

〈Original article〉

진해만 자어 군집의 계절 변동

문성용* · 이정훈¹ · 최정화 · 지환성 · 유준택 · 김정년 · 임양재

국립수산과학원 수산자원연구센터, ¹국립수산과학원 독도수산연구센터

Seasonal Variation of Larval Fish Community in Jinhae Bay, Korea

Seong Yong Moon*, Jeong-Hoon Lee¹, Jung-Hwa Choi, Hwan Sung Ji, Joon-Taek Yoo,
Jung-Nyun Kim and Yang Jae Im

Fisheries Resources Research Center, National Institute of Fisheries Science,
Tongyoung 53064, Republic of Korea

¹Dokdo Fisheries Research Center, National Institute of Fisheries Science,
Pohang 37709, Republic of Korea

Abstract - Seasonal variations in the community structure of larval fish assemblage in Jinhae Bay were investigated in February, May, August and November of 2015, and in the same months in 2016. During the study period, a total of 28 larvae species belonging to 24 families were collected. The dominant species were *Clupea pallasii*, *Liparis tanakae*, *Callionymidae* sp., *Sillago japonica*, *Ernogrammus hexagrammus* and *Engraulis japonica*. These six species accounted for 77.6% of the total number of larvae during the survey period. The larvae of *C. pallasii* and *L. tanakae* were exclusively caught in February 2015 and 2016, while those of *Apogon lineatus* and *Sillago japonica* were exclusively caught in August 2015 and 2016. Overall, species diversity of the fish larvae was highest in February and August, although it was relatively low in May. The results of the non-metric multidimensional scaling (nMDS) analysis using the number of individual larval fish showed that they are divided into four seasonal groups. Our results showed that the community of larval fish in Jinhae Bay was affected by seasonal changes in temperature and the emergence of spawning fish species. Additionally, we suggest that the high abundance of larval fish came from around Jam-do and the northern part of Chilcheon-do; these locations are the main spawning grounds of Jinhae Bay.

Keywords : seasonal community, larval fish, oblique tow, Jinhae Bay

서 론

우리나라 남해 동부에 위치해 있는 진해만은 수심이 얇고 해류의 영향이 적으며, 육상으로부터 지속적으로 유기물이 공급됨에 따라 기초생산력이 높고 먹이생물이 풍부하여

(Soh and Choi 2004; Park *et al.* 2012; Jang *et al.* 2015), 다양한 수산자원들의 산란, 부화 및 성장에 적합한 해역으로 (Huh *et al.* 2011; Kwak and Park 2014; Lee *et al.* 2014), 겨울철에는 대구, 청어와 같은 주요 수산자원들의 산란장과 성육장 역할을 하고 있다(Lee *et al.* 2014; Lee *et al.* 2017). 하지만 진해만 인근에는 대도시가 인접하고 있어 육상 기원의 오·폐수 유입으로 인한 부영양화가 지속적으로 진행되어 여름철에는 진해만 북부를 중심으로 적조(red tide)와 빈산

* Corresponding author: Seong Yong Moon, Tel. 055-650-2241, Fax. 055-650-2206, E-mail. msy7744@korea.kr

소(hypoxia)의 빈번한 발생에 따른 서식환경 변화로 해양생물의 분포와 서식에 영향을 주고 있다(Lim *et al.* 2006; Jang *et al.* 2015; Seo *et al.* 2015).

표영생태계를 이루는 다양한 생물군들 중 주요 구성원인 자어 분포 조사는 이들의 산란장과 성육장을 파악하는 직접적인 자료로 활용될 수 있고 가입 이전의 초기생활사 연구는 수산자원 가입량 변동예측과 관리 및 평가를 연구하는 데 중요한 정보로 제공될 수 있다(Fuiman and Werner 2002). 하지만 대상 해역의 자어의 종조성과 출현량은 수온의 영향을 가장 많이 받을 뿐 아니라(Houde 1989; Blaxter 1991), 성어들의 산란습성 및 자어의 행동과 이들을 수송하는 해양학적 특성(Gray 1993, 1995), 그리고 채집방법에 따라서 차이를 보이기 때문에 해역에 출현하는 어종들의 산란습성과 부화 후 자어가 분포하는 수심을 고려한 정량적인 채집이 필요하다(Colton Jr *et al.* 1980; Cyr *et al.* 1992; Lee *et al.* 2014). 자어 분포 조사를 위해서는 네트를 예인하는 방법이 주로 이용되는데 수심을 고려하여 낮은 수심에는 수평채집을 하고 수심이 보다 깊은 경우는 밤과 낮에 일주수직운동으로 자어의 수직분포 변화에 의해서 출현종수와 출현량이 과소평가 될 수 있어 경사채집이 필요하다(Cha and Park 1994; Lee *et al.* 2004). 특히, 진해만에서 겨울철에 산란하는 어종들은 침성난을 산란하는 어종들이 대부분이기 때문에 부화 후 저층 바닥 근처에 서식하는 자어들도 포함되어 있어(Lee *et al.* 2014), 이들을 채집하기 위해서는 바닥에서 표층까지 채집할 수 있는 경사채집이 효율적이다(Colton *et al.* 1980; Cyr *et al.* 1992; Lee *et al.* 2014). 하지만 진해만을 대상으로 수행된 자어의 계절 분포에 관한 연구는 표층(수심 10 m 이내)를 대상으로 하는 수평채집에 의한 연구결과가 대부분이며(Huh *et al.* 2011; Kwak and Park 2014), 경사채집을 통한 자어분포 연구는 겨울철에 국한되어 있다(Lee *et al.* 2014).

따라서, 본 연구에서는 진해만의 해역 특성과 계절에 따라 출현하는 어류의 산란습성과 자어의 분포 수심을 고려한 경사채집을 수행하여 이들의 종조성과 계절별 군집특성을 파악하여 진해만 내의 주요 수산자원의 효율적인 자원관리를 위한 기초자료로 제공하는 데 의미를 두었다.

재료 및 방법

1. 자료 수집

자어 자료는 13개 정점에서 2015년과 2016년에 각 연도별로 2월(겨울철), 5월(봄철), 8월(여름철), 그리고 11월(가

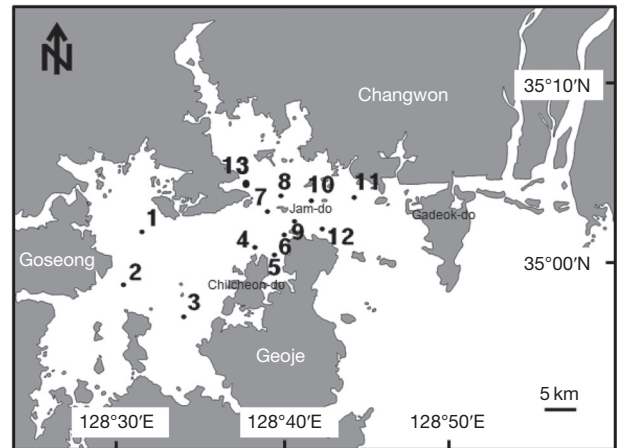


Fig. 1. Map showing location of sampling station in Jinhae Bay.

을철)에 수집하였다(Fig. 1). 자어채집은 자체 제작한 자어 네트(직경 1 m, 망목크기 1.18 mm)를 이용하여 경사채집하였고 조사정점의 수심은 9~36 m 범위였으며, 각 정점에서의 네트 예인시간은 5~10분 범위였다. 수집된 자어 출현개체수 자료의 정량화를 위해 망구에 유량계(438 115, Hydro-Bios, UK)를 부착하여 인망 시 여과된 해수량을 파악하였다. 환경 조사를 위해 CTD(Seabird 19plus)를 이용하여 매 조사 시 각 정점에서 수온과 염분을 측정하였다. 채집된 시료는 현장에서 중성포르말린(5%)으로 고정하여 실험실로 운반한 다음, 24시간 이내에 70% 에탄올로 치환하여 일정 기간 보관하였다가 종을 동정하고 종별 개체수를 파악하였다(Watannabe 2010). 자어의 종 동정은 Kim *et al.* (2011)과 Okiyama (1988)의 문헌을 참고하여 종 수준까지 하였으며, 분류체계와 학명은 FishBase(Froese and Pauly 2017)를 따랐다. 자어의 형태적 관찰은 입체해부현미경(Olympus, SZX10, Olympus, Japan)을 이용하였다. 종별 개체수는 유량계로 산출된 여과해수량 값을 이용하여 단위부피당 개체수(inds/m³)로 환산하였다.

2. 자료분석

자어 군집의 계절별 종 다양성을 파악하기 위해 종별 개체수 자료를 바탕으로 종다양성 지수(H')(Shannon and Weaver 1963)를 계산하였다. 자어 군집의 정점 간 유사도 측정을 위해, PRIMER(ver. 6.0, PRIMER-E, New Zealand)를 이용하여 Bray-Curtis 유사도 지수를 바탕으로 비가중산술평균(UPGMA)에 의하여 군집화하는 계보적 군집분석(hierarchical cluster analysis)과 nMDS(non-metric multidimensional scaling) 분석을 수행하였다. 자어 분류군들의 출현개

체수 자료는 조사시기와 종간의 심한 밀도차이에 의한 자료편중과 분포를 정규화하기 위하여 로그 지수(log(x + 1))로 변환하여 분석하였다. 구분된 그룹 간의 유의성을 검증하기 위해 one-way ANOSIM(analysis of similarities) 분석을 실시하였고, 군집에 영향을 주는 분류군들을 파악하기 위해 SIMPER(similarity percentage procedure) 분석을 수행하였다(Clarke and Warwick 2001).

결 과

1. 환경

조사기간 동안 수온(수심 10 m)은 5.9~29.3°C의 범위를 보였다(Fig. 2a). 연도별 수온은 2015년 겨울철에 평균 7.0°C이었으며, 여름철에 평균 24.5°C이었고 2016년 겨울철은 평균 7.1°C, 여름철에는 평균 27.9°C로 높았다. 염분은 31.1~33.3 psu의 범위를 나타냈다(Fig. 2b). 연도별 염분은 2015년 봄철에 평균 31.9 psu, 겨울철에 평균 33.1 psu로 높

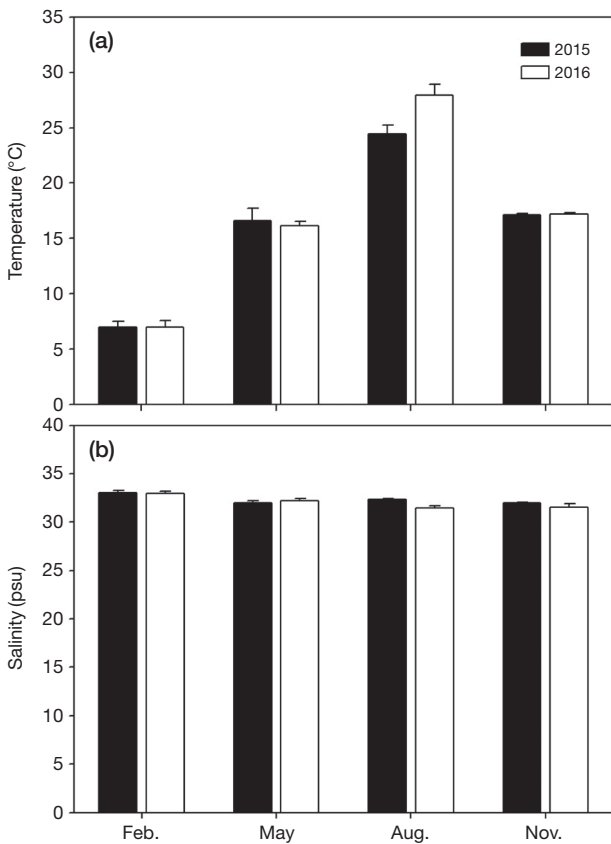


Fig. 2. Seasonal variations in (a) mean temperature and (b) mean salinity, in Jinhae Bay in 2015 and 2016.

았고, 2016년은 여름철과 가을철에 평균 31.4 psu와 31.6 psu로 다소 낮은 양상이었다.

2. 종조성 및 출현개체수

조사기간 동안 출현한 자어는 7목 24과 37개 분류군으로 종 수준까지 25속 28종이 채집되었다(Table 1). 농어목(Perciformes) 어류가 11과 14종으로 가장 많이 채집되었고, 다음으로 썸뱅이목(Scorpaeniformes) 어류가 6과 10종, 가자미목(Pleuronectiformes) 어류가 2과 3종, 청어목(Clupeiformes) 어류가 2과 2종이 채집되었다. 채집된 자어 중 가장 많이 채집된 어종은 청어(*Clupea pallasii*)로 평균 288.5 inds./1,000 m³가 채집되어 전체 채집개체수의 34.8%를 차지하였다. 그 다음으로 우점한 주요 종의 출현개체수는 꼼치(*Liparis tanakae*)가 126.6 inds./1,000 m³가 채집되어 전체 출현개체수의 15.3%를 차지하였고 돛양태과 sp. (*Callionymidae* sp)의 출현개체수는 평균 123.4 inds./1,000 m³로 전체 출현개체수의 14.9%를 차지하는 것으로 나타났다(Table 1).

자어의 계절별 출현 양상을 살펴보면(Fig. 3a), 2~18종의 범위로 2015년 여름철에 18종으로 가장 많이 채집되었고 2015년과 2016년 봄철에 각각 2종씩 가장 적게 채집되었다. 계절별 출현개체수의 변동을 살펴보면(Fig. 3b), 2015년 겨울철에 2,260 inds./1,000 m³로 가장 높았고, 2016년 봄철에 4 inds./1,000 m³로 가장 적게 채집되었다. 종다양성 지수(H')의 계절별 변동을 살펴보면(Fig. 3c), 0.65~1.67의 범위로 2016년 여름철에 가장 높았고 봄철에 낮았다.

조사기간 동안 자어 출현개체수의 시·공간적 분포 양상을 살펴보면, 2015년에 채집되지 않은 정점을 제외하면 4~2,260 inds./1,000 m³의 범위로 겨울철과 여름철에 진행만 거제 북부와 잠도 인근해역에서 비교적 높은 출현개체수를 보였지만 가을철 정점 3을 제외한 봄철과 가을철의 모든 조사 정점에서는 출현개체수가 50 inds./1,000 m³ 미만으로 낮게 나타났다(Fig. 4). 2016년에는 채집되지 않은 정점을 제외하면 4~2,260 inds./1,000 m³의 범위로 겨울철의 경우 2015년과 유사한 분포 양상을 보였지만 나머지 계절에는 2015년에 비해 낮은 출현개체수를 나타냈다(Fig. 4). 특히, 겨울철에는 청어와 꼼치가 거제 북부와 잠도 인근해역을 중심으로 출현량이 높게 나타났으며, 여름철에는 돛양태과 sp., 청보리멸(*Sillago japonica*), 열동가리돔(*Apogon lineatus*)이 정점 11에서 출현개체수가 높게 나타났다.

3. 군집구조

조사기간 동안 채집된 자어의 개체수 자료를 이용하여 군집분석을 실시한 결과를 살펴보면(Fig. 5), Brary-Curtis 유

Table 1. Species composition of larval fish in Jinhae Bay in 2015 and 2016

Order	Family	Species	2015			2016			Total	%		
			Feb.	May	Aug.	Nov.	Feb.	May			Aug.	Nov.
Clupeiformes	Clupeidae	<i>Clupea pallasii</i>	983	6	179	5	1,319	32	15	2,308	34.8	
	Engraulidae	<i>Engraulis japonicus</i>	5							235	3.5	
Gadiformes	Gadidae	<i>Gadus macrocephalus</i>	24							24	0.4	
Perciformes	Pholidae	<i>Pholis nebulosa</i>					219			219	3.3	
	Ammodytidae	<i>Ammodytes personatus</i>					29			29	0.4	
	Apogonidae	<i>Apogon lineatus</i>			227					227	3.4	
	Bleniidae	<i>Pictiblenius yatabei</i>			49	11			5	65	1.0	
		<i>Omobranchius elegans</i>			3					3	0.0	
	Callionymidae	Callionymidae sp.	10		961		3	11		985	14.9	
	Gerreidae	<i>Gerres oyena</i>						6		6	0.1	
	Gobiidae	<i>Amblychaeturichthys hexanema</i>		6						6	0.1	
	Sciaenidae	<i>Pennahia argentata</i>			5					5	0.1	
	Sillaginidae	<i>Sillago japonica</i>			325		2	18		350	5.3	
	Sphyraenidae	Sphyraenidae sp.			9					9	0.1	
	Stichaeidae	<i>Ernogrammus hexagrammus</i>	250							250	3.8	
	Pleuronectiformes	Cynoglossidae	<i>Cynoglossus joyneri</i>			25			24		49	0.7
			Cynoglossidae sp.			4					4	0.1
Pleuronectidae		<i>Pleuronectes yokohamae</i>	102							102	1.5	
		<i>Furcina osimae</i>	4							4	0.1	
Scorpaeniformes	Hexagrammidae	<i>Hexagrammos otakii</i>	26				194			219	3.3	
	Liparidae	<i>Liparis tanakae</i>	746				266			1,013	15.3	
	Platycephalidae	<i>Platycephalus indicus</i>			16					16	0.2	
	Sebastidae	<i>Sebastes longispinis</i>	10							10	0.1	
		<i>Sebastes pachycephalus</i>	5					3		8	0.1	
		<i>Sebastes thompsoni</i>	41			5				46	0.7	
		<i>Sebastes marmoratus</i>	5						174	223	3.4	
		<i>Sebastes hubbsi</i>				49			34	83	1.2	
		Sebastidae sp.										
		<i>Hypodytes rubripinnis</i>			2					2	0.0	
Syngnathiformes	Syngnathidae	<i>Syngnathus schlegelii</i>			3				5	12	0.2	
		<i>Hippocampus coronatus</i>	4		2					2	0.0	
Tetraodontiformes	Monacanthidae	Monacanthidae sp.			4			15		20	0.3	
		<i>Rudarius ercodes</i>							6	6	0.1	
Unidentified	Unidentified	sp. 1			2					2	0.0	
		sp. 2			11					11	0.2	
		sp. 3			55					55	0.8	
		sp. 4			71					71	1.1	
Total		2,284	12	1,882	69	2,033	106	239	6,629	100.0		

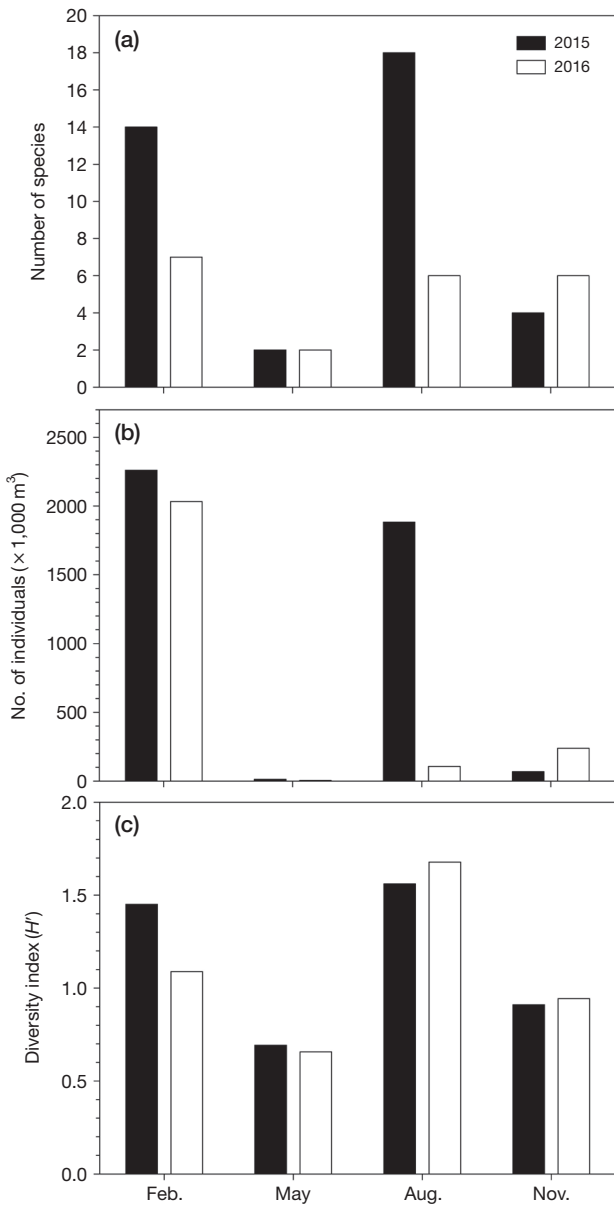


Fig. 3. Seasonal variations in (a) number of species, (b) number of individuals, and (c) species diversity index, of larval fish in Jinhae Bay in 2015 and 2016.

사도 지수 30% 수준에서 4개 그룹으로 사계절 군집이 뚜렷하게 구분되었다. 또한, nMDS에 의해 2차원 공간에서 계절별 유사성은 모두 4개의 뚜렷한 군집으로 묶을 수가 있었다. One-way ANOSIM 분석을 통해 군집분석으로부터 나누어진 각 그룹 간 유의성을 확인한 결과, 유의하게 나타났다($R = 1.0, p < 0.05$).

각 그룹 간 군집에 영향을 주는 기여종을 파악하기 위해 SIMPER 분석을 통해 누적기여율이 70% 이상인 분류군들을 선별한 결과, 군집에 따른 차이를 관찰할 수 있었다(Table

2). 2015년과 2016년의 겨울철 군집에 기여한 종은 청어와 꼼치로 나타났고, 봄철 군집에 기여한 종은 청보리멸, 여름철에는 멸치 (*Engraulis japonicus*), 참서대 (*Cynolossus joyneri*), 청보리멸, 가을철에는 우럭볼락 (*Sebastes hubbsi*)과 청베도라치 (*Pictiblennius yatabei*)가 계절별 군집에 대한 기여율이 높게 나타났다.

고찰

본 연구는 진해만에 출현하는 자어 군집의 계절변동 양상을 파악하기 위해 수행되었는데 계절별 수온 변화에 따라서 자어 군집이 뚜렷하게 나타났으며, 자어의 출현량 변동은 시·공간적인 차이를 보였지만 대부분 남해 연안에서 출현하는 자어들로 구성되어 있는 것으로 확인되었다 (Cha and Park 1994; Huh *et al.* 2011; Kwak and Park 2014; Lee *et al.* 2014; Choi *et al.* 2015). 진해만에서 선행되었던 자어 분포 연구들을 살펴보면, 겨울철 자어 군집 연구에서는 총 12 분류군이 출현하였으며, 출현한 종들 중 꼼치, 쥐노래미 (*Hexagrammos otakii*), 청어가 주요 종이었고 (Lee *et al.* 2014), 1987년과 1988년까지의 격월 조사에서는 27개 분류군이 출현하였으며, 주요종은 멸치, 쥐노래미, 주둥치 (*Leiognathus nuchalis*), 앞동갈베도라치 (*Omobranchus elegans*) 순이었다 (Yoo *et al.* 1992). 수산자원보호구역으로 지정되어 있는 진동만 (진해만 남서부)에서 출현하는 자어 월별 종조성과 계절변동 연구에서는 총 46개 분류군이 출현하였는데 이 중 청어가 40.1%를 차지하였고, 쥐노래미, 전어 (*Konosirus punctatus*), 멸치 순으로 나타났다 (Huh *et al.* 2011). 또한 진해만 북부해역에 위치하는 마산만 자어의 계절 군집 연구에서는 총 24개 분류군이 출현하였고, 앞동갈베도라치, 고등어 (*Scomber japonicus*), 문절망둑 (*Acanthogobius flavimanus*), 쥐노래미가 우점하는 것으로 보고하였다 (Kwak and Park 2014). 본 연구에서 출현한 자어는 총 37개 분류군으로 선행되었던 연구들 비해서 다양한 자어들이 채집되었는데 진해만과 같은 내만을 대상으로 하는 자어 분포 연구를 위해서는 이들에 대한 산란습성과 일주수직이동을 고려한 경사채집이 효율적이라는 것을 의미한다 (Cha and Park 1994; Lee *et al.* 2004). 하지만 2015년과 2016년의 봄철에는 자어 출현개체수가 20 inds./1,000 m³ 이하로 낮게 나타났는데 이처럼 자어 출현개체수가 낮은 점은 이 시기에 조사해역에 군집을 이루는 어종이 변화하면서 산란에 참여하는 어종들의 부재에 기인한 결과로 판단된다.

진해만 자어 분포에 대한 선행 연구에서는 겨울철 산란 어종인 꼼치, 청어, 쥐노래미 자어가 12월부터 2월까지 높은



Fig. 4. Spatial distribution of larval fish in Jinhae Bay in 2015 and 2016.

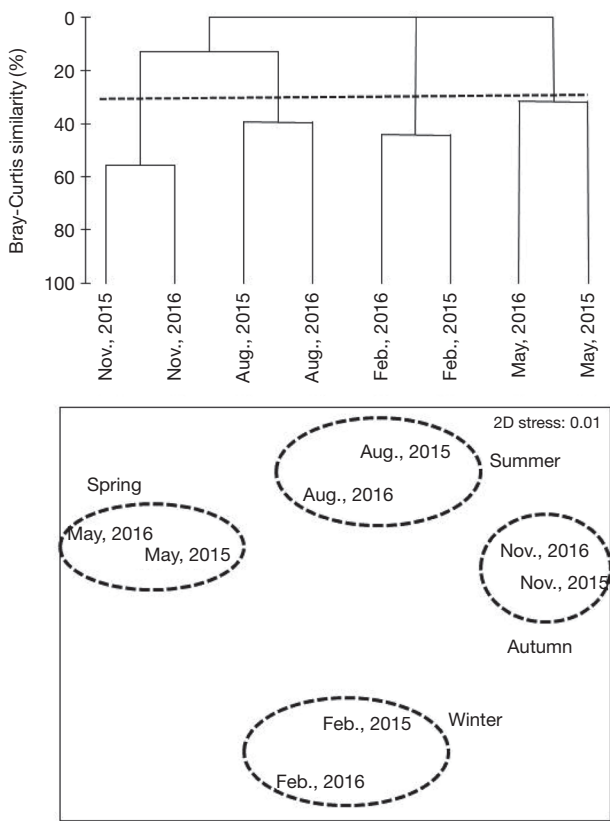


Fig. 5. Dendrogram for hierarchical clustering and nMDS ordination plot for larval fish communities based on Bray-Curtis similarities of the individuals density of the larval fish in Jinhae Bay in 2015 and 2016.

출현개체수를 보이는데 (Yoo *et al.* 1992; Lee *et al.* 2014), 이들 3종은 강한 점착성난을 산란하는 어종들로 해조류가 무성하거나 부착기질이 있는 곳에 산란하는 것으로 알려져 있다 (Hirai 2003; Lee *et al.* 2017). 본 연구에서도 이들 3종(꼼치, 청어, 쥐노래미)이 2014년과 2015년의 겨울철(2월에 진해만 잠도(정점 7과 8)와 거제 북부해역(정점 9~11)을 중심으로 출현개체수가 높았는데 이들의 산란습성을 고려할 때 (Hirai 2003; Kawakami *et al.* 2011; Lee *et al.* 2017), 잠도와 거제 북부해역은 다양한 해조류들이 분포하여 (Kwak 2009; Park *et al.* 2011), 점착성난을 가진 꼼치와 청어가 산란과 부화할 수 있는 적합한 요건을 갖추고 있는 것으로 사료된다. 특히, 청어 자어는 겨울철에 진해만에서 높은 출현량을 보이는 어종으로 (Huh *et al.* 2011; Lee *et al.* 2014), 잠도와 거제 북부해역에서 분포하는 해조류인 붉은까막살 (*Grateloupia angusta*), 꼬시래기류 (*Gracilaria* sp.)와 팽생이모자반 (*Sargassum horneri*) 등에 청어 수정란이 분포한다 (Lee *et al.* 2017). 하지만 진해만에서 선행된 자어 분포 연구에서는 청어 자어가 1990년 이전에는 출현하지 않았고 (Yoo *et al.*

Table 2. Results from SIMPER analysis showing the species contributing between four groups

Taxon	Average similarity (%)	Contribution (%)	Cumulative contribution (%)
Winter (February, group-a)			
<i>Clupea pallasii</i>	17.77	40.28	40.28
<i>Liparis tanakae</i>	14.41	32.67	72.95
Spring (May, group-b)			
<i>Sillago japonica</i>	31.6	100	100
Summer (August, group-c)			
<i>Engraulis japonius</i>	9.96	25.32	25.32
<i>Cynoglossus joyneri</i>	9.21	23.42	48.75
<i>Sillago japonica</i>	8.36	21.25	70.0
Autumn (November, group-d)			
<i>Sebastes hubbsi</i>	28.89	52.02	52.02
<i>Pictiblennius yatabei</i>	13.79	24.82	76.85

1992), 2000년 이전에는 청어가 출현한 기록은 없다고 밝힌 바 있다 (Kang and Kim 2014). 우리나라 연근해에 분포하는 어류들은 저마다 고유한 서식 및 산란수온의 스펙트럼을 가진다 (Kang and Kim 2014). 진해만 청어는 2000년대 이전에 출현한 기록이 없지만 2000년에 경상남도 통영시의 안정만 (진해만 남서부)에 LNG 통영생산기지가 들어서면서 청어가 어획되기 시작하였는데 이러한 근거를 냉배수에 의한 서식수온 스펙트럼의 변화로 제시하였다 (Kang and Kim 2014). 청어는 우리나라 동·서·남해안에서 매우 넓게 회유하는 한대성 어종으로 6~10°C의 낮은 수온 범위에서 주로 서식하며 (NFRDI 2004), 산란시기가 되면 산란장으로 회귀하여 해조류와 같은 부착기질이 있는 곳에 산란하는 습성이 있는 어종이다 (Hoshikawa *et al.* 2004; Lee *et al.* 2017). 따라서 진해만에서 청어 자어 출현량이 높게 나타난 점은 LNG 통영생산기지에서 지속적으로 배출된 냉배수에 의한 진해만의 수온 하강이 청어가 산란할 수 있는 적합한 수온환경이 조성되어 산란에 참여하는 청어의 개체수 증가에 기인한 것으로 추정할 수 있다. 하지만 LNG 통영생산기지의 냉배수가 진해만 청어 자어의 출현량 증가에 미치는 영향을 명확하게 구명하기 위해서는 냉배수 배출 전과 후의 장기적인 수온자료를 포함한 다양한 측면의 해양환경조사를 통한 자료 해석이 필요하다고 판단된다.

진해만에서 채집된 자어의 종다양성은 여름철 보다 산란에 참여하는 어종이 많았던 겨울철에 높은 것으로 확인되었다. 2015년과 2016년 봄철에 총 3 분류군이 출현하였고 여름철에는 총 17개 분류군으로 돛양태과, 청보리멸, 멸치가 주요종이었다. 가을철에는 총 5개 분류군으로 우럭볼락이 주요종으로 출현하였다. 이들 분류군 중 멸치는 우리나라 전 연안에서 봄철부터 가을철까지 산란하는 어종으로 (Kim and Lo 2001), 본 연구에서는 봄철 5월에 제외한 계절에 출

현하였다. 멸치는 산란할 수 있는 수온이 8~30°C로 광범위하고 분리부성란을 다회 산란하는 종으로(Yamanaka and Ito 1957; Kang and Kim 2014), 진해만과 남해 연안에서는 겨울철에도 출현하는 것으로 보고되었다(Yoo *et al.* 1992; Park *et al.* 2005). 따라서 본 연구에서 겨울철인 2월에 멸치 자어가 출현한 것은 우리나라 남해 연안에서 멸치가 연중 산란하고(Park *et al.* 2005), 이 시기에 외양수가 진해만으로 유입되면서 멸치 자어가 출현한 결과로 추정할 수 있다(Yoo *et al.* 1992). 또한, 여름철 8월에는 돛양태과 sp.와 청보리멸이 높은 출현량을 나타냈으며, 이들 두 어종은 여름철에 산란하는 주요종으로 연안의 개펄이나 모랫바다에 산란하는 것으로 알려져 있어(Takita 1983; Park *et al.* 2005), 진해만은 이들 2종이 산란과 부화가 이루어질 수 있는 저서환경이 알맞게 조성된 것으로 사료된다.

본 연구에서 진해만의 자어 군집은 뚜렷한 계절 변동을 보였으며, 각 그룹 간에도 유의한 차이를 보였다. 이것은 계절별 서식하는 어종들의 산란습성에 따른 알맞은 해저지형과 부착기질의 제공, 계절에 따른 수온 변화와 만 내의 조류의 특성, 그리고 군집을 이루는 어종의 변화로 인한 산란에 참여하는 어종들에 영향을 받고 있는 것으로 사료된다. 진해만은 창조와 낙조의 시기에 따라서 유속의 변화에 따라서 거제도 북부해역과 진해만 남서해역으로부터 자어들이 수송 분포되는 가능성이 있기 때문에(Lee *et al.* 2014), 정확한 산란장 구명은 쉽지 않다. 하지만 본 연구결과에서 겨울철 2월과 여름철 8월에 출현하는 자어의 출현량을 놓고 볼 때, 이 시기에 산란장과 성육장 기능을 유지하는 것으로 확인할 수 있었다. 따라서 향후 진해만의 수산자원에 대한 효율적인 자원관리를 위해서는 서식하는 어종들에 대한 산란장과 성육장 구명에 대한 정확도를 높여야 하는데 이를 위해서는 산란에 참여하는 어종들의 대한 산란·생태학적 습성을 고려한 잠수촬영 조사를 통한 산란장 확인(Lee *et al.* 2017)과 해류를 고려한 채집시기와 네트 크기에 따른 채집방법이 필요하며(Colton Jr *et al.* 1980; Cyr *et al.* 1992), 수산자원들의 초기 가입을 결정짓는 자어의 부화와 생존에 중요한 먹이생물 분포 연구(Gissel and Munk 1998; Pepin and Penney 2000)도 함께 수행되어야 할 것이다.

적 요

진해만에서 출현하는 자어에 대한 계절별 군집 변동을 파악하기 위해 2015년과 2016년의 2월(겨울철), 5월(봄철), 8월(여름철), 그리고 11월(가을철)까지 계절별로 수행하였다. 조사기간 동안 출현한 자어는 총 수준까지 총 24과 28종이

출현하였다. 조사기간 동안 출현한 우점종은 청어(*Clupea pallasii*), 꼼치(*Liparis tanakae*), 돛양태과 sp.(Callionymidae sp.), 청보리멸(*Sillago japonica*), 세줄베도라치(*Ernogrammus hexagrammus*), 그리고 멸치(*Engraulis japonica*)로 나타났으며, 이들 6종은 조사기간 중 출현한 자어 전체 출현개체수의 77.6%를 차지하였다. 우점종 중 청어와 꼼치는 2015년과 2016년의 겨울철에 출현한 반면에 청보리멸은 여름철에 출현하였다. 종 다양도 지수는 2월과 8월에 높았고 5월에 낮게 나타났다. 조사기간 동안 출현한 자어의 출현개체수를 바탕으로 nMDS 분석을 실시한 결과 계절에 따른 4개의 그룹으로 구분되었다. 본 연구결과 진해만의 자어 군집은 계절에 따른 수온변화와 산란에 참여하는 어종에 따라서 변동하였으며, 잠도와 칠전도 북부해역에서 높은 출현량을 보여 이 지역이 진해만의 주요 산란장으로 이용되고 있음을 의미한다.

사 사

이 논문은 2018년도 국립수산물연구원 수산과학연구소 연구사업 근해어업자원조사(R2018023)의 지원으로 수행된 연구입니다. 본 논문의 완성을 위해 심사해 주신 익명의 심사위원들께 감사드립니다.

REFERENCES

- Blaxter JHS. 1991. The effect of temperature on larval fishes. *Neth. J. Zool.* 42:336-357.
- Cha SS and JM Park. 1995. Proper sampling methods for larval fish in the western coastal waters. *J. Oceanol. Soc. Korea* 30:64-68.
- Cha SS and KJ Park. 1994. Distribution of the ichthyoplankton in Kwangyang Bay. *Korean J. Ichthyol.* 6:60-70.
- Choi HC, JM Park and SH Huh. 2015. Spatio-temporal variation in species composition and abundance of larval fish assemblages in the Nakdong River estuary, Korea. *Korean J. Ichthyol.* 27:104-115.
- Clarke KR and RM Warwick. 2001. Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation, 2nd ed. Primer-E Ltd, Plymouth.
- Colton Jr JB, JR Green, RR Byron and JL Frisella. 1980. Bongo net retention rates as effected by towing speed and mesh size. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 37:606-623.
- Cyr HJ, A Downing, S Lalonde, SB Baines and ML Pace. 1992. Sampling larval fish populations: Choice of sample

- number and size. *Trans. Am. Fish. Soc.* 121:356–368.
- Froese R and D Pauly (Eds.). 2017. FishBase. World Wide Web electronic publication. Available from <http://www.fishbase.org/>. (accessed 16 September 2017).
- Fuiman LA and RG Werner. 2002. Fisheries science: the unique contributions of early life history stages. Blackwell Science. Ltd. Oxford.
- Gissel TN and P Munk. 1998. Zooplankton diversity and the predatory impact by larval and small juvenile fish at the Fisher Banks in the North Sea. *J. Plankton Res.* 20:2313–2332.
- Gray CA. 1993. Horizontal and vertical trends in the distribution of larval fishes in coastal waters off central New South Wales Australia. *Mar. Biol.* 116:649–666.
- Gray CA. 1995. The influence of sewage plumes and oceanography on assemblages of larval fishes. PhD Thesis, University of Sydney, New South Wales.
- Hirai A. 2003. Story of Fish Egg. Seizandoshoten. Tokyo.
- Hoshikawa H, H Kawahara, K Tajima, T Kawai, T Kaneta and F Tsuda. 2004. Characteristics of a pacific herring *Clupea pallasii* spawning bed off Minedomari, Hokkaido, Japan. *Fish. Sci.* 70:772–779.
- Houde ED. 1989. Comparative growth, mortality, and energetic of marine fish larvae: temperature and implied latitudinal effects. *Fish. Bull.* 87:471–495.
- Huh SH, MI Han, JM Park and GW Baeck. 2011. Seasonal variation in species composition and abundance of larvae fish assemblages in the southwestern Jinhae Bay, Korea. *Korean J. Ichthyol.* 23:37–45.
- Jang MC, K Shin, PG Jang, WJ Lee and KH Choi. 2015. Mesozooplankton community in a seasonally hypoxic and highly eutrophic bay. *Mar. Freshw. Res.* 66:719–729.
- Kang YJ and KS Kim. 2014. Biological distribution by water temperature and refocus on the theory of critical environmental variation quantum. *J. Fish. Bus. Adm.* 45:1–16.
- Kawakami T, H Okouchi, M Aritaki, J Aoyama and K Tsukamoto. 2011. Embryonic development and morphology of eggs and newly hatched larvae of Pacific herring *Clupea pallasii*. *Fish. Sci.* 77:183–190.
- Kim JK, JH Ryu, S Kim, DW Lee, KH. Choi, TU Oh, KS Hwang, JH Choi, JN Kim, HJ Kwun, HS Ji and JN Oh. 2011. An identification guide for fish eggs, larvae and juveniles of Korea. Hanguel Graphics, Busan, Korea.
- Kim JY and NCH Lo. 2001. Temporal variation of seasonality of egg production and the spawning biomass of Pacific anchovy, *Engraulis japonicus*, in the southern waters of Korea in 1983–1994. *Fish. Oceanogr.* 10:291–310.
- Kwak SN. 2009. Marine benthic algal community at intertidal zone in Jinhae Bay. *J. Korean Soc. Mar. Environ. Saf.* 15:99–104.
- Kwak SN and JM Park. 2014. Temporal and spatial variation in species composition and abundance of ichthyoplankton in Masan Bay. *Korean J. Ichthyol.* 26:42–49.
- Lee JH. 2004. Suggest on standardization of ecological survey methods in the Korean watershed. *Korean J. Environ. Biol.* 22:1–11.
- Lee JH, JN Kim, K Nam, CW Kim and JI Kim. 2014. Distribution and species composition of larval fish during winter season in Jinhae Bay, Korea. *Korean J. Ichthyol.* 26:133–138.
- Lee YD, CH Choi, SY Moon, SK Lee and WS Gwak. 2017. Spawning characteristics of *Clupea pallasii* in the coastal waters off Gyeongnam, Korea, during spawning season. *Ocean Sci. J.* 52:581–586.
- Lim HS, R Diaz, JS Hong and LC Schaffner. 2006. Hypoxia and benthic community recovery in Korean coastal waters. *Mar. Pollut. Bull.* 52:1517–1526.
- NFRDI. 2004. Commercial fishes of the coastal & offshore waters in Korea. National Fisheries Research and Development Institute, Busan.
- Okiyama M. 1988. An atlas of the early stage fishes in Japan. Tokai Univ. Press.
- Park KD, JG Myoung, YJ Kang and YU Kim. 2005. Seasonal variation of abundance and species composition of ichthyoplankton in the coastal water off Tongyeong, Korea. *Korean J. Fish. Aquat. Sci.* 38:385–392.
- Park KW, YS Soh and WA Lim. 2012. Seasonal changes in phytoplankton composition in Jinhae Bay, 2011. *J. Korean Soc. Mar. Environ. Saf.* 18:520–529.
- Park MS, HI Yoo, JS Heo, YD Kim and HG Choi. 2011. Seasonal variation in the marine algal flora and community structure along the Tongyeong coast, Korea. *Korean J. Fish. Aquat. Sci.* 44:732–739.
- Pepin P and R Penney. 2000. Feeding by a larval fish community: impact on zooplankton. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 204:199–212.
- Seo JY, HS Lim and JW Choi. 2015. Spatio-temporal distribution of macrobenthic communities in Jinhae Bay, Korea. *Ocean Polar Res.* 37:295–315.
- Shannon CE and W Weaver. 1963. The Mathematical Theory of Communication. Univ. Illinois Press, Urbana.
- Soh HY and SD Choi. 2004. Species composition and occurrence patterns of zooplankton in Jinhae Bay. *Korean J. Environ. Biol.* 22:43–56.
- Takita T. 1983. Embryonic and larval development of the callionymid fish, *Callionymus calliste*. *Jpn. J. Ichthyol.* 29:441–445.
- Watanabe S. 2010. Morphology observation. In: Tukamoto K.(ed.), Basis of fish ecology. Koseisha, Tokyo, pp. 73–86.

(in Japanese)

Yamanaka I and S Ito 1957. Progress report of the cooperative *iwashi* resources investigations, 1954. Japan Sea Reg. Fisher. Res. Lab. Niigata. p. 177.
Yoo JM, S Kim, EK Lee and JS Lee. 1992. The distribution of

ichthyoplankton in Chinhae Bay. Ocean Res. 14:77-87.

Received: 17 October 2017
Revised: 29 April 2018
Revision accepted: 30 April 2018