

연인산 일대 저서성 대형무척추동물상

김 예 지 · 공 동 수

경기대학교 생명과학과

Benthic Macroinvertebrates Fauna of Mt. Yeonin

KIM, Ye ji · Dong Soo KONG

Department of Life Science, Kyonggi University, Suwon, Korea

ABSTRACT

Benthic macroinvertebrates fauna was investigated at the Mt. Yeonin, Gyeonggi-do, Korea, from August to October, 2016. 5 sites located around the Mt. Yeonin were selected for quantitative (surber net: 30×30cm, mesh size: 1mm) and qualitative (Hand net) sampling of benthic macroinvertebrates. Including qualitative sampling, total 100 species, 46 families, 13 orders, 5 classes in 4 phyla occurred. Insecta was composed of 1 species in Collembola, 33 species in Ephemeroptera, 7 species in Odonata, 4 species in Plecoptera, 1 species in Hemiptera, 2 species in Megaloptera, 5 species in Coleoptera, 8 species in Diptera and 30 species in Trichoptera. Non-insecta was 9 species composed of 1 species in Platyhelminthes, 7 species in Mollusca and 1 species in Annelida. The dominant species and the subdominant species based on individual abundance were *Epeorus pellucidus* and *Beatiella tuberculata* with 12.2% and 12.0% of dominance respectively. McNaughton's dominance indices, Shannon-Weaver's diversity indices, Margalef's species richness indices and Pileou's evenness indices, Kong's Benthic Macroinvertebrate indices of benthic macroinvertebrates (BMI) showed the range of 0.34~0.53, 3.18~3.87, 4.01~5.63, 0.71~0.80, and 90.20~95.70 respectively.

Key words : benthic macroinvertebrates, Mt. Yeonin

서 론

연인산(1,068m)은 경기도 가평군 가평읍 승안리, 조종면 마일리, 북면 백둔리 3개의 읍면에 걸쳐 위치한 자연공원이다. 연인산을 중심으로 매봉, 칼봉, 노적봉 등 800m 이상의 고지대 삼림이 울창하게 분포하고 있다.

연인산은 자연환경을 보전하고, 도민들에게 휴식처를 제공하며, 지역경제의 활성화를 위하여 2005년 9월 12일 경기도청에서 도립공원으로 지정하였다. 도립공원 조성 계획에 의해 방문자 센터, 숙박시설, 야영 캠핑장, 자연체험시설, 상업시설 등이 도입되었다. 연인산의 탐방로는 기존의 등산로 유형이 아닌 자연을 체험하거나, 경관을 감상하는 자연 보존형 코스로 접근성을 확보하였다(이, 2007).

저서성 대형무척추동물은 담수생태계의 저차 소비자로서의 먹이사슬의 중요한 역할을 구성하고

있다. 또한, 개체수가 풍부하고, 다양한 서식환경에 적응하여 수환경에 민감하게 반응하므로 수질평가의 지표종, 생태독성평가, 기후변화연구 등의 다양한 응용연구에 이용되어 왔다(Ward, 1992; Rosenberg and Resh, 1993). 또한, 저서성 대형무척추동물은 이동성이 적고, 채집이 용이하며, 긴 생활사를 가지고 있어 인위적 또는 자연적인 환경변화에 민감하기 때문에 단기적이거나 장기적인 수질환경 모니터링에 매우 유용하게 이용된다(Hynes, 1970).

연인산이 도립공원으로 지정되었음에도 불구하고, 환경부의 “수생태계 건강성 조사 및 평가”사업에서 가평천 합류부의 수생태 측정망 외에는 현재까지 연인산 일대 저서성대형무척추동물상에 대한 종합적인 조사연구는 부족했다.

본 연구는 연인산 일대의 저서성 대형무척추동물상에 대한 종합적인 생태조사를 통해 생태계의 생물다양성과 하천의 건강성을 파악하여, 향후 연인산의 담수생태계의 환경 변화를 추적하는데 기초 자료로서 활용되어질 수 있을 것으로 판단된다.

조사방법

1. 조사기간

2016년 8월 25일과 10월 10일에 걸쳐 2회의 현장조사를 실시하였다.

2. 조사지점

경기도 가평군 가평읍 승안리 내 위치한 용추교(St. 1), 승안교(St. 2) 2 지점과 가평군 북면 백둔리에 위치한 양백교(St. 3), 팜펜션 앞(St. 4), 좋은별 계곡쉼터 앞(St. 5) 등 3개 지점을 추가하여 총 5개 지점을 조사하였다.

3. 조사방법

Surber net (30×30cm, 망목 1mm)를 사용하여 저서성 대형무척추동물을 정량채집하였으며, 서식이 가능한 모든 미소 서식처에 대하여 휴대용 뜰채를 이용하여 정성채집하였다. 채집된 시료는 채집병에 넣어 현장에서 Ethyl alcohol 95%에 고정하였고, 실험실로 운반하여 생물시료를 골라 낸 후 Ethyl alcohol 80%에 보존하였다.

4. 동정

윤(1988, 1995), 원 등(2005), 배(2010), 공 등(2013), 권 등(2013), 김 등(2013)의 문헌을 이용하여 수서곤충류를 동정하였다. Wiederholm(1983)의 문헌을 이용하여 깔따구류의 외부형태, 머리모양, 특히 체장, 체색, Mouth part 형태, Abdominal tube의 유무, Abdominal tubules, Antennal segment의 길이, 강모의 형태 등의 특징을 고려하여 임의로 과 수준(Family level)에서 동정하였다. 학명 및 국명은 국립환경과학원에서 진행한 제4차 전국자연환경조사지침(2012)의 분류체계를 기본으로 따랐다.

5. 군집분석

· St. 1	용추교	N:37°51'05.7"	E:127°28'53.9"	경기도 가평군 가평읍 승안리 907
· St. 2	승안교	N:37°50'16.6"	E:127°29'53.6"	경기도 가평군 가평읍 승안리 1015-3
· St. 3	양백교	N:37°54'19.0"	E:127°26'57.4"	경기도 가평군 북면 백둔리 949
· St. 4	팜펜션 앞	N:37°53'45.9"	E:127°26'54.0"	경기도 가평군 북면 백둔리 1069
· St. 5	좋은별 계곡쉼터 앞	N:37°54'07.3"	E:127°28'48.0"	경기도 가평군 북면 백둔리 984

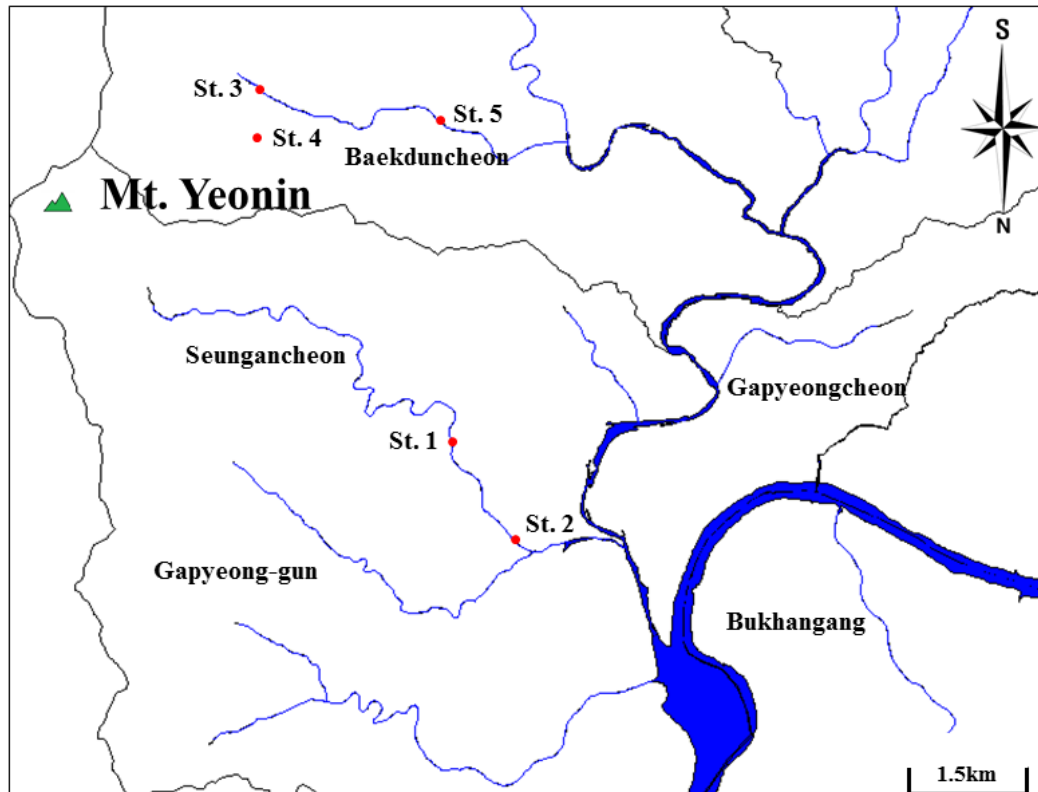


Fig. 1. A map showing the 5 sampling sites at the Mt. Yeonin, Gyeonggi-do, Korea.

정량채집 자료를 이용하여 우점종, McNaughton(1967)의 우점도지수(Dominance index; DI), Margalef(1958)의 풍부도지수(Richness index; R), Shannon-Weaver (1949)의 다양도지수(Diversity index; H'), Pielou(1975)의 균등도지수(Evenness index; J)를 산출하였다.

1) 우점도지수(Dominance Index: DI)

McNaughton's dominance index(DI)를 이용하여 각 조사지점의 출현 개체수에서 제1우점종과 제2우점종을 선정, 산출하였다.

$$DI = \frac{N_1 + N_2}{N}$$

N : 총 개체수

N_1, N_2 : 제 1, 2 우점종의 개체수

2) 다양도지수(Species Diversity Index: H')

Margalef의 정보이론에 의하여 유도된 Shannon-Weaver function (H') (Shannon & Weaver, 1949)을 Lloyd & Gheraldi가 변형한 공식을 이용하였다.

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \log_2 p_i, \quad p_i = \frac{N_i}{N}$$

N_i : i 번째 종의 개체수

P_i : i 번째 종의 개체수 비율

3) 풍부도지수(Species Richness Index: R)

Margalef (1958)의 지수를 적용하여 군집의 종구성이 풍부도를 구하였다.

$$R = \frac{S-1}{\ln N}$$

S : 총 종수

N : 총 개체수

4) 균등도지수(Evenness Index: J)

Pielou (1975)의 지수를 적용하여 군집 내 종 구성의 균일한 정도를 구하였다.

$$J = \frac{H'}{\log_2 S}$$

H' = Shannon 지수

S : 총 종수

5) 저서동물지수(Benthic Macroinvertebrate Index: BMI)

Kong (Kong *et al.*, 2012)의 지수를 적용하여 출현한 지표생물종의 오탭지수를 출현도와 지표가중치로 가중평균한 값을 구하였다(Table 1).

$$BMI = \left(4 - \frac{\sum_{i=1}^n s_i h_i g_i}{\sum_{i=1}^n h_i g_i} \right) \times 25$$

i : 지정된 지표생물종의 일련번호

n : 출현한 지표생물종의 총수

Table 1. Watet quality standard using Bentic Macroinvertebrate Index

등급	저서동물지수 (BMI)	환경상태
A	$80 \leq \text{BMI} \leq 100$	매우 좋음
B	$65 \leq \text{BMI} < 80$	좋음
C	$50 \leq \text{BMI} < 65$	보통
D	$35 \leq \text{BMI} < 50$	나쁨
E	$0 \sim \text{BMI} < 35$	매우 나쁨

s_i : i 지표생물종의 오락지수

h_i : i 지표생물종의 출현도

g_i : i 지표생물종의 지표가중치

결과 및 고찰

1. 조사지점의 환경상태 개황

St. 1은 하천의 중간에 보가 건설되어 있었으며, 돌무더기와 비닐을 이용하여 인위적으로 하천의 흐름을 차단하고 있었다. 유량이 적어 하천바닥이 대부분 드러난 상태였으며, 1차 조사와 2차 조사에서 유량의 차이가 거의 없었다.

St. 2는 St. 1의 하류 지점으로 평지하천의 형태를 띄고 있었으며 St. 1과 마찬가지로 유량이 적어 하천바닥이 드러나 있었다. 다리의 상류 방향으로 어도가 설치되어 있었지만 유량이 적어 수심이 낮았고, 흐름은 거의 없었다. 조사 지점 중에서 유속이 가장 느리게 나타났다. 하천 주변부에서 지속적으로 오수가 유입되었으며, 이로 인한 악취가 발생하였다. 오수의 유입으로 인한 영양염류의 과다로 인해 유량이 적은 곳에서 부분적으로 조류가 대량으로 증식하였다.

St. 3는 백둔계곡 아래에 위치한 지점으로 수폭과 하폭이 불규칙하며, 조립질의 하상이 나타나는 전형적인 상류 하천의 형태를 나타내고 있었다. 하천 주변부의 숙박시설에서 지속적인 오수가 유입되었으며, 이로 인한 악취가 발생하였고, 부분적으로 탁도가 높게 나타났다. 조사 지점 중에서 유속이 가장 빠르게 나타났다.

St. 4는 하상은 대부분 암반지대로 하천 주변에 다수의 평상이 설치되어 있었으며, 행락객의 출입이 빈번하여 낚시나 물놀이 등으로 인한 지속적인 교란이 발생하였다. 하천의 수변부에 관목이 높게 자라있어 부분적으로 수피도가 나타났으며, 하천으로 낙엽들이 떨어져 쌓여있었다.

St. 5는 St. 3과 St. 4의 합류 후 하류지점으로 좌안은 콘크리트로, 우안은 석축으로 정비되어 있었다. 하상의 구성은 주로 조립질이며, 본 조사지점 역시 수심이 낮고 유량이 적었다. 조사 구간 내에서 인위적으로 물의 흐름을 차단하는 돌무더기가 반복적으로 나타났다. 하천을 따라 다수의 평상이 설치되어 있었다(Table 2).

Table 2. Physical environment parameters at the sampling sites

Site	Substrate (%) [*]					Water velocity (cm/sec)	Water depth (cm)	Water temperature (°C)
	B	C	P	G	S			
St. 1	30	35	20	10	5	57.2±17.19	15.8±1.6	18.0±4.0
St. 2	10	35	30	15	10	44.4±6.91	11.6±3.6	21.8±4.8
St. 3	40	30	15	10	5	67.2±5.93	13.7±0.8	16.0±4.0
St. 4	50	30	10	5	5	57.5±0.76	16.8±0.1	15.8±5.3
St. 5	50	20	20	5	5	59.8±5.61	14.3±3.5	17.0±5.0

* B: Boulder (>256mm), C: Cobble (64~256mm), P: Pebble (16~64mm), G: Gravel (2~16mm), S: Sand and Silt (≤2mm).

2. 저서성 대형무척추동물상

연인산 일대 조사에서 정량 및 정성 채집을 통하여 출현한 저서성 대형무척추동물은 총 4문, 5강, 13목, 46과, 100종이었다. 곤충류는 톱토기목 1종, 하루살이목 33종, 잠자리목 7종, 강도래목 4종, 노린재목 1종, 뱀잠자리목 2종, 딱정벌레목 5종, 파리목 8종, 날도래목 30종으로 총 91종이 출현하였으며, 비곤충류는 편형동물문 1종, 연체동물문 7종, 환형동물문 1종으로 총 9종이 출현하였다(Appendix 1).

대부분의 조사지점에서 애호랑하루살이(*Baetiella tuberculata*), 개똥하루살이(*Baetis fuscatus*), 두점하루살이(*Ecdyonurus kibunensis*), 부채하루살이(*Epeorus pellucidus*), 먹파리류(*Simulium* sp.) 및 깔따구류(*Chironomidae* sp.) 등이 주요 출현종이었다(Appendix 2).

3. 우점종 및 군집지수

연인산 조사지점 전체에서 우점종과 아우점종으로는 부채하루살이(12.2%)와 애호랑하루살이(12.0%)로 나타났다. 지점별로 1차 조사에서 부채하루살이(St. 1), 개똥하루살이(St. 2), 애호랑하루살이(St. 3), 먹파리류(St. 4), 네모집날도래 KUb(*Lepidostoma* KUb, St. 5)등이 각각 우점종으로 출현하였다. 2차 조사에서는 민하루살이(*Cincticostella levanidovae*, St. 1, St. 3), 네점하루살이(*Ecdyonurus levis*, St. 3), 두점하루살이(St. 4), 부채하루살이(St. 5) 등이 우점종으로 출현하였다(Table 3).

Table 3. Dominant species of benthic macroinvertebrates at the sampling sites

Dominance		1 st dominant species (%)		2 nd dominant species (%)	
Site					
St. 1	<i>Epeorus pellucidus</i>	27		<i>Cincticostella levanidovae</i>	24
St. 2	<i>Baetis fuscatus</i>	19		<i>Ecdyonurus levis</i>	17
St. 3	<i>Baetiella tuberculata</i>	40		<i>Cincticostella levanidovae</i>	21
St. 4	<i>Simulium</i> sp.	22		<i>Ecdyonurus kibunensis</i>	17
St. 5	<i>Lepidostoma</i> KUb	35		<i>Epeorus pellucidus</i>	15

Table 4. Average of biotic indices at the sampling sites

Biotic index \ Site	St. 1	St. 2	St. 3	St. 4	St. 5
Dominance index (DI)	0.44±0.0	0.34±0.0	0.53±0.1	0.37±0.0	0.36±0.1
Species diversity index (H')	3.63±0.5	3.87±0.1	3.18±0.3	3.83±0.0	3.87±0.2
Species richness index (R)	5.36±1.5	5.43±0.1	4.01±0.2	5.17±0.2	5.63±0.6
Evenness index (J)	0.73±0.1	0.77±0.0	0.71±0.1	0.80±0.0	0.76±0.1
Benthic Macroinvertebrate index (BMI)	92.20±2.1	90.20±0.4	95.70±0.2	93.15±1.2	93.65±0.9
	A	A	A	A	A

조사지점 중 St. 3에서 우점도와 저서동물지수가 가장 높게 나타났으며, 균등도와 다양도, 풍부도는 가장 낮게 나타났다. 상대적으로 낮은 저서동물지수 값을 가지는 St. 1, St. 2 지점은 행락객들의 왕래가 잦은 용추계곡의 하류 부근으로 관광객들에 의한 영향을 받았을 것으로 판단된다. 그럼에도 불구하고 저서동물지수는 전체 지점에서 환경상태는 매우 좋음 등급인 A등급으로 나타났다(Table 4).

4. 시사점

연인산 일대의 승안천과 백둔천은 가평천의 지류로 평소에도 유량이 많지 않아 대부분 소지류의 형태를 띄었으며, 유량을 유지하기 위해 보와 같은 인위적 시설물이 준설되어 있었다. 하천의 주변부는 주로 숙박시설, 관광시설, 체험학습장 등이 자리 잡고 있었다. 조사 당시 낚시와 음식물 섭취로 인해 배출된 쓰레기들을 쉽게 발견할 수 있었다. 대부분의 조사지점에서 외부로부터 지속적으로 오수가 유입되어 부분적으로 탁도가 높게 나타났다.

연인산 도립공원은 수도권의 새로운 여가, 레크레이션의 장으로서 적극적 참여형 자연교육의 장이라는 주제에 초점을 맞춰 조성되었다. 결과적으로 행락객들의 출입이 빈번하며, 참여형 공간으로 거듭났지만 하천에 지속적인 교란을 주고 있다. 그럼에도 불구하고 저서동물의 분포양상에 따라 분석한 결과, 연인산 일대 하천의 환경상태는 매우 좋음 등급인 A등급으로 나타났다.

따라서 연인산 일대의 생물다양성을 보전하기 위해서는 담수생태계에 대한 지속적인 관심과 종합적인 관리가 필요하며, 저서생물 서식처 유지를 위한 최소한의 생태유량 확보가 필요하다고 판단된다.

인용문헌

- 공동수, 손세환, 김진영, 원두희, 김명철, 박정호, 전영철, 전태수, 이종은, 박재홍, 곽인실, 김종선, 함순아. (2012). 생물학적 하천평가를 위한 한국저서동물지수(KBI)의 개발 및 적용. 2012 한국하천호수학회 춘계 학술발표대회 및 영산강 물환경 포럼 발표자료. 한국. 한국하천호수학회, pp. 33-36.
- 공동수, 원두희, 박재홍, 김명철, 함순아, 권순직, 손세환, 한승철, 황인철, 이준국, 류덕희, 이수형, 박상정, 유경아, 공학양. 2013. 한국산 저서성 대형무척추동물 생태도감. 환경부, 국립환경과학원.

- 권순직, 전영철, 박재홍. 2013. 물속 생물 도감. 자연과 생태.
- 권오길, 박갑만, 이준상. 2006. 원색한국패류도감. 아카데미서적.
- 김명철, 천승필, 이준국. 2013. 하천생태계와 담수무척추동물. 문교부.
- 배연재. 2010. 한국의 곤충-하루살이류(유충). 환경부, 국립생물자원관.
- 김훈수. 1977. 한국동식물도감. 제19권. 동물편(새우류). 문교부.
- 윤일병. 1988. 한국동식물도감. 제30권. 동물편(수서곤충류). 문교부.
- 윤일병. 1995. 수서곤충검색도설. 정행사. 서울.
- 원두희, 권순직, 전영철. 2005. 한국의 수서곤충. (주)생태조사단.
- 이준복 (Jun Bok Lee). 2007. 연인산 도립공원 조성계획. 한국조경학회지 35(1):9-19.
- 한국곤충학회. 1994. 한국곤충명집. 한국곤충학회 건국대 출판부.
- 한국동물분류학회. 1997. 한국동물명집 아카데미서적.
- 岡田要. 1965a. 신일본동물도감(상). 북룡관. p. 679.
- 岡田要. 1965b. 신일본동물도감(중). 북룡관. p. 803.
- 岡田要. 1965c. 신일본동물도감(하). 북룡관. p. 763.
- Chung, Keun. (1997). Leaf Breakdown and Macroinvertebrates Associated with Litter-bags Placed in Head-water Streams at Mt. Jumbong. p. 16.
- Doeg, T. J. and J. D. Koehn. 1994. Effects of draining and desilting a small weir on downstream fish and macroinvertebrates. Regulated Rivers; Research and Management 9:263-277.
- Hynes, H. B. N. 1970. The Ecology of Running Waters. Liverpool Univ. Press, Liverpool, U. K.
- Kawai, T. 1985. All Illustrated Book of Aquatic Insects of Japan. Tokai Univ. Press, Tokyo. p. 409.
- Margalef, R. 1958. Information theory in ecology. General Systems 3, pp. 36-71.
- McNaughton, S. J. 1967. Relationship among functional properties of California Grassland. Nature, 216, pp. 168-169.
- Merritt, R. W. and K. W. Cummins. 1984. An Introduction to the Aquatic Insects of North America. 2nd ed. Kendall/ Hunt Publishing Company, Dubuque, Iowa.
- Merritt, R. W. and K. W. Cummins. 1988. An Introduction to the Aquatic Insects of North America. 3rd ed. Kendall/ Hunt Publishing Company, Dubuque, Iowa.
- Pielou, E. C. 1975. Ecological Diversity. Wiley, New York. p. 165.
- Rosenberg, D. M. and V. H. Resh. (1993). Freshwater Biomonitoring and Benthic Macroinvertebrates. ISBN 0-412- 02251-6. DM ca. 90,-. / Balzer, I.
- Shannon, C. E. and W. Weaver. 1949. The Mathematical Theory of Communication. University of Illinois Press, Urbana.
- Tiemann, J. S., D. P. Gillette, M. L. Wildhaber and D. R. Edds. 2004. Effects of lowhead dams on riffle-dwelling fishes and macroinvertebrates in a midwestern river. Transaction of the American Fisheries Society 133, p. 705-717.
- Ward, J. V. (1992). Aquatic Insect Ecology. John Wiley & Sons, New York.

Wiederholm, T. 1983. Chironomidae of the Holarctic region keys and diagnose. Part I - Larvae. Entomologica Scandinavia 19, p. 457.

Willams, D. D. and B. W. Feltmate (1992). Aquatic Insects. C · A · B.

요 약

경기도 가평군 가평읍에 위치한 연인산 국립공원 일대의 저서성 대형무척추동물상을 2016년 8월부터 10월에 걸쳐 2회 조사하였다. 조사지역은 국립공원 내 2지점, 외 3지점으로 총 5지점이었다. Surber net (30×30cm, 망목 1mm)를 이용해 저서성 대형무척추동물을 정량 채집하였고, 미소 서식처의 경우 휴대용 뜰채를 이용하여 정성 채집하였다. 조사지역에서 정량 및 정성 채집을 통해 출현한 저서성 대형무척추동물은 총 4문, 5강, 13목, 46과, 100종이었다. 곤충류는 툴도기목 1종, 하루살이목 33종, 잠자리목 7종, 강도래목 4종, 노린재목 1종, 뱀잠자리목 2종, 딱정벌레목 5종, 파리목 8종, 날도래목 30종으로 총 91종이 출현하였으며, 비곤충류는 편형동물문 1종, 연체동물문 7종, 환형동물문 1종으로 총 9종이 출현하였다. 우점종과 아우점종으로는 *Epeorus pellucidus*(12.2%)와 *Beatiella tuberculata*(12.0%)로 나타났다. 조사지점의 군집분석결과, 각각의 우점도지수는 0.34~0.53, 다양도지수 3.18~3.87, 풍부도지수 4.01~5.63, 균등도지수 0.71~0.80, 저서동물지수 90.20~95.70로 나타났다.

검색어 : 연인산, 저서성 대형무척추동물

Appendix 1. Abundance (Ind./0.36m²) of benthic macroinvertebrates at the sampling sites

Scientific name	Site		1 st					2 nd				
	St. 1	St. 2	St. 3	St. 4	St. 5	St. 1	St. 2	St. 3	St. 4	St. 5	St. 1	St. 2
Phylum Platyhelminthes												
Class Turbellaria												
Order Tricladida												
Family Planariidae												
<i>Dugesia</i> sp.	1				•	•	6			1		
Phylum Mollusca												
Class Gastropoda												
Order Mesogastropoda												
Family Pleuroceridae												
<i>Semisulcospira forticosta</i>	1				•	2				•		
<i>Semisulcospira gottschei</i>	•				•		2			•		
<i>Semisulcospira libertina</i>	•					3						
<i>Semisulcospira tegulata</i>						2						
Order Basommatophora												
Family Lymnaeidae												
<i>Radix auricularia</i>							•					
Family Physidae												
<i>Physa acuta</i>							•			•		
Family Planorbidae												
<i>Gyraulus convexiusculus</i>							•			•		
Phylum Annelida												
Class Oligochaeta												
Order Archioliogocheata												
Family Tubificidae												
<i>Limnodrilus gotoi</i>	1						1		1	•		
Phylum Arthropoda												
Class Entognatha												
Order Collembola												
Family unknown												
<i>Collembola</i> sp.										1		
Class Insecta												
Order Ephemeroptera												
Family Baetidae												
<i>Acentrella gnom</i>	2	49										
<i>Acentrella sibirica</i>	2	3			1	8	1			5		
<i>Baetiella tuberculata</i>	67	7	120	39	41	9	6	9	26	26		
<i>Baetis fuscatus</i>	16	75		4	19	8	14	8	21	2		

• Collected by qualitative sampling.

Appendix 1. Continued

Scientific name	Site	1 st					2 nd				
		St. 1	St. 2	St. 3	St. 4	St. 5	St. 1	St. 2	St. 3	St. 4	St. 5
<i>Baetis ursinus</i>			4	12		7		1			4
<i>Labiobaetis atrebatinus</i>			3					6	•		
<i>Nigrobaetis acinaciger</i>						19					
<i>Nigrobaetis bacillus</i>		2	1	1	2	42		5	3	1	3
<i>Procloeon maritimum</i>		•				•				1	
<i>Procloeon pennulatum</i>				•							
Family Isonychiidae											
<i>Isonychia japonica</i>						1					
Family Heptageniidae											
<i>Ecdyonurus bajkovae</i>			2	•		•	2	6	1	1	
<i>Ecdyonurus dracon</i>				2			1				
<i>Ecdyonurus joernensis</i>			2								
<i>Ecdyonurus kibunensis</i>		48	37	75	13	48	13	24	1	27	2
<i>Ecdyonurus levis</i>				•	1	9	1	49	•		
<i>Ecdyonurus</i> sp.		2		2							
<i>Epeorus curvatulus</i>				11	9		8		13	13	8
<i>Epeorus pellucidus</i>		95	57	16	13	30	40	20	38	11	37
<i>Rhithrogena</i> na							1				
Family Leptophlebiidae											
<i>Choroterpes altioculus</i>		12	23			2	6	3			
<i>Paraleptophlebia chocorata</i>		12		9		3			•	1	
Family Ephemeridae											
<i>Ephemera orientalis</i>						1					
<i>Ephemera strigata</i>			1	•	11	7				1	
Family Ephemerellidae											
<i>Cincticostella levanidovae</i>					3	1	56	25	39	8	31
<i>Cincticostella tshernovae</i>					1		4		5		16
<i>Drunella aculea</i>				5	2	2	2		3	3	4
<i>Drunella cryptomeria</i>		1									
<i>Ephemerella dentata</i>			•								
<i>Ephemerella kozhovi</i>						2					
<i>Serratella setigera</i>		7	6	3	2	6		1			
<i>Uracanthella rufa</i>		3	120	1	7	10	3	20			17
Family Neoephemeridae											
<i>Potamanthellus chinensis</i>			1					•			
Order Odonata											
Family Platynemididae											
<i>Platynemis phillopoda</i>								•			

• Collected by qualitative sampling.

Appendix 1. Continued

Scientific name	Site	1 st					2 nd				
		St. 1	St. 2	St. 3	St. 4	St. 5	St. 1	St. 2	St. 3	St. 4	St. 5
Family Calopterygidae											
<i>Calopteryx japonica</i>			●								
Family Gomphidae											
<i>Anisogomphus maacki</i>								●			
<i>Davidius lunatus</i>			1	●	●	2		2		●	
<i>Onychogomphus ringens</i>						2	1	1	1	7	
<i>Ophiogomphus obscura</i>			2								
<i>Sieboldius albardae</i>			1			2					
Order Plecoptera											
Family Nemouridae											
<i>Amphinemura coreana</i>				1	2						
Family Perlodidae											
<i>Stavsolus KUa</i>									1	1	
Family Perlidae											
<i>Kamimuria coreana</i>		2		10	3		2		11	2	
<i>Oyamia coreana</i>				1	1		6	1		7	1
Order Hemiptera											
Family Gerridae											
<i>Aquaris paludum</i>							●				
Order Megaloptera											
Family Corydalidae											
<i>Parachauliodes continentalis</i>					●		2				
<i>Protohermes grandis</i>								2			
Order Coleoptera											
Family Dytiscidae											
<i>Neonectes natrix</i>							●				
<i>Potamonectes</i> sp. (larva)				●							
Family Hydrophilidae											
<i>Hydrophilidae</i> sp.								1			
Family Elmidae											
<i>Heterlimnius hasegawai</i>					1	1					
Family Psephenidae											
<i>Eubrianax KUa</i>		2					1				
Order Diptera											
Family Tipulidae											
<i>Antocha KUa</i>				1	1	3					2
<i>Hexatoma KUc</i>											1
<i>Tipula KUb</i>				●							

• Collected by qualitative sampling.

Appendix 1. Continued

Scientific name	Site	1 st					2 nd				
		St. 1	St. 2	St. 3	St. 4	St. 5	St. 1	St. 2	St. 3	St. 4	St. 5
Family Dixidae											
<i>Dixidae</i> sp.								•	•	2	
Family Simuliidae											
<i>Simulium</i> sp.			6	3	49	20	1	1	29	1	
Family Ceratopogonidae											
<i>Ceratopogonidae</i> sp.						1					
Family Chironomidae											
<i>Chironomidae</i> spp. (non-red type)		59	51	8	20	30	2				
Family Athericidae											
<i>Suragina</i> KUa									1		
Order Trichoptera											
Family Rhyacophilidae											
<i>Rhyacophila bilobata</i>				1	1				1	1	
<i>Rhyacophila brevicephala</i>				1	1	1	1	4	1		2
<i>Rhyacophila</i> KUb											1
<i>Rhyacophila narvae</i>							1			2	3
<i>Rhyacophila nigrocephala</i>		1	2	5		2	1	2			
<i>Rhyacophila yamanakensis</i>											1
Family Hydroptilidae											
<i>Hydroptila</i> KUa			1				2		14	2	2
Family Hydrobiosidae											
<i>Apsilochorema</i> KUa								1			
Family Glossosomatidae											
<i>Agapetus</i> KUa			1			1	2				
<i>Glossosoma</i> KUa				3	13		1		3	1	
Family Philopotamidae											
<i>Wormaldia</i> KUa		1	6		5	12	7	46		2	5
Family Stenopsychidae											
<i>Stenopsyche bergeri</i>		1	1			3	4	1			9
<i>Stenopsyche marmorata</i>						1					7
Family Hydropsychidae											
<i>Cheumatopsyche brevilineata</i>		1	10			11	9	17			6
<i>Cheumatopsyche</i> KUa							2				
<i>Cheumatopsyche</i> KUb			2								
<i>Diplectrona</i> KUa					1						
<i>Hydropsyche kozhantschikovi</i>			6		2	4		5			4
<i>Hydropsyche orientalis</i>		17	3	1	11	4	8	7	6	1	28

• Collected by qualitative sampling.

Appendix 1. Continued

Scientific name	Site	1 st					2 nd				
		St. 1	St. 2	St. 3	St. 4	St. 5	St. 1	St. 2	St. 3	St. 4	St. 5
Family Limnephilidae											
<i>Asynarchus</i> KUa						●					
<i>Hydatophylax nigrovittatus</i>										●	
<i>Hydatophylax</i> sp.										●	
Family Goeridae											
<i>Goera japonica</i>		●			●		1			●	●
<i>Goera parvula</i>				2						1	
Family Lepidostomatidae											
<i>Lepidostoma</i> KUb			4		9	193	6	1	●	9	19
Family Sericostomatidae											
<i>Gumaga</i> KUa			11			2		●			
Family Molannidae											
<i>Molanna moesta</i>				●	●						
Family Odontoceridae											
<i>Psilotreta kisoensis</i>			1	4	●	2			1	1	●
Family Leptoceridae											
<i>Oecetis</i> sp.			●		●	1					
<i>Triaenodes</i> sp.						●					
총 100 종		28	36	33	34	47	41	40	26	32	36
총 2,925 개체		356	392	298	227	549	229	282	189	155	248

• Collected by qualitative sampling.

Appendix 2. The species of benthic macroinvertebrates appeared at the Mt. Yeonin



Baetiella tuberculata



Baetis fuscatus



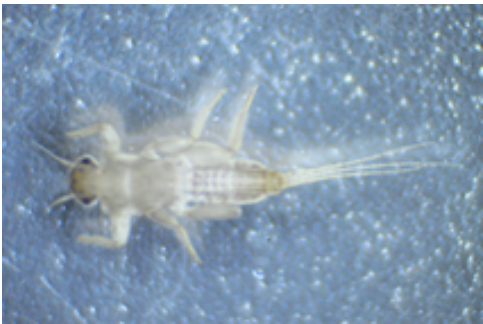
Ecdyonurus kibunensis



Ecdyonurus levis



Epeorus pellucidus



Ecdyonurus levis



Simulium sp.



Rhyacophila nigrocephala

Appendix 2. Continued



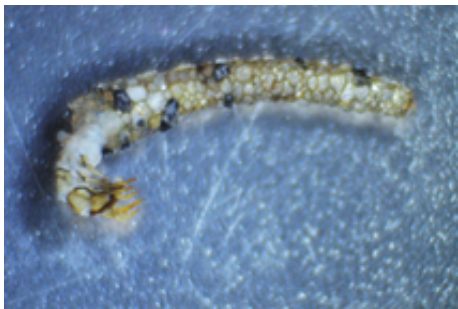
Rhyacophila yamanakens



Hydroptila KUa



Lepidostoma KUb



Psilotreta kisoensis