

충주시 천등산 일대 저서성 대형무척추동물군집의 특성

전동준

고려대학교 한국곤충연구소

Characteristics of Benthic Macroinvertebrate Community in the Region of Mt. Cheondeung, Chungju-si

CHUN, Dong Jun

Korean Entomological Institute, Korea University

ABSTRACT

The study was conducted to examine the characteristics of aquatic invertebrate community in region of Mt. Cheondeung (807m) at Chungju-si in August 2002. The community consisted of total of 56 species belonging to 26 families, 12 orders, 5 classes and 3 phyla. Among all taxa, a total of 47 aquatic insect species (83.9%) were comprised of the major groups in all communities. The result indicated that the environmental conditions played key role in maintaining the stability of the stream ecosystem.

Key words: aquatic insects, benthic macroinvertebrates, Mt. Cheondeung, community.

서 론

천등산(807m)은 행정구역상 충청북도 충주시 산척면에 속하며 북쪽으로는 제천시 백운면에 걸쳐 있다. 제천시 대월리에 위치하는 북동사면의 수계는 원서천으로 흘러 들어가 석천리에서 주포천과 합류하여 제천천으로 흘러 들어가며, 충주시 명서리 서대마을에 위치하는 남사면의 수계는 남동쪽으로 유하하여 제천천으로 흘러 들어가 충주호로 유입되고, 충주시 송광리 광동에 위치하는 서사면의 수계는 남서쪽으로 유하하여 충주에서 영덕천과 합류 후 남한강으로 흘러 들어간다.

본 조사가 실시된 수계는 위에서 언급한 천등산의 대표적인 세 개의 수계를 대상으로 실시하였다. 그러나 각 수계의 경우 규모가 작은 소형하천이므로 조사정점은 연중수량이 상대적으로 안정적인 해발 200~300m 사이의 산간계류와 평지하천이 혼합된 장소를 선정하였다.

본 연구의 대상 생물군인 저서성 대형무척추동물은 하천생태계에서 중요한 위치를 차지할 뿐 아니라 다양한 서식처에 적응함으로써 하천생태계의 구조와 기능을 밝히는데 주요한 연구대상이 되고 있다 또한 이

들은 하천의 수질 및 기타 제반 환경을 보존하는데 중요한 기초자료로써 활용이 되고 있다. 특히 저서성 대형무척추동물들 중 수서곤충류는 개체수나 종수에 있어서 그들이 차지하는 비율이 90% 이상을 상회할 정도로 매우 중요한 분류군으로 알려져 있다. 특히 수서곤충류는 수 환경의 변화에 매우 민감하고 또 각각의 종들이 가지는 내성이 비교적 뚜렷하여 하천생태계의 환경을 평가하는데 중요한 지표로 활용되는 주요 생물 구성요소 중 하나이다. 최근 담수 생물다양성의 중요성에 대한 인식이 확산되는 바, 하천의 수질 및 환경 관리에 저서성 대형무척추동물군이 중요한 재료로 쓰이고 있다. 그러나 국내의 담수 생물다양성의 연구의 대부분은 각 조사지점에서의 자료를 토대로 단순 비교하여 하천생태계의 단순구조를 밝히는 데 초점을 맞추고 있다. 이는 앞으로 수행되어야 할 하천생태계의 기능을 분석하는데 필수적인 과정임으로, 담수 생물 다양성 조사 시 보다 효과적이며 통합적인 접근이 요구되는 바이다. 따라서 본 조사에서는 담수 무척추동물의 분포와 다양성을 분석하여 각 생물군의 생태적 그리고 지리환경적 특성을 파악하여 하천생태계 및 수질의 보존과 관리에 필요한 수서생물 정보를 제공하는데 그 목적을 둔다.

재료 및 방법

1. 연구시기

본 연구는 충청북도 충주시 산척면과 제천시 백운면에 소재하는 천등산 일대의 수계에서 2002년 8월에 수행되었다.

2. 조사정점

천등산 북동사면, 서면, 남면 일대에 위치한 대표적인 수계에서 정량 및 정성적인 조사를 실시하였다. 각 수계의 경우 규모가 매우 작은 하천이므로 조사정점의 선정에 있어서는 서식처의 다양성과 수량이 타 지점에 비해 상대적으로 안정정인 장소를 고려하여, 해발 200~300m 사이의 산간계류에서 평지하천으로 전환되는 장소를 선정하여 조사를 실시하였다. 조사 시 정확한 군집분석을 위해 다양한 미소서식지를 포함하였으며, 정성 및 정량채집을 모두 실시하였다. 각 조사지점의 현황을 살펴보면, 제1지점은 충주시 산척면 송강리 광동, 천등산 서사면 수계, 제2지점은 충주시 산척면 명서리 서대마을, 천등산 남사면 수계, 제3지점은 제천시 백운면 대월리, 천등산 북동사면 수계이다.

3. 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 곳과 보통인 곳을 선정하여 총 2회 정량 채집을 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 여러 검색표(권 등, 1993; 윤, 1988; 윤, 1995; Kluge, 1987; Wiederholm, 1983)를 이용하였다.

수서곤충의 군집을 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 4가지 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.

$$H' = -\sum (n_i/N) \cdot \ln(n_i/N)$$

[n_i : i종의 개체수, N: 총개체수]

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

$$R_1 = (S-1) / \ln(N)$$

[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.

$$DI = (n_1 + n_2) / N$$

[n_1, n_2 : 제1우점종, 제2우점종, N: 총개체수]

결 과

1. 서식지현황

1) 충주시 산척면 송강리 광동 (Kwangdong)

천등산 서사면에 위치한 수계로 조사정점은 광동교를 우측으로 하여 상류쪽으로 500m 정도 올라간 곳을 선정하였다. 조사정점은 여러 개의 작은 수계가 합류하는 곳으로 저질의 조성은 모래가 주를 이루며 그 다음으로 작은 자갈이 산재해 있다. 주변 식생은 환삼덩굴 등의 초본류가 밀생하여 저수로를 덮고 있어 하천으로의 접근이 어려울 정도이다. 도로쪽 제방의 형태는 자연형에 돌무더기형이 혼합된 자연제방의 형태를 하고 있으며 반대쪽 제방은 자연형 제방으로 형성되어 있다. 북동쪽으로 하천을 따라 도로가 형성되어 있으며, 하천 주변에는 과수원과 밭이 산재해 있어 이 곳으로부터 농약이나 비료 등의 유기화합물의 유입이 예상되며, 갈수기에는 하천의 물이 농업용수로 사용되어 일시적인 수량의 감소가 있을 것으로 판단된다. 하천의 투명도는 매우 높은 편으로 유기물은 많지 않으며 흐름(run)이 주를 이루며 여울(riffle)이 일부 존재하는 수 환경의 특성을 보이고 있다. 하천의 폭은 7~10m 정도이며, 수폭은 0.3~1m이다. 조사정점의 해발 고도는 236m로, 수심은 전체적으로 얕으며, 조사는 평균 15cm정도의 수심에서 실시를 하였다. 조사정점의

좌표는 북위 37도 05분 40.5초, 동경 127도 59분 22.4초이다.

2) 충주시 산척면 명서리 서대마을

천등산 남사면에 위치한 수계로 조사정점은 서대마을 입구로부터 1.5km 정도 상류지점이다. 조사정점을 포함한 이 수계의 경우 수량이 작아 건기에는 건천화가 나타나는 하천으로, 하천에 흐르는 물은 농업용수로 이용되고 있어 건천화를 가속시키는 경향이 있다. 저질의 조성은 작은 자갈이나 큰 모래가 주를 이루고 있으며 잔 모래와 큰 자갈 등이 산재해 있다. 주변 식생은 초본류가 주를 이루고 있으며, 특히 환삼덩굴이 밀생하고 있어 많은 지점에서 저수로를 덮고 있어 하천의 접근이 용이치 않다. 제방의 형태는 배수의 용이를 위해 콘크리트로 직벽의 제방을 형성하고 있어 수서생물의 서식에 필요한 다양한 서식처를 기대할 수 없다. 하천을 따라 시멘트 포장도로가 형성되어 있고 주변에는 전답이 산재하며 마을이 형성되어 있어 유기물 유입 등의 적지 않은 하천오염이 예상되며 실제로 하천 주변에서 농가 쓰레기들이 발견되기도 하였다. 하천의 투명도는 매우 높은 편이며, 돌 등에는 biofilm이 덮혀 있다. 콘크리트 직벽제방을 제외한, 하천 내에는 퍄(pool), 흐름, 여울 등 다양한 미소서식처가 존재하는 수 환경 특성을 보이고 있다. 하천의 폭은 약 3m 정도이며, 수폭은 0.5~2.5m 정도이다. 조사정점의 해발고도는 212m로, 수심은 전체적으로 얇은 편으로 조사는 10~15cm 정도의 수심에서 실시하였다. 조사정점의 좌표는 북위 37도 04분 25.2초, 동경 128도 00분 56.3초이다.

3) 제천시 백운면 대월리 (Daewol)

천등산 북동사면에 위치한 수계로 조사정점은 대월리에 형성된 마을이 시작되는 상류역에서 실시를 하였다. 조사정점은 농촌지역의 전형적인 소계류로 저질의 조성은 작은 돌이나 큰 모래가 주를 이루며 자갈과 작은 모래가 산재해 있다. 주변 식생은 초본류가 밀생하고 있으나 하천의 폭이 다른 조사정점에 비해 상대적으로 넓어 저수로를 덮고 있지는 않고 있다. 제방의 형태는 양안이 모두 돌무더기형의 자연제방형태를 띠고 있다. 하천을 따라 아스팔트 도로가 형성되어 있으며, 주변에 전답과 민가가 산재하고 있고, 하천의 상류에는 측사가 있다. 또한 조사기간 중에도 하천변 곳곳에서 생활쓰레기 등을 쉽게 발견할 수 있어 하천오염이 매우 우려된다. 수계의 투명도는 높은 편이나 주변으로부터의 유기물 유입 등에 의한 악취가 나기도 한다. 자연형 제방에 의한 다양한 서식환경과 연중 마르지 않을 정도의 수량으로 인해 유기물에 의한 오염원이 제거된다면 안정적인 계류생태계를 유지할 수 있을 것으로 판단된다. 하천의 폭은 약 10m 정도이며 수폭은 0.5~1.5m 정도이다. 조사정점의 해발고도는 259m로, 수심은 전체적으로 얇은 편으로 조사는 10~20cm 정도의 수심에서 실시하였다. 조사정점의 좌표는 북위 37도 06분 51.9초, 동경 128도 00분 34.7초이다.

2. 저서성 대형무척추동물 군집의 정성적 분석

천등산 일대 수계에서 서식하고 있는 저서성 대형무척추동물상은 총 3문(연체동물문, 환형동물문 그리고 절지동물문) 5강 12목 26과 56종으로 나타났다(Appendix 1). 이 중 연체동물문의 복족강에 5종, 환형동물문의 빈모강과 거머리강에 3종 그리고 절지동물문의 갑각강에 1종이 출현하여 전체 출현 종 수의 16.1%를 차지하였으며, 수서곤충류가 47종이 출현하여 전체 출현 종 중 83.9%를 차지하였다(Fig. 1). 일반적인

하천의 경우, 하천생태계 내의 저서성 대형무척추동물 중 수서곤충류가 생태계의 구조와 기능에 매우 중요한 작용을 하고 있는 바 천등산 일대의 하천 생태계에서도 중요한 작용을 하고 있는 것을 판단된다.

종 조성면에서는 하루살이류가 18종이 출현하여 전체 종의 32.1%를 차지하고 있는 것으로 나타났다. 그 다음으로는 파리류가 11종(19.6%), 날도래류가 10종(17.9%), 수서곤충류를 제외한 무척추동물류가 9종(16.1%)으로 구성되어 있다. 비교적 출현 종수가 적은 분류군은 잠자리류가 4종(7.1%), 딱정벌레류가 2종

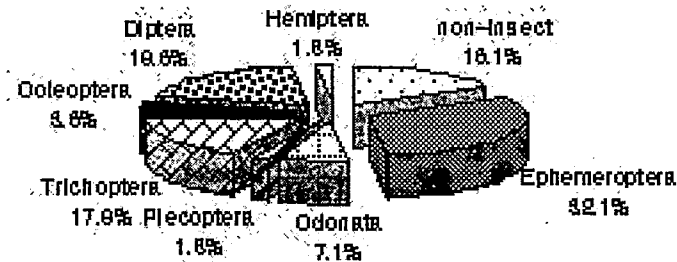


Fig. 1. Relative composition of higher taxa collected from Mt. Chundeung area

(3.6%) 그리고 강도래류와 노린재류가 각각 1종(1.8%)으로 나타났다. 이러한 종 구성을 보면 영양단계에서 저차소비자(하루살이류, 날도래류, 파리류 등)에 해당하는 분류군들의 종수가 많고, 고차소비자(잠자리류, 딱정벌레류, 노린재류 등)에 해당하는 분류군의 종수가 적은 것을 알 수 있다. 이는 천등산 수계의 하천들이 일반적인 하천생태계에서 나타나는 먹이구조를 가지고 있음을 알 수 있다.

천등산 수계에서 출현한 종들의 경우, 대부분이 다소 청정한 계류 즉, 2-3급수의 수질에서 서식하는 종들로 이는 천등산 수계의 수 환경이 양호한 것을 알 수 있다. 그러나 대부분의 수계가 작은 규모의 농촌지역 산간계류+평지하천형의 하천으로, 하천이 항상 농업용수로 이용되고 있으며, 따라서 계절별 수량의 변동이 심하고 또한 하천 주변의 전답이나 축사 또는 민가들로부터의 오염원 유입 등의 인위적인 교란이 예상되어 연중 안정적인 하천생태계를 유지하는 것이 어려울 것으로 판단된다. 이러한 하천 생태계의 불안정성은 지역 내 담수생태계가 가지고 있는 환경변화에 따른 저항성 및 회복력에 심각한 영향을 줄 수 있으므로 건강한 하천생태계를 유지하기 위해서는 하천 관리에 대한 대책이 있어야 할 것으로 판단된다.

지점별 수계의 저서성무척추동물상을 보면, 먼저, 광동지역의 경우 총 3문 4강 9목 21과 35종으로 나타났다(Appendix 2). 이 중 곤충류는 6목 18과 30종으로 전체 출현 종의 85.7%를 차지하였으며, 수서곤충류를 제외한 저서성무척추동물은 3목 3과 5종으로 14.3%에 불과하였다. 곤충류에서는 하루살이류가 12종으로 가장 많은 출현 종수를 보였으며, 그 다음으로는 날도래류가 8종, 파리류가 5종, 잠자리류가 3종 그리고 딱정벌레류와 노린재류가 각각 1종이 출현하였다(Fig. 2). 저서성무척추동물의 경우, 연체동물문은 1목 1과 2종, 환형동물문은 1목 1과 2종 그리고 절지동물문의 갑각강에 1종이 출현하였다.

광동지역의 경우 많은 소지류가 존재하는 전형적인 산간계류로 일부 지류들의 경우 수량의 적어 건기에

는 일시적으로 건천화가 될 것으로 판단된다. 이러한 하천의 건천화는 수서무척추동물들의 서식조건을 근본적으로 제약하는 것으로 생물다양성의 측면에서 매우 열악한 수 환경이라 할 수 있다. 그러나 적은 수량

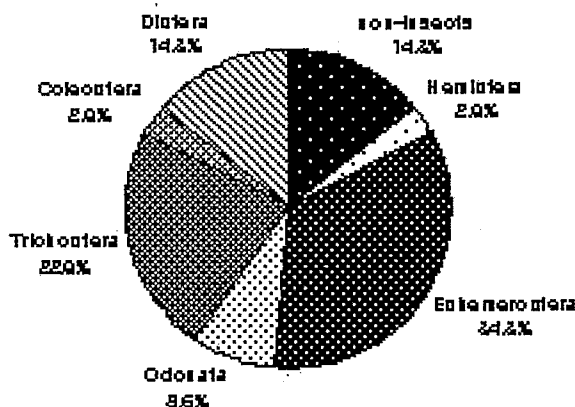


Fig. 2. Relative composition of higher taxa collected from Kwangdong area

과 열악한 기후 조건 등의 수 환경에서도 35종에 이르는 다양한 수서무척추동물이 서식하는 것으로 보아 타 지역에 비해 하천의 자연형이 잘 보존되어 있는 것으로 여겨진다. 특히 광동지역의 조사구간의 경우, 주변의 전답이나 과수원 등 오염원이 상대적으로 적고, 하류로 갈수록 안정적인 수량을 확보하고 하천 규모에 비해 상대적으로 다양한 수서무척추동물이 서식하는 것으로 사료된다.

출현 종들의 경우 대부분이 수질 상태가 양호한 산간계류에서 서식하는 종들로 구성되어 하천의 수질 정도를 가늠할 수 있다. 또한 다양한 출현 종들과 그 출현 종들의 개체수에 있어서는 특정 종(*Glossosoma* KUa)을 제외하고는 단위면적 당 비슷한 수의 개체수를 나타내는 것으로 보아 먹이그물의 구조가 안정되어 있다는 것을 알 수 있다. 이러한 구조적 안정성은 이 수계의 하천생태계가 외부 환경 변화에 대해 항상성을 유지하려는 높은 회복력이 있음을 추론할 수 있다.

그러나 정량적인 채집에서 15종이 출현한 반면 정성적인 채집에서 20종을 추가할 수 있었던 것은 정량적 채집의 제한된 횟수를 감안하더라도 적지 않은 종들의 개체군의 크기가 작음을 알 수 있다. 정성적인 채집에서만 출현한 종들을 보면 첫째로, 하천생태계 내 영양단계에 있어서 하위구조에 속하나 수계 내에서 개체군의 크기가 작은 것들이 있다. 이들의 개체군의 크기가 작은 것은 서식조건에 상대적 부적합성이나 타 종과 경쟁에서의 열세 등으로 예상할 수 있다. 이러한 종들의 경우 자신들에게 적합한 환경으로의 변화들 제외한 일반적인 환경조건이 열악하게 되면 다른 종들에 비해 쉽게 생태계 내에서 사라질 수 있는 가능성이 높은 종들이다. 생태계 내에서의 이러한 도태는 도태되는 종들만의 문제로 끝나는 것이 아니라 복잡하게 얽혀있는 생물상호관계의 안정성에 심각한 영향을 주어 결국 전체 생태계의 불안정성을 높일 수 있다. 둘째로, 영양단계의 상위에 있어 원래 개체군의 크기가 작은 경우가 있다. 이들 역시 외부환경이 자신들에게 불리하게 되면 생태계 내에서 도태되거나 새로운 서식지를 찾아 이동하게 된다. 이럴 경우 'Top-Down Effect' 등으로 인해 기존의 안정화되어 있는 먹이그물 등의 에너지 흐름이 왜곡되어 생태계가 불안정한 상태로 갈 수 있다. 결국 두 경우 모두 마찬가지로 광동지역 수 환경의 변화, 특히 인위적인 교란에 의

한 수 환경의 변화는 하천생태계의 건전성을 저해할 수 있는 바, 저해 요인이 발생할 경우 제거에 노력해야 할 것이다.

서대지역의 경우 총 3문 4강 9목 18과 25종으로 나타났다(Appendix 2). 이 중 곤충류는 5목 14과 20종으로 전체 제외한 저서성무척추동물은 3강 4목 4과 5종으로 20.0%를 차지하였다. 곤충류에서는 하루살이가 9종으로 가장 많은 출현 종수를 보였으며, 그 다음으로는 날도래류와 파리류가 각각 4종, 잠자리류가 2종 그리고 강도래류가 1종이 출현하였다(Fig. 3). 저서성무척추동물의 경우, 연체동물문은 2목 2과 3종, 환형동물문은 2목 2과 2종이 출현하였다.

서대마을에 흐르는 하천의 특성은 하천에 흐르는 물의 배수를 원활하게 하기 위해 제방을 콘크리트형 직벽제방으로 만들어 미소서식처의 단순화를 들 수 있으며, 여기에 수량부족으로 인한 수 환경의 주기적인

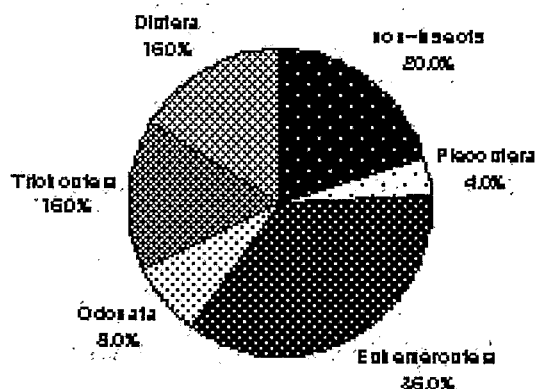


Fig. 3. Relative composition of higher taxa collected from Seodae area

변화에 따른 열악한 서식환경과 주변 민가와 전답으로부터 유입되는 오염원에 의한 수질악화 등이다. 이러한 환경은 상시적으로 물이 흐르는 하류에서 다양한 생물들이 출현할 수 있음에도 불구하고 다소 내성에 강한 종들이 출현하는 현상을 보이고 있다. 예를 들어, *Semisulcospira gottschei*, *Limnodrilus gottoi* 등은 오염된 하천에서 나타나는 종들로 좋은 지표가 되는 종들이다. 서대마을의 조사지역에서 나타난 종들의 대부분은 수질이 양호한 곳에서 서식하는 종들이지만, 출현 종들 사이에서 일부 오염에 내성이 강한 종들이 서식하는 것은 이 지역의 수환경이 양호한 상태에서 열악한 상태로 나아가고 있다는 것을 의미한다. 이러한 전환과정의 생태계는 안정성에 있어서 매우 취약하고 따라서 외부환경의 변화에 쉽게 영향을 받는다고 볼 수 있다.

조사시기 중 출현 종들의 개체수를 보면 오염에 내성이 있는 종들의 개체군의 크기가 크지 않음을 알 수 있다. 이는 이 지역 하천이 상류로부터 지속적인 맑은 물의 공급을 받음으로 수 환경의 악화를 막는 효과를 가진 것으로 사료된다. 그러나 기후조건이 하천의 수량을 감소시키는 건기가 될 경우 수질의 악화는 쉽게 예상된다. 특히 하천수가 농업용수로 사용되므로 해서 나타나는 하천의 수량 감소는 수질의 급격한 악화를 가져오게 된다. 결국 수질악화는 하천에 서식하는 생물들에게 치명적인 영향을 주어 서식 생물의 다양성을

낮추게 되며 일부 오염에 내성이 강한 종들의 개체수가 폭발적으로 증가될 것으로 사료된다. 이런 하천생태계의 문제는 이 지역에서만의 문제가 아닌 우리나라 농촌지역의 일반적인 현상으로 건전한 하천생태계의 유지를 위한 대책이 필요하다고 사료된다.

대월리 지역의 경우 총 3문 3강 9목 16과 24종으로 나타났다(Appendix 2). 이 중 곤충류는 6목 13과 21종으로 전체 출현 종의 87.5%를 차지하였으며, 수서곤충류를 제외한 저서성무척추동물은 3목 3과 3종으로 12.5%에 불과하였다. 곤충류에서는 하루살이류와 날도래류 그리고 파리류가 각각 6종의 출현 종 수를 보였으며, 딱정벌레류와 강도래류 그리고 잠자리류가 각각 1종씩 출현하였다. 저서성무척추동물의 경우, 연체동물문은 2목 2과 2종 그리고 환형동물문은 1목 1과 1종이 출현하였다(Fig. 4).

이 지역 하천생태계의 경우 서대마을과 유사한 상황으로 기후조건과 인위적인 교란에 따른 하천생태계의 불안정이 예상된다. 그러나 서대마을에 비해 출현한 종들의 현황과 개체군의 크기를 보면 서대마을에

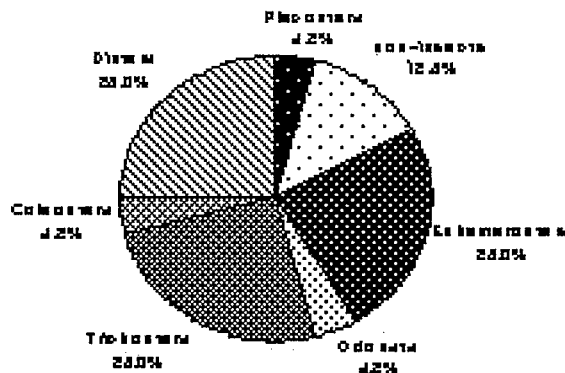


Fig. 4. Relative composition of higher taxa collected from Daewol area

비해 상대적으로 양호한 상태에 있음을 알 수 있다. 이러한 현상은 두 지역의 환경조건이 유사함에도 불구하고 하천의 수량이 대월리의 경우 건기에도 일정량의 수량이 하천에 유지됨에 있다고 사료된다. 안정적인 수량은 하천생태계의 항상성에 중요한 요인으로 작용한다. 따라서 대월리의 경우 인위적인 교란요인을 제거한다면 하천생태계의 건전성이 상대적으로 쉽게 확보될 수 있을 것으로 판단된다.

3. 저서성 대형무척추동물 군집의 정량적 분석

천등산 일대 수계의 각 조사정점에서 출현한 대형무척추동물의 1m²당 개체수는 빈약한 현존량을 나타내고 있다(Appendix 2). 개체수 현존량이 낮은 값을 보이고 있다는 것은 천등산 일대 하천 생태계 내에서의 물질순환과 에너지의 흐름이 불안정하며 종 다양성의 안정성이 낮음을 의미한다.

광동지역의 경우 800 개체/m² 조사지점 중 가장 적은 개체수 분포 현황을 나타내고 있다. 그리고 서대마을 지역과 대월리의 경우 각각 1056 개체/m², 2416 개체/m² 나타났다. 이렇게 각 조사지점들의 개체수 분포 현황이 낮은 것으로 나타난 것은 천등산 일대의 하천 규모가 작은 것을 반영한 것으로 사료된다. 이 것은 각 조사지점의 출현 종 개체수 분포현황이 하천의 규모에 비례해서 나타난 것으로도 알 수 있다. 즉, 하천규

모가 가장 작은 광동지역이 가장 적은 개체수를 보이고 있으며, 조사지점 중 가장 큰 하천규모를 가지고 있는 대월리의 경우 출현 개체수가 가장 많게 나타났다.

또한 우점종의 대부분이 유수성으로 구성되어 있고, 조사기간 중 정수성 또는 오염에 대한 내성이 높은 종의 개체수가 많게 나타나지 않았다. 이러한 출현 종 개체수의 구성은 하천생태계의 영양단계가 안정적인 것을 의미한다고 볼 수 있다.

종 다양도 지수(H')는 출현한 각종의 개체수와 전체 출현 개체수의 상대적인 출현도를 알려주는 것으로써 지수가 높을수록 다양한 종이 안정적으로 서식함을 의미한다. 천등산 지역 내의 수계에서 분석된 다양도 지수는 평균 1.70으로 다른 산간계류에 비해 낮은 지수 값을 나타내고 있다. 조사 정점별로 다양도 지수 값을 살펴보면, 대월리가 1.90으로 가장 높고 그 다음으로 서대마을 1.74 그리고 광동 1.46의 순으로 나타났다 (Fig. 5). 그러나 각 조사정점의 출현 종 수와 비교하여 지수값이 역으로 나타난 것은 수계의 규모에 따른 물리적 환경의 불안정성이 각 개체군의 크기에 영향을 주어 적지 않은 종들이 충분히 큰 개체군의 크기를 확보하지 못하고 하천생태계 내에서 개체군을 어렵게 유지하고 있는 것으로 판단된다.

풍부도 지수(R_i)는 출현한 생물의 총 종수와 총 개체수를 고려하여 존재하는 종의 구성이 어느 정도 높은가(또는 풍부한가)를 가늠해주는 척도가 되는 지수로서, 다양도 지수와 마찬가지로 값이 높을수록 하천에

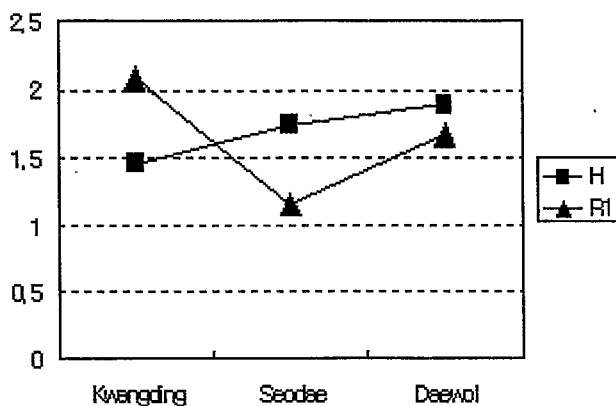


Fig. 5. Comparison of community indices from survey sites - Diversity index(H') and Richness index (R_i).

서식하는 생물 종에 의한 생태적 안정성이 높음을 의미한다. 다양도 지수와 비교할 때 민감도가 뛰어나 공간적으로 여러 곳에 위치하는 군집의 생물다양성을 상호 비교하는데 매우 유용한 지수이다. 각 조사정점에서 나타난 풍부도 지수를 살펴보면, 광동의 경우 2.09로 가장 높게 나타났고 그 다음으로 대월리 1.67 그리고 서대마을이 1.15로 가장 낮게 나타났다(Fig. 9). 다양도 지수와 비교하여 풍부도 지수를 통해 알 수 있는 것은 비록 광동지역이 출현 개체수 분포 현황에 있어서 낮게 나타났지만 상대적으로 다양한 종들이 서식하고 있어 타 조사지역에 비해 생태적 안정성이 상대적으로 높음을 알 수 있다. 따라서 광동지역의 경우 하천의 수량의 주기적 변동 폭이 적어 일정한 양을 유지하게 되면 항상성에 의해 하천생태계가 보다 안정된 상태를 나타낼 것이다.

균등도 지수(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 생물종이 이루고 있는 군집구조가 생태적으로 안정화된 것으로부터 기인함을 나타낸다. 조사정점 중 광동지역은 0.59로 다소 낮은 균등도를 보인 반면에 서대마을은 0.79, 대월리는 0.72로 다소 높은 값을 나타냈다(Fig. 6). 이러한 균등도의 값은 추론해 볼 때 적은 출현 종 수를 보인 서대마을과 대월리에서 높은 균등도를 보인 것은 수계 내에서 출현한 종들이 각 하천생태계에 잘 적응하여 이들 간의 상호관계가 안정되어 출현 종의 개체군 크기가 일정하게 유지되고 있는 것으로 아닌가 추론된다.

우점도 지수(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 높음

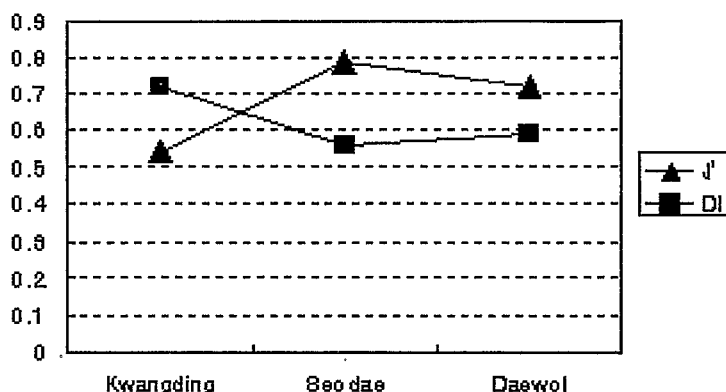


Fig. 6. Comparison of community indices from survey sites - Dominance index(DI) and Evenness index(J')

을 의미하는 지수이다. 즉, 지수가 1에 가까울수록 생태계내의 군집이 매우 단순함을 의미하며 생물다양성과 안정성이 높은 생태계에서의 우점도지수는 낮게 나타나고 반대의 경우 높게 나타난다. 우점도 지수는 광동지역에서 0.72로 가장 높게 나타났고 그 다음으로 대월리가 0.59 그리고 서대마을이 0.56으로 나타났다(Fig. 6).

광동지역의 경우 제1우점종이 광택날도래 KUa(*Glossosoma* KUa) 그리고 제2우점종이 바수염날도래(*Psilotreta kisoensis*)으로, 이 지역의 특성이 하천의 상(중류에서 나타나는 물리적 수 환경을 지니는 동시에 이화학적 수환경이 양호하다는 것을 의미한다. 그러나 우점도 지수값이 높게 나타난 것은 하천 규모가 작아 물리적, 이화학적 수환경이 기후변화에 따라 쉽게 변화함으로써 특정 종들만이 변화하는 환경에 잘 적응하고 그 외의 종들은 어렵게 개체군을 유지하고 있는 것이 아닌가 사료된다. 서대마을의 경우 제1우점종

Table 1. Dominant species inhabiting at each sampling site of Mt. Chundeung in 2002.

	Kwangdong	Seodae	Daewol
1 st Dominant sp.	<i>Glossosoma</i> KUa	<i>Ecdyonurus kibunensis</i>	<i>Epeorus pellucidus</i>
2 nd Dominant sp.	<i>Psilotreta kisoensis</i>	<i>Glossosoma</i> KUa	<i>Glossosoma</i> KUa

이 두점하루살이(*Ecdyonurus kibunensis*), 제2우점종이 광택날도래 KUa(*Glossosoma KUa*) 그리고 대월리의 경우 제1우점종이 부채하루살이(*Epeorus pellucidus*), 제2우점종이 광택날도래 KUa(*Glossosoma KUa*)로 각각 나타나 이 지역의 특성 역시 하천의 상(중류에서 나타나는 물리적 수 환경을 지니는 동시에 이화학적 수환경이 양호하다는 것을 알 수 있다(Appendix 1).

결론

충청북도 충주시 천등산 일대의 수계에 대한 저서성 대형무척추동물군집의 특성을 살펴보면, 출현 종이 총 3문 5강 12목 26과 56종으로 이는 2001년 조사된 충주시 소재의 유사한 수 환경을 보이는 남산 일대에서 조사 보고된 38종(윤 등 2001) 비해 다소 높은 생물다양성을 보이고 있다.

종 조성면에서는 하루살이류가 18종으로 전체 종의 32.1%를 차지하였으며, 그 다음으로는 파리류가 11종(19.6%), 날도래류가 10종(17.9%), 수서곤충류를 제외한 무척추동물류가 9종(16.1%)으로 조사되어 졌다. 반면에 잠자리류가 4종(7.1%), 딱정벌레류가 2종(3.6%) 그리고 강도래류와 노린재류가 각각 1종(1.8%)으로 나타났다. 이러한 종 구성은 천등산 수계의 하천들이 일반적으로 하천생태계에서 나타나는 안정적인 먹이구조를 가지고 있음을 알 수 있다.

천등산 수계에서 출현한 종들의 경우, 대부분이 다소 청정한 계류 즉, 2-3급수의 수질에서 서식하는 종들로서 이는 서식 수 환경이 양호하다는 것을 의미한다. 그러나 대부분의 수계가 작은 규모의 농촌지역 산간 계류+평지하천형의 하천으로, 하천수가 농업용수로 이용되고 있으며, 계절에 따른 수량의 주기적 변동이 심하고, 전답이나 축사 또는 민가들로부터의 오염원 유입 등의 인위적인 교란이 있어 연중 안정적인 하천 생태계를 유지하는 것이 어려울 것으로 판단된다. 이러한 하천 생태계의 불안정성은 지역 내 담수생태계가 가지고 있는 환경변화에 따른 저항성 및 회복력에 심각한 영향을 줄 수 있으므로 외부교란이 하천생태계에 부정적인 영향을 준 경우 하천 관리 대책이 있어야 할 것으로 판단된다.

군집분석을 통해 나타난 결과로 볼 때 조사지역 내의 저서성무척추동물 군집은 안정적인 상태에 있는 것으로 판단된다. 조사지점별로는 광동지역의 경우 다양한 종들이 출현하여 다양성 면에서 양호한 것으로 나타났다. 그러나 하천 규모가 작고 수량의 주기적 변동이 타 조사 지역에 비해 심해 출현 종의 개체군 크기가 작아 외부 환경변화나 교란에 민감한 것으로 나타났다. 그러나 일정 수량의 유지 등 하천의 물리적 수환경이 안정화 되면 하천생태계의 안정성이 타 지역에 비해 보다 높은 수준에서 유지될 수 있는 가능성이 크다. 반면에 서대마을과 대월리의 경우 물리적 수 환경의 변동 폭이 광동지역에 비해 상대적으로 좁아 하천 내 저서성무척추동물의 군집구조가 안정되어 있다. 그러나 이들 지역의 경우 하천 주변에 전답이나 민가가 많아 인위적 교란에 의한 수 환경의 악화가 예상되는 바 오염원 제거 등의 방안이 마련되어야 할 것이다.

이상의 분석으로 종합해 보면 천등산 내 수계의 하천생태계는 안정적으로 유지가 되고 있으나 환경변화에 따라 생태계의 구조와 기능이 쉽게 변화될 수 있는 취약성을 가지고 있다. 따라서 하천보전 방안을 강구할 경우 각 수계의 물리적, 이화학적 수환경의 차이와 교란 요인의 다양성을 인식하여 일률적인 하천관리 대책을 적용하는 것이 아니라 각 하천의 특성을 고려한 관리대책이 수립되어야 할 것으로 사료된다.

인용문헌

- Kawai, T., 1985. An Illustrated Book of Aquatic Insects of Japan, 東海大學出版會. 409pp.
- Margalef, R., 1958. Information theory in ecology. *General Systematics* 3:36-71.
- McCafferty, W.P., 1981. *Aquatic Entomology*. Jones and Bartlett, Boston. 448pp.
- Kluge, N. Yu., 1997. Key to Freshwater Invertebrates of Russia and Adjacent Lands. Vol. III. Order Ephemeroptera. p.176-220 (in Russian)
- Pielou, E.C., 1975. *Ecological diversity*. Wiley, New York.
- Wiederholm, T., 1983. Chironomidae of the Holarctic Region Keys and Diagnoses(I). Motala.
- 권오길 외 2인. 1993. *원색한국패류도감*. 아카데미서적. 445pp.
- 윤일병 1988. *한국동식물도감 제30권 동물편(수서곤충류)*. 문교부.
- 윤일병 1995. *수서곤충검색도설*. 정행사. 262pp.
- 윤일병, 노태호, 전동준, 이성진. 2001. 충주시 남산 자연생태공원 조성 기본계획서. 저서성대형무척추동물분야. 충주시.
- 전동준. 2001. 임진강 수계 수질보전 대책방안. 수서무척추동물분야. 경기도.
- 전동준, 김원목. 2001. 제2차 전국자연생태계 조사. 안성(05-07)의 자연환경 - 안성, 구봉산 및 그 일대의 저서성 대형무척추동물. 환경부.
- 전동준, 김명철. 2000. 제2차 전국자연생태계 조사. 대전·논산(7-05)의 자연환경 -대전·논산, 계룡산 및 그 일대의 저서성 대형무척추동물. 환경부.

요 약

충주시 소재 천등산(해발 807m) 일대의 저서성 대형무척추동물군집에 대한 연구는 2002년 8월에 실시되었다. 총 3문 5강 12목 26과 56종의 저서성대형무척추동물이 서식하는 것으로 파악되었다.

전체 출현 종 중 83.9%에 해당하는 47종의 수서곤충이 조사되어 이들이 전체 군집의 주요한 생물군임이 밝혀졌다. 본 연구에서는 군집의 구조가 분석되었으며, 결과로 대상지역 유수생태계의 안정성을 유지하는데 주변의 환경상태가 주요한 역할을 하는 것으로 나타났다.

검색어: 군집, 수서곤충, 저서성 대형무척추동물, 천등산

Appendix 1. List of benthic macroinvertebrate which occurred at Mt. Chundeung during the survey periods in 2002.

Phylum Mollusca 연체동물문

Class Gastropoda 복족강

Order Mesogastropoda 중복족목

Family Pleuroceridae 다슬기과

1. *Koreanomelania nodifila* (v. Martens)
구슬알다슬기
2. *Koreanomelania paucicincta* (v. Martens)
주머니알다슬기
3. *Semisulcospira gottschei* (v. Martens)
꽃체다슬기

Order Basommatophora 기안목

Family Limnaeidae 물달팽이과

4. *Austropeplea ollula* (Gould) 애기물달팽이

Family Planorbidae 또아리물달팽이

5. *Gyraulus convexiusculus* (Hutton)
또아리물달팽이

Phylum Annelida 환형동물문

Class Oligochaeta 빈도강

Order Archiologochaeta 물지렁이목

Family Tubificidae 실지렁이과

6. *Limnodrilus gotoi* Hatai 실지렁이

Class Hirudinea 거머리강

Order Rhynchobdellida 부리거머리목

Family Glossiphoniidae 넓적거머리과

7. *Batracobdella paludosa* (Carena)
연두넓적거머리
8. *Glossiphonia complanata* (Linnaeus)
갈색넓적거머리

Phylum Arthropoda 절지동물문

Class Crustacea 갑각강

Order Amphipoda 단각목

Family Gammaridae 옆새우과

9. *Gammarus* sp. 옆새우 sp.

Class Insecta 곤충강

Order Ephemeroptera 하루살이목

Family Baetidae 꼬마하루살이과

10. *Baetis fuscatus* (Linnaeus) 개똥하루살이
11. *Acentrella gnom* (Kluge) 깨알하루살이
12. *Nigrobaetis bacillus* (Kluge) 감장하루살이
13. *Nigrobaetis* sp. 감장하루살이 sp.
14. *Baetis* sp.1 꼬마하루살이 sp.1
15. *Baetis* sp.2 꼬마하루살이 sp.2

Family Ephemeridae 하루살이과

16. *Ephemera strigata* Eaton 무늬하루살이
17. *Ephemera orientalis* McLachlan
동양하루살이

Family Heptageniidae 납작하루살이과

18. *Ecdyonurus kibunensis* Imanishi
두점하루살이
19. *Ecdyonurus levis* (Navas) 네점하루살이
20. *Ecdyonurus dracon* Kluge 참납작하루살이
21. *Epeorus curvatus* Matsumura
흰부채하루살이
22. *Epeorus pellucidus* (Brodsky)
부채하루살이
23. *Cinygmula* sp. 봄치녀하루살이 sp.

Family Ephemerellidae 알락하루살이과

24. *Ephemerella imanishii* Gose 칠성하루살이
25. *Ephemerella dentate* Bajkova 알락하루살이
26. *Uracanthella rufa* (Imanishi) 등줄하루살이

Family Leptophlebiidae 갈래하루살이과

27. *Choroterpes alticulus* Kluge
-

새갈래하루살이

Order Odonata 잠자리목

Family Libellulidae 잠자리과

- 28.
- Sympetrum uniforme*
- (Selys) 진노란잠자리

Family Calopterygidae 물잠자리과

- 29.
- Calopteryx japonica*
- Selys 물잠자리

Family Gomphidae 부채장수잠자리과

- 30.
- Sieboldius albardae*
- Selys 어리장수잠자리

- 31.
- Anisogomphus maacki*
- Selys

마아키축범잠자리

Order Plecoptera 강도래목

Family Taeniopterygidae 메추리강도래과

- 32.
- Taenionema*
- KUa 메추리강도래 KUa

Order Trichoptera 날도래목

Family Odontoceridae 바수염날도래과

- 33.
- Psilotreta kisoensis*
- Iwata 바수염날도래

Family Glossosomatidae 광택날도래과

- 34.
- Glossosoma*
- KUa 광택날도래 KUa

Family Rhyacophilidae 물날도래과

- 35.
- Rhyacophila nigrocephala*
- Iwata

검은머리물날도래

Family Hydropsychidae 줄날도래과

- 36.
- Hydropsyche*
- KUb 줄날도래 KUb

- 37.
- Cheumatopsyche*
- KUa 꼬마줄날도래 KUa

- 38.
- Cheumatopsyche*
- KUb 꼬마줄날도래 KUb

Family Limnephilidae 우묵날도래과

- 39.
- Hydatophylax nigrovittatus*
- McLachlan

띠무늬우묵날도래

- 40.
- Anyarchus*
- KUa

검은날개우묵날도래 KUa

- 41.
- Limnephilus*
- sp. 우묵날도래 sp.

Family Lepidostomatidae 네모집날도래

- 42.
- Goerodes*
- KUb 네모집날도래 KUb

Order Coleoptera 딱정벌레목

Family Dytiscidae 물방개과

- 43.
- Rhantus pulverosus*
- (Stephens) 애기물방개

Family Elmidae 여울벌레과

- 44.
- Elmidae*
- sp. 여울벌레 sp.

Order Hemiptera 노린재목

Family Gerridae 소금쟁이과

- 45.
- Genis*
- sp. 소금쟁이

Order Diptera 파리목

Family Tipulidae 각다귀과

- 46.
- Tipula*
- KUe 각다귀 KUe

- 47.
- Antocha*
- KUa 애기각다귀 KUa

Family Tabanidae 등에과

- 48.
- Tabanus*
- sp. 등에 sp.

Family Simuliidae 먹파리과

- 49.
- Simulium*
- sp. 먹파리 sp.

Family Ceratopogonidae 등에모기과

- 50.
- Ceratopogonidae*
- sp. 등에모기 sp.

Family Chironomidae 깔따구과

- 51.
- Tanytus*
- sp. 늪깔따구 sp.

- 52.
- Cricotopus*
- sp.1 아기깔따구 sp.1

- 53.
- Cricotopus*
- sp.2 아기깔따구 sp.2

- 54.
- Orthocladius*
- sp.1 갯깔따구 sp.1

- 55.
- Orthocladius*
- sp.2 갯깔따구 sp.2

- 56.
- Orthocladius*
- sp.3 갯깔따구 sp.3

Appendix 2. Quantitative result (individuals numbers per m²) of benthic macroinvertebrates from 3 sampling sites at Mt. Chundeung during the survey periods in 2002. (● : additional species collected by qualitative samplings)

Taxa	Kwangdong	Seodae	Daewol
1. <i>Koreanomelania nodifila</i> (v. Martens)			●
2. <i>Koreanomelania paucicincta</i> (v. Martens)	8	●	
3. <i>Semisulcospira gottschei</i> (v. Martens)	8	●	
4. <i>Austropeplea ollula</i> (Gould)			●
5. <i>Gyraulus convexiusculus</i> (Hutton)		144	
6. <i>Limnodrilus gotoi</i> Hatai		112	
7. <i>Batracobdella paludosa</i> (Carena)	●	●	
8. <i>Glossiphonia complanata</i> (Linnaeus)	●		112
9. <i>Gammarus</i> sp.	●		
10. <i>Baetis fuscatus</i> (Linnaeus)			64
11. <i>Acentrella gnom</i> (Kluge)		16	
12. <i>Nigrobaetis bacillus</i> (Kluge)		●	●
13. <i>Nigrobaetis</i> sp.	●		
14. <i>Baetis</i> sp.1	●	16	
15. <i>Baetis</i> sp.2			●
16. <i>Ephemera strigata</i> Eaton	32	●	
17. <i>Ephemera orientalis</i> McLachlan	●		
18. <i>Ecdyonurus kibunensis</i> Imanishi		352	
19. <i>Ecdyonurus levis</i> (Navas)	●	●	16
20. <i>Ecdyonurus dracon</i> Kluge	40	●	
21. <i>Epeorus curvatulus</i> Matsumura	●		
22. <i>Epeorus pellucidus</i> (Brodsky)	24	●	1072
23. <i>Cinygmula</i> sp.	●		
24. <i>Ephemerella imanishii</i> Gose	8		
25. <i>Ephemerella dentata</i> Bajkova	●		
26. <i>Uracanthella rufa</i> (Imanishi)		●	96
27. <i>Choroterpes altioculus</i> Kluge	8		
28. <i>Sympetrum uniforme</i> (Selys)		●	
29. <i>Calopteryx japonica</i> Selys	●		
30. <i>Sieboldius albardae</i> Selys	●		

31. <i>Anisogomphus maacki</i> Selys	•	•	•
32. <i>Taenionema</i> KUa		•	•
33. <i>Psilotreta kisoensis</i> Iwata	48	16	
34. <i>Glossosoma</i> KUa	528	240	352
35. <i>Rhyacophila nigrocephala</i> Iwata	24		32
36. <i>Hydropsyche</i> KUb	8		304
37. <i>Cheumatopsyche</i> KUa			•
38. <i>Cheumatopsyche</i> KUb		•	
39. <i>Hydatophylax nigrovittatus</i> McLachlan	•		•
40. <i>Asynarchus</i> KUa	•		
41. <i>Limnephilus</i> sp.	•		•
42. <i>Goerodes</i> KUb	•	16	
43. <i>Rhantus pulverosus</i> (Stephens)			32
44. Elmidae sp.	•		
45. <i>Gerris</i> sp.		•	
46. <i>Tipula</i> KUe			32
47. <i>Antocha</i> KUa	•		
48. <i>Tabanus</i> sp.		•	•
49. <i>Simulium</i> sp.	8		
50. Ceratopogonidae sp.	24		48
51. <i>Tanypus</i> sp.	24		112
52. <i>Cricotopus</i> sp.1		•	96
53. <i>Cricotopus</i> sp.2	8		
54. <i>Orthocladius</i> sp.1		114	
55. <i>Orthocladius</i> sp.2			48
56. <i>Orthocladius</i> sp.3			