

한국 하천생태계의 환경 훼손과 담수 절지동물의 생물다양성 피해 및 보전

배 연 재* · 이 병 훈¹

서울여자대학교 생물학과, ¹전북대학교 생물과학부

적 요 한반도는 동북아시아의 온대지역에 위치하고 있으며, 그 대부분이 산악지형으로 이루어져 있으므로 하천 생태계가 잘 발달한 반면 천연호수나 저습지의 발달은 미약하다. 한반도를 포함한 동북아시아는 비교적 높은 생물다양성을 지니고 있다. 지금까지 한국에서 알려진 담수 절지동물은 3강 18목 112과 536종으로 집계되어 아직 분류 연구가 부족한 것으로 나타났고, 이들 중 수서곤충이 96과 494종으로 대부분(92%)을 차지하고 있었으며, 수서곤충 중에서도 파리목의 분류가 거의 되어있지 않았다. 한국은 1960년대에 국토개발사업이 시작된 이래 하천생태계의 자연상태가 크게 변모되었다. 주요한 인위적 환경변화를 물리환경(서식처)과 화학환경(수질) 변화로 구분하였는데, 대표적 서식처 변화에는 댐 건설로 인한 정수화, 농업, 산업 및 생활 용수의 과도한 개발로 인한 하천의 수량 감소와 건천화, 그리고 도시화에 따른 하천의 인공화(채널화)를 포함하였고, 수질 변화에는 부영양화 및 독성 화학물질의 증가를 포함하였다. 그 외에 근래에 급격히 증가한 유충행위에 따른 하천생태계의 전반적 환경 교란을 포함하였다. 이러한 인위적 환경훼손 유형별 담수 절지동물의 피해실태를 논하였으며, 특히 근래에 한국 하천생태계의 훼손에서 가장 큰 비중을 차지하고 있는 도시화에 따른 피해를 자세히 설명하였다. 즉, 한국의 하천 중에서 중부지역의 북한강 수계 및 남부지역의 만경강 수계를 모델로 하여 장기간 모니터링한 결과 그 하천에서는 하천유역의 인구가 약 2만명이 증가할 때마다 수서곤충이 1종씩 감소하였고, 하천이 도시화의 중심(서울)으로 약 2km 가까워질수록 수서곤충이 1종씩 감소하였다. 서울 근교에 위치하여 1960년대이래 지속적인 환경변화를 겪은 왕숙천에서는 수서곤충이 약 2년마다 1종씩 소멸하였다. 하천의 채널화로 인하여 훼손된 저서생물 군집이 이전의 상태로 회복되는 데에는 도시하천이 자연하천에 비하여 약 4배의 기간이 더 소요되었으며, 왕숙천에서는 약 4년, 한강 본류에서는 약 10년이 소요되었으나, 그 회복된 생물군집의 종류는 달랐다. 한국 하천에서는 수질에 따라 빈부수성에서는 뿔하루살이속(*Drunella*), 강도래목(*Plecoptera*), 그리고 물날도래속(*Rhyacophila*)이, 베타중부수성에서는 줄날도래(*Hydropsyche kozhantschikovi*), 등줄하루살이(*Uracanthella rufa*), 그리고 부채하루살이(*Epeorus latifolium*)가, 알파중부수성에서는 노랑털깔따구(*Chironomus flaviplumus*)가, 그리고 강부수성에서는 실지렁이(*Tubificidae*)가 대표적인 생물군인 것으로 나타났다. 하천생태계의 담수 절지동물 다양성을 보전하는 방안으로는 서식처와 수질을 보호하기 위한 법적 장치의 설치, GIS와 같은 새로운 기법을 도입하여 하천생태계의 환경과 생물군집을 모니터링하고 관리하는 시스템의 개발, 훼손된 하천생태계의 복원기법 개발, 그리고 국내외의 관련 기관 및 학자들간의 학술교류 네트워크 구축과 교육 및 홍보 노력이 요망된다. 끝으로 한국의 담수 절지동물 중에서 멸종위기종, 희귀종 또는 생태환경학적으로 가치가 있다고 판단되는 종을 선정하여 3등급으로 구분하여 수록하였다.

검색어 : 하천생태계, 인위적 조절하천, 환경훼손 유형, 도시화, 담수 절지동물, 수서곤충, 생물다양성, 보전, 보호종 목록, 한국

Human Impacts on Stream Ecosystems and Freshwater Arthropods in Korea

BAE, Yeon Jae* and Byung Hoon LEE¹

Department of Biology, Seoul Women's University, Seoul 139-774, Korea;

¹Faculty of Biological Science, Chonbuk National University, Chonju 561-756, Korea

ABSTRACT The Korean peninsula is located in temperate Northeast Asia. Since most of the peninsula is mountainous, stream systems are well developed, but there are few large freshwater natural lakes and wetlands.

* To whom correspondence should be addressed.

Northeast Asia, including the Korean peninsula, has a relatively high degree of biodiversity. Up to date, 536 species of freshwater arthropods, belonging to 112 families, 18 orders, and three classes and including 494 species of aquatic insects in 96 families, have been known in Korea, although more intensive taxonomic studies, especially on Diptera, are needed. Natural stream ecosystems in Korea have been greatly changed since the 1960s when the Korean government launched a program for land development. Major anthropogenic environmental changes in Korean streams were classified into physical habitat change and chemical water quality change. Habitat change includes increase of lentic areas by dam constructions, water level decrease and dried section increase by the development of agricultural, industrial, and drinking water resources, and water course modification (channelization) by urbanization. Water quality change includes eutrophication and increase of toxic chemicals. In addition, general stream ecosystem disturbances by recreational activities have considerably increased recently. Damage to freshwater arthropod communities by these anthropogenic environmental changes is discussed. Particular attention is given to the impact of urbanization since it is regarded as the most significant human impact on Korean streams in recent years. As shown in our long-term study in the North Han River (Pukhangang) and the Mangyong River (Mangyonggang) systems, one aquatic insect species has disappeared for about every 20,000 increase in human population and for about every 2km decrease in distance to the center of urbanization (Seoul). In a suburban stream of Seoul, the Wangsuk Creek, one aquatic insect species has disappeared about every two years since the 1960s. To recover a benthic community after channelization, it took four times longer in urban streams (ca. four years in the Wangsuk Creek and ca. 10 years in the main stream of the Han River) than in natural streams, but the composition of the communities was different from the pre-channelized ones. The following benthic macroinvertebrate groups represented Korean streams in terms of the degree of water quality: *Drunella*-Plecoptera-*Rhyacophila* in oligosaprobic, *Hydropsyche kozhantschikovi*-*Uracanthella rufa*-*Epeorus latifolium* in β -mesosaprobic, *Chironomus flaviplumus* in α -mesosaprobic, and Tubificidae in polysaprobic streams. The following conservation plans are suggested: preparing more strict legal devices to protect water quality and natural habitats, development of monitoring and management systems for stream ecosystems using new techniques such as GIS, development of restoration techniques for damaged stream ecosystems, and development of international and nation-wide communication network and educational programs. A three-graded species list for endangered, rare, or ecologically or environmentally valuable freshwater arthropods in Korea is appended.

Key words : Stream ecosystem, Regulated streams, Human impact, Urbanization, Freshwater Arthropoda, Aquatic insects, Biodiversity, Conservation, Protected species list, Korea

서론

한국은 국토의 대부분이 산악지대로 되어 있고, 천연호수나 저습지의 발달이 미약한 반면 하천생태계가 잘 발달하여 있으므로 담수자원의 대부분을 하천으로부터 얻는다고 할 수 있다. 한국은 1960년대의 국토개발사업 이래 하천의 자연서식환경이 크게 훼손되어 왔으며, 인구 밀집지역에 있는 도시하천의 경우 수질오염과 서식처 훼손은 극심한 실정이다. 한국 하천의 수질오염은 생활하수가 가장 큰 비중을 차지하고, 자연서식환경을 파괴하는 인간활동은 홍수시 하천의 범람을 방지하기 위하여 실시하는 하천바닥과 제방의 정비사업, 건설용 골재의 채취를 위한 준설, 수중보나 다리 같은 구조물의 설치, 하수관의 매설, 고수부지의 개발, 하천변 도로의 건설 등 그 사례를 모두 나열하기 어렵다.

하천생태계는 담수자원을 제공하는 활용적 측면뿐만 아니라 생태학적 연구대상으로서 오랜 전통을 지니고 있다 (Hynes, 1970). 이는 하천생태계가 물이라는 매체에 의하여 외부와 격리된 생태계이면서 하천의 흐름을 따라 환경과 생물상이 연속적인 변화를 보여주어 매우 다양한 생태학적 소재를 제공하여 주기 때문이다 (Vannote et al.,

1980; Allan, 1995). 하천생태계를 구성하고 있는 환경요인으로는 그 매체인 하천물의 이화학적 특성과 함께 하천 바닥 및 하천연안을 이루고 있는 무기물과 유기물이 총체적으로 어우러져 생물의 서식공간을 형성한다. 즉, 하천물은 생물의 온도환경을 형성하고, 하천수로 및 하천연안의 바닥물질은 생물의 활동무대가 되기 때문에 그 상태에 따라 생물의 분포에 영향을 미친다 (Minshall, 1984).

과거 수십년 동안 자연하천을 대상으로 한 생태학적 연구는 지속적으로 이루어져 하천생태계의 구조와 기능을 이해하는 데에 큰 진전이 있었으며 (Ward, 1994), 근래에 자연하천에 대한 인간의 간섭이 크게 증가함에 따라 이러한 인위적 조절하천 (regulated streams) 또는 순화하천 (tamed streams)에 대한 관심과 연구가 더욱 증가하고 있다 (Ward and Stanford, 1979; Becker and Neitzel, 1992; Prat and Ward, 1994).

한편, 하천내의 생물은 대체적으로 생산자인 조류 (algae) 에서부터 1차 또는 2차소비자인 대형무척추동물, 최종소비자인 어류나 다른 대형척추동물, 그리고 분해자인 미생물로 구성된다. 이들 중 대형무척추동물, 특히 그들의 대부분을 차지하고 있는 담수 절지동물은 영양단계의 중추적인 위치에 있으며, 종수와 개체수가 풍부하여 하천생태계의 생물다양성을 대표한다고 할 수 있다 (Allan, 1995).

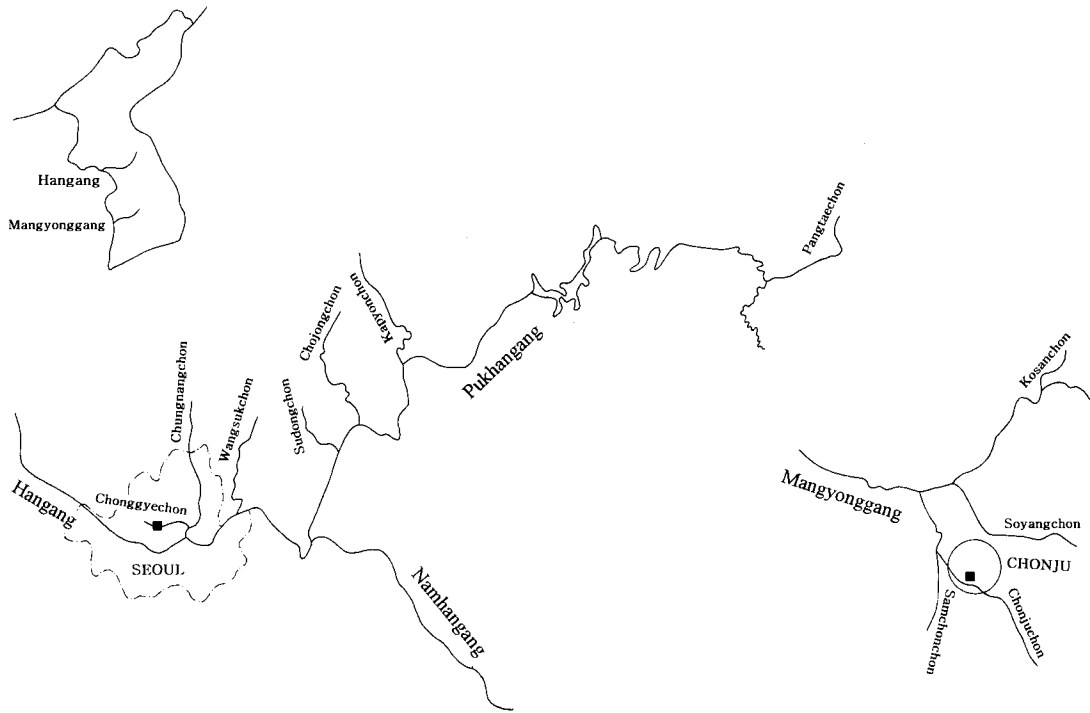


Fig. 1. Hangang (Han River) and Mangyonggang (Mangyong River) systems in Korea.

유럽, 미국, 일본 등 선진 여러 나라에서는 이미 오래 전부터 축적하여 온 하천생물의 분류, 생태학적 연구를 토대로 하천의 생물서식환경과 생물다양성을 보전함으로써 하천생태계의 생태적 기능을 유지하고자 하는 노력을 하여 왔다. 즉, 하천의 생물다양성 및 생태계 차원의 보전을 통한 훼손된 하천의 복원, 하천 수질의 정화, 홍수 방지 기능, 여가 공간 및 교육적 활용 등 다양한 방면의 연구와 실용화가 이루어지고 있다(Allan, 1995).

한국 하천생태계의 담수 절지동물에 대한 연구는 1960년대 이래 육수학의 발전과 함께 꾸준히 진행되어 왔으나, 1990년대에 들어서서 한국 주요하천의 오염과 농업, 공업용수의 고갈, 그리고 음용수 공급에서조차 문제가 심각하여 지자 하천생태계의 보전 문제와 더불어 그곳의 주요 생물인 담수 절지동물에 대한 관심이 한층 커지고 있다(배, 1996). 그러나 하천생태계의 담수 절지동물을 다룬 한국에서의 연구는 지역적인 생물상 또는 분포를 다룬 것이 대부분이며, 이들에 대한 분류 및 순수생태학적 연구는 아직 미흡하다(윤, 1984; 배, 1992, 1996, 1999). 그 외에 담수 절지동물을 포함하여 도시하천의 저서생물 군집을 다룬 연구(윤 등, 1984, 1986, 1992a, 1993a; 배 등, 1996)와 환경생태학적 측면에서의 하천준설의 영향 및 복원을 다룬 연구(배 등, 1996; 배와 박, 2001; Bae, 2001a) 등이 있다.

이처럼 한국에 있어서 하천의 대형무척추동물, 특히 수서곤충을 중심으로 한 담수 절지동물의 지역적 생물상 또는 군집 조사는 비교적 꾸준히 진행되어 온데 비하여 수질오염 및 서식처 파괴로 대표되는 인위적 환경변화에 대

한 그들의 생물다양성 훼손실태와 보전에 관한 연구는 체계적이지 못하였다. 따라서 본 연구는 한국에서 지금까지 이루어진 이 분야 연구를 총괄 검토하여 하천생태계의 전반적 담수 절지동물 다양성을 파악하고, 장기간의 야외조사 자료를 토대로 한국 하천생태계의 인위적 환경훼손 유형을 구분하여 그에 따른 담수 절지동물의 생물다양성 피해실태를 살펴보고, 특히 인위적 환경변화가 뚜렷이 진행되어온 모델 하천들을 대상으로 장기간 모니터링함으로써 담수 절지동물의 다양성 감소 및 회복과정을 규명하여 궁극적으로 하천생태계의 생물다양성 보전 및 훼손된 하천생태계의 복원 방안을 제공하고자 한다.

방 법

담수 절지동물 다양성 파악

본 연구는 한국산 담수 절지동물을 대상으로 하였으며, 이에 는 수서곤충과 담수산 대형 갑각류가 주가 되었다. 한국에서 알려진 담수 절지동물을 파악하기 위하여 한국동식물도감(윤, 1988), 한국곤충명집(한국곤충학회, 한국응용곤충학회, 1994), 수서곤충검색도설(윤, 1995), 한국동물명집(한국동물분류학회, 1997) 등 최근의 종합적인 참고문헌을 기준으로 집계하였고, 한국곤충학회지, 한국동물분류학회지, 한국육수학회지, 곤충연구지, 한국동물학회지, Korean Journal of Biological Sciences 등에 수록된 분류 관련 문헌을 검색하였다. 또한 각 지역별 또는 수계별 담수 절지동물 연구자료를 파악하기 위하여 상기 문헌 이외에도 한

국환경생물학회지, 한국생태학회지, 자연보존, 한국생물상 연구지, 자연보존연구보고서, 각종 학술 단체나 기관의 연구보고서 등을 검색하였다. 그뿐만 아니라 국내의 분류 전문가의 자문을 구하여 파악된 각 분류군을 재확인하였다.

하천생태계 훼손 유형 파악, 야외조사 및 자료분석

한국 하천생태계의 훼손 유형을 파악하기 위하여 우선적으로 자연하천 및 훼손된 하천의 환경, 생태 자료(Ward and Stanford, 1979; Becker and Neitzel, 1992; Prat and Ward, 1994; Allan, 1995) 및 과거 20여년간 저자 등에 의하여 국내에서 조사된 하천의 야외조사 기록을 검토하였다(배, 1996, 1999). 이를 근거로 중부지역에서 한강 본류를 포함한 북한강 수계의 지류들과 남부지역에서 만경강 수계의 지류들(Fig. 1)을 일련의 모델하천으로 하여 조사함으로써 한국 하천생태계 훼손의 공간적 유형을 파악하고자 하였고(배, 1999), 서울 근교에 위치하여 과거 수십년간 대도시의 성장과 함께 큰 폭의 환경변화를 지속적으로 겪어온 왕숙천을 장기간 집중적으로 조사함으로써 시간의 경과에 따른 한국 하천생태계의 일반적 변화 양상을 파악하고자 하였다(윤 등, 1993a; 배 등, 1996; 배와 박, 2001; Bae, 2001a). 이러한 과정을 거쳐서 한국의 자연환경과 근래의 사회환경 변화를 고려한 하천생태계의 훼손 유형을 물리환경(서식처) 변화와 화학환경(수질) 변화로 구별하여 설명하였다.

야외조사는 상기 모델하천에서 1996년부터 1999년까지 계절별로 1회의 정기적인 조사와 함께 특정 하천에서의 집중 조사시에는 특정 조사기간 동안 매월 또는 격월로 조사하는 것을 원칙으로 하였다. 많은 경우 전국적인 범위에서 보다 장기적인 분석을 필요로 하였는데, 그러한 경우 과거의 조사자료, 관찰 기록 및 문헌을 참고하여 분석하였다. 야외조사시 담수 절지동물의 정량, 정성채집을 실시하였고, 수질 및 일반적 환경요인의 측정, 조사된 절지동물의 동정과 분류 및 군집 분석은 기존의 방법을 사용하였다(川村, 1973; McCafferty, 1981; 川合, 1985; 윤, 1988; Pennak, 1989; Wetzel and Likens, 1991; American Public Health Association, 1992; Ward, 1992; 윤, 1995; Merritt and Cummins, 1996; 배, 1999). 개별 하천에서의 조사 방법, 군집 및 환경 자료 등은 일부 출판되었거나 출판 예정이므로(배 등, 1996, 1998, 2000; 배, 1999; 배와 박, 2001; Bae, 2001a) 본 논문에서는 세세한 방법 및 자료상의 내용은 생략하였다. 이러한 조사 결과를 근거로 현재의 상황에서 직접적으로 취할 수 있는 서식처 및 수질 보전과 장기적 안목에서 필요한 생물다양성 보전 및 하천생태계 관리시스템 개발 방안을 제안하였으며, 보호를 요하는 담수 절지동물 종의 목록을 만들어 제시하였다.

본 론

한국산 담수 절지동물 현황

지금까지 한반도에서 알려진 담수 절지동물(대형 절지

Table 1. Number of known freshwater arthropods in Korea

Taxa	No. of family	No. of species
Arachinida	1	1
Araneae	1	1
Crustacea	15	41
Anostraca	1	1
Notostraca	1	1
Spinicaudata	2	2
Laevicaudata	1	1
Isopoda	2	4
Amphipoda	3	12
Decapoda	5	20
Insecta	96	494
Ephemeroptera	13	76
Odonata	9	84
Plecoptera	10	31
Hemiptera	14	66
Megaloptera	2	3
Coleoptera	11	114
Hymenoptera	1	1
Diptera	15	56
Trichoptera	20	62
Lepidoptera	1	1
Total	112	536

동물만 포함)의 분류군 수는 총 3강 18목 112과 536종으로 파악되었으며(전체 목록은 지면상 다른 관련 문헌에 수록함), 그 중에서도 수서곤충류가 96과 494종으로 집계되어 전체 담수 절지동물의 92.2%를 차지하였다(Table 1). 파악된 종 중에서 수서곤충 유형의 경우처럼 미결정 상태로 분류된 종이(예를 들면, "KU"로 기록된 종) 약 19%를 차지하였다. 이러한 통계는 동북아시아가 수서곤충 등 하천 생물에 있어서 비교적 높은 생물다양성을 나타내는 것을 고려하여 볼 때(Bae, 1997), 이웃 일본에서 알려진 담수 절지동물 수의 절반에 훨씬 미치지 못할 뿐만 아니라(川村, 1973; 川合, 1985), 독일의 한 하천에서 20년간의 정밀 조사로 밝혀진 1044종의 무척추동물 종수(수서곤충 642종, 파리목 476종)(Allan, 1995)보다도 훨씬 적은 숫자이다.

한국의 담수 절지동물 중에서 수서곤충인 하루살이목, 잠자리목 및 노린재목은 비교적 자세히 연구되었고, 강도래목, 날도래목 및 수서 딱정벌레목은 유충의 분류가 부족하였으며, 파리목은 거의 분류가 되어 있지 않았다. 특히 파리목의 유충은 분류가 매우 힘들지만 하천에 가장 다양하고 풍부하게 서식하는 생물로서 이에 대한 분류연구가 필요하며, 그 중에서도 갈따구과(Chironomidae)와 같이 환경생물학적으로 중요한 분류군의 분류가 시급한 것으로 나타났다.

환경 훼손 유형별 담수 절지동물 다양성 피해

하천의 인위적 환경 변화는 주로 유역인구의 증가에 따른 하천 담수자원의 이용 및 유역 토지의 사용과 개발에 기인하며, 하천수로를 바꾸는 직접적인 변화 뿐만 아니라 유역의 자연환경을 훼손하는 간접적 변화를 포함한다

Table 2. Major anthropogenic environmental changes of stream ecosystems in Korea

1. Physical habitat changes:

- Lentic areas increase by dam construction and reservoir building
- Water level decrease and dried section increase by regulation, development of agricultural, industrial, and drinking water resources, etc.
- Water courses modification (channelization, diversion, dredging, revetments, overflow weir, etc.) by urbanization

2. Chemical water quality changes:

- Eutrophication by living waste water, sewage, etc.
- Toxic chemicals (heavy metals, pesticides, organic compounds, ammonia, etc.) increase by industrial waste water, etc.

3. Other changes:

- Sedimentation and garbage accumulation by flood
- General disturbances increase by recreational activities

(Simon, 1974; Prat and Ward, 1994). 한국에서 하천생태계의 인위적 환경 변화는 서식처 훼손으로 대표되는 물리 환경 변화와 수질오염으로 대표되는 화학환경 변화로 대별할 수 있다. 또한 한국사회의 변천과정을 고려하여 하천 생태계 훼손의 가장 중요한 두 가지 원인을 들자면 농업·산업화에 따른 환경 훼손(댐건설, 용수 이용 등)과 도시화에 따른 환경 훼손(하천정비, 채널화, 수질오염 등)을 꼽을 수 있으며, 이에 따라 파생되는 훼손 유형을 구분하여 볼 수 있다(Table 2).

즉, 한국에서 하천생태계의 자연서식처 훼손에 따른 생물다양성 피해의 가장 큰 부분을 차지하는 몇 가지 사례를 들자면 댐 건설로 인한 정수화, 용수의 과도한 이용으로 인한 수량감소, 그리고 도시화에 따른 피해를 들 수 있다. 댐 건설과 용수의 과도한 이용으로 인한 생물다양성 피해는 서로 밀접한 관계가 있으며, 이는 1960년대 한국의 국토개발기 이래 꾸준히 진행되어 온 장기간의 전국적 변화인데 비하여, 도시화에 따른 하천의 서식처 훼손 및 수질오염은 근래에 급격히 진행되어 그 피해의 실태가 눈에 보이도록 뚜렷이 나타나는 비교적 단기간의 국지적 변화라는 특징이 있다. 수질오염에서는 생활용수의 증가에 따른 부영양화와 산업폐수에 포함된 각종 독성 화학물질이 가장 큰 부분을 차지하고 있다. 그 외에 매년 장마철의 홍수에 의한 토양의 유실 및 하천 내 퇴적물 유역의 자연 환경 훼손으로 증가되었으며, 홍수 후 하천에 퇴적된 쓰레기 오염은 또 다른 환경문제가 되고 있다. 특히, 근래에 들어 유흥인구의 증가에 따른 수질오염 및 하천변 서식처 훼손을 포함한 전반적 생태계 교란이 크게 증가하고 있다. 따라서 다음과 같이 대표적인 환경훼손 유형별로 담수 절지동물의 다양성 변화와 피해 실태를 조사하였다.

1) 댐건설에 따른 정수화

한반도는 약 22만km² 크기의 땅덩어리로서 그 대부분이 산악지형으로 이루어져 있으므로 산간계류가 주가 되는 유수생태계가 잘 발달하여 있다. 그러나 하천의 규모는 그다지 크지 않아서 평지하천인 경우에도 그 수로의 연장이 수십km 정도이고, 하천이나 강의 하구에 이르러서도 하순(stream order) 6~8 정도에 지나지 않는 중소규모의

하천이 대부분이라 할 수 있다. 1960년대 이래 한국의 주요 수계에 8개의 대형 다목적댐이 건설되었고, 근래에는 대형 댐의 건설이 한계에 부딪히자 중소규모의 댐이 다수 세워져 약 700개에 이른다(수자원공사, 2000년 공개자료). 그러나 이러한 댐에 의한 저수지의 경우에도 물을 일시적으로 가두어 두기 때문에 물의 체류시간이 길지 않아 천연호수와는 구별되는 하천형 호수로 분류할 수 있다.

일반적으로 하천이나 강과 같은 유수생태계는 긴 수로를 따라 끊임없이 수체의 이동이 일어나므로 풍부한 용존 산소와 영양물질이 유입되고, 다양한 미소서식처가 형성된다. 따라서 유수생태계는 상대적으로 균일하고 정적인 환경의 정수생태계에 비하여 더 높은 생물다양성을 나타낸다(Hynes, 1970; Allan, 1995). 한국의 자연하천과 천연호수 및 인공호수에서 단위면적당(1m²) 평균 수서곤충의 다양성을 조사한 자료를 검토하여 볼 때(미발표 자료) 한국의 대표적 청정하천인 강원도 방태천에서는 39종, 정수역의 생물서식처로 가장 양호하다고 할 수 있는 천연호수인 경남 우포늪에서는 20종, 인공호수 중에서 얕고 부영양호인 팔당호에서는 21종, 그리고 깊고 빈영양호인 소양호에서는 수종만이 출현하여 큰 차이를 나타냈으며, 종다양도지수도 방태천은 3.7, 우포늪은 2.0이었는데 비하여 인공호수인 팔당호와 소양호는 1.5~0의 범위여서 큰 차이가 있었다. 우점종에 있어서도 방태천에서는 하루살이류, 우포늪에서는 잠자리류 또는 노린재류였는데 비하여 팔당호와 소양호에서는 갈따구류였다. 이러한 예에서 보여주는 바와 같이 한국의 하천 중·상류의 산악지대에 축조된 대형 댐에 의하여 형성된 깊은 빈영양호의 경우는 연안대의 발달이 미약할 뿐만 아니라 잦은 수위 조절로 인하여 연안대의 간섭이 심하므로 담수생태계에서 생물다양성의 주를 이루는 저서생물의 다양성이 극히 낮은 것으로 나타났다.

하천연속성의 개념(River continuum concept)에 의하면 한 하천수계에서도 상류로부터 하류까지 환경과 생물상의 변화가 연속적으로 나타나며, 미소서식처가 상대적으로 다양하고 빛의 투과가 잘 되어 생산력이 높은 하천의 중류(하순 4~6) 유역에 생물이 가장 다양하게 서식한다(Vannote et al., 1980; Allan, 1995). 따라서 강과 하천을

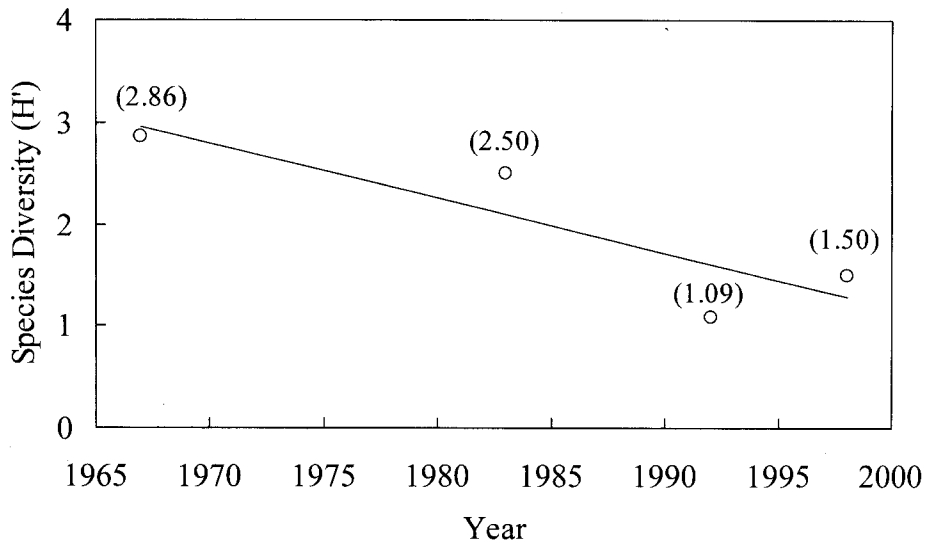


Fig. 2. A long-term change of Shannon-Wiener's species diversity (H') of aquatic insects in the lower reaches of the Wangsuk Creek in Kyonggi-do influenced by urbanization.

막아 정수화할 경우 새로 형성된 정수역 만큼의 유수생태계의 생물다양성을 잃는 것을 의미하며, 지금까지 한국에서 축조된 대형댐에 의하여 소실된 생물다양성은 하천의 중, 상류지역일수록 그 피해가 더욱 심각하다.

2) 용수 이용에 기인한 수량 감소

한국의 산림은 지난 수 십년간의 지속된 산림녹화사업으로 과거에 비하여 훨씬 더 큰 보수력을 지닌 것으로 평가되지만, 정작 하천의 수량은 현저히 감소하여 갈수기에 하천의 건천화 현상이 전국적으로 심화되고 있다. 이는 갈수기에 수계 곳곳에서 댐에 의한 방류 통제, 농업·산업용수의 이용 증가, 과도한 지하수 개발 등에 기인하며, 산업화 지역이나 도시화 지역인 경우 하천의 건천화 현상은 더욱 심각하다. 북한강 지류 하천(Fig. 1)의 과거 20여년간의 지속적인 조사 기록을 살펴볼 때 가평천, 조종천, 수동천에서는 근래에 현저히 수량이 줄어들어 갈수기에는 그 하천들의 상류 곳곳에 건천화 현상이 나타나며, 서울에 인접한 왕숙천의 경우 1960년대까지 풍부하였던 수량이 최근에는 광릉 지류 및 본류 곳곳에서 갈수기에 건천화 구간이 나타나는 등 극심한 물 부족 현상이 나타나고 있어서 담수 절지동물 다양성이 크게 감소하였다(윤 등, 1993a). 서울을 관통하는 중랑천의 경우 우이천 등 대부분의 지류들이 상당 구간 잠마철을 제외하고는 연중 물이 흐르지 않고 있다.

하천의 수량 변경에 가장 직접적인 영향을 주는 경우가 대규모 유로 변경사업이라 할 것이다. 현재 한국의 여러 수계에서 건설되었거나 건설되고 있는 유로 변경사업의 경우처럼 수자원의 효율적 또는 균형적 이용을 목적으로 원래 수계의 물을 다른 곳으로 돌려서 이용할 경우 물을 잃은 수계의 생태계는 송두리째 파괴될 뿐만 아니라 물을 얻은 수계는 고유한 생물의 분포와 적응에 혼란을 초래하여 그 하천 고유의 생태적 특성을 상실하게 된다.

3) 도시화

위에서 언급한 바와 같이 근대 한국사회의 가장 두드러진 사회현상 중의 하나가 1960년대 이래 경제성장기를 거치면서 가속화된 인구의 도시집중이라 할 것이다. 도시화에 따른 생물상의 변화는 일찍이 예견된 일이었지만(김, 1982, 1989), 도시의 발달에 따른 자연하천의 도시하천화는 그곳 생물서식처의 상실을 필연적으로 수반한다. 서울과 경기도의 접경 지역에 위치한 왕숙천의 예에서 보여주는 바와 같이 대도시인 서울의 성장으로 왕숙천 유역의 도시화가 진행됨에 따라 1967년부터 1998년까지 수서곤충의 종다양도지수가 2.86에서 1.50으로 크게 감소하였다(Fig. 2). 이는 또한 약 2년마다 1종의 수서곤충이 사라진 결과였는데, 유역 인구가 1년에 약 1만명 정도가 증가하였으므로(윤 등, 1993a) 인구가 약 2만명 증가할 때마다 수서곤충이 1종씩 사라진 꼴이 된다.

한국의 전형적인 중규모의 도시인 전북 전주 일대의 만경강 수계(Fig. 1)에서 전주의 도시를 지나는 하천 및 유역 인구가 다소 적은 전주 주변의 유사한 하천들에서 유역 인구나 수서곤충 다양성의 상관관계를 보면, 그 하천들의 수서곤충 종다양도지수는 3.18에서 1.53의 범위였고(Fig. 3), 이는 인구가 약 2만명 증가당 1종씩의 수서곤충이 감소한 결과였다. 이는 또한 상기한 왕숙천에서의 시간의 경과에 따른 수서곤충 다양성 감소추세와 유사한 결과였다.

도시화에 따른 하천생태계의 생물다양성 감소를 단적으로 보여주는 예가 서울을 지나는 한강 본류와 북한강 수계의 일련의 유사한 규모의 지류들(Fig. 1)에서 나타나는 수서곤충 군집의 변화이다. 즉, 북한강 유역에서 인구의 분포와 도시화의 정도를 고려하여 보았을 때 도시화의 중심이라 할 수 있는 서울의 중심부를 지나는 북개하천인 청계천으로부터 중랑천, 왕숙천, 수동천, 조종천, 가평천, 그리

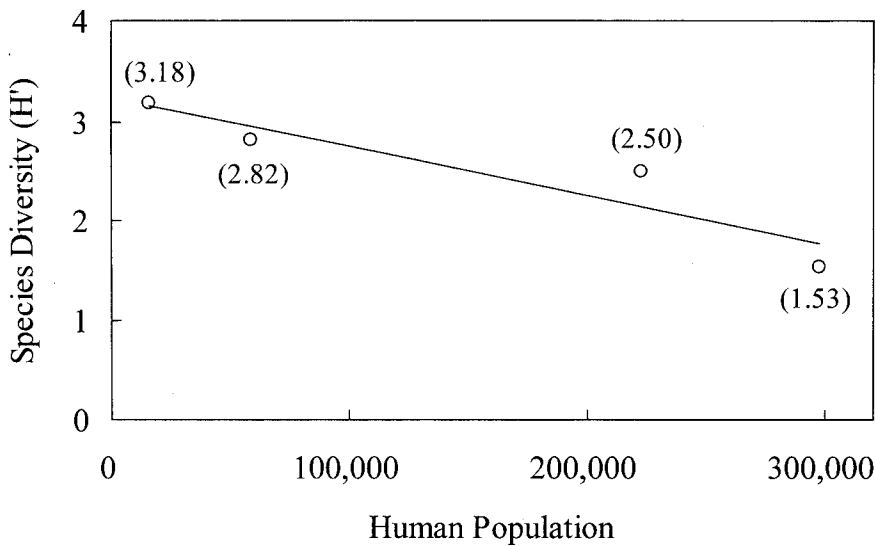


Fig. 3. A relationship between human population and Shannon-Wiener's species diversity (H') of aquatic insects in the branch streams of the Mangyonggang (Mangyeong River) system in Chonju area in Chollabuk-do.

고 서울에서 가장 먼 곳에 위치한 청정수역인 강원도 방태천까지 동시대의 공간적 관점에서 집진적인 환경 변화를 예상할 수 있다. 이들 하천에서의 수서곤충 출현종을 비교하여 보았을 때 하천이 서울에 가까이 위치할수록 수서곤충의 종수가 비례적으로 감소하여 약 2km 거리당 1종씩의 수서곤충이 감소하였다 (Fig. 4).

도시화에 따른 하천생태계의 인위적 훼손은 포괄적인 내용의 하천정비사업을 포함한다. 이러한 하천의 인위적 변경을 “하천인공화” 또는 “하천채널화”라 정의할 수 있으며, 하천의 직선화, 제방건설, 하상정비(준설), 하안정비 및 개발(수로유지 목적의 시멘트구조물 설치, 고수부지 개발, 하천변 도로건설 등), 하천복개 등을 포함한다. 수중보, 지상보, 교각 등 하천내 구조물 설치도 하천인공화의 범주에 포함할 수 있다. 한국에서 하천의 인공화는 1980년대 이래 도시와 도시 근교의 하천에서 광범위하게 이루어졌으며, 한강 본류와 같은 대규모의 강 하류에서도 이루어졌다 (배 등, 1998).

이러한 하천의 인공화 공사는 도시하천의 효율적 관리를 위하여 막대한 예산을 투입하여 지속적으로 실시하고 있는 일이지만, 하천생물의 서식처 훼손 뿐만 아니라 자연생태계 훼손에 따른 자정작용의 상실로 수질의 악화를 가속화시켜주는 결과를 가져왔다. 즉, 왕숙천의 예에서 보여주는 바와 같이 왕숙천 중류의 약 1km 구간에서 1994년에 이루어진 채널화 공사(하천바닥의 준설과 시멘트블럭벽에 의한 직선화 및 고수부지 평탄화 공사)는 그 지역의 심각한 환경 파괴는 물론 특정 부착조류의 대발생으로 이어져 대부분 다른 저서생물의 사멸과 함께 군집 회복의 지연을 가져왔고, 궁극적으로 수질악화를 초래하였다 (배 등, 1996; 배와 박, 2001).

훼손된 생물다양성의 회복은 도시하천이 자연하천보다 훨씬 느린 것으로 나타났다. 즉, 상기한 왕숙천 준설구간에

서 담수 절지동물을 포함한 저서성 대형무척추동물 군집이 준설 이전의 수준으로 회복되는 데에는 약 4년의 기간이 걸렸는데 비하여 (Bae, 2001a), 유사한 규모의 자연하천인 가평천에서는 준설이후 사라진 군집이 약 1년만에 회복되었다 (미발표 자료). 도시하천의 경우 생물다양성이 회복되기 위하여서는 자연서식처의 회복이 선행되어야 하며, 왕숙천 준설구간의 경우 큰 홍수가 있는 후에 오염물질이 씻겨 내려가고, 여울과 같은 자연상태의 미소서식처가 회복된 이후에 생물 군집이 대부분 회복되었다. 즉, 한국의 하천에서는 장마철의 정기적 홍수가 하천의 오염물질을 제거하고, 생물서식처를 회복하여 도시화로 훼손된 생물다양성을 회복하는데 가장 큰 기여를 하는 것으로 나타났다 (Bae, 2001a).

서울을 지나는 한강 본류에서는 1988년 서울올림픽에 맞추어 1982년부터 1987년까지 하안에 시멘트 직벽을 쌓고 둔치를 평탄화하는 공사를 포함하는 대규모 채널화 공사를 실시하였다. 그 이후 주요 수서곤충의 종류 수는 급격히 감소하였다가 1990년대 중반에 들어서 종류 수는 회복되었지만 군집의 조성은 과거의 군집과 다른 것으로 나타났다 (Fig. 5; 배 등, 1998).

4) 수질오염 및 기타 훼손

한국의 산업화, 도시화에 따른 하천의 수질오염은 우리 사회의 가장 심각한 문제가 되어 왔으며, 농업 및 산업용수자원의 부족뿐만 아니라 음용수를 위한 상수원의 확보에 어려움을 겪는 상황에 직면해 있다. 한국에서 수질오염의 가장 큰 원인은 인구의 증가와 도시집중에 따른 생활하수, 농업, 산업 및 축산 폐수의 증가로 하천과 호수 내에 영양물질이 과다하게 유입되기 때문이다. 현재 도시나 마을에 인접한 하천의 유기 오염 물질의 농도는 갈수기에 더욱 증가하지만 상대적으로 하천의 길이가 짧아 자정작용에 의한 정화는 적은 부분을 차지하고, 여름 장마철의

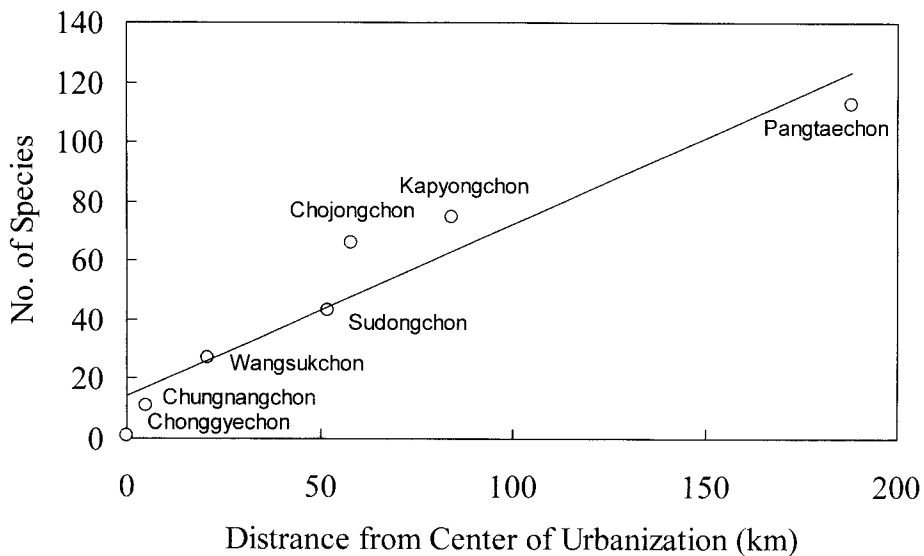


Fig. 4. A relationship between distance from the center of urbanization (Seoul) and number of aquatic insect species in the branch streams of the Pukhangang (North Han River) system.

홍수에 의하여 대부분 오염물질이 배출된다(Bae, 2001a). 또한 각종 산업시설에서 배출되는 화학물질과 화학비료, 농약 등의 과다사용으로 인한 수질오염도 매우 심각하여 오염물질을 배출하는 산업시설에서는 정화시설의 설치가 의무화되고, 오염물질의 불법 배출에 대한 감시가 강화되고 있다. 한국 담수생태계의 이화학적 수질오염에 관한 내용은 상수원 보호차원에서 지금까지의 주된 관심사였으므로 여러 지면에서 빈번히 다루어져 왔다.

매년 반복되는 장마철의 홍수는 도시하천의 오염물질을 제거하고 자연상태의 생물서식처를 회복하는 긍정적인 측면도 있지만, 토양의 유실과 퇴적을 동반하고, 유역에서 발생하는 고품쓰레기를 실어와 크고 작은 저수지 뿐만 아니라 하천 수로와 고수부지에 퇴적시켜서 담수 절지동물을 포함한 저서생물 서식처를 교란하는 것은 근래에 있어서 또 다른 문제가 되고 있다.

또한 근래 한국 하천의 수질오염과 전반적 생태계 교란에 큰 영향을 미치는 다른 한 요인으로서 하천 유원지에 유원인과의 집중에 따른 훼손을 들 수 있다. 과거에 있어서 유원지의 유흥행위는 국립공원과 같이 경관이 수려한 곳에서 여름휴가철에 국한되었으나 근래에는 전국 하천의 명소라 불리는 곳은 거의 상설 유원지화 되었으며, 이러한 유원지화는 급격히 확산되어 특히 대도시 주변의 하천에 대한 피해가 극심하다. 한 예로서 본 연구의 모델하천인 북한강 수계의 일련의 하천(Fig. 1)을 볼 때, 서울에서 비교적 가까운 수동천과 조종천의 경우 1980년대 초반까지 하류의 일부 지역을 제외하고는 비교적 양호한 생물 서식 환경을 유지하여 다양한 저서생물 군집이 서식하였으나(김 등, 1979; 윤 등, 1993b), 그 이후 그들 하천의 전구간에 걸쳐 유흥인구를 수용하는 상설 위락시설이 급격히 들어서서 유원지화 되었으며, 1990년대에 접어들어 그러한 유원지화는 그 이웃 하천인 가평천까지 확산되었다. 하천

의 유원지화는 유흥행위에 따른 직접적인 수질오염과 서식처 훼손 뿐만 아니라 음식점, 숙박시설 등 반영구적 시설물의 건축을 위한 난개발과 일시적 유흥시설(방갈로, 평상, 천막 등)의 설치에 따른 하천변 자연생태계의 훼손을 동반한다. 이러한 하천의 유원지화 및 난개발에 따른 피해는 국립공원이나 도립공원처럼 법적 보호대상이 아닌 상기 하천들과 같이 법의 사각지대에 있는 지역에서 더욱 급격히 진행되어 왔으며, 1990년대 지방자치체의 실시 이후 중앙정부의 일률적인 환경보호 정책 및 개발규제에서 벗어난 지방자치단체에 의하여 하천 유역의 난개발이 전국적으로 크게 증가하였다. 1990년대 이후 하천휴식년제가 실시되어 하천생태계와 생물다양성 보전에 가시적인 성과를 가져오기도 하였지만(배와 유, 1993) 이러한 제도는 일부 하천을 대상으로 시범적으로 실시되고 있는 정도이다.

지금까지의 수질 및 지표생물 관련자료(위 등, 1991; 윤 등, 1992b, c, d; 윤과 배, 1993)를 참고하고, 본 조사에서의 결과를 종합적으로 분석하여 볼 때, 한국의 오염되지 않은 산간계류의 청정수역에서는 수서곤충의 3대 주요 분류군인 하루살이-강도래-날도래군(EPT group)이 가장 풍부하게 출현하며, 그 중에서도 특히 하루살이목의 빨하루살이속(*Drunella*), 강도래목 전체, 그리고 날도래목의 물날도래속(*Rhyacophila*)의 출현이 두드러진다(Table 3). 하천이 농경지나 작은 마을을 지나게 됨에 따라 청정계류의 대표종들은 점차 사라지게 되고, 유기물 오염의 초기 단계를 알려주는 줄날도래(*Hydropsyche kozhantschikovi*), 등줄하루살이(*Uracanthella rufa*) 또는 부채하루살이(*Epeorus latifolium*)가 점차 우점하게 된다. 하천이 도시를 경유하게 되면 도시의 생활하수가 대량 유입되어 하천의 자정능력의 한계를 훨씬 넘어서게 되고, 이러한 도시하천에서는 붉은색 갈따구류(*Chironomus*)가 우점하게 되

Table 3. Representative aquatic insect taxa in Korean streams at each saprobic value based on Shannon-Wiener's species diversity index (H')

Saprobic value	Taxa
Oligosaprobic ($H' = 3.0 \sim 4.5$)	<i>Drunella</i> , Plecoptera, <i>Rhyacophila</i>
β -mesosaprobic ($H' = 2.0 \sim 2.9$)	<i>Hydropsyche kozhantschikovi</i> , <i>Uracanthella rufa</i> , <i>Epeorus latifolium</i>
α -mesosaprobic ($H' = 1.0 \sim 1.9$)	<i>Chironomus flaviplumus</i>
Polysaprobic ($H' = 0 \sim 0.9$)	(Tubificidae)

며, 최악의 수질상태에서는 담수절지동물이 아닌 실지렁이류(Tubificidae)만이 서식하게 된다.

그 외에도 옆새우속 (*Gammarus*), 하루살이속 (*Ephemera*), 꼬마하루살이속 (*Baetis*), 참납작하루살이속 (*Ecdyonurus*), 강하루살이과 (Potamanthidae), 각날도래속 (*Stenopsyche*), 각다귀과 (Tipulidae) 등도 한국의 하천에 풍부하게 서식하는 종류들이다. 이들에 대한 생태학적 연구가 일부 진행되고 있으나(이 등, 1995; Lee et al., 1996, 1999; 김 등, 1998; Hur et al., 2000a, b; 허 등 2000) 더욱 집중적인 개체군 수준의 환경생태학적 연구가 필요하다. 현재 한국에서는 담수 절지동물을 포함한 저서성 대형무척추동물을 이용한 수질오염 지표종 또는 생물지수가 개발되어(윤 등, 1992b, c, d; 윤과 배, 1993; 윤, 1995) 일부 사용하고 있지만, 지표종과 생물지수를 보다 효율적으로 활용하기 위하여는 여러 수질오염 물질에 대한 지표생물 개체군 수준의 정밀한 내성실험이 필요한 실정이다. 또한 깔따구류나 실지렁이류는 한국의 오염된 도시하천에서도 생태계의 기능을 유지시켜 주는 중요한 역할을 하는 생물이므로 이들에 대한 분류 및 환경생태학적 연구가 시급한 실정이다.

결론

하천생태계 및 생물다양성 보전

지구상의 어느 나라, 어느 사회이건 개발과 보존의 상반된 논리는 항상 동시에 존재하여 왔다. 그러나 현대의 고도산업사회로 접어들면서 인간의 활동은 크게 증가하여 지구환경을 바꾸어 놓을 정도의 큰 환경변화를 겪고 있다. 한국의 경우도 과거 수십년간 겪었던 개발과 자연훼손 및 그에 따른 환경문제의 파생은 우리 사회가 앞으로 개발보다는 보존에 훨씬 더 많은 관심과 노력을 쏟아야 한다는 교훈을 얻기에 충분하다.

담수생태계는 다른 생태계에 비하여 훨씬 더 취약한 특성을 나타낸다. 이는 담수자원이(특히 지표수가) 인간생활에 필수적이므로 높은 활용성을 지닌 반면 그 양이 제한적이어서 쉽게 고갈되며, 육상생태계의 영양물질과 각종 오염물질이 흘러 들어와 농축되는 특성을 갖기 때문이다. 따라서 어느 지역의 오염에 대한 1차적인 징후는 담수생태계의 오염으로 나타나며, 담수생태계의 지표생물이 그 지역과 사회의 전반적 오염에 대한 징표로 쓰일 수 있는 것도 이러한 이유에서이다(윤과 배, 1993).

담수 절지동물은 담수생태계의 중추적 구성원으로서 그들의 생물다양성 보전은 곧 건강한 담수생태계의 보전을 의미한다. 앞에서 살펴본 한국 담수 절지동물의 연구현황과 하천생태계의 훼손 유형별 생물다양성 피해 연구를 참고하여 다음과 같이 그들의 보전과 회복 방안을 제시하고자 한다.

1) 서식처 및 수질 보전

담수 절지동물 다양성을 보전하기 위하여 무엇보다 우선적인 것이 그들의 서식처를 보존하는 것이다. 한국에는 인간의 발이 미치지 않은 원시림과 같은 자연생태계는 남

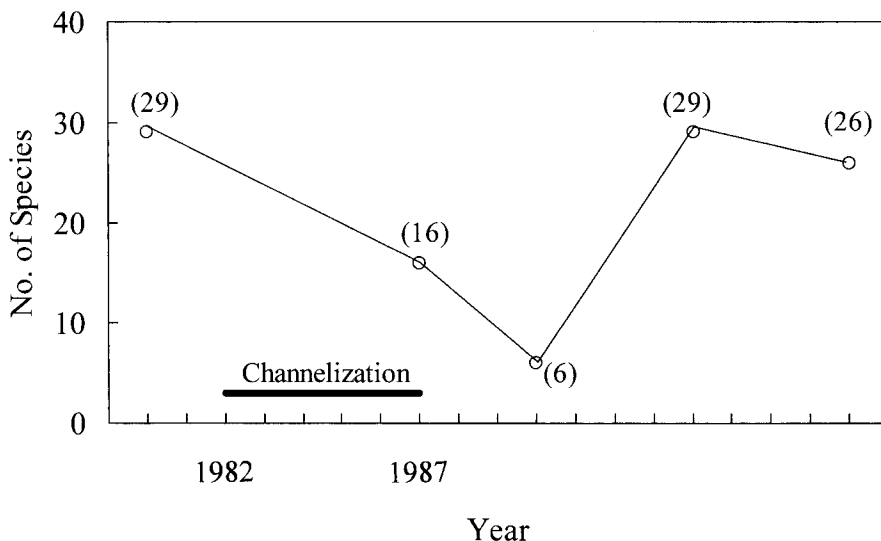


Fig. 5. A long-term change of species number of major aquatic insect groups in the main stream of the Hangang (Han River) in Seoul influenced by channelization.

있지 않으므로 현지점에서 가장 현실적인 보존 방안은 인위적 환경 훼손을 최소화 할 수 있는 법적 장치인 보호구역을 등급화하여 지정하고 관리하는 것이다. 따라서 기존에 지정된 국립공원, 도립공원, 상수원 보호구역 등의 보호구역이 관광이나 위락 위주의 기능에서 크게 탈피하여 원래의 목적인 보전적 기능에 충실토록 하여야 하며, 다른 양호한 환경의 일반 하천에 대하여도 자연환경과 생물다양성에 대한 기초조사를 거쳐서 보호구역을 가급적 많이 확보하여 법적 보호를 받을 수 있도록 하여야 한다.

하천생태계 보존에 대한 법적 장치의 중요성을 일깨워 주는 한 예로서 수도권의 주요 상수원인 팔당호 주변의 한강유역에서 1990년대에 일시적으로 완화되었던 개발규제가 그 지역의 난개발로 이어져 팔당호 수질을 급속히 악화시켰고, 지금에 와서는 악화된 상수원 수질개선에 엄청난 비용을 치르고 있는 실정을 상기하여 볼 필요가 있다. 현재 정부에서 추진하고 있는 그린벨트 해체에 관한 정책은 지역 주민의 민원을 해소하고, 침체된 지역경제의 회복에 일시적 효과를 가져올지는 몰라도 그에 파생되는 환경훼손에 대한 엄청난 대가를 결국은 머지 않아 우리 세대나 후손이 지불하게 된다는 팔당호의 교훈을 깊이 인식하여 신중을 기하여야 한다.

한국의 실정으로는 하천의 보전과 관리를 위한 강력한 법적 장치만이 유역의 난개발을 효율적으로 막을 수 있으며, 그 후속 조치로서 보호구역이 유종의 대상이 아닌 생태계 보전을 위한 교육의 장으로 활용될 수 있도록 시설 투자 및 관리가 요망된다. 그러나 이러한 폐해의 근본적인 원인은 하천을 즐기는 대상으로 인식하는 우리의 그릇된 놀이문화에 기인하며, 한국이 과도한 인구밀도에 비하여 턱없이 부족한 자연생태계 및 자연자원을 가졌음을 깊이 인식하여 볼 때 이를 지키고자 노력하는 의식 전환이 무엇보다 필요하다.

그 뿐만 아니라 대형댐의 건설과 같은 국책사업의 계획 시 인간의 입장에서 당면한 현실적 이용만을 앞세울 것이 아니라 앞에서 설명한 생태적 악영향 및 전체 생태계적 안정과 유지를 충분히 고려하여야 한다. 남한강 상류의 동강댐 건설계획이나 5대강 수계 통합계획과 같은 대규모 유로변경 사업은 시화호 건설사업같이 실패한 경험을 타산지석으로 삼아 취소되어야 하며, 이러한 보전노력이 하천의 생물서식처 및 생물다양성 보전과 나아가 전체 생태계 보전에 대한 선례가 되도록 하여야 한다.

도시하천은 인간생활과 밀접하여 인간생활에서 발생한 하수를 배출하고, 홍수시 배수의 효율성을 유지하여야 하기 때문에 효율적인 관리 측면이 더욱 강조되어 왔다. 그 결과 현재의 거의 모든 도시하천에서 진행되고 있는 하천채널화 공사는 홍수 예방 차원의 배수로의 기능과 효율적 관리만을 중요시하여 설계되었다. 이러한 채널화의 생태적 악영향은 앞에서 언급한 한강 본류, 중랑천, 왕숙천 등의 예에서 나타났으며(배 등, 1996, 1998; 배와 박 2001; Bae, 2001a), 그 대안으로서 자연형 하천의 복원이 제시되고 있다. 그 요점은 하천의 자연서식처를 가급적 유지하고 복원하여 하천의 생태계적 기능을 회복시키는 것이다.

그 기술적 방법으로는 하천의 미소서식처와 하천변 식생을 보존하며, 하천채널화가 반드시 필요한 경우 시멘트 직벽 대신에 가급적 자연상태와 유사한 재질인 돌망태 등을 이용하고, 하천의 전구간을 획일적으로 채널화하기 보다는 꼭 관리가 필요한 부분만을 채널화하여 가급적 자연하천을 유지함으로써 오염의 완충지대를 제공함과 동시에 자정작용의 기능 회복 및 생물의 도피처(refuge)를 제공하는 것이다.

하천의 복개공사는 최악의 하천관리라 할 수 있다. 왜냐하면 복개된 하천은 빛이 차단되어 있기 때문에 생산작용은 일어나지 않고, 미생물에 의한 분해작용만이 일어나는 생태계로서 복개된 하천내의 수질악화 뿐만 아니라 그 하류의 미복개 하천의 수질악화에도 연쇄적으로 악영향을 미치기 때문이다. 따라서 불가피하게 복개를 하여야 할 경우에도 부분 복개를 하거나 교각을 높여서 고가도로형 복개를 하는 등 하천에 빛이 도달하도록 설계하는 것이 필요하다.

수질보호는 하천생물의 보전차원에서 고려되어야 하지만 음용수 수질 관리 문제와 직결되므로 무엇보다도 깊은 관심을 가져 왔다. 그러나 음용수의 수질 관리에 있어서 궁극적인 과제가 양질의 상수원을 충분히 확보하는 데 있으므로 결국은 청정생태계의 관리문제로 귀결된다 하겠다. 지금까지는 주로 정화시설 설치, 오수관 설비 등 가시적인 환경공학적 투자에 치우쳐 왔지만, 보다 효율적인 수질관리를 위하여 생태계 차원에서의 종합적인 보전 노력과 제도적 장치가 뒷받침되어야 한다.

2) 하천생태계 보전 및 관리 시스템 개발

자연서식처와 수질보호는 하천생태계의 생물다양성 보전을 위한 가장 직접적인 방법이 되겠지만 지금 우리에게 더욱 절실히 요구되는 것이 보전과 관리에 대한 노하우와 교육 및 홍보이다. 앞에서 진단한 바와 같이 한국에서는 담수 절지동물에 대한 분류 및 생태연구가 아직 많이 부족하며, 그들의 생물다양성에 대한 보다 구체적인 자료가 필요하다.

보호대상종이나 환경지표종의 파악을 위하여 주요 담수 절지동물 중에 대한 면밀한 생태학적 모니터링이 필요한 실정이다. 이를 위하여 1970년대 이래 전국의 5대강 유역을 중심으로 80개 이상의 크고 작은 수계에 걸쳐 120건 이상 이루어진 담수 절지동물의 분포와 군집에 대한 조사(배, 1996: 표 1 참조)를 체계적으로 데이터베이스화하여 보존하고, 남아있는 표본의 영구적인 보존에 우선적인 노력을 기울여야 한다. 또한 야외 조사방법과 채집방법 및 자료 정량화의 방법을 표준화하고, 모델하천을 선정하여 지리정보시스템(GIS)과 같은 새로운 기법을 도입하여 하천생태계의 환경과 지표생물 개체군 및 군집을 모니터링하고 관리하는 시스템을 구축하여 궁극적으로 전국의 하천에 적용하여야 한다(배, 1999).

한국자연보전협회에서 1970년대부터 지속적으로 실시하여온 전국 자연생태계 조사와 환경부에서 1980년대부터 1, 2차에 걸쳐 5개년 계획으로 실시하여온 전국자연환경조사는 전국적 범위에서 하천생태계 관리를 위한 기초

자료를 제공하고 있다. 그 뿐만 아니라 최근에 가평천을 모델하천으로 한 “하천생태계의 생물다양성 관리시스템 개발” 연구(배 등, 2000)와 같이 GIS 기법을 도입한 보다 전문적인 생물다양성 관리 방안 연구는 하천생태계의 환경과 생물다양성 관리를 위하여 효율적이므로 연구의 지역과 대상을 넓혀서 궁극적으로 전국의 하천을 하나의 전 상망으로 연결하여 관리하는 것이 바람직하다.

한국의 동식물 천연기념물이나 보호대상종의 지정은 대 개 포유류나 조류와 같은 대형 척추동물에 집중되어 왔고, 미소동물에 대하여는 충분한 배려가 미치지 못한 실정이었다. 신(1986)은 한국의 보호구역설정(곤충류)에 관한 글에서 호소형 수서곤충 서식지와 계류형 수서곤충 서식지 몇 곳을 보호구역으로 지정할 것을 제안하였다. 1989년 환경보전법에 의하여 환경청에서 지정한 특정야생동식물에 담수 절지동물은 포함되지 않았으며, 1997년 자연환경 보전법에 의하여 환경부에서 추가로 지정한 보호대상 담수 절지동물에 꼬마잠자리와 물장군이 포함되었다(배 등, 1999). Appendix 1에서는 지금까지 한국에서 알려진 담수 절지동물 중에서 그 동안 이루어진 분류, 생태학적 자료를 망라하여 멸종위기 상태에 있거나 희귀한 종, 그리고 특별히 생태학적 또는 환경학적 가치가 있다고 판단되어 보호가 필요한 종들을 선정하여 우선 3단계로 등급화 하였다. 추가적인 조사연구와 자료검토를 통하여 보호대상종의 범위 및 등급을 조정해 나가야 할 것이다.

현재는 인간활동의 범위가 국가간의 경계를 훨씬 넘어 서고, 환경오염과 생물다양성 보전의 범주가 지역이나 국 가적인 차원을 떠나 지구 차원, 즉 생명체를 부양하는 하 나의 시스템인 생물권(Biosphere) 보전의 문제로 되고 있음을 감안하여 볼 때 (Valentyne, 1994) 국제적인 학술정 보 교환을 위한 네트워크 구축(이, 1999)과 함께 동아시아 수서곤충 공동 학술대회(Bae, 2001b)와 같이 분야별로 보 다 전문화된 기구 및 학술회의를 활성화하는 것이 필요하다. 생물다양성의 보전과 관리 인프라 구축에서 장기적인 노력과 투자를 요하는 것이 전문가 양성이며, 인터넷 등 각종 정보교환 수단을 이용하거나, 매스컴, 환경운동 등을 통하여 생물다양성 보전을 위한 계몽과 홍보 노력이 뒤따 라야 할 것이다.

사 사

본 연구는 1996. 12~1999. 11 한국학술진흥재단 대학 부설연구소 지원과제의 연구비 지원으로 이루어졌음.

참 고 문 헌

김종인, 배연재, 이성진, 윤일병, 1998. 강하루살이와 금빛하루살이(하루살이목: 강하루살이과)의 서식처. 한국육수학회지, 31: 103-108.
 김창환, 1982. 서울의 도시화에 따르는 곤충상의 변화. 자연보존, 37: 9-15.

김창환, 1989. 도시화로 인한 곤충상의 변화. 자연보존, 67: 15-19.
 김창환, 윤일병, 이종규, 1979. 한강수계에 있어서 수서곤충의 다양성에 의한 생물학적 수질관정에 관한 연구. 1. 조종천. 자연보존연구보고서, 1: 257-267.
 배경석, 유병태, 1993. 우이천의 수환경과 수서 동물 군집의 생태학적 동태. 한국육수학회지, 26: 245-261.
 배연재, 1992. 수서곤충학의 동향과 연구방법-하루살이류의 연구를 중심으로. 한국육수학회 심포지움 강연록. pp. 9-32.
 배연재, 1996. 한국 수서곤충 연구의 현황과 과제. '96 한국육수학회 심포지움 강연록, pp. 63-71.
 배연재, 1999. 한국산 수서곤충의 연구현황과 조사방법의 정량화. 1999 한국곤충학회 심포지움 강연록-21세기의 자연환경 보전과 곤충학, pp. 67-105.
 배연재, 노태호, 원두희, 박선진, 황정미, 허준미, 1998. 제12장 수서곤충 및 기타 저서생물. 한강생태계 조사연구. 서울시, pp. 305-354.
 배연재, 박선영, 2001. 왕숙천 준설구간의 저서성 대형무척추동물 군집변동(2)-2차년도 계절별 군집변동. 한국육수학회지 (submitted).
 배연재, 박선영, 윤일병, 박재홍, 배경석, 1996. 왕숙천 준설구간의 저서성 대형무척추동물 군집변동. 한국육수학회지, 29: 251-261.
 배연재, 염진화, 차진열, 윤일병, 1999. 꼬마잠자리(잠자리과, 잠자리목)의 형태, 서식처 및 분포 기록. 한국곤충학회지, 29: 287-290.
 배연재, 이웅재, 승현우, 원두희, 2000. 하천생태계의 생물다양성 관리시스템 개발. 과학기술부.
 신유향, 1986. 우리 나라의 보호구역의 설정.-곤충류의 경우. 자연보존, 54: 19-20.
 위인선, 나철호, 이종빈, 백순기, 1991. 수환경오염에 대한 수서곤충 지표종에 관한 연구-영산강을 중심으로. 한국환경생물학회지, 9: 42-54.
 윤일병, 1984. 한국의 저서성 대형무척추동물 개관. 예초 정영호 박사 화갑기념논집, pp. 231-251.
 윤일병, 1988. 한국동식물도감. 제30권. 동물편(수서곤충류). 문교부.
 윤일병, 1995. 수서곤충검색도설. 정행사. 서울.
 윤일병, 공동수, 원두희, 1992a. 금호강 수계 저서성 대형무척추동물 군집의 시공간적 분포. 한국육수학회지, 25: 167-175.
 윤일병, 공동수, 유재근, 1992b. 저서성 대형무척추동물에 의한 생물학적 수질평가 연구(I)-오탁계급치 및 지표가중치 산정을 중심으로. 한국환경생물학회지, 10: 24-39.
 윤일병, 공동수, 유재근, 1992c. 저서성 대형무척추동물에 의한 생물학적 수질평가 연구(II)-생물군집에 대한 환경요인 영향을 중심으로. 한국환경생물학회지, 10: 40-55.
 윤일병, 공동수, 유재근, 1992d. 저서성 대형무척추동물에 의한 생물학적 수질평가 연구(III)-육안적 간이수질평가방법을 중심으로. 한국환경생물학회지, 10: 77-84.
 윤일병, 배연재, 1993. 담수생태계의 지표생물과 생물지수. 자연보존, 82: 23-27.
 윤일병, 배연재, 어성준, 1986. 청개천 복개구간내의 동물상. 자연보존, 54: 35-40.

- 윤일병, 배연재, 여상덕, 1984. 마산시 주요하천의 무척추동물 군집구조에 관한 연구. 한국육수학회지, **17**: 35-44.
- 윤일병, 배연재, 이현철, 이상조, 1993a. 서울 근교 왕숙천의 유역 환경변화에 따른 수서곤충 군집의 장기변동. 한국환경생물학회지, **11**: 97-109.
- 윤일병, 이상협, 원두희, 이현철, 이성진, 1993b. 남양주군 수동천의 저서성 대형무척추동물 군집에 관한 연구. 자연보존, **82**: 42-50.
- 이병훈, 1999. 아시아 생물다양성 보전과 분류학 능력 제고를 위한 협력 방안 연구. 과학기술부.
- 이성진, 윤일병, 배연재, 1995. 무너하루살이와 동양하루살이(하루살이목: 하루살이과)의 고도에 따른 분포. 한국곤충학회지, **25**: 201-208.
- 한국곤충학회, 한국응용곤충학회, 1994. 한국곤충명집. 건국대학교 출판부, 서울.
- 한국동물분류학회, 1997. 한국동물명집. 서울.
- 허준미, 진영현, 박선진, 원두희, 배연재, 2000. 줄날도래(날도래목: 줄날도래과)의 우화양상. 한국육수학회지, **33**: 267-273.
- 川合禎次(編), 1985. 日本産水生昆虫檢索圖説. 東海大學出版會, 東京.
- 川村多實二(上野益三 編修), 1973. 日本淡水生物學. 北隆館, 東京.
- Allan, J.D., 1995. Stream Ecology. Structure and Function of Running Waters. Chapman & Hall, London.
- American Public Health Association, 1992. Standard Methods for Examination of Water and Waste Water.
- Bae, Y.J., 1997. A historical review of Ephemeroptera systematics in Northeast Asia. pp. 405-417 In: Landolt, P. and M. Sartori (Eds.). Ephemeroptera & Plecoptera: Biology-Ecology-Systematics. MTL, Fribourg, Switzerland.
- Bae, Y.J., 2001a. After-dredging recovery of a benthic community in a Korean suburban stream. SIL 2001. (submitted).
- Bae, Y.J., (Ed.). 2001b. The 21st Century and Aquatic Entomology in East Asia. Proc. 1st Symp. Aquatic Entomol. Soc. East Asia. (in press).
- Becker, C.D. and D.A. Neitzel, (Eds.) 1992. Water Quality in North American River Systems. Battelle Press, Columbus, Ohio.
- Hur, J.M., J.H. Hwang, T.H. Ro, and Y.J. Bae, 2000a. Association of immature and adult stages of *Hydropsyche kozhantschikovi* Martynov (Trichoptera, Hydropsychidae). *Korean J. Entomol.* **30**: 57-61.
- Hur, J.M., D.H. Won, T.H. Ro, and Y.J. Bae, 2000b. Description of immature and adult stages of *Hydropsyche orientalis* Martynov (Trichoptera, Hydropsychidae) with ecological notes. *Korean J. Appl. Entomol.* **39**: 25-29.
- Hynes, H.B.N., 1970. The Ecology of Running Waters. Liverpool Univ. Press, Liverpool.
- Lee, S.J., Y.J. Bae, and I.B. Yoon, 1996. Life history aspects of *Ephemera separigata* Bae (Ephemeroptera: Ephemeridae) from a mountain stream in central Korea. *Entomol. Res. Bull. (KEI)*, Seoul **22**: 73-76.
- Lee, S.J., Y.J. Bae, I.B. Yoon, and N.C. Watanabe, 1999. Comparisons of temperature-related life histories in two ephemerid mayflies (*Ephemera separigata* and *E. strigata*: Ephemeridae, Ephemeroptera, Insecta) from a mountain stream in Korea. *Korean J. Limnol.* **32**: 253-260.
- McCafferty, W.P., 1981. Aquatic Entomology. Jones & Bartlett, Boston.
- Merritt, R.W. and K.W. Cummins, 1996. An Introduction to the Aquatic Insects of North America. 3rd. ed. Kendall/Hunt Publ. Co., Dubuque, Iowa.
- Minshall, G.W., 1984. Aquatic insect-substratum relationships. pp. 358-400 In: Resh, V.H. and D.M. Rosenberg (Eds.), The Ecology of Aquatic Insects. Praeger, New York.
- Pennak, R.W., 1989. Fresh-water Invertebrates of the United States. 3rd. ed. John Wiley & Sons Inc., New York.
- Prat, N. and J.V. Ward, 1994. The tamed river. pp. 219-236 In: Margalef, R. (Ed.) Limnology Now: A Paradigm of Planetary Problems. Elsevier Science B.V., Amsterdam.
- Simon, D.B., 1979. Effects of stream regulation on channel morphology. pp. 95-111 In: Ward, J.V. and J.A. Stanford (Eds.), The Ecology of Regulated Streams. Plenum Press, New York.
- Vallentyne, J.R., 1994. Not politics, but ecology. pp. 529-546 In: Margalef, R. (Ed.) Limnology Now: A Paradigm of Planetary Problems. Elsevier Science B.V., Amsterdam.
- Vannote, R.L., G.W. Minshall, K.W. Cummins et al., 1980. The river continuum concept. *Canadian J. Fish. Aquat. Sci.* **37**: 130-137.
- Ward, J.V., 1992. Aquatic Insect Ecology. 1. Biology and Habitat. John Wiley & Sons, Inc., New York.
- Ward, J.V., 1994. The structure and dynamics of lotic ecosystems. pp. 195-218 In: Margalef, R. (Ed.), Limnology Now: A Paradigm of Planetary Problems. Elsevier Science B.V., Amsterdam.
- Ward, J.V. and J.A. Stanford (Eds.), 1979. The Ecology of Regulated Streams. Plenum Press, New York.
- Wetzel, R.G. and G.E. Likens, 1991. Limnological Analysis. Saunders, Philadelphia.

(Received 10 April 2001; Accepted 8 May 2001)

Appendix 1. List of endangered, rare, or ecologically or environmentally valuable species of freshwater arthropods in Korea (Three asterisks: highest grade)

No.	Scientific name	Korean name	Grade	No.	Scientific name	Korean name	Grade
	Class Arachnida	거미강		36.	<i>Aeshna nigroflava</i> Martin	큰별박이왕잠자리	*
	Order Araneae	거미목		37.	<i>Aeshna coerulea</i> (Ström)	애별박이왕잠자리	*
	Family Argyronetidae	물거미과		38.	<i>Aeshna juncea</i> (Linnaeus)	별박이왕잠자리	*
1.	<i>Argyroneta aquatica</i> (Clerck)	물거미	***		Family Cordulegastridae	장수잠자리과	
	Class Crustacea	갑각강		39.	<i>Anotogaster sieboldii</i> Selys	장수잠자리	*
	Order Decapoda	십각목			Family Corduliidae	복방잠자리과	
	Family Cambaridae	가재과		40.	<i>Cordulia aenea amurensis</i> Selys	청동잠자리	*
2.	<i>Cambaroides dauricus</i> (Pallas)	만주가재	**	41.	<i>Somatochlora arctica</i> (Zatt)	밀노란잠자리붙이	*
3.	<i>Cambaroides similis</i> (Koelbel)	가재	*	42.	<i>Somatochlora graeseri</i> Selys	밀노란잠자리	*
	Class Insecta	곤충강		43.	<i>Somatochlora alpestris</i> (Selys)	복방잠자리	*
	Order Ephemeroptera	하루살이목		44.	<i>Macromia manchuria</i> Asahina	만주잔산잠자리	*
	Family Ameletidae	피라미하루살이과			Family Libellulidae	잠자리과	
4.	<i>Ameletus costalis</i> (Matsumura)	피라미하루살이	*	45.	<i>Nannophya pygmaea</i> Rambur	꼬마잠자리	***
5.	<i>Ameletus montanus</i> Imanishi	멧피라미하루살이	*	46.	<i>Tramea virginia</i> (Rambur)	날개잠자리	**
	Family Baetidae	꼬마하루살이과		47.	<i>Crocothemis servilia</i> (Drury)	꼬추잠자리	**
6.	<i>Procloeon halla</i> Bae and Park	한라하루살이	*	48.	<i>Lyriothemis pachygastra</i> (Selys)	배치레잠자리	*
	Family Caenidae	등딱지하루살이과		49.	<i>Libellula angelina</i> Selys	대모잠자리	*
7.	<i>Brachycercus tubulatus</i> Tshernova	새빨등딱지하루살이	**	50.	<i>Libellula quadrimaculata</i> Linnaeus	넥점박이잠자리	*
	Family Ephemerellidae	알락하루살이과		51.	<i>Sympetrum danae</i> Sulzer	검정좁잠자리	*
8.	<i>Drunella solida</i> (Bajkova)	얼룩뿔하루살이	*	52.	<i>Sympetrum pedemontanum pedemontanum</i> (Allioni)	산좁잠자리	*
9.	<i>Drunella lepnevae</i> (Tshernova)	쌍혹하루살이	*	53.	<i>Pseudothemis zonata</i> (Burmeister)	노란허리잠자리	*
	Family Ephemeridae	하루살이과		54.	<i>Rhyothemis fuliginosa</i> Selys	나비잠자리	**
10.	<i>Ephemera separigata</i> Bae	가는무늬하루살이	*	55.	<i>Deielia phaon</i> (Selys)	밀잠자리붙이	*
	Family Heptageniidae	납작하루살이과			Order Plecoptera	강도래목	
11.	<i>Bleptus fasciatus</i> Eaton	맷시하루살이	**		Family Scopuridae	민날개강도래과	
12.	<i>Cinygmula grandifolia</i> Tshernova	몸쳐너하루살이	*	56.	<i>Scopura laminata</i> Uchida	민날개강도래	***
13.	<i>Ecdyonurus baekdu</i> Bae	백두하루살이	***		Family Nemouridae	민강도래과	
14.	<i>Heptagenia kihada</i> Matsumura	햇님하루살이	*	57.	<i>Nemoura jezoensis</i> (Okamoto)	꼬마민강도래	*
15.	<i>Heptagenia kyotoensis</i> Gose	총채하루살이	*	58.	<i>Amphinemura verrucosa</i> Zwick	둥근꼬리민강도래	*
	Family Isonychiidae	빗자루하루살이과			Family Capniidae	흰배민강도래과	
16.	<i>Isonychia japonica</i> (Ulmer)	빗자루하루살이	*	59.	<i>Eucapnopsis stigmatica</i> Okamoto	짧은꼬리민강도래	*
17.	<i>Isonychia ussurica</i> Bajkova	깃둥하루살이	*	60.	<i>Paracapnia recta</i> Zhiltzova	애강도래	*
	Family Metretopodidae	발톱하루살이과			Family Leuctridae	꼬마강도래과	
18.	<i>Metretopus borealis</i> Eaton	발톱하루살이	**	61.	<i>Leuctra fusca</i> (Linnaeus)	집게강도래	*
	Family Polymitarcyidae	흰하루살이과		62.	<i>Paraleuctra cercia</i> Okamoto	꼬리강도래	*
19.	<i>Ephoron shigae</i> (Takahashi)	흰하루살이	**	63.	<i>Rhopalopsale mahunkai</i> Zwick	꼬마강도래	*
	Family Potamanthidae	강하루살이과			Family Peltoperlidae	넓은가슴강도래과	
20.	<i>Potamanthus yooni</i> Bae and McCafferty	금빛하루살이	*	64.	<i>Yoraperla han</i> Stark and Nelson	몽통강도래	**
21.	<i>Rhoenanthus coreanus</i> (Yoon and Bae)	강하루살이	*	65.	<i>Yoraperla uchidai</i> Stark and Nelson	넓은가슴강도래	**
	Order Odonata	잠자리목			Family Pteronarcyidae	큰그물강도래과	
	Family Coenagrionoidae	실잠자리과		66.	<i>Pteronarcys macra</i> Ra, Baik and Cho	한국큰그물강도래	**
22.	<i>Mortonagrion selenion</i> (Ris)	황등색실잠자리	***		Family Perlodidae	그물강도래과	
23.	<i>Ceriagrion melanurum</i> Selys	노란실잠자리	*	67.	<i>Perlodes stigmata</i> Ra, Kim, Kang and Ham	점등무늬강도래	*
24.	<i>Nehalania speiciosa</i> (Charpentier)	청둥실잠자리	**	68.	<i>Isoperla flavescens</i> Zhiltzova and Potikha	삼줄강도래	*
25.	<i>Enallagma cyathigerum</i> (Charpentier)	알락실잠자리	**		Family Perlidae	강도래과	
	Family Lestidae	청실잠자리과		69.	<i>Oyamia nigribasis</i> Banks	진강도래	*
26.	<i>Lestes sponsa</i> (Hansemann)	청실잠자리	*	70.	<i>Paragnetina flavotincta</i> (McLachlan)	강도래붙이	*
27.	<i>Lestes japonicus</i> Selys	쭈렁실잠자리	*	71.	<i>Paragnetina tinctipennis</i> (McLachlan)	얼룩강도래붙이	*
28.	<i>Indolestes gracilis pregrinus</i> (Ris)	가는실잠자리	*		Family Chloroperlidae	녹색강도래과	
	Family Calopterygidae	물잠자리과		72.	<i>Alloperla joosti</i> Zwick	애민무늬강도래	*
29.	<i>Mnais strigata</i> Selys	담색물잠자리	**	73.	<i>Alloperla rostellata</i> (Klapalek)	민무늬강도래	*
	Family Gomphidae	부채장수잠자리과			Order Hemiptera	노린재목	
30.	<i>Gomphidia confluens</i> Selys	어리부채장수잠자리	*		Family Corixidae	물벌레과	
	Family Aeshnidae	왕잠자리과		74.	<i>Hesperocorixa kolthoffi</i> (Lundbald)	왕물벌레	*
31.	<i>Gynacantha japonica</i> Barteneff	잘룩허리왕잠자리	*	75.	<i>Sigara (Tropocorixa) nigroventralis</i> (Matsumura)	검정배물벌레	*
32.	<i>Boyeria maclachlani</i> Selys	개미허리왕잠자리	**	76.	<i>Cymatia apparens</i> (Distant)	각시손톱물벌레	*
33.	<i>Aeschnophlebia anisoptera</i> Selys	큰무늬왕잠자리	**				
34.	<i>Anax parthenope julius</i> Brauer	왕잠자리	*				
35.	<i>Aeshna crenata</i> Hagen	참별박이왕잠자리	*				

Appendix 1. Continued.

No.	Scientific name	Korean name	Grade	No.	Scientific name	Korean name	Grade
77.	<i>Micronecta (Micronecta) guttata</i> Matsumura Family Notonectidae	꼬마손자물벌레	*		Family Hydrophilidae	물땡땡이과	
78.	<i>Notonecta (Notonecta) amplifica</i> Kiritshenko Family Pleidae	송장혜엄치게	*	93.	<i>Hydrophilus accuminatus</i> Motschulsky Family Lampyridae	물땡땡이	**
79.	<i>Plea (Paraplea) japonica</i> (Horváth) Family Naucoridae	북방송장혜엄치게	*	94.	<i>Hotaria papariensis</i> (Doi)	반딧불이과	
80.	<i>Ilyocoris exclamationis</i> (Scott) Family Aphelocheiridae	둥글물벌레과	**	95.	<i>Luciola lateralis</i> Motschulsky	파파리반딧불이	***
81.	<i>Aphelocheirus nawae</i> Nawa Family Belostomatidae	둥글물벌레	**	96.	<i>Lychnuris rufa</i> (Oliver) Order Hymenoptera	애반딧불이	***
82.	<i>Lethocerus deyrollei</i> (Vuillefroy) Family Ochteridae	물둥구리과	**		Family Agriotypidae	늦반딧불이	***
83.	<i>Ochterus marginatus</i> Latreille Family Hydrometridae	물둥구리	**	97.	<i>Agriotypus gracilis</i> Waterston Order Diptera	벌목	
84.	<i>Hydrometra okinawana</i> Drake Family Mebridae	물빈대과	*		Family Blepharoceridae	물벌과	**
85.	<i>Hebrus nipponicus</i> Horvath Family Gerridae	물빈대	*	98.	<i>Philorus</i> KUa	파리목	
86.	<i>Aquaris elongatus</i> (Uhler)	물장군과	***	99.	<i>Bibiocephala</i> KUa Order Trichoptera	맷모기과	*
87.	<i>Rhyacobates esaki</i> Miyamoto and Lee	물장군	***		Family Stenopsychidae	물맷모기 KUa	*
88.	<i>Asclepios shiranui coreanus</i> Esaki Family Saldidae	딱부리물벌레과	*	100.	<i>Stenopsyche griseipennis</i> McLachlan	날도래목	
89.	<i>Chiloxanthus pilosus pilosus</i> (Fallén) Order Megaloptera	딱부리물벌레	*		Family Philopotamidae	각날도래과	
	Family Sialidae	제주실소금쟁이	*	101.	<i>Stenopsyche bergeri</i> Martynov Family Rhyacophilidae	수염치레각날도래	**
90.	<i>Sialis</i> KUa Order Coleoptera	깨알물노린재과	*		Family Phryganeidae	연날개수염치레각날도래	**
	Family Dytiscidae	깨알물노린재	*	102.	<i>Wormaldia</i> KUa Family Limnephilidae	입술날도래과	*
91.	<i>Cybister (Cybister) japonicus</i> Sharp Family Gryinidae	왕소금쟁이	*		Family Hydatophylax nigrovittatus McLachlan	입술날도래 KUa	*
92.	<i>Gyrinus (Gyrinus) japonicus</i> <i>francki</i> Ochs	어리광대소금쟁이	*	103.	<i>Rhyacophila retracta</i> Martynov Family Brachycentridae	물날도래과	*
		황해소금쟁이	*		Family Micrasema KUa	날도래과	
		갯노린재과	*	104.	<i>Agrypnia pagetana</i> Curtis Family Helicopsychidae	단발날도래	**
		털갯노린재	*		Family Leptoceridae	둥근얼굴날도래과	
		뱀잠자리목	*	105.	<i>Micrasema</i> KUa Family Lepidostomatidae	둥근얼굴날도래 KUa	*
		좀뱀잠자리과	**		Family Molanna moesta Banks	우목날도래과	
		좀뱀잠자리 KUa	**	106.	<i>Hydatophylax nigrovittatus</i> McLachlan Family Helicopsychidae	띠무늬우목날도래	*
		딱정벌레목	**		Family Helicopsychidae	네모집날도래과	
		물방개과	**	107.	<i>Molanna moesta</i> Banks Family Helicopsychidae	날개날도래	*
		물방개	**		Family Helicopsychidae	달팽이날도래과	
		물맴이과	*	108.	<i>Helicopsyche yamadai</i> Iwata Family Leptoceridae	달팽이날도래	***
		물맴이	*	109.	<i>Ceraclea</i> KUa	나비날도래	*
						나비날도래 KUa	*