

한강 상류수계(가평)의 저서성 대형무척추동물 군집분석 및 생물학적 수질평가

배경석[†] · 유승성 · 원두희* · 김민영 · 신재영
서울특별시 보건환경연구원, *고려대학교 생물학과

Analysis of Benthic Macroinvertebrate Community and Biological Evaluation of Water Quality in the Gapyung Region of the Upper North Han River, Korea

Kyung Seok Bae[†] · Seung Sung Yoo
Doo Hee Won* · Min Young Kim · Jae Young Shin
Seoul Metropolitan Gov. Inst. of Health & Environment
Dept. of Biol., Korea University

ABSTRACT

Analysis of benthic macroinvertebrate community structure and biological estimation of water quality by the benthic macroinvertebrates from the Mt. Myungji(1267m), Mt. Kalbong(840m), Mt. Daegu(704m) and Mt. Jubal(489m) region of Gapyung-gun, Kyunggi-do were investigated from April to November, 2001. Total taxa of benthic macroinvertebrates were 105 species, 38 families, 13 orders, 5 classes in 4 phyla. Aquatic insects were 33 species in ephemeroptera, 5 species in odonata, 13 species in plecoptera, 2 species in hemiptera, 1 species in megaloptera, 27 species in trichoptera, 3 species in coleoptera and 13 species in diptera, respectively. Non-insects were 1 species in platyhelminthes, 5 species in gastropoda, 1 species in oligochaeta, 1 species in crustacea, respectively. Ephemeroptera, trichoptera and plecoptera as indicators in clean water were very abundantly. Occurrence species at each survey area was 67 species at Mt. Myungji and 69 species at Mt. Kalbong, 48 species at Mt. Daegu and 47 species at Mt. Jubal, respectively. Mean species diversity indices at Mt. Myungji, Mt. Kalbong, Mt. Daegu and Mt. Jubal were 3.30, 3.33, 2.59 and 3.43, respectively. According to the saprobic system based on the species diversity indices of benthic macroinvertebrates, Mt. Myungji, Mt. Kalbong and Mt. Jubal are determined as Limnosaprobic area, respectively, but Mt. Daegu is determined as β -mesosaprobic area.

keywords : Water quality, Benthic macroinvertebrate, Biological estimation

I. 서론

하천의 저서무척추동물은 편형동물, 환형동물, 갑각류, 수서곤충 및 패류가 포함되는 큰 분류군이다. 이들은 하천생물 중에서 가장 다양하고 풍부한 무리일 뿐만 아니라, 영양단계의 저차소비자(1차 또는 2차 소비자가 대부분)의 역

할을 하기 때문에 하천생태계의 구성원으로서 중요하다.¹⁻³⁾ 이들은 또한 하천생태계의 다양한 환경요인과 서식처에 따라 적응방식이 다양하고, 수질환경에 대하여 민감하게 반응하는 종이 많으므로 순수생태학적 연구 뿐만 아니라, 지표종으로 이용되는 등 응용연구에 많이 이용되어 왔다.⁴⁻⁹⁾

우리 나라의 하천은 1960년대 이래 산업화와 도시화의 영향으로 이화학적 수질환경이 크게 악화되었고, 생물 서식처가 많이 훼손되었다. 특히 도시화에 따른 하천생태계의 영향은 그 하천

[†] Corresponding author : Aquatic Ecology Team, Seoul Metropolitan Gov. Inst. of Health & Environment

Tel : 02-570-3385, Fax : 02-570-3475
E-mail : baekyungs@hanmir.com

에 서식하는 생물 군집에도 지대한 영향을 끼쳐 왔으며, 그로 말미암아 하천생태계의 생태학적 기능도 크게 변모되었다.^{10~15)} 국내에서 하천생태계의 저서성 대형무척추동물에 대한 생태학적 연구는 지금까지 주로 특정하천이나 지역의 생물상 조사나 군집의 구조적 특성을 밝히는 연구가 주종을 이루어 왔고, 군집지수를 이용한 생물학적 수질판정이 어느 정도 이루어지고 있다.^{16~19)} 수질을 관리하는 궁극적인 목적이 인간의 생활환경이나 생태계의 보전에 있다면, 수질오염의 평가는 간접적인 화학적 지표보다는 생태계 내 생물 그 자체로 평가하는 것이 가장 바람직하다. 생태학적 지표를 이용한 방법은 연간의 평균적인 수질을 대변하고 과거 오염물질의 임의적 유출에 대한 추정을 가능케 해줌과 동시에 오염물질 복합효과 등에 대한 종합적 영향을 반영한다.

본 조사는 환경부 제2차 전국자연생태계조사사업의 일환으로 가평지역의 우선조사 소권역에서 저서성 대형무척추동물에 대한 조사를 실시하였다. 이 권역은 경기도 가평군의 북면, 하면, 상면, 외서읍 및 가평읍을 포함하고 있는 지역이다. 본 조사에서는 전국자연환경조사 지침에 따라 비교적 수계 상태가 양호한 이 권역을 4개의 소지역으로 세분하여 각 지역마다 조사지점을 선정·조사함으로써 이 지역의 저서동물 군집 현황과 생태학적 특성을 파악하여 한강 하류 수계와 같이 훼손의 정도가 심한 하천들에 대한 비교 자료와 1997년 이후 진행되고 있는 전국 자연생태계 조사사업의 중요한 기초자료로 이용될 수 있을 것이다.

II. 연구방법

1. 조사시기

본 연구의 현장조사는 2001년 4월과 5월에 1차 조사를, 10월과 11월에 2차 조사를 실시하였다.

2. 조사지점

본 조사 권역은 경기도 가평군의 명지산(1267m), 칼봉산(840m), 대금산(704m), 주발산(489m)을 포함하고 있는 지역이다(Fig. 1). 본 조사 수계는 상류에 명지산을 사이에 두고 가평천과 조종천 수계가 위치하고 있으며, 북쪽으로 포천군과 화천군이, 동쪽으로 춘성군이, 남서쪽으로는 남양주군이 자리잡고 있다. 본 조사권역은 가평천과 조종천의 하류 수역의 수변 음식점이 많은 지역을 제외하고는 자연환경이 비교적 잘 보전되어 있는 지역이다. 특히 명지산과 칼봉산 일대의 중,상류 수역은 수환경이 상대적으로 매우 양호한 상태를 유지하고 있다.

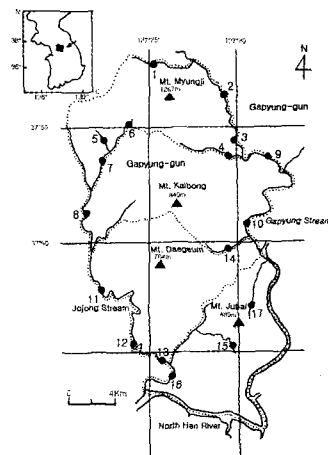


Fig. 1. A map showing the sampling sites of benthic macroinvertebrates in the Gapyung region of Kyunggi-do, Korea(Real line: creek and stream, Dot line: division of study area).

□ 명지산 지역

- 지점 1. 가평군 북면 적목리 논남기 (가평천 지류)
- 지점 2. 가평군 북면 적목리 선바위 (가평천)
- 지점 3. 가평군 북면 도대리 오목골 (가평천)
- 지점 4. 가평군 북면 도대리 둔전리 구나무골 (가평천 지류)

□ 칼봉산 유역

- 지점 6. 가평군 하면 상판리 귀목 (조종천 상류)
- 지점 7. 가평군 하면 상판리 행량말 (조종천)
- 지점 8. 가평군 하면 하판리 가래울 (조종천)
- 지점 9. 가평군 북면 제령리 막골 (가평천)
- 지점 10. 가평군 가평읍 마장리 마장교 (가평천)

□ 대금산 유역

- 지점 11. 가평군 상면 연하리 먹골 (조종천)
- 지점 12. 가평군 상면 덕현리 다원리 (조종천)
- 지점 13. 가평군 외서면 하천리 이리울 (조종천)
- 지점 14. 가평군 가평읍 경반리 말구리 (가평천 지류)

□ 주발산 유역

- 지점 15. 가평군 외서면 상천리 큰골 (조종천 지류)
- 지점 16. 가평군 외서면 청평리 안말 (조종천 하류)
- 지점 17. 가평군 가평읍 이화리 양지말 (한강 지류)

3. 조사방법

1) 채집방법

저서성 대형무척추동물의 채집은 정량채집망인 Surber net(30×30cm)을 이용하여 각 조사지점의 다양한 미소서식처(riffle, run, pool)를 구분한 후 지점당 3회씩 정량채집을 하였다. 채집된 저서성 대형무척추동물은 현장에서 Kahle's solution에 고정하여 운반하였고, 실험실에서 sorting한 후 80% ethanol에 보존하였다.

2) 동정 및 분류

각 분류군 중 수서곤충의 경우는 McCafferty²⁰⁾, Kawai²¹⁾, Merritt & Cummins^{22,23)}, 윤^{24,25)} 등을 참고로 하여 동정하였다. 수서곤충류 중 Chironomidae의 경우는 Wiederholm²⁶⁾을 이용하여 외부형태, 특히 체장, 체색, Mouth part 형태, Abdominal tubule의 유무, 강모의 형태 등의 특징을 고려하여 임의로 아과 수준에서 동정하였다.²⁵⁾ 연체동물의 경우는 권²⁷⁾, 권 등²⁸⁾을 참고로 하였고, 새우류는 김²⁹⁾을 이용하였으며, 기

타 갑각류 및 환형동물류 등은 岡田要³⁰⁻³²⁾를 이용하여 동정하였다. 동정된 학명의 체계 및 국명은 한국곤충학회의 한국곤충명집³³⁾과 한국동물분류학회의 한국동물명집³⁴⁾에 의거하여 작성하였다.

3) 군집분석

군집의 분석은 정량으로 채집된 자료를 이용하여 아래의 공식에 의하여 산출된 결과를 이용하였다.

(1) 우점도지수

각 조사지점의 출현 개체수에서 제1우점종과 제2우점종을 선정하였고, 우점도지수는 McNaughton's dominant index(DI)를 이용하여 산출하였다.³⁵⁾

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

n1, n2 : 제1, 제2 우점종

N : 총개체수현존량

(2) 다양도지수

Margalef의 정보이론에 의하여 유도된 Shannon-Weaver function(H')을 Lloyd & Gheraldi가 변형한 공식을 이용하였다.^{36,37)}

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

ni : i 종의 개체수

N : 총개체수

III. 결과 및 고찰

1. 분포 및 서식현황

1) 저서성 대형무척추동물상

명지산, 칼봉산, 대금산 및 주발산을 포함하는 경기도 가평 권역의 총 17개 지점에 대한 2001년의 봄과 가을에 걸친 2회의 조사에서 출현한 저서성 대형무척추동물의 총분류군은 4문 5강

13목 38과 105종으로 나타났다 (Table 1). 출현한 저서성 대형무척추동물 중에서 비곤충류는 편형동물류 1종, 복족류 5종, 빈모류 1종, 갑각류 1종으로 총 8종이 출현하였으며, 수서곤충류는 하루살이류 33종, 잠자리류 5종, 강도래류 13종, 노린재류 2종, 뱀잠자리류 1종, 날도래류 27종, 딱정벌레류 3종 및 파리류 13종으로 총 97종이 출현하였다. 이것은 경기도 및 강원도에 위치하고 있는 청정지역인 포천·철원 수계³⁸⁾의 109종 (비곤충류 8종 포함), 봉화·영월 수계³⁹⁾의 118종 (비곤충류 10종 포함), 대둔산 도립공원 일대⁴⁰⁾의 111종(비곤충류 15종)과 비교하여 볼 때 전체적인 출현종수와 비곤충류의 출현종 비율이 유사하게 나타났다. 반면에 대부분이 평지하천이고 주변에 농경지가 폭넓게 발달하였던 예산·홍성권역⁴¹⁾의 85종(비곤충류 22종 포함)과는 많은 차이가 나타났다. 이 권역에서는 일반적으로 청정한 하천 수계에서 많이 출현하는 하루살이류, 날도래류 및 강도래류가 전체 출현종수의 2/3 이상을 차지하고 있어 전형적인 하천의 특징을 잘 나타내고 있다. 특히 청정한 산간계류에서만 주로 서식하는 하루살이류 중 알락하루살이류와 갈래하루살이류, 강도래류 전체 및 날도래류 중의 물날도래류,

우묵날도래류, 네모집날도래류, 바수염날도래류 등이 많이 출현하고 있어 본 조사권역의 서식환경이 상당히 양호한 상태임을 잘 알 수 있다. 이 권역에서 상당히 양호한 환경을 보존하고 있는 명지산과 칼봉산 및 그 하류지역의 조종천 및 가평천 수계를 중심으로 한 지역으로 저서성 대형무척추동물의 출현종수 및 그 상대 출현도를 통하여 이 권역에 포함된 수계가 상당히 청정한 산간수계의 형태를 가진 수환경임을 잘 대변하여 주고 있다.

조사시기별 총 출현종수는 1차 조사시에 81종이, 그리고 2차 조사시에 78 종이 출현하여 유사한 출현정도를 보이고 있다. 또한 전체 출현종 중에서 수서곤충류의 출현빈도는 1차 조사시에 74 종, 2차 조사시에 73 종으로 수서곤충류가 대부분을 차지하며, 조사시기별로는 비슷한 조성 양상을 보여주고 있다. 2001년도의 1차 조사시기였던 4~5월은 일반 하천들은 대부분 가뭄에 의한 하천 유량의 감소에 의하여 유량이 많이 감소하였으나, 본 조사권역은 산림이 무성한 산간지역으로 저서성 대형무척추동물의 출현 양상에 큰 영향을 미치지 않아 상대적으로 수계환경이 안정된 생태계를 유지하고 있음을 알 수 있다.

Table 1. Species frequency of major taxa of benthic macroinvertebrates in the 4 survey areas of Gapyung-gun, Kyunggi-do, Korea in 2001

Taxa / Survey		1st	2nd	Total
Noninsects	Platyhelminthes	1	1	1
	Annelida	1	0	1
	Mollusca	4	3	5
	Crustacea	1	1	1
Insects	Ephemeroptera	28	25	33
	Odonata	4	3	5
	Plecoptera	8	11	13
	Hemiptera	2	2	2
	Megaloptera	1	1	1
	Trichoptera	21	18	27
	Coleoptera	2	2	3
	Diptera	9	11	13
	Total	81	78	105

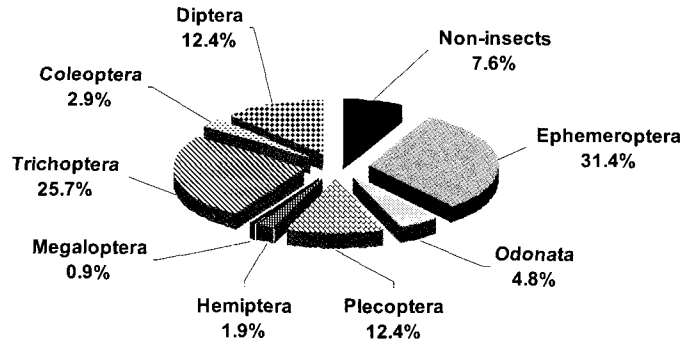


Fig. 2. Species composition of major taxa in the 4 survey areas of Gapyung-gun, Kyunggi-do, Korea in 2001.

Table 2. Variation of species numbers of benthic macroinvertebrates at each site from the 4 survey areas of Gapyung-gun, Kyunggi-do, Korea in 2001

Period	Area			
	Mt. Myungji	Mt. Kalbong	Mt. Daegeum	Mt. Jubal
1st survey	52	50	39	38
2nd Survey	47	49	35	34
Total	67	69	48	47

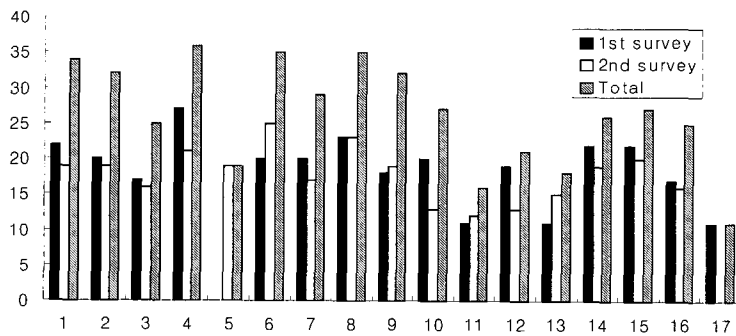


Fig. 3. Species number of benthic macroinvertebrates at each site from the 4 survey areas of Gapyung-gun, Kyunggi-do, Korea in 2001.

전 조사시기를 통하여 나타난 저서성 대형무척추동물의 출현종수를 비교하여 보면 전체적으로 비곤충류가 7.6%로 차지하는 비율이 낮으며, 수서곤충류에서는 하루살이류가 31.4%, 날도래류가 25.7%, 강도래류가 12.4%, 파리류가 12.4%, 잠자리류가 4.8%, 딱정벌레류가 2.9%, 노린재류가 1.9%, 뱀잠자리류가 0.9%의 순으로 차지하고 있어(Fig. 2) 하루살이류, 날도래류 및 강도래류의 출현종수의 점유율이 상당히 높게 나타났고 상대적으로 비곤충류가 낮은 점유율을 나타내고 있어 본 권역이 보전이 양호한 산간 계류의 하천생물상을 대변하여 주고 있다. 또한 수서곤충류 중에서도 일반적 계류 수계의 출현양상과 유사하게 하루살이류, 날도래류 및 강도래류가 높은 점유율을 보이고 있는 반면에 노린재류 및 딱정벌레류와 같은 정수성 수서곤충의 점유율이 낮게 나타난 것 역시 이 지역의 자연환경을 단적으로 대변하여 주고 있다.

이 권역에 포함된 4개 지역에서의 출현종수를 살펴보면 전체적으로 명지산 지역이 67종, 칼봉산 지역이 68종, 대금산 지역이 48종, 주발산 지역이 47종으로 나타나 이 권역의 대표산인 명지산과 칼봉산 일대의 자연환경이 보다 잘 보전되어 있음을 잘 나타내주고 있다(Table 2, Fig. 3). 조사시기별로는 명지산, 칼봉산, 대금산, 주발산 소지역에서 1차 조사시에는 52종, 50종, 39종, 38종이, 2차 조사시에는 47종, 49종, 35종, 34종이 각각 출현하여 1차 조사시에 지역당 출현종수가 약간 다양한 것으로 나타났다. 지역별로는 조종천과 가평천의 상류수계에 해당하는 명지산과 칼봉산 지역에서 하류지역보다 출현종수가 더 다양하게 나타나고 있음을 알 수 있다.

각 조사지점별 출현종수의 변동을 살펴보면 1차 조사시에 지점 4의 27종에서 지점 11, 지점 13 및 지점 17의 11종까지 나타났고, 2차 조사시에는 지점 6의 25종에서 지점 11의 12종까지 나타나 지점간의 변화의 폭이 크지는 않았다.(Fig. 3). 2회의 조사를 한 지점들만의 출현종수는 지점 4의 36종에서 지점 11의 16종까지 었

으며, 가장 많은 종이 출현한 지점들이 명지산 권역과 칼봉산 권역에서 나타난 것은 조종천과 가평천의 상류지역은 민가나 농경지의 발달이 어려운 지리적 환경으로 비교적 이 권역들의 수계환경이 아직까지 양호한 상태를 유지하고 있는 결과로 볼 수 있다.

2) 개체밀도의 조성 및 변동

본 조사권역에서 나타난 총 출현개체수는 1차 조사시에 2,084개체가, 그리고 2차 조사시에는 2,461개체가 출현하여 2차 조사시에 개체수가 다소 증가하였다(Table 3). 이것은 1차 조사시는 저서성 대형무척추동물의 대부분을 차지하는 수서곤충의 우화가 이루어지는 시기로 개체수가 감소한 결과로 보여진다. 본 권역의 4개 소지역에서 출현한 개체수를 보면 전체적으로 명지산 지역에서 1,605개체가, 칼봉산 지역에서 1,350개체, 대금산 지역에서 1,118개체가, 주발산 지역에서 463개체가 출현하였다. 주발산 지역은 조종천의 하류 유역과 그 지류, 북한강으로 유입되는 계류 등을 포함하는 수역으로 조종천 하류지점을 제외하고는 조그만 셋강 형태로 미소서식지가 단순하여 수계가 큰 조종천과 가평천의 중, 상류 지역을 포함하는 다른 지역들에 비해 출현 개체수가 상대적으로 상당히 적게 나타났다. 각 조사시기별 출현 개체수는 1차 조사시에는 명지산 지역에서 571개체가, 칼봉산 지역에서 649개체가, 대금산 지역에서 621개체가, 주발산 지역에서 243개체가 출현하였고, 2차 조사시에는 명지산 지역에서 1,034개체가, 칼봉산 지역에서 718개체가, 대금산 지역에서 497개체가, 주발산 지역에서 220개체가 각각 출현하여 조사시기별로도 주발산 지역의 출현 개체수가 상당히 적게 나타났다 (Table 3). 각 조사지점의 단위면적당 출현개체수는 1차조사시는 지점 17의 40개체/m²에서 지점 12의 313 개체/m², 2차조사시의 지점 10의 43개체/m²에서 지점 4의 352개체/m²까지 차이가 크며, 주발산 지역의 지점들이 다른 지역들에 비해 단위면적당 출현 개체수가 적게 출현하고 있다.(Fig. 4)

Table 3. Individual numbers of benthic macroinvertebrates at each site from the 4 survey areas of Gapyung-gun, Kyunggi-do, 2001

Area \ Period	Mt. Myungji	Mt. Kalbong	Mt. Daegeum	Mt. Jubal	Total
1st survey	571	649	621	243	2,084
2nd Survey	1,034	710	497	220	2,461
Total	1,605	1,359	1,118	463	4,545

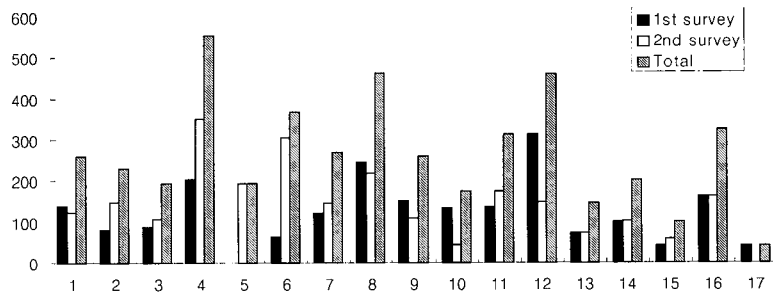


Fig. 4. Individual numbers of benthic macroinvertebrates at each site from the 4 survey areas of Gapyung-gun, Kyunggi-do, Korea in 2001.

3) 우점종 및 우점도지수

각 조사지역별 우점종은 Table 4와 같다. 전반적으로 1차 조사시에는 꼬마하루살이과(Baetidae)의 나도꼬마하루살이(*Baetis pseudothermicus*), 개똥하루살이(*Baetis fuscatus*)가, 알락하루살이과(Ephemerelellidae)의 알통하루살이(*Drunella cryptomeria*), 범꼬리하루살이(*Uracantha rufa*), 민하루살이(*Cincticostella levanidovae*)가, 납작하루살이과(Heptageniidae)의 흰부채하루살이 (*Epeorus curvatus*), 점박이부채하루살이(*Epeorus Ecdyurus latifolium*)가, 갈래하루살이과(Leptophlebiidae)의 두갈래하루살이(*Paraleptophlebia chocorata*), 세갈래하루살이(*Choroterpes altiocus*)가, 광택날도래과(Glossomatidae)의 광택날도래 KUa(*Glossoma KUa*)가, 줄날도래과(Hydropsychidae)의 꼬마줄날도래(*Cheumatopsyche brevilineata*), 줄날도래 KUE(*Hydropsyche KUE*)가 주요 우점종으로 나타났다. 2차 조사시에도 1차 조사와 유사하

게 알락하루살이과(Ephemerelellidae)의 알통하루살이(*Drunella cryptomeria*), 범꼬리하루살이(*Uracantha rufa*), 민하루살이(*Cincticostella levanidovae*)가, 납작하루살이과(Heptageniidae)의 흰부채하루살이 (*Epeorus curvatus*), 점박이부채하루살이 (*Epeorus latifolium*)가, 갈래하루살이과(Leptophlebiidae)의 세갈래하루살이(*Choroterpes altiocus*)가, 광택날도래과(Glossomatidae)의 광택날도래 KUa(*Glossoma KUa*)가, 줄날도래과(Hydropsychidae)의 꼬마줄날도래(*Cheumatopsyche brevilineata*), 줄날도래 KUE(*Hydropsyche KUE*)가 주된 우점종으로 나타났다. 본 조사에서는 맑거나 비교적 맑은 물에서 서식하는 하루살이류와 날도래류가 주요 우점종을 차지하여 본 조사수역의 상당수 지점들의 수환경이 매우 양호한 상태임을 알 수 있다. 조사지역별 평균 우점도지수는 명지산 지역이 0.47, 칼봉산 지역이 0.46, 주발산 지역이 0.41로 대금산 지역의

Table 4. Dominant species at each survey sites in the 4 survey areas of Gapyung-gun, Kyunggi-do, Korea in 2001

Region	Site	Period	1st dominant species	2nd dominant species
Mt. Myungji	1	1st	<i>Paraleptophlebia chocorata</i>	<i>Baetis pseudothermis</i>
		2nd	<i>Epeorus curvatus</i>	<i>Baetiella tuberculata</i>
	2	1st	<i>Epeorus latifolium</i>	<i>Baetis fuscatus</i>
		2nd	<i>Hydropsyche KUe</i>	<i>Choroerpes altioculus</i>
	3	1st	<i>Drunella cryptomeria</i>	<i>Choroerpes altioculus</i>
		2nd	<i>Drunella cryptomeria</i>	<i>Cincticostella levanidovae</i>
	4	1st	<i>Neophylax ussuriensis</i>	<i>Cheumatopsyche brevilineata</i>
		2nd	<i>Epeorus curvatus</i>	<i>Hydropsyche KUe</i>
	5	1st	-	-
		2nd	<i>Hydropsyche KUe</i>	<i>Glossoma KUa</i>
Mt. Kalbong	6	1st	<i>Paraleptophlebia chocorata</i>	<i>Epeorus curvatus</i>
		2nd	<i>Drunella cryptomeria</i>	<i>Epeorus latifolium</i>
	7	1st	<i>Hydropsyche KUe</i>	<i>Glossoma KUa</i>
		2nd	<i>Drunella cryptomeria</i>	<i>Glossoma KUa</i>
	8	1st	<i>Uracantha rufa</i>	<i>Epeorus latifolium</i>
		2nd	<i>Hydropsyche KUe</i>	<i>Hydropsyche KUa</i>
	9	1st	<i>Epeorus latifolium</i>	<i>Cheumatopsyche brevilineata</i>
		2nd	<i>Epeorus curvatus</i>	<i>Cheumatopsyche brevilineata</i>
	10	1st	<i>Hydropsyche KUb</i>	<i>Cheumatopsyche brevilineata</i>
		2nd	<i>Cheumatopsyche brevilineata</i>	<i>Epeorus latifolium</i>
Mt. Daegeum	11	1st	<i>Hydropsyche KUa</i>	<i>Uracantha rufa</i>
		2nd	<i>Hydropsyche KUb</i>	<i>Hydropsyche KUa</i>
	12	1st	<i>Uracantha rufa</i>	<i>Epeorus latifolium</i>
		2nd	<i>Uracantha rufa</i>	<i>Epeorus latifolium</i>
	13	1st	<i>Ecdyonurus kibunensis</i>	<i>Hydropsyche KUa</i>
		2nd	<i>Ecdyonurus levis</i>	<i>Ephemeroptera orientalis</i>
	14	1st	<i>Epeorus latifolium</i>	<i>Baetis fuscatus</i>
		2nd	<i>Uracantha rufa</i>	<i>Epeorus latifolium</i>
Mt. Jubal	15	1st	<i>Glossoma KUa</i>	<i>Hydropsyche KUe</i>
		2nd	<i>Glossoma KUa</i>	<i>Hydropsyche KUe</i>
	16	1st	<i>Uracantha rufa</i>	<i>Epeorus latifolium</i>
		2nd	<i>Cheumatopsyche brevilineat</i>	<i>Hydropsyche KUe</i>
	17	1st	<i>Cheumatopsyche brevilineata</i>	<i>Drunella aculea</i>
		2nd	-	-

0.65보다 낮았다. 우점도지수는 조종천과 가평천의 하류지역에 해당하는 대금산 지역보다 중, 상류지역들을 포함하는 지역들에서 특정종이 차지하는 비율이 상대적으로 적은 것으로 나타났다 (Table 5).

2. 종 다양성에 의한 생물학적 수질평가
지역별 평균 종다양도지수는 명지산 지역이

3.30, 칼봉산 지역 3.33, 주발산 지역 3.43으로 대금산 지역의 2.59에 비해 높게 나타났다 (Table 6). 명지산과 칼봉산 지역은 조종천과 가평천의 상류에 해당하는 지역으로 하류의 대금산 지역에 비해 인가나 농지가 적어 수계가 양호한 상태로 종다양도지수가 매우 높게 나타나고 있으며, 이 권역의 대부분이 청정한 산간 계류 저서성 대형무척추동물상을 나타내고 전반

Table 5. Dominance indices(DI) at each site from Gapyung-gun, Kyunggi-do, Korea in 2001

Region \ Site		DI		Mean DI	
		1st survey	2nd survey	Site	Region
Mt. Myungji	1	0.51	0.49	0.50	0.47
	2	0.35	0.50	0.43	
	3	0.34	0.55	0.45	
	4	0.39	0.53	0.46	
	5	-	0.55	0.55	
Mt. Kalbong	6	0.26	0.66	0.46	0.46
	7	0.42	0.49	0.46	
	8	0.48	0.48	0.48	
	9	0.57	0.45	0.51	
	10	0.38	0.40	0.39	
Mt. Daegeum	11	0.74	0.83	0.79	0.65
	12	0.80	0.75	0.78	
	13	0.69	0.51	0.60	
	14	0.40	0.49	0.45	
Mt. Jubal	15	0.24	0.43	0.34	0.41
	16	0.45	0.49	0.47	
	17	0.43	-	0.43	

적으로 자연환경이 잘 보전되어 있는 곳으로 볼 수 있다. 주발산 지역은 지점 16은 조종천의 하류에 해당하나 나머지는 조종천 하류와 북한강으로 유입되는 소형지류들중 수계가 상대적으로 양호한 지점들을 포함하여 종다양도지수가 높게 나타났으나 출현종수는 조종천과 가평천 중, 상류본류를 포함하는 지점들에 비해 미소서식처 등이 상대적으로 적어 다소 적게 출현하는 양상을 보여주고 있다.

생물학적 수질평가는 여러 가지 방법이 적용되고 있으나 본 조사에서는 종수의 풍부성과 개체수의 양면성을 나타내고 있는 종다양도지수에 의한 오수생물계열을 제시하고자 한다. 본 조사수역에서 얻어진 종다양도지수에 따라 구분한 오수생물계열은 다음과 같다. 지점별 평균 종다양도지수는 칼봉산 지역은 3.21~3.49 범위로 5개 지점 모두가 빈부수성 수역으로, 명지산 지역은 2.88~3.30 범위로 5개 지점중 4개 지점이 빈부수성 수역으로, 주발산 지역은 2.96~4.23

범위로 3개 지점중 2개 지점이 빈부수성 수역으로 매우 양호한 수질상태였으며, 그 외의 지점들도 β -중부수성 수역으로 비교적 양호한 상태였다. 대금산 지역의 지점별 평균 종다양도지수는 2.05~3.40 범위로 빈부수성 수역에서 β -중부수성 수역의 비교적 양호한 수역을 나타내고 있다. 지역별 평균 종다양도지수는 명지산 지역이 3.30, 칼봉산 지역이 3.33, 주발산 지역이 3.43, 대금산 지역이 2.59로 상당히 높게 나타났다. 지역별 평균 종다양도지수에 의한 수질상태는 대금산 지역만 β -중부수성 수역이었으며, 그 외의 지역들은 빈부수성 수역을 보여주고 있다. 본 조사권역중 명지산, 칼봉산 및 주발산 지역의 하천은 대부분의 지점들이 매우 양호한 수환경 상태이며, 군집의 복잡성을 나타내는 종다양도지수도 매우 높게 나타나 출현하는 종들이 다양하게 서식함을 알 수 있다. 대금산 지역의 하천들도 대부분의 지점들이 비교적 양호한 수환경을 유지하고 있다.

Table 6. Saprobic system based on the values of mean diversity indices(H') at each site from Gapyung-gun, Kyunggi-do, Korea in 2001

Region \ Site		H'		Mean H'		Saprobic system
		1st survey	2nd survey	Site	Region	
Mt. Myungji	1	3.28	3.14	3.21	3.30	Limnosaprobic area
	2	3.60	3.23	3.42		Limnosaprobic area
	3	3.63	2.99	3.31		Limnosaprobic area
	4	3.77	3.18	3.48		Limnosaprobic area
	5	-	2.88	2.88		β -mesosaprobic area
Mt. Kalbong	6	3.99	2.85	3.42	3.33	Limnosaprobic area
	7	3.36	3.08	3.22		Limnosaprobic area
	8	3.32	3.32	3.32		Limnosaprobic area
	9	2.93	3.49	3.21		Limnosaprobic area
Mt. Daegu	10	3.60	3.37	3.49	2.59	Limnosaprobic area
	11	2.14	1.96	2.05		β -mesosaprobic area
	12	2.24	2.17	2.21		β -mesosaprobic area
	13	2.44	2.99	2.72		β -mesosaprobic area
Mt. Jubal	14	3.64	3.16	3.40	3.43	β -mesosaprobic area
	15	4.23	3.56	3.90		Limnosaprobic area
	16	3.20	3.20	3.20		Limnosaprobic area
	17	2.96	-	2.96		β -mesosaprobic area

IV. 결 론

2001년 전국 자연생태계조사 사업의 일환으로 명지산(1267m), 칼봉산(840m), 대금산(704m), 주발산(489m) 지역을 포함하는 가평 권역의 저서성 대형무척추동물의 분포특성 및 군집구조를 분석하기 위하여 2001년 4월부터 11월까지 17개 지점에 대해 조사한 결과는 다음과 같다. 본 조사지역에서 출현하는 저서성 대형무척추동물의 총 분류군수는 4문 5강 13목 38과 105종이었다. 이 중에서 수서곤충류는 하루살이류 33종, 잠자리류 5종, 강도래류 13종, 노린재류 2종, 뱀잠자리류 1종, 날도래류 27종, 딱정벌레류 3종 및 파리류 13종으로 총 97종이 출현하였으며, 비곤충류는 플라나리아 1종, 복족류 5종, 빈모류 1종, 갑각류 1종으로 총 8종이 출현하였다. 청정수역에서 많이 출현하는 하루살이류, 날도래류 및 강도래류가 상당히 많이 출현하여 조사권역의 수계가 청정한 계류형태의 수환경임을 알 수 있다.

지역별 저서성 대형무척추동물상은 명지산 지역이 67종, 칼봉산 지역이 68종, 대금산 지역이 48종, 주발산 지역이 47종으로 나타나 명지산 및 칼봉산 일대의 수계가 서식지가 다양하며, 잘 보전되어 있음을 알 수 있다. 지역별 평균 종다양도지수는 명지산이 3.30, 칼봉산이 3.33, 주발산이 3.43, 대금산이 2.59로 상당히 양호한 종다양성을 보여주고 있다. 지역별 평균 종다양도지수에 의한 생물학적 수질평가는 명지산, 칼봉산 및 주발산 지역이 빈부수성 수역으로 매우 양호한 수역으로 나타났으며, 대금산 지역은 β -중부수성 수역의 대체적으로 양호한 수환경 상태를 유지하고 있다.

참고문헌

1. Hynes, H. B. N. : The ecology of running waters. Liverpool Univ. Press, Liverpool, U. K., 1970.

2. Ward, J. V. : Aquatic insect ecology. John Wiley & Sons. New York, 1992.
3. Willams, D. D. and B. W. Feltmate : Aquatic Insects. C·A·B International. Wallingford, U.K., 1992.
4. Boon, P. J. : The impact of regulation on invertebrate communities in the U.K. Regulated Rivers : Research and Management. 2, 389-409, 1988.
5. Dudgeon, D. : Functional assessment of the effects of increased sediments loads resulting from riparian-zone modification of a Hong Kong stream. Verh. Internat. Verein. Limnol., 25, 1790-1792, 1994.
6. Dudgeon, D. : Environmental impacts of increased sediment loads caused by Channelization: A case study of biomonitoring in a small river in Hong Kong. Asian J. Environment, 3(1), 69-77, 1995.
7. Minshall, G. W. : Stream ecosystem theory : a global perspective. J. N. Benthol. Soc. 7(4), 263-288, 1988.
8. Reice, S. R. and M. Wohlemborg : Monitoring freshwater benthic macroinvertebrates and benthic processes : measures for assessment of ecosystem health. In : D.M. Rosenberg and V. H. Resh (Eds.) Freshwater Biomonitoring and Benthic Macroinvertebrates. Chapman & Hall. New York, 287-305, 1993.
9. Rosenberg, D. M., and V. H. Resh : Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates. Chapman and Hall. New York. vertebrates. Chapman and Hall. New York, 488, 1993.
10. 배연재, 박선영, 윤일병, 박재홍, 배경석 : 왕숙천 준설구간의 저서성 대형무척추동물의 군집변동. 한국육수학회지, 29(4), 251-261, 1996.
11. 배경석, 구분관, 한선규, 신재영, 박성배 : 서울 탄천의 수서동물군집에 관한 연구. 한국환경생물학회지, 23(4), 1-8, 1997.
12. 배경석, 서미연, 신진호, 길혜경, 신재영 : 양재천의 수환경과 수서동물군집 특성. 한국환경위생학회지, 25(4), 107-117, 1999.
13. 배경석, 원두희, 유병태, 김민영 : 한강·낙동강 상류의 저서성 대형무척추동물에 관한 생태학적 연구. 대한위생학회지, 14(4), 50-68, 1999.
14. 윤일병, 공동수, 원두희 : 금호강 수계 저서성 대형무척추동물 군집의 시공간적 분포. 한국육수학회지, 25(3), 167-175, 1992.
15. 윤일병, 공동수, 이상협 : 저서성 대형무척추동물에 의한 금호강 수계의 생물학적 수질평가. 한국육수학회지, 25(3), 177-183, 1992.
16. 윤일병, 배연재, 이상협, 김종인, 이성진 : 경안천의 저서성 대형무척추동물 군집. 경안천 자연생태계 조사연구보고서, 137-168, 1992.
17. 윤일병, 공동수, 유재근 : 저서성 대형무척추동물에 의한 생물학적 수질평가 (I). 한국환경생물학회지, 10, 24-39, 1992.
18. 윤일병, 김종인, 이성진, 황정훈, 박재홍 : 경안천의 저서성 대형무척추동물군집. 경안천 자연생태계 조사연구보고서, 72-109, 1994.
19. 윤일병, 배연재, 이현철, 이상조 : 서울 근교 왕숙천의 유역 환경변화에 따른 수서곤충 군집의 장기변동. 한국환경생물학회지, 11(2), 97-109, 1993.
20. McCafferty, W. P. : Aquatic entomology. Jones and Bartlett. Boston, 448, 1981.

21. Kawai, T. : An illustrated book of aquatic insects of Japan. 東海大學出版會, 1985.
22. Merritt, R. W. & K. W. Cummins : An introduction to the aquatic insects of North America. 2nd. Ed, Kendall/Hunt Publ. Co., Dubuque, Iowa, 1984
23. Merritt, R. W., and K. W. Cummins : An introduction to the aquatic insects of north America. 3rd. ed. Kendall/Hunt Publ. Co. 1996.
24. 윤일병 : 한국동식물도감. 제30권, 동물편 (수서곤충류). 문교부, 1988.
25. 윤일병 : 수서곤충검색도설. 정행사, 서울, 1995.
26. Wiederholm, T : Chironomidae of the Holarctic region keys and diagnose. Part I - Larvae. Ent. Scand. Suppl., 19, 457, 1983.
27. 권오길 : 한국동식물도감. 제32권, 동물편 (연체동물 I). 문교부, 446, 1990.
28. 권오길, 박갑만, 이준상 : 원색한국패류도감. 아카데미서적, 1993.
29. 김훈수 : 한국동식물도감. 제19권, 동물편 (새우류). 문교부, 1977.
30. 岡田要 : 新日本動物圖鑑(上). 北隆館. 679, 1965.
31. 岡田要 : 新日本動物圖鑑(中). 北隆館. 803, 1965.
32. 岡田要 : 新日本動物圖鑑(下). 北隆館. 763, 1965.
33. 한국곤충학회 : 한국곤충명집. 한국곤충학회 건국대 출판부, 1994.
34. 한국동물분류학회 : 한국동물명집. 아카데미서적, 1997.
35. McNaughton, S. J. & L. L. Wolf : Dominance and the niche in ecological systems. Science, 167, 131-139, 1970.
36. Pielou, E. C. : The measurement of diversity in different types of biologic collections. J. Theor. Biol., 13, 131-144, 1966.
37. Pielou, E. C. : Ecological Diversity. Wiley. New York, 165, 1975.
38. 배경석, 원두희 : 포천·철원 권역의 저서성 대형무척추동물. 제2차 전국자연생태계조사 보고서, 1997.
39. 배경석, 원두희 : 봉화·영월 권역의 저서성 대형무척추동물. 제2차 전국자연생태계조사 보고서, 1998.
40. 배경석, 김교봉, 유승성, 원두희, 유병태, 신재영 : 대둔산 도립공원 일대의 저서동물 군집과 생물학적수질평가. 대한위생학회지, 16(3), 61-71, 2001.
41. 배경석, 원두희 : 예산·홍성 권역의 저서성 대형무척추동물. 제2차 전국자연생태계조사 보고서, 1999.