

한국 서해안 큰구슬우렁이, *Glossaulax didyma*의 난자형성과정 및 생식주기

김대기, 정의영¹, 김은종

군산대학교 대학원 수산과학과, ¹군산대학교 해양생명과학부

Oogenesis and Reproductive Cycle of *Glossaulax didyma* on the West Coast of Korea

Dae-Gi Kim, Ee-Young Chung¹ and Eun-Jong Kim

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

ABSTRACT

Gonadosomatic index (GSI), oogenesis and reproductive cycle of *Glossaulax didyma* were investigated by the cytological histological observations and morphometric data. Samples were collected monthly from the intertidal zone of Biin Bay, Seocheon, Korea, for one year. Monthly variations in the GSI showed similar patterns with gonadal development. In the early vitellogenic oocyte, the Golgi complex and mitochondria were involved in the formation of lipid droplet and yolk precursor. In the late vitellogenic oocytes, the rough endoplasmic reticulum and multivesicular bodies were involved in the formation of proteid yolk granules in the cytoplasm. A mature yolk granule was composed of three components: main body (central core), superficial layer, and the limiting membrane. The spawning season was from early June to late August, and the main spawning occurred between July and August when the seawater temperature was above 19°C. The female reproductive cycle can be classified into five successive stages: early active stage (December to February), late active stage (February to March), ripe stage (April to July), spawning stage (June to August),

recovery stage (August to November). Fully mature oocytes were approximately 250-270 µm in diameter.

Keywords: *Glossaulax didyma*, Oogenesis, Reproductive cycle.

서 론

큰구슬우렁이, *Glossaulax didyma*는 구슬우렁이과 (Naicidae) 에 속하는 식용 복족류로 한국, 일본, 중국 등지에 분포하고 있는데, 특히 우리나라에서는 조간대에서 수심 10 m 내외의 조하대 사니질에 서식하고 있다 (Yoo, 1976; Kwon *et al.*, 1993).

우리나라에서 큰구슬우렁이는 산업상 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 요청되는 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 보고되어 있고, 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 본 종의 생식생물학의 기초연구인 생식기구에 관한 연구는 찾아볼 수 없었다. 자원증식을 위해서는 생식기구를 조사하여야 하는데 이를 위해서는 우선 난자형성과정 중 생식세포 발달에 따른 난황형성 및 분화과정을 전자현미경

Received April 6, 2006; Accepted May 27, 2006

Corresponding author: Chung, Ee-Yung

Tel: +82 (63) 469-4592 e-mail: eychung@ks.kunsan.ac.kr
1225-3480/22102

© The Malacological Society of Korea

에 의해 상세하게 밝힐 필요가 있다. 그리고 본 종의 생식주기를 알게 되면 정확한 산란기, 연령사정 그리고 가입시기를 추정할 수 있고 어획금지시기도 설정할 수 있어 생물자원의 관리를 위한 귀중한 정보를 얻을 수 있어 이를 조사할 필요가 있다.

따라서 본 연구의 목적은 서해산 큰구슬우렁이의 자원증식 및 효율적인 자원관리를 위한 기초 자료로서, 암컷의 난자형성 과정 중 난황형성을 조사하였고, 정확한 산란기를 밝히기 위해 생식주기를 조사하였다.

재료 및 방법

1. 표본 채집 및 측정

큰구슬우렁이는 2005년 1월부터 12월까지 1년간에 걸쳐 충청남도 서천 비인만 주변해역 조간대에서 월별로 채집하였다 (Fig. 1). 채집된 재료 중 각경 6.10-7.16 cm 크기의 개체를 무작위로 30-40 개체씩 추출하여 난형성과정 중 난황형성과정과 생식주기를 세포 조직학적으로 조사하였다. 채집된 큰구슬우렁이는 살아있는 상태로 실험실로 운반하여 각경, 각폭을 Vernier caliper를 이용하여 0.1 cm까지 측정하였고, 전자저울로 중량을 0.01 g까지 측정하였다.

2. 생식소중량지수 (Gonadosomatic index)

본 연구를 위해 총 478 개체를 사용하였다. 생식소 조직은 소화선과 후방돌기로부터 절단하여 적출하였다. 월별 생식소중량지수 (GSI) 변화 조사는 아래와 같은 식에 의해 구하였다. 생식소중량지수 (GSI) = 생식소 무게 (g) × 100 / 생식소와 소화선을 포함하는 육질부 중량 (g)

3. 생식세포 분화과정의 전자현미경적 조사

큰구슬우렁이의 난형성과정 중 난황형성과정을 전자현미경적

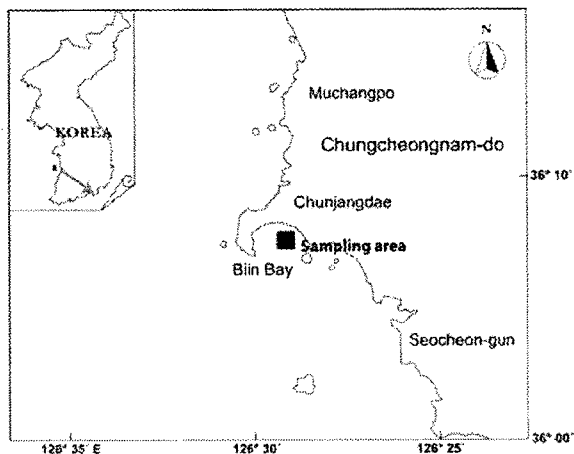


Fig. 1. Map showing the sampling area.

관찰에 의해 조사하기 위하여 생식소의 일부를 채취하여 4℃에서 2시간 동안 2.5% paraformaldehyde-glutaraldehyde (0.1 M phosphate buffer (pH 7.4)) 용액에 전고정 (per-fixation) 한 후, 4℃에서 1시간 동안 1% osmium tetroxide (0.2 M phosphate buffer solution (pH 7.4)) 용액에 후고정 (post-fixation) 하였다. 탈수과정을 거쳐 uranylacetate와 lead citrate 용액에 이중 염색하여 JEM 100CX-2 (80 kV) 전자현미경으로 관찰하였다.

4. 생식소 발달단계에 따른 생식주기

큰구슬우렁이의 조직학적 영구표본을 제작하기 위해 생식소를 포함하고 있는 후방돌기 (posterior appendage) 부위를 적출하여 Bouin 용액에 24시간 고정하였다. 고정된 생식소 부위는 paraffin 절편법에 의해 5-7 μm 두께로 연속절편을 만든 후, Mayer's haematoxylin과 0.5% eosin을 비교 염색하였다.

결 과

1. 생식소의 외부형태 및 위치

큰구슬우렁이는 자웅이체로서 각각의 생식소는 패각 내의 나선상 육질부의 후반부에 위치하며 소화선 (digestive gland) 을 감싸고 있었다 (Fig. 2). 생식소가 발달함으로써 소화선을 둘러싸는 그 면적과 두께가 비후되었다. 큰구슬우렁이는 자웅이체형으로 외형적으로 암, 수의 구조가 비슷하나 수컷과 달리 genital organ이 촉수 근처에서 나타나지 않는 것이 특징이

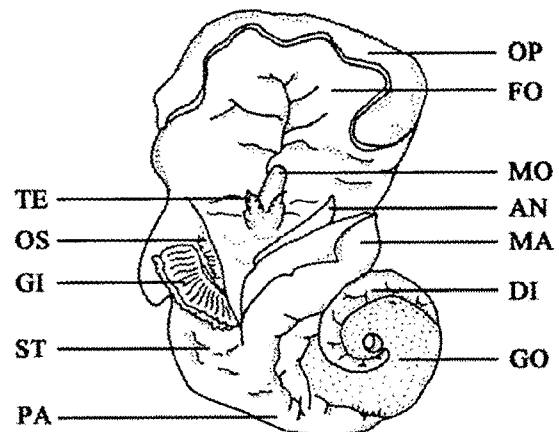


Fig. 2. Anatomy of *Glossaulax didyma* removed from its shell.

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.

다. 조직학적 관찰에 의해서는 암, 수의 성적 구별이 용이하나 생식소가 성숙되는 시기에는 생식소의 외형적 특징으로도 구분되는데, 암컷은 노란색, 수컷은 황갈색을 띠어 구분이 가능하게 된다.

2. 생식소중량지수 (GSI) 의 월별 변화

2005년 1월부터 12월까지 채집한 큰구슬우렁이 암컷 GSI 의 월별 변화를 중량에 의해 측정된 결과는 Fig. 3과 같다. GSI 값은 일반적으로 12월부터 서서히 증가하여 5월 (5.32) 에 최대를 이룬 후, 산란이 일어나기 시작하는 6월 초순부터 급격한 감소를 보였다. 그 후 11월 (1.64) 에 최소값을 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.

3. 생식세포 분화과정의 전자현미경적 관찰

1) 난자형성과정 (oogenesis)

전자현미경으로 관찰한 큰구슬우렁이의 생식세포 발달 및 형태적 특징을 근거로 난형성과정은 난원세포 단계, 전난황형성 단계, 난황형성 단계, 성숙 단계의 4 단계로 나누었으며, 난황형성단계는 편의상 초기 난황형성 단계와 후기난황형성 단계로 다시 나누었다.

난원세포단계 (oogonial phase): 난원세포 단계의 난원세포는 모양이 작은 타원형 (난경은 15 μm) 이었고, 한 개 또는 여러 개가 생식상피에서 출현하였다. 난원세포는 큰 핵을 가지며 핵 내에 크로마틴이 분산되어 나타났다. 난원세포 세포질 내에는 여러 개의 미토콘드리아와 작은 소포들이 관찰될 뿐 세

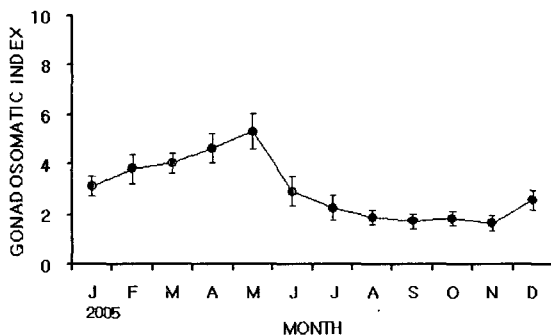


Fig. 3. Monthly changes in gonadosomatic index of *Glossaulax didyma* from January to December, 2005. Vertical bars represent standard error.

포질 발달은 미약하였다 (Fig. 4A).

전난황형성단계 (previtellogenic phase): 난모세포의 모양은 타원형이며, 크기는 난경이 25-90 μm 이었다. 난모세포의 핵 내에는 뚜렷한 한 개의 인을 가지며 세포질 내에는 골지체, 미토콘드리아, 공포 및 소포들이 출현하였다 (Fig. 4B).

난황형성단계 (vitellogenic phase): 난황형성 단계는 난모세포의 세포질 내 출현하는 세포소기관들과 분화양상의 특징에 따라 편의상 초기 난황형성 단계 (early vitellogenic phase) 와 후기 난황형성 단계 (late vitellogenic phase) 로 나누었다.

초기 난황형성 단계 난모세포 세포질 내에는 미토콘드리아와 골지체, 그리고 골지체에 의해 형성된 공포 및 소포들이 출현하였는데 그 속에 지방적 (lipid droplet) 또는 글리코젠 입자들이 축적되어 나타났으며, 핵막 가까이에 조면소포체가 출현하였다. 또한 난황막 외측에는 생식세포에 영양을 공급하는 세포로 알려진 여포세포 (follicle cell) 가 출현하였는데, 여포세포의 핵은 신장되어 길며 세포질 내에는 지방적 (lipid droplet)들이 관찰되었다 (Fig. 4C, D). 이 후 미토콘드리아와 글리코젠 입자 그리고 지방적들이 난황전구체 형성에 관여하였다 (Fig. 4E).

후기 난황형성 단계의 난모세포는 핵 주변 세포질에 잘 발달된 조면소포체가 나타나고 다수의 난황전구체가 관찰되었으며 (Fig. 4F), 핵 주변 세포질에는 여러 개의 변형된 미토콘드리아들이 모여 다포체 (multivesicular body) 를 형성하였다 (Fig. 5A). 이 후 다포체와 난황전구체들이 단백질성 난황과립 (protied yolk granule) 형성에 관여하였다 (Fig. 5B). 그리고 이들 단백질성 난황과립들은 서로 합쳐져 미성숙 난황과립 (immature yolk granule)을 형성하였다 (Fig. 5C).

성숙단계 (mature phase): 성숙 단계의 난모세포질 내에는 미성숙 난황과립들이 합쳐져 좀 더 큰 성숙난황과립으로 되었는데, 성숙난황과립은 좀 더 결정화되어 중앙에 주소체 (main body) 가 가장자리에 표면층 (superficial layer) 이 그리고 이를 둘러싼 한계막 (limiting membrane) 의 세 가지 성분으로 구성되어 있다 (Fig. 5D).

4. 생식소 발달단계에 따른 생식주기

큰구슬우렁이의 생식소 발달 단계에 따른 생식주기는 광학현미경 하에서 관찰된 생식세포의 형태적 특징에 따라 초기 활성기, 후기 활성기, 완숙기, 산란기, 회복기의 연속적인 5 단계로 구분되었다 (Fig. 6).

초기활성기 (Early active stage): 난소는 수많은 난소소엽

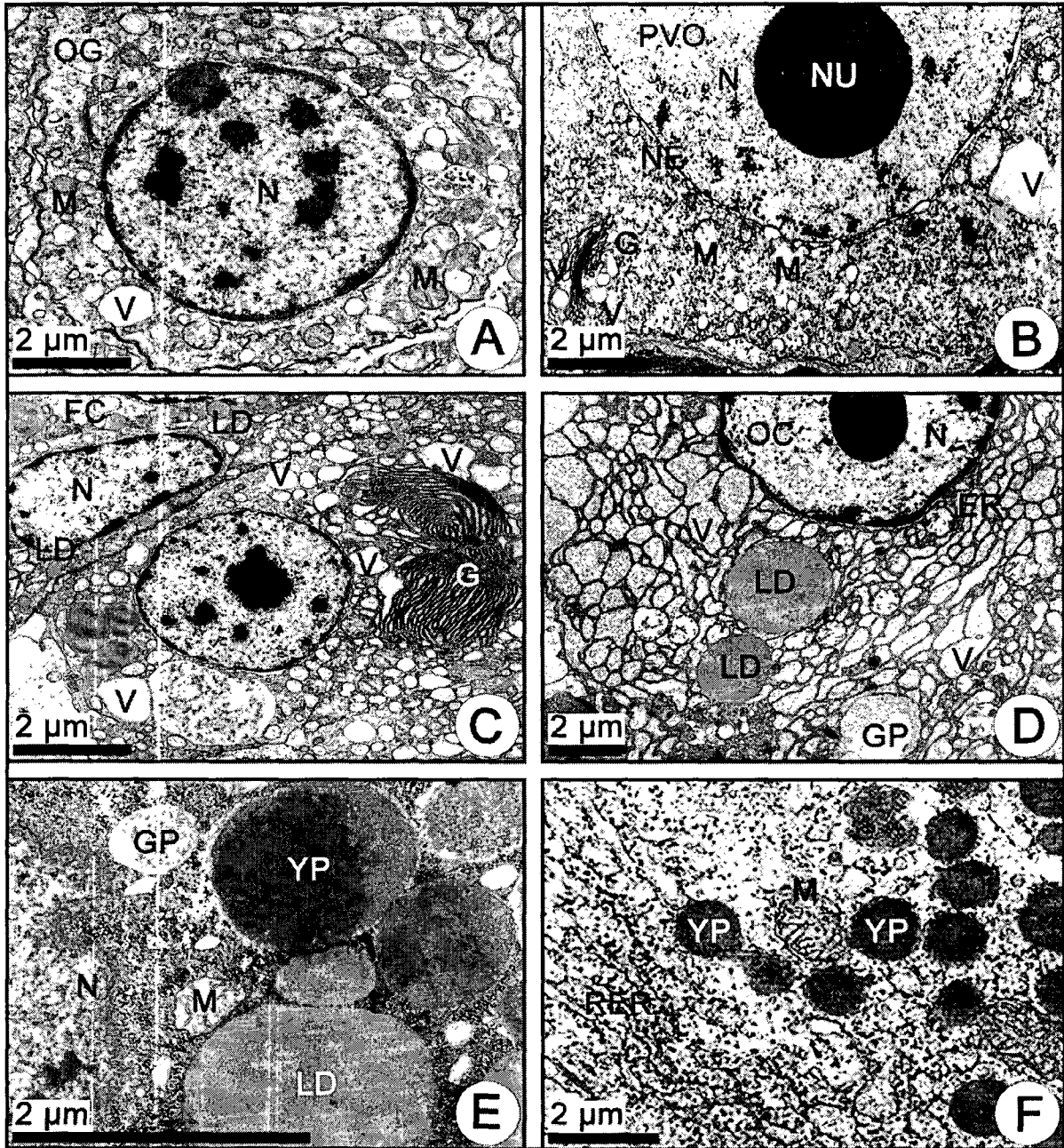


Fig. 4. Electron micrographs of the previtellogenic and early vitellogenic oocytes during oogenesis of *Glossaulax didyma* (A-F). A, Oogonia in the oogonial stage. B, An oocyte in the previtellogenic phase and an follicle cell, with the Golgi complex near the nucleus; C-D, An oocyte in the early vitellogenic phase, with lipid droplets and glycogen particles; E, An oocyte in the early vitellogenic phase, with a number of lipid droplets, glycogen particles and yolk precursor; F, An oocyte in the late vitellogenic phase, with endoplasmic reticula near several yolk precursors. Abbreviations: FC, follicle cell; G, Golgi complex; GP, glycogen particle; LD, lipid droplet; M, mitochondria; N, nucleus; Nu, nucleolus; OG, oogonium; PVO, previtellogenic oocyte; RER, rough endoplasmic reticulum; V, vacuole; YP, yolk precursor.

(oogenic follicle)들 로 이루어져 있다. 난소소엽 생식상피 (germinal epithelium) 는 비교적 두터웠다. 이 시기에 출현하는 난원세포는 난소의 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. 초기활성기의 개체들은 수온이 비교적 낮은 12월에서 2월 사이에 출현하였다 (Fig. 7A).

후기활성기 (late active stage): 난소소엽의 생식상피는 약간 얇아 졌으며, 난소소엽 내에는 다수의 초기 및 후기 난황형성 단계 난모세포 등 (난경 90-130 μm 정도) 은 난병 (egg-stalk) 을 난소소엽 상피에 부착한 채 출현하였다. 그리고 소수의 완숙한 난모세포도 난소소엽 내강 중앙부에 분포하였

으며, 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 난황형성 단계 난모세포들과 난경이 250-270 μm 정도인 다각형의 완숙 난모세포들이 나타났다, 난세포질 내에는 많은 성숙난황과립들이 가득 채워져 난모세포는 비대해 졌다. 완숙기의 개체들은 수온이 점차 높아지는 4월에서 7월 사이에 출현하였다 (Fig. 7C).

산란기 (spawning stage): 난소소엽의 내강 중앙부에 자리

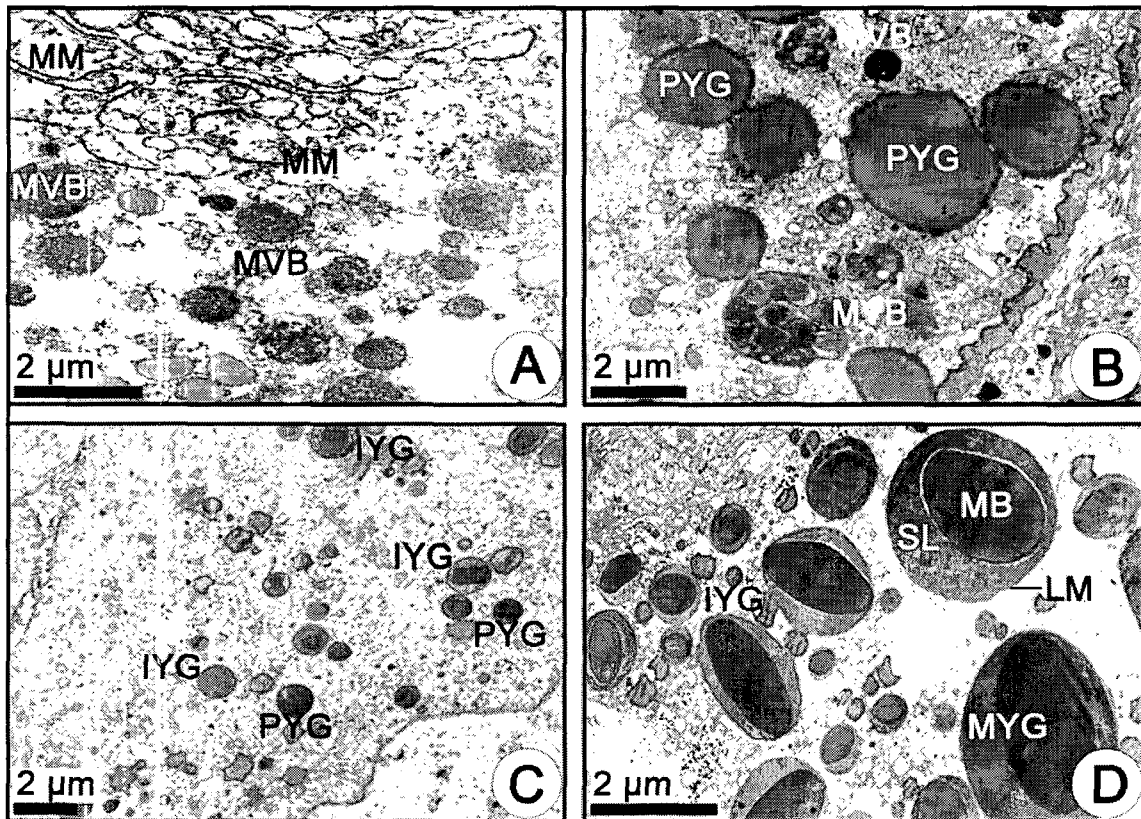


Fig. 5. Electron micrographs of the late previtellogenic and mature oocytes of *Glossaulax didyma* (A-D). A, An oocyte in the late vitellogenic phase, with modified mitochondria and multivesicular bodies; B, An oocyte in the late vitellogenic phase, with proteid yolk granules near the multivesicular bodies; C, An oocyte in the late vitellogenic phase, with proteid yolk granules and immature yolk granules; D, An mature oocyte, with immature and mature yolk granules in the cytoplasm.

Abbreviations: IYG, immature yolk granule; LM, limiting membrane; MB, main body; MM, modified mitochondria; MVB, multivesicular body; MYG, mature yolk granule; PYG, proteid yolk granule; SL, superficial layer.

잡고 있던 완숙란들은 산란되어 소엽의 중앙부는 텅비어 나타났다. 이 시기의 난소소엽 내에는 초기 및 후기 난황형성단계 난모세포뿐만 아니라 소수의 미방출된 성숙 난모세포들이 출현하였다. 산란기의 개체들은 5월 하순부터 8월 사이에 출현하였고, 산란성기는 수온이 19-26°C 이상인 7-8월이었다 (Fig. 7D).

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

고 찰

복족류의 생식기구 (reproductive mechanism) 연구에서, 난모세포의 난황형성에 관한 생식세포 분화 연구는 그 종의 생식특성 (reproductive characteristics) 이나 또는 생식유형 (reproductive mode) 을 연구하는데 매우 중요한 연구이다.

특히, 복족류 난모세포의 난황형성과정 (vitellogenesis) 에 관하여는 아직까지 이론적으로 확립되어 있지 않아 좀 더 상세한 연구가 요망되고 있다.

난황형성이 시작하게 되면 난모세포의 핵은 크기가 증가된다. 초기 난황형성과정 중에는 조면소포체와 미토콘드리아의 두 가지 세포소기관자들이 증식되어 지방적 형성에 관여하는 특징을 나타내고 있다. Fig. 8에 나타낸 바와 같이 큰구슬우렁이의 초기 난황형성 단계 난모세포에서는 골지체가 핵 주변 세포질 내에 다수의 공포와 작은 소포들을 형성하는데 관여하는 것으로 생각된다. 이 때 탄수화물 입자 (글리코겐 입자) 들이 공포를 가득 채우며, 지방적과 지질난황과립들이 골지체에 의해 형성된 공포와 소포에 추가된다. 이에 관하여 Taylor and Anderson (1969) 은 복족류 *Ilyanassa obsoleta*에서, de Jong-Brink *et al.* (1976) 은 *Biomphalaria glabrata*에서, Chung *et al.* (2002) 은 피빨고둥 (*Rapana venosa*) 에서, 그리고 Chung *et al.* (2006) 은 갈색띠매물고둥 (*Neptunea artheitica cumingii*) 에서 자율합성으로 간주하였다. 따라서 본 연구에서는 초기 난황형성 단계 난모세포 내의 골지체와 여러 크기의 공포들이 지방적 형성에 관여하고 있는 것으로 추정된다. 한편, 초기 난황형성 단계 난모세포에서 지방적 가까이

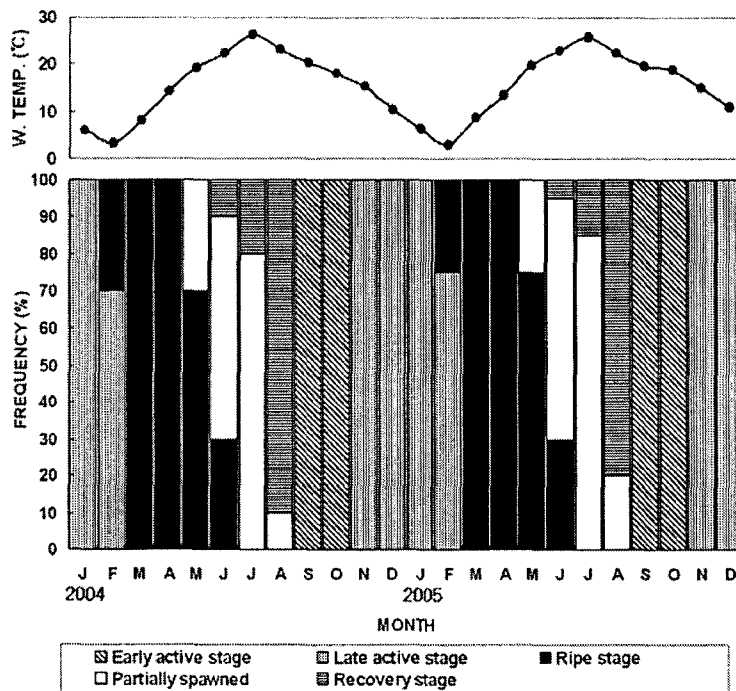


Fig. 6. Frequency of the gonad developmental phases of *Glossaulax didyma* and variations of the mean seawater temperature from January to December, 2005.

에 출현하는 미토콘드리아와 조면소포체도 지방적 형성에 관여하는 것으로 추정되었다.

본 연구에서 단백질성난황과립이 조면소포체와 변형된 미토콘드리아 구조 (다포체) 가까이에서 나타났는데, 이 형상은 *Hypselodoris tricolor*와 *Godiva banyulensis* (Medina *et al.*, 1986)의 세포질 내 피질 구역에서도 관찰되었다 (Medina *et al.*, 1986). 따라서 조면소포체와 다포체들은 단백질성 난황과립 형성에 관여하고 있음을 알 수 있다. 따라서 조면소포체와 다포체는 단백질성 난황과립 형성에 관여하는 것으로 추정되었다. 이와같이 조면소포체와 다포체가 단백질성 난황과립 형성에 관여하는 현상에 대해서는 *Ilyanasa obsoleta* (Taylor and Anderson, 1969) 와 *Neptunea arthritica cumingii* (Chung *et al.*, 2006) 에서도 유사한 결과가 일부 보고되어

있다.

본 연구에서, 비록 난황형성단계 난모세포에 인접하여 부착되어 여포세포 (follicle cell) 가 전자 밀도 과립들과 지방적들을 함유하고 있을지라도 난황형성단계 난모세포로 분비되는 뚜렷한 증거는 관찰할 수 없었다. 따라서 큰구슬우렁이는 난황형성시 자율합성과 타가합성하는 종들로 알려진 몇 가지 복족류 (*Planorbarius corneus*, *Lymnaea stagnalis*, *Hypselodoris tricolor*, *Godiva banyulensis*, *Siphonaria capensis*, 그리고 *S. serrata*) 를 제외하고 (Bottke *et al.*, 1982; Medina *et al.*, 1986; Pal and Hodgson, 2002), 피뿔고둥 (*Rapana venosa*) 이나 갈색띠매물고둥 (*Neptunea arthritica cumingii*) 에서와 같이 난황형성은 자율합성에 의해 일어나는 것으로 간주된다 (Chung *et al.*, 2002, 2006).

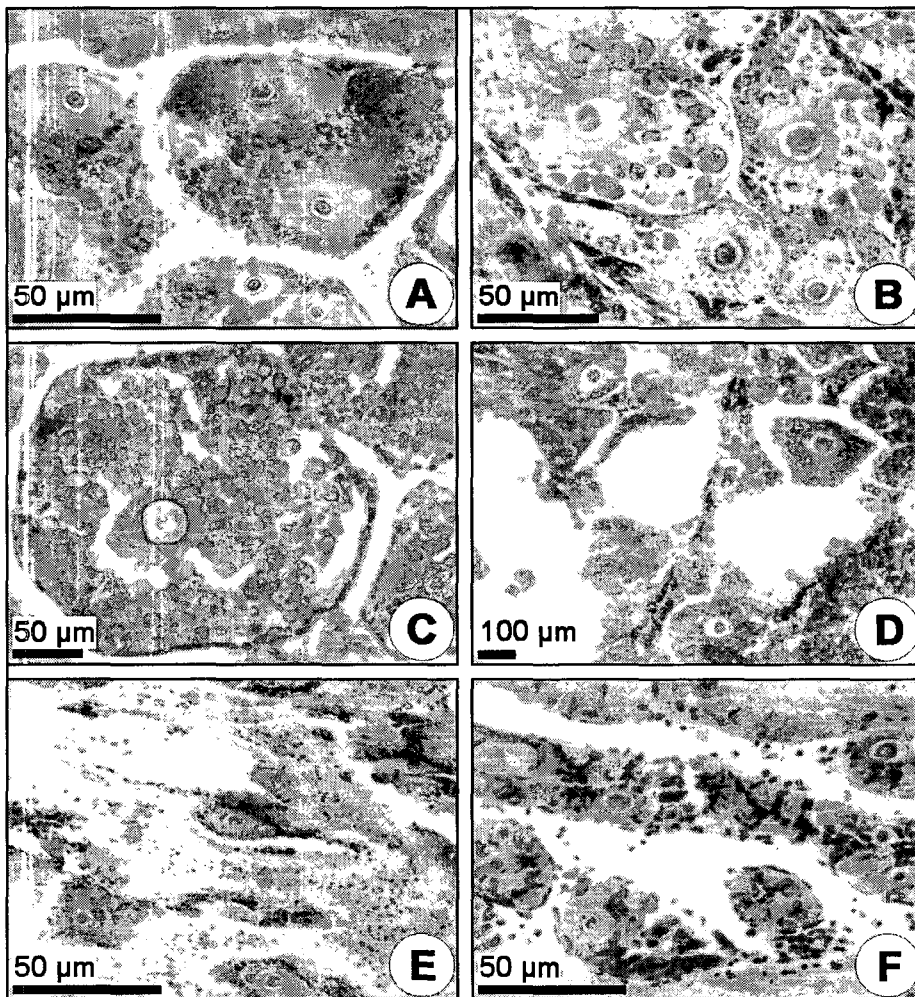


Fig. 7. Photomicrographs of the gonadal phases of female *Glossaulax didyma*. A, early active stage; B, late active stage; C, ripe stage; D, spawning stage; E-F, recovery stage.

그러나 이들 2 종과 본 종의 난황형성의 타가합성 가능성에 관해서는 좀 더 상세한 연구가 요망된다.

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℃ 이상의 온도에서 일어나고, 생식소가 발달하고 성숙해지는 시기는 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 이매패류 (바지락, 백합, 동죽 등) 이므로 이 시기에 풍부한 이매패류를 섭식하여 큰구슬우렁이의 생식소가 발달, 성숙하게 된다. 따라서 큰구슬우렁이의 생식소 발달과 성숙은 수온뿐만 아

니라 먹이 이용도 (food availability) 와 아주 밀접한 관계를 가지는 것으로 사료된다.

Booolootian *et al.* (1962) 에 의하면, 대부분의 해양 연체 동물들은 각기 고유의 번식습성을 나타내고 있는데 이들의 생식은 계절적 변동에 따라 변화한다고 하였다. Amio (1963) 는 일반적으로 대부분의 해양 복족류 종은 하계 (19℃ 이상) 에 산란이 일어나며, 예외적으로 몇몇 종은 동계 (19℃ 이하) 에 산란이 일어난다고 보고하였다. 7 종의 복족류의 산란기를 비교하여 Table 1에 나타내었다. 조직학적 연구, 한국산 큰구슬우렁이의 산란은 6월 초순부터 8월 말까지 일어났으며 일본산 큰구슬우렁이 및 다른 복족류의 경우도 산란수온이 19℃ 이상일 때 일어나고 있어 본 연구 결과는 앞서 언급한 Amio (1963) 의 조사결과와 일치하고 있음을 알 수 있었다.

본 종의 산란기를 밝히기 위해 조직학적 조사를 한 결과, 한국 서해산 큰구슬우렁이의 산란은 6월 초순에서 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 종료가 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 호적수온이 좀 더 늦게까지 일어나 산란기간이 좀 더 길어진

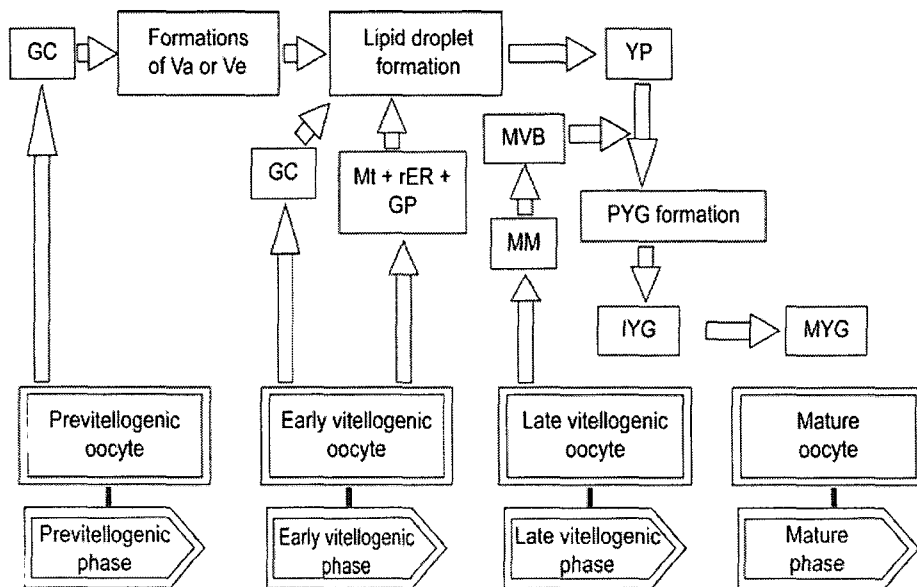


Fig. 8. Vitellogenesis during oogenesis in female *Glossaulax didyma*.

Abbreviations: GC, Golgi complex; GP, glycogen particle; IYG, immature yolk granule; MM, modified mitochondrion; Mt, mitochondrion; MVB, multivesicular body; MYG, mature yolk granule; PYG, proteid yolk granule; rER, endoplasmic reticulum; Va, vacuole; Ve, vesicle; YP, yolk protein

Table 1. Comparison of the spawning season and egg size in Naticidae species (Mesogastropoda).

Species	Spawning season	Egg size (mm)	Locality	References
<i>Glossaulax didyma</i>	June-August	0.25-0.27	Biin Bay, Korea	Present study
<i>G. didyma</i>	May-September	0.27	Ariake, Japan	Amio, 1963
<i>G. vesicalis</i>	April-June	0.48	Ariake, Japan	Amio, 1963
<i>G. rainiana</i>	February-April	0.19	Ariake, Japan	Amio, 1963
<i>Natica maculosa</i>	March-September	0.17	Shimonoseki, Japan	Amio, 1963
<i>N. adamsiana</i>	December-March	0.16	Ariake, Japan	Amio, 1963
<i>Polinices sagamiensis</i>	June-August	0.34	Yamaguchi, Japan	Amio, 1963

것으로 사료된다.

따라서 본 연구결과는 Amio (1963) 의 결과와 유사하였으며 Boolootian *et al.* (1962) 의 해양 복족류 번식시기에 준거하여 분류하면 본 종은 하계 산란자에 속한다. 이 두 지역의 산란기간에 약간의 불일치는 위도에 따른 수온의 지리적 차이와 관련이 있는 것으로 사료된다 (Chung *et al.*, 1993).

요 약

2005년 1월부터 12월까지 충청남도 서천군 비인만 앞바다 조간대에서 채집된 큰구슬우렁이를 대상으로 생식소중량지수 (GSI), 난자형성 중 난황형성과정 및 생식주기를 세포, 조직학적 관찰과 형태측정 자료에 의해 조사하였다. GSI의 월별 변화는 생식소발달과 유사한 양상을 보였다. 초기 난황형성 단계 난모세포에서 골지체와 미토콘드리아가 지방적 및 난황과립의 형성에 관여되었다. 후기 난황형성 단계의 난모세포에서 조면소포체와 다포체가 세포질 내에서 단백질성 난황과립에 관여하였다. 성숙 난황과립은 주세포 (중앙중심), 가장 자리에 표면층, 그리고 이들을 둘러싼 한계막의 3 가지 성분으로 구성되어 있다. 산란기는 6월 초-8월 말 사이 이었고, 주산란은 수온이 19℃ 이상인 7-8월에 일어났다 암컷의 생식주기는 초기 활성화기 (12-2월), 후기 활성화기 (2-3월), 완숙기 (4-7월), 산란기 (6-8월), 회복기 (8-11월) 의 연속적인 5 단계로 구분되었다. 완숙난모세포의 크기는 직경이 250-270 μm이었다.

감사의 말씀

이 논문은 군산대학교 수산과학연구소 학술연구 지원자금 (2005년도) 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.

Boolootian, 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.

Bottke, W., Sinha, I. and Keil, I. (1982) Coated vesicle-mediated transport and deposition of vitellogenic ferritin in the rapid growth phase of snail oocytes. *Journal of Cell Science*, 53: 173-191.

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., 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., 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. *The Yellow Sea*, 7: 75-83.

Chung, E.Y., Kim, S.Y., Park, K.H. and Park, G.M. (2002) Sexual maturation, spawning, and deposition of the egg capsules of the female purple shell, *Rapana venosa* (Gastropoda: Muricidae). *Malacologia*, 44: 241-257.

Chung, E.Y., Kim, S.Y., Park, G.M. and Yoon, J.M. (2006) Germ cell differentiation and sexual maturation of the female *Neptunea* (*Barbitonia*) *arthritica cumingii* (Crosse, 1862) (Gastropoda: Buccinidae). *Malacologia*, 48: 65-76.

de Jong-Brink, M., de Wit, A., Kraal, G. and Boer, H.H. (1976) A light and electron microscope study on oogenesis in the freshwater pulmonate snail *Biomphalaria glabrata*. *Cell Tissue Research*, 171: 195-219.

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 Experiment Marine Biology and Ecology*, **30**: 53-71.
- Habe, T. (1969) A nomenclatorial note on *Glossaulax didyma* (Roding). *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.
- Kim, B.A., Kim, B.K. and Kim, S.U. (1977) Studies on the growth of hard clam, *Meretrix lusoria* (Roding). *Bulletin of Fisheries Research and Development Agency*, **17**: 77-85.
- 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.
- 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 Mollusis with Color Illustration. p. 107. Min Shell House, Seoul. [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 and Nutrition*, **13**: 231-237.
- 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, Y.H. (1995) Growth and maturation of shortnecked clams, *Ruditapes philippinarum* by different seeding production areas. Master's thesis, National Fisheries University of Pusan, 51 pp.
- Maru, K. (1976) Studies on the reproduction of a scallop, *Patinopecten yessoensis* (Jay) - 1. Reproductive cycle of the cultured scallop. *Science Reports of Hokkaido Fishery Experiment Station*, **18**: 9-26.
- Medina, A., Garcia, J.C., Moreno, F.J. and Lopez-Campos, J.L. (1986) Comparative studies on the histology of the ovotestis in *Hypseldoris tricolor* and *Godiva banyulensis* (Gastropoda, Opisthobranchia), with special reference to yolk formation. *Journal of Morphology*, **188**: 105-118.
- Pal, P. and Hodgson, A.N. (2002) An ultrastructural study of oogenesis in a planktonic and a direct-developing species of *Siphonaria* (Gastropoda: Pulmonata). *Journal of Molluscan Studies*, **68**: 337-344.
- Taylor, G.T. and Anderson, E. (1969) Cytochemical and fine structural analysis of oogenesis in the gastropod, *Ilyanassa obsoleta*. *Journal of Morphology*, **129**: 211-248.
- Yoo, J.S. (1976) Korean Shells in Colour. 196 pp. Ilgisa, Seoul. [in Korean]