KOREAN JOURNAL OF ICHTHYOLOGY, Vol. 27, No. 2, 104-115, June 2015
ISSN: 1225-8598 (Print), 2288-3371 (Online)

Received: April 11, 2015
Revised: June 15, 2015
Accepted: June 24, 2015

낙동강 하구역 부유성 자치어 종조성의 시 · 공간 변동

최희찬 · 박주면[1] · 허성회[2]*

국립수산과학원 수산해양종합정보과, [1]맥쿼리대학교 생물학부, [2]부경대학교 해양학과

Spatio-temporal Variations in Species Composition and Abundance of Larval Fish Assemblages in the Nakdong River Estuary, Korea ***by Hee Chan Choi*, Joo Myun Park[1] and Sung Hoi Huh[2]*** (Fishery and Ocean Information Division, National Fisheries Research and Development Institute, Department of Oceanography, Busan 619-705, Korea; [1]Department of Biological Sciences, Macquarie University, NSW 2109, Australia; [2]Department of Oceanography, Pukyong National University, Busan 608-737, Korea)

ABSTRACT **The species composition of larval fish assemblages in the Nakdong River estuary, Korea, was determined using monthly samples collected between September 2010 and August 2011 at two stations. A total of forty three larval species were collected during the study. Among forty three taxa of fish larvae, summer gobies, *Clupea pallasii*, *Engraulis japonicus*, spring gobies, *Konosirus punctatus*, winter gobies, *Sardinops melanostictus*, *Coilia nasus* were dominant taxa, and these eight taxa accounted for 95.0% in the total number of individuals. Species composition and abundance varied greatly spatio-temprally showing the peak abundances of fish larvae in August 2011, and a few fish larvae were occurred in November 2010. Cluster analysis based on the number of individuals of fish larvae showed that 21 month-station sampling units were classified into five groups at the similarity level of 50%, and the results of ANOSIM and SIMPER analysis revealed significant differences in community structure among five groups.**

Key words : Larval fish assemblage, Nakdong River, estuary, species composition

서 론

강의 하구 (estuary)는 일반적으로 상류지역으로부터 유입되는 풍부한 영양염의 영향으로 기초 생산력이 매우 높은 장소로 알려져 있고 (Reid *et al*., 1976), 담수와 해수가 혼합되는 기수역 (brackish water zone)을 형성하여 육상 수서생태계와 해양을 연결하는 역할을 한다. 이에 담수어종과 해수어종 및 기수어종뿐만 아니라 연안회유성 어종들이 공존하며, 갑각류와 패류를 비롯한 다양한 연체동물이 서식하고 있어 어업생산성이 높은 것으로 알려져 있다 (Houde and Rutherford, 1993; Maes *et al*., 1998; Shim and Lee, 1999; Kim and Hwang, 2003; Hwang *et al*., 2005).

낙동강 하구역은 과거부터 상업성 어패류의 산란 및 성육장으로, 어업 생산성이 매우 높은 수역이었다 (Jeon, 1987). 그러나 1980년대부터 진행된 대규모 토목공사는 다양한 종류의 수환경 변화 (탁도 증가, 유량 및 유속의 변화, 저질 및 수질의 물리화학적 변화, 먹이생물의 변화, 어류 이동통로의 차단 등)를 야기하여 낙동강 하구역과 인접해역에 지속적인 영향을 미쳐왔다 (Yang *et al*., 2001). 특히 하구둑 건설은 담수 유입을 제한하고 조석류를 차단함으로써 하구역 특유의 생태 특성을 제한하는 주요 원인이 되었고, 주요 어종의 변화와 무척추동물의 생산력이 현저히 감소하는 결과를 보였다 (Jang and Kim, 1992; Hong *et al*., 1994; Kwank and Huh, 2003). 이에 따라 낙동강 하구둑 건설 이후의 연체동물과 갑각류의 생물상 변동 (Jang and Kim, 1992), 대형저서동물 군집 변동 (Hong *et al*., 1994), 어류상 (Huh and Jung, 1999; Yang *et al*., 2001; Kwank and Huh, 2003; Lee *et al*., 2012), 하구의 해양환경 변화 (Jang and Kim, 2006) 등 다수의 연구가 이루어졌다. 한편 어류의 난 및 자치어 분포에 관한 연구는 Cha and Huh (1988)의 연구가

*Corresponding author: Hee Chan Choi Tel: 82-10-9768-5022
Fax: 82-51-720-2266, E-mail: gmlckschl@naver.com

있었으나, 이후 자치어 출현에 관한 연구보고는 이루어지지 않았다.

어류는 자치어 시기 동안 사망률이 매우 높고, 환경의 영향을 많이 받기 때문에 성어로 가입되는 양은 해황에 따라 매년 변한다 (Hjort, 1926; Saville and Schnack, 1981). 따라서 가입 이전의 초기생활사 연구에 대한 중요성이 부각되고 있다. 국내에서도 1970년대 이후 한국 연근해와 몇몇 내만에서 난자치어의 분포에 대한 연구가 이루어져 왔다 (Yoo and Cha, 1988; Cha and Park, 1994; Han *et al*., 2001; Han *et al*., 2003; Huh *et al*., 2011). 하지만 어류의 분포에 가장 큰 영향을 주는 환경요인이 시 · 공간에 따라 크게 변하는 하구역 생태계에서의 난자치어 분포 연구는 그 중요성에 비하여 많은 연구가 이루어지지 않았다 (Cha and Park, 1991; Kim *et al*., 2003).

따라서 본 연구는 낙동강 하구역의 자치어 종조성을 파악하고, 자치어 군집의 시 · 공간적 변동에 대하여 분석하였다. 또한 하구둑 공사의 준공 전후에 채집이 이루어진 Cha and Huh (1988)의 연구결과와 비교하여 난자치어의 종조성 및 생체량 변동에 대하여 고찰하였다.

재료 및 방법

본 연구를 위한 시료는 2010년 9월부터 2011년 8월까지 매월 소조기에 2개의 정점에서 수집하였다 (Fig. 1). 조사정점은 담수의 영향정도를 고려하여 수심이 5 m 이내로 얕고, 담수의 영향을 많이 받을 것으로 예상되는 낙동강 하구역 안쪽에 위치한 정점 1과, 수심이 5~10 m로 비교적 깊고 해수의 영향을 많이 받을 것으로 예상되는 바깥 정점 2를 선정하였다. 정점 1에서는 3~4회 반복 채집하였고, 정점 2에서는 7회 반복 채집하였다.

조사해역의 환경 특성 중 표층과 저층의 수온과 염분을 파악하기 위하여 휴대용 수온염분계 (Thermo scientific Orion 3star)를 이용하였고, 저층의 경우 채수기를 이용하여 바닥으로부터 1 m 수심에서 채수한 뒤 측정하였다. 부유성 자치어의 채집은 망구 직경 80 cm, 망목 330 μm인 RN80 네트를 이용하여 수심 약 1~2 m에서 약 2.5 knots로 10분간 예망하였고, 정량 분석을 위하여 망구에 유속계 (Hydro-Bios Model 438 110)를 부착하였다. 채집 시기는 매월 소조기 무렵의 간조시 (ebb tide) 주간에 이루어졌다. 채집된 표본은 선상에서 5% 해수포르말린으로 고정하였으며, 실험실에서 70% 에탄올로 치환하였다. 이후 해부현미경 (Olympus SZ40)을 이용하여 자치어를 분리한 후 가능한 종 수준까지 동정하였으나 동정이 어려운 개체는 과 수준까지 동정하였고, 이외에 동정이 불가능한 개체는 미동정 (unidentified species) 처리하였다. 특히 자어기에 동정이 쉽지 않은 망둑어과 자치어는 출현한 계절을 고려하여 봄 (4~5월), 여름 (6~10월) 및 겨울 (1~3월) 출현 망둑어과로 표기하였다. 동정된 자치어는 각 분류군 별로 계수한 후 1,000 m^3당의 개체수로 환산하였다. 자치어의 분류는 Kim (1983), Okiyama (1988), Matarese *et al*. (1989) 등을 참고하였으며, 분류체계와 학명은 NIBR (2011)을 따랐다.

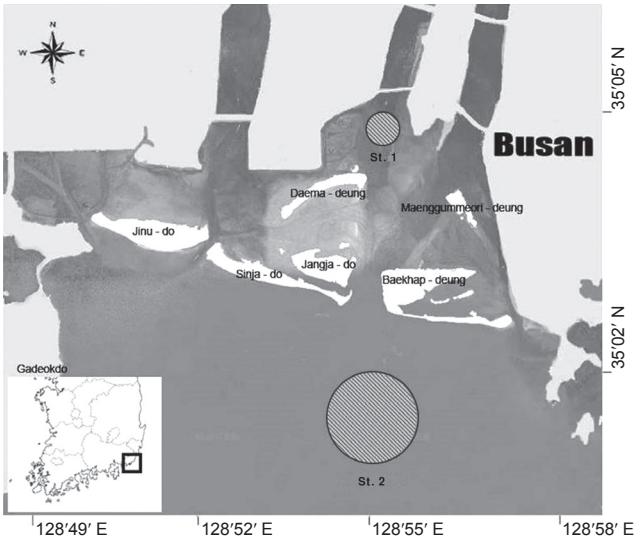

Fig. 1. Location of the sampling area in the Nakdong River estuary, Korea.

군집분석에는 종다양도지수 (Shannon and Weaver, 1949)를 이용하였으며, 월별 · 정점별 자치어의 군집구조의 유사도를 분석하기 위하여 Bray-Curtis 유사도지수를 기초로 수지도를 작성하여 계보적 집괴분석 (Hierarchical cluster analysis)을 하였고, 소수 출현 분류군에 의한 유사도지수의 과대평가를 낮추기 위하여 로그변환 [$\log_{10}(x+1)$]한 자료를 이용하였다. 군집분석의 결과로 구분되어지는 그룹 간의 유의성을 파악하기 위해 ANOSIM 평가를 실시하였으며, 각 그룹 간 군집 차이를 나타나게 하는 자치어 분류군을 파악하기 위하여 SIMPER (Similarity Percentage) 분석을 실시하였다. 집괴분석, ANOSIM, SIMPER 분석은 Primer (ver. 5.1)에서 이루어졌다 (Clarke and Gorley, 2001).

결 과

1. 수온과 염분

연구기간 중 정점 1의 평균 표층수온은 2011년 1월에 3.9°C로 가장 낮았고 2011년 7월에 27.7°C를 보여 가장 높았다. 정점 2의 경우 2011년 1월에 7.6°C로 가장 낮았고 2010년 9월

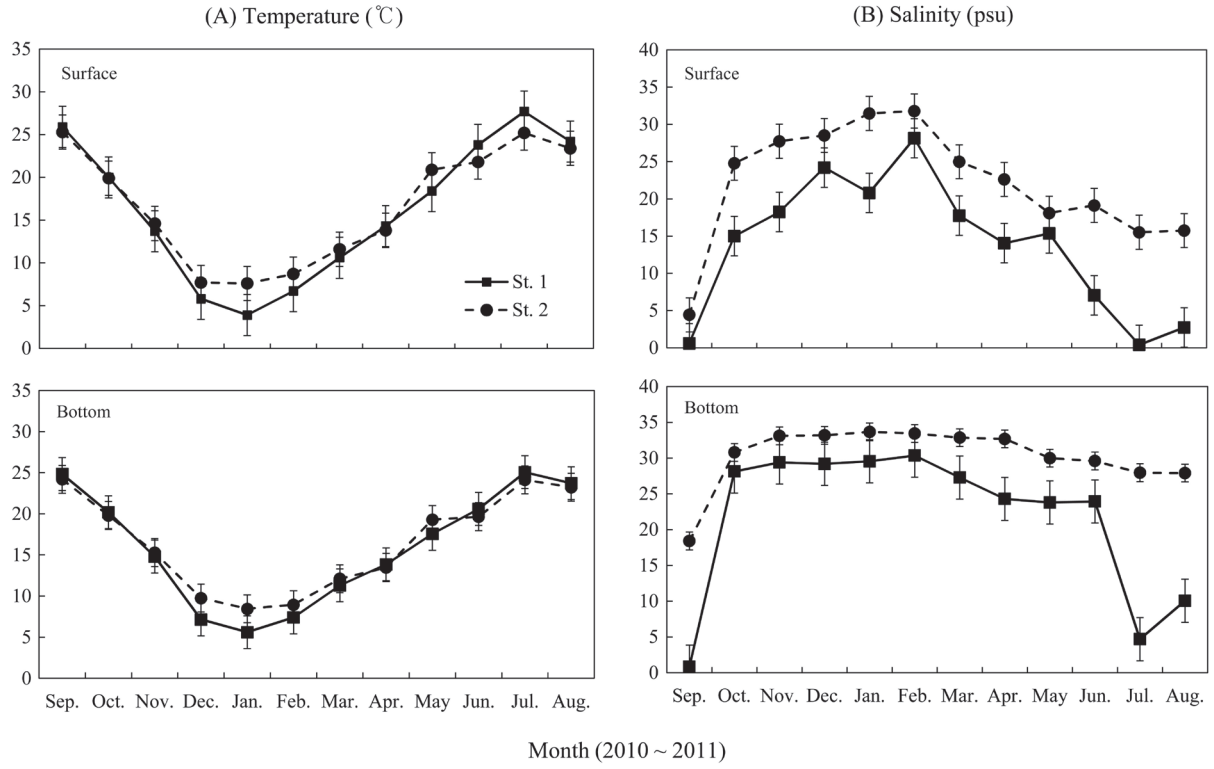

Fig. 2. Monthly variations in mean surface and bottom (A) temperature and (B) salinity in the Nakdong River estuary (■: St. 1; ●: St. 2; vertical bar represents standard error).

에 25.3°C로 가장 높아 온대 해역의 계절적 변동 양상이 뚜렷하였다 (Fig. 2). 그리고 담수의 영향을 많이 받는 정점 1에서 수온 변화의 범위가 더 큰 특징을 나타내었다. 한편 정점 1의 평균 표층염분은 2011년 7월에 0.4 psu로 가장 낮았고 2011년 2월에 28.1 psu로 가장 높았다. 정점 2는 2010년 9월에 4.4 psu로 가장 낮았고 2011년 2월에 31.8 psu로 가장 높은 값을 보여 표층 수온과 마찬가지로 계절적 변동이 뚜렷하였는데, 여름철에는 강우량의 증가에 따라 하구둑의 방류량이 증가하여 염분의 저하가 심하게 나타났다 (Fig. 2).

2. 자치어의 출현양상

1) 종조성

낙동강 하구역에 출현한 자치어는 총 7목 26과 43개 분류군으로 이 중 13개 분류군은 과 (family) 및 속 (genus) 수준까지, 1개 분류군은 미동정 자치어로 처리하였다 (Table 1). 과별 출현 종수는 양볼락과 (Scorpaenidae)가 5개 분류군으로 가장 많았고, 망둑어과 (Gobiidae)와 멸치과 (Engraulidae) 그리고 청어과 (Clupeidae)가 각각 3개 분류군으로 그 뒤를 이었다.

출현 자치어의 종조성을 살펴보면, 망둑어과 자치어가 전체 출현 자치어 개체수의 63.1%를 차지하였으며, 그중 하계 출현 망둑어과 (summer gobies)가 55.5%로 가장 우점하였다. 그 다음으로 청어 (*Clupea pallasii*)가 13.2%로 많이 출현하였으며, 멸치 (*Engraulis japonicus*)가 13.0%로 그 뒤를 차지하였다. 그리고 춘계 출현 망둑어과 (spring gobies)가 4.6%를 차지하였고, 전어 (*Konosirus punctatus*)가 3.8%, 동계 출현 망둑어과 (winter gobies)가 3.1%, 정어리 (*Sardinops melanostictus*)가 1.2%, 웅어 (*Coilia nasus*)가 0.7%로 이들 8개 분류군이 전체 자치어 출현량의 95.0%를 차지하였고, 나머지 35개 분류군은 5.0%에 불과하였다.

2) 자치어의 시 · 공간적 분포특성

자치어의 월별 · 정점별 출현량 변동을 살펴보면 (Table 1; Fig. 4), 2010년 9월과 10월에는 정점 1에서 각각 150.1 ind./1000 m^3, 13.2 ind./1000 m^3가 출현하였으며, 정점 2에서 각각 316.6 ind./1000 m^3, 77.7 ind./1000 m^3가 출현하여 정점 2에서 출현량이 많았다. 출현종 중, 9월에 하계출현 망둑어과와 멸치, 그물코쥐치 등의 자치어가 많이 출현하였고, 10월에는 정점 2에서 돛양태과 (*Repomucenus* sp.) 자치어가 57.7 ind./1000 m^3로 비교적 많이 출현하였다. 11월의 정점 1에서는 자치어가 전혀 출현하지 않았으며, 정점 2에서도 6.2 ind./1000 m^3로 조사기간 중 가장 적게 출현하였다. 이후 12월부터 증가하기 시작한 자치어 출현량은 3월까지 정점 1에서 86.8~3,618.3 ind./1000 m^3, 정점 2에서 24.0~474.4 ind./1000 m^3의 범위였으며, 1

Table 1. Species composition of fish larvae in the Nakdong River estuary between 2010 and 2011 (larvae/1000 m^3)

Species	Sep.		Oct.		Nov.		Dec.		Jan.		Feb.		Mar.		Apr.		May		Jun.		Jul.		Aug.		Mean		N%
	St.1	St.2	St.1	St.2	St.1	St.2	St.1	St.2	St.1	St.2	St.1	St.2	St.1	St.2	St.1	St.2	St.1	St.2	St.1	St.2	St.1	St.2	St.1	St.2	St.1	St.2	
Silurus asotus																					1.5				0.1		*
Tribolodon sp.																			4.7		3.4				0.7		*
Cyprinus carpio																					1.1				0.1		*
Coilia nasus																	10.6				148.1	51.4	12.2		14.2	4.3	0.7
Engraulis japonicus	3.8	77.5													0.9		2.7	5.0	1.2	0.9	3.0	1,172.8	583.4	2,033.0	49.5	274.2	13.0
Thryssa spp.		1.8																			28.8		2.8		2.6	0.1	0.1
Clupea pallasii							71.4	0.5	163.5	441.7	303.7	131.5	2,576.3	43.1	225.6	1.5									278.4	51.5	13.2
Konosirus punctatus																	186.9	1.5	262.6	7.8	201.5	56.4	410.1	4.4	88.4	5.8	3.8
Sardinops melanostictus							10.6		83.7	21.7	8.2	1.4	205.6	11.2		0.8									25.7	2.9	1.2
Hippocampus sp.		3.0																								0.3	*
Syngnathus schlegeli				0.6		1.8												2.1		0.7						0.4	*
Liparis tanakai								20.3	1.6	6.3		2.1	4.2	2.5		1.9									0.5	2.8	0.1
Hypodytes rubripinnis																								3.6		0.3	*
Sebastes sp.														0.5												<0.1	*
Sebastes pachycephalus								1.5																		0.1	*
Sebastiscus marmoratus		10.0		1.4		0.9																				1.0	*
unid. Scorpaenidae																								2.1		0.2	*
Platycephalus indicus																						0.4		2.5		0.2	*
unid. Hexagrammidae				2.9						0.4	0.8	0.5	0.8												0.1	0.3	*
Trichiurus lepturus				0.6																						<0.1	*
Lepomis macrochirus																					0.8				0.1		*
unid. Scombridae																						4.3		4.1		0.7	*

Table 1. Continued. (larvae/1000 m^3)

Species	Sep.		Oct.		Nov.		Dec.		Jan.		Feb.		Mar.		Apr.		May		Jun.		Jul.		Aug.		Mean		N%
	St.1	St.2	St.1	St.2	St.1	St.2	St.1	St.2	St.1	St.2	St.1	St.2	St.1	St.2	St.1	St.2	St.1	St.2	St.1	St.2	St.1	St.2	St.1	St.2	St.1	St.2	
Ammodytes personatus														1.4												0.1	*
Repomucenus sp.		14.0	1.3	57.7		2.2											5.4	7.2		1.1		26.5	16.4	79.8	1.9	15.7	0.7
gobiidae winter									2.5	0.4	62.9	9.9	819.1	33.1											294.8	14.5	3.1
gobiidae spring															680.5	44.5	590.7	49.7							635.6	47.1	4.6
gobiidae summer	144.9	152.6	11.9	5.1															3,636.4	665.4	4,332.1	611.0	4,979.2	2,046.7	2,620.9	696.2	55.5
Nibea albiflora																						4.4	0.9	21.8	0.1	2.2	0.1
Sillago japonica		11.7																				8.6		38.5		4.9	0.2
Unid. Stichaeidae										0.8			0.8	0.5											0.1	0.1	*
Zoarchias uchidai							2.4																		0.2		*
Trachurus japonicus																								2.9		0.2	*
Nuchequula nuchalis																						17.4		14.7		2.7	0.1
Omobranchus elegans		4.0																		0.5						0.4	*
unid Blenniidae		5.0																	2.1						0.2	0.4	*
Xenocephalus elongatus						1.3																				0.1	*
Uranoscopus japonicus																								1.4		0.1	*
Pholis fangi							2.4	1.7	7.1	2.7	2.8	2.7		1.0											1.0	0.7	0.1
Pleuronectes yokohamae										0.3		5.9	11.5	2.9											1.0	0.8	0.1
Cynoglossus joyneri		8.8		4.6																			3.6	19.9	0.3	2.8	0.1
Cynoglossus robustus																								12.8		1.1	*
Rudarius ercodes		24.2		2.4																		0.9		3.6		2.6	0.1
unid. species	1.5	4.0	0.0	2.5								0.5					0.7	1.0	0.9		0.8	175.3	607.7	84.3	51.0	22.3	2.9
Total	150.1	316.6	13.2	77.7	0.0	6.2	86.8	24.0	258.3	474.4	378.2	154.6	3,618.3	96.2	906.1	49.5	797.0	66.4	3,908.0	676.4	4,721.0	2,129.4	6,616.4	4,376.0	1,636.1	830.8	100

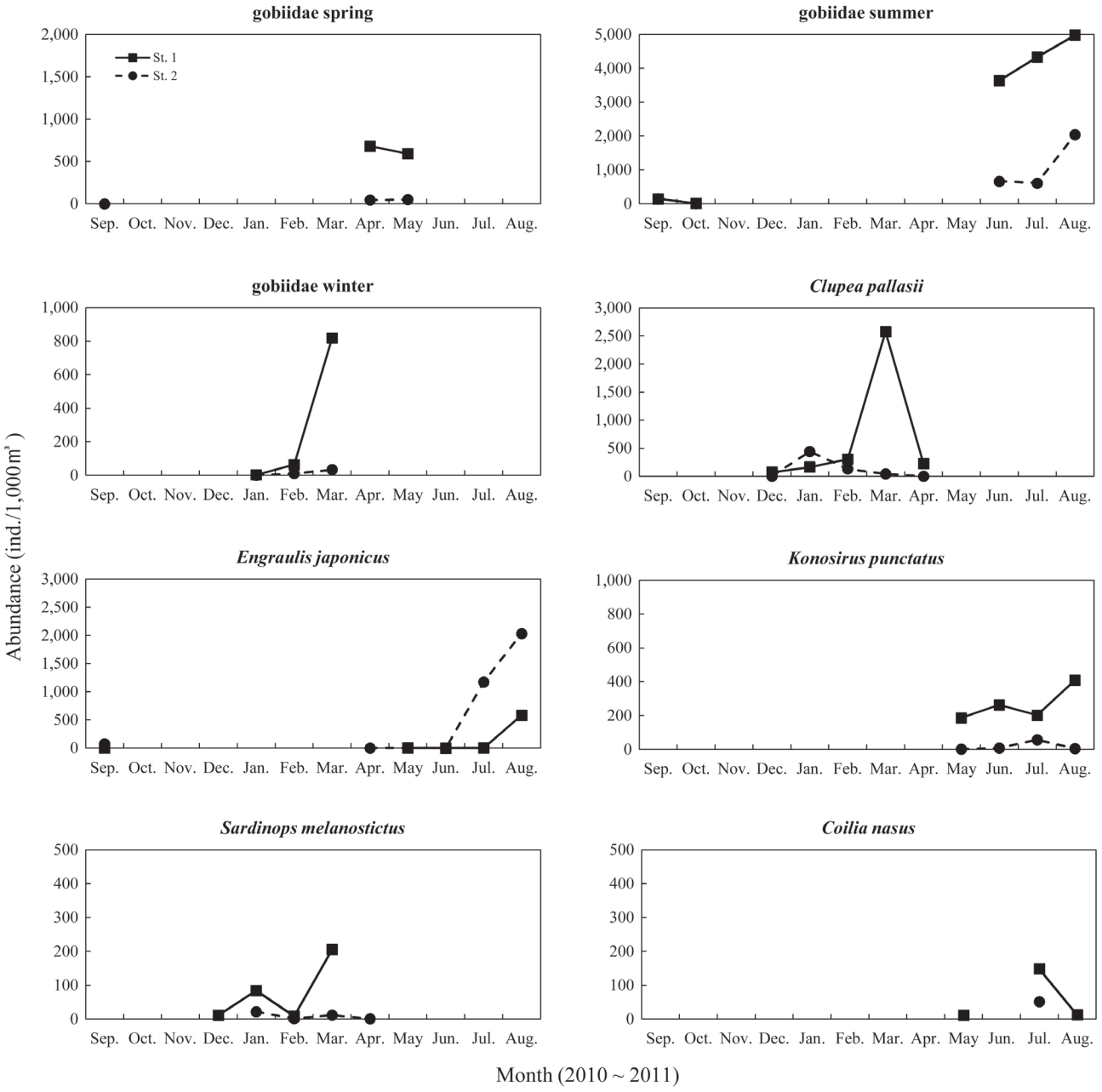

Fig. 3. Monthly variations of abundance of dominant fish larvae at each station in the Nakdong River estuary.

월을 제외하고는 정점 1에서 출현량이 가장 많았다. 특히 3월에는 정점 1에서 출현량이 크게 증가하여 3,618.3 ind./1000 m^3가 출현한 반면, 정점 2에서는 96.2 ind./1000 m^3로 출현량이 감소하였다. 12월에서 3월 사이의 겨울철에는 정점에 상관없이 청어 자치어가 가장 우점하였으며, 이외에 정어리, 꼼치 (*Liparis tanakai*) 그리고 흰베도라치 (*Pholis fangi*)가 비교적 많이 출현하였다. 이후 4월과 5월에는 3월에 비하여 출현량이 감소하였으며, 전어와 춘계 출현 망둑어과와 같은 소수 종이 우점하였고, 두 종 모두 정점 1에서 많이 출현하였다. 여름철인 6월부터 8월까지는 두 정점 모두에서 출현량이 크게 증가하였으며, 정점 2보다는 정점 1에서 출현량이 많았다. 정점 1에서는 하계 출현 망둑어과, 웅어, 전어 등의 출현량이 많았으며, 정점 2에서는 우점종인 멸치를 비롯한 다양한 연안성 어종의 자치어들이 출현하였으나 그 출현량은 매우 적었다. 출현한 자치어 중, 월별 평균 개체수비 순으로 우점한 6종의 월별 · 정점별 출현량 변동을 살펴보면, 멸치를 제외한 나머지

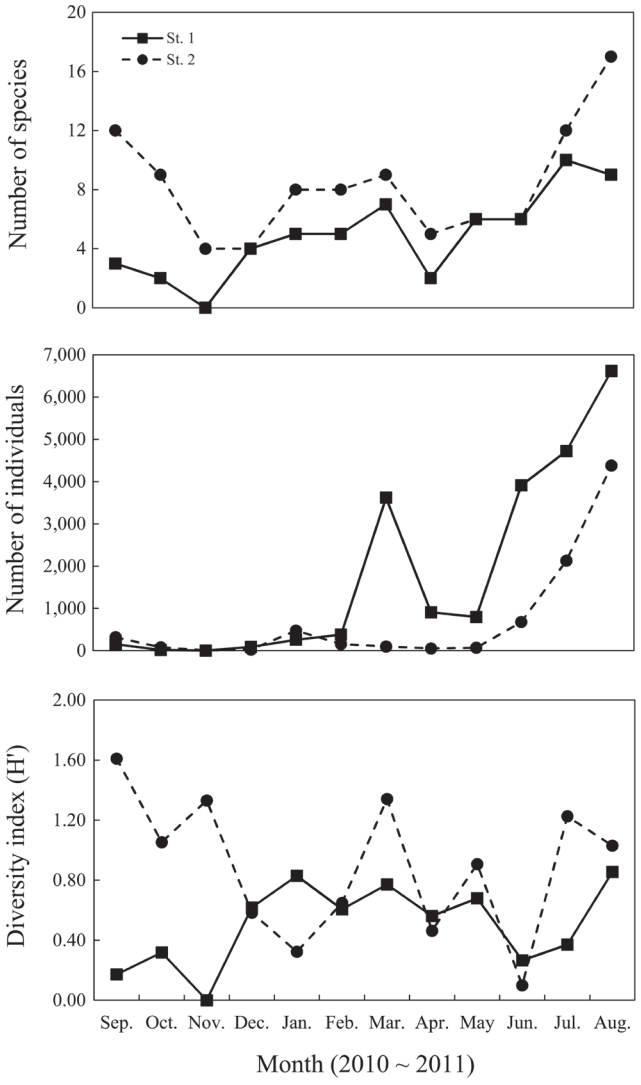

Fig. 4. Monthly variations of the number of species, number of individuals and diversity index of fish larvae in the Nakdong River estuary (■: St. 1; ●: St. 2).

분류군은 하구역 안쪽에 위치한 정점 1에서 출현량이 많았다 (Fig. 3).

본 연구해역에서 출현한 자치어의 월별 · 정점별 출현종수 및 개체수, 종다양도지수를 살펴보면 (Fig. 4), 출현종수는 2011년 8월의 정점 2에서 17종으로 가장 많았고, 2010년 11월에 정점 1에서 전혀 출현하지 않은 것을 제외하면, 2010년 10월과 2011년 4월의 정점 1에서 2종으로 가장 적었다. 그리고 정점 1보다는 정점 2에서 더 많은 종이 출현하였다. 출현 개체수는 2011년 8월에 정점 1에서 6,616.4 ind./1000 m^3, 정점 2에서 4,376.0 ind./1000 m^3가 출현하여 총 10,992.4 ind./1000 m^3로 가장 많이 출현하였으며, 2010년 11월에 정점 2에서만 6.2 ind./1000 m^3가 출현하여 연중 가장 적게 출현하였다. 한편 종다양도지수는 0.10~1.61의 범위였으며, 2011년 6월의 정점 2에서 0.10으로 최소, 2010년 9월에 정점 2에서 1.61로 최대였다.

3. 자치어의 군집구조

출현 자치어 중 개체수비 0.1% 이상을 차지한 16종의 월별 · 정점별 자치어 군집구조의 유사도 분석결과 유사도 50% 수준에서 5개의 월별 · 정점별 그룹으로 나누어졌다 (Fig. 5). A와 B그룹은 각각 5월과 4월에 주로 출현한 봄 그룹으로 두 그룹 모두 춘계 출현 망둑어과 자치어가 우점하였으나, A그룹은 전어, B그룹은 청어가 많이 출현하여 구분되었다. C그룹은 12월의 정점 1부터 3월까지를 포함하는 겨울 그룹이다. D그룹은 6월부터 10월의 정점 1에서 주로 출현한 그룹이었으며, E그룹은 여름철 정점 2에서 주로 출현한 종들로 구성된 그룹으로, 여름철에 자치어 출현양상이 공간적으로 분리되었다. 이들 다섯 그룹 간에 나타나는 유의성을 파악하기 위해 ANOSIM 분석을 한 결과, 군집의 구분은 모두 유의한 것으로 나타났다 (Table 2).

연구기간 동안 군집분석에 의해 구분된 다섯 그룹의 구분에 영향을 미친 자치어 분류군의 SIMPER 분석 결과를 살펴보면 (Table 3), A그룹과 B그룹은 봄에 출현한 망둑어과 자치어가 각각 67.5%와 75.5%의 기여도를 보였고, C그룹에서는 청어가 63.4%로 가장 높은 기여도를 보였다. D그룹에서는 하계 출현 망둑어과 자치어가 87.3%의 기여도를 보여 우점하였고, E그룹은 하계 출현 망둑어과 자치어가 37.4%, 멸치 22.5%, 돛양태과 자치어가 14.0%의 기여도를 보여 다양한 분류군이 그룹이 구분되는 데 영향을 주었다.

고 찰

본 연구해역에서는 총 43개 분류군의 자치어가 출현하였으며, 출현량이 적은 다양한 종들과 출현량이 많은 소수의 종들로 구성되어 있어, 하구역에 출현하는 자치어 군집에서 흔히 보이는 출현양상을 보였다 (Whitfield, 1989, 1999; Gaughan *et al*., 1990; Tzeng and Wang, 1992: Whitfield, 1999; Barletta-Bergan *et al*., 2002; Kim *et al*., 2003).

그동안 국내에서 선행된 자치어 군집 연구를 해역별로 살펴보면, 동해안에 위치한 고리주변해역 (Kim *et al*., 1994b)에서 15 분류군, 영일만 (Han *et al*., 2003)과 월성주변해역 (Cha *et al*., 1991)에서 각각 37, 21 분류군이 출현하였고, 남해안에 위치한 진해만 (Huh *et al*., 2011)에서 46 분류군, 광양만 (Cha and Park, 1994)에서 21 분류군, 고흥반도 근해 (Han *et al*., 2002)에서 37 분류군이 보고되었다. 그리고 서해안에 위치한 아산만 (Kim *et al*., 1994a)과 임자도 주변해역 (Jeon *et al*., 2000)에서

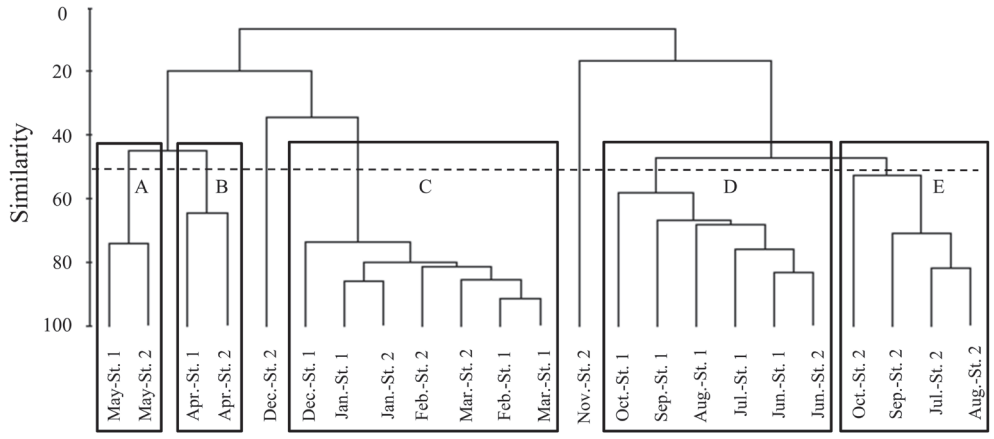

Fig. 5. A dendrogram illustrating the classification of the sampling periods and stations in the Nakdong River estuary determined by analysis of species composition of fish larvae.

Table 2. Summaries of ANOSIM and pair-wise test of fish larvae communities from the Nakdong River estuary from September, 2010 to August, 2011. Analyses groups of the Bray-Curtis transformed data. A, B, C, D, E: groups of the Bray-Curtis similarity

Global test	Global R	p value
	0.975	0.001
Group compared		
A v B	1.000	0.333
A v C	1.000	0.028
A v D	0.990	0.036
A v E	0.893	0.067
B v C	1.000	0.028
B v D	1.000	0.036
B v E	1.000	0.067
C v D	1.000	0.002
C v E	1.000	0.003
D v E	0.726	0.005

Table 3. Summary of SIMPER analysis, comparing the major aspects of the fish larvae communities across the five groups from the Nakdong River estuary from September, 2010 to August, 2011.

Group	Taxon	Contribution (%)	Accumulation (%)
A	Spring gobies	67.54	67.54
	Konosirus punctatus	18.52	86.07
	Repomucenus sp.	8.11	94.17
B	Spring gobies	75.53	75.53
	Clupea pallasii	24.47	100.00
	Winter gobies	12.98	94.04
C	*Clupea pallasii*	63.35	63.35
	Sardinops melanostictus	21.54	84.89
	Winter gobies	12.02	96.90
D	Summer gobies	87.27	87.27
	Konosirus punctatus	8.99	96.26
E	Summer gobies	37.36	37.36
	Engraulis japonicus	22.49	59.84
	Repomucenus sp.	13.97	73.82
	Unidentified species	13.95	87.77
	Cynoglossus joyneri	4.75	92.51

각각 23, 36 분류군이 출현하여, 본 연구해역이 진해만을 제외한 대부분의 해역에 비하여 출현종수가 많았다. 한편 본 연구해역과 유사한 환경특성을 가졌을 것으로 생각되는 영산강 주변해역 (Kim *et al*., 2003)과 탐진강하구 (Kim and Kim, 2004)에서도 각각 40, 26 분류군이 출현하였으며, 본 연구와 유사한 해역에서 수행된 Cha and Huh (1988)의 연구에서도 26 분류군이 출현하여, 본 연구보다는 출현종수가 적었다. 이러한 해역별 자치어 출현종수의 차이는 연구자의 종동정 수준 및 채집방법과 같은 방법론적 차이에 기인하는 경우가 많은 것으로 알려져 있다 (Han *et al*., 2001).

그러나 방법의 차이 외에도 해역의 환경 특성에 따라 출현종수 및 출현량의 차이가 나타나기도 하는데, 예를 들어, 대마난류와 쿠로시오 난류의 영향을 받는 해역에서 이루어진 연구에서 74~280종에 이르는 다양한 자치어 분류군이 출현하였고, 이는 연안 정착성어종과 함께 해류 수송에 의한 다양한 회유성 어종들이 출현한 결과로 볼 수 있다 (Hattori, 1964; Senta, 1964; Park *et al*., 2005). 한편 각 해역의 지형적 특징에 의한 해수순환 정도에 따라 출현종수의 차이가 있을 수 있다. 한반도 서 · 남해안 및 남해 연안은 수심이 얕고 굴곡이 심한 내만이 발달하여 해수 유동이 적어 다양한 어류와 패류의 산란장 및 성육장으로 가치가 높은 곳으로 알려져 있다 (Kim, 2000; Yoon and Kim, 2003). 반면 해안선이 단순하고 수심이 깊은 동해안에서는 남해나 서해에 비하여 자치어 출현종수가 적은 경향을 보였다. 이는 복잡한 지형에 의한 정체수역이 많은 남

해나 서해에서 해안선이 단순한 동해안보다 난자치어가 해류에 의해 외해로 수송될 가능성이 적어, 다양한 종이 출현할 기회가 많기 때문으로 판단된다.

낙동강 하구역에서 가장 많은 출현량을 보인 자치어 분류군은 기수성 어종인 망둑어과로, 많은 하구역 생태계에서 우점종으로 나타났다 (Neira *et al*., 1992; Kim *et al*., 2003). 본 연구에서 망둑어과는 11~12월을 제외한 전 계절에 걸쳐 출현하였으며, 전체 자치어 출현량의 63.1%를 차지하였다. 이 중 여름철에 출현한 망둑어과 자치어가 55.5%로 가장 우점하였으며, 춘계 출현 망둑어와 동계 출현 망둑어과 자치어가 각각 4.6%, 3.1%를 차지하였다. 망둑어류는 주로 수심이 얕은 하구의 기수역이나 내만의 사니질 또는 개펄, 그리고 연안의 잘피밭에서 주로 서식하는 것으로 알려져 있다 (Huh and Kwak, 1998; Huh and Kwak, 1999; Seo and Hong, 2006). 국내 자치어 종조성 연구에서 대부분 멸치가 최우점종 이었지만, 망둑어과 역시 최우점종 내지는 아우점종으로 보고되고 있다 (Cha and Huh, 1988; Cha and Park, 1994; Kim *et al*., 1994a; Jeon *et al*., 2000; Han *et al*., 2002). 특히 본 연구해역과 유사한 환경을 지닌 영산강 하구역에서 망둑어과 자치어가 전체 출현량의 91.0%를 차지하였고, 이 중 두줄망둑 (*Tridentiger trigonocephalus*)이 65.9%를 차지하여 최우점하여 본 연구와 유사하였다 (Kim *et al*., 2003). 한편 본 연구해역에서 출현한 망둑어과 자치어는 대부분 하구역 안쪽에 위치한 정점 1에서 높았고, 이는 침성점착난을 기질에 붙이는 망둑어과 어류의 산란 특성을 고려해 볼 때, 표층 보다는 저층에 자치어가 많이 분포할 것으로 생각되며, 정점 1의 낮은 수심 효과로 망둑어과 자치어가 대량으로 채집되어 높은 출현량을 보인 것으로 생각된다.

망둑어과 자치어 외에 담수 및 해수어종의 자치어가 군집에서 차지하는 비중은 높지 않았다. 본 연구에서 담수어 자치어는 메기 (*Silurus asotus*)와 잉어 (*Cyprinus carpio*)가 7월에 하구역의 안쪽 정점에서 소량 출현하였을 뿐이며, 해수어종의 자치어는 다양한 종이 출현한 반면, 멸치와 청어를 제외하고는 출현량이 매우 적었다. Harris and Cyrus (1995)는 담수종과 연안성 어종의 자치어들이 삼투조절에 의한 스트레스로 인해 하구역에서의 생존이 어렵다고 보고하였다. 본 연구에서 소량 출현한 메기나 잉어는 7월의 많은 강수량으로 인한 하구둑의 방류량 증가와 함께 정점 1에서 표층 염분이 0.1 psu까지 낮아지면서 일시적으로 출현하였던 것으로 생각되며, 다양한 해수어종의 자치어 또한 염분에 따라 출현량이 제한되는 것으로 생각된다. 비교적 많은 출현량을 보인 청어는 염분의 영향을 적게 받는 겨울과 이른 봄에 산란하기 때문에 많이 출현한 것으로 보이며, 멸치 또한 염분의 영향을 적게 받는 하구역의 바깥에 위치한 정점 2에서 많이 출현하였다.

특히 멸치의 출현량은 담수의 영향을 많이 받는 것으로 알려져 있다 (Cha and Park, 1991; Jeon *et al*., 2000). 영산강 하구역 (Kim *et al*., 2003)에서 이루어진 연구에서 멸치 어란은 6월과 8월에만 출현하였고 자어는 전혀 출현하지 않았으며, 만경 · 동진강 하구에서도 염분 분포에 따라 난과 자치어의 분포가 제한되었다 (Cha and Park, 1991). 본 연구해역에서 멸치 자치어는 전체 출현 개체수의 13.0%를 차지하여 비교적 많이 출현하였다. 멸치 자치어는 4월부터 9월까지 출현하였고, 8월에 전체 멸치 자치어의 67.4%가 출현하였다. 멸치 자치어는 담수의 영향을 많이 받는 정점 1보다는 외측에 위치한 정점 2에서 많이 출현하여 다른 하구역에서 이루어진 연구결과와 비슷하였으며, 염분에 의해 그 출현량과 범위가 제한되는 것으로 생각된다.

본 연구에서 자치어 출현 개체수에 따른 군집구조는 Bary-Curtis 유사도 50% 수준에서 5개 그룹으로 나누어졌다 (Fig. 5). 이 중 D, E그룹은 주로 여름 및 가을에 출현한 종들로 이루어져 있으나, 정점에 따라 두 그룹으로 분리되는 결과를 보였다. 정점 1에서는 하계 출현 망둑어과 자치어, 전어, 웅어, 풀반지속 (*Thryssa* spp.) 자치어와 같은 기수성 어종들이 포함되어 있었다. 이 시기 동안 정점 1의 평균 표층 수온은 23.8~27.7°C의 범위를 보였으며, 평균 표층 염분은 0.4~7.1 psu를 보였고, 저층의 평균 염분은 4.7~24.0 psu를 보였다. 반면 정점 2에서는 망둑어과 자치어 외에 멸치와 돛양태과 자치어를 비롯한 다양한 해양성 어종들의 자치어가 포함되어 있었으며, 표층 평균 수온은 23.4~25.2°C, 표층 평균 염분은 15.5~15.7 psu, 저층 평균 염분은 27.9~28.0 psu의 범위로 수온보다 염분의 차이가 컸다. 이와 같이 여름철 낙동강 하구역의 자치어 군집구조는 시 · 공간적으로 분리되는 특징을 보였으며, 이로 인해 일반 연안역의 자치어 군집구조와는 차이가 있었다. 반면 봄과 겨울철에는 군집구조의 공간적 분리는 일어나지 않았다. 따라서 여름철의 낙동강 하구역은 염분이 낮은 상류 부근에서는 망둑어류와 같은 주거종이 우점하고, 외해와 맞닿아 있는 하류 부근에서는 높은 유기물 함량을 바탕으로 멸치를 비롯한 다양한 해수어종의 좋은 산란장 및 성육장으로 이용되고, 겨울과 봄에는 일반 연안해역과 유사한 특징을 보이는 것으로 생각된다.

본 연구와 동일한 해역에서 조사가 이루어진 Cha and Huh (1988)의 연구에서는 총 26 분류군의 자치어가 출현하였다. 그 중 멸치가 181.3 ind./1000 m^3로 가장 우점하였고 (36.8%), 망둑어과 자치어가 75.5 ind./1000 m^3로 (15.3%) 멸치 다음으로 많이 출현하였다. 이외에 돛양태류가 15.0%, 웅어류가 14.0%, 쥐노래미 (*Hexagrammos otakii*)가 6.6%, 그리고 앞동갈베도라치 (*Omobranchus elegans*)가 4.4%를 차지하였다. 멸치와 망둑어류 등은 본 연구에서도 가장 중요한 분류군이었으며, 웅어나 돛양태류 역시 비교적 많은 출현량을 보여 본 연구의 우점

종 조성과 유사하였다. 다만 망둑어류 대신 멸치가 가장 우점하였는데, 이는 채집 정점들이 본 연구의 정점 2에 해당하는 하구역의 바깥쪽에 위치한 결과로 사료된다. 그러나 자치어의 출현량은 월별 출현량의 계산방법이 다름을 감안하더라도 본 연구에 비하여 매우 적은 결과를 보였다. 이는 Cha and Huh (1988)의 조사 시기가 하구둑이 완공될 시점과 일치하여, 대규모 토목공사 이후에 급변한 환경변화가 자치어의 출현량에 영향을 미쳤을 것으로 추정된다.

한편 겨울철에 출현한 종들의 조성을 살펴보면, Cha and Huh (1988)의 연구에서는 연안정착성 어종인 쥐노래미와 우리나라 전 연안에 널리 분포하는 까나리 (*Ammodytes personatus*) 자치어가 우점하였다. 이는 겨울철 남해 (Cha and Park, 1994; Han *et al*., 2002)나 동해 연안 (Kim *et al*., 1994; Han *et al*., 2003)에서 주로 출현한 자치어의 조성과 유사하였다. 하지만 본 연구에서는 쥐노래미와 까나리는 출현량이 매우 적었던 반면 청어가 극우점하였고, 망둑어과 자치어가 비교적 많이 출현하였다. 인근에 위치한 진해만에서도 겨울에 청어 자치어가 가장 우점하였다 (Huh *et al*., 2011). 청어는 한해성의 회유성 어종으로 (NFRDI, 2004), 주기에 따른 출현량 변동이 극심한 특징을 보인다. 우리나라 청어 자원의 출현양상을 살펴보면 (Gong *et al*., 2009), 1910~20년대, 1960~70년대에 많은 출현량을 보였으며, 1970년대 이후부터 출현량이 급격히 감소하였다. 그러나 통계자료에 따르면 2000년대 후반부터 청어 자원량이 다시 증가하고 있는 추세인데 (KOSIS, 1980~2011), 이는 본 해역이 청어의 중요한 산란 및 성육장의 역할을 하고 있으며, 이를 반영한 결과로 생각된다.

요 약

2010년 9월부터 2011년 8월까지 매월 소조기에 낙동강 하구역의 안쪽과 바깥쪽 두 개 정점에서 자치어를 채집하여 종조성의 시공간 분포를 밝혔다. 연구기간 동안 출현한 자치어는 총 7목 26과에 속하는 43개 분류군이 출현하였으며, 망둑어과 자치어가 전체 개체수의 63.1%를 차지하여 가장 우점하였다. 그중 하계 출현 망둑어과 자치어가 개체수비 55.5%로 가장 많이 채집되었다. 그 다음으로 청어 (13.2%), 멸치 (13.0%), 그리고 춘계 출현 망둑어과 자치어 (4.6%), 전어 (3.8%), 동계 출현 망둑어과 자치어 (3.1%), 정어리 (1.2%), 웅어 (0.7%) 순으로 채집되었고, 이들 8개 분류군이 전체 자치어 출현량의 95.0%를 차지하였다. 본 연구에서 출현한 자치어 군집은 총 5개의 그룹으로 구분되었으며, 시기적으로 봄, 여름 및 가을, 그리고 겨울 그룹으로 분리되었다. 특히 여름 및 가을에 자치어 군집의 공간적 분리가 나타났다. 하구역의 안쪽 정점에서는 하계 출현 망둑어과 자치어가 우점하였으며, 바깥 정점에서는 망둑어류 외에 멸치가 우점하였고, 기타 다양한 해수어종의 자치어가 출현하였다.

사 사

본 연구는 국립수산과학원 과제인 '첨단해양탐사 시스템 활용 한반도 주변 해양 변동 조사 및 운영'의 지원에 의해 수행되었습니다. 시료채집에 도움을 주신 한진호 최복두 선장님께 감사드리며, 논문이 나오기까지 많은 조언을 해주신 전남대학교 차성식 교수님, 부경대학교 김진구 교수님, 환경생태공학연구원 곽석남 박사님, 경상대학교 백근욱 교수님, 국립수산과학원 수산해양종합정보과 서영상 박사님, 윤석현 박사님께 감사드립니다.

인 용 문 헌

Barletta-Bergan, A., M. Barletta and U. Saint-Paul. 2002. Structure and seasonal dynamics of larval fish in the Caeté River estuary in north Brazil. Estuar. Coast. Shelf Sci., 54: 193-206.

Cha, S.S. and K.J. Park. 1991. Spatio-temporal distribution of the ichthyoplankton in the Mankyong-Dongjin estuary. J. Oceanol. Soc., 26: 47-58. (in Korean)

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

Cha, S.S. and S.H. Huh. 1988. Variation in abundances of ichthyoplankton in the Nakdong River estuary. Bull. Kor. Fish. Tech. Soc., 24: 135-143. (in Korean)

Cha, S.S., K.J. Park, J.M. Yoo and Y.U. Kim. 1991. Distribution of ichthyoplankton in the adjacent waters of Wolsong, Korea. Kor. J. Ichthyol., 3: 11-23. (in Korean)

Clarke, K.R. and R.N. Gorley. 2001. Getting started with PRIMER v5: User Manual/Tutorial. Primer-E, Plymouth.

Gaughan, D.J., F.J. Neira, L.E. Beckley and I.C. Potter. 1990. Composition, seasonality and distribution of ichthyoplankton in the Lower Swan estuary, south-western Australia. Au. J. Mar. Freshw. Res., 41: 529-543.

Gong, Y., Y.S. Seo, K.T. Seong and I.S. Han. 2009. Fluctuations in Ocean Climate and Fish Populations. Nat'l. Fish. Res. Dev. Inst., Busan, 263pp. (in Korea)

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

Han, K.H., J.S. Hong, Y.S. Kim, K.A. Jeon, Y.S. Kim, B.K. Hong and D.S. Hwang. 2003. Species composition and Seasonal variations of Ichthyoplankton in coastal waters of Yeongil

Bay, Korea. Kor. J. Ichthyol., 15: 87-94. (in Korean)
Han, K.H., Y.H. Shin and D.S. Hwang. 2002. Seasonal variations in species composition of Ichthyoplanton off Kohung peninsula, Korea. Kor. J. Ichthyol., 14: 45-52 (in Korean)
Harris, S.A. and D.P. Cyrus. 1995. Occurrence of larval fishes in the St. Lucia estuary, KwaZulu-Natal, South Africa. S. Afr. J. Mar. Sci., 16: 333-350.
Hattori, S. 1964. Studies on the fish in the Kuroshio and adjcent water. Bull. Tokai. Reg. Fish. Res. Lab., 40, 1589pp.
Hjort, J. 1926. Fluctuations in the year classes of important food fishes. J. Conseil. Cons. int. Explor. Mer., 1: 5-38.
Hong, S.Y., C.W. Ma and H.S. Lim. 1994. A ecological study of benthic macrofauna in Nakdong River estuary, 1994. Spring Meeting of the Korean Societies on Fisheries Science, Busan, Korea, May 7 1994, pp. 24-25. (in Korean)
Houde, E.D. and E.S. Rutherford. 1993. Recent trends in estuarine fisheries: Predictions of fish production and yield. Estuarines, 16: 161-176.
Huh, S.H. and S.G. Chung. 1999. Seasonal variations in species composition and abundance of fishes collected by an otter trawl in Nakdong River estuary. Bull. Kor. Soc. Fish. Tech., 35: 178-195. (in Korean)
Huh, S.H. and S.N. Kwak. 1998. Feeding habits of *Acentrogobius pflaumii* in the eelgrass (Zostera marina) bed in Kwangyang Bay. Kor. J. Ichthyol., 10: 24-31. (in Korean)
Huh, S.H. and S.N. Kwak. 1999. Feeding habits of *Acanthogobius flavimanus* in the eelgrass (Zostera marina) bed in Kwangyang Bay. J. Kor. Fish. Soc., 32: 10-17. (in Korean)
Huh, S.H., M.I. Han, S.J. Hwang, J.M. Park and K.W. Baeck. 2011. Seasonal variation in species composition and abundance of larval fish assemblages in the southwestern Jinhae Bay, Korea. Kor. J. Ichthyol., 23: 37-45. (in Korean)
Hwang, S.W., H.B. Hwang, H.S. Noh and T.W. Lee. 2005. Seasonal variation in species composition of fish collected by a bag net in the Geum River estuary, Korea. J. Kor. Fish. Soc., 38: 39-54. (in Korean)
Jang, I.K. and C.H. Kim. 1992. A study on the changes of the molluscan and crustacean fauna after the construction of the Nakdong Estuary Barrage. J. Kor. Fish. Soc., 25: 265-281. (in Korean)
Jang, S.T. and K.C. Kim. 2006. Change of oceanographic environment in the Nakdong estuary. J. Kor. Soc. Oceanogr. [The Sea], 11: 11-20. (in Korean)
Jeon, S.L. 1987. Fish fauna of the lower area of Nakdong-river. Kor. Nat. Cons. Res., 9: 77-90. (in Korean)
Jeon, S.M., Y.C. Jo, D.S. Byun, J.H. Ahn and K.S. Lee. 2000. Distribution of fish larvae and juveniles in Imjado, Korea. Rep. Chonnam Fish. Res. Inst., Gwangju Press, Gwangju, pp. 22-30. (in Korean)
Kim, D.S. 2000. Seasonal variation of watermass in the central coast of the southern sea of Korea. Bull. Kor. Soc. Tech., 36: 105-116. (in Korea)
Kim, J.K., J.I. Choi, D.S. Chang, J.T. Na and Y.U. Kim. 2003. Distribution of fish eggs, larvae and juveniles around the Youngsan River estuary. J. Kor. Fish. Soc., 36: 486-494. (in Korean)
Kim, J.S. and S.D. Hwang. 2003. Biomass of shellfish in the Saemangeum tidal flat on the west coast of Korea. J. Kor. Fish. Soc., 36: 757-761. (in Korean)
Kim, Y.U. 1983. Fish larvae of Changson Channel in Namhae, Korea. J. Kor. Fish. Soc., 16: 163-180. (in Korean)
Kim, Y.U., K.H. Han and C.B. Kang. 1994a. Distribution of ichthyoplankton in Asan Bay, Korea. J. Kor. Fish. Soc., 27: 620-632. (in Korean)
Kim, Y.U., K.H. Han, C.B. Kang and J.R. Koh. 1994b. Distribution of ichthyoplankton in Kori, Korea. J. Kor. Fish. Soc., 27: 633-642. (in Korean)
Kwak, S.N. and S.H. Huh. 2003. Changes in species composition of fishes in the Nakdong River estruary. J. Kor. Fish. Soc., 36: 129-135. (in Korean)
Lee, J.H., J.B. Lee, Y.M. Choi, I.J. Yeon and D.W. Lee. 2012. Study on comparison of fishes by trawl fishery in Nakdong River estuary, Korea. Kor. J. Ichthyol., 24: 84-93. (in Korean)
Maes, J., A. Taillieu, P.A. Van Damme, K. Cottenie and F. Ollevier. 1998. Seasonal patterns in the fish and crustacean community of a turbid temperate estuary (Zeeschelde estuary, Belgium). Estuar. Coast. Shelf Sci., 47: 143-151.
Matarese, A.C., A.W. Kendall, D.M. Blood and B.M. Vinter. 1989. Laboratory guide to early life history stages of northeast Pacific fishes. NOAA Tech. Rep. NMFS. 80, 625pp.
Neira, F.J., I.C. Potter and J.S. Bradley. 1992. Seasonal and spatial changes in the larval fish fauna within a large temperate Australian estuary. Mar. Biol., 112: 1-16.
NFRDI (National fisheries Research and Development Institute). 2004. Commercial Fishes of the Coastal & Offshore Waters in Korea. Nat'l. Fish. Res. Dev. Inst., Busan, 333pp. (in Korean)
NIBR (National Institute of Biological Resources). 2011. National List of Species of Korea_Vertebrate. Nat`l. Inst. Biol. Res., Incheon, 462pp. (in Korean)
Okiyama, M. 1988. An Atlas of the Early Stage Fishes in Japan. Tokai University Press. Tokyo, 1154pp. (in Japanese)
Park, K.D., J.G. Myoung, Y.J. Kang and Y.U. Kim. 2005. Seasonal variation of abundance and species composition of Ichthyoplankton in the coastal water off Tongyoung, Korea. J. Kor. Fish. Soc., 38: 385-392. (in Korean)
Reid, G.K. and R.D. Wood. 1976. Ecology of Inland Water and Estuaries. D. Van Nostrand Comp. New York, 485pp.
Saville, A. and D. Schnack. 1981. Some thoughts on the current status of fish egg and larval distribution and abundance. Rapp. P-v. Reun. Cons. Int. Explor. Mer., 178: 153-157.
Senta, T. 1964. Study on the distribution of egg and larvae of fishes in adjacent water to western Japan. Bull. Fish. Exp. Stn Okayama Pref. Spec., 80pp.

Seo, I.S. and J.S. Hong. 2006. Feeding ecology of gavelin goby (*Acanthogobius hasta*) and fine spot goby (*Chaeturichthys stigmatias*) in the Jangbong tidal flat, Incheon, Korea. J. Kor. Fish. Soc., 39: 165-179. (in Korean)

Shannon, C.E. and W. Weaver. 1949. The Mathematical Theory of Communication. Univ. Illinosis Press. Urbana, 177pp.

Shim, K.S. and C.Y. Lee. 1999. Fish fauna of the Saemandum area in the west coast of Chollabuk-do, Korea. Kor. J. Environ. Biol., 17: 293-303. (in Korean)

Tzeng, W. and Y. Wang. 1992. Structure, composotion and seasonal dynamics of the laval and juvenile fish community in the mangrove estuary of Tanshui River, Tariwan. Mar. Biol., 113: 481-490.

Whitefield, A.K. 1989. Ichthyoplankton interchange in the mouth region of a southern African estuary. Mar. Ecol. Prog. Ser., 54: 25-33.

Whitefield, A.K. 1998. Biology and ecology of fishes in southern African estuaries. Ichthyological Monographs of Smith Institute of Ichthyology. No. 2, 223pp.

Whitefield, A.K. 1999. Ichthyofaunal assemblages in estuaries: A South African case study. Rev. Fish Biol. Fish., 9: 151-186.

Yang, H.J., K.H. Kim and J.D. Kum. 2001. The fish fauna and migration of the fishes in the fish way of the Nakdong River Mouth Dam. Kor. J. Limnol., 34: 251-258. (in Korean)

Yoo, J.M. and S.S. Cha. 1988. Variation of abundance of ichthyoplankton in Kwangyang Bay. Ocean Research, 10: 79-84. (in Korean)

Yoon, Y.H. and D.G. Kim. 2003. On the spatio-temporal distribution of phytoplankton community in the southwestern parts of Deukryang Bay, South Korea. Kor. J. Environ. Biol., 21: 8-17.