

낙동강 생태공원 지역 외래어종 관리를 위한 어종 모니터링 연구 2 (대저생태공원)

Study of Fish Monitoring for of Exotic Fishes Management of Ecological Park at Nakdong River 2 (Daejeo Ecological Park)

강준구¹ · 김성중² · 여흥구^{3*}

¹한국건설기술연구원 수자원하천연구본부 연구위원, ²한국건설기술연구원 수자원하천연구본부 수석연구원, ³한국건설기술연구원 수자원하천연구본부 선임연구위원

Joon Gu Kang¹, Sung Jung Kim² and Hong Koo Yeo^{3*}

¹Research Fellow, Department of Hydro Science and Engineering Research, Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology, Gyeonggi-Do 10223, Korea

²Senior Research Fellow, Department of Hydro Science and Engineering Research, Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology, Gyeonggi-Do 10223, Korea

³Senior Research Fellow, Department of Hydro Science and Engineering Research, Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology, Gyeonggi-Do 10223, Korea

Received 8 December 2023, revised 14 December 2023, accepted 14 December 2023, published online 31 December 2023

ABSTRACT: Influx of exotic fishes is the problem of fish management. The reason why interest on river environment was increased. Recently, River project was conducted to consider environmental function on the ecosystem and Eco-Diversity. Therefore, farmlands structure along the river was removed such as vinyl greenhouse. Daejeo ecological park was built in 4 River project. Daejeo ecological park have significance habitat for migratory birds and eco-diversity. In spite of nature river improvement, ecological system in river will be break down by exotic fishes. This study was conducted to investigate analyze the fish faun and prevailing species occupancy in Daejeo ecological park. This data will be used to make the management plan of exotic fishes in ecological park around Daejeo ecological park.

KEYWORDS: Daejeo ecological park, Eco-Diversity, Ecosystem, Exotic fish, Monitoring

요 약: 최근 외래어종의 유입은 하천 내 어류 관리에 문제가 되고 있다. 최근 하천환경에 대한 인식이 높아지면서 하천변을 환경적이 기능을 갖도록 정비하는 사례가 많아지고 있다. 대저 생태공원은 4대강 사업에서 비닐하우스 등 관리하기 어려운 하천변 시설을 철거하고 조성된 지역이다. 조성된 대저생태공원은 철새도래지의 의미와 수중생태계의 다양성을 제공하기 위한 하천공간으로의 환경적 요소를 고려한 정비를 설명할 수 있다. 이러한 자연친화적인 하천사업에도 불구하고, 외래어종은 환경공간을 파괴하고 하천 생태계에 악영향을 미칠 수 가능성을 가지고 있다. 본 연구는 낙동강 본류와 더불어 생태공원에서도 어류상 조사 및 우세종/외래어종 점유율 분석을 수행한 것이다. 대저생태공원은 정체지역으로 낙동강 본류와 수리적 특성이 다르므로 획득된 자료를 통해 생태공원의 외래어종 관리방안을 마련하는 것이 필요하다.

핵심어: 대저생태공원, 생물다양성, 생태계, 외래어종, 모니터링

*Corresponding author: yeo917@kict.re.kr, ORCID 0000-0002-5659-7585

© Korean Society of Ecology and Infrastructure Engineering. All rights reserved.

This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>), which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

1. 서론

우리나라 여름에 호우가 집중되는 기후 조건으로 과거 강 하류의 경우 하천변에서의 농업이 활발하게 이루어졌다. 2000년대를 넘으며 하천환경에 대한 관심이 커지고 이로 하천사업도 환경적 기능을 확보하도록 기획되었다. 특히 하천변의 비닐하우스 등 오염을 관리하기 힘든 시설에 대해 다양한 대응 방안이 제시되기도 하였다. 우리나라의 4대강 사업은 하천변의 비닐하우스 등 관리하기 어려운 하천변 시설을 철거하고, 생태공원 등을 조성하여 수중생태계의 다양성을 제공하기 위한 하천공간으로의 환경적 요소를 고려한 정비도 수행하였다. 하천변은 수생태의 서식처로의 중요한 공간이 되었다. 하지만 이러한 중요성에도 불구하고, 외래어종이라는 요소는 국내의 생태계에 악영향을 미칠 수 가능성을 가지고 있다. 생태공원의 경우 육상의 생물이거나 식물은 눈으로 분별이 가능하여 외래종에 대한 대응이 상대적으로 용이한 부분이 있다. 하지만 어류의 경우 조사 등 상황을 파악하기 위한 시간과 예산 등 다양한 어려움이 있어 외래어종을 파악하기 위한 일부 조사 및 영향 평가 등이 있으나, 국내에서는 과학적이고 체계적으로 규명되지 않았다. 본 연구의 대상지역은 낙동강 하류부에 위치한 대저생태공원으로, 하천변의 정체 구간으로 습지와 호소(Pool)와 같은 형태로 조성되었으며 어류에게 최후의 피난처가 될 수도 있다. 대저생태공원은 낙동강 본류와 1곳에 수로가 연결이 되었으나 원활한 순환이 된다고 판단하기는 어렵다. 그로 인해 대부분 영역이 물의 흐름이 발생하지 않아 유기물 및 영양염류(질소, 인)의 수체 내 증가 및 수질 악화, 부영양화(Eutrophication) 현상을 초래할 가능성이 있다.

최근 외래어종의 유입은 어류 서식처의 생물 다양성 위협 및 생태계 파괴를 가져오기도 한다. 이는 특히 인공적으로 조성된 댐이나 보 등에서 기존 생태계 파괴 및 토종 담수어의 급격한 감소를 초래한다. 특히 외래어종으로 인한 피해는 토종어류의 감소뿐만 아니라 수중생태계의 교란을 가져와 수질악화 및 녹조현상을 발생시키므로 외래어종을 차단할 수 있는 연구 및 관리방안이 반드시 필요하다(Yeo and Kang 2015).

본 연구에서는 낙동강 생태공원을 대상으로 어류상 조사를 통해 향후 외래어종을 관리하고 제어하는데 연구의 목적이 있다. 우리나라의 외래어종의 대표적인 배



Fig. 1. Investigation site at Daejeo ecological park.

스와 블루길어 정체수역을 서식처로, 낙동강 하구에 위치한 대저생태공원 습지와 호소 및 수로에 대해 어류종을 모니터링하고 군집구조 및 특성을 비교·분석하였다.

대저 생태공원은 4대강 사업에서 비닐하우스 등 관리하기 어려운 하천변 시설을 철거하고 조성된 지역이다. 조성된 대저생태공원은 철새도래지로서의 의미와 수중생태계의 다양성을 제공하기 위한 하천공간으로의 환경적 요소를 고려한 정비로 설명할 수 있다(Fig. 1). 대저생태공원에서의 조사는 2곳에서 이루어졌다. 어류상 조사는 2022년 2회, 2023년 2회 총 4회에 걸쳐 진행하였다. 대저 생태공원은 낙동강과 연결(St.1 site)은 되었으나 공원 수면적에 비해 연결수로가 협소하여 본류와의 순환이 원활하다고 판단하기는 어렵다. 따라서 생태공원의 수환경은 대부분 정체구간으로 호소나 습지로 구분할 수 있다. 본 연구에서는 본류와 연결부인 St.1과 호소 지역인 St.2에 대해 조사를 수행하였다.

2. 조사항목 및 방법

본 연구는 “생물측정망 조사 및 평가지침”을 준용하여 현장조사를 실시하였다. 조사항목은 대상지 기초수질 분석, 어류상 조사(종 분포, 군집분석, 법정보호종 및 외래종 출현유무 등)와 외래어종(큰입배스) Radio-tag 부착 및 이동 모니터링이다.

기초수질 분석은 조사지점에서 휴대용 다항목 수질 측정기(YSI)를 이용하여 수면이 안정된 상태에서 측정가능한 수질 항목(수온, 수소이온농도(pH), 용존산소(DO), 전기전도도) 등을 휴대용 측정장비로 측정하여 기록하였다. 어류상 조사는 현장조사를 중심으로 진

행하고 “생물측정망 조사 및 평가지침 개정. 2016. 국립환경과학원” 매뉴얼을 준용하여 현장 조사를 실시하였다. 중앙부 조사는 정치망(삼각망, 일각망: 유도망 양쪽 5 m, 높이 1.5 m, 망목 5×5 mm)을 수변부 조사는 투망(망목 7×7 mm), 족대(망목 5×5 mm)를 이용하였다.

출현종 동정 및 계측은 채집된 어류는 특별한 사유가 없는 한 기본적으로 현장에서 동정 및 계측을 실시한다. 채집 어류의 분류 및 동정은 어구별로 구분하여 실시하며, 채집된 어류는 현장에서 동정한다. 조사 지점별로 종별 개체수 및 상대풍부도를 파악하며 이를 통해 우점종과 아우점종을 제시, 외래어류의 서식현황을 파악한다. 채집된 어류 중 실험어종을 대상으로 계측이 진행된다. 계측은 실험어종의 전장(total length), 체장(body length)을 측정한다.

3. 결과분석 방법

출현종 및 개체수는 현장에서 채집된 어류의 종 조성 자료는 엑셀로 정리하고, 출현종은 각 분류군별로 목록을 작성하며, 조사지수지 및 어구별로 구분하여 출현종수 및 개체수를 작성한다. 분류체계는 Nelson et al. (2006)의 분류체계를 따르며 외래종, 이입종, 생태계교란 생물, 고유종, 멸종위기종 등을 별도로 정리 후 분석한다. 우점종은 현장에서 채집된 어류의 우점종 및 아우점종을 산출한다. 균집지수는 출현어류의 목록을 기준으로 산출. 우점도 지수(Dominance index, D)는 특정종의 균집 내 점유율을 측정하는 방법으로 각 조사시기별, 조사정점별 개체밀도에 의해 산출 (McNaughton 1967) 한다.

$$\text{우점도 지수 (D)} = (n1+n2)/N \quad (\text{Eq. 1})$$

N : 총 개체수

n1 : 제 1 우점종의 개체수

n2 : 제 2 우점종의 개체수

m 다양도 지수(Diversity index, H')는 균집 내의 종 풍부도와 개체수의 상대적 균형성을 나타내는 것으로 균집의 복잡성을 의미. 다양도는 Margalef (1958)의 정보이론에 의하여 유도된 Shannon-Wiener function (Pielou 1966)을 사용하여 산출한다.

$$\text{다양도 지수(H')} = - \sum_{(i=1)}^S P_i \ln P_i, P_i = \frac{N_i}{N} \quad (\text{Eq. 2})$$

S : 전체 종수

Pi : I 번째 종의 개체수 비율

N : 조사정점의 총 개체수

Ni : 각 종의 개체수

m 풍부도 지수 (Richness index, R)는 종 다양성 개념 중에서 가장 오래되고 단순한 것으로서 균집을 이루는 종의 풍부함을 파악하는 것임. Margalef (1958)의 지수를 이용하여 산출한다.

$$\text{풍부도 지수 (R)} = \frac{S-1}{\ln N} \quad (\text{Eq. 3})$$

S : 전체 종수

N : 조사정점의 총 개체수

m 균등도 지수 (Evenness index, J')는 균집을 구성하는 각 종들의 균일한 정도를 나타내는 지수로 Pielou (1975)의 식을 사용하여 산출한다.

$$\text{균등도 지수 (J')} = \frac{H'}{\ln S} \quad (\text{Eq. 4})$$

H' : 다양도



S : 전체 종수

4. 결과 및 고찰

4.1 2022년 조사

Table 1은 대저생태 공원 조사지역을 나타낸 것이다. 조사지역은 2개의 장소를 대상으로 수행하였다. 대저생태공원 조사결과 총 2과 8종 146개체가 조사되었으며, St. 2에서 가장 많은 종 및 개체가 채집되었다. 잉어과가 6종 (75.0%), 검정우럭과가 2종 (25.0%)으로 나타났다 (Fig. 2). 대저생태공원은 일각망, 투망 및 족대를 이용하여 어류상을 조사하였다. 치리가 48개체 (32.9%)로 우점하였고, 블루길 42개체 (28.8%), 강준치 26개체 (17.8%), 배스 15개체 (10.3%)의 순으로 조

Table 1. Survey site

Survey site	Daejeo ecological park St. 1	
Coordinate	N 35°11'56", E 128°58'39"	
Bank width/Channel width/Depth	40~50 m / 30 - 40 m / 10~100 cm<	
Bed materials	Sand	
Watershed situation	Urban Streetscape	
Turbidity	Normal	
Survey site	Daejeo ecological park St. 2	
Coordinate	N 35°12'09", E 128°58'59"	
Bank width/Channel width/Depth	40~50 m / 30 - 40 m / 10~100 cm<	
Bed materials	Sand	
Watershed situation	Urban Streetscape	
Turbidity	Normal	

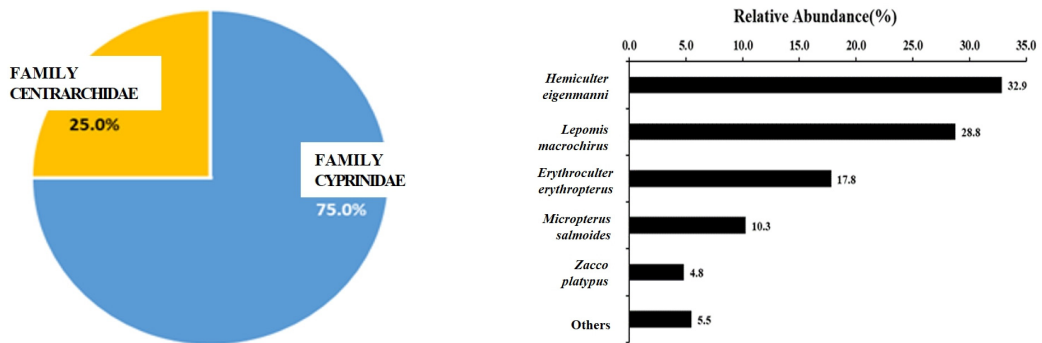


Fig. 2. Appearance fish species and relative richness index.

Table 2. Population distribution of fish

Classification			Species & Populations	Dominant-species & Major species	Dominance	Diversity	Evenness	Richness
Daejeo ecological park	St.1	1st	3, 13	<i>Zacco platypus</i> , <i>Hemiculter eigenmanni</i>	0.85	0.98	0.90	0.78
		2nd	4, 9	<i>Lepomis macrochirus</i> , <i>Hemiculter eigenmanni</i>	0.80	1.28	0.92	1.30
	St.2	1st	5, 110	<i>Hemiculter eigenmanni</i> , <i>Lepomis macrochirus</i>	0.68	1.33	0.83	0.85
		2nd	4, 13	<i>Pseudorasbora parva</i> , <i>Lepomis macrochirus</i>	0.77	1.31	0.94	1.17
SUM			8, 146	<i>Erythroculter erythropterus</i> , <i>Lepomis macrochirus</i>	-	-	-	-

Table 3. List of appearance fish species fish

Scientific name	Korean name	Daejeo ecological park				Total	R.A. (%)	Remark
		St.1		St.2				
		1st	2nd	1st	2nd			
Family Cyprinidae	잉어과							
<i>Carassius auratus</i>	붕어				2	2	1.37	
<i>Cyprinus carpio</i>	잉어			1		1	0.68	
<i>Erythroculter erythropterus</i>	강준치		1	23	2	26	17.81	
<i>Hemiculter eigenmanni</i>	치리	4	3	41		48	32.88	
<i>Pseudorasbora parva</i>	참붕어				5	5	3.42	
<i>Zacco platypus</i>	피라미	7				7	4.79	
Family Centrarchidae	검정우럭과							
<i>Lepomis macrochirus</i>	블루길		4	34	4	42	28.77	외,교
<i>Micropterus salmoides</i>	배스	2	2	11		15	10.27	외,교
Number of Appearance populations		13	10	110	13	146	100.00	
Number of appearance species		3	4	5	4	8		

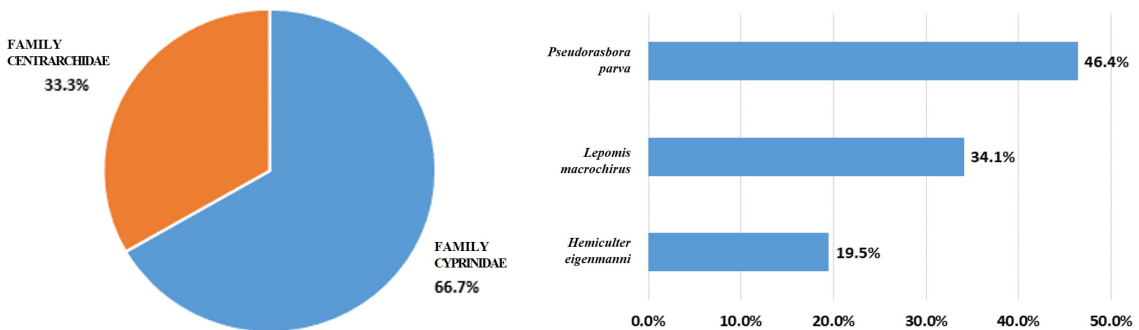


Fig. 3. Appearance fish species and relative richness index (1'st survey).

사되었다. 한국 고유종 및 법정보호종은 조사되지 않았으며, 외래종 및 생태계교란 생물로는 블루길, 배스 총 2종 57개체가 조사되었다. 군집분석 결과 우점도 0.68 - 0.85, 다양도 0.98 - 1.33, 균등도 0.83 - 0.94, 풍부도 0.78 - 1.30의 범위로 산출되었다 (Table 2). 전반적으로 다양한 종이 출현하지 않았고, 치리와 블루길, 강준치의 우점도가 높아 대저생태공원의 군집상태는 다소 불안정한 것으로 나타났다 (Table 3).

4.2 2023년 조사

2023년 대저생태공원에 대한 1차 조사결과, 총 2과 3종 41개체가 조사되었다. 잉어과가 2종 (66.7%), 검정우럭과가 1종 (33.3%)으로 나타났다. 치리가 19개체 (46.3%)로 우점하였고, 블루길 14개체 (34.1%), 치리 8

개체 (19.5%)의 순으로 조사되었다. 고유종 및 법정보호종은 조사되지 않았으며, 외래종 및 생태계교란 야생생물로는 블루길 1종 14개체가 조사되었다 (Fig. 3).

대저생태공원에 대한 2차 조사결과, 총 2과 8종 23개체가 조사되었다. 잉어과가 7종 (87.5%), 검정우럭과가 1종 (12.5%)으로 나타났다. 강준치가 9개체 (39.1%)로 우점하였고, 치리 5개체 (21.7%), 참붕어 4개체 (17.4%), 붕어 및 블루길이 각각 1개체 (4.3%) 등의 순으로 조사되었다. 고유종은 참몰개 1종 1개체 및 법정보호종은 조사되지 않았으며, 외래종 및 생태계교란 야생생물로는 블루길 1종 1개체가 조사되었다 (Fig. 4).

대저생태공원 1, 2차에 대한 총 조사결과, 총 2과 8종 64개체가 조사되었다. 잉어과가 7종 (87.5%), 검정우럭과가 1종 (12.5%)으로 나타났다. 참붕어가 23개체 (35.9%)로 우점하였고, 블루길 15개체 (23.4%), 치리

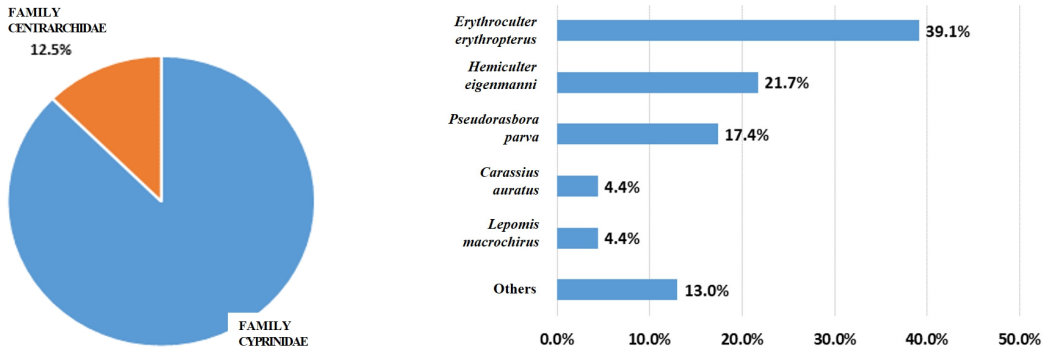


Fig. 4. Appearance fish species and relative richness index (2nd survey).

Table 4. List of appearance fish species fish

Scientific name	Korean name	Daejeo ecological park						Remark
		St.1		St.2		Total	R.A. (%)	
		1st	2nd	1st	2nd			
Family Cyprinidae	잉어과							
<i>Carassius auratus</i>	붕어				1	1	1.6	
<i>Cyprinus carpio</i>	잉어				1	1	1.6	
<i>Erythroculter erythropterus</i>	강준치		4		5	9	14.1	
<i>Hemibarbus labeo</i>	누치		1			1	1.6	
<i>Hemicultur eigenmanni</i>	치리	3		5	5	13	20.3	
<i>Pseudorasbora parva</i>	참붕어	9	2	10	2	23	35.9	
<i>Squalidus chankaensis tsuchigae</i>	참물개				1	1	1.6	고
Family Centrarchidae	검정우럭과							
<i>Lepomis macrochirus</i>	블루길	5	1	9		15	23.4	외,교
Number of Appearance populations		3	4	3	6	8	100.0	
Number of appearance species		17	8	24	15	64		

*고: 고유종, 외: 외래종, 교: 생태계교란 야생생물

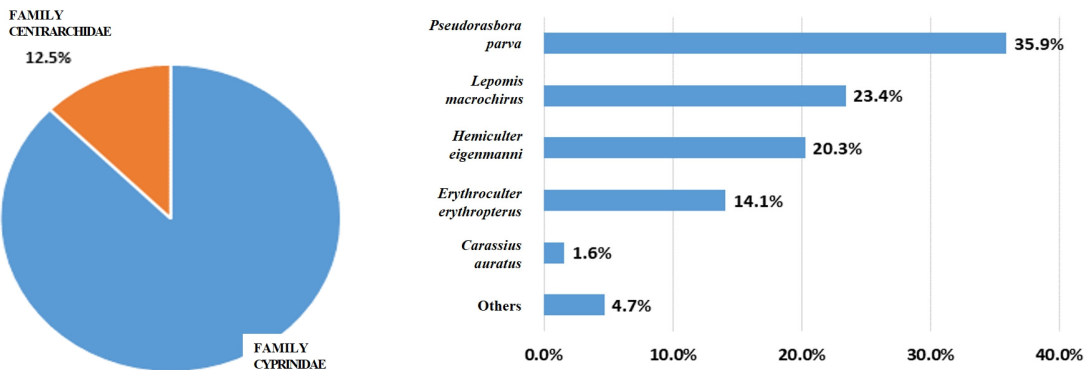


Fig. 5. Appearance fish species and relative richness index (Total survey)

13개체 (20.3%), 강준치 9개체 (14.1%), 붕어 1개체 (1.6%) 등의 순으로 조사되었다(Table 4). 고유종은 참물개 1종 1개체, 외래종 및 생태계교란 야생생물은 블

루길 1종 15개체가 조사되었으며, 법정보호종은 조사되지 않았다(Fig. 5, Table 5). 본 지역의 어류상이 빈약한 것은 분류와 달리 대부분 연못 형태로 수환경이 매우

Table 5. Fish species

Classification			Species & Populations	Dominant Species & Important Species (Dominant rate)
Daejeo ecological park	St.1	1st	3, 17	<i>Pseudorasbora parva</i> (52.9%), <i>Lepomis macrochirus</i> (29.4%)
		2nd	4, 8	<i>Erythroculter erythropterus</i> (50.0%), <i>Pseudorasbora parva</i> (25.0%)
		SUM	5, 25	<i>Pseudorasbora parva</i> (44.0%), <i>Lepomis macrochirus</i> (24.0%)
	St.2	1st	3, 24	<i>Pseudorasbora parva</i> (41.7%), <i>Lepomis macrochirus</i> (37.5%)
		2nd	6, 15	<i>Erythroculter erythropterus</i> & <i>Hemiculter eigenmanni</i> (33.3%), <i>Pseudorasbora parva</i> (13.3%)
		SUM	7, 39	<i>Pseudorasbora parva</i> (30.8%), <i>Hemiculter eigenmanni</i> (25.6%)
Total		8, 64	<i>Pseudorasbora parva</i> (35.9%), <i>Lepomis macrochirus</i> (23.4%)	

Table 6. Population distribution of fish on each site

Classification			Dominance	Diversity	Evenness	Richness
Daejeo ecological park	St.1	1st	0.82	1.00	0.91	0.71
		2nd	0.75	1.21	0.88	1.44
	St.2	1st	0.79	1.06	0.96	0.63
		2nd	0.67	1.54	0.86	1.85

Table 7. Aquatic ecology evaluation

Classification			FAI	Water quality
Daejeo ecological park	St.1	1st	18.75	Very Bad (E)
		2nd	31.25	Bad (D)
	St.2	1st	25.00	Bad (D)
		2nd	18.75	Very Bad (E)

단순하고 본류와의 연결성 또한 좋지 않아 어류의 유출입이 제한되어 있기 때문에 판단된다.

군집분석 결과, 우점도 0.67 - 0.82, 다양도 1.00 - 1.54, 균등도 0.86 - 0.96, 풍부도 0.71 - 1.85의 범위로 산출되었다 (Table 6). 수환경이 매우 단순하고 본류와의 연결성이 좋지 않아 전반적으로 중수 및 종별 개체수가 빈약하게 출현하였다. 이에 높은 우점도와는 상반된 다양도 및 풍부도는 낮게 산출되었으나, 종별로 상대풍부도 편차가 크지 않아 균등도는 높게 산출된 것으로 판단된다.

어류를 이용한 대저생태공원 건강성 평가 결과, FAI 값은 18.75 - 31.25의 값으로 산출되었으며, 수질 상태는 “매우 나쁨 (E)” - “나쁨 (D)”으로 분석되었다 (Table 7). 이는 본류와의 연결성이 좋지 않아 하천 차수 대비

출현 중수 및 개체수가 빈약하게 출현하여 산출된 것으로 분석된다.

종합적으로 조사지점 현황에서 대저생태공원은 정체수역이 대부분을 차지하고 있다. 대저생태공원의 하상은 뺨, 모래가 주를 이루고 있다. 유량이 풍부하고 여울을 제외한 수환경이 다양하게 분포하고 있으며, 수변에 식생이 발달해 있어 어류의 서식에 양호한 지역으로 조사되고 있으나, 선박의 이동 및 왜가리를 포함한 다양한 조류의 서식이 관찰되어 교란요인이 존재하고 있다. 대저생태공원은 현재 외래어종에 대한 영향이 크지 않은 것으로 조사되었으나, 외래어종의 관리를 위해서는 주변 생태공원 등 정체구역에 대한 추가적인 조사가 필요하다.

감사의 글

본 논문은 환경부의 재원으로 한국환경산업기술원의 생물다양성 위협 외래생물 관리기술개발사업의 지원을 받아 연구되었습니다(1485019240).

References

- Margalef, R. 1958. Information theory in ecology. *General System* 3: 36-71.
- McNaughton, S.J. (1967). Relationships among functional properties of Californian grassland. *Nature* 216(5111): 168-169.
- Nelson, J.S. 2006. *Fishes of the World*(4rd ed). John Wiley and Sons, New York, USA. 467
- Pielou, E.C. (1975). *Ecological diversity*. John Wiley & Sons, New York. p165.
- Pielou, E. C. 1966. The measurement of diversity in different types of biological collections. *Journal of theoretical biology*, 13: 131-144.
- Yeo, H.K. and Kang, J.G. 2015. Experimental research on fish response and ecological management using river habitat and sound. *River & Culture*. (in Korean)