

한국 서해산 큰구슬우렁이, *Glossaulax didyma* (복족강: 구슬우렁이과) 의 번식생태

김대기, 정의영¹, 신문섭², 황규

군산대학교 대학원 수산과학과, ¹군산대학교 해양생명과학부, ²군산대학교 토목환경공학부

Reproductive Ecology of the Bladder Moon, *Glossaulax didyma* (Gastropoda: Naticidae) in Western Korea

Dae-Gi Kim, Ee-Young Chung¹, Moon-Seup Shin² and Kyu Hwang

Department of Fisheries Science, Graduate School, Kunsan National University, Gunsan 573-701, Korea

¹Department of Marine Life Development, Kunsan National University, Gunsan 573-701, Korea

²Department of Civil Engineering, Kunsan National University, Gunsan 573-701, Korea

ABSTRACT

The reproductive cycle, egg capsules in the egg-mass, first sexual maturity, and sex ratio of the bladder moon, *Glossaulax didyma* (Röding) were investigated. The gastropods collected from the intertidal zone of Biin Bay, Seocheon, Korea were studied by using histological analysis and morphometric data. The gonadosomatic index (GSI) of females and males began to increase in March and reached maximum in May. Then their values sharply decreased from late in May to August due to spawning. The condition index (CI) began to increase in February and reached maximum in May, then gradually declined in the spawning period. The CI calculated for determination of the spawning period was coincided with changes in the GSI and gonadal phases. Spawning occurred between late in May to August in females and early in May to August in males. Spawning peak was observed between July and August when the seawater temperature rose to 19 °C. Reproductive cycle with the gonadal development phases of this species can be divided into five successive stages in females and four in males: in females, early active stage (December to February), late active stage (February to March), ripe stage (April

to July), spawning stage (late May to August), and recovery stage (August to November); in males, active stage (December to March), ripe stage (March to July), copulation stage (early May to August), and recovery stage (August to January). Fully matured oocytes were approximately 250-270 µm in size. The egg-mass was a hat in shape, and a number of egg capsules were found in an egg-mass. An egg capsule was 0.53-0.57 mm in size. An embryo (veliger larva) hatched from an egg capsule. Percentage of first sexual maturity in females and males were over 50% for individuals that are 40.1-45.0 mm in shell radius, and 100% for those that are over 45.1 mm. The sex ratio of female to male was significantly different from 1:1 ($\chi^2 = 57.22$, $p < 0.05$).

Keywords: *Glossaulax didyma*, Reproductive cycle, Egg-mass, First sexual maturation, Sex ratio.

서 론

큰구슬우렁이, *Glossaulax didyma* (Röding) 는 분류학적으로 연체동물 문 (Mollusca), 복족 강 (Gastropoda), 구슬우렁이 과 (Naticidae) 에 속하는 식용 복족류로 한국, 일본, 중국 등지에 분포하고 있는데, 특히 우리나라에서는 조간대에서 수심 10 m 내외 조하대의 사니질에 서식하고 있다 (Yoo, 1976; Kwon *et al.*, 1993). 큰구슬우렁이는 이매패류나 복족류의 껍질에 구멍을 뚫어 섭식하는 육식성복족류로 굴양식장 등의 해적생물로 알려져 있다 (Yoo, 1976).

우리나라에서 큰구슬우렁이는 식용으로 이용되기 때문에 산

Received November 8, 2007; Accepted December 12, 2007

Corresponding author: Chung, Ee-Yung

Tel: +82 (63) 469-4592 e-mail: eychung@kunsan.ac.kr

1225-3480/23205

© The Malacological Society of Korea

업상 중요한 수산자원이지만 최근 서해안을 중심으로 간척사업이 일어나 이들 자원의 서식지가 날로 감소되고 있으며, 무분별한 남획으로 인해 최근 자원량이 현저히 격감되고 있어 본 종은 적절한 자원관리가 요망되는 종으로 부각되고 있다.

지금까지 큰구슬우렁이에 관해 연구, 보고된 것으로는 일본산 큰구슬우렁이에 관하여 생식 생태학적 연구 (Amio, 1963)와 분류 (Habe, 1969; Higo *et al.*, 1999)가 있으며, 우리나라에서는 생식소 발달 및 생식주기 (Chung *et al.*, 2001), 생태에 관한 분포 및 서식 (Kwon *et al.*, 2001), 보일드 통조림의 가열살균 조건에 따른 품질변화 (Lee *et al.*, 1984; Lee and Kim, 1985) 등이 연구 보고되어 있으나, 번식생태에 관한 연구는 매우 미흡한 실정이다.

자원증식을 위해서 큰구슬우렁이의 생식주기 또는 정확한 산란기를 파악하게 되면, 본 종의 연령사정과 가입시기를 추정할 수 있으며, 어획금지 시기도 설정할 수 있다. 그리고 군성속도와 성비를 파악하게 되면, 본 종의 어획금지 크기 설정시 생물자원의 관리를 위한 참고 기초 자료로 사용할 수 있어 귀중한 정보를 얻기 위해 이를 조사할 필요가 있다.

따라서 본 연구의 목적은 한국 서해산 큰구슬우렁이의 자원 증식 및 효율적인 자원관리를 위한 기초 자료를 얻기 위해 본 종의 생식소 발달단계에 따른 생식주기와 산란기, 군성속도, 성비 등 번식생태와 관련된 생물학적 기초 자료를 얻고자 조사하였다.

재료 및 방법

1. 표본 채집 및 측정

본 실험에 사용된 큰구슬우렁이는 2006년 1월부터 12월까지 1년간에 걸쳐 충청남도 서천 비인만 주변해역 조간대에서 월별로 채집하였다 (Fig. 1). 각경 35.0-75.0 mm 크기의 개체를 매월 30-50 개체씩 살아있는 상태로 채집하여 실험실로 운반하여 vernier caliper를 이용하여 각경, 각폭을 0.01 mm 까지 측정하였고, electronic balance로 중량을 0.01 g까지 측정하였다.

채집지인 충남 서천 비인만 주변해역의 월별 수온은 한국해양자료센터 (Korea Oceanographic Data Center) 의 연안 수온 측정 자료를 인용하였다.

2. 생식소중량지수 (Gonadosomatic index)

생식소중량지수 (GSI) 조사를 위해 총 432 개체를 채집하였다. 생식소 조직은 소화선과 후방돌기로부터 절단하여 적출하였다. 월별 생식소중량지수 (GSI) 조사는 아래 식에 의해 구하였다.

$$GSI = [\text{Gonad weight (g)} / \text{Total weight (g)}] \times 100$$

3. 비만도 지수 (Condition index)

총 456 개체를 대상으로 아래 공식에 의해 비만도 지수 (CI) 를 구하였다.

$$CI = (W/L^3) \times 1000$$

W: total weight (g), L: shell length (mm)

4. 생식소 발달단계에 따른 생식주기

큰구슬우렁이의 광학현미경적 영구조직표본 제작은 매월 30-40 개체씩 총 448 개체를 채집한 후, 생식소를 포함하고 있는 후방돌기 (posterior appendage) 부위를 적출하여 Bouin용액에 24 시간 고정한 후 고정된 생식소 부위를 paraffin 절편법에 의해 5-7 μm 로 연속절편을 만들었으며, 염색은 Hansen's haematoxylin과 0.5% eosin을 비교 염색하였다.

5. 군성속도

암, 수 개체들의 군성속도 조사는 번식기인 2006년 4월부터 8월까지 채집한 총 181 개체 (암컷 74 개체, 수컷 107 개체)를 대상으로 각 개체의 생식소 조직표본을 조직학적 조사방법에 의해 관찰하여 개체군의 50% 이상이 성숙하여 재생산에 가담하는 각경의 크기를 조사하였다.

6. 성비

암, 수 개체들의 성비 조사는 암수의 군성속도가 50%에 도달하는 각경 40.1 mm 이상인 개체를 대상으로 2006년 1월부터 12월까지 생식소의 조직표본을 광학현미경하에서 검경하여 암, 수의 성비를 조사하였다. 그러나 생식소가 성숙되는 시기에 암컷은 노란색, 수컷은 황갈색을 띠어 생식소의 외형적 특

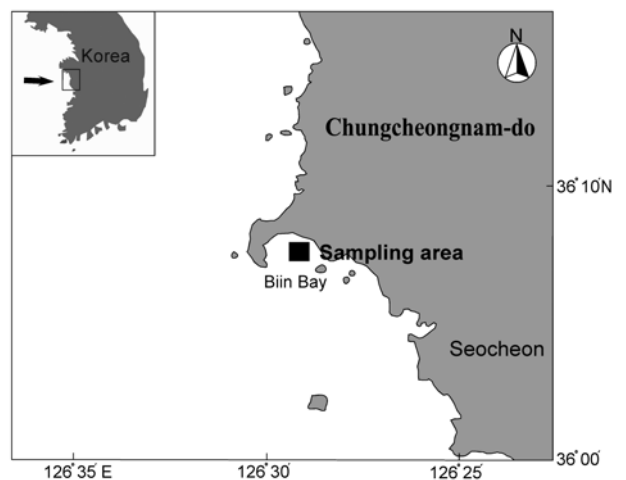


Fig. 1. Map showing the sampling area.

정으로도 구분되었다. 암컷:수컷의 성비가 1:1이라는 가설 아래 Chi-square (χ^2) test에 의해 통계분석을 실시하여 유의한 차이가 있는지를 점검하였다.

결 과

1. 생식소의 외부형태 및 위치

큰구슬우렁이, *Glossaulax didyma*는 자웅이체로서 각각의 생식소는 폐각 내의 나선상 육질부의 후반부에 위치하며 소화선 (digestive gland) 을 감싸고 있다 (Fig. 2). 생식소가 발달함으로써 소화선을 둘러싸는 그 면적과 두께가 비후되었다. 큰구슬우렁이는 자웅이체로 외형적으로 암, 수의 구조가 비슷하나 암컷은 수컷과 달리 생식기관이 촉수 근처에서 나타나지 않는 것이 특징이다. 조직학적 관찰에 의해서는 암수의 성적구별이 용이하나 생식소가 성숙되는 시기에는 생식소의 외형적 특징으로도 구분되는데, 암컷은 노란색, 수컷은 황갈색을 띠어 구분이 가능하게 된다.

2. 생식소중량지수 (GSI) 의 월별 변화

산란기를 간접적으로 추정하기 위해 생식소중량지수 (GSI) 를 조사하였다. 2006년 1월부터 12월까지 채집한 큰구슬우렁이 암, 수 GSI의 월별 변화를 측정한 결과는 Fig. 3과 같다. 암컷의 GSI 평균값은 2월부터 증가하기 시작하여 5월에 이르

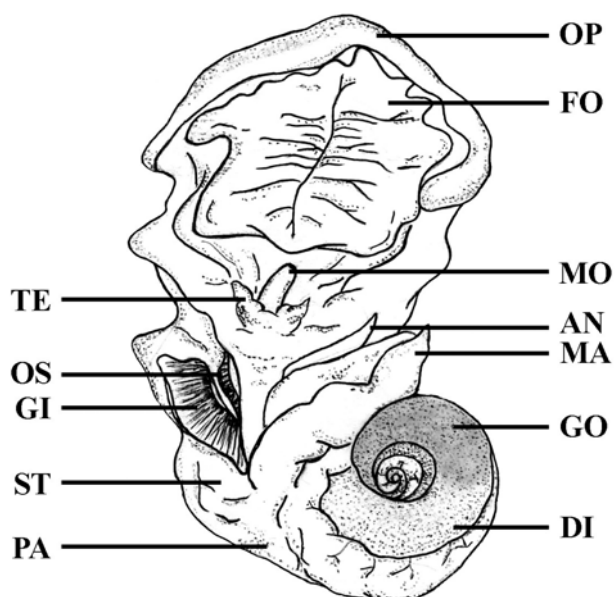


Fig. 2. Anatomy of *Glossaulax didyma* removed from its shell. Abbreviations. AN, anus; DI, digestive gland; FO, foot; GI, gill; GO, gonad; MA, mantle; MO, mouth; OP, operculum; OS, osphradium; PA, posterior appendage; ST, stomach; TE, tentacle.

러 연중 최대 (7.07) 를 이룬 후, 6-8월까지 감소하여 12월까지 점차 증가하는 경향을 보였다.

수컷의 경우도 GSI 평균값은 2월부터 서서히 증가하기 시작하여 5월에 연중 최고값 (4.19) 을 나타낸 후, 6-8월까지 감소하여 암컷과 유사한 경향을 나타내었다. GSI 값이 높은 시기는 조직학적으로 생식소가 성숙하였고, GSI 값이 급격히 감소되는 시기에는 조직학적 조사에서 산란이 일어나는 시기이었으며, 계속하여 낮은 값을 나타내는 시기는 산란 후 회복기로 GSI의 변화는 생식소 발달, 성숙, 산란과 일치하는 경향을 보였다. 따라서 암, 수 개체의 산란기는 5월 하순부터 8월로 추정되었다.

3. 비만도 지수의 (CI) 의 변화

비만도 지수 (CI) 는 생식소 발달과 중량 변화사이의 관계를 나타낸 것으로, 산란기를 간접적으로 추정하기 위해 조사한 결과는 Fig. 4와 같다. CI의 월별 변화를 보면, 암컷 CI의 경우, 평균값의 변화는 2-4월까지 서서히 증가하기 시작하여 5월에

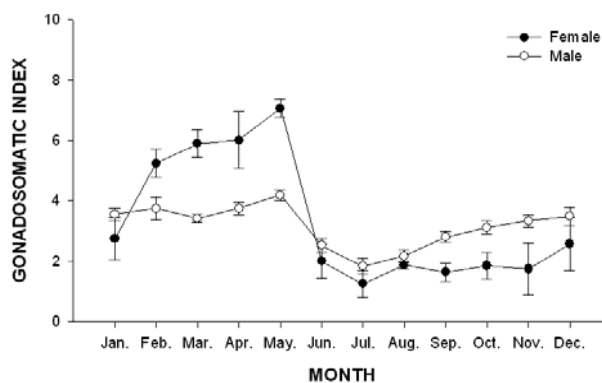


Fig. 3. Monthly changes in the gonadosomatic index of *Glossaulax didyma* from January to December 2006. Vertical bars represent standard error.

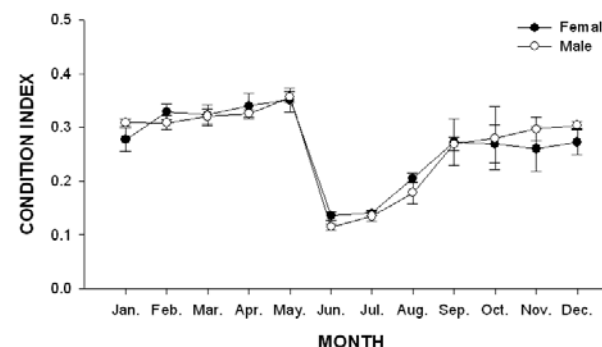


Fig. 4. Monthly changes in the condition index of *Glossaulax didyma* from January to December 2006. Vertical bars represent standard error.

연중 최고값 (0.35)을 나타낸 후, 6-8월까지 감소하다가 이후 9월부터 12월까지 다시 증가하는 경향을 보였다.

수컷 CI 평균값의 변화도 암컷과 같이, 2월에 서서히 증가하기 시작하여 5월에 최고값 (0.36) 을 나타낸 후, 6-8월까지 감소되는 경향을 보였다. 따라서 비만도 지수 값의 월별 변화는 생식소증량지수 (GSI) 의 연중 변화와 유사한 경향을 보였다. 그러므로 비만도지수의 월별 변화를 근거로 할 때, 산란기는 5월 하순부터 8월까지로 추정되었다.

4. 생식소 발달단계에 따른 생식주기

큰구슬우렁이의 생식소 발달단계에 따른 생식주기는 광학현미경 하에서 관찰된 생식세포의 형태적 특징에 따라 암컷의 경우는 초기 활성기, 후기 활성기, 완숙기, 산란기, 회복기의 연속적인 5 단계로 구분되어지며 (Fig. 5, 7), 수컷의 경우에는 활성기, 완숙기, 교미기, 회복기의 연속적인 4단계로 구분할 수 있었다 (Fig. 6, 8).

1) 난소

초기 활성기 (early active stage): 난소는 수많은 난소소엽 (oogenic follicle) 들로 이루어져 있다. 난소소엽 생식상피 (germinal epithelium) 는 비교적 두터웠다. 이 시기에 출현하는 난원세포는 난소소엽의 생식상피를 따라 출현하였고, 또한, 전난황형성 단계 난모세포도 생식상피에 부착하여 출현하였다. 출현하는 난원세포의 난경은 약 15 μm 정도이었고, 전난황형성 단계 난모세포들의 난경은 30-45 μm 정도이었다. 초기 활성기의 개체들은 수온이 비교적 낮은 12월에서 2월 사이에 출현하였다 (Fig. 7A).

후기 활성기 (late active stage): 난소소엽의 생식상피는 약간 얇아 졌으며, 난소소엽 내에는 다수의 초기 및 후기 난황형성단계 난모세포 등 (난경 90-130 μm 정도) 은 난병 (egg-stalk) 을 난소소엽 상피에 부착한 채 출현하였다. 그리고 소수의 완숙한 난모세포도 난소소엽 내강 중앙에 분포하였으며, 난경이 150-180 μm 인 발달중인 난모세포 세포질 내에는 다수의 난황과립이 출현하였다. 후기활성기의 개체들은 2월과 3월 사이에 나타났다 (Fig. 7B).

완숙기 (ripe stage): 생식소의 80% 이상을 차지하는 난소소엽은 성숙 또는 완숙란으로 가득 채워져 있으며, 소엽상피는 아주 얇아졌다. 그리고 난경이 180-220 μm 인 후기 난황형성단계 난모세포들과 난경이 250-270 μm 정도인 다각형의 완숙난모세포들이 나타났고, 난세포질 내에는 많은 성숙난황과립들이 가득 채워져 난모세포는 비대해 졌다. 완숙기의 개체들은 수온이 점차 높아지는 4월에서 7월 사이에 출현하였다 (Fig. 7C, D).

산란기 (spawning stage): 난소소엽의 내강 중앙부에 자리 잡고 있던 완숙란들은 산란되어 소엽의 중앙부는 텅 비어 나타났다. 이 시기의 난소소엽 내에는 초기 및 후기 난황형성단계 난모세포뿐만 아니라 소수의 미방출된 성숙 난모세포들이 출현하였다. 산란기의 개체들은 5월 하순부터 8월 사이에 출현하였고, 산란 성기는 수온이 19-26 $^{\circ}\text{C}$ 이상인 7-8월 이었다 (Fig. 7E). 산란은 교미가 일어난 다음 약 15일 후 산란이 일어났다.

회복기 (recovery stage): 산란을 마친 후 퇴화, 붕괴 중인 난소소엽 내에는 미방출된 잔존 난모세포들이 세포질 붕괴를 일으켜 퇴화, 흡수되었다. 그 후 소실되었던 결체조직들이 빈 공간을 다시 채우고 세포 분화가 다시 시작되어 새로 형성된

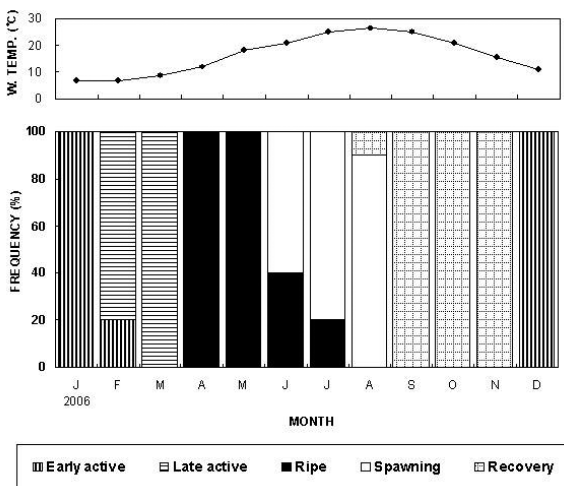


Fig. 5. Frequency of the gonad phases in female *Glossaulax didyma* and the mean seawater temperature, from January to December, 2006.

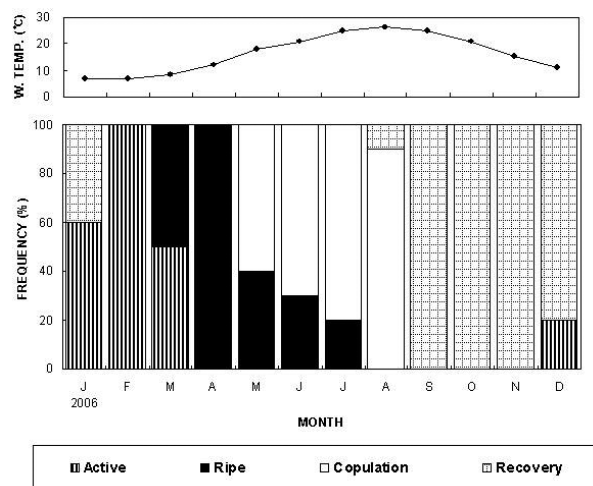


Fig. 6. Frequency of the gonadal phases in male *Glossaulax didyma* and the mean seawater temperature, from January to December, 2006.

난소소엽 상피에 소수의 난원세포들이 출현하여 잔존하였다. 회복기의 개체들은 수온이 서서히 낮아지는 8월에서 11월까지 나타났다 (Fig. 7F).

2) 정소

활성기 (active stage): 정소는 여러 개의 정소소엽 (acinus) 들로 이루어져 있다. 정원세포는 정소소엽의 생식상

피를 따라 식별되었고, 그 주변에 다수의 정모세포들이 출현하였다. 이 시기의 정원세포와 정모세포의 크기는 각각 10-11 μm , 7-9 μm 정도 이었다 (Fig. 8A). 정소소엽이 좀 더 발달되면 소엽 내강 내에는 소수의 정원세포들과 정모세포들, 정세포들 그리고 일부 변태 중인 정자들이 층상 배열되어 나타났다 (Fig. 8B). 활성기의 개체들은 비교적 수온이 낮은 1월부터 3월까지 나타났다.

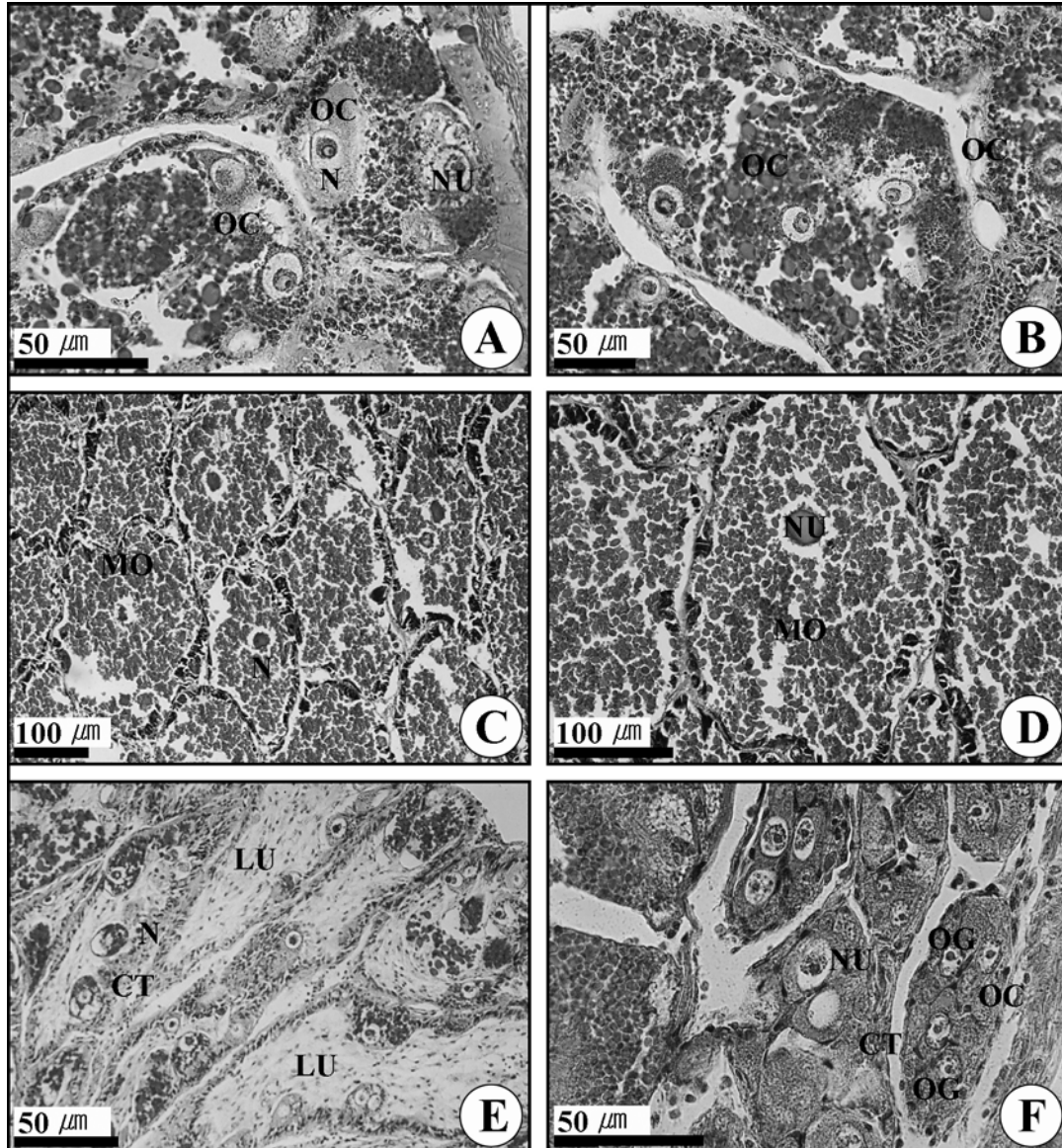


Fig. 7. Photomicrographs of the gonadal phases of female *Glossaulax didyma*. **A**, Transverse section of oogenic follicles in the early active stage; **B**, Section of lobules in the late active stage; **C**, **D**, Section of fully mature oocytes in the ripe stage; **E**, Section of ovarian lobules in the spawning stage; **F**, Section of the ovarian lobules in the recovery stage. Abbreviations: CT, connective tissue; LU, lumen; MO, mature oocyte; N, nucleus; NU, nucleolus; OC, oocyte; OG, oogonium.

완숙기 (ripe stage): 완숙 정소의 정소소엽은 극소수의 정 원세포들과 그 주변에 정모세포들, 정세포들이 층상배열을 하고 있고, 완숙정자들은 정소소엽 내강 (lumen) 의 중앙부를 가득 채워 정소소엽은 비대해졌다. 그러나 이 시기에 정소소엽 생식상피는 아주 얇아졌다 (Fig. 8C). 완숙기의 개체들은 3월 부터 7월까지 나타났다.

교미기 (copulation stage): 정소소엽의 내강 중앙부에 가득 채워져 있던 정자들이 방정되어 내강의 중앙부는 텅 비게 된다. 이 시기에 정소소엽 내에는 다수의 잔존 정모세포들과 정세포들 그리고 일부 미방정된 정자들이 출현하였으며, 소엽 내강은 위축되어 있었다 (Fig. 8D). 교미기의 개체들은 5월 초 부터 8월 사이에 출현하였고, 교미기 성기는 수온이 급격히 증

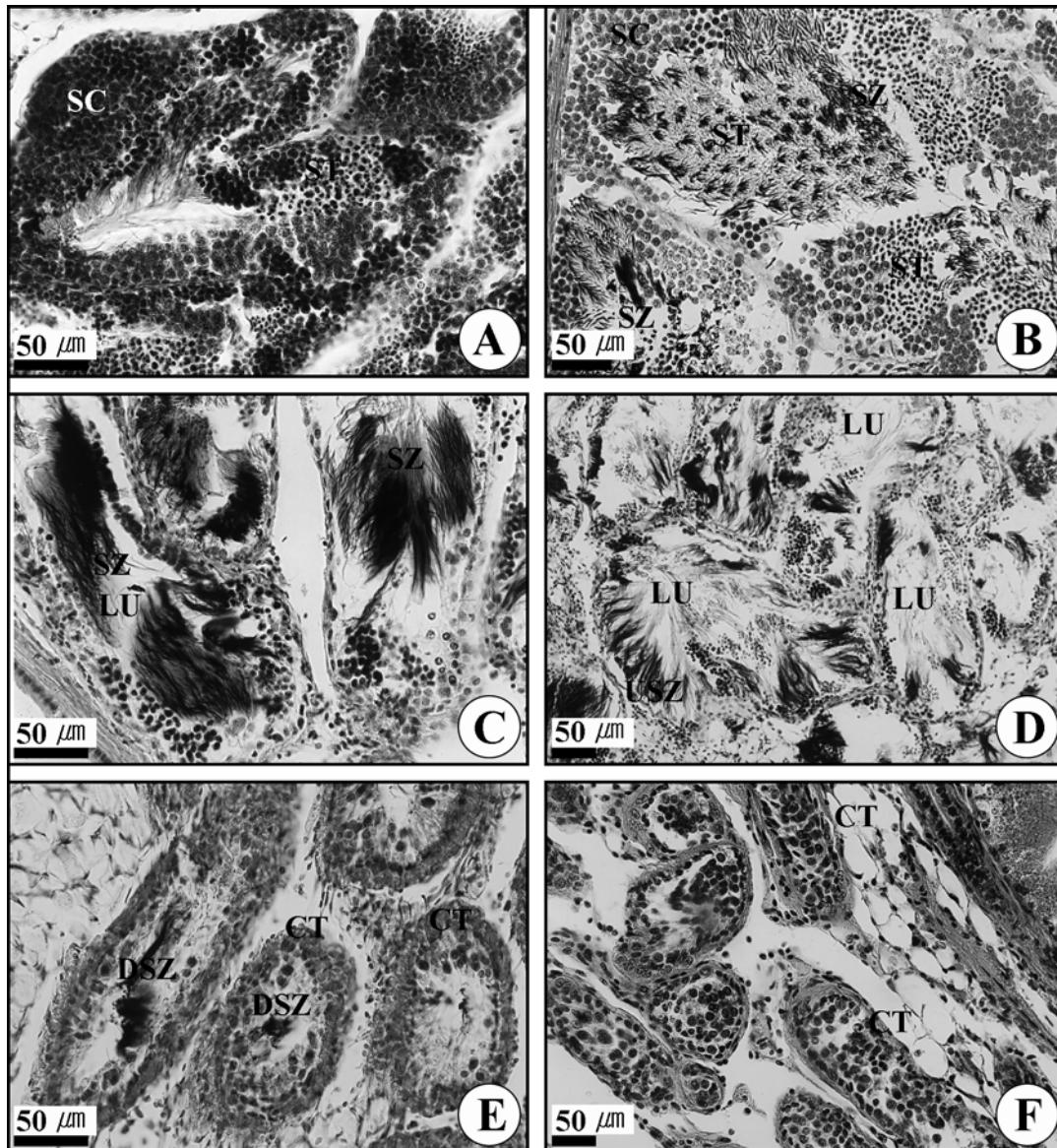


Fig. 8. Photomicrographs of the gonadal phases of male *Glossaulax didyma*. **A**, Transverse section of acini in the active stage; **B**, Numerous spermatids and a few spermatozoa during spermiogenesis in the tubules in the same stage; **C**, Section of the tubules in the ripe stage; **D**, Section of the tubules in the copulation stage; **E**, Resorption of degenerating spermatozoa and spermatocytes in the tubules in the recovery stage; **F**, Section of the testicular tubules in the recovery stage. Abbreviations: CT, connective tissues; DSZ, degenerating spermatozoon; LU, lumen; SC, spermatocyte; ST, spermatid; SZ, spermatozoon; USZ, undischarged spermatozoon.

가하는 7, 8월이었다.

회복기 (recovery stage): 방정 후 퇴화, 붕괴 중인 정소소엽 내에는 일부 잔존하는 소수의 정모세포들과 정세포들 그리고 퇴화, 붕괴 중인 정자들이 출현하였다. 그 후 정소소엽은 결체조직들로 가득 채워지고, 정소소엽 상피상에는 새로이 형성된 소수의 정원세포들이 다시 출현하여 잔존하였다(Fig. 8E, F). 회복기의 개체들은 8월부터 1월까지 나타났다.

5. 난피 (egg-mass) 내의 난낭 속 유생

큰구슬우렁이의 난피 (egg-mass) 의 조직절편을 관찰하여 본 결과, 난피는 모자 모양이었으며, 한 개의 난피 속에는 여러 층으로 이루어진 수많은 난낭을 가지는데, 한 개의 난낭 (0.53-0.57 mm) 속에는 한 개의 배 (embryo) 가 들어 있었다. 난낭 속의 배는 약 2주 (15일) 후 veliger로 부화하였다 (Fig. 9).

6. 군성숙도

성숙 및 번식기인 2006년 4-8월까지 각경 35.0-75.0 mm인 총 224 개체 (암컷 94 개체, 수컷 130 개체)를 대상으로 성숙 또는 산란하여 생식에 가담하는 개체들의 각경의 크기를 확인하기 위해 조직학적으로 군성숙도를 조사하여 Table 1에 나타내었다. 암컷의 경우, 각경 35.0-40.0 mm에서 38.4%, 각경 40.1-45.0 mm에서는 66.7%가 산란에 참여하고 있었으며, 각경 45.1 mm 이상에서는 전 개체가 산란에 참여한 것으로 판단되었다. 수컷의 경우는 각경 35.0-40.0 mm에서 44.6%, 각경 40.1-45.0 mm에서는 73.3%가 방정에 참여하고 있어 암컷보다 약간 빠르게 성성숙에 도달하고 있었으며, 전 개체가 산란에 참여하는 것은 각경 45.1 mm 이상이었다. 따라서 큰구슬우렁이 암, 수 개체 모두 군성숙도 50% 이상인 개체들의 크기는 각경 40.1-45.0 mm 이었고, 군성숙도 100%인 암수 개체들의 각경의 크기가 45.1 mm 이상으로 나타났다.

Table 1. The first sexual maturity ratio of *Glossaulax didyma* by shell radius group.

Shell radius (mm)	Female		Male	
	Number	Matured ratio (%)	Number	Matured ratio (%)
35.0-40.0	13	38.4	14	44.6
40.1-45.0	12	66.7	15	73.3
45.1-50.0	10	100.0	22	100.0
50.1-55.0	21	100.0	48	100.0
55.1-60.0	8	100.0	19	100.0
60.1-65.0	10	100.0	7	100.0
65.1-70.0	15	100.0	3	100.0
70.1-75.0	5	100.0	2	100.0
Total	94		130	

7. 성비

암, 수 개체들의 군성숙도 50% 이상이었던 각경 40.1 mm 이상인 총 453 개체 (암컷 146 개체, 수컷 307 개체)를 대상으로 조직학적 방법에 의해 조사한 성비의 결과를 Table 2에 나타내었다. 암컷:수컷의 성비가 1:1이라는 가정 아래 χ^2 로 검증한 결과 암, 수의 성비가 유의한 차를 보이므로 ($\chi^2 > 3.84, p < 0.05$), 성비 1:1의 가설성립이 이루어지지 않았다. 2006년 1월부터 12월까지 1년간의 암, 수 성비를 보면, 수컷이 암컷보다 훨씬 많이 출현하였는데 암컷은 1개월간, 수컷은 11개월간 성이 우세하게 나타났다. 그 중 2006년 2월과 6, 7월 그리고 10월에 암, 수의 성비는 유의한 차이가 없이 암컷:수컷의 성비가 1:1인 것으로 나타났다 ($\chi^2 < 3.84, p > 0.05$). 그러나 전체적으로 암, 수의 성비를 통계처리에 의해 검증한 결과 암컷:수컷의 성비는 유의한 차이를 보여 1:1이 아닌

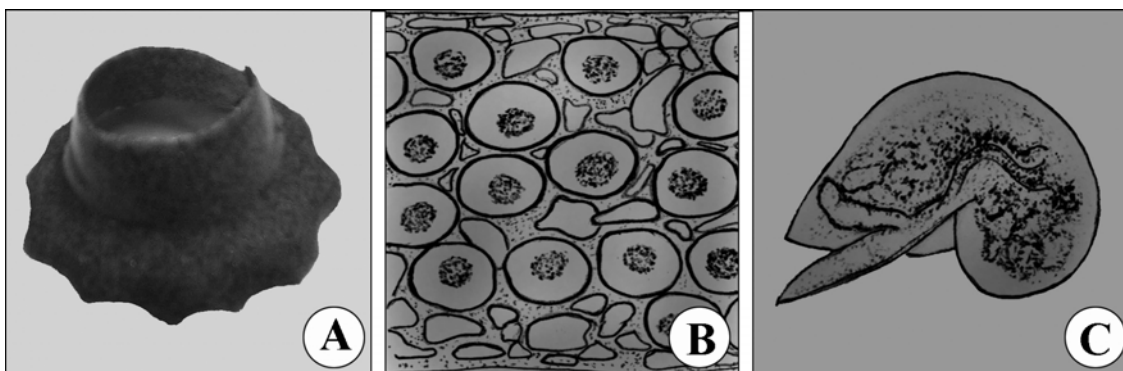


Fig. 9. *Glossaulax didyma* (Röding). A, Feature of egg-mass; B, View of vertical section of an egg-mass with embryos in egg capsules; C, A young veliger after hatching.

것을 나타냈다 ($\chi^2 = 57.22, p < 0.05$).

고 찰

연체동물의 생식소 발달 및 성숙은 일반적으로 외적요인인 수온 (Chung *et al.*, 1991, 1994) 과 먹이 이용도 (Maru, 1976; Griffiths, 1977; Chung *et al.*, 1991) 및 일조량 그리고 내적요인인 호르몬 (Booolootian *et al.*, 1962; Fretter, 1984) 등에 의해 영향을 받는다고 많은 연구자들이 보고하였다.

본 연구에서 큰구슬우렁이의 배우자형성은 5.0°C 이상의 온도에서 일어나고, 생식소가 발달하고 성숙해지는 시기는 큰구슬우렁이의 먹이생물인 이매패류의 생식소 발달시기로, 수온이 높아지고 식물플랑크톤이 매우 풍부한 4월에 시작되었다. Kim (1999) 에 의하면, 식물플랑크톤의 양은 수온이 상승하기 시작하는 4월에 증가하였고, 6월 중순에 최대치에 달하였으나 수온이 높아지는 7-8월 사이에 식물플랑크톤이 비교적 낮은 값을 보였다고 보고하였다.

일반적으로 이매패류 생식소의 성숙과 성장은 봄과 초여름에 매우 높게 나타나는데, 이것은 이 시기에 수온의 증가로 식물플랑크톤이 풍부해져 이들 이매패류가 먹이로 이용하기 때문이라고 생각된다 (Kim *et al.*, 1977; Lee, 1995; Chung *et al.*, 1994). 큰구슬우렁이의 먹이는 식물플랑크톤이 아니고 식물플랑크톤을 섭이하는 이매패류 (바지락, 백합, 동죽 등) 이므로 이 시기에 풍부한 이매패류를 섭식하여 큰구슬우렁이의 생식소가 발달, 성숙하게 된다. 따라서 큰구슬우렁이의 생식소

발달과 성숙은 수온뿐만 아니라 먹이 이용도 (food availability) 와 아주 밀접한 관계를 가지는 것으로 사료된다.

Booolootian *et al.* (1962)에 의하면, 대부분의 해양 연체동물들은 각기 고유의 번식습성을 나타내고 있는데 이들의 생식은 계절적 변동에 따라 변화한다고 하였다. Amio (1963) 는 일반적으로 대부분의 해양 복족류 종은 하계 (19°C 이상) 에 산란이 일어나며, 예외적으로 몇몇 종은 동계 (19°C 이하) 에 산란이 일어난다고 보고하였다. 7 종의 복족류의 산란기를 비교하여 Table 3에 나타내었다. 조직학적 연구, 한국산 큰구슬우렁이의 산란은 5월 하순부터 8월 말까지 일어났으며, 일본산 큰구슬우렁이 및 다른 복족류의 경우도 산란수온이 19°C 이상 일 때 일어나고 있어 본 연구 결과는 앞서 언급한 Amio (1963) 의 조사결과와 일치하고 있음을 알 수 있다.

본 종의 산란기를 밝히기 위해 조직학적 조사를 한 결과, 한국 서해산 큰구슬우렁이의 산란은 5월 하순에서 8월까지 일어난다. Amio (1963) 는 큰구슬우렁이와 동명인 일본산 큰구슬우렁이, *Neverita didyma* (Habe, 1969; Higo *et al.*, 1999)는 Ariake Sea에서 5월에서 9월까지 산란 한다고 보고되어 있어 산란의 시작과 종료는 지리적으로 위도에 따라 조금씩 차이가 나고 있는 것을 알 수 있는데, 이것은 일본의 Ariake 해역의 위도가 우리나라보다 좀 더 낮아 산란 호적수온이 일찍 이루어져 좀 더 이른 시기에 산란이 시작되었으며, 산란종료도 호적 수온이 좀 더 늦게까지 일어나 산란기간이 좀 더 길어진 것으로 사료된다. 본 연구결과는 Amio (1963) 의 결과와 유사하였고, Booolootian *et al.* (1962)의 해양 복족류

Table 2. Monthly variations in sex ratios of the adult *Glossaulax didyma*.

Data	Female	Male	Total (ind.)	Sex ratio (F/F+M)	χ^2
Jan. 2006	8	29	37	0.22	11.92
Feb. 2006	18	24	42	0.43	0.86
Mar. 2006	6	34	40	0.15	19.60
Apr. 2006	6	28	34	0.18	14.24
May. 2006	11	27	38	0.29	6.74
Jun. 2006	12	18	30	0.40	1.20
Jul. 2006	14	19	33	0.42	0.76
Aug. 2006	31	9	40	0.78	12.10
Sep. 2006	10	25	35	0.29	6.43
Oct. 2006	17	27	44	0.39	2.27
Nov. 2006	5	33	38	0.13	20.61
Dec. 2006	8	21	42	0.19	16.10
Total	146	307	453	0.32	57.22

The critical value for χ^2 goodness of fit test of equal numbers of females and males at 95% significance was 3.84.

번식시기에 준거하여 분류하면 본 종은 하계산란자에 속한다. 이 두 지역의 산란 기간에 약간의 불일치는 위도에 따른 수온의 지리적 차이와 관련이 있는 것으로 사료된다 (Chung *et al.*, 1993).

한국 서해산 큰구슬우렁이의 조직학적 연구결과, 수컷과 암컷 사이의 상호작용에 의한 교미는 5월 초부터 나타났다. 대부분의 난소소엽은 완숙기에 다수의 성숙난모세포와 완숙란으로 가득 채워지게 된다. 5월 초부터 교미에 의해 난소 내로 다수의 정자가 들어간 후, 완숙난모세포가 됨으로써 pH의 변화가 일어나 정자와 난모세포가 수정되게 된다. 암컷의 산란기는 5월 하순에서 8월까지, 수컷은 5월 초에서 8월까지로 나타났으며, 암컷의 산란은 교미를 한 다음 약 15일에서 1개월 후에 일어났다. 따라서 암컷이 산란하기 전 보다 약 15일에서 1개월 먼저 교미가 일어나고 있는 것으로 추정되었다.

한국 서해산 큰구슬우렁이의 한 개의 난피 내에는 다수의 난낭이 관찰되었는데, 한 개의 난낭의 크기는 0.53-0.57 mm 정도 이었다. 한 개의 난낭 속에는 한 개의 배가 성장하는 것을 관찰할 수 있었으며, 난낭 속의 유생은 2주 (15일) 후 veliger로 부화하였다. 일본산 큰구슬우렁이는 난낭의 크기가 0.52-0.58 mm 이고, 한 개의 난낭 속에는 1-3 개의 배 (embryo) 가 들어 있으며, 난낭 속의 유생은 15일 후 veliger 유생으로 부화하였다고 보고되어 있다 (Amio, 1963). 따라서 한국 서해산 큰구슬우렁이와 일본산 큰구슬우렁이의 난낭 속 유생 수에 약간의 차이가 나타난 것을 제외하면 거의 일치하였다.

큰구슬우렁이의 군성속도는 연령과 크기 (각경) 의 기능으로서 나타낼 수 있으며, 연령 또는 각경은 하나의 지표로서 편리하게 사용될 수 있다. 군성속도 조사에서 각경 40.1-45.0 mm 인 암, 수의 개체들은 각각 군성속도 66.7%와 73.3%를 나타내어 군성속도 50% 이상이었으며, 각경 45.1 mm 이상인 암, 수의 개체들은 군성속도 100%이었다. 자연계에서는 군성속도 100%에 속하는 크기와 연령일지라도 모두 산란, 재생산에 가담하는 것은 아니지만, 본 실험 결과에서는 성숙 및 재생산에 가담할 수 있는 크기는 각경 45.1 mm 이상으로 추정되었다. 따라서 각경 40.1 mm 미만인 개체를 무분별하게 어획할 경우, 가입량이 급감되어 자원량이 급격하게 감소될 것으로 사료된다.

요 약

충청남도 서천군 비인만 앞바다 조간대에서 채집된 큰구슬우렁이, *Glossaulax didyma*를 대상으로 생식소발달단계에 따른 생식주기, 난피 내의 난낭, 그리고 군성속도와 성비 등을 조직학적 관찰과 형태측정 자료에 의해 조사하였다. 생식소중량지수 (GSI) 암, 수의 월별 변화는 암컷의 경우, 2월부터 증

가하기 시작하여 5월에 최대값을 이룬 후, 6월부터 8월까지 감소하였다. 수컷의 경우도 5월에 최고값을 나타낸 후, 6월부터 8월까지 감소하여 암컷과 유사한 경향을 보였다. 따라서 암, 수 개체의 산란기는 5월 하순-8월로 추정되었다. 비만도 지수 (CI) 의 월별 변화는 암컷의 경우, 2월부터 4월까지 서서히 증가하기 시작하여 5월에 최대값을 나타낸 후, 6월부터 8월까지 감소하였다. 그리고 9월부터 12월까지 다시 증가하는 경향을 보였다. 수컷의 경우도 암컷과 같이 2월에 서서히 증가하기 시작하여 5월에 최고값을 나타낸 후, 6-8월까지 감소하였다. 따라서 비만도 지수에 의해 산란기를 판정하여 볼 때, 5월 하순-8월로 추정되었다. 산란기는 암컷의 경우, 5월 하순-8월 말 사이이었고, 수컷은 5월 초-8월 말까지 이었으며, 주산란은 수온이 19℃ 이상인 7-8월에 일어났다. 생식주기는 암컷의 경우, 초기 활성기 (12-2월), 후기활성기 (2-3월), 완숙기 (4-7월), 산란기 (5월 하순-8월), 회복기 (8-11월)의 연속적인 5단계로 구분되었고, 수컷의 경우는 활성기 (12-3월), 완숙기 (3-7월), 교미기 (5월 초-8월), 회복기 (8-1월) 의 연속적인 4단계로 구분되었다. 완숙난모세포의 크기는 직경이 250-270 μ m이었다. 난피는 모자 모양이었고, 한 개의 난피 속에서 수많은 난낭 (0.53-0.57 mm) 들이 발견되었다. 한 개의 난낭에서 한 개의 배 (veliger 유생) 가 부화되었다. 큰구슬우렁이의 군성속도는 각경 40.1-45.0 mm인 암, 수 개체 모두 군성속도(%) 50% 이상이었고, 각경 45.1 mm 이상의 개체는 군성속도가 100%였다. 암, 수의 성비는 1:1이 아닌 것으로 확인되었다 ($\chi^2 = 57.22$, $p < 0.05$).

감사의 말씀

이 논문은 군산대학교 수산과학연구소 학술연구 지원자금 (2007년도)의 일부에 의해 연구된 것입니다.

REFERENCES

- Amio, M. (1963) A comparative embryology of marine gastropods, with ecological considerations. *Bulletin of Shimonoseki University of Fisheries*, **12**(2,3): 229-358.
- Booolootian, R.A., Farmanfarmaina, A. and Giese, A.C. (1962) On the reproductive cycle and breeding habits of two western species of *Haliotis*. *Biological Bulletin*, **122**: 183-192.
- Chung, E.Y., Kim, S.Y. and Kim Y.G. (1993) *Rapana venosa* (Gastropoda: Muricidae), with special reference to the reproductive cycle, depositions of egg capsules and hatchings of larvae. *Korean Journal of Malacology*, **9**: 1-15.
- Chung, E.Y., Lee, T.Y. and An, C.M. (1991) Sexual maturation of the venus clam, *Cyclina sinensis*, on the west coast of Korea. *Journal of Medical and Applied Malacology*, **3**: 125-136.

- Chung E.Y., Ryou, D.K. and Lee, J.H. (1994) Gonadal development, age and growth of the shortnecked clam, *Ruditapes philippinarum* (Pelecypoda: Venerida), on the coast of Kimje, Korea. *Korean Journal of Malacology*, **10**: 38-54 [in Korean]
- Chung, E.Y., An, C.M. and Kim, J.Y. (2001) Gonadal development and the reproductive cycle of the bladder moon, *Glossaulax didyma* (Mesogastropoda: Naticidae), on the west coast of Korea. *Yellow Sea*, **7**: 75-83.
- Fretter, V. (1984) Prosobranchs. *In*: The Mollusca, Vol. 7. (ed. by Tompa, A.S., Verdonk, N.H. and van den Biggelaar, J.A.M.) pp. 1-45. Academic Press, New York.
- Griffiths, R.J. (1977) Reproductive cycles in littoral populations of *Chloromytilus meridionalis* (Kr.) and *Aulocmya ater* (Molina) with a quantitative assessment of gamete production in the former. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, **30**: 53-71.
- Habe, T. (1969) A nomenclatorial note on *Glossaulax didyma* (Röding). *Venus*, **28**: 109-111.
- Higo, S.I., Callomon, P. and Goto, Y. (1999) Catalogue and Bibliography of the Marine Shell-bearing Mollusca of Japan. 215 pp. Elle Scientific Publications, Osaka.
- Kim, J.Y. (1999) Seasonal variation of the primary productivity in the vicinity of Chulpo Sea area. *Fisheries Science Research, Kunsan National University*, **14**: 117-122. [in Korean]
- Kim, B.A., Kim, B.K. and Kim, S.U. (1977) Studies on the growth of hard clam, *Meretrix lusoria* (Röding). *Bulletin of Fisheries Research and Development Agency*, **17**: 77-85.
- Kwon, O.K., Park, G.M. and Lee, J.S. (1993) Coloured Shells of Korea. 285 pp. Academy Publishing Co., Seoul. [in Korean]
- Kwon, O.K., Min, D.K., Lee, J.S., Je, J.G. and Choe, B.L. (2001) Korean Molluscs with Color Illustration. p. 107. Min Shell House, Seoul. [in Korean]
- Lee, Y.H. (1995) Growth and maturation of shortnecked clams, *Ruditapes philippinarum* by different seeding production areas. Master's thesis, National Fisheries University of Pusan, Busan. 51 pp.
- Lee, G.W. and Kim, G.B. (1985) Heated sterilization condition for canned *Neverita didyma*. *Bulletin of Fishery Science Institute, Kunsan Fisheries Junior College*, **1**: 37-45. [in Korean]
- Lee, K.W., Ryu, H.S. and Joo, H.K. (1984) Changes in quality of boiled *Neverita didyma* as a function of autoclaving conditions. *Journal of Korean Society Food Nutrition*, **13**: 231-237.
- Maru, K. (1976) Studies on the reproduction of a scallop, *Patinopecten yessoensis* (Jay) - 1. Reproductive cycle of the cultured scallop. *Science Reports Hokkaido Fishery Experiment Station*, **18**: 9-26.
- Yoo, J.S. (1976) Korean Shells in Colour. 196 pp. Ilgisa, Seoul. [in Korean]