

낙동강하구의 어류상과 댐의 어도에서 어류의 이동

양 홍 준* · 김 구 환¹ · 금 지 돈

(경북대학교 생물교육과, ¹대구보건대학 방사선과)

The Fish Fauna and Migration of the Fishes in the Fish Way of the Nakdong River Mouth Dam. Yang, Hong-Jun*, Kgu-Hwan Kim¹ and Ji-Don Kum (Department Biological Education, Kyungpook University, ¹Department of Radiologic Technology, Taegu Health College)

The ichthyofauna and passing efficiency of fish ways were surveyed in the lower and upper regions of the river mouth dam in the lower reaches of the Nakdong river from June to December in 2000. As the dam built in the river mouth, the brackish area in the estuary disappeared completely and the transitional area did not formed. The fishes collected from survey were classified into 49 species, 45 genera belonging to 29 families. Among them, the fresh water fishes composed of 10 species, peripheral freshwater fishes 11 species and sea water fishes 28 species respectively. Because of the ecological difference between the fresh and sea water, dominant species in the Myeong-ji of sea water area was *Acanthogobius flavimanus* (39.1%) and in the Sa-sang of fresh water area was *Achanthorhodeus macropterus* (44.4%). By the video camera records, fishes were identified nine species like as *Coilia ectenes*, *Cyprinus carpio*, *Hemibarbus labeo*, *Squalidus gracilis majimae*, *Plecoglossus altivelis*, *Lateolabrax japonicus*, *Anguilla japonica*, *Mugil cephalus* and *Pholis nebulosa*. Based on total species collected, the efficiency of the fish way for the anadromous fish was 10.1%. Therefore, efficiency evaluation of the fish way in the Nakdong River Mouth Dam was low.

Key words : Fish fauna, Migration, Fish way, Nakdong river mouth dam

서 론

강의 하구는 상류지역으로부터 유입되는 풍부한 영양 염이 있어 일반적으로 기초 생산력이 매우 높다. 어류는 수서생태계에 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 담수지역의 어류상을 조사하는 중요성도 있지만 수산자원개발의 면에서 더욱 중요하다.

낙동강 하구는 옛날부터 많은 유용 어패류의 산란장, 생육장 및 서식장소이고 어업을 생업으로 하는 사람들에게는 이 수역이 생활의 터전이었으며 이곳의 어업 생산성(전, 1987; 허, 1991)은 매우 높았다.

최근 4반세기 동안에 우리 나라는 인구 증가와 산업의 고도성장에 따라 하천주변의 농지에 과다하게 사용한 농약 및 비료와 각종 공장의 난립으로 배출되는 오폐수에 의한 수질의 오염은 해를 거듭함에 따라 심각한 상태에 이르고 있다.

정부에서는 담수수자원의 보호와 활용을 위해 1975년 이후 국내 여러 하천에 Dam을 건설하여 유수량을 조절, 활용하게 되었으며 이러한 사업의 일환으로 기수지

*Corresponding author: Tel: (053) 950-5912, Fax : (053) 950-6809, E-mail : yanghj@knu.ac.kr

역이던 낙동강 하구에도 인공제방을 만들었다.

낙동강 하구둑은 1983년에 착공하여 1987년에 준공되었는데 하구둑 공사로 인하여 공사기간 중에는 하천의 준설 및 매립공사에 의해 어류 이동통로의 차단, 부유물질에 의한 탁도의 증가, 유량 및 유속의 변화, 침식 및 퇴적, 수질의 물리화학적 성질과 먹이생물의 변화 등의 직접적인 영향으로 인하여 하구 생태계는 급격하게 변화하였다. 또한 댐이 완공된 이후에는 하구둑을 중심으로 위쪽의 담수생태계와 아래쪽의 해양생태계로 양분되면서 과거에 염분의 농도 구배에 따라 자연스럽게 형성되던 하구의 폭넓은 기수생태계가 상실되었다.

현재 낙동강 하구둑에는 양쪽 가장자리에 회유성 어류의 원활한 이동을 위해 길이 24m의 어도를 설치하여 위쪽의 담수가 일정량으로 항상 흐르게 하고 있으나, 장마나 폭우로 인한 홍수 때는 수문을 개방하여 일시에 방류함으로써 연안대의 해산어류에게 치명적 영향을 끼쳐 어업에 많은 피해(진과 허, 1985, 1987)를 주고 있다.

한국산 어류의 지리적 분포에 관한 연구는 대부분 담수어류에 한정하여 수행되었는데 주로 한강(최, 1969; 전, 1972), 낙동강(양, 1973; 전과 주, 1977; Yang *et al.*, 1981; 전, 1987), 금강(최 등, 1977; 홍, 1982) 등 큰 강이 대상이었으며, 이들 큰 강의 지류와 소하천에 관한 조사도 어느 정도 밝혀져 있다(최와 전, 1968; 최와 김, 1972; 양과 임, 1980; 양, 1983a, b; 정과 양, 1984; Yang and Nam, 1985; 양 등, 1991, 이, 1992; 변 등 1996). 이러한 기존의 조사보고를 바탕으로 최 등(1989)에 의해 「한국산담수어분포도」가 발간되기에 이르렀으나, 하구를 중심으로 한 어류상의 연구는 극히 일부분에 한정되어 있는 실정이다(김과 홍, 1980; 최 등, 1985; 전, 1987).

낙동강 하구지역의 어류군집에 관한 조사는 댐 완공 이후 수자원 공사가 환경관리의 차원에서 1992년부터 1996년까지 실시한 바 있으나(허, 1992; 한국수자원공사, 1993, 1994, 1995, 1996) 하구언 건설 때 설치(1987)한 어도의 어류이동에 관한 연구는 전혀 없었다.

본 연구는 낙동강 하구언의 설치로 양분된 담수 및 해양생태계의 어류상을 조사하고 확인된 자료를 토대로 어류군집구조를 분석하여 하구언에 설치해둔 어도에서의 이동상태를 검토한 결과를 보고한다.

이 연구는 한국물학술단체연합회가 지원한 한국육수학회의 보조금으로 이루어졌으며 이 연구가 수행되는 동안 한국수자원공사 낙동강하구둑 사무소의 편의 및 자료제공에 감사를 드린다.

조사 및 방법

본 조사는 낙동강 하구둑을 중심으로 상류의 담수역과 하류의 해수역에 각각 1개의 조사지점을 정하고 2000년 6월, 8월, 10월 및 11월 등 4회에 걸쳐 어류상을 조사하였다(Fig. 1).

어류 채집은 소형기선저인망을 이용하여 각 정점에서 1~2 knot의 속력으로 30분간 인망하였다. 채집에 사용한 저인망은 $10 \times 0.8 \times 12$ m로서 망목은 1.5×1.5 cm이었다.

채집한 어류는 선상에서 종의 동정, 분류 및 개체수를 산출하였는데 현지에서 확인이 어려운 종은 10% 중성포르말린으로 고정한 후 실험실로 운반하여 조사하였다. 채집된 표본의 동정은 Uchida(1939), 정(1977), 김과 강(1993), 김(1997) 및 김 등(2001)의 기재 및 검색표에 의거하였으며, 분류체계는 Nelson(1994)의 방식에 따랐다.

또한, 어류군집의 구조를 분석하기 위하여 각 정점에서 채집된 자료를 토대로 출현종과 개체수를 확인하고 군집의 특성인 종다양도, 우점도, 균등도 및 군집 유사도를 산출(Simpson, 1949; Shannon and Weaver, 1963; Pielou, 1966)하여 비교분석 하였다.

낙동강하구둑에 설치된 어도(Fig. 2)에서 어류의 이동상태는 어도에 설치한 카메라의 녹화 필름과, 담수와 해수영역에서 각각 채집된 어종의 빈도를 백분비로 산출하였다.



Fig. 1. Map showing the surveyed area. 1; St. 1, 2; St. 2

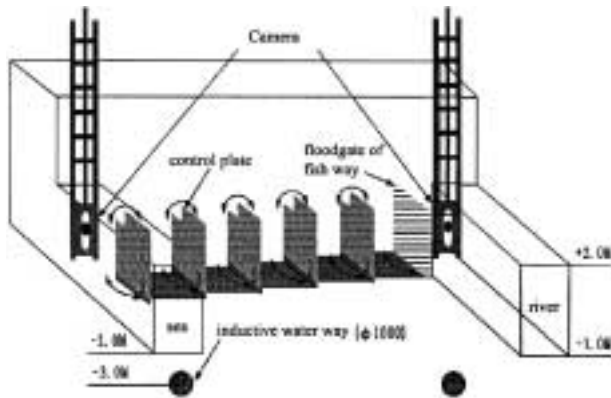


Fig. 2. The structure of fish way and Camera position in the Dam of the Nakdong river mouth.

결과 및 고찰

1. 어류상

본 조사 지역에서 2000년 6~11월에 걸쳐 조사한 결과를 보면 출현한 어종은 10목 29과 45속 49종이었는데 그 중 담수산 어류가 10종, 기수지역에서 확인된 주연성 어류는 11종이었고 해산 어류는 28종으로 가장 많았다 (Table 1).

본 조사지역에서 채집된 어류 49종을 조사지역별 및 월별로 분석하였다.

명지지역에서 채집된 어류는 9목 27과 34속 38종 3,536마리였다 (Table 1). 이를 월별로 보면 6월에는 25종 1,005개체가 채집되었는데 그 중에서 *T. rubrifera*가 780개체로 가장 많았고, 8월에는 20종 1,520개체가 어획되었으며, 10월에는 14종 675개체, 11월에는 13종 336개체가 각각 채집되었는데 이 3개월 동안에는 *A. flavimanus*가 각각 738, 535, 116개체로서 그 수가 가장 많았다. 이 결과를 한국수자원공사에서 환경관리를 위해 조사한 선행연구 (한국수자원공사, 1994, 1995, 1996)와 비교해 보면 1994년 (26종)과 1995년 (25종)에 비해 확인된 어종의 수가 많았으며 1996년 (39종)의 결과와 비슷한데 이와 같은 현상은 채집방법과 사용한 어구에 따른 차이일 것으로 해석된다.

사상지역에서는 7목 9과 18속 20종 3,100개체가 채집되었다. 6월에는 12종 490개체가 채집되었고 8월에는 9종 134개체가 어획되었는데 이 두 달에는 *H. labeo*가 각각 262, 102개체로 가장 많았다. 10월에는 8종 1,044개체가 어획되었으며 *S. chankaensis tsuchigae*가 571개

체로 가장 많았고 11월에는 8종 1,432개체 중에서 *A. macropterus*의 수가 많았다. 사상지역도 선행연구 (한국수자원공사, 1994, 1995, 1996)와 비교할 때 1994년 (9종)과 1995년 (10종)에 비해 1996년에는 20종으로 보고되었는데 이러한 결과는 어류채집의 방법, 도구 및 시기에 따라 나타난 차이라고 판단된다.

명지지역에서 채집된 어류를 생태적 습성에 따라 구별해 보면 해산어류가 28종이며 주연성 어류는 10종이었고 사상지역에서 채집된 어류는 담수어류가 *C. carpio* 외 10종이었으며 주연성어류는 *C. ectenes* 외 9종이었다 (Table 1).

한편 전체지역에서 우점종은 1,422개체 (21.1%)가 채집된 *A. flavimanus*였으며 그 다음으로 *A. macropterus*가 1,375개체 (20.4%), *C. ectenes*는 7.9%, *T. rubrifera*는 11.8%, *H. labeo*가 10.9%의 순서였다. 명지지역에서 조사시기별로 채집종과 개체수에서 차이를 보이는 것은 수온이 높아지는 6월과 8월에 어종의 생태적 습성에 의한 회유의 결과로 생각된다.

생태적으로 환경특성이 전혀 다른 두 지역에서 채집된 어류의 개체수를 기준으로 우세종을 보면 해수구역인 명지에서는 모두 3,536개체가 채집되었는데 우점종은 1,422개체 (40.6%)가 채집된 *A. flavimanus*이고 그 다음으로 *T. rubrifera* 780개체 (22.3%), *C. ectenes* 270개체 (7.7%) 및 *L. nuchalis* 219개체 (6.3%)의 순서로 나타났다. 담수구역인 사상지역에서는 모두 3,100개체가 채집되었는데 우점종은 1,375개체가 채집된 *A. macropterus*가 44.2%로서 가장 많았고 다음으로 *H. labeo* 732개체 (23.5%)와 *S. chankaensis tsuchigae* 574개체 (18.5%)의 순서로 나타났다 (Table 1).

명지지역에서 6월에 채집된 어류의 우점 순위는 *T. rubrifera*, *F. gymnuchen*, *S. zunasi*인데 비하여 8월에는 *A. flavimanus*, *C. ectenes*, *L. japonicus*의 순서였으며 10월에는 *A. flavimanus*, *L. nuchalis*, *A. argentatus*의 순서였고 11월에는 *A. flavimanus*, *L. nuchalis*, *L. richardsonii*의 순서였다.

사상지역에서 6월에 채집된 어류의 우점 순위는 *H. labeo*, *A. macropterus*, *C. cuvieri*의 순서이고 8월에는 *H. labeo*, *A. macropterus*, *C. cuvieri*이며 10월에는 *S. chankaensis tsuchigae*, *A. macropterus*, *C. ectenes*였고 11월에는 *A. macropterus*, *H. labeo*, *C. ectenes*였다. 이와 같이 시기별로 우점종에서 차이가 나타나는 것은 종의 습성에 따른 집합과 분산효과의 결과로 판단된다.

Table 1. A list of fish species and number of individual collected from surveyed area in 2000.

Order	Family	Species	Site/Month		Myeongji (St. 1)					Sasang (St. 2)					Re
			Jun	Aug	Oct	Nov	%	Jun	Aug	Oct	Nov	%			
Anguilliformes	Congridae	<i>Conger myriaster</i>		7	1			0.22							S
Clupeiformes	Clupeidae	<i>Konosirus punctatus</i>	3		7	1	0.31		2				0.06	S	
		<i>Sardinella zunasi</i>	24	62	4		2.55							S	
	Pristigasteridae	<i>Ilisha elongata</i>		3			0.08							S	
		Engraulidae	<i>Setipinna taty</i>	2	144	19	1	4.69							S
	<i>Thrissa kammalensis</i>		2				0.06							S	
	<i>Engraulis japonicus</i>		1			1	0.06							S	
	<i>Coilia ectenes</i>		2	252	4	12	7.64	34	3	83	143	8.48		ES	
Cypriniformes	Cyprinidae	<i>Cyprinus carpio</i>							13				0.42	F	
		<i>Carassius auratus</i>									5	8	0.42	F	
		<i>Carassius cuvieri</i>							20	9	11		1.30	F	
		<i>Pseudorasbora parva</i>							2				0.06	F	
		<i>Acanthorhodeus macropterus</i>							125	1	359	890	44.35	F	
		<i>Squalidus chankaensis tsuchigae</i>							3		571		18.52	F	
		<i>Hemibarbus labeo</i>							262	102		368	23.61	F	
		<i>Microphysogobio tungtingensis</i>										7	0.23	F	
		<i>Hemiculter eigenmanni</i>										2	0.06	F	
Cobitidae	<i>Misgurnus mizolepis</i>							1				0.03	F		
Belontiiformes	Hemiramphidae	<i>Hemiramphus sajori</i>		1		2	0.08		1	2	2	0.16	ES		
Gasterosteiformes	Syngnathidae	<i>Syngnathus schlegeli</i>	1				0.03							S	
Scorpaeniformes	Platycephalidae	<i>Platycephalus indicus</i>	2	1	5	15	0.65	10		1	12	0.74	ES		
		<i>Hexagrammos otakii</i>	1				0.03							S	
	Cyclopteridae	<i>Liparis tanakai</i>	1				0.03							S	
		<i>Liparis choanus</i>				1	0.03							S	
Mugiliformes	Mugilidae	<i>Mugil cephalus</i>	19				0.54	4				0.13	ES		
Perciformes	Percichthyidae	<i>Lateolabrax japonicus</i>		145			4.10		1			0.03	ES		
		Sillaginidae	<i>Sillago sihama</i>	1			0.03							S	
	Carangidae	<i>Trachurus japonicus</i>	3				0.08						S		
	Leiognathidae	<i>Leiognathus nuchalis</i>	21	21	80	97	6.19						S		
	Sciaenidae	<i>Nibea albiflora</i>	1				0.03							S	
		<i>Pennahia argentatus</i>			6		0.17							S	
		<i>Larimichthys polyactis</i>	1				0.03							S	
		Labridae	<i>Harichoeres poecilopterus</i>	1	6			0.20						S	
		Sphyraenidae	<i>Sphyraena pinguis</i>		29			0.82						S	
	Pholididae	<i>Pholis nebulosa</i>	3			1	0.11						S		
	Callionymidae	<i>Lepomucenus richardsonii</i>			5	63	1.92						S		
	Gobiidae	<i>Acanthogobius flavimanus</i>	33	738	535	116	40.21		2				0.06	ES	
		<i>Acanthogobius hasta</i>		1			0.03							ES	
		<i>Favonigobius gymnauchen</i>	65	53		20	3.90	1					0.03	ES	
		<i>Tridentiger obscurus</i>						11		12			0.74	ES	
		<i>Tridentiger trigonocephalus</i>	16	1		6	0.65							ES	
	Trichiuridae	<i>Trichiurus lepturus</i>		11	3		0.40							S	
Pleuronectiformes	Pleuronectidae	<i>Verasper variegatus</i>	10	24	3		1.05							S	
		<i>Kareius bicoloratus</i>	11	5	2		0.51							S	
	Paralichthyidae	<i>Paralichthys olivaceus</i>	1				0.03							S	
	Cynoglossidae	<i>Cynoglossus joyneri</i>		14			0.40							S	
	Soleidae	<i>Zebrias japonicus</i>		2			0.06							S	
Tetraodontiformes	Monacanthidae	<i>Stephanolepis cirrifer</i>			1		0.03							S	
	Tetraodontidae	<i>Takifugu rubrifus</i>	780				22.06	17				0.55	ES		
Sum			1,005	1,520	675	336	100	490	134	1,044	1,432	100			

Total : 10 Orders, 29 Families, 45 Genera, 49 Species

ES; estuary species, F; freshwater species, S; seawater species

2. 어류군집구조 분석

조사기간인 6월부터 11월까지 4회에 걸쳐 명지와 사상에서 채집된 모든 채집물을 자료로 하여 군집의 특성을 조사하였는데 분석결과는 Table 2와 3에 나타난 바와 같다. 명지지역에서 종의 다양성은 0.59로 사상의 0.65보다 낮은 값을 보였고 균등도는 명지에서 0.37이었고 사상에서는 0.49이었다. 그러나 우점도는 명지가 0.47인 반면에 사상지역은 0.29로 낮았다.

다양도지수는 그 지역에 서식하는 생물의 종 수가 얼마나 많으며 어느 정도의 생물량으로 구성되어 있는가를 나타내는 척도로서 표현되는데 11월의 명지지역을 제외하고는 모두가 0.5 이하의 낮은 값을 보였다. 이것은 조사 때마다 특정 종이 우점적으로 채집된 결과라고 생각된다.

분석된 결과를 보면 명지에서는 11월에 종다양성의 값이 가장 높게 (0.72) 나타났으며 8월에 가장 낮은 값 (0.35)을 보였으나 사상에서는 6월 (0.54)에 가장 높은 종다양성 값이 나타났으며 8월에 가장 낮은 값 (0.41)을 보였다. 이와 같이 조사지역이 동일할지라도 시기별로 종다양성에서 차이가 나타나는 것은 먹이, 생식, 서식환경, 포식자 등과 같은 생물적 요인에 의해 어류가 서식지를 이동한 결과라고 사료된다.

균등도의 경우는 명지에서 11월 (0.65)에 가장 높게 나타났으며, 사상에서는 6월에 가장 높게 (0.51) 나타났다가.

우점도는 0.69~0.24의 범위로 나타났는데 지역별로 보면 어종이 다양한 바다쪽이 담수지역에 비해 높은 지수를 보인다. 조사지역별로 보면 바다(명지)에서는 여름과 가을에 높은 값을 나타냈는데 그 중에서도 8월 (0.69)에 가장 높게 나타났고 겨울철인 11월 (0.24)에 가장 낮게 나타났다. 담수지역인 사상에서의 우점도는 8월 (0.59)에 가장 높은 값을 나타냈고 6월 (0.41)에 가장 낮은 값을 보였다.

조사된 두 지역에서 월별 채집량을 기초로 하여 유사성을 산출하고 그 값을 비교한 결과 유사성이 가장 높은 시기는 명지의 6월과 8월 (0.889), 명지의 10월과 11월 (0.734), 사상의 6월과 11월 (0.775) 및 8월 (0.758)로 나타났는데 명지와 사상 사이에는 0.076 이하의 낮은 값으로 나타나 이 두 지역간에 주연성 어류의 이동이 극히 저조함을 반영한다고 할 수 있다.

3. 어도에서 관찰된 종

어류 중에는 생태적 습성에 따라 소하성 어류와 강하

Table 2. A comparison of ecological character among the fish community.

Item	Site (Month)							
	M (J)	M (A)	M (O)	M (N)	S (J)	S (A)	S (O)	S (N)
H' (Diversity)	0.45	0.35	0.37	0.72	0.54	0.41	0.45	0.41
J' (Evenness)	0.32	0.27	0.32	0.65	0.51	0.43	0.50	0.49
D (Dominance)	0.62	0.69	0.64	0.24	0.41	0.59	0.42	0.47

M; Myeongji, S; Sasang, J; June, A; August, O; October, N; November

Table 3. The similarity of fish species among the month.

M/J	1.000							
M/A	0.096	1.000						
M/O	0.104	0.889	1.000					
M/N	0.197	0.558	0.734	1.000				
S/J	0.130	0.016	0.041	0.069	1.000			
S/A	0.025	0.067	0.063	0.076	0.758	1.000		
S/O	0.008	0.071	0.016	0.056	0.360	0.085	1.000	
S/N	0.006	0.080	0.014	0.052	0.775	0.592	0.541	1.000
Area/month	M/J	M/A	M/O	M/N	S/J	S/A	S/O	S/N

성 어류들이 있는데 이들 어족은 생식기나 성장기에 반드시 바다와 강을 오가며 생활을 해야만 한다. 이때 이동지역의 염분 농도에 적응하기 위해서는 넓은 기수영역이 필요하다.

낙동강은 하구둑이 만들어지기 이전의 하구지역은 하류지역인 구포에서 하구를 이루는 명지와 장림동을 연결하는 하구까지 폭넓은 기수역이 있었다. 그러나 하구둑을 건설하면서 기수역이 사라지고 담수와 해수구역은 경계선으로 변화되면서 생태계에 많은 변화를 가져왔었다.

각 종 용수의 확보를 위해 하천에 보나 댐을 건설하면서 생태계를 보전하기 위해 어도를 만들고 있다. 어도는 소하성 어류가 상류로 쉽게 거슬러 오를 수 있도록 하기 위하여 만든 구조물인데 우리 나라에서 어도에 관한 연구는 동해안의 어도시설과 관리 (박, 1988), 농업기반시설의 어도설치 현황 (황, 1998), 어도시설 표준모형 (해양수산부, 1999) 및 어도와 어류 역학 (박, 2000) 등이 있다.

낙동강 하구에 댐을 건설하면서 기수역이 사라지고 회유성 어류는 이동에 많은 영향을 받게 되었다. 이것을 보완하고 물의 유통과 어류의 이동을 위해 댐의 좌우에 어도를 만들었으나 이곳을 통해 유출되는 물은 담수와 해수가 혼합될 수 있는 영역이기는 하지만 썰물 때는 거의 담수로 채워지게 되며 수량이 적고 간만의 차이에

Table 4. The fish species observed in the fish way.

Species	Frequency	Remark
<i>Coilia ectenes</i>	+++	
<i>Cyprinus carpio</i>	+	
<i>Hemibarbus labeo</i>	+++	
<i>Squalidus gracilis majimae</i>	+++++	*
<i>Plecoglossus altivelis</i>	++	*
<i>Lateolabrax japonicus</i>	+++	
<i>Angiulla japonica</i>	+	*
<i>Mugil cephalus</i>	++	
<i>Pholis nebulosa</i>	++++	

* none collection species

다른 수위변동의 영향을 받으므로 댐 하류에 형성되는 기수지역은 정상적인 기수구역으로서의 기능을 할 수 없다.

낙동강하구둑에 설치한 어도(Fig. 2)는 폭 1.8 m, 높이 3 m, 길이가 24 m로 단계식 구조로 되며 5개의 지수판은 수류를 느리게 하여 어류가 쉽게 이동할 수 있도록 고안되었고 어도의 내부에는 어류의 이동을 확인하기 위하여 고정식 video camera를 설치(1992년)해 두었다(Fig. 2). 한국수자원 낙동강하구둑 관리사무소에 보관된 녹화 tape을 관찰한 결과 *C. carpio* 외에 8종의 어류를 확인하였다(Table 4). 이들 중 중에는 하구둑의 상류(사상)와 하류(명지)지역의 조사에서 채집되지 않았던 *S. gracilis majimae*, *P. altivelis*, *A. japonica* 등의 어종도 관찰되었다. 녹화된 tape에서 *C. carpio*, *H. labeo*, *S. gracilis majimae*와 같은 담수어류가 관찰되었는데 이들 어종은 해수에서 소상한 것이 아니며 어도의 내부가 담수 상태를 유지하기 때문에 서식이 가능하다고 판단된다. 또한, 촬영을 위해 camera 앞의 피사체에 광원(fresh

light)을 비추게 되므로 많은 어류들이 빛을 따라 camera의 앞에서 맴도는 현상을 보인다. 따라서 어류의 원만한 이동을 위해 촬영을 하지 않는 평상시에는 조명 장치의 광원을 꺼둠으로서 이동하는 어류가 광 자극에 의해 이동을 중단하는 일이 없도록 해야 할 것으로 생각된다.

하구지역의 기수생태계에 서식하는 어종은 본문에서 언급되지 않은 어류들이 많은데도 불구하고 이번 연구에서 10여종의 어류만 채집 또는 관찰된 것으로 보아 Dam에 어도를 설치했다고는 하지만 회유어류의 이동에는 막대한 지장을 초래한다고 생각된다(김과 홍, 1980; 진과 허, 1985; 전, 1987).

저자들의 채집경험에 의하면 사상보다 상류에 해당되는 구포 이상 낙동강 중류지역에서 *Neosalanx andersoni*, *Rhinogobius brunneus*, *Tribolodon hakonensis*, *Gasterosteus aculeatus* 등의 주연성 어류들이 비교적 높은 빈도로 채집되는데 이러한 어종들은 본 조사지역의 어도를 통해 소상한 종류도 있겠으나 많은 개체들이 나타나는 것으로 보아 김해지역으로 흐르는 서낙동강(하구둑이 없음)을 통해 소상한 종들이라고 생각된다.

4. 어도에서 어류의 이동

전체 채집종 중에서 해수와 담수지역에서 다같이 채집된 종은 6목 7과 9속 3,129개체였다(Table 5). 채집된 종은 *K. punctatus*, *C. ectenes*, *H. sajori*, *P. indicus*, *M. cephalus*, *L. japonicus*, *A. flavimanus*, *F. gymnauchen*, *T. rubrifus* 등 9종이었는데 이들 종은 주서식지가 해수이면서 담수영역으로 소상한 것이므로 어도를 통과한 종으로 간주하여 소상한 개체수를 백분율로 산출한 결

Table 5. The ratio of anadromous fishes in the surveyed sites.

Order	Family	Species	Site				
			Myeongji (St. 1)	Sasang (St. 2)	AF (%)	Re	
Clupeiformes	Clupeidae	<i>Konosirus punctatus</i>	11	2	15.4	S	
		<i>Coilia ectenes</i>	270	263	49.3	ES	
Beloniformes	Hemiramphidae	<i>Hemirampus sajori</i>	3	5	62.5	ES	
Scorpaeniformes	Platycephalidae	<i>Platycephalus indicus</i>	23	23	50.0	ES	
Mugiliformes	Mugilidae	<i>Mugil cephalus</i>	19	4	17.4	ES	
Perciformes	Percichthyidae Gobiidae	<i>Lateolabrax japonicus</i>	145	1	0.7	ES	
		<i>Acanthogobius flavimanus</i>	1,422	2	0.1	ES	
		<i>Favonigobius gymnauchen</i>	138	1	0.7	ES	
Tetraodontiformes	Tetraodontidae	<i>Takifugu rubrifus</i>	780	17	2.1	ES	
6 Ord.	7 Fam.	9 Gen.	9 sp.	2,811	318	10.1	

AF; percentage of migration fishes, S; sea species, ES; estuary species

과는 Table 5에 나타난 바와 같다.

소상 비율이 높게 나타난 종은 *H. sajori* (62.5%), *P. indicus* (50%), *C. ectenes* (49.3%)로 나타났고 *L. japonicus* (0.7%), *A. flavimanus* (0.1%), *F. gymnauchen* (0.7%), *T. rubrifres* (2.1%) 등은 낮은 비율로 나타났는데 이것은 채집된 개체를 기초로 하여 산출한 것으로 종에 따라서는 생식시기나 성장기 등 생활사에 따라 시기별로 차이가 있을 것으로 생각된다.

담수역인 사상에서 채집된 주연성 어류가 서낙동강에서 소상한 것으로 생각할 수도 있겠는데 서낙동강의 합류점이 사상에서 상류 약 10 km이고 소상한 어류의 유영방향이 상류쪽임을 감안할 때 사상지역의 주연성 어류는 어도를 통과하여 소상한 개체로 판단하였다.

적 요

낙동강 하구의 어류상과 하구둑에 설치한 어도의 어류 이동을 조사하기 위하여 2000년 6월부터 12월까지 Dam을 중심으로 상·하류에 서식하는 어류와 어도를 통과하는 어종을 조사하였다. 하구에 Dam을 건설함으로써 기존에 존재하던 기수지역의 생태계가 완전히 사라지고 Dam을 중심으로 담수생태계와 해양생태계가 선상으로 인접하여 추이대가 형성되지 않았다.

조사기간에 해수와 담수의 두 생태계에서 채집된 어종은 모두 10목 29과 45속 49종이었는데 그 중 담수산 어류가 10종, 주연성 어류는 11종, 해산 어류는 28종이었다.

해수와 담수라는 생태계의 차이 때문에 조사지역별로 종 구성이 달랐는데, 명지지역에서 채집된 어류는 9목 27과 36속 39종이며 우점종은 *A. flavimanus* (39.1%)이었고 담수영역인 사상지역은 6목 9과 19속 21종 중에 우점종은 *A. macropterus* (44.4%)였다.

낙동강 하구 Dam의 어도에 설치해 둔 video camera로 촬영한 어류를 3회에 걸쳐 확인한 결과 *C. ectenes*, *C. carpio*, *H. labeo*, *S. gracilis majimae*, *P. altivelis*, *L. japonicus*, *A. japonica*, *M. cephalus* 및 *P. nebulosa* 등 9종만이 확인되었다. 채집된 개체수를 기준으로 산출한 소하성 어류의 이동율은 10.1%이었는데, 이를 근거로 할 때 회유어류의 이동을 위해 어도의 설치의 필요하지만, 현재 운영되고 있는 어도의 효율성은 낮았다.

인 용 문 헌

김용역, 명정구, 김영섭, 한경호, 강충배, 김진구. 2001. 한국해

- 산어류도감, 도서출판 한글. 부산.
- 김용역, 홍성윤. 1980. 낙동강하류 철새도래지의 어류상. 자연보존연구보고서 2: 137-146.
- 김익수, 강연중. 1993. 원색한국어류도감. 아카데미서적. 서울.
- 김익수. 1997. 한국동식물도감 제37권 (담수어류), 교육부. 서울.
- 박상덕. 1988. 동해안지역 어도시설 및 관리. 한국수자원학회지 31(4): 28-33.
- 박상덕. 2000. 어도와 어류역학. 한국수자원학회지 33(2): 31-40.
- 변화근, 최재석, 최준길. 1996. 양양 남대천의 어류상과 소하성 어류의 분포 특성. 한국육수학회지 29(3): 159-166.
- 양홍준, 임완택. 1980. 형산강의 어류상에 관하여, 과학교육연구지 4: 79-88.
- 양홍준, 채병수, 남명모. 1991. 洪川江 上流水域의 秋季 魚類 相, 한국육수학회지 24(1): 37-44.
- 양홍준. 1973. 낙동강산 어류의 조사 -목록과 분포에 대하여-, 한국육수학회지 6(1/2): 19-36.
- 양홍준. 1983a. 곡강천(경북)의 어류상에 관하여, 경북대 논문집 35: 385-391.
- 양홍준. 1983b. 울진 남대천의 어류상에 관하여, 자보연보 5: 63-70.
- 이충열. 1992. 금강하구의 하구언 축조 이후 어류 군집의 변화, 한국육수학회지 25(3): 193-204.
- 전상린, 주일영. 1977. 낙동강의 어류상에 관한 연구 1. 상주, 안동을 중심으로, 한국육수학회지 10(3/4): 19-28.
- 전상린. 1972. 한강유역의 어류상에 관하여, 과학치보보고서 R-72-81.
- 전상린. 1987. 낙동강 하류역의 어류상에 관하여, 자연보존협회보고서 9: 77-90.
- 정문기. 1977. 한국어도보. 일지사. 서울.
- 정 준, 양홍준. 1984. 합천 Dam 예정지의 육수생물학적 연구, 경북대 논문집 38: 125-141.
- 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.
- 최기철, 김익수, 손영목. 1985. 금강하류의 담수어류자원, 자연보존연구보고서 7: 51-64.
- 최기철, 김익수. 1972. 무주 남대천의 어류상에 관하여, 한국육수학회지 5(1/2): 1-12.
- 최기철, 이지영, 김태룡. 1977. 금강에 건설 중인 대청댐을 중심으로 한 어류조사 10(1/2): 25-32.
- 최기철, 전상린, 김익수, 손영목. 1989. 한국산 담수어 분포도. 한국담수생물학연구소. 서울.
- 최기철, 전상린. 1968. 영동지방에 서식하는 담수어의 지리적 분포에 관한 연구, 동물학회지 11(1): 13-21.
- 최기철. 1969. 춘천호의 어류동태에 관하여, 한국육수학회지 2(1/2): 31-38.

- 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.
- 해양수산부. 1999. 어도시설 표준모형 개발에 관한 연구. 최종 보고서.
- 허성범. 1991a. 낙동강 하구둑 유지 준설 관련 사토에 따른 어업피해 조사. 부산수산대학교.
- 허성범. 1991b. 낙동강 하구둑 건설 관련 공유수면 준설로 인한 어업피해 조사. 부산수산대학교.
- 허성범. 1992. 낙동강 하구 환경관리조사 보고서. 한국수자원공사, 192 pp.
- 홍영표. 1982. 금강 상류 어류군집의 계절적 차이, 충남대 석사학위 청구논문.
- 황중서. 1998. 농업 기반시설의 어도설치 현황과 개선 방안. 한국수자원학회지 **33**(2): 41-52.
- 内田惠太郎. 1939. 朝鮮魚類誌 (內顎類, 絲顎類). 朝鮮總督府水産試驗場報告書 6. 釜山.
- Nelson, J.S. 1994. *Fishes of the World* (3rd ed.) John Wiley & Sons, Inc.
- Pielou, E.C. 1966. The measurement of Diversity in Different Types of Biological Collections, *J. Theoret. Biol.* **13**: 131-144.
- Yang, H.J., J. Jung, and S.D. Song. 1981. Limnological Studies of Nakdong River in Korea. *Verh. Internat. Verein Limnol.* **21**: 894-907.
- Yang, H.J. and M.M. Nam. 1985. An Investigation of Fish Fauna, Zooplankton, Water quality and Climatic Condition in the Planned Unmun Dam Area, Cheongdo, *Res. Rev. Kyungpook Univ.* **40**: 325-335.

(Received 12 Jul. 2001, Manuscript accepted 30 Aug. 2001)