

임진강 지류 신천의 어류군집 특성 및 수질이 하천 건강성에 미치는 영향^{1a}

최광식² · 한미숙³ · 윤정도⁴ · 고명훈^{5*}

Characteristics of Fish Community and the Effects of Water Quality on River Health in Sincheon, Imjin River, Korea^{1a}

Kwang-Seek Choi², Mee-Sook Han³, Jeong-Do Yoon⁴, Myeong-Hun Ko^{5*}

요약

신천의 어류 군집 특성과 하천의 건강성을 밝히기 위해 2019년 4월부터 10월까지 조사를 시행하였다. 조사기간 동안 23개 지점에서 채집된 어류는 12과 30종 3,677개체였다. 우점종은 피라미(*Zacco platypus*, 28.4%), 아우점종은 대륙송사리(*Oryzias sinensis*, 13.6%), 그 다음으로 참갈겨니(*Zacco koreanus*, 11.8%), 버들치(*Rhynchocypris oxycephalus*, 11.7%), 붕어(*Carassius auratus*, 9.6%), 참붕어(*Pseudorasbora parva*, 7.9%) 등의 순으로 우세하게 출현하였다. 출현 종 중 한국고유종은 10종(33.3%)이었고, 외래종은 이스라엘잉어(*Cyprinus carpio* (Israeli type), 떡붕어(*Carassius cuvieri*), 배스(*Micropterus salmoides*), 구피(*Poecilia reticulata*), 플라티(*Xiphophorus maculatus*) 5종(16.7%)이었으며, 육봉형 어류는 독중개(*Cottus koreanus*)와 밀어(*Rhinogobius brunneus*) 2종(6.7%), 기후 변화 민감종은 독중개 1종(3.3%)이 출현하였다. 어류 군집분석 결과, 신천본류와 수동천, 청담천은 우점도는 낮고 다양도는 높았으며, 동두천과 상패천은 우점도는 높고 다양도는 낮았다. 하천건강성은 최상류와 지류인 수동천이 매우 좋음, 좋음이었으나 상류부는 보통, 중·하류부는 나쁨, 매우 나쁨으로 나타났다. 수질도 중류부터 하류까지 대부분 나쁨 또는 매우 나쁨이었고 지류 수동천만 매우 좋음이었다. 따라서 수질이 어류서식에 큰 영향을 미치면서 결국 하천건강성에 큰 영향을 주는 것으로 판단되었다. 연도별 신천의 수질은 점점 좋아지는 경향을 보였으며 외래종의 도입은 매우 부정적인 요인이었다. 신천의 하천건강성을 향상시키기 위해서는 수질개선과 더불어 외래어종의 관리가 요구된다.

주요어: 어류상, 군집구조, 수질측정망, 생활환경기준

1 접수 2021년 3월 4일, 수정 (1차: 2021년 4월 19일), 게재확정 2021년 4월 28일

Received 4 March 2021; Revised (1st: 19 April 2021); Accepted 28 April 2021

2 고수생태연구소 연구원 Kosoo Ecology Institute, 49 Mokdongjungangnamro14gagil, Yangcheon-gu, Seoul-si, 07955, Korea (akdlsrhffpa10@gmail.com)

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

4 국립생태원 습지센터 연구원 Wetland Center, National Institute of Ecology, 38 Isangil Ibang-myeon, Changnyeong-gun, Gyeongsangnam-do, 50303, Korea (yjdguys1@nie.re.kr)

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

a 이 논문은 2019년도 국립생태원 제5차 전국자연환경조사의 연구비 지원으로 수행된 연구임(NIE-A-2021-01)

* 교신저자 Corresponding author: hun7146@gmail.com

ABSTRACT

This study investigated the characteristics of fish communities and river health in the Sincheon stream of Imgin River between April and October 2019. The survey collected 3,677 objects in 30 species belonging to 12 families from 23 survey stations. The dominant and subdominant species were *Zacco platypus* (28.4%) and *Oryzias sinensis* (13.6%), respectively, followed by *Z. koreanus* (11.8%), *Rhynchocypris oxycephalus* (11.7%), *Carassius auratus* (9.6%), and *Pseudorasbora parva* (7.9%) in that order. Among the fish species collected, 10 (33.3%) were endemic species in Korea. The exotic species were 5 (16.7%), including *Micropterus salmoides*, *Lepomis macrochirus*, *Cyprinus carpio* (Israeli type), *Poecilia reticulata*, and *Xiphophorus maculatus*. The land-locked species included *Cottus koreanus* and *Rhinogobius brunneus*, while *C. koreanus* was a climate change-sensitive species. The dominance of the fish community was low, and the diversity was high in the Sincheon mainstream, Sudongcheon and Cheongdamcheon, whereas Dongducheon and Sangpaechon showed higher dominance and low diversity. The river health was very good and good in the uppermost and Sudongcheon areas, whereas the upper stream was normal, and the middle and lower streams were poor and very poor, respectively. The water quality was also mostly poor or very poor from the midstream to the downstream, and only Sudongcheon was very good. Therefore, the water quality had a great impact on fish habitat and eventually affected river health significantly. Although the water quality of Shincheon has improved each year, the introduction of several foreign species had a very negative effect. Improvement of river health in Shincheon requires water quality improvement and management of exotic fish species.

KEY WORDS: FISH FAUNA, COMMUNITY STRUCTURE, RIVER HEALTH INDEX

서론

우리나라 하천에서 담수어류는 먹이사슬(food chain)의 상위소비자로서 생물다양성을 대표하고, 과거와 현재의 지질학적 혹은 생태적 조건 등의 상호작용에 따라 현재의 독특한 분포양상을 형성하였다(Nishimura, 1974; Kim, 1997; Kim *et al.*, 2005; Yoo *et al.*, 2016). 어류 군집은 환경변화에 쉽게 영향을 받는데, 우리나라에서는 대형 댐과 하천준설, 하천 정비공사 등의 하천공사와 농경의 치수 관리 목적인 보와 저수지의 건설, 산업화로 인한 수질오염 및 외래종의 도입 등이 교란 요인으로 작용되어 왔다(Jang *et al.*, 2006; Kwater, 2007; Ko *et al.*, 2008; 2017; Lee *et al.*, 2009; MAFRA, 2010). 특히 수질오염은 어류의 대량폐사, 부영양화로 인한 녹조 발생 등으로 이어지고(ME, 2020; Sin *et al.*, 2000), 이로 인해 많은 어종이 개체수가 감소하거나 멸종위기에 처했으며 수생태계 건강성도 악화된 것으로 보고되었다(ISK, 2003; An, 2007; Yeom *et al.*, 2007; NIBR, 2019).

본 연구지인 신천은 양주시 백석읍에서 발원하여 동두천시를 거친 후 한탄강에 합류하는 지방 2급 하천으로 하천

연장은 33.34km, 유로 연장은 39.51km이며, 유역 면적은 344.1km², 주요 지류로는 상패천, 덕계천, 회암천, 수동천, 효촌천, 홍죽천, 동두천 등이 있다(Kwater, 2007). 신천 주변은 1980년대에 피혁, 섬유업체들이 인근으로 이전해 오면서 수질이 급격하게 악화되었고, 2000년에 40여 곳의 피혁과 섬유업체 공장들이 하봉암동에 조성된 공업단지으로 이전하면서 점차 수질이 개선되고 있지만, 2017년 조사결과 생활환경기준이 매우 나쁜 것으로 보고되었다(Son, 2017). 신천의 어류상에 관한 연구는 전국자연환경조사 제3차(Choi and Lee, 2006a; 2006b; 2006c; 2006d; 2006e)와 제4차(Han and Kim, 2014a; 2014b; 2014c; 2014d) 등이 있고, 어류 군집과 수질에 관한 연구는 도심하천 생태계에서의 수질 및 생태건강성 평가(Kim *et al.*, 2008)와 동진강의 이·화학적 수질 및 서식지 분석을 통한 어류 생태영향 평가(Kim *et al.*, 2009) 등이 있다.

본 연구에서는 신천의 어류상 및 군집 특성, 하천 건강성 등을 조사하여 수질에 따른 하천 건강성의 영향을 밝히고, 선행연구와 비교하여 군집 특성과 어류상의 변화양상을 추정하며 보존방안을 제시하고자 하였다.

연구방법

1. 조사지점 및 기간

본 연구는 2019년 전반기(4~6월)와 후반기(8~10월)로 나누어 서식 어류와 수환경을 2회 조사하였다. 조사지점은 신천 상류부터 하류부까지, 동두천, 상패천, 청담천, 수동천 등 합류되는 지류를 포함하였고, 2~5km 간격으로 총 23개의 지점(제3차, 4차 전국자연환경 조사지점 포함)을 조사하였다. 각 조사지점의 행정구역 및 GPS는 다음과 같다(Figure 1).

신천 상류

- St. 1: 경기도 양주시 백석읍 오산리 단촌교(37° 48' 11.07"N, 126° 58' 29.28"E)
- St. 2: 경기도 양주시 광적면 가남리 한양교(37° 50' 13.29"N, 126° 59' 30.22"E)
- St. 3: 경기도 양주시 광적면 효촌리 효촌1교(37° 52' 3.34"N, 126° 57' 14.55"E)
- St. 4: 경기도 양주시 남면 신암리 신암교(37° 54' 13.09"N, 126° 57' 43.26"E)
- St. 5: 경기도 양주시 남면 상수리(37° 52' 15.23"N, 126° 59' 50.77"E)
- St. 6: 경기도 양주시 은현면 선암리 은현교(37° 52' 6.96"N, 127° 1' 22.47"E)

청담천

- St. 7: 경기도 양주시 삼승동 장거리1교 아래(37° 48' 14.48"N, 127° 5' 0.38"E)
- St. 8: 경기도 양주시 회천동(37° 48' 45.16"N, 127° 3' 8.66"E)
- St. 9: 경기도 양주시 덕계동 덕계저수지(37° 49' 47.17"N, 127° 2' 6.28"E)
- St. 10: 경기도 양주시 덕계동 덕정교(37° 50' 48.15"N, 127° 3' 25.98"E)
- St. 11: 경기도 양주시 회암동 (37° 50' 20.59"N, 127° 5' 21.38"E)

상패천

- St. 12: 경기도 양주시 남면 황방리 봉암지(37° 55' 20.41"N, 126° 59' 52.23"E)
- St. 13: 경기도 양주시 남면 황방리 원당천2교(37° 55' 28.56"N, 126° 59' 12.85"E)
- St. 14: 경기도 양주시 은현면 하패리 상패2교(37° 53' 50.49"N, 127° 2' 1.48"E)

동두천

- St. 16: 경기도 동두천시 탑동동(37° 53' 29.59"N, 127° 7' 40.82"E)

- St. 17: 경기도 동두천시 탑동동 조산교(37° 53' 29.75"N, 127° 5' 25.02"E)

신천 중·하류

- St. 15: 경기도 동두천시 상패동 신천교(37° 54' 11.28"N, 127° 2' 54.57"E)
- St. 18: 경기도 동두천시 소요동 안흥교(37° 55' 45.58"N, 127° 2' 57.87"E)
- St. 19: 경기도 연천군 청산면 초성리(37° 59' 11.02"N, 127° 4' 17.00"E)

수동천

- St. 20: 경기도 포천시 신북면 갈월리(37° 57' 7.20"N, 127° 8' 40.87"E)
- St. 21: 경기도 포천시 신북면 삼정리 삼정1교(37° 57' 45.28"N, 127° 7' 49.22"E)
- St. 22: 경기도 포천시 신북면 금동리(37° 56' 59.74"N, 127° 7' 17.93"E)
- St. 23: 경기도 연천군 청산면 초성리 법수교(37° 59' 23.22"N, 127° 5' 22.98"E)

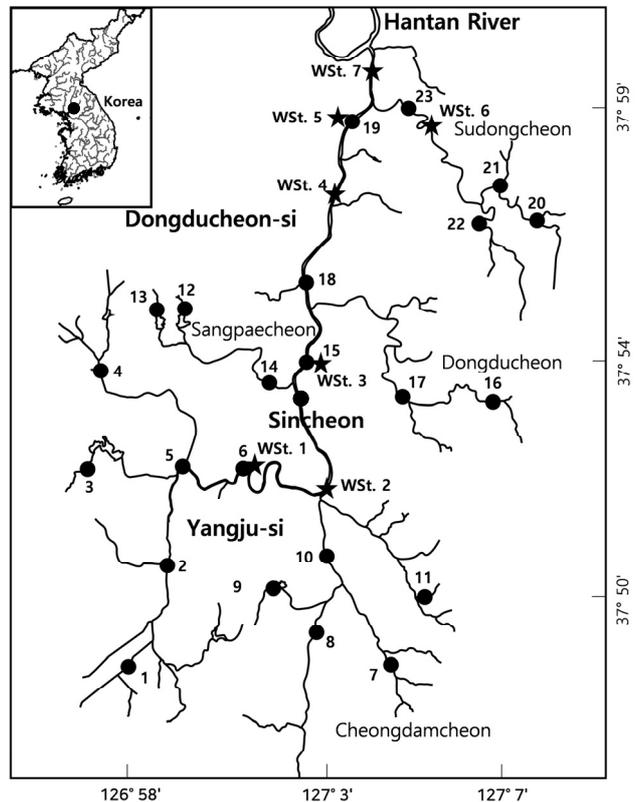


Figure 1. Study stations of the Sincheon (Stream), Gyeonggi-do, Korea, 2019. The circle is the survey station and the star is the water quality monitoring station.

2. 채집 및 조사방법

어류의 채집은 투망(망목 6×6mm, 10회)과 족대(망목 4×4mm, 30분)를 이용하여 지점별로 200m 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 따랐으며 하상 구조는 Cummins(1962)의 방법에 따라 구분하였다.

3. 수질 현황

2019년 1월부터 12월까지 수질 현황(pH, DO, BOD, 부유물질(SS), 총인(T-P), 수온)과 연도별 수질 변화는 물 환경정보시스템에서 수질 측정망으로 측정된 자료를 이용하여 파악하였다. 수질 측정망은 WSt. 1~7(Water quality monitoring Station)로 구분하였고, 수질 등급은 BOD(Biochemical Oxygen Demand, mg/L), SS(Suspended solids, mg/L), DO(dissolved oxygen, mg/L), T-P(Total phosphorus, mg/L) 등의 값을 7단계, 매우 좋음(Ia), 좋음(Ib), 약간 좋음(II), 보통(III), 약간 나쁨(IV), 나쁨(V), 매우 나쁨(VI)으로 나누어 평가하였으며, 하천 수질은 물환경정보시스템의 수질 및 수생태계 환경기준 중 목표기준 평가를 기반으로 평가하였다(WEIS, 2020).

3. 군집 분석 및 하천 건강성 평가

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 개체 수를 근거로 Primer 5.0 (PRIMER E Ltd, UK)을 이용하여 Bray-Curtis 유사도를 계산한 후 도식화하였다. 조사지점들의 건강성은 우리나라 하천 건강성 평가를 위해 개발된 모델(IBM)을 이용하여 하천 차수(stream order)에 따라 8개의 매트릭(M1: 국내 종의 총 종수, M2: 여울성 저서 종수, M3: 민감종수, M4: 내성종의 개체 수 비율, M5: 잡식종의 개체 수 비율, M6: 국내 종의 총식종 개체 수 비율, M7: 채집된 국내 종의 총 개체 수, M8: 비정상 종의 개체 수 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, 2019).

결 과

1. 서식지 특성

신천의 상류역 하천 주변부는 대부분 농경지로 이루어진 하천의 특징을 보이고 하류로 가면서 군부대, 민가, 도로 등과 인접해 도심을 관통하는 도심하천의 특징을 보이지만 지류 하천은 산림인 자연형 하천의 특징을 보이고 있었다. 일부 지점에서는 하천 및 제방 공사가 이루어지고 있었고(St. 8, 11, 14, 18), 일부는 준설하여 웅덩이가 있었으며(St. 14), 생활하수가 유입되거나 유원지로 이용되어 하천이 오염된 지역도 존재하였다(St. 5, 6, 9, 12, 15, 19, 23). St. 9는 덕계저수지로 수중식물은 적었고 수변부는 교목에 둘러싸여 있었으며 낚시터로 이용되고 있었다. 하천차수는 1~4차였고, 하천형은 상류형(Aa)과 중류형(Aa-Bb, Bb)이었으며 고도는 46~201m였다. 신천 본류는 하폭 60~200m, 유폭 5~80m, 수심 0.3~1.5m였고, 하상은 큰돌과 돌, 자갈, 잔자갈, 모래, 진흙이 고르게 분포하고 있었다. 지류의 경우 하폭 3~4m, 유폭 1~2m, 수심 0.3~0.6m의 하천부터 하폭 50~60m, 유폭 15~20m, 수심 0.3~1.5m의 하천까지 다양하게 존재하였고, 하상은 수동천과 동두천을 제외한 지류에서는 진흙과 모래의 비율이 높았고 동두천과 수동천은 큰 돌과 돌의 비율이 높았다. 신천의 연간 수온은 평균 17.1℃이고 pH는 6.8~9.5였으며, 수질은 BOD가 평균 6.83mg/L (0.2~53.4 mg/L)로 지점마다 변동 폭이 달랐고, SS는 평균 11.23mg/L (0.2~56 mg/L), TP는 0.19mg/L (0.002~0.69mg/L), DO는 9.31mg/L (2.1~14.4mg/L)였다.

2. 어류상

조사기간 동안 23개 지점에서 채집된 어류는 모두 12과 30종 3,677개체였다. 출현종 중 우점종은 피라미(*Zacco platypus*, 28.4%)였고, 아우점종은 대륙송사리(*Oryzias sinensis*, 13.6%), 그 다음으로 참갈겨니(*Zacco koreanus*, 11.8%), 버들치(*Rhynchocypris oxycephalus*, 11.7%), 붕어(*Carassius auratus*, 9.6%), 참붕어(*Pseudorasbora parva*, 7.9%), 잉어(*Cyprinus carpio*, 3.1%), 밀어(*Rhinogobius brunneus*, 1.9%), 돌고기(*Pungtungia herzi*, 1.9%), 대륙종개(*Orthrias nudus*, 1.2%) 등의 순으로 출현하였다. 한국고유종은 왜매치(*Abbottina springeri*), 쉬리(*Coreoleuciscus splendidus*), 참갈겨니, 새코미꾸리(*Koreocobitis rotundicaudata*), 참종개(*Iksookimia koreensis*), 미유기(*Silurus microdorsalis*), 통가리(*Liobagrus andersoni*), 독종개(*Cottus koreanus*), 꺾지(*Coreoperca herzi*), 얼룩동사리(*Odontobutis intempta*) 10종(33.3%)이었고, 외래종은 이스라엘

Table 1. Physicochemical environments at the study stations in the Sincheon Stream, Korea, April to October 2019

| St. | River width (m) | Water width (m) | Water depth (m) | Altitude (m) | River type* | Stream order | Bottom structure(%)** | | | | | | Etc*** |
|-----|-----------------|-----------------|-----------------|--------------|-------------|--------------|-----------------------|----|----|----|----|----|--------|
| | | | | | | | M | S | G | P | C | B | |
| 1 | 15-20 | 5-10 | 0.3-0.8 | 93 | Bb | 2 | 70 | 20 | | | | 10 | |
| 2 | 80-100 | 5-15 | 0.3-0.7 | 79 | Bb | 3 | 20 | 40 | 20 | 10 | 10 | | |
| 3 | 10-20 | 1-3 | 0.3-0.7 | 107 | Aa | 2 | 20 | 40 | 10 | 10 | 10 | 10 | |
| 4 | 15-20 | 3-7 | 0.3-0.6 | 124 | Aa | 3 | | | | 20 | 40 | 40 | W |
| 5 | 60-80 | 10-20 | 0.3-1.0 | 75 | Bb | 3 | 60 | 40 | | | | | |
| 6 | 80-100 | 40-46 | 0.3-1.0 | 70 | Bb | 3 | 20 | 30 | | | 20 | 30 | |
| 7 | 40-50 | 5-12 | 0.3-1.2 | 85 | Bb | 2 | 20 | 40 | | 10 | 20 | 10 | |
| 8 | 3-4 | 1-2 | 0.3-0.5 | 85 | Aa-Bb | 1 | 60 | 20 | 10 | 10 | | | RW |
| 9 | 5-20 | 3-15 | 0.3-2.0 | 122 | Aa-Bb | 1 | | 30 | | 10 | 30 | 30 | |
| 10 | 50-60 | 10-20 | 0.3-0.5 | 67 | Bb | 3 | 30 | 70 | | | | | |
| 11 | 50-60 | 5-10 | 0.3-1.0 | 79 | Bb | 2 | 20 | 70 | | | 10 | | RW |
| 12 | 5-12 | 3-10 | 0.3-1.5 | 113 | Bb-Bc | 2 | 80 | 10 | | | | 10 | |
| 13 | 8-10 | 1-3 | 0.3-0.5 | 148 | Aa | 2 | | | 10 | 20 | 40 | 30 | |
| 14 | 50-60 | 10-15 | 0.3-1.2 | 66 | Bb | 3 | 70 | 20 | 10 | | | | |
| 15 | 150-170 | 60-80 | 0.3-1.2 | 57 | Bb | 4 | 20 | 50 | | | 10 | 20 | |
| 16 | 6-8 | 2-3 | 0.3-1.0 | 201 | Aa | 2 | | | 10 | 20 | 40 | 30 | |
| 17 | 30-40 | 10-15 | 0.3-1.0 | 119 | Aa-Bb | 3 | | | 10 | 20 | 40 | 30 | |
| 18 | 150-200 | 30-50 | 0.3-1.2 | 51 | Bb | 4 | 30 | 20 | 10 | 10 | 20 | 10 | RW |
| 19 | 130-150 | 60-80 | 0.3-1.0 | 33 | Bb | 4 | | | | 10 | 20 | 70 | W |
| 20 | 15-20 | 5-10 | 0.3-1.0 | 161 | Aa | 2 | | 10 | 20 | 10 | 30 | 30 | |
| 21 | 30-40 | 5-10 | 0.3-1.5 | 119 | Aa | 2 | | | | 10 | 20 | 70 | |
| 22 | 20-30 | 3-10 | 0.3-1.0 | 134 | Aa | 2 | | | 10 | 20 | 30 | 40 | W |
| 23 | 50-60 | 15-20 | 0.3-1.5 | 46 | Aa-Bb | 3 | | | | 20 | 40 | 40 | |

*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

Table 2. Quality status in Sincheon (Stream), Korea from January to December 2019

| Index | WSt. 1 | WSt. 2 | WSt. 3 | WSt. 4 | WSt. 5 | WSt. 6 | WSt. 7 |
|------------------------|---------------------|---------------------|----------------------|---------------------|----------------------|----------------------|---------------------|
| Water temperature (°C) | 2~27 (15.4) | 2.4~27.9 (15.4) | 3.7~29.2 (16.8) | 4~27.2 (17.1) | 6.6~28.9 (19.7) | 3.1~28.2 (18.3) | 3.6~27.7 (17.4) |
| BOD(mg/L) | 3.5~53.4 (16.13) | 2.5~13.5 (5.66) | 3.7~17.5 (7.35) | 3.5~9.8 (6.78) | 1.6~7.6 (4.25) | 0.2~1.4 (0.80) | 2.7~11.3 (6.25) |
| SS(mg/L) | 7.6~36 (17.48) | 4.8~28.8 (10.03) | 6.8~30.8 (12.57) | 8.2~59.7 (23.93) | 5.6~56 (14.31) | 0.2~5.5 (1.76) | 4.3~43.6 (15.71) |
| T-P(mg/L) | 0.19~0.69 (0.40) | 0.09~0.29 (0.18) | 0.08~0.51 (0.165) | 0.09~0.24 (0.15) | 0.11~0.38 (0.184) | 0.002~0.04 (0.02) | 0.1~0.37 (0.19) |
| DO(mg/L) | 2.1~11.4 (7.85) | 4.3~14.3 (9.4) | 6.6~13.9 (8.84) | 6.6~13.9 (8.84) | 6.1~12.8 (9.56) | 8.1~14.4 (10.88) | 10~14 (11.22) |
| pH | 7.6~8.2 | 7.1~8.2 | 6.8~7.9 | 7.7~8.2 | 7.4~9.5 | 8.1~9.4 | 7.4~8.0 |
| Grade* | V | IV | IV | IV | III | Ia | IV |

*River Living environment standard grade

Table 3. List of fish species and number of individual fish collected in the Sincheon (Stream), Korea from April to October 2019

| Scientific name | Station | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | Total | RA* (%) | Remarks** | | | |
|------------------------------------|---------|-----|-----|----|----|----|-----|----|-----|----|-----|-----|----|----|----|-----|-----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|---------|-----------|-------|------|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | | | | | | |
| Cyprinidae | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Cyprinus carpio</i> | | | | | 7 | 12 | 22 | | 4 | 12 | | 7 | 1 | 13 | 12 | | | 8 | 17 | | | | | | 115 | 3.13 | | | |
| <i>Cyprinus carpio</i> | | | | | | | | | 2 | | 9 | | | | | | | | | | | | | | 11 | 0.30 | Ex | | |
| <i>Carassius auratus</i> | 14 | 81 | | | 22 | 15 | 98 | 13 | 2 | 26 | 8 | 7 | | 10 | 15 | | | 2 | 27 | | 2 | 3 | 7 | 352 | 9.57 | | | | |
| <i>Carassius cuvieri</i> | | | | | | | | | | | | 37 | | | | | | | | | | | | 37 | 1.01 | Ex | | | |
| <i>Pseudorasbora parva</i> | 8 | 41 | 52 | | 11 | 7 | 59 | 7 | | 14 | 4 | 22 | | 15 | 29 | | | 8 | 13 | | | | | 290 | 7.89 | | | | |
| <i>Pungtungia herzi</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | 3 | | | | | 14 | 8 | 44 | 69 | 1.88 | | | |
| <i>Abbottina rivularis</i> | 22 | | | | | 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | 25 | 0.68 | | | | |
| <i>Abbottina springeri</i> | 1 | 19 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 20 | 0.54 | E | | | |
| <i>Coreoleuciscus splendidus</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2 | 28 | 30 | 0.82 | E | | |
| <i>Hemibarbus longirostris</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 5 | 6 | 8 | 19 | 0.52 | | | |
| <i>Pseudogobio esocinus</i> | | | | | | | | | | 3 | | | | | 5 | | 5 | | | | 1 | | 5 | 3 | 22 | 0.60 | | | |
| <i>Rhynchocypris oxycephalus</i> | | | 32 | 64 | | | 9 | 15 | 35 | | 1 | | 34 | | | | 84 | 17 | | | 73 | 45 | 22 | 431 | 11.72 | | | | |
| <i>Zacco koreanus</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 131 | 100 | 103 | 100 | 434 | 11.80 | E | |
| <i>Zacco platypus</i> | 15 | 37 | 34 | | | | 163 | | | 35 | 475 | 35 | | 37 | | | 165 | | | | | | 21 | 28 | 1045 | 28.42 | | | |
| Balitoridae | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Orthrias nudus</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | 22 | | | | 11 | | 11 | 1 | 45 | 1.22 | | | |
| <i>Lefua costata</i> | | | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2 | 0.05 | | | |
| Cobitidae | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Misgurnus anguillicaudatus</i> | 9 | 20 | | | | 1 | | 2 | | 1 | | 2 | | | | | | | | | | | | | 35 | 0.95 | | | |
| <i>Koreocobitis rotundicaudata</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2 | 7 | 1 | 18 | 28 | 0.76 | E |
| <i>Iksookimia koreensis</i> | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | 10 | | | | 1 | 3 | 17 | 5 | 37 | 1.01 | E | | |
| Siluridae | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Silurus asotus</i> | 2 | | | | | | 7 | | | 1 | | 1 | | | 1 | | | | | 1 | | | | | 13 | 0.35 | | | |
| <i>Silurus microdorsalis</i> | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | | | | | 2 | 3 | 1 | | 7 | 0.19 | E | | |
| Amblycipitidae | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Liobagrus andersoni</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | | | | | | 3 | 4 | 0.11 | E | | |
| Adrianichthyoidae | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Oryzias sinensis</i> | | | 40 | | | | | | | | | 404 | | 1 | | | | | | | 56 | | | | 501 | 13.63 | | | |
| Cottidae | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Cottus koreanus</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 9 | | 9 | 0.24 | L,E,C | | |
| Centropomidae | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Coreoperca herzi</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 3 | 2 | 5 | 0.14 | E | |
| Centrarchidae | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Micropterus salmoides</i> | | | | | | | 1 | | 8 | | | | | | | | | | | | | | | | 9 | 0.24 | Ex | | |
| Odontobutidae | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Odontobutis interrupta</i> | 1 | | | 1 | | | 2 | | | 1 | 1 | | | | | | | 3 | | | | | | | 9 | 0.24 | E | | |
| Gobiidae | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Rhinogobius brunneus</i> | | | | | | | | | 53 | 4 | | | 14 | | | | | | | | | | | | 71 | 1.93 | L | | |
| Poeciliidae | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Poecilia reticulata</i> | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | 0.03 | Ex | | |
| <i>Xiphophorus maculatus</i> | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | 0.03 | Ex | | |
| Number of species | 10 | 6 | 4 | 2 | 3 | 5 | 8 | 4 | 6 | 9 | 5 | 9 | 3 | 5 | 5 | 4 | 7 | 3 | 5 | 8 | 9 | 12 | 12 | 30 | | | Ex | | |
| Number of individuals | 74 | 238 | 120 | 60 | 40 | 38 | 361 | 37 | 104 | 97 | 489 | 524 | 49 | 76 | 62 | 108 | 204 | 18 | 114 | 230 | 182 | 200 | 247 | 3677 | | | | | |

*Relative abundance (%); ** E: Korean endemic species, L: land-locked species, C: climate-sensitive species, Ex. exotic species

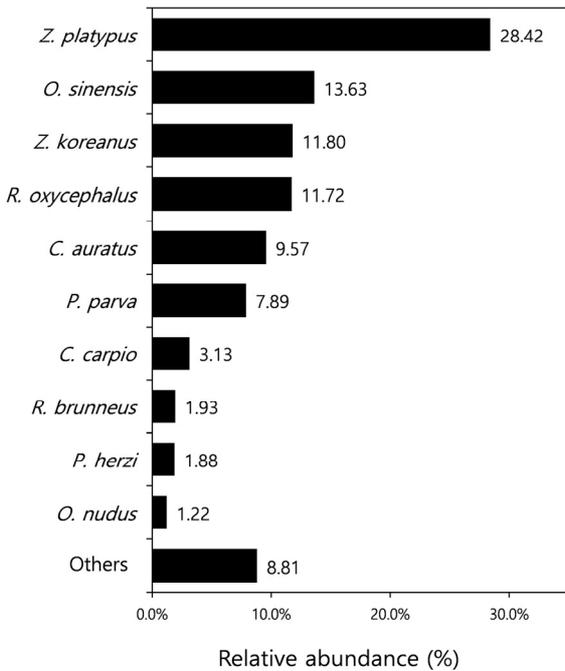


Figure 2. Relative abundance of the fish species found in the Sincheon (Stream), Korea from April to October 2019.

잉어(*Cyprinus carpio* (Israeli type)), 떡붕어(*Carassius auratus*), 배스(*Micropterus salmoides*), 구피(*Poecilia reticulata*), 플라티(*Xiphophorus maculatus*) 5종(16.7%)이었으며, 육붕형 어류는 독중개와 밀어 2종(6.7%), 기후변화 민감종은 독중개 1종(3.3%)이 출현하였다.

3. 군집구조 및 특징

지점별 우점종은 피라미가 5개 지점으로 가장 많았고, 참갈겨니와 버들치가 4개 지점, 붕어가 3개 지점, 참붕어와 대륙송사리가 2개 지점, 버들매치(*Abbottina rivularis*)와 밀어, 잉어가 1개 지점에서 우점종으로 나타났다. 군집 분석 결과, 우점도는 동두천과 상패천에서 높았으며 신천 본류 및 청담천, 수동천에서는 비교적 낮은 값을 보인 반면, 다양도는 동두천과 상패천에서 낮았고 신천 본류와 청담천, 수동천에서 높은 값을 보였다. 균등도는 신천 본류에서 높았으나 동두천, 수동천, 상패천에서는 낮았고, 풍부도는 수동천에서 모든 지점이 높은 값을 보였으나 다른 하천에서는 지점별로 큰 차이를 보여 경향성이 나타나지 않았다. 군집 구조는 Primer 5.0을 이용하여 계산한 후 그림으로 도식한 결과, 크게 건강성이 좋은 그룹과 나쁜 그룹으로 나누어졌

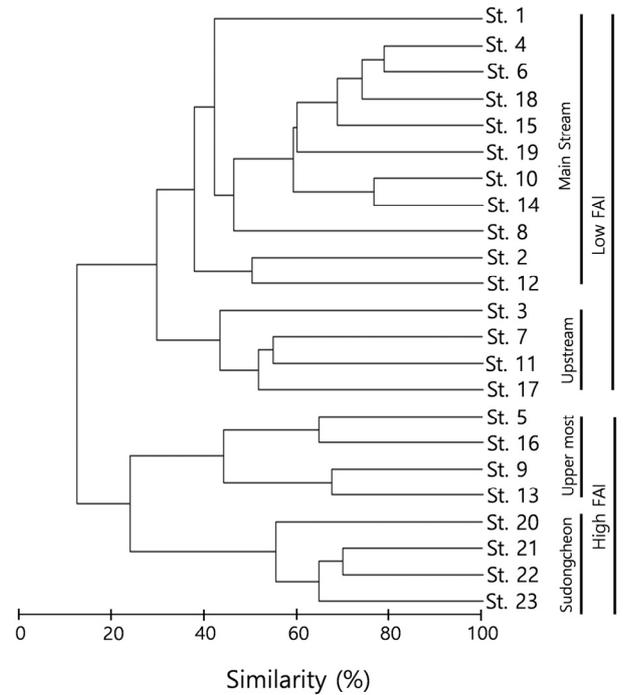


Figure 3. Dendrogram for the cluster analysis based on similarity index of the fish species found among the stations in the Sincheon (Stream), Korea from April to October 2019.

다. 건강성이 좋은 그룹은 수동천과 신천 최상류로, 건강성이 나쁜 그룹은 신천 상류와 신천 본류로 구분되었다 (Figure 3).

4. 하천 건강성 평가

하천 건강성 어류생물지수(FAI)를 하천 차수에 따라 평가한 결과, 매우 좋음(A, 100~80) 6개 지점, 좋음(B, 80~60) 2개 지점, 보통(C, 60~40) 6개 지점, 나쁨(D, 40~20) 4개 지점, 매우 나쁨(E, 20~0) 5개 지점으로 나타났다. St. 20, 21, 22, 23에서 100점(매우 좋음, A)으로 건강성이 가장 좋았고 St. 4, 18에서 12.5점(매우 나쁨, E)으로 건강성이 가장 좋지 않았다. St. 20~23은 수동천으로 건강성이 모든 지점(4 지점)에서 매우 좋았고, 청담천과 동두천은 매우 좋음에서 보통으로 평가되었으며, 그 외 지류나 신천 본류의 경우 건강성이 나쁨과 매우 나쁨으로 나타났다. 신천의 전체적인 하천 건강성은 좋지 않은 것으로 평가되었고, 신천 상류에서 하류로 갈수록, 지류에서 본류로 갈수록 하천 건강성은 악화되었다.

Table 4. Community indices and index of biological integrity (IBI) in the Sincheon (Stream), Korea from April to October 2019

| Index | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 |
|-----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Dominance | 0.50 | 0.51 | 0.72 | 1 | 0.83 | 0.71 | 0.72 | 0.76 | 0.85 | 0.63 | 0.99 | 0.84 | 0.98 | 0.68 | 0.71 | 0.98 | 0.89 | 0.89 | 0.73 | 0.89 | 0.80 | 0.63 | 0.58 |
| Diversity | 1.83 | 1.67 | 1.14 | 0.08 | 0.99 | 1.34 | 1.39 | 1.21 | 1.18 | 1.64 | 0.16 | 0.92 | 0.69 | 1.30 | 1.29 | 0.61 | 0.77 | 0.96 | 1.26 | 1.09 | 1.35 | 1.68 | 1.82 |
| Evenness | 0.79 | 0.93 | 0.82 | 0.11 | 0.90 | 0.83 | 0.67 | 0.87 | 0.66 | 0.75 | 0.10 | 0.42 | 0.63 | 0.81 | 0.80 | 0.44 | 0.39 | 0.88 | 0.78 | 0.52 | 0.61 | 0.68 | 0.73 |
| Richness | 2.09 | 0.91 | 0.63 | 0.24 | 0.54 | 1.10 | 1.19 | 0.83 | 1.08 | 1.75 | 0.65 | 1.28 | 0.51 | 0.92 | 0.97 | 0.64 | 1.13 | 0.69 | 0.84 | 1.29 | 1.54 | 2.08 | 2.00 |

Table 5. biological integrity (IBI) in the Sincheon (Stream), Korea from April to October 2019

| Index* | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 |
|-------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| M1 | 12.5 | 6.25 | 6.25 | 0 | 0 | 6.25 | 12.5 | 12.5 | 12.5 | 12.5 | 6.25 | 12.5 | 6.25 | 6.25 | 0 | 6.25 | 6.25 | 0 | 0 | 12.5 | 12.5 | 12.5 | 12.5 |
| M2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6.25 | 6.25 | 0 | 0 | 6.25 | 0 | 0 | 6.25 | 6.25 | 0 | 0 | 12.5 | 6.25 | 12.5 | 12.5 |
| M3 | 0 | 0 | 6.25 | 0 | 0 | 0 | 6.25 | 6.25 | 6.25 | 0 | 6.25 | 0 | 6.25 | 0 | 0 | 6.25 | 6.25 | 0 | 0 | 12.5 | 12.5 | 12.5 | 12.5 |
| M4 | 0 | 0 | 6.25 | 12.5 | 0 | 0 | 6.25 | 6.25 | 12.5 | 6.25 | 12.5 | 0 | 12.5 | 6.25 | 0 | 12.5 | 12.5 | 0 | 0 | 12.5 | 12.5 | 12.5 | 12.5 |
| M5 | 0 | 0 | 0 | 12.5 | 0 | 0 | 0 | 6.25 | 12.5 | 0 | 0 | 0 | 12.5 | 0 | 0 | 12.5 | 0 | 0 | 0 | 12.5 | 12.5 | 12.5 | 12.5 |
| M6 | 0 | 0 | 6.25 | 12.5 | 0 | 0 | 0 | 6.25 | 12.5 | 0 | 0 | 0 | 12.5 | 0 | 0 | 12.5 | 0 | 0 | 0 | 12.5 | 12.5 | 12.5 | 12.5 |
| M7 | 12.5 | 12.5 | 12.5 | 6.25 | 0 | 0 | 12.5 | 12.5 | 12.5 | 12.5 | 12.5 | 12.5 | 6.25 | 6.25 | 6.25 | 12.5 | 12.5 | 0 | 6.25 | 12.5 | 12.5 | 12.5 | 12.5 |
| M8 | 12.5 | 12.5 | 12.5 | 12.5 | 12.5 | 12.5 | 12.5 | 12.5 | 12.5 | 12.5 | 12.5 | 12.5 | 12.5 | 12.5 | 12.5 | 12.5 | 12.5 | 12.5 | 12.5 | 12.5 | 12.5 | 12.5 | 12.5 |
| FAI (grade) | 37.5 | 31.3 | 50 | 56.3 | 12.5 | 18.8 | 50 | 62.5 | 87.5 | 50 | 50 | 37.5 | 75 | 31.3 | 18.8 | 81.3 | 56.3 | 12.5 | 18.8 | 100 | 93.8 | 100 | 100 |
| | D | D | C | C | E | E | C | B | A | C | C | D | B | D | E | A | C | E | E | A | A | A | A |

*M1: Total number of native fish species, M2: Number of riffle benthic species, M3: Number of sensitive species, M4: Proportion of Individuals as tolerant species, M5: Proportion of individuals as omnivores, M6: Proportion of individuals as native insectivores, M7: Total number of individuals, M8: Proportion of abnormal individuals

5. 수질 현황

수질 측정망을 이용해 7개 지점(신천 본류 6지점, 수동천 1지점)을 하천 생활환경기준으로 평가한 결과 매우 나쁨(V) 1개 지점, 약간 나쁨(IV) 4개 지점, 보통(III) 1개 지점, 매우 좋음(Ia) 1개 지점으로 평가되었다. WSt. 1에서 BOD의 평균값은 16.1mg/L로 생활환경기준 매우 나쁨(V)에 해당되었고, 부유물질(SS), 용존산소량(DO)는 매우 좋음(Ia), T-P는 나쁨(V)에 해당되어 하천생활환경등급은 매우 나쁨(VI)이었다. WSt. 2와 3, 4에서 BOD는 약간 나쁨(IV)에 해당하였고, 부유물질, 용존산소량은 매우 좋음(Ia), T-P는 보통(III)에 해당되어 하천생활환경등급은 약간 나쁨(IV)이었으며, WSt. 5에서 BOD는 보통에 해당되었고, 부유물질과 용존산소량은 매우 좋음(Ia), T-P는 보통에 해당되어 하천생활환경등급은 보통(III), WSt. 6는 BOD, 부유물질, 용존산소량, T-P 모두 매우 좋음(Ia)으로 하천생활환경등급은 매우 좋음(Ia), WSt. 7은 BOD는 약간 나쁨(IV)에 해당하였고, 부유물질, 용존산소량은 매우 좋음(Ia), T-P는 보통(III)에 해당되어 하천생활환경등급은 약간 나쁨(IV)에 해당되었

다. 따라서 하천생활환경등급은 신천 본류(WSt. 1~5, WSt. 7)는 보통에서 매우 나쁨으로, 수동천(WSt. 6)은 매우 좋음으로 평가되었다(Table 2).

고 찰

신천의 선행연구인 환경부의 제3차, 제4차 전국자연환경 조사와 본 조사결과와 비교해 보면, 제3차 전국자연환경 조사에서는 7과 20종 3,537개체(Choi and Lee, 2006a; 2006b; 2006c; 2006d; 2006e), 제4차 전국자연환경 조사에서는 10과 31종 6,952개체가 채집되어(Han and Kim, 2014a; 2014b; 2014c; 2014d), 본 조사 결과(12과 30종 3,677개체)는 종수와 개체수에서 제3차 전국자연환경 조사 보다는 많았으나 제4차 조사보다는 적었다. 개체수에서 제4차 조사가 많은 이유는 제3차와 본 조사가 2회 조사한 반면 제4차 조사는 3회 조사를 실시 하여 조사횟수에 차이가 있기 때문이다. 또한 조사시기에 따라 출현종의 상대풍부도에 차이를 보였는데, 제3차 전국자연환경 조사에서 우점종은

Table 6. Historical record of ichthyofauna in the Sincheon (Stream)

| Scientific name | Relative abundance (%) | | |
|--|------------------------|--------------|---------------------|
| | 3nd* (2006) | 4nd** (2014) | 5nd (Present study) |
| Number of surveys | 2 | 3 | 2 |
| Number of survey stations | 20 | 23 | 23 |
| Cyprinidae | | | |
| <i>Cyprinus carpio</i> | 1.30 | 6.80 | 3.13 |
| <i>Cyprinus carpio (Israeli type)</i> | | 0.06 | 0.30 |
| <i>Carassius auratus</i> | 27.06 | 15.06 | 9.57 |
| <i>Carassius cuvieri</i> | 1.84 | | 1.01 |
| <i>Pseudorasbora parva</i> | 3.82 | 8.07 | 7.89 |
| <i>Pungtungia herzi</i> | 2.26 | 1.31 | 1.88 |
| <i>Abbottina rivularis</i> | | 1.01 | 0.68 |
| <i>Abbottina springeri</i> | | | 0.54 |
| <i>Coreoleuciscus splendidus</i> | 0.40 | 3.32 | 0.82 |
| <i>Hemibarbus labeo</i> | | 0.03 | |
| <i>Hemibarbus longirostris</i> | 0.31 | 0.14 | 0.52 |
| <i>Pseudogobio esocinus</i> | 0.96 | 1.41 | 0.60 |
| <i>Microphysogobio yaluensis</i> | | 0.36 | |
| <i>Rhynchocypris oxycephalus</i> | 19.65 | 20.35 | 11.72 |
| <i>Aphyocypris chinensis</i> | | 0.01 | |
| <i>Zacco koreanus</i> | 11.99 | 8.43 | 11.80 |
| <i>Opsariichthys uncirostris amurensis</i> | | 0.01 | |
| <i>Zacco platypus</i> | 16.40 | 18.57 | 28.42 |
| Balitoridae | | | |
| <i>Orthrias toni</i> | 2.63 | | |
| <i>Orthrias nudus</i> | | 5.77 | 1.22 |
| <i>Lefua costata</i> | | 0.04 | 0.05 |
| Cobitidae | | | |
| <i>Misgurnus anguillicaudatus</i> | 2.52 | 1.57 | 0.95 |
| <i>Misgurnus mizolepis</i> | 1.72 | 0.69 | |
| <i>Koreocobitis rotundicaudata</i> | 0.11 | 0.42 | 0.76 |
| <i>Iksookimia koreensis</i> | 1.27 | 1.32 | 1.01 |
| <i>Cobitis nalbanti</i> | | 0.01 | |
| Siluridae | | | |
| <i>Silurus asotus</i> | | 0.09 | 0.35 |

| Scientific name | Relative abundance (%) | | |
|-------------------------------|------------------------|--------------|---------------------|
| | 3nd* (2006) | 4nd** (2014) | 5nd (Present study) |
| <i>Silurus microdorsalis</i> | | 0.10 | 0.19 |
| Amblycipitidae | | | |
| <i>Liobagrus andersoni</i> | | 0.01 | 0.11 |
| <i>Adrianichthyidae</i> | | | |
| <i>Oryzias sinensis</i> | | 0.96 | 13.63 |
| Cottidae | | | |
| <i>Cottus koreanus</i> | 2.94 | 1.63 | 0.24 |
| Siluridae | | | |
| <i>Coreoperca herzi</i> | 0.34 | 0.45 | 0.14 |
| Centrarchidae | | | |
| <i>Micropterus salmoides</i> | | | 0.24 |
| Odontobutidae | | | |
| <i>Odontobutis interrupta</i> | 1.36 | 0.30 | 0.24 |
| Gobiidae | | | |
| <i>Rhinogobius brunneus</i> | 1.13 | 1.68 | 1.93 |
| Poeciliidae | | | |
| <i>Poecilia reticulata</i> | | | 0.03 |
| <i>Xiphophorus maculatus</i> | | | 0.03 |
| Total number of family | 7 | 10 | 12 |
| Total number of species | 20 | 31 | 30 |
| Total number of individuals | 3537 | 6952 | 3677 |

*The 3nd National Environment Investigation of Freshwater Fish (Choi and Lee, 2006a; 2006b; 2006c; 2006d; 2006e);
 **The 4rd National Environment Investigation of Freshwater Fish (Han and Kim, 2014a; 2014b; 2014c)

붕어(27.1%), 아우점종은 버들치(19.7%), 우세종은 피라미(16.4%), 참갈겨니(12.0%) 등의 순이었고, 제4차 전국자연환경조사에서 우점종은 버들치(20.4%), 아우점종은 피라미(18.6%), 우세종은 붕어(15.1%), 참갈겨니(8.4%) 등의 순이었다. 본 조사에서 우점종은 피라미(28.4%), 아우점종은 대륙송사리(13.6%), 우세종은 참갈겨니(11.8%), 버들치(11.7%) 등의 순으로 나타나 우점종이 붕어에서 버들치, 피라미로, 아우점종이 버들치에서 피라미, 대륙송사리로 변화되었다(Table 6).

선행연구에서 출현하였으나 본 조사에서 채집되지 않은 종은 누치(*Hemibarbus labeo*), 돌마자(*Microphysogobio yaluensis*), 왜몰개(*Aphyocypris chinensis*), 꼬리(*Opsariichthys uncirostris amurensis*), 종개(*Orthrias toni*), 미꾸라지(*Misgurnus mizolepis*),

점줄종개(*Cobitis nalbanti*) 7종이었다. 이 중 종개속(*Orthrias*)은 종개, 대륙종개로 분류학적으로 혼란되고 있는데, 분류학적 재검토가 이루어지지 않았기 때문에 Kim and Park(2007)에 따라 대륙종개(*Orthrias nudus*)로 정리하였다. 그 외 종들은 상대적으로 적은 개체 수를 보여 수질오염이나 서식지 파괴 등으로 개체 수가 감소하였거나 소멸되어 본 조사에서 채집되지 않은 것으로 추정된다. 선행연구에서는 출현하지 않았지만 본 조사에서 출현한 종은 왜매치, 배스, 구피, 플라티 4종이었고, 이 중 배스는 1998년에 환경부에서 생태계 교란 야생생물로 지정된 종으로 본 조사에서 처음 출현하였다. 배스는 포식성이 강해 우리나라 고유종과 토착종을 섭식하여 종의 감소를 초래하기 때문에(Ko *et al.*, 2008; 2017; Lee *et al.*, 2009; MAFRA, 2010; Park *et al.*, 2018) 신천의 생태계 교란을 발생시키기 전에 체계적인 관리가 필요하다고 판단된다. 구피와 플라티는 관상용으로 수입된 외래 열대 어종으로써 최근 인근 주민이 방류한 것으로 추정되며, 열대어는 월동을 하지 못하는 것으로 알려져 있으나 추후 월동유무를 확인할 필요가 있다고 생각된다.

신천의 선행연구에서 출현한 외래어종은 이스라엘 잉어와 떡붕어 2종이었는데, 떡붕어는 제3차 전국자연환경조사에서 출현한 기록이 있고, 이스라엘잉어는 제4차 전국자연환경조사에서 출현한 기록이 있다(Han and Kim, 2014a; 2014b; 2014c; 2014d; Choi and Lee, 2006a; 2006b; 2006c; 2006d; 2006e). 떡붕어와 이스라엘잉어는 1970년대에 양식 또는 자원조성용으로 도입된 이후 국내 하천 및 댐, 저수지에 확산되어 서식하고 있었다(Ko *et al.*, 2008; IFRI, 2009; NIE, 2018). 본 조사에서 이스라엘잉어는 St. 9, 12에서 채집되었으며 두 지점 모두 하방에 저수지가 있어 저수지에 방류된 개체가 하천 상류로 소상한 것으로 판단되고, 떡붕어는 St. 12에서만 출현하였는데, 떡붕어도 마찬가지로 저수지에 방류된 개체가 채집된 것으로 판단된다.

신천에 출현한 어종 중 독종개는 한국고유종이며 기후변화 민감종으로 지정된 냉수성 어종이다. 한강수계 상류와 동해로 흐르는 대중천, 삼척오십천, 주수천, 양양남대천 등 하천 상류에 서식하고, 과거에는 만경강, 금강과 섬진강에도 서식했던 기록이 있으나 현재 서식이 확인되지 않고 있어 절멸된 것으로 추정된다(Kim *et al.* 2005; Kim and Park, 2007; Kim, 1997, ME, 1997-2009). 2005년에 환경부 지정 멸종위기 야생생물 II급으로 지정되었다가 2012년에 해제되었고(ME, 2005; 2012), 국가 생물 적색 자료집에서는 하천 정비와 수질오염으로 서식지가 파괴되면서 서식지가 감소하여 준위협종(NT)로 평가되었다(NIBR, 2019). 신천에서 독종개는 제3차 전국자연환경조사에서 2개 지점 104개체, 제3차 전국자연환경조사에서 1개 지점 113개체가 채집된 바 있는데 본 조사에서는 1개 지점에서 9개체가

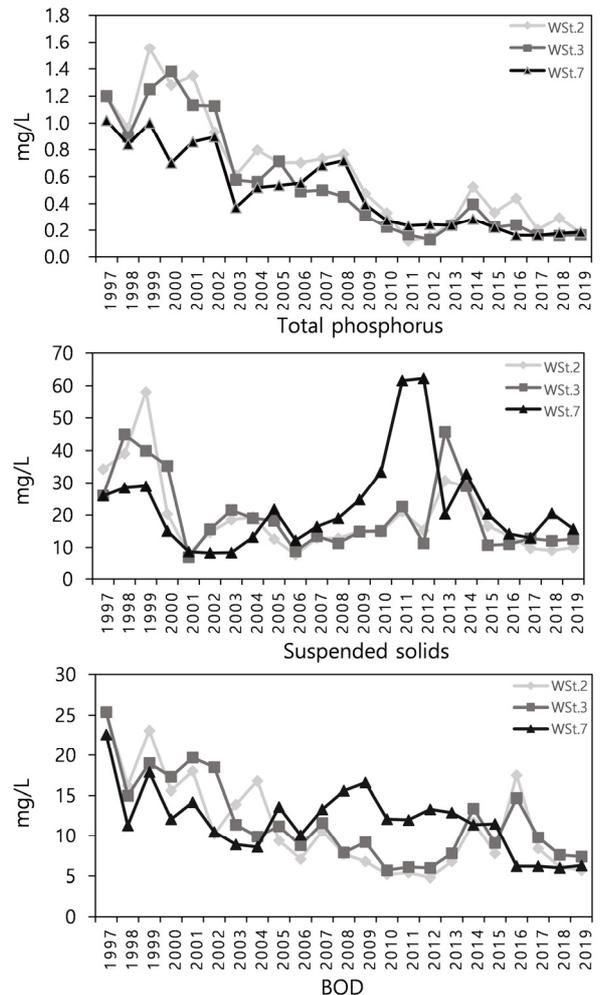


Figure 4. Water quality data in the Sicheon (Stream), Korea from 1997 to 2019.

채집되어 개체 수가 감소된 것으로 추정된다.

어류의 군집구조는 크게 하천건강성이 좋은 그룹과 나쁜 그룹으로 구분되었다. 하천건강성이 좋은 그룹은 수동천과 신천 최상류로 하천건강성이 대체로 매우 좋음(A)과 좋음(B)으로 평가되었다. 반면 나쁜 그룹은 신천 상류부터 하류까지, 수동천을 제외한 지류로 구분되었는데, 상류는 보통(C)으로 그 외 지류와 중·하류는 나쁨(D)과 매우 나쁨(E)으로 평가되었다. 건강성이 좋은 지점들은 내성종 개체비율과 잡식종의 개체비율이 낮으며 충식종의 개체수비율이 높았고, 건강성이 나쁜 지점은 내성종과 잡식종의 개체수비율이 높고 충식종의 개체수비율이 낮았다. 하천 수질과 비교해보면 하천 수질이 나쁜 지점(WSt. 6, 15)은 내성종과 잡식종의 비율이 높았고, 좋은 지점(WSt. 6)은 내성종과 잡식종

의 비율이 낮으며 충식종의 개체수비율이 높은 것으로 나타났다. 하천 건강성과 마찬가지로 수질도 중류부터 하류까지 대부분 나쁨과 매우 나쁨이었고, 지류 수동천만 매우 좋음으로 나타났다. 따라서 수질이 어류 서식에 큰 영향을 미치고, 하천건강성에 큰 영향을 주는 것으로 판단되었다.

1997년부터 2019년까지 신천의 수질 변화는 Figure 4와 같았다. BOD, TP, 부유물질 모두 1997년 이후 1998년에서 1999년에 가장 심하게 악화된 이후 정점을 찍고 감소하는 추이를 보였고, 특정 연도에는 급격히 증가하기도 했지만, 다시 감소하여 낮은 값을 보이고 있었다. 신천의 수질은 하천관리를 통해 더욱 개선될 것으로 예측되고, 하천 주위의 공장과 축산, 염색시설들로부터 나오는 폐수를 처리시설을 통해 처리한다면 수질은 더욱 좋아질 것으로 판단된다. 하지만 준설 및 제방 공사과 같은 하천공사나 하천을 유원지로의 활용 등 하천을 교란시킬 요인이 다양하게 관찰되어 수질 외의 교란 요인을 차단하거나, 하천 피해를 최소화할 방법을 고려하여 체계적인 하천관리가 필요하다고 판단된다. 또한 생태계교란 야생생물로 지정된 배스가 본 조사에서 처음 출현하였기 때문에 수질뿐만 아니라 하천 건강성과 토착어종의 보호를 위해 배스의 체계적인 관리 방안이 요구되었다.

REFERENCES

An, K.W.(2007) Domestic and overseas trends of river ecosystem health assessment and application cases in Korea. *River and Culture* 2: 84-91.

Choi, J.S. and K.Y. Lee(2006a) The 3rd nation environment investigation. Fresh water fishes of the Deokjeong whole area. Ministry of Environment, 6pp. (in Korean)

Choi, J.S. and K.Y. Lee(2006b) The 3rd nation environment investigation. Fresh water fishes of the Sineup whole area. Ministry of Environment, 10pp. (in Korean)

Choi, J.S. and K.Y. Lee(2006c) The 3rd nation environment investigation. Fresh water fishes of the Dongducheon whole area. Ministry of Environment, 8pp. (in Korean)

Choi, J.S. and K.Y. Lee(2006d) The 3rd nation environment investigation. Fresh water fishes of the Maji whole area. Ministry of Environment, 9pp. (in Korean)

Choi, J.S. and K.Y. Lee(2006e) The 3rd nation environment investigation. Fresh water fishes of the Gwangeok whole area. Ministry of Environment, 8pp. (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 J.H. and J.Y. Kim(2014a) The 4rd nation environment investigation. Fresh water fishes of the Sincheon Upstream whole area. Ministry of Environment, 8pp. (in Korean)

Han J.H. and J.Y. Kim(2014b) The 4rd nation environment investigation. Fresh water fishes of the Sincheon Lower Stream whole area. Ministry of Environment, 10pp. (in Korean)

Han J.H. and J.Y. Kim(2014c) The 4rd nation environment investigation. Fresh water fishes of the Jeokseongsuwipyo whole area. Ministry of Environment, 9pp. (in Korean)

Han J.H. and J.Y. Kim(2014d) The 4rd nation environment investigation. Fresh water fishes of the Cheongdamcheon whole area. Ministry of Environment, 8pp. (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 H. Furukawa(eds), *Insects I*. Kenkyu-sha, Tokyo, pp.171-317. (in Japanese)

Kim, H.M., J.H. Lee and K.G. An(2008) Water Quality and Ecosystem Health Assessments in Urban Stream Ecosystems. *Korean Journal of Environment and Ecology Biol.* 26: 311-322. (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, 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, Y.P., E.H. Lee and K.G. An(2009) Ecological Health Assessment of Dongjin River based on Chemical Measurement and Fish Assemblage Analysis. *Korean Journal of Limnology* 42: 183-191. (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., 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. (in Korean with English abstract)
- Kwater(2007) A guidebook of rivers in South Korea. Kwater, Daejeon, 582pp. (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)(1997-2009) The national environment investigation of freshwater fish. (in Korean)
- ME(Ministry of Environment)(2005) Enforcement of wildlife laws(Law No. 7167). (in Korean)
- ME(Ministry of Environment)(2012) Conservation and management laws of wildlife(Law No. 10977). (in Korean)
- ME(Ministry of Environment)(2020) Water pollution accident action and control learned from examples. Ministry of Environment, Korea, 144pp. (in Korean)
- Nelson, J.S.(2006) *Fishes of the world*(4th ed.). John Wiley & Sons Inc., Hoboken, New Jersey, 601pp.
- NIBR(National Institute of Biological Resources)(2019) Red data book of endangered fishes in Korea. National Institute of Biological Resources, Incheon, 254pp. (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)
- NIER(National Institute of Environmental Research)(2019) Survey and evaluation method for river and stream ecosystem health assessment. National Institute of Environmental Research, 131pp. (in Korean)
- Nishimura, S.(1974) *History of Japan sea: Approach from biogeography*. Tsukiji-Shokan, Tokyo, 274pp. (in Japanese 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.
- Sin, J.K., J.L. Cho, S.J. Hwang and K.J. Cho(2000) Eutrophication and Water Pollution Characteristics of the Kyongan Stream to Paltang Reservoir. *Water Resources Research Institute* 33: 387-394. (in Korean with English abstract)
- Son, Y.G., H.B. Im, K.H. Lee, J.G. Kim, Y.J. In, J.I. Choi, H.J. Lee and J.G. Oh(2017) A Study on the Evaluation of pollution Characteristics of Shicheon Stream and Its Tributaries in Gyeonggi-do Province. *Journal of Environmental Health Sciences* 43: 422-430. (in Korean with English abstract)
- WEIS(Water Environment Information System)(2020). River living environment standard. <http://water.nier.go.kr/publicMain/mainContent.do>
- 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.