

대게 *Chionoecetes opilio* (O. Fabricius)의 난발생 및 부화 유생의 형태

임영수 · 이복규* · 이종관 · 허성범**

국립수산진흥원 울진수산증묘배양장, *동의대학교 생물학과

**부경대학교 양식학과

Morphological Changes of the Embryo and First Zoea Larvae of Snow Crab, *Chionoecetes opilio* (O. Fabricius)

Young-Soo Lim, Bok-Kyu Lee*, Jong-Kwan Lee and Sung-Bum Hur**

National Fisheries Research and Development Agency, Uljin 767-860, Korea

*Department of Biology, Donggeui University, Pusan 614-174, Korea

**Department of Aquaculture, Pukyong National University, Pusan 608-737, Korea

This paper documented morphological changes of embryonic development and first zoea larvae of snow crab, *Chionoecetes opilio*. Female crabs were sampled by the Danish seine fishery at the depth about 200m in Sep. 1997 in the eastern coast of Korea. Female with newly berried eggs was reared at the water temperature of 5°C till the time of hatching. The results obtained are as follows.

Embryonic development : According to morphogenesis of fertilized eggs, the developmental process of the embryo was classified into the following seven stages :

First stage (cleavage and blastula stage, 24 days)

Second stage (gastrula stage, 72 days)

Third stage (nauplius stage, 22 days)

Fourth stage (metanauplius stage, 57 days)

Fifth stage (stage of a pigmentary deposit in the compound eye, 30 days)

Sixth stage (chromatophore appearance stage in maxillipede, 56 days)

Seventh stage (hatching stage, 36 days)

Larvae hatched as prezoetas and they molted to first zoea in about an hour. The first zoea is 4.6 to 5.1 mm in length, 3.2~3.6 mm in width. The abdomen consists of five segments and a bifurcate telson.

Key words : Snow crab, Embryonic development, Description, First zoea

서 론

대게 *Chionoecetes opilio*는 붉은대게 *C. japonicus*와 더불어 우리나라 동해안에서 산업적으로

매우 중요한 종이며, 유용십각류(Crustacea, decapoda) 중에서 평균 갑장이 약 14 cm 이상 달하는 대형 단미류(Brachyura)로서, 분류학적으로 거미게과(Majidae)에 속하는 냉수성 종류이

본 연구는 농림부 현장애로기술개발사업의 연구비로 수행되었음.

다(김, 1973). 이 종은 동해 뿐만 아니라 오토츠크해, 베링해, 알라스크해 및 일본 서남해 등에서 수심 200~500 m 해역에서 주로 서식하는 것으로 알려져 있다(深瀧, 1965; 小林, 1989; 山崎等, 1991, 1993).

일반적으로 갑각류에 대한 난 발생은 많은 연구가 행해지고 있지만, 단미류에 대해서는 꽃게(大島, 1938), 바위게(Oishi, 1960), 네개 이빨게(Iwata, 1970), 참게(權 등, 1993) 등 그리 많은 연구가 되어 있지 않다. 또 桑谷 등(1971), Motoh 등(1973)은 부화 후 대게 유생의 형태적 특징에 관해 연구한 바도 있다.

그러나, 우리나라에서는 현재까지 대게의 생태나 유생 사육 등에 관한 기초연구자료가 전혀없는 실정이며, 우리나라 대게 서식지인 동해의 수심 200 m 이상의 해역은 년중 수온이 3°C 이하의 저수온(해양조사연보, 1995)이고, 암컷 어미의 수정난 외포란 기간이 1년 이상으로 알려져 있어(深瀧, 1969; 伊藤, 1971) 정확한 난발생 단계를 파악하기가 쉽지 않다.

본 연구는 자연에서 어획된 대게 어미의 실내 저온 사육에 의한 산란유도를 통해서, 외포란된 알의 발생과정 및 부화된 유생의 형태적 특징 등을 조사하였다.

재료 및 방법

사용된 어미는 1997년 8월 25일 부터 1997년 10월 27일 동안 총 3회에 걸쳐 경상북도 영덕군 축산면 근해 수심 약 200 m 전후 해역에서 자망으로 채포한 것을 수온 4~5°C로 조절된 수조에 수용하여 국립수산진흥원 울진수산종묘배양장 실내사육수조로 수송하였다.

수조는 약 3m³용량의 FRP 원형수조를 사용했으며, 사육수온은 약 5°C로 조절하였다.

수정난의 발생 시험은 사육중이던 외포란 어미 개체 중에서 알의 색깔이 연갈색으로 변해서 발생이 어느정도 진행된 것으로 판단되는 난과 1997년 12월 26일 처음 유생을 부화시킨 후 재산란한

어미의 초기난을 절취하여 우수관리하였으며, 이 두가지 알의 발생결과를 종합하여 총 발생시간을 조사하였다.

또 알의 발생 단계별 관찰은 약 7일 간격으로 관찰하였으며, 형태 변화의 관찰은 숙攸(1991)의 방법에 의했다.

수정난 관리는, 측면에 약 200 μm 망목으로 처리된 원형 깔대기 속에 수정난을 넣고 깔대기 가운데 부분에서 해수를 우수시켜 알이 계속 유동하도록 설치했다. 또, 부화유생의 관찰은 부화 직전의 난을 포란하고 있는 어미를 별도 수용하여 유생이 부화된 직후 관찰하였다.

유생의 측정은 현미경하에서, micrometer로 甲長(carapace length), 背棘(dorsal spine), 額棘(rostral spine) 등의 길이를 측정하였다(Fig. 1).

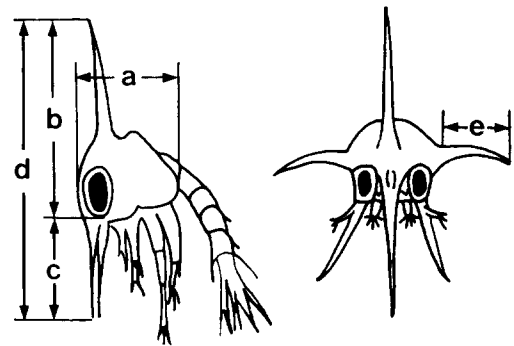


Fig. 1. Zoea larvae of *Chionoectes opilio*. Dimensions measured.

a : Carapace length, b : Dorsal spine length, c : Rostral spine length, d : Distance between tip of rostral and dorsal spines, e : Lateral spine length.

결 과

1. 난발생

실내수조에서 사육한 어미가 산란하여 외포란된 난은 크기가 580~600 μm로서, 색깔은 밝은 주황색이며 발생이 진행될수록 짙은 갈색으로 변하

계된다. 수온 약 5°C의 조건에서, 부화하기까지의 과정을 외부 형태의 변화에 따라 다음과 같이 7 단계로 구분 하였다.

제 I 기, 난할 및 포배기

산란 직후의 난은 부드럽고 얇은 한장의 막으로 싸여 있으며, 5일째 2세포기, 6일째 4세포기로 된다. 4개의 할구 크기는 거의 같고, 핵은 표면에서는 보이지 않는다. 8세포기에 도달한 난할구는 각 4개의 할구에 직각이면서 수평으로 나타나며, 10일째 32세포기로 된다. 그후 분할을 계속하여, 포배기에 달해서 20일 전후 부터는 각 할구의 식별이 어려워진다(Fig. 2. A-F).

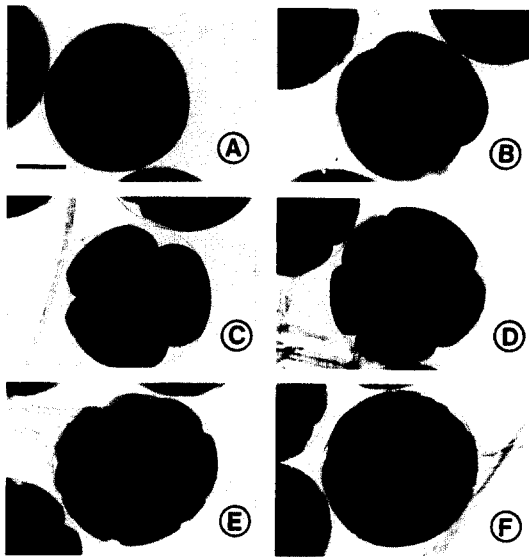


Fig. 2. Embryonic development of the snow crab, *Chionoecetes opilio*.

A : Fertilized egg ; B : 2 cell stage ; C : 4 cell stage ; D : 8 cell stage ; E : 16 cell stage ; F : Blastula stage. Scale bar=200 μ m.

제 II 기, 낭배기

25~27일째 원구의 형성역이 세포가 밀집한 백색부분으로 나타나고, 그 후 세포의 함입에 의해 낭배가 형성되어서, 낭배기가 끝날 무렵(80~90일 전후) 함몰 지역이 보인다(Fig. 3. G).

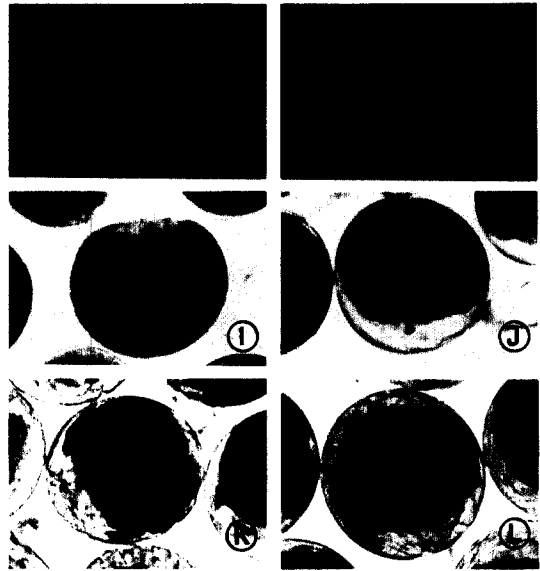


Fig. 3. Embryonic development of the snow crab, *Chionoecetes opilio*.

G : Appearance of an U-shaped lateral ectoderm band ; H,I : Appearance of maxilliped ; J : Beginning of pigment deposition on an antennule side of the compound eyes ; K : Appearance of chromatophores on maxillipedes ; L : Rudiment of a dorsal spine shows clearly duplicate structure.

제 III 기, 노우플리우스기(외배엽대의 출현-각 원기 출현전)

백색의 원구 형성역 윗쪽에 한쌍의 안엽부분이 백색 부분으로 나타나서, 이것들이 활 모양으로 연결되어 U자형의 외배엽대를 형성하게 된다. 그 직후 한쌍의 안엽의 간격도 더 좁어진 U자형 외배엽대에 의해 좁혀져 전체적으로 중앙이 빈 타원형의 배반이 형성된다. 이후 각 원기들이 점점 뚜렷해지면서 발달하기 시작한다(Fig. 3. G).

제 IV 기, 메타노우플리우스기(각 원기의 출현-발달-복안 색소 형성 전)

외배엽대의 각 원기들이 점점 명료해지면서, 가장 아래부분이 커지면서 세분화 된다. 이때 그 외측에 두홍감이 길게 형성되기 시작하며, 이 시기의 배반의 크기는 난경의 거의 반정도를 차지할 만큼 발달된다(Fig. 3. H).

제 V 기, 복안 색소 형성기
 복안의 색소는 아래끝 부분부터 초생달 모양으로 형성되어 점점 넓어지고, 배반형성 지역은 그 면적이 넓어지면서 이 기가 끝날 무렵에는 2/3 정도에 달한다(Fig. 3. I-J).

제 VI 기, 악각 색소포 형성기
 악각기절에 적갈색의 색소포가 4개 형성되고, 이 시기의 끝무렵에는 복안의 색소가 거의 전역에

형성되어 있다. 그러나 동일개체의 배에 있어서도 색소포 중 한 개 또는 두 개가 빠져있는 경우도 많다(Fig. 3. K).

제 VII 기, 부화전기
 背棘(dorsal spine)의 원기가 접혀서 포개진 명확한 이중 구조를 나타내고, 몸통의 분절도 확인된다(Fig. 3. L).

이상 설명한 제 I 기(난할)~제 VII 기(부화)에 이

Table 1. Morphogenesis in the developmental stages of embryo of snow crab, *Chionoecetes opilio* reared in laboratory at water temperature 5°C

Stage	Recognized characters	Symbols in Figs. 2, 3
I (Cleavage and blastula stage)	From fertilization to just before blastopore appearance - fertilized egg - 2 cell stage (5 days after spawning) - 4 cell stage (6 days) - 8 cell stage (7 days) - 16 cell stage (8 days) - 32 cell stage (10 days) - blastula stage	A-F
II (gastrula stage)	Up to the appearance of U-shaped bands of lateral ectoderm. - appearance of a small and shallow blastopore - appearance of an U-shaped lateral ectoderm band.	G
III (nauplius stage)	Up to an appearance of rudiment of maxillipede.	G
IV (metanauplius stage)	Up to a pigmentary deposit in the compound eye - deposits of pigments begins on a antennule side of the compound eyes - appearance of rudiments of maxillipedes and a carapace.	H
V (stage of a pigmentary deposit in the compound eye)	Up to an appearance of chromatopore in maxillipede.	I-J
VI (chromatophore appearance) stage in maxillipede)	Up to a distinct appearance of folding structure in the rudiment of dorsal spine. - chromatophores appear. - deposits of pigments spread over the compound eyes. - a rudiment of a dorsal spine shows simple spinules.	K
VII (hatching stage)	Up to hatching out - rudiment of a dorsal spine shows clearly duplicate structure - embryo just before hatching	L

르기까지의 각 stage별 특징을 Table 1에 나타냈다.

산란된 난은 수온 5°C에서 약 297일이 경과 한 후 부화하였으며, 앞서 구분한 7단계의 발생 stage에 따라 발생경과 일수를 Table 2에 나타내었다.

Table 2. Developmental stage of the embryos and days required in fertilized eggs of snow crab, *Chionoectes opilio* at water temperature 5°C

Stage	Mean period in day	Total period in day		
		min.	max.	mean
I	24	2	27	24
II	72	81	119	96
III	22	99	143	118
IV	57	158	196	175
V	30	184	223	205
VI	56	231	294	261
VII	36	276	331	297

2. 부화유생(Zoea I기)의 형태적 특징

Prezoea

모든 부화유생은 prezoea 상태로 부화했고, 30분~1시간 후 zoea I기로 변태했다 (Fig. 2-A).

Zoea I

두흉부(cephalothorax)는 길이가 비슷한 dorsal spine(1.9~2.1mm), rostral spine(1.6~1.7mm)과 양측면에 lateral spine(1.0~1.1mm)등 4개의 spine을 가지고 있으며, rostral spine 끝에서 dorsal spine 끝까지 길이는 4.6~5.1mm, lateral spine의 폭이 3.2~3.5mm였다. 또, 양쪽 눈의 바깥쪽 끝의 거리는 0.9~1.0mm, 두흉갑장(carapace length)은 1.1~1.2mm였다(Fig. 2-B~C).

몸통(abdomen)은 5개의 분절과 2갈래로 나누어진 미절(telson)로 나누어져 있으며, 갈라진 미절 안쪽으로 각각 3개씩의 강모와 측면에 작은 spine이 있다. 몸통 분절의 3, 4, 5번째 분절의 끝은 긴측면 spine 으로 구성 되어 있는데, 3, 4 분절의 spine은 다른 분절의 끝까지 길게 되어 있고, 2, 3분절의 측면에는 흑모양의 작은 돌기가

나와있다(Fig. 2-D~E).

대악(mandible)은 끝이 불규칙적이며, 제 1소악(maxillule)은 같은 길이의 6개 spine과 1개의 분리된 spine이 있다(Fig. 2-F~G).

제 1촉각(antennule)은 2개의 긴 강모와 작은 강모로 구성되어 있으며, 제 2촉각(antenna)은 거의 rostral spine 만큼 길고, 여러개의 가시 같은 돌기가 있다. 또, 제 2촉각의 외지(exopodite)는 세개의 강모를 가지고 있다(Fig. 2-H~I).

제 1악각(first maxilliped)은 5개의 분절로 나누어져 있으며 각 분절별로 3, 2, 1, 2, 5개의 가시가 있다. 또 외지의 끝에 4개의 유영부속지가 있다(Fig. 2-J).

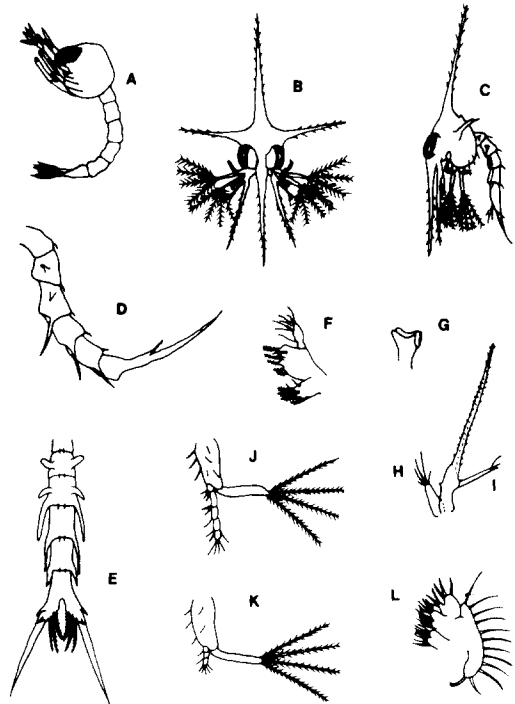


Fig. 4. Prezoea and first zoea of *Chionoectes opilio* (A : Prezoea, B~L, First zoea).

B : dorsal view, C : lateral view, D : lateral view of abdomen, E : dorsal view of abdomen, F : maxillule, G : mandible, H : antennule, I : antenna, J : first maxilliped, K : second maxilliped, L : maxilla.

제 2악각(second maxilliped)도 유명 부속지가 있으며, 세 개의 분절에 1, 1, 5의 가시가 있다(Fig. 2-K).

제 2소악(maxilla)은 11~12개의 긴 강모를 가진 큰 외돌기, 또 기절(coxopodite)과 저절(basopodite)로 구성되어 있으며, 그 끝에 4, 4, 5, 5개의 순으로 강모가 있다(Fig. 2-L).

부화 유생의 형태적 특징을 요약하면 Table 3과 같다.

고찰

우리나라에서 대게의 서식지인 동해 근해 수심

200 m이상의 해역은 연중 수온이 3°C이하의 저수온이다(해양조사연보, 1995). 또 자연에서 산란에서 부화 까지 요하는 기간이 1년 이상으로 알려져 있으나(深瀧, 1969; 伊藤, 1971), 사육에 따른 장기간 및 저수온 관리의 어려움 등으로 구체적인 난 발생 과정에 대한 관찰은 거의 없었다.

그래서, 본 연구에서는 1차적으로 알의 표면에서 현저한 외부 형태의 변화나 색소의 출현 변화에 따라 구분했으나, 각 단계의 기간이 아주 길어서 상세하고 구분이 쉬운 발생단계를 나타내기에는 부적당했다. 따라서 2차적으로, 발생 단계가 진행되면서 각 부속지의 형성에 따른 특징을 단계별로 세분화하여 구분하는 방법을 택했다.

Table 3. Description of the first zoea of snow crab, *Chionoecetes opilio*.

Morphological characteristics	Description of larvae	Symbols in Fig. 4
Cephalothorax has four spines	A dorsal spine and rostral spine approximately equal in length and a pair of lateral spines. The length of dorsal spine is 4.6 to 5.1 mm, and the width including both lateral spines is 3.2 to 3.5 mm.	B, C
Abdomen consists of five segments.	Posterolateral margins of 3rd, 4th and 5th abdominal segments terminate as a pair of long lateral spines. The spines of 3rd and 4th segments are prolonged beyond the posterior margin of the following segments. The 2nd and 3rd segments bear a pair of lateral flat aesthetes hooks.	D, E
Telson is bifurcate.	Each furca of the telson bears three setae on the inner side and a small spine each on the lateral and ventral side.	D, E
Appendages	Endopodite of the maxillule bears six spines of equal length and one more spine. Mandible is small with an irregular cutting edge. Antennule bears two broad flat aesthetes and a smaller seta. Antenna is almost as long as the rostral spine and its peduncle tapers to a point with several rows of setules. Endopodite of first maxilliped has five segments with a spinal arrangement of 3, 2, 1, 2 and 5, respectively, Four plumose natatory setae are present on the distal end of exopodite. Second maxilliped also has four natatory setae and a 1, 1, 5 spinal arrangement on the three segment of the endopodite. Maxilla bears large plate-like exopodite with 11~12 long setae, and basipodite and coxopodite are bifurcated and have the spinal arrangement of 4, 4, 5 and 5.	F G H I J K L

伊藤(1963)은 이 종의 배발생 과정을 색채의 변화에 따라 A부터 C단계까지 3단계, 즉 미 발안기, 발안 초기, 발안 중기 및 후기로 구분했다. 이 색채는 주로 복안 등의 색소 형성이나 난황의 감소와 함께 나타나는 난괴의 변화에 기인하고 있다. 따라서 伊藤(1963)의 결과중 A단계는 본 연구의 제 IV기 종료까지, B단계는 제 V기~제 VI기 전반까지, C단계와는 제 VI기~부화까지의 기간에 해당한다고 볼 수 있다.

또 今攸(1980)에 의하면 산란된 수정란이 부화까지 소요일수는 300~350일(평균 323일)로 보고하였다. 그러나 본 연구에서는 276~331(평균 297일)로 약 26일정도 빠른 부화 결과를 나타냈다. 이것은 부화까지의 발생 기간이 아주 길기 때문에 사육 기간중 미세한 수온의 변화가 적산 수온의 차이를 보인 것으로 추정할 수 있지만, 산란 이전의 어미의 서식 수온 등과 비교해서 더 구체적인 연구가 필요할 것으로 생각된다.

대게속에 속하는 5종 중에서, 부유기 유생 형태의 일부 또는 전부를 연구한 것은 *C. opilio*, *C. bairdi* 및 *C. japonicus*의 3종이 있다. 이 중 *C. bairdi*에 대해서는 Haynes (1973)가 protozoa에서 magalopa까지를, *C. japonicus*에 대해서는 Motoh (1976)가 제 1기 zoea에서 megalopa까지를 설명했다. 또, *C. opilio*에 대해서도 위의 두사람에 의해 *C. bairdi*와 *C. japonicus*와 비교되어 있으며, Motoh (1973)에 의해서도 연구가 되어있다.

일반적으로 게류 조에아 유생의 구분은 두흉갑의 spine, 제 2촉각(antenna)의 특징 및 미부(telson)의 특징 등으로 구분한다. 본 연구에서 rostral spine 끝에서 dorsal spine 끝까지 길이는 4.6~5.1 mm로 Motoh(1973)의 4.8~5.4 mm 보다 약간 작게 나타났으며, 양쪽 lateral spine의 폭도 본 연구에서는 3.2 ~3.5 mm, Motoh (1973)는 3.3~3.6 mm로 약간의 차이가 있었다. 또 본 연구에서는 두흉갑장이 1.1~1.2 mm로 관찰되었으나 다른 연구에서는 언급이 없었다. 형태적 특징에서 보면, 양쪽으로 갈라진 미부의 안

쪽에 있는 강모 수가 본 연구 결과에서는 3개, Motoh(1973)의 경우는 2개, Haynes (1973)은 3개로 나타났으며, 몸통 2~3 분절의 측면에 흑모양의 작은 돌기가 있는것과 소악에 같은 길이의 6개 spine과 1개의 분리된 spine이 있는 것 등, 몸통과 촉각 등에 대한 특징은 거의 같은 것으로 나타났다.

이와 같은 유생의 크기 차이나 미세한 형태적 차이는 어미의 서로 다른 서식지나 지역성에 따른 것으로 추정되어지며, 앞으로 이 5종의 대게의 유생 분류에 대한 종합적인 비교 연구가 더 필요할 것으로 생각된다.

요 약

경북 영덕군 축산면 근해 수심 약 200 m해역에서 채포된 대게, *Chionoecetes opilio* 어미를 실내 수조에서 사육, 산란시켜 외포란된 알을 연속적으로 채취하여, 그 외부 형태에 의한 발생 단계를 구분하고, 부화한 유생의 형태적 특징을 조사하였다. 사육 수온은 약 5°C정도 였으며, 부화까지 총 소요일수는 276~331일 이었다. 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 난 발생 단계

제 1기 난할 및 포배기 (수정에서 원구 출현까지, 24일)

제 2기 낭배기 (U자상 외배엽의 출현전까지, 72일)

제 3기 nauplius기 (약각 원기 출현전 까지, 22일)

제 4기 metanauplius기 (복안에 색소형성전 까지, 57일)

제 5기 복안 색소 형성기 (30일) 제 6기 약각 색소포 형성기 (56일)

제 7기 부화 전기 (36일)

2. 부화 유생의 형태적 특징

모든 부화 유생은 prezoa상태로 부화했으며

30분~1시간후 zoea I 기로 변태했다. zoea I 기 유생 두흉부의 크기는, rostral spine 끝에서 dorsal spine 끝까지 길이가 4.6~5.1 mm, 양측면 lateral spine의 폭은 3.2~3.5 mm였다. 또 몸통은 5개의 분절과 끝이 2갈래로 나누어진 미절로 나누어져 있다.

참 고 문 헌

- Haynes, E., 1973. Description of prezoaea and stage I zoea of *Chionoecetes bairdi* and *C. opilio*. *Fish. Bull.*, 71 : 769-775.
- Iwata, F., 1970. Studies on the development of the crab *Pugettia quadridens* (de Haan) - 1. Hatching and zoeae. *Publ. Seto Mar. Biol. Lab.*, 18 : 189-197.
- Motoh, H., 1973. Laboratory-reared zoeae and megalopae of zuwai crab from the sea of Japan. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 39 : 1223-1230.
- Motoh, H., 1976. The larval stages of benizuwai-gani, *Chionoecetes japonicus* Rathbun reared in the laboratory. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 42 : 533-542.
- Oishi, S., 1960. Studies on the teloblasts in the decapod embryo-II. Origin of teloblasts in *Pagurus samuelis* (Stimpson) and *Hemigrapsus sanguineus* (de Haan). *Embryologia*, 5 : 270-282.
- 국립수산진흥원, 1995. 해양조사연보 제 43권. p. 131-150.
- 權晉洙 · 李福奎 · 李彩成, 1993. 동남참게, *Eriochelone japonicus* (De Hann)의 種苗生産에 關한 生物學的 基礎研究. I. 繁殖生態. *韓國養殖學會誌*, 6(4) : 235-253.
- 今 攸, 1980. ズワイガニの *Chionoecetes opilio* (O. Fabricius)의 生活史에 關する 研究. 新潟 大學 理學部 附屬 佐渡臨海實驗所 特別報告, 第 2集 : 1-64.
- 김훈수, 1973. 한국동식물 도감, 제 14권 동물편(집게, 게류), 문교부 pp. 525-527.
- 大島信夫, 1938. 瀬戸内海カザミ調査. 水試報告(9) : 141-212.
- 山崎 淳 · 桑原 昭彦, 1991. 日本海における雄ズワイガニの最終脱皮について. *日本水誌*, 59(10) : 1839-1844.
- 山崎 淳 · 桑原 昭彦, 1993. 大和堆におけるズワイガニの分布と最終脱皮サイズ. *日本水誌*, 59(12) : 1977-1983.
- 桑谷 幸正 · 和久井 卓哉 · 中西 孝, 1971. ズワイガニの幼生および稚ガニに關する研究 1. プロトゾエア幼生について. *北水研報告*, 37 : 32-39.
- 小林 啓二, 1989. ズワイガニの成長に及ぼす水温の影響. *水産増殖*, 37(1) : 35-41.
- 深瀧 弘, 1965. 베니즈웨이가니와 즈웨이가니와의 雌의 外部形態의 比較. *日本水誌*, 15 : 1-11.
- 深瀧 弘, 1969. 日本海におけるズワイガニ屬浮遊幼生の出現と分布. *日本水誌*, 21 : 35-54.
- 伊藤 勝千代, 1963. ズワイガニ의 卵의 成熟에 關する 2, 3의 考察. *日本水誌*, 11 : 65-76.
- 伊藤 勝千代 · 池原 宏二, 1971. 佐渡近海におけるズワイガニ屬浮遊期幼生の出現と分布に 關する二, 三の考察. *日本水誌*, 23 : 83-100.