

낙동강 생태공원 지역 외래어종 관리를 위한 어종 모니터링 연구 1 (낙동강) Study of Fish Monitoring for of Exotic Fishes Management of Ecological Park at Nakdong River 1 (Nakdong River Site)

강준구¹ · 김성중² · 여홍구^{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, Kyeonggi-Do 10223, Korea

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

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

Received 7 December 2023, revised 14 December 2023, accepted 14 December 2023, published online 31 December 2023

ABSTRACT: Influx of exotic fishes is the reason of destruction of the ecosystem and Eco-Diversity Recently, River project was conducted to consider environmental function. Therefore, farmlands structure along the river was removed such as vinyl greenhouse. In order to supply water eco-diversity, ecological park was built. In spite of nature river improvement, the 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 Nakdong river. This data will be used to make the management plan of exotic fishes in ecological park around Nakdong river.

KEYWORDS: Eco-Diversity, Ecosystem, Exotic fish, Monitoring

요 약: 최근 외래어종의 유입은 어류 서식처의 생물 다양성 위협 및 생태계 파괴를 가져오기도 한다. 최근 이루어지는 하천사업은 환경적인 기능을 고려하고 있다. 비닐하우스 등 관리하기 어려운 하천변 시설을 철거하고, 생태공원 등을 조성하여 수중생태계의 다양성을 제공하기 위한 하천공간으로의 환경적 요소를 고려한 정비도 수행하였다. 하지만 이러한 자연친화적인 하천사업에도 불구하고, 외래어종은 환경공간을 파괴하고 하천 생태계에 악영향을 미칠 수 가능성을 가지고 있다. 본 연구는 낙동강 본류에서 어류상 조사 및 우세종/외래어종 점유율 분석을 수행한 것이다. 이 자료는 생태공원의 외래어종 관리방안을 마련하기 위한 목적으로 활용될 것이다.

핵심어: 생물다양성, 생태계, 외래어종, 모니터링

1. 서론

우리나라 여름에 호우가 집중되는 기후 조건과 농업

을 기반으로 도시나 나라가 구성되어 용수와 식수 확보에 대한 문제와 홍수 대응을 위한 정책적 사업이 진행되었다. 특히 우리나라의 4대강 사업은 과거 비닐하우스

*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.

등 관리하기 어려운 하천변 시설을 철거하고, 생태공원 등을 조성하여 수중생태계의 다양성을 제공하기 위한 하천공간으로의 환경적 요소를 고려한 정비도 수행하였다. 하지만 이러한 중요성에도 불구하고, 외래어종이라는 요소는 국내의 생태계에 악영향을 미칠 수 가능성을 가지고 있다. 생태공원의 경우 육상의 생물이나 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 하류로 하천변의 정체구간 등 소(Pool)와 같은 형태로 이루어진 장소는 어류에게 최후의 피난처가 될 수도 있다. 그러나 물의 흐름이 크게 발생하지 않는 영역은 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 낙동강과 주변 하천변 생태공원을 대상으로 어류상 조사와 외래어종의 이동경로를 모니터링을 통해 향후 외래어종을 관리하고 제어하는데 연구의 목적이 있다. 본 연구는 낙동강 하구 생태공원 위치 지역의 낙동강 본류지역에 대해 어류종을 모니터링하고 군집구조 및 특성을 비교·분석하였다 (Fig. 1).

어류상 조사에 대한 기존 연구는 환경부에서 1995년부터 귀화 생물에 의한 생태계 영향조사를 시작하면서 생태계교란생물 관리를 위한 연구가 도입된 것으로 파악되며, 1996년에는 조사범위를 확대하여 전국 하천 및 저수지, 댐, 호 등 250개 지역에서 조사를 수행하였음. 해당 조사에서 큰입배스는 29개 조사지점에서 관찰된 것으로 나타났다 (National Institute of Environment Research 1996).

Korea Water Resources Corporation (1996)에서도 댐저수지의 외래어종 분포 및 영향에 관한 연구를 수행하였다. Korea Environment Institute (1998a, 1998b, 2004,

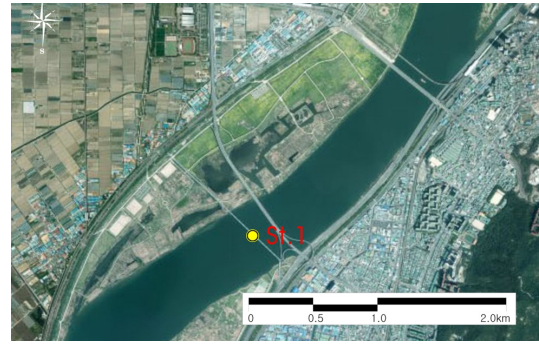


Fig. 1. Investigation Site.

2006, 2009)에서는 ‘외래종 유입에 대한 환경정책 추진방향’에 관한 연구를 시작으로, 2004년 ‘생태계위해 외래종의 통합관리 방안 연구, 2006년 ‘생태계교란종에 대한 모니터링 체계구축 및 관리방안 연구가 수행되었다. 2009년 외래생물종 관리체계 개선방안 연구 등 지속적으로 외래어종 퇴치와 관리방안 구축을 위한 다양한 연구를 수행하였다. National Fisheries Research & Development Institute (2009)에서는 3년간 외래어종 서식 분포, 이용 및 관리방안에 관한 연구를 수행하였으며, 인공산란장 이용, 저인망 이용, 산란기 성어 포획, 및 천적 이용 등 다양한 방법을 통한 생태교란어종 퇴치 연구를 수행하였다. 외래어종에 대한 연구 초기단계에서는 대부분 관리방안과 기술 개발 및 모니터링 위주로 추진되었으나, Wonju Regional Environmental Office (2012)에서 외래어종 제어 및 제거효과에 대한 연구를 수행하였다.

Geum River Basin Environmental Office (2016)에서는 포획도구별로 큰입배스의 퇴치 효율을 평가하는 연구를 수행하였고 National Park Research Institute (2020)은 생태계에서 교란생물이 미치는 영향을 저감하기 위하여 생태계 교란생물 중 파랑볼우렁과 큰입배스가 서식하는 저수지를 대상으로 정밀조사를 수행하여 이들의 서식실태를 파악하고 관리방안에 대한 연구를 수행하였다.

2. 조사항목 및 방법

본 연구는 “생물측정망 조사 및 평가지침”을 준용하여 현장조사를 실시하였다. 조사항목은 대상지 기초 수질 분석, 어류상 조사(종 분포, 군집분석, 법정보호종 및 외래종 출현 유무 등)와 외래어종(큰입배스) Radio-tag 부착 및 이동 모니터링 이다.

기초 수질 분석은 조사지점에서 휴대용 다항목 수질 측정기 (YSI)를 이용하여 수면이 안정된 상태에서 측정 가능한 수질 항목(수온, 수소이온농도 (pH), 용존산소 (DO), 전기전도도) 등을 휴대용 측정장비로 측정하여 기록하였다 (Fig. 2).

어류상 조사는 현장조사를 중심으로 진행하고 “생물측정망 조사 및 평가지침 개정. 2016. 국립환경과학

원” 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 (Fig. 3).

출현종 동정 및 계측은 채집된 어류는 특별한 사유가 없는 한 기본적으로 현장에서 동정 및 계측을 실시한다. 채집 어류의 분류 및 동정은 어구별로 구분하여 실시하



Fig. 2. Water quality measurement device (a) Multi Sensor Meter, (b) Water quality survey.



Fig. 3. Fish net for measurement (a) Net fishing survey, (b) Cast net survey.



Fig. 4. Test fish size measuring.

며, 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 (Fig. 4).

3. 결과분석 방법

출현종 및 개체수는 현장에서 채집된 어류의 종 조성 자료는 엑셀로 정리하고, 출현종은 각 분류군별로 목록을 작성하며, 조사저수지 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. 군집지수는 출현어류의 목록을 기준으로 산출. 우점도 지수 (Dominance index, D)는 특정 종의 군집 내 점유율을 측정하는 방법으로 각 조사 시기별, 조사정점별 개체 밀도에 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 군집 내의 종 풍부도와 개체수의 상대적 균형성을 나타내는 것으로 군집의 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 군집을 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 군집을 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 낙동강 본류 조사지역에 대해 나타낸 것이

Table 1. Survey site

Survey site	Nakdong river St. 1	
Coordinate	N 35°11'47", E 128°58'35"	
Bank width/Channel width/Depth	1~1.5 km / 500 - 600 m / 10~100 cm<	
Bed materials	Sand, Gravel, Small stone	
Watershed situation	Urban Streetscape	
Turbidity	Normal	

다. 낙동강 분류 조사결과 총 5과 12종 370개체가 조사되었다. 잉어과가 8종 (66.7%), 바다빙어과, 검정우럭과, 농어과, 메기과가 각각 1종 (8.3%)으로 나타났다 (Fig. 5). 낙동강 분류는 수심이 깊은 관계로 죽대와 투망 이외에 추가적으로 삼각망을 이용하여 어류상을 조사하였다. 은어가 322개체 (87.0%)로 우점하였고, 강준치, 물개, 블루길 9개체 (2.4%), 치리 7개체 (1.9%) 순으로 조사되었다. 한국 고유종은 뿔경모치, 물개로 2종 11개체, 외래종 및 생태계교란 생물은 블루길 1종으로

9개체가 조사되었으며, 법정보호종의 서식은 확인되지 않았다. 군집분석 결과 우점도 0.68 - 0.95, 다양도 0.40 - 1.44, 균등도 0.18 - 0.90, 풍부도 1.29 - 1.37의 범위로 산출되었다 (Table 2). 1차 조사에서 은어의 출현 비율이 매우 높았으며, 2차 조사에서는 우세종인 강준치와 블루길의 비율이 높은 영향으로 인해 낙동강 분류에서는 전반적으로 군집상태가 불안정한 것으로 분석되었다 (Table 3). 유량이 풍부한 낙동강 분류에서 가장 많은 개체수 및 종수가 조사되었지만, 1차 조사시 특정

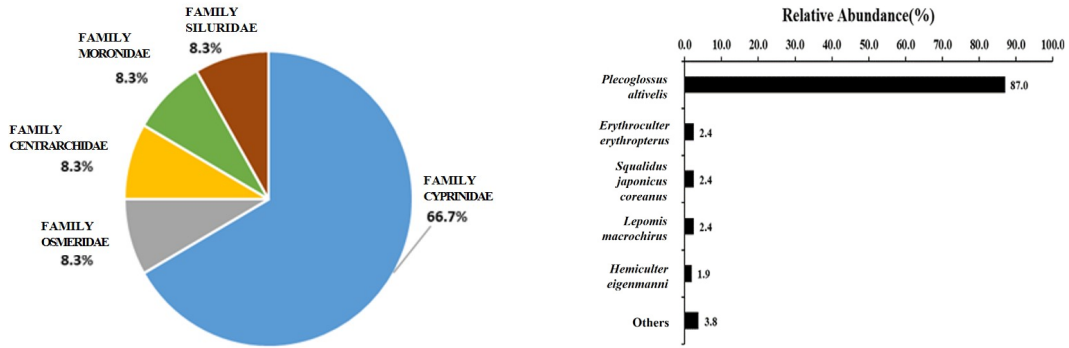


Fig. 5. Appearance fish species and relative richness index at Nakdong river.

Table 2. Population distribution of fish at Nakdong river

Classification		Species & Populations	Dominant-species & Major species	Dominance	Diversity	Evenness	Richness	
Nakdong river	St.1	1st	9, 348	<i>Plecoglossus altivelis</i> , <i>Squalidus chankaensis</i> , <i>tsuchigae</i>	0.95	0.40	0.18	1.37
		2nd	5, 22	<i>Erythroculter erythropterus</i> , <i>Lepomis macrochirus</i>	0.68	1.44	0.90	1.29
SUM		12, 370	<i>Plecoglossus altivelis</i> , <i>Erythroculter erythropterus</i>	-	-	-	-	

Table 3. List of appearance fish species fish at Nakdong river

Scientific name	Korean name	Nakdong river		Total	R.A. (%)	Remark
		1st	2nd			
Family Cyprinidae	잉어과					
<i>Acheilognathus macropterus</i>	큰납치리		3	3	0.81	
<i>Carassius auratus</i>	붕어	2		2	0.54	
<i>Erythroculter erythropterus</i>	강준치	1	8	9	2.43	
<i>Hemicultus eigenmanni</i>	치리	7		7	1.89	
<i>Microphysogobio jeoni</i>	뿔경모치	2		2	0.54	고
<i>Opsariichthys uncirostris amurensis</i>	꼬리	2		2	0.54	
<i>Pseudorasbora parva</i>	참붕어		2	2	0.54	
<i>Squalidus japonicus coreanus</i>	물개	9		9	2.43	고

Table 3. Continued

Scientific name	Korean name	Nakdong river		Total	R.A. (%)	Remark
		1st	2nd			
Family Osmeridae	바다빙어과					
<i>Plecoglossus altivelis</i>	은어	322		322	87.03	
Family Centrarchidae	검정우럭과					
<i>Lepomis macrochirus</i>	블루길	2	7	9	2.43	외,교
FAMILY MORONIDAE	농어과					
<i>Lateolabrax maculatus</i>	점농어		2	2	0.54	
Family Siluridae	메기과					
<i>Silurus asotus</i>	메기	1		1	0.27	
Number of Appearance populations		348	22	370	100.00	
Number of appearance species		9	5	11		

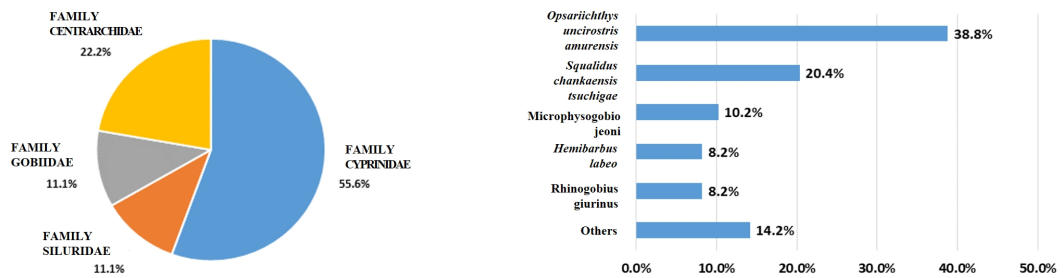


Fig. 6. Appearance fish species and relative richness index (1st survey).

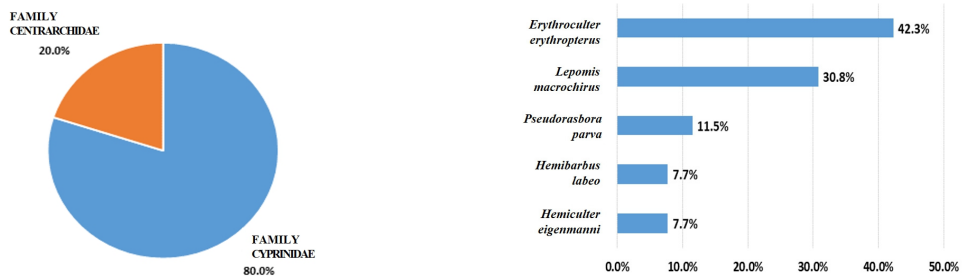


Fig. 7. Appearance fish species and relative richness index (2nd survey).

종의 출현비율이 높아 우점도가 높게 나타났으며, 다양도, 균등도는 우점도와 반대되는 경향으로 낮은 값을 나타냈다.

4.2 2023년 조사

2023년 낙동강 본류에 대한 1차 조사결과, 총 4과 9종 49개체가 조사되었다. 잉어과가 5종 (55.6%), 검정우럭과 2종 (22.2%), 메기과 및 망둑어과가 각각 1종 (11.1%)으로 나타났다 (Fig. 6). 끄리가 19개체 (38.8%)로 우점하였고, 참물개 10개체 (20.4%), 뿔꼬리 5개체 (10.2%), 누치 및 갈문망둑이 각각 4개체 (8.2%) 등

의 순으로 조사되었다. 고유종은 뿔꼬리, 참물개로 2종 15개체, 외래어종 및 생태계교란 야생생물은 블루길, 배스 2종 4개체가 조사되었으며, 법정보호종의 서식은 확인되지 않았다.

낙동강 본류에 대한 2차 조사결과, 총 2과 5종 26개체가 조사되었다. 잉어과가 4종 (80.0%), 검정우럭 1종 (20.0%)으로 나타났다. 강준치가 11개체 (42.3%)로 우점하였고, 블루길 8개체 (30.8%), 참붕어 3개체 (11.5%), 누치 및 치리가 각각 2개체 (7.7%) 순으로 조사되었다. 고유종 및 법정보호종은 확인되지 않았고, 외래어종 및 생태계교란 야생생물은 블루길 1종 8개체가 조사되었다 (Fig. 7).

낙동강 분류 조사결과, 총4과11종 75개체가 조사되었다. 잉어과가 7종 (63.6%), 검정우럭과 2종(18.2%), 메기과 및 망둑어과가 각각 1종(9.1%)으로 나타났다. 끄리가 19개체 (25.3%)로 우점하였고, 강준치 13개체 (17.3%), 블루길 11개체 (14.7%), 참물개 10개체 (13.3%), 누치 6개체 (8.0%) 등의 순으로 조사되었다 (Table 4, Fig. 8).

고유종은 땡경모치, 참물개로 1과 2종 15개체, 외래종 및 생태계교란 야생생물은 블루길, 배스로 1과 2종 12개체가 조사되었으며, 범정보호종의 서식은 확인되지 않았다. 낙동강 분류의 경우 유량이 풍부하고 상하류로 개방된 상태이므로 다양한 수환경을 가지고 있어 개체수는 적게 확인되었으나, 종별로 개체수가 다양하

게 확인되어 상대적으로 군집상태가 안정적인 것으로 분석되었다 (Table 5). 우세종인 끄리 및 강준치는 국내 서식하는 어류이나 낙동강으로 이입된 육식성 어류로 서식지의 적절성과 먹이자원 등이 풍부해 우점율이 높은 것으로 판단된다.

군집분석 결과, 우점도 0.59 - 0.73, 다양도 1.37 - 1.79, 균등도 0.82 - 0.85, 풍부도 1.23 - 2.06의 범위로 산출되었다 (Table 6). 1차 조사에서 끄리의 비율이 높고, 2차 조사에서는 강준치의 비율이 높게 분석되었으나, 종별로 상대풍부도 편차가 크지 않아 상대적으로 다른 지점보다 군집상태가 양호한 것으로 분석되었다.

어류를 이용한 낙동강 분류 수생태 건강성 평가 결과

Table 4. List of appearance fish species fish at Nakdong river

Scientific name	Korean name	Nakdong river				Remark
		1st	2nd	Total	R.A.(%)	
Family Cyprinidae	잉어과					
<i>Erythroculter erythropterus</i>	강준치	2	11	13	17.3	
<i>Hemibarbus labeo</i>	누치	4	2	6	8.0	
<i>Hemiculter eigenmanni</i>	치리		2	2	2.7	
<i>Microphysogobio jeoni</i>	땡경모치	5		5	6.7	고
<i>Pseudorasbora parva</i>	참붕어		3	3	4.0	
<i>Squalidus chankaensis tsuchigae</i>	참물개	10		10	13.3	고
<i>Opsariichthys uncirostris amurensis</i>	끄리	19		19	25.3	
Family Siluridae	메기과					
<i>Silurus asotus</i>	메기	1		1	1.3	
Family Gobiidae	망둑어과					
<i>Rhinogobius giurinus</i>	갈문망둑	4		4	5.3	
Family Centrarchidae	검정우럭과					
<i>Lepomis macrochirus</i>	블루길	3	8	11	14.7	외,교
<i>Micropterus salmoides</i>	배스	1		1	1.3	외,교
Number of Appearance populations		9	5	11	100.0	
Number of appearance species		49	26	75		

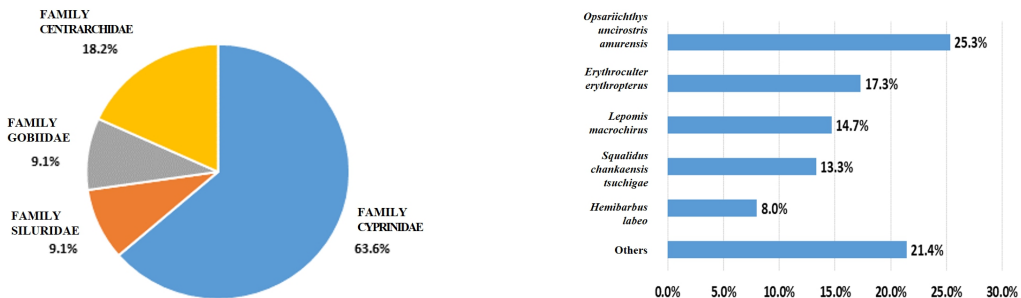


Fig. 8. Appearance fish species and relative richness index (Total survey).

Table 5. Fish species at Nakdong river

Classification			Species & Populations	Dominant Species & Important Species (Dominant rate)
Nakdong river	St.1	1st	9, 49	<i>Opsariichthys uncirostris amurensis</i> (38.8%), <i>Squalidus chankaensis tsuchigae</i> (20.4%)
		2nd	5, 26	<i>Erythroculter erythropterus</i> (42.3%), <i>Lepomis macrochirus</i> (30.8%)
	SUM		11, 75	<i>Opsariichthys uncirostris amurensis</i> (25.3%), <i>Erythroculter erythropterus</i> (17.3%)

Table 6. Population distribution of fish at Nakdong river

Classification			Dominance	Diversity	Evenness	Richness
Nakdong river	St.1	1st	0.59	1.79	0.82	2.06
		2nd	0.73	1.37	0.85	1.23

Table 7. Aquatic ecology evaluation at Nakdong river

Classification			FAI	Water quality
Nakdong river	St.1	1st	37.50	Bad (D)
		2nd	31.25	Bad (D)

FAI 값은 31.25 - 37.50의 값으로 산출되었으며, 수질 상태는 “나쁨 (D)”로 분석되었다. 이는 본류에서 조사된 어류상의 종수 및 개체수가 차수 대비 빈약하게 출현하였으며, 출현한 어류의 대부분은 오염내성이 높은 잡식종이 출현하여 산출된 것으로 분석되었다 (Table 7).

종합적으로 조사지점 현황에서 낙동강 본류는 뱀, 모래, 작은돌, 큰돌이 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. 낙동강 본류는 유속이 완만하고 정체된 수역에 서식하는 종들이 다수 채집되었고 양호한 군집을 형성하는 것으로 분석되었다. 낙동강 본류는 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 생물 다양성 위협 외래생물 관리기술 개발사업의 지원을 받아 연구되었습니다(1485019240).

References

- Geum River Basin Environmental Office. 2016. Monitoring on aquatic ecosystem to capture of largemouth bass (*micropterus salmoides*). (in Korean)
- Korea Environment Institute. 1998a. 외래종 유입에 대한 환경정책 추진방향. (in Korean)
- Korea Environment Institute. 1998b. 외래생물종 관리체계 개선방안연구. (in Korean)
- Korea Environment Institute. 2004. 생태계위해외래종의 통합관리 방안 연구. (in Korean)
- Korea Environment Institute. 2006. 생태계교란종에 대한 모니터링 체계 구축 및 관리방안 연구. (in Korean)
- Korea Water Resources Corporation. 1996. Studies on the Distribution and Effect of the Exotic Fishes in Dam Reservoir. (in Korean)
- 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.
- National Fisheries Research & Development Institute. 2009. Distribution, Utilization and Management strategy of Introduced Freshwater Fish. (in Korean)
- National Institute of Environment Research. 1995. Survey for ecological impact by naturalized organisms (I). (in Korean)
- National Institute of Environment Research. 1996. Survey for ecological impact by naturalized organisms (II). (in Korean)

- National Park Research Institute. 2020. Research on management plan for fish species disturbed by ecosystem. (in Korean)
- Nelson, J.S. 2006. Fishes of the World(4rd ed). John Wiley and Sons, New York, USA. 467
- Pielou, E.C. 1966. The measurement of diversity in different types of biological collections. *Journal of Theoretical Biology* 13: 131-144.
- Pielou, E.C. 1975. Ecological diversity. John Wiley & Sons, New York. p165.
- Wonju Regional Environmental Office. 2012. 토교저수지 어류서식실태 조사 보고서. (in Korean)
- 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)