

大型 淡水産새우, *Macrobrachium rosenbergii* (De Man)의  
生殖生理에 관한 研究  
III. 수새우 생식기관과 정포의 형태

권진수 · 이복규 · 김병기<sup>†</sup>

동의대학교 자연과학대학 생물학과

Study on the Reproductive Biology of the Giant Freshwater Prawn,  
*Macrobrachium rosenbergii*(De Man)  
III. Structure of Male Reproductive Organ and Spermatophore

Chin-Soo Kwon, Bok-Kyu Lee and Byung-Ki Kim<sup>†</sup>

Department of Biology, College of Natural Science, Dong-Eui University, Pusan 614-714, Korea

Abstract

In the giant freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii*, the paired testes were united by the testes bridge in a H-shape. During mating male discharged two hemispermaphores from right and left genital pore and they were joined and formed a compound spermatophore in peach shape. Hemispermaphore was considered to be produced at proximal and middle *vas deferens* region. The compound spermatophore consisted of an eosinophilic inner matrix, a basophilic outer matrix and paired sperm mass burried in the basophilic matrix. The size of compound spermatophore was 6.4~9.3 mm in length and 2.4~5.1 mm in width regardless of carapace length. After the spermatophore was deposited on female's ventral sternum behind of 5th pereopod, it was moved to the ventral surface of 3rd and 4th pereopods by means of the beating of male's 1st and 2nd pleopods.

**Key words** – Testes, Spermatophore, *Macrobrachium rosenbergii*

서 론

대부분의 갑각류 수컷 생식기는 한쌍의 수정관과 정소로 이루어져 있으며, 두흉갑 또는 흉갑에 위치하고 있으나 집게류(anomuran)는 수컷의 생식기관이 복강 내에 위치하고 있다[15]. 갑각류의 정자세포는 정포에 포장되어 암컷으

로 옮겨지며, 정포는 정자를 암컷으로 전이할 동안 정자를 보호하기 위한 물질로 이루어져 있다. 십각목의 정포는 정소에서 생산된 정자가 수정관을 통과하는 동안 형성되어지는 것으로 정세포가 수정관에 방출되면 정세포는 수정관 상피 분비물과 융합되어 무세포성 정포벽을 형성한다. 정포는 수정관강, 수정관의 수축, 분비물질의 침착 등에 따

<sup>†</sup>Corresponding author

라 모양이 다양하다[10]. 형성된 정포는 교미 시까지 원위 수정관에 저장되어진다. 체외수정을 하는 십각목은 흥부의 복구 또는 난자의 통로에 부착시킨다[15].

*M. rosenbergii*의 성숙된 난소는 두흉갑 부위에서 녹색의 원통형을 나타내어 쉽게 구별이 되며 생식공은 제3보각 기절부에 개구하고 있으며, 정소는 난소의 위치와 비슷하나 구별이 쉽지 않으며 생식공은 제5보각 기절부에 개구되어 있다. 대형 담수산 새우 *M. rosenbergii*는 연간 6-7회의 성장탈피와 4-5회의 교미 전 탈피가 일어나며, 교미 전 탈피 후 외각이 완전히 경화되기 전에 교미가 일어난다[19,20]. 십각목은 갑각류의 최대 목으로 수만종을 포함하고 있으며 [7], 징거미새우과(Palaemonidae)에 속하는 담수산새우, *M. rosenbergii* (De Man)는 동남 아시아를 중심으로 분포하고 있으며 체장은 30 cm에 달한다. 본종의 성체는 원산지인 말레이시아에서는 해수의 영향을 받는 강 하구에 주로 서식하나, 일부 개체군은 하구에서 수 십 km 떨어진 내륙의 수계에서도 서식한다. 다른 새우류에 비하여 성장이 빨라서 포란 후 8개월 미만에서 체장 16 cm의 성체로 성장한다 [16]. 자연서식지인 동남 아시아 일대에서 본 종에 대한 생활사에 관하여서는 잘 알려져 있지 않다. 본 종은 대형 새우일 뿐만 아니라 기호성이 우수한 동물성 단백질이므로 본종의 인공종묘생산은 경제적 가치가 매우 높다. 따라서 본 연구에서는 대형 담수산 새우 *M. rosenbergii*의 생식 기관과 정포의 형태와 정포 전이 과정을 조사하여 본 종의 생식형태를 규명하여 인공종묘생산을 위한 기초자료를 제공하고자 실시하였다.

### 재료 및 방법

#### 실험동물

실험에 사용되어진 *M. rosenbergii*는 말레이시아에서 도입하였다.

#### 실험동물사육

*M. rosenbergii*의 생식 및 발생 생태를 조사하기 위하여 1990년 6월부터 1996년 5월 까지 6년 동안 동의대학교 생물생산연구소에서 권 등[19]의 방법으로 사육하였다.

#### 정소, 수정관 및 정소의 관찰

정소와 수정관은 camera lucida를 통하여 현미경하에서

사생하였고, 정포는 Bouin액으로 고정 후 파라핀으로 포매하여 4-6 μm 두께로 연속 절편하였다. 절편된 조직을 haematoxylin-eosin으로 염색하여 관찰하였다.

### 결 과

#### 수새우의 생식기관

수새우의 생식기관은 Fig. 1에서 보는 바와 같이 한 쌍의 정소, 수정관과 생식공으로 이루어져 있다. 양측의 정소는 정소 중앙부에서 정소다리(testis bridge)에 의하여 연결하여 H자 모양을 하고 있으며, 위(胃)의 복측 전단부로부터 심장의 복측 후단부에 걸쳐 위치하고 있다. 양측의 수정관은 근위부에 비하여 원위부의 직경이 증가한다. 이러한 구조로부터 수정관은 가늘고 짧은 근위부, 긴 나선형의 曲細管부, 직선형의 원위부, 신축성이 큰 평활근으로 덮여 있는 팽대부인 배출관동 4부위로 분류할 수 있다. 배출관은 제5보각 기부에 위치한 생식공을 통하여 외부로 개구하고 있다.

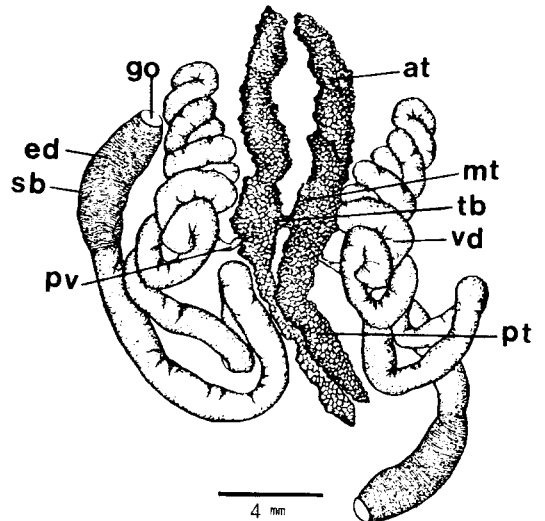


Fig. 1. Male reproductive system of *M. rogenbergii*.

at: anterior region of testes, mt: mid region of testes, pt: posterior region of testes, tb: testes bridge, pv: proximal vas deferens, vd: convoluted vas deferens, sb: smooth muscle band, ed: ejaculatory duct, go: gonophore.

정포의 구조와 크기

정포의 형성은 좌우 정소에서 형성되어진 정자가 수정관을 경유하면서 gelatin상의 물질에 의하여 포장되어 Fig. 2에서 보는 바와 같은 반 쪽 정포를 형성한다. 원위 직선 수정관에서 채집된 반쪽 정포의 구조는 Fig. 2에서 보는 바와 같이 외층은 Eosin으로 염색되는 물질과 그 안 쪽에 염기성인 haemotoxylin에 염색되는 부분으로 이루어져 있으며 외층 속에 정자덩어리가 포장되어 있다. 좌우 양측 제5보각 기부에 위치한 수 새우 생식공에서 배출된 각각 반쪽 정포는 정포의 중앙부가 상호 융합하여 Fig. 3에서 도시한 바와 같은 복숭아 모양의 복합 정포를 형성하게 된다. 복합 정포는 Fig. 4에서 보는 바와 같이 Eosin으로 염색되는 부분이 서로 융합하여 암새우의 흉갑 복측면에 부착하였다. 암새우 흉갑 복측면에 부착된 융합된 복합 정포의 크기는 수새우의 배갑의 길이에는 영향 없이 개체에 따라 Table 1에서 보는 바와 같이 길이는 6.4~9.3mm, 폭은 2.4~5.1mm이었다.

정포의 전이

좌우 양측의 제5보각 기부에 위치한 생식공에서 배출된 복숭아 모양의 정포는 Fig. 5에서 보는 바와 같이 교미를 통하여 암새우의 제5보각 후방 흉갑 복측에 부착시킨 후 수 새우는 자신의 제1, 2유영지로서 부착된 정포를 암새우의 제2보각 쪽으로 이동시켜서 Fig. 3에서 보는 바와 같이 암새우의 제3, 4보각에 걸친 흉갑 복측 표면에 고정시킨다. 그 후 암 새우는 산란을 시작하며 산란을 진행함에 따라 eosin염색부는 점차로 소멸하였으나 염기성 염색부는 산란종료 후에도 잔류하였다.

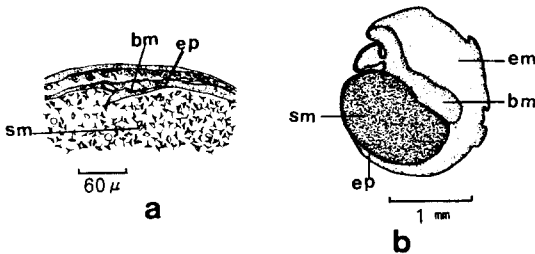


Fig. 2. Longitudinal(a) and transverse(b) section on the distal region of *vas deferens*.  
 bm: basophilic matrix, em: eosinophilic matrix, ep: epithelium, sm: sperm mass.

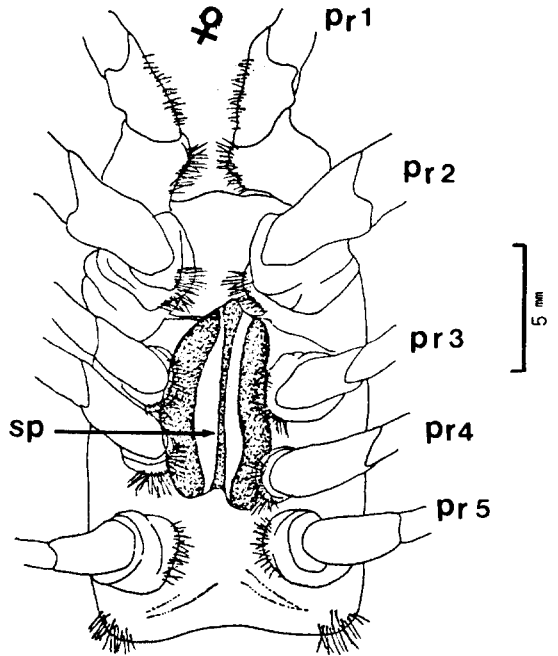


Fig. 3. Ventral view of the thoracic sternum in female *M. rosenbergii*.  
 pr: periopods, sp: compound spermatophore.

Table 1. Relationships between carapace length and spermatophore size in *Macrobrachium rosenbergii*

Specimen No. N=12	Carapace length(mm)	Spermatophore size(mm)	
		length	width
1	38.0	9.1	3.0
2	38.1	7.9	2.4
3	42.7	6.8	3.3
4	53.7	8.4	4.8
5	46.3	7.0	3.3
6	48.0	7.0	5.1
7	52.4	6.4	4.0
8	55.8	7.0	3.1
9	60.0	7.1	4.6
10	62.4	7.7	3.7
11	65.0	9.3	4.0
12	68.5	8.7	4.4

고찰

본 종의 양측 정소는 대부분의 십각목에서 나타나는 정

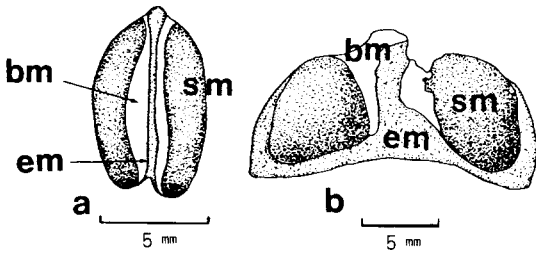


Fig. 4. Structure of the compound spermatophore(a) deposited at thoracic sternum and transverse section (b) of it after mating in female *M. rosenbergii*. bm: basophilic matrix, em: eosinophilic matrix, ep: epithelium, sm: sperm mass.

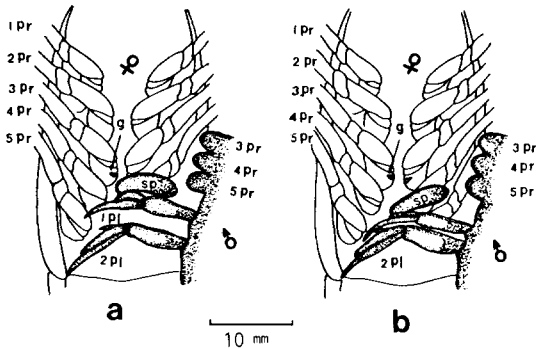


Fig. 5. Proposed method of spermatophore transfer during copulation(pleopod beat). g: genital pore of female, sp: compound spermatophore, 1 and 2Pl: 1st and 2nd pleopod, 1-5pr: 1-5 pereopod.

소 소엽이 발달되지 않고 정소다리에 의하여 연결되어 H자 모양이었다.

Chow 등[9]은 *M. rosenbergii*의 양측정소는 정소 전측단에서 장간막으로 연결되어 있으므로 양측정소는 V자 모양으로 추측하였으나, 양측정소의 직접 연결은 본 연구에서 나타낸바와 같이 정소다리에 의하여 연결되어 H자 모양을 나타내고 있다. 대게류인 *Chionoecetes opilio*[6]의 정소는 본종과 같이 H자 모양이다. 들새우류 일종인 *Sicyoniidae*과 심해성 부유새우류인 *Aristeidae*[15], 붉은 가시발 새우류인 *Enoplometopus occidentalis*[13], gold crab *Geryon fernaldi*[14] 등을 포함한 대부분의 십각목은 정소가 엽상으로 분리되어 있다.

수정관의 상피는 배우자 수송, 배우자를 생존을 위한 환

경 제공, 정포와 같은 배우자 보호막을 생산하는 기능을 하며, 수정관은 가늘고 짧은 근위부, 긴 나선형의 曲細管부, 직선형의 원위부, 원위 팽대부인 배출관 등 길고 만곡이 심하다(Fig. 1). 이는 분비, 흡수, 저장을 위한 표면적을 증가시킨다[1]. 참집게류인 *Pagurus*에서는 수정관이 근위 및 중부 수정관과 원위 저장낭 등으로 이루어져 있으므로 전체적인 구조는 본종과 비슷하다. 본 종에서 원위부 수정관에 두꺼운 근육층이 둘러 싸여 있으나, 집게류는 수정관 전체가 두꺼운 근육층으로 덮혀 있으며, 수정관 부위에 따른 구조적 차이는 정포의 형태와 연관이 있다[1]. 본종의 수정관 원위부에서 채취된 정포는 완전한 형태를 갖추고 있으므로 정포의 형성은 수정관 근위부 또는 중부에서 이루어지며, 배출관에서는 암컷으로 전이를 위하여 정포의 표면에 부착과 운할물질을 분비하여 침착 시키는 것으로 사료된다. 거미게 *Libinia*를 포함한 몇 종의 게에서 본 종과 같이 수정관의 근위부에서 정포가 형성되어지고, 원위부는 정장액과 정포를 저장 역할을 담당한다[1,6,8,11]. 그러나 요각류 *Tisbe holothuriae*는 수정관 원위부 또는 저장낭의 상피세포가 정포를 형성한다[2]. 여러 십각목[17,18]은 정포 생산을 위한 특수한 분비 기관이 있는 것이 아니고 정포물질 분비세포가 수정관 벽에 분포하여 정포를 형성한다. 새미류 일종인 *Dolops ranarum*의 정포 형성은 수정관과는 별도로 특이하게 분화된腺 기관에서 정포형성물질을 수정관으로 분비하여 정포를 형성한다[12].

본종에서 좌우 수정관에서 생산된 반쪽 정포는 생식공 밖으로 배출되면서 외층은 Eosin으로 염색되는 물질과 그 안쪽에 염기성인 haematoxylin에 염색되는 부분으로 이루어진 복숭아 모양의 복합 정포를 형성한다(Fig. 3). Eosin으로 염색되는 물질만이 암새우의 흉갑 복측면에 부착하였으므로 부착을 담당하고 haematoxylin에 염색되는 물질이 직접 정자를 보호하는 막이다[9]. 심해성 부유새우류 *Aristeus antennatus*도 본종과 같이 반쪽 정포가 근위 또는 중부 수정관에서 형성되어 꼬미 시 체외에서 융합하여 복합 정포를 형성한다[10]. 정포의 형태는 갑각류의 종에 따라 차이가 있어 새미류의 일종인 *Dolops ranarum*[12]의 정포는 배모양이고, 요각류[2]의 정포는 길쭉한 플라스크 모양이다.

암새우의 제4,5보각 주위에 부착시킨 정포는 수새우의 제1, 2유영지로서 부착된 정포를 암새우의 제2보각 쪽으로

이동시켜서 암새우의 제3, 4보각에 걸친 복구에 고정시킨다. 생이류 수컷의 제1,2유영지가 다른 유영지와는 구조가 다르다. 제1유영지는 내측연을 따라 깃털 강모가 들기 강모로 대체되어 있고 제2유영지 내지에는 웅성돌기가 있다. 이러한 구조가 정포를 전이 시킨다[4,5,20]. 본종은 다른 십각목에서 볼 수 있는 정자의 수송과 저장을 담당하는 저장낭(spermatheca) 또는 수정낭(thelycum)은 없고, 대부분 생이류(Caridea), 각시새우류(nephropsideans)와 같이 흉갑 복측 표면에 정포의 점액으로 부착시킨다[4,9,15]. 바다가재류인 *Homarus* sp.에서는 정포가 수정낭(thelycum)을 통하여 저장기관인 저장낭(spermatheca)으로 전이된다[3].

본 연구에서는 대형 담수산새우의 수컷의 생식기와 정포의 구조 및 정포의 전이 과정을 밝혀졌으나 정포에서 정자가 방출되는 과정과 그 기전에 대하여서는 잘 규명되어 있지 않으므로 앞으로 이에 대한 연구가 기대된다.

## 요 약

대형 담수산 새우 *Macrobrachium rosenbergii*의 정소는 정소다리에 의하여 좌우 정소가 연결하여 전체적인 형태는 H자 모양이었다. 교미 시 근위부와 중부 수정관에서 형성되어진 반쪽 정포는 좌우 생식관을 통하여 배출하면서 서로 융합되어 복숭아 모양의 복합 정포를 형성하였다. 정포는 haematoxylin에 염색되는 외층, eosin에 염색되는 내층과 정자피로 이루어지며, 정포의 크기는 두흉갑의 길이에 상관 없이 길이는 6.4~9.3 mm, 폭은 2.4~5.1 mm이었다. 정포의 전이는 암새우의 제 5보각 뒷 부위에 배출한 후 수새우의 제 1,2유영지 박동으로서 암새우의 제 3,4 보각에 걸친 흉갑 복측 표면에 이동하여 고정 시켰다.

## 참 고 문 헌

1. Adiyodi, K. G. and G. Anikumar. 1983. Arthropod-Crustacea, pp.261-318, In Adiyodi, K. G. and R. G. Adiyodi (ed.), Reproductive biology of invertebrate, Vol. III, John Wiley & Sons, New York.
2. Adiyodi, R. G. 1985. Reproduction and its control, pp.182-195, In Bliss, D. E. and L. H. Mantel(ed.), The Biology of Crustacea, Vol. 9, Academic Press Inc. New York.

3. Aiken, D. E. and S. L. Waddy. 1980. Reproductive biology, pp.215-276, In Cobb, J. S. and B. F. Philips (ed.), The Biology and Management of Lobsters, Academic Press Inc. New York.
4. Bauer, R. T. 1976. Mating behaviour and spermatophore transfer in the shrimp *Hepatocarpus pictus* (Stimpson)(Decapod: Caridea: Hippolytidae). *J. Nat. Hist.* **10**, 415-440
5. Bauer, R. T. 1986. Phylogenetic trends in sperm transfer and storage complexity in decapod crustaceans. *J. Crust. Biol.* **6**, 313-325.
6. Beninger, P. G., R. W. Elner, T. P. Foyle and P. H. Odense. 1988. Functional anatomy of the male reproductive system and the female spermatheca in the snow crab *Chionoecetes opilio* (O. Fabricius) (Decapod, Majiidae) and a hypothesis for fertilization. *J. Crust. Biol.* **8**, 322-332.
7. Bowman, T. E. and L. G. Abele. 1982. The biology of Crustacea. pp.1-27 In Bliss, D.E.(ed.), Classification of the recent crustacea. Vol. 1, Academic Press. New York.
8. Champion, H. F. B. 1987. The functional anatomy of the male reproductive system in *Penacus indicus*. *S. Afr. J. Zool.* **22**, 297-307.
9. Chow, S., Y. Ogasawara, and Y. Takai. 1982. Male reproductive system and fertilization of the palaemonid shrimp *Macrobrachium rosenbergii*. *Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish.* **48**, 177-183.
10. Demestre, M. and J. M. Fortuno. 1992. Reproduction of the deep-water shrimp *Aristeus antennatus*(Decapoda: Dendrobranchiata). *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **84**, 41-51
11. Diesel, R. 1989. Structure and function of the reproductive system of the symbiotic spider crab *Inachus phalangium*(Decapoda: Majiidae): Observations on sperm transfer, sperm storage and spawning. *J. Crust. Biol.* **9**, 266-277.
12. Fryer, A. T. 1960. The spermatophore of *Dolops ranarum* (Crustacea, Branchiura): Their structure, formation, and transfer. *Q J micros Sci.* **101**, 407-432.
13. Haley, S. R. 1984. Spermatogenesis and spermatophore production in the Hawaiian red lobster *Enoplometopus occidentalis* (Randall) (Crustacea, Nephropidae). *J. Morphol.* **180**, 181-193.
14. Hinsch, G. W. 1988. Morphology of the reproductive tract and seasonality of the reproduction in the golden crab *Geryon fenneri* from the eastern Gulf Mexico. *J. Crust. Biol.* **8**, 254-261.
15. Krol, R. M., W. E. Hawkins and R. M. Overstreet

- 1992 Reproductive components, pp.313-318, In Harrison, F. W.(ed.), Decapod Crustacea, Vol. 10, Wiley-Liss Inc. New York.
16. Ling, S. W. 1967. The general biology and development of *Macrobrachium rosenbergii*(De Man). *Indo-Pacific Counc. Curr. Aff. Bull.*, 35, 1-11.
17. Malek S. R. A. and F. M. Bawab. 1974. The formation of the spermatophore in *Penaes kerathurus* (Forsk., 1775) (Decapoda, Penaeidae). II. The deposition of the main layers of the body and the wing. *Crustaceana* 27, 73-83.
18. Sreekeumer, S., R. G. Adiyodi and K. G. Adiyodi. 1982. Aspect of semen production in *Macrobrachium* sp., pp.83-89 In New, M. B.(ed.), Giant Prawn Farming, Development in Aquaculture and Fisheries Science, Vol. 10, Elsevier, Amsterdam.
19. 권진수, 이복규, 한창희, 김병기. 1997a. 대형 담수산 새우, *Macrobrachium rosenbergii* (De Man)의 생식생리에 관한 연구. I. 탈피행동과 수온이 탈피에 미치는 영향. *발생과 생식* 1, 173-180.
20. 권진수, 이복규, 한창희, 김병기. 1997b. 대형 담수산 새우, *Macrobrachium rosenbergii* (De Man)의 생식생리에 관한 연구. II. 교미행동. *발생과 생식* 1, 181-187.