

오대산 북사면 부연계곡의 저서무척추동물 군집구조 및 종다양성의 특성

노태호 · 전영철*

한국환경정책 · 평가연구원

*고려대학교 생물학과

Characteristics of Community Structure and Species Diversity of Benthic Invertebrates inhabiting Booyeon Valley Creek on Northern Slope of Mt. Odae

by

RO, Tae Ho and Yung Chul JUN*

Korea Environment Institute

*Department of Biology, Korea University

ABSTRACT

The survey was conducted to examine the characteristics of aquatic invertebrates community inhabiting at Booyeon Valley Creek (total 6Km of stream reach and 4 survey points) in Mt. Odae. The community consisted of total of 81 species belonging to 29 families, 8 orders, 2 classes and 3 phyla. Among all taxa, a total of 79 aquatic insect species (~98%) were comprised of the major groups in all communities. In the study, structures and functions of communities were analyzed and compared using community comparison index. The result indicated that the community played key role in maintaining the stability of the lotic ecosystem. In addition, species diversity had high values in conservation, but about 27% of all species were vulnerable species that distributed in highly restricted microhabitats. The degree of dominance of lentic species and the changes of their population density should be monitored according to quantitative sampling scheme for the future conservation strategy.

서 론

오대산국립공원 북사면에 위치하는 부연계곡은 두로봉(해발1422m)과 복룡산(해발 1015m)을 잇는 산맥으로 형성된 집수역이다. 양양군에 위치하여 동쪽으로 흐르는 면옥치천의 상류성 계류로서 북쪽으로 유하하고 면옥치리에서 본류천과 합류한다. 본 조사가 실시된 하천구역은 연곡면의 전후치 일대부터 머

구제까지 하천 연장 약 6km에 이르는 구간이다. 우리나라의 산간계류는 대개의 경우 해발고도 약 800 - 1000m를 전후해 표면수로 유출되어 작은 계류를 형성하고 해발고도 300 - 400m에 이르러 산간계류+평지 하천의 혼합된 특성을 지니고 있다. 조사가 실시된 산간계류도 해발고도 800m의 오대산 국립공원 내에서 발원하고 400m를 전후하여 평지형 하천으로 전환되는 동일한 특성을 보이고 있다. 조사대상지역은 자연 환경과 생태적 보존성이 뛰어난 곳이며 도로와 소규모 주민에 의한 교란을 제외한 인위적 교란은 거의 없는 곳이다.

담수생태계의 생물군집은 조류와 수생식물, 어류, 그리고 저서성 대형무척추동물 등 다양한 생물들로 구성되어 있다. 이들 생물 중 저서성 대형무척추동물은 담수생태계에서 가장 높은 다양성을 유지하는 동물군으로 영양단계에 있어 중간자 역할을 수행하여 생태계내의 에너지 흐름과 물질순환에 있어 중요한 기능을 수행한다. 따라서 담수생태계의 구조와 기능을 밝히는데 근본적인 요소인 군집의 구조에 대한 연구는 학술적인 의의가 매우 심대하다. 특히 수서곤충류는 종수나 개체수에서 저서성 대형무척추동물의 약 95%를 차지하는 매우 큰 분류군으로서 환경변화에 민감하고, 종류에 따라 비교적 뚜렷한 내성범위를 가지고 있어서 담수생태계의 환경을 평가하는 생물학적 그리고 생태학적 지표로서 매우 중요한 생물적 구성요소이다 (노 1999). 일반적으로 자연 생태계내의 생물군집은 소수의 종류가 다수의 개체수를 차지하고 나머지 다양한 종류가 소수의 개체만을 포함하는 특성을 보인다. 따라서 군집수준에서의 생태계 조사는 정성적(qualitative) 그리고 정량적(quantitative) 접근방법의 조화를 필요로 한다. 이와 같은 2가지 방법을 통해 얻어진 결과를 토대로, 본 조사연구에서는 오대산 북사면부연계곡에 서식하는 저서성 무척추동물군집의 구조를 파악하고 종다양성의 특성에 대한 생물학적 의의를 제시하고자 한다.

조사지점 및 방법

1. 조사정점

오대산맥을 유역경계로 하여 동쪽에 형성되는 집수역을 구성하는 산간계류 및 평지하천에서 정량 및 정성적인 기본조사를 6월 17일과 18일 양일간에 걸쳐 실시하였다. 집수역의 물리적 특성과 미소서식처의 특이성을 고려하여 2곳의 산간계류와 2곳의 평지성 계류의 조사정점을 선정하여 총 4개 지점에서 조사를 실시하였다 (Fig. 1).

산간계류내의 조사정점은 오대산국립공원경계 내의 인위적인 영향을 적게 받는 본 집수역 상류역에 위치하며 가마소 부근에서 평지성 계류로 전환되는 물리적 특성을 지니고 있다. 정밀한 표본획득을 위해 다양한 미소서식처를 최대한 포함시켰으며, 종 다양성 분석을 위한 충분한 자료를 확보한 것으로 사료된다. 물리적 수환경의 상황은 매우 양호하였으며 전 지점에서 높은 투명도를 보이고 있다. 주변으로부터 약간의 답압을 받고 있는 것을 제외하고 인간활동에 의한 교란정도는 미미한 것으로 판단된다. 전 조사지점에서 정성 및 정량채집을 모두 실시하였으며 각 조사지점의 개황은 다음과 같다.

1) 삼산리 (Samsan-Ri)

오대산 국립공원내에 위치한 지점으로 전 조사정점의 상류지점에 위치하고 있으며 수량은 풍부하였다.

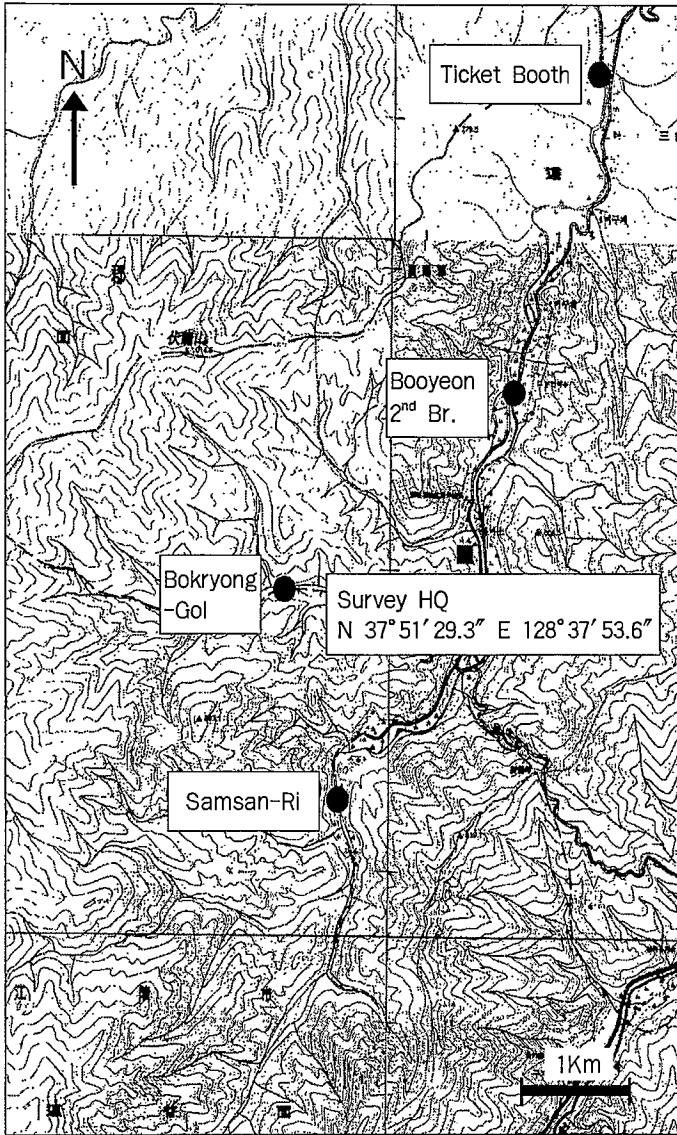


Fig. 1. Sampling points in streams located in survey area watershed.

및 boulder가 혼재된 상태이며 곳곳에 모래가 분포하고 있다. 저질에는 소량의 유기물이 퇴적되어 있으며 약간의 부착조류가 형성된 것이 관찰되었다. 해발고도 470m, 하폭은 약 5-6m, 수폭은 약 3-5m이며, 평균유속은 약 24.2-42 cm/sec으로 유속의 구배가 존재하는 곳이다. 수심이 전체적으로 얕으며 채집은 14.5-29.2 cm의 수심을 보이는 곳에서 실시되었다. 전체 하폭의 1/4은 하천수가 고갈되어 있어 곳곳에 일시적인 작은 규모의 소를 형성하고 있다. 주변에는 인기는 없으나 양봉장이 존재하는 곳이다. 전체적으로 다양한 미소서식지를 보이는 곳이다.

자연형 하천으로 특정한 교란은 거의 없는 것으로 판단되는 정점이다. 하천의 남사면 주변역은 조림된 활엽수림이며 북쪽에는 소규모 밭이 존재한다. 하폭은 10-11m, 수폭은 5-6m이며 평균유속은 52.4 - 65.7 cm/sec으로 전체적으로 빠른 유속을 보이고 있다. 해발고도 445m로 양쪽 수변 모두 자연형 제방으로 이루어져 있으며 부유물이 전혀 없어 높은 투명도를 보이는 전형적인 상류역의 계류로 대체로 riffle(빠른 흐름)과 run(흐름)의 물리적 특성을 보이는 지점이다. 저질은 cobble과 pebble이 주를 이루고 있고 boulder와 gravel이 낮은 비율로 구성되어 있다. 저질에는 biofilm이 형성되어 부착조류가 발견되는 여건을 보이고 있다. 다양한 미소서식처가 산재하고 있고 채집은 수심이 19 - 29cm인 지점에서 정성 및 정량적으로 실시되었다.

2) 복령골 (Bokryong-Gol)

복룡산과 신배령을 잇는 능선으로 형성된 소집수역의 계류로서 저질의 조성은 cobble이 주를 이루고 그 다음으로 pebble, 그리고 gravel

3) 부연2교 (Booyeon 2nd Br.)

전체 조사정점 중에 중류에 위치한 조사정점으로 하폭(16-20m)에 비해 수폭(4-10m)이 좁아 우기시에 수량의 변화가 심할 것임을 짐작 할 수 있는 지역이다. 해발고도 390m에 위치한 소지류로서 산간계류에서 평지하천으로 전환되는 중간형태의 물리적 환경을 나타내는 곳이다. 특이한 인위적 교란의 흔적을 찾아볼 수 없으며 투명도는 상류 두 지점과 큰 차이를 보이지 않았으나 미소서식처의 다양성은 상대적으로 떨어지는 특성을 보이고 있다. Boulder와 cobble이 하상의 주를 이루고 pebble 및 소량의 gravel이 곳곳에 산재한 저질의 구성을 보이고 있다. 좁은 수폭에 비해 유량은 풍부한 편이며 평균유속은 24.2-79.2 cm/sec으로 여울과 흐름의 연속성을 잘 나타내는 계류이다. 평지형 하천으로 전환되는 하천으로는 수심이 다소 얇은 특성으로 인해 채집은 22-26cm의 수심을 보이는 곳에서 실시되었다. 특정한 인위적 교란인자는 확인되지 않았으며 저질에는 부착조류가 형성되어 있으나 높은 투명도를 나타내고 있다.

4) 매표소 입구 (Ticket Booth)

총 4곳의 조사정점 중에 가장 하류에 위치한 조사정점으로 하폭이 35m, 수폭 10-12m로 수심은 다른 조사정점에 비하여 상대적으로 낮다. 또한 수변부가 야영장으로 이용되어 행락객에 의한 교란이 특정기간동안 발생할 것으로 판단되는 조사 지점이다. 해발고도 351m에 위치하며 산간형 평지하천으로서 전환되는 중간형태의 물리적 환경을 나타내는 곳이다. 상류 지점인 삼산리와 거의 유사한 서식지 구조를 보이고 있으며 비교적 다양한 미소서식처를 나타내고 있다. Gravel과 pebble이 하상의 주를 이루고 cobble이 부가적으로 산재한 저질의 구성을 보이고 있다. 평지형 하천으로 수심이 다소 얇고 상류지점에 비해 상대적으로 넓은 수폭으로 인해 평균유속은 24.2-26.1 cm/sec으로 느렸으며 흐름이 잘 발달된 청정계류이다. 채집은 25-28cm의 수심을 보이는 곳에서 실시되었다. 저질에는 부착조류가 형성되어 있으나 높은 투명도를 나타내고 있다.

2. 조사방법

각 조사지점에서의 담수 대형무척추동물의 정량적 채집은 Surber net(30×30cm, 망목 0.5mm)로 지점별 유수생태계의 특성을 가급적 가장 잘 나타내는 곳, 즉 유속이 빠른 곳(riffle)과 보통인 곳(run)을 선정하여 총 2회 정량채집을 하였다. 정성적 채집은 hand scoop(지름 17.8cm, 망목 1mm)를 사용하여 가능한 모든 미소서식처에서 실시하였다. 채집된 대형무척추동물은 Kahle's 용액에 고정하여 2-3일후 80% ethanol에 옮겨 보존하였으며 종의 동정은 기존의 검색표(McCafferty, 1981; Kawai, 1985; 윤, 1988; 윤, 1995; Merrit and Cummins, 1996)를 이용하였고, 파리류 중 Chironomidae의 경우는 Wiederholm(1983)을 참고하여 체장, 체색, ventral tubles의 유무 및 강모의 형태 등 외부 형태적 특징을 고려하여 임의로 아과 수준까지 동정하였다. 수서곤충의 균집을 분석하기 위하여 정성 및 정량적 채집으로부터 얻어진 sample을 통해 전체 출현종의 목록, 출현의 연속성 그리고 지점별 출현 빈도를 분석하였으며 이들의 지점간 분포의 정도가 분석되었다. 정량적 채집으로부터 얻어진 자료들은 개체수/1m²로 환산하여 분류군에 따른 구성, 그리고 개체수의 구성을 지점별로 파악하였다. 수리적 분석에 사용된 5가지 공식들은 다음과 같다.

- ① 다양도 지수(Diversity index)는 Margalef(1958)의 정보이론에 의하여 유도된 Shannon-Weiner function(H')을 Lloyd & Ghelardi가 변형시킨 공식(Pielou, 1966)을 사용하였다.

$$H' = -\sum (ni/N) \times \ln(ni/N)$$

[ni : i종의 개체수, N : 총개체수]

- ② 종풍부도 지수(Species richness index)는 총개체수와 총종수에 근거한 지수로 Margalef(1958)의 지수를 사용하였다.

$$R1 = (S-1) / \ln(N)$$

[S : 총종수, N : 총개체수]

- ③ 균등도 지수(Evenness index)는 군집내 종구성의 균일한 정도를 나타내는 지수로 Pielou(1975)의 지수를 사용하였다.

$$J' = H' / \ln(S)$$

[H' : 다양도, S : 총종수]

- ④ 우점도 지수(Dominance index)는 McNaughton(1970)의 지수를 사용하였다.

$$DI = (n1 + n2) / N$$

[n1, n2 : 제1우점종, 제2우점종, N : 총개체수]

- ⑤ 군집비교지수(community comparison index)는 Perkins(1983)의 지수를 사용하였다.

$$P_{sc} = 100 - 0.5 \sum |a-b|$$

[a, b : 각종의 A와 B지점에서의 각 종의 %]

결과 및 분석

1. 정성적 분석

오대산 북사면의 부연계곡에서 서식하고 있는 저서성 대형무척추동물의 총 구성은 3문(편형, 환형 및 절지) 3강(플라나리아, 빈모 및 곤충) 8목 29과 81종으로 나타났으며, 이 중 플라나리아와 실지렁이를 제외하면 곤충류가 79종으로 전체 종의 98%를 차지하고 있어 수서곤충류의 기능이 수생태계내의 물질의 순환 및 에너지 흐름에 있어 중요하게 작용하고 있음을 보여준다(Table 1). 이는 국내의 타 계류에서 서식하는 중분포와 비교하여 비교적 높은 다양성을 보이고 있는 지역으로 분류될 수 있다. 1개 과(family)당 출현하는 종(species)의 수는 최저 1종에서 최고 10종(물날도래과)으로 평균 2.8종을 나타내고 있다. 종 조성면에 있어서는 날도래류가 26종으로 가장 다양하게 서식하고 있는 것으로 나타났으며 그 뒤를 하루살이류가 25종이 출현하여 전체 종의 약 63%를 구성하는 것으로 나타났다. 그 외 출현한 수서곤충류를 목별로 살펴보면, 파리류 15종(~19%), 강도래류 7종(~9%), 딱정벌레류 4종(~5%), 잠자리류 2종(~2%)으로 구성되어 있음을 알 수 있다(Fig. 2).

이는 뛰어난 수중 생태계를 지표하는 분류군이 우세함을 나타내는 것으로 본 집수역의 경우 산간계류 및 평지형 하천으로 전환되는 물리적 환경과 화학적 환경이 상당히 양호함을 의미하는 것이다. 즉, 청정한 계

류에서 나타나는 강도래류의 경우는 7종, 날도래류는 13종, 딱정벌레류, 파리류 및 플라나리아가 각 1종씩 출현하여 총 23종(28.3%)을 차지하는 높은 종구성의 특징을 보이고 있다. 또한 다양한 기능섭식군 (functional feeding group)의 구성은 본 집수역의 수생태계가 복잡성과 유연성이 뛰어난 먹이그물 구조를 유지하여 생태계 안정성을 유지하고 있으며, 어느정도의 환경 변화에 대해서도 항상성을 유지하는 높은 저

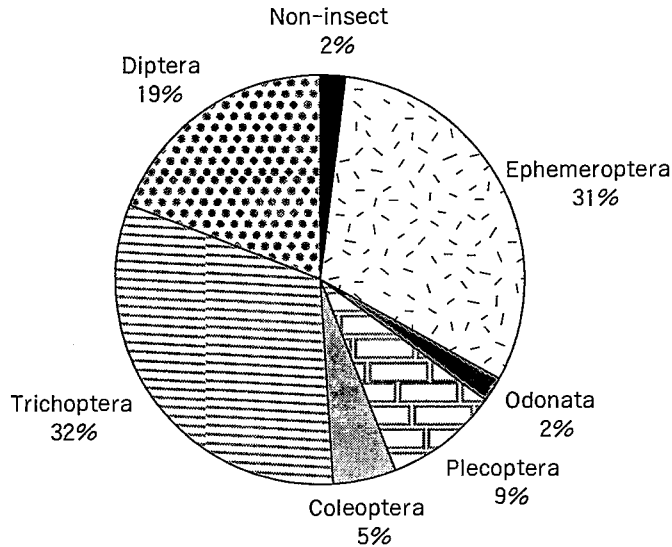


Fig. 2. Relative composition of the species belonging to each Order in Booyeon valley creek.

Table 1. List of macroinvertebrates inhabiting at Booyeon valley creek during the survey periods in 2001.

Phylum Platyhelminthes	7. <i>Baetis fuscatus</i>
Class Turbellaria	8. <i>Beatis ursinus</i>
Order Tricladida	9. <i>Baetis silvaticus</i>
Family Planariidae	Family Heptageniidae
1. <i>Dugesia</i> sp.	10. <i>Epeorus latifolium</i>
Phylum Annelida	11. <i>Epeorus curvatus</i>
Class Oligochaeta	12. <i>Rhithrogena na</i>
Order Archiologochaeta	13. <i>Ecdyonurus bajkovae</i>
Family Tubificidae	14. <i>Ecdyonurus dracon</i>
2. <i>Limnodrilus gotoi</i>	15. <i>Ecdyonurus kibunensis</i>
Phylum Arthropoda	16. <i>Ecdyonurus levis</i>
Class Insecta	17. Heptageniidae sp.
Order Ephemeroptera	Family Leptophlebiidae
Family Baetidae	18. <i>Paraleptophlebia chocolata</i>
3. <i>Acentrella sibirica</i>	19. <i>Choroterpes altiocus</i>
4. <i>Acentrella gnom</i>	Family Ephemeridae
5. <i>Nigrobaetis gracilis</i>	20. <i>Ephemera strigata</i>
6. <i>Baetiella tuberculata</i>	21. <i>Ephemera separigata</i>

Table 1. Continued

Family Ephemerellidae	48. <i>Rhyacophila</i> KUa
22. <i>Drunella cryptomeria</i>	49. <i>Rhyacophila articulata</i>
23. <i>Drunella triacantha</i>	50. <i>Rhyacophila clemens</i>
24. <i>Cincticostella tshernovae</i>	51. <i>Rhyacophila shikotsuensis</i>
25. <i>Uracanthella rufa</i>	52. <i>Rhyacophila impar</i>
26. <i>Serratella setigera</i>	53. <i>Rhyacophila nigrocephala</i>
Family Caenidae	54. <i>Rhyacophila brevicephala</i>
27. <i>Caenis</i> KUa	55. <i>Rhyacophila kuramana</i>
Order Odonata	56. <i>Rhyacophila bilobata</i>
Family Gomphidae	57. <i>Rhyacophila sibirica</i>
28. <i>Davidius lunatus</i>	Family Glossosomatidae
29. <i>Anisogomphus maaki</i>	58. <i>Glossosoma</i> KUa
Order Plecoptera	59. <i>Glossosomatidae</i> sp.(pupa)
Family Nemouridae	Family Limnephilidae
30. <i>Nemoura</i> KUb	60. <i>Neophylax ussuriensis</i>
Family Leuctridae	61. <i>Neophylax</i> sp. (pupa)
31. <i>Rhopalopsole mahunkai</i>	62. <i>Hydatophylax nigrovittatus</i>
Family Pteronarcidae	63. <i>Goerodes</i> KUa
32. <i>Pteronarcys sachalina</i>	64. <i>Goerodes</i> KUb
Family Perlidae	65. <i>Goerodes</i> sp.
33. <i>Oyamia nigribasis</i>	Family Odontoceridae
34. <i>Paragnetina flavotincta</i>	66. <i>Psilotreta kisoensis</i>
35. <i>Kamimuria</i> KUa	Order Diptera
Family Chloroperlidae	Family Tipulidae
36. <i>Sweltsa nikkoensis</i>	67. <i>Hexatoma</i> KUa
Order Coleoptera	68. <i>Hexatoma</i> KUC
Family Dytiscidae	69. <i>Antocha</i> KUa
37. <i>Neonectes natrix</i>	70. <i>Dicranota</i> KUa
Family Hydrophilidae	Family Simuliidae
38. <i>Sternolophus rufipes</i>	71. <i>Simulium</i> sp.
Family Elmidae	Family Ceratopogonidae
39. <i>Elmidae</i> sp.	72. <i>Ceratopogonidae</i> sp.
Family Chrysomelidae	Family Athericidae
40. <i>Chrysomelidae</i> sp.	73. <i>Atherix</i> KUa
Order Trichoptera	74. <i>Suragina</i> KUa
Family Stenopsychidae	75. <i>Suragina</i> KUb
41. <i>Stenopsyche griseipennis</i>	Family Chironomidae
42. <i>Stenopsyche bergeri</i>	76. <i>Tanypodinae</i> sp.
Family Hydropsychidae	77. <i>Chironominae</i> sp.1
43. <i>Hydropsyche kozhanschikovi</i>	78. <i>Chironominae</i> sp.2
44. <i>Hydropsyche</i> KUb	79. <i>Chironominae</i> sp.3
45. <i>Hydropsyche orientalis</i>	80. <i>Chironominae</i> sp.4
46. <i>Hydropsyche</i> sp.	81. <i>Chironominae</i> sp.
47. <i>Cheumatopsyche</i> KUb	
Family Rhyacophilidae	

항력과 양호한 회복력을 지니고 있음을 보여주고 있다. 이는 곧 본 지역 담수생태계의 저항력(resistance)과 회복력(resilience) 기능이 현재 수준에서 지속적으로 유지될 수 있음을 의미한다. 이러한 결과를 종합적으로 분석하여 볼 때 본 집수역의 수환경은 양호한 이화학적 측면과 서식지의 물리적 그리고 인위적 교란의 정도가 비교적 낮은 수준으로 평가할 수 있다.

중 수준에서 이들의 분포양상을 비교하여 보는 것은 향후 특정 종의 생태적 지위 확보 또는 분산과 서식처 분할에 따른 군집의 변화에 대한 개략적인 예측을 가능하게 한다. 즉, 지금과 같은 상태로 본 지역의 생태계가 보전될 경우 대부분의 종들은 현재의 분포지에서 지속적으로 서식할 것이나, 만약 생태계에 영향을 미치는 물리적 그리고 인위적 교란을 받게 된다면 본 집수역에서 사라질 수 있는 취약종을 Table 2로부터 예측할 수 있는 것이다. 즉, 4개의 전 조사지점에서 모두 출현한 종은 출현빈도가 1에 해당하며, 본 집수역 내에서 넓은 분포를 지니고 있어 구조적으로 그 역할이 중요한 우세종으로 판단할 수 있다. 총 24종(30%)이 이에 해당하며, 출현빈도 0.75 및 0.5를 나타내는 종수는 각각 17 및 18종으로 21% 및 22%를 나타내고 있다. 상대적으로 좁은 분포 특이성을 보이는 종은 총 22종(27%)으로 출현빈도 1을 보이는 종수와 유사하다.

이와 같은 출현빈도의 상대적 비율이 유사함을 보이는 것은 본 지역의 수환경이 일반적인 서식환경과 특이한 미소서식의 특성을 동시에 수반하고 있음을 의미한다. 이러한 방법의 조사와 분석이 동일하게 차후에 이루어진다면 본 정보는 특이 생물종의 분포변화를 통한 환경의 변화를 가늠할 수 있는 유용한 정보로 활

Table 2. Relative frequencies of species occurrence throughout 4 sampling sites in Booyeon valley creek during the survey periods in 2001.

<i>Dugesia</i> sp.	0.75	<i>Drunella triacantha</i>	1
<i>Limnodrilus gotoi</i>	0.5	<i>Cincticostella tshernovae</i>	0.25
<i>Acentrella sibirica</i>	0.75	<i>Uracanthella rufa</i>	1
<i>Acentrella gnom</i>	0.5	<i>Serratella setigera</i>	1
<i>Nigrobaetis gracilis</i>	0.5	<i>Caenis</i> KUa	0.5
<i>Baetiella tuberculata</i>	0.75	<i>Davidius lunatus</i>	1
<i>Baetis fuscatus</i>	1	<i>Anisogomphus maaki</i>	0.25
<i>Baetis ursinus</i>	0.25	<i>Nemoura</i> KUb	0.5
<i>Baetis silvaticus</i>	0.25	<i>Rhopalopssole mahunkai</i>	0.25
<i>Epeorus latifolium</i>	0.5	<i>Pteronarcys sachalina</i>	0.75
<i>Epeorus curvatulus</i>	1	<i>Oyamia nigribasis</i>	1
<i>Rhithrogena na</i>	1	<i>Paragnetina flavotincta</i>	0.25
<i>Ecdyonurus bajkovae</i>	1	<i>Kamimuria</i> KUa	1
<i>Ecdyonurus dracon</i>	0.25	<i>Sweltsa nikkoensis</i>	0.5
<i>Ecdyonurus kibunensis</i>	0.75	<i>Neonectes natrrix</i>	0.25
<i>Ecdyonurus levis</i>	0.5	<i>Sternolophus rufipes</i>	0.75
Heptageniidae sp.	0.25	Elmidae sp.	0.75
<i>Paraleptophlebia chocolata</i>	0.75	Chrysolmelidae sp.	0.25
<i>Choroterpes altioculus</i>	1	<i>Stenopsyche griseipennis</i>	1
<i>Ephemera strigata</i>	0.25	<i>Stenopsyche bergeri</i>	0.75
<i>Ephemera separigata</i>	0.5	<i>Hydropsyche kozhanschikovi</i>	0.75
<i>Drunella cryptomeria</i>	1	<i>Hydropsyche</i> KUb	0.75

Table 2. Continued

<i>Hydropsyche orientalis</i>	1	<i>Goerodes</i> KUa	1
<i>Hydropsyche</i> sp.	0.25	<i>Goerodes</i> sp.	0.25
<i>Cheumatopsyche</i> KUa	0.5	<i>Psilotreta kisoensis</i>	0.5
<i>Rhyacophila</i> KUa	0.75	<i>Hexatoma</i> KUa	1
<i>Rhyacophila articulata</i>	0.5	<i>Hexatoma</i> KUc	0.25
<i>Rhyacophila clemens</i>	0.25	<i>Antocha</i> KUa	0.75
<i>Rhyacophila shikotsuensis</i>	0.25	<i>Dicranota</i> KUa	0.25
<i>Rhyacophila impar</i>	0.5	<i>Simulium</i> sp.	0.75
<i>Rhyacophila nigrocephala</i>	0.75	Ceratopogonidae sp.	0.5
<i>Rhyacophila brevicephala</i>	0.75	<i>Atherix</i> KUa	0.5
<i>Rhyacophila kuramana</i>	0.5	<i>Suragina</i> KUa	1
<i>Rhyacophila bilobata</i>	0.25	<i>Suragina</i> KUa	0.25
<i>Rhyacophila sibirica</i>	0.5	Tanyptodinae sp.	1
<i>Glossosoma</i> KUa	1	Chironominae sp.1	1
Glossosomatidae sp.(pupa)	1	Chironominae sp.2	0.25
<i>Neophylax ussuriensis</i>	0.25	Chironominae sp.3	1
<i>Neophylax</i> sp. (pupa)	0.25	Chironominae sp.4	1
<i>Hydatophylax nigrovittatus</i>	1	Chironominae sp.	0.75
<i>Goerodes</i> KUa	0.5		

용될 수 있다. 특히 지점간 출현빈도가 낮은(0.25) 종들은 공간적 서식 분포범위가 취약한 상태에서 서식환경의 물리적 변화에 대해 적응할 수 있는 능력이 상대적으로 열등하여 생태계 내에서의 도태가 쉽게 일어날 수 있거나, 특이한 미소서식처내에 제한적으로 서식하는 종들로 그 분포가 시간적 구배에 따라 급격한 영향을 받을 수 있는 종들로 판단할 수 있다.

2. 정량적 분석

부연계곡 계류의 각 조사지점에서 출현한 대형무척추동물의 1m²당 평균 개체수는 매우 풍부한 현존량을 나타내고 있다(Appendix 1). 개체수 현존량은 타 하천에 비해 매우 높은 값을 보이고 있으며 이는 본 집수역의 생태계내에서의 물질순환과 에너지의 흐름이 건전하며 종 다양성의 안정성을 유지하는 원천적인 요인으로 작용함을 의미한다. 평균 총 개체수는 약 4304.2 개체/m²로서 삼산리 및 매표소 조사지점에서 각각 3350.0 및 3038.9 개체/m²로 상대적으로 낮게 나타났으며, 부연2교 및 북룡골에서 6716.7 및 4111.1 개체/m²로 높게 나타났다. 모든 조사점의 개체수 분포 현황은 자연 생태계내의 안정적인 생물군집이 일반적으로 나타내는 양상을 띠고 있다. 즉, 소수의 종류가 다수의 개체수를 차지하고 나머지 다양한 종류가 소수의 개체만을 포함하는 특성을 보이는 점을 고려할 때, 부연계곡의 모든 지점에서 안정적인 군집 구조를 보이고 있다고 할 수 있다. 또한 특기할 점은 우점종이 대부분이 유수성(lotic)을 띠는 종류로 구성되어 있어 정수성(lentic) 또는 오염에 대한 내성이 높은 종의 폭발적인 개체수 증가 현상은 찾아볼 수 없다. 이러한 개체수의 구성은 안정적인 영양단계를 형성하고 일정한 생산력을 유지하는데 필수적인 요소로서 본 지역 유수생

태계의 생태피라미드가 안정적인 상태를 유지하고 있음을 증명하는 것이라 할 수 있다.

종 다양도지수(H')는 출현한 각종의 개체수와 전체 출현 개체수의 상대적인 출현도를 알려주는 것으로써 지수가 높을수록 다양한 종이 안정적으로 서식함을 의미한다. 본 지역에서 분석된 다양도지수는 평균 2.87로서 타 지역에 비해 그리 높은 편은 아니지만 낮은 우점도지수(평균 0.31)을 고려할 때 매우 양호한 값을 보인다고 볼 수 있다. 조사 정점별로 다양도지수값을 살펴보면, 북룡골이 3.09로 가장 높고 그 다음으로 매표소 2.99, 부연2교 2.74 및 삼산리 2.68의 순으로 나타났다 (Fig. 3). 그러나 각 조사정점에서 출현한 종수를 고려할 때 부연2교의 2.74 지수값이 삼산리의 2.68과 비교하여 유의성이 있는 높은 값이라 볼 수 없다. 그 이유로는 지점별 출현 종수는 북룡골 55종, 삼산리 54종, 부연2교 44종 그리고 매표소 52종으로 부연2교의 출현종수가 타 조사정점의 출현종수보다 현저히 적게 나타났기 때문이다. 즉 등가의 비교성이 다소 떨어지므로 종 풍부도지수 및 균등도지수의 분석결과와 함께 고려되어야 한다.

풍부도지수($R1$)는 출현한 생물의 총 종수와 총 개체수를 고려하여 존재하는 종의 구성이 어느 정도 높은가(또는 풍부한가)를 가늠해주는 척도가 되는 지수로서, 다양도지수와 마찬가지로 값이 높을수록 하천에 서식하는 생물종에 의한 생태적 안정성이 높음을 의미한다. 다양도지수와 비교할 때 민감도가 뛰어나 공간적으로 여러 곳에 위치하는 군집의 생물다양성을 상호 비교하는데 매우 유용한 지수이다. 4곳의 조사정점에서 나타난 풍부도지수를 살펴보면, 부연2교를 제외한 나머지 3곳의 값은 매우 유사하다 (Fig. 3). 북룡골 6.49, 삼산리 6.53, 및 매표소 6.36과 비교하여 부연2교에서는 4.88을 나타내는 것으로 분석되었다. 이는 출현한 총 종수에 대한 총 개체수간의 수리적 연관성이 민감하게 반응하는 풍부도지수의 본질을 잘 보여 주는 것이다.

균등도지수(J')란 종 조성이 어느 정도 균일한가를 보여주는 지수이며 안정적인 생태계에서 높은 값이 산출된다. 즉 어느 장소에서 분포하는 종들이 완전히 균등하다면 그 값은 1이 되며 이는 하천에 서식하는

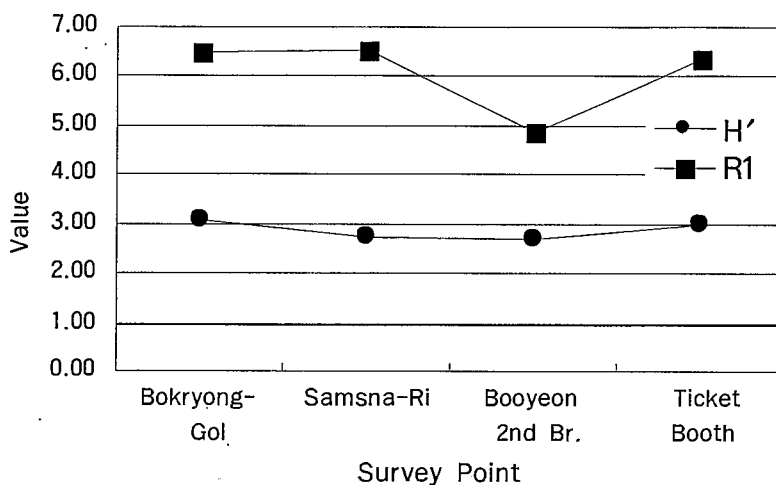


Fig. 3. Comparison of community indices from all sampling points - Diversity index (H') and Richness index ($R1$).

생물종이 이루고 있는 군집구조가 생태적으로 안정화된 것으로부터 기인함을 나타낸다. 모든 조사정점에서 높은 균등도 값을 나타냈으며 북룡골이 0.77, 매표소가 0.76으로 평균값(0.73)보다 다소 높았으며, 부연2교 및 삼산리가 각각 0.71 및 0.69를 보였다 (Fig. 4). 모든 조사정점에서의 균등도 값을 비교할 때 모든 군집이 안정적인 구조를 이루고 있고 이들간의 차이는 거의 없는 것으로 판단된다.

우점도지수(DI)는 가장 근본적이고 고전적인 지수로서, 군집 내에서 가장 높은 출현도를 보이는 두 종의 개체수에 대한 총 개체수의 상대적 구성비율을 의미하며 지수가 높을수록 특정종이 차지하는 비율이 높음을 의미하는 지수이다. 즉, 지수가 1에 가까울수록 생태계내의 군집이 매우 단순함을 의미하며 생물다양성과 안정성이 높은 생태계에서의 우점도지수는 낮게 나타나고 반대의 경우 높게 나타난다. 우점도지수는 삼산리를 제외하고 나머지 조사정점에서는 낮게 나타난 경향을 보이고 있다. 북룡골 0.27, 부연2교 0.34 그리고 매표소 0.25로 평균값인 0.32보다 낮거나 유사하였다 (Fig. 4). 이와는 달리, 삼산리의 경우 0.41로 다소 높게 나타났으나 우점종이 납작하루살이 및 알락하루살이과에 속하는 흰부채하루살이(*Epeorus curvatus*)와 알동하루살이(*Drunella cryptomeria*)로서 이곳이 일반적인 하천의 상·중류역에서 나타나는 물리적 구조를 지니고 있는 동시에 이화학적 수환경이 매우 양호하다는 것을 증명하고 있다(Table 3). 부연2교 및 매표소에서도 제1우점종은 납작하루살이과의 흰부채하루살이(*Epeorus curvatus*)로 나타났으며, 제2우점종은 상이하어 부연2교는 날도래목의 줄말도래과 줄날도래(*Hydropsyche kozhanschikovi*)가, 매표소는 하루살이목의 꼬마하루살이과 애호랑하루살이(*Baetiella tuberculata*)가 각각 제2우점종으로 출현하였다. 이와는 달리, 북룡골의 경우에는 실지렁이(*Limnodrilus gotoi*)가 제1우점종으로 나타났고, 제2우점종은 파리목 깔따구과의 깔따구 sp.1으로 분석되었다. 본 조사정점에서 우점도지수(0.27)가 낮기는 하지만 오염에 내성을 지닌 종이 제 1 및 2 우점종으로 출현한 것은 주목할 만한 사항이다 이러한 현상은 본 조사정점의 물리적 환경에 따른 것으로 판단된다. 북룡골의 조사정점은 앞에서 기술한 바와 같이, 수심이 전체적으로 얕으며

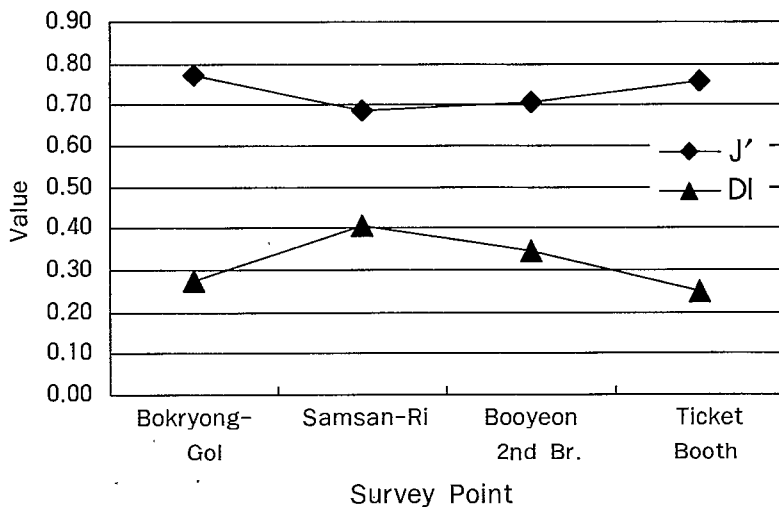


Fig. 4. Comparison of community indices from all sampling points - Dominance index (DI) and Evenness index (J').

Table 3. Dominant species inhabiting at each sampling point in Booyeon valley creek in 2001.

	Bokryong-Gol	Samsan-Ri	Booyeon 2 nd Br.	Ticket Booth
1st Dominant sp.	<i>Limnodrilus gotoi</i>	<i>Epeorus curvatus</i>	<i>Epeorus curvatus</i>	<i>Epeorus curvatus</i>
2nd Dominant sp.	Chironominae sp.1	<i>Drunella cryptomeria</i>	<i>Hydropsyche kozhanschikovi</i>	<i>Baetiella tuberculata</i>

전체 하폭의 1/4는 하천수가 고갈되어 있어 곳곳에 일시적인 작은 규모의 소를 형성하고 있다. 이와 같은 조건은 조사정점내 미소서식지 이질성을 발생시키고 결과적으로 정수성 계류에 서식하는 종들이 1, 2우점종을 차지하는 현상이 유발된 것으로 판단된다.

군집비교지수 (community comparison index)는 서식처가 다른 곳에 위치한 생물군집이 서로 얼마나 유사한 종조성을 지니고 있으며 동시에 각 종의 개체수가 전체 개체수에 대해 차지하는 비율의 구성일치성을 동시에 비교하는 복합적인 지수로서 군집의 구조가 유사할수록 지수값은 100에 가깝게 나타나고 공통종이 하나도 존재하지 않을 경우 0의 지수값을 보인다. Fig. 5는 4곳의 조사정점에서 분석된 군집들 간의 유사성을 나타내는 모식도이다. 가장 높은 군집비교 지수값을 보이는 것은 삼산리와 부연2교에서 출현한 군집으로 54.3를 나타내고 있으며, 그 다음으로 삼산리와 매표소가 51.3, 부연2교와 매표소가 47.6의 값으로 상대적으로 높게 나타났다. 가장 낮은 유사성을 보이는 군집들은 북룡골과 부연2교에서 출현하는 것으로 32.7의 낮은 값을 보였다. 이와 같은 결과는 앞에서 살펴본 4가지 군집지수의 종합적인 비교를 보여주는 것으로서 풍부도지수가 낮은 부연2교와 균등도지수 및 다양도지수가 가장 높은 값을 보이는 북룡골의 군집 차이를 잘 설명하고 있다.

Table 4는 두 지점간에 출현한 총 종수에 대해 공통적으로 출현한 종수의 상대적 비율을 보여 주는 것으로 군집비교지수와는 다른 결과를 보여주고 있다. 이는 단순한 종 조성의 측면에서 분석한 군집의 구조적 유사성을 나타내는 것으로, 이 분석에 따르면 북룡골과 삼산리가 가장 유사하게 나타나는 결과를 보인다. 그러나 이는 정성적인 측면만을 고려하여 군집내의 개체군들간의 밀도 및 번식에 의한 경쟁이나 그 외의 수직적인 상관작용, 즉 피식과 포식의 상호작용에 따른 내재적인 요인을 고려하지 못한 단점을 지니는 한계

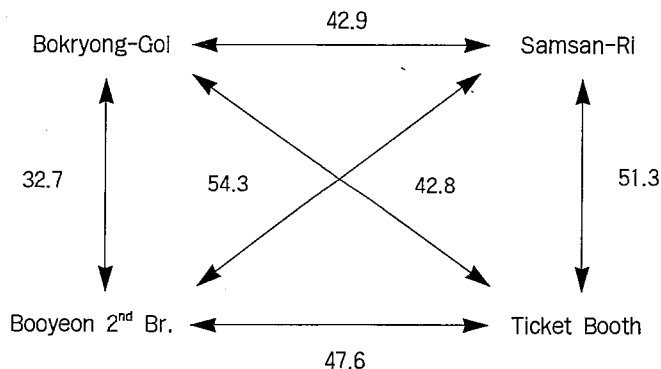


Fig. 5. Community comparison index; relationship among communities from all survey points.

성이 존재한다. 군집내의 개체군간의 상호작용을 배제한 정성적인 측면에서의 조사정점별 결과는 상류지점의 두 지점이 서로 유사(0.60)하고, 또한 하류지점의 두 지점의 종조성이 서로 유사(0.57)하게 그룹화되는 것을 잘 보여주고 있다. 복룡골의 경우를 살펴보면, 이곳으로부터 다른 지점간에 거리가 멀어질수록 군집내의 종조성이 상이해짐에 따라 유사성이 감소하는 구배(0.60 → 0.52 → 0.49)를 잘 나타내고 있다.

Table 4. The number of common species (above diagonal) and similarity of species composition (below diagonal) in between survey points.

	Bokryong-Gol	Samsan-Ri	Booyeon 2 nd Br.	Ticket Booth
Bokryong-Gol	-	41	34	35
Samsan-Ri	0.60	-	32	35
Booyeon 2nd Br.	0.52	0.48	-	35
Ticket Booth	0.49	0.49	0.57	-

결 언

약 6Km의 하천구간에 대한 조사를 토대로 분석된 수서 무척추동물군집의 특성을 살펴보면, 출현 종수는 총 81종으로 이는 오대산 서북사면에서 조사 보고된 71종(윤 등, 1998)에 비해 다소 높은 다양성을 보이고 있고, 수환경의 조건이 뛰어난 중·상류역에서 출현하는 종들이 대부분으로 본 집수역의 물리적 화학적 수환경이 다양한 미소서식처를 제공하는 기능을 잘 유지하고 있다는 점을 우선 들 수 있다. 대부분 종의 분포는 전 하천구간에 걸쳐 넓게 분포하고 있으나 일부 종들을 그 분포가 매우 협소한 미소서식처 의존적 특이성을 보이고 있는 것으로 판단된다. 이러한 개체군들은 그들의 출현빈도가 0.25인 것들로서 총 22종(하루살이 6종, 잠자리 1종, 강도래 2종, 딱정벌레 2종, 날도래 7종 그리고 파리 4종)이 전체종수의 27.2%를 차지하고 있다(Table 2 참조). 이들 개체군들의 지속적인 서식과 번성이 본 지역의 담수 생물의 다양성에 직결되어 있음은 시사하는 바가 매우 크다. 즉 군집내의 개체군들의 상호작용 및 수환경의 변화에 따라 분포성이 협소한 이들 종들의 도태가 발생할 경우 약 25%의 종 다양성이 감소할 수 있는 것이다.

본 지역의 수서 무척추동물 군집은 안정적인 생태피라미드 구조를 보이고 있으며 군집의 복잡성(complexity)이 높아 수생태계의 안정성은 뛰어난 특성을 보인다. 종 구성의 측면에서 볼 때, 안정적인 수계에서 출현하는 종들이 주를 이루고 있어 본 지점 생태계의 저항력이 회복력보다 뛰어나고 안정성에 기여하는 정도가 높을 것으로 추론된다. 또한 고전적인 군집지수의 분석은 종합성이 다소 떨어져 본 집수역의 지점간의 군집을 비교·평가하는 데에는 다소 미흡하다. 따라서 군집비교지수를 사용하면 이러한 점을 보완할 수 있는 것으로 판단된다. 이는 정성 및 정량적인 측면을 모두 고려하여 군집내의 개체군들간의 밀도 및 번식에 의한 경쟁이나 그 외의 수직적인 상관작용, 즉 피식과 포식의 상호작용에 따른 내재적인 요인을 고려한 것으로 본 집수역의 지점간 특성을 잘 설명한다. 단순한 정성적 분석의 결과는 상류지점의 두 지점이 서로 유사(0.60)하고, 또한 하류지점의 두 지점의 종조성이 서로 유사(0.57)하게 그룹화되는 것을 잘 보

여주고 있다. 이는 군집의 구조가 주어진 환경에 따라 유사한 정도를 잘 대변해 주고 있다.

본 자료를 중심으로 고려할 때, 본 집수역은 보전의 가치가 뛰어나며 종 다양성을 현 수준으로 유지하기 위해서는 출현빈도가 낮은 취약종을 중심으로 보전방안이 필요할 것으로 사료된다. 차후 모니터링에 있어서는 보통골의 정수성 생물군의 우점을 증가여부와 이들 개체군의 밀도 변화를 중심으로 전체 하천구간에 걸친 정량적 조사가 수행되어야 할 것으로 판단된다.

적 요

본 조사는 오대산 부사면에 위치한 부연계곡에 서식하는 수서 무척동물군집의 특성을 파악하기 위한 연구로서 약 6km 하천구간에서 4개 조사정점을 대상으로 실시되었다. 출현한 총 분류군은 3문 3강 8목 29과 81종으로 나타났으며, 이 중 곤충류가 79종으로 전체 종의 98%를 차지하고 있다. 군집비교지수에 의한 분석을 통해 군집들간의 기능과 구조를 비교하였으며 본 집수역의 군집은 안정적인 수생태계를 구성하는 중요한 요소임이 확인되었다. 또한 본 지역은 보전의 가치가 뛰어난 종 다양성을 보이고 있으나 전체 종의 약 27%의 종은 서식처가 매우 제한적인 취약종으로 나타났다. 차후 모니터링에 있어서는 상류역의 정수성 생물군의 우점을 및 이들 개체군의 밀도 변화를 중심으로 전체 하천구간에 걸친 정량적 조사가 수행되어야 할 것으로 판단된다

참고문헌

- HONG, S.-K. and T. H. RO. 2001. Landscape Ecological Planning for Policy of Wildlife Conservation and Management. Bulletin of the KACN 20: 111-127.
- HUR, J. M., J. H. HWANG, T. H. RO and Y. J. BAE. 2000. Association of Immature and Adult Stages of *Hydropsyche kozhantschikovi* Martynov (Trichoptera: Hydropsychidae). Korean J. of Entomology. 30(1): 57-61.
- KAWAI, T., 1985. An Illustrated Book of Aquatic Insects of Japan, Tokai Univ. Press.
- Margalef, R., 1958. Information theory in ecology. General Systematics 3:36-71.
- McCafferty, W.P., 1981. Aquatic Entomology. Jones and Bartlett, Boston.
- McNaughton, S.J., 1967. Relationship among functional properties of California Grassland, Nature. 216:168-169.
- Merritt, R.W. and K.W. Cummins, 1996. An Introduction to the Aquatic Insects of North America, Kendall/Hunt, Dubuque, Iowa.
- Perkins, J.L., 1983. Bioassay evaluation of diversity and community comparison indexes. J. Water. Pollution Control Federation. 55: 522-530.
- Petts, G. and P. Calow., 1996. River Restoration. Blackwell Science.
- Pielou, E.C., 1966. The measurement of diversity in different types of biological succession. J. Theor. Biol. 13:131-144.

- Pielou, E.C., 1975. Ecological diversity. Wiley, New York.
- Wiederholm, T., 1983. Chironomidae of the Holarctic Region Keys and Diagnoses(I). Motala.
- 노태호·윤일병, 1991. 줄날도래 2종의 개체군 변동과 수중 이화학적 요인의 상관성. 환경생물학회지 9(1):18-28
- 노태호, 1999. 저서성 대형 무척추동물 분야, pp.v-vi; 106-125; 200; 245-257. 명지산 생태계보전지역 관리기본계획. 경기도. p263.
- 윤일병, 1988. 한국동식물도감 제30권 동물편(수서곤충류). 문교부.
- 윤일병, 1995. 수서곤충검색도설. 정행사.
- 윤일병·노태호, 1999. 수계오염에 따른 수서곤충의 계량적 변화. pp52-63. 환경변화와 곤충자원 심포지움. 고려대학교 한국곤충연구소. p92.
- 윤일병·원두희·이성진, 1998. 오대산국립공원 서북사면 일대 수계의 수서곤충군집. 자연보전협회 종합학술조사보고서 38:143-161.

Appendix 1. Species list and quantitative results (mean indiv. no. per 1 m²) from 4 monitoring sites in Booyeon Valley in 2001.

Taxa	Bokryong-Gol	Samsan-Ri	Booyeon 2 nd Br.	Ticket Booth
Phylum Platyhelminthes	0.0	0.0	0.0	0.0
Class Turbellaria	0.0	0.0	0.0	0.0
Order Tricladida	0.0	0.0	0.0	0.0
Family Planariidae	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Dugesia</i> sp.	44.4	16.7	16.7	0.0
Phylum Annelida	0.0	0.0	0.0	0.0
Class Oligochaeta	0.0	0.0	0.0	0.0
Order Archiologochaeta	0.0	0.0	0.0	0.0
Family Tubificidae	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Limnodrilus gotoi</i>	655.6	0.0	50.0	0.0
Class Insecta	0.0	0.0	0.0	0.0
Order Ephemeroptera	0.0	0.0	0.0	0.0
Family Baetidae	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Acentrella sibirica</i>	11.1	11.1	0.0	11.1
<i>Acentrella gnom</i>	72.2	0.0	0.0	0.0
<i>Nigrobaetis gracilis</i>	0.0	22.2	0.0	5.6
<i>Baetiella tuberculata</i>	0.0	16.7	350.0	322.2
<i>Baetis fuscatus</i>	144.4	127.8	27.8	44.4
<i>Beatis ursinus</i>	0.0	0.0	0.0	72.2
<i>Baetis silvaticus</i>	0.0	0.0	0.0	0.0
Family Heptageniidae	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Epeorus latifolium</i>	16.7	0.0	0.0	0.0
<i>Epeorus curvatulus</i>	161.1	705.6	1177.8	427.8
<i>Rhithrogena na</i>	150.0	105.6	16.7	238.9
<i>Ecdyonurus bajkovae</i>	0.0	22.2	33.3	55.6
<i>Ecdyonurus dracon</i>	0.0	0.0	11.1	0.0
<i>Ecdyonurus kibunensis</i>	5.6	16.7	0.0	5.6
<i>Ecdyonurus levis</i>	0.0	5.6	0.0	22.2
Heptageniidae sp.	11.1	0.0	0.0	0.0
Family Leptophlebiidae	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Paraleptophlebia chocolata</i>	100.0	38.9	27.8	0.0
<i>Choroterpes altioculus</i>	44.4	83.3	83.3	72.2
Family Ephemeridae	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Ephemera strigata</i>	0.0	0.0	0.0	5.6
<i>Ephemera separigata</i>	5.6	0.0	0.0	0.0
Family Ephemerellidae	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Drunella cryptomeria</i>	144.4	655.6	994.4	144.4
<i>Drunella triacantha</i>	0.0	38.9	16.7	0.0
<i>Cincticostella tshernovae</i>	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Uracanthella rufa</i>	33.3	27.8	100.0	155.6

Appendix 1. Continued

<i>Serratella setigera</i>	155.6	38.9	44.4	250.0
Family Caenidae	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Caenis</i> KUa	11.1	0.0	22.2	0.0
Order Odonata	0.0	0.0	0.0	0.0
Family Gomphidae	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Davidius lunatus</i>	22.2	0.0	0.0	11.1
<i>Anisogomphus maaki</i>	0.0	0.0	11.1	0.0
Order Plecoptera	0.0	0.0	0.0	0.0
Family Nemouridae	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Nemoura</i> KUb	116.7	0.0	0.0	5.6
Family Leuctridae	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Rhopalopsale mahunkai</i>	0.0	27.8	0.0	0.0
Family Pteronarcidae	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Pteronarcys sachalina</i>	5.6	0.0	11.1	16.7
Family Perlidae	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Oyamia nigribasis</i>	394.4	405.6	83.3	266.7
<i>Paragnetina flavotincta</i>	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Kamimuria</i> KUa	111.1	66.7	38.9	50.0
Family Chloroperlidae	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Sweltsa nikkoensis</i>	161.1	11.1	0.0	0.0
Order Coleoptera	0.0	0.0	0.0	0.0
Family Dytiscidae	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Neonectes natrix</i>	0.0	0.0	0.0	0.0
Family Hydrophilidae	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Sternolophus rufipes</i>	5.6	5.6	11.1	0.0
Family Elmidae	0.0	0.0	0.0	0.0
Elmidae sp.	16.7	27.8	0.0	177.8
Family Chrysomelidae	0.0	0.0	0.0	0.0
Chrysomelidae sp.	0.0	0.0	0.0	0.0
Order Trichoptera	0.0	0.0	0.0	0.0
Family Stenopsychidae	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Stenopsyche griseipennis</i>	83.3	94.4	216.7	61.1
<i>Stenopsyche bergeri</i>	0.0	11.1	27.8	55.6
Family Hydropsychidae	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Hydropsyche kozhanschikovi</i>	0.0	5.6	1133.3	16.7
<i>Hydropsyche</i> KUb	11.1	0.0	227.8	11.1
<i>Hydropsyche orientalis</i>	238.9	77.8	666.7	238.9
<i>Hydropsyche</i> sp.	0.0	0.0	16.7	0.0
<i>Cheumatopsyche</i> KUb	5.6	5.6	0.0	0.0
Family Rhyacophilidae	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Rhyacophila</i> KUa	11.1	0.0	5.6	0.0
<i>Rhyacophila articulata</i>	5.6	0.0	0.0	0.0
<i>Rhyacophila clemens</i>	0.0	5.6	0.0	0.0

Appendix 1. Continued

<i>Rhyacophila shikotsuensis</i>	0.0	27.8	0.0	0.0
<i>Rhyacophila impar</i>	0.0	0.0	5.6	11.1
<i>Rhyacophila nigrocephala</i>	16.7	11.1	0.0	0.0
<i>Rhyacophila brevicephala</i>	150.0	22.2	0.0	11.1
<i>Rhyacophila kuramana</i>	5.6	5.6	0.0	0.0
<i>Rhyacophila bilobata</i>	5.6	0.0	0.0	0.0
<i>Rhyacophila sibirica</i>	0.0	0.0	5.6	0.0
Family Glossosomatidae	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Glossosoma</i> Kua	27.8	333.3	211.1	27.8
Glossosomatidae sp.(pupa)	0.0	5.6	55.6	5.6
Family Limnephilidae	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Neophylax ussuriensis</i>	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Neophylax ussuriensis</i> (pupa)	0.0	5.6	0.0	0.0
<i>Hydatophylax nigrovittatus</i>	55.6	16.7	0.0	0.0
<i>Goerodes</i> Kua	0.0	0.0	0.0	5.6
<i>Goerodes</i> Kub	0.0	66.7	122.2	11.1
<i>Goerodes</i> sp.	11.1	0.0	0.0	0.0
Family Odontoceridae	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Psilotreta kisoensis</i>	22.2	5.6	0.0	0.0
Order Diptera	0.0	0.0	0.0	0.0
Family Tipulidae	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Hexatoma</i> KUa	5.6	5.6	0.0	0.0
<i>Hexatoma</i> KUc	0.0	5.6	0.0	0.0
<i>Antocha</i> KUa	0.0	16.7	61.1	55.6
<i>Dicranota</i> KUa	5.6	0.0	0.0	0.0
Family Simuliidae	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Simulium</i> sp.	5.6	0.0	66.7	5.6
Family Ceratopogonidae	0.0	0.0	0.0	0.0
Ceratopogonidae sp.	33.3	16.7	0.0	0.0
Family Athericidae	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Atherix</i> Kua	0.0	0.0	0.0	27.8
<i>Suragina</i> Kua	5.6	0.0	5.6	27.8
<i>Suragina</i> Kub	0.0	0.0	0.0	5.6
Family Chironomidae	0.0	0.0	0.0	0.0
Tanypodinae sp.	200.0	22.2	66.7	11.1
Chironominae sp.1	466.7	55.6	494.4	55.6
Chironominae sp.2	5.6	0.0	0.0	0.0
Chironominae sp.3	5.6	11.1	150.0	5.6
Chironominae sp.4	127.8	38.9	50.0	27.8
Total No. Individuals per m ²	4111.1	3350.0	6716.7	3038.9
Total No. Species	55	54	44	52