

## 2004~2005년간의 부산 대천천의 수질과 저서성 대형 무척추 동물 군집 변화에 관한 연구

손정원\* · 권동민 · 김미희 · 황인정 · 권기원 · 빈재훈 · 최홍식  
환경조사과

### Variation of Water Quality and Benthic Macroinvertebrate Communities in Daecheon stream, Busan during 2004~2005

Jung-Won Son<sup>†</sup>, Dong-Min Kwon, Mi-Hee Kim, In-Jung Hwang, Ki-Won Kwon, Jea-Hun Bin and Hong-Sik Cheigh  
*Environmental research division*

#### Abstract

The variation of physicochemical parameters and benthic macroinvertebrate community were investigated to analyze physical characteristics and pollutants at five(A~E) sites of Daecheon stream, a tributary of the Nakdong river, in Busan during 2004~2005.

In physicochemical analysis, the concentrations of BOD, COD, and SS were gradually decreased in site B(Gonghae village II) and C(Geumseong bridge) in the upper part of Daecheon stream.

In the benthic macroinvertebrates the most dominant group was insect. Diptera was the largest member in individuals among insect and Ephemeroptera was the largest member in species among insect. Diversity index was the highest in site A(Gonghae village I), but the lowest in site B. Dominance index was the highest in site B, but the lowest in site A. Water quality grade was Grade I in site A, Grade II~V in site B and C, Grade I~II in site D(Aegi-So) and E(Gyeongnam Apt.). The water quality grades of site B, C, and D were improved during studying period. Group pollution index(GPI) was the highest in site B, but the lowest in site A. The GPIs of site B and C were slightly improved too.

Key Words: Daecheon stream, Benthic Macroinvertebrates

#### 서론

부산 대천천은 길이 약 7.5 Km의 낙동강 지류로서 부산시 금정산과 상학산에서 발원하여 금정산 산성 부락과 북구 화명동을 지나 낙동강 본류로 유입하는 하천이다. 대천천은 빼어난 경관과 맑은 수질로 시민들의 많은 사랑을 받고 있으며 은어를 비롯한 버들치, 꺾지 등 타 도시하천에서 볼 수 없는 생물들이 분포하여 생태학적으로도 중요성이 높은 지역이다.

한편 대천천은 하류 지점이 오염되어 있는 대부분의 다른 도시하천과는 달리 하천 상류에 주택과 음식점 등 많은 오염원이 위치해 있어 하수와 축산폐수 등으로 심하게 오염되어 있다. 그러나 2002~2004년간의 마을하수도 설치공사를 통해 하수관로를 정비하고 각각 480 m<sup>3</sup>/day, 200 m<sup>3</sup>/day 용량의 마을하수처리장 2개소를 설치하여 각각 2003년 10월, 2004년 8월부터 가동함에 따라 상류의 수질이 점차 개선되고 있는 중이다. 대천천의 중류는 비교적 기온기가 급한 자연계곡을 이루고

있으며 상류의 오염된 하천수는 하류로 흘러내리는 동안 자정작용을 받으면서 주변 배후 녹지로부터 계곡수가 보충됨에 따라 전차 희석되어 수질이 맑아지고 있다. 실제로 중류의 애기소 지점에 이르르면 상당히 정화된 수질을 보이고 있어 이 지점은 하절기에 시민들의 물놀이 공간으로 이용되고 있다. 대천천의 하류는 완만한 지형을 이루고 있으며 아파트 단지 등 주거지가 밀집된 도시 하천 형태로 정비되어 있다. 최근 하류 일부 구간이 자연형 하천으로 복원되어 주민들의 휴식공간으로 활발히 이용되고 있으며 앞으로도 친환경적인 하천 복원이 계획되고 있다.

하천환경을 효과적으로 관리하기 위해서는 하천의 물리화학적 조성 뿐 아니라 생태적 특성에 대한 이해가 필수적이다. 하천은 단순한 수로가 아니라 하천 생물과 물리적 환경이 유기적으로 긴밀히 상호작용하고 있는 하나의 유기체로 이해되어야 하기 때문이다. 따라서 하천 등 생태계에 대한 실질적이고 다면적인 평가를 행하기 위해서는 이화학적인 방법과 생물학적

<sup>†</sup> Corresponding author. E-Mail: 365won@hanmail.net  
Phone: 051-758-6123, Fax: 051-757-2879

인 방법의 상호 보완이 필요하다(Tittizer and Kothe, 1979).

하천 생물상 조사는 어떤 수역의 수질을 종합적으로 반영하며 우리가 알 수 없었던 미지의 오염물질에 대한 존재가능성을 추정하게 할 뿐 아니라, 일시적 수질이 아니라 평균적 수질을 대변한다는 점에서 그 의미가 크다(윤, 1995). 저서성 대형무척추동물이란 물 속의 바닥이나 수초 주변에서 생활하는 생물 중 육안으로 식별이 가능하고 척추가 없는 동물을 말하며, 플라나리아류, 지렁이류, 거머리류, 곤충류 등을 말한다(윤, 1995). 저서성 대형무척추동물은 종류가 매우 다양하고 환경 조건에 다양하게 적응하고 있는데, 이동성이 적고 서식처의 환경교란에 대하여 민감하게 반응하며, 정량적인 채집과 분석이 용이하므로 이를 이용한 수질환경조사가 최근 활발히 이루어지고 있는 추세이다(Hellawell, 1986).

본 연구는 대천천 하천생태계의 현황과 변화 양상을 이화학적 및 생태학적으로 분석하여 2002~2004년간의 마을하수도 설치공사를 통한 하천환경의 복원 현황에 대해 검토하고, 소하천의 수질평가에 있어 생태학적인 지표의 활용가능성을 검토하고자 실시하였다.

## 연구 방법

### 조사시기

조사는 각 2004~2005년간 총 8회에 걸쳐 실시하였는데, 2004년 1, 5, 7, 10월, 2005년 2, 5, 8, 10월에 각 1회씩 실시하였다. 강우에 의한 수질변화 및 생태계 교란의 영향을 배제하기 위하여 가능한 한 강우에 의한 유량 증가 영향이 없는 날을 택해 조사를 실시하였다.

### 조사지점

부산광역시 금정구와 북구를 거쳐 흐르는 대천천 수계의 5지점, 즉 A(공해마을 상류), B(공해마을 하류), C(금성교), D(대천천 종류류의 애기소), 그리고 E(하류의 경남아파트 앞)을 조사지점으로 선정하였다(Fig. 1).

A(공해마을 상류) 지점은 산간 계곡수로서 인위적인 오염원이 거의 없는 지점이며, B(공해마을 하류)와 C(금성교) 지점은 주변에 식당과 농경지 등이 존재하여 하천에 많은 오염원이 유입되었던 지점이다. D(애기소)와 E(경남아파트 앞) 지점은 상류의 오염된 수질이 다른 지역의 계곡수에 의한 희석과 자정작용 등에 의해 어느 정도 정화되어 내려오는 지점이다. 각 지점의 하천환경의 특성은 Table 1에서와 같다.

대천천 구간에는 2002~2004년간의 마을하수도 설치공사를 통해 하수관로를 정비하고 각각 480 m<sup>3</sup>/day, 200 m<sup>3</sup>/day 용량의 마을하수처리장 2개소를 설치하여 각각 2003년 10월, 2004년 8월부터 가동하고 있는 중이다. B지점 인근에 1개소(공해마을 하수처리장) 및 C지점 인근에 1개소(산성마을 하수처리장)를 각각 설치하였다.



Fig. 1. Sampling sites(A~E) of Daecheon stream. A : Gonghae village ( I ), B : Gonghae village ( II ) C : Geumseong bridge, D : Aegi-So, E : Gyeongnam Apt.

### 조사방법

#### 이화학적 수질 조사

수온, pH, DO, 전기전도도는 수질현장측정기(YSI 556 MPS)를 이용하여 현장에서 측정하였으며, BOD, COD, SS, Chl-a, 총 질소, 총 인은 시료 채취 후 즉시 실험실로 운반하여 수질오염공정시험법(환경부, 2001)에 따라 분석하였다. 수질 조사 외에 부착조류 biomass량을 측정하기 위하여 각 조사 지역에서 직경 10 cm 내외의 돌을 각 지점 당 5개씩 무작위로 선정하여 채집된 돌의 표면을 브러쉬로 일정면적(20 cm<sup>2</sup>)을 긁어 총 100 cm<sup>2</sup> 면적의 부착조류를 채취하였으며 이 시료를 물로 희석하여 수질오염공정시험법에 따라 Chl-a 분석을 실시하고, mg/m<sup>2</sup>의 단위로 환산하였다.

#### 하천 생물 분석

저서성 대형무척추동물의 채집은 계류용 정량채집망인 Surber net (30×30 cm, 망목 0.5 mm)(Hauer et al., 1995)을 사용하여 각 조사지점에서 가능한 한 미소서식처(riffle, run, pool)등을 구분하여 3회씩 정량 채집하였다. 채집된 표본은 현장에서 10% 포르말린으로 고정하였으며 실험실로 운반한 후 sorting하여 70% 에탄올에 보관하였으며, 생물 종의 분류는 윤(1988), 윤(1995), 정(2003), Dennis(1979), Merritt and Cummins(1996)을 참조하여 실시하였다. 종 수준까지 분류가 어려운 종은 외부형태가 뚜렷히 구별되는 종을 대상으로 임의로 과나 속 수준에서 sp 1. 등의 형태로 정리하였다.

저서성대형무척추동물의 군집구조를 파악하기 위해 채취시기 및 지점 별로 개체수와 종수, 종다양성지수, 우점도지수를 비교하였으며 윤(1995)에 따라 지표종별 계급치를 구하여 수질등급을 구분하고 군오염지수(GPI)를 구하였다. 종다양성지수는 Shannon - Wiener function (H') (Pielou, 1977)에 따

Table 1. Stream characteristics of sampling sites

Sampling sites	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

라 산출하였으며 우점도지수는 McNaughton's dominant index(DI)(McNaughton, 1967)를 이용하여 산출하였다.

## 결과 및 고찰

### 이화학적 수질

#### 수온, pH 및 DO

조사기간 중의 각 지점 별 수온, pH, DO 조사결과와 지점 별 평균값을 Table 2에 조사시기별 변동을 Fig. 2에 나타내었다.

수온은 0~30℃범위였으며 하절기인 매년 7, 8월에 가장 높은 값을 나타내었고, 동절기인 1, 2월에 가장 낮은 값을 나타내었다. 지점 별로는 A 지점의 수온이 평균 12로 가장 낮았으며, E지점이 평균 18℃로 가장 높았다. A 지점은 산간 계곡으로서 주위에 숲이 우거져 태양광의 유입이 차단되어, 다른 지점보다 수온이 낮게 유지되고 있으며, 반대로 하류의 E지점은 태양광이 상시 유입되기 때문에 비교적 높은 수온을 나타내고 있는 것으로 생각된다.

pH는 대체적으로 평균 7.0 내외로 중성 부근의 수질을 나타내었으며, 조사 지점 별 및 조사 시기 별로 큰 변동은 없었다.

DO는 수온이 높은 7~8월에 가장 낮은 값을 나타내었고, 수온이 낮은 1~2월에 가장 높은 값을 나타내었다. 지점별로는 지점 A가 평균 10.9 mg/L로 가장 높은 DO농도를 나타내었는데, 지점 A의 수온이 전반적으로 낮아 산소의 용해도가 가장 높았기 때문으로 생각된다.

#### BOD, COD 및 SS

조사기간 중의 각 지점 별 BOD, COD, SS 조사결과와 지점 별 평균값을 Table 2에 조사시기별 변동을 Fig. 3에 나타내었다.

청정지역인 A, D, E 지점은 대체적으로 BOD 1 mg/L, COD 2 mg/L, SS 4mg/L 이하로 세 항목 모두 일정하게 낮은 값을 유지하고 있었다. Table 2에서와 같이 산성마을의 B, C 지점은 BOD 평균이 각각 3.7, 4.0 mg/L, COD 평균이 각각 5.8, 4.8 mg/L, SS 평균이 7.8, 6.2 mg/L로, 비교적 높은 값을 나타내었으나, Fig. 3과 같이 시간이 지남에 따라서 점차 수질이 개선되는 경향을 나타내었다. 이것은 2004년 하절기부터 B, C 지점의 마을하수도가 본격적으로 가동됨에 따른 것으로 생각되는데, 이러한 영향으로 2005년 하반기에는 B, C

지점의 수질이 BOD는 2.0, COD는 3.0, SS는 4.0 mg/L 내외로 안정되어 청정한 지역인 A, D, E 지점과 점차 유사하게 접근하는 양상을 나타내었다(Fig. 3).

2005년 2월 E지점에서는 BOD, COD 및 특히 SS가 상승하는 경향을 보이고 있는데 이는 이 시기에 대천천 하류의 하천 정비공사를 실시하여 토사가 지속적으로 유출되어 하천이 오염되었기 때문이다.

#### 전기전도도 및 총질소, 총인

조사기간 중의 각 지점 별 전기전도도, 총질소, 총인 조사결과와 지점별 평균값을 Table 2에 조사시기별 변동을 Fig. 4에 나타내었다.

전기전도도는 B, C 지점에서는 각각 평균 169, 170  $\mu\text{s}/\text{cm}$ 로 비교적 높은 값을 나타내었고, A지점에서는 평균 34  $\mu\text{s}/\text{cm}$ 로 가장 낮은 값을 나타내었으며(Table 2), 조사시기에 따라서 큰 변동을 나타내지는 않았다(Fig. 4).

총질소는 B, C 지점에서 각각 평균 2.746, 2.617 mg/L로 비교적 높은 값을 나타내었고 A지점에서 평균 0.871 mg/L로 가장 낮은 값을 나타내었다(Table 2).

총인은 B, C 지점에서 각각 평균 0.161, 0.176 mg/L로 비교적 높은 값을 나타내었고, A 지점에서 평균 0.036 mg/L로 가장 낮은 값을 나타내었다(Table 2).

BOD, COD, SS와 달리 총질소와 총인은 조사 기간 중에 큰 변화를 보이지 않았다(Fig. 4). 이는 총질소와 총인의 경우 생활하수 뿐 아니라 인근 농경지의 비료 투입이나 산림 등에서의 비점오염원 부하의 기여도 크고, 마을하수처리장의 총 질소, 총인 제거능력에도 어느 정도 한계가 있기 때문인 것으로 생각된다.

#### Chlorophyll-a

각 조사지점의 하천수 및 부착조류에 대하여 각각 Chl-a 분석을 실시하여 지점별 평균값을 Table 2에 조사시기별 변동을 Fig. 5에 나타내었다.

하천수의 Chl-a는 A지점에서 평균 0.8 mg/L로 가장 낮은 값을 나타내었고, B, C 지점에서 평균 3.5, 4.9 mg/m<sup>3</sup>으로 비교적 높은 값을 나타내었다(Table 2). 또한 A, D, E 지점의 경우는 조사기간 중 큰 변동이 없었으나 B, C지점은 많은 변동을 보였다(Fig. 5). 대천천 하천수의 Chl-a는 대체적으로 하천바닥의 부착조류가 물의 흐름에 의해 떨어져 나온 양에 따라 달라

Table 2. Water quality(average) of sampling sites

Items	Sites	A	B	C	D	E
Water temperature (°C)		12	16	16	16	18
pH		6.9	7.1	7.4	7.3	7.2
DO(mg/L)		10.9	9.4	10.0	10.2	10.1
BOD(mg/L)		0.7	3.7	4.0	0.6	0.9
COD(mg/L)		1.4	5.8	4.8	1.4	1.8
SS(mg/L)		3.2	7.8	6.2	1.4	4.3
Conductivity (μs/cm)		34	169	170	124	142
TN (mg/L)		0.871	2.746	2.617	1.873	2.292
TP (mg/L)		0.036	0.161	0.176	0.078	0.070
Chl-a(mg/m <sup>3</sup> )		0.8	3.5	4.9	1.1	2.0
Chl-a in attached algae (mg/m <sup>3</sup> )		2.5	39.9	26.5	4.3	47.1

지는 경우가 많은데 Fig. 5에서 살펴보면 B, C 지점의 하천수와 부착조류 Chl-a 변동특성이 다소 유사한 것을 볼 수 있다.

하천 바닥의 부착조류를 Chl-a 농도로 정량 분석한 결과 A와 D지역에서는 각각 평균 2.5, 4.3 mg/m<sup>3</sup>의 낮은 값을 나타내고 있으나 B, C, E 지점에서는 각각 평균 39.9, 26.5, 47.1 mg/m<sup>3</sup> 이상의 높은 값을 나타내고 있었다(Table 2). A와 D지역은 BOD, COD와 영양염류 등의 농도가 낮고 수풀이 우거져 있어 햇빛이 잘 들지 않기 때문에 부착조류의 생장이 다른 지역에 비해 매우 낮은 것으로 생각되며, B, C, E 지점은 태양광

에 노출되어 있어 광합성 작용이 활발하기 때문인 것으로 생각된다. 월별 변화는 Fig. 5에서와 같이 A, D 지점은 조사기간에 따라 비교적 일정한 부착조류량을 나타내고 있으나, B, C 지역은 시간에 따라 대체적으로 감소 경향을 보이고 있다. E 지점은 2005년 2월에 한차례 부착조류의 chl-a 값이 감소하였고 이후 다시 증가하였는데 이는 2005년 2월에 대천천 하천정비공사로 인해 하상이 세굴되어 부착조류 등이 물리적으로 제거되고 또한 하류에 많은 양의 탁수가 발생하여 광합성이 제한되어 부착조류량이 감소하였기 때문이다.

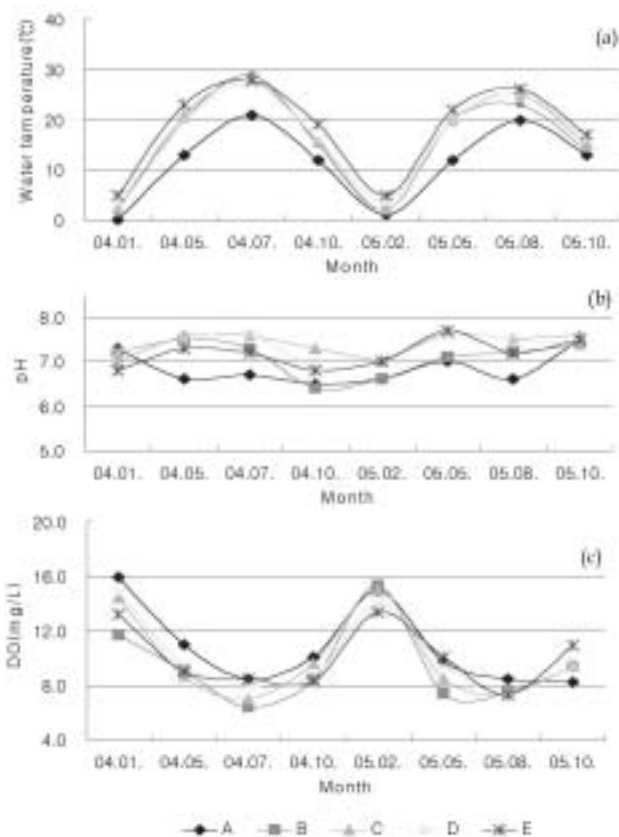


Fig. 2. Water temperature(a) pH(b) and DO(c) variation.

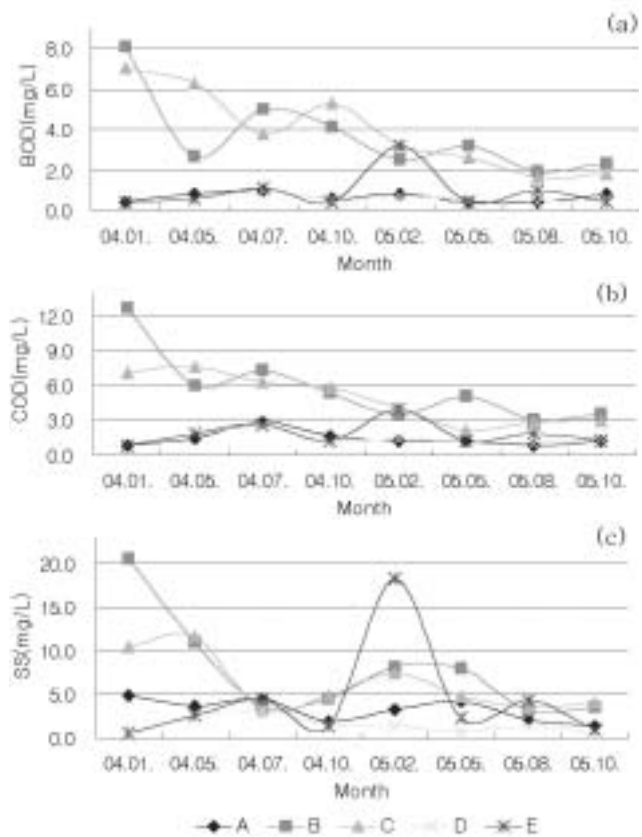


Fig. 3. BOD(a), COD(b) SS(c) variation.

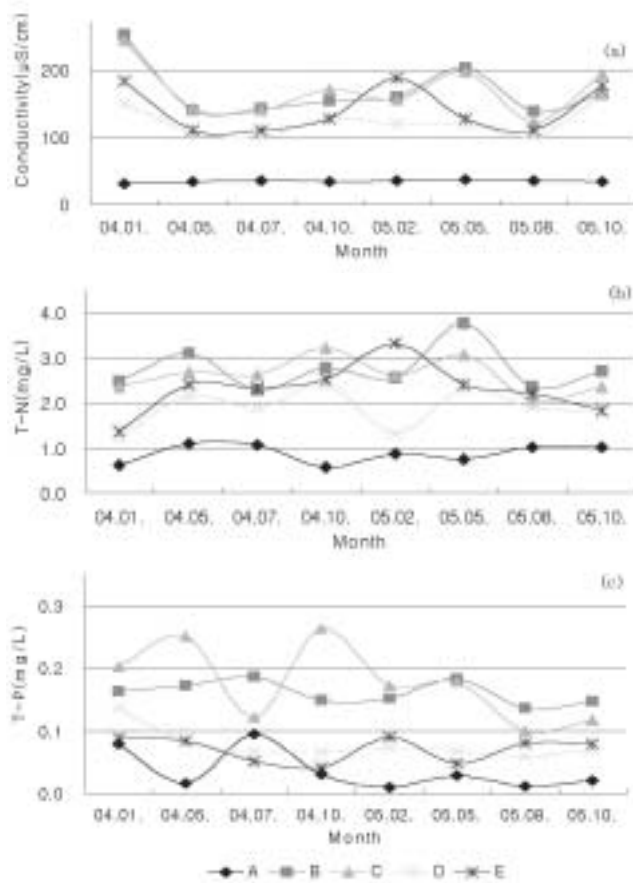


Fig. 4. Conductivity(a), T-N(b) T-P(c) variation.

저서성 대형무척추동물 군집 특성

주요 분류군별 개체수 및 종수 현황

주요 분류군 별 개체수와 종수 현황은 Table 3, 4와 같다. 조사기간 동안 총 48종 11764개체가 조사되었으며 곤충강이 개체수로는 전체의 90.7%, 종수로는 전체의 83.3%를 차지하여 가장 큰 분포를 나타내었다(Table 3).

저서성대형무척추동물 중 가장 큰 분포를 보였던 곤충강의 목별 분포를 살펴보면 Table 4와 같다. 총 40종 10674개체가 조사되었으며, 개체수는 파리목이 8497개체로 전체 곤충강 개체수의 79.5%로 가장 많았으며, 종수는 하루살이목이 13종으로 전체 곤충강 종수의 32.5%를 차지하여 가장 다양한 종수를 나타내었다. 파리목의 개체수가 많은 것은 전 지점에 걸쳐 많

Table 3. Relative abundance of macroinvertebrate taxa

Macroinvertebrate taxa		No. of individuals(%)	No. of species(%)
Total		11,764	48
Platyhelminthes	Turbellaria	18(0.2)	1(2.1)
Annelida	Oligochaeta	628(5.3)	1(2.1)
	Hirudinea	124(1.1)	2(4.2)
Mollusca	Gastropoda	154(1.3)	2(4.2)
	Crustacea	166(1.4)	2(4.2)
Arthropoda	Insecta	10,674(90.7)	40(83.3)

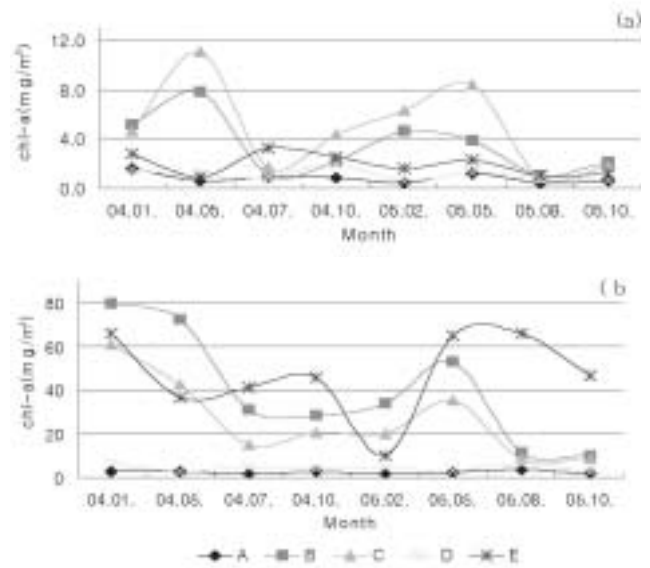


Fig. 5. Chl-a variation. (a) In water (b) In attached algae

은 수의 개체수가 서식하는 이유도 있지만, 특히 오염 수역인 B, C지점에서 겨울이나 봄의 건조한 시기에 붉은색의 깔따구 (*Chironomus sp 1*)가 대규모로 번식하는 경우가 종종 있었기 때문이다.

조사지점 별 개체수 및 종수

조사기간동안 조사된 각 지점별 저서성대형무척추동물의 총 개체수 및 총종수 현황을 Fig. 6에 나타내었다. 총개체수는 B 지점에서 5326개체로 가장 많았으며 A지점에서 629개체로 가장 작았다. 총종수는 A지점에서 34종으로 가장 많았으며 C 지점에서 14종으로 가장 작은 종수를 나타내었다.

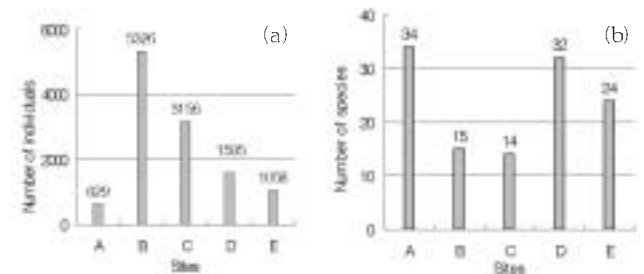


Fig. 6. Relative abundance of insect individuals(a) and species(b).

Table 4. Relative abundance of insect taxa in Daecheon stream

Insect	No. of individuals (%)	No. of species (%)
Total	10,674	40
Collembola	9(0.1)	2(5.0)
Ephemeroptera	1,870(17.5)	13(32.5)
Odonata	28(0.3)	2(5.0)
Plecoptera	73(0.7)	3(7.5)
Hemiptera	1(0.0)	1(2.5)
Megaloptera	2(0.0)	1(2.5)
Coeloptera	9(0.1)	3(7.5)
Diptera	8,487(79.5)	7(17.5)
Trichoptera	195(1.8)	8(20.0)

## 조사지점별 우점종 및 아우점종

각 조사 지점별 및 조사시기별로 저서성 대형무척추동물의 우점종 및 아우점종을 Table 5에 나타내었고 대천천 수계의 주요 저서성 대형무척추동물 출현종의 사진을 Fig. 7에 나타내었다.

A지점은 주로 I ~ II급수 등 청정수에서 주로 서식하는 옆새우(*Gammarus* sp.)와 깔따구 sp.2 (*Chironomus* sp.2) 등의 생물이 우점하였으며, 특히 I급수의 지표종인 플라나리아류(*Phagocata vivida*)도 상당수 관찰되는 등 전형적인 청정한

계곡수의 특징을 나타내었다. B와 C지점은 V급수 이하의 고도의 오염수에서 주로 서식하는 붉은색 깔따구(*Chironomus* sp.1)와 실지렁이(*Brenchiura sowerbyi*) 등이 우점하여 오염수역의 특징을 나타내었다. 그러나 C 지점은 III급수에 주로 서식하는 꼬마하루살이속(*Baetis nla*)의 생물도 자주 우점하여 때때로 개선된 수질이 나타나는 등 채수시기에 따라 우점종의 변화가 비교적 심하였다. D 지점은 II급수 정도의 청정수에서 주로 서식하는 흰색 깔따구(*Chironomus* sp.2)와 III급수에 주

Table 5. Dominant species and subdominant species in Daecheon stream

Sites	Month	Dominant species	Subdominant species
A	2004.01.	<i>Gammarus</i> sp.	<i>Ephemera strigata</i>
	2004.05.	<i>Gammarus</i> sp.	<i>Phagocata vivida</i>
	2004.07.	<i>Ephemera strigata</i>	<i>Davidius lunatus</i>
	2004.10.	<i>Gammarus</i> sp.	<i>Ephemera strigata</i>
	2005.02.	<i>Chironomus</i> sp.2	<i>Gammarus</i> sp.
	2005.05.	<i>Chironomus</i> sp.2	<i>Ephemera strigata</i>
	2005.08.	<i>Chironomus</i> sp.2	<i>Gammarus</i> sp.
	2005.10.	<i>Gammarus</i> sp.	<i>Chironomus</i> sp.2
B	2004.01.	<i>Chironomus</i> sp.1	<i>Chironomus</i> sp.2
	2004.05.	<i>Chironomus</i> sp.1	<i>Glossiphonia complanata</i>
	2004.07.	<i>Chironomus</i> sp.1	<i>Baetis</i> sp.1
	2004.10.	<i>Chironomus</i> sp.2	<i>Chironomus</i> sp.1
	2005.02.	<i>Chironomus</i> sp.1	<i>Brenchiura sowerbyi</i>
	2005.05.	<i>Chironomus</i> sp.1	<i>Glossiphonia complanata</i>
	2005.08.	<i>Brenchiura sowerbyi</i>	<i>Baetis nla</i>
	2005.10.	<i>Chironomus</i> sp.2	<i>Chironomus</i> sp.1
C	2004.01.	<i>Chironomus</i> sp.1	<i>tipula</i> sp
	2004.05.	<i>Baetis nla</i>	<i>Chironomus</i> sp.1
	2004.07.	<i>Baetis nla</i>	<i>Brenchiura sowerbyi</i>
	2004.10.	<i>Chironomus</i> sp.2	<i>tipula</i> sp
	2005.02.	<i>Brenchiura sowerbyi</i>	<i>Chironomus</i> sp.1
	2005.05.	<i>Chironomus</i> sp.1	<i>Brenchiura sowerbyi</i>
	2005.08.	<i>Baetis nla</i>	<i>Chironomus</i> sp.2
	2005.10.	<i>Chironomus</i> sp.1	<i>Baetis nla</i>

Table 5. Continued

Sites	Month	Dominant species	Subdominant species
D	2004.01.	<i>Chironomus</i> sp.2	<i>Hydropsyche</i> Kua
	2004.05.	<i>Chironomus</i> sp.2	<i>Chironomus</i> sp.3
	2004.07.	<i>Chironomus</i> sp.2	<i>Chironomus</i> sp.3
	2004.10.	<i>Paraleptophlebia</i> <i>chocorata</i>	<i>Chironomus</i> sp.2
	2005.02.	<i>Chironomus</i> sp.2	<i>Chironomus</i> sp.3
	2005.05.	<i>Chironomus</i> sp.2	<i>Baetis</i> <i>nla</i>
	2005.08.	<i>Baetis</i> <i>nla</i>	<i>Chironomus</i> sp.2
	2005.10.	<i>Baetis</i> <i>nla</i>	<i>Ecdyonurus</i> <i>Kub</i>
E	2004.01.	<i>Chironomus</i> sp.2	<i>Antocha</i> <i>Kua</i>
	2004.05.	<i>Baetis</i> <i>nla</i>	<i>Chironomus</i> sp.2
	2004.07.	<i>Chironomus</i> sp.2	<i>Paraleptophlebia</i> <i>chocorata</i>
	2004.10.	<i>Brenchiura</i> <i>sowerbyi</i>	<i>Chironomus</i> sp.2
	2005.02.	<i>Chironomus</i> sp.1	<i>Chironomus</i> sp.2
	2005.05.	<i>Chironomus</i> sp.2	<i>Paraleptophlebia</i> <i>chocorata</i>
	2005.08.	<i>Chironomus</i> sp.2	<i>Baetis</i> <i>nla</i>
	2005.10.	<i>Chironomus</i> sp.3	<i>Chironomus</i> sp.2

로 서식하는 꼬마하루살이속(*Baetis nla*)의 생물이 자주 우점하였다. E지점도 흰색 깔따구(*Chironomus* sp.2)가 주로 우점하여 II급수 정도의 청정한 수질을 나타내었으나, 때때로 V급수 이하의 물에서 주로 서식하는 붉은색 깔따구(*Chironomus* sp.1)와 실지렁이(*Brenchiura sowerbyi*) 등도 빈번히 출현하

여 대천천 하류 지점(E지점)의 생활하수 등에 의한 간헐적인 오염 현상을 추측케 하였다.

종다양성지수 및 우점도지수 변화

각 지점별 종다양성지수와 우점도지수의 평균값을 Fig. 8에

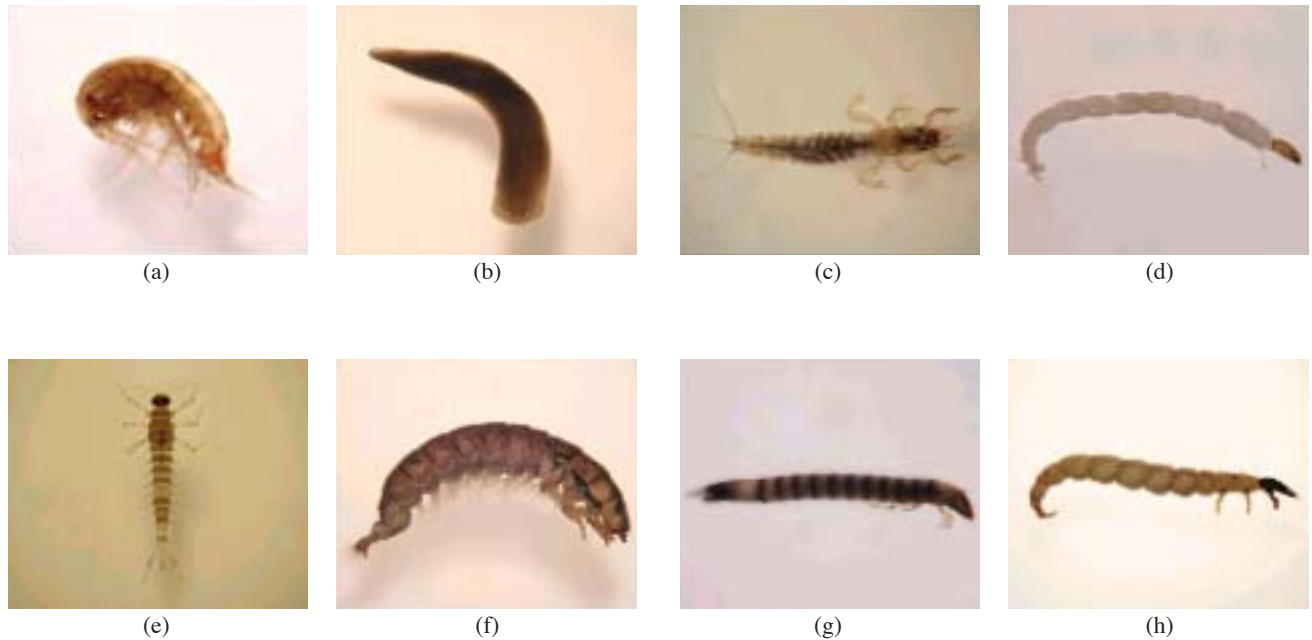


Fig. 7. Macroinvertebrates of Daecheon stream.

- (a) *Gammarus* sp. (b) *Phagocata* *vivida* (c) *Ephemera* *strigata* (d) *Chironomus* sp.2
- (e) *Baetis* *nla* (f) *Hydropsyche* *Kua* (g) *Elmidae* sp. (h) *Rhyacophila* *KUa*



Fig. 7. Continued  
 (i) *Epeorus latifolium* (j) *Ecdyonurus levis* (k) *Chironomus* sp.1 (l) *Psephenoides* Kua

나타내었다.

종다양성지수는 A지점이 0.85로 가장 높았으며 B지점이 0.30으로 가장 낮은 값을 나타내었다. 우점도지수는 B지점이 0.90으로 가장 높았으며 A지점이 0.52로 가장 낮은 값을 나타내었다. 하천이 오염되면 생물군집의 형태는 생물다양성 감소, 우점도 증가의 방향으로 변하는데, 이러한 측면에서 A지점의 생태계가 수질오염의 측면에서 가장 양호한 것으로 평가할 수 있으며, B와 C지점은 비교적 수질이 악화되어 있는 것으로 생각될 수 있다. D지점과 E지점은 이화학적인 분석결과 아주 유사한 수질을 나타내었으나 종다양성 및 우점도 지수 분석 결과 D지점이 E지점보다 종다양성지수가 더 높고 우점도 지수가 더 낮아 생태학적으로 더욱 안정된 생태계를 유지하고 있는 것으로 조사되었다.

조사기간 중의 월별 종다양성지수와 우점도지수의 변화는 Fig. 9에 나타내었다. 종다양성지수는 A, D 지점에서는 조사기간에 따라 큰 변동이 없이 비교적 일정한 값을 나타내고 있으나 B, C지점에서는 다소 큰 변동을 보이고 있어 이 지점의 수계가 조사시기에 따라 다양하고 변동이 심한 오염부하에 노출되고 있다는 것을 간접적으로 나타내고 있었다. 특히 B지점의 2004년 5월, 2005년 5월과 C지점의 2004년 1월의 종다양성 지수는 거의 0에 가까운 아주 낮은 값을 나타내었는데, 이때에 붉은색 깔따구 (*Chironomus* sp.1)가 급격하게 증식하였기 때문이다. 대체적으로 산성마을의 B, C 지점에서는 건조기에 수질오염부하가 증가될 경우 붉은색 깔따구의 개체수가 급격하게 증가하는 특성을 보였다.

또한 E지점의 종다양성지수는 2004년도에는 일정하게 안정된 값을 보이고 있으나 2005년 상반기에는 급격하게 감소하고 있다. 이는 이 시기에 대천천 하류구간에 하천정비공사가 시행되어 대천천 하류구간이 하상 세굴 등으로 인하여 잠시 동안 하천 바닥의 생태계가 파괴되고 토사가 유출되어 수질 오염이 심하였기 때문이다.

우점도지수는 각 지점별로 종다양성지수만큼 큰 변동은 나타나지 않았으나 A지점에서는 조사기간에 따른 어느 정도의 변동을 나타내고 있다. A지점은 수역의 규모가 작아 낙엽의

유무나 유량 등에 따라 옆새우, 무늬하루살이 등의 개체수가 변동하는 경향이 커 이러한 결과가 나타났다.

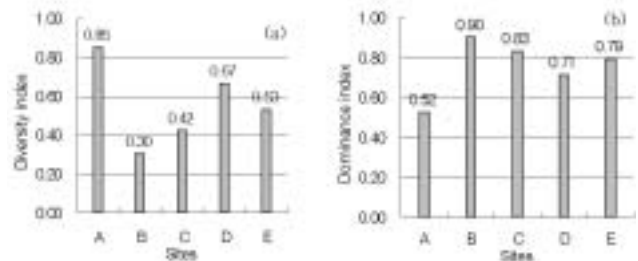


Fig. 8. Diversity index(a) and dominance index(b).

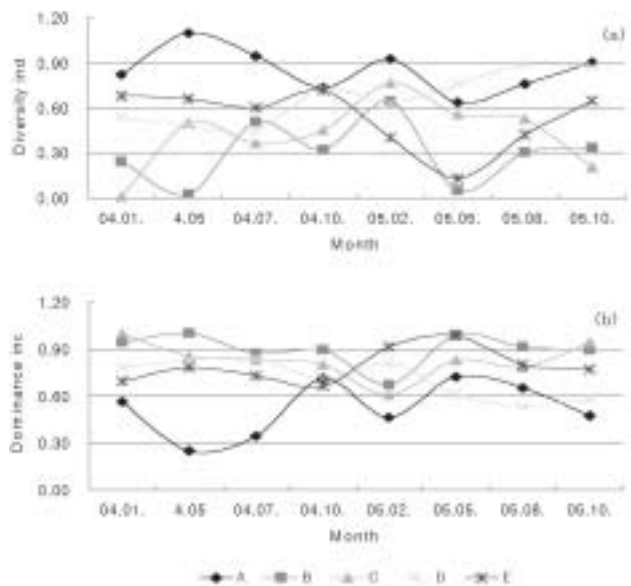


Fig. 9. Diversity index(a) and dominance index(b) variation.



**지점별 수질등급 및 군오염지수(GPI, Group Pollution Index) 변화**

윤(1995)에 따라 지표종 별 계급치를 구하여 지점별로 수질 등급을 구분하고, 또한 군오염지수(GPI)를 구하여 Table 6과 Fig. 10에 나타내었다. I~V등급은 각각 고도의 청정수, 청정수, 다소의 오염수, 오염수, 고도의 오염수를 의미한다. 군오염지수(GPI)는 윤(1995)에 의해 제시된 것으로 0~4 사이의 수치로 나타나며 수치가 낮을수록 수질은 청정하고 오염이 덜 되었음을 나타낸다.

A지점은 조사기간 동안 지속적으로 I등급의 청정한 수질을 유지하였고, B, C지점은 2004년도에는 주로 III~V등급의 수질을 나타내었으나 2005년도에는 점차 II등급의 양호한 수질을 나타내었다. D지점도 2004년에는 II등급 정도의 수질을 나타내었으나 2005년에는 대체적으로 I등급의 개선된 수질을 나타내었다. E지점은 II등급의 수질을 나타내었으나 2005년

2월에는 하천정비공사의 영향으로 V등급의 악화된 수질을 나타내었다. 계급치에 의한 수질등급 구별 결과 대체적으로 B, C, D 지점의 수질 개선 경향을 확인할 수 있었다(Table 6).

군오염지수는 A지점이 평균 0.78로 가장 낮았으며 B지점이 2.17로 가장 높은 값을 나타내었다. A와 D지점의 군오염지수의 월별 변동은 비교적 일정하게 낮은 경향을 나타내, 안정적인 수질을 나타내고 있었으며 B와 C지점은 비교적 높은 군오염지수를 나타내었으나 시간에 따라 점차 낮아지는 경향을 보여 수질개선현상을 나타내었다. E지점은 2005년 2월에 하천정비공사의 영향으로 일시적으로 군오염지수가 상승하는 모습을 나타내었다(Fig. 10)

**이화학적 수질과의 관계**

이화학적 수질과 생태학적 수질의 상관관계를 조사기간 동안의 40개의 자료를 이용하여 분석하였다(Fig. 11). BOD와 군오

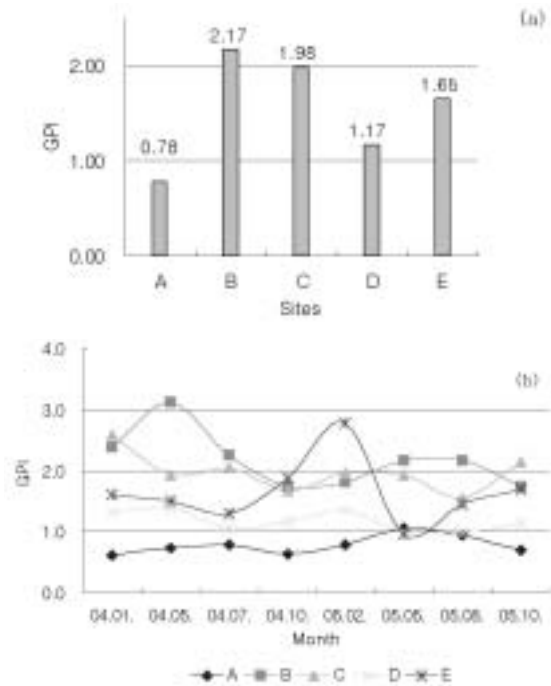


Fig. 10. GPI in Daechon stream. (a) GPI Average of each site (b) GPI Variations of each site.

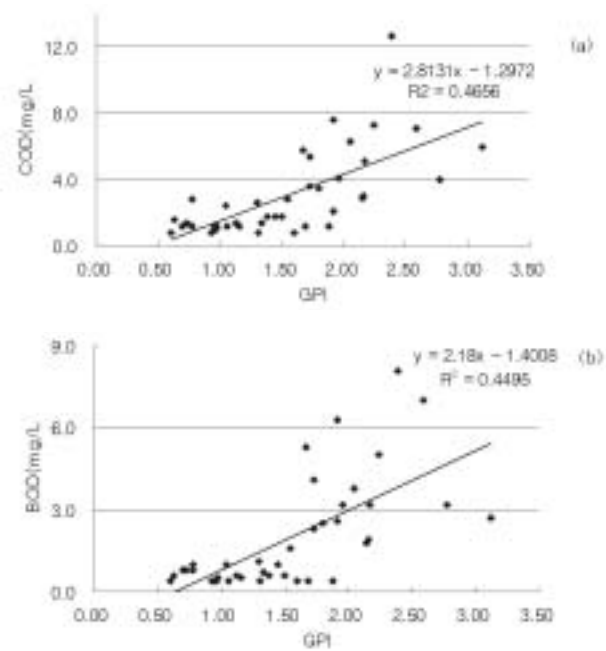


Fig. 11. Correlation of COD, BOD and GPI in Daechon stream. (a) COD and GPI, (b) BOD and GPI

Table 6. Water quality grade in Daechon stream

Items \ Sites	A	B	C	D	E
04.01.	I	V	V	II	II
04.05.	I	V	III	II	II
04.07.	I	IV	III	II	II
04.10.	I	II	II	I	II
05.02.	I	II	II	II	1.8
05.05.	I	IV	II	I	II
05.08.	I	III	II	I	II
05.10.	I	II	V	I	II

염지수의 경우  $R^2$ 은 0.4656, COD와 군오염지수의 경우  $R^2$ 은 0.4495로 나타났다. 어느 정도 정의 상관관계가 있어 양 수질 지표간의 관련성을 추측할 수 있었으나, 보다 큰 상관관계가 나타나지 않은 것은 양 지표가 각각 내재하고 있는 정보가 다른 점, 즉 이화학적 수질조사의 경우 채수 당시의 수질에 대한 단편적인 정보를 제공하나 생물학적인 수질조사는 어떤 수역의 수질을 종합적이고 평균적으로 반영하는 경향이 있기 때문이다.

## 결 론

1. 본 연구는 부산시 대천천의 하천생태계의 현황과 변화양상을 이화학적 및 생태학적으로 분석하여 하천환경의 복원 현황과 소하천의 수질평가에 있어 생태학적인 지표의 활용가능성을 검토하고자 하천 구간별 5개 지점에 대해 2004~2005년간, 8회 조사를 실시하였다.

2. 대천천의 각 지점별 이화학적 수질 변화를 조사한 결과, 상류의 B지점(공해마을 하류)과 C지점(금성교)는 BOD, COD, SS 등의 지표를 중심으로 수질이 점차 양호해지는 경향을 나타내었다.

3. 대천천 각 지점별 저서성 대형무척추동물의 분포를 조사한 결과, 조사기간 동안 총 48종 11,764개체가 조사되었으며 곤충강이 개체수로는 전체의 90.7%, 종 수로는 전체의 83.3%를 차지하여 가장 큰 분포를 나타내었다. 곤충강 중에서는 파리목이 8,497개체로 전체 곤충강 개체수의 79.5%로 가장 많았으며, 종수는 하루살이목이 13종으로 전체 곤충강 종수의 32.5%를 차지하여 가장 다양한 종수를 나타내었다.

4. 조사기간동안 조사된 각 지점별 저서성대형무척추동물의 총개체수는 B지점에서 5326개체로 가장 많았으며 A지점(공해마을 상류)에서 629개체로 가장 작았다. 총종수는 A지점에서 34종으로 가장 많았으며 C지점에서 14종으로 가장 작았다.

5. 각 조사 지점별 저서성대형무척추동물의 우점종 및 아우점종을 조사하였다. A지점은 주로 I~II급수 등 청정수에서 주로 서식하는 옆새우(*Gammarus* sp.)와 깔따구 sp2(*Chironomus* sp.2) 등의 생물이 우점하였으며, B와 C지점은 V급수 이하의 고도의 오염수에서 주로 서식하는 붉은색 깔따구(*Chironomus* sp.1)와 실지렁이(*Brenchiura sowerbyi*) 등이 우점하였다. D 지점(애기소 지점)은 II급수 정도의 청정수에서 주로 서식하는 흰색 깔따구(*Chironomus* sp.2)와 III급수에 주로 서식하는 꼬마하루살이속(*Baetis nla*)의 생물이 자주 우점하였다. E지점(경남아파트 앞)도 흰색 깔따구(*Chironomus* sp.2)가 주로 우점하여 II급수 정도의 청정한 수질을 나타내었으나, 때때로 V급수 이하의 물에서 주로 서식하는 붉은색 깔따구(*Chironomus* sp.1)와 실지렁이

(*Brenchiura sowerbyi*) 등도 빈번히 출현하였다.

6. 각 지점별 종다양성지수와 우점도지수를 구하였는데 종다양성지수는 A지점이 0.85로 가장 높았으며 B지점이 0.30으로 가장 낮은 값을 나타내었다.

7. 윤(1995)에 따라 지표종 별 계급치를 구하여 수질등급을 구분하고, 또한 군오염지수(GPI)를 구하였다. A지점은 조사기간 동안 지속적으로 I등급의 청정한 수질을 유지하였고, B, C지점은 2004년도에는 주로 III~V등급의 수질을 나타내었으나 2005년도에는 점차 II등급의 양호한 수질을 나타내었다. D지점도 2004년에는 II등급 정도의 수질을 나타내었으나 2005년에는 대체적으로 I등급의 개선된 수질을 나타내었다. E지점은 II등급의 수질을 나타내었다.

8. 군오염지수는 A지점이 평균 0.78로 가장 낮았으며 B지점이 2.17로 가장 높은 값을 나타내었다. A와 D지점의 군오염지수의 월별 변동은 비교적 일정하게 낮은 경향을 나타내, 안정적인 수질을 나타내고 있었으며 B와 C지점은 비교적 높은 군오염도지수를 나타내었으나 시간에 따라 점차 낮아지는 경향을 보여 수질개선현상을 나타내었다.

9. 부산광역시 대천천에 대한 이화학적 및 생태학적 조사결과 2004년 이후 하천 환경을 개선하기 위한 꾸준한 노력이 어느 정도 성과를 나타내고 있는 것으로 보여진다. 또한 수계 환경에 대해서 이화학적 조사가 제시하지 못하는 많은 정보를 생태학적인 조사를 통해 얻을 수 있는 점 등에 비추어 수계 환경의 이해를 위해서는 생태학적인 조사방식의 활용이 많은 기여를 할 것으로 생각된다.

## 참 고 문 헌

- 강다형, 전태수, 박영석, 1995. 수영강의 수영천 및 석대천의 저서성 대형무척추동물의 부수성에 따른 월별군집 변이. 한국생태학회지 18(1) : 157-177.
- 국립환경연구원, 2002. 제 2차 전국자연환경조사 지침. 환경부.
- 권오길, 박갑만, 이준산, 1993. 원색한국패류도감. 아카데미서적.
- 김기현, 2003. 청정 및 오염 정도가 낮은 하천의 저서성대형무척추동물 군집 유형화 및 생물학적 수질 평가. 부산대학교 석사학위 논문.
- 박지은, 2005. 오염 정도에 따른 하천의 저서성 대형무척추동물군집의 유형화 및 생물학적 수질 평가. 부산대학교 석사학위 논문.
- 부산광역시, 2003. 부산자연환경조사 및 관리시스템 개발 (2차년도). 부산광역시.

7. 서울특별시보건환경연구원, 2002. 한강지류천 생태계 조사연구 IV. 서울특별시보건환경연구원.
8. 서울특별시보건환경연구원, 2003. 서울특별시보건환경연구원 보 제39호. 서울특별시보건환경연구원.
9. 송미영, 2002. 도시오염하천의 서식처에 따른 저서성대형 무척추동물의 군집변이. 부산대학교 석사학위 논문.
10. 오용남, 전태수, 1993. 배내천 종류의 저서성 대형 무척추 동물에 대한 연구. 한국생태학회지. 16(4):489-499
11. 윤일병, 1988. 한국동식물도감. 제 30권. 동물편(수서곤충류). 문교부
12. 윤일병, 공동수, 원두희, 1992. 금호강 수계 저서성대형무척추동물 군집의 시공간적 분포. 한국육수학회지, 25(3):167-175.
13. 윤일병, 1995. 수서곤충검색도설. 정행사. 262pp.
14. 전태수, 권태성, 1991. 수영강의 저서성대형무척추동물에 관한 생태학적 연구. 한국육수 학회지. 24(3) : 165-178.
15. 정평림, 2003. 한국의 담수패류., 연학사. 284pp.
16. 조현덕, 2005. 산지하천의 저서성대형무척추동물 군집구조 분석 및 유형화. 부산대학교 석사학위 논문.
17. 주기재, 박성배, 김현우, 하경, 김맹기, 1995. 금정산 생태. 금정. 314pp.
18. 한일해협연안시도환경기술교류협의회, 2000. 하천수질 생물검정공동조사보고서. 268pp.
19. 환경부, 1998. 수질오염공정시험방법. 환경부 고시 제 98-146호.
20. Barry, B. J. F. and C. Kilroy, 2000. Stream Periphyton Monitoring Manual. NIWA, Christchurch. 120pp.
21. Hauer, F. R. and G. A. Lamberti, 1996. Methods in Stream Ecology. Academic press.
22. Hellawell, J. M., 1986. Biological Indicators of Freshwater Pollution and Environmental Management. Elsevier, London and New York. 546pp.
23. Dennis, M. L., 1979. How to Know Aquatic Insects. WCB/MaGraw-Hill. 168pp.
24. James, H. Thorp, P. C. Alan, 2001. Ecology and Classification of North American Freshwater Invertebrates, 2nd. ed. Academic press. 1056pp.
25. McNaughton, S. J., 1967. Relationship among functional properties of califonia grassland. nature 216:168-169.
26. Merritt, R. W. and K. W. Cummins, 1996. An Introduction to the Aquatic Insects of North America. 3rd. ed. Kendall/Hunt Publ. Co. 862pp.
27. Pielou, E. C., 1977. Mathematical Ecology. John Wiley & Sons, New York. 385pp.
28. Tittizer, T.T. and P. Kothe, 1979. Possibility and limitations of biological methods of water analysis. In James A. and L. Evison(eds), Biological Indicators of Water Quality. John Wiley & Sons, Chichester, Great Britain. pp. 1-21.