

올타리 고둥, *Monodonta labio*의 생식주기

송 영 보 · 이 치 훈 · 나 오 수 · 이 영 돈

제주대학교 해양과환경연구소

Reproductive Cycle of Thick liped monodont, *Monodonta labio*

Young-Bo Song, Chi-Hoon Lee, Oh-Soo Na and Young-Don Lee

Marine & Environmental Research Institute, Cheju National University, Jeju-Do, 695-814, Korea

Reproductive cycle of thick liped monodont, *Monodonta labio* was investigated by the histological observation of gonads and the gonadosomatic index(GSI). The thick liped monodont were collected at the intertidal zone of Hamdeok in Jeju-do from September, 1995 to August, 1996.

Gonad of them 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 it's maximum value in September both male and female which were 0.42 and 0.47, respectively. It began to decrease from October thereafter, maintaining relatively in low value from January to March. The reproductive cycle of this species could be classified into four successive developmental stage: multiplication stage(March to April), growing stage(April to July), mature stage(August to september), spent and recovery stage(October to January). The main spawning period of *M. labio* appeared in October. The top shell, *M. labio* appeared to be gonochorism, neither sex reversal nor hermaphroditism. The sex ratio was approximately 1.0 : 1.0(P > 0.05).

Key words : *Monodonta labio*, gonadosomatic index, reproductive cycle, spawning period.

서 론

올타리고둥, *Monodonta labio*는 원시복족목 밤고둥과에 속하는 고둥류로서 조간대 상부의 바위나 자갈이 많은 곳에 주로 서식한다. 껍질은 둥글고 단단하며 직사각형 형태의 과립으로 덮여 있어 돌담을 쌓은 모양이다. 과립은 암록색이며 과립이 모여 여러 개의 나뭇을 만들고, 각구는 둥글고 축순에 이가 하나있다. 그리고 우리나라 전연안에 분포하는 것으로 알려져 있다 (Kwon et al., 1993). 고둥류의 번식생태를 밝히는 것은 조간대의 생물상 변화, 생물량 등 군집구조를 파악하기 위한 기초자료로서 중요하다.

고둥류에 관한 연구는 *Monodonta australis*, *Oxysteles variegata*, *O. tabularis*(Lasiak, 1987) 등의 생식주기, *Vermicularia spirata*(Bieler et al., 1990)의 번식생물학적 연구, *Littorina saxatilis*(Ross and Berry, 1991)의 생식주기 등이 있다. 국내에서는 전라북도 부안군에 서식하는 눈알고둥 *Lunella coronata coreensis*(Lee, 2000)의 성 성숙에 관한 연구 그리고, 피빨고둥의 생식생태(Chung et al., 1993)에 관한 연구, 제주 연안 조간대에 분포하는 구멍밤고둥, *Chlorostoma argyrostoma turbinata*(Kim et al., 1996), 명주고둥, *C. xanthostigma*(Lee and Lee, 1998), 밤고둥, *C. argyrostoma lischkei*(Na and Lee, 1999), 눈알고둥, *L. coronata coreensis*(Oh et al.

2000)의 생식주기에 관한 연구 등 일부종에 한정되어 있다.

따라서 이 연구는 제주 연안에 널리 서식하는 울타리고둥의 번식생태를 연구하기 위해 울타리고둥의 생식소속도지수의 월변화와 생식세포형성 및 생식주기에 대하여 조직학적 방법으로 조사하였다.

재료 및 방법

이 실험에 사용된 울타리고둥, *M. labio*은 1995년 9월부터 1996년 8월까지 제주대학교 해양환경연구소가 위치한 제주도 북제주군 조천읍 함덕연안 조간대에서 채집하였다(Fig. 1). 채집한 재료는 vernier calliper를 이용하여 각고, 각장을 0.01 cm까지 측정하였으며, 전중량 및 육중량은 전자저울(Sartorius, BP 3100s)을 이용하여 0.01 g까지 측정하였다.

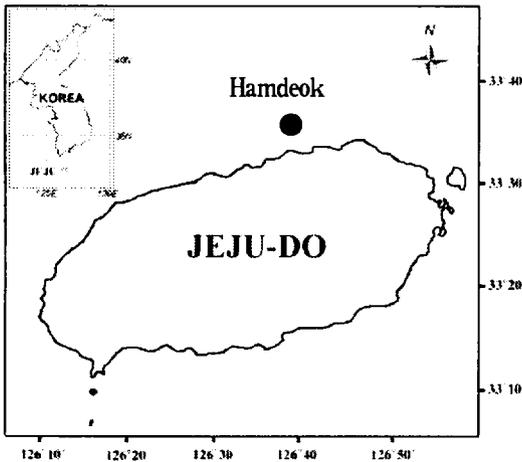


Fig. 1. A map showing sampling area in Jeju-Do.

생식소 발달과정 및 생식소속도지수(gonadosomatic index, GSI)를 조사하기 위하여 울타리고둥 몸체를 Bouin's 용액에 24시간 고정 후, 24시간 수세하였고, 소화맹낭(stomachal caecum) 아래 부위를 약 5 mm 두께로 절단하여 소편을 만든 후 70% 알콜에 재 고정하였다. 고정된 시료는 탈수 및 paraffin 유도과정을 거쳐 microtome을 이용하여 5~6 μm 두께로 절편을 제작하였고, Hansen's haematoxylin과 0.5% eosin으로

비교 염색 후 생물 현미경(Carl Zeiss, HBO5)으로 표본을 관찰하였다. 생식소속도지수(GSI)는 소화맹낭 밑부분을 절단한 단면의 직경에 대한 생식소 두께의 비율로 계산하였다. 성비분석은 χ^2 검정법으로 유의성을 검정하였다.

결 과

생식소의 구조

이 연구에 이용된 울타리고둥, *M. labio*은 자용이체로서 평균 각고 15.3 mm, 평균 각장 14.8 mm였고, 전중량이 1.26 g, 육중량이 0.44 g이었다. 생식소는 패각내 나선상 육질부 하단에서 꼬리돌기까지 간장부의 표면에 위치하였다. 생식소가 성숙하면 암컷은 짙은 녹색, 수컷은 유백색을 띠고, 방출 후에는 암컷은 연갈색, 수컷은 연황색을 나타내었다.

GSI의 월변화

소화맹낭의 밑부분을 절단한 단면 직경에 대한 생식소 두께의 비율로 산출한 GSI의 계절별 변화는 Fig. 2와 같다. 암컷은 4월부터 GSI가 0.22로 급격히 증가하기 시작하여 9월에 0.47로 최고치를 보이고 10월 이후 급격히 감소하였고, 저수온기인 1월에 0.07로 최저치를 보였다. 수컷의 경우도 암컷의 GSI 변화와 유사한 경향으로 9월에 0.42로 최고치를 보였고, 1월에 0.07로 최저치를 보였다.

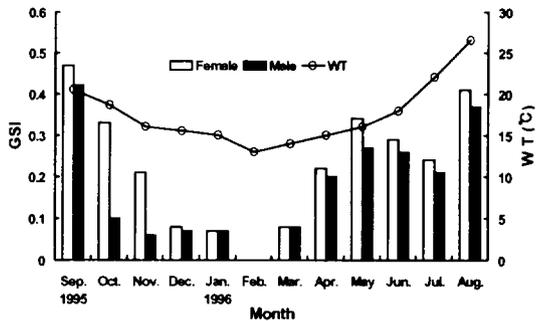


Fig. 2. Monthly changes in the mean gonadosomatic index (GSI) of *Monodonta labio* and the mean water temperature (WT).

생식세포형성

난형성 울타리고둥의 난소는 외측의 외피 근섬유막으로부터 생식상피가 기원하여 내강 쪽으로 발달하고 난소의 생식상피에서 난원세포들이 다수 분열증식한다. 난원세포는 크기가 5 μm 전후이고, 구형이며 세포의 대부분을 차지하는 크고 뚜렷한 핵을 가지고 있다. 난원세포들이 분열증식하고 있는 난소 생식상피 상에는 eosin에 염색된 호산성 과립세포들이 출현하고, 난소의 비후와 함께 생식상피가 신장하여 내측의 간 조직의 외막과 연결되어 방형을 이룬다. 그리고 난모세포들이 난병을 난소 생식상피에 부착한 채 난소 소낭 사이의 중앙 내강 쪽으로 발달해 간다. 이때

난모세포의 크기는 60 μm 내외이다(Fig. 3. A).

이후 난병을 난소 생식상피에 부착하여 발달해 가던 난모세포는 난병을 소실하고 원형으로 변화되면서 난소의 소낭 내강으로 유리된다. 이 시기에 난모세포들에게서 뚜렷한 핵과 인이 구별된다. 한편, 성장초기에 난소 생식상피 위에 나타나던 호산성 과립세포들은 소실된다. 그리고 난소 내강에는 미숙한 난모세포들과 일부 성숙에 가까운 난모세포들로 채워지기 시작한다. 난소 생식상피로부터 유리되어 내강에 위치한 난모세포들이 65~100 μm 로 성장하면서 세포질내에는 난황과립이 다수 축적되며 난소 생식상피와 생식소 외측 근섬유막은 얇아진다(Fig. 3. B).

완숙된 난모세포들은 110 μm 전후의 크기로 성장하

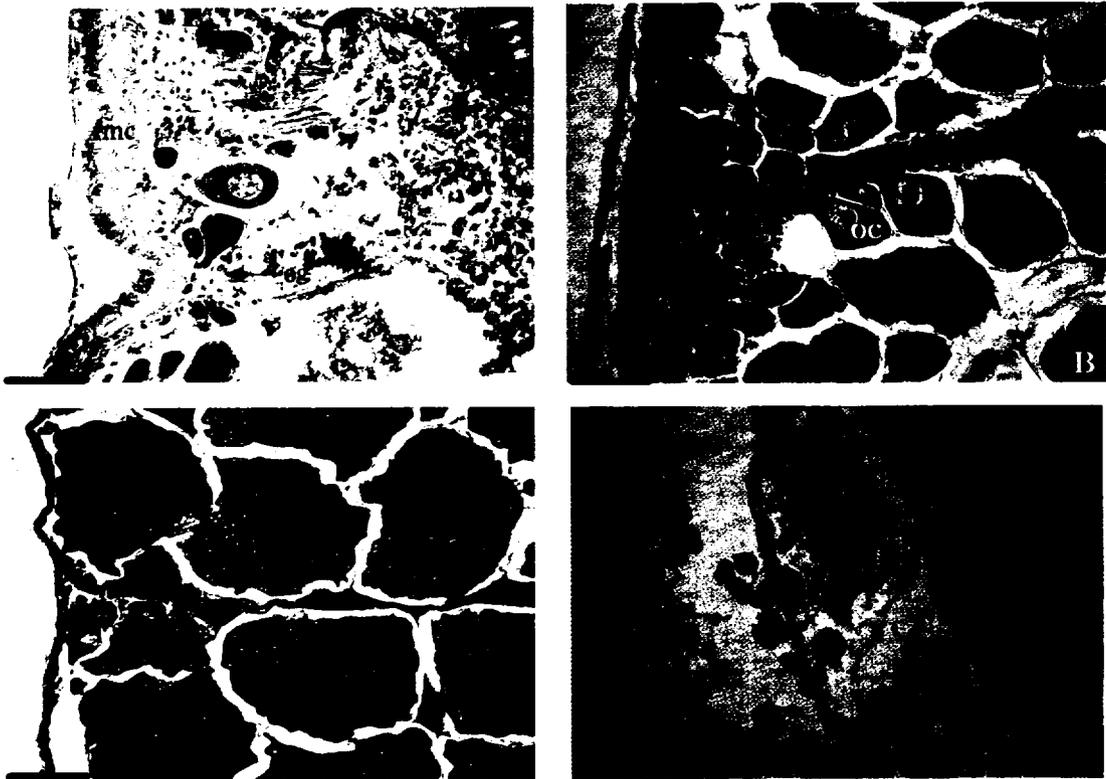


Fig. 3. Photomicrographs of gonadal development phases of female *Monodonta labio*.

A. Multiplication stage, section of ovary with multiplicative oogonia on the germinal epithelium; B. Growing stage, section of ovary with growing oocyte separated from germinal epithelium; C. Mature stage, section of ovary filled with mature oocyte; D. Spent and recovery stage, section of ovary showing degenerated oocyte in the ovarian cavity.

doc: degenerated oocyte, fmc: fibromuscular capsule, gm: gelatinus membrane, n: nucleus, oc: oocyte, og: oogonium, yg: yolk granule, scale bar = 250 μm .

며 핵이 동물극 쪽에 위치하고, 난세포질에는 공포상의 난황물질이 다수 균일하게 분포한다. 그리고 성숙란은 젤라틴성 막으로 둘러 싸여있고, 일부 미성숙 난모세포들도 생식상피에 분포한다(Fig. 3. C).

방란을 마친 난소는 젤라틴상 피막이 남아 방란 흔적을 남기고 있고, 일부 미방출된 완숙난들은 난소 내강 내에 잔존하여 퇴행된다. 이시기에 난소는 잔존난들이 퇴행되어감에 따라 급격히 수축된다. 난소 생식상피의 기부를 따라 난원세포와 어린 난모세포들이 출현하고 생식상피 조직들이 재배치되면서 소낭을 형성하여 다시 발달한다(Fig. 3. D).

정자형성 정소를 싸고 있는 외측 근섬유막으로부터

정소 생식상피가 기원하여 내측 간조직을 싸고 있는 외막으로 발달해 간다. 이들 생식상피에서 초기 정원세포들이 활발하게 분열증식 한다. 정원세포들은 세포질이 빈약하여 세포질에 비하여 뚜렷한 핵을 갖는다. 이 때 정원세포들의 크기는 5 μm 전후이고 외측 근섬유막의 두께는 35 μm 전후이다. 초기 발달중인 정소 생식상피에는 호산성 과립세포들이 출현하고 있으며 정소가 발달함에 따라 점차 감소한다(Fig. 4. A).

정소 생식상피들이 신장되어 간을 둘러싸는 외막과 연결되고, 정소 소엽의 생식상피에는 정원세포와 정모세포 그리고 정세포들이 층상배열을 한다(Fig. 4. B).

정소가 더욱 발달함에 따라 외측 근섬유막은 점차

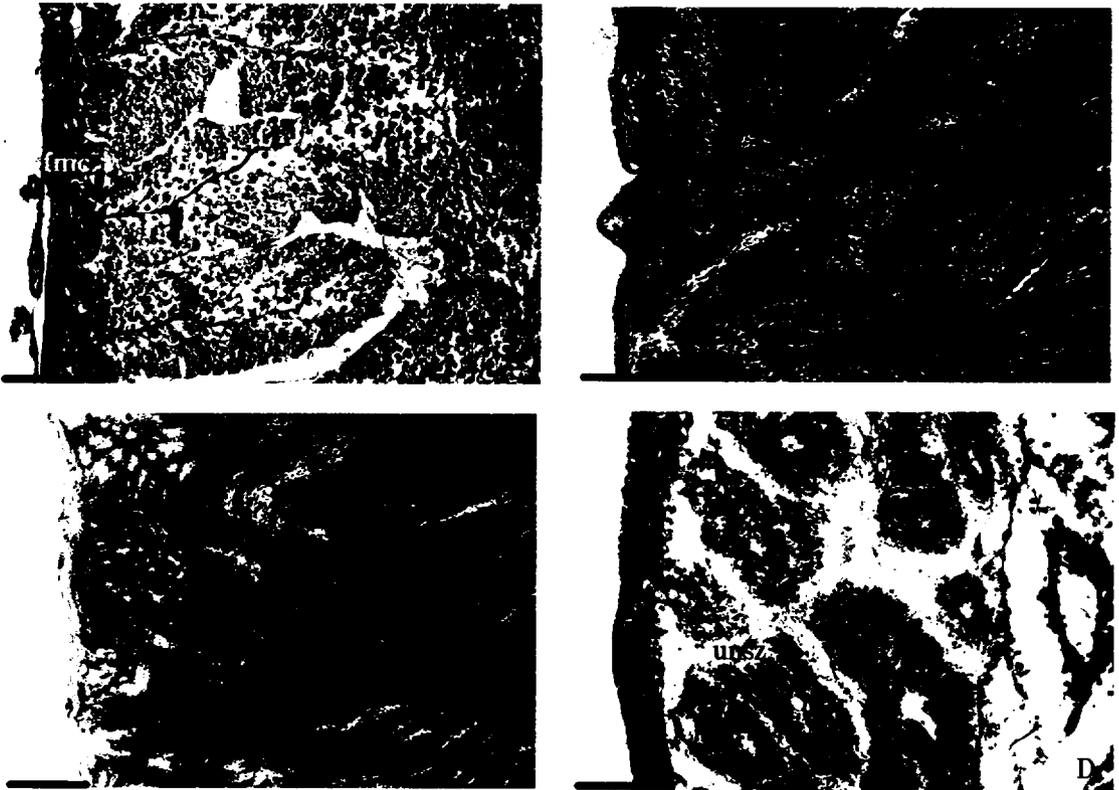


Fig. 4. Photomicrographs of gonadal development phases of male *Monodonta labio*.

A. Multiplication stage, section of testis with multiplicative spermatogonia on the germinal epithelium; B. Growing stage, section of growing testis filled with spermatocyte, spermatid, and spermatozoa in the testicular lobule; C. Mature stage, section of mature testis filled with spermatozoa; D. Spent and recovery stage, section of post-spawning testis of the undischarged spermatozoa in the testicular lobule. fmc: fibromuscular capsule, st: spermatid, sz: spermatozoa, tsl: testicular lobule, unsz: undischarged spermatozoa. scale bar = 250 μm .

얇아지면서 정소 소엽이 비후되고 소엽 내강에 변태를 마친 정자 무리가 나타난다. 이 시기의 정소는 최대로 비후되고 외측 근섬유막의 두께는 12.5 μm 전후로 얇아진다. 그리고 정자의 방출은 부분적으로 소엽 내강으로부터 일어난다(Fig. 4. C).

방정후의 정소 소엽 내강에는 상당수의 미방출 정자가 잔존하고 있다. 이시기에 정소의 외측 근섬유막은 다시 30 μm 로 두꺼워 진다(Fig. 4. D).

생식주기

월별로 조사된 난소내 난형성과정과 정소내 정자형성과정을 조직학적으로 조사한 결과를 종합하여 이들의 생식주기를 분열증식기, 성장기, 성숙기, 그리고 방출 및 회복기 등의 연속적인 주기로 구분할 수 있었다(Fig. 5).

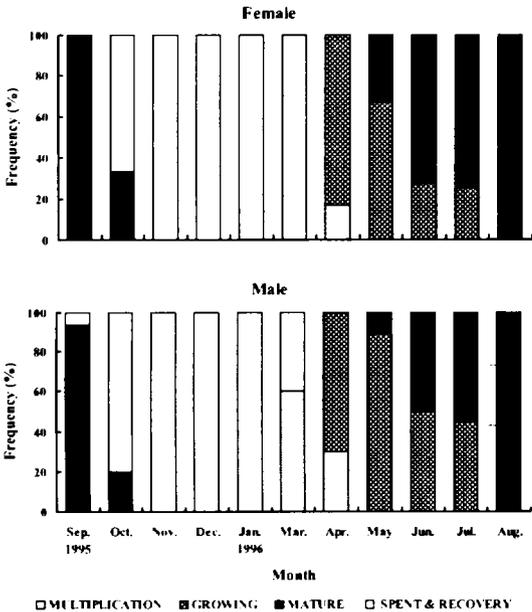


Fig. 6. Monthly composition of gonadal phases of the *Monodonta labio* from September, 1995 to August, 1996.

분열증식기 생식소의 외측 피막에서 기원한 난소 및 정소 생식상피들이 내측 간 쪽으로 발달 신장된다. 이들 생식상피 위에는 많은 생식원세포들이 분열증식한다. 이때 생식소 외측 근섬유막의 두께는 정소가

30 μm , 난소가 27 μm 전후이고 호산성 과립세포가 출현한다. 난소의 기부에는 난원세포 무리들이 분포하고 생식상피를 따라 난병을 부착한 어린 난모세포들이 위치한다. 난원세포의 난경은 약 5 μm 전후이고 어린 난모세포의 난경은 약 30 μm 전후이다. 정소에서는 정소 소엽을 따라 정원세포 무리들이 나타나고 내강쪽으로 일부의 정모세포가 출현하고 있다. 초기성장기의 개체는 암수 모두 주로 3월부터 4월까지 출현한다.

성장기 성장초기의 생식소는 난소와 정소의 생식상피가 내강쪽으로 더욱 신장되어 간 조직의 외막과 연결되며 생식소 외측 근섬유막의 두께는 정소의 경우 20 μm , 난소의 경우 17.5 μm 전후였다. 이 시기에 세포질이 호산성을 띠는 난모세포들이 생식상피상에 출현하고 있다. 일부 성장이 빠른 난모세포는 세포질에 난황이 축적되면서 난소 내강으로 유리된다. 이때 난모세포의 크기는 65~100 μm 전후이다. 정소에서는 생식상피를 따라 정원세포, 정모세포, 정세포 무리들이 순차적으로 배열되고, 정세포가 정자로 변태되기 시작한다. 이러한 발달단계의 개체는 주로 암수 모두 4월부터 7월까지 출현하고, 주로 4월과 5월에 출현한다.

성숙기 생식소가 성숙해지면서 외관상 암컷은 암청색으로 변하고 수컷은 유백색을 띠어 암컷과 수컷이 쉽게 구별된다. 생식소의 외측 근섬유막 두께는 12.5 μm 로 가장 얇게 되고, 난소 소엽 내강에는 난경이 95~125 μm 전후의 완숙난으로 가득 찬다. 핵의 크기도 증가하여 핵경은 약 30 μm 전후이다. 완숙난의 세포질은 난황과립으로 가득 차고 완숙난 주위에는 젤라틴성 물질로 싸여 있다. 정소는 정원세포들과 정모세포들이 일부 분포하고 변태중인 정세포와 변태를 마친 완숙정자들로 소엽 내강을 가득 채우고 있다. 이러한 성숙개체는 암컷과 수컷 모두 5월부터 10월까지 분포하지만, 주로 고수온 시기인 8월과 9월에 분포하였다. 일부 성숙이 빠른 개체는 부분적인 산란, 방정 흔적을 보인다.

방출 및 회복기 난소에서는 완숙난들이 방출되면서 난을 싸고 있던 젤라틴성 피막이 흔적을 남기고 미방출된 난황을 축적한 난모세포들은 퇴행되고 있다. 이러한 방출흔적을 보이는 개체는 주로 10월에 출현한

다. 생식소 외측 근섬유막의 두께는 정소는 30 μm , 난소는 27 μm 로 두꺼워 진다. 이후 난소에서는 생식상피가 재배치되면서 난원세포들이 출현한다. 정소에서는 미방출된 정자들이 퇴행되면서 흡수되고, 생식상피가 재배치되면서 정원세포가 출현한다. 이러한 개체는 주로 11월부터 1월까지 출현한다.

성 비

1995년 9월부터 1996년 10월까지 채집한 울타리고둥의 성비는 Table 1과 같다. 조사한 총 217 개체 중 암컷 109개체, 수컷 108개체로 암·수의 성비는 1:1이었다($P > 0.05$).

Table 1. Sex ratio of the *Monodonta labio* from September, 1995 to August, 1996

Month	Number	Female (%)	Male (%)	Ratio
1995. Sep.	32	50.0	50.0	1.0:1.0
Oct.	19	52.6	47.4	1.1:1.0
Nov.	16	50.0	50.0	1.0:1.0
Dec.	18	50.0	50.0	1.0:1.0
1996. Jan.	19	52.6	47.4	1.1:1.0
Mar.	19	52.6	47.4	1.1:1.0
Apr.	21	42.9	57.1	0.8:1.0
May	15	46.7	53.3	0.9:1.0
Jun.	21	57.1	42.9	1.3:1.0
Jul.	20	45.0	55.0	0.8:1.0
Aug.	17	52.9	47.4	1.1:1.0
Total	217	50.2	49.8	1.01:1.00

고 찰

해산 연체 동물의 생식소 발달과 성숙, 배우자형성 및 생식주기는 외적 환경요인과 내적요인에 의하여 조절되는 것으로 알려져 있다. 외적 환경요인으로는 수온이 가장 많이 알려져 있으며, 대부분 해산 체외수정 종들의 번식은 계절적으로 일어나며, 배우자 방출의 제1차극 요인은 수온이다(Loosanoff, 1962; Brousseau, 1995). 연체동물의 산란습성을 크게

3가지 유형 즉, 늦가을부터 다음해 봄 사이에 걸쳐 산란하는 동계산란종(winter breeders), 늦봄부터 이른 가을사이에 걸쳐 산란하는 하계산란종(summer breeders) 및 연중 산란하는 종(year-round breeders)으로 구분된다(Booolootian et al., 1962). 제주도 조건대에 서식하는 고둥류 중 구멍뱀고둥, *C. argyrostoma turbinata*(Kim et al., 1996)와 명주고둥, *C. xanthostigma*(Lee and Lee, 1998)는 7~8월, 눈알고둥, *L. coronata coreensis*(Lee, 2000; Oh et al., 2000)는 8~9월, 밤고둥, *C. argyrostoma lischkei*(Na and Lee, 1999)는 10월에 산란하는 하계산란종에 속한다. 이 연구에서 울타리고둥은 수온이 상승하면서 생식소가 성숙하며, 일부 성숙이 빠른 개체는 9월부터 산란, 방정이 일어나고, 수온이 떨어지는 10월에 대부분 산란, 방정이 이루어졌다. 그리고 GSI의 월별 변화에서도 수온이 14°C 이상 되는 4월부터 GSI가 상승하기 시작하여, 9월에 최고값을 보이는 것으로 보아 Booolootian et al.(1962)이 구분한 산란형의 범주로 보면 하계산란형에 속하는 것으로 생각된다.

대부분 해산복족류의 성숙 난모세포들은 젤라틴막에 둘러싸여 있으며, 체외로 직접 산란을 하지만, 일부 Trochidae 종(Lasiak, 1987)은 젤리덩어리나 리본형태의 젤리층에 둘러싸여 산란이 이루어진다. 이 연구에서 울타리 고둥은 산란 후 난소 조직상에 젤라틴막이 잔존하는 것으로 보아 체외로 직접 산란하는 것으로 생각된다.

체외수정을 하는 해산 고둥류들은 배우자를 방출하면 휴지기 상태의 생식소를 가져 생식세포의 형성이 중지되나(Loosanoff, 1962), 밤고둥과의 *O. vaeiegaa*, *O. tabularis*(Lasiak, 1987) 그리고 *Austrocochlea comricta*(Underwood, 1974)는 산란, 방정 후 휴지기를 거치지 않고 곧바로 회복기로 접어들어 새로운 생식세포들이 생식상피상에 형성된다. 그러나 이 연구에서 울타리고둥은 산란, 방정이 끝나고 휴지기를 거친 후 생식소내 생식세포의 분열증식이 일어난다.

성계, *Strongylocentrous purpuratus*(Chatlymne, 1969)에서 호산성과립세포인 nutritive phagocyte, 그리고 재첩, *Corbicula fluminea*(Kwon et al., 1987)과 소라, *B. cornutus*(Lee et al., 1983), 눈알고둥, *L. coronata coreensis*(Oh et al., 2000)에서 호산성과립세포들이 생식소의 성장 발달에 관여하는 일종의 영양

세포로 추정하고 있다. 올타리고동의 경우에도 초기 성장기에 있는 생식소의 생식상피에 보이는 호산성과 립세포가 생식소 발달과 더불어 점차 감소한다. 이것은 난모세포가 난소 생식상피에 난병을 부착시켜 상피를 통해 영양분을 흡수하여 세포질내에 난황물질을 합성하는 것으로 보인다. 그리고 생식소 발달에 따른 근섬유막 두께의 변화와 근섬유막 상피세포의 발달도 호산성 과립 세포의 출현 빈도와 유사한 경향을 보이고 있어 이에 대한 많은 연구가 이루어져야 할 것으로 생각된다.

원시복족류는 대부분 자용이체이며 자연집단에서의 성비는 1:1이나 연령 및 환경요인의 영향으로 종에 따라서는 성전환에 의해 성비의 차가 일어난다(Shepherd and Laws, 1974). 전복류인 *Haliotis laevigata*와 *H. ruber*는 연령에 따라 성비가 다르게 나타났고(Shepherd and Laws, 1974), 눈알고동, *L. coronata coreensis*(Oh et al., 2000)에서는 성비가 1.6:1.0 이었으나 자용동체나 성전환이 일어나는 개체는 없다고 보고하였다. 그러나 밤고동과의 명주고동, *C. xanthostigma*(Lee and Lee, 1998)과 밤고동, *C. argyrostoma lischkei*(Na and Lee, 1999)에서는 성비가 1:1이었다. 이 연구 결과, 밤고동과에 속하는 올타리고동은 자용동체나 성전환이 일어나는 개체를 찾아 볼 수 없었으며, 성비는 암컷 109개체 수컷 108개체로서 1.0:1.0($P > 0.05$)이었다.

요 약

1995년 9월부터 1996년 8월까지 제주대학교 해양과 환경연구소가 위치한 함덕연안 조간대에서 채집한 올타리고동, *M. labio*의 생식주기를 조사하기 위하여 생식소속도지수의 변화와 생식세포 형성과정을 조직학적방법으로 조사하였다.

1. 올타리고동의 생식소는 패각내 나선상 육질부 하단에서 꼬리돌기까지 간장부의 표면에 위치 하였다. 생식소가 성숙하면 암컷은 짙은 녹색, 수컷은 유백색을 띠고, 방출 후에는 암컷은 연갈색, 수컷은 연황색을 나타내었다.
2. 생식소속도지수(GSI)는 암컷과 수컷 모두 수온이

상승하는 4월부터 상승하기 시작하여 9월에 암컷 0.47, 수컷 0.42로 최고치를 보이고 이후 10월부터 급격히 감소하였다. 저수온기인 1월에 GSI는 암컷과 수컷 모두 0.07로 최저치를 보였다.

3. 생식소의 발달 단계는 분열중식기(3월~4월), 성장기(4월~7월), 성숙기(8월~9월) 그리고 방출 및 회복기(10월~1월)의 연속적인 주기로 구분 할 수 있고, 주산란 시기는 10월로 추정 된다.
4. 올타리고동, *M. labio*은 자용이체로서, 성비는 약 1:1이었다($P > 0.05$).

참고 문헌

- 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. Farmanfarmaina and A. C. Giese. 1962. On the reproductive cycle and breeding habits of two western species of *Haliotis*. *Biol. Bull.*, 122(2): 183-192.
- Brousseau, D. J., 1995. Gametogenesis and spawning in intertidal oysters(*Crosostrea virginica*) from western Long Island Sound. *J. Shellfish. Res.*, 14(2): 483-487.
- Chatlymne, L. G., 1969. A histochemical study of oogenesis in the sea urchin, *Strongylocentrotus purpuratus*. *Biol. Bull.*, 136: 167-184.
- Chung, E. Y., S. Y. Kim and Y. G. Kim. 1993. Reproductive ecology of the purple shell, *Ra-pana venosa*(Gastropoda: Muricidae), with special reference to the reproductive cycle, depositions of egg capsules and hatchings of larvae. *Korean J. Malaco.*, 9(2): 1-15.
- 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.
- 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.
- 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. 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(1): 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.
- Oh, S. R., O. S. Na, Y. D. Lee and H. B. Kim, 2000. Reproductive cycle of the turban shell, *Lunella coronata coreensis*. Bull. Mar. Res. Ins. Cheju Nat. Univ., 24: 135-144.
- 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.
- Shepherd, S. A. and H. M. Laws, 1974. Studies on Australian abalone(Genus *Haliotis*). II. reproduction of five species. Aust. J. Mar. Freshwater Res., 25: 49-62.
- Underwood, A. J., 1974. The reproductive cycles and geographical distribution of some common Eastern Australian prosobranchs(Mollusca: Gastropoda). Aus. J. of Mar. and Freshwater Reseach, 25: 63-88.