

한강·낙동강 상류의 저서성
대형무척추동물에 관한 생태학적 연구
-봉화·영월권역을 중심으로-

배경석·원두희*·유병태·김민영
서울특별시 보건환경연구원, 고려대학교 생물학과*

An Ecological Study on the Benthic macroinvertebrates in the
Upper Region of the South Han River and Naktong River
- Pongwha and Youngwol Region -

Bae-Kyung Seok · Doo-Hee Won* · Byung-Tae Yoo · Min-Young Kim
*Seoul Metropolitan Gov. Res. Inst. of Public Health & Environment,
Dept. Biol., Korea University**

Abstract

The present study was performed to examine on the fauna and standing crops of benthic macroinvertebrates in Pongwha and Youngwol region of upper parts of South Han river and Naktong river. The Actual site survey was carried out on the two times during the April · June to October · November, 1988. Main five areas are Mt. Awrawe(1,067m), Mt. Sontal (1,236m), Mt. Munsu(1,206m), Peak Okyopong(357m) and Mt. Pungnak(760m) area.

Total taxa of benthic macroinvertebrates of the study area were 118 species, 45 families, 12 orders, 5 classes in 4 phyla. Occurrence species according to the major taxa of aquatic insects were 35 species(29.66%) in ephemeroptera, 25 species(21.19%) in trichoptera, 25 species(21.19%) in diptera, 12 species((10.17%) in plecoptera, 7 species(5.93%) in odonata, 3 species (2.54%) in hemiptera, 1 species(0.85%) in megaloptera. Non-aquatic insect were 5 species in mollusca, 3 species in hirudina, 1 species in oligochaeta and 1 species in platyhelminthes, and the total ratio was 8.5 percent. Occurrence species(plecoptera) at clean waters were appeared 12 species at Mt. Awrawe and Sontal area. Occurrence species at each survey area was 67 species at Mt. Awrawe area, 60 species at Mt. Sontal area, 43 species at Mt. Munsu area, 37 species at Mt. P'ungnak area and 34 species at Peak Okyo area, respectively. Species diversity indices were 2.96~3.80 at Mt. Awrawe area, 2.79~3.62 at Mt. Sontal area, but 2.64~3.12, 1.59~2.46 and 1.98~2.59 at, Mt. Munsu, P'ungnak and Peak Okyo area, respectively. In this region, occurrence species and individual density were smaller than that of Dong river with good habitat, but those were more abundant than that of Poseong river with similar environment conditions. Therefore, occurrence species and individual density of the present survey region were appeared as somewhat abundant.

I. 서 론

1960년대 이래 산업화와 도시화의 영향으로 국내 하천의 수질오염의 정도는 상당히 심화되고 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.¹⁻⁴⁾ 하천생태계(stream ecosystem)는 물이 흐르는 긴 수로를 따라 환경요인이 연속적으로 변하고, 그 곳에 적응하여 서식하는 생물의 종류도 달라지는 독특한 생태계⁵⁻⁸⁾로 저차 소비자인 저서성 대형무척추동물이 하천생물의 종다양성과 풍부성을 거의 결정하게 된다.⁹⁾ 이들의 대부분(95% 정도)은 수서곤충으로써 하천생물 중에서 가장 다양하고 풍부한 무리일 뿐만 아니라, 영양단계의 저차 소비자로서의 중요한 역할을 하고 있어 하천생태계의 구성원으로서 중요하다.^{7,9,10)} 이들은 또한 하천생태계의 다양한 환경요인과 서식처에 따라 적응방식이 다양하고, 수질환경에 대하여 민감하게 반응하는 종이 많으므로 순수생태학적 연구 뿐만 아니라, 하천생태계의 수계환경을 평가하는 중요한 지표생물로 이용되고 있다.¹¹⁻¹⁶⁾

본 조사는 '98년도 전국자연환경생태계조사 사업의 일환으로 한강 및 낙동강 상류권역의 저서성 대형무척추동물군집을 파악하고자 봉화 영월권역의 저서성 대형무척추동물상과 현존량 조사를 실시하였다. 본 조사권역은 강원도와 경상북도의 어례산, 선달산, 문수산, 옥녀봉 및 풍낙산 등으로 전체권역을 5개의 소지역으로 세분하고 각 지역마다 조사지점을 선정하므로써 전 조사 권역의 저서성 대형무척추동물의 전체적인 분류군의 구성 및 분포를 파악하고, 각 조사지역별 서식생물종을 확인하여 서식지의 보존상태를 알아내며, 각 조사지점에 대한 저서성 대형무척추동물의 군집구조를 밝히는데 있다. 이들 조사 소권역들중 어례산 및 선달산, 문수산의 일부는 산간계류 하천들이 대부분이며, 옥녀봉과 풍낙산의 하천들은 대부분 농지 사이를 흐르고 있었다. 그러나 본 조사권역은 아직까

지 자세한 저서성 대형무척추동물상이 조사되지 않아 금번조사를 통하여 이지역의 저서성 대형무척추동물상을 전반적으로 규명할 수 있는 좋은 계기가 되었다. 본 조사를 통하여 밝혀진 저서성 대형무척추동물군집은 향후 진행될 생태학적인 연구의 주요한 기초자료로 이용될 수 있을 것이다.

II. 재료 및 방법

1. 조사지점 및 시기

한강 및 낙동강 상류수계의 봉화·영월의 소권역은 강원도와 경상북도에 걸쳐있는 어례산(1,067m), 선달산(1,236m), 문수산(1,206m), 옥녀봉(357m) 및 풍낙산(760m)이다(Fig. 1). 어례산과 선달산 권역의 유량은 옥동천을 지나 영월 하류의 남한강으로 유입되며, 문수산, 옥녀봉, 풍낙산 권역은 안동 상류의 낙동강 상류로 유입되는 수계를 형성하고 있다. 본 연구의 현장조사는 연간 2회에 걸친 것으로 1차 현장조사는 4월과 5월에, 2차 현장조사는 10월과 11월에 이루어졌다

■ 어례산 지역

- 지점 1: 강원 영월군 하동면 신석리 골어구
- 지점 2: 강원 영월군 하동면 신석리 곡골 (김삿갓 묘 하류)
- 지점 3: 강원 영월군 하동면 신석리 미사리어구
- 지점 4: 강원 영월군 하동면 내리 기전

■ 선달산 지역

- 지점 5: 강원 영월군 하동면 내리 조계
- 지점 6: 경북 봉화군 춘양면 우구치리 하금정
- 지점 7: 경북 봉화군 춘양면 서벽리 신헌
- 지점 8: 경북 봉화군 물야면 오전리 물집

■ 문수산 지역

- 지점 9: 경북 봉화군 봉화읍 유곡리 닭실 유목교
- 지점10: 경북 봉화군 봉성면 우목리 세거리
- 지점11: 경북 봉화군 춘양면 학산리 현말

■ 옥녀봉 지역

- 지점12: 경북 봉화군 녹전면 원지리 배나무실

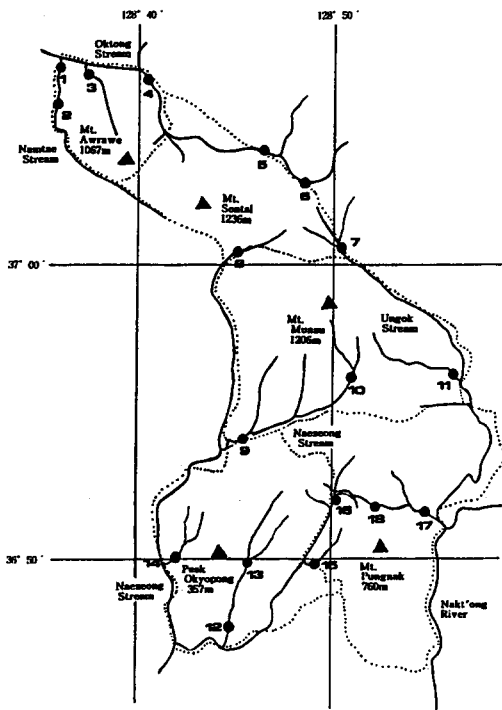


Fig. 1. A map showing the study area in the Pongwha and Youngwol region of upper South Han river (Real line-Stream, Dot line-division of study area)

지점13: 경북 봉화군 상운면 가곡리 가곡(운계교)
 지점14: 경북 영주시 이산면 석포1리 번개

■ 풍낙산 지역

지점15: 경북 봉화군 상운면 문촌리 마장
 지점16: 경북 봉화군 봉성면 외삼리 석기골
 지점17: 경북 봉화군 명호면 풍호리 갈천
 지점18: 경북 봉화군 명호면 양곡리(고양초교 앞)

2. 조사방법

(1) 수환경 조사

기본적인 수환경은 하폭(m), 수폭(m)을 측정하였으며, 수심(m)은 얇은 곳에서 깊은 곳으로 하여 3회, 유속은 3회 채집하는 장소와 전체적인 수심

차이를 고려하여 매회 3회씩 측정하였다. 하상저질의 입자크기별 분류는 Wentworth 척도^{17,18)}를 기준으로 하여 분류하였다.

(2) 채집 방법

저서성 대형무척추동물의 채집은 계류용 정량채집망인 Surber net(30×30cm)을 이용하여 각 조사지점에서 가능한한 미소서식처(riffle, run, pool)를 구분하여 3회씩 정량채집을 하였다. 채집된 저서성 대형무척추동물은 현장에서 Kahle's 용액에 2일간 고정한 후 실험실에서 sorting하여 70% ethanol에 보존하였다.

(3) 동정 및 분류

저서성 대형무척추동물 각 분류군 중 수서곤충의 경우는 Bae & Park^{19,20)}, McCafferty²¹⁾, Kawai²²⁾, Merritt & Cummins^{23,24)}, 윤^{25,26)} 등을 참고로 하여 동정하였으며, 연체동물의 동정은 권²⁷⁾을 참고로 하였다.

(4) 군집분석

우점종의 선정은 개체수와 생체량을 고려하여 제 1우점종과 제 2우점종을 선정하였다. 우점도지수는 McNaughton's dominant index(DI)를 이용하여 산출하였다²⁸⁾. 각 지점의 종다양도지수는 Margalef²⁹⁾의 정보이론에 의하여 유도된 Shannon-Weaver function(H')을 Lloyd & Gheraldi가 변형한 공식을 이용하여 산출하였다.^{30, 31)}

III. 결과 및 고찰

1. 서식환경

각 조사지점에서 현장채집을 하였던 지점들의 수서곤충 서식지 현황은 Table 1과 같다.

5개 권역의 하천들은 모두 수로폭 1~12m, 수심 1~50cm 내외로서 유량이 많지 않은 소형 계류들로 이루어져 있다. 각 권역의 중심에 위치한 상류 지점들은 대부분 양호한 수환경 상태를 유지하고 있으나 하류로 내려갈수록 주위의 전답과 인가로부터 유입되는 생활 및 농업용수들에 의한 유기오염 영향을 상대적으로 많이 받고 있으며, 이러한

Table 1. General environment and substrate composition at each site in the Pongwha and Youngwol region.

Site	Factor	Stream width (m)	Water course (m)	Water depth (cm)	Current speed (cm/sec.)	Substratum structure
Mt. Awrawe area	Site 1	10	3 - 6	15 - 45	30 - 82	A + B
	Site 2	10	5 - 7	10 - 50	30 - 70	A + B
	Site 3	5	3 - 4	6 - 22	25 - 72	A + B
	Site 4	20	7 - 12	14 - 30	25 - 70	A + B
Mt. Sontal area	Site 5	15	5 - 10	10 - 48	28 - 82	A + B
	Site 6	4	2 - 3	8 - 20	30 - 74	A + B
	Site 7	18	2 - 4	10 - 30	28 - 75	A + B
	Site 8	6	3 - 5	10 - 40	12 - 30	A + B
Mt. Munsu area	Site 9	17	3 - 5	8 - 40	20 - 60	A + B
	Site 10	6	3 - 4	5 - 30	20 - 55	A + B
	Site 11	10	2 - 3	5 - 15	10 - 35	C
Peak Okyopong area	Site 12	7	2 - 5	5 - 20	10 - 40	F
	Site 13	9	2 - 5	5 - 20	19 - 50	D
	Site 14	7	1 - 3	1 - 10	3 - 13	F
Mt. Pungnak area	Site 15	9	3 - 4	7 - 25	16 - 30	B + E
	Site 16	4	2 - 3	5 - 15	15 - 36	F
	Site 17	7	3 - 4	10 - 30	20 - 53	B
	Site 18	3	2 - 3	5 - 20	16 - 35	B

* Size standard: Large boulder & rock(256mm over), Cobble(64 - 256mm), Pebble(16 - 64mm), Gravel(2 - 16mm), Sand(0.25 - 2mm)

· A: Large boulder & rock, B: Cobble > Pebble, C: Pebble > Cobble,
 · D: Pebble > Grvel, E: Gravel > Sand, F: Sand > Gravel

경향은 문수산, 옥려봉, 풍낙산 권역에서 더 심하게 나타나고 있다. 각 권역별 일반적인 수환경 상태는 다음과 같다.

■ 어례산 지역 (지점 1~지점 4)

주변에 인가나 농지가 없는 완전한 산간 계류로 수질오염이 없는 청정 자연하천들이다. 하천 수변대와 하상은 거의 암반과 호박돌 이상 크기로 구성되어 있으며 인간의 간섭을 받지 않는 곳이다. 수변대는 계곡과 바로 접해 있다. 지점 4의 경우는 주변에 인가 및 농지가 약간씩 있으나 수질오염이 거의 없는 하천이다.

■ 선달산 지역 (지점 5~지점 8)

지점 6과 지점 8은 주변에 인가나 농지가 거의 없는 전형적인 산간 계류로 수질오염이 없는 청정

자연하천이다. 하천 수변대와 하상은 대부분 암반과 호박돌 이상 크기로 구성되어 있으며 인간의 간섭을 거의 받지 않는 곳이다. 지점 5와 지점 7은 주변에 인가나 농지가 약간 있는 전형적인 산간 계류로 수질오염이 없는 자연하천이다. 하천 수변대도 암반과 호박돌 이상 크기로 구성되어 있으며 인간의 간섭을 비교적 적게 받고 있는 곳이다.

■ 문수산 지역 (지점 9~지점 11)

지점 9는 평지 계류로 마을의 인가가 많은 지역이다. 주위에 논이 많으며, 하천 하상의 자갈에는 유기물이 많이 끼어있다. 지점 10은 산지 계류로 상류에는 인가가 거의 없다. 하상은 주로 자갈과 호박돌 이상 크기로 구성되어 있는 자연하천의 형태를 지니고 있으며, 제방도 거의 자연하천에 가까운 양상을 하고 있다. 지점 11은 마을 입구의 평지

계류로 상류의 다소 밀집된 농가와 하천 주변의 전답으로부터 유기물질이 상당히 유입되고 있으며, 하천 하상의 돌에는 유기물이 많이 끼어 있다. 주변의 제방도 상당부분은 콘크리트 구조물로 이루어져 있다.

■ 옥녀봉 지역 (지점 12~지점 14)

지점 12의 하천의 하상은 대부분 굵은 모래로 구성되어 있다. 주변에 농가가 많으며 하상의 자갈에도 유기물이 약간씩 끼어있으며, 주변 제방은 토사로 이루어져 있다. 지점 13은 주변에 인가와 전답이 상당히 많은 편이다. 하상의 돌에는 이끼가 약간 형성되어 있으며 유량이 많지 않은 소하천이다. 지점 14는 주변에 농가, 상가, 전답이 많다. 하상은 주로 굵은 모래로 형성되어 있다. 수심이 얇고 유량도 적은 편이다. 2차 조사시에는 본 조사지점 이하의 하류에서는 건천화가 진행되고 있는 실정이다.

■ 풍낙산 지역

지점 15는 주위에 논과 밭이 많다. 산지에 형성된 계류로서 하상은 주로 굵은 사질위에 호박돌, 자갈 및 작은 자갈층이 형성되어 있는 것이 큰 특징이다. 지점 16은 주변에 인가 및 농지가 많은 산간 평지 계류로서 하상이 주로 굵은 모래로 형성되어 있다. 수질은 육안적으로 약간 혼탁한 양상을 보여주고 있다. 지점 17은 산지의 평지계류로 주위에 많은 면적의 논이 형성되어 있다. 하상은 평지계류지만 호박돌 크기 이상의 돌들이 다수로 층을 이루고 있는 하상을 이루고 있다. 지점 18은 주위에 논과 밭이 다수 형성되어 있으며 상, 하류의 물이 산간 계류의 물로서는 다소 혼탁한 편이다.

2. 군집 분석

(1) 저서성 대형무척추동물상

1998년 봄철과 가을철의 2회에 걸친 봉화·영월 권역의 18개 지점조사에서 저서성 대형무척추동물의 총 분류군은 4문 5강 12목 45과 118종으로 나타났다. 저서성 대형무척추동물중에서 비곤충류는 플라나리아류 1종, 빈모류 1종, 거머리류 3종, 복족

류 5종 등 모두 10종이 출현하였으며, 수서곤충류에서는 108종이 출현하여 대부분의 종구성이 수서곤충류로 이루어졌음을 알 수 있다. 수서곤충류 중에서는 하루살이류 35종, 잠자리류 7종, 강도래류 12종, 뱀잠자리류 1종, 노린재류 3종, 파리류 25, 날도래류가 25종 출현하여 주로 계류에서 출현하는 저서성 대형무척추동물상을 보여주고 있다 (Table 2). 서식환경이 유사한 지역과 출현종수의 풍부성을 비교하면 내린천의³²⁾ 60종, 보성강 수계의³³⁾ 103종에 비해서는 더 다양하게 나타났으나 인근에 위치한 동강수계의³⁴⁾ 144종에 비해서는 다소 적게 출현하고 있으며, 전반적으로 상당히 다양한 종류가 서식하고 있음을 알 수 있다. 대조지역으로는 훼손된 하천생태계인 중랑천의³⁵⁾ 25종, 탄천의³⁶⁾ 41종에 비해서는 본 수역의 저서성 대형무척추동물상이 상대적으로 매우 풍부하게 나타나고 있다.

각 조사지점의 계절별 출현종수는 봄철에는 어례산 권역이 4개 지점에서 19~21종 범위로 출현하여 조사권역별 중에서 지점별로 가장 많은 종수가 출현하고 있다. 그 외에 선달산 권역이 지점 8의 10종에서 지점 7의 19종 범위로, 문수산 권역이 16~18종 범위로, 옥녀봉과 풍낙산 권역은 각각 4~10종과 4~13종 범위로 출현하고 있다. 가을철의 경우에는 어례산 권역은 지점 4의 16종에서 지점 2의 30종 범위로, 선달산 권역은 지점 5의 12종에서 지점 6의 23종 범위로, 문수산 권역은 11~14종 범위, 옥녀봉은 9~12종 범위, 풍낙산은 9~15종 범위로 출현하여 계절별로는 큰 차이점을 발견할 수 없었으나 권역별로는 어례산과 선달산 권역이 지점별로 출현종수가 가장 풍부하고 안정된 양상을 나타내고 있다. 그외에 문수산, 풍낙산, 옥녀봉 권역별로 출현종수가 감소하는 양상을 보여주고 있다 (Table 2).

(2) 주요 분류군별 출현종의 점유율 및 변동

각 분류군별 출현종의 조성비는 하루살이류가 29.66%로 가장 많은 점유율을 나타내고 있으며, 그외에 날도래류와 파리류가 각각 21.19%, 강도래류가 10.17%, 잠자리류가 5.93%, 노린재류 2.54%, 뱀잠자리류 0.85%순으로 나타났다. 매우 맑은 물

Table 2. Species and individual occurrence of benthic macroinvertebrates collected at each site from Pongwha and Youngweol region in April to November, 1998.

Species name	Site No.	St.1		St.2		St.3		St.4		St.5		St.6		St.7		St.8		St.9	
		1st	2nd	1st	2nd	1st	2nd	1st	2nd	1st	2nd	1st	2nd	1st	2nd	1st	2nd	1st	2nd
Platyhelminthes 편형동물 문																			
<i>Phagocata</i> sp.								1		1		17							6
Annelida 환형동물 문																			
<i>Limnodrilus socialis</i>														1				1	13
<i>Erpobdella lineata</i>																			
<i>Whitmania pigra</i>																			
<i>Hirudo nipponia</i>																			
Mollusca 연체동물 문																			
<i>Semisulcospira libertina</i>																			
<i>Koreanomelania nodifila</i>								1						1					13
<i>Austropeplea ollula</i>																			
<i>Gyraulus convexiusculus</i>																			
<i>Hippeutis cantori</i>																			
Arthropoda 절족동물 문																			
<i>Ameletus montanus</i>		2	2			12	2	9		32		22	2	1	2				10
<i>Acentrella sibirica</i>					3														
<i>Alainites muticus</i>																		1	
<i>Baetis silvaticus</i>																			
<i>Baetis ursinus</i>																			
<i>Baetis fuscatus</i>										1			1				4	1	13
<i>Baetis thermicus</i>						16				85		1							5
<i>Baetiella tuberculata</i>			2	1	1	1		10						1				1	
<i>Baetiella japonica</i>		1			3			2									2		
<i>Labiobaetis atrebatinus</i>					1														2
<i>Cloeon dipterum</i>																			
<i>Siphonurus chanke</i>																			
<i>Ecdyonurus bajkova</i>		10			3														
<i>Ecdyonurus dracon</i>		77			56		16	5		5	2			3					20
<i>Ecdyonurus kibunensis</i>		1			1		3			7									14
<i>Ecdyonurus levis</i>																			1
<i>Ecdyonurus Joemensis</i>		2			4														
<i>Epeorus curvatulus</i>							2												67
<i>Epeorus pellucidus</i>		26	15	26	11	34	2	21	1	16	21	84	9	42	16	12	8	1	
<i>Iron aesculus</i>					1														
<i>Cinygmula grandifolia</i>					101							1	8						
<i>Cinygmula KUa</i>		2	19		1		53	4	8	3									
<i>Heptagenia kyotoensis</i>							1						4						
<i>Paraleptophlebia chocorata</i>		6		3	2	23	4	1		54		34	11					3	
<i>Choroterpes altiocularis</i>																			
<i>Ephemera orientalis</i>								1	3										
<i>Ephemera strigata</i>													7						

Table 2. Continued.

Species name	Site No.		St.1		St.2		St.3		St.4		St.5		St.6		St.7		St.8		St.9	
	1st	2nd	1st	2nd	1st	2nd	1st	2nd	1st	2nd	1st	2nd	1st	2nd	1st	2nd	1st	2nd	1st	2nd
<i>Cincticostella levanidovae</i>		13			7	56	3	7			12	2	31					41		
<i>Cincticostella tshernovae</i>		2		71	3	14	1	1	6	1										
<i>Drunella aculea</i>		8		20		21		1	14	18	32	12	17	2	24					
<i>Drunella cryptomeria</i>	13		1		6															
<i>Drunella triacantha</i>								1												
<i>Ephemerella kozhovi</i>	5																			
<i>Serratella setigera</i>		10																5		
<i>Uracanthella rufa</i>	62	4	10	3										6	2			9	11	13
<i>Ischnura asiatica</i>																				
<i>Calopteryx atrata</i>																				
<i>Calopteryx japonica</i>																				
<i>Sieboldius albardae</i>				1																
<i>Nihonogomphus</i> KUa																				3
<i>Onychogomphus ringens</i>																				3
<i>Crocothermis servilia</i>																				
<i>Taenionema</i> KUa				3																
<i>Taenionema</i> KUb																			2	
<i>Nemoura</i> KUa												7								
<i>Amphinemura corena</i>													1					3		
<i>Amphinemura</i> KUa								2				14								
<i>Capnia</i> KUa														3						
<i>Isoperla</i> KUa						26		3		2		12						2		
<i>Paragnetina flavotincta</i>					8							2	7							
<i>Neoperla quadrata</i>	1										2									
<i>Kamimuria</i> KUa		2		2		20		1										1		
<i>Oyamia coreana</i>								1												
<i>Sweltsa nikkoensis</i>		1			1		1						7							
<i>Protohermes grandis</i>																				2
<i>Laccotrepes japonensis</i>																				1
<i>Diplonychus japonicus</i>																				
<i>Aquarius insularis</i>																				
<i>Tipula</i> KUa																5				
<i>Tipula</i> kUb				2																
<i>Tipula</i> KUg																				
<i>Tipula</i> KUK																				
<i>Antocha</i> KUa					2	5		2	1		1	1	4	5				1	2	49
<i>Hexatoma</i> KUa				1	1	1	1											3	1	
<i>Hexatoma</i> KUb				2																
<i>Hexatoma</i> KUc				4															1	
<i>Dicranomyia</i> KUa			1																	

Table 2. Continued.

Species name	Site No.		St.1		St.2		St.3		St.4		St.5		St.6		St.7		St.8		St.9	
	1st	2nd	1st	2nd	1st	2nd	1st	2nd	1st	2nd	1st	2nd	1st	2nd	1st	2nd	1st	2nd	1st	2nd
<i>Pedicia</i> KUa																1				
<i>Simulium</i> sp.1	1	1	2	5		8							3	4		1				
<i>Simulium</i> sp.2																				
<i>Simulium</i> sp.3																				
Ceratopogonidae sp.1																				
Empidae sp.1																				
Tanypodinae sp.1					4										18				5	
Chironominae sp.1	4	4	3	1	5	14	4	4					10	11	18	1	4	1	1	2
Chironominae sp.2				1											3					
Chironominae sp.3																				
Chironominae sp.4					6		7								14					
Chironominae sp.5				2											9					
<i>Atherix</i> KUa											5	7		1	1				1	
<i>Suragina</i> KUa			1											1						
<i>Atylotus harvathi</i>																				
Tabanidae sp.1															1					
<i>Stenopsyche bergeri</i>	4	6				9	2	8												
<i>Wormaldia</i> KUa		1																		
<i>Psychomyia</i> KUa																				
<i>Hydropsyche</i> KUa					1					1										1
<i>Hydropsyche</i> KUb				1															1	1
<i>Hydropsyche</i> KUC	9				5															
<i>Hydropsyche</i> KUD																				7
<i>Hydropsyche</i> KUE		7	2	21		19	10	1			6	9	7	25	34	12	12	1	1	
<i>Cheumatopsyche brevilineata</i>				4																
<i>Cheumatopsyche</i> KUa		5		3	1	3		2		1				3	2				8	1
<i>Apsilochorema</i> KUa																			1	
<i>Rhyacophila</i> KUa																1	1	1		
<i>Rhyacophila articulata</i>				1																
<i>Rhyacophila retracta</i>						3		3												
<i>Rhyacophila shikotsuensis</i>				5	12	6				1				5						
<i>Rhyacophila nigrocephala</i>	4		5			1	2			3			1							
<i>Rhyacophila sibirica</i>											1				1					
<i>Glossosoma</i> KUa	30	7	87	64	25	19	1	1	1	22	5	4	4	14	10					8
<i>Agapetus</i> KUa				1		9									2					
<i>Hydroptila</i> KUa						1														
<i>Agrypnia pagetana</i>														1						
<i>Phryganopsyche latipennis</i>																				
<i>Apatania</i> KUb				17																
<i>Hydatophylax nigrovittatus</i>	1																			
<i>Notopsyche</i> KUa														7						
Number of Species	20	18	19	30	21	26	20	16	16	12	18	23	19	16	10	21	18	14		
Number of Individuals	261	109	227	340	186	306	81	53	231	93	252	156	172	90	77	191	73	179		

Table 2. Continued.

Species name	Site No.		St.10		St.11		St.12		St.13		St.14		St.15		St.16		St.17		St.18	
	1st	2nd	1st	2nd	1st	2nd	1st	2nd	1st	2nd	1st	2nd	1st	2nd	1st	2nd	1st	2nd	1st	2nd
Platyhelminthes 편형동물문																				
<i>Phagocata</i> sp.	1		2	5	20								1				66	3	7	1
Annelida 환형동물 문																				
<i>Limnodrilus socialis</i>							2	6					3	3	2	6	3	1	2	
<i>Erpobdella lineata</i>												2								
<i>Whitmania pigra</i>							2						3				1			
<i>Hirudo nipponia</i>					2				3	1										
Mollusca 연체동물 문																				
<i>Semisulcospira libertina</i>									2								1	1		
<i>Koreanomelania nodifila</i>																				
<i>Austropeplea ollula</i>													1							
<i>Gyraulus convexiusculus</i>			1																	
<i>Hippeutis cantori</i>									3											
Arthropoda 절족동물 문																				
<i>Ameletus montanus</i>	31		43		124															
<i>Acentrella sibirica</i>																				
<i>Alainites muticus</i>						1														
<i>Baetis silvaticus</i>																			2	
<i>Baetis ursinus</i>						2		2												
<i>Baetis fuscatus</i>		10	7	1		24	19	5				16	1	25	3	42	2	83	1	
<i>Baetis thermicus</i>	9				95															
<i>Baetiella tuberculata</i>				1													5			
<i>Baetiella japonica</i>			5																	
<i>Labiobaetis atrebatinus</i>										1							2	1		
<i>Cloeon dipterum</i>						1				16					2					
<i>Siphonurus chanke</i>									3											
<i>Ecdyonurus bajkovaevae</i>																				
<i>Ecdyonurus dracon</i>			1																	
<i>Ecdyonurus Joernensis</i>																				
<i>Ecdyonurus kibunensis</i>																				
<i>Ecdyonurus levis</i>																				
<i>Epeorus curvatulus</i>			11	2									1							
<i>Epeorus pellucidus</i>	23	40																		
<i>Iron aesculus</i>																				
<i>Cinygmula grandifolia</i>																				
<i>Cinygmula KUa</i>	4		4																	
<i>Heptagenia kyotoensis</i>																				
<i>Paraleptophlebia chocorata</i>			2																	
<i>Choroterpes altioculus</i>													1							
<i>Ephemera orientalis</i>	1																			
<i>Ephemera strigata</i>	1	3																		

Table 2. Continued.

Species name	Site No.		St.10		St.11		St.12		St.13		St.14		St.15		St.16		St.17		St.18		
	1st	2nd	1st	2nd	1st	2nd	1st	2nd	1st	2nd	1st	2nd	1st	2nd	1st	2nd	1st	2nd	1st	2nd	
<i>Cincticostella levanidovae</i>					5																
<i>Cincticostella tshernovae</i>					1																
<i>Drunella aculea</i>																					
<i>Drunella cryptomeria</i>																					
<i>Drunella triacantha</i>																					
<i>Ephemerella kozhovi</i>																					
<i>Serratella setigera</i>																					
<i>Uracanthella rufa</i>	4		1	53													1	2			
<i>Ischnura asiatica</i>																1					
<i>Calopteryx atrata</i>					1																
<i>Calopteryx japonica</i>					5				2	1											
<i>Sieboldius albardae</i>			2																		
<i>Nihonogomphus KUa</i>																					
<i>Onychogomphus ringens</i>																					
<i>Crocothermis servilia</i>									2												
<i>Taenionema KUa</i>																					
<i>Taenionema KUb</i>																					
<i>Nemoura KUa</i>																					
<i>Amphinemura corena</i>																					
<i>Amphinemura KUa</i>																					
<i>Capnia KUa</i>																					
<i>Isoperla KUa</i>		1			2																
<i>Paragnetina flavotincta</i>																					
<i>Neoperla quadrata</i>																					
<i>Kamimuria KUa</i>																					
<i>Oyamia coreana</i>																					
<i>Sweltsa nikkoensis</i>																					
<i>Protohermes grandis</i>																					
<i>Laccotrephes japonensis</i>										1					1						
<i>Diplonychus japonicus</i>									1	1	1				4						
<i>Aquarius insularis</i>															1						
<i>Tipula KUa</i>																					
<i>Tipula kUb</i>					1		3		1		3		1		1		1		2		
<i>Tipula KUg</i>					1								1								
<i>Tipula KUk</i>													1								
<i>Antocha KUa</i>	1	2	1	24				1				4		1		46	1	11			
<i>Hexatoma KUa</i>																					
<i>Hexatoma KUb</i>																					
<i>Hexatoma KUc</i>																					
<i>Dicranomyia KUa</i>																					

Table 2. Continued.

Species name	Site No.		St.10		St.11		St.12		St.13		St.14		St.15		St.16		St.17		St.18	
	1st	2nd	1st	2nd	1st	2nd	1st	2nd	1st	2nd	1st	2nd	1st	2nd	1st	2nd	1st	2nd	1st	2nd
<i>Pedicia</i> KUa																				
<i>Simulium</i> sp.1	4					1									1					
<i>Simulium</i> sp.2																				3
<i>Simulium</i> sp.3		1																		
Ceratopogonidae sp.1																1				1
Empidae sp.1														1						
Tanypodinae sp.1	5		5																	
Chironominae sp.1			4			1		3					2							
Chironominae sp.2									1	1					1					
Chironominae sp.3							1													2
Chironominae sp.4	3		7		1							3		3						1
Chironominae sp.5										3	19		1			3				
<i>Atherix</i> KUa																				
<i>Suragina</i> KUa																				
<i>Atylotus harvathi</i>														1						
Tabanidae sp.1																				
<i>Stenopsyche bergeri</i>																				
<i>Wormaldia</i> KUa																				
<i>Psychomyia</i> KUa																			1	
<i>Hydropsyche</i> KUa	3	6																		
<i>Hydropsyche</i> KUb				31		1		6					6					92		7
<i>Hydropsyche</i> KUC																				
<i>Hydropsyche</i> KUD																				
<i>Hydropsyche</i> KUE	24	1		7														12	1	1
<i>Cheumatopsyche brevitneata</i>					1															
<i>Cheumatopsyche</i> KUa	14		4	1	1												2	1	2	
<i>Apsilochorema</i> KUa		1																		
<i>Rhyacophila</i> KUa																				
<i>Rhyacophila articulata</i>																				
<i>Rhyacophila retracta</i>																				
<i>Rhyacophila shikotsuensis</i>																				
<i>Rhyacophila nigrocephala</i>																				
<i>Rhyacophila sibirica</i>																				
<i>Glossosoma</i> KUa	15	14	57	20				2					4					124	3	56
<i>Agapetus</i> KUa		1	10																	
<i>Hydroptila</i> KUa						3														
<i>Agrypnia pagetana</i>																				
<i>Phryganopsyche latipennis</i>		1																		
<i>Apatania</i> KUb																				
<i>Hydatophylax nigrovittatus</i>																				
<i>Notopsyche</i> KUa	56																			
Number of Species	17	14	16	11	8	12	4	9	10	9	4	12	8	10	6	15	13	9		
Number of Individuals	199	94	154	146	248	43	24	29	22	42	22	28	38	17	121	296	107	83		

에서 서식하는 하루살이류 및 강도래류의 점유율이 높고, 기타 분류군중에서 대부분이 맑은 물에서 출현하는 날도래류와 파리류가 상당 부분을 차지하고 있어 본 조사지역의 상당 부분이 주로 산간계류지역의 저서성 대형무척추동물상을 보여 주고 있음을 알 수 있다. 그러나 비곤충류 중에서 오염에 내성이 큰 실지렁이류와 거머리류가 약간씩 출현하고 있어 지점별로 다소간 유기오염에 의한 영향을 받고있는 생물상을 보여주고 있다(Fig. 2).

전 지역에서의 계절별 출현종수는 봄철에는 하루살이류가 27종으로 가장 풍부하게 출현하고 있다. 그외에 파리류 17종, 날도래류 15종, 강도래류 6종, 잠자리류 4종, 노린재류 2종, 뱀잠자리류 1종으로 나타나 수서곤충류는 모두 72종이 출현하였다. 비곤충류는 10종이 출현하여 봄철에는 총 82종이 출현하고 있다. 가을철에도 하루살이류가 26종으로 가장 많은 종수가 출현하였으며 날도래류가 22종, 파리류가 18종, 강도래류가 9종, 잠자리류 4종, 노린재류 2종순으로 나타났으며, 그외에 비곤충류가 6종으로 총 87종이 나타나 봄철에 비해 출현종수도 약간 증가하고 청정계류에서 출현하는 강도래류 등이 다소 증가하는 경향을 보여주고 있다(Table 3). 본 조사수계는 어례산과 선달산 권역과 같이 자연상태의 산간계류 출현양상을 보이는 지점이 많아 조사수계가 비교적 안정된 군집구조를 나타내고 있다. 특히 2회의 조사결과와 총종수 118종과 비교해서도 각각의 계절별 종수와 비슷하게 나타나 이와같은 사실을 반증하고 있다.

전 지역에서의 권역별 출현종수는 봄철에는 어례산, 선달산, 문수산, 풍악산, 옥녀봉 권역별로 각각 42종, 39종, 29종, 22종 및 21종순으로 나타났으며, 가을철에도 46종, 45종, 27종, 27종 및 21종으로 나타나 계절별로 비슷한 출현양상을 보여주고 있다. 권역별 총 출현종수에서도 어례산, 선달산, 문수산, 풍악산, 옥녀봉 권역별로 각각 67종, 60종, 43종, 37종 및 34종 범위로 나타나 서식지와 수계환경이 양호한 어례산과 선달산에서 출현종수가 상당히 풍부하게 서식하고 있음을 알 수 있다. 그외에 인가와 주변의 전답을 통한 유기오염의 영향을 상대적으로 많이 받고있는 옥녀봉과 풍악산 권역에서 출현종수가 감소하는 경향을 보여주고 있다(Fig. 3).

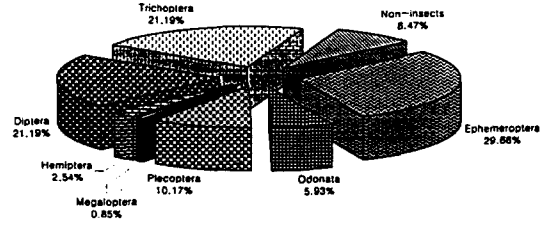


Fig. 2. Composition of species occurrence according to the major taxa of benthic macroinvertebrates in the Ponghwa and Youngwol region.

Table 3. Species Occurrence frequency according to the major taxa of benthic macroinvertebrates at each survey period in the Ponghwa and Youngwol region.

Taxa	Period	1st survey	2nd survey	Total
Non-Insects 비곤충류		10	6	10
Ephemeroptera 하루살이목		27	26	35
Odonata 잠자리목		4	4	7
Plecoptera 강도래목		6	9	12
Megaloptera 뱀잠자리목		1	0	1
Hemiptera 노린재목		2	2	3
Diptera 파리목		17	18	25
Trichoptera 날도래목		15	22	25
Total		82	87	118

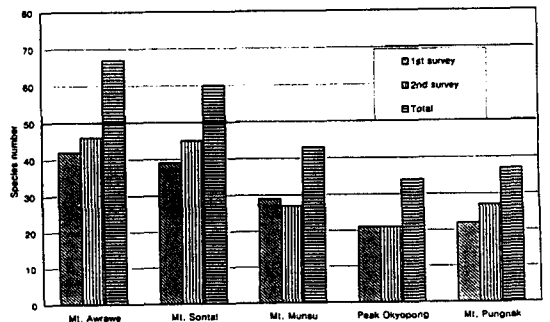


Fig. 3. Species frequency of benthic macroinvertebrates at each area in the Ponghwa and Youngwol region.

(3) 주요 분류군별 출현개체수의 점유율 및 변동

저서성 대형무척추동물의 주요 분류군별 출현개체수 점유율은 비곤충류가 4.43%, 수서곤충류가 95.57%로 수서곤충류의 개체수 점유율이 매우 높음을 알 수 있다. 수서곤충류중에서는 하루살이류가 54.36%, 날도래류가 27.41%, 파리류가 10.17%, 강도래류가 2.92%를 나타냈으며, 그외에 잠자리류, 노린재류 및 뱀잠자리류는 0.04~0.44% 범위로 소수의 점유율을 나타내고 있다. 하루살이류, 날도래류 및 강도래류의 개체수현존량 점유율이 매우 높게 나타난 것은 서식지 수계가 매우 양호한 어레산과 선달산권역의 출현 점유율이 큰 영향을 미친 결과로 볼 수 있다(Fig. 4). 전 조사지점의 주요 분류군별 계절별 개체수현존량은 다음과 같다(Table 4). 봄철조사의 경우 비곤충류는 모두 165개체가 채집되었으나 수서곤충류의 경우 2,330개체가 채집되어 개체수현존량의 대부분이 수서곤충류로 이루어 졌음을 알 수 있다. 수서곤충류에서는 하루살이류가 1,591개체로 가장 풍부하게 출현하였으며, 날도래류가 498개체, 파리류가 190개체로 상당히 풍부하게 출현하고 있다. 그 외에는 강도래류, 잠자리류, 뱀잠자리류 및 노린재류 순으로 2~37개체 범위로 출현하고 있어 본조사 지역이 산간계류의 저서성 대형무척추동물군집 형태임을 알 수 있다. 가을철에는 전 조사지점에서 비곤충류는 47개체로 매우 소량이 출현하였으나 수서곤충류는 2,248개체로 대부분을 차지하고 있다. 수서곤충류에서는 봄철조사의 경우와 같이 하루살이류가 1,013개체로 대부분을 차지하고 있다. 특히 날도래류는 815개체

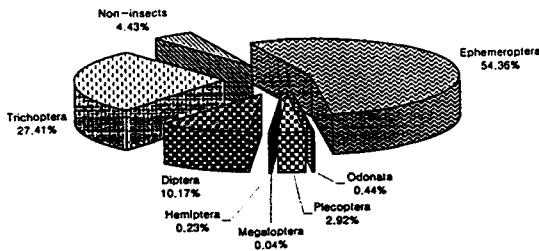


Fig. 4. Composition of individual number according to the major taxa of benthic macroinvertebrate in the Ponghwa and Youngwol region.

로 봄철에 비해 거의 2배 정도로 개체수현존량이 증가하였으며 매우 청정수역에서 출현하는 강도래류도 103개체로 개체수현존량이 증가하고 있다. 전체적인 출현종수는 봄철에는 2,495개체, 가을철에는 2,295개체로 대체적으로 비슷하게 출현하는 양상을 보여주고 있다.

각 조사지점의 계절별 개체수현존량은 1차조사인 봄철에는 어레산 권역에서는 지점 4가 81개체/m²로 가장 적으며 그외의 지점들에서는 186~261개체/m², 선달산 권역은 지점 8이 77개체/m²이나 그 외의 지점들은 172~252개체/m²로 출현종수가 상당히 풍부하게 나타났다. 그외에 문수산 권역은 73~199개체, 옥녀봉 권역이 22~248개체/m², 풍낙산 권역이 22~107/m²범위로 옥녀봉과 풍낙산 권역에서 지점별로 출현종수가 현저히 감소하는 경향을 보이고 있다. 가을철에도 어레산권역이 53~340개체/m², 선달산 권역이 90~191개체/m², 문수산 권역이 94~179개체/m², 옥녀봉 권역이 29~43개체/m², 풍낙산권역이 17~296개체/m² 범위로 나타나 옥녀봉과 풍낙산 권역에서 지점별로 출현종수가 현저하게 감소하는 양상을 보여주고 있다. 옥녀봉과 풍낙산 권역의 경우 지점별로 인근 농가나 전답으로 부터의 유기오염외에도 하상이 사질로 단일화된 지역이 많으며, 이런 지점들의 경우 비교적 개체수현존량이 감소하는 경향을 보여주고 있다(Table 2). 유사지역의 지점별 개체수 밀도와 비교하면, 보성강수계의³³⁾ 89개체/m²(19~186개체/m²)보다는 풍부하게 출현하고 있으나 소양강댐 상류의 내린천의³²⁾ 590개체/m²(334~1,059개체/m²), 인근의 동강수계의³⁴⁾ 1462개체/m²(399~4,419개체/m²) 보다는 상당히 적게 나타났다. 본 조사수계의 경우 유량이 적은 소형계류들이 많아 조사지점들의 유역이 넓고 미소서식지가 다양하게 형성된 내린천 및 동강수계에 비해 단위 면적당 개체수 밀도가 적게 나타나고 있다. 조사시기에 따른 권역별 총 출현종수는 다음과 같다(Fig 5). 1차조사의 경우 어레산과 선달산 권역은 권역별 개체수 밀도의 합계가 755개체 및 732개체로 다른 권역에 비해 출현종수가 매우 풍부하였으며, 그 외에 문수산, 옥녀봉, 풍낙산 권역순으로 426개체, 294개체 및 288개체순으로 개체수현존량이 감소하는 양상

을 보이고 있다. 가을철조사에서도 어례산 808개체, 선달산 530개체로 가장 풍부하게 출현하고 있으며 기타 권역에서는 114~424개체 범위로 옥녀봉권역이 가장 적은 개체가 채집되었다. 권역별 총개체수현존량은 어례산, 선달산, 문수산, 풍낙산, 옥녀봉에서 각각 1,563개체, 1,262개체, 845개체, 712개체, 408개체순으로 나타나 수계환경이 상대적으로 양호한 어례산과 선달산 권역에서 개체수현존량이 매우 풍부한 양상을 보여주고 있으나 주변인가 및 전담으로부터 오염물질 유출등의 인간 간섭의 영향이 상대적으로 증가하는 옥녀봉 및 풍낙산 권역에서 개체수현존량이 다소 감소하는 경향을 보이고 있다.

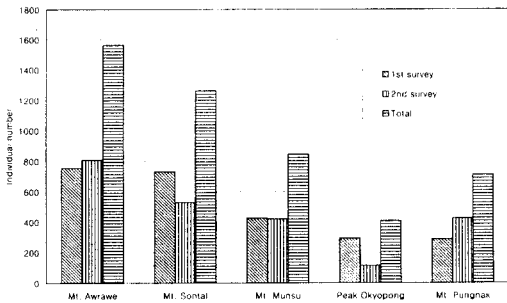


Fig. 5. Individual number of benthic macroinvertebrate at each area in the Ponghwa and Youngwol region.

Table 4. Individual number according to the major taxa of benthic macroinvertebrates taxa at each survey period month in the Ponghwa and Youngwol region.

Taxa	Period	Apr. ~ May	Oct. ~ Nov.	Total
Non-Insects 비곤충류		165	47	212
Ephemeroptera 하루살이목		1,591	1,013	2,604
Odonata 잠자리목		10	11	21
Plecoptera 강도래목		37	103	140
Megaloptera 뱀잠자리목		2	0	2
Hemiptera 노린재목		2	9	11
Diptera 파리목		190	297	487
Trichoptera 날도래목		498	815	1,313
Total		2,495	2,295	4,790

(4) 우점도지수 및 우점종

저서성 대형무척추동물의 우점종의 조사지점별 및 시기별 변동은 Table 5와 같다. 1차조사와 2차조사에서 우점종을 차지하는 분류군은 대체적으로 비슷하게 출현하는 양상을 보이고 있다. 조사지점별 우점종은 어례산과 선달산 권역에서는 하루살이류인 *Ecdyonurus dracon*, *Epeorus pellucidus*, *Cinygmula grandifolia*, *Cincticostella levanidovae*, *Drunella aculea*가, 날도래류인 *Glossosoma KUa*, *Stenopsyche bergeri*가 주로 제 1, 2우점종을 차지하여 청정계류 및 맑은 물에서 출현하는 종들이 주요 우점종으로 출현하는 양상을 보여주고 있다. 옥녀봉과 풍낙산 권역의 경우에는 하루살이류중에서는 비교적 오염에 내성이 있는 하루살이류의 Baetidae과에 속하는 *Baetis fuscatus* 및 *Baeris thermicus*, 날도래류중에서는 *Hydropsyche KUb*, *Glossosoma KUa*, 잠자리류인 *Calopteryx japonica*, 노린재류인 *Diplonychus japonicus* 등이 우점종으로 출현하고 있으며, 특히 오염에 내성이 큰 빈모류인 *Limnodrilus socialis*등이 우점종으로 출현하고 있어 이들 권역은 어례산과 선달산 권역에 비해 상대적으로 오염에 내성이 다소 있거나 큰 종류들이 우점종으로 출현하는 양상을 보이고 있으며, 전반적으로 산간 평지계류에서 다소 오염의 영향을 받고 있는 군집구조를 보이고 있다. 문수산의 경우는 어례산 및 선달산 권역과 옥녀봉 및 풍낙산 권역의 중간정도의 수환경에서 출현하는 우점종 조성을 보여주고 있다. 어례산, 선달산, 문수산, 옥녀봉 및 풍낙산 권역의 우점도지수는 봄철에는 각각 0.32~0.63, 0.39~0.60, 0.33~0.65, 0.27~0.88, 0.74~0.89 범위로, 가을철에는 각각 0.30~0.51, 0.28~0.57, 0.38~0.64, 0.41~0.83, 0.36~0.81 범위로 어례산, 선달산 문수산 권역의 우점도 지수가 옥녀봉 및 풍낙산 권역에 비해 낮고 지점간 변동폭도 적은 것으로 나타났다. 지점별 평균 우점도지수도 수환경이 양호한 선달산 권역이 0.34~0.57 및 0.37~0.53 범위로 다른 권역에 비해 낮게 나타나고 있다.

(5) 종다양도지수의 변동과 생물학적 수질 평가

각 조사지점의 종다양도지수(H')와 이에 의한

Table 5. Variation of first and second dominant species of benthic macroinvertebrates at each survey period in the Ponghwa and Youngwol region.

Site	Month	1st dominant species	2nd dominant species	DI	Mean.DI		
Mt. Awrawe	St. 1	4 ~ 5	<i>Ecdyonurus dracon</i>	<i>Uracantha rufa</i>	0.53	0.42	
		10~11	<i>Cinygmula</i> KUa	<i>Epeorus pellucidus</i>	0.31		
	St. 2	4 ~ 5	<i>Glossosoma</i> KUa	<i>Ecdyonurus dracon</i>	0.63	0.57	
		10~11	<i>Cinygmula grandifolia</i>	<i>Cincticostella tshernovae</i>	0.51		
	St. 3	4 ~ 5	<i>Epeorus pellucidus</i>	<i>Glossosoma</i> KUa	0.32	0.34	
		10~11	<i>Cincticostella levanidovae</i>	<i>Cinygmula</i> KUa	0.36		
	St. 4	4 ~ 5	<i>Epeorus pellucidus</i>	<i>Hydropsyche</i> KUE	0.38	0.34	
		10~11	<i>Stenopsyche bergeri</i>	<i>Cinygmula</i> KUa	0.30		
	Mt. Sontal	St. 5	4 ~ 5	<i>Baetis thermicus</i>	<i>Paraleptophlebia chocorata</i>	0.60	0.53
			10~11	<i>Glossosoma</i> KUa	<i>Epeorus pellucidus</i>	0.46	
St. 6		4 ~ 5	<i>Epeorus pellucidus</i>	<i>Paraleptophlebia chocorata</i>	0.47	0.37	
		10~11	<i>Cincticostella levanidovae</i>	<i>Isoperla</i> KUa	0.28		
St. 7		4 ~ 5	<i>Epeorus pellucidus</i>	<i>Hydropsyche</i> KUE	0.39	0.48	
		10~11	<i>Hydropsyche</i> KUE	<i>Epeorus pellucidus</i>	0.56		
St. 8		4 ~ 5	<i>Drunella aculea</i>	<i>Epeorus pellucidus</i>	0.47	0.52	
		10~11	<i>Epeorus curvatulus</i>	<i>Cincticostella levanidovae</i>	0.57		
Mt. Munsu		St. 9	4 ~ 5	<i>Koreanomelania nodofila</i>	<i>Uracantha rufa</i>	0.33	0.48
			10~11	<i>Hydropsyche</i> KUb	<i>Anthoca</i> KUa	0.64	
	St.10	4 ~ 5	<i>Notopsyche</i> KUa	<i>Ameletus montanus</i>	0.44	0.51	
		10~11	<i>Epeorus pellucidus</i>	<i>Glossosoma</i> KUa	0.57		
	St.11	4 ~ 5	<i>Glossosoma</i> KUa	<i>Ameletus montanus</i>	0.65	0.51	
		10~11	<i>Hydropsyche</i> KUb	<i>Anthoca</i> KUa	0.38		
Peak Okyopong	St.12	4 ~ 5	<i>Ameletus montanus</i>	<i>Baetis thermicus</i>	0.88	0.77	
		10~11	<i>Baetis fuscatus</i>	<i>Calopteryx japonica</i>	0.67		
	St.13	4 ~ 5	<i>Baetis fuscatus</i>	<i>Baetis ursinus</i>	0.88	0.65	
		10~11	<i>Hydropsyche</i> KUb	<i>Limnodrilus socialis</i>	0.41		
	St.14	4 ~ 5	<i>Hirudo nipponia</i>	<i>Siphonurus chanke</i>	0.27	0.55	
		10~11	Chironomina sp.5	<i>Cloeon dipterum</i>	0.83		
Mt. Pungnak	St.15	4 ~ 5	<i>Baetis fuscatus</i>	Chironominae sp.4	0.86	0.61	
		10~11	<i>Hydropsyche</i> KUb	<i>Glossosoma</i> KUa	0.36		
	St.16	4 ~ 5	<i>Baetis fuscatus</i>	<i>Whitmania pigra</i>	0.74	0.58	
		10~11	<i>Diplonychus japonicus</i>	<i>Baetis fuscatus</i>	0.41		
	St.17	4 ~ 5	<i>Phagocata kavatsui</i>	<i>Baetis fuscatus</i>	0.89	0.81	
		10~11	<i>Glossosoma</i> KUa	<i>Hydropsyche</i> KUb	0.73		
	St.18	4 ~ 5	<i>Baetis fuscatus</i>	<i>Phagocata kavatsui</i>	0.84	0.83	
		10~11	<i>Glossosoma</i> KUa	<i>Anthoca</i> KUa	0.81		

Table 6. Variation of species diversity indices(H') at each survey period in the Ponghwa and Youngwol region.

Site	H'	H'			Saprobic system
		1st survey	2nd survey	Mean H'	
Mt. Awrawe area	St. 1	3.09	3.69	3.39	Limnosaprobic area
	St. 2	2.75	3.17	2.96	β -mesosaprobic area
	St. 3	3.73	3.86	3.80	Limnosaprobic area
	St. 4	3.56	3.39	3.48	Limnosaprobic area
Mt. Sontal area	St. 5	2.70	2.87	2.79	β -mesosaprobic area
	St. 6	3.17	4.08	3.63	Limnosaprobic area
	St. 7	3.40	2.90	3.15	Limnosaprobic area
	St. 8	2.84	3.00	2.92	β -mesosaprobic area
Mt. Munsu area	St. 9	3.58	2.66	3.12	Limnosaprobic area
	St.10	3.22	2.71	2.97	β -mesosaprobic area
	St.11	2.79	2.49	2.64	β -mesosaprobic area
Peak Okyopong area	St.12	1.57	2.39	1.98	α -mesosaprobic area
	St.13	1.48	2.92	2.20	β -mesosaprobic area
	St.14	3.23	1.95	2.59	β -mesosaprobic area
Mt. Pungnak area	St.15	1.24	3.27	2.26	β -mesosaprobic area
	St.16	1.82	3.10	2.46	β -mesosaprobic area
	St.17	1.51	2.17	1.84	α -mesosaprobic area
	St.18	1.49	1.69	1.59	α -mesosaprobic area

오수생물계열은 Table 6.과 같다. 생물학적 수질평가는 여러가지 방법이 적용되고 있으나 본 조사에서는 종 풍부도와 개체수의 상대적 균형성을 포함하여 군집의 복잡성을 나타내는 종다양도지수에 의한 오수생물계열^{37, 38)}을 제시하고자 한다. 전반적으로 청정한 하천생태계가 유지되고 있는 어례산 및 선달산 권역의 조사지점에서 상대적으로 매우 높은 종다양도지수를 나타내었다. 어례산 권역의 지점별 평균 H'는 지점 2는 2.96의 β -중부수성 수역이었으나 그외의 수역들은 3.39~3.80으로 매우 높은 청정한 빈부수성 수역을 나타내고 있다. 선달산 권역의 지점별 평균 H'는 지점 5와 지점 8은 2.79 및 2.92의 β -중부수성 수역, 지점 6과 지점 7은 3.63과 3.15의 빈부수성 수역을 나타냈다. 문수산 권역은 지점 9는 3.12로 빈부수성 수역이었으나 나머지 지점들은 β -중부수성 수역이었다. 옥너봉 권역의 경우는 평균 H'가 지점 12는

1.98로 α -중부수성 수역이었으나 그외의 지점들은 β -중부성 수역이었다. 풍낙산 권역의 평균 H'는 지점 15와 지점 16은 2.26과 2.46의 β -중부성 수역이었으나 지점 17과 지점 18은 1.84와 1.59의 α -중부성 수역으로 나타나 어례산과 선달산 권역의 저서성 대형무척추동물 군집의 다양성이 매우 크고 생물학적 수질평가에서도 양호한 것으로 나타났다. 그러나 인가, 음식점 및 논 등이 하천 주위에 상대적으로 많이 분포하는 권역인 옥너봉과 풍낙산 권역에서는 출현종의 다양성이 저하되어 중간정도의 종다양도지수를 나타냈다. 어례산, 선달산, 문수산, 옥너봉 및 풍낙산의 계절별 H'는 봄철의 경우에는 2.75~3.73, 2.70~3.40, 2.79~3.58, 1.48~3.23, 1.24~1.82 범위로, 가을철의 경우에는 3.17~3.86, 2.87~4.08, 2.49~2.71, 1.95~2.92, 1.69~3.27 범위로 어례산 및 선달산 권역의 다양도지수가 계절에 구분없이 매우 높았다. 상대적으로 옥너봉과 풍낙

산의 종다양도지수는 중간 정도로 낮았으며, 이들 권역에서는 봄철에 비해 가을철에 종다양도지수가 높아져 회복되는 경향을 보여주고 있다. 옥녀봉 및 풍낙산 권역의 경우 계절적인 군집구조의 차이에 의해 종다양도지수가 변동되는 것보다는 본 조사 권역이 소형 하천들이 대부분으로써 하천 주변의 인가, 음식점 및 주변의 농경지로부터의 유입되는 오염물질의 자정능력이 하천유량의 변동에 좌우되는 영향이 큰 결과로 보여진다.

IV. 결 론

'98년도 전국자연환경생태계조사 사업의 일환으로 실시된 금번조사는 봉화·영월(선달산)지역의 저서성 대형무척추동물상 및 현존량을 파악하기 위하여 1998년 4~5월과 10~11월 두차례에 걸쳐 현장조사를 실시하였다. 주요 5개 소권역 조사지역은 어례산(1,067m), 선달산(1,236m), 문수산(1,206m), 옥녀봉(357m) 및 풍낙산(760m)이다.

본 조사지역의 저서성 대형무척추동물의 총 분류군은 4문 5강 12목 45과 118종으로 나타났다. 이 중에서 수서곤충류인 하루살이류가 35종(29.66%)으로 가장 풍부하게 출현하였으며, 그외에 날도래류 및 파리류가 각각 25종(21.19%), 강도래류 12종(10.17%), 잠자리류 7종(5.93%), 노린재류 3종(2.54%), 뱀잠자리 1종(0.85%)을 차지하였으며, 비수서곤충류는 연체동물 5종, 거머리류 3종, 빈모류와 편형동물류가 각각 1종씩 모두 10종(8.47%)을 차지하였다. 금번 조사지역중 어례산과 선달산 권역은 수환경이 양호한 산간계류가 많아 매우 맑은 물에서 서식하는 강도래목이 12종이 출현하여 본 수역의 저서성 대형무척추동물 서식지가 잘 보전되어 있음을 알 수 있다. 소권역별 저서성 대형무척추동물상은 어례산 권역이 67종, 선달산 권역이 60종으로 상당히 풍부하게 출현하였으며, 그외에 문수산, 풍낙산 및 옥녀봉 권역은 각각 43종, 37종 및 34종이 출현하였다. 소권역의 각 지역별 종다양도지수는 어례산 권역과 선달산 권역이 2.96~3.80 및 2.80~3.60로 상당히 높게 나타났으며, 그외에 문수산, 풍낙산 및 옥녀봉은 각각 2.4~3.12, 1.59~2.46 및 1.98~2.59순으로 나타나 청정한 하천수계를 유

지하고 있는 어례산, 선달산 및 문수산 권역의 종다양성이 풍부한 것으로 나타났다. 남한강 상류의 동강과 같이 서식환경이 매우 양호한 지역에 비해서는 출현종수 및 개체수 밀도가 적었으나 수계환경이 유사한 보성강에 비해서는 상대적으로 풍부하게 출현하고 있어 본 조사수계는 대체적으로 풍부한 출현종수 및 개체수 밀도를 보여주고 있다.

참 고 문 헌

1. 배연재, 박선영, 윤일병, 박재홍, 배경석 : 왕숙천 준설구간의 저서성 대형무척추동물의 군집변동. 한국육수학회지. 29(4), 251-261, 1996.
2. 윤일병, 공동수, 원두희 : 금호강 수계 저서성 대형무척추동물 군집의 시공간적 분포. 한국육수학회지. 25(3), 167-175, 1992.
3. 윤일병, 공동수, 이상협 : 저서성 대형무척추동물에 의한 금호강 수계의 생물학적 수질평가. 한국육수학회지. 25(3), 177-183, 1992.
4. 윤일병, 배연재, 이상협, 김종인, 이성진 : 경안천의 저서성 대형무척추동물 군집. 경안천 자연생태계조사연구보고서, 137-168pp, 1992.
5. Allan, J.D. : Stream ecology. Structure and function of running waters. Chapman & Hall, London, 1995.
6. Horne, A.J. and C.R. Goldman : Limnology. McGraw-Hill, Inc. 576pp, 1994.
7. Hynes, H.B.N. : The ecology of running waters. Liverpool Univ. Press, Liverpool, U. K., 1970.
8. Vannote, R.L., G.W. Minshall, K.W. Cummins, J.R. Sedell and C.E. Cushing : "The river continuum concept." *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 37, 130-137, 1980.
9. Ward, J.V. : Aquatic insect ecology. John Wiley & Sons, New York, 1992.
10. Willams, D.D. and B.W. Feltmate : Aquatic Insects. C·A·B International. Wallingford, UK, 1992.
11. Boon, P.J. : The impact of river regulation on invertebrate communities in the U.K.

- Regulated Rivers: Research and Management. 2, 389-409, 1988.
12. 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.
 13. 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. Environmental Management.* 3(1), 69-77, 1995.
 14. Minshall, G.W.: Stream ecosystem theory: a global perspective. *J. N. Benthol. Soc.* 7(4), 263-288, 1988.
 15. Reice, S.R. and M. Wohleberg: Monitoring freshwater benthic macroinvertebrates and benthic processes: measures for assessment of ecosystem health. p. 287-305 In: D. M. Rosenberg and V. H. Resh (Eds.) *Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates.* Chapman & Hall, New York, 1993.
 16. Rosenberg, D.M., and V.H. Resh: *Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates.* Chapman and Hall, New York. 488pp, 1993.
 17. Wentworth, C.K.: A scale of grade and class terms for clastic sediment. *J. Geology,* 30, 377-392, 1922.
 18. Tolkamp, H.H.: Organism-substrate relationship in lowland streams. Agricultural research report 907, Agricultural Univ., Wageningen, The Netherlands, 211pp, 1980.
 19. Bae, Y.J. and S.Y. Park: Taxonomy of *cloeon* and *procloeon* (Ephemeroptera: Baetidae) in Korea. *Korean J. Syst. Zoology,* 13(4), 303-314, 1997.
 20. Bae, Y.J. and S.Y. Park: *Alainites, Baetis, Labiobaetis* and *Nigrobaetis* (Ephemeroptera: Baetidae) in Korea. *Korean J. Syst. Zoology,* 14(1), 1-12, 1998.
 21. McCafferty, W.P.: *Aquatic entomology.* Jones and Bartlett, Boston, 448pp, 1981.
 22. Kawai, T.: *An illustrated book of aquatic insects of Japan.* 東海大學出版會, 1985.
 23. Merritt, R.W. & K.W. Cummins: *An introduction to the aquatic insects of North America.* 2nd. Ed. Kendall/Hunt Publ. Co., Dubuque, Iowa, 1984.
 24. Merritt, R.W., and K.W. Cummins: *An introduction to the aquatic insects of North America.* 3rd. ed. Kendall/Hunt Publ. Co., 1996.
 25. 윤일병: 한국동식물도감. 제30권. 동물편(수서 곤충류). 문교부, 840pp, 1988.
 26. 윤일병: 수서곤충검색도설. 정행사. 서울, 262pp, 1995.
 27. 권오길: 한국동식물도감 제32권 동물편(연체 동물 I). 문교부. 446pp, 1990.
 28. McNaughton, S.J. and L.L. Wolf: Dominance and the niche in ecological systems. *Science.* 167, 131-139, 1970.
 29. Margalef, R.H.: Information theory in ecology. *Gen. syst.,* 3, 36, 1958.
 30. Pielou, E.C.: The measurement of diversity in different types of biologic collections. *J. Theor. Biol.* 13, 131-144, 1966.
 31. Pielou, E.C.: *Ecological diversity.* Wiley. New York. 165pp, 1975.
 32. 배경석, 이완종, 김홍제, 김현국, 김장렬, 이용기, 김주형, 박상현: 한강상류(북천·내린천)의 저서 대형무척추동물에 관한 생태학적 연구. 서울시 보건환경연구원보, 29, 308-319. 1993.
 33. 산업기개발공사: 주암다목적댐건설사업 환경관리최종보고서. 463pp. 1988.
 34. 배경석, 김종인, 여진동: 영월다목적댐 건설사업 생태환경(동·식물상) 조사보고서. 한국수자원공사, 129-157. 1999.
 35. 배경석, 박종태, 조기찬, 길혜경, 신재영: 중랑천의 수서동물에 관한 생태학적 연구. 한국화

- 경위생학회지, 23(2), 89-97.
36. 배경석, 구분관, 한선규, 신재영, 박성배 : 서울 탄천의 수서동물 군집에 관한 생태학적 연구. 한국환경위생학회지, 23(4), 1-8.
37. Staub, R.J.W., J.W. Appling, A.M. Hofstetter, I.J. Hass, : The effects of industrial wastes of Memphis and Shelby county on primary plankton producers. *Bioscience*, 20, 905-912, 1970.
38. Wilhm, J.L. and Dorris T.C. : Biological parameters of water quality. *Bioscience*, 18, 477-481, 1968.