한국환경생태학회지 22(4) : 420~426. 2008
Kor. J. Env. Eco. 22(4) : 420~426. 2008

수서곤충 EPT-group을 이용한 무심천의 조사지점별 특성[1a]

신현선[2] · 오사무 미타무라[2] · 김숙정[3] · 최준길[4*]

Characteristics of Musim Stream by Surveyed Sites Based on EPT-group of Aquatic Insects[1a]

Hyun-Seon Shin[2] , Osamu Mitamura[2], Sook-Jung Kim[3], Jun-Kil Choi[4*]

요 약

본 연구는 무심천의 상류부터 하류까지 총 9개 지점을 선정하여 수서곤충의 EPT-group을 이용하여 EPT-비율, EPT 풍부도, EPT 종수와 개체수를 지점별로 비교분석하였고 수서곤충의 종 조성에 따른 UPGMA분석으로 조사지점 간의 유사도를 비교하였으며 수서곤충의 섭식기능군은 하천차수에 의해 비교분석하였다. 조사결과에 의하면 무심천의 수서곤충은 총 8목 36과 71종으로 조사되었고 EPT 비율과 EPT 풍부도는 지점 3에서 각각 0.72, 3.89로 다른 지점에 비해 다소 높게 나타났으며 이와 반대로 지점 9에서는 0.03, 0.09로 비교적 낮게 나타났다. 또한 EPT 종수 및 개체수는 지점 9에서 가장 낮게 나타났다. UPGMA분석 결과 무심천의 각 지점은 A1(st. 1, 7, 8), A2(st. 2, 3, 4, 5, 6), B(st. 9)로 3개의 그룹으로 나뉘었으며 섭식기능군은 지점별 차이는 나타나지 않았지만 상·중류역에서는 써는무리와 긁어먹는무리가 다른 지점에 비해 다소 높게 나타난 반면 하류에서는 걸러먹는무리와 줍는무리가 우세한 것으로 확인되었다. 본 연구 의하면 조사지점에 따라 수서곤충의 EPT-richness, EPT-ratio, EPT 수 뿐만 아니라 섭식기능군의 조성에도 영향을 주는 것으로 나타났다.

주요어 : **EPT 풍부도**, **EPT 비율**, **UPGMA분석**, **섭식기능군**

ABSTRACT

This study compared and analyzed EPT ratio, EPT richness and EPT number(number of species and individuals) of a total of 9 selected sites individually using EPT-group of aquatic insects in Musim stream, also compared similarity ratio between the sampling sites using UPGMA(Unweighted Paired Group Method using Arithmetic average) based on analysis subsequent to species structure of aquatic insects, and compared and analyzed a functional feeding groups(FFGs) of aquatic insects based on stream order. As a result, the aquatic insect group of 2,269 individuals is classified as 71 species, 36 families, and 8 orders, and EPT ratio and EPT richness at sites 3(0.72 and 3.89, respectively) were found to be relatively higher than those at the other sites; by contrast, those at site 9(0.03 and 0.09, respectively) were relatively low. EPT number of species and individuals was found to be lowest at site 9. As a result of UPGMA analysis, the sampling sites in Musim stream were divided into three groups, including A1(site 1, 7, 8), A2(site 2, 3, 4, 5, 6) and B(site 9). According to the

1 접수 2월 28일 Recieved on Feb. 28, 2008
2 시가현립대학교 환경과학연구과 Limnological Laboratory, University of Shiga Prefecture, Hassaka-cho 3165, Hikone, Shiga (522-0057), Japan
3 경북전문대학 보건행정과 Dept. of Health Administration, Kyungbuk College, Yeoungju(750-712), Korea
4 상지대학교 생명과학과 Dept. of Biological Science, Sangji Univ., Wonju(220-702), Korea
* 교신저자, Corresponding author(jkilchoi@mail.sangji.ac.kr)

results of FFGs, there was not shown specific difference in the number of functional feeding groups by each sites; however, there appeared a little more shredders and scrappers in the upper and mid stream comparing to other sampling sites while collector-filterers and collector-gatherers were found to be dominant in number in the lower stream. According to this research result, the sampling sites in Musim stream were found to have an effect on not only EPT richness, EPT ratio, and EPT number but also FFGs structure.

KEY WORD : EPT RICHNESS, EPT RATIO, UPGMA, FUNCTIONAL FEEDING GROUPS

서 론

최근 우리나라는 경제적 성장과 함께 환경에 대한 관심이 높아지면서 오염된 도심지의 하천을 중심으로 하천복원이 활발히 이루어지고 있다. 그러나 대부분의 하천복원은 인공제방과 농업용 보의 구축, 하상 평탄화 및 하천의 직강화 등 생물의 서식지를 고려한 복원이 아닌 물리적 측면만이 고려된 인위적 하천복원으로 생물생태계 변화에 영향을 주고 있다(Rutherford *et al*., 1987; 배연재와 이병훈, 2001; 곽인실 등, 2004). 특히, 외부기원유기물질의 영향을 받으며 생물들에게 적합한 영양학적 생태환경을 유지하고 있는 하천은 인위적으로 복원된 구조물들뿐만 아니라 하천에 방류되어지고 있는 산업폐수와 생활하수 등으로 인해 하천의 유기물질 구성변화에 영향을 주게 되어 저서성 대형무척추동물의 군집구조 변화와 수서곤충의 섭식기능군의 다양성에 직접적인 영향을 주고 있다(Cummins, 1962; Cummins and Klug, 1979; Merritt and Cummins, 1996; 배연재 등, 2003).

저서성 대형무척추동물들은 환경변화에 민감하고 분류군에 따라 비교적 뚜렷한 내성범위를 갖고 있으므로 담수생태계의 환경을 평가하는 지표로서 매우 유용하다고 보고된 바 있다(Hynes and Coleman, 1968; Hellawell, 1986). 따라서 이동성이 적은 저서성 대형무척추동물은 중금속 농축에 관한 연구뿐만 아니라 저서성 대형무척추동물 군집구조 분석을 위해 연구되어져 왔다. 그러나 최근에는 생물학적 환경 모니터링을 위해 수서곤충만을 이용한 군집구조 분석과 EPT 풍부도 및 EPT 비율에 대한 분석연구가 많이 활용되어 지고 있다(Klemm *et al*., 1990; Coimbra *et al*., 1996; 배연재 등, 2003; Davis *et al*., 2003; Peitz, 2003, 위인선과 나철호, 1991).

무심천은 청원군 가덕면에서 발원하여 청주시 중심부를 지나 청주시 원평동에서 금강의 지류인 미호천에 합류되는 전장 34.6㎞의 준용 하천이다. 그러나 무심천은 급속한 도시화와 산업화로 인해 1991년 이후 급격히 하천자정능력을 상실할 만큼 오염되어졌고 1993년 이후 하수종말처리장 건설로 수환경질 Ⅲ급수를 유지할 수 있었다. 하지만 다시 무분별하게 건설되어진 하상도로와 하천의 직강화는 수로와 수변을 단절시켜 수생생물의 서식지 파괴와 단조로운 서식지 제공으로 생물다양성에 어려움을 주고 있다. 특히, 무심천의 배수구역은 청주시민의 인구밀도 67.3%로 하천오염의 주원인으로 작용하고 있으며 무심천의 중류는 축산폐수와 생활하수가 유입되어 하천 생태계의 오염을 가중시키고 있다(환경백서, 1997). 이와 같은 주변 환경은 무심천의 생물 생태학적 변화를 충분히 초래하였을 것으로 알 수 있으나 1990년 이후 현재까지 무심천을 대상으로 한 저서성 대형무척추동물에 관한 연구는 거의 이루어지지 않았다고 할 수 있다.

따라서, 본 연구는 무심천의 상류에서 부터 하류까지 총 9개 지점을 선정하여 수서곤충의 EPT 풍부도, EPT 비율, EPT 종수 및 개체수를 지점별로 비교분석하였고 수서곤충의 섭식기능군은 하천차수에 의해 비교분석을 실시하였다. 또한, 수서곤충의 종 조성에 따른 UPGMA 분석으로 조사지점간 유사도를 비교하여 무심천 하천생태계의 기초자료 및 무심천의 생물학적 모니터링을 제시하고자 하였다.

재료 및 방법

1. 조사지 개황 및 조사기간

조사지역은 무심천의 최상류인 낭성면부터 하류인 청주시 흥덕구의 미호천 합류부까지 총 9개 지점을 선정하여 조사하였다(Figure 1). 조사 기간은 2004년 6월(1차), 8월(2차), 10월(3차) 등 총 3차례에 걸쳐 이루어졌으며, 무심천의 9개 조사지점의 각 지점별 하천차수는 1/25,000 지도를 기준으로 나타내었으며 조사지 현황은 Table 1과 같다.

2. 조사방법 및 내용

수서곤충의 정량채집은 Surber net(30×30㎠; mesh size 200㎛)을 이용하여 급류대(riffle)에서 1회, 채수대(pool) 또

Figure 1. The map of sampling sites in Musim stream

는 완류대(run)에서 1회, 즉 지점 당 2회 실시하였다. 그 외에 정성채집은 Modified D-frame dip net(mesh size 200 ㎛)를 이용하여 다양한 미소서식처에서 지점 당 2회 실시하였으며 조사지역의 특성에 따라 다양한 서식처에서 채집한 것을 정량 및 정성시료로 활용하여 수서곤충상을 파악하였으며 그 중 정량채집하여 분석한 자료만을 이용하였다. 하상구조는 50㎝×50㎝ 방형구를 사용하여 무작위적으로 10개의 지소를 선정·측정하였으며 Cummins(1962)의 방법에 따라 돌의 크기를 분류하였다. EPT 비율, EPT 풍부도는 Resh and Grodhaus(1983)에 의한 방법에 따랐고 섭식기능군의 분류 및 분석은 기존의 문헌(Kawai, 1985; 윤일병, 1988; 1995; 윤일병 등, 1992a; 1992b)을 사용하였으며 깔따구류는 붉은형(red type)과 흰형(white type)인 두가지 형태로 분류하였다. 섭식기능군의 조성비교는 하천차수(Stream order)에 의해 분석하였다. 출현종을 근거로 한 지점간의 유사도는 Jaccard(1908)의 유사도지수를 이용하였고 유사도지수를 기준으로 각 지점간의 거리를 비가중평균연결법(Unweighted Paired Group Method using Arithmetic average; UPGMA)으로 집괴분석하였다(NTSYS-pc ver. 2.01).

결과 및 고찰

1. 분류군

무심천의 전체 수계에서 정량 및 정성 채집한 수서곤충은 총 8목 36과 71종 2,469개체가 조사되었다. 조사지점 중에서 본류이며 상류에 위치한 지점 1에서는 13과 18종 151개체, 지점 2에서는 16과 24종 166개체, 지점 3에서는 23과 44종 441개체, 지점 4에서는 17과 27종 183개체, 지점 5에서는 20과 33종 219개체, 지점 6에서는 22과 32종 275개체가 조사되었다. 그리고 도심을 관통하여 흐르는 지점 7에서

Table 1. Land use, Bottom structure, and Stream order of studied sites

Sites(District)	Land use and Bottom structure	Stream order
1(Nangchugol)	- Land use= farmland, housing, downtwon, amusement park - Bottom structure= B: C: P: S = 1: 2: 3: 4	2
2(Chujungri)	- Land use= livestock farming, road, housing - Bottom structure= B: C: P = 1: 5: 4	1
3(Geumgeo Br.)	- Land use= farmland, housing, amusement park - Bottom structure= C: P: G: S = 1: 2: 3: 4	4
4(Naeamri)	- Land use= road, farmland, housing, amusement park - Bottom structure= C: P: G: S = 1: 4: 4: 1	3
5(Sangya 2ri)	- Land use= farmland, housing, downtwon, livestock farming - Bottom structure= C: P: G: S= 1: 4: 4: 1	3
6(Munju Br.)	- Land use= road, housing, livestock faming - Bottom structure= C: P: G: S = 1: 2: 4: 3	4
7(Jibukdong)	- Land use= road, downtwon, housing, bridge - Bottom structure= C: P: G: S = 1: 3: 4: 2	4
8(Seomun Br.)	- Land use= road, downtwon, housing, amusement park, bridge - Bottom structure= C: P: G: S = 1: 2: 5: 2	4
9(Wonpyeongdong)	- Land use= farmland, road, excrement facility, garbage disposal - Bottom structure= G: S= 2 : 8	4

* B: Boulder(>256㎜), C: Cobble(64～256㎜), P: Pebble(16～64㎜), G: Gravel(2～16㎜), S: Sand(0.1～2㎜) by Cummins(1962)

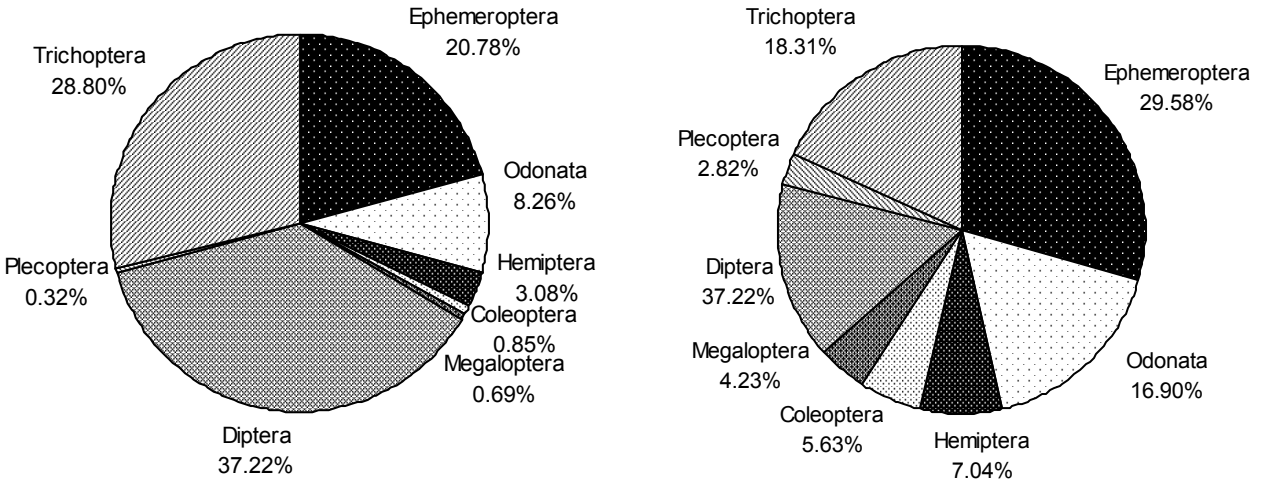

Figure 2. The relative abundance of the aquatic insect individual(a) and species(b) from each sites of Musim stream during whole studied period(June to October, 2004)

는 21과 34종 539개체, 지점 8에서는 14과 19종 357개체이었으며, 무심천의 최하류인 지점 9에서는 11과 14종 138개체가 각각 조사되었다. 이 중에서 지점 3에서 총 44종으로 가장 많은 종이 출현하였으며, 무심천 최하류인 지점 9에서는 14종으로 종의 출현이 가장 낮게 나타났다(Figure 2a).

수서곤충의 분류군별 개체수의 구성비는 파리목이 919개체(37.22%)로 가장 많이 차지하였으며, 다음으로는 날도래목 711개체(28.8%), 하루살이목 513개체(20.78%), 잠자리목 204개체(8.26%), 노린재목 76개체(3.08%), 딱정벌레목 21개체(0.85%), 뱀잠자리목 17개체(0.69%), 강도래목 8개체(0.32%)의 순으로 나타났다(Figure 2a).

그리고 분류군별 종 조성은 하루살이목이 7과 20종(29.58%)으로 가장 많은 분포를 보여주었으며, 날도래목 7과 13종(18.31%), 잠자리목 7과 12종(16.9%), 파리목이 7과 11종(15.49%), 노린재목 3과 5종(7.04%), 딱정벌레목 2과 4종(5.63%), 뱀잠자리목 2과 3종(4.23%), 강도래목 1과 3종(2.82%) 순으로 출현하였다(Figure 2b). 이 중에서 하루살이-강도래-날도래군(EPT-group)이 50.71%를 차지하였으나 비교적 자연 서식처가 잘 보존된 중규모 하천인 가평천의 74.4% EPT 비율(배연재 등, 2003)과 비교하여 보면 비교적 낮은 비율을 보여주는 것으로 나타났다.

2. EPT 비율과 EPT 풍부도

일반적으로 EPT 비율과 풍부도는 대조군 즉, 수환경질이 양호할수록 높게 나타나는 것으로 보고 되었다(Davis *et al*., 2003; Peitz, 2003).

수서곤충의 EPT 비율를 분석한 결과 지점 3에서 0.72로 비교적 높게 나타났으며 지점 4(0.71), 지점 6(0.69), 지점 8(0.68), 지점 5(0.66), 지점 2와 7(0.60), 지점 1(0.31), 지점 9(0.03) 등으로 나타났다. EPT 풍부도는 지점 3에서 3.89로 비교적 높게 나타났으며 지점 5(3.22), 지점 2(2.99), 지점

Table 2. EPT ratio and EPT richness in each sampling sites

	Sampling sites								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
EPT ratio	0.31	0.60	0.72	0.71	0.66	0.69	0.60	0.68	0.03
EPT richness	2.14	2.99	3.89	2.63	3.22	2.92	2.30	1.83	0.09

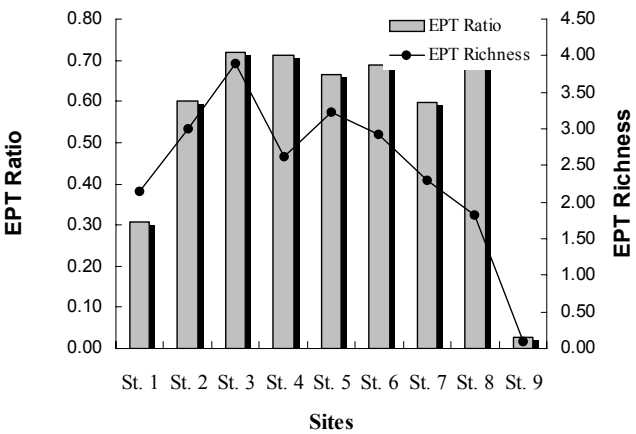

Figure 3. EPT ratio and EPT richness in each sampling sites

6(2.92), 지점 4(2.63), 지점 7(2.30), 지점 1(2.14), 지점 8(1.83), 지점 9(0.09) 등으로 나타났다. 이와 같이 지점 3에서 EPT 비율은 0.72, EPT 풍부도가 3.89로 가장 높게 나타났으며 지점 9는 EPT 비율이 0.33, EPT 풍부도가 1.44로 가장 낮게 나타났다. 따라서 지점 9에서 가장 낮은 비율로 나타나 수환경질이 다른 지점에 비해 가장 양호하지 않는 것으로 나타났으며 반면에 지점 3은 다른 지점에 비해 상대적으로 수환경질이 가장 양호한 것으로 나타났다(Table 2, Figure 3).

3. EPT 종수 및 개체수

EPT 종수는 지점 3에서 가장 높게 나타났으며 지점 9에서 가장 낮게 나타났다. EPT 개체수는 지점 7에서 가장 높게 나타났으며 지점 9에서 가장 낮게 나타났다(Figure 4). 종수와 개체수를 이용한 EPT를 동시에 비교해 보았을 때 지점 3과 6은 비교적 비슷한 양상을 보여주었으나 지점 7과 8은 EPT 종수에 비해 EPT 개체수가 심하게 증가되는 현상을 보였다. 이와 같은 결과는 지점 7, 8은 무심천의 도심부로서 유기물 유입에 의한 깔따구류와 줄날도래류의 생산력 증가 즉, 내성이 강한 종의 증가가 두드러지게 나타나는 것은 오염부하로 수환경적 생태가 불안정한 상태를 의미하는 것으로 보여 진다. 그러나 지점 3과 6은 비교적 다른 지점에 비해 비교적 양호한 수환경 생태를 보여주었으며, 지점 2, 4, 5의 경우는 다소 양호한 것으로 보였다. 그리고 지점 9는 EPT 종수와 개체수가 모두 낮은 것으로 나타나 불량한 수환경 상태로 고정화 되어가는 것으로 보여 진다(Figure 4).

4. 유사도분석

수서곤충 종 조성에 의한 UPGMA의 지점별 분석에 의하

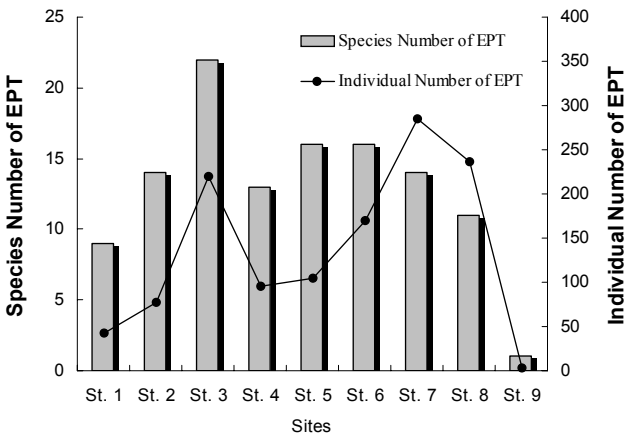

Figure 4. % EPT in each sampling sites

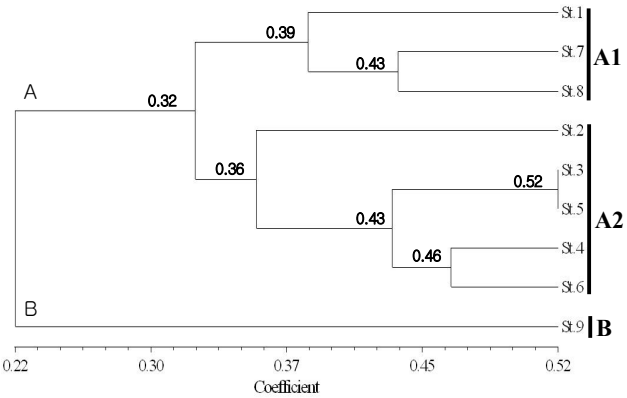

Figure 5. Dendrogram by UPGMA method using species composition

면 A와 B는 신뢰도 상관계수는 0.32의 수준에서 두 그룹으로 나누어졌으며, A그룹은 다시 신뢰도 상관계수가 0.39의 수준에서 A1그룹과 0.36의 수준에서 A2그룹으로 나누어졌다(Figure 5). 이와 같은 결과는 EPT 종수와 개체수에 의한 양상과 다소 비슷한 결과를 보여주었다. EPT의 종수과 개체수 관계에서 보여주듯이 A1그룹은 수환경질이 좋지 않고 생태적으로 불안정한 지점들이 그룹을 이루고 있으며, A2 그룹은 수환경질이 다소 양호하며 생태적으로 양호한 지점들이 그룹을 이루고 있고, 마지막으로 지점 9는 모든 분석에서 보여주듯이 수환경질이 불량한 수역으로 처음부터 다른 지역과 나누어지는 것을 알 수 있다. 이와 같이 지점 9는 다른 지점에 비해 환경적 영향을 가장 많이 받고 있으며 하상구조가 대부분 모래로 구성되어 도시하천의 하류역의 특성을 잘 반영하고 있다는 것을 알 수 있다.

5. 섭식기능군

무심천 수서곤충의 섭식기능군은 써는무리(shredders), 긁어먹는무리(scrappers), 잡아먹는무리(predator), 거르는무리(collector-filterers), 줍는무리(collector-gatherers) 등이 조사되었고, 조사지점별 각 섭식기능군의 조성은 Table 3과 Figure 6과 같다. 무심천 수서곤충의 섭식기능군은 잡아먹는무리(33.39%), 긁어먹는무리(30.75%), 줍는무리(21.58%), 거르는무리(9.42%), 써는무리(4.84%) 등의 순으로 나타났고, 낙엽과 대형무기물질이 풍부한 계류형 하천인 지점 1, 2, 3에서는 써는무리가 다른 지점에 비해 비교적 높게 나타났다. 그러나 전반적으로 써는 무리가 다른 섭식군에 비해 상대적으로 적은비율을 차지한 것은 낙엽과 대형무기물질이 적은 계절적 영향을 받은 것으로 보여 지며 우리나라의 계절적 특성상 10월 말 이후에 낙엽이 지므로 11월 이후의 조사에서는 썰고, 뜯어먹는 무리가 많이 나타날

Table 3. Composition of functional feeding groups of aquatic insects in studied sites of Musim stream(%)

Stream order / Functional feeding groups	I	II	III		IV				Total
	St. 2	St. 1	St. 4	St. 5	St. 3	St. 6	St. 7	St. 8	St. 9	
Shredders	11.76	9.09	3.03	6.82	5.45	0.00	4.44	3.03	0.00	4.84
Scrappers	29.41	42.42	36.36	31.82	23.64	38.64	22.22	27.27	25.00	30.75
Predator	35.29	21.21	36.36	31.82	36.36	34.09	37.78	21.21	46.43	33.39
Collector-filterers	5.88	9.09	6.06	9.09	12.73	6.82	13.33	18.18	3.57	9.42
Collector-gatherers	17.65	18.18	18.18	20.45	21.82	20.45	22.22	30.30	25.00	21.58

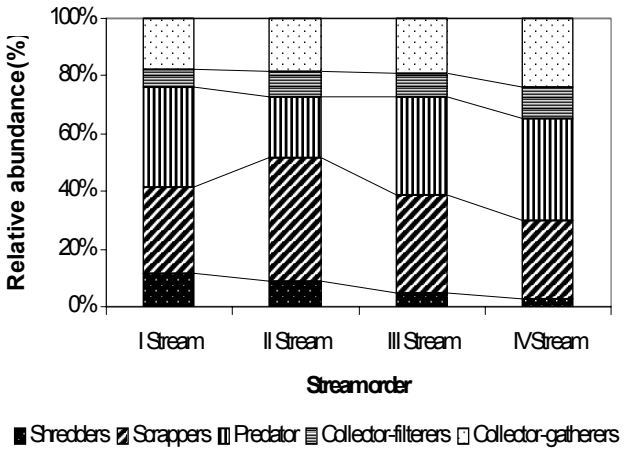

Figure 6. Composition of functional feeding groups of aquatic insects to stream order from Musim stream

것으로 보여 진다(배연재 등, 2003). 이와 같이 섭식기능군은 서식처 유형과 먹이자원의 종류에 따라 적응하게 되며, 또한, 계절에 따라 섭식기능군 조성에 차이가 나타나는 것으로 보고 되었다(Rosenberg and Resh, 1993; Merritt and Cummins, 1996). 본 조사에서 조사지점별 섭식기능군의 차이는 나타나지 않았으나, 비교적 상류수역인 지점 3과 최하류인 지점 9에서는 섭식기능군 조성 비율이 차이를 보였다(Figure 6). 지점 3은 잡아먹는무리(36.4%), 긁는무리(23.6%), 줍는무리(21.8%), 거르는무리(12.7%), 써는무리(5.5%)가 모두 출현하였으나 지점 9에서는 잡아먹는무리(46.4%), 긁는무리(25%), 줍는무리(25%), 거르는무리(3.6%)가 출현하고 써는무리가 출현하지 않은 결과를 얻었다. 그러나 지점 9의 결과는 지점 6의 섭식기능군 조성과 비슷한 결과를 보여 수환경질에 의한 영향으로 단정 지을 수 없으며 다른 섭식과 관련된 환경적 요인이 작용하였을 것으로 보여 진다.

하천차수(하순)에 따른 섭식기능군 조성 비율은 하순 Ⅰ(지점 2), 하순 Ⅱ(지점 1), 하순 Ⅲ(지점 4, 5), 하순 Ⅳ(지점 3, 6, 7, 8, 9)로 구분하여 조사하였다(Figure 7). 하순 Ⅰ은 육식하는무리(35.29%), 긁어먹는무리(29.41%), 줍는무리(17.65%), 써는무리(11.76%), 거르는무리(5.88%)의 순으로 나타났으며 하순 Ⅱ는 긁어먹는무리(42.42%), 육식하는무리 (21.21%), 줍는무리(18.18%) 그리고 긁어먹는무리와 거르는무리(9.09%)의 순으로 나타났고, 하순 Ⅲ은 긁어먹는무리, 육식하는무리(34.09%), 줍는무리(19.32%), 거르는무리(7.58%), 써는무리(9.09%)의 순으로 나타났으며 하순 Ⅳ는 육식하는무리(35.17%), 긁어먹는무리(27.35%), 줍는무리(23.96%), 거르는무리(10.93%), 써는무리(2.58%)의 순으로 나타났다. 전체적으로 무심천에서 조사된 수서곤충의 섭식기능군은 많은 부분이 하천연속성 개념과 일치하였으며 한국의 일반적 하천의 특성과 유사한 결과를 나타내었다(배연재 등, 2003).

또한 하순에 따른 섭식기능군 조성 비율을 비교해 볼 때 하순이 증가할수록 써는무리와 긁는무리가 감소한 반면, 줍는무리와 거르는무리는 다소 증가하는 것으로 나타났다(Figure 6). 이와 같은 결과는 하류하천에 미세입자의 유기물질 등이 증가하기 때문에 줍는무리인 깔따구류와 거르는무리인 줄날도래류가 높게 출현하였기 때문인 것으로 보여진다(Allan, 1995; 배연재 등, 2003). 또한, 깔따구 등의 출현도가 높다는 것은 오염에 의한 수질악화로 수환경의 질이 불량해진 것으로 볼 수 있다.

본 연구 결과에 의하면 수환경의 질이 다소 불량한 지점 9를 포함한 하류유역의 경우에는 수서곤충의 군집구조 EPT 풍부도, EPT 비율, EPT 수 뿐만 아니라 섭식기능군의 조성에도 영향을 주는 것으로 나타났다. 아직까지 EPT-group을 이용한 수환경의 생태학적 모니터링과 섭식기능군과 같이 하천의 연속성을 보여주는 연구는 국내에서 드물게 연구되고 있어 기초 자료를 비교하여 연구하는데 어려움이 있다. 따라서 좀 더 활발한 하천 연구의 일환으로 EPT-group과 섭식기능군에 대한 연구가 필요하다고 보여 지며 이와 같은 연구는 더 나아가 보전되고 복원되어져야할 하천에 대한 의미 있는 자료로 활용되어질 것으로 보여 진다.

인용문헌

곽인실, 송미영, 전태수(2004) 저서성 대형무척추동물의 자연적 교란에 대한 영향. 한국육수학회지 37(1): 87-95.

배연재, 이병훈(2001) 한국 하천생태계의 환경훼손과 담수절지동물의 생물다양성 피해 및 보전. 한국곤충학회지 31(2): 63-76.

배연재, 원두희, 황득휘, 진영헌, 황정미(2003) 경기도 가평천의 하순에 따른 수서곤충 군집조성과 섭식기능군. 한국육수학회지 36(1): 21-28.

윤일병(1988) 한국동식물도감 제 30권 동물편(수서곤충류). 문교부, 서울, 840.

윤일병(1995) 수서곤충검색도설. 정행사, 서울, 7-218쪽.

윤일병, 공동수, 유재근(1992a) 저서성 대형무척추동물에 의한 생물학적 수질평가 연구 (II). 한국환경생물학회지 10: 77-84.

윤일병, 공동수, 유재근(1992b) 저서성 대형무척추동물에 의한 생물학적 수질평가 연구 (III). 한국환경생물학회지 25: 177-183.

위인선, 나철호(1991) 수질환경오염에 대한 수서곤충 지표종에 관한 연구. 한국환경생물학회지 1: 42-54.

환경백서(1997) 제3장 수환경보전 . 환경부행정간행물. 380000-67030-06-51. pp 315-360.

Allan, J.D.(1995) Stream Ecology. Structure and Function of Running Waters. Chapman & Hall, Landon.

Coimbra, C.N., M.A.S Graca and R.M. Cortes(1996) The effects of a basic effluent on macroinvertebrate community structure in a temporary Mediterranean river. Environmental Pollution 94(3): 301-307.

Cummins, K.W.(1962) An evaluation of some techniques for the collection and analysis of benthic samples with special emphasis on lotic water. Am. Midl. Nat. 67: 477-504.

Cummins, K.W. and M.J. Klug(1979) Feeding ecology of stream invertebrates. Ann. Rev. Ecol. Syst. 10: 147-172.

Davis, S.D., S.W. Golladay, G. Vellidis and C.M. Pringle(2003) Macroinvertebrate biomonitoring in intermittent coastal plain stream impacted by animal agriculture. J. Environ. Qual. 32: 1036-1043.

Hellawell, J.M.(1986) Biological indicators of fresh water pollution and environmental management. Elsevier. London, 546.

Hynes, H.B.N. and M.J. Coleman(1968) A simple method of assessing the annual production of stram benthos. Limnol. Oceanogr. 13: 569-573.

Jaccard, P.(1908) Nouvelles recherches sur la distribution florale. Bul. Soc. Vaudoise Sci. Nat. 44: 223–270.

Kawai, T.(1985) An illustrated book of aquatic insets of Japan. Tokai University.

Klemm, D.J., P.A. Lewis, F. Fulk and J.M. Lazorchak(1990) Macroinvertebrate field and laboratory methods for evaluating the biological integrity of surface waters. EPA. Cincinnati Oh, USA.

Merritt, R.W. and K.W. Cummins(1996) An introduction to the aquatic insects of North America. 3rd. Kendall/Hunt. Dubuque, Iowa.

Peitz, D.G.(2003) Macroinvertebrate monitoring as an indicator of water quality: Status report for pipestone Creek, Pipestone National Monument, 1989-2002. 1-13.

Pennak, R.W. (1989) Fresh water invertebrates of the United States (3rd cd.). John Wiley & Sons. New York, 628.

Resh, V.H. and G. Grodhaus(1983) Aquatic insects in urban environments. pp. 247-276 In Urban Entomology: Interdisciplinary Perspectives. G.W. Frankie and C.S.Koehler, editors. Praeger Publishers. New York.

Rosenberg, D.M. and V.H. Resh(1993) Freshwater Biomonitoring and Benthic Macroinvertebrates. Chapman & Hall (Eds.). London.

Rutherford, D.A., A.A. Echelle and O.E. Maughan(1987) Changes in the fauna of the little river drainage, south-eastern Oklahoma, 1948-1955 to 1981-1982: Test of the hypothesis of environmental degradation. Community and evolutionary ecology of north American stream fishes. Univ. of Oklahoma. pp. 178-183.