

한국 서해산 암컷 비단가리비, *Chlamys farreri*의 난형성과정 중 생식세포 분화 및 생식주기

박기열[†] · 이기영¹

국립수산과학원 남해특성화연구센터, ¹군산대학교 해양생명과학부

Germ Cell Differentiations during Oogenesis and Reproductive Cycle in Female Jicon Scallop, *Chlamys farreri* on the West Coast of Korea

Ki Yeol Park[†] and Ki Young Lee¹

South Sea Mariculture Research Center, NFRDI, Namhae 668-821, Korea

¹School of Marine Life Science, Kunsan National University, Kusan 573-701, Korea

ABSTRACT : The gonadosomatic index, germ cell differentiation, and the ovarian cycle in female jicon scallop, *Chlamys farreri* were studied by histologic and cytologic observations. In the early vitellogenic oocyte, the Golgi complex, mitochondria and rough endoplasmic reticulum were involved in the formation of lipid droplets. In the late vitellogenic oocyte, exogenous substances, namely, glycogen particles and lipid granular substances appeared in the germinal epithelium passed into the ooplasm through the microvilli of the envelope. Yolk granules and multivesicular bodies were involved in the formation of proteinaceous yolk granules in the late vitellogenic oocyte. Vitellogenesis occurs by endogenous autosynthesis and exogenous heterosynthesis. The auxiliary cells function as nutritive cells in the formation and development of the previtellogenic and early vitellogenic oocytes in their early stages. Monthly changes in the gonadosomatic index were closely associated with ovarian developmental phases. The reproductive cycle of this species can be classified into five stages: early active stage (January to March), late active stage (March to April), ripe stage (April to August), partially spawned stage (June to August), and spent/inactive stage (August to December). Spawning occurred from June to August, and the major spawning season was from July to August when the sea water was at high temperature.

Key words : Oogenesis, Germ cell differentiation, *Chlamys farreri*.

요 약 : 1998년 3월부터 1999년 2월까지 전라남도 대흑산도 연안에서 채집한 비단가리비를 대상으로 생식소중량지수, 생식세포 분화 및 난소주기를 조직, 세포학적 관찰에 의해 조사하였다. 초기 난황형성 난모세포에서, 골지체, 미토콘드리아 및 조면소포체들은 지방적 형성에 관여하였다. 후기난황형성난모세포에서 생식상피상에 존재하는 외인성 물질들 즉, 글리코겐 입자들 및 지방 과립상 물질들이 난황막의 미세융모를 통해서 난모세포의 난질로 통과해 들어갔다. 후기난황형성난모세포에서, 난황과립들과 다포체들은 단백질성 난황과립형성에 관여하였다. 난황형성과정은 내인성 자율합성과 외인성 타가합성에 의해서 일어난다. 보조세포들은 초기단계인, 전난황형성 난모세포 및 초기 난황형성 난모세포들의 형성 및 발달에 영양세포로서 기능을 한다. 생식소 중량지수의 월별 변화는 난소 발달단계들과 밀접한 관련을 가지며 변하였다. 본 종의 생식주기는 초기활성기(1~3월), 후기활성기(3~4월), 완숙기(4~8월), 부분산란기(6~8월), 퇴화 및 비활성기(8~12월)의 5단계로 구분되었다. 산란은 6~8월 사이에 일어나며, 주산란기는 수온이 높은 7~8월이었다.

서 론

[†] 교신저자: 경남 남해군 상주면 상주리 1400번지, 국립수산과학원 남해수산연구소 남해특성화연구센터, (우) 668-821, (전) +82-55-862-9640-1, (팩) +82-55-863-3777, E-mail: kypark@nfrdi.go.kr

비단가리비, *Chlamys farreri*는 연체동물문(Molluscs), 이

매패강(Pelecypoda), 진다치목(Eutaxidonta), 가리비과(Pectinidae)에 속하는 이매패류로서, 이들 대부분은 한해성으로 남·북위 다같이 34°30'보다 고위도 지방에 분포한다(노 등, 1997). 비단가리비는 한국, 중국, 일본, 러시아 등을 포함한 동아시아에서 상업적으로 아주 중요한 이매패류 중 하나이다. 본 종은 한국 전 연안에서 서식하나 특히, 서해안에서는 수심 10~30 m까지 조하대 암반과 자갈밭에서 서식하고 있다(Yoo, 1976; Min et al., 2004). 최근 우리나라 대흑산도와 백령도 해역에서는 소형 형망이나 잡수기 등에 의한 무분별한 남획으로 자원이 감소되고 있어 지속적인 어획 관리가 요구되는 양식대상종으로서 지목받아 왔다. 본 종의 자원 증식 및 관리를 위해서는 난형성 과정 중 생식세포 분화와 난소 발달 단계에 따른 난소주기에 관한 생식생물학을 충분히 이해하는 것이 중요하다.

지금까지 비단가리비에 관한 연구로는 외국에서는 이들의 생식주기(Liao et al., 1983; Yakovlev and Afeichuk, 1995)와 성장과 산란(Kang and Zhang), 유생성장(Li et al., 1989; Kuang et al., 1997), 양성시험(Sun et al., 1977; Sun et al., 1996; Yang et al., 1999b), 3배체 생산(Yang et al., 1999a), 4배체 생산(Yang et al., 1999c) 등이 보고되어 있다. 국내에서 수행된 연구로는 대흑산도 근해의 비단가리비 분포 및 생태(Whang and Kim, 1973), 대흑산도 근해의 비단가리비 자원조사(조 등, 1996), 성장과 산란(Na et al., 1995; Kang and Zhang, 2000), 유생발생(Hur et al., 2001) 등이 보고되어 있다. 양식기술 개발을 위해 실험실에서 인공종묘 생산(Na et al., 1995), 남해와 서해의 비단가리비 자연채묘 및 양성시험(경상남도, 1996; 노 등, 1997) 등이 보고되어 있다. 그러나 생식주기에 관하여 단편적인 보고가 있으나 활용하기에 어려운 점이 많으며, 생식세포 분화 및 난황 형성과정 연구와 같은 생식기구에 관한 연구는 찾아 볼 수 없다. 생식주기에 관한 연구는 산란기와 비단가리비의 연령 사정 및 기입 시기를 추정하게 하는 귀중한 정보를 준다. 그러나 자원 보존과 양식을 위한 기초 자료가 되는 난형성 과정 중 생식세포들의 분화, 그리고 생식주기 및 지역개체군의 산란기에 관한 기초 정보자료가 제대로 밝혀지지 않은 실정으므로, 본 연구에서는 전자현미경적 관찰 및 조직학적 방법을 이용하여 전남 대흑산도 연안에서 채취한 비단가리비 암컷을 대상으로 생식생물학적 기초 자료인 난형성 과정, 생식소 중량지수, 난소 발달 단계에 따른 생식주기를 조사하여 자원보존 및 양식기술 개

발을 위한 기초 자료로 제공하려고 한다.

재료 및 방법

1. 표본 측정

실험에 사용한 비단가리비는 전남 대흑산도 연안에서 1998년 3월부터 1999년 2월까지 매월 1회 형망으로 채집하였다(Fig. 1). 채집된 비단가리비는 실내 연구실로 운반하여 매달 30마리씩 각고(shell height: SH), 각장(shell length: SL) 및 각폭(shell width: SW)은 디지털 Vernier caliper(Mitutoyo Corporation; CD-20B)를 사용하여 0.01 mm까지 측정하였다. 육중량(meat weight: MW) 및 생식소중량(gonad weight: GW)은 전자저울(Sartorius; E5500S)을 사용하여 0.01 g까지 측정하였다.

2. 생식소 중량지수(Gonadosomatic Index, GSI)의 월별 변화

산란기를 간접적으로 추정하기 위해 월별 변화 양상을 알기 위해 생식소 중량지수(gonadosomatic index: GSI)를 아래 식에 의해 구하였다.

$$GSI = \frac{GW \times 100}{MW}$$

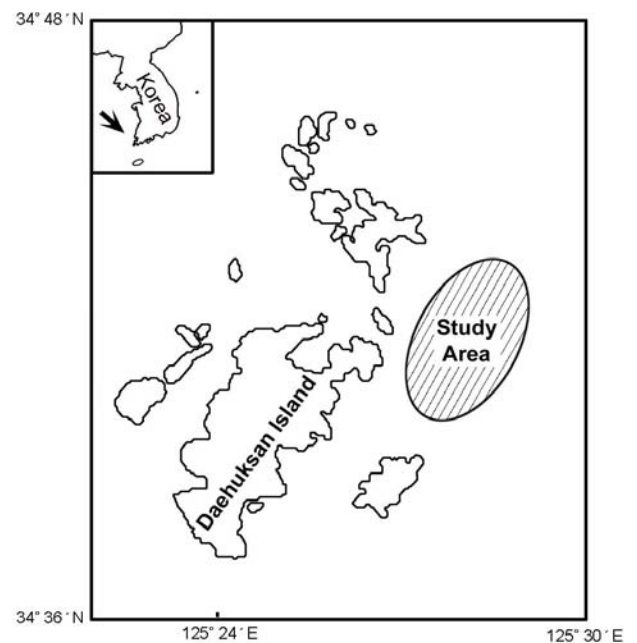


Fig. 1. Map showing the study area.

여기서 GW는 생식소 중량(g)이며, MW는 육질부 중량(g)이다.

3. 난형성 과정 중 생식세포의 분화의 미세구조 관찰

비단가리비 생식세포의 미세구조를 관찰하기 위하여 생식소를 2.5% glutaraldehyde(phosphate buffer, pH 7.5) 용액으로 전 고정하였으며, 1% osmium tetroxide(OsO₄)로 4°C에서 2시간 동안 후 고정한 다음 0.1 M phosphate buffer로 세척하고 ethanol로 단계별 탈수하여 포매하였다. 그리고 semithin section 후 두께 70 nm의 ultrathin section을 uranyl acetate와 lead citrate 용액으로 이중 염색하여 투과전자현미경(TEM)으로 관찰하였다.

4. 조직학적 분석

생식소의 성적 발달상태를 조직학적으로 관찰하기 위해 성숙한 암, 수 개체로부터 생식소를 적출하여 Bouin's solution에 24시간 고정한 다음, paraffin 절편법으로 3~5 μm 두께의 연속절편을 만들었으며, 핵과 세포질의 구분을 위해 Hansen's hematoxylin과 0.5% eosin으로 이중 염색한 다음, 생식소의 조직학적 발달단계는 초기활성기, 후기활성기, 완숙기, 부분산란기, 휴지기의 5단계로 나누었으며, 광학현미경하에서 생식소의 발달상태를 관찰하여 발달단계를 판정하였다.

결 과

1. 생식소 중량지수(Gonadosomatic Index, GSI)

비단가리비의 산란기를 간접적으로 파악하기 위하여 생식소 중량지수(GSI)를 월별로 조사하였다. GSI의 월별 변화

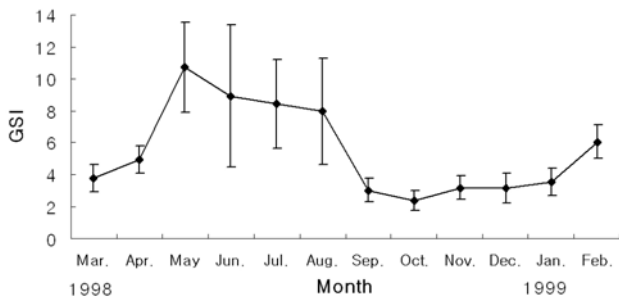


Fig. 2. Monthly variations of the gonadosomatic index (GSI) in female *C. farreri* from March 1998 to February 1999.

는 3월에 증가하기 시작하여 5월에 최대값(10.73)을 나타낸 후, 6월부터 8월까지 감소된 9월에 최소값(3.05)을 나타내었다.

종합하여 분석해 볼 때 대흑산도산 비단가리비의 산란기는 5~8월로 추정되어진다.

2. 난형성과정(Oogenesis)

전자현미경적 관찰에 의한 생식세포 발달 및 형태적 특징을 근거로 난형성과정은 Eckelbarger & Davis(1996)에 따라 난원세포, 전난황형성 난모세포, 난황형성 난모세포, 그리고 성숙난모세포 4단계로 구분할 수 있었다.

1) 난원세포(Oogonium)

난원세포는 모양이 작은 타원형이며, 난경은 10~12 μm 이었다. 난원세포는 큰 핵 내에 뚜렷한 한 개의 인(nucleolus)을 가지며, 여러 개의 미토콘드리아와 작은 소포가 세포질 내에 나타났다(Fig. 3A).

2) 전난황형성 난모세포(Previtellogenic Oocyte)

전난황형성 단계에 나타나는 전 난황형성 난모세포들은 모양이 작은 타원형이었다. 핵 내에 뚜렷한 한 개의 인을 가지며 세포질 내에는 미토콘드리아들과 소포들이 나타났다. 이 시기에 난모세포의 난황막 주변에 보조세포(auxiliary cell)들이 부착되어 나타났다. 이 때 보조세포들의 핵은 타원형이었고, 핵 내에는 염색질이 분산되어 나타났다. 그리고 세포질 내에는 다량의 글리코겐 입자들이 세포질 내에서 출현하였다(Fig. 3B).

3) 난황형성 난모세포(Vitellogenic Oocyte)

난황형성 난모세포는 세포의 구조 및 형태에 따라 초기 난황형성 난모세포(early vitellogenic oocyte)와 후기 난황형성 난모세포(late vitellogenic oocyte)로 구분되었다. 초기 난황형성 난모세포는 난경이 20~30 μm 정도로 타원형의 핵을 가지며, 세포질 내에는 미토콘드리아들과 골지체들, 골지체에서 분비되는 골지체 분비산물(Golgi product), 그 주변에 형성된 공포들과 소포들, 그리고 지방적(lipid droplet)들이 출현하였다(Figs. 3C, D). 후기 난황형성 난모세포의 난황막 내에는 미세용모가 나타났으며, 난황막 주변의 세포질 내에는 여러 개의 공포와 피질과립들이 출현하였다. 그리고 타원

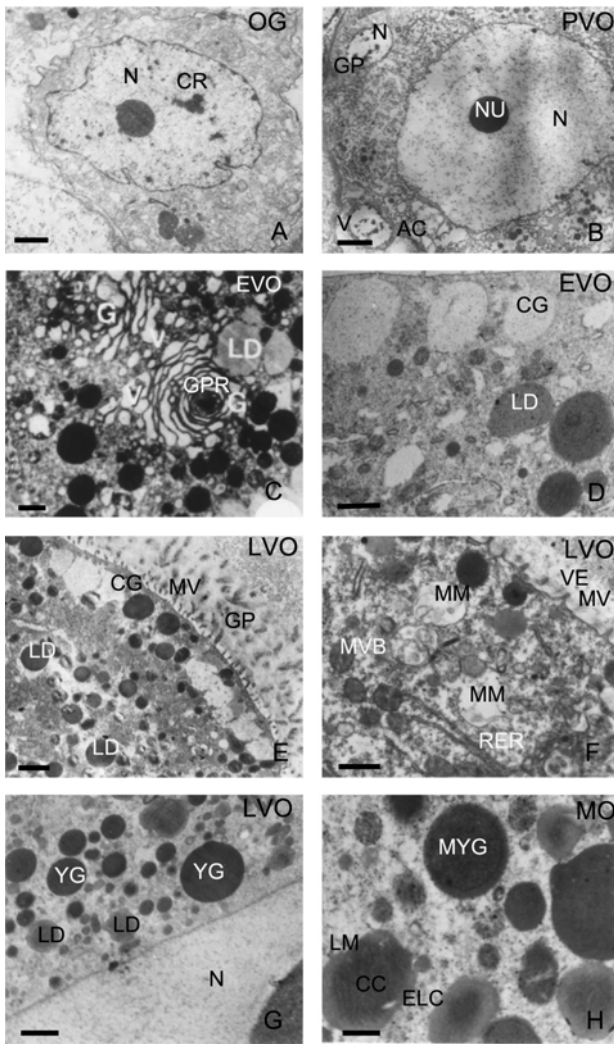


Fig. 3. Electron micrographs of oogenesis of *Chlamys farreri* (A~H). A, An oogonium. Note large nucleus, several mitochondria in the cytoplasm; B, a previtellogenic oocyte and the attached auxiliary cells. Note a nucleolus in the nucleus and several several mitochondria in the cytoplasm of the oocyte and the auxiliary cells containing large quantities of glycogen particles in the cytoplasm; C, D, early vitellogenic oocytes. Note the Golgi complex containing the Golgi product near the lipid droplets among vacuoles, vesicles and cortical granules in the cytoplasm; E, F, G, late vitellogenic oocytes. Note the rough endoplasmic reticulum, modified mitochondria, and multivesicular bodies, lipid droplets, and yolk granules in the cytoplasm and microvilli on the vitelline envelope; H, a mature oocyte. Note a number of yolk granules and mature yolk granules being composed of three components:

(1) a crystalline core, (2) an electron lucent cortex, and (3) a limiting membrane. Abbreviations: AC, auxiliary cell; CC, crystalline core; CG, cortical granule; CR, chromatin; ELC, electron lucent cortex; EVO, early vitellogenic oocyte; G, Golgi complex; GP, glycogen particle; GPR, Golgi product; LD, lipid droplet; LVO, late vitellogenic oocyte; LM, limiting membrane; M, mitochondria; MO, mature oocyte; MM, modified mitochondria; MVB, multivesicular body; MYG, mature yolk granules; N, nucleus; NU, nucleolus; OG, oogonium; PVO, previtellogenic oocyte; RER, rough endoplasmic reticulum; V, vacuole; YG, yolk granule. Scale bar = A, B: 1 μ m; C: 0.1 μ m; D: 1 μ m; E, F: 2 μ m; G: 1 μ m; H: 0.5 μ m.

형의 핵 주변 세포질 내에는 여러 개의 발달된 미토콘드리아들과 변형된 미토콘드리아 및 조면소포체가 뚜렷하게 나타났다. 이 시기에 난황막 외측의 생식상피 내에는 글리코겐 입자들이 나타났으며, 일부 글리코겐 입자들은 난황막의 미세융모를 통하여 난모세포의 난질 내로 들어오는 것이 발견되었다(Figs. 3E, F). 또한, 지방적들이 서로 합쳐져 난황과립(yolk granule)을 형성하며, 피질과립과 이것에 글리코겐 물질들이 합쳐져 단백질성 난황과립이 형성되었다. 단백질성 난황과립들도 서로 합쳐져 미성숙 난황과립(immature yolk granule)을 형성하였다(Fig. 3G).

4) 성숙 난모세포(Mature Oocyte)

성숙단계의 난모세포질 내에는 미성숙한 난황과립들과 다수의 성숙난황과립들이 나타났다. 이 시기에 출현하는 성숙난황과립은 3개 부위로 구성되어 있는데, 중앙부에는 결정체 중심(crystalline core)이 가장자리의 피층 부위에는 전자 저밀도 피층(electron lucent cortex)이, 그리고 이를 둘러싼 한계막(limiting membrane)으로 구성되었다(Fig. 3H).

3. 생식주기(Reproductive Cycle)

비단가리비 생식소의 월별 발달 단계를 조직학적으로 조사한 결과, 생식소 발달단계에 따른 생식주기는 초기활성기, 후기활성기, 완숙기, 부분산란기, 그리고 퇴화 및 비활성기의 연속적인 5단계로 구분되었으며, 이들 발달단계는 주기성을 나타내었다. 각 개체별 조직 절편의 발달단계 판정 기준은 아래와 같으며, 월별 생식소 발달단계와 관련된 환경 수온은 Fig. 4에 나타내었다.

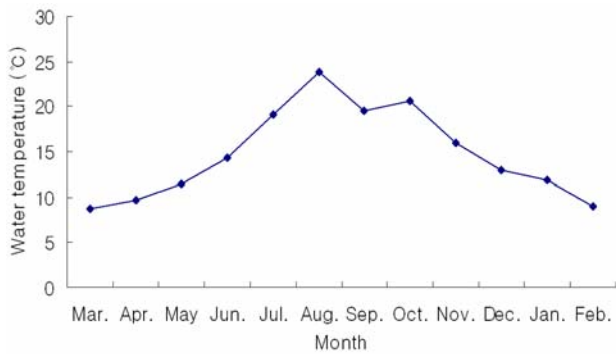


Fig. 4. Monthly changes in seawater temperatures at the sampling area from March 1998 to February 1999.

1) 초기활성기(Early Active Stage)

난소의 난소 소낭(oogenic follicle)이 차지하는 면적이 매우 적으며, 생식상피 상에 난원세포가 증식되어 있고 소낭벽을 따라 초기발달 중인 난모세포가 관찰된다. 분열증식이 시작되는 1월에는 난모세포의 크기가 10 μm 전, 후이며, 초기 발달하는 난모세포는 약 20~25 μm 정도로 핵과 인이 선명하게 관찰되었고, 난황이 축적되지 않아 핵이 차지하는 비율이 높았다(Fig. 5A). 초기성장 중인 개체들은 수온이 아주 낮은 1~3월 사이에 출현하였다.

2) 후기활성기(Late Active Stage)

난소소낭벽(follicular wall)은 초기활성기에 비해 좀 더 얇아졌다. 난소소낭 내에는 발달 중인 난모세포들이 난병을 생식상피에 부착한 채 성장, 발달하였다. 난모세포의 핵은 배포로 되어 좀더 증대되었고, 세포질도 발달하여 증대되었다. 이때의 성장 발달한 난모세포들의 크기는 대략 50 μm 전, 후이었다. 난소소낭 내에는 아직까지 빈 공간이 존재하였다(Fig. 5B). 후기성장기의 개체들은 수온이 점차 상승하기 시작하는 3~4월 사이에 출현하였다.

3) 완숙기(Ripe Stage)

난소소낭벽은 아주 얇아졌다. 난소소낭 내에는 소수의 초기발달 중인 난모세포들이 나타나, 대부분의 난모세포들은 성숙란 또는 완숙난들로 가득 채워지는 시기이다. 완숙란의 크기는 대략 60~70 μm 전, 후이었으며, 완숙기 개체들은 수온이 급격히 상승하기 시작하는 고수온기(18°C 전, 후)인 4~8월 사이에 나타났다(Fig. 5C).

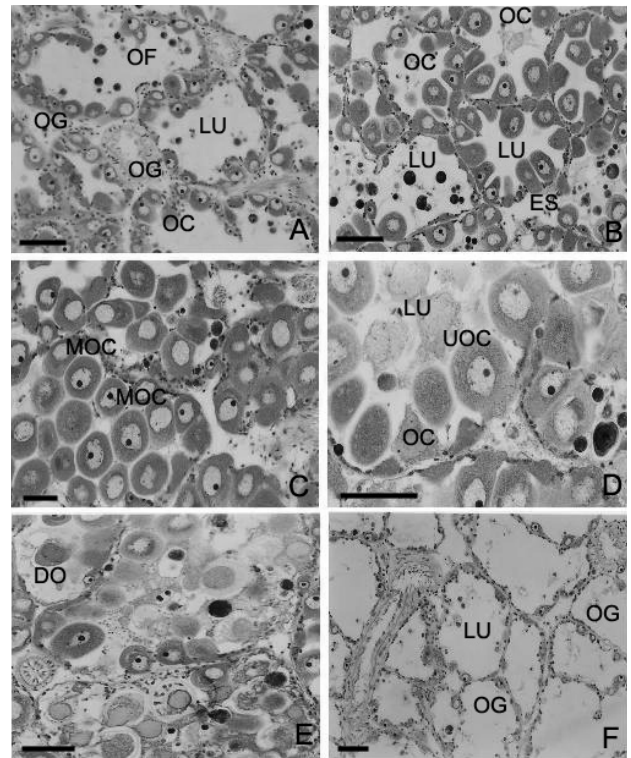


Fig. 5. Photomicrographs of the gonadal phases in female *Chlamys farreri* (A~F). A, Section of the oogenic follicles in the early active stage; B, Section of the follicles in the late active stage; C, Section of the follicles in the ripe stage; D, Section of the follicles in the partially spawned stage; E, F, Sections of the follicles in the spent/inactive stage. Abbreviations: DO, degenerated oocyte; ES, egg stalk; LU, lumen; MOC, mature oocyte; OC, oocyte; OF, oogenic follicle; OG, oogonium; UOC, undischarged oocyte. Scale bars = 50 μm (A~F).

4) 부분산란기(Partially Spawned Stage)

난소소낭을 가득 채웠던 성숙란과 완숙란들이 산란되어 난소가 위축되었다. 이 시기의 난소소낭내에는 미 방출란, 성장 중인 난모세포들이 일부 잔존하였다(Fig. 5D). 부분산란기의 개체들은 고수온기인 6~8월 사이에 출현하였다.

5) 퇴화 및 비활성기(Spent and Inactive Stage)

미 방출된 난모세포들은 퇴화, 흡수되고 난소소낭 내의 생식세포들과 소낭벽이 붕괴되어 결합조직으로 채워지게 되는데, 난소소낭은 크게 위축이 되었으며, 소수의 난원세

포들이 소낭벽에 존재하기도 한다(Fig. 5F). 퇴화 및 비활성기의 개체들은 수온이 점차 낮아지는 8~12월까지 장기간 지속되었다.

고찰

1. 난형성과정 중 생식세포들의 난황형성과 보조세포

비단가리비(*C. farreri*)의 전 난황형성 난모세포들의 형태적 특징은 Chung et al.(2005)이 큰가리비(*Patinopecten yessoensis*)에서 보고한 특징과 유사하게, 작은 타원형이며, 핵 속에는 한 개의 큰 인을 가진다. 세포질이 성장하므로서 세포질 내에는 골지체, 수많은 미토콘드리아들, 그리고 조면소포체들이 핵 주변 구역에서 많이 나타났다. 이 시기에 전난황형성난모세포의 핵과 세포질은 체적이 증대되며, 각각의 전난황형성난모세포에는 소수의 보조세포(auxiliary cell)들이 부착되어 나타났다. 이들 보조세포의 핵은 타원형이며, 세포질 내에는 치밀한 조면소포체들, 미토콘드리아 그리고 소수의 공포들이 출현한다. 이와 같이 비단가리비에서 나타나는 현상은 백합(*Meretrix lusoria*)에서도 나타났다(Chung, 2007).

큰가리비의 초기난황형성난모세포(early vitellogenic oocyte)는 소수의 보조세포들에 의해 둘러싸여 있는데, 보조세포들은 난모세포의 매끈한 난황막에 부착되어 있다. 이때에 직경 4~5 μm 정도인 보조세포들이 난소소낭 벽(follicular wall) 주변에서 이동한다. 보조세포들은 핵 내에 짙은 염색질과 핵막 주변 부위에 염색질을 가지며, 보조세포의 세포질 내에는 조면소포체들과 미토콘드리아들이 출현하였다고 보고되어 있다(Chung et al., 2005; Chung & Kim, 2008). 이러한 현상은 비단가리비의 초기난황형성난모세포에서도 용이하게 관찰되었다. 이와 같이 보조세포들은 초기단계인 전난황형성난모세포 및 초기난황형성난모세포들의 형성 및 발달에 영양세포로서 기능을 하는 것으로 다른 이매패에서도 확인되었다(Chung et al., 2005; Chung, 2007; Chung & Kim, 2008).

비단가리비의 초기난황형성난모세포들에서는 큰가리비에서 보고(Chung et al., 2005)된 바와 같이, 난황형성 시작과 더불어 지방적들과 미토콘드리아가 세포질 내에서 출현하고 있다. 그리고 이 시기에 난모세포질 내에는 골지체 내에 골지체 분비산물(Golgi product)이 관찰되며, 골지체 가까이에서

소수의 지방적들과 수많은 공포 및 소포들이 나타나는 특징을 보이고 있다. 이것은 난모세포 내에서 난황형성을 위한 자율합성과 관련이 있는 것으로 보고되어 있다(Chung, 2007).

비단가리비의 초기난황형성난모세포들이 난황막을 형성하기 시작할 때, 미세음모의 처음 모양은 타원형 또는 약간 긴 모양을 나타낸다. 이 시기에 엔도시토시스(endocytosis)에 의해 형성된 여러 개의 피복소포(coated vesicle)들이 난모세포 난막의 기저부에서 출현하였다. 이 현상은 Chung(2007)이 백합에서 이미 보고한 바와 같이, 외인성 물질들이 난세포질 내로 들어가 타가합성이 일어나는 과정으로 판단된다. 백합의 경우, 후기난황형성난모세포들(late vitellogenic oocytes)에서는 외인성 물질, 즉 많은 글리코겐 입자들이 난황막(oolemma) 외부에서 나타나며, 또한 피질과립들이 피질 구역에서 나타난다. 또한, 세포질 내에서는 단백질성 난황과립(proteinaceous yolk granule)들이 난황전구체(난황과립)들과 미토콘드리아, 그리고 지방적들 사이에서 나타나는 특징을 보이고 있다. 비단가리비의 경우는 큰가리비에서와 같이, 후기난황형성난모세포의 세포질 내에서는 변형된 미토콘드리아들로부터 형성되는 다포체(multivesicular body)들과 또 다른 외인성 물질들이 합쳐져 단백질성 난황과립들이 출현하였다. 이와 같이 난황형성과정(vitellogenesis)에서는 자율합성과정과 타가합성에 의해 난황형성이 일어나고 있음을 알 수 있다.

2. 배우자의 성숙

대부분의 이매패류에서 배우자 형성 또는 성숙이 시작되어 진행되는 그 기간은 뚜렷한 시공간적 변이를 나타내고 있어, 자연에서 생식주기의 연구는 매우 중요한 일이라고 생각된다. 이매패류의 생식소 발달과 성숙에 관여하는 외적 요인으로는 수온과 먹이(Sastry, 1966), 일장(Simpson, 1982) 등을 들 수 있으며, 내적인 요인으로는 영양물질의 저장(Barber, 1984), 신경조절(Blake and Sastry, 1979) 등이 거론되어 왔는데, 이들 요인이 배우자 형성과 산란의 시작 및 기간을 결정하는 것으로 보고되어 있다(Chung et al., 2001). 본 연구에서 비단가리비의 생식소 발달 및 성숙 시기는 다른 이매패류와 유사하게 4~8월로 호적 수온 및 먹이가 풍부하고 영양물질이 저장되는 시기와 거의 일치하고 있다. 따라서 생식소 발달과 성숙은 외적 및 내적 요인들과 밀접한 관련이 있다.

3. 산란기

패류의 산란기를 추정하는 방법으로는 비만도 조사, GSI 조사, 생식소의 조직학적 관찰, 조사를 하는 방법 등이 이용되어 왔다. 비단가리비의 산란기를 알기 위하여 GSI를 조사한 결과, GSI는 5월에 최대값(10.73)에 이른 후, 6월부터 8월까지 감소되었으며, 9월에 최소값을 보였다. 일반적으로 GSI 값은 가장 높을 때 생식소가 성숙한 시기이며, 감소가 일어나는 것은 산란으로 일어나는 것으로 보고되어 있다(Chung et al., 2002; Chung et al., 2005; Son & Chung, 2005; Chung et al., 2006). 이 연구 결과를 종합해 볼 때 대흑산도산 비단가리비의 산란기는 6~8월로 추정된다. 이 결과는 거제산 비단가리비의 산란기는 6~9월이고(임 등, 1995), 백령도산 비단가리비의 산란기는 6~8월이라고 보고(노 등, 1997)되어 한국의 서·남해안 비단가리비의 산란기는 거의 비슷한 것으로 나타났다. 그리고 한국에서 서식하는 가리비류의 산란기를 비교하여 볼 때 참가리비는 4~6월(Park, 1998), 해가리비는 11~1월(Son, 1997), 해만가리비는 5~6월(Oh, 2000)로 추정된다고 하여, 비단가리비의 산란기는 참가리비와 해만가리비보다 늦고, 해가리비보다는 빠르게 나타났다.

감사의 글

본 논문의 연구에 도움을 주신 군산대학교 정의영 교수님께 감사를 드립니다. 본 연구는 국립수산물과학원(종묘생산 기술개발 시험, RP-2008-AQ-039)의 지원에 의해 연구되었으며, 또한 군산대학교 수산과학연구소 학술연구 지원기금(2007-2008)의 일부에 의해 연구된 것입니다. 연구 지원에 감사드립니다.

인용문헌

- Barber BJ (1984) Reproductive energy metabolism in the bay scallop *Argopecten irradians concentricus* (Say). Ph. D. Thesis, University of South Florida, Tampa. 122 pp.
- Blake NJ, Sastry AN (1979) Neurosecretory regulation of oogenesis in the bay scallop *Argopecten irradians irradians* (Lamarck). Cyclic Phenomena in Marine Plants and Animals. Pergamon Press, New York. 181-190.
- Chung EY, Ryou DK (2000) Gametogenesis and sexual maturation of the surf clam *Macra veneriformis* on the west coast of Korea. *Malacologia* 42:149-163.
- Chung EY, Hur SB, Hur YB, Lee JS (2001) Gonadal maturation and artificial spawning of the Manila clam, *Ruditapes philippinarum* (Bivalve Veneridae), in Komso Bay, Korea. *J Fish Sci & Tech* 4:208-218.
- Chung EY, Kim SY, Park KH, Park GM (2002) Sexual maturation, spawning, and deposition of the egg capsules of the female purple shell, *Rapana venosa* (Gastropoda: Muricidae). *Malacologia* 48:65-76.
- Chung EY, Kim SY, Park GM, Yoon JM (2006) Germ cell differentiation and sexual maturation of the female *Neptunea (Barbitonia) arthritica cumingii* (Crosse, 1862) (Gastropoda: Buccinidae). *Malacologia* 48:65-76.
- Chung EY, Park YJ, Lee JY, Ryu DK (2005) Germ cell differentiation and sexual maturation of the hanging cultured female scallop *Patinopecten yessoensis* on the east coast of Korea. *J Shellfish Res* 24:913-921.
- Chung EY (2007) Oogenesis and sexual maturation in *Meretrix lusoria* Röding, 1798 (Bivalvia: Veneridae) in western Korea. *J Shellfish Res* 26:1-10.
- Chung EY, Kim EJ (2008) Ultrastructure of germ cells and follicle cells during oogenesis and oocyte degeneration and the ovarian cycle in female *Macra chinensis* in western Korea. *Yellow Sea* 9:18-26.
- Eckelbarger KJ, Davis CV (1996) Ultrastructure of the gonad and gametogenesis in the eastern oyster, *Crassostrea virginica*. 1. Ovary and oogenesis. *Marine Biology* 127: 79-87.
- Hur YB, Wi CH, Kim TI, Chun CY, Hwang MS, Kim YO, Hur SB (2001) Development and growth of larvae of three Scallops, *Patinopecten yessoensis*, *Chlamys farreri* and *Argopecten irradians irradians*. *Bull Nat Fish Res Dev Inst* 60:23-31.
- Kang TG, Zhang CI (2000) A study on the growth and spawning of Korean scallop (*Chlamys farreri*) around Wando, Korea. *Bull Korean Soc Fish Tech* 36:210-221.
- Kuang S, Sun H, Li F, Fang J (1997) Feeding and growth of scallop *Chlamys farreri* before and after spawning.

- Mar Fish Res China 17:80-86.
- Li M, Biao B, Pan Z, Sun J (1989) The use of micro-algae in rearing experiments on larval scallop, *Chlamys farreri* (Jones and Preston). Trans Oceanol Limnol 1:30-37.
- Liao C, Xu Y, Wang Y (1983) Reproductive cycle of the scallop *Chlamys farreri* (Jones and Preston) at Qingdao. J Fish China 7:1-13.
- Na GH, Jeong WG, Cho CH (1995) A study on seedling production of Jicon scallop, *Chlamys farreri*. 1. Spawning, development and rearing of larvae. J Aquaculture 8: 307-316.
- Oh BS (2000) Studies on the seedling production and aquaculture of Bay scallop, *Argopecten irradians* (Lamarck). Ph. D. thesis, Inha National University, Korea. 174 pp.
- Park YJ (1998) Biological studies on aquaculture of the scallop, *Patinopten yessoensis* (Jay). Ph. D. thesis, Cheju National University, Korea. 187 pp.
- Sastry AN (1966) Temperature effects in reproduction of the bay scallop, *Argopecten irradians* Lamarck. Biol Bull 130: 118-134.
- Simpson RD (1982) Reproduction and lipids in the sub-antarctic limpet *Nacella (Patinigera) macquensis* Finlay, 1927. J Exp Mar Biol and Eco 56:33-48.
- Son PW (1997) Biological studies on aquaculture of the Sun and Moon scallop, *Amusium japonicum japonicum* (Gmelin). Ph. D. thesis, Cheju National University, Korea. 128 pp.
- Son PW, Chung EY (2005) Gonadal development, first sexual maturity and sex ratio of the sun and moon scallop *Amusium japonicum japonicum* on the coastal waters of Jeju, Korea. Dev Reprod 9:95-103.
- Sun H, Kuang S, Li F (1996) Studies on suitable cultures depths and method for scallop in Sanggou Bay. J Fish Sci China 3:60-65.
- Sun J, Lin C, Li P, Jin T, Zhou L (1977) The culture experiment of scallop *Chlamys farreri* in Nanji Islands. J Zhejiang Coll Fish 16:247-255.
- Whang HJ, Kim MN (1973) Study on the distribution and ecology *Chlamys farreri nipponensis* Kuroda around the Taehuksan Is. Bul Nat Fish Res Dev Agency 11:25-35.
- Yakovlev YM, Afeichuk LS (1995) The reproductive cycle of the scallop *Chlamys farreri* in the Sea of Japan. Fisheries, biology and aquaculture of Pectinids, 8th Int Pectinid Workshop 17:193-198.
- Yang A, Wang Q, Kong J, Liu P, Liu Z, Sun H, Li F, Wang R, Jiang M (1999a) Triploid induction in *Chlamys farreri* by application of 6-dimethylaminopurine. J Fish China 23:241-247.
- Yang H, Zhang T, Wang J, Wang P, He Y, Zhang F (1999b) Growth characteristics of *Chlamys farreri* and its relation with environmental factors in the intensive raft-culture areas of Sishiliwan Bay, Yantai. J Shellfish Res 18:71-76.
- Yang H, Guo X, Chen Z, Wang Y (1999c) Tetraploid induction by inhibiting mitosis I in scallop *Chlamys farreri*. Chinese J Oceanol Limnol 17:350-358.
- 경상남도 (1996) 비단가리비 양식시험. 107 pp.
- 노한철 · 정태준 · 신남삼 · 민병주 · 이옥태 (1997) 비단가리비 자연채묘 및 양식시험사업. 농림부 특정연구개발사업 연구보고서, 126 pp.
- 임영수 · 고창순 · 이윤호 (1995) 비단가리비 종묘생산 기술개발시험. 국립수산진흥원 남해수산연구소 사업보고, 355-360.
- 조현수 · 손호선 · 차병열 · 박영철 · 양원석 · 최옥인 (1996) 비단가리비 자원조사. 국립수산진흥원 남해수산연구소 사업보고, 108-124.