

동중국해에 분포하는 개조개의 생식생물학적 연구

김영섭, 김영혜, 김종빈, 장대수, 이동우, 강현정¹

국립수산과학원, ¹부경대학교

Reproductive Biology of the Purplish Washington Clam, *Saxidomus purpuratus* in the East China Sea

Youngseop Kim, Yeonghye Kim, Jonbin Kim, Daesoo Chang, Dongwoo Lee and Hyunjung Kang¹

National Fisheries Research and Development Institute, Busan 619-705, Korea

¹ Pukyong National University, Busan 608-737, Korea

ABSTRACT

Reproductive biology of the purplish Washington clam, *Saxidomus purpuratus* was investigated based on the samples captured in Jinhae Bay, the East China Sea from January to December 2002. The gonad index (GI) began to increase in January, reached the maximum value in March. The reproductive cycle of this species can be divided into five successive stages: the early active stage (from November to January), the late active stage (from December to February), the ripe stage (from February to May and October), the spawned stage (from May to December), and inactive stage (from November to December). The spawning period was from April to December, and the main spawning occurred between June and August. The shell length at 50% group maturity was estimated to be 71.85 mm. The Sex ratio of this species was not significantly different a 1:1 sex ratio ($P > 0.05$).

Key words: *Saxidomus purpuratus*, maturity, spawning period, fecundity, sex ratio

서론

개조개 (*Saxidomus purpuratus*) 는 백합목 백합과에 속하는 종으로 우리나라, 일본 북해도 남부부터 큐슈 및 중국 대륙 연안까지 넓게 분포하고, 조간대부터 수심 40 m의 모래나 자갈이 섞인 진흙에 서식한다 (Min. 2001).

본 종은 우리나라의 주요한 수산자원으로 고등어, 전갱이, 도루묵, 참홍어, 살오징어, 꽃게, 대게, 붉은대게, 키조개, 소라 등과 같이 총허용어획량 (TAC) 제도에 의해 관리되는 종이다.

우리나라 남해안에서 생산된 개조개는 1997년까지는 8,637톤으로 비교적 높은 수준을 나타낸 뒤 급격히 감소하였다. 감소하는 개조개 자원관리를 위해, 2001년부터 총허용어

획량 (TAC) 제도를 적용하여 관리하였다. 그러나 지속적인 관리에도 불구하고 2004년까지는 지속적으로 감소하였다. 2005년 6,500 톤으로 증가하였다가 다시 최근까지 급격히 감소하였다. 최근 3년간 (2006-2008년) 연평균 생산량은 3,000 톤으로 90년 후반의 생산량 7,000-8,000톤에 비해 약 55% 감소하였다.

개조개의 식품가공에 관한 연구는 Jung (1992) 과 Oh *et al.* (1998), 생식주기 및 산란기에 관한 연구는 Kim (1969), Chung and Kim (1994), Chung *et al.* (1999), Ahn (2001) 등이 있다. 어획량과 상대성장에 관한 연구는 Kim *et al.* (2001), 치패생산에 관한 연구는 Kim *et al.* (2001) 등이 있다. 연령과 성장에 관한 연구는 Kim *et al.* (2003) 과 Zhang *et al.* (2004), 자원평가와 관리 Kim *et al.* (2007) 등이 있다. 일본의 경우, 유치패의 인공 사육 하에서의 형태적 특징에 관한 연구 (岸岡 等, 1996), 성숙도에 관한 연구 (井手尾 等, 1996) 가 있으며, 중국은 생물학적인 기초 연구보고 (Wei *et al.*, 1982) 가 있을 뿐이다.

개조개 자원은 지속적인 자원관리에도 급격히 감소하여, 최근 자원상태가 매우 심각한 수준에 있다. 따라서 현재의 개조

Received October 6, 2010; Revised October 27, 2010; Accepted November 4, 2010

Corresponding author: Yeonghye Kim

Tel: +82 (51) 720-2297 e-mail: fishmail@nfrdi.go.kr

1225-3480/24362

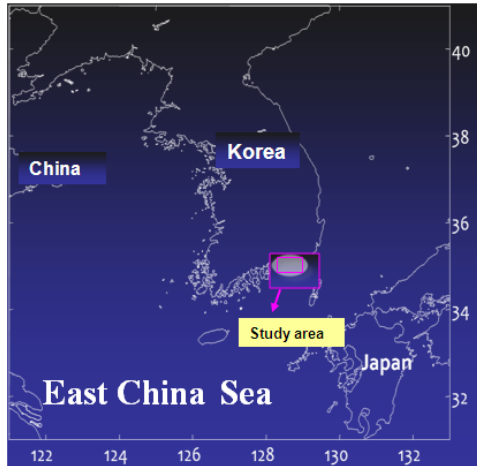


Fig. 1. Map showing the study area (□) in Jinhae Bay, the East China Sea.

개 자원관리 문제점과 지속적인 감소원인을 밝혀내어, 보다 합리적이고 효율적인 개조개 자원증가방안을 수립해야만 한다.

따라서 본 연구는 과학적이고 합리적인 개조개 자원관리방안을 제시하기 위해, 생식소 발달단계, 산란기, 군성숙도, 성비 등 생식생물학적 연구를 수행하였다.

재료 및 방법

표본은 경상남도 진해만에서 잠수기에 의해 어획된 것을 매월 120개체씩 2002년 1월부터 12월까지 채집하였다 (Fig. 1). 채집된 표본은 실험실로 운반 후, 각장 (shell length: SL), 각고 (shell height: SH), 각폭 (shell width: SW) 을 0.1 mm까지 측정하였고, 전중 (total weight: TW), 육중 (meat weight: MW)을 0.1 g까지 측정하였다.

1. 생식소 구조와 발달단계

월별 생식소 발달단계는 조직학적인 방법을 사용하였다. 생식소의 일부를 절개하여 Bouin's Solution에 고정하고, 파라핀에 포매하였다. 포매된 생식소를 매우 얇게 절편하여 Hematoxylin-Eosin으로 이중염색을 하였다. 이중염색된 조직 표본을 광학현미경 (Olympus Japan) 으로 검경을 하여 생식소 구조와 발달 상태를 Image Analyser (Image & Graphics, USA) 로 분석하였다.

2. 생식소 지수 (GI : Gonad index)

생식소 속도지수 (GI) 는 Mann's method (1979) 에 의하여 산출하여 산란시기를 추정하였다. 생식소 지수는 아래와 같이 Mann (1979) 의 방법을 변형하여 이용하였다. 조직표본 관찰 결과 생식소 발달 단계를 비활성기 (In: inactive stage), 초기활성기 (Ea: early active stage), 후기활성기

(La: late active stage), 성숙기 (Ripe: ripe stage), 방출기 (Sp: spawned stage) 의 5단계로 나누고 매월 각 개체에 대하여 각 단계별로 상수 (In=1, Ea=2, La=3, Ripe=4, Sp=0)를 곱한 전체의 합을 개체 수로 나누었다.

$$GI = \frac{\sum (Ni \times RVS_i)}{\text{Total individuals by month}}$$

여기서 Ni = 생식소 발달단계의 표본수, RVS_i = 조직학적 관찰에 의한 생식소 발달단계의 순위 값; 0 = 산란기 (spawned stage), 1 = 비활성기 (inactive stage), 2 = 초기활성기 (early active stage), 3 = 후기활성기 (late active stage), 4 = 성숙기 (ripe stage).

3. 성숙 각장 (shell length at 50% group maturity)

생물학적 최소 각장은 생식소 발달단계 중 성숙기가 50%일 때의 각장으로 추정하였다.

$$Pi = 1 / 1 - e^{(-biW)}$$

여기서 Pi 는 i각장계급에서의 성숙비율을 나타낸다.

4. 성비 (Sex ratio)

409개체의 생식소 일부를 떼어내어 슬라이드에 도말하여, 광학현미경에서 암수를 구별하였다. 성비 (♀:♂)는 전체 개체 수 (♀ + ♂) 대비 암컷 (♀)과 수컷 (♂)의 개체수로 산출하였다. 암수 성비의 유의한 차를 알기 위해 x²-test 실시하였다.

$$\text{Sex ratio} = [♀ / (♀ + ♂), ♂ / (♀ + ♂)]$$

결 과

1. 생식소 구조와 발달단계

개조개는 해부 후 육안으로 암수를 구별하기는 어려웠다. 광학현미경 조직표본 관찰 결과, 이들의 성은 암수가 구분되는 자용이체였다. 생식소는 소화맹낭과 발의 망상결합구조 사이에 위치하였다. 난소와 정소는 모두 다수의 소낭구조로 구성되어 있었다. 생식세포의 발달과정은 소낭 내의 생식세포를 관찰하였다.

생식소 발달 단계는 조직학적인 방법으로 관찰한 결과, 비활성기 (inactive stage), 초기활성기 (early active stage), 후기활성기 (late active stage), 성숙기 (ripe stage), 산란기 (spawned stage) 로 구분할 수 있었다.

비활성기에는 광학현미경 조직표본에서도 난소와 정소의 구분이 어려웠다. 생식소 소낭은 크기와 수적으로 매우 감소된

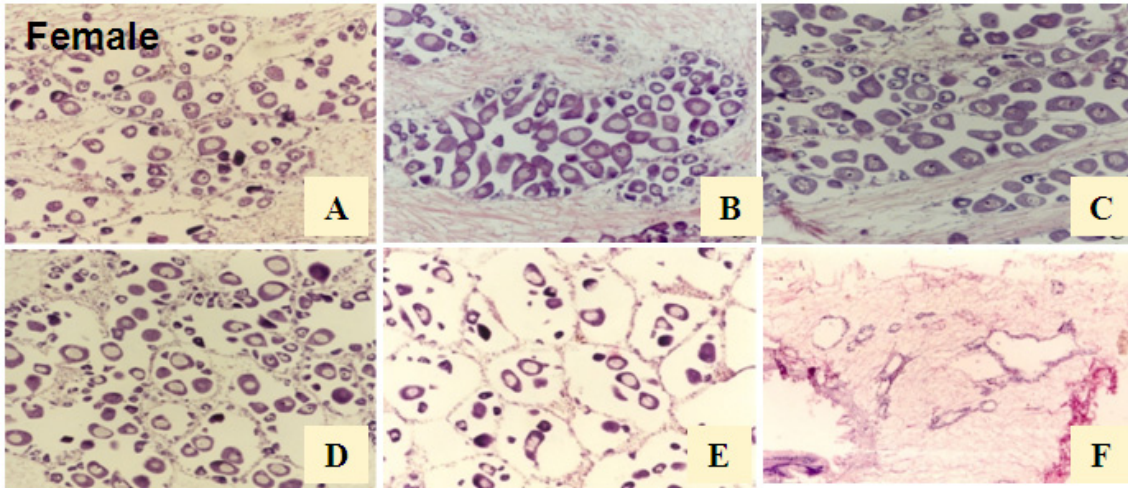


Fig. 2. A. Early active stage, B. Late active stage, C. Ripe stage, D&E. Spawned stage, F. Inactive stage.

상태였다. 소낭 내에서 생식세포들은 관찰은 불가능하였다. 소낭과 소낭 사이는 결합조직으로 채워져 있었다.

초기활성기에 생식소 소낭의 면적은 작지만 소낭 사이의 결합조직이 점차 감소하였다. 소낭의 수는 비활성기에 비해 증가되었으며, 광학현미경 조직표본에서 암수의 구분이 가능하였다. 암컷은 난자형성소낭(oogenic follicle) 벽을 따라 난원세포들과 초기 난모세포들이 규칙적으로 배열하고 있었다. 이 시기에 주로 관찰되는 난모세포들은 세포 크기에 비해 뚜렷한 인을 가지는 핵이 차지하는 비율이 높았다. 수컷은 정자형성소낭(spermatogenic follicle) 벽에서 대부분의 정원세포들과 일부 정모세포들의 불규칙한 배열상을 관찰할 수 있었다.

후기활성기에 암컷의 난자형성소낭벽은 초기활성기에 비해서 얇아져 있으며, 소낭의 면적은 증가되어 나타났다. 이 시기에는 주로 난모세포들이 난자형성소낭벽에 난병으로 연결되어 내강 쪽으로 발달된 양상을 보였다. 정소의 정자형성소낭벽은 난소에서와 마찬가지로 얇아진 상태였다. 소낭벽 근처에서는 일부 정원세포들이 관찰되었고, 소낭의 내강 쪽은 대부분의 정모세포와 정세포들이 차지하고 있었다.

성숙기의 난소에서는 호산성의 미세한 난황과립으로 채워진 난모세포들이 난병에서 분리되어 소낭 안쪽까지 분포하였다. 소낭 내강에는 성숙난모세포들이 가득 차 있었다. 정소는 정자형성소낭벽 근처에서 일부 정모세포와 정세포를 관찰할 수 있었다. 그러나 소낭 내강의 대부분은 다발을 형성한 호염기성의 정자들로 가득 차 있었다.

산란기의 난소에는 성숙난모세포의 방출로 소낭 내강은 비워져 있었다. 그러나 난병을 가진 일부 성장기의 난모세포들이 남아 있었다. 그리고 주로 소낭 내강에서는 미 방출된 잔존 난모세포들의 퇴화과정을 관찰할 수 있었다. 정소에서는 대부분

의 정자들이 방출되어 일부 잔존정자와 내강쪽으로 정모세포와 정세포들이 존재하고 있었다.

2. 생식소 발달단계의 월별 변화

비활성기(Inactive stage)는 11월부터 12월까지이다. 초기활성기(Early active stage)는 11월부터 이듬해 1월까지이며, 후기활성기(Late active stage)는 12월부터 2월까지 이었다. 성숙기(Ripe stage)는 봄(2월-5월)과 가을(10월) 두 번 나타났으며, 특히 3월에 성숙하는 비율이 높았다. 산란기(Spawned stage)는 4월부터 12월까지이며, 특히 6월부터 9월까지 산란이 집중 이루어졌다(Fig. 2).

3. 생식소 지수(GI)의 월별 변화

생식소 지수(GI)는 3월에 가장 높은 값을 나타낸 뒤, 급격히 감소하여 7월에 최소값을 나타내었다. 7월에 가장 낮은 값을 나타낸 후, 다시 증가하기 시작하여 10월에 다시 한번 피크를 나타내었다. 따라서 산란기는 4월부터 9월까지, 주산란기는 6월부터 8월까지로 추정되었다(Fig. 3).

4. 성숙각장

암컷 개체가 산란에 참여할 수 있는 생물학적 최소각장인 성숙각장은 71.85 mm로 추정되었다. 각장은 93 mm 이상이면 100%로 산란에 참여하는 것으로 나타났다(Fig. 4).

5. 성비

생식소를 구별한 409 개체 중 암컷은 209 개체, 수컷 200 개체이었다. 암컷과 수컷 성비(♀:♂)는 0.51 : 0.49이었으며, χ^2 -test한 결과 유의한 차가 없었다($P > 0.05$). 따라서 암컷과 수컷 성비(♀:♂)는 1:1이었다.

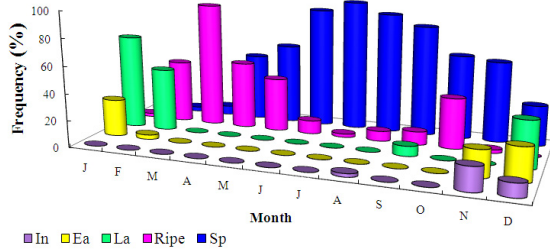


Fig. 3. Monthly change of gonadal development stage of the purplish Washington clam, *Saxidomus purpuratus*. In: inactive stage, Ea: early active stage, La: late active stage, Ripe: ripe stage, Sp: spawned stage.

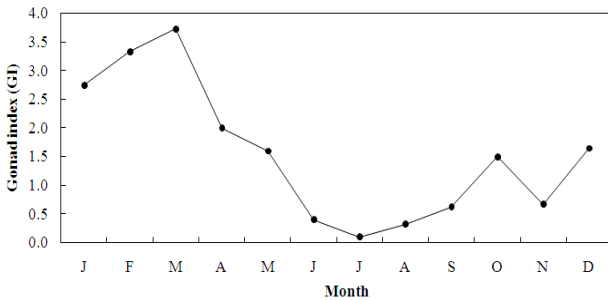


Fig. 4. Monthly change of gonad index (GI) of the purplish Washington clam, *Saxidomus purpuratus*.

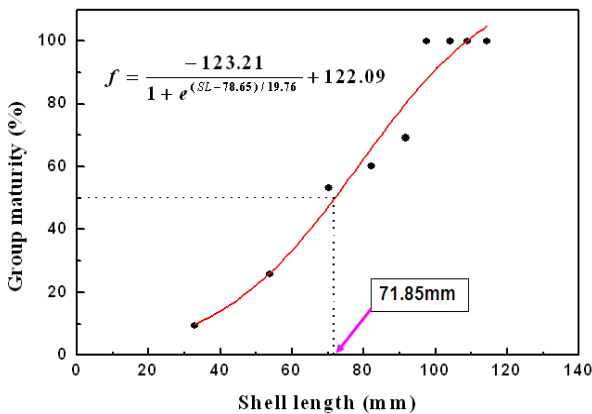


Fig. 5. Shell length at 50% group maturity in the purplish Washington clam, *Saxidomus purpuratus*.

고찰

개조개 자원은 2001년부터 지속적인 자원관리에도 불구하고 최근까지 급격히 감소하고 있다. 이는 실질적인 감소원인을 구명하지 않고, 수협을 통해서 총어획량만을 통제하는 관리수

단을 적용했기 때문으로 판단된다. 일반적으로 자원을 보호 및 증가수단으로 어미 보호, 어린개체 보호 또는 어미와 어린개체 동시 보호하는 방법 등이 있다. 산란기를 집중 관리하면 어미와 어린개체가 동시에 보호되어 자원증가 경향이 뚜렷이 나타난다. 또한 산란에 참여하지 못한 개체를 어획하지 못하도록 하는 방안은 미래 자원 보호로 자원증가뿐 만 아니라 지속적인 자원이용에도 커다란 영향을 줄 것으로 판단된다.

일반적으로 수산자원의 산란기를 추정할 때, 생식소속도지수 (GSI) 를 근거로 하여 추정하고 있다. 이는 수산자원의 생식소 중량변화를 추정하여 생식소 중량이 가장 높은 값을 나타낸 뒤 급격히 떨어지는 시기를 산란기로 정의하고 있다. 본 연구의 산란시기를 생식소 조직학적 관찰에 의한 생식소 발달단계와 생식소지수 (GI) 를 구하여 추정하였다. 패류 종류는 생식소가 내장과 뚜렷이 구분되지 않기 때문에 생식소를 조직학적 관찰에 의해 발달단계를 구분하였다. 그리고 생식소속도지수 (GSI) 처럼 지수화한 Mann'의 방법인 생식소지수 (GI) 를 사용하였다. 이때 생식소속도지수의 생식소 중량 변화를 나타내기 위하여, 생식소지수 (GI) 의 생식소 발달단계 값을 산란기 (spawned stage) = 0, 1 성숙기 (ripe stage) = 4로 설정하였다. 따라서 추정된 생식소지수 (GI) 는 4월부터 9월까지이고, 조직학적으로 산란흔적이 보인 산란단계는 4월부터 12월까지로 나타났다.

동중국해역 (부산, 진해 사천) 의 산란기는 봄부터 가을 (5월-11월), 주산란기는 여름부터 가을 (8월-10월) 까지이었다 (Kim, 1969; Chung and Kim, 1994; Chung *et al.*, 1999; Ahn, 2001). 그러나 황해해역인 연구결과는 Kim *et al.*, (2001) 의 산란시기는 동중국해역과 비슷하게 추정되었으나 Wel *et al.* (1982) 의 주산란기는 여름으로 나타났다. 이는 Wel *et al.* (1982) 는 산란이 가장 많이 일어난 시기로 추정하였기 때문에 다른 연구 결과에 비해 산란기가 짧게 추정되었다. 다른 연구결과와 본 연구의 산란기는 잘 일치하는 것으로 판단되었다. 동중국해역과 황해해역에 분포하는 개조개의 서식해역은 수온 등 환경 등 여러 요인의 차이는 많이 나타날 것으로 판단되었다. 그러나 개조개는 저서로부터 40 cm이하에 서식하므로 하는 종이므로 수온 등에 많은 영향을 받지 않은 것으로 판단되었다.

생식소를 구별한 409 개체 중 암컷은 209 개체, 수컷 200 개체이었다. 암컷과 수컷의 성비 (♀:♂)는 0.51 : 0.49이었으며, 암수 성비가 1:1이라는 결과에는 유의한 차가 없었다 (P > 0.05). 이는 Chung *et al.* (1999) 의 연구 결과 (♀:♂ = 0.51:0.49) 와 잘 일치하였다.

요약

개조개 표본은 동중국해의 진해만에서 잠수선에 의해 어획

된 것을 2002년 1월부터 12월까지 매월 120개체씩 채집된 것이다. 생식소 발달단계는 비활성기 (11월-12월), 초기활성기 (11월-이듬해 1월), 후기활성기 (12월-이듬해 2월), 성숙기 (2월-5월과 10월), 산란기 (4월-12월) 등 5단계로 구분되었다. 주산란시기 6월부터 8월까지이었다. 성숙각장은 71-85mm로 추정되었다. 암컷과 수컷 성비 (♀:♂)는 유의한 차가 없었으므로 1:1이었다.

사 사

본 연구는 국립수산물연구원 “동해심해생태계 자원특성조사”에 의하여 수행되었으며 (RP-2010-FR-055), 익명의 심사위원들의 고견에 대해 감사드립니다.

REFERENCES

- Ahn, S.H. (2001) Annual reproductive cycle of *Saxidomus purpuratus* (Sowerby) (Bivalvia: Veneridae) in Sacheon Bay, Korea. MS Thesis, Pknu. Nat'l. Univ. 35pp (in Korean).
- Alagaraja, K. 1984. Simple methods for estimation of parameters for assessing exploited fish stocks. *Indian J. Fish.* **31**: 177-280.
- Beverton, R.J.H. and S.J. Holt. (1957) On the dynamics of exploited fish populations. Fishery investigations, Series II, Marine Fisheries, Great Britain Ministry of Agriculture, Fisheries and Food, 19, 533 pp.
- Chapman, D.G. and D.S. Robson, (1960) The analysis of catch curve. *Biometrics*, **16**: 354-368.
- Chung, E.Y. and B.S. Kim. (1994) Histological and ultrastructural studies on gonadal development and germ cell development of the purplish Washington clam, *Saxidomus purpuratus* (SOWERBY). *Bull. Coastal Res. Kunsan Nat'l Univ.* **6(1)**: 1-15.
- Chung, E. Y. Y. M. Kim and S. G. Lee. (1999) Ultrastructure of germ cell development and reproductive cycle of the purplish Washington clam, *Saxidomus purpuratus* (Sowerby), *The Yellow Sea*, **5**: 51-58.
- Heincke, F. (1913) Investigations on the plaice. General report. I. Plaice fishery and protective measures. Preliminary brief summary of the most important points of the report. Rapp. P. - V. Reun. Cons. Perm. int. Explor. Mer., **16**, 67 pp.
- Jackson, C.H.N. (1939) The analysis of an animal population. *J. Anim. Ecol.*, **8**: 238-246.
- Jung, B.C. (1992) Freeze denaturalization of squid and butter clam actomyosin. MS Thesis, Nat'l. Fish. Univ. Busan. 50pp.
- Kim, A. Y. (1969) Studies on the gametogenesis and breeding season of *Saxidomus purpuratus* (Sowerby). Publ. Marine Lab. Busan Fish. Coll., **2**: 27-36 (in Korean).
- Kim, A. Y. (1971) Ecological studies on the propagation of *Saxidomus purpuratus* (Sowerby), *Bull. Korean Fish. Soc.* **4(3,4)**: 92-93 (in Korean).
- Kim, S.K., K.Y. Park, G.N. Jang, D.J. Kim and H.C. Seo. (2001) Studies on the Ecological Aspect and Gametogenesis of *Saxidomus purpuratus* (Sowerby) in the Yellow Sea Area. *Bull. Nat'l. Fish. Res. Inst. Korea*, **59**: 152-158 (in Korean).
- Kim, Y.H., D.K. Ryu, D.S. Chang, J.B. Kim and S.T. Kim. (2003) Age and growth of purplish Washington clam (*Saxidomus purpuratus*) in Jinhae Bay, Korea. *J. Kor. Fish. Soc.*, **36(5)**: 495-499 (in Korean).
- Kim, Y.H., D.K. Ryu, D.W. Lee, D.S. Chang, J.B. Kim, S.T. Kim and D.H. Kwon. (2006) Morphological analysis among populations of purplish washington clam, *Saxidomus Purpuratus* in the Korean waters, *Korea. J. Malacol.*, **22(1)**: 23-26 (in Korean).
- Min, Dik-Ki. (2004) Mollusks in Korea (revised supplementary edition). Min Molluscan Research Institute. 566pp (in Korean).
- NFRDI. (2006) Stock Assessment and Fishery Evaluation Report of Year 2007 TAC-based Fisheries Management in the Adjacent Korean Waters. Yaemoonsa, Busan, 230pp (in Korean).
- Oh, K.W., M.S. Heu, and H.Y. Park. (1998) Taste compounds and reappearance of functional flavoring substances from low-utilized shellfishes, *J. Korea. Fish. Soc.*, **3(6)**: 799-805 (in Korean).
- Ricker, W.E. (1975) Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. *Bull. Fish. Res. Board Can.*, **191**, 382pp.
- Wei, L.P., Y.F. Shu, Y.P. Han and Z.Y. Yu. (1982) A preliminary survey on the biology of *Saxidomus purpuratus*. *J. Fish. China*, **6(1)**: 1-8.
- Zhang, C.I. (1991) Fisheries Resource Ecology. Woosung Publ. Co., Seoul, Korea. 399pp (in Korean).
- Zhang, C.I., J.B. Lee and C.I. Baik. (2000) A study on the stock assessment Methods incorporating ocean environment factors. *J. Korean Soc. Fish. Res.*, **3**: 16-28 (in Korean).
- Zhang, C.I., M.W. Lee and S.K. Yoon. (1999) Estimation of population ecological characteristic of sunset shell, *Nuttallia olivacea* in Dadaepo shore, Korea. *J. Korean Soc. Fish. Res.*, **2**: 24-31 (in Korean).
- Zhang, C.I., S.C. Yoon, S.K. Lee and J.W. Choi. (2004) A population ecological study of purplish washington clam (*Saxidomus purpuratus*) in adjacent waters of Geoje island. *J. Korean Soc. Fish. Res.*, **6(2)**: 126-139 (in Korean).
- 岸岡正伸, 井手尾寛, 立石健. (1996) ワチムラサキガイ, *Saxidomus purpuratus* 幼稚貝の人工飼育下における形態的特徴. 山口県内海水産試験場報告, **25**: 16-19.
- 井手尾寛, 岸岡正伸, 立石健. (1996) ワチムラサキガイの成熟度調査-I. 山口県内海水産試験場報告, **25**: 35-38.