한국환경생태학회지 38(3): 246-262, 2024
*Korean J. Environ. Ecol. 38(3): 246-262, June 2024*
ISSN 1229-3857(Print) ISSN 2288-131X(Online)
https://doi.org/10.13047/KJEE.2024.38.3.246

# 섬강 상류의 어류상 변화 및 어류군집 특성[1a]

김형수[2] · 한미숙[3] · 고명훈[4*]

# Change in the Fish Fauna and Fish Community Characteristics in the Upper Reaches of the Seomgang (River), Korea[1a]

**Hyeong-Su Kim[2], Mee-Sook Han[3], Myeong-Hun Ko[4*]**

## 요 약

섬강 상류의 어류상 변화와 어류군집 특성을 밝히기 위해 2018년부터 2020년까지 조사를 실시하였다. 조사기간 동안 35개 지점을 조사한 결과, 채집된 어류는 12과 40종 7,817개체였다. 출현종 중 우점종은 참갈겨니(*Zacco koreanus*, 34.5%), 아우점종은 피라미(*Z. platypus*, 28.7%)였고, 그 다음으로 버들치(*Rhynchocypris oxycephalus*, 10.2%), 돌고기(*Pungtungia herzi*, 5.3%), 긴몰개(*Squalidus gracilis majimae*, 4.3%), 참종개(*Iksookimia koreensis*, 2.1%), 참마자(*Hemibarbus longirostris*, 1.6%), 모래무지(*Pseudogobio esocinus*, 1.5%) 돌마자(*Microphysogobio yaluensis*, 1.4%), 한강납줄개(*Rhodeus pseudosericeus*, 1.4%) 등의 순으로 우세하였다. 법정보호종은 환경부지정 멸종위기 야생생물 II급인 한강납줄개와 묵납자루(*Acheilognathus signifer*), 돌상어(*Gobiobotia brevibarba*), 둑중개(*Cottus koreanus*) 4종이 출현하였는데, 주로 한강납줄개와 묵납자루, 돌상어는 중·하류에, 둑중개는 최상류에 서식하고 있었다. 출현종 중 한국고유종은 19종(고유화율 47.5%)이었고, 기후변화민감종(냉수성 어종)은 둑중개 1종, 외래어종은 떡붕어(*Carassius cuvieri*)와 배스(*Micropterus salmoides*) 2종이 확인되었다. 군집분석 결과, 대체로 상류에서 하류로 갈수록 우점도는 낮아지고 다양도와 풍부도는 높아지는 경향을 보였으며, 군집구조는 크게 최상류, 상류, 중하류, 호수로 구분되었다. 섬강 상류는 횡성댐이 건설되면서 직·간접적으로 어류군집에 큰 영향을 미쳤는데, 댐 건설 직후 멸종위기종 묵납자루와 한강납줄개, 돌상어 서식지 및 개체수가 급격히 감소하고 수몰지역은 유수성 어류에서 정수성 어류로 변화되었다. 약 20년이 지난 현재, 서식지가 안정화 되면서 서식하는 어류가 증가하고 급격히 감소하였던 멸종위기종 한강납줄개와 돌상어의 서식지 및 개체수가 증가하였다. 또한 하천건강성(FAI)은 27개 지점은 매우 좋음(A), 7개 지점은 좋음(B), 1개 지점은 보통(C)으로 평가되어 비교적 우수하였다. 하지만 멸종위기종 묵납자루는 댐 공사 및 하천공사로 지역절멸에 처해 있고, 둑중개는 하천공사로 개체수가 심각하게 감소하였으며, 횡성호에서 생태계교란 생물 배스의 서식이 확인되어 우려되었다. 따라서 섬강 상류의 안정적인 어류 서식을 위해서는 무분별한 하천공사를 지양하고, 멸종위기종 묵납자루는 시급히 복원정책이 필요하며, 생태계교란 생물 배스의 확산을 방지할 수 있는 관리방안이 요구되었다.

**주요어**: **멸종위기 어류**, **한강납줄개**, **묵납자루**, **어류건강성평가**(FAI)

---

1 접수 2024년 2월 5일, 수정 (1차: 2024년 4월 12일), 게재확정 2024년 4월 17일
Received 5 February 2024; Revised (1st: 12 April 2024); Accepted 17 April 2024

2 국립수산과학원 양식연구과 해양수산연구사 Aquaculture Research Division, National Institute of Fisheries Science, Busan-si, 48513, Korea (kimk2k@korea.kr)
3 고수생태연구소 이사 Kosoo Biology institute, 49 Mokdongjungangnamro14gagil, Yangcheon-gu, Seoul-si, 07955, Korea (kosooeco@gmail.com)
4 고수생태연구소 소장 Kosoo Biology Institute, 49 Mokdongjungangnamro14gagil, Yangcheon-gu, Seoul-si, 07955, Korea (hun7146@gmail.com)

a 이 논문은 2018년도 국립생태원 제5차 전국자연환경조사의 연구비 일부를 지원(NIE-A-2024-01) 및 국립수산과학원 수산시험연구사업 활수산물 수출지역 확대를 위한 활컨테이너 수송기간 연장기술 개발(R2024050)에서 지원하는 연구비의 지원으로 수행된 연구임

* 교신저자 Corresponding author: hun7146@gmail.com

## ABSTRACT

The survey conducted from 2018 to 2020 aimed to investigate the changes in fish fauna and community characteristics in the upper reaches of the Seomgang River, Korea. During the survey period, 35 sites were selected, resulting in the collection of 7,817 fish belonging to 12 families and 40 species. The dominant species was *Zacco koreanus*, with a relative abundance of 34.5%, followed by *Z. platypus* at 28.7%. Other significant species included *Rhynchocypris oxycephalus* (10.2%), *Pungtungia herzi* (5.3%), and *Squalidus gracilis majimae* (4.3%). Notably, four protected species — *Acheilognathus signifer, Gobiobotia brevibarba*, and *Cottus koreanus*, designated as class II endangered wildlife by the Ministry of Environment— were identified. These species predominantly inhabit the middle and lower reaches, except for *Gobiobotia brevibarba*, which is found in the upper reaches. Nineteen species, accounting for a 47.5% endemism rate, were endemic to Korea. The study also noted the presence of one climate-sensitive species, *Cottus koreanus*, and two exotic species, *Carassius cuvieri* and *Micropterus salmoides*. Community analysis indicated a trend of decreasing dominance and increasing diversity and richness from upstream to downstream, with a distinct division into uppermost reaches, upper reaches, middle and lower reaches, and lakes. The construction of the Hwaseong Dam has had a significant direct and indirect impact on the fish community. The habitat and abundance of endangered species such as *R. pseudosericeus, A. signifer*, and *G. brevibarba* decreased dramatically immediately after the dam's construction, transforming the submerged area from lotic to lentic environments. Approximately 20 years later, the habitats have stabilized, leading to an increase in the fish population and a recovery of the previously diminished endangered species. The river health (FAI) was also evaluated, with 27 sites rated as very good (A), seven as good (B), and one as fair (C). However, endangered species such as *A. signifer* continue to face threats from dam and river construction, while *C. Koreanus* has experienced a severe population decline due to river works. Additionally, the presence of the ecosystem-disrupting species *M. salmoides* in Hwaseong Lake raises concerns. To ensure a stable habitat for fish in the upper reaches of the Seomgang River, it is crucial to avoid indiscriminate river construction, urgently implement restoration policies for endangered species such as *A. signifer*, and develop management strategies to control the spread of invasive species such as bass.


***KEY WORDS: ENDANGERED SPECIES, RHODEUS PSUDOSERICEUS, ACHEILOGNATHUS SIGNIFER, FISH ASSESSMENT INDEX***

## 서 론

담수어류는 하천생태계의 먹이사슬 최상위 소비자로서 하천생태계를 대표하고 과거로부터 현재까지 이어진 지질학적 역사에 기인한 어류의 이동 및 종분화, 종간 생태적 상호작용 등을 통해 현재의 독특한 분포양상을 보인다(Nishimura, 1974; Kim, 1997; Moyle and Cech, 2000; Yoo *et al*., 2016). 우리나라는 오랫동안 벼농사를 위한 치수관리용 관계시설이 설치되었고, 최근에는 저수지나 보, 댐, 하구둑 등이 많이 건설되었으며, 하천정비공사, 외래종의 도입, 상업종의 남획, 수질오염 등 인위적인 요인으로 인해 담수어류의 어류상 및 군집구조에 큰 영향을 미치고 있다(Jang *et al*. 2006; Kwater, 2007; NFRDI, 2010; NIBR, 2011; Ko *et al*., 2017). 이러한 영향으로 많은 종들의 서식지와 개체수가 감소하면서 생물 다양성이 낮아지고 멸종위기종으로 지정되거나 일부 종들은 절멸한 것으로 보고되고 있다(Sala *et al*., 2000; NIBR, 2011; 2019; Han and Ko, 2023). 현재 우리나라의 환경부지정 멸종위기 어류는 I급에 11종, II급에 18종이 지정되어 법적으로 보호받고 있다(ME, 2022).

섬강은 태기산(해발 1,261m)에서 발원하여 남한강 중·하

류부에 유입되는 국가하천이다. 이중 본 연구가 진행된 섬강 상류는 행정구역상 강원도 횡성군과 원주시, 일부 홍천군이 포함되어 있고 최상류인 계천이 서남쪽으로 흐르면서 유동천, 대관대천, 금계천이 합류된다. 섬강 상류는 비교적 높은 산이 많고 경사각이 커서 농경지가 적으며 특별한 오염원이 없어 자연환경이 비교적 잘 보존되어 왔으나, 계천 중류에 1993년에 착공하여 2000년에 완공된 횡성댐(높이 48.5m, 길이 205m, 저수용량 56.9㎢)이 건설되면서 자연환경이 크게 변하였다(Kwater, 2007). 특히 횡성댐 및 횡성댐 인근은 환경부지정 멸종위기 야생생물 II급으로 지정된 묵납자루와 한강납줄개를 포함하여 다양한 어류가 서식하는 것으로 보고되었으나(Song *et al*., 1995; Byeon, 1998; Kwater, 1997; 1999), 횡성댐 건설 이후 멸종위기종들의 서식개체수가 급격히 감소하고 어류상도 크게 변한 것으로 보고되었다(Choi *et al*., 2005; Ko *et al*., 2011). 또한 Ko *et al*.(2018)은 한강납줄개의 서식양상 및 멸종위협평가 연구에서 횡성호 일대는 매우 많은 개체가 서식하였으나 댐 건설 이후 횡성호 상류는 서식하지 않고 횡성호 하류는 개체수가 급격히 감소한 것으로 보고하여 크게 우려된 바 있다. 그 외 섬강 상류에 대한 어류상 연구는 어류상 및 어류군집(Song *et al*., 1995; Byeon, 1998; Ko *et al*., 2011; Hur *et al*., 2013), 제2차 전국자연환경조사(Son and Choi, 1998; Choi and Lee, 2005), 제3차 전국자연환경조사(Baek and Kim, 2009a; 2009b; Song and Jeon, 2009a; 2009b; 2009c), 횡성호 일대의 어류상(Kwater, 1997; 1999; Choi *et al*., 2005; Kwater, 2006; 2008) 등이 있다.

하천에 댐이나 하구둑과 같은 큰 규모의 구조물이 건설되면 생태계가 변화되면서 건설지역뿐만 아니라 인근 지역까지 큰 영향을 미쳐 어류 서식지 및 군집이 큰 변화를 가져오게 되는데(Kim and Choi, 2014; Ko *et al*., 2017), 섬강 상류에서는 이러한 변화양상을 파악하기 위한 연구가 최근 진행된 바 없어 현황 분석을 위한 자료가 매우 부족한 실정이다.

따라서 본 연구는 섬강 상류 전체의 어류상의 변화양상을 파악하는 연구의 일환으로 전체를 아우르는 조사를 실시하여 어류상 변화 및 어류군집 특성, 하천건강성 등을 밝히고, 환경부지정 멸종위기어류들의 서식양상을 파악하며, 나아가 어류 보존방안에 대해 논의하고자 하였다.

## 연구방법

### 1. 조사 지점 및 기간

본 연구의 조사지점은 섬강 상류로 크게 횡성호 상류(14개 지점)와 하류(9개 지점), 금계천(12개 지점) 지역이었고, 조사는 횡성호 상류와 금계천은 대부분 2018년에, 횡성댐 하류 및 추가지점은 2020년에 실시하였는데, 1차 조사는 5~6월, 2차 조사는 8~9월에 실시하였다. 조사지점은 Figure 1과 같이 여울과 소 등 다양한 서식지가 포함되도록 1~3km 간격으로 35개 지점을 선정하였고, 행정구역과 하천명은 아래와 같으며, 지점별 GPS정보는 멸종위기종의 서식을 고려하여 생략하였다.

<횡성호 상류 지역>
St. 1. 강원도 횡성군 청일면 속실리, 유동천
St. 2. 강원도 횡성군 청일면 봉명리, 유동천
St. 3. 강원도 횡성군 청일면 속실리, 유동천
St. 4. 강원도 횡성군 청일면 춘당리, 유동천
St. 5. 강원도 횡성군 청일면 유동리, 유동천
St. 6. 강원도 횡성군 청일면 유등리, 유동천
St. 7. 강원도 횡성군 청일면 신대리, 계천
St. 8. 강원도 횡성군 청일면 신대리, 계천
St. 9. 강원도 횡성군 청일면 고시리, 계천
St. 10. 강원도 횡성군 청일면 유평리, 계천
St. 11. 강원도 횡성군 청일면 유등리, 계천
St. 12. 강원도 횡성군 갑천면 율동리, 계천
St. 13. 강원도 횡성군 갑천면 포동리, 계천
St. 14. 강원도 횡성군 갑천면 포동리, 계천

<횡성호 하류 지역>
St. 15. 강원도 횡성군 갑천면 대관대리, 계천
St. 16. 강원도 횡성군 갑천면 병지방리, 대관대천
St. 17. 강원도 횡성군 갑천면 병지방리, 대관대천
St. 18. 강원도 횡성군 갑천면 전촌리, 대관대천
St. 19. 강원도 횡성군 갑천면 대관대리, 대관대천
St. 20. 강원도 횡성군 갑천면 궁천리, 계천
St. 21. 강원도 횡성군 횡성읍 마옥리 수백교, 계천
St. 22. 강원도 횡성군 횡성읍 덕촌리, 계천
St. 35. 강원도 횡성군 횡성읍 북천리 북천교, 섬강

<금계천 지역>
St. 23. 강원도 홍천군 동면 노천리, 금계천
St. 24. 강원도 홍천군 동면 좌운리, 금계천
St. 25. 강원도 횡성군 공근면 부창리 부창교, 금계천
St. 26. 강원도 횡성군 공근면 어둔리, 금계천
St. 27. 강원도 횡성군 공근면 가곡리 가곡교, 금계천
St. 28. 강원도 횡성군 공근면 청곡리 청곡교, 금계천
St. 29. 강원도 횡성군 공근면 학담리, 금계천
St. 30. 강원도 횡성군 공근면 상창봉리, 창봉천
St. 31. 강원도 횡성군 공근면 창봉리, 창봉천
St. 32. 강원도 횡성군 공근면 초원리, 초원천

St. 33. 강원도 횡성군 공근면 학담리, 금계천
St. 34. 강원도 횡성군 공근면 오산리 오산교, 금계천

## 2. 채집 및 조사방법

채집은 조사지점별로 여울과 소를 포함한 200m 구간에서 투망(망목 6×6㎜, 10회)과 족대(5×5㎜, 30분)를 이용하여 채집하였다. 채집된 개체는 현장에서 육안으로 동정·개수한 후 생태계 보전을 위하여 바로 방류하였다. 어류의 동정은 Kim(1997), Kim *et al*.(2005), Kim and Park(2007), Chae *et al*.(2019) 등을 따랐으며 분류체계는 Nelson(2006)에 따라 목록을 정리하였다. 서식지 환경 중 하폭 및 유폭, 수심 등은 거리 측정용 망원경(Yardage pro Tour XL, BUSHNELL, Japan)과 줄자를 이용하여 측정하였으며, 하천형은 Kani (1944)의 방법에 따라, 하상구조는 Cummins(1962)의 방법으로 구분하였다. 또한 하천차수(stream order)는 하천건강성 평가 기준인 축척 1 : 120,000 기준으로 계산하였으며(NIER, 2016; 2019), 고도는 Google Earth(Google Earth Pro, USA)의 정보를 이용하였다. 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 어류생물지수(Fish assessment index, FAI)를 이용하였는데, 하천차수(stream order)에 따라 8개의 메트릭(M1: 국내종의 총 종수, M2: 여울성 저서종수, M3: 민감종수, M4: 내성종의 개체수 비율, M5: 잡식종의 개체수 비율, M6: 국내종의 충식종 개체수 비율, M7: 채집된 국내종의 총 개체수, M8: 비정상종의 개체수 비율) 별로 값을 계산한 후 합산하여 산출하였다. 산출된 어류생물지수는 매우좋음(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). 섬강 상류의 어류상 비교는 선행조사인 Song *et al*.(1995), Byeon(1998), 전국자연환경조사 2차(Son and Choi, 1998; Choi and Lee, 2005)와 3차(Baek and Kim, 2009a; 2009b; Song and Jeon, 2009a; 2009b; 2009c), 횡성호 일대의 어류상(Kwater, 1997; 1999; Choi *et al*., 2005; Kwater, 2006; 2008) 등의 자료를 정리하여 비교하였다.

# 결 과

## 1. 서식지 특성

섬강 상류는 비교적 높은 산으로 둘러싸여 있어 산지가 많고 농경지가 적으며 계천 중류는 횡성호가 위치하고 있었다. 하천 규모는 하폭 4~160m, 유폭 1~120m로 지점별 차이가 컸으나 수심은 대체로 0.3~1.5m로 비교적 유사하였다.

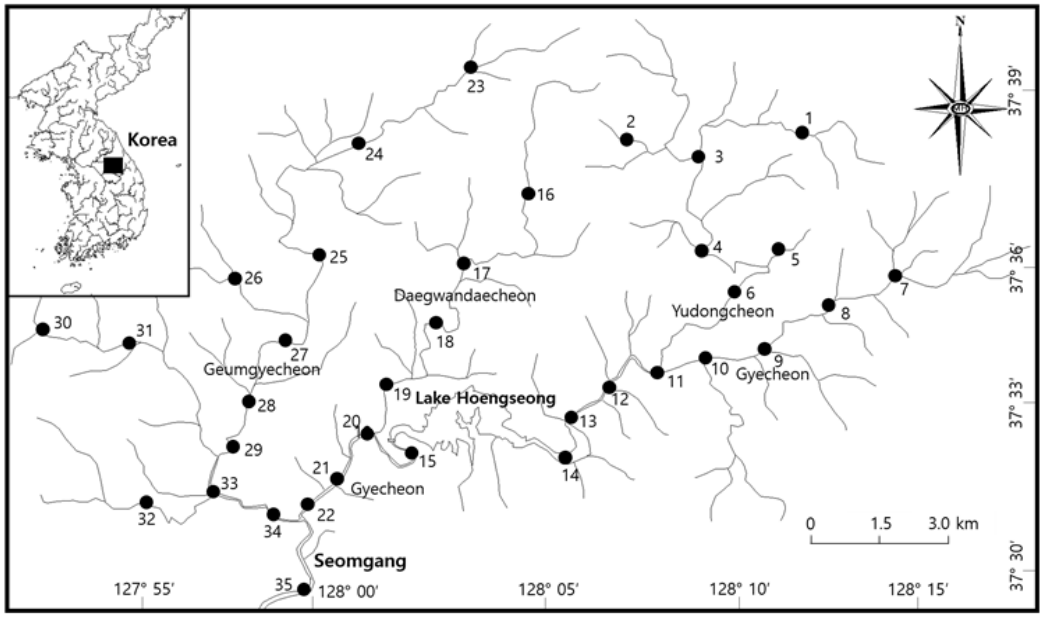


Figure 1. Study stations in the upper Seomgang(River), Hoengseong-gun, Gangwon-do, Korea.

고도는 118~397m, 하천차수(stream order)는 1~4차였고, 대부분 최상류 및 상류는 계곡형(Aa type), 중하류는 평지형(Bb type)이었다. 하상은 대체로 큰돌(boulder)과 돌(cobble)의 비율이 높았으나 일부 중하류지점들(St. 9, 10, 12, 30)은 모래(sand)의 비율이 높았고, 댐(St. 14)과 큰 보(St. 29)가 있는 지점은 펄(mud)의 비율이 높기도 하였다. 35개 지점 중 21개 지점에 보(weir)가 있었는데, 이중 어도는 5개에만 설치되어 있었다. 하천공사는 4개 지점(St. 6, 31, 32, 35)에서 진행되었으며, 유원지(캠핑장)는 2개 지점(St. 16, 17)에 있었다.

## 2. 어류상

### 1) 전체 어류상

조사기간 동안 섬강 상류(35개 지점)에서 채집된 어류는 모두 12과 40종 7,827개체였다(Table 2). 과별 출현종수는 잉어과(Cyprinidae)가 23종으로 가장 많았고, 그 다음으로 미꾸리과(Cobitidae) 3종, 메기과(Siluridae), 꺽지과(Centropomidae), 동사리과(Odontobutidae), 망둑어과(Gobiidae)는 각각 2종씩, 종개과(Balitoridae), 퉁가리과(Amblycipitidae), 동자개과(Bagridae), 바다빙어과(Osmeridae), 둑중개과(Cottidae), 검정우럭과(Centrarchidae)는 각각 1종씩 출현하였다. 출현종 중 우점종은 참갈겨니(*Zacco koreanus*, 34.5%), 아우점종은 피라미(*Z. platypus*, 28.7%)였고, 그 다음으로 버들치(*Rhynchocypris oxycephalus*, 10.2%), 돌고기(*Pungtungia herzi*, 5.3%), 긴몰개(*Squalidus gracilis majimae*, 4.3%), 참종개(*Iksookimia koreensis*, 2.1%), 참마자(*Hemibarbus longirostris*, 1.6%), 모래무지(*Pseudogobio esocinus*, 1.5%), 돌마자(*Microphysogobio yaluensis*, 1.4%), 한강납줄개(*Rhodeus pseudosericeus*, 1.4%), 꺽지(*Coreoperca herzi*, 1.3%), 쉬리(*Coreoleuciscus splendidus*, 1.1%), 납자루(*Acheilognathus lanceolata intermedia*, 1.0%), 밀어(*Rhinogobius brunneus*, 1.0%) 등의 순으로 우세하였다(Figure 2D). 법정보호종은 환경부지정 멸종위기 야생생물(이하 멸종위기종) II급인 한강납줄개와 묵납자루(*A. signifer*), 돌상어(*Gobiobotia brevibarba*), 둑중개(*Cottus koreanus*) 4종이 출현하였는데, 한강납줄개는 10개 지점(St. 6, 11, 12, 20, 25, 27, 28, 29, 33, 34), 묵납자루 2개 지점(St. 15, 29), 돌상어 5개 지점(St. 12, 13, 21, 22, 35), 둑중개 5개 지점(St. 1, 2, 7, 8, 22)에서 서식이 확인되었다. 한국고유종은 한강납줄개, 묵납자루, 줄납자루(*A. yamatsutae*), 쉬리, 참중고기(*Sarcocheilichthys variegatus wakiyae*), 긴몰개, 돌상어, 배가사리(*Microphysogobio longidorsalis*), 돌마자, 참갈겨니, 참종개, 새코미꾸리(*Koreocobitis rotundicaudata*), 퉁가리(*Liobagrus andersoni*), 미유기(*Silurus microdorsalis*), 눈동자개(*Pseudobagrus koreanus*), 둑중개, 꺽지, 동사리(*Odontobutis platycephala*), 얼록동사리(*O. interrupta*) 19종(고유화율 47.5%)이었고, 기후변화민감종은 냉수성 어류인 둑중개 1종, 육봉형 어류는 빙어(*Hypomesus nipponensis*)와 밀어 2종이 확인되었다. 외래어종은 떡붕어(*Carassius cuvieri*)와 배스(*Micropterus salmoides*) 2종이 출현하였는데, 이중 배스는 생태계교란 생물로 지정된 종이다.

### 2) 지역별 어류상

(1) 횡성댐 상류

횡성댐 상류(14개 지점)에서 채집된 어류는 12과 34종 2,631개체였다. 출현종 중 우점종은 참갈겨니(40.2%), 아우점종은 피라미(25.1%)였고, 그 다음으로 버들치(7.3%), 돌고기(6.5%), 참종개(2.5%), 긴몰개(2.2%), 참마자(1.9%), 꺽지(1.7%), 돌마자(1.6%), 모래무지(1.4%), 밀어(1.4%), 퉁가리(1.1%) 등의 순으로 우세하게 출현하였다(Figure 2A). 멸종위기종은 II급의 한강납줄개와 돌상어, 둑중개 3종이 채집되었는데, 한강납줄개는 3개 지점(St. 6, 11, 12), 돌상어는 2개 지점(St. 12, 13), 둑중개는 4개 지점(St. 1, 2, 7, 8)에서 확인되었다. 한국고유종은 한강납줄개와 쉬리, 긴몰개, 돌상어, 배가사리, 돌마자, 참갈겨니, 참종개, 새코미꾸리, 퉁가리, 미유기, 눈동자개, 둑중개, 꺽지, 얼록동사리 15종(고유화율 44.1%)이었고, 기후변화민감종은 냉수성 어류인 둑중개 1종, 육봉형 어류는 빙어와 밀어 2종이 확인되었으며, 외래어종은 떡붕어와 배스 2종이 출현하였다.

(2) 횡성댐 하류

횡성댐 하류(9개 지점)에서 채집된 어류는 10과 34종 2,274개체였다. 출현종 중 우점종은 참갈겨니(36.8%), 아우점종은 피라미(33.8%)였고, 그 다음으로 긴몰개(4.8%), 돌고기(4.7%), 버들치(3.3%), 돌상어(1.7%), 돌마자(1.5%), 참종개(1.5%), 쉬리(1.5%), 꺽지(1.4%), 참마자(1.2%), 모래무지(1.1%) 등의 순으로 우세하였다(Figure 2B). 멸종위기종은 II급의 한강납줄개와 묵납자루, 돌상어, 둑중개 4종이 채집되었는데, 한강납줄개는 1개 지점(St. 20), 묵납자루 1개 지점(St. 15), 돌상어 5개 지점(St. 12, 13, 21, 22, 35), 둑중개 1개 지점(St. 22)에서 확인되었다. 한국고유종은 한강납줄개와 묵납자루, 줄납자루, 쉬리, 참중고기, 긴몰개, 돌상어, 배가사리, 돌마자, 참갈겨니, 참종개, 새코미꾸리, 퉁가리, 미유기, 눈동자개, 둑중개, 꺽지, 동사리, 얼록동사리 19종(고유화율 55.9%)이었고, 기후변화민감종은 냉수성 어류인 둑중개 1종, 육봉형 어류는 밀어 1종이 확인되었으며, 외래어종은 떡붕어 1종이 출현하였다.

Table 1. Habitat environments at the study stations in the upper Seomgang, Korea from 2018 to 2020

| St. | River width (m) | Water width (m) | Water depth (m) | River type* | Altitude (m) | Stream order | Bottom structure (%)** | | | | | | Etcs*** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | M | S | G | P | C | B | |
| 1 | 10-15 | 5-8 | 0.3-1.5 | Aa | 397 | 2 | | | | 10 | 30 | 60 | |
| 2 | 4-5 | 1-2 | 0.3-1.2 | Aa | 416 | 1 | | | | 10 | 20 | 70 | |
| 3 | 40-60 | 20-30 | 0.3-1.5 | Aa | 301 | 3 | | | | 10 | 30 | 60 | W |
| 4 | 50-60 | 20-25 | 0.3-1.2 | Aa | 266 | 3 | | 20 | 10 | 10 | 30 | 30 | |
| 5 | 4-5 | 1-2 | 0.3-1.2 | Aa | 264 | 1 | | | | 10 | 20 | 70 | |
| 6 | 60-80 | 30-50 | 0.3-1.5 | Bb | 221 | 2 | | 20 | 10 | 20 | 30 | 20 | W, RW |
| 7 | 30-40 | 10-15 | 0.3-1.5 | Aa | 318 | 2 | | 10 | | 10 | 30 | 50 | |
| 8 | 30-40 | 10-15 | 0.3-1.2 | Aa | 291 | 2 | | | | 10 | 20 | 70 | W |
| 9 | 50-70 | 20-30 | 0.3-1.5 | Bb | 238 | 3 | | 40 | | 20 | 30 | 10 | |
| 10 | 60-80 | 20-40 | 0.3-1.5 | Bb | 210 | 3 | | 40 | | 10 | 20 | 30 | W |
| 11 | 80-100 | 40-50 | 0.3-1.0 | Bb | 202 | 4 | | 20 | | 20 | 40 | 20 | W |
| 12 | 80-100 | 40-80 | 0.3-1.5 | Bb | 191 | 4 | | 30 | 10 | 10 | 30 | 20 | W |
| 13 | 120-150 | 40-70 | 0.3-1.5 | Bb | 187 | 4 | | 10 | | 20 | 40 | 30 | |
| 14 | 300-400 | 250-350 | 0.5-4.5 | Bc | 174 | 4 | 70 | | | | 20 | 10 | L |
| 15 | 70-90 | 20-50 | 0.3-1.2 | Bb | 148 | 4 | | | | 20 | 30 | 50 | W |
| 16 | 15-20 | 8-15 | 0.3-1.5 | Aa | 300 | 1 | | | | 10 | 20 | 70 | W, A |
| 17 | 50-70 | 20-40 | 0.3-1.5 | Aa-Bb | 215 | 2 | | | 10 | 10 | 30 | 50 | W, A |
| 18 | 60-70 | 20-50 | 0.3-2.0 | Aa-Bb | 192 | 2 | | | | 10 | 20 | 70 | W |
| 19 | 60-80 | 20-30 | 0.3-1.5 | Bb | 146 | 2 | | | | 10 | 20 | 70 | |
| 20 | 100-130 | 30-50 | 0.3-1.5 | Bb | 137 | 4 | | | 10 | 20 | 40 | 30 | |
| 21 | 130-150 | 50-80 | 0.3-1.5 | Bb | 130 | 4 | | | 10 | 20 | 40 | 30 | W |
| 22 | 140-160 | 30-50 | 0.3-1.5 | Bb | 125 | 4 | | | 10 | 30 | 40 | 20 | W |
| 23 | 15-20 | 5-12 | 0.3-1.2 | Aa | 307 | 1 | | 20 | 20 | 30 | 20 | 10 | W |
| 24 | 30-40 | 15-25 | 0.3-1.5 | Aa-Bb | 243 | 2 | | | | 10 | 20 | 70 | W |
| 25 | 70-90 | 10-50 | 0.3-1.5 | Bb | 185 | 3 | | | 10 | 20 | 40 | 30 | W |
| 26 | 60-80 | 30-60 | 0.3-2.0 | Bb | 244 | 1 | | 10 | 20 | 20 | 30 | 20 | W |
| 27 | 15-20 | 3-8 | 0.3-1.0 | Aa | 171 | 3 | | | | 10 | 30 | 60 | W |
| 28 | 80-100 | 20-80 | 0.3-1.5 | Bb | 158 | 3 | | | | 20 | 40 | 40 | W |
| 29 | 50-70 | 30-60 | 0.3-2.5 | Bb | 149 | 3 | 40 | 20 | | 10 | 20 | 10 | W |
| 30 | 10-12 | 2-3 | 0.3-0.7 | Aa | 280 | 1 | | 50 | | 10 | 20 | 20 | |
| 31 | 20-25 | 5-12 | 0.3-1.0 | Aa | 223 | 2 | | | | 20 | 40 | 40 | RW |
| 32 | 15-20 | 5-8 | 0.3-1.2 | Aa | 194 | 1 | | | | 10 | 20 | 70 | RW |
| 33 | 80-100 | 30-70 | 0.3-1.5 | Bb | 138 | 3 | | | 10 | 20 | 50 | 20 | W |
| 34 | 60-70 | 30-40 | 0.3-1.0 | Bb | 134 | 3 | | 10 | | 20 | 40 | 30 | |
| 35 | 140-150 | 80-120 | 0.3-1.5 | Bb | 118 | 4 | | 10 | 10 | 30 | 40 | 10 | W, RW |

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

(3) 금계천

금계천(12개 지점)에서 채집된 어류는 6과 23종 2,922개체였다. 출현종 중 우점종은 참갈겨니(28.0%), 아우점종은 피라미(27.6%)였고, 그 다음으로 버들치(18.2%), 긴몰개(5.7%), 돌고기(4.8%), 한강납줄개(2.7%), 납자루(2.3%), 참종개(2.3%), 모래무지(1.9%), 참마자(1.5%), 돌마자(1.2%) 등의 순으로 우세하였다(Figure 2C). 멸종위기종은 II급의 한강납줄개와 묵납자루 2종이 채집되었는데, 한강납줄개는 6개 지점(St. 25, 27, 28, 29, 33, 34), 묵납자루는 1개 지점(St. 29)에서 확인되었다. 한국고유종은 한강납줄개와 묵납자루, 쉬리, 참중고기, 긴몰개, 배가사리, 돌마자, 참갈겨니, 참종개, 새코미꾸리, 퉁가리, 꺽지, 얼록동사리 13종(고유화율 56.5%)이었고, 육봉형 어류는 밀어 1종이 확인되었다.

Table 2. List of fish species and number of individual fish collected in the upper Seomgang, Korea from 2018 to 2020

| Scientific name | Stations | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| **Cyprinidae** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| *Cyprinus carpio* | | | | | | | | | | | | | 4 | 4 | 1 | | | | | |
| *Carassius auratus* | | | | | | | | | | | | 1 | 3 | 7 | | | | | | |
| *Carassius cuvieri* | | | | | | | | | | | | | | 2 | | | | | | |
| *Rhodeus pseudosericeus* | | | | | | 12 | | | | | 12 | 1 | | | | | | | | 1 |
| *Acheilognathus signifer* | | | | | | | | | | | | | | | 8 | | | | | |
| *Acheilognathus lanceolata intermedia* | | | | | | | | | | | | 3 | 1 | | | | | | | 2 |
| *Acheilognathus yamatsutae* | | | | | | | | | | | | | | | 3 | | | | | 1 |
| *Acanthorhodeus chankaensis* | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| *Pseudorasbora parva* | | | | | | | | | | | | | | 7 | | | | | | |
| *Pungtungia herzi* | | | | 38 | | 39 | 12 | 5 | 22 | 6 | 19 | 13 | 16 | | 17 | | 4 | 18 | 25 | 7 |
| *Coreoleuciscus splendidus* | | | | | | | | | | 7 | 7 | 3 | 4 | | | | | | | 6 |
| *Sarcocheilichthys variegatus wakiyae* | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| *Squalidus gracilis majimae* | | | | | | 3 | | | | 7 | 27 | 10 | 7 | 5 | | | | 12 | 51 | 29 |
| *Hemibarbus labeo* | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| *Hemibarbus longirostris* | | | | | | 9 | | | | 5 | 18 | 2 | 17 | | | | | | | 5 |
| *Pseudogobio esocinus* | | | | | | 5 | | | 8 | 2 | 7 | 6 | 8 | 2 | 5 | | | | 2 | 3 |
| *Gobiobotia brevibarba* | | | | | | | | | | | | 1 | 1 | | | | | | | |
| *Microphysogobio longidorsalis* | | | | | | 3 | | | | 1 | 7 | | 2 | | | | | | | |
| *Microphysogobio yaluensis* | | | | | | | | | 11 | 1 | 23 | 4 | 2 | | 5 | | | | | 4 |
| *Rhynchocypris oxycephalus* | 52 | 33 | 52 | 6 | 3 | | 21 | | 7 | 17 | | | | | | 45 | | 17 | 12 | |
| *Opsariichthys uncirostris amurensis* | | | | | | | | | | | 3 | 1 | 7 | | 3 | | | | | |
| *Zacco koreanus* | 5 | | 86 | 132 | 81 | 132 | 92 | 115 | 110 | 118 | 66 | 84 | 29 | 7 | 62 | 22 | 152 | 122 | 154 | 74 |
| *Zacco platypus* | | | | | | 79 | | | | 37 | 162 | 103 | 247 | 31 | 10 | | | | | 100 |
| **Cobitidae** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| *Misgurnus anguillicaudatus* | | | | | | | | | | | | 1 | | | | | | | 1 | |
| *Iksookimia koreensis* | | | 8 | 9 | | 9 | 7 | 2 | 7 | 9 | 8 | | 5 | 2 | | | 3 | 7 | 12 | 6 |
| *Koreocobitis rotundicaudata* | | | 5 | 2 | | 1 | | | | | 3 | | 1 | | | | | 1 | 3 | |
| **Balitoridae** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| *Orthrias nudus* | | | | | | | 1 | 7 | | 8 | | 4 | | | | | | 2 | 4 | |
| **Amblycipitidae** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| *Liobagrus andersoni* | 7 | | 2 | 5 | | | 2 | | 2 | 3 | 3 | | 6 | | | | | 4 | 2 | |
| **Siluridae** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| *Silurus asotus* | | | | | | | | | | | | | 1 | | | | | | | |
| *Silurus microdorsalis* | 1 | | 1 | | | | 2 | 1 | | | | | | | | | 2 | 3 | | |
| **Bagridae** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| *Pseudobagrus koreanus* | | | | | | | | | | | | 3 | 1 | | | | | 1 | 1 | |
| **Osmeridae** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| *Hypomesus nipponensis* | | | | | | | | | | | | | 1 | 5 | | | | | | |
| **Cottidae** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| *Cottus koreanus* | 5 | 2 | | | | | 6 | 4 | | | | | | | | | | | | |
| **Centropomidae** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| *Coreoperca herzi* | | | 7 | 6 | 1 | 6 | 4 | | 2 | | 7 | | 11 | | 6 | | 2 | 2 | 4 | 5 |
| *Siniperca scherzeri* | | | | | | | | | | | | 1 | 1 | | | | | | | |
| **Centrarchidae** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| *Micropterus salmoides* | | | | | | | | | | | | | 2 | 7 | | | | | | |
| **Odontobutidae** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| *Odontobutis platycephala* | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | 1 | |
| *Odontobutis interrupta* | | | | | | | | | | | 1 | | | | | | | | | 2 |
| **Gobiidae** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| *Rhinogobius giurinus* | | | | | | | | | | | | | | 6 | | | | | | |
| *Rhinogobius brunneus* | | | | | | | | | | | | 7 | 21 | 9 | 6 | | | | 6 | 5 |
| Number of individuals | 5 | 2 | 7 | 7 | 3 | 11 | 9 | 6 | 8 | 13 | 16 | 18 | 24 | 13 | 11 | 2 | 5 | 12 | 14 | 15 |
| Number of species | 70 | 35 | 161 | 198 | 85 | 298 | 147 | 134 | 169 | 221 | 373 | 248 | 398 | 94 | 126 | 67 | 163 | 190 | 278 | 250 |

Table 2. Continued

| Scientific name | Stations | | | | | | | | | | | | | | | Total | RA(%)* | Remarks** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 31 | 29 | 30 | 32 | 33 | 34 | 35 | | | |
| **Cyprinidae** | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| *Cyprinus carpio* | | | | | | | | | | | | | | | 1 | 10 | 0.13 | |
| *Carassius auratus* | | 1 | | | | | | | 1 | | | | 2 | 1 | 5 | 21 | 0.27 | |
| *Carassius cuvieri* | 1 | | | | | | | | | | | | | | | 3 | 0.04 | Ex |
| *Rhodeus pseudosericeus* | | | | | 9 | | 5 | 7 | 32 | | | | 17 | 10 | | 106 | 1.35 | EnII,E |
| *Acheilognathus signifer* | | | | | | | | | 2 | | | | | | | 10 | 0.13 | EnII,E |
| *Acheilognathus lanceolata intermedia* | 2 | 1 | | | | | | 7 | | | | | 55 | 5 | 4 | 80 | 1.02 | |
| *Acheilognathus yamatsutae* | 7 | 4 | | | | | | | | | | | | | 2 | 17 | 0.22 | E |
| *Acanthorhodeus chankaensis* | 2 | | | | | | | | | | | | | | 1 | 3 | 0.04 | |
| *Pseudorasbora parva* | | | | | | | | | | | | | | | | 7 | 0.09 | |
| *Pungtungia herzi* | 18 | 5 | | 13 | 44 | | 5 | 9 | 12 | | | 1 | 36 | 20 | 12 | 416 | 5.31 | |
| *Coreoleuciscus splendidus* | 9 | 11 | | | | | | | 2 | | | 13 | 9 | 4 | 8 | 83 | 1.06 | E |
| *Sarcocheilichthys variegatus wakiyae* | 4 | 10 | | | | | | | | | | | | 1 | 2 | 17 | 0.22 | E |
| *Squalidus gracilis majimae* | 5 | | | | | | 25 | 40 | 48 | | | | 54 | | 12 | 335 | 4.28 | E |
| *Hemibarbus labeo* | | 1 | | | | | | | | | | | | | 2 | 3 | 0.04 | |
| *Hemibarbus longirostris* | 3 | 2 | | | | | | 13 | 6 | | | | 12 | 12 | 17 | 121 | 1.55 | |
| *Pseudogobio esocinus* | 3 | 1 | | | 10 | | 7 | 11 | 3 | | | | 7 | 18 | 12 | 120 | 1.53 | |
| *Gobiobotia brevibarba* | 18 | 8 | | | | | | | | | | | | | 12 | 40 | 0.51 | EnII,E |
| *Microphysogobio longidorsalis* | 1 | 4 | | | | | | | | | | | | 3 | 4 | 25 | 0.32 | E |
| *Microphysogobio yaluensis* | | | | | 2 | | 3 | 9 | 15 | | | | 7 | | 26 | 112 | 1.43 | E |
| *Rhynchocypris oxycephalus* | | | 163 | | 15 | 79 | 3 | | 3 | 126 | 99 | 44 | | | | 797 | 10.18 | |
| *Opsariichthys uncirostris amurensis* | | | | | | | | | | | | | | | | 14 | 0.18 | |
| *Zacco koreanus* | 154 | 84 | | 141 | 141 | | 124 | 7 | 15 | 83 | 100 | 152 | 6 | 37 | 12 | 2699 | 34.48 | E |
| *Zacco platypus* | 279 | 127 | | 99 | 39 | | 20 | 102 | 182 | | | | 253 | 123 | 252 | 2245 | 28.68 | |
| **Cobitidae** | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| *Misgurnus anguillicaudatus* | | | | | | | | | 1 | | | | | 1 | 1 | 5 | 0.06 | |
| *Iksookimia koreensis* | 3 | 3 | 11 | | 5 | | 4 | 6 | 5 | | 2 | 11 | 12 | 10 | | 166 | 2.12 | E |
| *Koreocobitis rotundicaudata* | 1 | 7 | | | | | | | | | | | 7 | | | 31 | 0.40 | E |
| **Balitoridae** | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| *Orthrias nudus* | | | | | | | | | 1 | | | | | | | 27 | 0.34 | |
| **Amblycipitidae** | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| *Liobagrus andersoni* | 3 | 9 | | | | | | | 1 | | | | 2 | | 2 | 53 | 0.68 | E |
| **Siluridae** | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| *Silurus asotus* | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | 0.01 | |
| *Silurus microdorsalis* | | | | | | | | | | | | | | | | 10 | 0.13 | E |
| **Bagridae** | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| *Pseudobagrus koreanus* | | | | | | | | | | | | | | | | 6 | 0.08 | E |
| **Osmeridae** | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| *Hypomesus nipponensis* | | | | | | | | | | | | | | | | 6 | 0.08 | L |
| **Cottidae** | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| *Cottus koreanus* | | 1 | | | | | | | | | | | | | | 18 | 0.23 | EnII,E |
| **Centropomidae** | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| *Coreoperca herzi* | 4 | 6 | | | 7 | | 3 | 5 | 2 | | | | 4 | 5 | 2 | 101 | 1.29 | E |
| *Siniperca scherzeri* | | | | | | | | | | | | | | | | 2 | 0.03 | |
| **Centrarchidae** | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| *Micropterus salmoides* | | | | | | | | | | | | | | | | 9 | 0.11 | Ex,Ed |
| **Odontobutidae** | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| *Odontobutis platycephala* | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | | | 4 | 0.05 | E |
| *Odontobutis interrupta* | | | | 3 | 3 | | 2 | 3 | 2 | | | 1 | 1 | 3 | 2 | 23 | 0.29 | E |
| **Gobiidae** | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| *Rhinogobius giurinus* | | | | | | | | | | | | | | | | 6 | 0.08 | L |
| *Rhinogobius brunneus* | 2 | 1 | | 9 | 5 | | 2 | | | | | | | | 2 | 75 | 0.96 | L |
| Number of individuals | 20 | 20 | 2 | 5 | 11 | 1 | 12 | 12 | 18 | 2 | 3 | 6 | 16 | 15 | 22 | 40 | | |
| Number of species | 520 | 287 | 174 | 265 | 280 | 79 | 203 | 219 | 333 | 209 | 201 | 222 | 484 | 253 | 393 | 7,827 | | |

*RA: relative abundance (%); **E: Korean endemic species, EnII: endangered species rank II, C: climate-sensitive species, L: land-locked species, Ex: exotic species, Ed: ecosystem-disrupting species.

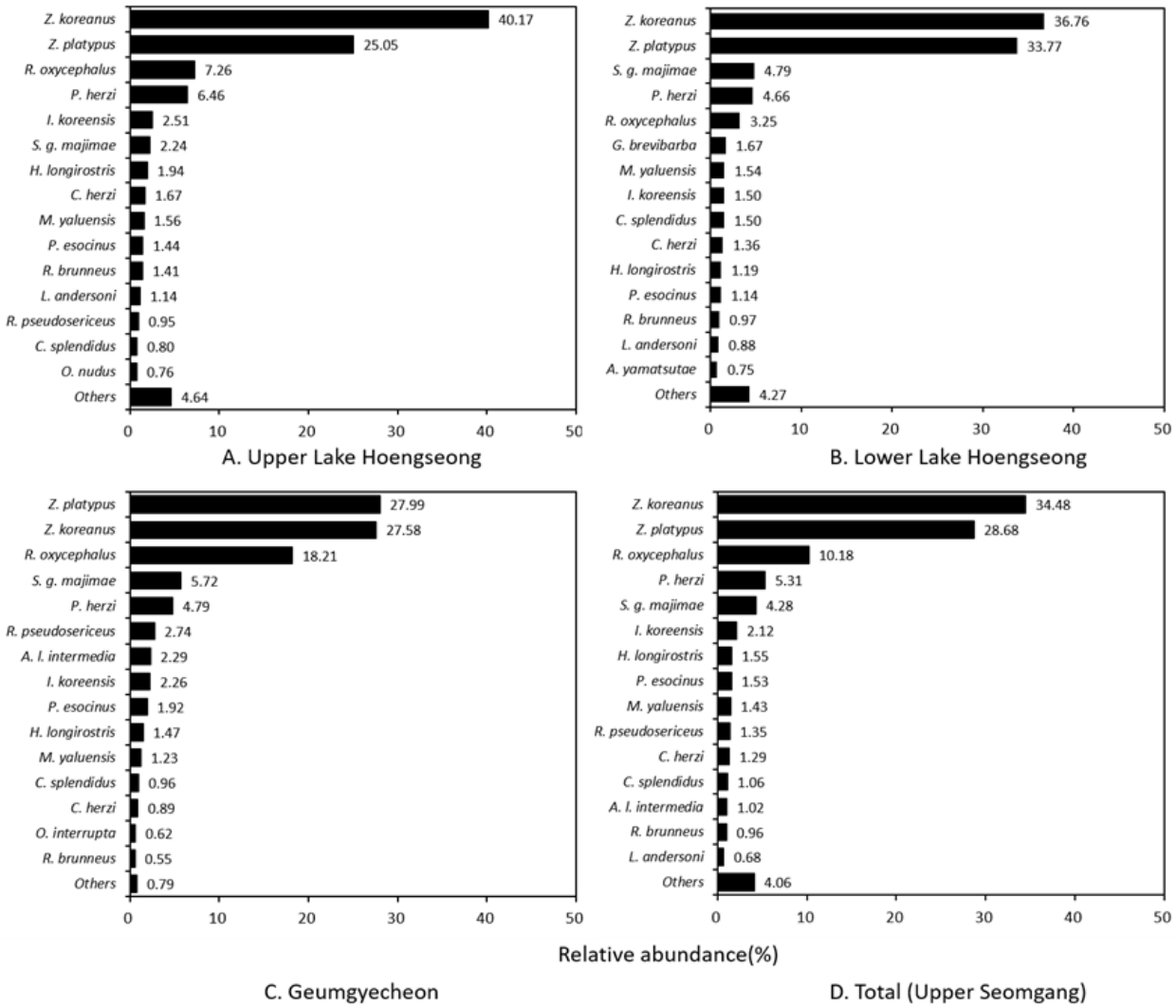


Figure 2. Relative abundance by region of the fish species found in the upper Seomgang, Korea from 2018 to 2020. A. Upper Lake Hoengeong: St. 1~14, B. Lower Lake Hoengseong: St. 15~22, 35, C. Geumgyecheon: St. 23~34, D. Total(upper Seomgang): St. 1~35.

### 3. 우점종과 군집분석, 군집구조

지점별 우점종은 참갈겨니 18개 지점, 피라미 12개 지점, 버들치 3개 지점 순이었는데, 대체로 최상류는 버들치가, 중상류는 참갈겨니, 하류는 피라미가 우점종이었다.

군집분석 결과, 우점도는 대체로 상류에서 하류로 갈수록 낮아지는 경향을 보였는데, 최상류인 St. 2, 16, 23, 26, 30은 1.00으로 가장 높았고 횡성호 상류부의 최하류인 St. 13~14 (0.426~0.693)와 금계천 하류부인 St. 33~34(0.632~0.636) 등이 낮았다. 다양도와 풍부도는 대체로 상류에서 하류로 갈수록 높아지는 경향을 보였는데, 다양도는 최상류인 St. 2, 5, 16, 30가 0.219~0.672로 낮았으나 횡성호 상류부의 하류인 St. 11~14는 1.658~2.232, 횡성호 하류부의 본류인 St. 20~22, 35는 1.406~1.752, 금계천 하류부인 St. 33~34는 1.735~1.812로 높게 나타났으며, 풍부도는 최상류인 St. 2, 5, 16, 30가 0.187~0.281로 낮았으나 횡성호 상류부의 하류인 St. 11~14는 2.533~3.842, 횡성호 하류부의 본류인 St. 20~22, 35는 2.536~3.515, 금계천 하류부인 St. 33~34는 2.426~2.530로 높게 나타났다. 균등도는 특별한 경향성은 보이지 않았으며, St. 5은 0.196으로 가장 낮았고 St. 16이 0.913으로 가장 높게 나타났다(Table 3).

군집구조는 크게 최상류, 상류, 중하류, 호수로 구분되었으며 상류와 중하류가 비교적 가깝게 묶이고 호수와 최상류는 외각으로 묶이는 특징을 보였다(Figure 3).

Table 3. Community indices and fish assessment index(FAI) in the upper Seomgang, Korea from 2018 to 2020

| Index | Stations | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 |
| Dominance | 0.843 | 1.000 | 0.857 | 0.859 | 0.988 | 0.708 | 0.769 | 0.910 | 0.781 | 0.701 | 0.611 | 0.754 | 0.693 | 0.426 | 0.627 | 1.000 | 0.957 | 0.737 |
| Diversity | 0.889 | 0.219 | 1.179 | 1.079 | 0.216 | 1.578 | 1.300 | 0.612 | 1.236 | 1.634 | 1.952 | 1.672 | 1.658 | 2.232 | 1.758 | 0.633 | 0.338 | 1.345 |
| Evenness | 0.552 | 0.316 | 0.606 | 0.554 | 0.197 | 0.658 | 0.592 | 0.342 | 0.594 | 0.637 | 0.704 | 0.578 | 0.522 | 0.870 | 0.733 | 0.913 | 0.210 | 0.541 |
| Richness | 0.942 | 0.281 | 1.181 | 1.135 | 0.450 | 1.755 | 1.603 | 1.021 | 1.365 | 2.223 | 2.533 | 3.083 | 3.842 | 2.641 | 2.068 | 0.238 | 0.785 | 2.096 |
| FAI (grade) | 93.8 (A) | 81.3 (A) | 93.8 (A) | 87.5 (A) | 87.5 (A) | 87.5 (A) | 100 (A) | 100 (A) | 81.3 (A) | 100 (A) | 87.5 (A) | 93.8 (A) | 87.5 (A) | 43.8 (C) | 81.3 (A) | 75 (B) | 81.3 (A) | 100 (A) |

| Index | Stations | | | | | | | | | | | | | | | | | Total |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | |
| Dominance | 0.737 | 0.696 | 0.833 | 0.735 | 1.000 | 0.906 | 0.661 | 1.000 | 0.734 | 0.648 | 0.691 | 1.000 | 0.990 | 0.883 | 0.636 | 0.632 | 0.707 | 0.632 |
| Diversity | 1.512 | 1.731 | 1.406 | 1.752 | 0.236 | 1.017 | 1.617 | - | 1.441 | 1.820 | 1.646 | 0.672 | 0.742 | 0.944 | 1.735 | 1.812 | 1.595 | 2.056 |
| Evenness | 0.573 | 0.639 | 0.469 | 0.585 | 0.340 | 0.632 | 0.674 | - | 0.580 | 0.733 | 0.570 | 0.969 | 0.675 | 0.527 | 0.626 | 0.669 | 0.516 | 0.557 |
| Richness | 2.310 | 2.536 | 3.038 | 3.357 | 0.194 | 0.717 | 1.775 | - | 2.070 | 2.041 | 2.927 | 0.187 | 0.377 | 0.925 | 2.426 | 2.530 | 3.515 | 4.350 |
| FAI (grade) | 100 (A) | 81.3 (A) | 87.5 (A) | 93.8 (A) | 75 (B) | 75 (B) | 87.5 (A) | 68.8 (B) | 87.5 (A) | 75 (B) | 87.5 (A) | 75 (B) | 75 (B) | 93.8 (A) | 81.3 (A) | 81.3 (A) | 81.3 (A) | |

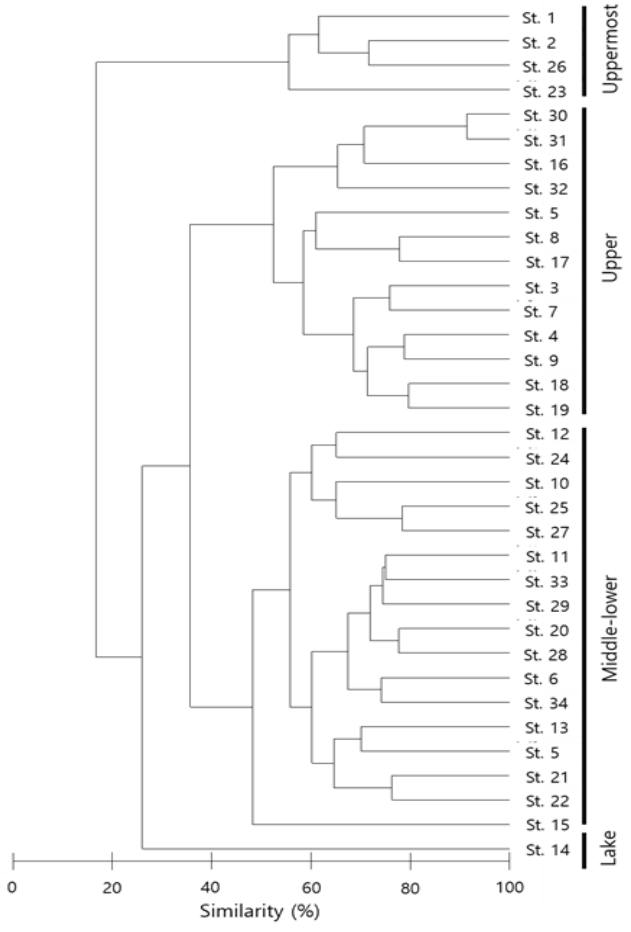


Figure 3. Dendrogram for the cluster analysis based on similarity index of the fish species found among the stations in the upper Seomgang, Korea from 2018 to 2020.

### 4. 하천건강성평가

하천건강성(FAI)을 하천 차수에 따라 계산한 결과, 27개 지점은 매우 좋음(A, 81.3~100.0), 7개 지점(St. 1~2)은 좋음(B, 68.8~75.0), 1개 지점은 보통(C, 43.8)으로 평가되었다. 공통적으로 비정상종의 개체수 비율(M8)과 내성종의 개체수 비율(M4), 채집된 국내종의 총 개체수(M7), 민감종수(M3), 잡식종의 개체수 비율(M5), 국내종의 충식종 개체수 비율(M6)은 비교적 높은 값을 보였으나 국내종의 총 종수(M1)와 여울성 저서종수(M2)은 지점별로 차이가 컸다 (Table 3).

## 고 찰

섬강 상류의 어류상에 관한 선행연구 결과는 1993년 8과 29종 2,324개체(Song *et al*., 1995), 1998~1999년 10과 39종 1,757개체(Byeon, 1998), 1998~2005년 제2차 전국자연환경조사(Son and Choi, 1998; Choi and Lee, 2005)로 9과 26종 1,071개체, 2009년 제3차 전국자연환경조사(Baek and Kim, 2009a; 2009b; Song and Jeon, 2009a; 2009b; 2009c)로 11과 35종 4,982개체가 서식하는 것이 보고되었고, 그 외에 횡성호 일대에 서식하는 어류는 1997년 8과 26종 1,456개체(Kwater, 1997), 1999년 9과 25종 1,266개체(Kwater, 1999), 2001~2005년 10과 40종 11,248개체(Choi *et al*., 2005), 2006년 6과 19종 2,304개체(Kwater, 2006), 2007년 9과 24종 10,034개체(Kwater, 2008) 등이 보고되었다. 이중 횡성호 일대의 연구는 조사지역 범위가 횡성호 일대로 한정되고 족대와 투망 외에 자망과 정치망,

통발, 주낙 등을 사용하여 그 외의 조사방법과 큰 차이를 보이기 때문에 본 연구와의 직접적인 비교에서는 제외하였다. 본 조사 결과 12과 40종 7,827개체가 채집되어 선행연구보다 출현 종수는 1~14종, 개체수는 2,844~6,756개체가 더 많이 채집되었는데, 이러한 차이는 본 조사의 지점수가 35개로 선행조사보다 11~19개가 더 많았고 댐 건설 이후 시간이 지나면서 서식지가 안정화되었으며 횡성호에 정수성 어종들이 정착하여 유입부 또는 유출부로 확산되었기 때문으로 추정된다.

섬강 상류에서 출현하였으나 본 조사에서 확인되지 않은 종은 각시붕어(*R. uyekii*), 흰줄납줄개(*R. ocellatus*), 줄몰개(*Gnathopogon strigatus*), 몰개(*S. qualidus japonicus coreanus*), 꾸구리(*G. macrocephala*), 금강모치(*R. kumgangensis*), 강준치(*Erythroculter erythropterus*), 점줄종개(*Cobitis nalbanti*), 동자개(*Pseudobagrus fulvidraco*), 황쏘가리(*S. iniperca scherzeri* albino type) 10종이었다. 이중 각시붕어와 흰줄납줄개, 줄몰개, 몰개, 꾸구리, 점줄종개, 강준치 등은 횡성댐 건설(2000년 완공) 이전에 희소하게 서식하던 종으로(Song *et al*.,1995; Byeon, 1998) 횡성댐 건설 이후 서식지가 변하면서 개체수가 급격히 감소하였거나 소멸되어 본 조사에서 채집되지 않은 것으로 추정되고, 동자개와 황쏘가리는 횡성호에서 서식이 확인된 종으로 본 조사에서 횡성호에 포함된 지점(St. 14)에서 삼각망이나 자망 등을 이용하여 조사하지 않았기 때문에 채집되지 않은 것으로 생각된다. 기후변화민감종(냉수성 어류) 금강모치는 제3차 전국자연환경조사로 유동천 최상류에 소수(3개체)가 채집된 바 있는데(Baek and Kim, 2009a), 본 조사에서는 서식이 확인되지 않아 개체수가 급격히 감소하였거나 소수만이 서식하고 있어 채집되지 않은 것으로 추정된다.

선행조사에서 출현하지 않았으나 본 조사에서 출현한 종은 떡붕어, 가시납지리(*Acanthorhodeus chankaensis*), 참붕어(*Pseudorasbora parva*), 빙어, 갈문망둑(*R. giurinus*) 5종이었다. 이중 떡붕어와 참붕어, 빙어는 횡성댐 건설 이후 이입되어 개체수가 급격히 증가된 종이기 때문에(Choi *et al*., 2005) 본 조사에서 채집된 것으로 생각되며, 갈문망둑 또한 기수역이나 정수역에 주로 서식하는 어종이기 때문에(Kim and Park, 2007) 횡성댐 건설 이후 유입되어 서식이 가능하게 된 것으로 추정된다. 가시납지리는 본 조사에서 횡성호 하류에 처음으로 서식이 확인되었는데, 한강 중하류에 주로 서식하는 어류로서(Kim and Park, 2007; Chae *et al*., 2019) 본 지역에 소수가 서식하다 이번 조사에 처음으로 채집된 것으로 추정된다.

정확한 어류상 변화를 확인하기 위해 지역별로 나누어 보면, 횡성호 상류 및 하류는 횡성댐 건설로 직·간접적으로 큰 영향을 받았으나 금계천은 큰 영향을 받지 않았다. 횡성호 상류 및 하류의 선행연구를 보면, Song *et al*.(1995)(6개 지점) 8과 29종 2,324개체, 제2차 전국자연환경조사(7개 지점)에서는 6과 21종 423개체(Son and Choi, 1998; Choi and Lee, 2005), Byeon (1998)(10개 지점) 10과 36종 1,479개체, 제3차 전국자연환경조사(15개 지점) 10과 31종 4,318개체(Baek and Kim, 2009a; 2009b; Song and Jeon, 2009a; 2009b)가 보고되었고, 본 조사(23개 지점)에서는 12과 40종 4,905개체가 채집되어 종수 및 개체수가 증가하였다.

하천에서 대형댐의 건설은 유수역을 정수역으로 변경시켜 직접적으로 어류군집을 변화시킬뿐만 아니라 유입 및 유출 하천에도 유량 및 유속, 퇴적 등의 변화로 어류 서식처에 영향을 미쳐 어류군집에 변화를 가져오게 된다(Kim and Choi, 2014, Won *et al*., 2017). 횡성댐 일대는 댐 건설 이전에 하천의 유수역에 많이 서식하던 어류가 많이 채집되었으나(Song *et al*., 1995; Kwater, 1997; 1999) 댐 건설 이후에는 점차 유수역에 서식하던 종들은 감소하고 정수역에 많이 서식하는 종으로 변화되어 총 종수는 25~29종에서 31~34종으로 증가한 것으로 보고되었다(Choi *et al*., 2005). 특히 멸종위기종 돌상어를 비롯하여 흰줄납줄개, 줄몰개, 점줄종개 등은 횡성댐 건설 이후 서식이 확인되지 않으며, 멸종위기종 한강납줄개, 묵납자루를 비롯하여 배가사리, 긴몰개, 버들치, 참갈겨니 등은 개체수가 급격히 감소한 것으로 보고되었다. 반대로 횡성댐 건설 이후 멸종위기종 가는돌고기를 비롯하여 붕어, 납지리, 몰개, 끄리, 피라미, 메기, 밀어 등은 개체수가 급격히 증가하고, 떡붕어, 동자개, 대농갱이, 빙어, 쏘가리, 황쏘가리 등은 자원조성을 위한 방류사업 등으로 인해 새롭게 서식이 확인되었는데, 이중 떡붕어와 빙어, 동자개는 서식개체수가 급격히 증가하였다(Choi *et al*., 2005; Kwater, 2006; 2008). 이러한 정수성 어종수와 개체수의 증가 및 서식 범위의 확산은 댐 공사 이후 서식지 안정화 등으로 인해 증가한 것으로 판단되었다. 본 조사에서 횡성호는 유입부에 해당되는 St. 14에서 족대와 투망으로 조사하여 5과 13종을 채집하였으나 횡성호에 서식하는 어류를 파악하는 데에는 한계가 있었다. 일반적으로 댐호에서는 족대와 투망으로 서식어류를 파악하기는 힘들기 때문에 추가로 자망과 정치망, 통발, 주낙 등을 이용하여 조사를 실시하고 있다(NFRDI, 2015; NIER, 2016). 최근 횡성호에 대한 조사가 이루어지지 않아 횡성호의 어류상 변화 및 어류군집을 파악하기 위해서는 이러한 도구를 이용한 체계적인 조사가 시급히 필요하다고 판단된다.

금계천 지역에서 출현한 어류는 Byeon (1998)(3개 지점) 7과 20종 250개체, 제2차 전국자연환경조사(9개 지점) 8과 22종 648개체(Son and Choi, 1998; Choi and Lee, 2005), 제3차 전국자연환경조사(9개 지점) 11과 24종 665개체(Song and Jeon, 2009a; 2009b; 2009c), 본 조사(12개 지점)

Table 4. Historical record of ichthyofauna in the upper Seomgang, Korea from 1998 to 2020

| Scientific name | Upper Seomgang | | | | | Lake Hoengseong | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Song *et al.* (1995) | Byeon (1998) | 2nd NEI* | 3rd NEI** | Present study | Kwater (1997) | Kwater (1999) | Choi *et al.* (2005) | Kwater (2006) | Kwater (2008) |
| Year of the survey | 1993 | 1998~1999 | 1998~2005 | 2009 | 2018~2020 | 1997 | 1999 | 2001~2004 | 2006 | 2007 |
| Number of surveys | 5 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 20 | 3 | 4 |
| Number of survey stations | 6 | 12 | 16 | 24 | 35 | 6 | 6 | 6 | 3 | 3 |
| Sampling methods*** | K,C | K,C | K,C | K,C | K,C | K,C | K,C | K,C,G,T | G,F,T,L | G,F,T,L |
| **Anguillidae** | | | | | | | | | | |
| *Anguilla japonica* | | | | | | | 1 | 1 | 6 | 8 |
| **Cyprinidae** | | | | | | | | | | |
| *Cyprinus carpio* | | | | 4 | 10 | | | 7 | 12 | 4 |
| *Cyprinus carpio* (nudus type) | | | | | | | | | 1 | 1 |
| *Carassius auratus* | 2 | 17 | 1 | 60 | 21 | 7 | 3 | 287 | 1087 | 749 |
| *Carassius cuvieri* | | | | | 3 | | | 712 | | |
| *Rhodeus uyekii* | | 1 | | | | | | | | |
| *Rhodeus ocellatus* | 9 | | | | | | | | | |
| *Rhodeus pseudosericeus* | 16 | 19 | 17 | 5 | 106 | 60 | 34 | 199 | | |
| *Acheilognathus signifer* | 186 | 28 | 14 | 4 | 10 | 87 | 56 | 97 | | |
| *Acheilognathus lanceolata intermedia* | 89 | 71 | 14 | 14 | 80 | 282 | 113 | 2261 | 3 | 46 |
| *Acheilognathus yamatsutae* | | 3 | | | 17 | | 2 | 319 | | |
| *Acanthorhodeus chankaensis* | | | | | 3 | | | | | |
| *Acheilognathus rhombeus* | | | | | | | | 695 | | |
| *Pseudorasbora parva* | | | | | 7 | | | 554 | 3 | 68 |
| *Pungtungia herzi* | 140 | 221 | 110 | 103 | 416 | 188 | 419 | 577 | 54 | 67 |
| *Pseudopungtungia tenuicorpa* | | | | | | | | 208 | | |
| *Coreoleuciscus splendidus* | 316 | 51 | 32 | 44 | 83 | 25 | 22 | 211 | | |
| *Sarcocheilichthys variegatus wakiyae* | | 4 | | 42 | 17 | | | | | |
| *Gnathopogon strigatus* | 2 | | | | | | | | | |
| *Squalidus gracilis majimae* | 32 | 5 | 5 | 807 | 335 | 64 | 105 | 145 | 41 | 378 |
| *Squalidus japonicus coreanus* | | 19 | | | | | | 47 | | |
| *Hemibarbus labeo* | 1 | 18 | | | 3 | | | 50 | | |
| *Hemibarbus longirostris* | 63 | 94 | 27 | 95 | 121 | 28 | 11 | 216 | 31 | 163 |
| *Pseudogobio esocinus* | 147 | 89 | 18 | 57 | 120 | 39 | 50 | 418 | 16 | 133 |
| *Gobiobotia macrocephala* | | 7 | | | | | | | | |
| *Gobiobotia brevibarba* | 70 | 7 | | | 40 | 1 | | | | |
| *Microphysogobio longidorsalis* | 193 | 64 | 47 | 29 | 25 | 35 | 34 | 100 | | |
| *Microphysogobio yaluensis* | 60 | 29 | 15 | 29 | 112 | 5 | 26 | 179 | 1 | 4 |
| *Rhynchocypris oxycephalus* | 9 | 70 | 86 | 237 | 797 | 10 | | 13 | | 4 |
| *Rhynchocypris kumgangensis* | | | | 3 | | | | | | |
| *Opsariichthys uncirostris amurensis* | 3 | 10 | | 271 | 14 | | 2 | 280 | 391 | 1173 |
| *Erythroculter erythropterus* | | 1 | | | | | | | | |
| *Zacco koreanus* | 576 | 185 | 304 | 515 | 2699 | 248 | 111 | 778 | | 3 |
| *Zacco platypus* | 203 | 432 | 273 | 2226 | 2245 | 211 | 143 | 1793 | 470 | 6759 |
| **Cobitidae** | | | | | | | | | | |
| *Misgurnus anguillicaudatus* | 5 | 12 | 3 | 2 | 5 | 4 | | 49 | | |
| *Iksookimia koreensis* | 19 | 32 | 18 | 38 | 166 | 4 | 31 | 177 | | |
| *Cobitis nalbanti* | 1 | 2 | 1 | | | 3 | | | | |
| *Koreocobitis rotundicaudata* | 27 | 33 | 4 | 12 | 31 | 10 | 6 | 43 | | |
| **Balitoridae** | | | | | | | | | | |
| *Orthrias nudus* | 18 | 17 | 29 | 11 | 27 | 9 | | 24 | | |
| **Amblycipitidae** | | | | | | | | | | |
| *Liobagrus andersoni* | 36 | 22 | 10 | 25 | 53 | 17 | 4 | 78 | | |
| **Siluridae** | | | | | | | | | | |
| *Silurus asotus* | | 2 | 1 | 1 | 1 | | 1 | 14 | 64 | 65 |
| *Silurus microdorsalis* | | 3 | | 5 | 10 | | | | | |

Table 4. Continued

| Scientific name | Upper Seomgang | | | | Lake Hoengseong | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Song *et al.* (1995) | Byeon (1998) | 2nd NEI* | 3rd NEI** | Present study | Kwater (1997) | Kwater (1999) | Choi *et al.* (2005) | Kwater (2006) | Kwater (2008) |
| **Bagridae** | | | | | | | | | | |
| *Pseudobagrus fulvidraco* | | 3 | | 159 | | | | 4 | 76 | 128 |
| *Pseudobagrus koreanus* | 2 | 20 | 1 | 1 | 6 | 13 | 5 | 17 | | |
| *Leiocassis ussuriensis* | | | | | | | | 4 | | |
| **Osmeridae** | | | | | | | | | | |
| *Hypomesus nipponensis* | | | | | 6 | | | 8 | | 209 |
| **Cottidae** | | | | | | | | | | |
| *Cottus koreanus* | | 13 | 2 | 50 | 18 | | | | | |
| **Centropomidae** | | | | | | | | | | |
| *Coreoperca herzi* | 55 | 58 | 21 | 16 | 101 | 38 | 21 | 141 | 8 | 24 |
| *Siniperca scherzeri* | | 2 | | 15 | 2 | | | 1 | 28 | 20 |
| *Siniperca scherzeri* (abino type) | | | | 2 | | | | | 3 | 4 |
| **Centrarchidae** | | | | | | | | | | |
| *Micropterus salmoides* | | | | 1 | 9 | | | | | 5 |
| **Odontobutidae** | | | | | | | | | | |
| *Odontobutis platycephala* | 39 | 12 | 12 | 9 | 4 | 18 | 6 | 58 | | |
| *Odontobutis interrupta* | | 37 | 6 | 1 | 23 | 43 | 25 | 258 | 9 | 10 |
| **Gobiidae** | | | | | | | | | | |
| *Rhinogobius giurinus* | | | | | 6 | | | | | |
| *Rhinogobius brunneus* | 5 | 44 | | 90 | 75 7 | 35 | | 225 | | 9 |
| Number of family | 8 | 10 | 9 | 11 | 12 | 8 | 9 | 10 | 6 | 9 |
| Number of species | 29 | 39 | 26 | 35 | 40 | 26 | 25 | 39 | 19 | 24 |
| Number of individuals | 2,324 | 1,757 | 1,071 | 4,983 | 7,827 | 1,456 | 1,266 | 1,1248 | 2,304 | 10,034 |

*The 2nd national environment investigation of freshwater fish: Son and Choi, 1998; Choi and Lee, 2005, **The 3rd national environment investigation of freshwater fish: Baek and Kim, 2009a; 2009b; Song and Jeon, 2009a, 2009b, 2009c, ***Sampling methods: K: kick net, C: cast net; G: gill net; F: fyke net, T: trap net, L: longline.

에서는 7과 23종 2,922개체가 채집되어 조사별 개체수는 차이를 보였으나 출현 종수는 비교적 유사하였다. 이렇게 비교적 유사한 출현 종수를 보인 원인은 비교적 자연환경이 잘 보존되고 있었고 횡성호 상류 및 하류와 달리 횡성댐 건설에 큰 영향을 받지 않았기 때문으로 생각된다.

섬강 상류에 출현한 법정보호종은 천연기념물 황쏘가리 1종과 환경부지정 멸종위기 야생생물 II급인 한강납줄개와 묵납자루, 돌상어, 둑중개, 가는돌고기 5종이었다(Song *et al*., 1995; Kwater, 1997; 1999; Byeon, 1998; Son and Choi, 1998; Choi and Lee, 2005; Choi *et al*., 2005; Kwater, 2006; 2008; Baek and Kim, 2009a; 2009b; Song and Jeon, 2009a; 2009b; 2009c). 이중 천연기념물 황쏘가리는 횡성호에서만 서식이 확인되었는데(Kwater, 2006; 2009; Song and Jeon, 2009a), 본 조사에서는 횡성호에 속한 지점에서 족대와 투망만으로 조사를 실시하여 서식을 확인할 수 없었다. 본 종은 북한강 상류의 평화의댐 일대에 주로 서식하는 종으로 알려져 있으며(CHA, 2009), 중앙내수면연구소에서는 인공증식기술이 개발되어 치어를 한강에 방류하고 있다(No, 2009). 횡성댐 건설 이전에 서식이 보고되지 않은 점과 횡성호에서만 서식이 확인된 점으로 볼 때 횡성댐 건설 이후 인위적 방류로 인해 서식이 가능해진 것으로 추정된다.

한강납줄개는 멸종위기종 II급에 지정된 어류로 이매패에 산란하는 특징을 가진다(Kim and Park, 2007). 계천 및 금계천의 중하류에 주로 출현하였는데, 횡성호 상류 및 하류 지역에서는 댐 건설 전에 Song *et al*.,(2005) 4지점 16개체, Byeon (1998) 5지점 17개체, Kwater(1997) 60개체, Kwater(1999) 34개체가 출현하였고, 횡성댐 건설 후에는 2000년 116개체, 2001년 72개체, 2002년 6개체, 2003년 3개체, 2004년 2개체(Choi *et al*., 2005), 제2차 전국자연환경조사에서는 3개 지점(횡성호 상류 및 하류) 16개체(Choi and Lee, 2005), 제3차 전국자연환경조사에서는 1개 지점(횡성호 하류) 2개체(Song and Jeon, 2009a)가 채집되었고, 본 조사에서는 4개 지점(횡성호 상류 및 하류) 26개체가 채집되어, 횡성댐 건설 전에는 비교적 많은 개체가 서식하였으나 댐 건설 후 개체수가 급격히 감소하였다가 최근에 조금 회복된 것으로 추정되었다. 금계천에서는 Byeon (1998) 2개 지점(하류) 2개체, 제2차 전국자연환경조사 1개 지점(하류) 1개체(Son and Choi, 1998), 제3차 전국자연환경조사 2개 지점(중류) 3개체가 출현하였으나(Song and

Jeon, 2009a; 2009c), 본 조사에서는 중하류(St. 25, 27, 28, 29, 33, 34) 6개 지점에서 80개체가 채집되어 선행조사보다 많은 출현지점 및 개체수가 확인되었다. 최근 한강납줄개는 댐 건설과 하천공사, 수질오염, 외래종 배스의 확산 등으로 서식지 및 개체수가 급격히 감소하고 있어 멸종위협등급이 취약(VU)로 평가되었는데(Ko *et al*., 2018), 섬강 상류는 한강납줄개의 최대 서식지 중 하나로 비록 횡성댐 일대는 서식개체수가 급격히 감소하였지만 금계천에서는 많은 개체가 서식하고 있어 주목되었다.

묵납자루는 멸종위기종 II급에 지정된 어류로 이매패에 산란하는 대표적인 우리나라 납자루아과 어류이다(Kim and Park, 2007). 횡성호 상류 및 하류 지역에서 댐 건설 전에 Song *et al*.(1995) 6개 지점 186개체, Son and Choi (1995) 3개 지점 9개체, Byeon(1998) 5개 지점 20개체, Kwater(1997) 87개체 Kwater(1999) 56개체로 서식지가 넓고 많은 개체가 서식하였지만, 댐 건설 후에는 2000년 36개체, 2001년 53개체, 2002년 5개체, 2003년 3개체로 개체수가 급격히 감소하였고(Choi *et al*., 2005) 2004년 이후부터는 서식이 확인되지 않았다(Choi *et al*., 2005; Song and Jeon, 2009a; Baek and Kim, 2009b). 본 조사에서는 유일하게 횡성댐 아래의 St. 15에서만 8개체가 채집되어 지역적으로 사라지진 않았지만 서식지가 매우 협소하였다. 금계천 지역의 묵납자루는 Byeon (1998) 1개 지점(하류부) 8개체, 제2차 전국자연환경조사 2개 지점(하류) 5개체(Son and Choi, 1998; Choi and Lee, 2005), 제3차 전국자연환경조사 2개 지점(중류, St. 25, 28) 4개체(Song and Jeon, 2009a; 2009c)가 채집되어 개체수는 많지 않으나 금계천 중하류에 폭넓게 서식하였다. 본 조사에서는 중류의 1개 지점(St. 29)에서만 2개체가 채집되어 서식지 및 개체수가 급격히 감소한 것으로 추정되었다. 묵납자루의 감소 원인은 횡성호 상류 및 하류에서는 댐 공사의 영향으로, 금계천에서는 2010년대 후반부터 하천정비공사가 진행되어 서식지가 크게 교란되었기 때문으로 추정된다.

돌상어는 멸종위기종 II급에 지정된 어류로 빠른 여울에 서식한다(Kim and Park, 2007). 횡성호 상류 및 하류 지역인 계천 중하류에서만 서식이 확인되었는데, 횡성댐 공사 전에 Song *et al*.(1995) 70개체, Byeon(1998) 7개체, Kwater(1997) 1개체가 채집되었으나 댐 완공 후에는 서식이 확인되지 않았다(Choi *et al*., 2005; Song and Jeon, 2009a; Baek and Kim, 2009b). 본 조사에서는 횡성호 상류(계천 중류)에서는 2개 지점(St. 12, 13) 2개체, 횡성호 하류(계천 하류)에서 2개 지점(St. 21, 22) 26개체가 채집되었다. 따라서 횡성댐 건설 이전에는 계천 중하류에 폭넓게 많은 개체가 서식하였으나 공사직후에는 서식지가 교란되면서 개체수가 급감하였고, 이후 시간이 흐르면서 다시 서식지가 회복되어 돌상어 개체수가 증가한 것으로 추정되는데, 특히 횡성호 하류 지역에서 급격한 회복세를 보였다.

꾸구리는 멸종위기종 II급에 지정된 어류로 돌상어와 마찬가지로 빠른 여울에 서식한다(Kim and Park, 2007; Ko *et al*., 2011). 본 연구지에서는 계천 하류에 Byeon(1998)에 의해 7개체가 채집되었을뿐 그 외 문헌에서는 서식이 보고되지 않았고, 본 연구에서도 서식이 확인되지 않았다. Ko *et al*.(2011)는 섬강의 어류군집을 보고하면서 돌상어와 꾸구리는 유사하게 빠른 여울에 서식하지만 돌상어는 상류부터 하류까지 돌과 큰돌에, 꾸구리는 중류부터 하류까지 자갈과 돌에 주로 서식하여 서식범위 및 미소서식지에 차이를 보이는 것으로 보고하였다. 따라서 과거에 출현한 꾸구리는 계천 하류가 서식 한계지로 과거 소수 서식하였으나 이후 서식환경 등의 변화로 현재는 서식하지 않는 것으로 추정되었다.

가는돌고기는 Choi *et al*.(2005)에 의해 횡성호 일대에서 2001년부터 2004년까지 108개체가 채집되었다. 하지만 2001년 이전 채집기록이 없고(Choi, 1986; Choi *et al*., 1990; Song *et al*., 1995; Byeon, 1998; Son and Choi, 1998), 2005년부터 지금까지도 출현기록이 없기 때문에(Choi and Lee, 2005; Kwater, 2006; 2009; Song and Jeon, 2009a; Ko *et al*., 2011) 오동정되었거나 일시적으로 서식하다 소멸된 것으로 추정된다.

둑중개는 멸종위기종 II급에 지정된 어류로 수온이 낮은 하천 최상류나 상류에 서식하는 기후변화민감종(냉수성 어류)이다(Kim and Park, 2007). 둑중개의 출현기록은 Byeon (1998) 1개 지점(계천, St. 7) 13개체, 제2차 전국자연환경조사로 1개 지점(금계천지류 창봉천) 2개체(Choi and Lee, 2005), 제3차 전국자연환경조사로 횡성호 상류지역은 유동천 2개 지점(St. 1, 2) 12개체(Baek and Kim, 2009a; Song and Jeon, 2009b), 계천 1개 지점(St. 7) 21개체(Baek and Kim, 2009b), 금계천 지역은 최상류(St. 23) 2개체, 지류(St. 26) 2개체, 창봉천 2개 지점(St. 30, 31) 8개체(Song and Jeon, 2009b; 2009c) 등 8개 지점 50개체가 채집되었다. 본 조사에서도 하천 최상류 지역에 주로 출현하였는데, 횡성호 상류 지역인 유동천 2개 지점(St. 1, 2) 7개체, 계천 2개 지점(St. 7, 8) 10개체 등 4개 지점 17개체가 채집되어 비교적 선행조사와 유사하였으나, 선행조사에서 많이 채집되었던 금계천에서는 서식이 확인되지 않았다. 금계천에서 둑중개가 가장 많이 출현하였던 창봉천은 본 조사에서 하천공사가 진행되어 서식지가 크게 교란된 것이 확인되었기 때문에, 하천공사와 같은 서식지 교란이 개체수 감소의 주된 원인으로 판단된다.

섬강 상류는 횡성댐이 건설되면서 직·간접적으로 어류군집에 큰 영향을 미쳤는데, 댐 건설 직후는 멸종위기종 묵납자

루와 한강납줄개, 돌상어 등의 어류 서식지 및 개체수가 급격히 감소하고 수몰지역은 유수역 어류에서 정수역 어종으로 변화되었다. 이후 시간이 흐르면서 서식지가 안정화 되고 회복되어 본 조사에서 멸종위기종 4종을 포함하여 12과 40종의 많은 어류가 확인되었으며, 멸종위기종 한강납줄개와 돌상어는 서식지 및 개체수가 증가하여 회복세를 보이고 있었다. 또한 하천건강성도 횡성호를 제외한 지점(St. 14)에서는 매우좋음(27), 좋음(7)으로 전체적으로 우수하였으며, 금계천에서 한강납줄개는 중하류에 많은 개체가 서식하는 것이 확인되어 주목되었다. 하지만 횡성호 상류 및 하류는 댐 건설로 묵납자루가 지역적 소멸위기에 처해 있고 금계천 최상류의 둑중개, 중하류의 묵납자루는 최근 하천공사 등으로 인해 개체수가 급격히 감소하였으며, 생태계를 심각하게 교란시키는 생태계교란 생물인 배스(Ko *et al*., 2008; NFRDI, 2010; Park *et al*., 2021)가 횡성호 및 금계천 하류에 서식 및 출현한 바 있어 우려되었다. 따라서 섬강 상류의 안정적인 어류의 서식을 위해서는 우선적으로 무분별한 하천공사는 반드시 지양하여야 하고, 본 지역에서 멸종위기에 직면한 멸종위기종 묵납자루는 치어 방류 등 생태적 측면을 고려한 적극적인 복원정책이 필요하며, 생태계교란종 배스의 확산을 방지할 수 있는 관리방안이 요구되었다.

## REFERENCES


Baek, H.M. and H. Kim(2009a) The 3rd nation environment investigation. Fresh water fishes of the Dunnae whole area. Ministry of Environment, 5pp. (in Korean)

Baek, H.M. and H. Kim(2009b) The 3rd nation environment investigation. Fresh water fishes of the Seoseok whole area. Ministry of Environment, 5pp. (in Korean)

Byeon, H.K.(1998) Ichthyofauna and fish community in the Seom River. Institute Basic Science Sangmyung University 11: 1-10. (in Korean with English abstract)

CHA(Cultural Heritage Administration)(2009) Habitat status basic research of natural monument fish. Institute of Biodiversity, 117pp. (in Korean)

Chae, B.S., H.B. Song and J.Y. Park(2019) A field guide to the freshwater fishes of Korea. LG Evergreen Foundation, Seoul, Korea, 355pp. (in Korean)

Choi, J.K., J.S. Choi, H.S. Shin and S.C. Park(2005) Study on the dynamics of the fish community in the Lake Hoengseong Region. Korean Journal of Limnology 38: 188-195. (in Korean with English abstract)

Choi, K.C.(1986) Nature of Gangwon(Freshwater Fishes). Gangwon education committee, Chuncheon, 389pp. (in Korean)

Choi, K.C., S.R. Jeon, I.S. Kim and Y.M. Son(1990) Coloured illustrations of the freshwater fishes of Korea. Hyangmun Publishing Co. Ltd., Seoul, 277pp. (in Korean)

Choi, S.H. and H.H. Lee(2005) The 2nd nation environment investigation. Fresh water fishes of the Hongcheon and Hoengseong. Ministry of Environment, pp. 162-228. (in Korean)

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, M.S. and M.H. Ko(2023) Fish community characteristics and distribution aspect of *Rhodeus pseudosericeus*(Cyprinidae) in the Geumdangcheon(Stream), a tributary of the Hangang Drainage System of Korea. Korean Journal of Envionment and Ecology 37: 151-162. (in Korean with English abstract)

Hur, J.W., J.S. Kang, M.H. Jang and J.Y. Lee(2013) Fish community and estimation of optimal ecological flowrate in up and downstream of Hoengseong Dam. Journal of Environmental Science International 22: 925-935. (in Korean with English abstract)

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 Freshwater Fish 15: 315-320.

Kani, T.(1944) Ecology of the aquatic insects inhabiting a mountain stream. In: Furukawa H.(ed) 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, S.K. and S.U. Choi(2014) Change of fish habitat in a downstream reach of a stream due to Dam construction. Ecology and Resilient Infrastructure 1: 61-67. (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, Korea. Korean Journal of Ichthyology 20: 36-44. (in Korean with English abstract)

Ko, M.H., M.S. Han and S.M. Kwan(2018) Distribution aspect and extinction threat evaluation of the endangered species, *Rhodeus pseudosericeus*(Pisces: Cyprinidae) in Korea. Korean Journal of Ichthyology 30: 100-106. (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 endangered species *Gobiobotia macrocephala* and *G. brevibarba* 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(1997) Post-environmental impact survey on Hoengseong Multipurpose Dam Construction Project. Kwater. (in Korean)

Kwater(1999) Post-environmental impact survey on Hoengseong Multipurpose Dam Construction Project. Kwater. (in Korean)

Kwater(2006) Study for protecting water quality of water conservation zone and subtainable 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 subtainable fishing in the Lake Hoengseong (second year). National Fisheries Research and Development Institute, 134pp. (in Korean)

Margalef, R.(1958) Information theory in ecology. General Systems 3: 36-71.

McNaughton, S.J.(1967) Relationship among functional properties of California Glassland. Nature 216: 144-168.

ME(Ministry of Environment)(2022) Conservation and management laws of wildlife(amendment of enforcement regulations)(Law No. 10977). (in Korean)

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. Fourth edition. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, 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 envionmental survey manual. Inland Fisheries Research Institute, National Fisheries Research and Development Institute, Cheongpyeong, 40pp. (in Korean)

NIBR(National Institute of Biological Resources)(2011) Red data book of endangered fishes in Korea. Ministry of Environment, National Institute of Biological Resources, Incheon 202pp. (in Korean)

NIBR(National Institute of Biological Resources)(2019) Red data book of Republic of Korea, Volume 3. Freshwater fishes. Ministry of Environment, National Institute of Biological Resources, Incheon 250pp. (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)

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)

No, S.Y.(2009) Seeking freshwater fish easily. Jinseon Publishing Co., Ltd, Seoul, pp.209-291.

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. Journal of National Park Research 33: 84-94. (in Korean with English abstract)

Pielou, E.C.(1969) Shannon's formula as a measure of diversity. The American Naturalist 100: 463-465.

Pielou, E.C.(1975) Ecological diversity. John Wiley, New York, 165pp.

Sala, O.E., F.S. Chapin, J.J. Armesto, E. Berlow, J. Bioomfield, R. Dirzo, H.S. Elisabeth, L.F. Huenneke, R.B. Jackson, A. Kinzig, R. Leemans, M.L. David, H. Mooney, A.O. Martin, N.L. Poff, T.S. Martin, B.H. Walker, W. Marilyn and D.H. Wall(2000) Global biodiversity scenarios for the year 2100. Science 287: 1770-1774.

Son, Y.M. and Y.H. Choi(1998) The 2nd nation environment investigation. Fresh water fishes of the Hongcheon, Hoengseong and Bargyosan. Ministry of Environment, pp. 253-298pp. (in Korean)

Song, H.B. and J.S. Jeon(2009a) The 3rd nation environment investigation. Fresh water fishes of the Gabcheon whole area. Ministry of Environment, 5pp. (in Korean)

Song, H.B. and J.S. Jeon(2009b) The 3rd nation environment investigation. Fresh water fishes of the Jwaun whole area. Ministry of Environment, 5pp. (in Korean)

Song, H.B. and J.S. Jeon(2009c) .The 3rd nation environment investigation. Fresh water fishes of the Changbong whole area. Ministry of Environment, 5pp. (in Korean)

Song, H.B., O.K. Kwon and S.H. Jeon(1995) Fish fauna of the upper Sum River in Hoengsong. Korean Journal of Limnology 28: 225-232. (in Korean with English abstract)

Won, J.S., S.H. Kim and K.H. Cho(2017) Characteristics of fish community structure before the Dam operation in the Naeseong Stream, Korea. Ecology and Resilient Infrastructure 4: 34-43.

(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.