

징거미새우, *Macrobrachium nipponense* 수정관의 미세구조와 기능

김대현 · 이재용* · 정지현* · 강정하** · 이복규* · 한창희*
 국립수산물연구원 자원조성연구소, *동의대학교 생물학과, **국립수산물연구원 생물공학과

Finestructure and Function of Vas deferens in a Freshwater Prawn *Macrobrachium nipponense*

Dae-Hyun KIM, Jae-Young LEE*, Jee-Hyun JUNG*, Jung-Ha KANG**
 Bok-Kyu LEE* and Chang-Hee HAN**

Resources Enhancement Institute, National Fisheries Research and Development Institute,
 Jeju 690-192, Korea

*Department of Biology, Donggeui University, Busan 614-054, Korea

**Biotechnology Division, National Fisheries Research and Development Institute,
 Busan 619-902, Korea

Vas deferens is a long tube and could be divided into four regions as its morphological characters: a short and slender proximal region, a convoluted region, a straight and more thick distal region, and an ejaculatory duct. It is connected with the posterior outer horns of the testis and runs to the gonopores opened on the coxa of the fifth walking legs. The proximal region consists almost entirely of simple cuboidal epithelial cells, 12~28 μm in height, surrounded by a thin basal membrane. A small aggregation of high cuboidal epithelium is observed from one side of the proximal region. The convoluted and distal region is composed of two kinds of epithelial cells; high cuboidal epithelial cells, 40~120 μm in height located in dorsal portion and simple cuboidal epithelial cells of 12~28 μm in height located in ventral and lateral portion. The ejaculatory duct is surrounded with two kinds of muscle layers, inner longitudinal and outer circular muscle fibers. The lumen is lined with high and simple cuboidal epithelium in almost equal proportions. The proximal region contains mature sperm and basophilic substances. The eosinophilic substances appeared newly going toward the convoluted region and are laid along simple cuboidal epithelial cell layer. Tube-like content (spermatophore) of the vas deferens is ejaculated from a pair of genital pores at mating. Two masses of the content fuse together side by side and are usually deposited on the female thorax between the second and fourth or fifth pereopods. The spermatophore formed measures 2.7~4.0 mm in length and 1.5~2.7 mm in width.

Key words: *Macrobrachium nipponense*, Spermatophore, Vas deferens

서 론

갑각류의 수정관은 정자의 성숙, 정포형성에 관여하는 물질의 획득 그리고 교미 전까지 정포를 저장하는 역할을 하며 종에 따라 수정관은 3~10개의 부분으로 나뉘어지며 각 부위마다 그 기능이 다른 것으로 알려져 있다 (Mann, 1984; MCloughlin, 1983). 대부분의 십각류에서 정자 또는 정포의 전달은 암컷의 외부에 정포를 부착시키거나 저정낭 (seminal receptacle) 내에 전달하는 방식을 취한다. 특히 새우류에서 보리새우목 (Penaeidae)에 속하는 새우류들의 수컷은 교접기를 이용하여 정포를 암컷의 저정낭 내에 넣어주어 산란이 이루어질 때 수정이 이루어지도록 하는 반면, 생이목 (Caridea)에 속하는 새우류의 수컷은 암컷의 흉부복판 (thoracic sternum)에 정포를 부착시켜 주고 산란한 난이 이 정포 위를 접촉하면서 지나갈 때 수정이 이루어진다고 알려져 있다 (Lynn and Clark, 1983; Boddeke et al., 1991).

생이목에 속하는 새우류의 정포는 산란할 때까지 암컷의 흉부복판에 부착되어 있기 위해서는 정포의 표면에 접착성이 강한 물

질이 있어야 하며, 정포 내에 있는 정자들을 보존하기 위한 구조물이 있어야 한다. 이러한 특성을 밝히기 위해 몇몇 연구자들은 생이목에 속하는 새우류의 정포의 기원과 구조에 관해 관심을 가져왔다 (Bauer, 1976; Chow et al., 1982). 징거미새우류에서 정포를 구성하는 물질은 호 산성물질과 호 염기성 물질의 2가지 물질로 이루어져 있다는 보고가 있으며, 호 염기성 물질은 정포를 보호하는 역할을, 호 산성 물질은 암컷의 복판에 접착하는 역할을 한다고 보고하고 있다 (Dougherty et al., 1986). 또한 호 산성 물질은 수정관의 low/simple columnar epithelial cell (LCE)층에 인접하여 분포하고 있는 반면, 호 염기성 물질은 high columnar epithelial cell (HCE) 층에 인접하여 분포하고 있어 호 산성 물질과 호 염기성 물질은 각각 LCE와 HCE에서 분비할 가능성을 언급하였다 (Chow et al., 1989).

본 연구에서는 징거미새우류의 정포형성과정을 명확히 구명하기 위하여 징거미새우를 대상으로 수정관을 구성하는 세포들의 분포와 미세 구조적 특징을 밝히고, 이들 세포 층으로부터 정포형성물질의 분비기능과 정포형성 과정을 명확히 밝히고자 한다.

†Corresponding author: chhan@donggeui.ac.kr

본 논문은 동의대학교 기초과학연구소 연구비 지원사업에 의한 연구결과임

재료 및 방법

본 연구에 사용된 징거미새우는 2000년 5월부터 8월까지 부산광역시 해동수원지 저류에서 매일 새우통발로 포획하여 동의대학교 동물사육실에 설치되어 있는 FRP 수조 (120^W×250^H×70^D cm)로 옮겨 자연조건 하에서 사육하였으며, 먹이로는 보리새우용 배합사료를 공급하였다. 고미 및 산란행동은 산란전탈피 (prespawning molt)가 일어난 직후의 성숙한 암새우를 수컷이 수용된 별도의 수조 (60 L)에 옮겨 관찰하였다. 각 부위별 수정관 및 암컷의 흉부에 부착된 정포는 Bouin's 용액에 24시간 고정하였다. 고정된 각 조직들은 상법인 paraffin 절편법으로 5~6 μm 두께의 연속 절편하여 조직표본을 만들었다. 절편된 조직은 Hansen's hematoxylin-eosin으로 비교 염색하였다. 또한, 수컷의 생식공 주변에 전기적 자극에 의해 인위적으로 추출된 정포를 사육수에 12시간 수용한 후 그 형태변화를 조사하였다.

수정관의 미세구조를 관찰하기 위하여 수정관을 2.5% glutaraldehyde (0.2 M phosphate buffer, pH 7.2)에 4시간 동안 1차 고정 후, 1% osmium tetroxide에 2시간 동안 고정하여 ethyl alcohol series로 탈수하였다. 포매는 Epon 812를 사용하였다. 절편은 ultramicrotome (LKB, Nova, Sweden)을 사용하여 60~90 nm 두께로 만든 후, uranyl acetate와 lead citrate로 이중 염색하였다. 염색된 조직은 200 mesh copper grid에 부착한 후, 투과형 전자현미경 (JEM 1200EX-II, JEOL, Japan)으로 관찰하였다.

결 과

정소는 한 쌍의 소엽으로 이루어져 있고 각 소엽의 측면에서 기원된 수정관은 제 5보각 저질의 수컷생식공에 개구한다. 수정관은 그 형태에 따라 정소와 연결되는 매우 가늘고 짧은 기부, 보다 굵고 회선상의 나선부, 일직선상의 말단부 그리고 사정관 4부분으로 구분된다. 수정관은 정소에서 생식공 방향으로 갈수록 직경이 점차 증가된다 (Fig. 1). 얇은 기저막으로 둘러싸여 있는 수정관의 내강에는 높이가 12~28 μm의 입방상피세포 (simple cuboidal epithelial cell, SCE)와 40~120 μm 정도의 높은 입방상피세포 (high cuboidal epithelial cell, HCE)가 존재하고 사정관은 잘 발달된 종주근과 환상근으로 싸여있다.

수정관 기부의 내강은 대부분 LCE로 이루어져 있고, 일부분에 HCE가 분포하고 있으며, 정소 세정관을 이루는 상피세포로부터 유래되어진 sperm supporting matrix (Kim et al., 2000)와 성숙정자들이 호 염기성 기질에 산재하고 있다 (Fig. 1-A). 한편, 수정관의 나선부는 기부에 비해 보다 많은 HCE가 존재하며 호 염기성 기질이 이 상피주변에 위치하고 내강의 대부분을 차지하고 있다. 그리고 SCE주변에는 호산성 기질이 나타나고 있다. (Figs. 1-B). 또한, 내강에는 수정관의 기부 보다 성숙정자들은 보다 더 밀집된 상태로 호 염기성 기질과 호 산성 기질에 싸여있다 (Fig. 1-C). 이러한 양상은 말단부에서도 거의 동일하다. 그리고 사정관에는 정자들이 가장 밀집되어 있으며 호 염기성 기질과 호 산성

기질은 수정관의 나선부에서 말단부와 마찬가지로 HCE에서는 호 염기성 기질이, SCE 주변에서는 호 염기성 기질이 위치하고있다 (Fig. 1-D). 그리고 호 염기성 기질과 호 산성 기질은 뚜렷한 경계를 이루고 있지만, 정자덩어리와 호 염기성 기질은 그 경계가 관찰되지 않는다.

TEM을 이용하여 관찰된 수정관은 기저관 내측에 SCE와 HCE 2 종류의 상피세포로 구성되어 있어 광학현미경 관찰과 동일하였다.

HCE의 미세구조는 수정관의 위치에 상관없이 그 구조가 거의 동일하다. 핵은 부정형이고 응집된 이질염색질이 핵막을 따라 산재한다 (Figs. 2-A). 원형질에는 미토콘드리아, 조면소포체, Golgi 복합체 등이 잘 발달되어있고, 다수의 free polysome도 관찰된다 (Fig. 2-B). 그리고 단위 막으로 싸여진 크고 작은 소낭내의 분비물질은 exocytosis로 물질분비가 이루어지고 있다 (Fig. 2-B). HCE에서 분비되는 물질은 SCE에서 분비되는 물질에 비해 현저히 전자밀도가 낮다 (Figs. 2-A, B).

한편, 수정관의 SCE의 구조는 HCE와는 다르게 수정관의 위치에 따라 그 구조가 다르다. 이들 SCE를 구성하는 세포들은 이웃한 세포와 세포막이 interdigitation되어 있고 (Fig. 4), HCE에서는 거의 관찰되지 않는 미세융모들이 나선부에서 관찰되기 시작하여 사정관에 가까워질수록 그 길이는 보다 길어지고 수도 증가하는 양상을 보인다 (Figs. 4 and 5). SCE에서 분비되는 물질은 HCE에서 분비되는 물질에 비해 전자밀도가 매우 높다 (Figs. 4~6). 그리고 이들 상피세포의 핵은 부정형으로 응축된 이질염색질이 핵막을 따라 분포하고 있고, 원형질에는 미토콘드리아, 조면소포체 그리고 Golgi 복합체들이 산재한다. Golgi 복합체는 크기가 작고 세포질 전체에 분포하며 그 형태는 납작해진 소낭의 막이 중첩되어 형성하는 층판, 층판의 말단에 계속해 있는 소낭으로 구성되어 있고 Golgi 복합체의 성숙면에서 기원된 분비소낭들은 미세융모들 사이에서 주로 관찰된다 (Figs. 5-A, B). 그리고 생합성된 물질은 exocytosis로 분비되고 있다. HCE와 SCE에서 분비된 2 종류의 분비물질은 수정관의 나선부에서 사정관까지 뚜렷한 경계를 갖는 것으로 나타나 광학현미경 관찰과 동일하였다. 그리고 사정관의 외측은 종주근과 환상근이 잘 발달되어 있다 (Fig. 6-B).

고미 직후 사정관에 저장되어 있던 정자덩어리와 정자를 싸고 있는 물질이 양쪽의 생식공에서 한 쌍의 유백색의 정포로서 방출되어 고미 직후 연합상태의 암컷의 2~4 또는 5번째 보각의 복판에 부착되었다 (Fig. 7). 이러한 정포의 크기는 길이가 2.7~4.0 mm, 직경이 1.5~2.7 mm 범위였고 정포는 정자덩어리를 싸고있는 호 염기성 기질과 호 산성 기질로 구성되어 있다. 호산성 기질은 암컷 복판의 cuticle층에 위치하고 있는 반면에, 호 염기성 기질은 암컷의 복판의 반대방향에 위치하였다. 이러한 구조는 호 산성 기질은 암컷의 복판에 정포를 부착시키는 기능을, 호 염기성 기질은 정자덩어리를 보호하는 기능을 갖는 것으로 판단되었다. 그리고 정포의 길이를 따라 연속절편으로 확인한 결과 정포의 구조는 거의 동일한 것으로 나타났다. 또한, 암컷의 복판에 부착된 정포의 구조와 사정관내 정포의 구조도 거의 동일하였다. 한편, 정자덩어리를 싸고 있는 정포의 형태변화를 확인하기 위해 제 5보각의 기

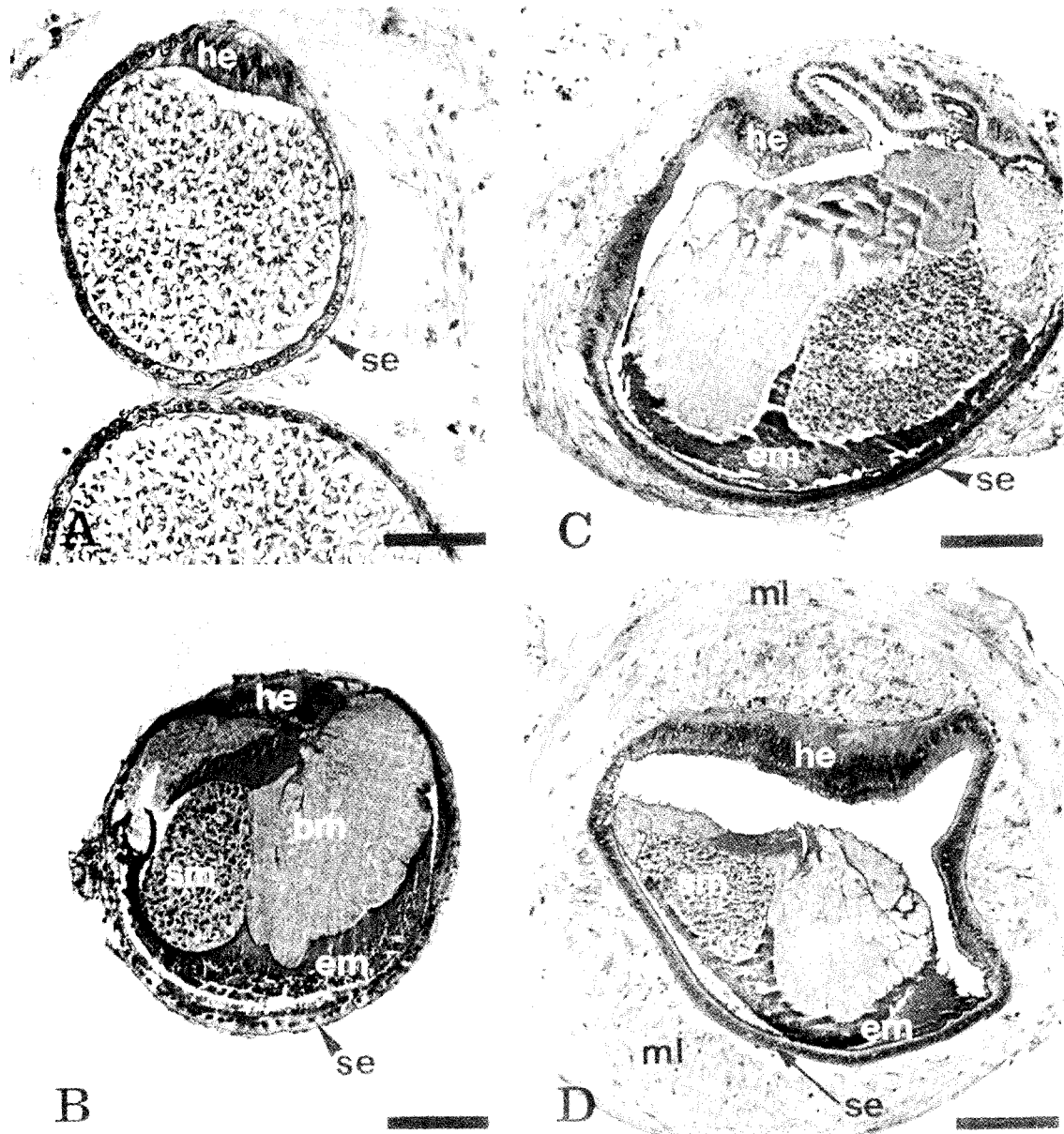


Fig. 1. *Macrobrachium nipponense*. Transverse sections of vas deferens. The vas deferens is a tube consisting of epithelial wall inside and muscle layer outside. The epithelium of vas deferens consists of two types; a simple cuboidal epithelium and a high cuboidal epithelium. The vas deferens is subdivided into proximal, convoluted, distal, and terminal regions. A: Proximal region. B: Convoluted region. C: Distal region. D: Terminal region. Basophilic matrix (bm); eosinophilic matrix (em); high cuboidal epithelium (he); muscle layer (ml); simple cuboidal epithelium (se); sperm mass (sm). Scale bars represent 100 μ m.

부에 전기적 자극을 주어 인위적으로 정포를 추출한 다음 사육수에 12시간 수용 후, 그 구조의 변화를 육안으로 관찰한 결과 추출된 정포는 약 2~3시간이 경과되면 호 산성 기질은 보다 불투명해지고 호 염기성 기질은 약간 팽창한 것을 제외하고는 거의 변화가 없었다. 따라서 외부로 방출된 정포는 암새우에서 배란이 일어나기 전까지는 그 구조적 변화가 거의 일어나지 않는 것으로 판단된다.

고 찰

Caridean shrimp의 정포 구성물질은 수정관내의 glandular epithelial cells로부터 분비되는 여러 종류의 분비물질이 일련의 과정을 거쳐 형성되는 것으로 보고되고 있으며, 수정관의 위치에 따라 그 구조와 기능도 다른 것으로 알려져 있다 (McLaughlin, 1983). 본 종의 수정관은 그 형태에 따라 4 부분으로 나뉘어 구분되었다.

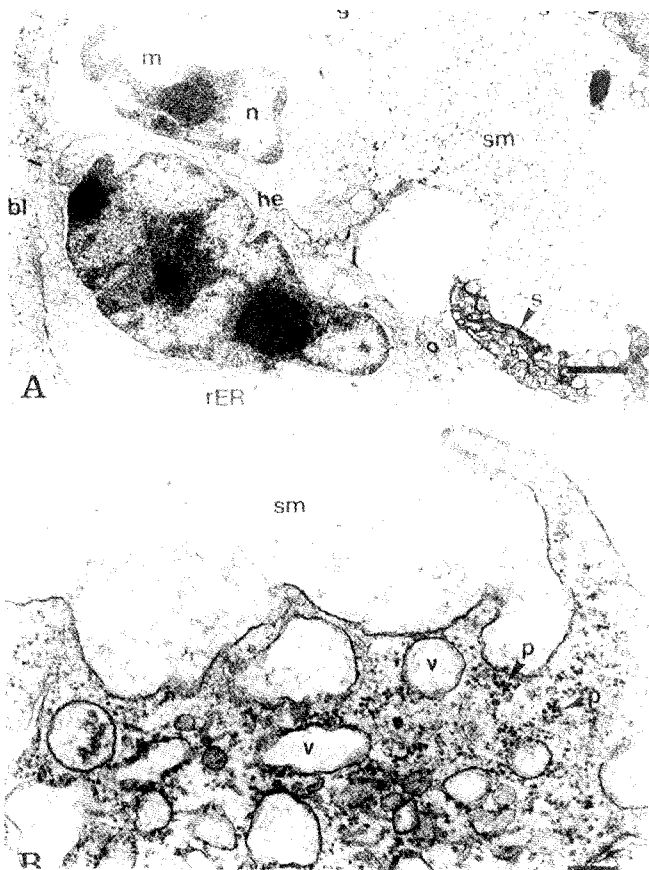


Fig. 2. *Macrobrachium nipponense*. Transmission electron micrograph showing high cuboidal epithelial cell from the proximal vas deferens. The high cuboidal epithelium is uniform structure along the vas deferens. A: The high cuboidal epithelium attached to a basal lamina and nuclei contains clumps of heterochromatin adjacent to nuclear membrane. The cytoplasm contains mitochondria, rough endoplasmic reticulum, Golgi complex, and vesicles. B: Apex of the epithelial cell. A number of membrane vesicles which have a material similar to the sperm supporting matrix are moving toward the lumen side of membrane to erupt into the lumen at the membrane. Basal lamina (bl); Golgi complex (g); high cuboidal epithelium (he); mitochondrion (m); nucleus (n); polysome (p); rough endoplasmic reticulum (rER); sperm (s); sperm supporting matrix (sm); vesicle (v). Scale bars represent 2 μm in A, and 200 μm in B.

이러한 구조는 *M. rosenbergii* (Chow et al., 1982)와 *M. australiense* (Butcher and Fielder, 1994)와 비교하여 볼 때, 수정관의 크기나 나선부의 회전수 등의 차이점은 있으나 수정관이 형태적으로 4 부분으로 나뉘어지는 결과는 동일하였다. Chow et al. (1989)은 징거미새우류 가운데 5종 즉, *M. nipponense*, *M. formosense*, *M. japonicum*, *M. latidactylus*와 *M. rosenbergii*의 수정관은 하나의 관으로 관의 내층은 HCE와 SCE (simple columnar/cuboidal epithelial cell)로 이루어져 있고 사정관에서는 중주근과 환상근으로 싸여 있으며 호 산성 기질은 SCE 주변에서, 호 염기성 기질은

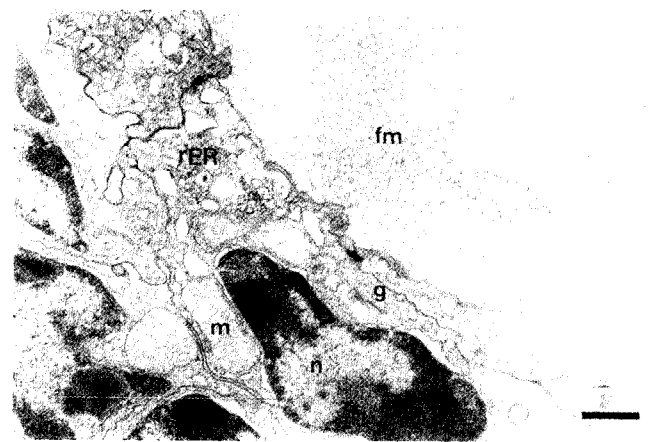


Fig. 3. *Macrobrachium nipponense*. Transmission electron micrograph showing stratified cuboidal epithelial cells from the proximal vas deferens. The cells without microvilli have mitochondria, Golgi complex, and rough endoplasmic reticulum. Flocculent matrix (fm); Golgi complex (g); mitochondrion (m); nucleus (n); rough endoplasmic reticulum (rER). Scale bar represents 1 μm .

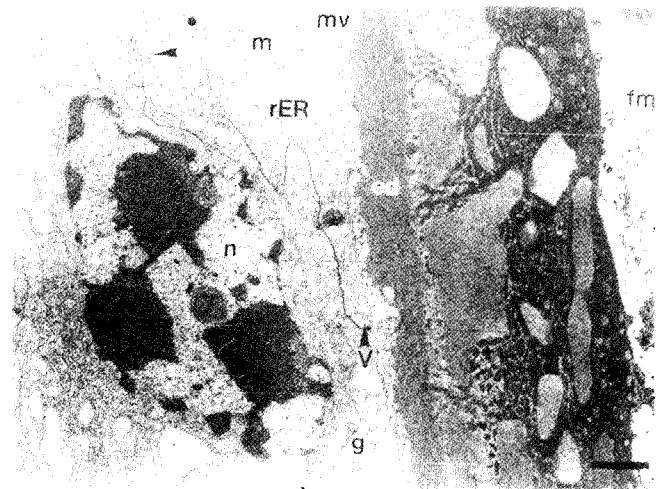


Fig. 4. *Macrobrachium nipponense*. Transmission electron micrograph showing stratified cuboidal epithelial cells from the convoluted vas deferens. Plasma membranes of the adjacent cells are interdigitated (arrowhead). Golgi complex, rER, and mitochondria are well developed in the cytoplasm. Microvilli are developed, and electron-dense matrix is observed on lumen side of the microvilli. Electron-dense matrix (ed); flocculent matrix (fm); Golgi complex (g); mitochondrion (m); microvilli (mv); nucleus (n); vesicle (v). Scale bar represents 1 μm .

HCE 주변에 위치한다고 보고하였다. 또한 Chow et al. (1982)와 Butcher and Fielder (1994)도 동일한 결과를 보고하고 있다. 한편, Chow et al. (1989)은 수정관에서 호 염기성 기질과 호 산성 기질의 경계는 뚜렷이 관찰되어지는 반면, 정자덩어리와 호 염기성



Fig. 5. *Macrobrachium nipponense*. Transmission electron micrograph showing simple cuboidal epithelial cells from the distal vas deferens. A: Microvilli in the distal portion are more developed than in the convoluted region, and electron-dense vesicles are observed beneath the microvilli. B: High magnification micrograph showing a Golgi complex and rough endoplasmic reticulum in the epithelium of the distal region. The Golgi complex is present near the plasma membrane and small electron-dense vesicles are seen on the trans side of the cisternae of the Golgi complex. Electron-dense matrix (ed); Golgi complex (g); microvilli (mv); nucleus (n); rough endoplasmic reticulum (rER); vwsicle (v). Scale bars represent $1\ \mu\text{m}$ in A, and $200\ \mu\text{m}$ in B.

기질과의 경계는 관찰되지 않는다 하였다. 이는 정자와 수정관의 HCE에서 분비되어진 호 염기성 기질과의 특성이 동일하기 때문이라고 지적하였는데, 본 연구에서도 동일한 결과를 보였다.

본 종의 수정관의 미세구조 관찰에서도 광학현미경 결과에서와 같이 2종류의 상피세포로 구성되어 있었다. 그리고 각 상피세포들은 전자밀도가 다른 물질을 생합성한 후 수정관의 내강으로 물질을 분비하는 것을 명확하게 확인할 수 있었다. Hinsch and Mc-

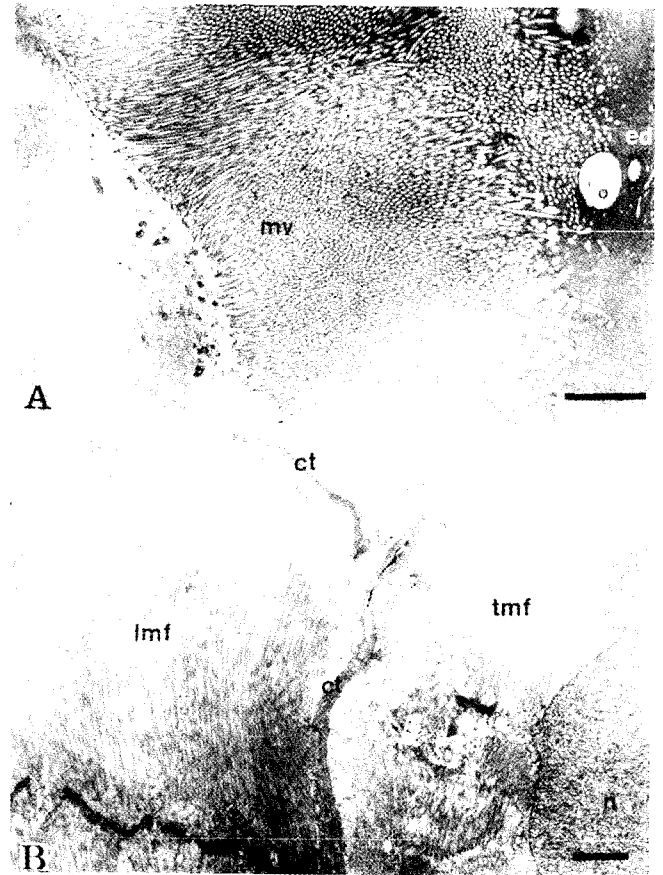


Fig. 6. *Macrobrachium nipponense*. Transmission electron micrograph of ejaculatory duct. A: Simple cuboidal epithelial cells from the ejaculatory duct. Microvilli are highly developed toward the lumen. B: Muscle cells from a terminal region. The muscle cells of the ejaculatory duct consists of two cell types, a transverse muscle-forming cell and a longitudinal muscle-forming cell. Connective tissue (ct); electron-dense matrix (ed); longitudinal muscle fibril (lmf); microvilli (mv); nucleus (n); transverse muscle fibril (tmf). Scale bar represents $2\ \mu\text{m}$.

Knight (1988)는 가재의 일종인 *Scyllarus chacei*를 대상으로 수정관을 구성하고 있는 상피세포의 세포 소기관들 중에서 Golgi 복합체에서 분비소낭을 생성하고 이들 분비소낭은 상피세포의 유리표면으로 이동하며, 조면소포체의 팽창된 시스터네에서도 분비활성이 이루어지며, 생합성된 분비물질은 상피세포의 미세융모의 사이에서 주로 관찰된다고 하였다. 한편, Talbot and Beach (1989)는 가재의 일종인 *Cherax albidus*에서 정포형성에 관여하는 물질은 apocrine과 exocytotic mechanisms으로 분비되는 반면, *Homarus* (Kooda-Cisco and Talbot, 1986), *Libinia* (Hinsch and Walker, 1974) 그리고 *Penaeus* (Ro et al., 1988) 등은 exocytosis에 의해서만 물질 분비가 이루어진다고 하였으나, 본 종의 경우에는 exocytosis로 물질분비가 이루어지는 것으로 파악되었다. Ro et al. (1990)은 *Penaeus setiferus*의 수정관 선단 부위에 위치한 상피세

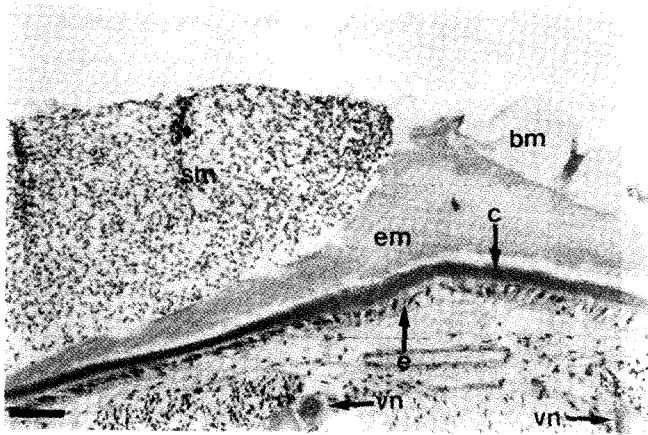


Fig. 7. *Macrobrachium nipponense*. Spermatophore. Transverse section of the spermatophore on the thoracic sternum. Basophilic matrix (bm); cuticle (c); epidermis (e); eosinophilic matrix (em); sperm mass (sm); ventral nerve cord (vn). Scale bar represents 100 μ m.

포의 세포막은 이웃한 세포들과 고도의 interdigitation된 구조로 이루어져 있고 이러한 구조는 유체나 이온 수송에 적합한 구조로 분화된 것으로 추측한 바 있다. 본 종의 SCE에서도 세포막이 interdigitation된 구조를 나타내 보였지만, 이러한 기능에 관해서는 보다 자세한 생리학적 연구가 진행되어야 할 것으로 생각된다.

이상 수정관의 조직학적 구조를 종합하여 볼 때, 정소에서 정자 발생과정을 마친 성숙정자와 sperm supporting matrix는 수정관의 기부에서 사정관까지 이동하면서 수정관의 2종류의 상피세포로부터 정포형성에 관여하는 물질을 얻는 과정과 사정관으로 이동된 성숙정자와 이들 싸고있는 분비물질을 교미 때까지 저장한 후, 사정관을 둘러싸고 있는 잘 발달된 근세포에 의해 교미시 암컷으로 이들 정포를 이동시키는 기능을 갖는 것으로 판단되었다.

암새우로의 정포의 이동에 대해 Ling (1967)은 정거미새우류의 일종인 *M. rosenbergii*에서 수컷을 유인하는 어떤 물질을 분비하는 것으로 추측한 바 있고, Gleeson (1977)은 꽃게류의 일종인 *Callinectes sapidus*에서 암컷의 성 성숙 탈피전후 pheromone의 분비에 의해 수컷의 교미행동을 유발한다고 보고한 바 있다.

본 종의 암컷의 복판에 부착된 정포의 구조를 조직학적으로 조사한 결과 암컷의 복판에는 호 산성 기질이 위치하고, 복판의 반대편에 정자덩어리를 싸고 있는 호 염기성 기질이 위치하고 있었다. 이에 대해 Chow et al. (1982)은 *M. rosenbergii*의 암컷의 복판에 부착된 정포의 구조에 대해 호 산성 기질은 호 염기성 기질에 비해 보다 점착력이 강한 물질이라 하였는데, 본 종의 암컷의 복판에 부착된 정포의 구조를 볼 때 호 산성 기질은 정포를 암컷의 복판에 부착시키는 기능을, 호 염기성 기질은 정포내의 정자덩어리를 보호하는 기능을 갖는 것으로 판단되었다. 한편, 본 종의 성숙한 수컷의 생식공에 전기적 자극에 의해 인위적으로 추출된 정포를 사육수에 12시간 수용한 후 그 형태변화를 조사한 결과 호 염기성 기질이 다소 느슨하게 관찰된 점을 제외하고는 교미 직후의 정포의 구조와 거의 변화가 없었다. 이러한 결과로 미루어 볼

때 정포에서 정자의 방출과정은 본 연구 결과로는 명확히 구명할 수 없었지만, 암새우의 생식공에서 난자가 배출되고 이들 난자를 제 1~4 유영지에 부착시키는 과정에서 물리적인 힘에 의해 정자덩어리를 둘러싸고 있는 물질이 붕괴되면서 정자가 방출되는 것으로 생각된다. 하지만 Chow et al. (1982)은 *M. rosenbergii*의 경우 배란시 정자덩어리를 싸고 있는 물질을 용해할 수 있는 효소의 분비로 호염기성 기질이 부드러워져 정자의 방출이 용이해진 것으로 추측하였다.

요 약

정거미새우의 수정관은 정소의 중앙 후반부에서 기원되어 제 5보각의 기부에 위치한 생식공까지 연결되어 있고 그 형태에 따라 짧고 가느다란 기부, 나선부, 직선상의 말단부 그리고 사정관 4부분으로 구분할 수 있다. 수정관 기부의 내강은 높이가 12~28 μ m의 SCE가 얇은 기저막으로 둘러싸여 있다. 그리고 일부에 높은 HCE도 관찰된다. 나선부와 말단부의 내강은 배면으로는 40~120 μ m 높이의 높은 HCE가 그리고 복면과 측면에는 12~28 μ m 범위의 SCE로 구성되어 있다. 수정관의 사정관에는 중주근과 환상근으로 이루어진 근세포들로 둘러싸여 있고 2종류의 상피세포는 거의 비슷한 비율로 이루어져 있다. 한편, 기부의 내강에는 성숙정자와 호염기성 기질만 관찰되는 반면, 나선부부터는 SCE주변으로 호 산성 기질이 함께 나타난다. 사정관내에 저장되어 있던 정자덩어리와 정자를 싸고있는 물질이 양쪽의 생식공으로부터 한 쌍의 관 형태의 정포로 되어 교미 직후의 암컷의 2~4 또는 5번째 보각의 복판에 부착된다. 정포는 그 길이가 2.7~4.0 mm, 폭이 1.5~2.7 mm 정도의 크기였다.

참 고 문 헌

Bauer, R.T. 1976. Mating behavior and spermatophore transfer in the shrimp *Heptacarpus pictus* (Stimpson) (Decapoda: Caridea: Hippolytidae). *J. Nat. Hist.*, 10, 415~440.

Boddeke, R., J.R. Bosschieter and P.C. Goudswaard. 1991. Sex change, mating and sperm transfer in *Crangon crangon* (L.). In *Crustacean Sexual Biology*, R.T. Bauer and J.W. Martin, ed. Columbia University Press, New York, pp. 164~182.

Butcher, A.R. and D.R. Fielder. 1994. The reproductive anatomy of male freshwater prawns *Macrobrachium australiense* (Holthuis, 1890) in southeast Queensland. *Invert. Reprod. Devel.*, 26, 205~212.

Chow, S., Y. Ogasawara and Y. Taki. 1982. Male reproductive system and fertilization of the Palaemonid shrimp *Macrobrachium rosenbergii*. *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.*, 48, 177~183.

Chow, S., Y. Taki and Y. Ogasawara. 1989. Homologous functional structure and origin of the spermatophores in six palaemonid shrimps (Decapoda, Caridea). *Crustaceana*, 57, 247~252.

Gleeson, R.A. 1977. Pheromone communication in the reproductive behavior of *Callinectes sapidus*. *J. Crust. Biol.*, 4, 417~424.

Hinsch, G.W. and C. McKnight. 1988. The vas deferens of the

- Spanish lobster, *Scyllarus chacei*. Invert. Reprod. Devel., 13, 267~280.
- Hinsch, G.W. and M.H. Walker. 1974. The vas deferens of the spider crab, *Libinia emarginata*. J. Morphol., 143, 193~207.
- Kim, D.H., J.K. Kang and C.H. Han. 2000. Ultrastructure and role of somatic cells in *Macrobrachium nipponense* testis. J. Korean Fish. Soc., 33, 403~407 (in Korean).
- Kooda-Cisco, M.J and P.T. Talbot. 1986. Ultrastructure and role of the lobster vas deferens in spermatophore formation. I. Segment one. J. Morphol., 188, 91~103.
- Ling, S.W. 1967. The general biology and development of *Macrobrachium rosenbergii* (De Man). Indo-Pacific Counc. Curr. Aff. Bull., 35, 1~11.
- Lynn, J.W. and W.H. Clark. 1983. A morphological examination of sperm-egg interaction in the freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii*. Biol. Bull., 164, 446~458.
- Mann, T. 1984. Spermatophores. Development, structure, biochemical attributes and role in the transfer of spermatozoa. Zoophysiology, 14, 1~217.
- McLaughlin, P.A. 1983. Internal anatomy. The biology of crustacea, Vol. 5. Academic Press, New York, pp. 1~52.
- Ro, S., P. Talbot, J. Leung-Trijillo and A. Lawrence. 1988. Structure and function of the male reproductive tract in *Penaeus setiferus*. Abstracts of Proceedings of the World Aquacultural Society, 64 pp.
- Ro, S., P. Talbot, J. Leung-Trijillo and A. Lawrence. 1990. Structure and function of the vas deferens in the shrimp *Penaeus setiferus*: Segment 1~3. J. Crust. Biol., 10, 455~468.
- Talbot, P. and D. Beach. 1989. Role of the vas deferens in the formation of the spermatophore of the crayfish *Cherax*. J. Crust. Biol., 9, 9~24.

2002년 2월 4일 접수

2002년 7월 19일 수리