

개조개, *Saxidomus purpuratus*의 중간육성 및 씨뿌림된 치패의 성장과 생존

진영국, 오봉세, 정춘구, 김태익, 박민우

국립수산과학원 남서해수산연구소

Survival and Growth of the Purplish Washington Clam, *Saxidomus purpuratus* Spat Sowed in bottom and intermediate culture

Young Guk Jin, Bong Se Oh, Choon Koo Jung, Tae Ik Kim and Min Woo Park

Southwest Sea Fisheries Research Institute, NFRDI, Yeosu 556-823, Korea

ABSTRACT

We studied possibility of the sowing culture at the bottom after intermediate culture as a method for raising the survival of the Purplish Washington clam, *Saxidomus purpuratus*. The pearl net (35 cm (W) × 35 cm (B) × 20 cm (H)) for *S. purpuratus* spat during the period of intermediate culture (hanging culture) from April to October in 2010. The pearl net (100 inds./net) was installed at two stations (Namhae and Pohang) being about 3-4 m in water depth. After hanging culture, *S. purpuratus* spat sowed in the bottom of the Gangjin Bay. The survivals (%) of intermediate culture of this species at Namhae station and Pohang station were 73% and 74%, respectively. Daily growth rate of mean shell length and mean weight in Namhae station were higher than those in Pohang station. After sowing at the bottom of the Gangjin Bay, its survival (%) showed 73.98% in January 2011. These results suggested the possibility of the intermediate culture as hanging culture for raising survival rate of *S. purpuratus*.

Keywords: *Saxidomus purpuratus*, intermediate culture, survival (%), growth

서 론

개조개, *Saxidomus purpuratus*는 우리나라를 비롯해 일본과 중국 연안까지 폭넓게 분포하는 이매패류이며, 조간대부터 비교적 깊은 수심의 모래나 자갈이 섞인 진흙에 서식한다 (Yoo, 1976; Min, 2004). 경제적인 가치가 높은 고가의 식용 패류로 국내의 경우 남해안에서 97% 이상을 생산하고 있으며, 대부분 잠수기 어업에 의해 어획되고 있다. 하지만 1997년 이후 무분별한 남획 및 어장환경 악화에 의한 생존을 감소로 인해 생산량이 급격히 줄어들었고, 이를 위해 2001년부터 총 허용어획량 (TAC) 제도에 포함시켜 관리하고 있으나, 최근의 통계에 의하면 2005년에 6,534 톤을 정점으로 이후 계속 감소하여 2010년 1,950 톤까지 급감하고 있는 실정이다.

감소하는 개조개 자원을 회복하기 위한 적극적인 방안 중

하나는 인공종묘를 생산한 후 개조개 서식해역에 방류하여 자원조성을 시도하는 것이다. 이와 같은 목적을 달성하기 위해 현재 수산종묘 관리사업 시행지침에 의거 각장 1 cm 내외의 인공종묘들이 방류되고 있지만, 방류 초기 높은 폐사율 등으로 뚜렷한 성과를 거두지 못하고 있다.

개조개의 자원회복을 위한 연구는 생식세포 형성, 성숙 및 산란시기, 성비 등에 관한 생식생물학적 연구 (Kishioka *et al.*, 1996; Chung *et al.*, 1999; Ahan, 2001; Kim *et al.*, 2001; Shin *et al.*, 2007), 연령과 성장 (Kim *et al.*, 2003), 거제 연안산 개조개의 자원생태학적 연구 (Zhang *et al.*, 2004), 남해안 개조개의 자원평가 (Kim *et al.*, 2007) 등이 보고되고 있다. 그러나 기존 연구들이 주로 생식이나 자원량 평가 등에 초점이 맞추어져 있으며, 자원 조성을 위한 방류종묘들의 생존율을 높일 수 있는 방안에 대한 보고는 없는 실정이다.

현재까지 방류종묘들은 생태적 적합성, 크기에 따른 사육 수조 내에서의 생존율, 자연에서의 생존율 및 인공사육기간 동안의 생산비용을 고려하여 방류를 하고 있는데, 이와 더불어 자연계 생태 적응의 장으로서 중간육성에 의한 크기 증대와 순치

Received August 26, 2011 ; Accepted September 28, 2011
Corresponding author: Min Woo Park
Tel: +82 (61) 690-8984 e-mail: mwpark@nfrdi.go.kr
1225-3480/24396

기간을 둔다면 방류효과가 제고될 수 있을 것이다.

개조개와 같은 내생동물 (endofauna) 의 중간육성은 해적 생물에 의한 포식의 경감, 생리적 민감성이 높은 시기의 회피, 사니의 피복에 의한 약화 방지 등을 목적으로 피조개 (Nakagawa *et al.*, 1997, 1999), 새조개 (Nishihiro *et al.*, 1983), 북방대합 (安川, 1989) 및 왕우럭 (Nakagawa and Kiyabu, 2004) 등에 대하여 보고되어 있다.

본 연구는 종묘생산된 개조개 치패를 바로 씨뿌림하지 않고 일정기간 중간육성 후 씨뿌림하여 생존과 성장에 어떠한 영향을 미치는지 조사하고, 추후 자원회복을 위한 기초자료로 제공하고자 하였다.

재료 및 방법

1. 중간육성

중간육성을 위해 수하식 채롱 (35 cm(W) × 35 cm(B) × 20 cm(H)) 을 이용하여 수하양성 하였다. 수하연 1줄에 3개의 채롱을 연결하였으며, 각 채롱사이의 공간은 30 cm로 일정하게 유지한 후 파도에 의한 영향을 최소화하기 위해 마지막 채롱에 8-10 kg의 돌을 그물망으로 싸서 매달았다. 실험에 사용된 개조개 (각장 15.81 ± 0.06 mm, 전중 0.90 ± 0.06 g) 는 채롱 한 칸당 100개체씩 수용하였다. 수하지역은 고수온기에 양식패류의 대량폐사가 빈번하게 발생하는 점을 고려하여 경상남도 남해 미조면과 경상북도 포항 구룡포읍 연안 2지역을 선정하였고, 각 지역 당 1 m 간격으로 3줄의 수하연을 설치하였다. 수하기간은 경상남도 남해 연안의 경우 2010년 4월 13일에서 10월 28일까지 199일이었고, 경상북도 포항 연안은 2010년 4월 14일에서 10월 27일까지 197일이었다.

2. 바다 씨뿌림

중간육성이 끝난 개조개 치패는 바다에 씨뿌림되었을 경우 생존과 성장에 어떠한 영향을 받는지 관찰하기 위해 2010년 10월 28일 경상남도 남해군 강진만 바다에 씨뿌림한 후 2011년 1월 28일 (92일) 까지 조사를 진행하였다.

3. 생존율 및 성장

중간육성 및 씨뿌림된 개조개 치패의 생존율 및 성장은 염분, DO, pH 등의 환경조사 (Table 1) 와 더불어 매월 1회 측정하였으며, 측정이 끝난 개체들은 재 수용하여 다음 측정 시 활용하였다. 수온은 수온연속측정기 (UTBI-001) 를 이용하여 1시간 단위로 측정하였으며, 일 평균값을 기록하였다 (Fig. 1).

1) 생존율

생존율은 각 채롱당 전체 개체수에서 누적사망 개체수를 뺀 값을 생존율로 환산하여 그 평균값을 기록하였다.

2) 성장

각장, 각고 및 각폭을 버니어캘리퍼스를 이용하여 mm 단위 까지 측정하였고, 전중은 전자저울로 0.01 g 단위까지 조사하여 그 평균값을 기록하였다. 또한 측정된 값을 토대로 아래와 같은 식에 의해 일간성장률 (Daily growth rate, DGR) 을 조사하였다.

$$\text{Daily growth rate (DGR)} = 100 \times \ln(L_1 - L_0) / T$$

(L₁: final mean shell length (total weight), L₀: initial mean shell length (total weight), T: rearing days)

4. 통계분석

중간육성 기간 동안 개조개 치패의 지역간 차이는 SPSS 통계패키지를 이용하여 independent t-test를 실시한 후 그 유의성 여부를 검증하였다.

결 과

1. 중간육성

1) 생존율

2010년 4월에 각장 15.81 ± 0.06 mm, 전중 0.90 ± 0.06 g의 치패를 수하 개시 후 10월 조사 종료 때까지 개조개

Table 1. Salinity, pH and DO of the Namhae and Pohang station during intermediate culture and sowing culture

		Namhae	Pohang
Intermediate culture (13 Apr. 2010- 28 Oct. 2010)	Salinity (‰)	30.07-32.99	32.06-33.76
	pH	8.1-8.45	8.07-8.28
	DO (mg/L)	8.52-9.65	8.48-10.07
Sowing (Gangjin Bay, 28 Oct. 2010- 28 Jan. 2011)	Salinity (‰)	33.28-33.96	
	pH	8.01-8.16	
	DO (mg/L)	8.99-9.45	

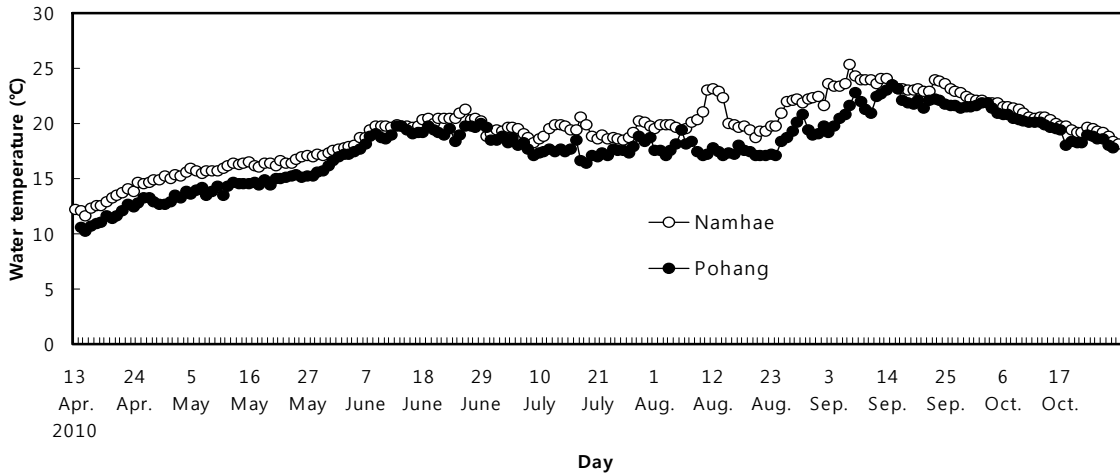


Fig. 1. Variations of water temperature in Namhae and Pohang station during the period of the intermediate culture of the *Saxidomus purpuratus* spats.

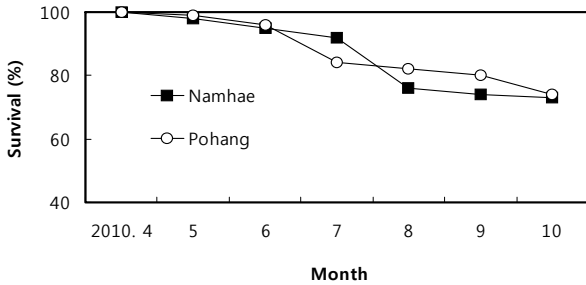


Fig. 2. The survival (%) of *Saxidomus purpuratus* spats during intermediate culture.

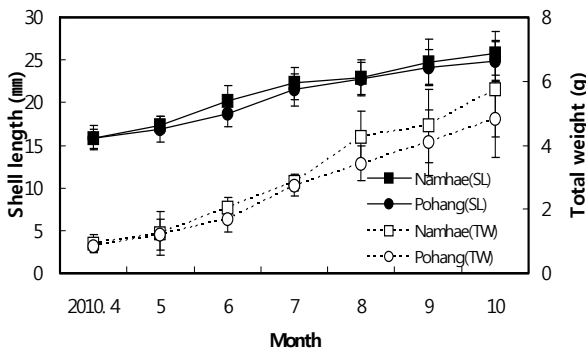


Fig. 3. Growth of shell length and total weight of the *Saxidomus purpuratus* spats during the period of the intermediate culture.

의 생존율은 Fig. 2와 같이 남해와 포항 모두 73% 이상이였으며, 남해지역에 비해 포항지역이 약간 높게 나타났다. 남해지역의 경우 7월까지의 생존율을 보였지만, 25.66°C가

지 수온이 오른 7월에서 8월 사이에 76%로 급격한 감소를 보였다. 그 이후 10월에 73%의 생존율을 보였다. 포항지역의 경우 6월에서 7월 사이에 96%에서 84%로 낮아졌으며, 그 이후 일정한 감소폭을 보이다가 10월 말에 74%의 생존율을 보였다.

2) 성장

중간육성한 개조개의 각장 및 전중은 Fig. 3과 같이 2010년 10월 조사 종료 시에 남해지역의 경우 각장은 15.77 mm에서 25.79 mm로 10.02 mm, 전중은 0.94 g에서 5.74 g으로 4.8 g 성장하였다. 포항지역의 경우 각장은 15.85 mm에서 24.83 mm로 8.98 mm, 전중은 0.85 g에서 4.84 g으로 3.99 g 성장하였다. 전반적으로 포항지역에 비해 남해지역에서의 각장 및 전중이 높게 나타났으며, 5월에서 7월 사이에는 남해와 포항 지역 간 유의적인 차이가 관찰되었다 (P < 0.05).

일간성장률은 Fig. 4와 같이 각장과 전중 모두 5월에서 7월 사이에 가장 큰 증가폭을 보였으며, 그 후 점차 낮아졌다. 남해지역의 경우 각장과 전중 모두 5월에서 6월 사이에 각각 9.71%와 2.71%로 가장 높았고, 포항지역은 각장과 전중 모두 6월에서 7월 사이에 각각 8.25%와 3.05%로 가장 높았다.

각장에 대한 전중의 상대성장은 Fig. 5와 같이 남해지역 (TW = 6 × 10⁻⁰⁵ SL^{3.5199} (R² = 0.9311)) 에 비해 포항지역 (TW = 5 × 10⁻⁰⁵ SL^{3.5203} (R² = 0.945)) 에서 중간육성한 개체들이 전중은 다소 낮지만 고른 성장분포를 보이고 있었다. 각장에 대한 각고의 상대성장은 남해지역이 SH = 0.8619 SL-1.865 (r² = 0.9618), 포항지역이 SH = 0.8257 SL-1.1572 (r² = 0.9343) 로 나타났다. 근소한 차이로 초기에 각고/각장 비가 적었던 남해지역에서 성장할수록 포항지역

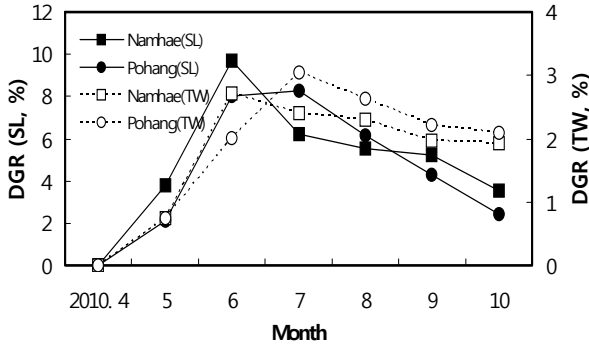


Fig. 4. Daily growth rate (shell length, total weight) of *Saxidomus purpuratus* spats during intermediate culture.

보다 증가하였다.

2. 바닥 씨뿌림

중간육성 후 바닥 씨뿌림 된 개조개의 생존율은 조사 종료 시기인 2011년 1월에 73.98%를 나타냈다 (Table 2). 각장과 전중은 모두 일정하게 증가하였고, 그 중 씨뿌림 초기인 10월에서 11월 사이에 일간성장률이 각장 9.39%, 전중 3.43%에 이를 정도로 빠른 성장을 보였다 (Table 2).

고찰

개조개의 자원조성을 위한 종묘의 방류시 생존율을 높이기 위해선 외부요인에 대한 저항력이 어느 정도 강해질 때까지 성장 시킨 후 방류하는 것이 하나의 방법이라 보여진다. 때문에 본 연구에서는 기존 방류개체들을 수하양성용 채롱에 수용하여 일정기간 수중에서 중간육성 후 바다에 씨뿌림하는 방식으로 개조개의 생존율을 높이하고자 하였다. 또한 개조개는 조간대에서부터 수심 40 m까지 서식하는 종이므로 (Yoo, 1976), 수심 3-4 m에서 중간육성 시 수온변화에 따라 민감한 반응을 보일 수 있기 때문에 여름철에 수온이 상승하는 남해안 지역과

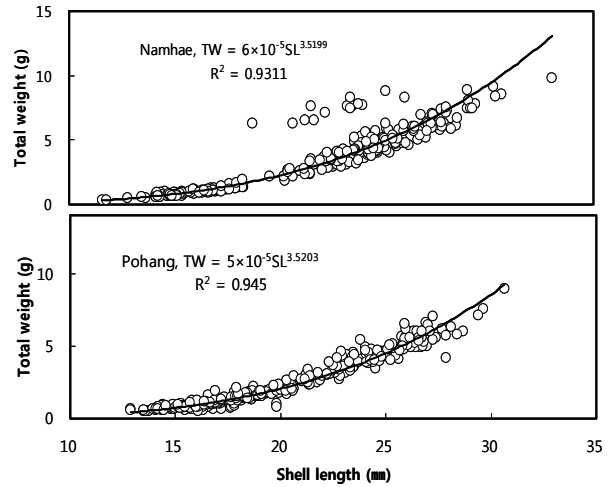


Fig. 5. Relationships between shell length and total weight of *Saxidomus purpuratus* spats during the period of the intermediate culture in the Namhae and Pohang stations.

비교적 낮은 수온을 유지하는 동해안 지역을 선정하여 비교하였다.

茨城県水産試験場 (1999)에서는 종묘의 중간육성 없이 평균 각장 1.5 mm의 백합을 12월 초에 방류하여 추적 조사한 결과, 10개월 후 평균 각장 9.0 mm, 생존율 55.6%이었으며, 평균각장 2.5 mm의 백합을 10월 하순-11월 하순에 방류하여 약 11개월 후 평균 각장 14.5 mm, 생존율 20.2%라고 보고 하였다. 남해와 포항 지역에서 수하식으로 중간육성한 개조개 치패의 생존율은 중간육성 종료 시기에 두 지역 모두 73% 이상을 나타내 중간육성 없이 방류한 백합의 경우보다 생존율이 월등히 높아 기존 방류 후 나타난 대량폐사를 해결하는 하나의 대안으로 제시될 수 있을 것으로 보인다. 그러나 남해안 지역에서 급격한 수온 상승에 따른 생존율의 감소는 개조개 역시 피조개 (Shin et al., 2008) 나 바지락 (Sobral and Widdows, 1997) 등 다른 패류들과 마찬가지로 수온에 민감

Table 2. Survival and growth of the *Saxidomus purpuratus* spats after sowing in the bottom of the Gangjin Bay

Month	Survival (%)	SL (mm)	SH (mm)	SW (mm)	TW (g)	Daily growth rate (SL, %)	Daily growth rate (TW, %)
2010. 10	100	22.91 ± 2.26	18.11 ± 1.98	12.56 ± 1.34	3.88 ± 1.07	0.00	0.00
11	92.68	26.11 ± 1.69	20.30 ± 2.11	14.12 ± 1.21	5.04 ± 1.00	9.39 ± 1.24	3.43 ± 0.89
12	86.99	27.16 ± 2.08	21.54 ± 1.78	14.75 ± 1.44	5.75 ± 1.46	4.59 ± 1.07	3.08 ± 1.44
2011. 01	73.98	27.60 ± 2.39	22.03 ± 2.40	15.56 ± 1.79	6.60 ± 1.70	1.37 ± 0.87	2.42 ± 0.69

한 반응을 나타내는 것으로 보인다. 이러한 문제는 수온, 염분 등 다양한 환경인자들에 대한 내성 연구, 고수온기에 따른 수하수심의 이동 등 다양한 방법들이 시도되어야 할 것으로 보여진다.

각장에 대한 전중의 상대 성장식에 대해서는 原田 等 (2001) 이 31.1-94.6 mm 체장군에 대하여 $TW = 7.69 \times 10^{-5} SL^{3.28}$ ($r^2 = 0.985$), Kim *et al.* (2001) 이 남해안 개조개 55-130 mm 체장군에 대하여 $TW = 1.9477 \times 10^{-4} SL^{3.0565}$, Kim *et al.* (2003) 이 진해만의 40-120 mm 체장군에 대하여 $TW = 9.580 \times 10^{-5} SL^{3.220}$ ($R^2 = 0.97$) 로 보고하였지만 초기종묘의 상대성장률에 대해서는 보고된 바 없다.

인위적으로 조성된 실험실 내 서식환경에서 각장 0.9 mm의 개조개 치패는 최적의 성장도를 보인 사니질에서 252일 동안 각장 22.9 mm 까지 성장하였다 (Lee *et al.*, 2005). 본 연구에서 수하식으로 중간육성된 개조개 치패는 가장 좋은 성장을 보인 남해에서 199일 동안 각장 15.7 mm에서 25.7 mm로 성장하여 성장 면에서도 긍정적인 영향을 미치는 것을 알 수 있다.

중간육성 후 바닥에 씨뿌림된 개조개는 각장 22.91 ± 2.26 mm, 전중 3.88 ± 1.07 g인 개체들로서, 이들은 씨뿌림 후 한 달 동안 높은 생존율과 성장속도를 보여주었다. 이는 수하식으로 중간육성한 개체들이 외부환경 변화에 어느 정도 대처할 수 있는 크기로 성장했음을 간접적으로 보여주는 것이다. 또한 有馬 (1971) 는 참가리비의 각장 2.6 cm 이상에서는 불가사리류에는 포식되지 않는다고 하였으며, 참가리비에 대한 불가사리류의 포식 크기는 불가사리류의 완장의 70% 이하 (北海道胆振地区水産技術普及指導所, 2003) 라고 하였고, 피조개에 있어서도 아무르불가사리는 완장의 65% 이하를 포식하는 것으로 보고 (宮城県水産技術総合センター, 2008) 하였다. 이는 중간 육성을 통한 방류치패 크기의 증대는 불가사리류에 의한 포식율을 감소시킬 수 있다는 것을 의미한다.

개조개의 연령은 9-10세로 추정하고 있으며, 1세의 경우 각장 15.44-32.48 mm, 전중 3.4-7.16 g으로 보고되어 있다 (Wei *et al.*, 1982; Kim *et al.*, 2003). 이와 같은 보고들을 토대로 볼 때 본 연구에서 중간육성된 개조개는 연령 1세에 다다른 것으로 보여지며, 인공적으로 생산된 종묘의 경우 1세까지는 수하양성 등과 같은 중간육성 과정을 거친 후 방류하는 것이 좋을 것으로 판단된다.

따라서 본 연구결과를 볼 때 개조개의 중간육성은 급감하는 자원량 감소를 해결할 수 있는 방안으로 타당성이 있으며, 높은 생존율을 감안하면 경제적으로 충분한 가치가 있을 것으로 보인다.

요 약

급감하는 개조개의 자원량을 회복하기 위한 방안으로 치패를 중간육성 후 씨뿌림하는 방식이 생존과 성장에 어떠한 영향을 미치는지 관찰하였다.

개조개 평균 각장 15.81 mm (평균 전중 0.90 g) 의 치패를 4월에 채롱에 수하하여 10월까지 중간육성한 결과 각장 22.9 mm 내외 (전중 3.88 g 내외) 로 성장하였고 생존율은 73% 이상으로 자연에 초기 치패를 씨뿌림하였을 때 보다 생존율이 높은 것으로 나타났다. 이를 다음해 1월까지 다시 씨뿌림한 결과 각장 27.6 mm (전중 6.6 g) 으로 성장하였고 생존율은 약 74%를 나타내었다.

이는 중간육성 후 씨뿌림 방식이 종묘 방류 후 나타나는 대량폐사의 문제점을 해결할 수 있는 하나의 대안으로 충분히 가능성이 있다는 사실을 보여준다.

감사의 글

이 연구는 국립수산물과학원 남서해수산연구소 “2011 내환경성 피조개 및 대체양식 품종개발 (RP-2011-AQ-077)” 과제의 일환으로 추진되었다.

REFERENCES

- Ahan, S.H. (2001) Annual reproductive cycle of purplish Washington Clam, *Saxidomus purpuratus* (Sowerby) (Bivalvia: Veneridae) in Sacheon Bay, Korea. MS Thesis, Pukyong National University, 35 pp. (in Korean)
- Chung, E.Y., Kim, Y.M. and Lee, S.G. (1999) Ultrastructural study of germ cell development and reproductive cycle of the purplish Washington clam, *Saxidomus purpuratus* (Sowerby). *Yellow Sea*, **5**: 51-58.
- Kim, S.K., Park, K.Y., Jang, C.N., Kim D.J. and Seo, H.C. (2001) Studies on the ecological aspect and gametogenesis of Purplish Washington Clam, *Saxidomus purpuratus* (Sowerby) in the Yellow Sea Area. *Bulletin of National Fishery Research and Development Institute, Korea*, **59**: 152-158. (in Korean)
- Kim, Y.H., Chang, D.S. and Cha, B.Y. (2001). Catch Yield Fluctuation and Relative Growth of the Purplish Washington clam, *Saxidomus purpuratus* (Sowerby) in the South Sea, Korea. *Journal of Fisheries Science and Technology*, **4**(2): 98-100.
- Kim, Y.H., Kwon, D.H., Lee, D.W., Chang, D.S., Kim, J.B., Kim, S.T. and Ryu, D.K. (2007) Stock assessment of Purplish Washington Clam, *Saxidomus purpuratus* in the Southern Coastal waters of Korea. *Korean Journal of Malacology*, **23**(1): 31-38. (in Korean)

- Kim, Y.H., Ryu, D.K., Chang, D.S., Kim, J.B. and Kim, S.T. (2003) Age and growth of Purpulish Washington clam, *Saxidomus purpuratus* in Jinhae Bay, Korea. *Journal of Korean Fisheries Society*, **36**(5), 495-499. (in Korean)
- Kishioka, M., Ideo, H. and Takeshi, T. (1996) Studies on maturity of Purpulish Washington Clam, *Saxidomus purpuratus*. *Bulletin of Yamaguchi Prefecture Marine Hatching*, **25**: 35-38.
- Lee, C.H., Han, G.M. and Choi, J.W. (2005) Substrate selection for larval settlement and spat growth in the purple clam, *Saxidomus purpuratus* (Sowerby) in laboratory culture. *Korean Journal of Malacology*, **21**(1): 65-70. (in Korean)
- Min, D.K., Lee J.S. Koh, D.B. and Je, J.G. (2004) Mollusks in Korea (revised supplementary edition). 566 pp. Min Molluscan Research Institute. Seoul. (in Korean)
- Nakagawa, A. and Kiyabu, Y. (2004) Studies on the technique of aquaculture of gaper, *Tresus keenae* in cage- Beginnng size, hanging depth and population density. *Bulletin of Oita institute of Marine and Fisheries Science*, **5**: 29-34. (in Japanese)
- Nakagawa, K., Eto, T. and Sato, H. (1999) Examination of Intermediate breeding opening time in the cultivation of *Scapharca broughtonii*. *Bulletin of Fukuoka Fisheries and Marine Technology Research Center*, **9**: 47-50. (in Japanese)
- Nakagawa, K., Kobayasi, M. and Kuwamura, K. (1997) Intermediate breeding technique of *Scapharca broughtonii* in Buzenkai region. *Bulletin of Fukuoka Fisheries and Marine Technology Research Center*, **7**: 27-30. (in Japanese)
- Nishihiro, T., Nishioka, J. and Fujiwara, M. (1983) Nursling method of young cockles by means of basket on sea-bottom. *Bulletin of the Kyoto Institute of Oceanic and Fishery Science*, **7**: 49-53. (in Japanese)
- Shin, Y.K., Choi, N.J., Oh, B.S., Jung, A.J. and Kim, S.Y. (2007) Gonad development and reproductive cycle of the Purplish Washington clam, *Saxidomus purpuratus* (Bivalvia: Veneridae) from Gangjin Bay. *Korean Journal of Malacology*, **23**(2): 165-172. (in Korean)
- Shin, Y.K., Kim, B.H., Choi, N.J., Jung, C.G. and Park, M.W. (2008) Influence of temperature, salinity and hypoxia on survival and metabolic rate in the ark shell, *Scapharca broughtonii*. *Korean journal of Malacology*, **24**(1): 59-65. (in Korean)
- Sobral, P. and Widdows, J. (1997) Influence of hypoxia on the physiological responses of the clam *Ruditapes decussatus* from southern Portugal. *Marine Biology*, **127**: 455-461.
- Wei, L.P., Shu, Y.F., Han, Y.P. and Yu, Z.Y. (1982) A preliminary survey on the biology of *Saxidomus purpuratus*. *Journal of Fisheries of China*, **6**(1): 1-8.
- Yoo, J.S. (1976) Korean Shells in Colour. 196 pp. Iljisa, Seoul. (in Korean)
- Zhang, C.I., Yoon, S.C., Lee, S.K. and Choi, J.W. (2004) A population ecological study of Purplish Washington Clam, *Saxidomus purpuratus* in adjacent waters of Geoje Island. *Journal of Korean Society Fisheries Research*, **6**(2): 126-139. (in Korean)
- 安川隆宏 (1989) ウバガイ人工種苗の中間育成試験結果について. *茨城水試研報*, **27**: 25-132.
- 原田和弘, 山本 強, 岡本繁好 (2001) 兵庫縣内におけるウチムラサキガイの分布状況とその漁法. *兵庫水試研究*, **36**: 29-34.
- 有馬健二 (1971) 有用二枚貝の減耗について-ヒトデ類による食害. *北水試月報*, **28**(9): 2-7.
- 北海道胆振支庁胆振地区水産技術普及指導所 (2003) 苫小牧・鶴川ホタテガイ放流漁場調査指導. 日本水産資源保護協会.
- 宮城県水産技術総合センター (2008) 宮城県沿岸域海底に生息するヒトデを簡単に有効活用できないか?. 平成20年度 東北ブロック水産業関係試験研究推進会議 研究成果情報.
- 茨城県水産試験場 (1999) ハマグリ放流追跡調査結果について. 東北ブロック水産業関係試験研究推進会議 研究成果情報.