

참굴, *Crassostrea gigas*의 생식주기와 성 성숙 유도

민광식, 김봉석¹, 김태익, 허영백, 정의영²

국립수산과학원 패류연구센터, ¹생명공학연구단, ²군산대학교 해양생명과학부

Reproductive Cycle and Induced Sexual Maturation of the Pacific Oyster, *Crassostrea gigas*

Kwang-Sik Min, Bong-Seok Kim¹, Tae-Ik Kim, Young-Baek Hur and Ee-Yung Chung²

Shellfish Research Center, National Fisheries Research and Development Institute, Namhae, Gyeongsangnam-do, 668-821, Korea

¹Biotechnology Research Center, National Fisheries Research and Development Institute, Busan 619-902, Korea

²School of Marine Life Science, Kunsan National University, Gunsan 573-701, Korea

ABSTRACT

Reproductive cycle, the condition index, sex ratio of the Pacific oysters, *Crassostrea gigas* were investigated by histological and morphometric data. The specimens were collected in the two oyster farms of Geoje and Namhae, Gyeongsangnam-do, Korea, from November 1995 to October 1996. Growth of shell length in two regions was similar, but growth of total weight of the oyster in Namhae was faster than that in Geoje oyster farm. The spawning periods in female and male clams were from July to October in Geoje and from June to October in Namhae oyster farm. Ripe oocytes were approximately 50 μ m in diameter. The reproductive cycle of in females and males in Geoje and Namhae oyster farms can be divided into five successive stages: early developing, late developing, ripe, partially spawned and spent/inactive. Monthly changes in gonad developmental phases showed somewhat different patterns between female and male clams except for the spawning period. On the whole, however, monthly changes in the gonad developmental phases showed a similar pattern in the same sex.

The sex ratios of females to males in Geoje and Namhae oyster farms were not significantly different

from a 1:1 sex ratio ($x^2 = 0.55$ ($p > 0.05$) in Geoje and $x^2 = 0.27$ ($p > 0.05$) in Namhae).

Artificial induction of maturation by heating of adult oysters (two-year-old) was investigated from 17 January to 18 March in 1996. Maturity at the fixed water temperature group of 20°C was 80%, it showed the highest maturity of experimental groups cultured for five weeks. The survival (%) of *Crassostrea gigas* in the raised water temperature experimental groups (15, 20, 25°C) were over 98.5%, as similar to the control group (100%). But, the survival of *C. gigas* in the fixed water temperature experimental groups (15, 20, 25, 30°C) were decreased with the increase of the water temperatures. In the fixed water temperature experimental group of 30°C, the survival was 51.1%. Base on these results, the fixed water temperature of 20°C was the best condition for artificial induction of sexual maturation.

Keywords: Spawning season, Induced sexual maturation, *Crassostrea gigas*.

서론

우리 나라의 굴 양식은 1970년대부터 수하식 양식기술이 개발됨에 따라 급속한 발전을 이루어 오면서 세계적인 굴 산지로 자리 잡게 되었다. 그러나, 굴 양식장의 환경악화가 가속되면서 단위면적당 생산량 감소와 육질부의 비만이 떨어지는 현상과 함께 1992년도에는 종굴의 공급부족 현상에 직면하기에 이르렀다. 천연채묘에 의한 양식용 굴 종묘 확보로는 굴 양식에 필요한 종묘 소요량을 확보할 수 없으므로 인공종묘의 기술개

Received March 8, 2004; Accepted June 5, 2004

Corresponding author: Min, Kwang-Sik

Tel: (82) 55-862-9640 e-mail: ksmin@nfrdi.re.kr
1225-3480/20109

© The Malacological Society of Korea

발이 시급한 실정이다. 이러한 목적을 달성하기 위해서는 번식 생태를 파악하여 어미 굴을 관리하면서 필요한 시기에 성 성숙을 유도하는 기법이 요구되고 있다.

Loosanoff and Davis (1963) 는 생식소 발달의 촉진과 억제 및 유지 등에 의해 참굴의 인공채란이 연중 가능하다고 밝히고 있고, 이 방법들은 굴 인공종묘생산을 위한 어미관리 방법으로 많이 사용되고 있다. Lannan *et al.* (1980) 은 난에서 발생한 유생의 생존 및 성장, 어미 굴의 채집시기에 따른 성 성숙 처리기간의 상관 관계에 대해 연구한 바 있다. Lannan (1980a) 은 생식소 발달에 미치는 환경영향에 대하여, Stephen (1980) 과 Joseph and Madhyastha (1984) 등은 생식주기와 성비에 대하여, Muranaka and Lannan (1984) 은 참굴 어미의 생식소 발달과 포란량의 변화에 대하여 보고하고 있다. 그러나 우리나라의 경우 참굴의 산란기에 대해서는 유 등 (1971) 의 보고가 있으나 해당지역의 양식산 참굴을 채란용 어미로 관리하면서 조기 산란 유도에 따른 인공종묘생산과 관련된 연구는 미흡한 실정이다.

본 연구는 우리나라 참굴의 주산지인 남해안의 거제와 남해해역의 어장에 수하식으로 시설한 참굴의 생식소발달단계에 따른 생식주기, 비만도, 성비 등의 번식생태학적 특성을 조사하는데 있으며, 또한 어미 참굴을 가온 사육에 의해 생식소의 성숙을 인위적으로 유도하여, 연중 채란 가능성을 조사하여 참굴 양식을 위한 몇 가지 정보를 얻었기에 보고하고자 한다.

재료 및 방법

1. 표본채집 및 측정

실험에 사용한 참굴 (*Crassostrea gigas*) 은 일본 Hiroshima에서 1994년 9월에 천연 채묘하여 단련시킨 종묘를 1995년 5월에 수입하여 경남 거제시 사등면 창호리 가조도 앞바다에서 11월까지 양성시킨 후, 2개 지역 즉, 경남 거제시 사등면 창호리 가조도 앞바다와 남해군 상주면 상주리 앞바다로 옮겨 수하시킨 어미굴을 사용하였다.

1995년 11월부터 1996년 10월까지 경상남도 거제시 사등면 가조도 앞바다와 남해군 상주면 앞바다에서 참굴을 채집하여 즉시 실험실로 옮겨 참굴의 부위별 크기를 조사계측하였다. 각장 (SL), 각고 (SH) 및 각폭 (SW) 은 vernier caliper로 0.1 mm까지 측정하였고, 전중 (TW), 육중 (MW) 및 각중 (SW) 은 전자저울로 0.01 g까지 측정하였다.

2. Condition index

산란기를 간접으로 추정하기 위해 조사하는 비만도 (condition index) 조사는 Akashige and Fushimi (1992) 의 방법에 따라, 아래와 같이 연체부지수 (flesh weight index) 와 각부용적지수 (volumetric index) 의 공식을 사용

하여 측정하였다.

$$\text{연체부지수} = \frac{\text{MW (g)}}{\text{MW (g)} + \text{SW (g)}} \times 100$$

$$\text{각부용적지수} = \frac{\text{MW (g)}}{\text{SL (mm)} \times \text{SH (mm)} \times \text{SW (mm)}} \times 10,000$$

3. 생식주기의 조직학적 조사

1995년 11월부터 1996년 10월까지 두 해역에서 채집한 참굴 생식소의 조직학적 변화를 관찰하기 위하여, 총 928 개체 (거제해역 457 개체, 남해해역 471 개체)를 대상으로 paraffin 절편법에 의해 조직표본을 제작하였으며, Harris hematoxylin과 0.5% eosin으로 비교 염색하여 암수 생식세포의 발달 및 성숙 정도를 광학현미경으로 판정하였다. 참굴 생식소의 발달단계는 Mann (1979) 과 미국 NOAA에서 National Benthic Surveillance and Mussel Watch Projects (1984-1992) 수행 후 발행한 NOAA Technical Memorandum NOS ORCA 71 (1993) 에서 참굴의 연구조사시 통상 사용되는 용어와 기준을 제시하고 있어, 이를 인용하여 생식소의 발달단계를 초기발달기, 후기발달기, 완숙기, 부분산란기 및 퇴화/휴지기의 5단계로 구분하여 사용하였다.

4. 암수의 성비 조사

성비조사를 위해 거제해역 굴양식장에서 양성된 총 354개체와 남해해역에서 총 295 개체를 채집하여 Chi square test로 암수 성비를 검증하였다.

5. 겨울철 어미 굴의 가온사육에 따른 성성숙 유도

수온조절에 의한 참굴 성체의 성숙 유도는 1996년 1월 17일부터 3월 18일까지 생식세포가 미성숙한 시기인 겨울철과 이른 봄에 실시하였다. 성체 참굴들은 1994년 8월에 경남 고성군 진동만에서 천연 채묘하여 8월에서 이듬해 1995년 5월까지 거제시 둔덕면 앞바다에서 평균 노출 5시간대에서 단련한 종묘로서, 1995년 5월에 경남 거제시 가조도 앞바다에서 수하 양성한 2년생 참굴을 채집하였으며, 3일간 자연해수에서 안정시킨 후, 실험재료로 사용하였다. 200 liter FRP 사각수조에 바구니를 띄워 각 수조 당 270 마리씩 수용하였다. 실험구는 3가지로 구분하여 실험하였는데, ① 자연수온 (10°C)에서 2일마다 1°C씩 수온을 상승시켜 설정온도(15, 20, 25°C)까지 도달시켜 수온을 계속 유지시키는 온도상승 실험구와, ② 수온순차 없이 바로 설정온도(15, 20, 25, 30°C) 수조에 수용하여 수온을 유지시키는 온도고정 실험구로 설정하였고, ③ 자연수온구를 대조구로 설정하여 실험구별로 각각 3반복 실험을

실시하였다. 수온조절은 3 KW 용량의 티타늄 히터를 사용하였으며, 먹이생물은 *Chaetoceros calcitrans*, *Isochrysis galbana*, *Nannochloris oculata*, *Pavlova lutheri*, *Tetraselmis suecica*를 동일 비율로 혼합하여, 사육수 1 ml 당 $50-70 \times 10^4$ 세포가 유지되도록 연속적으로 공급하였다. 생존율은 매일 10시에 폐사된 개체수를 계수하여 측정하였고, 생식소의 성숙도는 10일 간격으로 20 마리씩 조직학적 조사를 하였다. 산란가능 시기까지의 적산수온은 굴의 성숙에 있어서 기초수온 10°C를 기준으로 하였으며, 성숙기에 달한 성패 참굴의 산란 반응율을 조사하였다.

결 과

1. 해역별 참굴의 비만도

참굴의 연체부지수 (flesh weight index) 의 월별 변화는 Fig. 1에 나타난 바와 같이, 거제해역의 경우는 11월(29.7 ± 4.3) 부터 급격하게 증가하기 시작하여 2월 (32.1 ± 3.3) 에 가장 높았다. 그 이후 서서히 낮아지다가 7월 (20.3 ± 4.5) 부터 계속하여 낮아져 9월 (12.5 ± 6.2) 에 최저값을 보인 후, 10월 (16.7 ± 3.3) 까지 낮은 값을 보였다. 남해해역의 경우는 12월 (31.5 ± 4.3) 부터 서서히 증가하여 4월 (35.4 ± 3.6) 에 가장 높은 값을 보이나 6월에 약간 감소한 후, 다시 7

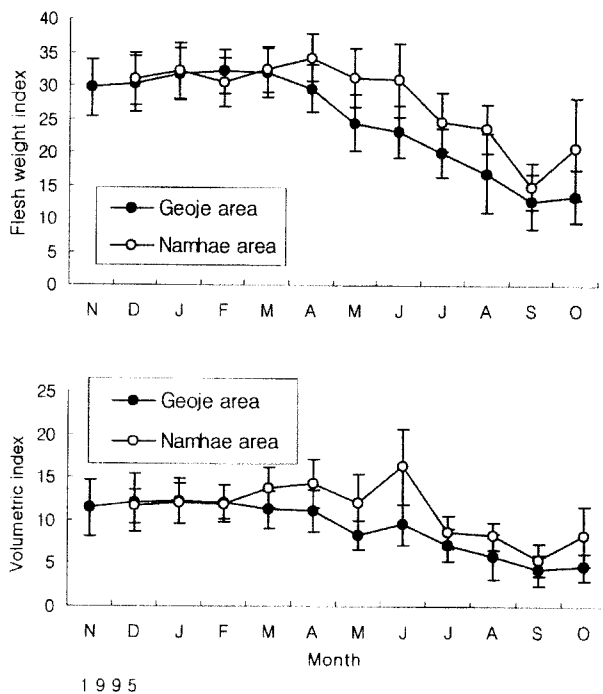


Fig. 1. Monthly variations of the flesh weight index and volumetric index of *Crassostrea gigas* cultured in Geoje and Namhae oyster farms.

월 (25.3 ± 3.7) 부터 급격히 감소하기 시작하여 9월 (14.8 ± 3.7) 에 최저값에 이르렀다. 10월에 다시 약간 증가되었으나 그 값은 비교적 낮은 경향을 보였다. 전반적으로 볼 때, 2월을 제외하면 거제 해역 참굴의 월별 평균 연체부지수값은 남해해역 참굴의 그 지수값 보다 낮은 경향을 보였다.

참굴의 각부 용적지수 (volumetric index) 의 월별 변화는 Fig. 1에 나타난 바와 같이, 거제해역의 경우는 2월에 최고에 이른 후 4월과 5월에 일시 약간 감소된 후 다시 6월에 약간 증가된 후 7월부터 10월까지 지수값이 계속 감소되었다. 남해해역의 경우는 3, 4월부터 증가하여 6월 (16.3 ± 4.4) 에 최고치에 도달하였고, 그 후 지수값은 7월부터 10월까지 계속 감소하였다. 따라서 각부성장이 6월에 급격히 일어나고 있는 것으로 사료되었다. 따라서 각부용적지수의 월별 증감변화는 연체부지수의 변화와 유사한 경향을 보였다. 전반적으로 참굴의 연체부지수와 각부용적지수는 7월부터 10월까지 감소되고 있어 이 시기가 산란기로 추정되며, 거제해역의 참굴의 평균연체부지수가 남해해역의 지수값 보다 낮은 경향을 보였다.

2. 생식소 발달단계에 따른 생식주기

참굴의 생식소 발달단계는 생식세포의 형태, 크기 및 분화의 조직학적 특징을 토대로 하여 초기발달기, 후기발달기, 완숙기, 부분산란기, 그리고 퇴화/휴지기의 연속적인 5 단계로 구분할 수 있었다 (Fig. 2). 생식소 발달단계는 주기성을 나타내었다.

1) 초기발달기 (early developing stage)

암컷의 경우, 난소는 수많은 난소소낭 (또는 oogenic follicle) 으로 구성되어 있고, 생식상피는 비교적 두터웠다. 난경 10 μm인 난원세포는 생식상피 상에 파문혀 출현하였고, 대략 25 μm 정도인 초기 발달중인 난모세포가 출현하였다. 이 시기- 암컷 개체들은 거제해역에서 12-5월 사이, 남해해역에서 2-5월 사이에 출현하였다 (Fig. 3A).

수컷의 경우는 정소는 수많은 정소세관 (또는 spermatogenic follicle) 으로 구성되어 있고, 생식상피는 비교적 두터웠다. 난경 약 10 μm인 정원세포는 생식상피 상에 출현하였고, 대략 7-8 μm정도인 정모세포가 다수 출현하였다. 이 시기의 수컷 개체들은 거제해역에서 1-5월, 남해해역에서는 1-4월에 출현하였다 (Fig. 5A).

이 시기에는 암, 수 개체 모두 생식세포의 주변에 다수의 불분화간충직과 호산성과립세포들이 출현하는 특징을 보였다.

2) 후기발달기 (late developing stage)

암컷의 경우, 생식상피는 약간 얇아졌다. 난병을 갖는 난경 약 30-40 μm 이상인 발달 중인 난모세포들이 소낭 (follicle) 의 내강을 향해 발달하였다. 이 시기의 암컷 개체들은 거제해역에서 4-7월, 남해해역에서는 4-6월 사이에 출현하였다 (Fig.

3B).

수컷의 경우는 생식상피는 비교적 두터웠다. 소수의 정원세포들과 정모세포들, 그리고 다수의 정세포와 일부 변태 중인 정자들이 정소세관의 내강에 출현하였다.

이 시기의 수컷 개체들은 거제해역에서 2-6월, 남해해역에서는 2-5월에 출현하였다. 이 시기의 암수 생식세포 주변에는 소수의 불분화간충직과 호산성과립세포들이 출현하였다 (Fig. 4B).

3) 완숙기 (ripe stage)

암컷의 경우, 난소의 생식상피 벽은 아주 얇아졌으며 난소는 난경이 50 μm 인 완숙난모세포들로 가득 채워져 최대로 비후되었다. 그러나 생식세포들 주변에 출현하였던 불분화간충직과 호산성과립세포들이 사라져 찾아보기 어렵게 된다. 완숙기의 암컷 개체들은 거제해역에서 6-9월, 남해해역에서는 5-9월에 출현하였다 (Fig. 3C).

수컷의 경우는 정소세관의 상피가 아주 얇아졌으나 정소세관이 비대되었고, 변태를 마친 수많은 완숙정자들이 정소세관의 내강에 밀집되어 있는 정자들은 미부편모로 인해 물결이 흐

르는 것처럼 보였다. 이 때에는 생식세포들 주변에 출현하였던 불분화간충직과 호산성과립세포들이 사라져 이들 세포들의 수가 극감되어 찾아보기 어렵다. 완숙기의 수컷 개체들은 거제해역과 남해해역에서 모두 4-10월에 출현하였다 (Fig. 4C).

4) 부분산란기 (partially spawned stage)

암컷의 경우, 완숙난모세포들이 산란되어 난소소낭의 내강 내에는 미방출된 잔존난모세포들이 흐트러져 나타나고, 소낭 (follicle) 들도 흐트러지며, 내강은 텅비어있는 모양을 나타내었다. 이 시기의 암컷 개체들은 거제해역에서는 7-10월, 남해해역에서는 6-10월에 출현하였다 (Fig. 3D).

수컷의 경우, 정소세관내의 정자들이 방정되어 세관의 내강 내에는 일부 미방정된 다수의 잔존 정자들이 흐트러져 나타났다. 이 시기의 수컷 개체들은 거제해역에서는 7-10월, 남해해역에서는 6-10월에 출현하였다 (Fig. 4D).

5) 퇴화/휴지기 (spent/inactive stage)

암컷의 경우, 방란을 마친 소낭 (follicle) 내 일부 잔존하는 미숙 난모세포들은 세포질 붕괴 또는 퇴화위축 되고, 흡수

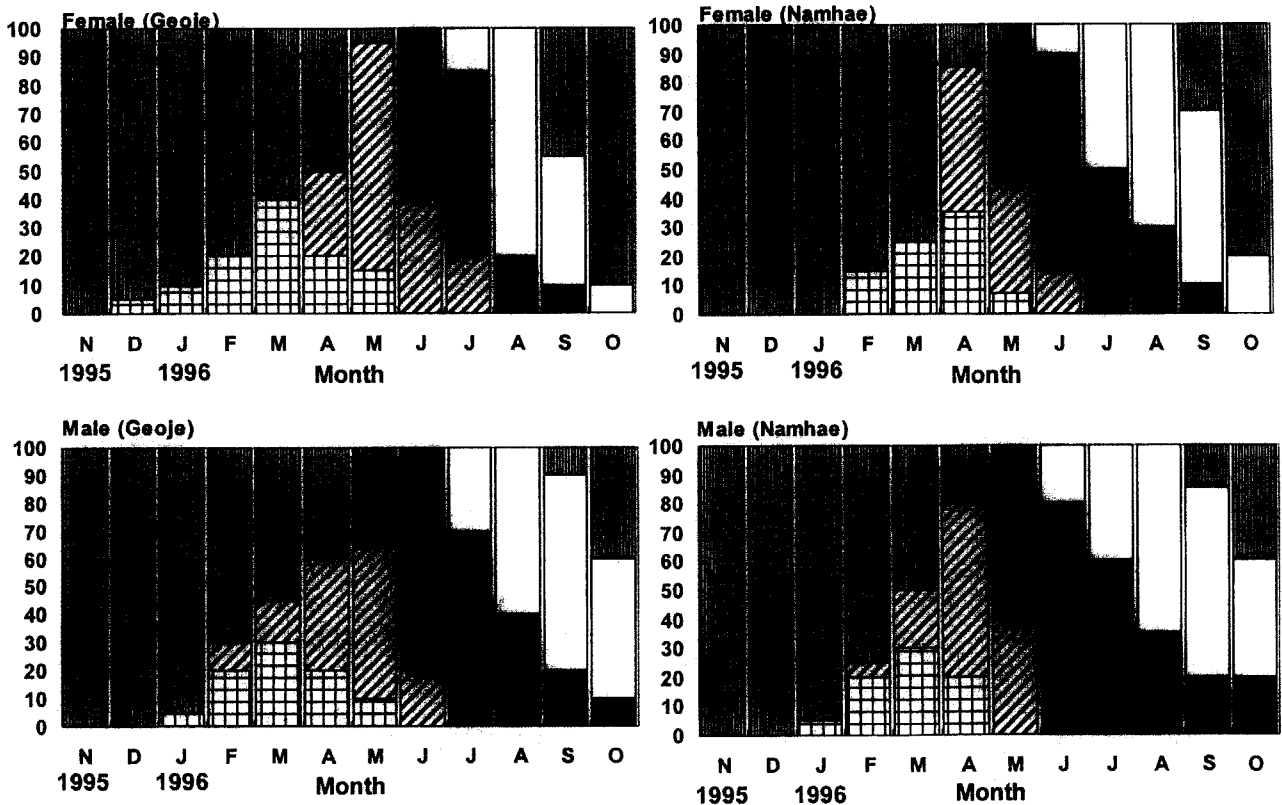


Fig. 2. Compare with frequency of gonadal phases of *Crassostrea gigas* cultured in Geoje and Namhae oyster farm. (▤: Early developing stage, ▨: Late developing stage, ■: Ripe stage, □: Partially spawned stage, ▤: Spent/Inactive stage).

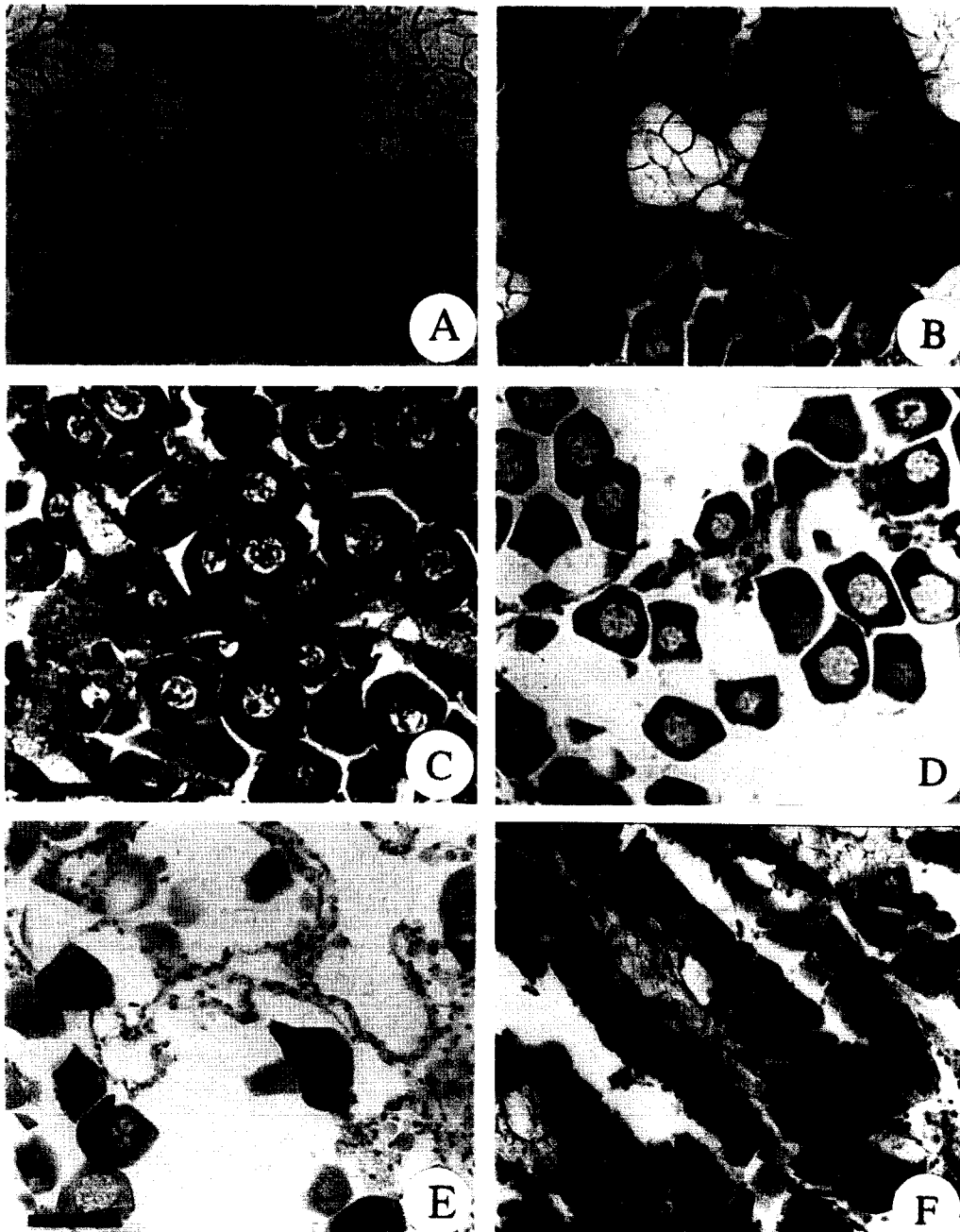


Fig. 3. Photomicrographs of gonadal phases of the female Pacific oyster, *Crassostrea gigas* (A-F). **A:** Section of oogenic follicles in the early developing stage. Note oogonia and early developing oocytes attached to follicular walls (germinal epithelium). scale bar = 50 μ m; **B:** Section of follicles in the late developing stage. Note a number of late developing oocytes in the follicle. scale bar = 50 μ m; **C:** Section of the follicles in the ripe stage. Note mature and ripe oocytes in the lumen of the follicle. scale bar = 50 μ m; **D:** Section of follicles in the partially spawned stage. Note undischarged oocytes in the follicle. scale bar = 50 μ m; **E:** Section of the follicles in the partially spawned stage. Note undischarged oocytes in the lumen of the follicle after spawning. scale bar = 50 μ m; **F:** Section of the follicles in the spent/inactive stage. Note newly formed oogonia on follicular walls and the connective tissues in the follicles after degeneration of the follicles. scale bar = 50 μ m.

가 일어났다. 이 시기에는 난소소낭들도 퇴화, 위축되고 소낭과 소낭 사이에는 다수의 결체조직들이 넓게 출현하였다. 퇴화 붕괴 후, 난소소낭의 생식상피는 다시 두터워지며 재정립되어 생식상피 상에는 소수의 난원세포들이 다시 나타나 장기간에 걸쳐 출현하였으며, 그 주변에는 불분화간충직과 호산성과립세포들이 다수 출현하였다. 이 시기의 암컷 개체들은 거제해역에서는 8-5월까지, 남해해역에서는 9-5월까지 출현하였다 (Fig. 3E, 3F).

수컷의 경우, 방정 후 정소세관 내 다수의 잔존 정자들은 퇴화 위축되나, 결체조직들이 빈 공간을 넓게 채웠다. 퇴화 붕괴 후, 정소세관의 생식상피가 재정립되어, 두터워지며 생식상피 상에 소수의 정원세포들이 다시 나타나 장기간에 걸쳐 출현하였으며, 그 주변에는 불분화간충직과 호산성과립세포들이 다수 출현하였다. 이 시기의 수컷 개체들은 거제해역에서는 9-5월까지, 남해해역에서는 9-4월까지 출현하였다 (Fig. 4E, 4F).

3. 암수 성비

암컷과 수컷의 성비가 1:1이라는 가설아래 거제해역과 남해해역에서 채집된 참굴을 대상으로 Chi square test 검정 결과, 거제해역과 남해해역에서 각각 $\chi^2 = 0.55$ ($p > 0.05$)와 $\chi^2 = 0.27$ ($p > 0.05$)을 나타내어, 거제해역과 남해해역의 참굴은 모두 3.84 (χ^2 의 95% 신뢰도의 한계치) 이내에 속하여 두 해역 모두 암수의 성비가 1:1을 나타내었고, 성비간 유의한 차이를 보이지 않았다 (Table 1).

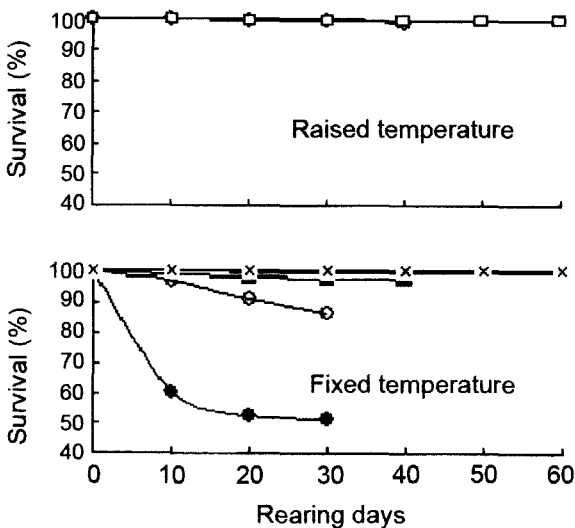


Fig. 5. Variations of the survival of the Pacific oyster broodstock reared at different water temperatures during winter.
 -●-: 30°C -○-: 25°C -■-: 20°C -□-: 15°C
 -x-: Natural temperature

4. 겨울철 어미 굴의 가온 사육에 따른 성숙속 유도 및 생존율

참굴의 사육기간 중 온도고정실험구의 경우, 15°C 실험구의 생존율은 사육 60일째 99.6%, 20°C 실험구에서 사육 40일째 97.8%, 25°C 실험구에서 사육 30일째 86.3%이었다. 30°C 실험구에서는 사육 10일째 생존율이 60.4%로 사육초기에 급격한 감소현상을 보였으며, 사육 20일째 53.0%, 사육 30일째에는 51.1%를 나타내어 타 실험구에 비해 매우 낮은 생존율을 보였다. 대체로 온도고정실험구의 경우 생존율은 온도가 높을수록 낮았다. 그러나 온도상승실험구의 생존율은 전 실험구에서 98.5% 이상을 나타내어 온도에 따른 차이를 보이지 않았고, 자연해수를 유수시킨 대조구의 생존율은 100%를 나타내었다 (Fig. 5).

5. 성숙유도율

실험기간 중 자연수온은 7.0-10.4°C로 연중 가장 낮은 시기였으며, 실험 시작시 참굴 개체들의 생식소 발달단계 조성비율은 초기발달기 67.7%, 후기발달기 6.5%, 퇴화/휴지기 25.8%로 초기활성기와 퇴화/휴지기의 합은 93.5%이었다.

인위적으로 사육수온을 조절하여 사육한 결과, 온도고정 실험구는 수온 30°C와 25°C의 온도고정 실험구에서 사육 26일째 완숙기의 개체가 각각 52.4%와 57.1%이었고, 20°C의 온도고정 실험구에서는 사육 36일째에 완숙기 개체가 80.0%이었으나, 15°C의 온도고정 실험구에서는 사육 57일째 완숙기 개체들이 35.0%를 나타내었다.

온도상승 실험구는 25°C 실험구에서 사육 36일째 성숙기가 35.0%로 가장 높았고, 20°C 실험구가 사육 43일째 26.0%, 15°C 실험구가 사육 57일째 15.0%였으며, 대조 실험구에서는 57일간 사육한 결과 성숙기에 도달한 개체는 없었다. 따라서, 성숙속 유도는 사육수온이 높을수록, 온도고정 실험구가 온도상승 실험구보다 빠르게 나타났다 (Table 2).

20°C 온도고정 실험구에서 36일간 어미를 사육하였을 때 가장 높은 성숙속 유도율 (80.0%) 을 보였던 굴의 경우, 기초수온 10°C를 기준으로 했을 때 성숙에 도달하는 적산수온은 441.3°C였다. 생식소가 성숙에 도달하였을 때 수온상승 자극법으로 방란·방정 유무를 조사한 결과 대조구인 자연수온을 제외한 모든 실험구에서 방란·방정이 관찰되었고, 그 반응율은 20°C 온도고정 실험구와 25°C 온도상승 실험구에서 각각 80.0%, 56.7%로 가장 높았다 (Fig. 6).

고 찰

비만도의 월별 변화는 생식소 발달의 변화와 밀접한 관계가 있다. 참굴의 경우 개체의 생식소가 발달함에 따라 비만도도 같이 증가되고 있어 생식소 발달 정도가 개체 체중의 증감에

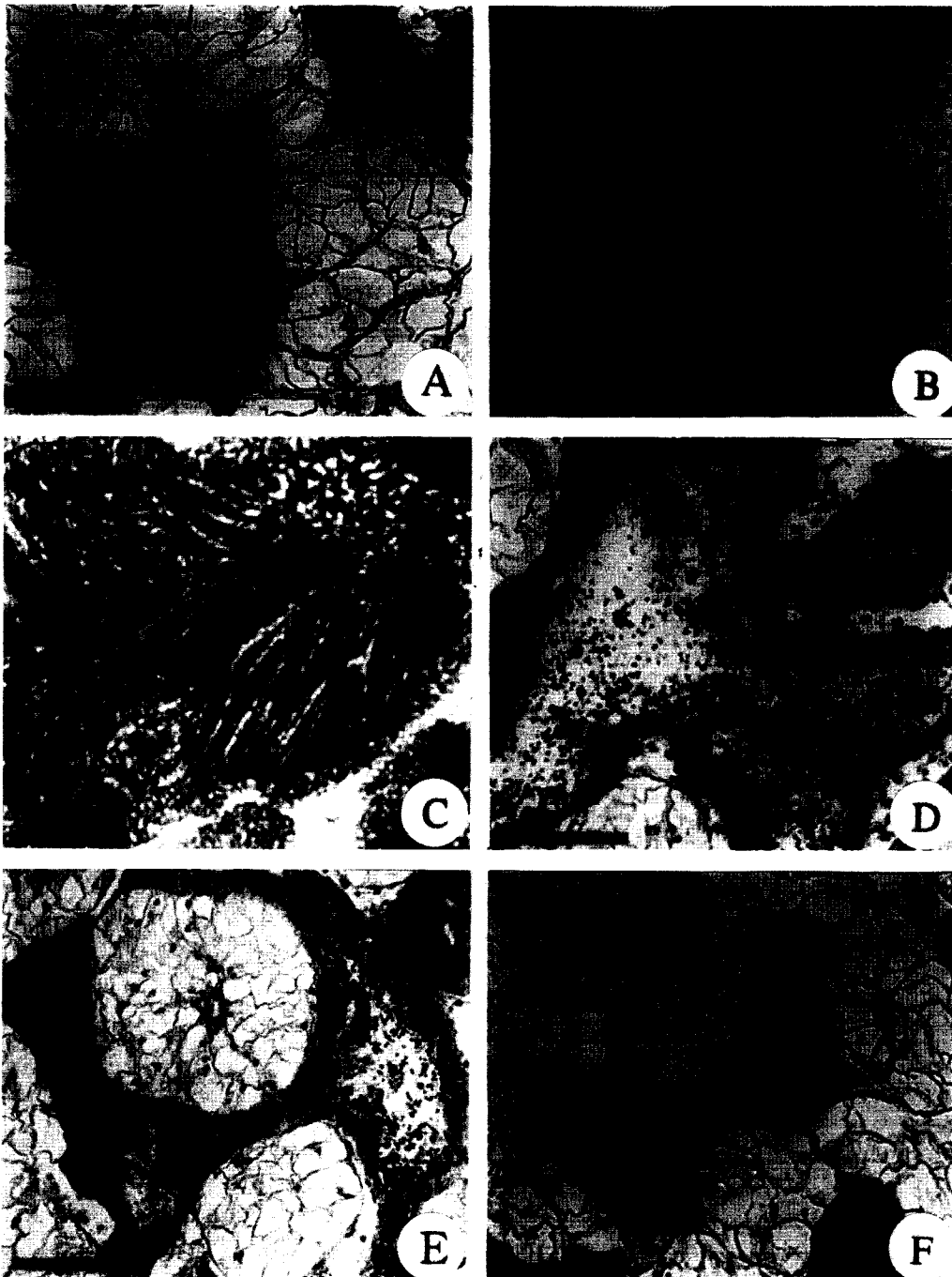


Fig. 4. Photomicrographs of gonadal phases of the male *Crassostrea gigas* (A-F). **A:** Section of spermatogenic follicles in the early developing stage. Note spermatogonia and spermatocytes near the germinal epithelium. scale bar = 50 μ m; **B:** Section of follicles in the late developing stage. Note spermatocytes, spermatids and spermatozoa during spermiogenesis. scale bar = 50 μ m; **C:** section of the follicles in the ripe stage. Note spermatids and numerous spermatozoa in the lumen of the follicle. scale bar = 50 μ m; **D:** section of follicles in the partially spawned stage. Note undischarged spermatozoa in the lumen. scale bar = 50 μ m; **E:** section of the follicles in the degenerating stage. Note degenerating spermatozoa and spermatid in the lumen after release of sperms. scale bar = 50 μ m; **F:** Section of the follicles in the resting stage. Note newly formed spermatogonia on the germinal epithelium and the connective tissues in the follicle after degeneration of the follicles. scale bar=50 μ m.

Table. 1. Sex ratios of the adult Pacific oyster, *Crassostrea gigas* at different culturing grounds.

Description	Geoje	Namhae
Total no. of samples	354	295
No. of females	170	143
No. of males	184	152
F/(F+M)	0.48	0.48
χ^2 (Chi squared)	0.55	0.27
Significance	p > 0.05	p > 0.05

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.

크게 영향을 미치는 것으로 사료된다. Kurashige (1943) 는 생식세포의 방출 시기에 비만지수 (CI) 값이 급격히 감소하게 되는데, 조직학적 관찰에 의해 부분산란기는 비만도 값이 최대에서 최소로 되는 시기와 일치하고 있다고 보고하였다. 본 조사에서 연체부지수와 각부용적지수를 사용하여 조사하여본 결과, 이들 지수값의 월별 변화는 6-10월까지 계속 감소되고 있어 이 시기가 산란기인 것으로 추정되었다. 전반적으로 볼 때, 이들 지수값의 월별변화는 거제해역보다 남해해역의 참굴이 좀 더 높게 나타나 남해해역에서 양성한 성패의 성장이 다소 빠르게 나타났다. 해양 환경의 해역에 따른 비만도의 차이는 굴 양식 생산성에 크게 영향을 미칠 수 있다 (Askew, 1972; Agius *et al.*, 1978; Brown and Hartwick, 1988). Lim *et al.* (1975) 은 굴의 성장과 비만은 서식 수역의 수온, 염분, 용존 산소, 영양염, 먹이 생물, 해수의 유동 등 해양의 물리, 화학, 생물학적인 요인에 의해서 영향을 받는다고 보고하였다. 본 연구에서 나타난 해역간 비만도 및 성장에 차이가 있는 것은 두 해역 모두 비교적 양호한 수질이었으므로 이러한 해역간의 차이는 비교적 풍부한 먹이환경과 수온 차에 기인하는 것으로 보인다.

암컷 성패의 월별 생식소 발달단계에 따른 생식주기는 거제해역의 경우, 초기발달기 12-5월, 후기발달기 4-7월, 완숙기 6-9월, 부분산란기 7-10월 그리고 퇴화/휴지기는 8-5월까지 이어졌다. 주산란기는 8-9월로 나타났다. 남해해역의 초기발달기 2-5월, 후기발달기 4-6월, 완숙기 5-8월, 부분산란기 6-10월, 그리고 퇴화/휴지기는 9-5월까지 이어져 거제해역과 유사하였으나 산란 시작 시기가 남해해역이 거제해역보다 1개월 먼저 시작되는 것으로 나타났다.

수컷 성패의 생식소 발달단계는 거제해역의 경우, 초기발달기 1-5월, 후기발달기 2-6월, 완숙기 4-10월, 부분산란기 7-10월 그리고 퇴화/휴지기는 9-5월까지 나타나 거제해역에서 양성된 같은 시기의 암컷 생식소 발달단계와 유사하였다. 남해지역의 발달단계는 초기발달기 1-4월, 후기발달기 2-5월, 완숙기 4-10월, 부분산란기 6-10월 그리고 퇴화/휴지기는 9-4월로 나

타나 비교적 거제해역의 참굴보다 1개월 빨리 방정이 일어나며, 퇴화/휴지기도 1개월 먼저 끝나는 것으로 나타났다. 그러나 전반적으로 거제해역과 남해해역의 성패 암수 개체들의 생식소 발달단계는 유사한 경향을 보였다. 참굴의 산란기는 같은 종이라도 서식 해역, 연령, 크기, 환경 변화 그리고 양식 방법 등에 따라 시기적인 차이가 있으므로, 채묘시기 즉, 종굴의 채묘를 위해서는 어장별 생식소의 발달단계를 조사하는 것은 어미 관리를 위해 중요하며, 이를 기초로 성 성숙 유도는 인공 종묘생산을 위해 매우 중요하다.

유 등 (1971) 은 우리나라의 참굴의 산란기에 대하여 경남 남해군 부근의 투석식 양식 굴은 5월 하순부터 6월 상순, 경남 통영군의 수하식 양식 굴은 9월 상순부터 하순까지를 주 산란기로 보고한 바 있으나, 본 실험에서는 두 해역의 주 산란기는 8-9월 사이로 판단된다.

Loosanoff and Davis (1963)에 의하면 굴의 인공 채란은 생식소 발달의 촉진, 억제 그리고 유지 등에 따라 연중 가능하다고 밝히고 있으며, 이 방법들은 굴 인공 종묘 생산을 위한 어미관리 방법으로 많이 사용되고 있다. Lannan *et al.* (1980) 은 난에서 발생한 유생의 최대 생존과 성장을 위해 어미 굴의 채집시기에 따른 성 성숙 처리 기간의 상관관계에 대하여 보고한 바 있다. 굴의 생식주기를 조직학적으로 관찰한 菅原 等 (1994) 은 수온 8-12°C에서 생식 세포의 분열 증식이 일어나고, 17-20°C에서 성장 및 성숙, 22-23°C에서 방란·방정, 15°C 이하에서 생식세포의 붕괴와 재흡수가 일어난다고 보고하고 있다. 본 연구에서 연중 수온이 가장 낮은 겨울철에 어미 굴의 가온사육 (15, 20, 25°C) 으로 성 성숙을 촉진시켜 채란 가능성을 시도한 결과, 성 성숙은 사육수온이 높을수록 그리고 온도고정 실험구가 온도상승실험구보다 빠르게 나타났다. 20°C 온도고정 실험구에서 36일간 어미를 사육하였을 때 성숙기에 도달한 개체가 80.0%였으며, 기초수온 10°C를 기준으로 했을 때 성 성숙에 도달하는 적산수온은 441.3°C였다. 생식소가 성숙기에 도달했을 때 수온 상승 자극법으로 방란·방정 유무를 조사한 결과, 대조구인 자연수온구를 제외한 모든

Table 2. Frequency of gonadal developmental phases of adult Pacific oyster reared at different water temperatures during wintering.

Water temp. (°C)	Rearing days	Frequency of gonadal phases (%)									
		Ed		Ld		Rp		Ps		S/In	
		F	R	F	R	F	R	F	R	F	R
30	0	67.7	-	6.5	-	0.0	-	6.0	-	25.8	-
	1-15	4.7	-	57.1	-	38.0	-	6.0	-	0.0	-
	16-26	0.0	-	9.5	-	52.4	-	38.1	-	0.0	-
25	0	67.7	67.7	6.5	6.5	0.0	0.0	0.0	0.0	25.8	25.8
	1-15	13.6	50.0	54.5	45.0	31.8	0.0	0.0	0.0	0.0	5.0
	16-26	0.0	20.0	42.9	70.0	57.1	5.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	27-36	0.0	5.0	0.0	60.0	0.0	35.0	0.0	0.0	0.0	0.0
20	0	67.7	67.7	6.5	6.5	0.0	0.0	0.0	0.0	25.8	25.8
	1-15	15.0	68.4	80.0	31.6	5.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	16-26	0.0	23.8	55.0	76.2	45.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	27-36	5.0	0.0	15.0	85.0	80.0	15.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	37-43	0.0	0.0	0.0	74.0	0.0	26.0	0.0	0.0	0.0	0.0
15	0	67.7	67.7	6.5	6.5	0.0	0.0	0.0	0.0	25.8	25.8
	1-15	38.1	68.4	61.9	31.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	16-26	50.0	47.6	50.0	52.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	27-36	20.0	25.0	65.0	70.0	15.0	5.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	37-43	10.0	30.0	65.0	55.0	25.0	15.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	44-57	0.0	20.0	65.0	65.0	35.0	15.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Natural	0	67.7		6.5		0.0		0.0		25.8	
	1-15	95.0		5.0		0.0		0.0		0.0	
	16-26	85.0		15.0		5.0		0.0		0.0	
	27-36	60.0		40.0		0.0		0.0		0.0	
	37-43	73.7		21.1		5.2		0.0		0.0	
44-57	80.0		20.0		0.0		0.0		0.0		

Ed, early developing stage; Ld, late developing stage; Rp, ripe stage; Ps, partially spawned stage; S/In, spent/inactive stage; F, fixed temperature; R, raised temperature.

실험구에서 방란과 방정이 관찰되었고, 그 반응을 20°C 온도 고정실험구와 25°C 온도상승 실험구에서 각각 80.0%와 56.7%를 나타내어 가장 높았다.

본 실험에서 온도고정실험구가 온도상승실험구보다 생식소 성숙이 빠른 것은 적산수온보다 수온 강도와 처리 시간에 따라 생식소 발달 차이를 보이는 것으로 생각된다 (Muranaka and Lannan, 1984).

요 약

참굴 양식에 필요한 종묘의 안정적인 확보를 위하여 1995년 11월부터 1996년 10월까지 경남 거제시 사등면 창호리 가조도와 경남 남해군 상주리 앞바다의 두 해역에서 채집한 참굴의 생식주기와 성성숙을 조사하였다.

두 해역에서 양성된 참굴은 연체부지수와 각부용적지수로 볼 때, 남해해역 참굴이 좋은 성장을 보였다. 참굴의 생식소 발달단계는 거제해역의 경우 초기발달기 12-5월, 후기발달기

4-7월, 완숙기 6-9월, 부분산란기 7-10월, 퇴화/휴지기 8-5월 이었고, 남해해역의 경우는 초기발달기 2-5월, 후기발달기 4-6월, 완숙기 5-8월, 부분산란기 6-10월, 퇴화/휴지기는 9-5월이었다. 완숙란은 50 μm 정도이었다. 거제와 남해해역의 참굴의 암컷에 대한 수컷의 성비는 두 지역 모두 1:1 (p > 0.05)의 경향을 보였다. 겨울철 수온변화에 따른 어미 굴의 성성숙 유도 결과, 20°C 온도고정 실험구에서 5주간 어미를 사육하였을 때, 개체의 80%가 성숙에 도달하였다. 생존율은 온도고정 실험구에서는 온도가 높을수록 낮았으며, 온도상승실험구의 어미 참굴의 생존율은 98.5% 이상을 보였으나 온도에 따른 생존율의 변화는 찾아볼 수 없었다.

REFERENCES

Agius, C., Jaccarini, V. and Ritz, D.A (1978) Growth trials of *Crassostrea gigas* and *Ostrea edulis* in inshore waters of Malta (Central Mediterranean). *Aquaculture*, **15**: 195-218.

Akashige, S. and Fushimi, T. (1992) Growth, survival,

- and glycogen content of triploid Pacific oyster *Crassostrea gigas* in the waters of Hiroshima, Japan. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **58**(6): 1063-1071.
- Askew, C.G. (1972) The growth of oyster, *Ostrea edulis* and *Crassostrea gigas*, in Ernsworth Harbour. *Aquaculture*, **1**: 237-259.
- Brown, J.R. and Hartwick, E.B. (1988) Influences of temperature, salinity and available food upon suspended culture of the Pacific oyster, *Crassostrea gigas*. I. Absolute and allometric growth. *Aquaculture*, **70**: 231-251.
- Chung, E.Y. and Ryou, D.K. (2000) Gametogenesis and sexual maturation of the surf clam *Macraa veneriformis* on the west coast of Korea. *Malacologia*, **42**(1-2): 149-163.
- Joseph, M.M. and Madhyastha, M.N. (1984) Annual reproductive cycle and sexuality of the oyster *Crassostrea madrasensis* (Preston). *Aquaculture*, **40**: 223-231.
- Kurashige, H. (1943) Seasonal variation in the weight and volume as well as the chemical composition of the soft body of *Tapes philippinarum* with special reference to its spawning. *Bulletin of Japanese Fisheries Experimental Station*, **8**: 115-140.
- Lannan, J.E. (1980) Broodstock management of *Crassostrea gigas*. I. Genetic and environmental variation in survival in the larval rearing system. *Aquaculture*, **21**: 323-336.
- Lannan, J.E., Robinson, A. and Breese, W.P. (1980) Broodstock management of *Crassostrea gigas*. II. Broodstock conditioning to maximize larval survival. *Aquaculture*, **21**: 337-345.
- Lim, D.B. Cho, C.H, and Kwon, W.S. (1975) On the oceanographic conditions of oyster farming area near CHUNGMU. *Journal of Korean Fisheries Society*, **8**: 61-67.
- Loosanoff, V.L. and Davis, H.C. (1963) Rearing of bivalve molluscs. *Advanced Marine Biology*, **1**: 1-136.
- Mann, R. (1979) Some biochemical and physiological aspects of growth and gamatogenesis in *Crassostrea gigas* and *Ostrea edulis* grown at sustained elevated temperatures. *Journal of Marine Biology Association U.K.*, **59**: 95-110.
- Muranaka, M.S. and Lannan, J.E. (1984) Broodstock management of *Crassostrea gigas*, environmental influences on broodstock conditioning. *Aquaculture*, **39**: 217-228.
- NOAA Technical Memorandum NOS ORCA 71. (1993) Sampling and analytical methods of the national status and trends program. Vol. II. Comprehensive descriptions of complementary measurements. pp. 11.45-11.62.
- Stephen, D. (1980) The reproductive biology of the Indian oyster *Crassostrea madrasensis* (Preston). II. Gametogenetic cycle and biochemical levels. *Aquaculture*, **21**: 147-153.
- 管原義雄, 森勝義, 竹内昌昭, 沼知健一, 松谷武成 (1994) カキポタテガイアワビー生技術關と聯研究領域. pp. 1-17. 恒星社厚生閣, 東京.
- 유성규, 김정성, 유명숙 (1971) 참굴의 채묘기술 확립에 관한 연구. pp.1-15, 과학처.