

우렁쟁이, *Halocynthia roretzi*의 배우자 형성 및 생식소 발달

김봉석[†] · 방종득 · 류효영 · 홍정표 · 정의영¹

국립수산진흥원 증식부, ¹군산대학교 해양생명과학부

Gametogenesis, Gonadal Development and Maturation of the Sea Squirt, *Halocynthia roretzi*

Bong-Seok Kim[†], Jong-duk Bang, Ho Young Ryu,
Jeung Pyo Hong and Ee-Yung Chung¹

Aquaculture Division, National Fisheries Research and Development Institute, Busan 619-902, Korea

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

요 약 : 본 연구는 동해남부해역의 수하식 우렁쟁이 양식장에서 양식되고 있는 2년산 우렁쟁이, *Halocynthia roretzi*의 생식 세포 및 생식소 발달과 성숙 조사를 위하여 1996년 5월부터 1997년 4월에 걸쳐 조사되었다. 우렁쟁이는 자웅동체형으로 난생이었다. 난소는 체벽에 평행하게 붙어 좌측에 6~8개, 우측에 8~10개의 가는 생식수관을 가진 구조이며, 정소는 난소 사이에 불규칙한 많은 낭상 구조를 가진 복합 생식소이었다. 난원세포는 직경이 11.7~15.6 μm 이었고, 초기성장기의 난모세포는 직경 39.6~47.6 μm 이었으며, 핵경은 10.0~25.0 μm 이었다. 난소를 대부분 차지하는 난황형성중인 난모세포는 158.6~210.0 μm 에 이르렀다. 성숙 난모세포는 210.0~230.9 μm 로 피질부에서 test cell들이 관찰되었다. 정소는 한 개의 정소낭에 여러 개의 곡정세포가 밀집되어 그 내부 생식상피를 따라 일반적인 정자형성과정을 보이고 있었다. 첫 산란은 수온이 10°C 이하로 떨어진, 3년생이 되는 1997년 1월에서 2월에 주로 이루어졌다.

ABSTRACT : Gametogenesis and gonadal development of the sea squirt, *Halocynthia roretzi*, which is two years old were investigated by histological study. The specimens were collected in Guryong-po coastal area, Kyongsangbuk-do, Korea, from May 1996 to April 1997. The sea squirt is hermaphrodite and oviparous. The ovary is located in the inner wall of the tunic year-round, but the testis can be distinguished from in June. The ovary is composed of 6~8 gonoducts at the left side and 8~10 ones at the right side, the testis consists of the complex gonad having irregular sacular structures. Oogonia in the ovarian sac were 11.7~15.6 μm in diameter. The early developing oocytes were 39.6~47.6 μm and nucleus 10.0~25.0 μm in diameter. Oocytes in the ovarian sacs during vitellogenesis were 158.6~210.0 μm , and fully ripe oocytes which were to 210.0~230.9 μm in diameter had several test cells in the cortical parts showing a characteristic of vertebrate. The testis showed a general spermatogenesis as in the marine animals. The three-year old sea squirt occurred the first spawning between January to February under 10°C.

Key words : Sea squirt, *Halocynthia roretzi*, Gametogenesis, First spawning.

서 론

우렁쟁이, *Halocynthia roretzi*는 세계적으로 광범위하게 분포하며 2,300여종이 알려져 있다. 연안의 바위, 패각, 그리고 배의 바닥에도 부착하는 부착형 해양동물로 심지어 진흙이나 모래에서도 발견된다(Satoh, 1994). 몸통은 유래한 피낭(tunic)으로 이루어져 있으며, 해수로부터 미세한 플랑크톤과

영양물질을 여과 섭취하는 특성을 지니고 있다. 독립생활을 하는 형과 군체 생활을 하는 형으로 나눌 수 있는데 독립생활을 하는 우렁쟁이는 유성생식이 일반적이거나, 군체 생활을 하는 우렁쟁이류는 무성생식을 하는 형도 다수 있다.

우리 나라에서 우렁쟁이는 제주도를 남방한계로 하여 동해안과 남해안에 광범위하게 분포하고 있다. 우렁쟁이는 고부가가치를 지닌 중요한 양식대상종으로서 남해안을 중심으로 양식이 이루어지고 있으며, 동해남부해역에서도 대량으로 양식되고 있어 어업인의 주요 소득원으로 자리잡고 있다. 그러나, 1993년부터 우렁쟁이의 대량 폐사가 나타나고 있는데, 지역별 및 양식장별로 차이를 보이고 있다. 따라서, 지속

[†]교신저자: 부산시 기장군 기장읍 시랑리 408-1, 국립수산진흥원 생물공학과, (우) 619-902, (전) 051-720-2461, (팩) 051-720-2456, E-mail: bskim@nfrdi.re.kr

적인 생산량 증대를 위해서 다각적인 생태생리학적 연구가 요구되고 있다. 우렁쟁이는 척삭동물문(Chordata), 미색동물아문(Urochordata), 해초강(Ascidiacea)에 속하여 계통학적인 관점에서도 무척추동물과 척추동물의 진화적 경로에 위치해 있어 매우 중요하다. 이러한 이유에서 우렁쟁이는 배 발생연구, 수정 기작 연구 등 생물학적 분야의 다양한 연구가 이루어지고 있고, 우리에게 중요한 정보를 제공해 주고 있다 (Tucker, 1942; Abbott & Newberry, 1980; Cloney, 1990b; Satoh, 1994). 따라서, 국외에서 우렁쟁이의 발생생물학적 연구가 풍부한데(Okada & Yamamoto, 1991; Satoh, 1994) 비해, 국내에서는 남해산 우렁쟁이의 초기발생에 대한 연구(Pyen et al., 1977), 우렁쟁이의 초기성장(Jang, 1979), 강원산 우렁쟁이의 산란기에 관한 연구(Baik, 1986)가 있고, 유사종인 미더덕, *Styela clava*와 흰멍게, *Styela plicata*의 생식세포형성과정과 생식주기(Lee, 1976; 1977) 등의 연구가 있으나, 우렁쟁이의 생식세포 및 생식소 발달과 관련된 생식생물학적 특성에 관한 연구보고가 없다.

본 연구는 국내에서 양식되고 있는 우렁쟁이의 생식생물학적 특성을 파악하기 위하여 단련 종묘에서 상품크기로 양식되는 2년산 우렁쟁이의 생식세포 및 생식소 발달과 성숙에 대하여 조사하였다.

재료 및 방법

우렁쟁이, *H. roretzi*는 우리 나라 동해남부해역(경상북도 포항시 구룡포읍)에 위치한 우렁쟁이 수양양식장에서 양성 중인 2년산으로, 1996년 5월부터 1997년 4월까지 매월 30마리씩 채집하였다. 총 채집한 360마리의 우렁쟁이는 최초 체고 38.51 mm, 전중 15.14 g 개체들에서 최후 체고 80.02 mm, 전중 118.42 g 내외의 개체들이 이용되었다. 재료는 매월 채집 후 생체로 실험실로 운반하여 체고, 체폭 등 각 부위를 vernier caliper로 측정하였으며, 전중은 전자저울로 0.1 g 단위까지 측정하였다.

성장에 따른 생식소 조직의 관찰을 위하여 내부체벽과 함께 생식소를 절취한 후, Bouin's 용액에 고정하여 파라핀법에 따른 조직학적 처리과정을 거쳐 5~6 μm 두께로 횡단면을 잘라 절편을 만들었다. 만들어진 절편은 Mayer's hematoxylin-0.5% eosin으로 비교 염색하였다. 광학현미경(Axioscope II, Karl Zeiss)으로 생식세포의 크기는 μm 단위까지 측정하였고, 조직학적 관찰이 동시에 수행되었다.

결 과

1. 우렁쟁이의 성장과 수온

우렁쟁이의 월별 수온은 Fig. 1과 같다. 수심 10 m 층의 월별 수온은 5월 14.2°C에서 7월 19.0°C로 증가하여 8월 23.2°C로 최고수온을 보인 후, 점차 하강하여 12월 15.1°C로 서서히 낮아져, 1월과 2월 9.2°C 내외로 최저 수온을 보였다. 표층에 가까운 수심 1 m 층의 월별 수온은 대체로 수심 10 m의 수온과 유사한 경향을 보였으나, 고수온기인 7월부터 10월까지의 수온은 각각 25.0, 26.1, 25.0, 22.9°C로 3~5°C 높았다.

단련종묘시기를 거친 후 동해안으로 이식되어 본격 양식되기 시작한 2년산 우렁쟁이의 월별 체중 및 체고의 변화는 Fig. 2와 같다. 1996년 5월 체고 39.5 mm, 체중 15.1 g의 어린 우렁쟁이는 완만한 성장을 보여 10월에 체고 60.4 mm에 이른 후 이듬해 2월까지 68.4 mm에 이르렀다가 4월에 80.0 mm로 성장하였다. 그러나, 체중은 지속적으로 증가하여 8월 48.8 g, 11월 57.0 g, 이듬해 2월에 85.5 g으로 성장하였으며, 출하 후 일부 남은 우렁쟁이는 4월에 118.4 g을 보였다.

2. 우렁쟁이 생식소의 형태 및 구조

우렁쟁이의 내부구조의 모식도는 Fig. 3과 같다. 우렁쟁이

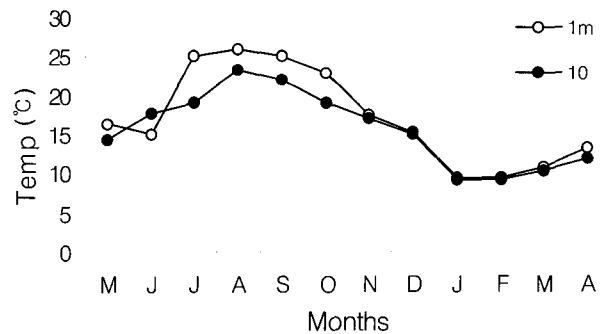


Fig. 1. Monthly variations of water temperature in culture ground of the sea squirt, *Halocynthia roretzi* in Guryong-po coastal area.

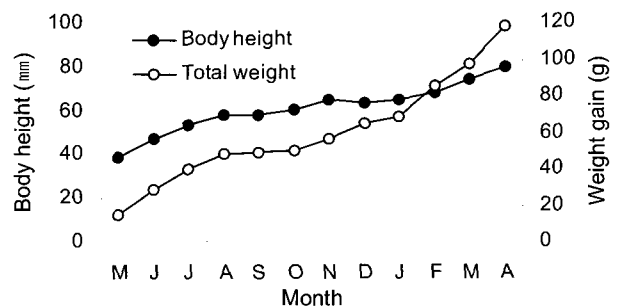


Fig. 2. Monthly variations of body height, and total weight in the two-year-old sea squirt, *H. roretzi*.

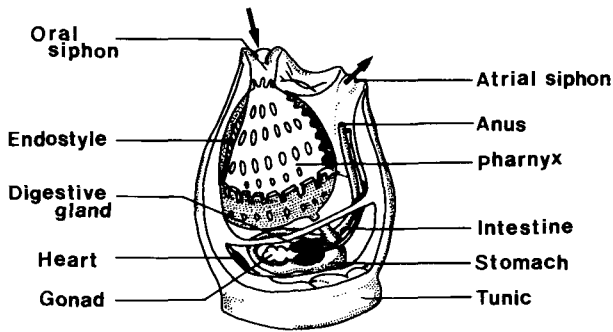


Fig. 3. Schematic diagram of anatomy of sea squirt, *H. roretzi*.

는 타원체로서 아래 부분에 있는 뿌리기질로 부착하고 있다. 우렁쟁이의 체부는 cellulose, amoeboid cells 그리고 blood cells로 구성된 피낭(tunic)으로 덮혀 있고, 이 내부에 결체성 조직으로 구성된 근섬유들이 체벽을 이루고 있다. 생식소는 자동동체의 복합 생식소로서 피낭의 내벽을 따라 오른쪽에는 장을 감싸고, 왼쪽은 피낭을 따라 수직으로 줄을 지어 발달하는 생식수관으로 구성되어 있는데, 그 모양은 기저부로부터 위로 야구 글러브의 형태를 보이고 있었다.

Fig. 4는 2년산 우렁쟁이의 성장과 함께 생식소의 월별 발달형태 변화를 보여주고 있다. 2년산 5월까지 외형적인 생식소의 식별이 어려웠던 우렁쟁이(Fig. 4A)는 6월에 피낭의 내벽 오른쪽에서 생식소가 소화선을 감싸며 먼저 식별되었다(Fig. 4B). 7월부터 왼쪽 피낭내벽을 따라 발달하는 생식소도 함께 식별되면서 양측 생식소가 모두 피낭 내벽에 출현하였

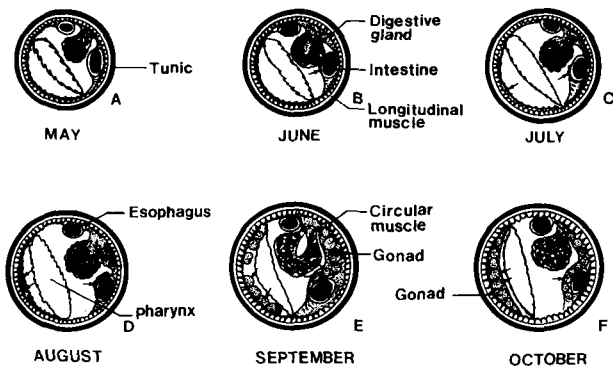


Fig. 4. Schematic diagrams of the gonad cut at the level of the middle part of sea squirt, *H. roretzi*. A, Cross section of the sea squirt which collected in May. Gonoducts can not be detected; B, Cross section of the sea squirt which collected in June. Note weak developing ovary; C-D, Cross sections of the sea squirt which collected in July and August, respectively. Note developing ovary and testis; E-F, Cross sections of the sea squirt which collected in September and October. Note well-developed ovary and testis. Arrows indicate gonad.

다(Fig. 4C). 8월을 지나 외형적인 발달을 보이는 생식소는 9월에 크게 발달하여 생식수관이 피낭 내벽의 양측에 각각 8~10개 줄을 지어 발달하는 것이 식별되며(Fig. 4E). 10월 이후 생식수관을 가진 생식소가 뚜렷하게 관찰되었다. 10월부터는 잘 발달된 난소의 생식소 표면 군데군데에 흰 쌀알 같은 형태의 정소소낭이 외형적으로 식별되기 시작하였다(Fig. 4F).

3. 생식세포 발달

1) 난 소

우렁쟁이의 생식소 내 난원세포는 뚜렷한 하나의 인을 포함하는 큰 핵을 가지며, 그 직경이 약 11.7~15.6 μm 이었다(Fig. 5A). 난원세포는 난소 내 난낭을 형성하고 있는 여러 개의 소낭 내 생식상피를 따라 발달하고 있었으며, 2년산 5월에 이미 식별이 가능하였다(Fig. 5A-insert). 난원세포에서 발달한 난모세포는 핵 내에 크고 둥근 한 개의 인을 유지하며 핵경 10.5~20.2 μm , 난경 39.6~47.6 μm 로 발달하였다(Fig. 5B). 난황형성전기의 특징을 보이는 난모세포는 세포질의 성장이 시작되면서 hematoxylin-eosin 비교 염색상에서 헤마톡실린 양성반응을 보였다. 난황형성이 시작되면서 난모세포의 직경은 37.6~118.9 μm 로 매우 크게 성장하였다. 난세포질 중앙에는 난황포가 자리잡고 있었으며 점차 난황막 근처의 피질층으로 확산되고 있었다(Fig. 5C). 난황형성 후기에 이르러 난모세포는 그 크기가 158.6~210.0 μm 로 발달하였으며 세포질은 eosin 양성반응을 보이는 난황과립으로 채워지고 있으나, 세포 피질부까지 확산되어 있지 않다(Fig. 5D). 이후 난모세포는 더욱 크고, 세포질 내에는 난황과립으로 충만하며, 난막은 hematoxylin에 반응하는 여포층의 발달이 뚜렷하였다(Fig. 5E). 성숙 난모세포는 배포의 직경이 55.5~71.4 μm 로 나타나고 있으며, 난모세포의 크기는 210.0~230.9 μm 에 이르고 있었다. 여포층은 더욱 두꺼워지고, 세포와 세포 사이는 이들에 의해 매우 치밀하게 배열되어 있었다. 이 때, 피낭류의 난모세포 발달 과정에서 특징적으로 나타나는 test cell들이 우렁쟁이의 난모세포의 난황막 주위의 피질부에 발달하는 특징을 보이는데, 이들 세포의 직경은 15 μm 내외로 뚜렷한 포낭으로 나타났(Fig. 5F). 이후, 방관과 함께 성숙난들은 소실되고 잔존 여포들이 남게 되었다(Fig. 5G). 방관 후 3년생이 되는 4월이 되면 생식상피를 따라 새롭게 발달하는 어린 난원세포와 난모세포들이 식별된다(Fig. 5H).

2) 정 소

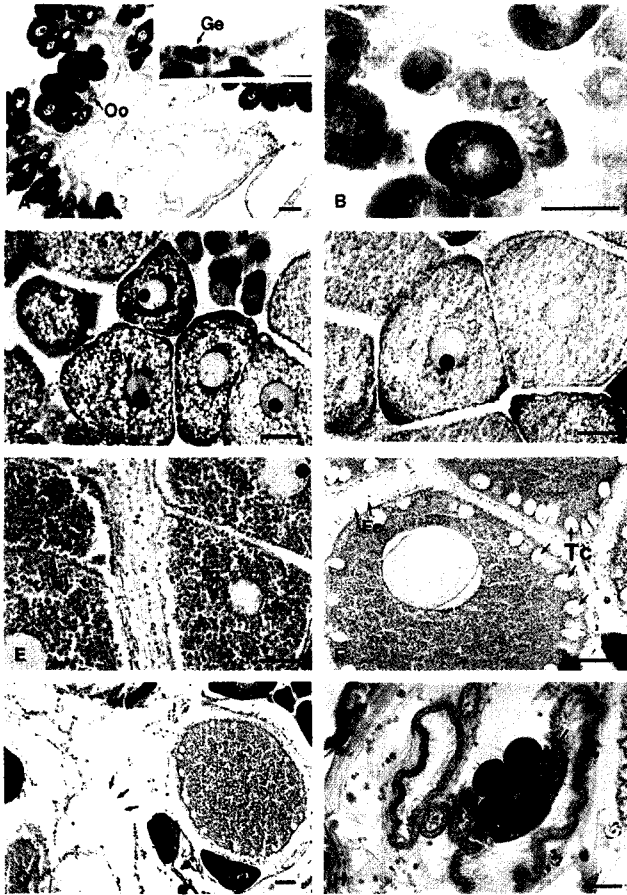


Fig. 5. Photomicrographs of gonadal phases of the ovary of the two-year-old sea squirt, *H. roretzi* observed under the light microscope. Bars indicate 30 μm and 300 μm respectively. A, section of ovarian sac. Magnified photomicrographs showing developing oogonia(Oo) on the germinal epithelium(Ge). B, section of the early developing oocytes (arrow). C-D, section of oocytes in the ovarian sac, with granule vesicles(Gv) filled with cytoplasm showed positive reaction in the hematoxylin. E, section of vitellogenic oocytes with yolk granules (Yg) in the cytoplasm, with positive reaction in the eosin. F, section of matured oocytes, with follicle cells(Fc), test cells(Tc) embedded in the peripheral cytoplasm of the oocyte. G, Partially spawned ovary (arrows). H, section of early developing oocytes(arrow) in the ovarian sacs.

정원세포기의 정원세포는 난소낭 사이의 정소세관 내 여포벽에서 증식하고 있었다(Fig. 6A). 이웃하는 난소낭 내 난모세포가 성장하는 시기에 정소의 생식세포는 정원세포기를 보이고 있었으며, 그 크기는 난원세포와 유사한 11.7~15.6 μm 로 입방상피세포와 유사한 형태를 보였다(Fig. 6B). 이들 각각은 세포 중앙에 큰 핵을 가지고 있었고, hematoxylin-eosin 비교 염색에서 비교적 열게 나타났으며, 점차 분열 증식하여 정모세포로 발달하였다. 정원세포에서 발달한 정모세

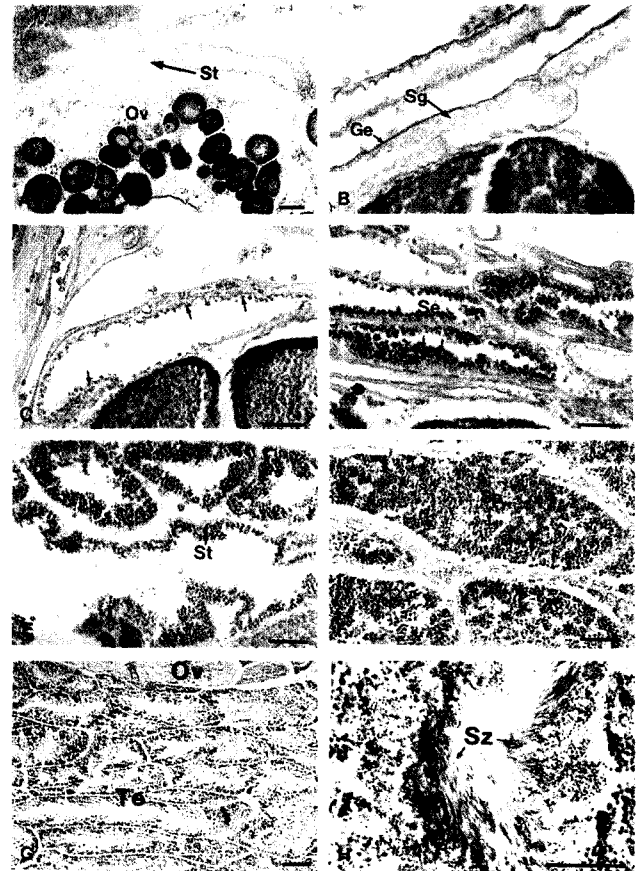


Fig. 6. Photomicrographs of gonadal phases of testis of the two-year-old sea squirt, *H. roretzi* observed under the light microscope. Bars indicate 30 μm . A, section of the seminiferous tubule(St, arrow) located between ovarian sacs(Ov). B, section of spermatogonia(Sg) located along the germinal epithelium(Ge). C, section of spermatocytic cells(arrow) located along the germinal epithelium. D, section of proliferous spermatocytes(Se). E, spermiogenetic spermatids(St). F, section of fully mature spermatozoa(Sp) filled with tubules. G, section of the testis (Te) between ovarian sac(Ov). H, section of spent testis(Sz; spermatozoa).

포는 hematoxylin에 질게 염색된 핵만이 뚜렷할 뿐, 세포질의 크기가 작아지고, 2.4~4.3 μm 크기를 보이며, 정소세관의 내강으로 분열증식하였다(Fig. 6C). 정모세포들은 어린 정세포로 발달하면서 1.74 μm 내외로 그 크기가 작아지고, 세포 대부분을 핵이 차지하는 정세포는 hematoxylin에 양성반응을 보였다. 인접 난소낭에서 난황축적을 보이는 난모세포가 발달하는 시기에 정세포는 정소세관의 내강을 따라 증식하고 있었고(Fig. 6D), 마침내 내강에 가득 차 있었다(Fig. 6E). 정세포에서 형태적, 구조적 변화를 겪은 후 성숙한 정자는 모든 정소세관을 가득 채우는데(Fig. 6F), 성숙한 정소는 난소낭과 난소낭 사이에 충만해 있었다(Fig. 6G). 두부를 내강으

로 향하고 있는 완숙한 정소의 정소세관에는 이미 완숙된 정자가 방정되어 일부 내강은 비어 있었고, 주변부에는 방정을 준비중인 완숙정자들이 자리잡고 있었다(Fig. 6H).

4. 난자형성과정에 따른 생식세포의 월별 크기 변화

우렁쟁이의 성장과 더불어 발달을 보인 난소 내 생식세포의 월별 크기변화는 Fig. 7과 같다. 5월의 우렁쟁이의 난소 내 생식세포는 새로 형성되는 최소 3.48 μm 의 난원세포와 일부 성장중인 최대 난경 39.6 μm 의 난모세포가 혼재되어 나타났으나, 평균 15.6 μm 내외의 분포를 보였다. 6월부터 10월까지 지속적으 분열증식 중인 11.7 μm 내외의 난원세포가 식별되었고, 주 성장중인 난모세포는 월별로 최대난경 176.9 μm 내외의 양적성장을 보였으며 여포 세포층의 발달이 확인되었다. 8월부터 10월까지의 평균 난모세포 크기는 약 110.0~120.0 μm 이었다. 성숙기인 12월에 접어들면서 난모세포는 최대로 성숙하여 12월에서 이듬해 2월까지 약 232.4~237.9 μm 크기의 난경을 보였다. 이후 일부 잔존 난모세포의 6.09 μm 내외의 어린 난모세포들이 새로이 분열증식하고 있었다. 연중 가장 성숙한 난모세포 직경은 1월과 2월의 238.2 μm 이었다.

5. 생식소 발달

한 개체에서 식별되는 난소와 정소는 성장과 함께 다소 다른 발달단계를 보이는데 이는 Fig. 8과 같다.

난소의 난원세포는 연중 식별되었으나, 주로 4월과 6월 그리고 이듬해 4월에 우렁쟁이의 체벽 내부 생식소에서 식별되었다. 난소는 이중 결체성 조직막으로 구성된 낭상 구조로 이루어져 있고, 초기활성을 보이는 난모세포기는 연중 관찰되었다. 초기성장이 우세한 5월부터 7월 사이에는 난소의 외형적인 증가와 더불어 1,160 \times 1,600 μm 내외의 난소낭 발달이 두드러지게 나타났고, 반면 결체조직은 줄어들었다. 후기

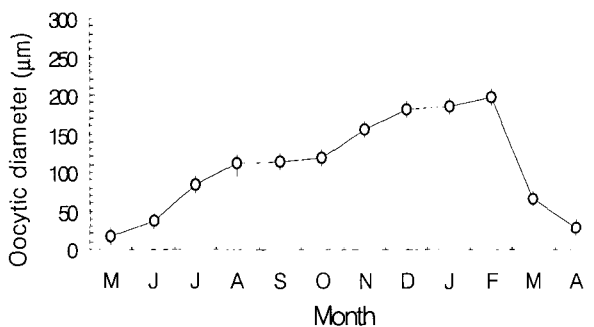


Fig. 7. Monthly variations of egg diameters in the ovary of the two-year-old sea squirt, *H. roretzi*.

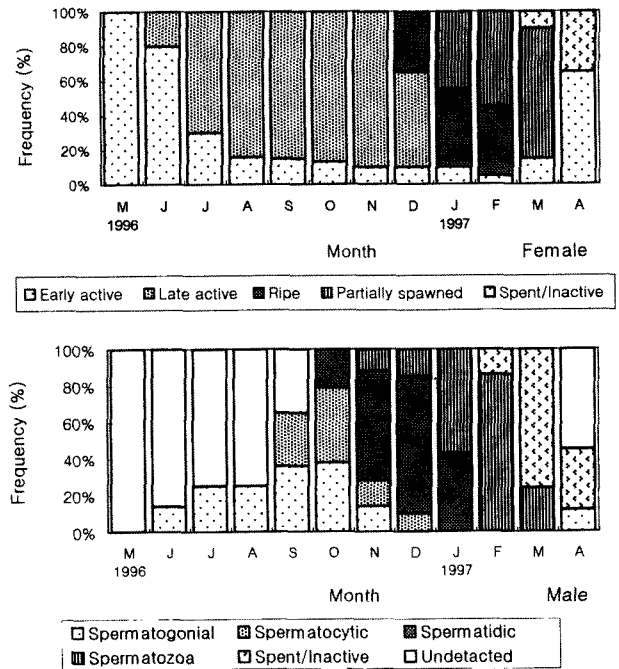


Fig. 8. Gonadal phases of the two-year-old sea squirt, *H. roretzi*.

성장 중인 난모세포는 6월부터 12월까지 폭넓게 발달하면서 성숙 난모세포로 이행해 가고 있었다. 7월 이후부터 12월까지 나안으로도 난소의 발달이 식별되었다. 그리고 성숙이 이루어진 12월에서 이듬해 2월의 난소는 최대로 비후되는 성숙기로서, 근내막과 난소 사이에 수란관이 뚜렷하게 관찰되었다. 난소낭 내에는 성숙 난모세포들로 가득 채워져 있으며 이듬해 1월부터 3월까지 부분 산란기를 보였다. 3월부터 4월까지 산란 및 불활성기를 보이고 있었다.

정소는 2년산에 접어들 1996년 5월에는 관찰되지 않았다. 6월부터 이듬해 3월까지 정소가 관찰되었고 이듬해 4월에는 부분적으로 식별되었다. 이들 정소는 피낭 내부의 좌, 우측을 따라 발달중인 난소의 외부에서 근막과 난소낭 사이에서 발달하고 있었다. 생식상피의 내벽을 따라 정원세포가 발달하는 정원세포기 정소는 6월에서 11월 사이에 나타나는데, 현미경적 관찰에서도 무수한 정소세관들이 난소낭과 난소낭 사이에 혼재되어 나타났으나 식별이 어렵다. 정모세포가 발달하는 9월부터 10월까지 나타나는 정모세포기는 정소 내 정소세관의 수적 증가 및 비후가 관찰되지만 큰 변화를 보이지 않았다. 10월부터 성숙한 난소의 외벽에 흰 쌀알모양으로 혼재하는 것이 나안으로 식별되는 정소의 내부에는 정세포가 발달하는 정세포기로 정소세관들은 분열증식에 의해 정세포와 정자들로 비후되어 있었다. 처음으로 성숙한 정자를 가진 정소는 난소와 난소 사이에 층만하게 배열되어 11월경 출현

하여 이듬해 3월까지 나타났으나 가장 발달한 정자기는 1월과 2월이었다. 비후된 정소세관 내에 두부를 내강으로 향한 성숙한 정자들은 수관관옆에 나란히 붙은 수정관을 지나 출수공으로 방정이 이루어진다. 2월부터 방정이 이루어진 후 조직학적으로 위축되어 외형적으로도 식별이 어렵게 되며, 퇴화된 정소세관은 4월이 되면 발견할 수 없었다.

고 찰

근체 생활을 하는 우렁쟁이류에서는 출아와 같은 방법으로 무성생식을 하는 형태 다수 있으나, 독립생활을 하는 피낭류는 유성생식이 일반적이다(Satoh, 1994). 따라서, 피낭류는 생식세포의 발달과 증식이 계절적인 변이에 따라 뚜렷하게 구분된다(Sugawara et al., 1968). 우렁쟁이, *Halocynthia roretzi* 역시 계절에 따라 피낭 내부에서 생식소가 형성된다. 생식소의 형태는 계절적인 변이와 더불어 수온이 상승하는 5월부터 야구 글러브같은 모양의 생식수관 구조가 7~8개로 나타나다 9월에서 1월 사이에는 9~10개로 수적 증가와 함께 크기의 증가를 보인 후 이듬해 4월까지 6~7개로 식별되는데, 좌측벽에서 발달하는 생식수관이 1~2개 더 발달하는 것으로 나타났다. 우렁쟁이의 생식소는 난소가 먼저 형성되어 난모세포의 발달과정이 계절에 따라 관찰되었다. 난모세포가 형성되는 2년산 6월에 같은 개체의 피낭에서 정소의 발달이 이루어지며, 7월 이후에는 양 성의 발달이 뚜렷하게 식별되는 자웅동체형 난생이다. 이들 정소는 피낭 내부의 좌, 우측을 따라 난소가 발달해 가는 동안 난소의 사이사이에 분포하였고, 정소의 점유면적을 넓혀가며 10월이 지나면서 난소의 표면에 흰 쌀알 같은 형태의 정소로 식별되었다. 11월 이후부터는 성숙한 변태정자의 색깔에 따라 뚜렷하게 식별되었다. Lee(1977)는 미더덕, *Styela clava*의 경우 체벽에 붙은 난소가 좌측에 2~4개, 우측에 5~7개로 세장된 관상구조를 보인다고 보고하고 있어, 비교적 대형개체인 우렁쟁이의 경우 관상구조는 더 크고 많은 것으로 생각된다. 외국에서는 미색류의 발생생물학적 연구가 다수 보고되고 있다(Abbott & Newberry, 1980; Cloney, 1990b). Okada & Yamamoto(1991)는 원시생식세포의 특징에 대해서, Reverberi(1971)는 여러 피낭류의 난모세포의 크기와 색택, 그리고 난자형성과정에 대해, Tucker(1942), Reverberi(1971), Kessel(1983) 등은 생식세포 발달 관련 부속세포들의 기원과 기능에 대해, Fukumoto(1990) 등은 정자의 기능과 구조에 대해 연구한 바가 있으나, 국내의 경우 우렁쟁이의 계절에 따른 생식세포 발달과정이나 생식소 발달과정이 보고된 바 없다. 이는 난소의 발달과

더불어 그 사이사이에 정소세관이 형성되면서 정원세포로부터 정모세포로의 발달과정이 난소의 발달과 시기적으로 차이를 보이는 현상을 확인하지 못했기 때문으로 보인다.

Lee(1976)는 흰명게, *Styela plicata*의 경우, 난원세포는 10.0 μm 내외의 크기를 보이고, 난모세포는 50~100 μm 내외, 성숙 난모세포는 130~150 μm 로 보고하고 있는데, 우렁쟁이의 경우 난원세포는 11.7~15.6 μm , 초기 성장 난모세포는 39.6~47.6 μm , 난황형성 중인 난모세포는 158.6~210.0 μm , 그리고 성숙 난모세포는 210.0~230.9 μm 로 비교적 크게 나타났다. Satoh(1994)는 우렁쟁이 *H. roretzi*, 미더덕 *Styela clava* 과 흰명게 *S. plicata*, 그리고 유령명게 *Ciona intestinalis* 등에서 완전히 성숙한 난모세포가 해수에서 성숙하는 것에 대해 보고한 바 있다. 만약에 난소를 잘라 성장 난모세포를 해수에 두면 배포과열이 수 시간 내에 일어나는 것을 관찰한 바 있다. Reverberi(1971)는 종에 따라 난경이 100 μm 에서 500 μm 사이로 매우 다양하며 평균 179 μm 내외라고 보고하였다. 본 연구에서 완전히 성숙한 우렁쟁이의 난경은 1월과 2월 사이에서 관찰되었으며, 이 시기에 일어나는 배포이동기의 난모세포 크기는 위에서 언급한 바와 같이 그 직경이 210.0~230.9 μm 로 나타났다. 산란을 마친 시기에 난소에서는 난원세포와 작은 난모세포, 그리고 난모세포 방출에 따른 여포의 막 등이 관찰되었고, 정소 역시 정소세관 내에 정원세포들의 재배열현상이 일어나고 있었다. Baik et al.(1986)은 산란후 난경은 439 μm 였다고 보고하고 있는데, 이는 방란후 수하를 거치는 과정에서 비대한 것으로 보인다. 정소의 발달과정은 Retzius(1904)가 선구적 연구를 해온 이래, Fukumoto(1990)에 이르러 정자의 기능과 구조에 대해 연구되어 오고 있다. 독립생활을 하는 피낭류의 정자구조는 거의 유사한 것으로 알려져 있다. 두부의 길이는 3~9 μm , 전체길이는 보통 50~60 μm 의 길이를 가지며, 유사편모의 구조 또한 9+2 구조를 가진다. 종 특이적인 결합능력을 가지고 있으므로 보통 자웅동체에서 생기는 자가수정을 방지하는 기능을 가지고 있다. 본 연구에서 비후된 정소세관의 내부에서 급속히 증식한 후, 변태한 정자들 역시 1월에서 2월 사이에 가장 발달하여 나타났다.

우렁쟁이는 1982년부터 양식생산량이 39톤으로 집계된 이후, 그 양식방법이 안정화되면서 종묘들에 의한 종묘 수확 후 단련된 종묘를 이식하여 양성하므로 보통 만 2년에서 3년생이 되면서 출아가 일어난다. 따라서, 상품크기가 되는 1997년 2~3월에 전량 출하하였으므로 지속적인 관찰은 하지 못하였으나, 1997년 4월까지 조사한 바로는 2년산 우렁쟁이의 첫 성숙에 따른 방란, 방정 시기는 수온이 10°C 이하로 내려간 1997년 1월과 2월까지로 볼 수 있었다. Baik et al.(1986)은

강원산 우렁쟁이의 난소속도 변화, 비만도 및 난경 변화로 산란기를 11~12월로 추정하였는데, 이는 그 해의 수온의 차에 따라 다소의 시기적인 차이를 보일 수도 있으나, 조직학적 관찰을 통한 2년산 우렁쟁이의 경우는 초산이기 때문에 다소 부분 산란기가 늦어진 것으로 생각할 수 있다.

난모세포 성숙시기에 나타나는 우렁쟁이 알의 특징은 여포세포와 test cell을 가지는 것인데, 이는 모두 생식세포와 함께 생식상피에서 유래하였다는 설(Julin, 1893; Tucker, 1942)과 여포세포와 test cell은 amoeboid cell에서 유래했다는 설(Knaben, 1936), 그리고 test cell만 amoeboid cell에서 유래했다는 설(Peres, 1954; Mancuso, 1965)로 나뉘는데 이러한 구분은 종의 차이로 보고되고 있다. 여포세포의 형태는 종에 따라 매우 다르게 나타난다고 보고되고 있으나, 보통 공포화되어 나타난다. 여러 가지 기능적 구멍이 이루어지고 있으나, 여전히 어려운 문제로 보고되고 있다(Satoh, 1994). 일반적으로 여포세포는 유령명계 *C. intestinalis*의 경우 정자의 주화성을 나타내는 물질을 생산하며, *Corella inflata*는 다량의 암모니움 이온을 가지는데 난의 부유성과 관련이 있다고 보고되고 있다(Miller, 1975; Lambert & Lambert, 1978). 그리고 *Molgula pacifica*의 여포세포는 접착성 공포로서 난의 파열시 강한 부착력을 갖게 만드는 기능이 있다고 보고되고 있다(Young et al., 1988).

척색동물의 난발생 과정에서 나타나는 독특한 특징 중 하나인 test cell의 성숙기 출현은 알의 배발생에 따른 영양공급, 알의 파열 방지, 난모세포로 vanadium 합성을 위한 이동창구, 색소과립의 형성, 배발생 동안 어린 유생의 피낭형성, 그리고 ornament 방출 등 다양한 기능을 가지고 있는 것으로 보고되고 있다(Cloney & Cavey, 1982; Cloney, 1990a; Satoh et al., 1992; Hirose et al., 1996). 또, Hirose et al.(1996)은 이 세포가 난황형성전기에 형성되는 1차 여포세포에서 분화하여 난모세포의 난황형성기간동안 세포질의 피질부에 함몰되었다가 배란된 알에서 난표면으로 나와 한 층을 형성한다고 보고하고 있다. Lee(1977)는 흰명게에서 100 μ m 내외 난모세포의 피질구역에 액포상의 test cell이 출현하였다고 보고하고 있고, Okada et al.(1996)도 *C. intestinalis*에서 난황형성기에 난모세포 주변에서 발견된다고 보고하고 있다. 본 연구에서의 test cell 출현은 성숙이 진행되고 있는 난모세포의 피질부에서 한 층으로 뚜렷하게 배열하면서 그 기능을 수행 중에 있는 모습이 확인되었다.

이상의 결과, 우렁쟁이의 생식소는 발달하는 난소의 소낭들 사이에 정소가 혼재하는 자용동체형으로 첫 방란, 방정을 하는 시기는 단련종묘를 양성하는 2년째를 지난 이듬해 1월

과 2월로 판단된다.

인용문헌

- Abbott DP, Newberry AT (1980) Urochordata: the tunicates. In Morris RH, Abbott, DP, Haderlie EC (ed.), Intertidal Invertebrates of California. Stanford University Press, pp 177-229.
- Baik KK, Chung SK, Chung YS (1986) Studies on the spawning season of the sea squirt, *Halocynthia roretzi* (Drasche) and *H. aurantium* (Pallas) in the coast of Kangwon Province. Bull Nat Fish Res Dev Agency 37:179-183.
- Cloney RA (1990a) Larval tunic and the function of the test cells in ascidians. Acta Zool 71:151-159.
- Cloney RA (1990b) Urochordata-Ascidacea. In Adiyodi KG and Adiyodi RG (ed.), Reproductive Biology of Invertebrates. New Delhi Oxford & IBH. pp 391-451.
- Cloney RA, Cavey MJ (1982) Ascidians larval tunic: extraembryonic structures influence morphogenesis. Cell Tissue Res 222:547-562.
- Fukumoto M (1990) Morphological aspects of ascidian fertilization. Zool Sci 7:989-998.
- Hirose E, Aoki M, Chiba K (1996) Fine structures of tunic cells and distribution of bacteria in the tunic of the luminescent ascidian *Clavelina miniata* (Ascidacea, Urochordata). Zool Sci 13:519-523.
- Jang, YJ (1979) Studies on the early growth of the sea squirt, *Halocynthia roretzi* (Drasche). Bull Nat Fish Res Dev Agency 21:69-76.
- Julin C (1893) Les Ascidiens des cotes du Boulonnais. 1. Reserches sur l'anatomie et l'embryogenie de *Stylopsis gossularia*. Bull Sci Fr et Belg. 24:208-259.
- Knaben N (1936) Ueber Entwicklung und Funktion der Testazellen bei *Corella parallelogramma*. Mull Bergens Mus Arbok 1:1-33.
- Kessel RG (1983) Urochordata-Ascidacea, In Adiyodi KG, Adiyodi RG (ed.), Reproductive Biology of Invertebrates. New York Wiley 1:655-734.
- Lambert CC, Lambert G (1978) Tunicate eggs utilize ammonium ions for floating. Science 200:64-65.
- Lee TY (1976) Gametogenesis and reproductive cycle of urochoda. 1. Ascidian, *Styela plicata* (Lesueur). Publ Inst Mar Sci Nat Fish Univ Busan 9:7-16.

- Lee TY (1977) Gametogenesis and reproductive cycle of urochorda. 2. Asidian, *Styela clava* (Herdman). Publ Inst Mar Sci Nat Fish Univ Busan 10:5-14.
- Mancuso V (1965) An electron microscope study of the test cells and follicle cells of *Ciona intestinalis* during oogenesis. Acta Embryol Morphol Exp 8:239-266.
- Miller RL (1975) Chemotaxis of the spermatozoa of *Ciona intestinalis*. Nature 254:244-245.
- Okada T, Yamamoto M (1991) Immunoelectron microscopic study of the germ cells in an ascidian *Ciona savignyi*. Zool Soc 8:1067.
- Okada T, Takamura K, Yamaguchi Y, Yamamoto M (1996) Secretory function of the test cell in larval tunic formation in the Asidian *Ciona intestinalis*: An immunoelectron microscopic study. Zool Soc Japan 13:253-261.
- Pyen, CK, Rho YG, Chang YJ (1977) Studies on the early development and seed collection of the sea squirt, *Cynthia roretzi*. Bull Nat'l Fish Res Dev Inst Korea 18:113-122.
- Retzius G (1904) Zurkenntnis der Spermien der Evertibraten. 1. Biol Untersuch 11:1-32.
- Reverberi G (1971) Ascidiens. In Reverberi G (ed.), Experimental Embryology of Marine and Fresh-Water Invertebrates, Amsterdam, North Holland pp 507-550.
- Satoh N, Numakunai T, Hori R (1992) Behavior and cellular morphology of the test cells during embryogenesis of the ascidian *Halocynthia roretzi*. J Morphol 171:219-223.
- Satoh N (1994) Development biology of ascidians. Cambridge University Press New York USA pp 234.
- Sugawara Y, Goto K, Imai T (1968). Microscopic studies on the gonad of the ascidian, *Cynthia roretzi*. var Drasche Tohoku. J Agric Res 19:62-73.
- Tucker GH (1942) The histology of the gonads and the development of the egg envelopes of an Ascidian *Styela plicata* (Lesueur). J Morphol 70:81-113.
- Young CM, Gowan RF, Dalby J, Pennachetti Jr CA, Gagliardi D (1988) Distributional consequences of adhesive eggs and anural development in the ascidian *Molgula pacifica* (Huntsman, 1912). Biol Bull 174:39-46.