

큰가리비 (*Patinopecten yessoensis*) 의 수온 자극에 의한 조기 성성숙 유도과 발생

김영대¹, 이주¹, 민병화², 김미경¹, 김기승¹, 최재석³, 안원근⁴, 남명모¹

¹국립수산과학원 동해수산연구소, ²국립수산과학원 양식관리과, ³신라대학교 바이오식품소재학과, ⁴부산대학교 한의약전문대학원 약물의약부

Early Sexual Maturation Through Temperature Stimulation and Development of *Patinopecten yessoensis*

Young Dae Kim¹, Chu Lee¹, Byung Hwa Min², MeeKyung Kim¹, Gi Seung Kim¹, Jae-Suk Choi³, Won Gun An and Myung-Mo Nam¹

¹Aquaculture Industry Division, NFRDI, Gangneung 210-860, Korea

²Aquaculture Management Division, NFRDI, Busan 619-705, Korea

³Department of Bio-Food Materials, Silla University, Busan 617-736, Korea

⁴Department of Pharmacology, School of Korean Medicine, Pusan National University, Yangsan

ABSTRACT

Early sexual maturation through temperature stimulation was induced in female and male of yezo scallop. Gonadosomatic index (GSI) in female showed 9.12 ± 2.9 in January, 14.89 ± 2.9 in February and 21.3 ± 1.4 in March in experiment I. GSI in experiment I showed a significant increase ($P < 0.05$) and in experiments II and III were not show significant variations ($P > 0.05$). It also showed significant between the control and the experiments I, II, and III in February ($P < 0.05$) measurements. Experiment I has showed good results in sexual maturation and spawning when compared with other experiments II and III and the control. Histological observation showed that ovary condition was in a growing stage in all the experiments I, II, and III. In February, ovary condition through histological observation was a late mature stage in all the experiments I, II, and III except the control of a growing stage. GSI and gonad weight were 4.4 ± 0.88 and 2.8 g, respectively in November whereas it was 15.1 ± 2.8 , and 11.7 g, respectively in January and 21.7 ± 5.4 , and 19.4 g, respectively in February after rearing at a water bath of 12 °C depending on the condition of experiment I. It was possible early releasing of eggs and sperms of yezo scallop in February instead of the middle of April to the end of May being spawning period. Fertilized eggs have become a gastrula stage through a spiral cleavage and then become a trochophore larvae after 36 hours. After 10 days, D-shaped larvae have changed into an umbo stage larvae and attached to juveniles in the post larvae after 20-23 days.

Keyword : Scallop, *Patinopecten yessoensis*, Early sexual maturation, Water temperature stimulation, Development

서 론

우리나라의 가리비류는 큰가리비 (*Patinopecten yessoensis*), 비단가리비 (*Chlamys farreri*) 를 포함하여 13 종으로서 이중 한국에서 산업적으로 중요한 종은 큰가리비로 각장이 200 mm 까지 성장하는 대형종이다 (Oh *et al.*, 2008). 큰가리비의 서식장으로는 북위 35도 이상의 고위도로 우리나라 동해안, 일본의 북해도, 러시아의 동해 및 사할린에 주로 서식하며 서식 수심은 10-50 m가 주 서식 수심이나 최대 200 m까지 서식한다고 보고되어져 있다 (Oh *et al.*,

Received: October 22, 2014; Revised: December 20, 2014;
Accepted: December 24, 2014

Corresponding author : Myung-Mo Nam

Tel: +82 (54) 782-5497 e-mail: mmnam@korea.kr
1225-3480/24543

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License with permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproducibility in any medium, provided the original work is properly cited.

2008). 큰가리비의 좌각이 붉은 갈색으로 되어 있고 우각은 황백색으로 방사륜은 24-26개를 가진다 (Min, 2004). Oh *et al.* (2008) 에 따르면, 1971년 경북 영일만에서 900톤의 자연산 가리비가 생산되었으나 남획, 수온 변동 등의 원인으로 생산량이 감소하고 있는데, 가리비 생산량은 1997년 1,200톤의 최대 생산이후 2001년 대량폐사 이후 산업이 위축되어 2002년에는 59톤까지 생산량이 축소되었다 (Park, 1998).

큰가리비에 대한 연구로는 Yoo (1969) 의 먹이와 성장에 관한 보고 이후 Lee and Chang (1977), Yoo *et al.* (1979) 의 자연채묘에 관한 연구와 Pyen and Rho (1978), Kang *et al.* (1982) 의 인공종묘 생산에 관한 기초연구가 있고, 산란유발 (Kang *et al.*, 1982, Kang *et al.*, 1996), 생식주기 (Chang *et al.*, 1997), 중간육성 (Park *et al.*, 2000), 성장 (Park, 1998, Park *et al.*, 2001), 소화맹낭의 계절적 변화 (Chang, 1991) 의 선행 연구가 있다. 비단가리비에 대해서는 종묘생산 (Park *et al.*, 2005), 소화맹낭 (Chung *et al.*, 2005), 생식세포 분화 및 생식주기에 관한 연구 (Park *et al.*, 2008) 가 있으며, 동해 특산 품종인 고랑가리비 종묘생산 (Lee *et al.*, 2013) 에 관한 연구가 있다. 이런 다수의 연구에도 불구하고 실내에서 어미를 사육 관리하여 성성숙을 유도하여 조기에 종묘 생산하는 기술에 관한 연구는 없는 실정이다. 4-5월의 자연산란기를 이용하여 종묘생산 및 판매까지 약 22-24개월이 소요되어 경영 효율 악화의 원인이 되고 있으므로 조기종묘 생산은 고성장이 이루어지는 봄철 기간부터 바다양성이 가능하여 가리비 양식에 많은 도움이 될 수 있다. 본 연구는 실내에서 큰가리비 성패를 수온조절로써 성성숙을 유도하여 산란을 유도한 결과와 환경에 따른 큰가리비의 생식소 구조 변화 등을 밝혀 큰가리비 조기종묘 양식에 활용하고자 한다.

재료 및 방법

1. 큰가리비 성패 사육관리

어미 사육에 필요한 먹이생물은 *Isochrysis galbana*, *Chaetoceros calcitrans*, *Pavlova lutherii*, *Phaeodactylum tricornutum*을 1일 2회 ml당 5,000,000 cells 기준으로 2:1:1로 혼합하여 공급하였다. 사육 수조의 청소는 매주 1회 바닥의 저질을 사이폰으로 완전 제거하였다. 환수는 1일 50%를 실시하고 에어 공급을 하며 먹이생물 사육을 실시하였다. 광도는 형광등을 이용하여 약 1000 lux, 광주기는 14L:10D를 유지하였다.

2. 사육 수온에 따른 생식소지수 조사

수온에 따른 큰가리비의 성성숙 유도를 구명하기 위하여 각 장 10-12 cm 를 5톤 수조에 500마리를 수용하였다. Fig. 1과

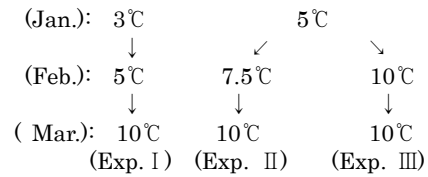


Fig 1. The design of water temperature shock experiment on target adult scallop.

같이 실험구 I 의 사육수온은 3°C → 5°C → 10°C, 실험구II는 5°C → 7.5°C → 10°C, 실험구III은 5°C → 10°C → 10°C로 아래와 같이 3단계로 구분하여 수온을 상승시켰다. 온도 조절에 사용된 장치는 아쿠아트론과 보일러를 사용하였으며, 이때 자연수온구 (대조구) 는 11월 13.2°C, 12월 10.6°C, 1월 6.8°C, 2월 3.4°C, 3월 5.6°C 이었다. 통계처리는 ANOVA test를 실시하였으며 사후 분석은 Duncon을 사용하였다.

생식소지수 (GSI) 는 각 20마리씩 조사하였다. 버니어캘리퍼스 (CD-15APX, Mitutoyo, Kawasaki city, Japan) 로 전장을 측정하였으며 전자저울 (CAS, Seoul, Korea) 로 전중량을 측정하였다. 생식소지수는 아래와 같이 계산하였다.

$$\text{생식소지수 (GSI)} = \text{생식소중량} / \text{육중량} \times 100$$

시험구별 가리비 생식소는 10% 중성포르말린에 고정하였고, 파라핀으로 포매하여 5 μm 두께로 절편한 후, haematoxylin-eosin으로 염색하여 광학현미경 (Axioskop 2 plus: Carl Zeiss, Jena, Germany)과 화상분석시스템 (Axio Vision Rel., Ver 4.6, Germany) 으로 관찰하였다.

3. 큰가리비 성패의 조기 성숙유도

선행 연구에서 수온을 단계별로 상승한 시험구가 성성숙에 좋은 결과를 보인 것을 검토하여 아쿠아트론을 이용하여 수온을 3 ± 0.5°C로 유지한 수조에 어미는 300 마리를 11월 말경에 수용하였다. 12월 말경에 수온을 5 ± 0.5°C, 보일러를 이용하여 1월에 12 ± 1°C 로 수온 변화를 주었다. 환수는 1일 50%를 실시하였고 정치 사육하였으며 광량은 3,000 lux로써 정치사육하였다. 이때의 각각의 평균치의 각장은 106.0 μm, 각고는 108.9 μm, 각폭은 28.4 μm, 전중량은 141.8 g 있으며, 생식소 중량은 평균 2.8 g 이었다 (Table 1). 사육수의 10월 수온은 17.2°C, 11월에 14.6°C 이었으나 1월에 7.7°C로 변화하였다.

암컷의 생식소는 분홍색, 수컷은 유백색임을 감안하여 사육 수조에서 외부로 노출시 패각이 벌어지는 틈을 이용하여 암수를 구분하였다. 산란 자극 방법으로는 햇빛에 1시간 동안 노출시키는 간출자극법을 사용하였으며, 사육수는 1 μm 필터로 여과한 후 자외선을 조사하여 사용하였다. 암컷 100마리를 1톤 수조에 수용하고 수컷 20마리는 다른 수조에 수용하여 암

Table 1. The morphological condition of the target adult scallop.

Contents	Shell length (μm)	Shell height (μm)	Shell width (μm)	Total weight (g)	Gonad weight(g)
Mean	106	108.9	28.4	141.8	2.8
Maximum	116.4	122.8	35.2	188.8	4.9
Minimum	81.2	91.6	25.1	113.7	1.9

수의 방란과 방정을 유도한 후 약 1시간 후 산란행위가 줄어들면 어미를 제거하고 수정 후 30 μm Muller gauze 를 사용하여 수정란을 약 3차례 정도 세척 후 사육 수조에 수용하였다. 이때 수정란의 수용 밀도는 10개체/ml 이었다.

부화후 4일부터 먹이생물은 *Isochrysis galbana*, *Chaetoceros calcitrans*, *Pavlova lutherii*, *Phaeodactylum tricorutum*을 초기에는 50,000 cells/ml 를 공급하였으며 D상 이후 수용 밀도는 6-7개체/ml 였다.

결과 및 고찰

1. 수온에 따른 생식소 지수 변화

우리나라 큰가리비 양식 역사는 1970년대 포항시 영일만에 서 자연 개체군에서 산란된 유생 천연 채묘에 관한 시험 이후 국립수산물과학원에서 1989년 종묘생산에 관한 연구가 시작되었다 (Oh *et al.*, 2008). Oh *et al.*(2008) 의 보고에 따르면, 큰가리비의 대량생산 기술이 본격화 되어 1997년 1,200톤을 생산하였으나 수온 변동의 원인으로 2002년 59톤을 생산되었다. 큰가리비의 자연 성숙 과정을 보면, 강원연안의 경우 연중 최저수온 (2월 하순) 이 점차 상승하는 3월 초순부터 생식소가 발달하기 시작하여 수온 8.0-11.5 $^{\circ}\text{C}$ (산란임계온도 8 $^{\circ}\text{C}$) 전후인 3월 중순에서 5월 중순까지 2-3회에 걸쳐 산란이 이루어진다. Oh *et al.* (2008) 의 연구에 따르면 중국산 큰가리비 어미의 생식소지수는 2월 17.24 \pm 3.69, 3월 중순 20.16 \pm 4.85 이었고 일본산은 4월에 최고값을 보였다 (Maru, 1978). 반면에 국내산의 경우 2월 6.93 \pm 1.94, 3월 중순 10.83 \pm 1.66이

었다. Park *et al.* (1998) 의 연구결과에서는 국내산 4월에 최대치를 보였다고 밝혀 중국산이 국내산 및 일본산에 비해 성숙 및 산란 시기가 빠름을 알 수 있다. 이러한 원인은 발해만의 수온이 우리나라 보다 수온의 하강 속도와 상승 속도가 훨씬 큰 가리비의 성숙과 산란이 빠른 것으로 판단된다 (Oh *et al.*, 2008). 따라서 국내산의 경우 2월에 조기 산란은 어렵다는 점이 밝혔다. 그러므로 조기 성숙 유도 및 산란을 위해서는 인위적인 환경조절을 통하여 조기 산란 유도가 필요한 실정이다. 본 연구의 결과인 수온조절에 의한 큰가리비의 생식소 발달을 조사한 결과, 암컷 GSI 경우 1월에 실험구 I 가 9.12 \pm 2.9, 2월에 14.89 \pm 2.9, 3월에 21.3 \pm 1.4로 지속적으로 상승하였다. 시험구 II도 1월 9.05 \pm 1.6, 2월 12.85 \pm 1.8, 3월 16.3 \pm 1.4로 나타났다. 시험구 III은 1월 8.16 \pm 1.0, 2월 13.64 \pm 3.0, 3월 17.8 \pm 2.2로 나타났다. 2월에 시험구 I, II, III과는 유의차가 없었으나 (P > 0.05), 시험구와 대조구와는 유의차가 있었다 (P < 0.05). 대조구 시험구는 1월 5.56 \pm 1.0, 2월 8.58 \pm 2.6, 3월 14.01 \pm 1.5의 결과를 나타내었다. 시험구 I 은 지속적으로 성숙하여 산란 가능한 범위로 성숙 및 산란하였으나, 시험구 II, III은 산란 가능한 범위로 성숙이 되지 못하여 산란되지 않았다. 따라서 시험구 I 이 가장 좋은 결과를 보였으며 타 시험구와 비교했을 때 유의하게 높았다 (P < 0.05). 수컷 GSI는 1, 2월에 시험구와 대조구와의 유의차가 없었으나 (P > 0.05), 3월에 시험구 I, II, III 생식소 지수가 각각 19.63 \pm 1.6, 17.21 \pm 1.1, 16.9 \pm 1.5로 나타나 1번 시험구가 가장 높았으며 방정도 가능하였으나 다른 시험구는 방정되지 않았다. 2월에는 시험구별 유의한 차이를 나타내지 않

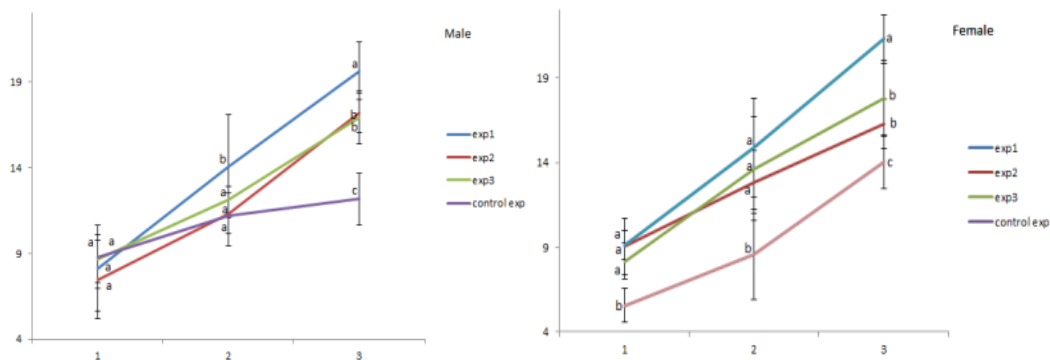


Fig. 2. The variations of the gonadosomatic index (GSI) in female (left) and male (right) of *P. yessoensis*.

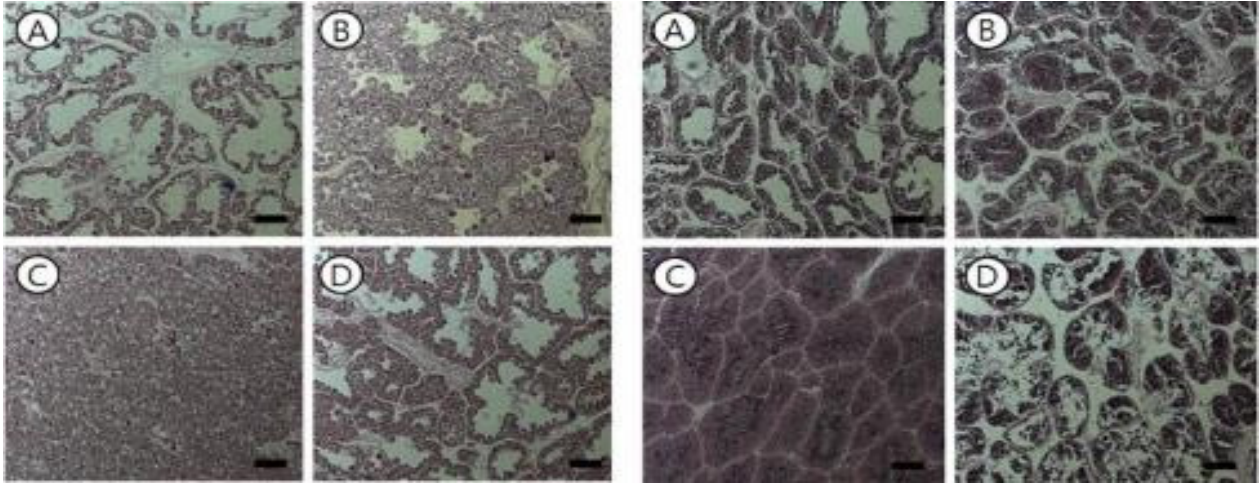


Fig. 3. The development of ovary (left) and spermary (right) by control of water temperature in the scallop of *P. yessoensis* in January **A:** control, **B:** experiment I, **C:** experiment II, **D:** experiment III. Scale bar = 100 μ m.

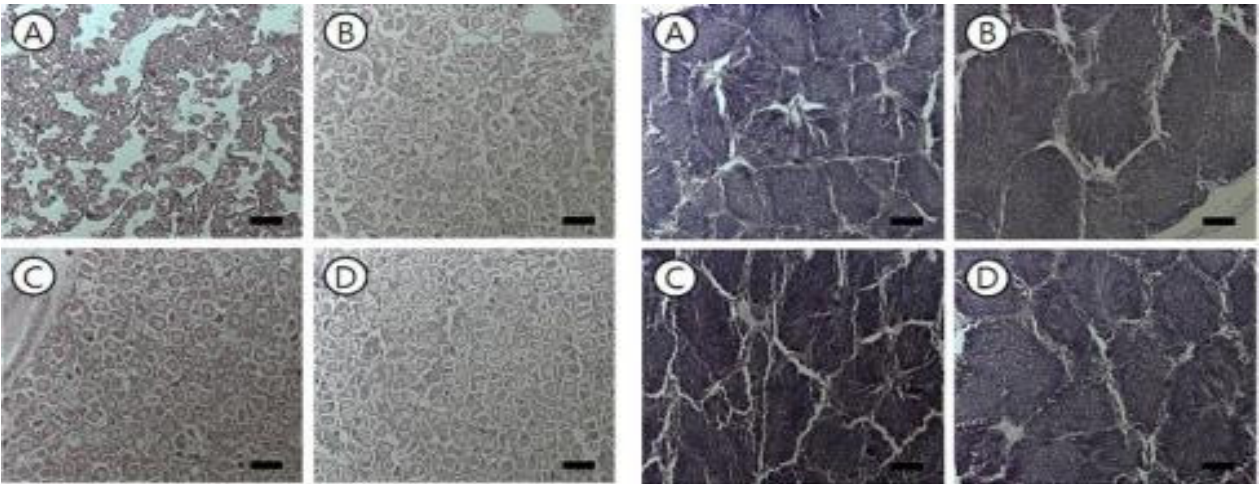


Fig. 4. The development of ovary (left) and spermary (right) by control of water temperature in the scallop of *P. yessoensis* in February **A:** control, **B:** experiment I, **C:** experiment II, **D:** experiment III. Scale bar = 100 μ m.

았으나 ($P > 0.05$, Fig. 2) 3월에는 시험구별 유의차가 나타났다 ($P > 0.05$).

2. 수온에 따른 생식소 조직변화

조직학적 관찰을 통해 생식소 발달을 조사한 결과, 1월에는 모든 시험구의 큰가리비 난소가 성장기 (growing stage) 단계로 확인되었다 (Fig. 3). 난소 소낭벽에 다양한 크기의 난모세포들이 관찰되어 난모세포의 수는 실험구II, 실험구 I, 실험구 III 및 대조구 순으로 많았다. 2월에는 대조구 난소가 성장후기 단계였으며, 실험구 I, II 및 III은 모두 성숙기 (mature stage) 로 확인되었다 (Fig. 4). 3월에는 대조구 및 실험구 I 의 난소는 성숙기 단계이었으나, 실험구II 및 III은 산란기로 나타났다 (Fig. 5).

정소의 경우, 1월에 대조구는 초기 성장기, 실험구 I 및 III 은 성장기였으나 실험구II는 성숙기로 확인되었다 (Fig. 3). 2월에는 모든 실험구에서 성숙기로 나타났다 (Fig. 4). 3월에는 대조구의 정소가 성숙기였으나 실험구 I, II 및 III은 산란기로 관찰되었다 (Fig. 5). 생식세포를 전자현미경으로 관찰한 결과 대조구는 성장기 난모세포로 난소소낭으로부터 영양물질을 공급받으며 성장하였다. 또한 전자밀도가 높은 인 (nucleolus, NU) 을 가진 핵 (nucleus, N) 이 이중의 단위막으로 둘러싸여 있었다. 실험구II의 성숙 난모세포로 세포질에는 다량의 난황과립 (yolk granule, YG) 이 관찰되었으며, 세포질 바깥쪽은 미융모 (microvilli, MV) 로 이루어진 난황막 (vitelline envelope, VE) 으로 둘러싸여 있었다 (Fig. 6).

정소내 생식세포의 경우 대조구에서는 정모세포 단계였으

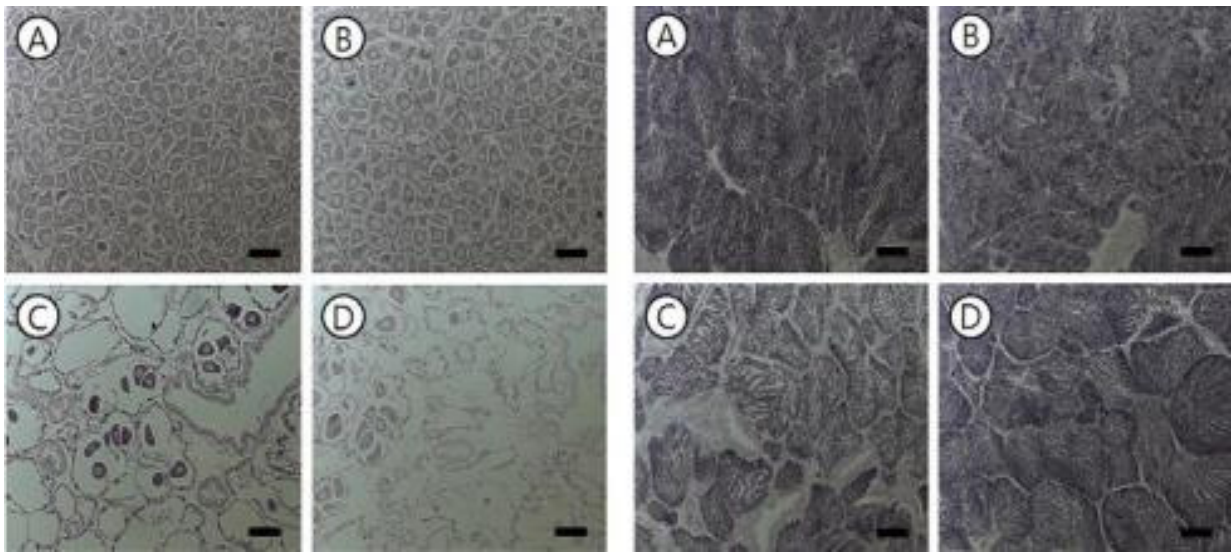


Fig. 5. The development of ovary (left) and spermary (right) by control of water temperature in the scallop of *P. yessoensis* in March **A:** control, **B:** experiment I, **C:** experiment II, **D:** experiment III. Scale bar = 100 μ m

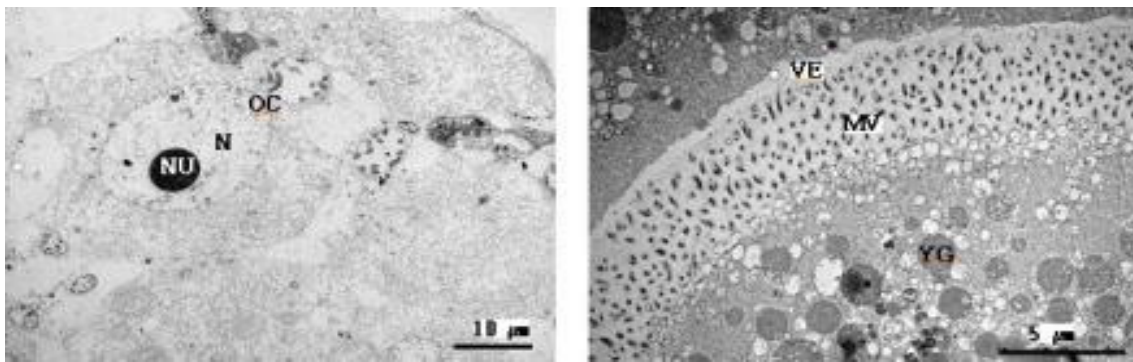


Fig. 6. The electron micrographs of vitellogenic oocyte of *P. yessoensis* (February). **Left:** control, **Right:** experiment II, OC; oogonium, N; nuclear, NU;nucleolus, MV:multivesicular, VE: vitelline membrane, YG: yolk granule.

며, 핵내에는 염색질의 응축이 활발이 이루어지고 있었다. 실험구II에서는 대부분 변태를 완료한 정자들이 관찰 되었다. 이 때 관찰한 큰가리비의 정자는 머리, 중편 및 꼬리로 구성되어 있었으며, 치밀한 핵질로 충만한 원추형 머리의 길이는 약 3.3 μ m였으며, 그 선단에 화살촉 모양의 침체 (acrosome, AC)가 존재하였다. 침체는 침체막으로 싸여 있었으며, 그 아래에는 구형액틴이 존재하고 있었다 (Fig. 7).

3. 조기 성성숙 유도 및 발생

이매패류의 생식소 발달 및 성숙은 수온 (Turner and Hanks, 1960; Sastry, 1966, 1968), 먹이생물 (Sastry, 1966, 1968), 일조시간 (Simpson, 1982) 등과 관련이 있으나 해역의 환경에 따라 생식소의 발달이 달라진다 (Chang, 1991), 큰가리비는 매우 낮은 온도에서도 성숙이 진행된다고

알려져 있다 (Chang *et al.*, 1985). 이러한 연구결과는 중국 산 가리비의 서식 장소인 황해의 겨울철 수온이 3-5 $^{\circ}$ C 이나 산란 가능한 생식소지수가 약 20 이어서 연구 결과를 뒷받침하고 있다. 또한 Chang *et al.* (1985) 의 연구 결과에 따르면 고수온기인 9월, 20 $^{\circ}$ C 자연산 어미로는 2-3월 조기 성성숙 및 산란을 할 수가 없으므로 우리는 실내에서 해수온도를 자연 수온보다 높여 12 $^{\circ}$ C를 유지하면서 먹이는 *Nitzschia closterium*, *Pavlova lutheri*, *Isochrysis galbana*, *Chaetoceros calcitrans* 및 *Tetraselmis suecica* 를 혼합하여 100,000cells/ml 1일 3회 공급하였다. 먹이 공급후에는 2시간 동안 해수 공급을 중단하였으며 공기를 충분히 공급하였다. 온도를 가온하여 12 $^{\circ}$ C를 유지하면서 실내에서 어미 사육관리가 가능해 졌고 또한 조기 성성숙이 유도되어 2월에도 산란이 가능하였다.

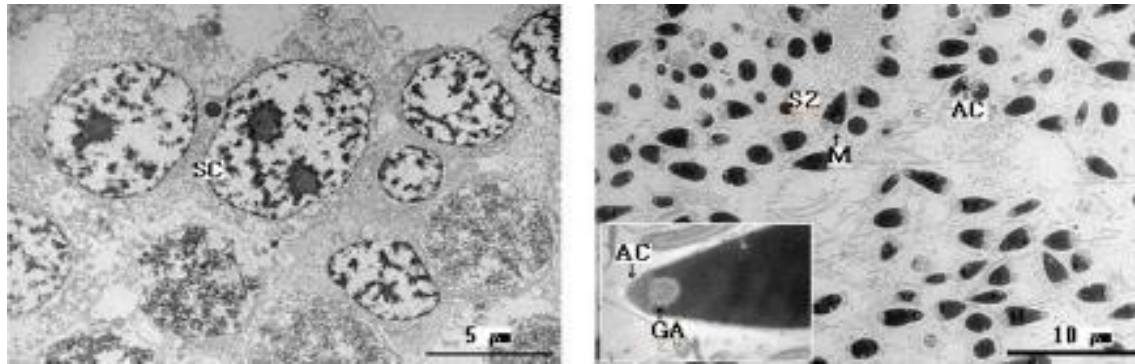


Fig. 7. The development of ovary (left) and spermary (right) by control of water temperature in the scallop of *P. yessoensis* in February. AG: acrosome granule, M: mitochondria.

Table 2. Monthly variations of gonadosomatic index (GSI) in female of *P. yessoensis*, by water temperature stimulation from November 2013 to February 2014.

Contents	2013.11	2013.12	2014.1.10	2014.1.21	2014.2.7
GSI	4.4 ± 0.8	9.8 ± 1.4	15.1 ± 2.8	17.0 ± 3.4	21.7 ± 5.4
Gonad weight(g)	2.8	7	11.7	12.8	19.4

Table 3. Spawning outputs from early sexual maturation through water temperature stimulation of *P. yessoensis*.

Spawning day	No. of adults	Mean no. of spawned eggs(10 ³)/Ind.	Hatching rate (%)	Appearance rate (%) of D-shaped larvae
2014.2.12	100 Female + 20 Male	1,500	87.2	92.4

점진적 수온 변화에 따른 조기 성성숙 유도 결과, 생식소지수는 Table 2와 같이 변화되었다. 11월에 생식소 지수 및 생식소 중량은 각각 4.4 ± 0.88, 2.8 g 이었으나 1월에 15.1 ± 2.8, 11.7 g, 2월에 21.7 ± 5.4, 19.4 g으로 급격히 생식소지수가 증가되었다. 2월에 산란유도를 통하여 방란방정을 실시하였으며 수정란을 확보할 수 있었다.

Oh *et al.* (2008) 의 연구 결과에 따르면 중국산 어미의 산란량은 1,860천개, 부화율 85.6%, 비율이 77.8% 이었다. 반면에 조기성성숙 유도한 본 연구 결과에서는 산란량에서는 1,500천개로 적은 반면에 부화율은 87.2%로 높고 D상 도달 비율도 92.4%로 좋은 결과를 보였다 (Table 3).

조기종묘를 생산하기 위하여 수정란과 유생을 16 ± 0.5°C에서 부화, 사육하였으며, 유생먹이는 식물성 플랑크톤인 *N. closterium*, *P. lutheri*, *I. galbana*, *C. calcitrans* 및 *T. suecica* 등을 혼합하여 공급하였다. 수온 16 ± 0.5°C에서 수정란은 나선상 난할 (spiral cleavage) 을 시작하여 낭배기 (gastrula stage) 를 거쳐 약 1.5일 후에는 담륜자 (trochophore) 유생이 되어 부상 유평하고, 이 때부터 먹이섭식을 시작하였다. 수정 2일 후에는 편모를 가진 초기 피면자

(early veliger) 인 경첩모양의 D형 유생기 (D-shaped larva) 가 시작되고, 약 10일 후에는 초기원각 (prodissoconch shell) 을 형성하여 각정기 유생기 (umbo stage larva) 가 시작되며 각정 (umbones) 이 형성되었다 (Fig. 8). 이후 각정기 유생은 성숙하여 약 20-22일 후에는 240-280 μm 크기의 대형 부유유생이 되어 섬모가 있고 발 (foot) 과 안점 (eye spot) 이 뚜렷하게 나타나는 pediveliger 시기를 2-3일 동안 거쳤으며, 수정 후 20-23일 후에는 팔사나 경심망 등의 기질에 부착하여 부착치패가 되었다. 유생의 성장 과정 동안 각장 (SL) 에 대한 각고 (SH) 의 성장은 직선적이었으며, 상대 성장식은 SH = 0.9646SL + 23.9 (r² = 0.9673) 였다 (Fig 9).

따라서 큰가리비 유생은 수온 16 ± 0.5°C에서 22 ± 2일간의 부유유생 시기를 거치므로 채묘 시기는 안점이 나타나고 발이 출현하는 유생이 50% 정도 출현하는 시기인 20-24일경에 채묘기를 투입하는 것이 가장 이상적인 것으로 판단된다. Park *et al.* (2001) 의 연구 결과에 따르면 큰가리비의 자연 산란기인 4월에 난발생 시험 결과로는 난경은 77.3 ± 2.7 μm의 분리부성란으로 제 1극체와 제 2극체를 방출후 2세포기로

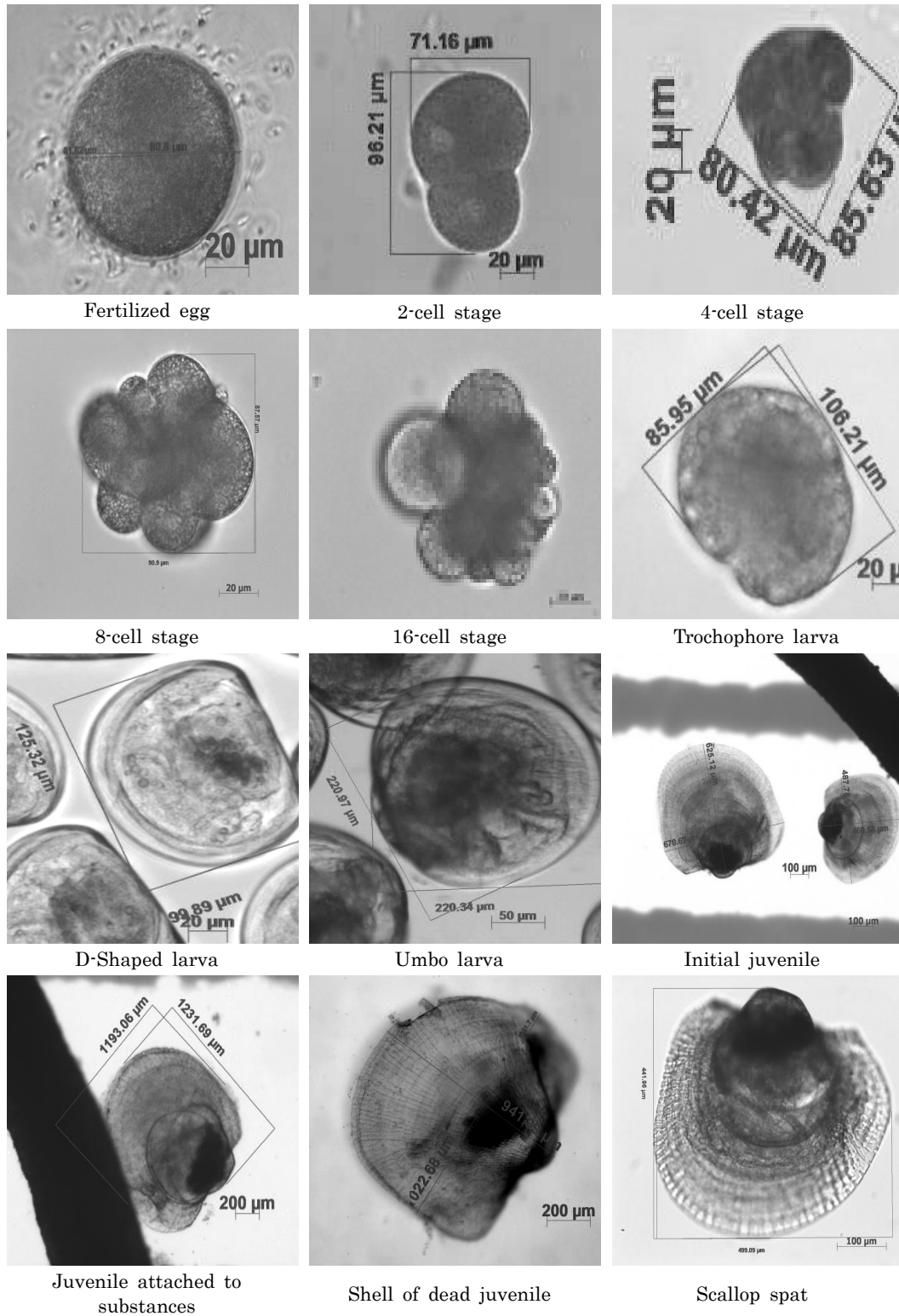


Fig. 8. The embryonic development and larval growth in the larvae of the scallop *P. yessoensis*.

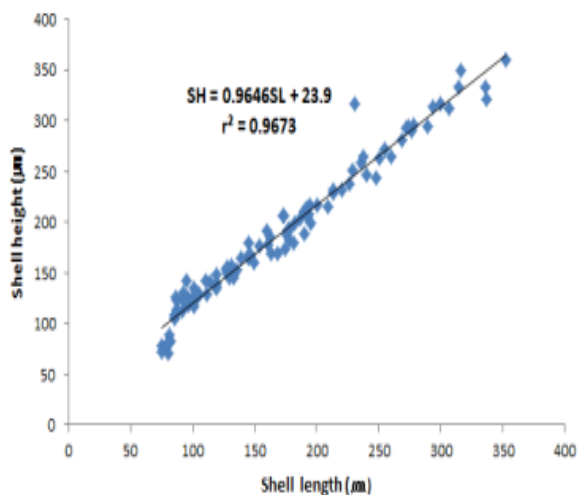


Fig. 9. Relative growth between shell length and shell height of the larvae of the scallop, *Patinopecten yessoensis*.

발생하였다. 수온 15°C에서 수정 후 60시간 후에 각장 117 ± 3 μm로 발생하였다. 본 연구에서 실내 성성숙 유도 및 조기 종묘 생산 기술개발 결과, 큰가리비 종묘생산은 2월경에 채란하여 유생을 사육한 후 3월경에 채묘하고 4월경에 바다로 이식하므로 이식 이후 어린치패가 부착하여 성장하는 기간이 늘어나서 수확 시점인 각장 10-15 cm의 큰가리비를 기존의 22-24개월에서 20개월로 단축할 수 있어 양식 효율에 매우 긍정적으로 작용하였다. 이러한 결과는 조기종묘가 수온이 상승하는 시점인 6월경이 아닌 4월에 바다에 가이식 및 중간양생으로 생존율이 향상된 것으로 판단된다.

요 약

본 연구의 결과인 수온조절에 의한 큰가리비의 생식소 발달을 조사한 결과, 암컷 생식소지수 (GSD) 경우 1월에 실험구 I 가 9.12 ± 2.9, 2월에 14.89 ± 2.9, 3월에 21.3 ± 1.4로 지속적으로 상승하였다. 2월에 실험구 I, II, III파는 유의차가 없었으나 (P > 0.05), 실험구와 대조구와는 유의가 있었다 (P < 0.05). 실험구 I 은 지속적으로 성숙하여 산란 가능한 범위로 성성숙 및 산란하여 가장 좋은 결과를 보였으며 타 시험구와 유의하게 높았다 (P < 0.05). 조직학적 관찰을 통해 생식소 발달을 조사한 결과, 1월에는 모든 실험구의 큰가리비 난소가 성장기 (growing stage) 단계로 확인되었다. 2월의 대조구 난소는 성장후기 단계였으며, 실험구 I, II 및 III은 모두 성숙기 (mature stage) 로 확인되었다. 어미의 실내 성성숙 유도를 위하여 수온 12°C를 유지한 결과, 11월에 생식소 지수 및 생식소 중량은 각각 4.4 ± 0.88, 2.8 g 이었으나 1월에 15.1 ±

2.8, 11.7 g, 2월에 21.7 ± 5.4, 19.4 g으로 급격히 생식소 지수가 증가되어 2월에 방란, 방정이 가능하여 자연 산란군보다 2-3개월의 조기 산란 유도가 가능하였다. 수온 약 16°C에서 수정란은 나선상 난할 (spiral cleavage) 을 시작하여 낭배기 (gastrula stage) 를 거쳐 약 1.5일 후에는 담륜자 (trochophore) 유생이 되어 부상하여 유행하였다. 약 10일 후에는 초기원각 (prodissoconch shell) 을 형성하여 각정기 유생기 (umbo stage larva) 가 시작되며 각정 (umbones) 이 형성되었다. 이후 각정기 유생은 성숙하여 수정 후 20-23일 후에는 팜사나 경심망 등의 기질에 부착하여 부착치패가 되어 조기 종묘 생산이 가능하였다.

사 사

본 연구는 국립수산물학원 연구과제 『가리비 인공종묘 대량생산 및 산업화 (14AQ62)』 의 연구비 지원에 의해 수행되었으며 실험과제에 많은 도움을 주신 최선화, 김기식, 김유리에게 감사의 말씀을 드립니다.

REFERENCES

Chang, Y. J., Mori K. and Nomura, T. (1985) Studies on the scallop, *Patinopecten yessoensis*, in sowing cultures in Abashiri waters- Reproductive periodicity. *Tohoku J. Aquacult. Res.*, **35**: 91-105.

Chang, Y. J. (1991) Seasonal variations of digestive diverticula in the scallop, *Patinopecten yessoensis*. *Korean J. Aquacult.*, **4**: 19-30.

Chang, Y. J., Lim, H. K. and Park, Y. J. (1997) Reproductive cycle of the cultured scallop, *Patinopecten yessoensis* in eastern waters of Korea. *J. Aquacult.*, **10**: 133-141.

Chung, E. Y., Park, Y. J., Lee, J. Y. and Ryu, D. K. (2005) Germ cell differentiation and sexual maturation of the hanging cultured female scallop *Patinopecten yessoensis* on the east coast of Korea. *J. Shellfish. Res.*, **24**: 913-921.

Kang, H. W., Cheong, S. C., Lee, J. K., Jo, Y. J. and Chang, J. W. (1982) The study on the artificial seed production of scallop *Patinopecten yessoensis* (Jay) in the hatchery. *Bull. Fish. Res. Dev. Agency*, **30**: 111-118.

Kang, K. H., Baik, K. K., Chang, Y. J. and Yoo, S. K. (1996) Spawning induction according to stimulating treatment and spat rearing of scallop, *Patinopecten yessoensis*. *Korean J. Malacol.*, **12**: 99-104.

Lee, J., Kim, Y. C., Kim G. S. and Nam, M. M. (2013) Development and growth in fertilized eggs and larvae of Korea swift's scallop *Chlamys swiftii* reared in the laboratory. *Korean J. Malacol.*, **29** (4): 263-272.

Lee, B. H. and Chang, S. I. (1977) A study on the

- culture of scallop *Patinopecten yessoensis* (Jay). (1). Experiment on spat collection and culture by hanging in the eastern coast of Korea. *Bull. Fish. Res. Dev. Agency*, **16**: 165-178.
- Maru, K. (1978) Studies on the reproduction of a scallop, *Patinopecten yessoensis* (Jay) -2 Gonad development in 1-year-old scallops. *Sci. Rep. Hokkaido Fish. Exp. Stat.*, **18**: 9-26.
- Min, D. G. (2004) Mollusks in Korea. Min Molluscan Institute, pp. 1-550.
- Oh, B. S., Lee, J. Y., Park, S. K., Lee, J. and Jo, Q. T. (2008) A study on the production of artificial Seed and intermediate culture for attached spats of the Chinese stock of a scallop, *Patinopecten yessoensis*. *Korean J. Malacol.*, **24** (2): 153-159.
- Park, Y. J. (1998) Biological studies on aquaculture of the scallop, *Patinopecten yessoensis* (Jay). Doctor thesis Jeju Nat. Uni., 187pp.
- Park, Y. J., Rho, S. and Lee, J. Y. (2000) Intermediate culture of the scallop, *Patinopecten yessoensis*, in the east coast of Korea. *J. Aquacult.*, **13** (4): 339-351.
- Park, Y. J., Rho, S. and Lee, C. S. (2001) Growth of the scallop, *Patinopecten yessoensis*, in the east coast of Korea. *J. Aquacult.*, **14** (3): 181-195.
- Park, K. Y., Kim, S. K. Seo, H. C. and Ma, C. W. (2005) Spawning and larval development of the Jicon scallop, *Chalymys farreri*, *Korean J. Aquacult.*, **18** (1): 1-6.
- Park, K. Y. and Lee, K. Y. (2008) Germ cell differentiations during oogenesis and reproductive cycle in female jicon scallop, *Chlamys farreri* on the west coast of Korea. *Dev. Reprod.* **12** (2) : 195-202.
- Pyen, C. K. and Rho, Y. G. (1978) Studies on the early development and spat collection of *Patinopecten yessoensis* (Jay) under laboratory conditions. *Bull. Nat. Fish. Res. Dev. Agency*, **20**: 141-155.
- Sastry, A. N. (1966) Temperature effects in reproduction of the bay scallop, *Aquiptecten irraadians* Lamarck. *Biol. Bull.*, **130**: 118-134.
- Sastry, A. N. (1968) Relationships among food, temperature and gonad development of the bay scallop, *Aquiptecten irraadians* Lamarck. *Physiol. Zool.*, **41**: 44-53.
- Simpson, R. D. (1982) Reproduction and lipids in the sub-Antartic limpet, *Nacella (Patinigera) mac-quariensis* Finlay, 1927. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, **56**: 33-48.
- Turner, H. and Hanks J. H. (1960) Experimental stimulation of gametogenesis in *Hydroides dianthus* and *Pecten irradians* during the winter. *Biol. Bull.*, **119**: 145-152.
- Yoo, S. K. (1969) Food and growth of the larvae of certain important bivalves. *Bull. Pusan Fish. Coll.*, **9**: 65-87.
- Yoo, S. K., Kim, Y. U. and Park, K. Y. (1979) Improvement of the method of seed scallop production. *Bull. Pusan. Fish. Coll.*, **19**: 55-62.