

운문산 자연휴식년제 지역 내 저서성 대형무척추동물상 및 생물학적 수질평가¹

이종욱^{2*} · 최진경³ · 오승호² · 최강원²

A Study on the Benthic Macroinvertebrates and Biological Water Quality Evaluation in Nature Sabbatical Area of Unmunsan¹

Jong-Wook Lee^{2*}, Jin-Kyung Choi³, Seung-Ho Oh², Gang-Won Choi²

요약

운문산 상류 수계의 저서성 대형무척추동물상 조사 및 생물학적 수질평가는 2007년 11월에서 2008년 9월까지 시행되었으며 조사결과 4문 5강 13목 61과 106속 140종이 조사되었다. 전 지점을 종합해 볼 때 날도래목의 네모집날도래 KUa가 우점종이며 지점별 우점도지수(DI)를 살펴보면 2지점이 0.553으로 가장 높았으며 7지점이 0.354로 가장 낮게 나타났다. 다양도지수(H')에서는 7지점이 2.18로 가장 높았으며 2지점이 1.75로 가장 낮게 나타났다. 저서성 대형무척추동물 생태점수(ESB)에서는 4지점과 7지점이 85로 가장 높게 나타나 '최우선보호수역'으로 판정되었으며 5지점이 51로 가장 낮게 나타나 '보호수역'으로 판정되었으며 전 지점 모두 오수생물계열에서 '빈부수성'을 나타냈다.

주요어: 군집분석, 생태점수, 수서곤충, 운문산 상류수계

ABSTRACT

A biological assessment of water quality was carried out in Unmunsan County Park from November 2007 to September 2008. The benthic macroinvertebrates collected from the surveyed sites were composed of 140 species, 106 genera, 61 families, 13 orders, 5 classes and 4 phyla. The dominant species in all the survey areas was *Goerodes* KUa of Trichoptera. The dominance index(DI) showed the highest as 0.553 at site 2 and the lowest as 0.354 at site 7. The species diversity index(H') showed the highest as 2.18 at site 7 and the lowest as 1.75 at site 2. Ecological score of benthic macroinvertebrate(ESB) showed the highest as 85 at site 4 and site 7 and the lowest as 51 at site 5. As a result, the areas 4 and 7 needed to be designated as the highest protection area, and the area 5 as the protection area. Besides, the water quality, based on the ecological indicators of benthic macroinvertebrate community, turned out to be oligosaprobic in the whole survey areas.

KEY WORDS : COMMUNITY ANALYSIS, ESB, AQUATIC INSECT, UPPER STREAM OF UNMUNSAN

1 접수 2008년 12월 26일, 수정(1차: 2009년 6월 23일, 2차: 2010년 2월 4일), 게재확정 2010년 2월 10일

Received 26 December 2008; Revised(1st: 23 June 2009, 2nd: 4 February 2010); Accepted 10 February 2010

2 영남대학교 이과대학 생물학과 Dept. of Biology, Yeungnam University, Gyeongsan(712-749), Korea

3 국립환경과학원 National Institute of Environmental Research, Incheon(404-708), Korea

* 교신저자 Corresponding author(jwlee1@ynu.ac.kr)

서론

경상북도 청도군 운문면과 경상남도 밀양시 산내면의 경계에 위치한 운문산(1,188m)은 영남지역에 위치한 7개의 산 중의 하나로 가지산(1,240m), 천황산(1,189m)과 함께 영남 알프스를 이루고 있다. 본 지역은 경상남·북도의 경계를 따라 뻗은 태백산맥 남단의 주봉 가운데 하나이며, 운문현(雲門峴: 700m)을 중심으로 동운문과 서운문으로 나뉜다.

본 조사지역인 운문산은 고유한 역사가 깃든 운문사가 위치하고 있으며 국립공원과 운문산 자연휴양림이 인근에 위치하고 있어 불자를 비롯한 관광객이 붐비는 곳인 만큼 천혜의 자원을 보존하기 위하여 1990년부터 18년간 출입통제구역으로 보호되어 왔다. 십 수년간 출입통제구역으로 보호된 만큼 생물다양성의 핵심적인 보존지역으로 산림을 비롯한 하천의 보존을 통해 생물다양성 확보가 중요한 곳이다. 그럼에도 불구하고 본 지역에 대한 저서성 대형무척추동물에 관한 연구는 거의 전무하다. 따라서 현재 출입통제구간의 생물다양성을 확인하고 지표생물을 이용한 수환경의 상태를 파악하는 것이 매우 시급하다 할 수 있다.

저서성 대형무척추동물은 생활사가 길고 서식처 및 기능이 고도로 분화되어 수환경의 변화에 민감하게 반응하는 분류군으로써 수중으로 유입되는 오염물질의 영향과 서식지 상태 등에 따라 출현하는 종이 달라지는 특이성을 갖는다(Yoon *et al.* 1992). 따라서 수생생물의 분포와 우점종을 바탕으로 서식환경과 수질오염 정도를 파악할 수 있다. 지표생물(Indicator organisms)을 이용한 수질평가의 생물학적 방법은 수생생물에 나타나는 변화 및 특정 수생생물의 서식유무로 수질오염 정도 등 종합적인 수환경 파악에 효과적이므로 수질오염에 대한 지표군으로써 저서성 대형무척추동물의 조사가 수행되어 왔으며 우리나라에서는 Yoon *et al.*(1981)에 의해 저서성 대형무척추동물에 의한 생물학적 수질판정법이 정립되기 시작하였다. 이후 국내에서는 저서성 대형무척추동물에 의한 생물학적 수질평가에 대한 연구가 Yoon *et al.*에 의해 1982년부터 90년대 초반까지 있어 왔으며 90년대 후반에는 황강(Lee *et al.*, 1996)과 회천(Lee *et al.*, 1996)에서 이루어진 바 있으며 저서성 대형무척추동물상에 대한 연구는 치악산국립공원(Bae *et al.*, 1998), 소백산국립공원(Lee, 1998), 계룡산국립공원(Nam *et al.*, 2002), 덕유산국립공원(Lee *et al.*, 2005), 내장산국립공원(Lee, 2007)등의 국립공원 자연자원조사에서 조사되어 왔다.

이에 본 연구는 수환경의 변화에 민감하게 반응하는 분류군인 저서성 대형무척추동물상을 조사하고 이를 바탕으로 각 지점의 군집분석을 실시하여 향후 운문산 상류 수계의 생물다양성 보존과 하천휴식년제 등 수환경 관리에 필요한

기초정보와 이 지역의 자연보호 및 자연생태계의 회복과 보존을 위한 기초자료를 제공하고자 한다. 또한, 운문산 상류 수계에 대한 저서성 대형무척추동물상 조사를 비롯하여 생물학적 수질평가에 대한 조사는 한 번도 이루어진 적이 없어 본 조사의 결과는 운문산 수계에 대한 최초의 조사라고 의의가 크다.

조사지역 및 방법

1. 조사시기

저서성 대형무척추동물의 대부분을 차지하는 수서곤충을 중심으로 이들의 우화시기와 계절 변화에 따른 군집변동을 고려하여 2007년 11월 중순부터 2008년 9월 중순까지 총 6차에 걸쳐 현지조사를 실시하였다. 조사 시기는 정기적인 조사를 실시하기 위하여 두 달에 한번 씩 실시하는 것을 기본으로 하였으며 기상조건이나 계절적 변화에 따라 15일 전후에 맞추어 조사일을 선정하였다. 그밖에도 저서성 대형무척추동물의 생태적 특이성 및 봄과 가을의 계절적인 변화 후 군집 변동이 다양하게 나타나는 것을 고려하여 봄과 가을에 각각 두 번의 조사를 실시하였다. 상세한 조사 시기는 다음과 같다.

- 1차 조사: 2007년 11월 16일 (가을)
- 2차 조사: 2008년 01월 10일 (겨울)
- 3차 조사: 2008년 03월 15일 (봄)
- 4차 조사: 2008년 05월 10일 (봄)
- 5차 조사: 2008년 07월 29일 (여름)
- 6차 조사: 2008년 09월 09일 (가을)

2. 조사지역 및 조사지 개황

조사대상 지역은 경상북도 청도군 운문면 신원리에 위치한 하천으로 저서성 대형무척추동물의 서식처인 산간 계류 중 계류 환경이 변화되는 구간인 7지점을 선정하여 조사하였으며 7개 조사지점의 GPS(Global Positioning System) 좌표값과 조사지 개황은 다음과 같다(Figure 1).

1지점: N 35° 39' 19" E 128° 57' 37"

평지하천으로 대부분 자갈이 많으며 장마철을 제외하고는 수량이 다소 적고 하천 주위로 큰 활엽수가 나 있으며 하천 주변은 억새풀 군락이 조성되어 있다.

2지점: N 35° 39' 73" E 128° 57' 29"

목골 표지 아래쪽에 위치하며 교목이 사방을 둘러싸고 있는 고인물로 물속에 말줄류가 다량 분포하고 있다. 드문 드문 갈대숲을 형성하고 있으며 암반지형에 자갈과 큰 돌이 존재한다.

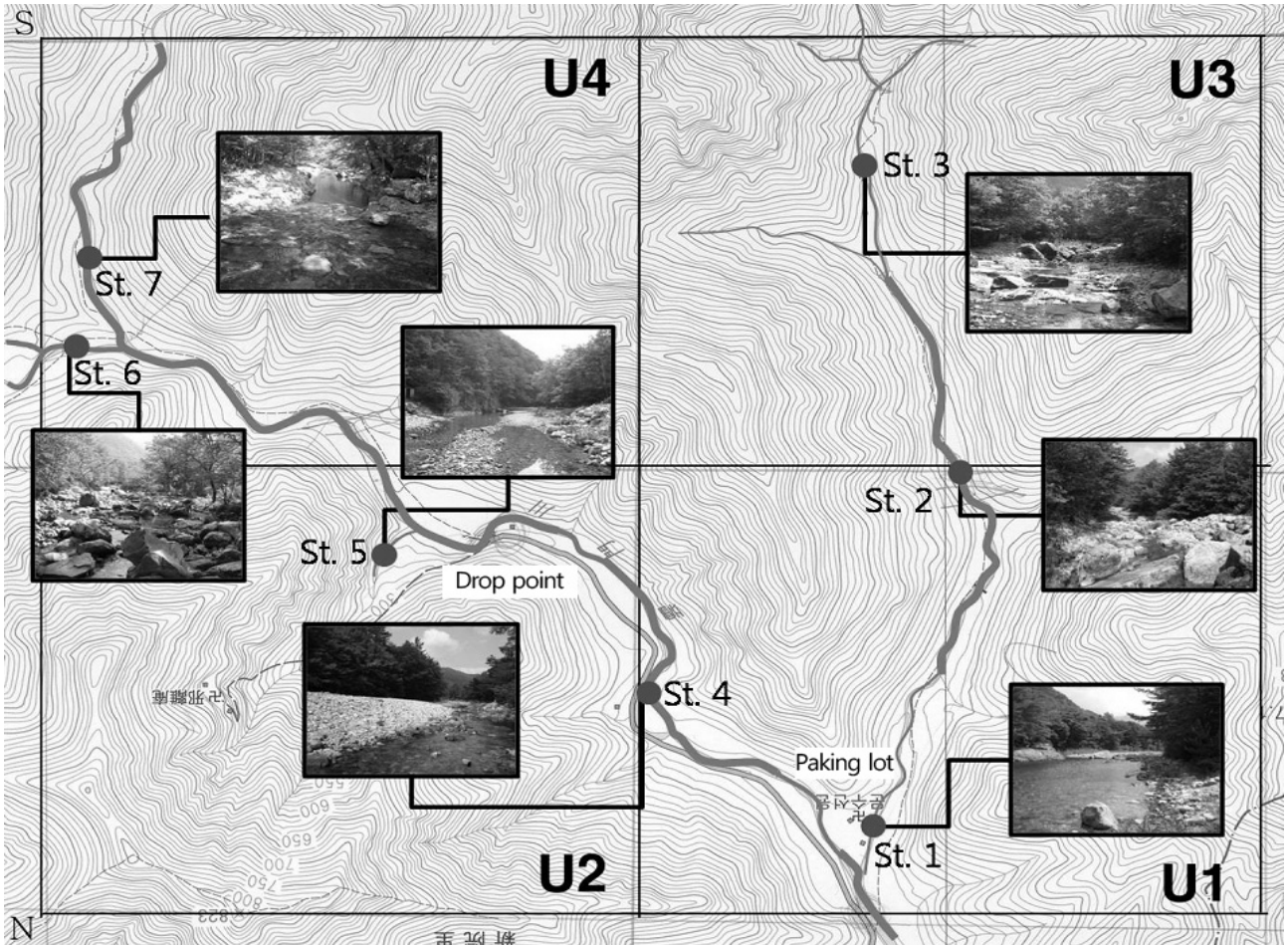


Figure 1. A map showing the sampling sites in Unmunsan County Park

3지점: N 35° 38' 33" E 128° 57' 43"

사방이 활엽수로 둘러싸여 있어 그늘지고 곳곳에 고인물이 존재하고 있다. 상류의 물줄기가 합류하는 지점이나 장마철을 제외하고는 하천이 건조되어 있고 수량이 적다. 또한 큰 바위가 산재하고 있으며 수초가 거의 없다.

4지점: N 35° 39' 05" E 128° 58' 03"

1지점과 동일한 평지하천으로 대부분이 자갈과 돌로 구성되고 하천 주변에 억새풀이 존재한다. 암반지형으로 수량이 적고 제방시설이 존재한다.

5지점: N 35° 38' 51" E 128° 58' 30"

사리암 아래 주차장 부근으로 침엽수와 활엽수가 고루 섞여 있으며 평지하천으로 다소 많은 수량이 나타난다. 사리암으로 물을 공급하기 위한 펌프시설이 존재한다.

6지점: N 35° 38' 40" E 128° 58' 52"

하천우위가 침엽수로 둘러싸여 있고 하천바닥은 모래와 자갈로 덮혀 있다. 유포이 좁고 수량이 적으며 수초가 거의 없다.

7지점: N 35° 38' 33" E 128° 58' 55"

조사지점 중 가장 수량이 많고 유속이 세며 생태계보전지역에 속하는 하천이 합류하기 전 지점으로 암반으로 구성되어 있으며 교목을 비롯한 활엽수가 분포하고 있어 겨울을 제외하고는 거의 음지를 형성하며 이끼가 많이 분포하고 있다.

3. 조사방법

1) 채집 및 동정

저서성 대형무척추동물의 채집은 정량채집과 정성채집으로 나누어 시행하였으며 정량채집은 계류형 정량채집망인 Suber net(25×25cm, 망목 0.2mm)을 사용하여 각 조사지점에서 4회 채집하였으며 정성채집은 족대(망목 0.2mm)와 뜰채(망목 0.5mm)를 사용하여 가능한 다양한 서식처를 조사하였다. 채집된 표본은 현장에서 Kahle's solution에 고정하여 실험실로 운반한 후 80% Ethanol에 옮겨 보존하였

다. 채집된 종의 동정은 Yoon(1988), Yoon(1995), Kwon *et al.*(1993), Won *et al.*(2005), Merritt와 Cummins(1984), Kawai(1985) 등을 이용하였다. 동정에 어려움이 있는 분류군에 한하여 분류군별 전문 분류학자의 도움을 받았으며 이렇게 동정된 분류군의 대표표본(Voucher specimen)은 영남대학교 생물학과 동물계통분류학 연구실에 보관하였다.

2) 군집분석

저서성 대형무척추동물 군집의 출현 종수 및 출현 개체수를 산출하고, 각 조사지점별로 우점종 및 점유율을 구하였다. 군집구조의 분석은 조사지점별로 정량적으로 채집된 자료로부터 출현한 분류군의 수를 비교하여 우점도지수(DI), 다양도지수(H'), 균등도지수(EI) 및 풍부도지수(RI)를 산출하였다. 군집의 분석에는 정량채집을 통하여 얻어진 시료만을 이용하였다.

우점도는 제1우점종과 제2우점종을 선정하여 McNaughton (1967)의 지수를 이용하였으며 다양도지수는 Shannon-Weaver function(H)을 Lloyd와 Ghelord(1964)가 변형한 공식을 이용하여 산출하였다. 산출된 다양도지수를 이용하여 풍부도(Margalef, 1958)와 균등도(Pielou, 1975)를 산출하였다.

3) 생물학적 수질 및 환경질 평가

환경질의 평가와 생태환경 관리기준의 판정은 전국자연환경 조사지침(MEV, 2006)에서 제안한 ESB(Ecological score of benthic macroinvertebrate community, 저서성 대형무척추동물 생태점수)지수를 적용하였다.

결과 및 고찰

1. 결과

1) 저서성 대형무척추동물상

본 조사에서 채집된 종은 4문 5강 13목 61과 106속 140종 14,737개체로 하루살이목이 10과 27속 40종으로 가장 많이 출현하였으며 개체수 현종량으로는 날도래목이 전체 50.54%를 차지한 7,445개체가 채집되었다(Table 1, Appendix 1).

전체 분류군의 목별 출현종수는 절지동물문의 EPT 분류군(E: Ephemeroptera, P: Plecoptera, T: Trichoptera)이 64%의 점유율을 나타내었고, 그 외에 파리목(Diptera)이 16%, 딱정벌레목(Coleoptera) 6%, 잠자리목(Odonata) 4%, 중복족목(Mesogastropoda), 뱀잠자리목(Megaloptera), 노린재목(Hemiptera)이 2% 순으로 나타났다(Figure 2). 또한, 목별 출현 개체수에서는 날도래목(Trichoptera)이 51%로 가장 많이 차지하였고, 다음으로는 파리목(Diptera) 18%, 하루살이목(Ephemeroptera) 12%, 강도래목(Plecoptera) 6%, 중복족목(Mesogastropoda) 5% 순으로 나타났다(Figure 3).

2) 국외반출승인대상종 및 희귀종

본 조사지역에서 출현한 저서성 대형무척추동물 중 국외 반출승인대상종은 가는무늬하루살이(*Ephemera separigata* Bae)가 2지점에서 1개체 채집된 것을 비롯하여 연날개수염치레각날도래(*Stenopsyche bergeri* Martynov)가 전 지점에서 모두 49개체, 한국큰그물강도래(*Pteronarcys macra* Ra, Baik and Cho)가 전 지점에서 36개체, 총채민강도래(*Amphinemura coreana* Zwick)가 전 지점에서 95개체, 한국강도래(*Kamimuria coreana* Ra, Kim, Kang, and Ham)가 전 지점에서 358개체, 두눈강도래(*Neoperla coreensis*

Table 1. Taxonomic composition of microinvertebrates in Unmunsan County Park

Phylum	Class	Order	Family	Genus	Species	No. of Ind.	
Arthropoda	Insecta	Ephemeroptera	10	27	40	1,692	
		Odonata	2	4	5	101	
		Plecoptera	8	14	16	947	
		Hemiptera	1	3	3	12	
		Megaloptera	2	3	3	22	
		Coleoptera	7	9	9	140	
		Diptera	13	21	23	2,670	
		Trichoptera	13	20	34	7,445	
		Crustacea	Amphipoda	1	1	1	837
		Platyhelminthes	Turbellaria	Tricladida	1	1	1
Molluska	Gastropoda	Mesogastropoda	1	1	3	757	
		Basommatophora	1	1	1	4	
Annelida	Oligochaeta	Archioligochaeta	1	1	1	64	
Total			61	106	140	14,737	

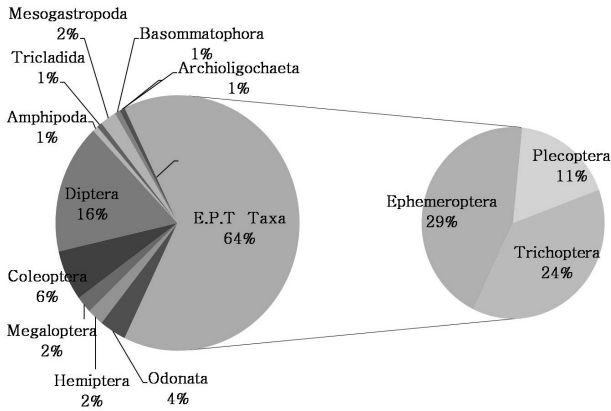


Figure 2. Species composition of major taxa at studied area

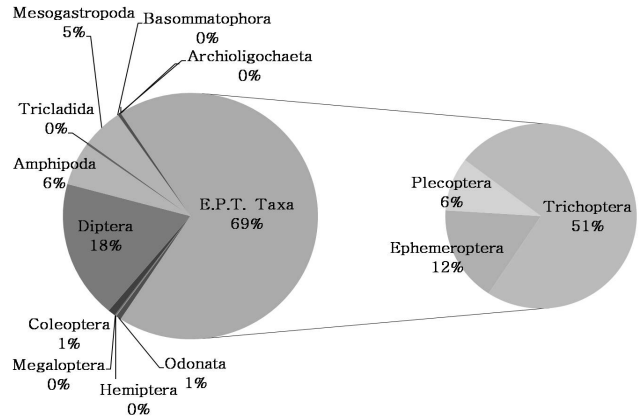


Figure 3. Individual composition of major taxa at studied area

Ra, Kim, Kang, and Ham)가 1지점부터 5지점에 걸쳐 36개체가 조사되어 총 6종이 전 지점에 걸쳐 575개체가 출현하였다.

또한, 애반딧불이(*Luciola lateralis*)는 남한 전역에 국지적으로 분포하나 수계환경의 오염으로 인해 그 수가 점차 감소되고 있는 희귀종으로 2지점에서 1개체가 유충상태로 채집되었으며 반딧불이의 먹이원인 다슬기류가 2지점에서는 아우점종으로 나온 만큼 반딧불이의 서식처로서도 최적의 조건을 갖추고 있다고 사료된다.

그 밖에도 생태적 조건이 까다롭고 전국 몇 지역 안 되는 곳에서 채집되는 종으로 알려진 물뱀모기 KUa도 3지점부터 7지점까지 모두 25개체가 출현하고 있어 운문산수계의 종 다양성과 안정성을 나타내주는 지표라 할 수 있다.

3) 군집분석 및 생물학적 수질평가

(1) 지점별 우점종과 우점도 지수(DI)

각 조사지점을 종합할 경우 우점종은 네모집날도래 KUa(*Goerodes* KUa), 깔따구아과(*Chironominae* sp.)가 아우점종으로 나타났다. 우점종은 전지점에서 네모집날도래 KUa로 나타났고 조사지점별 아우점종은 1지점은 두점하루살이(*Ecdyonurus kibunensis*), 2지점은 다슬기(*Semisulcospira libertina*), 3지점은 갯깔따구아과(*Orthocladinae* sp.), 4지점은 먹파리과(*Simuliidae* sp.), 5지점은 우묵날도래류(*Nemotaulius* sp.), 6지점은 옆새우류(*Gammarus* sp.), 7지점은 깔따구아과(*Chironominae* sp.)로 조사되었다(Table 2).

우점도 지수(DI)는 2지점에서 0.553으로 가장 높게 산출되어, 다양도지수(H')가 가장 낮은 1.75로 나타났으며, 7지점에서 0.354로 가장 낮게 산출되어 다양도지수(H')는 2.18로 가장 높게 나타났다. 또한 균등도지수는 6지점이 0.544로 가장 높게 나타났으며 풍부도지수는 7지점이 9.452로

가장 높고 5지점이 6.594로 가장 낮게 나타났다(Table 3).

(2) 지점별 다양도지수(H')와 생태점수(ESB)

다양도지수는 동물군집의 종 풍부 정도와 개체수의 상대적인 균형성을 뜻하며 군집의 복잡성을 나타내주는 객관적인 생물지수로써, 그 산출값이 클수록 군집의 종 구성이 복잡하며 산출값이 낮을수록 종 구성이 단순함을 나타내는 지표이므로 생물학적 수질관정에 많이 시도되어 왔다(Wilhm, 1972).

본 조사에서 수서생물군과 지수를 바탕으로 지점별로 살펴보면 1지점은 10목 51종 769개체가 조사되었고 다양도지수(H')는 1.96으로 나타났으며 2지점은 본 조사에서 9월 6차 조사 시 애반딧불이를 포함하여 11목 63종 1,073개체가 조사되었으며 비교적 많은 종이 출현하였음에도 불구하고 다양도지수(H')가 가장 낮은 1.75를 나타내고 있다. 이는 우점종인 네모집날도래 KUa의 우점도(DI)가 0.553으로 가장 높게 나타났기 때문인 것으로 사료된다.

3지점은 11목 57종 1,585개체가 조사되었으며 다양도지

Table 2. Dominant species and their dominance index (DI) of each surveyed site

Site	Dominant species	Subdominant species	DI
St. 1	<i>Goerodes</i> KUa	<i>Ecdyonurus kibunensis</i>	0.498
St. 2	<i>Goerodes</i> KUa	<i>Semisulcospira libertina</i>	0.553
St. 3	<i>Goerodes</i> KUa	<i>Orthocladinae</i> sp.	0.546
St. 4	<i>Goerodes</i> KUa	<i>Simuliidae</i> sp.	0.463
St. 5	<i>Goerodes</i> KUa	<i>Nemotaulius</i> sp.	0.477
St. 6	<i>Goerodes</i> KUa	<i>Gammarus</i> sp.	0.537
St. 7	<i>Goerodes</i> KUa	<i>Chironominae</i> sp.	0.354
Mean.	<i>Goerodes</i> KUa	<i>Gammarus</i> sp.	0.438

Table 3. Various community quotient from each site of the Unmunsan County Park

Site	No. Sp.	DI	H'	EI	RI	Saprobity	ESB	Grade of water quality	Area determination
St. 1	51	0.498	1.96	0.498	7.524	****	65	I	*****
St. 2	63	0.553	1.75	0.422	8.885	****	77	I	*****
St. 3	57	0.546	1.94	0.480	7.600	****	76	I	*****
St. 4	61	0.463	2.17	0.527	8.444	****	85	I	*****
St. 5	49	0.477	2.00	0.515	6.594	****	51	II	****
St. 6	50	0.537	2.13	0.544	6.737	****	73	I	*****
St. 7	69	0.354	2.18	0.514	9.452	****	85	I	*****

Saprobity		Area determination
*****		First priority protection waters
****		Priority protection waters
****	Oligosaprobic	Protection waters
***	β -mesosaprobic	Improvement waters
**	α -mesosaprobic	Priority improvement waters
*	Polysaprobic	First priority improvement waters

수(H')가 1.94로 나타났으며 4지점은 물뿔모기 KUa를 비롯하여 12목 61종 1,219개체가 조사되었으며 다양도지수(H')가 2.17로 7지점 다음으로 높게 나타났으며 ESB 지수 85로 '최우선보호수역'으로 판정되었다.

5지점은 9목 49종 1,450개체가 조사되었으며 가장 낮은 종수를 보이고 있으며 ESB 지수는 51로 가장 낮아 수질등급 II급으로 '보호수역'으로 판정되었다. 이 지역은 사리암에서 흘러오는 생활오수가 영향을 미쳤을 것으로 사료된다. 6지점은 7목 50종 1,442개체가 조사되어 종수는 다소 저조하나 다양도지수(H')가 2.13으로 다소 높게 나타났으며 ESB 지수 73으로 수질등급 I급으로 판정되었다.

7지점은 계곡의 최상류에 위치하고 있어 오염원이 없는 깨끗한 지역으로 조사결과 10목 69종 1,332개체가 조사되었고 다양도지수(H')가 2.18로 가장 높게 나타났다. 또한 ESB 지수 역시 4지점과 함께 85로 가장 높게 나타나 '최우선보호수역'으로 나타났다.

생태점수(ESB)는 7지점과 4지점에서 85로 가장 높게 나타났고, 5지점을 제외한 나머지 지점에서 65이상으로 나타나 5지점을 제외하고는 모두 저서성 대형무척추동물 생태점수(ESB) 기준에 의한 환경질 평가에서 환경상태 '매우양호', 수질등급 '1등급', 지역판정 '최우선보호수역' 과 '보호수역'으로 판정되었다. 동일한 기준으로 오수생물계열 평가에서도 조사지점 모두 '빈부수상'으로 판정되었다(Table 3).

(3) 지점별 균등도지수(EI)

균등도 지수(EI)는 0.422~0.544까지로 그다지 큰 차이는 없었으며 전체적으로 군집 내 종 구성의 균일함이 유사하게 나타났다. 2지점의 종수가 두 번째로 높게 나타났음에도 불구하고 우점도 지수가 높아 균등도 지수가 떨어졌으며 이 중에서 특히, 6지점은 0.544로 가장 높게 나타나 군집 내 종 구성이 전체 조사지점 중 가장 균일한 것으로 조사되었다.

(4) 지점별 풍부도지수(RI)

군집 내 종 구성의 상태를 보여주는 풍부도지수(RI)는 가장 적은 종수를 나타낸 5지점에서 6.594로 가장 낮게 나타났으며 이는 조사된 종수에 비해 개체수가 상대적으로 많은 것이 원인이며 7지점에서 9.452로 전체 조사지점 중 가장 높게 산출되어 전체 7개 지점을 비교해 볼 때 종 구성이 가장 풍부한 것으로 조사되었다.

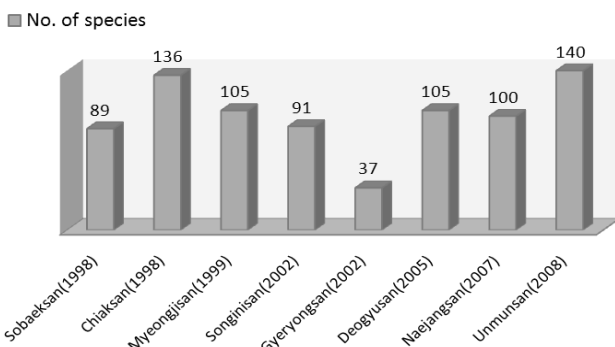


Figure 4. Comparison of distribution of Benthic Macroinvertebrates

2. 고찰

2007년 11월부터 2008년 9월까지의 운문산 자연휴식년제 지정 지역의 조사 결과 4문 5강 13목 61과 106속 140종이 확인되었다. 이 수치는 소백산, 치악산, 명지산, 속리산, 계룡산, 덕유산, 내장산등 7개의 국립공원의 저서성 대형무

척추동물의 조사결과와 비교해 볼 때 종 다양도가 높으며 다양한 저서성 대형무척추동물의 서식지로서 보존 가치가 있어 지속적인 관리가 요구됨을 시사한다(Figure 4). 국립공원에 비해 많은 수의 종이 출현한 것은 운문산의 수계가 18년간 출입통제구역으로 지정되어 있었던바 훼손 정도가 적어 비교적 양호한 상태로 보존이 잘 되었기 때문이다. 또한 본 조사 지점 선정 시 고도가 높고 수량이 많은 지점부터 평지 하천에 이르기까지 다양한 서식처를 지니고 있어 높은 생물다양성을 나타내기에 충분한 환경이라 사료된다. 출현종에서는 애반딧불이와 물뱀모기 KUa 등 청정수역의 대표종들이 다수 출현하고 있어 하천의 보존을 통해 생물다양성 확보가 중요한 곳이라 사료되며 희귀종인 애반딧불이의 먹이원이 되는 다슬기류가 다량 분포하는 것으로 보아 반딧불이의 서식처로서도 최적의 조건을 갖추고 있다고 판단된다. 또한, 가는무늬하루살이(*Ephemera separigata* Bae)를 비롯해 연날개수염치레각날도래(*Stenopsyche bergeri* Martynov), 한국큰그물강도래(*Pteronarcys macra* Ra, Baik and Cho), 총채민강도래(*Amphinemura coreana* Zwick), 한국강도래(*Kamimuria coreana* Ra, Kim, Kang, and Ham), 두눈강도래(*Neoperla coreensis* Ra, Kim, Kang, and Ham) 등 6종의 국외반출승인대상종이 본 조사결과 확인되었다. 생물 종 다양성 뿐 만 아니라 생물학적 수질 평가에서도 한 지점을 제외하고는 모두 I급수로 판정될 만큼 매우 양호한 수질을 나타내고 있어 수환경이 잘 보존되고 있음을 보여준다.

본 조사는 지금까지 운문산의 수환경에 대한 조사가 이루어진 적이 없었으므로 운문산 일대의 저서성 대형무척추동물에 대한 최초의 학술적인 조사로서 그 의미가 더욱 크다고 할 수 있다. 따라서 등산객을 비롯한 탐방객에 의한 무단이용 등 각종 인위적인 요인으로 인해 하천 생태계의 교란과 훼손된 하천 주변 및 특정 분류군의 서식처 복원을 위한 대책이 강구되어야 하며 자연생태 보전지역으로의 가치가 있으므로 지속적인 관리와 보호가 필요하다.

인용문헌

- Bae, Y.J., S.Y. Park, S.J. Park, J.M. Hwang and J.M. Hur(1998) Aquatic Insect Community in a Mountain Stream of Chiaksan. J. of Natural Sciences, 10(1): 7-20.
- Kawai(1985) An Illustrated book of aquatic insects of Japan. Tokai Univ., Tokyo, 383pp.
- Kwon, O.K., G.M. Park and J.S. Lee(1993) Coloured Shells of Korea. Academy Publishing Company, 401pp.
- Lee, J.W., S.M. Ryu and J.Y. Cha(1996) Study on the Biological Evaluation of Water Quality by Benthic Macroinvertebrates in Hoe stream. J. of Natural Sciences 16(1): 277-298.
- Lee, J.W., J.Y. Cha and S.M. Ryu(1996) Study on the Biological Evaluation of Water Quality by Benthic Macroinvertebrates in Whang River. J. of Natural Sciences 16(1): 253-275.
- Lee, J.W.(1998) The Survey of Natural Resources in Sobaeksan National Park. Rep. the KNP, pp.184-272.
- Lee, J.E., Y.M. Lee, S.E. Ro and H.W. Cho(2005) Community Fluctuation and Biological Water Quality Evaluation of Benthic Macroinvertebrates in Deogyusan National Park. J. of Environmental Research 5(1): 75-84.
- Lee, J.W.(2007) The Survey of Natural Resources in Naejangsan National Park. Rep. the KNP, pp.273-322.
- Lloyd, M. and R.J. Ghelord(1964) A table for calculation the "Equitability" component of species diversity, J. Anim. Ecol. 33: 217-225.
- Margalef, R.(1958) Information theory in ecology. Gen. Syst. 3: 36-71.
- McNaughton, S.J.(1967) Relationship among functional properties of California Grassland. Nature 216: 168-169.
- Merritt, R.W. and K.W. Cummins(1984) An introduction to the aquatic insects of North America. 2nd ed., Kendal/Hunt Publish. Co. Dubuque, 722pp.
- Nam, S.H., Y.H. Cho, Y.J. Park, Y.G. Han and J.S. Lee(2002) A Study on the Aquatic Insect Community in Mt. Kyeryong. J. of Natural Sciences 13(2): 1-11.
- Pielou, E.C.(1975) Ecological Diversity. Wiley, New York, 65pp.
- The ministry of Environment(2006) The 3rd National Ecosystem Survey Guide. NER, 298pp.
- Wilhm, J.I.(1972) Graphic and mathematical analysis of biotic communities in polluted stream, Ann. Rev. Ent. 17: 223-252.
- Won, D.H., S.J. Kwon and Y.C. Jun(2005) Aquatic Insects of Korea. Korea Ecosystem Service, 415pp.
- Yoon, I.B., D.S. Kim and H.U. Byun(1981) A Study on the Aquatic Insect Community in the Upper Stream of Nakdong River. The Korean J. of Limnology 14(3): 27-49.
- Yoon, I.B.(1988) Illustrated Encyclopedia of Fauna & Flora of Korea Vol. 30 Aquatic Insect. Ministry of Education Republic of Korea, 840pp.
- Yoon, I.B., D.S. Kong and J.K. Ryu(1992) Studies on the Biological Evaluation of Water Quality by Benthic Macroinvertebrates. Korean J. Environ. Biol. 10(1): 24-39.
- Yoon, I.B.(1995) Aquatic Insects of Korea. Jungaengsa, 262pp.

Appendix 1. (Continued)

Scientific name	Korean name	Site 1		Site 2		Site 3		Site 4		Site 5		Site 6		Site 7	
		Quantity	Quality	Quantity	Quality	Quantity	Quality	Quantity	Quality	Quantity	Quality	Quantity	Quality	Quantity	Quality
Dixidae sp.				1											
Family Dolichopodidae															
Dolichopodidae sp.	장다리파리과 장다리파리과 sp.							1							
Family Empididae															
Empididae sp.	출파리과 출파리과 sp.	1	11		7								5		7
Family Muscidae															
Muscidae sp.	집파리과 집파리과 sp.							1							
Family Psychodidae															
Psychoda KUa	나방파리과 나방파리KUa														1
Family Sarcophagidae															
Sarcophagidae sp.	쉬파리과 쉬파리과 sp.														
Family Simuliidae															
Simuliidae sp.	떡파리과 떡파리류 sp.	55	36	3	11	25	21	94	80	4	28	13	28	67	
Family Tipulidae															
Antocha KUa	각다리과 명주각다리 KUa		1	1		2	1						1	4	
Dicranota KUa	애기각다리 KUa					1								1	2
Haxatoma KUa	검정날개각다리 KUa	9	2	3									2	1	2
Haxatoma KUc	검정날개각다리 KUc	1													
Tipula (Yamatotipula) patagiata Alexander	어리아이노각다리													1	
Tipula KUa	각다리 KUa							1						1	4
Order Ephemeroptera															
Family Ameletidae															
Ameletus costalis (Matsumura)	피라미하루살이과 피라미하루살이			10		2							7	17	3
Ameletus montanus Imanishi	멧피라미하루살이과 멧피라미하루살이	1												2	1
Family Baetidae															
Acentrella sibirica Kazlauskas	꼬마하루살이과 공알하루살이								1						1
Baetiella tuberculata (Kazlauskas)	애호랑하루살이과 애호랑하루살이			1		1		4	20					3	1
Baetis fuscatus Linnaeus	개똥하루살이과 개똥하루살이			2				1					2	1	1
Baetis Kua	국명미정			1											
Baetis sylvaticus Kluge	감초하루살이과 감초하루살이								1						2
Baetis ursinus Kazlauskas	밤솔하루살이과 밤솔하루살이														
Cloeon dipterum (Linnaeus)	연못하루살이과 연못하루살이														
Labiobaetis atrebatinus (Eaton)	입술하루살이과 입술하루살이														
Nigrobaetis bacillus (Kluge)	검장하루살이과 검장하루살이			6											2
Proclleon pennulatus (Eaton)	갈고리하루살이과 갈고리하루살이													3	
Family Ephemerellidae															
Cinctocostella levanidovae (Tshernova)	일락하루살이과 민하루살이	43	32	3	12	13	20	53	14	50	18	44	25		

Appendix 1. (Continued)

Scientific name	Korean name	Site 1		Site 2		Site 3		Site 4		Site 5		Site 6		Site 7	
		Quantity	Quality	Quantity	Quality	Quantity	Quality	Quantity	Quality	Quantity	Quality	Quantity	Quality	Quantity	Quality
Family Pteronarcidae															
<i>Pteronarcys macra</i> Ra, Baik and Cho	큰그물강도래과														
Family Taeniopterygidae															
<i>Taenionema</i> sp.	한국큰그물강도래 메추리강도래과	2	1	3	3	3	1	8	1	2	1	5	9		
Order Trichoptera	메추리강도래류 sp. 날도래목														
Family Brachycentridae	동근잎날도래과														
<i>Micrasema</i> KUa	동근잎날도래 KUa	1						2				1	7		
Family Calamoceratidae	채다리날도래과														
<i>Anisocentropus</i> sp.	국명미정		1	4			1								
Family Glossosomatidae	광택날도래과														
<i>Glossosoma</i> Kua	광택날도래 Kua	1	2	1	1	1	9	21	10	10	3				
Family Hydropsychidae	출날도래과														
<i>Cheumatopsyche brevilineata</i> (Iwata)	꼬마출날도래	2	31	1	10	1	19	11	4	1	12	16	1	1	
<i>Cheumatopsyche</i> KUa	꼬마출날도래 KUa							1		1	2				
<i>Cheumatopsyche</i> KUb	꼬마출날도래 KUb							5			6				
<i>Hydropsyche kozhanshikovi</i> Martynov	출날도래	1													
<i>Hydropsyche</i> KUb	출날도래 KUb														
<i>Hydropsyche orientalis</i> Martynov	동양출날도래	16	36	10	28	16	25	28	11	4	82	58	66	7	
Family Hydroptilidae	애날도래과														
<i>Hydroptila</i> KUa	애날도래 KUa	1	9	3	133	14	6					1	2		
Family Lepidostomatidae	네모질날도래과														
<i>Goerodes</i> KUa	네모질날도래 KUa	316	340	479	398	683	171	471	245	585	221	552	276	323	233
Family Limnephilidae	우묵날도래과														
<i>Apatania</i> KUa	애우묵날도래 KUa	4						36	2	50	2	7	14		
<i>Goera japonica</i> Banks	가시날도래											3	6	1	
<i>Hydatophylax nigrovittatus</i> (McLachlan)	피무늬우묵날도래											1	12	1	
<i>Nemotaulius</i> sp.	피우묵날도래류 sp.											67	60	3	
<i>Neophylax ussuriensis</i> Martynov	가시우묵날도래	2	1	1								106	109		
<i>Nothopsyche</i> KUa	갈색우묵날도래 KUa	1	1					1							
Family Odontocnidae	바수염날도래과														
<i>Psilotreta kisoensis</i> Iwata	바수염날도래														
Family Philopotamidae	입술날도래과														
<i>Wormaldia</i> KUa	입술날도래 KUa	8	30	58	56	36	44	34	74	29	7	69	42	64	12
Family Phryganopsychidae	동근날개날도래과														
<i>Phryganopsyche latipennis</i> (Banks)	동근날개날도래														
Family Polycentropodidae	깃날도래과														
<i>Plectrocnemia</i> KUa	깃날도래 KUa	1	4	5		14	3	15	2	2	4	2	1	1	

