

## 중국에서 이식한 해만가리비, *Argopecten irradians*의 생식주기

오봉세\* · 정춘구 · 김성연 · 김숙양 · 정의영\*  
국립수산과학원, \*군산대학교 해양생명과학부

### Reproductive Cycle of the Bay Scallop, *Argopecten irradians* Transplanted from China

Bong-Se OH<sup>+</sup>, Choon-Goo JUNG, Sung-Yeon KIM, Sook-Yang KIM and Ee-Yung CHUNG\*

National Fisheries Research and Development Institute, Busan 619-900, Korea  
\*School of Marine Life Science, Kunsan National University, Kunsan 573-701, Korea

Reproductive cycle of the bay scallop, *Argopecten irradians*, transplanted from China on 16 August 1996, was investigated monthly until August 1997 in the Deukyang Bay, Jangheung-gun, Jeollanam-do, Korea. Sexuality of this species is hermaphrodite and oviparous. Monthly changes in the soft part weight index and adductor muscle weight (g) began to increase from October and reached the maximum in November, and then the values gradually decreased from December to August. The gonadosomatic index (GI) began to increase in March and reached the maximum in April. Thereafter, the values gradually decreased from May to December. The reproductive cycle of this species, transplanted in the south coast of Korea could be divided into 5 successive stages; early active (October to February), late active (November to May), ripe (February to May), spawning (May to June) with a peak in May, and spent/inactive stage (June to August).

Key words: Bay scallop, *Argopecten irradians*, Reproductive cycle

#### 서 론

가리비류는 전 세계에 300여종 이상이 서식하고 있는데, 대부분이 한해성 종류로서 남, 북위 34°30'보다 고위도 지방에 분포한다 (유, 1979). 이 중에서 해만가리비 (*Argopecten irradians*)는 미국의 대서양 연안과 걸프만에 분포하는데, 원산지인 미국에서는 굴, 고막류 그리고 Sea scallop (*Placopecten magellanicus*) 다음으로 산업상 중요한 패류로 간주되고 있다 (Castagna and Duggan, 1971). 중국에서는 1982년에 해만가리비를 미국으로부터 중국 산둥반도 발해만으로 이식하여 양식을 시작하였으며 (Chew and Fusui, 1993), 계속 증가 추세인 패류 생산량 (1985년 6,000톤, 1987년 46,000톤, 1996년 999,000톤) 중에서 해만가리비의 생산량이 상당 부분을 차지하는 것으로 보고되고 있다.

우리나라에서는 국자가리비 (*Pecten albicans*), 주문진가리비 (*Chlamys swifti*) 및 혼한가리비 (*Chlamys nobilis*) 등 총 12종의 가리비류가 서식하고 있으나 (권 등, 1993), 양식품종으로는 참가리비 (*Patinopecten yessoensis*)와 비단가리비 (*Chlamys farreri farreri*)만이 개발되어져 있다 (Chang et al., 1997; Na et al., 1995; Park, 1998; Son et al., 1996; Son, 1997).

해만가리비의 생식, 생리 및 생태에 관한 보고는, 외국의 경우 산란 및 생식생태 (Loosanoff and Davis, 1963; Taylor and Capuzzo, 1983; Hampson and Capuzzo, 1984; Gibbons and Castagna, 1984; Bricelj et al., 1987; Rose et al., 1988; Barber and Blake,

1991; Smith and Tettelbach, 1996), 성숙과 산란에 미치는 수온의 영향 (Sastry, 1966) 그리고 자용동체 (Wilbur, 1995) 등에 관한 보고들이 있다. 우리나라에서는 해만가리비의 이식 가능성과 새로운 양식품종 개발을 위해 중국 산둥성에서 이식한 해만가리비를 대상으로 이식 해역별 동절기 성장 (Oh and Jung, 1999), 밀도별 성장 (Oh et al., 2000), 양식 생물학적 연구 (Oh, 2000), 수심별 성장 (Oh et al., 2002)에 관한 보고가 있다.

본 연구에서는 새로운 양식품종의 개발 및 보급으로 양식품종의 다양화가 요구되는 현재의 상황에서, 환경 적응력이 강하고 속성 성장하는 해만가리비의 이식 가능성을 조사하기 위하여 1996년 9월부터 1997년 8월까지 중국 산둥성에서 전남 장흥 해역으로 이식한 해만가리비를 대상으로 생식주기에 관한 조사를 실시하였다.

#### 재료 및 방법

##### 1. 연체부, 생식소 및 폐각근 중량지수의 월별 변화

1996년 9월 17일 중국에서 이식하여 1997년 8월까지 전남 장흥군 득량만 해역에서 패류양성용 채롱에 넣어 연승수하식으로 양성한 해만가리비 (*Argopecten irradians*)를 대상으로 매월 20마리씩 총 240마리를 채집하여 각고 및 각장은 Vernier caliper로 0.1 mm까지 그리고 전중량, 연체부중량, 패각 중량, 폐각근 중량 및 생식소 중량은 Top loading balance로 0.1 g까지 각각 측정하였다. 이때 연체부, 생식소 및 폐각근 중량지수는 아래의 식에 의하여 각각 산출하였다.

\* Corresponding author: obsksy@nfrdi.re.kr

$$\text{연체부 중량지수 (soft part weight index)} = \frac{\text{연체부 중량 (g)} \times 100}{\text{폐각 중량 (g)} + \text{연체부 중량 (g)}}$$

$$\text{생식소 중량지수 (gonadosomatic index)} = \frac{\text{생식소 중량 (g)} \times 100}{\text{연체부 중량 (g)}}$$

$$\text{폐각근 중량지수 (adductor muscle index)} = \frac{\text{폐각근 중량 (g)} \times 100}{\text{연체부 중량 (g)}}$$

2. 생식주기

생식소 발달의 조직학적 조사를 위해 적출된 생식소 부위를 Bouin's 용액에 24시간 고정하여 파라핀 절편법에 의해 5~7 μm 두께로 연속 절편을 만들었으며, Hansen's haematoxylin과 0.5% eosin으로 비교 염색하여 광학 현미경 (Olympus BX 50)하에서 관찰하였다. 그리고 생식주기의 구분은 Redfern (1974)의 분류방법을 일부 변경한 초기활성기, 후기활성기, 완숙기, 산란기, 퇴화 및 비활성기의 5단계로 구분하였다.

결 과

1. 연체부, 생식소 및 폐각근 중량지수의 월별 변화

전남 득량만 해역에 이식 양성하였던 해만가리비를 대상으로 연체부 중량지수의 월별 변화를 조사한 결과, 연체부 중량지수 값은 10월부터 급격히 상승하여 11월에 48.5 ± 2.35로 연중 최고 값을 보인 후 계속 감소하여 이듬해 8월에 31.5로 최저값을 보였다 (Fig. 1).

생식소 중량지수의 월별 변화는 11~2월까지 아주 낮은 값을 보였으나 3월 (11.6) 이후 급상승하여 4월에 연중 최고 값인 20.3을 나타내었고, 이후 5월 (15.3)까지 크게 감소하여 8월까지 지속되었다 (Fig. 2).

한편, 폐각근 중량지수는 10월 29.8에서 11월 36.2까지 증가하여 연중 최고 값을 보였고, 이후 이듬해 5월까지 계속 감소하여 최저 값 (17.8)을 보였으며, 이러한 낮은 값은 8월까지 지속되었다 (Fig. 3).

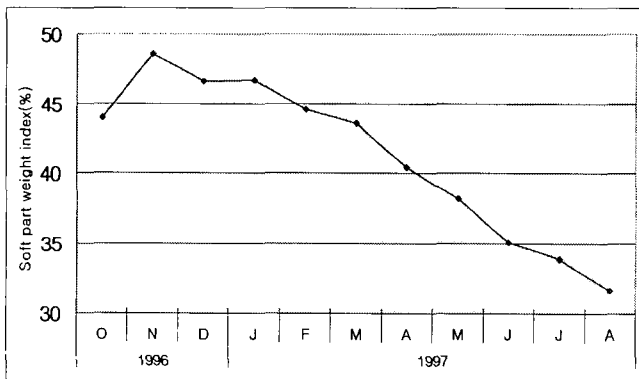


Fig. 1. Monthly changes in the soft part weight index of *Argopecten irradians*.

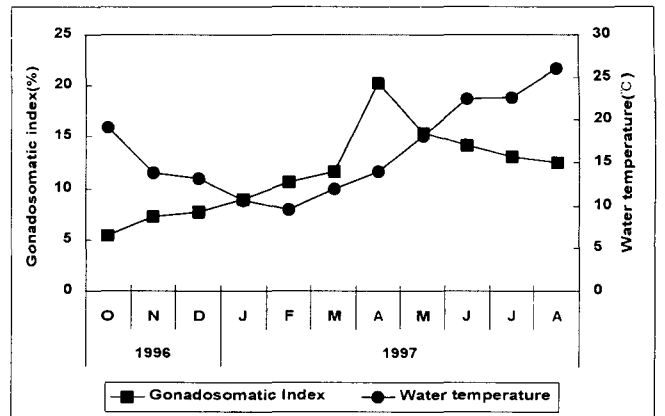


Fig. 2. Monthly changes in the gonadosomatic index of *Argopecten irradians*.

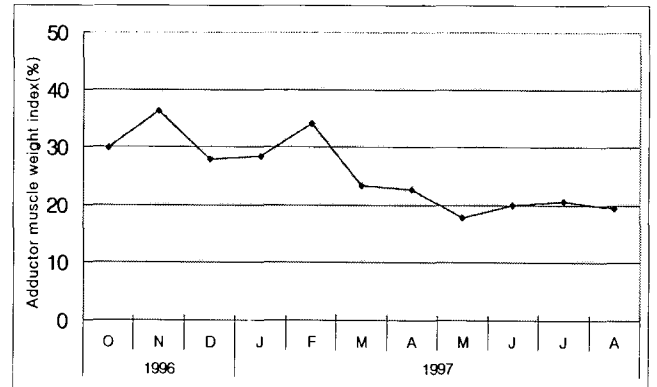


Fig. 3. Monthly changes in the adductor muscle weight index of *Argopecten irradians*.

2. 생식소 위치 및 구조

해만가리비는 모든 개체가 자용동체로 확인되었으며, 생식소는 폐각근을 둘러싸고 발달하는 원추형의 엽상돌기로 가장 외측 부위에 위치하였고, 이들 생식소는 정소와 난소부분이 좌우로 나뉘어져 발달하였다. 그리고 생식소의 외부 색깔은 성숙되면서 난소부분은 오렌지색, 정소부분은 유백색으로 각각 변화하여 생식소 외부 색깔에 의해서도 성숙여부는 쉽게 구분되었다 (Fig. 4).

3. 생식세포 발달과정

생식세포 및 생식세포 주변 조직 세포들의 형태 및 크기를 기준 (Redfern, 1974)으로 하여 생식소 발달단계를 5 단계로 나눌 수 있었다.

가. 난소 (ovary)

난소의 발달단계에 따른 생식주기를 조직학적으로 구분하여 나타낸 결과는 다음과 같다.

초기활성기 (early active stage)

난소소낭의 생식상피를 따라 난경 5 μm 전후의 난원세포들이 분열 증식하면서 점차 그 수가 증가하였고 (Fig. 5-A), 이어서

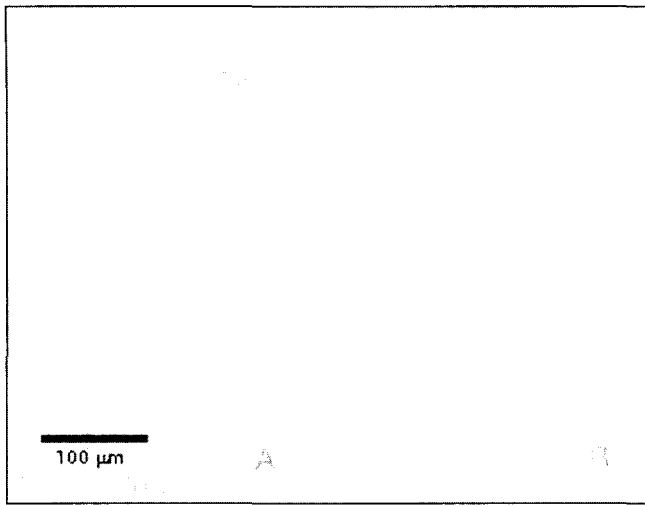


Fig. 4. Microphotograph showing a hermaphrodite phase in the matured gonad tissue of *Argopecten irradians*. A, Testis part; B, Ovary part.

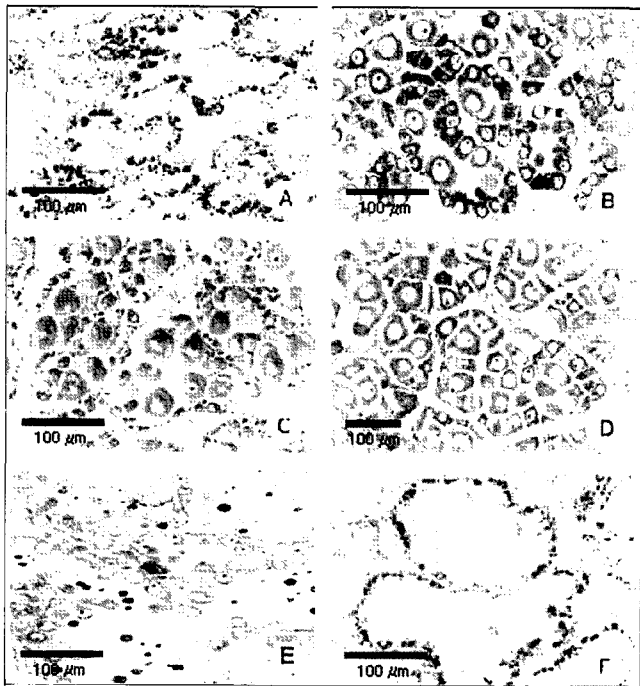


Fig. 5. Microphotographs of ovarian developmental phases of *Argopecten irradians*. A, Section of the oogenic follicles in the early active stage. Note proliferation of oogonia along the germinal epithelium; B, Section of the follicles in the early active stage; C, Section of the follicles in the late active stage. Note an egg-stalk of developing oocytes attached to the follicular walls; D, Section of follicles in the ripe stage. Note mature and ripe oocytes in the follicles; E, Section of the follicles in the spawning stage. Note the presence of residual substances in the oogenia follicles after spawning; F, Transverse section of the oogenia follicles in the spent and inactive stage. Note newly formed oogenia along the follicles walls and the connective tissue.

난경 20~30  $\mu\text{m}$ 의 초기 발달중인 난모세포들이 주변의 호산성 과립세포들과 간충직들이 함께 관찰되며, 이때 소낭의 생식상피는 비교적 두텁게 관찰되었다 (Fig. 5-B).

**후기활성기 (late active stage)**

난소소낭내에는 발달중인 난경 35~40  $\mu\text{m}$ 의 난모세포들이 주로 출현하고 있는데, 이들 대부분의 난모세포는 큰 배포를 가지며 난병을 생식상피에 부착하였다. 그리고 이 시기에 일부 성숙한 난모세포들은 난소소낭의 내강에서 관찰되었다 (Fig. 5-C).

**완숙기 (ripe stage)**

난소소낭내에는 난경 50~60  $\mu\text{m}$ 에 달하는 완숙 난모세포들이 소낭의 내강을 가득 채워 난소가 크게 신장되었으며, 이 시기에 난소소낭의 생식상피는 아주 얇아졌다 (Fig. 5-D).

**산란기 (spawning stage)**

난소소낭내의 완숙 난모세포들이 대부분 방란되어 소낭의 내강은 비워지게 되며, 각 소낭내에는 미 방출된 소수 성숙 난모세포들과 잔유물들이 관찰되었다 (Fig. 5-E).

**퇴화 및 비활성기 (spent and inactive stage)**

난소소낭내 미 방출된 잔존 난모세포들이 점차 퇴화 흡수되어, 난소소낭의 위축과 함께 결체조직들이 소낭과 소낭사이를 가득 채우며, 새로이 생긴 난소소낭의 생식상피에는 난원세포들이 소수 관찰되었다 (Fig. 5-F).

**나. 정소 (testis)**

정소의 발달단계에 따른 생식주기도 난소에서와 같이 조직학적 관찰에 의해 5단계로 구분하여 나타내었다.

**초기활성기 (early active stage)**

이 시기에는 정소세관의 생식상피상에서 정원세포들의 분열증식이 일어나며 (Fig. 6-A), 정원세포가 발달하여 다수의 정모세포들이 출현하였다 (Fig. 6-B).

**후기활성기 (late active stage)**

정소세관내에는 외층으로부터 소수의 정원세포들과 정모세포들, 다수의 정세포들 그리고 일부 변태중인 정자들이 세관의 내강에서 관찰되었다 (Fig. 6-C).

**완숙기 (ripe stage)**

이 시기에는 정세포들과 변태를 마친 수많은 완숙정자들이 정소세관의 내강을 가득 채워 정소가 최대로 팽대되며, 일부 정자들은 수정관에 밀집되어 나타났다 (Fig. 6-D).

**방정기 (spawning stage)**

정소세관내 밀집되어 있던 완숙정자들이 방정으로 인해 체외로 빠져나가 정소세관의 내강은 텅 비게 된다. 특히, 이 시기에는 미 방출된 잔존정자들이 관찰되었다 (Fig. 6-E).

**퇴화 및 비활성기 (resorption and inactive stage)**

방정을 마친 정소의 각 세관내에서는 잔존 정자 및 정세포와 정모세포들이 퇴화·흡수되면서 세관 자체도 점차 위축되며 정소

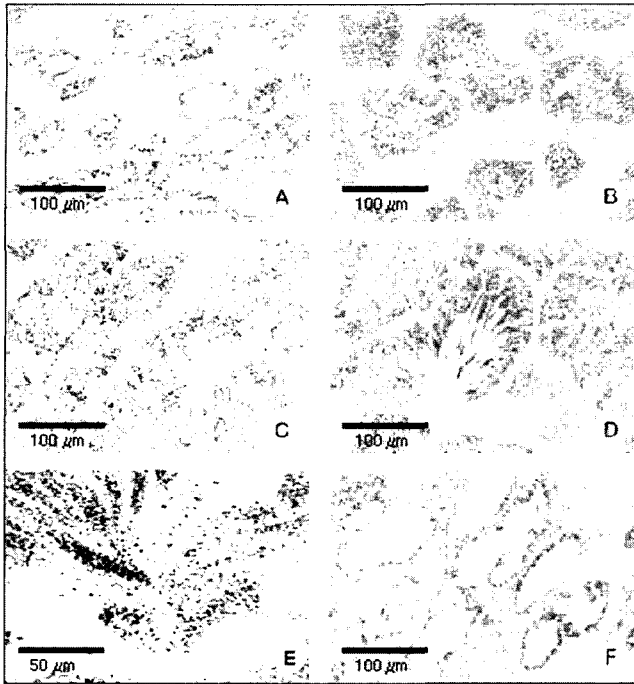


Fig. 6. Microphotographs of testicular developmental phases of *Argopecten irradians*.

A, Section of the testis in the early active stage. Note spermatogonia appeared along the germinal epithelium of testicular tubules; B, Note the testicular sacs composed of many spermatocytes and spermatozoa; C, Section of the testis in late active stage. Note many spermatozoa appeared and filled in the testicular tubules; D, Section of ripe testis. Note a large number of spermatozoa filled in the testicular tubules; E, Section of the testis in the spawning stage. Note a few number of undischarged spermatozoa remained between degenerated testicular tubules; F, Transverse section of the testis in the spent and inactive stage. Note newly formed spermatogonia along the walls and the connective tissue.

세관과 세관사이에는 결체조직들로 가득 채워졌다. 그 후 새로이 생긴 정소세관의 생식상피상에는 일부 소수의 정원세포들이 다시 출현하였다 (Fig. 6-F).

4. 생식주기

생식소내 생식세포의 발달 변화를 조직학적으로 관찰한 결과, 해만가리비의 생식소 발달 단계는 10~12월이 초기 활성화기, 1~3월이 후기 활성화기, 4~5월이 83.0%의 성숙을 보이는 완숙기, 5~6월이 80.0%의 생식세포 방출을 나타내는 산란기 그리고 6~8월이 100%의 개체가 퇴화 흡수되는 퇴화 및 비활성기의 연속적인 5단계의 발달 단계를 나타내었다 (Fig. 7).

고찰

해만가리비의 월별 연체부중량지수 변화 조사에서 11월에 연중 최

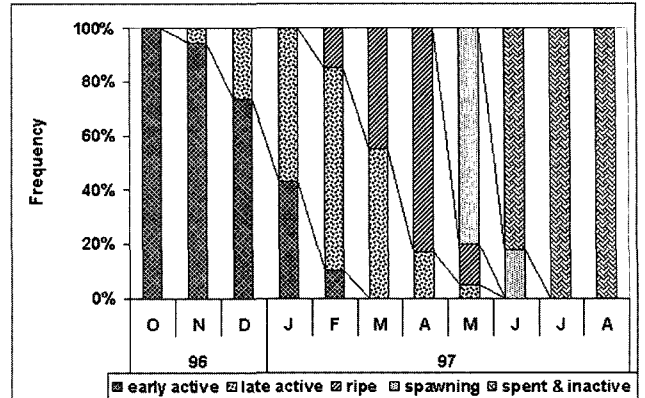


Fig. 7. Frequency of the gonadal phases of *Argopecten irradians* from October 1996 to August 1997.

고값인 48.5를 나타내었고 그 후 이듬해 1월까지도 46.6 이상의 값을 유지하였으나, 수온 상승과 함께 연체부중량지수는 점차 감소하여 8월에 31.5로 연중 최저값을 나타내었는데, 이와 같은 변화는 미국의 Connecticut에 서식하는 해만가리비의 조사 결과 (Tettelbach, 1991)와 매우 유사한 경향을 보였다. 또한 폐각근 중량지수도 11월 (36.2)에 연중 최고 값을 보인 후 계속 높은 값을 유지하다 수온의 상승과 더불어 감소하기 시작하여 5월 (17.8)에 연중 최저값을 보였는데, 이 현상은 중국산 해만가리비의 조사 결과 (YSFRI, 1991)와 매우 유사하였다. 이러한 결과는 하절기 수온상승과 더불어 생식소의 성숙과 산란을 위해 폐각근내 저장되었던 영양물질들 (단백질, 지방, 글리코겐 등)이 생식소로 이전되어 폐각근의 중량이 감소되는 것 (Barber and Blake, 1991)과 관련이 있는 것으로 생각된다. 특히, 고수온기에는 폐각의 성장이 주로 이루어지는 반면, 연체부 중량은 감소된다. 그러나 산란기 이후 점차 수온이 낮아지는 11월에 이르면, 폐각 성장이 거의 중지됨으로 인해 상대적으로 폐각근 및 연체부의 중량이 최대로 증가되는 것과는 관련이 있는 것으로 생각된다.

생식소중량지수는 수온이 상승하면서 계속 증가하여 4월에 연중 최고값을 보인 후 5월부터 점차 감소하기 시작하여 11월까지 계속 낮은 값을 보여 생식소중량지수의 월별 변화는 연체부중량지수 (또는 폐각근 중량)변화와 비교하여 볼 때, 월 중 부분적으로 역상관 관계 (negative correlation)를 보이고 있는데, 이러한 현상은 해만가리비 (YSFRI, 1991; Zhang et al., 1991) 뿐만아니라 해가리비에서도 보고되어 있다 (Son, 1997). 이에 대하여 Barber and Blake (1985)은 생식시기의 폐각근 중량의 감소는 폐각근내 글리코겐이 생식세포의 발달에 직접 이용되기 때문에 나타난 현상이라고 보고하였다.

해만가리비 산란시기를 확인하기 위해 생식소중량지수와 생식소발달 양상을 조직학적으로 조사한 결과, 우리나라 남해안산 (34~35°N) 해만가리비의 산란기는 5~6월 (5월이 주산란기)로 나타났으나 미국의 매사추세츠주 및 뉴욕주 (42~43°N)의 만 (또는 항구)에 서식하는 해만가리비의 산란기는 5월 하순부터 8월까지 (주산란기는 6월 초순~7월 중순)로 나타나 거의 유사한

**Table 1. Comparison of previous studies assessing temporal patterns of reproduction in populations of the bay scallop, *Argopecten irradians* in waters of the United States and Korea, in order of decreasing latitude**

Location	Spawning Period	Peak Spawning Period (s)	Depth (m)	Water Temp. (°C)	Source
Buzzards Bay, MA, U.S.A	early Juneto August	June to July	2		Hampson and Capuzzo, 1984
Waquoit Bay, MA, U.S.A	Late May to early Sep.	June to July	0.3	18~29	Taylor and Capuzzo, 1984
Woods Hole, MA, U.S.A	Mid-June to late August	August			Sastry, 1966
Poquonock R., CT, U.S.A	Mid-June to August	Mid-June to early July	0.3~0.8	17~24	Tettelbach, 1991
Northwest Harbor, NY, U.S.A	Early June to August	Early-late June	3.5	≥15~24	Bricelj et al., 1987
Sag Harbor, NY, U.S.A	Late May to August	Late May to mid-June	3.5	≥14.5~27	Bricelj et al., 1987
Deukyang Bay, Jeonnam, Korea	Late May to June	Late May		16~20	Present study

경향을 보였다 (Table 1). 전반적으로 볼때, 우리 나라 남해안산이 미국산 보다 위도가 낮아 대략 10일~1개월 먼저 산란이 일어나는 것으로 나타났다. 일반적으로 조개류는 위도가 낮을수록 산란이 먼저 일어나고 있는 것으로 보고되어 있는데 (Chung et al., 1998, Chung and Ryou, 2000), 이는 위도가 낮은 지역일수록 산란 호적수온이 일찍 이루어지기 때문이라고 생각된다.

우리나라에서 양식되고 있는 동해안의 참가리비 (Chang et al., 1997), 서해안과 남해안의 비단가리비 (Na et al., 1995) 및 제주도의 해가리비 (Ha, 1994; Son et al., 1996) 등은 모두 생식소가 자용이체형인데 비하여 해만가리비는 모든 개체가 자용동체형 (Chromanski and Stiles, 1995; Castagna, 1973)으로, 생식소가 위치한 반원형의 각상들기에서 좌우로 반은 정소로 회색을 띠고 있고 나머지 반은 난소부분으로 옅은 오렌지색을 나타내었다. 따라서 육안으로 볼 수 있는 생식소 색상만으로도 성숙상태를 구분하는 것이 가능하였다.

**요 약**

1996년 9월 16일에 중국산 해만가리비 (*Argopecten irradians*)를 전라남도 장흥군 득량만 해역에 이식한 후 1997년 8월까지 연중 수하식으로 양성하면서 생식주기에 관한 조사를 하였다. 연체부 및 폐각근 중량지수의 월별 변화는 10월부터 증가되기 시작하여 11월에 각각 연중 최고치 (48.6 및 36.2)를 보인 후 12월부터 8월 까지 점차 감소하였다. 생식소중량지수는 3월에 증가하기 시작하여 4월에 최대 (20.3)에 이른 후 5월부터 12월까지 점차 감소하였다. 우리나라 남해안에 이식된 해만가리비의 생식주기는 초기활성기 (10~2월), 후기활성기 (11~5월), 완숙기 (2~5월), 산란기 (5~6월), 퇴화 및 비활성기 (6~8월)의 연속적인 5 단계로 구분할 수 있었으며, 산란성기는 수온 18°C 내외인 5월이었다.

**참 고 문 헌**

Barber, B.J. and N.J. Blake. 1985. Substrate catabolism related to reproduction in the bay scallop, *Argopecten irradians concentricus*, as determined by O/N and RQ Physiological indexes. Mar. Biol., 87, 13~18.

Barber, B.J. and N.J. Blake. 1991. Reproductive physiology. In *Scallops: Biology, Ecology and Aquaculture*, S.E. Shumway, ed. Elsevier, New York, pp. 377~428.

Bricelj, V.M., J. Epp and R.E. Malouf. 1987. Intraspecific variation in reproductive and somatic growth cycles of bay scallops *Argopecten irradians*. Mar. Ecol. Prog. Ser., 36, 123~137.

Castagna, M. 1973. Culture of the bay scallop, *Argopecten irradians*, in Virginia. MFR PAPER 1113, pp. 19~24.

Castagna, M. and W. Duggan. 1971. Rearing the bay scallop, *Argopecten irradians*. Proc. Nat. Shellfish. Assoc., 61, 80~85.

Chang, Y.J., H.K. Lim and Y.J. Park. 1997. Reproductive cycle of the cultured scallop, *Patinopecten yessoensis* in eastern waters of Korea. Korean J. Aquaculture, 10, 133~141.

Chew, K.K. and Z. Fusui. 1993. Recent developments in bay scallop, *Argopecten irradians*, culture in China. Proceeding of the 9th international Pectinid Workshop, Nanaimo, 2, 4~8.

Chromanski, J. and S. Stiles. 1995. Observations on self-fertilization in the bay scallop *Argopecten irradians*. Milford Aquaculture Seminar, J. Shellfish Res. 14.

Chung, E.Y., G.M. Park and B.S. Kim. 1998. Ultrastructure of germ cell development and sexual maturation of the shortnecked clam, *Ruditapes philippinarum* (Bivalvia: Veneridae), on the west coast of Korea. The Yellow Sea, 4, 17~29.

Chung, E.Y. and D.K. Ryou. 2000. Gametogenesis and sexual maturation of the surf clam *Mactra veneriformis* on the west coast of Korea. Malacologia, 2000, 42, 149~163.

Gibbons, M.C. and M. Castagna. 1984. Serotonin as an inducer of spawning in six bivalve species. Aquaculture, 40, 189~191.

- Ha, D.S. 1994. Reproductive ecology and egg development of *Amusium japonicum japonicum* (Gmelin). Master of thesis. Cheju National University, 39p (in Korean).
- Hampson, G. and J.M. Capuzzo. 1984. Growth and reproduction of bay scallops in shallow and deepwater embayments. WHOI Tech. Rept. WHOI-84-38, 4~5.
- Loosanoff, V.L. and H.C. Davis. 1963. Rearing of bivalve mollusks. Adv. Mar. Biol., 1, 1~136.
- Na, G.H., W.G. Jeong and C.H. Cho. 1995. A study on seedling production of jicon scallop, *Chlamys farreri*. 1. Spawning, development and rearing of larvae. Korean J. Aquaculture, 8, 307~316.
- Oh, B.S. and C.G. Jung. 1999. Studies on the growth of bay scallop, *Argopecten irradians* in winter season in south sea of Korea. Korean J. of Malacology, 15, 71~79.
- Oh, B.S., C.G. Jung, M.H. Yang and S.Y. Kim. 2000. Effect of rearing density in culture cage on the growth of the bay scallop, *Argopecten irradians*. Bull. Nat'l. Fish. Res. Dev. Inst. Korea 58, 88~95.
- Oh, B.S. 2000. Studies on the seedling production and aquaculture of bay scallop, *Argopecten irradians* (Lamarck). Ph. D. thesis. University of Inha, 174p.
- Oh, B.S., C.G. Jung and S.Y. Kim. 2002. Study of growth on bay scallop, *Argopecten irradians* in differential cultured depths. Korean J. Aquaculture, 15, 61~68.
- Park, Y.J. 1998. Biological studies on aquaculture of the scallop, *Patinopecten yessoensis* (Jay). Ph. D. Dissertation, Cheju National University, 185p.
- Redfern, P. 1974. Biology and distribution of the toheroa, *Paphies (Mesodesma) ventricosa* (Gray). Fish. Res. Bull., 11, 1~51.
- Rose, R.A., G.R. Campbell and S.C. Sanders. 1988. Larval development of the saucer scallop, *Amusium balloti* Bernardi. Aust. J. Mar. Freshw. Res., 39, 153~160.
- Sastry, A.N. 1966. Temperature effects in reproduction of the bay scallop *Aequipecten irradians* Lamarck. Biol. Bull., 130, 118~134.
- Smith, C.F. and S.T. Tettelbach. 1996. Bay scallop restoration, Western Peconic Bay, Project Report. 44p.
- Son, P.W. 1997. Biological studies on aquaculture of the sun and moon scallop, *Amusium japonicum japonicum*. Ph. D. thesis. University of Jeju, 128p.
- Son, P.W., D.S. Ha, S. Rho and D.S. Chang. 1996. Studies on the age and growth of sun and moon scallop, *Amusium japonicum japonicum* (Gmelin). Korean J. of Aquaculture, 9, 409~417.
- Taylor, R.E. and J.M. Capuzzo. 1983. The reproductive cycle of the bay scallop, *Argopecten irradians irradians* (Lamarck), in a small coastal embayment on Cape Cod, Massachusetts. Estuaries, 6, 431~435.
- Tettelbach, S.T. 1991. Seasonal changes in a population of northern bay scallops, *Argopecten irradians irradians* (Lamarck, 1819). In *An International Compendium of Scallop Biology and Culture*, S.E. Shumway and P.A. Sandifer, eds. World Aquaculture Society, Baton Rouge, LA., pp. 164~175.
- Wilbur, A.E. 1995. Population genetics of the bay scallop, *Argopecten irradians* (Lamarck): An analysis of geographic variation and the consequences of self-fertilization. Ph. D. Thesis, Delaware University, 128p.
- 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), 84p.
- Zhang, F., M. Jianghu, H. Yichao, L. Xiangsheng, L. Shuying, and Q. Lingxin. 1991. A study on the meat condition of the bay scallop in Jiaozhou Bay. *Oceanologia et Limnologia Sinica*, 22, 97~103.
- 권오길, 박갑만, 이준상. 1993. 원색한국패류도감. 도서출판 아카데미서적, 서울, 445p.
- 유성규. 1979. 천해양식. 새로 출판사, 서울, 605p.

---

 2001년 7월 28일 접수

2002년 4월 11일 수리