

ORIGINAL ARTICLE

## 기계천의 저서성대형무척추동물 군집동태와 생물학적 수질평가

김중락\*

위덕대학교 보건관리학과

### Community Dynamics of Benthic Macroinvertebrates and Biological Evaluation of Water Quality from Gigyecheon

Jung-Lark Kim\*

Department of Health Management, Uiduk University, Gyeongju 38004, Korea

#### Abstract

Community dynamics of benthic macroinvertebrates and biological evaluation of water quality were investigated at Gigyecheon of Pohang and Gyeongju, Korea. The survey was carried out at 8 sites from May to October, 2017. As a result, total of 104 species under 54 families, 15 orders, 8 classes in 4 phyla with 5,052 individuals were revealed. The number of species was the most abundantly identified in aquatic insects, 76 species under 34 families, 6 orders. Among them, the order Odonata was the most abundant taxon as 21 species(20.2%). The most abundant individuals were collected in the phylum Mollusca as 1,453 individuals(28.8%). Various species appeared dominantly at each site by season, and the most dominant species was *Caridina denticulata denticulata* belonging to the class Malacostraca with 0.08 of dominance index. According to the results of community structure analyses, the diversity and richness indices were the highest at site II, the evenness index was the highest at site I, and the dominance index was the highest at site IV. The number of species and individuals of gathering collectors were the highest among functional feeding groups. Those of sprawlers were the highest among habitat orientation groups. The ESB showed a tendency to change according to season and site, and it was the highest in May at most surveyed sites. The KSI was also somewhat fluctuated according to season and site. From these indices, average biological water quality was evaluated as class II.

**Key words** : Benthic macroinvertebrates, Community analysis, Biological evaluation, Water quality, Gigyecheon

#### 1. 서론

저서성 대형무척추동물은 호수나 하천에서 생활사의 전부 또는 일부분을 저서생활을 하고 수생태계의 먹이그물을 통한 에너지 이동에서 매우 중요한 역할을 맡고 있다(Rosenberg and Resh, 1993). 또한 담수생태계의 종 풍부성과 종다양성을 판단할 뿐만 아니라 유수생태계와

정수생태계의 다양한 서식처에 적응하고 있으며 생활사가 비교적 짧고 정량채집이 용이하기 때문에 많은 생태학적 연구에 이용되고 있다. 이들을 이용한 생물학적 수질환경 평가는 이화학적으로 알 수 없는 오염물질이나 이에 따른 복합적 효과까지 반영하기 때문에 수질을 평가하는데 유용하다(Won et al., 2006). 이와 관련한 연구가 지속적으로 수행되고 있으며, 우리나라의 수생태계에

Received 4 July, 2018; Revised 27 July, 2018;

Accepted 17 August, 2018

\*Corresponding author: Jung-Lark Kim, Department of Health Management, Uiduk University, Gyeongju 38004, Korea  
Phone: +82-54-760-1603  
E-mail: jlkim@uu.ac.kr

The Korean Environmental Sciences Society. All rights reserved.  
© This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.



net(30×30, 1mm mesh size)을 이용하였다. 채집된 시료는 현장에서 에탄올 95%에 액침표본하여 실험실로 가져와 관찰, 동정하였다.

저서성 대형무척추동물들의 동정은 Yoon(1995), Kwon et al.(2001), Won et al.(2005), Bae(2010), Jung(2011), Kwon et al.(2015) 등을 이용하여 수행하였다.

### 2.3. 군집구조 및 기능군 분석

각 조사지역별로 이들의 실제 서식상황을 파악하기 위하여 다양도지수(Diversity index, H') (Shannon and Weaver, 1949), 균등도지수(Evenness index, J') (Pielou, 1975), 우점도지수(Dominance index, DI) (McNaughton, 1967) 및 풍부도지수(Richness index, RI) (Margalef, 1958)를 통하여 군집구조 분석을 시행하였다.

저서성 대형무척추동물의 기능군은 Ro and Chun (2004), Kwon et al.(2015)에 따라 섭식기능군(Functional Feeding Groups)과 서식기능군(Habitat Orientation Groups)으로 나누어 분석하였다

### 2.4. 생물학적 수질평가

조사지점의 저서성 대형무척추동물의 분포를 기반으로 한 생물학적 수질평가는 저서성대형무척추동물생태점수(ESB, Ecological Score of Benthic macroinvertebrate community)(Kong, 1997)와 한국오수생물지수(KSI, Korean Saprobic Index)(Won et al., 2006)를 이용하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1. 저서성 대형무척추동물의 서식 현황

현지조사 결과, 동정된 저서성 대형무척추동물은 모두 4문 8강 15목 54과 104종이었고 이 가운데 수서곤충류가 6목 34과 76종으로 73.1%를 차지하였다(Table 1, Fig. 2). 이전의 조사(Kim, 2008)에서는 3문 5강 15목 49과 108종이었으며 수서곤충류는 86종(79.6%)이었다. 이번 조사와 비교하면 전체 종수와 종류는 비슷하였으나 곤충류와 연체동물에서 다소 종의 차이를 보였다.

지점별로는 낮은 보가 설치되어 있고 하폭이 넓은 지점Ⅱ에서 가장 많은 49종의 저서성대형무척추동물이 확인되었는데 출현종의 47.1%에 이른다(Table 1, Fig. 3).

다음은 지점Ⅲ, V, Ⅷ로 각각 44종, 43종, 41종이 출현하였다. 형산강 합류부이며 수심이 깊은 지점Ⅰ에서 가장 적은 27종이 조사되었다. 그 밖의 지점들에서는 31종(지점Ⅳ와 Ⅵ)과 35(지점Ⅶ)종을 기록하였다.

계절별로는 봄철인 5월 조사에서 대부분 지점들에서 가장 많은 종들이 출현하였고, 그 이후 조사들에서 종수가 감소하는 경향을 보였다. 이러한 결과는 곤충류들의 우화 등 계절적인 영향도 있겠으나, 2017년 포항 지역의 8월과 10월은 5월보다 강수량이 상당히 많았던 것도 종 감소 원인 중의 하나로 생각할 수도 있을 것이다(Fig. 4)(Korea Meteorological Administration, 2018). 강수량 증가에 의한 씻김효과는 하천생태계에 영향을 미치는 주요 교란요인으로 다른 지역의 조사에서도 보고되고 있지만(Park et al., 2013; Lee et al., 2014), 생물종 구성에 따라 결과가 달라질 가능성도 있으므로 수환경의 변화와 군집변동의 상관관계에 대해서는 추후 면밀한 조사가 필요할 것이다.

종수에서는 잠자리목(Odonata)이 21종으로 20.2%를 차지하여 가장 많은 종이 출현한 분류군이었고(Table 2, Fig. 5), 딱정벌레목(Coleoptera) 16종(15.4%), 연체동물문(Mollusca) 14종(13.5%)의 순으로 종수가 많았으며 연갑강(Malacostraca)이 가장 적은 6종(5.8%)으로 조사되었다. 조사기간 모두 5,052개체가 채집되었는데, 곤충류가 2,756개체(54.6%), 비곤충류가 2,296개체(45.4%)였다. 연체동물문에서 1,453개체(28.8%)가 확인되어 가장 많이 출현하였다. 분류군별로는 곤충강의 잠자리목(1,059개체, 21.0%), 하루살이목(Ephemeroptera)(690개체, 13.7%)과 연갑강(675개체, 13.4%)의 순으로 많이 나타났다. 출현종수가 연체동물문과 비슷하였던 딱정벌레목(16종, 15.4%)은 126개체(2.5%)로 1종이 조사되었던 편형동물문(Platyhelminthes)(35개체, 0.7%)을 제외하고 가장 적게 출현하였다.

조사지점 및 계절별 우점종을 Table 3에 나타내었는데, 지점과 계절별로 다양한 우점종이 나타나고 있었다. 최종 결과에서 지점별로는 수심이 깊고 유속이 완만한 지점Ⅰ에서 논우렁이(*Cipangopaludina chinensis malleata*)가 우점종으로 조사되었으며, 물살이 빠르고 비교적 수질이 좋은 지점Ⅱ와 Ⅲ에서는 작은갈고리하루살이(*Procladius maritimus*)가, 수초가 풍부한 지점Ⅳ와 지점Ⅴ 및 지점Ⅷ에서는 새뱅이(*Cardina denticulata*)

Table 1. The number of species of benthic macroinvertebrates at Gigecheon in the present study(2017) and Kim(2008)

Site	I			II			III			IV			V			VI			VII			VIII			Total			Kim (2008)										
	M	A	O	T	M	A	O	T	M	A	O	T	M	A	O	T	M	A	O	T	M	A	O	T	M	A	O		T									
Platyhelminthes	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0								
Mollusca	4	5	6	8	6	9	11	7	7	5	10	1	3	2	3	3	5	2	5	4	5	6	4	2	2	4	3	3	2	5	12	14	11	14	10			
Annelida	0	0	0	0	2	0	3	4	2	2	3	5	0	1	1	4	1	2	6	0	0	1	1	1	0	0	1	0	1	0	1	5	4	5	7	6		
Malacostraca	4	3	3	4	1	3	2	3	1	1	1	1	1	2	1	2	2	2	2	3	2	2	3	2	2	0	2	2	2	2	2	2	2	6	5	4	6	6
Insecta	12	10	8	17	19	14	9	30	19	11	28	11	13	11	24	14	14	13	30	16	6	7	20	14	10	14	28	14	19	14	33	55	42	36	76	86		
Total	20	18	16	27	31	23	24	49	29	21	20	44	14	19	15	31	23	22	19	43	24	13	16	31	21	14	16	35	19	25	18	41	79	65	57	104	108	
Insecta																																						
Ephemeroptera	0	1	1	1	5	1	1	5	4	2	2	6	1	1	1	3	1	2	3	4	5	1	3	6	2	1	2	4	2	2	1	4	12	5	5	13	17	
Odonata	4	4	3	6	6	7	5	11	9	3	5	10	3	5	6	8	4	2	6	7	4	1	1	4	4	2	4	9	6	5	5	10	15	10	12	21	20	
Plecoptera	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
Hemiptera	4	3	4	4	3	2	5	1	5	2	5	5	3	4	6	4	4	4	7	1	2	1	2	1	3	5	5	8	4	4	5	7	10	10	9	11	10	
Coleoptera	1	1	0	2	2	1	1	3	1	1	1	2	1	2	0	4	1	3	0	4	1	0	1	2	1	2	2	5	0	7	2	7	7	11	6	16	16	
Diptera	3	1	0	4	2	2	0	4	2	0	1	3	1	1	0	2	0	3	0	4	1	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	2	5	4	2	7	12	
Trichoptera	0	0	0	0	1	0	0	2	2	0	0	2	0	1	0	1	4	0	4	4	2	1	4	1	4	1	0	0	1	2	0	1	3	6	2	2	8	9
Total	12	10	8	17	19	14	9	30	19	11	28	11	13	11	24	14	14	13	30	16	6	7	20	14	10	14	28	14	19	14	33	55	42	36	76	86		

M: May, A: August, O: October, T: Total

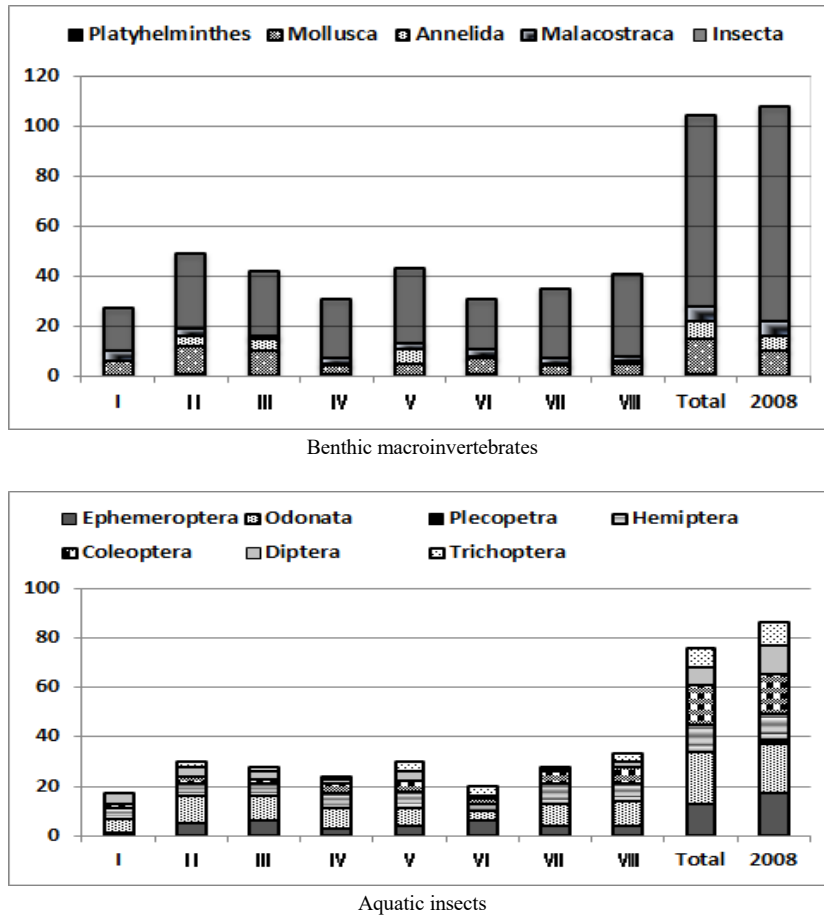


Fig. 2. Comparison of number of species of benthic macroinvertebrates at Gigecheon in the present study(2017) and 2008.

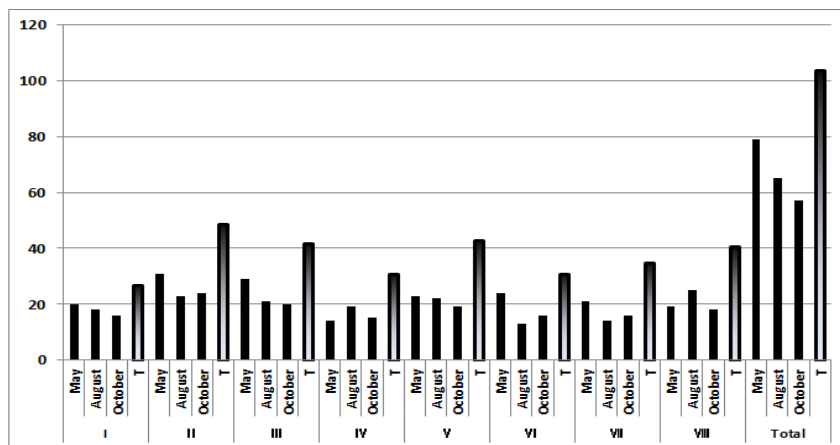


Fig. 3. Comparison of number of species of benthic macroinvertebrates according to the season at Gigecheon(2017).

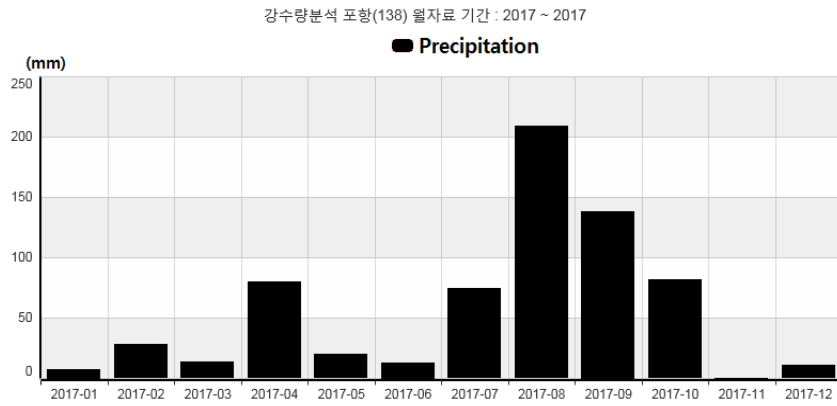


Fig. 4. Monthly fluctuation of precipitation of Pohang city in 2017(Korea Meteorological Administration, 2018).

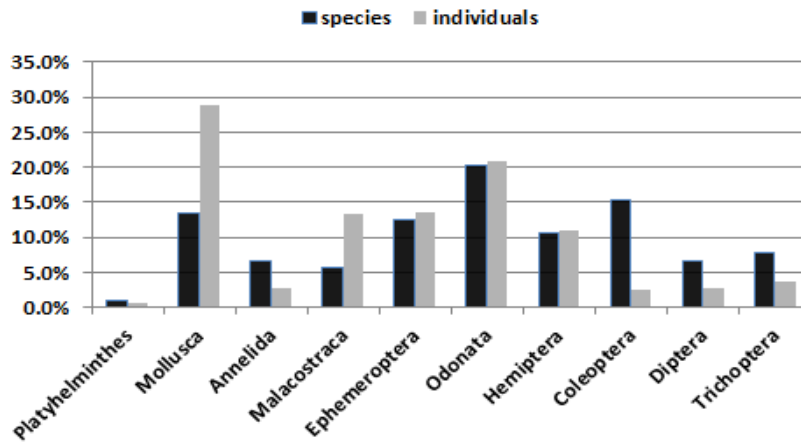


Fig. 5. Comparison of species and individuals composition(%) of benthic macroinvertebrates at Gigycheon(2017).

Table 2. The number and composition(%) of species and individuals of benthic macroinvertebrates at Gigycheon(2017)

Taxa	Species		Individuals	
	No.	%	No.	%
Platyhelminthes	1	1.0	35	0.7
Mollusca	14	13.5	1,453	28.8
Annelida	7	6.7	133	2.6
Malacostraca	6	5.8	675	13.4
Ephemeroptera	13	12.5	690	13.7
Odonata	21	20.2	1,059	21.0
Hemiptera	11	10.6	553	10.9
Coleoptera	16	15.4	126	2.5
Diptera	7	6.7	138	2.7
Trichoptera	8	7.7	190	3.8
Total	104	100	5,052	100

**Table 3.** Dominant species and dominance index(DI) at Gigyecheon(2017)

Site	Month	Dominant species	DI
I	May	<i>Physa acuta</i>	0.16
	August	<i>Cipangopaludina chinensis malleata</i>	0.14
	October	<i>Cipangopaludina chinensis malleata</i>	0.21
	T	<i>Cipangopaludina chinensis malleata</i>	0.14
II	May	<i>Semisulcospira forficata</i>	0.11
	August	<i>Crocothemis servilia</i>	0.16
	October	<i>Procloeon maritimum</i>	0.15
	T	<i>Procloeon maritimum</i>	0.10
III	May	<i>Procloeon maritimum</i>	0.09
	August	<i>Procloeon maritimum</i>	0.23
	October	<i>Caridina denticulata denticulata</i>	0.14
	T	<i>Procloeon maritimum</i>	0.10
IV	May	<i>Caridina denticulata denticulata</i>	0.16
	August	<i>Procloeon maritimum</i>	0.19
	October	<i>Caridina denticulata denticulata</i>	0.26
	T	<i>Caridina denticulata denticulata</i>	0.21
V	May	<i>Asellus hilgendorffii</i>	0.14
	August	<i>Caridina denticulata denticulata</i>	0.19
	October	<i>Caridina denticulata denticulata</i>	0.14
	T	<i>Caridina denticulata denticulata</i>	0.13
VI	May	<i>Pomacea canaliculata</i>	0.14
	August	<i>Pomacea canaliculata</i>	0.22
	October	<i>Pomacea canaliculata</i>	0.23
	T	<i>Pomacea canaliculata</i>	0.18
VII	May	<i>Anodonta arcaeformis</i>	0.15
	August	<i>Anax parthenope julius</i>	0.22
	October	<i>Anodonta arcaeformis</i>	0.24
	T	<i>Anax parthenope julius</i>	0.11
VIII	May	<i>Caridina denticulata denticulata</i>	0.16
	August	<i>Pantala flavescens</i>	0.19
	October	<i>Asellus hilgendorffii</i>	0.16
	T	<i>Caridina denticulata denticulata</i>	0.11
Total	May	<i>Lymnaea auricularia</i>	0.06
	August	<i>Procloeon maritimum</i>	0.12
	October	<i>Caridina denticulata denticulata</i>	0.09
	T	<i>Caridina denticulata denticulata</i>	0.08

*denticulata*)가 각각 우점하고 있었다. 보가 있는 지점 VI에서는 왕우렁이(*Pomacea canaliculata*)가 계절에 관계없이 우점종으로 나타났으며, 저수지(용전지)인 지점 VII에서는 왕잠자리(*Anax parthenope julius*)와 대칭이(*Anodonta arcaeformis*)가 우점적으로 출현하고 있었

다. 계절별로는 전 지역에서 골고루 많이 채집된 물달팽이(*Lymnaea auricularia*)가 봄철에 가장 많이 나타났고(우점도지수 0.06), 여름철인 8월에는 *Procloeon maritimum*가(우점도지수 0.12), 가을철과 총 조사된 종들 가운데서는 *Caridina denticulata denticulata*(우점도

Table 4. Biotic indices of macroinvertebrates at Gigyechon(2017)

Index	Season	Site								
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	T
H'	May	4.098	4.624	4.558	3.545	4.193	4.175	3.990	3.751	5.547
	August	3.950	3.983	3.744	3.666	3.934	3.325	3.200	3.813	4.991
	October	3.707	4.141	3.840	3.330	4.003	3.468	3.427	3.826	5.676
	Total	4.330	4.974	4.835	4.079	4.616	4.248	4.334	4.564	5.536
J'	May	0.948	0.933	0.938	0.931	0.927	0.910	0.908	0.883	0.891
	August	0.947	0.880	0.852	0.863	0.882	0.899	0.840	0.821	0.829
	October	0.927	0.903	0.888	0.852	0.911	0.867	0.857	0.901	0.973
	Total	0.911	0.886	0.897	0.823	0.851	0.857	0.852	0.852	0.828
RI	May	3.675	5.168	4.841	2.829	3.946	3.782	3.730	3.209	9.738
	August	3.416	4.164	3.831	3.366	4.169	2.299	2.730	4.668	8.867
	October	2.967	4.025	3.486	2.679	3.793	2.908	2.853	3.382	7.563
	Total	4.207	7.117	6.202	4.835	6.545	4.584	5.274	6.170	11.968
DI	May	0.239	0.178	0.169	0.303	0.258	0.193	0.221	0.315	0.123
	August	0.262	0.289	0.378	0.371	0.318	0.384	0.444	0.357	0.207
	October	0.318	0.294	0.322	0.430	0.236	0.391	0.349	0.278	0.177
	Total	0.240	0.172	0.225	0.303	0.219	0.321	0.284	0.185	0.149

지수 0.08)가 우점종으로 나타났으나 이들의 우점도지수가 낮아 지점 별로 다양한 우점종들이 출현하고 있음을 보여주었다.

### 3.2. 군집분석

군집분석의 결과를 Table 4에 정리하였다. 종다양도 지수(H')는 대체로 출현종수와 연관되어 나타났는데 출현종수가 가장 많았던 지점 II에서 가장 높은 4.974로, 두 번째로 적었던 지점 IV에서 가장 낮은 4.079로 출현종수가 가장 적었던 지점 I에서 그 다음으로 높은 4.330을 기록하였다. 계절별로도 출현종수가 많았던 봄철인 5월에 그 지수가 다른 계절에 비하여 대체로 높게 나타났다. 균등도지수(J')도 계절별로는 지점별로는 다양하게 나타났지만 이와 유사한 경향을 보였는데 출현종수가 가장 적었던 지점 I에서 가장 높게, 두 번째로 적었던 지점 IV에서 가장 낮게 나타났다. 종풍부도지수(RI)는 지점별 및 계절별 분석 결과에서 출현종수가 많은 계절과 지점에서 대체로 높게 나타나서 종수가 가장 많았던 지점 II에서 가장 높게, 가장 적었던 지점 I에서 가장 낮게 기록되었다. 우점도지수(DI)는 비교적 낮게 나타났는데, 지

점 별 분석에서는 지점 VI에서 0.321로 가장 높게 나타났으며, 가장 많은 종수와 개체수를 보인 지점 II에서 가장 낮은 0.172로 나타났다. 계절별로는 여름철인 8월 또는 가을철인 10월에 가장 높게, 봄철인 5월에 가장 낮게 나타나는 경향을 보였다. 우점도지수는 종다양도가 낮을수록 높게 나타는 것으로 알려져 있는데(Bae and Park, 1992; Park et al., 2001), 이번 조사에서도 같은 결과로 나타났다. 상술한 각 지수들의 결과는 이전의 조사(KIm, 2008)와 비슷한 패턴을 보여 대체로 건강한 다양성을 유지하고 있는 것으로 보인다.

### 3.3. 기능군 분석

이번 조사에서 섭식기능군은 긁어먹는 무리(Scraper), 주워먹는 무리(Gathering collector), 잡아먹는 무리(Predator), 걸러먹는 무리(Filtering collector), 찢어먹는 무리(Shredder)의 5개 무리가 확인되었다(Table 5, Fig. 6). 전체적으로 종수에서는 주워먹는 무리가 가장 높게 나타났고 잡아먹는 무리가 그 다음이었으며, 긁어먹는 무리, 걸러먹는 무리, 찢어먹는 무리의 순이었다. 개체수로는 역시 주워먹는 무리가 가장 높은 비율로 나타



**Table 5.** The number and composition(%) of species(CoS) and individuals(CoI) of the functional feeding groups at Gigyecheon(2017)

Site	CoS		Scraper	Gathering	Predator	Filtering	Shredder
	CoI						
I	27	5	16	12	4	1	
		18.5%	59.3%	44.4%	14.8%	3.7%	
II	483	133	332	179	24	9	
		27.5%	68.7%	37.1%	5.0%	1.9%	
III	49	12	28	19	5	2	
		24.5%	57.1%	38.8%	10.2%	4.1%	
IV	849	351	519	281	61	19	
		41.3%	61.1%	33.1%	7.2%	2.2%	
V	42	10	30	20	5	4	
		23.8%	71.4%	47.6%	11.9%	9.5%	
VI	743	239	444	276	40	19	
		32.2%	59.8%	37.1%	5.4%	2.6%	
VII	31	6	14	18	3	1	
		19.4%	45.2%	58.1%	9.7%	3.2%	
VIII	495	148	299	209	24	2	
		29.9%	60.4%	42.2%	4.8%	0.4%	
IX	43	6	25	18	3	3	
		14.0%	58.1%	41.9%	7.0%	7.0%	
X	612	172	410	199	22	16	
		28.1%	67.0%	32.5%	3.6%	2.6%	
XI	31	14	17	9	3	2	
		45.2%	54.8%	29.0%	9.7%	6.5%	
XII	695	511	529	75	50	14	
		73.5%	76.1%	10.8%	7.2%	2.0%	
XIII	35	3	15	22	3	1	
		8.6%	42.9%	62.9%	8.6%	2.9%	
XIV	524	41	258	264	107	5	
		7.8%	49.2%	50.4%	20.4%	1.0%	
XV	41	7	18	23	2	2	
		17.1%	43.9%	56.1%	4.9%	4.9%	
XVI	654	197	351	290	6	20	
		30.1%	53.7%	44.3%	0.9%	3.1%	
Total	104	19	54	46	10	8	
		18.3%	51.9%	44.2%	9.6%	7.7%	
Total	5,052	1,792	3,139	1,787	334	104	
		35.5%	62.1%	35.4%	6.6%	2.1%	

났으며 굵어먹는 무리와 잡아먹는 무리가 비슷하게 출현 하였고 썰어먹는 무리는 가장 낮게 조사되었다. 하천생 태계에 서식하는 저서성 대형무척추동물의 섭식기능군

과 서식기능군의 분포 경향은 주어진 먹이자원과 서식처 의 환경요인을 반영하고 있다(Kil et al., 2010). 주위먹 는 무리는 일반적으로 담수생태계에서 출현종수와 개체

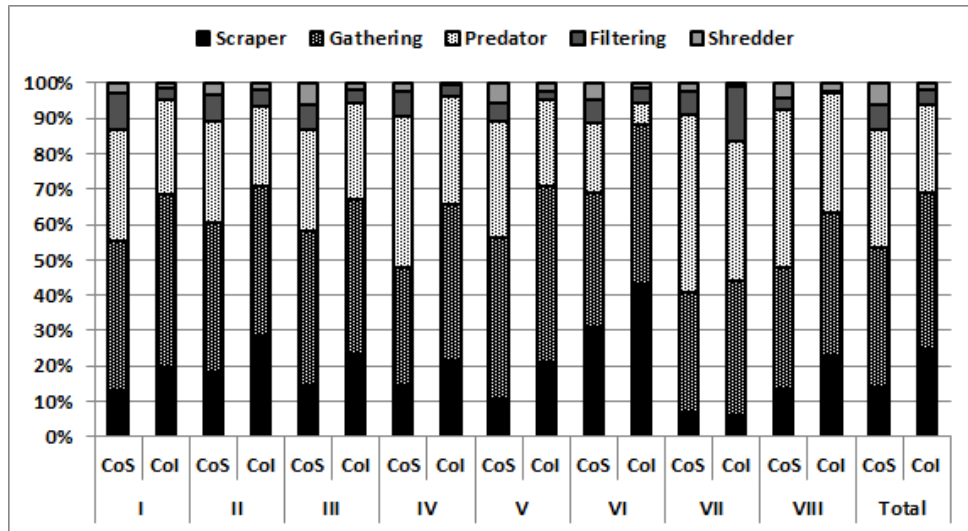


Fig. 6. Composition of species(CoS) and individuals(Col) of the functional feeding groups at Gigyecheon(2017).

밀도가 높으며, 특히 평지하천과 강에서 구성비가 높은 것으로 알려져 있어(Kwon, et al., 2015) 이번의 결과는 이러한 특성을 잘 표출한다고 할 수 있을 것이다. 잡아먹는 무리는 잠자리와 노린재, 딱정벌레류와 관련이 있고 굶어먹는 무리는 주로 연체동물과 하루살이류와 관련이 있어 위의 결과는 이들 분류군의 분포상태를 대변한다고 볼 수 있다.

각 지점별 출현 비율은 대체로 유사한 순서로 나타났으나 지점IV, VII 및 VIII에서는 잡아먹는 종의 비율이 동일한 패턴을 보이는 개체수의 비율과 달리 가장 높게 나타났다. 즉, 잡아먹는 무리인 잠자리류의 개체수가 많았던 결과이며 이러한 경향성은 여타 지점에서도 보이고 있다. 지점VII에서는 걸러먹는 무리의 비율이 다른 지점에 비해 매우 높게 나타났는데, 이는 대칭이(*Anodonta arcuiformis*)의 높은 개체수에 의한 것으로 볼 수 있다.

서식기능군은 기는 무리(Sprawler), 붙는 무리(Clinger), 굴파는 무리(Burrower), 헤엄치는 무리(Swimmer), 기어오르는 무리(Climber), 지치는 무리(Skater), 잠수하는 무리(Diver)의 7개 무리가 확인되었다(Table 6, Fig. 7). 전체적으로 기는 무리의 비율이 종수와 개체수에서 모두 가장 높게 나타났으며, 붙는 무리, 기어오르는 무리, 헤엄치는 무리의 순으로 나타났고 종수에서는 5번째로 높았던 잠수하는 무리는 개체수에서

는 가장 낮게 나타났다. 각 지점별 출현 비율은 대체로 유사한 순서로 나타났으나 유속이 비교적 빠른 지점III에서는 붙는 무리가 종수와 개체수에서 가장 높은 비율이었고 근소한 차이로 기는 무리가 그 다음으로 출현하였는데, 하루살이류의 비율이 높은 것이 그 이유로 생각된다. 지점V에서는 종수에서 붙는 무리의 비율이 가장 높았고 개체수에서는 기는 무리가 가장 높았던 반면, 지점VII에서는 이와 반대의 결과가 나타나서 지점 별 특성에 따른 다소간의 차이를 보였다. 지점VII과 지점VIII에서는 기어오르는 무리가 가장 높게 나타났으며 이들 지점에서는 특히 잠수하는 무리의 종 비율이 여타 지점들보다 높았는데, 이는 딱정벌레류의 종수가 많음에 따른 것으로 보인다. Yoon et al.(1992b)에 의하면 유속이 빠르고 하상이 호박돌 이상의 입도를 보이게 되면 붙는 무리가, 유속이 느리면 바닥이나 수초 표면을 기어 다니는 기는 무리와 기어오르는 무리가 증가하게 된다고 하였는데, 위의 결과는 기계천의 이러한 하상 상태를 잘 반영하고 있다 하겠다.

#### 3.4. 생물학적 수질평가

생태점수(ESB)의 결과를 살펴보면(Table 7), 대체로 봄철인 5월의 점수가 다른 계절에 비하여 높게 나타났고 지점별로는 계절에 따라 다소 변동을 보였다. 오수생물

**Table 6.** The number and composition(%) of species(CoS) and individuals(CoI) of the habitat orientation groups at Gigecheon(2017)

Site	CoS		Sprawler	Clinger	Burrower	Swimmer	Climber	Skater	Diver
	CoI								
I	27	12	8	1	8	10	2	1	
	483	44.4%	29.6%	3.7%	29.6%	37.0%	7.4%	3.7%	
II	49	23	22	6	7	12	3	2	
	849	46.9%	44.9%	12.2%	14.3%	24.5%	6.1%	4.1%	
III	42	24	25	4	8	16	2	1	
	743	57.1%	59.5%	9.5%	19.0%	38.1%	4.8%	2.4%	
IV V,	31	10	10	2	9	12	2	3	
	495	32.3%	32.3%	6.5%	29.0%	38.7%	6.5%	9.7%	
V	43	15	18	3	12	15	2	3	
	612	34.9%	41.9%	7.0%	27.9%	34.9%	4.7%	7.0%	
VI	31	17	19	2	3	4	2	0	
	695	54.8%	61.3%	6.5%	9.7%	12.9%	6.5%	0.0%	
VII	35	12	10	3	11	13	2	5	
	524	34.3%	28.6%	8.6%	31.4%	37.1%	5.7%	14.3%	
VIII	41	13	10	2	14	20	1	6	
	654	31.7%	24.4%	4.9%	34.1%	48.8%	2.4%	14.6%	
Total	104	43	41	9	24	33	3	11	
	5,052	41.3%	39.4%	8.7%	23.1%	31.7%	2.9%	10.6%	
		2,674	2,412	218	972	1,337	134	77	
		52.9%	47.7%	4.3%	19.2%	26.5%	2.7%	1.5%	

계열(Saprobity)에서 5월에 지점 II, III, V 및 VI의 4개 지점들에서 빈부수성(oligosaprobic)을 나머지에서 β-중부수성(β-saprobic)을 나타낸 반면, 여름철인 8월과

가을철인 10월 조사에서는 빈부수성을 보인 8월의 지점 VIII을 제외한 전 지점에서 β-중부수성을 나타내었다. 전체 평균적으로는 빈부수성을 나타내었다. 환경상태

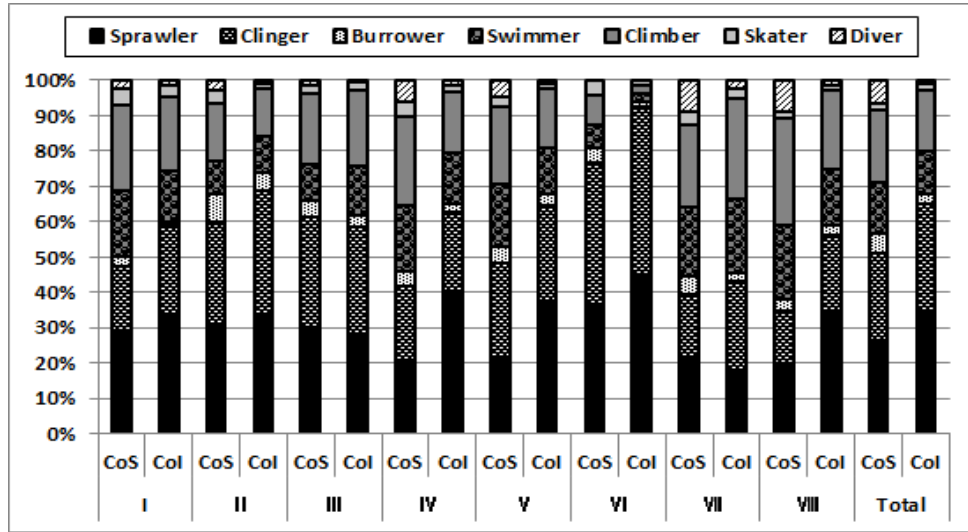


Fig. 7. Composition of species(CoS) and individuals(Col) of the habitat orientation groups at Gigyecheon(2017).

(Environmental condition)와 지역구분(Area determination)은 지점 및 계절에 따라 다소 변동을 보였으며, 여름철인 8월 조사에서 상태가 다소 저하되는 경향을 나타내었다. 전체 평균적으로는 봄철에 각각 다소 양호(some defectiveness)와 보호수역(protection waters)으로, 여름과 가을철에 다소 불량(some defectiveness)과 개선수역(improvement waters)으로 나타났는데 출현종수의

감소와 관련이 있어 보인다. 수질(WQ)은 5월에만 지점 II, III 및 VI에서 I 등급이었으며, 나머지 결과들에서는 모두 II등급을 나타내었고 평균적으로 2급수의 수질을 유지하고 있었다.

한국오수생물지수(KSI) 산정의 결과는 Table 8에 정리하였는데, 계절별 및 지점별로 다소 변동이 있었으나 수질은 역시 평균 2급수의 하천의 상태를 나타내었다.

Table 7. Saprobic quality and environmental quality according to ESB at Gigyecheon(2017)

Site	May					August					October				
	Index	Saprobity	Environ-mental condition	Area determin-ation	WQ	Index	Saprobity	Environ-mental condition	Area determin-ation	WQ	Index	Saprobity	Environ-mental condition	Area determin-ation	WQ
I	42	β-mss	ssat	pw	II	34	β-mess	sdef	iw	II	32	β-mess	sdef	iw	II
II	72	olig	sat	ppw	I	46	β-mess	ssat	pw	II	50	β-mess	ssat	pw	II
III	62	olig	sat	ppw	I	41	β-mess	ssat	pw	II	37	β-mess	sdef	iw	II
IV	27	β-mss	sdef	iw	II	34	β-mess	sdef	iw	II	28	β-mess	sdef	iw	II
V	51	olig	ssat	pw	II	40	β-mess	sdef	iw	II	41	β-mess	ssat	pw	II
VI	64	olig	sat	ppw	I	32	β-mess	sdef	iw	II	45	β-mess	ssat	pw	II
VII	39	β-mss	sdef	iw	II	32	β-mess	sdef	iw	II	33	β-mess	sdef	iw	II
VIII	46	β-mss	ssat	pw	II	52	olig	ssat	pw	II	40	β-mess	sdef	iw	II
Mean ±SD	50.38 ±13.94	olig	ssat	pw	II	38.88 ±6.81	β-mess	sdef	iw	II	38.25 ±6.78	β-mess	sdef	iw	II

olig; oligosaprobic, β-mess: β-mesosaprobic, sat: satisfactory, ssat; some satisfactory, sdef; some defectiveness, ppw; priority protection waters, pw; protection waters, iw; improvement waters, WQ: Water Quality

Table 8. Saprobic water quality using KSI(5 classes) at Gigyecheon(2017)

Site	May			August			October		
	index	class	condition	index	class	condition	index	class	condition
I	2.73	III	Fair	2.62	III	Fair	2.49	III	Fair
II	1.31	II	Good	1.47	II	Good	1.63	II	Good
III	1.82	III	Fair	1.46	II	Good	1.69	II	Good
IV	1.94	III	Fair	1.55	II	Good	1.59	II	Good
V	1.64	II	Good	1.83	III	Fair	2.18	III	Fair
VI	0.99	II	Good	0.75	I	High	0.80	I	High
VII	1.96	III	Fair	1.39	II	Good	1.51	II	Good
VIII	1.15	II	Good	1.65	II	Good	1.41	II	Good
Mean±SD	1.69±0.54	II	Good	1.59±0.49	II	Good	1.67±0.47	II	Good

4. 결론

현지 조사 결과, 기계천에서 채집되어 동정된 저서성 대형무척추동물은 모두 4문 8강 15목 54과 104종이었으며 이 가운데 수서 곤충류가 6목 34과 76종이었다. 분류군별 종수에서는 잠자리목이 21종(20.2%)으로 가장 많았고 총 개체수에서는 연체동물문이 1,453개체(28.8%)로 가장 많이 확인된 분류군이었다. 지점별로는 지점II에서 가장 많은 49종이, 지점 I에서 가장 적은 27종이 조사되었다. 계절별로는 봄철인 5월 조사에서 대부분 지점들에서 가장 많은 종들이 출현하였다. 지점별 특성에 따라 다양한 우점종이 출현하였으며 전체적으로는 새뱅이가 우점종으로 나타났다. 계절별로는 전 지역에서 골고루 채집이 된 물달팽이가 5월에 가장 많이 조사되었으며, 8월에는 작은갈고리하루살이가, 10월과 총 조사된 종들 가운데서는 새뱅이가 우점종으로 나타났다. 각 조사지점별 군집구조에서 종다양도지수(H')는 출현종수가 가장 높았던 지점II에서 가장 높게 나타났고 계절별로는 출현종수가 많았던 5월에 대체로 높게 나타났다. 균등도지수(J')도 계절별로는 대체로 유사한 경향을 보였지만 지점별로는 지점 I에서 가장 높게, 두 번째로 적었던 지점IV에서 가장 낮게 나타났다. 종풍부도지수(RI)는 지점별 및 계절별 분석 결과에서 출현종수가 많은 계절과 지점에서 대체로 높게 나타나서 종수가 가장 많았던 지점II에서 가장 높게, 가장 적었던 지점 I에서 가장 낮게 기록되었다. 우점도지수(DI)는 비교적 낮게 나타났으며 지점 별 분석에서는 지점VI에서 가장 높게 나타났고

계절별로는 여름철인 8월 또는 가을철인 10월에 가장 높게, 봄철인 5월에 가장 낮게 나타나는 경향을 보였다. 기능군은 지점과 계절에 따라 다소 차이가 있었는데, 섭식 기능군은 전체적인 결과에서 종수와 개체수에서 주위먹은 무리가 가장 높게 나타났으며 서식기능군은 전체적으로 기는 무리의 비율이 종수와 개체수에서 모두 가장 높게 나타났다. 생태점수(ESB)는 대체로 5월의 점수가 다른 계절에 비하여 높게 나타났고 지점별로는 계절에 따라 다소 변동을 보였으나 평균적으로 2급수의 수질을 유지하고 있음을 보여주었다. 한국오수생물지수(KSI)도 계절별 및 지점별로 다소 변동이 있었으나 수질은 역시 평균 2급수로 나타났다.

이번 연구에서 저서성 대형무척추동물을 대상으로 기계천의 수생태계 현황과 군집구조의 분석 및 생물학적 수질평가를 수행하였는데 결과는 추후 지역의 다양한 하천들에 대한 연구와 기계천의 생태계와 수질을 지속적으로 관리하는 방안 도출을 위한 연구의 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 기대한다.

감사의 글

이 연구결과물은 2017학년도 위덕대학교 학술진흥연구비 지원에 의하여 이루어졌음.

REFERENCES

Bae, K. S., Park, S. S., 1992, Benthic invertebrate community and relation with environmental factors at

- the ecosystem of tributary streams in Han River, Korean J. Limnol., 25(1), 41-57.
- Bae, Y. J., 2010, Insect Fauna of Korea. 6(1), Arthropoda: Insecta: Ephemeroptera, NIBR, pp. 141.
- Bang, G. J., Kim, H. G., Yoon, C. S., Cheong, S. W., 2016. Distribution characteristics of functional feeding groups of benthic macroinvertebrates and biological evaluation of water quality in Jirisan National Park, J. Environ. Sci., 25(5), 655-671.
- Jung, K. S., 2011, Odonata larvae of Korea, Nature & Ecology, Korea, 399.
- Kil, H. K., Kim, D. G., Jung, S. W., Jin, Y. H., Hwang, J. M., Bae, K. S., Bae, Y. J., 2010, Impacts of impoundments by low-head and large dams on benthic macroinvertebrate communities in Korean streams and rivers, Korean J. Limnol., 43(2), 190-198.
- Kim, J. L., 2008, Community structure of benthic macroinvertebrates from Gigye stream, J. Environ. Sci., 17(8), 879-889.
- Korea Meteorological Administration, 2018, <https://data.kma.go.kr/climate/RankState/selectRankStatisticsDivisionList.do?pgmNo=179>.
- Kong, D. S., 1997, Benthic macroinvertebrates in Hongseong and Yesan county, Ministry of Environment, Natural Environment in Yesan, Seosan and Hongseong, 155-204.
- Kwon, O. K., Min, D. K., Lee, J. R., Lee, J. S., Je, J. G., Choe, B. L., 2001, Korean Mollusks with Color Illustration, Shell House, Hangeul, Busan, 332.
- Kwon, S. J., Jun, Y. C., Park, J. H., 2015, Benthic Macroinvertebrates, Nature & Ecology, Korea. 791.
- Lee, J. W., Choi, J. k., Oh, S. H., Choi, G. W., 2010, A Study on the benthic macroinvertebrates and biological water quality evaluation in nature sabbatical area of Unmunsan, Korean J. Environ. Eco., 24(1), 1-13.
- Lee, J. Y., Lee, K., Y., Han, S. J., Lee, S. J., Jung, Y. K., Cheon, J. Y., Choi, J. S., Kim, J. C., 2014, Spatial and temporal variation of macroinvertebrates according to physical factors in Gongji stream area, Korean J. Environ. Eco., 28(1), 24-32.
- Margalef, R., 1958, Information theory in ecology, General Systems, 3, 36-71.
- McNaughton, S. J., 1967, Relationship among functional properties of California grassland, Nature, 216, 168-169.
- Moon, T. Y., An, M. S., Kim, H. G., Yoon, C. S., Cheong, S. W., 2018, Distribution of functional feeding and habitat trait groups of benthic macroinvertebrates and biological evaluation of water quality in Gayasan National Park, J. Environ. Sci., 27(6), 383-399.
- Park, J. W., Hwang, M. K., Aw, S. J., Choi, S. S., Chung, P. R., 2001, Biological evaluation of water quality and community structure of benthic macroinvertebrates in the Pyungchang River water system, Gangwon-do, Korea. Korean J. Environ. Biol., 19(2), 119-128.
- Park, Y. J., Jeon, Y. L., Kim, K. D., Yoon, H. N., Nam, S. H., 2013, Community analysis and biological water quality evaluation of benthic macroinvertebrate in Wangpi-cheon watershed. Korean J. Environ. Eco., 27(3), 327-343.
- Pielou, E. C., 1975, Ecological diversity, Wiley, New York, 165.
- Resh, V. H., Rosenberg, D. M., 1984, The ecology of aquatic insects, Holt Saunders Ltd., Praeger Publishers, New York, 508-557.
- Ro, T. H., Chun, D. J., 2004, Functional feeding group categorization of Korean immature aquatic insects and community stability analysis, Korean J. Limnol, 37(2), 137-148.
- Rosenberg, D. D., Resh, V. H., 1993, Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates, Chapman and Hall, New York, 488.
- Shannon, C. E., Weaver, W., 1949, The mathematical theory of communication, University of Illinois Press, Urbana, 117.
- Ward, J. V., 1991, Aquatic Insect Ecology, Part. 1, Biology and Habitat, John Wiley & Sons, New York, 456.
- Won, D. H., Jun, Y. C., Kwon, S. J., Hwang, S. J., Ahn, K. G., Lee, J. K., 2006, Development of Korean saprobic index using benthic macroinvertebrates and its application to biological stream environment assessment, J. Korean Soc. Water Qual., 22(5), 768-783.
- Won, D. H., Kwon, S. J., Jun, Y. C., 2005, Aquatic Insects of Korea, Korea Ecosystem Service Press, Seoul, 415.
- Yoon, I. B., 1995, Aquatic Insects of Korea, Junghaengsa, Korea, 262.
- Yoon, I. B., Kong, D. S., Ryu, J. K., 1992a, Studies on the

biological evaluation of water quality by benthic macroinvertebrates( I )-Saprobic valency and indicative value, Korean J. Environ. Biol., 10(1), 24-39.  
Yoon, I. B., Kong, D. S., Ryu, J. K., 1992b, Studies on the

biological evaluation of water quality by benthic macroinvertebrates( II )-Effect of environmental factors to community, Korean J. Environ. Biol., 10(1), 40-55.