

## 한강지류 경안천의 어류군집 특성<sup>1a</sup>

최광식<sup>2</sup> · 한미숙<sup>3</sup> · 강동원<sup>4</sup> · 고명훈<sup>5\*</sup>

### Fish Community Characteristics in the Gyeongan Stream, a Tributary of the Han River Drainage System, Korea<sup>1a</sup>

Kwang-Seek Choi<sup>2</sup>, Mee-Sook Han<sup>3</sup>, Dong-Won Kang<sup>4</sup>, Myeong-Hun Ko<sup>5\*</sup>

#### 요약

한강지류 경안천의 어류 군집 특성을 밝히기 위해 2017년 4월부터 10월까지 조사를 실시하였다. 조사기간 동안 48개 지점에서 족대와 투망으로 채집된 어류는 11과 40종이었다. 우점종은 피라미(*Zacco platypus*, 48.0%), 아우점종은 버들치(*Rhynchocypris oxycephalus*, 17.7%), 그 다음으로 돌고기(*Pungtungia herzi*, 6.8%), 참갈겨니(*Zacco koreanus*, 5.0%), 붕어(*Carassius auratus*, 4.3%), 긴몰개(*Squalidus gracilis majimae*, 2.7%), 떡납줄갱이(*Rhodeus notatus*, 2.5%) 등의 순으로 우세하게 출현하였다. 출현종 중 한국고유종은 14종(35.0%)이었고, 외래종은 배스(*Micropterus salmoides*), 블루길(*Lepomis macrochirus*), 이스라엘잉어(*Cyprinus carpio* Israeli type) 3종, 육봉형 어류는 은어(*Plecoglossus altivelis*), 밀어(*Rhinogobius brunneus*), 독중개(*Cottus koreanus*) 3종, 기후변화 민감종으로 독중개 1종이 채집되었다. 군집분석 결과 우점도는 최상류 지점들에서 높았고, 다양도와 풍부도는 상류지점이 낮고 하류 지점으로 갈수록 높아지는 경향을 보였다. 군집구조는 크게 하천(최상류, 상류, 중·하류)과 호수로 구분되었다. 하천건강성은 좋음(23지점, 47.9%), 보통(15지점, 31.3%)의 비율이 높았다. 과거조사와 비교한 결과, 선행조사에서 출현하였으나 본 조사에서 출현하지 않은 종은 12종, 본 조사에서 처음으로 출현한 종은 9종이었으며, 생태계 교란종으로 지정된 배스와 블루길은 점차 확산되는 경향을 보였다.

주요어: 어류상, 군집구조, 하천건강성, 외래어종

#### ABSTRACT

This study surveyed Gyeongan Stream, a tributary of the Han River Drainage System, from April to October 2017 to investigate the characteristics of fish communities. The survey collected 40 species of 11 families from 48 survey stations using kick nets and cast nets. The dominant and subdominant species were *Zacco platypus*

1 접수 2020년 2월 24일, 수정 (1차: 2020년 3월 25일), 게재확정 2020년 3월 26일

Received 24 February 2020; Revised (1st: 25 March 2020); Accepted 26 March 2020

2 고수생태연구소 연구원 Kosoo Biology institute, 49 Mokdongjungangnamro14gagil, Yangcheon-gu, Seoul-si, 07955, Korea (akdlshrffpa10@gmail.com)

3 고수생태연구소 이사 Kosoo Biology institute, 49 Mokdongjungangnamro14gagil, Yangcheon-gu, Seoul-si, 07955, Korea (kosoeco@gmail.com)

4 국립생태원 멸종위기종복원센터 연구원 Research Center for Endangered Species, National Institute of Ecology, Yeongyang-gun, 36531, Korea (dk412@nie.re.kr)

5 고수생태연구소 소장 Kosoo Biology institute, 49 Mokdongjungangnamro14gagil, Yangcheon-gu, Seoul-si, 07955, Korea (hun7146@gmail.com)

a 이 논문은 2017년도 국립생태원 제4차 전국자연환경조사의 연구비 지원으로 수행된 연구임

\* 교신저자 Corresponding author: hun7146@gmail.com

(48.0%) and *Rhynchocypris oxycephalus* (17.7%), respectively. The next most abundant species were *Pungtungia herzi* (6.8%), *Z. koreanus* (5.0%), *Carassius auratus* (4.3%), *Squalidus gracilis majimae* (2.7%), and *Rhodeus notatus* (2.5%). Among the fish collected, 14 species (35.0%) were Korean endemic species, and the exotic species were *Micropterus salmoides*, *Lepomis macrochirus*, and *Cyprinus carpio* (Israeli type). The land-locked species were *Plecoglossus altivelis*, *Rhinogobius brunneus*, and *Cottus koreanus*, while the species sensitive to climate change was *C. koreanus*. The community analysis showed that the dominance was higher at the uppermost stream station, whereas diversity and abundance tended to be lower at the upstream station and higher toward the downstream station. The community structure was largely divided into rivers (uppermost stream, upstream, and middle-lower stream) and lake. The river health was mostly good (23 stations, 47.9%) and fair (15 stations, 31.3%). Comparison with past surveys showed that 12 species identified in the past surveys did not appear in this survey; nine species appeared for the first time in this survey; and the ecosystem disturbance species - *M. salmoides* and *L. macrochirus* - tended to spread more widely gradually.

**KEY WORDS: FISH FAUNA, COMMUNITY STRUCTURE, RIVER HEALTH INDEX, EXOTIC SPECIES**

## 서론

하천에 서식하는 어류는 수생태계의 먹이피라미드에서 최상위에 위치하고 지질학적 역사와 생물 및 서식환경의 상호작용에 따라 형성된다(Kim, 1997; Moyle and Cech, 2000; NIER, 2016; Yoo *et al.*, 2016). 담수어류 군집은 환경변화에 쉽게 영향을 받는데, 특히 우리나라에서는 농경으로 인한 치수관리 목적으로 보와 저수지 등이 지속적으로 건설되면서 영향을 받았고, 최근 대형댐과 보의 건설, 하천준설, 하천정비공사, 수질오염, 외래종의 도입 등으로 큰 교란이 일어났다(Jang *et al.*, 2006; Kwator, 2007; Ko *et al.*, 2008; 2017; Lee *et al.*, 2009; MAFRA, 2010). 이러한 영향은 어류군집을 쉽게 변화시키고 종다양성을 낮아지게 하며 많은 종들이 멸종위기에 처하게 되었으며 수생태계 건강성도 악화시키는 것으로 보고되고 있다(ISK, 2003; Yeom *et al.*, 2007; NIBR, 2011; An and Lee, 2018). 주기적인 어류상 및 군집구조 연구는 외부환경 변화에 따른 담수어류의 변화 양상을 쉽게 파악할 수 있으며 하천복원의 중요한 기초자료를 제시하고 있다(Chae *et al.*, 2015).

우리나라의 주기적인 생물상 조사는 대표적으로 전국자연환경조사가 있는데, 1986년부터 시작되어 현재 제5차 조사가 진행되고 있으며, 전국을 대상으로 조사하는 사업 중 가장 오래되고 규모가 크다. 담수어류는 제2차(1997~2003)부터 조사가 진행되고 있으며, 제3차(2004~2012), 제4차(2013~2018)가 완료되었고 현재 제5차 조사가 2019년부터 진행되고 있다(NIE, 2016, 2019). 전국자연환경조사 자료는 전국의 담수어류 분포 및 변화양상을 파악하는 중요한 자료가 되고 있으며 ‘한국의 멸종위기 야생동·식물 적색자료집(어류)’의 중요한 자료로 활용된 바 있다(NIBR, 2011). 또한 2007년에 하천 건강

성평가 기법이 개발되어 매년 주요 하천 지점들의 건강성이 평가되고 있다(NIER, 2007; 2016).

경안천은 경기도 용인시의 용해곡 상봉에서 발원하여 광주시의 팔당호로 유입되는 국가하천으로, 유로연장(길이)은 49.5 km, 유역면적은 558.2 km<sup>2</sup>이며, 주요 지류로는 곤지암천과 오산천, 직리천, 번천, 우산천 등이 있다. 최근 경안천 일대는 도시화 및 산업시설, 인구가 급격히 증가 되고 있으며(SK, 2019), 이로 인해 수질이 악화되는 문제가 발생하는 것으로 보고되고 있다(HREMO, 1999). 경안천의 어류상 및 어류군집에 관한 연구로는 제2차(Choi and Son, 1999; Byeon and Bae, 2001; Song and Baek, 2001; Choi and Lee, 2005; Yang and Kim, 2005)와 제3차 전국자연환경조사(Baek and Kim, 2010a; 2010b; 2010c; Kim and Joo, 2011), 경안천 하류의 어류상(Lee *et al.*, 2013) 등이 있다.

따라서 본 연구에서는 경안천의 어류상과 군집특성, 더 나아가 하천건강성을 평가하여 어류 서식현황을 밝히고 선행연구와 비교하여 어류상 변화양상을 추정하며 보존방안에 대해 논의하고자 하였다.

## 연구방법

### 1. 조사 지점 및 기간

본 연구는 2017년 전반기(4~6월)와 후반기(8~10월)로 나누어 2회 서식어류와 서식지 환경을 조사하였다. 조사지점은 경안천 최상류부터 팔당호합수부까지 서식환경을 고려하여(제3차 전국자연환경조사 38개 지점 포함) 2~5 km 간격으로 48개

지점을 선정하였고, 지점별 행정구역은 아래와 같으며, 크게 하천구역에 따라 경안천 상류, 오산천, 경안천 중류, 근지암천, 경안천 하류로 구분하였다.

#### 〈경안천 상류〉

- St. 1: 경기도 용인시 처인구 호동, 예직교  
(37°11'31.40"N, 127°15'22.59"E)
- St. 2: 경기도 용인시 처인구 운학동  
(37°13'28.12"N, 127°13'17.38"E)
- St. 3: 경기도 용인시 처인구 김량장동, 마평교  
(37°14'15.39"N, 127°12'35.09"E)
- St. 4: 경기도 용인시 처인구 삼가동, 금학2교  
(37°14'20.75"N, 127°10'30.10"E)
- St. 5: 경기도 용인시 처인구 양지면 남곡리  
(37°13'37.97"N, 127°16'9.80"E)
- St. 6: 경기도 용인시 처인구 양지면 대대리, 음달안교  
(37°15'47.36"N, 127°15'24.56"E)
- St. 7: 경기도 용인시 처인구 고림동  
(37°14'56.76"N, 127°13'50.16"E)
- St. 8: 경기도 용인시 처인구 포곡읍 영문리, 냉천교  
(37°16'32.73"N, 127°12'20.39"E)
- St. 9: 경기도 용인시 처인구 포곡읍 전대리, 삼계교  
(37°16'44.25"N, 127°13'27.90"E)
- St. 10: 경기도 용인시 처인구 모현면 초부리, 초부교  
(37°18'48.09"N, 127°14'16.44"E)

#### 〈오산천〉

- St. 11: 경기도 용인시 처인구 모현면 오산리  
(37°19'27.25"N, 127° 9'26.91"E)
- St. 12: 경기도 용인시 처인구 모현면 능원리, 능원교  
(37°19'41.00"N, 127°10'22.53"E)
- St. 13: 경기도 광주시 오폭읍 신현리  
(37°21'36.20"N, 127° 9'26.32"E)
- St. 14: 경기도 광주시 오폭읍 능평리  
(37°20'40.73"N, 127°10'38.15"E)
- St. 15: 경기도 광주시 오폭읍 문형리  
(37°20'28.30"N, 127°12'49.18"E)
- St. 16: 경기도 용인시 처인구 모현면 일산리, 월촌교  
(37°20'17.77"N, 127°14'14.27"E)

#### 〈경안천 중류〉

- St. 17: 경기도 광주시 오폭읍 매산리  
(37°21'10.53"N, 127°15'20.78"E)
- St. 18: 경기도 광주시 오폭읍 매산리, 오폭대교  
(37°22'15.37"N, 127°14'24.27"E)

- St. 19: 경기도 광주시 직동, 새터교  
(37°23'59.46"N, 127°11'57.59"E)
- St. 20: 경기도 광주시 목동  
(37°22'59.15"N, 127°12'49.55"E)
- St. 21: 경기도 광주시 장지동, 장지교  
(37°23'22.67"N, 127°14'43.56"E)
- St. 22: 경기도 광주시 역동, 경안제1교  
(37°24'22.70"N, 127°15'47.78"E)
- St. 23: 경기도 광주시 목현동  
(37°25'53.29"N, 127°12'12.61"E)
- St. 24: 경기도 광주시 회덕동, 회덕교  
(37°25'37.00"N, 127°14'34.71"E)
- St. 25: 경기도 광주시 초월읍 지월리, 지월새마을교  
(37°25'10.57"N, 127°16'50.74"E)

#### 〈근지암천〉

- St. 26: 경기도 광주시 근지암읍 건업리, 건업교  
(37°23'17.46"N, 127°24'28.20"E)
- St. 27: 경기도 광주시 근지암읍 만선리, 만선교  
(37°21'53.98"N, 127°24'15.73"E)
- St. 28: 경기도 광주시 근지암읍 오향리, 부향교  
(37°21'20.60"N, 127°23'9.15"E)
- St. 29: 경기도 광주시 근지암읍 근지암리, 예계교  
(37°20'57.61"N, 127°20'52.33"E)
- St. 30: 경기도 광주시 도척면 유정리, 유정교  
(37°17'14.94"N, 127°19'1.48"E)
- St. 31: 경기도 광주시 도척면 상림리  
(37°18'40.54"N, 127°18'56.77"E)
- St. 32: 경기도 광주시 도척면 상림리  
(37°18'22.41"N, 127°17'24.68"E)
- St. 33: 경기도 광주시 도척면 궁평리, 궁평1교  
(37°20'9.30"N, 127°19'29.01"E)
- St. 34: 경기도 광주시 도척면 진우리, 신진우교  
(37°19'16.93"N, 127°20'13.94"E)
- St. 35: 경기도 광주시 초월읍 용수리, 쌍용교  
(37°22'16.63"N, 127°18'13.28"E)
- St. 36: 경기도 광주시 초월읍 학동리  
(37°23'23.03"N, 127°20'21.77"E)
- St. 37: 경기도 광주시 초월읍 도평리, 섬들교  
(37°23'49.61"N, 127°18'5.91"E)
- St. 38: 경기도 광주시 초월읍 지월리, 지월아치교  
(37°24'43.38"N, 127°17'28.95"E)

#### 〈경안천 하류〉

- St. 39: 경기도 광주시 초월읍 신월리, 신월교

- (37°24'47.84"N, 127°18'19.11"E)
- St. 40: 경기도 광주시 초월읍 무갑리, 서하교  
(37°25'42.78"N, 127°18'29.08"E)
- St. 41: 경기도 광주시 초월읍 무갑리, 무갑1교  
(37°25'27.90"N, 127°18'41.81"E)
- St. 42: 경기도 광주시 남한산성면 검복리  
(37°28'1.41"N, 127°12'4.64"E)
- St. 43: 경기도 광주시 남한산성면 광지원리, 청룡교  
(37°27'44.11"N, 127°14'51.61"E)
- St. 44: 경기도 광주시 남한산성면 상번천리, 변천교  
(37°26'57.65"N, 127°15'40.45"E)
- St. 45: 경기도 광주시 퇴촌면 정지리  
(37°26'27.19"N, 127°18'38.79"E)
- St. 46: 경기도 광주시 퇴촌면 관음리  
(37°26'44.06"N, 127°21'4.69"E)
- St. 47: 경기도 광주시 퇴촌면 도수리  
(37°28'28.00"N, 127°20'35.47"E)
- St. 48: 경기도 광주시 퇴촌면 도수리, 오리교  
(37°28'21.79"N, 127°18'25.18"E)

## 2. 채집 및 조사방법

어류의 채집은 투망(망목 6×6 mm, 10회)과 족대(망목 4×4 mm, 30분)를 이용하여 지점별로 200 m 구간 내에서 실시하였고, 채집된 개체는 현장에서 육안으로 동정·개수한 후 생태계 보전을 위하여 바로 방류하였다. 어류의 동정은 Kim (1997), Kim *et al.* (2005), Kim and Park (2007), 등에 따랐으며 분류체계는 Nelson (2006)에 따라 목록을 정리하였다. 서식지 환경은 거리 측정용 망원경(Yardage pro Tour XL, BUSHNELL, Japan)과 줄자를 이용하여 하폭과 유폭, 수심 등을 측정하였고, 하천형은 Kani (1944)의 방법에 따라, 하상 구조는 Cummins (1962)의 방법에 따라 구분하였다.

## 3. 군집분석 및 하천건강성평가

어류의 군집 특성을 밝히기 위해 우점도(Dominance index: DI)와 다양도(Diversity index: H), 균등도(Evenness index: E), 풍부도(Richness index: R) 지수를 산출하였다(Margalef, 1958; McNaughton, 1967; Pielou, 1969; 1975). 군집구조는 조사지점별 출현 종과 개체수를 근거로 Primer 5.0 (PRIMER E Ltd, UK)을 이용하여 Bray-Curtis 유사도를 계산한 후 도식화하였다. 조사지점들의 건강성은 우리나라 하천건강성평가를 위해 개발된 모델(IBM)을 이용하여 하천차수(stream order)에 따라 8개의 매트릭(M1: 국내종의 총 종수, M2: 여울성 저서종수, M3: 민감종수, M4: 내성종의 개체수 비율, M5: 잡식종의 개체수 비율, M6: 국내종의 총식종 개체수 비율, M7: 채집된 국내종의 총 개체수, M8: 비정상종의 개체수 비율) 별로 값을 계산한 후 합산하여 어류생물지수(FAI)를 산출하였다. 산출된 어류생물지수는 매우 좋음(A, 80~100), 좋음(B, 60~80), 보통(C, 40~60), 나쁨(D, 20~40), 매우 나쁨(E, 0~20)으로 등급을 구분하였다(NIER, 2016).

## 결과

### 1. 서식지 특성

조사 지점들의 하폭과 유폭, 수심, 하천차수, 하천형, 하상 구조 등은 Table 1과 같다. 경안천 상류(St. 1~10)는 낮은 산지와 농경지, 용인시가지가 위치해 있고, 유량은 많지 않았으며, 일부 생활하수가 유입되고 있었다. 하천차수(stream order)는 1~3차 하천이었고, 하천형은 Aa-Bb형이었으며, 하상구조는 돌(cobble)과 자갈(pebble), 잔자갈(gravel)의 비율이 높았다. 지점 중 St. 2, 6, 7, 9에 보가 있었고, St. 2, 5, 6, 10에서 하천공사가 진행되고 있었다. 오산천(St. 11~16)은 하천 인근

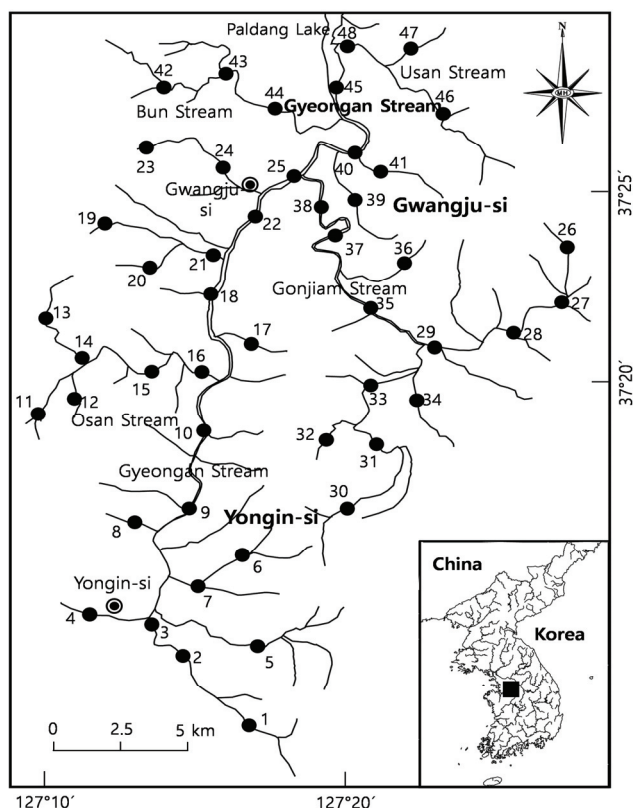


Figure 1. Study stations of the Gyeonggan Stream, Yongin-si and Kwangju-si, Gyeonggi-do, Korea, 2017.

Table 1. Physicochemical environments at the study stations in the Gyeongan Stream, Korea, April to October 2017

St.	River width (m)	Water width (m)	Water depth (m)	Stream order	River type*	Bottom structure(%)**						Etc***
						M	S	G	P	C	B	
1	25-30	10-15	0.2-0.4	2	Aa		10	20	30	30	10	
2	40-50	25-30	0.1-0.3	2	Aa-Bb	50	20	20		10		W,RW
3	80-100	20-30	0.3-1.0	2	Bb		30	20	20	20	10	
4	25-30	5-6	0.1-0.3	1	Aa		10	20	30	20	20	
5	30-50	1-5	0.1-0.2	2	Bb	20	10	40	30			RW
6	25-30	3-10	0.1-0.4	2	Aa-Bb		20	30	30	20		W,RW
7	40-45	10-15	0.3-0.7	2	Bb		10	10	30	30	20	W
8	15-20	1-2	0.3-0.7	2	Bb	20		10	20	30	20	
9	100-120	30-100	0.3-1.2	3	Bb	20	10		10	30	30	W
10	100-110	60-90	0.5-1.5	3	Bb	20			20	40	20	RW
11	10-15	2-3	0.2-0.3	2	Aa			10	30	40	20	
12	15-20	3-8	0.3-1.5	1	Aa		10			30	60	
13	15-20	2-8	0.3-1.0	1	Aa	20	30		20	20	10	
14	15-20	2-4	0.3-1.0	2	Aa-Bb		10		20	30	40	RW
15	70-80	10-50	0.2-1.5	2	Bb		10	20	30	30	10	
16	80-100	60-70	0.5-1.5	3	Bb		20	20	30	20	10	
17	20-25	1-2	0.2-0.3	1	Bb			10	30	40	20	
18	120-140	80-120	0.3-1.5	4	Bb		10		20	40	30	W
19	12-15	2-3	0.2-0.4	2	Aa	40	10		10	20	20	
20	20-25	3-5	0.2-0.6	1	Aa				20	40	40	
21	60-80	30-50	0.3-1.0	3	Bb	50			30	20		W
22	120-150	40-60	0.3-1.0	4	Bb		10	10	30	30	20	
23	6-8	1-2	0.3-0.6	1	Aa	30		10	10	20	30	
24	25-30	5-10	0.3-0.5	2	Aa-Bb			10	50	30	10	
25	60-80	30-40	0.3-1.0	4	Bb			10	30	30	20	
26	10-15	1-3	0.1-0.7	1	Aa		10	30	20	40		W
27	50-60	10-20	0.2-0.5	2	Aa	20		20	40	20		
28	30-40	5-10	0.3-0.5	3	Aa-Bb	10	20	20	30	10	10	W
29	80-100	10-30	0.3-1.0	3	Bb	10	40	10	10	30		W,RW
30	20-30	5-7	0.2-0.3	2	Aa		20	10	20	30	20	
31	50-60	30-40	0.3-1.0	3	Aa-Bb		10	10	20	40	20	W
32	7-8	2-4	0.2-0.4	1	Aa				10	50	40	
33	50-60	30-40	0.3-1.0	3	Aa-Bb			10	20	30	40	W,RW
34	20-25	5-10	0.3-0.7	1	Aa			30	30	20	20	
35	80-100	50-60	0.3-1.0	4	Bb		10	10	30	30	20	
36	8-10	1-3	0.2-0.5	2	Aa	20	10		10	30	30	
37	100-120	50-80	0.3-0.7	4	Bb		10	30	50	10		W,RW
38	120-130	20-40	0.3-1.0	4	Bb				20	50	30	W
39	25-30	5-10	0.3-0.5	2	Aa-Bb			20	30	30	20	
40	150-160	70-120	0.3-1.2	5	Bb-Bc	40			10	30	10	
41	20-25	2-5	0.2-0.8	2	Aa			20	50	20	10	
42	15-20	5-7	0.3-0.5	2	Aa	20	10		10	30	30	W
43	30-40	10-15	0.3-0.5	2	Aa				20	50	30	W
44	50-60	20-40	0.3-1.0	2	Aa-Bb		10	10	20	40	20	W
45	250-300	150-200	0.5-3.0	5	Bc	50	10	20	20			
46	20-25	10-15	0.3-0.6	2	Aa				20	40	40	
47	7-10	1-3	0.1-0.3	2	Aa		10	10	20	30	30	
48	60-80	10-20	0.3-1.0	3	Bb		10	20	40	25	5	

\*River type: by Kani (1944); \*\*M: mud (<math>-0.1\text{ mm}</math>), 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

에 시가지와 산업단지가 있었고, 하천차수는 1~3차였다. 하천형은 Aa-Bb형이었으며, 하상구조는 큰돌(boulder)과 돌, 자갈의 비율이 높았다. 지점 중 St. 14에서 하천공사가 진행되고 있었다. 경안천 중류(St. 17~24)는 주변이 산과 농경지, 시가지, 산업단지 등으로 이루어져 있었고 일부 생활하수가 유입되고 있었으며, 하천차수는 1~4차였다. 하천형은 Aa-Bb형이었고, 하상구조는 돌, 자갈, 큰돌 등의 순으로 풍부하였으며, 지점 중 St. 18과 St. 21에 보가 설치되어 있었다. 곤지암천(St. 26~38)은 주변이 산과 농경지, 시가지 등으로 이루어져 있었고, 하천차수는 1~4차 하천이었으며, 하천형은 Aa-Bb형이었다. 하상구조는 돌과, 자갈, 큰돌 등의 순으로 풍부하였고, 8개 지점에 보가 설치되어 있었으며, St. 29, 33, 37에서 조사기간 동안 하천공사가 진행되고 있었다. 경안천 하류(St. 39~48)는 주변이 대부분 산간지역이고 일부 농경지와 시가지가 위치해 있었으며, 하류는 팔당댐으로 이어져 있었다. 하천차수는 2~5차였으며, 하천형은 본류가 Bb-Bc형이었고 나머지 지류 지점들은 Aa-Bb형 이었다. 하상구조는 돌, 자갈, 큰돌 등의 순으로 풍부하였으며, 지점 중 St. 42, 43, 44에 보가 설치되어 있었다. St. 45는 팔당호가 시작되는 지점으로 대부분 정수역이며 수초가 많이 서식하고 있었다.

## 2. 어류상

경안천 48개 지점에서 2회 동안 채집된 어류는 11과 40종 10,724개체였다. 우점종은 피라미(*Zacco platypus*, 45.7%), 아우점종은 버들치(*Rhynchocypris oxycephalus*, 16.9%), 그 다음으로는 돌고기(*Pungtungia herzi*, 6.5%), 참갈겨니(*Z. koreanus*, 4.8%), 붕어(*Carassius auratus*, 4.1%), 긴물개(*Squalidus gracilis majimae*, 2.6%), 떡납줄갱이(*Rhodeus notatus*, 2.5%), 돌마자(*Microphysogobio yaluensis*, 2.3%) 등의 순으로 우세하게 출현하였다. 출현종 중 한국고유종은 줄납자루(*Acheilognathus yamatsutae*), 각시붕어(*R. uyekii*), 쉬리(*Coreoleuciscus splendidus*), 돌마자, 참중고기(*Sarcocheilichthys variegatus wakiyae*), 긴물개, 물개(*Squalidus japonicus coreanus*), 참갈겨니, 참중개(*Iksookimia koreensis*), 새코미꾸리(*Koreocobitis rotundicaudata*), 독중개(*Cottus koreanus*), 꺾지(*Coreoperca herzi*), 얼룩동사리(*Odontobutis interrupta*), 동사리(*O. platycephala*) 14종(35.0%)이었고, 외래종은 배스(*Micropterus salmoides*)와 블루길(*Lepomis macrochirus*), 이스라엘 잉어(*Cyprinus carpio* Israeli carp)

3종(10.0%)이 채집되었다. 또한 육붕형 어류는 은어(*Plecoglossus altivelis*), 밀어(*Rhinogobius brunneus*), 독중개(*Cottus koreanus*) 3종(7.5%)이, 기후변화 민감종은 독중개 1종(2.5%)이 출현하였다. 민물조개에 산란하는 어류는 납자루아과(*Acheilognathinae*)의 각시붕어, 떡납줄갱이, 납자루(*A. lanceolata intermedia*), 줄납자루, 납지리(*A. rhombus*) 5종과 중고기속(*Sarcocheilichthys*)의 참중고기 1종 등 모두 6종이 채집되었다(Table 2, Figure 2F).

지역에 따른 출현어류를 살펴보면, 경안천 상류에서는 총 7과 20종 1,913개체가 채집되었고, 우점종은 피라미(49.5%), 아우점종은 버들치(14.6%), 그 다음으로는 붕어(11.9%)와 긴물개(4.7%), 밀어(3.7%) 등의 순으로 우세하였다. 출현종 중 한국고유종은 긴물개, 돌마자, 참중개, 얼룩동사리 등 4종이었고, 외래종은 이스라엘잉어와 배스 2종이, 육붕형은 밀어 1종이 채집되었다(Figure 2A). 오산천에서는 5과 13종 885개체가 채집되었고, 우점종은 피라미(54.6%), 아우점종은 버들치(30.5%), 그 다음으로 붕어(6.3%), 모래무지(*Pseudogobio esocinus*, 2.5%), 돌고기(1.4%) 등의 순으로 우세하였다. 출현종 중 한국고유종은 긴물개, 돌마자, 얼룩동사리 3종이, 육붕형은 밀어 1종이 채집되었다(Figure 2B). 경안천 중류에서는 5과 18종 2,165개체가 채집되었고, 우점종은 피라미(58.1%), 아우점종은 버들치(17.6%), 그 다음으로 돌마자(3.9%), 붕어(2.8%), 긴물개(3.0%) 등의 순으로 우세하였다. 출현종 중 한국고유종은 쉬리, 긴물개, 돌마자, 얼룩동사리 4종이었고, 외래종은 배스 1종이, 육붕형은 밀어 1종이 채집되었다(Figure 2C). 곤지암천에서는 6과 26종 3,719개체가 채집되었고, 우점종은 피라미(49.3%), 아우점종은 돌고기(11.2%), 그 다음으로 버들치(9.6%), 떡납줄갱이(7.3%), 납자루(3.6%), 돌마자(3.4%) 등의 순으로 우세하였다. 출현종 중 한국고유종은 각시붕어, 줄납자루, 쉬리, 긴물개, 돌마자, 새코미꾸리, 참중개, 독중개, 얼룩동사리 9종이 출현하였고, 외래종은 배스 1종이, 육붕형은 밀어 1종이 채집되었다(Figure 2D). 경안천 하류에서는 9과 28종 1,681개체가 채집되었고, 우점종은 버들치(25.5%), 아우점종은 참갈겨니(25.0%), 그 다음으로 피라미(18.8%), 돌고기(9.7%), 밀어(3.5%), 물개(3.4%) 순이었다. 출현종 중 한국고유종은 참중고기, 긴물개, 물개, 돌마자, 참갈겨니, 새코미꾸리, 참중개, 독중개, 꺾지, 동사리, 얼룩동사리 11종이었고, 외래종은 배스, 블루길 2종이, 육붕형은 밀어와 은어 2종이 채집되었다(Figure 2E).

Table 2. List of fish species and number of individual fish collected in the Gyeongan Stream, Korea from April to October 2017

Scientific name	Station																										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	
<b>Cyprinidae</b>																											
<i>Cyprinus carpio</i>		4	5						5	3					2		8				13						
<i>Cyprinus carpio</i> (Israeli type)						1																					
<i>Carassius auratus</i>		98	82	9		8	9	16	5	1		5			19	32	5	11			30	5				10	
<i>Rhodeus uyekii</i>																											
<i>Rhodeus notatus</i>																											
<i>Acheilognathus lanceolata intermedia</i>																		25				9					
<i>Acheilognathus yamatsutae</i>																											
<i>Acheilognathus rhombeus</i>																		14			6	3					
<i>Pseudorasbora parva</i>		2	12					2	3																		
<i>Pungtungia herzi</i>			37						8	5					10	2		15			5					3	
<i>Coreoleuciscus splendidus</i>																						3				52	
<i>Sarcocheilichthys variegatus wakiyae</i>																											
<i>Gnathopogon strigatus</i>																		5								5	
<i>Squalidus gracilis majimae</i>		65	25													5		35								31	
<i>Squalidus japonicus coreanus</i>																											
<i>Hemibarbus labeo</i>									1	5								9			2	7				7	
<i>Hemibarbus longirostris</i>			8				52		1						11		17				11					17	
<i>Pseudogobio esocinus</i>		5	15				22	3	7						5		17		11			5					
<i>Microphysogobio yaluensis</i>										9					2				63			22					
<i>Rhynchocypris oxycephalus</i>	71			25	6	53	125					47	115	21	87					55	75	129		45	77	114	
<i>Zacco koreanus</i>																											
<i>Zacco platypus</i>		280	217	37	5	23	140	20	122	103			45	184	102	152	24	312			272	162				283	205
<i>Opsariichthys uncirostris amurensis</i>																											
<i>Erythroculter erythropterus</i>																											
<b>Balitoridae</b>																											
<i>Orthrias nudus</i>																											
<b>Cobitidae</b>																											
<i>Misgurnus anguillicaudatus</i>					1			1	2					3						2						2	
<i>Misgurnus mizolepis</i>		1																									
<i>Koreocobitis rotundicaudata</i>																											
<i>Iksookimia koreensis</i>		8					8																				
<b>Siluridae</b>																											
<i>Silurus asotus</i>		1	1														5										
<b>Osmeridae</b>																											
<i>Plecoglossus altivelis</i>																											
<b>Adrianchthyidae</b>																											
<i>Oryzias sinensis</i>			17																								
<b>Cottidae</b>																											
<i>Cottus koreanus</i>																											
<b>Centropomidae</b>																											
<i>Coreoperca herzi</i>																											
<b>Centrarchidae</b>																											
<i>Lepomis macrochirus</i>																											
<i>Micropterus salmoides</i>								15	18	3											8	4					
<b>Odontonutidae</b>																											
<i>Odontobutis platycephala</i>																											
<i>Odontobutis interrupta</i>	3	4													3							1					
<b>Gobidae</b>																											
<i>Rhinogobius brunneus</i>			7			43			5	15	7			4			7			9	5			10	14		
<i>Tridentiger brevispinis</i>																											
Number of species	2	10	11	3	3	5	6	6	11	8	2	2	2	6	5	7	2	13	1	2	8	13	1	4	9	1	
Number of individuals	74	468	426	71	12	128	356	57	177	144	54	120	66	285	145	215	29	532	55	77	461	250	45	372	344	114	

Table 2. Continued

Scientific name	Station																		Total	RA* (%)	Remarks**				
	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44				45	46	47	48
<b>Cyprinidae</b>																									
<i>Cyprinus carpio</i>									5			1		5					8			59	0.55		
<i>Cyprinus carpio</i> (Israeli type)																						1	0.01	Ex	
<i>Carassius auratus</i>			4	6	6	3				9		6	22	12	2	11			4			5	435	4.06	
<i>Rhodeus uyekii</i>											54											54	0.50	E	
<i>Rhodeus notatus</i>											270											270	2.52		
<i>Acheilognathus lanceolata intermedia</i>											123	11		2								170	1.59		
<i>Acheilognathus yamatsutae</i>											2											2	0.02	E	
<i>Acheilognathus rhombeus</i>											9											32	0.30		
<i>Pseudorasbora parva</i>								1			3											23	0.21		
<i>Pungtungia herzi</i>				84		84		14		82		114	39		9			80	90		14	5	700	6.53	
<i>Coreoleuciscus splendidus</i>													20									75	0.70	E	
<i>Sarcocheilichthys variegatus wakiyae</i>														5								5	0.05	E	
<i>Gnathopogon strigatus</i>											15	7										32	0.30		
<i>Squalidus gracilis majimae</i>				15		25		10		5		12	40					7				275	2.56	E	
<i>Squalidus japonicus coreanus</i>														22					43			5	70	0.65	E
<i>Hemibarbus labeo</i>									2			17	9						3			62	0.58		
<i>Hemibarbus longirostris</i>				9					22		22	4						14				188	1.75		
<i>Pseudogobio esocinus</i>			40	23		9		5	34			5	5									211	1.97		
<i>Microphysogobio yaluensis</i>									102		20	4	22									244	2.28	E	
<i>Rhynchocypris oxycephalus</i>	70	28	11	7	3	48	8	28		40			155	166	75	15	4			76	30	1809	16.87		
<i>Zacco koreanus</i>																	230	145		52	27	57	511	4.77	E
<i>Zacco platypus</i>	57	144	362	15	163		88	63	254		533	155	105	46	81			108				43	4905	45.74	
<i>Opsariichthys uncirostris amurensis</i>									6			2										8	0.07		
<i>Erythroculter erythropterus</i>														1					6				7	0.07	
<b>Balitoridae</b>																									
<i>Orthrias nudus</i>														3				1	3				7	0.07	
<b>Cobitidae</b>																									
<i>Misgurnus anguillicaudatus</i>	2		2						1		2		4	1	1		1					25	0.23		
<i>Misgurnus mizolepis</i>																						1	0.01		
<i>Koreocobitis rotundicaudata</i>											9			3								5	17	0.16	E
<i>Iksookimia koreensis</i>			10	12		13			7					10		22	11		3		9	113	1.05	E	
<b>Siluridae</b>																									
<i>Silurus asotus</i>					1			1				1										10	0.09		
<b>Osmeridae</b>																									
<i>Plecoglossus altivelis</i>														1								3	4	0.04	L
<b>Adrianichthyidae</b>																									
<i>Oryzias sinensis</i>																						17	0.16		
<b>Cottidae</b>																									
<i>Cottus koreanus</i>								1													7	8	0.07	L, C	
<b>Centropomidae</b>																									
<i>Coreoperca herzi</i>																		6	3				9	0.08	E
<b>Centrarchidae</b>																									
<i>Lepomis macrochirus</i>														3						6		1	10	0.09	Ex
<i>Micropterus salmoides</i>									4					5						9	1	15	82	0.76	Ex
<b>Odontonutidae</b>																									
<i>Odontobutis platycephala</i>																					3	3	0.03	E	
<i>Odontobutis interrupta</i>			3	1	2			1		1		1	1	3		1		1				2	28	0.26	E
<b>Gobiidae</b>																									
<i>Rhinogobius brunneus</i>									3		8	14		22	13			16				20	222	2.07	L
<i>Tridentiger brevispinis</i>															3							17	20	0.19	
Number of species	3	6	10	5	7	2	6	5	14	1	17	16	6	17	8	1	9	9	7	6	2	14	40		
Number of individuals	129	229	525	31	300	49	126	97	533	40	1203	343	282	163	286	75	363	394	79	80	103	217	10724		

\*Relative abundance (%), \*\*E: endemic species, En: endangered species, L: land-locked, C: climate-sensitive species



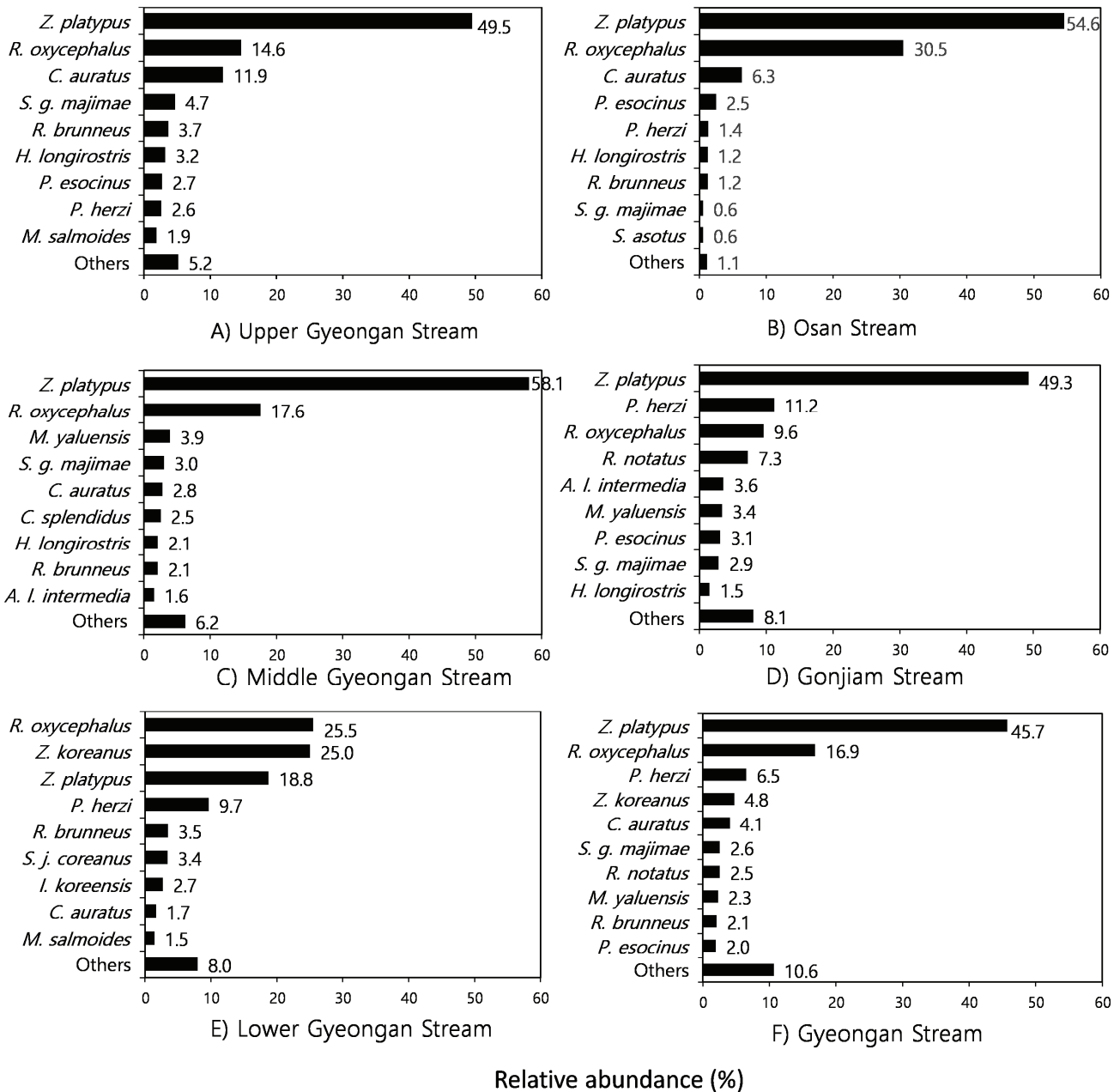


Figure 2. Relative abundance of the fish species found in the Gyeongan Stream, Korea from April to October 2017.

### 3. 군집 구조 및 특징

조사지점별 우점종은 피라미가 27개 지점(56.3%), 버들치 16개 지점(33.3%), 참갈겨니가 4개 지점(8.3%), 물개 1개 지점(2.1%)이었고 피라미와 버들치가 가장 많은 지점에서 우점종으로 나타났다. 우점도 지수(Dominance index)는 상류부 지점들에서 적은 종수가 출현하여 비교적 높았고 하류지점으로 갈수록 낮게 나타나는 경향을 보였다. 다양도 지수(Diversity

index)와 풍부도 지수(Richness index)는 상류 지점들은 낮았고 하류지점으로 갈수록 높아지는 경향을 보였는데, St. 40에서 다양도 지수(2.26)와 풍부도 지수(3.14) 모두 가장 높았다. 균등도 지수(Evenness index)는 오산천의 St. 13에서 0.90으로 가장 높았고 곤지암천의 St. 32에서 0.14로 가장 낮았다 (Table 3). Primer 5.0을 이용하여 군집유사도를 계산한 후 그림으로 도식한 결과 크게 하천과 팔당호(St. 45)로 구분되었으며 하천은 다시 최상류, 상류, 중하류로 구분되었다(Figure 3).

Table 3. Community indices and index of biological integrity (IBI) in the Gyeongan Stream, Korea from April to October 2017

Index	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Dominance	1.00	0.81	0.70	0.87	0.92	0.75	0.74	0.63	0.79	0.82	1.00	1.00	1.00	0.95	0.83	0.86	1.00	0.70	1.00	1.00	0.87	0.74	1.00	0.97
Diversity	0.17	1.16	1.59	0.97	0.92	1.25	1.37	1.42	1.24	1.08	0.39	0.17	0.63	0.86	0.97	0.99	0.46	1.59	-	0.12	1.12	1.44	-	0.66
Evenness	0.24	0.50	0.67	0.88	0.84	0.78	0.76	0.79	0.52	0.52	0.56	0.25	0.90	0.48	0.61	0.51	0.66	0.62	-	0.17	0.54	0.56	-	0.48
Richness	0.23	1.46	1.65	0.47	0.80	0.82	0.85	1.24	1.93	1.41	0.25	0.21	0.24	0.88	0.80	1.12	0.30	1.91	-	0.23	1.14	2.17	-	0.51
IBI	68.8	50.0	62.5	68.8	56.3	81.3	75.0	37.5	56.3	50.0	68.8	75.0	62.5	75.0	43.8	43.8	43.8	56.3	62.5	75.0	62.5	56.3	68.8	62.5
(grade)	(B)	(C)	(B)	(B)	(C)	(A)	(B)	(D)	(C)	(C)	(B)	(B)	(B)	(B)	(C)	(C)	(C)	(C)	(B)	(B)	(B)	(C)	(B)	(B)

Index	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
Dominance	0.75	1.00	0.98	0.80	0.85	0.71	0.82	1.00	0.81	0.94	0.67	1.00	0.67	0.57	0.92	0.42	0.86	1.00	0.85	0.64	0.66	0.83	1.00	0.46
Diversity	1.37	-	0.76	1.12	1.11	1.29	1.23	0.10	1.04	0.86	1.60	-	1.71	1.91	0.99	2.26	1.14	-	1.12	1.53	1.48	1.10	0.58	2.16
Evenness	0.63	-	0.69	0.62	0.48	0.80	0.63	0.14	0.58	0.54	0.61	-	0.60	0.69	0.55	0.80	0.55	-	0.51	0.70	0.76	0.61	0.83	0.82
Richness	1.37	-	0.41	0.92	1.44	1.16	1.05	0.26	1.03	0.87	2.07	-	2.26	2.57	0.89	3.14	1.24	-	1.36	1.34	1.37	1.14	0.22	2.42
IBI	62.5	68.8	68.8	56.3	56.3	56.3	56.3	81.3	56.3	68.8	68.8	62.5	56.3	68.8	81.3	68.8	81.3	68.8	93.8	93.8	18.8	81.3	68.8	93.8
(grade)	(B)	(B)	(B)	(C)	(C)	(C)	(C)	(A)	(C)	(B)	(B)	(B)	(C)	(B)	(A)	(B)	(A)	(B)	(A)	(A)	(E)	(A)	(B)	(A)

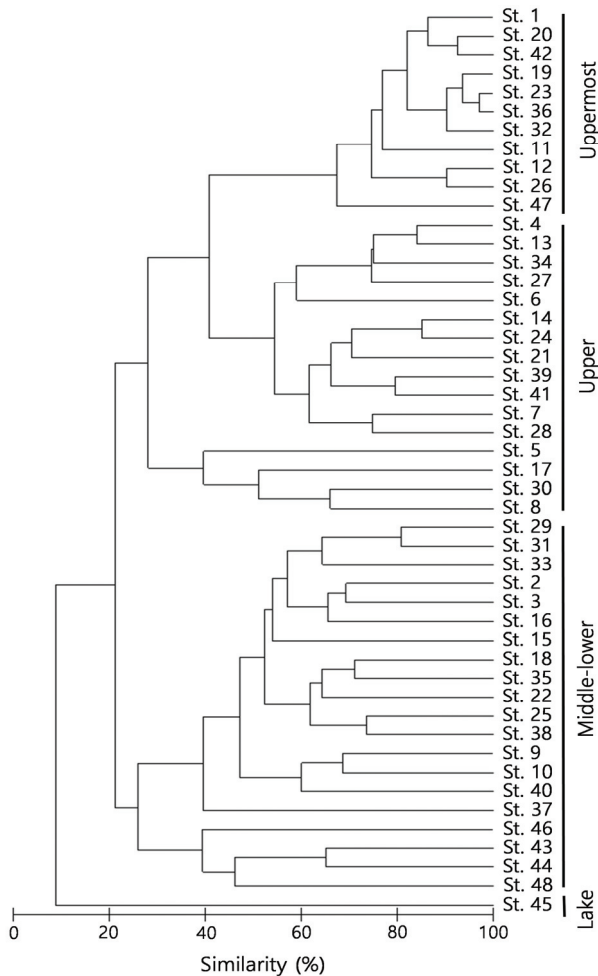


Figure 3. Dendrogram for the cluster analysis based on similarity index of the fish species found among the stations in the Gyeongan Stream, Korea from April to October 2017.

#### 4. 하천 건강성평가

각 조사지점들의 하천건강성 생물보전지수(IBI)를 하천차수에 따라 8개의 메트릭으로 나누어 평가한 결과는 Table 3과 같았다. 지점별 평가 등급은 좋음(23개), 보통(15개), 매우좋음(8개 지점), 나쁨(1개), 아주나쁨(1개) 순으로 나타나 좋음과 보통이 많았다. 건강성이 가장 좋은 지점은 St. 43~44(93.8, A)였으며, 가장 나쁜 지점은 St. 45(18.8, E)였다. 경안천하류에서는 대부분 매우좋음(6), 좋음(3)으로 가장 양호하였고, 경안천중류와 곤지암천, 오산천, 경안천상류는 대부분 좋음과 보통이 높게 나타났다(Figure 4).

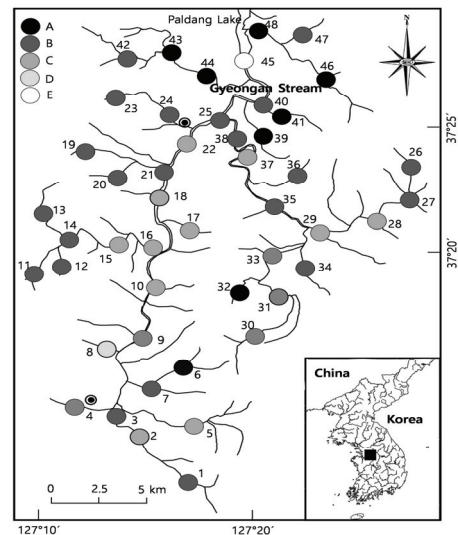


Figure 4. Health assessment of Index of biological integrity (IBI) in the Gyeongancheon, Korea from April to October 2017. IBI grade: A(80~100), B(60~80), C(40~60), D(20~40), E(0~20).

## 고찰

한강 중하류로 유입되는 경안천과 비교적 유사한 규모의 하천들과 서식어류 출현양상을 비교하여 보면 Table 4와 같았다. 경안천에 출현한 종수는 11과 40종으로 복하천 26종(Byeon and Son, 2003), 섬강 37종(Ko et al., 2011)보다는 많은 편이었으나 가평천 47종(Nam, 1997a), 흑천 47종(Ko et al., 2019), 달천 50종(NFRDI, 2013), 조종천 50종(Nam, 1997b), 홍천강 52종(Choi and Kim, 2004) 보다는 적었다. 멸종위기종은 비교 하천들이 1~5종이 출현하고 있었으나 경안천은 서식하지 않았고, 한국고유종의 비율은 35.0%로 비교 하천들(38.0~48.9%) 보다 낮은 편이었으며, 외래어종은 3종이 출현하여 비교 하천들(1~3종) 보다 많았다. 민물조개에 산란하는 납자루아과(Acheilognathinae)와 중고기속(*Sarcocheilichthys*) 어류는 6종으로 비교 하천의 5~9종보다 적거나 비슷하였다. 기후변화 민감종은 홍천강을 제외한 모든 비교 하천들과 유사하게 독종개 1종이 서식하고 있었고 홍천강만이 유일하게 금강모치(*Rhynchocypris kumgangensis*)가 추가되어 2종이 서식하였다. 이러한 서식어류 특징은 경안천 유역이 다른 하천에 비해 높은 산이 없어 계곡이 잘 발달되지 않았고 하천의 경사각이 낮으며 하천에 많은 보가 설치되어 있어 빠른 여울이 많지 않았기 때문으로 판단된다.

경안천 일대의 선행연구는 환경부의 제2차 전국자연환경조사

사(ME, 1999-2005)와 제3차 전국자연환경조사(ME, 2010-2011)가 있었다(Table 5). 본 조사 결과를 선행연구와 비교하면, 본 조사에서 11과 40종이 채집되어 제2차, 제3차 전국자연환경조사 보다 5종이 더 많이 출현하였다. 선행조사에서 출현하였으나 본 조사에서 채집되지 않은 종은 떡붕어(*Carassius cuvieri*), 가시납지리(*Acheilognathus chankaensis*), 중고기(*Sarcocheilichthys nigripinnis morii*), 왜매치(*Abbottina springeri*), 살치(*Hemiculter leucisculus*), 종개(*Orthrias toni*), 쌀미꾸리(*Lefua costata*), 미유기(*Silurus microdorsalis*), 동자개(*Pseudobagrus fulvidraco*), 눈동자개(*P. koreanus*), 대농갱이(*Leiocassis ussuriensis*), 갈문망둑(*Rhinogobius giurinus*) 12종이었다. 이중 종개는 2002년에 한강수계는 대륙종개, 동해안 중북부는 종개로 나뉘어져 서식하는 것으로 보고되었기 때문에(Kim and Park, 2007) 현재 한강수계에는 종개가 서식하지 않는다. 그 외 나머지 종들은 제2차 또는 제3차 전국자연환경조사에서도 낮은 상대풍부도를 보였던 종들로 하천공사 및 서식지 변경 등으로 현재 개체수가 급격히 감소하였거나 소멸된 것으로 추정된다.

선행조사에서 출현하지 않았으나 본 조사에서 새롭게 확인된 종은 참중고기, 꼬리(*Opsariichthys uncirostris amurensis*), 강준치(*Erythroculter erythropterus*), 은어, 대륙송사리(*Oryzias sinensis*), 꺾지, 블루길, 동사리, 물개 9종이었다. 이중 블루길, 강준치, 꼬리, 물개는 팔당호에 많이 서식하는 종으로 보고된

Table 4. Comparison of major distributional fish characteristics in tributary of the middle-lower Han River, Korea

Stream	No. of Stations	Family	Species	Legal protected species <sup>*</sup>	No. of endemic species (%)	No. of Acheilognathinae and <i>Sarcocheilichthys</i> species (%)	Exotic species <sup>**</sup>	Climatic sensitive species <sup>***</sup>	Reference
Gyeongang Stream	48	11	40	-	14 (35.0%)	6 (5+1)	MS, LM, CCA	CK	Present study
Dal Stream	17	13	50	SS, AS, GM, GB, PT	19 (38.0%)	7 (5+2)	MS, LM, CCU	CK	NFRDI, 2013
Gapyeong Stream	16	9	47	HM, AS, GB, PT	23 (48.9%)	8 (6+2)	CCA	CK	Nam, 1997a; Yoon et al., 2014
Heuk Stream	10	14	47	RP, AS	19 (40.4%)	8 (7+1)	MS, OM	CK	Han, 2007; Ko et al., 2019
Jojong Stream	11	12	50	RP, AS, PT	20 (40.0%)	9 (7+2)	MS	CK	Nam, 1997b
Bokha Stream	8	6	26	GN	6 (23.1%)	5 (5+0)	LM	-	Byeon and Son, 2003; MLTM, 2010
Seom River	10	10	37	AS, GM, GB, RP	18 (48.6%)	5 (4+1)	-	CK	Byeon, 1998; Ko et al., 2011
Hongcheon River	25	11	52	AS, PT	23 (44.2%)	8 (6+2)	MS, LM, CCU	CK, RK	Choi and Kim, 2004

<sup>\*</sup>HM: *Hemibarbus mylodon*, GN: *Gobiobotia naktongensis*, SS: *Siniperca scherzeri* (albino type), RP: *Rhodeus pseudosericeus*, AS: *Acheilognathus signifer*, GM: *Gobiobotia macrocephala*, GB: *Gobiobotia brevibarba*, PT: *Pseudopungtungia tenuicarpa*, <sup>\*\*</sup>MS: *Micropterus salmoides*, LM: *Lepomis macrochirus*, CCU: *Carassius cuvieri*, CCA: *Cyprinus carpio* (Israeli type), OM: *Oncorhynchus mykiss*. <sup>\*\*\*</sup>CK: *Cottus koreanus*, RK: *Rhynchocypris kumgangensis*.

Table 5. Historical record of ichthyofauna in the Gyeongan Stream, Korea from April to October 2017

Scientific name	Relative abundance (%)		
	ME (1999-2005)*	ME (2010-2011)**	Present study (2017)
Number of surveys	1	1	2
Number of survey stations	37	38	48
<b>Cyprinidae</b>			
<i>Cyprinus carpio</i>	0.25	0.15	0.55
<i>Cyprinus carpio</i> (Israeli type)		0.06	0.01
<i>Carassius auratus</i>	4.65	2.12	4.06
<i>Carassius cuvieri</i>	4.22		
<i>Rhodeus uyekii</i>		0.41	0.50
<i>Rhodeus notatus</i>		0.09	2.52
<i>Acheilognathus lanceolata intermedia</i>	0.54	0.21	1.59
<i>Acheilognathus yamatsutae</i>	0.64	0.24	0.02
<i>Acheilognathus rhombeus</i>	0.18	0.03	0.30
<i>Acheilognathus chankaensis</i>	1.04		
<i>Pseudorasbora parva</i>	5.11	0.71	0.21
<i>Pungtungia herzi</i>	1.82	2.38	6.53
<i>Coreoleuciscus splendidus</i>	0.75	0.21	0.70
<i>Sarcocheilichthys variegatus wakiyae</i>			0.05
<i>Sarcocheilichthys nigripinnis morii</i>		0.03	
<i>Gnathopogon strigatus</i>		0.03	0.30
<i>Squalidus gracilis majimae</i>	2.36	4.65	2.56
<i>Squalidus japonicus coreanus</i>			0.65
<i>Hemibarbus labeo</i>	0.04	0.85	0.58
<i>Hemibarbus longirostris</i>	0.93	2.38	1.75
<i>Pseudogobio esocinus</i>	0.89	3.24	1.97
<i>Microphysogobio yaluensis</i>	1.11	0.56	2.28
<i>Rhynchocypris oxycephalus</i>	20.95	19.89	16.87
<i>Abbottina springeri</i>		1.32	
<i>Zacco koreanus</i>	3.50	3.21	4.77
<i>Zacco platypus</i>	35.86	43.76	45.74
<i>Opsariichthys uncirostris amurensis</i>			0.07
<i>Erythroculter erythropterus</i>			0.07
<i>Hemiculter leucisculus</i>	2.57		
<b>Balitoridae</b>			
<i>Orthrias toni</i>	0.11		
<i>Orthrias nudus</i>	0.72	0.06	0.07
<i>Lefua costata</i>	0.18		
<b>Cobitidae</b>			
<i>Misgurnus anguillicaudatus</i>	1.29	0.82	0.23
<i>Misgurnus mizolepis</i>	0.11	0.03	0.01
<i>Koreocobitis rotundicaudata</i>	0.75	0.15	0.16
<i>Iksookimia koreensis</i>	0.93	0.97	1.05
<b>Siluridae</b>			
<i>Silurus asotus</i>	0.04	0.06	0.09
<i>Silurus microdorsalis</i>		0.03	
<b>Bagridae</b>			
<i>Pseudobagrus fulvidraco</i>	0.04		
<i>Pseudobagrus koreanus</i>		0.03	
<i>Leiocassis ussuriensis</i>	0.04		
<b>Osmeridae</b>			
<i>Plecoglossus altivelis</i>			0.04
<b>Adrianichthyidae</b>			
<i>Oryzias sinensis</i>			0.16
<b>Cottidae</b>			
<i>Cottus koreanus</i>	0.21	0.15	0.07
<b>Centropomidae</b>			
<i>Coreoperca herzi</i>			0.08
<b>Centrarchidae</b>			
<i>Lepomis macrochirus</i>			0.09
<i>Micropterus salmoides</i>	0.50	0.21	0.76
<b>Odontobutidae</b>			
<i>Odontobutis platycephala</i>	0.04		0.03
<i>Odontobutis interrupta</i>	0.72	1.03	0.26
<b>Gobiidae</b>			
<i>Rhinogobius giurinus</i>	1.07		
<i>Rhinogobius brunneus</i>	5.86	9.39	2.07
<i>Tridentiger brevispinis</i>		0.56	0.19
Total number of family	9	12	11
Total number of species	35	35	40
Total number of individuals	2797	3398	10724

\*The 2nd National Environment Investigation of Freshwater Fish (Choi and Son, 1999; Byeon and Bae, 2001; Song and Baek, 2001; Choi and Lee, 2005; Yang and Kim, 2005), \*\*The 3rd National Environment Investigation of Freshwater Fish (Back and Kim, 2010a; 2010b; 2010c; Kim and Joo, 2011)

바 있어(Park *et al.* 2009; Park *et al.* 2013), 본 조사 지점 중 팔당호에 1개 지점이 포함되고 팔당호에 서식하는 개체가 경안천으로 소상하였기 때문에 판단되며, 꺾지, 동사리, 참중고기는 과거 서식개체수가 많지 않아 과거 조사에서 채집되지 않은 것으로 추정된다. 은어는 일반적으로 하천과 바다를 오가는 양측회유성 어류이나 우리나라 대형호에 적응한 육봉형 은어의 서식이 보고되었기 때문에(Choi, 1995; Lee, 1996; Ko *et al.* 2007), 본 조사에서 출현한 은어도 팔당호에 육봉화된 집단 중 일부가 경안천으로 소상한 개체들로 추정되며, 팔당호에 적응된 은어들은 팔당호 상류 하천인 섬강(Ko *et al.*, 2011)과 흑천(Ko *et al.*, 2019)에서도 서식이 보고된 바 있다. 전체적으로 본 조사에서 과거보다 더 많은 종이 채집된 이유는 조사 횟수에 있어 선행연구가 대부분 1회만 조사된 반면 본 조사는 2회 조사를 실시하였고, 조사지점도 과거 37~38 지점에서 48개 지점으로 증가하였기 때문으로 생각된다.

경안천에 출현한 어종 중 독중개는 기후변화 민감종으로 지정된 냉수성 어종이다. 우리나라의 수온이 낮은 한강과 임진강, 금강 및 삼척오십천 등의 하천 상류에 서식하는 종으로(Kim *et al.* 2005; Kim and Park, 2007), 2005년에 환경부지정 멸종위기야생동·식물로 지정되었다가 2012년에 멸종위기종에서 해제된 바 있으며(ME, 2012), 적색자료집에서는 하천정비와 수질오염으로 서식지가 파괴되고 있어 준위협종(NT)로 평가된 바 있다(NIBR, 2011). 경안천에서 독중개는 제2차 전국자연환경조사에서 4개 지점 6개체(ME, 1999-2005), 제3차 전국자연환경조사에서 2개 지점 5개체가 채집된 바 있는데(ME, 2010-2011), 본 조사에서는 St. 32와 St. 46에서 총 8개체가 채집되어 큰 변동은 없었다. 하지만 최근 만경강과 금강, 섬진강에서 지역적으로 절멸된 것으로 보고되었기 때문에(NIBR, 2011) 지속적인 관심과 보호가 필요하다.

경안천에 출현한 외래어종은 본 조사에서 이스라엘잉어와 배스, 블루길 3종이었고, 제2차 전국자연환경조사에서 떡붕어의 출현기록이 있었다(ME, 1999-2005). 이들 4종은 모두 1970년대에 양식대상종 또는 자원조성용으로 도입된 이후 국내 하천 및 댐, 저수지에 확산되어 서식하고 있다(Ko *et al.* 2008; IFRI, 2009; NIE, 2018). 배스는 제2차 전국자연환경조사에서 4개 지점 14개체가, 제3차 전국자연환경조사에서는 3개 지점 7개체가 채집된 바 있는데, 본 조사에서는 10개 지점 82개체 채집되어 급격히 확산되고 있었다. 블루길은 선행조사에서 출현하지 않았으나 본 조사에서는 3개 지점 10개체가 채집되어 새롭게 서식이 확인되었다. 배스와 블루길은 포식성이 강하고 생태계를 교란하는 것으로 알려지면서 1998년에 환경부 야생동식물 보호법에 의거하여 생태계 교란종으로 지정되었다. 특히 배스는 강한 포식성으로 인해 우리나라 고유종 및 토착종의 급격한 감소를 야기하는 것으로 보고되어 있어(Ko *et al.*, 2008; 2017; Lee *et al.*, 2009; MAFRA, 2010; Park

*et al.*, 2018) 장기적인 구제방안이 필요하다. 이스라엘잉어는 제3차 전국자연환경조사에서 1개 지점 2개체가 채집된 바 있고 본 조사에서는 1개 지점 1개체가 채집되었으며, 떡붕어는 제2차 전국자연환경조사에서만 2개 지점 118개체가 채집되었으나(ME, 1999-2005) 제3차 전국자연환경조사와 본 조사에서는 서식이 확인되지 않았다(ME, 2010-2011). 이 두종은 경안천에서 개체수가 점점 감소하는 경향을 보였으나 저수지에 자원용 또는 낚시대상종으로 많이 방류되고 있기 때문에 경안천에도 쉽게 다시 유입될 수 있는 종이다. 하지만 아직까지 생태계에 큰 교란을 일으키는 것은 보고되지 않았다.

경안천의 어류를 이용한 하천건강성은 전체적으로 좋음과 보통이 많았다. 경안천 일대는 최근 도시화가 진행되면서 주거지역과 산업시설이 급격히 증가하고 있으며(SK, 2019), 이로 인해 수질에 문제를 야기시키는 것으로 보고되고 있다(HREMO, 1999). 본 조사에서도 생활하수와 공장폐수가 유입되는 지역이 관찰되었으며, 하천공사도 7지점에서 진행되고 있었다. 또한 생태계교란 야생생물로 지정된 배스와 블루길이 본 조사를 통해 지속적으로 확산되는 것이 확인되었기 때문에 앞으로 경안천의 하천건강성은 악화될 가능성이 크다. 따라서 경안천의 하천건강성을 회복하고 유지하기 위해서는 경안천 유역 내 무분별한 개발을 방지하고, 생활하수나 공장폐수 등의 유입을 차단하는 등 체계적인 하천관리가 필요하며, 최근 급격히 확산되는 생태계 교란종 배스와 블루길에 대한 포획 및 퇴출 등 등 체계적인 관리방안이 필요하다고 판단되었다.

## REFERENCES

- An, K.G. and S.J. Lee(2018) Ecological health assessments, conservation and management in Korea using fish multi-metric model. Korean Journal of Ecology and Environment 51: 86-95. (in Korean with English abstract)
- Baek, H.M. and H. Kim(2010a) The 3rd nation environment investigation. Fresh water fishes of the Neungwon whole area. Ministry of Environment, 4pp. (in Korean)
- Baek, H.M. and H. Kim(2010b) The 3rd nation environment investigation. Fresh water fishes of the Nogok whole area. Ministry of Environment, 4pp. (in Korean)
- Baek, H.M. and H. Kim(2010c) The 3rd nation environment investigation. Fresh water fishes of the Jwahang whole area. Ministry of Environment, 4pp. (in Korean)
- Byeon H.K. and O.L. Bae(2001) The 2nd nation environment investigation. Fresh water fishes of the Seongnam and Gwangju area. Ministry of Environment, pp. 106-133. (in Korean)
- Byeon, H.K. and Y.M. Son(2003) Study on the fish community and

- microhabitat in the Bokha Stream of Namhan River system. Korean Journal of Ichthyology 15: 295-302. (in Korean with English abstract)
- Byeon, H.K.(1998) Ichthyofauna and fish community in the Seom River. Institute of Basic Science at Sangmyung University 11: 1-10. (in Korean with English abstract)
- Chae, B.S., S.K. Kim, Y.H. Kang, N.S. Heo, J.M. Park, H.U. Ha and U.W. Hwang(2015) Ichthyofauna and fish community structure in upper reach of the Nakdong river, Korea. Korean Journal of Ichthyology 27: 116-132. (in Korean with English abstract)
- Choi S.H. and H.H. Lee(2005) The 2nd nation environment investigation. Fresh water fishes of the Gwangju and Yangpyeong 1 area. Ministry of Environment, pp. 53-80. (in Korean)
- Choi, J.S. and J.K. Kim(2004) Ichthyofauna and fish community in Hongcheon River, Korea. Korean Journal of Environment and Biology 18: 446-455. (in Korean with English abstract)
- Choi, J.S. and J.M. Son(1999) The 2nd nation environment investigation. Fresh water fishes of the Yongin and Hwaseong area. Ministry of Environment, pp. 87-113. (in Korean)
- Choi, K.C.(1995) Ecological study of a land-lock ayu, *Plecoglossus altivelis* in Bonghwa-Gun, Bonghwa-Gun, pp. 5-6. (in Korean)
- Cummins, K.W.(1962) An evolution of some techniques for the collection and analysis of benthic samples with special emphasis on lotic water. The American Midland Naturalist 67:477-504.
- Han, T.J.(2007) Ichthyofauna in the Heuk stream of Gyenggi Province. Master Thesis, Chonnam National University, Yeosu, 29pp. (in Korean with English abstract)
- HREMO(Han River Environmental Management Office)(1999) Gyeongang Stream basin pollution source status report. Ministry of Environment, 257pp. (in Korean)
- IFRI(Inland Fisheries Research Institute)(2009) Distribution, utilization and management strategy of introduced freshwater fish. National Fisheries Research & Development Institute, 125pp. (in Korean)
- ISK(Ichthyological Society of Korea)(2003) The introduced fishes of Korea. Proceedings of 2002 Symposium of the Ichthyological Society, 128pp. (in Korean)
- Jang, M.H., G.J. Joo and M.C. Lucas(2006) Diet of introduced largemouth bass in Korean rivers and potential interactions with native fishes. Ecology of Freshwater Fish 15: 315-320.
- Kani, T.(1944) Ecology of the aquatic insects inhabiting a mountain stream. In Furukawa H. (eds.) Insects I. Kenkyu-sha, Tokyo, pp. 171-317. (in Japanese)
- 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, freshwater fishes. Ministry of Education, Yeongi, 629pp. (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.M. and Y.D. Joo(2011) The 3rd nation environment investigation. Fresh water fishes of the Yongin whole area. Ministry of Environment, 4pp. (in Korean)
- Ko M.H., I.S. Kim, J.Y. Park, Y.J. Lee(2007) Distribution and ecology of a land-locked Ayu, *Plecoglossus altivelis*(Pisces: Osmeridae) in lake Okjeong, Korea. Korean Journal of Ichthyology 19: 24-34. (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; Centrachidae), and its influence on ichthyofauna in the lake Okjeong, Korea. Korean Journal of Ichthyology 20: 36-44. (in Korean with English abstract)
- Ko, M.H., R.Y. Myung and H.S. Kim(2019) Fish community characteristics and habitat aspects of endangered species, *Rhodeus pseudosericeus* in Heuk stream, a tributary of the Han river drainage system. Korean Journal of Environment and Ecology 33: 266-279. (in Korean with English abstract)
- Ko, M.H., S.J. Moon and I.C. Bang(2011) Study of the fish community structure and inhabiting status of the endangered species *Gobiobotia macrocephala* and *G. brevisbarba* in the Seom river, Korea. Korean Journal of Limnology 44: 144-154. (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(2007) A guidebook of rivers in South Korea. Kwater, Daejeon, 582pp. (in Korean)
- Lee S.H.(2013) Impacts of weirs on fish community in the Jojong stream. Master's Thesis, Seoul National University, Seoul, 49pp. (in Korean with English abstract)
- Lee, G.A.(1996) Biological characteristic and nutritive physiology of Korean ayu, *Plecoglossus altivelis*. Ph. D. Dissertation, Pusan Fisheries University, Pusan, 144pp. (in Korean)
- 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)
- MAFRA(Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs)(2010) The national survey of low head dams and development of database in Korea, 275pp. (in Korean)
- 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)(1999-2005) The 2nd national environment investigation of freshwater fish.
- ME(Ministry of Environment)(2010-2011) The 3rd national environment investigation of freshwater fish.
- ME(Ministry of Environment)(2012) Conservation and management laws of wildlife(Law No. 10977). (in Korean)
- MLTM(Ministry of Land & Transport and Maritime Affairs)(2010). Culture and restoration of endangered species in the major four river drainages. Soonchunhyang University, Asan, 489pp. (in Korean)
- Moyle, P.B. and J.J. Cech(2000) *Fishes: An introduction to ichthyology* (4th ed.). Davis: Prentice Hall, 612pp.
- Nam, M.M.(1997a) The fish fauna and community structure in the Kapyong stream. *Korean Journal of Limnology* 30: 357-366. (in Korean with English abstract)
- Nam, M.M.(1997b) The fish fauna and community structure in the Jojong stream. *Korean Journal of Limnology* 30: 367-375. (in Korean with English abstract)
- Nelson, J.S.(2006) *Fishes of the world*(4th Ed.). John Wiley & Sons Inc., Hoboken, New Jersey, 601pp.
- NFRDI(National Fisheries Research & Development Institute) (2013) Development of inland fisheries using ecosystem management approach and biodiversity increasing research. Inland Fisheries Research Institute, Gapyeong, 76pp. (in Korean with English abstract)
- NIBR(National Institute of Biological Resources)(2011) Red data book of endangered fishes in Korea. National Institute of Biological Resources, Incheon, 203pp. (in Korean)
- NIE(National Institute of Ecology)(2016) A study on the ecological survey method using the latest trends. National Institute of Ecology, Seocheon, 445pp. (in Korean)
- NIE(National Institute of Ecology)(2018) Nationwide survey of non-native species in Korea (IV). National Institute of Ecology, Seocheon, 705pp. (in Korean)
- NIE(National Institute of Ecology)(2019) Guidelines of the 5th national environment investigation. National Institute of Ecology, Seocheon, 27pp. (in Korean)
- NIER(National Institute of Environmental Research)(2007) Detailed on-site surveys, including selection of survey sections for the survey and the establishment of an evaluation system of aquatic ecosystems. National Institute of Environmental Research, 95pp. (in Korean)
- NIER(National Institute of Environmental Research)(2016) Survey and evaluation method for river and stream ecosystem health assessment. National Institute of Environmental Research, 313pp. (in Korean)
- Nishimura, S.(1974) *History of Japan sea: Approach from biogeography*. Tsukiji-Shokan, Tokyo, 274pp. (in Japanese with English abstract)
- Park H.K., J.H. Lee, M.J. Choi, S.H. Yun, H.B. Song, K. Lee, S.J. Youn, K. Shin, M.S. Byeon and D.S. Kong(2009) Ecological characteristics and long-term variation of fish community in lake Paldang and its tributaries. *Journal of Korean Society on Water Quality* 25: 951-963. (in Korean with English abstract)
- Park H.K., J.H. Lee, S.H. Yun and M.J. Choi(2013) The comparative study on the fish community in lake Chungpyung and lake Paldang. *Journal of Korean Society on Water Environment* 29: 7-18. (in Korean with English abstract)
- Park, J.S., S.H. Kim, H.T. Kim, J.G. Kim, J.Y. Park and H.S. Kim(2018) Study on feeding habits of *Micropterus salmoides* in habitat types from Korea. *Korean J. Ichthyol.* 1: 39-53. (in Korean)
- Pielou, E.C.(1969) Shannon's formula as a measure of diversity. *Amer. Nat.* 100: 463-465.
- Pielou, E.C.(1975) *Ecological diversity*. John Wiley, New York, 165pp.
- SK(Statistics Korea)(2019) Statistics of residence registration population and factory establishment statistics. <http://kostat.go.kr>. Accessed December 2019. (in Korean)
- Song H.B. and H.M. Baek(2001) The 2nd national environment investigation. Fresh water fishes of the Yongin and Anseong area. Ministry of Environment, pp. 84-107. (in Korean)
- Yang H. and H.S. Kim(2005) The 2nd national environment investigation. Fresh water fishes of the Gwangju and Yangpyeong 2 area. Ministry of Environment, pp. 95-126. (in Korean)
- Yeom, D.H., S.A. Lee, G.S. Kang, J. Seo and S.K. Lee(2007) Stressor identification and health assessment of fish exposed to wastewater effluents in Miho stream, South Korea. *Chemosphere* 67: 2282-2292.
- 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, S.J., J.K. Choi and H.G. Lee(2014) Long-term variation of the fish community in the upper region of the Gapyeong Stream, Korea. *Korean Journal of Environment and Ecology* 28: 432-441. (in Korean with English abstract)