



## 금강하구둑 어도의 생태적 기능 평가

### Ecological Function Assessment for a Fishways of Geumgang Estuary Dike

김재옥<sup>\*†</sup> · 장규상<sup>\*</sup> · 신현상<sup>\*</sup> · 양 현<sup>\*\*</sup> · 장준호<sup>\*\*</sup>

Kim, Jae Ok<sup>\*†</sup> · Jang, Kyu Sang<sup>\*</sup> · Shin, Hyun Sang<sup>\*</sup> · Yang, Hyun<sup>\*\*</sup> · Jang, Jun Ho<sup>\*\*</sup>

#### ABSTRACT

The ichthyofauna and passing efficiency of fishways were surveyed in Geumgang estuary from May to October in 2009. The fishes collected were classified into 24 species, 23 genera belonging to 8 families. These 24 species consist of 17 freshwater fish species, 3 migration fish species and 4 peripheral freshwater fish species. Seasonal function of fishways showed the migration from May to June and returning to the reservoir of fishes be washed out to sea when sluice gate open by rainfall in July and August. Most of the fishes caught in fishways moved from middle tide to high tide except for July. Fishes ascended fishways between the middle ebb tide and the ebb tide only July, because small freshwater swim against the fishway for leaching the reservoir through the newly formed flow when the water level at the fishway kept dropping. Small fishes that body length less than 200 mm mainly used gabion type fishways and fishes over 200 mm utilized a cascade type fishways. Based on the total individuals collected, the efficiency of the fishway was 1 % for the anadromous fish and over 80 % for freshwater fish. Therefore, it is concluded that ecological function of the fishway in the Geumgang estuary dike be very important not only for fish migration but also freshwater fishes's returning.

**Keywords:** Fishway; Freshwater; Migration; Tide; Gabion; Cascade; Anadromous

#### 1. 서 론

우리나라 간척사업은 고려조 및 조선조와 일제 시대를 보내면서 군량미 확보와 미곡증산 목적으로, 해방 이후에는 기근해결을 위한 식량증산, 1970년대 이후에는 농업종합개발 목적으로 변천하였고, 오늘날에는 다목적 종합개발로 추진되고 있다 (Rural Development Corporation, 1995).

이러한 간척사업은 주로 해안가의 하구를 막아 방조제를 조성하고, 내륙의 토지 및 담수호를 조성하는 방식으로 진행되었다. 방조제는 하구의 전폭을 가로막아 조성하기 때문에 방조제 자체가 물리적 장벽으로 작용하여 회유성 어류의 이동통로 단절을 초래한다 (Yang et al., 2001). 따라서 자연환경보전법과 내수면 어업법에서는 물 흐름을 차단하는 공작물을 설치할 경우, 어도 설치를 의무적으로 규정하고 있다.

간척사업을 통해 조성된 방조제의 어도설치현황을 살펴보면, 계단식 어도와 갑문식 어도가 각각 36 %, 64 %를 차지하고 있다 (KRC, 2009). 조차가 발생하는 하구의 특성으로 입구가 고정되어 있는 계단식 어도보다는 조차의 영향을 받지 않는 갑문식 어도 설치비율이 더 높다. 각 배수갑문에 설치된 어도의 운영현황을 조사해 본 결과, 계단식 어도 중 어도로서 운영되고 있는 지역은 금강하구둑 어도 뿐이었으며 다른 지역은 내부 담수호의 제염 및 상류 유입수의 부족, 관리수위 변동 등의 사유로 운영하고 있지 않았다 (KRC, 2009).

국내 하구둑에 설치한 어도에 대한 연구는 1998년 4월부터 1999년 11월까지 금강하구둑 계단식 어도와 1999년 영암호 갑문식 어도에서 조사한 것이 있으며 (Hwang, 2000), 낙동강 하구둑 어도를 대상으로 월별 이동 어종을 파악한 보고가 있으나 (Yang, 2001, K water, 2007,2008) 그 이외의 하구둑에서 어도의 어류이동에 관한 연구는 보고된 것이 없다. 일본나 가라가와 하구둑 (長良川河口堰)에는 갑문식, 계단식, 자연수로식 어도가 설치되어 있으며 은어가 집중적으로 소상하는 5월을 전·후하여 매년 조사를 실시하고, 홈페이지를 통해 각 어도에서 은어 소상자료를 제공하고 있다 (<http://www.gix.or.jp>).

금강하구둑 어도는 월별로 뱀장어, 농어, 송어, 참게, 황복, 은어등 주요 회유성 어류의 이동통로로 설치되었으나, 담수호

\* 한국농어촌공사 농어촌연구원

\*\* 생물다양성 연구소

† Corresponding author. Tel.: +81-31-400-1837

Fax: +81-31-400-1889

E-mail address: [kjokim@ekr.or.kr](mailto:kjokim@ekr.or.kr)

2010년 2월 19일 투고

2010년 3월 29일 심사완료

2010년 3월 30일 게재확정

측 관리수위 변동 등으로 인하여 건설 초기에는 어도로 운영하는데 다소 어려움이 있었다 (Choi et al., 1999). 이러한 문제를 해결하기 위하여 금강 어도 전면에 내·외측 수위를 조절할 수 있는 전도수문을 설치하고, 돌망태식 어도는 1.0 m가량 높이를 승상하여 어도의 기능을 보강하였다.

따라서 본 연구에서는 기능이 보강된 금강하구둑 어도를 대상으로 계절별, 조석별로 어도를 이용하는 어류를 조사하여 회유성 및 상시이동성 어류의 생태통로로서 금강하구둑 어도의 기능을 평가해 보았다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 조사지점 및 시기

본 조사는 금강하구둑에 설치되어 있는 어도를 대상으로 2009년 5월부터 10월까지 매월 음력 8일이나 23일경을 기준으로 조사를 실시하였다 (Fig. 1). 우리나라 연안은 하루에 2차례의 만조와 간조가 반복되는데, 평균 간격은 12시간 25분이며 주야간 1회씩 반복된다. 본 조사에서는 주간을 기준으로 만조와 간조가 반복되는 12시간을 각각 3시간 간격으로 구분하여 만조 → 간조중간 (A), 간조중간 → 간조 (B), 간조 → 만조중간 (C), 만조중간 → 만조 (D)의 4구간으로 구분하여 조사하였다 (Fig. 2). 단, 5월에는 주요어종이 소상하는 시기이므로 24시간 조사를 실시하였다 (Table 1).

금강하구둑 어도는 폭이 총 9 m이고, 물 흐름방향으로 볼 때 좌측은 돌망태식 어도 (2.8 m), 우측은 계단식 어도 (2.8 m), 중앙은 유인수로 (3.4 m)가 구성되어 있다 (Fig. 3). 어류채집은 금강하구둑 어도 폭에 맞게 어망 (크기 : 1000 (L) × 1000 (W) × 650 (H) mm, 망목크기 : 0.4 mm)을 제작하여 실시하였으며, 조석별로 나누어 3시간씩 어망을 정치시킨 후 수거하여 시간대별로 어류상을 조사하였다.

채집된 어류는 현장에서 즉시 계수 (計數)하고, 각각의 전장, 체장 및 체중 등을 측정 후 방류하였고, 현장에서 동정이 어려운 종이나 치어 등은 10 % 포르말린으로 고정하여 실험실로 운반한 후 분석하였다. 종의 분류는 Kim et al. (2005)에 따라 종의 수준까지 동정하였고, 분류 체계는 Nelson (1994)

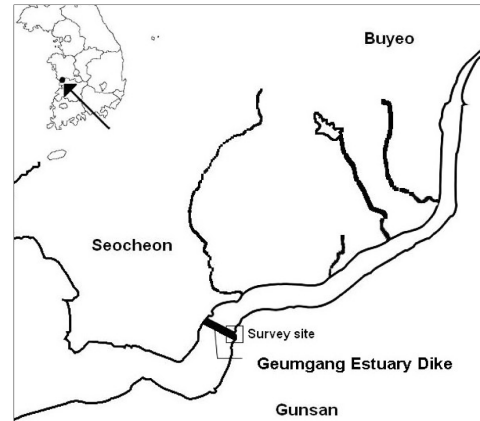


Fig. 1 Map showing the surveyed site.

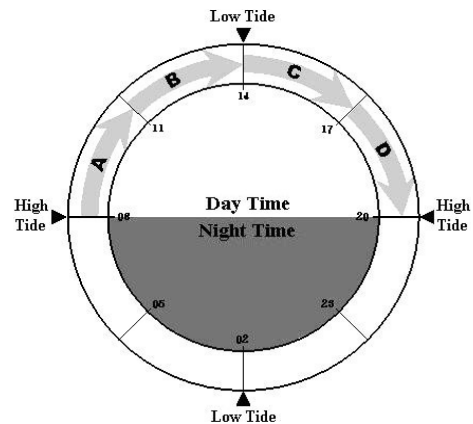


Fig. 2 Investigation time at fishways.

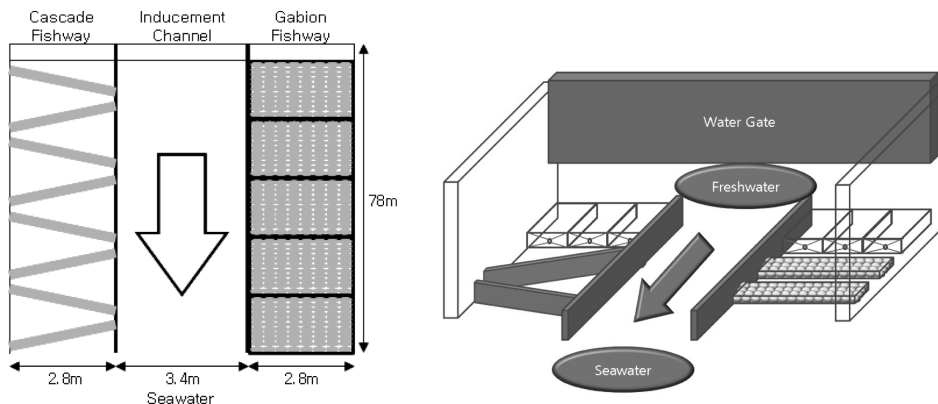


Fig. 3 The structure of fishway and fish collection in study site.

에 따랐다. 또한, 군집분석을 위하여 종 다양도 (Shannon and Weaver, 1963)와 균등도 (Pielou, 1966), 우점도 (Simpson, 1949), 종 풍부도 (Margalef, 1958)를 산출하였다.

**Table 1 The study time for fishes movement monitoring in Geumgang fishway.**

	HT → MLT (A)	MLT → LT (B)	LT → MHT (C)	MHT → HT (D)
May (Day)	09:30 ~ 12:50	12:50 ~ 16:10	16:10 ~ 19:05	19:05 ~ 22:00
May (Night)	22:00 ~ 01:10	01:10 ~ 04:30	04:30 ~ 07:30	07:30 ~ 10:30
Jun	07:40 ~ 10:50	10:50 ~ 14:20	14:20 ~ 17:10	17:10 ~ 20:00
Jul	09:00 ~ 12:15	12:15 ~ 15:30	15:30 ~ 18:45	18:45 ~ 22:00
Aug	08:00 ~ 11:20	11:20 ~ 14:40	14:40 ~ 18:00	18:00 ~ 21:30
Sep	10:45 ~ 14:00	14:00 ~ 17:25	17:25 ~ 20:30	07:45 ~ 10:45
Oct	09:00 ~ 12:15	12:15 ~ 15:30	15:30 ~ 18:30	06:00 ~ 09:00

HT: High tide, MLT: Middle low tide, LT: Low tide, MHT: Middle high tide

### III. 결과 및 고찰

#### 1. 월별 어도의 어류상 변화

2009년 5월 ~ 11월에 걸쳐 계단식 어도와 돌망태식 어도에서 조사한 결과 총 8목 8과 23속 24종이 출현하였으며, 그 중 회유성 어류 3종, 기수지역에서 확인된 주연성 어류가 4종이었고 담수어류가 17종으로 가장 많았다 (Table 2). 농어촌공사 (구, 농어촌진흥공사)에서 하구둑 어도를 조사한 선행연구 (KRC, 1999)와 비교해보면 금강하구둑 어도에서는 1998년 ~ 1999년 조사에서 총 30종이 출현하였고 그 중 회유성 어류 7종, 주연성 어류 4종, 해산어류 3종, 담수어류 16종으로 예전과 비교하여 주연성 어류와 담수어류는 큰 차이가 없으나 조성 초기에 비해 회유성 어류의 소상이 감소한 것을 알 수 있었다. 이런 결과는 낙동강 하구둑에서도 어도를 설치했으나 회유성

**Table 2 A list of fish species and number of individual collected from surveyed site in 2009.**

Order	Family	Species	Site/Month	Gabion Fishway							Cascade Fishway							RE		
				May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	%	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	%			
Clupeiformes	Engraulidae	<i>Coilia nasus</i>											3					0.09	MS	
Cypriniformes	Cyprinidae	<i>Carassius auratus</i>		3		9									4			0.12	FS	
		<i>Cyprinus carpio</i>											1	1				0.06	FS	
		<i>Cyprinus carpio</i>				1												0.01	FS	
		<i>Acanthorhodeus macropterus</i>					5							1				0.05	FS	
		<i>Rhodeus notatus</i>						1										0.01	FS	
		<i>Gnathopogon strigatus</i>											1						0.03	FS
		<i>Hemibarbus labeo</i>					1123	1					3		149	1			4.57	FS
		<i>Microphysogobio tungtingensis</i>			35	6													0.41	FS
		<i>Pseudorasbora parva</i>			1											1			0.01	FS
		<i>Squalidus japonicus coreanus</i>			3				4							1			0.07	FS
		<i>Opsarichthys bidens</i>		1				21						4	2			0.22	FS	
		<i>Squaliobarbus curriculus</i>				105	5					4		185	18	21		1.11	FS	
		<i>Erythroculter erythropterus</i>		3		8010	1					27		1423	103	35		80.7	FS	
		<i>Hemiculter eigenmanni</i>		1		8	7							6	1			0.16	FS	
Siluriformes	Bagridae	<i>Leiocassis nitidus</i>				449								1253				4.53	FS	
Osmeriformes	Osmeridae	<i>Plecoglossus altivelis altivelis</i>		82								2	1					0.83	MS	
Mugiliformes	Mugilidae	<i>Chelon haematocheilus</i>			2				1	1				32	1	1		0.04	ES	
		<i>Mugil cephalus</i>											33	1				1	1.05	ES
Beloniformes	Hemiramphidae	<i>Hyporhamphus intermedius</i>										2							0.06	ES
Perciformes	Gobiidae	<i>Rhinogobius brunneus</i>							1	1								0.02	MS	
		<i>Tridentiger bifasciatus</i>						1	1	3								0.05	FS	
		<i>Tridentiger brevispinis</i>		7	1		1	8	6	0.23										FS
Tetraodonti formes	Tetraodontidae	<i>Takifugu niphobles</i>											1						0.03	ES
Total				136	9	9710	42	11	11	100	98	38	3027	127	56	2	100			

ES : Estuary Species, FS : Freshwater Species, MS : Migration Species

어류의 소상은 점차적으로 감소하는 결과를 보인 것과 유사하다 (Yang et al., 2001). 1999년 조사를 실시한 영암호 갑문식 어도에서는 줄공치, 웅어를 비롯하여 총 25종의 어류 채집이 보고되었고 금강하구둑 어도와는 달리 99%가 회유성 어류로 조사되었다 (Hwang, 2000). 이는 금강하구둑 어도는 어도 갑문을 열어서 어도내로 용수가 공급되는 시스템이나 영암호 어도는 유인수를 공급하는 방식으로 되어 있어 담수어가 바다로 떠나려 가는 확률이 비교적 적기 때문인 것으로 보고되었다 (Hwang, 2000).

월별로 금강하구둑에서 채집된 어류상을 분석해보면, 5월에는 주간과 야간을 구분하여 조사를 실시하였다. 주간 조사시 어도에서 채집된 어류는 총 5목 5과 12종으로 비교적 다양한 어종이 채집되었다. 우점종은 뿔꼬치 (*M. Tungtingensis*, 31.3%), 강준치 (*E. erythropterus*, 30%), 송어 (*M. cephalus*, 16.3%), 민물검정망둑 (*T. brevispinis*, 5.0%) 순이었다. 야간 조사에서는 총 4목 4과 11종의 어류가 채집되었으며 가장 우세하게 채집된 어종은 은어 (*P. altivelis altivelis*, 53.2%), 뿔꼬치 (*M. Tungtingensis*, 22.1%), 송어 (*M. cephalus*, 13.0%) 순으로 채집되었다. 주·야간 조사결과 회유성 어류인 은어의 이동은 주간보다는 야간에 더 활발하게 움직이는 것을 알 수 있었다. 이러한 결과는 탐진강에 설치된 어도에서 시간대별로 어류 이동상을 조사한 결과, 하루 중 18시 ~ 21시 사이에 개체수와 종수가 가장 많아 출현하였고 개체수의 절반 이상이 이 시간대에 이동하는 것으로 조사되어 (Kim, 2004) 어류의 이동은 주간보다는 야간에 더 선호하는 것을 알 수 있었다.

5월 주간조사시 금강하구둑의 계단식 어도와 돌망태식 어도의 어류 이동특성을 살펴보면, 계단식 어도에서는 총 9종, 돌망태식 어도에서는 총 6종의 어류가 채집되어 계단식 어도의 이용효율이 더 높은 것으로 나타났다. 야간조사에서는 돌망태 어도에서 8종, 계단식 어도에서 6종의 어류가 채집되어 주간

조사와 반대의 양상을 보였다. 이러한 주·야간의 차이는 어도를 이용하는 어종이 돌망태 어도에서는 소형어류가 주로 이동하고 계단식 어도에서는 송어와 같이 비교적 큰 어종들이 이동하면서 나타난 결과로 사료되었다.

6월 조사에서는 총 6목 6과 7종이 채집되었으며 우점종은 가숭어 (*C. haematocheilus*, 72.3%)였으며, 뿔꼬치 (*M. tungtingensis*), 웅어 (*C. nasus*) 순으로 채집되었다. 돌망태와 계단식 어도에서는 각각 3종 9개체와 5종 38개체가 채집되었으며, 우점종은 돌망태 어도에서는 뿔꼬치 (*M. tungtingensis*), 계단식 어도에서는 가숭어 (*C. haematocheilus*)로 나타났다. 뿔꼬치의 전장은 57 ~ 76 mm의 분포를 보였고, 가숭어 (*C. haematocheilus*)는 33 ~ 548 mm의 전장 분포를 보여 돌망태식 어도에서는 주로 소형어류들의 이동이 많았고, 비교적 유속이 빠른 계단식 어도에서는 가숭어 (*C. haematocheilus*), 송어 (*M. cephalus*), 웅어 (*C. nasus*) 등 전장이 큰 물고기들이 주로 이동하는 것을 알 수 있었다 (Table 2, Fig. 4).

7월 조사에서는 총 3목 3과 11종, 12,737개체의 어류가 채집되었으며 우점종은 강준치 (*E. erythropterus*, 74.1%)였으며 밀자개 (*L. nitidus*, 13.4%), 누치 (*H. laeoo*, 10.0%), 눈불개 (*S. curriculus*, 2.3%)의 순이었다. 7월 조사에서는 다른 시기와 비교하여 1차 담수어의 출현이 높았다. 이는 여름철 강우로 배수갑문을 개방했을 때 배수갑문을 통해 바다로 흘러 내려갔던 담수어류들이 다시 담수호로 소상하면서 채집된 것으로 사료되었다. 낙동강 하구둑 어도에서도 8월 조사에서 1차 담수어인 누치, 참물개, 꼬리, 강준치, 치리 등의 출현량이 다른 시기에 비하여 크게 증가하는 경향이 보고되어 이와 같은 결과를 뒷받침해주고 있었다 (K water, 2008). 따라서, 하구둑의 어도는 회유성 어류들의 소상 및 강하뿐만 아니라, 담수 어류의 재소상을 위해서도 매우 중요한 생태통로이다. 돌망태 어도에서는 총 8종 9,710개체가 채집되었으며 강준치 (*E. erythropterus*, 103 ~ 248 mm), 누치 (*H. laeoo*, 78 ~ 260 mm), 밀자개 (*L. nitidus*, 45 ~ 79 mm) 등 중·소형의 담수어류가 채집되었다. 계단식 어도에서는 총 10종 3,027개체가 채집되어 돌망태 어도보다는 적은 개체수가 이동하는 것으로 나타났다. 금강하구둑의 계단식 어도는 돌망태 어도에 비하여 유속이 더 빠르기 때문에 소형 담수어류가 이동하기에는 돌망태 어도가 더 효과적인 것으로 판단된다 (Table 2, Fig. 3).

8월 조사에서는 총 3목 3과 11종으로 어류가 채집되었으며 우점종은 7월에 이어 강준치 (*E. erythropterus*, 61.5%)로 나타났다. 전체적인 출현 양상은 7월과 마찬가지로 담수어의 출현 비율이 높았으나 개체수는 현저하게 감소하였다. 어도에서 채집된 전체 출현 개체수를 비교해 보면, 돌망태 어도에서는 꼬리 (*O. bidens*), 치리 (*H. eigenmanni*), 물개 (*S. japonicus*)

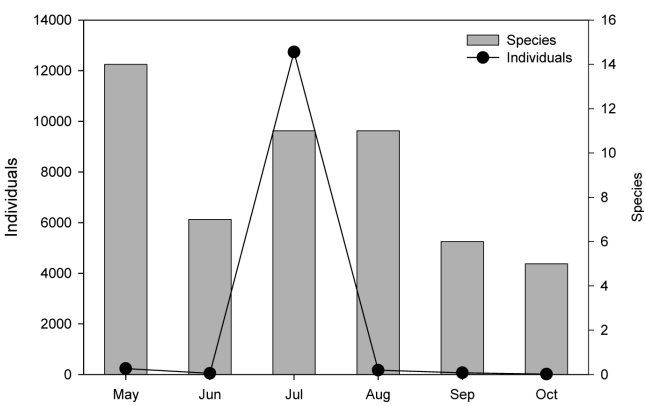


Fig. 4 The seasonal variation of fish fauna caught at fishway in Geumgang estuary.

**Table 3** The property of fishes movement at each of tide in study sites.

	Gabion fishway				Cascade fishway			
	HT → MLT (A)	MLT → LT (B)	LT → MHT (C)	MHT → HT (D)	HT → MLT (A)	MLT → LT (B)	LT → MHT (C)	MHT → HT (D)
May (D)	11 (4)	5 (2)	3 (1)	6 (4)	22 (7)	0 (0)	5 (3)	28 (5)
May (N)	8 (3)	8 (3)	13 (3)	82 (5)	9 (3)	0 (0)	0 (0)	34 (5)
Jun	1 (1)	0 (0)	1 (1)	7 (3)	6 (1)	0 (0)	0 (0)	32 (5)
Jul	747 (6)	6,781 (4)	1,128 (4)	1,054 (7)	2,662 (9)	42 (4)	101 (5)	222 (3)
Aug	3 (3)	7 (2)	6 (2)	26 (6)	1 (1)	18 (3)	36 (5)	72 (3)
Sep	3 (1)	3 (1)	4 (3)	1 (1)	1 (1)	43 (2)	12 (2)	0 (0)
Oct	5 (2)	2 (1)	2 (2)	2 (2)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	2 (2)
Total	778	6,806	1,157	1,178	2,701	103	154	390

HT: High tide, MLT: Middle low tide, LT: Low tide, MHT: Middle high tide

*coreanus*) 등 중·소형의 어류가 주로 출현하였고 계단식 어도에서는 강준치 (*E. erythropterus*), 눈불개 (*S. curriculus*) 등 중·대형 어류가 채집되었다.

9월과 10월 조사에서는 각각 총 3목 3과 6종과 2목 2과 5종의 어류가 채집되었으며 점차적으로 어도를 통해 담수호로 소상하는 어류의 개체수가 감소하는 것을 알 수 있었다. 하천(탐진강, 탄천등)이나 하구둑(낙동강, 금강등) 어도를 대상으로 조사한 결과를 살펴보면, 연중 어도를 통한 어류의 이동이 관찰되지만, 9월 이후에는 이동하는 개체수와 종수는 크게 감소하는 것으로 나타났는데, 이는 수온이 낮아지면서 어류의 이동이 둔화되어 나타난 결과로 사료되었다 (Kim 2004, K water, 2008).

## 2. 조석별 어도의 어류상 비교

하구둑에서는 조석별로 어류 이동에 차이가 있을 것으로 판단되어 조석별로 시간을 나누어 조사를 실시하였다. 7월에 의해로 끌려 내려갔던 담수어가 소상하는 시기를 제외하고는 대부분 D (만조중간 → 만조) 시기에 가장 많은 어류들이 이동하는 특성을 보였다 (Table 3). 이는 만조로 접어들면서 유속이 감소하여 유영력이 약한 소형 어류도 쉽게 이동이 가능하였기 때문으로 사료된다. 5월 조사에서는 은어 (*P. altivelis altivelis*) 가 강 상류로 소상하는 시기이므로 D (만조중간 → 만조) 시기에 돌망태 어도에서 많은 개체수가 채집되었다. 금강하구둑 어도의 구조적 특성상 만조에 가까워지면 담수호로 바닷물이 유입되는 것을 차단하기 위하여 담수호측 수문을 닫는다. 이때 물 흐름이 감소하면서 대부분의 어류가 쉽게 이동할 수 있는 조건이 형성된 것으로 사료된다. 이런 특성은 돌망태식 어도와 계단식 어도에서 동일하게 나타났다. 낙동강 하구에서는 4월에 은어가 집중적으로 출현하였고 5월에는 출현종수가 감소하는 경향을 보여 (K water, 2008) 지리적으로 금강하구와 은어 소

상시기의 차이를 알 수 있었다. 또한 조석별로 만조에서 간조중간, 간조시에 가장 많은 은어가 이동하는 것으로 조사되어 하구둑 어도의 구조적 차이에 따라 은어가 이동하는 특성에도 차이를 보이는 것을 알 수 있었다.

7월 조사에서는 다른 시기와 비교하여 상이한 특성을 보였는데, 돌망태 어도와 계단식 어도에서 B (간조중간 → 간조) 시기와 A (만조 → 간조중간) 시기에 가장 많은 어류들이 이동하는 특성을 보였다. 이는 물이 빠지면서 어도 내에 흐름이 형성되고, 그 흐름을 따라 소형 담수어류들이 이동하면서 나타난 결과로 보인다.

## 3. 계단식 어도와 돌망태식 어도의 어류상 비교

금강하구둑 어도는 전체적으로는 계단식 어도와 돌망태식 어도로 구성되어 있으며 두 형식의 어도를 통해 이동하는 어류상을 비교해 본 결과, 돌망태식 어도에서는 체장 200 mm 이하의 개체들이 주로 이동했으며 200 mm 이상되는 어종들의 출현은 매우 빈약하였다 (Fig. 5). 계단식 어도에서는 체장 100 ~ 500 mm까지 다양한 체장을 가진 어종들이 이동하였으며 100 mm이하의 어종보다는 200 mm이상의 체장을 가진 어종들의 이동 비율이 더 높게 나타났다. 결과적으로 돌망태식 어도는 소형 어류들이 소상하는데 주로 이용하였으며, 계단식 어도는 비교적 체장이 크고 유영력이 좋은 송어나 가송어들이 주로 이동하는 것으로 나타났다 (Table 3, Fig. 5).

이는 금강하구둑 어도의 구조적인 특징 때문인 것으로 판단되는데, 돌망태식 어도는 돌 틈사이의 유속이 느린 공간을 이용하여 소형 어류들이 이동하다 보니, 상대적으로 체장이 큰 어류들이 돌망태식 어도에 접근했다가는 돌망태 속에 갇히는 현상이 나타나기도 한다. 계단식 어도는 전체적으로 유속분포가 빠르기 때문에 체장 200 mm 이하의 소형 어류들은 D (만조중간 → 만조) 시기를 제외하고는 상류로 이동하는데 어려움

Table 4 The property of fishes movement each of tide in study sites.

Order	Family	Species	Site/Month	Gabion Fishway					Cascade Fishway						
				HT→ MLT	MLT→ LT	LT→ MHT	MHT→ HT	%	T.L (mm)	HT→ MLT	MLT→ LT	LT→ MHT	MHT→ HT	%	T.L (mm)
Clupeiformes	Engraulidae	<i>Coilia nasus</i>										3	0.09	134-308	
Cypriniformes	Cyprinidae	<i>Carassius auratus</i>			2	10	0.12	95-218	3		1		0.12	56-263	
		<i>Cyprinus carpio</i>							1	1			0.06	250,548	
		<i>Cyprinus carpio</i> (이스라엘잉어)				1	0.01	246							
		<i>Acanthorhodeus macropterus</i>	3			2	0.05	77-94	1					0.03	84
		<i>Rhodeus notatus</i>	1				0.01	31							
		<i>Gnathopogon strigatus</i>							1					0.03	57
		<i>Hemibarbus labeo</i>	43	328	35	718	11.3	78-260	10	18	15	110	4.56	78-268	
		<i>Microphysogobio tungtingensis</i>	12	7	10	9	0.38	57-97	9			13	0.66	62-106	
		<i>Pseudorasbora parva</i>				1		85	1					0.03	67
		<i>Squalidus japonicus coreanus</i>	2		1	4	0.07	55-76				1	0.03	72	
		<i>Opsariichthys bidens</i>		6	6	10	0.22	34-106	4		2		0.18	114-212	
		<i>Squaliobarbus curriculus</i>	17	61	8	24	1.11	100-283	159	26	18	25	6.80	93-492	
		<i>Erythroculter erythropterus</i>	284	6,392	1,063	275	80.8	82-248	1,236	58	112	182	47.4	107-552	
<i>Hemiculter eigenmanni</i>	6	2		8	0.16	115-174	5		2		0.21	105-167			
Siluriformes	Bagridae	<i>Leiocassis nitidus</i>	396		22	31	4.53	45-79	1,253				37.4	46-84	
Osmeriformes	Osmeridae	<i>Plecoglossus altivelis</i>	1	6		75	0.83	66-98	1			2	0.09	59-69	
Mugiliformes	Mugilidae	<i>Chelon haematocheilus</i>	1			6	0.07	94-394	15			27	1.25	33-548	
		<i>Mugil cephalus</i>							9		3	23	1.04	368-550	
Beloniformes	Hemiramphidae	<i>Hyporhamphus intermedius</i>							2				0.06	104,122	
Perciformes	Gobiidae	<i>Rhinogobius brunneus</i>	1				0.01	39							
		<i>Tridentiger bifasciatus</i>		3	2		0.05	27-58							
		<i>Tridentiger brevispinis</i>	11	5	3	4	0.23	27-53							
Tetraodonti formes	Tetraodontidae	<i>Takifugu niphobles</i>									1	0.03	92		
Total			778	6810	1152	1178	100		2709	103	154	387	100		

HT: High tide, MLT: Middle low tide, LT: Low tide, MHT: Middle high tide, T.L: Total Length

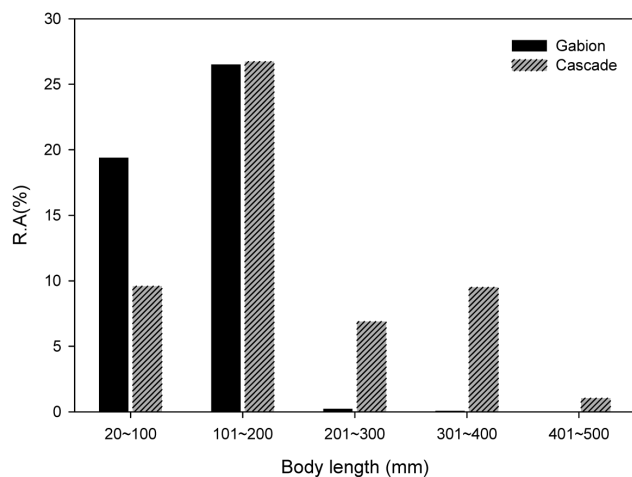


Fig. 5 Movement properties in order of Total length both gabion type and cascade type fishway.

이 있을 것으로 사료된다. 이런 문제는 향후 금강하구둑 어도의 구조 개선시 반드시 고려되어야 할 사항으로 판단된다.

#### IV. 결 론

금강하구둑에 설치된 어도의 어류 이동을 파악하고, 어도의 생태적 기능을 평가하기 위하여 2009년 5월부터 10월까지 조사를 실시하였다.

1. 조사기간 동안 금강하구둑 어도에서 채집된 어종은 총 8목 8과 23속 24종이었으며 그 중 회유성 어류 3종, 기수지역에서 확인된 주연성 어류는 4종이었고 담수어류가 17종으로 가장 많았다.

2. 월별로 어류가 어도를 이용하는 특성을 살펴보면, 5, 6월에는 은어를 비롯한 회유성 어류가 소상하는데 주로 이용하였

으며, 7, 8월에는 강우시 외해로 흘러나갔던 담수어류들이 재 소상하는 통로로 이용되고 있었다. 9, 10월에는 수온 저하와 함께 어류의 이동이 둔화되는 특성을 보였다.

3. 조석 시간대는 D (만조중간 → 만조)시기에 가장 여러 종의 어류들이 어도를 이용하였으며, 7월에는 B (간조중간 → 간조)시기와 A (만조 → 간조중간)시기에 가장 많이 이동하였다. 이는 물이 빠지면서 어도 내에 흐름이 형성되고, 그 흐름을 따라 소형 담수어류들이 이동하면서 나타난 결과로 보인다.

4. 금강하구둑의 돌망태식 어도는 소형 어류들이 소상하는데 주로 이용하였으며, 계단식 어도는 비교적 체장이 크고 유영력이 좋은 송어나 가승어들이 주로 이동하는 것으로 나타났다.

5. 금강하구둑 어도에서 채집된 개체수 중 회유성 어류가 차지하는 비율은 1 % 정도이고 80 % 이상이 담수성 어류의 이동으로 조사되었다. 이는 하구둑 어도가 산란 및 성장을 위해 담수호로 혹은 바다로 내려가는 회유성 어류 뿐만 아니라 의도하지 않게 배수갑문을 통해 바다로 흘러 나갔던 담수어류들이 담수호로 재 소상하는 통로로서도 매우 중요한 역할을 하고 있음을 알 수 있다.

## REFERENCES

1. Choi, Y., Jo, C. M., Kin, I. S., and Hwang, J. S., 1999. Ichthyology of Fishway of Guemgang Estuary Dike. *The Korean Fisheries Society* PH-1 (in Korean).
2. Kim, I. S., Choi, Y., Lee, C. L., Lee, Y. J., Kim, B. J., and Kim, J. H., 2005. Illustrated Book of Korean Fishes. Jihak-sa (in Korean).
3. KRC, 2008. *Environment Management Working Paper*, 3. Uiwang, Gyeonggi: Korea Rural Corporation (in Korean).
4. KRC, 2009. *A Study on the effective using of fishway in Saemangeum dikes*. Uiwang, Gyeonggi: Korea Rural Corporation (in Korean).
5. Margalf, D. R., 1958. Information Theory in Ecology. *General Systems* 3: 36-71.
6. Nelson, J. S., 1994. *Fishes of the World (3th ed.)*. John Wiley & Sons.
7. Pielou, E. C., 1966. The Measurement of Diversity in Different Types of Biological Collections. *J. Theoret. Biol.* 13: 131-144.
8. Rural Development Corporation, 1996. *Tideland Reclamation in Korea*. Uiwang, Gyeonggi: Korea Rural Corporation (in Korean).
9. Shannon, C. E. and Weaver, W., 1963. *The Mathematical Theory of Communication*. Illinois Univ. Pre. Urbana.
10. Simpson, E. H., 1949. Measurement of Diversity. *Nature* 163: 1-688.
11. Yang, H. J., Kim, K. H., and Kum, J. D., 2001. The Fish Fauna and Migration of the Fishes in the Fish Way of the Nakdong River Mouth Dam. *Korean Journal of Limnology* 34(3): 251-258 (in Korean).
12. Kim, J. O., Park, S. H., and Jo, G. H., 2004. Ecological assesment of a Ice-harbor fishways located in Tamjin River. *Rural and Environmental Engineering Journal* 84: 106-116
13. Hwang, J. S., 2000. The fish migration through the fishlock at Yongam Lake. *Korea water resource association* 33(5) 561-568
14. K water, 2008. The study on fish migration through the fishlock at Nakdong River estuary.
15. <http://www.gix.or.jp>