

동해 중남부 해역 표층에서 출현하는 자치어의 계절분포

허성희 · 최희찬 · 백근욱 · 김하원 · 박주면*

¹부경대학교 해양학과, ²경상대학교 해양생명과학과/해양산업연구소, ³부경대학교 해양과학공동연구소

Seasonal Distribution of Larval Fishes in the Central and Southern Surface Waters of the East Sea

Sung-Hoi Huh, Hee Chan Choi, Gun Wook Baeck, Ha Won Kim and Joo Myun Park*

¹Department of Oceanography, Pukyong National University, Busan 608-737, Korea

²Department of Marine Biology & Aquaculture/Institute of Marine Industry, Gyeongsang National University, Tongyeong 650-160, Korea

³Korea Inter-University Institutes of Ocean Science, Pukyong National University, Busan 608-737, Korea

The seasonal distribution and abundance of larval fishes in the central and southern surface waters of the East Sea were investigated seasonally during 2011 and 2012. During the study period, the larvae of 39 species belonging to 26 families were collected. The most abundant species were *Engraulis japonicus*, which accounted for 97.5% of the total number of individuals collected. *Scomber japonicus*, *Clupea pallasii*, *Chromis notatus*, Cottidae sp., and *Coryphaena hippurus* accounted for 1.7% of the total. The number of species, number of individuals, and species diversity indices fluctuated with the season. The peak number of species and individuals occurred in September and May, respectively. The larvae of the main species displayed a distinct spatial distribution and seasonal occurrence patterns. *E. japonicus* and *C. notatus* widely distributed throughout the study area. During summer and autumn, *S. japonicus* and *C. hippurus* were abundant in southern and offshore regions. *C. pallasii* occurred only in the southern region during winter. The seasonal occurrence and patterns of distribution of the larvae of main species seems were correlated with surface water temperature.

Key words: Larval fishes, Distribution, East Sea

서론

동해는 북쪽에서 북한한류가 대륙붕 연안을 따라 남하하고 남쪽에서 고온·고염의 대만난류가 대한해협을 통하여 유입되어 외양쪽으로 흘러나가는 강한 열전선을 형성하고 있다(Lee and Chung, 1981). 이러한 특성으로 동해에서 연평균 표층수온은 연안보다 외양쪽에서 더 높게 나타나고 있다(Kang and Jin, 1984). 또한 수심이 깊고 해안선이 단조로운 해양환경적 특성을 가진 해역으로 기초 생산성이 높아 많은 해양생물의 산란 및 성육장으로 이용되며 어장으로써 가치가 높은 지역으로 오래 전부터 연안어업이 발달하여 왔다.

전 세계의 열대와 온대의 연안해역에서 어류 자치어의 군집구조에는 뚜렷한 시·공간적 구조가 존재한다. 즉, 연중 많은 분류

군이 출현하고 특정한 시기에 특정 종들의 현존량이 높은 특성을 나타내고 있다(Loeb et al., 1983; Walker et al., 1987; McGowen, 1993). 자치어 군집구조는 성어의 산란시기와 형태, 자치어의 행동양상, 자치어를 수송하는 해양학적 환경상태 등에 따라 시·공간적 변화성이 크다(Gray, 1993). 따라서 이러한 요인들의 변동은 자치어 군집구조 변동의 결과를 가져올 수 있다. 또한 자치어의 생존은 연안역에서 일차 또는 이차생산성과 밀접한 관련이 있기 때문에, 장기간 자치어 군집구조의 변화는 기후변동과 관련된 환경변화의 초기 지시자가 될 수 있다(Auth, 2008; Brodeur et al., 2008). 따라서 연안역에서 자치어 조사 자료들은 장기간 생태계 변동에 영향을 미치는 환경요인을 밝히기 위한 자료가 될 수 있다.

본 연구는 동해 중남부 해역에서, RN80 net를 이용하여 자치

Article history;

Received 19 February 2013; Revised 6 March 2013; Accepted 2013

*Corresponding author: Tel: +82. 10. 8559. 8271 Fax: +82. 51. 62. 6568

E-mail address: marbus@hanmail.net

Kor J Fish Aquat Sci 46(2) 216-222, April 2013

http://dx.doi.org/10.5657/KFAS.2013.0216

pISSN:0374-8111, eISSN:2287-8815

© The Korean Society of Fisheries and Aquatic Science. All rights reserved

어를 채집하여 종조성과 계절변동을 파악하고, 자치어 우점종 및 주요종에 대한 현존량과 분포특성에 관하여 조사하며, 최근 동해에서 해양환경의 변화가 자치어 군집에 미치는 영향을 조사하기 위하여 수행하였다.

재료 및 방법

동해에 출현하는 자치어의 종조성을 파악하기 위하여 2011년 7월, 9월, 2012년 1월, 5월 동해 중남부 연안역의 4정선, 21개 정점에서 시료를 채집하였다(Fig. 1). 자치어 시료는 연구선 탐양호에서 RN80 net를 이용하여 네트를 약 1 m 수심에서 수평채집을 하였으며, 정량채집을 위하여 입구에 유량계(Hydro-Bios)를 장착하였다. 환경요인은 다항목수질측정기를 이용하여 표층의 수온을 측정하였다. 채집된 시료는 현장에서 5% 중성포르말린에 고정된 뒤 실험실로 운반한 후 해부현미경을 이용하여 가능한 종수준까지 동정하였고, 단위부피당 개체수(ind./1,000 m³)로 나타내었다. 종의 동정은 Okiyama (1988), Leis and Carson-Ewart (2004) 등을 이용하였고, 분류체계 및 학명은 Kim et al. (2005)을 따랐다.

계절별 종조성을 파악하기 위하여 종다양도지수(H') (Shannon and Wiener, 1949)를 이용하였다. 월별 환경요인과 자치어

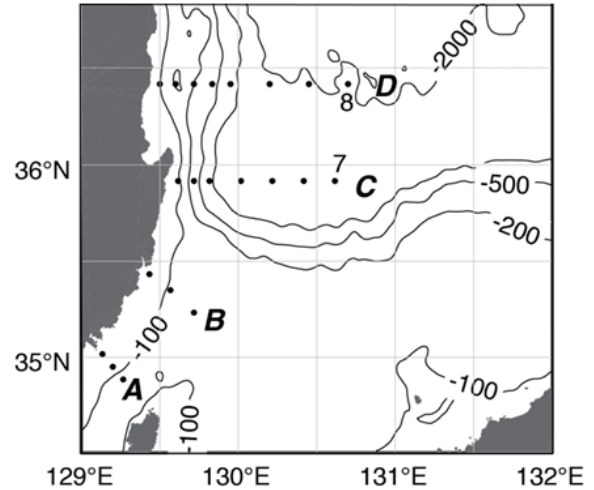


Fig. 1. Location of sampling site in the central and south waters of East Sea.

군집의 변화를 분석하기 위하여 분산분석(one-way ANOVA)를 실시하였다. 통계분석시 자료를 정규화(normality)하고 분산을 동질화하며(homocedasticity) 우점종의 bias를 줄이기 위하여 자치어 현존량의 로그변환 $\log_{10}(x+1)$ 을 수행하였다.

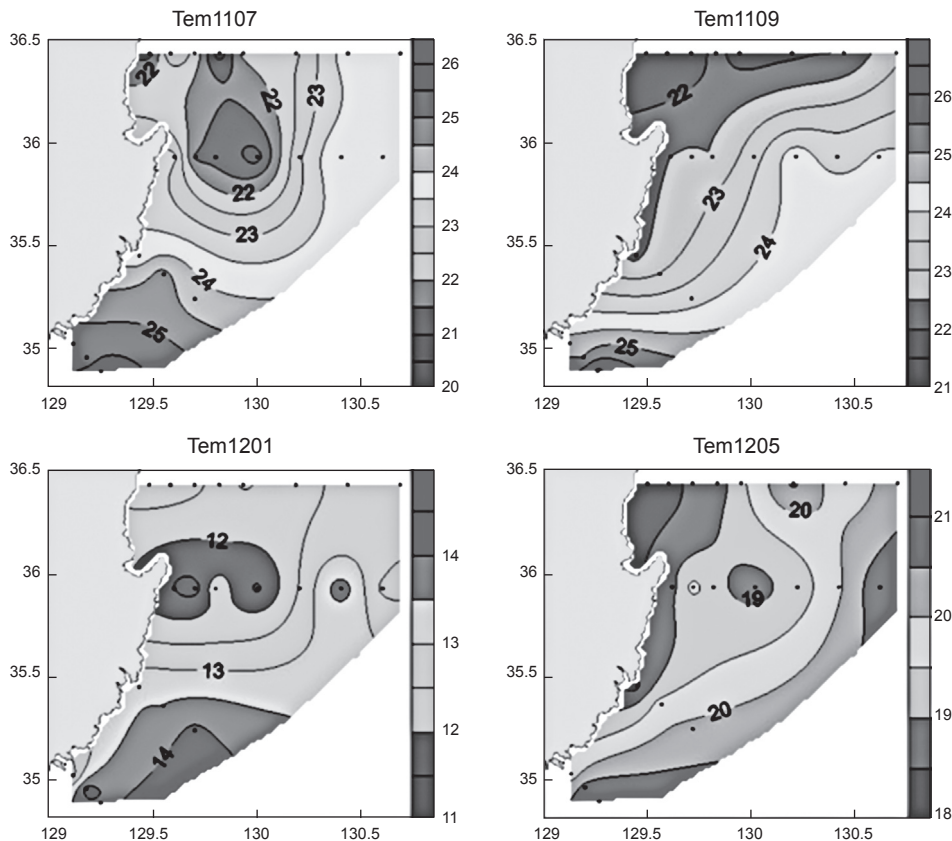


Fig. 2. Horizontal distribution of surface water temperature (°C) in the central and south waters of East Sea.

결과 및 고찰

표층수온

조사해역의 수온은 계절별 평균 12.7-23.1°C의 범위를 나타냈는데($F_{3,80}=375.2$, $P<0.05$), 2012년 1월에 가장 낮았고 2011년 7월에 가장 높았다. 계절별 표층수온 분포를 살펴보면(Fig. 2), 2011년 7월에 가장 남쪽인 정선 A에서는 25°C 이상의 높은 수온을 나타내었고, 북쪽 정선으로 갈수록 수온은 낮아져 정선

C와 D의 중앙 부근에서는 22°C 이하의 낮은 수온을 나타내었고, 외양역에서는 23.5°C 이상의 수온을 보였다. 2011년 9월 또한 북쪽으로 갈수록 수온이 낮아지는 경향을 보였고, 연안역에서 더 낮은 수온을 나타내었다. 2012년 1월에는 수온이 크게 낮아져 11.3-14.2°C의 범위를 보였다. 2012년 5월 또한 북쪽에 비해 남쪽 정선에서 더 높은 수온분포를 보였고, 모든 정선의 연안 쪽에서 더 낮은 수온분포를 보였다.

본 조사해역인 동해 중남부 해역은 수심 40-2,000 m의 범위로 외해로 갈수록 급격히 수심이 깊어지는 특징을 가지고 있다.

Table 1. Species composition of larval fishes in the central and south waters part of East Sea (larvae/1,000 m³)

Order	Family	Species name	2011		2012		Total	%	
			Jul.	Sep.	Jan.	May.			
Clupeiformes	Engraulidae	<i>Engraulis japonicus</i>	3,523.3	532.3		340.6	4,396.2	97.5	
		Engraulidae sp.				0.7	0.7	<0.1	
	Clupeidae	<i>Clupea pallasii</i>			17.0		17.0	0.4	
Gadiformes	Gadidae	<i>Theragra chalcogrammus</i>		0.7			0.7	<0.1	
Scorpaeniformes	Scorpaenidae	<i>Helicolenus hilgendorfi</i>		0.4			0.4	<0.1	
		<i>Sebastes schlegeli</i>				0.5	0.5	<0.1	
		Scorpaenidae sp.A		1.2			1.2	<0.1	
		Scorpaenidae sp.B				0.2	0.2	<0.1	
		Platycephalidae	<i>Platycephalidae</i> sp.		1.4			1.4	<0.1
	Hexagrammidae	<i>Hexagrammos agrammus</i>			0.4		0.4	<0.1	
		<i>Hexagrammos otakii</i>			1.5		1.5	<0.1	
	Cottidae	Cottidae sp.				8.4	8.4	0.2	
	Liparidae	<i>Liparis tanakai</i>			0.6		0.6	<0.1	
	Perciformes	Apogonidae	<i>Apogon semilineatus</i>	0.4				0.4	<0.1
Apogon sp.				0.2			0.2	<0.1	
Sillaginidae		<i>Sillago japonicus</i>		7.7			7.7	0.2	
Coryphaenidae		<i>Coryphaena hippurus</i>	6.9	1.1			8.0	0.2	
Carangidae		<i>Trachurus japonicus</i>		1.9		0.5	2.4	<0.1	
Kyphosidae		<i>Girella punctata</i>		0.5			0.5	<0.1	
Pomacentridae		<i>Chromis notatus</i>		8.5			8.5	0.2	
Labridae		<i>Halichoeres poecilopterus</i>		0.2			0.2	<0.1	
Labridae		<i>Pseudolabrus japonicus</i>		0.2			0.2	<0.1	
Uranoscopidae		<i>Gnathagnus elongatus</i>		0.4			0.4	<0.1	
Callionymidae		<i>Calliurichthys</i> sp.	0.4				0.4	<0.1	
		<i>Repomucenus</i> sp.A	1.9				1.9	<0.1	
Gobiidae		<i>Repomucenus</i> sp.B		1.1			1.1	<0.1	
		<i>Luciogobius</i> sp.		0.3	0.3		0.7	<0.1	
		<i>Acanthogobius</i> sp.		1.2			1.2	<0.1	
		Gobiidae sp.A	1.3				1.3	<0.1	
		Gobiidae sp.B			0.4		0.4	<0.1	
		Sphyraenidae	<i>Sphyraena pinguis</i>	2.3				2.3	<0.1
		Scombridae	<i>Scomber japonicus</i>	34.8				34.8	0.8
Centrolophidae	<i>Psenopsis anomala</i>		0.3			0.3	<0.1		
Pleuronectiformes	Paralichthyidae	<i>Pseudorhombus pentophthalmus</i>		0.2			0.2	<0.1	
	Cynoglossidae	<i>Cynoglossus joyneri</i>		0.5			0.5	<0.1	
Tetraodontiformes	Monacanthidae	<i>Stephanolepis cirrifer</i>		0.3		0.2	0.5	<0.1	
	Tetraodontidae	<i>Takifugu pardlis</i>			1.1		1.1	<0.1	
Unidentified	Unidentified	Unidentified fish larvae A			0.6		0.6	<0.1	
		Unidentified fish larvae B	1.3	0.7			2.0	<0.1	
Total			3,572.6	561.6	21.9	351.2	4,507.3	100.0	

조사기간 동안 수온의 수평분포를 살펴보면, 대마난류의 영향을 받는 남쪽해역이 북쪽에 비해 수온이 더 높았으며, 연안역 보다 외양역으로 갈수록 수온이 증가하는 경향을 보였다(Fig. 2). 동해에서는 저온의 북한난류는 연안을 따라 남하하고, 고온의 대마난류는 대한해협을 통하여 유입된 뒤 외양역으로 빠져나가는 특성을 보이는데(Lee and Chung, 1981), 본 조사에서 이러한 특성을 반영하는 표층수온 분포를 보여주고 있었다.

자치어의 종조성

조사기간 동안 총 6목 26과 39종 4,507.8 ind./1,000 m³의 자치어가 채집되었다(Table 1). 분류군별(Order) 출현종수를 살펴보면 농어목(Perciformes) 어류가 14과 20종으로 가장 많이 채집되었으며, 다음으로 썸뱅이목(Scorpaeniformes) 어류가 5과 9종, 청어목(Clupeiformes) 어류가 2과 3종, 복어목(Tetraodontiformes)과 가자미목(Pleuronectiformes) 어류가 2과 2종, 대구목(Gadiformes)과 어류가 1과 1종, 미확인 자치어(Unidentified fish larvae)가 2종 채집되었다. 가장 많이 채집된 우점종은 멸치(*Engraulis japonicus*)로 4,396.2 ind./1,000 m³가 채집되어 전체 채집개체수의 대부분인 97.5%를 차지하였다. 그 외 주요종으로 고등어(*Scomber japonicus*)가 34.8 ind./1,000 m³, 청어(*Clupea pallasii*)가 17.0 ind./1,000 m³, 채

집되어 각각 전체 채집개체수의 0.8%와 0.4%를 차지하였다. 그 다음으로 자리돔(*Chromis notatus*), 횃대류(*Cottidae* sp.), 만새기(*Coryphaena hippurus*), 청보리멸(*Sillago japonica*), 꼬치고기(*Sphyrna pinguis*), 전갱이(*Trachurus japonicus*) 순으로 채집되었다.

우리나라 동해안에서 조사된 자치어 군집연구를 살펴보면, 지역마다 종수와 현존량에서 차이를 보였지만, 대부분 연구에서 가장 우점하는 종은 멸치였다(Cha et al., 1991; Kim et al., 1994; Chun et al., 2004; Han et al., 2007). 멸치는 우리나라 전 연안에 출현하는 전형적인 부어류로(NFRDI, 2004), 자원량이 풍부하여 어획량이 가장 많은 어종이며(KOSIS, 1990-2010), 봄에서 초가을까지 긴 시간 동안 지속적으로 산란하는 어종으로 알려져 있다(Kim and Lo, 2001). 이와 같이 풍부한 자원량과 긴 산란기 때문에 우리나라 주변해역의 자치어 연구에서 가장 우점하는 분류군으로 나타날 수 있었다.

기존의 동해에서 수행된 대부분 연구는 본 조사와 유사하게 표층 채집을 통한 자치어군집을 조사하였다. 그러나 호주 남동부 연안역에서 표층과 중층(20 m)에서 자치어 군집을 조사한 결과 표층과 중층간 자치어 현존량, 우점종 등에서 차이가 나타나는 것으로 조사되었다(Gray and Miskiewicz, 2000). 그리고 독도 주변해역 중층(20-70 m)에서 자치어를 채집한 결과 엘통이(*Maurolicus muelleris*)가 차우점하였지만(Lee et al., 2010), 표층채집 조사한 본 연구와 기존의 동해에서 수행된 대부분 연구에서는 엘통이 자치어가 출현하지 않았거나, 현존량이 매우 적었다. 따라서 동해와 같이 수심이 깊은 해역에서 보다 정확한 자치어 군집을 조사하기 위해서는 수심별 채집이 필요할 것으로 생각된다.

자치어 종조성의 계절변동

채집 어종수의 계절변동을 살펴보면(Fig. 3A), 계절별 7-22종이 채집되었는데($F_{3,80}=33.939, P<0.05$), 2012년 5월에 가장 적은 7종이 채집되었고 2011년 9월에 가장 많은 22종이 채집되었다. 그리고 2011년 7월과 2012년 1월에는 각각 10종과 8종이 채집되었다. 채집개체수(Fig. 3B)의 경우 계절별 21.97-3,573.1 ind./1,000 m³가 채집되었는데($F_{3,80}=16.519, P<0.05$), 2011년 7월에 가장 많은 3,573.1 ind./1,000 m³가 채집되었고, 2011년 9월에 두 번째로 많은 561.6 ind./1,000 m³이 채집되었다. 수온이 낮은 2012년 1월에 21.9 ind./1,000 m³으로 출현 개체수가 가장 낮았다. 종다양도지수(Fig. 3C)는 0.07-0.94의 범위를 보였는데($F_{3,80}=3.211, P<0.05$), 2012년 1월에 가장 높았고, 2012년 7월에 가장 낮았다. 종다양도지수는 겨울철인 1월을 제외하고는 연중 낮은 값을 나타내었는데, 이는 멸치의 현존량이 2011년 7월에 98.6%, 9월에 94.8%, 2012년 5월에 97.0%를 차지하여 우점하였기 때문이었다.

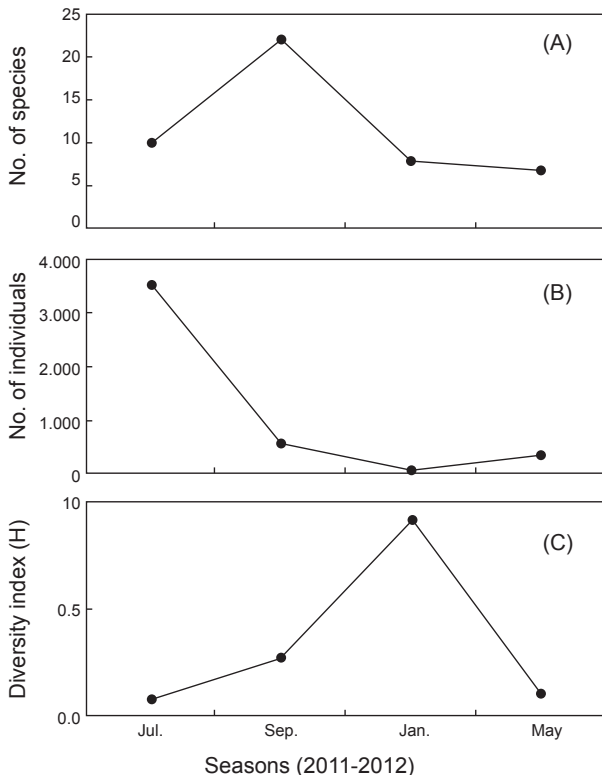


Fig. 3. Seasonal variations in number of species (A), number of individuals (B) and diversity index (C) of fish larvae in the central and south waters of East Sea.

주요 자치어의 출현양상 및 공간분포

조사해역에 출현한 자치어 우점종 및 주요종은 계절별 뚜렷

한 계절별 출현양상과 공간분포 양상을 보였다(Fig. 4; Table 1). 우점종인 멸치는 봄에서 가을까지 출현하였는데, 2011년 7월에 가장 높은 현존량을 보였고 2012년 1월에는 출현하지 않았다. 멸치는 출현시기 동안 동해 중남부 해역에 걸쳐 넓은 분포 범위를 보였으며, 대부분 정점에서 높은 현존량을 보였다. 멸치

는 봄에서 가을까지 산란하는 어종으로 알려져 있는데(NFRDI, 2004), 본 연구결과, 역시 겨울을 제외한 산란시기인 봄에서 가을까지 꾸준히 출현하였다. 그리고 멸치는 뚜렷한 공간분포 패턴을 보이지 않았는데, 멸치는 전체 현존량의 97.5%를 차지하는 우점종으로 동해 중남부 전 해역에서 많은 개체들이 지속적

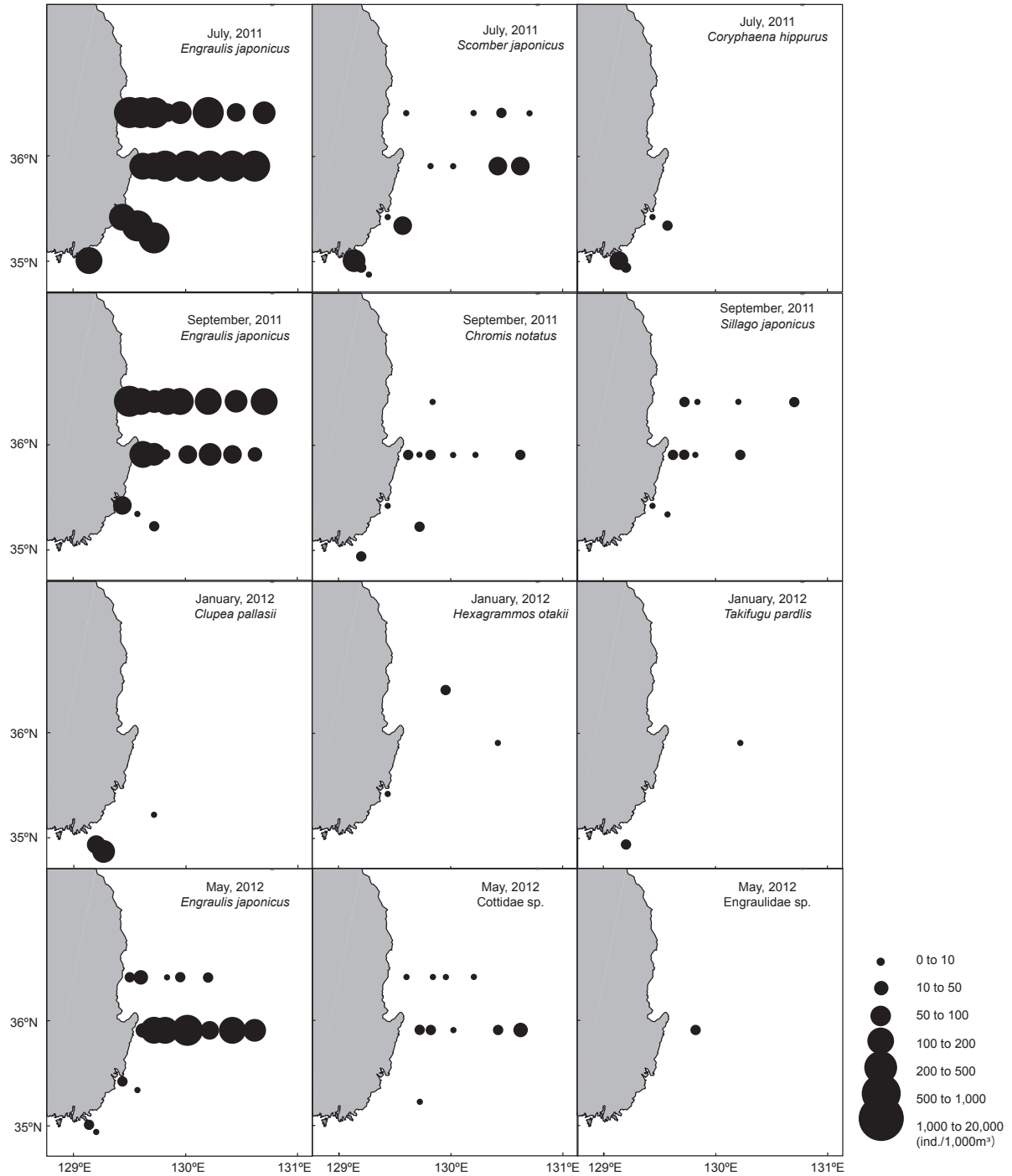


Fig. 4. Seasonal horizontal distribution of dominant three larval fishes in the central and south waters of East Sea.

으로 산란하였기 때문으로 판단된다.

그 외 주요종인 고등어는 2011년 7월에만 출현하였고 34.8 ind./1,000 m³의 평균 현존량을 보였다. 고등어는 여름철에 남쪽의 정선 A와 B에서 현존량이 높았고, 정선 C와 D에서는 외양역에서 현존량이 높았다. 고등어 전형적인 난류성 부어류로 산란기 3월-6월(Cha et al., 2002)이고 이때 부화한 자치어가 여름철인 7월에 높은 현존량으로 출현하였다. 공간적으로 남쪽 정선에서 현존량이 높았지만 북쪽의 외양쪽 정점까지 분포범위가 넓었다. 지금까지 우리나라 주변해역에서 고등어 자치어는 제주도 서부 해역(Lee et al., 2006), 통영 연안(Park et al., 2005), 영일만(Han et al., 2003) 등 주로 남해에서 출현하며 동해 남부에 위치한 영일만에서도 출현하는 것으로 보고되었지만, 본 연구에서와 같이 동해 중부 외양역까지 출현한다는 연구결과는 없었다. 난류성 부어류인 고등어 자치어는 여름철 동해로 유입된 대마난류의 수송에 의해 동해 중부 정선 C와 D의 외양역까지 출현할 수 있었던 것으로 판단된다.

청어는 2012년 1월에 17.0 ind./1,000 m³의 평균 현존량을 보였는데, 남쪽의 정선 A와 B에서만 출현하였으며, 대부분 개체(98.9%)가 가장 남쪽의 정선 A에서 출현하였다. 북해도에 출현하는 청어의 생식소 중량은 9월부터 증가하기 시작하여 4월-5월에 산란한다고 하였지만(Kanno, 1981), 동해 남부에 위치한 고리 주변해역에서는 겨울철에 성숙한 개체가 연안에 출현한다고 하였다(Park, 2010). 따라서 북해도와 달리 우리나라 연안에 출현하는 청어의 산란기는 겨울철로 유추해 볼 수 있고 산란시기에 부화한 자치어가 1월에 출현한 것으로 판단된다. 그리고 청어가 남쪽 정선에서 현존량이 높았던 점과 정선 A와 가까운 진해만에서 겨울철 청어 현존량이 높았던 점(Huh et al., 2011)으로 봤을 때, 겨울철 우리나라 연안에서 청어의 산란장은 남해 동부 연안 부근인 것으로 유추해볼 수 있었다.

자리돔은 2011년 9월에만 출현하였는데, 8.5 ind./1,000 m³의 현존량을 보였다. 자리돔은 모든 정선에서 출현하였지만, 수온이 비교적 낮은 정선 D에서는 현존량이 매우 낮았다. 자리돔이 출현한 해역의 표층 수온은 22.2-25°C로 높은 수온 범위를 보였다. 자리돔은 난류성 부어류로 산란기는 5월-8월로 알려져 있고(Lee and Lee, 1987), 산란기 끝난 가을철에 자치어가 출현하였다. 자리돔 자치어는 동해에서 영일만(Han et al., 2003)과 독도 주변해역(Lee et al., 2010)에서도 여름과 초가을에도 출현하였다. 제주도 주변 해역에서 주로 서식하는 자리돔의 자치어가 동해 전반에 걸쳐 출현하였던 것은 최근 기후변동에 동해에서 수온상승의 영향을 간접적으로 나타내는 결과라 할 수 있겠다.

만새기는 여름철과 가을철에 출현하였는데, 대부분 개체가 남쪽의 정선 A와 B에서 출현하였지만, 9월에 소수의 개체가 정선 D의 외양역에서 발견되었다. 만새기는 전형적인 열대 및 아열대성 부어류로 산란기를 살펴보면, 4월-7월(Schwenke and Buckel, 2008)로 알려져 있다. 만새기는 2011년 7월에 23.7°C 이상의 수온을 나타내는 남쪽의 정선 A와 B에서만 출현하였고,

2011년 9월에는 북쪽으로 분포범위가 넓었지만, 정선 B와 C에서는 비교적 수온이 높은 외양역에서 소수 개체가 채집되었다. 통영 연안에서도 여름철 만새기 자치어가 출현하는 것으로 보고되었다(Park et al., 2005). 이러한 동해 및 남해 동부에서 만새기의 출현 또한 최근 우리나라 연근해 기후변동의 영향을 반영하는 결과로 생각해 볼 수 있다.

본 연구에서 동해 자치어 군집은 뚜렷한 시공간적 변동을 보였다. 겨울철에는 청어가 가장 우점하였고, 그 외 계절에서 공통적으로 멸치가 극우점하였다. 우점종인 멸치는 조사해역에서 전반적으로 넓은 분포를 보인 반면, 그 외 주요종들은 공간적으로 동해 남부와 중부, 연안과 외양 사이에서 분포의 차이를 보였다. 특히 고수온기(여름과 초가을)에 동해 남부와 중부에서 고등어, 자리돔, 만새기 등 난류성 어종이 출현하는 특성을 나타내었다. 이들 어종은 고수온기에 강한 대마난류의 수송에 의해 동해 중남부 해역으로 유입된 것으로 판단된다. 자리돔과 만새기는 열대 및 아열대성 어종으로 동해에서 이들의 출현은 전 세계적 기후변동이 우리나라 연근해 해양생태계에 영향을 미치고 있다는 것을 반증하는 결과라 생각해 볼 수 있다. 그 근거로 최근 독도 주변해역에서 자리돔과 같은 난류성 어종들이 다수 출현하고 있으며(Lee et al., 2010), 전형적인 열대성 어종인 만새기는 본 연구해역 뿐만 아니라 여수(Kim et al., 2003)와 통영(Park et al., 2005)에서 성어와 자치어가 출현하는 것으로 보고되었다. 그러나 이러한 해양생태계의 변화가 전 세계적 기후변동의 결과인지 정확히 파악하기 위해서는 향후 지속적인 자치어 모니터링이 필요할 것으로 생각된다. 그리고 자치어 채집시 표층만 채집할 경우 본 연구와 같이 특정 어종이 극우점할 수 있기 때문에 다양한 수심에서 자치어 채집이 필요할 것으로 생각된다.

사 사

본 연구는 부경대학교 해양과학공동연구소의 지원을 받아 수행하였습니다.

참고문헌

- Auth TD. 2008. Distribution and community structure of ichthyoplankton from the northern and central California Current in May 2004.06. *Fish Oceanogr* 17, 316-331.
- Brodeur RD, Peterson WT, Auth TD, Soulen HL, Parnel MM and Emerson AA. 2008. Abundance and diversity of coastal fish larvae as indicators of recent changes in ocean and climate conditions in the Oregon upwelling zone. *Mar Ecol Prog Ser* 366, 187-202.
- Cha HK, Choi YM, Park JH, Kim JY and Sohn MH. 2002. Maturation and spawning of the chub mackerel, *Scomber japonicus* Houttuyn in Korean waters. *J Kor Soc Fish Res* 5, 24-33.

- Cha SS, Park KJ, Yoo JM and Kim YK. 1991. Distribution of ichthyoplankton in the adjacent waters of Wolsong, Korea. *Kor J Ichthyol* 3, 11-23.
- Chun YY, Hwang SJ, Hu YH and Han KH. 2004. Characteristics of the distribution of ichthyoplankton along the eastern coast of Korea. *J Kor Soc Fish Res* 6, 33-45.
- Gray CA. 1993. Horizontal and vertical trends in the distribution of larval fishes in coastal waters off central New south Wales, Australia. *Mar Biol* 116, 649-666.
- Gray CA and Miskiewicz AG. 2000. Larval fish assemblage in south-east Australian coastal waters: Seasonal and special structure. *Estuar Coast Shelf Sci* 50, 549-570.
- Han KH and Kim DG. 2007. Quantitative variation and species composition of ichthyoplankton in coastal waters of Uljin, Korea. *Kor J Ichthyol* 19, 332-342.
- Han KH, Hong JS, Kim YS, Jeon KA, Kim YS, Hong BK and Hwang DS. 2003. Species composition and seasonal variation of ichthyoplankton in coastal waters of Yeongil Bay, Korea. *Kor J Ichthyol* 15, 87-94.
- Huh SH, Han MI, Hwang SJ, Park JM and Baeck GW. 2011. Seasonal variation in species composition and abundance of larval fish assemblage in the south-western Jinhae Bay, Korea. *Kor J Ichthyol* 23, 37-45.
- Kang YQ and Jin M-S. 1984. Seasonal variation of surface temperature in the neighbouring seas of Korea. *J Oceanogr Soc Kor* 19, 31-35.
- Kanno Y. 1981. On the life history of herring, *Clupea pallasii* Cuvier et Valenciennes, in the brackish lake Natoro, Hokkaido. ♀. Reproductive characteristics and feeding habits. *Bull Fac Fish Hokkaido Univ* 32, 316-328.
- Kim IS, Choi Y, Lee CR, Lee YJ, Kim BJ and Kim JH. 2005. Illustrated Book of Korean Fishes. Kyo-Hakpubl Co, Seoul, Korea, 615.
- Kim JY and Lo N. 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.
- Kim YH, Kim JB and Chang DS. 2003. Seasonal variation of abundance and species composition of fish caught by a set net in the coastal waters off Yosu, Korea. *J Kor Fish Soc* 36, 120-128.
- Kim YU, Han K-H, Kang C-B and Koh J-R. 1994. Distribution of ichthyoplankton in Kori, Korea. *Bull Kor Fish Soc* 27, 633-642.
- KOSIS (Korean Statistical Information Service). 1990-2010. Statistic Database for Fisheries Production. Retrieved from <http://www.kosis.kr/nsportal/>
- Lee JC and Chung W. 1981. On the seasonal variations of surface current in the eastern sea of Korea. *J Oceanogr Soc Kor* 16, 1-11.
- Lee HW, Hong BK, Shon MH, Chun YY, Lee DW, Choi YM and Hwang KS. 2010. Seasonal variation in species composition of fish collected by trammel net around Dokdo, East Sea of Korea. *Kor J Fish Aquat Sci* 43, 693-704.
- Lee HW, Ryu JH, Hong BK, Sohn MH, Chun YY and Kim JK. 2010. Seasonal variation of ichthyoplankton off Dokdo in the East Sea. *Kor J Fish Aquat Sci* 43, 751-755.
- 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. *Kor J Ichthyol* 18, 129-140.
- Lee YD and Lee TY. 1987. Studies on the reproductive cycle of damselfish, *Chromis notatus* (Temmincket Schlegel). *Bull Kor Fish Soc* 20, 509-519.
- Leis JM and Carson-Ewart BM. 2004. The Larvae of Indo-Pacific Coastal Fishes: An Identification Guide to Marine Fish Larvae, 2nd. Brill, Boston, USA, 850.
- Loeb VJ, Smith PE and Moser HG. 1983. Recurrent groups of larval fish species in the California current area. *Calif Coop Fish Invest Rep* 24, 152-164.
- McGowen GE. 1993. Coastal ichthyoplankton assemblages, with emphasis on the southern California bight. *Bull Mar Sci* 53, 692-722.
- NFRDI. 2004. Commercial Fishes of the Coastal and Offshores Waters in Korea. Natl Fish Res Dept/Ins, Busan, Korea, 333.
- Okiyama M ed. 1988. An Atlas of the Early Stage Fishes in Japan. Tokai Univ Press, 1154.
- Park JM. 2010. Species composition and reproductive ecology of fishes in the coastal waters off Gori, Korea. Ph.D Thesis, Pukyong Natl Univ, Busan, Korea, 236.
- Park KD, Myoung JG, Kang YJ and Kim YU. 2005. Seasonal variation of abundance and species composition of ichthyoplankton in the coastal waters off Tongyoung, Korea. *J Kor Fish Soc* 38, 385-392.
- Shannon CE and Weaver W. 1949. The mathematical theory of communication. Univ Illinois Press, Urbana, USA, 177.
- Schwenke KL and Buckel JA. 2008. Age, growth, and reproduction of dolphinfish (*Coryphaena hippurus*) caught off the coast of North Carolina. *Fish Bull* 106, 82-92.
- Walker HJ Jr, Watson W and Barnett A. 1987. Seasonal occurrence of larval fishes in the nearshore southern California Bight off San Onofre, California. *Estuar Coast Shelf Sci* 25, 91-109.