

## 부산 대천천의 저서성 대형무척추동물의 군집구조

손정원 · 홍정희<sup>1)\*</sup>

부산시 보건환경연구원, <sup>1)</sup>부산대학교 생명과학과  
(2009년 9월 30일 접수; 2009년 1월 20일 수정; 2009년 11월 25일 채택)

### Community Structure of Benthic Macroinvertebrates of Daecheon Stream in Busan City

Jung-Won Son, Jung-Hee Hong<sup>1)\*</sup>

Busan Metropolitan City Institute of Health & Environment, Busan 613-806, Korea

<sup>1)</sup>Department of Life Sciences, Pusan National University, Busan 609-735, Korea

(Manuscript received 30 September, 2009; revised 20 October, 2009; accepted 24 November, 2009)

#### Abstract

The distribution of benthic macroinvertebrates in Daecheon stream, an urban stream of Busan, was investigated to analyze the community structure of benthic macroinvertebrates. The collection was performed monthly at five(A~E) sites divided into three parts, upper, middle and lower, of stream from January to November, 2004. In physicochemical analysis of environmental factors, water quality parameters such as BOD, COD, conductivity and ABS were relatively increased in sites B and C. Whereas sites A, D and E showed little variations with good water quality parameters. However, water quality parameters in all surveyed sites showed gradual decrease with time toward improvement of water quality. A total of 8,226 individuals including 4 phyla, 6 classes, 9 orders, 302 families and 44 species were identified from five sites. The most dominant group was insect(class Insecta), and order Ephemeroptera and Diptera among insect was the largest member in species(30.6%) and individuals(75.0%) of benthic macroinvertebrates, respectively. The primary dominant species were *Gammarus* sp. and *Ephemera strigata* in site A, whereas *Chironomus* sp. and *Brenchiura sowerbyi* were dominated commonly in the other sites. In community analysis of benthic macroinvertebrates of Daecheon stream diversity index showed relatively low values, whereas dominance index was significantly high. Diversity index was the highest in site A, whereas the dominance index was the highest in site B. However, diversity index showed gradual increase with time showing adverse mode in dominance index. From these results, it can be suggested that long-term ecological monitoring of benthic macroinvertebrate fauna is needed for sustainable management of Daecheon stream.

**Key Words :** Benthic macroinvertebrates, Community structure, Daecheon stream, Urbanization

#### 1. 서론

하천은 수계, 육지 및 대기라는 세 개의 서로 다른 세계가 접하는 장소로서 다양한 식생과 동물군집이

공존하는 담수생태계의 하나이다. 하천은 인간의 오랜 역사를 통하여 다양하게 변모되어 왔는데, 산업화 및 도시화가 진전됨에 따라 치수와 이수 위주의 관리를 한 결과 오늘날 많은 하천은 자연적 구조에서 인위적 구조로 바뀌어 생물의 서식장소로서의 기능을 상실하였으며 인간생활에 도움을 주는 다양한 생태적 기능도 나타내지 못하고 있다(Booth와 Jackson, 1997;

\*Corresponding Author : Jung-Hee Hong, Department of Life Sciences, Pusan National University, Busan 609-735, Korea  
Phone: +82-051-510-2263  
E-mail: jhhong@pusan.ac.kr

Garie와 McIntosh, 1986). 도시화에 따른 교란 중 하천을 중심으로 한 하천 교란은 수로 및 하상 정비, 하천 복개, 오염물질 투기, 방류 등을 포함하는 직접적 교란과 대규모 공단 또는 주거단지 건설로 인한 오염물질 유입과 주변생물상의 변화 등을 포함하는 간접적 교란으로 구분될 수 있다(Finkenbine 등, 2000).

도시하천(urban stream)은 과밀 집중된 도시지역에 남아있는 최후의 자연성역이라고 할 수 있는데, 도시하천은 지역변이를 포함하여 다종다양한 생물군집을 유지하면서 다양한 생태적 기능을 나타내고 있다. 도시하천의 넓은 면적과 개방적인 경관은 공원 녹지보다도 일상적이고 친밀한 자연환경으로서 환경교육장, 자연체험장, 친수공간 등으로 가치가 높은 곳이다. 그러나 최근 국내의 대부분의 도시하천은 생활하수, 하천 복개, 인공 제방, 둔치 개발, 집수역의 토지 이용 등 많은 교란요인들로 인해 그 원형을 잃어가고 있으며, 특히 감소한 유량에 부가되는 생활 오폐수는 수질 악화를 유발하여 악취와 함께 생물서식지 환경을 저해하고 있다.

도시화가 하천에 미치는 가장 큰 변화 중 하나는 하천 내 또는 주변 서식지의 다양성 감소라고 할 수 있다(Bledsoe와 Watson, 2001). 특히 수변의 단순화는 수생생물의 서식지 감소를 유발함으로써 담수어와 저서생물 군집의 변화에 중요한 영향을 미칠 수 있다. 또한 도시하천 내로 유입되는 오염물질에 대해 내성이 약한 생물종이 절멸될 수 있는 요인도 될 수 있다.

이화학적 환경의 외적 요인에 의해 야기되는 저서생물 군집의 시·공간적 유형의 파악은 생태계의 주요 연구 중 하나인데, 특히 유량의 급격한 변화, 하천 주변의 공사, 유기물 오염 등과 같은 자연 및 인위적 환경의 변이는 담수생태계 내 저서생물의 군집에 큰 영향을 미친다(Resh 등, 1988). 한 지역에서의 저서생물 군집분석은 생태계 관리나 수질의 효율적 관리, 종다양성 보존을 위한 기초연구로서 중요한데, 이에 이화학적 조사와 함께 군집분석이 하천생태계에 대한 종합적 평가방법으로 요구된다.

저서성 대형 무척추동물은 이동성이 적고 다양한 환경조건에 잘 적응하고 있으며, 담수생태계 생물 중 가장 높은 종다양성과 개체수 현존량을 나타내고 있다(James 등, 2001; Ward, 1992). 또한 이들은 정수 및

유수생태계의 다양한 서식처에서 환경교란에 대하여 민감하게 반응하며 정량적인 채집과 분석이 용이하므로 종합적인 수질관리 측면에서나 생물개체군 및 군집 연구에서 이들을 많이 이용하고 있다(Hellawell, 1986; 윤 등, 1992; 강 등, 1995; Kwak 등, 2002; 김, 2008; 이 등, 2009).

국내에서 도시하천이란 ‘도시지역을 집수역으로 하여 도시 내부를 관류하는 소규모의 하천’을 일컫으며(손, 1998), 대부분 2-5차 하천으로 이루어져 있다. 현재 부산광역시에는 4개의 국가하천과 44개의 지방 2급 하천을 보유하고 있으며 하천의 수는 총 48개로 대다수가 부산 중심을 통과하는 도심하천의 형태를 띠고 있다(부산발전연구원, 2009). 대천천은 길이 약 7.5 km의 낙동강 지류로서 부산시 금정산과 상학산에서 발원하여 금정산 산성 부락과 북구 화명동을 지나 낙동강 본류로 유입하는 부산의 대표적 지역하천이다. 대천천은 수려한 자연경관과 맑은 수질로 시민들의 많은 사랑을 받고 있으며, 은어를 비롯한 버들치, 꺾지 등 타 도시하천에서 볼 수 없는 생물들이 분포하여 생태학적으로도 보전가치가 높은 지역이다. 그러나 대천천은 다른 도시하천과는 달리 하천 상류에 주택과 음식점 등 많은 오염원이 위치해 있어 생활 하수와 축산 폐수 등 오염물질의 유입으로 인한 수질 악화와 자연환경 훼손의 우려가 높아지고 있다. 최근에는 이러한 오염하천을 정화하기 위한 많은 노력들이 행해지고 있는데, 2002년부터 마을하수도 설치, 생태호안 조성, 여울 설치 등 대천천 생태계 복원사업이 추진되어 오고 있다.

본 연구에서는 부산시 대천천 내에 서식하고 있는 저서성 대형무척추동물의 분포와 군집구조를 밝혀 도시화된 하천에 서식하고 있는 이들의 특성을 파악하고자 하였다. 또한 이러한 결과를 토대로 훼손된 대천천의 생태계 복원과 보전을 위한 방안을 제시하며 나아가 종다양성 보전을 위한 장기적 생태모니터링 자료로 활용할 수 있는 기초자료를 제공하고자 하였다.

2. 재료 및 방법

2.1. 조사지점 및 개황

조사지점은 부산광역시 금정구와 북구를 거쳐 흐르는 대천천을 대상으로 수계의 상류, 본류 및 하류역에서 총 5개 지점(site A~E)을 선정하였는데, 즉 A(공해마을 상류), B(공해마을 하류), C(금성교), D(애기소), E(경남아파트 앞)로 구분하여 조사하였다(Fig. 1). A지점은 산간 계곡수로서 인위적인 오염원이 거의 없고 다양한 식생이 우거져 있는 상류 수역이며, B와 C지점은 주변에 식당가와 농경지 등이 위치하여 하천 내로 많은 오염물질이 지속적으로 유입되고 있는 중류 수역이다. 또한 D와 E지점은 상부로부터의 오염된 수질이 주변 녹지의 계곡수 등에 의해 희석되거나 자정작용을 거쳐 다소 정화된 수질을 나타내는 하류수역으로 완만한 지형을 이루고 있으며, 특히 E지점은 아파트단지 등 밀집된 거주지로 이루어져 있다. 각 지점의 하천 환경의 특성은 Table 1에서와 같다. 최근 대천천 구간에는 2002년부터 2004년에 걸쳐 마을하수도 설치공사를 통해 하수관로가 정비되어 있으며, 오수처리시설 2개소가 B 및 C지점 인근에 설치가동되고 있다.

2.2. 조사시기

본 조사는 2004년 1월부터 11월에 걸쳐 총 8회 실시하였는데, 동계(1, 2월), 춘계(4, 5월), 하계(7, 8월) 및 추계(10, 11월)로 나누어 각 계절별로 2회씩 조사

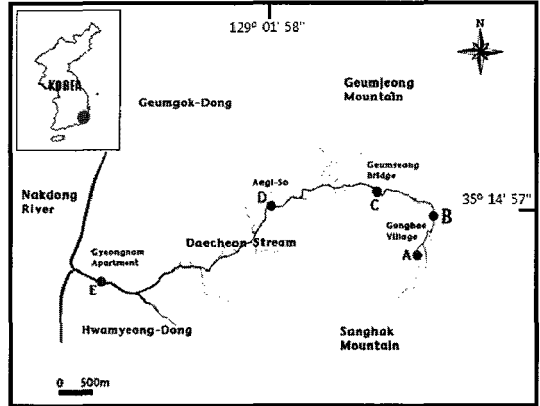


Fig. 1. Map showing surveyed sites of Daecheon stream.

가 이루어졌다. 각 계절별 2회 조사 중 가능한 한 1회는 하천유량이 증가한 시점에, 나머지 1회는 유량이 감소한 시점에 조사를 실시하였다.

2.3. 조사방법

2.3.1. 수질환경요인

각 조사지점별 기초수질 분석은 현장조사 및 원수를 채수하여 실험실에서 행하였다. 현장에서는 수온, pH, 용존산소(YSI, model 556), 전기전도도(conductivity)를 측정하였다. 채수한 시료는 즉시 실험실로 운반하여 BOD, COD, 총질소(T-N), 총인(T-P), 부유물질(SS), 음이온계면활성제(ABS)를 환경부 수질오염공정시험방법(환경부, 1998)에 따라 분석하였다.

Table 1. Environmental characteristics of surveyed sites in Daecheon stream

Site	Stream width	Substratum particles	Slope	Surroundings
A	3-4 m	Coarse sand, pebble, cobble	Steep	Forest
B	7-10 m	Pebble, cobble	Gentle	Agricultural field
C	8-10 m	Cobble	Steep	Forest
D	10-12 m	Coarse sand, pebble, cobble	Steep	Forest
E	10-12 m	Coarse sand, pebble, cobble	Gentle	Urban district

### 2.3.2. 하천생물 채집 및 분석

저서성 대형무척추동물의 채집은 계류용 정량채집망인 Suber net(30×30 cm, 망목 0.5 mm)를 사용하여 각 조사지점에서 가능한 한 미소서식처를 구분(riffle, run, pool)하여 3회씩 정량 채집하였다(Hauer와 Lamberti, 1996). 그 외의 채집 및 서식처의 환경조사방법은 일반적인 조사방법을 따랐다(Allan, 1995; Barry와 Kilroy, 2000; Merritt와 Cummins, 1996). 채집된 표본은 현장에서 10% 포르말린에 고정하여 실험실로 운반한 후 70% 에탄올에 보관하였다.

채집된 표본은 국내외에서 출간된 관련 자료를 참고하여 동정 분류하였다(권 등, 1993; 김 1977; 이 등, 1988; 이 1971; 유, 1995; 정, 2003; 조, 1969; 윤, 1988, 1995; 丸山和高井, 2000; Dennis, 1979). 종 수준까지 분류가 어려운 종들은 sp. 형태로 기재하였다. 조사된 저서성 무척추동물의 학명은 한국동물명집(한국동물분류학회, 1997)과 한국곤충명집(한국곤충학회와 한국응용곤충학회, 1994)에 따라 정리하여 기재하였으며, 이들 자료를 기초로 출현종, 주요종 및 특기할 만한 종, 분포상황 등을 조사하였다.

저서성 대형무척추동물의 군집구조의 특성을 파악하기 위해 종다양도(Pielou, 1977), 우점도(McNaughton, 1967) 등의 개체군 분석을 하였다. 또한 지점별로 우점종과 아우점종을 구분하여 수환경과의 연관관계를 검토하였다. 종다양도(diversity index)는 Shannon-Wiener의 공식( $H'$ )을 사용하여 측정하였으며, 우점도(dominance index)는 McNaughton's dominant index(DI)를 이용하여 산출하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1. 수질환경 요인

조사시간과 조사지역별 환경요인의 변화를 알아보기 위해 5개 지점의 월별, 수역별 기초수질을 조사한 결과는 Fig. 2에서와 같다.

최고 수온은 하절기인 7, 8월에, 최저 수온은 동절기인 1, 2월에 나타났으며, 조사지점별 수온은 A지점에서 가장 낮았는데 이는 상류의 우거진 다양한 식생에 기인되는 것으로 여겨진다. pH는 평균 6.8~7.2 범위였으며 조사시기와 조사지점에 따른 차이는 크게

나타나지 않았다. 용존산소(DO)는 1~2월에 가장 높은 값을, 7~8월에 가장 낮은 값을 나타내었다. 조사지점별로는 지점 A에서 가장 높은 DO를 나타낸 반면, 지점 B에서 최저값을 보여주었다. BOD와 COD는 전반적으로 유사한 경향을 나타내었는데, A, D, E 지점에서는 연중 비교적 낮은 수치를 나타내었으나 B, C 지점에서는 비교적 높은 수치를 보여주었다. 한편 B, C 지점에서 BOD와 COD값이 시간적 경과와 함께 점차 낮아지는 한편, 변동 폭은 다소 크게 나타났다. 이는 마을하수도 정비와 가동에 의한 상류 수질의 점진적 정화와 계절적 강우량의 증가에 따른 하천 유량의 변동에 기인된 것으로 생각된다.

전기전도도, 총질소(T-N) 및 총인(T-P)에서의 계절별, 지역별 변화를 보면, 조사시기에 따른 각 지점별 변동은 크지 않았으나 조사지점에 따른 차이는 다소 크게 나타났다. 전반적으로 A지점에서 가장 낮은 값을 보인 반면, B와 C 지점에서는 가장 높은 값을 나타내었다. 부유물질(SS)과 음이온계면활성제(ABS)는 B, C지점을 제외한 대부분의 지점에서는 연중 농도 변화가 그다지 크게 나타나지 않았다. B지점에서 부유물질은 춘계에, 음이온계면활성제는 춘계 및 추계에 그 함량이 가장 높게 나타났다.

이상에서와 같이 B, C 지점은 수질환경에 있어서 다른 조사지역과 큰 차이를 보였으며, 특히 BOD, COD, 전기전도도, 음이온계면활성제에서 그 값이 매우 높게 나타났다. 이러한 결과는 주변의 식당가와 인가로부터의 생활 오폐수, 농경지로부터의 영양염 유입 등 비점오염원 부하에 많은 영향을 받았기 때문으로 생각된다.

### 3.2. 종조성과 출현개체수 현황

본 조사기간 동안 대천천 수역에서 출현한 저서성 대형무척추동물은 총 4문 6강 9목 32과 44종 8,226개체로 조사되었다. 이 중 수서곤충류를 포함하는 절지동물문에서 가장 많은 38종이 출현하였으며, 그 중에서도 곤충강(Insecta)이 총 종수의 81.8%(36종), 총 개체수의 90.6%(7,453개체)를 차지하여 가장 높은 출현 빈도를 보였다(Table 2 및 Fig. 3). 그 다음으로 빈모강(Oligochaeta)이 334개체수(4.1%)를 나타내었다. 수서곤충류는 총 9목에서 36종, 7,453개체가 채집되었

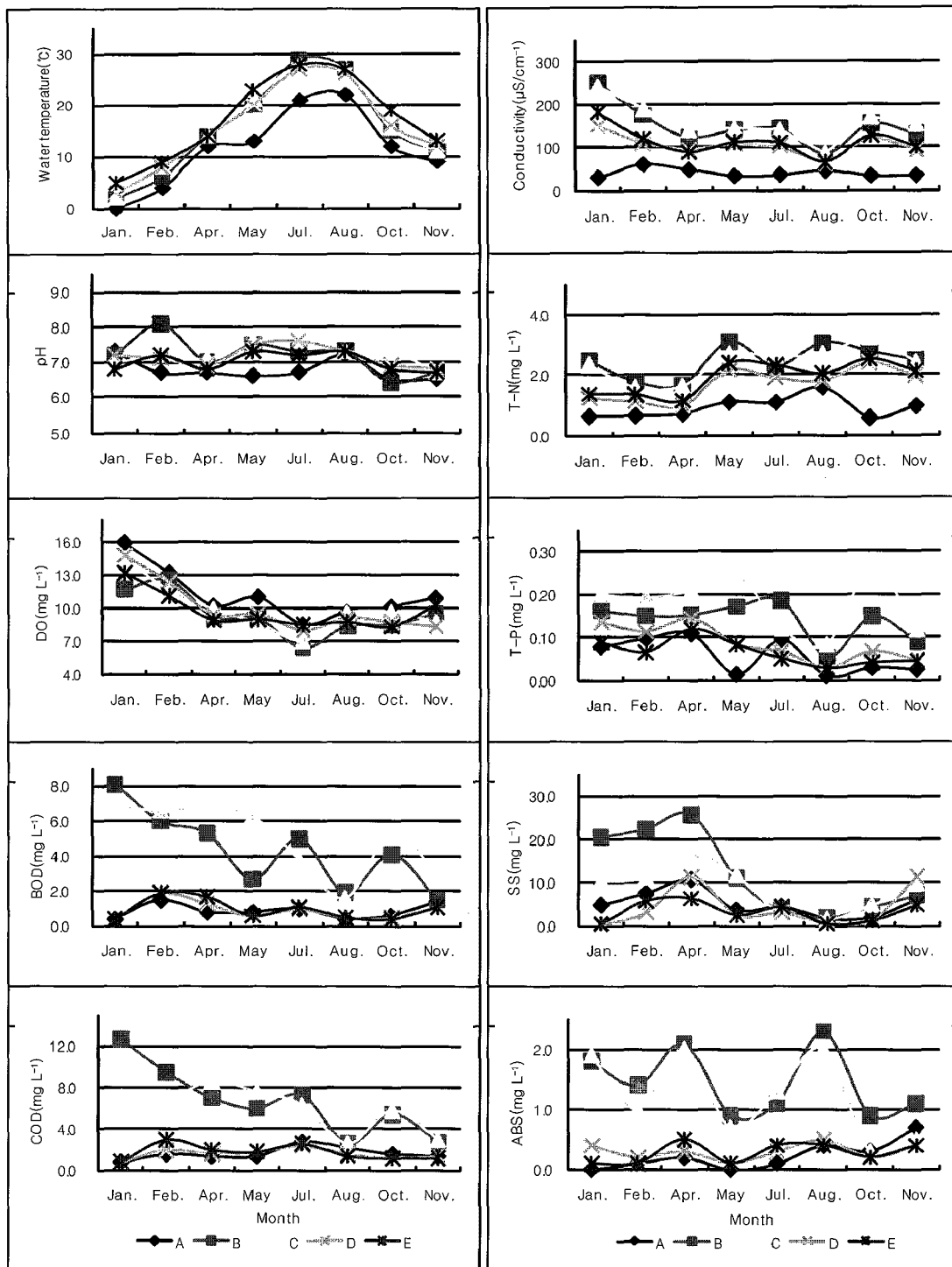
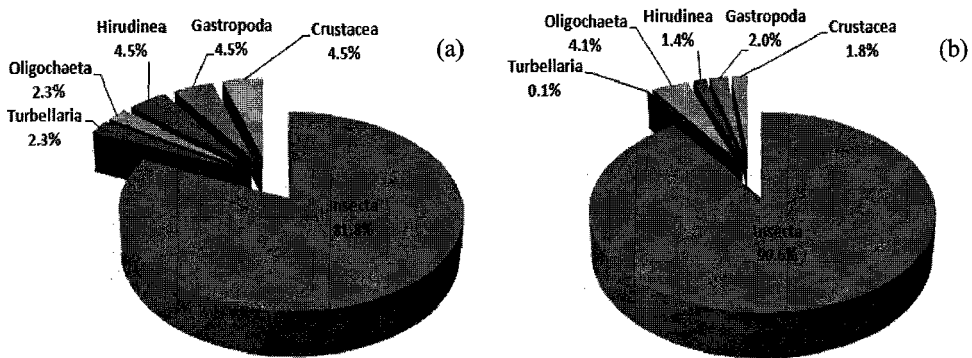


Fig. 2. Variations in physicochemical parameters of surveyed sites in Daecheon stream.

**Table 2.** The number and relative abundance of species and individuals of benthic macroinvertebrates in Daecheon stream

Taxa		Species		Individuals	
		No.	Ratio(%)	No.	Ratio(%)
Platyhelminthes	Turbellaria	1	2.3	12	0.1
Annelida	Oligochaeta	1	2.3	334	4.1
	Hirudinea	2	4.5	113	1.4
Mollusca	Gastropoda	2	4.5	167	2.0
Arthropoda	Crustacea	2	4.5	147	1.8
	Insecta	36	81.8	7,453	90.6
Total		44	100	8,226	100

**Fig. 3.** Relative abundance(%) of species(a) and individuals(b) of benthic macroinvertebrates in Daecheon stream.**Table 3.** The number and relative abundance of species and individuals of insect taxa in Daecheon stream

Insect taxa	Species		Individuals	
	No.	Ratio(%)	No.	Ratio(%)
Collembola	2	5.6	23	0.31
Ephemeroptera	11	30.5	1551	20.81
Odonata	2	5.6	20	0.27
Plecoptera	3	8.3	65	0.87
Hemiptera	1	2.8	1	0.01
Megaloptera	1	2.8	2	0.03
Coeloptera	3	8.3	15	0.2
Diptera	7	19.4	5,590	75.0
Trichoptera	6	16.7	186	2.5
Total	36	100	7,453	100

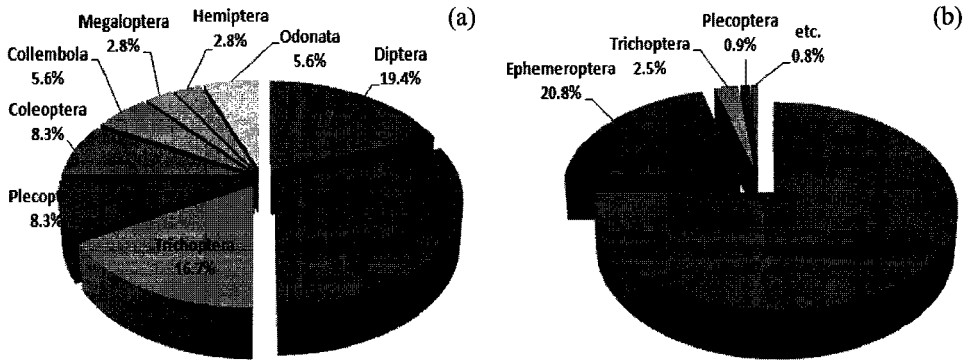


Fig. 4. Relative abundance(%) of species(a) and individuals(b) of insect in Daecheon stream.

는데, 이 중 하루살이목(Ephemeroptera)에 속하는 곤충류가 11종(30.6%)으로 가장 많은 종수를 나타낸 반면, 개체수에서는 파리목(Diptera)이 5,590개체로 총 개체수의 75.0%를 차지하였다(Table 3 및 Fig. 4).

조사지점별 분포상을 보면(Fig. 5), 지점 A에서 가장 많은 31종의 저서생물이 출현하여 전체 종의 70.5%를 차지하였다. 다음으로 지점 D와 E에서 각각 28종, 27종이 조사되었으며, 지점 C에서는 가장 적은 11종이 채집되었다. 한편 개체수의 분포에 있어서는 상반된 패턴을 보여주었는데, 즉 지점 C에서 가장 많은 개체수(2,960개체)가 출현하였고 다음으로 지점 B 이었으며, 두 지점에 출현한 개체수는 총 개체수의 65.7%를 차지하였다. 그러나 지점 A에서는 가장 적은 개체수(414개체)가 출현하여 종수와 대조적인 경향을 보여주었다. 지점 A에서 가장 적은 개체수가 출현한 것은 하천 유량이나 유속, 흐름의 유형 등에 영향을 많이 받은 것으로 추측되는데, 실제 A수역이 산간 계곡수로서 빠른 유속에 의해 저서생물들에게 안정화된 서식환경이 제공되지 못한 것으로 보인다.

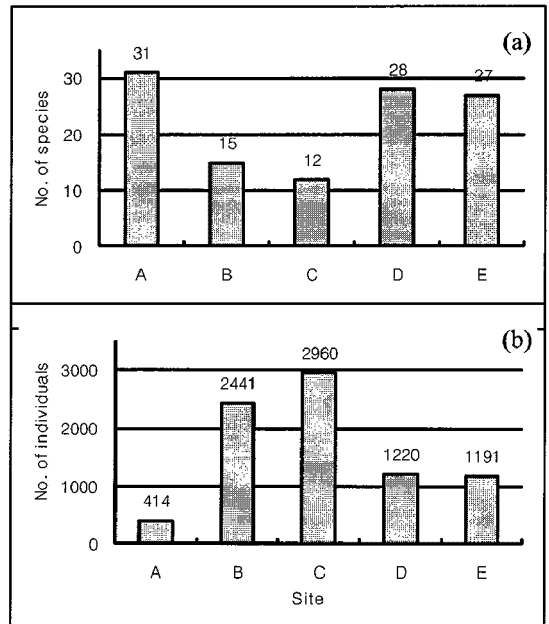


Fig. 5. The number of species(a) and individuals(b) of benthic macroinvertebrates in surveyed sites of Daecheon stream.

각 조사지점별 우점종 및 아우점종을 비교해 보면 (Table 4), A지점에서는 옆새우(*Gammarus* sp.), 무늬 하루살이(*Ephemera strigata*) 등 1급수(고도의 청정수)에 출현하는 생물들이 우점하였다. 또한 산골플라나리아(*Phagocata vivida*)와 같은 지표생물도 지속적으로 발견되는 등 전형적인 청정 수역의 특징을 나타내었다. B지점에서는 깔다구 sp.1(*Chironomus* sp.1) 및 실지렁이(*Brenchiura sowerbyi*) 등 5급수(고도의 오염수)에 출현하는 생물들이 대량 번식하여 우점종을 이루고 있었으나 하계에는 3급수(다소의 오염수)에 주로 출현하는 꼬마하루살이(*Baetis* nla)가 우점종으로 출현하였다. C지점에서도 깔다구속(*Chironomus* sp.1) 및 실지렁이(*Brenchiura sowerbyi*) 등 주로 5급수에 출현하는 생물들이 우점종을 이루었으나, 5~8월에는 갈색넙적거머리(*Glossiphonia complanata*), 꼬마하루살이(*Baetis* nla) 등 3급수 수질에 서식하는 종들이 우점종으로 나타났다. D지점에서는 깔다구과에 속하는 생물들이 많이 서식하였는데, 특히 깔다구 sp.2(*Chironomus* sp.2)와 줄날도래(*Hydropsyche* KUa) 등 2급수(청정수)에 출현하는 생물들이 년중 우점종 또는 아우점종으로 출현하였다. E지점에서도 깔다구 sp.2(*Chironomus* sp.2) 등 주로 2급수 서식생물들이 우점하였으나 실지렁이(*Brenchiura sowerbyi*) 등 5급수 서식생물들도 가끔 우점종으로 나타났다.

조사지점에서 가장 높은 출현빈도를 나타낸 종은 깔다구과의 깔다구 sp.1(*Chironomus* sp.1)이었는데, 이들은 오염수역인 B, C 지점에서 가장 많은 개체가 채집되었다. 깔다구는 주로 고도로 오염된 수계나 훼손된 습지 등에서 우점종으로 출현하는 것으로 보고되고 있는데(이 등, 2009; 윤, 1988), 본 연구조사에서도 유사한 결과를 보여주었다.

이와같이 주요 출현생물의 수역별 분포를 분석한 결과 B, C 지점에서는 오염지역의 우점종인 빈모강(Oligochaeta)이, A와 같은 청정 하천에서는 하루살이목(Ephemeroptera)이 다수 출현함으로써 이들의 서식처와 이와 관련된 환경요인의 교란정도가 잘 일치하여 나타나고 있음을 알 수 있다. 한편 오염이 진행되지 않은 청정 지점에서는 다양한 종의 생물이 출현하고 오염이 비교적 진행된 지점에서는 특정한 몇 종(Chironomidae와 Oligochaeta)이 우점하는 경향을 보

여주는데(박, 2005), 이러한 결과들은 저서생물 군집이 서식처의 특징, 주요 분류군의 밀도 변이와 종수의 변화를 잘 반영해 주고 있음을 시사해 준다.

**Table 4.** Dominant and subdominant species of benthic macroinvertebrates in surveyed sites of Daecheon stream

Site	Month	Dominant species	Subdominant species	
A	Jan.	<i>Gammarus</i> sp.	<i>Ephemera strigata</i>	
	Feb.	<i>Gammarus</i> sp.	<i>Collembola</i> sp.1.	
	Apr.	<i>Gammarus</i> sp.	<i>Chironomus</i> sp.2.	
	May	<i>Gammarus</i> sp.	<i>Phagocata vivida</i>	
	Jul.	<i>Ephemera strigata</i>	<i>Davidius lunatus</i>	
	Aug.	<i>Ephemera strigata</i>	<i>Gammarus</i> sp.	
	Oct.	<i>Gammarus</i> sp.	<i>Ephemera strigata</i>	
	Nov.	<i>Gammarus</i> sp.	<i>Ecdyonurus</i> KUb	
	B	Jan.	<i>Chironomus</i> sp.1.	<i>Chironomus</i> sp.2.
		Feb.	<i>Brenchiura sowerbyi</i>	<i>Chironomus</i> sp.1.
		Apr.	<i>Brenchiura sowerbyi</i>	<i>Chironomus</i> sp.1.
May		<i>Chironomus</i> sp.1.	<i>Glossiphonia complanata</i>	
Jul.		<i>Chironomus</i> sp.1.	<i>Baetis</i> nla	
Aug.		<i>Baetis</i> nla	<i>Brenchiura sowerbyi</i>	
Oct.		<i>Chironomus</i> sp.2.	<i>Chironomus</i> sp.1.	
Nov.		<i>Chironomus</i> sp.1.	<i>Chironomus</i> sp.2	
C		Jan.	<i>Chironomus</i> sp.1	<i>Glossiphonia complanata</i>
		Feb.	<i>Chironomus</i> sp.1	<i>Glossiphonia complanata</i>
		Apr.	<i>Chironomus</i> sp.1	<i>Glossiphonia complanata</i>
	May	<i>Baetis</i> nla	<i>Chironomus</i> sp.1	
	Jul.	<i>Baetis</i> nla	<i>Chironomus</i> sp.1	
	Aug.	<i>Glossiphonia complanata</i>	<i>Brenchiura sowerbyi</i>	
	Oct.	<i>Chironomus</i> sp.2	<i>Tipulidae</i> sp.1	
	Nov.	<i>Brenchiura sowerbyi</i>	<i>Chironomus</i> sp.1	
	D	Jan.	<i>Chironomus</i> sp.2	<i>Hydropsyche</i> KUa
		Feb.	<i>Chironomus</i> sp.2	<i>Hydropsyche</i> KUa
		Apr.	<i>Chironomus</i> sp.2	<i>Hydropsyche</i> KUa
May		<i>Chironomus</i> sp.2	<i>Chironomus</i> sp.3	
Jul.		<i>Chironomus</i> sp.2	<i>Chironomus</i> sp.3	
Aug.		<i>Hydropsyche</i> KUa	<i>Ecdyonurus</i> KUb	
Oct.		<i>Paraleptophlebia chcorata</i>	<i>Chironomus</i> sp.2	
Nov.		<i>Ecdyonurus</i> KUb	<i>Chironomus</i> sp.3	
E		Jan.	<i>Chironomus</i> sp.2	<i>Antocha</i> KUa
		Feb.	<i>Chironomus</i> sp.2	<i>Chironomus</i> sp.1
		Apr.	<i>Chironomus</i> sp.2	<i>Brenchiura sowerbyi</i>
	May	<i>Baetis</i> nla	<i>Chironomus</i> sp.2	
	Jul.	<i>Chironomus</i> sp.2	<i>Chironomus</i> sp.3	
	Aug.	<i>Chironomus</i> sp.2	<i>Paraleptophlebia chcorata</i>	
	Oct.	<i>Brenchiura sowerbyi</i>	<i>Chironomus</i> sp.2	
	Nov.	<i>Brenchiura sowerbyi</i>	<i>Chironomus</i> sp.3	



### 3.3. 군집구조의 변화

각 조사지점별 출현생물의 군집구조를 분석하기 위해 월별 종다양성지수와 우점도지수를 비교해 본 결과는 Fig. 6에서와 같다. 종다양성지수(H')는 대체로 낮게 나타났는데, 1~7월까지의 각 조사지점 간의 격차가 크게 나타났으나 8월 이후에는 점차 안정화되는 경향을 보여 각 지점간 다양성지수의 차이가 많이 감소하였다. A, D, E지점에서는 년중 큰 변화를 보여 주지 않았으나 B지점에서는 변화의 폭이 크게 나타났다. 자연환경의 보전상태가 양호한 A지점에서 종다양도가 가장 높게 나타났고 오염원이 많은 B지점에서는 가장 낮게 나타났다(Table 5).

출현생물의 우점도지수(DI)는 비교적 높게 분석되었는데, 1~7월까지의 조사지점별로 차이가 크게 나타났으나 8월 이후부터는 그 격차가 크게 줄어들었다. 각 지점별 우점도지수의 변화를 분석해 보면 B지점에서 가장 높은 값을 나타낸 반면, A지점에서는 가장 낮은 값을 나타내었다. 따라서 A지점에서 종다양도는 가장 높았으나 우점도는 가장 낮게 나타났으며, B지점에서는 이와 상반된 결과를 보여주었다. 이는 출현종이 적은 지점에서 우점하고 있는 종들의 비가 상대적으로 높게 나타나고 있음을 의미한다. 이러한 사실로부터 A지점은 뚜렷한 외부교란없이 자연환경의 보전상태가 양호하여 종다양도 증가를 나타내었고 B지점은 환경훼손과 수질오염의 영향으로 우점도가 증가한 것으로 생각된다.

한편 대천천 수계의 종다양도지수와 우점도지수의 월별 변화를 분석한 결과, 종다양도는 점차적으로 증가하는 한편, 우점도는 감소하는 경향을 나타내었다(Fig. 7). 종다양도의 평균치는 0.61로 다른 지역에 비해 낮은 것으로 나타났으며, 1월에 0.46으로 최저치를 나타내었다가 점차 증가하여 8월에는 0.78로 가장 높게 조사되었다. 우점도는 평균 0.70으로 대체로 높게 나타났으며 종다양도와는 대조적인 양상을 보여주었다. 1월에 0.79로 최대치를 나타내었다가 점차 낮아져 8월에는 0.59로 최저치를 보여 주었다. 하천생태계 내 오염물질의 유입이 증가되면 생물군집구조는 종다양성 감소와 우점도 증가의 방향으로 변화하는데, 이러한 결과들은 최근 대천천 상류마을의 하수처리시설 설치 이후 하천의 수질이 점차 개선되고 있음을 시사

해 준다. 상술한 지수들과 수질환경을 고려하여 출현생물의 분포 상황을 분석해 볼 때, 대천천은 전반적으로 2~3등급 수질을 유지하고 있으며, 서식하고 있는 저서성 대형무척추동물의 군집구조는 점차 종다양성이 증가하는 방향으로 진행되고 있음을 추측하게 한다.

본 조사에서 출현한 옆새우, 무늬하루살이, 산골플라나리아 등은 주요 서식처가 산간 계류 또는 상류 하천이며, 이들은 일정량의 유량이 유지되며 유속이 있는 장소를 선호하는 생물로 하천 상류의 오염이 적은 지점에 주로 분포하고 있다. 또한 이들의 서식처는 하상이 대부분 모래와 자갈이 깔려있는 지역이며 산란장소 또한 동일한 하상을 구성하는 지역을 선호하는 것으로 알려져 있다. 따라서 하천 복원시 이러한 환경제공 및 유지가 고려되어야 할 요소인 것으로 생각된다.

1990년대 이후 국내에서도 도시하천을 자연형 하천 또는 생태하천으로의 복원에 많은 관심을 가지게 되었으며 이미 시행된 곳도 있다. 그러나 많은 도시하천(양재천, 중량천, 우이천, 홍재천, 탄천, 수원천, 청

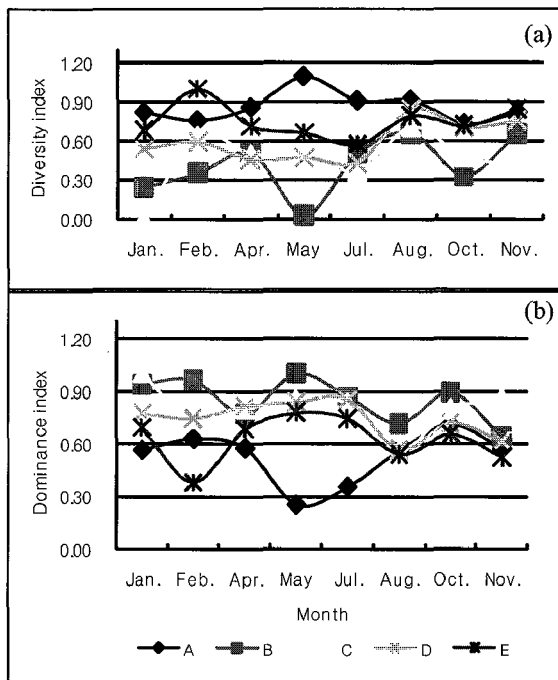
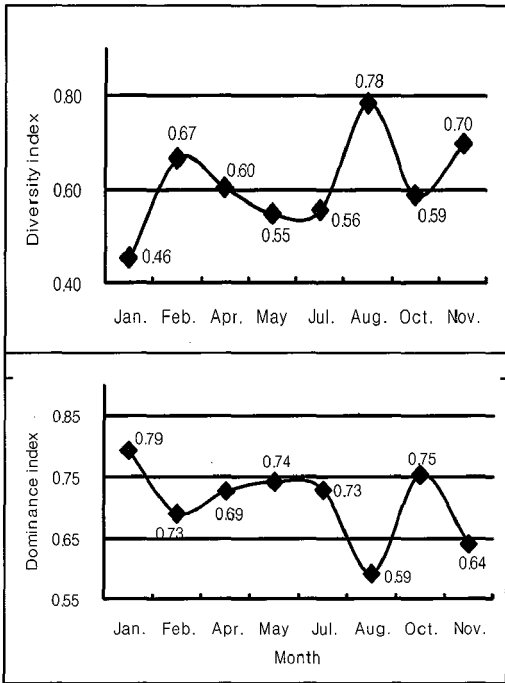


Fig. 6. Variations in diversity index(a) and dominance index(b) of benthic macroinvertebrates in surveyed sites of Daechon stream.

**Table 5.** The diversity index and dominance index of benthic macroinvertebrates in surveyed sites of Daecheon stream

Site	A	B	C	D	E
Diversity index(H')	0.86	0.41	0.45	0.60	0.75
Dominance index(DI)	0.53	0.85	0.81	0.74	0.62



**Fig. 7.** Variations in diversity index(a) and dominance index(b) of benthic macroinvertebrates in Daecheon stream.

계천 등)들이 생물 서식이나 수질 자정보다는 친수 및 정관 기능에 더 비중을 두어 추진된 바 있다. 부산시에 소재한 대부분의 하천들은 지속적인 도시 확장으로 인하여 이미 도시화된 하천으로 그 원형을 잃은지 오래되었다. 그러나 현재 일부 하천에서 하천복원사업이 진행되어 자연형 하천으로 변모되고 있는데, 이에 하천환경 조성을 위한 환경정책을 수립할 때 종다양성과 지역변이의 유지와 연계한 하천의 환경보전과 생태적 기능의 회복이 필연적으로 요구된다고 할 수 있다. 또한 하천 복원 후에도 친환경적 측면에서 서식

생물에 대한 장기적인 모니터링을 통해 생물자원의 지속적인 보호를 위한 보전전략을 수립해야 할 것이다.

**4. 결론**

본 연구는 도시화에 따른 하천생태계 내 생물상의 변화를 파악하고 그 보전방안을 모색하기 위하여 부산시에 위치한 도시하천의 하나인 대천천에서 5개 지점(A~E)을 선정하여 이화학적 환경요인과 저서성 대형무척추동물의 군집구조를 조사하였다. 2004년 1월부터 11월까지 계절별로 2회씩 총 8회 조사를 실시하였다. 본 조사기간 동안 조사지점별 수환경을 조사한 결과, A, D, E지점의 수질은 비교적 양호한 상태를 유지하면서 월별 변동이 크게 나타나지 않았으나 B, C지점은 전반적으로 오염 정도가 높게 나타났다.

대천천의 저서성 대형무척추동물의 군집을 조사한 결과 총 4문 6강 9목 32과 44종 8,226개체가 동정되었다. 이 중 수서곤충류가 종수의 81.8%(36종), 개체수의 90.6%(7,453개체)로 가장 높은 출현비율을 보여주었다. 곤충강(Insecta) 중에는 하루살이목(Ephemeroptera)에서 가장 많은 종(30.6%)이, 파리목(Diptera)에서 가장 많은 개체수(75.0%)가 조사되었다. 주요 출현생물의

지점별 분포를 보면 A지점에서는 옆새우(*Gammarus* sp.)가 우점종이었으나 그 외의 지점에서는 깔다구(*Chironomus* sp.)와 실지렁이(*Brenchiura sowerbyi*)가 우점종으로 출현하였다. 조사지점별 출현생물의 분포에 있어서 종조성 차이는 크게 나타나지 않았지만 우점 분류군 출현개체수의 변동은 뚜렷하게 관찰되었다.

군집구조 분석을 위해 종다양성지수와 우점도지수를 조사한 결과, 전 수역에서의 종 다양성지수는 대체로 낮은 편이었으나 우점도지수는 높게 나타났다. 대천천 전 수역의 월별 군집구조 변화를 보면 종다양성지수는 점차 높아지고 우점도지수는 낮아지는 경향을 나타내었는데, 이는 최근 대천천 주변마을에 오폐수 정화를 위한 하수도 설치 등으로 하천수질이 점차 개선되고 있음을 시사해 준다. 이에 하천생태 복원시 각

하천의 특성 및 생물상 분포의 정확한 분석과 장기적인 모니터링을 통해 수환경 보전과 하천 생태기능 회복을 위한 지속적인 관리가 이루어져야 할 것이다.

### 감사의 글

이 논문은 부산대학교 자유과제 학술연구비(2년)에 의하여 연구되었습니다.

### 참고문헌

- 강다형, 전태수, 박영석, 1995, 수영강의 수영천 및 석대천의 저서성 대형무척추동물의 부수성에 따른 월별 군집 변이, 한국생태학회지, 18, 155-177.
- 권오길, 박갑만, 이준상, 1993, 원색한국패류도감, 아카데미서적, 445.
- 김중락, 2008, 기계천 수계의 저서성 대형무척추동물 군집구조, 한국환경과학회지, 17, 879-889.
- 김훈수, 1977, 한국동식물도감 제 19권 동물편(새우류), 문교부, 445.
- 박지은, 2005, 오염정도에 따른 하천의 저서성 대형무척추동물군집의 유형화 및 생물학적 수질 평가, 석사학위논문, 부산대학교.
- 부산발전연구원, 2006, 부산지역 도시하천의 실태분석과 환경관리방안에 관한 연구.
- 손명원, 1998, 도시하천의 생태학적 역할과 개선방안, 한국지역지리학회지, 4, 15-25.
- 유종생, 1995, 원색한국패류도감, 일지사, 196.
- 윤일병, 1988, 한국동식물도감 제 30권 동물편(수서곤충류), 문교부, 840.
- 윤일병, 1995, 수서곤충검색도설, 정행사, 262.
- 윤일병, 공동수, 원두희, 1992, 금호강 수계 저서성 대형무척추동물 군집의 시공간적 분포, 한국육수학회지, 25, 167-175.
- 이동환, 황종우, 성성훈, 윤추식, 정선우, 2009, 신불산 고산습지의 저서성 대형무척추동물 군집구조의 특성, 한국환경과학회지, 18, 561-567.
- 이승화, 조영복, 이창언, 1988, 한국산 수서 점물팽이과의 분류(물물팽이과, 초시목), Nature & Life (Korea), 22, 1-7.
- 이창언, 1971, 한국동식물도감 제 12권 동물편(곤충류 IV), 문교부, 1063.
- 정명림, 2003, 한국의 담수패류, 연학사, 284.
- 조복성, 1969, 한국동식물도감 동물편(곤충류 II), 문교부, 970.
- 한국곤충학회, 한국응용곤충학회, 1994, 한국곤충명집, 건국대학교출판부, 744.
- 한국동물분류학회, 1997, 한국동물명집, 아카데미서적, 489.
- 환경부, 1998, 수질오염공정시험방법, 환경부고시 제 98-146호.
- 丸山傳紀, 高井幹夫, 2000, 原色川虫図鑑, 全國農村教育協會, 244.
- Allan, J. D., 1995, Stream Ecology, Structure and Function of Running Waters, Chapman & Hall, London, 388.
- Barry, B. J. F., Kilroy, C., 2000, Stream Periphyton Monitoring Manual, NIWA, Christchurch, 120.
- Bledsoe, B. P., Watson, C. C., 2001, Effects of urbanization on channel instability, J. Amer. Water Resources Association, 37, 255-270.
- Booth, D. B., Jackson, C. R., 1997, Urbanization of aquatic systems : degradation, thresholds, stormwater detection and the limits of mitigation, J. Amer. Water Resources Association, 33, 1077-1090.
- Dennis, M. L., 1979, How to Know Aquatic Insects, WCB/MacGraw-Hill, 168.
- Finkenbine, J. K., Atwater, J. W., Mavinic, D. S., 2000, Stream health after urbanization, J. Amer. Water Resources Association, Ecological Monographs, 27, 325-349.
- Garie, H. L., McIntosh, A., 1986, Distribution of benthic macroinvertebrates in a stream exposed to urban runoff, Water Resources Bulletin Amer. Water Resources Association, 22, 447-455.
- Hauer, F. R., Lamberti, G. A., 1996, Methods in Stream Ecology, Academic Press.
- Hellawell, J. M., 1986, Biological Indicators of Freshwater Pollution and Environmental Management, Elsevier, London and New York, 546.
- James, H., Thorp, P., Alan, P. C., 2001, Ecology and Classification of North American Freshwater Invertebrates, 2nd ed., Academic Press, 1056.
- Kwak, I. S., Liu, G. C., Park, Y. S., Song, M. Y., Chon, T. S., 2002, Characterization of benthic macroinvertebrate communities and hydraulic factors in small-scale habitats in a polluted stream, Kor. J. Limnol., 35, 295-306.
- McNaughton, S. J., 1967, Relationship among functional properties of California grassland, Nature, 216, 168-169.
- Merritt, R. W., Cummins, K. W., 1996, An Introduction to the Aquatic Insects of North America, 3rd ed., Kendall/Hunt, Dubuque, Iowa, 862.
- Pielou, E. G., 1977, Mathematic Ecology, John Wiley & Sons, New York, 385.

Resh, V. H., Reice, S. R., Sheldon, A. L., Wallace, J. B.,  
Wissmar, R., 1988, The role of disturbance in  
stream ecology, J. North Amer. Benthological

Society, 7, 433-455.  
Ward, J. V., 1992, Aquatic Insect Ecology, John Wiley  
& Sons, 438.