



한국 서해안산 큰이랑피조개, *Scapharca satowi*의 생식주기에 관한 조직학적 연구

송홍인¹⁾ · 조영록¹⁾ · 박영제¹⁾ · 박광재¹⁾ · 최상덕^{*} · 윤호섭 · 이원교 · 정형택 · 라성주 · 김도완 · 곽은주
여수대학교 양식학과 · ¹⁾국립수산진흥원 서해수산연구소

Histological Study on the Reproductive Cycle of *Scapharca satowi* on the West Coast of Korea

Hong-In Song¹⁾, Young-Rok Jo¹⁾, Young-Je Park¹⁾, Kwang-Jae Park¹⁾, Sang-Duck Choi^{*},
Ho-Seop Yoon, Won-Kyo Lee, Hyung-Taek Jung, Sung-Ju Rha,
Do-Wan Kim and Eun-Joo Kwak

Department of Aquaculture, Yosu National University, Yosu 550-749, Korea

¹⁾West Sea Fisheries Research Institute, National Fisheries Research and Development Agency, Incheon 400-201, Korea

Scapharca satowi is dioecious and attains sexual maturity, when it grows to a shell length of 70 mm. Its ovary is composed of a number of ovarian sacs; likewise, its testis is also composed of several testicular tubules. During the year 1999-2000, the condition index reached the maximum (0.017) in June and spawning occurred from July to September, when water temperature remained above 23°C. The reproductive cycle of *S. satowi* can be classified into five successive stages: early active (December to March), late active (April to May), ripe (June to July), partially spawned (July to September) and spent/inactive (September and November) stages. Monthly changes in the condition index were closely related to its reproductive cycle.

Key words: *Scapharca satowi*, Reproductive cycle, Condition index

서론

고막류에는 피조개(*Scapharca broughtonii*)를 비롯하여 고막(*S. granosa bisenensis*), 새고막(*S. subcrenata*), 큰이랑피조개(*S. satowi*)등이 있다.

큰이랑피조개(*S. satowi*)는 우리나라의 서해안 및 남해안의 서부 연안 외해에 서식하는 조개류이다. 외형으로는 피조개와 비슷하나 크기가 다소 작고 최대 방사능이 길고 육질이 약간 단단한 편이며 색깔도 희미하여 일명 분홍피조개라고도 불리운다. 방사능수는 36~41조(평균 38조) 내

외이고 패각의 두께도 피조개보다 두꺼운 편이며, 서식 수심은 새고막과 피조개의 중간층인 수 m~30 m층에 서식하고 있다(유, 1998).

큰이랑피조개의 생산량은 전량 자연산에 의존하고 있으며, 최근 들어 자원이 감소하는 추세에 있어 양식 개발 품종으로 기대되는 종이다. 피조개의 인공종묘 생산에 대한 연구로는 菅野(1962)에 의해 시작되어 中村·岩本(1975)에 의해 인공종묘생산 기술이 확립되었으며 우리나라에서는 종묘생산 및 유생사육(김·구, 1973; 류 등, 1993; 박 등, 1993)에 관한 연구결과들이 부분적으로 보고

*Corresponding author : choisd@yosu.ac.kr

되었으나, 종묘 생산에 기초 자료로 이용할 수 있는 생식·생리에 대한 연구는 거의 이루어지지 않고 있다.

수심 1~30 m에 서식하는 큰이랑피조개는 형망어업에 의한 어업인의 고소득원이었으나 최근 남획으로 자원량이 급격히 감소되고 있다. 자원 증대를 위해서는 채취금지 기간의 설정이나 인공 종묘생산에 의한 종패의 방류가 필요하며, 산란기의 파악이 필수적이다.

생식·생물학적인 측면에서 생식주기에 관한 연구는 종의 보전 및 자원증식을 위한 기본적인 연구과제이다. 따라서, 본 연구에서는 큰이랑피조개의 종묘 생산 기술을 확립하는데 이용할 수 있는 암·수 생식세포 형성과정을 조사하여 생식소 변화양상을 파악하고 산란시기를 명확히 밝히고자 하였다.

재료 및 방법

실험에 사용된 큰이랑피조개는 1999년 7월부터 2000년 6월까지 충남 태안군 근흥면 연안에서 형망어로 채집하였다. 모패집단의 성숙과 관련한 부위별 크기 변화를 조사하기 위하여 각장(shell length, SL), 각고(shell height, SH), 각폭(shell width, SW)을 0.1 mm까지 측정하고, 전자저울을 이용하여 육중량(flesh weight, FW)과 각중량(shell weight, SW)을 0.1 g까지 측정한 후, 다음 식에 의하여 비만도(condition index)와 육중량비(flesh weight rate)를 구하였다.

$$\text{비만도} = \frac{\text{MW(g)}}{\text{SL(mm)} \times \text{SH(mm)} \times \text{SW(mm)}} \times 100$$

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

생식소 발달에 따른 조직학적 변화를 관찰하기 위하여 5~8 mm 크기로 절단한 생식소 부위를 Davison's 용액에 24시간 고정된 다음, paraffin상법으로 5~6 μm 두께의 조직표본을 제작하였다. 표본은 Delafield's haematoxylin과 eosin으로 이중염색을 시켜 제작하고, 광학현미경하에서 생식소의 발달양상을 조사하였다.

군성숙도를 알아보기 위하여 성숙 및 산란기로 추정되는 6월에 각장 45.9~105 mm 범위의 큰이랑피조개 암컷 135개체, 수컷 120개체에 대해 성숙한 난모세포 및 정자유무를 조직학적으로 관찰하였다.

생식주기와 관련된 환경요인으로는 서식지의 수온과 염

분을 분상 온도계와 염분계를 이용하여 각각 측정하였다.

결 과

1. 환경요인

큰이랑피조개의 채집 기간 동안 수심 10 m 연안의 월별 평균수온은 1999년 8월에 26.1℃로 가장 높았으며 2000년 2월에 3.1℃로 가장 낮았다. 염분은 1999년 10월에 집중호우로 가장 낮은 26.73‰이었으며, 이듬해 2월에 가장 높은 31.69‰이었다(Fig. 1).

2. 비만도 및 육중량비

매월 채집된 개체들의 월별 비만도의 변화는 Fig. 2와 같다. 비만도는 2000년 5월에 0.012이던 것이 수온 상승과 더불어 증가하여 6월에는 최고값인 0.017로 증가하였다. 이후 급격한 감소와 더불어 유의한 변화는 보이지 않았다. 육중량비도 비만도와 비슷한 경향으로 2000년 6월에 44 %로 가장 높았다가, 이후 지속적인 감소를 나타내었다(Fig. 3).

3. 군성숙도

재생산에 참여하는 개체군의 크기를 알아보기 위하여, 1999년 7월부터 2000년 6월까지 암컷 135개체, 수컷 120개체의 생식소를 대상으로 조직표본을 검정하여, 실제로 생식에 참여한 개체들의 각장 크기에 따른 군성숙도를 조사한 결과는 Table 1과 같다.

각장 45.9~105 mm인 큰이랑피조개 135개체의 생식소를

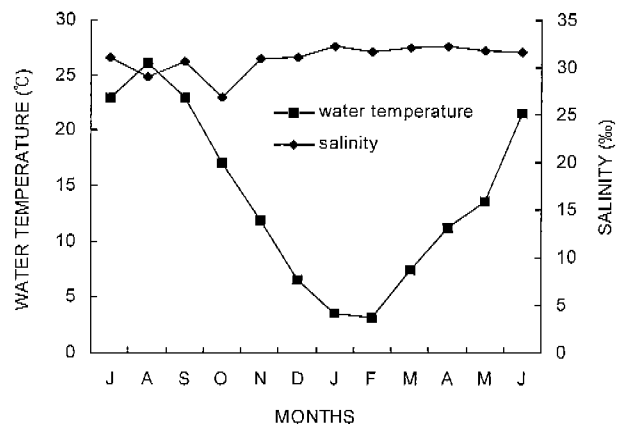


Fig. 1. Monthly variations of water temperature and salinity at the sampling area.

Table 1. Occurrence of sexually matured individuals in different shell length groups of *Scapharca satowi* in June 2000

Shell length (mm)	Individuals (No.)		Matured (No.)		Maturity (%)	
	♀	♂	♀	♂	♀	♂
45.9 ~ 59.9	6	12	-	-	0	0
60 ~ 69.9	16	9	5	3	31.3	33.3
70 ~ 79.9	21	17	18	14	85.7	82.4
80 ~ 89.9	36	31	36	31	100	100
90 ~ 99.9	45	38	45	38	100	100
100 ~ 105.0	11	13	10	12	90.9	92.3
Total	135	120				

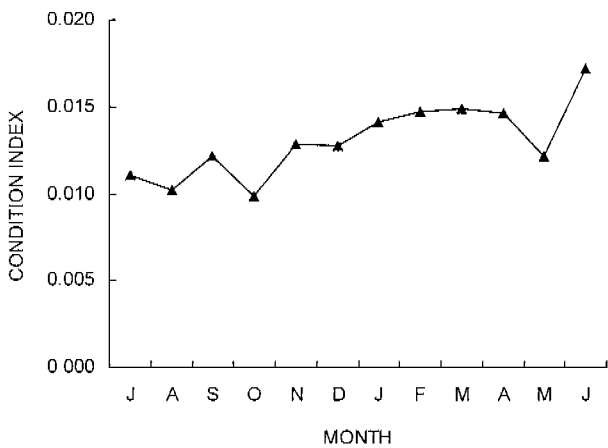


Fig. 2. Monthly changes in the condition index of *Scapharca satowi*.

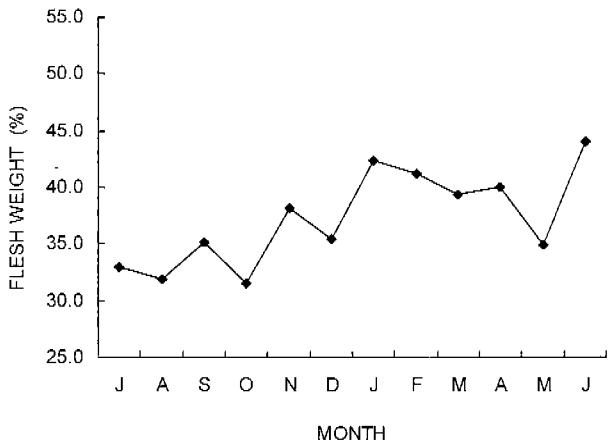


Fig. 3. Monthly changes in the flesh weight of *Scapharca satowi*.

조직학적으로 관찰한 결과, 각장 45.9~59.9 mm 그룹에서는 암, 수 모두 성숙개체가 전혀 나타나지 않은 반면, 60~69.9 mm 그룹에서는 암, 수 각각 31.3%와 33.3%의 비율로 성숙 상태의 조직상을 보였다. 그러나 각장 70~79.9 mm 그룹에서 암, 수 각각 85.7%와 82.4%로

군성숙도 50%를 넘고 있으며, 80 mm 이상 100 mm 미만에서는 100%가 성숙하였다. 반면, 100 mm 이상의 대형개체들에서는 10%미만의 성적으로 미성숙된 개체가 관찰되었다.

4. 생식소 발달

생식소의 발달, 생식세포의 형성과정 및 난경의 월별변화를 조직학적으로 조사한 결과를 종합하여, 이들의 생식주기를 암수 각각 초기 활성기, 후기 활성기, 완숙기, 부분산란기 및 퇴화 및 비활성기 등으로 구분할 수 있었다 (Fig. 4).

1) 초기 활성기(Early active stage)

내측의 간중장선과 외측의 근육층 사이에 위치하는 난소는 크고 작은 수많은 원형 또는 타원형의 난자형성소낭으로 구성되어 있으며, 초기 난원세포들의 직경은 27 μm 내외로 소낭의 벽에서 활발하게 분열증식되고 있었다 (Fig. 4A). 수컷의 경우 정소에는 새로운 세관이 형성되고, 이들의 생식상피 위에서 정원세포가 활발히 분열하여 그 수가 증가하며, 핵 속에는 강한 호염기성 인과 몇 개의 과립세포들이 나타났다 (Fig. 4F).

2) 후기 활성기(Late active stage)

성장을 시작한 난모세포에서는 핵의 중심부에 haematoxylin에 짙게 염색되는 인이 뚜렷하게 관찰되었으며, 세포질의 빠른 양적 증가를 관찰할 수 있었다 (Fig. 4B). 정소는 점차 비후됨과 동시에 소낭 내의 간중직과 호산성 과립세포들이 나타났다. 정소세관에는 생식상피위의 정원세포들이 대부분 감소하고 정세포로 충만되었다 (Fig. 4G).

3) 완숙기(Ripe stage)

난소에서는 난모세포가 성장을 거듭하여 서서히 구형

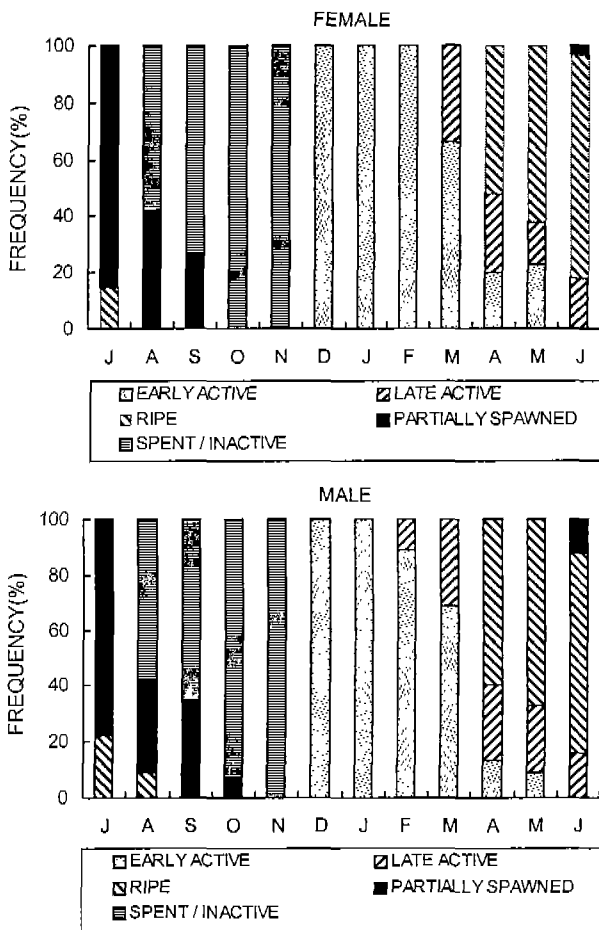


Fig. 5. Gonad developmental stages of *Scapharca satowi* from July 1999 to June 2000.

으로 되며, 세포질에는 난황과립으로 충만된다. 성숙한 난모세포는 직경 70~80 μm 크기였으며, 핵과 인이 뚜렷이 구분되었다(Fig. 4C). 정소에서는 성숙분열을 마친 정세포가 생식상피 주변에 충만되었고, 성숙 변태한 정자들이 세정관을 채움으로써 물결모양의 흐름을 이루었다. 성숙한 정자의 두부는 강한 염기성 반응을 나타내었으며, 소낭의 벽쪽을 향하고 있었고, 산성 색소에 염색되는 미부는 중앙내강을 향하고 있었다(Fig. 4H).

4) 부분 산란기(Partially spawned stage)

산란기에 이르면 난소소낭의 내강중앙에 자리잡고 있던 성숙난들이 방출되므로 소낭의 내강은 거의 빈 공간으로 되고, 일부 방출중인 난모세포가 나타났다(Fig. 4D). 정소 역시 정자의 방출이 일어나면서 물결모양의 정자배열은 없어지고 세관내에 빈 곳이 생겨났으며, 일부 방출중인 정자가 관찰되는 방정기의 조직상을 보였다(Fig. 4I).

5) 퇴화 및 비활성기(Spent/Inactive)

방란·방정이 끝난 난소소낭 및 정소세관의 위축과 더불어 방출되지 않은 잔존 난모세포 및 정자가 퇴화 흡수된다. 그 후 난소와 정소의 생식상피내에는 새로이 생성된 소수의 난원세포들과 정원세포들이 나타났으며, 주위에 결체조직들이 출현한 후 조직상의 변화없이 비활성기의 상태가 일정기간 지속되었다(Fig. 4E, I).

5. 생식주기

실험기간 중 큰이랑피조개의 생식소 발달상황을 월별로 보면, 암컷의 경우 1999년 5월에 약 50%의 개체가 성장에 달하였으며, 4~5월의 성숙기를 거쳐 7월부터 9월까지 산란하는 개체가 나타났다. 10월과 11월의 난소는 퇴화 및 비활성기로 신생 난원세포가 거의 관찰되지 않은 단계였으며, 12월부터 난원세포가 출현하여 2000년 3월까지 초기 활성기로 이어졌다.

이후 난소는 4월부터 수온이 상승하기 시작하는 5~6월까지 후기 활성기를 거쳐 6월에는 대부분이 완숙기에 달하였으며, 일부 산란하는 개체도 나타났다. 수컷에서도 암컷의 경우와 대체로 비슷한 경향임을 알 수 있었다(Fig. 5).

이상의 결과에 따라 큰이랑피조개의 월변화와 조직학적 관찰 소견을 종합하여 보면, 충남 태안군 근흥면 연안산 큰이랑피조개의 생식주기는 수온 변화 경향에 따라 약간의 차이는 있을 수 있으나, 초기 활성기 12~3월, 후기 활성기 4~5월, 완숙기 6~7월, 부분 산란기 7~9월, 퇴화 및 비활성기 9~11월인 것으로 판단된다.

고 찰

조개류의 생식소는 소화맹장과 족부 근육사이에 수많은 관(tube) 또는 주머니 모양의 기관으로 존재하는 것으로 알려져 있어(Mackie, 1984; Chung et al., 1994), 큰이랑피조개도 조개류의 일반적인 생식소 구조를 가진 것으로 인정된다.

대부분의 해산 무척추동물은 체외수정을 하며, 이들의 생식은 계절적으로 일어난다고 알려져 있다(Giese, 1959; Loosanoff, 1962; Kinne, 1963; Webber and Giese, 1969). 또한, Boolootian et al. (1962)은 해산 무척추동물의 산란 습성을 3가지 유형 즉, 늦가을부터 다음 해 봄 사이에 걸쳐 산란하는 동계산란종(winter breeder), 늦봄부터 이른 가을사이에 걸쳐 산란하는 하계 산란종(summer breeder)

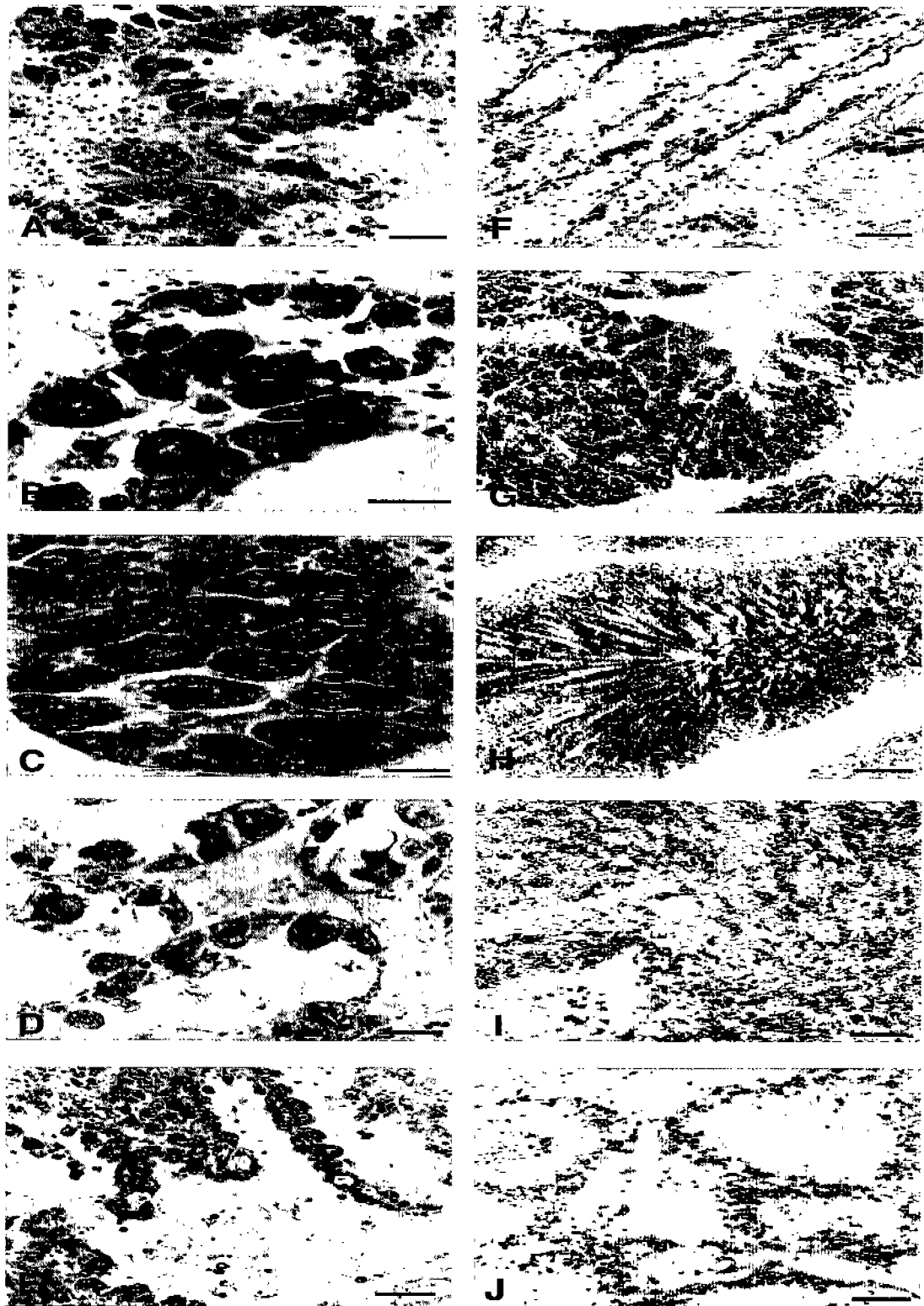


Fig. 4. Histological identification of the gonad developmental phases of *Scapharca satowi*. Right side of each photograph shows male gonad and left side female gonad.

A, F; Early active stage B, G; Late active stage C, H; Ripe stage D, I; Partially spawned stage E, J; Spent/Inactive stage. Scale bars indicate $50\mu\text{m}$.

및 연중 산란하는 종(year-round breeder)으로 구분하였다. 또한, 해산 무척추동물의 생식주기를 지배하는 환경요인으로 먹이, 수온, 광주기 및 염분을 들 수 있다(Giese, 1959). 채집 기간동안 수온 변화는 Fig. 1과 같이 지속적인 상승과 더불어 주 산란기인 7월에는 23 °C와 8월에는 연중 최고치인 26.1 °C를 나타내었다. 吉田(1950)는 우리나라에서 피조개 산란기를 6~10월, 小川(1973)은 靑森嶽 陸奥灣에서 1971년 8월 중순 22.8~24.4 °C, 菅野(1968)는 동일어장에서 21.22 °C, 비중 1.0225~1.0213일 때 산란한다고 보고하였다. 또한 노·변(1977)은 경남 진해만에서 25.7~27.1 °C, 유·배(1977)는 전남 여자만, 가락만에서 27.0~28.9 °C 때 산란이 이루어진다고 보고하였다. 본 연구의 조사해역에서도 산란시기는 경남 진해만과 전남 여자만, 가락만과 비슷한 수온범위에서 이루어졌다. 본 연구의 조사해역에서는 다른 환경요인들은 연주기성을 보이지 않았으나 수온에서의 계절적 변화가 인정됨으로써, 수온이 큰이랑피조개의 배우자 형성과정과 밀접한 관련이 있는 것으로 추측된다.

새고막(*S. subcrenata*)은 수온이 상승하는 6월 이후부터 성숙 난모세포가 관찰된 바 있고(Kwon and Chung, 1999), 가무라(*Cyclina sinensis*)에서도 4~5월의 수온상승과 관련하여 성숙 난모세포가 출현한다고 하여(Chung et al., 1991), 조개류의 성숙과 수온은 밀접한 관련이 있음을 알 수 있다.

본 연구에서 조사된 충남 태안군 근흥면 연안의 큰이랑피조개는 수온이 급격히 하강하는 12월 이후부터 난모세포의 분열증식이 관찰되었으며, 수온이 상승하는 3월부터 난모세포의 성장이 빨라짐으로써 큰이랑피조개의 성숙을 조절하는 환경요인으로 수온이 가장 큰 영향임을 알 수 있다.

산란기 추정을 위한 육중량비의 월변화 조사 결과, 6월에 가장 높은 값을 보인 다음 급속히 감소하였다. 이는 산란후에 육중량비가 떨어지는 북방대합(이 등, 1997)의 연구 결과와도 일치한다. 비만도의 월별변화는 성숙기의 개체가 출현하는 5월 이후에 급속하게 증가하여 대부분의 개체가 성숙란으로 이루어진 6월에 최고값을 나타내다가 산란기가 시작되는 이후부터 급격히 감소하였다. 이는 생식소의 발달과 더불어 비만도는 증가하며(Chang and Lee, 1982), 산란후에는 비만도가 떨어진다(Matsuoka et al., 1968)는 연구 결과와 거의 일치하였다.

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 군성속도에 영향을 미치는 것으로, 각장 보다는 연령에 의한 생물학적 최소형의 판정이 필요함을 암시해 주고 있다. 본 연구에서 조사된 큰이랑피조개는 각장 60~69.9 mm개체에서는 군성속도가 암, 수 각각 31.3%, 33.3%이었으나, 70~79.9 mm인 개체에서는 암, 수 각각 85.7%와 82.4%로 나타남으로써, 생물학적 최소형은 각장 70 mm인 것으로 판단된다. 또한, 이들 결과를 바탕으로 종합하여 볼 때, 만 2년생인 것으로 추측되어지나, 조직학적 관찰만으로는 단정하기 어려우며, 이러한 것을 확실하게 구명하기 위해서는 앞으로 사육실험이 이루어져야 할 것으로 생각된다.

해산 패류 중 전복류는 휴지기가 없이 방출기 후 곧 회복기로 들어가 새로운 생식세포를 형성하지만(Webber and Giese, 1969; Young and Demartini, 1970; Shepherd and Law, 1974; Hayashi, 1980), 큰이랑피조개는 북방대합(이 등, 1997), 참가리비(장 등, 1997)등에서와 같이, 방란 방정 후 생식소에 남아 있던 소수의 생식세포들이 퇴화 흡수되고, 이와 더불어 난소소낭과 정소세관도 위축되어 일정기간 조직의 변화가 없는 비활성기의 조직상이 관찰되었다.

큰이랑피조개의 산란기는 조사 년도에 따라 수온 등 해황이 다를 가능성이 있어 단정짓기는 힘들지만 조직학적으로 관찰한 결과, 수온이 상승하는 6월 이후부터 성숙하여 7~9월에 걸쳐 산란하는 하계 산란종(summer breeder)으로 생각된다.

요 약

한국 서해안에 한정적으로 분포하는 특산종이나 산업적으로 활용되지 못하고 있는 큰이랑피조개를 새로운 산업화 양식품종으로 개발하기 위한 기초 자료를 얻기 위하여 1999년 7월부터 2000년 6월까지 충남 태안군 근흥면 연안에서 형망으로 채집한 큰이랑피조개(*Scapharca satowi*)의 생식소 발달과정과 생식주기를 조사하였다.

큰이랑피조개는 자웅이체로서, 난소와 정소는 각각 수많은 난자형성소낭과 정자형성소낭으로 구성되어 있었다. 소낭에는 간충직과 호산성 과립세포들이 들어 있는데, 이들은 초기 생식세포의 형성과 발달에 영양을 공급하는 영양세포로 여겨진다.

비만도는 2000년 5월에 0.012이던 것이 수온 상승과 더불어 증가하여 6월에는 최고값인 0.017로 증가하였다. 이후 급격한 감소와 더불어 유의한 변화는 보이지 않았다. 육중량비도 비만도와 비슷한 경향으로 2000년 6월에 44%로 가장 높았다가, 이후 지속적인 감소를 나타내었다. 군성숙도가 50%를 넘는 개체는 암, 수 모두 각장 70~79.9 mm인 개체들로 조사되었고, 100 mm 이상의 대형개체에 서도 10%미만의 성적으로 미성숙한 개체가 관찰되었다.

생식주기는 수온 변화 경향에 따라 약간의 차이는 있을 수 있으나, 초기 활성기 12~3월, 후기 활성기 4~5월, 완숙기 6~7월, 부분 산란기 7~9월, 퇴화 및 비활성기 9~11월인 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 해양수산부 국립수산진흥원 연구과제, 한국 과학재단 학술연구조성비(Kosef-2001- 1-13500-001-1)의 연구비 지원에 의하여 수행된 결과이며 이에 감사드립니다.

참 고 문 헌

Booolootian, R. A., A. Farmanfarmaina and A. C. Giese, 1962. On the reproductive cycle and breeding habits of two western species of *Haliotis*. Biol. Bull., 122 : 183-192.

Chang, Y. J. and T. Y. Lee, 1982. Gametogenesis and reproductive cycle of the cocle, *Fulvia mutica* (Reeve). J. Korean Fish. Soc., 15 : 241-253.

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.

Chung, E. Y., D. K. Ryou and J. H. Lee, 1994. Gonadal development age and growth of the shortnecked clam, *Ruditapes philippinarum* (Pelecypoda: Veneridae) on the coast of Kimje, Korea. Korean J. Malacol., 10 : 38-54.

Giese, A. C., 1959. Annual reproductive cycles of marine invertebrates. Ann. Rev. Physiol., 21 : 547-576.

Hayashi, I., 1980. Reproductive biology of the ormer, *Haliotis tuberculata*. J. mar. biol. Ass. U. K., 60 : 415-430.

Kinne, O., 1963. The effects of temperature and salinity on marine and brackish water animals. I. Temperature. Oceanog. Mar. Biol. Ann. Rev., 1 : 301-340.

Kwun, S. M. and E. Y. Chung, 1999. Reproductive cycle of ark shell, *Scapharca subcrenata*, on the west coast

of Korea. J. Fish. Sci. Tech. 2 : 142-148.

Loosanoff, V. L., 1962. Gametogenesis and spawning of the European oyster, *Ostrea edulis* in waters of marine. Biol. Bull., 122 : 86-95.

Mackie, G. L., 1984. The mollusca. Reproduction : 5. Bivalves. pp. 351-418. Academic Press, London.

Matsuoka, Y., S. Tanaka and T. Ikuta., 1968. Technical study on seed production of *Fulvia mutica*. Cont. Fish. Stn. Kyoto Prefec., 31 : 13-27.

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.

Shepherd, S. A. and H. M. Laws., 1974. Studies on Austratian abalone (Genus *Haliotis*) II. Reproduction of five species. Aust. J. Mar Freshwat. Res., 25 : 49-62.

Webber, H. H. and A. C. Giese., 1969. Reproductive cycle and gamctogenesis in the black abalone, *Haliotis cracheroidii* (Gastropoda; Prosobranchiata). Mar. Biol., 4 : 152-159.

Young, J. S. and J. D. Demartini., 1970. The reproductive cycle, gonadal histology, and gamctogenesis of the red abalone, *Haliotis rufescens* (Swainson). Calif. Fish. and Game, 56 : 298-309.

김종두 · 구자현, 1973. 피조개인공종묘생산시험(I). 수진 연구보고, 25 : 71-78.

노용길 · 변충규, 1977. 피조개 *Anadara broughtonii* (Schr-enck)의 자연채묘에 관한 연구. 수진사업보고, 16 : 135-147.

류호영 · 박두원 · 전창영 · 정춘구 · 김대희 · 김경희 · 박영섭 · 김민철 · 김주호, 1993. 피조개 인공종묘에 관한 연구. 수진사업보고서, 221p.

박두원 · 김경희 · 민광식, 1994. 피조개 종묘양산시험. 남해 수산연구소 사업보고서, 115 : 143~151.

이정용 · 장영진 · 이재성, 1997. 북방대합(*Spisula sachalinensis*)의 생식주기. 환수지, 30(1) : 132-138.

유성규, 1998. 천해양식. 구덕출판사, pp. 221-242.

유성재 · 배평암, 1977. 피조개 자연채묘시험(II). 수진사업 보고, 37 : 157-178.

장영진, 임한규, 박영제, 1997. 동해안 양식산 참가리비, *Patinopecten yessoensis*의 생식주기. 한국양식학회지, 10 : 133-141.

菅野尚, 1962. 温度の反復刺戟による貝類の産卵誘發. 東北水産報告, 20pp.

中村雅人 · 岩本哲二, 1975. アカガイの室内採苗と中間育成について. 山口内海水報告, 6pp.

菅野 溥記, 1968. アカガイ増養殖. 養殖, 88-93.

吉田, 1950. アカガイの養殖. 水産界, 798 : 50-61.

小川弘 · 宮永祐二, 1973. アカガイの増殖に関する研究アカガイ養成試験. 青森縣水産増殖センター事業 概要, 2pp.

(접수 : 2001년 8월 22일, 수리 : 2001년 11월 1일)