

신갈호의 어류군집 특징 및 어구별 채집 효과 분석^{1a}

고명훈^{2*} · 한미숙³ · 최광식⁴ · 박인실⁵ · 박영석⁶

Fish Community Characteristics and the Influence of Fish Sampling Gears in Lake Singal, South Korea^{1a}

Myeong-Hun Ko^{2*}, Mee-Sook Han³, Kwang-Seek Choi⁴, Ihn-Sil Kwak⁵, Young-Seuk Park⁶

요약

신갈호의 어류군집 특징 및 어구별 채집 효과를 밝히기 위해 2020년 8월부터 2021년 10월까지 조사를 실시하였다. 채집 어구는 호소에서 일반적으로 사용되고 있는 족대와 투망, 자망, 정치망을 사용하였다. 조사결과, 조사기간 동안 채집된 어류는 7과 18종 3,501개체, 생체량 117,670g이었다. 개체수비 우점종은 참붕어(*Pseudorasbora parva*, 29.9%), 아우점종은 피라미(*Zacco platypus*, 25.1%), 다음으로 배스(*Micropterus salmoides*, 19.3%), 붕어(*Carassius auratus*, 9.1%), 밀어(*Rhinogobius brunneus*, 6.1%), 블루길(*Lepomis macrochirus*, 4.2%) 등의 순으로 우세하였으며, 생체량비 우점종은 붕어(45.1%), 아우점종은 잉어(*Cyprinus carpio*, 17.4%), 그 다음으로 배스(14.3%), 피라미(7.7%), 떡붕어(*C. cuvieri*, 7.4%), 참붕어(3.9%) 등의 순으로 우세하였다. 출현종 중 한국고유종은 몰개(*Squalidus japonicus coreanus*), 점줄종개(*Cobitis nalbanti*), 얼룩동사리(*Odontobutis interrupta*) 3종이었으며, 외래어종은 배스, 블루길, 떡붕어, 향어(*Cyprinus carpio nudus* type) 4종으로 이중 배스와 블루길은 생태계교란 생물로 지정된 종이다. 주요종의 평균 체장과 체중을 조사한 결과, 우점종인 참붕어는 체장 60±24.1mm, 체중 4.4±3.42g이었고, 아우점종인 피라미는 체장 82±17.6mm, 체중 10.4±7.27g, 우세종 배스는 체장 96±25.1mm, 체중 24.9±96.02g, 붕어는 체장 125±77.3mm, 체중 168±336.5g이었다. 어구별 조사결과, 족대로 채집된 어류는 3과 8종 302개체 생체량 1,269g, 투망으로 채집된 어류는 4과 11종 948개체 생체량 31,343g, 자망으로 채집된 어류는 4과 13종 682개체 생체량 69,695g, 정치망으로 채집된 어류는 7과 15종 1,569개체, 생체량 15,362g으로 나타났다. 어구별 조사결과를 요약하면, 정치망은 종수와 개체수가, 삼중자망은 생체량이 가장 많았으며, 투망은 연안지대의 종수와 개체수를 채집하는데 강점이 있었으며, 족대는 종수와 개체수, 생체량 모두 가장 적었으나 연안지대의 저서성 소형어류를 채집하는데 강점을 보였다.

주요어: 어류상, 군집구조, 조사어구, 외래종, 배스

1 접수 2024년 3월 15일, 수정 (1차: 2024년 5월 20일), 게재확정 2024년 5월 20일

Received 15 March 2024; Revised (1st: 20 May 2024); Accepted 20 May 2024

2 고수생태연구소 소장 Kosoo Biology Institute, 49 Mokdongjungangnamro14gagil, Yangcheon-gu, Seoul-si, 07955, Republic of Korea (hun7146@gmail.com)

3 고수생태연구소 대표이사 Kosoo Biology Institute, 49 Mokdongjungangnamro14gagil, Yangcheon-gu, Seoul-si, 07955, Republic of Korea (kosoeco@gmail.com)

4 고수생태연구소 연구원 Kosoo Biology Institute, 49 Mokdongjungangnamro14gagil, Yangcheon-gu, Seoul-si, 07955, Republic of Korea (akdlshrffpa10@gmail.com)

5 전남대학교 해양융합학과 교수 Department of Ocean Integrated Science, Chonnam National University, Yeosu 59626, Republic of Korea (inkwak07@naver.com)

6 경희대학교 생물학과 교수 Department of Biology, Kyung Hee University, Dongdaemun, Seoul 02447, Republic of Korea (parkys@khu.ac.kr)

a 본 결과물은 환경부의 재원으로 한국환경산업기술원 수생태계 건강성 확보 기술개발사업의 지원(과제번호: 2020003050003)으로 수행된 연구임

* 교신저자 Corresponding author: hun7146@gmail.com

ABSTRACT

Fish community characteristics and the influence of sampling gear were investigated in Lake Singal, South Korea, from August 2020 to October 2021. The employed sampling gears included a kick net, cast net, gill net, and fyke net, which are commonly utilized within the lake. Across three survey stations, a total of 18 fish species from seven families, comprising 3,501 individuals and contributing to a total biomass of 117,670 grams, were identified. Dominance among species was assessed based on individual count and biomass. *Pseudorasbora parva* was the most abundant, constituting 29.9% of the total catch, followed by *Zacco platypus* (25.1%) and *Micropterus salmoides* (19.3%). In terms of biomass, *Carassius auratus* was predominant, accounting for 45.1%, followed by *Cyprinus carpio* (17.4%) and *M. salmoides* (14.3%). Among the sampled species, three were identified as endemic to Korea: *Squalidus japonicus coreanus*, *Cobitis nalbanti*, and *Odontobutis interrupta*. Additionally, four exotic species were recorded, including *M. salmoides* and *Lepomis macrochirus*, both classified as invasive alien species, along with *C. cuvieri* and a variant of *Cyprinus carpio* (nudus type). Analysis of the average standard length (SL) and body weight (BW) revealed significant size variations among species. *P. parva*, the dominant species, measured 60 ± 24.1 mm (SL) and weighed 4.4 ± 3.42 g (BW). The subdominant species, *Z. platypus*, exhibited an SL of 82 ± 17.6 mm and a BW of 10.4 ± 7.27 g. *M. salmoides*, another dominant species, registered 96 ± 25.1 mm (SL) and 24.9 ± 96.02 g (BW), while *C. auratus* measured 125 ± 77.3 mm (SL) and weighed 168 ± 336.5 g (BW). In terms of gear-specific performance, the kick net captured eight species from three families, totaling 302 individuals with a biomass of 1,269 g. The cast net was more effective in coastal zones, collecting 11 species from four families, amounting to 948 individuals and 31,343 g of biomass. The gill net yielded the highest biomass, capturing 13 species from four families with 682 individuals weighing 69,695 g. The fyke net recorded the highest species diversity and number of individuals, capturing 15 species from seven families, totaling 1,569 individuals and 15,362 g of biomass. The fyke net proved most efficient in species and individual counts, whereas the gill net was superior for biomass collection. Conversely, the kick net demonstrated effectiveness in collecting small benthic species in coastal areas.

KEY WORDS: FISH FAUNA, COMMUNITY STRUCTURE, FISH SAMPLING GEARS, EXOTIC SPECIES, MICROPTERUS SALMOIDES

서론

수생태계는 물이 흐르는 우수생태계(Lotic ecosystem)와 물이 정체된 정수생태계(Lentic ecosystem)로 구분할 수 있으며, 각각의 물리, 화학, 생물학적 상호작용으로 독특한 생태계를 형성하고 있다(Allan and Castillo, 2007; Jorgensen *et al.*, 2012). 우리나라 정수생태계는 호소로 대표되고, 대부분 1970년대 이후 생·공용수 및 농업용수 공급, 전력생산, 홍수조절 등의 목적으로 인건설되었으며, 전국적으로 18,000여개가 있으며 규모에 따라 대형호, 중형호, 소형호로 구분된다(Kwater, 2007; ME, 2022). 수생태계에 서식하

는 생물 중 담수어류는 먹이사슬 최상위 소비자이며, 지질학적 역사로 인한 어류의 이동 및 종분화, 생태적 상호작용을 통해 현재의 독특한 분포양상을 보이는데, 호소에 서식하는 어류는 우수역보다 정수역에 잘 적응한 어류가 주로 서식하고 있고(Nishimura, 1974; Kim, 1997; Moyle and Cech, 2000; Yoo *et al.*, 2016), 최근 수질 악화와 외래종의 도입, 상업종의 남획 등의 원인으로 어류상 및 군집구조에 큰 영향을 받고 있다(Choi *et al.*, 2006; Park *et al.*, 2021; ME, 2022).

신갈호(신갈지, 기흥저수지)는 안성천 지류 오산천 상류 부인 경기도 용인시 기흥구 고매동에 위치한 소형호로 농업

용수 공급을 위해 한국농어촌공사가 1957년에 착공하여 1964년에 준공되었고, 수혜면적 1,225.7ha, 유역면적 5,300.0ha, 저수량 11,659,000m³이다(RAWRIS, 2022). 최근에는 신갈호 주변이 도시화가 진행되어 농업용수로의 활용도가 낮아져 공원으로 개발하여 이용하고 있으며, 수질 개선사업의 일환으로 유입부에 매립지를 조성하고 있다(RAWRIS, 2022). 신갈호에 관한 연구는 수질 및 오염도(Jung, 2007; Jeon, 2016), 퇴적물오염도(Ahn *et al.*, 2008), 식물플랑크톤(Lee, 2023), 동물플랑크톤(Ji *et al.*, 2022) 등에 대한 연구가 수행되었으나 아직까지 어류상 및 어류군집에 대한 연구는 이루어지지 않았다.

담수어류의 채집어구는 족대와 투망, 자망, 정치망, 통발, 전기충격기, 주낙 등 다양한 방법이 있으며(Portt *et al.*, 2006; Joy *et al.*, 2013), 하천 규모 및 조사지 유형에 따라 채집방법에도 큰 차이를 보인다. 특히 호소의 경우 수심이 깊고 규모가 크기 때문에 하천에 사용하는 조사방법인 족대와 투망을 활용한 조사는 한계가 있어 조사자에 따라 자망, 정치망, 통발, 주낙 등을 선택적으로 추가하여 조사한 바 있다(Kim *et al.*, 2005a; Kwater, 2006; Han and An, 2010; Yang, 2010; 2008; Jang *et al.*, 2020). 환경부 국립환경과학원 정수수생태 조사방법으로 호소는 족대와 투망, 삼중자망을, 4대강 보 구간에서는 족대와 투망, 삼중자망, 삼각망을 조사도구로 명시하고 있고(NIER, 2016), 해양수산부 국립수산과학원의 내수면 수산자원 조사에서는 족대와 투망, 주낙, 삼중자망, 일각망(낭장망), 삼각망 등을 사용하는 지침이 마련되어 있어(NFRDI, 2015) 환경부와 차이를 보인다.

본 조사에서는 호소에 일반적으로 사용하는 어구인 족대와 투망, 삼중자망, 정치망을 사용하여 신갈호의 어류상 및 어류군집 특징을 밝히고 조사 어구별 채집 효율을 분석하며 나아가 어류 보존방안에 대해 논의하고자 하였다.

연구방법

1. 조사 지점 및 지점

본 연구는 경기도 용인시에 위치한 신갈호에서 2020년 1차(8월 13~14일), 2차(10월 21~22일), 2021년 3차(4월 20~21일), 4차(7월 13~14일), 5차(10월 20~21일)로 나누어 조사를 실시하였다. 조사지점은 신갈호의 유입부(St. 1), 중앙부(St. 2), 유출부(St. 3)로 나누어 지점을 선정 하였으며(Figure 1) 행정구역은 다음과 같다.

St. 1 (유입부): 경기도 용인시 기흥구 하갈동
(37°15'19.19"N, 127° 5'47.12"E)

St. 2 (중앙부): 경기도 용인시 기흥구 하갈동
(37°14'26.92"N, 127° 5'36.36"E)

St. 3 (유출부): 경기도 용인시 기흥구 농서동
(37°13'16.83"N, 127° 5'29.10"E)

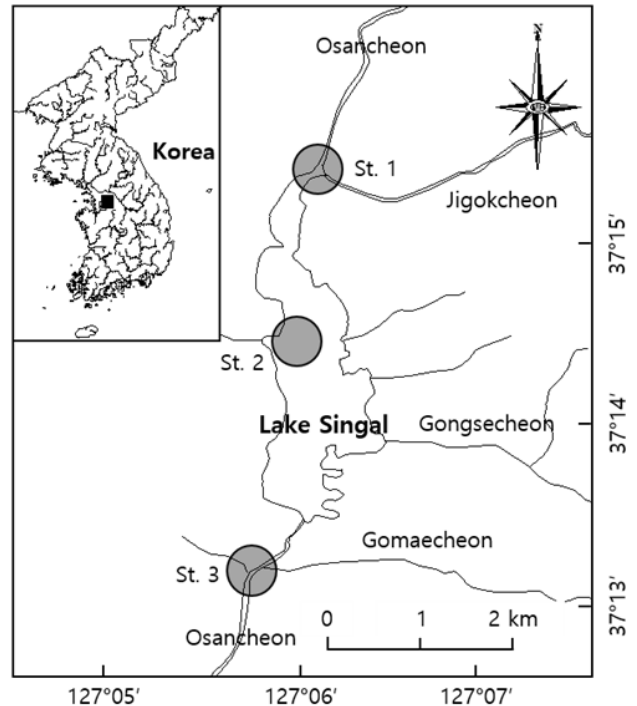


Figure 1. Study stations in the Lake Singal, Yongin-si, Gyeonggi-do, Korea.

2. 조사방법

1) 서식지 환경요인

서식지의 물리적 환경요인은 하폭과 유폍, 수심, 고도, 하상구조 등을 조사하였다. 이중 하폭과 유폍, 수심은 거리 측정용 망원경(Yardage pro Tour XL, BUSHNELL, Japan)과 줄자를 이용하여 측정하였다. 하천형은 Kani(1944)에 따라 구분하였고, 하상구조는 Cummins(1962)의 방법을 응용하여 현장에서 육안으로 구분하였다. 고도는 Google Earth (Google Earth Pro, USA)의 정보를 이용하였다.

2) 수질

신갈호의 수질(수온, 용존산소량(DO), 생물학적산소요구량(BOD), 화학적산소요구량(COD), 부유물질(SS), 총질소(TN), 총인(TP), 총유기탄소(TOC), 수소이온농도(pH), 전기전도도(EC), 엽록소-a)은 농촌용수종합정보시스템(RAWRIS, 2022)의 자료를 인용하였고, 수질 등급은 물환경정보시스템

Table 1. Physical environments at the study stations in Lake Singal, Korea from 2020 to 2021

| Stations | River width (m) | Water width (m) | Water depth (m) | Altitude (m) | Bottom structure (%)*** | | | | | | Etc# |
|----------|-----------------|-----------------|-----------------|--------------|-------------------------|----|----|----|----|----|------|
| | | | | | M | S | G | P | C | B | |
| St. 1 | 60-80 | 20-40 | 0.3-1.5 | 47 | 10 | 30 | 10 | 30 | 10 | 10 | W,RW |
| St. 2 | 550-650 | 500-600 | 0.5-5.0 | 44 | 70 | - | 10 | 10 | 10 | - | |
| St. 3 | 60-70 | 15-25 | 0.3-1.2 | 34 | 10 | 10 | 20 | 40 | 20 | - | RW |

*River type: by Kani (1944); **M: mud (-0.1 mm), S: sand (0.1-2 mm), G: gravel (2-16 mm), P: pebble (16-64 mm), C: cobble (64-256 mm), B: boulder (256< mm) -modified Cummins (1962), #W: weir, RW: river work.

의 수질 및 수생태계 환경기준에 따라 7단계 등급인 매우 좋음(Ia), 좋음(Ib), 약간 좋음(II), 보통(III), 약간 나쁨(IV), 나쁨(V), 매우 나쁨(VI)으로 나누어 평가하였다(RAWRIS, 2022).

3) 어류의 채집 및 분류

어류상 및 어구별 채집 효율을 파악하기 위해 호소에서 일반적으로 사용하는 어구인 족대(kick net), 투망(cast net), 삼중자망(gill net), 정치망(fyke net)을 사용하였다. 족대(망목 4×4mm)는 2인 1조로 지점당 30분 조사를 실시하였고, 투망(망목 6×6mm)은 지점당 10회를 시행하였으며, 삼중자망은 50m 길이의 4절과 12절을 지점당 각각 1개씩 사용하여 야간을 포함하여 24시간 정치하였다. 또한 정치망은 호내의 경우 삼각망(망목 4×4mm, 유도망 길이 20m, 높이 2m, 3개)을, 하천의 경우 일각망(망목 4×4 mm, 유도망 양쪽 길이 5m, 높이 1.5m)을 사용하여 24시간 정치하였다. 채집된 표본은 현장에서 동정, 분류하여 체장(SL)은 1mm, 체중(BL)은 0.1g까지 측정하였고 이후 바로 방류하였다. 어구별 체장 및 체중에 대한 통계적 유의성은 SPSS 21.0을 사용하여 일원배치분산분석(One-way ANOVA, post analysis(LSD), α=0.05)을 수행하여 검증하였다. 동정은 Kim(1997)과 Kim et al.(2005b), Kim and Park(2007)을 따랐고, 학명은 NIBR (2022)을, 분류체계는 Nelson(2006)을 따랐다. 군집분석은 조사시기 및 조사지점별 출현한 종과 개체수를 기준으로 우점도지수(McNaughton, 1967), 다양도지수(Shannon-Weaver, 1949), 풍부도지수(Margalef, 1958), 균등도지수(Pielou, 1975) 등을 분석하였다.

St. 1은 신갈호 유입부로 하폭 60~80m, 유폍 20~40m, 수심 0.3~1.5m이고 하천형은 중류형(Bb type), 고도 47m이며 하상은 자갈(30%), 모래(30%) 등의 순이었다. St. 2는 신갈호 중앙부로 폭이 550~650m, 유폍 500~600m, 수심 0.5~5.0 m이고 고도는 44m이며 하상은 주로 펄(70%) 등으로 이루어져 있었다. St. 3은 신갈호 유출부로 하폭 60~70m, 유폍 15~25m, 수심 0.3~1.2m이고 하천형은 중류형(Bb type), 고도 34m이며 하상은 자갈(40%), 돌(20%), 잔자갈(20%) 등의 순이었다. 조사시기에 따라 유량에 큰 차이를 보였으며, 신갈호는 어업이 금지되어 있었고 상류 일부만 낚시터로 이용되고 있었다. 조사 기간인 2021년 봄 상류부에 하천공사가 진행되어 일부 서식지가 교란되었고, St. 1에 보가 설치되어 있어 어류의 소상에 장애물로 작용하고 있었으며, St. 1과 St. 3에 일부 생활하수 및 공장폐수가 유입되고 있었다.

2) 수질

2020년 2월부터 2021년 10월까지의 신갈호의 수질은 Table 2와 같이 나타났다. 2020년과 2021년의 수질은 큰 차이가 없었으며, 각 항목별 측정값은 수온 17.9±6.3 (mean±SD)℃, pH 7.4~8.7, 전기전도도 530±112μs/cm, 용존산소량 9.6±1.8mg/L, 총유기탄소 4.6±0.9mg/L, 화학적 산소요구량 5.8±1.1mg/L, 총질소 4.85±1.11mg/L, 총인 0.03±0.02mg/L, 부유물질 8.3±5.5mg/L, 엽록소-a 18.2±11.6mg/m³로 나타났으며, 수질등급은 평균 보통(III)이며 범위는 약간 좋음(II)~나쁨(V)이었다.

2. 출현어류

1) 전체 출현어류

2020년부터 2021년까지 5회 어류상 조사를 실시한 결과 Table 3과 같이 3목 7과 18종 3,501개체 117,700g이 채집되었다. 조사차수별 출현어류는 1차 3목 6과 15종 1,243개체 21,676g, 2차 3목 6과 13종 635개체 12,253g, 3차 2목 4과 8종 100개체 33,204g, 4차 3목 6과 14종 903개체 24,738g, 5차 3목 5과 12종 620개체 25,799g으로 나타나 종수와 개체

결 과

1. 서식환경

1) 수문환경

조사지점별 수문환경 및 교란요인은 Table 1과 같았다.

Table 2. Water quality status in Lake Singal, Korea from 2020 to 2021

| Date | Water temperature (°C) | pH | EC ($\mu\text{s}/\text{cm}$) | DO (mg/L) | TOC (mg/L) | COD (mg/L) | T-N (mg/L) | T-P (mg/L) | SS (mg/L) | Chl-a (mg/m ³) | Grade* |
|------------------|------------------------|---------|--------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|---------------------|----------------------|-------------------|----------------------------|--------|
| 2020-02-11 | 7.1 | 7.9 | 512 | 12.6 | 4.6 | 6.4 | 6.12 | 0.02 | 6.6 | 23.0 | III |
| 2020-03-18 | 11.6 | 7.8 | 572 | 13.2 | 5.8 | 4.3 | 6.94 | 0.07 | 2.8 | 10.4 | IV |
| 2020-04-14 | 13.5 | 8.1 | 576 | 10.8 | 4.4 | 6.7 | 5.52 | 0.01 | 5.3 | 7.0 | III |
| 2020-05-07 | 18.8 | 8.6 | 618 | 10.9 | 5.9 | 8.2 | 5.25 | 0.01 | 5.2 | 9.2 | IV |
| 2020-06-10 | 23.8 | 7.9 | 603 | 7.9 | 4.7 | 6.5 | 4.57 | 0.01 | 4.6 | 43.3 | III |
| 2020-07-07 | 24.4 | 8.2 | 524 | 7.7 | 4.6 | 5.4 | 4.06 | 0.02 | 7.2 | 13.6 | III |
| 2020-08-21 | 25.7 | 8.7 | 263 | 8.7 | 3.3 | 4.5 | 2.75 | 0.06 | 6.4 | 32.8 | II |
| 2020-09-17 | 21.7 | 8.1 | 368 | 8.6 | 4.8 | 5.9 | 3.24 | 0.05 | 19.7 | 32.7 | III |
| 2020-10-14 | 19.0 | 7.7 | 429 | 7.9 | 3.2 | 5.4 | 3.38 | 0.02 | 10.8 | 24.1 | II |
| 2020-11-03 | 14.0 | 7.6 | 759 | 8.6 | 3.6 | 4.9 | 4.23 | 0.02 | 10.6 | 6.7 | II |
| 2020-12-03 | 7.6 | 7.4 | 538 | 10.2 | 3.7 | 4.5 | 5.04 | 0.02 | 15.6 | 4.8 | II |
| 2021-03-11 | 10.9 | 8.3 | 651 | 13.4 | 5.1 | 6.1 | 6.17 | 0.03 | 5.6 | 23.6 | IV |
| 2021-04-09 | 13.8 | 7.6 | 631 | 9.5 | 4.3 | 5.6 | 6.08 | 0.03 | 1.3 | 3.5 | III |
| 2021-05-12 | 16.4 | 7.7 | 605 | 8.7 | 4.5 | 5.8 | 5.39 | 0.02 | 6.4 | 7.2 | III |
| 2021-06-07 | 19.9 | 8.2 | 541 | 9.0 | 5.4 | 5.8 | 4.70 | 0.03 | 4.6 | 24.9 | IV |
| 2021-07-07 | 23.7 | 7.9 | 495 | 7.5 | 4.3 | 5.5 | 4.27 | 0.03 | 6.1 | 10.9 | III |
| 2021-08-06 | 29.3 | 8.7 | 476 | 10.0 | 6.7 | 8.2 | 4.25 | 0.04 | 19.7 | 34.1 | V |
| 2021-09-06 | 23.4 | 8.1 | 418 | 8.7 | 4.3 | 5.9 | 3.96 | 0.02 | 3.6 | 17.4 | III |
| 2021-10-25 | 16.2 | 7.6 | 491 | 8.4 | 4.4 | 5.2 | 4.39 | 0.05 | 15.0 | 16.9 | III |
| Average \pm SD | 17.9 \pm 6.33 | 7.4-8.7 | 530 \pm 112.1 | 9.6 \pm 1.83 | 4.6 \pm 0.89 | 5.8 \pm 1.07 | 4.752 \pm 1.10 | 0.029 \pm 0.015 | 8.3 \pm 5.48 | 18.2 \pm 11.62 | |

*River living environment standard grade (RAWRIS, 2022)

수는 1차에서 가장 많았으며, 생체량은 5차에서 가장 높게 나타났다. 분류군별 출현 종수는 잉어과(Cyprinidae)가 10종(종구성비: 55.6%)으로 가장 많았으며, 미꾸리과(Cobitidae)와 검정우럭과(Centrarchidae)는 2종(11.1%), 메기과(Siluridae)와 동사리과(Odontobutidae), 망둑어과(Gobiidae), 가물치과(Channidae)는 각각 1종(5.6%)씩 출현하였다. 개체수비 우점종은 참붕어(*Pseudorasbora parva*, 29.9%), 아우점종은 피라미(*Zacco platypus*, 25.1%), 그 다음으로 배스(*Micropterus salmoides*, 19.3%), 붕어(*Carassius auratus*, 9.1%), 밀어(*Rhinogobius brunneus*, 6.1%), 블루길(*Lepomis macrochirus*, 4.2%), 떡붕어(*C. cuvieri*, 1.2%) 등의 순으로 우세하였다. 생체량비 우점종은 붕어(45.1%), 아우점종은 잉어(*Cyprinus carpio*, 17.4%), 그 다음으로 배스(14.3%), 피라미(7.7%), 떡붕어(7.4%), 참붕어(3.9%), 블루길(1.6%) 등의 순으로 우세하였다(Fig. 2). 출현종 중 한국고유종은 물개(*Squalidus japonicus coreanus*), 점줄종개(*Cobitis nalbanti*), 얼룩동사

리(*Odontobutis interrupta*) 3종이었으며, 외래어종은 향어, 떡붕어, 배스, 블루길 4종이며 이중 배스와 블루길은 생태계 교란 생물로 지정된 종이였다.

2) 지점별 출현현황

St. 1에서는 3목 6과 11종 988개체 21,852g이 채집되었는데, 이중 족대는 2목 3과 6종 201개체 생체량 448g, 투망은 2목 3과 6종 410개체 생체량 16,690g, 자망은 3목 4과 8종 77개체 생체량 2,233g, 정치망(일각망)은 3목 5과 8종 300개체 생체량 2,480g으로 종수는 자망과 정치망, 개체수와 생체량은 투망이 가장 높았다.

St. 2에서는 3목 6과 14종 1,887개체 78,993g이 채집되었는데, 이중 족대는 2목 3과 4종 56개체 생체량 92g, 투망은 2목 2과 8종 237개체, 생체량 7,795g, 자망은 3목 3과 11종 432개체, 생체량 59,929g, 정치망(삼각망)은 2목 4과 8종 1,162개체, 생체량 11,177g으로 종수와 생체량은 자망이 개체수는 정치망이 가장 많았다.

Table 3. Number of individuals and biomass of fishes collected in Lake Singal, Korea from 2020 to 2021

| Scientific name | Number of individuals | | | | | | | | | | | | | | Biomass (g) | | | | | | Total | RA | Etcs** |
|-------------------------------------|-----------------------|-------|-------|----------------------|-----|-----|-------|-------|-------|----------|----------|----------|---------|----------|---------------------|----------|-----------|-------|-------|--|-------|----|--------|
| | Stations | | | Fish sampling gears* | | | | | | Stations | | | | | Fish sampling gears | | | | | | | | |
| | St. 1 | St. 2 | St. 3 | KN | CN | GN | FN | FN | RA** | St. 1 | St. 2 | St. 3 | KN | CN | GN | FN | | | | | | | |
| Order Cypriniformes | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Family Cyprinidae | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Cyprinus carpio</i> | 26 | 54 | 14 | 6 | 22 | 43 | 23 | 94 | 2.68 | 12,918.8 | 5,751.8 | 1,817.6 | 138.2 | 18,119.6 | 1,746.3 | 484.1 | 20,488.2 | 17.41 | | | | | |
| <i>Cyprinus carpio</i> (nudus type) | | 1 | | | 1 | | 1 | 1 | 0.03 | | 8.0 | | | 8.0 | | | 8.0 | 0.01 | Ex | | | | |
| <i>Carassius auratus</i> | 54 | 179 | 84 | 39 | 36 | 186 | 56 | 317 | 9.05 | 469.6 | 45,475.9 | 7,164.9 | 449.4 | 1,991.8 | 49,281.8 | 1,387.3 | 53,110.3 | 45.14 | | | | | |
| <i>Carassius civiteri</i> | | 41 | | | 41 | | 41 | 41 | 1.17 | 8,646.2 | | | | 8,646.2 | | | 8,646.2 | 7.35 | Ex | | | | |
| <i>Pseudorasbora parva</i> | 77 | 933 | 36 | 20 | 41 | 55 | 930 | 1046 | 29.88 | 67.5 | 4,381.4 | 174.6 | 29.6 | 17.1 | 710.9 | 3,865.9 | 4,623.4 | 3.93 | | | | | |
| <i>Squalidus japonicus coreanus</i> | 4 | 12 | | 1 | 3 | 4 | 8 | 16 | 0.46 | 44.0 | 108.8 | | 1.8 | 20.8 | 55.2 | 75.0 | 152.8 | 0.13 | En | | | | |
| <i>Pseudogobio esocinus</i> | | 28 | | | 6 | 18 | 4 | 28 | 0.80 | 724.5 | | | | 118.3 | 484.5 | 121.7 | 724.5 | 0.62 | | | | | |
| <i>Zacco platypus</i> | 605 | 92 | 183 | 14 | 559 | 55 | 252 | 880 | 25.14 | 5,774.0 | 1,075.9 | 2,222.5 | 38.0 | 5,761.8 | 1,161.9 | 2,110.8 | 9,072.4 | 7.71 | | | | | |
| <i>Erythroculter erythropterus</i> | | 1 | | | 1 | | 1 | 1 | 0.03 | 28.1 | | | | | | 28.1 | 28.1 | 0.02 | | | | | |
| <i>Hemiculter eigenmanni</i> | 4 | 7 | | 1 | 1 | 10 | 11 | 11 | 0.31 | 150.0 | 392.6 | | | 21.0 | 521.6 | | 542.6 | 0.46 | | | | | |
| Family Cobitidae | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Misgurnus anguillicaudatus</i> | 2 | | | | 2 | | 2 | 2 | 0.06 | 28.3 | | | | | | 28.3 | 28.3 | 0.02 | | | | | |
| <i>Cobitis nalbanti</i> | | 1 | | | 1 | | 1 | 1 | 0.03 | 4.2 | | | | | | 4.2 | 4.2 | 0.00 | En | | | | |
| Order Siluriformes | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Family Siluridae | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Silurus asotus</i> | 4 | 2 | | | 3 | | 3 | 6 | 0.17 | 323.2 | 654.4 | | | 822.4 | 155.2 | | 977.6 | 0.83 | | | | | |
| Order Perciformes | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Family Centrarchidae | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Micropterus salmoides</i> | 56 | 377 | 244 | 26 | 268 | 217 | 166 | 677 | 19.34 | 1,721.7 | 10,630.6 | 4,478.9 | 532.3 | 5,213.4 | 5,305.9 | 5,779.6 | 16,831.2 | 14.30 | Ex,Ed | | | | |
| <i>Lepomis macrochirus</i> | 143 | 3 | 3 | 8 | 5 | 46 | 87 | 146 | 4.17 | 1,844.3 | 54.1 | | 5.5 | 69.0 | 896.3 | 927.7 | 1,898.4 | 1.61 | Ex,Ed | | | | |
| Family Odontobutidae | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Odontobutis interrupta</i> | 11 | 1 | 5 | | 3 | 14 | 17 | 17 | 0.49 | 300.2 | 0.3 | 124.3 | | | 54.1 | 370.7 | 424.8 | 0.36 | En | | | | |
| Family Gobiidae | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Rhinogobius brunneus</i> | 145 | 44 | 26 | 188 | 6 | 21 | 215 | 6.14 | 54.3 | 13.2 | 22.3 | 74.7 | 1.2 | | | 13.9 | 89.8 | 0.08 | | | | | |
| Family Channidae | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Channa argus</i> | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 0.06 | 10.0 | 9.0 | 9.0 | 9.0 | 9.0 | 10.0 | 10.0 | 19.0 | 0.02 | | | | | |
| Number of species | 11 | 14 | 12 | 8 | 11 | 13 | 15 | 18 | | 11 | 14 | 12 | 8 | 11 | 13 | 15 | 18 | | | | | | |
| Number of individuals | 988 | 1,887 | 626 | 302 | 948 | 682 | 1,569 | 3,501 | | 21,851.5 | 78,993.3 | 16,824.9 | 1,269.4 | 31,342.9 | 69,695.1 | 15,362.3 | 117,669.7 | | | | | | |

*KN: Kick net, CN: Cast net, FN: Fyke net, **RA: relative abundance, ***En: Korean endemic species, Ex: exotic species, Ed: ecosystem-disturbing species.

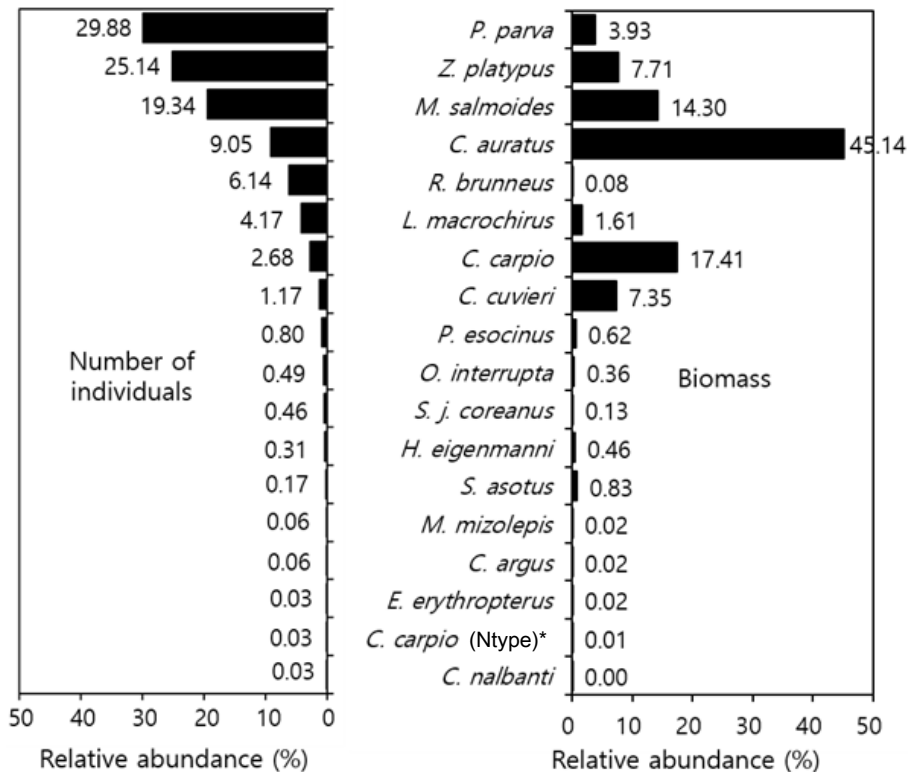


Figure 2. Comparison between number of individuals and biomass relative abundance in Lake Singal, Korea from 2020 to 2021. **Cyprinus carpio* (Nudus type).

St. 3에서는 2목 6과 12종 626개체 16,825g이 채집되었는데, 이중 족대는 2목 3과 7종 45개체, 생체량 730g, 투망은 2목 4과 7종 301개체, 생체량 6,858g, 자망은 2목 3과 7종, 173개체, 생체량 7,533g, 정치망(일각망)은 2목 5과 8종 107개체, 생체량 1,705g으로 종수는 정치망, 개체수는 투망, 생체량은 자망이 가장 높았다.

3) 어구별 출현현황

어구별로 채집된 어류는(Table 3, Fig. 4), 족대에서 2목 3과 8종 302개체 생체량 1,269g이었다. 개체수비는 밀어(62.3%), 붕어(12.9%), 배스(8.6%), 참붕어(6.6%), 피라미(4.6%), 블루길(2.7%) 등의 순으로, 생체량비는 배스(41.9%), 붕어(35.4%), 잉어(10.9%), 밀어(5.9%), 피라미(3.0%), 참붕어(2.3%) 등의 순으로 우세하였다. 채집된 어류의 평균 체장은 47.1±29.5mm, 평균 생체량은 5.6±11.1g이었다.

투망에서 채집된 어류는 2목 4과 11종 948개체 생체량 31,343g이었다. 개체수비는 피라미(59.0%), 배스(28.3%), 참붕어(4.3%), 붕어(3.8%), 잉어(2.3%) 등의 순으로, 생체량비는 잉어(57.8%), 피라미(18.4%), 배스(16.6%), 붕어

(6.4%) 등의 순으로 우세하였다. 채집된 어류의 평균 체장은 91.2±40.8mm, 평균 생체량은 35.6±187.3g이었다.

자망에서 채집된 어류는 3목 4과 13종 682개체, 생체량 69,695g이었다. 개체수비는 배스(31.8%), 붕어(27.3%), 피라미(8.1%), 참붕어(8.1%), 블루길(6.7%), 잉어(6.3%), 떡붕어(6.0%), 모래무지(2.6%) 등의 순으로, 생체량비는 붕어(70.7%), 떡붕어(12.4%), 배스(7.6%), 잉어(2.5%), 블루길(1.3%) 등의 순으로 우세하였다. 채집된 어류의 평균 체장은 118.7±58.5mm, 평균 생체량은 106.4±270.9g이었다.

정치망에서 채집된 어류는 3목 7과 15종 1,569개체 생체량 15,362g이었다. 개체수비는 참붕어(59.3%), 피라미(16.1%), 배스(10.6%), 블루길(5.5%), 붕어(3.6%), 잉어(1.5%), 밀어(1.3%) 등의 순으로, 생체량비는 배스(37.6%), 참붕어(25.1%), 피라미(13.7%), 블루길(6.0%), 붕어(9.0%), 잉어(3.2%) 등의 순으로 우세하였다. 채집된 어류의 평균 체장은 68.4±31.2 mm, 평균 생체량은 11.4±72.9g이었다.

어구별 채집된 결과를 비교해 보면, 종수는 정치망, 자망, 투망, 족대 순으로, 개체수는 정치망, 투망, 자망, 족대 순으로, 생체량은 자망, 투망, 정치망, 족대 순으로 높게 나타났다.

어구별 채집된 어류의 체장에 대한 유의성은 모두 매우 높았으며(One-way-ANOVA, post analysis(LSD), $P < 0.001$), 체중에 대한 유의성은 족대와 정치망에 대해서만 유의성이 없으나($P > 0.05$) 그 외의 어구간에는 모두 큰 유의성을 보였다($P < 0.001$)(Figure 3).

3. 종별 체장 및 체중, 주요종의 체장빈도분포도

종별 평균 체장 및 체중은 Table 5와 같이 나타났는데, 우점종인 참붕어는 체장 60 ± 24.1 mm, 체중 4.4 ± 3.42 g이었고, 아우점종인 피라미는 체장 82 ± 17.6 mm, 체중 10.4 ± 7.27 g였으며, 우세종 중 배스는 체장 96 ± 25.1 mm, 체중 24.9 ± 96.02 g, 붕어는 체장 125 ± 77.3 mm, 체중 168 ± 336.5 g, 밀어는 체장

26 ± 6.8 mm, 체중 0.4 ± 0.38 g, 블루길은 체장 53 ± 30.4 mm, 체중 13.0 ± 25.2 g이었다.

우점종 및 우세종인 참붕어와 피라미, 배스, 붕어, 밀어, 블루길, 잉어, 떡붕어 8종의 체장빈도분포도는 Figure 5와 같이 나타났다. 개체수비 우점종 참붕어는 체장 24~96mm 범위로 40~70mm에 높은 빈도를 보였고, 아우점종인 피라미는 23~132mm 범위로 60~100mm에 높은 빈도를 보였다. 붕어는 25~384mm로 크게 30~100mm, 100~250mm, 280~384mm로 구분되었으며 280~384mm는 개체수는 적으나 체중이 800g 이상으로 높은 체중을 보였다. 밀어는 18~47mm로 가장 좁은 범위를 보였는데, 크게 18~20mm, 34~47mm로 구분되었으며 18~20mm에 높은 빈도를 보였다. 잉어는 35~440mm로 넓은 범위를 보였으나 40~120mm에 높은 빈도를 보였다. 외래종인 배스는 50~455mm로 넓은 범위를 보였으나 50~150mm인 작은 체장범위에 높은 빈도를 보였고, 블루길은 20~151mm 범위로 크게 20~50mm, 50~100mm, 110~151mm로 구분되었으며, 떡붕어는 64~344mm 범위로 90~120mm에 높은 빈도를 보였다.

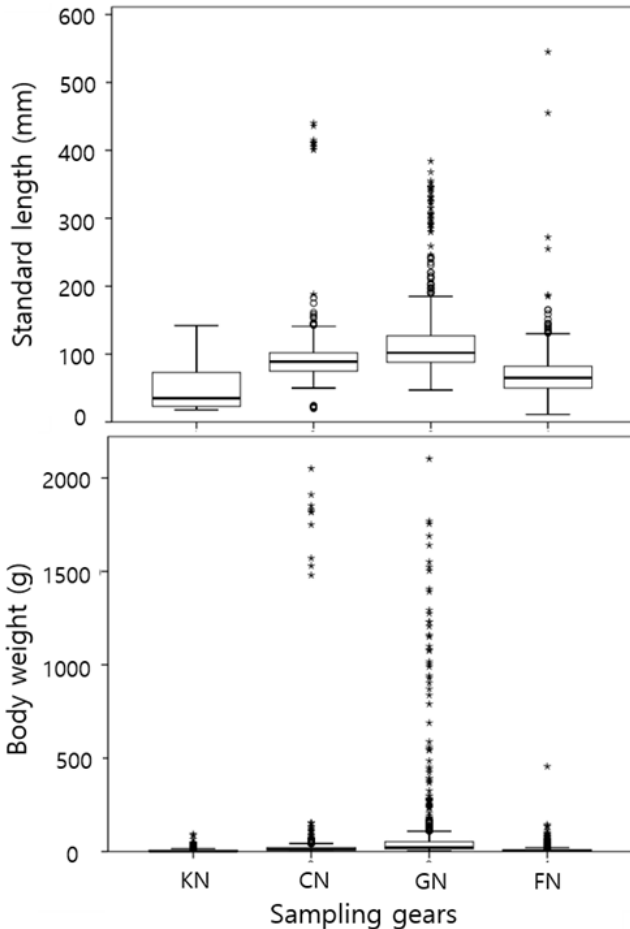


Figure 3. Comparison of fish sampling gears by standard length and body weight in Lake Singal, Korea from 2020 to 2021. The diagrams indicate the median (horizontal line) and 50% range (rectangle). Open circle indicate potential outlier and black star indicate extreme value. KN: Kick net, CN: Cast net, GN: Gill net, FN: Fyke net.

Table 4. Standard length and body weight of fishes collected in Lake Singal, Korea from 2020 to 2021

| Scientific name | N | Standard length (mm) | Body weight (g) |
|-------------------------------------|-----|----------------------|-----------------|
| <i>Cyprinus carpio</i> | 94 | 131.5±102.93 | 218.0±540.08 |
| <i>Cyprinus carpio</i> (Nudus type) | 1 | 65.0 | 8.0 |
| <i>Carassius auratus</i> | 317 | 124.8±77.31 | 167.5±336.49 |
| <i>Carassius cuvieri</i> | 41 | 135.0±73.85 | 210.9±442.67 |
| <i>Pseudorasbora parva</i> | 629 | 59.9±24.11 | 4.4±3.42 |
| <i>Squalidus japonicus coreanus</i> | 16 | 75.7±14.43 | 9.6±5.45 |
| <i>Pseudogobio esocinus</i> | 28 | 117.2±11.35 | 25.9±7.37 |
| <i>Zacco platypus</i> | 880 | 82.2±17.62 | 10.4±7.27 |
| <i>Erythroculter erythropterus</i> | 1 | 255.0 | 28.1 |
| <i>Hemiculter eigenmanni</i> | 11 | 145.1±31.53 | 49.3±33.83 |
| <i>Misgurnus anguillicaudatus</i> | 2 | 117.5±3.54 | 14.2±1.06 |
| <i>Cobitis nalbanti</i> | 1 | 85.0 | 4.2 |
| <i>Silurus asotus</i> | 6 | 240.5±84.75 | 162.9±139.43 |
| <i>Micropterus salmoides</i> | 677 | 95.8±25.10 | 24.9±96.02 |
| <i>Lepomis macrochirus</i> | 146 | 53.4±30.38 | 13.0±25.20 |
| <i>Odontobutis interrupta</i> | 17 | 90.4±29.68 | 25.0±16.74 |
| <i>Rhinogobius brunneus</i> | 215 | 26.3±6.82 | 0.4±0.38 |
| <i>Channa argus</i> | 2 | 89.0±8.49 | 9.5±0.71 |

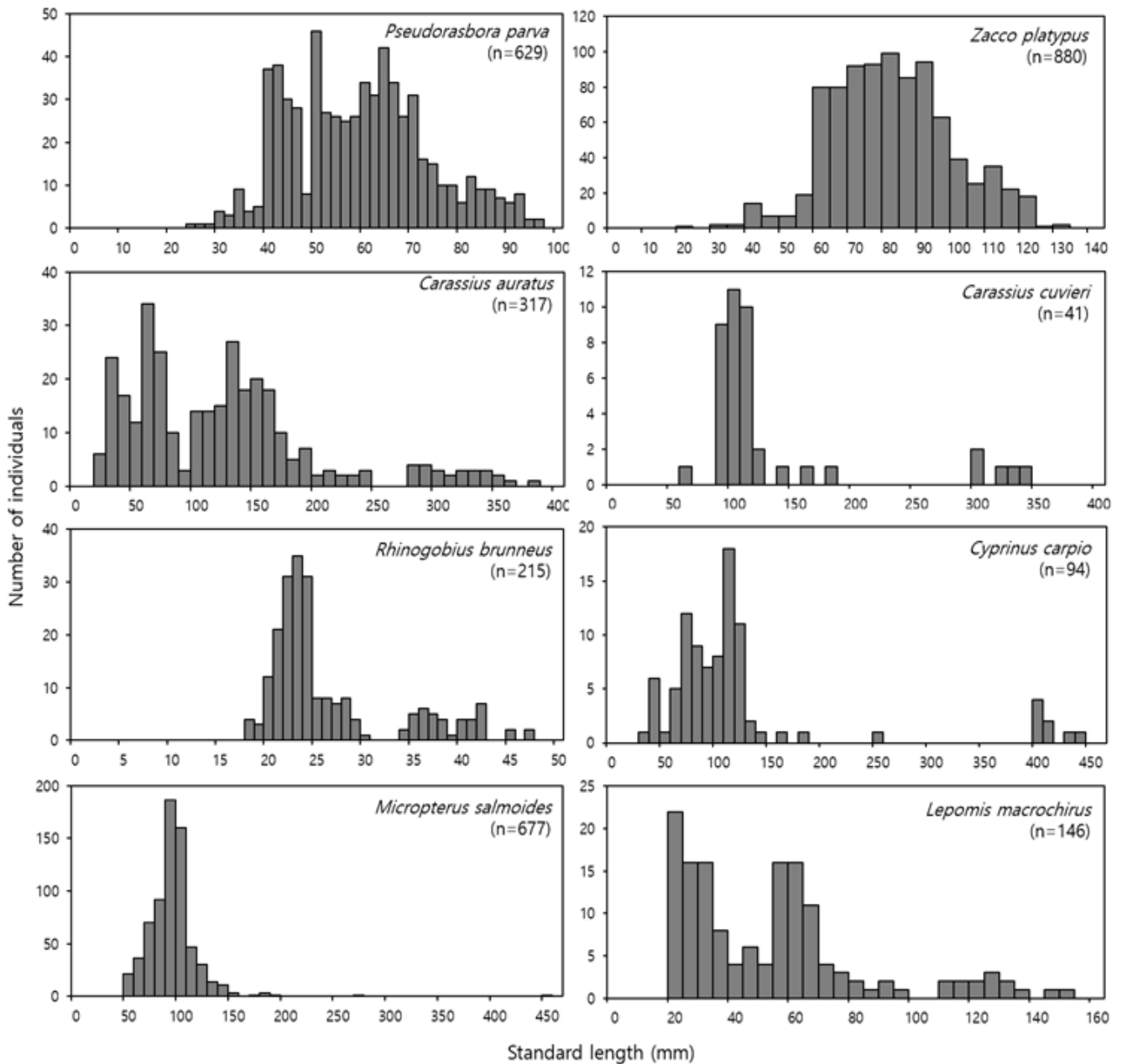


Figure 4. Standard length of eight dominant species in Lake Singal, Korea from 2020 to 2021.

4. 군집분석 및 군집구조

조사 시기별, 지점별 군집분석 결과는 Table 4와 같이 나타났다. 우점도는 St. 1이 0.83(0.63~0.97), St. 2는 0.69(0.54~0.81), St. 3은 0.75(0.63~0.89)로 나타나 St. 1이 가장 높고 St. 2가 가장 낮았다. 다양도는 St. 1이 1.05(0.40~1.68), St. 2는 1.43(1.14~1.83), St. 3은 1.26(0.92~1.69)로 St. 2가 가장 높고 St. 1이 가장 낮았다. 균등도는 St. 1이 0.57(0.21~

0.76), St. 2는 0.67(0.46~0.83), St. 3은 0.65(0.51~0.81)로 St. 2가 가장 높고 St. 1이 가장 낮았다. 풍부도는 St. 1이 1.08(0.60~1.53), St. 2는 1.53(0.99~2.02), St. 3은 1.37(1.01~2.02)로 St. 2가 가장 높고 St. 1이 가장 낮았다. 군집구조는 지점 간에서 St. 1과 St. 3이 묶이고 St. 2가 외각에 위치하였으며, 채집도구에서는 투망과 정치망이 가장 유사하였고 그 다음에 삼중자망이, 족대가 가장 외각에 위치하였다 (Figure 5).

Table 5. Community indices in Lake Singal, Korea from 2020 to 2021

| Index | August 2020 | | | October 2020 | | | April 2021 | | | July 2021 | | | October 2021 | | | Average | | |
|-----------|-------------|-------|-------|--------------|-------|-------|------------|-------|-------|-----------|-------|-------|--------------|-------|-------|---------|-------|-------|
| | St. 1 | St. 2 | St. 3 | St. 1 | St. 2 | St. 3 | St. 1 | St. 2 | St. 3 | St. 1 | St. 2 | St. 3 | St. 1 | St. 2 | St. 3 | St. 1 | St. 2 | St. 3 |
| Dominance | 0.63 | 0.79 | 0.66 | 0.97 | 0.54 | 0.86 | 0.87 | 0.81 | 0.63 | 0.78 | 0.78 | 0.72 | 0.92 | 0.54 | 0.89 | 0.83 | 0.69 | 0.75 |
| Diversity | 1.68 | 1.14 | 1.37 | 0.40 | 1.83 | 0.92 | 1.01 | 1.14 | 1.69 | 1.42 | 1.41 | 1.27 | 0.72 | 1.63 | 1.06 | 1.05 | 1.43 | 1.26 |
| Evenness | 0.76 | 0.46 | 0.63 | 0.21 | 0.76 | 0.51 | 0.73 | 0.83 | 0.81 | 0.65 | 0.61 | 0.79 | 0.52 | 0.71 | 0.51 | 0.57 | 0.67 | 0.65 |
| Richness | 1.53 | 1.61 | 1.65 | 1.02 | 2.02 | 1.01 | 0.78 | 0.99 | 2.02 | 1.44 | 1.45 | 0.80 | 0.60 | 1.58 | 1.34 | 1.08 | 1.53 | 1.37 |

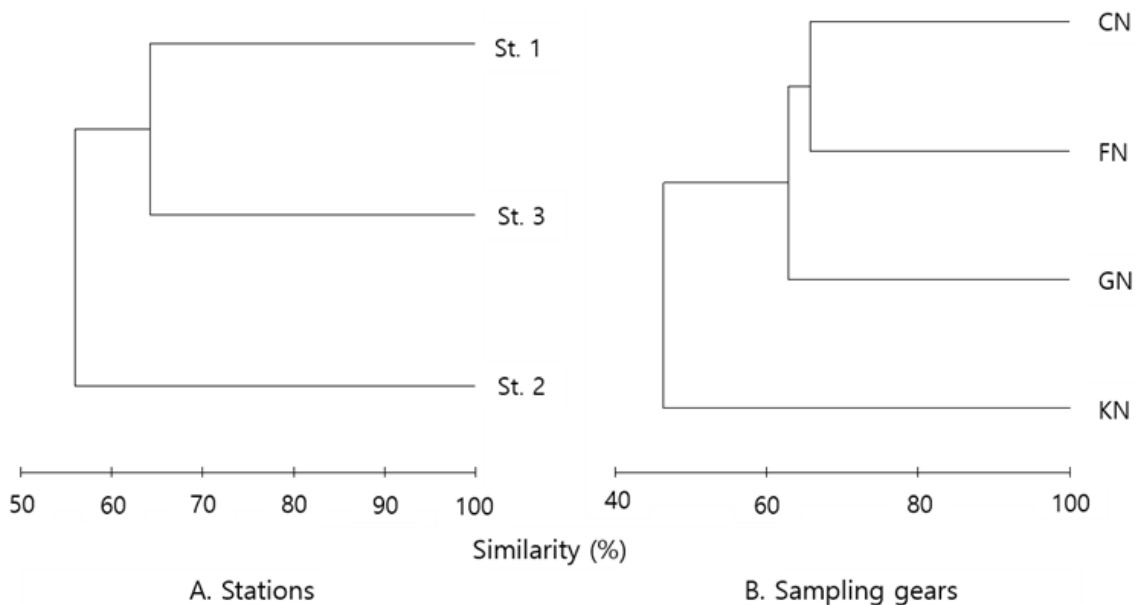


Figure 5. Dendrogram for the cluster analysis based on similarity index of the fish species found among the stations (A) and sampling gears (B) in Lake Singal, Korea from 2020 to 2021. KN: Kick net, CN: Cast net, GN: Gill net, FN: Fyke net.

고찰

본 조사기간 동안 족대와 투망, 자망, 정치망을 이용하여 신갈호에 서식하는 어류를 조사한 결과 3목 7과 18종이 채집되었으며, 잉어과 어류가 10종으로 가장 다양하였고 한국 고유종은 3종, 외래종은 4종이 확인되었다. 신갈호의 선행 어류상 조사는 이루어지지 않아 비교할 수 없으나, 신갈호와 유사한 규모와 채집도구로 조사된 경기도 저수지의 어류 조사결과(Choi *et al.*, 2006)를 보면, 금광지 10과 26종(한국 고유종 5종, 외래종 3종), 덕우지는 9과 23종(한국고유종 2종, 외래종 1종), 동방지 8과 18종(한국고유종 0종, 외래종 1종), 떡우지 9과 21종(한국고유종 1종 외래종 1종), 왕송지 11과 19종(한국고유종 1종, 외래종 2종), 흥부지 9과 19종(한국고유종 0종, 외래종 1종)이 출현하여 비교적 유사한 종수를 보이고 공통적으로 잉어과 어류가 가장 많이 출현했

다. 또한 우점종, 아우점종에 있어서 덕우지와 떡우지는 신갈호와 동일하게 우점종은 참붕어, 아우점종은 피라미로 나타났다으나 그 외 저수지는 살치 *Hemiculter leucisculus*가 우점종으로 보고되어 차이를 보였다. 한편 살치는 한강 중·하류의 기수역에 주로 서식하는 것으로 보고되어(Choi *et al.*, 1990) 경기도 저수지에 출현한 살치는 치리를 오동정한 가능성이 높기 때문에 추후 검토가 필요하다고 생각된다. 신갈호에서 채집된 한국고유종은 물개와 점줄종개, 얼룩동사리 3종(16.7%)만이 채집되어 낮게 나타나 우리나라 담수어류의 고유화 빈도인 28.4% (Son and Song, 2006)보다 낮았으며, 경기도 저수지들에서도 0~5종으로 낮게 출현하였다(Choi *et al.*, 2006). 반면 외래어종은 이스라엘잉어와 떡붕어, 배스, 블루길 4종(22.2%)이 출현하여 비교적 높은 비율(22.2%)을 보였으며, 경기도 저수지 1~3종 보다 많은 종수였다(Choi *et al.*, 2006). 특히 생태계교란 생물로 지정된

배스(개체수비 19.3%, 생체량비 14.3%)와 블루길(개체수비 4.2%, 생체량비 1.6%)은 높은 비율로 서식하고 있어 주목되었다. 배스는 1973년에 처음 도입되었으며 양식대상종 및 루어낚시 대상종으로 전국에 무분별하게 확산되었고, 블루길은 1969년 도입되었고 양식대상종으로 방류 및 확산되었다(Kim, 1997; NFRDI, 2010). 이 두 종은 우리나라 전역에 확산되면서 생태계를 크게 교란시키는 것으로 지속적으로 보고되고 있다(Ko *et al.*, 2008, 2017; Lee *et al.*, 2009; NFRDI, 2010; Park *et al.*, 2019a, 2021).

본 조사에서 채집된 우점종 참봉어는 St. 1~3 모두에서 채집되었으나 St. 2의 비율이 89.2%로 매우 높았고, 평균 체장 59.9±24.1mm, 4.4±3.4g(n=629)이며, 체장빈도는 비교적 안정적인 분포도를 보였다. 시기별로 채집개체수를 보면 2020년 8월 759개체, 2020년 10월 37개체, 2021년 7월 191개체, 2021년 10월 59개체로 서식개체수가 2020년에 비해 2021년에 급격히 감소한 것으로 나타났다. 아우점종 피라미는 St. 1~3 모두에서 채집되었으나 St. 1의 비율이 75.0%로 가장 높았고, 평균 체장 82.2±17.6mm, 체중 10.4±7.3g(n=880)이며, 체장빈도는 비교적 안정적인 분포도를 보여 예당호(Kim *et al.*, 2019) 집단과 비교적 유사하였다. 중앙부에서 채집된 개체수는 2020년 80개체, 2021년(7~10월) 12개체로 참봉어와 마찬가지로 급격한 감소를 보였다. 우세종 붕어는 St. 1~3 모두에서 채집되었으나 St. 2의 비율이 56.5%로 가장 높았고, 평균 체장 124.8±77.3mm, 체중 167.5±336.5g(n=317)이며, 체장빈도는 작은 체장대(30~170mm)가 높게 나타나는 특징을 보였다. 떡붕어는 St. 2에서만 채집되었고, 평균 체장 135.0±73.9mm, 체중 210.9±442.7g(n=41)이며, 체장빈도는 작은 체장대(60~150mm)가 높게 나타나 붕어와 유사하였다. 예당호(Kim *et al.*, 2019)의 붕어는 평균 전장 306.6mm, 떡붕어는 211.5mm로 보고되어 신갈호 집단이 매우 작은 특징을 보였다. 블루길은 주로 중앙부(98.0%)에서 채집되었고, 2020년(73개체), 2021년(7~10월) 66개체로 큰 차이가 없었으며, 평균 체장 53.4±30.4mm, 체중 13.0±25.2g(n=146), 체장빈도는 20~80mm의 당년생과 만1년생이 높게 나타나 비교적 소양호(Song *et al.*, 2012), 예당호(Kim *et al.*, 2019), 합천호(Jang and Bac, 2020)와 유사하였다. 배스는 주로 St. 2(55.7%)와 St. 3(36.0%)에서 채집되었고 평균 체장 95.8±25.1mm, 체중 24.9±96.0g(n=677)이며 체장빈도는 50~150mm인 당년생치어의 비율이 매우 높게 나타났다. 이러한 특징은 예당호(Kim *et al.*, 2019)의 배스 평균 전장 241mm에 비해 매우 작은 크기로 큰 차이를 보였다. 한편 배스는 2020년 151개체, 2021(7~10월) 526개체로 개체수가 급격하게 증가하는 것으로 나타났는데, 이러한 원인으로 인해 St. 2에 서식하던 참봉어와 피라미의 개체수가 2020년보다 2021년에 급격히 감소한 원인으로 추정되었다. 따라서 포식성이 강한

배스의 개체수 증가는 신갈호의 심각한 생태계교란의 원인이 될 수 있기 때문에 퇴치방안이 포함된 관리대책이 필요하다고 판단된다.

본 조사는 2년동안 5회 조사를 실시하였는데, 3차 조사인 2021년 4월은 4과 8종 100개체로 그 외 조사보다 종수와 개체수가 매우 적게 채집되었다. 이러한 원인은 조사시 수온이 14°C로 그 외 조사시기의 수온 19~24°C보다 매우 낮았기 때문인데, 일부 어류의 활동은 수온 10~13°C를 기준으로 활동기와 월동기로 구분되는 것으로 보고되었기 때문에(Ko *et al.*, 2018; Jeon and Ko, 2021) 대다수의 어류도 수온이 낮아 활동성이 낮아 많이 채집되지 않은 것으로 판단된다. 하지만 이 시기는 붕어와 떡붕어, 잉어 등의 산란기로 알려져 있으며 매우 활발한 활동을 보이는데(Kim, 1997; Kim *et al.*, 2005b; Kim and Park, 2007), 본 조사에서도 자망에서 붕어와 떡붕어가 많이 채집되어 가장 높은 생체량을 보였다. 또한 본 조사에서 출현하지 않았지만 빙어 또한 4월이 산란기로 활발한 활동을 보이고 많은 개체가 채집되는 특징을 보인다(Choi *et al.*, 2006; Kim *et al.*, 2011; Byeon, 2015). 따라서 4월은 비교적 적은 종수 및 낮은 다양성을 보이지만 일부 어류들의 산란기이기 때문에 조사 목적에 따라 조사시기를 충분히 고려해야 할 것이다.

호소에서의 어류 조사는 일반적으로 족대와 투망, 삼중자망, 정치망을 사용하여 왔으나(Choi *et al.*, 2006; Byeon *et al.*, 2008; Kim *et al.*, 2011; Byeon, 2015; NIER, 2016), 경우에 따라 족대와 투망(Yang, 2010), 족대와 투망, 삼중자망(Jang *et al.*, 2020), 삼중자망과 정치망(Kim *et al.*, 2005a), 통발, 족대, 투망, 자망, 자망, 정치망(Han and An, 2010), 자망, 정치망 통발, 주낙(Kwater, 2006; 2008) 등 다양한 어구를 사용하여 조사가 진행되었다. 한편 환경부 국립환경과학원의 정수수생태 어류 조사방법은 호소에서 족대와 투망, 삼중자망, 4대강 보 구간에서 족대와 투망, 삼중자망, 삼각망으로 규정하고 있다. 본 조사에서 족대와 투망, 삼중자망, 정치망을 이용하여 조사한 결과, 정치망은 종수와 개체수가 가장 많이 채집된 어구였고, 삼중자망은 표층 및 중층성 어류가 주로 채집되고 생체량이 가장 많은 어구였다. 또한 투망은 연안대의 종수와 개체수를 채집하는데 강점이 있고, 족대는 종수와 개체수, 생체량 모두 가장 적었으나 저서성 소형어류가 많이 채집되는 특징을 보였다. 우리나라 호소 조사 중 어구별 채집결과를 제시한 경우는 많지 않은데, Han and An(2010)은 진양호에서 어구별로 조사한 결과 투망 28종 3,567개체, 정치망 15종 3,108개체, 삼중자망 14종 577개체, 자망 7종 107개체, 통발 6종 59개체, 족대 5종 95개체로 종수 및 개체수가 가장 많이 채집된 어구는 투망으로 나타나 본 조사 결과(정치망)와 차이를 보였으나 가장 적게 채집된 어구는 족대로 나타나 본 조사

결과와 동일하였다. 또한 Jang *et al.*(2006)은 황성호에서 정치망과 자망의 효율을 비교한 결과 정치망이 8과 21종 8,168개체, 자망이 6과 16종 458개체가 채집되어 정치망이 자망보다 종수 및 개체수가 많은 것으로 나타나 본 조사 결과와 유사하였다. 그 외에 소형호 및 낙동강 보에서 투망과 삼중자망의 채집어류를 조사한 결과 투망은 수심이 얇은 연안대, 자망은 수심이 깊거나 수생식물 서식지역에서 장점을 보이기 때문에 함께 사용하는 것이 채집 효율을 높일 수 있다고 보고되었다(Yoon *et al.*, 2015; Kim *et al.*, 2020).

어구 조합별로 채집된 어류는 죽대+투망 조합은 4과 11종 1,250개체, 32,612g, 죽대+투망+삼중자망 조합에서는 6과 15종 1,932개체, 102,307g, 죽대+투망+정치망 조합은 7과 16종 2,819개체, 47,975g, 죽대+투망+삼중자망+정치망은 7과 18종 3,501개체, 117,670g으로 나타났다. 하천에서 사용하는 죽대+투망에 삼중자망이 추가되면 특히 생체량 부분이 급격히 증가되지만(전체 86.9%) 개체수가 많이 낮아졌고(전체 55.2%, 종수는 3종 감소), 죽대+투망에 정치망이 추가되면 종수와 개체수 부분이 급격하게 증가되지만(전체 종수 88.9%, 개체수 80.5%) 생체량이 급격히 감소하였다(전체 40.8%). 따라서 종수와 개체수, 생체량을 목적으로 한 조사는 죽대와 투망, 삼중자망, 정치망을 모두 사용하는 것이 가장 좋은 어구 선택으로 판단되었다. 다만 본 조사는 소형호 한 곳만을 조사한 결과이기 때문에 적절한 어구 선정을 위한 결과로 활용하기 위해서는 여러 소형호뿐만 아니라 중형호, 대형호 등에서도 추가 연구가 필요하다고 판단된다.

수질이 나쁘면 어류의 집단폐사 및 건강성을 악화시키기도 하는데(Choi *et al.*, 2005; Park *et al.*, 2019b), 신갈호의 수질은 평균 보통(III)으로 어류 건강성에 큰 영향은 미치지 않은 것으로 추정되었다. 또한 신갈호는 어업이 금지되어 있고 상류 일부를 제외한 전 구간이 낚시가 금지되어 있는 등 어류의 서식환경이 비교적 잘 보존되고 있었으나 유입부와 유출부는 일부 생활하수 및 공장폐수가 유입되고 하천공사가 진행되는 등 교란요인이 확인되었다. 따라서 신갈호의 안정적인 어류의 서식을 위해서는 무분별한 하천공사는 지양하고 생활하수 및 공장폐수의 유입을 방지해야 할 것이다. 또한 생태계교란 야생생물인 배스와 블루길의 집단서식은 어류군집에 큰 영향을 미칠 수 있기 때문에 관리대책이 필요하다고 판단된다.

REFERENCES

- Ahn, T.W., I.S. Choi and J.M. Oh(2008) Investigation of pollutant on sediment of Shin-Gal Reservoir. *Journal of the 2008 Academic Presentation of the Korea Fisheries Resources Society of Fisheries and Resources* 2008: 1972-1975.
- Allan, J.D. and M.M. Castillo(2007) *Stream ecology: Structure and function of running waters*. Springer and Business Media.
- Byeon, H.K.(2015) Fluctuation of introduced fish and characteristics of the fish community in Lake Soyang. *Korean Journal of Environment Ecology* 29: 401-409. (in Korean with English abstract)
- Byeon, M.S., H.K. Park, W.O. Lee and D.S. Kong(2008) Fish fauna and community structure in Lake Paldang and its Inflows. *Journal of Korean Society on Water Quality* 24: 206-213. (in Korean with English abstract)
- Choi, J.K., H.S. Shin and J.S. Choi(2005) Fish community analysis in the Wonju-stream. *Korean Journal of Environment and Ecology* 19: 46-54. (in Korean with English abstract)
- Choi, J.S., J.K. Kim, Y.S. Jang, K.Y. Lee, H. Ryu, J.Y. Jeong and B.C. Kim(2006) Characteristics of fish community on six lakes located in Gyeonggi. *Korean Journal of Limnology* 39: 178-186. (in Korean with English abstract)
- Cummins, K.W.(1962) An evolution of some techniques for the collection and analysis of benthic samples with special emphasis on lotic waters. *The American Midland Naturalist* 67: 477-504.
- Han, J.H. and K.G. An(2010) Analysis of fish fauna by sampling gear as a preliminary survey for ecosystem health assessments in Jinyang Reservoir. *Korean Journal of Limnology* 43: 103-116. (in Korean with English abstract)
- Jang, C.R. and Y.S. Bae(2020) Changes in ichthyofauna of Hapocheon Lake and characteristics of the Bluegill, *Lepomis macrochirus* population. *Korean Journal of Environment and Ecology* 34: 543-550. (in Korean with English abstract)
- Jang, C.R., J.H. Kim, Y.S. Shin, H.J. Lee, B.S. Kim, J.H. Kim and Y.S. Bae(2020) Population characteristics of Ichthyofauna and Bluegill, *Lepomis macrochirus* in 4 water dams (Daegok Dam, Sayeon Dam, Daeam Dam, Seonam Dam) in Ulsan Area. *Korean Journal of Environment Ecology* 34: 402-412. (in Korean with English abstract)
- Jang, M.H., G.J. Joo, M.C. Lucas(2006) Diet of introduced largemouth bass in Korean rivers and potential interactions with native fishes. *Ecology Freshwater Fish* 15: 315-320.
- Jeon, H.R.(2016) Evaluation of water quality for lakes and reservoirs in Gyeonggi-do area utilizing the Korea Trophic State Index (TSI_{KO}). *Konkuk University Graduate School of Industry, Master Thesis, Seoul, 53pp.* (in Korean with English abstract)
- Jeon, Y.L. and M.H. Ko(2021) Habitat characteristics and feeding ecology of the siberian stone loach *Barbatula toni* (Pisces: Nannacheilidae) in the Bukcheon (Stream). *Korean Journal of Ichthyology* 33: 278-286. (in Korean with English abstract)

- Ji, C.W., H.J. Oh, K.H. Chang, Y.S. Park and I.S. Kwak(2022) A comparative analyzing of zooplankton community diversity in surface layer water of reservoir via eDNA metabarcoding and microscopy. *Diversity* 14: 797.
- Jorgensen, S., J.G. Tundisi and T.M. Tundisi(2012) Handbook of inland aquatic ecosystem management. CRC Press, 421pp.
- Joy, M., B. David and M. Lake(2013) New Zealand freshwater fish sampling protocols. Massey University, Palmerston North, New Zealand, 52pp.
- Kani, T.(1944) Ecology of torrent-inhabiting insects, pp. 171-317. In: *Insect I* (Furukawa, J., ed.). Kenkyu-sha. Tokyo.
- Kim, C.H., W.O. Lee, K.E. Hong and H.J. Jeon(2005) Ichthyofauna and fish community structure in Lake Chungju, Korea. *Korean Journal of Ichthyology* 17: 264-270. (in Korean with English abstract)
- Kim, I.S. and J.Y. Park(2007) Freshwater fishes of Korea. Kyohak Publishing, Seoul, 467pp. (in Korean)
- Kim, I.S.(1997) Illustrated encyclopedia of fauna & flora of Korea, Vol. 37, Freshwater fishes. Ministry of Education, Yeongi, 518pp. (in Korean)
- Kim, I.S., Y. Choi, C.L. Lee, Y.J. Lee, B.J. Kim and J.H. Kim(2005) Illustrated book of Korean fishes. Kyohak publishing, Seoul, 615pp. (in Korean)
- Kim, J.H., S.H. Park, S.H. Baek, M.H. Jang, H.J. Lee and J.D. Yoon(2020) Does different performance of sampling gears (Cast Net versus Gill Net) bring the inappropriate estimation of freshwater fish in a large river? *Korean Journal of Ecology and Environment* 53: 156-164.
- Kim, S.K., Y.H. Kang, G.B. Hong, D.U. Yoo, H.Y. Suk, B.S. Chae and U.W. Hwang(2011) Ichthyofauna and community structure from 21 lakes in the Yeungnam area including Gyeongsangbukdo and Gyeongsangnam-do Provinces, Korea. *Korena Journal of Ichthyology* 23: 288-299. (in Korean with English abstract)
- Kim, S.Y., M.Y. Song, H.J. Jeon, K.H. Kim, W.O. Lee and H.W. Park(2019) Fish species composition and community structure in Lake Yedang, Korea. *Korean Journal of Ichthyology* 31: 101-109. (in Korean with English abstract)
- Ko, M.H., H.J. Kim, R.Y. Myung and Y.J. Won(2018) The activity period and feeding ecology of the Korean eastern spined loach, *Iksookimia yongdokensis* (Pisces: Cobitidae). *Korean Journal of Ichthyology* 30: 27-35. (in Korean with English abstract)
- Ko, M.H., J.Y. Park and Y.J. Lee(2008) Feeding habitats of an introduced large mouth bass, *Micropterus salmoides* (Perciformes; Centrarchidae), and its influence on ichthyofauna in the Lake Okjeong. *Korean Journal of Ichthyology* 20: 36-44. (in Korean with English abstract)
- Ko, M.H., Y.S. Kwan, W.K. Lee and Y.J. Won(2017) Impact of human activities on changes of ichthyofauna in Dongjin River of Korea in the past 30 years. *Animal Cells and Systems* 21: 207-216.
- Kwater(2006) Study for protecting water quality of water conservation zone and sustainable fishing in the Lake Hoengseong. National Fisheries Research and Development Institute, 138pp. (in Korean)
- Kwater(2007) A guidebook of rivers in South Korea. Kwater, Daejeon, 582pp. (in Korean)
- Kwater(2008) Study for protecting water quality of water conservation zone and sustainable fishing in the Lake Hoengseong(second year). National Fisheries Research and Development Institute, 134pp. (in Korean)
- Lee, D.H.(2023) Analysis of phytoplankton community and assessment of ecological quality by PSI in Giheung Reservoir. Master Thesis, Dae Jin University. (in Korean with English abstract)
- Lee, W.O., H. Yang, S.W. Yoon and J.Y. Park(2009) Study on the feeding of *Micropterus salmoides* in Lake Okjeong and Lake Yongdam, Korea. *Korean Journal of Ichthyology* 21: 200-207. (in Korean with English abstract)
- Margalef, R.(1958) Information theory in ecology. *General Systems* 3: 36-71.
- McNaughton, S.J.(1967) Relationship among functional properties of California Grassland. *Nature* 216: 144-168.
- ME(Ministry of Environment)(2022) A Study on the improvement of the health survey and evaluation method of lake aquatic ecosystem. Ministry of Environment, National Institute of Environmental Research, Incheon, 566pp.
- Moyle, P.B. and J.J. Cech(2000) Fishes: An introduction to ichthyology (4th ed.). Davis: Prentice Hall, 612pp.
- Nelson, J.S.(2006) Fishes of the world. John Wiley & Sons, Inc., Alberta, 601pp.
- NFRDI(National Fisheries Research & Development Institute) (2010) A study on the distribution, utilization and management of foreign fish species. National Fisheries Research & Development Institute, Gapyeong, 130pp. (in Korean)
- NFRDI(National Fisheries Research and Development Institute) (2015) Korea inland fisheries resources and environmental survey manual. Inland Fisheries Research Institute, National Fisheries Research and Development Institute, Cheongpyeong, 40pp. (in Korean)
- NIBR(National Institute of Biological Resources)(2022) National list of species of Korea. Retrieved from <https://kbr.go.kr>. version (12/2022). (in Korean)
- NIER(National Institute of Environmental Research)(2016) Survey and evaluation method for river and stream ecosystem health assessment. National Institute of Biological Resources, Incheon, 313pp. (in Korean)

- Nishimura, S.(1974) History of Japan sea: Approach from biogeography. Tsukiji-Shokan, Tokyo, 274pp.
- Park, J.S., S.H. Kim, H.T. Kim, J.G. Kim, J.Y. Park and H.S. Kim(2019a) Study on feeding habits of *Micropterus salmoides* in habitat types from Korea. Korean Journal of Ichthyology 31: 39-53. (in Korean with English abstract)
- Park, S.C., K.Y. Lee, K.S. Choi, M.S. Han and M.H. Ko(2021) Inhabitat status and gastric contents of invasive fish species and the effect on fish fauna at three reservoirs in National Parks of Korea. Korean Journal of Ichthyology 33: 84-94. (in Korean with English abstract)
- Park, Y.J., S.J. Lee and K.G. An(2019b) Analysis of fish ecology and water quality for health assessment of Geum-River watershed. Korean Journal of Environment and Ecology 33: 187-201. (in Korean with English abstract)
- Pielou, E.C.(1975) Ecological diversity. John Wiley, New York, 165pp.
- Portt, C.B., G.A. Coker, D.L. Ming and R.G. Randall(2006) A review of fish sampling methods commonly used in Canadian freshwater habitats. Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences 2604, 51pp.
- RAWRIS(Rural Water Information System)(2022) Facility specifications of Singal Reservoir. Retrieved from <https://rawris.ekr.or.kr/main.do>. (accessed 12/2022) (in Korean)
- Shannon, C.E. and W. Weaver(1949) The mathematical theory of communication. University of Illinois Press, Urbana. pp. 29-125.
- Son, Y.M. and H.B. Song(2006) Freshwater fishes of Geum River, Jisungsa, Seoul, 239pp. (in Korean)
- Song, H.B., M.S. Byeon, D.W. Kang, C.Y. Jang, J.S. Moon and H.K. Park(2012) Population structure of bluegill, *Lepomis macrochirus* in Lakes of he Han River system, Korea. Korean Journal of Limnology 24: 278-286.
- Yang, D.C.(2010) The assessment of aquatic ecosystem using ecological characteristics of ichthyofaunal at the Lakes in Jeollanamdo. Chonnam National University Graduate School, Master Thesis, Kwangju, 57pp. (in Korean with English abstract)
- Yoo, D.G., G.S. Lee, G.Y. Kim, N.K. Kang, B.Y. Yi, Y.J. Kim, J.H. Chun and G.S. Kong(2016) Seismic stratigraphy and depositional history of late Quaternary deposits in a tide-dominated setting: An example from the eastern Yellow Sea. Marine and Petroleum Geology 73: 212-227.
- Yoon, J.D., J.H. Kim, J.J. Lee and M.H. Jang(2015) Use of the cast net for monitoring fish status in reservoirs distributed in the Korean peninsula. Ecology and Environment 38: 383-388.