

밑새우 (*Exopalaemon carinicauda*)의 생식소와 교접기의 발달

김재원 · 김정년^{1*} · 최정화²

부경대학교 자원생물학과, ¹부경대학교 수산과학연구소, ²국립수산과학원 자원연구팀

Development of Gonad and External Genitalia in *Exopalaemon carinicauda* (Decapoda: Palaemonidae)

Jae Won KIM, Jung Nyun KIM^{1*} and Jung Hwa CHOI²

Department of Marine Biology, Pukyong National University, Busan 608-737, Korea

¹Institute of Fisheries Sciences, Pukyong National University, Busan 612-021, Korea

²Fisheries Resources Research Team, National Fisheries Research and Development Institute, Busan 619-902, Korea

The morphological and histological changes of gonad in ridgetail prawn (*Exopalaemon carinicauda*) were examined with the development of the external genitalia. The samples were collected monthly in Hampyung Bay on the western coast of Korea, from January to December 2003. The ovaries lie on the dorsal side of the female prawns thorax. The ovary cavity is located below the heart and above the hepatopancreas. The anterior part of the ovary is round and fused, and the posterior part has a pair of tubular structures. Testes are bilaterally symmetrical; the anterior part shows fused feature, and the posterior part consists of a pair of tubules. Based on histological examination, ripe eggs and spermatozoa were observed when mature females and males reach a length of about 14.9 and 11.5 mm CL, respectively. The immature female are almost same shape and structure with matured one in the endopod of first pleopod and appendix interna of the second pleopod, except the number of setae, and appear to be structurally complete after females reach a length of about 14.9 mm CL. The appendix masculina reaching beyond the distal end of the appendix interna of the second pleopod after males reach a length of more than 5.5 mm CL and a fully developed appendix masculina and appendix interna of the second pleopod appear up to a length of 11.5 mm CL.

Key words: *Exopalaemon carinicauda*, Palaemonidae, External genitalia, Gonad development, Korea

서 론

밑새우 (*Exopalaemon carinicauda*)는 우리나라의 서해에 주로 분포하고 중국, 홍콩 등지에서도 출현하며 최근에는 미국 서부의 캘리포니아만으로 이식된 것으로 보고되었다 (Wicksten, 1997; Cha et al., 2001). 이들은 저질이 나질인 기수 지역에서 주로 서식하며 산업적으로 이용가치가 높은 종으로 알려져 있다 (Holthuis, 1980).

밑새우가 속한 생이류는 생식소의 발달단계와 복부의 난의 유무에 의해 성숙시기와 성숙체장을 추정하며, 또한 이들 무리는 생식소의 형태와 발달단계 및 교접기의 외부 형태적 특징에서 종 특이성을 가진다 (Butler, 1980; Bauer, 1976; 1986; Lee and An, 1989; Kim and Lee, 1991; Kim, 1993; Kim and Hayashi, 2000). 하지만, 일생 다회 산란하는 생이류 무리에서는 복부의 난의 유무에 의해 산란 시기를 판정할 수는 있으나, 성숙체장의 추정은 매우 힘들다. 또한, 조직학적 관찰로 성숙 시기를 판정하기 위해서는 대상종의 해부 등의 일련의 절차를 거쳐야 할 뿐만 아니라, 대상종을 고정해야 하므로 사육 실험 및 종묘 생산 연구를 수행하기 위해서는 불가능한 방법이다.

따라서, 외부 생식기의 형태적 변화에 의한 성숙시기와 성숙체장의 판정은 조직학적 관찰과 난의 유무 관찰 방법의 문제점을 해결할 수 있다. 이러한 연구는 일부 보리새우류에서는 실험적으로 시행된 적은 있으나 (Quinitio et al., 1993; Choi et al., 2003), 생이류에 있어서는 아직까지 보고된 바가 없다. Quinitio et al. (1993)은 얼룩새우 (*Penaeus monodon*)의 난소가 주변연기 (perinucleolus stage)에서 수정이 가능하고 이때의 크기에 암컷 생식기도 구조적으로 정포낭 (spermatophores)을 받아들일 수 있다고 실험적으로 증명하였다. 그리고 Choi et al. (2003)은 산모양갈갈새우 (*Metapenaeopsis dalei*)의 생식소와 생식기 발달을 조직학 및 형태학적으로 관찰하여 수컷 교미기의 좌우가 결합하는 시기를 정소의 성숙 단계인 것으로 판단할 수 있다고 하였다.

본 연구에서는 밑새우 생식소의 성숙에 따른 발달과정을 형태학 및 조직학적인 방법으로 관찰하여 기존에 보고된 새우류와의 차이점을 알아보았고, 또한 생식소 성숙에 따른 교접기의 외부 형태적 특징의 변화를 기재하였다.

재료 및 방법

본 실험에 사용된 밑새우는 전남 함평군에서 2003년 1월부터

*Corresponding author: jnkim@mail1.pknu.ac.kr

터 12월 사이에 매월 새우조망으로 채집하였다.

생식세포 발달과정에 사용한 새우는 매월 1회 채집하여 암컷은 난의 유무와 두흉부에 위치한 난소의 색깔 즉, 우유색(미성숙), 연한 노란색(성숙중) 및 황색(성숙)의 3단계에 따라 각 10개체씩, 수컷은 크기별로 선별한 후 생식소를 절개하여 Bouin's solution에 고정한 후 실험실로 옮겨 각 부위를 계측하고 생식소를 추출하였다. 생식소 조직표본은 파라핀 절편법에 의해 4-6 μm 두께로 연속절편을 만들었고 Mayer's hematoxylin과 0.5% eosin으로 비교염색하였으며, 조직표본의 관찰과 사진촬영은 Olympus BX-50 현미경 하에서 이루어졌다.

교접기 발달을 살펴보기 위해 사용된 표본은 생식소의 관찰에서 사용되는 성숙 판별법에 의해 단계별로 각각 5개체씩 채집 즉시 10% 중성 포르말린에 고정하였으며, 고정 후 1일이 경과한 후 70% 알코올에 넣어 보존하였다. 갑각장(Carapace length: CL)은 안병의 기저에서 두흉갑의 등면 중앙의 뒷부분까지 버니어캘리퍼를 이용하여 측정하였다. 교접기 발달에 사용된 용어는 주로 Cha et al. (2001)을 따랐다. 교접기 외부 형태는 생식소의 조직학적 관찰로 이루어진 성숙 정도에 따라 암컷의 경우, 미성숙 (CL<9.5 mm), 성숙중 (CL<13.5 mm) 및 성숙 (CL>14.9 mm), 수컷의 경우, 미성숙 (CL<5.5 mm), 성숙중 (CL<10.6 mm) 및 성숙 (CL>11.6 mm)의 각 3단계로 나누어 해부현미경하에서 관찰 후 묘화기를 이용하여 기재하였다.

결 과

생식소의 외부 형태

난소

연한 우유색의 미성숙 난을 가진 난소는 난피의 분화가 일어나지 않은 상태로 두흉부의 심장이 있는 부분을 중심으로 앞으로는 액각의 시작부위에서부터 뒤로는 두흉부의 끝부분까지 얇은 형태로 신장되어있고, 좌우상칭으로 얇은 결체성관의 형태로 가슴다리부분으로 뻗어 있다 (Fig. 1A). 성숙중인 개체의 난소는 난피의 분화가 많이 진행된 상태로 쉽게 난의 모양을 관찰할 수 있었으며, 좌우로 뻗은 관의 형태는 관찰되지 않았다 (Fig. 1B). 성숙개체의 난소는 난피의 분화가 완전하게 이루어져 외관상으로는 분화된 형태가 잘 관찰되지 않았으며 두흉부의 대부분을 차지하였다 (Fig. 1C).

정소

정소는 좌우상칭으로 위의 후반부에서 심장 가까이 위치하여 제 2배다리 안다리의 안부속체와 숫돌기 (appendix masculina)로 연결되어 있다. 정소의 형태는 심장을 중심으로 좌우가 전방에서 합일되어 있으며, 후방은 한 쌍의 관상구조가 삼각 모양으로 합일되어 있다. 그리고 이들 관상구조의 앞쪽에는 좌우로 수정관이 뻗어 나오며 수정관의 끝에 비후된 저장낭이 위치한다. 저장낭은 제 5가슴다리에 연결 개구되어 있다 (Fig. 1D).

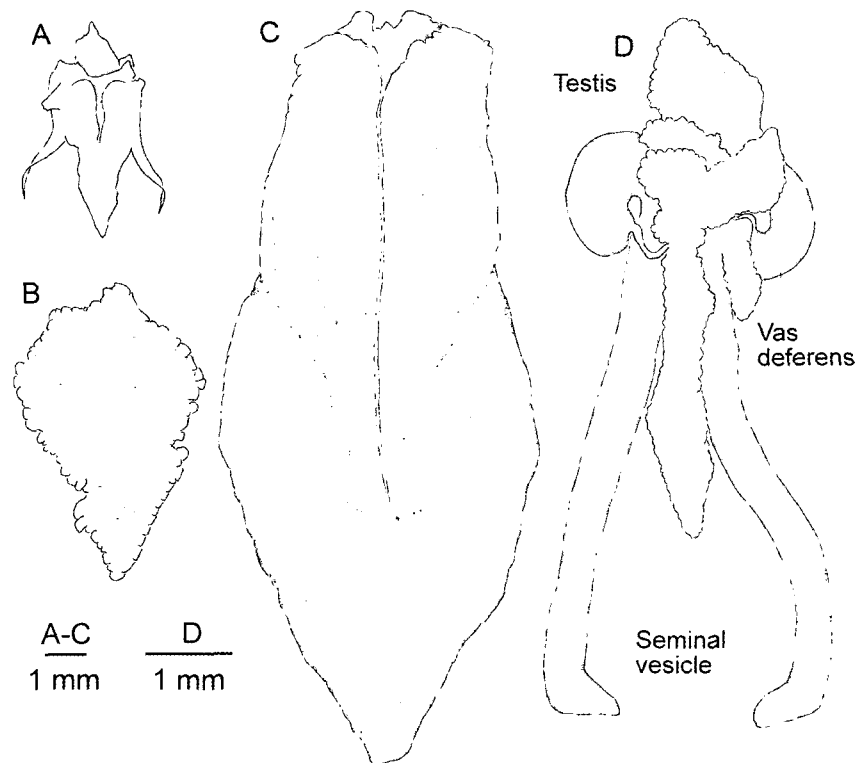


Fig. 1. *Exopalaemon carinicauda*. Morphology of gonads. A-C, ovaries; D, testis. A, immature female (CL<9.5 mm); B, maturing female (CL<13.5 mm); C, matured female (CL>14.9 mm); D, matured male (CL>11.5 mm).

생식소의 조직학적 관찰

난소

우유색을 띤 미성숙한 개체의 난소는 25-50 μm 의 핵 내에 haematoxylin에 농염되는 한개의 뚜렷한 인과 적은 과립상의 염색질이 핵 내 고르게 나타나는 초기 난모세포들을 포함하고 있으며, 여포세포가 일부 나타나는 것을 관찰할 수 있다 (Fig. 2A). 다소 성숙된 난소는 100-130 μm 의 난모세포로 성장하면서, 차츰 장방형으로 변화하지만 핵은 아직 뚜렷한 원형을 취하고 있으며, 단층의 여포세포층이 발달하는 것을 볼 수 있다 (Fig. 2B). 연한 노란색을 가진 성숙중인 개체의 난소는 난모세포가 더욱 성장하여 난경이 150-200 μm 가 되고 난세포질의 주변으로부터 난황과립들이 고르게 형성되기 시작하며, 여포세포층은 뚜렷해진다 (Fig. 2C). 그리고 난모세포가 더욱 성숙될수록 세포질에는 다수의 크고 작은 난황구들이 나타나고 난황이 축적되기 시작하며, 여포세포층은 그다지 명료하지

않다 (Fig. 2D). 황색의 성숙한 개체의 난소는 조직 표본상에서 300 μm 내외의 범위로 균일한 난모세포로 충만되어 있다. 각 난의 세포질에는 난황구가 충분히 축적되어 있으며, 난황구들은 서로 융합되어 더욱 커다란 난황구를 이루며 균질화 되는 것을 관찰할 수 있다 (Fig. 2E).

정소

미성숙개체의 정소는 정소엽에서 구형의 1차 정모세포들로 산재해 있고, 이들 1차 정모세포로부터 분열증식한 2차 정모세포들은 핵질이 응축되면서 haematoxylin에 농염되어 나타난다 (Fig. 3A, B). 성숙중인 개체의 정소는 2차 정모세포가 성숙 분열 과정을 거친 후 정세포로 되고, 이들 정세포들은 변태를 시작하면서 응축되며 이들은 정소엽과 수정관에서 볼 수 있다 (Fig. 3C). 성숙한 개체의 정소에서는 정세포가 변태를 하여 정자가 되면 정자는 수정관을 통하여 저장낭과 사정관에 밀집한다 (Fig. 3D).

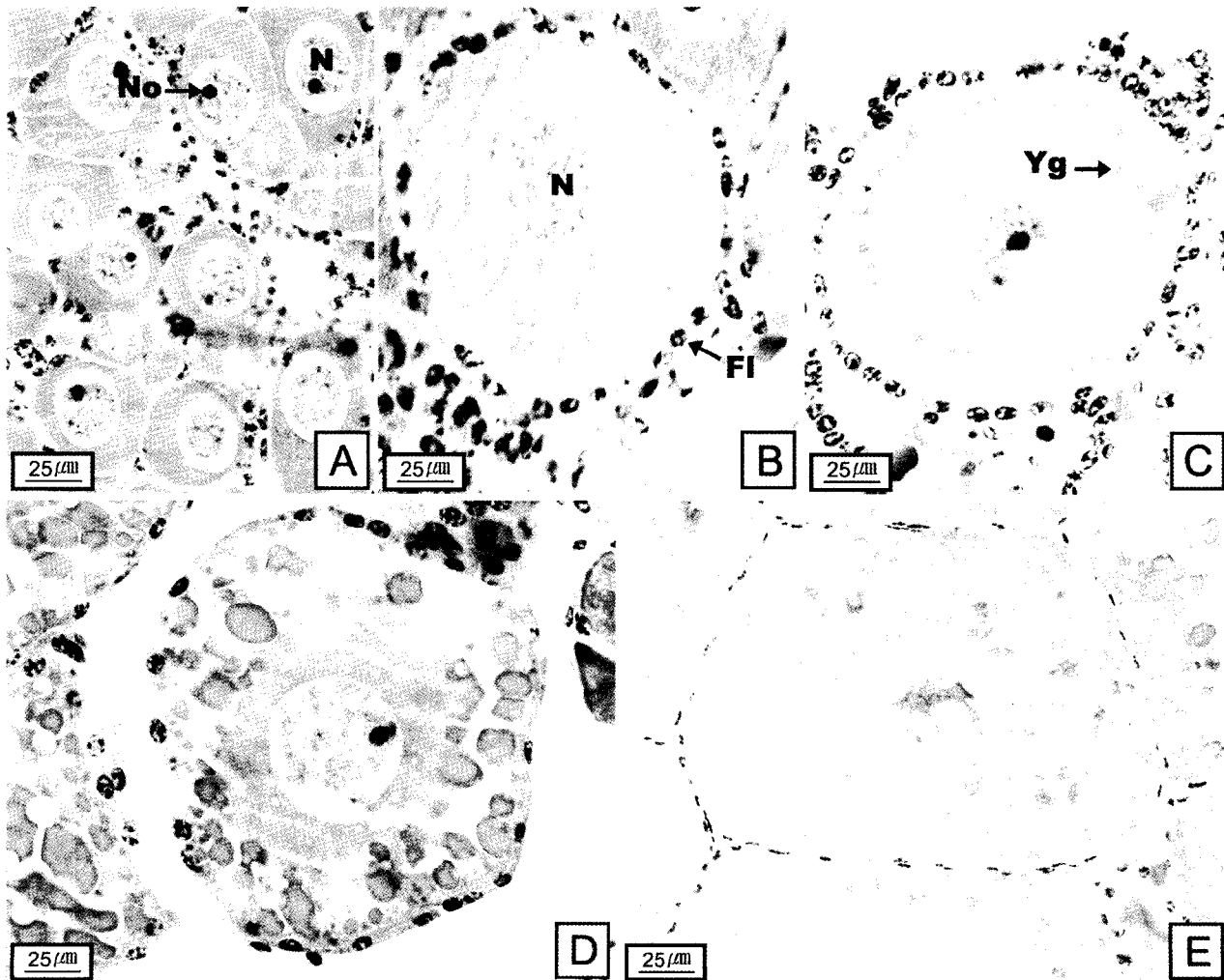


Fig. 2. *Exopalaemon carinicauda*. Development of ovary. A, B, immature juvenile (CL<9.5 mm); C, D, maturing juvenile (CL<13.5 mm); E, matured adult (CL>14.9 mm); Fl, follicle layer; N, nucleus; No, nucleolus; Yg, yolk granule.

교접기의 발달

암컷 교접기

제1배다리의 안다리는 미성숙개체 및 성숙중개체에서의 형태변화는 거의 없으나 성장함에 따라서 가장자리의 강모의 수가 증가하였고, 그 끝이 바깥다리의 약 절반정도 길이에 도달하였다 (Fig. 4A, B). 성숙개체에서도 미성숙 및 성숙중개체와 외부형태는 변하지 않지만, 안다리가 바깥다리의 기부 1/4의 지점에 도달하여 안다리의 바깥다리에 대한 상대적인 길이가 오히려 감소하였다 (Fig. 4C).

제 2배다리 안다리의 안부속체 (appendix interna)는 성장에 따른 형태의 변화는 거의 없으나 끝부분 강모의 수와 안쪽 가장자리의 강모의 수는 증가하였다 (Fig. 4D).

수컷 교접기

제 1배다리의 안다리는 성장에 따른 형태의 변화는 거의 없으나 가장자리의 강모의 수는 증가하였다 (Fig. 5A).

제 2배다리 안다리의 안부속체와 숫돌기 (appendix masculina)는 미성숙개체에서는 숫돌기가 안부속체보다 짧아 안부속체의 끝부분에 다다르지 않았다. 또한 숫돌기 끝부분에 1-2개의 강모만을 가졌다. 안부속체는 안쪽면 가장자리에 강모를 가지지 않았다 (Fig. 5B). 성숙중개체의 경우, 숫돌기는 길어 안부속체의 끝부분을 넘었다. 숫돌기의 안쪽면과 끝부분에는 11개의 강모를 가졌다. 안부속체의 안쪽면의 기부에서 거의 끝부분까지 일련의 강모를 가졌다. (Fig. 5C). 성숙개체의 숫돌기는 안부속체의 끝부분에 다다르며, 안쪽면과 끝부분에는 22개의 강모를 가졌다. 안부속체의 끝부분은 안쪽으로 휘어지며, 안쪽면에는 일련의 강모를 가졌다 (Fig. 5D).

고찰

본 연구의 대상종인 밀새우의 포란한 암컷에서는 포란기간 동안 두흉부에 성숙된 난을 가진 개체가 출현하지 않은 것으

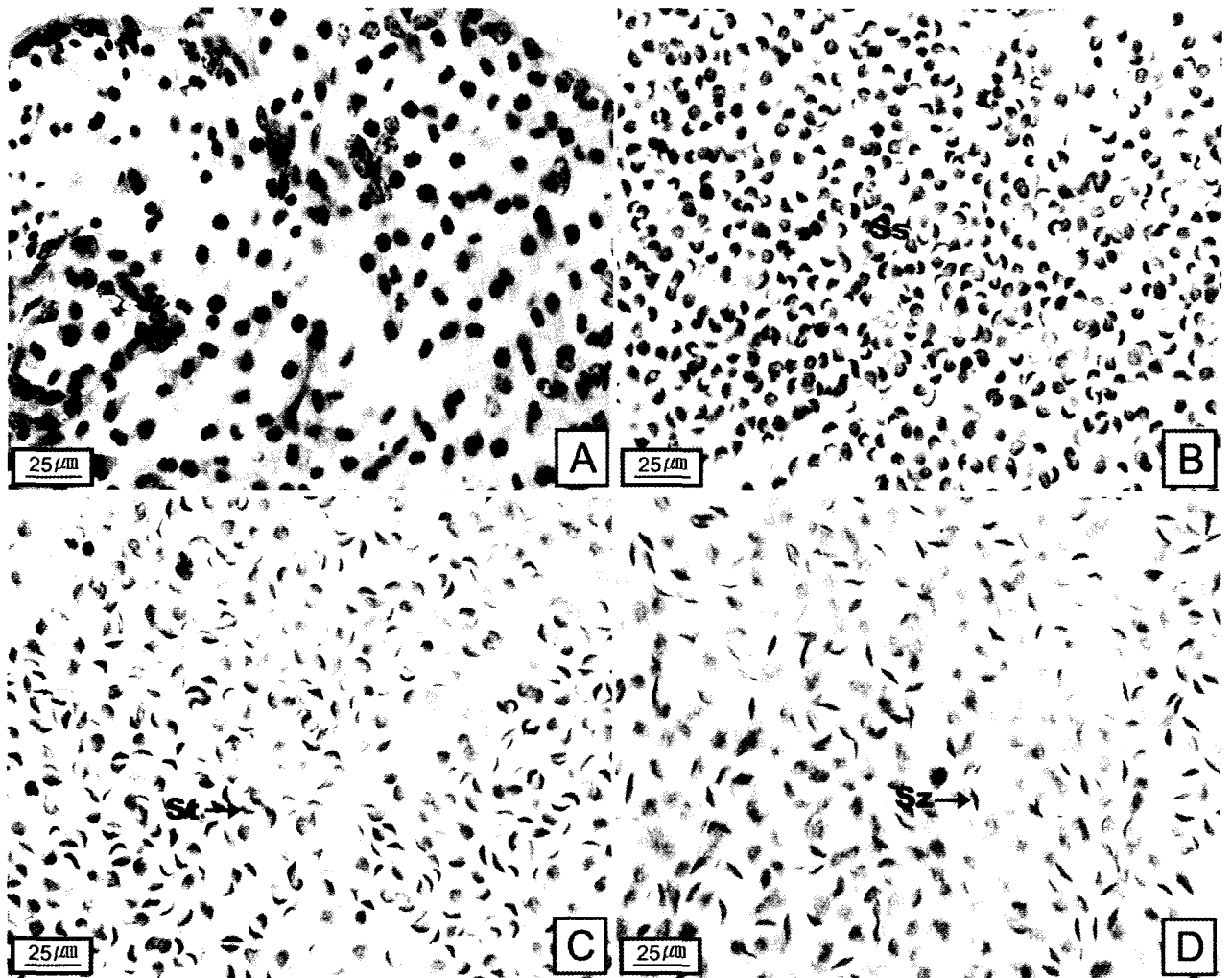


Fig. 3. *Exopalaemon carinicauda*. Development of testis. A, B, immature juvenile (CL < 5.5 mm); C, maturing juvenile (CL < 10.6 mm); D, matured adult (CL > 11.5 mm); Ps, primary spermatocyte; Ss, second spermatogonium; St, spermatid; Sz, spermatozoa.

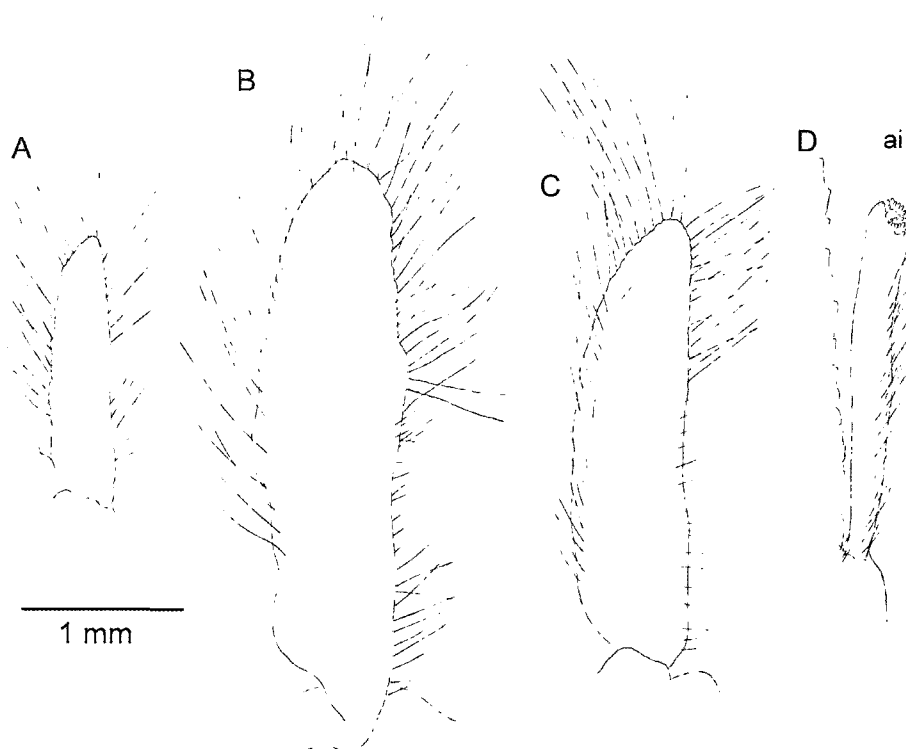


Fig. 4. *Exopalaemon carinicauda*. A-C, endopods of first pleopods; D, appendix interna of second pleopod. A, immature female (CL<9.5 mm); B, maturing female (CL<13.5 mm); C, D, matured female (CL>14.9 mm); ai, appendix interna.

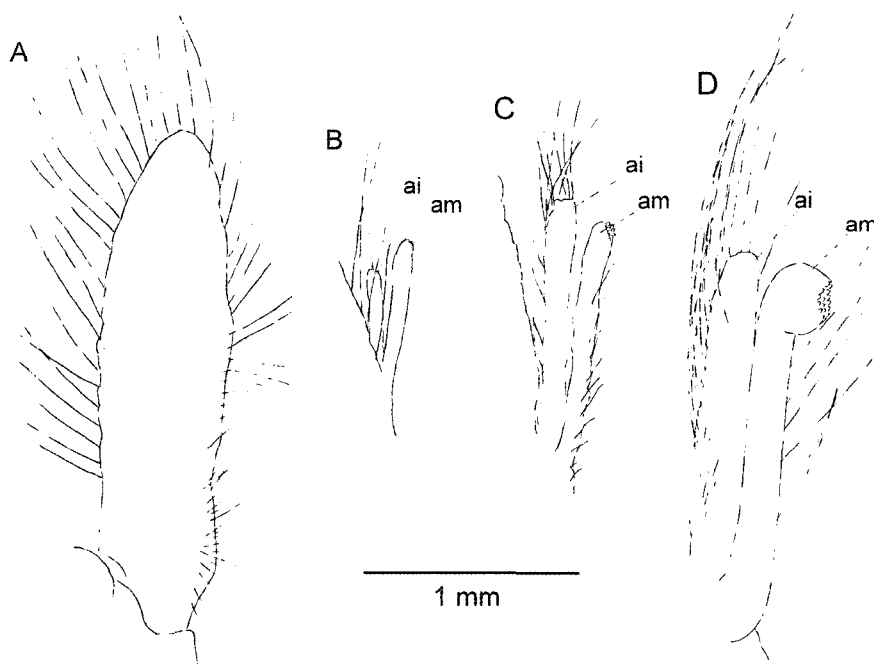


Fig. 5. *Exopalaemon carinicauda*. A, endopod of first pleopod; B-D, appendices internae and appendices masculinae of second pleopods. A, D, matured male (CL>11.5 mm); B, immature male (CL<5.5 mm); C, maturing male (CL<10.6 mm); ai, appendix interna; am, appendix masculina.

로 미루어 보아 포란 후 연이어 재포란하지 않는 것으로 나타나, 일년에 한번 산란하는 것으로 추정되었다.

밀새우의 난소는 같은 생이류에 속하는 줄새우아재비 (*Palaemon serrifer*) (Kim and Lee, 1991)와 붉은줄참새우 (*Palaemon macrodactylus*) (Kim, 1993) 및 자주새우 (*Crangon affinis*) (Lee and An, 1989)와 마찬가지로 두홍부의 심장아래에 위치하며, 심장을 중심으로 전방은 둥글게 융합되어 있고, 후방은 한쌍의 곤봉 형태의 구조를 하고 있다. 하지만 두홍부의 심장을 중심으로 옆상으로 된 돌기가 좌우에 7쌍, 앞쪽으로 1쌍으로 신장되어 있고 후방으로 관상난소가 뒤로 가면서 가늘어지는 대하 (*Fenneropenaeus chinensis*) (Oka, 1967), 보리새우 (*Marsupenaeus japonicus*) (Lee and Lee, 1970)와 산모양깔깔새우 (*Metapenaeopsis dalei*) (Choi et al., 2003)와는 다른 형태의 구조적 특성을 가지고 있다.

정소는 심장을 중심으로 좌우가 전방에서 합일된 형태로 작은 만곡을 이루는 관상구조 형태의 줄새우아재비 (Kim and Lee, 1991) 및 붉은줄참새우 (Kim, 1993)와 약간의 차이가 있지만, 한쌍의 관상 구조가 삼각 모양으로 합일되어 있는 뒷부분과 수정관과 저장낭은 같은 형태를 나타내고 있다.

보리새우 (*Marsupenaeus japonicus*) (Yano, 1988)와 산모양깔깔새우 (*Metapenaeopsis dalei*) (Choi et al., 2003)에서는 난원세포가 초기난모세포로 성장하면서 인은 단일인에서 핵막을 따라 분산인으로 증가하였으나 자주새우 (Lee and An, 1989)에서는 한개 또는 두개의 인만 존재하는 반면 인의 크기는 훨씬 크다고 하였으며, 밀새우도 자주새우와 비슷하게 커다란 한개의 인만 가지고 있는 것을 관찰 할 수 있다. Lee and An (1989)의 연구에서 인의 수는 그 수에 관계없이 난모세포의 성장과 관계되는 RNA합성과 축적에 관계된다고 하였다.

난황형성은 난모세포에 많은 양의 난황이 축적되는 단계로서 갑각류 암컷의 재생산에 매우 중요하며, 이 단계가 시작되면 각 난모세포는 여포세포로 이루어진 막으로 둘러싸이게 된다 (Meusy and Payen, 1988). Kim (1977)에서 연구된 난자형성과정 중, 난원세포가 제1차 난모세포로 되면서 여포질이 풍부한 여포세포에 싸이게 되는데, 이들 여포질은 난모세포의 성장과 비례해서 감소되어 가고 난모세포가 완전히 성장을 마치면 여포막만이 남게 되는 점으로 보아 여포질은 난모세포가 성장하면서 흡수하는 것으로 보고하였다. 본 연구에서 밀새우의 여포세포 또한 초기난원세포에서 난모세포로 성장하면서 발달하다가 성숙 난모세포로 되었을때 많이 감소하는 것을 관찰할 수 있었다.

밀새우 암컷의 경우, 성성숙에 따른 교접기의 변화는 제1배다리 안다리의 바깥다리에 대한 상대적인 길이로서 판단할 수 있다. 난경이 200 μ m 이하이고 난황과립들이 고르게 형성되기 이전인 갑각장 약 13.5 mm 이하의 미성숙 및 성숙중의 암컷에서는 제1배다리 안다리가 차츰 길어져 그 끝이 바깥다리의 약 절반정도의 길이에 도달했다. 난모세포가 300 μ m 내외의 범위로 균일하게 충만되고 난황구가 충분히 축적되어

생식에 참가할 수 있는 갑각장 약 14.9 mm 이상의 성숙된 암컷에서는 안다리의 길이가 오히려 감소하여 바깥다리의 기부 1/4의 지점에 도달하는 특징을 보였다.

밀새우 수컷의 경우, 성성숙에 따른 교접기의 변화는 제2배다리 안다리의 숫돌기와 안부속체의 길이 및 형태변화로써 판단할 수 있다. 정소가 거의 발달하지 않은 상태인 수컷 갑각장 약 5.5 mm 이하 미성숙개체에서는 제2배다리 안다리의 숫돌기가 안부속체보다 짧은 상태로 나타났다. 그리고, 정소가 정원세포와 정모세포로 이루어져 있는 갑각장 약 10.6 mm의 성숙중인 개체에서는 숫돌기가 안부속체보다 다소 길어진 상태로 나타났다. 정원세포, 정모세포, 정세포 및 정자가 모두 관찰되어 생식에 참가할 수 있는 갑각장 약 11.5 mm 이상의 성숙된 개체에서는 안부속체의 끝부분이 안쪽으로 휘어지는 형태적 특징을 보인 것으로 나타났다.

암컷의 생식소 및 교접기 발달로 조사되었던 암컷의 성숙계장은 갑각장 약 14.9 mm로 같은 지역에서 조사되었던 밀새우 암컷의 포란비율에 의한 군성숙계장 (CL₅₀)인 갑각장 20.9 mm (J.N. Kim, unpublished data)와 다소 차이가 있었다. 이는 성숙관정에 있어서 포란유무의 육안적 조사로 밝혀진 군성숙계장과 검정으로 이루어진 조직학 및 교접기의 관찰로 밝혀진 성숙계장과의 차이로 생각된다.

사 사

본 원고에 유익한 조언을 주신 세분의 심사위원들과 이 논문이 완성되기까지 세심하게 지도해주신 부경대학교 홍성운 교수님께 깊은 감사를 드립니다.

참 고 문 헌

- Bauer, R.T. 1976. Mating behaviour and spermatophore transfer in the shrimp *Heptacarpus pictus* (Stimpson) (Decapoda: Caridea: Hippolytidae). *J. Nat. Hist.*, 10, 415-440.
- Bauer, R.T. 1986. Phylogentic trends in sperm transfer and storage complexity in decapod crustaceans. *J. Crust. Biol.*, 6, 313-325.
- Butler, T.H. 1980. Shrimps of the pacific coast of Canada. *Can. Bull. Fish. Aquat. Sci.*, 202, 1-280.
- Cha, H.K., J.U. Lee, C.S. Park, C.I. Baik, S.Y. Hong, J.H. Park, D.W. Lee, Y.M. Choi, K. Hwang, Z.G. Kim, K.H. Choi, H. Sohn, M.H. Sohn, D.H. Kim and J.H. Choi. 2001. Shrimps of the Korean Waters. *Natl. Fish. Res. Dev. Inst.*, Busan, Korea, pp. 180. (in Korean)
- Choi, J.H., J.W. Kim, J.N. Kim, H.K. Cha and S.Y. Hong. 2003. Genital organs and gonad development of *Metapenaeopsis dalei* (Penaeidae: Decapoda) in Korean waters. *J. Kor. Fish. Soc.*, 36, 619-624.
- Holthuis, L.B. 1980. *FAO species catalogue*, vol. 1.

- Shrimps and prawns of the world. An annotated catalogue of species of interest to fisheries. FAO Fisheries Synopsis, (125) 1, 1-271.
- Kim, C.H. 1977. Gametogenesis and early development of *Linuparus trigonus* (von Siebold). Bull. Kor. Fish. Soc., 10, 71-96.
- Kim, J.N. and K. Hayashi. 2000. Two new shrimps of the genus *Philocheras* (Decapoda, Caridea, Crangonidae) from East Asian waters. J. Crust. Biol., 20, 687-698.
- Kim, J.W. 1993. Histological study of neurosecretory cells in the eyestalk with gonadal development of *Palaemon macrodactylus*. M.S. Thesis, National Fisheries University of Pusan, Korea, pp. 36.
- Kim, M.H. and T.Y. Lee. 1991. Histological study of neurosecretory cells in the brain and the thoracic ganglion with gonadal development of *Palaemon serrifer*. Bull. Kor. Fish. Soc., 24, 327-339.
- Lee, T.Y. and B.D. Lee. 1970. Ovarian cycle and oogenesis in *Penaeus japonicus* Bate. Bull. Haewundae Mar. Lab., Pusan Fish. Coll., 3. 45-52. (in Korean)
- Lee, T.Y. and C.M. An. 1989. Early life history of the marine animals. 3. On the maturity of *Crangon affinis*. Bull. Kor. Fish. Soc., 22, 342-350. (in Korean)
- Meusy, J.J. and G.G. Payen. 1988. Female reproduction in malacostracan. Crust. Zool. Sci., 5, 217-265.
- Oka, M. 1967. Studies on *Penaeus orientalis* Kishinouye - V. Fertilization and development. Bull. Fac. Fish. Nagasaki Univ., 23, 71-87.
- Quinitio, E.T., R.M. Caballero and L. Gustilo. 1993. Ovarian development in relation to changes in the external genitalia in captive *Penaeus monoden*. Aquaculture, 114, 71-81
- Wicksten, M.K. 1997. Introduction of the ridgetail prawn, *Exopalaemon carinicauda*, into San Francisco Bay, California. Calif. Fish Game, 83, 43-44.
- Yano, I. 1988. Oocyte development in the kuruma prawn *Penaeus japonicus*. Mar. Biol., 99, 547-553.

2004년 9월 4일 접수

2004년 12월 17일 수리