

패류 맵사리 (*Ceratostoma rorifluum*)의 생식세포형성과 생식주기

이 주 하
전주대학교 과학교육과

Gametogenesis and Reproductive Cycle of the Murex Shell *Ceratostoma rorifluum* (Neogastropoda: Muricidae)

Ju Ha LEE

Department of Science Education, Jeonju University, Jeonju 560-759, Korea

Gonadal development, gametogenesis, reproductive cycle, spawning, relative weight of flesh, and onset of sexual maturity of the murex shell, *Ceratostoma rorifluum*, collected from the rocky intertidal zone of Daehang-ri, Buan-gun, Jeollabuk-do, Korea were investigated monthly from January to December 2005 both cytologically and histologically. The gonads were widely placed on the digestive gland located in the posterior spiral fleshy part in the shell. *C. rorifluum* had separate sexes, and was an internal fertilizer. The sex ratio of females to males was approximately 1:1. The ovary and testis contained a great number of oogenic follicles and spermatogenic tubules, respectively. The oogonia and fully ripe oocytes were 15-19 μm and 150-160 μm in diameter, respectively, and the cytoplasm of the ripe oocytes contained a number of yolk granules. The relative weight of flesh reached a maximum in August ($39.35 \pm 0.40\%$), and then decreased rapidly in November ($32.75 \pm 1.20\%$). The percentages of female and male snails at first sexual maturity with shell heights ranging from 12.1-14.0 mm were 60.0% and 52.9%, respectively, while 100% of the snails of both sexes with shell heights over 18.1 mm were reproductively active. Based on the gonadal development and histological observations, the reproductive cycle of the snail could be categorized into five successive stages: early active (December to May), late active (March to July), ripe (June to September), spawning (July to October), and recovery (October to March). *C. rorifluum* spawned once a year between July and October, and the majority of spawning occurred in September when the seawater temperature exceeded 23.5 $^{\circ}\text{C}$.

Key words: *Ceratostoma rorifluum*, Gonadal development, Reproductive cycle, Relative weight of flesh, First sexual maturity

서 론

신복족목 (Neogastropoda)의 빨소라과 (Muricidae)에 속하는 맵사리 (*Ceratostoma rorifluum*)는 조간대의 바위나 큰 자갈 밑에 서식하며, 일본, 중국 및 한국 서해연안에 분포한다 (Kwon et al., 1993). 식용되지만 살의 맛이 약간 맵기 때문에 '맵사리'라는 호칭이 붙게 되었고, 각구는 두껍고 안쪽에 5-6개의 작은 이가 있다. 각피는 아주 두껍고 세 줄의 크고 거친 종장특이 있지만 날개 모양으로 돌출되어 있지는 않다 (Kwon et al., 1993). 빨소라과에 관한 연구로, Shiomi et al. (1982)은 대수리 (*Reishia clavigera*)와 두드럭고둥 (*R. bronni*)의 쏘는 듯한 특유한 냄새는 새하선 (hypobranchial gland)에서 분비되는 휘발성 물질인 methyl mercaptan과 dimethyl disulfide라고 보고한 바 있다. 또한 맵사리는 대수리와 더불어, 내분비계 장애물질 (endocrine disrupter compound) 즉 환경호르몬인 TBT (tributyl-tin)로 인하여 imposex 현상을 나타

내기 때문에, 해양오염의 지표종으로도 알려져 있다. Son and Hong (2000a)은 맵사리 등 빨소라과 4종 (맵사리, 대수리, *R. luteostoma*, *Ocenebrellus inornatum*)의 성비 (sex ratio), imposex, 음경의 형태를 연구한 바 있다. 또한 Son and Hong (2000b)은 맵사리, *O. inornatum*, 명주매물고둥 (*Neptunea constricta*)의 알과 난낭 (egg capsule) 구조에 관하여 보고한 바 있다. 빨소라과의 생식세포형성과정에 관한 연구로서, *Purpura clavigera*의 산란생태, 발생 및 생식선의 계절적 변화 (Amio 1963; Kon et al., 1966), 피빨고둥, *Rapana venosa*의 생식주기, 난낭출산 및 유생 부출 (Chung et al., 1993), 수컷 피빨고둥의 성성숙과 저장낭의 상피세포에 관한 세포학적 연구 (Chung and Kim, 1997), 대수리의 생식세포형성, 생식주기 및 난낭에 관한 보고 (Lee, 1999), 어깨빨고둥 (*Ocenebra japonica*)의 생식소발달 및 생식주기에 대한 연구 (Lee, 2004) 등이 있으나, 맵사리에 대한 생식생태에 관한 연구는 부족한 실정이다.

따라서 본 연구는 맵사리의 생식생물학적 기초자료를 얻고자, 생식소 발달, 생식세포형성과정, 생식주기, 산란기, 성비

*Corresponding author: julee@jj.ac.kr

및 균성속도 등을 조직학적 방법으로 조사하였다.

재료 및 방법

본 연구에 사용한 재료는 2005년 1월부터 12월까지 전라북도 부안군 대항리 (35°40'10" N, 126°20'20" E)의 조간대 바위에서 채집한 것이다. 매일 초순 경 30-40개체씩 총 432개체 (각고 3.5-46.6 mm 범위)를 채집하여 본 연구에 사용하였다. 채집된 재료는 생체로 실험실로 운반한 후, vernier caliper를 이용하여 각고, 각폭을 0.1 mm까지 측정하였으며, 전자저울 (A&D Co., Japan)을 이용하여 총중량을 측정한 후, 패각으로부터 육질부를 분리하여 육중량 (Flesh weight: FW)과 각중량 (Shell weight: SW)을 0.01 g까지 측정하였다. 산란기를 간접적으로 추정하기 위하여, 육중량비 (flesh weight rate: FWR)를 다음과 같은 식으로 구하였다.

$$FWR (\%) = \frac{FW (g)}{FW (g) + SW (g)} \times 100$$

생식소의 월별 조직학적 변화를 관찰하기 위하여, 내장낭의 일부가 포함된 생식소 선단부를 절취하여 Bouin's solution (saturated picric acid in distilled water: formalin:glacial acetic acid=75:25:5)에 24시간 고정한 후, alcohol과정을 통하여 탈수시키고, paraffin 포매과정을 거쳤다. 포매된 조직은 rotary microtome (Leica Instruments GmbH, Jung RM2055, Germany)으로 5 μ m 내외의 두께로 연속절편을 만들었다. slide glass위에 부착시킨 절편은 Bohmer's hematoxylin과 1%의 alcoholic eosin으로 이중염색한 후 광학현미경으로 검경하였다. 생식소 발달단계에 따른 암수 개체의 월별 출현빈도 (frequency: F)는 일반적으로 사용되고 있는 아래와 같은 식으로 구하였다.

$$F (\%) = \text{생식소발달단계별 개체 수} / \text{월별 총 개체 수} \times 100$$

균성속도의 조사는 후기 활성기, 성숙기 및 산란기로 추정되는 3월부터 10월까지 각고 8.1-26.0 mm의 암컷 124개체, 수컷 128개체를 대상으로 생식소의 조직절편을 만들어 광학현미경 하에서 조사하였다. 채집지의 수온은 국립수산과학원의 해양조사연보 (NFRDI, 2005)를 인용하였다.

결 과

생식소의 위치와 구조

매파리는 자용이체로서, 생식소는 패각 내 나선상 육질부의 뒤쪽에 있는 간중장의 표면에 발달하여 있으며, 맹관 끝 부위까지 넓게 분포하였다. 미성숙 생식소는 간중장의 표면에 얇게 분포하지만 성숙함에 따라 두껍게 발달하였다. 미성숙 시기의 생식소는 진한 갈색을 띄므로 육안으로 암수를 구별하기 힘들지만 penis의 유무로 암수를 구별할 수 있었다. 성숙한 암컷의 생식소는 녹색 또는 녹갈색, 수컷의 생식소는 유백색 또는 황백색을 나타내므로 육안으로 암수를 쉽게 구별할 수 있었다. 난소와 정소는 각각 난자형성소낭 (oogenic follicle)과

정자형성세관 (spermatogenic tubule)으로 이루어져 있었다.

난소의 조직학적 변화

초기 활성기의 난소는 다수의 난자형성소낭으로 이루어져 있었으며, 난소의 피막은 단층원주상피세포와 여러 층의 결합성 근섬유조직으로 구성되어 있었다. 난자형성소낭의 벽에는 난원세포들이 활발하게 분열·증식하고 있었고, 이들 난원세포의 직경은 15-19 μ m이었다. 난원세포의 중앙에는 호염기성 반응을 강하게 나타내는 인과 핵이 뚜렷하게 관찰되었으며 세포질에 대한 핵의 비율은 아주 높았다. 또한 초기 발달 중인 다수의 난모세포들도 소낭 내에서 발견되었으며, 빠르게 성장하는 일부 난모세포들은 난병을 형성하고 있었다 (Fig. 1A). 후기 활성기의 난소에서, 성장한 직경 70-80 μ m의 초기 난모세포들은 난병을 소낭벽에 부착하였으며, 빠르게 성장한 일부 난모세포들의 세포질에 호염기성 난황과립 (yolk granule)이 축적되어 있었다. 핵 내에는 hematoxylin에 진하게 염색되는 1개의 인이 관찰되었고, 핵과 더불어 세포질의 급속한 양적 증가를 볼 수 있었다. 난자형성소낭의 벽과 소낭의 내강에 존재하던 호산성 과립세포들과 간충직은 점차 감소하였다 (Fig. 1B). 완숙기의 난자형성소낭들은 최대로 비후되지만, 난자형성소낭벽은 가장 얇아지고 호산성 과립세포들과 간충직은 거의 찾아 볼 수 없게 되었다. 소낭 내에는 성장 중이던 난모세포가 성숙하게 되므로, 직경 150-160 μ m의 성숙 및 완숙 난모세포들로 충만되어 있었다. 완숙난은 구형이며 세포질은 수많은 난황과립으로 가득 차게 되고, 핵은 커다란 난핵포이며 그 속에는 염기성 색소에 진하게 염색되는 단일 인을 뚜렷하게 관찰할 수 있었다. 난자형성소낭벽에는 초기 난모세포와 성장 중인 난모세포가 소수 나타날 뿐이다 (Figs. 1C and D). 난자형성소낭 내에 있던 완숙난들이 수정 후 체외로 방출되므로, 소낭은 점차 빈 공간이 많아지며, 일부 성장 중인 난모세포, 퇴화 중인 난모세포와 호염기성 난황과립도 함께 관찰할 수 있었다 (Fig. 1E). 단층원주상피세포와 여러 층의 결합성 근섬유조직으로 구성되어 있는 난소의 피막은 회복기로 들어가면서 재차 비후되기 시작한다. 난자형성소낭벽의 주위에는 새롭게 분열·증식하는 난원세포와 초기 성장 중인 난모세포, 호산성 과립세포 및 간충직들이 출현하면서 난소는 점차 그 기능을 회복하는 것이 관찰되었다 (Fig. 1F).

정소의 조직학적 변화

초기 활성기의 정소도 난소와 마찬가지로 수많은 정자형성세관으로 이루어져 있었으며, 정소의 피막은 단층원주상피세포와 여러 층의 결합성 근섬유조직으로 구성되어 있었다. 정자형성세관의 세관벽에는 다수의 정원세포들이 활발하게 분열·증식하고 있었다. 구형 내지 타원형인 정원세포들은 직경 7-8 μ m이었으며, 구형의 핵 속에는 몇 개의 과립 또는 괴상인 염색질을 관찰할 수 있었다. 세관벽의 주위에는 간충직과 eosin에 진하게 염색되는 호산성 과립세포들을 다수 관찰할 수 있었다 (Fig. 2A). 후기 활성기의 정소 피막은 다소 얇아졌

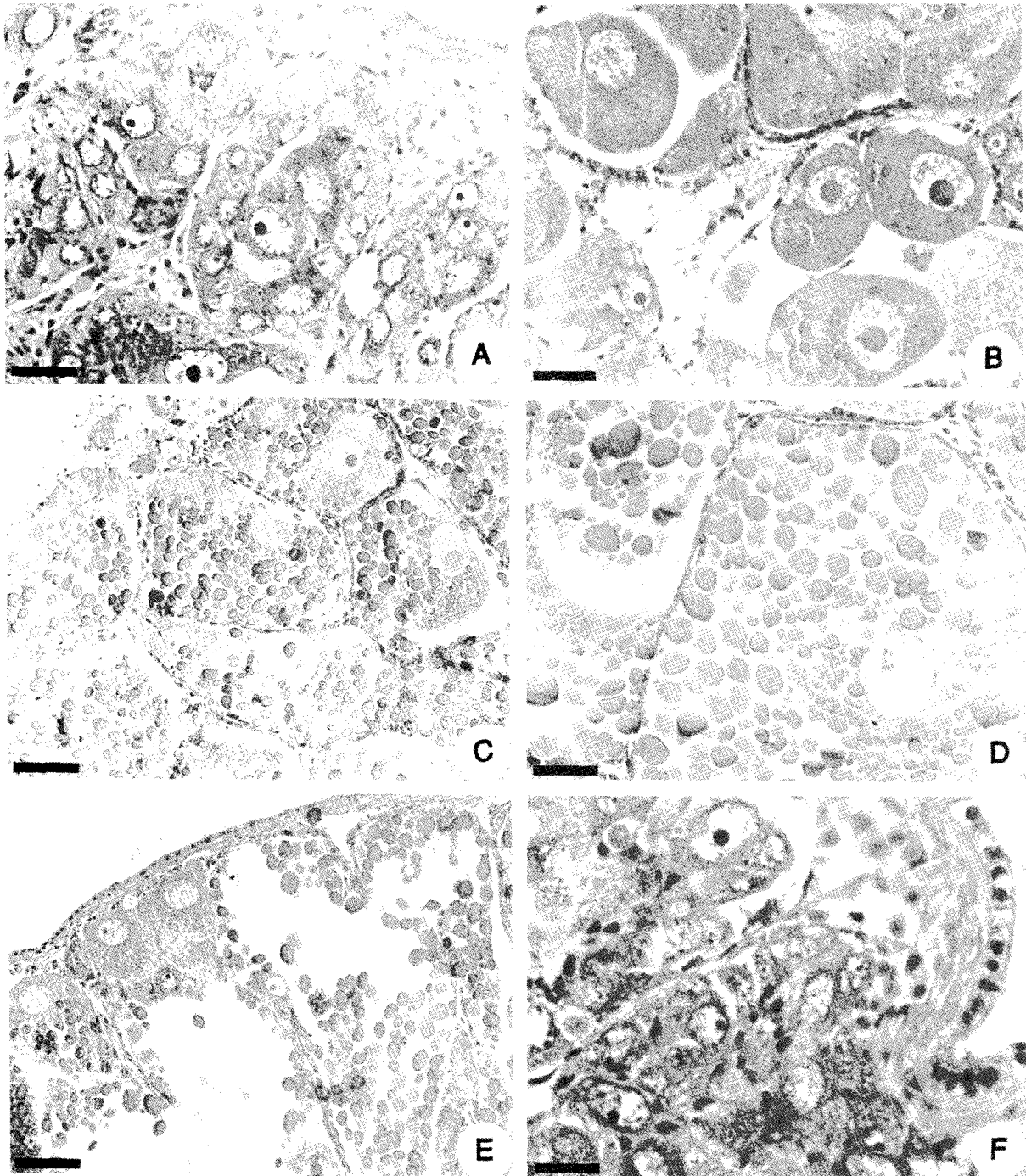


Fig. 1. Photographs on ovarian developmental phases of the murex shell, *Ceratostoma rorifluum*. A, section of the oogenic follicle in the early active stage collected in March. Note a number of oogonia and eosinophilic granular cells in the follicle. A few of early growing oocytes are attached to the follicular wall by an egg-stalk. B, section of the follicle in the late active stage collected in May. Cytoplasm of the oocyte is filled with various yolk granules in size and volume. C, section of the follicle in the ripe stage collected in June. Each oogenic follicle is filled with the mature oocytes. D, section of the follicle in the ripe stage collected in August. A great number of yolk granules were evenly distributed in the cytoplasm of the ripe oocyte. E, section of the follicle in the spawning stage collected in September. Note a number of yolk granules which were caused by the ruptures of the undischarged ripe oocytes as well as a growing oocyte are still in the lumen of the follicle. F, section of the follicle in the recovery stage collected in November. The outer layer of the ovary thickens again. New oogonia as well as eosinophilic granular cells appear in newly formed oogenic follicle. Scale bars= $20\ \mu\text{m}$ (F), $40\ \mu\text{m}$ (A, B, D), and $80\ \mu\text{m}$ (C, E).

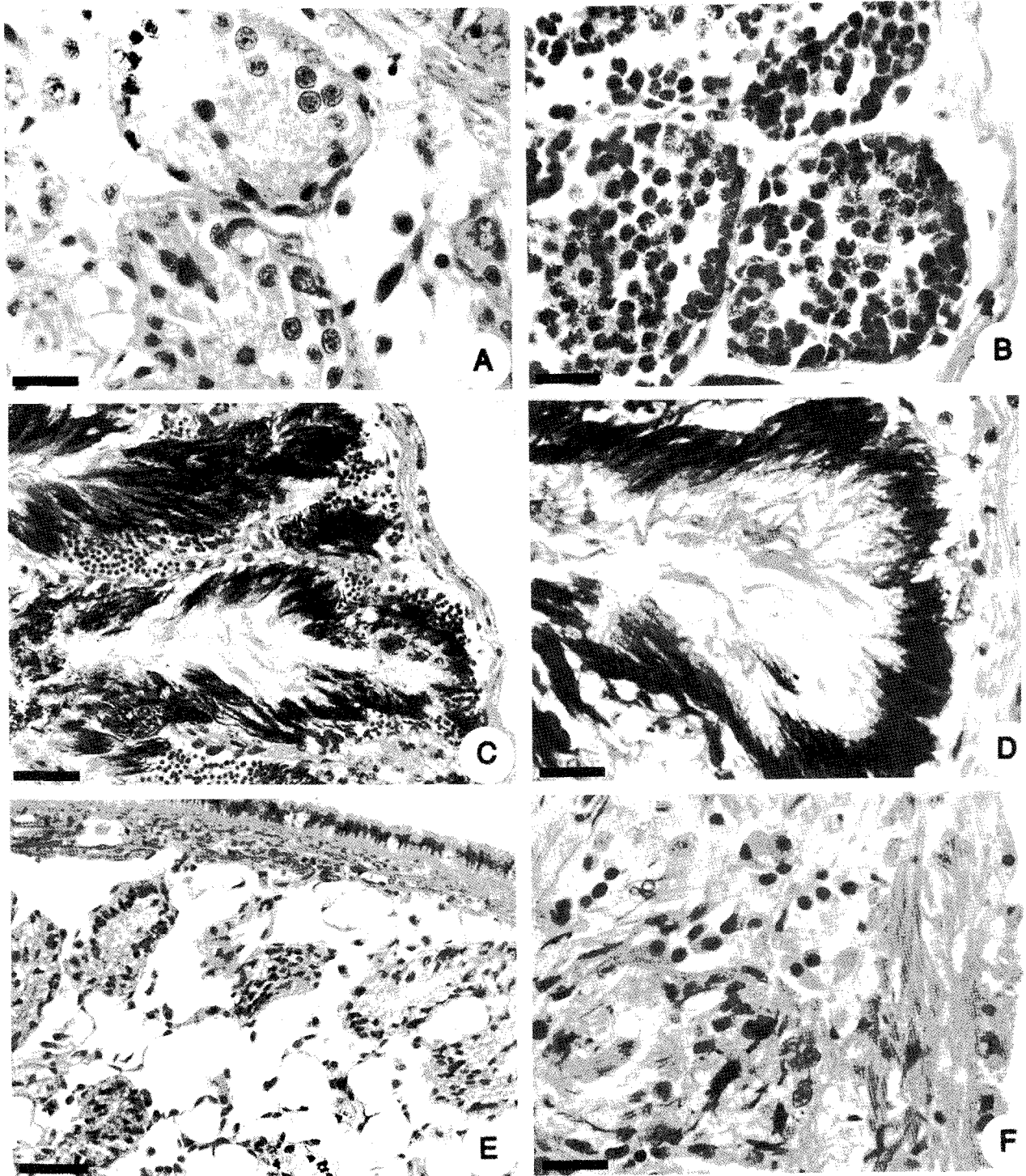


Fig. 2. Photographs on testicular developmental phases of the murex shell, *Ceratostoma vorifluum*. A, section of the testicular tubule in the early active stage collected in March. Note a number of proliferating spermatogonia, eosinophilic granular cells, and mesenchymal tissues in the tubules. B, section of the tubule in the late active stage collected in June. Note numerous spermatogonia, spermatocytes, and spermatids in the testicular lumen. C, section of the tubule in the ripe stage collected in July. A great number of spermatozoa which finished up the spermiogenesis are filled up the lumen. D, section of the tubule in the ripe stage collected in August. E, section of the tubule in the spawning stage collected in September. F, section of the tubule in the recovery stage collected in November. The outer layer of the testis thickened again. New spermatogonia as well as eosinophilic granular cells and mesenchymal tissues appear in newly formed spermatogenic tubule. Scale bars = 20 μm (A, B, D, F) and 40 μm (C, E).

다. 정자형성세관의 발달과 더불어 세관에서 활발하게 분열·증식하던 정원세포들은 세관의 내강을 향하여 정모세포 및 정세포로 발달되어 층상으로 배열되는 것이 세관의 중·횡단면에서 관찰되었다 (Fig. 2B). 완숙기의 정소는 최대로 비후되는 반면, 정소의 피막과 정자형성세관의 벽은 최대로 얇아졌다. 정자형성세관벽의 부근에는 일부 성장 중인 정모세포와 정세포들이 관찰되지만, 세관의 내강에는 변태를 마친 수많은 완숙 정자들로 충만되어 있었다. 염기성 색소에 진하게 염색되는 정자의 두부는 세관의 벽 쪽을 향하고 있었고, 그리고 산성 색소에 잘 염색되는 꼬리부는 세관의 중앙내강을 향하고 있었다 (Figs. 2C and D). 정자형성세관의 중앙내강을 가득 채웠던 성숙한 정자들이 교미를 통하여 체외로 방출되므로, 방정기 정소의 세관 내강은 대부분 빈 공간으로 변화하였다 (Fig. 2E). 회복기의 정자형성세관에는 퇴화·흡수되는 미방출 정자와 새롭게 형성되는 정원세포, 간충직 및 과립세포들이 한꺼번에 관찰되는 시기이므로, 이 시기에는 퇴화와 회복이 동시에 일어나고 있었다. 정소의 외측 결합성 근섬유조직과 세관벽도 점차 두꺼워지면서 다시 회복되었다. 세관 내에는 정원세포가 분열·증식하고 있었으며, 간충직과 호산성 과립세포들도 점차 풍부하게 나타나기 시작하였다 (Fig. 2F).

성 비

Penis의 유무와 암수 구별이 뚜렷한 조직표본을 이용하여 성비를 조사하였다. 총 331개체 (암컷 157개체, 수컷 174개체)의 맵사리가 사용되었는데, 암컷에 대한 수컷의 비율은 1:0.90으로 나타났다.

육중량비와 수온

매월 채집된 개체들의 월별 육중량비의 변화는 Fig. 3과 같았다. 실험개시 시기인 1월 (33.90 ± 0.70)부터 4월 (35.25 ± 1.50)까지는 완만하게 증가하다가, 수온 상승과 더불어 7월과 8월에는 각각 38.55 ± 0.50 과 39.35 ± 0.40 으로 연중 최고치를 나타내었다. 9월 (37.54 ± 0.90)과 10월 (36.63 ± 1.80)에는 완만한 감소를 나타내다가 11월에는 급격히 감소하여 연중 최저치인 32.75 ± 1.20 을 나타낸 후 12월 (33.27 ± 1.40)부터는 점차 다시 증가하였다. 채집 기간 동안 월별 평균 수온의 변화는 Fig. 3과 같은데, 2월에 2.6°C 로 연중 가장 낮았으며 8월에 26.2°C 로 연중 가장 높았다.

생식소 발달단계의 월별 변화

생식소의 발달 및 생식세포의 형성과정을 조직학적으로 조사한 결과와 육중량비의 월별 변화를 보면, 맵사리의 생식 주기는 Figs. 4, 5와 같이 초기 활성기, 후기 활성기, 완숙기, 산란기, 그리고 회복기 등의 연속적인 5단계로 구분할 수 있었다. 암컷의 경우, 난원세포가 빠르게 분열·증식하는 초기 활성기의 개체들은 12월에 20%로 나타나기 시작하여, 3월에는 80%의 빈도로 출현하였으며 4월 (32%)까지 지속되었다. 분열·증식하던 난원세포가 난모세포로 빠르게 성장하는 후기 활성기의 개체들은 3월에 10%였으나 수온 상승이 시작되는

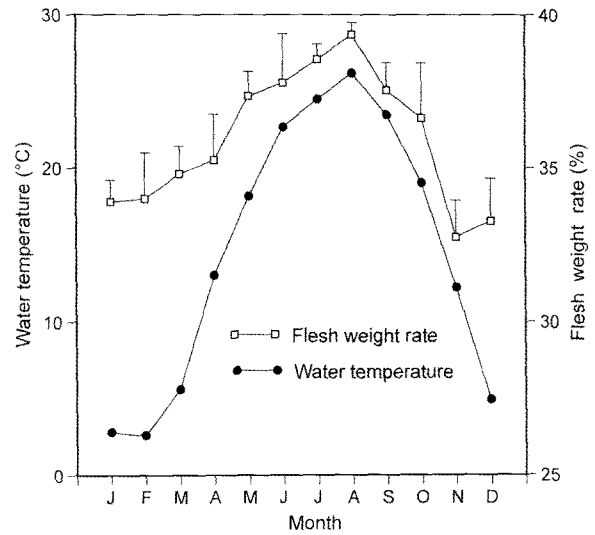


Fig. 3. Monthly variations in the mean flesh weight rates of the murex shell, *Ceratostoma roriflum* and the mean seawater temperature from January to December, 2005.

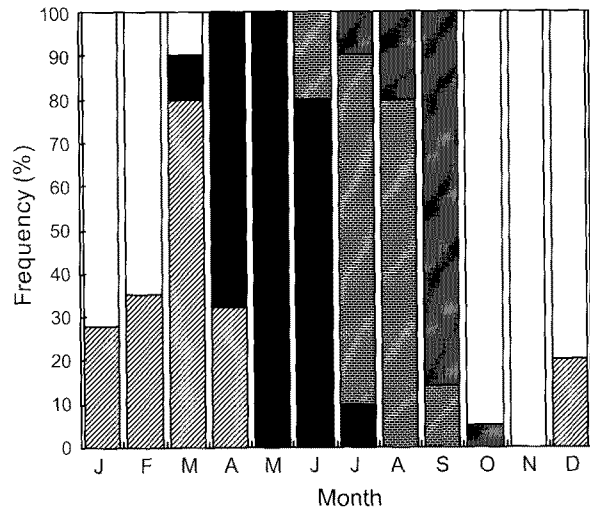


Fig. 4. Frequency distribution of female *Ceratostoma roriflum* with gonads in each developmental phase from January to December, 2005. ▨, early active stage; ■, late active stage; ▩, ripe stage; ▤, spawning stage; □, recovery stage.

4월에는 68%의 빈도로 나타나났으며, 5월에는 거의 모든 개체들이 후기 활성기에 있었으며 7월 (10%)까지 이어졌다. 완숙기의 개체들은 수온이 22°C 이상되는 6월에 20%로 출현하기 시작하여, 24°C 이상이 되는 7월과 8월에는 각각 80%로 나타났으며 9월에는 14%로 급격하게 감소하였다. 수정란이 방출되는 산란기의 개체들은 7월에 10%로 나타나기 시작하여 8월에는 20%이었으며, 가장 많은 산란 개체가 출현하는 것은 9월 (86%)이었고 10월에도 5%의 개체가 산란에 가담하였다. 10월에는 회복기에 들어간 개체들이 95%에 이르고, 11월에는

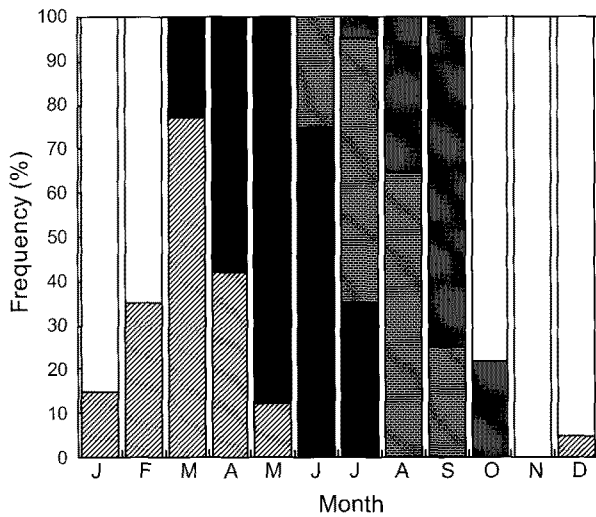


Fig. 5. Frequency distribution of male *Ceratostoma rorifluum* with gonads in each developmental phase from January to December, 2005. ▨, early active stage; ▩, late active stage; ▤, ripe stage; ▥, spawning stage; □, recovery stage.

거의 모든 개체들이 회복기 상을 보였으며, 그 후 출현 빈도는 점차 감소하지만 3월 (10%)까지 비교적 긴 기간 동안 계속되었다. 수컷의 경우, 암컷의 경우와 대체로 유사한 경향을 보이는데, 초기 활성기는 12월에 5%로 나타나기 시작하여 3월에는 77%의 빈도로 최대이며, 5월 (12%)까지 지속되었다. 3월에는 23%가 후기 활성기였으며, 5월 (88%)에 최고 빈도를 보이다가 7월 (35%)까지 이어졌다. 완숙기의 개체들은 6월에 25%로 보이다가 8월 (65%)에 정점을 나타내었으며 9월 (25%)까지 계속되었다. 또한 고미를 통한 정자의 방출도 7월 (5%)에 시작되지만 암컷보다 다소 낮은 빈도를 나타내었고, 주된 방출은 역시 9월 (75%)이었으며 10월 (22%)까지 지속되었다. 이어지는 회복기의 조직상은 10월에 78%를 보이며, 11월에는 100%에 이르며 2월까지 이어졌다.

군성숙도

각고의 크기에 따른 군성숙도를 알아보기 위하여, 후기 활성

기, 성숙기 및 산란기로 추정되는 3월부터 10월까지 각고 8.1-26.0 mm 범위에 속하는 맵사리 252개체 (암컷 124, 수컷 128)의 생식소를 조직학적으로 관찰한 결과는 Table 1과 같았다. 각고 8.1-10.0 mm인 개체군의 군성숙도는 암수 각각 18.2%, 23.1%이었으나, 각고 12.1-14.0 mm인 개체들의 성숙도는 암수 각각 60.0%와 52.9%의 비율로 성숙하였다. 또한 각고 18.1 mm 이상의 개체군은 암수 모두 100%가 성숙하였으므로, 군성숙도 50%를 넘는 각고는 12.1 mm이었다.

고 찰

대부분의 고동류는 자웅이체이고 성비는 1:1이지만 연령 및 환경요인 등으로 인하여 성비가 변할 수 있으며, 성비의 변화는 개체군의 번식률에 중요 요인으로 작용한다 (Paine, 1966; Creese et al., 1990). 또한 이들의 생식소는 패각 내 나선상 육질부의 후반부에 위치하는 간중장부의 표면에 발달되어 있으며, 맹관의 끝 부위까지 넓게 분포한다 (Lee, 1999; Lee, 2001; Jin et al., 2004). 뿔소라과의 4종 (*Thais clavigera*, *T. luteostoma*, *Ceratostoma rorifluum*, *Ocenebrellus inornatum*)의 성비는 종과 서식장소에 따라 다양하지만 일반적으로 수컷이 암컷보다 많으며, 4종 모두에서 imposex 현상이 나타나는 것으로 보고되어 있다 (Son and Hong, 2000a). 본 연구에서 맵사리는 자웅이체이며 생식소의 구조와 위치도 대부분의 고동류와 유사하였고, 조사기간 동안의 성비는 암컷 157 개체, 수컷 174 개체로 약 1:1이었다. 우리나라에 서식하는 신복족목 뿔소라과에 속하는 종은 16종이 서식하는 것으로 알려져 있으며, 이들의 생식주기에 관하여도 일부 알려져 있다. 피뿔고둥 (*Rapana venosa*)의 산란기는 4-7월 (Chung et al., 1993)이며, 대수리 (*Reishia clavigera*)는 6-8월 (Lee, 1999), 여깨뿔고둥 (*Ocenebra japonica*)은 7-9월 (Lee, 2004)이고, 일본산 대수리 (*Purpura clavigera*)도 늦봄부터 여름까지 산란하는 것으로 보고되어 있다 (Kon et al., 1966). 한편 대부분의 연체동물은 각기 고유의 산란습성을 가지고 있는데, 이들의 산란습성을 계절에 따라 연중 산란형 (year-around breeders), 늦봄부터 이른 가을까지 산란하는 하계 산란종 (summer breeders), 늦가을부터 이듬해 이른 봄까지 산란하는 동계 산란종 (winter

Table 1. Shell height of first sexual maturity of *Ceratostoma rorifluum* during the late active, ripe and spawning periods from March to October, 2005

Shell height (mm)	Female			Male		
	No. of examined inds.	No. of matured inds.	Maturity (%)	No. of examined inds.	No. of matured inds.	Maturity (%)
8.1-10.0	11	2	18.2	13	3	23.1
10.1-12.0	13	5	38.5	14	6	42.3
12.1-14.0	15	9	60.0	17	9	52.9
14.1-16.0	11	9	81.8	15	14	93.3
16.1-18.0	17	16	94.1	16	16	100
18.1-20.0	16	16	100	15	15	100
20.1-22.0	14	14	100	13	15	100
22.1-24.0	13	13	100	12	12	100
24.1-26.0	14	14	100	13	13	100
Total	124			128		

breeders)으로 구분한 바 있다 (Booolootian et al., 1962). 또한 패류 중에는 1년에 한번 산란하는 종 (Lee et al., 2006), 연중 두 번 산란하는 종 (Jamieson et al., 1991), 연중 세 번 산란하는 종 (Sarasquete et al., 1990), 연중 적어도 세 번 이상 산란하는 종 (Creese and Ballantine, 1983), 연중 산란하는 종 (Jin et al., 2004) 등으로 다양하게 구별 할 수 있다. 본 연구에서 조사된 맵사리의 경우, 산란은 7월부터 10월까지 일어나는 하계 산란종이며 연중 1회 산란이 일어나므로, 대부분의 뿔소라과의 것과 아주 유사하였다. 연체동물을 포함한 대부분의 해산 무척추동물의 생식소발달과 성숙, 생식세포형성과정, 생식주기 및 산란은 내적 요인과 외적 요인의 영향 하에서 조절되는 것으로 알려져 있다. 내적 요인으로는 내분비 및 유전적 요인 등이 있으며, 외적요인으로는 수온이 가장 많이 논의되고 있다. 그러나 수온 상승이 소라의 성 성숙에 관계하기는 하지만 높은 수온과 성 성숙이 반드시 일치하는 것은 아니며 (Yamamoto and Yamakawa, 1985), 백합과의 *Megapitaria aurantiaca*의 경우도 수온과 성 성숙과의 관계는 불확실하다고 보고한 바 있다 (Garcia-Dominguez et al., 1994). 수온 이외의 외적 요인으로는 일장 (day length), 지형학적 위치, 염분도, 해수의 비중, 수심, 기질, 조석주기 등의 비생물적 요인 (abiotic factors)과 먹이의 풍부도, 서식 밀도, 기생충 및 질병 등의 생물적 요인 (biotic factors)이 거론되고 있다 (Mackie, 1984; Brousseau, 1995). 맵사리의 경우 암수 모두 수온이 24.5°C 이상이 되는 7월부터 교미와 수정란의 방출을 시작하며, 23.5°C인 9월이 주 산란기이고, 수온이 감소되는 10월 (19.5°C)까지 지속되었다. 따라서 본 종의 성 성숙 및 산란은 수온과 아주 밀접한 관계가 있는 것으로 추측할 수 있으며, 특히 수정란의 산란은 비교적 광온성 (eurythermal)인 것으로 판단되지만, 수온 이외의 다른 요인들에 대해서도 더 많은 연구가 필요할 것으로 생각된다. 해산 무척추 동물 중에는, 방란·방정 후 생식소 내에 일부 남아 있던 생식세포들이 퇴화·흡수되면서 일정기간 동안 비활성기인 휴지기를 거친 다음에 새로운 생식세포를 형성하는 종류 (Chintala and Grassle, 1995)와 휴지기를 거치지 않고 곧바로 회복기로 들어가는 종류 (Lee, 1980; Catalan and Yamamoto, 1993; Lee, 2001; Choi et al., 2002)가 있는 것으로 알려져 있다. 본 연구에서 맵사리의 생식주기는 생식소의 조직학적 관찰, 생식소발달단계 빈도의 월별 변화 및 육중량비의 변화를 기준으로 하여, 초기 활성화기 (12-5월), 후기 활성화기 (3-7월), 완숙기 (7-9월), 방출기 (7-10월), 회복기 (10-2월)의 연속적인 5단계로 구별할 수 있었다. 따라서 맵사리의 생식소는 교미와 수정란의 방출 후 휴지기 단계를 거치지 않고 곧바로 새로운 생식세포를 형성하는 회복기로 들어가는 것으로 보아, 맵사리의 생식소는 연중 계속 발달되는 것으로 생각된다. 맵사리의 육중량비의 월별 변화는, 생식세포의 활발한 성장과 수온 상승이 일어나는 4월 (35.25±1.50%)부터 급속히 증가하여, 완숙란의 출현빈도가 가장 많고 수온도 가장 높은 7월과 8월에 각각 38.55±0.50%와 39.35±0.40%로 최

고치에 이른다. 그 후 산란기의 개체수가 가장 많이 나타나는 9월 (37.54±0.90%)부터 감소하기 시작하여 11월 (32.75±1.20%)까지 감소하다가 생식세포의 활발한 분열이 시작되는 12월 (33.27±1.40%)에 다시 증가한다. 패류의 육중량비는 생식소발달의 주기와 연관성을 보이는데, 어깨뿔고둥, *Ocenebra japonica* (Lee, 2004), 참굴, *Crassostrea gigas* (Min et al., 2004), 피조개, *Scapharca broughtonii* (Kim et al., 2006)의 육중량비는 생식소의 발달과 더불어 증가하며, 산란 후에 감소한다는 연구와 거의 일치 하였다. 이러한 현상은 후기 활성화기 동안 활발하게 성장하던 생식세포들이 완숙기를 거쳐 방출되므로 나타나는 결과로 추정되며, 회복기와 초기 활성화기에 육중량비가 다시 상승하는 현상은 새로운 생식세포를 형성하기 위한 물질 흡수과정이라고 생각된다.

본 연구에서 조사된 각고 8.1-10.0 mm 범위의 맵사리 개체군에서는 암수 각각 18.2%와 23.1%가 군성숙도를 보였으며, 12.1-14.0 mm 범위의 개체군에서는 암수 각각 60.0%와 52.9%를 나타내었다. 따라서 군성숙도가 50%를 넘지 못하는 12.0 mm 이하의 맵사리는 자원보호를 위하여 특별히 관리 되어야 할 것으로 생각된다.

참 고 문 헌

- Amio, M. 1963. A comparative embryology of marine gastropods with ecological considerations. Bull. Shimonoseki Univ. Fish., 12, 229-358.
- Booolootian, R.A., A. Farmanfarmaina and A.C. Giese. 1962. On the reproductive cycle and breeding habits of two western species of *Haliotis*. Biol. Bull., 122, 183-192.
- Brousseau, D.J. 1995. Gametogenesis and spawning in intertidal oysters (*Crassostrea virginica*) from western Long Island Sound. J. Shellfish Res., 14, 483-487.
- Catalan, A.B. and M. Yamamoto. 1993. Annual reproductive cycle of the prosobranch limpet, *Cellana nigrolineata* (Reeves). J. Invert. Reprod. Dev., 24, 127-136.
- Chintala, M.M. and J.P. Grassle. 1995. Early gametogenesis and spawning in "juvenile" Atlantic surf clams, *Spisula solidissima* (Dillwyn, 1819). J. Shellfish Res., 14, 301-306.
- Choi, J.K., C.H. Lee, Y.D. Lee and Y.C. Choi. 2002. Reproductive cycle of the black-lined limpet, *Cellana nigrolineata*. Kor. J. Malacol., 18, 67-75.
- Chung, E.Y. and S.Y. Kim. 1997. Cytological studies on testicular maturation and cyclic changes in the epithelial cells of the seminal vesicle of the male purple shell, *Rapana venosa* (Gastropoda: Muricidae). Malacol., Rev., 29, 25-38.
- Chung, E.Y., S.Y. Kim and Y.G. Kim. 1993. Reproductive

- ecology of the purple shell, *Rapana venosa* (Gastropoda: Muricidae), with special reference to the reproductive cycle, depositions of egg capsules and hatchings of larvae. Kor. J. Malacol., 9, 1-15.
- Creese, R.G. and W.J. Ballantine. 1983. An assessment of breeding in the intertidal limpet, *Cellana radians* (Gmelin). J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 67, 43-59.
- Creese, R.G., D.R. Schiel and M.J. Kingsford. 1990. Sex change in a giant endemic limpet, *Patella kermadecensis*, from the Kermadec Islands. Mar. Biol., 104, 419-426.
- Garcia-Dominguez, F., S.A. Garcia-Gasca and J.L. Castro-Ortiz. 1994. Spawning cycle of the red clam, *Megapitaria aurantiaca* (Sowerby, 1831) (Veneridae) at Isla Espiritu Santo, Baja California Sur, Mexico. J. Shellfish Res., 13, 417-423.
- Jamieson, B.G.M., A.N. Hodgson and R.T.F. Bernard. 1991. Phylogenetic trends and variation in the ultrastructure of the spermatozoa of sympatric species of South African patellid limpets (Archaeogastropoda, Mollusca). J. Invert. Reprod. Dev., 20, 137-146.
- Jin, Y.S., Y.J. Park, H.J. Kim, Y.B. Song, O.S. Na, C.H. Lee, M.S. Choi, S. Rho and Y.D. Lee. 2004. Reproductive cycle of top shell, *Trochus niloticus* in Chuuk Island, Micronesia. Kor. J. Malacol., 20, 65-73.
- Kim, B.H., K.S. Min, S.J. Lee, K.Y. Park, C.M. An and B.H. Min. 2006. Effect of temperature on induced sexual maturation of the ark shell, *Scapharca broughtonii* (Schrenck) Broodstock. Kor. J. Malacol., 22, 175-182.
- Kon, T., Y. Honma and S. Murakawa. 1966. Studies on the maturity of gonad in some marine invertebrates. I. Seasonal changes in the gonads of prosobranch mollusc, *Purpura (Mancinella) clavigera*. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 32, 484-491.
- Kwon, O.K., G.M. Park and J.S. Lee. 1993. Coloured Shells of Korea. Academy Publishing Co., Seoul, Korea, 1-287.
- Lee, J.H. 1980. Gametogenesis and reproductive cycle of the topshell, *Turbo cornutus* Solander. Bull. Kor. Fish. Soc., 13, 125-134.
- Lee, J.H. 1999. Gametogenesis and reproductive cycle of the rock shell, *Reishia (Thais) clavigera* (Neogastropoda: Muricidae), on the west coast of Korea. Kor. J. Biol. Sci., 3, 375-383.
- Lee, J.H. 2001. Gonadal development and reproductive cycle of the top shell, *Omphalius rusticus* (Gastropoda: Trochidae). Kor. J. Biol. Sci., 5, 37-44.
- Lee, J.H. 2004. Gametogenesis and reproductive cycle of the murex shell, *Ocenebra japonica* (Neogastropoda: Muricidae). J. Kor. Fish. Soc., 37, 385-392.
- Lee, S.J., K.S. Min, B.G. Kim, C.M. An, S.M. Ju and J.S. Lee. 2006. Gonadal development and gametogenic cycle of the pen shell, *Atrina pectinata* (Bivalvia: Pinnidae). J. Kor. Fish. Soc., 39, 398-403.
- Mackie, G.L. 1984. Bivalves. In: The Mollusca, Vol. 7. Reproduction, Tompa, A.S., N.H. Verdonk and J.A.M. van den Biggelaar, eds. Academic Press, New York, USA, 351-418.
- Min, K.S., B.S. Kim, T.I. Kim, Y.B. Hur and E.Y. Chung. 2004. Reproductive cycle and induced sexual maturation of the Pacific oyster, *Crassostrea gigas*. Kor. J. Malacol., 20, 75-84.
- NFRDI. 2005. Annual Report of Oceanographic Observations. National Fisheries Research and Development Institute, Busan, Korea, 1-13.
- Paine, R.T. 1966. Food web complexity and species diversity. Am. Nat., 100, 65-75.
- Sarasquete, M.C., S. Gimeno and M.L. Gonzalez de Canales. 1990. Cycle reproducteur de la palourde *Ruditapes philippinarum* (Adams and Reeve, 1850) de la cote sud ouest atlantique (Espagne). Rev. Int. Oceanogr. Med., 97, 90-99.
- Shiomi, K., K. Sasaki and H. Yamanaka. 1982. Volatile sulfur compounds responsible for a fetid odor of the hypobranchial gland of muricid gastropods *Reishia (Thais) clavigera* and *R. (T.) bronni*. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 48, 1353-1356.
- Son, M.H. and S.Y. Hong. 2000a. Sex ratio, imposex and penis morphology of the four intertidal muricid species (*Thais clavigera*, *T. luteostoma*, *Ceratostoma rorifluum* & *Ocenebrellus inornatum*) (Mollusca: Gastropoda; Muricidae) in the Korean coasts. Abstract, 2000 Spring Joint Meeting of Kor. Soc. Fish. Sci., 375-376.
- Son, M.H. and S.Y. Hong. 2000b. Eggs and egg capsules of three stenoglossan gastropod species, *Ceratostoma rorifluum*, *Ocenebrellus inornatum* & *Neptunea constricta* (Mollusca: Neogastropoda) in the Korean waters. Abstract, 2000 Spring Joint Meeting of Kor. Soc. Fish. Sci., 531-532.
- Yamamoto, T. and H. Yamakawa. 1985. The gonadal maturation in *Turbo (Batillus) cornutus*. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 53, 357-364.

2007년 8월 14일 접수

2008년 8월 1일 수리