KFAS 한국수산과학회지 Korean Journal of Fisheries and Aquatic Sciences
한수지 56(2), 221-227, 2023

Original Article
Korean J Fish Aquat Sci 56(2),221-227,2023

한국 동해에 서식하는 대게류(*Chionoecetes* spp.) 유생의 수직 분포 특성

이현규 · 이보람 · 이정훈 · 이승종 · 지환성*

국립수산과학원 수산자원연구센터

Vertical Distribution Characteristics of Snow Crab *Chionoecetes* spp. Larvae in the East Sea

Hyeon Gyu Lee, Bo Ram Lee, Jeong-Hoon Lee, Seung Jong Lee and Hwan-Sung Ji*

Fisheries Resources Research Center, National Institute of Fisheries Science, Tongyeong 56034, Republic of Korea

The vertical distribution of snow crab *Chionoecetes* spp. larvae in the East Sea were investigated in April 2021 using the Multiple Opening/Closing Net and Environmental Sensing System (MOCNESS). The water temperature ranged from 0.86 to 17.2°C, and salinity from 34.0 to 34.7 psu. Zoea I and II occurred range from 29 to 1,982 inds.10^3 m^{-3} at 10 stations, and range from 4 to 11 inds.10^3 m^{-3} at 3 stations, separately. Therefore, Zoea I occurred in wider area and higher density than Zoea II at all stations. In the vertical distribution of larvae, all zoeal stages were mainly distributed in the 30–40 m strata, and the larvae showed nocturnal vertical migration similar to that of most zooplankton. Zoea I appeared in the range from 13.7 to 15.8°C and occurred at the highest density of 1982 inds.10^3 m^{-3} at 14°C. And Zoea II appeared range from 13.4 to 14.5°C and occurred in the highest density of 11 inds.10^3 m^{-3} at 13.4°C. In conclusion, the early larval stage (zoea I) occurred at a higher range of sea surface temperature than later larval stage (zoea II).

Keywords: Snow crab, Zoea, East Sea, MOCNESS, Vertical distribution

서 론

전 세계적으로 긴집게발게과(Oregoniidae) 대게속(*Chionoecetes*)에 속하는 종은 총 7종으로 이 종들은 동해, 일본, 러시아, 그리고 북극해까지 넓게 분포한다. 국내에 서식하는 대게류는 대게(*Chionoecetes opilio*), 홍게(*Chionoecetes japonicus*) 그리고 이 두 종 사이의 교잡종인 너도대게가 존재하며(Kim et al., 2012), 대게와 홍게의 경우 각각 동해의 120–150 m 와 400–2,300 m 사니질 바닥에 서식하는 고부가가치의 수산자원이다(Hong et al., 2006). 대게류의 유생기는 일시적 부유유생기로 이 시기에 일주수직이동을 하며(Kon et al., 2003; Marta-Almeida et al., 2006; Torres et al., 2018), 이를 통해 대게류 유생은 개체수 유지, 신진대사, 에너지 보존 그리고 사망위험 감소 등의 이점을 얻는다(Lampert, 1989). 또한, 수온 및 염분, 클로로필, 그리고 해류와 같은 다양한 환경요인은 유생의 분포에 영향을 주며 수평, 수직적 분포와 유생 생산에도 관여하여 성체 개체군으로의 가입을 촉진한다(Anger, 2001; Pires et al., 2013). 따라서 유생 분포를 연구하는 것은 자원관리 측면에서 중요하며 개체군의 생존과 자원 가입을 결정하는데 중요한 단계로 간주된다(Anger, 2006). 현재까지 대게류 성체에 대한 연구는 광범위하게 이루어졌고 많은 선행연구를 바탕으로 우리나라도 자원의 지속적인 이용을 위해 금지체장 및 금어기를 설정하였으며, 총허용어획량(total allowable catch) 제도 등을 통해 자원관리를 시행하고 있다(Choi et al., 2021). 하지만 대게류는 생활사 중 약 3달 이상의 긴 일시적 부유유생기를 보내고(Puebla et al., 2008) 유생기의 출현 및 분포 특성은 개체군으로의 가입과 자원량에 영향을 주기 때문에 효율적인 대게류의 자원관리를 위해서는 성체에 대한 연구뿐만 아니라 유생기에 대한 연구도 필요하며, 나아가 이는 자원변동을 예측하는데 기초 자료로서 활용이 가능하다. 현재 국내 대게류 유생에 관한 연구는 Lee and Park (2012)의 독도 근해 홍게(*C. japonicus*) 유생의 출현시기와 공간적 분포 연구만이 있으며 서식 수층 및 수직 분포 특성에 관한 기초 자료가 부족한 실정이다.

Zoea I기와 II기 그리고 Megalopa기의 유생단계를 거치는 대

***Corresponding author:** Tel: +82. 55. 650. 2240 Fax: +82. 55. 650. 2206
E-mail address: nise9@korea.kr

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

https://doi.org/10.5657/KFAS.2023.0221
Korean J Fish Aquat Sci 56(2), 221-227, April 2023
Received 13 March 2023; **Revised** 10 April 2023; **Accepted** 14 April 2023
저자 직위: 이현규(연구원), 이보람(연구원), 이정훈(연구관), 이승종(연구관), 지환성(연구사)

게와 홍게 유생은 동해에서 1–4월에 주로 출현하며(Lee and Park, 2012), 두 종의 유생이 동시에 출현하는 산란기는 3월과 4월이기 때문에(Cha et al., 2014), 본 연구는 두종의 유생이 모두 출현하는 4월에 다중개폐식네트(Multiple Opening/Closing Net and Environmental Sensing System, MOCNESS)를 이용하여 대게류 유생의 수층별 출현 및 수직 분포 특성을 파악하였고 이를 대게류의 자원관리를 위한 기초자료로서 제공하고자 한다.

재료 및 방법

2021년 4월 동해 연안의 전체 14개 정점에서 국립수산과학원 수산과학조사선(탐구 22호)의 다중개폐식네트(MOCNESS, 망목 330 μm, 망고 1 m)를 이용하여 7개(표층–10 m, 10–20 m, 20–30 m, 30–40 m, 40–60 m, 60–80 m, 80–110 m)의 수층별로 5분간 경사인망하여 동물플랑크톤 시료를 채집하였다(Fig. 1). 채집된 시료는 형태적 변형을 최소화하기 위해 10% 중성 포르말린에 잠시 고정하였다가 99% 알코올을 이용하여 최종 고정하였으며, 조사를 마친 후 실험실로 운반하였다.

동물플랑크톤 시료에서 게류 유생만을 우선 선별한 후 Konishi and Shikatani (2000)와 Ko and Lee (2015)의 분류체계를 따라 대게류 유생을 동정하였으며, 유생의 발달단계는 Rice (1980)와 Korn et al. (2010)을 참고하여 배다리(pleopod), 제 2 소악(maxilla)의 발달정도에 따라 구분하였다(Fig. 2). 채집 지역의 수온과 염분은 CTD (911 plus; Sea-Bird Electronics, Inc., Bellevue, WA, USA)로 수집하였고 수온과 염분의 수직분포는 Ocean Data View (ODV)를 이용하여 나타내었다.

유생의 발달단계별 출현양상 및 수직분포를 정확한 시간대별로 나타내기 위해 한국천문연구원(KASI, 2021)의 천문우주지식정보에서 동해의 일출·몰 시간을 참고하였다.

결 과

수온과 염분의 특성

조사정점의 수온은 전체 0.9–17.2℃의 범위로 나타났고 50 m 수층에서 약 10℃ 전후의 수온약층이 형성되었으며, 수층별 수온의 변화가 나타나지 않았다. 포항 인근 해역인 St.10 이남 해역부터는 약 100 m 수층까지 수온약층이 하강하였고 표층에 16℃의 등온선이 형성되었다. 염분은 전체 34.0–34.7 psu의 범위로 나타났고 수온의 결과와 마찬가지로 약 50 m 수층에서 염분약층이 형성되었다. 전반적으로 조사정점의 수온과 염분은 일정하게 나타났으나 St.10부터 St.14까지는 표층에서 상대적으로 높은 수온과 염분의 표층수가 나타났다(Fig. 3).

유생의 출현밀도

대게류 유생은 전체 조사정점에서 29–1,982 inds.10^3 m^{-3}의 밀도 범위로 출현하였다. 유생의 발달단계별 출현 밀도 범위는

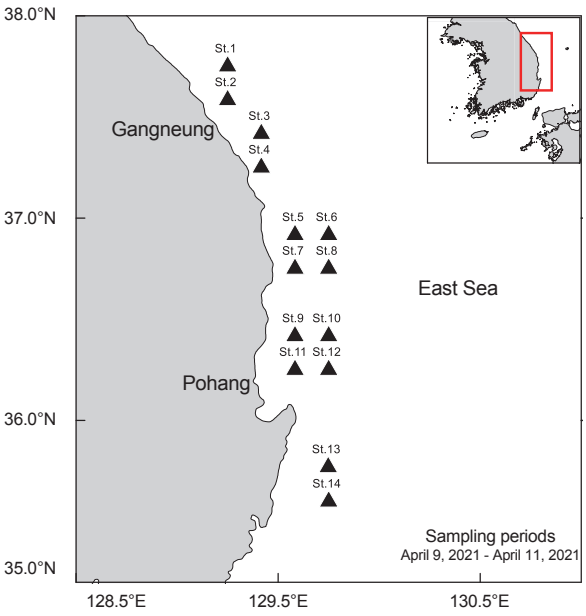

Fig. 1. Sampling stations of *Chionoecetes* spp. larvae in the East Sea.

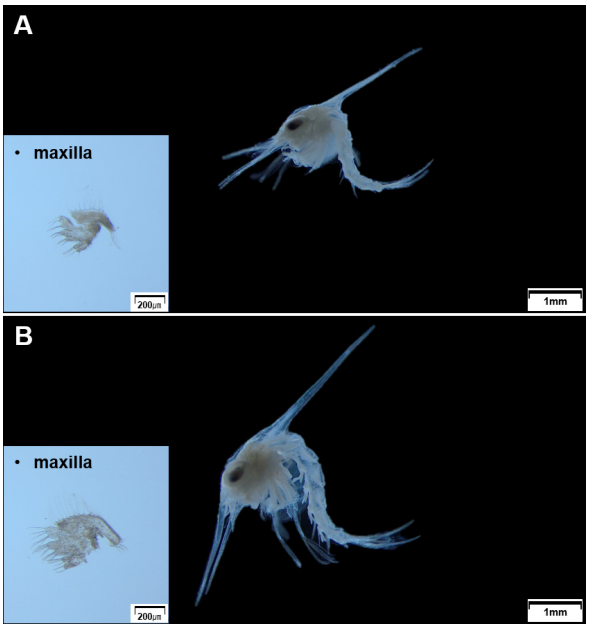

Fig. 2. Light microscopic photographs of *Chionoecetes* spp. A, Zoea I; B, Zoea II; Red triangle, scaphognathite margin. *Zoea II has 25-26 plumose setae on the scaphognathite margin of the maxilla.

Zoea I기가 총 10개의 정점에서 29–1,982 inds.10^3 m^{-3}의 범위로 출현하였고 Zoea II기는 총 3개의 정점에서 4–11 inds.10^3 m^{-3}의 범위로 출현하였다. 유생은 포항 이남 해역에서는 출현하

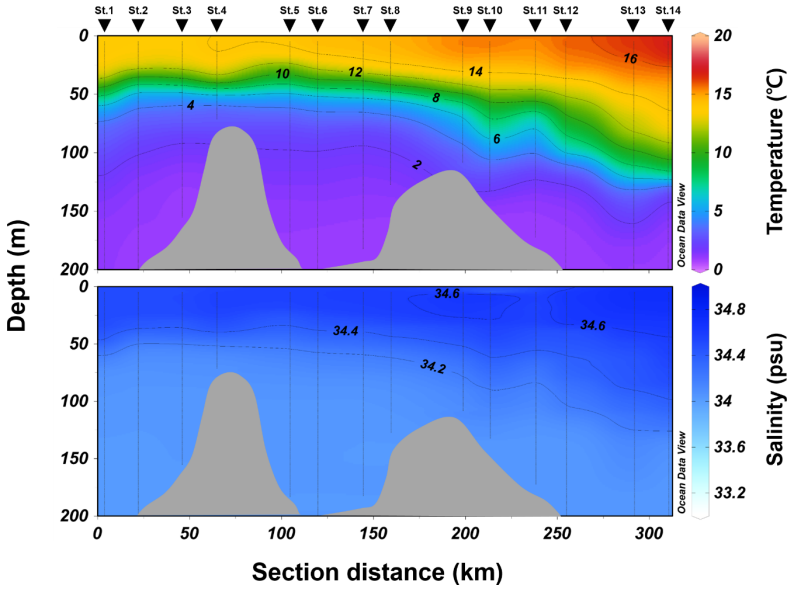

Fig. 3. Vertical distribution of temperature and salinity in the East Sea.

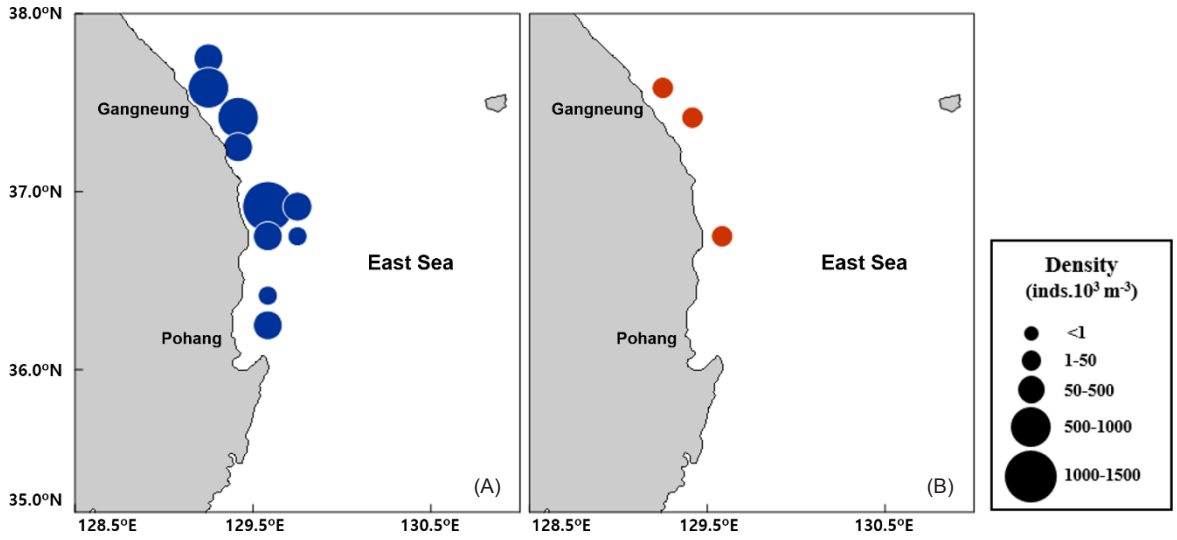

Fig. 4. Density of *Chionoecetes* spp. larvae in the East Sea. A, Zoea I; B, Zoea II.

지 않으며, 이외에 유생이 출현한 모든 정점에서는 Zoea I기가 II기 보다 넓은 해역까지 높은 밀도로 분포했다(Fig. 4).

유생의 발달단계별 출현양상 및 수직분포

유생은 발달단계별로 Zoea I기 유생이 0–80 m, II기 유생이 20–110 m 수층까지 출현하여 Zoea II기 유생이 I기 유생보다 깊은 수심까지 출현하는 양상을 나타냈다. 유생이 출현하지 않은 수층을 제외하고 Zoea I기와 II기 유생의 평균 밀도 범위는 각각 17–258 inds.10^3 m^{-3}과 1–3 inds.10^3 m^{-3}였으며, 모든 단계의 유생이 30–40 m 수층에서 가장 높은 밀도로 출현하였다(Fig. 5A).

일출은 06시 경으로 09–11시에 Zoea I기 유생은 0–10 m, 10–20 m, 20–30 m 수층에서 각각 34.0 %, 58.6%, 5.7%의 비율로 출현하였으며, 10–20 m 수층에서는 96 inds.10^3 m^{-3} 밀도로 유생 출현의 최대를 나타냈다. 11–13시에는 0–10 m, 10–20 m, 20–30 m, 30–40m 수층에서 각각 3.1 %, 40.4 %, 31.7 %, 4.3 %의 비율로 출현하였으며, 10–20 m 수층에서 799 inds.10^3 m^{-3} 밀도로 유생 출현의 최대를 나타냈다. 오전 시간대는 일출 이후 시간이 흐를수록 일조량이 상승하기 시작하면서 유생의 분포 수층이 점차 하강하는 양상을 나타냈다(Fig. 5B).

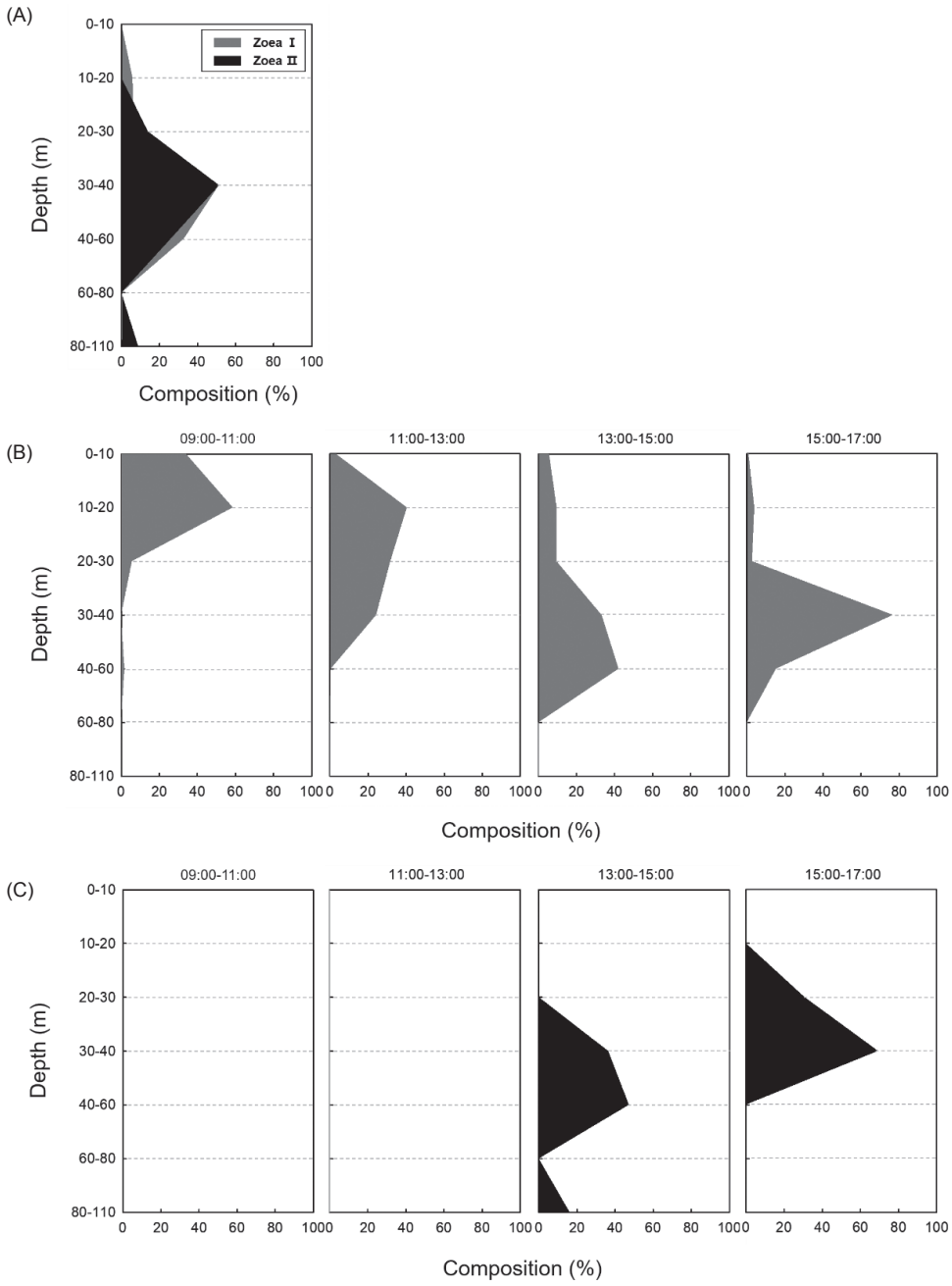

Fig. 5. Vertical distribution of *Chionoecetes* spp. larvae in the East Sea. A, Combined; B, Zoea I; C, Zoea II.

일조량이 가장 많아지는 13시 경의 남중(culmination)과 근접한 13–15시에는 표층부터 30 m 수층까지의 유생 출현 비율이 모두 10%를 넘지않았고 30–40 m와 40–60 m 수층에서 각각 33.2%, 42.1%의 비율로 나타났으며, 유생은 40–60 m 수층에서 194 inds.10^3 m^{-3}의 최대 밀도로 출현하였다. 일몰시간인 15–17시에는 표층부터 30 m 수층까지의 유생 출현 비율이 모두 5%를 넘지않았고 30–40 m와 40–60 m 수층에서 각각 76.8%, 15.4%의 비율로 나타났으며, 30–40 m 수층에서 207 inds.10^3 m^{-3}의 최대 밀도로 출현하였다. 오후 시간대의 유생들은 남중에 가장 낮은 수층까지 분포하다가 일조량이 낮아지면서 하강하였던 유생들이 다시 상승하는 양상을 나타냈다(Fig. 5B).

Zoea II기 유생은 13–15시에 0–10 m, 10–20 m, 20–30 m 수층에서 출현하지 않았고 40–60 m 수층에서 47.3%로 5 inds.10^3

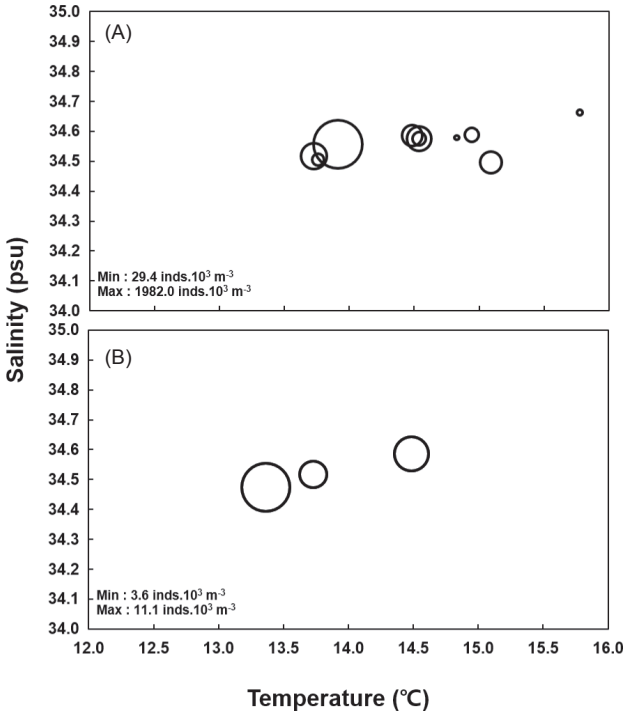

Fig. 6. Temperature and salinity diagram with the density of each larval stages in the East Sea. A, Zoea I; B, Zoea II.

m^{-3}의 최대 밀도를 나타냈다. 15–17시에는 0–10 m, 10–20 m 수층에서 유생이 출현하지 않았고 30–40 m 수층에서 69.3%로 3 inds.10^3 m^{-3}의 최대 밀도를 나타내어 Zoea I기 유생과 유사한 시간대별 상승 양상을 보였다(Fig. 5C).

유생의 발달단계별 출현 범위와 환경요인(수온 및 염분)

표층 5 m까지의 수온, 염분 자료를 바탕으로 유생이 주로 출현분포하는 환경요인의 범위를 그래프로 나타내었다(Fig. 6). Zoea I기 유생은 13.7–15.8℃의 표층수온 범위까지 출현하였고 13.9℃의 표층수온에서 1,982 inds.10^3 m^{-3}의 높은 밀도로 출현하였으며, 주 출현 표층염분은 약 34 psu 내외의 범위였다. Zoea II기 유생은 13.4–14.5℃의 표층수온범위까지 출현하였고 13.4℃의 표층수온에서 11 inds.10^3 m^{-3}의 밀도로 출현하였으며, 주 출현 표층염분은 Zoea I기와 마찬가지로 약 34 psu 내외의 범위였다. 대게류 유생은 초기 유생단계인 Zoea I기 유생이 II기 유생보다 넓은 표층수온 범위까지 출현하였다.

고 찰

게류는 치게(juvenile)가 되기 전, 변태와 안정적인 성장 등을 위해 Megalopa기에 적절한 서식지로 착저(settlement)를 해야한다(Marta-Almeida et al., 2006). 유생이 적절한 서식지까지 도달하여 착저할 때는 부유유생기의 이동성이 중요한 역할을 하며, 이때 유생은 조석, 해류 등의 영향을 받아 분산된다(Anger, 2001). 유생은 개체발생학적(ontogenetic) 분산을 함으로서 성장과 동시에 산란장으로부터 확산되기 때문에(Strathmann et al., 2002), 주로 후기 유생단계가 더 넓은 분포 범위를 나타낸다. 하지만 결과에서 Zoea I기 유생은 후기 유생단계인 II기 유생보다 넓게 분포하였는데 이는 본 연구가 대게류의 산란기인 4월에만 조사가 이루어졌기 때문에 단계별 유생의 정확한 수평적 분포(horizontal distribution)를 나타내기에는 시료의 수가 부족했을 수 있다.

유생은 후기 단계로 발달할수록 수층별 분포에도 차이가 나타나며, 이것은 서식지 결정에 영향을 줄 수 있다(Fiksen et al., 2007). Kon et al. (2003)의 연구에서 일본 와카사만에 서식하는 대게류 유생은 Zoea I기와 II기에 각각 100 m 수층과 200 m 수층까지 출현하였고 megalopa기에는 더 깊은 300 m 수층까지 나타났다. 본 연구의 결과에서는 megalopa기가 채집되지 않았지만 Zoea II기 유생이 I기 유생보다 깊은 수층인 80–110 m 까지 출현하였다. 이처럼 유생이 후기단계로 발달할수록 깊은 수층까지 출현한 것은 대게류 유생이 발달할수록 유영 능력이 증가하기 때문인 것으로 여겨진다(Kon et al., 2003).

게류 유생의 발달단계별 분포는 수온과 염분, 빛 등의 다양한 환경요인들의 영향을 받는다(Anger, 2001; Kon et al., 2003). Ouellet and Sainte-Marie (2018)의 대게 유생 사육 실험에서 유생이 후기단계로 발달할수록 낮은 수온에서 최적의 생존과 성장을 보였으며, Megalopa기 유생은 낮은 수온에서 성장 속도가 더 빠르게 나타났다. 본 연구에서도 Zoea II기 유생은 I기 유생보다 더 낮은 수온 범위에서 출현하였으며, 이러한 결과는 유생이 후기단계로 발달할수록 깊은 수심까지 분포하게 되면서 낮은 수온에 대한 적응을 위해 선호하는 수온이 감소한 것으로 보인다(Yamamoto et al., 2014). 이처럼 수온은 유생의 발달단계별 수직분포에 영향을 주는 주요 요인 중 하나라고 판단된다.

유생의 일주수직이동은 자외선 회피, 포식자 회피, 개체수 유지, 에너지보존 그리고 먹이활동 등의 다양한 원인들에 의해 발생된다(Lampert, 1989; Hays, 2003; Brierley, 2014). Forward (1985)의 연구에서 부채게상과(Xanthoidea)에 속하는 *Rhithropanopeus harrisii*의 유생은 밤에 표층으로 이동하고 낮에 저층으로 이동하는 일주수직이동을 보였다. 밤에 표층으로 이동하고 낮에 저층으로 이동하는 일주수직이동 패턴은 대부분의 동물플랑크톤에서 나타나는 nocturnal vertical migration의 유형으로 조사기간의 동해안 일출·몰 시간과 대응하여 봤을때 06시경 일출 이후 유생의 분포는 표층으로부터 점진적 하강을 보이다가 해가 가장 강해지는 13시경 남중(culmination)을 경계로 더욱 하강하여 분포하였으며, 일몰이 시작하면서 다시 분포 수층의 상승 양상을 나타냈다. 따라서 동해에 출현하는 대게류는 Zoea 유생기에 nocturnal vertical migration의 일주수직이동을 하는 것으로 판단되었다.

현재까지 알려진 대게와 홍게의 종간 유생 동정법으로는 색소포 차이(Konishi and Shikatani, 2000; Ko and Lee, 2015) 또는 복부마디와 posterolateral spine의 길이비(Korn et al., 2010)에 따른 구분법 등이 있다. 하지만 동해에는 두 종의 지리적 분포 범위가 중첩되어 발생한 교잡종인 너도대게 유생이 존재하며(Kim et al., 2012), 종간 유생의 형태적 특징이 매우 유사하다는 문제점으로 종(Species) 수준의 동정이 어렵기 때문에 유생을 명확히 구분 짓지 않고 주로 속(Genus) 수준인 *Chionoecetes* spp.로 표기하고 있다(Korn et al., 2010). 따라서 시료 고정 후 색소포 등의 형태적인 차이를 확인하기 어려운 현재의 대게류 유생 동정법으로는 속 수준인 *Chionoecetes* spp.로 표기하는 것이 적합하며, 추후 채집 시료에 대한 현장 분석 혹은 색소포의 탈색을 방지하는 시료 고정법 등을 고안하고 나아가 분자 동정을 통한 종 동정의 필요성이 요구된다.

본 연구에서는 고부가가치 수산자원인 대게류 유생의 시·공간적인 분포와 수직분포 특성을 규명하였으며, 이들의 면밀한 생태학적인 특성을 파악하기 위해 추후 다양한 환경 요인들과 유생 간의 상관관계 분석 그리고 유생 시료의 종 동정법 개발 등의 연구들을 함께 보강해야 할 필요가 있다.

사 사

본 연구는 2023년도 국립수산과학원 수산과학연구사업(R2023001)의 지원을 받아 수행된 연구입니다.

References

Anger K. 2001. The Biology of Decapod Crustacean Larvae. AA Balkema Publishers, Lisse, Netherlands, 1-420.

Anger K. 2006. Contributions of larval biology to crustacean research: A review. Invertebr Reprod Dev 49, 175-205. https://doi.org/10.1080/07924259.2006.9652207.

Brierley AS. 2014. Diel vertical migration. Curr Biol 24, R1074-R1076. https://doi.org/10.1016/j.cub.2014.08.054.

Cha HK, Yang JH, Lee SI and Yoon SC. 2014. Reproduction and distribution of *Chionoecetes* crabs (*C. opilio* and *C. japonicus*) in the East Sea. Korean J Fish Aquat Sci 47, 637-644. https://doi.org/10.5657/KFAS.2014.0637.

Choi JH, Seo YI and Kim DH. 2021. A bioeconomic analysis on the effectiveness of fisheries management measures for red snow crab *Chionoecetes japonicus*. J Korean Soc Fish Tech 57, 173-184. https://doi.org/10.3796/KSFOT.2021.57.2.173.

Fiksen Ø, Jørgensen C, Kristiansen T, Vikebø F and Huse G. 2007. Linking behavioural ecology and oceanography: Larval behaviour determines growth, mortality and dispersal. Mar Ecol Prog Ser 347, 195-205. https://doi.org/10.3354/meps06978.

Forward RB. 1985. Behavioral responses of larvae of the crab *Rhithropanopeus harrisii* (Brachyura: Xanthidae) during diel vertical migration. Mar Biol 90, 9-18. https://doi.org/10.1007/BF00428209.

Hays GC. 2003. A review of the adaptive significance and ecosystem consequences of zooplankton diel vertical migrations. In: Migrations and Dispersal of Marine Organisms. Developments in Hydrobiology, vol 174. Jones MB, Ingólfsson A, Ólafsson E, Helgason GV, Gunnarsson K, Svavarsson J, eds. Springer, Dordrecht, Netherlands, 163-170. https://doi.org/10.1007/978-94-017-2276-6_18.

Hong SY, Park KY, Park CW, Han CH, Suh HL, Yun SG, Song CB, Jo SG, Lim HS, Kang YS, Kim DJ, Ma CW, Son MH, Cha HK, Kim KB, Choi SD, Park KY, Oh WW, Kim DN, Shon HS, Kim JN, Choi JH, Kim MH and Choi IY. 2006. Marine Invertebrates in Korea Coasts. Academy Book Press, Seoul, Korea, 317-409.

Kim WJ, Jung HT, Chun YY, Kang SK, Shin EH, Kim YO, Nam BH, Kong HJ and Cha HK. 2012. Genetic evidence for natural hybridization between red snow crab (*Chionoecetes japonicus*) and snow crab (*Chionoecetes opilio*) in Korea. J Shellfish Res 31, 49-56. https://doi.org/10.2983/035.031.0106.

Ko HS and Lee SH. 2015. Arthropoda: Crustacea: Decapoda: Brachyura: Majoidea crabs and Zoeas IV. In: Invertebrate Fauna of Korea. Vol. 21, No. 41. Ministry of Environment, Incheon, Korea, 1-70.

Kon T, Adachi T and Suzuki Y. 2003. Distribution of snow crab, *Chionoecetes* spp., larvae off Wakasa Bay in the Sea of Japan. Fish Sci 69, 1109-1115. https://doi.org/10.1111/j.0919-9268.2003.00735.x.

Konishi K and Shikatani N. 2000. Identification manual for larvae of commercially important crabs in Japan, 3: Brachyuran crabs. Bull Natl Res Inst Aquacult 30, 39-54.

KASI (Korea Astronomy and Space Science Institute). 2021. Sunrise and Sunset Time Calculation. Retrieved from https://astro.kasi.re.kr/life/pageView/9 on Feb 10, 2023.

Korn OM, Kornienko ES and Scherbakova NV. 2010. A key for the identification of larvae of brachyuran and anomuran crabs in spring plankton of Peter the Great Bay, Sea of Japan. Russ J Mar Biol 36, 373-382. https://doi.org/10.1134/S106307401005007X.

Lampert W. 1989. The adaptive significance of diel vertical migration of zooplankton. Funct Ecol 3, 21-27. https://doi.org/10.2307/2389671.

Lee HW and Park WG. 2012. Larval timing and distribution of the red snow crab *Chionoecetes japonicus* near Dokdo. Korean J Fish Aquat Sci 45, 716-722. https://doi.org/10.5657/KFAS.2012.0716.

Marta-Almeida M, Dubert J, Peliz Á and Queiroga H. 2006. Influence of vertical migration pattern on retention of crab larvae in a seasonal upwelling system. Mar Ecol Prog Ser 307, 1-19. https://doi.org/10.3354/meps307001.

Ouellet P and Sainte-Marie B. 2018. Vertical distribution of snow crab (*Chionoecetes opilio*) pelagic stages in the Gulf

of St. Lawrence (Canada) and effect of temperature on development and survival. ICES Mar Sci 75, 773-784. https://doi.org/10.1093/icesjms/fsx169.

Pires RF, Pan M, Santos AMP, Peliz Á, Boutov D and dos Santos A. 2013. Modelling the variation in larval dispersal of estuarine and coastal ghost shrimp: *Upogebia congeners* in the Gulf of Cadiz. Mar Ecol Prog Ser 492, 153-168. https://doi.org/10.3354/meps10488.

Puebla O, Sévigny JM, Sainte-Marie B, Brêthes JC, Burmeister A, Dawe EG and Moriyasu M. 2008. Population genetic structure of the snow crab (*Chionoecetes opilio*) at the Northwest Atlantic scale. Can J Fish Aquat Sci 65, 425-436. https://doi.org/10.1139/f07-163.

Rice AL. 1980. Crab zoeal morphology and its bearing on the classification of the brachyura. Academic Press, London, U.K., 271-372. https://doi.org/10.1111/j.1096-3642.1980.tb00060.x.

Strathmann RR, Hughes TP, Kuris AM, Lindeman KC, Morgan SG, Pandolfi JM and Warner RR. 2002. Evolution of local recruitment and its consequences for marine populations. Bull Mar Sci 70, 377-396.

Torres AP, Reglero P, Hidalgo M, Abelló P, Simão DS, Alemany F, Massutı´ E and Dos Santos A. 2018. Contrasting patterns in the vertical distribution of decapod crustaceans throughout ontogeny. Hydrobiologia 808, 137-152. https://doi.org/10.1007/s10750-017-3414-x.

Yamamoto T, Yamada T, Fujimoto H and Hamasaki K. 2014. Effects of temperature on snow crab (*Chionoecetes opilio*) larval survival and development under laboratory conditions. J Shellfish Res 33, 19-24. https://doi.org/10.2983/035.033.0103.