

バラタナゴの産卵数および貝内産卵の生態学的意義

長田 芳和

Estimation of Population Fecundity of the Bitterling, *Rhodeus ocellatus*, and Ecological Significance of Its Spawning Habit into Bivalves

Yoshikazu Nagata

(Received June 28, 1984)

Fluctuations of the population abundance of the rose bitterling, *Rhodeus ocellatus* (Kner) in a small pond, Shimizu-ike (700 m²), Osaka Prefecture, Japan, were estimated by the Petersen method from 1973 to 1977. The number of fish fluctuated between 12,600 and 46,700 during that period.

In 1974, a large reproductive peak in May contributed mainly by 2- and 3-year-old spawners and a small peak in late July contributed by 1-2-year-old fish were observed.

Average number of eggs laid in a bivalve, *Anodonta woodiana* Lea, in each month was estimated with field experiments from March to November, 1974. In total, 93,400 eggs were laid during the first reproductive peak, and 13,100 eggs during the second reproductive peak.

The mortality of eggs and larvae incubated in the bivalve was less than 30%, and approximately 70% of the larvae that had swum out from the host died in the following six months. Thus, it is estimated that approximately 20% of the eggs laid in the bivalves can survive and grow up to reach the first maturity.

The high survival rate of *R. ocellatus* among cyprinid fishes might be due to the fact that the eggs and larvae are protected from predation by being embedded in a bivalve, and to the fact that the larvae at the earliest free swimming stage have a good opportunity of surviving because they are much larger in size and more developed morphologically than those of other cyprinid fishes.

(Department of Biology, Osaka Kyoiku University, Jonan 3-1-1, Ikeda City, Osaka 563, Japan)

天然に生息するタナゴ類に関する個体群生態学的研究は非常に少ない。Holcik (1960) はヨーロッパタナゴ *Rhodeus sericeus* の年令組成や成長について報告し、我国では朝比奈ほか(1980), Solomon *et al.* (1982, 1985) による河川のタイリクバラタナゴ *Rhodeus ocellatus* の性成熟、個体群密度および成長などについての報告があるのみである。

筆者は前報(長田, 1985)で、小溜池に生息するバラタナゴ個体群の年令組成や性比の他に、繁殖時期、産卵群の年令組成あるいは繁殖に伴う魚の移動などを報告したが、産卵群の年令組成の経月変化は完熟卵を保有する雌の割合を年令群毎に述べたもので、産卵群の年令別密度の変化を示したものではなかった。

そこで今回は、前報と同じ大阪府豊中市内の小溜池、清水池(面積約 700 m²)において、1974 年に行なった調査の結果をもとに、繁殖時期を貝内に産み込まれた卵・仔魚数の時期的変化から推定し、また年級群別の再生

産への貢献度について検討を加え前報を補充した。さらに、貝内卵・仔魚数から推定した 1974 年における産卵数および 1977 年まで引き続いて行なった個体数推定調査と貝内卵・仔魚の死亡数を調べた現場実験の結果から、1974 年級群の生存曲線を描いた。タナゴ類は卵・仔魚を保護するために貝に産卵する習性を獲得したと指摘されてきたが(Balon, 1975), 今回の結果はそれをほぼ裏付けるものとなった。

方 法

1. 各年令群の個体数の推定 バラタナゴの個体数の推定は Petersen 法によって、1973 年 11 月, 1974 年 3 月・7 月・11 月, 1975 年 11 月, 1977 年 1 月・12 月に行なった。標識は左右の腹鰭, 尻鰭, 尾鰭末端などを遊泳に支障をきたさない程度に切断する方法をとった。採集方法や年令の査定法は前報の通りである。

推定個体数 \hat{N} は年令別に表わし、雌の個体数はその

2分の1(長田, 1985)とした。

2. 親魚からの群孕卵数の推定 孕卵数: 繁殖期のバラタナゴの卵巣には、さまざまな大きさの卵が混在しており、正確な孕卵数を求めることは不可能である。そこで産卵管が伸長したさまざまな体長の雌の腹部を指で軽く圧迫して採取した完熟卵の数を、孕卵数を相対的に示す指数(孕卵数指数 F: Index of size specific fecundity)とした。こうして得た完熟卵数と体長の関係式を求め、各年令群の平均体長の孕卵数指数を算出できるようにした。

完熟卵保有群サイズおよび群孕卵数: 各月における産卵群全体の孕卵数(Bagenal, 1978によって定義された population fecundityに近い。以下、群孕卵数)や、産卵群のサイズを示す値は次のようにして得た。すべての値は年令群別に示した。

群成熟度 M (Rate of group maturity): 産卵管が伸長した雌が漁獲雌の中で占める割合で、前報の値を用いた。

完熟卵保有群サイズ指数 S (Index of number of spawners having ripe eggs): 各月の産卵群の密度を間接的に示す。 $S = (N/2) \times M$ 。

群孕卵数指数 PF (Index of population fecundity): 各月における各年令群の群孕卵数を示す。 $PF = S \times F$ 。

3. ドブガイからの産卵群の推定 産卵数の推定は、下記の方法で得た貝当りの平均卵・仔魚数に、池内の貝の個体数を乗じる方法によった。

まず、1974年1月下旬から9月下旬にかけて付近の溜池で採集したドブガイ *Anodonta woodiana* を、バラタナゴの成魚が入らないように網を張った生簀の中に1ヶ月以上放置して貝内の仔魚のすべてを泳出させた。そのうちの20個前後に浮き(回収時の目印)とおもり(移動防止用)をつけ(Fig. 1)、1974年3月11日から11月6日まで、ほぼ2週間間隔で投入と回収を繰り返した。貝を投入した場所は岸から5m以内の池の周辺を主とした定点である。

回収したドブガイは現地でホルマリン固定した後に研究室に持ち帰り、鰓腔内から卵・仔魚を摘出した。卵・仔魚は、Nagata and Miyabe (1978)の発生段階表をもとに双眼実体顕微鏡で発生段階別の個体数を求めた。

4. 貝内における卵・仔魚の死亡数 貝内での卵・仔魚の死亡数を知るために、1979年6月2日から29日にかけて、清水池で次のような実験を行なった。

千枚通して多数の小穴を開けた底面積 $18 \times 18 \text{ cm}^2$ 、深さ 55 cm のビニール袋 10 枚に池の砂を厚さ約 2 cm に敷き、清水池で6月2日に採集したドブガイを1個

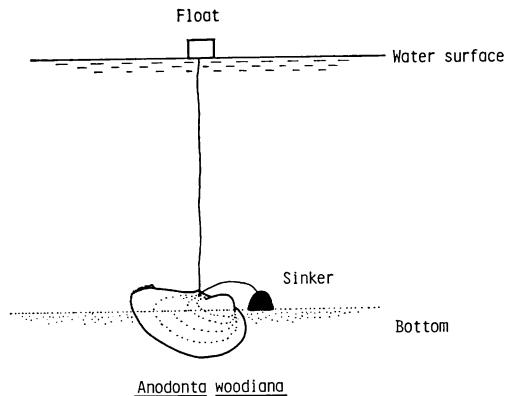


Fig. 1. Diagram showing the method of releasing experiment of the bivalve, *Anodonta woodiana*. A float is a marker of a bivalve which is fixed with a sinker.

ずつ入れて池につるした。袋内の水深はほぼ 45 cm であった。その後、1日あるいは2日毎に袋内の水を入れ換え、その際に泳いでいる仔魚と貝から吐き出された卵や死亡あるいは正常に遊泳できない仔魚を取り出し、10%ホルマリンで固定した後、研究室で発生段階別に個体数を数えた。

なお、袋内の溶存酸素量の低下が貝内の卵・仔魚の生存に影響するかどうかを調べるために、1982年6月7日に清水池で採集した殻長 73.4, 95.0 および 102.6 mm の、卵・仔魚を多数保有するドブガイを別々に先の実験と同じ操作で2日間放置した。その後、袋内の水と袋付近の池の水を採取して、その溶存酸素量をウィンクラー法で測定した。

結 果

1. 各年令群の個体数の時間的変化 調査時における標識放流個体数 (R), 再捕獲時の漁獲数 (C) とそのうちの標識個体数 (r), 再捕率 ($r/R \times 100\%$) および以上の値から算出された推定個体数 (\hat{N}) と 95% 信頼限界 ($\pm 2\sqrt{V(\hat{N})}$) を Table 1 に示した。 \hat{N} およびバリエーション $V(\hat{N})$ は下記の式から算出した。

$$\hat{N} = RC/r$$

$$V(\hat{N}) = R^2C(C-r)/r^3$$

再捕率が 10% 以下の場合、次の Bailey (1952) の修正式を用いた。

$$\hat{N} = R(C+1)/r+1$$

$$V(\hat{N}) = R^2(C+1)(C-r)/(r+1)^2(r+2)$$

各年令群の個体数は、体長幅 1 mm ごとの頻度の 3 点移動平均値をもとに求めた。

体長がほぼ 15 mm 以下の個体はモンドリによって殆ど漁獲されないで(長田, 1985), 個体数の推定は行なっていない。したがって体長 15 mm 以下の個体を含む 0 才魚の推定値は過少評価になる。

総個体数は, 4 年間に最高 46,700 尾から最低 12,600 尾まで変化し, その変化はかなり急激に起こっている。すなわち, 1974 年 7 月から同年 11 月にかけて 23,100 尾が 46,700 尾に急増し, また 1975 年 11 月からはほぼ 1 年間で 46,700 尾から 12,600 尾に急減している。前者における急増は, 1 才以上魚の個体数が 7 月と殆ど変わらないことから専ら 1974 年の 0 才魚の加入によるものである。また後者は 1976 年における 1, 2 才魚の死亡と 0 才魚の加入が少ないことによるものと推定される。

2. 親魚から推定された群孕卵数 1974 年の繁殖期における各月の 1 才, 2 才, 3 才魚の雌数 (NF) は,

3 月, 7 月および 11 月の推定個体数 (Table 1) より算出した。1 才魚と 2 才魚の各月の推定個体数間には有意差が認められなかったので, この期間中の雌数はそれらの平均の 1/2 (性比がほぼ 1 であることから) とした。3 才魚は 3 月下旬から 7 月下旬にかけて急減することから, 恐らく 4~5 月の産卵盛期 (長田, 1985) まで生残り, 産卵後急激に死亡するものと思われる。そこで 6 月の雌数を 0 尾とし, 4 月と 5 月については 3 月の値をもって当てた (Table 2)。

孕卵数指数は体長の増加につれて高い相関で指数的に増加する (Fig. 2)。1974 年から 1976 年までの各年 4~6 月 (黒丸) と 1975 年 7 月下旬 (白星) の回帰直線間に有意差は認められない。なお, 下方に離れた点は産卵直後のものと推測されたので回帰直線の計算には使用しなかった。得られた回帰直線と各月の年令別平均体長 (BL) から各年令群の孕卵数指数 (F) を求めた。

Table 1. Estimated population abundance by year class from November 1973 to December 1977. R, total number of marked fish; C, number of fish in the sample; r, number of marked fish recaptured; \hat{N} , estimated number of fish in the pond; $V(\hat{N})$, variance of \hat{N} .

Date	Age	Year class	R	C	r	r/R × 100	\hat{N}	$2\pm\sqrt{V(\hat{N})}$
26 Nov.-1 Dec. 1973	0	1973	625.5	438.3	13.4	2.1	19,100	9,600
	1	1972	494.9	325.4	28.7	5.8	5,400	1,800
	2	1971	862.6	407.7	73.0	8.5	4,800	1,000
Total							29,300	
19 Mar.-1 Apr. 1974	1	1973	1235.8	303.9	27.1	2.2	13,400	4,800
	2	1972	659.6	368.6	38.6	5.9	6,200	1,800
	3	1971	979.9	554.8	111.5	11.4	4,900	800
Total							24,500	
19 Jul.-30 Jul. 1974	1	1973	1120.7	1102.8	73.6	6.6	16,600	3,600
	2	1972	832.1	1059.1	135.4	16.3	6,500	1,000
	Total							23,100
22 Nov.-26 Dec. 1974	0	1974	1128.5	1648.3	85.3	7.6	21,600	4,400
	1	1973	2011.9	1278.6	154.0	7.7	16,600	2,400
	2	1972	621.7	735.0	52.7	8.5	8,500	2,200
Total							46,700	
9 Nov.-22 Nov. 1975	0	1975	363.0	261.1	8.0	2.2	10,600	6,600
	1	1974	1142.4	763.8	33.7	2.9	25,200	8,200
	2	1973	677.7	680.5	41.5	6.1	10,900	3,200
Total							46,700	
16 Jan.-26 Jan. 1977	0	1976	413.3	214.6	14.0	3.4	5,900	2,800
	1	1975	380.8	210.3	17.7	4.6	4,300	1,800
	2	1974	99.8	96.5	3.1	3.1	2,400	2,000
Total							12,600	
20 Nov.-4 Dec. 1977	0	1977	108.9	387.7	10.1	9.3	3,800	2,200
	1	1976	216.5	592.4	19.1	8.8	6,400	2,800
	2	1975	260.8	192.5	17.5	6.7	2,700	1,200
Total							12,900	

群成熟度 (M) では (Table 2), 3 月には 1 才魚群および 2 才魚群が, そして 4 月にも 1 才魚群がまだ産卵能力をもたない。5 月以降にはじめてすべての年令群が産卵可能になる。そして 5 月に 2 才魚と 3 才魚の群成熟度が急激に高まり, 完熟卵保有群サイズ指数 (S) と群孕卵数指数 (PF) が繁殖期内で最大になる。また 5 月には雌の個体数が高年令ほど少ないにもかかわらず, 年令に伴う群成熟度および孕卵数指数の増大により完熟卵保有群サイズ指数は 3 才魚が最大であり, 群孕卵数指数は高年令群ほど大きい。

6 月になると 3 才魚の殆どは死亡すると推定される。また 2 才魚の群孕卵数指数も低下するが, 1 才魚のみは前月よりやや増加する。このために, 完熟卵保有群サイズ指数および群孕卵数指数は若年令ほど大きくなる。

7 月になると, 産卵群は殆ど 1 才魚と 2 才魚のみになる。2 才魚の群孕卵数指数は前月よりやや増加し, 1 才魚はその繁殖期内で最大の完熟卵保有群サイズ指数と群

孕卵数指数をもつ。この時期は前報で推定された 2 回目の弱い繁殖盛期に対応する。

3. ドブガイから推定された産卵数 1974 年における池全体のバラタナゴの産卵数は, 約 2 週間間隔に極く岸部とその沖 (池の中間部で, 岸からほぼ 2~5 m) に投入された貝当りの平均卵・仔魚数に岸部と中間部のドブガイの推定個体数 (長田, 1985) を乗じてそれを加えることにより算定した (Table 3)。貝内の卵・仔魚は異なる発生段階にあることが普通に見られたので, 貝は産卵床として繰り返し利用されているものと考えられる。したがって繁殖期が進むにつれて, 産卵のために利用可能な貝が減少することは特に考慮しなかった。

貝当りの平均卵・仔魚数は, 5 月 8~22 日に明瞭な 1 大ピークと, 7 月 31 日~8 月 17 日に不明瞭な 1 小ピークをもつ。この 2 時期は前報で繁殖の盛期として推定した時期にほぼ一致する。結局, 4 月 6 日から 7 月 17 日までに 93,400 尾, 7 月 31 日から 8 月 28 日ま

Table 2. Fluctuations of reproductive activities of 1-3 year class populations during the spawning period in 1974 by month. Number of the females (NF), a half of the population abundance in Table 1; rate of the group maturity (M), percentage of the females having ripe eggs; index of the number of spawners (S), $NF \times M$; index of size specific fecundity (F), number of ripe eggs being possessed by a certain size female with fully elongated ovipositor, calculated from the regression formula shown in Fig. 2; index of population fecundity (PF), $S \times F$.

Month	Age	BL	NF	M	S	F	PF
		Mean body length (mm)	Number of females	Rate of group maturity (%)	Index of number of spawners	Index of size specific fecundity	Index of population fecundity
3	1	20.5	7,800	0	0	4.2	0
	2	30.3	3,500	0	0	9.4	0
	3	36.3	2,500	5.6	140	15.4	2,200
4	1	22.6	7,800	0	0	5.0	0
	2	30.7	3,500	4.4	150	9.8	1,500
	3	36.4	2,500	5.9	150	15.5	2,300
5	1	24.5	7,800	5.4	420	5.9	2,400
	2	32.2	3,500	18.7	650	11.0	7,200
	3	37.2	2,500	36.7	900	16.6	15,000
6	1	26.3	7,800	5.5	430	6.8	2,900
	2	33.6	3,500	5.3	190	12.4	2,300
	3	38.5	(0)	3.9	(0)	18.4	(0)
7	1	27.6	7,800	7.2	560	7.6	4,300
	2	33.6	3,500	7.9	280	12.4	3,400
	3	39.2	(0)	7.6	(0)	19.5	(0)
8	1	28.7	7,800	2.6	200	8.3	1,700
	2	33.8	3,500	2.1	700	12.6	900
	3	38.6	(0)	0	(0)	18.6	(0)

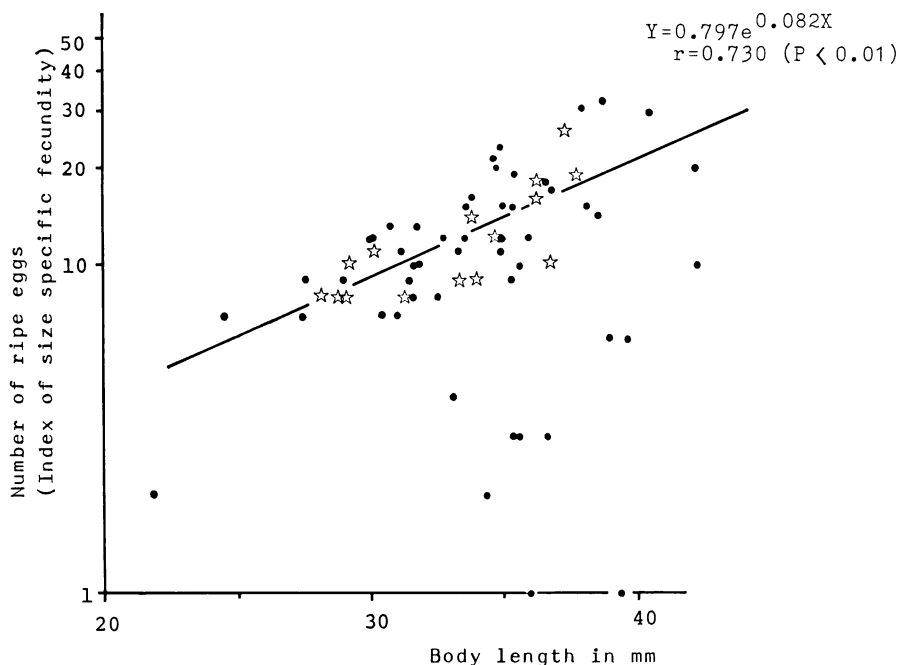


Fig. 2. Relationship between body length and number of ripe eggs. Black circles indicate spawners from April to June, 1974 to 1976, and open stars in July, 1975. Eleven plottings situated far under the regression line were excluded from the present consideration, because females represented by these plottings were expected to be those immediately after spawning.

でに 13,100 尾, 全繁殖期間に 106,500 尾の貝内卵・仔魚が推定された。

4. 貝内の卵・仔魚の死亡と、貝からの泳出仔魚数およびその後の死亡 (Table 4) 実験に用いた 10 個の貝から泳出した仔魚と死亡して放出された卵・仔魚は貝によって異なり 6~96 尾の範囲であった。実験終了時のすべての貝内には卵・仔魚とも残っていないかった。貝内の総卵仔魚数に対する死亡個体数の割合も 0~68.9% と貝によってかなりの違いがある。しかしながら例外的な 2 個の貝 (貝 2 と貝 4) を除けばすべてはほぼ 30% 以下である。すべての貝を合わせた死亡の割合は 27.3% で、結局、貝内の卵・仔魚の死亡の割合は 30% を越えることは少ないとみてよい。

泳出した個体の発生段階 (Nagata and Miyabe, 1978) は 25 以後で、その 95% は最終段階 30 であった。泳出個体の全長は 6.4~7.9 mm, 平均 7.3 mm (165 個体の平均) であった。一方、死亡個体の 94% が発生段階 27 以後で、貝から泳出する時間のものか、遅くとも数日後には泳出すると予想されるものである (Fig. 3)。したがって死亡は主に発生段階の遅い時期、つまり泳出近くになってから起きることが示唆される。

なお、実験的操作が死亡原因の 1 つになる場合が考えられる。貝を入れた袋内の溶存酸素量の低下を大きさの異なった 3 個の貝を使用して調べた実験では (Table 5), 大型の貝が入っている袋ほど溶存酸素を消費する程度が大きい。しかしいずれの袋でも貝内の大部分の仔魚が生存していたことから、この程度の溶存酸素の減少は 2 日間に卵・仔魚の壊滅的な死亡を直ちに導くことはないと思なされる。死亡の割合を求めた先の実験では (Table 4), 今回の最大の貝よりすべて小型で、貝内の卵・仔魚数も少ない貝を使用しており、溶存酸素の欠乏による著しい死亡は考えなくても良いものと思われる。ただ、袋内の水が 1 日あるいは 2 日毎に新しく入れ換えられたにせよ若干の溶存酸素量の減少が繰り返されるわけで、このことによって卵・仔魚に若干の死亡が生じているかもしれない。この場合には、今回の実験で得た死亡の割合はやや過大評価されていることになる。

5. 生存曲線 既に推定した 1974 年の産卵数 (貝内卵・仔魚数) のうち 30% が貝から泳出できないとすると、同年 7 月中旬までに産み込まれた卵から約 65,000 尾、それ以後に産み込まれた卵から約 9,000 尾、合計 74,000 尾が泳出したことになる。

Table 3 Estimation of total number of eggs and larvae embedded in bivalves in Shimizu-ike during the spawning period in 1974.

Area	Shore (205 m ²)					Middle (200 m ²)					Sum
	No. of bivalve released	No. of recaptured	No. of bivalve parasitized	Mean no. of eggs and larvae	Total no. of eggs and larvae	No. of bivalve released	No. of recaptured	No. of bivalve parasitized	Mean no. of eggs and larvae	Total no. of eggs and larvae	
Number of bivalves estimated in May, 1974			1,300					1,100			2,400
1974											
11 Mar.-6 Apr.	6	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6-20 Apr.	12	12	3	1.6	2,100	4	2	0	0	0	2,100
20 Apr.-1 May	15	14	6	3.2	4,200	9	9	0	0	0	4,200
8-22 May	14	12	10	26.8	34,800	8	5	4	20.6	22,700	57,500
22 May-5 June	14	7	5	11.7	15,200	10	6	2	2.3	2,500	17,700
5-19 June	15	12	4	4.5	5,900	10	9	2	0.7	800	6,700
19 June-3 July	14	6	1	1.7	2,200	6	2	0	0	0	2,200
3-17 July	12	4	1	2.3	3,000	6	1	0	0	0	3,000
17-31 July	14	12	0	0	0	6	5	0	0	0	0
31 July-17 Aug.	14	6	3	10.0	13,000	6	5	0	0	0	13,000
17-28 Aug.	14	10	1	0.1	100	6	3	0	0	0	100
28 Aug.-11 Sep.	14	10	0	0	0	6	2	0	0	0	0
11-25 Sep.	14	6	0	0	0	6	2	0	0	0	0
25 Sep.-9 Oct.	14	7	0	0	0	6	3	0	0	0	0
9-23 Oct.	14	12	0	0	0	6	5	0	0	0	0
23 Oct.-6 Nov.	10	9	0	0	0	6	4	0	0	0	0
Sum					80,500					26,000	106,500

長田：ハマダナエの産卵数

Table 4. Daily variations of the number of healthy larvae swimming out from a host bivalve (A), and that of dead eggs and larvae or abnormal larvae spilt out by the bivalve (B) in vinyl bag with many pinholes. The range indicates the 95% confidence interval of $B/(A+B)$ (%).

Specimen no.	1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		Total	
	62.4		65.5		73.7		83.9		84.7		85.9		86.8		88.8		89.7		93.5		A	B
Shell length (mm)	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
1979 June 3	3				2			1			6	1		1					1		13	3
5	5		1		6		1	2	1		5	4		12					4		34	7
6					5	1		1	2		1	5		2	1		2	1	4	2	15	12
7			2		7	1			3		1		1		4		1		2	1	18	5
8			1		6	1			2				1				2		1		12	2
10					6			1			5		3		1		1	2			16	3
11	3		1		5			1		1		5		2	2	5	2				22	6
12									1		2	1	6		1		5				15	1
14	1				2	2	1	11		2	1	11				7			1	1	25	15
15					3			5	1				3		1		5		2		15	5
17					4		3				4		10	6	2		5	2	2		30	8
18					5		5				3		5	7	3		5	1	3		29	8
19					3						1	1	9	1	1		3	1	4	1	21	4
21			1		5		9	16			4	2	8	3	4		2	6	10	1	43	28
23								2					2	2					8		10	4
25								1						1					2	1	2	3
26														2								2
27								1						2	2						2	3
28													1	2							1	2
29																						
Sum	12	0	3	3	59	5	19	42	10	1	35	15	66	30	33	2	42	16	44	7	323	121
A+B	12		6		64		61		11		50		96		35		58		51		444	
B/(A+B) (%)	0		50.0		7.8		68.9		9.1		30.0		31.3		5.7		27.6		13.7		27.3	
Range (%)	—		11.8–88.2		2.6–22.1		54.4–80.1		0.2–41.3		19.0–46.3		23.2–39.3		0.2–19.2		16.7–40.8		5.7–26.3			

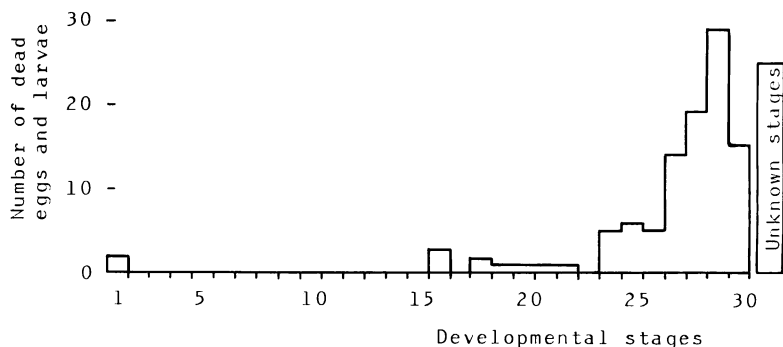


Fig. 3. Frequency distribution of dead eggs and larvae spilt out by the bivalves, classifying them into developmental stages.

その後、同年 11 月下旬には 1974 年級群は 22,000 尾と推定されるから、貝から泳出後 11 月下旬までに少なくとも 52,000 尾が死亡したことになり、その間の死亡率は約 70% である。泳出後約半年間の死亡率は貝内期間のそれをかなり上廻っているようである。

1974 年級群のその後の生残のようす (Table 1) を含めて、生存曲線として示したのが Fig. 4 である。産卵数の約 20% が生きのびて親魚になり最初の産卵をむかえる。その後、翌年の繁殖期まで生存率は高く、産卵されてからはほぼ 1 年半経ても 1 けた減少することはない。むしろ、2 年目の秋までに急激に低下する。この生存曲線は、伊藤 (1975) が示した 3 類型の中では爬虫類、鳥類、小哺乳類について用いた型に最も近い。

考 察

繁殖時期と産卵数 一般に個体群の産卵数 (population fecundity) は、産卵直前の雌がもつ完熟卵数 (fecundity) と実際に体外に放出する卵数 (fertility) とはほぼ等しいとして、すべての成熟雌の完熟卵数を合計して得られる (Bagenal, 1978)。しかしバラタナゴでは、

卵巣内の卵が同時に完熟しないので (Yokote, 1958; Shirai, 1962)、全繁殖期間中の完熟卵数の推定は困難である。しかし本種の卵はもっぱら二枚貝内に産みつけられるので、貝内の卵・仔魚数から産卵数を推定できる利点がある (長田, 1975)。

筆者は前報 (長田, 1985) で、体長分布、雌の産卵管長および完熟卵を保有する雌数などの経月変化から、繁殖期間は 3 月下旬から 9 月までであることやその期間内に大小 2 回の繁殖盛期の可能性を示唆した。今回、ドブガイの投入実験による産卵期間は前報よりやや短いが、その差は投入貝数を増やせば減少するものと思われる。また今回の群孕卵数指数および貝内の卵・仔魚数が増加する時期 (5 月中旬～下旬と 7 月下旬から 8 月上旬) は前報の繁殖盛期とほぼ一致した。前報ではさらに、繁殖期が進むにつれて産卵群の主体が高年令群から低年令群へ移行し、5 月中に主要な再生産が行なわれることを示唆したが、今回の年令別の群孕卵数指数や貝内部・仔魚数の季節変化はこれを裏付けるものであろう。

松島 (1956) は、相模湖に人工の産卵魚巢を設けて、ギンブナの産卵数の時期的変化を調べ、繁殖期間中 (5

Table 5. Comparison of dissolved oxygen between water in the vinyl bag after two days incubation of eggs in three different sized bivalves, *Anodonta woodiana* and surrounding water, and number of embedded individuals in the bivalves at the end of experiment.

Shell length (mm)	Number of larvae swum out	Dead number		Number of individuals in a bivalve	Dissolved oxygen (%)
		eggs	larvae		
73.4	0	0	0	28	84.1
95.0	4	0	3	111 (3)*	82.0
102.6	6	1	4	139	56.6
Surrounding water					102.3

* Number of dead larvae.

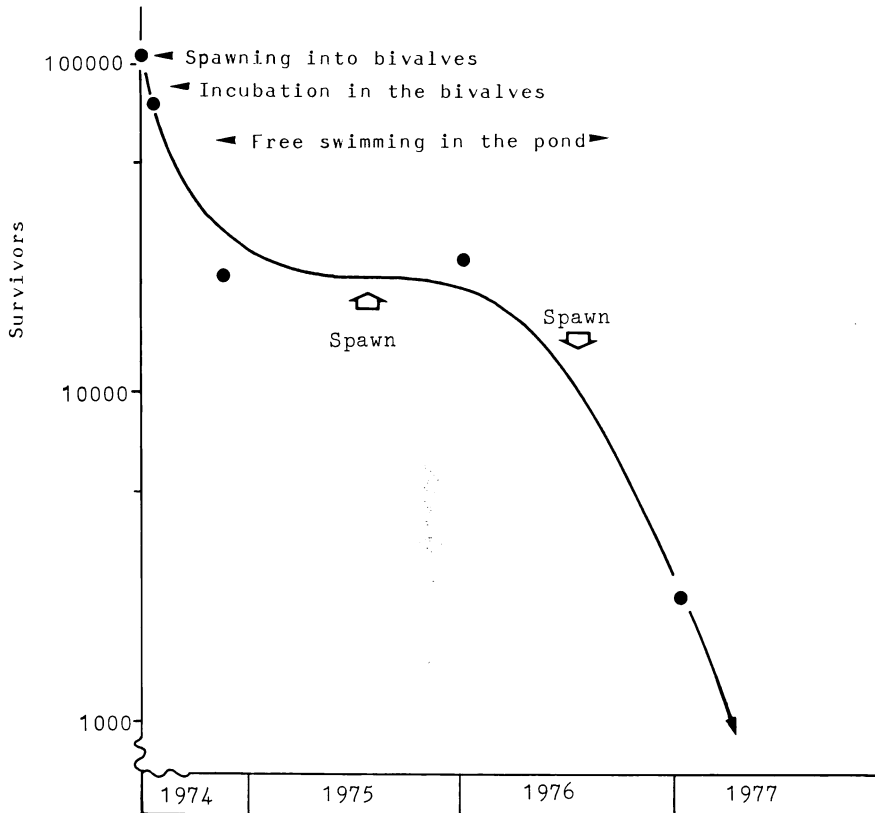


Fig. 4. Estimated survival curve of the 1974 year population.

月中旬～8月上旬)に2～3回の繁殖盛期があり、産卵数は後の盛期ほど激減することを見出した。複数回の繁殖盛期が現われる原因については、群(あるいは個体)として生殖巣が一度に成熟しないためか、環境要因の変動のためか判然しないとしながらも、降雨による増水が重要な要因になりうるとしている。パラタナゴの性成熟には、水温や日照時間が影響することが実験的に確かめられている(Nishi, 1979; 西・高野, 1979; Asahina and Hanyu, 1983)。5月中旬～下旬の年内で最高の繁殖は性成熟に必要な体長を十分に越した2才魚と3才魚によって主に行なわれることから、その時期はすでに朝比奈ほか(1980)が述べているように外的環境条件によって決定されているものと思われる。

一方、7月下旬から8月上旬にかけての繁殖が、2才魚によるとすれば1才魚のうちどの程度の個体が成熟して新しく産卵群に加入するかが全体の群孕卵数及び産卵数を定める重要な要因になろう。前報に示した体長分布の経月変化をみる限り、1才魚の大部分の個体が成熟に必要な最小体長23～24mm(長田, 1985)に達す

るのは7月下旬以降であるが、この時期にやはり群孕卵数のピークがあり、貝内卵・仔魚数も増加している。8月下旬以降に繁殖の盛期が見られないのは、朝比奈ほか(1980)が述べているように日照時間の短縮など外的環境の変化によって繁殖活動が低下したためであろう。

貝内産卵の意義 淡水二枚貝類に産卵するタナゴ類の習性が個体群の維持に果たす役割について数量的に扱った例は全くない。この問題を扱う場合、1)貝に産卵するとき、2)卵が貝に産み込まれてから泳出するまでの間、3)貝から泳出した後への影響、に分けて考えることができる。1)については、繁殖行動を論じる際に別な論文で取り上げることにして、ここでは2)と3)についてふれてみたい。

一般に魚類は生活史の初期段階に極めて高い死亡率を示す(Johnson, 1965)。しかし、この時期の死亡についての研究は極めて少ない(Braum, 1978)。水谷(1974)は、びわ湖のアユが流入河川で産卵した卵のうちふ化までに40%が死亡したり流失し、約30%が他の魚類によって捕食されることを報告している。さらにその後の

流下仔魚の時期には、原因不明だが 64.2% の減耗率を示している。この他にもスジエビなどによる被害も考慮する必要があるという（水谷，1976；水谷ほか，1976a, b）。また *Rutilus rutilus* はふ化までに 90~99%（Zurumuska, 1967 a, b），*Leuciscus leuciscus* は 80~90%（Mills, 1981）が死亡する。ベニザケやイワナなどは成熟するまでに 99.87~99.97% 以上が死亡する（Johnson, 1965；Foerster, 1968；三浦，1977；Braun, 1978）。これらの魚種に比較すると、バラタナゴの貝内での生存率（ほぼ 70%）と成熟までの生存率（ほぼ 20%）は極めて高い。

Balon (1975) は、多くの魚種の産卵習性が、卵・仔魚を捕食と酸素欠乏から守るように仕組みられているとして、タナゴ類の貝への産卵をその 1 例にあげている。タナゴ類の貝内卵・仔魚は貝から吐き出されない限り捕食から逃れることができる。また吐き出されない機能をもつと思われる卵黄突起や体表面の微小突起および蛆虫運動が仔魚にみられる（中村，1969；福原ほか，1982；鈴木・日比谷，1984）。バラタナゴの生活史の極く初期における高い生残率は、貝内への産卵と貝内に留まる適応によって達成されているものと思われる。

バラタナゴの仔魚は、貝から泳出後に摂餌を始め、また捕食者に出会う。泳出時のバラタナゴの仔魚は、口器・鰓・各垂直鰭の鰭条が分化し、移動力もかなりある（中村，1969；Nagata and Miyabe, 1978）。これらは、捕食からの逃避のみならず、摂食に対する有利さや条件の良い場所への移動など仔魚の生存率を高める適応とみてよい。同様な適応は、カワヨシノボリ（水野，1961）やカジカ（水野・丹羽，1961）の陸封化に伴う種分化を論じる際に述べられてきた。これらの魚種には共通して大卵・少産化がみられるが、タナゴ類の卵もコイ科魚類のなかでは大型で数が少ない（中村，1969）。同じことがやはり貝に産卵するヒガイ *Sarcocheilichthys variegatus* でもみられる（中村，1969）。

結局、バラタナゴは二枚貝に産卵することによって、貝内卵・仔魚の生残率を高めるのみならず、安全な貝内で豊富な卵黄を 20 日前後にわたって費やして生活力のある仔魚を貝から泳出させ、その後の生残率を高めているものと思われる。

引用文献

- Asahina, K. and I. Hanyu. 1983. Role of temperature and photoperiod in annual reproductive cycle of the rose bitterling, *Rhodeus ocellatus ocellatus*. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish., 49: 61-67.
- 朝比奈 潔・岩下いくお・羽生 功・日比谷 京. 1980. タイリクバラタナゴ *Rhodeus ocellatus ocellatus* の生殖周期. 日本水産学会誌, 46: 299-305.
- Bagenal, T. B. 1978. Aspects of fish fecundity. Pages 75-101 in S. D. Gerking, ed. Ecology of freshwater fish production. Blackwell Sci. Publ. London.
- Bailey, N. T. J. 1952. Improvements in the interpretation of recapture data. J. Anim. Ecol., 21: 120-127.
- Balon, E. K. 1975. Reproductive guilds of fishes: A proposal and definition. J. Fish. Res. Bd. Can., 32: 821-864.
- Braun, E. 1978. Ecological aspects of the survival of fish eggs, embryos and larvae. Pages 102-131 in S. D. Gerking, ed. Ecology of freshwater fish production. Blackwell Sci. Publ., London.
- Foerster, R. E. 1968. The sockeye salmon, *Oncorhynchus nerka*. Fish. Res. Bd. Can. Bull., (162): 1-422.
- 福原修一・長田芳和・前川 渉. 1982. 日本産タナゴ亜科魚類の前期仔魚表皮に見られる鱗状突起. 魚類学雑誌, 29: 232-236.
- Holcik, J. 1960. Age and growth of the European bitterling (*Rhodeus sericeus sericeus*) and notes to different methods of determination of age of fishes. Nakladatelstvi Ceskoslovenske Akademie Ved. Praha, 127 pp.
- 伊藤嘉昭. 1975. 動物生態学 (上巻). 古今書院, 東京, 226 pp.
- Johnson, W. E. 1965. On mechanism of self-regulation of population abundance in *Oncorhynchus nerka*. Mitt. Int. Verlein. Theor. Angew. Limnol., 13: 66-87.
- 松島昌大. 1956. 人工湖相模湖における魚巢によるフナ、産卵生態及び生殖巣調査. 淡水区水産研究所研究報告, 6: 1-21.
- Mills, C. A. 1981. Egg population dynamics of naturally spawning dace, *Leuciscus leuciscus* (L.). Env. Biol. Fish., 6: 151-158.
- 三浦泰蔵. 1977. 個体群の動態—魚類を中心として—, 大沢文夫ほか編. 集団と生態. 朝倉書店, 東京.
- 水野信彦. 1961. ヨシノボリの研究—II. 形態の比較. 日本水産学会誌, 27: 307-312.
- 水野信彦・丹羽 弥. 1961. カジカ, *Cottus pollux* Günther の生態的 2 型. 動物学雑誌, 70: 267-275.
- 水谷英志. 1974. コアユ産卵場におけるヨシノボリ, ウツセミカジカのアユ卵 (アユ仔魚) 食害について. 滋賀県水産試験場研究報告, (28): 21-28.
- 水谷英志. 1976. 各種魚類による流下アユ仔魚の食害 [II]. 実験人工河川域と姉川のアユ産卵場附近に棲息する魚類の胃内容物について. 滋賀県水産試験場研究報告, (28): 21-28.
- 水谷英志・大野喜弘・田沢 茂. 1976a. 各種魚類による流下アユ仔魚の食害—III. 芹川河川域における流下アユ仔魚の減耗と棲息する魚類の胃内容物につ

- いて、滋賀県水産試験場研究報告, (28): 39-44.
- 水谷英志・田沢 茂・大野喜弘・的場 洋・中賢 治・伏木省三. 1976b. アユの産卵から流下仔魚までの生存率について [II]. 滋賀県水産試験場研究報告, (28): 15-20.
- 長田芳和. 1975. タイリクバラタナゴ個体群の研究における問題点. 海洋科学, 7: 31-35.
- 長田芳和. 1985. 溜池におけるバラタナゴ *Rhodeus ocellatus* の繁殖期と移動. 魚類学雑誌, 32: 79-89.
- Nagata, Y. and H. Miyabe. 1978. Developmental stages of the bitterling, *Rhodeus ocellatus ocellatus* (Cyprinidae). Mem. Osaka Kyoiku Univ., Ser. III, 26: 171-181.
- 中村守純. 1969. 日本のコイ科魚類. 資源科学研究所, 東京, 262 pp., 175 pls.
- Nishi, K. 1979. A daily rhythm in the photo-sensitive development of the ovary in the bitterling, *Rhodeus ocellatus ocellatus*. Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ., 30: 109-115.
- 西 健一郎・高野 和則. 1979. タイリクバラタナゴ *Rhodeus ocellatus ocellatus* の卵巣におよぼす光周期と温度の影響. 北海道大学水産学部研究彙報, 30: 63-73.
- Shirai, K. 1962. Correlation between the growth of the ovipositor and ovarian conditions in the bitterling, *Rhodeus ocellatus*. Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ., 13: 137-157.
- Solomon, G., K. Matsushita and M. Shimizu. 1982. The fluctuation and distribution of the population density and fish movement of rose bitterling in Shin Tone River. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish., 48: 1-9.
- Solomon, G., K. Matsushita and M. Shimizu. 1985. Age and growth of rose bitterling in Shin Tone River. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish., 51: 55-62.
- 鈴木伸洋・日比谷京. 1984. バラタナゴ属仔魚の表皮上に見られる突起物. 魚類学雑誌, 31(2): 198-202.
- Yokote, M. 1958. Study on the ovarian eggs of *Rhodeus ocellatus*. Bull. Freshwater Fish. Res. Lab., 7: 1-8.
- Zuromuska, H. 1967a. Mortality estimation of roach (*Rutilus rutilus* L.) eggs and larvae on lacustrine spawning grounds. Roczniki Nauk Roln., 90: 539-556.
- Zuromuska, H. 1967b. Some causes of mortality of roach (*Rutilus rutilus* L.) eggs and larvae on lake spawning grounds. Roczniki Nauk Roln., 90: 557-579.

(563 池田市城南 3-1-1 大阪教育大学教育学部)