

선운천 일대의 저서성 대형무척추동물 및 어류분포 특성^{1a}

정상우² · 한정호² · 배연재^{3*} · 백운기^{2*}

Distributional Characteristics of Benthic Macroinvertebrates and Freshwater Fish in Seonun Stream, South Korea^{1a}

Sang-Woo Jung², Jeong-Ho Han², Yeon-Jae Bae^{3*}, Woon-Kee Paek^{2*}

요 약

본 연구는 2015년 4월부터 10월까지 전라북도 고창군 선운산도립공원 안의 선운천을 중점으로 저서성 대형무척추동물 및 어류의 다양성과 분포특성을 조사하였다. 조사결과 선운천에서 출현한 저서성 대형무척추동물은 총 4문 16목 50과 78종이 출현하였으며, 어류는 총 6과 25종이 확인되었다. 저서성 대형무척추동물 중에서는 우수지역에서 풍부하게 서식하는 하루살이목(Ephemeroptera)이 13종(22.81%)으로 가장 높은 다양성을 나타냈으며, 기능군에서는 걸러먹는무리(Gathering-collectors)가 30종(36.14%), 붙는무리(Clingers)가 23종(29.49%), 굴파는무리(Burrowers)가 17종(21.79%) 순으로 높게 나타났다. EPT (Ephemeroptera-Plecoptera-Trichoptera) 비율과 ESB (Ecological score for the benthic macroinvertebrate community) 분석에서는 S8지점에서 각각 44.44%, 72점으로 가장 높게 측정되어 최우선 보호수역으로 평가되었으며, S4지점과 S9지점은 EPT 비율과 ESB 값이 낮게 측정되어 우선개선수역으로 분석되었다. 저서성 대형무척추동물보다 상위 포식자인 어류 군집특성으로는 계곡하천에 풍부하게 서식하는 갈겨니(*Zacco teminchkii*)가 333개체(36.80%)로 우점 하였으며, S8지점에서 우점도 지수는 낮게(0.24), 종다양도 지수는 높게(1.81) 분석되어 저서성 대형무척추동물의 군집과 같은 양상의 안정된 어류 군집을 유지하고 있었다. 본 조사에서 출현한 한반도 고유종은 수서곤충에서 2종인 가는무늬하루살이, 두눈강도래, 어류에서 4종인 각시붕어, 긴물개, 돌마자, 참중개로 총 6종이 출현하였으며, 국외반출승인대상종은 쇠뺨잠자리, 가는무늬하루살이, 두눈강도래로 수서곤충에서 3종이 조사되었다. 환경부 분포특이종으로 지정된 여러갈래하루살이의 대량서식처가 국내에서 처음으로 발견되어 국내전국 분포지도를 작성하였으며, 현재 우리나라 최북단 서식지가 제주도로 알려진 무태장어가 주진천 수계(S9)에서 처음으로 채집되어 무태장어의 서식처 및 분포양상을 고찰하였다.

주요어: 선운산, 여러갈래하루살이, 무태장어, 종다양성

ABSTRACT

This study surveyed the diversity and distributional characteristics of benthic macroinvertebrates and freshwater fish during the period from April to October, 2015 in Seonun Mountain Provincial Park. As a result, a total of 78 species of benthic macroinvertebrates belonging to 50 families, 16 orders, and four phyla were observed in Seonun stream; additionally, 25 species of freshwater fish belonging to six families were identified

1 접수 2016년 4월 18일, 수정 (1차: 2016년 5월 13일), 게재확정 2016년 5월 14일

Received 18 April 2016; Revised (1st: 13 May 2016); Accepted 14 May 2016

2 국립중앙과학관 연구진흥과 Research and Promotion Division, National Science Museum, 481 Daedeokdae-ro, Yuseong-gu, Daejeon 34143, Korea

3 고려대학교 환경생태공학과 Division of Environmental Science and Ecological Engineering, Korea University, Seoul 02841, Korea

a 이 논문은 미래창조과학부의 특정연구과제(NRF-2012-0006701; NRF-2008-2004707; NRF-2013M3A9A5047052)에 의하여 연구되었음.

* 교신저자 Corresponding author: Tel: +82-2-3290-3408, Fax: +82-2-3290-3623, E-mail: yjbae@korea.ac.kr, paekwk@korea.kr

in all the investigated sites. Among benthic macroinvertebrates, Ephemeroptera(13 spp.: 22.81%) was the largest group in terms of species richness. In the FFGs, gathering-collectors(30 spp.: 36.14%) were relatively larger as represented by Ephemeroptera that usually inhabit fast flowing streams. In the HOGs, clingers(23 spp.: 29.49%) and burrowers(17 spp.: 21.79%) were the dominant groups. For both EPT ratio and ESB index, site 8 appeared to be the highest with 44.44% and 72 marks respectively, while the sites 4 and 9 showed relatively lower rates and indices. According to the results of evaluation, site 8 needs to be designated as the highest protection area while the sites 4 and 9 may be designated as target areas for preferential improvement. According to the analysis of fish community, the dominant species was *Zacco teminchkii*(333 inds.: 36.80%), and the dominant index was the lowest(0.24) and diversity index was the highest(1.81) at site 8, which therefore represents a stable freshwater fish community. In this survey, six Korean endemic species were identified: *Ephemera separigata*, *Neoperla coreensis*, *Rhodeus uyekii*, *Squalidus gracilis majimae*, *Microphysogobio yaluensis*, and *Iksookimia koreensis*. Also, three species belonging to the management of exportable group(*Davidius lunatus*, *E. separigara*, *N. coreensis*) were observed. Two habitat specific species: *Thraulius grandis* and *Anguilla marmorata*, were found for the first time in Gochang area and marked on the Korean distribution map through discussion.

KEY WORDS: SEONUM MOUNTAIN, *Thraulius grandis*, *Anguilla marmorata*, SPECIES DIVERSITY

서론

선운산은 전라북도 남서쪽에 위치하고 있는 산으로 해발 고도 444m의 경수산과 이어져 있으며, 해안 지역과 가까이 있는 산지이다. 자연자원 보호 및 지역주민과의 교류를 위하여 1979년 도립공원(43.7km²)으로 지정되었으며, 선운산 도립공원 북쪽에 위치한 국기봉(337.8m)과 비학산(307.4m) 사이에서 발원하는 선운천(禪雲川)이 중심에 흐르고 있다. 또한 고창 선운사 동백나무숲(천연기념물 제184호), 도솔암장사송(천연기념물 제354호), 삼인리 송악(천연기념물 제367호) 등 울창한 산림이 잘 보존되어 있으며, 바다와 인접하여 난대성 식물들이 보존되고 있는 지역이다. 하지만 도립공원이라는 관리의 한계성으로 무분별한 개발압력이 선운산 생태계에 큰 영향을 미치고 있어 관리 및 보전이 요구되고 있다(Park et al., 2011). 선운천은 국가에서 관리하는 지방하천으로 하천 길이는 약 3.7km이며, 유역면적 13.32km²의 소규모 하천으로 상류지역은 하폭이 협소하고 유속이 빠른 계곡천의 특징을 보이고 있으며, 하류지역은 주진천 말단부에 위치하고 있기 때문에 기수역의 특징을 보이고 있다. 하천생태계에서 저서성 대형무척추동물은 환경변화에 따른 먹이자원 및 서식공간의 변화에 따라 다양성이 높아지고, 저서성 대형무척추동물의 상위계급을 차지하고 있는 어류는 수중의 물리환경의 변화에 따라 다양한 서식 조

건이 필요하기 때문에 환경 및 수생태계를 평가하는데 유용한 지표생물로 이용되고 있다(Yang and Chae, 1993; Chae and Yoon, 2011; Dolédec and Statzner, 2008; Ward, 1992). 또한 주변 환경요인과 하천 생태계의 생물학적 요소들의 상호관계는 그 지역의 독특한 구조의 생태계를 형성한다(Allan, 1995; Rosenberg and Resh, 1993). 선운산도립공원의 특성상 많은 관광객들로 인한 하천변 이동통로 건설 등 하천생태계의 인위적인 교란이 나타나며, 하천변에 자생하고 있는 상수리나무 및 떡갈나무 등의 열매와 낙엽잎에 포함되어 있는 타닌(tannin)의 화학 성분은 하천생태계에 서식하는 생물들과 상호작용하여 하천의 생물다양성과 건강성을 평가하는데 있어 중요한 원인으로 알려져 있다(Dudgeon et al., 2006; Stranko et al., 2012).

고창군의 선운산 도립공원의 자연생태계에 관한 연구는 식물상(Kim, 2009), 부착조류(Park et al., 2011), 균류의 다양성(Lee, 2001) 및 선운산에 대한 경관분석(Rho et al., 2002)의 연구가 대부분이며, 저서성 대형무척추동물 및 어류와 같은 하천에 서식하는 동물상에 관한 연구는 전무한 실정이다. 선운천과 같은 계곡 하천의 조사연구는 자연공원법 제36조 및 시행령 제27조에 의거하여 전국의 국립공원을 10년마다 자연자원조사를 실시하고 있지만, 대부분 국립공원에만 한정되어 있어 선운산과 같은 도립공원을 대상으로 한 생물다양성의 연구가 필요한 실정이다. 따라서 본 연구는 선운천을 중심으로 하천생태계의 주요 분류군인 저서

성 대형무척추동물과 어류의 미세분포 및 군집구조를 밝혀 생태계의 변화 양상 및 종 다양성 보전을 위한 기초 자료를 제공하고자 수행하였다.

연구방법

1. 조사기간 및 조사지점

선운산 도립공원의 저서성 대형무척추동물 조사는 선운천 상류의 도솔제부터 하류까지 총 9개 지점(S1~S9)을 선정하여 총 3회 실시하였다. 저서성 대형무척추동물의 서식처 및 수서곤충의 우화시기를 고려하여 2015년 5월 6일~5월 8일(1차), 6월 30일~7월 3일(2차), 10월 6일~10월 8일(3차)에 실시하였다. 선운천 일대의 어류 조사는 계절적 변화 양상을 보기 위하여 장마 전기(4월 21~24일)와 장마 후기(10월 6~8일)로 각 1회씩 총 2회에 걸쳐 조사를 실시하였다. 각 조사지점 어류의 유사성을 배제하기 위하여 지점간의 거리는 최소 1km 이상 거리를 고려하여 총 4개 지점(S5~S6, S8~S9)을 선정하였다. 각 조사지점(Figure 1)의 명칭과 GPS는 다음과 같다.

S1: 전라북도 고창군 아산면 삼인리 산 99-1

- (N 35° 28' 41.4", E 126° 33' 56.5")
- S2: 전라북도 고창군 아산면 삼인리 572
(N 35° 29' 21.2", E 126° 34' 09.3")
- S3: 전라북도 고창군 아산면 삼인리 산 81-1
(N 35° 28' 52.0", E 126° 34' 41.1")
- S4: 전라북도 고창군 아산면 삼인리 도솔제
(N 35° 29' 11.7", E 126° 34' 38.6")
- S5: 전라북도 고창군 아산면 삼인리 562
(N 35° 29' 28.96", E 126° 34' 32.14")
- S6: 전라북도 고창군 아산면 삼인리 624
(N 35° 29' 51.5", E 126° 34' 55.6")
- S7: 전라북도 고창군 아산면 삼인리 268-1
(N 35° 30' 30.7", E 126° 34' 56.4")
- S8: 전라북도 고창군 아산면 삼인리 138
(N 35° 30' 16.9", E 126° 35' 33.1")
- S9: 전라북도 고창군 아산면 삼인리 623
(N 35° 30' 33.1", E 126° 35' 54.3")

2. 조사방법 및 분석

1) 저서성 대형무척추동물

선운산도립공원의 선운천에 서식하는 저서성 대형무척

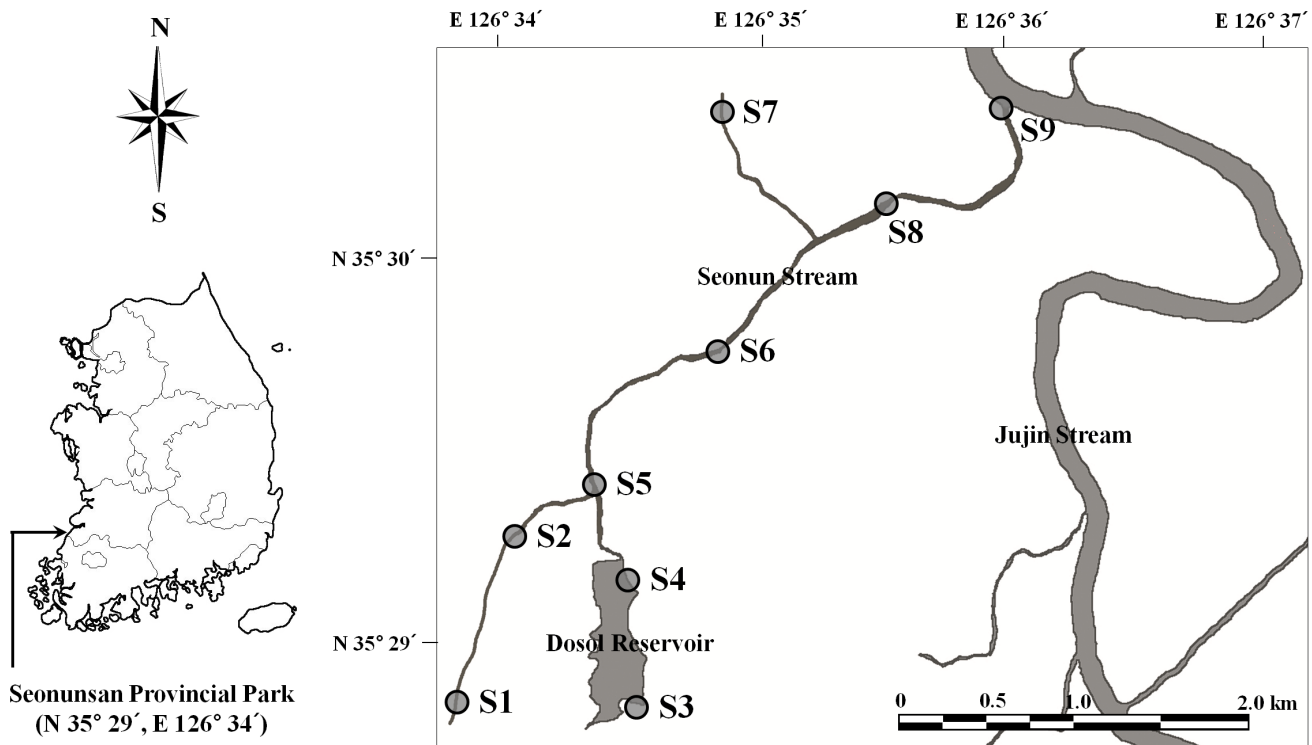


Figure 1. A map of study sites in Seonun Mountain Provincial Park, Korea

추동물의 다양성을 파악하기 위해 환경부 제 3차 전국자연환경조사 지침(Ministry of Environment, 2006)에 준하여 채집하였다. 흐르는 하천에서는 등근뜰채(hand net, mesh size = 0.5 mm)와 핀셋(forceps)을 이용하여 여울(riffle), 평여울(run), 정수(pool) 및 수초지역의 다양한 미소서식처에서 채집하였으며, 도솔제 같은 정수지역에서는 사각뜰채(aquatic kick net, mesh size = 0.2mm)를 이용하여 조사지점당 30분 간격으로 정성조사를 수행하였다. 채집된 표본은 현장에서 96% Ethanol로 고정하여, 실험실로 운반하여 해부현미경 및 광학현미경을 이용하여 동정(identification)하였다. 채집된 모든 저서성 대형무척추동물의 개체수 현황을 기록하였으며, Yoon (1988, 1995), Kwon (1990), Won *et al.* (2005), Park *et al.* (2008), Jung (2011), Kim *et al.* (2013), Kwon *et al.* (2013)을 참조하여 동정하였으며, 형태 동정이 어려운 일부 분류군은 sp.로 처리하여 분석에 이용하였다. 선운천 일대에 출현한 저서성 대형무척추동물에 대한 섭식기능군(Functional feeding groups: FFGs)과 서식기능군(Habitat orientation groups: HOGs)을 분석하였으며 (Ro, 2002; Ro and Chun, 2004; Merrit *et al.*, 2008), 저서성 대형무척추동물생태점수(Ecological score of benthic macroinvertebrate community: ESB) (Kong, 1997) 및 EPT (Ephemeroptera-Plecoptera-Trichoptera)군 비교(Resh and Grodhaus, 1983)를 통하여 선운천 수계의 환경을 평가하였다. 한반도고유종, 국외반출승인대상종, 기후변화지표종, 분포특이종을 제시하였으며, 선운천에서만 특이하게 대량으로 분포하는 여러갈래하루살이(*Thraululus grandis*)의 서식처 특성 및 국내 분포지도를 작성하였다.

2) 어류

채집은 투망(Casting net, 망목: 7 × 7mm)과 족대(Kick net, 망목: 4 × 4mm)를 이용하였으며, 각 지점은 유폭이 3m 이상인 지점을 선정하여 수행하였다. 어류 조사는 균질한 어류군집의 대표값을 구하기 위하여 조사구간의 상·하류를 포함하여 200m로 한정하였으며, 각 지점에서 동일하게 투망은 10회, 족대는 30분간 조사를 수행하였다(Moon *et al.*, 2010). 채집된 어류는 현장에서 Kim and Park (2002) 및 Son and Song (2006)에 의거해 동정 및 계수 후 풀어주는 것을 원칙으로 하였으며, 현장 동정이 모호한 종은 10% 포르말린 용액으로 고정하여 실험실로 옮긴 후 동정 하였다. 어류의 분류체계는 Nelson (2006)의 분류체계에 준하였으며, 채집된 표본은 국립중앙과학관 수장고에 보관하였다. 출현종 중 특이한 분포를 나타낸 무태장어(*Anguilla marmorata*)에 대해서는 국내 분포지도를 작성하였으며, 출현종과 개체수의 결과를 근거로 하여 우점도, 종다양도, 균등도 및 종풍부도를 Primer 5.0 program을 이용하여 분석하였다(Simpson, 1949; Margalef, 1958; Shannon and Weaver, 1963; Pielou, 1975).

결과 및 고찰

1. 저서성 대형무척추동물상

선운천 유역에서 관찰된 저서성 대형무척추동물은 총 4문 7강 16목 50과 67속 78종 945개체(Table 1, Appendix

Table 1. Individual number of benthic macroinvertebrates from May to October, 2016 in Seonun stream

Phylum	Class	Order	Family	Genus	Species	
Platyhelminthes	Turbellaria	Tricladida	1	1	1	
Mollusca	Gastropoda	Mesogastropoda	1	1	2	
	Bivalvia	Veneroida	2	2	3	
Annelida	Oligochaeta	Archiloligochaeta	2	2	2	
	Polychaeta	Phyllodocida	1	1	1	
Arthropoda	Crustacea	Isopoda	2	2	2	
		Amphipoda	2	2	2	
		Decapoda	3	4	8	
	Insecta	Ephemeroptera		5	9	13
		Odonata		6	8	9
		Plecoptera		2	2	2
		Hemiptera		4	5	5
		Megaloptera		2	2	2
		Coleoptera		2	9	9
		Diptera		4	5	5
		Trichoptera		11	12	12
		Total			50	67

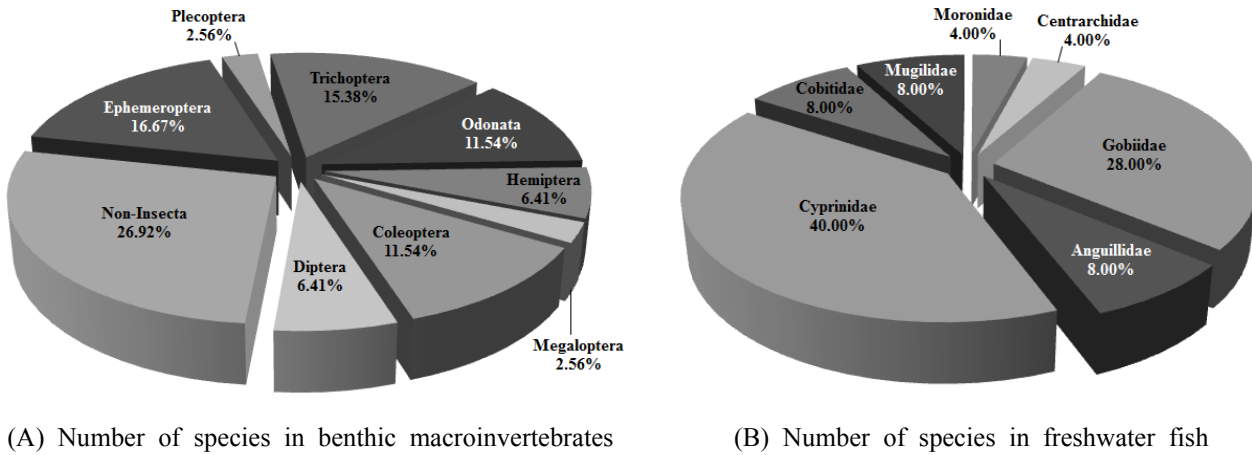


Figure 2. Compositions of species of benthic macroinvertebrates and freshwater fish in Seonun stream of Gochang County, Korea

1)가 조사되었으며, 저서성 대형무척추동물 중 가장 다양성이 높은 수서곤충은 57종(73.08%)으로 나타났다. 이 중 유수 지역에서 우점하여 서식하는 하루살이목(Ephemeroptera)은 13종(22.81%)으로 가장 높은 다양성을 나타냈고, 날도래목(Trichoptera)은 12종(21.05%)로 아우점하여 나타났다. 그 다음으로 정수지역에서 출현하는 잠자리목(Odonata)과 딱정벌레목(Coleoptera)이 각각 9종(15.79%), 노린재목(Hemiptera)과 파리목(Diptera)이 각각 5종(8.77%), 청정수역에서 출현하는 강도래목(Plecoptera) 2종(3.51%)으로 낮게 출현하였으며, 육식성 종류인 뱀잠자리목(Megaloptera)이 2종(3.51%)이 출현하였다. 비곤충류는 21종(26.92%)으로 이 중 갑각류가 12종(21.05%)으로 높게 출현하였으며, 이는 선운천 하류에 인접하고 있는 주진천(기수역)의 영향으로 십각류의 출현이 다양하게 나타나는 현상으로 판단된다. 출현 개체수는 하루살이목이 293개체(31.01%)로 가장 많은 개체수를 차지하였고, 날도래목이 124개체(13.12%), 파리목 103개체(10.90%), 등각목 101개체(10.69%), 잠자리목 76개체(8.04%), 딱정벌레목 64개체(6.77%), 연체동물문 61개체(6.46%), 단각목 34개체(4.60%), 뱀잠자리목 24개체(2.54%), 노린재목 19개체(2.01%), 십각목 16개체(1.69%), 환형동물문 14개체(1.48%), 강도래목 11개체(1.16%), 편형동물문 5개체(0.53%) 순으로 나타났다(Figure 2, Appendix 1).

출현 구성비는 일반적인 하천에서 나타나는 현상이지만, 선운천의 산간계류의 특성에 비해 강도래목의 종수와 개체수의 비율이 현저하게 낮게 출현하였으며, 하류지역에서 매우 풍부하게 나타나는 날도래목(Bae *et al.*, 2003; Blakely *et al.*, 2006) 역시 일반하천의 절반도 못 미치는 경향을 보이고 있다. 이는 선운천내의 유기물 함량 등 먹이자원이 저서성 대형무척추동물의 서식을 제한하는 동시에 하천의 서

식처가 단순하여 다양한 종류의 저서성 대형무척추동물이 서식할 수 없는 유형의 서식처를 갖고 있기 때문이라 판단된다. 또한 선운산 도립공원의 하천 주변에 자생하고 있는 식생(도토리, 상수리, 참나무류 등)에서 떨어지는 낙엽 및 열매로 인한 타닌(tannin) 성분이 하천의 수생생물의 군집이 서식할 수 있는 공간과 먹이를 제한 할 수 있다고 판단된다. 실제로 육상생태계의 낙엽이 하천에서 분해되는 동안 여러 가지 화학 구성물의 리그닌(lignin), 타닌(tannin), 셀룰로오스(cellulose), 헤미셀룰로오스(hemicellulose), 질소(nitrogen) 및 탄소(carbon)의 축적과 관련하여 저서성 대형무척추동물의 우화패턴 및 군집형성에 상당한 영향을 준다고 보고되고 있다(Campbell and Fuchshuber, 1995; Compson *et al.*, 2013; Hunter *et al.*, 2003). 아직까지 국내에서는 하천에 영향을 주는 낙엽에 대한 화학 물질의 연구와 변화가 하천 수질과 수서생물군집에 미치는 영향이 구체적으로 연구되고 있지 않아 추후 지속적인 모니터링과 수서생물의 상호관계에 대한 분석이 필요 할 것으로 판단된다.

2. 어류상

본 조사기간 동안 선운천에 출현한 어류는 총 6과 25종 904개체의 어류가 확인되었으며(Appendix 2), 이 중 잉어과(Cyprinidae)에 속하는 어류는 10종(40.0%)으로 가장 높은 다양성을 나타냈다. 다음으로는 망둑어과(Gobiidae)에 속하는 어종이 7종(28.0%), 미꾸리과(Cobitidae)와 송어과(Mugilidae)가 각각 2종(8.0%), 농어과(Moronidae)와 검정우럭과(Centrarchidae)가 각각 1종(4.0%) 순으로 나타났다(Figure 2, Appendix 2). 시기별 조사결과 장마전과 장마후의 종수와 개체수는 각각 19종 473개체, 21종 431개체가

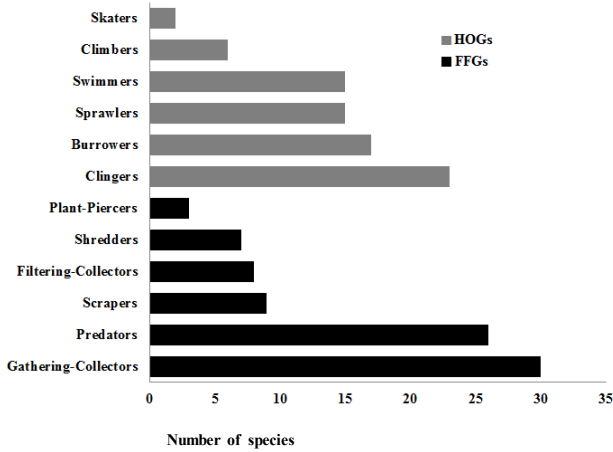


Figure 3. Composition of habitat orientation groups (HOGs) and functional feeding groups (FFGs) of benthic macroinvertebrates in Seonun Mountain Provincial Park, Korea

출현하여 장마후인 2차 조사에서 더 많은 어종이 출현한 것으로 나타났다. S5, S6 지점은 시기별로 출현하는 어종에 차이를 보이지 않은 반면, S8, S9는 시기별 출현하는 어종에 차이를 보였다. 이는 S8, S9 지점이 선운천과 하류에서 합류하는 주진천과 인접해 있고, 조수간만의 차이로 인한 해수의 영향을 받기 때문으로 판단된다.

선운산 도립공원내 선운천에서 출현한 어종 중에서 갈겨니(*Zacco temminckii*)가 333개체(36.8%)로 우점하였으며, 민물두줄망둑(*Tridentiger bifasciatus*)이 121개체(13.4%)로 아우점하는 것으로 나타났다(Appendix 2, Figure 4). 갈겨니의 경우 전체 4개 지점 중에서 S9를 제외한 전 지점에서 모두 우점 하였는데, 이는 3개 지점(S5, S6, S8)에서의 하천 폭이 좁고, 하천경사도로 인하여 유속이 빠르며, 삼림으로 인한 하천 피복도가 높아 낮은 수온이 유지되는 산간계류의 특성으로 우점종인 갈겨니의 서식환경을 반영하기 때문이다(Sim, 2002; Lee, 2010; Lee *et al.*, 2011, Min *et al.*, 2014). 반면, 아우점종인 민물두줄망둑은 전체 지점 중

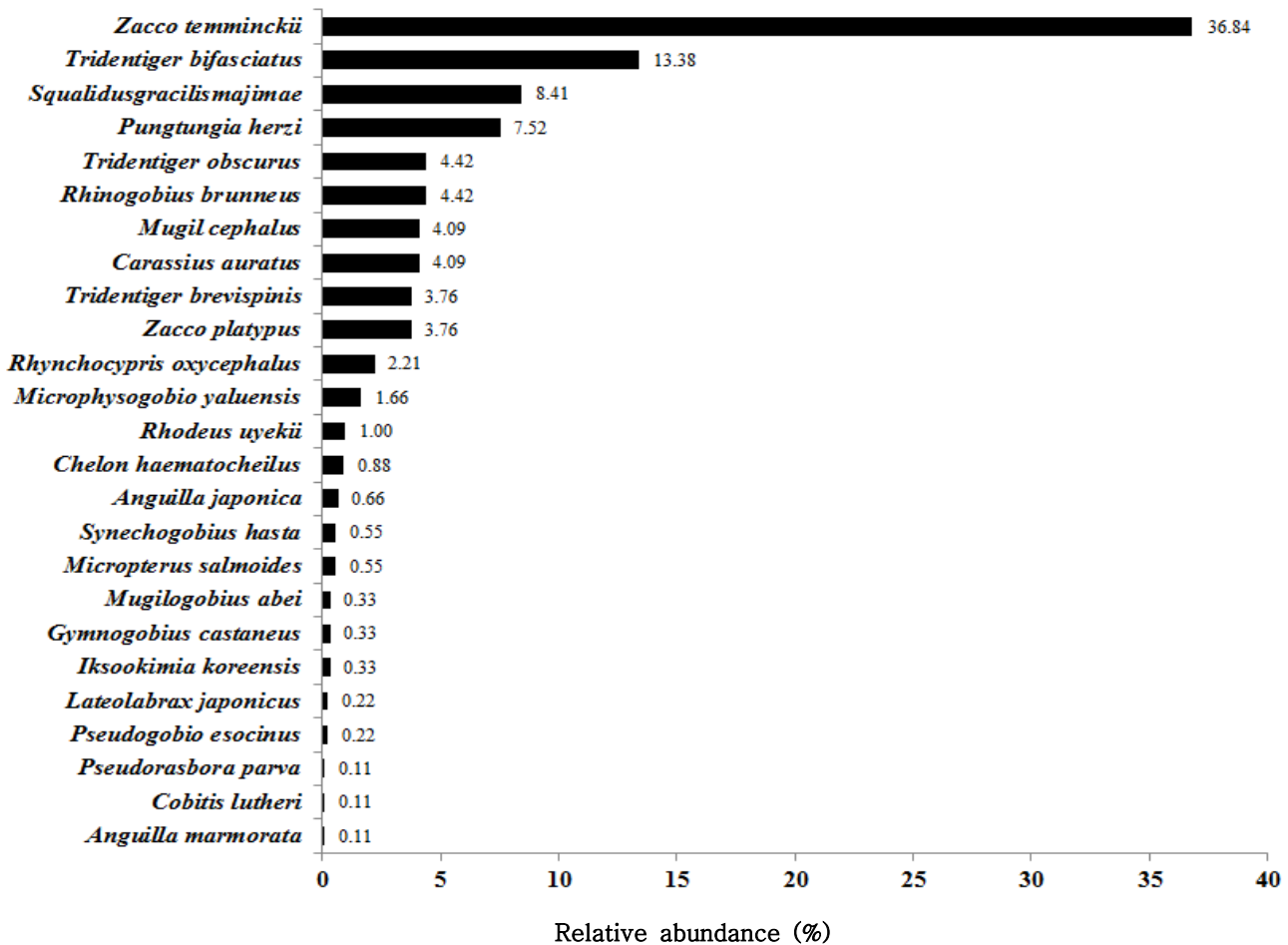


Figure 4. Relative abundance of freshwater fish in Seonun Mountain Provincial Park, Korea

에서 주진천과 합류되는 S9지점에서만 우점하여 나타났는데, 이는 S9지점이 주진천의 하류부에 위치하고 있으며, 하상기질이 저니질로 구성되어 있고, 조수간만의 영향을 받기 때문에 기수역 종 혹은 망둑어과 어류가 우점하여 나타난 것으로 판단된다. 상대풍부도가 10%이상 되는 어종으로는 긴물개(*Squalidus gracilis majimae*)와 돌고기(*Pungtungia herzi*)가 나타났으며, 출현어종 중 한반도고유종은 각시붕어(*Rhodeus uyekii*), 긴물개, 돌마자(*Microphysogobio yaluensis*), 참중개(*Iksookimia koreensis*)로 총 4종이 출현하였으며, 개체수 상대비율이 11.4%로 전국 하천의 평균 비율(28.8%)보다 낮은 것으로 나타났다(Lee et al., 2007).

3. 기능군 및 수환경 평가

선운산 도립공원의 저서성 대형무척추동물 섭식기능군(FFGs)과 서식기능군(HOGs)의 분포는 선운천의 먹이자원 및 서식처를 반영하여 나타나는 결과로 섭식기능군에서는 하천

에서 풍부하게 나타나는 걸러먹는무리(Gathering-Collectors)가 우세하게 나타나는 반면 산간계류의 하천에서 풍부하게 나타나는 썰어먹는무리(Shredders)와 유수지역에서 우점하여 나타나는 걸러먹는무리(Filtering-Collectors)는 매우 적게 출현하는 경향을 나타냈다(Figure 3). 이와 같은 현상은 저서성 대형무척추동물의 주 먹이자원인 유기퇴적물(detritus)과 상류에서 내려오는 낙엽의 분해 작용에서 나타나는 화학성분이 일반 하천과는 다른 양상을 나타내기 때문으로 판단된다. 이는 선운천의 색깔이 주변 식생으로 인하여 검은색으로 나타나는 현상과 연관 지을 수 있으며(Sayre, 1997), 이로 인하여 서식기능군에서 굴파는무리(Burrowers)가 계류 하천인 곳이지만 아우점하는 것으로 판단된다. 정수지역에서 나타나는 잡아먹는무리(Predators)와 헤엄치는무리(Swimmers)의 높은 비율은 선운천 주변의 연못에서 출현하는 잠자리류와 딱정벌레류의 출현으로 인한 현상이며, 대부분의 이런 육식성 분류군의 무리들은 대기호흡 및 직장호흡을 하는 무리로 하천의 수질과의 상관관계는 적게 나타난다.

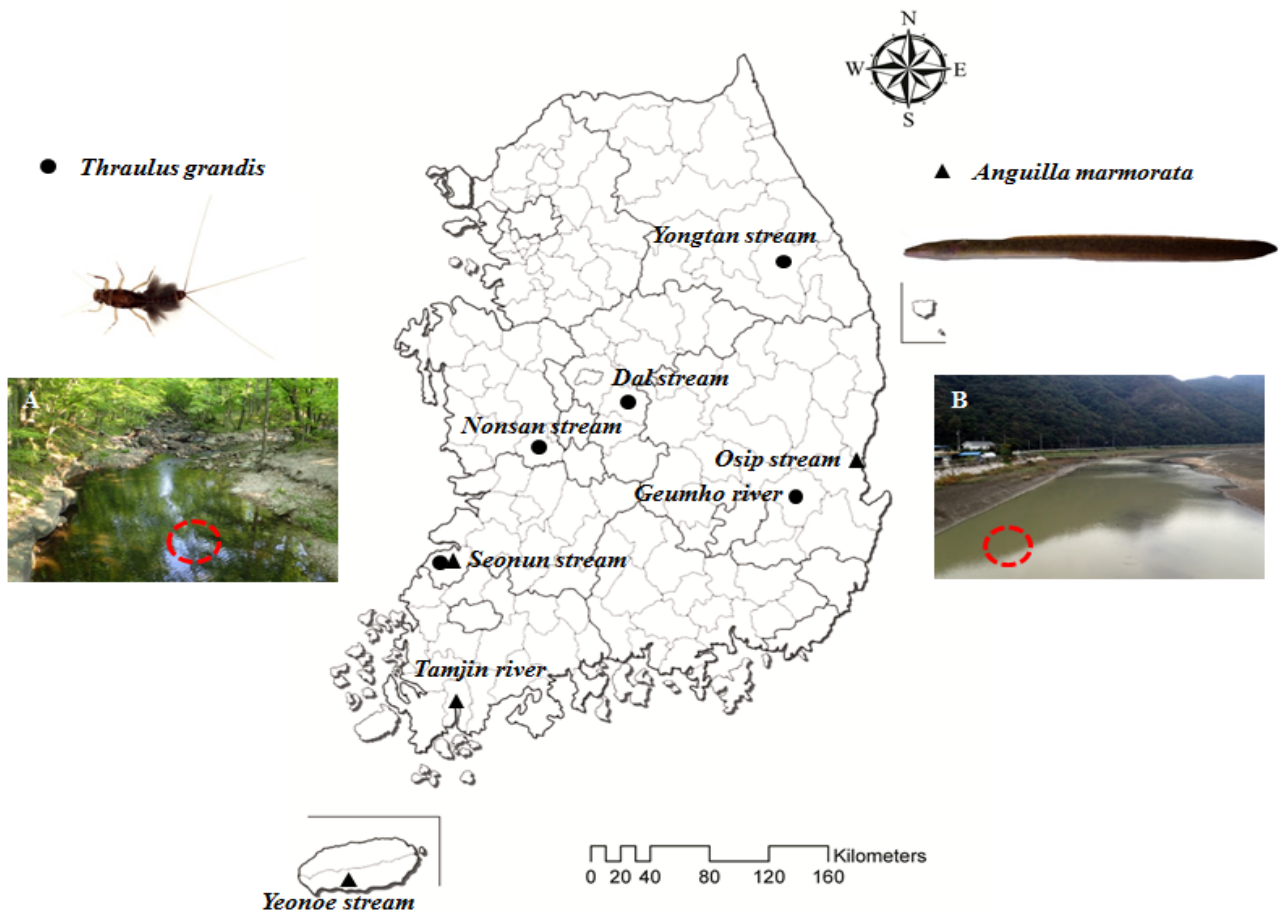


Figure 5. Distributional map and habitats of *Thraulius grandis* Gose, 1980 (circle, A) and *Anguilla marmorata* Quoy & Gaimard, 1824 (triangle, B) in Korea

Table 2. EPT(Ephemeroptera-Plecoptera-Trichoptera) ratio and ESB(Ecological Score of Benthic macroinvertebrate community) index of species at each survey sites

Site	EPT(%)	Saprobity	ESB	Grade of water quality	Area determination
S1	37.04	Oligosaprobic	58	II	Protection waters
S2	29.63	β -mesosaprobic	35	II	Improvement waters
S3	3.70	β -mesosaprobic	37	II	Improvement waters
S4	11.11	α -mesosaprobic	14	III	Priority improvement waters
S5	25.93	β -mesosaprobic	37	II	Improvement waters
S6	29.63	β -mesosaprobic	47	II	Protection waters
S7	29.63	Oligosaprobic	54	II	Protection waters
S8	44.44	Oligosaprobic	72	I	Priority protection waters
S9	3.70	β -mesosaprobic	24	III	Priority improvement waters

저서성 대형무척추동물을 이용하여 수환경을 평가한 결과(Table 2) 조사지점 S8지점에서 EPT 비율이 44.44%로 가장 높았으며, ESB 지수 역시 72점으로 수질등급 I등급인 최우선보호수역으로 나타났다. 그에 반해 S4지점과 S9지점에서는 EPT 비율이 각각 11.11%, 3.70%로 가장 낮게 나타났으며, ESB 지수 역시 각각 14점, 24점으로 수질 III등급에 α -중부수성으로 저서성 대형무척추동물이 서식하기 어려운 불량한 환경상태를 나타냈다. 일반적으로 EPT의 풍부도는 수질등급이 양호할수록 높게 측정되며(Davis *et al.*, 2003), ESB지수 역시 6단계로 나뉘어 값이 높을수록 보호수역으로 평가된다. 선운천의 전반적인 수환경은 계곡하천의 특성에 비해 수계에 유기오염 부하가 지속되며, 개선해야 할 구간이 많은 것으로 평가되었다.

Table 3. Biotic indices on freshwater fish by collecting site from April to October 2016 in Seonun stream

Community Structure	S5	S6	S8	S9
Margalef's species richness index (d)	0.75	0.80	2.70	1.94
Pielou's evenness index (J')	0.70	0.65	0.65	0.72
Shannon-Weaver diversity index (H')	1.12	1.05	1.81	1.79
Simpson's dominance index (λ)	0.44	0.46	0.24	0.23

선운천 수계에 대한 어류 군집구조를 분석한 결과, 우점도 지수는 0.34 ± 0.12 , 종다양도 지수는 1.44 ± 0.42 , 종풍부도 지수는 1.55 ± 0.94 , 종균등도 지수는 0.68 ± 0.03 로 분석되었다(Table 3). 선운천 지점들 중에서 우점도 지수는 S8 지점에서 0.24으로 가장 낮게 분석되어 특정 어종의 우점화 경향이 나타나지 않았고, 종다양도 지수에 있어 1.81으로 가장 높게 분석되었으며, 종균등도 지수에 있어서도 0.65으로 산출되어 다른 조사 하천들에 비해 어류 군집이 안정되

게 유지되는 것으로 판단된다. 반면, 상류부 S5과 S6 지점은 군집우점도 지수가 각각 0.44, 0.46으로 S8과 S9에 비하여 상대적으로 높게 분석되었는데, 이는 출현종 중 같겨니가 각각 63.8%, 64.1%로 우점하는 것으로 나타났으며, 종다양도지수에 있어 각각 1.12, 1.05, 종균등도 지수 또한 0.70과 0.65으로 분석되어 하천차수가 1차 하천인 계곡천 특성 상 서식종의 단순화 및 특정종의 우점화 현상에서 기인된 것으로 분석되었다. 전체적으로 상류지점에 비하여 하류지점의 종다양도 지수와 종풍부도 지수가 높았는데, 이는 일반적으로 하천의 종적구배에 따라 나타나는 어류군집의 일반적인 특징(Byeon, 2008)과 일치하는 것으로 나타났다. 한편, 우점도 지수가 하류 지점보다 상류지점에서 높게 나타나 하류지점이 상류지점에 비하여 서식종의 다양하고 안정된 군집구조를 이루고 있는 것으로 판단되며, 이는 본류 하천인 주진천에서 다양한 어종이 유입되기 때문으로 판단된다.

4. 특이종 및 분포패턴

선운천 조사지점에서 출현한 저서성 대형무척추동물 중 한반도고유종은 해발고도 500m~1000m의 계곡하천에서만 서식하는 가는무늬하루살이(*Ephemera separigata*)(Hwang *et al.*, 2013)와 강도래 중에서 다소 따뜻한 서식처를 선호하는 두눈강도래(*Neoperla coreensis*)가 출현하였으며, 국외 반출생인대상종은 쇠족범잠자리(*Davidius lunatus*)와 위의 두 종을 포함하여 총 3종이 조사되었다. 또한, 환경부 분포 특이종으로 지정된 여리갈래하루살이(*Thraululus grandis*)의 대량서식처가 도솔재 입구의 상류하천에서 국내 처음으로 확인되었다. 이번에 발견한 특이종의 서식처 특징은 물의 흐름이 없는 계곡 하천으로, 하상은 대부분 모래(sand)이며, 낙엽이 수북이 하상에 덮혀있는 곳으로 다른 종류의 저서성

대형무척추동물은 거의 서식하지 않는데 반해 여러갈래하루살이는 매우 풍부하게 서식하는 특이한 양상을 나타내고 있었다. 2013년 환경부 “한국의 멸종위기 야생생물 적색자료집”에서도 정보부족(Data Deficient, DD)으로 평가받을 만큼 매우 희귀하게 분포하는 중이며, 이번 조사지점을 포함하여 국내에 알려진 분포지역(5지점: 금호강, 달천, 논산천, 용탄천, 선운천) (Figure 5)에서도 극히 적은 소수의 개체만 확인되어 알려져 있어 서식처 및 생태연구는 전무한 실정이다. 국내에 알려진 갈래하루살이과(Leptophlebiidae)는 총 3종으로 호흡기관인 기관아가미(gill)의 형태에 따라서 두갈래하루살이(*Paraleptophlebia japonica*), 세갈래하루살이(*Choroterpes (Euthraulius) alticulus*), 여러갈래하루살이로 분류된다. 여러갈래하루살이가 대량으로 번식할 수 있었던 중요 요인으로는 하천의 낙엽성분인 타닌(tanin)에 의한 포식자의 서식이 제한적이며(Compson *et al.*, 2013; Davies and Boulton, 2009), 경쟁할 수 있는 분류군의 무리가 적은 것이 그 요인으로 판단된다. 이번 발견을 통하여 국내의 갈래하루살이과의 서식처 및 경쟁관계 그리고 진화적 유연관계를 규명할 수 있는 기초자료를 마련하였으며, 선운산도립공원내에서는 서식처의 보전 및 보호대책을 마련해야 할 것으로 사료된다.

본 조사에서 출현한 어종 중 천연기념물 및 범정보호종은 확인되지 않았으나, S9지점에서 뱀장어과에 속하는 무태장어(*Anguilla marmorata*)가 채집되었다(Figure 5). 무태장어는 열대 및 아열대지역에 분포하는 어종으로, 우리나라에서의 서식지는 제주도 천지연폭포 및 영덕 오십천과 전남 탐진강(Choi *et al.*, 1990; Kim, 1997)에서만 분포 기록이 있을 뿐 선운천 하류에 인접한 주진천 수계(S9)에서 확인된 것은 처음이었다. 최근 고창군에 위치한 양식장에서 무태장어 치어가 대량으로 수입되어 양식되고 있는 점을 감안해 본다면, 본 연구에서 채집된 무태장어는 양식장에서 탈출한 개체일 가능성이 큰 것으로 판단되며, 향후 이에 대한 지속적인 모니터링과 연구가 필요할 것으로 판단된다. 외래종으로는 배스가 S8지점에서 5개체가 출현하였는데, 이는 주진천 수계에서 유입된 것으로 판단되며, 향후 선운산도립공원 관계기관 및 지자체에서 선운천 수생태계 보존을 위해서 배스 퇴치사업도 병행되어야 할 것으로 보인다. 또한 회유성 어종인 뱀장어는 S9지점에서만 확인 할 수 있었으며, 이는 선운천의 하천 규모가 매우 작고, 뱀장어가 선운천으로 소상하는데 있어서 유도유량이 적고 하류부에 설치된 인공보로 인한 원인으로 판단된다. 향후 선운산도립공원 내 어류군집의 회복을 위해서는 이에 대한 복원사업이 역시 필요할 것으로 사료되며, 지속적인 모니터링을 통한 선운천 어족자원 현황 파악 및 효율적인 관리가 이루어져야 할 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 미래창조과학부의 특정연구과제(NRF-2012-0006701; NRF-2008-2004707; NFR-2013M3A9A5047052)에 의하여 수행되었습니다.

REFERENCES

- Allan, J.D(1995) Stream Ecology, Estructure and Function of Running Waters. Chapman and Hall, London, 388pp.
- Bae, Y.J., D.H. Won, D.H. Hoang, Y.H. Jin and J.M. Hwang(2003) Community Composition and Functional Feeding Groups of Aquatic Insects According to Stream Order from the Gapyeong Creek in Gyeonggi-do, Korea. Korean Journal of Limnology 36(1): 21-28. (in Korean with English abstract)
- Blakely, T.J., J.S. Harding, A.R. Mcintosh and M.J. Winterbourn (2006) Barriers to the recovery of aquatic insect communities in urban streams. Freshwater Biology 51: 1634-1645.
- Byeon, H.K.(2008) Fish Fauna of Mt. Kookmang. Korean Journal of Nature Conservation 6(1/2): 57-64. (in Korean with English abstract)
- Campbell, I.C. and L. Fuchshuber(1995) Polyphenols, condensed tannins, and processing rates of tropical and temperate leaves in an Australian stream. Journal of the North American Benthological Society 14(1): 174-182.
- Chae, B.S. and H.N. Yoon(2011) Ichthyofauna of Baekcheon River within Byeonsanbando National Park. Journal of National Park Research 2(4): 187-193.(in Korean with English abstract)
- Choi, K.C., S.S. Choi and Y.P. Hong(1990) On thr micro-distribution of Freshwater Fish, Coreoleuciscus splendidus (Gobioninae) From Korea. Korean Journal of Ichthyology 2(1): 63-76. (in Korean)
- Compson, Z.G., K.J. Adams, J.A. Edwards, J.M. Maestas, T.G. Whitham and J.C. Marks(2013) Leaf litter quality affects aquatic insect emergence: contrasting patterns from two foundation trees. Oecologia 173: 507-519.
- Davies, J.N. and A.J. Boulton(2009) Great house, poor food: effects of exotic leaf litter on shredder densities and caddisfly growth in 6 subtropical Australian streams. Journal of the North American Benthological Society 28: 491-503.
- Davis, S.D., S.W. Golladay, G. Vellidis and C.M. Pringle(2003) Macroinvertebrate biomonitoring in intermittent coastal plain stream impacted by animal agriculture. Journal of Environmental Quality 32: 1036-1043.
- Dolédéc, S and B. Statzner(2008) Invertebrate traits for the bio-monitoring of large European rivers: an assessment of specific types of human impact. Freshwater Biology 53(3): 617-634.

- Dudgeon, D., A.H. Arthington, M.O. Gessner, Z.I. Kawabata, D.J., Knowler, C. L  v  que, R.J. Naiman, A.H. Prieur-Richard, D. Soto, M.L. Stiassny and C.A. Sullivan(2006) Freshwater biodiversity: importance, threats, status and conservation challenges. *Biological Reviews* 81(2):163-182.
- Hunter, M.D., S. Adl, C.M. Pringle and D.C. Coleman(2003) Relative effects of macroinvertebrates and habitat on the chemistry of litter during decomposition. *Pedobiologia* 47: 101-115.
- Hwang, J.M., T.J. Yoon and Y.J. Bae(2013) Molecular phylogeny evidence of altitudinal distribution and habitat adaptation in Korean Ephemera species (Ephemeroptera: Ephemeridae). *Entomological Research* 43: 40-46.
- Jung, K.S.(2011) Odonata Larvae of Korea. *Nature and Ecology*, Seoul, 399pp. (in Korean)
- Kim I.S.(1997) Illustrated Encyclopedia of Fauna & Flora of Korea Vol. 37 Freshwater Fishes, Ministry of Education, Sejong, 631pp. (in Korean)
- Kim, I.S. and J.Y. Park(2002) Freshwater Fish of Korea. Kyo-Hak Publishing Co., Ltd., 467pp. (in Korean)
- Kim, J.H.(2009) Flora of Mt. Seousan. Master thesis, Hannam University, Daejeon, 33pp.
- Kim, M.C., S.P. Chun and J.K. Lee(2013) Invertebrates in Korean Freshwater Ecosystems. Geobook, Seoul, 483pp. (in Korean)
- Kong, D.S.(1997) Benthic macroinvertebrates in Hongseong and Yesan County, In Ministry of Environment (eds.), *Natural Environment in Yesan, Seosan and Hongseong*, pp. 155-204. (in Korean)
- Kwon, O.K.(1990) Illustrated encyclopedia of fauna & flora of Korea vol.32 Mollusca(I). Ministry of Education Republic of Korea, 446pp. (in Korean)
- Kwon, S.J., Y.C. Jun and J.H. Park(2013) Benthic Macroinvertebrates. *Nature and Ecology*, Seoul, 791pp. (in Korean)
- Lee, J.H., Y.P. Hong and K.G. An(2007) Fish Community Structure Analysis and Ecological Health Assessments in the Headwater Watershed of Nakdong River. *Korean Journal of Limnology* 40(3): 403-411. (in Korean with English abstract)
- Lee, J.Y.(2001) The mycoidiversity of fungal fungi and ecological resources in Mt. Sonun provincial park. Master thesis, Woosuk University, Wanju, 45pp.
- Lee, S.R.(2010) Fauna of Freshwater Fish in Sobaeksan National Park. *Journal of National Park Research* 1(4): 277-283. (in Korean with English abstract)
- Lee, S.R., Y.S. Cho and D.W. Lee(2011) Fauna of Freshwater Fish in Seoraksan National Park. *Journal of National Park Research* 2(4): 194-202. (in Korean with English abstract)
- Margalef, R.(1958) Information theory in ecology. *Generation System* 3: 36-71.
- Merrit, R.W., K.W. Cummins and M.B. Berg(2008) An Introduction to the Aquatic Insects of North America. 4th Ed. Kendall/Hunt Publish. Co. Dubuque, Iowa, 1158pp.
- Min, B.H., M.S. Choe, J.H. Hong, H.S. Kim and S.R. Lee(2014) Fauna of Freshwater Fish in Mungyeongsaekjae Provincial Park. *Journal of National Park Research* 5(2): 62-67. (in Korean with English abstract)
- Ministry of Environment(2006) The Guide to the 3rd National Ecosystem Survey. National Institute of Environmental Research, Incheon, 298pp. (in Korean)
- Moon, W.K., J.H. Han and K.G. An(2010) Fish Fauna and Community Analysis in Heuck Stream Watershed, *Korean Journal of Limnology* 43(1): 69-81. (in Korean with English abstract)
- Nelson, J.S.(2006) *Fishes of The World*. 4th ed. New Jersey: John Wiley and Sons Inc. pp. 397-398.
- Park, H.C., H.S. Sim, J.H. Jeong, T.H. Kang, H.A. Lee, Y.B. Lee, M.A. Kim, J.G. Kim, S.J. Hong, K.Y. Seol, N.J. Kim, S.H. Kim, N.H. Ahn and C.G. Oh(2008) A Field Guide to Aquatic Insects of Rural Environments in Korea. National Institute of Agricultural Science and Technology, RDA, 349pp. (in Korean)
- Park, K.W., Y.S. Kim, J.W. Park, K.H. Jeune and M.K. Kim(2011) Seasonal variations of water environments and benthic diatom communities in streams across Byeonsan-Bando and Seonunsan Parklands in Jeollabukdo, Korea. *Korean Journal of Limnology* 44(2): 239-251. (in Korean with English abstract)
- Pielou, E.C.(1975) *Ecological diversity*. Wiley and Sons, New York, 165pp.
- Resh, V.H. and G. Grodhaus(1983) Aquatic insects in urban environments. pp. 247-276 In G. Frankie and C. Koehler (eds.), *Urban entomology: interdisciplinary perspectives*, Praeger, New York.
- Rosenberg, D.M. and V.H. Resh(1993) *Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates*, Chapman and Hall, New York, 488pp.
- Ro, T.H.(2002) Categorization and Ecological Importance of Functional Feeding Groups as Essential Units in Lotic Ecosystems. *Bulletin of the KACN* 21:67-93. (in Korean)
- Ro, T.H. and D.J. Chun(2004) Functional feeding group categorization of Korean immature aquatic insects and community stability analysis. *The Korean Journal of Limnology* 37(2): 137-148. (in Korean with English abstract)
- Rho, J.H., J. Hu and Y.S. Kim(2002) Evaluation of the landscape attraction of Seonunsan provincial park. *Journal of the Environmental Science* 11(6): 471-482. (in Korean with English abstract)
- Sayre, A.P.(1997) *River & Stream*. Lerner Publishing Group, Minnesota, 80pp.
- Shannon, C.E. and W. Weaver(1963) *The mathematical theory of*

- communication. University of Illinois Press, Urbana, 125pp.
- Sim, J.M.(2002) Fish fauna of the Taebaeksan Area Streams. Korean Journal of Environment and Ecology 15(4): 401-407. (in Korean with English abstract)
- Simpson, E.H.(1949) Measurement of diversity. Nature 163: 688.
- Son, Y.M. and H.B. Song(2006) Freshwater Fish of Geum River. Ji-Sung Publishing Co., Ltd., Seoul, 239 pp. (in Korean)
- Stranko, S.A., R.H. Hilderbrand and M.A. Palmer(2012) Comparing the fish and benthic macroinvertebrate diversity of restored urban streams to reference streams. Restoration Ecology 20(6): 747-755.
- Ward, J.V.(1992) Aquatic Insect Ecology. 1. Biology and Habitat. John Wiley & Sons, Inc., New York, 438pp.
- Won, D.H., S.J. Kwon and Y.C. Jun(2005) Aquatic Insects of Korea. Korea Ecosystem Service, Seoul, 415pp. (in Korean)
- Yang, H.J. and B.S. Chae(1993) The Ichthyofauna and Structure of Fish Community in the Kumho River. Korean Journal of Limnology 26(1): 1-10. (in Korean with English abstract)
- Yoon, I.B.(1988) Illustrated Encyclopedia of Fauna & Flora of Korea Vol. 30 Aquatic Insects, Ministry of Education Republic of Korea, 840pp. (in Korean)
- Yoon, I.B.(1995) Aquatic Insects of Korea. Junghaengsa, Seoul, 262pp. (in Korean)

Species name	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9
<i>Nothopsyche</i> KUa 갈색우묵날도래 KUa	6					3	4		
Family Goeridae 가시날도래과									
<i>Goera japonica</i> 일본가시날도래		16				4		2	
Family Apataniidae 애우묵날도래과									
<i>Apatania maritima</i> 큰애우묵날도래							10		
Family Lepidostomatidae 네모집날도래과									
<i>Lepidostoma</i> sp. 네모집날도래류	6	2		19					
Family Hydroptilidae 애날도래과									
<i>Hydroptila</i> sp. 애날도래류								2	
Family Molannidae 날개날도래과									
<i>Molanna moesta</i> 날개날도래				1					

Appendix 2. Taxonomic list of freshwater fish in Seonun Mountain Provincial Park

Species name	S1		S2		S3		S4		R.A.
	1st	2nd	1st	2nd	1st	2nd	1st	2nd	
Family Anguillidae 뱀장어과									
<i>Anguilla japonica</i> 뱀장어							2	4	0.66%
<i>Anguilla marmorata</i> 무태장어								1	0.11%
Family Cyprinidae 잉어과									
<i>Carassius auratus</i> 붕어					1	1	35		4.09%
<i>Rhodeus uyekii</i> 각시붕어*					8	1			1.00%
<i>Pseudorasbora parva</i> 참붕어						1			0.11%
<i>Pungtungia herzi</i> 돌고기	28	6	13	12	1	8			7.52%
<i>Squalidus gracilis majimae</i> 긴물개*	9	7		2	4	54			8.41%
<i>Pseudogobio esocinus</i> 모래무지					1	1			0.22%
<i>Microphysogobio yaluensis</i> 돌마자*					1	14			1.66%
<i>Rhynchocypris oxycephalus</i> 벼들치	12	2	3	3					2.21%
<i>Zacco temminckii</i> 갈겨니	98	36	42	51	64	42			36.8%
<i>Zacco platypus</i> 피라미					19	15			3.76%
Family Cobitidae 미꾸리과									
<i>Iksookimia koreensis</i> 참종개*					2	1			0.33%
<i>Cobitis lutheri</i> 점줄종개					1				0.11%
Family Mugilidae 승어과									
<i>Mugil cephalus</i> 승어								37	4.09%
<i>Chelon haematocheilus</i> 가승어							8		0.88%
Family Moronidae 농어과									
<i>Lateolabrax japonicus</i> 농어							2		0.22%
Family Centrachidae 검정우렁과									
<i>Micropterus salmoides</i> 배스						5			0.55%
Family Gobiidae 망둑어과									
<i>Gymnogobius castaneus</i> 날망둑							3		0.33%
<i>Synechogobius hasta</i> 풀망둑								5	0.55%
<i>Rhinogobius brunneus</i> 밀어	5	7	13	6		9			4.42%
<i>Tridentiger bifasciatus</i> 민물두줄망둑							46	75	13.4%
<i>Tridentiger obscurus</i> 검정망둑						2	27	11	4.42%
<i>Tridentiger brevispinis</i> 민물검정망둑						2	25	7	3.76%
<i>Mugilogobius abei</i> 모치망둑								3	0.33%

*: Korean endemic species, R.A.: Relative abundance (%).