KFAS 한국수산과학회지
Korean Journal of Fisheries and Aquatic Sciences
한수지 55(2), 146-153, 2022

Original Article
Korean J Fish Aquat Sci 55(2),146-153,2022

봄철 제주 남부해역 난 · 자치어의 수직 분포

이보람 · 지환성* · 유효재 · 황강석[1] · 김두남[2]

국립수산과학원 수산자원연구센터, [1]국립수산과학원 독도수산연구센터, [2]국립수산과학원 원양자원과

Vertical Distribution of Icthyoplankton in the Southern Waters of Jeju Island During Spring

Bo-Ram Lee, Hwan-Sung Ji*, Hyo-Jae Yu, Kang-Seok Hwang[1] and Doo-Nam Kim[2]

Fisheries Resources Research Center, National Institute of Fisheries Science, Tongyeong 53064, Republic of Korea
[1]Dokdo Fisheries Research Center, National Institute of Fisheries Science, Pophang 37709, Republic of Korea
[2]Division of Distant Water Fisheries Resources, National Institute of Fisheries Science, Busan 46083, Republic of Korea

The vertical distribution and abundance of icthyoplankton in the southern waters of Jeju Island during June 2020 were investigated. Fish eggs and larvae were identified using the mitochondrial DNA cytochrome c oxidase subunit I (mtDNA COI) and the 16S rRNA gene. During this period, fish eggs of 23 taxa belonging to 21 families and larvae of 27 taxa belonging to 25 families were collected. Fish eggs were located mostly from the surface to 30 m depth of the water column. Larvae were located from the surface to 80 m depth of the water column. Vertical distributions of fish eggs and larvae were influenced by oceanography conditions such as temperature, salinity, and thermocline depth. No discernible difference in mean thermocline depth was observed between day and night.

Keywords: Vertical distribution, Water column, Eggs, Larvae, Jeju Island

서 론

해양에서 수정된 어란은 적합한 해양환경조건에서 일정기간 후 부화하게 되며, 부화한 자어들은 먹이활동을 시작하면서 해류를 따라 성육장으로 이동한다. 어류의 난 및 자치어의 수직 분포에 대한 정보는 산란장에서의 분포 수층, 초기 수송 모델링, 초기생존율과 같은 생태학적 특징을 이해하는데 중요한 자료로 활용된다(Coombs et al., 2004; Fiksen et al., 2007; Kristiansen et al., 2009; Jung et al., 2013; Kim et al., 2019). 또한, 산란장에서 부화한 전기자어(preflextion larvae)의 경우 유영능력이 제한되지만 성장하면서 수직이동을 시작하며, 빛, 먹이, 수온 및 염분약층 등의 환경요인이 분포 수층에 영향을 미치는 것으로 보고되었다(Coombs, 1981; Kendal and Naplin, 1981; Watanabe et al., 1999; Sassa, 2001). 이러한 난·자치어의 수직 분포 및 환경요인과의 상관관계을 연구하기 위해 배링해 명태(*Gadus chalcogrammus*), 대서양산 주요 어종[대구(*Gadus morhua*), 멸치(*Engraulis encrasicolus*), 정어리(*Sardina pilchardus*)]을 대상으로 여러 연구들이 수행되었다(Grønkjær and Wieland, 1997; Coombs et al., 2004; Nissling, 2004; Irisson et al., 2010; Smart et al., 2013). 한편, 국내 난·자치어의 수직 분포에 대한 연구는 대한해협에 분포하는 멸치 자치어의 수직 분포(Kim and Choi, 1988; Lee et al., 1996), 고등어의 어란 비중 실험을 통한 어란의 분포 수층 추정(Jung et al., 2013) 등 단편적인 연구가 수행되었다. 최근에는 채집장비의 발달로 다중개폐식네트장치(multiple opening/closing net and environment sensing system, MOCNESS)와 longhurst hardy plankton recorder (LHPR) 등을 이용하여 난·자치어의 수직 분포에 대한 조사가 가능해졌다(Wiebe et al., 1976, Pipe et al., 1981, Johnson and Fogarty, 2013). 본 연구의 조사 해역인 제주도 남부해역은 동중국해 쿠로시오 해류에서 대마난류에 편승되어 회유하는 중요 어류 및 난류성 부어류의 산란장 및 성육장으로 어업자원의 가입밀도가 높은해역이다(Lee et al., 2006; Lee et al., 2016). 또한, 봄철의 해양환경은 표층에 고온, 고염수가 분포하고 저층에는 저온수가 분포하며(Hyun et al., 1998;

***Corresponding author:** Tel: +82. 55. 650. 2241 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.2022.0146
Korean J Fish Aquat Sci 55(2), 146-153, April 2022
Received 18 February 2022; **Revised** 15 March 2022; **Accepted** 23 March 2022
저자 직위: 이보람(연구원), 지환성(연구사), 유효재(연구사), 황강석(연구관), 김두남(연구관)

Copyright © 2022 The Korean Society of Fisheries and Aquatic Science

pISSN:0374-8111, eISSN:2287-8815

Park and Chu, 2006), 약한 수온약층이 형성되는 것으로 보고되었다(Park and Chu, 2006). 주요 어종의 산란장인 제주도 주변해역을 대상으로 난·자치어 분포특성에 관한 연구가 활발하게 수행되고 있다(Kim and Lo, 2001; Lee and Go, 2005; Lee et al., 2016). 하지만, 대부분 Bongo 네트(망구 60 cm, 망목 330 μm) 및 RN80 네트(망구 80 cm, 망목 330 μm)를 이용한 난·자치어 분포양상 보고되었으며, 수직 분포에 대한 연구는 부족한 실정이다. 특히, 어류의 초기생활사 정보로 산란자원량을 파악하기 위해서는 해역 내 분포하는 어란의 효과적 채집이 선행되어야 하며, 이를 위해서는 환경 조건에 따른 어란의 변동성과 어종별 난·자치어의 수직 분포에 대한 조사가 병행되어야 한다(Lockwood et al., 1981; Coombs et al., 2004). 따라서, 본 연구에서는 봄철 주요 어종의 집중산란해역인 제주도 주변해역에 서식하는 주요 어종의 초기생활기 분포 수층, 해양환경과의 상관관계, 주·야간 분포밀도 비교 등을 구명하여 자원평가, 예측의 신뢰도 향상 및 자원관리에 기초자료로 활용하고자 한다.

재료 및 방법

난·자치어 수층별 시료는 제주도 남부해역에서 2020년 6월에 국립수산과학원 수산과학조사선 탐구22호(1,458 ton)를 이용하여 채집되었다(Fig. 1). 총 9개의 정점에서 다중개폐식네트(MOCNESS, 망구 1 m², 망목 330 μm)를 이용하여 각 수층에서 2 knots의 속도로 5–10분간 수평예망하여 채집하였다. 수층은 총 6개(표층–10 m, 10–20 m, 20–30 m, 30–50 m, 50–80 m, 80–110 m)로 구분하였으며, 정량분석을 위해 다중개폐식네트에 부착된 여수계를 통해 여수량을 측정하였다. 채집된 시료는 선상에서 5% 포르말린에 2시간 고정 후, 99% 에탄올로 재고정하였다. 채집시료는 국립수산과학원(National Institute of Fisheries Science) 수산자원연구센터(Fisheries Resources Research Center, Tongyeong, Korea)의 난·자치어 분석실(Ichthyoplankton laboratory)에 등록·보관하였다. 채집된 종의 분류는 Okiyama (2014)와 Ji et al. (2020)을 참고하였으며, 분류체계와 학명은 MABIK (2021)를 따랐다. 조사 해역의 해양환경은 CTD (SBE 9plus; Sea-Bird Scientific, Bellevue, WA, USA)를 이용하여 수층별 수온, 염분을 측정하였다.

어란과 자치어의 형태 관찰은 입체해부현미경(SZX-16; Olympus, Tokyo, Japan)을 사용하였으며, 어란의 경우 멸치 어란을 제외한 기타 어란들을 대상으로 난경, 배체발생, 위란강 넓이 등의 특징으로 type을 구분하여 측정하였다. 어란은 해역별, 정점별로 type을 구분하여 각 type별로 5개체 이상씩 분자 동정하였으며, 자치어의 경우 형태 정보가 부족한 미동정 자어 및 부화자어를 대상으로 분자동정을 추가로 실시하였다.

DNA 추출을 위해 에탄올에 고정된 type별 어란은 니들로 한 개씩 으깬 다음 GeneAll Exgene™ Clinic SV DNA extraction kit (GeneAll, Seoul, Korea)를 이용하여 추출하였다. 미토콘드리아DNA의 cytochrome oxidase subunit I (COI) 영역과

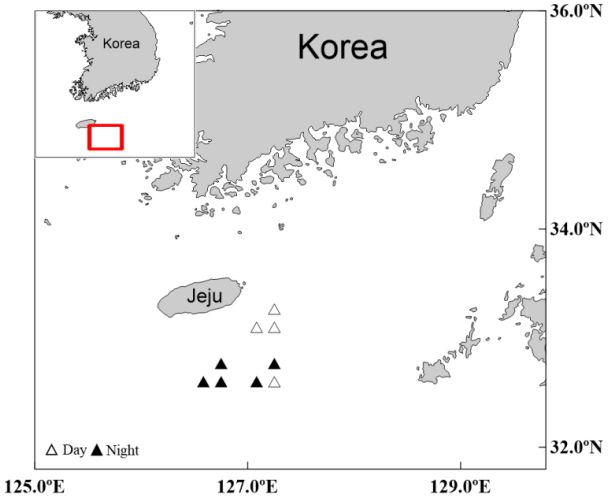

Fig. 1. Map showing station of Icthyoplankton survey from southern waters of Jeju Island. △, Day; ▲, Night.

16s rRNA를 증폭시키기 위해 COI 영역은 VF2 (5'-TCA ACC AAC CAC AAA GAC ATT GGC AC-3')와 FishR2 (5'-ACT TCA GGG TGA CC G AAG AAT CAG AA-3') 프라이머(Ward et al., 2005)를 이용하였고, 16s rRNA는 16Sar (5'-CGC CTG TTT ATC AAA AAC AT-3')와 16Sbr (5'-CCG GTC TGA ACT CAG ATC ATG T-3') 프라이머(Palumbi, 1996)를 이용하였다. 중합효소연쇄반응(polymerase chain reaction, PCR)은 AccuPower® PCR Premix에 genomic DNA 4 μL를 첨가한 후 20 μL가 될 때까지 3차 증류수를 넣고 Thermal cycler (C1000™; Bio-Rad, Hercules, CA, USA)를 이용하여 다음과 같이 PCR을 수행하였다[Initial denaturaion 95°C, 3 min; PCR reaction 37 cycle (denaturation 94°C, 3 sec; annealing 52°C, 30 sec; extension 72°C, 1 min); final extension 72°C, 5 min]. PCR 완료 후 PCR product를 1.5% Agarose gel에 주입한 후 Submarine electrophoresis system (Mupid-2plus; Takara Bio Inc., Shiga, Japan)의 100 voltage에서 25 min 동안 전기영동 시켜 밴드 유무를 확인하였다. 전기영동을 시킨 gel은 gel documentation system (Nippon genetics, Tokyo, Japan) 상에서 최종 산물을 확인하였다. 염기서열은 ABI 3730XL DNA Analyzer (Applied Biosystemsm Inc., Foster City, CA, USA)에서 ABI Bigdyeterminator cycle sequencing ready reaction Kit v 3.1을 이용하여 다음과 같은 조건으로 cycle sequencing하여 얻었다[PCR reaction 35 cycles (denaturation 94°C, 10 sec; annealing 56°C, 10 sec; extension 60°C, 3 min)]. 염기서열의 정렬은 BioEdit version 7 (Hall, 1999)의 Clustal W (Thompson et al., 1994)를 사용하여 정렬하였다. 염기서열간 유전거리는 Mega X (Kumar et al., 2018)의 Kimura-2-parameter 모델(Kimura, 1980)로 계산하였다. 종 동정은 NCBI (National Center for Biotechnology Information)에 등록된 유전

정보들과 비교를 통해 실시하였다. 주·야간 구분은 한국천문연구원 천문우주지식정보(Korea Astronomy and Space Science Institute, www.kasi.re.kr)에 등록된 일몰과 일출 시간을 기준으로 구분하였다. 어란과 자치어의 밀도에 대한 주·야간 차이를 검정하기 위해 Mann-Whitney U test를 실시하였다.

결과 및 고찰

해양환경

6월 제주도 남부해역의 평균수온은 15.1–21.2°C의 범위였으며 위도에 따른 수온의 차이는 없었다. 각 정점에서 수심이 깊어질수록 수온은 낮아졌으며, 80 m 이하의 수심에서는 16°C의 수온이 형성, 20–40 m 수층에서는 약한 수온약층이 형성되었다(Fig. 2). 한편, 5–6월 제주 남부 해역의 평균 수온은 15.0–22.8°C으로 약한 수온약층을 형성하여 본 연구의 해양환경 결과와 잘 일치하였다(Hyun et al., 1998; Park and Chu, 2006; Kim et al., 2019). 평균염분은 33.6–34.5 psu의 범위였으며 위도에 따른 염분의 차이는 없었다. 수심이 깊어질수록 염분이 증가하는 경향을 보였으나 표층과 저층 염분의 차이는 현저히 작았으며 염분약층은 형성되지 않았다(Fig. 2).

수층별 어란 및 자치어 분포

제주 남부 해역에서 채집된 어란은 총 16목 21과 19속이 출현하였으며 23개의 분류군 중 19개의 분류군이 종(species)까지 분류되었다(Table 1). 갈치(*Trichiurus japonicus*)와 만새기(*Coryphaena hippurus*) 어란은 표층–110 m 전 수층에 분포하였으며, 갈치는 10–30 m 수층에 평균 47.2–181.5 ind./1,000 m^3, 만새기는 표층–20 m 수층에 평균 73.6–140.9 ind./1,000 m^{3}로 분포하였다(Table 1). 고등어 어란은 10–20 m 수층에 평균 28.7 ind./1,000 m^3, 멸치 어란은 10–20 m 수층에 평균 11.5 ind./1,000 m^{3}로 분포하였다. 샛멸(*Glossanodon semifasciatus*), 도화양태(*Foetorepus altivelis*), 첨치과 sp. (Ophidiidae sp.)는 수심이 깊은 80–110 m 수층에 분포하였다. Jung et al. (2013)의 어란 비중실험을 통한 제주도 주변해역에 분포하는 고등어 어란의 주 분포 수층은 25 m로, 바람 세기에 따라 최대 50 m까지 분포하며, 일본산 고등어 어란의 수직 분포도 표층부터 50 m까지 분포한다고 보고되었다(Watanabe, 1970). 본 연구의 고등어 어란의 수직 분포와 비교하면, 주 분포 수층은 10–20 m로 범위 내에 포함되었으며, 30–50 m 수층에도 분포하여 선행 연구결과와 잘 일치하였다. 향후 고등어 산란자원량을 파악하게 위한 목표종 중심의 자원 조사를 계획할 때 표층부터 50 m까지 수층구간을 설정하여 집중조사를 실시하는 것이 효율적일 것으로 판단된다. 갈치 어란의 경우 수직분포에 대한 연구는 수행된 바 없었으나, 본 연구에서 6월 표층–30 m 수온약층이 형성되는 수층에 고밀도로 분포하는 것이 확인되었다. 한편, 6–8월 울산 연안에서 출현하는 멸치의 경우 난발생 초기에 표층–30 m에 분포하고 발생이 진행되면서 100 m 이하의 수심까지 분포한다고 보고하였다(Kim and Choi, 1988). 본 연구에서 멸치 어란은 10–20 m 수층에 낮은 밀도로 분포하였기에 향후 주 산란장인 남해안을 대상으로 계절별 수직 분포에 대한 연구가 필요할 것으로 판단된다.

자치어는 총 17목 25과 27속이 출현하였으며 이 중 27개의 분류군이 종(species)까지 분류되었다(Table 2). 멸치 자치어는 표층–30 m 수층에 28.0–211.8 ind./1,000 m^3, 갈치 자치어는

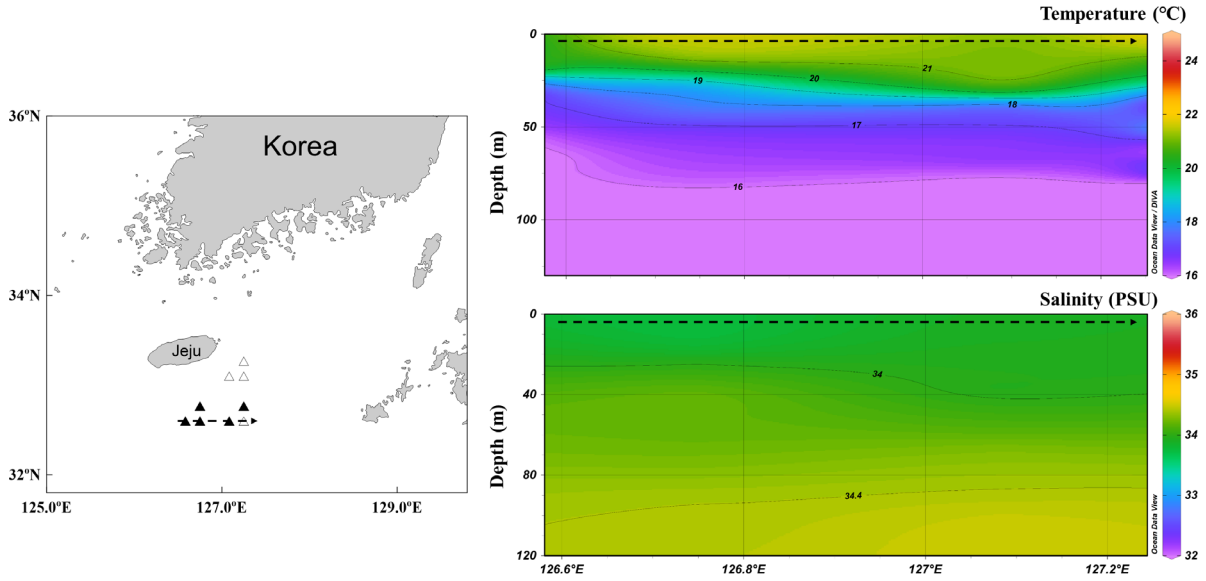

Fig. 2. Vertical distribution of temperature and salinity in southern waters of Jeju Island.

20–110 m 수층에 2.3–5.7 ind./1,000 m^3 밀도로 분포하였다. 20–110 m 수층에 전체적으로 분포하는 어종은 앨퉁이(*Maurolicus japonicus*), 필립흙무굴치(*Synagrops philippinensis*), 망둑어과 sp. (Gobiidae sp.)였으며, 샛멸, 대서양날개멸(*Bregmaceros atlanticus*), 홍갈치(*Cepola schlegeli*)는 80–110 m 수층에 분포하였다. 일본 연안해역 갈치 자치어의 수층별 분포 및 주·야간 분포 비교결과, 낮에는 11 m 밤에는 표층–16 m 주·야간 이동한다고 보고하였다(Uehara et al., 2018). 이는 수심이 얕은 내만에서의 비교이며, 본 연구의 갈치 자치어는 20–110 m 수층 전체에 분포하여 성장하면서 개체간 수직이동이 활발한 것으로 확인되었다. 대한해협 멸치의 자치어의 수직 분포는 봄, 여름철에는 표층보다는 30–70 m 수층에 주로 분포하고, 가을철에 표층에 분포한다고 보고되었는데(Lee et al., 1996), 본 연구결과 제주주변해역 멸치 자치어는 표층–30 m 수층에 집중적으로 출현하여 수온약층의 위 수층에 주로 분포하는 것으로 관찰되었다(Table 2).

제주남부 해역에서 각 정점별 출현하는 어란 및 자치어의 수심과 수온약층 등의 해양환경과에 비교에서 어란은 표층–30 m, 수온 18–21°C 범위에 가장 높은 밀도로 분포하였고, 수심이 깊어질수록 출현 개체수가 낮아지는 경향을 나타내었다. 자치어의 경우 표층에서 80 m, 수온 16–21°C 범위까지 고르게 분포하였다(Fig. 3). 수온과 수온약층의 깊이는 해양에서 어란과 자치어의 분포수심을 결정하는 중요한 요인으로 어란과 자치어는 수온약층을 피해 수온약층 위쪽 또는 아래쪽에 분포하는 특성을 가진다(Roepke, 1993; Smith and Suthers, 1999). 본 연구에서 봄철 수온약층은 비교적 약하게 형성되었지만, 어란의 분포는 수온약층의 윗쪽인 표층–30 m, 수온 18–21°C 범위에 가장 높은 밀도로 분포하였고, 자치어의 경우 표층에서 80 m 수층, 수온 16–21°C 범위까지 고르게 분포하였다. 또한 수심이 깊어질수록 출현 개체수가 낮아지는 경향을 나타내었다(Fig. 3).

주 · 야간 수직 분포

어란 및 자치어와 같은 부유성 생물들의 수직 분포는 일주 수직이동(Irisson et al., 2010)과 개체발생학적 수직이동(Boehlert et

Table 1. Abundance of fish eggs collected from southern waters of Jeju Island

Family	Scientific name	Korean name	Depth (m)						Total
			0–10	10–20	20–30	30–50	50–80	80–110	
Engraulidae	*Engraulis japonicus*	멸치	-	11.5	-	-	-	-	11.5
Argentinidae	*Glossanodon semifasciatus*	샛멸	-	-	-	13	7.6	4.9	25.5
Sternoptychidae	*Maurolicus japonicus*	앨퉁이	-	-	4.6	-	-	-	4.6
Synodontidae	*Saurida wanieso*	툼빌매퉁이	-	12.6	5.6	15.3	6.1	-	39.6
Moridae	Moridae sp.	돌대구과 sp.	-	-	-	-	5.2	-	5.2
Ophidiidae	*Neobythites sivicola*	그물메기			384.2				384.2
	Ophidiidae sp.	첨치과 sp.	-	-	-	-	-	3.1	3.1
Triglidae	*Lepidotrigla hime*	히메성대	-	15.7	9.8	12.0	10.0	-	47.5
Coryphaenidae	*Coryphaena hippurus*	만새기	73.6	140.9	19.8	8.0	10.2	3.1	255.6
Sparidae	*Acanthopagrus schlegelii*	감성돔	-	-	9.4	-	-	-	9.4
Sparidae	*Dentex hypselosomus*	황돔	-	-	-	27.4	10.2	7.8	45.4
Mullidae	*Upeneus japonicus*	노랑촉수	-	13.0	8.3	6.8	-	3.1	31.2
Oplegnathidae	*Oplegnathus fasciatus*	돌돔	-	-	-	-	5.0	-	5
Cepolidae	*Cepola schlegeli*	홍갈치	-	-	5.6	-	5.0	-	10.6
Labridae	*Halichoeres tenuispinnis*	놀래기	-	-	11.3	-	-	-	11.3
Champsodontidae	*Champsodon snyderi*	악어치	-	19.3	27.2	22.9	13.3	2.1	84.8
Callionymidae	*Foetorepus altivelis*	도화양태	-	-	-	-	-	7.8	7.8
Sphyraenidae	*Sphyraena pinguis*	꼬치고기	-	26.4	-	-	-	-	26.4
Trichiuridae	*Trichiurus japonicus*	갈치	24.1	181.5	47.2	18.1	8.0	4.9	283.8
Scombridae	*Auxis rochei*	몽치다래	-	11.2	-	-	-	-	11.2
	Scomber japonicus	고등어	-	28.7	-	6.5	-	-	35.2
Centrolophidae	*Psenopsis anomala*	샛돔	-	25.6	5.0	-	-	-	30.6
Cynoglossidae	Cynoglossidae sp.	참서대과 sp.	-	-	5.9	-	-	-	5.9
Total			97.7	486.4	543.9	130.0	80.6	36.8	1,375.4

al., 1992; Grønkjæ and Wieland, 1997)에 깊은 영향이 있다. 일주 수직 이동은 먹이활동(Munk et al., 1989)과 포식자 회피(Fiksen and Giske, 1995)에 의해서 발생되며 일반적으로 낮에는 깊은 수층에 존재하고 빛이 없는 밤에는 포식자들을 피해 먹이활동을 하려 표층으로 이동하는 것으로 보고되었다(Lampert et al., 2003). 본 연구에서 주간에 채집된 어란의 평균 개체수는

Table 2. Abundance of fish larvae collected from southern waters of Jeju Island

Family	Scientific name	Korean name	Depth (m)						Total
			0-10	10-20	20-30	30-50	50-80	80-110	
	Echelus uropterus	날붕장어	-	11.5	-	-	-	-	11.5
Ophichthidae	*Scolecenchelys aoki*	동해물뱀	-	30.8	5.6	5.0	7.1	-	48.5
	Scolecenchelys sp.	동해물뱀속 sp.	-	11.5	-	6.8	-	-	18.3
Engraulidae	*Engraulis japonicus*	멸치	28.0	211.8	33.6	-	5.0	-	278.4
Argentinidae	*Glossanodon semifasciatus*	샛멸	-	-	-	-	-	2.1	2.1
Sternoptychidae	*Maurolicus japonicus*	앨퉁이	-	7.9	11.3	43.5	7.7	15.9	86.3
	Sigmops gracilis	솔니앨퉁이		31.1	27.3		5.2		63.6
Aulopidae	*Hime japonicus*	히메치	-	9.0	-	-	6.1	-	15.1
Paralepididae	*Lestrolepis japonica*	점화살치	-	17.0	-	-	-	-	17.0
	Benthosema pterotum	깃비늘치	-	25.6	-	6.0	-	-	31.6
Myctophidae	*Diaphus garmani*	갈마니샛비늘치		28.8	6.2	6.5	7.1		48.6
	Myctophum asperum	얼비늘치	-	11.5	5.1	6.8	-	3.1	26.5
	Myctophidae sp.	샛비늘치과 sp.	-	15.2	-	-	-	-	15.2
Synodontidae	*Synodus macrops*	수다꽃동멸		30.1	15.1	12.0			57.2
Bregmacerotidae	*Bregmaceros atlanticus*	대서양날개멸	-	-	-	-	8.2	3.1	11.3
	Bregmaceros japonicus	날개멸	-	18.0	-	6.8	18.3	-	43.1
Macrouridae	Macrouridae sp.	민태과 sp.	-	-	-	-	-	3.1	3.1
Acropomatidae	*Synagrops philippinensis*	필립흙무굴치		26.3	7.8	6.2	4.3	7.8	52.4
Serranidae	*Plectranthias japonicus*	연붉돔	-	6.2	-	-	-	-	6.2
	Serranidae sp.	바리과 sp.		7.8					7.8
Callanthiidae	*Callanthias japonicus*	노랑벤자리	-	11.5	-	8.1	-	7.6	27.2
Apogonidae	*Ostorhinchus semilineatus*	줄도화돔	-	25.6	-	-	-	-	25.6
Carangidae	*Carangoides equula*	갈전갱이	-	-	-	6.0	-	-	6.0
	Seriola quinqueradiata	방어	-	9.0	-	-	-	-	9.0
	Trachurus japonicus	전갱이						3.1	3.1
Sparidae	*Dentex hypselosomus*	황돔	-	-	5.9	6.2	-	-	12.1
Cepolidae	*Cepola schlegeli*	홍갈치		17.7			7.1	3.1	27.9
Champsodontidae	*Champsodon snyderi*	악어치	-	6.2	-	5.8	-	-	12.0
Percophidae	*Bembrops caudimacula*	꼬리점눈퉁이	-	-	2.78	-	-	-	2.8
Percophidae	Percophidae sp.	꼬리점눈퉁이과 sp.	-	-	4.6	-	-	-	4.6
Callionymidae	*Calliurichthys japonicus*	꽁지양태.	-	-	-	6.8	6.1	-	12.9
	Repomucenus valenciennei	실양태	-	-	-	-	10.2	3.8	14.0
Gobiidae	Gobiidae sp.	망둑어과 sp.	-	26.7	6.3	15.9	7.1	3.8	59.8
Trichiuridae	*Trichiurus japonicus*	갈치			5.6	5.7	4.9	2.3	18.5
Bothidae	Bothidae sp.	둥글넙치과 sp.	-	6.2	-	-	-	-	6.2
	Unidentified species	미동정		43.0	4.2		7.5		54.7
Total			28.0	646.0	141.4	154.1	112.0	58.8	1140.4

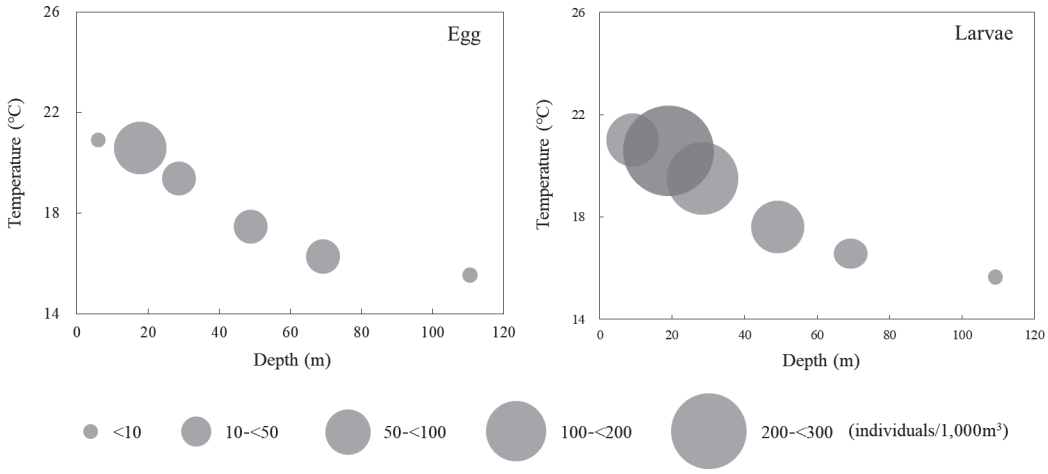

Fig. 3. Temperature and depth diagram showing the vertical distribution of eggs and larvae in southern waters of Jeju Island.

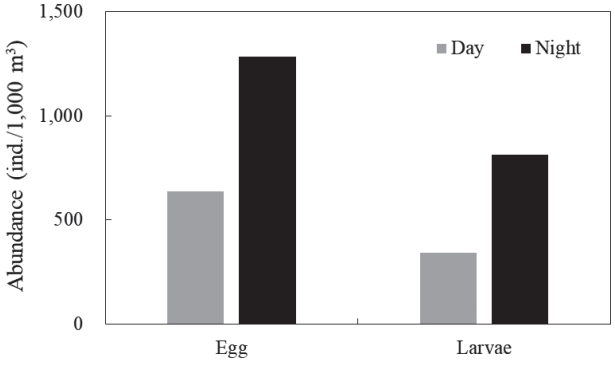

Fig. 4. Abundance of fish eggs and larvae during diel periods from southern waters of Jeju Island.

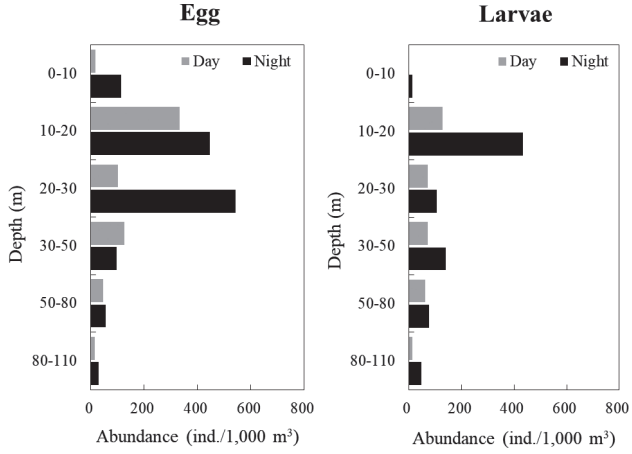

Fig. 5. Vertical distribution of fish eggs and larvae during diel periods from southern waters of Jeju Island.

635.7 ind./1,000 m³였고 야간에 채집된 어란의 평균 개체수는 1,283.4 ind./1,000 m³로 야간에 고밀도로 분포하였다(Fig. 4). 주간에 채집된 자치어의 평균 개체수는 343.5 ind./1,000 m³였고 야간에 채집된 자치어의 평균 개체수는 814.1 ind./1,000 m³였다. 주간에 비해 야간 조사에서 채집된 어란 및 자치어의 개체수가 많았지만 주·야간에 따른 유의한 차이는 없었다(Mann-Whitney *U*-test, P>0.05). 일본 사가미만(Sagami Bay)의 주·야간에 따른 어란 및 자치어의 개체수는 야간에 더 많은 경향을 나타냈지만 통계적으로 유의한 상관관계는 없다고 보고되어 본 연구와 유사한 결과를 나타내었다(Sassa et al., 2002; Sassa and Kawaguchi, 2006). 본 연구 및 선행연구들 모두 상관관계를 파악하기 위한 조사횟수가 제한적이기 때문에 주·야간의 개체수의 유의한 차이가 없었던 것으로 판단된다.

주·야간에 따른 어란의 수직 분포는 수층별로 구분되었다(Fig. 5). 어란의 경우 주간에 10–20 m, 야간에는 10–30 m에서 가장 많은 어란이 출현하였으며, 50–110 m에서 주·야간 모두 개체수가 적었다. 주·야간에 따른 자치어의 수직 분포 또한 수층별로 구분되었으며, 주간의 경우 10–20 m에서 가장 많은 자치어가 출현하였으며 야간의 경우 주간과 동일하게 10–20 m에서 개체수가 가장 많았으며 표층–10 m에서는 자치어가 적게 출현하였다(Fig. 5). Irisson et al. (2010)에 따르면 남태평양에서 난자치어 평균 분포 수심은 주·야간 뚜렷한 차이가 없고, 수온약층 또는 해류등의 해양물리학적 요인이 크게 작용한다고 보고하였다. 본 연구에서, 주·야간 난·자치어 수층별 분포밀도는 표층–30 m 수층에서는 주·야간 모두 높게 분포하였으며, 30 m 이하 수심에서는 뚜렷한 차이가 없어, 선행연구과 유사한 경향을 나타내었다. 향후 연구에서는 수층별 조사 해역 및 정점을 확대하여 주요 어종의 어란 주 분포수심, 주·야간 비교, 자치어의 개체발생할적 수직이동 및 해양환경과의 상관관계 등의 연구가 필요할 것으로 생각된다.

사 사

이 논문은 2022년도 국립수산과학원 수산과학연구사업 (R2022030 근해어업 자원조사)의 지원을 받아 수행된 연구입니다.

References

Boehlert GW, Watson W and Sun LC. 1992. Horizontal and vertical distributions of larval fishes around an isolated oceanic island in the tropical Pacific. Deep Sea Res Part I Oceanogr Res Pap 39, 439-466. https://doi.org/10.1016/0198-0149(92)90082-5.

Coombs SH. 1981. A density-gradient column for determining the specific gravity of fish eggs, with particular reference to eggs of the mackerel *Scomber scombrus*. Mar Biol 63, 101-106. https://doi.org/10.1007/BF00394667.

Coombs SH, Boyra G, Rueda LD, Uriarte A, Santos M, Conway DVP and Haliday NC. 2004. Buoyancy measurements and vertical distribution of eggs of sardine (*Sardina pilchardus*) and anchovy (*Engraulis encrasicolus*). Mar Biol 145, 959-970. https://doi.org/10.1007/s00227-004-1389-4.

Fiksen Ø and Giske J. 1995. Vertical distribution and population dynamics of copepods by dynamic optimization. ICES J Mar Sci 52, 483-503. https://doi.org/10.1016/1054-3139(95)80062-X.

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.

Grønkjær P and Wieland K. 1997. Ontogenetic and environmental effects on vertical distribution of cod larvae in the Bornholm Basin, Baltic Sea. Mar Ecol Prog Ser 154, 91-105. https://doi.org/10.3354/meps154091.

Hall TA. 1999. BioEdit: a user-friendly biological sequence alignment editor and analysis program for Windows 95/98/NT. Nucleic Acids Symp 41, 95-98.

Hyun KH, Pang IC, Rho HK and Kim JT. 1998. Tsushima Warm current passing through Cheju-Goto channel. Bull Mar Res Inst Cheju Nat Univ 22, 91-104.

Irisson JO, Paris CB, Guigand C and Planes S. 2010. Vertical distribution and ontogenetic "migration" in coral reef fish larvae. Limol Ocenogr 55, 909-919. https://doi.org/10.4319/lo.2010.55.2.0909.

Ji HS, Yoo HJ, Kim JK, Kim DN, Kim ST, Kim JN, Kim HJ, Moon SY, Shin DH, Oh TY, Yoo JT, Yoon EA, Lee SK, Lee HW, Lee HB, Im YJ, Jeong JM, Choi JH and Hwang KS. 2020. Fish eggs, larvae and juveniles of Korea. Hangeul Graphics, Busan, Korea, 442.

Johnson DL and Fogarty MJ. 2013. Intercalibration of MOCNESS and Bongo nets: Assessing relative efficiency for ichthyoplankton. Prog Oceangr 108, 43-71. https://doi.org/10.1016/j.pocean.2012.10.007.

Jung KM, Kang S, Cha HK, Choi KH and MS Myksvoll. 2013. Buoyancy and vertical distribution of mackerel *Scomber japonicus* eggs in korean waters. Korean J Fish Aquat Sci 46, 957-965. https://doi.org/10.5657/KFAS.2013.0957.

Kendal AW and Naplin NA. 1981. Diel-depth distribution of summer ichthyoplankton in the Middle Atlantic Bight. Fish Bull 79, 705-726.

Kim J and Lo NCH. 2001. Temporal variation of seasonality of egg production and the spawning biomass of Pacific anchovy, *Engraulis japonicus*, in the southern waters of Korea in 1983-1994. Fish Oceanogr 10, 297-310. https://doi.org/10.1046/j.1365-2419.2001.00175.x.

Kim SR, Kim JJ, Stockhausen WT, Kim CS, Kang S, Cha HK, Ji HW, Jang SH and Baek HJ. 2019. Characteristics of the eggs and larval distribution and transport process in the early life stage of the chub mackerel *Scomber japonicus* near Korean waters. Korean J Fish Aquat Sci 52, 666-684. https://doi.org/10.5657/KFAS.2019.0666.

Kim JY and Choi YM. 1988. Vertical distribution of anchovy, *Engraulis japonica* eggs and larvae. Korean J Fish Aquat Sci 21, 139-144.

Kimura M. 1980. A simple method for estimating evolutionary rates of base substitutions through comparative studies of nucleotide sequences. J Mol Evol 16, 111-120. https://doi.org/10.1007/bf01731581.

Kristiansen T, Joergensen C, Lough RG, Vikeboe F and Fiksen O. 2009. Modeling rule-based behavior: habitat selection and the growth-survival trade-off in larval cod. Behav Ecol 20, 490-500. https://doi.org/10.1093/beheco/arp023.

Kumar S, Stecher G, Li M, Knyaz C and Tamura K. 2018. MEGA X: molecular evolutionary genetics analysis across computing platforms. Mol Biol Evol 35, 1547-1549. https://doi.org/10.1093/molbev/msy096.

Lampert W, McCauley E and Manly BFJ. 2003. Trade-offs in the vertical distribution of zooplankton: ideal free distribution with costs?. Proc R Soc Lond B 270, 765-773. https://doi.org/10.1098/rspb.2002.2291.

Lee SJ and Go YB. 2005. Occurrence and distribution of the eggs and larvae of anchovy, *Engraulis japonicus*, in Jeju Strait, Korea, with descriptions of environmental characteristics. J Oceanogr 61, 603-611. https://doi.org/10.1007/s10872-005-0068-5.

Lee EK, Yoo JM, Kim S and Lee YC. 1996. Vertical distribution of anchovy, *Engraulis japonicus* larvae in the Korea Strait. Korean J Ichthyol 8, 47-56.

Lee SJ, Go YB and Kim BJ. 2006. Seasonal variation of species composition and distribution of fish eggs and larvae in the western part of Jeju Island, Korea. Korean J Ichthyol 18, 129-140.

Lee SJ, Kim JB and Han SH. 2016. Distribution of mackerel,

Scomber japonicus eggs and larvae in the coast of Jeju Island, Korea in spring. J Korean Soc Fish Technol 5, 121-129. https://doi.org/10.3796/KSFT.2016.52.2.121.

Lockwood SJ, Nichols JH and Dawson WA. 1981. The estimation of a mackerel (*Scomber scombrus* L.) spawning stock size by plankton survey. J Plankton Res 3, 217-233. https://doi.org/10.1093/ plankt/3.2.217.

MABIK (Marine Biodiversity Institute of Korea). 2021. National list of marine species. Namu Press, Seocheon, Korea.

Munk P, Kiørboe T and Christensen V. 1989. Vertical migrations of herring, *Clupea harengus*, larvae in relation to light and prey distribution. Environ Biol Fishes 26, 87-96. https://doi.org/10.1007/bf00001025.

Nissling A. 2004. Effects of temperature on egg and larval survival of cod (*Gadus morhua*) and sprat (*Sprattus sprattus*) in the Baltic Sea - implications for stock development. Hydrobiologia 514, 115-123. https://doi.org/10.1007/978-94-017-0920-0_11.

Okiyama M. 2014. An atlas of the early stage fishes in Japan. (2nd edition). Tokai University Press, Tokyo, Japan, 1639.

Park S and Chu PC. 2006. Thermal and haline fronts in the Yellow/East China Seas: Surface and subsurface seasonality comparison. J Ocengr 62, 617-638. https://doi.org/10.1007/s10872-006-0081-3.

Palumbi SR. 1996. Nucleic acids II: The polymerase chain reaction. In: Molecular systematics. Hilli DM, Moritz C and Mable BK, eds. Sinauer and Associates Inc., Sunderland, MA, U.S.A., 205-247.

Pipe PK, Coombs SH and Clarke KR. 1981. On the sample validity of the Longhurst-Hardy plankton recorder for fish eggs and larvae. J Plankton Res 3, 675-683. https://doi.org/10.1093/plankt/3.4.675.

Roepke A. 1993. Do larvae of mesopelagic fishes in the Arabian Sea adjust their vertical distribution to physical and biological gradients?. Mar Ecol Progs Ser 101, 1969-1984. https://doi.org/10.3354/MEPS101223.

Sassa C. 2001. Ecological study of myctophid fish larvae and juveniles in the western North Pacific. Ph.D. Dissertation, University of Tokyo, Tokyo, Japan.

Sassa C, Moser HG and Kwaguchi K. 2002. Horizontal and vertical distribution patterns of larval myctophid fishes in the Kuroshio current region. Fish Oceanogr 11, 1-10. https://doi.org/10.1046/j.1365-2419.2002.00182.x.

Sassa C and Kawaguchi K. 2006. Occurrence patterns of mesopelagic fish larvae in Sagami Bay, Central Japan. J Oceanogr 62, 143-153. https://doi.org/10.1007/s10872-006-0040-z.

Smart TI, Siddon EC and Duffy-Anderson JT. 2013. Vertical distributions of the early life stages of walleye pollock (*Theragra chalcogramma*) in the Southeastern Bering Sea. Deep Sea Res II Top Stud Oceanogr 94, 201-210. https://doi.org/10.1016/j.dsr2.2013.03.030.

Smith KA and Suthers IM. 1999. Displacement of diverse ichthyoplankton assemblages by a coastal upwelling event on the Sydney shelf. Mar Ecol Prog Ser 176, 49-62. https://doi.org/10.3354/meps176049.

Thompson JD, Higgins DG and Gibson TJ. 1994. Clustal W: Improving the sensitivity of progressive multiple sequence alignment through sequence weighting, position-specific gap penalties and weight matrix choice. Nucleic acids Res 22, 4673-4680. https://doi.org/10.1093/nar/22.22.4673.

Uehara D, Shoji J, Ochi Y, Yamaguchi S, Nakaguchi K, Shibata J and Tomiyama T. 2018. Diel changes in the vertical distribution of larval cutlassfish *Trichiurus japonicus*. J Mar Biol Assoc U K 99, 517-523. https://doi.org/10.1017/S002531541800019X.

Ward RD, Zemlak TS, Innes BH, Last PR and Hebert PDN. 2005. DNA barcoding Australia's fish species. Phil Trans R Soc B 360, 1847-1857. https://doi.org/10.1098/rstb.2005.1716.

Watanabe H, Moku M, Kawaguchi K, Ishimaru K and Ohno A. 1999. Diel vertical migration of myctophid fishes (Family Myctophidae) in the transitional waters of the western North Pacific. Fish Oceanogr 8, 115-127. https://doi.org/10.1046/j.1365-2419.1999.00103.x.

Watanabe T. 1970. Morphology and ecology of early stages of life in Japanese common mackerel, *Scomber japonicus* Houttuyn, with special reference to fluctuation of population. Bull Tokai Reg Fish Res Lab 62, 1-283.

Wiebe PH, Burt KH, Boyd SH and Morton AW. 1976. A multiple opening/closing net and environmental sensing system for sampling zooplankton. J Mar Res 34, 313-326.