of Japan.

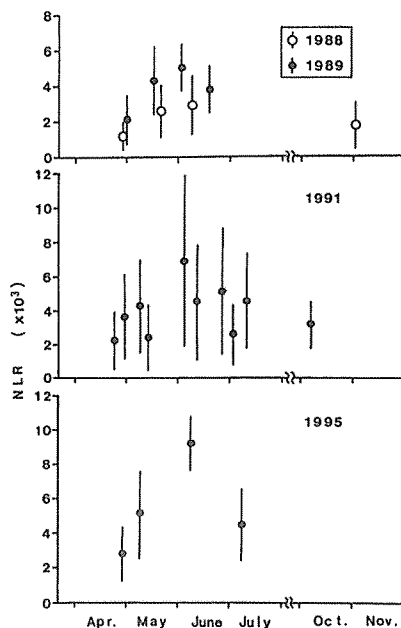


Fig. 5. Seasonal variability of mean \pm S.D. (bars) of the relative number of large egg group (*NLR*) of anchovy samples from Yamaguchi waters in the Sea of Japan.

3. 5 大型卵群卵数の変動と1回当たり産卵数の推定

大型卵群卵数 *NL* は1回当たり産卵数を推定するための基礎数値である。Fig. 5に相対大型卵群卵数 *NLR*の季節変化を示す。*NLR*の平均値は1988年4月下旬の約1,300から1995年6月初旬の9,200まで大きく変動した。各年とも4月から6月初旬にかけて増大し、後に減少した。1991年には*NLR*が非常に大きいにもかかわらず、大型卵群比率*RL*が低かったため、*NLR*の平均値は2,300から6,800の範囲であった。

得られた*NLR*値のうち、卵数安定期にあるとみなせるものを1回当たり産卵数の推定値とする。卵数安定期の判別には標本毎に予想される受精卵卵径に対応

した平均大型卵径の下限値*MDL*_{min}を用いた。最初にFig. 1の水温変動傾向から各標本の採集日の3日前の水温*SST*を求めた。次に、(1)式により受精卵卵径の推定値*DE*を求めた。*MDL*を*DE*で除して標準化した*MDL/DE*の0.05毎に求めた*NLR*の平均値をFig. 6に示す。*MDL/DE*の分布範囲は0.35~0.65で、各標本ではほぼ一致していて、*DE*による標準化は妥当であったと考えられる。1991年を除き*MDL/DE* < 0.45では*MDL/DE*の増大とともに*NLR*が増大する傾向が認められたが、*MDL/DE* \geq 0.45では*NLR*が増大傾向は認められなかった。*MDL* \geq *MDL*_{min} = 0.45 \times *DE*である卵巣を卵数安定期とみなし、これから得られた*NLR*を相対1回当たり産卵数 *BFR*とした。

標本毎の*SST*, *MDL*_{min}と*MDL*および*BFR*の平

Table 2. The estimated mean \pm S.D. of *MDL* and *BFR* with *SST* and *MDL_{min}* data

2-1 (1988)

Date	<i>SST</i> (°C)	<i>MDL_{min}</i> (mm)	N	<i>MDL</i> (mm)	<i>BFR</i>
28 Apr.	15.2	0.64	18	0.77 \pm 0.09	1120 \pm 670
20 May	17.6	0.60	16	0.68 \pm 0.04	2260 \pm 1230
8 June	20.1	0.56	4	0.64 \pm 0.10	2920 \pm 740
1 Nov.	21.2	0.55	10	0.59 \pm 0.04	2040 \pm 1420

2-2 (1989)

Date	<i>SST</i> (°C)	<i>MDL_{min}</i> (mm)	N	<i>MDL</i> (mm)	<i>BFR</i>
30 Apr.	16.2	0.63	17	0.74 \pm 0.05	2140 \pm 1290
16 May	17.4	0.61	11	0.72 \pm 0.06	4630 \pm 1960
2 June	19.0	0.58	16	0.65 \pm 0.04	5080 \pm 1400
18 June	19.8	0.57	15	0.63 \pm 0.04	4120 \pm 1320

2-3 (1991)

Date	<i>SST</i> (°C)	<i>MDL_{min}</i> (mm)	N	<i>MDL</i> (mm)	<i>BFR</i>
24 Apr.	14.5	0.65	14	0.70 \pm 0.04	1940 \pm 1140
29 Apr.	14.9	0.65	4	0.70 \pm 0.06	1820 \pm 1480
8 May	15.6	0.64	8	0.68 \pm 0.03	3070 \pm 1340
13 May	16.3	0.63	7	0.64 \pm 0.02	2770 \pm 1920
4 June	19.0	0.58	6	0.63 \pm 0.05	3760 \pm 2680
11 June	20.0	0.57	5	0.61 \pm 0.02	1660 \pm 1100
26 June	21.4	0.54	7	0.58 \pm 0.05	6370 \pm 5310
2 July	21.8	0.54	9	0.60 \pm 0.04	2710 \pm 1310
10 July	22.3	0.54	3	0.59 \pm 0.01	2380 \pm 250
6 Oct.	22.6	0.54	3	0.58 \pm 0.04	2700 \pm 1530

2-4 (1995)

Date	<i>SST</i> (°C)	<i>MDL_{min}</i> (mm)	N	<i>MDL</i> (mm)	<i>BFR</i>
24 Apr.	15.6	0.64	9	0.71 \pm 0.05	3750 \pm 1510
8 May	16.5	0.62	15	0.73 \pm 0.06	5150 \pm 2540
7 June	18.7	0.59	15	0.69 \pm 0.04	9240 \pm 1530
7 July	22.1	0.54	18	0.59 \pm 0.03	4620 \pm 2050

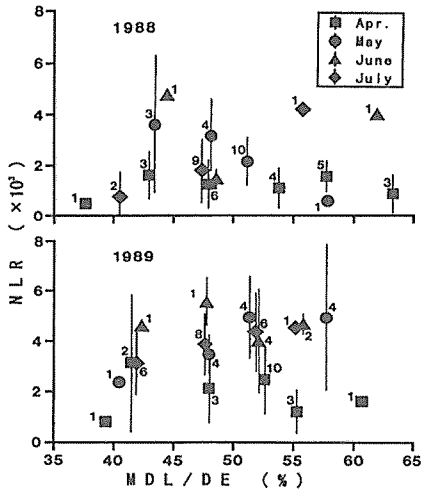


Fig. 6 (1). Relationship of mean \pm S.D. (bars) of *NLR* against each 5% of *MDL/DE*. The estimated mean diameter of fertilized eggs (*DE*, mm) was evaluated by substituting *SST* data (Fig.1) three days before each sampling date with the regression function (1) in text.

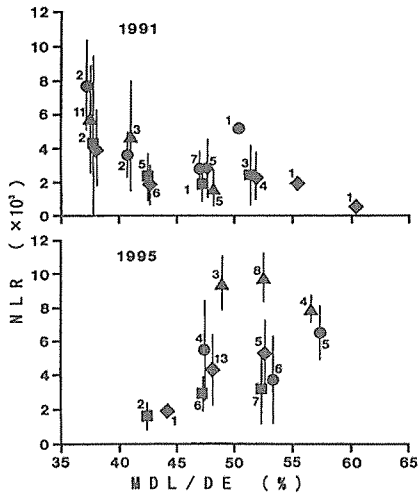


Fig. 6 (2). Relationship of mean \pm S.D. (bars) of *NLR* against each 5% of *MDL/DE*. The estimated mean diameter of fertilized eggs (*DE*) was evaluated by substituting *SST* data (Fig.1) three days before each sampling date with the regression function (1) in text.

均値をTable 2 にまとめて示す。*BFR*の平均値は1988年4月の約1,100から1995年6月の9,200まで大きく変動した。同じ月の*BFR*は1988年の値が最も小さく、1989年および1991年が中間的で1995年は高い値を示した。*SST*と*BFR*の相関関係をFig. 7 に示す。*BFR*は変動が大きく、全体の相関は有意ではなかった($r=0.054$, $N=22$, $p>0.05$)。しかし、水温 19°C 以下では*BFR*は水温の上昇とともに増大する傾向にあり、この範囲で相関係数を計算すると有意($r=0.661$, $N=13$, $0.01<p<0.05$)であった。

4 考察

太平洋側の系群について報告されている^{6,7)} のと同様に、山口県日本海域における卵巣卵の解析結果についても、平均大型卵径*MDL*が表面水温の上昇とともに季節的に減少することが認められた。しかし、1991年の4月、5月の*MDL*は他の年の同時期に比較して小さく、全体の関係から少しずれていた。1991年の卵巣卵では他の年に比較して卵巣内の総卵数*NT*が非常に大きかった。また、全体的に大型卵の割合が小さく、 $MDL \geq MDL_{min}$ で卵数安定期にある卵巣の頻度も低かった。この要因として産卵頻度が非常に高く、解析した多くの卵巣が未だ卵数増大期のものであったことが考えられる。この点を解明するためには、組織学的検査により産卵頻度を推定するなど、新たな解析が必要である。

一方、1回当たり産卵数については、水温の上昇により、卵径が減少するとともに増大すると考えられる。今回の解析においても、4月から6月にかけては水温とともに*BFR*が増大する傾向が認められた。しかし、7月以降さらに水温が上昇すると、卵サイズが減少するものの、1回当たり産卵数は逆に減少する傾向が認められた。Imai and Tanaka⁹⁾ は卵サイズに対する水温の影響は厳密であるが、1回当たり産卵数についてはより変動性が高く、状況に応じて1回の産卵に費やす努力量が変化し、その大小が*GI*に表れることを指摘している。*GI*値は5月から6月に最大値を示し、以後は減少していて、夏季以降には1回の産卵に投入

Table 3. Summary of anchovy BFR data from various areas in Japan

Locality	Mean (Range) in BFR	Author (s)
Mutsu Bay	13250* (6490-18120)	Usami and Sugiyama ²⁾
Sanriku	5820 (3350-8000)	Imai (unpublished)
Boso Peninsula	6720* (6020-7200)	Hiramoto ³⁾
Miura peninsula	5860 (3400-8400)	Imai and Tanaka ⁶⁾
Yamaguchi	3470 (1120-9240)	Imai and Kajitori (this paper)
Hyūga-Nada	2670* (1960-3190)	Takeshita and Aikawa ¹⁾

* Calculated by $BFR = BF / (0.942 \times BL)^3 \times 10^3$

する再生産努力量が下がっていたものと考えられる。

さらに、各年におけるBFRの季節変動を比較すると、大きな変動が認められ、1988年の値が最も小さく、1989年と1991年は中間的で、1995年が最大であった。この4年間でGI値にはそれほど大きな差異は認められなかった。1988年に低い値を示したのは、卵巢内の総卵数がNTRにして約1万と小さかったことが影響している。1991年にはNTRは1988年、1989年の数倍にもおよぶ高い値を示したが、RLが小さく、BFRの値はそれほど大きくなかった。1995年にはNTRは中間的であったが、RLが1988年、1989年並であったため、BFRは最も大きな値を示した。カタクチイワシの1回当たり産卵数は基本的に水温に反応して変化すると考えられるが、その変動には親魚の生息密度や栄養状態が影響することが報告され⁵⁾、他にも様々な要因が影響することが予想される。

従来の研究結果からカタクチイワシの1回当たり産卵数には北高南低の関係があることが知られている¹⁰⁾。これまでの知見をBFRに換算し、本研究の結果および三陸海域のデータ(今井, 未発表資料)を加えたものを

Table 3に示す。平均値で見ると、本研究の結果は、三浦半島と日向灘の中間であり、これまでの北高南低の関係を是認する。しかし、季節および年変動を含むため、日向灘から三陸海域の値を包含する幅広い変動が認められた。

水温が北低南高であると仮定すると、1回当たり産卵数の北高南低現象は、低水温で大卵少産、高水温で小卵多産という水温との関係に矛盾する。現時点で考えられる要因として、産卵適期の長さや産卵頻度の差異があげられる。カタクチイワシの産卵頻度についても、水温との関係が認められ、高水温で高頻度に産卵が行われる^{4, 5, 9)}。高水温海域で長期間にわたり高頻度に産卵する場合には、1回の産卵に費やすエネルギー量を抑え、回転率を高める方が効率的であり、親魚の負担も軽減できる。一方、約13℃以上を産卵好適水温とするカタクチイワシにとって、陸奥湾のような高緯度域の内湾では、産卵適期は夏期の短期間に限定される。こうした海域では少量の卵を繰り返し産卵するよりは、できるだけ多くの再生産エネルギーを蓄積し、最適な時期に集中投資する方が効率的であろう。カク

クチイワシの1回当たり産卵数は状況に応じた柔軟な調節がなされて変化していると考えられる。

文 献

- 1) K. Takeshita and H. Aikawa : *Rec. Oceanogr. Works Japan*, 4, 159-164 (1960).
- 2) 宇佐見修造・杉山久治 : 東海水研研報, 34, 19-35 (1962).
- 3) 平本紀久夫 : 日水誌, 35, 517-523 (1969).
- 4) C. Imai and S. Tanaka : *Nippon Suisan Gakkaishi*, 53, 2169-2178 (1987).
- 5) 鶴田義成 : 水工研研報, 13, 129-168 (1992).
- 6) C. Imai and S. Tanaka : *Fisheries Sci.*, 60, 695-701 (1994).
- 7) C. Imai and S. Tanaka : *Fisheries Sci.*, 63, 489-495 (1997).
- 8) 和田時夫・浅野謙治・岡田行親 : 水産海洋研究, 59, 384-388 (1995).
- 9) 今井千文・楫取和明・田島良博・中村元彦・内山雅史・山田浩且 : 水産海洋研究, 62, 356-368 (1998).
- 10) 田中昌一 : 水産資源学総論, 恒星社厚生閣, 東京, 1985, pp.271-279.
- 11) R. Lasker (ed.) : 総産卵量による浮魚類の資源量推定法—北米カタクチイワシへの適用— (渡部良朗・辻 祥子訳), 東北区水産研究所, 塩釜, 1989, p.190.
- 12) 今井千文 : 田中の図形法による多峰分布の分解, パソコンによる資源解析プログラム集 (II), 中央水産研究所, 東京, 1990, pp.46-53.
- 13) 川崎 健 : 浮魚資源, 恒星社厚生閣, 東京, 1982, pp.122-141.