

부산시 주요 하천의 다양한 미소서식처에 대한 저서성대형무척추동물 군집 특성 연구 - 대천천을 중심으로 -

임용승[†] · 이소림 · 권기원 · 빈재훈 · 박호국
환경조사과

Study on Benthic Macroinvertebrates Community at Daecheon Stream

Yong-Seung Lim[†], So-Lim Lee, Ki-Won Kwon, Jae-Hun Bin and Ho-Kuk Park
Environmental Research Division

Abstract

The study was carried out to investigate the variation of physicochemical parameters and benthic macroinvertebrates community in three sites - upperstream (Gonghae village), midstream (Aegi-So), downstream (Gyeongnam apartment) - located at Daecheon stream in Busan from January to November in 2008. BOD showed the 1st grade of water quality with average 0.1~0.7 mg/L at the all sites, but T-P and T-N showed rather higher in the downstream than in the upperstream. The benthic macroinvertebrates were composed of 71 species, 36 families, 15 orders, 5 class, 4 phyla. Dominant species (*Chironomidae* sp.) ranged 25~92%, subdominant species ranged 2~24%, Diversity index (H') 0.68~3.49, Dominance index (DI) 0.50~0.94, Group pollution index (GPI) ranged 1.00~1.50 with the 1st~2nd grade of the biological order. H' and GPI had positive correlation with BOD variation, but DI had negative correlation with BOD variation. The correlation number between H' , DI and Chlorophyll-a were -0.842, 0.814 respectively. The correlation number between H' , DI and Total coliforms were 0.713, 0.664 respectively. But the other physicochemical items had less interrelationship with H' , DI than chlorophyll-a.

Key Words : Diversity index (H'), Dominance index (DI), Group pollution index (GPI)

서론

대천천의 유역면적은 16.63 Km²이고 유로연장은 약 8.03 Km인 지방2급 하천으로 부산시 북구 화명동을 흐르는 산지 및 도시하천으로서, 수원은 북구 화명동, 만덕동과 금정구 금성동 경계에 위치한 상학산에서 발원해서 금정산성 서문 부근에서 용두소하천과 합류하여 낙동강으로 유입되는 하천으로, 빼어난 절경과 맑고 차가운 수질로 인해 부산의 많은 시민들로부터 관심을 받고 있다. 특히 타 도시하천에서 볼 수 없는 많은 저서성 대형무척추동물들이 분포하고 있어 생태학적으로 중요성이 높게 평가가 되고 있는 곳이다^{1,2)}.

그러나 이러한 대천천도 하천 상류에 주택과 음식점 등 많은 오염원이 위치해 있어 하수와 축산폐수 등으로 오염

되어 있었으나, 마을하수도 설치공사를 통해 하수관정비, 마을하수처리장 가동, 대천천 주변지역 주민 및 대천천을 사랑하는 시민들의 참여로 하천 정화작업 수행에 따라 상류의 수질도 점차 개선되고 있는 중이다. 또한 대천천의 상·중류는 비교적 기온기가 급한 자연계곡으로 상류에서 오염된 하천수가 흘러내리는 동안 자정작용이 이루어지고 있고 주변 배후 녹지로부터 계곡수가 보충됨에 따라 점차 희석되어 수질이 개선되어, 중류의 애기소 지점에 이르러 상당한 정화된 수질을 보인다. 반면 하류는 완만한 지형으로 아파트 단지 등 주거지가 밀집된 공원하천 형태로 정비되어 있었으나 최근 하류 일부구간을 자연형 하천으로 복원하여 저서성대형무척추동물 등이 살 수 있는 서식처 조성, 친수성 및 친환경적인 하천복원이 진행되어지고 있다.

이러한 대천천 생태환경을 효과적으로 관리하기 위해서

[†] Corresponding author. E-mail:im3632528@korea.kr
Tel:+82-51-758-6123, Fax:+82-51-753-1424

는 하천의 이화학적 오염 여부 뿐 만 아니라 수생태계 특성에 대한 연구도 함께 수행되어야 한다. 생태하천은 단순한 수로기능 뿐만 아니라 하천생물과 이화학적 환경이 유기적으로 긴밀히 상호작용하고 있는 하나의 공동체로 평가되어야 하기 때문이다³⁻⁸⁾. 하지만 지금까지의 하천에 대한 수질조사는 연속적으로 흘러내리는 하천수질의 채수 당시의 수질만을 파악할 수 있고 수질의 계속적인 변화 및 넓은 지역 평가에는 적용시키기가 곤란해 하천을 종합적으로 이해하는데 미흡한 부분이 많은 실정이었다. 따라서 하천의 저서성 대형 무척추동물 조사를 통해서 그 하천의 수질을 종합적으로 평가하여 우리가 알 수 없었던 미지의 오염물질에 대한 존재가능성을 예측 가능하도록 하여야 한다.

저서성대형무척추동물이란 물속의 바닥이나 수초 주변에서 생활하는 생물 중 육안으로 식별이 가능하고 척추가 없는 동물을 말하며 플라나리아류, 날도래류, 하루살이류, 강도래류 등을 말한다⁹⁻¹³⁾. 저서성대형무척추동물은 종류가 매우 다양하고 환경조건에 다양하게 적응하고 있어 수질에 따라 출현하고 있는 종류가 서로 달라 그 종류 및 분포를 조사함으로써 수질을 평가하는 지표생물로 많은 연구가 되어지고 있다^{9,14,15)}.

한편 유럽을 중심으로 수질오염을 평가하는 수단으로 저서성대형무척추동물을 이용했으며, 일본, 독일 및 미국 등에서도 저서성대형무척추동물로 수질오염 정도와 수생태계 변화를 계속적으로 모니터링하는 생물지표적 조사방법이 사용되어지고 있다. 우리나라에서도 윤 등^{9,10,11)}을 시작으로 하여 생물학적 수질판정법이 정립되어 현재는 환경부에서 전국적으로 국가하천에 대해서 수생태 건강성 조사 및 평가체계가 구축되어지고 있는 중이다^{12,13)}.

따라서 본 연구는 부산의 대표적인 생태하천인 대천천을 대상으로 하여 이화학적 수질, 하천생태계의 먹이사슬에서 중요한 역할을 하고 있는 저서성대형무척추동물의 분류, 종조성 및 우점종 등의 군집특성 파악으로 대천천의 생물학적 가치를 평가함과 동시에 현재 활발하게 진행되고 있는 자연하천환경 복원 및 수환경의 생태학적 보전사업에 필요한 기초자료를 제공하고자 실시하였다.

연구방법

조사일시

본 조사는 대천천의 생태환경 변화 파악, 친수성 및 친환경 하천복원을 위한 기초자료를 제공하기 위해 2008년 1월부터 11월 초순까지 1년에 걸쳐 실시하였다.

1차 : 3월 31일 / 2차 : 6월 16일

3차 : 9월 26일 / 4차 : 11월 6일

조사지점

공해마을 상류(A), 대천천 중류의 애기소(B), 그리고 하류의 경남아파트 앞(C), 총 3개 지점에 대하여 수질 및 저서성대형무척추동물 등을 조사하였으며, 채수지점 및 채수지점의 하천환경 및 주변 환경 특성은 Fig. 1 및 Table 1에 나타내었다.

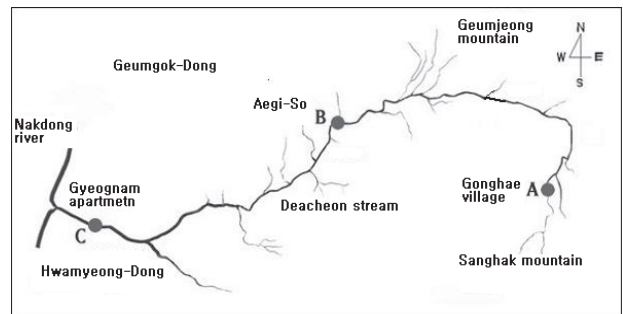


Fig. 1. Sampling sites(A~C) of Daecheon stream

A : Gonghae village, B : Aegi-So,
C : Gyeonnam apartment

조사방법

이화학적 조사

수온, pH, DO, 전기전도도는 현장에서 즉시 측정하였으며, BOD, COD, SS, 암모니아성질소, Chlorophyll-a, T-N, T-P, PO4-P, NO3-N, 총대장균군, 일반세균은 시료채취 후 즉시 실험실로 운반하여 수질오염공정시험기준¹⁶⁾에 따라 분석하였다.

Table 1. Stream characteristics of sampling sites

sites	Stream width(m)	Benthic structure(%) (B : C : P : G)*	Slope	Surroundings
A	1-2	3:7:11:79	Steep	Forest
B	4-7	1:17:22:60	Steep	Forest
C	6-10	0:22:16:62	Gentle	Urban district

* B: Boulder(>256mm), C: Cobble(64~256mm), P: Pebble(16~64mm), G: Gravel and Coarse sand(16mm<)

저서성대형무척추동물 종분류 및 분석

저서성대형무척추동물의 채집은 계류용 정량채집망인 Surber net (30×30cm, 망목 0.5 mm)을 사용하여 각 조사지점에서 가능한 한 미소서식처(riffle, run, pool)를 구분하여 3회씩 정량 채집하였다.

채집된 표본은 현장에서 10%포르말린으로 고정하였으며 실험실로 운반한 후 1차로 종별로 육안으로 분류(sorting)한 후 실체현미경으로 정밀하게 종 확인을 위해 70%에탄올에 보관하여 사용하였다³⁻⁶⁾. 저서성대형무척추동물의 군집특성을 파악하기 위해 지점 별로 개체수와 종수, 종다양성지수, 우점도지수를 비교하였으며 지점 별로 지표생물을 조사하였다. 종다양성지수는 Shannon-Wiener function(H')에 따라 산출하였으며 우점도지수는 McNaughton's dominant index(DI)를 이용하여 산출하였다. 지표종 및 지표군의 오락계급치(Group pollution index, GPI)는 윤 등^{9,12,13)}에 따랐다. 종 수준까지 분류가 어려운 종은 외부형태가 뚜렷히 구별되는 종을 대상으로 임의로 파나 속 수준에서 sp 1. 등의 형태로 표기하였다.

종다양성지수(H', Diversity index), $H' = -\sum(P_i \log P_i)$, $P_i = n_i/N$
 (여기서, N은 전체종수, n_i 는 i번째 종의 출현종 수)
 우점도지수(DI, Dominance index), $DI = (n_1 + n_2)/N$
 (여기서, N은 전체 개체수, n_1 과 n_2 는 각각 우점종, 아우점종 개체수)

통계프로그램(SPSS)을 사용한 상관성 분석

이화학적항목 분석값과 저서성대형무척추동물 군집 특

성값 간의 상관성분석은 SPSS(ver. 13) 통계프로그램을 사용하여 pearson 상관분석을 하였다.

결과 및 고찰

주변 환경 및 이화학적 수질 현황

저서성대형무척추동물의 군집 및 생태학적 특성, 주변 생활환경을 파악하기 위해서 채수지점에서의 하상 입도분석 및 이화학적 수질검사를 실시하였다.(Table 1. Table 2.) 대천천 상류 및 중류지점인 공해마을 및 애기소는 경사가 급하고 전형적인 산계곡의 특성을 보인 반면에 하류지점은 경사가 완만한 도심하천의 형태로 하천 폭 및 수량도 상류지점에서 하류로 갈수록 넓고 양이 많음을 보였다. 저서성대형무척추동물이 서식하고 있는 하상입도 구성도 채수지점 전지점이 큰 돌보다는 작은 돌(64mm 이하)과 굵은 입자(16mm 이하)의 모래가 차지하는 비율이 약 80% 이상을 차지하고 있었다.

이화학적 수질조사는 현장측정항목, 유기물류, 영양염류 및 세균류 등 4가지 형태로 크게 분류하여 15항목을 대해서 실시하였다. 강우량은 채수일 다음날부터 다음 채수일까지의 강우량을 합산한 것으로 2007년도 강우량 1,277mm에 비해서 다소 적었고 4사분기 채수시점에서는 강우량이 54mm로 다른 분기에 비해서 너무 적어 대천천 전 채수지점의 수량이 감소하였으며, 특히 상류지점인 공해마을에서는 하천이 건천화 되어서 채수가 불가능하였다.

Table 2. Water quality of Deacheon stream

Parameter	Unit	Sampling site A				Sampling site B				Sampling site C			
		Mar.	Jun.	Sep.	Nov.	Mar.	Jun.	Sep.	Nov.	Mar.	Jun.	Sep.	Nov.
Temperature	℃	14	19	18	-	12	19	21	16	6	13	21	16
pH	-	7.7	8.0	6.9	-	7.6	6.7	6.6	7.9	7.3	6.8	6.6	8.5
Conductivity	μS/cm	128	186	41	-	137	202	217	291	32	34	203	316
DO	mg/L	9.7	7.0	8.1	-	8.8	5.8	7.5	7.5	10.8	7.6	8.5	8.5
BOD	mg/L	0.1	0.2	0.1	-	0.1	0.5	0.1	0.7	0.5	1.3	0.1	1.0
COD	mg/L	1.6	1.4	1.2	-	1.8	1.4	1.0	1.0	2.0	2.2	1.4	1.4
SS	mg/L	1.0	1.3	1.5	-	1.0	0.1	0.0	0.4	3.7	0.5	1.1	1.1
T-P	mg/L	0.016	0.028	0.033	-	0.055	0.040	0.059	0.037	0.042	0.036	0.050	0.030
PO4-P	mg/L	0.013	0.009	0.003	-	0.047	0.046	0.017	0.004	0.037	0.030	0.014	0.004
T-N	mg/L	1.125	0.684	0.583	-	2.724	3.045	2.020	2.801	2.612	2.444	1.729	2.166
NH3-N	mg/L	0.005	0.028	0.010	-	0.025	0.022	0.008	0.033	0.015	0.031	0.026	0.033
NO3-N	mg/L	1.051	0.508	0.452	-	2.399	1.942	0.282	0.812	2.248	1.636	0.253	0.632
Chl-a	mg/m3	0.3	0.4	0.0	-	0.6	0.5	0.0	0.0	0.6	2.5	2.4	0.6
TC	균수/100mL	7	79	230	-	1700	1700	230	70	1700	2400	9200	79
SPC	CFU/mL	330	58	4500	-	800	240	4300	100	7500	280	2000	27
CR	mm	129	310	646	54	129	310	646	54	129	310	646	54

※ TC : Total coliform, SPC : Standard plate count, CR : Cumulative rainfall(3months)

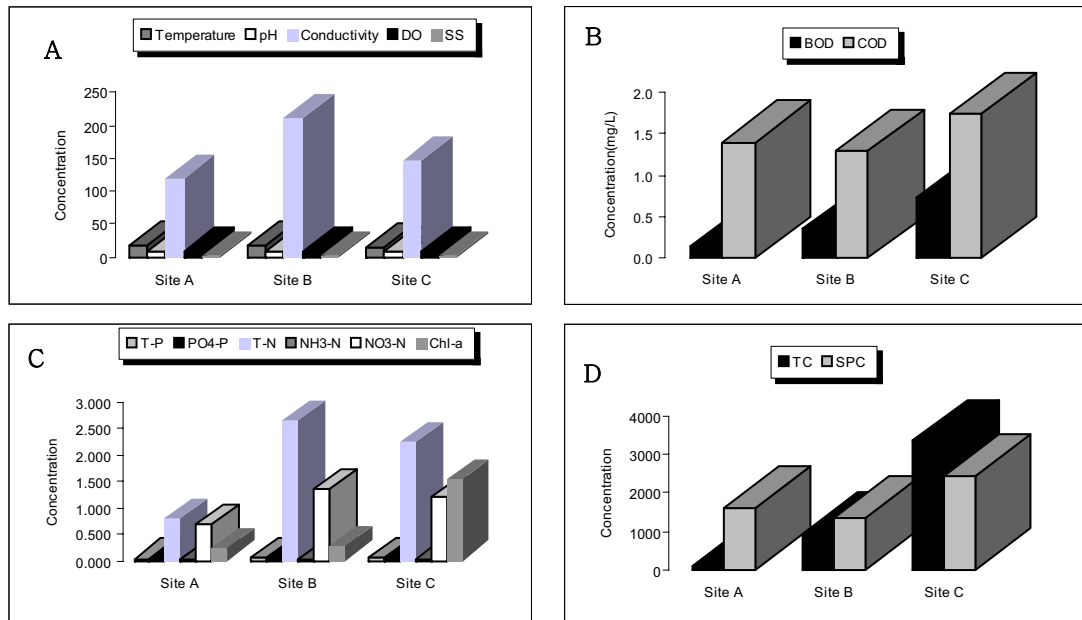


Fig. 2. Average water quality variation in Deacheon stream

채수시점에서 수온은 Table. 2 및 Fig. 2. A에서 보인 것과 같이 6~21℃로 평균 약 17℃ 내외로, 상류와 중류 지점에서는 비슷한 수온 17℃를 보인 반면 하류는 오히려 약간 낮은 온도인 14℃를 보였다. 이러한 원인은 상류에서 하류로 갈수록 수량이 많아지고 수심도 깊어지고 또한 하류로 유입되고 있는 다른 하천의 수량, 주변의 환경조건 및 일사량 등에 따른 차이에서 발생되어진 것으로 생각되어진다. pH는 7.2~7.5로 중성정도의 수질로 채수지점간 큰 변화를 보이지 않았으며, DO도 평균 7.4mg/L 이상으로 1등급 수질을 나타냈었다. 물의 이온강도를 나타내는 지수인 전기전도도는 상류가 평균 118 μ S/cm로 중류 및 하류에 비해서 낮은 값을 보였다. 특히 중류에서 전기전도도가 평균 212 μ S/cm로 가장 높았고 하류는 오히려 중류보다 낮은 값을 보였다. 이러한 원인은 채수지점인 중류 바로 위 지점에 있는 생활하수처리장의 방류수에 기인 된 것으로 하류로 물이 흘러가면서 자정작용 및 주위에서 깨끗한 물 유입에 의하여 전기전도도를 구성하는 이온물질이 다소 제거되어진 것으로 판단된다.

Fig. 2 B의 BOD 값은 전 채수지점이 평균 0.1~0.7mg/L 범위의 1등급 수질로 상류에서 하류로 갈수록 약간씩 오염되는 경향을 나타낸 반면 COD 값은 상류와 중류는 유사한 값을 보였으나 하류에서는 다소 증가한 값을 보였다. 조류발생 지표로 사용되는 영양염류인 총인(T-P)과 총질소(T-N)은 Fig. 2 C에서 알 수 있듯이 상류가 각각 평균 0.026, 0.797mg/L로 낮은 값을 보인 반면에 중류이하에서는 각각 평균 0.040, 2.238mg/L로 상

류보다는 2~3배 정도 높았다. 특히 Chlorophyll-a는 유속이 빠른 상류와 중류는 0.2~0.3mg/m³ 내외의 비슷한 값을, 유속이 완만한 하류지점은 1.5mg/m³로 상·중류에 비해서 5~7배정도 높은 값을 나타내었다. 따라서 이러한 영양염류의 제거를 위해서는 대천천 중류지역 바로 위에 건설되어 있는 생활하수처리장에 영양염류인 인과 질소를 제거할 수 있는 시설이 조속히 설치되어야 할 것이다.

Fig. 2 D에서의 세균류 조사는 수질오염을 판정하는 기준보다는 위생학적 수질 판단기준으로 주변으로부터 분변 오염 유입여부를 판단하기 위해 조사하였다. 총대장균수는 상류에서 105 군수/100mL로 중·하류에 비해서 약 9~30배 정도 낮은 값을 보였으나, 총속영양 세균수는 상류와 중류는 비슷한 결과 값을 보인 반면 하류는 중상류보다 약 2배정도 높은 값을 나타내었다. 특히 중상류지역에서 총속영양 세균수는 3, 6, 11월에 비해서 9월에는 약 4~11배 정도로 높은 수치를 나타냈는데 이러한 원인에 대해서는 지속적인 연구가 이루어져야 할 것으로 판단되어진다.

저서성대형무척추동물 분류

저서성대형무척추동물은 다양한 하천생태계의 환경에 오랜기간 동안 적응하여 왔고 그 하천에 대한 수질에 대한 종 특유의 내성을 가지므로, 이러한 특성 때문에 하천생태계의 수질환경을 평가하는 지표로서 많이 이용되어지고 있다^{14,15)}. 따라서 대천천 수질환경 평가를 위해 윤과 원 등^{9,10)}의 수서곤충도감을 이용 저서성대형무척추동물을 실제

현미경을 통해 확인하였다. 분류한 결과 대천천에 서식하는 저서성대형무척추동물은 Table 3과 같이 총 4문 5강 15목 36과 71종으로 확인되었다. Fig. 3 A 및 B는 강(class)의 총개체수 및 종별 분포를 나타낸 것으로 곤충강(Insecta)의 총개체수가 약 97.5%로 대부분을 차지하였으며 다음으로 빈모강(Oligocheata) 등의 순으로 나타난 반면, 종별로는 곤충강(Insecta) 90.1%, 갑각강(Crustacea) 4.2%, 복족강(Gastropoda) 2.8% 등 순으로 곤충강이 다른 강에 비해서 총개체수 및 종별로 대부분 우점함을 보였다.

Fig. 3 C 및 D는 곤충강의 목(Order)에 대해 총개체수 및 종별로 분류한 것이다. 총개체수로 파리목(Diptera)이

71.8%로 우점하였으며, 다음으로는 하루살이목(Ephemeroptera) 24.3%, 날도래목(Trichoptera) 3.1% 등 순으로 나타났다. 그러나 종별로 분류하였을 때는 하루살이목(Ephemeroptera) 32.8%, 날도래목(Trichoptera) 28.1%, 파리목(Diptera) 21.9%순이었다. 총개체수로 분류했을때 파리목중 깔다구과(Chironomidae)의 깔다구류(*Chironomidae* SP)가 다른 종에 비해 계절 및 전지점에 걸쳐 검출되어 수질이 상당히 오염되어진 것으로 오인될 수가 있으나 깔다구류를 제외하고는 1~2급수에서 서식하고 있는 강도래류 및 물날도래류 등의 곤충강 과 및 종이 Table 3과 같이 여러 종류가 대천천에서 서식하고 있음이 확인되었다.

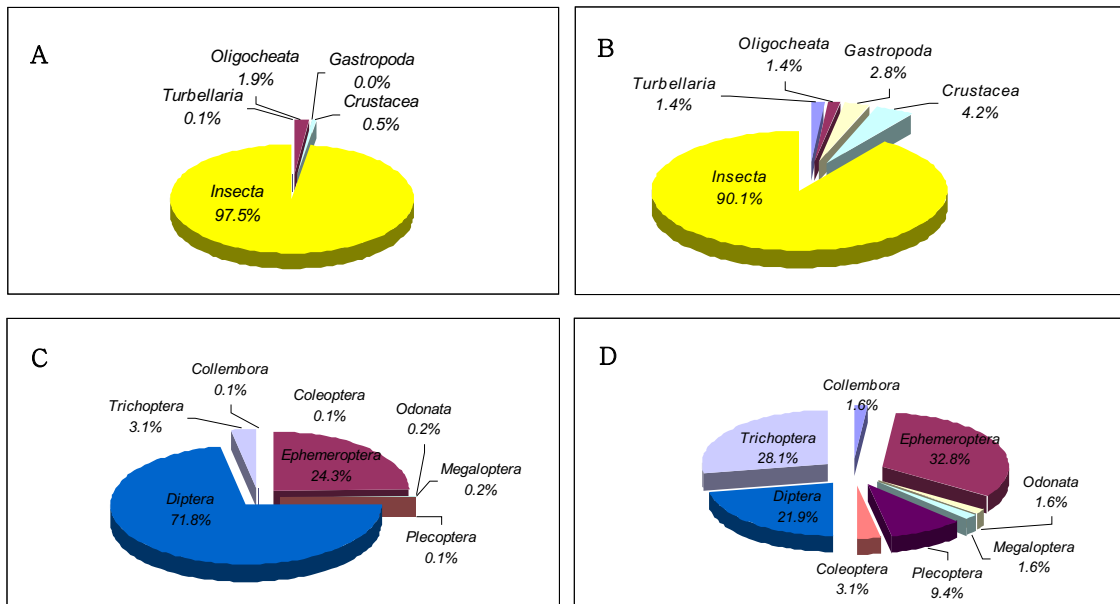


Fig. 3. Composition number(%) of macroinvertebrate individuals(A, C) and species(B, D) in Daecheon

Table 3. The taxonomic list of benthic macroinvertebraes collected from the Daecheon stream

Taxa	Site A	Site B	Site C	Total
phylum Platyhelminthes 편형동물문				
class Turbellaria 와충강				
order Tricladida 삼기장목				
family Planariidae 플라나리아과				
1. <i>Phagocata vivida</i> 산골플라나리아	9			9
phylum Annelida 환형동물문				
class Oligocheata 빈모강				
order Archioloigocheata 물지렁이목				
family Tubificidae 실지렁이과				

Taxa	Site A	Site B	Site C	Total
2. <i>Limnodrilus socialis</i> 실지렁이	67	52	126	245
phylum Mollusca 연체동물문				
class Gastropoda 복족강				
order Basommatophora 기안목				
family Physidae 원돌이물달팽이과				
3. <i>Physidae</i> 원돌이물달팽이		1		1
order Mesogastropoda 중복족목				
family Pleuroceridae 다슬기과				
4. <i>Semisulcospira libertina</i> 다슬기			5	5
phylum Arthropoda 절지동물문				
class Crustacea 갑각강				
order Amphipoda 단각목				
family Gammaridae 옆새우과				
5. <i>Gammarus</i> sp. 옆새우 sp.	55			55
order Decapoda 십각목				
family Cambaridae 가재과				
6. <i>Cambaroides similis</i> 가재	1			1
order Isopoda 등각목				
family				
7. <i>Isopoda</i> sp. 등각류류		2	2	4
class Insecta 곤충강				
order Collembora 툽툽이목				
family				
8. <i>Collembora</i> sp. 툽툽이류	9		6	15
order Ephemeroptera 하루살이목				
family Baetidae 꼬마하루살이과				
9. <i>Acentrella gnom</i> 깨알하루살이	2	3	12	17
10. <i>Baetis fuscatus</i> 개똥하루살이	20	124	94	238
11. <i>Nigrobaetis bacillus</i> 감장하루살이	2	27	9	38
12. <i>Baetis silvaticus</i> 감초하루살이	1	41	56	98
13. <i>Baetiella tuberculata</i> 애호랑하루살이		43		43
family Heptageniidae 납작하루살이과				
14. <i>Bleptus fasciatus</i> 맵시하루살이	6	2		8
15. <i>Epeorus pellucidus</i> 부채하루살이		7	4	11
16. <i>Epeorus curvatulus</i> 흰부채하루살이		30	4	34
17. <i>Ecdyonurus dracon</i> 참납작하루살이	6	361	7	374
18. <i>Ecdyonurus kibunensis</i> 두점하루살이	33	166	22	221
19. <i>Ecdyonurus levis</i> 네점하루살이	1	51	3	55
20. <i>Rhithrogena</i> na 산납작하루살이 na	7	4		11
family Leptophlebiidae 갈래하루살이과				
21. <i>Paraleptophlebia chocorata</i> 두갈래하루살이	33	799	182	1014
22. <i>Choroterpes altiocus</i> 세갈래하루살이	4	409	216	629

Taxa	Site A	Site B	Site C	Total
family Ephemeroidea 하루살이과				
23. <i>Ephemera strigata</i> 무늬하루살이	32	4		36
24. <i>Ephemera separigata</i> 가는무늬하루살이	10	2		12
25. <i>Ephemera orientalis</i> 동양하루살이	3			3
family Ephemerellidae 알락하루살이과				
26. <i>Uracanthella rufa</i> 등줄 하루살이		69	14	83
27. <i>Serratella setigera</i> 범꼬리하루살이	5	3		8
family Ameletidae 피라미하루살이과				
28. <i>Ameletus costalis</i> 피라미하루살이	130			130
family Siphonuridae 옛하루살이과				
29. <i>Siphonurus chankae</i> 옛하루살이		27		27
order Odonata 잠자리목				
family Gomphidae 부채장수잠자리과				
30. <i>Davidius lunatus</i> 쇠측범잠자리	30			30
order Megaloptera 뱀잠자리목				
family Corydalidae 뱀잠자리과				
31. <i>Parachauliodes continentalis</i> 대륙뱀잠자리		28	2	30
order Plecoptera 강도래목				
family Nemouridae 민강도래과				
32. <i>Nemoura KUa</i> 민강도래 KUa	1	1		2
33. <i>Amphinemura coreana</i> 총채민강도래	2			2
34. <i>Nemoura tau</i> 토우민강도래	6	2		8
family Perlidae 강도래과				
35. <i>Neoperla coreensis</i> 두눈강도래		1		1
family Chloroperlidae 녹색강도래과				
36. <i>Sweltsa nikkoensis</i> 녹색강도래		2		2
family Perlodidae 그물강도래과				
37. <i>Isoperla KUa</i> 줄강도래 KUa		3		3
order Coleoptera 딱정벌레목				
family Elmidae 여울벌레과				
38. <i>Elmidae</i> sp. 여울벌레류	3		1	4
family Helodidae 알꽃벼룩과				
39. <i>Helodidae</i> sp. 알꽃벼룩류	6			6
order Diptera 파리목				
family Tipulidae 각다귀과				
40. <i>Tipula</i> sp. 각다귀류	19	37	1	57
41. <i>Antocha KUa</i> 명주각다귀 KUa	2	15	5	22
42. <i>Dichanota KUa</i> 애기각다귀 KUa	25			25
43. <i>Pedicia KUa</i> 장수각다귀 KUa	2			2
44. <i>Hexatoma KUa</i> 검정날개각다귀 Kua	3			3
45. <i>Hexatoma KUb</i> 검정날개각다귀 Kub	7			7
46. <i>Hexatoma KUC</i> 검정날개각다귀 KUC	7			7

Taxa	Site A	Site B	Site C	Total
family Psychodidae 나방파리과				
47. <i>Psychoda</i> sp. 나방파리류			10	10
family Ceratopogonidae 등에모기과				
48. <i>Ceratopogonidae</i> sp. 등에모기류	4	12	20	36
family Dolichopodidae 장다리파리과				
49. <i>Dolichopus nitidus</i> 장다리파리	31	24		55
family Simuliidae 먹파리과				
50. <i>Simuliidae</i> sp. 먹파리류	3		10	13
family Chironomidae 갈따구과				
51. <i>Chironomidae</i> sp.1 갈따구류(기타)	287	2529	4975	7791
52. <i>Chironomidae</i> sp.2 갈따구류(갈색)	22	679	392	1093
53. <i>Chironomidae</i> sp.3 갈따구류(빨간색)	0	0	15	15
order Trichoptera 날도래목				
family Rhyacophilidae 물날도래과				
54. <i>Rhyacophila</i> KUa 물날도래과 KUa			4	4
55. <i>Rhyacophila nigrocephala</i> 검은머리물날도래		274	1	275
56. <i>Apsilochorema</i> KUa 긴발톱물날도래 KUa		1		1
family Philopotamidae 입술날도래과				
57. <i>Wormaldia</i> KUa 입술날도래 KUa	3	2		5
58. <i>Dolophilodes</i> KUa 넓은입술날도래 KUa	3	6	2	11
family Brachycentridae 둥근얼굴날도래과				
59. <i>Micrasema</i> KUa 둥근얼굴날도래 KUa		3	1	4
family Polycentropodidae 갯날도래과				
60. <i>Plectrocnemia</i> KUa 갯날도래 KUa	1			1
family Ecnomidae 별날도래과				
61. <i>Ecnomus tenellus</i> 별날도래	1			1
family Hydropsychidae 줄날도래과				
62. <i>Hydropsyche kozhantschikovi</i> 줄날도래		1	13	14
63. <i>Macronema radiatum</i> 큰줄날도래		27		27
64. <i>Cheumatopsyche brevilineata</i> 꼬마줄날도래		1	3	4
65. <i>Cheumatopsyche</i> KUa 꼬마줄날도래 KUa		1	1	2
66. <i>Cheumatopsyche</i> KUb 꼬마줄날도래 KUb		17	9	26
67. <i>Hydropsyche orientalis</i> 동양줄날도래		1	3	4
family Glossosomatidae 광택날도래과				
68. <i>Glossosoma</i> KUa 광택날도래 KUa		2	2	4
family Limnephilidae 우묵날도래과				
69. <i>Apatania</i> KUa 애우묵날도래 KUa		2		2
70. <i>Goera japonica</i> 가시날도래		2		2
family Leptoceridae 나비날도래과				
71. <i>Mystacides</i> KUa 청나비날도래 KUa			7	7

저서성대형무척추동물 군집특성 변화

대천천의 수질환경 및 수질오염여부를 계절 및 지점별로 우점종, 아우점종, 종다양성지수(H') 및 우점도지수(DI)를 이용한 저서성대형무척추동물 군집특성 및 점유율은 Table 4.와 같이 나타났다. 전지점에서 우점을 차지하는 종은 깔다구류로 총개체수는 25~92%의 점유율을 차지하였으나 아우점종은 2~24% 범위로 옆새우(*Gammarus* sp.) 등 비교적 오염되지 않는 물에서 서식하고 있는 종도 많이 확인되었다. 다행히도 우점종으로 각 채수지점에서 서식하고 있는 깔다구류 중에도 오염된 물에서만 서식하고 있는 붉은색 깔다구류는 하류지점에서만 일부 확인되었다. 종다양성지수(H')는 0.68~3.49로 최저와 최대값이 차이를 보였는데 지점별로는 상류 3.03~ 3.49, 중류 1.96~3.19, 하류 0.68~1.56로, 특히 상류는 종다양성지수 변화가 적었으나 중·하류는 변화의 폭이 컸으며 상류에서 하류로 갈수록 종다양성지수가 낮아짐을 보였다. 특히 중류에서의 이러한 큰 변화의 폭은 오염된 수질이 조금씩 회복되어지고 있음을 알 수 있다. 종다양성지수와는 달리 우점도지수(DI)는 0.50~0.94로 상류보다는 하류로 갈수록 증가함을 보여 상류보다는 하류로 갈수록 청정하고 깨끗한 물에서 서식하고 있는 여러 다수 종보다는 오염된 물에서 서식하고 있는 단일 종들이 우점함을 보였다. 이러한 결과는 권 등³⁾의 온천천을 대상으로 지점별 저서성대형무척추동물의 종다양성지수 및 우점도지수를 조사한 결과 종다양성지수는 상류지점이 높았고 우점도지수는 하류로 갈수록 증가하였다는 내용과 유사하였다. Fig. 4.는 대천천에서 서식하고 있는 저서성대형무척추동물중 일부를 실체현미경으로 찍은 모습들이다.

Fig. 5는 하천에서의 수질오염기준 판정지표인 BOD를 기준으로 하여 군오염지수(GPI, Group pollution index), 종다양성지수(H') 및 우점도지수(DI)를 채수지점별 평균

값으로 나타낸 것이다. 전 채수지점 수질오염 정도를 BOD로 평가하면 0.1~0.7mg/L 범위로 1등급 수질기준을 나타낸 반면 GPI값은 1.00~1.50로 생물등급 1~2등급을 보여 이화학적 수질평가(BOD) 결과와는 다소 차이가 있음을 보였다. 그러나 상류에서 하류로 갈수록 수질이 악화되어지는 경향은 BOD를 통한 이화학적결과나 저서성대형무척추동물을 이용한 생태학적 결과나 유사하였다. 또한 종다양성지수(H')값 변화 경향도 BOD 변화 경향과 유사하였으나 우점도지수(DI) 값은 반대로 상류에서 하류로 갈수록 감소되어지는 경향을 보였다.

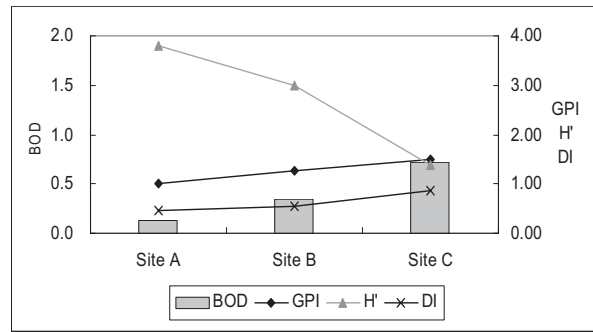


Fig. 5. Variation of species index and BOD at each sites

Table. 5는 통계프로그램인 SPSS를 이용하여 이화학적 항목 실험 결과값과 H'와 DI값에 대한 상관성여부를 조사한 것이다. BOD값과 H', DI값은 높은 상관성을 보이지 않았으나 클로로필-a(Chlorophyll-a)와 대장균군수(TC)는 H', DI 값과 다소 높은 음과 양의 상관관계를 보였다. 한편 다른 이화학적항목에 대한 상관성평가에서는 COD 항목을 제외하고는 상관성 적은 것으로 나타났다.

Table 4. Species diversity indices(H'), Dominance indices(DI) and dominant species of each site at Daecheon stream.

Sites	Month	Dominant species	Subdominant species	H'	DI
A	Mar.	<i>Chironomidae</i> sp.1(37%)	<i>Ameletus costalis</i> (22%)	3.08	0.59
	Jun.	<i>Limnodrilus socialis</i> (29%)	<i>Gammarus</i> sp.(22%)	3.49	0.51
	Sep.	<i>Chironomidae</i> sp.1(44%)	<i>Davidius lunatus</i> (12%)	3.03	0.56
	Nov.	-	-	-	-
B	Mar.	<i>Chironomidae</i> sp.1(61%)	<i>Ecdyonurus dracon</i> (10%)	2.15	0.71
	Jun.	<i>Chironomidae</i> sp.1(65%)	<i>Chironomidae</i> sp.2(10%)	1.96	0.75
	Sep.	<i>Chironomidae</i> sp.1(35%)	<i>Ecdyonurus dracon</i> (19%)	3.19	0.54
	Nov.	<i>Chironomidae</i> sp.1(25%)	<i>Paraleptophlebia chocorata</i> (24%)	3.07	0.50
C	Mar.	<i>Chironomidae</i> sp.1(50%)	<i>Chironomidae</i> sp.2(38%)	1.55	0.87
	Jun.	<i>Chironomidae</i> sp.1(88%)	<i>Baetis fuscatus</i> (5%)	0.87	0.93
	Sep.	<i>Chironomidae</i> sp.1(92%)	<i>Limnodrilus socialis</i> (2%)	0.68	0.94
	Nov.	<i>Chironomidae</i> sp.1(71%)	<i>Choroterpes altiocus</i> (11%)	1.56	0.82



Fig. 4. Photographs of benthic macro-invertebrate in Daecheon stream

Table 5. Statistical correlation analysis between water quality, H' and DI

	Temp.	pH	DO	Cond.	BOD	COD	SS	T-N
H'	0.251	0.282	-0.195	0.156	-0.485	-0.592	-0.184	-0.456
DI	-0.329	-0.265	0.274	-0.238	0.457	0.672*	0.286	0.410
	T-P	NH ₃ -N	NO ₃ -N	PO ₄ -P	Chl-a	TC	SPC	H'
H'	-0.252	-0.411	-0.320	-0.386	-0.842**	-0.713*	-0.030	1
DI	0.200	0.323	0.373	0.432	0.814**	0.664*	0.098	-0.985**

※ Temp. : Temperature, Cond. : Conductivity

* : Correlation is significant at the 0.05 level, N : 11

** : Correlation is significant at the 0.01 level

결 론

본 연구는 2008년 1월부터 11월까지 부산광역시에 소재하는 대천천을 대상으로 분기별 1회씩 총 4회에 걸쳐 3개 지점[상류(공해마을), 중류(애기소), 하류(경남아파트앞)]에 대해 이화학적 수질, 저서성대형무척추동물 분류 및 군집특성을 조사한 결과이다

1. 대천천 상류 및 중류지점은 경사가 급하고 수량이 적은 반면 하류지역은 완만하고 수량이 많았으며, 전지점 하상입도는 64mm 이하 작은 돌이 약 80%이상으로 BOD는 평균 0.1~0.7 mg/L로 전지점 공히 1등급의 수질을 보였다. 그러나 영양염류인 T-P 및 T-N 값은 중류이하에서는 평균 0.040, 2.238mg/L으로 상류의 평균 값 0.026, 0.797mg/L에 비해 2~3배정도 높았고 Chlorophyll-a 값은 하류가 중상류보다 5~7배정도 높은 수치를 보였다.
2. 저서성대형무척추동물을 실체현미경으로 분류하여 총 4문 5강 15목 36과 71종을 확인하였다. 곤충강(Insecta)의 총개체수 및 종별이 약 97.5%, 90.1%로 대부분을 차지하였으며, 곤충강의 목(Order)에 대한 총개체수는 파리목(Diptera) 71.8%, 하루살이목(Ephemeroptera) 32.8%, 종별은 하루살이목(Ephemeroptera) 32.8%, 날도래목(Trichoptera) 28.1%, 파리목(Diptera) 21.9% 순으로 확인되었다. 깔다구류(*Chironomidae* sp.)를 제외하고는 1~2급수 등에서 서식하고 있는 강도래류 및 물날도래류 등의 곤충강 과 및 종이 대천천에서 서식하고 있음이 확인되었다.
3. 전지점 우점종은 깔다구류로 총개체수는 25~92%였고 아우점종은 2~24%로 비교적 오염되지 않은 종들이 차지하고 있었으며, 종다양성지수(H')는 0.68~3.49로 상류가 높고 하류로 갈수록 낮게 나타난 반면 우점도지수(DI)는 0.50~0.94로 상류보다는 하류로 갈수록 높았다. 군오염지수(GPI) 값은 1.00~1.50로 생물등급 1~2등급을 보였다. H' 및 GPI는 BOD 변화와 유사한 형태의 경향의 기울기를 보였으나 DI는 BOD 변화와 반대의 경향을 나타냈다.
4. 통계프로그램인 SPSS를 이용한 이화학적 수질항목 결과값과 H', DI값에 대한 상관성조사에서 Chlorophyll-a는 -0.842 및 0.814를, 총대장균군은 -0.713 및

0.664로 다소 높은 음과 양의 상관관계를 보인 반면 다른 이화학적항목은 상관관계가 높지 않음이 확인되었다.

참고문헌

1. 부산광역시 : 대천천 하천정비기본계획 보고서, 2007
2. 주기재, 박성배, 김현우, 하경, 김맹기 : 금정산 생태. 금정, 1995
3. 권동민 외 8명 : 자연형 하천 온천천의 물환경 특성, 한국환경과학회지 제16권(제7호) : 831~838, 2007
4. 강다형, 전태수, 박영석 : 수영강의 수영천 및 석대천의 저서성대형무척추동물의 부수성에 따른 월별군집 변이. 한국생태학회지, 18(1) : 157-177, 1995
5. 윤일병, 공동수, 원두희 : 금호강 수계 저서성대형무척추동물 군집의 시공간적 분포. 한국육수학회지, 25(3):167-175, 1992
6. 전태수, 권태성 : 수영강의 저서성대형무척추동물에 관한 생태학적 연구. 한국육수학회지, 24(3) : 165-178, 1991
7. 서울특별시보건환경연구원 : 한강지류천 생태계 조사연구 IV, 2002
8. 서울특별시보건환경연구원 : 서울특별시보건환경연구원보 제39호, 2003
9. 윤일병 : 수서곤충검색도설. 정행사. 1995
10. 원두희, 권순직, 전영철 : 한국의 수서곤충. (주)생태조사단, 2005
11. 권오길, 박갑만, 이준산 : 원색한국패류도감. 아카데미서적, 1993
12. 국립환경과학원 : 수생태 건강성조사 및 평가체계 연구(III), 2006
13. 경기도보건환경연구원 : 경안천 생태조사, 2008
14. James H. Thorp, Alan P. Covich : Ecology and Classification of North American Freshwater Invertebrates. 2nd. ed. Academic press, 2001
15. Merritt.R.W., and K.W.Cummins : An Introduction to the Aquatic Insects of North America. 3rd. ed. Kendall/Hunt Publ. Co., 1996
16. 환경부 : 수질오염공정시험기준, 2008