우리나라 서해중부 연안의 산란철 꽃게유생 분포 및 출현량

조현수 · 박원규[†] · 권대현 · 차병열 · 임양재
(국립수산과학원 서해수산연구소 · [†] 부경대학교)

Distribution and Occurrence of Swimming Crab, *Portunus trituberculatus* Larvae in the Mid-western Coast of Korea in the Yellow Sea

Hyun-Su JO · Won-Gyu PARK[†] · Dae-Hyeon KWON · Byung-Yeul CHA · Yang-Jae IM

(West Sea Fisheries Research Institute, NFRDI · [†]Pukyong National University)

Abstract

Distribution and occurrence of swimming crab, *Portunus trituberculatus* larvae were investigated in the mid-western coast of Korea in the Yellow Sea. *P. trituberculatus* larvae were collected in July and August from 2010 to 2012. Bongo net with 303 mesh was deployed once with a double oblique tow. Zoea I (ZI) densities were highest in all sampling months. Then densities of later larval stages decreased dramatically. In general, larval densities at the stations in northern parts and coastal areas were higher than those at the southern and offshore area. Because egg bearing seasons of *P. trituberculatus* in the study area are between April and August, larval densities, particularly, of ZI may be underestimated. Considering higher densities of ZI and lower ones of later stages, larvae may be transported to growing area and returned to the parental populations. Larval densities and sea surface temperature were not correlated.

Key words : Swimming crab, *P. trituberculatus*, Distribution, Larval development

I. 서론

해양 무척추동물들은 생활사 중 부유 유생기를 가지며, 이 시기의 생존율은 개체군의 변동과 직접적으로 관련이 있는 것으로 알려져 있다 (Thorson, 1950; Garvine et al., 1997). 유생 시기는 성체시기와는 달리 수온, 염분 그리고 용존 산소와 같은 주변 환경변화에 민감하여, 먹이에 대한 경쟁이나 포식자에 의한 포식 등에 따라 생존율이 달라진다(Paul et al., 1990; Sulkin and McKeen, 1989; Thorson, 1950).

꽃게, *Portunus trituberculatus*는 절지동물문(Phylum Arthropoda), 갑각아문(Subphylum Crustacea), 십각목(Order Decapoda), 꽃게과(Family Portunidae)에 속하며, 유영지를 가지고 장거리 회유를 하는 우리나라의 대표적 식용종이다(Kim, 1973). 꽃게는 우리나라 서해를 중심으로 겨울에는 외양으로 분포하고 봄부터 가을까지는 연안에 분포하는 계군과 동중국해에서 월동하고 봄부터 가을까지는 우리나라 연안으로 회유하는 두 개의 계군이 존재하는 것으로 알려져 있다(NFRDI, 2010). 꽃게의 유생은 우리나라 서해 연안에 분포하는 시점

[†] Corresponding author : 051-629-5928, wpark@pknu.ac.kr

* 본 연구는 국립수산과학원 (서해 연안어업 및 환경생태 조사, RP-2013-FR-069)의 지원에 의해 수행되었음.

인 4월부터 9월에 주로 분포한다(Yeon, 1997; NFRDI, 2010).

꽃게는 중요한 산업종이기 때문에 일찍부터 많은 연구가 되어왔다. 꽃게 유생과 성체에 황화수소에 대한 독성연구(Kang, 1997), 꽃게의 종묘생산과 유생 및 치하의 성장연구(Pyeon, 1970; Seo et al, 2009; Ma et al., 2009), 꽃게의 생존과 섭이활동 및 자원생물학적 연구(Kang et al., 1995; An et al., 2012). 그리고 꽃게의 유전학적 연구(Kim et al., 1989; Yeon et al., 2010; Yoon, 2006) 등이 수행되어왔다. 하지만 서해안이 꽃게의 주요산란장임에도 불구하고, 개체군 변동에 영향을 크게 미칠 수 있는 유생의 분포에 대한 연구는 빈약한 실정이다.

본 연구는 경기, 인천, 충남 그리고 전북해역에 분포하는 꽃게 유생의 시공간적 분포를 연구함으로써 우리나라 서해안 분포하는 꽃게 유생의 출현시기와 분포 특성 파악을 목적으로 하며, 또한 유생의 출현밀도와 수온·염분의 관련성을 파악함을 목적으로 한다.

II. 재료 및 방법

시료는 2010년부터 2012년까지 국립수산물과학원 서해수산연구소의 꽃게자원 회복사업의 일환으로 채집되었다. 동물플랑크톤은 7월 하순과 8월 하순에 인천, 충남 및 전북연안의 꽃게자원 조사정점(Fig. 1)에서 303 μm 크기 망목의 네트가 부착된 봉고네트를 사용하여 경사채집방법으로 채집되었다. 시료 채집시 유량계(General Oceanics Co.)는 봉고네트 두개 중 한 개의 네트에 직경의 3분의 1지점에 장착하였고, 네트 인망시 1.5에서 2 knot의 속도로 인망하였다. 2010년에는 총 54개의 정점에서 시료를 채집하였으며, 2011년과 2012년에는 총 50개의 정점에서 시료를 채집하였다. 채집된 동물플랑크톤은 선상에서 중성포르말린으로 즉시 고정된 후 실험실로 옮긴 다음 현미경

(Olympus - SZX12) 하에서 꽃게 유생을 동정·계수하였으며, 계수된 개체수는 단위 체적 당 100m³ 개체수로 환산하였다. 꽃게유생의 분포와 해양학적 특성과의 관련성을 이해하기 위해 꽃게 유생의 채집시 표층수온과 표층염분도 CTD (Sea-Bird SBE 21)를 동시에 측정하였다.

수온과 염분이 유생의 출현밀도와 유의한지를 살펴보기 위해 Pearson correlation analysis를 이용하여 분석하였다.

[Fig. 1] Sampling stations of zooplankton. A(left): Stations in 2010, B(right): stations in 2011 and 2012

III. 결 과

1. 표층수온 및 염분

조사해역에서 표층수온은 해에 따라 월별 변동 폭은 컸다. 2010년 7월의 평균 표층수온은 21.3°C(±1.8)이었고, 8월의 평균 표층수온은 26.2°C(±1.4)이었다(Fig. 2). 2011년 7월의 평균 표층수온은 21.1°C(±3.1)이었고, 8월의 평균 표층수온은 23.5°C(±1.0)이었다. 2012년 7월의 평균 표층수온은 22.5°C(±2.8)이었고, 8월의 평균 표층수온은 26.0°C(±4.1)이었다.

[Fig. 2] Monthly changes of sea surface temperature from 2010 to 2012

[Fig. 3] Monthly changes of sea surface salinity from 2010 to 2012

2010년 7월의 평균 표층염분은 30.2 PSU (± 1.0)이었고, 8월의 평균 표층염분은 30.0 PSU (± 2.5)이었다[Fig. 3]. 2011년 7월의 평균 표층염분은 28.5 PSU (± 3.4)이었고, 8월의 평균 표층염분은 29.1°C(± 3.2)이었다. 2012년 7월의 평균 표층염분은 30.1 PSU(± 1.6)이었고, 8월의 평균 표층염분은 28.6 PSU(± 3.0)이었다.

2. 유생 출현

조사해역에서 꽃게유생의 출현량은 정점별, 월별, 년도별, 그리고 생활사 단계별 차이가 컸다. 2010년의 꽃게 유생 출현 양상은 다른 해와 같이 조사해역의 북부에 위치한 정점들에서 밀도가 높았지만 ZIII기 이후의 유생단계는 거의 출현하지 않았다[Fig. 4]. 7월에 ZI는 북부 정점군에서 유생의 출현밀도가 높았고, ZII는 연안쪽과 섬들이 인접한 정점들에서 출현밀도가 높았다. ZIII기 이후의 유생은 출현밀도가 현저히 낮았다. megalopa

는 연안쪽 남부 정점 들에서 낮은 밀도로 출현하였다. 8월은 ZI기 유생의 출현밀도가 7월에 비해 현저히 낮아, 북서부 해역의 일부정점을 제외하고는 출현밀도가 낮았다. ZII는 ZI보다 유생의 출현밀도가 높아 2011년과 2012년과 다른 출현양상을 보여주었다. ZIII기 이후의 zoea 기 유생들은 megalopa 유생들보다 출현밀도가 낮았다[Fig. 4].

2011년 7월 ZI의 출현밀도가 높았고, 생활사 단계가 높아가면서 꽃게 유생의 출현밀도가 낮아졌다. 주로 ZI은 조사해역의 북부지역과 연안지역에서 높았다. ZII기는 연안쪽 정점들에서 유생의 밀도가 높았으며, ZII보다 높은 생활사 단계의 유생들도 연안쪽 정점들에서 상대적으로 유생밀도가 높았다[Fig. 5]. 2011년 8월에는 ZI유생기의 출현밀도가 7월보다 현저하게 낮았고, 다른 zoea 기 유생들이 낮은 밀도로 고르게 출현하였다. megalopa기의 유생의 출현 개체수는 극히 적었다. 8월도 7월과 마찬가지로 연안쪽 정점들에서 외양쪽 정점들보다 유생의 밀도가 상대적으로 높은 것으로 나타났다[Fig. 5].

2012년 유생의 출현밀도는 Zoea기의 경우 2010년과 2011년에 비해 현저히 낮았고, megalopa의 경우 2010년과 2011년보다 상대적으로 높았다[Fig. 6]. ZI은 연안쪽 정점들보다 외해쪽 정점들에서 상대적인 출현밀도가 높았고 7월의 경우 섬들이 위치한 북동부 정점들에서 출현밀도가 높았다. ZII와 ZIII는 조사해역의 북부에서는 외양쪽에서 출현밀도가 높았고 남부에서는 연안쪽 정점에서 출현밀도가 높았다. 그러나 전체적으로 후기 Zoea유생기들은 2010년보다 출현개체수가 높았다. 특히 megalopa의 경우 2010년과 2012년보다 상대적으로 높은 출현밀도를 보였다. 특히 8월의 경우, 거의 전 정점에서 megalopa유생기가 출현하였다[Fig. 6].

각 정점별 유생 출현밀도와 수온과의 사이에 유의한 상관관계($r=0.07$, $p=0.81$)가 보이지 않았고, 유생 출현밀도와 염분과의 사이에도 유의한 상관관계($r=0.11$, $p=0.75$)는 없었다.

[Fig. 4] Larval densities of the swimming crab, *Portunus trituberculatus* in July and August, 2010. Horizontal distribution of larval abundance (number.100 m⁻³) of swimming crab in July (top panels) and August (bottom panels). Roman numbers following Z indicate zoeal stages while M does megalopal stage.

[Fig. 5] Larval densities of the swimming crab, *Portunus trituberculatus* in July and August, 2011. Horizontal distribution of larval abundance (number.100 m⁻³) of swimming crab in July (top panels) and August (bottom panels). Roman numbers following Z indicate zoeal stages while M does megalopal stage

[Fig. 6] Larval densities of the swimming crab, *Portunus trituberculatus* in July and August, 2012. Horizontal distribution of larval abundance (number.100 m⁻³) of swimming crab in July (top panels) and August (bottom panels). Roman numbers following Z indicate zoeal stages while M does megalopal stage.

IV. 고찰

수온과 염분은 동물플랑크톤의 분포에 크게 영향을 미치는 요인이다(Huntley and Lopez, 1992; Xu, 2010). 주요 수산자원 유생의 성장과 생존 또한 수온과 염분의 영향을 받으며, 직접적으로 실제적인 어획량의 변동에도 직접적으로 영향을 미친다(Orensanz et al., 1998).

실험실에서 사육한 연구결과를 바탕으로 꽃게 유생의 최적 생존온도를 비교해볼 때 20℃에서 30℃까지는 높은 생존율을 보였다(Suh, 2007). 이번 조사기간 중 표층수온의 분포는 21.3℃부터 26.2℃의 범위에 있었고, 실제 꽃게 유생이 분포하는 수심의 수온이 표층보다 모두 낮기 때문에 조사해역에서의 수온은 꽃게 유생의 분포에는 영향을 미치지 않은 것으로 사료된다.

하지만, 높은 온도에서 꽃게유생의 성장속도는 낮은 온도보다 빠르고 생존율이 높은 것으로 보고되고 있는데, 높은 온도는 대사율을 높이고, 성

장속도를 빠르게 해 유생의 생존에 치명적일 수 있는 미생물의 번성을 피할 수 있기 때문이다(Hartnoll, 1982). 따라서 유생이 분포하는 해역의 수온에 따라 유생의 성장속도와 생존율에 차이가 있을 수 있겠으나, 본 논문에서 이에 대한 구체적인 언급은 매우 힘들다.

대부분의 해양 무척추동물들은 유생이 생산된 곳에서 성장을 하거나 또는 해류나 조석에 의해 이동되어 성장한 후 유생이 생산된 지역으로 다시 돌아온다(Anger, 2001). 같은 지역에 분포하는 종들이라도 종에 따라 유생의 성장형태가 다르다. 인천 연안에 출현하는 민꽃게의 경우 유생이 생산되어 성장지역으로 이동 후 megalopa단계로 생산된 지역으로 돌아오나(Yeon et al., 2011), 갯가재의 경우는 유생이 생산된 곳에서 유생성장을 하는 것으로 알려져 있다(Yeon and Park, 2011). 하지만 많은 해양무척추동물이 유생이 생산된 해역을 떠났다가 유생이 성장한 후 모계체군으로 돌아오는 것으로 알려져 있다. 미국서부연안의

캘리포니아와 캐나다의 브리티쉬 콜롬비아 연안에 분포하는 Dungeness crab의 초기 유생은 간조시 성장해역으로 수송된 후 성장한다(Lough, 1976). megalopa기로 성장하면 지형류나 용승현상에 의해 생기는 해수의 흐름을 이용하여 생산된 해역으로 되돌아온다(Lough, 1976). 또한 미국 남동부 캐롤라이나 주 연안에 서식하는 *Uca* spp.와 *Pinnixa* spp.의 경우도 유생이 생산되면 조석류에 따라 성장지역으로 수송된 후, megalopa기가 되면 만조시 태어나 해역으로 되돌아온다(DeVries et al., 1994). 이번 조사 기간 동안 조사해역에서 7월은 zoea I기 유생들의 분포가 많았고, zoea II기 이후의 유생들은 출현밀도가 낮았는데, 이것은 이 지역에서 민꽃게유생(Yeon et al., 2011)에서 나타난 것처럼 유생이 생산되어 다른 지역으로 성장을 하기 위해 수송되는 것으로 판단된다. 꽃게 유생의 zoea I기의 밀도가 높고 zoea II기 유생의 출현밀도가 낮은 것도 이 결과를 뒷받침한다고 볼 수 있다. 그러므로 조사해역에 출현하는 꽃게 유생들은 유생이 생산되어 성장하는 곳으로 이동 후 다시 생산된 해역으로 되돌아오는 생활사 형태를 갖는 것으로 판단된다.

또한 한국 서해의 포란 시기는 4월부터 8월까지로 보고되고 있는데(Yeon, 1997), 이번 유생의 조사시기가 7월 중순과 8월에 조사되었기 때문에 서해의 꽃게 포란 시기의 후기에 조사된 관계로 zoea I기 유생의 밀도가 6월보다는 낮을 것으로 생각된다.

Reference

- Anger, K.(2001). The biology of decapod crustacean larvae. Crustacean Issues. Volume 14. Swets & Zeitlinger B.V., Lisse.
- Ahn, Y. G., Choi, S. M., Choi, S. D. and Yoon, H.S.(2012). A characteristics of biological resources of *Portunus trituberculatus* (Miers, 1876) around the Chilsan Inland Younggwang, Korea. Journal of the Korean Society of Marine Environment & Safety, 18(2), 115~122.
- DeVries M. C., Tankersley R. A., Forward R. B., Kirby-Smith W. W. and Luettich, R. A.(1994). Abundance of estuarine crab larvae is associated with tidal hydrologic variables, Marine Biology, 118, 403~413.
- DiBacco C., Sutton, D. and McConnico, L.(2001). Vertical migration behavior and horizontal distribution of brachyuran larvae in a low-inflow estuary: implications for bay-ocean exchange. Marine Ecology Progress Series, 217, 191~206.
- Garvine, R. W., Epifanio, C. E., Epifanio, C. C. and Wong, K. C.(1997). Transport and recruitment of Blue crab larvae: a model with advection and mortality, Estuarine and Coastal Shelf Sciences, 45, 99~111.
- Hartnoll, R. G.(1982). Growth. In: The Biology of Crustacea, Vol. 2, Embryology, Morphology and Genetics. Bliss, D.E. and Abele, L.G. (eds.), Academic Press, New York., 111~196.
- Huntley, M. E. and Lopez, M. D. G.(1992). Temperature-dependent production of marine copepods: A global synthesis, American Naturalist, 140, 201~242.
- Kang, J. C.(1997). Acute toxicity of hydrogen sulfide to larvae and adults of blue crab *Portunus trituberculatus* white shrimp *Metapenaeus monoceros* and prawn *Macrobrachium nipponens*, Journal of Fish Pathology, 10(1), 65~72.
- Kang, J. C., Song, J. C. and Chin, P.(1995). Combined Effects of Hypoxia and Hydrogen Sulfide on Survival, Feeding Activity and Metabolic Rate of Blue crab, *Portunus trituberculatus*, Journal of the Korean Fisheries Society, 28(5), 549~556.
- Kim, H. S.(1973). Anomura and Brachyura. Illustrated encyclopedia of fauna and flora of Korea, The Ministry of Education Korea, 694.
- Kim, S. B., Yoo, B. S. and Lee, K. S.(1989). Studies on the CNBr - peptide of *Portunus trituberculatus* Hemocyanin, Biochemistry and Molecular Biology Reports, 22(2), 113~117.
- Lough, R. G.(1976). Larval dynamics of the Dungeness crab, *Cancer magister* off the central Oregon coast, 1970-71, Fishery Bulletin, 74, 353~375.
- Ma, C., Son, D. and Park, W.(2009). Survival rate and growth of larvae and early juveniles in the swimming crab, *Portunus trituberculatus* (Miers)

- reared in the laboratory, Journal of Korean Society of Fisheries and Technology, 45(4), 251~259.
- NFRDI.(2010). Ecology and fishing ground of fisheries resources in Korean waters, 384.
- Orensanz, J. M. · Armstrong, J. · Armstrong, D. and Hilborn, R.(1998). Crustacean resources are vulnerable to serial depletion-the multifaceted decline of crab and shrimp fisheries in the Greater Gulf of Alaska, Reviews in Fish Biology and Fisheries, 8, 117~176.
- Paul, A. J. · Coyle, K. O. and Ziemann, D. A.(1990). Variations in egg production rates by *Pseudocalanus* spp. in a subarctic Alaskan bay during the onset of feeding by larval fish, Journal of Crustacean Biology, 10, 648~658.
- Pyeon, C.(1970). Propagation of the blue crab, *Portunus trituberculatus* (MIERS). Journal of the Korean Fisheries Society, 3(3), 187~198.
- Seo, H. C. · Jang, I. G. · Jo, Y. R. · Kim, J. S. and Kim, B. R.(2009). Gonad maturation and spawning of the blue crab, *Portunus trituberculatus* (Miers, 1876) from the West Sea of Korea. Journal of the Korean Fisheries Society, 42(1), 48~55.
- Sulkin, S. D. and McKeen, G. L.(1989). Laboratory study of survival and duration of individual zoeal stages as a function of temperature in the brachyuran crab *Cancer magister*, Marine Biology, 103, 31~37.
- Thorson, G.(1950). Reproductive and larval ecology of marine bottom invertebrates, Biological Revision, 25, 1~45.
- Xu, Z. L.(2010). Determining optimal temperature and salinity of *Lucifer* (Dendrobranchiata: Sergestoidea: Luciferidae) based on field data from the East China Sea, Plankton Benthos Research, 5(4), 136~143.
- Yeon, I. J.(1997). Fishery biology of the blue crab, *Portunus trituberculatus* (Miers), in the West Sea of Korea and the East China Sea, Ph. D. thesis, Pukyong National University, 158, (in Korean).
- Yeon, I. J and Park, W. G.(2011). Development and distribution of the Japanese mantis shrimp *Oratosquilla oratoria* larvae in the northwestern water off Incheon, The Journal of Fisheries and Marine Sciences Education, 23(4), 766~774.
- Yeon, I. J. · Song, M. Y. · Hwang, H. J. · Sohn, M. H. and Kim, J. B.(2008). Population structure of the blue and purple types of the blue crab *Portunus trituberculatus* (Miers) from the West Sea of Korea based on morphometric char, Journal of the Korean Fisheries Society, 41(2), 94~101.
- Yeon, I. J. · Song, M. Y. · Shon, M. H. · Hwang, H. J. and Im, Y. J.(2010). Possible new management measures for stock rebuilding of blue crab, *Portunus trituberculatus* (Miers), in western Korean waters. Proceedings of Korean Applied Industrial Sciences, 5(2), 35.
- Yeon, I. J. · Lee, Y. · Song, M. Y. and Park, W. G. (2011). Seasonal timing and distribution of *Charybdis japonica* (Decapoda: Portunidae) larvae off Yeonpyeong-do in the Yellow Sea, Korea, Korean Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 44(2), 162~166.
- Yoon, J. M.(2006). Genetic differences and variations in freshwater crab (*Eriocheir sinensis*) and swimming crab (*Portunus trituberculatus*), Development and Reproduction, 10(1), 19~32.

-
- 논문접수일 : 2013년 07월 15일
 - 심사완료일 : 1차 - 2013년 07월 29일
2차 - 2013년 08월 13일
 - 게재확정일 : 2013년 08월 15일