

산모양갈갈새우 (*Metapenaeopsis dalei*)의 생식기와 생식소 발달

최정화 · 김재원^{1*} · 김정년² · 차형기³ · 홍성운¹
부경대학교 해양과학공동연구소, ¹부경대학교 자원생물학과
²부경대학교 수산과학연구소, ³국립수산과학원 자원관리과

Genital Organs and Gonad Development of *Metapenaeopsis dalei* (Penaeidae: Decapoda) in Korean Waters

Jung Hwa CHOI, Jae-Won KIM^{1*}, Jung Nyun KIM² Hyung Kee CHA³
and Sung Yun HONG¹
Korea Inter-University Institute of Ocean Sciences, Pukyong National University,
Busan 608-737, Korea

¹Department of Marine Biology, Pukyong National University, Busan 608-737, Korea

²Institute of Fisheries Sciences, Pukyong National University, Busan 612-021, Korea

³Fisheries Resources Research and Management Division,
National Fisheries Research and Development Institute, Busan 619-902, Korea

Genital organs and gonad development in kishi velvet shrimp (*Metapenaeopsis dalei*) were studied based on morphological and histological observations. The samples were collected monthly around the Ochongdo area on the western coast of Korea, from April 1997 to December 1998. Thelycum appear structurally complete after females reach a length of about 12.0 mm CL. Petasma rarely join after males reach a length of 10.6 mm CL and a fully developed petasma shows up to a length of 12.0 mm CL. The ovaries lie on the dorsal side of the female shrimps 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 shows a pair of tubule-like structures. Testes are bilaterally symmetrical; the anterior part shows a convoluted tubule, and the posterior part consists of a pair of tubules. In histological observations, ripe eggs and spermatozoon show when mature females and males reach a length of about 12.0 mm CL.

Key word: *Metapenaeopsis dalei*, Penaeidae, Genital organ, Gonad development, Korea

서론

산모양갈갈새우 (*Metapenaeopsis dalei*)는 중국을 비롯하여 일본의 동부해역과 우리나라의 서해와 남해에 분포하며 (Crosnier, 1991; Cha et al., 2001), 주로 사니질에 서식하고, 저질에 대한 잠입력이 높은 것으로 보고되어 있다 (Sakaji, 1995). 또한 이들은 연안생태계의 저서 어류에 중요한 먹이원이며 (Kosaka, 1977), 한국 서·남해의 어업 대상 종으로서, 산업적으로 매우 중요한 종이다 (Cha et al., 2001).

산모양갈갈새우가 속한 보리새우과 새우류의 생식생물학적 연구는 양식대상 종을 중심으로 기초생활사와 개체군 연구를 위한 기초연구로써 이루어졌다 (Lee, 1967; Yano, 1988; Tan-Fermin and Pudadera, 1989; Cha et al., 1997; Sakaji et al., 2000; Choi, 2001). 생식생물학적 연구는 대상 종의 성숙 시기를 파악하는 것을 주요 목적으로 하며 이를 위해서 생식기의 발달 단계의 파악과 생식소의 조직학적 관찰 등을 통해서 이루어진다.

보리새우과 새우는 생식기의 외부 형태가 중요한 분류학적 형질로 여겨지고 있으며, 특히 산모양갈갈새우가 속한 갈갈새우속 (Genus *Metapenaeopsis*)의 숫컷 교미기 (petasma)는 보리

새우과에 속하는 다른 속의 새우류에서 나타나는 좌우대칭과 달리 좌우 비대칭을 이루고 있는 특징을 가지고 있다 (Racek and Dall, 1965; Hayashi and Sakamoto, 1978; Miquel, 1984; Crosnier, 1991, 1994). 보리새우과 새우류의 생식기는 미성숙 단계와 성숙 단계에서 외부형태의 차이가 있으며, 성숙 단계에 따른 생식기 외부형태의 특징은 성숙 시기를 판단할 수 있게 한다 (Tuma, 1967; Burukovskij, 1980).

생식소를 이용한 성 성숙시기 파악은 난소 외부색깔의 관찰과 난의 조직학적 관찰을 통한 난경의 크기 변화를 통하여 이루어진다. Yano (1988)는 보리새우 (*Penaeus japonicus*) 난의 발달 단계를 10 단계로 나누었으며, Tan-Fermin and Pudadera (1989)는 얼룩새우 (*Penaeus monodon*)의 난소 발달 단계를 4단계로 나누어 이들의 각 단계별 특징을 기술함으로써 이들의 성 성숙 시기 예측을 위한 중요한 기초자료를 제공하였다. Cha (1997)는 중하 (*Metapenaeus joyneri*)와 꽃새우 (*Trachypenaeus curvirostris*) 생식소의 조직 관찰을 통해 이들의 성숙시기와 난경 및 성숙개체의 크기를 밝혔다. 또한, Sakaji et al. (2000)은 본 연구의 대상종인 산모양갈갈새우의 난 발달 단계를 7단계로 나누어 각 단계의 특징을 보고하였다. 그러나, 기존의 연구는 단순히 난의 발달 단계에 따른

*Corresponding author: kjwo1@hanmail.net

조직학적 특징만을 기술하였을 뿐 생식기 형태의 발달에 따른 생식소의 발달에 관한 연구는 전무한 상태이다.

따라서, 본 연구에서는 산모양갈새우 생식기의 형태적 특징과 생식소 발달과정의 조직학적인 관찰을 통하여 이들 두 가지 요인의 상호관계를 살펴보고, 본 종의 생식체장을 밝힐 뿐 아니라 다른 보리새우류의 생식생태 연구를 위한 기초자료를 제공하고자 한다.

재료 및 방법

본 실험에 사용된 시료는 충남 어청도 근해에서 1997년 4월부터 1998년 12월 사이에 매월 낭장망에서 채집되었다.

생식기의 발달을 위해 사용된 시료는 생식소의 관찰에서 사용되는 성숙 판별법에 의해 단계별로 각각 5개체씩 채집 즉시 10% 중성 포르말린에 고정하였으며, 고정 후 1일이 경과한 후 70% 알코올에 넣어 보존하였다. 생식기 외부 형태는 생식소의 관찰에서 사용되는 성숙 판별법에 의해 미성숙 (CL < 8.0 mm), 성숙중 (CL < 10.6 mm) 및 성숙 (CL > 12.0 mm)의 3단계로 나누어 해부현미경하 (Leica MZ-12)에서 묘화기를 이용하여 관찰 후 기재하였다. 갑각장 (carapace length: CL)은 안병의 기저에서 두홍갑의 등면 뒤쪽의 오목한 부분까지 버니어캘리퍼를 이용하여 측정하였다. 생식기 발달에 사용된 용어는 주로 Cha et al. (2001)을 따랐다.

생식세포 발달과정에 사용한 새우는 매월 1회 채집하여 암컷은 Gab-Alla et al. (1990)에 의해 제시된 미성숙, 성숙중 및 성숙의 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.

결 과

생식기의 발달

암컷 생식기 (thelycum)은 초기에 중앙판 (median plate)의 형태가 등그스름하고 transverse plate의 끝부분이 발달하지 않은 삼각형의 형태를 하였으며, 후록융기 (posterior ridge)에는 짧은 강모가 성숙된 개체에 비해 적었다. 성숙된 개체에서는 중앙판의 형태가 사각형에 가까웠으며, transverse plate의 끝부분이 앞으로 융기되어 발달하였으며, 후록융기에는 강모가 많아지면서 형태가 뚜렷해졌다 (Fig. 1).

미성숙개체의 수컷 생식기 (petasma)는 초기에 좌측과 우측이 각각 분리된 상태로 발생하며, 좌·우측 말단편의 형태는 엄지 손가락 모양으로 단순하였다 (Fig. 2A). 성숙 중 개체의 수컷 생식기는 성장하면서 좌·우측의 distodorsal element와 distodorsal projection이 뚜렷한 형태를 갖추기 시작하며, 좌측 distodorsal projection의 끝부분과 우측에 돌기 형태가 나타나

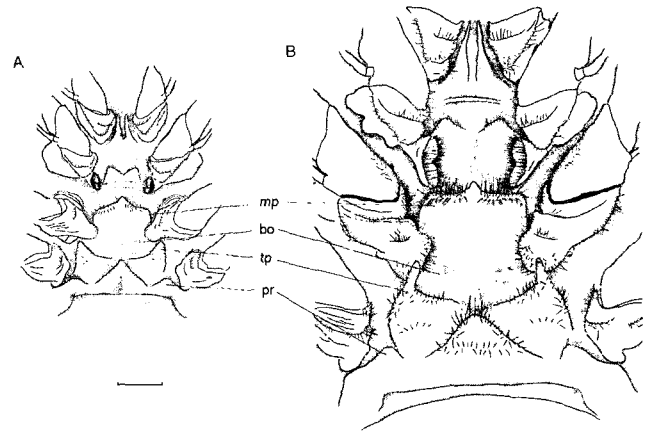


Fig. 1. *Metapenaeopsis dalei*. Thelycum. A, immature juvenile (CL < 8.0 mm); B, maturing juvenile (CL < 10.6 mm) and matured adult (CL > 12.0 mm); bo, boss; mp, median plate; pr, posterior ridge; tp, transverse plate. Scale bar=1 mm.

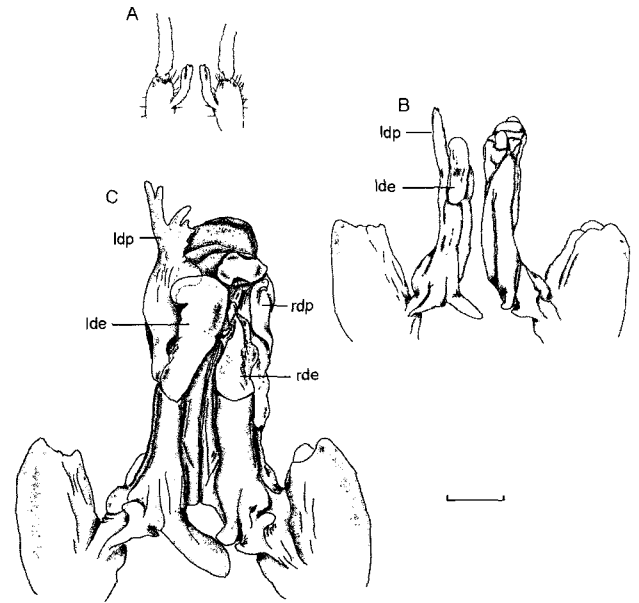


Fig. 2. *Metapenaeopsis dalei*. Petasma. A, immature juvenile (CL < 8.0 mm); B, maturing juvenile (CL < 10.6 mm); C, matured adult (CL > 12.0 mm); lde, left distodorsal element; ldp, left distodorsal projection; rde, right distodorsal element; rdp, right distodorsal projection. Scale bar=1 mm.

기 시작한다. 또한, 좌·우측 결합 부위에는 작은 돌기가 관찰되었다 (Fig. 2B). 성숙 개체의 수컷 생식기 좌측 말단편은 형태가 단순하고 몸체에 밀착된 반면, 우측 말단편은 손가락 모양을 하거나 부채 모양으로 펼쳐져 있었다. 좌측에 비해 우측의 말단편의 크기가 상대적으로 크며 복잡하였다 (Fig. 2C).

수컷의 두번째 복지에 위치한 미성숙과 성숙 중 개체의 appendix masculina는 복지 내지의 flexible distolateral tip (FL)과 분리되지 않은 약간 돌출된 형태였다. 성숙 개체에서는

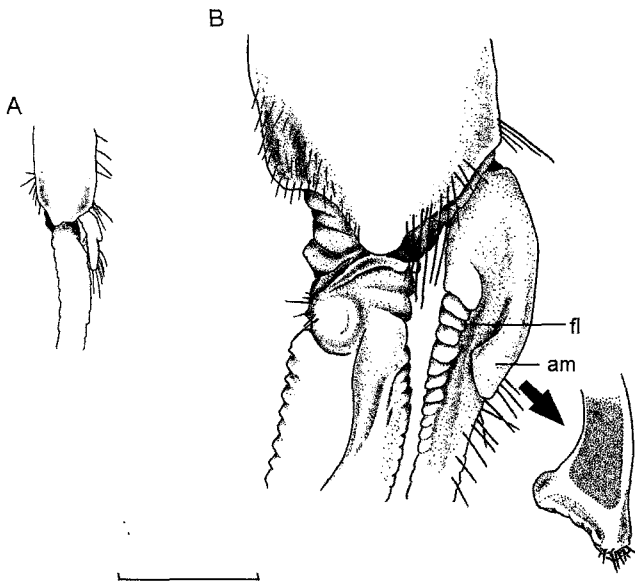


Fig. 3. *Metapenaeopsis dalei*. Appendix masculina. A, immature juvenile (CL < 8.0 mm); B, maturing juvenile (CL < 10.6 mm) and matured adult (CL > 12.0 mm); am, appendix masculina; fl, flexible distolateral tip of pleopod. Scale bar = 1 mm.

FL과 분리되어 끝모양이 나팔관 형태인 groove가 생성되었고, 끝 가장자리에 5-6개의 미세한 부드러운 강모를 가지고 있었다 (Fig. 3). 복지 내지의 FL 왼쪽 가장자리는 12개 내외로 분절되었다.

생식소의 외부형태와 조직학적 관찰

1. 생식소의 외부 형태

1) 난 소

노란색을 띤 미성숙 난을 가진 난소는 두흉부의 심장이 있는 부분을 중심으로 전방은 엽상으로 된 돌기가 좌우에 7쌍, 앞쪽으로 길게 1쌍이 각각 좌우상칭으로 얽은 결체성 피막에 쌓여 뇌실아래 대약부분까지 뻗어 있고, 후방은 1쌍의 판상으로 뒤로 가면서 가늘어져 있었다 (Fig. 4A). 진한 녹색을 띤 성숙 난을 가진 난소는 난이 커지면서 급속도로 팽대되어 좌우의 7쌍의 돌기는 구별이 어려웠다.

2) 정 소

정소는 위의 후반부에서 심장 가까이 위치하여 첫 번째 복지에 위치한 petasma로 연결되어 있으며, 6쌍의 정엽 (seminal lobes)과 수정관 (vas deferens), 사정관 (ejaculatory duct)으로 구성되어 있다 (Fig. 4B). 정엽은 좌우 대칭이며, 수정관과 연결되어 있었다. 수정관은 꼬여있으며 사정관은 성숙된 개체의 것일수록 다소 비대하였다. 성숙된 정소의 수정관은 우유빛을, 정엽은 투명한 색깔을 띄었으며, 성숙된 정소의 수정관과 사정관에는 정자로 가득 차 있었다.

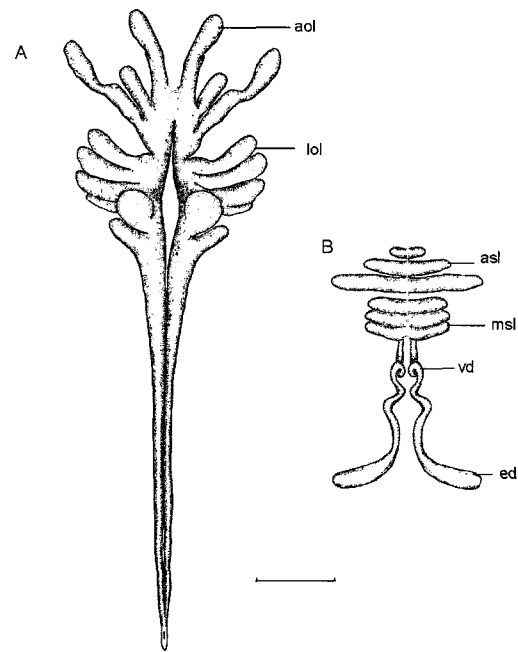


Fig. 4. *Metapenaeopsis dalei*. Morphology of gonads. A, ovary; B, testis; aol, anterior ovarian lobes; lol, lateral ovarian lobes; asl, anterior seminal lobes; msl, median seminal lobes; vd, vas deferens; ed, ejaculatory duct. Scale bar = 5 mm.

2. 생식소의 조직학적 관찰

1) 난 소

미성숙한 개체의 난소는 5-10 μm 의 난원세포들과 50 μm 내외의 초기 난모세포들을 포함하고 있으며, 난소가 약간 팽대되고 옅은 황록색을 나타낸다 (Fig. 5A). 난모세포의 핵은 배포상을 이루고 있으며 적은 과립상의 염색질이 핵 내 고르게 나타나고 다소 성숙된 난모세포에서는 소과립상으로 핵막을 따라 분포하고 있으며, haematoxylin에 농염되는 다수의 인들이 핵막 주위로 관찰되었다. 그리고 각각의 난세포를 둘러싼 여포세포층이 발달하고, 세포층의 피질층에 공포상의 난황포가 나타나기 시작하며 핵형은 부정하다 (Fig. 5B). 성숙중인 개체의 난소는 난모세포가 더욱 성장하여 난세포질의 주변으로부터 난황포 사이에 난황구가 형성되기 시작하고 난경이 150-200 μm 전후가 된다. 핵은 편평화하거나 불규칙한 형상으로 되고, 세포질에는 다수의 난황구들이 나타나며 난황이 축적되기 시작한다. 그리고 여포세포층은 그다지 명료하지 않으며, 난소는 황록색을 띄게 된다 (Fig. 5C). 성숙한 개체의 난소는 조직 표본상에서 200 μm 내외의 범위로 균일하게 충전되어 있었고, 각 난의 세포질에는 난황구가 충분히 축적되어 있었다. 동물극으로 이동한 핵은 세포질과의 구분이 어렵게 되고, 난황구들은 서로 융합되어 더욱 커다란 난황구를 이루며 균질화 되었다 (Fig. 5D).

2) 정 소

미성숙한 개체의 정소는 정소엽에서 구형의 1차 정모세포

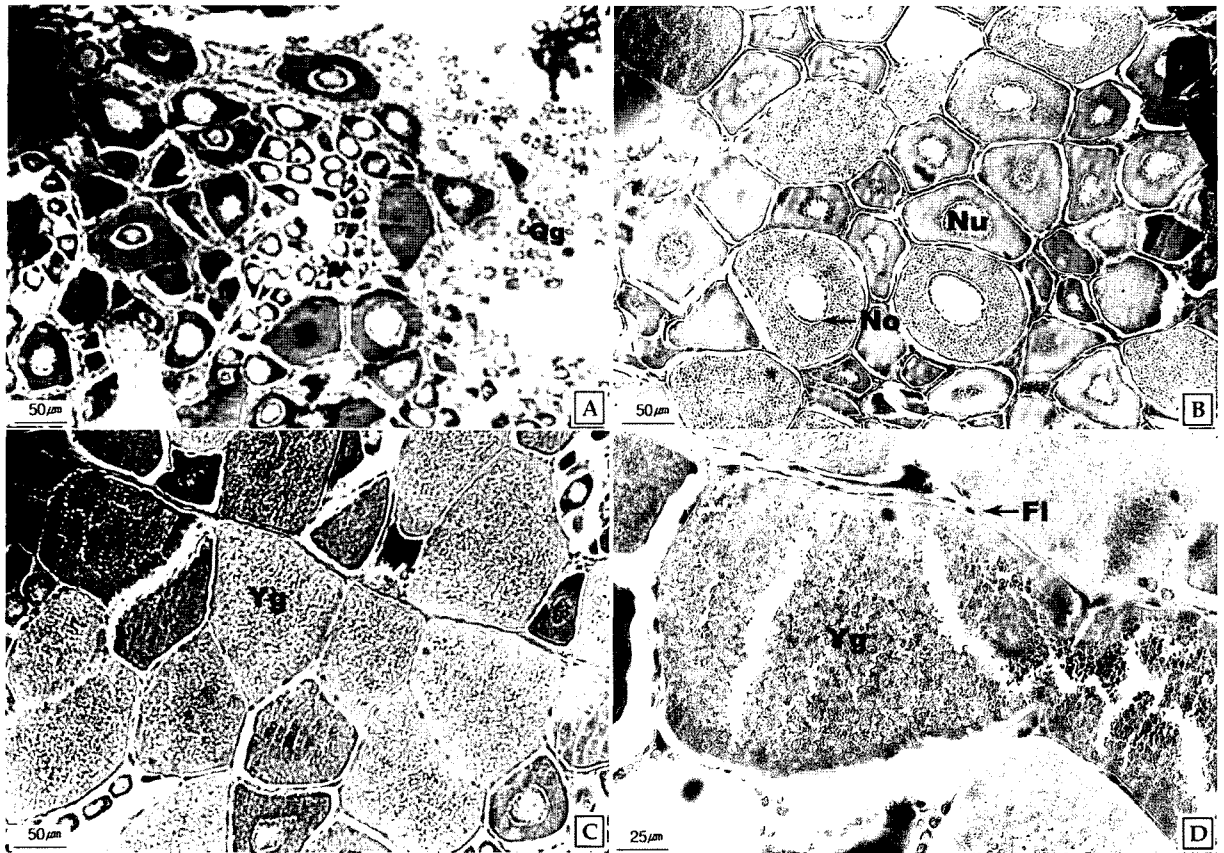


Fig. 5. *Metapenaeopsis dalei*. The development of ovary. A and B, immature juvenile (CL < 8.0 mm); C, maturing juvenile (CL < 10.6 mm); D, matured adult (CL > 12.0 mm); fl, follicle layer; nu, nucleus; no, nucleolus; og, oogonium; oc, oocyte; os, ovarian sac; yg, yolk granule.

들로 산재해 있고, 이들 1차 정모세포로부터 성장한 2차 정모세포들은 분열 증식하여 핵질이 충실해지고 haematoxlin에 농염되어 나타난다 (Fig. 6A, B). 성숙중인 개체의 정소는 2차 정모세포가 성숙분열 과정을 거친 후 정세포로 되고, 이들 정세포들은 변태를 시작하면서 응축되며 이들은 정소엽과 수정관에서 볼 수 있다 (Fig. 6C). 성숙한 개체의 정소는 정세포가 변태를 하여 정자가 되면 변태된 정자는 수정관을 통하여 저장낭과 사정관에 밀집한다. 변태를 마친 정자들은 핵을 포함하는 두부가 광학현미경하에서도 뚜렷한 타원형을 나타내고 있다 (Fig. 6D).

고 찰

산모양갈갈새우 수컷의 갑각장 약 8.0 mm 이하 미성숙개체에서는 교미기가 좌우로 분리되고 정소도 거의 발달하지 않은 상태였다. 그리고, 갑각장 10.0 mm의 성숙중인 개체에서는 교미기가 좌우 모두 성숙된 개체와 비슷한 형태로 발달하였고, 좌우가 결합된 개체가 출현하기 시작하였으며, 정소는 정원세포와 정모세포로 이루어져 있어 아직 미성숙한 상태인 것으로 나타났다. 갑각장 약 12.0 mm 이상의 성숙개체에서는 완전한

교미기의 모양을 관찰할 수 있었으며, 정원세포, 정모세포, 정세포 및 정자가 모두 관찰되어 생식에 참가할 수 있는 성숙된 개체인 것으로 나타났다. 수컷의 교미기와 생식소의 발달단계에 나타난 결과는 Choi (2001)가 밝힌 산모양갈갈새우 암컷의 군성숙시기인 갑각장 12.1 mm와 비슷하다. 호주의 *Carpentaria* 만에 서식하는 *Penaeus merguensis*의 수컷은 교미기의 좌우가 완전하게 결합되고 형태가 완전한 개체 크기이상에서 교미가 활발하게 이루어지며, 이 시기의 암·수의 갑각장은 비슷한 것으로 보고되어 있다 (Tuma, 1967). 또한, Burukovskij (1980)는 수심이 깊은 곳에 서식하는 보리새우류인 *Plesiopenaeus edwardsianus*의 수컷의 성 성숙시기를 교미기의 좌우 결합시기로써 추정하였으며, Baelde (1992)는 호주 근해에 서식하는 보리새우류인 *Haliporoides sibogae*의 수컷 교미기에서 좌우 결합이 일어나지 않은 개체에서도 성숙된 정자를 가진 것으로 보고하였다. 본 연구에 사용된 산모양갈갈새우 수컷은 교미기의 좌우가 결합되는 시기를 정소의 성숙 단계인 것으로 판단할 수 있으며, 암·수 갑각장 12.0 mm 이상의 크기에서 교미가 이루어질 것으로 추측할 수 있다.

산모양갈갈새우의 난소는 대하 (Oka, 1967), 중하 (Lee,

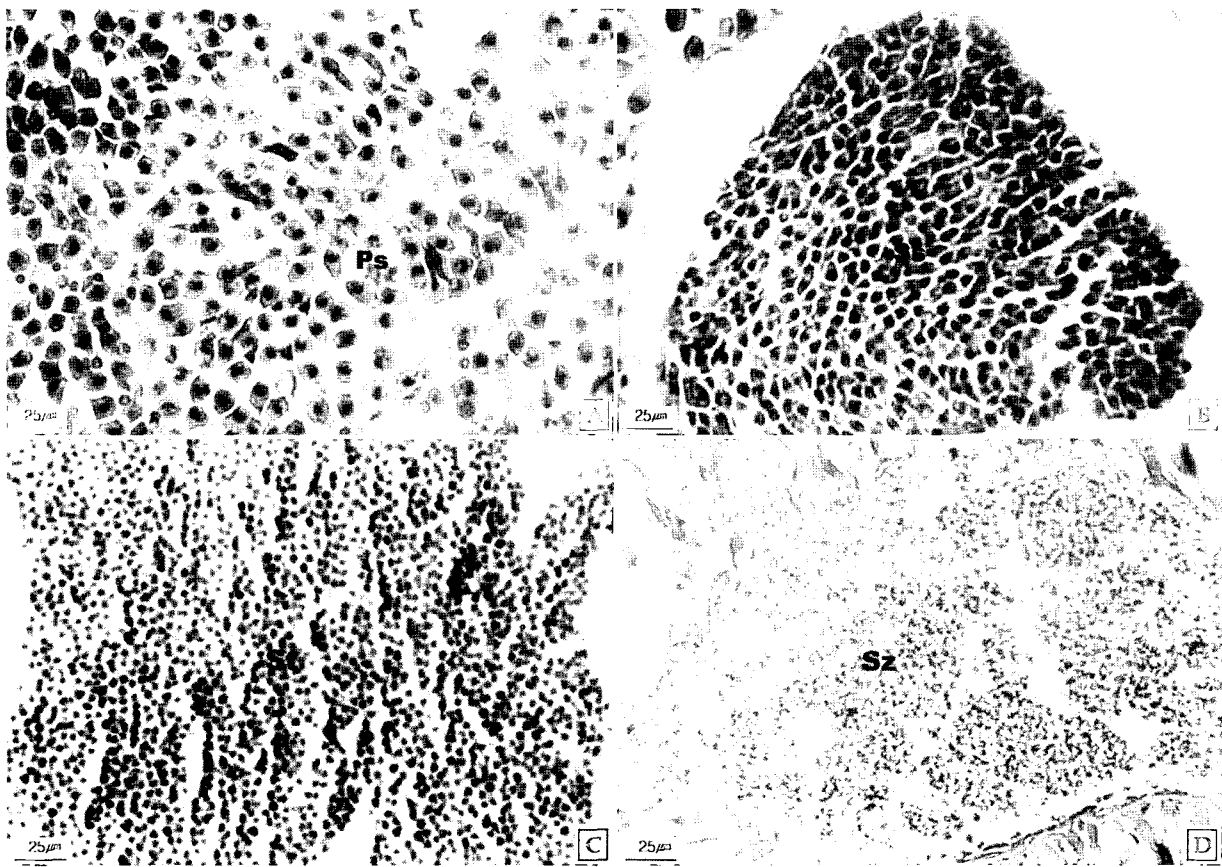


Fig. 6. *Metapenaeopsis dalei*. The development of testis. A and B, immature juvenile (CL < 8.0 mm); C, maturing juvenile (CL < 10.6 mm); D, matured adult (CL > 12.0 mm); Ps, primary spermatocyte; Ss, second spermatogonium; St, spermatid; Sz, spermatozoa.

1968) 및 보리새우 (Lee et al., 1970) 등의 다른 보리새우과에 속하는 종과 마찬가지로 두흉부쪽의 심장을 중심으로 엽상으로 된 돌기가 좌우에 7쌍, 앞쪽으로 1쌍으로 신장되어 있고 후방으로 관상난소가 뒤로 가면서 가늘어지고 있는 구조를 하고 있다. 정소는 중하 (Lee, 1968) 의 정소와 마찬가지로 심장을 중심으로 전방은 7쌍의 엽상돌기가 있고, 후방은 1쌍의 관상의 형태를 취하고 있다.

산모양갈갈새우는 Yano (1988)에 의해 보고된 보리새우의 난 발달단계와 마찬가지로 난원세포가 초기난모세포로 성장하면서 인은 단일 인에서 핵막을 따라 분산 인으로 증가하는 시기를 가지는 것으로 나타났다. 난의 발달에 따른 인의 수적 변화는 난모세포의 성장과 관계되는 RNA합성과 축적과 연관이 있으며, 또한, 초기난모세포의 세포질이 호염기성에서 성장하면서 호산성으로 변화되어 가는데 이는 난이 성장하면서 난황물질이 난내에 축적되기 때문인 것으로 보고되어 있다 (Lee and An, 1989). 완숙된 보리새우과 새우류의 난소 성숙은 표층포의 유무로서 구별하는데 (Tan-Fermin and Pudadera, 1989; Chow, 1993), 산모양갈갈새우의 난에서는 보리새우과 새우의 완숙난에서 나타나는 젤리막을 형성하는 물질을 방출

하는 표층포 (cortical alveoli)는 나타나지 않았다 (Anderson, 1982). Sakaji et al., (2000)은 일본의 Tosa Bay에서 채집된 산모양갈갈새우의 완숙난에서 표층포가 출현하지 않으며, 완숙난의 크기는 210-280 μm인 것으로 보고하였다. 본 연구에서도 완숙난의 크기는 200-250 μm인 것으로 나타나 두 지역의 난의 크기는 비슷하였으며, 보리새우과 새우류의 난 크기 (160-480 μm)와 유사한 것으로 나타났다 (Dall et al., 1990).

참 고 문 헌

- Adiyodi, R.G. 1985. Reproduction and its control. In: The Biology of Crustacea Vol. 9, Integument, Pigments and Hormonal Processes, eds. D.E. Bliss and L.H. Mantel, Academic Press, New York and London, pp. 147-215.
- Anderson, S.L., E.S. Chang and W.H. Clark, Jr. 1984. Timing of postvitellogenic ovarian changes in the ridgeback prawn *Sicyonia ingentis* (Penaeidae) determined by ovarian biopsy. *Aquaculture*, 42, 257-271.
- Baelde, P. 1992. Reproductive biology of commercially

- exploited deep-water royal red prawn (*Haliporoides sibogae*, Solenoceridae) in southeast Australia. Mar. Biol., 113, 447-456.
- Burukovskij, R.N. 1980. Some biological aspects of the shrimp *Plesiopenaeus edwardsianus* in the southeast Atlantic. Soviet J. Mar. Biol., 6, 21-26.
- Cha, H.K. 1997. Ecology of *Metapenaeus joyneri* Miers and *Trachypenaeus curvirostris* Stimpson (Decapoda: Penaeidae) in the western coast of Korea. Ph.D. Thesis. Pukyong Nat'l. Univ., Korea, pp. 150. (in Korean)
- 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. Nat'l. Fish. Res. Dev. Inst., Busan, Korea, pp. 188. (in Korean)
- Cha, H.K., Y.C. Park, I.J. Yeon, S.T. Kim and S.H. Hong. 1997. Maturation and spawning of *Trachypenaeus curvirostris* Stimpson (Decapoda: Penaeidae) in the western coast of Korea. Bull. Nat'l. Fish. Res. Dev. Inst., 53, 55-64. (in Korean)
- Choi, J.H. 2001. Growth and reproductive biology of *Metapenaeopsis dalei* (Decapoda: Penaeidae) in the Korean waters. Ph.D. Thesis, Pukyong Nat'l. Univ., Korea, pp. 122. (in Korean)
- Chow, S. 1993. Timing of ovulation in the Atlantic white shrimp *Penaeus setiferus* (Decapoda, Penaeidea). Crustaceana, 64, 242-248.
- Crosnier, A. 1991. Crustacea Decapoda: Les *Metapenaeopsis* indo-ouest-pacifiques sans appareil stridulant (Penaeidae). Deuxième partie. In Résultats des Campagnes MUSORSTOM. Vol. 9, ed. A. Crosnier, Mém. Mus. natn. Hist. nat., (A), 152, 155-297.
- Crosnier, A. 1994. Crustacea Decapoda: Les *Metapenaeopsis* indo-ouest-pacifiques avec un appareil stridulant (Penaeidae). In: Résultats des Campagnes MUSORSTOM. Vol. 12, ed. A. Crosnier, Mém. Mus. natn. Hist. nat., 161, 255-337.
- Dall, W., B.J. Hill, P.C. Rothlisberg and D.J. Staples. 1990. Reproduction. In: Advances in Marine Biology Vol. 27, The Biology of Penaeidae, eds. J.H.S. Blaxter and A.J. Southward, Academic Press, London, pp. 251-281.
- Duronslet, M.J., A.I. Yudin, R.S. Wheeler and W.H. Clark. 1975. Light and fine structural studies of natural and artificially induced egg growth of penaeid shrimp. Proc. World Maricult. Soc., 6, 105-122.
- Gab-Alla, A.A., R.G. Hartnoll, A.F. Ghobashy and S.Z. Mohammed. 1990. Biology of penaeid prawns in the Suez Canal lakes. Mar. Biol., 107, 417-426.
- Hayashi, K. and T. Sakamoto. 1978. Taxonomy and biology of *Metapenaeopsis palmensis* (Haswell) (Crustacea, Decapoda, Penaeidae) collected from the Kii Strait, central Japan. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 44, 709-714.
- Kosaka, M. 1977. On the ecology of the penaeid shrimp, *Metapenaeopsis dalei* (Rathbun), in Sendai Bay. Bull. Fac. Fish. Tokai Univ., 10, 129-136.
- Lee, T.Y. 1967. Studies on the gonad development in *Metapenaeus joyneri* (Miers) during the spawning period. Haewundae Mar. Lab., Pusan Fish. Coll., 1, 1-18. (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)
- Lee, T.Y. and B.D. Lee. 1970. Ovarian cycle and oogenesis in *Penaeus japonicus* Bate. Haewundae Mar. Lab. Pusan Fish. Coll., 3, 45-52. (in Korean)
- Miquel, J.C. 1984. Range extension of species of *Acetes*, *Metapenaeopsis* and *Parapenaeus* (Decapoda, Penaeidea). Crustaceana, 46, 211-215.
- Oka, M. 1967. Studies on *Penaeus orientalis* Kishinouye-V. Fertilization and development. Bull. Fac. Fish. Nagasaki Univ., 23, 71-87.
- Racek, A.A. and W. Dall. 1965. Littoral Penaeinae (Crustacea Decapoda) from Northern Australia, New Guinea and adjacent waters. Verh. Akad. Wet. (B. Natuurk.), 56, 1-119.
- Sakaji, H. 1995. Sand burrowing ability of four species of shrimps, *Metapenaeopsis acclivis* (Rathbun), *M. barbata* (De Haan), *M. dalei* (Rathbun) and *Trachypenaeus curvirostris* (Stimpson). Bull. Nansei Nat'l. Fish. Res. Inst., 28, 1-7.
- Sakaji, H., K. Tsuchiya and S. Segawa. 2000. Oocyte development of *Metapenaeopsis dalei* (Penaeidae, Decapoda, Crustacea). Invert. Reprod. Dev., 38, 7-12.
- Tan-Fermin J.D. and R.A. Pudadera. 1989. Ovarian maturation stages of the wild giant tiger prawn, *Penaeus monodon* Fabricius. Aquaculture, 77, 229-242.
- Tuma, D.J. 1967. A description of the development of primary and secondary sexual characters in the banana prawn, *Penaeus merguensis* de Man (Crustacea: Decapoda: Penaeinae). Aust. J. Mar. Freshw. Res., 18, 73-88.
- Yano, I. 1988. Oocyte development in the kuruma prawn *Penaeus japonicus*. Mar. Biol., 99, 547-553.

2003년 3월 13일 접수

2003년 12월 11일 수리