

우리나라 연안해역 난 및 자치어의 분포특성

백정익 · 지환성* · 유효재 · 황강석¹ · 김두남²

국립수산과학원 수산자원연구센터, ¹국립수산과학원 독도수산연구센터, ²국립수산과학원 원양자원과

Distribution of Eggs and Larvae in Coastal Waters of Korea

Jeong-Ik Baek, Hwan-Sung Ji*, Hyo-Jae Yu, Kang-Seok Hwang¹ and Doo-Nam Kim²

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

¹Dokdo Fisheries Research Center, National Institute of Fisheries Science, Pohang 37709, Korea

²Division of Distant Water Fisheries Resources, National Institute of Fisheries Science, Busan 46083, Korea

The distribution and abundance of fish eggs and larvae were investigated from February to December 2020 along the coastal waters of Korea. The eggs and larvae were identified using the mitochondrial DNA cytochrome c oxidase subunit I (mtDNA COI) and 16s rRNA gene. During the study period, eggs of overall 45 taxa belonging to 26 families were collected and larvae of overall 39 taxa belonging to 23 families were collected. In Yeongil Bay, eggs of *Engraulis japonicus*, which accounted for 83.9% of the total population, was the most dominant species, followed by *Sardinops sagax* (4.0%), *Repomucenus valenciennesi* (3.8%) and *E. japonicus* larvae, which accounted for 34.9% of the total population. These were followed by *Sebastiscus marmoratus* (31.0%). In Gomso Bay, *E. japonicus* eggs accounted for 61.7% of the total population, followed by *Sillago japonica* (14.0%), *Johnius grypotus* (8.8%) and *Pholis fangi* larvae, which accounted for 53.5% of the total population, followed by *Ammodytes personatus* (34.1%). In Jinhae Bay, *E. japonicus* eggs accounted for 86.0% of the total population, followed by *Leiognathus nuchalis* (4.1%), *Konosirus punctatus* (3.7%) and *E. japonicus* larvae, which accounted for 48.7% of the total population, followed by *Parablennius yatabei* (21.6%).

Keywords: Eggs, Larvae, Yeongil Bay, Gomso Bay, Jinhae Bay

서론

연안해역은 육상으로부터 유입되는 유기물이 많아 기초 생산력이 높으며, 먹이생물들이 풍부하고, 다양한 수산생물들의 산란장과 성육장의 기능을 하는 것으로 알려져 있다(Han et al., 2018). 어류의 초기생활사 연구는 해역 내 서식하는 어류의 산란장과 성육장을 파악하고, 어종별 산란밀도를 이용하여, 이듬해 연급군의 가입 자원량을 예측하는데 중요한 기초자료로 활용된다(Aoyama et al., 2001; Rutherford, 2002; Sassa et al., 2006; Han and Kim, 2007). 이러한 중요성 때문에 해안선에 의해 둘러싸인 반폐쇄형 만(bay)이나 부분적인 연안해역에서 여러 연구자들에 의해 해역별 난자치어 종조성 및 분포특성에 대한 연구가 수행되어 왔다(Cha and Park, 1991; Yoo et al., 1993;

Han et al., 2003; Lee et al., 2014; Han et al., 2015; Youn et al., 2019). 하지만, 대부분 연구들이 자치어를 대상으로 수행되었으며, 어란의 경우 멸치(*Engraulis japonicus*), 앨통이(*Maurolicus muelleri*) 어란을 제외하고는 형태정보가 부족하고, 난발생 초기나 난경(eye diameters)이 서로 겹칠 경우 오동정 가능성이 높아 대부분 미동정 어란으로 보고되었다. 한편, 어종별 난발생 등의 연구자료를 이용하여 일부해역을 대상으로 부유성 어란의 출현양상에 대해 영일만은 7종(멸치, 까나리, 정어리, 돌가자미, 벤자리, 청보리멸, 앨통이), 진해만은 3종(멸치, 주둥치, 정어리)이 보고되었다(Han et al., 2003; Han et al., 2018). 이처럼 형태동정이 가능한 어란들이 한정적이며, DNA (deoxyribonucleic acid) 동정을 병행해야 해역 내 분포하는 어란들의 종 조성을 정확하게 파악 가능하다. 비교적 최근에서야 연안해

*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.2021.0467>

Korean J Fish Aquat Sci 54(4), 467-479, August 2021

Received 28 June 2021; Revised 18 July 2021; Accepted 6 August 2021

저자 직위: 백정익(연구원), 지환성(연구사), 유효재(연구사), 황강석(연구관), 김두남(연구관)

역에서 채집된 어란을 대상으로 분자분석을 실시하여, 연안에서 산란된 어란의 종 조성이 밝혀지고 있다(Han et al., 2015; Jang et al., 2020). 최근, Jang et al. (2020)은 칠산도 연안에서 채집된 어란을 대상으로 DNA 동정을 실시하여 참조기(*Larimichthys polyactis*), 삼치(*Scomberomorus niphonius*), 전어(*Konosirus punctatus*), 감성돔(*Acanthopagrus schlegelii*), 청멸(*Thryssa kammalensis*), 반지(*Setipinna tenuifilis*), 눈강달이(*Collichthys niveatus*), 양태(*Platycephalus indicus*) 어란의 출현양상을 보고한 바 있다.

지금까지 우리나라 연안해역 난자치어 분포특성에 대한 연구는 대부분 제한된 해역에서 단편적인 연구가 수행되었으며, 여러 연안을 대상으로 동시 조사를 통해 분포양상을 비교한 연구는 부족한 실정이다. 본 연구에서는 우리나라 동해, 서해, 남해 3개의 만(영일만, 곰소만, 진해만)에서 격월로 난자치어 조사를 수행하였으며, 채집된 어란 및 자치어를 대상으로 형태 및 분자 동정을 실시하여 종 다양성을 높였다. 나아가, 연안에서 산란하고 성육하는 어종의 초기생활기 분포특성을 해역별로 비교하고, 주요 어종의 해역별 산란장 및 성육장, 출현시기, 분포양상을 파악하는데 목적을 두었다.

재료 및 방법

동해 영일만, 서해 곰소만, 남해 진해만의 어란 및 자치어의 분포 및 종조성을 파악하기 위해 2020년 2월부터 12월까지 격월로 해역별 총 4개 정점을 선정하여 난자치어 조사를 수행하였다(Fig. 1). 어란과 자치어의 채집은 RN80 net (망구 80 cm, 망목 330 μm)의 망구에 유량계를 부착하여 선속 2 knots 속도로 10분간 수심 10 m 이하인 정점에서는 표층에서 수평채집, 10 m 이상인 해역에서는 저층부터 표층까지 경사채집을 하였다. 출현 개체수는 단위부피당 개체수(ind./1,000 m^3)로 환산하였다. 채집된 시료는 선상에서 99% 에탄올에 고정하였으며, 국립수산물과학원(National Institute of Fisheries Science) 수산자원연구센터(Fisheries Resources Research Center, Tongyeong, Korea) 난자치어 분석실(Ichthyoplankton laboratory)에 등록·보관하였다. 채집된 종의 분류는 Okiyama (2014)과 Ji et al. (2020)을 참고하였으며, 분류체계와 학명은 FishBase (Froese and Pauly, 2021)를 따랐다. 조사해역의 해양환경은 CTD (SBE 19plus V2; Sea-Bird Scientific, Bellevue, WA, USA)를 이용하여 수심별 수온, 염분을 측정하였다.

어란과 자치어의 형태 관찰은 입체해부현미경(SZX-16; Olympus, Tokyo, Japan)을 사용하였으며, 어란의 경우 멀리 어란을 제외한 기타 어란들을 대상으로 난경, 배체발생, 위관강 넓이 등의 특징으로 type을 구분하여 측정하였다. 자치어의 종 동정은 어란은 해역별, 정점별로 type을 구분하여 type별로 10개체 이상씩 분자동정하였으며, 자치어의 경우 형태적으로 동정이 불확실한 부화자어와 형태가 파손된 개체들을 대상으로 분자동정을 추가로 실시하였다.

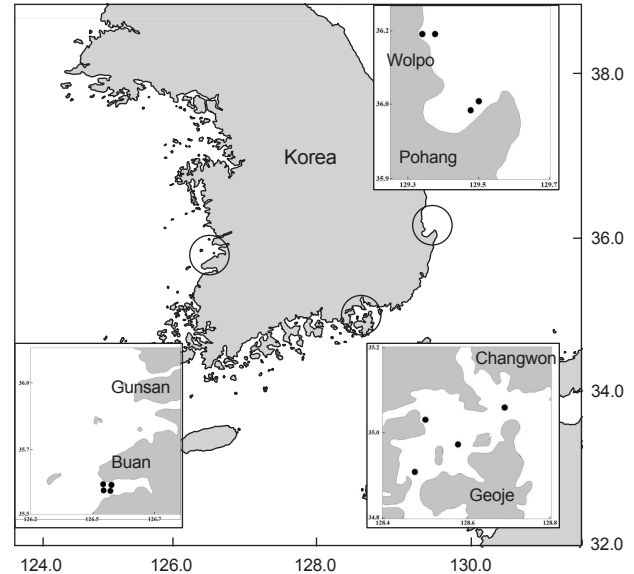


Fig. 1. Map showing the sampling area in coastal waters of Korea.

DNA 추출을 위해 에탄올에 고정된 type별 어란은 니들로 한 개씩 으갠 다음 GeneAll Exgene™ Clinic SV DNA extraction kit (GeneAll, Seoul, Korea)를 이용하여 추출하였다. 미토콘드리아DNA의 cytochrome oxidase subunit I (COI) 영역과 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 μL 를 첨가한 후 20 μL 가 될 때까지 3차 증류수를 넣고 Thermal cycler (C1000™; Bio-Rad, Hercules, CA, USA)를 이용하여 다음과 같이 PCR을 수행하였다. [Initial denaturation 95°C 3분; PCR reaction 37cycle (denaturation 94°C 30초, annealing 52°C 30초, extension 72°C 1분); final extension 72°C 5분]. PCR 완료 후 PCR product를 1.5% Agarose gel에 주입한 후 Submarine electrophoresis system (Mupid-2plus; Takara Bio Inc., Shiga, Japan)의 100 voltage에서 25분 동안 전기영동시켜 밴드 유무를 확인하였다. 전기영동을 시킨 gel은 Gel documentation system (Nippon genetics, Tokyo, Japan) 상에서 최종 산물을 확인 하였다. 염기서열은 ABI 3730XL DNA Analyzer (Applied Biosystems Inc., Foster City, CA, USA)에서 ABI Bigdyeterminator cycle sequencing ready reaction Kit v 3.1을 이용하여 다음과 같은 조건으로 cycle sequencing 하여 얻었다; PCR reaction 35 cycles (denaturation 94°C 10초,

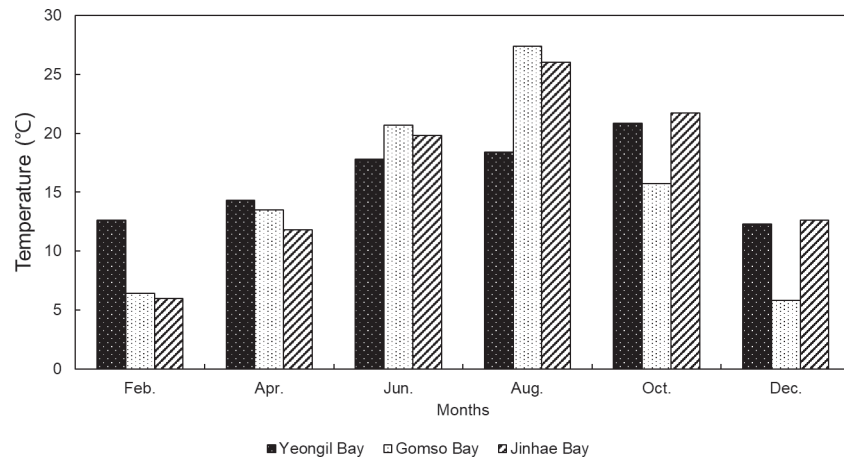


Fig. 2. The change of temperature during February to December in coastal waters of Korea.

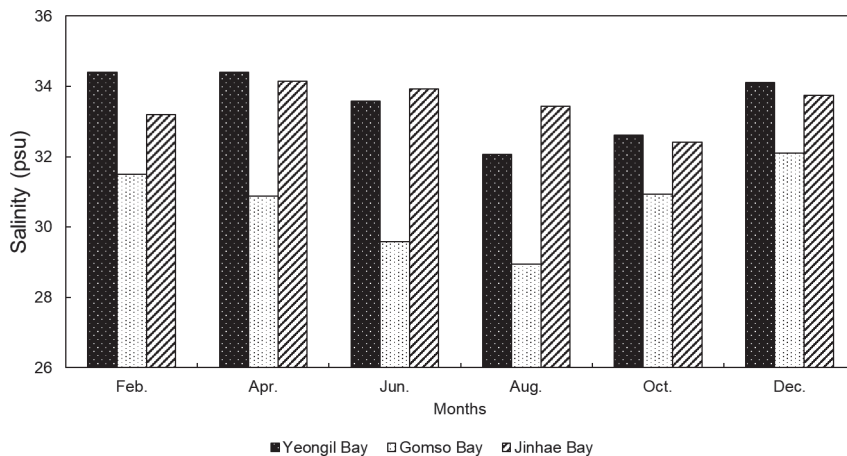


Fig. 3. The change of salinity during February to December in coastal waters of Korea.

annealing 56°C 10초, extension 60°C 3분). 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. 종동정은 NCBI (national center for biotechnology information)에 등록된 유전정보들과 비교를 통해 실시하였다.

결 과

해양환경

조사기간 동안 해역별로 측정된 평균 표층수온은 2월이 6.0-12.6°C로 가장 낮았으며, 4월에 11.8-14.3°C, 6월에 17.8-20.7°C로 상승하여, 8월에 18.4-27.4°C 범위로 가장 높았고, 10월에 15.7-21.7°C, 12월에 6.8-12.6°C으로 하강하였다(Fig. 2).

해역별 수온은 곰소만이 12-2월 5.8-6.4°C로 가장 낮았으며, 진해만이 8월에 27.4°C 가장 높았다. 2-4월 영일만의 수온은 곰소만, 진해만 보다 상대적으로 높았으며, 6-8월에는 곰소만, 진해만이 영일만 보다 수온이 높았다(Fig. 2).

조사기간 동안 해역별로 측정된 염분농도는 6월이 29.6-33.6 psu, 8월이 28.9-33.4 psu로 낮았으며, 해역별 비교에서는 4월 진해만이 34.2 psu로 가장 높았고, 6월 곰소만이 29.6 psu로 가장 낮았다. 조사기간 동안 평균염분농도는 곰소만이 30.5 psu로 진해만 33.5 psu, 영일만 33.4 psu에 비해 낮게 나타났다(Fig. 3). 같은 시기에 해역별 평균 염분농도는 4월에 영일만 33.4 psu, 곰소만이 30.9 psu로 가장 큰 차이를 보였다.

부유성 난의 종 조성 및 출현양상

조사기간 동안 영일만, 진해만, 곰소만에서 채집된 어란은 45개 분류군(9목 26과 37속)으로 구분되었고, 이 중 44개 분류군

Table 1. Abundance of fish eggs collected at sampling locations

Species	2020		
	Yeongil Bay	Gomso Bay	Jinhae Bay
<i>Engraulis japonicus</i>	13,837.0	3,489.2	27,912.5
<i>Thryssa kammalensis</i>	-	0.6	-
<i>Sardinella zunasi</i>	-	0.6	-
<i>Konosirus punctatus</i>	-	11.6	1,206.3
<i>Sardinops sagax</i>	655.6	-	-
<i>Maurolicus walvisensis</i>	1.8	-	-
<i>Maurolicus muelleri</i>	24.4	-	-
<i>Dinematichthys iluocoeteoides</i>	3.7	-	-
<i>Coelorrinchus trachycarus</i>	-	1.2	-
<i>Mugil haematocheilus</i>	4.6	185.6	-
<i>Hypodytes rubripinnis</i>	6.5	-	-
<i>Inimicus japonicus</i>	0.2	-	-
<i>Lepidotrigla microptera</i>	3.5	-	-
<i>Lepidotrigla hime</i>	0.2	-	-
<i>Platycephalus indicu</i>	-	6.2	51.5
<i>Sillago sihama</i>	-	213.5	-
<i>Sillago japonica</i>	20.9	789.4	445.0
<i>Chromis opercularis</i>	-	27.8	-
<i>Trachurus japonicus</i>	4.1	-	-
<i>Leiognathus nuchalis</i>	-	228.4	1,332.3
<i>Acanthopagrus schlegelii</i>	17.6	-	1,069.6
<i>Pagrus major</i>	-	-	5.8
<i>Johnius grypotus</i>	-	496.0	46.3
<i>Pennahia argentata</i>	-	24.4	37.1
Kyphosidae sp.	-	11.5	-
<i>Rhynchopelates oxyrhynchus</i>	6.0	-	-
<i>Halichoeres tenuispinis</i>	4.1	-	-
<i>Halichoeres poecilopterus</i>	0.6	-	-
<i>Pseudolabrus sieboldi</i>	94.6	-	6.6
<i>Paraperca sexfasciata</i>	1.4	-	-
<i>Repomucenus beniteguri</i>	312.0	-	105.6
<i>Repomucenus richardsonii</i>	5.6	-	-
<i>Repomucenus virgatus</i>	1.8	-	-
<i>Repomucenus valenciennesi</i>	623.1	-	143.6
<i>Trichiurus japonicus</i>	-	-	3.2
<i>Scomber japonicus</i>	1.3	-	-
<i>Citharoides macrolepidotus</i>	9.5	-	-
<i>Cynoglossus robustus</i>	-	2.0	4.6
<i>Cynoglossus joyneri</i>	-	45.1	24.8
<i>Cynoglossus interruptus</i>	-	-	4.6
<i>Paraplagusia japonica</i>	-	2.2	-

Table 1. Continued

Species	2020		
	Yeongil Bay	Gomso Bay	Jinhae Bay
<i>Paralichthys olivaceus</i>	83.9	118.9	-
<i>Platichthys stellatus</i>	85.2	-	1.4
<i>Kareius bicoloratus</i>	110.9	-	44.4
<i>Pleuronectes herzensteini</i>	564.0	-	-
Total	16,483.9	5,654.1	32,445.2

은 종(Species)까지, 1개 분류군은 과(Family)까지 동정되었다. 조사지역별로 채집된 어란은 영일만에서 8목 19과 23속 28개 분류군으로 가장 많이 출현하였고, 곰소만에서는 6목 12과 15속 18개 분류군, 진해만은 4목 12과 15속 18개 분류군이 출현하였다. 조사기간 동안 해역별 전체 평균 어란 출현량은 진해만이 총 32,445 ind./1,000 m³이 채집되어 가장 많았고, 다음으로 영일만 16,484 ind./1,000 m³, 곰소만 5,654 ind./1,000 m³순이었다(Table 1).

영일만에서의 어종별 어란 출현량은 멸치가 13,837 ind./1,000 m³로 출현량의 83.9%를 차지하여 최우점 하였고, 다음으로 정어리(*Sardinops sagax*)가 656 ind./1,000 m³로 4.0%, 실양태(*Repomucenus valenciennesi*)가 623 ind./1,000 m³로 3.8%, 참가자미(*Pleuronectes herzensteini*)가 564 ind./1,000 m³로 3.4% 순으로 출현하였다. 진해만에서는 멸치가 27,913 ind./1,000 m³로 출현량의 86.0%를 차지하여 최우점 하였고, 다음으로 주둥치(*Leiognathus nuchalis*)가 1,332 ind./1,000 m³로 4.1%, 전어가 1,206 ind./1,000 m³로 3.7%, 감성돔이 1,070 ind./1,000 m³로 3.3%, 청보리멸(*Sillago japonica*)이 445 ind./1,000 m³로 1.4%순으로 출현하였다. 곰소만의 경우 멸치가 3,489 ind./1,000 m³로 61.7%를 차지하여 최우점 하였고, 다음으로 청보리멸이 789 ind./1,000 m³로 14.0%, 민태(*Johnius grypotus*)가 496 ind./1,000 m³로 8.8%, 주둥치가 228 ind./1,000 m³로 4.0%, 보리멸(*Sillago sihama*)이 214 ind./1,000 m³로 3.8% 순으로 출현하였다.

각 해역의 월별 어란 출현양상은 종 수의 경우, 영일만과 진해만에서는 여름철인 8월에 가장 다양한 종들이 출현하였으며, 겨울철인 12-2월에 가장 낮았고, 가자미과(Pleuronectidae) 어란들이 주로 출현하였다(Table 2, Table 3, Table 4). 한편, 곰소만에서는 4월에서 8월까지 어란이 출현하였으며, 6월에 9종으로 가장 높고, 8월에 5종으로 감소하였다(Table 3). 해역별 출현량 비교에서는 진해만이 전체 월 중 8월에 28,620 ind./1,000 m³로 가장 높았고, 영일만에서는 4월에 멸치가 최우점 하여 13,837 ind./1,000 m³로 가장 높았으며, 곰소만에서는 6월에 5,252 ind./1,000 m³로 가장 높았다. 한편, 최우점 어란인 멸치 어란의 해역별 출현양상은, 진해만에서 8월이 가장 높았고, 곰소만에서는 6월, 영일만에서는 4월에 가장 높아 월별 차이를 보

였다(Table 2, Table 3, Table 4).

각 해역에 모두 출현한 어란은 멸치, 청보리멸이었고, 각 해역에서만 출현한 어란은 영일만의 경우 참가자미, 풀넙치(*Citharoides macrolepidotus*), 정어리, 앨통이, 쭈기미(*Inimicus japonicus*), 줄벤자리(*Hynchopelates oxyrhynchus*) 등 19종이었다. 곰소만의 경우 청멸, 밴댕이(*Sardinella zunasi*), 흑대기(*Paraplegia japonica*), 보리멸 4종이었고, 진해만의 경우 참돔(*Pagrus major*), 돌가자미(*Kareius bicoloratus*), 갈치(*Trichurus japonicus*), 칠서대(*Cynoglossus interruptus*) 4종이었다.

자치어의 종 조성 및 출현양상

조사기간 동안 영일만, 진해만, 곰소만에서 채집된 자치어는

39개 분류군(7목 23과 32속)으로 구분되었고, 이 중 35개 분류군은 종(Species)까지, 4개 분류군은 과(Family)까지 동정되었다. 조사지역별로 채집된 자치어는 영일만에서는 5목 10과 11속 13개 분류군, 곰소만에서 5목 17과 21속 26개 분류군으로 가장 많은 분류군이 출현하였고, 진해만에서는 5목 12과 14속 18개 분류군이 출현하였다. 조사기간 동안 해역별 전체 평균 자치어 출현량은 진해만이 총 1,278 ind./1,000 m³이 채집되어 가장 많았고, 다음으로 곰소만 240 ind./1,000 m³, 영일만 46 ind./1,000 m³순이었다(Table 5).

영일만에서의 어종별 자치어 출현량은 멸치가 16 ind./1,000 m³로 출현량의 34.9%를 차지하여 최우점 하였고, 다음으로 썸

Table 2. Abundance of fish eggs collected at Yeongil bay

Species	2020							Total	R.A (%)
	Feb.	Apr.	Jun.	Aug.	Oct.	Dec.			
<i>Engraulis japonicus</i>	-	12,836.8	-	990.6	9.6	-	13,837.0	83.9	
<i>Sardinops sagax</i>	-	-	655.6	-	-	-	655.6	4.0	
<i>Maurolicus walvisensis</i>	-	-	-	-	-	1.8	1.8	0.0	
<i>Maurolicus muelleri</i>	-	-	-	0.3	-	24.1	24.4	0.1	
<i>Dinematichthys iluocoeteoides</i>	-	-	-	-	1.9	1.8	3.7	0.0	
<i>Mugil haematocheilus</i>	-	4.6	-	-	-	-	4.6	0.0	
<i>Hypodytes rubripinnis</i>	-	-	-	6.5	-	-	6.5	0.0	
<i>Inimicus japonicus</i>	-	-	-	0.2	-	-	0.2	0.0	
<i>Lepidotrigla microptera</i>	-	-	3.5	-	-	-	3.5	0.0	
<i>Lepidotrigla hime</i>	-	-	-	0.2	-	-	0.2	0.0	
<i>Sillago japonica</i>	-	-	-	20.9	-	-	20.9	0.1	
<i>Trachurus japonicus</i>	-	-	4.1	-	-	-	4.1	0.0	
<i>Acanthopagrus schlegelii</i>	-	-	17.6	-	-	-	17.6	0.1	
<i>Rhynchopelates oxyrhynchus</i>	-	-	-	6.0	-	-	6.0	0.0	
<i>Halichoeres tenuispinis</i>	-	-	-	-	-	4.1	4.1	0.0	
<i>Halichoeres poecilopterus</i>	-	-	-	0.6	-	-	0.6	0.0	
<i>Pseudolabrus sieboldi</i>	-	-	-	-	94.6	-	94.6	0.6	
<i>Parapercis sexfasciata</i>	-	-	-	1.4	-	-	1.4	0.0	
<i>Repomucenus beniteguri</i>	-	312.0	-	-	-	-	312.0	1.9	
<i>Repomuceus richardsonii</i>	-	-	5.5	0.1	-	-	5.6	0.0	
<i>Repomuceus virgis</i>	-	-	-	-	-	1.8	1.8	0.0	
<i>Repomucenus valenciennesi</i>	-	468.0	127.4	-	27.7	-	623.1	3.8	
<i>Scomber japonicus</i>	-	-	1.3	-	-	-	1.3	0.0	
<i>Citharoides macrolepidotus</i>	-	-	-	0.5	9.0	-	9.5	0.1	
<i>Paralichthys olivaceus</i>	-	-	80.1	3.9	-	-	83.9	0.5	
<i>Platichthys stellatus</i>	72.1	-	-	-	-	13.1	85.2	0.5	
<i>Kareius bicoloratus</i>	110.9	-	-	-	-	-	110.9	0.7	
<i>Pleuronectes herzensteini</i>	562.2	1.9	-	-	-	-	564.0	3.4	
Total	745.1	13,623.4	897.8	1,031.1	142.7	46.6	16,483.9	100.0	

Table 3. Abundance of fish eggs collected at Gomso bay

Species	2020						Total	R.A (%)
	Feb.	Apr.	Jun.	Aug.	Oct.	Dec.		
<i>Engraulis japonicus</i>	-	-	3,489.2	-	-	-	3,489.2	61.7
<i>Thryssa kammalensis</i>	-	-	0.6	-	-	-	0.6	0.0
<i>Sardinella zunasi</i>	-	-	0.6	-	-	-	0.6	0.0
<i>Konosirus punctatus</i>	-	11.6	-	-	-	-	11.6	0.2
<i>Coelorrinchus trachycarus</i>	-	1.2	-	-	-	-	1.2	0.0
<i>Mugil haematocheilus</i>	-	185.6	-	-	-	-	185.6	3.3
<i>Platycephalus indicus</i>	-	3.5	-	2.7	-	-	6.2	0.1
<i>Sillago sihama</i>	-	-	213.5	-	-	-	213.5	3.8
<i>Sillago japonica</i>	-	-	789.4	-	-	-	789.4	14.0
<i>Chromis opercularis</i>	-	27.8	-	-	-	-	27.8	0.5
<i>Leiognathus nuchalis</i>	-	-	228.4	-	-	-	228.4	4.0
<i>Johnius grypotus</i>	-	-	494.3	1.7	-	-	496.0	8.8
<i>Pennahia argentata</i>	-	-	24.4	-	-	-	24.4	0.4
Kyphosidae sp.	-	-	11.5	-	-	-	11.5	0.2
<i>Cynoglossus robustus</i>	-	-	-	2.0	-	-	2.0	0.0
<i>Cynoglossus joyneri</i>	-	-	-	45.1	-	-	45.1	0.8
<i>Paraplagusia japonica</i>	-	-	-	2.2	-	-	2.2	0.0
<i>Paralichthys olivaceus</i>	-	118.9	-	-	-	-	118.9	2.1
Total	0.0	348.6	5,251.8	53.8	0.0	0.0	5,654.1	100.0

Table 4. Abundance of fish eggs collected at Jinhae bay

Species	2020						Total	R.A (%)
	Feb.	Apr.	Jun.	Aug.	Oct.	Dec.		
<i>Engraulis japonicus</i>	-	-	28.1	25,905.0	1,979.4	-	27,912.5	86.0
<i>Konosirus punctatus</i>	-	-	344.5	861.8	-	-	1,206.3	3.7
<i>Platycephalus indicus</i>	-	-	-	51.5	-	-	51.5	0.2
<i>Sillago japonica</i>	-	-	71.5	373.5	-	-	445.0	1.4
<i>Leiognathus nuchalis</i>	-	-	-	1,332.3	-	-	1,332.3	4.1
<i>Acanthopagrus schlegelii</i>	-	-	1,069.6	-	-	-	1,069.6	3.3
<i>Pagrus major</i>	-	-	5.8	-	-	-	5.8	0.0
<i>Johnius grypotus</i>	-	-	-	37.1	9.2	-	46.3	0.1
<i>Pennahia argentata</i>	-	-	-	37.1	-	-	37.1	0.1
<i>Pseudolabrus sieboldi</i>	-	-	-	-	6.6	-	6.6	0.0
<i>Repomucenus beniteguri</i>	-	103.1	2.5	-	-	-	105.6	0.3
<i>Repomucenus valenciennesi</i>	-	64.7	78.9	-	-	-	143.6	0.4
<i>Trichiurus japonicus</i>	-	-	-	-	3.2	-	3.2	0.0
<i>Cynoglossus robustus</i>	-	-	-	-	4.6	-	4.6	0.0
<i>Cynoglossus joyneri</i>	-	-	-	21.7	3.1	-	24.8	0.1
<i>Cynoglossus interruptus</i>	-	-	-	-	4.6	-	4.6	0.0
<i>Platichthys stellatus</i>	1.4	-	-	-	-	-	1.4	0.0
<i>Kareius bicoloratus</i>	4.1	-	-	-	-	40.3	44.4	0.1
Total	5.5	167.8	1,600.8	28,620.1	2,010.7	40.3	32,445.2	100.0

뱅이(*Sebastes marmoratus*)가 14 ind./1,000 m³로 31.0%, 쥐노래미(*Hexagrammos otakii*)가 3 ind./1,000 m³로 6.6% 순으로 출현하였다. 진해만의 경우 멸치가 623 ind./1,000 m³로 48.7%를 차지하여 최우점 하였고, 다음으로 청베도라치(*Pictiblennius yatabei*)가 277 ind./1,000 m³로 21.6%, 쥐노래미가 79 ind./1,000 m³로 6.2%, 청베도라치과 sp. (Blenniidae sp.)가 78 ind./1,000 m³로 6.1%순으로 출현하였다. 곰소만에서는 흰베도라치(*Pholis fangi*)가 128 ind./1,000 m³로 53.5%를 차지하여 최우점 하였고, 다음으로 까나리(*Ammodytes personatus*)가 82 ind./1,000 m³로 34.1%, 멸치가 5.3 ind./1,000 m³로 2.2%, 학공치(*Hyporhamphus sajori*)가 4 ind./1,000 m³로 1.8%, 참서대(*Cynoglossus joyneri*)가 3 ind./1,000 m³로 1.2%순으로 출현하였다.

각 해역의 월별 자치어 출현양상은 종 수의 경우, 3개 해역 모두 여름철인 8월에 가장 다양한 종들이 출현하였고, 어란의 출현양상과 유사하게 겨울철인 12-2월에 가장 낮았으며, 동계산란종인 쥐노래미가 우점하였다(Table 6, Table 7, Table 8). 영일만의 경우 8월에는 다양한 종이 출현하였지만 다른 시기에는 종의 수가 적었고, 6월에는 자치어가 출현하지 않았다(Table 6). 해역별 출현량 비교에서는 진해만의 경우 8월에 801 ind./1,000 m³로 조사시기 중 가장 많이 출현하였고, 영일만에서는 8월에 멸치가 최우점하여 20 ind./1,000 m³로 가장 높았으며, 곰소만에서는 2월에 흰베도라치가 최우점 하여 204 ind./1,000 m³로 가장 높았다. 한편 최우점 자치어인 멸치 자치어의 해역별 출현양상은 영일만에서는 4월이 가장 높았고, 곰소만과 진해만에서는 8월이 가장 높았다(Table 6, Table 7, Table 8).

각 해역에 모두 출현하는 종은 멸치, 쥐노래미, 청보리멸, 청베도라치과 sp.였고, 각 해역에서만 출현하는 종은 영일만의 경우 실고기(*Syngnathus schlegeli*), 볼락(*Sebastes inermis*), 자리돔(*Chromis notata*), 앞동갈베도라치(*Omobranchus elegans*) 등 7종이었고, 진해만의 경우 전어, 청어(*Clupea pallasii*), 개볼락(*Sebastes pachycephalus*), 쌍동가리(*Parapercis sexfasciata*) 등 8종이었으며, 곰소만의 경우 흰베도라치, 까나리, 감성돔, 참서대 등 11종이었다.

생태학적 지수 및 유사도 분석

우리나라 연안에서 채집된 부유성 어란의 조사지역별 군집분석은 Fig. 4와 같았다. 종 다양도 지수는 곰소만이 1.3630으로 가장 높았고, 진해만이 0.6459으로 가장 낮았으며, 풍부도 지수는 영일만이 2.5230으로 가장 높았고, 진해만이 1.4440으로 가장 낮았다. 균등도 지수는 곰소만이 0.4717로 가장 높았고, 진해만이 0.2235로 가장 낮게 나타났다. 우점도 지수는 진해만이 0.9014로 가장 높았고, 곰소만이 0.7567으로 가장 낮게 나타나 종 다양도 지수와 반대되는 경향을 보였다(Fig. 4).

자치어의 조사지역별 군집분석은 Fig. 5와 같았다. 종 다양도 지수는 영일만이 1.9250으로 가장 높았고, 곰소만이 1.3360으

Table 5. Abundance of fish larvae collected at sampling locations

Species	2020		
	Yeongil Bay	Gomso Bay	Jinhae Bay
<i>Engraulis japonicus</i>	16.2	5.3	622.8
<i>Konosirus punctatus</i>	-	-	9.5
<i>Clupea pallasii</i>	-	-	0.7
<i>Hyporhamphus sajori</i>	-	4.4	3.0
<i>Syngnathus schlegeli</i>	1.3	-	-
<i>Sebastes marmoratus</i>	14.4	-	0.8
<i>Minous monodactylus</i>	-	1.1	-
<i>Sebastes inermis</i>	1.0	-	-
<i>Sebastes koreanus</i>	-	1.8	-
<i>Sebastes pachycephalus</i>	-	-	1.1
<i>Platycephalus indicus</i>	-	0.8	1.6
<i>Hexagrammos otakii</i>	3.1	0.9	79.4
<i>Sillago japonica</i>	1.3	1.9	8.5
<i>Ammodytes personatus</i>	-	81.9	-
<i>Leiognathus nuchalis</i>	-	0.6	6.2
<i>Acanthopagrus schlegelii</i>	-	1.4	-
<i>Johnius grypotus</i>	-	0.6	-
<i>Chromis notata</i>	1.7	-	-
<i>Ernogrammus hexagrammus</i>	-	1.3	-
<i>Pholis fangi</i>	-	128.4	-
<i>Parapercis sexfasciata</i>	-	-	1.1
<i>Omobranchus elegans</i>	1.7	-	-
<i>Pictiblennius yatabei</i>	-	-	276.7
Blenniidae sp.	1.3	0.8	77.8
<i>Repomucenus beniteguri</i>	-	-	3.5
<i>Repomucenus valenciennei</i>	-	0.6	7.2
<i>Amblychaeturichthys hexanema</i>	-	1.9	53.1
<i>Ctenotrypauchen microcephalus</i>	-	1.3	-
<i>Acentrogobius pflaumi</i>	-	0.8	21.3
Gobiidae sp.A	-	-	48.5
Gobiidae sp.B	1.3	-	32.0
Gobiidae sp.C	-	-	4.2
<i>Scomber japonicus</i>	1.3	-	-
<i>Paralichthys olivaceus</i>	0.9	-	-
<i>Tarphops oligolepis</i>	0.9	-	-
<i>Pleuronichthys cornutus</i>	-	0.9	-
<i>Cynoglossus joyneri</i>	-	2.8	-
<i>Paraplagusia japonica</i>	-	0.6	-
<i>Rudarius ercodes</i>	-	-	19.4
Total	46.3	240.1	1,278.2

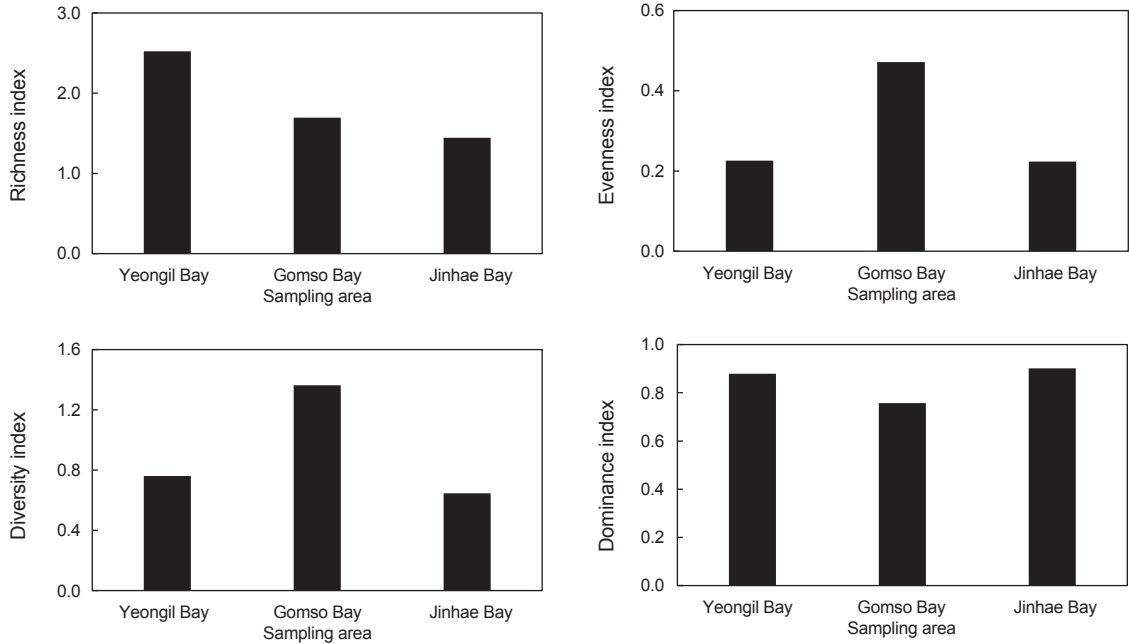


Fig. 4. Sampling location of diversity, dominance, richness and evenness index of fish eggs.

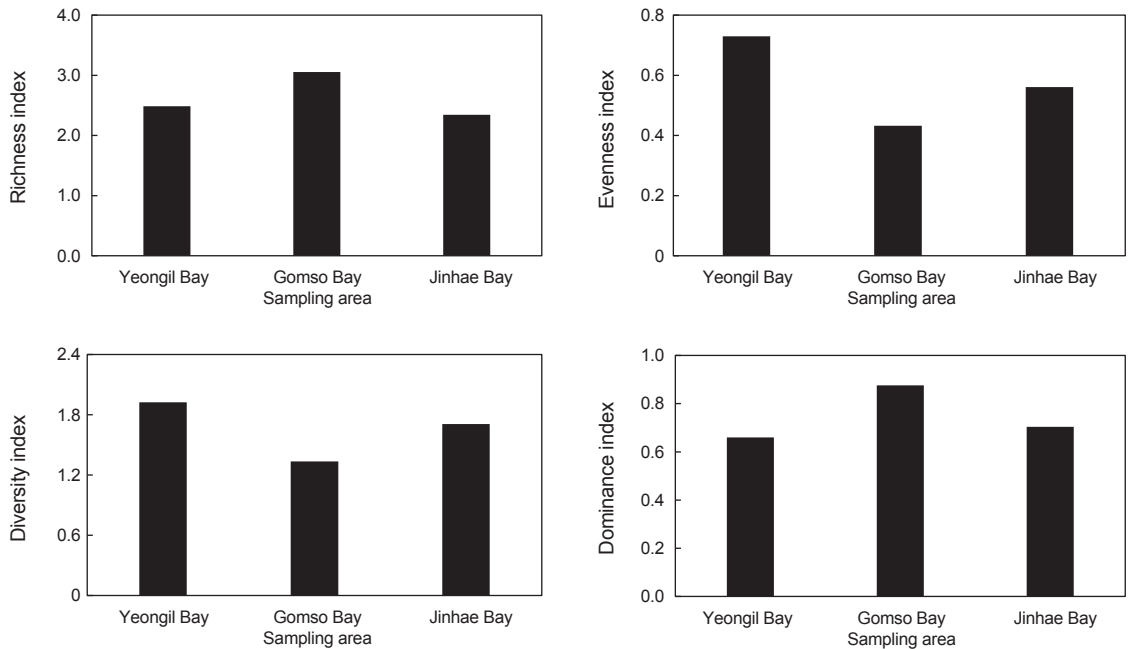


Fig. 5. Sampling location of diversity, dominance, richness and evenness index of fish larvae.

로 가장 낮은 것으로 나타났다. 풍부도 지수는 곶소만이 3.0540으로 가장 높았고, 진해만이 2.3420으로 가장 낮았으며, 균등도 지수는 영일만이 0.7294로 가장 높았고, 곶소만이 0.4322로 가장 낮게 나타났다. 우점도 지수는 곶소만이 0.8758로 가장 높았

고, 영일만이 0.6597로 가장 낮게 나타나 종 다양도 지수와 반대되는 경향을 보였다. 부유성 어란과 자치어의 군집분석 결과 곶소만은 어란의 다양도, 균등도 지수가 높게 나타났고, 우점도와 풍부도가 낮게 나타났지만, 자치어의 결과는 이와 반대되는

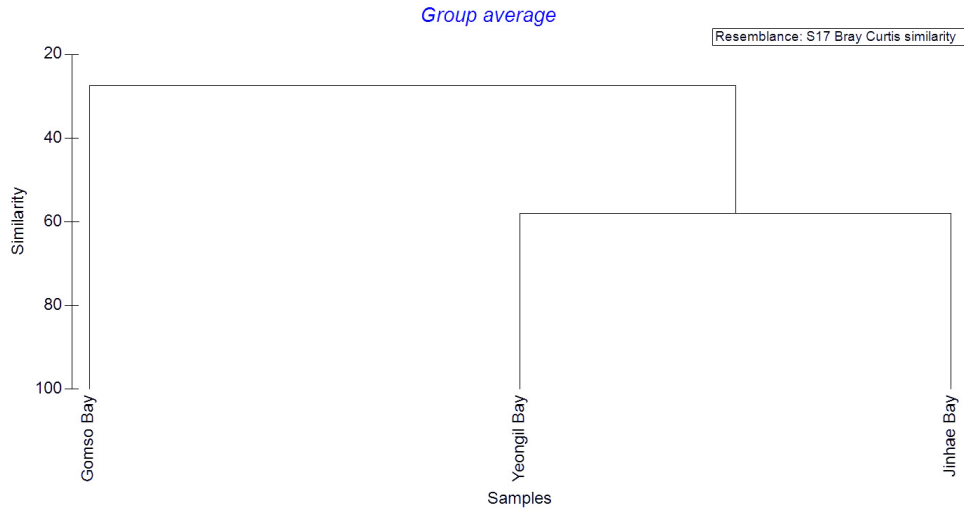


Fig. 6. Dendrogram of fish eggs based on cluster analysis of sampling locations.

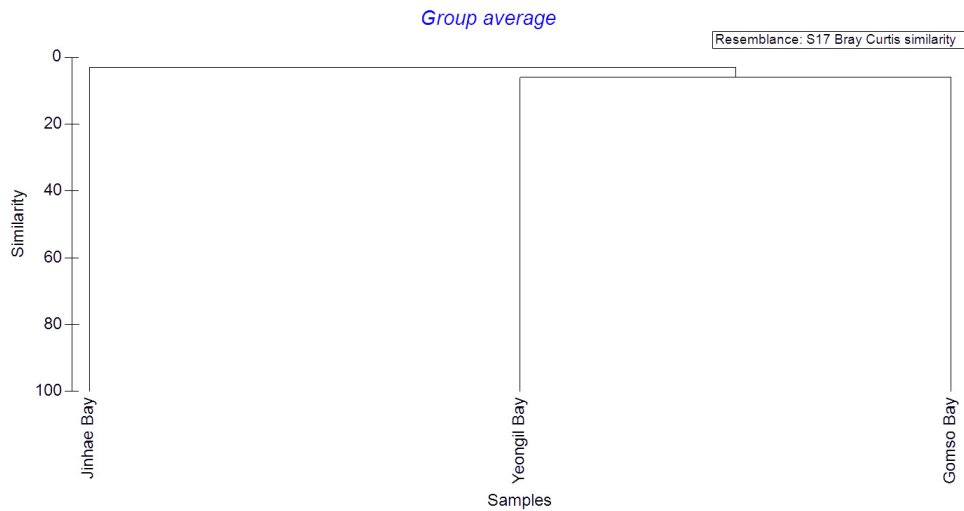


Fig. 7. Dendrogram of fish larvae based on cluster analysis of sampling locations.

경향을 보였다(Fig. 5).

부유성 어란의 지역별 군집의 유사도는 곶소만보다 영일만과 진해만이 60%로 유사하였고(Fig. 6), 자치어의 조사지역별 유사도의 결과도는 3개 해역간 유사도 10% 미만으로 어란의 결과와 차이를 나타내었다(Fig. 7).

고찰

본 연구는 우리나라 연안해역 중 영일만, 곶소만, 진해만에서 난자치어 조사를 통해 해역별로 산란하는 어류들의 종 조성, 출현량과 출현양상을 비교 분석하였다(Table 1, Table 5). 해역별로 표층 수온 변동을 살펴보면, 영일만이 12.3-20.8°C 범위였

고, 곶소만이 5.8-27.4°C, 진해만이 6.0-26.0°C로 상대적으로 수온 변동 범위가 넓게 나타났다. 이는 선행된 연구의 영일만 수온 범위 9.5-20.4°C (Han et al., 2003), 진해만의 수온 범위 4.5-24.5°C (Yoo et al., 1992)와 유사한 결과를 나타내었으며, 곶소만의 경우 환경에 대한 연구결과가 없어 직접비교는 어려웠다.

본 연구에서 조사지역별로 채집된 어란은 영일만에서 27종으로 가장 많은 종이 출현하였고, 곶소만과 진해만은 각각 18종이 출현하였다(Table 1). 영일만에서 2월부터 12월까지 월별로 27종의 어란이 출현하였으며, 4-10월에 멸치가 13,837 ind./1,000 m³로 최우점하였고, 수온이 상승하는 4-8월에 부유성 어란의 종 수와 평균 출현량이 높았다(Table 2). 겨울철에는 가자

Table 6. Abundance of fish larvae collected at Yeongil bay

Species	2020						Total	R.A (%)
	Feb.	Apr.	Jun.	Aug.	Oct.	Dec.		
<i>Engraulis japonicus</i>	-	8.3	-	7.8	-	-	16.2	34.9
<i>Syngnathus schlegeli</i>	-	-	-	1.3	-	-	1.3	2.9
<i>Sebastiscus marmoratus</i>	-	-	-	-	14.4	-	14.4	31.0
<i>Sebastes inermis</i>	1.0	-	-	-	-	-	1.0	2.1
<i>Hexagrammos otakii</i>	1.2	-	-	-	-	1.9	3.1	6.6
<i>Sillago japonica</i>	-	-	-	1.3	-	-	1.3	2.7
<i>Chromis notata</i>	-	-	-	1.7	-	-	1.7	3.6
<i>Omobranchus elegans</i>	-	-	-	1.7	-	-	1.7	3.6
Blenniidae sp.	-	-	-	1.3	-	-	1.3	2.9
Gobiidae sp.B	-	-	-	1.3	-	-	1.3	2.7
<i>Scomber japonicus</i>	-	-	-	1.3	-	-	1.3	2.7
<i>Paralichthys olivaceus</i>	-	-	-	0.9	-	-	0.9	2.0
<i>Tarphops oligolepis</i>	-	-	-	0.9	-	-	0.9	2.0
Total	2.2	8.3	0.0	19.5	14.4	1.9	46.3	100.0

Table 7. Abundance of fish larvae collected at Gomso bay

Species	2020						Total	R.A (%)
	Feb.	Apr.	Jun.	Aug.	Oct.	Dec.		
<i>Engraulis japonicus</i>	-	-	-	4.9	0.5	-	5.3	2.2
<i>Hyporhamphus sajori</i>	-	-	3.7	0.6	-	-	4.4	1.8
<i>Minous monodactylus</i>	-	-	-	1.1	-	-	1.1	0.5
<i>Sebastes koreanus</i>	-	1.8	-	-	-	-	1.8	0.7
<i>Platycephalus indicus</i>	-	-	-	0.8	-	-	0.8	0.3
<i>Hexagrammos otakii</i>	-	-	-	-	-	0.9	0.9	0.4
<i>Sillago japonica</i>	-	-	-	1.9	-	-	1.9	0.8
<i>Ammodytes personatus</i>	81.9	-	-	-	-	-	81.9	34.1
<i>Leiognathus nuchalis</i>	-	-	-	0.6	-	-	0.6	0.2
<i>Acanthopagrus schlegelii</i>	-	-	1.4	-	-	-	1.4	0.6
<i>Johnius grypotus</i>	-	-	0.6	-	-	-	0.6	0.2
<i>Ernogrammus hexagrammus</i>	-	1.3	-	-	-	-	1.3	0.5
<i>Pholis fangi</i>	122.4	-	-	-	-	6.0	128.4	53.5
Blenniidae sp.	-	-	-	0.8	-	-	0.8	0.3
<i>Repomucenus valenciennesi</i>	-	-	-	0.6	-	-	0.6	0.2
<i>Amblychaeturichthys hexanema</i>	-	1.9	-	-	-	-	1.9	0.8
<i>Ctenotrypauchen microcephalus</i>	-	-	-	1.3	-	-	1.3	0.5
<i>Acentrogobius pflaumi</i>	-	-	-	0.8	-	-	0.8	0.3
<i>Pleuronichthys cornutus</i>	-	-	-	-	0.4	0.5	0.9	0.4
<i>Cynoglossus joyneri</i>	-	-	-	2.8	-	-	2.8	1.2
<i>Paraplagusia japonica</i>	-	-	-	0.6	-	-	0.6	0.2
Total	204.3	5.1	5.7	16.8	0.8	7.4	240.1	100.0

미과 어류인 참가자미가 564 ind./1,000 m³, 돌가자미가 111 ind./1,000 m³, 강도다리(*Platichthys stellatus*)가 72 ind./1,000 m³ 출현하였다(Table 2). 본 연구의 영일만에서 출현한 어란 27 종과 Han et al. (2003)의 영일만 부유성 어란 출현양상과 비교하면, 멸치, 엘퉁이, 정어리, 청보리멸, 동갈양태(*Repomucenus richardsonii*), 돌가자미 6종이 공통적으로 출현하는 점에서 선행된 연구결과와 잘 일치하였으며, 그 외 다양한 어종들이 영일만에서 산란을 하는 것으로 확인되었다.

한편 곰소만에서는 4-8월에만 어란이 출현하였으며, 멸치가 3,489 ind./1,000 m³로 전체의 61.7%로 최우점 하였다(Table 3). 주요 어종의 어란 출현향상은 4월에 가승어(*Chelon haematocheilus*)가 186 ind./1,000 m³, 전어가 11.6 ind./1,000 m³, 6월에 멸치가 3,489 ind./1,000 m³, 청보리멸이 789 ind./1,000 m³, 민태가 494 ind./1,000 m³, 주둥치가 228 ind./1,000 m³, 보리멸이 214 ind./1,000 m³, 보구치(*Pennahia argentata*)가 24 ind./1,000 m³순으로 우점하였다. 8월에는 참서대가 45 ind./1,000 m³, 개서대(*Cynoglossus robustus*)가 2 ind./1,000 m³가 출현하였다(Table 3). 진해만에서는 6-8월에 어란이 집중적으로 출현하였으며, 멸치가 27,913 ind./1,000 m³로 전체의 86.0%로 최우점

하였다(Table 4). 6월에는 감성돔이 1,070 ind./1,000 m³, 전어가 345 ind./1,000 m³, 8월에 멸치가 25,905 ind./1,000 m³, 주둥치가 1,332 ind./1,000 m³, 전어가 862 ind./1,000 m³, 청보리멸이 374 ind./1,000 m³순으로 우점하였다(Table 4). 진해만의 부유성 어란 출현결과(Han et al., 2018)에서는 4종으로 멸치, 주둥치, 돛양태과 sp. (*Callyonimidae* sp.), 정어리만이 출현하여 본 연구결과와 멸치, 주둥치, 돛양태과 sp. 3종을 제외하고는 어란의 종 다양성에서 많은 차이를 나타내었다.

영일만에서 수행된 선행연구의 자치어 출현양상과 비교하면, 본 조사에서는 13개 분류군이 출현하여 선행된 영일만 내측의 8개 정점에서 수행된 결과인 37개 분류군과 큰 차이를 나타내었다(Han et al., 2003). 우점종 비교에선, 본 연구에서 멸치, 쏘뱅이, 쥐노래미가 우점하였으나, 영일만 내측의 자치어 분포는 까나리, 멸치, 동갈양태속 sp.이 우점하였다(Table 6). 이는 본 조사해역이 영일만 외측과 월포연안 가까이에 위치하여 서로 다른 종 조성을 나타낸 것으로 보인다. 곰소만의 자치어 출현 양상은 흰베도라치, 까나리, 참서대, 멸치, 학공치 순으로 우점하였다(Table 7). 한편, 서해 연안에서 수행된 난자치어 분포특성 연구에서 망둑어과(*Gobiidae*) 어류, 멸치, 양태, 흰베도라치

Table 8. Abundance of fish larvae collected at Jinhae bay

Species	2020						Total	R.A(%)
	Feb.	Apr.	Jun.	Aug.	Oct.	Dec.		
<i>Engraulis japonicus</i>	-	2.4	-	616.2	4.3	-	622.8	48.7
<i>Konosirus punctatus</i>	-	9.5	-	-	-	-	9.5	0.7
<i>Clupea pallasii</i>	-	0.7	-	-	-	-	0.7	0.1
<i>Hyporhamphus sajori</i>	-	-	3.0	-	-	-	3.0	0.2
<i>Sebastes marmoratus</i>	-	0.8	-	-	-	-	0.8	0.1
<i>Sebastes pachycephalus</i>	-	-	-	-	-	1.1	1.1	0.1
<i>Platycephalus indicus</i>	-	-	-	1.6	-	-	1.6	0.1
<i>Hexagrammos otakii</i>	74.8	-	-	-	-	4.6	79.4	6.2
<i>Sillago japonica</i>	-	-	-	-	8.5	-	8.5	0.7
<i>Leiognathus nuchalis</i>	-	-	-	6.2	-	-	6.2	0.5
<i>Parapercis sexfasciata</i>	-	-	-	1.1	-	-	1.1	0.1
<i>Pictiblennius yatabei</i>	-	-	195.0	45.7	35.9	-	276.7	21.6
Blenniidae sp.	-	-	55.4	22.4	-	-	77.8	6.1
<i>Repomucenus beniteguri</i>	-	-	-	-	3.5	-	3.5	0.3
<i>Repomucenus valenciennesi</i>	-	-	-	5.8	1.5	-	7.2	0.6
<i>Amblychaeturichthys hexanema</i>	-	-	-	53.1	-	-	53.1	4.2
<i>Acentrogobius pflaumi</i>	-	-	17.1	4.2	-	-	21.3	1.7
Gobiidae sp.A	-	-	48.5	-	-	-	48.5	3.8
Gobiidae sp.B	-	-	-	32.0	-	-	32.0	2.5
Gobiidae sp.C	-	-	-	4.2	-	-	4.2	0.3
<i>Rudarius ercodes</i>	-	-	-	8.4	11.0	-	19.4	1.5
Total	74.8	13.3	319.0	800.8	64.6	5.7	1,278.2	100.0

등이 우점하여 우점종 비교 결과 본 연구와 유사한 경향을 나타내었다(Youn et al., 2019). 또한, 진해만 해역의 자치어 종 조성 연구에서는 27종이 출현하였으며, 우점종은 청어, 쥐노래미, 전어, 멸치, 청베도라치로 보고되었다(Moon et al., 2018). 본 연구의 진해만 자치어 우점종은 청베도라치, 쥐노래미, 문절망둑(*Acanthogobius flavimanus*)으로 우점종에서는 차이가 없으며, 자치어 평균 출현량 비교에서는 5.5-2,862.0 ind./1,000 m³로 진해만 자어의 출현량 4.0-2,260.0 ind./1,000 m³과 유사한 것으로 나타났다(Table 8). 특히, 겨울철 진해만을 비롯하여 청어의 주산란장으로 알려져 있으나, 본 연구에서 청어는 다소 낮은 출현량을 나타내어 4개 정점을 선정한 결과와 조사 당시 해양환경에 따른 차이인 것으로 사료된다(Table 8).

어란 출현량에 따른 해역별 유사도는 영일만과 진해만이 서로 유사하였으며, 자치어의 경우 각 해역에서만 출현하는 어종이 높게 나타나 해역별로 구분되는 경향을 나타내었다. 본 연구에서 3개 해역 모두 어란의 출현량이 자치어의 출현량보다 높게 나타났으며, 어란과 자치어가 서로 중복되지 않는 어종이 각각 어란 32개 분류군, 자치어 26개 분류군이 관찰되었다(Table 1, Table 5). 본 연구에서는 각 해역별 연안해역 4개 정점에서 수심에 따라 경사인망과 수평인망을 실시하여 수직분포에 대한 난자치어를 최대한 효율적으로 채집하였으며, 일부 해역에서 종 다양성 및 출현량이 낮게 나타나 향후 연구에서는 정점수를 확대하여 월별로 집중조사가 필요하다고 생각된다.

사 사

이 논문은 2021년도 국립수산물과학원 수산과학연구사업(R2021027)의 지원을 받아 수행된 연구입니다.

References

- Aoyama J, Ishikawa S, Otake T, Mochioka N, Suzuki Y, Watanabe S, Shinoda A, Inoue J, Lokman PM, Inagaki T, Oya M, Hasumoto H, Kubokawa K, Lee TW, Fricke H and Tsukamoto K. 2001. Molecular approach to species identification of eggs with respect to determination of the spawning site of the Japanese eel *Anguilla japonica*. *Fish Sci* 67, 761-763. <https://doi.org/10.1046/j.1444-2906.2001.00288.x>.
- Cha SS and Park KJ. 1991. Spatio-temporal distribution of the ichthyoplankton in the Mankyong-Dongjin Estuary. *Kor J Oceanol Soc* 26, 47-58.
- Froese R and Pauly D. 2021. FishBase. World Wide Web Electronic Publication. Retrieved from <https://www.fishbase.org> on Jun 23, 2021.
- Hall TA. 1999. BioEdit: a user-friendly biological sequence alignment editor and analysis program for Windows 95/98/NT. *Nucleic Acids Symp Ser* 41, 95-98.
- Han KH, Hong JS, Kim YS, Jeon KA, Kim YS, Hong BK and Hwang DS. 2003. Species composition and seasonal variations of ichthyoplankton in coastal waters of Yeongil Bay, Korea. *Korean J Ichthyol* 15, 87-94.
- Han KH and Kim DG. 2007. Quantitative variation and species composition of ichthyoplankton in coastal waters of Uljin, Korea. *Korean J Ichthyol* 19, 332-342.
- Han SH, Kim MJ and Song CB. 2015. Molecular identification and distribution pattern of fish eggs collected around Jeju Island. *Korean J Ichthyol* 27, 284-292.
- Han KH, Yu TS, Lee J and Lee SH. 2018. Seasonal variation in species composition of ichthyoplankton in Northern Jinhae Bay, Korea. *Korean J Fish Aquat Sci* 51, 72-78. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2018.0072>.
- Jang SH, Kim JK and Ryu JH. 2020. First report on the occurrence of eggs of the small yellow croaker *Larimichthys polyactis* from Chilsan-do Island, Jeollanam-do, Korea. *Korean J Fish Aquat Sci* 53, 650-655. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2020.0650>.
- 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.
- 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>.
- Kimura M. 1980. A simple method for estimating evolutionary rate of base substitution through comparative studies of nucleotide sequences. *J Mol Evol* 16, 111-120. <https://doi.org/10.1007/BF01731581>.
- Lee JH, Kim JN, Nam KM, Kim CW and Kim JI. 2014. Distribution and species composition of larval fish during winter season in Jinhae Bay, Korea. *Korean J Ichthyol* 26, 133-138.
- Moon SY, Lee JH, Choi JH, Ji HS, Yoo JT, Kim JN and Lim YJ. 2018. Seasonal variation of larval fish community in Jinhae Bay, Korea. *Korean J Environ Biol* 36, 140-149. <https://doi.org/10.11626/KJEB.2018.36.2.140>.
- Okiyama M. 2014. An atlas of the early stage fishes in Japan. Tokai University Press, Tokyo, Japan, 1639.
- Palumbi SR. 1996. Nucleic acids II: The polymerase chain reaction. In: *Molecular systematics*. Hillis DM, Moritz C and Mable BK, eds. Sinauer and Associates Inc., Sunderland, MA, U.S.A., 205-247.
- Rutherford ES. 2002. Fishery management. In: *Fishery science: The unique contributions of early life stages*. Fuiman LA and Werner RG, eds. Wiley-Blackwell Ltd., Oxford, England, 206-221.
- Sassa C, Konishi Y and Mori K. 2006. Distribution of jack mackerel *Trachurus japonicus* larvae and juveniles in the East China Sea, with special reference to the larval transport by the Kuroshio Current. *Fish Oceanogr* 15, 508-518. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2419.2006.00417.x>.

- 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>.
- Ward RD, Zemlac TC, Innes BH, Last PR and Hebert PDN. 2005. DNA barcoding Australia's fish species. *Phil Trans Biol Sci* 360, 1847-1857. <http://doi.org/10.1098/rstb.2005.1716>.
- Yoo JM, Kim S, Lee EK and Lee JS. 1992. The Distribution of Ichthyoplankton in Chinhae Bay. *Ocean Research* 14, 77-87.
- Yoo JM, Kim S and Lee EK. 1993. The effect of fresh water input on the abundances of fish eggs and larvae during on rainy season in Yoja Bay, Korea. *Ocean Research* 15, 37-42.
- Youn BI, Lee SJ, Sohn MH, Han SH, Lee HB, Kim MJ and Han KH. 2019. Distribution of ichthyoplankton in the West coastal waters of Korea. *J Korean Soc Fish Ocean Technol* 55, 243-251. <https://doi.org/10.3796/KSFOT.2019.55.3.243>.