

Research Paper

어류군집에 따른 마장천(춘천)의 특이성

이한규* · 이광열** · 장창원*** · 이재용**** · 천재룡**** · 최재석**

강원대학교 산림환경시스템학과*, 강원대학교 환경연구소**, 한국수환경관리연구소***, (주)자연과사람****

Specificity of Majangcheon (Chuncheon) Based on Fish Community

Hankyu Lee* · Kwangyeol Lee** · Changwon Jang*** ·
Jaeyong Lee**** · Jaeryong Cheon**** · Jaeseok Choi**

Dept. of Forest Environment System, Kangwon National Univ.*
Institute of Environmental Research, Kangwon National Univ.**
Korea Aquatic Environment Management Research Institute***
Environmental Technological Institute, Nature and Human Co Ltd.****

요약: 춘천시 소재 농경지 소하천인 마장천이 가진 생물서식처로서의 특이성을 알아보하고자, 2016년 6월부터 2016년 9월까지 물리적 환경과 어류를 조사하였다. 마장천은 고도차가 3m인 완만한 하천으로, 유속은 $0.09\sim 0.48\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 의 범위를 보였고, 하상구조는 St. 3를 제외한 전 지점이 50% 이상 clay로 이루어져 있었다. 마장천에서 채집된 어류는 총 9과 22종 2,532개체였고, 이 중 납자루아과(Acheilognathinae)나 붕어(*Carassius auratus*) 등의 정수성 어종과, 피라미(*Zacco platypus*)나 대륙송사리(*Oryzias sinensis*) 등 부유성 어종이 주로 출현하였다. 마장천에 대한 어류서식처 특성을 조사한 결과 고도차가 3m인 완만한 하천이었고, 축척 1:25,000에서 1차 하천이었다. 마장천의 어류상 결과와 기 보고된 문헌들의 자료를 참고하여 대응분석을 수행한 결과, 마장천은 강원도 지역 하천보다 경기도 서해안 인근 하천에 가까운 경향을 나타내면서, 두 지역들과는 독립된 그룹으로 나타났다. 결과적으로 마장천은 어류군집이 독특하면서도 특이성이 있는 하천이었으며, 앞으로도 지속적인 연구가 필요하다고 판단된다.

주요어: 하천생태계, 농경지소하천, 평지형 하천, 하천차수, 대응분석

Abstract: Majangcheon is a small agricultural stream which is located in Chuncheon-si, Gangwon-do. To understand ecological characteristics of Majangcheon as biological habitats, we surveyed its

First Author: Hankyu Lee, Dept. of Forest Environment System, Kangwon National Univ., Chuncheon 24341, Korea, Tel: +82-33-250-7408, E-mail: hkleemajor@gmail.com, ORCID: 0000-0002-6619-6160

Corresponding Author: Jaeseok Choi, Fish Research Center attached to Environmental Research Institute, Kangwon National Univ., Chuncheon 24341, Korea, Tel: +82-33-250-7408, E-mail: gobiobotia@kangwon.ac.kr, ORCID: 0000-0001-6204-981x

Co-Authors: Kwangyeol Lee, Fish Research Center attached to Environmental Research Institute, Kangwon National Univ., Chuncheon 24341, Korea, E-mail: lkymosi@hanmail.net, ORCID: 0000-0002-1571-0860

Changwon Jang, Korea Aquatic environment Management Research Institute, Chuncheon 24424, Korea, E-mail: jcw0110@naver.com, ORCID: 0000-0001-9846-5196

Jaeyong Lee, Environmental Technological Institute, Nature and Human Co Ltd., Wonju 26424, Korea, E-mail: akurasekai@naver.com, ORCID: 0000-0003-0459-6617

Jaeryong Cheon, Environmental Technological Institute, Nature and Human Co Ltd., Wonju 26424, Korea, E-mail: ecoprise@daum.net, ORCID: 0000-0002-8134-0779

Received: 24 December, 2018. Revised: 28 January, 2019. Accepted: 31 January, 2019.

physical environment and fishes from June 2016 to September 2016. The altitudinal difference between lowest and highest point of the stream was 3 meters and the first-order stream under a map drawn on a scale of 1:25,000. The flow rate of stream was slow in overall with 0.09-0.48 m·s⁻¹. More than 50% of clay were found in all points except for the point St. 3 in the riverbed structure surveyed. A total of 2,532 individuals of 22 species in nine families were collected from Majangcheon. Of them, stillwater-living species (*Acheilognathinae* and *Carassius auratus*) and floating species (*Zacco platypus* and *Oryzias sinensis*) were mainly collected. In Majangcheon, thus, both of stillwater-living and floating fishes were specifically coexisted. The correspondence analysis, based on fishes collected from Majangcheon and past research, showed that Majangcheon is closer to the flat streams in Gyeonggi-do rather than the mountainous streams in Gangwon-do but it appeared as an independent group from those of two regions. As a result, Majangcheon is a stream with specificity of fish community.

Keywords : River ecosystem, Agricultural stream, Flat stream, Stream order, Correspondence analysis

I. 서론

생물에 의해 나타나는 군집의 특성은 생물간 상호작용뿐만 아니라, 그들이 서식하는 물리적 구조에 의해서도 다양하게 나타난다. 하천생태계의 군집특성은 생물에 의해 조성되는 물리적 구조보다, 유속이나 하상구조 등의 무생물적인 물리적 구조에 의해 더 많은 영향을 받는다(Smith & Smith 2011). 한편 우리나라의 하천은 이·치수 목적으로 만들어진 보와 댐, 인공저수지, 관개수로 등에 의해 자연 하천의 물리적 구조가 훼손되고 있고, 이에 따라 하천의 생물 서식처가 변형·변질되어 하천생태계가 교란되고 있는 실정이다(Kim et al. 2002, Kim 2010).

일반적으로 하천생태계에 관한 연구는 하천의 다양한 변화에 민감한 각종 지표생물들을 활용하여 진행되어 왔다(An & Lee 2006, Ministry of Environment 2008). 그 중 어류는 하천생태계 내에서 먹이사슬의 최상위에 위치하고 있는 생물이기 때문에 하천에서 서식하는 다른 생물들과 뚜렷한 영향을 주고받으며, 하천 내의 생물 다양성을 대표하기도 한다(Choi 2005). 따라서 하천의 어류 다양성과 개체군, 개체군 건강성, 군집의 안정성 등을 연구하는 것은 하천생태계의 현 상태를 파악하고, 지표생물을 통한 하천의 보전 및 보호 활동의 방향성을 설정하는데 도움을 준다.

강원도 춘천시 신사우동은 소양강에서 흘러들어온

물이 북한강과 만나 퇴적물이 쌓여 만들어진 충적평야지대이다. 신사우동의 평야는 예로부터 우두벌, 우두평야라고 불렸으며, 주변 일대는 주로 농경지로 이용되고 있다. 마장천은 우두평야를 가로지르는 소하천으로, 주변 농경지의 물 공급 및 농업용 배수로 역할을 하고 있다. 마장천에서 흐르는 물은 3월에서 9월 사이에는 평야 북쪽에 위치한 지내저수지와 평야 동쪽의 우두온수지에서 공급되고 있으며, 10월에서 이듬해 3월까지의 인근 비닐하우스 내 작물에 사용하는 용수목적으로 이용하는 지하수가 공급되어 연중 하천유지유량이 안정적으로 유지되고 있다. 우두온수지는 우두평야의 농경지에 관개하기 위해 만든 수온 상승용 온수지로(Yeon & Choi 1979), 소양댐의 중층에서부터 공급되는 저온수를 덥혀, 관개수로를 통해 농경지에 물을 공급하는 기능을 한다. 농경지로 공급된 물은 이후 마장천으로 유입되며, 최종적으로는 의암호를 향해 흘러나간다. 마장천은 북한강수계 지류하천으로 분류되며, 북한강과 소양강의 합류지점으로 유입되고 춘천시 도심과도 인접해있다.

과거 강원도의 하천을 대상으로 한 어류상과 어류군집 연구는 횡성 섬강 상류의 어류상(Song et al. 1995), 홍천강의 어류상 및 어류군집(Choi & Kim 2004), 오대산 국립공원의 어류상과 어류군집(Choi & Choi 2005), 평창강의 어류상과 군집구조(Kim et al. 2010) 등이 있으며, 도심하천을 대상으로 한 연구는 원주천의 어류군집 분석(Choi et al. 2005), 도심

하천 생태계에서의 수질 및 생태건강성 평가(Kim et al. 2008), 공지천의 환경요인에 따른 어류군집 분류(Jang 2012), 피라미 개체군의 Length-weight relationship 및 condition factor (K)를 이용한 공지천수계의 생태적 진단(Lee et al. 2014)등이 있다. 하지만 본 하천과 같이 온수지 유출수이면서 농경지 소하천을 대상으로 한 연구는 매우 특이한 경우로서 그 의미가 있다고 본다. 따라서 본 연구에서는 마장천의 물리적 환경과 어류상을 조사하여, 생물서식처로서 마장천이 가진 독특한 특이성을 파악하고자 하였다.

II. 연구방법

1. 조사기간 및 조사지점 개황

마장천에 대한 물리적 환경 조사와 어류상 조사는 2016년 6월부터 2016년 9월까지 총 3회 수행하였고, 마장천 내의 각 지점 특성을 고려하여 상류 뚝벙습지 1개 지점과 마장천 본류 3개 지점을 선정하여 조사하였다(Table 1). 마장천은 과거, 평야 일대의 농경지를 따라 형성된 도랑형 소하천의 형태였다(Figure 1, National Geographic Institute 1973). 하지만 농어촌공사가 1980년대 전후 농지정비사업을 진행한 이

Table 1. The address and GPS coordinates, Majangcheon

Site	Address (GPS coordinates)
St. 1	1308-5, Sin-dong, Chuncheon-si, Gangwon-do, Republic of Korea (37°55'52.4"N, 127°43'45.9"E)
St. 2	1416, Sin-dong, Chuncheon-si, Gangwon-do, Republic of Korea (37°55'40.3"N, 127°43'42.8"E)
St. 3	143-3, Sanong-dong, Chuncheon-si, Gangwon-do, Republic of Korea (37°54'45.6"N, 127°43'38.9"E)
St. 4	99-44, Sanong-dong, Chuncheon-si, Gangwon-do, Republic of Korea (37°54'19.9"N, 127°43'38.0"E)

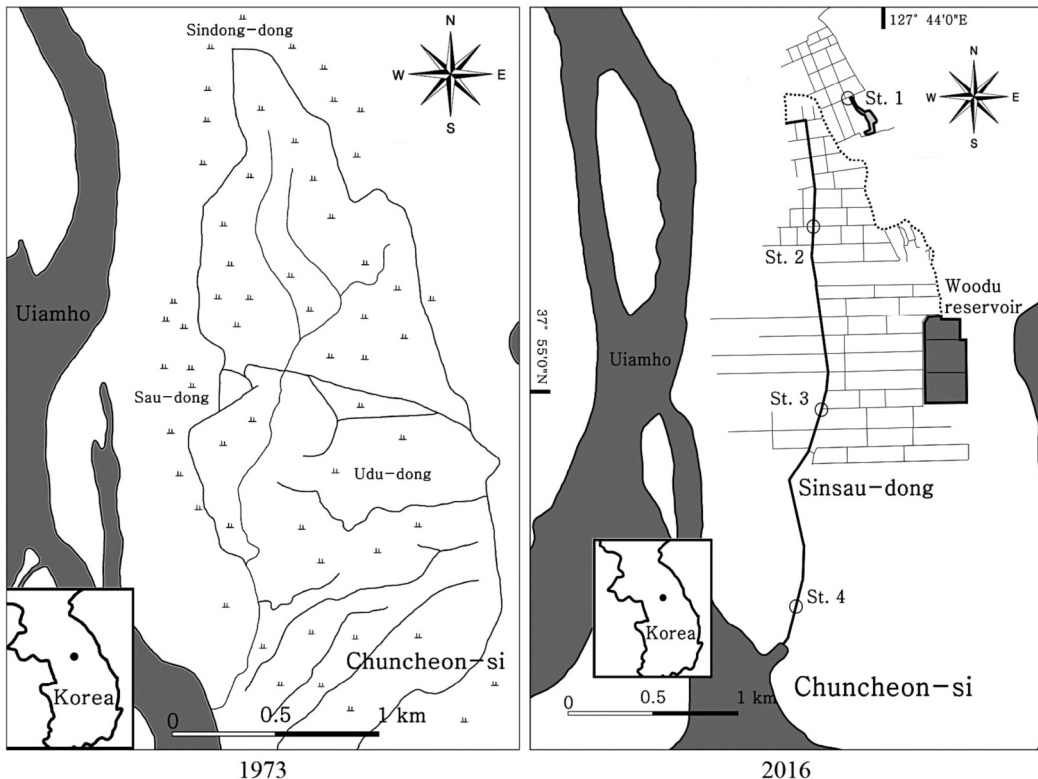


Figure 1. The comparison of map with past and present, Majangcheon (National Geographic Institute, 1973).

후 직선에 가까운 농수로의 형태가 되었다. 마장천의 과거와 현재 지도를 서로 비교하여 볼 때, 자연하천 형태에 가까웠던 마장천의 지류는 사라지고, 농수로로 쓰이던 줄기의 일부만 남아 농경지에 물을 공급하고 있는 것으로 보인다.

지점별 개황은 다음과 같다. 마장천 St. 1은 갈대 등 수변식물이 무성하게 분포하고 있는 습지 지역으로, 습지를 통하는 유입부와 부근 농수로를 조사하였다. St. 1의 농수로는 규모가 작고 수심이 얕으며, 수초가 없고 빨이 얇게 깔려있다. St. 2는 직벽으로 이루어진 수로이며, 수초가 가장자리에 드문드문 분포하고 유속도 빠르지 않았다. St. 2의 바닥 구조는 주로 빨과 모래로 구성되어 있다. St. 3은 St. 2와 지점의 특성이 비슷하였으나, 모든 지점을 통틀어 유속이 가장 빠르고 유량 또한 많았다. 바닥은 빨보다 모래의 빈도가 좀 더 많았다. 또한 St. 2와 St. 3은 주변 지류 구거를 통해 지속적으로 물이 유입되는 것이 확인되었다. St. 4는 수초와 갈대가 고루 분포하고 있고, 주민 거주지와 인접하고 있으며 하류부가 의암호와 연결해있다. St. 4의 하상은 대부분 모래와 빨로 이루어져 있고 호박돌 규모의 돌이 소량 존재하고 있었다.

2. 조사방법

마장천의 유량 및 유속 측정은 수문관측매뉴얼 (Ministry of Land, Infrastructure and Transport 2004)에 의거, 유속계(2100-TDX, swoffer)를 이용해 지점별로 측정하였고, 도선법을 이용해 유량을 산출하였다. 전기전도도(Conductivity), pH, 수온(Temperature)은 포터블 수질측정기(YSI-556 Multiprobe)를 이용해 지점별로 측정하였다. 어류상 조사는 제 4차 전국자연환경조사 지침(National Institute of Environmental Research 2012)에 의거, 족대(5×5 mm) 40분, 투망(10×10 mm) 14회를 기준으로 정량 채집 하였다. 채집한 어류는 현장에서 분류·동정 및 계측한 뒤 놓아주었고, 현장계측이 어려운 경우 10% formalin용액에 고정하여 실험실로 운반한 뒤 측정하였다. 어류의 동정과 생태적 분포 구분을 위해 현재까지 국내에 발표된 도감(Kim & Kang 1993, Kim 1997, Kim & Park 2002)을 이용

하였고, 분류체계는 Nelson (Nelson 2006)의 방법을 따랐다.

3. 마장천의 특이성 분석

마장천에 대한 분석결과를 바탕으로, 마장천의 특이성을 알아보기 위하여 지금까지 보고된 문헌 자료를 참고해 각각의 하천차수를 구하고 어류상을 비교하고, 이를 근거로 대응분석을 수행하였다. 먼저, 비교대상은 다음과 같은 기준으로 정하였다. 첫째로 춘천시내에 위치한 도심하천인 신춘천, 후하천, 퇴계천, 공지천(Jang 2012), 둘째로 경기도 서해안 인근에 존재하는 농업용 저수지의 유입하천인 동방저수지 유입수 2곳, 덕우저수지 유입수, 황구지천(Choi et al. 2006)등 총 8개의 하천을 선정하였다. 하천차수는 Allan (Allan 1995)의 방법을 이용하여 축척 1:25,000을 기준으로 결정하였고, 고도차는 인터넷 다음지도(Daum 2017)와 Google Earth (Google 2017)를 이용하여 구하였다. 대응분석은 'R console (version 3.4.3)' 상의 'FactoMineR' package (Francois et al. 2018)를 이용하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 마장천의 물리적 환경

마장천의 물리적 환경을 조사한 결과는 다음과 같다(Table 2). 마장천 St. 1은 둑땀 습지로, 물 흐름이 없는 정체수역이기 때문에 유량과 유속을 측정할 수 없었다. St. 2의 경우 3차조사 시점인 9월 말에는 하천바닥의 건천현상이 일어나 물리적 환경 조사를 수행할 수 없었다. 유속분석 결과, 마장천 전 구간이 $0.5\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 이하로 측정되었다. 이는 작은 자갈이나 모래가 침적되고 유기물 등이 퇴적되는 등 유속이 느린 환경이라는 것을 보여주며, 유수성 어종보다는 정수성 어종이 생활하기 적합한 곳이라 할 수 있다. 유량 분석 결과, 하류로 내려갈수록 유량이 증가하는 일반적인 하천의 특성을 보였다. 수온의 경우 전 지점 모두 계절별 차이를 보이는 것으로 나타났다. pH는 6.6~7.4의 범위를 보였고, 전기전도도는 $112\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ~ $301\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ 의 범위로 지점별 차이가 크지 않았다.

Table 2. Ranges of physical parameters in Majangcheon

Site	Stream width (m)	Water depth (cm)	Flow velocity (m·s ⁻¹)	Flux (CMS)	Temp. (°C)	pH	Cond. (μS·cm ⁻¹)	Streambed structure* (SC:S:G:P:C)
St. 1	1~2	10~15	—	—	18.9~28.6	6.6~7.1	237~250	7:2:1:0:0
St. 2	2~3	25~30	0.11~0.30	0.035~0.037	20.1~28.5	7.4~7.4	128~230	5:3:1.5:0.5:0
St. 3	2~5	30~40	0.20~0.48	0.023~0.831	18.6~25.3	7.3~7.4	112~301	0:6:3:1:0
St. 4	4~8	45~50	0.09~0.46	0.044~0.773	17.2~24.1	6.9~7.2	115~265	5:3:1:0.5:0.5

*C: Cobble(256~64 mm), P: Pebble(64~16 mm), G: Gravel(16~2 mm), S: Sand(2~0.06 mm), SC: Silt, Clay(0.06mm or less) (NIER, 2012; modified by Cummins, 1962).

하상구조를 토대로 어류 서식처 유무를 판단해볼 때, St. 1과 St. 2는 빨이 차지하는 비율이 가장 높아 농경지나 빨에 서식하는 어종의 서식처로 이용될 것으로 보인다. St. 3의 경우 모래와 잔자갈이 주를 이루며 수초가 많이 분포하여, 부유성 어종들이 은신처로 이용할 것으로 판단된다. St. 4는 마장천의 하구 지역으로, 수심이 깊어지고 의암호와 직접적으로 연결되는 지점이다. 따라서 St. 4의 어류상은 의암호에 직접적인 영향을 받을 것으로 보인다.

2. 어류군집을 통한 마장천 특성

마장천의 어류조사 결과 총 9과 22종 2,532개체가 출현하였으며(Table 3), 이 중 천연기념물 및 법정보호종은 출현하지 않았다. 한국 고유종의 출현률은 27.3%였고, 줄납자루(*Acheilognathus yamatsutae*), 각시붕어(*Rhodeus uyekii*), 긴물개(*Squalidus gracilis majimae*), 미유기(*Silurus microdorsalis*), 눈동자개(*Pseudobagrus koreanus*), 얼룩동사리(*Odontobutis interrupta*) 등 6종이 출현하였다. 북한강 상류하천(하천차수 1~4차)의 고유종 출현 비율은 40%~55.6%로 알려져 있지만(Chung & shim 1997, Nam 1997a, Nam 1997b, Choi & Kim 2004, Choi & Choi 2005), 마장천의 고유종 출현 비율은 그보다 낮아 일반적인 북한강수계 하천과는 다르게 나타났다. 외래도입종은 떡붕어(*Carassius cuvieri*), 블루길(*Lepomis macrochirus*), 배스(*Micropterus salmoides*) 등 3종(13.6%)이 출현하였다. 이 중 배스와 블루길은 환경부고시 2017-265호(Ministry of Environment, 2018)에 의해 생태계 교란종으로 지정되어 있다. 마

장천과 이어져 있는 의암호에서 위와 같은 외래도입종이 다수 서식하기 때문에(Choi 2005), 마장천 내 외래도입종의 출현은 의암호에 직·간접적인 영향을 받았을 것으로 생각된다.

채집된 어류의 과(Family)별 종수(Table 3)는 잉어과(Cyprinidae)가 11종으로 전체 채집된 어종의 50%를 차지하였다. 그 외에 미꾸리과(Cobitidae)와 동자개과(Bagridae), 검정우럭과(Centrachidae)가 각 2종, 종개과(Balitoridae), 메기과(Siluridae), 송사리과(Adrianichthyoidae), 동사리과(Odontobutidae), 망둑어과(Gobiidae)가 각각 1종씩 출현하였다. 지점별 어종 출현 현황을 살펴보면, St. 1에서 5과 9종 846개체, St. 2에서 6과 15종 880개체, St. 3에서 6과 17종 599개체, St. 4에서 6과 12종 207개체가 출현하였다. St. 1은 소형 농수로이면서 습지 유입부인데도 불구하고 출현 종수가 비교적 많은데, 이는 마장천 인근 농경지 및 농수로의 상태가 양호하다는 것을 의미한다. 실제로 농수로에 콘크리트 구조물이 거의 없었으며, 농민들의 증언에 의하면 농약을 사용하지 않는 유기농법으로 벼를 재배한다고 하였다. 이러한 요소들이 St. 1의 생물서식처를 다양하게 만든 것이라 생각된다. 한편 St. 4의 경우 출현 종수에 비해 개체수가 적게 나타났는데, 이는 인근 거주·상업 구역에서 콘크리트나 일반쓰레기 등 각종 폐기물이 버려지는 등 서식처 교란이 이루어져 어류 서식처가 단순화된 것이 원인으로 작용한 것이라 판단된다.

채집된 어류의 지점별 상대풍부도(Figure 2; Table 3)를 본 결과는 다음과 같다. St. 1의 상대풍부도는 붕어(*Carassius aratus*)가 68.09%로 가장

Table 3. A list and individual number of collected fishes in Majangcheon

Species	Sites				Total	R.A*	Remarks**
	1	2	3	4			
Cyprinidae							
<i>Acheilognathus lanceolata</i>		38	7	50	95	3.75	
<i>Acheilognathus yamatsutae</i>			14		14	0.55	E
<i>Carassius auratus</i>	576	66	2		644	25.43	
<i>Carassius cuvieri</i>	88	80	2	21	191	7.54	EX
<i>Cyprinus carpio</i>	3		4	13	20	0.79	
<i>Pseudogobio esocinus</i>		12	35	3	50	1.98	
<i>Pseudorasbora parva</i>	43	90	8		141	5.57	
<i>Rhodeus ocellatus</i>		70	4		74	2.92	
<i>Rhodeus uyekii</i>		146	126	2	274	10.82	E
<i>Squalidus gracilis majimae</i>		132	23		155	6.12	E
<i>Zacco platypus</i>		62	340	76	478	18.88	
Cobitidae							
<i>Misgurnus anguillicaudatus</i>	48	6	4		58	2.29	
<i>Misgurnus mizolepis</i>	61	6	1	4	72	2.84	
Balitoridae							
<i>Lefua costata</i>	3				3	0.12	
Siluridae							
<i>Silurus microdorsalis</i>			1		1	0.04	E
Bagridae							
<i>Pseudobagrus fulvidraco</i>		2		3	5	0.2	
<i>Pseudobagrus koreanus</i>				2	2	0.08	E
Adrianichthyidae							
<i>Oryzias sinensis</i>		124	2		126	4.98	
Centrarchidae							
<i>Lepomis macrochirus</i>	8	26			34	1.34	EX
<i>Micropterus salmoides</i>			11	15	26	1.03	EX
Odontobutidae							
<i>Odontobutis interrupta</i>		20	15	11	46	1.82	E
Gobiidae							
<i>Rhinogobius brunneus</i>	16			7	23	0.91	
No. of family	5	6	6	6	9		
No. of species	9	15	17	12	22		
No. of individuals	846	880	599	207	2,532		

*R.A.: Relative abundance **E: Korean endemic species, EX: Exotic species

높았고, 떡붕어 10.40%, 미꾸라지(*Misgurnus mizolepis*) 7.21%의 순서로, 호수나 저수지(Choi et al, 2004, Choi et al, 2006), 습지(Han et al, 2014), 뚝방(Kim 2012)에 주로 서식하는 정수성 어종들이 출현하였음을 보였다. St. 2의 상대풍부도는 각시붕어가 16.59%, 긴몰개 15.00%, 대륙송사리(*Oryzias sinensis*) 14.09%, 참붕어(*Pseudorasbora parva*) 10.23% 등의 순서로 나타났다. 이는 St. 2의 수로 가장자리에 수초와 수변식물이 존재하기 때문에, 이러한 곳에 숨어 살기 유리한 종들이 정착을 한 것으로 보인다. St. 3의 상대풍부도는 피라미(*Zacco platypus*)

가 56.76%로 우점하고 있었고, 각시붕어 21.04%, 모래무지(*Pseudogobio esocinus*) 5.84%의 순서로 나타났다. St. 4의 상대풍부도는 피라미가 36.71%, 납자루(*Acheilognathus lanceolata*) 24.15%, 붕어 10.14%의 순서로 나타났다. St. 3과 St. 4에서 피라미가 우점하고, 납자루아과가 아우점하는 것은 마장천의 상층부와 하층부의 서식환경이 다르다는 것을 나타낸다. St. 3과 St. 4는 유속이 다른 지점에 비해 빨라지는 지역이지만, 하층부는 수초와 수변식물이 자라있어 유속이 감소하였다(Yoon et al, 2004). 따라서 수초 사이에는 납자루아과 같이 유속이 느린 곳

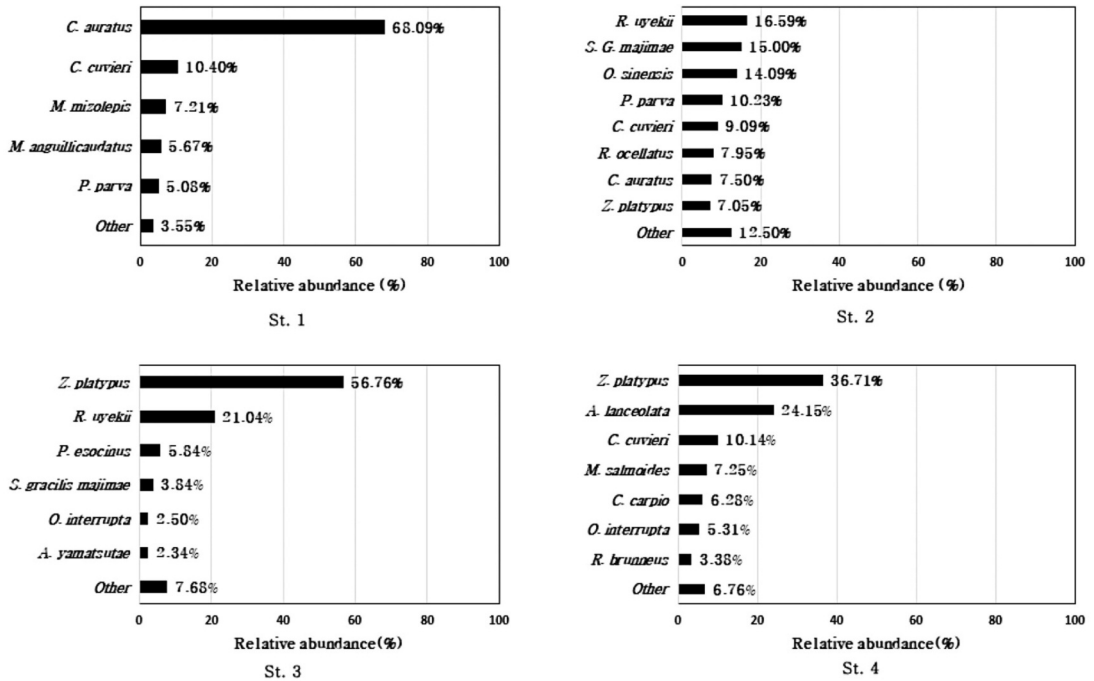


Figure 2. The relative abundance of fish collected in each sites of Majangcheon.

에서 사는 어종이 서식하고, 수초 위 상층부에는 피라미 등 부유성이면서 유속이 빠른 곳에 사는 어종이 서식하는 것으로 보인다. 또한 마장천 전체에서 납자루아과와 공생관계에 있는 이매패류인 말조개 (*Unio donglasiae*)와 작은말조개(*Unio donglasiae sinuolatus*) (Song & Kwon 1989, Kwon 1991, Song & Kwon 1995)가 서식하고 있음을 육안으로 확인하였다. 이와 같이 납자루아과와 이매패류가 동시에 서식하고 있는 것은 마장천의 유속이 빠르지 않아 이들의 서식처로 적합하다는 것을 의미한다. 위

결과를 종합하면 마장천은 유속이 빠른 강원도 계류형 하천의 특징(Chung & Shim 1997, Choi & Kim 2004, Choi & Choi 2005)보다, 유속이 빠르지 않은 평지형 하천의 특징과 유사하다는 것을 보여준다 (Choi et al. 2006, Han et al. 2014).

3. 마장천의 특이성 분석

마장천과 지금까지 보고된 문헌 자료(Choi et al. 2006, Jang 2012)를 통해 각 하천의 고도차와 하천 차수를 구하였다(Table 4). 하천의 고도차가 가장 큰

Table 4. Altitude difference and stream order of each site

Stream	Upper altitude (m)	Lower altitude (m)	Altitude difference (m)	Stream order
Majang	81	78	3	1
Dongbang1	17	10	7	1
Dongbang2	11	9	2	1
Hwangguji	49	45	4	2
Deokwoo	60	43	17	2
Sinchon	263	94	169	2
Huha	130	90	40	2
Toegye	123	89	34	2
Gongji	263	79	184	4

하천은 공지천으로 184m였고, 가장 적은 하천은 동방저수지 유입수 2번 지점으로 2m였다. 단 동방저수지 유입수 2번 지점은 저수지 유입부를 제외한 대부분이 복개되어 고도와 위치를 알기 어렵기 때문에, 실제 고도차는 2m 이상일 것으로 보인다. 한편 마장천의 하천 고도차는 3m로 춘천시내에 존재하는 다른 지류하천들과 비교하여 고도차가 현저하게 낮았고, 경기도 서해안 인근에 위치한 평지형 하천들의 고도차와 유사함을 보여 경사가 매우 완만한 평지형 하천임을 알 수 있었다. 하천차수는 축척 1:25,000 기준으로 마장천과 속사천, 계방천, 동방저수지 유입수 1, 2번이 각각 1차 하천, 황구지천, 덕우저수지 유입수, 신촌천, 후하천, 퇴계천이 각각 2차 하천, 공지천이

4차 하천이었다.

한편 각 하천의 어류상 자료를 참고하여 어류 출현 종수를 비교하였다(Figure 3). 마장천을 제외한 1차 하천에서 출현한 어류 종수는 최소 7종, 최대 8종으로 10종이 채 넘지 않았고, 2차 하천 또한 9종에서 15종 사이의 출현 정도를 보였다. 하지만 마장천은 1차 하천임에도 불구하고 22종의 어류가 출현하였다. 이는 4차 하천인 공지천 본류의 출현 종수(25종)와 비슷한 수준이었다.

각 지역에서 출현한 종수를 근거로 대응분석을 수행하였다. 제 1차원이 전체 분산의 28.22%를 설명하고, 제 2차원이 전체 분산의 24.70%를 설명하여, 총 분산의 52.92%를 설명하고 있었다(Table 5). 이

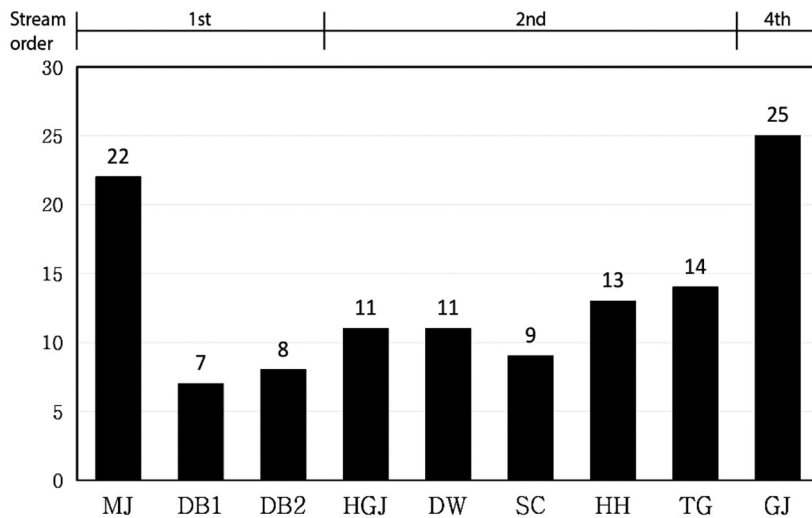


Figure 3. Compared species with Majangcheon and Chuncheon, Gyeonggi, and Gangwon streams based on each stream order. MJ: Majang, DB: Dongbang, HGJ: Hwangguji, DW: Deokwoo, SC: Shinchon, HH: Huha, Tg: Toegye, GJ: Gongji

Table 5. Eigenvalues and % of variance and cumulative Percentage for correspondence analysis (CA)

Dimension	Eigenvalue	% of Variance	Cumulative % of var.
Dim1	0.38230	28.22503	28.22503
Dim2	0.33454	24.69877	52.92380
Dim3	0.21419	15.81346	68.73725
Dim4	0.16600	12.25552	80.99278
Dim5	0.12583	9.29007	90.28285
Dim6	0.05836	4.30833	94.59118
Dim7	0.04427	3.26878	97.85995
Dim8	0.02899	2.14005	100.00000

를 바탕으로 2D graph를 그린 결과는 다음과 같았다(Figure 4).

출현 어종의 분포를 볼 때, 네 개의 사분면 중 1사분면에는 정수성 어종이면서 내성이 강한 어종이 출현하였고, 2사분면과 3사분면에는 여울성 어종이면서 내성종과 중간종, 민감종이 고루 분포하였다. 4사분면에는 정수성 어종이면서 내성종과 중간종이 함께 분포하였다(National Institute of Environmental Research 2017).

비교하천의 분포를 보면, 경기도 평지형 1차 하천은 1사분면에 밀집되어 있었고, 강원도 도심형 하천

은 2사분면 전체와 3사분면 일부에 위치하였다. 마장천은 4사분면 하단부에 위치하였다.

종합적으로, 경기도 평지형 1차 하천에서는 정수성 어종이면서 내성이 강한 어종(잉어, 참붕어, 버들붕어 등)이 출현하였고, 강원도 도심형 하천에서는 주로 하천 중류에 서식하는 어종(돌고기, 버들치, 참마자 등)이 출현하였다. 마장천에는 정수성 어종이면서 내성이 비교적 강하지 않은 어종(동자개, 메기, 납자루 등)과 하천성 어종(눈동자개, 얼룩동사리 등), 그리고 습지나 둠벙에 서식하는 어종(미꾸리, 쌀미꾸리 등)이 출현하여 다른 하천들과는 다른 경향을 보

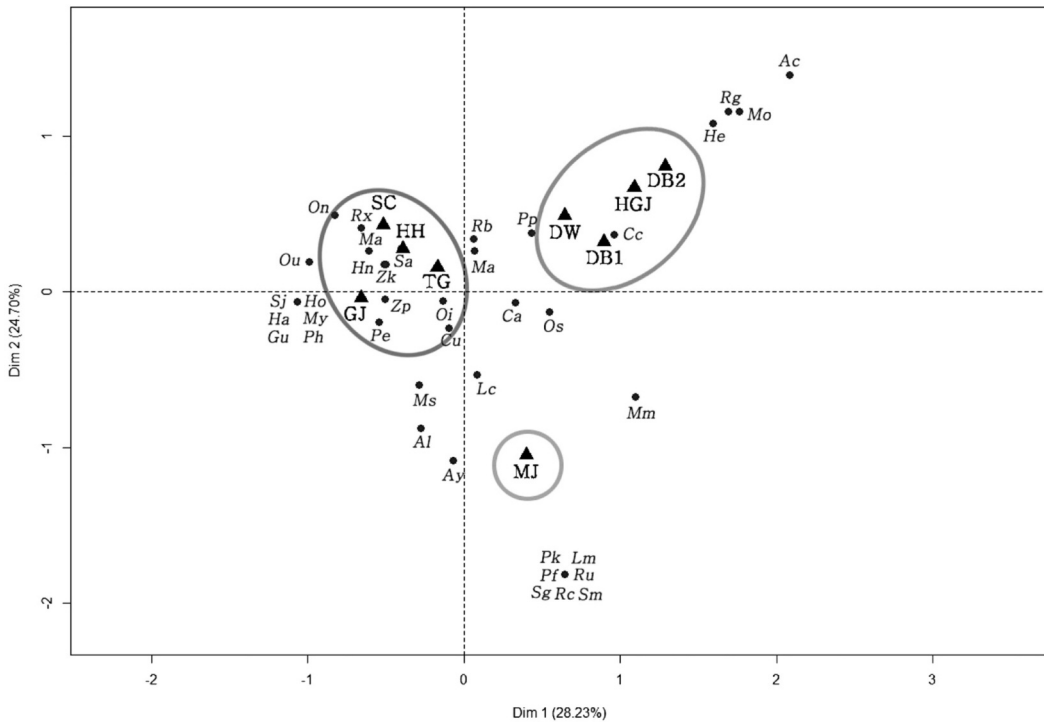


Figure 4. 2D graph based on correspondence analysis (CA) between Majangcheon and another region. MJ: Majang, DB: Dongbang, HGJ: Hwangguji, DW: Deokwoo, SC: Shinchon, HH: Huha, Tg: Toegy, GJ: Gongji, Ac: *Aphyocypris chinensis*, Al: *Acheilognathus lanceolata*, Ay: *Acheilognathus yamatsutae*, Ca: *Carassius auratus*, Cc: *Cyprinus carpio*, Cu: *Carassius cuvieri*, Gu: *Gymnogobius urotaenia*, Ha: *Hemibarbus labeo*, He: *Hemiculter leucisculus*, Ho: *Hemibarbus longirostris*, Hn: *Hypomesus nipponensis*, Ik: *Iksookimia koreensis*, Lc: *Lefua costata*, Lm: *Lepomis macrochirus*, Ma: *Misgurnus anguillicaudatus*, Mm: *Misgurnus mizolepis*, Mo: *Macropodus ocellatus*, Ms: *Micropterus salmoides*, My: *Microphysogobio yaluensis*, Oi: *Odontobutis interrupta*, On: *Orthrias nudus*, Os: *Oryzias sinensis*, Ou: *Opsariichthys uncirostris amurensis*, Pe: *Pseudogobio esocinus*, Pf: *Pseudobagrus fulvidraco*, Ph: *Pungtungia herzi*, Pk: *Pseudobagrus koreanus*, Pp: *Pseudorasbora parva* Rb: *Rhinogobius brunneus*, Rg: *Rhinogobius giurinus*, Rc: *Rhodeus ocellatus*, Rx: *Rhynchocypris oxycephalus*, Ru: *Rhodeus uyekii*, Sa: *Silurus asotus*, Sg: *Squalidus gracilis majimae*, Sj: *Squalidus japonicus coreanus*, Sm: *Silurus microdorsalis*, Zk: *Zacco koreanus*, Zp: *Zacco platypus*.

였다(National Institute of Environmental Research 2017).

어종의 분포와 비교하천의 분포를 연관 지어 서로 간의 거리를 분석해보면, 마장천은 경기도 평지형 1차 하천의 어류군집과 강원도 도심형 1차 하천 어류군집 사이에 위치하면서, 다소 먼 거리에 떨어져 있음을 보였다. 따라서 마장천에서 분포하는 어류군집의 특징은 강원도 도심형 하천의 어류군집과 경기도 평지형 하천의 어류군집의 특징과는 다소 차이가 있는 것으로 판단되며, 마장천은 강원도 도심, 경기도 평지 하천 중 그 어느 곳에도 속하지 않는 독립적인 특이성을 갖는다고 할 수 있다.

강원도의 1차 하천은 먹이원과 하천유지유량이 부족하여 어류가 서식하기 쉽지 않고, 서식한다 할지라도 종수가 매우 적은 것으로 알려져 있다(Chae 2010, Lee et al. 2018). 하지만 마장천은 강원도 지역 1차 하천이지만 22종이 출현하였고, 이는 매우 특이한 현상이라 할 수 있다. 이렇듯 마장천에서 많은 종이 출현한 이유는 다음과 같다. 마장천은 농경지 소하천임과 동시에 농배수로의 역할을 하기 때문에, 농업용수 공급이 농번기 내내 지속적으로 이루어진다. 이로 인해 하천의 유지유량이 풍부하게 유지되어, 어류가 살기에 충분한 유량을 제공하게 되는 것이다. 또한 마장천에 직접적인 영향을 주는 우두온수지와 마장천에 풍부하게 자란 수초 등 수변식생에 의해 일정한 수준의 수온이 유지되며, 이는 어류가 안정적이게 서식하는 데 큰 역할을 하는 것으로 보인다. 이러한 여러 요인들이 마장천의 특이성을 이루는 핵심적인 요소로 작용하는 것이라 생각된다.

마장천은 강원도 내에 존재하는 평지형 하천이라는 특성상 그 가치가 매우 희귀하다고 할 수 있다. 뿐만 아니라 강원도에 속한 하천이면서도 경기도 평지형 하천의 어류군집 특성을 함께 가져 독특한 특이성을 보이기 때문에 생태학적인 연구 가치가 충분하다고 생각된다. 따라서 향후 마장천에 대한 지속적인 연구가 필요하며, 마장천과 같은 농경지 소하천을 보존하기 위하여 농경지 소하천 인근의 농법을 유기농으로 전환해야 할 필요성이 있다고 판단된다. 또한 마장천이 가진 고유의 특성을 보존하면서, 하천생태

계가 더 건강해질 수 있도록 환경의 개선 및 하천 관리방안이 마련되어야 할 것이다.

References

- Allan JD. 1995. Stream ecology: Structure and function of running waters. Chapman & Hall, New York. p. 388.
- An KG, Lee EH. 2006. Ecological Health Assessments of Yoogu Stream Using a Fish Community Metric Model. Korean Journal of Limnology. 39(3): 320-330. [Korean Literature]
- Choi JK, Shin HS, Choi JS. 2005. Fish Community Analysis in the Wonji-stream. Korean Journal of Environmental Ecology. 19(1): 46-54. [Korean Literature]
- Choi JS. 2005. Ichthyofauna and Fish Community Structure in Chuncheon Reservoir. Korean Journal of Environmental Biology, 23(2): 173-183. [Korean Literature]
- Choi JS. 2005. Study of the Fish Community of Lake Uiam. Korean Journal of Ichthyol. 17(1): 73-83. [Korean Literature]
- Choi JS, Choi JK. 2005. Fish Fauna and Disturbance in Odaesan National Park, Korea. Korean Journal of Environmental Ecology. 19(2): 177-187. [Korean Literature]
- Choi JS, Kim JK. 2004. Ichthyofauna and Fish Community in Hongcheon river, Korea. Korean Journal of Environmental Biology. 18(3): 446-455. [Korean Literature]
- Choi JS, Kim JK, Jang YS, Lee KY, Ryu HR, Jeong JY, Kim BC. 2006. Characteristics of Fish community on Six Lakes Located in Gyeonggi. Korean Journal of Limnology. 39(2): 178-186. [Korean Literature]
- Chung KH, Shim JH. 1997. A study on the Fish Community, the Habitat and the Species

- Diversity of the Hongcheon Soksacheon and the Gyeongcheon in Kangwondo. Korean Journal of Environmental Ecology. 11: 100-110. [Korean Literature]
- Cummins KW. 1962. An Evaluation of some techniques for the collection and analysis of benthic samples with special emphasis on lotic water. American Midland Naturalist. 67, 477-504.
- Francois H, Julie J, Sebastien L, Jeremy M. 2018. Package 'FactoMineR', Multivariate Exploratory Data Analysis and Data Mining. (<http://factominer.free.fr/>)
- Froese R. 2006. Cube law, condition factor and weight-length relationships, history, meta analysis and recommendations. Journal of Applied Ichthyology. 22:241-253.
- Han SJ, Lee KY, Yoon YJ, Choi JY, Kim JC Choi JS. 2014. The Characteristics of the Fish Community in Yeongwol Hanbando Wetland. Korean Journal of Environment Ecology. 28(4): 424-431. [Korean Literature]
- Jang HR. 2012. Classification of the Fish Communities and the Environmental Factors in Gonji Stream. Master dissertation, Kangwon Univ, Chuncheon. [Korean Literature]
- Kim DH, Kim SM. 2014. Analysis of Water Quality Spatial Characteristics for Depleted Downstream of Agricultural Reservoir. Journal of Agriculture & Life Science. 48(6): 387-398. [Korean Literature]
- Kim HM, Lee JH, Ahn KK. 2008. Water Quality and Ecosystem Health Assessments in Urban Stream Ecosystems. Korean Journal of Limnology. 26(4): 311-322. [Korean Literature]
- Kim IS, Choi Y, Lee CL, Lee YJ, Kim BJ, Kim JH. 2005. Illustrated book of Korean fishes. Kyohak Publishing Co., LTD. pp. 12-515. [Korean Literature]
- Kim IS, Park JY. 2002. Freshwater Fishes of Korea. Kyohak Press Co., Seoul. p. 460. [Korean Literature]
- Kim IS. 1982. A Taxonomic study of the Acheilognathine fishes (Cyprinidae) in Korea. Annual Report of Biological Research. 3: 1-18. [Korean Literature]
- Kim IS. 1997. Illustrated Encyclopedia of Fauna & Flora of Korean Vol. 37 Freshwater Fishes. Ministry of Education. pp. 133-520. [Korean Literature]
- Kim IS, Oh MK, Hosoya K. 2005. A New Species Of Cyprinid Fish, *Zacco koreanus* with Redescription of *Z. temminckii* (Cyprinidae) from Korea. Korean Journal of Ichthyol. 17(1): 1-7.
- Kim JO. 2012. A study on ecological characteristics of small irrigation pond (Dum-bung) in paddy field. Doctoral Thesis of Kangwon Univ. pp. 43-46. [Korean Literature]
- Kim KH. 2010. Analysis of Correlation on Physical Characteristics and Bed Materials in Natural Rivers. The Korea Society For Environmental Restoration And Revegetation Technology. 13(2): 95-104. [Korean Literature]
- Kim KH, Seo BS, Park CM, Beon MS, Park JM. 2002. Plant Community Structure in Middle and Lower Watershed of River Mankyung. Theses Collection of the Agricultural College, Chonbuk National University. 33: 78-87. [Korean Literature]
- Kim SH, Kim SW, Jang CY, Sabana A, Choi JG. 2010. Fish Community of the Pyeongchang River. Korean Society of Environment and Ecology Conference. 20(1): 163-167. [Korean Literature]
- Kwon OK. 1991. Coexistence story of fish and

- shellfish - Reasons why *Tanakia lanceolata* lays eggs in *Unio douglasiae*. *Dong-A Science*. 6.4. pp. 96-99. [Korean Literature]
- Lee KY, Jang HR, Yun YJ, Park SC, Kim JC, Lee JY, Choi JS. 2014. Ecological diagnosis of the Gongjicheon water system using length-weight relationship and condition factor(K) of population of the *Zacco platypus*. *Journal of Environmental Impact Assessment*. 23(2): 137-149. [Korean Literature]
- Ministry of Environment. 2008. Survey and evaluation results of water ecological health status. Department of Ecology Conservation, Korea. p. 19. [Korean Literature]
- Ministry of Environment. 2018. The Designation Notification of Ecosystem Disturbance. Ministry of Environment Notice 2017-265. p. 1. [Korean Literature]
- Ministry of Land, Infrastructure and Transport. 2004. Hydrological Observation Manual. Ministry of Land, Infrastructure and Transport, Korea. [Korean Literature]
- Nam MM. 1997. The Fish Fauna and Community Structure in the Jojong Stream. *Korean Journal of Limnology*. 30(4): 367-375. [Korean Literature]
- Nam MM. 1997. The Fish Fauna and Community Structure in the Kapyong Stream. *Korean Journal of Limnology*. 30(4): 357-366. [Korean Literature]
- National Geographic Institute. 1973. The Map of Chuncheon-si, Gangwon-do. Central Map Culture Agency, Korea. pp. 223-4. [Korean Literature]
- National Institute of Environmental Research. 2012. National Natural Environment Survey Guideline(4th). Ministry of Environment, Korea. pp. 396-410. [Korean Literature]
- National Institute of Environmental Research. 2017. Biomonitoring Survey and Assessment Manual. Ministry of Environment. pp. 66-78. [Korean Literature]
- Nelson JS. 2006. *Fishes of the World* (4th ed.). Wiley, New York.
- Song HB, Kwon OK. 1989. Study of the deposition and developmental characters of *Acheilognathus yamatsutae* Mori (Cyprinidae) from the lake Uiam. *Korean Journal of Limnology*. 22(2): 51-70. [Korean Literature]
- Song HB, Kwon OK. 1995. Spawning Conditions of the Bitterling, *Acheilognathus yamatsutae* Mori (Cyprinidae). *Korean Journal of Ichthyol.* 7(1): 18-24. [Korean Literature]
- Song HB, Kwon OK, Jeon SH, Kim HJ, Cho KS. 1995. Fish Fauna of the Upper Sum River in Hoengsong. *Korean Journal of Limnology*. 28(2): 225-232. [Korean Literature]
- Thomas MS, Robert LS, translated by Kim HJ, Oh IH, Jung K, Lee WS. 2011. *Element of ecology* (7th ed.). Pearson Education, Lifescience. p. 318. [Korean Literature]
- Yeon KS, Choi YH. 1979. On the Distribution of Water Temperature in the Warm Water Pool. – On the Wudu Warm Water Pool –. *Journal of the Korean Society of Agricultural Engineers*. 21(3): 121-126. [Korean Literature]
- Yoon TH, Kim YD, Kim ST. 2004. Effect of a Vegetation Zone on Flow and Scour around a Downstream Bridge Pier. *Journal of the Korean Society of Civil Engineers B*. 24(2B): 103-109. [Korean Literature]
- Google Inc. Google Earth. <http://www.google.com/earth> (March. 2017).
- Kakao Corp. DAUM Map. <http://map.daum.net/> (March. 2017).