

충주 국망산 일대 수계의 저서성 대형무척추동물 군집

이성진 · 박재홍 · 김명철* · 천승필* · 전영철** · 권순직**

고려대학교 부설 한국곤충연구소

*자연환경보전연구소

**(주)생태조사단 부설 두희자연환경연구소

Benthic Macroinvertebrate Community of Streams Located in Mt. Kookmang, Chungju

LEE, Sung Jin · Jae Heung PARK · Myoung Cheol KIM* · Seung Phil CHUN* ·

Yung Chul JUN** · Soon Jik KWON**

Korean Entomological Institute, Korea University

*Society of Korean Naturalist

**DooHee Institute of Ecological Research, KES, Inc.

ABSTRACT

An ecological survey was conducted to examine the characteristics of benthic macroinvertebrate community inhabiting adjacent streams originated from Mt. Gukmang in July 2007. The benthic macroinvertebrate taxa represented total 60 species belonging to 15 orders, 6 classes and 4 phyla from the qualitative and quantitative sampling. Among these, a total of 47 aquatic insect species (78.3%) were comprised of the major groups in all communities. The relative abundance of Ephemeroptera, Diptera, Platyhelminthes and Trichoptera was 55.5%, 15.4%, 9.4%, and 8.8%, respectively. According to results, ephemeropteran species were major dominant taxa. The primary dominant species was *Baetis fuscatus* (19.0%) followed by *Ecdyonurus kibunensis* (16.5%), *Dugesia* sp. (9.4%), Chironomidae sp.1 (5.9%), and *Baetis silvaticus* (5.0%). The average values of dominant index (DI), diversity index (H'), evenness index (J'), and species richness index (R1) were $0.485(\pm 0.093)$, $3.201(\pm 0.311)$, $0.791(\pm 0.054)$, and $2.452(\pm 0.750)$, and the water quality of all sites was oligosaprobic in average.

Key words : benthic macroinvertebrate community, Mt. Kookmang, aquatic insects

서론

담수는 인간생활에 필수적인 자원이다. 우리나라의 경우, 대부분의 담수자원을 지표수로부터 얻고 있으며, 천연 호소의 발달이 미흡한 관계로 거의 모든 지표수는 강과 하천으로 되어 있다. 담수생태계는 호수나 연못과 같은 정수생태계(lentic ecosystem), 강과 하천과 같은 유수생태계(lotic ecosystem)로 대별되는데, 발원지, 시냇물, 산간계류, 평지하천, 대규모 강 등 다양한 크기와 종류의 유수생태계

를 통칭 하천생태계(stream ecosystem)라 부른다(Allan, 1995; Horne & Goldman, 1994; Hynes, 1970; Minshall, 1988).

하천생태계(stream ecosystem)는 물이 흐르는 긴 수로를 따라 환경요인이 연속적으로 변하고, 그 곳에 적응하여 서식하는 생물의 종류도 달라지는 독특한 생태계(Allan, 1995; Horne & Goldman, 1994; Hynes, 1970; Vannote *et al.*, 1980)로 생물 구성원과 비생물 구성원(환경)으로 이루어진다. 생물 구성원은 다시 생산자, 소비자 및 분해자로 구분할 수 있으며, 생산자는 조류(algae)와 대형식물(macrophyte), 소비자는 저서성 대형무척추동물, 어류 및 양서류, 그리고 분해자는 박테리아와 곰팡이 같은 미생물로 대표된다. 이들 각 영양단계(trophic level)는 서로 유기적 관계로 연결되어 먹이사슬(food chain)을 이루고, 이들이 망처럼 얽혀서 먹이망(food web)을 형성한다. 먹이사슬은 하천생태계의 기능을 규명하기 위한 주요 관심 사항일 뿐만 아니라 하천생태계의 환경을 평가하는 지표가 되기도 한다(Allan, 1995; Hynes, 1970; Rosenberg & Resh, 1993; 윤 등, 1993).

이러한 먹이사슬을 구성하는 생물 중 저서성 대형무척추동물은 매우 다양하고 풍부한 무리일 뿐만 아니라, 영양단계의 저차 소비자(1차 또는 2차 소비자가 대부분)의 역할을 하기 때문에 하천생태계의 구성원으로서 중요하다(Hynes, 1970; Ward, 1992; William & Feltmate, 1992). 또한, 이들은 하천생태계의 다양한 환경요인과 서식처에 따라 적응방식이 다양하고, 수질환경에 대하여 민감하게 반응하는 종이 많으므로 순수생태학적 연구뿐만 아니라, 지표종으로 이용되는 등 응용연구에도 좋은 재료가 된다(Boon, 1988; Dudgeon, 1994, 1995; Minshall, 1988; Reice & Wolemberg, 1993; Rosenberg & Resh, 1993).

본인 등은 국망산 일대 종합학술조사의 일환으로 국망산에서 발원하는 수계를 대상으로 저서성 대형무척추동물 군집을 조사하였다. 국망산(769.5m)은 소백산맥 지맥의 하나로 행정구역상 북사면은 충청북도 충주시 양성면에, 남사면은 충청북도 충주시 노은면에 속하며, 남한강으로 유입되는 양성천 및 한포천의 발원지를 포함하고 있다. 또한, 국망산은 중부내륙고속국도를 비롯하여 국도 38호선 및 지방도 49호선으로 둘러싸여 있어 전체적으로는 주변의 환경과 격리되어 있는 지리적 특징을 갖는다. 본 조사를 통하여 국망산 일대 수계에 서식하고 있는 저서성 대형무척추동물의 분류군 구성 및 분포를 확인하고, 수리적 군집 분석을 통하여 수환경 상태를 평가하고자 하였다. 조사 결과는 본 지역의 자연환경 관련 정책 수립시 기초자료로 활용되어질 것으로 기대한다.

조사방법

1. 조사시기 및 조사지점

본 조사는 2007년 7월 20일에서 7월 25일까지 5일간 실시되었으며, 국망산 일대 수계 중 북사면에서 3개 지점과 남사면에서 3개 지점의 총 6개 지점을 선정하였다. 각 조사지점의 위치 및 행정구역명은 다음과 같다(Fig. 1).

2. 채집방법

저서성 대형무척추동물의 채집은 계류형 정량채집망인 서버넷(Surber net: 30×30cm²)을 이용하여 각

<양성천 수계>

- St.1 : 충청북도 충주시 양성면 용대리 벌말
- St.2 : 충청북도 충주시 양성면 본평리 안골
- St.3 : 충청북도 충주시 양성면 지당리 지당2교

<한포천 수계>

- St.4 : 충청북도 충주시 노은면 가신리 신흥동
- St.5 : 충청북도 충주시 노은면 문성리 신전마을
- St.6 : 충청북도 충주시 노은면 문성리 노은교

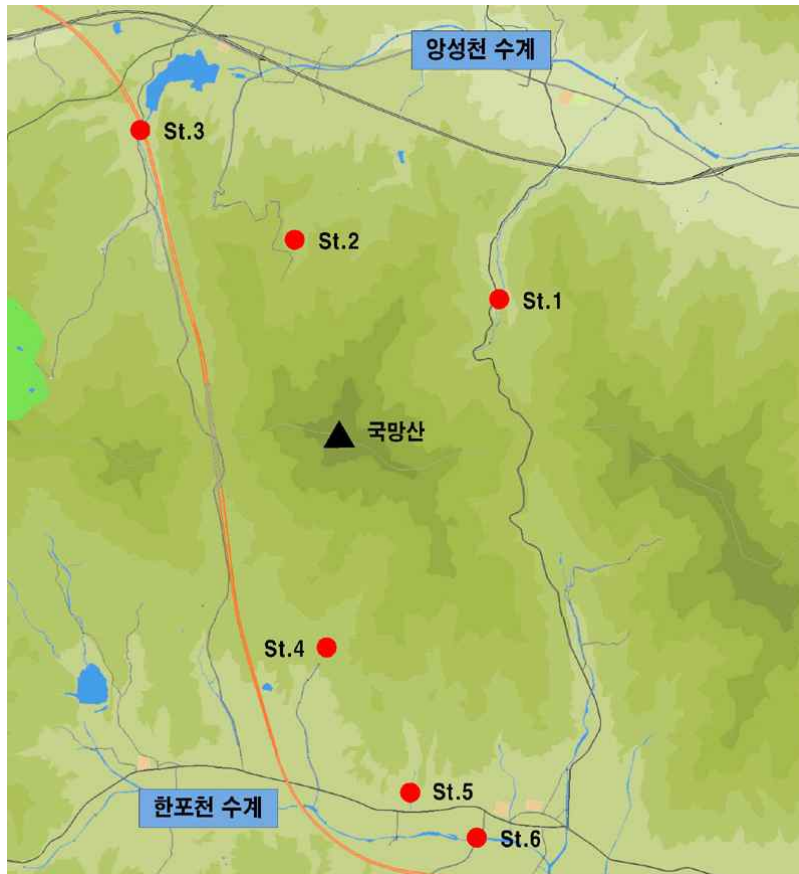


Fig. 1. Sampling sites in survey area, Mt. Kookmang.

조사지점에서 2회씩 정량채집을 하였으며, 또한, 각 지점의 정확한 저서성 대형무척추동물상을 파악하기 위하여 뜰채(Scoop net)를 사용하여 다양한 미소서식처(Riffle-run-pool sequence)에 대하여 정성채집을 병행하였다. 채집된 저서성 대형무척추동물 시료는 현장에서 500ml 플라스틱병(Plastic vial)에 넣어서 95% 에탄올로 고정하여 실험실로 운반하였으며, 고르기(Sorting) 및 동정(Identification)한 후 80% 에탄올에 옮겨 보존하였다.

3. 동정

저서성 대형무척추동물의 각 분류군 중 수서곤충의 경우는 윤(1988, 1995), McCafferty (1981), Kawai (1985), Merritt & Cummins (1984, 1996) 및 Peckarsky *et al.* (1990) 등을 참고로 하여 동정하였다. 특히, 곤충류 중 꼬마하루살이류는 배 등(1998)을 참고하였고, 깔다구류는 Wiederholm (1983)을 이용하여 외부 형태, 특히 체장, 체색, 구기 형태, abdominal tube의 유무, 강모의 형태 등의 특징을 고려하여 임의로 과 수준(family level)에서 동정하였다. 또한, 연체동물류는 권오길(1990) 및 권 등(1993)을, 갑각류 및 환형동물류 등은 岡田要(1965a, 1965b, 1965c), Pennak (1989) 및 Peckarsky *et al.* (1990)을 이용하여 동정하였다. 동정된 학명의 체계 및 국명은 한국곤충명집(한국곤충학회, 1994)과 한국동물명집(한국동물분류학회, 1997)에 의거하여 작성하였다.

4. 측정

현지 조사시 기온 및 수온은 봉상온도계를 이용하였고, 수심은 채집시 각 조사 지점마다 길이 0.5m의 쇠자를 이용하여 측정하였으며, 유속은 쇠자를 하천의 유하 방향과 직각방향으로 세워 물이 부딪혀 올라오는 높이와 수심을 측정할 때 얻어진 값 사이의 높이 차를 측정하여 Craig method에 따라 계산하였다.

Craig method: $U = \sqrt{2g(D_2 - D_1)}$

U : Water velocity (cm/sec)

g : Force due to gravity

D_1 : Water height when ruler parallel to the flow

D_2 : Water height when ruler right angle to the flow

5. 군집구조분석

조사지점별로 정량적으로 채집된 자료로부터 출현한 분류군의 수를 비교하여 출현개체수, 우점종, 우점도지수(DI), 다양도지수(H'), 종풍부도지수(R1) 및 균등도지수(J)를 산출하였다. 한편 출현종수의 경우에는 정성적으로 얻어진 자료를 포함하여 산출하였다. 총출현개체수를 N , i 종의 개체수를 N_i , 총 출현종수를 S , 제1우점종의 개체수를 N_1 , 제2우점종의 개체수를 N_2 라 할 때, 아래의 식으로 표현할 수 있다. 군집지수 분석에는 정량채집을 통하여 얻어진 자료만을 이용하였다.

$$DI = \frac{N_1 + N_2}{N} \quad \text{McNaughton(1967)}$$

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \log_2 p_i, \quad \left[p_i = \frac{N_i}{N} \right] \quad \text{Shannon-Weaver(1949)}$$

$$R1 = \frac{S-1}{\ln N} \quad \text{Margalef(1958)}$$

$$J = \frac{H'}{\log_2 S} \quad \text{Pielou(1975)}$$

결과 및 고찰

1. 서식환경

국망산 일대 수계는 남한강의 유입지류인 양성천과 한포천의 발원지로, 북사면은 양성천 수계의 집수역을, 남사면은 한포천 수계의 집수역을 형성한다. 국망산 일대 수계의 유역환경은 대체로 농경지, 과수원 및 주거지로 활용되고 있으며, 일부 지역에는 도로공사 및 사방댐 신설공사에 의한 교란이 다소 큰 것으로 확인되었다. 각 조사지점의 서식환경은 다음과 같으며, 수환경은 Table 1에 정리하였다.

- St. 1 (용대리 벌말) : 1차 하천의 산간계류로서 수변부로는 초본 및 관목의 식생이 밀집되어 있으며, 일부 구간에서는 부분적으로 수피도(canopy)가 높은 편이다. 조사지점 인근으로 주거지가 산재하고 있으나, 대체로 인위적인 구조물은 적다. 수변부는 전체적으로 석축과 자연형의 제방으로 형성되어 있다. 하상구조는 호박돌 및 자갈이 각각 60%와 20%로 구성되어 있으며, 부분적으로 암반과 모래가 산재하고 있다. 강우시기를 제외하면 평상시 유량이 적을 것으로 사료된다.
- St. 2 (본평리 안골) : 1차 하천 규모의 소지류로서 주거지와 과수원, 농경지가 유역환경의 대부분을 차지하고 있다. 수변부로는 초본식생대가 중심을 이루고 있으며, 여울-소 구간이 비교적 잘 발달하여 있어 생물서식공간이 비교적 다양하다. 하천의 제방은 도로를 따라 수직의 석축 및 콘크리트로 이루어져 있어 일부 구간에서는 육상생태계와 단절되어 있기도 하다. 본 조사지점의 하상구조는 자갈 및 호박돌이 주이고, 모래와 암반이 부분적으로 산재하고 있다. 투명도는 높은 편이다.
- St. 3 (지당리 지당2교) : 복성저수지로 유입되는 중부내륙고속도로 하부에 위치한 지점으로 농경지와 주거지가 유역의 대부분을 차지하고 있다. 하폭은 10m 내외이며, 수폭은 평균 3m에 이른다. 수변부에는 초본과 관목의 식물이 혼재하고 있으며, 하천제방은 하도를 따라 돌망태(일부 구간은 수직의 콘크리트로) 이루어져 있다. 하류부는 저수지에 의한 영향으로 시기에 따라 유량 변화가 다소 클 것으로 판단된다. 하상구조는 호박돌 및 자갈이 주를 이루고 있으며, 부착조류는 다소 많은 편이었다.
- St. 4 (가신리 신흥동) : 해발고도 약 220m에 위치하는 1차 하천으로 전체적으로 자연성이 높다. 수변부로는 관목 및 교목의 식생이 밀생하고 있으며, 수피도가 부분적으로 높은 편이다. 그러나 본 지점의 하류부는 사방댐 신축공사로 인하여 하도가 변형되어 있으며 하천 본래의 물리적인 구조가 크게 훼손되어 있었다. 특히 공사로 인한 토사 및 탁수의 유출은 하류부에 서식하는 하천생물에 직·간접적인 영향을 미칠 것으로 판단된다. 본 조사지점의 하상구조는 호박돌이 주를 이루고, 부분적으로 자갈 및 모래가 산재하고 있다.
- St. 5 (문성리 신전마을) : 농경지와 주거지가 유역환경의 대부분을 점유하는 본 지점은 유량이 적고 하상구조가 자갈 및 모래로 이루어져 저서생물의 서식처로서는 비교적 단순한 것으로 조사되었다. 또한, 하천제방은 약 2m 높이의 수직의 돌과 콘크리트의 혼합제방으로 형성되어 있어서 육상생태계와의 연속성이 열악하였다. 그러나 하도 내에는 초본식물이 밀생하고 있어 일부 정수성 곤충류의 서식처로는 적합할 것으로 사료된다.
- St. 6 (문성리 노은교) : 한포천 본류의 지점으로 국망산 일대 수계의 모든 조사지점 중에서 유일

Table 1. Physical environments at each site in Mt. Kookmang

Site	Altitude (m)	Water temp. (°C)	Stream width (m)	Water width (m)	Water depth (cm)	Velocity (cm/sec)
St.1	175	18.7	5~10	1~1.5	25.1	70.0
St.2	191	17.9	3~5	0.5~1.5	25.9	80.9
St.3	153	18.2	8~10	3~5	29.2	132.1
St.4	216	17.8	5~10	1~2	14.8	105.6
St.5	121	18.4	8~10	1.5~3	23.5	44.7
St.6	132	18.9	30~40	5~15	29.2	90.7

하게 전형적인 평지 하천의 특성을 잘 나타내고 있는 지점이다. 유역은 농경지가 폭넓게 자리잡고 있으며, 도로망과 주거지로 둘러싸여 있다. 수폭은 약 10m 내외로 비교적 넓게 형성되어 있다. 유하방향을 따라 콘크리트 수중보가 설치되어 하천의 연속성을 저해하고 있음에도 불구하고 전체적으로는 하도를 따라 여울-흐름-소 구간이 잘 발달되어 있으며, 수변식물도 풍부하여 미소서식처가 다양한 것으로 나타났다. 하상구조는 여울구간에서 호박돌 및 자갈이 주를 이루고 있으나, 전 구간에서는 자갈 및 모래의 점유율이 높은 편이다.

2. 분포현황

1) 저서성 대형무척추동물상

충청북도 충주시 소재의 국망산 일대 수계에 서식하고 있는 저서성 대형무척추동물의 총 분류군은 4문 6강 15목 34과 60종으로 나타났다(Table 2). 출현한 저서성 대형무척추동물 중에서 비곤충류는 편형동물문 1종, 연체동물문 8종, 환형동물문 3종, 절지동물문 중 갑각강 1종으로 총 13종이었고, 곤충류는 하루살이목 20종, 잠자리목 4종, 강도래목 2종, 노린재목 2종, 뱀잠자리목 1종, 딱정벌레목 2종, 파리목 8종, 날도래목 8종으로 총 47종이었다. 전체 출현종 중에서 비곤충류는 약 21.7%를, 곤충류는 약 78.3%를 점유하는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 여름철 집중호우 등의 기후적인 요인과 상류의 발원지 수계로 인한 하천의 발달이 다소 미약한 구조적 특징에도 불구하고 수서곤충이 본 조사대상 하천생태계 내에서 물질순환 및 에너지 흐름 등에 있어 중요한 역할을 담당하고 있음을 간접적으로 시사하는 것이다.

Table 2. Species list of benthic macroinvertebrates occurring at survey areas

Species name	Common name
Phylum Platyhelminthes	편형동물문
Class Turbellaria	와충강
Order Tricladida	삼기장목
Family Planariidae	플라나리아과

Table 2. Continued

Species name	Common name
1. <i>Dugesia</i> sp.	플라나리아류
Phylum Mollusca	연체동물문
Class Gastropoda	복족강
Order Mesogastropoda	중복족목
Family Pleuroceridae	다슬기과
2. <i>Semisulcospira libertina</i>	다슬기
Order Basommatophora	기안목
Family Lymnaeidae	물달팽이과
3. <i>Austropeplea ollula</i>	애기물달팽이
4. <i>Radix auricularia</i>	물달팽이
Family Physidae	원돌이물달팽이과
5. <i>Physa acuta</i>	원돌이물달팽이
Family Planorbidae	또아리물달팽이과
6. <i>Gyraulus convexiusculus</i>	또아리물달팽이
7. <i>Hippeutis cantori</i>	수정또아리물달팽이
8. <i>Polypylis hemisphaerula</i>	배꼽또아리물달팽이
Family Succineidae	짬물우렁이과
9. <i>Oxyloma hirasei</i>	뽕족짬물우렁이
Phylum Annelida	환형동물문
Class Oligocheata	빈모강
Order Archioliogocheata	물지렁이목
Family Tubificidae	실지렁이과
10. <i>Limnodrilus gotoi</i>	실지렁이
Class Hirudinia	거머리강
Order Rhynchobdellida	부리거머리목
Family Glossiponidae	넙적거머리과
11. <i>Alboglossiphonia lata</i>	조개넙적거머리
Order Arhycobdellida	턱거머리목
Family Erpobdellidae	돌거머리과
12. <i>Erpobdella lineata</i>	돌거머리
Phylum Arthropoda	절지동물문
Class Crustacea	갑각강
Order Amphipoda	단각목
Family Gammaridae	옆새우과
13. <i>Gammarus</i> sp.	옆새우류
Class Insecta	곤충강
Order Ephemeroptera	하루살이목
Family Baetidae	꼬마하루살이과
14. <i>Acentrella gnom</i>	깨알하루살이
15. <i>Acentrella sibirica</i>	콩알하루살이
16. <i>Baetis fuscatus</i>	개똥하루살이
17. <i>Baetis silvaticus</i>	감초하루살이

Table 2. Continued

Species name	Common name
18. <i>Baetis ursinus</i>	방울하루살이
19. <i>Cloeon dipterum</i>	연못하루살이
20. <i>Labiobaetis atrebatinus</i>	입술하루살이
21. <i>Nigrobaetis bacillus</i>	깜장하루살이
22. <i>Procloeon maritimum</i>	작은갈고리하루살이
Family Heptageniidae	납작하루살이과
23. <i>Ecdyonurus joernensis</i>	꼬리치레하루살이
24. <i>Ecdyonurus kibunensis</i>	두점하루살이
25. <i>Ecdyonurus levis</i>	네점하루살이
26. <i>Epeorus curvatulus</i>	흰부채하루살이
27. <i>Epeorus pellucidus</i>	부채하루살이
Family Leptophlebiidae	갈래하루살이과
28. <i>Choroterpes altiocularis</i>	세갈래하루살이
Family Potamanthidae	강하루살이과
29. <i>Potamanthus(Potamanthodes) formosus</i>	작은강하루살이
30. <i>Rhoenanthus(Potamanthindus) coreanus</i>	장수하루살이
Family Ephemeridae	하루살이과
31. <i>Ephemera orientalis</i>	동양하루살이
Family Ephemerellidae	알락하루살이과
32. <i>Serratella setigera</i>	범꼬리하루살이
33. <i>Uracanthella rufa</i>	등줄하루살이
Order Odonata	잠자리목
Family Calopterygidae	물잠자리과
34. <i>Calopteryx atrata</i>	검은물잠자리
Family Gomphidae	부채장수잠자리과
35. <i>Davidius lunatus</i>	쇠측범잠자리
36. <i>Onychogomphus ringens</i>	노란측범잠자리
Family Libellulidae	잠자리과
37. <i>Sympetrum eroticum</i>	두점박이줄잠자리
Order Plecoptera	강도래목
Family Nemouridae	민강도래과
38. <i>Amphinemura coreana</i>	충채민강도래
39. <i>Nemoura</i> KUb	민강도래 KUb
Order Hemiptera	노린재목
Family Corixidae	물벌레과
40. <i>Micronecta sedula</i>	꼬마물벌레
Family Belostomatidae	물장군과
41. <i>Muljarus japonicus</i>	물자라
Order Megaloptera	뱀잠자리목
Family Corydalidae	뱀잠자리과
42. <i>Parachauliodes continentalis</i>	대륙뱀잠자리

Table 2. Continued

Species name	Common name
Order Coleoptera	딱정벌레목
Family Dytiscidae	물방개과
43. <i>Potamonectes hostilis</i>	흑외줄물방개
Family Hydrophilidae	물뽕뽕이과
44. <i>Helochaeres striatus</i>	좁물뽕뽕이
Order Diptera	파리목
Family Tipulidae	각다귀과
45. <i>Antocha</i> KUa	명주각다귀 KUa
46. <i>Dicranota</i> KUa	애기각다귀 KUa
47. <i>Tipula</i> KUa	각다귀 KUa
48. <i>Tipula</i> KUb	각다귀 KUb
Family Simuliidae	먹파리과
49. <i>Simulium</i> sp.	먹파리류
Family Chironomidae	갈따구과
50. Chironomidae sp.1	갈따구류 sp.1
51. Chironomidae sp.4	갈따구류 sp.4
52. Tanypodinae sp.	늪갈따구류
Order Trichoptera	날도래목
Family Rhyacophilidae	물날도래과
53. <i>Rhyacophila nigrocephala</i>	검은머리물날도래
Family Hydroptilidae	애날도래과
54. <i>Hydroptila</i> KUa	애날도래 KUa
Family Glossosomatidae	광택날도래과
55. <i>Glossosoma</i> KUa	광택날도래 KUa
Family Hydropsychidae	줄날도래과
56. <i>Hydropsyche kozhantschikovi</i>	줄날도래
57. <i>Hydropsyche orientalis</i>	동양줄날도래
Family Goeridae	가시날도래과
58. <i>Goera japonica</i>	일본가시날도래
Family Lepidostomatidae	네모집날도래과
59. <i>Lepidostoma</i> KUa	네모집날도래 KUa
60. <i>Lepidostoma</i> KUb	네모집날도래 KUb
Total species number	60

2) 출현종수

전체 분류군 중에서 하루살이목이 전체 출현종수의 약 33.3%로 가장 높은 출현율을 보였으며, 그 다음으로 비곤충류가 21.7%(연체동물문 13.3%, 환형동물문 5.0%, 편형동물문 및 갑각강 각각 1.7%), 기타 곤충류가 18.3%(잠자리목 6.7%, 강도래목·노린재목·딱정벌레목 각각 3.3%, 뱀잠자리목 1.7%), 파리목 및 날도래목이 각각 13.3%를 차지하였다(Fig. 2). 양호한 하천생태계의 대표 분류군이라 할 수 있는 하루살이목·강도래목·날도래목의 점유율은 전체 출현종의 약 49.9%로 나타났다.

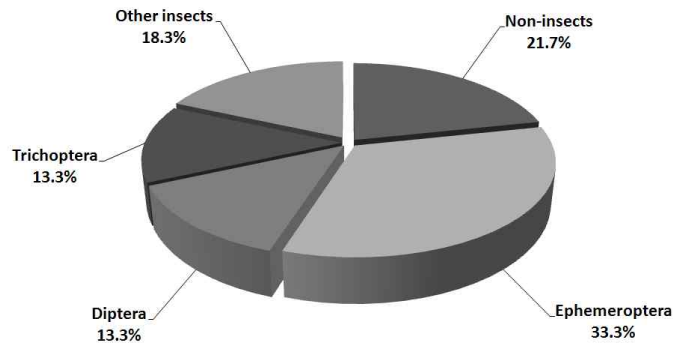


Fig. 2. Species composition of major taxa inhabiting at survey area.

국망산의 총 6개 조사지점의 평균 출현종수는 21.2종이었으나, 조사지점간 미소 서식환경의 차이에 의한 편차(± 7.4)는 다소 큰 것으로 나타났다. 각 조사지점 중 평지하천으로 유량이 풍부하고 여울·흐름·소 및 수변부의 초본식생대를 중심으로 저서생물의 미소서식처가 잘 발달되어 있는 St. 6 지점에서 가장 다양한 종(36종)이 출현하였다. 반면에 St. 3 지점과 St. 5 지점의 경우 전체 출현종수가 각각 17종으로 가장 적은 종이 출현하였다(Table 3, Appendix 1).

소지류에 해당하는 조사지점(St. 1~St. 5)의 경우 평균 약 18종 정도가 출현하여 한포천 본류 구간의 St. 6 지점에서 확인된 36종과 비교하였을 때 현저히 적었는데, 이러한 결과는 소지류와 본류구간의 각 조사지점에서 생물서식환경의 차이가 비교적 크다는 것을 의미하는 것이다. 특히 St. 4 지점의 경우 조사 당시 인근에서 사방댐 신축사업이 진행 중이었으며, 물리적인 서식환경이 크게 훼손되어 있었다. 이러한 공사에 의하여 발생하는 탁수 및 토사의 유출은 그 하류부의 하천생물에 직접적인 교란 요인으로 작용할 것이다. 한편, 국망산 조사대상 수계는 발원지와 인접한 1차 또는 2차 하천의 지리적 특성에 의하여 하천의 발달이 미약하고, 또한 평상시 유량이 적을 것으로 추정되는 바, 이러한 요인 등이 저서생물의 서식을 제한하는 것으로 판단되었다.

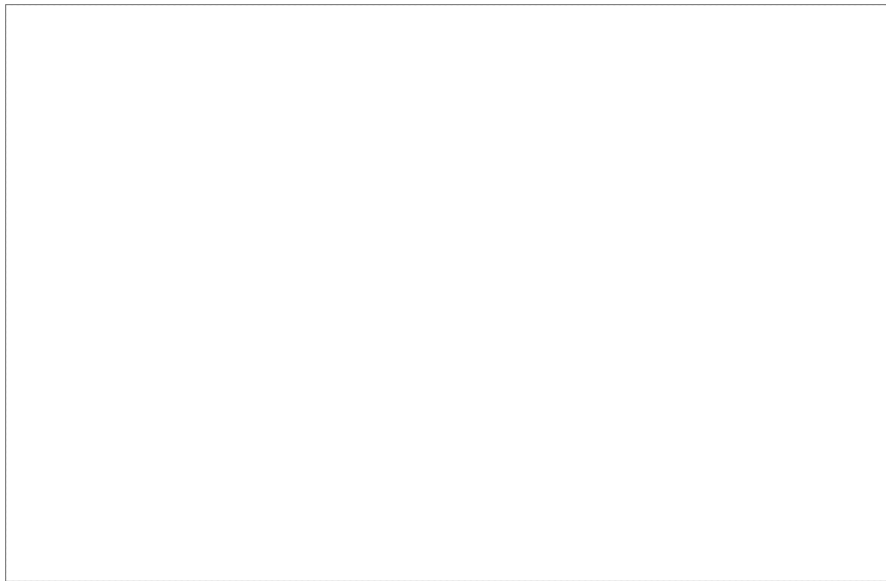
각 조사지점별 주요 분류군의 백분율 출현종수를 비교하여 보면, 전체적으로 연체동물문·하루살이목·파리목·날도래목의 출현율이 매우 높음을 알 수 있다(Fig. 3). 이러한 분류군의 대부분은 하상에 퇴적된 유기물을 주워 먹거나 흐름을 따라 운반되는 유기입자를 걸러 먹는 섭식기능군(functional feeding group)이다. 국망산 일대 유역환경이 농경지와 과수원, 주거지 등이 대부분임을 감안할 때 이는 당연한 출현 결과이며, 농경지를 관류하는 하천의 일반적인 생태적 특성을 잘 반영한 것이다.

3) 개체수 현존량

국망산 일대 수계에서 출현한 저서성 대형무척추동물의 주요 분류군별 개체수 현존량의 점유율을 비교하여 보면 전체적으로 하루살이목이 전체 개체수의 약 55.5%로 가장 풍부한 것으로 나타났으며, 그 다음으로 비곤충류가 19.6%(편형동물문 9.4%, 연체동물문 5.1%, 환형동물문 3.7%, 절지동물문 중 갑각강 1.4%), 파리목이 15.4%, 날도래목이 8.8%, 기타 곤충류가 0.7%(강도래목 0.4%, 잠자리목 0.2%, 뱀잠자리목 0.1%) 등의 점유율로 나타났다(Fig. 4).

Table 3. Species numbers of benthic macroinvertebrates at each survey site

Taxa / Site		St. 1	St. 2	St. 3	St. 4	St. 5	St. 6	Total
Platyhelminthes		-	1	1	-	1	1	1
Mollusca		-	3	3	-	4	7	8
Annelida		-	2	1	-	1	3	3
Crustacea		-	-	-	1	-	-	1
Insecta	Ephemeroptera	9	7	6	7	3	14	20
	Odonata	1	1	-	-	1	1	4
	Plecoptera	-	-	-	2	-	-	2
	Hemiptera	-	-	-	-	1	1	2
	Megaloptera	1	-	-	-	-	-	1
	Coleoptera	-	-	1	-	-	1	2
	Diptera	4	3	2	6	3	4	8
	Trichoptera	4	3	3	2	3	4	8
Total		19	14	12	17	11	25	47
Total		19	20	17	18	17	36	60

**Fig. 3.** Species frequency of major taxa at each survey site.

모든 조사지점의 평균 개체수 현존량은 $817.6(\pm 387.9)$ 개체/ m^2 로 조사되었으며, 각 조사지점 중에서 St. 4가 1,261.1 개체/ m^2 로 가장 높은 개체수 현존량을 보인 반면, St. 3은 261.1 개체/ m^2 로 가장 낮은 개체수 현존량을 보였다(Table 4, Appendix 1). 이처럼 편차가 크다는 것은 출현종수에서와 마찬가지로 조사지점간의 서식처의 환경차가 크다는 것을 의미한다. 한편, 전체 출현종이 18종(정량조사 16종 출현)

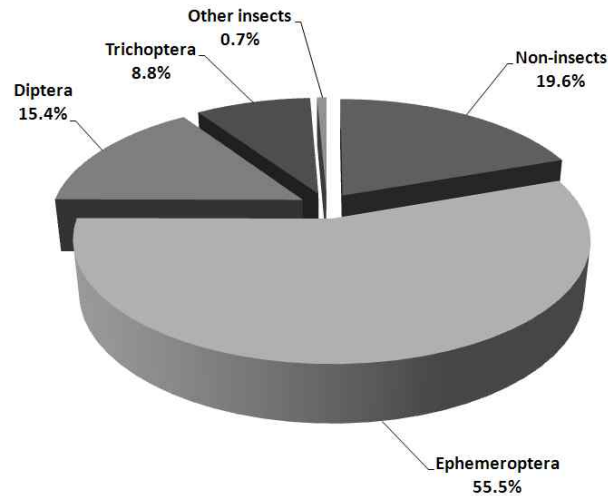


Fig. 4. Percentage of individual numbers of major taxa in survey area.

으로 비교적 적게 나타났던 St. 4 지점의 경우 단위면적당 개체수 현존량이 가장 높은 곳으로 조사되었으며, 특히 두점하루살이(*Ecdyonurus kibunensis*)와 감초하루살이(*Baetis silvaticus*) 두 종이 차지하는 개체수 점유율이 약 60% 정도로 매우 높았다.

또한, 각 조사지점에서의 주요 분류군이 점유하는 백분율 개체수 현존량을 살펴보면, 대체로 하루살이목·파리목·날도래목의 점유율이 매우 높았으나, St. 2와 St. 5에서는 각각 플라나리아류와 다슬기(*Semisulcospira libertina*) 등 비곤충류의 개체수 점유율도 또한 높았다. 전체적으로 특정 분류군의 점유율이 두드러지게 나타난 것은 본 조사수계의 서식처가 다소 단순함을 대변해 주고 있다(Fig. 5).

Table 7. Individual numbers of major taxa at each survey site (inds./m²)

Taxa / Site		St. 1	St. 2	St. 3	St. 4	St. 5	St. 6	Total
Platyhelminthes		-	333.3	38.9	-	33.3	55.6	461.1
Mollusca		-	100.0	33.3	-	88.9	29.6	251.9
Annelida		-	116.7	5.6	-	22.2	37.0	181.5
Crustacea		-	-	-	66.7	-	-	66.7
Insecta	Ephemeroptera	450.0	416.7	122.2	927.8	283.3	522.2	2,722.2
	Odonata	-	-	-	-	-	7.4	7.4
	Plecoptera	-	-	-	22.2	-	-	22.2
	Megaloptera	5.6	-	-	-	-	-	5.6
	Diptera	88.9	127.8	16.7	183.3	77.8	263.0	757.4
	Trichoptera	72.2	11.1	44.4	61.1	77.8	163.0	429.6
	Total	616.7	555.6	183.3	1,194.4	438.9	955.6	3,944.4
Total		616.7	1,105.6	261.1	1,261.1	583.3	1,077.8	4,905.6

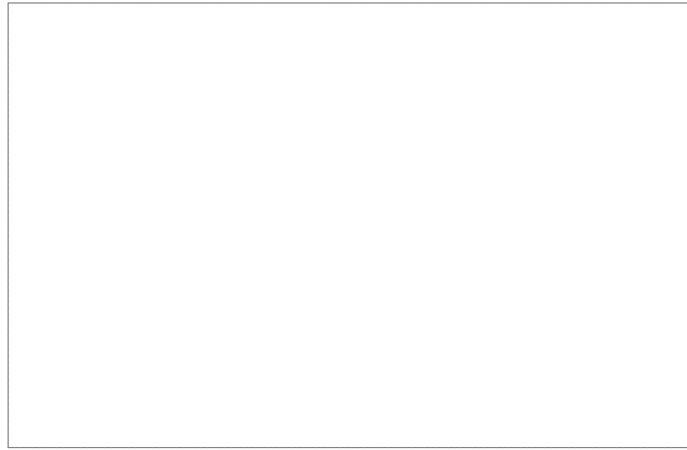


Fig. 5. Percentage of individual numbers of major taxa at each survey site.

4) 우점종 및 우점율

국망산의 모든 조사지점에서 저서성 대형무척추동물의 총 개체수 현존량 중에서 개뿔하루살이(*Baetis fuscatus*)가 약 19.0%, 두점하루살이가 16.5%, 플라나리아류가 9.4%, 깔따구류 sp.1(*Chironomidae* sp.1)이 5.9%, 감초하루살이가 5.0%로 이들 상위 5종이 전체 개체수 현존량의 55.8%의 높은 점유율을 차지하였다.

대부분의 조사지점에서 비교적 청정한 수계에서 주로 출현하는 하루살이목, 특히 꼬마하루살이과 및 납작하루살이과에 해당하는 종이 우점하고 있는 것으로 나타났으며, 일부 조사지점에서는 다슬기 및 날도래 등의 점유율도 높은 것으로 조사되었다(Table 5).

3. 군집지수

국망산 일대의 각 조사지점별 군집지수는 Table 6과 같다. 모든 조사지점에서 산출된 평균 우점도 지수(DI)는 $0.485(\pm 0.093)$, 평균 다양도지수(H')는 $3.201(\pm 0.311)$, 평균 균등도지수(J')는 $0.791(\pm 0.054)$, 평균 종풍부도지수(R1)는 $2.452(\pm 0.750)$ 로 나타났다.

Table 5. Dominant species and dominant rates at each survey site

Site	Dominant species			
	1st dominant species	(%)	2nd dominant species	(%)
St.1	<i>Baetis fuscatus</i>	26.1	<i>Ecdyonurus levis</i>	23.4
St.2	<i>Dugesia</i> sp.	30.2	<i>Baetis fuscatus</i>	28.6
St.3	<i>Acentrella sibirica</i>	19.1	<i>Epeorus pellucidus</i>	14.9
St.4	<i>Ecdyonurus kibunensis</i>	40.1	<i>Baetis silvaticus</i>	16.3
St.5	<i>Ecdyonurus kibunensis</i>	39.0	<i>Semisulcospira libertina</i>	11.4
St.6	<i>Baetis fuscatus</i>	29.2	<i>Hydropsyche kozhantschikovi</i>	12.4

Table 6. Community index at each survey site

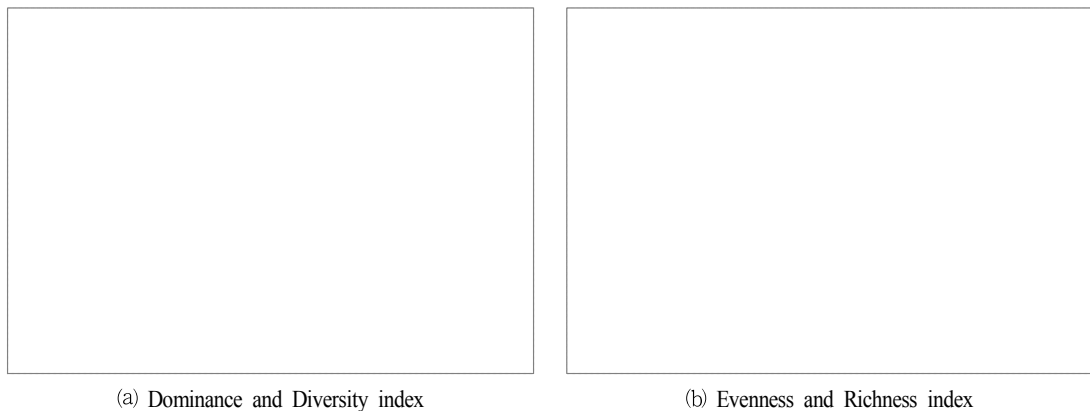
Index / Site	St. 1	St. 2	St. 3	St. 4	St. 5	St. 6	Mean
Dominance index(DI)	0.495	0.588	0.340	0.564	0.505	0.416	0.485(± 0.093)
Diversity index(H')	3.258	2.927	3.473	2.926	2.968	3.650	3.201(± 0.311)
Evenness index(J')	0.797	0.769	0.889	0.732	0.802	0.759	0.791(± 0.054)
Richness index(R1)	2.491	1.855	2.516	2.101	1.884	3.867	2.452(± 0.750)

우점도지수(DI)는 가장 근본적이고 고전적인 군집지수로서 군집 내에서 총 개체수에 대하여 가장 높은 출현도를 보이는 두 종의 개체수의 상대적 구성비를 나타낸다. 지수값이 높을수록 특정종이 차지하는 비율이 높음을 의미하는데, 이는 환경이 소수 종에 유리한 단순한 상태임을 간접적으로 알려주는 것이다. 우점도지수는 St. 3 지점이 0.340으로 가장 낮은 반면, St. 2 지점은 0.588로 가장 높았다(Fig. 6).

다양도지수(H')는 출현한 각 종의 개체수와 전체 출현개체수의 상대적인 출현도를 나타내는 것으로 지수값이 높을수록 다양한 종이 안정적으로 서식하고 있음을 의미한다. 각 조사지점별로 분석된 다양도지수는 출현종수와 개체수 현존량이 가장 높았던 St. 6 지점에서 가장 높았고, St. 2 지점에서 상대적으로 가장 낮았다(Fig. 6). 그러나 모든 조사지점의 평균 다양도지수는 3.201로 대체로 높은 값이었다. 다양도지수값에 의한 오수생물계열의 산출 결과는 St. 6 지점이 빈부수성수역으로, St. 1 및 St. 3, St. 4 지점은 β -중부수성수역으로, St. 2 및 St. 5 지점은 α -중부수성수역으로 판정되었다.

균등도지수(J')는 종 조성이 어느 정도 균일한가를 보여주는 것으로 안정적인 생태계에서는 높은 값을 나타낸다. 즉, 어느 장소에서 분포하는 종들이 완전히 균등하다면 그 값은 1이 되며, 이는 하천생태계에 서식하고 있는 생물종이 이루고 있는 군집구조가 안정하다고 할 수 있다. 조사지점 중 St. 3 및 St. 5 지점에서 지수값이 높게 나타나 가장 안정적인 군집구조를 이루고 있다고 판단할 수 있다(Fig. 6).

종풍부도지수(R1)는 출현한 생물의 총 종수와 총 개체수를 고려하여 존재하는 종의 구성이 어느 정도 높은가(또는 어느 정도 풍부한가)를 가늠하는 척도가 되는 지수로 다양도지수와 마찬가지로 값

**Fig. 6.** Variation of community index at each survey site.

이 높을수록 다양한 종이 안정적으로 서식하고 있음을 의미한다. 다양도지수와 비교할 때 민감도가 뛰어나 공간적으로 여러 곳에 위치하는 군집의 생물다양성을 상호 비교하는 데에 유용하다. 각 조사지점에서 분석된 결과를 살펴보면 St. 6 지점이 3.867로 가장 높았으며, St. 2는 1.855로 가장 낮았다(Fig. 6).

참고문헌

- Allan, J. D. 1995. Stream Ecology. Structure and Function of Running Waters. Chapman & Hall, London.
- Boon, P. J. 1988. The impact of river regulation on invertebrate communities in the U.K. Regulated Rivers: Research and Management. 2: 389-409.
- Dudgeon, D. 1994. Functional assessment of the effects of increased sediments loads resulting from riparian-zone modification of a Hong Kong stream. Verh. Internat. Verein. Limnol. 25: 1790-1792.
- Dudgeon, D. 1995. Environmental impacts of increased sediment loads caused by channelization: A case study of biomonitoring in a small river in Hong Kong. Asian J. Environmental Management. 3(1): 69-77.
- Horne, A. J. and C. R. Goldman. 1994. Limnology. McGraw-Hill, Inc. pp. 576.
- Hynes, H. B. N. 1970. The Ecology of Running Waters. Liverpool Univ. Press, Liverpool, U. K.
- Kawai, T. 1985. An Illustrated Book of Aquatic Insects of Japan. 東海大學出版會.
- Margalef, R. 1958. Temporal Succession and Spatial Heterogeneity in Natural Phytoplankton. In Perspectives in Marine Biology. Univ. of California Press. pp. 323-349.
- McCafferty, W. P. 1981. Aquatic Entomology. Jones and Bartlett, Boston. pp. 448.
- McNaughton, S. J. 1967. Relationship among functional properties of California Grassland. Nature, 216: 168-169.
- Merritt, R. W. & K. W. Cummins. 1984. An Introduction to the Aquatic Insects of North America. 2nd. Ed. Kendall/Hunt Publ. Co., Dubuque, Iowa.
- Merritt, R. W. and K. W. Cummins. 1996. An Introduction to the Aquatic Insects of North America. 3rd. ed. Kendall/Hunt Publ. Co.
- Minshall, G. W. 1988. Stream Ecosystem Theory: A Global Perspective. J. N. Benthol. Soc. 7(4):263-288.
- Peckarsky, B. L., P. R. Fraissinet, M. A. Penton, and D. J. Conklin, Jr. 1990. Freshwater Macroinvertebrates of Northeastern North America. Connell Univ. Press, Ithaca and London. pp. 442.
- Pennak, R. W. 1989. Fresh-Water Invertebrates of the United States. Protozoa to Mollusca, John Wiley & Sons, Inc. pp. 628.
- Pielou, E. C. 1975. Ecological Diversity. John Wiley and Sons, New York.
- Reice, S. R. and M. Wohleberg. 1993. Monitoring freshwater benthic macroinvertebrates and benthic processes: measures for assessment of ecosystem health. p. 287-305 In: D.M. Rosenberg and V.H. Resh (Eds.) Freshwater Biomonitoring and Benthic Macroinvertebrates. Chapman & Hall, New York.
- Rosenberg, D. M. and V. H. Resh. 1993. Freshwater Biomonitoring and Benthic Macroinvertebrates. Chapman and Hall, New York. pp. 488.

- Shannon, C. E. and W. Weaver. 1949. The Mathematical Theory of Communication. University of Illinois Press, Urbana.
- Vannote, R. L., G. W. Minshall, K. W. Cummins, J. R. Sedell, and C. E. Cushing. 1980. The river continuum concept. Canadian J. Fish. Aquat. Sci. 37: 130-137.
- 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. Ent. Scand. Suppl. 19. pp. 457.
- Williams, D. D. and B. W. Feltmate. 1992. Aquatic Insects. C·A·B International. Wallingford, UK.
- 岡田要. 1965a. 신일본동물도감(상). 북류관. pp. 679.
- 岡田要. 1965b. 신일본동물도감(중). 북류관. pp. 803.
- 岡田要. 1965c. 신일본동물도감(하). 북류관. pp. 763.
- 권오길. 1990. 한국동식물도감 제32권 동물편 (연체동물 I). 문교부. pp. 446.
- 권오길, 박갑만, 이준상. 1993. 원색한국패류도감. 아카데미서적.
- 배연재, 박선영, 황정미. 1998. 감장하루살이(하루살이목: 꼬마하루살이과) 유충의 기재 및 한국산 꼬마하루살이과 유충의 검색표. 한국육수학회지. 31(4): 282-286.
- 윤일병. 1988. 한국동식물도감. 제30권. 동물편(수서곤충류). 문교부.
- 윤일병. 1995. 수서곤충검색도설. 정행사. 서울.
- 윤일병, 배연재, 이현철, 이상조. 1993. 서울 근교 왕숙천의 유역 환경변화에 따른 수서곤충의 장기변동. 환경생물학회지. 11(2):97-109.
- 한국곤충학회. 1994. 한국곤충명집. 한국곤충학회 건국대 출판부.
- 한국동물분류학회. 1997. 한국동물명집 아카데미서적.

요 약

2007년 7월 20일부터 25일에 걸쳐 충청북도 충주시 양성면 및 노은면에 걸쳐 있는 국망산(769.5m) 일대의 수계에서 총 6개 지점을 선정하여 저서성 대형무척추동물에 대한 현장조사를 실시하였다.

본 조사기간 중 출현한 저서성 대형무척추동물의 총 분류군은 4문 6강 15목 34과 60종으로 나타났다. 출현한 저서성대형무척추동물 중에서 비곤충류는 편형동물문 1종, 연체동물문 8종, 환형동물문 3종, 절지동물문 중 갑각강 1종으로 총 13종이었고, 수서곤충류는 하루살이목 20종, 잠자리목 4종, 강도래목 2종, 노린재목 2종, 뱀잠자리목 1종, 딱정벌레목 2종, 파리목 8종, 날도래목 8종으로 총 47종이었다. 수서곤충류는 전체 출현종의 약 78.3%를 점유하는 것으로 조사되었다.

각 분류군 중에서는 하루살이목이 전체 출현종수의 약 33.3%, 연체동물문 및 파리목, 날도래목이 각각 13.3%의 점유율을 차지하였으며, 개체수 현존량은 하루살이목이 전체 개체수의 약 55.5%로 가장 풍부하였고, 파리목이 15.4%, 편형동물문이 9.4% 등의 점유율로 나타났다. 각 조사지점별 출현종수를 살펴보면, 한포천 본류에 속하는 St. 6 지점에서 가장 풍부한 36종이 출현하였으나, 발원지와 인접한 소지류로서 수계 발달이 미약한 나머지 조사지점들에서는 평균 18종이 출현하였다. 각 조사지

점의 개체수 현존량은 조사지점의 미소서식환경에 따라 그 편차가 다소 큰 것으로 확인되었다. 한편, 국망산 일대 수계에서 서식하는 저서성 대형무척추동물 중 개똥하루살이, 두점하루살이, 플라나리아류, 깔따구류 sp. 1, 감초하루살이의 5종이 전체 개체수 현존량의 약 55.8%로 매우 높은 점유율을 보였다.

모든 조사지점의 평균 우점도지수는 $0.416(\pm 0.093)$, 평균 다양도지수는 $3.201(\pm 0.311)$, 평균 균등도지수는 $0.791(\pm 0.054)$, 평균 종풍부도지수는 $2.452(\pm 0.750)$ 로 산출되었다. 다양도지수를 통한 오수생물계열을 판정하였을 때 국망산 일대의 수계는 빈부수성(oligosaprobic) 수역으로 나타나 전반적으로 청정한 수환경 상태임을 보여주었다.

검색어: 저서성 대형무척추동물, 국망산, 수서곤충

Appendix 1. Species and individual numbers of benthic macroinvertebrates collected at each study site in Mt.

Kookmang		(inds./m ² , ●: occurrence in qualitative sampling)					
Species name	St. 1	St. 2	St. 3	St. 4	St. 5	St. 6	
<i>Dugesia</i> sp.		333.3	38.9		33.3	55.6	
<i>Semisulcospira libertina</i>					66.7	3.7	
<i>Austropeplea ollula</i>		●	5.6			●	
<i>Radix auricularia</i>						7.4	
<i>Physa acuta</i>		55.6	22.2			18.5	
<i>Gyraulus convexiusculus</i>		44.4			16.7		
<i>Hippeutis cantori</i>			5.6		●	●	
<i>Polypylis hemisphaerula</i>						●	
<i>Oxyloma hirasei</i>					5.6	●	
<i>Limnodrilus gotoi</i>		44.4			22.2	29.6	
<i>Alboglossiphonia lata</i>						3.7	
<i>Erpobdella lineata</i>		72.2	5.6			3.7	
<i>Gammarus</i> sp.				66.7			
<i>Acentrella gnom</i>						7.4	
<i>Acentrella sibirica</i>			50.0			33.3	
<i>Baetis fuscatus</i>	161.1	316.7	22.2	77.8	38.9	314.8	
<i>Baetis silvaticus</i>	38.9			205.6			
<i>Baetis ursinus</i>		●	5.6				
<i>Cloeon dipterum</i>	●	●				●	
<i>Labiobaetis atrebatinus</i>		●	●			●	
<i>Nigrobaetis bacillus</i>	11.1			66.7			
<i>Procloeon maritimum</i>					16.7		
<i>Ecdyonurus joernensis</i>						14.8	
<i>Ecdyonurus kibunensis</i>	11.1	61.1	5.6	505.6	227.8		
<i>Ecdyonurus levis</i>	144.4	11.1		44.4		18.5	
<i>Epeorus curvatulus</i>	50.0			●			
<i>Epeorus pellucidus</i>	27.8	27.8	38.9	27.8		37.0	
<i>Choroterpes altiocularis</i>						7.4	
<i>Potamanthus(Potamanthodes) formosus</i>						3.7	
<i>Rhoenanthus(Potamanthindus) coreanus</i>						3.7	
<i>Ephemera orientalis</i>						33.3	
<i>Serratella setigera</i>	5.6					14.8	
<i>Uracanthella rufa</i>						33.3	
<i>Calopteryx atrata</i>		●					
<i>Davidius lunatus</i>	●						
<i>Onychogomphus ringens</i>						7.4	
<i>Sympetrum eroticum</i>					●		
<i>Amphinemura coreana</i>				5.6			
<i>Nemoura</i> KUb				16.7			
<i>Micronecta sedula</i>						●	
<i>Muljarus japonicus</i>					●		
<i>Parachauliodes continentalis</i>	5.6						
<i>Potamonectes hostilis</i>			●				

Appendix 1. Continued

Species name	St. 1	St. 2	St. 3	St. 4	St. 5	St. 6
<i>Helochaeres striatus</i>						●
<i>Antocha</i> KUa	5.6	38.9	5.6			100.0
<i>Dicranota</i> KUa				11.1		
<i>Tipula</i> KUa				5.6		
<i>Tipula</i> KUb				●		
<i>Simulium</i> sp.	44.4			94.4		
Chironomidae sp.1	27.8	27.8	11.1	66.7	38.9	118.5
Chironomidae sp.4		61.1		5.6	33.3	40.7
Tanypodinae sp.	11.1				5.6	3.7
<i>Rhyacophila nigrocephala</i>	11.1					
<i>Hydroptila</i> KUa		5.6	11.1			18.5
<i>Glossosoma</i> KUa		5.6				3.7
<i>Hydropsyche kozhantschikovi</i>	5.6		11.1			133.3
<i>Hydropsyche orientalis</i>	11.1	●		5.6		
<i>Goera japonica</i>			22.2		61.1	7.4
<i>Lepidostoma</i> KUa					●	
<i>Lepidostoma</i> KUb	44.4			55.6	16.7	
Species number	19	20	17	18	17	36
Individual number	616.7	1,105.6	261.1	1,261.1	583.3	1,077.8