

2013 - 2015년 춘계 및 추계 서해의 살오징어(*Todarodes pacificus*) 유생 출현 양상

김윤하* · 신동훈**†

* 국립수산물과학원 연근해자원과, ** 국립수산물과학원 수산자원연구센터

Distribution of Common Squid, *Todarodes pacificus*, Paralarvae in the Yellow Sea in Spring and Autumn, 2013 - 2015

Yoon-Ha Kim* · Dong-Hoon Shin**†

* Fisheries Resources Management Division, National Institute of Fisheries Science, Busan 46083, Korea

** Fisheries Resources Research Center, National Institute of Fisheries Science, Tongyeong 53064, Korea

요 약 : 서해에서 살오징어(*Todarodes pacificus*) 유생 분포를 파악하기 위해 2013년 - 2015년 춘계(4월)와 추계(11월) 자원조사선 탐구 20호로 18정점에 대해 CTD 관측 및 지름 60 cm, 망목 333 μm 의 봉고네트를 이용한 경사 채집을 실시하였다. 조사기간 동안 채집된 유생은 총 4개체로 2014년과 2015년 추계에 각 2개체였으며, 유생의 외투장은 1.5 - 8.3 mm이었다. 조사기간 동안 춘계와 2013년 추계에는 유생이 출현하지 않았다. 유생밀도는 2014년 추계에 0.1 inds./1,000 m^3 과 0.2 inds./1,000 m^3 , 2015년 추계에 0.1 inds./1,000 m^3 과 0.2 inds./1,000 m^3 로 나타났다. 유생이 채집된 정점에서 배아발달 및 유생의 생존이 가능한 수온대(15 - 24 $^{\circ}\text{C}$)는 수심 56 m보다 얕은 곳에 위치하였다.

핵심용어 : 살오징어, 살오징어 유생, 서해, 분포, 수온

Abstract : Paralarvae of the common squid, *Todarodes pacificus*, were sampled with the bongo net (diameter: 60 cm, mesh: 333 μm) with a research vessel (Tamgu 20) at 18 stations along the coastal waters of the Yellow Sea in spring and autumn from 2013 to 2015. Over this period, 4 Paralarvae were collected. Paralarval density was 0.1 inds./1,000 m^3 and 0.2 inds./1,000 m^3 in autumn 2014 and 0.1 inds./1,000 m^3 and 0.2 inds./1,000 m^3 in autumn 2015. The range of mantle length for paralarvae was from 1.5 to 8.3 mm. Survival temperature (15 - 24 $^{\circ}\text{C}$) for embryo stage and paralarvae was found in locations shallower than 56 m of depth at stations which were sampled for paralarvae.

Key Words : Common squid, *Todarodes pacificus*, Paralarvae, Yellow Sea, Distribution, Temperature

1. 서론

살오징어는 살오징어과(Ommastrephidae)에 속하는 단년생 연체동물로 산란장과 색이성육장이 다른 회유성 어종이다. 그 분포는 우리나라 주변해역을 비롯한 북서태평양에 이른다(Roper et al., 1984; Hatanaka et al., 1985). 여름, 가을, 겨울의 3개 계절발생계군으로 구분하며, 계군에 따라 산란장의 위치 및 회유경로가 다르다(Hamabe and Shimizu, 1966; Hatanaka et al., 1985). 어획량이 가을부터 겨울까지 집중되어 있기 때문에 3개 계군 중 추계군과 동계군의 생체량이 많은 것으로

추정된다. 또한 우리나라에서 살오징어가 주로 어획되는 해역은 동해의 수온전선역이나 시기에 따라 동해보다 서해에서 어획이 많았던 시기가 있었다(Choi et al., 1997; Choi et al., 2003; Kim, 2015; Kim et al., 2010).

서해의 살오징어 어획량은 1980년대 중후반에 동해보다 더 많은 어획량을 보였다(Choi et al., 2003). 특히 주요 어장인 동해와 서해의 전체 채낀기 어획량에 대한 비율은 서해가 1980년대 중후반에만 80%를 나타낸 반면, 동해는 1980년대를 제외하고 80 - 90% 정도로 채낀기 어획의 대부분을 차지했다(Kim, 2015). 또한 우리나라의 살오징어 어획량은 최근 20년간(1998 - 2017년) 25만 MT에서 10만여 MT로 지속적인 감소추세이나 같은 시기 서해 어획량은 2004년부터 2007년까지 5천여 톤에서 1만여 톤의 증가를 보인 후 2천 여톤 전후의

* First Author : psysonic@nate.com, 051-720-2278

† Corresponding Author : sindo0@naver.com, 055-650-2252

큰 변동이 없는 어획량을 보이고 있다(통계청, <http://kosis.kr>).

이러한 어획변동의 원인은 어업기술발달로 인한 어획강도 강화 및 불법조업과 같은 과도어획으로 인한 친어자원감소가 원인 중의 하나일 수 있으며, 해류의 변화에 따른 어장 형성위치변화 또한 어획변동의 원인이 될 수 있다. 그 중 기후체제전환과 같은 기후변화는 해양환경 변화에 영향을 미쳐 산란장 환경을 변화시키며 자원량 변화의 원인이 되는데 이것이 어획량 변화에 영향을 미칠 수 있다(Sakurai et al., 2000; Sakurai et al., 2002; Rosa et al., 2011).

또한 특정한 산란장 환경조건들이 해양환경 변화와 맞물려 산란장 면적의 확장 및 축소 그리고 산란장 위치의 북상 및 남하에 의해 초기 생활사가 영향을 받으며, 특히 산란장 위치와 제주도 서방을 경유하여 서해중부로 유입되는 쓰시마 난류수와의 관계가 유생수송에 영향을 미쳐 서해의 어획에 영향을 미칠 수 있다(Huh, 1982; Yang et al., 1984; Sakurai et al., 2000; Sakurai et al., 2002; Rosa et al., 2011; Kim, 2015).

이러한 산란장 위치 및 수송경로 추정에 관한 연구를 위해서는 유생출현에 관한 연구가 뒷받침되어야 하며, 유생분포양상을 통해 성어자원량도 추정에도 도움을 줄 수 있다(Goto, 2002). 뿐만 아니라 이를 통해 살오징어 자원관리 정책 수립에 기여할 수 있다.

살오징어 유생의 분포에 관해 국외에서는 유생의 수평적 분포양상 및 연직분포특성에 연관된 연구가 있었으며(Bower et al., 1999; Simura et al., 2005; Yamamoto et al., 2002; Yamamoto et al., 2007), 기후변화 혹은 해양환경 변화에 따른 유생의 분포변화(Goto, 2002; Kidokoro et al., 2010) 등에 관한 연구가 있었다. 국내에서는 동중국해 하계 산란계군의 수송에 관한 연구(Kim, 2008), 동중국해 북부의 유생분포에 관한 연구(Kim et al., 2011, Kim et al., 2014a)가 이루어졌다. 또한 동해 남부해역의 살오징어 유생분포에 관한 연구(Kim et al., 2014b; Kim and Lee, 2016) 등이 있었으나 서해의 살오징어 유생에 관한 연구는 2013년 8월에 수행된 바가 있으나(Kim and Lee, 2016) 이는 유생이 채집되지 않았기 때문에 서해에서 유생의 분포에 관한 연구는 전무하다시피 한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 2013 - 2015년 춘계와 추계에 서해 연안에서 살오징어 유생의 분포양상을 파악하여 서해의 해양환경과의 관련성을 논의하고자 하였다.

2. 재료 및 방법

서해 연안에서의 살오징어 유생분포를 파악하기 위해 2013년부터 2015년까지 춘계(4월)와 추계(10월)에 총 18개 정점에서 망구 60 cm의 Bongo Net(망목: 330 μ m)를 사용하여 저층부터 표층까지 경사채집을 하였다(Fig. 1). 또한 초기생활

단계에서 발달 및 생존에 중요한 영향을 미치는 해양환경인자인 수온은 CTD(SBE9plus)로 관측하였으며, 수심별 해양환경을 파악하기 위해 관측된 수층별 수온을 통해 월별 0 m, 10 m, 20 m, 30 m, 50 m의 수평수온 분포를 작성하였다.

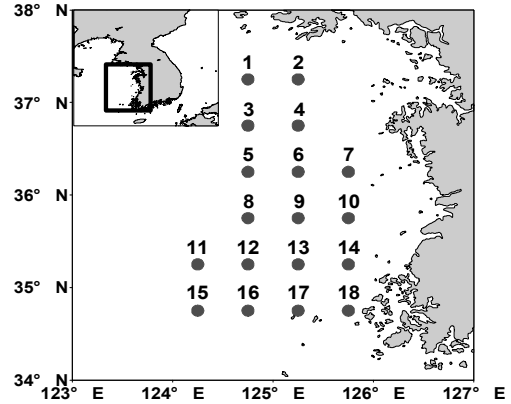


Fig. 1. Map of the study area (red markers) in the Yellow Sea.

서해의 저층에는 황해저층냉수(Yellow Sea Bottom Cold Water)가 존재한다. 황해저층냉수는 서해에서 동계의 차고 강한 북서풍에 의해 혼합으로 수직적으로 해수물성이 균질해지며, 하계에 이르러서 표층수온이 상승하는 동안에도 중층아래에는 수괴의 특성이 변하지 않고 저층에 남게되어 형성되는데 수온 10 - 12 $^{\circ}$ C 이하, 염분 32.0 - 33.0 ‰의 저온고염의 특성을 지닌다(Nakao, 1977).

본 연구에서는 Cho(1982)의 연구와 같이 10 $^{\circ}$ C 등온선을 황해저층냉수 지표수온으로 설정하여 서해의 해양환경을 해석하였다.

살오징어의 산란장환경의 주요인자는 수온으로 배아발생 및 생존가능을 위해 15 - 24 $^{\circ}$ C의 수온조건이 필요하다(Sakurai 2006; Sakurai et al., 1996; Sakurai et al., 2000; Sakurai et al., 2002). 본 연구에서는 유생이 생존가능한 수온을 배아발생 및 생존이 가능한 수온인 15 - 24 $^{\circ}$ C로 보았으며, 이를 유생이 생존 가능한 수온으로 보았다. 또한 이를 바탕으로 연직수온 분포에서 유생이 서식할 가능성이 있는 수심영역을 판단하였다.

시료의 고정을 위해 99% 에탄올로 고정처리 하였고, 이를 실험실로 이송하여 두족류를 골라내었으며, Sweeny et al.(1992)가 기술한 융합된 촉수, 종모양의 외투막 그리고 고유 색소포 패턴 등의 살오징어 유생형태 특징을 분류키로 하여 동정하였으며, 유생의 외투장을 측정하기 위해 해부현미경(OLYMPUS SZX10) 하에서 0.1 mm 단위까지 측정하였다. 살오징어 유생분포 지역에서의 유생의 밀도는 네트에 부착된 유량계를 이용하여 여수량을 정점별로 측정하였으며, 1,000 m 3 당 개체수로 나타내었다(inds./1,000 m 3).

3. 결과 및 고찰

서해 연안에서의 조사기간동안 수온은 표층에서 수심 50 m 까지 춘계에는 5.9 - 13.4°C, 추계에는 6.8 - 22.3°C의 수온범위에 있었다(Figs. 2, 3). 수온은 전반적으로 추계에 높고 춘계에 낮은 전형적인 계절변화양상을 보였다. 표층과 저층의 수온차이는 춘계보다 추계에 더 큰 경향이 나타났다. 춘계에는 연안보다 외양 쪽에서 수온이 비교적 높았는데 이는 중국 동부와 제주도 서부의 중간수역을 통해 서해로 유입된 쓰시마 난류계의 난류수로 인한 것으로 생각된다(Huh, 1982; Yang et al., 1984).

추계에는 표층에서는 연안 쪽보다 외양 쪽에 더 높은 수온대가 위치한 반면 30 m보다 깊은 곳에서는 연안보다 외양에서 더 낮았으며, 10°C 이하의 수온대가 중부 외양쪽에 위치하는 것으로 나타났다. 특히 2013년 추계에는 연안 부근에서도 15°C 이하의 수온이 나타나 2014년과 2015년보다 낮은 것으로 조사되었다. 조사기간 중 추계에 나타난 30 m 이하의 수층에서 나타난 난수와 냉수의 뚜렷한 수온배치의 원인은 황해저층냉수의 영향인 것으로 생각된다(Nakao, 1977; Yang et al., 1984).

채집된 살오징어 유생의 개체수는 총 4개체(2014년 추계 2개체, 2015년 추계 2개체)로 외투장(ML: Mantle Length)은 2014년 추계에 3.0 mm와 8.3 mm, 2015년 추계에 1.5 mm와 3.4 mm의 유생이 출현하였다.

유생은 조사기간동안 2014년과 2015년 추계에 18정점 중 각각 2개 정점에서 유생이 출현하였으며, 춘계와 2013년 추계에는 출현하지 않았다. 유생밀도는 2014년 추계에 0.1 inds./1,000 m³과 0.2 inds./1,000 m³, 2015년 추계에 0.1 inds./1,000 m³과 0.2 inds./1,000 m³로 나타났다(Fig. 4).

이러한 유생의 출현장소는 황해저층냉수가 나타나는 30 m 수심에서 15°C 이상의 수온대가 위치하는 곳과 일치하는 것으로 나타났다(Fig. 5). 유생이 채집된 지점은 냉수와 난수의 혼합역에서 난수역에 가까운 쪽에 위치하는 것으로 추정된다.

서해의 이러한 유생분포는 쿠로시오 난류역에서 연안수와 난수의 혼합역 및 동해 남동부 연안층의 냉수와 외양층의 난수의 혼합역 정점에서 높은 밀도가 나타난 것과 유사한 결과를 보였다(Bower et al., 1999; Kim and Lee, 2016). 이러한 유생의 출현양상은 유생의 생존에 적합한 수온의 분포와 관련이 깊다.

살오징어 유생의 산란에는 수심 100 - 500 m 대륙붕 및 대륙사면의 지형적인 조건과 난의 부화 및 배아생존에 적합한 수온조건이 필요하다(Sakurai 2006; Sakurai et al., 1996; Sakurai et al., 2000; Sakurai et al., 2002). 반면 서해의 수심이 100 m 이상인 장소는 드물기 때문에 산란장으로는 적합하지 않은 것

으로 생각된다. 또한 춘계에는 조사기간동안 수온범위가 5.9 - 13.4°C로 유생이 생존가능한 수온(15 - 24°C)에서 벗어나 있기 때문에 유생이 생존하기가 어려운 환경이었기 때문에 유생이 출현하지 않았으며, 산란장 또한 형성되기 어려운 것으로 추정된다. 또한 춘계에는 서해로 유입되는 난류의 영향으로 연안보다 외양 쪽에서 수온이 비교적 높아 유생이 유입될 가능성은 있다. 그러나 수온이 높은 표층조차도 10°C 전후로서 유생이 생존하기에 적합하지 않은 것도 유생이 출현하지 않은 원인으로 볼 수 있다.

또한 유생이 출현하지 않았던 본 연구의 2013년 춘계(4월)과 같은 시기에 동해 남부(Kim and Lee, 2016)에서도 유생이 출현하지 않았다. 따라서 4월에는 유생은 우리나라 동해와 서해에서는 수온 등과 같은 환경조건이 맞지 않기 때문에 우리나라 남해 이남을 비롯한 동중국해에 분포할 것으로 추측된다.

2013년 추계(11월)의 경우, 본 연구에서는 살오징어 유생이 출현하지 않았으나 같은 시기 동해 남부연안에서는 13개 정점 중 4개의 정점에서 살오징어 유생이 채집되었다(Kim and Lee, 2016). 이러한 결과가 나타나는 원인은 2가지로서 첫째, 서해로의 난류유입이 감소했기 때문에 난류를 따라 유입되는 유생도 감소하거나 없을 가능성이 있다. 남동진하는 황해저층냉수가 남해 혹은 동중국해로 저층을 통해 빠져 나가면 이를 보충하기 위한 보류(compensation current)로서 난류수가 서해 표층에서 유입된다(Cho, 1982; Huh, 1982; Yang et al., 1984). Fig. 3에서 수심 30 m와 50 m에서 나타났듯이 유생이 출현하지 않은 2013년 추계에는 30 m부터 황해저층냉수 지표수온인 10°C 수온대가 서해 외측의 북부부터 연안층까지 위치해 있는 반면 유생이 출현한 2014년과 2015년 추계에는 10°C 수온대가 서해 외측 및 조사해역의 남쪽에 위치해 있었다. 이는 2013년 추계에 황해저층냉수가 남하하지 않고 조사해역의 북서쪽에 분포하였기 때문에 표층으로 난류수 유입이 약화되어 유생 또한 서해로 유입이 어려웠을 것으로 추정된다. 둘째, 쓰시마 난류에 의해 동해와 서해로 모두 유생이 수송되었지만 서해의 해양환경 조건이 동해보다 유생의 생존에 더 열악했을 경우이다. 이는 유생이 수송되더라도 수심 30 m에 전반적으로 나타나는 황해저층냉수 지표수온인 10°C 전후의 수온대가 대부분으로 이는 다른 연도보다 유생이 생존할 만한 공간이 제한될 가능성이 높아 서식에 적합하지 않았을 것으로 사료된다.

유생이 분포할 수 있는 수심을 파악하기 위해 Kim et al.(2014b)과 Kim and Lee(2016)이 사용한 유생이 채집된 정점의 연직수온분포에서 유생의 생존가능수온(15 - 24°C)을 표시하였다(Fig. 6).

2013 - 2015년 춘계 및 추계 서해의 살오징어(*Todarodes pacificus*) 유생 출현 양상

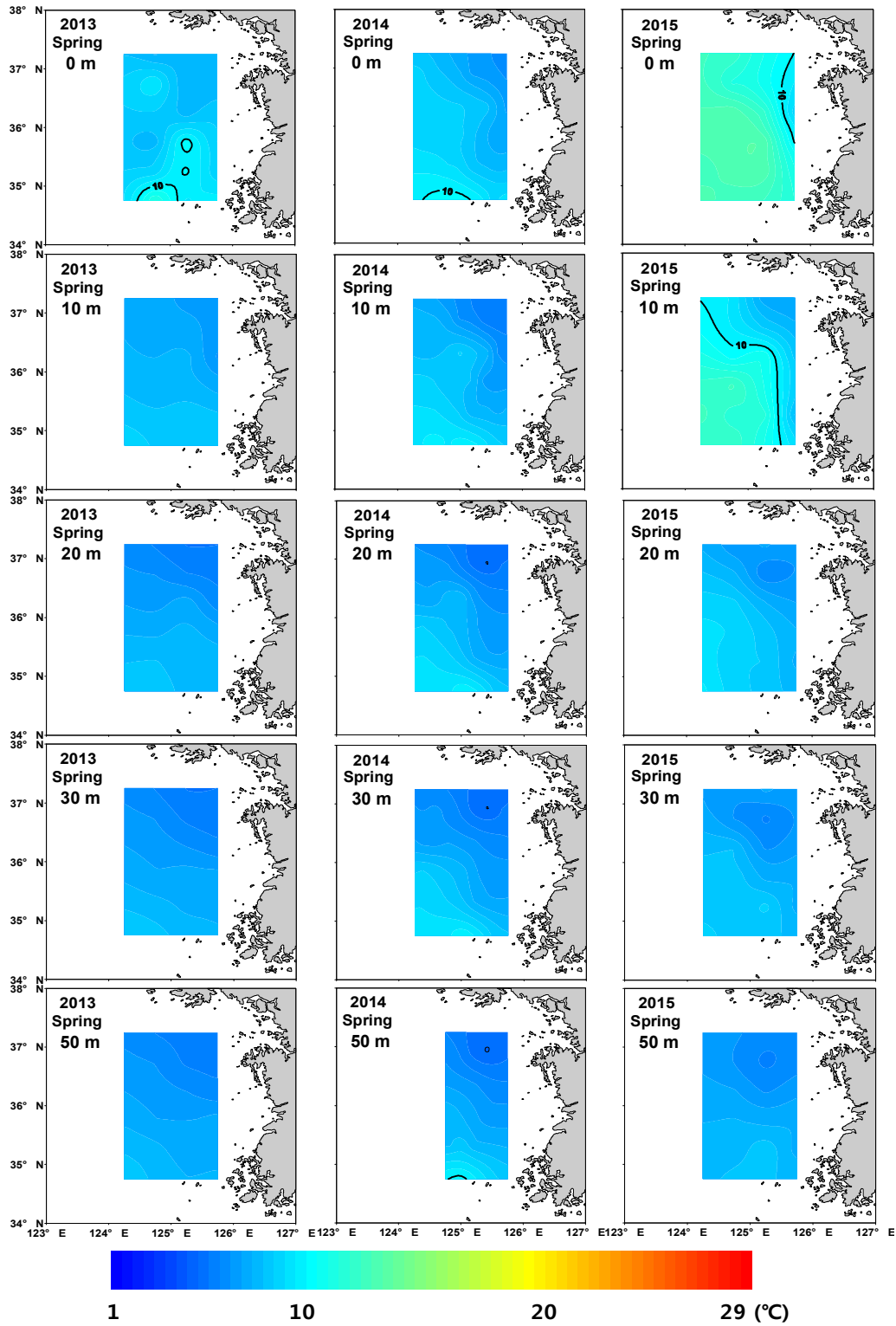


Fig. 2. Horizontal distribution of water temperature at 0 m, 10 m, 20 m, 30 m and 50 m depth in spring from 2013 to 2015 in the Yellow Sea.

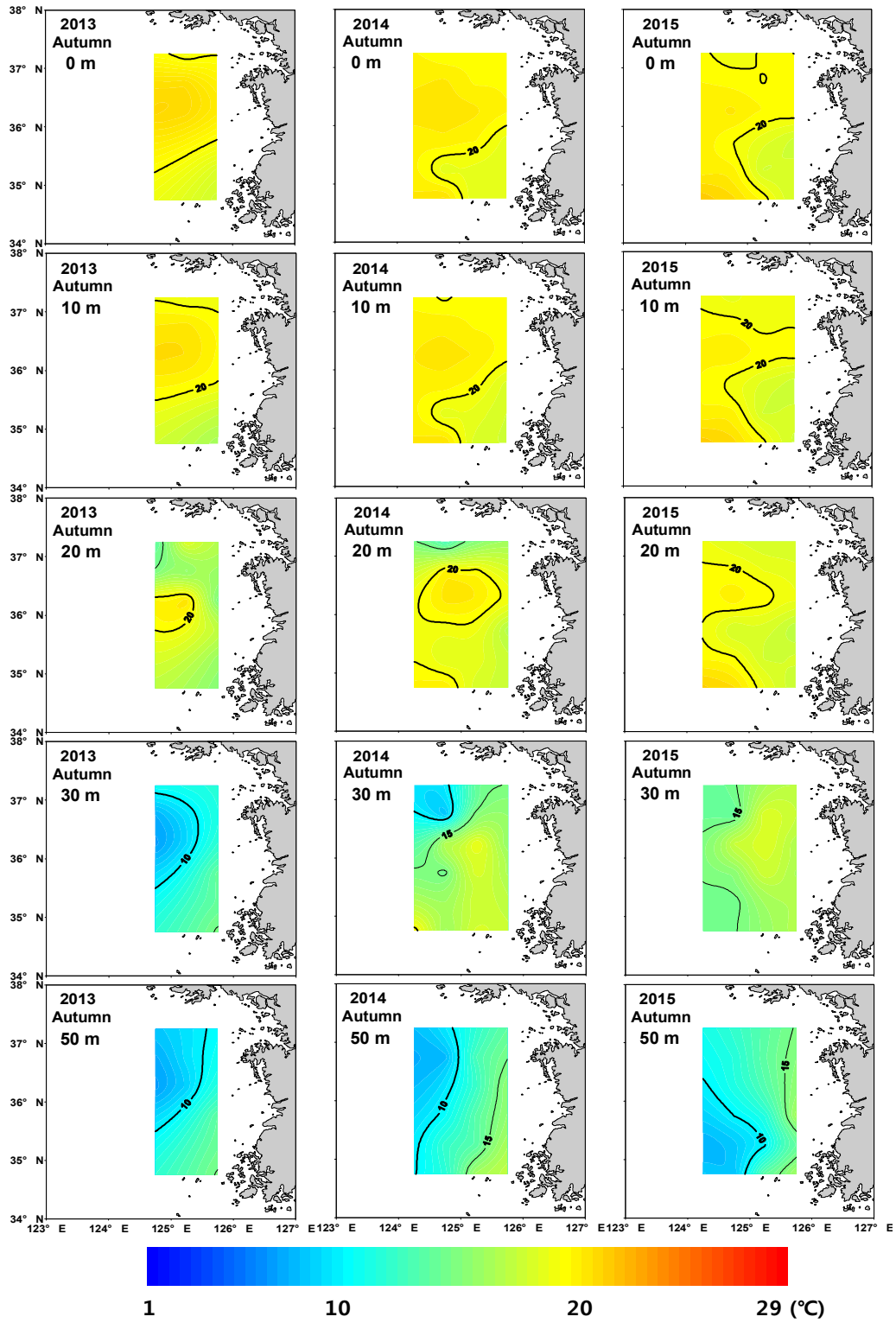


Fig. 3. Horizontal distribution of water temperature at 0 m, 10 m, 20 m, 30 m and 50 m depth in autumn from 2013 to 2015 in the Yellow Sea.

2013 - 2015년 춘계 및 추계 서해의 살오징어(*Todarodes pacificus*) 유생 출현 양상

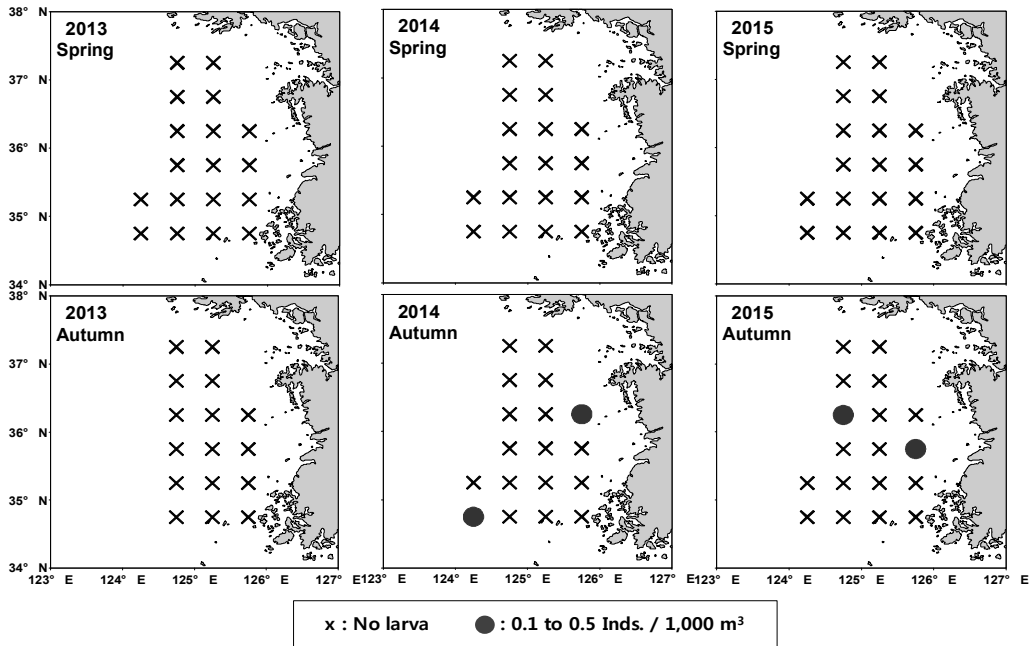


Fig. 4. Distribution of *Todarodes pacificus* paralarvae in spring (upper) and autumn (lower) in the sampling area, 2013 - 2015.

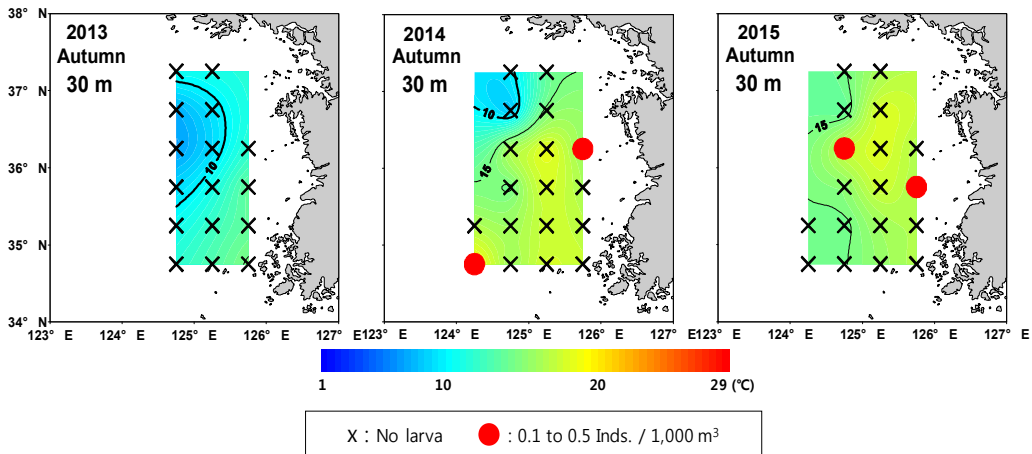


Fig. 5. Distribution of *Todarodes pacificus* paralarvae and Horizontal distribution of water temperature at 30 m in the sampling area in autumn, 2013 - 2015.

유생이 생존가능한 수심은 2014년 추계에 0 - 55 m(st.7)와 0 - 36 m(st.15), 2015년 추계에 0 - 38 m(st.10)와 0 - 53 m(st.5)로 나타났으며, st.7 및 st.10과 같은 연안 쪽의 정점에서는 표층에서 저층까지 생존가능한 수온대가 형성되었는데 이는 연직수온분포에서도 나타나듯이 연안 측에서 연직혼합이 잘 일어나 성층이 형성되지 않았다. 반면 st.15 및 st.5와 같은 외양 쪽의 정점에서는 황해저층냉수의 영향으로 인해 30 m부터 수온이 급감하여 성층이 형성되어 이보다 상부에 유생이 생존가능한 수온대가 형성되는 것으로 판단된다.

같은 시기인 2013년 11월 동해의 경우(Kim et al., 2014b),

유생분포가능수심이 약 75 m로 서해보다 깊게 나타나 상대적으로 유생의 분포 가능 환경 조건이 더 깊은 곳까지 형성되는 것으로 파악된다. 이는 동해안과 서해안의 지형학적인 특성차이뿐만 아니라 쓰시마 난류수 분포역 등에 따른 수온의 연직구배와 같은 해양환경조건의 차이로 인한 것으로 추정된다.

본 연구는 2013 - 2015년 춘계(4월)와 추계(11월)에 수행된 조사로서 서해 연안에서 살오징어 유생의 분포양상을 파악하여 서해의 해양환경과의 관련성을 파악하였다. 본 연구결과를 통해 채집된 유생의 개체수는 적으나, 서해에서 살오

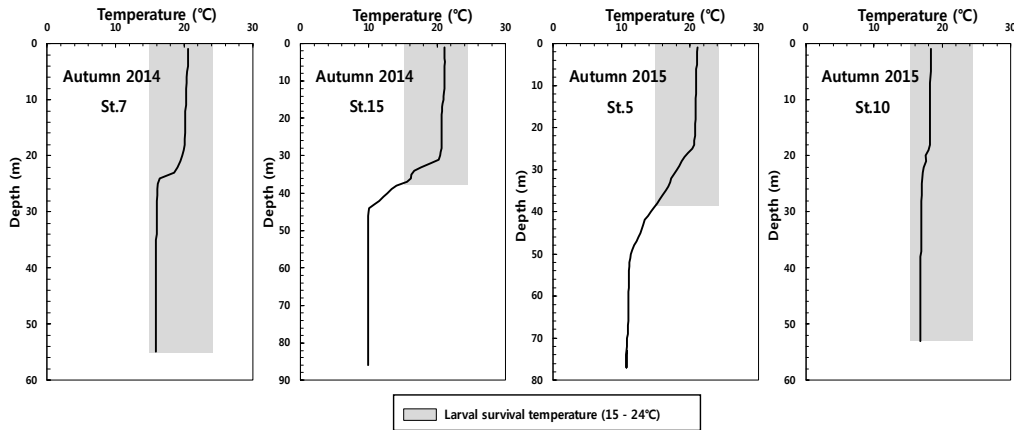


Fig. 6. Vertical distributions of water temperature where *Todarodes pacificus* larvae were sampled, and optimum larval survival temperature for *Todarodes pacificus* larvae in the study area.

징어 유생의 출현을 보고하여 추후 산란장에서 서해로의 살오징어 유생수송에 대한 연구를 진행할 기초자료로서 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

그러나 이와 더불어 한계점 또한 있다. 조사의 수행횟수가 6회로 춘계와 추계에 이루어진 점과 채집된 유생의 수에서 서해 살오징어 유생의 보편적인 분포특성을 언급하기에는 무리가 있다.

따라서 조사간격을 반년단위에서 격월 혹은 계절별 난자치어 조사를 장기적으로 수행하여 자료를 축적할 필요가 있다. 이와 같은 계획적이고 지속적인 생활사 초기단계의 모니터링을 통하여 살오징어의 서해유입기작과 같은 생물생태학적 정보제공과 더불어 중장기적으로는 어황변동예측을 위한 기본자료로도 활용될 수 있을 것으로 기대되며, 이는 자원관리 정책 수립에 도움을 줄 수 있을 것으로 전망된다.

4. 결론

본 연구는 서해 연안에서의 살오징어 유생의 출현양상을 파악하기 위해 2013년부터 2015년까지 춘계(4월)와 추계(10월)에 총 18개 정점에서 난자치어 조사를 실시하여 2014년과 2015년 추계에 4개체의 유생을 채집하였다. 유생의 외투장범위는 1.5 - 8.3 mm였다. 유생밀도는 0.1 - 0.2 inds./1,000 m³로 나타났다. 유생이 채집된 정점에서 배아발달 및 유생의 생존이 가능한 수온대가 연안 쪽의 정점에서는 표층에서 저층까지 적합수온대가 형성되어 수심 53 m, 55 m까지 깊게 형성된 반면 외양 쪽의 정점에서는 서해 저층에 위치한 황해저층냉수의 영향으로 인해 30 m부터 수온이 급감하여 표층부터 35 m를 전후하여 유생이 생존가능한 수온대가 형성되었다. 또한 조사기간동안 춘계와 2013년 추계에는 유생이 출현

하지 않았는데 이는 유생이 생존하기에 적합한 수온조건이 형성되지 않았기 때문으로 생각된다.

사 사

이 논문은 2019년도 국립수산물과학원 수산시험연구사업(R2019029)의 지원으로 수행된 연구입니다.

References

- [1] Bower, J. R., Y. Nakamura, K. Mori, J. Yamamoto, Y. Isoda and Y. Sakurai(1999), Distribution of *Todarodes pacificus* (Cephalopoda: Ommastrephidae) paralarvae near the Kuroshio off southern Kyushu, Japan, Mar. Biol., Vol. 135, pp. 99-106.
- [2] Choi, K. H., K. D. Cho, D. S. Kim, J. I. Kim and S. W. Kim(2003), Fishing conditions of common squid (*Todarodes pacificus* Steenstrup) in the Yellow Sea, J. Kor. Fish. Soc., Vol. 6, pp. 21-31.
- [3] Choi, K. H., S. D. Hwang and J. I. Kim(1997), Fishing conditions of common squid (*Todarodes pacificus* STEENSTRUP) in Korean Waters, J. Kor. Fish. Soc., Vol. 30, pp. 513-522.
- [4] Cho, K. D.(1982), On the Influence of the Yellow Sea Bottom Cold Water on the Demersal Fishing Grounds, Bull. Kor. Fish. Tech. Soc., Vol. 18, No. 1, pp 25-33.
- [5] Goto, T.(2002), Paralarval distribution of the ommastrephid squid *Todarodes pacificus* during fall in the southern Sea of Japan, and its implication for locating spawning grounds,

- Bull. Mar. Sci., Vol. 71, No. 1, pp. 299-312.
- [6] Hamabe, M. and T. Shimizu(1966), Ecological studies on the common squid *Todarodes pacificus* Steenstrup, mainly in the southwestern waters of the Japan Sea, Bull. Japan Sea Natl. Fish. Res. Inst., Vol. 16, pp. 13-55.
- [7] Hatanaka, H., S. Kawahara, Y. Uozumi and S. Kasahara (1985), Comparison of life cycles of five ommastrephid squids fished by Japan: *Todarodes pacificus*, *Illex illecebrosus*, *Illex argentinus*, *Nototodarus sloani sloani* and *Nototodarus sloani gouldi*. NAFO Sci. Coun. Studies., Vol. 9, pp. 59-68.
- [8] Huh, O. K.(1982), Satellite observations and the annual cycle of surface circulation in the Yellow Sea, East China Sea and Korea Strait, La mer, Vol. 20, pp. 210-222.
- [9] Kidokoro, H., T. Goto, T. Nagasawa, H. Nishida, T. Akamine and Y. Sakurai(2010), Impact of a climate regime shift on the migration of Japanese common squid (*Todarodes pacificus*) in the Sea of Japan, ICES J. Mar. Sci., Vol. 67, pp. 1314-1322.
- [10] Kim, J. J.(2008), Summer occurrence and transport process of common squid (*Todarodes pacificus*) paralarvae in the East China Sea. M.D. Thesis, Pukyung Nat. Univ., Busan, pp. 1-50.
- [11] Kim, J. J., H. H. Lee, S. A. Kim and C. Park(2011), Distribution of larvae of the common squid *Todarodes pacificus* in the Northern East China Sea, Kor. J. Fish. Aquat. Sci., Vol. 44, No. 3, pp. 267-275.
- [12] Kim, J. J., C. H. Kim, J. S. Lee and S. A. Kim(2014a), Seasonal Characteristics of *Todarodes pacificus* paralarval distribution in the northern east China Sea, Kor. J. Fish. Aquat. Sci., Vol. 47, No. 1, pp. 59-61.
- [13] Kim, Y. H.(2015), The population ecology of the common squid (*Todarodes pacificus*) in the northwest Pacific Marginal Seas, Ph.D. Thesis, Pukyung Nat. Univ., Busan, pp. 1-130.
- [14] Kim, Y. H., C. H. Moon and C. I. Lee(2014b), Distribution of the common squid *Todarodes pacificus* Paralarvae in the Southern Coastal Waters in the East Sea in August and September 2013, J. Kor. Soc. Oceanogr., Vol. 19, pp. 215-222.
- [15] Kim, Y. H., C. H. Moon, K. H. Choi and C. I. Lee(2010), Relationship between Squid (*Todarodes pacificus*) catch by sea block and marine environment in the East Sea, J. Kor. Soc. Mar. Env. Safety, Vol. 16, pp. 259-268.
- [16] Kim, Y. H. and C. I. Lee(2016), Distribution of water temperature and common squid *Todarodes pacificus* Paralarvae around Korean Waters in 2013, 2014, J. Kor. Soc. Mar. Env. Safety, Vol. 22, No. 1, pp. 11-19.
- [17] Nakao, T.(1977), Oceanic variability in relation to fisheries in the East China Sea and the Yellow Sea, J. Fac. Mar. Sci. Technol. Tokai Univ., Special Number, pp. 199-367.
- [18] Roper, C. F., M. J. Sweeny and C. E. Nauen(1984), Family Ommastrephidae. FAO species catalogue Vol. 3, FAO Fisheries Synopsis, p. 227.
- [19] Rosa, A. L., J. Yamamoto and Y. Sakurai(2011), Effects of environmental variability on the spawning areas, catch, and recruitment of the Japanese common squid, *Todarodes pacificus* (Cephalopoda: Ommastrephidae), from the 1970s to the 2000s, ICES J. Mar. Sci., Vol. 68, pp. 1114-1121.
- [20] Sakurai, Y.(2006), How climate change might impact squid populations and ecosystems: a case study of the Japanese common squid, *Todarodes pacificus*. Globec. Rep., Vol. 24, pp. 33-34.
- [21] Sakurai, Y., J. R. Bower, Y. Nakamura, S. Yamamoto and K. Watanabe(1996), Effects of temperature on development and survival of *Todarodes pacificus* embryos and paralarvae, Ame. Malacol. Bull., Vol. 13, pp. 89-95.
- [22] Sakurai, Y., H. Kiyofuji, S. Saitoh, T. Goto and Y. Hiyama(2000), Changes in inferred spawning areas of *Todarodes pacificus* (Cephalopoda: Ommastrephidae) due to changing environmental conditions, ICES J. Mar. Sci., Vol. 57, pp. 24-30.
- [23] Sakurai, Y., H. Kiyofuji, S. Saitoh, J. Yamamoto, T. Goto, K. Mori and T. Kinoshita(2002), Stock fluctuations of the Japanese common squid, *Todarodes pacificus*, related to recent climate changes, Fish. Sci., Vol. 68, pp. 226 - 229.
- [24] Shimura, T., J. Yamamoto, Y. Kamei and Y. Sakurai(2005), Possible spawning by the Japanese common squid, *Todarodes pacificus* at Yamato Rise, Sea of Japan, Phuket Mar. Biol. Cen. Res. Bull., Vol. 66, pp. 267-273.
- [25] Sweeney, M. J., C. F. E. Roper, K. M. Mangold, M. R. Clark and S. V. Boletzky(1992), "Larval" and juvenile cephalopods: A manual for their identification. Smithsonian Contributions to Zoology, Smithsonian Institution Press, USA, pp. 109-110.
- [26] Yamamoto, J., S. Masuda, K. Miyashita, R. Uji and Y. Sakurai(2002), Investigation of the early stage of the ommastrephid *Todarodes pacificus* near the Oki Islands (Sea

of Japan), Bull. Mar. Sci., Vol. 71, No. 2, pp. 987-992.

- [27] Yamamoto, J., T. Shimura, R. Uji, S. Masuda, S. Watanabe and Y. Sakurai(2007), Vertical distribution of *Todarodes pacificus* (Cephalopoda: Ommastrephidae) Paralarvae near the Oki Islands, southwestern Sea of Japan, Mar. Biol., Vol. 153, pp. 7-13.
- [28] Yang, S. K., K. D. Cho and C. H. Hong(1984), On the Abnormal Low Temperature Phenomenon of the Yellow Sea Bottom Cold Water in Summer, J. Oceanolog. Soc. Kor., Vol. 19, No. 2, pp. 125-132.

Received : 2018. 11. 21.

Revised : 2018. 12. 24. (1st)

: 2019. 01. 03. (2nd)

Accepted : 2019. 02. 25.