

성북천 시범 복원이 저서무척추동물상 회복에 미치는 효과

수환경 생태팀

배경석 · 조석주 · 이순희 · 윤종철

Recovery Effects of Benthic Macroinvertebrate Fauna According to the Partial Restoration at the Seongbuk Creek of Seoul, Korea

Aquatic ecology Team

Kyung-seok Bae, Seog-ju Cho, Soon-hee Lee and Jong-cheol Yoon

Abstract

Distribution of benthic macroinvertebrates at covered, restoration and groundwater reaches at Seongbuk Creek of Seoul were investigated from April to June, 2004. Total taxa of benthic macroinvertebrates were 16 species(aquatic insects : 10 species, Non-insects : 6 species). Species number of benthic macroinvertebrates at covered, restoration and groundwater reaches 1 species, 12 species and 13 species(6 ~ 10 species at each site), respectively. Occurrence species is greatly increased at the water course of restoration reaches. Major dominant species of covered reach is *Psychoda* KUa. Major dominant species of restoration and groundwater reaches is *Limnodrilus socialis*, Chironominae sp.1 and *Physa acuta*. Mean values of species diversity indices at covered, restoration and groundwater reaches were 0, 1.14 and 1.26 in April and 0, 1.78 and 1.20 in June, respectively. Mean values of species richness indices at covered, restoration and groundwater reaches were 0, 0.90 and 0.91 in April and 0, 1.83 and 0.86 in June, respectively. Ecological indices at the partial restoration reaches were greatly restored, but those indices were considerably low.

Key words : Seongbuk creek, benthic macroinvertebrate fauna, restoration

서 론

우리나라의 하천생태계는 1960년대 이래 산업화와 도시화의 영향으로 이화학적 수질환경이 크게 악화되었으며, 생물 서식처도 많이 훼손되었다. 특히 인구의 도시 집중으로 인해 국내하천 대부분이 인위적인 영향을 받고 있다고 해도 과언이 아니다. 도시화에 따른 하천생태계의 영향은 그 하천에 서식하는 생물 군집에도 지대한 영향을 끼쳐 왔으며, 그로 말미암아 하천생태계의 구조와 기능도 큰 변화가 야기되었다(1). 하천생태계는 물이 흐르는 긴 수로를 따라 환경요인이 연속적으로 변하고, 그 곳에 적응하여 서식하는 생물의 종류도 달라지는 독특한 생태계를 구성하고 있다(2~3). 하천의 저서무척추동물은 편형동물, 환형동물, 갑각류, 패류 및 수서곤충을 포함하는 큰 분류군이다. 이 중에서 수서곤충은 전체 곤충류의 3% 미만을 차지하지만, 담수생태계에서는 종류수와 개체수가 가장 다양하고 풍부한 무리로 알려져 있으며, 담수에 서식하는 저서무척추동물의 95% 이상을 차지하는 중요한 분류군이다. 이와같은 수서곤충은 식물플랑크톤이나 외부로부터 유입된 식물과 고형 유기물은 섭취하여 동물성 단백질로 전환하여 주며, 어류와 같은 고등 척추동물의 주요 먹이원으로 이용되기 때문에 담수생태계의 1차 또는 2차 소비자로서 중요한 역할을 담당한다. 특히 저서성 수서곤충은 몸의 구조 및 서식환경의 선택이 다양하여 수질의 오염 정도와 서식처의 보존 상태에 따라 출현하는 종류가 달라지며, 개체수와 종수의 분포 등 군집구조의 차이가 뚜렷하기 때문에 하천의 자연 변화의 정도나 현황을 파악할 수 있는 지표 분류군으로서 중요한 역할을 수행할 수 있다.

본 조사에서는 정계천의 주요지류이며, 서울시의 도심에 위치한 성북천 저서동물 군집의 지점별 변동조사를 실시하였다. 성북천 본류는 일부 구간이 완전 복개되거나 부분 복개가 이루어져 하천의 자연성이 크게 훼손된 부분이 많은 도시하천이다. 본 조사의 상류구간중 일부 구간은 복개된 지점을 짧은 구간이지만 자연하천으로 복원하였으며, 훼손된 복개수역과 시범 복원수역의 생물상 출현정도를 상호 비교하여 복원에 따른 생태계 회복 정

도를 파악하였다. 본 조사를 통하여 하천의 복개 등으로 생태적으로 훼손이 심한 이 지역의 저서무척추동물 생물상 및 군집 현황을 처음으로 평가할 수 있는 계기가 되었다.

재료 및 방법

1. 조사기간

- 1차조사 : 2004년 4월 16일
- 2차조사 : 2004년 6월 2일

2 조사지점

수질현황과 저서무척추동물의 지역별 분포상을 파악하기 위해 복개수역 1개 지점, 복원 수역 1개 지점, 하류의 지하철 지하수수역 3개 지점을 포함하여 모두 5개 지점을 선정하여 조사하였다(그림 1).

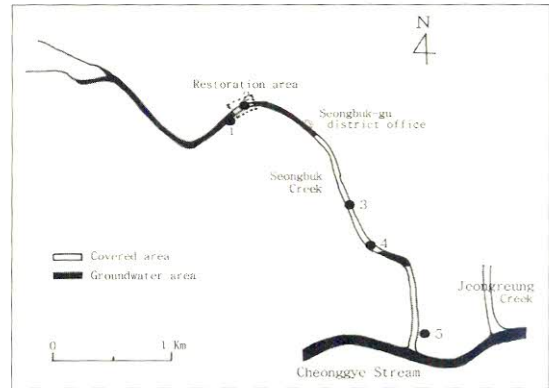


Fig. 1. A map showing the sampling sites of benthic macroinvertebrates at Seongbuk creek in Seoul, Korea.

- 지점 1 : 성북구 동소문동 3가 시범 복원구간 상류의 복개 지점 (복개 입구에서 30m 진입 수역)
- 지점 2 : 성북구 동소문동 3가~5가 시범 복원구간 (노출 수역)
- 지점 3 : 성북구 안암동 3가 보문3교 (지하철 지하수가 유입되는 노출 수역)
- 지점 4 : 성북구 보문동 7가 보문초등학교 옆 (지하철 지하수가 유입되는 노출 수역)

지점 5 : 성북구 용두동 성북천 유입부

□ 조사지점 개황

• 지점 1

시범 복원지역의 상류에 위치한 복개지점으로 박스형 시멘트수로이며, 하상은 약간의 유기물과 모래 등이 퇴적되어 있으나 생물이 서식하기 힘든 환경이다.

• 지점 2

2003년 6월에 완료된 성북천 시범 복원구간 134 m 수역으로 상류의 계곡수와 복원지역 바로 상부에서 흘러들어오는 지하수가 유입되어 육안적 수환경은 비교적 양호한 상태이다. 복원구역의 수로폭은 약 3 m, 저수둔지 3.5 m, 고수부지 2~3 m 정도로 이루어져 있다. 수역의 수심은 5~40 cm, 유속은 10~40 cm 정도로 흐르는 평지 계류 형태이며, 하상은 자갈과 호박돌이 많이 깔려 있으며, 모래와 호박돌 이상의 큰 돌도 혼재되어 자연성과 이질성이 많이 개선된 구조를 가지고 있다.

• 지점 3

지하철 6호선 보문역사에서 용출되어 나오는 지하수가 하천으로 유입되고 있다. 수심은 10~40 cm, 유속은 10~25 cm 정도로 흐르고 있다. 육안적 수질이 도심내의 하천으로서는 다소 양호한 상태로 보이나 하상의 후미진 곳이나 완속부에는 유기성 저니가 상당히 많이 퇴적되어 맑은 수역에서 서식하는 생물들이 다양하게 출현하지 못하고 있다. 하상은 주로 모래층이며, 잔자갈이 약간 깔려 있는 양상이다. 주변의 저수호안은 비교적 양호한 초지가 형성되어 있다.

• 지점 4

지하철 6호선 지하수가 흘러드는 수역으로 지점 3과 유사한 환경을 이루고 있다. 수심은 30~40 cm이며, 유속이 거의 없다. 하천 하상과 수변대에는 유기성 저니가 많이 쌓여 있다.

• 지점 5

성북천 유입부 약 50 m 지점으로 하상으로 흘러

든 지하수 등이 지대가 낮은 유입부 근처에서 다시 표층으로 나와 약간의 하천수가 있으며, 유속은 거의 없는 상태이다. 하상은 주로 모래이며 곳에 따라 큰 자갈층이 있다. 하상에는 유기성 저니가 많으며, 육안적 수질도 열악하게 보인다. 금년 4월의 1차 조사때에는 성북천 하류 정비공사가 진행중이었다.

3. 조사방법

수질분석 항목은 수질오염공정시험방법주해(4)에 준하여 분석하였으며, 경시변화가 심한 수온, 수소이온 농도, 용존산소 및 전기전도도는 현장에서 측정하였다. 그외에 생물화학적산소요구량, 화학적산소요구량, 부유물질, 총인, 총질소는 실험실로 옮겨와 단기간에 분석하였다. 저서무척추동물의 채집은 노출 수역의 경우 Surber net(50×50 cm), 복개 수역의 경우 Dredge sampler(바닥 지름 30 cm, 높이 30 cm)을 사용하여 하상에서 1m 길이를 끌어서 채취한 후 망목 0.5 cm의 체에 넣어 시료를 걸른 후 이용하였다. 정성채집은 Scoop를 이용하였다. 저서무척추동물의 채집은 pool과 riffle의 미소 서식처를 고려하여 정량채집(5~9)을 원칙으로 하였다. 채집된 저서무척추동물은 현장에서 Kahle's 용액에 고정하였으며, 실험실에서 분류하여 80% ethanol에 보존하였다.

1) 동 정

각 분류군중 수서곤충의 경우는 Merritt와 Cummins, Kawai, 윤(6~10)을 참고로 동정하였으며, 곤충류중 Chironomidae는 체장, 채색, 구강부의 형태, abdominal tubule의 유무, 강모의 형태와 같은 외부형태의 특징을 고려하여 임의로 아과 수준에서 동정하였다(11). 연체동물은 권(12), 권 등(13)을 참고하여 분류하였다. 저서동물 목록의 배열과 학명은 한국동물명집한국동물분류학회, 1997)에 따라 정리하였다.

2) 군집 분석

저서무척추동물상의 특징을 규명하기 위하여 각 조사구간의 지점별 현존량, 종조성 및 우점종을 파악하였다. 우점도지수는 McNaughton(15)

의 우점도지수를 이용하여 산출하였다. 각 지점별 종다양도지수는 Magaref(16)의 정보이론에 의해 유도된 Shanon-weaver function을 Lloyd와 Ghelardi가 변형한 공식을 이용하여 산출하였다(17~18). 군집의 종 구성이 풍부함을 나타내는 종풍부도지수는 Magaref(16)의 지수를 이용하여 산출하였다.

연구결과

1. 수질환경

성북천의 수질은 봄철과 여름철인 4월 16일과 6월 2일 2회 현장 채수하여 분석하였으며 그 결과는 표 1 및 2와 같다.

1) 일반 수질오염물질

pH는 1차조사시에 복개수역과 복원수역 모두 7.7이었으나 하류 지하수수역에서는 7.8~8.8로 모두 약알칼리를 나타냈다. 수중에서 일어나는 모든 화학 및 생물학적 변화에 대한 주요 지표인 pH는 하류지점인 지점 4와 지점 5가 각각 8.8과 8.3으로 더 높게 나타난 것은 하상의 부착조류에 의한 영향인 것으로 보여진다. 2차조사시의 pH도 7.7~8.5로 높게 나타나 약알칼리도를 나타냈으며, 최하류의 유입부에서 가장 높게 나타났다. 수체중의 용존산소는 1차조사시 복개지점이 6.2 mg/ℓ로 복원지역의 11.4 mg/ℓ에 비해 매우 낮게 나타났다. 복개수역의 용존산소가 복원수역의 근접상류에 있으면서 상당히 낮게 나타난 것은 햇빛에 노출된 시범 복원수역의 경우 하상에 많이 성장하고 있는 1차생산자인 부착조류의 광합성 작용에 의해 수중의 용존산소가 크게 높아진 것으로 보여진다. 하류 지하수수역에서도 8.2~12.3 mg/ℓ으로 복개수역에 비해 높게 나타났다. 2차조사에서도 용존산소는 복개지점이 7.8 mg/ℓ이었으나 시범복원수역은 9.7 mg/ℓ으로 더 높게 나타났으며, 역시 노출수역인 하류의 지하수수역에서도 9.3~10.9 mg/ℓ으로 복개지점에 비해 높게 나타났다.

생물화학적 산소요구량은 수중의 유기물질이 호기성 미생물에 의해 분해될 때 소비되는 산소소비

량을 나타내는 것으로 하천의 유기물질 오염도를 평가하는 중요한 지표이다. 1차조사시 복개수역과 시범복원수역의 BOD는 각각 7.1과 6.1로 다소 높게 나왔으나, 2차조사시에는 1.9 및 3.2로 상대적으로 낮게 나타나 조사시기에 따른 차이를 보이고 있다. 이와같은 차이는 장우에 의해 하상이 안정된 2차조사시기에 수질이 안정된 것으로 보여진다. 하류 지하수 수역의 지점 3과 지점 4는 1, 2차 조사시에 1.4~2.9 mg/ℓ로 수질이 양호한 것으로 나타났으나 지점 5는 지하수가 복류되어 하류 유입부에 정체 상태로 고여 있으며 1차조사시에 6.4 mg/ℓ, 2차조사시에는 35.1 mg/ℓ로 매우 혼탁한 상태를 나타냈다. 성북천의 부유물질은 정체수역에 가까운 하류 유입부가 1, 2차에서 16 mg/ℓ 및 19 mg/ℓ으로 나타났으며, 지점 1에서 지점 4에 이르는 수역은 0.4~2.8로 상당히 낮았다.

2) 영양염류

총인은 수역의 부영양화를 지배하는 주요 인자이다. 하천의 인 공급은 지질적인 것, 생물의 유해, 공장 및 생활하수 등이 있으며, 도시하천의 경우 대부분 생활하수의 영향을 가장 많이 받는다. 조사지점이 인접한 복개 수역과 시범 복원수역은 1차조사시에 각각 0.499 mg/ℓ 및 0.413 mg/ℓ으로 중랑천 및 탄천보다는 다소 낮으나 상당히 오염된 수체 농도였으며, 2차조사시에는 0.192 및 0.221로 다소 낮아졌다. 하류의 지하수 수역중 지점 3과 지점 4는 지하철 6호선 부문역사에서 용출되어 나오는 지하수로 1,2차조사에서 0.043~0.091 mg/ℓ로 낮게 나와 상류 복개수역에서 나오는 하천수와 지하수가 흘러든 곳보다 상대적으로 양호한 것으로 나타났다. 하류 유입부의 정체수역은 1차 0.274 mg/ℓ, 2차 0.504로 상당히 높아졌다. 질소는 인과 더불어 수중의 1차 생산자의 증식에 중요한 영양원이 되고 있다. 복개수역과 시범 복원수역의 총질소는 1,2차조사에서 7.384~8.510 mg/ℓ으로 서로 비슷하게 나타났다. 하류의 지하수 수역에서는 지점4가 1,2차조사시 4.517 mg/ℓ 및 5.752 mg/ℓ로 가장 낮고 지점 5가 9.920 mg/ℓ 및 9.084 mg/ℓ로 가장 높았으며, 오염된 수역의 영양염류 농도를 보여주고 있다.

Table 1. Water quality at each site of Seongbuk creek, Seoul (April 16th, 2004)

	Covered area	Restoration area	Groundwater area		
	St. 1	St. 2	St. 3	St. 4	St. 5
Water temp.(°C)	14.6	16.8	16.1	19.2	19.4
pH	7.7	7.7	7.8	8.8	8.3
DO(mg/l)	6.2	11.4	12.3	9.9	8.2
Cond.(µS/cm)	404	539	475	450	466
BOD(mg/l)	7.1	6.1	1.5	2.9	6.4
SS(mg/l)	2.8	2.8	1.6	0.4	16.0
NH ₃ -N(mg/l)	1.701	0.844	0.033	0.092	1.043
NO ₃ -N(mg/l)	4.29	4.68	7.11	3.57	0.70
T-N(mg/l)	8.462	8.510	7.781	4.517	9.920
T-P(mg/l)	0.499	0.413	0.053	0.043	0.274
Cd(mg/l)	ND	ND	ND	ND	ND
Cr ⁶⁺ (mg/l)	ND	ND	ND	ND	ND
Hg(mg/l)	ND	ND	ND	ND	ND
Pb(mg/l)	ND	ND	ND	ND	ND
As(mg/l)	ND	ND	ND	ND	ND
CN(mg/l)	ND	ND	ND	ND	ND
Coliform(MPN/100ml)	9.4×10 ⁴	2.2×10 ⁴	2.4×10 ³	2.1×10 ²	4.0×10 ³

Table 2. Water quality at each site of Seongbuk creek, Seoul (June 2nd, 2004)

	Covered area	Restoration area	Groundwater area		
	St. 1	St. 2	St. 3	St. 4	St. 5
Water Temp. (°C)	18.4	20.1	19.9	22.1	28.0
pH	7.7	7.9	7.8	7.9	8.5
DO(mg/l)	7.8	9.7	10.9	10.2	9.3
Cond.(µS/cm)	333	390	456	457	560
BOD(mg/l)	1.9	3.2	1.4	1.7	35.1
SS(mg/l)	1.2	2.4	0.8	0.8	19.0
NH ₃ -N(mg/l)	0.397	1.197	0.137	0.170	8.705
NO ₃ -N(mg/l)	6.625	5.057	6.289	4.415	0.224
T-N(mg/l)	7.384	7.472	7.528	5.752	9.048
T-P(mg/l)	0.192	0.221	0.062	0.091	0.504
Cd(mg/l)	ND	ND	ND	ND	ND
Cr ⁶⁺ (mg/l)	ND	ND	ND	ND	ND
Hg(mg/l)	ND	ND	ND	ND	ND
Pb(mg/l)	ND	ND	ND	ND	ND
As(mg/l)	ND	ND	ND	ND	ND
CN(mg/l)	ND	ND	ND	ND	ND
Coliform (MPN/100ml)	1.1×10 ⁵	9.0×10 ⁴	4.0×10 ³	9.0×10 ³	1.7×10 ⁵

3) 중금속 및 유해화학물질류

카드뮴, 6가크롬, 수은, 납, 비소 및 시안 등의 유해물질을 분석한 결과 1,2차조사의 전 지점에서 모두 검출이 되지 않았다. 이는 성북천의 오염 배출원이 대부분 생활하수이기 때문으로 보여진다.

2. 저서무척추동물 군집

1) 저서무척추동물상

2004년 4월과 6월의 2차에 걸친 조사에서 성북천의 저서무척추동물은 총 16 종으로 자연하천의 출현상에 비해 상당히 적은 것으로 나타났다(표 3 및 6). 수서곤충류는 10 종만이 출현하고 있으며, 목별로는 하루살이목 2 종, 잠자리목 1 종, 노린재목 2 종, 파리목 5 종이 채집되었다. 비곤충류는 6 종으로 환형동물문 4 종, 연체동물문 2 종이 채집되었다. 수서곤충류중에서는 맑은 수역에서 출현하는 강도래류나 날도래류는 출현하지 않았으며, 다양한 서식처를 좋아하는 딱정벌레류 등도 전혀 채집되지 않았다. 하루살이류 중에서는 상대적으로 오염된 수역에서 출현하는 꼬마하루살이 2 종만이 출현하였으며, 가장 오염된 수역에서 출현하는 파리류도 5 종만이 출현하여 생물상이 상당히 빈약한 것으로 나타났다. 중학천과 백운동천까지 조사된 청계천의 저서무척추동물상은 총 26종(수서곤충 18종, 비곤충류 8종)이나 상류의 2개 지점을 제외한 본류 지점들에서는 12종이 출현하여(수서곤충 7종, 비수서곤충 5종) 청계천 본류와만 비교한다면 성북천의 출현종이 약간 더 많은 것으로 나타났다(19). 정릉천의 저서무척추동물은 모두 55종(수서곤충 40종, 비곤충류 15종)이나 상류의 정릉공원 지점을 제외한 본류지점의 경우 16종(수서곤충 8종, 비곤충류 8종)으로 성북천과 동일한 출현종수를 보여주고 있다(19). 정릉천 본류는 지하철 6호선(고려대 역사)에서 방출되는 지하수가 제기2교에서 하류유입부까지 흘러가 하천유지용수가 되고 있으며, 성북천의 중,하류 지하수수역과 유사한 수환경으로 저서무척추동물 출현종수도 두 개의 하천이 동일한 것으로 나타났다.

Table 3. Benthic macroinvertebrate fauna of Seongbuk Creek in Seoul, Korea (April 16th ~ June 2nd, 2004)

- Phylum Arthropoda
 - Class Insecta
 - Order Ephemeroptera
 - Family Baetidae
 1. *Baetis fuscatus* Linnaeus
 2. *Alaninites muticus* Linnaeus
 - Order Odonata
 - Family Libellulidae
 3. *Lyriothemis pachygastra*
 - Order Hemiptera
 - Family Nepidae
 4. *Ranatra unicolor*
 - Family Gerridae
 5. *Gerris latiabdominis*
 - Order Diptera
 - Family Psychodidae
 6. *Psychoda* KUa
 - Family Chironomidae
 7. Chironominae sp.1
 8. Chironominae sp.2
 9. Chironominae sp.3
 10. Chironominae sp.4
 - Phylum Annelida
 - Class Oligochaeta
 - Order Haplotaxida
 - Family Tubificidae
 11. *Limnodrilus socialis*
 12. *Limnodrilus* sp.
 - Family Naididae
 13. Naididae sp.
 - Class Hirudinea
 - Order Arhynchobdellida
 - Family Hirudinidae
 14. *Hirudo niponica* Whitman
 - Phylum Mollusca
 - Class Gastropoda
 - Order Basommatophora
 - Family Lymnaeidae
 15. *Lymnaea auricularia*
 - Family Physidae
 16. *Physa acuta*

조사시기별로는 4월에는 총 11 종이 채집되었으며 수서곤충류가 5 종, 비곤충류가 6 종으로 나타났다.

6월에는 총 16 종이 채집되었으며 수서곤충류가 10 종, 기타 비곤충류가 6 종으로 봄철에 비해 출현종수가 다소 증가하였다(표 4 및 5).

주요 분류군별 종 조성비는 수서곤충류는 모두 62.5%였으며, 이중 파리 목이 31.2%로 구성비가 가장 많고 하루살이 목, 노린재 목 및 잠자리 목이 각각 12.5%, 12.5% 및 6.3%순으로 나타났다. 비곤충류는 37.5%로 환형동물 문이 25.0%, 연체동물 문이 각각 12.5%를 차지하였다(그림 2).

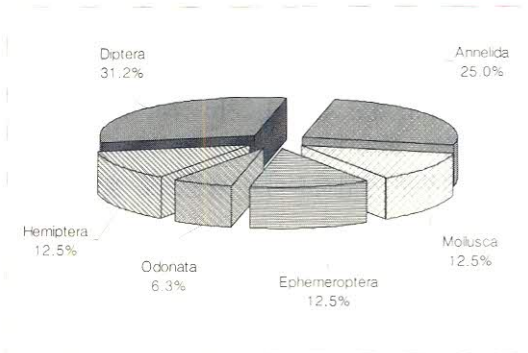


Fig. 2. Species composition of major taxa of benthic macroinvertebrates at Seongbuk Creek, Seoul in 2004.

Table 4. Species and individual number of benthic macroinvertebrates at Seongbuk creek, Seoul (Inds/0.5 m², April 16th, 2004)

	Covered area		Restoration area		Groundwater area	
	1	2	3	4	5	
Class Insecta						
Order Hemiptera						
<i>Gerris latiabdomonis</i>			1	1		
Order Diptera						
<i>Psychoda</i> KUa	1	1	4			
Chironominae sp.1		18	23	4	40	
Chironominae sp.2		15	7			
Chironominae sp.3					1	
Phylum Annelida						
Class Oligochaeta						
<i>Limnodrilus socialis</i>		200	145	50		
<i>Limnodrilus</i> sp.					10	
Naididae sp.1					1	
Class Hirudinea						
<i>Hirudo niponica</i> Whitman			1			
Phylum Mollusca						
<i>Lymnaea auricularia</i>		1	7			
<i>Physa acuta</i>		20	18	40		
Number of species	1	6	8	4	4	
Number of individuals	1	255	206	95	52	

Table 5. Species and individual number of benthic macroinvertebrates at Seongbuk creek, Seoul (Inds/0.5 m², June 2nd, 2004)

	Covered area	Restoration area	Groundwater area		
	1	2	3	4	5
Class Insecta					
Order Ephemeroptera					
<i>Baetis fuscatus</i>		8			
<i>Alaninites muticus</i>		1			
Order Odonata					
<i>Lyriothemis pachygastra</i>		1			
Order Hemiptera					
<i>Ranatra unicolor</i>			1		
<i>Gerris latiaabdomonis</i>				1	
Order Diptera					
<i>Psychoda</i> KUa		2	5		1
Chironominae sp.1		250	30	100	100
Chironominae sp.2		20	5	12	
Chironominae sp.3		10			
Chironominae sp.4			2		
Phylum Annelida					
Class Oligochaeta					
<i>Limnodrilus socialis</i>		20		5	
<i>Limnodrilus</i> sp.					2
Naididae sp.1		1			
Class Hirudinea					
<i>Hirudo niponica</i> Whitman		1			
Phylum Mollusca					
<i>Lymnaea auricularia</i>		5		2	
<i>Physa acuta</i>		90	100	82	18
Number of species	0	12	6	6	4
Number of individuals	0	409	123	122	121

Table 6. Species and individual number of benthic macroinvertebrates at Seongbuk creek, Seoul (Inds/m², April 16th ~ June 2nd, 2004)

	Covered area	Restoration area	Groundwater area		
	1	2	3	4	5
Order Ephemeroptera					
<i>Baetis fuscatus</i>		8			
<i>Alaninites muticus</i>		1			
Order Odonata					
<i>Lyriothemis pachygastra</i>		1			
Order Hemiptera					
<i>Ranatra unicolor</i>			1		
<i>Gerris latiabdomonis</i>			1	2	
Order Diptera					
<i>Psychoda</i> KUa	1	3	9		1
Chironominae sp.1		268	53	104	140
Chironominae sp.2		35	12	12	
Chironominae sp.3		10			1
Chironominae sp.4			2		
Phylum Annelida					
Class Oligochaeta					
<i>Limnodrilus socialis</i>		220	145	55	
<i>Limnodrilus</i> sp.					12
Naididae sp.1		1			1
Class Hirudinea					
<i>Hirudo niponica</i> Whitman		1	1		
Phylum Mollusca					
<i>Lymnaea auricularia</i>		6	7	2	
<i>Physa acuta</i>		110	118	122	18
Number of species	1	12	10	6	6
Number of individuals	1	664	349	297	173

2) 지역별 저서 무척추 동물 서식현황

조사수역별 출현종수는 복개수역(지점 1), 시범 복원수역(지점 2) 및 하류의 지하수수역(지점 3, 4 및 5)에서 각각 1종, 12종 및 13종으로 복원지역과 하류의 지하수수역에서 출현종수가 가장 풍부하였다. 복원수역은 1개의 조사지점인 점을 감안하며 복원지역의 저서무척추동물상이 다른 수역에 비해 상대적으로 양호한 것을 확인할 수 있다. 특히 근접 상류의 복개 구간과 비교하면 하천 복원에 의한 생물상 다양성 변화를 직접적으로 비교할 수 있을 것이다.

(1) 지역별 분포상

지역별 분포상은 다음과 같다(표 6, 그림 3).

① 복개수역 (지점 1)

복개 수역의 경우 유기성 오염지역에서 출현하는 파리 목의 나방파리류 1종만이 출현하고 있었다. 특히 하상이 시멘트구조물로 되어있어 실지렁이들과 같이 강한 유기오염하수역에서 출현하는 종들마저도 채집이 되지 않았다.

② 시범 복원수역 (지점 2)

복원수역의 출현종은 12종으로 다른 지점별에 비해 가장 많은 종들이 채집되었다. 특히, 하루살이목, 꼬마하루살이과의 개똥하루살이와 길쭉하루살이 2종이 복원 수역에서만 출현하고 있으며, 잠자리 목의 경우도 배치레잠자리 1종이 복원 수역에서만 출현하고 있어 복원의 효과를 파악하는 큰 잣대가 될 수 있다. 비록 개똥하루살이와 길쭉하루살이 및 배치레잠자리가 다소 오염된 수역에서 출현하는 종들이지만, 꼬마하루살이과의 종들과 같이 크게 훼손 및 오염이 되지 않은 자갈 및 모래 등으로 하상이 다양하게 구성되어 있는 유수역에서만 출현이 가능하고, 배치레잠자리도 수초대가 다소라도 형성되어야 출현할 수 있다는 점에서 이들 종들이 유독 시범 복원지역에만 출현하는 것은 그 의미가 크다고 할 수 있다.

③ 하류 지하수수역 (지점 3, 4 및 5)

하류의 지하수수역의 조사지점들은 모두 노출수역에서 채집이 이루어졌다. 특히, 지점 3과 지점 4

는 유량도 상당히 풍부하나 하상에 유기성 저니가 많이 퇴적되어 본 수역에 적응된 깔따구류, 실지렁이류 및 원돌이물달팽이가 대부분을 차지하고 있다. 수초대와 정수역에서 출현하는 애소금쟁이와 방개아재비 등이 출현하고 있으나 자연 하천에 비해 매우 적은 종들이 서식하고 있는 것으로 나타났다.

(2) 지역별 출현밀도

지역별 개체밀도는 다음과 같다(표 6, 그림 4).

① 복개수역 (지점 1)

복개수역의 평균 개체밀도는 1 개체/m²로 극히 단순하였다. 특히, 본 수역하상이 시멘트구조물로만 되어있어 복개수역의 유기성 저니층에 살수 있는 종들도 서식하기 힘든 상태였다.

② 시범 복원수역 (지점 2)

복원수역의 평균 개체밀도는 664 개체/m²이며, 분류군별로는 수서곤충류가 326 개체/m², 비곤충류가 338 개체/m²를 차지하였다. 유기오염과 같은 수질환경에 내성이 큰 깔따구 sp.1, 실지렁이 및 원돌이물달팽이가 개체밀도의 대부분을 차지하고 있어 서식지의 다양화나 수질정화 능력을 증대시킬 수 있는 복원구역이 더 확대되어야 오염내성종들과 같은 특정 종들의 지나친 우점화를 저감시킬 수 있을 것이다.

③ 하류 지하수수역 (지점 3~5)

하류의 평균 개체밀도는 273 개체/m²이며, 수서곤충류가 113 개체/m², 비곤충류는 160 개체/m²로 시범 복원구간보다는 개체밀도가 낮은 것으로 나타났다. 지점별 개체밀도는 173~349 개체/m²(수서곤충 : 78~142 개체/m², 비곤충류 31~71 개체/m²)로 지점 3의 개체밀도가 가장 높고 유입부인 지점 5가 가장 낮았다. 하류 지하수수역에서도 유기오염 내성종들인 깔따구 sp.1, 실지렁이 및 원돌이물달팽이가 개체밀도의 대부분을 차지하고 있으며, 본 지역의 경우 수질외에도 하상 서식지의 유기오염, 수변대의 미소서식처 부족 등이 다양한 생물의 서식을 제한하고 있는 것으로 보인다.

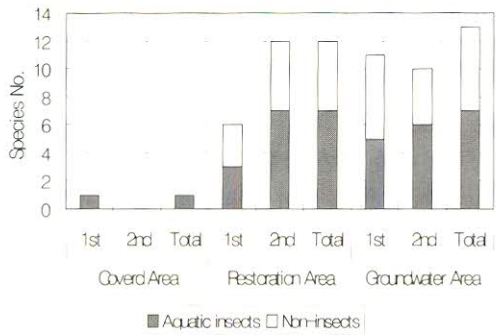


Fig. 3. Species numbers of benthic macro-invertebrates at covered, restoration and groundwater area at the Seongbuk creek, Seoul(April ~ June, 2004).

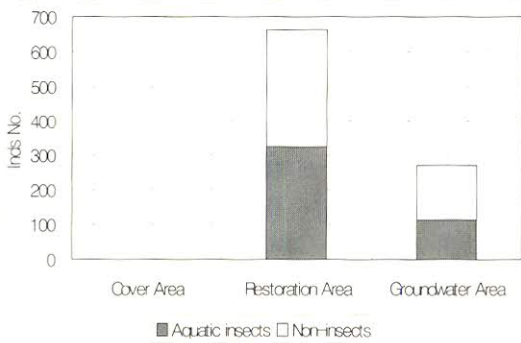


Fig. 4. Individual numbers of benthic macro-invertebrates at covered, restoration and groundwater area at the Seongbuk creek, Seoul(April ~ June, 2004).

3) 우점종 및 우점율

지점별 우점종은 표 7과 같다. 봄철 조사의 경우 복개수역에서는 나방과리 KUa 1종만이 출현하는 극단적인 생물상을 보이고 있으며, 시범 복원수역에서는 실지렁이가 우점종으로, 원돌이물달팽이가 아우점종으로 나타났다. 하류 노출수역에서는 실지렁이, 실지렁이 sp.1, 깔따구 sp.1, 원돌이물달팽이가 우점종 및 아우점종으로 나타났다. 여름철조사에서는 복개지점에서는 저서동물이 전혀 채집이 되지 않았으며, 복개수역에서는 깔따구 sp.1과 원돌이물달팽이가 우점종과 아우점종으로 나타났다. 하류 노출수역에서는 원돌이물달팽이와 깔따구 sp.1이 주요 우점종으로 나타나 성북천에서는 전 지점에서 유기오염 내성종들인 깔따구류, 실지렁이 및 원돌이물달팽이가 주요 우점종을 차지하고 있다.

평균 우점도지수는 봄철조사에서는 복개수역 1.00, 복원수역 0.86, 하류노출수역 0.91로 시범 복원구간에서 환경에 적응된 특징종이 차지하는 우점도지수가 상대적으로 낮았으나 일반적으로 자연상태의 하천들에 비해 상당히 높은 우점도지수로서 저서동물 군집구조가 매우 단순함을 알 수 있다. 여름철 평균 우점도지수는 복개지점은 생물상이 출현하지 않아 비교할 수 없으며, 복원수역은 0.83, 하류 노출수역은 0.92로 봄철조사에서와 같이 상당히 높게 나타나는 단순한 구조를 보여주고 있다.

Table 7. Dominant species and dominance indices of benthic macroinvertebrates at Seongbuk creek, Seoul(April ~ June, 2004)

		Dominant species		Subdominant species		Dominance index	
1st survey (April)	Covered area	St. 1	<i>Psychoda</i> KUa	-	-	1.00	Mean 1.00
	Restoration area	St. 2	<i>Limnodrilus socialis</i>	<i>Physa acuta</i>	-	0.86	Mean 0.86
		St. 3	<i>Limnodrilus socialis</i>	Chironominae sp.1	-	0.82	
	groundwater area	St. 4	<i>Limnodrilus socialis</i>	<i>Physa acuta</i>	-	0.95	Mean 0.91
		St. 5	Chironominae sp.1	<i>Limnodrilus</i> sp.1	-	0.96	
2nd survey (June)	Covered area	St. 1	-	-	-	-	-
	Restoration area	St. 2	Chironominae sp.1	<i>Physa acuta</i>	-	0.83	Mean 83
		St. 3	<i>Physa acuta</i>	Chironominae sp.1	-	0.89	
	Groundwater area	St. 4	Chironominae sp.1	<i>Physa acuta</i>	-	0.90	Mean 0.92
		St. 5	Chironominae sp.1	<i>Physa acuta</i>	-	0.98	

4) 군집 생태지수 평가

결론

저서동물 군집의 지점별 생태지수는 표 8과 같다. 군집의 복잡성을 평가하는 종다양도지수의 평균값은 봄철조사의 경우 복개 수역은 1종만이 출현하여 다양성이 전혀 없는 지역으로 나타났다. 시범 복원수역과 하류 지하수수역은 각각 1.14과 1.26으로 비슷하며, 매우 낮게 나타나 군집의 복잡성이 적은 것으로 나타났다. 여름철 조사에서는 복개지점은 생물이 전혀 없는 상태이며, 복원수역은 1.78로 하류 지하수수역의 1.20보다 상대적으로 높게 나타나 군집의 복잡성과 다양성이 지역적으로 가장 양호하게 변한 것으로 나타났으나 수환경이 양호한 하천의 저서동물 군집에 비해서 상당히 낮게 나타났다.

종풍부도지수는 평균값이 봄철조사의 경우 복개 수역은 0으로 종풍부성이 전혀 없으며, 시범 복원수역과 하류 노출수역은 각각 0.90과 0.91로 낮아 종다양도지수와 유사한 양상을 보여주고 있다. 여름철조사에서는 복원지역이 1.83으로 상당히 높아졌으며, 다양성이 전혀 없는 복개지점과 0.86의 하류 노출수역에 비해서 상대적으로 종풍부성이 많이 회복된 것으로 평가된다.

하천의 복개와 복원이 저서무척추동물의 분포에 미치는 영향을 파악하기 위해 2004년 4월과 6월에 성북천 수계에서 복개수역 1개 지점, 복원수역 1개지점, 지하수수역 3개지점에 대해 2회조사한 결과는 다음과 같다. 본 조사수역의 저서무척추동물상은 모두 16종이며, 수서곤충류 10종, 비곤충류 6종이 출현하였다. 자연성 회복정도에 따른 출현종수는 복개수역 1종, 복원수역 12종, 지하수수역 13종(지점별 6~10종)으로 복원수역과 지하수수역의 출현종수가 크게 증가하였다. 주요 우점종은 복개수역은 나방파리 KUa 1종이었다. 복원수역과 지하수 수역에서는 실지렁이, 깔따구 sp.1 및 원돌이물달팽이가 주요 우점종으로 출현하고 있다. 평균 다양도지수는 복개수역, 복원수역 및 지하수수역에서 봄철 0, 1.14 및 1.26, 여름철 0, 1.78 및 1.20으로, 종풍부도지수는 복개수역, 복원수역 및 지하수수역에서 봄철 0, 0.90 및 0.91, 여름철 0, 1.83 및 0.86으로 복원수역의 생태지수들이 많이 증가하였으나 복원구간의 거리가 짧아 자연하천에 비해서는 상당히 낮은 것으로 나타났다.

Table 8. Species diversity indices and species richness indices of benthic macroinvertebrates at Seongbuk creek, Seoul(April~June, 2004)

		Species diversity index (H')			Species richness index (RI)	
1st survey (April)	Covered area	St. 1	0.00	Mean 0.00	0.00	Mean 0.00
	Restoration area	St. 2	1.14	Mean 1.14	0.90	Mean 0.90
		St. 3	1.53		1.31	
	Groundwater area	St. 4	1.27	Mean 1.26	0.66	Mean 0.91
		St. 5	0.97		0.76	
2nd survey (summer)	Covered area	St. 1	0.00	Mean 0.00	0.00	Mean 0.00
	Restoration area	St. 2	1.78	Mean 1.78	1.83	Mean 1.83
		St. 3	1.31		1.01	
	Groundwater area	St. 4	1.51	Mean 1.20	0.94	Mean 0.86
		St. 5	0.79		0.63	

참고문헌

1. 배연재, 박선영, 윤일병, 박재홍, 배경석 : 왕숙천 준설구간의 저서성 대형무척추동물의 군집 변동. 한국유수학회지, 29:251~261, 1996.
2. Allan JD : Stream Ecology. Structure and function of running waters. Chapman & Hall, London, 1995.
3. Vannote RL, Minshall GW, Cummins KW, Sedell JR and Cushing CE : "The river continuum concept." Can. J. Fish. Aquat. Sci., 37:130~137, 1980.
4. 최규철, 권오익, 김용대, 김용환, 이우식, 이정연, 전세진, 정수경 : 수질오염공정 시험방법주해. 동화기술(서울), p710, 2000.
5. McCafferty WP : Aquatic Entomology. Jones and Bartlett, Boston., p448, 1981.
6. Merritt RW & Cummins KW : An introduction to the aquatic insects of America. 2nd. Ed. Kendall/Hunt Publ. Co., Dubuque, Iowa, 1984.
7. Merritt RW and Cummins KW : An Introduction to the Aquatic Insects of North America. 3rd. ed. Kendall/Hunt Publ. Co., 1996.
8. Kawai T : An illustrated book of aquatic insects of Japan. 日本, 東海大學出版會, 1985.
9. 윤일병 : 한국동식물도감. 제30권. 동물편(수서곤충류). 문교부, p840, 1988.
10. 윤일병 : 수서곤충검색도설. 정행사, 서울, p262, 1995.
11. Wiederholm T : Chironomidae of the Holarctic region Keys and diagnose. Part I -Larvae. Ent. Scand. Suppl., 19:457, 1983.
12. 권오길 : 한국동식물도감 제32권 동물편(연체동물 I). 문교부, p446, 1990.
13. 권오길, 박갑만, 이준상 : 원색한국패류도감. 아카데미서적, p445, 1993.
14. 한국동물분류학회 : 한국동물명집. 아카데미서적, p489, 1997.
15. McNaughton SJ : Relationship among functional properties of California Grassland. Nature, 216:144~168, 1967.
16. Margalef R : Information theory in ecology. Gen. Syst., 3:36~71, 1958.
17. Pielou EC : Shannon's formula as a measure of specific diversity : It's use and missuse. Amur. Nat., 100:463~465, 1966.
18. Pielou EC : Ecological diversity. Wiley, New., p165, 1975.
19. 서울특별시보건환경연구원 : 청계천 생태계 조사보고서, p233, 2003.