エビジャコの孵化・飼育と、その幼生の海産動物への 餌料としての利用に関する研究 I.

山 内 幸 児

(1965 年 8 月 27 日受理)

HATCHING AND REARING OF *CRAGO AFFINIS* (de HAAN), AND ON THE UTILIZATION OF THE LARVAE AS FOOD—I.

Koji YAMAUCHI*

The rearing of the larvae from egg bearing females of *C. affinis* obtained in Ako fishing ground was carried, and the writer succeeded in rearing through the six metamorphoses from hatching to the bottom stage.

The writer found three kinds of the effective food for the larval stages: the triturated clam meat of *Paphia undulate*, planktonic material and *Brachionus plicatilis* O.F. MÜLLER which were obtained by a Diatom net.

All the larvae which were fed on *Skeletonema costatum* did not molt, and died after rearing for 4 days.

緒 論

赤穂地先（兵庫県赤穂市）で、2月から5月にかけて多くのエビジャコ *Crago affinis* (de HAAN) が漁獲されるが、商品価値が低く、大部分は雑エビとして処理される。

しかし、安田¹⁾は、沿岸の海産動物に対するエビジャコの天然餌料としての重要な役割を指摘し、生態面からの立場で研究した。

NEEDLER²⁾は、論文の一節で、*Crago* larva はピーカーで数 stage 簡単に飼育できると述べているが、これを主題にした詳しい論文は発表していない。

その他、この種の幼生期の飼育と形態に関する文献は見当たらない。

著者は、エビジャコ幼生を、有用海産動物稚仔の人工飼育用餌料とするため、本種の孵化と飼育技術確立のための予備的な試験を、昭和 39 年度に、兵庫県立水産試験場赤穂のり採苗場で試み、若干の知見を見たので報告する。

発表に当り、調査と発表の機会を与えられた当水産試験場長 井沢康夫氏、有益な御助言と御校閲を賜った高知大学文理学部 八塚剛博上、広島大学水産学部 村地四郎博士、輪虫類の査定をお願いした三重県立大学水産学部 伊藤隆博上、広島大学水産学部 小山治行助教授、文献蒐集に関して御援助頂いた J.C. STEVENSON 氏 (Fisheries Research Board of Canada)、ならびに C.O. Spencer 氏 (Canadian Embassy, Tokyo) に厚く感謝の意を表する次第である。

また、試験上多大の御援助を頂いた当水産試験場浜口章博士、伊丹宏三技師ならびに竹田文弥技師に併せて深く謝意を表する次第である。

* 兵庫県立水産試験場 赤穂のり採苗場 (Hyogo Prefectural Fisheries Experimental Station, Ako Laboratory, Ako City, Japan).

材料および方法

親エビ 赤穂漁場において小型底曳網で採集した抱卵親エビを、4時間以内に砂層で汚過した海水を入れたポリエチレン製バケツ (15 l 容量, セキスイ化学 K. K.) に移して飼育した (Table 1)。

孵化および飼育用容器 上述の汚過海水を入れたバケツを、そのまま孵化および飼育用容器として使用した。まず、1容器に1尾の抱卵エビを入れ、孵化までは7 l の海水を満たし、換水せず無投餌で止水とした。孵化開始後12時間以内に親エビを取除き、海水を10 l に増量し、水がゆるやかに回転するよう通気した。その後、容器内の海水は、1日1回投餌前に1/3程度換水した。

測定 採集抱卵エビの胸甲長・体長・体重と卵色・卵径・外卵期間の調査結果は、Table 1に示す通りである。卵色は、八塚²⁾が *Neptunus pelagicus* の飼育試験で用いた方法に準じて分類した (Table 1, 注)。

孵化数は、80 cc 容量中の幼生数を数回測定し、その平均値より計算して求めた。また、飼育中の生残尾数も同じ方法で求め、歩留などを算出した。

Table 1. Determinations of the egg bearing females and the newly hatched larvae used in this experiment.

No. of Test	Date of Starting Test	Egg bearing females			Bearing eggs				Newly hatched larvae		
		Carapace length (mm)	Body length (mm)	Body weight (g)	Mean short axis (μ)	Mean long axis (μ)	Color* degree	Egg bearing period (days)	Number of larvae	Mean carapace length (μ)	Mean body length (μ)
1	Apr. 18	11	42	1.4	—	—	III	1	2,790	—	—
2	"	11	47	2.4	—	—	III	3	3,280	—	—
3	"	11	44	1.6	—	—	II	5	5,580	—	—
4	"	11	48	2.4	—	—	III	1	3,860	—	—
5	"	9	39	1.1	—	—	II	4	2,460	—	—
6	May 7	11	48	1.7	—	—	III	2	2,870	—	—
7	"	9	40	1.4	—	—	II	5	4,430	—	—
8	"	12	50	2.6	—	—	II	6	7,870	—	—
9	Jun. 5	11	—	1.9	359	503	III	1	3,360	—	—
10	"	7	29	0.5	343	474	III	1	770	629	1,658
11	Jun. 8	10	47	2.0	435	590	III	1	1,350	758	1,920
12	Jun. 10	10	46	1.7	392	553	III	3	3,430	659	1,739
13	Jun. 12	11	45	1.8	392	518	III	1	3,610	574	1,709
14	Jun. 23	9	41	1.2	392	508	III	2	4,130	659	1,717
15	Jun. 24	8	36	0.9	377	518	III	3	2,960	644	1,695
16	"	8	35	0.9	407	555	III	1	1,860	666	1,732
17	Jun. 30	10	43	1.4	407	525	III	1	2,570	666	1,761
18	Jul. 4	9	40	1.5	363	429	II	5	2,800	659	1,621
19	Jul. 10	8	35	1.0	370	481	II	5	1,010	666	1,717
20	Jul. 14	11	46	2.0	400	525	III	2	3,760	659	1,702
21	Jul. 20	7	32	0.6	392	548	III	2	550	648	1,717
22	Jul. 21	8	36	1.0	407	555	III	1	820	673	1,783
23	Jul. 29	8	34	0.6	392	511	III	2	640	629	1,635

- * I. The early time of bearing egg. White or light blue.
 II. The middle of the development. Light gray or light green.
 III. The post time. Dark green.

Fig. 1. A sketch map of the Ako fishing ground.

Area of abundant production of *C. affinis*.
Station where plankton collection and weather and sea observations took place.

エビ幼生の平均体長（眼の前縁より尾節後端まで）を求めるために、孵化直後より任意の5個体を採り上げて測定した。また、同時にそれらの形態も観察し、5個体全部が一つの stage から次の stage に脱皮し終るまでを 1 stage 期間とした。

餌料 浮游期の飼育には、次の4種の餌料を用いた。

1. 磨碎アサリ肉。生鮮アサリ肉を乳鉢で十分磨碎して少量の水を添加し、ガーゼで濾過して大きな肉片を除去したもので、これを飼育水中に投与すると、肉細粒は水中に懸濁する。

2. *Skeletonema costatum* 培養液。miquel 海水で培養したもの。なお、一部にはユベラフード（エーザイ製）を添加剤として使用した。

3. 採集プランクトン。これらのプランクトンは、水試前の船着場からプランクトンネットで、表面から 1m 以内の層を 1 回当り 10~30 秒曳き、その中から大型沈着物を除去したものである。なお、採集場所と採集期間中のプランクトン組成の主な変動は、Fig. 1, 2 に示した。

4. シオミズツボムシ *Brachionus plicatilis* O.F. MÜLLER。7月9日から7月12日の間、採集したプランクトン中にシオミズツボムシ (Fig. 3) が多量に見られたので、この種のみを分離して餌料として用いた。分離に際しては、この種の走光性を利用した。その平均体長は 167μ ($141 \sim 229 \mu$) であった。この採集期間および前後の午前9時における気象・海況変化は、Table 2 の通りである。

エビ幼生が底着期に入つてからの餌は、アサリ肉の微細片に漸次切り変えて行つた。

Fig. 2. Seasonal change in the composition of collected plankton.

Table 2. Record of the weather and sea observations at 9 a. m. during the period when *Brachionus plicatilis* was caught in plankton hauls.

Date	Weather	Wind		Air temp.	Surface water temp.	Surface σ_{15}	Remarks
		Direction	Force				
Jul. 8	Cloudy	S	3	27.6°C	25.7°C	1.0220	<i>Brachionus plicatilis</i> was caught
9	"	SW	3	26.8	24.1	1.0186	
10	"	W	1	24.2	24.9	1.0150	
11	Clear	SE	1	26.3	23.5	1.0225	
12	—	—	—	—	—	—	
13	Clear	SE	1	26.9	24.2	1.0227

Fig. 3. *Brachionus plicatilis* collected with a plankton net.

実験結果

外卵 卵は長卵形で、親エビ 15 尾についてその卵をそれぞれ 10 粒について測定した結果、各個体毎の短径の平均値は 343~435 μ 、長径の平均値は 429~590 μ の範囲にあり、かなりの個体差が認められた (Table 1)。

採集時に、その卵色 I のものでは 1~4 日後、II のものでは約 5 日後に孵化が認められた。しかし、この所用日数は、個体により、また、飼育条件によってかなり変動があるように認められる。

孵化 全実験を通じて、孵化は夜間に限られ、昼間は観察されなかつた。

一尾の抱卵親エビから産出された幼生の数は、7870~640 尾の範囲にあり、個体差が大きかつた (Table 1)。すでに述べた通り、孵化開始後 12 時間以内に親エビを取り除いたのであるが、その際、未孵化卵はほとんど残つていなかったことから、かなり短時間内に一斉に孵化が行なわれると考えてよからう。

孵化幼生の変態と脱皮 最も良好な飼育結果を得た実験 10 について、経過を述べることにする。これは、孵化から底着期に至る間に、次の 6 stage の形態変化が認められた。なお、今回の実験は大量飼育を主目的としたので、形態の詳細な観察は省略した。

Fig. 4. First Stage larva. A, dorsal view; B, lateral view; C, antenna; D, mandible; E, F, first and second maxillae respectively; G, H, I, first, second and third maxillipeds respectively.

Fig. 5. Second Stage larva. A, dorsal view; B, antenna. Third Stage larva. C, telson and uropods; D, antenna. Fourth Stage larva. E, dorsal view; F, antennule; G, lateral view of the head; H, second maxilliped; I, second pereopod.

Fig. 6. Fifth Stage larva. A, telson and uropods; B, antennule; C, antenna; D, E, first and third pereopods respectively; F, fifth pleopod. Sixth Stage larva. G, telson and uropods; H, first pereopods; I, first pleopod.

1. I Stage (Fig. 4, A~I): 孵化直後の幼生の体長は、約 1.7 mm である。体色は、やや緑がかり、透明で、体表に小さな黒色の chromatophore が散在している。甲殻の側縁に小さな 4 対の denticulation があり、眼窩上にはない。額角は刺状で、小触角の基部あたりまで下向きにのびている。腹部には、第 3 節の背面中央に 1 本の spine、第 5 節の両側面に 2 本の spine がある。尾節は、第 6 節にゆう合され、後辺の中央が少しくぼみ、7 対の羽毛状の seta をもっている。

眼は、甲殻から離れていない。

小触角は、管状の 4 本の seta のある基部と、長く突出した spine の節をもつ。

大触角は、基節をもち、scale は周辺に 9 本の長い羽毛状 seta があり、flagellum は羽毛のある長い突出した spine である。

大顎は、palp がなく、かみ合せの部分に歯状突起がある。

第 1 小顎は、5 本の羽毛状 seta をもつ coxopodite と、5 本の短い spine をもつ basipodite と、5 本の seta をもつ endopodite から成る。第 2 小顎は、5 本の羽毛状 seta のある exopodite と、周辺に羽毛状 seta のある 2 つの lobe から成る。

第 1 顎脚は、内肢で 7 本の seta をもち関節はなく、外肢で 4 対の seta をもち、また基節にも seta をもつ。第 2 顎脚は第 1 よりも長く、内肢の分節は明瞭ではないが、5 関節を暗示している。第 3 顎脚の内肢

は5関節に分れ、第1・2よりも脚形に近い。

胸肢と腹肢は見えない。

2. II Stage (Fig. 5, A-B): 体長は約 1.8 mm である。眼は、眼柄をもつ。

尾節は、8対の羽毛状 seta をもち、尾扇が表皮を通して見える。

大触角の scale は I Stage と同じ形をし、flagellum は羽毛のある長い spine の1節をもつ。

3対の顎脚の内肢は、分節している。

3. III Stage (Fig. 5, C-D): 体長は、約 2.1 mm である。

大触角の scale は、1本の短い突出した spine と9本の羽毛状 seta をもつ。

小触角の spine の側部に、1本の小さな spine が突出している。

尾節は、II Stage より三角形に近く、なお8対の短い seta をもつ。

胸肢と腹肢の芽状突起が、明らかに観察される。

4. IV Stage (Fig. 5, E-I): 体長は、約 2.3 mm である。

額角は、前の Stage より短い。

尾節は、III Stage より更に三角形に近く、後辺が一直線に近くなっている。

尾扇の outer branch に、1本の短い spine がある。

胸肢は、脚形に似てくる。

5. V Stage (Fig. 6, A-F) 体長は、約 2.6 mm である。

大触角の scale は、1本の spine と10本の seta をもち、flagellum は長い釣竿状である。

尾節は、後辺の幅が更に狭くなるが、まだ形は幼形である。

胸肢は、まだ原基状で分節が認められ、seta はない。

6. VI Stage (Fig. 6, G-I) 体形は V Stage と非常に異なり、底着し始める。

体は背面に扁平で、外観は成体形に近い。anal spine があり、第3・4節の spine はない。

尾節は、V Stage よりも後辺で細くなるが、まだ成体形ではない。また、先端近くに2対の長い spine があり、側面に3対の seta をもつ。なお、先端の2対の内1対は、非常に後辺部に近い。

胸肢は、V Stage と異なり機能的な形態となり、ほぼ成体形に似てくる。

腹肢も機能的な形態となり、長い seta をもつ。

飼育幼生の習性 孵化後、V Stage までの浮游期の健全な幼生は、水流の比較的ゆるやかな明るい場所に集まる傾向がある。また、外部からの刺激がないかぎり、あまり活発に運動しない。

V Stage 以後より、次第に容器の暗い部分に底着するようになる。

餌料と生長 各変態期間は、餌の種類によつてかなりの差があつた。勿論、これには水温・放養密度なども関係していると考えられるが、今回は一応餌料と生長との関係に重点をおいて吟味を行ない、他の環境要因の影響については、次の機会にゆづることにする。

なお、実験10、13および18の飼育結果は、それぞれ Fig. 7, 8 および 9 に示した。その他の実験結果は、Table 3 にまとめて示した。

磨碎アサリ肉にユベラフードを添加した実験3では、8日間生存し脱皮して II Stage に進んだ。

磨細アサリ肉のみを投餌した場合、孵化25日後に3尾が VI Stage に進み底着した1例(実験4)があるのみで、その他(実験2, 6A, 7, 8B)では全く脱皮が見られず、孵化後4~5日で全部へい死した。

S. costatum を投餌した実験(実験6B, 18B)では、幼生の消化管中に *S. costatum* が認められたが、一度も脱皮せず、孵化後4日で全部へい死した。

次に、採集プランクトンによる飼育結果(実験8A, 10, 13, 21)について述べる。

実験8A: 幼生の一部が15日間生存し、V Stage まで達したが、大部分は以前にへい死した。

実験10: 6日の間隔で飼育12日目に約49%が III Stage に変態し、平均体長で約2.1 mm まで生長したが、その後 III から V Stage までは変態期間が一定せずへい死が続き、飼育23日に約30個体が

Fig. 7. Growth curve of the larvae in Test 10.

Fig. 8. Growth curve of the larvae in Test 13.

Fig. 9. Growth curves of the larvae in Test 18, A and B.

V Stage に変態し、平均体長で約 2.6 mm になった (Fig. 7)。

実験 13: 飼育 10 日後に約 50 個体が III Stage に脱皮し、平均体長で約 2.1 mm まで成長したが、以後急にへい死した (Fig. 8)。

実験 21: 大部分は飼育 5 日目で II Stage に脱皮したが、以後天候急変のためプランクトン採集ができず、実験を中止した。

分離したシオミズボウムシで飼育した場合 (実験 18 A) は、採集プランクトンの場合の約半分の日数、すなわち、孵化 5 日後に幼生の約 60% がそろって III Stage に達し、その際の平均体長は約 2.0 mm であった (Fig. 9)。しかし、その後シオミズボウムシの採集が困難となつたので、実験は一応ここで打切つた。

なお、実験 6A と 6B, 8A と 8B, 18A と 18B は、餌料の種類を比較する目的で、それぞれ同一の親から

孵化した幼生を 2 群に分けたものである。

環境変化 午前 9 時の水温変化は、Fig. 7, 8 および 9 に記入した通りである。なお、この他の実験も含めた全飼育期間中の水温は、16.2~25.1°C、塩素量は 16.42~18.27‰ の範囲内にあつた。

考察および結語

脱皮および変態 以上の実験で、エビジャコ孵化幼生は、5 回の脱皮 (VI Stage) で浮游期から底着期に入ることを明らかにし、また、この間の成長速度および歩留率は、餌料の種類によつてかなり左右されることを知つた。

Table 3. Rearing record of the hatched larvae.

No. of Test	Date of starting breeding	Number of larvae	food	Longest rearing period	I Stage	II Stage	III Stage~ V Stage
				days	days	days	days
2	Apr. 21	3,280	Clam meat	5	5	—	—
3	Apr. 23	5,580	UBERA food Clam meat	8	—	→*	—
4	Apr. 19	3,850	Clam meat	25>	—	—	→**
6A	May 9	1,440	Clam meat	4	4	—	—
6B	"	1,440	<i>S. costatum</i>	4	4	—	—
7	May 13	4,430	Clam meat	5	5	—	—
8A	"	3,390	Planktonic material	15	—	—	→***
8B	"	3,390	Clam meat	5	5	—	—
10	Jun. 6	770	Planktonic material	25>	6	6	11****
13	Jun. 13	3,610	"	11	6	4	1
18A	Jul. 9	1,400	<i>Br. plicatilis</i>	6	3	2	1
18B	"	1,400	<i>S. costatum</i>	4	4	—	—
21	Jul. 22	550	Planktonic material	5	4	1	—

* The larvae in II Stage were observed.

** The larvae entered into VI Stage.

*** The larvae in IV Stage were observed.

**** The larvae entered into VI Stage.

しかし、甲殻類の生長速度が、水温に著しく影響されることはすでに倉田³⁾も指摘しているところである。今回の実験では、水温などの環境条件を厳密に一定させる事は不可能であつたので、その影響も考える必要があるが、その点の吟味は今後継続して行なう予定である。

変態の記載に関しては、今回は I~VI Stage の幼生としたのであるが、I~V Stage までは Zoea 期 (I, II が前期, III~V が後期) で、VI Stage 以後は Mysis 期か Post larva と考える見方もある*。これらについては、VI Stage のものについて更に詳細に調べた上で決定したい。

餌料 磨碎アサリ肉を与えた場合には、歩留は悪いながらも底着期まで飼育できた一例が得られた。これは、幼生の生態上から見て、水中に懸濁する磨碎アサリ肉粒子⁴⁾が、摂取され易いのではないかと考えられる。しかしながら、磨碎アサリ肉で飼育した他の実験では、急速なへい死が起こつたが、これは、この餌料による水質汚染が主要因と推察される。なお、ユベラフードのアサリ肉への添加の効果については、明瞭な結果は得られなかつた。

S. costatum は、明らかに摂餌されているにもかかわらず、脱皮が認められなかつた。この事から、この種は飼育餌料として不適で、動物性のものが必要であろうと推察される。

採集プランクトンは、以上に比較し、良好な脱皮、生長が観察されたが、摂餌された種類については不明であつた。また、成長期間や歩留に大きな変動があつたのは、餌料として役立つ種類の消長に起因すると考えられる。この点については、今後詳しく調査したい。

シオミズツボムシは、とくに有効な餌料と考えられるが、必要量を継続的に得ようとする場合に困難がある。今後、培養方法などを検討し、幼生飼育の餌料としての利用を考えて行きたい。なお、先きに述べた

* 八塚の私信による。

Table 4. Result of the experiment for feeding the larvae to the Octopus larvae, *Octopus vulgaris* Cuvier, during eight hours.

No. of Test	Number of the added larvae	Number of the placed octopus	Number of the survivals of the larvae	Number of the larva fed by the octopus	Condition of the octopus
1	100	20	75	25	Healthy
2	100	20	40	60	"
3	100	20	78	22	"
4	100	5	92	8	"

ように、このシオミズツボムシは、約4日間、突発的に大量発生が見られたのであるが、この原因としては伊藤⁶⁾⁷⁾も述べている通り、比重の低下が主な原因と考えられる (Table 2)。

エビジャコ幼生の餌料としての有効性 この実験中に、孵化直後のマダコ稚仔に I Stage のエビジャコ幼生を試験的に与えたところ*、かなり有効な餌であろうと推察される結果を得た (Table 4)。この詳細については、なお吟味を加え別の機会に発表したいと思う。

また、伊丹⁸⁾⁹⁾らは、Mysis 期の *Upogebia major* と Zoea 期の *Palaemon serrifer* をマダコ稚仔飼育餌料に用い、いづれも有効だったと報告している。この実験では、エビジャコ幼生とこれらの幼生の比較はできなかったが、エビジャコの方が比較的大量に容易に得られることや、活動があまり活発でないことなどから、マダコやその他の水産上重要な海産動物の幼生期の餌料として有効ではないかと考えられる。

参 考 文 献

- 1) 安田治三郎：内湾における蝦類の資源生物学的研究。水産学集成，(1957)。
- 2) NEEDLER, A. B.: Hatching and rearing *Pandalid* larvae. Culture Methods for Invertebrate Animals. (1957).
- 3) 八塚 剛：カニ類とくにタイワンガザミ *Neptunus pelagicus* Linnaeus の幼生の人工飼育に関する研究。宇佐臨海実験所研究報告，9，1，(1962)。
- 4) MARSHALL, S. M. and ORR, A. P.: Feeding and nutrition. The Physiology of Crustacea. (1960).
- 5) KURATA, H.: Studies on the age and growth of Crustacea. Bull. Hokkaido Reg. Fish. Res. Lab., 24, (1962).
- 6) 伊藤 隆：伊勢湾西岸養鰯池の塩分とプランクトン動物相。三重県立大紀要，2，3，(1957)。
- 7) 伊藤 隆・岩井寿夫：養鰯池の水変りに関する研究 IV。三重県立大紀要，2，2，(1956)。
- 8) 伊丹宏三・井沢康夫・前田三郎・中井呉三：マダコ稚仔の飼育について。本誌，29，6，(1963)。
- 9) 兵庫県立水産試験場：マダコの種苗生産技術に関する研究，昭和 38 年度指定試験研究中間報告，(1963)。

* 伊丹の依頼による。