

득량만에서 키조개 *Atrina pectinata* 자원과 유생 출현 분포

김철원, 권승배¹, 허성범^{2*}

국립수산물과학원 남해수산연구소

¹여수지방해양수산청 고흥해양수산사무소, ²부경대학교 양식학과

Stock Density and Larval Occurrence of Panshell *Atrina pectinata* in Deukryang Bay

Chul Won Kim, Seung Bai Kwon¹ and Sung Bum Hur^{2*}

South Sea Fisheries Research Institute, NFRDI, Yosu 556-906, Korea

¹Goheung Maritime Affairs and Fisheries of Yosu Regional Maritime Affairs and Fisheries Office, Goheung 548-905, Korea

²Department of Aquaculture, Pukyong National University, Busan 608-737, Korea

The distribution of stock density and larvae of *Atrina pectinata* was examined in Deukryang Bay. Sampling of adult stock was seasonally conducted from 29 stations in the bay in May, August, and November 1995 and February 1996. And the larvae were sampled with interval of 3 to 7 days from 12 stations from July to October 1996. Seasonal abundance of the adult in number and in biomass were the highest in August (18 inds./m²) and in November (2,790 g/m²), respectively, at G1 station located in the most inner bay. In frequency distribution of shell height, the mode in May appeared in 10-14 cm group with 62%, and that of the other seasons in 15~19 cm group. The larvae were also distributed mainly at G1 as the adult were. The larval abundance showed a periodical cycle which seemed to be related to lunar cycle. The highest abundance of the larvae occurred on August 16 with 8 inds./m³, and then decreased continuously. With regard to frequency distribution of larval shell height, the larvae less than 200 μm occurred from July to October. And the mode in July appeared in small size group (200~249 μm) with 38%. These results mean that *A. pectinata* spawned from July to October, mainly middle July to middle August. The larval distribution showed the same geographical tendency to adult distribution. Both the adult and the larvae mainly distributed in the most inner bay and west area of Deukryang island, where was shallower, warmer, and higher primary productivity than the entrance area of the bay and east area of the island. However, larval abundance of *A. pectinata* in this study was so low compared to adult biomass. The reason for this unusual phenomenon should be understood with the detail research in future.

Keywords: *Atrina pectinata*, Deukryang Bay, larval distribution, penshell

서 론

키조개는 한국의 조개류 중 가장 대형종으로 남해안의 진해만, 여자만, 득량만과 서해안의 천수만, 군산연안 등지에 주로 서식하고 있으며 후폐각근을 식용으로 이용하는 매우 중요한 양식대상종이다. 득량만은 남해안의 대표적인 키조개 생산지이나 남획과 연안어장의 노후화 및 환경오염으로 생산량이 계속 감소되고 있다. 키조개 양식은 인공종묘생산이 어려워 자연 발생된 각고 10 cm 내외의 치패를 수집하여 성장이 양호한 양식장에 이식하여 양식하는 방법에 의존하고 있다(Yang et al., 1998).

국내에서 키조개에 관한 연구는 성장 및 형태변이(Choe, 1980; 1981), 산란주기(Yoo and Yoo, 1984), 부착치패의 초기성장(Kim

et al., 1985; Yoo et al., 1988), 인공종묘생산 및 자연채묘(Cheong et al., 1986; Son et al., 2005) 등이 있다.

특히 키조개 산지인 득량만의 경우 이식한 키조개의 성장(Yang et al., 1998), 수심에 따른 키조개 어장의 환경 특성(Choi et al., 1995), 자원분포(Kim and Hur, 1998) 등이 있으나 자원량과 부유유생의 출현 분포에 관한 연구는 매우 부족한 실정이다. 따라서 본 연구는 득량만에서 키조개의 자원량과 유생의 분포 밀도를 조사함으로써 득량만 키조개의 안정적인 생산과 자연채묘 기술개발을 위한 기초자료를 파악하고자 실시되었다.

재료 및 방법

득량만에서 키조개 자원조사는 1995년 5월, 8월, 11월과 1996

*Corresponding author: hurs@pknu.ac.kr

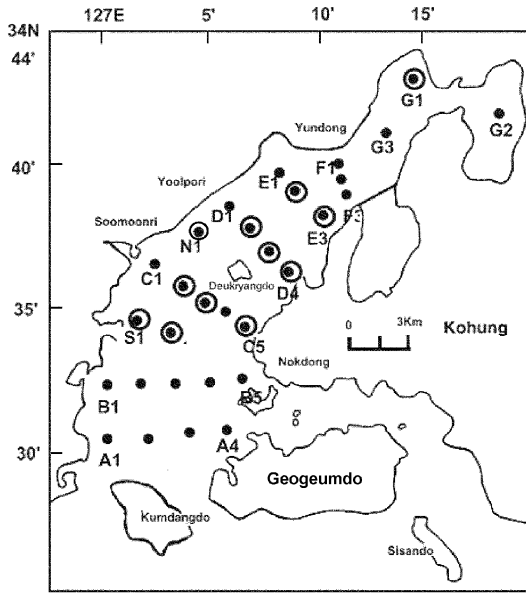


Fig. 1. Map showing the sampling stations of adult and larvae of *Atrina pectinata* in Deukryang Bay (●: adult, ⊙: larvae and adult).

년 2월 총 4회에 걸쳐 만 전체에 29개 정점을 선정하여 계절별로 실시하였다. 유생조사는 1996년 7월 상순부터 10월 상순까지 29개 정점 중 12개의 정점만을 선정하여 3일에서 7일 간격으로 20 μ m 플랑크톤 망 (ϕ 30 cm)으로 수직 채집하여 유생 분포를 조사하였다(Fig. 1). 조사해역의 수온은 키조개 자원량과 유생채집시 각 정점에서 봉상온도계를 이용하여 표층수온을 0.1°C 단위로 측정하였으며 염분은 고흥해양수산사무소의 측정 자료를 이용하였다.

키조개의 채집을 위하여 잠수부를 이용하였으며, 각 정점에서 1 m×1 m 방형구내의 키조개 자원을 2회 채집하였다. 채집된 키조개는 실험실로 운반하여, 단위면적당(m^2) 출현 개체수, 각고 및 중량을 mm 및 g 단위로 측정하였다.

동일 정점에서 2회 채집된 부유유생은 서로 합하여 1% 증성 포르말린에 고정시켜 실험실로 운반한 후, 침전관에서 50 mL로 농축하였다. 키조개 부유유생은 Yoshida (1964)와 Yoo (2000)의 자료를 근거로 해부현미경 하에서 구분한 후 5 mL의 시료량을 무작위로 취하여 정점별로 출현 개체수(ind./ m^3)와 출현 유생의 각고(μ m)를 측정하였다.

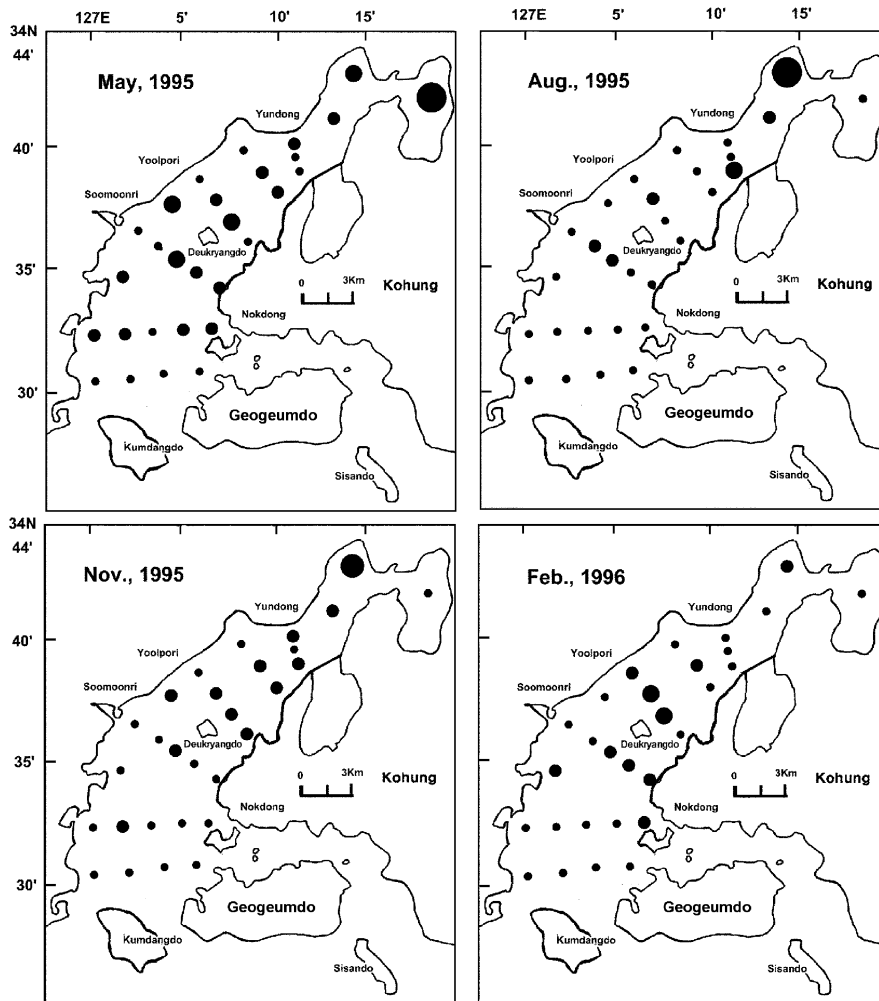


Fig. 2. Seasonal distribution of stock density in number (inds./ m^2) of *Atrina pectinata* in Deukryang Bay (●: <1.0, ●: 1.0~4.9, ●: 5.0~9.9, ●: 10.0~14.9, ●: 15.0~19.9).

결 과

조사해역의 해황

키조개 자원 조사기간 중 수온범위는 1.5~28.6°C였다. 1995년 5, 8, 11월 및 1996년 2월의 표층 평균수온은 각각 14.9°C, 26.1°C, 15.4°C 및 4.7°C였다. 유생조사 기간인 1996년 7월부터 10월까지의 12개 조사 정점에서의 표층 수온은 21.6~28.2°C로 8월이 가장 높고 10월이 가장 낮았다. 수심이 낮은 내만과 만의 서쪽 해역은 수심이 깊은 만 입구와 만의 동쪽 해역에 비하여 수온이 낮았다.

조사 기간 중 득량만의 염분은 32.8~34.5 psu의 범위로 큰 차이가 없었으나, 만의 서쪽해역과 안쪽해역에서는 담수의 유입으로 만 입구와 동쪽해역에 비하여 비교적 낮은 염분 분포를 보였다.

시기별, 정점별 출현 개체수 및 중량

득량만에서 채집된 키조개의 채집시기와 정점에 따른 단위

면적(m²)당 출현 개체수는 1995년 5월의 경우 만의 가장 안쪽 정점인 G2에서 16개체로 가장 많이 출현하였고 득량도 주변의 정점 C3, N1, D3에서도 5~6개체/m²로 비교적 많이 출현하였다. 8월의 경우는 만 안쪽의 정점 G1에서 18개체/m²로 가장 많았고 11월과 1996년 2월에도 정점 G1에서 각각 14개체/m²와 8개체/m²로 다른 정점에서 보다 많이 출현하였다(Fig. 2). 1995년 5월의 경우 모든 정점의 평균 출현 개체수는 3개체/m² 정도였으나 8월, 11월과 1996년 2월의 경우는 1개체/m² 정도로 5월보다 적은 출현량을 보였다. 전체적으로 득량도 부근과 내만은 출현 개체수가 많은 반면 만 입구의 정점들에서 낮았다.

단위면적(m²)당 중량은 1995년 5월의 경우 만 입구인 정점 B4지역에서 762 g/m²로 가장 높게 나타났으며 정점 B4의 좌우 정점인 B1과 B5에서도 682 g/m²과 529 g/m²로 비교적 높았다. 그러나 8월과 11월 그리고 1996년 2월의 경우는 만의 안쪽 정점인 G1에서 1 m² 당 각각 1,884 g, 2,790 g, 1,449 g으로 가장 높았다(Fig. 3). 채집시기별 모든 정점의 평균 중량은 1995

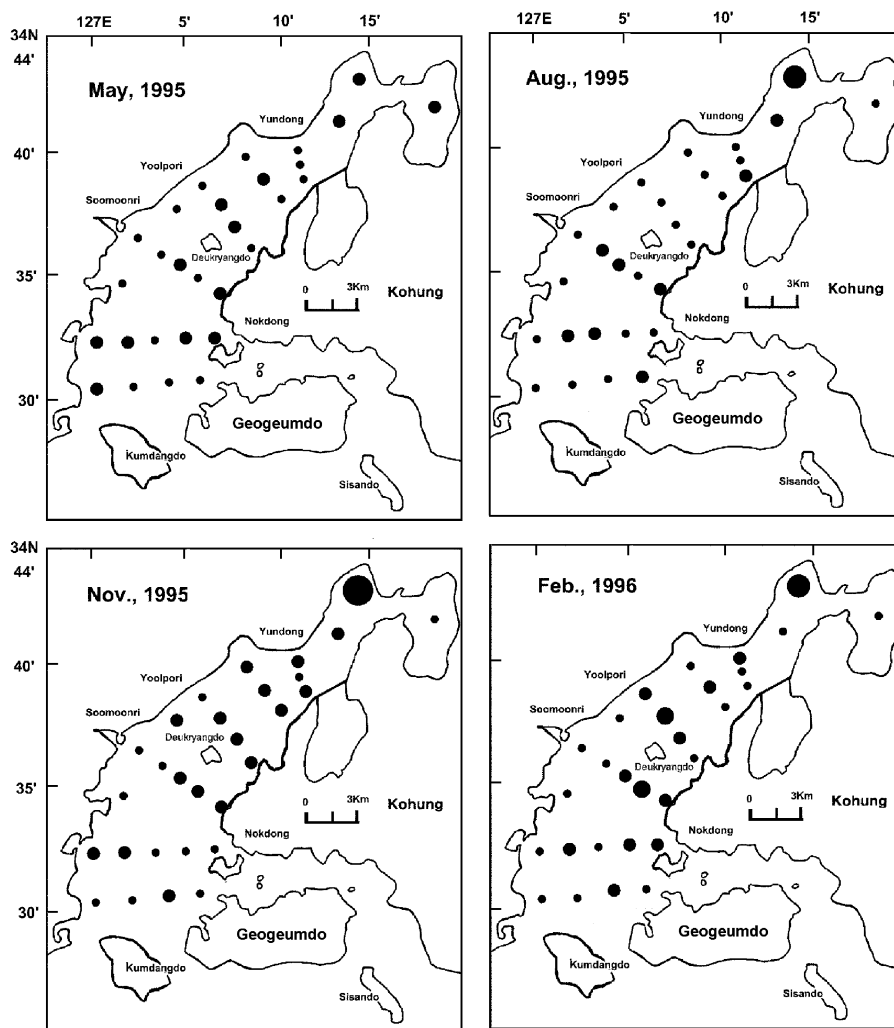


Fig. 3. Seasonal distribution of stock density in biomass (g/m²) of *Atrina pectinata* in Deukryang Bay (·: <99, ●: 100~999, ●: 1,000~1,499, ●: 1,500~1,999, ●: 2,000~2,499).

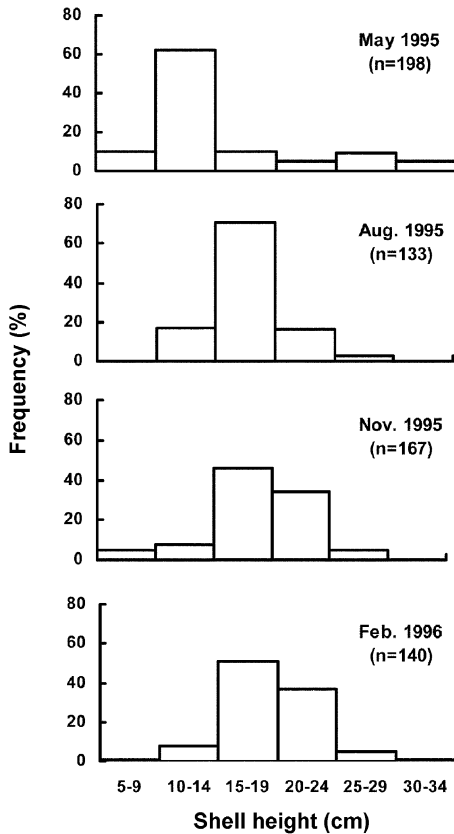


Fig. 4. Seasonal frequency distribution of shell height of *Atrina pectinata* in Deukryang Bay.

년 11월과 1996년 2월에 각각 333 g/m²과 250 g/m²으로 비교적 높았고 1995년 5월과 8월은 각각 191 g/m²과 155 g/m²으로 낮은 값을 보였다.

채집 시기별 각장 분포

득량만에서 계절별로 채집된 키조개의 각고 분포는 1995년 5월의 경우 10~14 cm급에서 62%로 가장 높게 나타났다. 8월의 경우는 15~19 cm급에서 71%로 가장 높게 나타났으며 30 cm급 이상은 전혀 출현하지 않았다. 11월의 경우는 15~19 cm급과 20~24 cm급에서 각각 46%와 34%로 높게 나타나 5월 이후 mode가 점차 20~24 cm급의 대형 개체군 쪽으로 이동하였다. 그리고 1996년 2월에는 1995년 11월과 유사한 각장 분포를 보였다(Fig. 4).

키조개 유생 출현량

1996년에 조사한 키조개의 유생 출현량은 1 m³당 8개체 이하로 매우 적었다. 7월의 경우는 19일에 6.3개체로 가장 많았고 8월에는 16일과 31일에 각각 8.0개체와 6.0개체로 가장 많았다. 9월 18일과 25일에도 각각 5.5개체, 5.2개체로 비교적 높은 출현량을 보였다. 그러나 그 외의 채집시기에는 1 m³당 5개체 이하의 낮은 출현량을 보였다. 또한 월별로는 7~8월에 비해

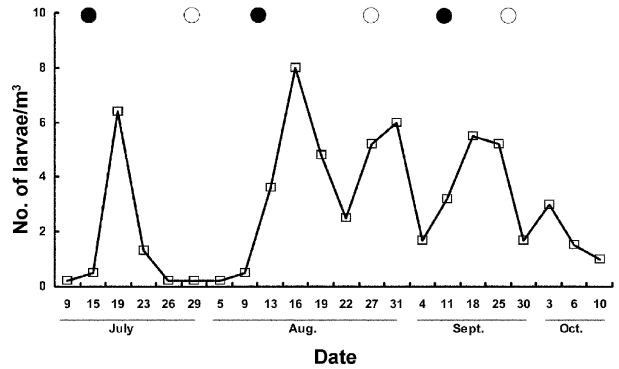


Fig. 5. Occurrence variations of *Atrina pectinata* larvae in Deukryang Bay from July 9 to October 10, 1996 (○: full moon, ●: crescent moon).

9~10월에 유생 출현량이 크게 감소하였다. 유생 출현량은 주기적인 peak를 보였으며 유생 출현량이 높았던 7~8월의 경우 주로 음력 3~4일경에 유생 출현량이 높은 경향을 보였다(Fig. 5). 키조개 유생의 월별 공간적 분포는 7월, 8월, 9월에 만의 가장 안쪽의 정점 G1에서 1 m³당 각각 8개체, 13개체, 5개체로 가장 많이 나타났다. 또한 8월의 경우는 득량도 아래쪽의 정점 C2와 S1에서도 1 m³당 각각 6개체씩 비교적 많은 양이 출현하였다. 10월에는 득량도 서쪽의 C2 정점(2개체/m³)을 제외한 전 정점에서 1 m³당 1개체 이하의 낮은 출현량 보였다(Fig. 6).

채집시기별 유생의 각고 분포

1996년 득량만에서 채집된 키조개 유생의 각고 분포는 7월의 경우 200~249 μm급에서 39%, 250~299 μm에서 17%의 높은 출현율을 보였으며 450~499 μm급의 유생도 10%가 출현하였다. 8월의 경우 출현 분포는 비교적 균등해지며 250~299 μm급과 450~499 μm급의 유생이 각각 19%와 17%로 다소 높게 나타났다. 9월의 경우는 7월과 마찬가지로 200~249 μm급과 250~299 μm급의 유생이 전체의 43%로 높은 출현율을 보였다. 10월의 경우는 250~299 μm급의 유생이 22%로 가장 많았으며 400~449 μm와 450~499 μm급의 유생도 각각 17%로 비교적 높은 출현량을 보였다(Fig. 7).

고 찰

득량만의 환경요인중 수온은 여름철에는 만 안쪽과 서쪽해역에서 28°C 이상의 고수온을 보이며 겨울철에는 같은 해역에서 1~2°C의 매우 낮은 수온분포를 보인다. 이러한 수온의 수평 분포는 수심이 낮은 만 안쪽해역과 서쪽해역에서 수심이 깊은 만 입구와 동쪽해역으로 갈수록 여름에는 수온이 점차 낮아지고 겨울에는 이와 반대 현상이 일어나고 있다. 이것은 기온의 영향을 많이 받는 만의 특성상 수온분포가 수심차이에 의한 열 저장 용량차이에 기인한다고 보고하고 있다(Chio et al., 1995).

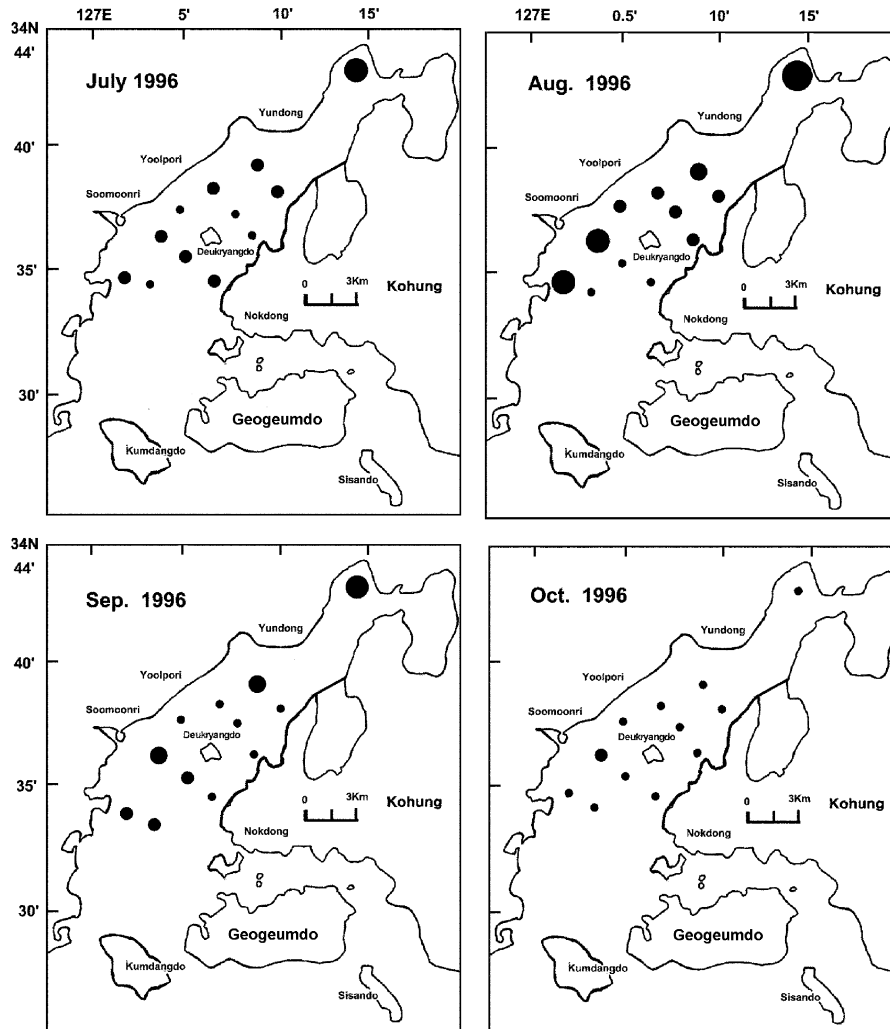


Fig. 6. Monthly density distribution (inds./m³) of *Atrina pectinata* larvae in Deukryang Bay from July to October, 1996 (•: <math><1.0</math>, ●: 1.0~2.4, ●: 2.5~4.9, ●: 5.0~9.9, ●: 10.0~14.9).

염분의 경우 특랑만의 평균염분이 32.8~34.5 psu로 나타났는데, Kim et al.(1995)은 여름철 만 서쪽해역과 안쪽해역은 담수의 영향을 받아 비교적 낮은 염분을 나타내며 만 입구와 수심이 깊은 동쪽해역은 외해수의 유입 때문에 고염분을 유지한다고 보고하였다.

특랑만에서 키조개 출현분포는 채집시기와 관계없이 수심이 낮은 만의 안쪽과 만 서쪽해역에서 많이 분포하고 있었다. 이처럼 키조개 자원의 정점별 분포가 만의 안쪽해역과 서쪽해역에 편중되어 있는 것은 이 지역에 담수공급원이 있어 많은 영양염류가 공급되고(Yang et al., 1995), 유속이 매우 느려서 수역이 안정(Jung et al., 1994)되어 있기 때문으로 판단된다. 본 연구에서 5월에 비교적 크기가 작은 각고 15 cm군의 개체가 많이 출현하는 것은 전년도에 산란된 소형개체들의 가입으로 추측된다. 또 30 cm급 이상 개체들의 출현율이 매우 낮은 것으로 보아 특랑만 키조개의 최대 성장은 각고 30 cm 정도일 것으로 판단된다.

키조개 부유유생은 정점별로 만의 안쪽해역인 정점 G1에서 가장 많은 출현량을 보였는데 이것은 키조개 모패 자원량의 분포가 내만, 특히 G1 정점에서 가장 높았던 점과 일치하였다. 조류 유생의 분포는 모패 자원량의 분포(Miyawaki and Sekiguchi, 1999; Ishii et al., 2001)외에도 조류, 수온, 염분, 영양염류와 같은 환경요인에 영향을 받는다(Wilde and Berghuls, 1979; Won, 1994; Bae and Han, 1998). 본 연구에서 유생의 출현이 적었던 수심이 깊은 만 입구의 정점들에서는 조류가 50 cm/sec 이상으로 매우 빠르다(Lee et al., 1995). 또 이 정점들은 만 안쪽해역에 비해 수심이 깊고, 외해수의 유입으로 인하여 수온(Kim et al., 1995), 영양염류(Yang et al., 1995) 및 클로로필 함량(RCOID, 1995)이 낮아 유생이 안정적으로 분포하기에는 환경이 불안정한 것으로 판단된다.

그러나 수심이 5 m 이하로 낮은 만의 안쪽해역과 서쪽해역에서 유생이 주로 분포하는 점은 모패가 풍부하게 서식하는 직접적인 이유 외에도, 산란기인 여름철의 수온이 25°C 정도로

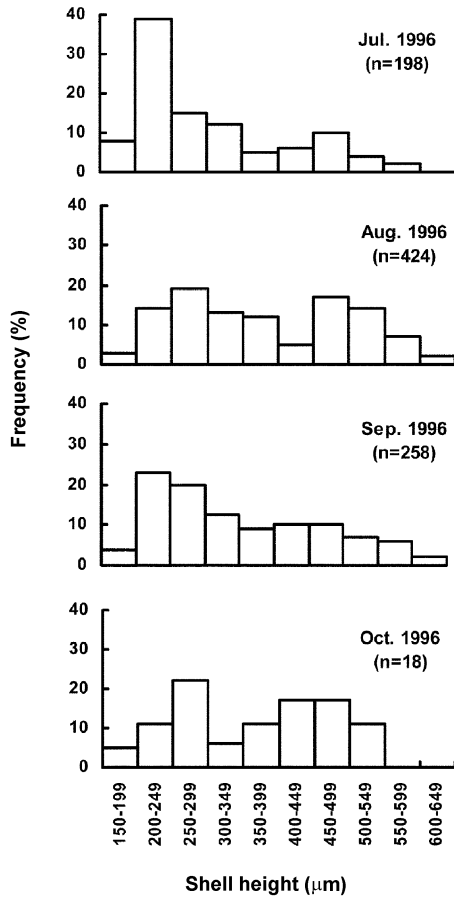


Fig. 7. Frequency distribution of shell height of *Atrina pectinata* larvae in Deukryang Bay.

높고, 염분도 주변 담수의 유입으로 인하여 30 psu 정도로 산란이 유발되기에 적합했기 때문이다. 또 이 해역은 높은 영양염으로 먹이생물이 풍부하며, 특히 조류가 10 cm/sec 이하로 매우 느려서 유생의 서식과 성장에 가장 적합한 환경을 유지하기 때문으로 판단된다. 수심이 낮은 특량도 서쪽해역에서 유생이 비교적 풍부했던 이유도 이 해역에서 키조개 모패가 대량 서식할 뿐 아니라 와류가 발생하여(Jung et al., 1994) 유생이 분산되지 않고 모여 있을 수 있었기 때문으로 판단된다.

Kim and Park (1996)은 키조개 유생은 다른 유생에 비하여 가볍고 물위에 뜨는 경향이 있어 채집하기 어렵다고 보고하였다. 본 조사에서 키조개 유생의 출현은 주기적인 peak를 보이나 출현량은 모패 자원량 분포에 비해 매우 적었다. 또 유생의 출현량이 음력 3~4일경을 중심으로 많았던 것으로 보아 월력 과도 관계가 있는 것으로 추측된다. 본 연구에서 소형 유생들의 출현량이 7월에서 10월까지 나타나는 것으로 보아 키조개는 일시적으로 대량 산란하기보다는 다소 간헐적으로 산란하는 것으로 생각된다. 이것은 키조개의 성숙과 산란이 지역적 또는 환경적 조건의 영향을 받아 방란, 방정이 시간적 차이를 두고 일어나기 때문으로 해석할 수 있다.

키조개의 산란 성기는 일본의 경우 주로 7월 중순에서 8월 상순(Yoshida, 1964)이며, 한국의 경우는 6~8월(Yoo and Yoo, 1984)로 보고된 바 있다. 또 특량만 키조개의 비만도는 5월에 가장 높고 8월에 가장 낮다고 보고된 바도 있다(Kim, 1998). 본 연구에서 키조개 유생은 7월 중순에서 8월 중순에 가장 높은 출현량을 보인 점을 볼 때, 특량만에서의 주 산란시기는 일본에서와 같이 7월 중순에서 8월 상순일 것으로 판단된다. 본 연구에서 특량만에서의 키조개 자원량과 유생의 지리적 분포가 일치하는 결과를 보이긴 했으나, 유생의 출현량은 비교적 풍부한 모패 자원량에 비해 매우 적었던 점이 특이했으며, 이유는 보다 구체적인 연구로 구명되어야 할 것이다.

요 약

특량만에서 생산되는 키조개 *Atrina pectinata* 성체와 부유유생의 출현 분포를 조사하였다. 채집시기별 정점에 따른 키조개의 출현량은 8월에 만의 가장 안쪽 정점 G1에서 18개체/m²로 가장 많이 출현하였고, 전중량은 11월에 정점 G1에서 2,790 g/m²으로 가장 높았다. 수심이 낮은 내만과 서쪽 해역은 수심이 깊은 만 입구와 동쪽해역에 비하여 자원량이 많았다.

키조개 유생 출현량은 8개체/m³ 이하로 매우 적었다. 7~8월의 경우, 음력 3~4일경을 중심으로 유생 출현량이 peak를 이루는 경향을 보였으며, 9~10월에는 유생 출현량이 크게 감소하였다. 유생의 경우도 수심이 낮은 만의 안쪽과 특량도 서쪽 해역이 수심이 깊은 만입구와 동쪽해역에 비해 출현량이 많았다.

특량만에서의 키조개 유생의 출현량은 자원량에 비하여 매우 낮은 결과를 보였다. 그러나 자원량과 유생의 지리적 분포 특성은 서로 유사한 결과를 보였다. 수심이 낮고 육수의 유입이 많으며 유속이 약한 내만은 키조개 모패 자원량이 풍부할 뿐만 아니라, 산란된 유생이 분산되지 않아 유생의 서식과 성장에도 가장 적합한 해역이었다.

감사의 글

본 연구는 한국과학재단 지정 우수공학연구센터인 해양산업 개발연구소의 연구비 지원에 의해 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

참고문헌

Bae, P. A. and C. H. Han, 1998. Effects of nursery environmental factors on the growth of Pacific oyster, *Crassostrea gigas*. J. Aquacult., 11, 391-400.
 Cheong, S. C., J. S. Hue, Y. B. Moon, J. K. Lee, C. H. Song and K. K. Kim, 1986. Experimental study on the penshell, *Atrina pectinata* (Reeve). Bull. Fish. Res. Dev. Agency, 39, 143-149.
 Choi, Y. K., K. D. Cho, B. G. Lee and C. H. Hong, 1995. Envi-

- ronmental characteristics according to the depth in Deukryang Bay. Culturing ground of penshell, *Atrina pectinata*. J. Kor. Soc. Fish. Technol., 31, 127-141.
- Choe, K. J., 1980. On mutual relation between length and weight of penshell, *Atrina pectinata* (Reeve). Yeosu National Fisheries College, 14, 37-41.
- Choe, K. J., 1981. On morphological variations of the penshell, *Atrina pectinata* (Reeve) larvae in Yeoja Bay. Yeosu National Fisheries College, 14, 37-41.
- Ishii, R., H. Sekiguchi, Y. Nakahara and Y. Jinnai, 2001. Larval recruitment of the manila clam *Ruditapes philippinarum* in Ariake Southern Japan. Fish. Sci., 67, 579-591.
- Jung, E. J., C. H. Hong, B. G. Lee and K. D. Cho, 1994. A numerical study on the circulation in Deukryang Bay. J. Kor. Fish. Soc., 27, 397-403.
- Kim, C. W. and S. B. Hur, 1998. Distribution of the bivalve resources in Deukryang Bay. J. Aquacult., 11, 249-260.
- Kim, C. W., 1998. Stock density, larvae distribution and natural seedling collection of bivalve resources in Deukryang Bay. Ph. D. thesis, Pukyong National University, 135 pp.
- Kim, D. S. and K. Y. Park, 1996. Occurrence and distribution of the bivalve larvae in Deukryang Bay. Southern part of Korea. Bull. Inst. Littor. Environm., Mokpo National University. 13, 105-126.
- Kim, S. W., K. D. Cho, H. K. Rho, J. C. Lee, S. H. Kim and S. I. Shin, 1995. Temperature and salinity distribution in Deukryang Bay in summer of 1992-1993. J. Kor. Fish. Soc., 28, 7-14.
- Kim, Y., M. S. Park and S. D. Lee, 1985. Occurrence and growth of penshell, *Atrina pectinata* (Reeve) larvae in Yeoja Bay. Bull. Fish. Res. Dev. Agency, 34, 165-170.
- Lee, J. C., H. K. Rho, K. D. Cho, S. I. Shin, S. W. Kim and S. J. Kim, 1995. Tidal current in the western part of Deukryang Bay in summer 1992. Bull. Kor. Fish. Soc. 28, 1-6.
- Miyawaki, D. and H. Sekiguchi, 1999. Interannual variation of bivalve population on temperate tidal flats. Fish. Sci., 65, 817-829.
- RCOID, 1995. Oceanographic data Deukryang Bay, 1991~1993, Pusan. Research Center for Ocean Industrial Development. Pukyong National University, 278 pp.
- Son, P. W., D. S. Ha, C. H. Lee, D. S. Jang and D. K. Kim, 2005. Study on the natural spat collection of the penshell, *Atrina pectinata*. Kor. J. Malacol., 21, 113-120.
- Wilde, P. A. and E. M. Berghuls, 1979. Cyclic temperature fluctuation in a tidal-flat. (in) Naylor, E and R.C. Hartnoll (eds.), Cyclic Phenomena in Marine Plants and Animal. Proc. 13th European Marine Biology Symposium, 27 Sept.-4 Oct., 1978, Pergamon Press, pp. 435-441.
- Won, M. S., 1994. Seed production and environmental influence on productivity of the shortnecked clam, *Ruditapes philippinarum*. Ph. D. these, National Fisheries University of Pusan, 220 pp.
- Yang, H. S., S. S. Kim and G. B. Kim, 1995. Spatio-temporal distribution of nutrients in the surface water of Deukryang Bay. J. Kor. Fish. Soc., 28, 475-488.
- Yang, M. H., S. D. Choi, Y. G. Rho, S. Y. Kim and C. G. Jung, 1998. A study on the growth of penshell, *Atrina pectinata* transplanted into Deukryang Bay in Southern Korea - I. Environmental factors and transplanted effect on different shell size groups. J. Aquacult., 11, 193-201.
- Yoo, S. K. and M. S. Yoo, 1984. Studies on the penshell culture development - reproductive ecology of penshell in Yeoja-Bay. J. Kor. Fish. Soc., 17, 529-535.
- Yoo, S. K., H. K. Lim, H. Y. Ryu and K. H. Kang, 1988. Improvement of the seed production method of the penshell - The occurrence of larvae and the early growth of the spat. J. Kor. Fish. Soc., 21, 206-216.
- Yoshida, H., 1964. Seedling of shellfish. Hokuryu-Kan Co., Ltd. Tokyo. 221 pp.
- Yoo, S. K., 2000. Mariculture, Guduck Publishing, Busan, 639 pp.

원고접수 : 2007년 7월 11일

수정본 수리 : 2007년 9월 18일