

경상북도 재첩자원 분포 및 생태 조사 II. 일본재첩 *Corbicula japonica*의 생식주기 및 유생발생

변경숙, 정의영¹

포항1대학 해양자원환경과, ¹군산대학교 해양생명개발학부

Distribution and Ecology of Marsh Clam in Gyeongsangbuk-do. II. Reproductive Cycle and Larval Development of the *Corbicula japonica*

Kyung-Sook Byun and Ee-Yung Chung¹

Dept. of Marine Resources and Environment, Pohang College, Pohang 791-711, Korea

¹School of Marine Life Sciences, Kunsan National University, Kunsan 574-701, Korea

ABSTRACT

Gametogenesis, reproductive cycle, first sexual maturity (biological minimum size), sex ratio and larval development of the marsh clam *Corbicula japonica* were investigated monthly by histological observations. Samples were collected in brackish water of Gokgang stream, Kyungsangbuk-Do, Korea, from August 1997 to July 1998.

Sexuality of *Corbicula japonica* is dioecious and the species are an oviparous clam. The gonads are irregularly arranged from the sub-region of mid-intestinal gland in visceral cavity to reticular connective tissue of foot. The ovary is composed of a number of ovarian sac which are branched arborescent. Oogonia actively proliferate along the germinal epithelium of ovarian sac, in which young oocytes are growing. The testis is composed of a number of testicular tubules, and the epithelium of the tubule has function of germinal epithelium, along which spermatogonia actively proliferate. A great number of undifferentiated mesenchymal tissue and eosinophilic granular cells are abundantly distributed between developing oocytes and spermatocytes in the early developmental stages. With the further

development of the ovary and testis these tissue and cells gradually disappear. Then the undifferentiated mesenchymal tissue and eosinophilic granular cells are considered to be related to the growing of the oocytes and spermatocytes.

The spawning period is from July to September, and the main spawning occur between July and August when seawater temperatures reach above 22 °C. The reproductive cycle of this species can be divided into five successive stages; early active (February to April), late active (May to July), ripe (June to September), partially spawned (July to September), degenerative (September to October) and resting stage (October to February). Percentages of first sexual maturity of female and male clams ranging in length from 10 mm to 12 mm are over 50% and 100% for clams over 16.0 mm in shell length.

Fertilized eggs of *Corbicula japonica* were 80-90 µm in diameter. In the early embryonic development of *C. japonica*, the appearance of polar body, trochophore and D-shaped veliger were observed around 40 min., 27 hours and 4 days after spawning, respectively, at a water temperature of 26.5-28.0 °C. The size of larvae of early umbo stage was about 185-210 µm in shell length, 160-180 µm in shell height around 7 days after fertilization.

The correlation of relative growth between the culture day (D) and shell length (SL) was expressed by the following simple formula from D-shaped veliger to metamorphosing stage; $SL = 13.300D + 209.36$ ($r^2=0.9078$).

Received February 17, 2001 Accepted May 10, 2001
Corresponding author: Byun, Kyung-Sook
Tel: (82) 054-245-1156 e-mail: byunks@pohang.ac.kr
1225-3480/17107

© The Malacological Society of Korea

Keywords: Dioecious, Oviparous, Reproductive cycle, First sexual maturity, *Corbicula japonica*.

서론

재첩 (*Corbicula* sp.) 은 우리나라 담수 및 기수역에 서식 분포하는 소형 이매패로 연체동물 문 (Mollusca) 부족 강 (Pelecypoda) 백합 목 (Veneroida) 재첩 과 (Corbiculidae) 에 속하는 중요한 수산자원이다. 이 종(種)은 예로부터 우리나라와 일본에서 기호식품으로 중요시되었으나 (Lee and Chung, 1980; Utoh, 1981; Maru, 1981), 최근 채취도구의 발달 및 어획노력의 강화, 남획, 주 서식지인 하구 변동으로 인한 서식환경의 변화 또는 파괴에서 기인하는 서식면적 감소, 수질오염 등으로 인하여 자원량 감소가 심각한 실정이다. 그럼에도 불구하고 우리나라에서 종의 보전 및 자원증식을 위한 기초자료인 생식주기에 관한 연구는 Lee and Chung (1980)에 의한 남방재첩 *C. fluminea*의 생식주기 뿐이다. 이에 비해 일본의 경우 Miyazaki(1936)의 발생학적 연구를 시작으로, *C. sandai*의 발생 (Hurukawa and Misumoto, 1953), 일본재첩 (*C. japonica*)의 성장 및 번식계절 (Fuji, 1957), 일본재첩의 생식주기 (Maru, 1981), 일본재첩의 성장 및 생식 (Utoh, 1981) 등 우리나라에 비해서는 꽤 연구가 진행되어 있는 편이다.

이동성이 약한 패류자원의 자원 증대를 위해서는 채취금지 기간의 설정이나 인공종묘생산에 의한 종패 생산이 필요하며, 특히 생식생물학적인 측면에서 생식주기 파악은 종의 보전 및 자원증식을 위해 매우 중요하다.

이런 이유로 본 조사는 일본재첩의 배우자 형성과정 및 생식주기, 군성속도, 발생과정 등을 조사하여, 증양식의 기초자료를 얻고자 실시하였다.

재료 및 방법

본 실험에 사용한 일본재첩 (*Corbicula japonica*) 은 1997년 8월부터 1998년 8월까지 매월 1-2회 포항시 흥해읍 곡강동 곡강천으로부터 수동 형망과 방형구를 사용하여 매회 200개체 이상 채집하였다 (Fig. 1). 채집지의 월별 수온은 시료 채취시 현장에서 전자식온도계 (PC-9400, Delta) 를 사용하여 측정하였다.

채집된 시료는 생체로 ice-box에 넣어 실험실로 운반한 뒤 각 개체마다 각자 (automatic vernier calliper) 를 사용하여 각장 (SL; shell length), 각고 (SH; shell height) 및 각폭 (SB; shell breadth)을 0.01 mm 단위까지 측정하였고, 전자저울로 전중 (TW; total weight) 을 0.01 g 단위까지 정밀 측정하였다.

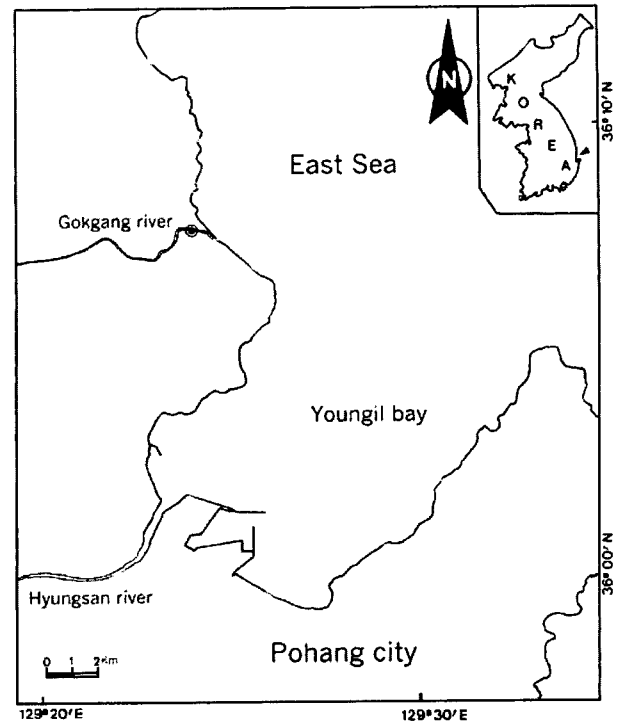


Fig. 1. A map showing the sampling station.

일본재첩 개체군이 성숙에 이른 후 재생산에 가담하는 개체의 크기를 파악하기 위하여 매월 채집된 개체에 대하여 연체부의 생식소 유무를 확인하고, 체장계급에 대한 암수 개체수 및 성숙상태를 기록하여 군성속도를 구하였다.

또한 생식세포의 형성과정과 정확한 생식주기를 파악하기 위하여, 채집시료 중 각장 7-42 mm 범위에 속한 30개체를 유층별로 표본추출하고 내장낭에서 족부까지 분포하는 생식소 부위를 Bouin 고정액으로 24시간 처리하였다. 고정된 생식소는 paraffin 절편법에 따라 5 μ m의 연속절편을 만들어 Hansen's haematoxylin과 0.5% eosin으로 비교염색하였다.

국내산 재첩 속에 관한 자연 또는 인위적인 방란 방정과 발생에 관한 연구가 없어, 육안적으로 성숙이 확인된 모패를 고온 자극처리 (32-33°C) 하여 산란을 유도하였다. 방란방정이 확인되면 (Fig. 3C), 모패를 들어내고 분리침성란이 침강하기를 기다렸다가 0.45 μ m 여과지에 거른 현장수로 사육수를 거의 전량 교체하였다. 또 난할에 영향을 주지 않기 위하여 통기시 주의하였고 D상 자패가 확인된 이후부터는 먹이공급을 위하여 현장수를 격일로 전량 교체하였다. 난 발생과 유생의 발달과정을 파악하기 위하여 무작위로 50-100개체를 추출하고 도립현미경 (inverted microscope) 하에서 발생단계별 소요 시간과 크기, 형태 변화 등을 관찰하였다.

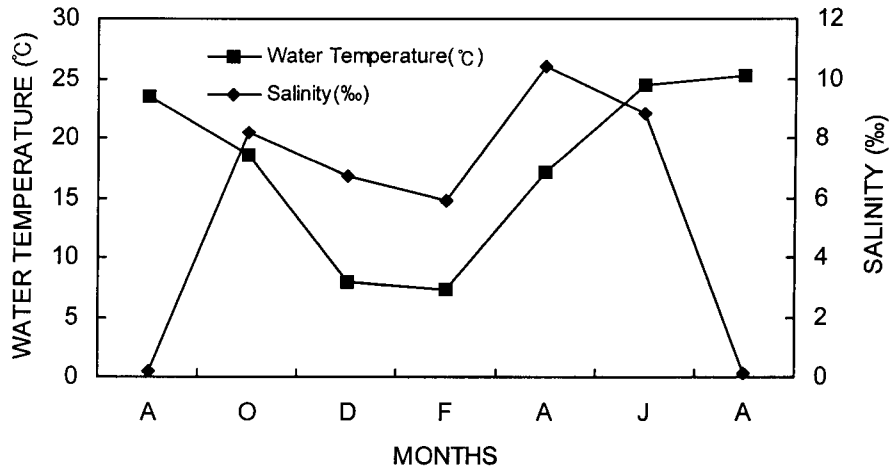


Fig. 2. Monthly variations of water temperature and salinity at the sampling area.

결 과

1. 환경요인

일본재첩의 채집 기간 동안 곡강천의 월별 평균수온은 1998년 8월에 27.1°C로 가장 높았으며, 1998년 2월에 7.3°C로 가장 낮았다. 염분은 1998년 4월에 계속된 가뭄으로 인하여 10.4‰로 가장 높았으며 1998년 8월 호우로 가장 낮은 0.1‰이었다 (Fig. 2).

2. 생식소의 외부 및 내부형태

일본재첩은 자웅이체의 난생종으로, 생식소는 내장낭의 소화맹낭 하부로부터 족부의 외벽근층내에 있는 섬유성망상결합조직까지 분포되어 있다. 미성숙 난소나 정소는 소화맹낭 주위에 극히 좁게 분포하고 있어 외관상 식별이 어려우나, 생식소가 성숙하게 되면서 내장낭의 대부분을 차지하고 비후되어 족부의 결합조직층까지 확장 발달되어간다. 충분히 성숙한 개체의 생식소를 절개하여 보면 암컷의 난소 부위에는 많은 회흑색의 난들이 있는 것을 식별할 수 있었고 (Fig. 3A), 수컷은 유백색 정자들의 혼탁액을 볼 수 있었다 (Fig. 3B). 그러나 방란 방정을 마치게 되면 생식소는 차츰 퇴화 위축되어 자웅의 성을 식별할 수 없게 된다.

참재첩 (*Corbicula leana*)의 경우는 난소와 정소 모두 유백색을 띄므로 (Fig. 3F), 매우 성숙한 상태가 아니면 족부근육층과 쉽게 구별이 되지 않았다.

3. 배우자형성

1) 난자 형성

발달초기 난소는 소화맹낭 아래쪽 족부의외벽근층내의 섬유성

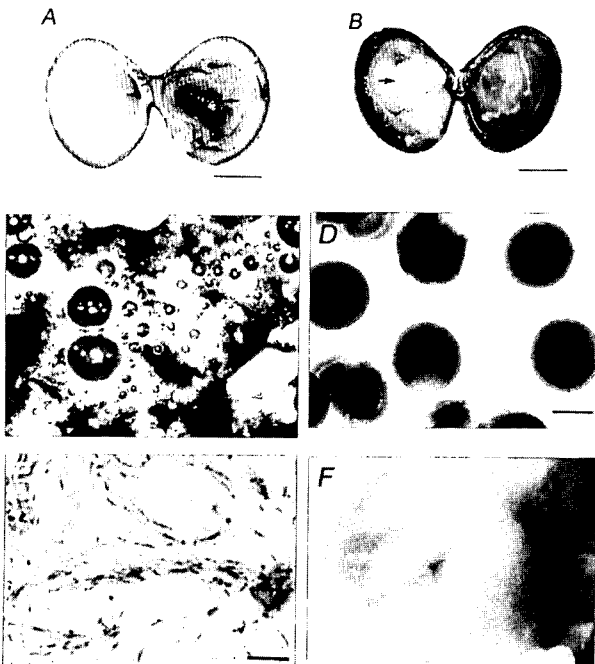


Fig. 3. Photographs of female and male gonad. (Arrow indicates gonads in female and male)

A, female of *Corbicula japonica*, scale bar = 1 cm; B, male of *C. japonica*, scale bar = 1 cm; C, released eggs and sperms of *C. japonica*; D, matured eggs, Scale bar = 60 μ m; E, spermatozoa, Scale bar = 20 μ m; F, female of *C. leana*, Scale bar = 25 mm

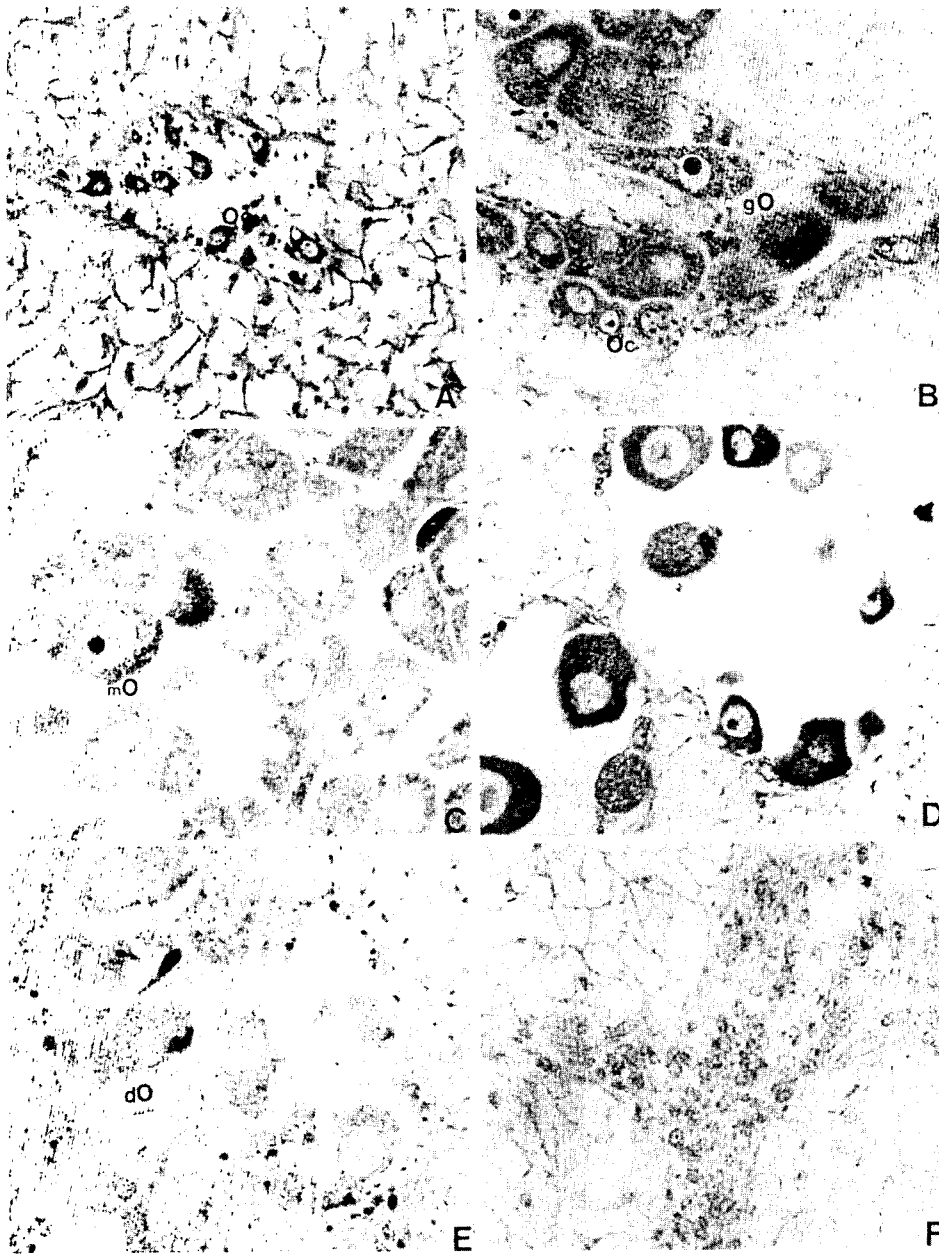


Fig. 4. Photomicrographs of gonadal phases of the female marsh clam, *Corbicula japonica*.
A, cross section of an ovarian sac in the early active stage. Note small oogonia along the germinal epithelium of the ovarian sac. $\times 150$;
B, section of the ovarian sac in the late active stage. Note unidentified mesenchymal tissue and pigment granular cells between the growing oocyte. $\times 200$;
C, cross section of the matured ovary. Numerous yolk materials are seen in the cytoplasm and nucleolus in the large germinal vesicle. $\times 200$;
D, section of the ovarian sacs in the partially spawned stage. Note the presence of a few undischarged eggs in the ovarian sac after spawning. $\times 200$;
E, section of the ovarian sacs in the degenerative stage. Note gradual disappearance of the undischarged oocytes. $\times 200$; F, ovarian sacs in the resting stage. $\times 150$;
Abbreviations: Oo, Oogonia; Oc, Oocyte; dO, degenerating Oocyte; gO, growing Oocyte; mO, mature Oocyte.

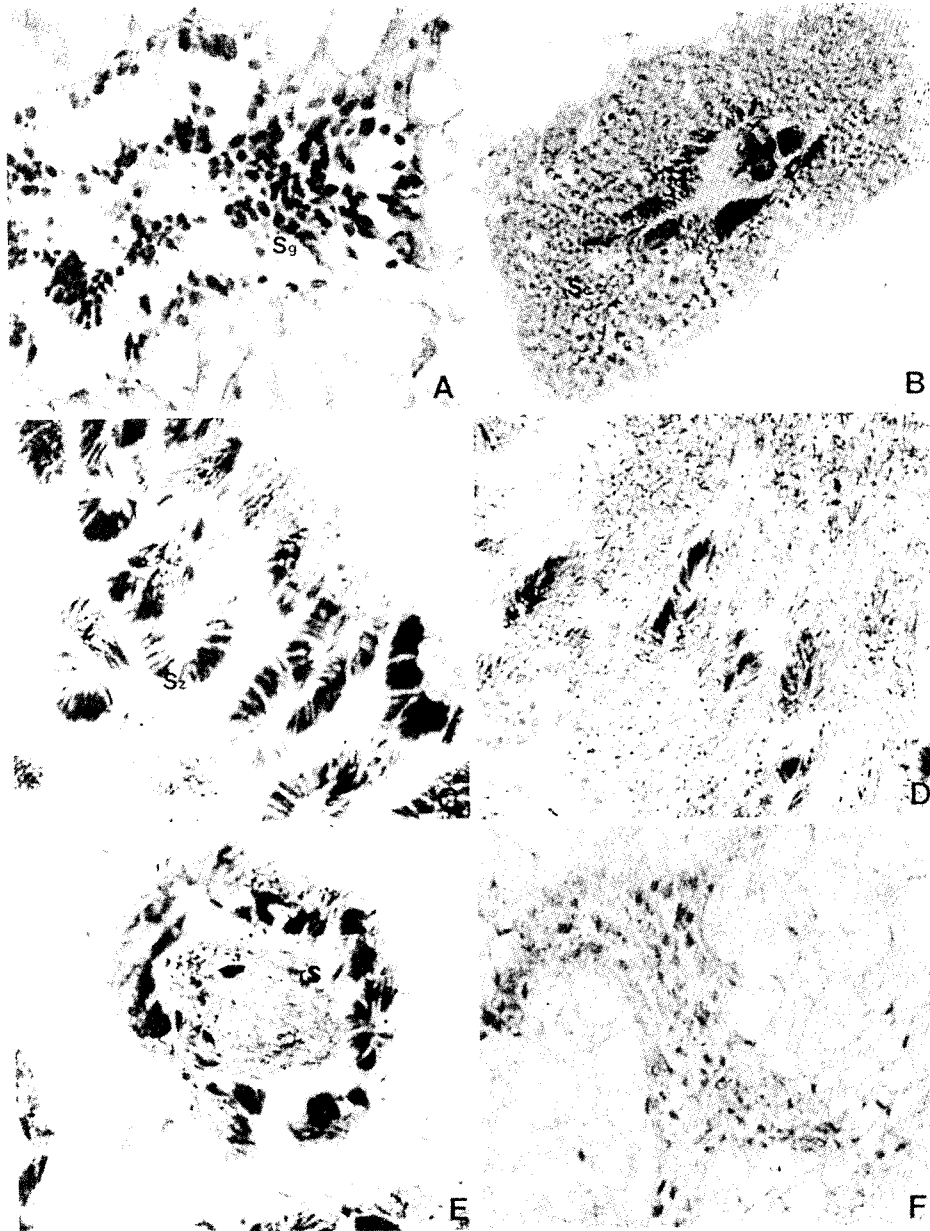


Fig. 5. Photomicrographs of gonadal phases of the male marsh clam, *Corbicula japonica*.
A, cross section of the testis in the early active stage. Note spermatogonia along the germinal epithelium. $\times 200$;
B, section of a testicular tubule in the late active stage. Note the layer composed of spermatogonia, spermatocyte and spermatid on the germinal epithelium. $\times 150$;
C, testis in the mature stage. Note the enlarged seminiferous tubules containing a great number of spermatozoa. $\times 200$;
D, testis in the partially spawned stage. Note a few undischarged spermatozoa in the tubules. $\times 150$;
E, section of the tubules in the degenerative stage. Note undischarged spermatozoa and disintegrating tissue of the testis. $\times 150$;
F, testis in the resting stage. $\times 150$;
Abbreviations: rS, remained spermatozoa; Sg, Spermatogonia; Sc, Spermatocyte; Sz, Spermatozoa.

망상결합조직에서 소관들이 분지되어 난소소낭을 이루면서 발달하기 시작하는데, 이들은 점차 결합조직까지 차지하였다.

난소소낭을 이루고 있는 소낭막은 이중결체성 섬유막으로, 내강상피가 생식상피의 기능을 하며 이들 내강에는 생식상피와 연결된 미분화 간충조직과 색소과립이 풍부하게 분포하였다. 분열증식중인 난원세포의 크기는 10 μm 전후로 뚜렷한 인을 가진 핵이 세포질의 대부분을 차지하였다 (Fig. 4A).

난원세포가 초기 난모세포로 성장하기 시작하면서 난병이 형성되고 이들 난병을 상피상에 부착한 채 중앙 내강을 향해 긴 타원형으로 발달하였다. 난모세포가 40-50 μm 으로 성장하면 생식상피 및 난소소낭의 빈 공간에 풍부하게 분포하던 간충조직과 색소과립들이 차츰 흡수 소실되며 그 양이 줄었다 (Fig. 4B).

난모세포가 60 μm 전후로 성장되면 난소소낭들은 그 수가 증가하여 족부 좌우 외벽층 내의 결합조직층 대부분을 차지하고, 난병을 가진 채 성장하던 긴 타원형의 난모세포들은 난병을 소실하고 구형으로 변형되면서 중앙 내강을 차지하였다. 난소가 완숙되면 발달된 난소소낭이 족부내의 결합조직까지 차지하였다.

구형의 완숙된 난모세포는 그 크기가 80 μm 전후로 난소소낭의 내강에 출현하였다. 이 때 생식상피상에는 어린 난원세포가 소수 나타날 뿐 초기 성장중인 난모세포는 거의 찾아볼 수 없었다 (Fig. 4C). 완숙 난모세포는 난황막 외측에 얇은 젤리층을 형성하며, 세포질에는 난황과 소량의 지방과립이 축적되었다. 중앙에는 커다란 핵이 있고 핵질은 망상으로 고루 분포하며 강한 호염기성 단일 인이 뚜렷하게 자리잡고 있었다.

산란기가 되면 난소소낭의 중앙 내강에 자리잡고 있던 완숙난들은 거의 방출되며 일부 후기 활성기의 난모세포들이 남아 있었다 (Fig. 4D). 이들 잔존 난모세포군들은 난낭내에서 세포질 붕괴를 일으켜 퇴화 흡수되며 이와 함께 난소소낭 자체도 위축 퇴화되었다 (Fig. 4E). 이러한 생식소 퇴화에 이어 곧 새롭게 분화 발달하면서 재배치된 족부 결합조직에서 신생 난소소낭이 형성되었다 (Fig. 4F).

2) 정자형성

정소도 난소와 마찬가지로 소화맹낭을 비롯하여 족부의 망상결합조직층에 위치하며 분지된 정소세관들로 이루어져 있었다. 초기 새로 생긴 정소세관들은 내장낭이나 족부의 결합조직층에서 세관상으로 나타나기 시작하였으며, 이들 세관상피에서 정원세포들이 다수 출현하였다 (Fig. 5A).

정소세관의 생식상피가 보다 활발히 기능을 발휘하면서 상피상에는 정원세포 뿐만 아니라 정모세포들이 나타나기 시작하였고 층층으로 배열되었다. 이 때 정소세관의 내강에는 많은 미분화 간충조직이 색소과립과 함께 풍부하게 나타났으며, 정소가 좀 더 발달하면 많은 정원세포, 정모세포 그리고 소수의

정세포들이 생식상피로부터 중앙 내강을 향해 층상 배열하고, 일부 변태가 완료된 정자가 출현하였다 (Fig. 5B). 변태된 정자들이 차츰 증가하면서 정자들끼리 밀집되어 두부를 외측 생식상피 쪽을 향한 채 물결 모양의 흐름을 이루었다. 완숙기에는 내장낭을 비롯한 족부 결합조직층 전체가 정소세관으로 채워지면서 극소수의 정원세포들과 정모세포층이 있을 뿐이고, 원래의 족부 결합조직들은 정소세관들의 경계부에서만 소량 찾아볼 수 있었다 (Fig. 5C). 방정이 일어나면 충만되어 있던 정자들이 거의 방출되어 물결모양의 정자배열은 붕괴되고 세관 내에 빈 곳이 생겨났으며 일부 정자들만 산재하였다 (Fig. 5D), 이들은 곧 퇴화 흡수되면서 정소세관도 위축 퇴화되었다 (Fig. 5E). 이 후 세관이 퇴화 소실되어감과 동시에 족부결합조직들이 다시 발달하였다 (Fig. 5F).

4. 생식주기

조직학적으로 조사된 생식세포 형태와 분화를 근거로 생식 주기는 초기활성기, 후기활성기, 완숙기, 부분산란기, 퇴화 및 비활성기의 연속적인 5단계로 구분할 수 있었다 (Fig. 6).

1) 초기활성기 (early active stage)

암컷의 경우, 난소소낭의 두터운 생식상피에서 난원세포가 분열 증식되고 있었으며, 초기 발달중인 난모세포가 출현하였다.

수컷의 경우는 정소세관의 두터운 생식상피에 정원세포들이 출현하였으며 다수의 정모세포가 출현하였다. 이 시기에 암수의 생식세포를 주변에는 미분화 간충조직과 호산성 과립세포들이 나타났다.

초기 활성기의 개체들은 2-4월에 걸쳐 출현하였다.

2) 후기활성기 (late active stage)

암컷의 경우, 난소소낭 내에는 소수의 난원세포들과 다수의 발달중인 난모세포들이 출현하였으며, 이때 난소는 좀 더 비대해졌다.

수컷의 경우, 정소세관 내에는 정모세포, 다수의 정세포들과 일부 변태중인 정자들이 나타나며 정소 역시 비대되었다.

후기활성기의 개체들은 5-7월에 걸쳐 나타났다.

3) 완숙기 (ripe stage)

암컷의 경우 난소는 최대로 비대되며, 난소소낭 내강에는 다수의 완숙 난모세포 (약 80 μm) 들이 출현하였다. 이때 생식상피는 아주 얇아지고 생식상피상에서 난원세포를 찾아보기 어려웠다.

수컷의 경우도 정소세관의 생식상피가 아주 얇아졌으며, 변태를 마친 완숙정자들이 정소세관의 내강에 정자들끼리 밀집되어 두부를 외측 생식상피 쪽을 향한 채 물결모양의 흐름을 이

루었다.

완숙기의 개체들은 6-9월까지 출현하였다.

4) 부분산란기 (partially spawned stage)

암컷의 경우, 난소소낭 내강을 가득 채웠던 성숙 및 완숙 난모세포들이 방란되어 난소소낭의 내강은 텅 비게 되며, 방출되지 못한 잔존 난모세포들이 산재하였다.

수컷의 경우 정자들이 거의 방출되어 물결모양의 정자배열이 붕괴되고 세관 내에 빈 곳이 생겨났으며 일부 잔존 정모세포들과 정세포들이 산재하였다.

부분산란기의 개체들은 7-9월 초순까지 관찰되었으며, 암수 개체들의 산란성기는 7, 8월이었다.

5) 퇴화 및 비활성기 (spent/inactive stage)

암컷의 경우, 방란을 마친 난소들의 난소 소낭들은 급격히 퇴화위축되었으며, 잔존 난모세포들도 퇴화흡수 또는 세포질 붕괴가 일어나는 것이 관찰되었다. 난소소낭들이 퇴화흡수된 후 새로 형성되는 난소소낭 주변에 결합조직들이 가득 채워지며 소낭의 상피상에는 일부 난원세포가 출현하여 장기간 나타났다.

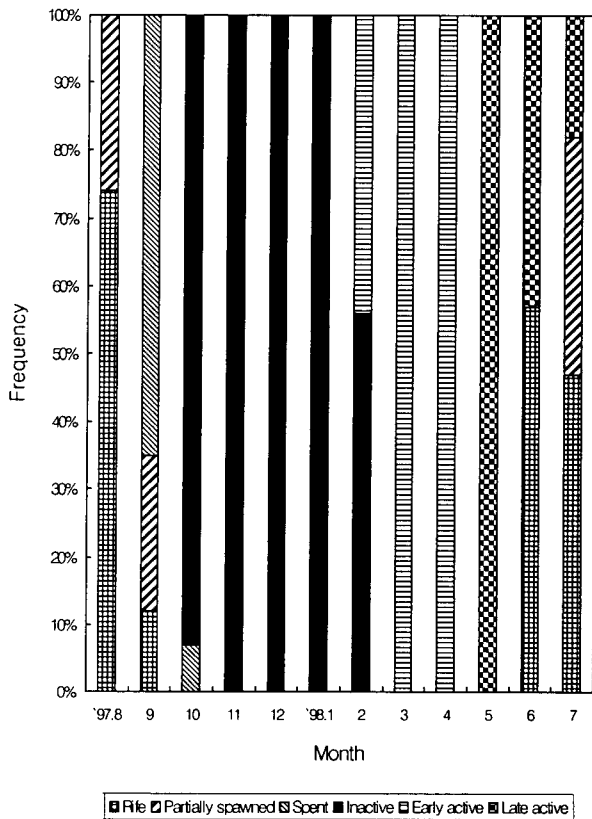


Fig. 6. Monthly changes of gonadal phase of the marsh clam, *Corbicula japonica*.

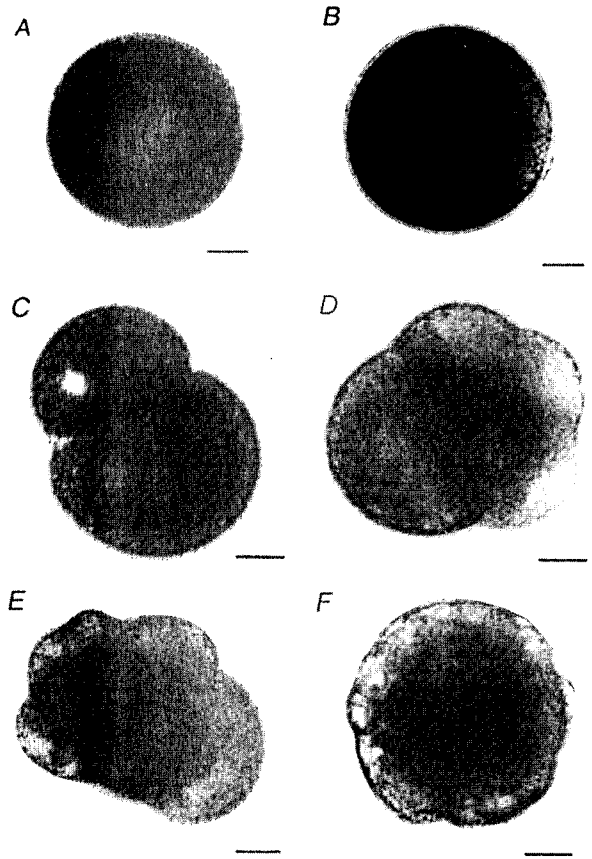


Fig. 7. Egg development of *Corbicula japonica*. A, fertilized egg; B, first polar body stage; C, two cell stage; D, four cell stage; E, eight cell stage; F, 32 cell stage; scale bars = 15 µm.

수컷의 경우, 방정 후 정소세관은 퇴화위축되었으며, 잔존 정자들도 퇴화흡수되었다. 정소세관이 퇴화흡수된 후 정소세관 주변에 결합조직들이 가득 채워지며, 정소세관의 생식상피에는 일부 정원세포가 출현한 후 장기간 지속되어 나타났다.

퇴화기의 개체들은 9월부터 10월까지 출현하였고 비활성기의 개체들은 10월부터 이듬해 2월까지 나타났다.

5. 군성속도

일본재첩의 미성숙 개체는 생식소가 장관 주위에 극히 좁게 분포하고 있어 외관상 식별이 곤란하였으므로, 산란 성기로 추정된 7-9월에 채집된 574 개체에 대하여 각장 계급군별로 성속도를 조사한 결과는 Table 1과 같다.

7월의 각장 15 mm 미만 소형군은 생식소의 판별이 육안적으로 불가능할 정도로 미발달되어 있으나, 8월의 10-12 mm 각장군은 65%, 14-15 mm 각장군은 94.8%가 생식에 참가하

Table 1. The shell length of first sexual maturity of *Corbicula japonica* during the spawning period from July to September.

Month	July			August			September					
	Matured Female	Matured Male	No. of examined individuals	Maturity (%)	Matured Female	Matured Male	No. of examined individuals	Maturity (%)	Matured Female	Matured Male	No. of examined individuals	Maturity (%)
7-9												
10-12					12	14	40	65.0		2	4	50.0
13-15					58	62	128	93.8	20	30	54	92.6
16-18	4	4	8	100	24	10	34	100	20	20	40	100
19-21	6	8	14	100	12	16	28	100	10	10	22	90.9
22-24	8	10	18	100	6	10	16	100	20	28	50	96.0
15-27	8		8	100	4	6	10	100	16	16	32	100
28-39	4	4	8	100	2	2	4	100	6	6	12	100
31-33	2		2	100						2	2	100
34-36		4	4	100	4		4	100	2		2	100
37-39	4	4	8	100								
40-42	2	2	4	100								
43-	2		2	100								

고 있는 것으로 나타났고 특히 16 mm 이상 각장군은 100% 생식에 참가하였다. 일부 개체가 방란, 방정을 마치는 9월의 경우 10-12 mm 각장군은 50%, 14-15mm 각장군은 92.6%가 생식에 참가하고 있는 것으로 나타났고 역시 16 mm 이상 각장군은 100% 생식에 참가하였다.

6. 발생

발생에 사용된 모패는 수온 26.5-28.0°C에서 육안적으로도 생식소가 팽대 완숙한 각장 27.4-41.2 mm 개체들이었다 (Fig. 3A, 3B). 알은 분리침성란으로 수정란은 구형이며 난경은 약 80-90 μm였다 (Fig. 7A).

수정이 완료된 알은 투명한 수정막을 형성하며, 수정 후 약 40분이 지나면서 극체 (polar body)가 방출되었다 (Fig. 7B). 수정 후 1시간 경에 2세포기 (Fig. 7C), 2시간경에 4세포기 (Fig. 7D), 4-5시간 후에 8세포기 (Fig. 7E)를 거쳐 14시간 후에는 낭배기 (Fig. 8B), 27시간 후에는 담륜자기로 발생하였다. 수정 후 4일경부터 유각이 형성되고 폐각근, 장관, 면반 등이 분화된 D형 자패가 출현하였다 (Fig. 8C, 8D).

수정 후 7일경부터 각정이 움기하는 개체가 나타났으며 이때의 각장은 185-210 μm, 각고 160-180 μm였다. 각정이 형성된 치패는 성패와 비슷한 모양으로 발로써 기질 위를 활발하게 이동하였으며 (Fig. 8E), 인위적으로 저질을 조성해주면 재빨리 잠입하였다. 현장수모만 사육하는 조건임에도 불구하고 156일만에 최대각장 5.6 mm 까지 성장한 개체가 출현하였다 (Fig. 8F). 개체간 성장차는 있었지만 57일간의 사육일수에 대한 각장과 각고의 상대성장식을 구해본 결과, 사육일수 (X)에 대하여 각장 (Y)은 $Y=14.4X + 209.58$ ($r^2=0.9078$), 각

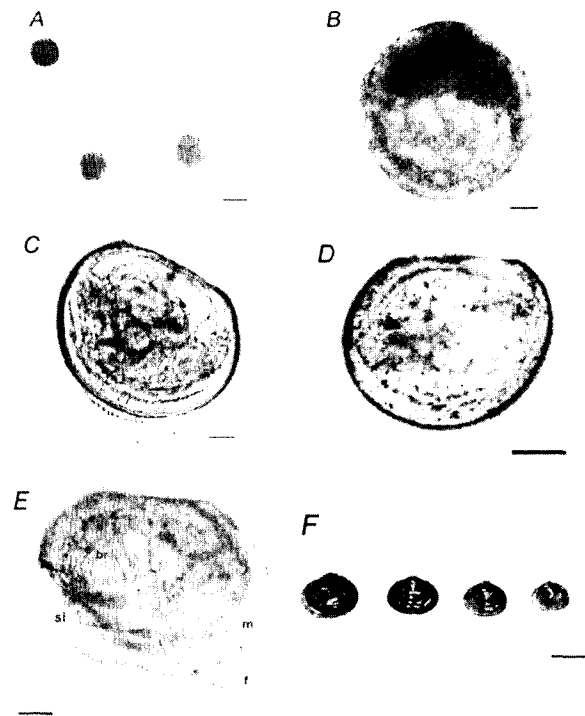


Fig. 8. Laval development of *Corbicula japonica*. A, egg development, scale bar = 80 μm; B, mesentoblast formation and epibolic gastrulation, scale bar = 15 μm; C, D-shaped stage, Scale bar = 15 μm; D, post D-shaped stage, scale bar = 50 μm; E, umbo stage, scale bar = 50 μm, br, branchia; f, foot; m, mantle; si, siphon; F, 157-day young shells after fertilization, scale bar = 3 mm.

고 (Y) 는 $Y=11.517X + 167.48$ ($r^2=0.8744$) 였다 (Fig. 9).

고 찰

본 조사 결과 곡강천 일본재첩은 자웅이체 난생종으로, 난소는 회흑색 정소는 유백색이었다. 일본산 일본재첩의 난소는 회흑색 정소는 담황백색 (Maru, 1981)이나, 본 조사에서 채집된 모든 일본재첩의 생식소는 곡강천 일본재첩과 동일하였으므로, 이러한 정소 색의 차이는 연구자에 따른 색깔 인식의 차이로 여겨진다.

패류의 생식소 발달에 관여하는 영양세포는 진주조개, *Pinctada martensii* (Lee, 1972), 재첩, *Corbicula fluminea* (Lee and Chung, 1980), 소라, *Turbo cornutus* (Lee, 1980), 펄조개, *Anodonta woodiana*(Chung, 1980), 일본산 일본재첩, *Corbicula japonica* (Maru, 1981), 맛조개, *Solen strictus*와 붉은 맛, *Solen gordonis* (Chung et al., 1986), 개량조개, *Macra chinensis* (Chung et al., 1987) 등에서 보고되고 있다.

본 조사의 일본재첩 난소 내에서 출현하는 미분화간충조직과 색소과립세포들도 초기 난원세포의 분열증식기부터 풍부하게 나타나기 시작하여, 난모세포의 성장과 거의 비례하여 그 수가 감소하다가 완숙 난소에서는 거의 찾아볼 수 없는 점으로 미루어, 난모세포 성장에 관여하는 영양세포로 생각된다. 이와 동일하게 정소발달에서도 초기 신생정소에 풍부하게 나타나기 시작하여 정소의 발달과 함께 소실되고 완숙정소에서는 거의 찾아 볼 수 없는 미분화간충조직과 색소과립들 역시 일종의 영양세포로 생각된다. Maru (1981) 는 일본재첩, *Corbicula japonica*에 있어서 방란방정후 관찰되는 식세포 활동을, 먼저 발달한 생식세포를 희생 분해하여 그 영양물질을 이후 발달하는 새로운 생식소의 증식, 성장에 사용하는 기작으로 추정하였다.

일반적으로 체외수정을 하는 종들은 방출기를 지나면 생식소가 비활성기에 들어가 생식소 내에서 생식세포를 찾아볼 수 없으나 (Chung et al., 1986; Chung et al., 1987; Lee et al., 1997), 전복과 소라, 새조개, 펄조개는 방란 방정후 생식소가 비활성기로 들어가지 않고 곧 회복기로 들어가 새로운 생식세포를 형성하기 시작한다 (Lee, 1980; Chung, 1980; Chang and Lee, 1982). 본 곡강천 일본재첩은 낙동강산 재첩, *Corbicula fluminea* (Lee and Chung, 1980; Lee et al., 1985) 및 일본산 일본재첩, *C. japonica* (Maru, 1981) 과 마찬가지로 방란방정 후 생식소가 완전 소실되지 않고 퇴화되면서 곧 이어 분화 발달하고 재배치되는 즉부 결합조직내에

신생 생식소가 형성되었다. 따라서 일본재첩은 활동이 정지된 초기 활성기의 생식소 (신생 난소소낭과 정소세관) 를 가진 채 비활성기를 지나 수온이 상승하는 이듬해 봄부터 다시 생식소 분화가 활발해지는 것으로 추정된다. 이와 같이 비활성기를 갖지 않고 새로운 신생 생식소가 형성되는 것과 퇴화에 관찰되는 식세포활동 (Maru, 1981) 과는 상관이 있을 것으로 생각된다.

패류의 생식세포 형성과 성숙을 지배하는 환경요인으로 먹이, 일조시간, 수온 등이 보고되고 있다 (Giese, 1959; Lee,

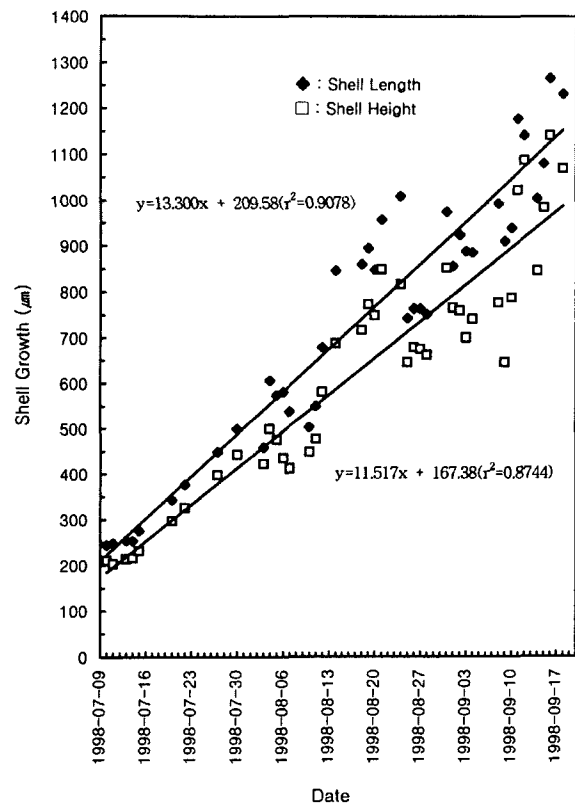


Fig. 9. Relationship between shell growth and culture day.

1980; Chung et al., 1986, 1987; Choi et al., 1997; Lee et al., 1997; Son et al., 1998). 본 곡강천 일본재첩도 수온이 상승하는 3, 4월 (11.7-16.8 °C)에 활발한 분열증식상을 가지며, 수온이 상승하면서 후기활성기를 거쳐 년중 가장 고수온기인 7, 8월 (24.1-27.1 °C)에 완숙, 방란, 방정하고, 수온이 하강하는 9월 중순 이후 퇴화/비활성기에 들어간다 (Fig. 6). 일본 藻琴湖에 서식하는 일본재첩의 산란기는 7-8월이고 (Maru, 1981), 동계에는 결빙되는 일본 북해도 網走湖産 일본재첩 역시 7월 중순부터 9월 상순까지가 산란기이므로

(Utoh, 1981), 일본재첩은 수온과 생식주기가 상관성을 갖는 하계 산란종 (summer breeder) 으로 생각된다. 또한 재첩 속의 번식생태는 키조개 (Yoo and Yoo, 1984; Kim *et al.*, 1985; Chung *et al.*, 1986)와 마찬가지로 긴 생식소의 발달 기간에 비하여 짧은 방란방정기를 가지는 것으로 특징 지워진다.

자원의 증식과 관리를 위한 자료로 매우 중요한 군성속도를 조사한 결과 암컷과 수컷이 개체의 50%가 각각 생식에 참가하는 각장은 약 10-12 mm로 추정되었고, 각장 16 mm 이상 되면 전 개체가 생식에 참가하는 것으로 나타났다 (Table 1). 이러한 결과는 일본산 일본재첩과 유사하였으나, 생물학적 최소 각장에 있어 일본산 일본재첩은 암컷 10.5 mm 수컷 14.4 mm로 상이하였다 (Maru, 1981). 그러나 본 곡강천 일본재첩은 성별에 따른 각장 차이가 거의 없었으며 오히려 수컷이 암컷보다 생식에 참가하는 최소각장이 약 1 mm 정도 작게 조사되어, 일본산 일본재첩과 상반되는 결과였다. 또 종은 다르지만 일본산 *Corbicula sandai*의 경우 생물학적 최소 각장이 1.44 cm (Hurukawa and Mizumoto, 1954), 우리나라 낙동강산 재첩, *C. elatior*은 암컷 17 mm 수컷 15 mm (Jung, 1977), 낙동강산 *C. fluminea*는 각장 15 mm 이상부터 모든 개체가 생식에 참가하는 것으로 나타나 (Lee *et al.*, 1985), 재첩 속의 경우 생물학적 최소 각장이 매우 유사하였다. 따라서 각장 15 mm 이상이면 생식 개체로 판정해도 무리가 없을 것으로 생각된다.

Table 1의 7월에 100%의 군성속도를 보이는 것은 8, 9월 자료에서 생식에 참가하지 않는 것으로 조사된 각장 10 mm 미만 개체에 대한 자료 누락 때문이며, 9월에는 이미 방란방정을 마친 개체가 포함된 것에서 기인한 것으로 생각된다.

우리나라 이매패류의 난 발생과 유생 발생에 관한 연구는 거의가 해산종이고 (Yoo, 1969; Kim and Koo, 1974; Choi and Song, 1974; Choi, 1975; Lee *et al.*, 1977, Lee and Son, 1978; Kim *et al.*, 1979; Cheoung *et al.*, 1986; Na *et al.*, 1995; Lee *et al.*, 1996; Lee and Rho, 1997; Son *et al.*, 1998), 현재까지 일본재첩의 인위적인 방란방정이나 발생에 관한 보고가 없어 본 연구 결과와 비교할 수 없었다.

유생 사육시 현장수(現場水)로만 사육하는 조건임에도 불구하고 156일만에 최대각장 5.6 mm까지 성장한 개체가 출현한 것은 개체수에 비하여 충분한 수량이 공급되었을 뿐만 아니라 자연보다 실내수온이 완만하게 하강함으로써 성장 적수온 기간이 길었기 때문으로 해석된다.

요 약

일본재첩의 자원관리를 위한 기초조사로 배우자 형성과정 및 생식주기, 군성속도, 발생과정 등을 조사한 결과, 자웅이체

난생종으로 암컷의 생식소는 회흑색, 수컷의 생식소는 유백색을 띄어 육안적으로 뚜렷히 구별되었다.

배우자의 형성과 성장은 수온에 지배되는 것으로 나타났으며, 성숙한 난모세포는 원형으로 그 크기는 약 80 μm 전후였다.

생식주기는 초기활성기 (2-4월), 후기활성기 (5-7월), 완숙기 (6-9월), 부분산란기 (7-9월), 퇴화 (9-10월) 및 비활성기 (10-익년 2월)의 연속적인 5 단계로 구분할 수 있었으며, 방란방정 후 생식소 자체가 완전히 퇴화되지 않고 새로운 조직에서 신생되면서 비활성기를 지나 이듬해 봄에 다시 분화가 활발히 개시되었다. 따라서 일본재첩의 번식생태는 긴 생식소의 발달기간에 비해 짧은 방란방정기를 가지는 종으로 특징 지워진다.

자원의 증식과 관리를 위한 자료로 매우 중요한 군성속도를 조사한 결과 암컷과 수컷의 50% 개체가 각각 생식에 참가하는 각장은 약 10-12 mm로 추정되었고, 각장 16 mm 이상이면 전 개체가 생식에 참가하는 것으로 나타났으며, 생식에 참가하는 최소각장에 있어 암수 개체간 차이는 볼 수 없었다.

방출된 알은 분리침성란으로 수정란의 난경은 약 80-90 μm 범위에 있었으며, 수온 20.5-28.0 $^{\circ}\text{C}$ 에서 수정 후 약 40분이 지나면서 극체 (polar body) 가 방출되었다. 수정 14시간 후에는 낭배기, 27시간 후에는 담륜자기로 발생하였다. 이어 수정 후 4일경부터 유각이 형성되고 폐각근, 장관, 면반 등이 분화된 D형 자패가 출현하였다. 개체간 성장 차이는 있었지만 57일간의 사육일수에 대한 각장과 각고의 상대성장식을 구한 결과, 사육일수 (X) 에 대하여 각장 (Y) 의 성장은 $Y = 14.4X + 209.58$ ($r^2 = 0.9078$), 각고 (Y) 는 $Y = 11.517X + 167.48$ ($r^2 = 0.8744$)로 나타났다.

REFERNCES

- Beaumont, A.R. and Budd, M.D. (1982) Delayed growth of mussel (*Mytilus edulis*) and scallop (*Pecten maximus*) veligers at low temperature. *Mar. Biol.*, **71**: 97-100.
- Chang, Y.J. and Lee, T.Y. (1982) Gametogenesis and reproductive cycle of the Cockle, *Fulvia mutica* (Reeve). *Bull. Korean Fish. Soc.*, **15**: 241-253.
- Cheoung, S.C., Hue, J.B., Moon, Y.B., Lee, J.K., Song, C.H. and Kim, K.K. (1986) Experimental study on the seedling production of the pen shell, *Atrina pectinata* (REEVE). *Bull. Fish. Res. Dev. Agency*, **39**: 143-150.
- Choi, S.S. and Song, Y.K. (1974) Studies on artificial fertilization and development of *Meretrix lusoria*. *Bull. Korean Fish. Soc.*, **7**: 1-6.
- Choi, S.S. (1975) Comparative studies on the early embryonic development and growth of *Meretrix lusoria* and *Cyclina sinensis*. *Bull. Korean Fish. Soc.*, **8**: 185-195.
- Choi, W.J., Chun, Y.Y., Park, J.H. and Park, Y.C. (1997)

- The influence of environmental characteristics on the fatness of Pacific oyster, *Crassostrea gigas* on Hansan-Koje bay. *J. Kor. Fish. Soc.*, **30**: 794-803.
- Chung, E.Y. (1980) Reproductive cycle and breeding season of the freshwater clam, *Anodonta (Sinanodonta) woodiana* (LEA). *Bull. Korean Fish. Soc.*, **13**(4): 135-144.
- Chung, E.Y., Kim, H.B. and Lee, T.Y. (1986) Annual reproductive cycle of the jackknife clams, *Solen strictus* and *Solen gordonis*. *Bull. Korean Fish. Soc.*, **19**: 563-574.
- Chung, E.Y., Kim, Y.G. and Lee, T.Y. (1987) A study on sexual maturation of hen clam *Macra chinensis* Philippi. *Bull. Korean Fish. Soc.*, **20**: 501-508.
- FUJII, A. (1957) Growth and breeding season of the brackish-water bivalve, *Corbicula japonica*, in Zyusan-gata inlet. *Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ.*, **8**(3): 178-184.
- Giese, A.C. (1959) Comparative physiology. Annual reproductive cycles of marine invertebrates. *Ann. Rev. Physiol.*, **21**: 547-576.
- Hurukawa, M. and Mizumoto, S. (1953) An ecological studies on the "Bivalve Setashijimi", *Corbicula sandai* Reinhardt of the Lake Biwa - II. On the development. *Bull. Japan Soc. Sci. Fish.*, **19**(2): 91-94.
- Jung, J.Y. (1977) Studies on the Ecology of *Corbicula japonica* PRIME. *Report from Chungpyung Fisheries Experimental Station*, **2**: 130-139.
- Kim, B.K., Ko, T.S., Song, H.I., Lee, S.D. and Kim, S.Y. (1985) Studies on the spawning and growth of hen clam, *Macra sulcataria* (REEVE). *Bull. Fish. Res. Dev. Agency*, **34**: 157-164.
- Kim, J.D. and Koo, J.H. (1973) Studies on the Seedling Production of the Ark, *Anadara broughtonii* (SCHRENK) in Tank (I). *Bull. Fish. Res. Dev. Agency*, **11**: 71-79.
- Kim, J.D., Cheong, S.C., Chang, Y.J. and Kang, H.W. (1979) Studies on the artificial mass seed production of the ark shell, *Anadara broughtonii* (SCHRENCK). *Bull. Fish. Res. Dev. Agency*, **22**: 55-65.
- Kim, Y., Park, M.S. and Lee, S.D. (1985) Occurrence and growth of pen shell, *Atrina pectinata* (REEVE) larvae in Yeoja bay. *Bull. Fish. Res. Dev. Agency*, **34**: 165-170.
- Lee, C.S., Rho, S. and Park, Y.J. (1977) Studies on the artificial seedling production of geoduck clam, *Panope japonica* I. Spawning induction and hatching. *J. Aquaculture*, **10**: 113-121.
- Lee, C.S. and Rho, S. (1997) Studies on the artificial seedling production of geoduck clam, *Panope japonica*. II. Development of egg and larvae. *J. Aquaculture*, **10**(3): 25-32.
- Lee, J.H. (1980) Gametogenesis and reproductive cycle of the topshell, *Turbo cornutus* Solander. *Bull. Korean Fish. Soc.*, **13**(4): 125-134.
- Lee, J.Y., Chang, Y.J. and Park, Y.J. (1996) Spawning induction and egg development of surf clam, *Spisula sachalinensis*. *J. Aquaculture*, **9**: 419-427.
- Lee, J.Y., Chang, Y.J. and Lee, C.S. (1997) Reproductive cycle of surf clam, *Spisula sachalinensis*. *J. Korean Fish. Soc.*, **30**: 132-138.
- Lee, T.Y. (1972) Gametogenesis and development of germ cells in *Pinctada martensii* (Dünker). *Publ. Mar. Lab. Pusan Fish. Coll.*, **5**: 21-30.
- Lee, T.Y. and Son, Y.W. (1978) Bioassay study of early development of *Macra chinensis* PHILIPPI for the water quality evaluation of the coastal waters of Busan. *Bull. Korean Fish. Soc.*, **11**(2): 115-121.
- Lee, T.Y. and Chung, E.Y. (1980) Reproductive cycle of marsh clam, *Corbicula fluminea* (V. MULLER). *Publ. Inst. Mar. Sci. Nat. Fish. Univ. Busan*, **12**: 47-54.
- Lee, T.Y., Park, J.S., Chin, P., Kang, Y.J., Sohn, C.H. and Lee, P.Y. (1985) Studies on environment and biology of aquatic living resources in Nakdong Estuary. *Bull. Fish. Res. Dev. Agency*, **34**: 5-60.
- Maru, K. (1981) Reproductive cycle of the brackish-water bivalve, *Corbicula japonica*, in Lake Abashiri. *Report from Hokkaido Abashiri Fisheries Experimental Station*, **23**: 83-85.
- Miyazaki, K. (1936) On the development of bivalves belonging to the genus *Corbicula*. *Bull. Japan Soc. Sci. Fish.*, **5**: 249-254.
- Na, G.H., Jeoung, W.G. and Cho, C.H. (1995) A study on seedling production of jicon scallop, *Chlamys farreri*. 1. Spawning, development and rearing of larvae. *J. Aquaculture*, **8**: 307-316.
- Rho, S., Pyen, C.K., Bang, K.S., Han, S.J. and Lee, J.U. (1990) Studies on the production of the top shell, *Batillus cornutus* (Lightfoot) seedling. *Bull. Nat. Fish. Res. Dev. Agency*, **44**: 103-126.
- Son, P.W., Ha, D.S., Rho, S., Chang, D.S., Lee, C.H. and Kim, D.K. (1998) Studies on spat production of the sun and moon scallop, *Amusium japonicum japonicum* (GMELIN). *J. Aquaculture*, **11**: 371-380.
- Utoh, H. (1981) Growth of the brackish-water bivalve, *Corbicula japonica* PRIME, in Lake Abashiri. *Report from Hokkaido Abashiri Fisheries Experimental Station*, **23**: 65-81.
- Yoo, S.K. (1969) Culture condition and growth of larvae of the *Mytilus coruscus* Gould. *J. Oceano. Soc. Korea*, **4**(1): 36-48.
- Yoo, S.K. and Yoo, M.S. (1984) Studies on the pen shell culture development (I) - Reproductive ecology of pen shell in Yôja Bay. *Bull. Korean Fish. Soc.*, **17**: 529-535.