

북방대합 (*Spisula sachalinensis*)의 생식주기

이정용 · 장영진 · 이채성*

부경대학교 수산과학대학 양식학과, *국립수산진흥원 강릉수산종묘배양장

Reproductive Cycle of Surf Clam, *Spisula sachalinensis*

Jeong Yong LEE, Young Jin CHANG and Chae Sung LEE*

Department of Aquaculture, Pukyong National University, Pusan 608-737, Korea

*Kangnung Hatchery, National Fisheries Research and Development Agency, Kangnung 210-800, Korea

In order to obtain the basic information for seedling production of surf clam, *Spisula sachalinensis*, annual reproductive cycle was investigated from March 1994 to May 1995.

S. sachalinensis was dioecious. The gonads are located between the digestive diverticula and muscle tissue of the foot. The condition factor was reached its maximum (0.19) in June, and then decreased to 0.16 in July. In November, the value was the lowest and then increased slowly. The age and minimum size for sexual maturation were 2 years old and about 50 mm in shell length, respectively. However, less than 10% of sexually undifferentiated individuals were larger than 80 mm in shell length. On the other hand, the size of mature oocytes was ranged to 50~60 μm in diameter and testis-ova was observed in testis of the mature stage. Annual reproductive cycle could be classified into five successive stages : multiplicative (October to January), growing (February to April), mature (April to June), spawning (June and July) and degenerative and resting (August and September) stages.

Key words : surf clam, *Spisula sachalinensis*, reproductive cycle

서 론

재료 및 방법

동해안의 강원도 연안에 서식하는 북방대합 *Spisula sachalinensis*은 개량조개과의 비부착성 대형 조개로서, 바닥뿌림식 양식을 통하여 어민의 집단관리가 가능하므로 동해안과 같은 풍파가 심한 해역에서 증·양식 개발이 가능한 지역 특산종이라 할 수 있다.

북방대합의 자원조성과 바닥뿌림식 양식을 위해서는 자연산 치패의 수집이나 인공종묘 생산에 의한 종패의 확보가 선행되어야 하며, 종패생산의 적정시기를 예측하기 위하여는 산란기의 파악이 필수적이다. 북방대합의 산란기에 관해서 일본에서는 Takahashi and Takano (1970)와 Takahashi and Yamamoto (1970)가 조직학적 방법을 통하여 연구한 바 있으며, Sasaki (1981, 1982, 1987, 1988)는 Sendai만에 서식하는 북방대합의 성장, 포란량 및 성패의 생활사 등을 밝히기도 하였다. 우리나라에서는 북방대합의 연령과 성장 (Kang and Kim, 1983)에 관한 연구결과가 있을 뿐, 산란기 조사를 위한 연구는 아직 이루어진 바 없다.

따라서, 본 연구에서는 강원도 연안에 서식하는 북방대합의 자원 증대를 위한 기초 자료를 얻고자, 조직학적 방법에 의한 생식세포의 발달과정과 생식주기를 조사하였다.

북방대합 재료는 1994년 3월부터 1995년 5월까지 매일 강원도 주문진 연안의 수심 10~20 m 해역에서 채집되었다. 모패집단의 성숙과 관련한 부위별 크기 변화를 조사하기 위하여 vernier caliper를 이용하여 각장 (shell length: SL), 각고 (shell height: SH) 및 각폭 (shell breadth: SB)을 0.1 mm까지 측정하고, 전자저울을 이용하여 육중 (flesh weight: FW)과 각중 (shell weight: SW)을 0.1 g까지 측정 후, 다음 식에 의하여 비만도 (condition factor)와 육중량비 (flesh weight rate)를 구하였다.

$$\text{비만도} = \frac{\text{FW (g)}}{\text{SL (mm)} \times \text{SH (mm)} \times \text{SB (mm)}} \times 1,000$$

$$\text{육중량비} = \frac{\text{FW (g)}}{\text{FW (g)} + \text{SW (g)}} \times 100$$

생식소의 구조를 파악하기 위하여 연체부를 Bouin 용액에 고정한 후, 종단면 및 횡단면으로 절단하여 생식소의 해부학적 위치를 조사하였다. 생식소 발달에 따른 조직학적 변화를 관찰하기 위하여 5~8 mm 크기로 절단한 생식소 부위를 Bouin 용액에 24시간 고정한 다음, paraffin 상법으로 5~6 μm 두께의 조직표본을 제작하였다. 표본은 Harris's haematoxylin과 0.5% eosin으로 이중염색

한 다음 광학현미경으로 관찰하였다. 생식소의 조직학적 발달단계는 Chang and Lee (1982)의 기준에 따라 생식소 소낭내의 생식세포 발달 상태를 분열증식기, 성장기, 성숙기, 산란기 및 휴지기로 구분하였다. 또한 생식소 발달에 따른 난모세포의 크기 변화는 조직표본상에 나타나는 난모세포중 인이 뚜렷한 것만을 골라 난모세포의 장경과 단경을 측정한 후 그 평균값을 이용하여 비교하였다. 그리고 군성숙도를 알아보기 위하여 성숙 및 산란기로 추정되는 6월에 각장 31.6~109.2 mm 범위의 북방대합 154 개체에 대해 성숙한 난모세포 및 정자 유무를 조직학적으로 관찰하였다.

장 높았으며, 투명도는 봄 (3~5월)과 가을 (9~11월)에 낮았다 (Fig. 1).

비만도 및 육중량비

매월 채집된 개체들의 월별 비만도와 육중량비의 변화는 Fig. 2와 같다. 비만도는 1994년 3월부터 증가하기 시작하여 6월에 0.19로 가장 높았다가 7월에 0.16으로 낮아졌다. 이후 11월에 0.15로 가장 낮았다. 육중량비도 비만도와 비슷한 경향으로 1994년 6월에 47.66%로 가장 높았다가, 이후 감소하여 2월에는 43.07%로 낮아졌다.

생식소 구조

북방대합의 생식소는 소화맹낭과 족부의 망상 결합구조 사이에 위치하였으며 (Fig. 3), 암수 모두 유백색으로 육안적인 성 구별이 어려웠다. 그러나 성숙기에는 생식소 부위를 절개하여 현미경 아래에서 알과 정자를 관찰 확인함으로써 난소와 정소를 구분할 수 있었다. 조직학적으로 관찰한 결과, 북방대합은 자웅이체 이었으나, 성숙기에 조사된 수컷 56개체중 19개체의 정소내에서 정소란 (testis-ova)이 관찰되었다 (Fig. 4).

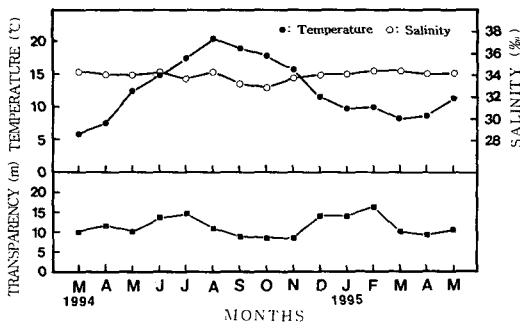


Fig. 1. Monthly variations of water temperature, salinity and transparency at the sampling area.

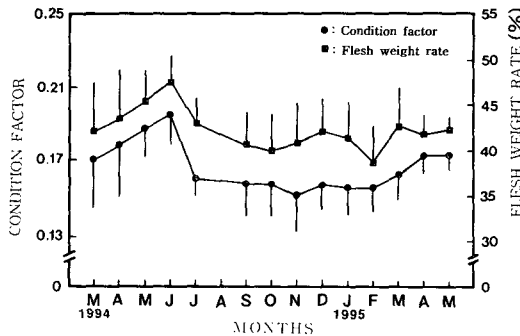


Fig. 2. Monthly changes of condition factor and flesh weight rate of surf clam, *Spisula sachalinensis*.

결 과

환경 요인

북방대합 재료의 채집 기간 동안 수심 10 m 연안의 월별 평균수온은 1994년 3월에 5.8°C로 가장 낮았으며 8월에 20.4°C로 가장 높았다. 그러나 1995년 3월에는 7.6°C로서 1994년과 비교하여 최저수온이 높았다. 염분 1994년 10월에 32.8‰로 가장 낮았고 1995년 3월에 34.4‰로 가

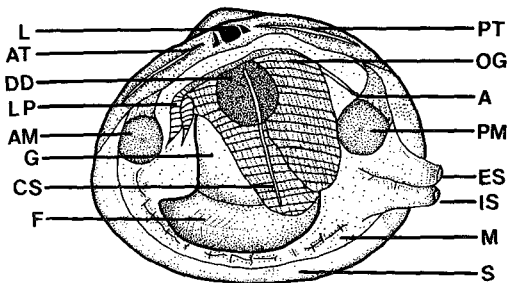


Fig. 3. Anatomy of surf clam, *Spisula sachalinensis*. A: anus, AM: anterior adductor muscle, AT: anterior teeth, CS: crystalline style sac, ES: exhalant siphon, DD: digestive diverticula, F: foot, G: gonad, IS: inhalant siphon, L: ligament, LP: labial palp, M: mantle, OG: outer gill, PM: posterior adductor muscle, PT: posterior teeth, S: shell.

난소 및 정소는 각각 수 많은 난소소낭과 정소세관으로 구성되어 있었으며, 정소란이 관찰된 정소에는 성숙변태한 정자 무리속에 성숙한 난모세포가 함께 관찰되었다.

생식소 발달

북방대합 생식소의 발달과정은 조직학적 관찰소견에 따라 암수 각각 분열증식기, 성장기, 성숙기, 산란기 및 휴지기의 연속적인 5단계로 구분할 수 있었다 (Fig. 5).

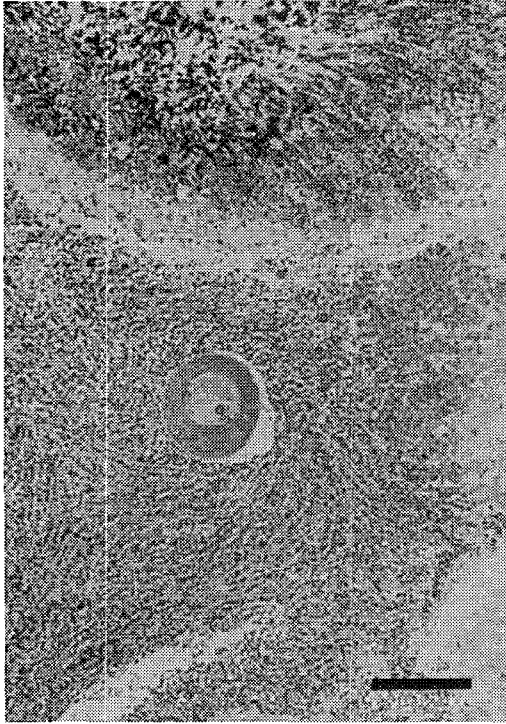


Fig. 4. The testis-ova observed in testis of mature stage (bar=60 μm).

난소 : 소화맹낭에 인접하여 존재하는 발달초기의 난소는 결합조직에 새로운 소낭을 형성하고, 소낭의 생식상

피위에서 난원세포가 활발히 분열하여 그 수가 증가되는 분열증식기 (Mu1, Mu2)의 조직상을 보였다. 이 시기의 난원세포는 핵이 뚜렷하나 세포질은 매우 빈약하였다. 이후 난소에서는 난병 (egg stalk)에 의해 생식상피에 부착된 난모세포들이 내강으로 발달하는 성장기 (G1, G2)를 나타냈다. 성장기의 난모세포에서는 핵의 중심부에 haematoxylin에 짙게 염색되는 인이 뚜렷하게 관찰되었으며, 세포질의 빠른 양적 증가를 관찰할 수 있었다. 이후 난모세포는 성장을 거듭하여 서서히 구형으로 되며, 세포질에 난황물질을 축적하여 성숙란의 모양을 갖추었다 (M1, M2). 이어서 성숙한 난모세포는 체외로 방출되면서 난소소낭내에 빈 곳이 생겨나고 일부 방출중인 난모세포가 나타나는 산란기 (S)의 조직상을 보였다. 산란기를 지난 뒤 방출되지 않고 난소내에 잔존한 난모세포는 퇴화·흡수되며, 일정기간 조직의 변화없이 유지되는 휴지기 (R)의 상태를 나타냈다.

정소 : 소화맹낭에 인접하여 존재하는 발달초기의 정소에는 새로운 세관이 형성되고, 이들의 생식상피위에서 정원세포가 활발히 분열하여 그 수가 증가되는 분열증식기 (Mu1, Mu2)의 조직상을 나타냈다. 분열증식을 마친 정원세포는 제1차 성숙분열을 거쳐 정모세포로 발달하는 성장기 (G1, G2)의 조직상을 보였다. 성장기의 정소세관에는 생식상피위의 정원세포들이 대부분 감소하고 정세포로 충만되었다. 성숙기 (M1, M2)의 정소에서는 성숙분열을 마친 정세포가 생식상피 주변에 충만하고 성숙변태한 정자들이 정소세관의 내강을 채움으로써 물결모양의

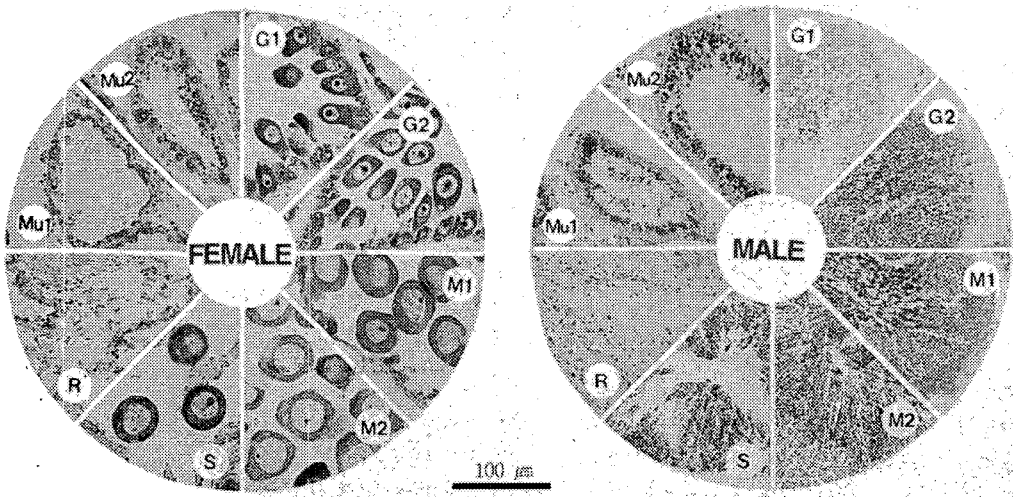


Fig. 5. Histological identifications of the gonad developmental phase of surf clam, *Spisula sachalinensis*. Mu: multiplicative stage, G: growing stage, M: mature stage, S: spawning stage, R: degenerative and resting stage.

흐름을 이루었다. 이후 정자들이 체외로 방출되면서 세관내에 빈 곳이 생겨나고 방출중인 정자가 다수 관찰되는 방정기(S)의 조직상을 보였다. 방정기를 지난 뒤 정소내 방출되지 않은 잔존 정자는 퇴화·흡수되고, 일정기간 조직의 변화없이 유지되는 휴지기(R) 모습을 나타냈다.

난경 변화

북방대합의 난소내 난모세포는 1994년 3월에 평균 난경 23.70 μm 였던 것이 산란기가 시작되는 6월에 평균 45.64 μm 로 성장하였으며, 방란 직전의 성숙 난모세포의 직경은 50~60 μm 였다. 산란후 방출되지 않은 잔존 난모세포가 퇴화·흡수된 다음, 10월부터는 5 μm 미만의 새로운 난원세포가 출현하기 시작하였다. 이후 난원세포는 서서히 크기가 증가하기 시작하는 난모세포로 발달하며, 3~4월의 빠른 성장과 함께 5월에는 다시 평균난경 51.84 μm 의 성숙 난모세포로 자라났다 (Fig. 6).

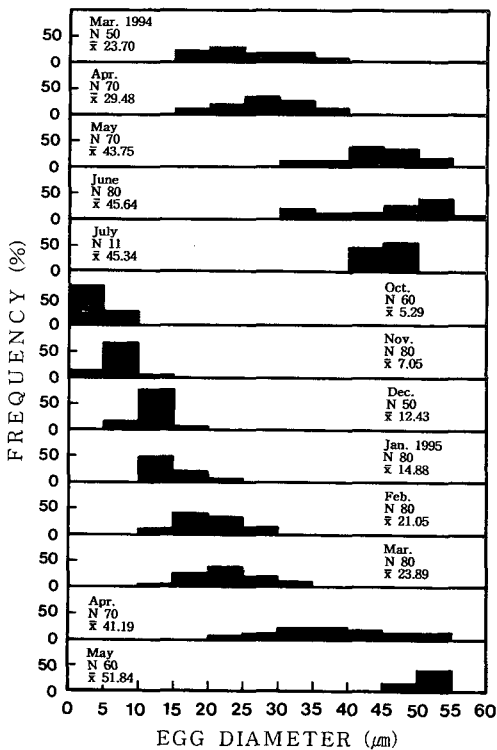


Fig. 6. Monthly changes of egg size composition of surf clam. *Spisula sachalinensis*.

군성숙도

각장 크기에 따른 군성숙도를 조사한 결과는 Table 1과 같다. 각장 31.6~109.2 mm인 북방대합 154개체의 생

식소를 조직학적으로 관찰한 결과, 각장 31.6~39.9 mm 그룹에서는 성숙개체가 전혀 나타나지 않은 반면, 40.0~49.9 mm 그룹에서는 10% 개체가 성숙 상태의 조직상을 보였다. 그러나 각장 50.0 mm 부터 79.9 mm 까지는 100%의 성숙 개체가 나타남으로써, 생물학적 최소형은 각장 50.0 mm 인 것으로 인정되었다. 한편 80.0 mm 이상의 대형개체들에서는 10% 미만의 성적으로 미분화된 개체가 관찰되었다.

생식주기

실험기간중 북방대합의 생식소 발달상황을 월별로 보면, 암컷의 경우 1994년 3~4월에 60~80%의 개체가 성장기에 달하였으며, 5~6월의 성숙기를 거쳐 6월부터 7월까지 산란하는 개체가 나타났다. 9월과 10월의 난소는 휴지기로 신생 난원세포가 거의 관찰되지 않은 단계였으며, 11월부터 난원세포가 출현하여 1995년 2월까지 분열 증식기로 이어졌다. 이후 난소는 2월부터 수온이 상승하기 시작하는 3~4월까지 성장기를 거쳐 5월에는 대부분이 성숙기에 달하였으며, 일부 산란하는 개체도 나타났다. 수컷에서는 암컷의 경우와 대체로 비슷한 경향이었으나, 1994년 4월과 1995년 3월에 암컷 보다 약 1개월

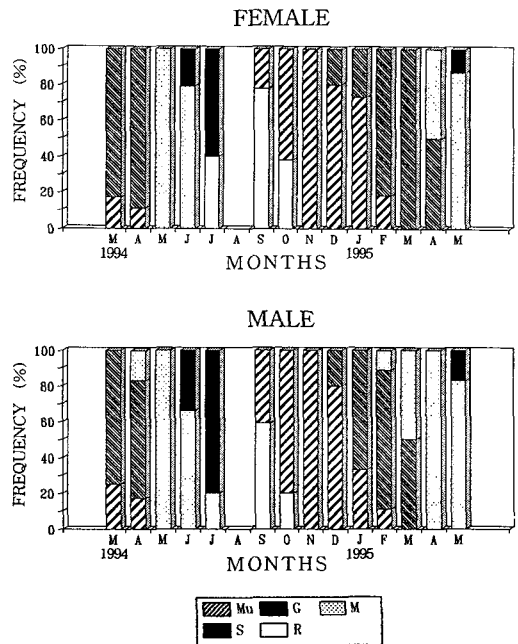


Fig. 7. Gonad developmental stage of surf clam, *Spisula sachalinensis*. Mu: multiplicative stage, G: growing stage, M: mature stage, S: spawning stage, R: degenerative and resting stage.

Table 1. Occurrence of sexually matured individuals in various shell length groups of surf clam, *Spisula sachalinensis* in June 1995

Shell length (mm)	Number of specimens	Number of the matured	Maturity (%)
31.6~39.9	11	0	0
40.0~49.9	10	1	10.0
50.0~59.9	17	17	100.0
60.0~69.9	17	17	100.0
70.0~79.9	17	17	100.0
80.0~89.9	41	40	97.6
90.0~99.9	29	28	96.6
100.0~109.2	12	11	91.7

빨리 성숙한 개체가 나타남으로써, 암컷 보다 수컷의 성숙이 빠르게 진행되고 있음을 알 수 있었다 (Fig. 7).

이상의 결과에 따라 북방대합 비만도의 월변화와 조직학적 관찰 소견을 종합하여 보면, 주문진 연안산 북방대합의 생식주기는 수온 변화 경향에 따라 약간의 차이는 있을 수 있으나, 분열증식기 10~1월, 성장기 2~4월, 성숙기 4~6월, 산란기 6~7월, 휴지기 8~9월인 것으로 판단된다.

고 찰

조개류의 생식소는 소화맹장과 족부 근육사이에 수 많은 관 (tube) 또는 주머니 모양의 기관으로 존재하는 것으로 알려져 있어 (Mackie 1984), 북방대합도 조개류의 일반적인 생식소 구조를 가진 것으로 인정된다. Sasaki (1981)는 성숙시기의 북방대합 정소는 담등색을, 난소는 유백색을 나타내므로 암수의 구별이 가능하다고 하였으나, 본 연구에서는 암수 모두 유백색으로 생식소 색깔에 의한 육안적 암수 구별이 어려웠다. 또한 산란·방정시 관찰된 알과 정자의 색깔도 모두 유백색으로 나타나 Sasaki (1981)의 관찰 결과와는 차이를 보였다.

해산 무척추 동물의 생식주기를 지배하는 환경요인으로 먹이, 수온, 광주기 및 염분을 들 수 있다 (Giese, 1959). 본 연구의 조사해역에서 염분은 연주기성을 보이지 않았으나 먹이량과 관계있는 투명도 및 수온에서는 계절 변화가 인정됨으로써, 이 두 환경요인이 북방대합의 배우자 형성과정과 밀접한 관련이 있는 것으로 추측된다. 새조개 *Fulvia mutica*는 수온이 상승하는 3~4월 이후부터 성숙 난모세포가 관찰된 바 있고 (Chang and Lee, 1982), 가무락 *Cyclina sinensis*에서도 4~5월의 수온상승과 관련하여 성숙 난모세포가 출현 (Chung et al., 1991)

하였다. 또한 큰가리비에서는 저수온기에 생식소의 성장이 개시되어 수온의 상승과 더불어 성숙과 산란이 이루어진다고 하여 (Chang et al., 1985), 조개류의 성숙과 수온은 밀접한 관련이 있음을 알 수 있다. 본 연구에서 조사된 강원도 주문진 연안의 북방대합은 수온이 하강하는 10월 이후부터 난모세포의 분열증식이 관찰되었으며, 수온이 상승하는 3월부터 난모세포의 성장이 빨라짐으로써 일본산 북방대합에 대한 Sasaki (1987)의 보고와 일치하고 있다. 伊藤 (1982)은 북방대합의 성숙을 조절하는 환경요인으로 수온이 가장 큰 영향을 미칠 것이며, 저수온기에 생식소의 성장이 정체하는 것은 대사의 저하에서 기인되었을 것이라는 견해를 제시한 바 있다. 따라서 북방대합의 생식소 발달은 가을철의 수온 하강기부터 개시될 가능성이 높으며, 이듬해 3~4월의 수온 상승기에 있어 난모세포의 급속한 성장을 뒷받침하는 요인으로는 이 시기의 낮은 투명도 (Fig. 1)와 관련된 풍부한 영양염 및 먹이량을 들 수 있다.

Takahashi and Takano (1970)는 북방대합 정소의 발달주기를 방정종기, 휴지기, 성장전기, 성장후기, 성숙기 및 방정기로 구분하였으며, Takahashi and Yamamoto (1970)는 난소의 발달주기를 방란종기, 회복기, 성장전기, 성장후기, 성숙기 및 산란기로 나누었다. 본 연구에서는 북방대합 생식소의 비만도 및 조직학적 관찰 소견에 따라 분열증식기, 성장기, 성숙기, 산란기 및 휴지기의 연속적인 5단계로 구분할 수 있었다.

한편, 본 연구에서는 지금까지 북방대합에서 보고된 바 없었던 정소란이 관찰되었다. 정소란에 대하여 Uemoto (1958)는 진주조개 *Pinctada martensii*의 경우 정소내에 우발적으로 생겨난 난모세포의 발달에 기인한다고 하였다. 자웅동체인 새조개 (Chang and Lee, 1982)에서는 난소소낭의 선단부가 정소세관에 삽입되어 조직절편상으로

나타날 경우 정소란으로 오인될 수 있으나, 정소내 관찰된 난모세포 주위에 난소소낭 상피가 관찰되지 않음으로써 정소란이 존재함을 입증하였다. 또 그들은 성숙한 정소내에 충분히 발달한 난모세포가 존재하는 점에 근거하여 암수 생식세포의 원세포가 동시에 발생한 것이며 성 전환된 것이 아님을 밝혔다. 본 연구에서의 북방대합은 자웅이체로 난소소낭과 정소세관이 접칠 가능성이 없고 성숙한 난모세포와 정자가 동시에 관찰된 점으로 미루어 볼 때, 조직상에 나타난 정소중의 난모세포가 성 전환에 의해 발생된 것은 아니라고 판단된다. 그러나 정소란이 체외로 방출되었을 경우 수정이 이루어지는지는 아직 명확하지 않다.

조개류의 생물학적 최소형에 대하여 Sakurai et al. (1992)은 개량조개 *Macra chinensis*의 경우, 저위도인 Tokyo만에서 각장 50 mm이었으나 고위도인 Tomakomai에서는 각장 25 mm 이상의 개체에서 성숙이 이루어진다고 보고하였다. 이는 위도에 따른 환경차이가 군성숙도에 영향을 미치는 것으로, 각장 보다는 연령에 의한 생물학적 최소형의 판정이 필요함을 암시해 주고 있다. 북방대합의 경우, Sasaki (1981)는 성숙개체의 비율이 50% 이상인 최소 각장은 60 mm 전후인 2년생이라고 지적하였으나, 이 크기에 속하는 성숙개체의 생식소지수가 낮은 것에 근거하여 미성숙과 성숙의 과도기적 단계일 수도 있다고 하였다. 본 연구에서 조사된 북방대합은 각장 40.0~50.0 mm 개체에서는 군성숙도가 10%이었으나 50.0~79.9 mm 개체에서는 100%로 나타나, 생물학적 최소형은 각장 50.0 mm였다. 또 이를 Kang and Kim (1983)의 연령과 성장에 관한 연구결과와 종합하여 볼 때, 만 2년생인 것으로 추측된다.

북방대합의 산란기는 일본에서도 지역에 따라 차이가 있는 것으로 보고되어 있는데, 중부 동해안의 鹿島灘에서 3월 중순~4월 (原田·藤本, 1957), 북부 동해안의 磯部에서는 4월 중순~5월 상순 (Sasaki, 1982, 1987)이며, 북해도의 十勝연안에서는 7월 이후 (高丸, 1976)로 보고되어 있어, 위도가 높아질수록 산란기가 늦어짐을 알 수 있다. 그러나 조사 년도에 따라 수온 등 해황이 다를 가능성이 있어 단정짓기는 힘들다. 본 연구에서 주문진 연안산 북방대합은 생식소의 조직학적 관찰조건에 따라 수온이 상승하는 3월 이후 생식소내 난모세포와 정모세포가 빠르게 성장하며, 수온 15°C 전후인 6~7월에 산란·방정을 하는 것으로 판단된다.

동해안 한해성 조개인 북방대합의 자원 증대를 위한 기초 자료를 얻기 위하여 1994년 3월부터 1995년 5월까지 주로 조직학적 방법에 의해 생식소의 발달과정과 생식주기를 조사하였다.

북방대합은 자웅이체로서, 생식소는 해부학적으로 소화맹장과 족부 근육 사이에 위치하였다. 비만도는 1994년 6월에 0.19로 가장 높았으며 11월에 최소값을 보였다. 생물학적 최소형은 각장 50.0 mm였으며, 80.0 mm 이상의 대형개체에서도 10% 미만의 성적으로 미분화한 개체가 관찰되었다. 성숙한 난모세포의 크기는 50~60 μ m였으며, 성숙기의 정소에서 정소란이 관찰되었다. 북방대합의 생식주기는 분열증식기 (10~1월), 성장기 (2~4월), 성숙기 (4~6월), 산란기 (6~7월) 및 휴지기 (8~9월)의 연속적인 5단계로 구분되었다.

참 고 문 헌

- Chang, Y.J. and T.Y. Lee. 1982. Gametogenesis and reproductive cycle of the cockle, *Fulvia mutica* (Reeve). Bull. Korean Fish. Soc., 15, 241~253.
- Chang, Y.J., K. Mori and T. Nomura. 1985. Studies on the scallop, *Patinopecten yessoensis*, in sowing cultures in Abashiri waters -Reproductive periodicity. Tohoku J. Agr. Res., 35, 91~104.
- Chung, E.Y., T.Y. Lee and C.M. An. 1991. Sexual maturation of the venus clam, *Cyclina sinensis*, on the west coast of Korea. J. Med. Appl. Malacol., 3, 125~136.
- Giese, A.C. 1959. Comparative physiology. Annual reproductive cycles of marine invertebrates. Ann. Rev. Physiol., 21, 547~576.
- Kang, Y.J. and C.K. Kim. 1983. Studies on the structure and production processes of communities in the coastal shallow waters of Korea 3. Age and growth of *Spisula sachalinensis* from the Eastern waters of Korea. Bull. Korean Fish. Soc., 16, 82~87.
- Mackie, G.L. 1984. In *The mollusca*. Vol. 7 Reproduction. 5. Bivalves, Tompa, A. S., N.H. Verdonk and J.A.H. an Den Biggelaar (eds.), Academic Press, London. pp. 351~418.
- Sakurai, I., M. Kurata and T. Miyamoto. 1992. Breeding season of the sunray surf clam *Macra chinensis* in Tomakomai, Southwest Hokkaido. Nippon Suisan Gakkaishi, 58, 1279~1283.
- Sasaki, K. 1981. Growth of the Sakhalin surf clam, *Spisula sachalinensis* (Schrenck), in Sendai Bay. Tohoku J. Agr. Res., 33, 168~180.
- Sasaki, K. 1982. Fecundity of the Sakhalin surf clam, *Spisula sachalinensis* (Schrenck), in Sendai Bay. Tohoku J. Agr. Res., 33, 76~82.

- Sasaki, K. 1987. Life cycle in adult stage of the Sakhalin surf clam in Sendai Bay. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 53, 1959~1963.
- Sasaki, K. 1988. Mortality of the Sakhalin surf clam in Sendai Bay in the early benthic stage. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 54, 193~196.
- Takahashi, N. and K. Takano. 1970. Histological studies on the reproductive cycle of the surf clam, *Spisula sachalinensis*-I. Seasonal changes in the testis. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 36, 337~344.
- Takahashi, N. and K. Yamamoto. 1970. Histological studies on the reproductive cycle of the surf clam, *Spisula sachalinensis*-II. Seasonal changes in the ovary. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 36, 345~352.
- Uemoto, H. 1958. Studies on the gonad of the pearl-oyster, *Pinctada martensii* (Dunker) II. Histological observation with regard to both the seasonal variation and the change during the course of the artificial spawning. *Bull. Nat'l. Pearl Res. Lab.*, 4, 287~307.
- 伊藤義三. 1982. ホツキガイの採卵について. 第1報 産卵期における放精放卵. *北水試月報*, 39, 67~80.
- 原田和民・藤本武. 1957. 鹿島灘有用貝類の増殖に関する基礎研究-III. ホツキガイの増殖について生態學的研究. *茨城水試試験報告*, 113~121.
- 高丸禮好. 1976. 十勝海域におけるホツキガイの産卵期について. *北水試月報*, 36, 1~8.

1996년 7월 10일 접수

1997년 1월 6일 수리