

동계 진해만에서의 자어 분포 및 종조성

이정훈* · 김정년 · 남기문 · 김창원¹ · 김주일

국립수산과학원 남동해수산연구소, ¹한국수산자원관리공단

Distribution and Species Composition of Larval Fish during Winter Season in Jinhae Bay, Korea by Jeong-Hoon Lee*, Jung-Nyn Kim, Kimun Nam, Chang-won Kim¹ and Joo-il Kim (Southeast Sea Fisheries Research Institute, NFRDI, Tongyeong-si 650-943, Korea, ¹Korea Fisheries Resources Agency, Korea)

ABSTRACT We investigated the spacial distribution and species composition of fish larvae during winter season (January 2013 ~ March 2013) in Jinhae Bay, Korea. During the study period, a total of 12 larvae species belonging to 8 families were collected, and the dominant species were *Pholis crassispina*, *Clupea pallasii*, *Liparis tanakae*, *Hexagrammos otakii*. These four species accounted for 93% of the total number of individual collected. High density and species diversity occurred around Jam-do and eastern area of Chilcheon-do, suggesting that these areas are the main spawning ground of fish larvae in Jinhae Bay.

Key words : Fish larvae, Jinhae Bay, oblique tow, spawning ground, winter season

서 론

우리나라 남해동부해역에 위치한 진해만은 전형적인 반폐쇄성 내만으로, 주변에 위치한 창원시와 고성군의 급격한 도시화 및 만내의 양식업 등으로 오염이 심화되고 있는 지역이다. 만내에서는 하계와 추계에 걸쳐 매년 유해성 적조와 빈산소 수괴가 발생하고 있고(최 등, 2009), 최근에는 이들의 출현빈도, 발생범위의 확장 및 장기화로 서식생물에 악영향을 미치고 있다(조, 1979; 박 등, 1987). 하지만 연중 해양생물의 성육장 및 시식지로서 중요한 역할을 하고 있고, 특히 동계에는 대구, 꼼치 등 주요 수산자원의 산란장으로 알려져 있어(Uchida, 1936; 정, 1977) 이들 자원의 안정적인 이용을 위해서는 만내 주요 산란장을 파악하고 보존하기 위한 지속적인 관리가 필요하다.

자어분포 및 종조성에 관한 연구는 산란장 등 생태적 특성을 파악하는 직접적인 자료로서 활용될 뿐 아니라, 채집된 자어를 활용한 생태학적 연구는 수산자원의 관리 및 평가에 중요한 자료로서 이용된다(Rutherford, 2002). 국내에

서 자어분포 및 종조성과 관련된 연구는 다수 보고되어 있지만(허와 유, 1984; 차 등, 1991; 차와 박, 1994; 한과 김, 2007; 허 등, 2011), 이들 연구의 대부분은 수평채집에 의한 연구결과이기 때문에 저서성 자어채집을 포함하는 전체적인 연구조사결과로는 미흡하고, 특히 동계에는 부성난보다 침성난을 산란하는 어종이 대부분이기 때문에 기존의 방법과는 다른 채집방법에 의한 연구가 필요하다. 또한, 본 연구의 대상해역인 진해만의 자어분포 등에 관한 허 등(2011)의 연구는 진해만의 남서부해역에서 한정적으로 실시되었기 때문에 만 전체를 대상으로 한 연구가 필요하다. 특히 만내에서 수산생물이 안정적으로 생산될 것으로 판단되는 동계기간에 관한 연구는 대구, 꼼치와 같은 주요수산자원의 효율적인 관리를 위해서도 정량적인 조사가 필요하다. 따라서 본 연구는 동계기간 진해만에서 부화한 자어의 분포 및 종조성을 파악하여, 이들 수산자원의 효율적인 관리를 위한 기초자료를 제공하고자 한다.

재료 및 방법

동계기간 중 진해만의 자어 분포 및 종조성을 파악하기

*Corresponding author: Jeong-Hoon Lee Tel: 82-55-640-4723
Fax: 82-55-641-2036, E-mail: jhoonlee@korea.kr

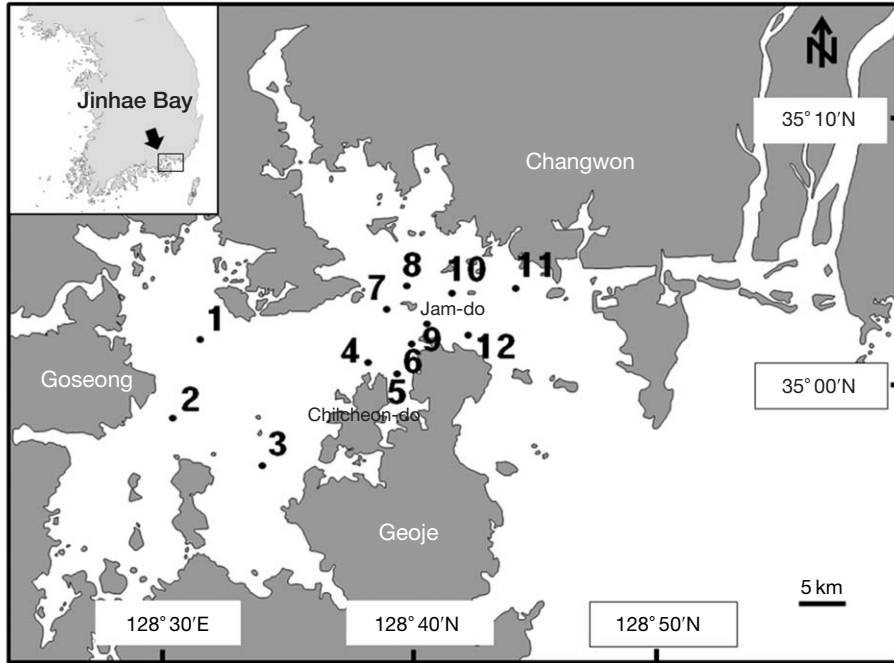


Fig. 1. Locations of sampling station in Jinhae Bay. The measurement of water temperature and collection of larval fish were carried out at twelve stations from January to March 2013.

위하여 만해 12정점을 설정, 2013년 1월에서 3월까지 국립 수산과학원의 시험조사선인 탐구19호 (10 ton)를 이용하여 매월 1회 시료를 채집하였다(Fig. 1). 시료는 자체 제작한 자어네트(직경 1 m, 망목 1.18 mm)를 이용하여 저층에서 표층까지 약 5~10분간 반복적으로 경사채집 하였고(정점별 수심: 9~36 m), 채집된 시료는 현장에서 즉시 3% 중성 포르말린에 고정시켰다. 고정된 시료는 고정 후 최대 24시간 이내 실험실로 운반, 수세하여 향후 초기생활사 연구를 위해 70% 에탄올로 치환 후 중동정 전까지 보관하였고(Plaza *et al.* 2001; Watanane, 2010), 해부현미경(Olympus SZX 10, Japan)을 이용하여 형태적 특징을 관찰하며 동정하였다. 형태적 관찰에는 Okiyama(1988)를 이용하였고, 최신학명은 ITIS(Integrated Taxonomic Information System 홈페이지)를 참고하였다. 또한 정량채집을 위하여 망 입구에 유량계를 설치하고, 채집된 자어를 단위부피당 개체수(ind./1,000 m³)로 표준화시켰다. 주요 출현종의 분포지역을 파악하기 위하여 정점별 단위부피당 출현 개체수를 원형콘터로 나타내었고, 정점별 종 다양성을 분석하기 위하여 Shannon and Wiener(1949)의 다양도지수를 구하였다. 정점별로 출현한 종들의 분포양상을 파악하기 위하여 종별 분포밀도를 기준으로 한 Bray-Curtis 유사도지수를 이용, group-average방법으로 군집분석을 실시하였고, Similarity profile(SIMPROF) test로 5% 유의수준에서 유사정점을 그룹별로 구분하였다(Clarke *et al.*, 2008). 구분된 그룹은 5% 유의수준에서 *t*-test를 실시하여 그룹별

개체수밀도차이를 검증하였다. 서식환경을 파악하기 위하여 각 정점에서 시료 채집과 함께 표층에서 저층까지 5m 간격으로 YSI를 이용하여 수온을 측정하였고, 채집방법이 경사채집인 것을 감안하여 정점별 평균수온을 분석에 사용하였다. 측정된 수온은 자어 출현과의 특성을 파악하기 위하여 정점별 평균수온과 평균 개체수밀도의 관계를 검토하였다. 수온 자료를 제외한 분석에 사용된 모든 자료는 분석 전 로그변환을 수행하였고, 자료 분석에는 PRIME 6(PRIME-E, Plymouth, UK) 소프트웨어를 사용하였다.

결과 및 고찰

조사기간 중 출현한 자어는 5목 8과 12종으로 분류군별로 솜뱅이목(Scorpaeniformes) 어류가 3과 5종으로 가장 많이 출현하였고, 농어목(Perciformes) 어류가 2과 3종, 가자미목(Pleuronectiformes) 어류가 1과 2종, 청어목(Clupeiformes)과 대구목(Gadiformes) 어류가 1과 1종씩 출현하였다(Table 1). 조사기간 중 채집된 자어의 단위부피당 평균 개체수는 점베도라치(*Pholis crassispina*)가 125.9 ind./1,000 m³로 가장 많았고, 다음으로 청어(*Clupea pallasii*) 69.8 ind./1,000 m³, 꼼치(*Liparis tanakae*) 58.2 ind./1,000 m³, 쥐노래미(*Hexagrammos otakii*) 35.7 ind./1,000 m³의 순으로 나타났다. 그 외 블락(*Sebastes inermis*), 문치가자미(*Pseudopleuronectes yoko-*

Table 1. List and abundance of fish larvae collected from Jinhae Bay, from January 23 to March 8, 2013 (individual/1,000 m³)

Family	Scientific name	Jan.	Feb.	Mar.	Total	%
Ammodytidae	<i>Ammodytes personatus</i>	0.0	0.0	126.3	126.3	1.1
Clupeidae	<i>Clupea pallasii</i>	512.0	1,290.5	711.9	2,514.4	22.4
Gadidae	<i>Gadus macrocephalus</i>	0.0	42.0	32.1	74.1	0.7
Hexagrammidae	<i>Hexagrammos otakii</i>	862.3	361.4	61.4	1,285.1	11.5
Liparidae	<i>Liparis tanakae</i>	553.2	1,518.2	45.4	2,096.8	18.7
Pholodidae	<i>Pholis crassispina</i>	2,941.6	1,128.5	461.2	4,531.2	40.4
	<i>Pholis nebulosa</i>	24.8	25.3	23.1	73.2	0.7
Pleuronectidae	<i>Pleuronectidae</i> sp.	17.3	36.3	13.6	67.1	0.6
	<i>Pseudopleuronectes yokohamae</i>	12.6	47.6	65.4	125.6	1.1
Scorpaenidae	<i>Sebastes inermis</i>	202.8	8.2	0.0	211.0	1.9
	<i>Stbastes pachycephalus</i>	17.3	67.4	14.3	98.9	0.9
	<i>Sebastes thompsoni</i>	5.0	—	—	5.0	+
Total		5,148.9	4,525.4	1,554.7	11,208.7	100

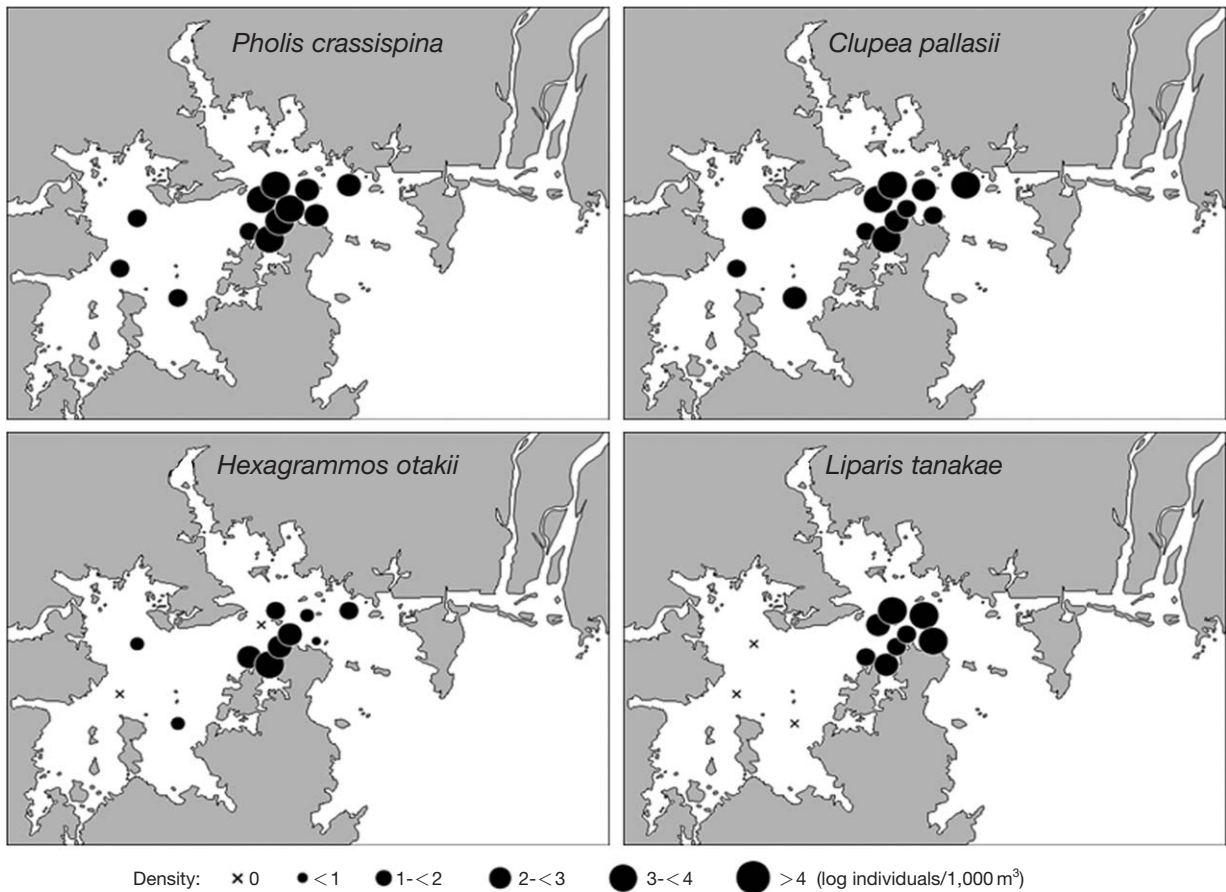


Fig. 2. Individual mean densities (log[1+x] transformed) and distribution of dominant fish larvae at each station in Jinhae Bay from January to March 2013.

hae), 까나리 (*Ammodytes personatus*), 개불락 (*Sebastes pachycephalus*), 가자미과 (*Pseudopleuronectes* sp.), 베도라치 (*Pholis nebulosa*), 대구 (*Gadus macrocephalus*), 불불락 (*Sebastes thompsoni*) 순으로 0.1~5.9 ind./1,000 m³ 범위로 출현하였다. 점베도라치는 출현한 전체의 개체수 중 40.7%를 차

지해 가장 우점한 종으로 나타났고, 청어 22.4%, 꼼치 18.7% 그리고 쥐노래미 11.5% 순으로 나타났다. 하지만 나머지 8종은 2% 미만의 낮은 비율을 차지하였다. 전체 출현개체수의 약 93%를 차지하는 상기 4어종은 진해만 내에서도 잠도 인근해역에서 (st. 4~12) 비교적 많은 양이 출현하였다 (Fig.

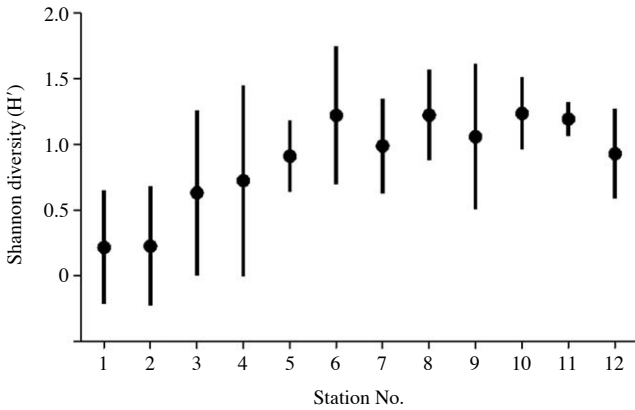


Fig. 3. Shannon diversity index of fish larvae at each station in Jinhae Bay from January to March 2013. Filled circles and vertical line denote Means and 95% confidence intervals, respectively.

2). 특히, 점착성난을 산란하는 꼼치는 잠도 인근해역에서만 출현하여 이 지역이 꼼치의 주요산란장인 것으로 판단된다. 그 외 우점종으로 나타났던 점베도라치, 청어, 쥐노래미 역시 해초가 무성한 지역 또는 폐각이 많은 곳 등 부착기질이 있는 곳에서 점착성난을 산란하는 것으로 알려져 있다(Hirai, 2003). 따라서 잠도 인근해역에서 이들 어종의 분포밀도가 비교적 높게 나타나 이 해역이 해초 등의 부착기질이 필요한 점착성난을 산란하는 어종들의 중요한 산란장 역할을 하는 것으로 판단된다. 하지만 산란장으로서의 역할을 명확하게 구명하기 위해서는 해면조사 등 다양한 측면의 해양환경조사가 병행되어야 할 것으로 사료된다.

정점별 다양도지수는 진해만 서부해역에 해당하는 st. 1과 2에서 각각 0.217, 0.228로 낮은 값을 보였고, 다음이 st. 3번으로 0.629, 진해만 동부해역에 해당하는 st. 4~12에서는 0.723 이상의 비교적 높은 값을 나타내어 서부해역보다 동부해역에서 다양도지수가 높은 것으로 나타났다(Fig. 3). 이는 잠도 부근해역과 칠천도 동부해역이 다양한 어종의 산란장 역할을 하는 것으로 사료되며, 진해만에서 동계에 산란하는 어종의 자원관리를 위해서는 잠도 인근해역과 칠천도 동부해역을 중심으로 자세한 연구가 이루어져야 할 것으로 판단된다.

유사도 60% 수준에서 st. 1~3(A group)과 정점 4~12(B group)로 A와 B 2개의 group으로 유의하게 구분되었다(Fig. 4, $P < 0.05$). A그룹은 진해만 서부에 해당하는 해역으로 대구, 점베도라치, 쥐노래미, 청어가 1.9~42.2 ind./1,000 m³의 범위로 출현하였고, 동부해역에 해당하는 B그룹에서는 12종 모두가 1.0~184.7 ind./1,000 m³의 범위로 출현하였다. A그룹에서 출현한 4종은 조사기간에 출현한 어종의 총 출현개체수 중 93%에 해당하는 우점종으로 이들 어종의 분포밀도가 B그룹의 분포밀도보다 유의하게 낮은 것으로 나타났다(Fig. 5, $P < 0.05$). 본 연구에서 진해만 서부해역에서 출현한

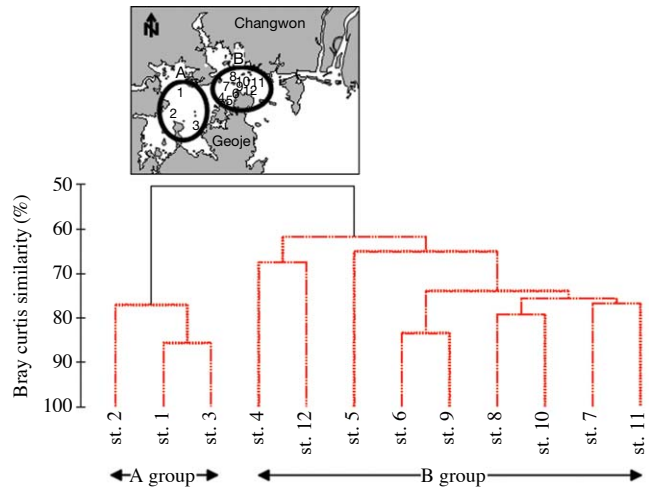


Fig. 4. Dendrogram from the cluster analysis based on the Bray-Curtis similarity of the individual density of the fish larvae in Jinhae Bay. Dotted lines indicate groups of sites that were not separated by the similarity profile test at $P > 0.05$. A Jinhae Bay map showing the site grouping is also superimposed.

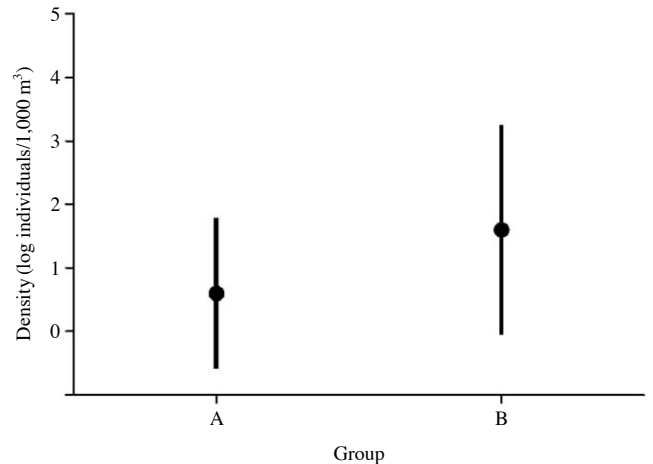


Fig. 5. Individual densities (log[1+x] transformed) of fish larvae in Jinhae Bay, for group A and group B. Filled circles and vertical lines denote mean and 95% confidence intervals, respectively. *, $P < 0.05$ by *t*-test.

우점종 3종(청어, 점베도라치, 쥐노래미)은 잠도 인근해역과 칠천도 동부해역의 우점종이고, 허 등(2011)의 연구에서 동계(1~3월)에 출현한 11종 중 우점종 3종이 일치하는 것으로 나타나 진해만 서부해역은 이들 3어종의 주요산란장인 기보다는 창조일 때 가덕수로에서 내만으로, 낙조일 때 내만에서 가덕수로로 흐르는 진해만의 조류특성(박과 국, 2004)으로 인해 거제도 북부해역과 진해만 남서해역으로부터 수송되어 분포하는 것으로 사료된다.

진해만 남서해역에서의 자치어분포를 연구한 허 등(2011)은 진해만이 대구와 꼼치의 주요산란장임에도 불구하고 채

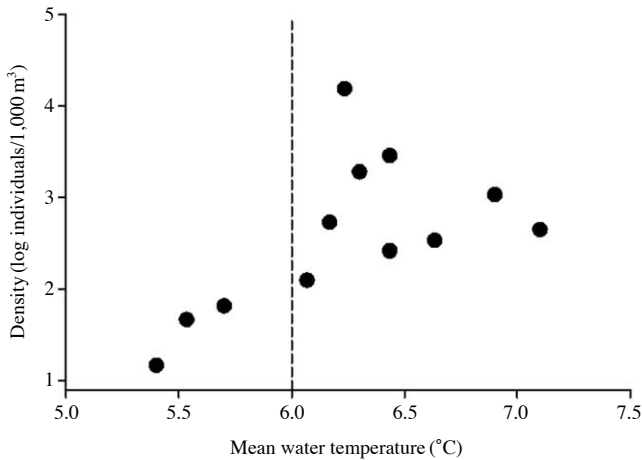


Fig. 6. The relationship between the individual mean density (log[1+x] transformed) of fish larvae and mean water temperature at each station in Jinhae Bay from January to March 2013. Dotted lines indicate 6.0°C.

집방법의 차이로 인해 이들 어종에 대해서 채집을 하지 못하였다. 본 연구에서는 경사채집을 실시함으로써 이들 어종에 대한 정량적 채집이 가능하였지만, 대구는 꼼치와 달리 개체수밀도가 현저히 낮은 것으로 나타나 두 어종간의 산란장 특성에 차이가 있는 것이 시사되었다. 꼼치는 강한 점착성난을 산란하는 반면 대구는 비교적 약한 점착성난을 산란한다(Hirai, 2003). 즉, 꼼치난은 강한 점착성 때문에 해조류와 같은 부착성 기질이 있는 곳이 산란을 위한 필수 조건이나, 대구난은 약점착성으로 산란장 주변의 사립질 퇴적물 등을 부착하여 피식을 피하기 위한 도구로 이용(Sakurai and Hattori, 1996)되기 때문에 부착기질이 많은 곳보다 퇴적물조건에 의해 산란장이 결정되어지는 것으로 판단된다(Hirai, 2003). 따라서 어종별 산란장 파악을 위해서는 대상어종의 난특성과 환경조건 등을 고려한 추가적인 조사가 필요할 것이다.

조사기간 중 수온범위는 5.75~7.09°C로 월별 평균수온은 1월 5.75°C, 2월 5.88°C, 3월 7.09°C를 보였다. 군집분석 결과에서 나뉘진 그룹별 평균 수온은 A그룹이 5.54°C, B그룹이 6.47°C를 보여 B그룹인 거제도 북부해역이 약 1°C 높은 것으로 나타났고, 평균 수온이 6°C 이상인 곳에서 비교적 높은 개체수 밀도를 보였다. 수온은 성어보다 난의 부화기간과 부화시 자어크기에 영향을 주는 주요 인자(Werner, 2002)로서 진해만에서 6°C가 동계기간에 출현하는 자어의 부화시기 및 부화양 결정하는 하나의 간접적 기준이 될 수 있을 것으로 판단된다(Fig. 6).

요 약

진해만에서 동계기간 동안 자어의 분포 및 종조성에 관하

여 조사하였다. 조사기간 동안 8과 12종이 출현하였고, 우점종으로는 *Pholis crassispina*, *Clupea pallasii*, *Liparis tanakae*, *Hexagrammos otakii*였다. 이들 4종은 출현한 총 개체수의 93%를 차지하였다. 잠도와 칠천도 동쪽에서 높은 밀도와 종다양성을 보여, 이 지역이 진해만에서 자어의 주요 산란장인 것을 의미한다.

사 사

본 연구는 국립수산과학원(남해 연안어업 및 환경생태 조사, RP-2014-FR-008)의 지원에 의해 수행되었습니다.

인 용 문 헌

- 박영남 · 국승기. 2004. 진해만해역의 수질환경특성에 관한 연구. 한국해양학학회 2004년도 춘계학술대회 논문집, 부산, 4월 23-24 2004, pp. 255-261.
- 박주석 · 김봉안 · 이삼석 · 김학균 · 박차수 · 나기환 · 이삼근 · 이필용 · 문정웅 · 강칭미 · 박종수 · 최희구 · 안경호 · 박승윤. 1987. 한국연안의 적조발생과 천이에 관한 연구. 국립수산진흥원 사업보고, 69: 1-163.
- 정문기. 1977. 한국어도보. 일지사, 서울, 727pp.
- 조창환. 1979. 1978년 진해만 적조와 양식굴의 대량폐사. 한국수산학회지, 12: 27-33.
- 차성식 · 박광재. 1994. 평양만 부유성 난 자치어의 분포. 한국어류학회지, 6: 60-70.
- 차성식 · 박광재 · 유재명 · 김용익. 1991. 월성 주변 해역의 부유성 난과 자치어의 분포. 한국어류학회지, 3: 11-23.
- 최우정 · 김성수 · 최옥인 · 김성길 · 심정희. 2009. 한국 연안의 빈산소 수괴. 국립수산과학원, 173pp.
- 한경호 · 김동기. 2007. 울진 연안에 분포하는 부유성 난 및 자치어 종조성 및 양적변동. 한국어류학회지, 19: 332-342.
- 허성범 · 유재명. 1984. 한국 서해안의 어류 난치어 분포. 한국수산학회지, 17: 536-542.
- 허성희 · 한명일 · 황선재 · 박주면 · 백근욱. 2011. 진해만 남서부에 출현하는 자치어 군집의 종조성과 계절변동. 한국어류학회지, 23: 37-45.
- Clarke, K.R., P.J. Somerfield and M.G. Chapman. 2008. Testing of null hypotheses in explanatory community analyses: similarity profiles and biota-environment linkage. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 366: 56-59.
- Hirai, A. 2003. Story of Fish Egg. Seizandoshoten. Tokyo, pp. 182. (in Japanese)
- Integrated Taxonomic Information System. 2014. <http://www.itis.gov>.
- Okiyama, M. 1988. An atlas of the early stage fishes in Japan. Tokai Univ. Press, 1154pp. (in Japanese)
- Plaza, G., S. Katayama and M. Omori. 2001. Otholith microstructure of the black rookfish, *Sebastes inermis*. Mar Biol., 136: 797-

805.

Rutherford, E.S. 2002. Fishery Management. In: Fuiman L.A and R.G. Werner (eds.), Fishery Science: The unique contributions of early life stages. Wiley-Blackwell Ltd., Oxford, pp. 206-221.

Sakurai, Y. and T. Hattori. 1996. Reproductive behavior of Pacific cod in captivity. Fish. Sci., 62: 222-228.

Shannon, C.E. and W. Weaver. 1949. The mathematical theory of communication. Univ. Illinois. Press, Urbana, 177pp.

Uchida, K. 1936. On the Pacific cod of adjacent waters to Korea. Chousen no Suisan, 130: 24-39.

Watanabe, S. 2010. Morphology observation. In: Tukamoto K. (ed.), Basis of fish ecology. Koseisha, Tokyo, pp. 73-86. (in Japanese)

Werner, R.G. 2002. Habitat Requirements. In: Fuiman L.A and R.G. Werner (eds.), Fishery Science: The unique contributions of early life stages. Wiley-Blackwell Ltd., Oxford, pp. 161-182.