

눈알고둥, *Lunella coronata coreensis*의 생식주기

오 성 립 · 나 오 수* · 이 영 돈* · 김 형 배**

제주도해양수산자원연구소, *제주대학교 해양연구소, **강원도립대학 해양생물공학과

Reproductive Cycle of the Turban Shell, *Lunella coronata coreensis*

Seong-Rip Oh, Oh-Soo Na*, Young-Don Lee* and Hyung-Bae Kim**

Jeju Province Fisheries Resources Research Institute, Jeju-Do, 699-810, Korea

*Marine Research Institute, Cheju National University, Jeju-Do, 695-810, Korea

**Department of Marine Biotechnology, Kangwon Province University, Kangwon-Do, 210-800, Korea

We investigated reproductive cycle of the turban shell, *Lunella coronata coreensis* with the histological preparation of gonads and the gonadosomatic index (GSI). The turban shells were collected at the intertidal zone of Hamdeok in Jeju-Do from December, 1995 to October, 1996.

The gonad was located on the surface of the liver below the stomachal caecum posterior spiral meat part of the shell. GSI value began to increase from May as water temperature increased and reached its maximum value in August both male and female which were 56.94 and 61.88, respectively. GSI started to decrease from September thereafter, maintaining relatively low value from January to March. The reproductive cycle of *L. coronata coreensis* could be grouped into five successive developmental stages: multiplicative stage (female: February to April, male: April to May), growing stage (female: April to June, male: June), mature stage (female: June to August, male: July to August), ripe and spawning stage (August to September), and degenerative and recovery stage (October to March). The spawning of the turban shell occurred from August to September and the main spawning period appeared in September. The turban shell, *L. coronata coreensis* appeared to be gonochoristic species. Sex ratio of female to male was 1.6 : 1.0 ($P > 0.05$).

Key words : turban shell, *Lunella coronata coreensis*, gonadosomatic index, reproductive cycle, spawning period.

서 론

눈알고둥 (Turban shell), *L. coronata coreensis*은 원시복족목 소라과에 속하는 복족류로서 우리나라의 서남해안 및 제주도 조간대에서 흔히 볼 수 있는 고둥류이다. 두껍은 반구형의 석회질로 되어 있으며, 껍질에는 녹색류가 많이 붙어 있는 것이 큰 특징이다 (Kwon et al., 1993).

Takahashi and Takano (1970a)는 유용 해산 무척추동물의 자원을 확보하고 증식을 계획하기 위해 서식환경과 생식소의 성숙과정을 번식생리학적으로 해석하였다. 조간대에 서식하는 해산 무척추동물의 생식주기에 관한 연구는 서식환경의 변화로 인한 종의 보전과 생물상의 변화 그리고 군집 구조를 파악하는데 있어 중요하다.

고둥류의 생식주기에 관한 연구는 남아프리카의

Transkei 지역에 서식하는 *Monodonta australis*, *Oxy-
stele variegata*, *O. tabularis* (Lasiak, 1987) 등의 생식
주기. 대서양 연안에 서식하는 *Vermickularia spirata*
(Bieler and Hadfield, 1990)의 번식생물학적 연구. 영
국해안에 서식하는 *Littorina saxatilis* (Ross and
Berry, 1991)의 생식주기 등이 있으며, 국내에서는 비
용도 주변 조하대에 서식하는 피빨고둥의 생식생태
(Chung et al., 1993)에 관한 연구, 제주도 조간대에
분포하는 구멍뿔고둥, *Chlorostoma argyrostoma tur-
binata* (Kim et al., 1996), 명주고둥, *C. xanthostigma*
(Lee and Lee, 1998), 뿔고둥, *C. argyrostoma lischkei*
(Na and Lee, 1999)의 생식주기에 관한 연구 등 일
부 종에 한정되어 있다.

따라서 이 연구는 제주 연안에 널리 서식하는 눈알
고둥의 번식생태를 연구하기 위해 눈알고둥의 생식세
포형성, 생식주기 및 생식소속도지수에 대하여 조직
학적 방법으로 조사하였다.

재료 및 방법

이 실험은 1995년 12월부터 1996년 10월까지 제주
도 북제주군 조천읍 함덕리에 위치한 제주대학교 해
양연구소 앞 조간대에서 채집한 눈알고둥을 대상으로
실시하였다 (Fig. 1). 채집한 재료는 제주대학교 해양
연구소 실험실로 옮겨 vernier calliper를 이용하여 각
고, 각장을 0.01 cm 까지 측정하였으며, 전중량 및 육
중량은 전자저울 (Sartorius, BP 3100s)을 이용하여
0.01 g 까지 측정하였다. 측정결과 각고가 12.0±1.02
mm, 각장 17.9±0.70 mm 이었고, 전중량이 2.46±0.24 g,
육중량이 0.66±0.07 g 이었다.

생식소 발달과정 및 생식소속도지수 (gonadosomatic
index, GSI)를 조사하기 위하여 눈알고둥 몸체를
Bouin's 용액에 24시간 고정한 후 24시간 수세하여
70% 알콜에 재고정하였다. 조직표본을 제작하기 위
하여 소화낭만 바로 밑 부분에 위치한 생식소 부위
를 5 mm 두께로 절단하여 소편을 만들었으며, 탈수
및 paraffin 유도과정을 거쳐 paraffin에 포매한 후
블럭을 제작하였다. 마이크로톰을 이용해 5~6 µm
두께로 박절한 조직절편을 슬라이드에 부착시켜 조

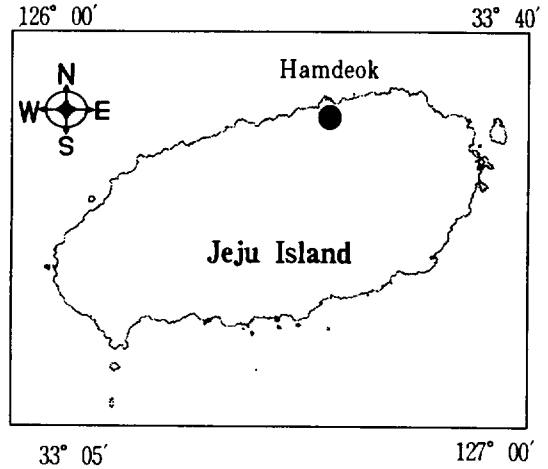


Fig. 1. A map showing sampling area in Jeju-Do.

직의 신전 및 탈파라핀 과정을 거친 후 Hansen's
haematoxylin 과 0.5% eosin으로 비교 염색하였다.
생식소단면직경 (G)과 간장조직과 생식소를 포함한
단면직경 (GI)은 각 개체의 조직표본을 광학현미경
하에서 micrometer를 이용하여 측정하였으며, GSI
는 GI에 대한 G의 백분율로 아래의 식에 의해 계
산하였다.

$$GSI = G \times 100 / GI$$

채집지역의 수온은 제주대학교 해양연구소 자료를
인용하였으며, 성비분석은 χ^2 검정법으로 유의성 검
정을 하였다.

결 과

생식소의 구조

눈알고둥의 생식소는 패각내 나선상 육질부 하단에
서 꼬리돌기까지 간장부의 표면에 위치하였다. 생식
소가 성숙하면 암컷은 짙은 녹색, 수컷은 유백색을
나타내었으며, 방출 후에는 암컷은 연갈색, 수컷은 연
황색을 나타내므로 쉽게 구별할 수 있었다. 조사한
개체중 성전환 개체나 자용동체는 관찰되지 않았으
며, 모든 개체는 자용이체였다.

GSI의 월변화

GSI의 월별 변화는 Fig. 2와 같다. 암컷은 수온이 14.0°C 이상 되는 5월부터 GSI 값이 24.00, 수컷은 수온이 18.0°C 이상 되는 6월부터 GSI 값이 32.56으로 급격히 증가하기 시작하였으며, 수온이 최고 26.2°C로 상승한 8월에 암컷과 수컷의 GSI 값이 각각 61.88, 56.91로 최고치를 나타내었다. 수온이 20.5°C로 하강하기 시작하는 9월에 암컷과 수컷의 GSI 값이 각각 34.09, 30.91로 급격히 낮아 졌고, 12월과 2월에 암·수 GSI 값이 각각 12.09, 12.20으로 최저치를 보였다.

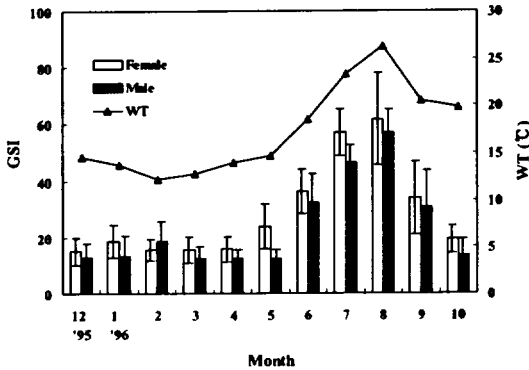


Fig. 2. Monthly changes in the mean gonadosomatic index (GSI) of *L. Coronata coreensis* and the mean water temperature (WT).

생식세포형성

난형성 눈알고둥의 난형성은 난소의 외측 근섬유막으로부터 기원하여 간중장부를 향해 발달해 가는 난소소엽의 생식상피에 약 7.7 μm 난원세포들이 다수 분열증식하였다. 이때, 생식소 외측 피막의 두께는 약 60.0 μm 였다 (Fig. 3. A). 이 후, 생식상피에는 약 35.0 μm의 어린 난모세포들이 난병을 부착한 채 성장하였다. 어린 난모세포의 핵 안에는 뚜렷한 한개의 인이 haematoxylin에 양성반응을 보였다. 어린 난모세포는 난황을 축적하면서 난병을 소실하여 난소소엽의 내강으로 유리되었다. 한편, 생식상피에 나타났던 호산성 과립세포들은 점점 줄어들고, 생식소 외측 피막도 약 30 μm 정도로 얇아졌다 (Fig. 3. B). 난소 내강에는 약 70.0 μm의 난모세포들로 가득 채워졌고, 생식상피

에는 어린 난모세포들이 부착하여 있다. 생식소 외측 피막은 약 10.0 μm로 얇아졌다 (Fig. 3. C). 완숙 난모세포는 약 155.0 μm로 구형이었으며 한 개의 뚜렷한 인을 가지고 있다. 완숙 난모세포들의 세포질은 공포상의 난황 물질들로 축적되어 있고, 외막의 외측은 뚜렷한 젤리층으로 둘러싸여 있다 (Fig. 3. D). 방란이 일어나면 난소소엽 내강에는 젤리층이 그대로 남아 있고, 미방출된 난모세포들은 점점 퇴화되었다 (Fig. 3. E). 이 후, 난소내 잔존 난들이 퇴행, 변성되어 감에 따라 생식소는 급격히 위축되었고, 외측 근섬유막으로부터 새로운 난소소엽상피들이 발달하면서 난원세포와 어린 난모세포들이 다시 출현하였다 (Fig. 3. F).

정자형성 난소와 마찬가지로 정소를 싸는 근섬유막으로부터 기원하여 내측 간중장부의 섬유층을 향해 발달하는 생식상피에 정원세포들이 분열증식하였다. 정원세포들이 분열증식하고 있는 생식상피에는 eosin에 양성반응을 보이는 호산성 과립세포들과 미분화 간충직들이 풍부하게 나타났다. 정원세포들은 난원세포와 마찬가지로 세포질에 비하여 커다란 핵과 뚜렷한 한 개의 인을 가졌다 (Fig. 4. A). 정소가 점점 비후되면서 생식상피는 간중장부를 싸고 있는 섬유층과 연결되었다. 이 후, 외측 근섬유막은 점차 얇아지면서 생식상피에는 정원세포와 정모세포 그리고 정세포들이 층상배열 하였다 (Fig. 4. B). 정소는 더욱 발달하면서 정소소엽의 생식상피에는 정원세포와 정모세포들이 일부 분포하였고, 정소소엽 내강에는 변태를 마친 정자들로 가득찼다 (Fig. 4. C). 변태를 마친 정자의 핵은 haematoxylin에 강한 양성반응을 보이며 세포질은 eosin에 염색되어 정소소엽 내강으로 물질을 이루며 분포하였다 (Fig. 4. D). 이 후, 정소소엽 내강에서 정자 방출이 일어나기 시작하면서 내강에는 빈 공간들이 나타나기 시작하였다. 정자는 대부분 방출되나 일부 미방출된 정자는 그대로 남아 차츰 퇴화, 흡수되었다 (Fig. 4. E). 방정 후의 정소는 외측의 근섬유막이 다시 두꺼워지고 정소소엽들도 간중장부쪽으로 발달하였으며, 소엽상피상에는 새로운 정원세포들이 나타났다 (Fig. 4. F).

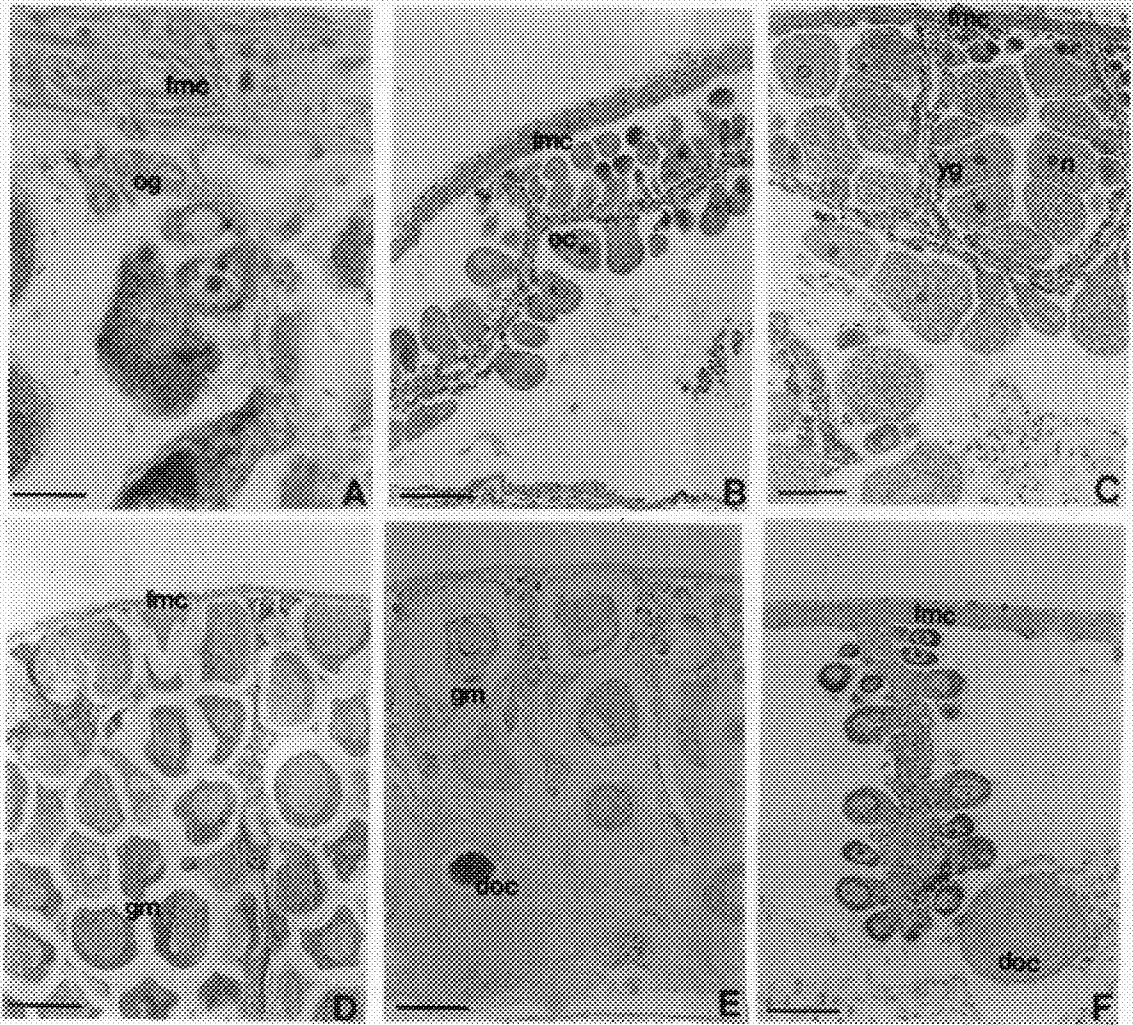


Fig. 3. Photomicrographs of developmental stage of oogenesis.

A: multiplicative stage, B: growing stage, C: immature stage, D: ripe stage, E: degenerative stage, F: recovery stage. doc: degenerated oocyte, fmc: fibromuscular capsule, gm: gelatinous membrane, n: nucleus, oc: oocyte, og: oogonia, yg: yolk granule.

A: bar indicates 10 μ m, B~F: bars indicate 100 μ m.

생식주기

월별로 조사된 난소내 난형상과정과 정소내 정자형성과정을 조직학적으로 조사한 결과를 종합하여 이들의 생식주기를 분열증식기, 성장기, 성숙기, 완숙 및 산란기, 그리고 퇴행 및 회복기 등의 연속적인 주기

로 구분할 수 있었다 (Fig. 5).

분열증식기 생식소의 외측 피막을 이루고 있는 근심유막에서 기원한 생식상피질이 내측 간중장부쪽으로 발달하였고, 생식상피상에 난원세포 및 정원세포

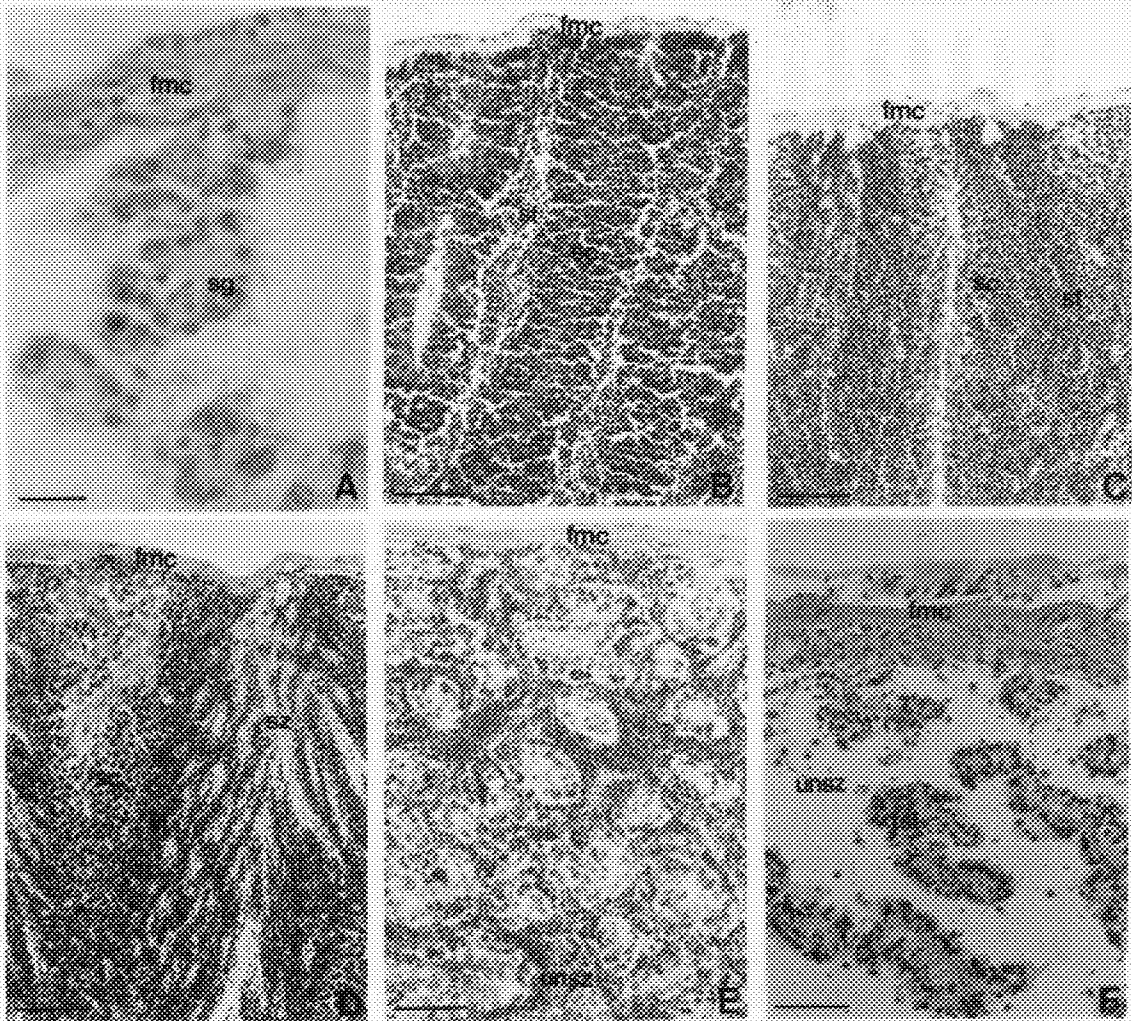


Fig. 4. Photomicrographs of developmental stage of spermatogenesis.

A : multiplicative stage, B : growing stage, C : mature stage, D : ripe stage, E : degenerative stage, F : recovery stage. fmc : fibromuscular, sc : spermatocyte, sg : spermatogonia, st : spermatid, sz : spermatozoa, tsi : testicular lobule, unsz : undischarged spermatozoa.
A : bar indicate 10 µm, B ~ F : bars indicate 100 µm.

들이 활발히 분열증식하였다. 난소에서 생식소 외측 피막의 두께는 약 60.0 µm 이었고, 생식상피상에는 호산성 과립세포들이 출현하였으며 생식상피를 따라 난병을 부착한 어린 난모세포들이 분포하였다. 난원세포의 난경은 약 7.7 µm 이었고, 어린 난모세포들의 난경은 약 35.0 µm 이었다. 정소에서는 생식상피를 따라

정원세포들이 줄지어 분포하였고, 소엽 내강쪽으로 정모세포들이 소수 분포하였다. 이러한 개체들은 알 낳기가 주로 2월부터 4월까지 나타났고, 수컷은 4월과 5월에 나타났다.

심장기 난소에서 생식상피는 더욱 신장되어 간중장

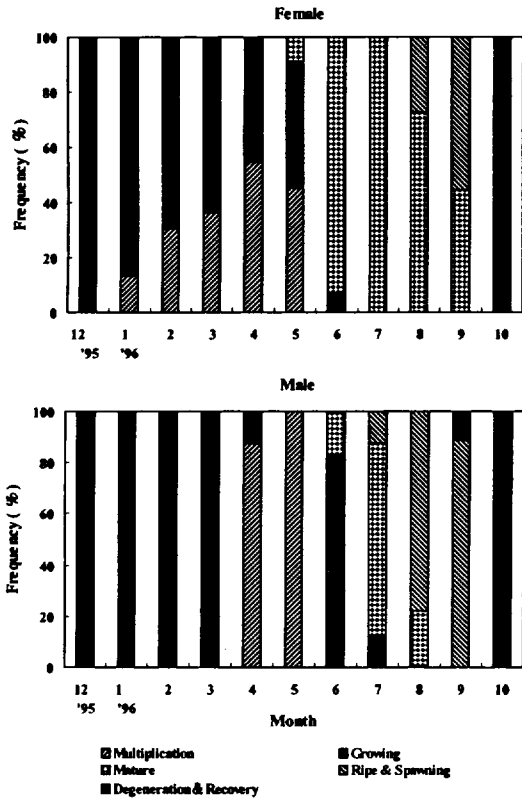


Fig. 5. Monthly composition of gonadal phases of the *L. coronata coreensis* from December, 1995 to October, 1996.

부의 섬유막과 연결되었고, 어린 난모세포는 생식상피상에 난병을 부착한채 발달해 가면서 포도송이 모양을 나타내었다. 일부 성장이 빠른 난모세포들은 난병을 잃고 난소소엽 내강쪽으로 유리되었고, 이러한 난모세포의 난경은 약 70.0 μm 였다. 이때 생식소 외측 피막의 두께는 약 21.5 μm 이고, 호산성을 띠는 어린 난모세포들의 난경은 약 20.0 μm 였다. 정소의 경우도 생식상피는 간중장부를 향해 더욱 신장되고 생식상피상에 정원세포, 정모세포, 정세포가 정소소엽 내강을 향해 층상배열을 하였다. 이러한 개체는 암컷의 경우 4월부터 6월까지 나타났고, 수컷의 경우 대부분 6월에 나타났으며 일부 개체에서는 7월에도 출현하였다.

성숙기 생식소가 성숙하여 최대로 비후되면 외관상

으로 난소는 녹색, 정소는 유백색을 나타내어 쉽게 암·수가 구별되었다. 생식소 외측 피막은 생식소가 비후되면서 약 10.0 μm 로 점점 얇아졌다. 난소 내강은 생식상피로부터 난병을 소실하고 유리된 약 155.0 μm 의 구형인 완속 난모세포들로 가득 채워졌고, 생식상피상에는 드문드문 어린 난모세포들이 관찰되었다. 이들 완속 난모세포의 세포질은 공포상의 난황물질로 충만되어 있고, 약 20.0 μm 의 젤리층으로 싸여 있다. 정소소엽 내강은 정자 무리로 가득 차 있고, 생식상피상에는 정모세포, 정세포가 분포하였다. 이러한 성숙 개체들이 나타나기 시작하는 시기는 암컷의 경우 6월부터 8월까지였고, 수컷의 경우 대부분 7월이었다.

완속 및 산란기 난소는 완속 난모세포를 싸고 있던 젤리층의 피막이 남아 방란 흔적을 보였고, 소수의 미방출된 난들이 그대로 잔존하였다. 정소는 정소소엽 내강에 충만되었던 정자가 방출되면서 빈 공간을 보였으며, 미방출된 정자들은 그대로 잔존하였다. 이러한 개체는 암·수 모두 7월부터 9월까지 나타났으며, 주로 8~9월에 출현하였다.

퇴행 및 회복기 방란 및 방정을 마친 생식소는 미방출된 난과 정자의 퇴화·흡수가 관찰되었고, 생식소 외측 피막이 다시 두꺼워지기 시작하였다. 그리고 외측 피막 기저부로부터 새로운 소엽들이 발달하면서 이들 상피위에 미분화간충직이 풍부해지고, 다시 난원세포와 정원세포들이 분열증식하였다. 이러한 개체들은 암·수 모두 9월부터 이듬해 4월까지 나타났다.

성비

1995년 12월부터 1996년 10월까지 채집된 눈알고동의 성비는 Table 1과 같다. 조사한 총 204 개체 중 암컷 125개체, 수컷 79개체로 암·수의 성비는 약 1.6 : 1.0이었다($P > 0.05$).

고찰

해산 연체동물중 대부분의 원시복족류는 단순한 생식구조, 방란, 체외수정이라는 생식양상을 가진다. 그

Table 1. Sex ratio of the turban shell, *L. coronata coreensis* from December, 1995 to October, 1996

Month	Number	Female (%)	Male (%)	Ratio
1995 Dec.	16	62.5	37.5	1.7 : 1.0
1996 Jan.	19	73.7	26.3	2.8 : 1.0
Feb.	20	65.0	35.0	1.9 : 1.0
Mar.	19	57.9	42.1	1.4 : 1.0
Apr.	19	57.9	42.1	1.4 : 1.0
May.	16	56.3	43.8	1.3 : 1.0
Jun.	20	70.0	30.0	2.3 : 1.0
Jul.	19	57.9	42.1	1.4 : 1.0
Aug.	20	55.0	45.0	1.2 : 1.0
Sep.	18	50.0	50.0	1.0 : 1.0
Oct.	18	66.7	33.3	2.0 : 1.0
Total	204	61.2	38.8	1.6 : 1.0

러나 신복족류의 *Rapana venosa* (Chung et al., 1993), *Chorus giganteus* (Jaramillo, 1991) 등은 체내 수정 종이며, 중복족류의 *Paludestrina jenkinsi* (Boycott, 1919; Sanderson, 1940), *Campeloma* sp. (Van Cleave and Altringer, 1937; Hubricht, 1943; Chamberlain, 1958), *Melanoides* sp., (Jacob, 1957) 등은 단위생식을 한다.

대부분 해산 체외수정 종들의 번식은 계절적으로 일어나며, 배우자 방출의 제1차극 요인은 수온이다 (Loosanoff, 1962; Brousseau, 1995). 연체동물의 산란 습성을 크게 3가지 유형 즉, 늦가을부터 다음해 봄 사이에 걸쳐 산란하는 동계산란종 (winter breeders), 늦봄부터 이른 가을 사이에 걸쳐 산란하는 하계산란종 (summer breeders) 및 연중 산란하는 종 (year-round breeders)으로 구분된다 (Booolootian et al., 1962). 제주도 조간대에 서식하는 보말고둥류중 구멍보말고둥, *C. argyrostoma turbinata* (Kim et al., 1996), 명주고둥, *C. xanthostigma* (Lee and Lee, 1998)은 7~8월, 보말고둥, *C. argyrostoma lischkei* (Na and Lee, 1999)는 10월에 산란하는 하계산란종이다. 이 연구에서도 눈알고둥은 수온이 상승하기 시작하는 5월부터 성숙하기 시작하여 수온이 가장 높은 8~9월에 방란, 방정이 이루어졌다. 또한 GSI의 월별변화에서도 수온이 14°C 이상 되는 5~6월에 GSI가 상승하기 시작하

여 수온이 가장 높은 8월에 최고치를 보였으며, 수온이 하강하기 시작하는 9월에 접어들어 GSI 값이 급격히 감소하여 겨울철동안 낮은 값을 유지하였다. 따라서 생식소의 조직학적 관찰과 GSI의 월별변화를 종합하여 보면 눈알고둥은 8~9월에 산란하며, 하계산란종에 속하는 것으로 나타났다.

대부분 해산복족류의 성숙 난모세포들은 젤라틴막에 둘러싸여 있으며, 체외로 직접 방란을 하지만 일부 Trochidae 종 (Lasiak, 1987)은 젤라틴어리나 리본 형태의 젤리층에 둘러싸여 산란이 이루어진다. 제주 연안에 서식하는 눈알고둥은 산란후의 생식소 조직상에서 젤라틴막이 그대로 잔존하고 있어 체외로 직접 방란이 이루어지는 것으로 생각된다.

일반적으로 해산 체외수정 종들은 배우자를 방출하면 휴지기 상태의 생식소를 가져 생식세포의 형성이 증진되나 (Loosanoff, 1962), 전복류 (Weber and Giese, 1969)나 밤고둥과의 *O. vaeiegaa*, *O. tabularis* (Lasiak, 1987) 그리고 *Austrocochlea comricta* (Underwood, 1974) 등은 방란, 방정후 휴지기를 거치지 않고 곧바로 회복기로 접어들어 새로운 생식세포들을 생식상피상에 형성한다. 이 연구에서 제주연안 조건대에 분포하는 눈알고둥의 경우 연중 생식상피상에서 초기 생식세포 형성 및 성장을 관찰할 수 있었으며, 방란·방정이 끝나고 아주 짧은 퇴행기를 거친 후 바로 생식소내 생식세포의 분열증식이 일어나고 있지만, 개체에 따른 생식소 발달양상이 다양하게 나타났다.

대수리, *Purpura clavigera*에서 K세포 (Kon et al., 1966), 성개, *Strongylocentrotus purpuratus* (Chatlymne, 1969)에서 호산성과립세포인 nutritive phagocyte, 북방대합, *Spisula sachalinensis* (Takahashi and Takano, 1970b)에서 체세포, 재첩, *Corbicula fluminea* (Kwon et al., 1987)과 소라, *Turbo cornutus* (Lee, 1983)에서 호산성과립세포들이 생식소의 성장 발달에 관여하는 일종의 영양세포로 추정되고 있다. 눈알고둥의 경우에도 생식소의 생식상피에 초기에 보이던 호산성과립세포가 생식소발달과 더불어 점차 감소하고 있는데, 이것은 난소소엽 상피에 난병을 부착시켜 생식상피를 통해 영양분을 흡수하여 난모세포의 세포질내에 난황물질이 합성되는 것으로 보인다. 그리고 생식소의 발

달에 따른 생식소를 둘러싸는 근섬유막 두께의 변화와 근섬유막 상피세포의 발달도 호산성과립세포의 출현빈도와 유사한 변화를 보여주고 있어 이에 대한 더 많은 연구가 이루어져야 할 것으로 보인다.

원시복족류는 대부분이 자용이체이며 자연집단에서의 성비는 1:1이나 연령 및 환경요인의 영향으로 종에 따라서는 성전환에 의해 성비의 차가 일어난다 (Shepherd and Laws, 1974). 소라류의 경우 오스트리아산 소라, *B. intercostalis*와 *B. torquata* (Joll, 1980), 방어진산 소라, *T. cornutus* (Lee, 1980)와 제주도산 소라, *T. cornutus* (Lee, 1983)에서 조사된 바에 의하면 성비는 1:1이며 성전환의 예는 찾아볼 수 없다. 그러나 전복류인 *Haliotis laevigata*와 *H. ruber*는 연령에 따라 성비가 다르게 나타난다 (Shepherd and Laws, 1974). 이 연구 결과, 소라과의 눈알고둥은 성체제가 자용이체이나 성비는 암컷 125개체 수컷 79개체로서 약 1.6:1.0 ($p > 0.05$)이었으나, 자용동체나 성전환이 일어나는 개체는 찾아볼 수 없다. 따라서 성비 불균형의 원인이 조건대 지역의 생태환경에 의한 원인인지, 아니면 개체 채집에서 오는 불균형인지는 앞으로 자세한 연구가 이루어져야 할 것으로 생각된다.

요 약

1995년 12월부터 1996년 10월까지 제주대학교 해양연구소 앞 조건대에서 채집한 눈알고둥, *L. coronata corensis*의 생식주기를 조사하기 위하여 생식소의 구조와 생식세포 형성과정, 생식소숙도지수를 조직학적 방법으로 조사하였다.

1. 눈알고둥의 생식소는 패각내 나선상 육질부 하단에서 꼬리돌기까지 간 장부의 표면을 덮고 있다.
2. 눈알고둥의 성체제는 자용이체이며 성비는 암컷 125개체, 수컷 79개체로서 성비는 약 1.6:1.0 이었다.
3. 초기 분열증식중인 난원세포는 약 7.7 μm 였고 난모세포는 약 70.0 μm 였으며 완숙난의 크기는 약 155.0 μm 로서 켈리층으로 덮여 있다.
4. 생식주기는 분열증식기, 성장기, 성숙기, 완숙 및 산란기 그리고 퇴행 및 회복기 등의 연속적인 주

기로 구분할 수 있었다.

5. 산란시기는 7월부터 9월까지 였으며, 주로 9월에 산란하였다.
6. GSI는 수온이 높아지는 5~6월에 상승하기 시작하여 수온이 가장 높은 8월에 암·수 모두 최고치를 나타냈다.

참고문헌

- Bieler, R. and M.G. Hadfield. 1990. Reproductive biology of the sessile gastropod *Vermicularia spirata* (Cerithioidea: Turritellidae). *J. Moll. Stud.*, 56: 205-219.
- Booolootian, R.A., A. Farmanfarmanina and A.C. Giese. 1962. On the reproductive cycle and breeding habits of two western species of *Haliotis*. *Biol. Bull.*, 122: 183-192.
- Boycott, A.E. 1919. Parthenogenesis in *Paludestrina jenkinsi*. *J. Conchol.*, 19: 54-61.
- Brousseau, D.J. 1995. Gametogenesis and spawning in intertidal oysters (*Crosostrea virginica*) from western Long Island Sound. *J. Shellfish. Res.*, 14: 483-487.
- Chatlymne, L.G. 1969. A histochemical study of oogenesis in the sea urchin, *Strongylocentrotus purpuratus*. *Biol. Bull.*, 136: 167-184.
- Chamberlain, N. 1958. Life history studies of *Campeloma decisum*. *Nautilus*, 72: 22-29.
- 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. *Korean J. Malaco.*, 9: 1-15.
- Hubricht, L. 1943. Sex ratios in *Campeloma nautilus* I. Oogenesis of the parthenogenetic species of *Melanoides* (Prosobranchia- Gastropoda). *Trans. R. Soc. Edinburgh*, 63: 341-352.
- Jacob, J. 1957. Cytological studies of Melaniidae

- with special reference to parthenogenesis and polyploidy. Trans. R. Soc. Edinburgh, 63: 341-352.
- Jaramillo, R. 1991. Female genital system of *Chorus gigantes* (Prosobranchia: Muricidae). Veliger, 34: 297-301.
- Joll, L.M. 1980. Reproductive biology of two species of Turbinidae. Aus. J. Mar. Fresh. Res., 31: 319-335.
- Kim, B.H., K.S. Choi and Y.D. Lee. 1996. Study on the reproductive cycle of the top shell, *Chlorostoma argyrostoma turbinata*. Bull. Mar. Res. Ins. Cheju Nat. Univ., 20: 9-15.
- 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., J.S. Lee and G.M. Park. 1987. The studies on the mollusca in the Lake Uiam (7). A study on the gonadal tissues demibranches of *Corbicula fluminea* (Palaeohete-rodonta: Corbiculidae). Kor. J. Lim., 20: 30-38.
- Kwon, O.K., G.M. Park and J.S. Lee. 1993. Coloured shells of Korea. Academy Publishing Co., Seoul. pp. 445.
- Lasiak, T. 1987. The reproductive cycle three trochid gastropoda from the Transei coast southern Africa. J. Moll. Stud., 53: 24-32.
- Lee, C.H. and Y.D. Lee. 1998. Reproductive cycle of the top shell, *Chlorostoma xanthostigma*. Bull. Mar. Res. Inst. Cheju Nat. Univ., 22: 47-56.
- Lee, J.H. 1980. Gametogenesis and reproductive cycle of the top shell, *Turbo cornutus* Solander. J. Korean Fish. Soc., 13: 125-134.
- Lee, J.J. 1983. Histological study on the reproductive cycle of Jeju Island's turban shell *Turbo cornutus*. Bull. Mar. Resour. Res. Inst. Cheju Nat. Univ., 7: 29-51.
- Loosanoff, V.L. 1962. Gametogenesis and spawning of the European oyster, *Ostrea edulis* in Waters Marine. Biol. Bull., 122: 86-95.
- Na, O.S. and Y.D. Lee. 1999. Reproductive cycle of the top shell, *Chlorostoma argyrostoma lischkei*. Bull. Mar. Res. Ins. Cheju Nat. Univ., 23: 51-61.
- Ross, B. and A.J. Berry. 1991. Annual and lunar reproductive cycles in *Littorina saxatilis* and differences between breeding in the marine firth of forth and the forth estuary. J. Moll. Stud., 57: 347-358.
- Sanderson, A.R. 1940. Maturation in the parthenogenic snail *Potamopyrgus jenkinsi*. Proc. Zool. Soc. London, Sect. A 110: 11-26.
- Shepherd, S.A. and H.M. Laws. 1974. Studies on Australian abalone (Genus *Haliotis*). II. reproduction of five species. Aust. J. Mar. Fresh. Res., 25: 49-62.
- Takahashi, N. and K. Takano. 1970a. Histological studies on the reproductive cycle of the surf clam, *Spisula sachalinensis* - I. Seasonal changes in the testis. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 36: 337-344.
- Takahashi, N. and K. Takano. 1970b. Histological studies on the reproductive cycle of the surf clam, *Spisula sachalinensis* - II. Seasonal changes in the ovary. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 36: 345-352.
- Underwood, A.J. 1974. The reproductive cycles and geographical distribution of some common Eastern Australian prosobranchs (Mollusca: Gastropoda). Aus. J. Mar. and Fresh. Res., 25: 63-88.
- Van Cleave, H.J. and D.A. Altringer. 1937. Studies on the life cycle of *Campeloma rufum*, a freshwater snail. Am. Nat., 71: 167-184.
- Webber, H.H. and A.C. Giese. 1969. Reproductive cycle and gametogenesis in the black abalone, *Haliotis cracheroidii* (Gastropod: Prosobranchiata). Mar. Biol., 4: 152-159.