

한국 서해산 홍합, *Mytilus coruscus*의 번식생태

이일호, 정의영¹, 손팔원², 신문섭³

군산대학교 대학원 수산과학과, ¹군산대학교 해양생명과학부, ²서해수산연구소 증식연구팀
³군산대학교 토목환경공학부

Reproductive Ecology of the Hard Shelled Mussel, *Mytilus coruscus* in Western Korea

Il-Ho Lee, Ee-Yung Chung¹, Pal-Won Son² and Moon-Seup Shin³

Department of Fisheries Science, Graduate School, Kunsan National University, Gunsan 573-701, Korea

¹Department of Marine Life Development, Kunsan National University, Gunsan 573-701, Korea

²Enhancement Research Team, West Sea Fisheries Research Institute, Incheon 400-420, Korea

³School of Civil and Environmental Engineering, Kunsan National University, Gunsan 573-701, Korea

ABSTRACT

The gonad index, gonadosomatic index, the condition index, reproductive cycle, first sexual maturity, and sex ratio of the hard shelled mussel, *Mytilus coruscus* were investigated by using histological analysis and morphometric data. Specimens were collected monthly in Kyeokpo, western Korea from January to December, 2006. The gonad index reached a maximum in February, and minimum in September. Both the monthly variations of the gonad index (GI) and the gonadosomatic index (GSI) reached a maximum in February. After that, their values continually decreased between March and April because of spawning. The monthly variation of the condition index coincides with the GI and the GSI. The spawning period was from February to April, with the main spawning occurring between February and March. The reproductive cycle of this species could be classified into six stages: early active stage (November to January), late active stage (November to February), ripe stage (December to April), partially spawned stage (February to April), degenerative stage (April to October), and resting stage (June to December). Percentages of sexual maturity was over 50% for the female and male hard

shelled mussels that ranges from 40.1 to 50.0 mm in shell length. The percentage was 100% for those that are over 50.1 mm. The sex ratios of females to males over 40.1 mm in shell length were not significantly different from a 1:1 sex ratio ($\chi^2 = 0.63$, $p > 0.05$). No evidence of hermaphroditism was found in histological sections of any hard shelled mussel examined.

Keywords: *Mytilus coruscus*, Reproductive cycle, First sexual maturity, Sex ratio.

서론

홍합, *Mytilus coruscus*는 이매패 강 (Bivalvia), 홍합 목 (Mytiloidea), 홍합 과 (Mytilidae) 에 속하는 식용 이매패류로써, 조간대에서 수심 20 m 이내의 암초지대에 군집하여 부착, 서식하는 자용이체이다. 지금까지 연구 보고된 홍합과 패류에 관해서는 진주담치, *Mytilus edulis* (실제로는 지중해담치, *Mytilus galloprovincialis*)에 관한 연구는 진주담치의 성장 (Yoo *et al.*, 1970), 부유유생의 출현 및 생존율 (Yoo *et al.*, 1988), 천연채묘 (Dare, 1976; Korringa, 1976; Mason, 1976) 등에 관한 보고가 있으며, 홍합 (*Mytilus coruscus*)에 관한 연구로는 비만도 산정 (Kang and Choi, 1999), 초기유생 발생과 성장 (Yoo, 1969) 그리고 성 성숙과 생식주기 (Wi *et al.*, 2003)에 관한 연구, 보고가 있을 뿐 매우 미흡한 실정이다. 홍합의 생식소는 난소는 적갈색, 정소는 유백색을 띠어 생식소의 색깔로 외부형태에 의해 암, 수의 성을 용이하게 구분할 수 있다. 홍합은 산업적으로 매우 중요한

Received November 8, 2007; Accepted December 12, 2007

Corresponding author: Chung, Ee-Yung

Tel: +82 (63) 469-4592 e-mail: eychung@kunsan.ac.kr

1225-3480/23206

© The Malacological Society of Korea

중이나 무분별한 남획과 연안 오염 등으로 자원량이 점차 감소되고 있다. 따라서 본 연구의 목적은 홍합의 자원 증식 및 양식 기술개발을 위한 기초자료를 얻기 위하여, 생식소지수 (GI), 생식소중량지수 (GSI) 및 비만도지수 (CI) 를 조사하여 간접적으로 산란기를 추정하고, 조직학적 조사에 의해 생식주기와 정확한 산란기를 확인하며, 또한 군성숙도 50% (생물학적 최소형) 에 해당되는 개체군의 크기를 조직학적으로 조사하여 자원관리를 위한 기초자료를 제공하는데 있다.

재료 및 방법

1. 재료 채집 및 측정

본 연구의 시료는 2006년 1월부터 2006년 12월까지 전북 부안군 격포리에서 (Fig. 1) 매달 70-80 개체씩 채집하여 사용하였으며, 채집한 시료를 개체별로 각장, 각고, 각폭 및 생식소중량, 육중량, 전중량을 측정하였다.

채집한 개체는 각장, 각고, 각폭을 1 mm 까지, 무게는 전자저울을 이용하여 0.1 g까지 측정을 하였다.

2. 생식소 발달의 조직학적 분석

생식소를 조사하기 위하여 생식소 일부를 절취하여 Bouin 액에 24 시간 고정하였다. 고정된 생식소는 paraffin 절편법으로 5-7 μm 로 연속절편을 만들어 Hansen's hematoxylin과 0.5% Eosin으로 염색하고 비교하였다.

정성분석은 생식소 내 생식세포크기, 분화 과정에 형태적 특징, 생식세포 발달과 관련하여 세포들의 출현 및 생식소 주변에 결체조직 배열 등의 조직학적 관찰을 토대로 하여 암수 생식소 발달단계를 Mann (1979) 과 Eversole (1997) 의 분류를 일부 변경하여 사용하였다. 그 단계 용어들 중 일부를 변경하여 연속적인 단계로 분류하여 정성분석을 하였다. 즉, 초기활성기 (early active stage), 후기활성기 (late active stage), 완숙기 (ripe stage), 부분산란기 (partially spawned stage), 퇴화기 (degenerative stage), 휴지기 (resting stage)의 연속적인 6 단계로 구분하였다. 생식소 발달단계 판정은 한 개체 내에서 복수의 발달단계가 나타날 경우에는 조직상의 면적이 넓은 쪽의 생식소 발달 단계를 택하였다.

3. 생식소지수 (Gonad index, GI)

산란기를 간접적으로 추정하기 위해 생식소지수를 구하였다. 생식소지수 (GI) 는 아래와 같이 Mann (1979) 과 Eversole (1997) 의 방법을 일부 변경하여 사용하였다. 조직표본 관찰 결과 생식소 발달단계를 초기활성기 (EA: early active stage), 후기활성기 (LA: late active stage), 완숙기 (RP: ripe stage), 부분산란기 (PS: partially spawned stage), 퇴

화기 (DG: degenerative stage), 휴지기 (RE: resting stage) 의 6 단계로 나누었고 매월 각 개체에 대하여 단계별로 상수 (EA = 2, LA = 3, RP = 5, PS = 3, DG = 2, RE = 1) 를 곱한 전체의 합을 개체수로 나누었다.

$$GI = \frac{(EA \text{ 개체수} \times 2) + (LA \text{ 개체수} \times 3) + (RI \text{ 개체수} \times 5) + (PS \text{ 개체수} \times 3) + (DG \text{ 개체수} \times 2) + (RE \text{ 개체수} \times 1)}{\text{조사된 전체 개체수}}$$

4. 생식소중량지수 (Gonadosomatic index, GSI)

산란기를 간접적으로 추정하기 위해, 생식소 중량과 전중량을 측정한 후 아래의 식을 이용하여 계산하였다.

$$GSI = \text{생식소중량} \times 100 / \text{전중량}$$

5. 비만도지수 (Condition index, CI)

산란기를 간접적으로 추정하기 위해, 비만도지수 (CI) 는 아래 식에 의해 산출하였다 (Momoyama and Ishimoto, 1979).

$$CI = \text{육중량 (g)} \times 1000 / \text{각장 (mm)} \times \text{각고 (mm)} \times \text{각폭 (mm)}$$

6. 군성숙도 (First sexual maturity)

암, 수 개체가 어느 크기부터 성숙에 도달하여, 재생산 (생식) 에 가담하는지 알기 위해 개체들의 크기 (또는 연령) 별로 개체군의 군성숙도 (%) 를 나타낸다. 홍합의 군성숙도는 편의상 채집된 개체들을 각고 10.0 mm 단위로 구분하여, 조직 표본에서 초기활성기, 후기활성기, 완숙기, 부분산란기, 퇴화기, 휴지기의 조직상으로 관찰되는 개체수를 조사 전체 개체수에 대한 백분율 (%) 로 나타내었다. 번식시기임에도 불구하고 초기 활성기의 조직상을 그대로 나타내고 있는 어린 개체들인 경우는, 번식기가 지나기 바로 전에 생식소가 성숙하여 재생산에 가담할 수 없는 개체로 판정하였다.

7. 암수 성비 (Sex ratio)

암, 수의 성비 조사는 개체군의 자원량이 장차 증가될 것인지 또는 감소될 것인지 개체군의 생식잠재력을 판단하기 위해 조사한다. 암, 수 성비가 균일하지 않을 때 특히, 암컷이 적은 경우는 장차의 자원량은 감소될 수 있는 요인이 되므로 자원량 예측을 위해서는 개체군의 암, 수 성비 조사는 아주 중요하다. 따라서 본 연구에서는 2006년 1월부터 12월까지 채집된 총 318 개체를 대상으로 성비를 조사하였다. 성비 조사시, 암컷: 수컷의 성비가 1:1이라는 가정아래 χ^2 (chi squared) 로 검증하여 유의한 차가 있는지 유, 무를 확인하였다.

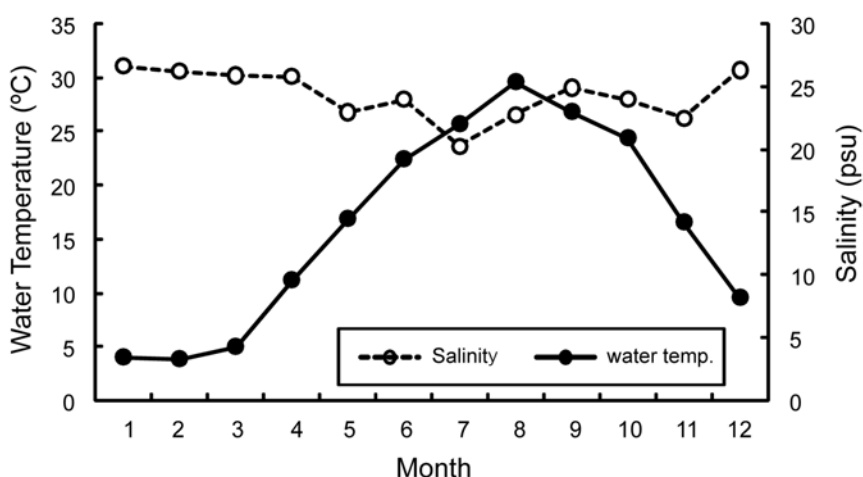


Fig. 1. Monthly variation of water temperature and salinity in the sampling area.

결 과

1. 수온과 염분농도의 월별 변화

채집기간 중 조사해역의 월별 평균 수온은 2월에 3.39로 가장 낮았으며, 9월에 22.99 psu로 가장 높았다. 염분농도는 7월에 23.74 psu로 가장 낮았으며, 1월에 31.08 psu로 가장 높았다 (Fig. 1).

2. 생식소 구조

홍합은 외형적으로 생식소가 미성숙한 시기엔 생식소의 색깔을 육안으로 보았을 때 암, 수의 구분이 어렵지만, 성숙을 하게 되면 생식소 부위의 색깔이 암컷은 황적색, 수컷은 유백색을 나타내어 구별이 용이하였다. 광학현미경으로 조직을 관찰한 결과 홍합은 암수가 구분되는 자웅이체이었다.

난소는 수많은 난소소낭 (oogenic follicle) 으로 구성되어 있었고, 정소는 다수의 정소소낭 (spermatogenic acinus) 으로 이루어져 있었다. 이들 생식소소낭 내에서 생식세포의 발달 과정이 관찰되었다. 생식소소낭 사이에는 망상결체조직이 출현하였으며, 또한 호산성 과립들이 생식세포들 사이에서 관찰되었다.

3. 생식소 발달단계에 따른 생식주기

생식소 내 생식세포의 분화, 발달 정도와 형태적 특징, 조직학적 관찰 등을 근거로 생식소 발달 단계는 초기활성기, 후기활성기, 완숙기, 부분산란기, 퇴화기, 휴지기의 연속적인 6 단계로 구분되었으며 (Fig. 2), 이들 발달단계는 주기성을 나타내었다. 이들 발달단계의 기준은 다음과 같다.

1) 초기활성기 (Early active stage)

암컷의 경우, 난소는 수많은 난소소낭들로 형성되어 있었고,

두터운 생식상피 내에 11 μm 정도의 난원세포들이 분열증식을 하고 있었다. 난원세포들이 초기발달 중인 난모세포들로 성장, 발달하면 난모세포는 난경이 25 μm 정도로 되는데 이들 난모세포들은 뚜렷한 핵을 가지고 있었으며, 난소소낭의 중앙 내강은 비어있었다 (Fig. 3A).

수컷의 경우, 정소는 정소소낭 (spermatogenic acinus) 으

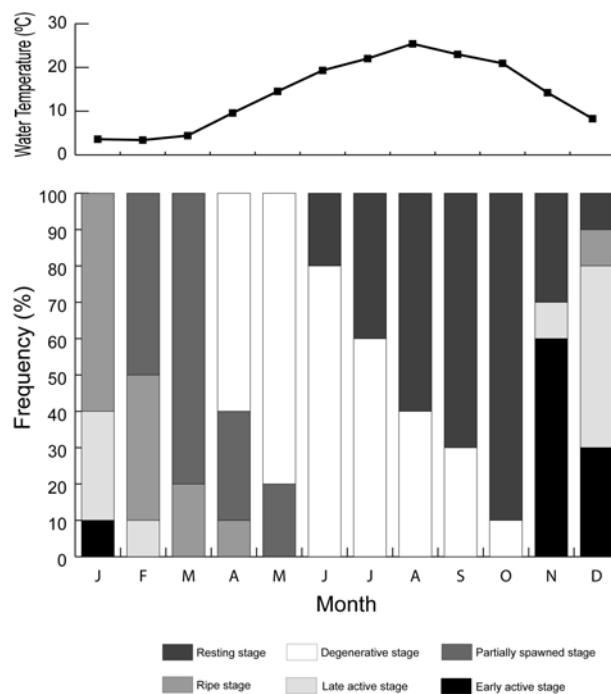


Fig. 2. Monthly variations of water temperature and the gonadal phases of *Mytilus coruscus*.

로 구성되어 있었으며, 두터운 생식상피 내에는 약 9 μm 정도의 많은 정원세포들이 생식상피를 따라 분열증식이 일어났다. 정원세포들은 크기가 6-7 μm 인 정모세포들로 성장, 발달하였으나, 이 시기에 정소소낭의 내강은 상당히 비어있었다 (Fig. 4A). 초기활성기의 암, 수 개체들은 수온이 낮아지는 11-1월 사이에 출현하였다.

2) 후기활성기 (Late active stage)

암컷의 경우, 난소소낭 내에는 초기발달 중인 난모세포들과 후기발달 중인 난모세포들로 채워져 있었으나 중앙내강은 아직 비어있었다. 후기발달 중인 난모세포들의 난경의 크기는 약

40-50 μm 로 모양이 점차 다각형 또는 원형으로 성장, 발달하여 난소소낭의 약 60-70%를 채우고 있었고, 이때 난모세포들은 배포상의 핵과 배포 내에 뚜렷한 호염기성 인이 출현하였다 (Fig. 3B).

수컷의 경우, 정소소낭 내강 내에는 소수의 정원세포들과 정모세포들, 다수의 정세포들과 일부 변태중인 정자들이 나타나고 있었다 (Fig. 4B). 후기활성기의 암, 수 개체들은 수온이 비교적 낮은 11-2월 사이에 나타났다.

3) 완숙기 (Ripe stage)

암컷의 경우, 난소소낭 내강에는 후기발달 중인 난모세포들

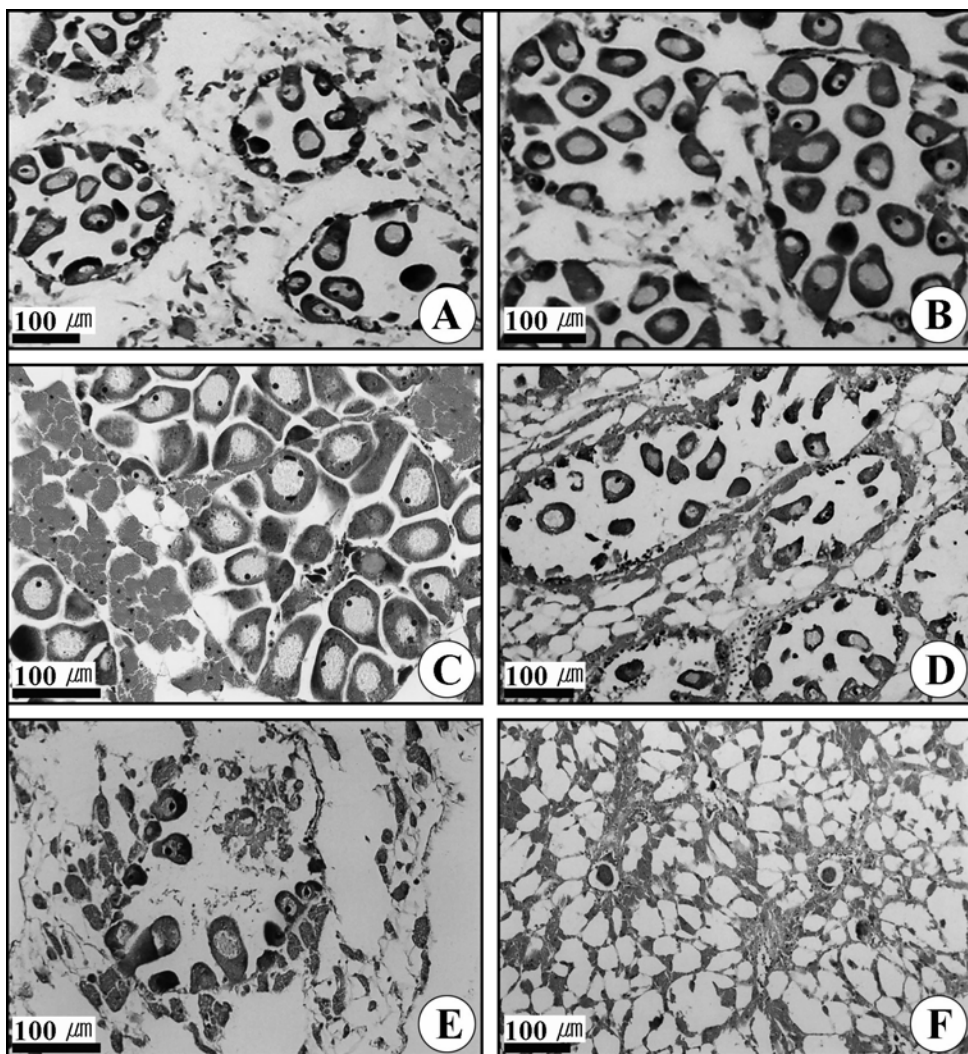


Fig. 3. Photomicrographs of the gonadal phases of in female *Mytilus coruscus*. **A**, Section of follicles in the early active stage; **B**, Section of follicles in the late active stage; **C**, Section of follicles in the ripe stage; **D**, Section of follicles in the partially spawned stage; **E**, Section of follicles in the spent stage; **F**, Section of follicles in the resting stage.

이 일부 나타났지만 완숙난모세포들이 난소소낭 내강의 중앙부를 가득 채우고 있었다. 이들 완숙난모세포의 모양은 다각형 또는 원형이었으며 난경의 크기는 60-80 μm 이었다. 완숙난모세포들은 커다란 배포 속에 뚜렷한 인을 가지고 있었고, 난황막 주변은 젤라틴성 물질들에 의해 싸여있었다. 난소의 생식상피는 아주 얇아졌다 (Fig. 3C).

수컷의 경우, 정소소낭에는 소수의 정모세포들과 수많은 정세포들이 층상 배열구조를 하고 있었으며, 성숙 및 완숙정자들이 정소소낭의 중앙내강을 가득 채우고 있었다. 이 시기엔 정소 내 생식상피는 아주 얇아졌다 (Fig. 4C). 완숙기의 암, 수 개체들은 수온이 10 $^{\circ}\text{C}$ 이하로 비교적 낮은 12-4월 사이에 나

타났다.

4) 부분산란기 (Partially spawned stage)

암컷의 경우, 난소소낭의 중앙내강에 자리 잡고 있던 완숙난모세포들은 약 60-70% 정도가 방출되어 난소소낭의 중앙부는 텅 비게 되었으나 일부 미방출 난모세포들이 잔존하였다. 이 시기에는 난소소낭의 생식상피도 파괴된 것이 관찰되었다 (Fig. 3D).

수컷의 경우, 정소소낭의 중앙부에 가득 채워져 있던 정자는 60% 이상 방정되어 내강의 중앙부는 텅 비게 되었으며, 일부 미방출된 정세포들과 다수의 정자들이 정소소낭에 잔존하였다

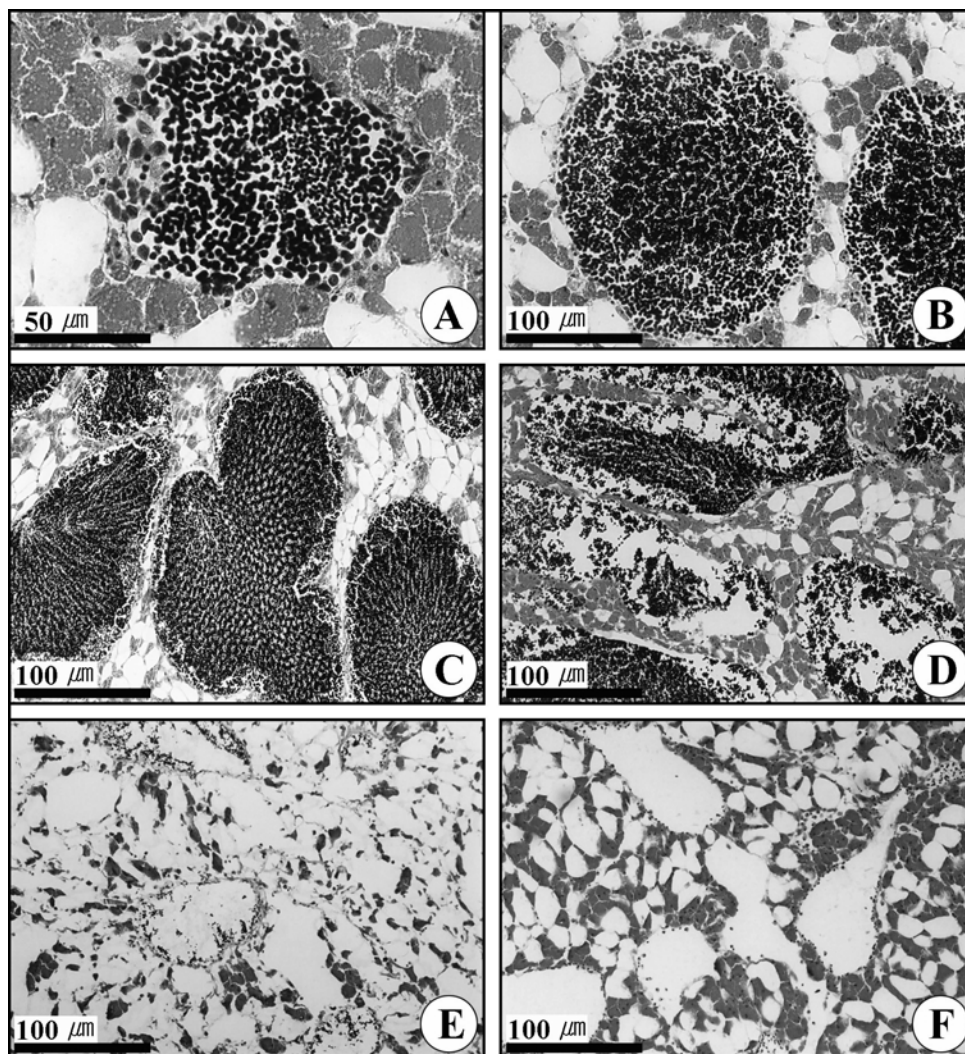


Fig. 4. Photomicrographs of the gonadal phases of in male *Mytilus coruscus*. **A**, Section of the acinus in the early active stage; **B**, Section of acini in the late active stage; **C**, Section of the acini in the ripe stage; **D**, Section of the acini in the partially spawned stage; **E**, Section of the acini in the spent; **F**, Section of the acini in the resting stage.

(Fig. 4D). 부분산란기의 암, 수 개체들은 수온이 10°C 이하로 비교적 낮은 2-4월 사이에 나타났다.

5) 퇴화기 (Degenerative stage)

암컷의 경우, 완숙난모세포의 방출로 소낭 내강은 텅 비워져 있었으며, 일부 성숙난모세포들이 잔존하였으나 이들의 대부분이 퇴화되었으며 난소소낭은 점차 위축되었다 (Fig. 3E). 수컷의 경우, 대부분의 미방정된 잔존정자들이 퇴화되었고, 정소소낭들도 점차 위축되었다. 퇴화기의 암, 수 개체들은 수온이 점차 높아지는 4-10월까지 나타났다 (Fig. 4E).

6) 휴지기 (Resting stage)

퇴화 후, 소낭과 소낭 사이에는 망상결체조직들로 가득 채워지고, 소낭들의 크기와 그 수가 작아져, 광학현미경 하에서도 난소소낭과 정소소낭을 이루는 조직의 구분이 어려웠다. 그러나 난소소낭 내에서 암컷 생식세포들의 흔적이 있을 경우에는 구분이 가능하였다. (Fig. 3F). 수컷의 경우는 소낭과 소낭 사이에는 망상결체조직들로 가득 채워져 정소소낭 조직을 쉽게

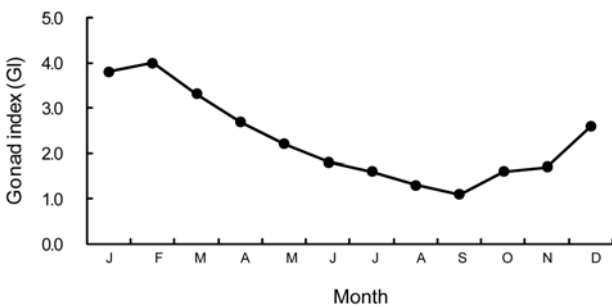


Fig. 5. Monthly variations of the gonad index of *Mytilus coruscus* from January to December, 2006.

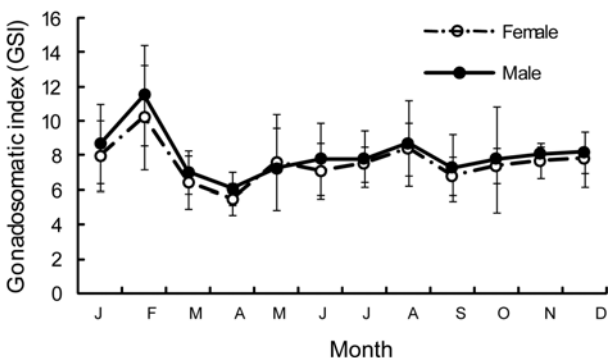


Fig. 6. Monthly variations of the gonadosomatic index of *Mytilus coruscus* from January to December, 2006.

구분하기 어려웠다 (Fig. 4F). 휴지기의 암, 수 개체들은 수온이 높아지기 시작하는 6-12월까지 장기간에 걸쳐 나타났다.

4. 생식소지수 (GI) 의 월별 변화

산란기를 간접적으로 추정하기 위하여 측정한 생식소지수 (GI) 는 2월에 최고값 (4.0) 을 나타낸 후, 3월부터 그 값이 점차 감소하여 4월까지 감소되었으며, 9월에 최저값 (1.1) 을 나타낸 다음, 10월부터 다시 증가하기 시작하였다 (Fig. 5).

5. 생식소증량지수 (GSI) 의 월별 변화

생식소 증량지수 (GSI) 는 암, 수의 생식소지수 (GI) 와 약간의 차이를 보였으나 대체로 유사한 경향을 나타내었다. 암컷의 경우는 2월에 최고값 (10.25) 을 나타낸 다음, 4월엔 최저값 (5.48) 을 보였다. 수컷의 경우도 2월에 최고값 (11.52) 을 나타내었고 4월에 최저값 (6.09) 을 보여 생식소증량지수는 암, 수간 거의 동일한 경향을 보였다. 따라서 GSI 값의 변동 양상으로 부터 2-4월이 산란기로 추정되었다 (Fig. 6).

6. 비만도지수 (CI) 의 월별 변화

생식소 발달로 인한 생식소 증량의 변화가 전중량에 어느 정도 차지하는지 알기위해 측정한 비만도지수 (CI) 값은 간접적으로 산란기를 추정하는데 사용되고 있다.

비만도지수의 공식을 이용하여 그 지수 값을 구한 경우, 암컷은 2월에 최고값 (0.37) 을 나타내었고, 4월에 최저값 (0.14) 을 보였다. 그 후 8월까지 일시적 증가를 보인 후 다시 낮은 값을 나타내었다. 수컷의 경우도 2월에 최고값 (0.34) 을 나타내었고, 4월에 최저값 (0.12) 을 보이다가 8월까지 점차 증가하였으나 9-1월까지 낮은 값을 나타내었다 (Fig. 7).

7. 군성숙도

각고에 따라 통합의 군성숙도를 조사한 결과, 각고

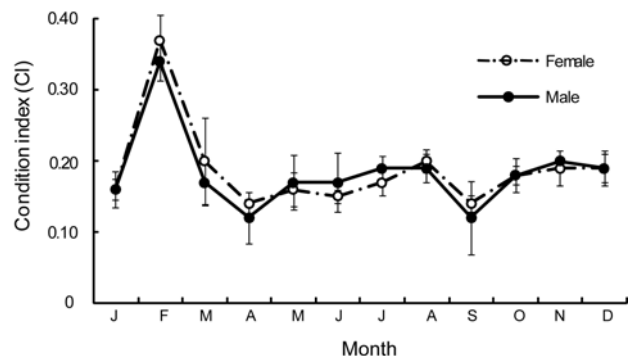


Fig. 7. Monthly variations of the CI (condition index) of *Mytilus coruscus* from January to December, 2006. Vertical bars indicate standard deviation.

40.1-50.0 mm인 개체들은 군성숙도 50% 이상 (암컷 71.4%, 수컷 78.9%) 이었고, 각고 50.1 mm 이상인 개체들은 군성숙도 100%이었다. 따라서 각고 40.1 mm 이상인 개체들은 성숙에 도달한 후 재생산에 참여하였다 (Table 1).

($\chi^2 = 0.63, p > 0.05$) (Table 2).

고 찰

홍합은 뚜렷한 자웅이체로 난소는 다수의 난소소낭 (oogenic follicle) 으로 구성되어 있으며, 정소는 정소소낭 (spermatogenic acinus)으 로 구성되어 있어 홍합 생식소의 구조는 많은 패류와 유사한 것을 확인 할 수 있었다 (Mackie, 1984; Eversole, 1997; Lee, 1997; Park *et al.*, 2003).

이매패류의 생식소 발달 및 성숙은 일반적으로 환경조건들

8. 성 비

암컷과 수컷 개체들의 성비는 12개월 전체를 보았을 때 암컷:수컷의 성비가 1:1이라는 가정아래 χ^2 로 검증한 결과, 암컷:수컷의 성비는 1:1로 유의한 차가 없는 것으로 나타났다

Table 1. The first sexual maturity ratio of *Mytilus coruscus* in the shell height group.

Shell height (mm)	Female			Male		
	Examined individuals	Matured individuals	Maturity(%)	Examined individuals	Matured individuals	Maturity (%)
40.1-50.0	14	10	71.4	19	15	78.9
50.1-60.0	22	22	100	20	20	100
60.1-70.0	21	21	100	18	18	100
70.1-80.0	34	34	100	28	28	100
80.1-90.0	48	48	100	37	37	100
90.1-100.0	26	26	100	32	32	100
100.1-110.0	12	12	100	19	19	100
110.1-118.2	6	6	100	9	9	100
Total	183			182		

Table 2. Sex ratios of the adult *Mytilus coruscus* which is larger than 40.1 mm in shell height.

Date	No. of Female	No. of Male	No. of Indeterminate individuals	Total No.	Sex ratio (F/(F+M))	Chi squared
Jan. 2006	19	10	0	29	0.66	2.79
Feb. 2006	15	13	0	28	0.54	0.14
Mar. 2006	9	21	0	30	0.30	4.80
Apr. 2006	15	5	0	20	0.75	5.00
May. 2006	14	16	0	30	0.47	0.13
Jun. 2006	12	11	0	23	0.51	0.04
Jul. 2006	12	17	0	29	0.41	0.86
Aug. 2006	9	16	0	25	0.36	1.96
Sep. 2006	7	14	7	28	0.33	2.33
Oct. 2006	8	12	1	21	0.40	0.80
Nov. 2006	15	13	0	28	0.54	0.14
Dec. 2006	13	14	0	27	0.48	0.04
Total	148	162	8	318	0.48	0.63

The critical value for χ^2 goodness of the test of equal numbers of females and males, (1 df) at 95% significance is 3.84.

즉, 외생적 요인들 (수온, 염분, 빛, 수심, 조석주기, 일장 등의 물리적인 요인과 먹이생물, 기생충 등의 생물학적 요인) 과 생물체 내의 내생적 요인들 (유전적 요인과 신경 및 호르몬 등의 내분비성 요인) 들에 의해 영향을 받는다고 많은 연구자들 (Sastry, 1963, 1966, 1968, 1970; Sastry and Blake, 1971; Blake and Sastry, 1979; Simpson, 1982; Chung and Ryou, 2000; Chung *et al.*, 2003, 2005, 2006, 2007) 이 보고하였다. 그 중 Mackie (1984) 는 생식소 발달 및 성숙은 수온과 먹이가 여러 요인들 중에서 가장 중요하게 작용한다고 하였다. 이매패류의 경우 생식소의 발달을 위해서는 생식소로 영양물질이 이동되어야 되기 때문에 에너지가 요구되는 과정이다. 아직은 불명확한 점이 있으나 생식소의 발달은 1) 섭이한 먹이나 2) 저장된 영양물질, 또는 3) 2가지 모두와 관련되어 있다고 보고되어 있다 (Sastry, 1979; Barber, 1984). Toba and Miyama (1995) 에 의하면, 바지락의 생식소 발달은 처음 생식소 조건과 관계없이 수온이 10-27°C 사이에서 일어나고 있어 바지락의 생식소 발달은 수온 보다 먹이 이용에 의해 좀 더 크게 영향을 받는다고 보고하였다. 한국 서해산 격포에서 채집된 홍합 (*Mytilus coruscus*) 의 경우도 수온이 비교적 낮은 지라도 엽록소 a 함량이 높은 즉, 먹이가 풍부한 시기 (2-4월) 인 동계 및 춘계 (Kim, 1999) 에 생식소의 발달 및 성숙이 일어나고 있어, 수온 보다도 오히려 먹이 이용 (food availability) 에 의해 크게 영향을 받고 있어 Toba and Miyama (1995) 가 주장한 결과와 일치하고 있음을 알 수 있다.

이매패류의 생식소 발달은 종마다 고유의 시기에 일어나는 종 특이성을 가지며, 같은 종 사이에도 지역개체군에 따라 연중 주기적 변화의 특징이 다르게 나타나고 있는데, 이와 같은 생식소 발달단계의 주기적 변화를 생식주기라 한다. 생식주기는 생식소의 발달, 성숙, 산란 및 퇴화에 이르는 전 과정으로, 생식 주기 (산란 주기) 의 연구는 생물지질학의 이해와 개체군의 연령 사정 및 가입 시기 등의 추정을 위해 필수적이므로 무엇보다 우선적으로 선행되어야 한다.

일반적으로 무척추동물의 생식주기는 종이 서식하는 위도와 생식방법과 밀접하게 관련되어있다. 저위도의 지역에 서식하는 종들은 생식시기가 길고, 고위도 지역에 서식하는 종은 생식시기가 짧다 (Fretter, 1984).

이런 특성들은 위도에 따라 빛과 수온의 차이에 의해 종의 생식특성에 영향을 미친다고 추측된다. 연체동물의 산란습성은 크게 3 가지로 구분되는데, 첫째, 연중산란형 (year-around breeders), 둘째, 동계산란형 (winter breeders), 마지막으로 하계산란형 (summer breeders)으로 구분된다 (Booolootian *et al.*, 1962).

본 연구에서 서해산 격포에서 채집한 홍합의 생식주기는 생

식소지수의 월별 변화와 생식소의 조직학적 발달단계를 기준으로 초기활성기 (11-1월), 후기활성기 (11-2월), 완숙기 (12-4월), 부분산란기 (2-4월), 퇴화기 (4-10월), 휴지기 (6-12월) 로 구분 할 수 있었으며, 생식소 조직표본에서 부분산란기는 2월에서 4월까지 관찰되었고 주 산란기는 2-3월로 판단되었다. 따라서 홍합은 동계산란형으로 판단되었다.

Wi *et al.* (2003) 의 남해안 통영 한산만산 홍합과 생식주기를 조사한 결과, 비슷한 양상을 보였다. 생식주기에 있어 아주 작은 차이는 수온과 먹이 이용도 등의 외인성 환경차이와 지역개체군의 차이로 인한 것으로 사료된다.

홍합은 생식소가 별도로 구분되므로 간접적으로 산란기를 추정하기위해, 생식소지수 (GI) 와 생식소중량지수 (GSI) 의 월별 변화를 조사하여 이들의 변화 양상을 상호 비교하여 본 결과, 이들 2 가지 지수는 암, 수 모두 2월에 최고값을 보인 후, 계속 감소하여 4월 (최소값) 까지 감소하고 있어 홍합 암, 수의 GI 변화는 생식소중량지수의 월별 변화와 유사한 양상을 보였으며, 이들 지수의 월별 변화 양상은 조직학적으로 조사된 생식소 발달 단계와 일치하는 경향을 보였다.

일반적으로 이매패류 비만도지수의 월별 변화는 생식소 발달 단계 및 생식주기와 연관성을 보인다고 보고되어 있다. 특히, 북방대합, *Spisula sachalinensis* (Lee *et al.*, 1997), 새조개, *Fulva mutica* (Chang and Lee, 1982), 꼬막, *Tegillarca granosa* (Lee, 1997) 그리고 대북, *Gomphina veneriformis* (Park *et al.*, 2003) 의 비만도지수는 생식소지수의 월별 변화 및 생식소 발달과 유사한 변화 경향을 보였다.

Kang and Choi (1999) 는 홍합의 비만도지수를 산정하는 경우에는 패각 내 부피를 이용하는 것이 더 적절한 방법이라고 보고 하였다. 따라서 패각의 부피를 구하기 위하여 각장, 각고, 각폭을 곱하여 부피를 구하였고, 패각 부피에 대한 육질 중량비를 구하여 비만도지수를 구하였다. 본 연구에서 산출된 홍합의 월별 비만도지수 (CI) 변화는 암, 수 모두 2월에 최대값에 이른 후, 감소되기 시작하여 4월에 최저값을 나타내었으며, 5-8월까지 서서히 증가한 다음 9월에 일시 감소되었다가 다시 증가되는 경향을 보았다. 비만도지수의 월별 변화를 조직학적 조사 결과와 비교하여 보면, 생식소 발달 단계 및 생식주기와 매우 밀접한 연관성을 나타내며 변화하였다. 따라서 생식소지수, 생식소중량지수, 비만도지수의 변화 양상은 세 가지 모두 유사하게 변하는 양상을 보였으며 그 결과 산란기는 2-4월로 추정되었다. Wi *et al.* (2003) 에 의해 조사된 경남 통영 한산만 매물도에서 채집된 홍합의 GI, CI, 생식주기의 결과들과 본 조사 결과를 비교 분석하여 보면, 이들 모두 월별 변화 양상은 거의 일치하였다. 다만 생식주기에서 초기의 생식소 발달에서 극미한 차이를 보였는데, 이는 위도 차이에 따라 약간의 변화가

있을 수 있음을 알 수 있다. 또한 통영산 홍합은 4 개체 (총 588 개체) 에서 (Wi et al., 2003) Newfoundland에서는 0.86% (총 698 개체) 에서 (Toro et al., 2002) 자웅동체가 발견되었다는 보고가 있으나 본 조사에서는 채집된 서해산 홍합에서는 자웅동체를 찾아 볼 수 없었다.

각고에 따른 홍합의 군성속도를 조사한 결과, 각고 40.1-50.0 mm인 개체들은 군성속도 50% 이상 (암컷 71.4%, 수컷 78.9%) 이었고, 각고 50.1 mm 이상인 개체들은 군성속도 100%이었다. 본 조사에서 조사된 군성속도 50% (생물학적 최소형) 의 결과를 통영 한산만산 홍합의 군성속도와 비교하여 보면, 50.0 mm인 개체들은 군성속도 100%로 보고하여 서해안산과 남해안산 사이에 약간의 차이를 보였다. 그러나 이 정도 군성속도의 차이는 비록 같은 종일지라도 지역개체간 약간의 차이를 보일 수 있는 것으로 보고되어 있다 (Chung et al., 1998).

본 조사에서 암, 수의 성비는 12개월 전 기간을 대상으로 암, 수의 성비를 검증한 결과, 암수 성비는 1:1로 유의한 차이를 보이지 않았다 ($\chi^2 = 0.63, p > 0.05$). 본 조사와 통영 한산만산 홍합의 성비 ($\chi^2 = 0.29, p > 0.05$) 를 별도로 구하여 비교하여 보면, 통영산의 경우, 암수 성비가 1:1로 유의한 차이를 보이지 않았으므로 서해안산 홍합과 남해안산 홍합의 성비는 거의 일치하는 결과를 보였다.

요 약

2006년 1월부터 12월까지 전북 부안군 격포리에서 월별로 채집된 홍합, *Mytilus coruscus*를 대상으로 생식주기를 조사하였다. 홍합은 자웅이체이며, 난소는 수많은 난소소낭으로 이루어져 있으며, 정소는 다수의 정소소낭으로 구성되어 있다. 생식소지수 (GI) 와 생식소중량지수 (GSI) 의 월별 변화는 2월에 최고값에 도달한 이후, 4월까지 점차 감소하였으며 GI 값과 GSI 값의 월별 변화는 서로 유사한 경향을 보였다. 비만도지수 (CI) 의 월별 변화는 생식소지수와 생식소중량지수의 변화양상과 유사한 경향을 나타내었다. 따라서 이들 세 가지 지수로부터 홍합의 산란기는 2-4월로 판단된다. 조직학적 조사에 의한 홍합의 산란기는 2-4월이었으며, 주 산란기는 2-3월이었다. 생식주기는 초기활성기 (11-1월), 후기활성기 (11-2월), 완숙기 (12-4월), 부분산란기 (2-4월), 퇴화기 (4-10월), 휴지기 (6-12월) 로 구분되었다. 각고에 따라 홍합의 군성속도를 조사한 결과, 각고 40.1-50.0 mm인 개체들은 군성속도 50% 이상 (암컷 71.4%, 수컷 78.9%) 이었고, 각고 50.1 mm 이상인 개체들은 군성속도 100%이었다. 12개월간 채집한 총 개체들의 성비를 검증한 결과, 암수 성비는 1:1로 유의한 차이를 보이지 않았다 ($\chi^2 = 0.63, p > 0.05$).

감사의 말씀

이 논문은 군산대학교 수산과학연구소 학술연구기금 (2007년도)의 일부를 지원받아 연구된 것입니다.

REFERENCES

- Barber, B.J. (1984) Reproductive energy metabolism in the bay scallop, *Argopecten irradians concentricus* (Say). Ph.D. Thesis, University of South Florida, Tampa, 122 pp.
- Blake, N.J. and Sastry, A.N. (1979) Neurosecretory regulation of oogenesis in the bay scallop *Argopecten irradians irradians* (Lamarck). In: Cyclic Phenomena in Marine Plants and Animals. (ed. by Naylor, E. and Hartnoll, R.G.) pp. 181-190. Pergamon Press, New York.
- Booolootian, R.A., Farmanfarmaian, A. and Giese, A.C. (1962) On the reproductive cycle and breeding habits of two western species of *Haliotis*. *Biological Bulletin*, **122**: 183-193.
- Chang, Y.J. and Lee, T.Y. (1982) Gametogenesis and reproductive cycle of the cockle, *Fulvia mutica* (Reeve). *Bulletin of Korean Fisheries Society*, **15**: 241-253.
- Chung, E.Y. (2007) Oogenesis and sexual maturation in *Meretrix lusoria* (Röding, 1798) (Bivalvia: Veneridae) in western Korea. *Malacologia*, **26**(1): 71-80.
- Chung, E.Y. and Ryou, D.K. (2000) Gametogenesis and sexual maturation of the surf clam, *Mactra veneriformis* on the west coast of Korea. *Malacologia*, **42**: 149-163.
- Chung, E.Y., Park, G.M. and Kim, B.S. (1998) Ultrastructure of germ cell development and sexual maturation of the shortnecked clam, *Ruditapes philippinarum* (Bivalvia: Veneridae), on the west coast of Korea. *Yellow Sea*, **4**: 17-29.
- Chung, E.Y., Kim, J.B., Moon, J.H. and Hur, S.B. (2003) Changes in biochemical composition of the adductor muscle and visceral mass tissues of the Manila clam, *Ruditapes philippinarum*, in relation to gonad developmental phases. *Korean Journal of Malacology*, **17**(1): 41-51. [in Korean]
- Chung, E.Y., Koo, J.G., Park, K.Y. and Lee, C.H. (2005) Seasonal changes in biochemical components of the adductor muscle, digestive diverticula and the ovary in *Chlamys farreri* in relation to the ovarian developmental phase. *Korean Journal of Malacology*, **21**(1): 71-80. [in Korean]
- Chung, E.Y., Kim, H.J., Kim, J.B. and Lee, C.H. (2006) Changes in biochemical components of several tissues in *Solen grandis*, in relation to gonad developmental phases. *Korean Journal of Malacology*, **22**(1): 27-38. [in Korean]
- Dare, P.J. (1976) Settlement, growth and production of the mussel *Mytilus edulis* L., in Morecambe Bay, England. *Fisheries Investigation Series*, **II**, **28**: 1-25

- Eversole, A.G. (1997) Gametogenesis of *Mercenaria mercenaria*, *M. campechiensis* and their hybrids. *Nautilus*, **110**: 107-110.
- Fretter, T. (1984) Prosobranchs. *In*: The Mollusca Vol. 7. Reproduction. (ed. by Tompa, A.S., Verdonk, N.H. and van den Biggelaar, J.A.M.) pp. 1-45. Academic Press, New York.
- Kang, D.H. and Choi, K.S. (1999) Evaluation of methods used in calculation of condition index using the mussel, *Mytilus coruscus* (Gould, 1861) collected from Cheju, Korea. *Korean Journal of Malacology*, **15**: 57-62. [in Korean]
- Kim, J.Y. (1999) Seasonal variation of the primary productivity in the vicinity of Chulpo Sea area. *Fisheries Science Research Institute, Kunsan National University*, **14**: 177-122. [in Korean]
- Korringa, P. (1976) Farming Marine Organisms Low in the Food Chain. 264 pp. Elsevier, Amsterdam.
- Lee, J.H. (1997) Studies on the gonadal development and gametogenesis of the granulated ark, *Tegillarca granosa* (Linne). *Korean Journal of Malacology*, **13**: 55-64. [in Korean]
- Lee, J.Y., Chang, Y.J. and Lee, C.S. (1997) Reproductive cycle of surf clam, *Spisula sachalinensis*. *Journal of the Korean Fisheries Society*, **30**: 132-138. [in Korean]
- Mackie, G.L. (1984) Bivalves. *In*: The Mollusca Vol. 7. Reproduction. (ed. by Tompa, A.S., Verdonk, N.H. and van den Biggelaar, J.A.M.) pp. 351-418. Academic Press, New York.
- Mann, R. (1979) Some biochemical and physiological aspects of growth and gametogenesis in *Crassostrea gigas* and *Ostrea edulis* grown at sustained elevated temperatures. *Journal of Marine Biological Association of U.K.*, **59**: 95-110.
- Mason, J. (1976) Cultivation. *In*: Marine Mussel: Their Ecology and Physiology. (ed. by Bayne, B.L.) pp. 385-410. Cambridge University Press, Cambridge.
- Momoyama, K. and Ishimoto, T. (1979) On the spawning period in Yamaguchi and Oumi Bay. *Yamaguchi Prefecture Naigai Ocean Center*, **7**: 19-34. [in Japanese]
- Park, J.J., Lee, J.Y., Lee, J.S. and Chang, Y.J. (2003) Gonadal development and gametogenic cycle of the equilateral venus, *Gomphina veneriformis* (Bivalvia: Veneridae). *Journal of the Korean Fisheries Society*, **36**: 213-218 [in Korean]
- Sastry, A.N. (1963) Reproduction of the bay scallop, *Argopecten irradians* Lamarck. Influence of temperature on maturation and spawning. *Biological Bulletin*, **125**: 146-153.
- Sastry, A.N. (1966) Temperature effects in reproduction of the bay scallop, *Argopecten irradians* Lamarck. *Biological Bulletin*, **130**: 118-134.
- Sastry, A.N. (1968) Relationship among food, temperature and gonad development of the bay scallop, *Argopecten irradians* Lamarck. *Physiological Zoology*, **41**: 44-53.
- Sastry, A.N. (1970) Reproductive physiological variation in latitudinally separated population of the bay scallop, *Aequipecten irradians* Lamarck. *Biological Bulletin (Woods Hole)*, **138**: 56-65.
- Sastry, A.N. (1979) Pelecypoda (excluding Ostreidae). *In*: Reproduction of Marine Invertebrates, Volume V, Molluscs: Pelecypods and Lesser Classes. (ed. by Giese, A.C. and Pearse, J.S.) pp. 113-292. Academic Press, New York.
- Sastry, A.N. and Blake, N.J. (1971) Regulation of gonad development in the bay scallop, *Aequipecten irradians* Lamarck. *Biological Bulletin (Woods Hole)*, **140**: 274-282.
- Simpson, R.D. (1982) Reproduction and lipids in the sub-Antarctic limpet *Nacella (Patinigera) macquariensis* Finlay, 1927. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, **56**: 33-48.
- Toba, M. and Miyama, Y. (1995) Influence of temperature on the sexual maturation in Manila clam, *Ruditapes philippinarum*. *Suisanzoshoku*, **43**(3): 305-314.
- Toro, J.E., Thompson, R.J. and Innes, D.J. (2002) Reproductive isolation and reproductive output in two sympatric mussel species (*Mytilus edulis*, *M. trossulus*) and their hybrids from Newfoundland. *Marine Biology*, **141**: 897-909.
- Wi, C.H., Chang, Y.J., Lee, S.J., Hur, Y.B. and Lee, J.S. (2003) Sexual maturation and gametogenic cycle of the hard shelled mussel, *Mytilus coruscus* (Bivalvia: Mytilidae). *Journal of Aquaculture*, **16**: 245-251. [in Korean]
- Yoo, S.K. (1969) Culture condition and growth of larvae of the *Mytilus coruscus* Gould. *Journal of the Oceanological Society of Korea*, **4**: 36-48. [in Korean]
- Yoo, S.K., Kang, K.H. and Lee, D.Y. (1988) Occurrence and survival rate of sea mussel, *Mytilus edulis*. *Bulletin of Korean Fisheries Society*, **21**: 35-41. [in Korean]
- Yoo, S.K., Kim, K.J. and Lee, C.K. (1970) Biological studies on the propagation of importance bivalves 4. Growth of the mussel, *Mytilus edulis* Linne. *Bulletin of Korean Fisheries Society*, **3**: 103-109. [in Korean]