

낙동강 하구 해역의 트롤어구로 채집된 어류의 종조성 비교

이종희 · 이재봉^{1,*} · 최영민¹ · 연인자 · 이동우

국립수산과학원 자원연구과, ¹동해수산연구소 자원환경과

Study on Comparison of Fishes by Trawl Fishery in Nakdong River Estuary, Korea by Jong Hee Lee, Jae Bong Lee^{1,*}, Young Min Choi¹, Inja Yeon and Dong Woo Lee (Fisheries Resources Research Division, NFRDI, Busan 619-705, Korea; ¹Fisheries Resources and Environment Division, East Sea Fisheries Research Institute, Gangneung 210-861, Korea)

ABSTRACT Fish species composition and abundance in the waters of nearby Nakdong River estuary were investigated non-continuously and seasonally by shrimp beam trawl in summer 2007, winter 2009, and from spring 2010 to autumn 2010. During the study period, total fish species were collected 92 species, 36 families in study area. Shannon index was 1.893~2.962, and evenness was 0.050~0.231. Fish species composition was shown interannually and seasonally variations in the waters of nearby Nakdong River estuary. We carried out cluster analysis to contain the data in previous and current study. Fish species composition was divided 3 groups which were 1987~1988 and 1998, 2001~2002, and 2007~2008 and 2009~2010. Average and minimum length in this study was longer than its in previous studies, and length range in this study was wider than its in previous studies, too. Dominant fish increased individuals and weight per unit area in this study. Especially *Lophius litulon*, *Raja kenojei*, *Eopsetta grigorjewi*, and *Zeus faber* were much better than past 2002. *Liparis tanakai*, *Repomucenus valenciennesi* and *Leiognathus nuchalis* were dominant fish in previous study, but those decreased individuals and weight per unit area in this study.

Key words : Fish species composition, abundance, per unit area, length structure, Nakdong river

서 론

강의 하구는 상류지역으로부터 유입되는 풍부한 영양염이 있어 일반적으로 기초 생산력이 매우 높다. 어류는 수서 생태계에 서식하는 동물 중에서 종의 수도 많을 뿐만 아니라 인간의 생활과 밀접한 관련이 있다. 하구지역은 담수와 해수가 혼합되는 기수역을 형성하고 있어서 어류에게는 먹이인 플랑크톤이 풍부하고 다양한 서식처가 제공될 수 있어 풍부한 어류상을 나타내므로 이에 대한 연구는 어류상을 조사하는 중요성도 있지만 수산자원개발의 면에서 더욱 중요하다(양 등, 2001).

연구해역인 낙동강 하구는 완만한 경사의 사질 및 사니

질 갯벌로 다른 갯벌에 비해 유기물 농도는 낮은 편이다. 그러나 인근에 갈대나 세모고랭이와 같은 일차생산자가 높은 밀도로 존재하여 일차 생산이 높은 지역이다. 이러한 대형일차생산자의 일부가 유기체설물 형태로 유입되어, 대형 저서생물의 먹이로 이용되거나 미생물 분해에 활발하게 이용된다(배와 윤, 1989; 안, 2007; Kang *et al.*, 2007). 그리고 많은 유용 어·패류의 산란장, 성육장 및 서식처로서 어업 생산성이 매우 높은 해역이다(전, 1987).

낙동강 하구 유역에 관하여 주변 수변특성, 유기탄소 순환 등을 포함한 환경 및 동·식플랑크톤과 조류 등의 생물에 관한 다양한 연구가 수행되고 있다. 어류 및 어업생물에 관한 이전 연구로는 낙동강 하류역의 어류상(김과 홍, 1980; 전, 1987), 낙동강 하구둑 건설에 따른 어업피해 연구(진과 허, 1985, 1987; 허, 1991) 및 수자원공사가 환경관리를 위하여 실시한 어류조사(한국수자원공사, 1993, 1994, 1995,

*교신저자: 이재봉 Tel: 82-33-660-8522, Fax: 82-33-661-8513, E-mail: leejb@nfrdi.go.kr

1996), 저인망에 어획된 어류의 종조성 및 계절변동(허와 정, 1999), 하구의 어류상과 어도에서 어류의 이동(양 등, 2001), 하구둑 건설 이후 어류 종조성 변화(곽과 허, 2003), 새우조망을 이용한 낙동강 하구의 계절별 생물 종조성(이 등, 2009) 등이 연구되었다.

본 연구는 주요 하구역 및 만의 연안 생태계에서 현황 파악을 위하여 실시되었다. 조사에 사용한 새우조망과 같은 트롤조사는 불특정 다수 어종을 동시에 어획하므로 조업의 주 대상이 되는 어종은 물론 비 대상 어종과 소형 어종들도 채집할 수 있다. 특히 저층의 분포 생물을 연구하는 데 있어서 다른 조사방법에 비해 적합한 것으로 보고되었다(이, 1991; 이와 김, 1992). 트롤 어구가 훑은 해역의 정확한 면적을 계산하여, 그 해역에서 어획된 해양생물의 밀도와 어획량을 추정하여 정량화할 수 있는 장점을 가진다. 본 연구의 어류 조사 결과와 이전연구를 결과를 동일한 면적별 어획량과 개체수를 파악하여 연도별 계절별 변동 비교연구를 수행하였다. 과거 연구를 함께 고려하여 시간의 흐름에 따른 낙동강 하구 해역의 주요 어종, 체장조성 및 서식밀도의 변동 비교를 주된 목적으로 하였다.

재료 및 방법

낙동강 하구에서는 낙동강 하구 수문을 따라 남쪽에 위치한 해역에서 주로 조사되었다(Fig. 1). 조사 횟수는 조사 시기마다 2~4회로 이루어졌으며, 조사 해역내의 각 정점마다 저질의 상태나 조업조건의 달랐으므로 조업 시간은 30분에서 2시간 사이로 조절하였다. 어획되는 생물의 정량화를 위하여 어구가 끌기 시작한 점과 어구를 끌어올리는 점을 모두 기록하여 거리로 환산할 수 있도록 하였다. 어업 조사 시기는 2007년 8월, 2009년 3월, 2010년에는 4월, 8월과 11월로 비연속적인 분기조사가 실시되었다.

어업 조사시 시용한 어구는 해저 바닥 근처 또는 바닥에 묻혀 서식하는 갑각류를 주 대상으로 하는 새우조망이었다. 새우조망은 날개그물이 있거나 또는 없는 긴 자루그물 입구에 대나무나 철판이프로 된 빔을 부착한 어구를 어선 1척이 끌어서 대상 생물을 잡는 것이다. 그물입구에 갯대를 부착하여 상하로 벌어지도록 하고 갯대와 갯대 사이에 빔을 달아 좌우로 벌어지도록 한 것이다(국립수산과학원, 2002). 본 조사에서는 4.99톤의 연안 어선을 이용하였으며, 조업시 사용된 어구는 본 그물의 망목 18mm, 코드앤드 10mm, 그리고 망구의 고정된 빔의 가로 길이가 8m, 높이 1.1m이었다.

새우조망어업을 이용하여 채집된 모든 어류는 종 또는 과 단위로 분류하였다(정, 1977; 김 등, 1995). 조사 시기별 주요 우점종에 대하여 체장 및 체중을 측정하였으며, 개체수가 적은 종들은 개체수와 전중량을 측정하였다. 어구가

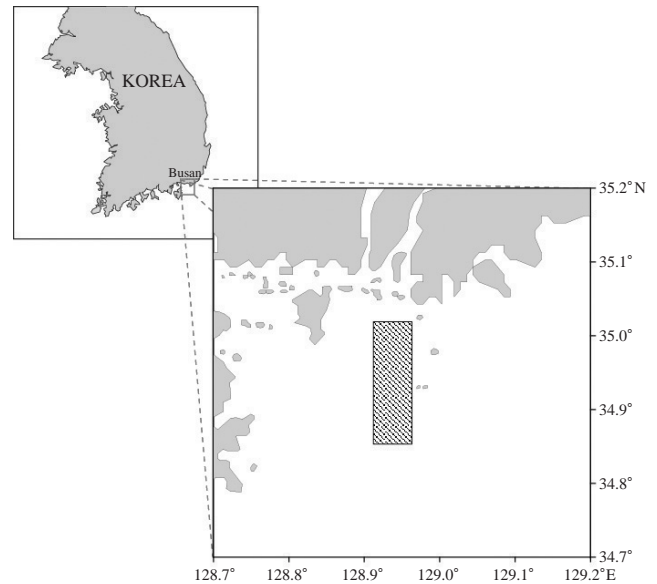


Fig. 1. Study area located in the southeastern Korean waters.

훑은 면적은 어구가 끌기 시작한 점과 어구를 끌어올리는 점 사이를 직선거리로 이동했다고 가정하여 거리로 환산하여, 조업시 사용한 어구의 폭을 곱하여 어획면적을 계산하였다. 끌 어구의 경우 그물을 끄는 시간에 비례하여 어획량이 증가하기 때문에, 조업시 어구가 훑은 면적을 이용하여 단위면적당 개체수와 생체량으로 환산하였다.

본 연구에서 사용된 문헌자료는 본 조사와 유사한 어구인 저인망에 어획된 어류의 종조성 및 계절변동(허와 정, 1999), 낙동강 하구 인근의 가덕도 주변 해역의 어류 종조성(허와 안, 2000), 낙동강 하구둑 건설 이후 어류 종조성 변화(곽과 허, 2003), 새우조망을 이용한 낙동강 하구의 계절별 생물 종조성(이 등, 2009)이 사용되었다. 자료의 정량적 비교를 위하여 자료는 조사 시기별 어구 이동면적으로 이용하여 단위면적을 Km^2 로 통일하였으며, 단위면적당 개체수를 기준으로 종다양성지수(Shannon index, Shannon, 1948), 균등도(Evenness, Simpson, 1948)와 우점도(Dominant rate)를 계산하였다. 우점도는 각 종의 출현개체수를 백분율로 나타내었다. MDS (Non-metric mulit-demensional scaling)와 클러스터 분석(cluster analysis)은 PRIMER 6 프로그램을 사용하였다. MDA와 클러스터 분석시 자료는 각각 전체 출현 종에 대하여 계절별 출현개체수의 비율을 1로 두었을 때의 출현비율과 어류의 출현여부를 이진수(binary)로 나타내어 사용하다. MDS는 Bray-Cutis similarity를 사용하였고, 전체 출현어종의 클러스터 분석은 유클리드 거리(Euclidean distance)를 이용한 유사도(similarity)를 구하여 MDS 결과에 함께 나타내었으며, 본 연구에 사용된 모든 계절 조사별 상위 우점 10종에 대한 수지도를 동일한

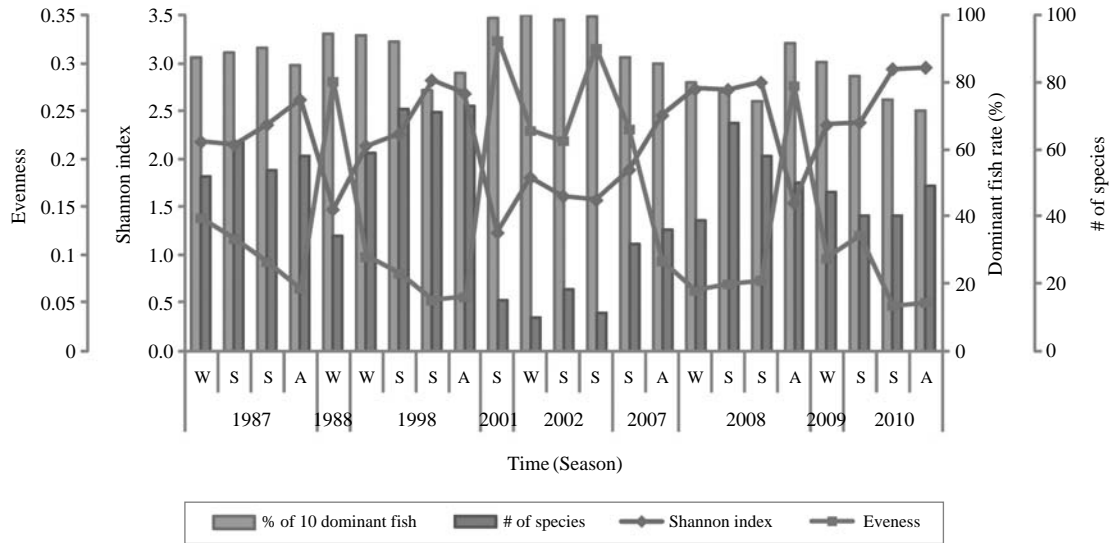


Fig. 2. Comparison of seasonal variation of evenness, diversity index, dominant fish rate, and number of species in the waters of nearby Nakdong river estuary.

방법으로 작성하였다.

해양환경자료는 국가해양환경통합정보시스템의 해양환경 측정망의 낙동강 하구 해역의 1998, 2001~2002, 2007~2010년의 저층의 수온, 염분 그리고 클로로필 *a* 자료를 사용하였다(해양환경관리공단, 2012). 해양환경자료는 아노말리로 나타내어 연도별 환경을 비교하였다.

결 과

1. 우점종의 변화

본 조사가 이루어진 2007년 여름, 2009년 겨울, 2010년 봄, 여름과 가을까지 출현한 어류는 36과 92종이었다. 그 외 미분류된 어종이 1종이 있었다. 계절별로 어획된 종수는 2007년 여름이 가장 낮은 32종이었으며, 2009년 겨울이 47종, 2010년 봄이 미분류 1종을 포함하여 41종, 여름이 40종, 그리고 가을이 49종으로 나타났다. 종다양성 지수는 2007년 여름이 가장 낮은 값인 1.893이었으며, 2010년 가을이 가장 높은 값인 2.962으로 나타났다. 이와 반대로 균등도는 2010년 가을이 가장 낮은 값인 0.050이었으며, 2007년 여름이 가장 높은 값인 0.231로 나타났다(Fig. 2).

낙동강 하구 주변 해역에서 조사한 연구에서 출현종 수는 1998년 봄에 72종으로 가장 많았으며, 2002년 겨울에 10종으로 가장 적었다. 단위면적당 개체수에 대한 상위 10종에 대한 우점 비율은 전체 어획개체수의 70% 이상을 차지하는 것으로 나타났으며, 1998년 겨울에 100%를 차지했으며, 2010년 가을이 72%로 가장 낮은 우점을 보였다. 종다양성지수는 1.234~2.962의 범위를 나타냈으며, 균등도는

0.047~0.324의 범위를 나타냈다. 적은 수의 출현종이 높은 우점 비율을 차지할 경우 균등도가 높았고, 많은 출현종 수와 상대적으로 낮은 우점비율을 차지한 경우가 종다양성지수가 높게 나타났다(Fig. 2).

총 5회의 조사에서 주요 우점종은 성대 (*Chelidonichthys spinosus*), 청보리멸 (*Sillago japonica*), 반딧불게르치 (*Acropoma japonicum*), 황아귀 (*Lophius litulon*), 열동가리돔 (*Aponogon lineatus*), 홍어 (*Raja kenoei*), 물가자미 (*Eopsetta grigorjewi*), 문치가자미 (*Pleuronectes yokohamae*), 달고기 (*Zeus faber*), 보구치 (*Argyrosomus argentatus*)의 순으로 어획개체수와 어획량 모두 높았다. 그 중 지속적으로 어획된 어종들은 7종으로 달고기, 문치가자미, 반딧불게르치, 성대, 열동가리돔, 홍어와 황아귀였다(Table 1).

각 계절별 출현량이 많은 상위 10종은 전체 출현개체수의 최소 71.8%를 차지하였으며, 이전의 문헌 연구를 포함한 총 5회의 연구에서 65개 종이 우점하였다. 각 조사 회차마다 5.0% 이하의 어획을 보인 어종을 제외한 결과는 최소 48.9%, 최대 92.8%의 우점종의 점유율을 나타내었다. 5% 이상의 우점도를 나타내는 어종은 전체 연구기간 중에서 35종의 우점종이 나타났으며, 출현어종의 수가 절반 정도 줄었으나, 총 23회의 조사 횟수를 고려하면 각 연별 계절별 우점종의 변동을 잘 반영하였다. 상위 10종의 우점어류에 대한 유사도 분석에서는 연별 계절별 어종의 변화가 큰 것으로 나타났으며, 크게 세 그룹으로 나뉘었다(Fig. 3). 그룹 I은 2007년부터 2010년 사이에 어획된 주요 우점종 그룹이며, 그룹 II는 2001~2002년 사이에 어획된 어종, 그리고 그룹 III은 1987~1988년과 1998년에 어획된 어종 그룹이었다. 이는 이전 연구를 포함한 총 5회의 연구를 계절별로

Table 1. Seasonal individuals, N (unit: ind./km²) and catch weight, W (unit: kg/km²) by shrimp beam trawl in the waters of nearby Nakdong river estuary. The asteric mark represents less than 0.5 kg/km²

		2007		2009		2010					
		Summer		Winter		Spring		Summer		Autumn	
		N	W	N	W	N	W	N	W	N	W
Acropomatidae	<i>Acropoma japonicum</i>	12,380	64	1,680	3	239	*	989	11	2,258	5
	<i>Doederleinia berycoides</i>	33	*	276	8			211	5		
	<i>Malakichthys wakiyae</i>	165	1								
	<i>Syagrops philippinensis</i>	33	*	21	*						
Aploactinidae	<i>Erisphex pottii</i>					22	*				
Apogonidae	<i>Apogon kiensis</i>									17	*
	<i>Apogon lineatus</i>	990	13	10,312	20	9,427	45	863	8	714	2
	<i>Apogon semilineatus</i>	33	*	21	*					1,096	2
Callionymidae	<i>Repomucenus beniteguri</i>					586	2			50	*
	<i>Repomucenus curvicornis</i>					282	3	1,537	12		
	<i>Repomucenus lunatus</i>	33	1								
	<i>Repomucenus valencinnei</i>					152	2	379	6		
Carangidae	<i>Kaiwarinus equula</i>	66	*	21	*			189	1	17	*
	<i>Trachurus japonicus</i>	528	8	510	23	282	4	105	1	448	16
	<i>Psenopsis anomala</i>	858	42					21	*		
Champsodontidae	<i>Champsodon snyderi</i>			21	*					116	*
Clupeidae	<i>Clupea pallasii</i>	1,519	20					2,589	20		
	<i>Konosirus punctatus</i>			43	2						
	<i>Sardinella zunasi</i>			43	1						
Congridae	<i>Conger myriaster</i>	165	8	298	28	130	19	105	19	33	6
Cottidae	<i>Furcina ishikawae</i>									33	*
Cynoglossidae	<i>Cynoglossus abbreviatus</i>					22	*				
	<i>Cynoglossus joyneri</i>			64	2	130	6	21	1		
	<i>Cynoglossus robustus</i>	396	8			195	2	126	3	199	3
Engraulidae	<i>Coilia ectens</i>	33	1								
	<i>Engraulis japonicus</i>	396	4					1,747	17		
	<i>Setipinna taty</i>							21	*		
Gobiidae	<i>Thryssa kammalensis</i>			149	2						
	<i>Acanthogobius lactipes</i>			1,403	3	1,586	7	674	6	299	1
	<i>Chaeturichthys stigmatias</i>	429	5								
	<i>Cryptocentrus filifer</i>							63	1		
Haxagrammidae	<i>Hexagrammos otakii</i>			43	8					17	6
Hemitripterae	<i>Hemitripterus villosus</i>			21	1	174	8			17	6
Kyphosidae	<i>Microcanthus strigatus</i>									17	1
Leiognathidae	<i>Leiognathus elongatus</i>									17	*
	<i>Leiognathus nuchalis</i>	66	1	5,953	22	152	2			17	*
	<i>Leiognathus rivulatus</i>							84	1		
Liparidae	<i>Liparis tanakai</i>					413	5			50	49
Lophiidae	<i>Lophius litulon</i>	165	111	319	219	456	237	1,010	265	382	285
Macrouridae	<i>Caelorinchus multispinulosus</i>	198	1	21	*	109	1	274	1	83	1
Monacanthidae	<i>Stephanolepis cirrhifer</i>			21	3					83	5
	<i>Thamnaconus modestus</i>			191	17	22	6				
Mullidae	<i>Upeneus japonicus</i>									548	4
Muraenesocidae	<i>Muraenesox cinereus</i>									17	6
Myctophidae	<i>Benthoosema pterotum</i>			21	*						
Myxinidae	<i>Eptatretus burgeri</i>							21	1		
Ophichthidae	<i>Ophichthus macrorhynchus</i>							21	7		
Ophidiidae	<i>Neobythites sivicola</i>	231	4			152	*	42	*	116	1
Oplegnathidae	<i>Oplegnathus fasciatus</i>			21	1						
Paralichthyidae	<i>Paralichthys olivaceus</i>			64	19			21	64	17	23
	<i>Pseudorhombus cinnamoneus</i>							442	13		
	<i>Pseudorhombus pentophthalmus</i>	165	5	106	5	434	5			581	22
Pholidae	<i>Pholis fangi</i>			21	*						
	<i>Pholis nebulosa</i>	726	22			22	*	274	11		
Pinguipedidae	<i>Parapercis sexfasciata</i>			298	20	565	39	295	20	266	22
Platycephalidae	<i>Cociella crocodila</i>			21	3						
Pleuronectidae	<i>Dexistes rikuzenius</i>			489	9						
	<i>Eopsetta grigorjewi</i>			744	42	500	30	2,884	107	2,341	108

Table 1. Continued

		2007		2009		2010					
		Summer		Winter		Spring		Summer		Autumn	
		N	W	N	W	N	W	N	W	N	W
	<i>Glyptocephalus stelleri</i>					261	8	147	3		
	<i>Pleuronectes yokohamae</i>	264	24	510	120	456	90	168	24	315	88
	<i>Pleuronichthys cornutus</i>			43	4			21	*	17	1
	<i>Tanakius kitaharae</i>									33	1
Pomatomidae	<i>Scombrops boops</i>					22	1				
Rajidae	<i>Raja kenoei</i>	396	101	617	142	673	190	968	170	647	143
Sciaenidae	<i>Argyrosomus argentatus</i>			617	15	4,236	42			216	23
	<i>Johnius grypotus</i>									17	1
Scorpaenidae	<i>Hypodytes rubripinnis</i>			850	3	326	2			17	*
	<i>Scorpaena miostoma</i>							21	3		
	<i>Scorpaena neglecta</i>			361	17					282	19
	<i>Scorpaenodes littoralis</i>							147	8		
	<i>Sebastes hubbsi</i>					22	*				
	<i>Sebastes schlegeli</i>					43	3	21	7		
	<i>Sebastiscus marmoratus</i>			43	10	22	1				
Serranidae	<i>Epinephelus septemfasciatus</i>	33	3	21	5						
Sillaginidae	<i>Sillago japonica</i>			8,399	260	1,064	19	105	7	282	10
Sparidae	<i>Dentex tumifrons</i>			21	1						
	<i>Pagrus major</i>	33	*	21	1	22	20			183	7
Sphyaenidae	<i>Sphyaena pinguis</i>					22	1			398	28
Stromateidae	<i>Pampus echinogaster</i>									17	4
Synodontidae	<i>Saurida elongta</i>			21	2	87	5				
Tetraodontidae	<i>Lagocephalus wheeleri</i>									17	1
Trichiuridae	<i>Trichiurus lepturus</i>	66	1	43	*					33	3
Triglidae	<i>Chelidonichthys spinosus</i>	363	25	234	45	782	121	232	39	349	48
	<i>Lepidotrigla alata</i>					152	18	442	36		
	<i>Lepidotrigla guentheri</i>							884	7	149	4
	<i>Lepidotrigla microptera</i>			1,382	84					50	6
	<i>Lepiotrigla abyssalis</i>									50	1
Uranoscopidae	<i>Gnathagnus elongatus</i>									17	2
	<i>Uranoscopus japonicus</i>	33	3							17	1
Zeidae	<i>Zenopsis nebulosa</i>	33	6								
	<i>Zeus faber</i>	528	9	702	240	22	9	126	30	166	66
Zoarcidae	<i>Zoarcis gillii</i>	33	1	64	13	43	*	547	35		
Other fishes	Other fishes					43	*				
Total		21,392	492	37,166	1,422	24,350	952	18,840	972	13,115	1,033

구분하여 출현어종에 따른 MDS 분석 결과와 동일하게 나타났다. MDS와 동일한 자료를 사용하여 분석한 유사도를 MDS에 함께 나타내었으며, 유사도 60에서 1987~1988년과 1998년, 2001~2002년, 그리고 2007~2008년과 2009~2010년의 조사로 세 그룹으로 구분되었다. 세부적으로 각 그룹내에서 계절별로 분리되어 분포하며, 낙동강 하구 해역의 어류는 뚜렷한 계절변동 역시 나타내었다 (Fig. 4).

2. 주요 종의 체장 변화

본 연구에서 성대는 평균체장이 24.5 cm이었으며, 체장범위가 14.3~32.9 cm로 나타났다. 청보리멸은 본 연구에서 주요 어종으로 나타났으며, 평균체장이 13.7 cm이었으며, 체장범위가 8.7~20.6 cm로 나타났다. 반딧불게르치는 평균체장이 5.9 cm이었으며, 체장범위가 2.6~10.5 cm로 나타났다.

황아귀는 평균체장이 26.7 cm이었으며, 체장범위가 8.7~54.3 cm로 넓은 체장범위를 나타내었다. 열동가리돔는 평균체장이 6.8 cm이었으며, 체장범위가 3.7~9.8 cm로 나타났다. 홍어는 평균체반장이 16.0cm이었으며, 체장범위가 3.9~27.2 cm로 작은 개체들이 주로 어획되는 것으로 나타났다. 물가자미는 평균체장이 14.8 cm이었으며, 체장범위가 4.5~30.7 cm로 작은 개체부터 큰 개체까지 넓은 범위의 크기가 다양한 개체가 나타났다. 문치가자미는 평균체장이 25.5 cm이었으며, 체장범위가 12.5~37.5 cm로 나타났다. 달고기는 평균체장이 24.8 cm이었으며, 체장범위가 8.5~36.4 cm로 나타났다. 보구치는 평균체장이 12.1 cm이었으며, 체장범위가 8.1~27.7 cm로 나타났다 (Table 2).

낙동강 하구 주변 해역에서 조사된 4개의 이전 연구와 본 연구의 우점종과의 체장비교는 평균체장 또는 체장범위

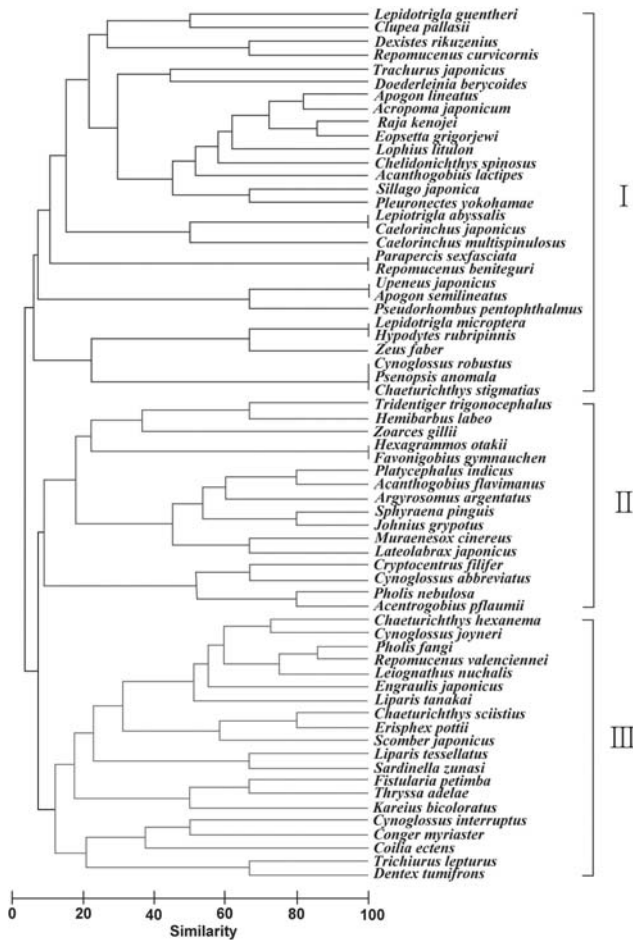


Fig. 3. Dendrogram of top 10 dominant fish species until present study in the waters of nearby Nakdong river estuary.

를 동일한 항목과 동일한 어종에 대하여 비교하기 어려웠다. 그래서 본 연구에서는 주요 우점종뿐만 아니라 이전 연구의 우점종의 평균체장과 범위를 나타내어 시간에 따른 변동을 비교할 수 있도록 하였다. 이 등(2009)에 의한 우점종의 체장조성에 관한 이전 연구결과는 본 연구와 유사하였으며, 평균체장 및 체장범위의 차이가 적었다. 5종이 이전 연구와 본 연구와의 비교할 수 있는 평균체장 또는 체장조성을 나타내었으며, 이 종은 본 연구의 주요 우점종은 아닌 꼼치, 실양태, 열동가리돔, 주둥치 그리고 청보리멸이었다. 꼼치는 이전연구에서는 평균 10.1 cm, 4.3~47 cm 또는 4.7~16.7 cm의 범위를 나타내었으며, 본 연구에서보다 평균체장이 작고 체장범위도 더 커졌다. 실양태는 이전연구에서는 평균 6.8 cm, 3~14 cm의 범위를 나타내었으며, 본 연구에서보다 평균체장이 작고 체장범위도 더 넓었다. 열동가리돔은 이전 연구에서 평균 3.8 cm를 나타내었으며, 본 연구보다 평균체장이 3 cm 적었다. 주둥치는 이전연구에서 평균체장 4.2 cm, 체장범위 2~11 cm 또는 2.8~7.2 cm를 나타내었으며, 본

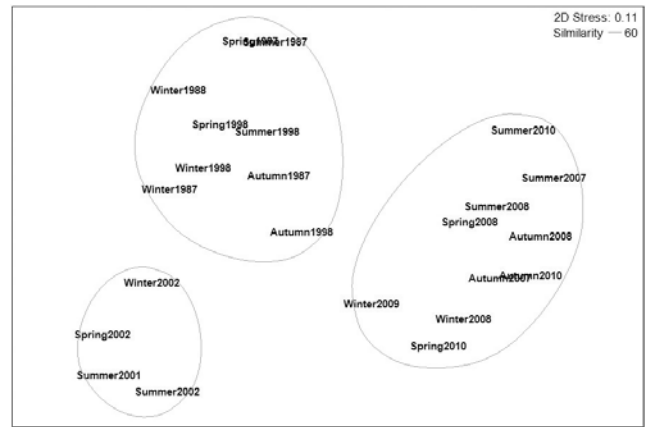


Fig. 4. MDS for catch wight ratio of fish species in the waters of nearby Nakdong river estuary. Ovary lines show Euclidean similarity, which value was 60.

연구에서 평균체장과 범위가 모두 큰 것으로 나타났다. 마지막으로 청보리멸은 이전연구에서는 평균 8.6 cm, 5.5~14 cm 또는 4.8~13.8 cm의 범위를 나타내었으며, 본 연구에서는 이전연구보다 평균체장이 13.7 cm로 크고 체장범위도 8.5~36.4 cm로 어획최소체장이 커지고 범위도 더 넓었다 (Table 2).

3. 주요 종의 서식밀도 변화

본 연구의 우점종의 서식밀도 변화를 살펴보면, 성대는 어획개체수가 2008년과 2010년에 증가하였으며, 어획량도 많아졌다. 청보리멸은 각 연구시기별 어획 개체수나 어획량의 변동이 많은 어종이었다. 어획개체수가 적을 때 상대적으로 높은 어획량을 나타내었다. 반딧불게르치는 1998년에 가장 낮은 어획개체수를 나타내었으며, 2008년에 가장 많이 어획되었다. 황아귀, 홍어, 물가자미, 달고기는 개체수는 어획량이 2008년 이후 조사에서 이전연구보다 월등하게 높아졌다. 열동가리돔은 1998년을 제외하고 연구시기별로 어획개체수의 큰 변화는 없었으나, 연구시기별 어획량의 차이가 크게 나타났다. 문치가자미는 1998년이 어획개체수가 가장 많았고, 2010년이 가장 낮은 어획개체수를 나타내었다. 마지막으로 보구치는 1987년이 어획개체수가 가장 낮았고, 1998년이 가장 높았다. 본 연구의 우점종과 중복되지 않은 이전 연구의 주요 종은 꼼치, 실양태와 주둥치이다. 세 종 모두 전 연구시기 중에서 1998년의 단위면적당 어획개체수가 가장 많았다. 꼼치, 실양태 그리고 주둥치는 2002년 이전까지의 연구에서 어획개체수가 많았으며, 2008년 이후 연구에서 어획개체수가 급격히 줄었다. 하지만 어획중량은 상대적으로 1998년 이전 연구에 비하여 높은 것으로 나타났다 (Table 3).

Table 2. Mean length and length range of dominant species for comparison between previous studies and this study in the waters of nearby Nakdong river estuary

Scientific name	Huh and Chung (1999)	Huh and An (2000)	Kwak and Huh (2003)	Lee <i>et al.</i> (2009)	This study
<i>Acanthogobius flavimanus</i>	14.5 (7.9 ~ 27.7)		(8.7 ~ 20.9)		
<i>Acropoma japonicum</i>				7.4 (3.2 ~ 13.8)	5.9 ± 2.3 (2.6 ~ 10.5)
<i>Apogon lineatus</i>	3.8 ± 0.5 (2.4 ~ 7.1)		(1.9 ~ 3.8)	7.3 (4.0 ~ 11.0)	6.8 ± 1.4 (3.7 ~ 9.8)
<i>Argyrosomus argentatus</i>			(11.9 ~ 15.8)		12.1 ± 4.2 (8.1 ~ 27.7)
<i>Chaeturichthys hexanema</i>	7.3 ± 1.6 (3.9 ~ 11.6)				9.7 ± 1.0 (4.9 ~ 14.9)
<i>Chaeturichthys sciistius</i>	5.9 ± 0.9 (4.4 ~ 11.5)				
<i>Chelidonicichthys spinosus</i>				25.1 (13.5 ~ 35.5)	24.5 ± 3.1 (14.3 ~ 32.9)
<i>Conger myriaster</i>	26.4 ± 4.7 (10.1 ~ 41.2)				16.8 ± 5.7 (9.8 ~ 27.6)
<i>Cynoglossus interruptus</i>	10.8 ± 1.8 (3.9 ~ 17.7)		(14.1 ~ 14.8)		
<i>Cynoglossus joyneri</i>	13.8 ± 3.4 (5.2 ~ 26.8)		(15.5 ~ 16.6)		20.2 ± 2.0 (17.7 ~ 23.1)
<i>Engraulis japonicus</i>	7.0 ± 1.7 (3.5 ~ 13.5)		(4.6 ~ 6.6)		11.8 ± 1.0 (10.5 ~ 13.7)
<i>Eopsetta grigorjewi</i>					14.8 ± 5.7 (4.5 ~ 30.7)
<i>Leiognathus nuchalis</i>	4.2 ± 1.2 (2.5 ~ 10.2)	(2 ~ 11)	(2.8 ~ 7.2)		7.9 ± 0.5 (7.2 ~ 8.5)
<i>Liparis tanakai</i>	10.1 (4.3 ~ 47.0)		(5.7 ~ 16.7)		15.8 ± 13.2 (7.2 ~ 52.3)
<i>Lophius litulon</i>				29.0 (6.2 ~ 59.0)	26.7 ± 8.1 (8.7 ~ 54.3)
<i>Pholis fangi</i>	12.6 ± 1.1 (7.0 ~ 14.7)		(6.6 ~ 14.3)		
<i>Platycephalus indicus</i>					
<i>Pleuronectes yokohamae</i>	13.1 (2.6 ~ 23.5)		(5.6 ~ 10.4)	20.8 (4.3 ~ 41.0)	25.5 ± 5.1 (12.5 ~ 37.5)
<i>Pseudorhombus pentophthalmus</i>	6.3 ± 1.4 (3.2 ~ 12.8)				13.4 ± 4.0 (6.1 ~ 20.1)
<i>Raja kenoei</i>					16.0 ± 6.7 (3.9 ~ 27.2)
<i>Repomucenus valencienni</i>	6.8 ± 1.4 (5.7 ~ 11.8)	(3 ~ 14)	(4.9 ~ 8.9)		16.3 ± 1.8 (11.2 ~ 19.2)
<i>Sardinella zunasi</i>	7.2 ± 1.3 (5.2 ~ 12.3)				
<i>Scomber japonicus</i>	7.7 ± 1.6 (5.3 ~ 21.2)				
<i>Sillago japonica</i>	8.6 (5.5 ~ 15.9)		(4.8 ~ 13.8)		13.7 ± 3.6 (8.5 ~ 36.4)
<i>Thryssa kammalensis</i>	8.9 ± 2.1 (5.4 ~ 15.2)	(5 ~ 12)			
<i>Trachurus japonicus</i>	8.8 ± 3.6 (3.5 ~ 14.7)				12.1 ± 2.9 (5.5 ~ 15.5)
<i>Zeus faber</i>					24.8 ± 8.9 (8.5 ~ 36.4)
<i>Zoarces gillii</i>	16.7 (8.6 ~ 41.8)	(7 ~ 47)	(7.9 ~ 9.9)		17.7 ± 8.7 (9.7 ~ 46.9)

*The number denotes mean length ± standard deviation (length ranges).

고찰

본 연구에서 사용한 새우조망은 트롤어구의 한 종류로 불특정 다수 어종을 동시에 어획하므로 조망의 주 대상이 되는 어종은 물론 비 대상 어종과 소형 어종들도 채집할 수 있으며, 특히 저층의 분포 생물을 연구하는 데 있어서 다른 조사방법에 비해 적합하다(이, 1991; 이와 김, 1992). 문헌 연구를 포함한 전체 조사에서 각 계절별 출현량이 많은 상위 10종은 전체 출현개체수의 최소 71.8%를 차지하였으며, 각 조사 회차마다 5.0% 이하의 어획을 보인 어종을 제외하고 48.9 ~ 92.8%의 우점종의 점유율을 나타내어 불특정 다수의 어종을 어획하는 트롤어구라 하여도 특정 우점종의 우세가 뚜렷하였다. 특히 연안역은 외양역과 달리 복잡하고 다양한 형태의 서식공간이 있으며, 이곳에 적응해서 살아가는 생물들은 매우 다양한 행동 습성과 생존 전략을 보이고 있다. 그러므로 특정 연안 해역의 어류 군집을 연구할 때, 한 종류의 어구만을 이용하여 어류를 조사한 결과가 그 해역의 어류군집 전체를 대표하기 어렵다(허와 안, 2000).

위와 같은 어구에 의한 채집어종의 제한되는 문제점을 극복하기 위하여, 본 연구에서는 낙동강 하구 해역에서 수

행된 이전 연구들 중에서 유사한 어구인 오토 트롤(otter trawl)로 조사한 연구를 본 연구조사 결과와 비교하였다. 허와 정(1999)의 연구에 따르면 낙동강 하구 해역에서 1987 ~ 1988년에 100종이 채집되었으며, 1998년 조사에서는 110종(허와 안, 2000), 2001 ~ 2002년은 30종(곽과 허, 2003), 2007 ~ 2008년은 99종이 채집되었으며(이 등, 2009), 본 연구에서 92종의 어류가 채집되었다. 허와 정(1999)의 연구에 따르면 조사 횟수에 의하여 채집어종 수의 차이를 나타낸다고 하였으나, 출현종수가 적은 2001 ~ 2002년의 조사를 제외하고, 나머지 연구에서 어류가 90종 이상의 다양한 어류가 지속적으로 어획되어 조사 횟수에 의한 제한은 적은 것으로 생각된다. 채집된 어종수의 차이를 나타내는 원인은 조사 면적의 차이에 의한 것으로 판단된다. 가장 좁은 면적을 예인한 곽과 허(2003)의 연구에서 가장 적은 출현종수를 나타내었으며, 나머지 네 연구는 조사시 회당 약 30,000 m² 이상의 해역을 끌었다. 예인면적이 넓을수록 출현종수가 많아지는 것을 알 수 있다. 그러므로 트롤어구를 이용하여 조사할 경우 누락되는 어종의 수를 줄이기 위하여 조사 시간 또는 조사 면적이 해당 생태계의 생물종을 파악하는 데에 큰 변수로 작용하는 것으로 생각된다.

Table 3. Individuals (N) and catch (W) per unit area for comparison between previous studies and this study in the waters of nearby Nakdong river estuary. The units were ind./km² and kg/km²

Scientific name	Huh and Chung (1999)		Huh and An (2000)		Kwak and Huh (2003)		Lee <i>et al.</i> (2009)		This study	
	N	W	N	W	N	W	N	W	N	W
<i>Acanthogobius flavimanus</i>	1,802	—	1,472	55	121,417	2,695				
<i>Acropoma japonicum</i>	333	—	106	1			66,508	624	3,486	17
<i>Apogon lineatus</i>	12,099	—	57,894	113	1,667	15	17,269	60	11,004	56
<i>Argyrosomus argentatus</i>	605	—	7,478	179	3,833	49	2,542	336	4,452	65
<i>Chaeturichthys hexanema</i>	8,198	—	17,428	183						
<i>Chaeturichthys sciiistius</i>	6,679	—	9,667	33						
<i>Chelidonicichthys spinosus</i>	543	—	1,378	11			3,689	681	1,362	208
<i>Conger myriaster</i>	4,086	—	24,850	675			1,316	100	269	44
<i>Cynoglossus interruptus</i>	6,617	—			167	1				
<i>Cynoglossus joyneri</i>	8,951	—	1,744	97	167	2	288	10	151	7
<i>Engraulis japonicus</i>	6,926	—	44,917	262	667	1	2,504	34	1,747	17
<i>Eopsetta grigorjewi</i>	12	—	50	1			5,482	141	5,724	245
<i>Leiognathus nuchalis</i>	26,358	—	148,717	593	95,167	514	639	5	169	2
<i>Liparis tanakai</i>	2,247	—	24,350	1,188	10,000	137	218	178	463	54
<i>Lophius litulon</i>			378	53			2,254	1,257	1,848	786
<i>Pholis fangi</i>	43,778	—	50,367	456	3,417	32	308	5		
<i>Platycephalus indicus</i>	1,025	—	1,667	145	27,333	493				
<i>Pleuronectes yokohamae</i>	1,827	—	18,389	1,177	1,250	7	2,669	436	940	202
<i>Pseudorhombus pentopthalmus</i>	3,765	—	4,650	43			599	30	1,015	27
<i>Raja kenoei</i>	25	—	1,189	249			2,109	439	2,289	503
<i>Repomucenus valenciennesi</i>	71,086	—	230,522	1,413	3,750	14	70	1	531	8
<i>Sardinella zunasi</i>	3,840	—	1,472	10						
<i>Scomber japonicus</i>	6,432	—	11	*						
<i>Sillago japonica</i>	1,173	—	78,328	512	4,667	86	4,034	121	1,452	36
<i>Thryssa kammalensis</i>	10,383	—	161,444	650			254	4		
<i>Trachurus japonicus</i>	20,321	—	2,894	42			4,611	176	836	20
<i>Zeus faber</i>	37	—	11	*			1,651	387	314	105
<i>Zoarces gillii</i>	753	—	147,350	2,029	500	3	1,479	62	591	35

낙동강하구에서 주로 채집된 우점종을 살펴보면, 1987~1988년에는 실양태, 흰배도라치, 주둥치, 전갱이, 밴댕이 등이었으며(허와 정, 1999), 1998년에는 실양태, 청멸, 주둥치, 등가시치 등이 우점하였다(허와 안, 2000). 광과 허(2003)의 2001~2002년 낙동강 하구 어류 조사는 문절망둑, 주둥치, 양태, 꼼치, 두줄망둑 등이 우점종으로 나타났다. 2007~2008년의 주요 어류 우점종은 반딧불게르치, 성대, 열동가리돔, 황아귀 등이었다(이 등, 2009). 본 연구에서는 성대, 청보리멸, 반딧불게르치, 황아귀, 열동가리돔 등으로 나타났다. 시간의 차이가 크지만 1987~1988년과 1998년의 우점종이 유사하게 나타났으며, 2007~2008년과 본 연구의 우점종이 유사하였다. 주요 우점종을 비교한 결과, 1987~1988년과 1998년, 2001~2002년, 그리고 2007~2008년과 2009~2010년의 조사로 세 그룹으로 구분되었다. 이러한 경향은 우점종뿐만 아니라 전 어획종을 고려한 군집분석에서도 동일한 결과를 나타냈다. 낙동강 하구 해역에서 1980년대 후반부터 2000년대 후반까지 약 20년간 어류상의 변화가 나타난 것으로 판단된다.

트러어구는 그물입구가 고정되어 있어서, 배의 속도와 어

구를 인망한 시간을 정확히 알 수 있다면, 이 어구가 훑은 해역의 정확한 면적을 계산하여, 그 해역에서 어획된 어류의 밀도와 자원량을 추정할 수 있는 장점을 가진다. 이러한 장점을 살려 이전 문헌 연구를 포함하여 동일한 단위면적 내의 어획개체수와 어획중량을 추정하여, 각 연구의 주요 어종의 개체수와 중량을 정량적으로 비교하였다. 어획량 및 어획 개체수는 1998년에 조사한 허와 안(2000)의 연구가 전체적으로 월등히 많았다. 이전 연구에 비하여 2010년 조사가 어종별 차이를 보이지만, 어종별 개체당 평균중량(g/ind.)이 크게 늘어났다. 특히 성대, 문치가자미, 청보리멸, 달고기 등은 개체당 평균중량이 2008년 이전 연구보다 약 1.5배에서 약 5배가량 더 무거웠다.

이러한 경향은 체장조성에서도 확인할 수 있다. 본 연구에서는 이전 연구보다 평균체장과 어획최소체장이 커졌으며, 체장범위도 더 넓어졌다. 개체당 중량과 평균체장과 체장범위가 커지는 것은 과거에 비하여 큰 개체가 어획된 것으로 생각된다. 이러한 변화의 원인은 해양환경의 영향이나 사용한 어구나 어법의 차이 등으로 생각될 수 있다. 하지만 이전 연구 모두 본 연구에서 사용한 새우조망과 유사한 어

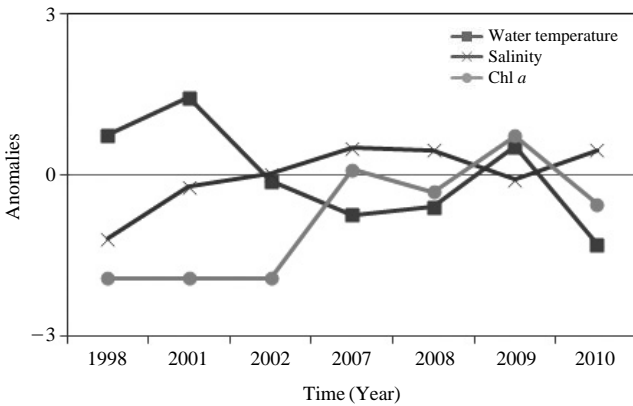


Fig. 5. Time series of bottom environmental factors at nearby Nakdong river estuary.

구인 오토트롤을 사용하였으며, 어법의 차이에 대한 영향을 배제할 수 있다. 망목크기에 따른 어구에 대한 선택성 여부를 살펴보면, 허과 안(2000)의 연구에서 망목 15 mm의 끝자루 그물로 사용한 것을 제외하면 나머지 두 연구조사에서 망목 10 mm의 끝자루 그물을 사용하였다. 그리고 상대적으로 큰 어류가 채집된 2008과 2010년의 어구는 이전 연구에 비하여 더 작은 크기의 망목을 사용하여 조사하였다. 그러므로 이전연구와의 비교를 통한 어류의 크기 변화는 망목크기에 따른 선택성 효과라 볼 수 없다. 최근 낙동강 하구 해역에서 서식하고 있는 어류가 과거에 비하여 상대적으로 큰 어류가 서식하고 있음을 유추할 수 있다.

낙동강 하구둑 건설로 인하여 어류의 이동통로의 차단, 탁도의 증가, 유량 및 유속의 변화, 저질 및 수층의 물리화학적 변화, 먹이생물의 변화 등의 주변 환경의 변화로 인하여 낙동강 하구역 생태계는 서서히 변화되고 있다고 보고되었다(장과 김, 1992; 광과 허, 2003). 1987~1988년과 2001~2002년 낙동강 하구 해역의 어류비교에서 출현종의 차이가 나타났으며, 낙동강 하구둑의 건설로 인하여 출현하는 어류상에 큰 변화가 일어났음을 밝혔다(광과 허, 2003) 하지만 2000년대 후반의 어류상의 변동은 낙동강 하구둑의 건설로 인한 변동에 의한 것으로만 볼 수 없다. 1998, 2001~2002, 그리고 2007~2010년의 낙동강 하구 해역에서 조사된 해양환경측정망 자료를 살펴보면, 각 조사 시기 별로 해양환경의 차이가 나타나는 것을 알 수 있다. 1987년의 자료가 없어 정확히 파악할 수 없지만, 2007년을 기준으로 저층 수온과 Chl a의 상승과 염분의 감소가 나타났다(Fig. 5). 환경의 변화에 따른 어종의 변동을 정확히 파악하기 위하여, 낙동강 하구 해역의 어류상 변화에 따른 다양한 환경인자를 함께 고려한 종합적인 조사가 필요할 것으로 생각된다.

요 약

본 연구에서는 2007년 여름, 2009년 겨울, 2010년 봄, 여름과 가을까지 총 5회의 조사를 통하여 36과 92종의 어류가 출현하였다. 종다양성 지수는 1.893~2.962, 균등도 0.050~0.231로 나타났다. 낙동강 하구 주변 해역에서 조사한 연구에서 출현종 수는 1998년 봄에 72종으로 가장 많았으며, 2002년 겨울에 10종으로 가장 적었다. 단위면적당 개체수에 대한 상위 10종에 대한 우점 비율은 전체 어획개체수의 70% 이상을 차지하는 것으로 나타났다. 종다양성 지수는 1.234~2.962의 범위를 나타냈으며, 균등도는 0.047~0.324의 범위를 나타냈다. 주요 우점종은 성대, 청보리멸, 반딧불게르치, 황아귀, 열동가리돔, 홍어, 물가자미, 문치가자미, 달고기, 보구치로 어획개체수와 어획량 모두 높았다. 이전 연구를 포함한 총 23회의 조사에서 상위 10종의 우점어류의 대한 유사도 분석에서는 연별 계절별 어종의 변화가 큰 것으로 나타났으며, 1987~1988년과 1998년, 2001~2002년, 그리고 2007~2008년과 2009~2010년의 조사로 세 그룹으로 구분되었다. 체장조성의 변화는 현 연구에서는 이전연구보다 평균체장이 크고 체장범위도 어획최소체장이 커지고 범위도 더 넓었다. 우점종의 서식밀도 변화를 살펴보면, 현 연구의 우점종은 이전 연구에 비하여 어획개체수가 증가하였으며, 어획량도 많아졌다. 특히, 황아귀, 홍어, 물가자미, 달고기는 2008년 이후 조사에서 이전연구보다 개체수와 어획량이 월등하게 높아졌다. 이전 연구의 주요 우점종인 꼼치, 실양태 그리고 주둥치는 2002년 이전까지의 연구에서 어획개체수가 많았으며, 2008년 이후 연구에서 어획개체수가 급격히 줄었다.

사 사

본 연구는 국립수산물과학원 연구과제인 동해연안 어업자원 및 환경생태조사(RP-2012-FR-006)의 지원으로 수행되었습니다.

인 용 문 헌

- 곽석남 · 허성희. 2003. 낙동강 하구역 어류의 종조성 변화. 한국수산학회지, 36: 129-135.
- 국립수산물과학원. 2002. 한국 어구도감. 해양수산부 국립수산물과학원, 579pp.
- 김용역 · 홍성윤. 1980. 낙동강하류 철새도래지의 어류상. 자연보존연구보고서, 2: 137-146.
- 김익수 · 최 윤 · 이충열 · 이용주 · 감병직 · 김지현. 1995. 한국어류대도감. 교학사, 615pp.

- 배경식 · 윤일병. 1989. 낙동강 하구의 환경특성과 저서성 대형무척추동물의 동태에 관한 연구. 한국육수학회지, 22: 11-27.
- 안순모. 2007. 훼손된 자연 생태계 복원기술: 낙동강 하구역 습지 생태계 훼손지역 복원 및 관리기술. 환경부, 051-061-013, 288pp.
- 양홍준 · 김구환 · 금지돈. 2001. 낙동강하구의 어류상과 맴의 어두에서 어류의 이동. 한국육수학회지, 34: 251-258.
- 이종희 · 이재봉 · 김정년 · 이동우 · 신영재 · 장대수. 2009. 낙동강 하구에서 새우조망으로 채집된 생물의 계절별 종 조성. 한국어류학회지, 21: 177-190.
- 이태원. 1991. 아산만 저어류, I. 적정 채집 방법. 한국수산학회지, 24: 248-254.
- 이태원 · 김광천. 1992. 아산만 저어류, II. 종조성의 주역 및 계절 변동. 한국수산학회지, 25: 103-114.
- 장인권 · 김창현. 1992. 낙동강 하구언 건설에 의한 연체동물상 및 갑각류상의 변화에 관한 연구. 한국수산학회지, 25: 265-281.
- 전상린. 1987. 낙동강 하류역의 어류상에 관하여. 자연보존협회보고서, 9: 77-90.
- 정문기. 1977. 한국어도보. 일지사, 727pp.
- 진 평 · 허성범. 1985. 낙동강 하구둑 공사에 따른 어업피해 조사 보고서. IMS 85-NS2 부산수산대학.
- 진 평 · 허성범. 1987. 낙동강 하구둑 공사에 따른 어업피해 조사. IMS 87-NS-2. 부산수산대학.
- 한국수자원공사. 1993. '93 낙동강하구둑 환경영향조사보고서. 5. 어류조사.
- 한국수자원공사. 1994. '94 낙동강하구둑 환경영향조사보고서. 5. 어류조사.
- 한국수자원공사. 1995. '95 낙동강하구둑 환경영향조사보고서. 5. 어류조사.
- 한국수자원공사. 1996. '96 낙동강하구둑 환경영향조사보고서. 5. 어류조사.
- 허성범. 1991. 낙동강 하구둑 건설 관련 공유수면 준설로 인한 어업피해 조사. 부산수산대학교.
- 허성희 · 안용락. 2000. 가덕도 주변 해역 어류의 종조성과 계절 변동. 1. 소형 기선저인망에 의해 채집된 어류. 한국수산학회지, 33: 288-301.
- 허성희 · 정석근. 1999. 낙동강 하구해역에서 저인망에 의해 어획되는 어류의 종조성 및 계절 변동. 한국어업기술학회지, 35: 178-195.
- 해양환경관리공단. 2012. 해양환경측정망 자료 1997~2010. <http://www.meis.go.kr/>
- Kang, C.K., E.J. Choy, S. Paik, H. Paerk, K. Lee and S. An. 2007. Contributions of primary organic matter sources to macro-invertebrate production in an intertidal salt marsh (*Scripus triquetra*) ecosystem. Mar. Ecol. Prog. Ser., 334: 131-143.
- Shannon, C.E. 1948. A mathematical theory of communication. Bell System Technical Journal, 27: 379-423.
- Simpson, E.H. 1949. Measurement of diversity. Nature, 163: 688.