Check for updates

JFMSE, 33(1), pp. 168~180, 2021.
수산해양교육연구, 제33권 제1호, 통권109호, 2021.
www.ksfme.or.kr
https://doi.org/10.13000/JFMSE.2021.2.33.1.168

낙동강 하구역의 계절별 자치어의 종조성과 출현량

진병선† · 한 신 · 김태환 · 박경수*
†,*안양대학교(교수) · 안양대학교(학생)

Species Composition and Seasonal Variation of Larval Fishes in Nakdong River Estuary

Byung Sun CHIN† · Shin HAN · Tae Hwan KIM · Gyung Soo PARK*
†,*Anyang University(professor) · Anyang University(student)

Abstract

Ichthyo-plankton and the marine environment data were collected in the Nakdong River Estuary in Spring and Summer of 2017~2019. These data were collected though "National Survey of Marine Ecosystem" project which is purpose to monitor coastal ecosystem of Korea. Nakdong River Estuary is one of the main estuaries on the South Sea of Korea. In species composition, the most dominant species was Gobiidae spp. accounted for 31.0% of the total abundance, which was followed by anchovy, *Engraulis japonicus* (17.5%) and third dominant species were *Repomucenus* spp. (16.0%). Distribution analysis with SIMPER show no difference in spatial between Jinhae Bay and Nakdong River Estuary. However studies showed number species and abundance of ichthyo-plankton had a tendency to increase after 2011. In Nakdong River, dam and barrage were built causing decrease of discharge flow in 2012. Consequentially, pushing of salt-front (coastal front) with lowered flow in Nakdong River is expected to cause fluctuation of density in ichthyo-plankton.

Key words : Nakdong river estuary, National survey of marine ecosystem, Larvae, Ichthyo-plankton

Ⅰ. 서 론

해양에서 어류는 다량의 어란을 산란하지만, 성장 과정 중에 그 수가 급격히 감소하여 성어 집단으로 가입하는 양은 성장 초기에 작용하는 환경요인에 따라 매년 변화를 보인다(Saville and Schnack, 1981; Cha et al., 1990). 어류 초기생활사에 해당하는 자치어기는 가장 사망률이 높은 민감한 시기이다(Gray, 1993). 해양환경에서 자치어는 수온, 염분, 해류에 의한 수송과 같은 비생물적 환경요인과 기아나 포식과 같은 생물학적 요인에 민감하고 치명적인 영향을 받을 수 있다. 어류의 초기생활사에서 성장과 생존은 수온이 높아질수록 성장이 빠른 경향을 나타내고 수온이 극단적으로 낮거나 높으면 생존율이 낮아진다(Chin et al., 2007; Ikejima and Shinmizu, 1996; Lee et al., 2017; Nakagawa, 2007; Takasuka and Aoki, 2006).

하구역은 육지로부터 유입된 풍부한 영양염으로 인한 유기물 함량이 매우 높다(Abookire et al., 2000; Gibson 1994). 특히, 해수와 담수가 만나는 하구역은 먹이생물이 풍부하고 기초 생산력이 높

† Corresponding author : 032-930-6029, hkhachin@anyang.ac.kr
※ 이 논문은 국가해양생태계종합조사"의 자료를 이용하여 작성됨

아 다양한 어종들에게 서식처를 제공하고 기수어종 뿐만 아니라, 많은 해양성 어류가 산란장과 성육장으로 이용하고 있어 풍부한 어류상을 나타낸다(Jeon, 1987; Park, 2000; Pritchard 1955; Reid et al., 1976; Yang et al., 2001). 자치어 분포 조사는 이들의 산란장과 성육장을 파악하는 직접적인 자료로 활용될 수 있고 초기생활사 연구는 수산자원개발의 측면에서 수산자원 가입량 변동예측과 관리 및 평가를 연구하는 데 중요한 정보로 제공될 수 있다(Fuiman and Werner, 2002; Moon et al., 2018).

국가해양생태계종합조사 중 연안생태계조사는 법정조사로 생태계 모니터링을 위하여 매해 전국 연안(홀수해는 서해해역과 남해서부해역; 짝수해는 동해해역과 남해동부해역 및 제주해역)에서 5월과 8월에 생물학적/무생물학적 항목을 조사하고 있으며, 중점 해역(금강하구역, 한강하구역, 낙동강하구역, 섬진강하구역, 영산강하구역, 동해용승해역)은 매년 조사를 수행하고 있다. 본 연구에서는 연안생태계조사에서 생성되는 자료 중 낙동강하구역에서 자료를 분석하였다. 낙동강하구역의 정점은 마산만에서 진해만을 걸쳐 낙동강하구역까지 분포되어 있다. 난자치어의 조사는 사계절 조사가 원칙이고 동계, 춘계, 하계의 조사는 필수적이다(Yeo et al., 2020). 또한, 어류의 산란이 초여름에 집중하고 있으므로 계절별 조사보다는 하계에 매월 조사가 필요한 경우도 있다(Lee 2004; Yeo et al., 2020) 특히 남해에서의 자치어 출현량은 하계가 상대적으로 다른 계절보다 많다. 본 조사는 추계와 동계에 자치어가 출현량과 정점수가 상대적으로 많지 않아서 분석에서 제외하였다.

마산만은 진해만에 가장 북쪽에 접하는 반폐쇄만으로 17개의 크고 작은 하천들을 통하여 담수가 흘러 들어가고 있고 외해수와 교환율이 14%에 불과할 정도로 소통이 불량하다(Kim et al., 1986; Yoo and Kim 2019). 환경용량을 초과한 육상오염 부하량 유입을 줄이기 위하여 2000년 마산만 유역을 '특별관리해역'으로 지정하고, 2005년 연안오염 총량관리 제도 도입을 통해, 2007년 COD를 대상으로 '총량규제'를 실시하였다(Cho and Yang, 2012; Kwon et al., 2014) 이후 오염저감정책이 영양염 개선에 영향을 주었다고 평가되고 있다.

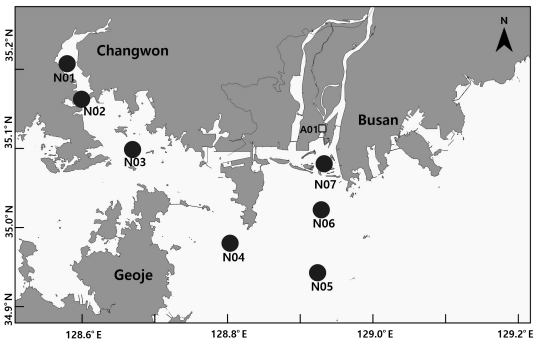
낙동강하구역은 예전부터 상업적으로 중요한 어패류의 산란장, 생육장 및 서식처였고, 이러한 특징 때문에 어업 생산성은 매우 높았다(Jeon, 1987; Yang et al., 2001). 1980년대 이후 낙동강하구둑 건설과 공업단지 조성, 주거단지 조성, 을숙도대교와 같은 대규모 토목공사로 인하여 탁도 증가, 유량 및 유속의 변화, 저질 및 수질의 변화, 먹이생물의 변화, 어류 이동통로의 차단 등 낙동강 하구역은 물론 인접해역에 지속적인 환경변화가 이루어져 왔다(Jang and Kim 1992; Kwak and Huh 2003; Yang et al., 2001)

본 연구에서는 이 해역에서 생물적 환경과 비생물적 환경이 자치어의 출현량과 종조성에 미치는 영향에 대한 기초자료를 제공하고 선행연구와 비교하고자 한다.

Ⅱ. 연구 방법

본 연구에서는 국가 해양생태계 종합조사 중 연안생태 조사에서 생성되는 자료 중 낙동강하구역의 2017년~2019년 춘계와 하계 DB(data base)자료를 이용하였다. 해양 조사 및 분석은 해양관리공단이 제작한 "국가해양생태 종합조사 조사 지침서"(MOF and KOEM, 2016)에 따라 수행되었다.

낙동강하구역의 7개 정점은 마산만 부근에 2개의 정점(N01~02), 진해항 입구에 1개의 정점(N03)과 낙동강하구역 부근에 4개의 정점(N04~N07)이다([Fig. 1]). 생성된 자료 중 수온, 염분, 부유물입자(Suspended particulate matter; SPM), 동물플랑크톤의 밀도(야광충제외), 어란의 밀도 자치어 종조성을 분석에 이용하였다. 환경요인 분석으로



[Fig. 1] Map showing the sampling stations in the Nakdong River Estuary.

수온과 염분(표층/저층)은 연도별로 유의성을 파악하기 위하여 Tukey-Krmer HSD test를 JMP 9.0(SAS institute Inc.)를 이용하여 수행하였다.

자치어의 종 동정은 Kim et al.(2011)과 Okiyama(2014)의 문헌을 참고하여 종 수준까지 하였으며 분류체계와 학명은 WORMS(World Register of Marine Species)와 국가 해양수산생물 종 목록집(MOF and MABIK, 2017)을 참고하였다.

자치어 정점 군집간의 유의성을 파악하기 위해 계절별, 정점별로 유사도분석(one-way analysis of similarity, ANOSIM)을 실시하였다. 그 결과 유의한 차이가 있으면 SIMPER(similarity percentage) 분석을 실시하여 각 비교군 사이의 평균 비유사도에 기여하는 각 분류군의 기여도를 구하였다. 군집구조 분석을 위해 계절별로 출현개체수 비가 1.0%이하인 분류군은 제외하였고 망둑어과 분류군은 춘계와 하계로 나누어서 표현하였고 분류군명과 출현량을 이용하였다. ANOSIM, SIMPER 분석은 Primer 6.0(Primer-e Ltd)을 사용하였다. 강우량(Preci.)을 보완하는 자료로 해수수질자동측정망 중 낙동명지(A01)의 자료를 이용하였다([Fig. 1]). 강우량은 시간당 측정되고 있고 연도별과 계절로 본 조사 이전 30일간의 누적 자료를 이용하였다.

Ⅲ. 연구 결과

1. 조사환경

본 연구에서 측정된 수온, 염분, 부유물질(SPM), 동물플랑크톤 개체수밀도, 어란 밀도 자료는 조사시기별로 정리하였다(<Table 1>). 춘계의 평균 수온은 2018년(16.26±0.65℃)이 가장 낮았고 2019년(18.61±1.36℃)이 가장 높았고 하계의 평균 수온은 연도별로 차이가 없었다.

<Table 1> Temporal distributions of abiotic- and biotic parameters in the Nackdong River estuary of 2017~2019(SP: Spring; SU: Summer).

Season	Date	Temperature (℃)	Salinity(psu)		SPM (mg/L)	Preci. (mm/hr)	Zooplankton density (ind./m^3)	Fish egg density (egg/1,000m^3)
			Surface	Bottom				
SP	27~28. May 2017	17.6±1.4^{ab}	33.8±0.4^{a}	33.9±0.2^{a}	9.8±3.3	300	1,022±1,188	241±282
	12~13. May 2018	16.3±0.7^{b}	30.9±2.5^{abc}	33.6±0.5^{ab}	21.7±23.9	1,404	495±274	872±1,204
	15~16. May 2019	18.6±1.4^{a}	32.8±0.8^{ab}	33.6±0.3^{ab}	20.2±14.1	344	6,692±7,597	626±546
SU	28~30. Jul. 2017	24.5±0.8^{c}	31.3±2.1^{abc}	33.1±0.8^{ab}	9.5±3.3	1,322	9,688±6,823	427±629
	19~20. Jul. 2018	25.3±1.7^{c}	30.4±1.2^{bc}	32.7±0.7^{b}	10.6±15.4	2,966	28,915±45,015	25,639±25,576
	30, Jul.~3, Aug. 2019	24.6±1.7^{c}	29.7±2.1^{c}	33.0±0.9^{ab}	14.9±6.6	1,721	12,374±14,827	6,074±4,868

Different letters indicate statistical differences

<Table 2> Species composition of ichyhyol-plankton in Nakdong River estuary of 2017~2019

(unit: ind./1,000 m^3)

Family	Scientific name	Spring			Summer			Mean	Total	R.A(%)
		2017	2018	2019	2017	2018	2019			
Acropomatidae	*Synagrops philippinensis*					28.9		0.7	28.9	0.4
Apogonidae	*Apogon lineatus*					559.0		13.3	559.0	7.2
Blenniidae	*Parablennius yatabei*			24.0		77.4	14.5	2.8	115.9	1.5
	Blenniidae spp.	9.3						0.2	9.3	0.1
Callionymidae	*Repomucenus lunatus*		33.8			28.9		1.5	62.7	0.8
	Repomucenus spp.	107.6		440.6	27.6	657.6	12.7	29.7	1,246.1	16.0
Engraulidae	*Engraulis japonicus*			15.7	221.2	601.2	524.4	32.4	1,362.5	17.5
Gobiidae	*Clariger cosmurus*					1,001.7		23.9	1,001.7	12.9
	Luciogobius spp.	10.2	33.3			35.3		1.9	78.8	1.0
	Mugilogobius abei					309.6		7.4	309.6	4.0
	Tridentiger obscurus					242.3		5.8	242.3	3.1
	Gobiidae (spring)	232.0	28.6	25.4				6.8	286.0	3.7
	Gobiidae (summer)				27.6	93.2	370.9	11.7	491.7	6.3
Leiognathidae	*Nuchequula nuchalis*						1,046.0	24.9	1,046.0	13.4
Pholidae	*Pholis fangi*		152.5	9.4				3.9	161.9	2.1
Platycephalidae	*Platycephalus indicus*						253.7	6.0	253.7	3.3
Pleuronectidae	*Glyptocephalus stelleri*					256.6		6.1	256.6	3.3
	Pseudopleuronectes yokohamae					11.2		0.3	11.2	0.1
	Pseudopleuronectes herzensteini	3.4						0.1	3.4	0.0
Sebastidae	*Sebastes thompsoni*					17.6		0.4	17.6	0.2
	Sebastiscus marmoratus		13.1					0.3	13.1	0.2
	Sebastiscus spp.			33.0				0.8	33.0	0.4
Sphyraenidae	*Sphyraena pinguis*					11.2		0.3	11.2	0.1
Syngnathidae	*Syngnathus schlegeli*	4.6		5.6				0.2	10.2	0.1
Tripterygiidae	*Enneapterygius etheostomus*					77.4		1.8	77.4	1.0
Unidentified							89.2	2.1	89.2	1.1
Total		367.1	261.4	553.6	276.4	4,009.3	2,311.3	185.2	7,779.1	100.0
Number of species		6	5	7	3	16	7	26	25	

R.A: relative abundance

본 조사해역에서 조사연도(2017년~19년)에 고수온 주의보가 발령되었지만(국립수산과원 기후변화연구과), 본 연구의 조사기간은 고수온 경보 발령 이전이었다.

염분은 연도별로 같은 계절 내의 표층과 저층에서 모두 차이가 없었다. 평균 염분은 표층에서 춘계의 2017년(33.78±0.35psu)이 가장 높았고 하계의 2019년(29.73±2.05psu)에 가장 낮았다($P<0.01$). 부유물질은 춘계의 2018년과 2019년이 다른 시기에 비교하여 높은 농도로 나타났지만, 통계적으로 유의하지는 않았다. 강우량은 하계가 춘계보다 많은 경향을 나타냈고 2018년 하계에 태풍 쁘라삐룬(제7호)과 2019년 하계에 태풍 다나스(제5호)로 강우량이 많았다. 동물플랑크톤의 밀도는 춘계보다는 하계의 출현량이 많았고 자치어의 출현량이 가장 많았던 2018년의 하계의 출현량(28,915±45,015 ind./m^3)이 가장 많았다. 어란 밀도는 하계가 춘계보다 출현량이 많은 경향을 나타

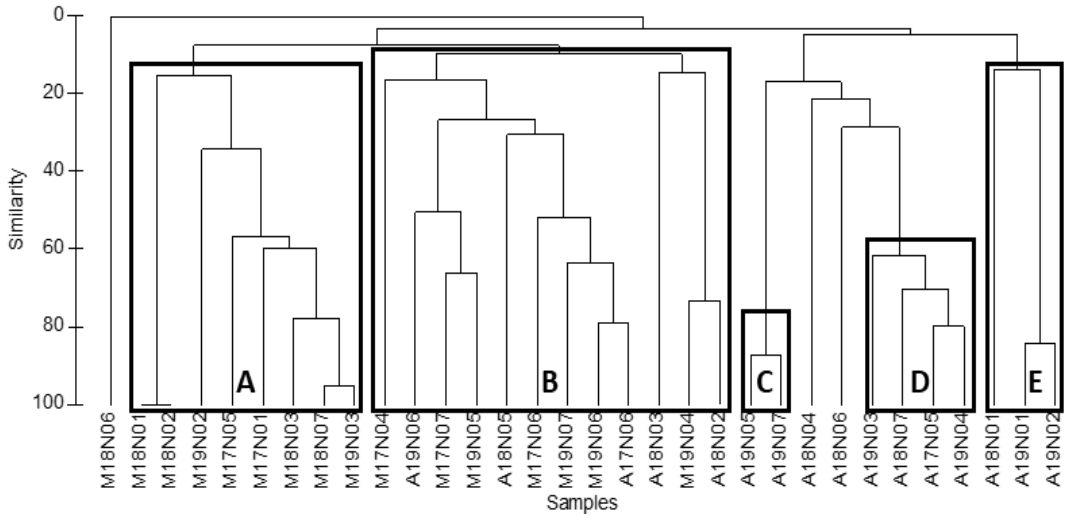
냈고 2018년의 하계의 출현량(25,639±25.576 egg/1,00m^3)이 가장 많았다.

2. 종조성

조사 기간에 총 26개의 분류군의 자치어가 출현하였고 춘계에 총 12개 분류군이 출현하였고 하계에 총 18개 분류군이 출현하였다(<Table 2>). 출현한 자치어는 필립흙무굴치(*Synagrops philippinensis*), 열동가리돔(*Apogon lineatus*), 청베도라치(*Parablennius yatabei*), 양태속(*Repomucenus* spp.), 돗양태(*R. lunatus*), 멸치(*Engraulis japonicus*), 왜망둑(*Clariger cosmurus*), 망둑어과 춘계와 하계(Gobiidae spp. Spring & Summer), 미끈망둑속(*Luciogobius* sp.), 검정망둑(*Tridentiger obscurus*), 주둥치(*Nuchequula nuchalis*), 흰베도라치(*Pholis fangi*). 양태(*Platycephalus indicus*), 모치망둑(*Mugilogobius abei*), 문치가자미(*Pseudopleuronectes yokohamae*), 참가자미(*P. herzensteini*), 기름가지미(*Glyptocephalus stelleri*), 불볼락(*Sebastes thompsoni*), 쏨뱅이속(*Sebastiscus* spp.), 쏨뱅이(*S. marmoratus*), 실고기(*Syngnathus schlegeli*), 꼬치고기(*Sphyraena pinguis*), 가막베도라치(*Enneapterygius etheostomus*) 분류군이었다.

조사기간에 출현한 자치어의 종조성에서 멸치와 양태속의 자치어가 전체출현 개체수의 각각 17.5%, 16.0%로 우점하였고 다음으로 많이 출현한 종은 주둥치와 왜망둑로 각각 13.4%, 12.9% 출현하였다.

연도별 출현한 자치어의 종조성은 계절별로 다양한 양상을 나타냈다. 춘계에서 2017년에 망둑어과(춘계)(63.2%), 양태속(29.3%) 순으로 우점하였고 2018년에 흰베도라치(58.4%), 돛양태(12.9%), 미끈망둑속(12.7%), 순으로 우점하였으며, 2019년에는 양태속(79.6%), 쏨뱅이속(6.0%), 망둑어과(춘계)(4.6%) 순으로 우점하였다. 하계에는 2017년에 멸치(80.0%), 망둑어과(하계)(10.0%), 양태속(10.0%) 순으로 우점하였고 2018년에 왜망둑(25%), 양태속(16.4%), 멸치(15%), 열동가리돔(13.9%), 모치망둑(7.7%), 기름가지미(6.0%) 순으로 우점하였으며, 2019년에는 주둥치(45.3%), 멸치(22.7%), 망둑어과(하계)(16.0%), 양태(11%)가 우점하였다.



[Fig. 2] A dendrogram illustrating the classification of the sampling periods and stations in the Nakdong River Estuary determined by analysis of species composition. Samples abbreviation indicates month-year-station number (A: August; M: May).

계절별 자치어의 출현빈도는 양태속이 가장 높았고 두 번째로 높은 출현빈도는 멸치였다. 양태속 자치어는 표층 수온과 염분 분포범위는 각각 15.9~27.7℃, 27.0~34.1psu에서 출현하였고, 멸치 자치어는 표층 수온과 염분 분포범위가 각각 18.5~26.0℃, 26.8~32.5psu에서 출현하였다. 망둑어과는 춘계와 하계로 나누었는데 모든 연도와 계절에 출현하였다. 망둑어과(전체 망둑어과 포함)는 춘계에 연도마다 출현정점이 다르지만, 모든 정점에서 출현하였고 출현량은 2017년에 가장 많았고 2019년에 가장 적었다. 망둑어과(하계)는 낙동강에 가장 인접한 정점 N07에서 출현하지 않았고 2018년에 가장 많았고 2017년에 가장 적었다.

계절별로 자치어의 출현량은 춘계에 평균 56.3 ind./1,000m^3(0~372.4 ind./1,000m^3)으로 하계에 평균 314.1 ind./1,000m^3(0~1,920.0 ind./1,000m^3) 출현량보다 적었다. 자치어가 출현하지 않은 정점은 춘계에 2017년(N02, N03)과 2018년(N04, N05)에 2 정점씩과 2019년에 1 정점(N01)이 있었고 하계에는 2017년에 5 정점(N01~N04, N07)에서 출현하지 않았다. 연도별 자치어의 출현량은 2018년에 4,270.7 ind./1,000m^{3}으로 가장 많이 출현하였고, 출현하지 않은 정점이 많았던 2017년이 643.5 ind./1,000m^{3}으로 가장 적었다.

계절별 정점간의 종조성 분석을 위해 수행한 ANOSIM 분석결과에서 그룹간 유의한 결과를 나타냈다((P<0.05)[Fig. 2]). 그룹간 유사도는 78% 이상 유사하지 않은 군집으로 선정되었다. 군집분석결과 총 5개의 그룹으로 구분되었다(<Table 3>). 그룹A는 춘계 정점만으로 선정되었고 그룹C, D, E는 하계 정점만으로 선정되었다. 그룹B는 하계와 춘계 정점이 혼합되었다. 그룹A는 춘계의 8개 정점에서 망둑어과(춘계)와 미끈망둑속으로 구성되었고 39.6%의 유사도를 나타냈다. 그룹B는 12정점에서 양태속으로 구성되었고 95.8%의 기여도에 23.4% 유사도를 나타냈다. 그룹C와 D는 멸치로 구성되었고 각각 100.0%, 98.6%의 기여도와 각각 87.2%, 67.4%의 유사도를 나타냈다. 그룹E는 3정점에서 주둥치와 망둑어과(하계)로 구성되었고 각각 50.5%, 39.6%의 기여도와 37.1%의 유사도를 나타냈다.

<Table 3> Summary of results by SIMPER analysis

Group	Species	Contribution (%)	Accumulation (%)	Average similarity (%)
A	Gobiidae (spring)	67.95	67.95	39.61
	Luciogobius sp.	28.21	96.16	
B	*Repomucenus* sp.	95.77	95.77	23.35
C	*Engraulis japonicus*	100.00	100.0	87.22
D	*Engraulis japonicus*	98.58	98.58	67.41
E	*Nuchequula nuchalis*	50.46	50.46	37.12
	Gobiidae (summer)	39.59	90.05	

자치어군집별로 나타난 정점들의 환경을 정리하여 나타냈다(<Table 4>). 그룹A는 춘계에 수온이 17.5±1.6℃로 그룹 중에서 가장 낮았고 표층에서 염분은 평균 32.5±1.1psu로 30.7~34.1psu의 범위를 나타내며 가장 높았다. 동물플랑크톤의 평균 밀도(1,764±2,548 ind./m^3)와 어란 평균 밀도(982±1,154 egg/1,000m^3) 및 자치어 평균 밀도(29.7±14.9 ind./1,000m^3)는 다른 그룹과 비교하여 가장 낮은 밀도를 나타냈다. 그룹B는 춘계와 하계가 혼재되어있었고 양태속로 평균 수온과 평균 염분은 각각 20.5±4.2℃(17.5~26.8℃)와 32.1±1.8psu(29.6~33.7psu)였다. 동물플랑크톤 평균밀도와 어란 평균밀도는 다른 그룹과 비교하여 2번째로 많았다. 그룹C와 그룹D는 하계 낙동강 부근의 정점이었고 멸치로 구성되었으며, 평균 수온은 각각 23.4±1.3℃(22.5~24.3℃)와 24.1±1.2℃(22.8~25.3℃)이었고 평균 염분은 각각 29.6±4.0psu(26.8~32.5psu)와 31.6±0.5psu(31.8~32.1psu)였다. 그룹D가 그룹C보다 동물플랑크톤 평균밀도와 어란의 평균밀도는 많은 경향을 나타냈고 자치어의 평균밀도도 높았다.

<Table 4> Comparison of species group of abiotic- and biotic parameters in the Nackdong River estuary of 2017~2019

Group	Temp.(℃)	Salinity(psu)		SPM(mg/L)	Zooplankton density (ind./m^3)	Fish egg density (egg/1,000m^3)	Larvae density (egg/1,000m^3)
		Surface	Bottom				
A	17.5±1.6	32.5±1.1	33.4±0.4	20.6±24.0	1,764±2,548	982±1,154	29.7±29.7
B	20.5±4.2	32.1±1.8	33.4±0.8	14.1±13.9	17,179±38,687	5,971±15,877	171±171
C	23.4±1.3	29.6±4.0	32.8±1.9	9.2±6.6	3,624±261	5,841±4,679	34.2±34.2
D	24.1±1.2	31.6±0.5	33.3±1.0	21.8±18.6	5,886±5,235	22,512±31,571	288.9±288.9
E	26.8±1.2	28.2±1.8	32.9±0.5	16.9±11.9	24,549±31,472	2,086±738	784.8±784.8
None	21.1±3.7	32.0±2.2	33.3±0.8	11.0±3.7	8,471±9,607	146±338	-

None: stations that ichthyo-plankton was not collected

그룹E는 하계 마산만 부근의 정점으로 주둥치와 망둑어과로 구성되었고 가장 높은 평균 수온 26.8±1.2℃(26.0~27.7℃)와 가장 낮은 평균 염분 28.2±1.8psu (27.0~29.5psu)를 나타냈다. 동물플랑크톤의 평균밀도(22,512±31,571 ind./m^3)와 자치어의 평균 밀도(784.8±24.0 ind./1,000m^3)는 주둥치의 출현량으로 가장 높게 나타났다.

Ⅳ. 고 찰

본 연구는 2017~2019년 춘계와 하계의 낙동강 하구역 7개 정점을 대상으로 수행된 조사에서 출현하는 자치어 종조성과 출현량을 검토하였다.

남해는 외해수와 원활한 해수유동과 육수 유입에 의한 영양염류의 공급으로 종의 풍부도와 다양성이 유지된다. 하계에 남해는 제주 해협 및 대한해협을 통과하는 고온-저염의 대마난류(수온 28.5℃, 염분 30.4psu)와 고밀도의 한국 남해 연안수(수온 25.5℃, 염분 31.8psu)에 의해 열염전선(Thermohaline front)이 형성되어 수평적으로 수괴 분포나 배치 구조가 달라진다(Lee and Choi, 2009; Lee et al., 2018; Oh et al., 2007).

본 연구에서는 출현한 자차어는 총 26 분류군이었고 연평균 출현량은 춘계에 394±149 ind./1,000m^3와 하계에 2,199±464 ind./1,000m^3였다. 출현량이 적은 다양한 종들과 출현량이 많은 소수의 종로 구성되어 마산만과 진해항 및 낙동강 하구역의 해역이 종조성과 출현량으로는 구분되지 않는 결과를 나타냈다.

국내에서 선행된 남해의 자치어 군집연구를 보면 낙동강하구 부근에서 1987년 춘하계에 5개 정점으로 RN100을 이용하여 자치어는 총 13 분류군이 출현하였고 춘계에 6 분류군 106 ind./1,000m^3이 출현하였고 하계에 11 분류군 221 ind./1,000m^3이 출현하였다(Cha & Huh, 1988). 춘계에 멸치가 출현량의 91.4% 차지하며 우점하였고 하계에는 멸치, 양태속, 웅어(*Coilia nasus*), 망둑어과 각각 32.5%, 27.7%, 22.4%, 9.9%를 차지하였다.

낙동강 하구역에서 2004년 4월과 7월에 자치어는 30개 정점에서 총 6 분류군이 출현하였고 4월에 5 분류군 885 ind./1,000m^3이 출현하였고 7월에 5 분류군 790 ind./1,000m^3이 출현하였다(Han et al., 2016). 춘계에 전체출현량 중에서 청어(*Clupea pallasii*), 망둑어과, 전어(*Konosirus punctatus*), 정어리(*Sardinops melanostictus*)가 각각 40.3%, 18.5%, 18.4%, 14.1%를 차지하였다. 하계에 전어(48.2%), 웅어(21.5%), 망둑어과(13.1%) 순

으로 우점하였다.

진해만 남서부에서 2009년 5월과 7월에 자치어는 12개 정점에서 총 24 분류군이 출현하였고 5월에 9 분류군 1,381 ind./1,000m^{3}이 출현하였고 7월에 19 분류군 12,352 ind./1,000m^{3}이 출현하였다(Huh et al., 2011). 춘계에 전체출현량에서 망둑어과와 둑중개속(*Pseudoblennius* sp.)이 각각 55.5%, 21.2%를 차지하였고, 하계에 전어(42.8%), 멸치(34.4%), 앞동갈베도라치(20.9%) 순으로 우점하였다.

낙동강 하구역에서 2011년 5, 7, 8월에 자치어는 2개 정점에서 총 21 분류군이 출현하였다(Choi et al., 2015). 자치어는 5월에 6 분류군 863 ind./1,000m^3, 7월에 17 분류군 6,850 ind./1,000m^3, 8월에 10,992 ind./1,000m^{3}이 출현하였다. 정점은 낙동강 하류에 1개 정점과 외역에 1개 정점에서 조사를 수행하였고 하류의 정점의 수초가 많은 정점에서 전어와 망둑어과, 웅어의 출현이 많았다. 망둑어과와 전어가 5월에 전체출현량의 96.0%를 차지하였고 7월에는 망둑어과와 멸치가 89.4%를 차지하였으며, 8월에는 망둑어과와 멸치가 87.7%를 차지하였다.

진해만 동부해역에서 2011년에 10개의 정점에서 7월과 8월에 자치어는 총 24 분류군이 출현하였고 5월에는 출현하지 않았다(Kim et al., 2018). 자치어는 7월에 12 분류군 7,921 ind./1,000m^{3}이 출현하였고 8월에 19 분류군 3,505 ind./1,000m^{3}이 출현하였다. 멸치와 청어과(Clupeidae)가 7월에 79.2%를 차지하였고 양태속이 4.8%를 차지하였으며, 8월에는 망둑어과와 멸치과(Engraulidae)가 84.6%를 차지하였다.

진도 연안의 2011년 춘하계 조사에 7 정점에서 총 25 분류군이 출현하였다(Han et al., 2019). 춘계에 18 분류군 350 ind./1,000m^{3}이 출현하였고, 하계에 19분류군 1,053 ind./1,000m^{3}이 출현하였다. 춘계에 전체출현량에서 전어와 준치(*Ilisha elongata*)가 57.5%가 차지하였고 망둑어과와 멸치가 각각 5.3% 차지하였다. 하계에는 멸치가 74.7% 차지하였고 전어가 8.8% 차지하였다.

진해만 북부에서 2013년 7월과 2014년 5월에 자치어는 9개 정점에서 총 13 분류군이 출현하였고 5월에 8 분류군 57 ind./1,000m^{3}이 출현하였고 7월에 10 분류군 259 ind./1,000m^{3}이 출현하였다(Han et al., 2018). 춘계에 출현량은 멸치와 망둑어과가 70.7%를 차지하였고 앞동갈베도라치가 6.7%를 차지하였다. 하계에는 전체출현량에서 멸치, 주둥치, 앞동갈베도라치가 각각 53.2%, 15.3%, 14.2%를 차지하였다.

진해만에서 2015~16년에 100RN을 이용하여 춘하계 조사한 결과 자치어는 13개 정점에서 총 22 분류군이 출현하였다(Moon et al., 2018). 자치어는 5월의 2015년에 2 분류군 12 ind./1,000m^{3}이 출현하였고 2016년에 2 분류군 5 ind./1,000m^{3}이 출현하였다. 하계에 8월의 2015년에 18 분류군 1,882 ind./1,000m^{3}이 출현하였고 2016년에 6 분류군 106 ind./1,000m^{3}이 출현하였다. 춘계에 군집에 기여한 종은 청보리멸(*Sillago japonica*)이었고 하계의 2015년에 돛양태과는 51.1%를 차지하였고 청보리멸과 열동가리돔이 각각 17.3%, 12.1%를 차지하였다. 하계의 2016년에 멸치, 참서대(*Cynoglossus joyneri*), 청보리멸, 돛양태과 순으로 우점하였다.

여수와 남해 및 통영에서 2016년 각각 4, 4, 7개 정점으로 5월과 7월에 조사하여 자치어는 총 30 분류군이 출현하였다(Choi et al., 2017). 여수에서 자치어는 총 29 분류군이 출현하였고 5월에 15 분류군 329 ind./1,000m^{3}이 출현하였으며, 7월에 18 분류군 1,090 ind./1,000m^{3}이 출현하였다. 자치어는 5월에 멸치(51.1%), 청보리멸(20.0%) 망둑어과(6.8%), 청베도라치(6.6%) 순으로 우점하였고 7월에는 멸치(41.8%), 청보리멸(11.2%), 청베도라치과(10.1%), 망둑어과(8.1%) 순으로 우점하였다. 남해도에서 자치어는 총 25 분류군이 출현하였고 5월 16 분류군 1,342 ind./1,000m^{3}이 출현하였고 7월에는 13 분류군 856 ind./1,000m^{3}이 출현하였다. 자치어는 5월에 멸치(84.3%), 청베도라치

과(3.9%) 순으로 우점하였고 7월에는 청베도라치과(28.4%), 멸치(27.2%), 청보리멸(18.2%), 망둑어과(5.0%) 순으로 우점하였다. 통영에서 자치어는 총 19 분류군이 출현하였고 5월에 7 분류군 111 ind./1,000m^{3}이 출현하였고 7월에 15 분류군 972 ind./1,000m^{3}이 출현하였다. 자치어는 5월에 청베도라치과(49.9%), 멸치(18.0%), 망둑어과(10.9%) 순으로 우점하였고 7월에는 멸치(53.3%), 청보리멸(15.7%), 청베도라치과(5.0%), 망둑어과(4.3%) 순으로 우점하였다.

여수와 남해도에서 2017년과 2018년에 7개 정점으로 춘하계 조사하여 13 분류군이 출현하였다(Koh et al., 2019). 춘계에 총 7 분류군이 출현하였고 2017년과 2018년에 각각 516 ind./1,000m^3, 615 ind./1,000m^{3}이 출현하였고 하계에는 총 12 분류군이 연도별로 389 ind./1,000m^3, 510 ind./1,000m^{3}이 출현하였다. 춘계에 멸치와 전어가 70.0% 차지하였고 정어리가 10.8%를 차지하였다. 하계에 주둥치, 전어, 멸치가 각각 27.0%, 25.9%, 25.0% 차지하였다.

선행된 연구에서 출현하는 분류군수는 남해서부(여수, 남해도, 진도)가 동부(통영, 진해만, 마산만, 낙동강하구역)보다 많은 경향을 나타냈고 춘계의 출현 분류군수나 출현량은 하계보다 적게 출현하는 경향을 나타냈다. 본 연구해역에서는 동계에 꼼치(*Liparis tanakae*), 청어, 대구(*Gadus macrocephalus*)의 산란장으로 알려졌지만, 춘계에는 산란하는 어종이 별로 없고 양도 적어서 자치어의 출현량이 적고 낙동강의 영향이 직접 미치기 때문에 해산어의 산란에 적절치 못하다고 판단되었다(Cha and Huh, 1988, Cha and Park, 1994, Choi et al., 2015). 그러나, 선행 연구를 보면 진해만과 낙동강하구에서는 2011년을 기준으로 이후부터 춘계에 자치어의 출현 분류군수와 출현량이 증가하는 경향을 나타냈다(Han et al., 2018; Moon et al., 2018). 본 연구는 2011년 이후의 연구와 출현 분류군수는 유사하고 출현량 더 많은 결과를 나타냈다. 이 해역이 자치어 출현 변동양상의 이유로 몇 가지를 예측해 보면 첫 번째로 낙동강의 댐과 보의 공사이다. 낙동강하구는 해수가 주변 농경지에 유입되는 피해를 막기 위해 1987년에 둑을 설치하여 인위적으로 담수 방류량을 조절하고 있으며, 2012년에는 강의 본류에 8개의 보(낙동보)를 설치하여 육지와 해양이 인공시설물로 단절되었다(Choi et al., 2015; Yoon et al., 2017). 낙동강에서 보가 완공된 2012년을 기준으로 월평균 방류량은 보가 건설되기 전보다 월평균 방류량은 약 75% 이상 급격히 감소하였다(Yoon et al., 2017). 이로 인하여 일반적으로 춘계와 추계에 대번성하는 식물플랑크톤의 특성과는 달리 낙동강하구역에서 하계에 높은 경향을 나타낸다.

두 번째로 수온과 염분의 변화는 자치어의 분포나 출현양상이 변동하는 경향을 나타낼 수 있다. 남해 연안은 5월과 7월에 염분전선(열염전선)이 형성되고 7월에는 동서방향의 조밀한 염분전선을 형성한다(Kim et al., 2005; Ko et al., 2010; Lee and Choi 2009). 멸치의 출현은 전선역에 집중되어 나타난다고 알려져 있다. 본 연구의 멸치의 출현 정점은 2017년보다 2019년에 출현한 정점이 증가하는 경향을 나타냈고 2019년에는 마산만(N01)과 낙동강(N07)에 가장 인접한 정점을 제외한 모든 정점에서 멸치의 자치어가 출현하였다.

종합적으로 고려할 때, 낙동강의 방류량은 2012년을 기준으로 감소하였고 염분의 변동으로 염분전선이 과거보다는 북쪽의 연안으로 이동하여 자치어의 남해 연안수 내의 분포역이 좁아져서 출현량이 많아지는 효과를 주었다고 판단된다. 따라서 향후 이 해역에서 자치어 출현량과 분포의 변동에 대한 과학적 접근을 위해서는 연안과 외해역까지 지속적인 추적조사가 필요하다고 판단된다(Choi et al., 2017).

주둥치 자치어는 진해만 부근(N01~N04)에서 2019년 하계에 출현하였다. 낙동강의 영향을 많이 받는 가덕도 주변해역에서 주둥치 자치어가

출현하고 성어는 우점종으로 출현한다(Choi et al., 2015; Huh and An, 2000; Huh and An, 2002). 가덕도 주변해역에서 주둥치의 출현은 본 연구와 유사한 결과였고, 광양만에서는 다량으로 출현량 하는 종으로 알려져 있다(Cha and Park, 1994; Choi et al., 2015).

우리나라 자치어 종조성 연구에서 많은 연구는 멸치가 최우점종으로 나타나며, 망둑어과 자치어는 최우점종이거나 차우점종으로 보고되고 있다(Cha and Huh, 1988; Choi et al., 2015; Jeon et al., 2000; Han et al., 2002; Kim et al., 2018). 멸치의 자치어는 염분 <28psu일 때의 분포가 제한되고, 성장에 최적 수온은 21~22℃이고 만경동진강 하구역에서 멸치의 산란은 >14℃에서 이루어지며, 최적 수온은 24.5℃(17~27℃) 정도이다(Cha and Park, 1991; Hwang et al, 2007; Kim and Lo, 2001; Mitani and Hasegawa, 1988; Takasuka and Aoki, 2006). 본 연구에서 멸치 자치어가 출현한 정점은 춘계 2019년과 하계 2017~2019년이었고 표층 수온 및 염분 분포범위는 18.5~26.0℃, 26.8~32.5 psu로 기존의 연구 결과와 수온은 유사하였지만, 염분에서는 차이가 있었다. 염분에서 차이가 나타난 정점은 낙동강에 가장 가까운 정점(N07)으로 수심 5m인 해역에서 표층과 저층의 염분차이가 4.7psu 차이가 있었기에 경사 예망하는 동안에 다른 수괴에서 채집되었다고 판단된다. 멸치는 금강하구역에서 부유물질이 평균 10 mg/l이하의 해역에서 출현한다고 보고되었다(Chin, 2020). 본 연구에서는 멸치가 출현한 정점들(그룹D)에서 높은 농도를 나타냈는데, 모두 하계의 낙동강에서 가장 가까운 정점(N07)이었다. 부유물질과 멸치와 관계를 규명하기 위해서는 더 많은 연구가 필요하다고 판단된다.

고수온 현상이 2017~19년의 하계에 발생하였다. 이 현상으로 낙동강이 해역에 미치는 효과가 더욱 감소하여 자치어의 출현량에 영향을 줄 것으로 예측된다. 산란 시기의 어미는 산란장에서 수온이 변동하면 적산산란 수온이 변동하여 산란 시기가 빠르거나 느려질 수 있다(Nakagawa and Okouchi, 2005). 또한, 고수온 현상은 강우량의 감소와 관계가 있어 해수 염분에도 영향을 주어 자치어의 생존과 성장에 영향을 줄 수 있다. 고수온과 염분의 변화는 기수역에서 출현하는 종들의 출현량이 감소할 수 있다고 판단되고 향후 연구에서 이 현상에 대한 효과를 고려하여야 한다고 판단된다.

Ⅴ. 결 론

이 연구에서 마산만에서 낙동강하구역까지의 정점에서 2017년부터 2019년까지 춘계와 하계에 출현하는 자치어를 분석하였다. 출현한 자치어의 종조성에서 망둑어과 자치어가 전체출현 개체수의 31.0%로 가장 우점하였고 차우점종은 멸치로 17.5% 출현하였으며 세 번째로 많이 출현한 종은 16.0%로 양태속 자치어였다. 군집분석 결과, 공간적인 분포는 차이를 나타내지 않았다. 낙동강에서 댐과 둑의 공사로 낙동강이 주변해역에 미치는 영향이 감소하였고 염분전선이 이동하여 과거와 비교하여 춘계와 하계에 출현 분류군수와 출현량이 변동하는 경향을 나타낸다고 판단되었다.

References

Abookire AA, Piatt JF and Robards MD(2000). Nearshore fish distributions in an Alaskan Estuary in relation to stratification, temperature and salinity. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 51, 45~59.
http://dx.doi.org/10.1006/ecss.1999.0615

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 ichthyplankton in the Mankyong-Dongjin Estuary. J. Oceano. Soc. Kor, 26(1), 47~58.

Cha SS and Park KJ(1994). Distribution of the

ichthyoplankton in Kwangyang Bay. Kor. J. Ichthyol., 6(1), 60~70.

Cha SS, Yoo JM and Kim JM(1990). Seasonal variation of the fish larval community in the coastal waters of the mid-east Yellow Sea. J. Oceano. Soc. Kor., 25(2), 96~105.

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(4), 619~627. https://doi.org/10.11233/AQUACULTURESCI1953.55.619

Chin BS, Kim ST, Kim JS and Park GS(2020). Species composition and abundances of ichthyol-plankton in Geum River Estuary in spring and summer. JFMSE, 32(1), 65~73. https://doi.org/10.13000/JFMSE.2020.2.32.1.65

Cho BH and Yang KC(2012). A study on the total pollutant load management of Masan Bay using GIS technique. J. Korean Wet. Soc., 14(2), 89~99. http://dx.doi.org/10.17663/JWR.2012.14.1.089

Choi HC, Park JM and Huh SH(2015). Spatio-temporal variations in species composition and abundance of larval fish assemblages in the Nakdong River Estuary, Korea. Korean J. Ichthyol., 27(2), 104~115.

Choi HC, Yoo MH, Youn SH and Oh HJ(2017). Distribution of fish larvae in the southern coastal waters (Yeosu, Namhae and Tongyoung) of Korea in spring and summer. Journal of the Korean Society of Marine Environment & Safety, 23(6), 759~766. http://dx.doi.org/10.7837/kosomes.2017.23.6.759

Fuiman LA and Werner RG(2002). Fishery science: The unique contributions of early life stages, Blackwell Science Ltd., Miami.

Gibson RN(1994). Impact of habitat quality and quantity on the recruitment of juvenile flatfishes. Neth. J. Sea Res., 32(2), 191~206.

Gray CA(1993). Horizontal and vertical trends in the distribution of larval fishes in coastal waters off central New South Wales, Australia. Marine Biology, 116, 649~666. https://doi.org/10.1007/BF00355483

Han KH, Kim HJ, Lee J and Lee SH(2019). Species composition and variation of ichthyoplankton in coastal waters of Jindo, Korea. Bulletin of the Fisheries Science Institute Yosu National University, 28(1), 51~57. https://doi.org/10.22714/SFO.2019.28.1.7

Han KH, Lee SH, Youn BI and Baek JI(2016). Species composition and seasonal variations of ichthyoplankton in coastal waters of Nakdong River Estuary. Bulletin of the Coastal Environmental Research Institute, 16, 87~96.

Han KH, Shin YH and Hwang DS(2002). Seasonal variations in species composition of ichthyoplanton off Kohung Peninsula, Korea. Korean J. Ichthyol., 14(1), 45~52.

Han KH, Yu TS, Lee J and Lee SH(2018). Seasonal variation in species composition of ichthyoplankton in northern Jinhae Bay, Korea. Korean J Fish Aquat Sci, 51(1), 72~78.

Huh SH and An YR(2000). Species composition and seasonal variation of fish assemblage in the coastal water off Gadeok-do, Korea 1. Fishes collected by a small otter trawl. J. Korean Fish. Soc., 33(4), 288~301.

Huh SH and An YR(2002). Species composition and seasonal variation of fish assemblage in the coastal water off Gadeok-do, Korea -2. Fishes collected by three sides fyke nets-. J. Korean Fish. Soc., 35(4), 366~379. https://doi.org/10.5657/kfas.2002.35.4.366

Huh SH and Chung SG(1999). Seasonal variations in species composition and abundance of fishes collected by an otter trawl in Nakdong River Estuary. Bull. Korean Soc. Fish. Tech., 35(2), 178~195.

Huh SH, Han MI, Hwang SJ, Park JM and Baeck GW(2011). Seasonal variation in species composition and abundance of larval fish assemblages in the south-western Jinhae Bay, Korea. Korean J. Ichthyol., 23(1), 37~45.

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. Journal of Fisheries Science and Technology, 10(2), 74~85. https://doi.org/10.5657/fas.2007.10.2.074

Ikejima K and Shimizu M(1996). Growth and life

span of the hatatatenumeri-dragonet *Repomucenus valenciennei* in Tokyo Bay, Japan. Fish. Sci., 62(6), 850~854.
https://doi.org/10.2331/fishsci.62.850

Jang IK and Kim CH(1992). A study on the changes of the molluscan and crustacean fauna after the construction of the Naktong Estuary Barrage. J. Korean Soc. Aqua. Sci., 25(4), 265~281.

Jeon SL(1987). Fish fauna of the lower area of Nakdong-river. Kor. Nat. Cons. Res., 9, 77~90.

Jeon SM, Jo YC, Byun DS, Ahn JH and Lee KS(2000). Distribution of fish larvae and juveniles in Imjado, Korea., Gwangju Press, Gwangju, 22~30.

Kim HJ, Jeong JM, Park JH, Huh S-H and Baeck GW(2018). Species composition of larval fishes in the eastern Jinhae Bay, Korea. J. Korean Soc. Fish. Ocean Technol., 54(1), 81~88.
http://dx.doi.org/10.3796/KSFOT

Kim JH, Jang SD and Kim SK(1986). Variability of current velocities in Masan Inlet. J. Korean Fish. Soc., 19(3), 274~280.

Kim JI, Kim JY, Choi YK, Oh HJ and Chu EK(2005). Distribution of the anchovy eggs associated with coastal frontal structure in southern coastal waters of Korea. Korean J. Ichthyol., 17(3), 205~216.

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. Fisheries oceanography, 21, 297~310.
http://dx.doi.org/10.1046/j.1365-2419.2001.00175.x

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(4), 256~266.

Koh SJ, Seo SH, Lee SH, Yu TS and Han KH(2019). Species composition of ichthyoplankton in the coastal water between Yeosu and Namhae, Korea. Kor. J. Ichthyol., 31(3), 159~164.

Kwak SN and Huh SH(2003). Changes in species composition of fishes in the Nakdong River Estuary. J. Korean Fish. Soc., 36(2), 129~135.
http://dx.doi.org/10.5657/kfas.2003.36.2.129

Kwon JN, Lim JH, Shim JH, Lee JH and Choi TJ(2014). The long-term variations of water quality in Masan Bay, south sea of Korea. Journal of the Korean Society for Marine Environment & Energy, 17(3), 212~223.
http://dx.doi.org/10.7846/JKOSMEE.2014.17.3.212

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(3), 785~798.
http://dx.doi.org/10.13000/JFMSE.2017.29.3.785

Lee, JH, (2004). Suggest on standardization of ecological survey methods in the Korean watershed, Korean J. Environ. Biol, 22(1), 1~11.

Lee MO and Choi JH(2009). Distributions of water temperature and salinity in the Korea southern coastal water during *Cochlodinium polykrikoides* blooms. J. Korean Soc. Mar. Environ. Energy, 12(4), 235~247.

Lee MO, Lee SH, Kim PJ and Kim BK(2018). Characteristics of water masses and its distributions in the southern coastal waters of Korea in summer. J. Korean Soc. Mar. Environ. Energy, 21(2), 76~96.
https://doi.org/10.7846/JKOSMEE.2018.21.2.76

MOF and MABIK(2017). National list of marine species, Namu Press, Seochun, Korea, 1047 pp.

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, 48 pp.

Moon SY, Choi JH, Lee HW, Kim JN, Heo JS, Gwak WS and Lee YD(2019). Distribution and characteristics of pacific herring *Clupea pallasii* spawning beds in Jinhae Bay, Korea. Korean J. Fish. Aquat. Sci., 51, 52(5), 534~538.
https://doi.org/10.5657/KFAS.2019.0534

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 Soc. Environ. Bio., 36(2), 140~149.

Nakagawa M(2007). Effect of rearing temperature on growth and maturation of black rockfish, *Sebastes*

schlegeli. Aquaculture Sci., 55(1), 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* broodsrtck females. Aquaculture Sci., 53(4), 343~348. https://doi.org/10.11233/aquaculturesci1953.53.343

Oh HJ, Lee YH, Yang JH and Kim SH(2007). The characteristics of phytoplankton distributions related to the oceanographic conditions in the southern waters of the Korean in summer, 2004. J. Geo. Info. Sys. Assoc., 10(3), 40~48.

Park PH. (2000). Seasonal variations of larvae and juvenile occurring in the sandy beach adjacent to Mongsanpo, Taean Penisula. Master thesis, Inha University.

Pritchard DW(1955). Estuarine circulation patterns. Proc Amer. Sic. Civil Eng., 81, 717.

Reid GK and Wood RD(1976). Ecology of inland waters and estuaries, D. Van Nostrand Comp, New York. 485 pp.

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.

Takasuka A and Aoki I(2006). Environmental determinants of growth rates for larval Japanese anchovy *Engraulis japonicus* in different waters. Fisheries oceanography, 15(2), 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(3), 251~258.

Yoo YJ and Kim SJ(2019). Analysis of the characteristics of water quality difference occurring between high tide and low tide in Masan Bay. J. Wet. Res., 21(2), 102~113. https://doi.org/10.17663/JWR.2019.21.2.102

Yoon SC, Youn SH and Suh YS(2017). The characteristics of spatio-temporal distribution on environmental factors after construction of artificial structure in the Nakdong River Estuary. J. Korean Soc. Mar. Environ. Energy, 20(1), 1~11. https://doi.org/10.7846/JKOSMEE.2017.20.1.1

• Received : 30 December, 2020
• Revised : 18 January, 2021
• Accepted : 02 February, 2021