

한강(고양시) 고수부지의 환경변화에 따른 곤충 및 저서성대형무척추동물의 분포변화에 관한 분석

Transformation analysis of environment in downstream Han river
(Goyang - shi) by biodiversity and distribution of insect
and Benthic Macro-Invertebrates

송영주·김종갑**·배양섭****

Song, Young Joo·Kim, Jong Gab**·Bae, Yang Seop****

:: Abstract ::

The insects and Benthic Macro-Invertebrates are very important for index of investigation. This reserch is executed a field investigation with a date analysis of the laboratory under such as above hypothesis and we have grasped the change of the creature according to the season through the executing of field investigation(We executed six times about the insects, seven times about the Benthic Macro-Inbertebrates each expending from Apr. to Oct. 2004).

The result of summary in 2004 show that, we have grasped 12 orders 56 familys 116 species on 2001 and 10 orders 42 familys 78 species on 2002 through the investigation. Also we have grasped 13 orders 53 familys 114 species on 2003 and 12 orders 63 familys 121 speceies on 2004 through the investigation. In the case of enthic Macro-Invertebrates, we executed the analysis through the investigation result expending from 2003 to 2004 due to there is no literature investigation record from 2001 to 2002. We have grasped 8 orders 17 familys 24 species on 2003 and 7 orders 11 familys 24 species on Aug. 2004 through the investigation.

We executed the analysis about an each condition due to it is difficult to compare the above result simply by the various variable at the investigation. We expect that it become the fundamental reference data to establish a efficient mode of life undo plan after grasped the inhabitation and movement route of creature inside the river through this reserch.

+ To whom corresponds should be addressed. baey@s@incheon.ac.kr

* 인천대학교 생물학과 남원건설엔지니어링 환경부

** 인천대학교 생물학과 남원건설엔지니어링 환경부

*** 교신저자, 인천대학교 생물학과

1. 서론

인간의 생활과 생명의 원천인 물은 그 나라의 경제성장과 산업발전은 물론 각종 문화활동을 지속할 수 있게 해주는 기초자원이어서 그 중요성을 새삼 강조할 필요가 없을 것이다. 하천은 지리적으로 산지에서부터 해안에 걸쳐 이어지면서 침식작용과 퇴적작용을 반복하여 강변에 완만하고 넓은 평야와 조류의 작용과 함께 하천으로부터 운반되어온 퇴적물을 이용하여 간석지를 발달시켰으며, 다른 대체수단이 존재하지 않는 지구상의 유일무이한 자연 구성요소인 물을 인간에게 제공함으로써 사회발전과 불가분의 관계를 맺어왔다. 우리나라의 중심부를 지나는 한강의 경우 한반도의 중심에 위치하기 때문에 우리 민족 역사의 중심적인 역할을 하고 있다.

한강의 풍부한 수자원은 우리나라 경제성장의 중추적인 역할을 담당해 왔다. 1972년부터 2001년까지 3차례의 국토종합개발계획으로 인해 한강유역중 특히 팔당하류에서 한강 하구에 이르기까지 한강 본류는 택지, 공장부지 및 교통로의 개설을 포함한 무분별한 시가지의 평면적 팽창 등 경제적 생산 활동을 통해 무분별하게

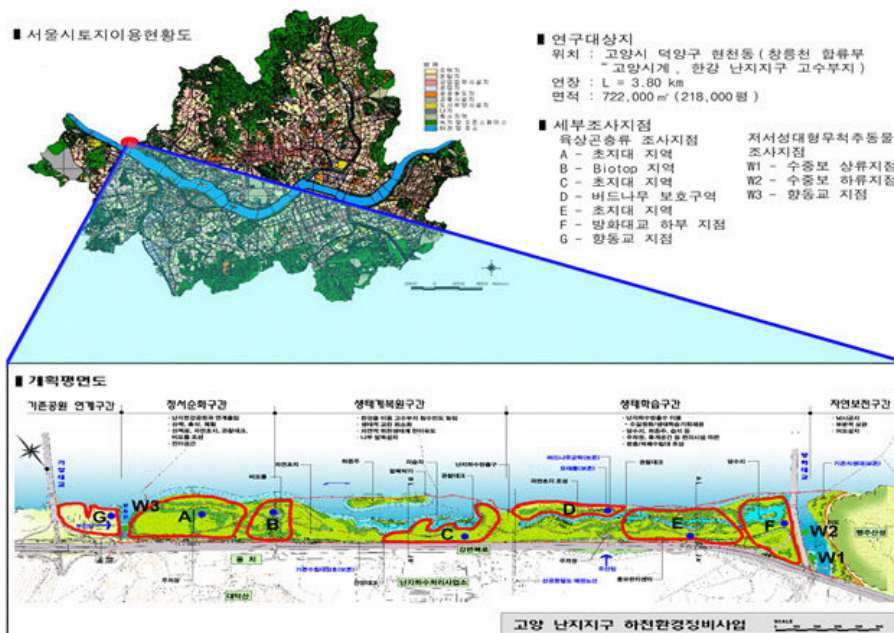
개발되었다. 이러한 난개발의 결과 한강 하천환경의 악화와 생태계의 교란이라는 결과를 가져오게 되었다.

1990년대에 들어 환경의 중요성에 대한 인식이 고조됨에 따라 한강고수부지에 생태공원을 조성하여 한강 본래의 생태 건강성을 회복시키기 위해 다양한 측면에서 한강 생태계 복원을 위한 노력들이 시도되고 있다.

본 연구는 한강하류 고양시 지역의 고수부지에 생태공원을 조성하는 단계에서 필요한 자연생태계의 모니터링 과정에서 곤충 및 저서성대형무척추동물물을 대상으로 정기적으로 분포 변화를 조사함으로써 생태계의 변화 추이를 분석하여 바람직한 생태공간의 조성에 도움을 주고자 하였다. 또한 한강의 종합적인 생태계 분석을 위한 기초자료 확보, 난지생태공원의 생태지도 제작에 필요한 기초 자료 확보 및 연구 대상지 내의 육상곤충류와 저서성대형무척추동물물의 서식처 확보를 위한 방안을 모색하고자 하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 연구대상 범위



2.2 육상곤충류 현지조사 및 분석방법

1) 조사방법

현지조사는 임의채집법, 쓸어잡기(Sweeping), 털어잡기(Beating) 등에 의해 조사지 내 다양한 서식환경에서 조사를 실시하고, 필요에 따라서 분류군의 생태적 특성에 따라 적절한 조사방법을 사용한다. 임의채집법은 발견한 곤충을 포충망을 이용하거나 손으로 직접 채집하는 방법이다. 다양한 환경에서 여러 종류를 대상으로 할 수 있기 때문에 곤충류의 조사에서 필수적인 조사이며 충분한 시간을 가지고 실시한다. 곤충을 육안으로 발견하여 잡는 방법으로 발견한 곤충을 포충망을 이용하거나 손으로 직접채집 하는 방법이다. 다양한 종류의 곤충류를 대상으로 할 수 있다. 잠자리류, 대형나비류, 메뚜기류 등 나는 곤충을 주로 채어잡기로 채집한다. 수림지, 관목림, 초원에서 쓰이는 방법으로 포충망을 힘껏 흔들어서 풀이나 나뭇가지 끝, 꽃이 피어 있을 때는 꽃을 옆으로 휘두르는 식으로 쓸어 담듯이 나무나 풀, 꽃 위에서 정지해있는 곤충을 잡는 방법이다. 주로 작은 파리류, 벌류, 나방류, 딱정벌레류, 노린재류, 매미충류 등의 곤충을 채집에 사용된다. 채집에 있어서는 같은 장소에서 연속해서 포충망을 휘두르지 말고, 식생 등 목적하는 환경을 결정해 그 안을 이동하면서 포충망을 휘두르도록 한다. 스위핑은 각 구간마다 구간을 대표할 수 있는 지역에서 식생이 양호하다고 판단되는 지역을 선정하여 조사하였고, 털어잡기는 키가 작은 관목이나 교목을 대상으로 무작위조사를 하였다. 나뭇가지, 풀잎을 막대기로 두들겨서 밑에 떨어진 곤충을 망(우산도 좋음)으로 취해서 잡는 방법이다. 나무의 줄기, 풀 등에 붙어있는 곤충을 시간을 투자해서 찾지 않아도 흰 망 위에 떨어진 곤충을 효율적으로 채집할 수 있다.

2) 분석방법

조사지별 군집분석 및 평가방법으로 생물 분

포 지수인 상대적 우점도(R.D)와 조사지점별 중요 분류군을 추출하여 조사지 내의 혹은 조사지 간의 생물 군집에 있어 군집 사이의 유사성과 특성을 살펴보고 비교 분석하는 방법을 선택하였다. 종다양성은 종의 이질성(Species heterogeneity)이라고도 하며, 높은 종다양도는 같거나 거의 같은 종들이 매우 풍부하게 있을 경우를 말한다. 한편 종다양도는 군집의 안정도에 대한 척도가 되기도 하며, 군집의 성숙도를 나타낸다. 여러 가지 종이 다양하게 나타나는 것은 종간의 상호작용이 다양하기 때문이며, 그 결과 Energy의 이동, 먹이얼개(Food web), 포식관계(Relationship of predator), 경쟁(Competition), 생태적 지위분배(Ecological niche) 등을 포함한 개체군의 상호작용이 이론적으로 복잡하게 나타남을 의미한다. 그래서 종의 목록과 서식지의 상호관계를 규명한 후 개체수준에서 정량적인 분석을 생태측정으로 하여 여타의 분류군과의 상호관계를 규명하게 된다.

• 우점도(Dominance Index : D.I)

[방법 1] 각 조사 지점별로 출현하는 전체 총 개체수를 기록하여 우점도를 산출하였다(McNaughton, 1967).

$$DI = ni/N$$

DI : 우점도 지수, N : 총개체수,

ni : 제 i 번째 종의 개체수

[방법 2] 각 조사지점의 출현개체수에서 제1우점종과 제2우점종을 선정한 후, 우점도 지수는 다음과 같이 McNaughton's dominance index (DI)를 이용하여 산출한다(McNaughton, 1970).

$$DI = (n1+n2)/N$$

+ - n1, n2 : 제1, 제2우점종

+ - N : 총개체수현존량

※ 위와 같이 2가지 방법이 있는데 [방법 2]를 사용하여 우점도지수를 산출하였다.

- 유사도지수(Similarity Index)

각 지점간 종 구성의 유사정도를 알기 위하여 Sorensen(1948)의 similarity index를 이용하여 산출한다.

$$SI = 2c/(a+b)$$

(a, b : 각 지점의 종 수, c : 두 지점간 공통 종 수)

2.3 저서성대형무척추동물 현지 조사 및 분석방법

1) 조사방법

정량채집은 Suber net (25×25cm, 망목지름 0.5mm)을 사용하며, 각 공법의 특성과 주변환경을 고려하여 4회 채집한다. 정성채집은 단일공법 혹은 조합공법의 정량조사 만으로는 확인되지 않는 다양한 환경에 서식하는 저서성대형무척추동물을 채집하는 것을 목적으로 한다. 조사도구는 0.5mm 망목의 뜰채, D형수서채집망(25×25cm, 망목 1×1mm), 족대(망목 3×3mm) 및 조사지역에 적합한 채집망을 개발하여 세부 site별로 샘플링한다. 채집된 저서성대형무척추동물은 윤(1988), Merritt와 Cummins (1984), Kawai (1985) 권(1990) 등을 이용하여 동정·분류하였다. 각 표준지소의 현장조사 결과를 종합한 후, 한국곤충명집(1994)과 한국동물명집(1997)을 기준으로 그 목록을 작성하였다.

2) 분석방법

- 우점도지수(dominant index)

각 조사지점의 출현개체수에서 제1우점종과 제2우점종을 선정하여, 우점지수는 다음과 같이 McNaughton' s dominant index (DI)를 이용하여 산출하였다(McNaughton, 1970).

$$DI = (n1+n2)/N$$

+ - n1, n2 : 제1, 제2 우점종

+ - N : 총개체수현존량

- 다양도지수

다음과 같이 Margalef (1958)의 정보이론에 의하여 유도된 Shannon-Weaver function (H')을 Lloyd & Gheraldi가 변형한 공식을 이용하였다 (Pielou, 1966, 1975).

$$H' = - \sum \{(ni/N) \cdot \log_2(ni/N)\}$$

+ - ni : i종의 개체수

+ - N : 총개체수

- 종풍부도(Richness Index)

다음과 같이 Margalef(1958)의 지수를 사용하여 산출하였다.

$$RI = (S-1)/Ln(N)$$

+ - S: 전체종수

+ - N: 총개체수

- ESB지수 (Ecological score of benthic macroinvertebrate community)

환경질의 평가와 생태환경 및 수환경 관리기준의 판정은 ESB지수를 적용하고 있다. 따라서 본 조사에서도 환경부(2000) 저서성대형무척추동물 조사지침에 따랐다.

$$ESB = \sum_{i=1}^4 (Si \cdot Qi) \quad \text{Kong (1997)}$$

ESB : Ecological score of benthic macroinvertebrate community (저서성대형무척추동물 생태점수)

Qi : Environmental quality score of individual taxa (개별분류군환경질 점수)

Si : Species frequency to i environmental quality (i 환경질에 대한 출현종수 합)

환경질 및 오수생물계열에 대한 ESB의 평가 구간은 전국자연환경조사지침서에 따랐다. 개별종의 환경질(i) 1-4등급(환경질 score 4 :

very clean, 환경질 score 3 : clean, 환경질 score 2 : polluted, 환경질 score 1 : very polluted)으로 구분한다. 자연환경보전법의 생태자연도 등급(I-III)의 적용은 다음과 같다(표 1).

3. 결과

3.1 육상 생태계 조사 결과

1) 연차별 출현 분류군의 소장 동태

다음은 연차별로 출현한 육상 곤충류의 소장 동태를 나타낸 표이다(표 2). 2001년부터 2003년도까지는 연 1회(8월)조사를 실시하였기 때문에 여기서는 연차별 1회 조사의 결과만 비교하였다.

2001도에는 12목 56과 116종이 조사되었다. 이 결과는 한강 생태계 조사시 본 연구의 대상지와 인접한 행주산성 구간을 대상으로 조사한 결과이다. 2002년 조사 결과 하계 조사 결과 10목 42과 78종이 조사된 것으로 나타났다. 2002년도 조사결과 본 대상지 구간을 직접적으로 조사한 결과로서 상당한 추후 모니터링에 있어 주요한 근거 자료가 된다. 2003년 조사 결과

대상지 전구간에 걸쳐 전체 13목 53과 114종으로 2002년도와 비교했을 때 상당히 다양한 육상 곤충상을 보이는 것으로 나타났다. 이는 대상지역 환경의 개선이라기 보다 곤충류 전문 채집자의 조사로 인해 그 결과가 늘어났다고 볼 수 있다. 2004년 조사 결과 전체 12목 63과 121종이 조사된 것으로 나타났다. 본 지역의 토목공사 시기가 2003년 동계부터 2004년 추계까지임을 감안하였을 때 위와 같은 결과는 주목할 만한 결과이다. 따라서 다음의 각 지점별 조사결과를 참고하여 대상지의 육상 곤충류의 이동 패턴에 대해 분석하고자 한다.

2) 연차별 출현 분류군의 군집구조

다음은 연차별 출현분류군의 변화 추이를 볼 수 있는 결과이다. 본 결과 역시 각 연차별로 하계 조사 1회씩의 결과를 분석하였다(표 3).

연차별 전체 출현 분류군의 변화 추이를 살펴보면 다음과 같다. 우선 과수를 살펴보면 01년도의 경우 파리목이 10과로 가장 높은 과수를 나타내었고, 02년도의 경우 노린재목, 03년도의

표 1. 환경질 및 오수생물계열에 대한 ESB평가구간

환경질의 평가				오수생물계열의 평가		생태자연도 등급
ESB	환경상태	지역구분	수질등급	ESB	오수생물계열	
81 이상	매우양호	최우선보호수역	I	51 이상	빈부수성	I
61-80	양호	우선보호수역				
41-60	다소양호	보호수역	II	21-50	β-중부수성	II
26-40	다소불량	개선수역				
13-25	불량	우선개선수역	III	9-20	α-중부수성	III
12 이하	매우불량	최우선개선수역	IV-V	8 이하	강부수성	III

표 2. 대상지내 연차별 출현종 변화

조사년도	조사지역	목	과	종
2001	행주산성	12	56	116
2002	대상지 전구간	10	42	78
2003	대상지 전구간	13	53	114
2004	대상지 전구간	12	63	121

표 3. 목별 출현 종수의 변화

학명	과수 및 연차	과 수				종 수				상대적 우점도(R.D)			
		01	02	03	04	01	02	03	04	01	02	03	04
Ephemeroptera 하루살이목		1	-	1	1	1	-	1	1	0.9	-	0.9	0.8
Odonata 잠자리목		4	3	3	5	8	5	9	12	7.0	6.41	7.9	9.9
Blattaria 바퀴목		-	-	1	-	-	-	1	-	-	-	0.9	-
Mantodea 사마귀목		1	1	1	1	3	1	1	1	1.7	1.28	0.9	0.8
Dermoptera 집게벌레목		1	-	1	2	1	-	1	2	0.9	-	0.9	1.7
Orthoptera 메뚜기목		4	3	5	5	9	7	10	10	7.8	8.97	8.8	8.3
Hemiptera 노린재목		8	10	9	11	23	23	22	25	20.0	29.49	19.3	20.7
Homoptera 매미목		4	2	2	4	7	2	3	6	6.1	2.57	2.5	5.0
Neuroptera 풀잠자리목		1	1	1	1	1	1	1	1	0.9	1.28	0.9	0.8
Coleoptera 딱정벌레목		7	7	6	10	16	16	18	25	13.8	20.51	15.8	20.7
Hymenoptera 벌목		8	6	5	5	13	8	10	8	11.3	10.26	8.8	6.6
Diptera 파리목		10	4	10	11	13	8	20	19	11.3	10.26	17.5	15.7
Lepidoptera 나비목		6	5	8	7	20	7	17	11	18.3	8.97	14.9	9.1
합계 목		56	42	56	63	116	78	117	121	100	100	103	100

경우 파리목, 04년도에 경우 노린재목과 파리목이 각각 11과로서 가장 많은 출현 과수를 나타내었다. 그러나 과수로 본 지역내의 곤충상의 특징을 규정하기에는 부족함이 있다. 따라서 각 연차별로 종수와 우점도를 살펴보면, 01년도 노린재목 23종, 02년도 노린재목 23종, 03년도 노린재목 25종, 04년도 노린재목 25종과 딱정벌레목 25종으로 가장 높은 상대적 우점도를 보이고 있다. 이는 본 대상 지역이 주로 파부추상충 등의 경작지로 이용되고 있었기 때문에 이들을 가해하는 노린재류와 잎벌레 류가 주로 우점한 것으로 볼 수 있다.

3) 지점별 출현 분류군의 군집구조

다음은 2003년(공사 전)과 2004년(공사 진행중)의 지점별 육상 곤충류의 분포를 볼 수 있다(표 4). 지점별 출현 곤충의 군집구조를 살펴보면 대상지내의 곤충류 들이 어느 지역으로 집중적으로 이동하였는지 파악이 가능하다.

조사 결과를 살펴보면 다음과 같다. 2003년 8월(공사 전) 전체 조사결과를 살펴보면 13목 53과 114종이 확인되었다. 2004년 8월(공사 후) 전체 조사결과를 살펴보면 12목 63과 121종으로 전체적으로 육상곤충류의 군집이 늘어난

표 4. 지점에 따른 출현 분류군의 변화(2003, 2004)

조사년월	A 지점			B 지점			C 지점			D 지점			E 지점			F 지점			G지점		
	목	과	종	목	과	종	목	과	종	목	과	종	목	과	종	목	과	종	목	과	종
2003년 8월	10	37	53	11	44	88	10	33	62	11	43	70	9	42	72	8	32	53	9	38	63
	8월 전체			13목			53과			114종											
2004년 8월	11	34	44	11	38	56	11	41	64	9	41	60	9	25	39	10	34	43	10	47	69
	8월 전체			12목			63과			121종											

것으로 나타났다. 하지만, 이것만으로 본 대상지가 공사의 영향이 없다고 판단하기는 어렵다. 그 이유는 다음과 같다. 2003년도의 경우 B지점과 E지점이 각각 11목 44과 88종, 9목 42과 72종으로 양호한 생태환경을 보여주고 있는 지역이다. 이는 B지점과 E지점이 인간의 간섭을 적게 받는 지역이라고 할 수 있다. 반면 2004년 결과를 살펴보면 B지점의 경우 88종(2003)에서 56종(2004)으로 종수가 감소하였고, E지점 또한 72종(2003)에서 39종(2004)으로 감소한 것을 볼 수 있다. 이를 지점별로 계산하면 다음과 같다(표 5).

표 5의 결과를 살펴보면 비교적 환경상태가 양호한 지역에서 육상 곤충류의 감소 비율이 높은 것으로 나타났다. 이는 공사의 영향으로 인한 것으로 보이며, 지점별 종수는 평균 14% 감소한 것으로 나타났다. 개별 지점의 종수는 감소하였지만 전체적인 종수는 7종 증가한 것으로 나타났다. 이는 G지점의 종 구성이 다른 지점과 상이하여 생긴 결과라고 볼 수 있다.

4) 계절별 출현분류군의 전체 추이변화

다음은 2004년도에 한정하여 월별 육상곤충류의 소장동태를 파악한 결과이다(표 6). 계절별 출현 분류군의 추이 변화를 연차별로 매년 실시하는 것이 바람직하지만, 2003년도 조사 결과까지 계절별 조사 결과가 없기 때문에 부득이하게 당해(2004)년 조사 결과를 가지고 계절별 군집구조의 변화를 살펴보게 되었다. 이를 통해 대상지 구간내의 월별 육상곤충류의 증감 정도와 공사 진행에 따른 곤충류의 이동 패턴을 파악할 수 있다.

조사 결과를 살펴보면 4월의 경우 8목 26과 35종이 조사되었다. 5월의 경우 우천으로 인해 육상 곤충류 조사를 실시하지 못하였다. 6월달의 경우 전체 9목 50과 101종으로 육상 곤충류의 군집이 크게 늘어난 것을 볼 수 있다. 6월은 각종 일년생 초본류의 생장이 활발한 시기로서 다양한 곤충류의 출현을 확인할 수 있다. 7월달의 경우 당해(2004)년도 조사 기간 중 가장 많은

표 5. 연차별 출현 종의 증감비율 (2003, 2004)

조사지점 조사년도	A	B	C	D	E	F	G	전체
2003	53	88	62	70	72	53	63	114
2004	44	56	64	60	39	43	69	121
증감종수	-9	-32	+2	-10	-33	-10	+6	+7
증감비율(%)	-17	-36	+3	+4	-46	-19	+9	+6
평균(%)	지점평균 : -14							6

표 6. 월별 출현 종의 증감비율 (2004)

조사월	목	과	종
4	8	26	35
5	-	-	-
6	9	50	101(+289%)
7	12	61	130(+22%)
8	12	63	121(-7%)
9	-	-	-
10	7	30	38(-306%)

결과인 12목 61과 130종의 육상 곤충류가 조사되었다. 8월달의 경우 12목 63과 121종의 육상 곤충류가 조사되었다. 7월과 8월은 육상 곤충류가 집중적으로 활동하는 시기로서 본 연구 대상지 역시 다른 하천과 유사한 육상곤충류의 증가 추이를 보이는 것으로 나타났다.

5) 계절별 출현 분류군의 군집구조

다음은 대상지 내 곤충류의 군집구조를 계절별로 분석한 것이다(표 7).

곤충류의 경우 춘계, 하계, 추계에 따라 주로 서식하는 종이 상이하게 나타나는데 아래의 결과를 통해 대상지 내에서 우점하는 분류군을 통해 대상지 내에서 계절별로 변화하는 생태계의 특이성을 파악 할 수 있다.

조사결과를 살펴보면 우선 4월의 경우 파리목이 6과 9종으로 우점하는 것으로 나타났다. 이는 본 지역의 춘계 곤충상의 특징을 잘 말해준다고 할 수 있다. 본 지역은 강변북로로 인해 인근의 대덕산과 생태적으로 단절되어 있어 초봄 개화 식물에서 흔히 볼 수 있는 나비류의 출현이 적은 것이 특징이다. 이러한 현상은 6월까지

이어져, 6월 조사 결과 파리목이 14과 33종으로 우점하는 것으로 파악되었다. 하지만, 7월의 경우 노린재목이 10과 28종으로 우점하는 것으로 조사되었다. 이는 경기도내 하천에서 공통적으로 나타나는 노린재 우점 현상과 일치한다고 볼 수 있다. 8월에는 노린재목, 딱정벌레목, 나비목 등이 비교적 균등하게 분포하고 있어 일반적인 하천의 생물상을 보여주고 있다. 10월 조사의 경우 추계조사시 주로 확인되는 메뚜기류가 우점종으로 조사되었다.

6) 지점별 출현 분류군의 군집구조

다음은 대상지 내 곤충류의 군집구조를 계절별로 살펴본 결과이다. 본 결과를 통해 곤충류의 주 서식 지점의 변화 상태를 파악할 수 있다(표 8, 9).

조사결과를 살펴보면 4월의 경우 G지점이 19종으로 가장 많고, B지점과 C지점이 각각 18종, 15종으로 나타났다. 4월 조사의 경우 춘계 조사로서 그다지 많은 곤충류를 기대할 수 없어 큰 의미를 두기는 어렵다. 6월의 경우 G지점이 45종, B지점과 A지점이 각각 42종, 37종으로 조사

표 7. 계절별 전체 출현 분류군의 군집변화 (2004)

		하루 살이 목	장자 리목	바퀴 목	사마 귀목	집게 벌레 목	메뚜 기목	노린 재목	매미 목	풀잠 자리 목	딱정 벌레 목	벌목	파리 목	나비 목	합계
4월 춘계	과수	-	2	-	-	-	-	3	3	1	2	5	6	4	26
	종수	-	2	-	-	-	-	4	3	1	5	7	9	4	35
	(R.D)	-	5.71	-	-	-	-	11.4	8.5	2.8	14.2	20.0	25.7	11.4	100
6월 하계	과수	-	2	-	-	-	3	6	5	1	10	5	14	4	50
	종수	-	2	-	-	-	7	9	6	1	26	12	33	5	101
	(R.D)	-	2.0	-	-	-	7.0	9.0	6.0	1.0	25.5	12.0	32.5	5.0	100
7월 하계	과수	1	6	-	1	1	7	10	4	1	8	4	11	7	61
	종수	3	13	-	2	1	16	28	10	1	21	5	20	10	130
	(R.D)	2.3	10.0	-	1.5	0.8	12.3	21.5	7.7	0.8	16.2	3.8	15.4	7.7	100
8월 하계	과수	1	5	-	1	2	5	11	4	1	10	5	11	7	63
	종수	1	12	-	1	2	10	25	6	1	25	8	19	11	121
	(R.D)	0.8	9.9	-	0.8	1.7	8.3	20.7	5.0	0.8	20.7	6.6	15.7	9.1	100
10월 추계	과수	-	1	-	-	-	6	4	2	-	5	6	-	6	28
	종수	-	1	-	-	-	10	6	2	-	5	6	-	8	38
	(R.D)	-	2.6	-	-	-	26.3	15.8	5.3	-	13.2	15.8	-	21.1	100

표 8. 지점별 출현분류군의 군집구조 (2004)

조사월	A 지점			B 지점			C 지점			D 지점			E 지점			F 지점			G 지점		
	목	과	종	목	과	종	목	과	종	목	과	종	목	과	종	목	과	종	목	과	종
4월	7	10	11	7	13	18	8	13	15	6	10	10	6	10	12	6	8	10	8	16	19
6월	8	27	37	8	32	42	6	24	30	8	25	32	8	23	29	7	17	26	8	32	45
7월	10	34	46	10	38	65	9	36	62	10	33	52	11	37	58	8	28	49	9	48	75
8월	11	34	44	11	38	56	11	41	64	9	41	60	9	25	39	10	34	43	10	47	69
10월	7	11	13	6	19	22	6	17	20	5	10	11	6	14	14	6	7	12	7	22	26

표 9. 월별 출현종중 최다 출현 지점 (2004)

조사월	1순위	2순위	3순위
4월	G지점(19종)	B지점(18종)	C지점(15종)
6월	G지점(45종)	B지점(42종)	A지점(37종)
7월	G지점(75종)	C지점(64종)	C지점(62종)
8월	G지점(69종)	C지점(64종)	D지점(60종)
10월	G지점(26종)	B지점(22종)	C지점(20종)

되었다. 이는 공사에 따른 육상 곤충류의 본격적인 분포 변화를 나타내고 있다. G지점의 경우 가장 많은 종수를 보여주는데 이는 A지점에서 G지점으로의 종 유입을 통해 도출된 결과라고 볼 수 있다. B지점 또한 Biotop구간으로서 공사의 영향을 G지점과 더불어 가장 적게 받는 지점이라고 할 수 있다. 이러한 결과는 7월과 10월의 곤충류 군집구조를 살펴보아도 알 수 있다.

상대적으로 E지점, F지점은 육상곤충류의 군집구조 다양성이 상당히 낮아진 것으로 나타났는데 이는 이 구간의 공사가 활발하게 진행되어 기존의 식생이 대부분 사라진데서 그 원인을 찾을 수 있다. 이러한 악조건에도 어느 정도 종수가 유지될 수 있는 이유는 강변복로 사면의 기

존 수림 지대로 곤충류가 대피해 있어 피해가 어느 정도 상쇄되었다고 볼 수 있다.

3.2 저서성대형무척추동물 조사 결과

1) 계절별 출현분류군의 전체 추이변화

다음은 2004년도에 한정하여 월별 저서성대형무척추동물류의 소장동태를 파악한 결과이다 (표 10). 계절별 출현 분류군의 추이 변화를 연차별로 파악하는 것이 가장 바람직하지만, 본 연구의 시간 적 한계 상, 당해 연도(2004년)분 조사 결과를 가지고 계절별 군집 구조의 변화를 살펴보게 되었다. 이를 통해 대상지 구간내의 월별 저서생물의 증감 정도와 공사 진행에 따른 수중 생태환경의 변화도 파악 할 수 있다.

표 10. 저서성대형무척추동물의 계절별 전체 추이변화 (2004)

조사월	목	과	종
4월	6	12	15
5월	7	17	19(+21%)
6월	7	13	15(-21%)
7월	7	11	11(-27%)
8월	7	11	18(+39%)
9월	-	-	-
10월	9	16	17(-6%)

조사 결과를 살펴보면 4월의 경우 6목 12과 15종이 조사되었고, 6월의 경우 7목 17과 19종이 확인되었다. 6월의 경우 7목 13과 15종이 조사되어 5월보다 4종이 감소하였다. 7월의 경우, 감소폭이 증가하여 7목 11과 11종이 확인되었다. 8월 조사 결과 7목 11과 18종으로 다시 늘어났으며, 10월의 경우 9목 16과 17종으로 8월과 비슷한 결과를 보여주고 있다. 저서동물의 경우 동계와 초봄에 높은 군집 다양도를 보여주고, 하계로 갈수록 다양도가 감소하는 경향이 있다. 본 대상지의 경우도 이러한 패턴을 따르는 것으로 판단되며, 동계 모니터링이 시행된다면 종 수는 더욱 늘어날 것으로 예상된다.

2) 계절별 출현 분류군의 군집구조

다음은 대상지 내 저서동물의 군집구조를 계절별로 분석한 것이다(표 11). 저서성대형무척추동물의 경우 주로 동계에 다양한 생물상을 보이는 것이 특징이다. 아래의 결과를 통해 이러한 저서동물의 특징이 본 대상지에도 반영되어 있

는 지 알 수 있다.

조사결과를 살펴보면 우선 4월의 경우 노린재목이 4과 5종으로 우점하는 것으로 나타났다. 5월의 경우 잠자리목이 3과 5종으로 우점하였는데, 이는 하천 수변부의 수생식물의 성장과도 관련이 있는 것으로 판단된다. 6월의 경우 역시, 잠자리목이 3과 5종으로 우점하였다. 7월의 경우 물지렁이목, 하루살이목, 노린재목, 파리목이 각각 2종으로 우점하였는데 이는 7월 조사 전체 종수가 너무 적기 때문에 신뢰성이 떨어지는 것으로 판단된다. 8월에 들어서는 노린재목이 2과 6종으로 다시 우점하였고, 10월의 경우 노린재목과 파리목이 각각 3과 4종, 4과 4종으로 우점하는 것으로 나타났다.

3) 지점에 따른 계절별 출현 분류군의 군집구조

다음은 대상지 내 저서성대형무척추동물의 군집구조를 계절별로 살펴본 결과이다(표 12). 본 결과를 통해 저서동물의 주 서식처 변화를 파악할 수 있다.

표 11. 계절별 출현 분류군의 군집구조 (2004)

		기안목	턱거머리목	물지렁이목	단각목	십각목	하루살이목	잠자리목	노린재목	파리목	날도래목	전체
4월 총계	과수	1	1	1	-	-	-	3	4	2	-	12
	종수	1	1	1	-	-	-	4	5	3	-	15
	(R.D)	6.7	6.7	6.7	-	-	-	26.7	33.3	20.0	-	100
5월 총계	과수	1	-	2	1	1	1	3	3	3	-	14
	종수	1	-	2	1	1	2	5	4	3	-	19
	(R.D)	5.3	-	10.5	5.3	5.3	10.5	26.3	21.1	15.8	-	100
6월 하계	과수	1	2	1	-	-	1	3	3	2	-	13
	종수	1	2	1	-	-	1	5	3	2	-	15
	(R.D)	6.7	13.3	6.7	-	-	6.7	33.3	20.0	13.3	-	100
7월 하계	과수	1	-	2	-	1	2	1	2	2	-	11
	종수	1	-	2	-	1	2	1	2	2	-	11
	(R.D)	9.1	-	18.2	-	9.1	18.2	9.1	18.2	18.2	-	100
8월 하계	과수	1	1	1	-	-	1	2	3	2	-	11
	종수	1	1	1	-	-	1	6	5	3	-	18
	(R.D)	5.6	5.6	5.6	-	-	5.6	33.3	27.8	16.7	-	100
10월 추계	과수	1	2	1	1	1	2	3	4	1	-	16
	종수	1	2	1	1	1	2	4	4	1	-	17
	(R.D)	5.9	11.8	5.9	5.9	5.9	11.8	23.5	23.5	5.9	-	100

표 12. 지점에 따른 출현 분류군의 군집구조 (2004)

조사년월	W1 지점			W2 지점			W3 지점		
	목	과	종	목	과	종	목	과	종
2004년 4월	5	10	10	4	6	7	3	3	4
	6목 12과 15종								
2004년 5월	8	11	12	7	10	11	5	10	10
	7목 17과 19종								
2004년 6월	5	9	9	6	7	8	4	5	5
	7목 13과 15종								
2004년 7월	5	5	5	4	5	5	5	6	6
	7목 11과 11종								
2004년 8월	5	5	7	6	7	9	5	6	7
	7목 11과 18종								
2004년 10월	7	9	9	7	9	9	5	6	6
	9목 16과 17종								

표 13. 지점에 따른 출현 분류군의 군집구조 증감현황 (2004)

조사년월	W1 지점	W2 지점	W3 지점	전체
2004년 4월	10	7	4	15
2004년 5월	12(+20%)	11(+36%)	10(+250%)	19(+21%)
2004년 6월	9(-25%)	8(-27%)	5(-50%)	15(-21%)
2004년 7월	5(-44%)	5(-38%)	6(+20%)	11(-27%)
2004년 8월	7(+29%)	9(+44%)	7(+14%)	18(+39%)
2004년 10월	9(+22%)	9(±0%)	6(-14%)	17(-6%)
지점별평균	+2%	+15%	+220%	+6%
	지점전체 평균 : 79%			

조사 결과를 살펴보면 다음과 같다. 4월의 경우 W1지점이 5목 10과 10종으로 가장 높은 종 다양도를 나타내고 있으며, 5월의 경우 8목 11과 12종, 6월의 경우 5목 9과 9종으로 W1지점이 계속적으로 높은 다양도를 보이고 있다. 그러나 7월의 경우 W3지점이 5목 6과 6종으로 비교적 높은 다양도를 보이고 있고, 8월과 10월의 경우는 W2지점이 가장 높은 다양도를 보이고 있다. 이러한 결과는 이는 W2지점의 저서 환경이 개선 이라기 보다는 W1지점의 저서생물 서식환경이 악화된 것에서 그 원인을 찾을 수 있을 것이다.

지점별 저서동물의 증감비를 살펴보면 W3지점에서 연평균 +220%로서 가장 높은 증감비율을 보이고 있다. 하지만 이는 계산상의 수치로 보이며, 4월과 5월의 종 증가 폭이 상대적으로

커서 위와 같은 결과를 나타내었다(표 13).

4) 지점에 따른 우점종·우점 비율의 계절별 군집구조

다음은 각 지점에 따른 우점종·우점비율의 계절별 비교 결과이다(표 14). 이를 통해 가지 지점의 우점종과 비율을 파악하여 각 생물종의 집중화 정도를 파악하고, 계절별로 우점하는 분류군에 따라 그 수역의 환경 상태를 파악할 수 있다.

각 계절별로 제1우점종의 변화 추이를 살펴보면 다음과 같다. 우선, 4월의 경우 물벌레, 소금쟁이, 방울실잠자리류 등이 제1우점종을 구성하고 있는 것을 볼 수 있다. 5월의 경우, 소금쟁이, 꼬마하루살이, 옆새우류의 우점이 확인되었다. 이는 비교적 양호한 수질에 서식하는 분류군

으로서 이를 통해 5월의 수질 환경이 어느 정도 향상된 것으로 판단된다. 6월의 경우 깔따구류, 물달팽이류, 돌거머리등이 서식하고 우점비율도 상당히 높아 저서 환경의 악화가 확인되었다. 7월의 경우 꼬마하루살이류가 W1지점에서 우점 비율 42.9%로 가장 높았다. 8월의 경우 W2지점에서 깔따구류가 63.6%의 다소 기형적인 우점 비율을 보이고 있다. 10월의 경우 꼬마하루살이, 긴꼬리하루살이, 물달팽이류등이 비교적 양호한 비율로 우점하는 것을 볼 수 있다.

5) 지점에 따른 ESB지수의 계절별 비교

여기에서는 현재 저서생물을 이용한 수환경 평가에 쓰이는 ESB (Ecological score of benthic macroinvertebrate community)지수를 이용하여 분석하였다. 이는 하천에 서식하는 저서생물에 각각 서식지에 따른 생물 지수를 부여하고 이를 합하는 방법으로 산출된다. 이를 통해 기존 중 수 만을 통해 파악하는 군집구조의 한계성을 극복 할 수 있다.

표 14. 지점에 따른 우점종 · 우점 비율의 계절별 군집구조

지점	제1우점종	우점률 (%)	제2우점종	아우점률(%)
04년 4월	W1 물벌레, 소금쟁이	16.7	Chironomidae sp. 1(깔따구과)	12.5
	W2 Chironomidae sp. 1(깔따구과)	23.1	말거머리, 아시아실잠자리	15.4
	W3 방울실잠자리 Chironomidae sp. 1(깔따구과)	28.6	말거머리	14.3
04년 5월	W1 소금쟁이, Gammaridae sp. 1 옆새우과 sp. 1	17.9	깨알하루살이, Chironomidae sp. 1(깔따구과)	10.7
	W2 꼬마하루살이	20.7	자실잠자리	13.8
	W3 옆새우과 sp. 1	13.8	Chironomidae sp. 1(깔따구과)	14.3
04년 6월	W1 물달팽이, 돌거머리	17.6	말거머리, 등줄실잠자리	11.8
	W2 물벌레	21.4	돌거머리, 아시아실잠자리	14.3
	W3 Chironomidae sp. 1(깔따구과)	45.5	실지렁이, 각다귀 KUa	18.2
04년 7월	W1 꼬마하루살이	42.9	원돌이물달팽이	21.4
	W2 소금쟁이	36.4	꼬마하루살이	27.3
	W3 Chironomidae sp. 1(깔따구과)	27.8	원돌이물달팽이	22.2
04년 8월	W1 물지렁이	35.7	꼬마하루살이	14.3
	W2 Chironomidae sp. 1(깔따구과)	63.6	물달팽이	18.2
	W3 물달팽이	22.2	실지렁이, 등줄실잠자리	16.7
04년 10월	W1 꼬마하루살이	19.0	물달팽이, 자실잠자리	14.3
	W2 긴꼬리하루살이	20.0	물지렁이, 돌거머리	15.0
	W3 물달팽이	30.0	물지렁이	15.4

표 15. 지점에 따른 ESB지수의 계절별 비교 (2004)

ESB	지점	W1	W2	W3	평균
	2004년 4월		18	14	7
2004년 5월		26	24	21	23.5
2004년 6월		18	16	7	14
2004년 7월		10	15	12	12.3
2004년 8월		14	16	13	14.3
2004년 10월		18	19	10	15.7

표 16. 지점에 따른 생물지수의 계절별 비교 (2004)

항목	지점	W1	W2	W3
	조사시기			
우점도 지수	04 4월	0.33	0.38	0.57
	04 5월	0.36	0.34	0.43
	04 6월	0.35	0.36	0.64
	04 7월	0.64	0.64	0.50
	04 8월	0.50	0.45	0.41
	04 10월	0.37	0.37	0.60
	평균	0.43	0.42	0.53
풍부도 지수	04 4월	2.83	2.34	1.54
	04 5월	3.30	2.97	2.96
	04 6월	2.82	2.65	1.67
	04 7월	1.52	1.67	1.73
	04 8월	2.27	2.67	2.12
	04 10월	2.72	2.72	2.17
	평균	2.58	2.50	2.03
다양도 지수	04 4월	3.19	2.72	1.95
	04 5월	3.35	3.31	3.05
	04 6월	3.06	2.90	2.04
	04 7월	2.07	2.12	2.64
	04 8월	2.55	2.84	2.70
	04 10월	2.91	2.87	2.12
	평균	2.86	2.79	2.42

조사 결과 4월, 5월, 6월의 경우 W1지점에서 각각 18, 26, 18로 가장 높은 값을 보이고 있다. 2003년도 결과에서 알 수 있듯이 W1지역의 수변 식물상이 가장 양호한 상태를 보이고 있기 때문에 판단된다. 7월, 8월, 10월의 경우 W2지점에서 각각 15, 16, 19로 높은 값을 보이고 있다. 이는 대상지의 공사로 인한 수중보상부의 수변 식물상이 악화에서 그 원인을 찾을 수 있다.

6) 지점에 따른 생물지수의 계절별 비교

다음은 지점에 따른 생물 지수의 계절별 변화를 통해 저서동물의 지점별 적응성을 파악할 수 있다(표 16). 여기에 나타나는 우점도, 풍부도, 다양도를 통해 각 지점별 환경상태를 비교할 수 있다.

조사결과를 살펴보면 다음과 같다. 우점도의 경우 4월, 5월, 6월에는 W3지점이, 7월과 8월에는 W2지점이 가장 높은 우점도를 보여주었다. 10월의 경우 다시 W3지점의 우점도가 0.60으로 가장 높은 값을 나타내었다. 풍부도의 경우도 우점도와 비슷한 양상을 보이고 있으나, 8월달의 경우만 W3지점이 가장 높게 나타나 다른 결과를 보였다. 다양도 지수의 경우는 우점도 지수와 같은 패턴을 보여주고 있다. 이를 통해 하천의 수 환경의 상태를 파악할 수 있다. 4월, 5월, 6월의 경우 W1지점이 가장 양호한 환경을 보이고 있으며, 7월과 8월의 경우 W3의 환경상태가 가장 좋은 것으로 나타났다. 이는 W3지점의 환경상태가 개선된 것이 아니라 공사로 인해 W1, W2지점의 수변 상태가 악화된 결과라고 볼 수 있다.

4. 결론 및 제언

1) 결론

본 연구 대상지의 경우 2003년과 2004년의 조사 결과를 단순히 비교하는 것은 무리가 있다. 따라서 2003년 8월과 2004년 8월의 1회 조사분의 결과를 비교한 결과 육상곤충류의 경우 오히려 114종에서 121종으로 7종이 증가한 것으로 나타났다. 2004년의 경우 공사가 구간별로 실시되었기 때문에 직접적으로 공사가 일어나지 않은 구간에서는 상당히 다양한 곤충류들이 출현한 것으로 조사되었다. 또한 강변 복로 사면과 기존공원 연계구간인 G구간은 주간 활동성 곤충류들의 훌륭한 피난처 역할을 하였다고 볼 수 있다. 따라서 이들 구간의 현지 보존과 B지점의 비오톱 보호구간의 조속한 공사 완료를 통한 육상 곤충류 서식처 보존이 중요하다고 할 수 있다.

저서성대형무척추동물의 경우 공사로 인한 토사의 유출이 가장 큰 생물 서식처 위협요인으로 판단된다. 공사지 내의 토사 야적은 우기시 토사의 하천 유입 현상을 초래하여 하천 바닥의 저서생물의 치명적 악영향을 끼친다. 따라서 조성 후 모니터링을 통해 이에 대한 적절한 대책을 세우는 것이 필요하다고 하겠다.

2) 제언

이상의 연구결과를 종합해 볼 때, 한강 난지(고양)지구의 하천환경정비 사업은 하천의 물리적 환경의 대규모 교란이라는 요인에도 불구하고 기존의 자연성을 점차 회복하고 있음을 알 수 있다. 이를 감안하여 각 조성 구간별로 생물 다양성을 증진 할 수 있는 방안을 아래와 같이 제언한다.

첫째, 정서순환 구간의 경우 난지 한강공원과의 연계출입 구간을 제안할 필요가 있다. 본 구간을 통과하는 자전거 도로의 제안과 산책로의 제한을 통해 최대한 기존 초지대를 보호하고, 생물 서식기능을 증진시킨다.

둘째, 생태계 복원 구간의 경우 비오톱 구간을 집중적으로 조성하고 하중주와 저습지의 지속적인 모니터링을 통해 자연스러운 습지의 모습을 유지하도록 한다. 본 구간은 홍수로 인한 주기적인 침수가 예상되는 지점으로 홍수백박 개념을 도입하여 하천 스스로 호안의 모습을 결정 할 수 있도록 해야 한다.

셋째, 생태학습구간의 경우 실개천의 조성과 함께 다양한 생태체험 시설을 도입하여 시민들에게 체험학습 기회를 제공하고 환경에 대한 인식을 높일 필요가 있다. 본 구간은 본래의 녹지를 훼손시키지 않는 범위내에서 다양한 관찰로를 조성한다.

넷째, 자연보전구간의 경우는 행주산성 인접부의 기존 식생대를 보존하여 이 구간에서 서식하는 곤충류들이 생태학습구간으로 이주 할 수 있도록 해야 한다.

본 연구를 진행하면서 느꼈던 한계점으로는 먼저, 연구수행 모니터링 기간이 충분하지 못하였다는 점이다. 하천 환경의 생물서식환경이 정착하는데 필요한 기간이 3~5년임을 감안할 때 본 연구의 현장 모니터링 기간 2년은 부족한 기간이라고 판단된다. 또한, 본 연구와 유사한 사례를 국내에서는 찾아볼 수 없어 자료 수집에 그 어려움이 있었다. 아울러, 본 연구대상지의 세부적인 공법별로 모니터링이 이루어지지 못하여 공법에 대한 평가가 미흡하였던 것이 아쉬운 점이다. 따라서 본 연구에서 제시한 자료들을 토대로 여기서 다루지지 않았던 분류군의 연구가 수행되어 보다 효율적인 생태공원의 관리 지침으로 활용되길 바란다.

감사의글

본 연구는 2004년 실시한 고양 난지지구 하천환경정비사업으로 본 연구를 가능케한 건교부 서울지방국토관리청과 (주)동부엔지니어링에 감사드립니다. 또한 본문의 검토를 해주신 인천대

학교 동물분류실험실의 Pham Van Nha에게도 감사의 말씀을 드립니다.

참고문헌

1. Byun, B.K., Y.S. Bae & K.T. Park, Illustrated Catalogue of Tortricidae in Korea (Lepidoptera). Junghaeng-Sa. 1998.
2. Cho, B.S., Illustrated Flora & Fauna of Korea. Vol. 10. Insecta(IV). Ministry of Education. 95~697. 1969.
3. Lee, C.E., Illustrated Flora & Fauna of Korea. Vol. 12. Insecta(IV). Ministry of Education. 140~441. 1971.
4. Yoon, L.B., Illustrated Encyclopedia of Fauna & Flora of Korea. Vol. 30. Aquatic Insects. Ministry of Education. 204~319. 1988.
5. UNDP, 서울대학교, 농어축진흥공사, 농림부, 과학기술부, 환경부. 1999. 별책: 대호 환경 농업 시범지구 생태공원 조성계획.
6. 건설교통부·서울지방국토관리청, 2003, 한강 난지지구 하천환경정비사업, 건설교통부·서울지방국토관리청, 96~101.
7. 김종근(1998) “도시 하천변의 식물생태계 특성에 관한 연구”, 영남대학교 대학원 석사학위논문, 1~11쪽.
8. 박덕규(2000) “인제 평화생명공원 설계”, 서울대학교 환경대학원 석사학위 논문, 1~14쪽
9. 신유향, 박규택, 남상호. 1982. 한국동식물도감 동물편 26: 1-919. 문교부.
10. 신정섭, 2004, 지속가능한 한강 생태계 만들기, 푸른공간, KSDN
11. 윤일병(1995) “수서곤충검색도설”, 정행사, 2~218쪽.
12. 윤일병, 김종인, 이성진, 황정훈, 박재홍. 1994. 경안천의 저서성 대형무척추동물 군집. 경안천 자연생태계 1연구보고서, 72-09.
13. 조복성. 1969. 한국동식물도감 동물편 10: 1-970. 삼화출판사.