

## 왕피천 어류상 및 어류군집의 특성<sup>1a</sup>

홍양기<sup>2</sup> · 김경환<sup>2</sup> · 김경무<sup>2</sup> · 임광호<sup>2</sup> · 송미영<sup>2</sup> · 이완옥<sup>2\*</sup>

### Characteristics of Fish Fauna and Community Structure in Wangpicheon<sup>1a</sup>

Yang-Ki Hong<sup>2</sup>, Kyeong-Hwan Kim<sup>2</sup>, Kyeong-Moo Kim<sup>2</sup>, Gwang-Ho Lim<sup>2</sup>, Mi-Young Song<sup>2</sup>, Wan-Ok Lee<sup>2\*</sup>

#### 요 약

왕피천에 출현하는 어류상 및 어류군집의 특성을 파악하고자 2015년 4월부터 10월까지 조사하였다. 본 조사에서 확인된 종은 모두 15과 40종이었으며, 개체수 우점종은 *Zacco koreanus*(31.3%) 이었고, 아우점종은 *Rhynchocypris oxycephalus*(14.7%) 이었다. 생체량 우점종은 *Z. koreanus*(29.2%) 이었고, 아우점종은 *Coreoperca herzi*(8.6%) 이었다. 한국고유종은 *Squalidus multimaculatus* 등 9종(22.5%) 이었고, 멸종위기종은 *Lethenteron reissneri*와 *Cottus koreanus* 이었다. 양식용으로 국외에서 도입된 *Oncorhynchus mykiss* 1종이 확인되었다. 이전 연구보고 이후 본 조사에서 처음 출현이 확인된 종은 *L. reissneri*, *S. gracilis majimae*, *Pseudobagrus fulvidraco*, *O. mykiss*, *Chelon haematocheilus*, *Siniperca scherzeri*, *Acanthogobius lactipes*, *Luciogobius guttatus* 및 *Channa argus* 등 9종이었다. 서식이 확인된 *Rhodeus ocellatus*, *S. gracilis majimae*, *Hemibarbus longirostris*, *Pseudogobio esocinus*, *Microphysogobio yaluensis*, *Hemiculter eigenmanni* 및 *Cobitis hankugensis* 등 7종은 국내 다른 수계에서 이입된 것으로 추정된다. 주요 회유종인 *Tribolodon hakonensis*, *O. keta* 및 *Plecoglossus altivelis*을 대상으로 서식특성을 분석한 결과, *O. keta*는 St. 11, *T. hakonensis*는 St. 7, 10 및 11 등 주로 하류에서 확인되었으나 *P. altivelis*은 St. 3~St. 11까지 넓게 분포하였다. 한편 조사 지점에 따라 동일한 시기에 *P. altivelis*의 평균체장 차이를 비교한 결과, 중·상류(St. 3과 St. 5)에서 채집한 개체들의 체장은 125.8±34.2mm로 중·하류(St. 8과 St. 11)에서 채집된 개체의 80.2±16.6mm보다 성장이 양호하였다. 이는 보와 같은 인공구조물에 의한 결과로, *P. altivelis*의 자유로운 이동 및 자원관리를 위하여 적절한 형태의 어도가 필요하였다.

주요어: 도입종, 황어, 연어, 은어, 어도

#### ABSTRACT

We surveyed bimonthly from April to October 2015 to understand the fish fauna and community structure in Wangpicheon. The collected species during the survey period were 40 species belonging to 15 families. Dominant species by number were *Zacco koreanus* (31.3%) and *Rhynchocypris oxycephalus* (14.7%). In biomass, the dominant species were *Z. koreanus* (29.2%) and *Coreoperca herzi* (8.6%). Also, nine endemic

1 접수 2016년 6월 12일, 수정 (1차: 2016년 9월 9일, 2차: 2016년 10월 25일), 게재확정 2016년 10월 26일

Received 12 June 2016; Revised (1st: 9 September 2016, 2nd: 25 October 2016); Accepted 26 October 2016

2 국립수산물과학원 중앙내수면연구소 Inland Fisheries Research Institute, National Institute of Fisheries Science (NIFS), Gapyeong 12453, Korea

a 이 논문은 2016년도 국립수산물과학원 수산과학연구사업 내수면 수산자원보호구역 환경 및 수산자원연구(R2016035)의 지원으로 수행되었습니다.

\* 교신저자 Corresponding author: Tel: +82-31-589-5160, Fax: +82-31-589-5151, E-mail: wolee@korea.kr

species (22.5%) including *Squalidus multimaculatus* and two endangered species (*Lethenteron reissneri*, *Cottus koreanus*) were identified. It was identified one introduced species (*Oncorhynchus mykiss*) from foreign countries for aquaculture. Compared with previous data, nine species were newly identified including *L. reissneri*, *S. gracilis majimae*, *Pseudobagrus fulvidraco*, *O. mykiss*, *Chelon haematocheilus*, *Siniperca scherzeri*, *Acanthogobius lactipes*, *Luciogobius guttatus* and *Channa argus*. Seven species (*Rhodeus ocellatus*, *S. gracilis majimae*, *Hemibarbus longirostris*, *Pseudogobio esocinus*, *Microphysogobio yaluensis*, *Hemiculter eigenmanni* and *Cobitis hankugensis*) introduced from other native waters in Korea were estimated. According to the analysis of the habitat characteristics of major migratory species (*Tribolodon hakonensis*, *O. keta* and *Plecoglossus altivelis*), *O. keta* was observed at station 11 and *T. hakonensis* at station 7, 10 and 11. These fishes have been mainly identified in the downstream. However *P. altivelis* was widely distributed from station 3 to 11. In the comparison of average standard length of *P. altivelis* at each station during the same period, populations collected from station 3 and 5 which are mid-upper area of the stream were  $125.8 \pm 34.2$  mm. Their growth was good compared with those collected from station 8 and 11 (mid-lower area):  $80.2 \pm 16.6$  mm. This difference in length comes from the artificial structures including weir, thus it is necessary to create a fishway that enables *P. altivelis* to pass around barriers for free movement and resource management.

**KEY WORDS: INTRODUCED SPECIES, *Tribolodon hakonensis*, *Oncorhynchus keta*, *Plecoglossus altivelis*, FISHWAY**

## 서론

생물종은 현재 서식지의 과거와 현재에 관련된 여러 가지 지질학적 혹은 생태적 조건 등의 상호 작용에 의하여 제한된 분포를 가진다(Kim and Park, 2007). 우리나라에 서식하는 담수어류는 61종의 한국고유종을 포함하여 모두 212종으로 산맥이 발달하고 면적에 비해 크고 작은 하천이 많은 특이한 지리적 서식환경에 적응한 결과 수계별 또는 하천별로 각기 다른 어류상을 가지고 있다(Kim et al., 2005; Kim and Park, 2007).

1965년 이후 국외로부터 도입되어 우리나라 하천에 정착한 외래어종은 12종으로 알려져 있는데(Kim et al., 2005; Byeon and Oh, 2015) 이 중 배스와 블루길은 국내의 전 하천에 정착, 대량번식하고 있어 기존의 하천생태계에 심각한 영향을 미치고 있으며, 이에 대한 생태계의 영향에 대하여 활발히 연구되고 있다(Kim et al., 2007; Lee et al., 2013; Song et al., 2012; Zhang et al., 2013). 그러나 최근에도 양식 및 관상용으로 도입과 방류가 빈번하게 이루어지고 있는 어류들은 국내 수계로의 이입이 확산되고 있지만, 이에 대한 연구는 미흡한 실정이다(Kim et al., 2007). 국내에서 기존에 서식하지 않았던 어종이 다른 수계에 이입되어 적응하면 외래어종이 미치는 악영향과 동일한 결과를 초래할 수 있으며 기존에 서식하던 어종의 개체군이 급격히 감

소 내지 소멸할 가능성이 있다(Byeon and Oh, 2015). 최근 들어 동해로 유입하는 하천에는 어류 자원의 회복 및 증대를 위해 다른 수계로부터 무분별하게 이입된 후 적응하여 많은 종이 증가하고 있는 실정이다(Byeon, 2014). 따라서 동해로 흐르는 하천인 왕피천도 다른 수계로부터 이입된 종을 포함하여 현재의 어류군집 실태와 변화에 대한 정확한 조사가 요구된다.

본 연구지역인 왕피천은 경북 영양군 수비면의 금장산(848m)과 백암산(1,003m)사이의 계곡에서 발원하여 경북 울진군 서면과 근남면을 거쳐 성류굴 앞에서 매화천과 합류한 직후 광천과 다시 합류하여 동해로 흐르는 하천으로 총 64km이며, 하천구배(River Slope)가 1/84로 경사가 매우 급한 전형적인 동해 유입하천의 특징을 보이고 있다(Chae and Yoon, 2003; Park et al., 2010). 왕피천은 백두대간의 동쪽 사면을 흘러내리는 하천으로, 수달(*Lutra lutra*), 산양(*Naemorhedus caudatus*), 삵(*Prionailurus bengalensis*), 매(*Falco peregrinus*), 담비(*Martes flavigula*) 등 다양한 멸종위기 야생생물과 희귀 동·식물이 서식하고 있다(Green Korea, 2001). 환경부에서는 이처럼 생물다양성이 풍부하여 생태적으로 중요하거나 자연경관이 수려한 왕피천 수계의 핵심지역(45.35km<sup>2</sup>)을 2005년 생태·경관보전지역으로 지정하였으며, 2006년에 완충(55.64km<sup>2</sup>) 및 전이(1.85km<sup>2</sup>)구역을 추가하여 총 102.84km<sup>2</sup> 대하여 생태·경관보전지역으로 확대 지정·고시하였다(Ministry of Environment, 2006). 또한 *Tribolodon*

*hakonensis*, *Plecoglossus altivelis* 및 *Onchorhynchus keta* 등 회유성 어종이 서식하여 수산 자원 보존을 위한 하천의 생태적 보존 가치가 매우 높은 지역으로 해양수산부에서는 울진군 근남면 일원을 수산자원보호구역으로 지정하여 보호하고 있다(Ministry of Oceans and Fisheries, 2015). 이처럼 동해안으로 유입하는 하천 중 생태적 가치가 큰 왕피천의 어류군집에 대한 연구로는 Uljin-gun(2001), Green Korea(2001), Song and Baek(2001), Kim and Ahn(2002), Chae and Yoon(2003), Kim *et al.*(2009)이 있으나, 생태·경관보전지역으로 지정된 2006년 이후 왕피천 본류 및 지류하천 최상류부터 하구까지 포함하는 담수어류의 정밀조사가 이루어지지 않았다.

따라서 본 연구에서는 수산자원보호구역이며 생태·경관보전지역인 왕피천 유역에 서식하는 어류상에 대한 정밀 조사를 실시하여 정확한 어류상과 군집구조를 파악하고, 이전 연구자료 및 동해로 유입되는 다른 하천들과 비교하여 효율적인 수산자원 관리를 위한 기초자료를 제시하고자 한다. 아울러 국내 다른 수계로부터 이입된 종들의 분포에 따른 왕피천 어류군집의 변화를 기록함으로써 추후 국내 담수어류의 분포구계에 대한 기초 자료를 제공하며, 특히 주요 회유성 어류들의 서식특성에 대해서도 함께 논의하고자 한다.

## 연구방법

### 1. 조사지점 및 기간

본 연구는 2015년 4월부터 10월까지 계절별 및 홍수기 전·후 서식환경을 고려하여 총 4회(4월, 6월, 8월, 10월)에 걸쳐 어류채집 및 서식환경 조사를 실시하였으며, 조사일시는 아래와 같다.

- 1차 조사: 2015년 4월 1일~3일
- 2차 조사: 2015년 6월 17일~19일
- 3차 조사: 2015년 8월 10일~12일
- 4차 조사: 2015년 10월 19일~21일

조사지점은 왕피천 상류부터 하류까지 2~6km 사이의 간격으로 본류 및 지류를 포함하여 상류와 중류, 하류의 특징을 보이는 왕피천 최상류 유입하천인 발리천과 장수포천 각 1개 지점, 본류 5개 지점, 지류인 매화천과 광천 각 2개 지점씩 총 11개 조사지점을 선정하였으며, 조사지점의 선정은 상류에서부터 하류 방향으로 순서대로 부여하였다. 하천별 조사지점의 행정구역과 위도와 경도는 아래와 같다(Figure 1).

<발리천>

St. 1: 경상북도 영양군 수비면 발리리  
(N36°47'51.48", E129°11'54.00")

<장수포천>

St. 2: 경상북도 영양군 수비면 수하리  
(N36°46'35.92", E129°13'17.50")

<왕피천 본류>

St. 3: 경상북도 울진군 금강송면 왕피리  
(N36°53'20.58", E129°16'37.94")

St. 4: 경상북도 울진군 금강송면 왕피리  
(N36°54'08.38", E129°18'33.85")

St. 5: 경상북도 울진군 근남면 구산리  
(N36°55'37.22", E129°20'50.13")

St. 8: 경상북도 울진군 근남면 노음리  
(N36°57'34.95", E129°22'44.17")

St. 11: 경상북도 울진군 근남면 수산리  
(N36°57'58.09", E129°23'38.01")

<매화천>

St. 6: 경상북도 울진군 매화면 갈면리  
(N36°52'30.32", E129°20'58.81")

St. 7: 경상북도 울진군 근남면 구산리  
(N36°56'43.39", E129°22'39.34")

<광천>

St. 9: 경상북도 울진군 금강송면 삼근리  
(N36°56'04.05", E129°14'58.13")

St. 10: 경상북도 울진군 근남면 행곡리  
(N36°58'25.05", E129°21'41.15")

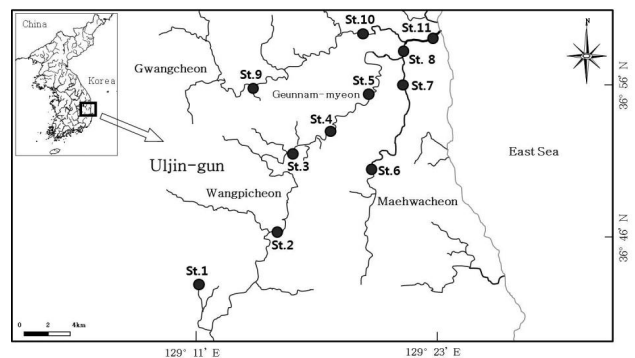


Figure 1. Map showing the studied stations in Wangpicheon, Korea

### 2. 조사내용 및 방법

왕피천 유역 어류군집에 영향을 주는 이화학적 환경인

자인 수온, 용존산소, 전기전도도 등은 휴대용 수질측정기 (YSI-556MPS, USA)를 사용하여 측정하였다. 서식처의 물리적 환경인자인 하폭, 유폍, 수심, 유속, 하상 등을 조사하였으며, 하천형태(River type)는 Kani(1944)의 방법으로 구분하였고, 하상구조는 Cummins(1962)의 방법을 적용하여 육안관찰에 의한 상대비율을 구하였다. 어류의 채집은 Inland Fisheries Research Institute(2015)의 내수면 수산자원 및 환경조사 매뉴얼에 따라 각 조사지점 하천의 약 200m 정도의 구간에서 실시하였으며, 투망(밀면 둘레 14m, 망목 내경 16mm) 10회, 족대(밀면 1m, 높이 0.9m, 망목내경 10mm)는 2인 30분 간 조사하여 가능한 정량적으로 채집이 되도록 하였고 바다와 인접한 최하류인 St. 11 지점에서는 낭장망(날개그물+자루그물 10m, 끝자루 망목내경 10mm)과 자망(길이 50m, 높이 1.5m, 외망목내경 460mm, 내망목내경 70mm)을 병행하여 야간이 포함되도록 12시간 이상 설치한 후 수거하였다. 채집된 대부분의 어류들은 현장에서 동정하여 전장, 체장, 체중을 측정 후 방류하였으며, 보호종을 제외한 일부개체는 10% 포르말린 수용액에 고정하여 실험실로 운반한 후 정밀 측정하였다. 측정 이후에는 70% 에탄올로 고정하여 표본을 제작하였으며, 제작된 모든 표본은

국립수산과학원 중앙내수면연구소 표본실에 보관하였다. 종의 동정 및 학명사용은 Kim and Park(2007), National Institute of Biological Resources(2011)을 참고하였고, 분류체계는 Nelson(2006)을 따랐다. *Zacco koreanus*는 Chae and Yoon(2006)에 따라 형별(Type)로 구분하여 조사하였으나 이를 종 수에는 반영하지는 않았다. 어류군집의 특성을 조사하기 위해 우점도, 종다양도, 균등도, 종풍부도 등을 산출하였다(Margalef, 1958; Shannon and Weaver, 1963; Pielou, 1966; McNaughton, 1967).

## 결과 및 고찰

### 1. 서식환경

조사기간 중 수온은 8월에 23.2~29.9℃로 가장 높았으며, 4월이 10.1~13.1℃로 낮게 나타났다. DO는 4월에 8.5~10.9 mg/L로 전반적으로 높았고 6월에 4.9~9.0mg/L로 낮았다. Conductivity는 조사기간 중 4월에 57~125 $\mu$ s/cm로 낮았으며, 전반적으로 8월에는 97~645 $\mu$ s/cm로 가장 높

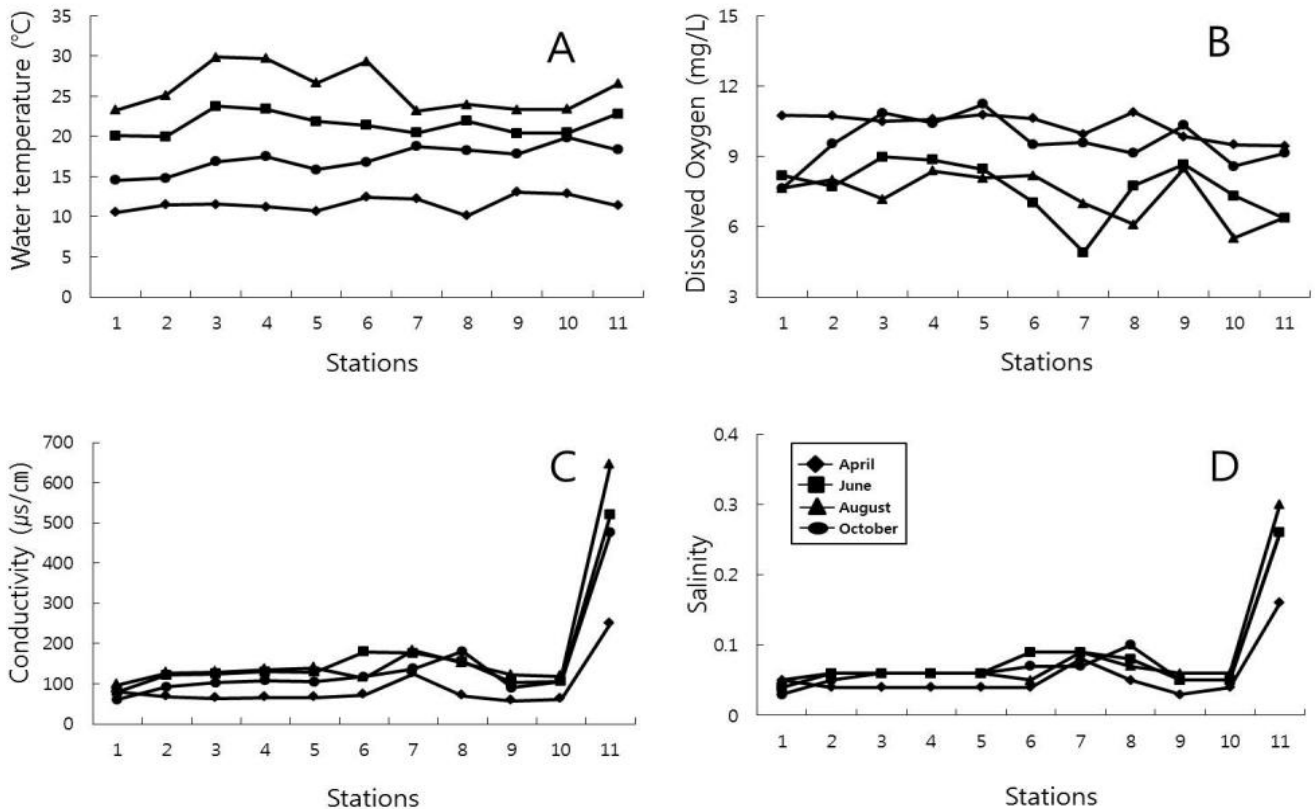


Figure 2. Monthly changes in water characteristics at each station of Wangpicheon, Korea (A: water temperature, B: dissolved oxygen, C: conductivity, D: salinity)

게 나타났다. 지점별로 살펴보면 왕피천 본류의 중상류 수역(St. 1~5)과 광천수역(St. 9~10)은 낮고 매화천 하류부인 St. 7과 왕피천 본류가 만나는 St. 8 이후부터 높아지며, 해수에 영향을 받는 기수역인 St. 11에서는 급격히 증가하였다. Salinity는 바닷물의 영향을 받는 St. 11이 0.04~0.3으로 나머지 지점 0.03~0.1에 비해 높은 값을 보였다 (Figure 2).

왕피천의 최하류인 기수지역을 제외하고 Aa형 혹은 Aa-Bb형 하천으로 대체로 경사가 급하고 여울지역의 유속은 빨랐다(Table 1). 최상류부터 중류인 St. 5까지는 산간계류로서 주변이 산과 협곡으로 둘러싸여 있어서 사람의 접근이 어려우며 물은 맑고 깨끗하였다. 하상은 자갈과 돌로 주로 이루어져 있었고 암반이 드러난 곳이 많았다. 이 중 최상류인 St. 1은 가뭄으로 인해 계곡에 설치된 보 위쪽에만 물이 있었다. 매화천과 만나는 St. 8은 하폭이 넓어지고 수심도 2 m까지 깊어지면서 모래와 잔자갈의 비율도 증가했으며 조사기간 중 노음보(길이 218m, 폭 1.5m, 높이 1.7m) 양측에 아이스하버식 어도 2개소(좌안: 길이 64m, 폭 7m; 우안: 길이 45m, 폭 5m) 개보수 공사가 진행 중이었다. 매화천 상류에 위치한 St. 6은 기양저수지 유입부로 상류에 갈면 4보(길이 53m, 폭 1.0m, 높이 0.9m)가 설치되어 있었고, 주변에는 산이 위치하고 있었으며 하상은 돌과 자갈이 주로 이루어져 있었다. St. 7은 왕피천 본류와 만나기 전 매화천 하류로 하폭은 30~100m이나 수량은 많지 않아 유폭은 2~10m이었고, 금매2보(길이 88m, 폭 0.8m, 높이 2.0m) 중앙에 설치된 계단식(표준) 어도(길이 30m, 폭 3m)는 8월 장마 후 조사 시에만 물이 흐르고 있었으며 보의 아래 퇴적층과 주변부는 달뿌리풀(*Phragmites japonica*), 갯버들(*Salix gracilistyla*), 버드나무(*Salix koreensis*)가 착생되어 있었다.

광천에 위치한 St. 9와 St. 10은 하폭은 50~100m로 하상은 주로 돌과 자갈로 이루어져 있었으며, 주변부는 달뿌리풀, 갯버들 군락이 다양하게 형성되어 자연성을 유지하면서 분포하였다. St. 10은 하천을 횡단하는 행곡4보(길이 116m, 폭 1.3m, 높이 1.3m)가 있었으며, 4월 조사 시에만 물이 흘렀고 아이스하버식 어도(길이 39m, 폭 5m) 입구의 낙차가 커 어류 소상이 어려웠다. St. 11은 왕피천 하류로 하폭이 넓어지고 농업용수 공급을 위한 수산보(길이 284m, 폭 1.5m, 높이 1.8m)가 설치되어 있었으며 유속이 느려 하상은 모래와 잔자갈의 비율이 70%로 대부분 이었다. 보 좌측으로 수로식(비표준) 어도(길이 46m, 폭 9m)가 설치되어 있었으나 가뭄으로 조사 기간 내내 물은 흐르지 않았다. 바닷물이 유입되는 기수지역은 수심이 0.5m 이상으로 깊어지며 하상은 주로 모래로 이루어져 있었다.

## 2. 왕피천 유역의 어류상 및 생체량

본 연구기간 동안 채집된 어류는 총 15과 40종 5,525개체 이었다(Table 2). 조사 지점별로 비교하면 최상류인 St. 1이 1종이 출현하여 가장 적었고, St. 2가 5종, St. 3이 11종, St. 4가 6종, St. 5가 8종, St. 6이 8종, St. 9가 7종, St. 10이 13종이 채집되었으며, 왕피천 본류가 매화천과 만나는 St. 8은 19종, 매화천 하류인 St. 7은 24종, 최하류인 St. 11이 32종으로 중하류로 갈수록 출현종이 증가하는 경향을 보였다. 출현한 어종 중 Cyprinidae가 15종(37.5%)으로 가장 많았으며, 그 다음으로 Gobiidae 6종(15%)이었고, Cobitidae, Salmonidae 등은 각각 3종(7.5%), Mugilidae, Centropomidae 등은 각각 2종(5%), Petromyzonidae, Balitoridae, Siluridae, Bagridae, Amblycipitidae, Osmeridae, Cottidae, Odontobutidae,

Table 1. The environmental condition at the studied stations of Wangpicheon, Korea

Stations	River width (m)	Water width (m)	Water depth (cm)	River type*	Bottom structure (%)**					
					M	S	G	P	C	B
1	2-3	0.5-1	50-100	Aa	-	10	10	20	30	30
2	34	5-10	20-50	Aa	-	-	10	20	40	30
3	30	5-12	50-150	Aa	-	-	10	20	20	50
4	30-40	10-15	20-80	Aa	-	-	10	20	40	30
5	40-60	10-20	30-100	Aa	-	10	10	20	40	30
6	30-250	2-200	10-200	Bb	-	20	20	30	20	10
7	35-40	3-8	30-50	Aa-Bb	-	10	20	20	30	20
8	30-100	2-10	30-100	Bb	-	20	20	30	20	10
9	50-80	2-10	20-100	Aa-Bb	5	10	20	25	20	20
10	50-100	5-80	20-150	Bb	-	10	30	30	20	10
11	200-250	10-100	20-150	Bb-Bc	10	30	30	10	10	10

\* River type: by Kani (1944); \*\*M: Mud (~0.1mm), S: Sand (0.1~2mm), G: Gravel (2~16mm), P: Pebble (16~64mm), C: Cobble (64~256mm), B: Boulder (256mm<) by Cummins (1962).

Table 2. The list and individual number of fishes collected at each station in Wangpicheon from April to October 2015

Scientific name	Stations											Total		RA(%)		Remarks	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	N	W(g)	N	W(g)		
Petromyzonidae																	
<i>Lethenteron reissneri</i>				1	3							1	5	13.8	0.09	0.03	En
Cyprinidae																	
<i>Cyprinus carpio</i>							1					6	7	923.2	0.13	2.06	F
<i>Carassius auratus</i>							4	1				20	25	1838.5	0.45	4.11	F
<i>Rhodeus ocellatus</i>												1	1	1.6	0.02	0.00	
<i>Pseudorasbora parva</i>							17					2	19	38	0.34	0.08	
<i>Pungtungia herzi</i>		13	47	35	52	33	93	119	26	21	35	474	2619.8	8.58	5.86		
<i>Squalidus gracilis majimae</i>				35	23		4	7				17	86	712.3	1.56	1.59	Ke
<i>Squalidus multimaculatus</i>				1			144	124		20	51	340	1161.9	6.15	2.60	Ke	
<i>Hemibarbus longirostris</i>							7	3		9	2	21	286	0.38	0.64	F	
<i>Pseudogobio esocinus</i>							15	4		13	4	36	459.2	0.65	1.03	F	
<i>Microphysogobio yaluensis</i>							5	4			14	23	71.4	0.42	0.16	Ke	
<i>Tribolodon hakonensis</i>							24	1		2	102	129	2499.6	2.33	5.59	An, F	
<i>Rhynchocypris oxycephalus</i>	627			133			50						810	1461.1	14.66	3.27	
<i>Zacco koreanus</i> NE type		118	326	301	280	151	143	106	158	98		1681	12456.3	30.43	27.84	Ke, F	
<i>Zacco koreanus</i> NS type			3		5			18		41		67	600.65	1.21	1.34	Ke, F	
<i>Zacco platypus</i>					1		178	180		17	112	488	2559.1	8.83	5.72	F	
<i>Hemiculter eigenmanni</i>						5					1	6	25.1	0.11	0.06	Ke	
Balitoridae																	
<i>Orthrias toni</i>								1				1	1.5	0.02	0.00		
Cobitidae																	
<i>Misgurnus anguillicaudatus</i>							10	4	2			16	148.9	0.29	0.33	F	
<i>Misgurnus mizolepis</i>											4	4	48.3	0.07	0.11	F	
<i>Cobitis hankugensis</i>							13	46	1	43		103	856.8	1.86	1.92		
Siluridae																	
<i>Silurus asotus</i>							5				1	6	248.8	0.11	0.56	F	
Bagridae																	
<i>Pseudobagrus fulvidraco</i>											1	1	95.7	0.02	0.21	F	
Amblycipitidae																	
<i>Liobagrus mediadiposalis</i>		4	1		4		8	13	1	2	7	40	293.8	0.72	0.66	Ke	
Osmeridae																	
<i>Plecoglossus altivelis</i>				2	7	1	65	155		2	137	369	3424.3	6.68	7.65	Am, F	
Salmonidae																	
<i>Oncorhynchus mykiss</i>			2									2	333.6	0.04	0.75	F, Ex	
<i>Oncorhynchus keta</i>											49	49	3317.8	0.89	7.42	An, F	
<i>Oncorhynchus masou masou</i>			8									8	99.1	0.14	0.22	An, F	
Mugilidae																	
<i>Mugil cephalus</i>											15	15	327.1	0.27	0.73	F	
<i>Chelon haematocheilus</i>											1	1	3.7	0.02	0.01	F	
Cottidae																	
<i>Cottus hangiongensis</i>											10	10	61.6	0.18	0.14	En	
Centropomidae																	
<i>Siniperca scherzeri</i>						2					1	3	168	0.05	0.38	F	
<i>Coreoperca herzi</i>		28	21	17	49	9	8	20	25	20	17	214	3827.2	3.87	8.55	Ke, F	
Odontobutidae																	
<i>Odontobutis platycephala</i>		7	2	5	18	15	67	24	11	12	5	166	1523.9	3.00	3.41	Ke	
Gobiidae																	
<i>Gymnogobius urotaeni</i>						6	1	12			100	119	320.6	2.15	0.72	Am, F	
<i>Acanthogobius lactipes</i>											8	8	17.8	0.14	0.04		
<i>Rhinogobius brunneus</i>							12	5			78	95	90.1	1.72	0.20		
<i>Tridentiger obscurus</i>											1	1	21.9	0.02	0.05		
<i>Tridentiger brevispinis</i>							1	3			87	91	489.4	1.65	1.09		
<i>Luciogobius guttatus</i>											2	2	5	0.04	0.01		
Channidae																	
<i>Channa argus</i>											1	1	1286.6	0.02	2.88	F	
Summary																	
Number of individuals	627	170	581	382	419	222	876	831	224	317	876	5525	44738.7	100	100		
Number of species	1	5	11	6	8	8	24	19	7	13	32	40	40				

Am: Amphidromous fish, An: Anadromous fish, En: Endangered species, Ex: Exotic species, F: Fisheries resource species, Ke: Korean endemic species, RA: Relative abundance(%)

Table 3. The ichthyofauna changes in Wangpicheon from 2001 to 2015

Scientific name	Green Korea (2001)	Song and Baek (2001)	Kim and Ahn (2002)	Chae and Yoon (2003)	Kim <i>et al.</i> (2009)	Present study (2015)
Petromyzonidae						
<i>Lethenteron reissneri</i>						+
Cyprinidae						
<i>Cyprinus carpio</i>				+		+
<i>Carassius auratus</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Rhodeus ocellatus</i>			+			+
<i>Rhodeus uyekii</i>			+			
<i>Acanthorhodeus gracilis</i>			+			
<i>Pseudorasbora parva</i>	+		+			+
<i>Pungtungia herzi</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Squalidus gracilis majimae</i>						+
<i>Squalidus multimaculatus</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Hemibarbus labeo</i>				+	+	
<i>Hemibarbus longirostris</i>				+	+	+
<i>Pseudogobio esocinus</i>			+	+	+	+
<i>Microphysogobio yaluensis</i>	+			+	+	+
<i>Tribolodon hakonensis</i>	+	+		+	+	+
<i>Rhynchocypris oxycephalus</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Zacco koreanus</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Zacco platypus</i>	+		+	+	+	+
<i>Hemiculter eigenmanni</i>			+			+
Balitoridae						
<i>Orthrias toni</i>	+	+				+
Cobitidae						
<i>Misgurnus anguillicaudatus</i>	+	+		+		+
<i>Misgurnus mizolepis</i>				+	+	+
<i>Iksookimia longicorpa</i>	+					
<i>Cobitis Hankuensis</i>		+	+	+	+	+
Siluridae						
<i>Silurus asotus</i>					+	+
<i>Silurus microdorsalis</i>	+		+		+	
Bagridae						
<i>Pseudobagrus fulvidraco</i>						+
Amblycipitidae						
<i>Liobagrus mediadiposalis</i>	+	+		+	+	+
Osmeridae						
<i>Hypomesus nipponensis</i>			+	+		
<i>Plecoglossus altivelis</i>	+	+	+	+	+	+
Salmonidae						
<i>Onchorhynchus mykiss</i>						+
<i>Oncorhynchus keta</i>	+	+				+
<i>Oncorhynchus masou masou</i>					+	+
Mugilidae						
<i>Mugil cephalus</i>	+					+
<i>Chelon haematocheilus</i>						+
Adrianichthyidae						
<i>Oryzias latipes</i>	+					
Cottidae						
<i>Cottus hangjongsensis</i>	+	+	+			+
Centropomidae						
<i>Siniperca scherzeri</i>						+
<i>Coreoperca herzi</i>	+	+	+	+	+	+
Odontobutidae						
<i>Odontobutis platycephala</i>	+	+	+	+	+	+
Gobiidae						
<i>Gymnogobius breunigii</i>	+					+
<i>Gymnogobius urotaeni</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Acanthogobius lactipes</i>						+
<i>Rhinogobius brunneus</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Rhinogobius giurinus</i>		+				+
<i>Tridentiger obscurus</i>		+				+
<i>Tridentiger brevispinis</i>	+		+	+	+	+
<i>Luciogobius guttatus</i>						+
Channidae						
<i>Channa argus</i>						+
Number of species	25	19	22	23	23	40

Channidae 등에 각각 1종(2.5%)씩 출현하였다. 동해안으로 흐르는 독립 하천인 왕피천 유역에 서식하는 어류에 대해 본 조사결과와 선행 연구 결과를 비교하면 Table 3과 같다. 출현종수로 비교하여 보면 Song and Baek(2001)이 19종(2회/8지점) 서식하는 것으로 보고하여 가장 적었고, Kim and Ahn(2002) 22종(2회/20지점), Chae and Yoon(2003) 23종(2회/9지점), Kim et al.(2009) 23종(4회/8지점), Green Korea(2001) 25종(2회/7지점)이 서식한다고 보고하였다. 본 조사에서는 15과 40종(4회/11지점)이 출현하여 지금까지 왕피천 유역에서 한차례라도 출현이 기록된 어류는 총 16과 49종이었다. Uljin-gun(2001)의 조사결과는 비전문가에 의해 작성되어 종의 분류에 오류가 보여 출현어류의 비교에서 제외하였다. 동해안에 유입되는 다른 하천과 비교하면 고성 북천(4회/6지점)의 12과 31종(Lee et al., 2010), 양양 남대천(12회/11지점) 15과 35종(Kim et al., 2006), 강릉 연곡천(9회/5지점) 10과 29종(Kim et al., 2006), 강릉 남대천(2회/9지점) 14과 36종(Byeon and Oh, 2015) 및 삼척 오십천(5회/17지점) 14과 30종(Choi et al., 1995) 등이 출현하였다고 보고하여 본 조사수역에서 가장 많은 종이 확인되었다. 이러한 결과는 다른 하천에 비하여 왕피천의 수질이 비교적 깨끗하고, 중·상류부가 생태경관보전지역으로 법적으로 보호되어 어류서식지가 양호한 상태로 유지되고 있어 다양한 어류가 서식할 수 있었다. 또한 다른 수역의 선행연구들과 비교하여 왕피천 본류 및 일부 지류하천을 포함한 다양한 조사지점을 포함하여 계절별로 조사하였고, 특히 하구에서 낭장망 및 자망 등의 기존조사에서 일반적으로 사용하지 않았던 어구를 추가하여 정밀 조사를 수행하였기 때문이었다. 또한 최근에 국내의 다른 수계에서 일부 담수어류가 지속적으로 이입된 이유도 있을 것으로 사료된다.

본 조사에서 채집된 어류 중 개체수에서 우점종은 *Z. koreanus*(31.3%) 이었고, 아우점종은 *Rhynchocypris oxycephalus*(14.7%) 이었으며, *Z. platypus*(8.8%), *Pungtungia herzi*(8.6%), *P. altivelis*(6.7%), *Squalidus multimaculatus*(6.2%), *Coreoperca herzi*(3.9%), *Odontobutis platycephala*(3%) 순으로 채집되었다(Figure 3). *Z. koreanus*는 이전 조사(Green Korea 2001; Song and Baek, 2001; Kim and Ahn, 2002; Chae and Yoon, 2003; Kim et al., 2009)에서도 상대풍부도 30% 이상으로 항상 우점종으로 확인되었다. 이러한 결과는 물이 맑고 하천 경사가 급해 여울지역이 잘 발달하여 *Z. koreanus*가 서식하기에 좋은 수 환경을 갖추었기 때문이었다. *R. oxycephalus*는 St. 1에서 우점종이었고, 물이 맑은 하천 중류의 여울에도 많이 서식하고 있었다. 인위적인 환경변화에 따라 개체수가 증가하는(Jeon, 1980) *Z. platypus*는 St. 7, 8에서 우점종으로 서식하고 있는데 이들 수역은 최근 어도 개보수 공사 및 하천변 정비 사업으로 서식환경의 인위적인

교란이 있었던 수역이었다. *Z. platypus* 개체수 비율은 2001년 2.2%였으나, 점차 증가하여 2003년 12.3%로 가장 높았고, 본 조사에서도 8.8%이었고, 대부분의 기존조사에서도 10% 내외(Green Korea 2001; Chae and Yoon, 2003)를 차지하여 추후 왕피천 유역의 수 환경 변화에 따른 *Z. platypus* 개체군의 변동에 대한 모니터링이 필요하였다.

생체량에서는 *Z. koreanus*(29.2%)가 우점종이었고, 아우점종은 *C. herzi*(8.6%) 이었으며, *P. altivelis*(7.7%), *O. keta*(7.4%), *P. herzi*(5.9%), *Z. platypus*(5.7%), *T. hakonensis*(5.6%), *Carassius auratus*(4.1%) 순이었고, 조사기간 동안 채집된 어류의 총 생체량은 44,738.7g이었다(Figure 3).

출현한 어류 중 한반도 고유종은 *S. gracilis majimae*, *S. multimaculatus*, *Microphysogobio yaluensis*, *Z. koreanus*, *Hemiculter eigenmanni*, *Cobitis hankugensis*, *Liobagrus mediadiposalis*, *C. herzi*, *O. platycephala* 9종으로 전체 출현종의 22.5%를 차지하였다. 왕피천 유역의 고유화 빈도는 2001년 8종 32.0% (Green Korea 2001), 6종 31.6% (Song and Baek, 2001), 2002년 8종 36.4% (Kim and Ahn, 2002), 2003년 7종 30.4% (Chae and Yoon, 2003), 2009년 8종 34.8% (Kim et al., 2009)으로 30% 이상 출현하였지만, 본 조사에서는 22.5%로 낮아졌다. 이러한 결과는 본 조사 시 고유종은 1종이 더 출현한데 반해 전체 채집 종수가 40종으로 많이 증가하였기 때문이다. 본 조사에서 채집된 고유종 중에 *S. gracilis majimae*, *Microphysogobio yaluensis*, *Hemiculter eigenmanni*, *Cobitis hankugensis*, *C. herzi* 등 5종은 자연 분포라기보다는 최근에 인위적으로 도입된 것으로 사료된다. 왕피천에서 출현한 종 중에 자연분포로 볼 수 있는 한반도 고유종은 *S. multimaculatus*, *Z. koreanus*, *Silurus microdorsalis*, *L. mediadiposalis*, *O. platycephala* 등 5종이며, 이 중 *S. multimaculatus*, *Z. koreanus*, *O. platycephala*는 모든 조사에서 출현하여 안정적인 개체군을 유지하였다.

법적보호종으로는 환경부지정 멸종위기 야생생물 II급인 *Lethenteron reissneri*와 *Cottus hangiongensis* 2종이 확인되었다. 물이 맑고 여울과 소가 잘 발달한 중상류 지역의 수변식물이 많은 곳에 주로 서식하는 *L. reissneri*는 울진군 근남면 노음리 매화천 하류에서 유생 2개체가 채집 보고되었으며(Ko et al., 2013), 본 조사에서는 1차 조사 시 St. 4와 5에서 유생 4개체, St. 11에서 성어 1개체 등 총 5개체를 채집하였다. 왕피천 상류까지 유생이 확인되어 전 수계에서 출현할 것으로 사료되었다. 과거 출현했던 매화천 하류는 현재 하천정비 사업으로 수변 식생을 제거하는 등 인위적인 교란이 이루어져 확인할 수 없었다. 따라서 수변식생을 유지하고 하천 내 교란을 차단하여 본 종이 서식할 수 있도록 보다 적극적인 노력이 필요하였다. *C. hangiongensis*는 두



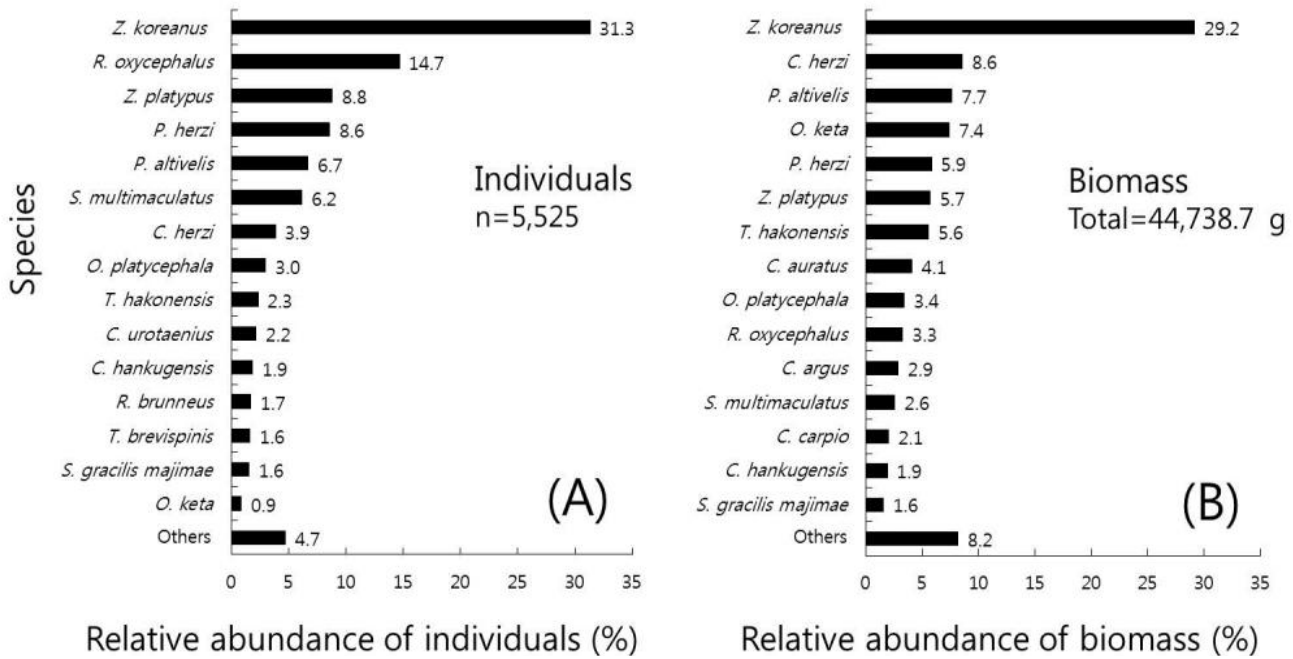


Figure 3. Comparison of individuals (A) and biomass (B) of collected fishes in Wangpicheon, Korea

만강과 동해안으로 흐르는 하천의 하류에 서식하나 서식개체군 크기가 작고 분포역이 좁았으며, 국외로는 일본과 러시아 극동 지역에 분포한다. 산란을 위해 서식지에서 하류로 이동하고 산란 후 원 서식지로 이동하는 양측회유성 어류(amphidromous fish)이다(Goto, 1988; Kim *et al.*, 2005). 본 종은 2002년 이후 출현이 확인되지 않았지만 본 조사에서 왕피천 하류인 St. 11의 수산보 아래 여울부에서 10개체가 출현하였다. 산란 및 성장을 위하여 하천과 바다를 오가는 본 종의 생태적 특성을 고려할 때 하천 내 인위적인 교란을 차단하고 어도를 이용할 수 있도록 회유시기에 일정 유량을 공급하는 방안 등 보호대책 수립이 필요하였다. 회유성 어류 중에서는 소하성 어류(anadromous fish)인 *T. hakonensis*, *O. keta*, *O. masou masou* 3종이 출현하였는데 상류인 St. 3에서만 출현한 *O. masou masou*는 자연분포라기 보다는 인근 양어장에서 탈출한 개체로 추정되며, *T. hakonensis*는 St. 8에서 하류인 St. 11까지, *O. keta*는 하류인 St. 11에서만 출현하여 종에 따라 소상 수역에서 차이를 보였다. 양측회유성 어류는 *P. altivelis*, *C. hangiongensis*, *Gymnogobius urotaenia* 3종이 출현하였다. *P. altivelis*는 상류인 St. 3부터 하류까지, *G. urotaenia*는 St. 8부터 하류까지, *C. hangiongensis*는 하류인 St. 11에서만 출현하여 종에 따라 소상 수역에서 차이를 보였다. 외래도입종(exotic species)인 *O. mykiss*가 St. 3에서 출현하였는데 인근에 위치한 양어장에서 탈출한 개체로 수서곤충이나 소형 갑각류 및 치어를

섭식하여 비슷한 생태적 지위를 가지는 종들에게 영향을 미칠 수 있으므로 양어장으로부터 유출되지 않도록 철저한 관리가 요구된다.

### 3. 선행 조사와 비교 및 국내 수계로부터 이입

이전 조사에서는 출현하였으나 본 조사에서는 출현하지 않은 종은 *Rhodeus uyekii*, *Acanthorhodeus gracilis*, *H. labeo*, *Iksookimia longicorpa*, *Silurus microdorsalis*, *Hypomesus nipponensis*, *Oryzias latipes*, *G. breunigii*, *Rhinogobius giurinus* 등 9종이었고, 본 조사에서 처음으로 출현한 종은 *L. reissneri*, *S. gracilis majimae*, *Pseudobagrus fulvidraco*, *O. mykiss*, *Chelon haematocheilus*, *Siniperca scherzeri*, *Acanthogobius lactipes*, *Luciogobius guttatus*, *Channa argus* 등 9종이었다. 과거에 출현한 종 중 본 조사에서 출현하지 않은 *R. uyekii*, *A. gracilis*, *H. labeo* 및 *I. longicorpa*은 우리나라의 서해나 남해로 흐르는 하천에만 분포하던 종이었고 왕피천에는 최근에 인위적인 경로를 통해 이입된 것으로 추정된다(Chae and Yoon, 2003). 동해로 흐르는 하천은 경사가 급하여 유로가 짧고 유속은 빠르며, 하상구조는 단순하여 어류상도 영서지방과 차이를 보이며, 고유종이 매우 적게 출현하여 고유화 빈도가 매우 낮은 특징을 보인다(Jeon, 1980; Choi *et al.*, 1995). 왕피천 수역에서 고유화빈도는 본 조사에서 채집종수가 늘어나 이전 조사

에 비해 줄었으나, 고유종 수는 9종으로 증가하였다. 이는 서한아 수계로부터 지속적으로 고유종이 도입된 결과로 판단된다. *S. microdorsalis*은 야행성이며, *O. latipes*, *G. breunigii* 및 *R. giurinus*은 기수에 주로 서식하는 종으로 야간 조사 및 왕피천 하구에 대한 추가 조사에서 출현이 가능한 종이였다. 또한 *H. nipponensis*는 자원량 증대를 위해 1981년부터 최근까지 기양지(경북 울진군 근남면 소재)에 방류된 기록(Uljin, 2001)을 볼 때 방류개체로 추정되나 산란을 위해 동해로부터 소상할 가능성이 있으므로 소상시기에 보다 정밀한 조사가 요구된다. 출현종 중 *R. ocellatus*, *S. gracilis majimae*, *H. longirostris*, *Pseudogobio esocinus*, *M. yaluensis*, *H. eigenmanni* 및 *C. hankugensis*는 우리나라의 서해나 남해로 흐르는 하천에만 분포하던 종으로 이입된 개체로 추정된다(Chae and Yoon, 2003). Chae(2003)는 국내 다른 수계에서 왕피천으로 이입된 종을 6종으로 보고하였는데, 본 조사에서는 *R. ocellatus*, *M. yaluensis*, *Z. platypus*, *H. eigenmanni*, *C. hankugensis* 및 *O. masou masou* 6종 모두 출현하고 있었다. 이 중 *O. masou masou*는 원래 울진 이북의 동해로 흐르는 하천에 분포하지만 본 조사지역인 왕피천 상류 St. 3 인근에 *O. masou masou* 및 *O. mykiss*를 양식하는 양어장 아래에서만 출현하여 양어장으로로부터 탈출한 개체로 추정된다(Chae, 2003). 그 외 *R. ocellatus*, *M. yaluensis*, *Z. platypus*, *H. eigenmanni*, *C. hankugensis*는 1990년대 이전 조사(Jeon, 1980; Choi et al., 1989)에는 나타나지 않았고, 2000년 이후 기록(Green Korea 2001; Song and Baek, 2001; Kim and Ahn, 2002; Chae and Yoon, 2003; Kim et al., 2009)에서만 확인되고 있어, 2000년 이후 인위적인 도입으로 분포하는 것으로 사료된다. 이 중 *S. gracilis majimae*는 본 조사에서 처음으로 확인되었으며, 왕피천 상류인 St. 3에서부터 하류인 St. 10까지 분포하여 주목되었다. *Z. koreanus*는 분포하는 수계별로 형태적 차이가 있어 분포수역에 대한 특징을 잘 나타내는데 이중에 NS type은 낙동강과 섬진강 및 남해연안의 일부 하천에 분포한다고 알려져 있다(Chae and Yoon, 2006). 본 조사에서 왕피천 상류인 St. 3에서부터 하류인 St. 10까지 널리 분포가 확인되었다. 왕피천 중류 St. 5인 근남면 구산리에서는 2008년부터 민물고기 관련 지역축제가 이루어졌으며, *P. altivelis* 관련 체험행사를 하고 있으면서 봉화의 양어장에서 공급받아 행사를 진행하고 있어 낙동강 본류 수계에 서식하는 *Z. koreanus*의 NS type과 *S. gracilis majimae*가 *P. altivelis*와 함께 유입된 후 정착하여 새롭게 출현한 것으로 사료된다. 이들 중처럼 영향력이 크지 않은 종이라도 하더라도 다른 수계에서 새로운 종이 이입되어 개체군이 증가할 경우 기존에 서식하던 종 중 생태적 유사 종은 먹이, 서식지, 산란장, 월동장소 및 유전자교환 등에서

경쟁하게 되어 외래종과 동일한 악영향을 미칠 수 있으므로 (Chae, 2003; Byeon, 2014) 국내에 분포하는 종이라도 새로운 수계의 유입은 엄격하게 차단하여야 한다. 또한 본 조사 시 처음으로 출현한 종 중 수산자원 증대를 목적으로 *P. fulvidraco*는 1998년부터 2002년 사이 총 39,000 개체, *S. scherzeri*는 2011년부터 2014년 사이 총 117,000 개체가 기양지(경북 울진군 근남면 소재) 및 왕피천 본류에 방류되어 1~3개체씩 출현이 확인되었다(Uljin, 2001; GRCFF, unpublished data).

#### 4. 어류 군집구조

군집의 구조를 나타내는 생태학적 특성인 우점도 지수(dominance index), 다양도 지수(diversity index), 균등도 지수(evenness index), 종풍부도 지수(species richness index)는 Table 4에 나타내었다. 우점도 지수는 St. 1에서 단 1종 출현하여 1.00로 가장 높았고, 하류로 가면서 대체로 감소하는 경향을 보였으며, St. 11이 0.28로 가장 낮았다. 다양도 지수는 St. 1을 제외한 St. 4에서 0.79로 가장 낮았으며, 대체로 하류로 갈수록 높아지는 경향을 보였고, St. 11이 2.61로 가장 높게 나타났다. 균등도 지수는 St. 1을 제외한 St. 4에서 0.44로 가장 낮았으며, St. 7, St. 10 및 St. 11이 0.75로 가장 높았고, 대체로 0.50~0.73 사이로 비슷한 경향을 보였다. 종 풍부도 지수는 St. 1을 제외한 St. 2가 0.78로 가장 낮았고, St. 11이 4.58로 가장 높았으며, 대체로 하류로 갈수록 높아지는 경향을 보였다. 전체적으로 우점도 0.46, 다양도 2.41, 균등도 0.65, 종 풍부도 4.52로 나타나 안정되고 다양한 상태를 나타내었다.

Table 4. Some ecological indices of each station in Wangpicheon, Korea

Site	Dominance	Diversity	Evenness	Species richness
St. 1	1.00	-	-	-
St. 2	0.86	0.97	0.60	0.78
St. 3	0.80	1.29	0.54	1.57
St. 4	0.88	0.79	0.44	0.84
St. 5	0.79	1.13	0.51	1.32
St. 6	0.83	1.11	0.53	1.30
St. 7	0.37	2.39	0.75	3.39
St. 8	0.39	2.15	0.73	2.67
St. 9	0.82	0.98	0.50	1.11
St. 10	0.57	1.93	0.75	2.08
St. 11	0.28	2.61	0.75	4.58
Total	0.46	2.41	0.65	4.52

5. 주요 회유종의 서식현황

왕피천 유역에 서식하는 종 중에서 주요 회유성 어류 중 소하성인 *T. hakonensis*, *O. keta* 및 양측회유성인 *P. altivelis* 개체군을 대상으로 출현지점 및 시기에 따른 성장특성을 분석하였다(Figure 4).

*O. keta*는 최하류인 St. 11에서만 출현하였으며, 4월에 당년생 치어(체장 33~69mm, n=35)가 10월에는 산란을 위해 하천으로 소상한 성어(체장 590mm, n=1)가 채집되었다(Figure 4A). *O. keta*의 경우 자원회복을 위해 강으로 올라오는 성어를 대부분 포획하여 매년 인공수정 후 부화되면 치어로 사육하여 봄철인 3월에 하천에 방류하고 있다. St. 11의 수산보에 설치된 수로식(비표준) 어도는 조사기간 동

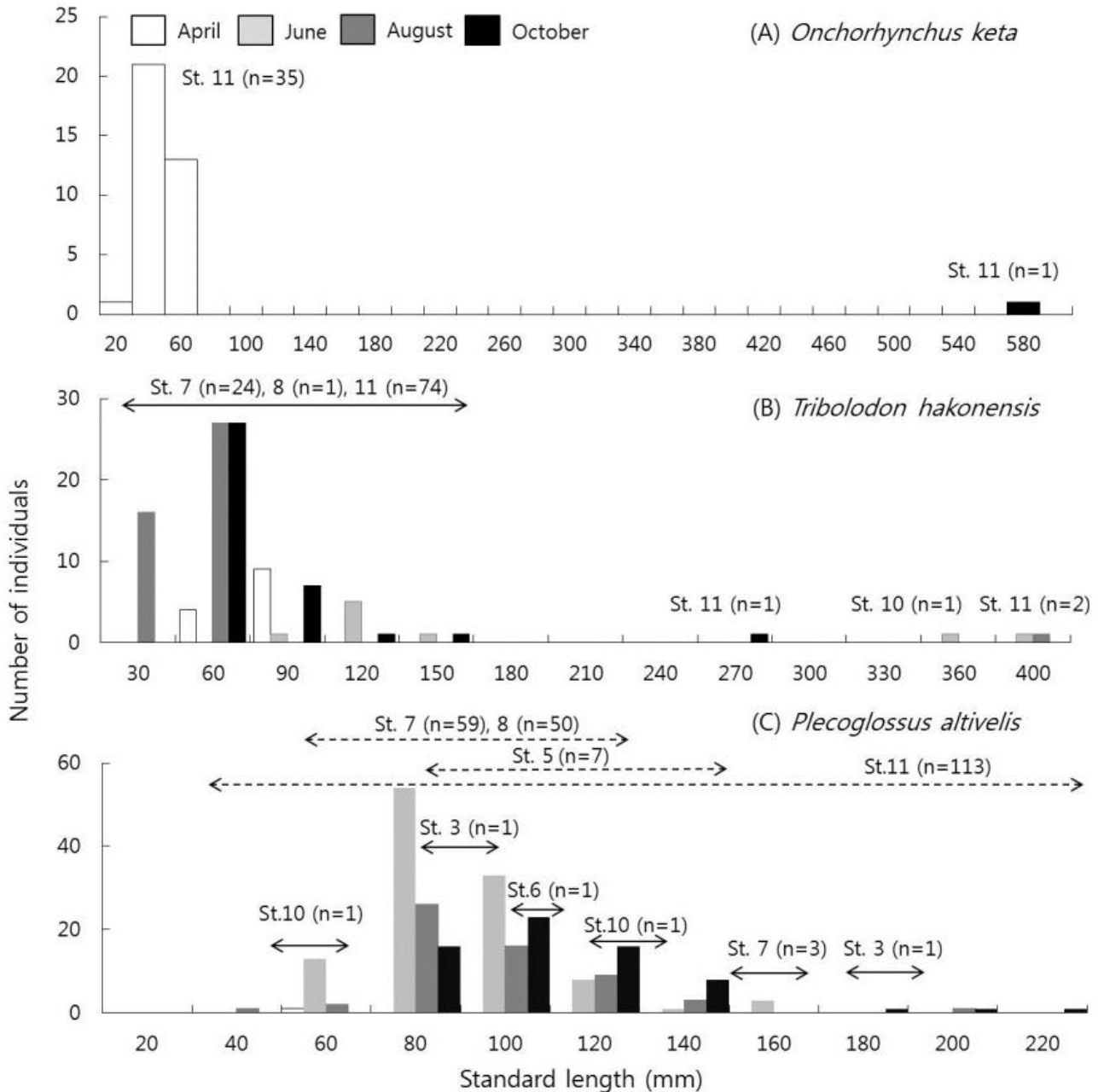


Figure 4. Standard length frequency of *O. keta* (A), *T. hakonensis* (B) and *P. altivelis* (C) in Wangpicheon, Korea (Dotted arrow line: number of individuals except that indicated by arrow line)

안 수량이 적어 회유종 들의 상류로 이동은 불가능하였으며, 실제 St. 11 보다 상류에서는 확인되지 않았다. 4월에 채집된 다수의 치어는 경상북도 민물고기연구센터(Gyeongbuk Research Center for Freshwater Fish)에서 2015년 3월경 방류한 개체와 비교하여 보면 하천으로 소상하여 자연 산란한 개체로 추정되었다. 동해로 흐르는 하천 중 양양남대천의 경우 4~5월, 고성 북천의 경우 4월 말에서 5월 초까지 하천에서 성장한 후 바다로 내려가는 본 종의 회유생태로 볼 때 왕피천에 서식하는 본 종도 이와 동일한 회유생태를 보였다(Kang *et al.*, 2007; Lee *et al.*, 2010).

*T. hakonensis*은 조사기간 동안 매화천 하류인 St. 7에서 8월을 제외하고 만 1년생 이상(체장 42~133mm, n=24), 광천 하류인 St. 10에서는 산란을 위해 소상한 성어(체장 365mm, n=1)와 만 1년생(체장 65mm, n=1)개체가 채집되었다(Figure 4B). 봄철 가뭄에 따른 적은 수량과 St. 6에서는 어도 개보수 공사로 산란시기 성어의 소상에 영향을 주어 St. 11의 상류에서는 당년생 치어가 출현하지 않았지만 왕피천 최하류인 St. 11 하류에서는 4월을 제외하고 당년생 치어부터 성어(체장 22~374mm, n=77)까지 많은 개체들이 출현하였다.

동해로 소상하는 대표적인 양측회유성 어류인 *P. altivelis*은 성장이 빠르며, 봄철에 담수로 소상하면서 전장 50~60mm이던 것이 가을철 산란기인 9~10월에는 최대 300mm까지 빠르게 성장하는 것으로 알려져 있다(Kim, 1997). 본 연구에서는 모든 조사 시 출현하였으며, 대부분 왕피천 본류인 St. 8, St. 11과 매화천 하류인 St. 7에서 확인되었고 극소수 개체들은 왕피천 최상류인 St. 3과 중류인 St. 5, 매화천 상류인 St. 6, 광천 하류인 St. 10에서 출현하였다(Figure 4C). 왕피천 중류 St. 5에서는 2008년부터 지역축제를 위해 낙동강 본류에서 도입한 개체가 자연수역으로 유입

될 가능성이 있으므로 왕피천 중·상류인 St. 3과 St. 5에 출현하는 개체에 대해서는 검토가 필요하였다. *P. altivelis*은 이전조사에서 왕피천 본류 구간인 St. 8보다 상류인 두전교부터 St. 11까지만 출현하였으나, 본 조사에서는 왕피천 상류인 St. 3~St. 11의 본류 구간을 포함하여 광천과 매화천 지류에서도 출현하여 분포지역이 확장되었다. 출현한 지점 중 모든 조사지점에서 출현이 확인된 8월 조사 시 평균체장을 비교해보면 왕피천 중·상류인 St. 3과 St. 5에서 출현한 개체들의 평균체장은 125.8±34.2 (98~190, n=5)로 왕피천 중·하류인 St. 8과 St. 11의 평균체장인 80.2±16.6 (59~125, n=41)에 비하여 성장이 양호하였다. 중·하류에 위치한 지점이라도 보다 상류에 위치한 St. 8의 평균체장이 90.4±21.6 (61~125, n=9)로 하류인 St. 11의 77.3±13.5 (59~117, n=32)에 비해 양호하였다(Figure 5). 이러한 결과는 St. 11 상류에 위치한 노음보 및 수산보가 성장을 위한 이동을 방해하는 것으로 노음보에는 기존의 어도를 제거하

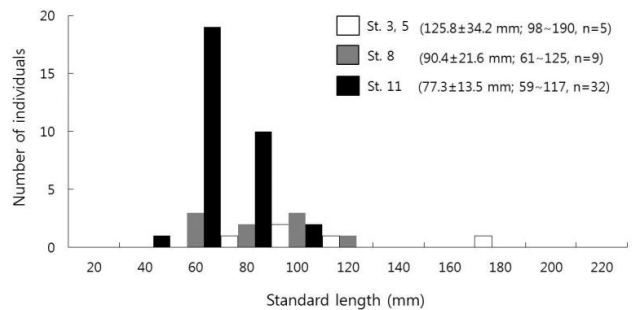


Figure 5. Comparison of standard length frequency for *P. altivelis* at upper, middle and down stream stations in August 2015 from Wangpicheon, Korea

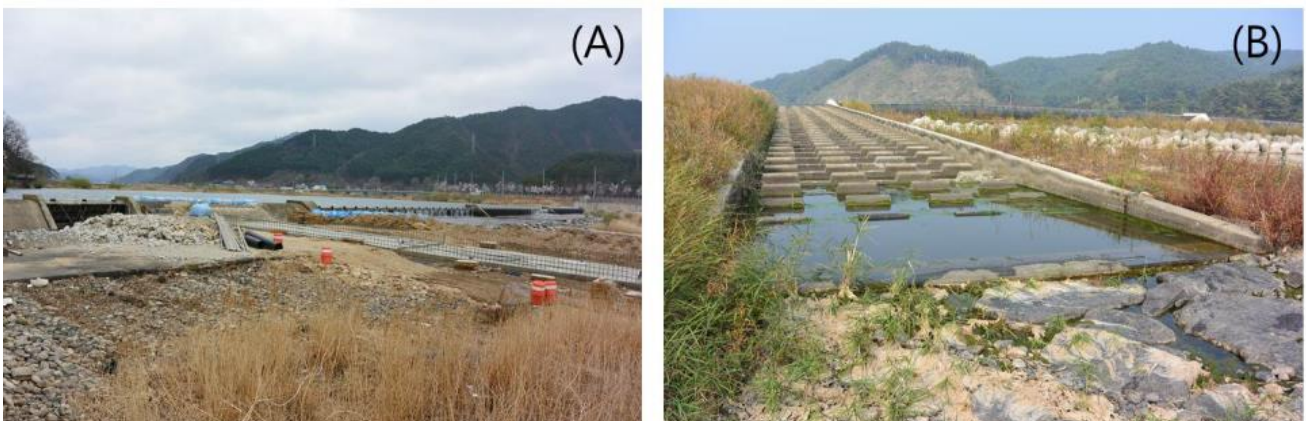


Figure 6. Photos showing the fishway on the Wangpicheon, Korea (A: located in Noeum weir of St. 8, B: located in Susan weir of St. 11)

고 아이스하버식 어도로 개보수 공사 중이었고(Figure 6A), 수산보에는 수로식(비표준) 어도가 설치되어 있으나 조사 기간 동안 수량 부족으로 어도내 물이 흐르지 않아 상류로의 어류 소상이 어려워 출현 개체수와 성장에 있어 차이를 보였다(Figure 6B). 단기간에 성장하여 산란하는 당년생 어류의 경우 서식 환경에 영향을 많이 받으며 특히 소상하면서 세력권을 형성하고 정착하여 부착 구조류를 먹으며 성장하는 본 종의 특성 상 하천의 규모와 세력권의 크기에 따라 달라질 수 있다(Kim, 1997). 출현 지점에 따라 서식하는 *P. altivelis*의 평균체장 차이를 보면 상류에 서식하는 개체가 성장이 빨랐는데 이는 상류로 갈수록 서식지 교란요인이 적고 먹이경쟁과 세력권 형성에 유리하였기 때문이었다. 이처럼 본 연구결과에서도 보와 같은 인공적인 구조물이 어류의 산란 및 회유를 위한 이동을 제한하였으며, *P. altivelis* 개체군의 성장에 큰 영향을 미친다고 보고한 이전의 연구결과와도 잘 일치하였다(Ko *et al.*, 2007). 따라서 보와 같은 물리적인 장애로 인한 *P. altivelis*와 *O. keta* 등 주요 회유성 어류의 안정적인 서식처 확보 및 개체군의 보호를 위하여 불필요한 보는 제거해 나감과 동시에 상·하류로 자유로운 이동이 가능한 적절한 형태의 어도 설치 등의 자원 보호를 위한 조치가 계속 필요하였다.

## 감사의 글

본 연구는 2016년도 국립수산물과학원 수산과학연구소 수산면 수산자원보호구역 환경 및 수산자원연구(R2016035)의 지원으로 수행된 연구이며, 연구비 지원에 감사드립니다. 연구기간 동안 현장조사에 도움을 준 국립수산물과학원 중앙대수면연구소 곽영호, 김승용, 백정익 연구원에게 감사드립니다.

## REFERENCES

- Byeon, H.K.(2014) Habitat Characteric of *Coreoperca herzi* and *Coreoleucisecus splendidus*, and Effect on Introduce to Different Water System. Korean Nature Conservation. 165: 13-23. (in Korean with English abstract)
- Byeon, H.K. and J.K. Oh(2015) Fluctuation of Fish Community and Inhabiting Status of Introduced fish in Gangeungnamdae Stream, Korea. Korean J. Environ Biol. 29(5): 718-728. (in Korean with English abstract)
- Chae, B.S.(2003) Introduction of Native Fish Species to the other River System. Case study, In: The Introduced Fishes of Korea. Korean Ichthyol. Society, pp. 65-86. (in Korean)
- Chae, B.S. and H.N. Yoon(2003) Uijin Wangpi Stream Nature Ecosystem survey report. National Institute of Environ Research, pp. 139-170 (in Korean)
- Chae, B.S. and H.N. Yoon(2006) Geographic Variation and Distribution of nuptial color patterns in Korean chub, *Zacco koreanus* (Cyprinidae, Pisces). Korean J. Ichthyol. 18(2): 97-106. (in Korean with English abstract)
- Choi, J.S., H.K. Byeon and K.S. Cho(1995) Studies on Stream Conditions and Fish Community in Osip Stream (Samchuk County). Korean J. Limnol. 28(3): 263-270. (in Korean with English abstract)
- Choi, K.C., S.R. Jeon, I.S. Kim and Y.M. Son(1989) The Atlas of Korean Fresh-Water Fishes. Korean Institute of Fresh-Water Biology. 234pp. (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. Am. Midl. Nat. 67: 477-504.
- Goto, A.(1988) Reproductive Behavior and Homing after Downstream Spawning Migration in the River Sculpin, *Cottus hangiongensis*. Japan J. Ichthyol. 34(4): 488-496.
- GRCFF(unpublished data) The Annually List of Fisheries Stock Release. Gyeongbuk Research Center for Freshwater Fish. Ulsan, Korea. (in Korean)
- Green Korea(2001) Wangpi Stream Natural Ecology and Environment Survey Report. 461pp. (in Korean)
- Inland Fisheries Research Institute(2015) Inland Fisheries Resources and Environment Survey Manual. 40pp. (in Korean)
- Jeon, S.R.(1980) Studies on The Distribution of Freshwater Fishes from Korea. Ph. D. Dissertation, Univ. of Chungang, Seoul, pp. 14-49. (in Korean)
- Kang, S.K, H. Yang, C.S. Lee and S.H. Choi(2007) Stomach Contents of Chum Salmon (*Oncorhynchus keta*) Fingerlings in Namdae Stream. Korean J. Soc. Oceanography. 12(2): 86-93. (in Korean with English abstract)
- Kani, T.(1944) Ecology of Torrent-Inhabiting Insects, pp. 171-317. In: Insect 1 (Furukawa, H., ed.). Kenkyu-sha, Tokyo. (in Japanese)
- Kim, B.J. and J.H. Ahn(2002) The Freshwater Fishes of Uijin Ulryeon Mountain. The second national environment investigation of freshwater fish. pp. 450-518. (in Korean)
- Kim, C.H., K.E. Hong, J.H. Kim and K.H. Kim(2006) Ichthyofauna in Yeongok Stream, Gangneung, Korea. Korean J. Ichthyol. 18(3): 244-250. (in Korean with English abstract)
- Kim, C.H., W.O. Lee, K.E. Hong, C.H. Lee and J.H. Kim(2006) Ichthyofauna and Fish Community Structure in Namdae Stream, Yangyang, Korea. Korean J. Ichthyol. 18(2): 112-118. (in Korean with English abstract)
- Kim, I.S.(1997) Illustrated Encyclopedia of Fauna & Flora of Korean Vol. 37 Freshwater Fishes. Ministry of Education. 520pp. (in Korean)
- Kim, I.S. and J.Y. Park(2007) Freshwater Fishes of Korea.

- Kyohaksa, Seoul, Korea, 467pp. (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. Kyo-haksa, Seoul, 615pp. (in Korean)
- Kim, J.H., W.O. Lee, H. Yang, B.S. Chae and H.B. Song(2007) The Introduced Freshwater Fishes of Korea. Inland Fish. Res. Inst., NIFS, Gapyeong, 105pp. (in Korean)
- Kim, K.H., J.S. Cha and H.C. Park(2009) Ichthyofauna and Structure of the Fish Community in Wangpi Stream, Korea. Korean J. Ichthyol. 21(1): 47-54. (in Korean with English abstract)
- Ko, M.H., I.S. Kim, J.Y. Park and Y.J. Lee(2007) Distribution and Ecology of a Land-Lock Ayu, *Plecoglossus altivelis* (Pisces: Osmeridae) in Lake Okjeong, Korea. Korean J. Ichthyol. 19(1): 24-34. (in Korean with English abstract)
- Ko, M.H., S.J. Moon, Y.K. Hong, G.Y. Lee and I.C. Bang(2013) Distribution Status and Habitat Characteristics of the Endangered Species, *Lethenteron reissneri* (Petromyzontiformes: Petromyzontidae) in Korea. Korean J. Ichthyol. 25(4): 189-199. (in Korean with English abstract)
- Lee, J.W., J.H. Kim, S.H. Park, K.R. Choi, H.J. Lee, J.D. Yoon and M.H. Jang(2013) Impact of Largemouth bass (*Micropterus salmoides*) on the Population of Korean Native Fish, Crucian Carp (*Carassius auratus*) Korean J. Environ. Biol. 31(4): 370-375. (in Korean with English abstract)
- Lee, W.O., M.H. Ko, J.M. Bak, D.H. Kim, H.J. Jeon and K.H. Kim(2010) Characteristics of Fish Fauna Community Structure in Buk Stream of Goseong, Korea. Korean J. Ichthyol. 22(4): 238-248. (in Korean with English abstract)
- Margalef, R.(1958) Information Theory in Ecology, General systems. 3: 36-71.
- McNaughton, S.J.(1967) Relationship among Functional Properties of California Glassland. Nature. 216: 168-144.
- Ministry of Environment(2006) Change and Notice of Ecological Scenary Preservation Region in Wangpi-cheon. Nature Policy Division, 7pp.
- Ministry of Oceans and Fisheries(2015) Management Laws of Fisheries Resources (Law No. 13495). (in Korean)
- National Institute of Biological Resources(2011) National List of Species of Korea (Vertebrates). NIBR, Incheon, 484pp. (in Korean)
- Nelson, J.S.(2006) Fishes of the World(4th ed.), John Wiley & Sons, Inc., New York, 601pp.
- Park, Y.J., H.M. Lim, K.D. Kim, Y.H. Cho, S.H. Nam and O.S. Kwon(2010) Community Analysis based on functional Feeding Groups of Benthic Macroinvertebrate in Wangpi-cheon. Korean J. Environ Ecol. 24(5): 556-565. (in Korean with English abstract)
- Pielou, E.C.(1966) Shannon's Formula as a Measure of Diversity. The American Naturalist. 100: 463-465.
- Shannon, C.E. and W. Weaver(1963) The Mathematical Theory of Communication. Illinois Univ. Press, Urbana, USA, 117pp.
- Song, H.B. and H.M. Baek(2001) The Freshwater Fishes of Bongwha, Uljin and Tonggo Mountain. The Second National Environment Investigation of Freshwater Fish. pp. 309-352. (in Korean)
- Song, H.B., M.S. Byeon, D.W. Kang, C.Y. Jang, J.S. Moon and H.K. Park(2012) Population Structure of Bulegill, *Lepomis macrochirus* in Lakes of the Han River System, Korea. Korean J. Ichthyol. 17(2): 123-130. (in Korean with English abstract)
- Uljin-gun(2001) A Comprehensive Research Report on the Aquatic Ecosystem of Wangpycheon. 61pp. (in Korean)
- Zhang, M.M., C.W. Oh, W.O. Lee and J.H. Na(2013) Population Biology of the Largemouth Bass, *Micropterus salmoides* from Goe-san lake, Korea. J. Environ Biol. 34: 747-754.