Kor J Fish Aquat Sci 44(3), 267-275
DOI:10.5657/KFAS.2011.0267

한수지, 44(3), 267-275, 2011

동중국해 북부해역에서의 살오징어 (*Todarodes pacificus*) 유생의 분포

김중진*·이화현·김수암·박 철[1]
부경대학교 자원생물학과, [1]충남대학교 해양학과

Distribution of Larvae of the Common Squid *Todarodes pacificus* in the Northern East China Sea

Jung Jin Kim*, Hwa Hyun Lee, Suam Kim and Chul Park[1]
Department of Marine Biology, Pukyong National University, Busan 608-737, Korea
[1]*Department of Oceanography, Chungnam National University, Daegeon 305-764, Korea*

The common squid *Todarodes pacificus* is an ecologically and commercially important species in Korea and Japan. However, the distribution pattern of its eggs and larvae in Korean waters has not yet been clarified. To determine the horizontal and temporal distribution of common squid larvae in the northern East China Sea, samples collected using paired, 60 cm diameter Bongo nets from the three surveys conducted in August 2003, May 2004 and November 2005 were examined. In addition, the vertical distribution was examined from the samples collected using a 1 m^2 MOCNESS in April 1999 (20 m interval down to 100 m). A total of 218 larvae ranging in mantle length (ML) from 1.2 to 17.0 mm were counted at 27 stations. Larval abundance was highest in May 2004. The larvae mainly occurred in the southeastern area of Jeju Island, where the water temperature and salinity at 50 m deep ranged from 15-23℃ and 34-34.6 psu, respectively. Most larvae were collected in the frontal zone, where the Tsushima Warm Current and inshore waters meet. The results from the MOCNESS samples showed that the larvae occurred mostly in 20-80 m depth ranges (about 90%), although collections were only conducted above 100 m. No significant differences in larval mantle lengths (ANOVA, $P>0.05$) were found among each depth interval. Given the occurrence sites of the larvae <2.0 mm ML, the spawning ground of this species appears to be within the northern East China Sea, mainly to the southeast and northeast of Jeju Island, in early spring.

Key words: Common squid, Distribution, Northern East China Sea, Larvae

서 론

살오징어 (*Todarodes pacificus*)는 베링해를 제외한 북위 20°에서 60°까지의 북서태평양 지역에 광범위하게 분포하며, 우리나라와 일본의 중요한 수산자원 중 하나이다. 우리나라 동, 서, 남해를 비롯하여 동중국해의 북부해역과 일본 전 해역에서 주로 채낚기 어업과 대형트롤어업에 의해 어획된다. 우리나라에서는 1970-1980년대에 걸쳐 연간 10만 톤 미만의 낮은 어획량을 기록하였으나, 1990년대 들어 어획량이 급격히 증가하기 시작하여 현재까지 20만 톤 이상의 높은 어획고를 유지하고 있다. 일본의 경우, 1950-1960년대에는 40만 톤 이상의 높은 어획량을 보였으나, 1970-1980년대에 들어 10-20만 톤 내외로 감소하였고, 1990년대 이후 다시 소폭 증가하여 20-30만 톤의 어획량을 기록하고 있다 (FAO, 2010). 1950년대부터 1980년대까지는 일본이 전체 어획량의 80% 이상을 차지하고 있었으나, 1990년대 이후 우리나라의 어획비율이 크게 증가하여 현재까지 거의 대등한 수준의 어획량을 보이고 있다. 이러한 우리나라의 어획비율 증가는 우리나라로 내유해오는 자원량의 증가와 더불어 어로기술의 향상에 기인하는데, 1980년대 후반부터 단위노력당 어획량 (CPUE)이 급격히 증가하였다 (Choi et al., 2008).

살오징어는 분류학적으로 살오징어목 (Order Teuthoidea), 살오징어과 (Family Ommastrephidae)에 속하는 두족류이다. 수명은 일 년으로, 산란한 이후에 사망하는 것으로 알려져 있다. 표층에서부터 수심 200 m 정도까지 분포하고 있으며, 서식수온은 5-27℃이다 (Roper et al., 1984). 외양 회유성 어종으로, 동중국해 및 동해 남부에서 부화 후 섭이회유를 시작하여, 동해북부 및 오호츠크해까지 회유한다. 부화 후 7-8개월이 되면, 체장 20 cm 정도로 자라 성숙에 이르고, 산란을 위해 남하회유를 시작한다 (Okutani, 1983). 연중 산란하는 것으로 알려진 살오징어는 산란이 집중되는 계절에 따라 여름 (5-8월), 가을 (9-12월), 겨울 (1-4월) 산란군의 세 개 계군으로 나뉜다 (Murata, 1989; Kim and Kang, 1995). 산란장은 타이완 북부해역에서부터, 동중국해의 대륙사면 부근을 따라 동해 남부 지역까지 넓게 분포하고 있다. 각 산란군의 산란시기에 따라 산란장의 위치가 북상 및 남하되는 것이 관찰된다 (Shojima, 1972; Sakurai et al., 2000). 산란시기에 이른 어미는 수온 15-23℃ 범위의 밀도약층 (pycnocline) 부근에 반부유성 난괴 (egg mass)를 방출한다. 난괴는 지름이 40-80 cm 정도의

*Corresponding author: jjkim@fishocean.pknu.ac.kr

구상이며, 외벽은 젤리질로 둘러 쌓여있고, 그 속에 최대 200,000립의 난이 포함되어 있다. 난은 수온 18-19℃에서 4-6일 후 부화에 이르며 부화한 유생은 난괴 밖으로 나와 수면 가까이 부상한다. 난괴는 산란 후 6-7일이 지나면 완전히 붕괴된다 (Bower and Sakurai, 1996). 유영능력이 미약한 유생은 이후 주로 해류에 의해 이동하는 부유성 유생시기를 거친다 (Sakurai et al., 1996). 부유유생 단계에서의 수직적인 분포수심은 25-50 m로 알려져 있다 (Watanabe, 1965; Yamamoto et al., 2007).

살오징어에 대해서는 국내는 동해에서의 오징어 어황과 해황과의 관계 (Choi et al., 1997; Park et al., 1992), 황해에 분포하는 오징어의 어황특성 (Choi et al., 2003), 동해의 동물플랑크톤 생체량과 살오징어 어획량 변동 (Kang et al., 2002), 살오징어의 외투장조성과 집단 유전학적 방법에 의한 계군분석 (Kim and Kang, 1995; Kang et al., 1996), 이석을 이용한 연령사정 (Kim, 1993), 위내용물 분석을 통한 식성연구 (Song et al., 2006), 성성숙과 생식주기 (Baek et al., 2006), 동해 오징어 어획에 미치는 산란장의 기후요인과 해수온의 영향 (Lee, 2007) 등이 연구되었다.

일본에서는 이 종에 대한 연구가 1960년대부터 시작되어, 살오징어 유생의 분포특성 (Okutani, 1965, 1968, 1969), 유생조사를 통한 겨울산란군의 자원평가 (Okutani and Watanabe, 1983), 알과 유생의 발단단계 (Watanabe et al., 1996), 사육수조 내에서의 난괴관찰 (Bower et al., 1996), 환경변화에 따른 산란장 변동 (Sakurai et al., 1996, 2000), 큐슈 남서부 해역에서의 유생분포 특성 (Bower et al., 1999), 살오징어 유생의 초기 계통발생 특성 (Shigeno et al., 2001), 동해 남부해역에서의 유생분포 (Goto, 2002), 동해 남서부해역에서의 살오징어 수평·수직 분포 특성 (Yamamoto et al., 2002, 2007) 등 성어어획과 해황과의 관계뿐만 아니라, 산란 특성과 유생발생 및 유생분포특성 등 이들의 초기생활사에 관한 연구가 활발하였다. 특히 동해 남부의 일본 측 해역과 큐슈 남서부 해역에서 살오징어 유생조사가 각각1973년과 1998년부터 지속적으로 수행되고 있으며, 이를 바탕으로 해양환경 특성과 관련하여 유생분포특성을 규명하는 연구가 수행되었다 (Bower et al., 1999; Goto, 2002). 또한 Sakurai et al. (2000)은 유생밀도지수와 어획량이 높은 상관관계가 있음을 밝히고, 유생밀도지수를 활용하여 어획량을 예측할 수 있는 가능성을 제시한 바 있다.

자원을 효율적으로 이용하고 관리하기 위해서는 자원생물의 생태학적 지식을 증진시켜야 한다. 동해에서 살오징어 자원과 대등한 생태적 지위를 차지하던 명태자원은 1990년대 이후부터 심각하게 고갈되었는데, 무분별한 남획과 해양환경 변화에 따른 가입량 감소에 의한 것으로 알려져 있다. 현재 우리나라의 주요 어업자원인 살오징어 자원을 지속적으로 이용하기 위해서는 해양환경 변화와 과도한 어획에 대처 할 수 있도록 효율적인 자원 관리 방안이 필요하며, 이를 위한 기초 생태학적 연구로서 대상 자원의 산란장 규명 과 유생분포특성에 관한 연구가 선행되어야 한다. 하지만 아직까지 우리나라 주변해역에서 살오징어를 대상으로 한 산란장 형성 유무와 유생분포 특성 및 가입기작에 관한 연구는 매우 부족한 실정이다.

본 연구는 우리나라 해역에서 어획되는 살오징어의 가입기작 규명을 위한 기초연구로서, 동중국해 북부해역 (즉, 제주근해)에서 살오징어 유생의 수직분포 특성과 계절별 수평분포 특성을 밝히고, 인근해역에서 산란장 형성 가능성을 파악하는데 목적이 있다.

재료 및 방법

동중국해 북부해역에서 살오징어 유생분포를 조사하기 위하여, 2003-2005년 동안 우리나라 제주 근해와 남해 일부를 포함하는 31-34°30'N, 124-128°30'E의 해역 (Fig. 1)에서 총 3회의 플랑크톤 조사를 실시하였다 (Table 1). 또한 유생이 발견되는 해역의 환경특성을 살펴보기 위하여 해양조사 시 조사해역에서 CTD (SBE-911, Sea-Bird Elec. Co.)를 이용해 수집된 수층별 수온, 염분 데이터가 이용되었다. 조사선은 한국해양연구원의 R/V 이어도호를 이용하였다.

살오징어 유생 채집조사에 사용된 조사기구는 직경 60 cm의 봉고넷 (bongo nets)이며, 어류플랑크톤 채집에 주로 쓰이는 0.505, 0.333 mm의 망목 (mesh)을 사용하였다. 봉고넷은 원하는 깊이에서부터 표층까지 대각선으로 끄는 경사채집 (oblique tow)이 가능하며, 윈치로부터의 줄이 두 네트 사이의 구조물에 연결되어 있으므로 네트가 견인 되는 동안 채집기 전면에 위치한 줄에 의한 생물들의 도피현상이 적은 장점이 있다. 살오징어 유생은 0-100 m 수심에 분포하는 것으로 알려져 있으며, 100 m 이심의 전 수층에 분포하고 있는 살오징어 유생을 채집하기 위해 경사채집 (oblique tow)을 시행하였다. 이 때 배의 속도는 약 2 kt이며, 채집정점의 가장 깊은 곳 까지 네트를 내렸다가 끌어올려 살오징어 유생을 채집하였다. 주로 100 m 수층에서 표층까지 예인하였으나, 수심이 얕은 정점에서는 바닥 부근까지 내린 후 예인하였다. 네트가 최대수심에 도달하면, 수층 내에서 네트가 안정화될 수 있도록 침강시간의 1/10을 조정시간으로 가졌다. 예인 당시의 네트의 위치와 수온, 염분 등의 환경데이터 수집을 위하여 네트에 data recorder (TDR-2050, RBR Ltd.)를 부착하였고, 각 네트에서의 여수량을 측정하기 위하여 입구 중앙에 유량계 (flowmeter)를 부착하였다. 유량계의 회전수에 보정실험을 통해 얻어진 보정계수 0.027을 곱하여 해수면 10 m^2 아래에 존재하는 유생 밀도 (개체수/10 m^2)를 환산하였다.

봉고넷으로 채집된 동물플랑크톤은 채집 즉시 약 5℃ 냉장고에서 1-2시간 보관되었으며, 그 이후 선상에서 동물플랑크톤 샘플로부터 살오징어 유생이 선별되었다. 유생은 99% 알콜에 고정되었고, 실험실에서 해부현미경으로 (10-100배) 관찰하여, 외투장 (mantle length)의 길이를 0.1 mm 단위까지 측정하였다. 해양조사에서 채집된 살오징어 유생의 동정에는 Okutani (1965)와 Wormoth et al. (1992)이 제시한 살오징어 유생 외투 (mantle)의 형태적 특징, 외투 표면의 색소포 (chromatophore) 분포패턴과 촉수말단의 흡반 (suckers) 형태 및 배열 등이 주로 이용되었다.

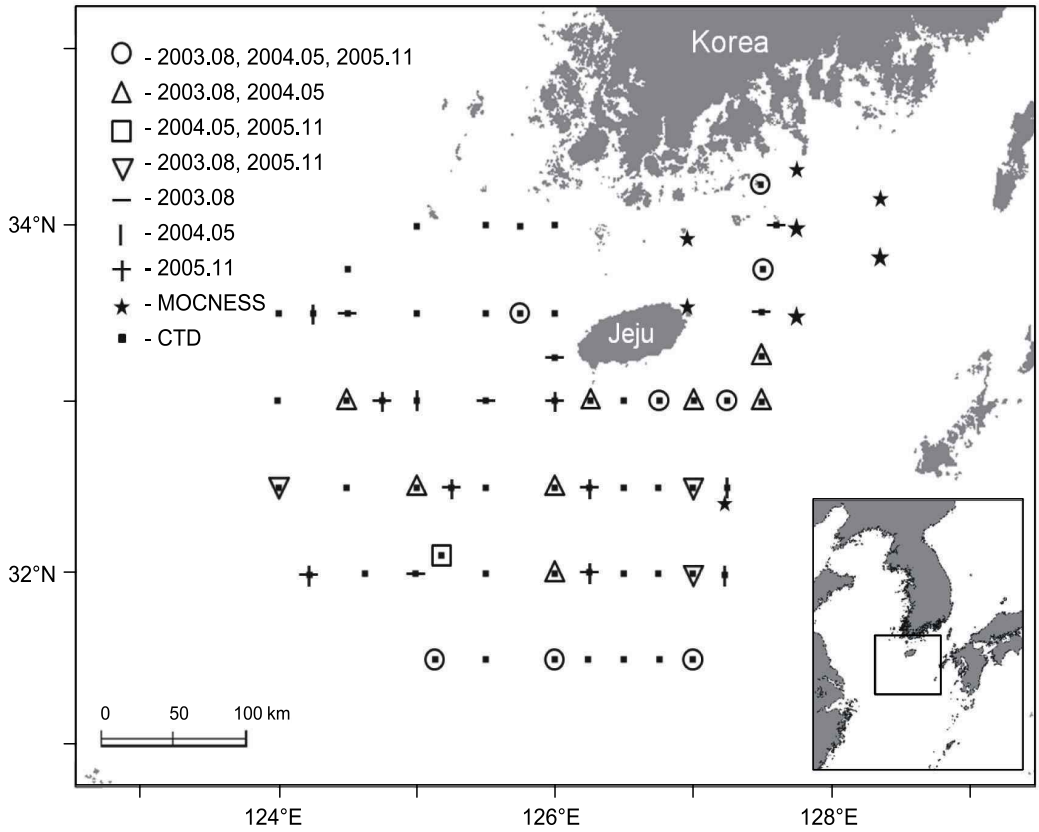

Fig. 1. Location map of the plankton sampling stations for each observation period.

Table 1. Summary of sampling. 60BON, a 60 cm diameter Bongo net; MOCNESS, an 1 m^2 Multiple Opening/Closing Net and Environmental Sensing System

year	Date	CTD station	Sampling station (positive tows)	R/V	Sampling gear
1999	4.14-4.23 (April)	8	8 (8)	Tamyang	MOCNESS
2003	8.26-9. 3 (August)	55	25 (3)	Eardo	60BON
2004	4.29-5. 8 (May)	52	21 (12)	Eardo	60BON
2005	10.31-11. 8 (November)	53	18 (4)	Eardo	60BON

살오징어의 수평적인 분포를 조사하기 위해 수행된 봉고넷을 이용한 유생조사는 이들의 지역적 분포 패턴에 대한 설명은 가능하지만, 이들의 실제적인 수직분포에 대한 정보는 얻을 수 없다. 따라서 본 연구에서는 이들을 알아보기 위해, 1999년 4월 제주도와 남해안 사이에서 1 m^2 MOCNESS (Multiple Opening/Closing Net and Environmental Sensing System)를 이용하여 수층별로 채집된 동물플랑크톤 시료로부터, 살오징어 유생만을 선별하여 분석하였다 (Fig. 1, Table 1). MOCNESS는 네트입구가 1.0 m×1.4 m 이며, 0.333 mm 의 망목을 사용하였고, 해양과학공동연구선 R/V 탐양호를 이용하여 2-3 kt의 속도로 경사 예인되었다. 표본의 채집은 해당정점의 표층부터 100 m 수심까지 (혹은 바닥까지), 매 20 m 마다 수층별로 채집되었다. MOCNESS에 부착된 유량계를 이용하여 여수량을 각 수층별로 측정하였고, 살오징어 유생의 밀도를 1,000 m^3 당 개체수로 나타내었다.

2003-2005년의 각기 다른 계절에 채집된 유생 평균외투장의 유의차와, 1999년 4월 각 수층별로 채집된 유생의 채집수층별 평균체장의 유의차검정을 위하여 SPSS (version 12.0) 통계 프로그램을 이용하였다. 통계 분석에 이용된 자료는 정규성 (normality)과 등분산성 (homogeneity of variance) 검정을 실시하여, 이들 가정 성립 시 one-way ANOVA test를 수행하였으며, 위반 시에는 비모수 통계 기법인 Kruskal-Willis Test를 수행하였다.

결 과

살오징어 유생의 형태적 특징

살오징어 유생의 외투 (mantle)는 종모양 (bell-shaped) 혹은 반구형 (dome-like)의 형태적 특징을 가진다 (Fig. 2). 또한 살오징어과 (Family Ommastrephidae)의 유생단계에서 특징적으로

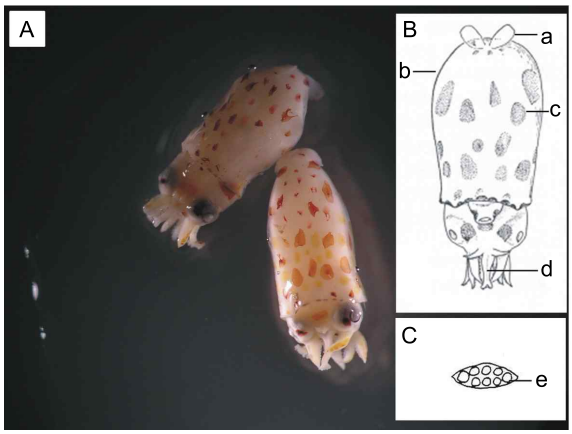

Fig. 2. *Todarodes pacificus* larvae sampled (A, Mantle length: 3.8 mm; upper left, 4.5 mm; lower right) and diagrammatic views (B and C, original drawings from Okutani, 1965): a, fins; b, mantle cavity; c, chromatophore; d, fused tentacles; e, end of tentacles with equal-size suckers.

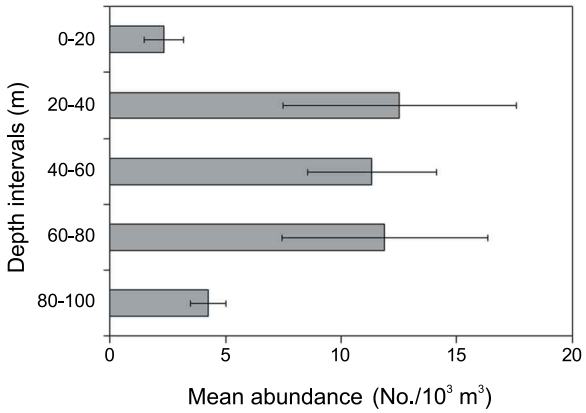

Fig. 3. Vertical distribution of common squid larvae. Bars indicate ranges of the number of individuals caught at each depth interval.

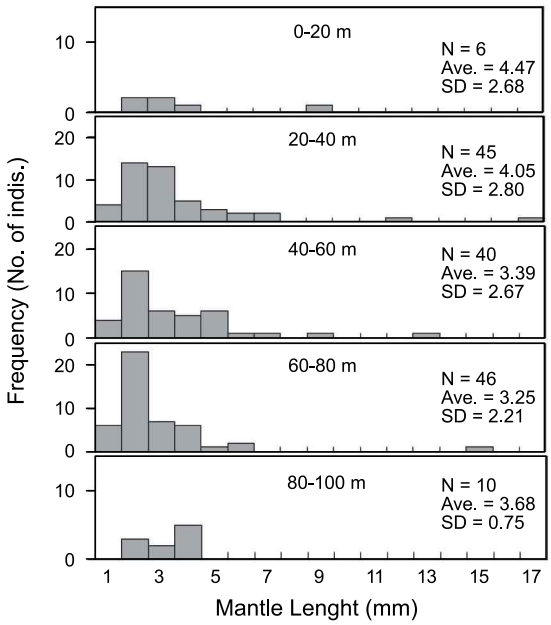

Fig. 4. Size-frequency distributions of common squid *Todarodes pacificus* larvae collected by an 1 m^2 MOCNESS at each sampling depth interval. N: total number of larvae measured, Ave.: mean, SD: standard deviation.

발견되는, 긴 주둥이 (proboscis) 모양의 융합된 촉수 (tentacles)를 가지고 있다. 지느러미 (fin)는 작고, 막질 (membraneous)로 되어 있다. 외투표면에는 살오징어 유생의 특이적인 색소포 (chromatophore) 분포패턴을 보인다. 또한 촉수 말단에 있는 8개의 흡반 (Suckers)의 특이적인 배열 및 형태가 관찰된다.

수직분포

1999년 4월 제주도 근해와 남해 근해에서 1 m^2 MOCNESS를 이용하여 채집된 살오징어 유생은 총 8개 정점에서 153개체였다. 이들은 표층에서 100 m까지 전 수층에서 분포하였으나, 수심 20-80 m 사이에서 전체 채집개체의 90% (137개체)가 채집되었고, 0-20 m, 80-100 m 수층에서는 각각 4% (6개체), 6% (10개체)가 채집되었다. 각 채집수층별 유생의 밀도분포에서도 수심 20-80 m 사이의 각 수층에서는 11.3-12.5개체/103 m^3의 높은 밀도를 나타내었고, 0-20 m, 80-100 m 수층에서는 각각 2.3개체/103 m^3, 4.2개체/103 m^3의 낮은 밀도분포를 보였다 (Fig. 3). Fig. 4는 각 수층별로 채집된 유생의 외투장분포를 나타낸다. MOCNESS를 통해 채집된 유생의 외투장은 1.2-17.0 mm의 범위를 나타내었고, 각 수층별 평균 외투장은 3.3 (수심 60-80 m) -4.5 (수심 0-20 m) mm의 범위였다. 20-80 m의 수층에서 1-2 mm의 부화 직후의 유생들이 발견되며, 동시에 10 mm 이상의 큰 개체들이 발견되었다. 이와는 대조적으로, 0-20, 80-100 m 수층에서는 부화 직후의 작은 유생 (1-2 mm)과 10 mm 이상의 큰 유생이 발견되지 않았다. 각 수층별로 채집된 유생의 평균 외투장간에는 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다 (one-way ANOVA, F=1.63, p=0.17).

수평분포

2003-2005년에 걸쳐 동중국해 북부해역에서 실시한 3회의 살오징어 유생조사를 통해 총 64개 조사정점에서 살오징어 유생 출현 여부를 조사하였고, 그 중 19개 정점에서 65개체의 유생을 채집하였다. 조사가 실시된 2003년 8월, 2004년 5월, 2005년 11월에 각 정점에서 채집된 살오징어 유생의 밀도분포와 50 m 수온·염분의 수평분포를 함께 나타내었다 (Fig. 5).

2003년 8월의 50 m 수심의 수온 범위는 9-22℃로 제주 동남쪽 해역에서는 대마난류 (Tsushima Warm Current)의 영향으로 15℃ 이상의 고온수가 분포하며, 제주도 서쪽해역에서는 하계 황해 남동해역에서 관찰되는 저온수의 영향으로 12℃ 이하의 저온수가 분포한다 (Fig. 5a). 또한 제주 남부해역에서는 대마난류와 연안수 사이에서 형성되는 수온 14-20℃ 범위의 강한 수온전선이 남북방향으로 나타나고 있다. 50 m 수심의 염분분

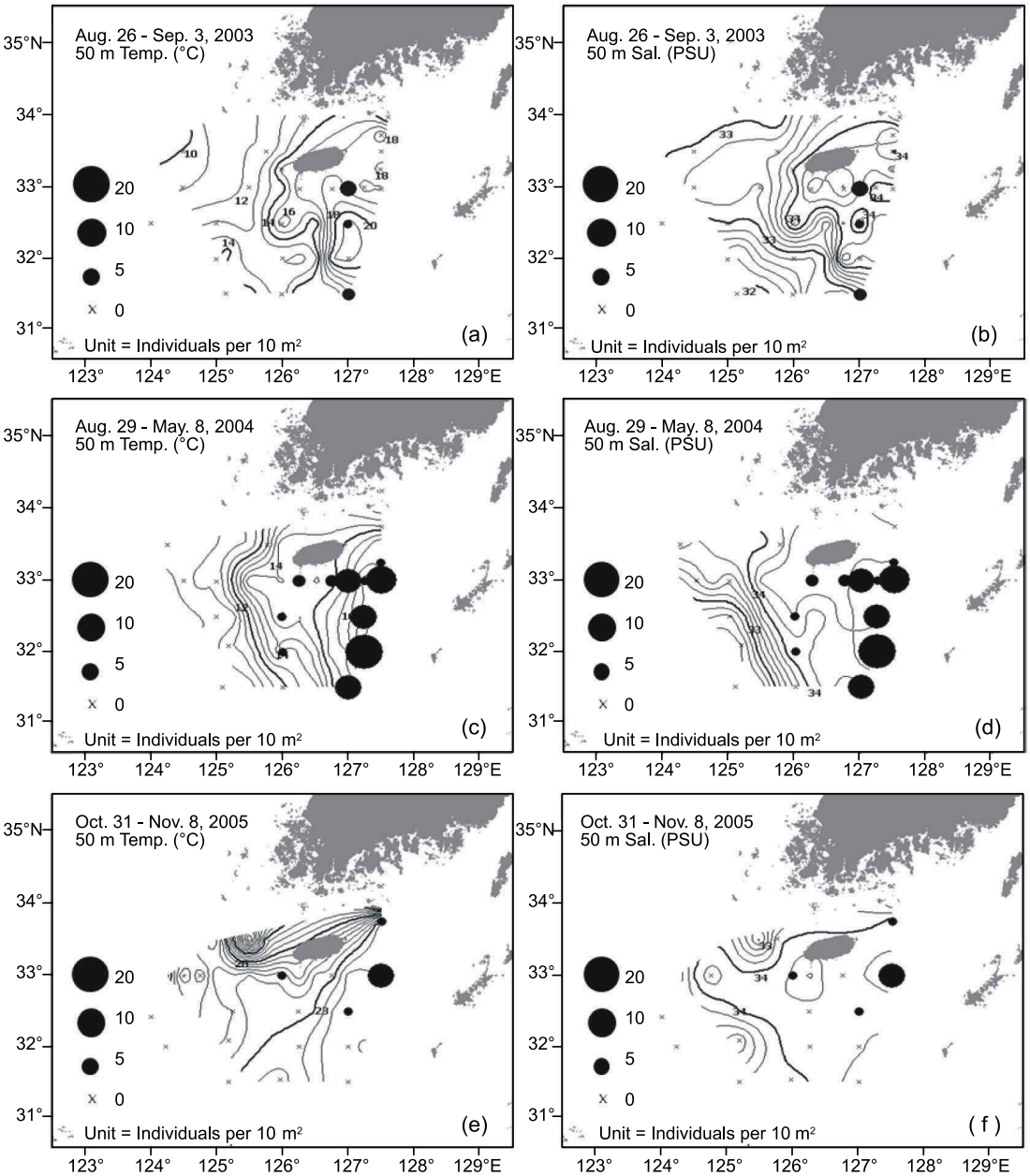

Fig. 5. Horizontal distributions of the *Todarodes pacificus* larvae and temperature (℃) and salinity (psu) at 50 m depth in the study area. Dark circles represent the abundances. Crosses indicate no catch.

포는 제주도 남동해역에서 34 psu 이상의 대마난류수가 분포하며 제주 남서 및 서쪽해역에서는 33.6 psu 이하의 값을 나타내고 있다 (Fig. 5b). 살오징어 유생은 총 25개 조사정점 중 단 3개 정점에서 출현하였고, 살오징어가 출현한 3개 정점은 모두 동경 127° 상의 제주 남동쪽으로 대마난류의 영향을 직접적으로 받는 해역이었다. 유생은 주로 수온 17-21℃의 수온전선 부근에 분포하였으며, 유생분포 해역의 염분범위는 33-34.2 psu 였다.

2004년 5월의 50 m 수온은 10-19℃ 범위로 제주 남부 해역을 중심으로 동쪽은 높고 서쪽은 낮은 형태를 보이며, 제주남쪽과 서쪽해역에서 전선이 발달하였다 (Fig. 5c). 염분은 32.6-34.5 psu의 범위로 분포하며 조사해역의 동경 126° 이서해역까지 34 psu 이상의 고염수가 넓게 분포하고 있다 (Fig. 5d). 살오징어 유생은 총 21개 정점 중 12개 정점에서 출현하였다. 제주 남동해역뿐만 아니라, 남서해역까지 광범위하게 분포하고 있으며, 특히 남동해역에서 높은 밀도분포를 보인다. 유생은 주로 수온 15-19℃의 제주 남부해역에서 형성된 전선역에 분포하였으며, 34 psu 이상의 고염수에서 분포하였다.

2005년 10월은 계절적으로 가장 높은 수온분포를 나타내고 있다. 50 m 수심에서 23℃ 등온선이 조사해역을 북동에서 남서방향으로 가로지르는 형태를 보인다. 또한 제주 서쪽에서는 국지적인 저온수가 출현하였다 (Fig. 5e). 염분은 34 psu 이상의 고염수가 제주도 서쪽 먼 바다까지 확장하는 것이 특징적이며, 역시 제주 서쪽에서 국지적인 저염수가 나타난다 (Fig. 5f). 살오징어 유생은 총 18개 조사정점 중 4개 정점에서 출현하였으며, 다른 시기와 마찬가지로 제주 남동쪽 정점에서 높은 밀도를 나타내었다. 주로 수온 22-24℃에서 분포하였으며, 염분범위는 34-34.2 psu였다.

전체적으로 2004년 5월의 유생분포 밀도가 가장 높았으며, 그 분포범위 또한 가장 넓게 나타났다. 그리고 제주 남동부 해역은 전 조사기간에 걸쳐 유생이 분포하는 특징을 보인다. 유생 분포 해역에서의 수온과 염분 범위는 조사 시기에 따라 약간씩 달랐으나, 대략 50 m 수심에서 수온 13-24℃, 염분 33-34.6 psu로 나타났다.

각 조사 시기에 채집된 유생의 외투장 (mantle length) 분포를 Fig. 6에 나타내었다. 전체 채집유생에서 샘플이 파손되거나 변형되어 외투장을 측정할 수 없는 개체는 제외하였다. 2003년 8월에 채집된 유생의 외투장은 3.5-6.7 mm 의 분포를 보이며, 평균 외투장은 5.0 mm (SD=1.2 mm)였다. 비교적 많은 유생이 채집된 2004년 5월의 유생은 1.2-16.9 mm의 다양한 외투장분포를 보이고 있으며, 평균 외투장은 4.8 mm (SD=3.4 mm)로 나타났다. 특히, 이 시기에는 조사기간 동안 채집된 유생 중 가장 작은 개체 (1.2 mm)와 가장 큰 개체 (16.9 mm)가 함께 채집되었다. 2005년 11월에 채집된 유생외투장의 범위는 1.8-5.8 mm로 나타났으며, 평균 외투장은 3.0 mm (SD=1.4 mm)였다. 2004년 5월과 2005년 11월에는 부화 직후의 유생으로 생각되는 1-2 mm의 유생이 출현하였고 2-3 mm의 외투장

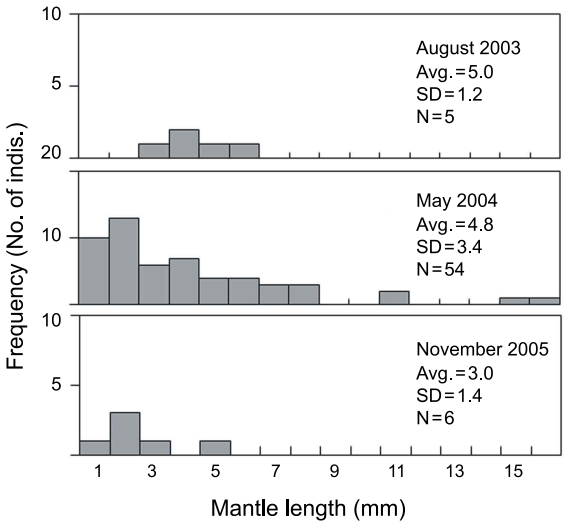

Fig. 6. Size-frequency distributions of common squid (*Todarodes pacificus*) larvae collected by a bongo net in the northern East China Sea. N: total number of larvae measured, Ave.: mean, SD: standard deviation.

범위에서 가장 높은 빈도를 나타내었다. 반면, 2003년 8월에는 3 mm 이하의 작은 유생이 출현하지 않았고 4-5 mm의 외투장 범위에서 가장 높은 빈도를 나타내었다. 각 조사시기별 유생 외투장 분포에 차이가 있는지를 Kruskal-Willis test를 통해 검정하였으나, 각 조사시기별 외투장 분포에는 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다 (χ^2=3.104, *df*=2, *p*=0.212).

고 찰

수산생물의 초기생활사 단계인 알과 유생의 분포를 파악하는 것은 이들의 산란장 추정과 가입기작 연구에 있어서 필수적이다. 살오징어 알의 채집은 현재까지 이루어진 적이 없으나, 유생의 분포는 주로 일본 측 해역에서 조사되었다. 살오징어는 동중국해와 동해남부해역에서 산란하는데, 일본에서는 1973년부터 큐슈 북서부 해역 및 혼슈 북부해역에서 매년 10-11월에 살오징어 유생채집조사를 시행하고 있고, 1990년 이후로는 큐슈 남서부해역에서 2-3월에 정기적인 유생채집조사를 시행하고 있다. Goto (2002)는 살오징어 유생이 10-11월 큐슈 북서부해역에서부터 혼슈 북부의 Oki Island 근해에 까지 넓게 분포하고 있음을 확인하였고, 부화 시 유생의 체장이 0.95 mm 라는 Sakurai et al. (1996)의 결과를 이용하여, 1.5 mm 이하의 유생분포로부터 주요 산란장을 추정하였다. 그 결과, 이들의 산란장은 대한해협 부근과 큐슈 북서부 해역에서 형성되는 것으로 보고하였다. Oki Island 근해에서 살오징어 유생의 분포를 조사한 Yamamoto et al. (2002)에 따르면, 살오징어 유생은 수온 15-23℃에 분포하며, 특히 Oki Strait의 고온수와 Oki Island의 북동해역에 위치한 저온수 사이의 혼합수역 (21-22℃)에서 주로 발생한다고 하였다. 또한 큐슈 남서부에서 겨울철 (2월) 시행된 유생채집 조사 결과는 이들이 쿠로시오 (Kuroshio) 해류와 연안수가 만나 형성하는 전선역에서 그 분포 밀도가 높음을 제시하였다 (Bower et al., 1999).

본 연구에서는 제주도를 포함한 북부 동중국해 해역에서 살오징어 유생의 분포를 조사하였고, 이른 봄철 (5월)과 여름철 (8월), 가을철 (11월)에 조사해역에서 유생의 출현을 확인하였다. 특히, 제주 남동해역은 전 조사시기동안 높은 유생밀도를 나타내었으며, 대마난류와 연안수가 만나 형성하는 전선역에서 높은 밀도를 보였다. 살오징어 유생분포에 관한 기존 연구와 본 연구의 유생분포특성을 살펴보면, 이들이 조사시기와 조사해역이 다름에도 불구하고 공통적으로 두 수괴가 만나 형성되는 수온전선 및 혼합수역에서 유생의 밀도가 높은 점을 발견할 수 있었다. 이는 Yamamoto et al. (2002)에 의해 지적된 바와 같이, 두 수괴가 만나는 전선 부근에서 발생하는 수렴류 (convergent flow)에 의한 플랑크톤 생물들의 축적에 의한 것으로 생각된다.

살오징어 유생의 수직분포는 수심 100 m 이내이며, 주로 50 m 이심에서 분포하는 것으로 알려져 있다 (Watanabe 1965; Hayashi 1991). Yamamoto et al. (2007)은 Oki Island 근해에서 MOCNESS를 이용하여, 살오징어 유생의 일주 수직운동과 성장에 따른 분포수심 변화에 대한 연구를 수행하였다. 그 결과로서, 살오징어 유생의 주·야의 분포수심 간에는 유의한

차이가 없으나, 부화유생의 분포수심은 주로 표층에서 25 m 수심이며, 이후 성장 할수록 분포수심이 깊어짐을 제시하였다. 동중국해 북부 및 남해 일대에서 수행된 본 연구의 수직분포 분석결과는 살오징어 유생의 분포 수심이 주로 20-80 m로 기존 연구와 거의 유사한 결과를 보이나, 수심에 따른 평균 외투장의 변화는 관찰되지 않았다. 이러한 차이는 본 연구에서 1 mm 이하의 부화유생이 출현하지 않은 점과 유생 샘플의 개수가 10배 이상 작은 점이 주원인 일 것이다. 향후, 계절과 해역의 차이에 의한 수직적인 수온구조의 차이가 이들의 분포에 미치는 영향 등 을 고려하여 보다 심도 있는 비교가 필요할 것으로 사료된다.

본 연구에서 채집된 유생의 외투장 분포는 1.2-17.0 mm로 다양하며, 각 시기별로 3.9-5.0 mm의 평균 외투장을 나타내었다. Watanabe et al. (1996)는 살오징어의 인공수정 실험을 통하여, 알에서 부화 시 유생의 외투장이 0.95 mm이고, 일주일 후에는 약 1.25 mm로 자란다고 하였다. 또 Tanaka (1988)는 외투장이 26 mm인 개체는 부화 후 23일, 35 mm인 개체는 30일이 가량 성장한 것이라 하였다. 살오징어 유생의 일령과 외투장에 관한 기존 연구로부터, 본 연구를 통해 채집된 유생의 부화 후 일령을 추측하면 외투장이 1.20 mm인 개체는 부화 후 6-7일, 3 mm인 개체는 약 10일로 추정된다. 또한 외투장이 17 mm로서 본 채집에서 가장 큰 개체는 약 20-30일의 일령을 가지는 것으로 생각된다. 따라서 동중국해 북부해역에서 채집된 살오징어 유생은 부화 후 7-30일 경과한 유생이 채집되었으며, 이는 채집해역의 남방에서 어미개체가 산란하고 이들이 채집해역으로 해류에 의해 수송되었음을 말해 준다.

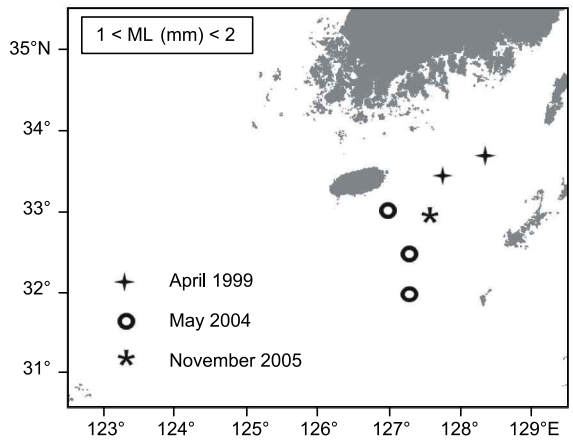

Fig. 7. Stations where small larvae (1-2 mm) were collected during each survey.

실제 해양에서 살오징어 난이 채집된 기록이 없는 점과 인공부화 실험 시 부화유생의 외투장이 약 1 mm인 점을 고려하여, 각 조사 시기별로 2 mm 미만의 유생이 채집된 정점을 통해 우리나라 해역에서의 살오징어 산란장 형성 가능성을 확인해 보았다 (Fig. 7). 부화로부터 10일 이내의 유생의 출현으로부터 제주도 남동해역에서 가을철과 봄철 살오징어의 산란장 형성 가능성이 있다. 특히 봄철에는 대마도와 제주도의 중간 수역에서부터 제주도 남동쪽의 근해까지 산란장이 넓게 형성될 가능성이 크다. 이 시기는 주로 겨울산란군의 산란시기 (1-4월)로서, 앞서 제시된 2004년 5월 유생의 분포가 그 지역적 범위가 가장 넓고 그 밀도 또한 높았던 결과와 밀접한 상관관계가 있을 것으로 사료된다. 조사해역에서의 수평적인 유생 외투장의 분포 경향이 명확하지 않은 점과 같은 정점에서 본 연구에서 채집된 가장 작은 유생 (1.20 mm)과 가장 큰 유생 (17.0 mm)이 동시 채집된 것은, 조사해역의 남방에서 산란된 유생들이 해류에 의한 수송과정으로 인해 조사해역에 도달함과 동시에 같은 해역에서 산란이 발생하여 출생시기가 다른 유생들이 혼재하게 되어 발생하는 현상으로 판단된다.

본 연구에서는 각 계절 산란군별 (여름, 가을, 겨울산란군)로 각 1회의 조사를 통하여 유생의 분포 특성 및 산란장 형성 가능성을 추정하였다. 그러나 보다 명확한 각 계절 산란군별 산란장 형성범위 및 유생분포 특성을 파악하기 위해서는 본 연구에서 시행한 유생조사를 각 계절별로 매년 시행할 필요성이 있다. 연속적인 유생조사를 통하여 산란장형성과 유생분포 및 풍도에서의 연변동성을 파악한다면, 살오징어 어획량의 연변동성을 설명할 수 있는 기초자료가 될 수 있을 것으로 생각된다. 또한 유생단계에서의 해류에 의한 수송과정에 관한 연구가 향후 함께 수행된다면, 유생의 이동경로파악과 함께 동, 서, 남해역에서 어획되는 성어자원의 각 해역별 가입기작 연구에 중요한 정보로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

사 사

본 연구는 한국해양연구원의 “기후변화가 남해역 (남해 및 북부 동중국해) 해양생태계에 미치는 영향 평가 시범 연구 (PM55980)”의 지원으로 수행되었습니다.

참고문헌

Baek HJ, Kim JW, Cho YJ and Kim S. 2006. Sexual Maturity and Reproductive Cycle of the Common Squid *Todarodes pacificus* in the East Sea of Korea. J Kor Fish Soc 39, 472-479.

Bower JR, Nakamura Y, Mori K, Yamamoto J, Isoda T, and Sakurai Y. 1999. Distribution of *Todarodes pacificus* (Cephalopoda: Ommastrephidae) paralarvae near the Kuroshio off southern Kyushu, Japan. Mar Biol 135, 99-106.

Bower JR, Sakurai Y. 1996. Laboratory observations on *Todarodes pacificus* (Cephalopoda: Ommastrephidae) egg masses. Amer Malac Bull 13, 65-71.

Choi KH, Hwang SD and Kim JI. 1997. Fishing conditions of common squid (*Todarodes pacificus* Steenstrup) in Korean waters. I. Spatio-temporal distribution of common squid related to the changes in oceanographic

condition. J Kor Fish Soc 30, 513-522

Choi KH, Cho KD, Kim DS, Kim JI and Kim SW. 2003. Fishing conditions of common Squid (*Todarodes pacificus* Steenstrup) in the Yellow Sea. J Kor Soc Fish Res 6, 21-31.

Choi KH, Lee CI, Hwang KS, Kim SW, Park JH and Gong Y. 2008. Distribution and migration of Japanese common squid, *Todarodes pacificus*, in the south-western part of the East (Japan) Sea. Fish Res 91, 281-290.

FAO. 2010. FishStat Plus (for fisheries statistical time series). Retrieved from http://www.fao.org/fishery/statistics/software/fishstat on November 10.

Goto T. 2002. Paralarval distribution of Ommastrephid squid *Todarodes pacificus* during fall in the southern Sea of Japan, and its implication for locating spawning grounds. Bull Mar Sci 71, 299-312.

Hayashi S. 1991. Seasonal changes in distribution of eggs and paralarvae of Cephalopoda in Toyama Bay, the Japan Sea. Bull Jap Soc Fish Oceanogr 55, 315-322

Kang YS, Kim JY, Kim HG and Park JH. 2002. Long-term changes in zooplankton and its relationship with squid, *Todarodes Pacificus*, catch in Japan/East Sea. Fish Oceanogr 11, 337-346.

Kang YJ, Kim YH, Hong YK, Park JY and Park KY. 1996. A population genetic analysis of the common Squid, *Todarodes pacificus* Steenstrup in the Korean waters. J Kor Fish Soc 29, 320-331.

Kim MJ, 1993. Age and growth of the common squid, *Todarodes pacificus* Steenstrup, from statolith. M.D. Thesis, Pukyong National University, Busan, Korea.

Kim YH and Kang YJ. 1995. Population analysis of the common squid, *Todarodes pacificus* Steenstrup in Korean Waters-1. Separation of population. J Kor Fish Soc 28, 163-173.

Lee CI, 2007. Influences of Climate Factors and Water Temperature in Squid Spawning Grounds on Japanese Common Squid (*Todarodes pacificus*) Catches in the East (Japan) Sea. J Fish Sci Technol 10, 150-158.

Murata M. 1989. Population assessment, management and fishery forecasting for the Japanese common squid, *Todarodes pacificus*. In: Marine invertebrate fisheries: Their assessment and management. Caddy JR, ed. John Wiley and Sons, New York, U.S.A., 613-636.

Okutani T. 1965. Studies on early life history of decapodan mollusca-I. A synoptic report on rhynchoteuthion larvae of *Todarodes pacificus* Steenstrup. Bull Tokai Reg Fish Res Lab 41, 25-29.

Okutani T. 1968. Studies on early life history of decapodan mollusca-Ⅲ. System atics and distribution of larvae of decapoda cephalopods collected from the sea surface on the Pacific coast of Japan, 1960-1965. Bull Tokai Reg Fish Res Lab 55, 9-57.

Okutani T. 1969. Studies on early life history of decapodan mollusca-Ⅳ. Squid larvae collected by oblique hauls of larva net from the pacific coast of eastern Honshu, during the winter seasons, 1965-1968. Bull Tokai Reg Fish Res Lab 58, 83-96.

Okutani T. 1983. *Todarodes pacificus*. In: Cephalopod life cycles. Boyle PR, ed. vol 1 Academic, London, U.K., 201-214

Okutani T and Watanabe T. 1983. Stock assessment by larval surveys of the winter population of *Todarodes pacificus* Steenstrup (Cephalopoda: Ommastrephidae), with a review of early works. Bio Oceanogra 2, 401-431.

Park JH, Choi KH and Lee JH. 1992. A study on the prediction of fishing conditions of common squid *Todarodes pacificus* Steenstrup in the Eastern Korea Sea. Bull Kor Fish Sco 28, 327-336.

Roper CFE, Sweeny MJ and Nauen CE. 1984. Family Ommastrephidae. In: FAO Species Catalogue. Vol. 3. Cephalopods of the World. An annotated and illustrated catalogue of species of interest to fisheries. FAO Fisheries Synopsis, Rome, Italy, 156-186.

Sakurai Y, Bower JR, Nakamura Y, Yamamoto S, and Watanabe K. 1996. Effect of temperature on development and survival of *Todarodes Pacificus* embryos and paralarvae. Amer Mal Bull 13, 89-95.

Sakurai Y, Kiyofuji H, Saitoh S, Goto T, and Hiyama Y. 2000. Changes in inferred spawning areas of *Todarodes pacificus* (Cephalopoa: Ommastrephidae) due to changing environmental conditions. ICES J Mar Sci 57, 24-30.

Shigeno S, Kidokoro H, Goto T, Tsuchiya K and Segawa S. 2001. Early ontogeny of the Japanese common squid *Todarodes pacificus* (Cephalopoda, Ommastrephidae) with special reference to its characteristic morphology and ecological significance. Zool Sci 18, 1011-1026.

Shojima, Y. 1972. The Common Squid, *Todarodes pacificus* Steenstrup, in the East China Sea-II. Eggs, larvae and spawning ground. Bulletin of Seikai Reg Fish Res Lab 42, 25-58.

Song HJ, Baeck GW, Kim S and Huh SH. 2006. Feeding habits of *Todarodes pacificus* (Cephalopods: Ommastrephidae) in the coastal waters of Busan, Korea. J Kor Fish Soc 39, 42-48.

Tanaka, Y. 1988. Ecology of Japanese flying squid, *Todarodes pacificus* (Steenstrup), in northern Hokkaido waters, I. Juveniles found in the stomach of masu salmon, *Oncorhynchus masou* (Brevoort), in winter. Sci Rep Hokkaido Fish Exp Stat 30, 19-23.

Watanabe K, Sakurai Y, Segawa S and Okutani T. 1996. Development of the ommastrephid squid *Todarodes pacificus*, from fertilized egg to rhynchoteuthion paralarvae. Amer Malac Bull 13, 73-88.

Watanabe T. 1965. Ecological distribution of rhynchoteution larva of common squid, *Todarodes pacificus* Steenstrup, in the southeastern waters off Japan during the winters, 1959-1962. Bull Tokai Reg Fish Res Lab 43, 1-12.

Wormuth JH, O'Dor RK, Balch N, Dunning MC, Forch EC, Harman RF and Rowell TW. 1992. OMMASTREPHIDAE. In: "Larval" and juvenile cephalopods: A Manual for Their Identification. Sweeney MJ, Roper CFE, Mangold KM, Clark MR, and Boletzky SV, eds. Smithsonian Institution Press, Washington, D.C., U.S.A., 105-119.

Yamamoto, J, Masuda S, Miyashita K, Uji R and Sakurai Y. 2002. Investigation of the early stage of the ommastrephid squid *Todarodes pacificus* near the Oki Isalnd (Sea of Japan). Bull Mar Sci 71, 987-992.

Yamamoto J, Shimura T, Uji R, Masuda S, Watanabe S and Sakurai Y. 2007. Vertical distribution of *Todarodes pacificus* (Cephalopoda: Ommastrephidae) paralarvae near the Oki Island, southwestern Sea of Japan. Mar Biol 153, 7-13.

2011년 3월 11일 접수
2011년 4월 13일 수정
2011년 6월 8일 수리