

## 동해 남부해역에서 양식된 해만가리비 (*Argopecten irradians*) 의 성장 특성

김영대<sup>1</sup>, 이주<sup>1</sup>, 심정민<sup>2</sup>, 김기승<sup>1</sup>, 최재석<sup>3</sup>, 남명모<sup>1</sup>

<sup>1</sup>국립수산과학원 동해수산연구소 해역산업과, <sup>2</sup>동해수산연구소 자원환경과, <sup>3</sup>신라대학교 바이오산업학부

### Growth Characteristics of Bay Scallop (*Argopecten irradians*) reared in the Southern East Sea

Young Dae Kim<sup>1</sup>, Chu Lee<sup>1</sup>, Jeong Min Shim<sup>2</sup>, Gi Seung Kim<sup>1</sup>, Jae-Suk Choi<sup>3</sup> and  
Myung-Mo Nam<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Aquaculture Industry Division, ESFRI, Gangneung 210-860, Korea

<sup>2</sup>Fisheries Resources and Environment Division, ESFRI, Gangneung 210-860, Korea

<sup>3</sup>Division of Bioindustry, Silla University, Busan 617-736, Korea

#### ABSTRACT

Bay scallop (*Argopecten irradians*) has been farmed only in the South Sea of Korea. East Sea Fisheries Research Institute (ESFRI) has developed bay scallop aquaculture technologies to extend its aquaculture area to the Southeast Sea of Korea. For the artificial spawning, the water temperature was maintained at 23°C. Over 100,000,000 eggs were spawned through artificial spawning inductions, such as air exposure and thermal shock by rising the water temperature. The fertilization rate was over 91% with nearly 94,000,000 fertilized eggs. The shape of fertilized eggs was spherical with an average diameter of  $61.7 \pm 0.05 \mu\text{m}$  (54.1-67.4  $\mu\text{m}$ ). Five days after fertilization, the eggs developed into prodissoconch shell, and continuously grew into umbo stage and then umbones stage. After 8 days of fertilization, the size of larva became  $179.7 \pm 8.4 \mu\text{m}$  on average (150.4-204.8  $\mu\text{m}$ ), and the larva formed a foot and an eye spot. The larvae grew to  $235.4 \pm 9.7 \mu\text{m}$  in 10 days and attached to adherence material, becoming juvenile bay scallop. The shells grew from 22.71 mm to 72.40 mm in 6 month (June-December). The total weight increased from 2.0 g to 32.7 g at the same period. The daily growth rates of young scallop were  $0.35 \text{ mm d}^{-1}$  (Apr. to Jun.) and  $0.41 \text{ mm d}^{-1}$  (Jun. to Aug.), which were comparable to those found in the South Sea. These findings suggest that the bay scallop aquaculture may be suitable in the Southeast Sea of Korea and may provide an additional crop to aquaculturists.

**Keyword** : Seed production, Aquaculture, *Argopecten irradians*, Growth, Water temperature, Southern East Sea

#### 서 론

국내 가리비과 (Pectinidae) 에는 24종이 서식하고 있다고

Received: June 15, 2015; Revised: June 22, 2015;  
Accepted: June 29, 2015

Corresponding author : Myung-Mo Nam

Tel: +82 (33) 660-8544 e-mail: mmnam@korea.kr  
1225-3480/24572

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.

보고되어 있으며 (Lee and Min, 2002), 산업적으로 주요 종은 큰가리비, 비단가리비, 해만가리비가 있다 (Oh *et al.*, 2003). 우리나라에서 주요 양식종인 해만가리비 (*Argopecten irradians*) 는 멕시코만이 원산지로 *A. irradians irradians* (Lamarek), *A. irradians concentricus* (Say), *A. irradians amplicustatus* (Dall) 의 3개 아종이 있다 (Oh *et al.*, 2003). 해만가리비는 1996년 국립수산과학원 남서해수산연구소에서 국내 이식하여, 실내 인공종묘 생산 연구와 동절기 성장 연구를 수행하였다 (Oh *et al.*, 2000). 이후로, 해만가리비의 양식 수심이 성장에 미치는 영향 (Oh *et al.*, 2002), 해만가리비 생식주기 (Oh *et al.*, 2002), 해만가리비의 해역에

따른 성장 연구 (Oh *et al.*, 2003), 해만가리비 유생 및 치패의 발생 특성 연구 (Oh *et al.*, 2003) 등이 보고되었다. 중국은 1982년 해만가리비를 미국에서 이식하여 산업화에 성공하였다 (Oh *et al.*, 2003). 외국의 해만가리비 연구 사례를 보면, 해양환경에 따른 성장 연구 (Kirby-Smith, 1972), 먹이생물이 성장에 미치는 영향 연구 (Kirby-Smith and Baber, 1974, Rhodes and Wildman, 1980, Urban and Langdon, 1984) 등이 있다.

우리나라의 해만가리비 양식은 주로 남해안 통영을 중심으로 이루어지고 있다. 최근 남해해역의 해만가리비 생산량은 정체 현상을 보이고 있고 고밀도 양식으로 폐사 현상이 나타나기도 한다. 그동안 동해안은 수온 등 환경적인 요인으로 해만가리비의 양식에 적합하지 않다고 판단되어 양식은 이루어지지 않았으나, 동해안은 광범위한 양식면적을 가지고 있어 해만가리비에 대한 이용 가능성을 면밀하게 검토하게 되어, 국립수산물과학원 동해수산연구소에서는 해만가리비의 종묘생산기술 개발과 아울러 동해 남부에서의 양식시험을 포함하여 추진하였다. 동해안은 가리비가 서식하기에 적합한 사질이 광범위하게 분포하고 있어 자연생산량을 늘릴 수 있는 양호한 조건이 된다. 이에 동해수산연구소는 종묘생산기술 개발과 더불어 동해 남부에서 해만가리비 양식 시험을 통하여 산업화 가능성을 진단하고 그 결과를 보고하고자 한다.

## 재료 및 방법

### 1. 가리비 서식지의 생태 특성 조사

가리비 어장의 환경조사를 위하여 국립수산물과학원 동해수산연구소에서 수행하고 있는 “동해 연안어업 및 환경생태 조사” 사업의 어장환경모니터링 결과를 분석하였고, 해만가리비 성장조사 대상 해역인 포항시 장기면 해역의 내측 연안 정점에서 2014년 2월부터 2014년 12월까지 격월로 조사를 실시하였다. 조사정점의 수온, 염도, 용존산소량 등은 국립수산물과학원 시험조사선 탐구 12호에 장착된 CTD (SBE 9 plus) 를 이용하여 측정하였으며 클로로필-*a* 시료 채취는 채수기 (Niskin sampler) 를 이용하여 표층과 저층에서 이루어졌다. 클로로필-*a* 농도 분석은 해수 2 리터를 0.45  $\mu\text{m}$  pore membrane filter (Whatman 47 mm) 로 여과 후 여과지를 5 ml 의 90% 아세톤 용액에 넣어 4°C의 암실에서 24시간 색소를 추출한 후 형광분광광도계 (Turner Designs 10-Au Fluorometer) 로 분석하였다 (MLTM, 2010).

### 2. 해만가리비의 종묘 생산 연구

#### 1) 해만가리비 어미 사육관리 연구

해만가리비 어미는 통영지역의 자연산으로 각장 7 cm 내의



Fig. 1. Location of the experiment sites on the East Sea coast.

를 실내에서 성성숙을 유도하였다. 2014년 2월의 사육수의 자연수온은 5°C 이었으며, 성성숙 유도를 위하여 23°C로 상승하여 유지하였다. 먹이생물은 *Isochrysis galbana*, *Chaetoceros calcitrans*, *Pavlova lutherii*, *Phaeodactylum tricornerutum*을 1일 2회 ml당 100,000 cells 기준으로 2:1:1로 혼합하여 공급하였다. 사육 수조는 매주 1회 바닥의 저질을 사이폰으로 완전 제거하였고, 환수는 1일 50%를 실시하고 에어를 공급하였다. 광도는 형광등을 이용하여 약 1000 lux, 광주기는 14L:10D를 유지하였다.

#### 2) 산란 및 유생사육 연구

해만가리비 어미의 수송 당시 gonadosomatic index (GSI)는 10.0이였으며 종묘생산 시기인 4월 말에는 17.8로 증가하였다. 해만가리비의 산란 자극 방법으로는 햇빛에 1시간 동안 노출시키는 간출자극법을 사용하였으며, 사육수는 1  $\mu\text{m}$  필터로 여과한 후 자외선 조사하여 사용하였다. 어미 200마리를 2톤 수조에 수용하여 방정을 유도한 후 약 1시간 후 산란행위가 줄어들면 어미를 제거하고 수정 후 30  $\mu\text{m}$  Muller gauze를 사용하여 수정란을 약 3차례 정도 세척 후 사육 수조에 수용하였다. 이때 수정란의 수용 밀도는 20 개체/mL 이었다.

#### 3) 치패 실내 배양

채묘이후 1개월간 실내에서 양정 관리하였다. 양정관리기간

결 과

1. 동해 남부 해만가리비 연구 장소의 환경 특성

2014년에 측정된 동해 남부의 평균 표층 수온은 17.79℃이었고, 최저 수온은 2월에 측정된 13.16℃ 이었고, 최대 수온은 8월에 측정된 23.38℃이었다. 동해 남부의 평균 저층 수온은 10.48℃이었고, 최소 수온은 6월에 측정된 7.46℃이었고, 최대 수온은 10월에 측정된 13.70℃이었다 (Fig. 2). 2014년에 측정된 동해 남부의 평균 표층 염분은 33.42였고, 최저 염분은 8월에 측정된 30.80이었고, 최대 염분은 2월에 측정된 34.47이었다. 저층 염분의 평균은 34.06이었고, 최소 염분은 8월에 측정된 33.73이었고, 최대 염분은 2월에 측정된 34.23이었다. 2014년 표층 용존산소량의 평균은 7.73 mg/L 이었고, 최저 용존산소량은 10월에 측정된 6.91 mg/L 이었고, 최대 용존산소량은 4월에 측정된 9.08 mg/L 이었다. 저층 용존산소량의 평균은 7.20 mg/L 이었고, 최저 용존산소량은 10월에 측정된 5.82 mg/L 이었고, 최대 용존산소량은 4월에 측정된 8.43 mg/L 이었다.

2014년 표층 클로로필-a 평균은 0.39 μg/L 이었고, 최저 클로로필-a 는 12월에 측정된 0.19 μg/L 이었고, 최대 클로로필-a 8월에 측정된 0.63 μg/L 였다. 저층 클로로필-a 경우 평균은 0.26 μg/L 이었고, 최저 클로로필-a는 8월에 측정된 0.14 μg/L 이었고, 최대클로로필-a는 4월에 측정된 0.57 μg/L이었다.

2. 해만가리비 어미 실내 성 성숙 유도

통영산 해만가리비의 실내수용은 1월에 실시하였으며 수용 당시 각장 7.1 ± 2.7 cm 내외였다. 산란 시기는 4월까지 각장 성장은 8.4 ± 1.8 cm (Fig. 3) 으로 성장하였다. 해만가리비의 생식소 위치는 패각근에 붙어 있고 모양은 반원형으로 정소는 회색이고 난소는 오렌지색을 보였다 (Fig. 3). 생식소지수는 수용 당시는 8.6 이었으나 산란 시기는 4월에는 20.3 (Table 1) 으로 산란에 적합한 생식소지수를 형성하였다. 해만가리비의 성 성숙도는 4월에 22.1로 나타났다.

3. 해만가리비 산란 및 유생사육 연구

산란유도를 위한 어미 해만가리비의 선별은 외형으로 보았을 때 색상이 맑이 선명하고 껍질이 윤택이 나는 것을 선택하였다. 또한, 해만가리비가 패각을 열고 있는 경우에는 생식소 외형을 육안으로 관찰하여 생식소가 팽창되어 있는 것을 선택하였다. 패각이 열리지 않을 때는 끝이 가는 케이블타이를 이용하여 패각 부근을 건드려주면 패각이 열리므로 상태 확인이 가능하였다. 해만 가리비의 산란 유도를 위해 직접 햇빛과 통기가 잘 되는 장소에서 1시간 동안 간출 자극을 실시하였으며,

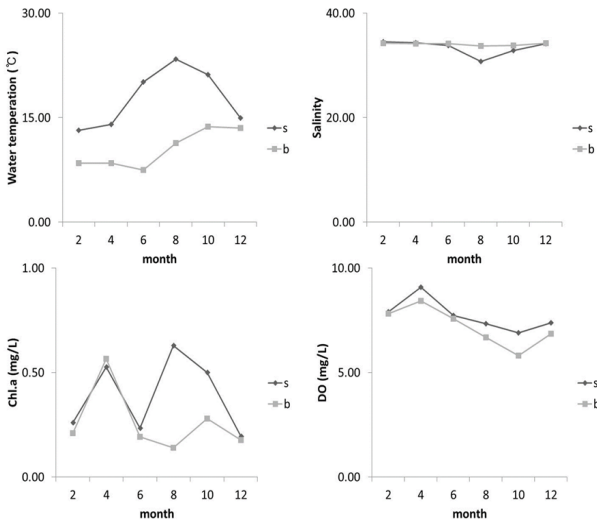


Fig. 2. Vertical profiles of environment in the Pohang Jangi coastal areas of the East Sea in February, 2014 and February, 2015.

중에는 먹이생물 5종을 약 50,000-100,000 mL/Day 밀도로 일일 3회로 나누어 공급 했다. 먹이공급 시에는 약 2시간 정도 정치하였으며 수온은 23℃를 유지했다.

4) 동해 남부 바다양성

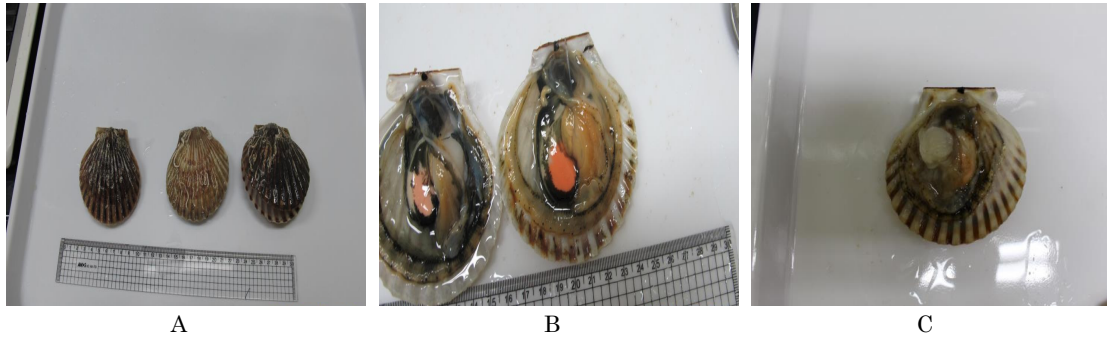
팜사에 부착된 각장 2 mm의 해만가리비 치패는 양파망에 넣어 경상북도 포항시 장기면 시험어장 (Fig. 1) 으로 이송하였다. 이송 시에는 냉장차를 이용하였다. 각 시험 대상의 가리비 치패는 10단 채롱 (185 × 50 cm) 에 100마리씩 수용하여 수심 5-10 m에 양성하였다. 30일 경과 후 팜사에서 치패를 분리, 10단 채롱에 각 칸당 평균 1000마리씩 수용하였으며 20-30일 경과 후 치패를 칸당 100-200마리 밀도로 중간망에 수용하였다. 각장 3 cm이상 될 때에 본양성기에 칸당 20-30개체 밀도로 양성하였다.

일간 성장률 (daily growth rate, DGR) 은 다음의 계산식으로 측정하였다.

$$\text{일간 성장률 (DGR, mm/day)} = (L_e - L_i / T - t) / \text{day}$$

단,  $L_e$ 는 최종 평균 각장,  $L_i$ 는 최초 평균 각장,  $T$  최종사육일수,  $t$  최초사육일수 이다.

시험 샘플은 각각 30마리를 버니어 캘리퍼스를 이용하여 각장, 각고를 mm 단위로 측정하였고, 전 중량은 전자저울을 사용하여 g 단위로 측정하였다.



**Fig. 3.** The photographs of the adult scallop *A. irradians*. **A:** surface of adult, **B:** Prior to spawning of gonad, **C:** After spawning of gonad

**Table 1.** Monthly changes in the gonadosomatic index of *Argopecten irradians*

Month	GSI	Indoor water temperature (°C)
1	7.8	10
2	11.2	14
3	14.6	17
4	20.3	20
5	15.1	20

**Table 2.** Number of spawned eggs and fertilized rate of *A. irradians*

No. of adults	Gondex index	No. of egg s ( $\times 10^4$ )	Fertilized eggs		
			Number ( $\times 10^4$ )	Size ( $\mu\text{m}$ )	Rate (%)
150	20.3	10,558	9,394	61.7	91.3

**Table 3.** Ratio of rearing larvae and the attachment rate of attached of *A. irradians*

Survival rate of D-shaped larvae ( $\times 10^4$ )	Rearing (Umbo stage) larvae		Attachment of larvae		
	Size ( $\mu\text{m}$ )	Survival rate (%)	Size ( $\mu\text{m}$ )	Survival rate of attached larvae	Attachment rate (%)
5,437	115.8	51.5	270.5	4,508	42.7

이 이후 수온을 3°C 상승하여 수온 자극을 실시하였다. 간출 자극 이후 23°C 로 조정된 2톤 수조에 수용하였다. 약 1시간 뒤부터 산란이 시작되었다. 산란된란은 총 105,58 만 개 이었다. 수정율은 91.3%로 9,394 만 개가 수정되었다 (Table 2). 수정란은 원형으로  $54.1 \pm 0.04$ - $67.4 \pm 0.12 \mu\text{m}$ 로 평균 직경이  $61.7 \pm 0.05 \mu\text{m}$  이었다. 유생 사육수의 수온은  $23 \pm 1.2^\circ\text{C}$ 로 5톤 사각 수조에 수용하였다. 수용 당시 유생밀도는 20 개체/ml 이었다. 수정란은 나선상 난할 (spiral cleavage) 을 시작하여 낭배기 (gastrula stage) 를 거쳐 약 10시간 후에는 담륜자 (trochophore) 유생이 되어 부상 유평하였다. 이때부터 먹이섭식을 시작하였다. 수정 20시간 후에는 편모를 가

진 초기 피면자 (early veliger) 인 경첩모양의 D형 유생기 (D-shaped larva) 가 시작되고 크기는  $115.8 \mu\text{m}$  이었다 (Table 3, Fig. 4). 약 5일 후에는 초기원각 (prodissoconch shell) 을 형성하여 각정기 유생기 (umbo stage larva) 가 시작되며 각정 (umbones) 이 형성되었다 (Fig. 4). 이후 각정기 유생은 성숙하여 약 8일 후에는  $150.4 \pm 5.4$ - $204.8 \pm 11.5 \mu\text{m}$  (평균  $179.7 \pm 8.4 \mu\text{m}$ ) 크기의 부유유생이 되어 섬모가 있고 발 (foot) 과 안점 (eye spot) 이 뚜렷하게 나타나는 pediveliger 시기를 2-3일 동안 거쳤으며, 수정 후 10일 후에는 평균 각장  $235.4 \pm 9.7 \mu\text{m}$  로 성장 하였으며 팔사나 경심 망 등의 기질에 부착하여 부착치패가 되었다 (Table 3). 해만

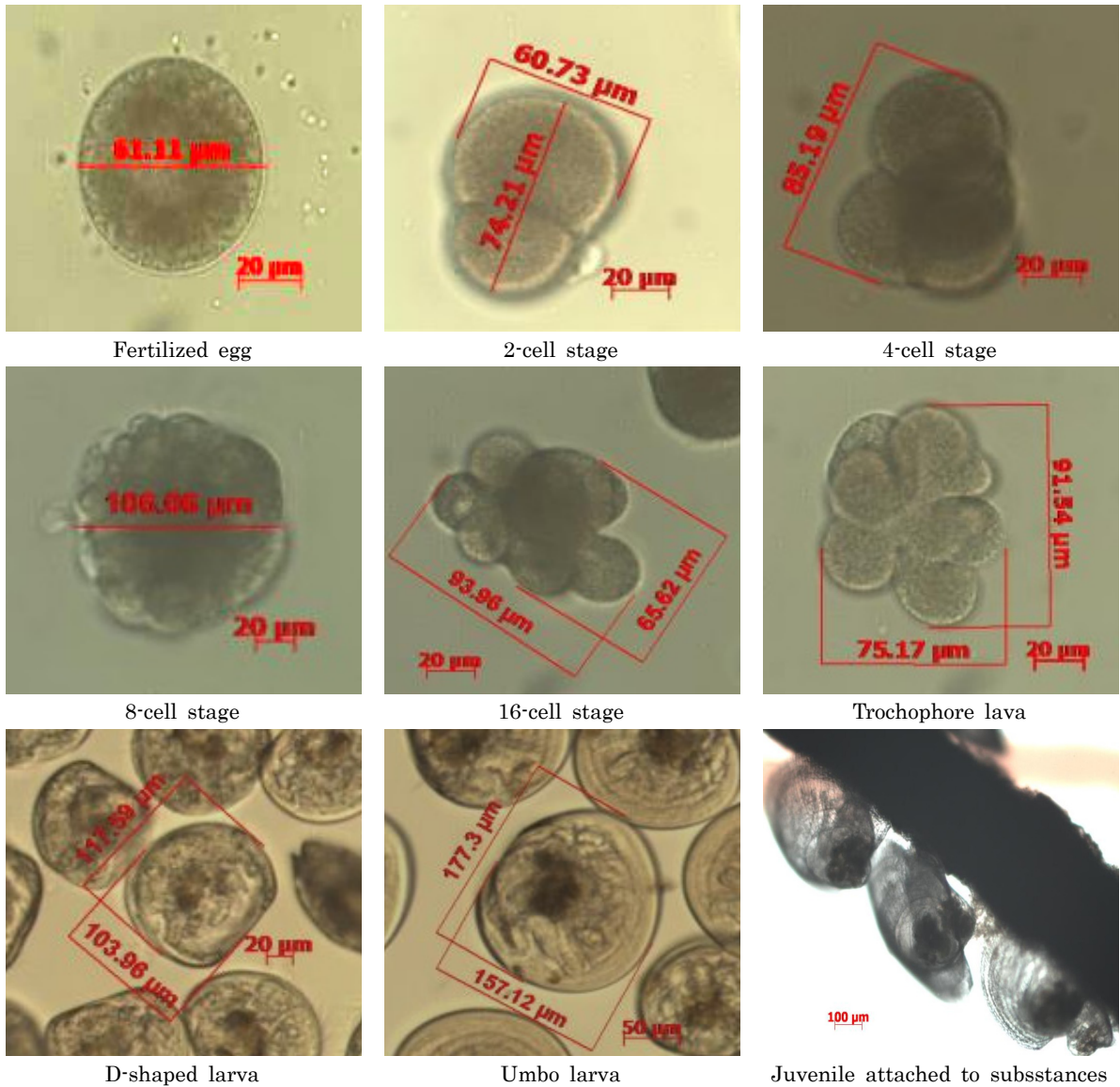


Fig. 4. The embryonic development and larval growth in the larvae of the scallop *A. irradians*.

가리비 유생의 성장과정 동안 각장 (SL) 에 대한 각고 (SH) 의 성장은 직선적이었으며, 상대 성장식은  $SH = 0.9789SL$  ( $r^2 = 9949$ ) 였다 (Fig. 9). 따라서 해만가리비 유생은 수온  $23 \pm 1.2^\circ\text{C}$  에서  $10 \pm 2$  일간의 부유유생 시기를 거치므로 채묘 시기는 안점이 나타나고 발이 출현하는 유생이 50% 정도 출현하는 시기인 15일경에 채묘기를 투입하는 것이 적기인 것으로 판단된다.

#### 4. 동해 남부에서의 치패성장

팜사에 부착된 각장 2 mm 내외의 해만가리비 치패는 양파망에 넣어 포항시 장기면 시험어장으로 이송 및 양식장 수심

5-10 m 에 양성하였다. 30일 경과 후 팜사에서 치패를 분리, 10단 채롱에 각 칸당 평균 1000마리씩 수용하였으며 20-30일 경과 후 치패를 칸당 100-200마리 밀도로 중간망에 수용하였다. 각장 3 cm 이상 될 때에 본양성기에 칸당 20-30개체 밀도로 양성하였다. 포항시 장기 해역에 6월에 이식한 해만가리비의 치패 각장은 22.71 mm 이었으며, 8월에 46.14 mm, 10월에 60.43 mm, 12월 72.40 mm 로 성장하였다. 치패 각고는 23.22 mm 이었으며, 8월에 47.19 mm, 10월에 58.88 mm, 12월에는 70.89 mm로 성장하였다. 전중량은 6월 이식 당시에는 2.0 g 이었으나 10월에 32.7 g으로 증가하였으며 12월에는 46.6 g 으로 증가하였다 (Fig. 5).

동해 남부해역에서 양식된 해만가리비 (*Argopecten irradians*)의 성장 특성

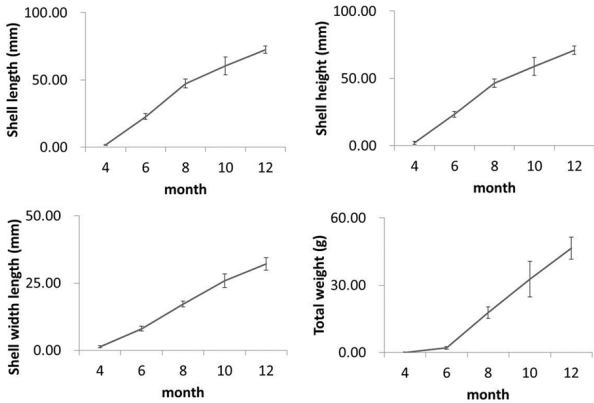


Fig. 5. Monthly change in growth of shell length, shell height, and total weight of *A. irradians*.

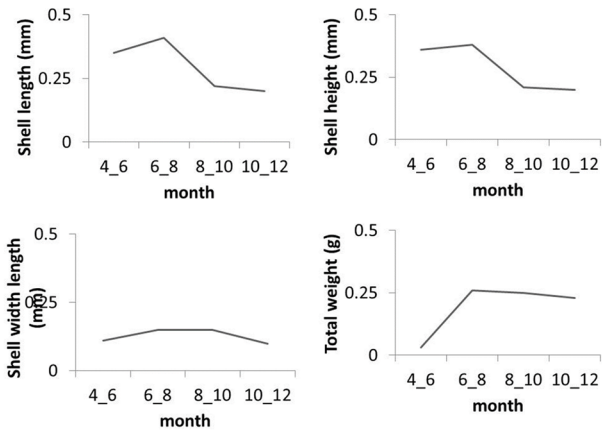


Fig. 6. Relative growth between shell length and shell height of the larvae of the scallop, *A. irradians*.

해만가리비의 일간 성장률은 각장의 경우, 4-6월이 0.35 mm/day, 6-8월 0.41 mm/day로 큰 폭으로 성장하였다 (Fig. 6). 각고의 상대성장의 경우  $y = 0.9789x$ ,  $R^2 = 0.9949$ 으로 성장하였다 (Fig. 7). 생존율은 이식 시험 후 2개월인 8월에 94.5%, 10월 91.7%, 12월에 90.3%를 유지하였다 (Fig. 8).

해만가리비의 크기 분포를 살펴보면, 각장 (Shell length)의 경우 2014년 4월, 1-2 mm 크기의 가리비가 약 73%의 분포를 보였고, 2014년 6월, 20-30 mm 크기의 가리비가 90%의 분포를 보였고, 2014년 8월, 30-45 mm 크기의 가리비가 100%의 분포를 보였고, 2014년 10월, 60-80 mm 크기의 가리비가 약 53%의 분포를 보였고, 2014년 12월, 60-80 mm 크기의 가리비가 100%의 분포를 보였다 (Fig. 9).

각고 (Shell height)의 경우 2014년 4월, 0-2 mm 크기의 가리비가 80%의 분포를 보였고, 2014년 6월, 20-30 mm 크기의 가리비가 90%의 분포를 보였고, 2014년 8월, 45-60 mm 크기의 가리비가 70%의 분포를 보였고, 2014년 10월, 40-60

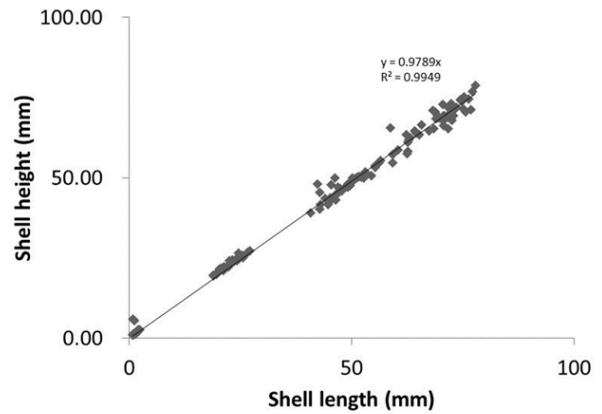


Fig. 7. Monthly change in daily growth rates of shell length, shell height, and total weight of *A. irradians*.

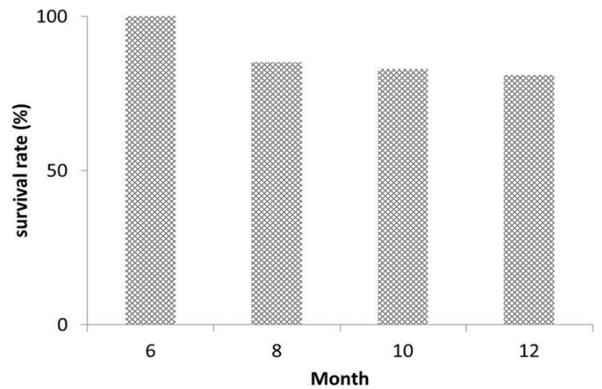


Fig. 8. Monthly survival rate of *A. irradians* at the southern East Sea.

mm 크기의 가리비가 약 53%의 분포를 보였고, 2014년 12월, 60-80 mm 크기의 가리비가 100%의 분포를 보였다.

각폭 (Shell width length)의 경우 2014년 4월, 1-2 mm 크기의 가리비가 약 63%의 분포를 보였고, 2014년 6월, 7.5-10 mm 크기의 가리비가 약 63%의 분포를 보였고, 2014년 8월, 15-20 mm 크기의 가리비가 약 97%의 분포를 보였고, 2014년 10월, 20-30 mm 크기의 가리비가 90%의 분포를 보였고, 2014년 12월, 30-40 mm 크기의 가리비가 약 53%의 분포를 보였다.

전중량 (Total weight)의 경우 2014년 4월, 0.3-0.4 g 무게의 가리비가 약 67%의 분포를 보였고, 2014년 6월, 1-2 g 무게의 가리비가 약 53%의 분포를 보였고, 2014년 8월, 10-20 g의 80%의 분포를 보였고, 2014년 10월, 30-45 g 무게의 가리비가 약 53%의 분포를 보였고, 2014년 12월에는 45-60 g 무게의 가리비가 약 53%의 분포를 보였다.

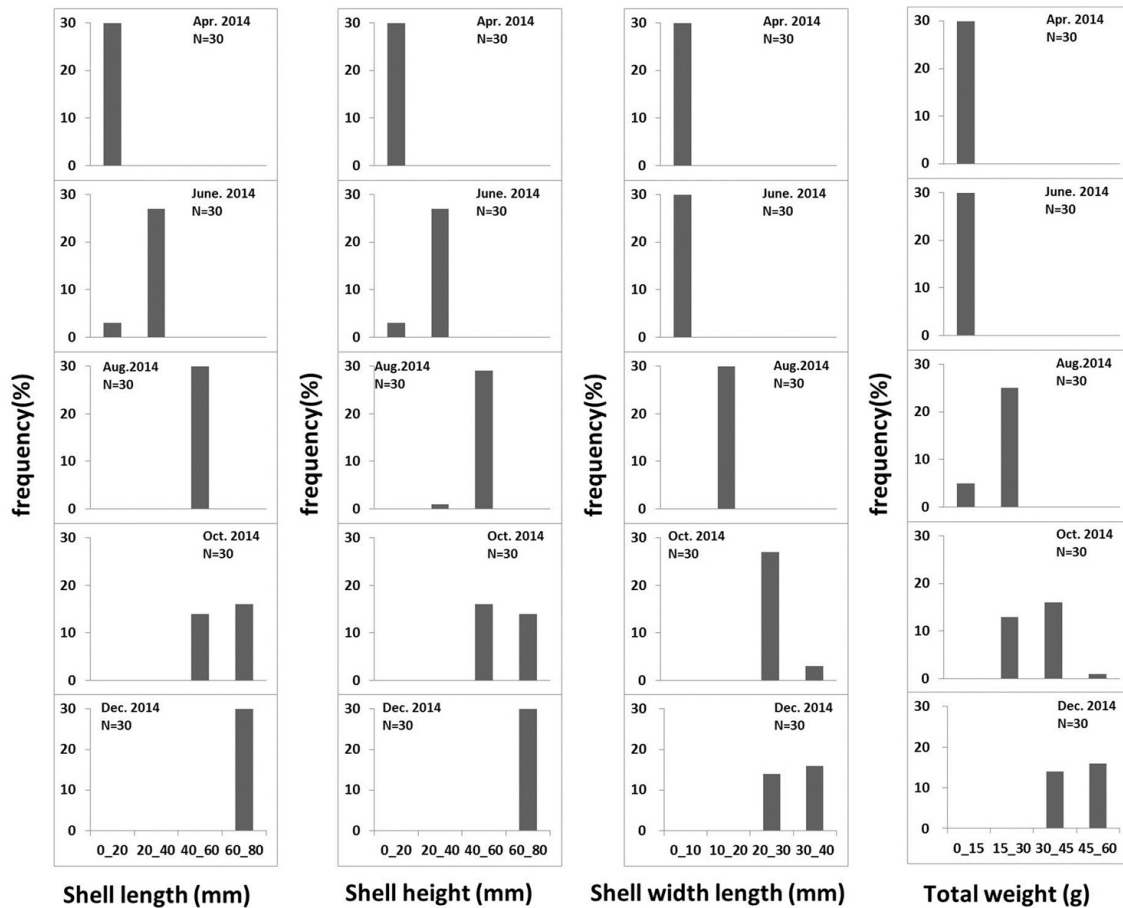


Fig. 9. Monthly changes of shell length, shell hight, total weight per aquaculture region.

고 찰

1. 동해 남부 해만가리비 연구 장소의 환경 특성

가리비류의 성장과 생존율에 영향을 미치는 환경요소로는 수온, 염분, 먹이생물 등이 있다 (Andi, 1993). 큰 남해안의 경우 수온은 12.2-24.5℃로 21.1-24.5℃를 보인 7-9월에 해만가리비 성장이 가장 양호하였다 (Oh *et al.*, 2002). 동해 남부 해역인 포항시 장기면의 수온 변동 자료를 분석하면 표층 수온의 평균은 17.79℃이었고, 최저 수온은 2월에 측정된 13.16℃이었고, 최대 수온은 8월에 측정된 23.38℃로 해만가리비 성장에 적합한 수온을 보였다. Oh *et al.* (2002)의 연구에 따르면 평균 수온이 16.0-19.7℃를 나타내는 10-11월에 성장이 둔화되고 12월에는 성장이 거의 정지되었다고 밝혔다. YSFRI (1991) 보고에 따르면, 해만가리비의 생존 가능한 수온은 -1-31℃ 이고 성장에 적합한 수온은 18-28℃, 10℃ 이하에서는 성장 지체, 5℃ 이하에서는 성장이 정지된다고 하였다. 그러나 동해남부 해역의 10월까지 평균 수온이 21.1℃로 해만가리비가 성장하기에 적합한 수온을 보였다.

해만가리비의 적정 염분 범위는 27.32-33.10 (YSFRI, 1991) 이나 염분 15에서도 80% 생존 (Mercaldo and Rhodes, 1982) 과 저수온 10℃ 에서는 담수에서도 48시간 동안 생존이 가능하다는 연구결과가 있다 (Belding, 1931; Castagna and Chanley, 1973; Duggan, 1975). 동해 남부의 염분 평균은 33.42였고, 최저 염분은 8월 30.80이었고, 최대 염분은 2월 34.47였다. 저층 염분의 평균은 34.06이었고, 최소 염분은 8월 33.73이었고, 최대 염분은 2월 34.23로 해만가리비 성장에 적합한 환경이었다.

남해역의 Chlorophyll-*a* 농도는 1.23-11.05 μg/L (Oh *et al.*, 2002) 로 해만가리비의 최적 성장에 필요한 1.40 μg/L 이상 (Rhodes and Wildman, 1980)이었다. 동해 남부해역의 2014년 표층 Chlorophyll-*a* 평균은 0.39 μg/L 이었고, 최저 Chlorophyll-*a*는 12월 0.19 μg/L 이었고, 최대 Chlorophyll-*a* 8월 0.63 μg/L 이었다. 저층 Chlorophyll-*a* 경우 평균은 0.26 μg/L 이었고, 최저 Chlorophyll-*a* 8월 0.14 μg/L 이었고, 최대 Chlorophyll-*a* 4월 0.57 μg/L 로 낮은 값을 보였다. Oh *et al.* (2003)의 연구결과인 남해 여수

해역의 Chlorophyll-*a*는 1.69-7.40  $\mu\text{g/L}$  이었다.

상기로 자료로 볼 때에 수온은 동해안이 성장에 유리하였으나 Chlorophyll-*a* 는 남해안보다 작은 값을 보였다.

## 2. 해만가리비 어미 실내 성 성숙 유도

Oh *et al.* (2002) 의 연구 결과에 따르면 연체부 중량은 10 월부터 11월에 연중 최고값을 보였고 패각근 지수도 비슷한 경향을 보였다. 생식소 지수의 경우, 11-12월까지 낮은 값을 보이다가 3월의 11.6에서 4월에 20.3으로 급속히 상승하였다. 이러한 경향은 Tettelbach (1991) 의 연구결과 및 YSFRI (1991) 의 연구결과에서도 나타났다. 이는 수온 상승과 더불어 생식소가 성숙하고 산란을 위해 패각근 저장되었던 단백질, 지방, 글리코겐 등이 생식소로 이동한 것으로 분석된다 (Oh *et al.*, 2002). 남해역의 자연산 해만가리비의 생식소지수는 수온이 상승하면서 계속 증가하여 4월에 최고점에 도달 및 산란하고 5월에는 점차 감소하는 11월까지 계속 낮은 값을 보이고 연체부 중량지수와 비교하여 볼 때에 월중 역상관 관계 (negative correlation) 을 보이기도 한다 (Oh *et al.*, 2002). 이러한 현상은 중국 해만가리비에서도 같은 경향을 보이고 (YSFRI, 1991; Zhang *et al.*, 1991), 해가리비에서도 나타났다 (Son, 1997). Barber and Blake (1985) 는 이러한 현상에 대하여 산란 시기의 패각근 중량 감소는 패각근의 글리코겐이 생식세포 발달에 이용되기 때문으로 분석하였다. 본 연구에서의 결과도 4월에 생식소가 급속히 성숙하여 산란 가능하였다. 1월에서 5월까지 자연 해수의 수온은 7.69-13.92 $^{\circ}\text{C}$ 를 보였고 1-2월이 7.69-7.84 $^{\circ}\text{C}$ 의 값을 보여 가장 낮은 수온을 보였고 4월에 12.55 $^{\circ}\text{C}$ , 5월에 13.92 $^{\circ}\text{C}$  로 상승하기 시작하였다.

## 3. 해만가리비 산란 및 유생사육 연구

이매패류의 생식소 발달 및 성숙은 수온 (Turner and Hanks, 1960; Sastry, 1966, 1968), 먹이생물 (Sastry, 1966, 1968), 일조시간 (Simpson, 1982) 등과 관련이 있으며 해역의 환경에 따라 생식소의 발달이 달라진다 (Chang, 1991). 큰가리비는 매우 낮은 온도에서도 성숙이 진행된다고 알려져 있다 (Chang *et al.*, 1985). 큰가리비, 고랑가리비, 비단가리비와 달리 해만가리비는 자동동체이다 (Oh *et al.*, 2003). 패류의 산란 자극방법으로는 전기자극 (Kanno, 1962), 화학적 자극 (Segara, 1958; Iwata, 1971), Serotonin 처리 (Gibbons and Castagna, 1984) 가 있으나 간출 및 수온자극 방법이 많이 사용되고 있다 (Loosanoff and Davia, 1950; Kanno, 1962; Hur, 1994).

본 연구에서는 가리비의 산란 유도를 위해 직접 햇빛과 통기가 잘 되는 장소에서 1시간 동안 간출 자극을 실시하였으며, 이 이후 수온을 3 $^{\circ}\text{C}$  상승하여 수온 자극을 실시하였다. 간출자

극 이후 23 $^{\circ}\text{C}$  로 조정된 2톤 수조에 수용하였다. 약 1시간 뒤부터 산란이 시작되어, 해만가리비의 산란 유도에 간출자극이 적합한 것으로 확인되었다.

Oh *et al.* (2003) 의 연구 결과에 따르면, 중국산 치패를 전남 장흥군에 이식하여 양식한 어미의 수정란 크기는 평균 52  $\mu\text{m}$  로 본 연구의 수정란과 많은 차이를 보였다. 이와 같은 차이는 연구에 사용된 어미의 성숙 정도와 환경에 기인하는 것으로 판단된다. Oh *et al.* (2002) 의 해만가리비 어미의 성 성숙 지수 (GSI) 는 4월에 20.3 이후 5월에 15.3으로 낮아져 4월에 성성숙인 것으로 보고하였다. 본 연구의 해만가리비도 성성숙도는 4월에 22.1로 약간 높은 편이었다.

## 4. 동해 남부에서의 치패성장

Oh *et al.* (2003) 의 연구결과에 따르면, 해만가리비 일간 성장률은 남면 지역이 0.606%, 회진 지역은 0.581%, 돌산 지역은 0.549% 가 증가하였다 7월에 3개 해역 일간 성장률이 증가하였으나 8월부터는 감소하기 시작하여 11-12월에는 0.027%로 급속히 감소하였다. Oh *et al.* (2002) 연구에서는 표층의 시험구의 각고 절대성장은 0.198 mm/day 이었고, 저층 시험구는 0.16 mm/day 이었다. 또한, 7월에 3개 해역 일간 성장률이 증가하였으나 8월부터는 감소하기 시작하여 11-12월에는 0.027%로 급속히 감소하였다. 각고의 일간 성장률은 표층시험구가 0.606%, 저층시험구가 0.549% 였다. Oh *et al.* (2002) 의 연구결과에 따르면, 표층 시험구 (수심 2 m) 에서 각고의 경우, 7월에 일간 성장률이 가장 양호 하였으나 8월부터 성장 감소하여 9월부터는 거의 정체 현상을 보였다. 본 연구에서는, 8월 이전까지는 급속한 성장을 보였으며 시험 종료 시점인 12월까지도 지속적인 성장을 보였다. Oh *et al.* (2002) 의 연구결과에 따르면 평균 각고의 성장은 34.26 mm 이었고, 12월의 각고 성장은 50.85 mm로 나타났다. 전중량 경우에도 31.13 g 으로 성장하여 증중량은 30.32 g 이었다. Oh *et al.* (2003) 의 연구결과에 따르면, 남면의 성장증가량 34.26 mm로 나타났고, 12월에는 50.85 mm까지 성장하였다. 회진지역의 경우, 성장증가량은 33.26 mm 이었고, 12월에는 50.64 mm까지 성장하였다. 돌산 지역의 경우, 성장증가량은 30.29 mm로 나타났고, 12월에는 47.49 mm까지 성장하였다. 본 연구에서는 평균 각장의 성장증가는 49.69 mm 이었고, 12월에는 각장의 성장이 72.40 mm까지 증가되었다. 평균 각고 성장증가는 47.67 mm 였고, 12월에는 각고가 70.89 mm로 성장하였다. 전 중량의 경우 12월까지 46.55 g 로 성장하였고 증중량은 44.55 g 이었으며 성장면에서 매우 우수한 결과를 보였다.

생존율의 경우, Oh *et al.* (2002) 의 결과에서는 표층시험구가 87.0%, 저층시험구가 60.0%로 나타난 반면에 본 연구의

결과에서는 90.3%를 유지하였다. 또한 패각에 이물질이 과다 부착하거나 기형패각이 거의 없다는 점에서도 양호한 결과를 얻을 수 있었다. Oh *et al.* (1999) 연구결과에 따르면 대형치패가 12월까지 83.3% 이었으나 3월에 66.7%로 낮아졌다. 중형패는 3월에 득량만이 83.3%, 소형패는 3월에 가막만 70% 이고 다른 지역은 100%를 보였다고 보고했다. 이러한 경향은 패류의 개체 크기가 클수록 기초대사 에너지가 많이 필요하나 수온이 낮은 때는 체내 대사율이 낮아져 생존율에 영향을 미치는 것으로 판단된다 (Sastry, 1966).

현재까지 해만가리비는 남해 해역에서만 양식이 이루어 졌다. 동해 남부 해역의 수온은 남해안에 비하여 유리한 조건을 가지고 있으나 먹이생물의 적도인 Chlorophyll-*a* 값은 낮은 것으로 분석되었다. 본 연구를 통하여 동해남부에 양식 시험결과, 성장 및 생존율에서 남해안에 비해 양호한 결과를 보여 양식이 가능한 것으로 판단되었다. 또한, 동해산 해만가리비는 수확까지 패각 외형에 이물질과 부착동물이 거의 없어 상품성이 뛰어나고 이식 이후 10월에 상품으로 판매가 가능해 양식 품종으로 많은 장점을 가지는 것으로 분석되었다. 이와 같은 연구 결과를 통해 해만가리비 양식 기술이 보급된다면, 어업인의 소득증대에 크게 기여할 것으로 사료된다.

## 요 약

해만가리비는 남해 해역에서 양식이 되고 있는 품종이다. 국립수산물과학원은 동해 남부 해역에서 해만가리비 양식기술을 개발하고자 하였다.

산란 유도를 위해 간출자극과 23℃로 조정된 수온자극을 실시하였다. 해만가리비의 산란량은 총 105,58 만 개 이었다. 수정률은 91.3%로 9,394 만 개가 수정되었다. 수정란은 원형으로  $54.1 \pm 0.04$ - $67.4 \pm 0.12 \mu\text{m}$  로 평균 직경이  $61.7 \pm 0.05 \mu\text{m}$  이었다. 약 5일 후에는 초기원각 (prodissoconch shell) 을 형성하여 각정기 유생기 (umbo stage larva) 가 시작되며 각정 (umbones) 이 형성되었다. 약 8일후에는  $150.4$ - $204.8 \mu\text{m}$  (평균  $179.7 \pm 8.4 \mu\text{m}$ ) 크기의 부유유생이 되어 섬모가 있고 발 (foot) 과 안점 (eye spot) 이 생성되었다. 수정 후 10일 후에는 평균 각장  $235.4 \pm 9.7 \mu\text{m}$  로 성장 하였으며 팔사나 경심망 등의 기질에 부착하여 부착치패가 되었다.

치패 각장 성장은 22.71 mm 이었으며, 8월에 47.19 mm, 10월에 60.43 mm, 12월 72.40 mm 로 성장하였다. 전중량은 6월 이식 당시에는 2.0 g 이었으나 10월에 32.7 g으로 증가하였으며 12월에는 46.6 g 으로 증가하였다. 해만가리비의 일간 성장률은 각장의 경우, 4-6월이 0.35 mm/day, 6-8월 0.41 mm/day로 큰 폭으로 성장하였다.

## 사 사

본 연구는 국립수산물과학원 연구과제 『가리비 인공종묘 대량생산 및 산업화 (15AQ62)』의 연구비 지원에 의해 수행되었으며 실험과제에 많은 도움을 주신 최선화, 김기식, 이소영에게 감사의 말씀을 드립니다.

## REFERENCES

- Andi, A. (1993) Differential growth characteristics of sea scallop, *Placopecten magellanicus* (Gmelin, 1791) in suspended culture. pp. 95. Degree of master of science (Biology). Acadia University.
- Barber, B.J. and Blake, N.J. (1985) Substrate catabolism related to re-production in the bay scallop, *Argopecten irradians concentricus*, as determined by O/N and RQ Physiological indexes. *Mar. Biol.*, **87**: 13-18.
- Belding, D.L. (1931) The scallop fishery of Massachusetts common wealth. *Mar. Fish. Ser.*, **3**: 51.
- Castagna, M. and Chanley, P. (1973) Salinity tolerance of some marine bivalves from in shore and estuarine environments in Virginia waters on the western mid-Atlantic coast. *Malacologian*, **12**: 47-96.
- Chang, Y.J. (1991) Seasonal variations of digestive diverticula in the scallop, *Patinopecten yessoensis*. *Korean Journal of Aquaculture*, **4**: 19-30.
- 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. Agr. Res.*, **35**: 91-105.
- Gibbons, M.C. and Castagna, M. (1984) Serotonin as an inducer of spawning in six bivalve species. *Aquaculture*, **40**: 189-191.
- Hur, Y.B. (1994) Comparative Studies on the Embryonic Development and the Growth of Larvae of Eight Bivalve Species. pp. 56. Master of Thesis. National Fisheries University of Pusan. [in Korean]
- Iwata, K.S. (1971) Spawning of *Mytilus eudlis*, acid-inhibition of spawning by KCl. *Bulletin of Japanese Society of Scientific Fisheries*, **17**: 91-93.
- Kanno, H. (1962) Artificial discharge of reproductive substance of Mollusca caused by repeated stimulation of temperature. *Bulletin of Tohoku regional Fisheries Research Laboratory*, **20**: 114-120.
- Kirby-Smith, W.W. (1972) Growth of the bay scallop: the influence of experimental water currents. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, **8**: 7-18.
- Kirby-Smith, W.W. and Barber, R.T. (1974) Suspension feeding aquaculture system: effects of phytoplankton concentration and temperature on growth of the bay scallop. *Aquaculture*, **3**: 135-145.
- Lee, J.S. and Min, D.J. (2002) A catalogue of molluscan

- fauna in Korea. *Korean Journal of Malacology*, **18**: 93-217. [in Korean]
- Loosanoff, V.L. and Davis, H.C. (1950) Conditioning V. Mercenaria for spawning in winter and breeding its larvae in the laboratory. *Biological Bulletin*, **98**: 60-65.
- Mercaldo, R.S. and Rhodes, E.W. (1982) Influence of reduced salinity on the Atlantic bay scallop *Argopecten irradians* (Lamarck) at various temperatures. *J. Shellfish. Res.*, **2**: 177-181.
- MLTM. (2010) Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs, Marine environment standard methods, pp. 495.
- Oh, B.S. and Jung, C.G. (1999) Studies on the growth of bay scallop, *Argopecten irradians* in winter season in south sea of Korea. *Korean Journal of Malacology*, **15** (2): 71-79. [in Korean]
- Oh, B.S., Jung, C.G., Kim, S.Y. and Chung, E.Y. (2002) Reproductive cycle of the bay scallop, *Argopecten irradians* transplanted from China *Journal of Korean Fisheries Society*, **35** (3): 201-206. [in Korean]
- Oh, B.S., Jung, C.G., Yang, M.H. and Kim, S.Y. (2000) Effect of rearing density in culture cage on the growth of the bay scallop, *Argopecten irradians*. *Bulletin of National Fisheries Research and Development Institute*, **58**: 88-95. [in Korean]
- Oh, B.S., Yang, M.H., Jung, C.G., Kim, J.I., Kim, Y.S. and Kim, S.Y. (2002) Effect of selected spat on growth of bay scallop (*Argopecten irradians*) during aquaculture. *Journal of Aquaculture*, **15**(3): 123-129. [in Korean]
- Oh, B.S., Jung, C.G. and Kim, S.Y. (2003) Artificial spawning, larval and spat developments of the bay scallop, *Argopecten irradians*. *Korean Journal of Malacology*, **19** (1): 19-24. [in Korean]
- Rhodes, E. W. and J. C. Widman. (1980) Some aspects of the controlled production of the bay scallop (*Argopecten irradians*). *Proc. World Maricult. Soc.*, **11**: 235-246.
- Sastry, A.N. (1966) Temperature effects in reproduction of the bay scallop, *Aquiptecten irradians* Lamarck. *Biol. Bull.*, **130**: 118-134.
- Sastry, A.N. (1968) Relationships among food, temperature and gonad development of the bay scallop, *Aquiptecten irradians* Lamarck. *Physiol. Zool.*, **41**: 44-53.
- Segara, J. (1958) Artificial discharge of reproductive elements of certain bivalves caused by treatment of seawater and in jection with NH<sub>4</sub>OH. *Bulletin of Japanese Society of Scientific Fisheries*, **23**: 505-510.
- 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.
- Son, P.W. (1997) Biological studies on aquaculture of the sun and moon scallop, *Amusium japonicum japonicum*. pp. 128. Ph.D. thesis. University of Jeju. [in Korean]
- Tettelbach, S.T. (1991) Seasonal changes in a population of northern bay scallops, *Argopecten irradians irradians* (Lamarck, 1819). p. 164-175 (in) *An Inter-national Compendium of Scallop Biology and Cul-ture*, (eds.) Shumway, S. E. and P. A. Sandifer. World Aquaculture Society, Baton Rouge, LA.
- Turner, H. and Hanks, J.H. (1960) Experimental stimulation of gemetogenesis in *Hydroides dianthus* and *Pecten irradians* during the winter. *Biol. Bull.*, **119**: 145-152.
- Urban, E.R. and Langdon, C.J. (1984) Reduction in cost of diets for the American oyster, *Crassostrea* (Gmelin), by the use of non-algae supplements. *Aquaculture*, **38**: 277-291.
- YSFRI (Yellow Sea Fisheries Research Institute) (1991) Training manual on breeding and culture of scallop and sea cucumber in China. Regional sea farming development and demonstration project (RAS/90/002) pp. 84.
- Zhang, F., Jianghu, M., Yichao, H., Xiangsheng, L., Shuying, L. and Lingxin, Q. (1991) A study on the meat condition of the bay scallop in Jiaozhou bay. *Ocea-nologia et Limnologia Sinica*, **22** (2): 97-103.