

봄-여름 남해 중부 연안 자어 군집구조

유준택* · 김영혜 · 이승환 · 김진구¹

국립수산과학원 남해수산연구소 자원환경과, ¹부경대학교 자원생물학과

Community Structure of Larval Fish Assemblage in the Coastal Waters of South-central Korea during Spring and Summer by Joon-Taek Yoo*, Yeong Hye Kim, Seung Hwan Lee and Jin-Koo Kim¹ (Fisheries Resources and Environment Division, South Sea Fisheries Research Institute, National Fisheries Institute of Fisheries Science, Yeosu 59780, Republic of Korea; ¹Department of Marine Biology, Pukyong National University, Busan 48513, Republic of Korea)

ABSTRACT We examined monthly variations in community structure of larval fish assemblage in the coastal waters of south-central Korea in spring and summer, 2016. A total of 31 taxa of larvae were collected during the study period. *Engraulis japonicus* larvae were predominated in spring than summer. The larvae of *Cynoglossus abbreviatus*, a spring spawners, were exclusively collected in spring, while those of *Nibea albiflora*, a summer spawners, were exclusively caught in summer. Due to those seasonal differences in abundance of the dominant species, larval fish community was divided into two main seasonal groups (i.e. April~May and June~August). In addition, summer group was divided into two significant subgroups (June~July and August). During August, the larvae of *E. japonicus* and *N. albiflora* sharply decreased in abundance due to abnormally high sea water temperature that was raised up to 28°C, with the temperature being out of range of their optimum spawning temperature.

Key words: Community structure, Larval fish, South-central Korea

서 론

우리나라 남해 연안역은 황해와 동중국해, 동해로 연결되는 여러 수괴와 연안수의 영향을 받는 곳으로 다양한 어류가 서식하며, 회유 어종들의 산란장 및 성육장이다(Han *et al.*, 2002; Ko *et al.*, 2010). 또한, 남해 연안역에서 어획되는 어종들의 비율은 특정 종의 우점 없이 주요 어종 간에 큰 차이가 없고, 어업 생산량은 전체 연안어업 생산량의 40% 이상을 차지하고 있다(Yoon *et al.*, 2014). 이는 남해 연안역은 종다양성이 풍부하고, 어업 생산력이 매우 높은 해역이라는 것을 의미한다.

이와 같이 우리나라 남해 연안역은 수산경제학적으로 매우 중요한 해역임에도 불구하고, 남해안에서 자치어 군집구조에 관한 연구는 대부분 진해만(Yoo *et al.*, 1992), 광양만(Cha and Park, 1994), 순천만(Han *et al.*, 2001), 여자만(Yoo *et al.*, 1993)과 같은 내만역에서 수행되어져 왔다. 또한, 고흥반도와 통영

연안에서 자치어는 봄~여름철에 출현종 및 출현량이 가장 많았다고 보고되어졌으나(Han *et al.*, 2002; Park *et al.*, 2005), 이들 또한 연안 가까운 일부 해역에서 수행된 결과들로 남해 연안역의 자치어 군집 특성을 대변하고 있다고 보기 힘들다.

어류는 난과 자치어 단계를 거쳐 수산자원에 가입하므로, 수산자원의 가입량 변동 예측과 수산자원 관리 계획 수립을 위해서는 자치어의 종조성 및 출현량 변동 등에 관한 정보가 요구된다(Park *et al.*, 2005; Yoo *et al.*, 2016). 따라서, 본 연구에서는 남해 중부 연안역을 대상으로 자치어의 출현종 및 출현량이 증가하기 시작하는 봄에서 여름까지 자어 군집구조의 월 변화를 밝히고자 하였다.

재료 및 방법

1. 수온 조사 및 자치어 채집

조사는 2016년 4~8월 동안 수심 12~62 m 범위의 남해 중

*Corresponding author: Joon-Taek Yoo Tel: 82-61-690-8945,
Fax: 82-61-686-1588, E-mail: Yoojt@korea.kr

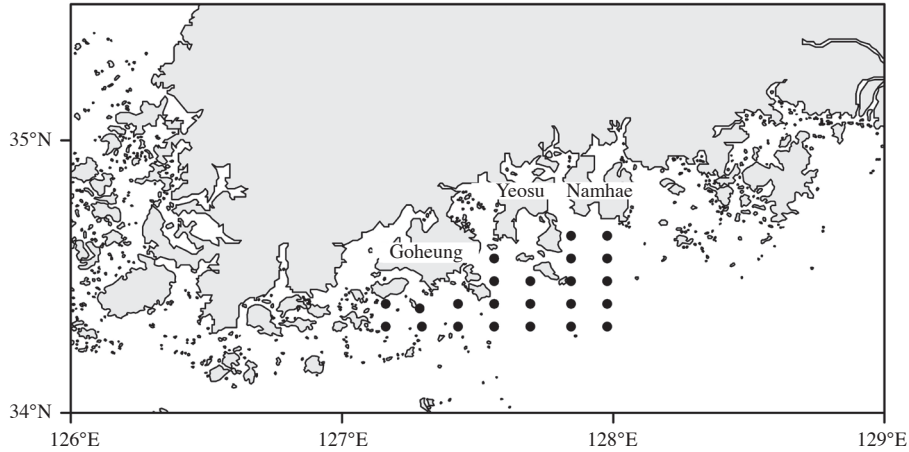


Fig. 1. Stations (black circles) of CTD observation and larval fish collection.

부 연안역에서 매월 중·하순 경에 총 23개 정점에서 수행되었다(Fig. 1). 표면수온은 CTD (Seabird Electronics)을 사용하여 관측하였고, 자어는 RN80 net (구경: 80 cm, 길이: 3 m, 망목: 333 μ m)를 사용하여 수직으로 채집되었다(Fig. 1). 채집된 자어는 현장에서 5% 포르말린으로 고정하였고, 실험실로 운반 후 입체해부현미경 (Olympus, SZX16)을 이용하여 종 수준까지 분류하였다. 종 분류가 불가능할 경우에는 목 혹은 과 수준까지 분류하였다. 자어의 동정은 Kim *et al.* (2011) 및 Okiyama (1988) 등을 참고하였으며, 분류체계와 학명은 Kim and Ryu (2016)를 따랐다. 또한, 채집 개체 수는 수심 30 m까지 무망시험을 5회 반복하여 유량계를 보정한 후, m²당 출현 개체 수로 환산하였다.

2. 군집구조 분석

자어 군집의 월별 종 다양성은 풍부도와 다양도 지수를 사용하여 파악하였다. 종 풍부도 지수로는 채집 개체 수 크기에 독립적인 지수인 Rarefaction curve에 의한 출현 종수의 기대값 (ES)을 사용하였고 (Hurlbert, 1971; Hsieh and Li, 1998), 종 다양도 지수로는 Shannon-Weaver 종 다양성 지수의 채집 개체 수 크기에 따른 편중 (bias)을 줄인 Shannon's entropy 지수를 사용하였다 (Morisita, 1996; Chao and Shen, 2003; Beck and Schwanghart, 2010).

또한, 월별 군집 간 유사도를 파악하기 위해 비가중산술평균 (UPGMA)에 의하여 군집화하는 계보적 집괴분석 (hierarchical cluster analysis)과 nMDS (non-metric multidimensional scaling)를 수행하였다. 거리 산출에는 Bray-Curtis 유사도지수를 사용하였고, 소수 출현 분류군에 의한 유사도지수의 과대평가를 낮추기 위해 로그 변환한 출현 개체 수 자료를 이용하였다. 집괴분석 결과로 구분된 그룹 간 군집의 유의한 차이는 one-way ANOSIM (Analysis of similarities) 분석을 통해 검증하였고,

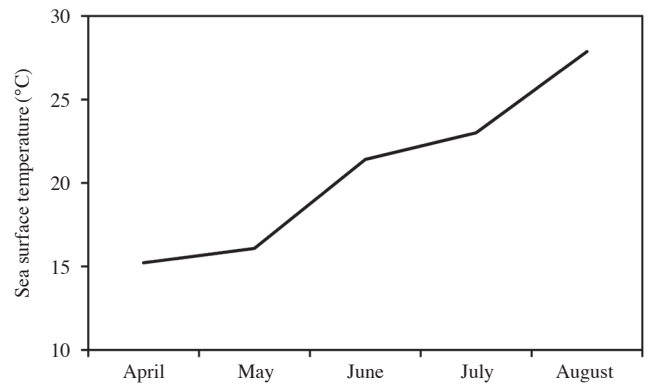


Fig. 2. Monthly change of sea surface temperature in the coastal water of south-central Korea from April to August in 2016.

그룹 간 군집의 유의한 차이에 기여하는 분류군은 SIMPER (Similarity-percentage procedure) 분석을 통해 파악하였다 (Yoo *et al.*, 2014). 위의 모든 분석은 R 통계에서 제공하는 vegan과 SpadeR 패키지를 사용하여 수행하였다 (Oksanen *et al.*, 2014; Chao *et al.*, 2016).

결 과

1. 표면수온

2016년 4월 표면수온 약 15°C에서 지속적으로 상승하여 8월에는 28°C에 달하였다 (Fig. 2).

2. 군집구조

2016년 4~8월 동안 남해 중부 연안역에는 총 42종에 총 5,150개체의 자어가 출현하였다 (Table 1). 출현 종수는 5월까

Table 1. Species composition of larval fishes (inds./m²) collected in the coastal waters of south-central Korea from April to August, 2016

Species	Month					Total
	April	May	June	July	August	
Callionymidae spp.	2	50	14	18	50	134
Carangidae spp.				4		4
<i>Coryphaena hippurus</i>					2	2
<i>Cynoglossus abbreviatus</i>	113	186				299
<i>Cynoglossus joyneri</i>			5	8	22	35
<i>Engraulis japonicus</i>	75	868	155	227	15	1,340
<i>Eopsetta grigorjewi</i>	12					12
Gobiidae sp. A	10					10
Gobiidae sp. B	118	49	32	113	63	375
Gobiidae sp. C		2	2			4
Gobiidae sp. D	98	1,032	33	2	5	1,170
Gobiidae sp. E	83		85	115	110	393
Gobiidae sp. F					2	2
Gymnapogon sp.				2		2
<i>Halichoeres poecilepterus</i>					8	8
<i>Hypodytes rubripinnis</i>				6	5	11
Leiognathidae spp.				2		2
<i>Nibea albiflora</i>			558	203	18	779
<i>Parablennius yatabei</i>			3	2		5
Paralichthyidae spp.				1		1
<i>Paralichthys olivaceus</i>	3	5				8
Parapercis sp.		2				2
<i>Pennahia argentata</i>			3			3
Platycephalus sp.	7	2	48	15		72
Pleuronectidae spp.			2			2
Pomacentridae spp.			5	1	3	9
<i>Pseudorhombus pentophthalmus</i>			3	12	10	25
<i>Rudarius ercodes</i>					3	3
Sciaenidae spp.			17	129		146
<i>Sebastes marmoratus</i>	101	83	10			194
Soleidae spp.			5			5
<i>Stephanolepis cirrifer</i>				47	3	50
<i>Tanakius kitaharai</i>	2					2
<i>Trachurus japonicus</i>					10	10
Triglidae spp.				2		2
Unidentified A			3			3
Unidentified B				4		4
Unidentified C				4	8	12
Unidentified D			2			2
Unidentified E				3		3
Unidentified F					3	3
Unidentified G					2	2
Number of species	12	10	19	22	19	42
Total individuals	624	2,279	985	920	342	5,150

지 12종 이하였으나 6월에 19종으로 늘어나기 시작하였고, 7월에 22종으로 가장 많았고 8월에는 19종으로 감소하였다. 출현 개체 수(/m²)는 5월에 2,279개체로 최대값을 보였고, 그 이후 감소하여 8월에 342개체로 가장 적었다.

조사기간 동안 멸치 (*Engraulis japonicus*)가 1,340개체/m² 출현하여 가장 우점하였다. 멸치는 5월에 868개체/m²로 가장 많았고, 그 이후 감소하여 8월에는 15개체/m²만 채집되었다. 다음으로 망둑어과 D (Gobiidae sp. D)가 총 1,170개체/m² 출현하여 우점하였고, 망둑어과 E (Gobiidae sp. E)와 망둑어과

B (Gobiidae sp. B)도 총 300개체/m² 이상 출현하였다. 수조기 (*Nibea albiflora*)는 6~8월 동안 총 770개체/m² 출현하여 우점종이었다. 수조기의 출현 개체 수(/m²)는 6월에 558개체로 가장 많았고, 8월에 18개체로 급감하였다. 용서대 (*Cynoglossus abbreviatus*)와 솜뱀이 (*Sebastes marmoratus*)도 4~5월의 우점종이었고, 민어과 (Sciaenidae spp.)는 8월의 우점종이었다 (Table 1).

종 풍부도 (ES)와 다양도 (Shannon's entropy) 지수의 월 변화를 Fig. 3에 나타냈다. 종 풍부도와 다양도는 둘 다 5월 들

어 감소한 이후 증가하는 경향을 보였다. 집괴분석을 이용하여 월별 유사성을 살펴보면(Fig. 4), 유사도지수 0.5 수준에서 4~5월(Group 1)과 6~8월(Group 2) 그룹으로 나뉘었다. 유사도지수 0.4 수준에서는 6~8월을 또다시 6~7월(Group 2-1)과 8월(Group 2-2)의 두 개의 그룹으로 나눌 수 있었다. 또한, nMDS에 의해 2차원 공간에서 월별 유사성을 보면, 4~5월,

6~7월 및 8월의 총 세 개의 뚜렷한 군집으로 묶을 수가 있었다(Fig. 4). one-way ANOSIM 분석을 통해 집괴분석으로부터 나누어진 그룹 간 군집의 유의한 차이를 확인한 결과, Group 1과 Group 2 간 차이($R=0.59, p<0.05$)와 Group 2-1과 Group 2-2 간 차이($R=0.13, p<0.05$)는 둘 다 95% 신뢰수준에서 유의하였다.

이러한 그룹 간 군집의 유의한 차이에 영향을 끼친 종을 파악하기 위해 SIMPER 분석을 통해 각 군집의 누적기여율이 70% 이상인 상위 분류군들을 선별하였다(Tables 2, 3). Group 1과 Group 2 간 군집의 유의한 차이에 영향을 끼친 분류군을 기여율 순으로 살펴보면, 망둑어과 D 18.13%, 멸치 11.32%, 용서대 10.22%, 망둑어과 E 8.58%, 수조기 8.38%, 망둑어과 B 7.56%의 순이었다. 이들 중 망둑어과 E와 망둑어과 B를 제외한 나머지 분류군들은 Group 2에 비해 Group 1에서 평균 출현량(average abundance)이 많았다(Table 2).

다음으로 Group 2-1과 Group 2-2 간 군집의 유의한 차이에 영향을 끼친 분류군을 기여율 순으로 보면, 망둑어과 D 14.14%, 멸치 13.78%, 수조기 11.68%, 돛양태과 (*Callionymidae* spp.) 8.72%, 망둑어과 B 8.28%, 민어과 5.28%, 참서대 (*Cyno-*

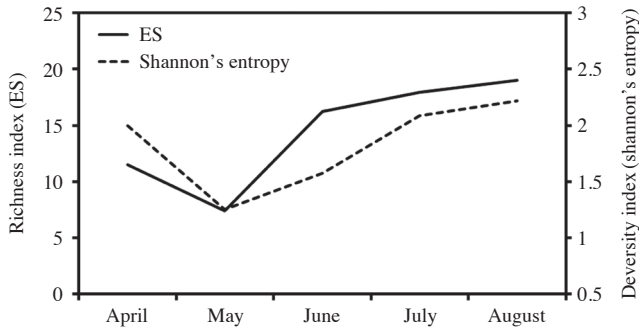


Fig. 3. Monthly changes in the richness (ES) and diversity (Shannon's entropy) indices of larval fishes in the coastal waters of south-central Korea. Richness and diversity indices are estimated from rarefaction and bias-controlled Shannon's entropy, respectively.

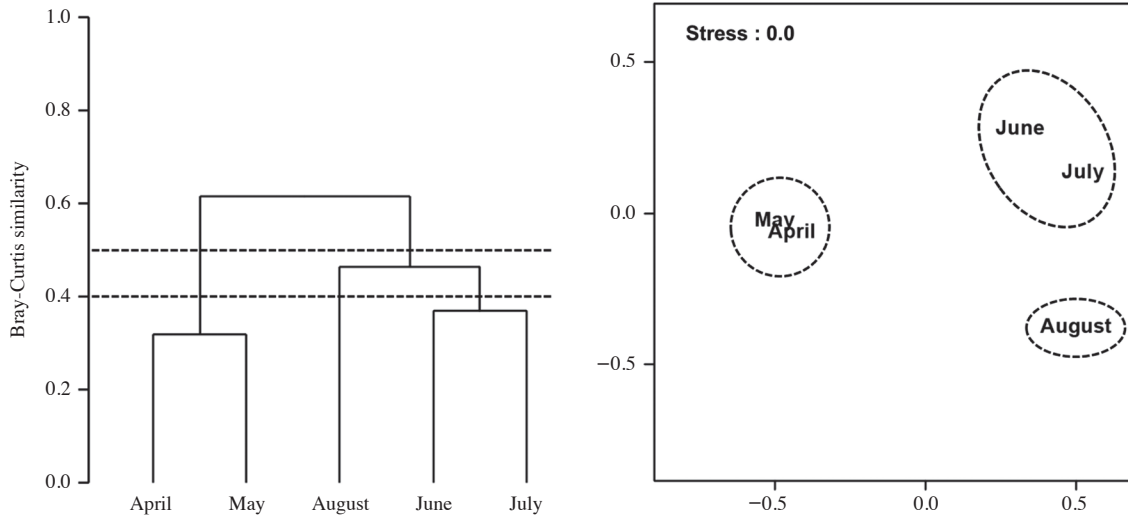


Fig. 4. Dendrogram for hierarchical clustering (left) and nMDS ordination plot (right). The log (x + 1) transformed abundance for each larval fish collected monthly from April to August was used in the clustering and nMDS ordination.

Table 2. Species contribution (%) to the average dissimilarity resulting from SIMPER between group 1 (April~May) and group 2 (June~August)

	Average abundance		Average dissimilarity	Contribution (%)	Cumulative (%)
	Group 1	Group 2			
Gobiidae sp. D	1.17	0.13	0.14	18.13	18.13
<i>Engraulis japonicus</i>	1.02	0.64	0.09	11.32	29.45
<i>Cynoglossus abbreviatus</i>	0.64	0.00	0.08	10.22	39.67
Gobiidae sp. E	0.22	0.54	0.07	8.58	48.25
<i>Nibea albiflora</i>	0.00	0.57	0.06	8.38	56.63
Gobiidae sp. B	0.31	0.34	0.06	7.56	64.19

Table 3. Species contribution (%) to the average dissimilarity resulting from SIMPER between group 2-1 (June~July) and group 2-2 (August)

	Average abundance		Average dissimilarity	Contribution (%)	Cumulative (%)
	Group 2-1	Group 2-2			
Gobiidae sp. E	0.51	0.42	11.92	14.14	14.14
<i>Engraulis japonicus</i>	0.72	0.12	11.61	13.78	27.92
<i>Nibea albiflora</i>	0.61	0.10	9.85	11.68	39.60
Callionymidae spp.	0.20	0.27	7.35	8.72	48.33
Gobiidae sp. B	0.30	0.17	6.98	8.28	56.61
Sciaenidae spp.	0.27	0.00	4.45	5.28	61.88
<i>Cynoglossus joyneri</i>	0.08	0.15	3.71	4.40	66.28

glossus joyneri) 4.40%의 순이었다. 이들 중 돛양태과와 참서대를 제외한 나머지 분류군들은 Group 2-2에 비해 Group 2-1에서 평균 출현량이 많았다(Table 3).

고 찰

본 연구는 봄~여름철 동안 남해 중부해역에서 수심 60m에 이르는 연안역 전반에 걸쳐 수온 변화에 따른 자어의 월별 군집구조 변화를 명확히 보였다. 조사기간 동안 남해 중부 연안역에서 표면수온은 전형적인 계절변화를 보였다. 특히, 8월 들어 수온은 28°C까지 증가하였다(Fig. 2). Seong *et al.* (2014)은 1965~2010년의 40년간 여수연안에서 8월의 평균 표면수온은 24.7°C였다고 보고하였다. 또한, 기상청이 발간한 2016년 이상기후보고서에 따르면, 2016년 연평균 기온은 1973년 이래 가장 높았고, 8월에 남해안 일부 연안에서는 표층수온이 평년보다 7~8°C까지 상승하였다(KMA, 2017). 따라서, 남해안에서 2016년 8월은 이상 고수온 현상이 발생한 때로 판단된다.

남해 중부 연안역에서 조사기간 동안 자어 군집의 종 다양성은 5월을 제외하면 전반적으로 수온 상승에 따라 높아졌다(Fig. 3). 이와 같은 변화는 통영 연안역의 자어의 월별 군집 변화에서도 보여졌다(Park *et al.*, 2005). 5월에 종 다양성이 감소한 것은 멸치와 망둑어과 D의 채집량이 매우 많아 우점도가 높아졌기 때문이었다. 해양에서 자어는 패치(patchy) 분포를 한다(Sanvicente-Añorve *et al.*, 2000). 따라서, 5월만 종 다양성이 감소한다고 보기보다는 몇몇 자어가 우연히 대량으로 채집되어 우점도가 높아진 때문으로 볼 수도 있다.

4~8월 동안 월별 군집은 크게 4~5월과 6~8월의 유의한 두 개의 그룹으로 묶을 수 있었고, 이는 남해 중부 연안역에서 표면수온 20°C 전후로 봄과 여름철의 군집 특성을 나타내고 있는 것으로 판단된다(Figs. 2, 4). 또한, 6~8월은 다시 25°C 전후로 6~7월과 8월의 유의한 두 개의 그룹으로 나눌 수 있었다(Figs. 2, 4). 이는 남해 중부 연안역에서 정상적인 여름철 수온을 유지할 때와 이상 고수온 현상이 발생할 때의 군집 특성을 나타내고 있는 것으로 추정된다.

계절별 군집 간 유의한 차이에 기여하는 분류군 중 멸치와 용서대의 평균 출현량은 여름보다 봄에 많았고, 수조기의 평균 출현량은 봄보다 여름에 많았다(Table 2). 멸치는 15~25°C 범위가 산란 적정수온이고, 부화해서 1개월 후에 약 3 cm TL의 치어로 성장한다(Mitani, 1988; Tsuruta, 2001). 따라서, 남해 중부 연안역에서 8월보다 4~7월에 멸치 자어의 출현량이 많았던 것에는 8월보다 4~7월에 멸치의 산란 적수온이 형성되었던 것이 하나의 원인으로 작용했을 것으로 판단된다. 반면, 8월에는 이상 고수온으로 인해 멸치 산란량이 급격히 감소하여 멸치 자어의 출현량도 급격히 감소하였던 것으로 추정된다.

용서대는 산란기가 3~4월이고, 매우 빠른 초기 성장을 보인다(Baek and Huh, 2004). 따라서, 3~4월에 남해 중부 연안역에서 산란된 용서대가 성장하여 4~5월에 조사해역에 출현하였고, 6월 들어서는 보다 크게 성장하여 본 연구에서 사용한 네트에 채집이 안되었거나 혹은 다른 해역으로 이동했을 것으로 추정된다.

수조기는 산란기가 5월 말~8월 초이므로 6월 들어 자어가 출현했던 것으로 판단된다(Kakuda and Nakai, 1981). 또한, 8월에 위에 언급한 멸치 자어의 출현량 감소 외에 수조기 자어의 출현량 감소도 6~7월과 8월의 군집 간 유의한 차이에 크게 기여하고 있었다(Table 3). Takita (1974)는 일본 Ariake 주변 해역에서 수조기는 부화해서 4일 후 전장 약 3 mm의 자어로 성장하고, 주 산란기간 동안 수온은 19~23°C이며, 성어 분포해역의 수온은 15~27°C라고 보고하였다. 따라서, 8월에 남해 중부 연안역에서 28°C의 수온은 수조기 성어가 산란하고 서식하기에 부적절한 수온대였고, 이로 인해 부화해서 며칠이 안된 자어의 출현량도 감소하였던 것으로 생각된다.

망둑어과 자어는 집괴분석 결과로 구분된 그룹 간 군집의 유의한 차이에 크게 기여하고 있었다(Tables 2, 3). 망둑어과 어류는 우리나라 주변 해역에서 대표적인 주거종(resident species)이나, 종 분류가 어렵고 생태적 특성에 대해서도 알려진 바가 적다(Yoo *et al.*, 2015). 또한, 6~7월과 8월의 군집 간 유의한 차이에 기여하고 있는 분류군 중 돛양태과와 민어과는 정확한 종 분류가 안 되어 향후 좀더 정밀한 분석이 요구된

다. 참서대과 어류는 매우 빠른 초기 성장율을 보이는 특징을 가지며, 참서대의 주 산란기는 6월 말~8월 초이다(Lee *et al.*, 2000; Baeck and Huh, 2004). 따라서, 7월에 산란된 참서대가 8월에 자어로 성장하여 본격적으로 조사해역에 출현하였던 것으로 추정된다.

위에서 언급한 바와 같이 봄~여름철 동안 남해 중부 연안역에서 자어 군집은 각각 출현종들의 산란기, 산란 적정수온 등의 차이로 인해 계절변화를 하였다. 또한, 본 연구에서는 여름철 이상 고수온 발생에 따른 자어의 종조성 및 출현량 변화를 밝혔다. 이와 같은 정보는 이상 고수온과 같은 이상해황 발생 시, 수산자원의 가입량 변동 등을 예측하는 데 매우 유용하게 쓰일 것으로 판단된다.

향후, 가을과 겨울철 동안 남해 연안역에 분포하는 자어의 월별 군집구조 변화에 대한 파악도 필요하다. 또한, 본 연구는 Fig. 1에 나타난 것처럼 고흥~남해 연안 전반에 걸쳐 자어의 분포특성을 조사하였고, 조사해역에서 수괴 변화에 따른 자어의 공간적 군집구조 변화에 대해서도 향후 추가적으로 분석할 계획이다. 이를 통해 출현종별 산란장에 대한 추정도 가능할 것으로 기대된다.

요 약

본 연구는 남해 중부 연안역에서 2016년 4~8월까지 자어 군집구조의 월 변화를 조사하였다. 조사기간 동안 총 42종의 자어가 출현하였다. 우점종 중 멸치(*E. japonicus*)는 여름보다는 봄철에 우점하였고, 용서대(*C. abbreviates*)는 봄철에만 출현하였으며 수조기(*N. albiflora*)는 여름철에만 출현하였다. 자어 군집은 계절별로 4~5월(봄)과 6~8월(여름)의 그룹으로 유의하게 나눌 수 있었고, 여름철은 또다시 6~7월과 8월의 두 개의 유의한 그룹으로 나눌 수 있었다. 2016년 8월 조사해역에서는 이상 고수온 현상이 발생하여 표면수온이 28°C까지 상승하였고, 멸치와 수조기 자어의 출현량은 산란 적정수온을 넘는 수온으로 인해 급감하였다.

사 사

본 연구는 2017년도 국립수산과학원 수산과학연구사업(남해 연안어업 및 환경생태조사, R2017032)의 지원으로 수행되었으며, 연구비 지원에 감사드립니다.

REFERENCES

Baeck, G.W. and S.H. Huh. 2004. Age and growth of three-lined

tonguefish (*Cynoglossus abbreviates*) (Soleidae; Teleostei). J. Kor. Fish. Soc., 37: 51-56. (in Korean)

Beck, J. and W. Schwanghart. 2010. Comparing measures of species diversity from incomplete inventories: an update. Methods Ecol. Evol., 1: 38-44.

Cha, S.S. and K.J. Park. 1994. Distribution of the ichthyoplankton in Kwangyang Bay. Kor. J. Ichthyol., 6: 60-70. (in Korean)

Chao, A., K.H. Ma, T.C. Hsieh and C.H. Chiu. 2016. SpadeR: species-richness prediction and diversity estimation with R. R package version 0.1.1.

Chao, A. and T.J. Shen. 2003. Nonparametric estimation of Shannon's index of diversity when there are unseen species in sample. Environ. Ecol. Stat., 10: 429-443.

Han, K.H., D.Y. Kim, D.S. Jin, S.S. Shin, S.R. Baik and S.H. Oh. 2001. Seasonal variation and species composition of ichthyoplankton in Suncheon Bay, Korea. Kor. J. Ichthyol., 13: 136-142. (in Korean)

Han, K.H., Y.H. Shin and D.S. Hwang. 2002. Seasonal variations in species composition of ichthyoplankton off Kohung Peninsula, Korea. Kor. J. Ichthyol., 14: 45-52. (in Korean)

Hsieh, H.L. and L.A. Li. 1998. Rarefaction diversity: a case study of polychaete communities using an amended fortran program. Zool. Stud., 37: 13-21.

Hurlbert, S.H. 1971. The nonconcept of species diversity: a critique and alternative parameters. Ecology, 52: 577-586.

Kim, J.K. and J.H. Ryu. 2016. Distribution map of sea fishes in Korea. MOF, KIMST and PKNU, Busan, Korea, 667pp. (in Korean)

Kim, J.K., J.H. Ryu, S. Kim, D.W. Lee, K.H. Choi, T.U. Oh, K.S. Hwang, J.H. Choi, J.N. Kim, H.J. Kwun, H.S. Ji and J.N. Oh. 2011. An identification guide for fish eggs, larvae and juveniles of Korea. Hanguel Graphics, Busan, Korea, 350pp. (in Korean)

Ko, J.C., Y.I. Seo, H.Y. Kim, S.K. Lee, H.K. Cha and J.I. Kim. 2010. Distribution characteristics of eggs and larvae of the anchovy *Engraulis Japonica* in the Yeosu and Tongyeong coastal waters of Korea. Kor. J. Ichthyol., 22: 256-266. (in Korean)

Kakuda, S. and K. Nakai. 1981. On the maturity and spawning of *Nibea albiflora*. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish., 47: 17-25.

KMA (Korea Meteorological Administration). 2017. 2016 abnormal climate report, KMA, 190pp. (in Korean)

Lee, J.S., S.Y. Kim and K.H. Ma. 2000. Ovarian development and reproductive cycle of the female red tongue sole, *Cynoglossus joyneri* (Teleostei: Cynoglossidae). J. Kor. Fish. Soc., 33: 554-558. (in Korean)

Mitani, I. 1988. Characteristics of daily age composition of larvae of Japanese anchovy *Engraulis japonica* in the fishing ground in Sagami Bay. Nippon Sui. Gak., 54: 209-214. (in Japanese)

Morisita, M. 1996. On the influence of the sample size upon the values of species diversity. Japan J. Ecol., 46: 26-289. (in Japanese)

- Okiyama, M. 1988. An atlas of the early stage fishes in Japan. Tokai University press, Tokyo, Japan, 1641pp. (in Japanese)
- Oksanen, J. and co-authors. 2014. Vegan: community ecology package. R package version 2.0-10.
- Park, K.D., J.G. Myoung, Y.J. Kang and Y.U. Kim. 2005. Seasonal variation of abundance and species composition of ichthyoplankton in the coastal water off Tongyoung, Korea. J. Kor. Fish. Soc., 38: 385-392. (in Korean)
- Sanvicente-Añorve, L., C. Coto-Flores and X. Carrara-Chiappa. 2000. Temporal and spatial scales of ichthyoplankton distribution in the southern Gulf of Mexico. Est. Coast. Shelf. Sci., 51: 463-475.
- Seong, K.T., Y.H. Choi, J.H. Koo and S.B. Jeon. 2014. Fluctuations and time series forecasting of sea surface temperature at Yeosu coast in Korea. J. Korean Soc. Mar. Env. Ene., 17: 122-130. (in Korean)
- Takita, T. 1974. Studies on the early life history of *Nibea albiflora* (Richardson) in Ariake Sound. Bull. Fac. Fish. Nagasaki Univ., 38: 1-55. (in Japanese)
- Tsuruta, Y. 2001. Life history strategy of Japanese anchovy. Nippon Sui. Gak., 67: 1133-1134. (in Japanese)
- Yoo, J.M., S. Kim and E.K. Lee. 1993. The effect of freshwater input on the abundances of fish eggs and larvae during on rainy season in Yoja Bay, Korea. Ocean Res., 15: 37-42. (in Korean)
- Yoo, J.M., S. Kim, E.K. Lee and J.S. Lee. 1992. The distribution of ichthyoplankton in Chinhae Bay. Ocean Res., 14: 77-87. (in Korean)
- Yoo, J.T. and J.M. Jeong. 2016. Gut composition of postlarval and juvenile anchovy *Engraulis japonicus* in the coastal waters of Yeosu, Korea. Kor. J. Fish. Aquat. Sci., 49: 642-647.
- Yoo, J.T., J.K. Kim and M.S. Choi. 2014. Changes of structure community of fish collected by a gape net with wings after 12 years in the coast of Wando Island, Korea. Kor. J. Fish. Aquat. Sci., 47: 659-666. (in Korean)
- Yoo, J.T., K.T. Seong and Y.H. Kim. 2015. Changes in the community structure of fish collected by a gape net with wings in the coastal waters of Jindo Island in response to a cold water appearance in the southwestern sea of Korea. Kor. J. Fish. Aquat. Sci., 48: 776-782. (in Korean)
- Yoon, S.C., Y.K. Jeong, C.I. Zhang, J.H. Yang, K.H. Choi and D.W. Lee. 2014. Characteristics of Korean coastal fisheries. Kor. J. Fish. Aquat. Sci., 47: 1037-1054. (in Korean)