

## 엘리뇨/라니냐와 정상 기간 동중국해 북부해역의 자치어의 군집구조 비교

유준택\* · 최정화<sup>1</sup> · 김진영 · 김종빈 · 최광호<sup>1</sup>

국립수산과학원 남서해수산연구소 자원환경과, <sup>1</sup>국립수산과학원 자원관리과

### Comparison of Community Structure of Fish Larvae in the Northern East China Sea in Normal and El Niño/La Niña Periods

Joon-Taek Yoo\*, Jung-Hwa Choi<sup>1</sup>, Jin-Yeong Kim, Jong-bin Kim and Kwang-Ho Choi<sup>1</sup>

Fisheries Resources and Environment Division, Southwestern Sea Fisheries Research Institute, National Fisheries Research & Development Institute, Yeosu 556-823, Korea

<sup>1</sup>Fisheries Resources Management Division, National Fisheries Research & Development Institute, Busan 619-705, Korea

The aim of this study was to compare community structure of larval fish species in the northern East China Sea during normal meteorological conditions in autumn 2009, during the El Niño period in 2009-2010, and during the La Niña period in 2010. Fifty taxa were recorded during the study period; the most dominant species were *Benthosema pterotum* and Gobiidae spp. In October 2008 during the normal period, warm water from the Tsushima Warm Current (TWC) intruded more into the surface and middle layers, and cold water affected by the Yellow Sea Cold Water (YSCW) intruded into the bottom layer. In October 2009 during the El Niño period, intrusion of the China Coastal Water (CCW), which has low salinity (<32.2 psu), was more apparent than intrusion of the TWC or YSCW. In October 2010 during the La Niña period, intrusion of the TWC and CCW was relatively weak, resulting in the lowest temperature and highest salinity observed during the study period in the eastern part of the study area. Hierarchical cluster, one-way ANOSIM (analysis of similarities), and SIMPER (similarity-percentages procedure) analyses provided two main results. First, the abundance of the most dominant larval fish species in autumn of the normal period was greater than that in autumn of the El Niño/La Niña periods, resulting in a significant difference in ichthyoplankton community structure between the periods. The abundance of *Benthosema pterotum* increased in the normal period, possibly influenced by the intrusion of cold water from the YSCW; the abundance of species residing in Korean waters (e.g., Gobiidae spp.) probably decreased during the El Niño/La Niña periods. The second finding was that the abundance of subtropical larval fish in autumn of the normal period was generally larger than that during autumn of the El Niño/La Niña periods. This could have been induced by the stronger intrusion of warm water from the TWC during the normal period. Although differences in oceanographic conditions between El Niño and La Niña periods were observed, the differences in ichthyoplankton community structure between the two periods were not significant.

Key words: El Niño, La Niña, Fish larvae, Community structure, Northern East China Sea

## 서론

엘리뇨와 라니냐는 열대 동태평양에서 각각 평년 이상과 이하의 표층 수온이 주기적으로 나타나는 현상으로(Trenberth and Stepaniak, 2001; Yoon and Yeh, 2009), 전 지구적인 기후와 생태계에 영향을 미친다(Latif, 2001).

해양생태계의 경우, 엘리뇨/라니냐 발생에 따른 물리·화학적

환경변화가 저차생태계에 미치는 영향에 관한 연구가 활발히 이루어져 왔다(Barber and Chavez, 1983; Chavez et al., 1999; Chavez et al., 2002; Fiedler, 1983). 캘리포니아 주변해역에서는 엘리뇨 발생기간 동안 영양염 감소에 따른 기초생산량 감소(Chavez et al., 2002)와 동물플랑크톤 생물량 감소 및 종조성 변화(González et al., 2000; Gómez-Gutiérrez et al., 1995; Lavanigos et al., 1998; Lavanigos et al., 2002; Mackas and

#### Article history;

Received 3 July 2013; Revised 4 September 2013; Accepted 2 October 2013

\*Corresponding author: Tel: +82. 61. 690. 8945 Fax: +82. 61. 686. 1588

E-mail address: yoojt@korea.kr

Kor J Fish Aquat Sci 46(6) 907-916, December 2013

<http://dx.doi.org/10.5657/KFAS.2013.0907>

pISSN:0374-8111, eISSN:2287-8815

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

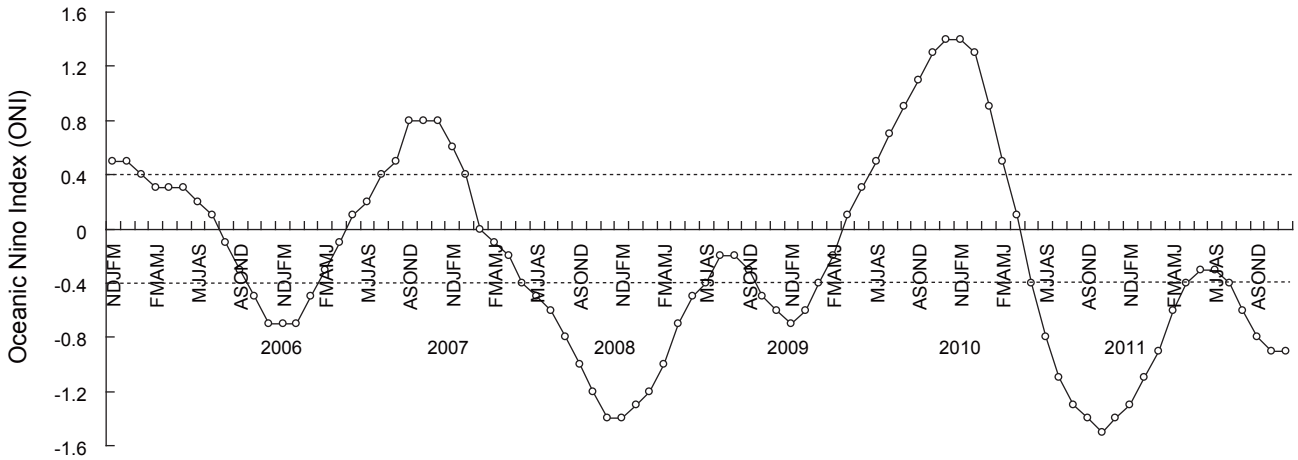


Fig. 1. The five-month running mean (Oceanic Nino index in Korea) of monthly sea surface temperature (SST) anomaly in the Nino 3.4 region of Pacific (for example, ASOND indicates the SST anomaly for Nino 3.4 region averaged from August to December), 2005-2011. The data of SST anomaly are provided by NOAA's Climate Prediction Center.

Galbraith, 2002; Marinovic et al., 2002) 등이 보고된 바 있다. 또한, 열대 중서부태평양 해역과 남중국해 스프래틀리 군도 주변해역에서도 엘니노 기간 동안 식물플랑크톤의 분포특성(Blanchot et al., 1992; Suzuki et al., 1997)과 엘리노에 따른 연안용승과 식물플랑크톤 bloom과의 연관성이 나타났다(Iso-guchi et al., 2005). 우리나라 주변해역에서는 Kim and Kang (2000)은 남해 연근해에서 1961-1996년 동안 콜로로필-a 농도, 동물 플랑크톤 생물량, 표층수온 및 남방진동지수(SOI) 사이의 관계를 상관분석을 통해 분석한 결과, SOI는 겨울철 표층수온과 음의 상관관계에 있었지만 플랑크톤 생물량과는 직접적인 상관관계를 보이지는 못했다.

또한, 엘리노 발생에 따른 동물플랑크톤의 생물량 및 종조성 변화는 상위 포식자인 어류플랑크톤의 생물량 및 군집구조에도 영향을 미쳐 결국에는 성어자원의 가입에 영향을 줄 수 있기 때문에(Barber and Chavez, 1983; Franco-Gordo et al., 2004; Smith and Epply, 1982; Sugimoto et al., 2001), 엘리노/라니냐 발생과 어류플랑크톤의 생물량 및 종조성 변화와의 관계에 초점이 맞춰진 연구도 다수 보고되었다(Boeing and Duffy-Anderson, 2008; Franco-Gordo et al., 2004; Franco-Gordo et al., 2008; Sánchez-Velasco et al., 2004). 이러한 연구들은 저차 영양단계 생물들이 상위 영양단계 생물들보다 기후변화에 따른 환경변화에 더욱 민감하고 신속하게 반응하고 있음을 보여주고 있다(Boeing and Duffy-Anderson, 2008). 하지만, 우리나라 주변해역에서 어류플랑크톤 변화를 엘리노/라니냐 발생과 관련지어 살펴본 사례는 Kim et al. (2005)에 의한 동중국해 멸치 및 갈치 알과 자치어 분포 연구를 제외하면 거의 찾을 수 없었다.

어류플랑크톤 생태에 관한 정보는 자원평가 및 어업관리 계획을 구성하는데 중요 자료로 사용된다(Boeing and Duffy-An-

derson, 2008). 동중국해는 우리나라 주요 수산자원의 주 산란장이며 성육장이고, 이 해역에서의 어업생산량은 우리나라뿐만 아니라 일본, 중국에서도 매우 높다(FRA, 2013; Liu, 2013). 그러므로 동중국해에서 기후변화에 따른 어류플랑크톤의 군집구조 변화를 살펴보는 것은 우리나라 주요 수산자원에 대한 어업관리 계획 수립 시 중요한 기초자료로서 활용될 수 있다. 따라서, 본 연구에서는 동중국해 북부해역에서 엘리노와 라니냐가 발생한 기간과 발생하지 않은 기간 간 자치어의 군집구조를 비교하여 군집구조 특성과 군집 간 차이를 밝히고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 엘리노/라니냐 발생 기간

우리나라 기상청에서는 엘리노/라니냐 정의를 Trenberth (1997)의 제안에 따른다. 즉, 엘리노 감시구역(열대 태평양 Nino 3.4지역 : 5°S-5°N, 170°W-120°W)에서 5개월 이동평균한 해수면온도 편차가 0.4℃ 이상(-0.4℃ 이하) 나타나는 달이 6개월 이상 지속될 때 그 첫 달을 엘리노(라니냐)의 시작으로 본다.

Nino 3.4 지역 해수면온도 편차는 미국의 해양대기관리청 기후예측센터의 웹사이트(<http://www.cpc.ncep.noaa.gov>)에서 구하였다. Fig.1에서 2005-2011년까지 Nino 3.4지역의 해수면온도 편차를 5개월 이동평균한 값(Oceanic Nino Index)을 나타낸 결과, 2009-2010년 엘리노와 2010-2011년 라니냐가 가장 뚜렷하였고, 2008-2009년에는 엘리노와 라니냐가 발생하지 않았다. 따라서 본 연구에서는 엘리노/라니냐가 발생하지 않은 2008년 10월, 엘리노가 발생한 2009년 10월, 라니냐가 발생한 2010년 10월에 채집한 자치어 자료를 사용하여 군집구조를 상호 비교하였다.

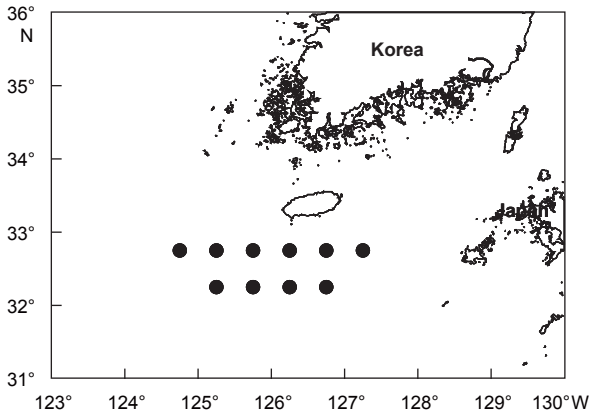


Fig. 2. Sampling stations in the study area.

### 어류플랑크톤 채집과 동정

동중국해 북부해역에서 2008-2010년 추계(10월)에 Bongo 네트(망목사이즈: 330  $\mu\text{m}$ , 직경: 80 cm)를 사용하여 총 10개 정점(Fig. 2)에서 자치어를 저층에서 표층까지 경사 채집하였고, 병행해서 CTD (Conductivity-Temperature-Depth)에 의한 연직 수온, 염분을 관측하였다. 채집된 시료는 선상에서 즉시 5% 포르말린으로 고정한 후 실험실로 운반하여 Okiyama et al. (1998)에 따라 종을 분류하였다. 계수된 시료는 네트 입구에 부착한 유량계로 산출된 여과 해수량 값을 이용하여 단위체적당 개체수( $\text{m}^{-3}$ )로 환산하였다. 2010년의 경우 124°30'E-125°30'E 간 세 정점은 11월 중순에야 조사가 이루어졌기 때문에, 이 세 정점을 제외한 나머지 정점에서 채집된 시료만을 가지고 비교 분석을 진행하였다.

채집된 자치어들의 대략적인 분석특성에 대해서는 Kim et al. (2005)을 참고하였다. 우리나라 서해와 남해 혹은 동해와 남해 등에 서식하는 것으로 알려진 종은 우리나라 연안역에 주로 서식하는 종으로 판단하였고, 우리나라 남해 및 남해 이남에만 분포하는 종은 아열대 지역에 주로 서식하는 어종으로 판단하였다.

### 자료 분석

엘리노와 라니냐가 발생하지 않은 정상적인 기간과 엘리노/라니냐 발생 기간의 군집구조를 파악하기 위해 Bray-Cutis의 유사도지수를 토대로 비가중산술평균(UPGMA)에 의하여 군집화하는 계보적 집괴분석(hierarchical cluster analysis)을 시행하였다. 사용한 출현 개체수 자료는 소수 출현 분류군에 의한 유사도지수의 과대평가를 낮추기 위해 제공된 변환 자료를 이용하였고, 분류가 안된 자치어들은 집괴분석에서 제외시켰다. 집괴분석의 결과로 구분된 그룹 간 군집의 유의한 차이를 검증하기 위해 one-way ANOSIM (Analysis of similarities) 분석과

군집의 유의한 차이에 기여하는 분류군을 파악하기 위해 SIMPER (Similarity-percentages procedure) 분석을 수행하였고, 자료 분석은 R 통계패키지를 사용하였다(Oksanen et al., 2013)

## 결 과

### 수온과 염분의 연직분포

동중국해 북부해역에서 32.45°E 위도 선상의 연직 수온·염분 분포를 Fig. 3에 나타냈다. 엘리노/라니냐 발생기간이 아닌(정상적인 기간) 2008년 추계에 수온분포를 보면, 서쪽으로부터 24°C 이상의 대마난류수가 수심 40 m 이전에서 경도 125°30'E 부근까지 설상형으로 유입하고 있었던 반면, 동쪽으로부터 125°30'E 부근까지 14°C 이하의 저수온수가 수심 40 m 이심에 분포하고 있었다(Fig. 3). 이로 인해 125°30'E의 서쪽에서 수심 20-40 m 사이에 수온전선대가 발달하였다(Fig. 3). 염분의 경우, 동쪽으로부터는 염분 32.2 psu 이하의 저염분수가 125°30'E 부근 표층까지 유입하고 있었고, 126°E의 동쪽에는 33.2 psu 이상의 상대적으로 높은 염분수가 전 수심에 걸쳐 분포하였다(Fig. 3). 엘리노 기간인 2009년 추계의 경우, 표·중층에 서쪽으로부터의 대마난류수 유입과 중·저층으로 14°C 이하 저수온수의 동쪽 유입이 2008년에 비해 상대적으로 적었다. 따라서, 표층에는 서쪽 일부 해역을 제외하곤 수온 22°C의 해수가 전반적으로 분포하고 있었고, 저층에는 약 15°C 이상의 해수가 전 해역에 걸쳐 분포하였다(Fig. 3). 하지만, 염분의 경우 2008년에 비해 32.2 psu 이하의 저염분수가 동쪽으로부터 126°E 부근 중층까지 확장하고 있었다(Fig. 3). 특히 32 psu 이하의 매우 낮은 저염분수가 125°30'E 표·중층에까지 분포하고 있었다(Fig. 3). 이로 인해 2009년에는 2008년에 비해 표·중층에서 33.2 psu 이상의 염분수가 서쪽으로 밀리는 형상이었다(Fig. 3). 라니냐 기간인 2010년 추계의 경우, 125°45'E-127°15'E에서 표·중층 수온 범위는 약 21-22°C 사이로 2008년과 2009년에 비해 전반적으로 낮았고, 33.6 psu 이상의 염분수가 거의 전 해역에서 전 수심에 걸쳐 분포하였다(Fig. 3).

### 군집구조

동중국해 북부해역에서 조사기간 동안 총 50 분류군에 총 1,052 개체( $1000 \text{ m}^{-3}$ )가 채집되었다. 정상적인 기간인 2008년 추계에는 총 8과 11종에 총 369 개체( $1000 \text{ m}^{-3}$ )의 자치어가 출현하였고, 엘리노 기간인 2009년 추계에는 총 12과 3속 10종에 총 171 개체( $1000 \text{ m}^{-3}$ )의 자치어가 출현하였고, 라니냐 기간인 2010년 추계에는 총 8과 1속 18종에 총 512 개체( $1000 \text{ m}^{-3}$ )의 자치어가 발견되었다(Table 1). 우점하는 자치어를 보면, 2008년 추계에는 깃비늘치(*Benthosema pterotum*)와 망둑어과(Gobiidae spp.)가 전체 개체수의 61.3%를 차지하였고, 2009년 추계에는 멸치(*Engraulis japonicus*), 눈볼대(*Doederleinia berycoides*), 갈치(*Trichiurus lepturus*), 악어치(*Chamsodon*

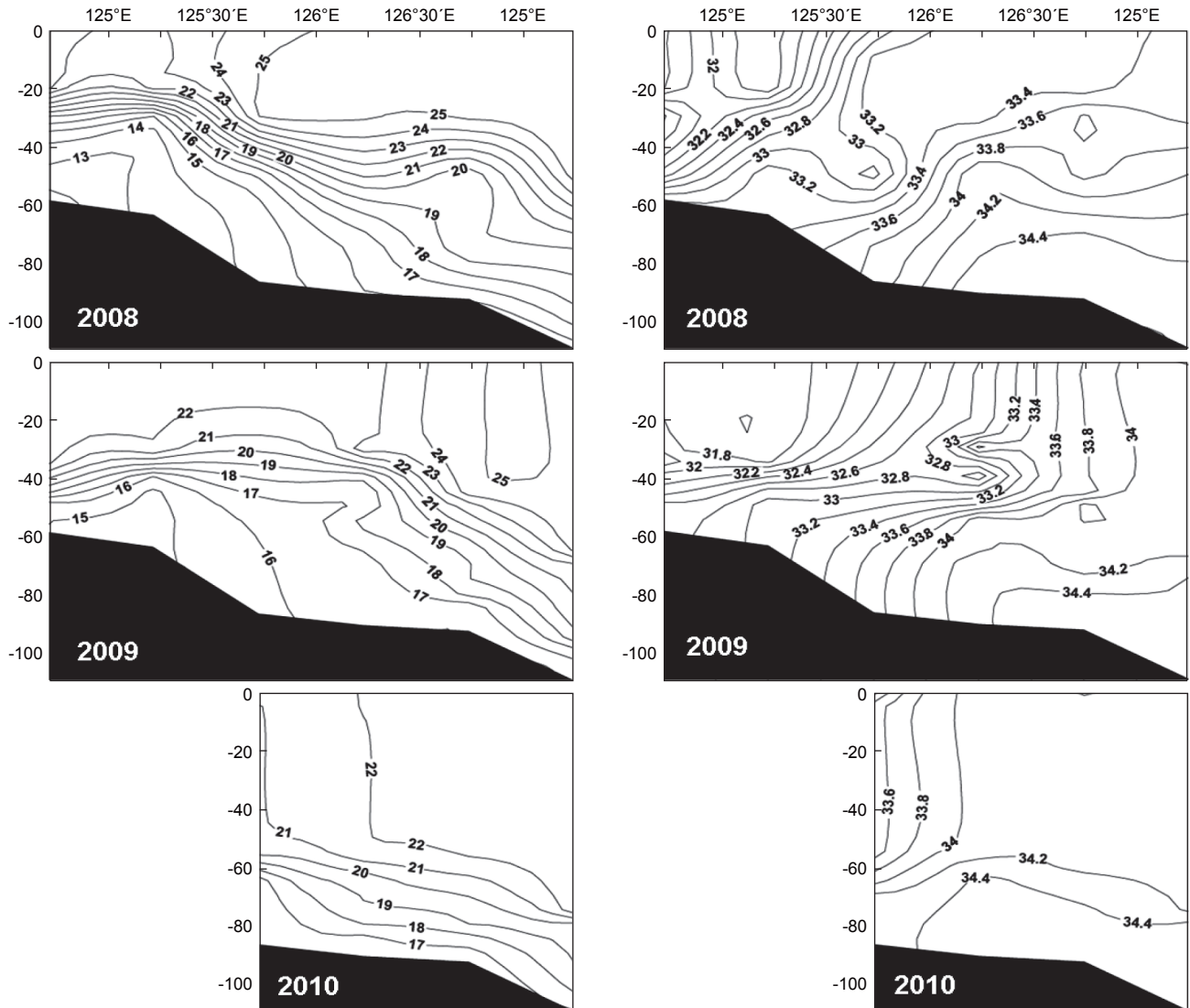


Fig. 3. Vertical distribution of temperature (°C, left) and salinity (psu, right) in a latitudinal line of 32°45' N in the autumn of 2008 (top), 2009 (middle) and 2010 (bottom).

snyderi), 푸렁통구멍(*Xenoccephalus elongates*), 깃비늘치(*B. pterotum*), 망둑어과(*Gobiidae* spp.) 등의 순으로 상대적으로 골고루 출현하였다. 2010년 추계에는 깃비늘치(*B. pterotum*)가 전체 개체수의 50.2%를 차지하여 가장 우점하였고, 다음으로 망둑어과(*Gobiidae* spp.), 갈치(*T. lepturus*) 등의 순이었다. 전체적으로는 깃비늘치(*B. pterotum*)와 망둑어과(*Gobiidae* spp.) 자치어가 조사기간 동안 총 개체수의 51.2%를 차지하여 가장 많이 출현하였고, 본 연구의 조사해역에서 가장 우점하고 있는 것으로 판단할 수 있다.

엘리뇨/라니냐 발생 기간과 발생하지 않은 기간에 출현하는 분류군을 계보적 집괴분석을 통해 정리해보면(Fig. 4). 유사도

0.65 수준에서 세 개의 그룹(A, B, C)으로 나눌 수 있었다. 그룹 A는 정상적인 기간인 2008년 추계에 출현한 분류군이 중심이 되는 그룹으로 우리나라 연안역에 주로 서식하는 분류군인 붕장어(*Conger myriaster*), 샛돔과(*Centrolphidae* sp.), 실고기(*Syngnathus schlegeli*) 등과 아열대 지역에 주로 서식하는 분류군인 샛비늘치과(*Myctophidae* spp.), 동갈돔과(*Apogonidae* sp.), 날개멸(*Bregmaceros japonicas*) 등이 포함되어 있었다 (Kim et al., 2005). 그룹 B에 속하는 분류군은 엘리뇨 기간인 2009년 추계에만 출현하였고, 멸치(*Engraulis japonicas*), 고등어과(*Scombridae* sp.) 등 소형 부어류의 자치어 외에 눈볼대(*Doederleinia berycoides*), 민동갈돔속(*Gymnapogon* sp.), 동



Table 1. Species composition of larval fishes collected between 125° 30' E and 127° 30' E (7 stations) in the study. N represents the number of individuals (1000 m<sup>-3</sup>)

	October, 2008		October, 2009		October, 2010	
	N	%	N	%	N	%
<i>Bentosema pterotum</i>	139	37.7	9	5.2	257	50.2
Gobiidae spp.	87	23.6	9	5.2	38	7.4
<i>Xenocephalus elongatus</i>	3	0.8	11	6.4	14	2.7
Bothidae spp.	6	1.6	7	4.1	16	3.1
<i>Trichiurus lepturus</i>			15	8.8	25	4.9
<i>Muraenesox cinereus</i>			2	1.2	22	4.3
Ophichthidae spp.			5	2.9	16	3.1
<i>Neobythites sivicola</i>	8	2.2			10	1.9
Myctophidae spp.	19	5.1	8	4.7		
Synodontidae spp.			3	1.7	15	2.9
Apogonidae sp.	12	3.3			3	0.6
<i>Chamsodon snyderi</i>			13	7.6	5	1
<i>Plectranthias japonicus</i>					13	2.5
<i>Synagrops philippinensis</i>	14	3.8			5	0.9
<i>Dorderleinia bercooides</i>	12	3.2				
<i>Bregmaceros japonicus</i>	21	5.7				
Bregmacerotidae sp.	4	1.1			12	2.3
Scombridae sp.			5	2.9		
Percophidae sp.			5	2.9		
<i>Doederleinia berycooides</i>			16	9.3		
Lepidotrigla sp.			3	1.8	10	2
<i>Sirembo imberbis</i>			5	2.9		
<i>Engraulis japonicus</i>			19	11.1		
<i>Gymnapogon</i> sp.			3	1.8		
Serranidae spp.			7	4.1	2	0.4
Scorpaenidae sp.			8	4.7		
<i>Gnathophis nystromi</i>			2	1.2		
<i>Echelus uropterus</i>					6	1.2
Pomacentridae sp.			3	1.8	5	1
<i>Cheilinus</i> sp.			3	1.8		
<i>Vinciguerria</i> sp.			5	2.9		
<i>Echliophis sagamianus</i>			3	1.8		
<i>Pseudolabrus sieboldi</i>					2	0.4
<i>Luciogobius</i> sp.			2	1.2		
Callionymidae sp.	6	1.6				
<i>Petroscirtes breviceps</i>	9	2.4				
<i>Conger myriaster</i>	4	1.1				
<i>Leptocephalus</i>	6	1.6				
Centrolphidae sp.	5	1.4				
<i>Syngnathus schlegeli</i>	3	0.8				
Unidentified A					5	1
Unidentified B					3	0.6
Unidentified C					3	0.6
Unidentified D					5	1
Unidentified E					5	1
Unidentified F					5	1
Unidentified G					5	1
Unidentified H					5	1
Unidentified I	7	1.9				
Unidentified J	4	1.1				
Number of species	19		25		27	
Total individuals	369		171		512	

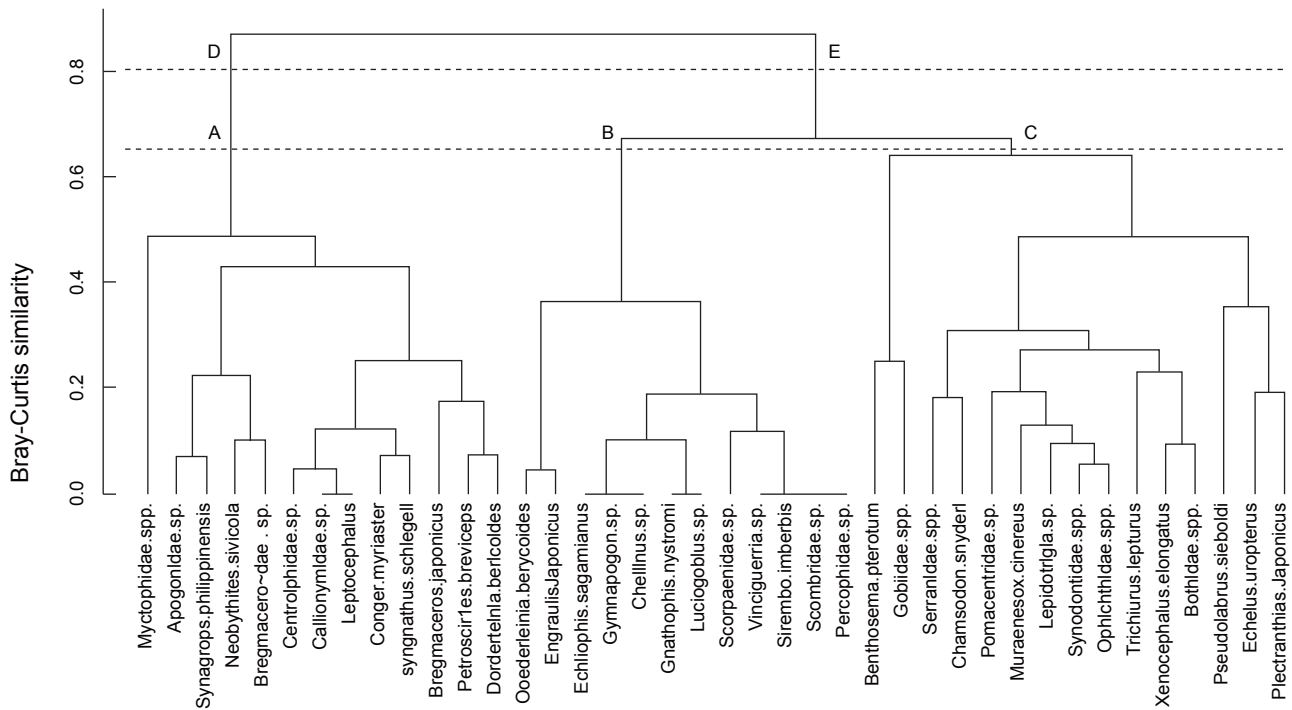


Fig. 4. Dendrogram produced by cluster analysis using Bray-Curtis similarity. The square-root transformed abundance (number of individuals) for each larval fish collected in every October from 2008 to 2010 was used in the clustering in different species.

갈메기(*Sirembo imberbis*) 등 아열대성 분류군들의 자치어가 포함되어 있었다(Kim et al., 2005). 그룹 C에는 전 조사기간 동안 출현한 분류군과 2009년과 2010년 추계(라니냐 기간)에만 출현한 분류군들이 속해 있고, 갯장어(*Muraenesox cinereus*), 동글넙치과(*Bothidae* spp.) 등 우리나라 연안역에 서식하는 분류군들과 황놀래기(*Pseudolabrus sieboldi*), 연붉돔(*Plectranthias japonicus*), 악어치(*Chamsodon snyderi*), 달재속(*Lepidotrigla* sp.), 자리돔과(*Pomacentridae* sp.) 바리과(*Serranidae* spp.) 등 아열대지역에 주로 서식하는 분류군들이 다수 포함되어 있었다(Kim et al., 2005).

또한, 유사도 0.80 수준에서는 정상적인 기간인 2008년 추계에 출현하는 분류군이 중심이 되는 그룹(D)과 엘리뇨와 라니냐 기간(2009년 추계와 2010년 추계)에 출현하는 분류군이 중심

이 되는 그룹(E)으로 나눌 수 있었다. 또한, 집괴분석을 이용하여 정상적인 기간과 엘리뇨와 라니냐 기간 간 유사성을 살펴보면(Fig. 5), 유사도 0.60 수준에서 두 개의 그룹으로 나눌 수 있었다. 즉, 정상적인 기간인 2008년 추계가 하나의 그룹을 이루었고, 엘리뇨와 라니냐 기간에 속하는 2009년과 2010년 추계가 또 하나의 그룹을 이루었다.

Fig. 4와 5에 나타난 집괴분석 결과로부터 크게 정상적인 기간에 보여지는 군집과 엘리뇨/라니냐 기간에 출현하는 군집으로 나눌 수 있었는데, 이들 두 그룹 간 군집의 유의한 차이를 확인하기 위해 one-way ANOSIM 분석을 실시한 결과, 정상적인 기간과 엘리뇨/라니냐 기간 간 군집에는 유의한( $P < 0.05$ ) 차이가 나타났다(Table 2). 하지만, 엘리뇨와 라니냐 기간 간에 유의한 군집 차이가 보이지 않았고(Table 3), 이는 Fig. 4와 5의 결과

Table 2. R-value resulting from one-way ANOSIM test. Normal, El Niño and La Niña indicate the autumn of 2008, 2009 and 2010, respectively. The R-value after Bonferroni correction was significance ( $P < 0.05$ )

	Normal	El Niño/La Niña
Normal	0	-
El Niño/La Niña	0.358	0

Table 3. R-value resulting from one-way ANOSIM test. El Niño and La Niña indicate the autumn of 2009 and 2010, respectively. The R-value after Bonferroni correction was not significance

	El Niño	La Niña
El Niño	0	-
La Niña	0.04	0

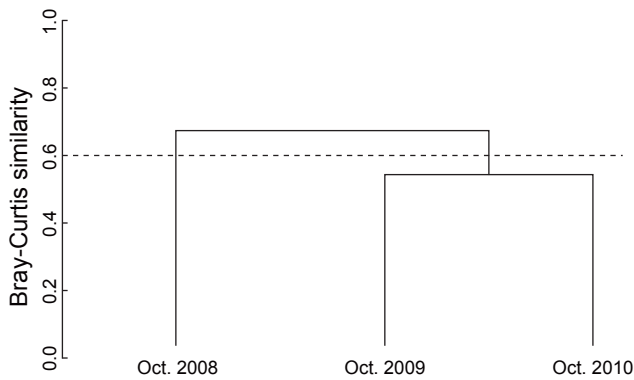


Fig. 5. Dendrogram produced by cluster analysis using Bray-Curtis similarity. The square-root transformed abundance (number of individuals) for each larval fish collected in every October from 2008 to 2010 was used in the clustering in different months.

를 반영하는 것으로 풀이되었다.

정상적인 기간(2008년 추계)과 엘리뇨와 라니냐 기간(2009년과 2010년 추계) 간 유의한 군집 구분에 영향을 끼친 분류군들

을 명확히 하기 위해 수행한 SIMPER 분석에서 각 군집의 기여율이 70% 이상인 분류군을 선별한 결과를 Table 4에 나타냈다. 누적기여율이 50% 까지 순위된 8개 상위 분류군의 기여율을 보면, 깃비늘치(*B. pterotum*)가 12.30%의 비유사도와 14.16%의 기여율로 가장 큰 영향을 미치는 종으로 나타났고, 다음으로 기여율 순으로 망둑어과(*Gobiidae* spp.)가 8.06%, 푸령통구멍(*X. elongates*)이 7.50%, 둥글납치과(*Bothidae* spp.)가 5.66%, 갈치(*T. lepturus*)가 4.65% 등의 순이었다(Table 4). 이들은 우리나라 연안역에 주로 서식하는 분류군으로 판단할 수 있는데(Kim et al., 2005), 이 중 상위 1위와 2위를 점하고 있는 깃비늘치(*B. pterotum*)와 망둑어과(*Gobiidae* spp.)의 평균 개체수(Average abundance)는 엘리뇨/라니냐 기간에 감소하였던 반면, 나머지 분류군들의 평균개체수는 엘리뇨/라니냐 기간에 증가하였다. 한편, 누적기여율이 50% 이하에 순위된 분류군들 중 매퉁이과(*Synodontidae* spp.)와 미동정 자치어를 제외한 7개 분류군은 아열대 지역에 주로 서식하는 분류군으로 판단할 수 있었고(Kim et al., 2005), 이들 중 5개 분류군(*Myctophidae* spp., *Apogonidae* sp., *Synagrops philippinensis*, *Dorderleinia bericoides*, *Bregmaceros japonicus*)의 평균개체수는 정상적인

Table 4. Species contribution (%) to average dissimilarity resulting from SIMPER analysis between normal (autumn, 2008) and El Niño/La Niña (autumn of 2009 and 2010)

	<sup>1</sup> Distribution	Average abundance		Average dissimilarity	Contribution (%)	Cumulative (%)
		Normal	El Niño/La Niña			
<i>Benthosema pterotum</i>	<sup>2</sup> West, South	3.50	3.09	12.30	14.16	14.16
Gobiidae spp.	East, West, South	2.20	1.52	7.00	8.06	22.22
<i>Xenocephalus elongatus</i>	West, South	0.22	1.63	6.52	7.50	29.72
Bothidae spp.	East, South	0.43	1.45	4.92	5.66	35.38
<i>Trichiurus lepturus</i>	West, South	0.00	1.71	4.03	4.65	40.03
<i>Muraenesox cinereus</i>	West, South	0.00	1.18	3.33	3.84	43.87
Ophichthidae spp.	West, South	0.00	0.81	2.75	3.16	47.03
<i>Neobythites sivicola</i>	East, South	0.50	0.67	2.72	3.13	50.16
Myctophidae spp.	South	0.77	0.50	2.58	2.97	53.13
Synodontidae spp.	West, South	0.00	0.89	2.34	2.70	55.83
Apogonidae sp.	South	0.43	0.22	2.27	2.62	58.45
<i>Chamsodon snyderi</i>	South	0.00	0.89	2.21	2.55	61.00
Unidentified A	-	0.00	0.39	1.99	2.29	63.29
<i>Plectranthias japonicus</i>	South	0.00	0.78	1.78	2.05	65.34
<i>Synagrops philippinensis</i>	South	0.63	0.28	1.75	2.01	67.35
<i>Dorderleinia bericoides</i>	South	0.59	0.00	1.73	1.99	69.34
<i>Bregmaceros japonicus</i>	South	0.75	0.00	1.65	1.90	71.24

<sup>1</sup>The distribution of each species excepting *Benthosema pterotum* around Korean waters is represented (Kim et al., 2005). <sup>2</sup>The distribution of *Benthosema pterotum* is referred to by Ishihara and Kubota (1997). South, West and East indicate south sea of the South Korean waters, the Yellow Sea and the East Sea, respectively.

기간에 증가하였다(Table 4).

## 고 찰

동중국해 북부해역의 해양환경에는 쿠로시오의 지류인 대마난류, 양자강 하천수에 기원하는 중국대륙연안수(Kim and Rho, 1994), 황해저층냉수 등 서로 다른 성질의 수괴가 계절별로 복합적으로 영향을 미친다(Son et al., 2003). 이들 세 종류의 수괴는 본 연구의 조사기간 동안에도(2008-2010년 간 매년 10월) 동중국해 북부해역의 해황에 가장 크게 영향을 미치고 있는 것으로 추정되었다.

대마난류수는 동중국해 북부해역으로 유입하는 가장 뚜렷한 해류로 연중 영향을 미치고(Son et al., 2003), 중국대륙연안수는 6-10월 경에 제주도 주변해역으로 유입하는데 수온보다는 염분 32.2‰ 이하의 저염분수로 특징지어진다(Kim and Rho, 1994). 또한, 황해저층냉수는 하계에 황해 남부해역의 중·저층에서 수온 10℃ 이하, 염분 33.0 이하의 해수로 특징지어진다(Lin, 1984). 각 수괴에 대한 이들 지표들을 근거로 Fig. 3에 나타난 수온, 염분의 연직분포도를 보면, 2008년 10월(정상적인 기간)에 표층에는 서쪽으로부터 대마난류수의 유입이 뚜렷하였고, 더불어 동쪽으로부터 황해저층냉수의 영향을 받은 저수온수가 유입하여 중·저층에 분포하고 있었던 것으로 판단되었다. 2009년 10월(엘리노 기간)에는 대마난류수와 황해저층냉수의 영향이 2008년에 비해 적었으나, 중국대륙연안수가 동쪽으로 확장하고 있었고, 2010년 10월(라니냐 기간)에는 대마난류수와 중국대륙연안수 둘 다 세력이 약했던 것으로 추정되나, 125°30'E 의 서쪽으로 수온관측이 이루어지지 않아 2008-2009년에 비해 전반적으로 낮은 수온에 황해저층냉수의 영향이 있는 지 없는 지 확인할 수 없었다.

일반적으로 엘리노 발생은 동아시아 여름철 강수량에 많은 영향을 미치는 것으로 알려져 있다(Lau, 1992). Lau (1992)에 의하면 엘리노 발생 해에 양자강 유역 여름철 강수량이 증가하였고, Sugimoto et al. (2001)은 엘리노 발생 해인 1998년 여름 동중국해를 덮었던 저염분수는 양자강으로부터 유입된 막대한 담수량 때문이라고 언급하였다. 따라서, 동중국해 북부해역에서 저염분수 세력의 확장·축소는 엘리노/라니냐 발생에 따른 동아시아의 여름철 강수량 변화로 설명할 수 있을 것이다. 수온의 경우, Kim and Kang (2000)에 의하면 본 연구의 조사해역을 포함한 우리나라 남해 연근해에서 라니냐가 발생하는 해에는 11월 표면수온이 낮아지는 경향이 있었고, 이것으로부터 2010년 추계의 저수온을 설명할 수 있을 것이다. 하지만, 정상적인 기간인 2008년 추계의 경우 대마난류수의 유입과 황해저층냉수의 영향이 다른 기간에 비해 현저하였다. 따라서, 동중국해에서 대마난류와 황해저층냉수 세력의 확장·축소를 엘리노/라니냐 발생만으로 설명하기에는 무리가 있다.

한편, Franco-Gordo et al. (2004, 2008)은 멕시코의 태평양 중부해역에서 우점하는 어류플랑크톤 종들 간에 엘리노가 발

생하기 전 기간과 발생 기간 동안 생물량에 차이가 있음을 보였고, Boeing and Anderson (2008)는 알라스카만에서 엘리노 지수는 한류성 어류플랑크톤 종이 우점하는 그룹과 음의 관계가 있다고 보고하였다.

본 연구는 동중국해 북부해역에서 정상적인 기간에 포함되는 2008년 추계, 엘리노와 라니냐 발생 기간에 각각 포함되는 2009년과 2010년 추계 간에 자치어의 군집구조를 비교하여 위에 언급한 연구결과와 비슷한 결과를 얻었다. 즉, 정상적인 기간과 엘리노/라니냐 기간 간에 우리나라 연안역에 주로 서식하는 것으로 판단되어지는 자치어 분류군 간에 생물량 차이가 있었고, 이것이 정상적인 기간과 엘리노/라니냐 기간 간 유의한 군집구조 차이에 크게 기여하고 있었다(Table 4). 또한, 이들 분류군 간에도 정상기간과 엘리노/라니냐 기간 간 생물량 증감 반응이 달랐는데, 본 조사기간 동안 동중국해 북부해역에서 가장 우점한 깃비늘치(*B. pterotum*)와 망둑어과(*Gobiidae* spp.) 자치어의 생물량은 엘리노/라니냐 기간에 감소한 반면, 나머지 분류군들의 자치어는 증가하였다(Table 4). 깃비늘치(*B. pterotum*)는 주로 중·저층에 서식하는 종으로 알려져 있고(Kim et al., 2005), 그 생물량은 황해와 동중국해에 많은 것으로 보고되었다(Ishihara and Kubota, 1997). 따라서, 정상적인 기간(2008년 10월)에 깃비늘치의 생물량 증가에는 황해저층냉수 영향을 받은 저수온수의 유입이 기여하고 있는 것으로 추정된다. 망둑어과(*Gobiidae* spp.)는 우리나라 전 연안역에 서식하고 있는 것으로 알려져 있다(Kim et al., 2005). 망둑어과와 이들 자치어의 출현은 제주도 남·북부연안(Choi et al., 2003; Go et al., 1991), 낙동강 하구역(Kwak and Huh, 2003), 아산만(Hwang and Lee, 1999), 순천만(Han et al., 2001), 고흥반도(Han et al., 2002) 등에서 보고되었고, 특히 낙동강 하구역, 아산만, 순천만, 고흥반도 등에서는 우점종이었다. 따라서, 망둑어과(*Gobiidae* spp.)는 우리나라 주변해역에서 대표적인 주거종(resident species)으로 생각되어지고, 이러한 종의 경우 엘리노/라니냐 발생이 생물량 감소로 이어질 수 있을 것으로 사료된다. 반면, 우리나라 연안역에 주로 서식하는 것으로 판단되어지는 분류군 중 깃비늘치(*B. pterotum*)와 망둑어과(*Gobiidae* spp.)를 제외한 나머지는 우리나라 연안역 일부 해역에 서식하는 것으로 알려져 있고(Kim et al., 2005), 이러한 분류군들의 생물량은 엘리노/라니냐 기간에 증가할 수도 있음을 본 연구결과는 나타냈다.

또한, 정상적인 기간과 엘리노/라니냐 기간 간 유의한 군집구조 차이에 추가적으로 기여하고 있는 아열대성 자치어의 경우, 정상적인 기간(2008년 10월)에 생물량이 증가한 분류군이 많았다(Table 4). 이는 2008년 추계에 서쪽으로부터 대마난류수 세력의 확장에 따른 것으로 추정된다.

하지만, 엘리노와 라니냐 발생 시기 간 군집구조에는 유의한 차이가 없었다(Table 3). 이는 2009년과 2010년에 출현한 분류군 간에 개체수 차이가 크지 않았기 때문이다. 본 연구결과에는 보이지 않았으나, SIMPER 분석결과로서 엘리노와 라니냐 발



생 기간 간 출현한 자치어 분류군의 평균개체수 차이는 깃비늘치를 제외하곤  $\pm 0.8$  이하로 낮았다. 따라서, Fig 4와 5에 나타난 집괴분석에서도 각각 유사도 0.80과 0.60 수준에서 하나의 그룹으로 그룹화시킬 수 있었던 것으로 판단된다. 본 연구의 결과로는 엘리뇨와 라니냐 기간 간에 보여진 어류플랑크톤 분류군 간 작은 생물량 차이를 설명할 수가 없다. 특히, 넓은 아열대 지역 내에서 각각의 아열대성 어류의 분포해역이 다를 것이고, 이들 어류의 자치어들은 다양한 수괴들의 이동에 따라 다른 아열대 해역으로 수송되기도 할 것이다. 따라서, 아열대성 어류의 주 서식 분포해역 등 생태에 관한 구체적인 정보 없이는 분류군 별 생물량 변동을 설명하기에는 한계가 있다.

또한, 본 연구에서는 엘리뇨와 라니냐가 발생한 기간과 하지 않았던 기간 중 어떤 특정 기간에 채집된 자치어의 생물량 자료만을 사용하여 엘리뇨/라니냐 발생에 따른 자치어의 군집구조 변화를 살펴보았기 때문에 단편적이고 일시적인 변화로 여겨질 수도 있다. 따라서, 지속적인 자치어 채집을 통해 어류플랑크톤 생태에 관한 자료 수집과 분석이 필요하다. 아울러 Lin (2013)에 의하면 수산자원에 대한 남획은 해양의 생물다양성에 심각한 영향을 줄 수 있어, 어류플랑크톤의 군집구조 변화에 영향을 줄 수 있는 어업활동에 대한 검토도 향후 병행되어야 할 것이다.

## 사 사

본 연구는 국립수산물과학원(RP-2013-FR-05)의 연구지원에 의해 수행되었습니다.

## References

- Blanchot J, Rodier M and Bouteiller L. 1992. Effect of El Niño southern oscillation on the distribution and abundance of phytoplankton in the western Pacific tropical Ocean along 165°E. *Journal of Plankton Research* 14, 137-156.
- Boeing WJ and Duffy-Anderson JT. 2008. Ichthyoplankton dynamics and biodiversity in the Gulf of Alaska: Responses to environmental change. *Ecological Indicators* 8, 292-302. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2007.03.002>.
- Chavez FP, Pennington JT, Castro CG, Ryan JP, Michisaki RP, Schlining B, Walz P, Buck KR, McFadyen A and Collins CA. 2002. Biological and chemical consequences of the 1997-1998 El Niño in central California waters. *Progress in Oceanography* 54, 205-232. [http://dx.doi.org/10.1016/S0079-6611\(02\)00050-2](http://dx.doi.org/10.1016/S0079-6611(02)00050-2).
- Chavez FP, Strutton PG, Friederich GE, Feely RA, Feldman GC, Foley DG and McPhaden MJ. 1999. Biological and chemical response of the equatorial Pacific Ocean to the 1997-98 El Niño. *Science* 286, 2126-2131.
- Fiedler PC. 1983. Some effects of El Niño 1983 on the northern anchovy. *CalCOFI Rep* 24, 202-209.
- FRA. 2013. The Current Status of International Fishery Stocks. Retrieved from <http://kokushi.job.affrc.go.jp> on June 17.
- Franco-Gordo C, Godínez-Domínguez E, Filonov AE, Tereshchenko IE and Freire J. 2004. Plankton biomass and larval fish abundance prior to and during the El Niño period of 1997-1998 along the central Pacific coast of México. *Progress in Oceanography* 63, 99-123.
- Franco-Gordo C, Godínez-Domínguez E, Suárez-morales E and Freire J. 2008. Interannual and seasonal variability of the diversity and structure of ichthyoplankton assemblages in the central Mexican Pacific. *Fisheries Oceanography* 17, 178-190. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2419.2008.00463.x>.
- Go YB, Go GM and Kim JM. 1991. Occurrence of fish larvae at Hamduck coastal area, northern part of Cheju Island. *Korean J Ichthyol* 3, 24-35.
- González HE, Sobarzo M, Figueroa D and Nöthing EM. 2000. Composition, biomass and potential grazing impact of the crustacean and pelagic tunicates in the northern Humboldt Current area off Chile: differences between El Niño and non-El Niño years. *Mar Ecol Prog Ser* 195, 201-220.
- Gómez-Gutiérrez J, Palomares-García R and Gendron D. 1995. Community structure of the euphausiid populations along the west coast of Baja California, Mexico, during the weak ENSO 1986-1987. *Mar Ecol Prog Ser* 120, 41-51.
- Han KH, Kim DY, Jin DS, Shin SS, Baik SR and Oh SH. 2001. Seasonal variation and species composition of Ichthyoplankton in Suncheon Bay, Korea. *Korean J. Ichthyol* 13, 136-142.
- Han KH, Shin YH and Hwang DS. 2002. Seasonal variations in species composition of ichthyoplankton off Kohung Peninsula, Korea. *Korean J Ichthyol* 14, 45-52.
- Hwang HB and Lee TW. 1999. Seasonal variation in species composition of fish with depth in Asan Bay. *Korean J Ichthyol* 11, 52-61.
- Ishihara S and Kubota T. 1997. Food habits of the Lanternfish *Bentho-sema pterotum* in the East China Sea and the Yellow Sea. *Nippon Suisan Gakkaishi* 63, 522-530.
- Isoguchi O, Kawamura H and Ku-Kassim KY. 2005. El Niño-related offshore phytoplankton bloom events around the Spratley Islands in the South China Sea. *Geophys Res Lett* 32, L21603. <http://dx.doi.org/10.1029/2005GL024285>.
- Kim IO and Rho HK. 1994. A study on China coastal water appeared in the neighbouring seas of Cheju Island. *Bull Korean Fish Soc* 27, 515-528.
- Kim IS, Choi Y, Lee CL, Lee YJ and Kim BJ and Kim JH. 2005. Illustrated book of Korean fishes. Hwang JS, ed. Kyo-Hak, Seoul, Korea, 1-615.
- Kim JY, Kang YS, Oh H, Suh YS and Hwang JD. 2005. Spatial distribution of early life stages of anchovy (*Engraulis japonicus*) and hairtail (*Trichiurus lepturus*) and their relationship with oceanographic features of the East China Sea during the 1997-1998 El Niño Event. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 63, 13-21.
- Kim SA and Kang SK. 2000. Ecological variations and El Niño

- effects off the southern coast of the Korean Peninsula during the last three decades. *Fisheries Oceanography* 9, 239-247.
- Kwak SN and Huh SH. 2003. Changes in species composition of fishes in the Nakdong river estuary. *J Kor Fish Soc* 36, 129-135.
- Lavaniegos BE, Gómez-Gutiérrez J, Lara-Lara JR and Hernández-Vázquez S. 1998. Long-term changes in zooplankton volumes in the California Current System-the Baja California region. *Mar Ecol Prog Ser* 169, 55-64.
- Latif, M and co-authors. 2001. ENSIP: The El Niño simulation intercomparison project. *Clim Dyn* 18, 255-276.
- Lau KM. 1992. East Asian summer monsoon rainfall variability and climate teleconnection. *J Meteorol Soc Japan* 70, 211-242.
- Lavaniegos BE, Jiménez-Pérez LC and Gaxiola-Castro G. 2002. Plankton response to El Niño 1997-1998 and La Niña 1999 in the southern region of the California Current. *Progress in Oceanography* 54, 33-58.
- Lie HJ. 1984. A note on water masses and general circulation in the Yellow Sea (Hwanghae). *The Journal of the Oceanological Society of Korea* 19, 187-194.
- Liu JY. 2013. Status of marine biodiversity of the China Sea. *Plos One* 8, 1-24.
- Smith PE and Eppley RW. 1982. Primary production and the anchovy population in the Southern California Bight: Comparison of time series. *Limnol Oceanogr* 27, 1-17.
- Suzuki K, Handa N, Kiyosawa H and Ishizaka J. 1997. Temporal and spatial distribution of phytoplankton pigments in the central Pacific Ocean along 175°E during the boreal summers of 1992 and 1993. *Journal of Oceanography* 53, 383-396.
- Mackas DL and Galbraith M. 2002. Zooplankton community composition along the inner portion of Line P during the 1997-1998 El Niño event. *Progress in Oceanography* 54, 423-437. [http://dx.doi.org/10.1016/S0079-6611\(02\)00062-9](http://dx.doi.org/10.1016/S0079-6611(02)00062-9).
- Marinovic BB, Croll DA, Gong N, Benson SR and Chavez FP. 2002. Effects of the 1997-1999 El Niño and La Niña events on zooplankton abundance and euphausiid community composition within the Monterey Bay coastal upwelling system. *Progress in Oceanography* 54, 265-277. [http://dx.doi.org/10.1016/S0079-6611\(02\)00053-8](http://dx.doi.org/10.1016/S0079-6611(02)00053-8).
- Okiyama M and co-authors. 1998. An atlas of the early stage fishes in Japan. Tokyo, Japan. Tokai University Press. Tokyo, Japan, 1-1154.
- Oksanen J and co-authors. 2013. Vegan: community ecology package. R package version 2.0-8. Retrieved from <http://CRAN.R-project.org/package=vegan> on June 17.
- Sánchez-Velasco L, Avalos-García C, Rentería-Cano M and Shirasago B. 2004. Fish larvae abundance and distribution in the central Gulf of California during strong environmental changes (1997-1998 El Niño and 1998-1999 La Niña). *Deep-Sea Research II* 51, 711-722.
- Son YT, Lee SH, Lee JC and Kim JC. 2003. Water masses and frontal structures in winter in the northern East China Sea. *The sea: Journal of Korean Society of Oceanography* 8, 327-339.
- Sugimoto T, Kimura S and Tadokoro K. 2001. Impact of El Niño events and climate regime shift on living resources in the western North Pacific. *Progress in Oceanography* 49, 113-127.
- Trenberth KE. 1997. The definition of El Niño. *Bull Amer Meteor Soc* 78, 2771-2777.
- Trenberth KE and Stepaniak DP. 2001. Indices of El Niño evolution. *J Clim* 14, 1697-1701.
- Yoon JH and Yeh SW. 2009. Study of the relationship between the East Asian marginal SST and the two different types of El Niño. *Ocean and Polar Research* 31, 51-61.