

여수연안에 서식하는 아므르불가사리, *Asterias amurensis*의 생식소 발달 및 생식주기

이원교 · 최낙현 · 박충국 · 허승준 · 이경우*

전남대학교 수산해양대학 양식생물전공

*전라남도 해양바이오연구원

Gonadal Development and Reproductive Cycle of the North Pacific Seastar, *Asterias amurensis* in the Coastal Waters of Yeosu, Korea

Won-Kyo Lee · Nak-Hyun Choi · Chung-Kug PARK

Sung-Joon HEO · Kyung-Wo LEE*

Aquaculture Program, College of Fisheries and Ocean Sciences Chonnam National University

*Jeollanamdo Fisheries Research Institute

ABSTRACT

Gonadal development and reproductive cycle of the North Pacific seastar, *Asterias amurensis* captured from the yeosu, Jeollanamdo, between March 2001 and February 2002, was investigated monthly changes of gonadosomatic index(GSI), gonadal development and oocyte size-frequency distribution. Monthly changes of GSI values showed similar trends in female and male. GSI values were reached the maximum in November(22.51 ± 5.45 in female, 9.68 ± 2.16 in male) and then gradually decreased. Based on the monthly changes of GSI, histological observation of gonadal development, reproductive cycle was divided into following successive stage: multiplicative (June to July), growing (August to September), mature (October to November), spawning (December to February) and degenerative and resting (March to May). Based on these result, this species seemed to have a synchronous oocyte development and one spawning season a year. .

Key words : Reproductive cycle, *Asterias amurensis*, GSI.

1. 서론

불가사리류는 해양의 저서무척추동물 중에서 가장 상위의 생태적 지위를 가진 'keystone predator'이다¹⁾. 우리나라 대부분 연안해역에서는 아므르불가사리, *Asterias amurensis*와 별불가사리, *Asterina pectinifera*가 대량으로 출현하며, 아므르불가사리의 경우 우리나라와 일본의 주요 양식 대상종인 굴, 가리비, 피조개, 홍합 등의 생산에 막대한 피해를 주는 해적생물이다^{2, 3, 4)}. 또한 연체동물 뿐만 아니라 해면류, 대형동물류, 갯지렁이류, 갑각류, 성게류 및 어류 등과 같은 표서 및 내서 동물을 기회적으로 포식하여 패류 양식장에 대한 경제적 피해뿐만 아니라 해역의 고유한 저서생물군집의 안정성을 교란시키거나 파괴하기도 한다^{5, 6, 7)}. 이처럼 막대한 번식력과 섭식력으로 해양생물들을 위협하고 있는 아므르불가사리는 여러 양식패류 중에서 굴 및 담치류에 대한 선호도가 높은 것으로 밝혀져³⁾, 여수연안의 주요 양식대상종인 굴 및 담치류 양식에 막대한 피해를 입히고 있는 실정이다. 현재 국내의 경우에는 양식 패류에 대한 섭식 선호도⁴⁾와 양식 패류에 대한 불가사리 종류별 포식 특성에 관한 연구⁸⁾, 아므르불가사리의 개체군 생태⁹⁾, 별불가사리의 성 성숙과 생식주기¹⁰⁾, 아므르불가사리의 분포 특성과 서식처에 따른 먹이 선호도 비교¹¹⁾ 등의 연구가 보고되었으며 외국의 경우는 불가사리의 난질과 유생 사육 및 적응성에 관한 보고¹²⁾ 및 포식 행동¹³⁾, *Asterias rubens*의 염분 환경 내성에 관한 연구¹⁴⁾ 등이 보고되었다. 본 연구는 우리나라 연안의 대부분에 걸쳐 출현하고 있는 아므르불가사리의 생식소 속도지수(GSI, gonadosomatic index)의 월별 변화, 생식소 발달과정 그리고 생식소 발달 단계

별 난경변화를 종합하여 산란기를 판정하였다.

2. 재료 및 방법

본 연구에 이용한 아므르불가사리는 2001년 3월부터 2002년 2월까지 전라남도 여수시 돌산읍 나발도 인근해역에서 매일 30개체씩 채집하였다.

재료 채집 구역의 수온은 YSI Portable Type salinometer를 사용하여 현장에서 매일 측정하였다.

실험실로 옮겨진 아므르불가사리의 체장(radius length)은 각 개체의 5개 완(arm)을 모두 측정하였으며 아므르불가사리의 입(mouth)에서부터 완의 가장 끝부분까지의 길이를 vernier caliper로 1mm까지 측정하였다. 체중(body weight) 전자저울을 이용하여 0.01 g까지 측정하였다. 이후 해부를 통하여 생식소를 분리하였고 0.01 g까지 측정하였으며, 다음 식에 의해서 생식소 중량지수(gonadosomatic index : GSI)를 구하였다.

$$\text{Gonadosomatic index} = \frac{\text{GW(g)}}{\text{FW(g)}} \times 100$$

생식소의 발달을 조직학적 변화를 조사하기 위하여 생식소를 Bouin's solution에 24시간 고정시킨 후 paraffin법에 따라 5 μm 두께로 연속 절편 하였으며, Delafield's hematoxylin과 eosin으로 이중염색하여 광학현미경으로 검정하였다.

월별 난경조성은 난소 절편에서 동일 소낭 내에 존재하는 난모세포 중 핵과 인이 정상적으로 관찰되는 난모세포를 대상으로 직경을 측정하였다.

3. 결 과

3.1 수온

2001년 3월부터 2002년 2월까지의 수온의 연중 변화는 Fig. 1에 나타내었다. 조사 기간 중 수온 범위는 6.63~25.58℃ 이었다. 3월부터 수온이 9.39℃로 점차 상승하여 4월 13.24℃, 5월 17.03℃, 6월에 19.67℃, 7월 23.83℃, 8월에 25.58℃로 가장 높았다. 9월은 25.02℃로 점차 하강하여 10월에 20.95℃ 11월 15.75℃, 12월 9.60℃, 이듬해 1월에 6.63℃으로 연중 가장 낮았으며, 2월에는 6.86℃였다.

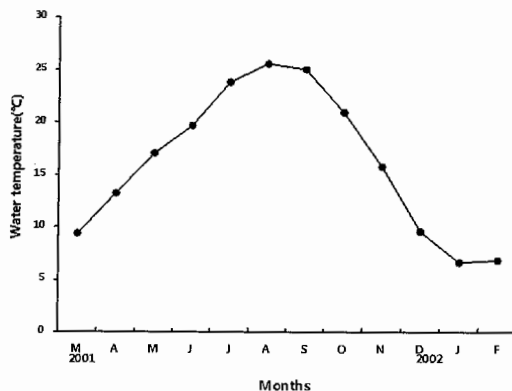


Fig. 1. Monthly changes in seawater temperature in the sampling site.

3.2 생식소중량지수(GSI)의 변화

아르불가사리의 생식소 중량지수 (GSI)의 변화는 Fig. 2에 나타내었다.

암컷의 월별 GSI 변화는 10월부터 급속하게 상승하여 11월에 22.51 ± 5.45 로 연중 가장 높은 값을 보였다. 12월 13.59 ± 3.47 , 1월 9.59 ± 1.90 로 감소하기 시작하여 6월에서 8월까지 0.08~0.38로 연중 가장 낮은 값을 유지하였다.

수컷의 GSI 변화 역시 암컷의 GSI 변화 양상과 유사하게 나타났다. 수컷 또한 10월부터 급속하게 상승하여 11월에 9.68 ± 2.16 로 연중 가장 높은 값을 보였다. 12월 7.68 ± 4.17 , 1월 2.56 ± 0.76 로 감소하기 시작하여 6월에서 9월까지 0.08~0.28로 연중 가장 낮은 값을 유지하였다.

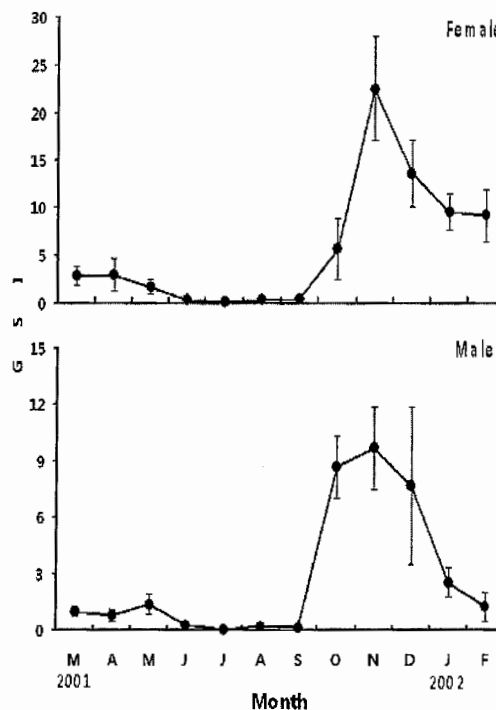


Fig. 2. Monthly changes in gonadosomatic index(GSI) under natural condition in North Pacific Seastar, *Asterias amurensis*.

3.3 생식소의 조직학적 변화

생식소 발달 과정은 조직학적 분석에 따라 암수 각각 분열증식기(multiplicative stage), 성장기(growing stage), 성숙기(mature stage), 산란기(spawning stage)와 퇴화기 및 휴지기(degenerative and resting stage)로 연속적인

5단계로 구분하였다.

분열증식기에는 난소의 소낭 (follicle)들이 뚜렷하게 형태를 이루었으며, 난원세포들이 소낭의 생식상피를 따라 분열 증식하였다. 난모세포(oocyte)의 크기는 20~30 μm 에 이르렀다. 난원세포는 인이 뚜렷한 둥근 핵을 가지고 있었으나, 세포질은 매우 빈약하였다(Fig. 3A).

이후 성장기에 접어들면서 소낭의 생식상피에서 분열 증식중이던 난원세포들은 차츰 그 세포질이 커지고 내강쪽으로 성장하기 시작하였다. 성장을 시작한 초기 난모세포들의 크기는 30~40 μm 전후이었으며, 계속 성장하여 50 μm 전후가 되면 타원형의 서양배 모양을 하게 되어 한쪽 끝이 가늘고 긴 난병(egg stalk)을 형성하며 발달하였다. 이후 난병이 소실되고 난모세포는 생식 상피로부터 유리되어 차츰 원형으로 되면서 중앙 내강으로 분리되었다 (Fig. 3B, C). 세포질에는 난황을 형성중이거나 난소 소낭의 생식상피를 따라 난황축적 이전의 난모세포들도 여전히 존재하였다.

성숙기에는 난모세포들은 각 소낭 상피 외막으로부터 유리된 성숙한 난모세포들로 가득 채워져 있었으며, 조직학적 상태는 원형이었다. 완전히 성숙한 난모세포는 세포질에 충분한 난황을 축적하였으며, 크기는 60~80 μm 이었다. 커다란 배포상이 핵을 포함하고 있었으며, 핵막부근에 큰 인이 존재하였다 (Fig. 3D). 산란기에 도달한 성숙한 난모세포는 체외로 방출하였고, 내강 내 빈 공간이 관찰되었다. 소낭에는 미 방출된 난들도 존재하였다(Fig. 3E). 난이 방출된 난소는 위축되었고, 일부 잔존하는 성장기 난모세포와 미 방출된 난모세포들은 점점 염색성이 소실되면서 퇴화 흡수하는 현상들이 나타났으며, 그 수는 점차 감소하였다. 난소는 과립세포

들이 증가하였으며, 난원세포들의 분열 증식은 나타나지 않은 휴지기의 상태를 나타내었다 (Fig. 3F).

정소 발달 과정은 난소 발달 단계와 같이 모두 5단계로 구분하였다. 분열증식기 정소 세관의 벽은 두터운 생식 상피로 이루어졌으며, 생식 상피를 따라 불분화 간충직과 호산성 과립 세포들 사이에 정원세포가 활발히 분열 증식하였다. 초기 정원세포의 핵은 난원세포에 비해 배포상이 뚜렷하지 못하고, 핵내에 망상구조가 보다 불규칙하고 염색질이 과립 또는 괴상으로 나타났다 (Fig. 4A). 성장기에 접어들면서 분열 증식을 마친 정원세포는 제 1차 성숙 분열을 거쳐 정모세포로 발달하였다. 성장기 정소 세관은 정원세포의 수가 감소하고, 정모세포, 정세포가 증가하였으며, 이때 정소소낭 상피막에서부터 내강을 향하여 정원세포군과 정모세포군, 그리고 정세포들이 층상 배열을 나타내었다. 성장 후기에는 정모세포의 층이 줄어들고, 정세포층이 증가하였다. 내강에는 일부 변태중인 정자도 관찰되었다 (Fig. 4B, C). 성숙기의 정소에서는 성숙 분열을 마친 정세포가 생식 상피 주변에 위치하였고, 성숙·변태한 정자는 강한 염기성을 나타내었다. 정자는 머리를 외벽쪽으로 미부를 내강으로 향하여 정소 세관의 내부를 가득 채웠다 (Fig. 4D). 이후 산란기에 접어들면서 정자들은 세관 내에서 배열상이 흩어지며 체외로 방출되었고, 이로 인하여 내강 내 빈 공간이 관찰되었다. 방정이 일어난 정소의 세관은 점점 위축되었고, 형태가 변화되었다 (Fig. 4E). 정소 세관은 완전히 해체되었으며, 정소내 방출되지 않은 잔존 정자는 퇴화·흡수되었다. 이후 새로운 세관이 형성되기 전까지 변화를 보이지 않았다 (Fig. 4F).

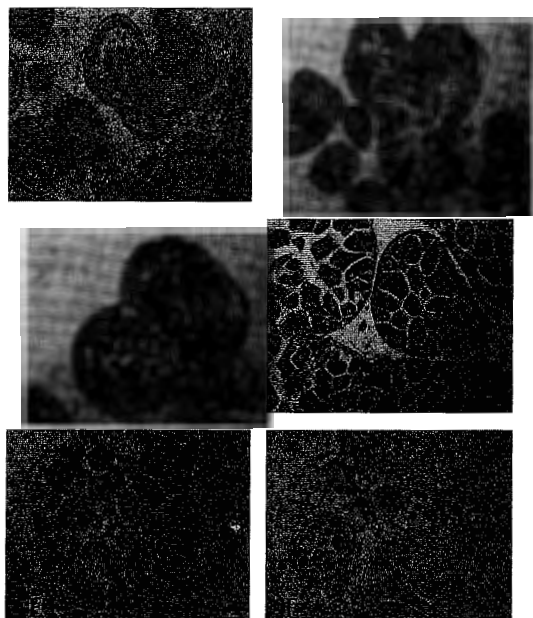


Fig. 3. Histological identification of the ovarian developmental stage in female North Pacific Seastar, *Asterias amurensis*. A, B: Section of the oogenic follicle in the multiplicative stage. C: Section of early growing stage. D: Section of fully mature oocyte in the mature stage. E: Section of the spent ovary in the spawning stage. F: Section of ovarian lobules in the degenerative and resting stage.

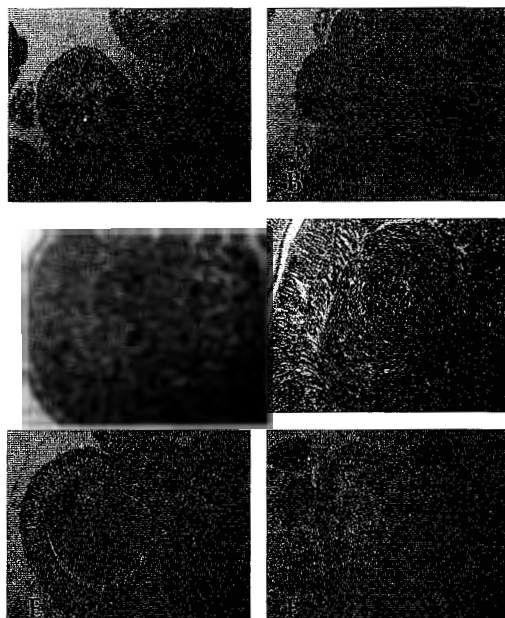


Fig. 4. Histological identification of the testicular developmental stage in male North Pacific Seastar, *Asterias amurensis*. A: Section of the Multiplicative stage. B, C: Section of the testicular lobules in the growing stage. D: Section of the mature stage. E: Section of the spent testicular lobules in the spawning stage. F: Section of testicular lobules in the degenerative and resting stage.

3.4 난경조성

난모세포의 직경을 월별로 측정하여 여러 크기별로 구간을 설정하여 상대적 출현 빈도로 나타낸 결과는 Fig. 10과 같았다.

아므르불가사리의 난경은 성숙시기인 11월의 개체에서 60 μm 이상의 성숙란들이 나타나고 있으며 60~80 μm 의 난모세포가 84% 이상을 차지하고 있었다. 산란이 시작되는 12월이 되면 60~80 μm 크기의 성숙 난모세포들은 현저히 감소하고 40~60 μm 크기의 난모세포가 78%로 대부분을 차지하고 있으며 20 μm 이하의 어린 난모

세포군도 일부 관찰되었다. 2월 이후 성숙 난모세포군들은 대부분 산란되어 보이지 않았으며, 6월까지 20 μm 이하의 난모세포군으로 구성되어 있다. 이후 성장기인 6월에 이르면 여전히 어린 난모세포군들이 우점하고 있으나 40 μm 이상의 난모세포군이 출현하기 시작하였다.

3.5 생식주기

조직학적으로 조사된 생식 세포 형성 과정 및 월별 난경조성의 변화와 GSI를 종합하여 이들의 생식주기를 분열증식기, 성장기, 성숙기, 방출기,

퇴화 및 휴지기 등의 연속적인 단계로 구별하였다.

암컷의 경우 분열증식기는 6월부터 8월까지 유지되었다. 6월과 7월은 33.3%와 86.0%이었으며, 8월에 43.5%이었다. 성장기는 7월부터 10월까지 유지되었다. 7월과 8월은 14.0%, 45.0%이었으며, 9월과 10월 64.0%, 24.5%이었다. 성숙기는 8월에 11.5%나타났으며, 주 성숙기는 10월과 11월로 75.5%와 66.7%이었다. 12월에 부분적인 산란이 시작되어 2월에는 완전히 산란하였고, 일부 퇴화 및 휴지기의 개체도 출현되었다. 퇴화 및 휴지기는 2월부터 6월까지 장기간 지속되었다 (Fig. 11).

수컷의 경우 암컷과 비슷한 양상을 나타내었

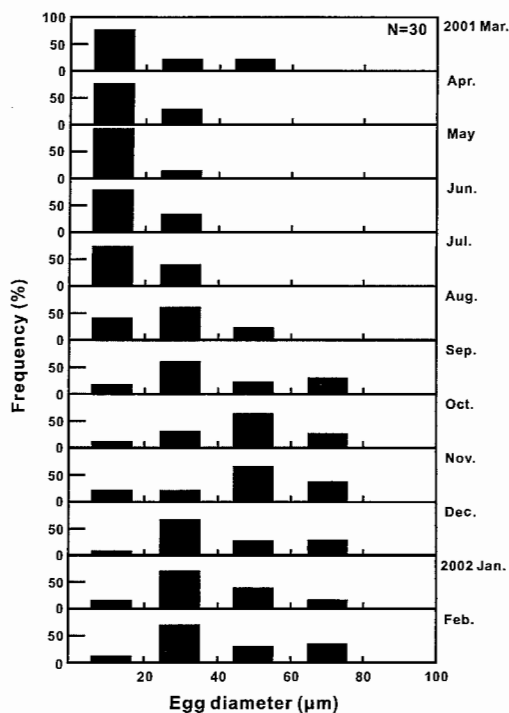


Fig. 5. Relative frequency distribution of the ovarian egg diameter in female North Pacific Seastar, *Asterias amurensis* through reproductive cycle.

으나 암컷보다 1개월 빨리 분열증식 개체가 나타남으로써 암컷보다 수컷의 성숙이 조금 빠르게 진행되고 있음을 알 수 있었다 (Fig 11).

이상의 결과에 따라 아브르불가사리 GSI와 조직학적 결과를 종합하면 분열증식기는 6~7월, 성장기 8~9월, 성숙기 10~11월, 산란기 12~2월, 퇴화 및 휴지기 3~5월인 것으로 판단된다.

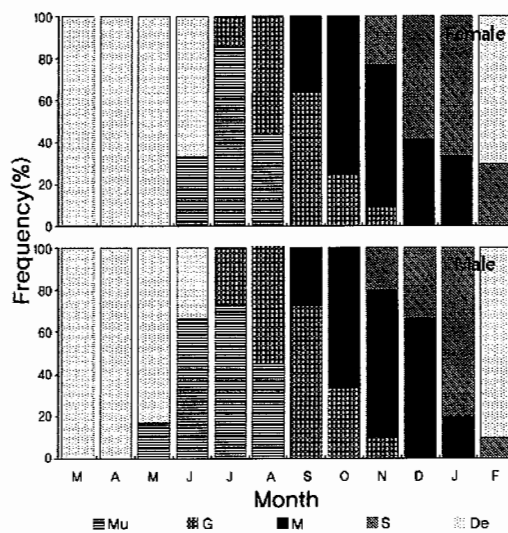


Fig. 6. Reproductive cycle in North Pacific Seastar, *Asterias amurensis*. Mu: multiplicative stage, G: growing stage, M: mature stage, S: spawning stage, De: degenerative and resting stage.

4. 고찰

해양 무척추동물 중 불가사리는 분류학적으로 극피동물문, 불가사리아문, 불가사리강으로 분류되며 불가사리의 생식주기 및 성 성숙에 관여하는 외부 환경요인으로 먹이, 수온, 광주기 및 염분 등이 있다고 알려져 있다^{15, 16}).

본 연구에서 사용된 여수 지역 아브르불가사리의 GSI는 수온이 하강하고 일장주기가 짧아지

는 10월경부터 증가하기 시작하여 11월에 암·수 각각 22.51 ± 5.45 , 9.68 ± 2.16 최고값을 보이고 있다. 이 시기의 암컷의 난소 내에서는 난황형성기 난모세포와 성숙란들이 활발하게 분포하고 있으며, 수컷에는 정소 내에 정세포 및 정자가 내강을 가득 채우고 있었다. 이후 12월부터 점점 감소하는 것으로 보아 12월에 산란이 시작하여 이듬해 2월에 종료되는 것으로 나타났다. 수온이 높고 광주기가 긴 여름동안 GSI는 최저값을 유지하는 특성을 보임으로써 아므르불가사리는 수온과 일장에 의한 산란의 계절적 주기를 보이는 것으로 관찰되었다.

연체동물의 생식형태는 크게 3가지로 구분하여 연중 산란하는 종 (year-around breeder), 봄부터 이른 가을 사이에 산란하는 하계산란종 (summer breeder), 늦가을부터 겨울에 산란하는 동계 산란종 (winter breeder)으로 구분하고 있다¹⁷⁾. 이러한 구분을 기준으로 브라질에서 서식하는 *Coscinasterias tenuispina*의 경우, 늦은 겨울에서 이른 봄 사이에 산란기를 가지는 동계 산란형¹⁸⁾이고, 늦봄과 이른 여름사이에 주 산란기를 가지는 *Asterina stellifera*는 하계 산란형¹⁹⁾으로 보고되었다. 본연구에서의 전남 여수 지역 아므르불가사리는 12~2월에 산란함으로써 산란 시기가 겨울철로 보고되는 *C. tenuispina*의 경우와 유사하게 나타났으며, 경남 고성지역에 서식하며 산란기가 3~5월인 아므르불가사리, *A. amurensis*²⁰⁾와는 다소 차이가 났다. 이는 지역의 차이나 수온, 염분, 먹이의 조성 및 풍부 정도 등에 의해 차이가 나는 것으로 추측된다.

불가사리의 난모세포 발달 단계에 따른 난모세포의 발달 형태는 *Astropecten cingulatus*¹⁴⁾, *A. capensis*⁷⁾는 동시 발달형의 특성을 가지고 있고, Brazil의 *Astropecten cingulatus*는 비동시

발달형의 특성을 가지고 있다고 보고되었다²¹⁾. 여수연안에 서식하는 아므르불가사리 성숙시기의 난모세포발달 단계를 보면 성숙기 난소 내에는 일부 미발달된 난모세포도 분포하고 있지만 성숙난모세포가 한꺼번에 발달하는 동시 발달형 (synchronous pattern)에 가까운 것으로 추정된다.

아므르불가사리의 난군발달 양상을 보면 성숙시기인 11월이 되면 60~80 μm 의 크기의 난모세포가 대부분을 차지하고 있었으며, 산란이 시작되는 12월이 되면 60~80 μm 크기의 성숙 난모세포들은 현저히 감소하고 40~60 μm 크기의 난모세포가 대부분을 차지하고 있으며 20 μm 이하의 어린 난모세포군도 일부 관찰되었다. 2월 이후 성숙 난모세포군들은 대부분 산란되어 보이지 않았으며, 이후 생식소 내에 잔존하던 미 방출 생식세포들이 퇴화, 흡수되어 년 1회 산란하는 것으로 확인되었다.

본 연구의 모든 결과를 종합하면 전남 여수 연안 해역에 서식하는 아므르불가사리의 생식소중량지수(GSI)의 변화, 생식소의 조직학적 변화, 생식소 발달 단계별 난경 변화의 결과를 토대로 생식주기를 5단계 즉 6~7월은 분열증식기, 8~9월은 성장기, 10~11월은 성숙기, 12~2월은 산란기, 3~5월은 퇴화 및 휴지기로 구분할 수 있었으며, 아므르불가사리의 산란 시기는 12월에서 2월 사이인 것으로 조사되었다.

현재 수매사업이나 일부 어촌계 단위에서 구제사업을 실시되고 있음에도 불구하고 많은 피해를 입히고 있는 실정이다. 앞으로 아므르불가사리의 주 산란기인 12월에서 2월까지 집중적으로 구제사업이 실시된다면 구제사업의 효율을 더욱 높일것으로 사료된다.

5. 결 론

아무르불가사리의 생식주기는 GSI와 조직학적 방법으로 조사하였으며, 정확한 판정을 위해 생식소 발달단계별 난경변화를 조사하였다.

1. 서식장의 연간 수온은 6.63~25.58℃였다.
2. 아무르불가사리 암컷의 GSI변화는 11월에 22.51 ± 5.45 로 최고값을 보였으며, 이후 점차 감소하기 시작하여 7월에 0.08 ± 0.03 로 최저 값을 보였다. 수컷의 GSI도 0.08 ± 0.03 (7월)~ 9.68 ± 2.16 (11월)로 암컷과 동일하였다.
3. 아무르불가사리의 난경변화는 성숙시기인 11월의 개체에서 60~80 μm 의 난모세포가 84% 이상을 차지하고 있었으며, 산란이 시작되는 12월에는 40~60 μm 크기의 난모세포가 78% 이상을 차지하고 있으며 6월까지 20 μm 이하의 난모세포군으로 구성되어있다.
4. 생식소의 조직상과 GSI 및 생식소 발달 단계별 난경변화를 종합한 결과 여수연안에서 채집된 아무르의 생식주기는 분열증식기는 6~7월, 성장기 8~9월, 성숙기 10~11월, 산란기 12~2월 및 퇴화 및 휴지기는 3~5월인 것으로 판정되었다.

참 고 문 헌

1. Paine. R. T., "A short term experimental investigation of resource partitioning in a New Zealand rocky intertidal habitat". *Ecol.*, 52, pp. 1096 ~ 1106(1971).
2. Hatanaka. M., and M. Kosaka., "Biological studies on the population of the starfish, *Asterias amurensis*, in Sendai bay", *Tohoku J. Agric. Res.*, 9, pp. 159 ~ 178(1958).
3. Kim. Y. S., "Selctive feeding on the several bivalve molluscs by starfish, *Asterias amurensis* Luken", *Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ.*, 19, pp. 244 ~ 249(1969).
4. Park. M. S., and Kim. B. Y., "Feeding behaviour of the starfish, *Asterias amurensis* (Lutken)", *Bull. Fish. Res. Dev. Agency*, 34: pp. 171(1985).
5. Grannum, R. K., N. B. Murfet, D. A. Ritz., and E. Turner., "The distribution and impact of the exotic seastar, *Asterias amurensis* (Lutken), in Tasmania In: The introduced northern Pacific seastar, *Asterias amurensis* (Lutken), in Tasmania". Australian Nature Conservation Agency, Canberra, pp. 53 ~ 138(1996).
6. Lockhart. S. J., "Feeding biology of the interoduced sea star, *Asterias amurensis* (Lutken) in Tasmania (Echinodermata: Asteroidea)", Department of Zoology, Honours Thesis. University of Tasmania, Hobart, Australia. (abstract only) (1995).
7. Ross. D. J., C. R. Johnson., and C. L. Hewitt., "Variability in the impact of an introduces predator (*Asterias amurensis*: Asteroidea) on soft-sediment assemblages", *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 4105, pp. 1 ~ 22(2003).
8. Kang. K. H., Kim. J. M., Oh. S. T., "Predation of *Asterias amurensis* and *Asterias pectinifera* on valuable bivalves at different water temperature", *Kor. J. Malacol.* 16: pp. 17 ~ 20(2000).
9. 백상규, "통역해역에 서식하는 아무르불가사

- 리, *Asterias amurensis*의 개체군 생태”, 대구 대학교 학위논문(2003).
10. Choi. I. Y., Lee. J. S., Yoo. M. S., “Sexual maturation and reproduction cycle of the Bat star, *Asterina pectinifera* (Echinodermata : Asteroidea)”, J. Kor. Fish. Soc., 30, pp. 27 ~ 34(2006).
11. Paik. S. G., Park. H. S., Yun. S. G., Yi. S. Y., “ Distribution pattern and feeding preference of *Asterias amurensis* (Echinodermata: Asteroidea) in Tongyeong Korea”, J. Kor. Fish. Soc., 37: pp. 469 ~ 477(2004).
12. George. S. B., “Egg quality, larval growth and phenotypic plasticity in a forcipulate seastar”, J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 237, pp. 203 ~ 224(1999).
13. Allen. P. L., “Feeding behavior of *Asterias rubens* (L.) on soft bottom bivalves: a study in selective predation”, J Exp Mar Biol Ecol 70, pp. 79~90(1983).
14. Ventura. C. R. R., Falcao. A. P. C., Santos. J. S., Fiori. C. S., “Reproductive cycle and feeding periodicity in the starfish *Astropecten brasiliensis* in the Cabo Frio upwelling ecosystem (Brazil)”, Invert. Reprod. Dev., 31: pp. 135 ~ 141(1997).
15. Bouland. C., Jangoux. M., “Investigation of the gonadal cycle of the asteroid *Asterias rubens* under static condition”, In: Burke RD, Mladenov PV, Lambert P, Parsley RL (Eds.), Echinoderm Biology. Balkema, Rotterdam, pp. 169 ~ 175(1988).
16. Pearse. J. S., Eernisse. D. J., Pearse. V. B., “Beauchamp KA, Photoperiodic regulation of gametogenesis in sea stars, with evidence of an annual calendar independent of fixed daylength”, Am. Zool. 26: pp. 417 ~ 431(1986).
17. Boolootain. R. A., Farmanfarmanian. A., Giese. A. C., “On the reproductive cycle and breeding habits of two western species of *Haliotis*”, Biol. Bull. 122, pp. 183 ~ 193(1962).
18. Alves. S. L. S., Pereira. A. D., Ventura. C. R. R., “Sexual and asexual reproduction of *Coscinaasterias tenuispina* (Echinodermata: asteroidea) from Rio de Janeiro, Brazil”, Mar. Biol. 140, pp. 95 ~ 101(2002).
19. Carvalho. A. L. P. S., Ventura. C. R. R., “The reproductive cycle of *Asterina stellifera* (moebius) (Echinodermata: Asteroidea) in the Cabo Frio region, southeastern Brazil”, Mar. Biol. 141, pp. 947 ~ 954(2002).
20. 김현주, 유명숙, 백혜자, “아무르불가사리, *Asterias amurensis*의 생식소 발달과 생식 주기”, 발생과 생식, 10(1), pp. 33 ~ 39(2006).
21. Ventura C. R. R., Falcao. A. P. C., Santos. J. S., Fiori. C. S., “Reproduction and food intake in *Astropecten cingulatus* (Asteroidea: Paxillosida) in the upwelling environment of Cabo Frio (Brazil)”, in: moo R, Telford M (eds.), proceedings of the 9th International Echinoderms Conference, San Francisco August 1996. Balkema, Rotterdam, pp. 313 ~ 318

- (1998).
22. Rubilar. T., Pastor. de., Ward. C. T., Deaz. de., Vivar M. E., "Sexual and asexual reproduction of *Allostichaster capensis* (Echinodermata: Asteroidea) in Golfo Nuevo", Mar. Biol. 146: pp. 1083 ~ 1090(2005).
23. Tsuchimori. N., Miyashiro. S., Shibai. H., Ikegami. S., "Isolation and identification of a specific and reversible inhibitor of starfish development", Federation of European Biochemical societies 218: pp. 205 ~ 208(1987).