シズクガイの着底時における生残率の推定

今林博道・岩谷照義¹⁾

(広島大学生物生産学部)

Estimation of Survival Rate at the Settlement of a Bivalve *Theora lubrica*

HIROMICHI IMABAYASHI and TERUYOSHI IWATANI

Abstract

IMABAYASHI, HIROMICHI and TERUYOSHI IWATANI (Faculty of Applied Biological Science, Hiroshima University). 1990. Estimation of Survival Rate at the Settlement of a Bivalve *Theora lubrica*. Benthos Research (Bull. Jap. Assoc. Benthology), 38: 19-25.

Survival rate at the settlement of a semelid bivalve *Theora lubrica* was estimated from the change in the densities and size compositions of planktonic umboned larvae (shell length: 125~164 μm), metamorphosing larvae (132~196 μm) and benthic juveniles (more than 164 μm). They were simultaneously collected with plankton net, sediment traps set in the strata 0.4, 1 and 2 m above the bottom, and corer-type bottom sampler, in northern Bingo-Nada, the Inland Sea, from June to December. No significant difference was seen in the size composition of animals between the sediment traps and the bottom sampler. The density of metamorphosing larvae ($2.9 \times 10^2 \sim 20.4 \times 10^2$ indiv./ m^2) was positively correlated to tidal range (210~416 cm). From mid-June to mid-October, most of the metamorphosing larvae disappeared due to the oxygen-deficient bottom water, while planktonic larvae and benthic juveniles did not decrease markedly. At the settling period excluding the above-mentioned months, survival rate of the umboned larvae was estimated approximately 20%, whose value was the same rate as that during the metamorphosing stage. This indicates that a large mortality hardly occurred in a transitional stage from planktonic to benthic lives.

はじめに

瀬戸内海・東京湾など富栄養海域の泥質底における卓越種である小型二枚貝のシズクガイ *Theora lubrica* は、夏季に底層付近に発生する貧酸素水塊に対して比較的強い耐性を示し(菊池・田中, 1976; 今林, 1989), 大型底生動物群集の中で最後まで生存している種である。貧酸素状態がさらに進行すると消失してし

まうが、浮遊幼生はそれ以前と変わらない密度で水中に分布していることを前報(今林・岩谷, 1988)で明らかにした。このようなことから、生息環境が悪化すると浮遊幼生の着底時に多量の死亡が生じることが推察される。二枚貝をはじめ多くの無脊椎動物では、着底前後に生残率が急減すると言われているが(倉田, 1973; MUUS, 1973; 堀越, 1978; 菊池, 1983), 着底直後に生じる変態過程での生残率に関して、野外において詳細に検討した研究例は見当たらない。

本研究では、瀬戸内海の富栄養海域でのシズクガイ

1) 現在の所属: 尾道工業高等学校

浮遊幼生の主要な着底場所である備後灘北部域（今林，1983）において，本種の着底・変態に伴う生残率を推定した。シズクガイの着底盛期である春季において，海中に設定したセジメント・トラップと採泥器に出現した変態期幼生の個体数の変化から，その生残率を算定した。また，個体群回復期である秋・冬季には，プランクトンネットと採泥器を用いて浮遊幼生から着底個体までの生残率を求め，着底盛期との比較・検討を加えた。

材料および方法

調査海域 調査場所に選定した瀬戸内海備後灘北部域の仙酔島周辺（Fig. 1）では，干満差が大きく大潮差は2.9 m，小潮差は1.3 mで（東京天文台，1987），底層水が停滞することはない。しかし，夏季には沖合からの貧酸素水塊の拡大によって底泥から硫化水素が発生し，底生生活中的シズクガイはほとんど死滅する（IMABAYASHI & TSUKUDA, 1984）のに対し，浮遊幼生は周年存在している（今林・岩谷，1988）。入江の開口部に位置している調査定点 SH 3（水深8 m）より沖合の海底は泥質で覆われている。

着底盛期の採集 1985年，シズクガイの着底盛期である5月10日より7月25日までの間，大潮日に4回，小潮日に4回の調査を実施し，変態期幼生と底生稚貝を同時採取した。この8回の調査のうち，最大干満差は6月4日の416 cm，最小干満差は6月11日の210 cmであった。変態期幼生の採取は，Fig. 2に示すようにSH3の海底上0.4 m，1 m，2 mにそれぞれ4個，2個，2個設置したセジメント・トラップ（円筒型ポリ容器，採取面積55.4 cm²，高さ/口径2.95）を用いて行い，24時間に落下する個体を対象とした。底泥面下1 cm層までの変態期幼生と底生稚貝は，K. K.式簡易柱状採泥器（口径5 cm）を調査ごとに3回繰り返して採取し，目合い88 μmの篩によって選別した。

個体群回復期の採集 秋・冬季，すなわち1986年9月8日～12月9日の間に，7回の調査を実施した。殻頂期浮遊幼生の採集は北原式プランクトンネット（目合XX13）の海底からの垂直曳によって行い，また変態期幼生と底生稚貝はK. K.式簡易柱状採泥器を調査ごとに7回繰り返して採取した。

採取標本は直ちに3%ホルマリン溶液（pH8.3）で固定した後，ローズベンガルを用いて染色し，田中（1981）に基き殻頂部の靱帯の位置や外形から同定し，個体数を算定し殻長を測定した。同定の際，シズクガ

Fig. 1 Sampling station (solid circle) off Sensui Island in northern Bingo-Nada, the Inland Sea.

Fig. 2 Diagram of sediment trap set up at Stn. SH3 of 8m depth.

Fig. 3 Relationship among developmental stage, life form and sampling apparatus of *Theora lubrica*. Numerals denote the length (μm) for each stage.

イと同時に採取されその形態が類似するアサリ稚貝との判別に、とりわけ注意を払った。

生残率の推定方法 海中の浮遊幼生が本成育場 (SH 3, 水深 8 m) で垂直的に落下・着底したものと仮定し、採集器具間の採集量の比から生残率を推定した。

殻頂期～変態期：プランクトンネットにより採集された個体のうち同定が確実な殻長 125 μm 以上の殻頂期幼生量 (個体/ m^2) と、柱状採泥器に出現した変態期幼生量 (個体/ m^2) の比で求めた。

変態期：本研究では 1 日当たりの生残率を、底泥が存在しないセジメント・トラップの採集量 (個体/ m^2 /day) に対する柱状採泥器の採集量 (個体/ m^2) の比として算定した。

結果および考察

採取方法と成長・发育段階 本研究で実施したシズクガイの採取方法と、成長・发育に伴う生態変化との対応関係 (Fig. 3) は、以下の通りである。

北原式プランクトンネット：表層では底泥表面への沈下行動を示す殻頂期幼生 (殻長：63～164 μm) が採取されるが、底層ほど大型個体が多かった。なお、海底近辺では 1 mm にも達する底生稚貝が混入する場合があった。

セジメント・トラップ：採集量の大部分は浮遊生活から底生生活への過渡的段階である変態期幼生

(132～196 μm) で占められ、その成長較差は最大で 1.5 倍あった。この发育段階の進行具合は周囲の成育・着底環境に大きく左右されやすいため、底泥が存在しないトラップ上の個体は変態初期にあるものと見なされる。また、海底直上に配置したセジメント・トラップ中には、プランクトンネットの場合と同様に最大 3.4 mm までの底生稚貝が毎回出現した。

K. K. 式簡易柱状採泥器：変態期幼生とその後の底生稚貝 (164 μm 以上) が採取された。前者では、殻長範囲でセジメント・トラップと有意な差はないが (IMABAYASHI & IWATANI, 1988)、本来の着底基盤に出現したので変態末期にあるものと見なされる。後者については、成長差から変態期幼生と明瞭に区別される 196 μm 以上の大型個体を“完全着底個体”として取り扱った。

幼生と稚貝の出現状況 着底盛期の 5 月から 7 月までに、セジメント・トラップと柱状採泥器に採取された変態期幼生と底生稚貝の殻長組成の推移を Fig. 4 に示す。

柱状採泥器については、変態期幼生群に相当しモードが 150～200 μm にある小型殻長群は、5 月 10 日から 7 月 2 日まで出現していた。一方、200 μm 以上の底生稚貝が毎回採取され、特に変態末期幼生が消失過程にある 7 月 2 日～18 日には明瞭な大型個体群が存在していた。したがって、7 月 2 日の殻長組成は 200 μm を境に 2 峰型を示し、この時期に着底・加入状況が変化

Fig. 4 Change in the size composition of *Theora lubrica* collected with the sediment trap and the bottom sampler. Individuals larger than $700\mu\text{m}$ were excluded and dotted lines denoted the length of $200\mu\text{m}$.

Fig. 5 Relationship between maximum tidal range in a day and the ratio of the density of *Theora lubrica* on the sediment traps to that on the bottom sampler.

していたことが示唆される。

セジメント・トラップの殻長組成をみると、0.4m、1 m および 2 m 層とも同様な推移を示していた。200 μ m 以下の大部分を占める変態初期幼生は、7月2日まで底泥上の個体群のモードと一致した殻長群を形成し、この間は漸次着底していたと推察される。底泥の状態が悪化する7月18日以降(IMABAYASHI & TSUKUDA, 1984)は急減するが、0.4 m 層では底泥上と異なり125~200 μ m の変態初期幼生がわずかながら出現していた。

底生稚貝のうち200 μ m 以上の完全着底個体については毎回出現し、その大部分が海底に最も近い0.4 m 層のセジメント・トラップに集中していた。これは、採捕された変態初期幼生が成長したとは考え難く(今林・岩谷, 1988)、セジメント・トラップの設置による底層流の巻き上げに伴って生じたことが推察される。しかし、1)海底上に対するトラップ中のシズクガイの採取量比と干満差との間には相関がないこと($r=0.03$, $p>0.05$) (Fig. 5), 2)トラップ中と底泥上の貝の殻長組成が一致していないことから、底泥の舞い上がりによる混入は小さいと考えられる。

個体群回復期にあたる9月から12月までのシズクガイの採取量をみると(Table 1)、底生個体がほぼ全滅する夏季にも生存した殻頂期浮遊幼生(今林・岩谷, 1988)は、9月8日以降にも引き続き出現したが、大きく増減していた($1.5 \times 10^2 \sim 30.2 \times 10^2$ 個体/ m^2)。一方、変態末期幼生($2.9 \times 10^2 \sim 8.0 \times 10^2$ 個体/ m^2)と196 μ m 以上の完全着底個体は10月末になってようやく観察され、その後は漸次増加の傾向を示した。このように、備後灘北部域では、回復期の浮遊幼生は速やかに

着底せずにいたことが分かる。

生残率の推定 着底盛期での変態期幼生量の垂直分布をみると(Table 2)、シズクガイは底生生活の移行期になると底層に集中するようになったが、海底直上の0.4 m 層での採集量が底泥上と比較して著しく多いことから、種本来の着底基盤である海底に着底・変態する際に多量に死亡したと考えられる。したがって、変態期の生残率は、0.4 m 層のセジメント・トラップに対する柱状採泥器の採集量の比として近似的に表わされる。5月10日~6月26日の生残率は、95%信頼区間で $21.9 \pm 10.0\%$ とほぼ一定していたが、貧酸素化に伴って硫化水素が発生して底層環境が悪化する夏季(IMABAYASHI & TSUKUDA, 1984)になると、急激に低下し、7月2日は8.1%、18日と25日は0%となった。

個体群回復期については、殻頂期幼生が現場水温(14~22°C)下で変態末期に到達する日数は、飼育実験による水温と成長速度の関係式(今林・岩谷, 1988)から3~7日間を要することになる。したがって、殻頂期幼生から変態期幼生までの生残率は、毎回の両者の採集量の比からではなく、10月27日~12月9日の特定期間を通じて算定すると、4.0%と推定された。底泥上に変態期幼生が全く出現しなかった9月8日~10月13日についても同様に生残率を推定すると、0%となった。しかし、飼育実験(福本・今林, 未発表)によると、殻頂期幼生は好適な底泥が存在しないと変態期へ移行せずに、水温20°Cで20日間以上生存していることから、野外でも浮遊幼生は着底によって死亡する場合は少なく、発育過程を延長させること(CRISP, 1974; 菊池, 1983)が考えられる。

Table 1 Change in the density of *Theora lubrica* at the recovery of settlement, 1986

Date	Maximum tidal range (cm)	Planktonic larvae* ¹		Metamorphosing larvae* ² ($\times 10^2/m^2$)	Completely settled shell* ² ($\times 10^2/m^2$)
		($\times 10^2/m^3$)	($\times 10^2/m^2$)		
Sep. 8	342	5.4	43.2	0	0
Sep. 27	191	2.7	21.6	0	0.7
Oct. 13	268	20.0	160.0	0	0.7
Oct. 27	207	1.5	12.0	8.0	10.2
Nov. 10	241	20.1	161.8	2.9	21.9
Nov. 28	255	30.2	241.6	8.0	40.1
Dec. 9	230	18.9	151.2	3.6	65.6

*1: Umboned stage, *2: Collected with bottom sampler

Table 2 Change in the density of *Theora lubrica* at the peak of settlement, 1985

Date	Maximum tidal range (cm)	Metamorphosing larvae				Completely settled shell*2 ($\times 10^2/\text{m}^2$)
		Water column ($\times 10^2/\text{m}^2/\text{day}$)*1		Bottom ($\times 10^2/\text{m}^2$)*2		
		2m	1m			
May 10	338	12	53	78	15.3	28.1
May 17	324	8	15	48	10.2	17.8
June 4	416	12	21	81	12.7	7.7
June 11	210	7	14	60	10.2	18.7
June 26	241	3	26	38	13.6	13.6
July 2	398	10	26	247	20.4	49.3
July 18	393	0	0	2	0	22.1
July 25	260	0	0	4	0	17.0

*1: Location of sediment trap above bottom, *2: Collected with bottom sampler

Fig. 6 Relationship between maximum tidal range in a day and the density of metamorphosing *Theora lubrica* collected with the bottom sampler.

周年を通じた生残過程の推察 シズクガイの着底時、特に浮遊期から変態期における生残過程を周年にわたり推察すると、以下ようになる。

底層水・底泥環境が悪化する夏・秋季（7月中旬～10月中旬）の備後灘北部域では、浮遊幼生の大部分は発育を延期させて着底・変態過程に入っていない。その結果、海中の殻頂期幼生は干満に伴う水塊の運搬作用

を受けて徐々に逸散し、本調査域での生息密度の低下（今林・岩谷，1988）となってあらわれている。

変態期幼生が出現する前記以外の季節においては、殻頂期・変態期を通じて幼生の4.0%が生残しているが、変態期のみが生残率が21.9%であるので、殻頂期の生残率は18.3%と算定される。このように、シズクガイでは浮遊幼生が底生稚貝に到達するまでの間に、急激に死亡する発育段階は存在していない。

周年を通じて変態期幼生量の推移をみると（Tables 1, 2），柱状採泥器とセグメント・トラップでは約1ヶ月の変動周期が表れていた。また、変態期幼生量は干満差と正の相関を示し（ $r=0.683$, $p<0.05$ ）（Fig. 6），特に干満差が約400cmを越す6月4日・7月2日の底泥にすむ着底個体は増加したのに対し（ $12.7 \times 10^2 \sim 20.4 \times 10^2$ 個体/ m^2 ），干満差が約250cm以下の6月11日・26日と個体群回復期には、逆に少なかった（ $2.9 \times 10^2 \sim 13.6 \times 10^2$ 個体/ m^2 ）。このように、シズクガイの着底・加入に月齢周期の存在が示唆される。

変態期以降の生残過程については、底泥の水温（ $14 \sim 22^\circ\text{C}$ ）が急激に上昇・下降しているため、殻長組成だけから、変態期幼生群とその後の底生稚貝群との対応関係を推定することは困難である。ただ、底生稚貝の密度は変態期幼生と幾分遅れてほぼ1ヶ月の周期で増減していることから、後者の生残数がその後の底生稚貝の密度を大きく規定していたと推察される。したがって、前述した浮遊期から変態期までの生残過程を考慮に入れると、底生稚貝への加入量は浮遊幼生量自体の増減を反映していたことになる。

謝 辞

本研究を進めるにあたり、標本採集のご協力と有益なご助言を頂いた広島大学生物生産学部高橋正雄教授、付属水産実験所佐々田憲講師ならびに萩ノ浦漁業協同組合の皆様に感謝致します。

文 献

- CRISP, D. J., 1974. Factors influencing the settlement of marine invertebrate larvae. In, *Chemoreception in marine organisms*, ed. by P. T. GRANT and A. M. MACKIE, Academic Press, London, pp. 177-265.
- 堀越増興, 1978. Larval Ecology (幼生生態学) と Bioturbation (生物攪拌). 海洋科学, 1: 81-99.
- 今林博道, 1983. 底生動物群集に及ぼす貧酸素水塊の影響. 日水誌, 49: 7-15.
- 今林博道, 1989. 富栄養海域における底生動物群集と貧酸素水塊の相互作用. 沿岸海洋研究ノート, 26: 119-128.
- IMABAYASHI, H. and T. IWATANI, 1988. Settling size of the bivalve *Theora lubrica*. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 54: 731.
- 今林博道・岩谷照義, 1988. 浮遊期シズクガイの成長と分布 (予報). ペントス研究会誌, 33/34: 17-24.
- IMABAYASHI, H. and TSUKUDA, S., 1984. A population ecology of the small bivalve *Theora lubrica* in northern Bingo-Nada. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. (Nippon Suisan Gakkaishi)*, 50: 1855-1862.
- 菊池泰二, 1983. 海産無脊椎動物の繁殖生態と生活史 -XI, 幼生期および定着初期における死亡. 海洋と生物, 5: 432-437.
- 菊池泰二・田中雅生, 1976. シズクガイ *Theora lata* (HINDS) の生態的特性, 殊に生活史の特徴と非調和性環境への適応性について. 生理生態, 17: 261-271.
- 倉田 博, 1973. クルマエビ栽培における種苗とその播殖に関する諸原理について. 南西水研報, 5: 33-75.
- MUUS, K., 1973. Settling, growth and mortality of young bivalves in the Øresund. *Ophelia*, 12: 79-116.
- 田中弥太郎, 1981. 二枚貝類幼生の同定 -15. 海洋と生物, 3: 387-390.
- 東京天文台, 1987. 日本各地の潮汐定数. 理科年表, 丸善, 東京, pp. 668.
- 724 東広島市西条町下見
広島大学生物生産学部
今林博道