

영산강 하구역의 춘계와 하계에 출현하는 어류플랑크톤의 종조성과 개체수

진병선*

안양대학교 해양바이오공학과 교수

Species composition and abundances of ichthyoplankton in Yeongsan River Estuary in Spring and Summer

Byung Sun CHIN*

Professor, Department of Marine Biotechnology, Anyang University, Icheon 23038, Korea

This study was conducted to provide the basic information on environment effects on appearance of ichthyoplankton in the Yeongsan River Estuary in Spring and Summer from 2018 to 2020. Data were obtain from the database of 'Coastal Ecosystem' in "National Survey of Marine Ecosystem." Among the abundance ichthyoplankton species, the Gobiidae spp. dominated, accounting for 85% of the total abundances with the secondary dominant species being the *Parablennius yatabei*, representing 3% of the abundances. Cluster analysis results revealed a composition differentiated between spring and summer. The Yeongsan River Estuary is known to be significantly influenced by the opening and closing of estuarine gates. In this study, the fluctuation in the number of occurrence groups and abundance among the years and season is attributed to the phenomenon of high water temperature period and the freshwater discharge.

Keywords: Yeongsan river estuary, National survey of marine ecosystem, Ichthyoplankton, Species composition

서론

해양에서 많은 어란을 산란하는 어류는 초기생활사에 해당하는 자어기와 치어기에 높은 사망률을 나타내는 민감한 시기(critical period)를 보내고 성어 집단으로 가입한다(Gray, 1993). 가입하는 양은 환경요인이 미치는 영향에 따라 초기 성장에 작용하여 변화를 나타내고, 해양환경에서 자치어는 유영능력이 없거나 약한 특성

때문에 비생물적 환경요인(수온, 염분, 해류에 의한 수송)과 생물학적 요인(먹이유무, 포식)에 민감하고 치명적인 영향이 있을 수 있다(Saville and Schnack, 1981; Chambers and Trippel, 1997; Fuiman and Werner, 2002). 초기생활사에서 자치어의 생존과 성장은 수온이 증가하면 성장이 빨라지는 경향을 나타내고 수온이 매우 높거나 낮으면 생존율이 낮아진다(Takasuka and

Received 19 January 2024; Revised 13 February 2024; Accepted 23 February 2024

*Corresponding author: hkhachin@anyang.ac.kr, Tel: +82-32-930-6029

Copyright © 2024 The Korean Society of Fisheries and Ocean Technology

Aoki, 2006; Chin et al., 2007; Nakagawa, 2007; Chin et al., 2007; Lee et al., 2017).

해수와 담수가 만나는 하구역은 육지로부터 유입된 풍부한 영양염으로 유기물 함량이 높고 먹이생물이 풍부하여 다양한 어류의 서식처를 제공하며, 산란장과 성육장으로 이용하고 있는 다양한 어류상을 나타낸다 (Reid and Wood, 1976; Gibson, 1994; Abookire et al., 2000; Park, 2000; Yang et al., 2001). 자치어 분포 조사는 군집구성 및 시공간적 분포에 대한 다양한 정보를 제공하고 어류의 산란장과 성육장을 식별하는 자료로 활용될 수 있고 수산자원의 가입량 변동예측과 보호 관리 및 평가를 연구하는데 중요한 기초자료를 제공한다(Moon et al., 2018; Makrakis, 2019; Fuiman and Werner, 2002).

법정조사인 국가해양생태계종합조사 중 연안생태계 조사는 생태계 모니터링을 위하여 2년 동안에 한 번(홀수년 서해와 남해서부; 짝수년 동해와 남해동부 및 제주) 전국 연안을 조사하고 있고 조사수행시 5월과 8월에 생물학적 항목 및 비생물학적 항목을 조사수행하고 있다. 중점 해역은 매년 조사를 수행하고 있고 본 연구에서는 2018년부터 수행하고 있는 영산강하구역에서 자료를 분석하였다. 어란 및 자치어의 조사는 사계절 조사가 원칙이고 동계와 춘계 및 하계 조사는 필수적이다(Lee, 2004; Yeo et al., 2020).

영산강 하구는 서해 남부의 가장자리에 위치하고 다수의 섬에 둘러싸여 있는 폐쇄적인 해역으로 1981년에 해안선을 따라 건설된 영산강하굿둑으로 인해 해당 지역은 물리적으로 담수역과 해수역으로 나누어져서 자연적인 하구에서 인공적인 형태로 변형되었으며, 담수역은 고수온 기후에서의 저층 빈산소층을 형성한다고 보고되었다(Lim and Park, 1998; Song et al., 2015). 또한, 해수역에서는 하굿둑의 갑문 개폐로 인위적인 담수 유입으로 인해 생물 및 수질에 급격한 변화가 발생한다 (Sin and Jeong, 2015). 2014년에 하굿둑의 갑문 길이가 두 배로 증가함으로써 갑문 개방 시에 담수량이 유입의 증가 가능성이 있고 이 영향으로 생태계에 미치는 영향이 더욱 증대된다고 예상되고 있다(Park and Sin, 2022).

본 연구에서는 영산강하구역에서 생물적 환경/비생물적 환경이 자치어의 종조성과 출현 개체수에 미치는 영향에 대한 기초자료를 제공하자 한다.

재료 및 방법

연안생태 조사에서 매년 생성되는 자료 중 영산강하구역의 2018~2020년 춘계와 하계 DB자료를 이용하였다. 해양 조사 및 분석은 해양환경공단이 제작한 “국가 해양생태 종합조사 조사 지침서”(MOF and KOEM, 2016)에 따라 수행되었다. 영산강하구역의 6개 정점은 영산강 입구와 목포항에 걸쳐 4개의 정점과 외부 부근에 2개 정점이 있다(Fig. 1). 생산된 자료 중 수온, 염분, 동물플랑크톤의 밀도, 어란의 밀도, 자치어 밀도 및 종조성을 분석에 이용하였다. 강우량을 보완하는 자료로 기상청의 목포로 본 조사 이전 14일간 누적 강우량 자료를 이용하였다. 담수방류량은 영산강하굿둑의 자료를 한국농어촌공사(data.go.kr)에서 제공받은 자료를 이용하였다. 환경요인 분석으로 같은 계절의 연도별로 유의성을 파악하기 위하여 Tukey test를 수행하였고 환경자료 및 로그 치환한 생물자료를 로그 치환한 자치어와 Pearson 상관관계 분석을 수행하였고 SPSS26 (IBM Corp.)을 이용하여 수행하였다.

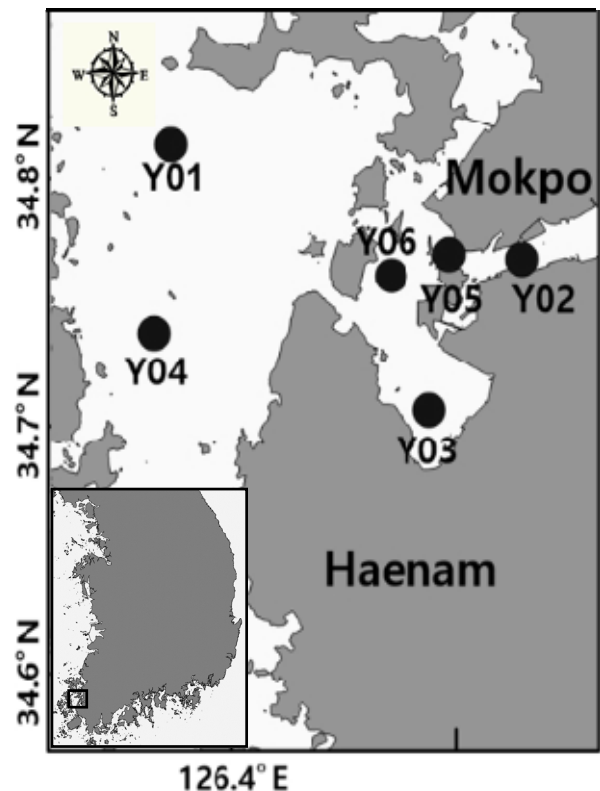


Fig. 1. Map showing the sampling stations in the Yeongsan River Estuary.

자치어의 종 동정은 Kim et al. (2011)과 Okiyama (2014)의 문헌을 참고하여 종 수준까지 하였으며 분류 체계와 학명은 WORMS (World Register of Marine Species)와 국가해양수산물종목목록집(MABIK, 2023)을 참고하였다. 자치어 정점 군집간의 유의성을 파악하기 위해 계절별, 정점별로 구분하여 유사도분석(one-way analysis of similarity, ANOSIM)을 실시하여 그 결과 유의한 차이가 있으면 SIMPER (similarity percentage) 분석을 수행하였고 분류군명과 출현 개체수를 이용하였다. Primer 6.0 (Primer-e Ltd)을 사용하여 ANOSIM, SIMPER 분석을 수행하였다.

결 과

해양환경

본 연구에서 표층과 저층의 수온 및 염분, 동물플랑크톤 밀도, 어란밀도 자료는 조사시기별로 정리하였다 (Table 1). 표층 춘계의 평균 수온은 2018년(15.7±0.8℃)이 가장 낮았고 2019년(18.5±0.5℃)이 가장 높았고 저층 평균수온은 동일한 양상을 나타냈다. 하계의 표층 평균 수온은 2018년에 가장 높았고 2020년에 가장 낮았고 저층 평균 수온도 동일한 양상을 나타냈다. 수온은 동일 계절 내에서 연도별로 통계적으로 유의하였다(P<0.05).

평균 염분은 춘계에 표층과 저층에서 연도별로 차이가 없었고 하계에는 평균 표층 염분은 2018년(32.7±0.5 psu)이 가장 높았고 2019년과 2020년 간의 차이가 없었으며 (P<0.05) 평균 저층 염분은 2018년에 가장 높았고 2020년에 가장 낮았다. 강우량은 춘계가 하계보다 많은 경향을 나타냈고 2019년 하계에 프란시스코 태풍이 지나가

고 10일 후의 조사로 강우량이 많았다. 담수방류량 (Discharge)은 2019년 춘계(18,068×10³ ton)에 가장 많았고 2020년 춘계와 2018년 하계에는 담수방류량이 없었다. 동물플랑크톤의 밀도는 춘계보다는 하계의 출현 개체수가 많은 경향을 나타냈지만, 2020년은 하계의 출현 개체수(539±162 ind./m³)가 춘계보다 적고 연도별 계절 중에 가장 적었다. 어란 밀도는 춘계가 하계보다 출현 개체수가 많은 경향을 나타냈고 2019년 하계만 춘계보다 출현 개체수가 많았다. 담수방류량이 없었던 2020년 춘계에 어란의 출현 개체수가 가장 많았고 멸치(*Engraulis japonicus*) 어란이 전체 출현 개체수의 46.3% (17,492 egg/1,000m³)를 차지하였다. 멸치어란의 출현 개체수는 춘계 2018년에 6.8% (903 egg/1,000m³)이었고 2019년에 3.2% (82 egg/1,000m³)이었으며 하계에 2018년에 출현하지 않았고 2019년에 0.8% (69 egg/1,000m³) 그리고 2020년에 10.8% (203 egg/1,000m³)이었다.

해양환경과 상관관계

수온과 염분의 상관관계 분석결과 하계에 표층(P=0.025) 및 저층(P<0.01)에서 통계적으로 유의하게 나타났지만, 춘계에는 상관관계를 나타내지 않았다(Fig. 2). 상관관계의 표준편차(Standard deviation; SD)의 2배는 통계적으로 약 95%의 신뢰구간에 해당하고 2020년의 표층에서 수온과 염분의 관계는 하굿둑에 인접한 정점 Y02 (20Y02)와 Y05 (20Y05)은 낮은 염분을 나타내며 2SD 범위에 미달하였는데 담수방류가 원인으로 판단되었다 (Fig. 2a). 영산강하굿둑에서 거리가 먼 정점 Y04의 2019~2020년 하계에서 상대적으로 낮은 수온에서 높은

Table 1. Temporal distributions of abiotic- and biotic parameters in the Yeongsan River estuary of 2018~2020

Season	Date	Surface		Bottom		Precipitation (mm/hr)	Discharge (10 ³ ton)	Zooplankton density (ind./m ³)	Fish egg density (egg/1000m ³)
		Temp. (°C)	Salinity (psu)	Temp. (°C)	Salinity (psu)				
Spring	9~10 May 2018 (neap tide)	15.7±0.8a	30.7±1.9	14.8±0.2a	32.1±0.4	51.8	7,429±4,913	2,197±1,653	2,216±1,939
	31 May 2019 (-)	18.5±0.5b	28.5±6.3	18.7±0.7b	30.3±2.9	116.3	18,068±0	1,707±565	431±321
	24 May 2020 (spring tide)	17.3±0.7c	31.4±1.1	16.5±0.6c	32.0±0.5	28.3	0±0	1,429±681	6,294±4,728
Summer	7 Aug. 2018 (neap tide)	28.9±0.9a	32.7±0.5a	27.2±0.8a	31.7±1.5a	0.0	0±0	2,525±1,393a	3±4a
	17~20 Aug. 2019 (spring tide)	26.4±0.7b	28.3±2.7b	26.4±0.7b	29.9±3.0b	105.5	1,369±3,352	3,118±2,868a	1,419±2,272b
	22 Aug. 2020 (spring tide)	25.3±0.8c	25.5±4.2b	25.3±0.8c	28.3±1.5c	9.9	13,744±0	539±162b	313±328b

Different letters indicate statistical differences.

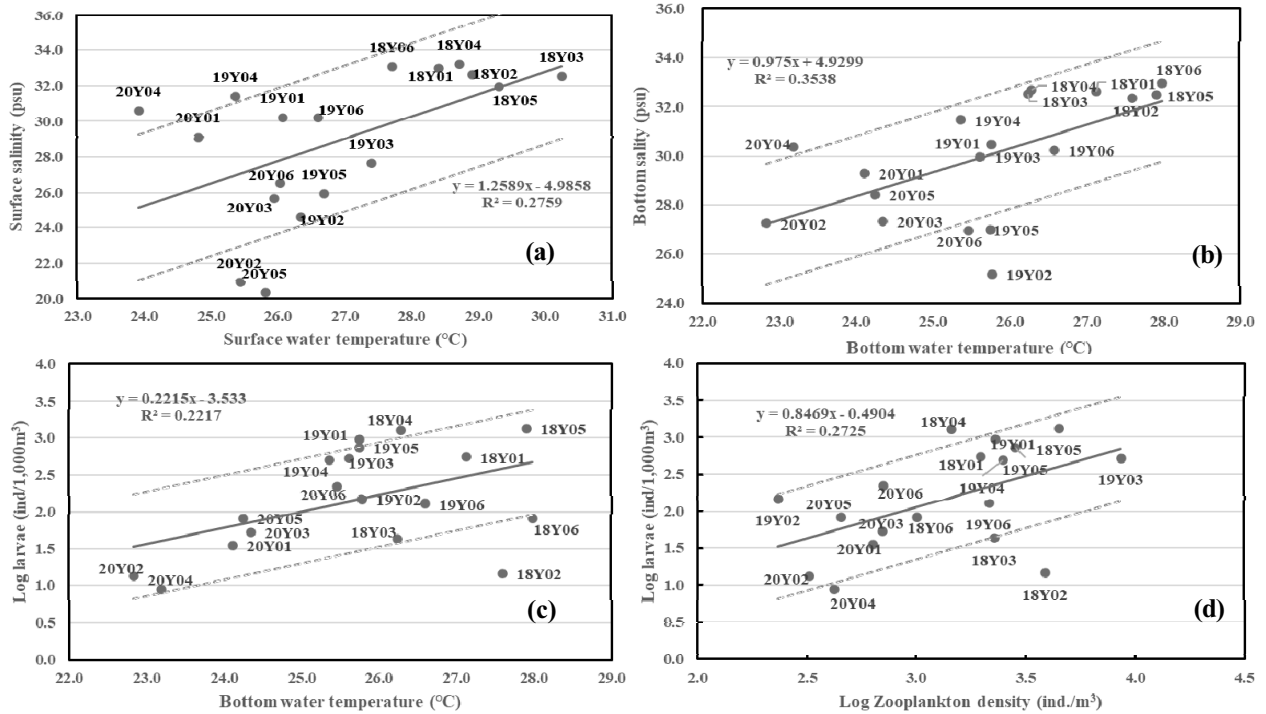


Fig. 2. Correlation among environment parameters in the Yeongsan River estuary in summer of 2018~2020. Solid line is trend line between parameters and dot line indicates standard deviation. Label indicate year and station (Y01~06).

염분을 나타내며 2SD범위를 초과하였다. 저층의 수온과 염분의 관계에서 2019년에 정점 Y02와 Y05와 2020년에 정점 Y06에서 상대적으로 낮은 염분을 나타냈고 2020년 정점 Y04에서 높은 염분을 나타냈다(Fig. 2b).

자치어의 밀도와 환경항목 간의 상관관계에서 하계 저층 수온과 하계의 동물플랑크톤 밀도만 통계적으로 유의하였다(Fig. 2). 자치어 밀도와 하계의 저층 수온($P < 0.05$)과 관계는 양의 상관관계를 나타냈고 2018년에 정점 Y02와 Y06에서 2SD범위에 미달하였고 2018년 정점 Y04와 2019년 정점 Y01은 초과하였다(Fig. 2c). 초과하였던 정점은 하굿둑에서 상대적으로 거리가 멀리 있었던 정점이었다. 자치어 밀도와 동물플랑크톤의 밀도($P = 0.03$)는 양의 상관관계를 나타냈고 2018년 영산강하굿둑에 가장 인접한 정점 Y02과 금호호와 영산호에 가장 인접한 Y03과 2020년 정점 Y04는 미달하였고 2018년 정점 Y04는 초과하였다(Fig. 2d). 미달하였던 2018년 정점 Y02와 Y03은 망둑어과 자치어가 전혀 출현하지 않아서 상대적으로 출현 개체수가 적었고 초과한 2018년 정점 Y04는 다른 해보다 망둑어과 자치어의 출현 개체수($1,275 \text{ ind./1,000m}^3$)가 3배 이상이었다. 정점 Y01에서 2019년에 출현 개체수

가 많았던 자치어 분류군은 망둑어과(Gobiidae spp.), 청베도라치(*Parablennius yatabei*), 멸치(*E. japonicus*)순으로 출현하였고 멸치 자치어는 $33.6 \text{ ind./1,000m}^3$ 로 조사 기간에 가장 많이 출현하였다.

종조성

조사 기간에 총 30개 분류군의 자치어가 출현하였고 춘계에 총 11개 분류군이 출현하였고 하계에 총 22개 분류군이 출현하였다(Table 2). 연도별로는 춘계에 3~8개 분류군이 출현하였고 하계에 8~18개 분류군이 출현하였다. 출현한 자치어는 열동가리돔(*Jaydia lineata*), 돛양태과(Callionymidae sp.), 용서대(*Cynoglossus abbreviatus*), 참서대(*Cynoglossus joyneri*), 멸치, 망둑어과(Gobiidae spp.), 놀래기(*Halichoeres tenuispinis*), 놀래기과(Labridae sp.), 해마(*Hippocampus haema*), 전어(*Konosirus punctatus*), 쥐치과(Monacanthidae sp.), 주둥치(*Nuchequula nuchalis*), 앞동갈베도라치(*Omobranchus elegans*), 청베도라치, 보구치(*Pennahia argentata*), 흰베도라치(*Pholis fangi*), 양태(*Platycephalus indicus*), 가자미과(Pleuronectidae sp.), 정어리(*Sardinops sagax*), 볼락과(Sebastidae sp.), 썸뱃

Table 2. Species composition of ichthyoplankton in Yeongsan River Estuary of 2018~2020

Family	Scientific name	Spring			Summer			Total	R.A(%)
		2018	2019	2020	2018	2019	2020		
Clupeidae	<i>Sardinops sagax</i>	7.5						7.5	0.08
	<i>Konosirus punctatus</i>			14.5				14.5	0.16
Engraulidae	<i>Engraulis japonicus</i>		26.5			64.7	10.4	101.6	1.14
Syngnathidae	<i>Syngnathus schlegeli</i>					5.5	16.4	21.9	0.25
	<i>Hippocampus haema</i>				8.4			8.4	0.09
Callionymidae	Callionymidae sp.				16.2	82.3	38.0	136.5	1.54
Sebastidae	Sebastidae sp.			3.9		117.7		121.6	1.37
	<i>Sebastiscus</i> sp.					117.7		117.7	1.32
	<i>Sebastiscus marmoratus</i>					26.3		26.3	0.30
Platycephalidae	<i>Platycephalus indicus</i>		5.4			22.0		27.3	0.31
Apogonidae	<i>Jaydia lineata</i>					3.8		3.8	0.04
Carangidae	<i>Trachurus japonicus</i>		12.0					12.0	0.14
Leiognathidae	<i>Nuchequula nuchalis</i>				42.4	7.5		49.9	0.56
Sciaenidae	<i>Pemahia argentata</i>					3.8		3.8	0.04
Sillaginidae	<i>Sillago japonica</i>					208.5		208.5	2.35
Labridae	Labridae sp.				33.6			33.6	0.38
	<i>Halichoeres tenuispinis</i>					15.6		15.6	0.18
Pholidae	<i>Pholis fangi</i>	3.8						3.8	0.04
Blenniidae	<i>Parablennius yatabei</i>		88.3		6.7	161.7	8.2	264.8	2.98
	<i>Omobranchus elegans</i>					41.7	52.7	94.5	1.06
Gobiidae	Gobiidae spp.	537.0	266.9	1,141.0	3,155.4	2,188.5	268.1	7,556.8	84.99
Sphyraenidae	Sphyraenidae sp.						3.3	3.3	0.04
Trichiuridae	<i>Trichiurus japonicus</i>					3.8		3.8	0.04
Pleuronectidae	Pleuronectidae sp.			2.2				2.2	0.02
Cynoglossidae	<i>Cynoglossus joyneri</i>		5.9			2.4		8.3	0.09
	<i>Cynoglossus abbreviates</i>					3.8		3.8	0.04
Monacanthidae	Monacanthidae sp.		3.0					3.0	0.03
Tetraodontidae	Tetraodontidae						6.3	6.3	0.07
	<i>Takifugu niphobles</i>				7.4			7.4	0.08
Unidentified			8.4		6.7	7.5		22.6	0.25
Total		548.3	416.3	1,161.6	3,276.7	3,084.8	403.3	8,891.1	100.0
Mean		91±195	69±87	194±347	546±614	495±321	67±78		
Number of species		3	8	4	8	18	8	30	

R.A: relative abundance.

이(*Sebastiscus marmoratus*), 썸뱅이속(*Sebastiscus* sp.), 청보리멸(*Sillago japonica*), 꼬치고기과(Sphyraenidae sp.), 실고기(*Syngnathus schlegeli*), 참복과(Tetraodontidae sp.), 복섬(*Takifugu niphobles*), 전갱이(*Trachurus japonicus*), 갈치(*Trichiurus japonicus*) 분류군이었다.

조사기간에 출현한 자치어의 종조성에서 망둑어과 자치어가 전체출현 개체수비의 85.0%로 가장 우점하였고 모든 계절에서 가장 우점하였다(Table 2). 전체출현 개체수비에서 차우점 분류군은 청베도라치(3.0%), 청보리멸(2.4%)이었다. 계절별 연도별 출현한 자치어의 빈도는 망둑어과 6번, 청베도라치 4번, 돛양태과와 멸치는 3번 순이었다. 춘계에서 2018년에 차우점 자치어는 정어리(7.5%)였고 2019년에 청베도라치(21.2%), 2020년에 전어(1.2%)이었다. 하계에 차우점 자치어는 2018년에 주둥치(1.3%)와 놀래기(1.0%)과 순으로 우점하였고 2019년에 청보리멸(6.8%), 볼락과(3.8%), 돛양태과(2.7%), 멸치

(2.1%) 순으로 우점하였으며, 2020년에 앞동갈베도라치(13.1%), 돛양태과(9.4%) 순으로 우점하였다.

계절별로 자치어의 출현 개체수는 춘계에 평균 118.1 ind./1,000m³ (0~896.6 ind./1,000m³)으로 하계에 평균 369.3 ind./1,000m³ (7.7~1,319.5 ind./1,000m³) 출현 개체수보다 많았다. 연도별 자치어의 출현 개체수는 2018년과 2019년에 춘계(548.3과 416.3 ind./1,000m³)와 하계(3,276.7과 3,084.8 ind./1,000m³)에 각각 자치어 출현 개체수는 유사하였고 하계에 춘계보다 자치어 출현 개체수가 많았다. 2020년 춘계에 자치어 출현 개체수가 하계보다 많았고 춘계의 출현 개체수(1,161.6 ind./1,000m³)는 다른 연도보다 많았고 하계에 출현 개체수(403.3 ind./1,000m³)는 다른 연도보다 적었다.

군집분석

수행한 ANOSIM 분석결과에서 정점간의 종조성이

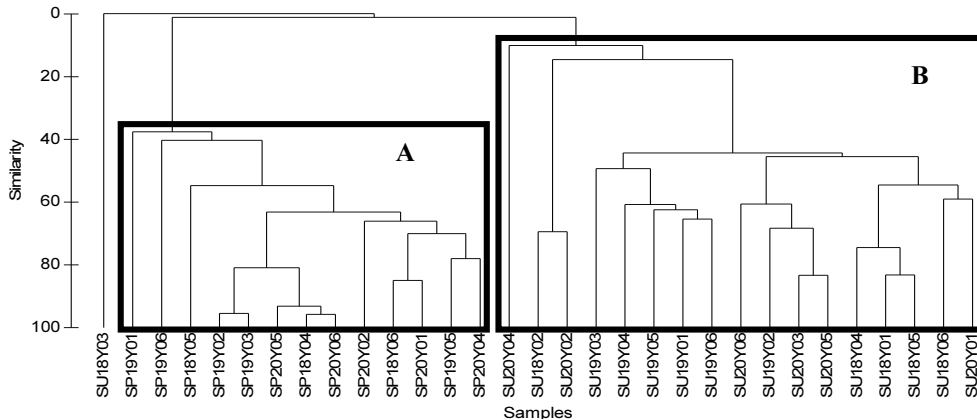


Fig. 3. Dendrogram based on the classification of the periods (year, season) and stations in the Yeongsan River Estuary. Samples abbreviation indicates season-year-station number (SP: spring; SU: summer).

Table 3. Summary of results by SIMPER analysis

Group	Species	Contribution (%)	Accumulation (%)	Average similarity (%)
A	Gobiidae (Spring)	99.5	99.5	58.9
	Gobiidae (Summer)	64.0	64.0	
B	Callionymidae	18.9	82.9	37.8
	<i>Parablennius yatabei</i>	8.0	90.9	

차이가 있고 그룹간 유의한 결과를 나타냈다($R=0.99$, $P<0.01$)(Fig. 3). 그룹간 유사도는 37% 이상 유사하지 않은 군집으로 구분되었고 총 2개의 그룹으로 구분되었다(Table 3). 그룹A는 춘계의 13개 정점에서 망둑어과(춘계)로 구성되어 99.5%의 기여도를 나타냈고 58.9%의 유사도를 나타냈으며, 그룹B는 하계의 17개 정점에서 망둑어과(하계)와 돛양태과 그리고 청베도라치로 구성되었고 90.9%의 기여도에 37.8% 유사도를 나타냈다.

고 찰

본 연구는 영산강하구역 6개 정점에서 2018~2020년 춘계와 하계의 환경자료와 출현하는 자치어 종조성 및 출현 개체수 간의 관계를 확인하였다.

영산강 하구역은 2009~2018년 해양환경측정 자료를 분석한 결과에 의하면 강수량과 담수방류량은 상관관계를 나타내고 하계 이외에 계절에서는 상관관계가 낮아지는 경향을 나타낸다고 하였다(Park and Sin, 2022). 영산강의 담수방류가 해역에 미치는 영향의 크기는 외해로 갈수록 감소하고 인근 영암호와 금호호에서 담수방류에 의한 영향을 받는다고 보고하였다. 해양수산부

(해양수산부고시 제2018-10호)에서 설정한 영산강 하구역의 범위에 포함되지 않는 범위(본 연구에서 정점 Y01)도 담수방류의 영향을 받는다고 하였고 저층에도 영향을 줄 수 있고 영산강하구둑 근처의 해역에서 하계에 고수온과 성층에 의하여 빈산소층이 형성될 가능성도 있음을 시사하였다(Park and Sin, 2022). 본 연구결과에 포함하지 않았지만, 조사기간 중 저층 용존산소량을 측정한 자료를 확인한 결과 빈산소가 형성되지는 않았다. 본 연구에서 강수량과 담수방류량은 다른 항목과 조사일자를 동일시하여 자료를 정리한 결과, 정점별 동일한 수치가 반복되어 통계적으로 유의미한 결과는 분석에서 제외하였지만, 강수량이 가장 많았던 2019년 춘계에 담수방류량이 많았고 어란 및 자치어의 출현 개체수도 상대적으로 적은 경향을 나타냈다. 담수방류량이 없었던 2020년 춘계에는 어란의 출현 개체수가 많은 경향을 나타냈다. 고수온이었던 2018년 하계에 담수방류량이 없었고 동물플랑크톤 밀도와 어란 출현 개체수도 극단적으로 적었지만, 자치어 출현 개체수는 상대적으로 많았고, 태풍(10일전)으로 인한 하계중에 강수량이 가장 많고 담수방류량도 있었던 2019년에 동물플랑크톤 밀도

와 어란 및 자치어의 출현 개체수가 많았다. 따라서 본 연구의 조사기간에 담수방류의 유무와 고수온이 어란 및 자치어의 출현 개체수의 변동에 영향을 준다고 판단되었다.

서해 연안역에서 춘계와 추계에 생식활동을 하는 어종은 많지 않고 출현량도 많지 않기에 이 시기에는 자치어의 출현량이 낮고 채집되지 않는 경우가 많다고 보고되었다(Cha, 2002). 인천에서 전북해안에 이르는 해역의 37개 정점에서 자치어는 2017년 5월에 17개 분류군 4,476 ind./1,000m³이 출현하였고 8월에 22개 분류군 723 ind./1,000m³이 출현하여 춘계가 하계보다 자치어의 출현 개체수가 많다고 보고하였다(Youn et al., 2019). 춘계 5월에 자치어는 망둑어과가 54.6%를 차지하였고, 멸치가 36.6%를 차지하였으며, 양태가 3.1%를 차지하였다. 하계 8월에는 양태 자치어가 39.7%, 망둑어과가 22.1% 그리고 멸치가 10.7%를 차지하였다. 본 연구와 비교하여 조사정점이 많았던 전북연안에서 자치어는 춘계에 출현한 분류군수도 출현 개체수도 본 연구보다 많았지만, 하계에는 분류군수는 유사하고 출현 개체수는 본 연구에서 많게 나타났으며 종조성에서는 본 연구보다 양태와 멸치의 출현 개체수 비율이 상대적으로 높았다. 방조제가 완성되기 이전에 새만금 해역의 12개 정점에서 2003년 4월에 자치어는 한 개체도 채집되지 않았고 6월에 14개 분류군, 180 ind./1,000m³이 출현하였고 7월과 8월에는 각각 7과 4개 분류군, 255과 45 ind./1,000m³이 출현하였다(Cha et al., 2004). 이 기간에 망둑어과가 71.7%를 차지하였고 실고기가 7.0%를 차지하였으며, 멸치와 전어는 6월에만 출현하였고 각각 4.8%, 3.7%를 차지하였다. 새만금 해역에서 자치어는 춘계에 출현 개체수가 적거나 없었고 대부분 하계에 출현한다고 보고하였다(Cha and Park, 1991; Cha et al., 2004). 금강하구역의 6개 정점에서 춘계의 자치어는 2~5개 분류군 64~393 ind./1,000m³이 출현하였다(Chin et al. 2020). 2016~2017년에 우점한 분류군은 망둑어과로 각각 87.5%, 96.6%를 차지하였고 2018년에는 청보리멸이 92.6%를 차지하며 우점하였다. 하계에 자치어는 5~8개 분류군 27~246 ind./1,000m³이 출현하였다. 2016년과 2017년에 우점한 분류군은 망둑어과로 각각 44.4%와 77.2%로 우점하였고 2018년에는 멸치와 양태가 각각 23.1%와 21.2%로 우점하였다. 고수온이 발생하

었던 2018년의 춘계와 하계를 제외하면 모든 시기에 망둑어과 자치어가 우점하였다고 보고하였고 하계보다 춘계에 자치어의 출현 개체수가 많았다. 금강하구역과 새만금에서 망둑어과가 본 연구와 유사하게 우점하는 경향을 나타냈지만, 출현분류군 수는 본 연구보다 적었고 멸치, 전어, 양태 등의 출현 개체수비가 본 연구보다 높게 나타났다. 곰소만의 4개의 정점에서 자치어는 2020년 4월에 3개 분류군 5.1 ind./1,000m³이 출현하였고 도화망둑(*Amblychaeturichthys hexanema*; 38.0%), 황해볼락(*Sebastes koreamus*; 36.0%)이 유사한 수준으로 우점하며 출현하였다(Baek et al., 2021). 하계 6월에 자치어는 3개 분류군 5.7 ind./1,000m³이 출현하였으며, 학꽂치(*Hyporhamphus sajori*)가 64.9%를 차지하였고 감성돔(*Acanthopagrus schlegelii*)이 24.6%를 차지하였다. 그리고 8월에 자치어는 12개 분류군 16.8 ind./1,000m³이 출현하였고 멸치가 29.2%를 차지하여 가장 우점하였고 참서대가 16.7%를 차지하였으며 청보리멸이 11.3%를 차지하였다. 본 연구와 곰소만과 새만금 및 금강하구역에서 자치어의 분류군수와 출현 개체수는 상대적으로 본 연구보다 적게 나타났다. 서해남부(금강하구역-전북연안-곰소만)에서 위도가 높아질수록 멸치와 양태 자치어 출현 개체수의 비율이 높아지는 경향을 나타냈고 본 연구에서 망둑어과가 극우점하는 양상을 제외하면 조사시기와 지역별로 자치어의 출현 양상이 다르게 나타났다고 판단되었다. 우리나라 자치어 종조성 연구에서 많은 연구는 서해와 남해에서 멸치가 최우점종으로 나타나고 망둑어과 자치어는 최우점종이거나 아우점종으로 보고되고 있다(Cha and Huh, 1988; Han et al., 2002; Chin et al., 2020). 본 연구의 모든 기간에 망둑어과가 우점하였고 2019년 춘계(64%)와 하계(71%)와 2020년 하계(67%)를 제외하면 망둑어과의 출현 개체수가 전체의 96% 이상으로 극우점하였다.

타 연구의 영산강하구역의 8개 정점에서 자치어는 2001년 4월(평균 13.0℃)에 5개 분류군 15,324 ind./1,000m³이 출현하였고 흰베도라치가 49.6%를 차지하였고 뱀어과(*Salangidae* sp.)가 48.4%를 차지하며 유사한 수준으로 우점하였다(Kim et al., 2003). 하계 6월(평균 21.1℃)에 자치어는 16개 분류군 26,669 ind./1,000m³이 출현하였고 망둑어과가 95.6%를 차지하였고 그중에 90.8%는 두줄망둑(*Tridentiger trigonocephalus*)이 차지하였다. 또

한, 8월(25.8℃)에 자치어는 23개 분류군 177,575 ind./1,000m³이 출현하였고 망둑어과 자치어가 98.6%를 차지하였고 그중에 두줄망둑어 자치어가 68.1%를 차지하며 우점하였다. 영산강하구역 주변수역의 어란 및 자치어의 분포는 환경인자보다 인위적인 요인인 영산강 수문 개방에 따른 담수유입의 영향이 크고 클로로필a와 상관관계는 계절적인 영향으로 판단되었다(Kim et al., 2003). 본 연구에서는 클로로필-a와 식물플랑크톤 밀도는 자치어 밀도와 상관관계가 나타나지 않아서 분석에서 제외하였다. 타 연구의 영산강하구역에서 자치어는 춘계와 하계에 모두 출현한 분류군수와 출현 개체수는 본 연구보다 월등하게 많게 나타났고 본 연구에서는 고수온과 담수방류의 복합적인 영향으로 연도별로 자치어 출현 개체수가 변동하였다고 판단되었다. 하계의 고수온 주의보가 2018~2020년에 발령되었고(국립수산과학원 기후변화연구과), 본 연구의 조사 기간에 2018년은 고수온 경보발령 해역에 해당하였고 2019~2020년은 본 연구 지역보다 북부에서 경보가 발령되었다. 하계에 저층 수온과 자치어와 상관관계는 양의 상관관계를 나타내었는데 망둑어과의 출현 유무에 의한 부분으로 상관관계가 높게 나타난다고 판단되었다. 망둑어과는 침성란을 산란하여 담수방류량이 많은 시기에 어란이 부유하게 되지 않는다면 출현하지 않는다고 판단되고 광염성과 광온성의 망둑어과가 많아 조사시기에 하계에 저층의 수온과 양의 상관관계를 나타냈다고 판단되었다(Kim and Han, 1990; Jin et al., 2003; Choi et al., 2020). 하계에 우점하였던 망둑어과나 청베도라치와 같이 저층에 어란을 산란하는 종은 고수온에 대한 영향이 상대적으로 약했다고 판단된다(Kim and Han, 1990; Kim et al., 1992; Jin et al., 2003). 영산강하구역에서 망둑어과가 우점하지만, 출현하지 않는 시기나 해역이 존재하고 이에 대한 원인을 파악하기 위해서 망둑어과의 종수준에서의 동정 및 지속적인 연구가 필요하다고 판단되었다.

멸치의 자치어는 염분 28 psu 이상에서 분포하고 최적성장수온은 21~22℃이고 부유란의 산란수온은 14℃ 이상이고 최적산란수온은 24.5℃ (17~27℃)로 알려져 있다(Mitani and Hasegawa, 1988; Cha and Park, 1991; Kim and Lo, 2001; Takasuka and Aoki, 2006; Hwang et al., 2007; Ko et al., 2010; Chin et al., 2021). 멸치어란이 담수방류가 없었던 2020년 춘계에 어란의 많이 출현

하였지만, 자치어는 출현하지 않았고, 2018년 하계에 고수온 시기에 어란 및 자치어의 출현 개체수가 없었다. 자치어가 출현하지 않았던 이유로 2018년에 영산강에 있었던 고수온의 영향과 2020년에는 어란이 부화할 시기가 아니었고 산란한 어란이 패치(patch) 분포되어 채집되었다고 추측되었다.

하계에 고수온 해역에서는 춘계부터 강수량이 적고 연안에 높은 염분으로 멸치 자치어가 연안으로 들어온다고 보고되었다(Lee, 2012; Yoo et al., 2018; Chin et al., 2020). 산란 시기의 어미는 산란장에서 수온이 증가하거나 감소하면 산란에 필요한 적산수온이 변동하여 산란시기가 앞당겨지거나 미루어질 수 있고 고수온 시기에 강우량 감소가 발생하고 염분의 변화에 영향을 주어 연안역에서 자치어의 분포에 영향을 준다고 판단되며 지속적인 고수온에 대한 효과를 고려하여야 한다고 판단된다(Nakagawa and Okouchi, 2005; Chin et al., 2020).

결론

이 연구는 영산강하구역의 정점에서 2018년부터 2020년까지 춘계와 하계의 환경자료와 자치어 자료를 분석하였다. 종조성에서 출현한 자치어는 망둑어과 자치어가 전체출현 개체수의 85%로 가장 우점하였고 그 다음으로 많이 출현종은 청베도라치로 3% 출현하였다. 군집분석 결과, 공간적인 분포는 춘계와 하계로 구분되었다. 영산강하구역은 하굿둑의 개폐로 영향을 많이 받는다고 알려져 있는데 본 연구에서도 담수방류와 고수온 현상으로 춘계와 하계에 출현 분류군과 출현 개체수가 변동하는 경향을 나타냈다.

References

- Abookire AA, Piatt JF and Robards MD. 2000. Nearshore fish distributions in an Alaskan Estuary in relation to stratification, temperature and salinity. *Estuar Coast Shelf Sci* 51, 45-59. <https://doi.org/10.1006/ecss.1999.0615>.
- Baek JI, Ji HS, Yu HJ, Hwang KS and Kim DN. 2021. Distribution of eggs and larvae in coastal waters of Korea. *Korean J Fish Aquat Sci* 54, 497-479. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2021.0467>.
- Cha SS. 2002. Review on the studies of ecology of fish in their early life stages off Korea. *Korean J Ichthyol* 14,

- 76-82.
- Cha SS, Chun SJ, Yang JS and Choi KW. 2004. Species composition and abundance of ichthyoplankton in the waters of Saemangeum, Korea 2003. *Korean J Ichthyol* 16, 321-330.
- Cha SS and Huh SH. 1988. Variation in abundances of ichthyoplankton in the Nakdong River Estuary. *Bull Kor Fish Tech Soc* 24, 135-143.
- Cha SS and Park KJ. 1991. Spatio-temporal distribution of the ichthyoplankton in the Mankyong-dongjin Estuary. *J Oceano Soc Kor* 26, 47-58.
- Chambers RC and Trippel EA 1997. Early life history and recruitment: Legacy and challenges. In: Early life history and recruitment in fish populations. Chambers RC and Trippel EA eds, Chapman and Hall, London, 515-549.
- Chin BS, Han S, Kim TH and Park GS. 2021. Species composition and seasonal variation of larval fishes in Nakdong River Estuary. *JFMSE* 33, 168-180. <https://doi.org/10.13000/JFMSE.2021.2.33.1.168>.
- Chin BS, Kim ST, Kim JS and Park GS. 2020. Species composition and abundances of ichthyoplankton in Geum River Estuary in spring and summer. *JFMSE* 32, 65-73. <https://doi.org/10.13000/JFMSE.2020.2.32.1.65>.
- Chin BS, Nakagawa M and Yamashita Y. 2007. Effects of feeding and temperature on survival and growth of larval black rockfish *Sebastes schlegeli* in rearing conditions. *Aquaculture Sci* 55, 619-627. <https://doi.org/10.11233/AQUACULTURESCI1953.55.619>.
- Choi B, Jo H, Park K and Kwak IS. 2020. Isotopic evidence for ontogenetic shift in food resource utilization during the migration of the slipmouth *Leiognathus nuchalis* in Gwangyang Bay, Korea. *Kor J Ichthyol* 32, 84-90. <https://doi.org/10.35399/ISK.32.2.7>.
- Fuiman LA and Werner RG. 2002. Fishery science: The unique contributions of early life stages, Blackwell Science Ltd., Miami, 88-111.
- Gibson RN. 1994. Impact of habitat quality and quantity on the recruitment of juvenile flatfishes. *Neth J Sea Res* 32, 191-206. [https://doi.org/10.1016/0077-7579\(94\)90040-X](https://doi.org/10.1016/0077-7579(94)90040-X).
- 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. <https://doi.org/10.1007/BF00355483>.
- 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 SD, Mcfarlane GA, Choi OI, Kim JS and Hwang HJ. 2007. Spatiotemporal distribution of pacific anchovy (*Engraulis japonicus*) eggs in the West Sea of Korea. *J Fish Sci Technol* 10, 74-85. <https://doi.org/10.5657/fas.2007.10.2.074>.
- Jin DS, Han KH and Park JW. 2003. Spawning behavior and morphological development of larvae and juvenile of the naked-headed goby, *Favonigobius gymnauchen* (Bleeker). *Korean J Fish Aqua Sci* 36, 136-143. <https://doi.org/10.5657/kfas.2003.36.2.136>.
- Kim JG, Choe JI, Jang DS, Na JT and Kim YE. 2003. Distribution of fish eggs, larvae and juveniles around the Youngsan River Estuary. *J Kor Fish Soc* 36, 486-494. <https://doi.org/10.5657/kfas.2003.36.5.486>.
- Kim JK, Ryu JH, Kim S, Lee DW, Choi KH, Oh TY, Hwang KS, Choi JH, Kim JN, Kwun HJ, Ji HS and Oh JN. 2011. An identification guide for fish eggs, larvae and juveniles of Korea, Seoul: Hanguel Graphics. 1-275.
- Kim JY and Lo NCH. 2001. Temporal variation of seasonality of egg production and the spawning biomass of Pacific anchovy, *Engraulis japonicus*, in the southern waters of Korea in 1983-1994. *Fish Oceanogr* 21, 297-310. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2419.2001.00175.x>.
- Kim YU and Han KH. 1990. Early life history and spawning behavior of the gobiid fish, *Tridentiger trigonocephalus* (Gill) reared in the laboratory. *Korean J Ichthyol* 2, 53-62.
- Kim YU, Myoung JG, Han KH and Kang CB. 1992. Morphology of larvae, egg development and spawning behavior of the blennioid fish, *Pictiblennius yatabei* (Jordan et Snyder). *Kor J Ichthyol* 4, 44-54.
- Ko JC, Seo YI, Kim HY, Lee SK, Cha HK and Kim JI. 2010. Distribution characteristics of eggs and larvae of anchovy *Engraulis japonicus* in the Yeosu and Tongyoung coastal waters of Korea. *Kor J Ichthyol* 22, 256-266.
- Lee CH, Kang MG, Lim SY, Kim JH and Shin JA. 2017. Environmental evaluation of fish aquafarm off Baegyado in Yeosu by multivariate analysis. *JFMSE* 29, 785-798. <https://doi.org/10.13000/JFMSE.2017.29.3.785>.
- Lee GH. 2012. Characteristics of fishing condition variation

- of anchovy in the set net fishing ground of Anggang Bay, Korea. *J Kor Soc Fish Tech* 48, 59-71. <https://doi.org/10.3796/KSFT.2012.48.1.059>.
- Lee JH. 2004. Suggest on standardization of ecological survey methods in the Korean watershed. *Korean J Environ Biol* 22, 1-11. <https://doi.org/10.7846/JKOSMEE.2020.23.1.13>.
- Lim HS and Park KY. 1998. Community structure of the macrobenthos in the soft bottom of Yongsan River Estuary, Korea 2. The occurrence of summer hypoxia and benthic community. *Kor J Fish Aqua Sci* 31, 343-352.
- MABIK. 2023. National list of marine species, Namu Press, Seochun, Korea, 1-147.
- Makrakis S. 2019. Tributaries as biodiversity preserves: An ichthyoplankton perspective from the severely impounded upper Paraná River. *Aquat Conserv Mar Freshw Ecosyst* 29, 258-269. <https://doi.org/10.1002/aqc.3037>.
- Mitani I and Hasegawa T. 1988. The shirasu fishing ground formations and sea surface salinity change in Sagami Bay. *Bull Japan Soc Fish Oceanogr* 52, 297-303.
- MOF and KOEM. 2016. National investigation of marine ecosystem protocol, Ministry of Oceans and Fisheries, Seoul, Korea, 1-48.
- Moon SY, Lee JH, Choi JH, Ji HS, Yoo JT, Kim JN and Im 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>.
- Nakagawa M. 2007. Effect of rearing temperature on growth and maturation of black rockfish, *Sebastes schlegeli*. *Aquaculture Sci* 55, 83-89. <https://doi.org/10.11233/aquaculturesci1953.55.83>.
- Nakagawa M and Okouchi H. 2005. Examination of embryonic developmental stage by cannulation to synchronize the timing of parturition in black rockfish *Sebastes schlegeli* broodstock females. *Aquaculture Sci* 53, 343-348. <https://doi.org/10.11233/aquaculturesci1953.53.343>.
- Okiyama M. 2014. An atlas of the early stage fishes in Japan, Tokai University Press. Japan, 1-1639.
- Park PH. 2000. Seasonal variations of larvae and juvenile occurring in the sandy beach adjacent to Mongsanpo, Taean Peninsula. Master thesis, Inha University. Korea, 1-45.
- Park SJ and Sin YS. 2022. Characteristics of water quality and chlorophyll-a in the seawater zone of the Yeongsan River Estuary: Long-term (2009–2018) data analysis. *Ocean Polar Res* 44, 13-27. <https://doi.org/10.4217/OPR.2022001>.
- Reid GK and Wood RD. 1976. Ecology of inland waters and estuaries, D. Van Nostrand Comp, New York, U.S.A., 1-485.
- Saville A and Schnack D. 1981. Some thoughts on the current status of studies of fish egg and larval distribution and abundance. *Rapp P Reun Cons Int Explor Mer* 178, 153-157.
- Sin YS and Jeong BK. 2015. Short-term variations of phytoplankton communities in response to anthropogenic stressors in a highly altered temperate estuary. *Estuar Coast Shelf Sci* 156, 83-91. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2014.09.022>.
- Song ES, Cho KA and Shin YS. 2015. Exploring the dynamics of dissolved oxygen and vertical density structure of water column in the Yeongsan Lake. *J Environ Sci Int* 24, 163-147. <https://doi.org/10.5322/JESI.2015.24.2.163>.
- Takasuka A and Aoki I. 2006. Environmental determinants of growth rates for larval Japanese anchovy *Engraulis japonicus* in different waters. *Fish Oceanogr* 15, 139-149. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2419.2005.00385.x>.
- Yang HJ, Kim KH and Kum JD. 2001. The fish fauna and migration of the fishes in the fish way of the Nakdong River mouth dam. *Korean J Limnol* 34, 251-258.
- Yeo MY, Kim JK and Lee DI. 2020. Analysis and improvement of marine fish and fishery resources based on the environmental impact assessment items by ocean developmental project. *JKOSMEE* 23, 13-22. <https://doi.org/10.7846/JKOSMEE.2020.23.1.13>.
- Yoo JT, Kim YH, Song SH and Lee SH. 2018. Characteristics of egg and larval distributions and catch changes of anchovy in relation to abnormally high sea temperature in the South Sea of Korea. *Korean Soc Fish Ocean Technol* 54, 262-270. <https://doi.org/10.3796/KSFOT.2018.54.3.262>.
- 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>.