

ORIGINAL ARTICLE

하상 변화에 따른 저서성 대형무척추동물의 서식기능군 분석

이슬희¹⁾ · 이미진¹⁾ · 서을원¹⁾ · 이종은^{1,2)*}

¹⁾안동대학교 생명과학과, ²⁾안동대학교 환경연구소

Analysis of Functional Habitat Groups of Benthic Macroinvertebrates according to Changes in the Riverbed

Seul Hee Lee¹⁾, Mi Jin Lee¹⁾, Eul Won Seo¹⁾, Jong Eun Lee^{1,2)*}

¹⁾Department of Biological Science, Andong National University, Andong 36729, Korea

²⁾Environment Research Center, Andong National University, Andong 36729, Korea

Abstract

This study identified the effect of changes in the riverbed on the benthic macroinvertebrate communities. The benthic macroinvertebrates collected from the surveyed sites belonged to 119 species, 65 families, 20 orders, and 7 classes in 4 phyla. The number of Ephemeroptera, Plecoptera, and Trichoptera (E.P.T) species was 42, 10, and 8, respectively, in the tributary, confluence, and Nakdong River sites. Lotic species (Hydropsychidae) showed a high density at the tributary sites, whereas lentic species (Chironomidae) showed a high density at the confluence and Nakdong River sites. Community analysis showed that the Dominance Index (DI) was 0.54 in tributary sites, and dominance indices increased closer to the Nakdong River sites. The diversity index (H') was inversely proportional to DI. The ratio of Burrowers species (BU) at the surveyed sites increased closer to the Nakdong River sites. Analysis of common species showed 37 species (34.6%) between the tributary and confluence sites and 66 species (51.5%) between the confluence and Nakdong River sites.

Key words : Benthic macroinvertebrates, Nakdong River, Functional habitat groups

1. 서론

하천생태계는 발원지로부터 하구까지 긴 띠의 형태로 존재하며, 고도의 구배에 따라 물이 한 방향으로 끊임없이 흐르기 때문에 하천의 상류로부터 하류에 이르기까지 환경과 생물 군집이 지속적으로 변화한다. 하천연속성개념에 의하면 하천의 하류로 갈수록

환경 구배의 변화 및 자연적, 인위적 수환경의 변화에 따라 서식 및 섭식기능군의 조성이 달라질 수 있다 (Vannote et al., 1980). 또한 저서성 대형무척추동물은 서식처의 환경여건에 따라 종류별 분포를 달리한다고 보고되었다(Ward, 1992; Williams and Feltmate, 1992). 현재 낙동강수계는 2011년 완공된 8개 보의 영향으로 대규모의 정수성 환경이 조성되어 있다. 이에

Received 19 December, 2016; Revised 2 January, 2017;

Accepted 19 January, 2017

*Corresponding author: Jong Eun Lee, Department of Biological Science, College of Natural Sciences, Andong National University, Andong 36729, Korea
Phone : +82-54-820-5618
E-mail : jelee@anu.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.

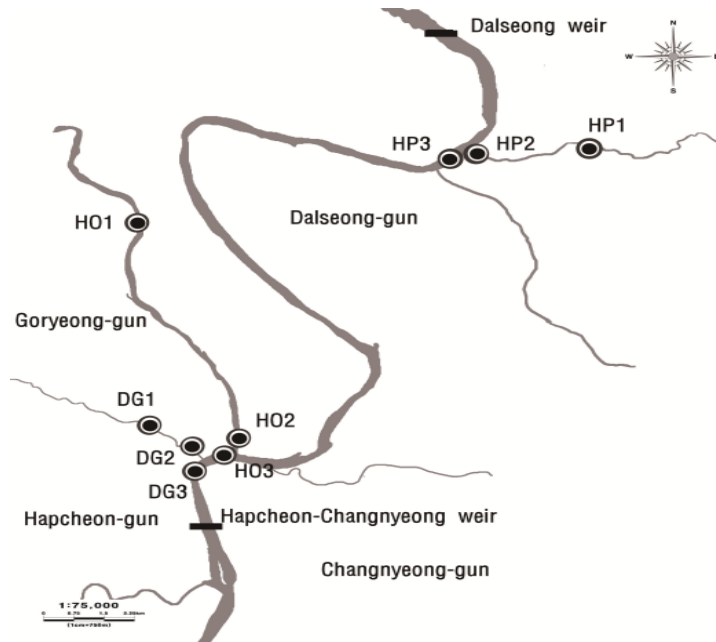


Fig. 1. The survey sites (DG1, HP1, HO1 : tributary ; DG2, HP2, HO2 : confluence ; DG3, HP3, HO3 : Nakdong River).

본 연구에서는 보 구간 내 유입천의 수가 가장 많은 달성보~합천창녕보 구간의 유입천 중 3개 지천인 덕곡천, 현풍천, 회천을 대상으로 조사를 실시하였다. 저서성 대형무척추동물의 서식처 특성에 따른 군집구조 변화 양상을 파악하기 위하여 각 유입천의 중류지점, 지천과 낙동강 본류가 합류하는 합류점 그리고 합류 이후 낙동강 본류지점을 조사 대상 지점으로 선정하였다. 본 연구를 통하여 낙동강으로 유입되는 각 지천의 연속적 흐름에 따른 하상구조 등 물리적 환경변화가 저서성 대형무척추동물의 군집구조 및 서식기능군, 군집안정성에 미치는 영향을 파악하고자 한다.

2. 재료 및 방법

2.1. 조사지점 및 조사시기

연구 대상지역은 달성보와 합천창녕보 사이 구간으로, 낙동강에 유입되는 덕곡천(DG), 현풍천(HP), 회천(HO) 각 3개 지천의 중류지점(DG1, HP1, HO1), 지천과 낙동강 본류의 합류점(DG2, HP2, HO2), 합류 이후 낙동강 본류지점(DG3, HP3, HO3) 총 9개 지점에서 2015년 지점별 3회(4월, 7월, 9월) 조사를 실시

하였다(Fig. 1). 각 조사지점의 행정구역 및 좌표는 다음과 같다.

- DG1 : 경상남도 합천군 덕곡면 본곡리 (N 35°37 ' 57.4 " , E 128°18 ' 32.4 ")
- DG2 : 경상남도 합천군 덕곡면 울지리 (N 35°36 ' 44.8 " , E 128°21 ' 12.6 ")
- DG3 : 경상남도 합천군 덕곡면 울지리 (N 35°36 ' 32.6 " , E 128°21 ' 06.9 ")
- HP1 : 대구광역시 달성군 유가면 쌍계리 (N 35°41 ' 48.8 " , E 128°28 ' 12.6 ")
- HP2 : 대구광역시 달성군 현풍면 원교리 (N 35°41 ' 47.8 " , E 128°25 ' 42.2 ")
- HP3 : 대구광역시 달성군 현풍면 원교리 (N 35°41 ' 39.3 " , E 128°25 ' 22.2 ")
- HO1 : 경상북도 고령군 우곡면 도진리 (N 35°40 ' 02.2 " , E 128°20 ' 14.9 ")
- HO2 : 경상남도 합천군 덕곡면 울지리 (N 35°37 ' 02.0 " , E 128°21 ' 46.6 ")
- HO3 : 경상남도 합천군 덕곡면 울지리 (N 35°36 ' 46.8 " , E 128°21 ' 30.8 ")

2.2. 현장 조사 및 분석

저서성 대형무척추동물의 채집은 유수역(riffle, 지천의 중류)에서 Surber sampler (30×30 cm, mesh 1 mm)로 하상의 구조와 유속 등을 고려하여 3회씩 정량 채집을 하였으며, 정수역(pool, 합류점 및 낙동강 본류)은 Dredge sampler (가로 42 cm, mesh 1 mm)를 이용하여 0.9 m² 씩 2회 채집을 실시하였다. Hand net과 핀셋을 이용하여 정성채집을 병행하였으며, 채집된 시료는 현장에서 94% Ethanol에 고정하여 보존하였다. 동정은 Yoon(1988, 1995), Won et al.(2005), Kwon et al.(2013), Kim et al.(2013) 등의 문헌 및 검색도설을 참고하였으며, 동정 완료 후 70% ethanol에 액침 보관하였다.

2.3. 자료 분석

동정된 모든 종별 개체수는 단위면적당 출현개체수(inds. m⁻²)로 환산하여 분석하였다. 그리고 각 조사시기별 우점도지수(Dominance Index, DI)는 McNaughton(1967)의 방법에 의해 산출하였고, 다양도지수(species diversity index, H')는 Shannon and Weaver(1949), 풍부도지수(species richness index, R1)는 Margalef(1958), 균등도지수(evenness index, J')는 Pielou(1975)의 방법을 이용했다. 또한 하상 구조 및 수변 식생, 유속 등의 물리적 서식환경에 따라 달라지는 서식기능군(Functional Habitat Groups: FHGs)의 분석은 Merritt et al.(1996)을 참고하였다. 서식처 이동성 분석을 위한 벤 다이어그램은 'Venn Diagram Plotter ver. 1.5.5228.29250' 프로그램을 이용하여 작성하였다. 군집안정성은 Ro and Chun (2004)이 제안한 한국산 수서곤충 각 종이 갖는 상대적 저항력과 회복력 값에 의거하여 각 출현 종을 4개의 특성군으로 구분한 후 분석하였다.

3. 결과

3.1. 종조성 및 E.P.T. 점유율

전체 조사지점에서 4문 7강 20목 65과 119종이 출현하였다. 위치에 따른 출현 현황을 살펴보면, 지천의 중류지점에서 4문 7강 17목 58과 97종, 합류점 3문 6

강 15목 39과 47종, 낙동강 본류지점 3문 6강 15목 39과 53종이 출현하였다. 각 지점의 환경을 비교해 보면, 지방 1급 하천인 회천의 경우 지점이 비교적 하류에 위치하여 모래(sand)의 비율이 높았으며, 이를 제외한 지천의 중류지점은 저서성 대형무척추동물이 서식하기에 좋은 자갈(pebble)과 호박돌(cobble)의 하상구조이며, 육안상 유속이 빠른 것으로 조사되었다. 합류점 및 낙동강 본류지점으로 갈수록 유속이 매우 완만하였으며, 하상구조는 점토(silt)와 모래(sand)의 비율이 증가하는 것으로 확인되었다(Fig. 2). 유수성 환경에 주로 서식하며, 수환경 변화에 민감하게 반응하는 E.P.T (Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera) 분류군은 지천의 중류지점에서 97종 중 42종(E : 22종, P : 1종, T : 19종), 합류점 47종 중 10종(E : 7종, T : 3종), 낙동강 본류지점 53종 중 8종(E : 5종, T : 3종)으로 각각 조사되었다. 각 지점별 지점에 따른 E.P.T 분류군의 종수 및 개체수 비율은 현풍천 중류지점(HP1)에서 29종 58.9%으로 가장 높게 나타났으며, 회천과 합류 후 낙동강 본류지점(HO3)에서 4종 1.2%으로 가장 낮은 것으로 확인되었다. 이는 지천의 중류지점에서 낙동강 본류지점으로 갈수록 하상구조가 단순해지며, 유속이 감소함에 따라 유수성 환경을 선호하는 E.P.T 분류군에 속한 종의 서식이 감소한 것으로 사료된다. 각 지천의 중류지점은 유수역을 선호하는 하루살이목(Ephemeroptera) 그리고 합류점 및 낙동강 본류지점은 정수역을 선호하는 잠자리목(Odonata)에 속한 종들이 높은 밀도로 서식하는 것으로 확인되었다. 특히, 지천의 중류지점에서는 줄날도래(*Hydropsyche kozhantschikovi*), 네점하루살이(*Ecdyonurus levis*) 등 유기물질이 풍부하고 유속이 빠른 여울에 서식하는 종이 우점종으로 나타났으며, 합류점 및 낙동강 본류에서는 깔따구류(Chironomidae spp.)와 실지렁이(*Limnodrilus gotoi*)가 주요 우점종으로 확인되었다 (Table 1).

3.2. 군집지수 분석

평균 우점도지수(DI)는 지천의 중류지점에서 0.54, 합류점 0.70, 낙동강 본류지점 0.71, 다양도지수(H')는 지천의 중류지점에서 2.90, 합류점 2.23, 낙동강 본류지점 1.89으로 나타났다. 풍부도지수(R1)는 지천의

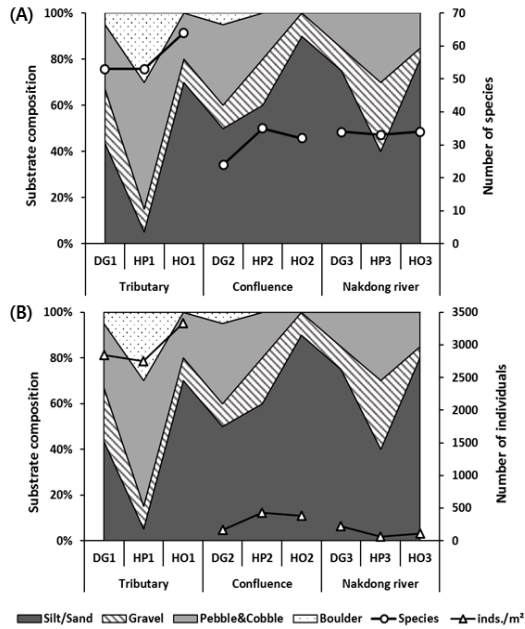


Fig. 2. The number of species (A) and individuals (B) in each surveyed site according to substrate composition.

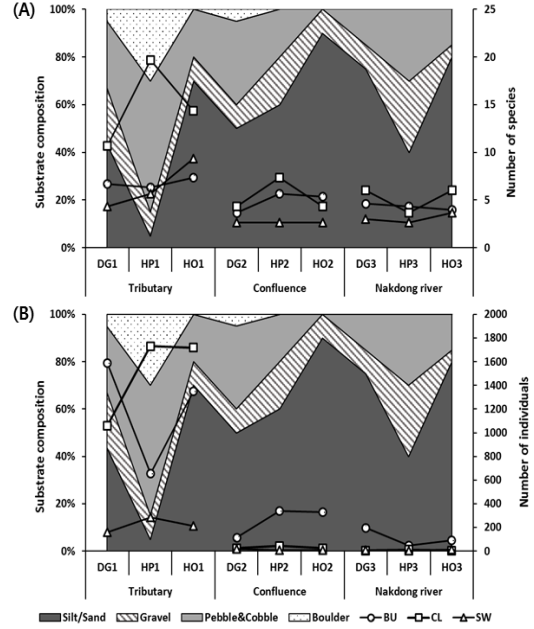


Fig. 3. Species number (A) and individual number (B) of FHGs (Functional Habitat Groups; BU, Burrowers; CL, Clingers; SW, Swimmers) according to substrate composition.

중류지점에서 3.01, 합류점 2.17, 낙동강 본류지점 1.66, 균등도지수(J')는 지천의 중류지점에서 0.63, 합류점 0.62, 낙동강 본류지점 0.63으로 조사되었다 (Table 1). 합류점 및 본류지점으로 갈수록 하상구조의 단순화로 인해 특정종이 우점하며, 다양도지수는 감소하는 것으로 나타났다.

3.3. 서식기능군(FHGs) 분석

종수 비율은 지천의 중류지점에 비해 합류점 및 낙동강 본류지점에서 붙는 무리(clinger; CL)는 낮아지며, 굴파는 무리(burrowers; BU), 기어오르는 무리(climbers; CB)는 높아지는 것으로 나타났다. 개체수 비율은 현풍천과 회천 각 중류지점에서 CL이 가장 높은 비율을 가지며, 낙동강 본류지점으로 갈수록 감소하는 것으로 확인되었다. BU는 낙동강 본류지점에서 가장 높은 비율을 갖는 것으로 나타났다(Fig. 3). 유속이 느려지고 바닥물질이 silt와 sand 이하로 단순해지면 붙는 무리는 사라지고 굴파는 무리나 하상의 미세

퇴적물 표면에 서식하는 기는 무리(sprawlers; SP)와 기어오르는 무리는 증가한다(Yoon et al., 1992). 합류점 및 낙동강 본류지점으로 갈수록 유속이 빠른 여울에 서식하는 줄날도래과(Hydropsychidae), 납작하루살이과(Heptageniidae) 등 CL에 속하는 종은 감소하였으며, 정수역이나 유속이 느린 수변부에서 수생식물에 기어 다니며 생활하는 실잠자리과(Coenagrionoidae) 등 CB에 속하는 종은 증가하는 것으로 나타났다.

3.4. 조사지점간 공통 출현종 분석

지천과 합류점 그리고 본류지점에서 출현하는 저서성 대형무척추동물의 종 조성을 파악하고자 벤 다이어 프로그램(Venn Diagram Plotter)을 이용하여 공통 출현종을 분석하였다. 중류지점에서만 출현한 종은 흰부채하루살이(*Epeorus curvatulus*), 강하루살이(*Rhoenanthus coreanus*), 줄날도래(*Hydropsyche kozhantschikovi*), 검은머리물날도래(*Rhyacophila nigrocephala*) 등으로 총 53종의 서식을 확인하였다.

Table 1. Coefficients of variability of metric values at each surveyed site

Sites Metric	Tributary			Confluence			Nakdong river		
	DG1	HP1	HO1	DG2	HP2	HO2	DG3	HP3	HO3
Abundance									
Total no. species	53	53	64	24	35	32	34	33	34
No. Ephemeroptera	8	15	17	3	3	6	3	4	3
No. Plecoptera			1						
No. Trichoptera	6	14	10	1	3	1	2	3	1
No. EPT	14	29	28	4	6	7	5	7	4
Composition									
No. individuals	119	188	151	71	98	77	79	68	77
% Ephemeroptera	8.5	31.9	13.1	2.8	2.0	2.2	0.8	2.0	0.8
% Trichoptera	28.9	27.1	44.8	4.4	7.0	4.7	0.6	16.7	0.4
% EPT	37.4	58.9	57.9	7.2	9.1	6.9	1.4	18.7	1.2
Substrate Composition									
% Silt/Sand	43	5	70	50	60	90	75	40	80
% Gravel	23	10	10	10	20	10	10	30	5
% Pebble&Cobble	28	55	20	35	20	0	15	30	15
% Boulder	5	30	0	5	0	0	0	0	0
Diversity									
DI	0.76	0.69	0.88	0.36	0.72	0.53	0.50	0.68	0.73
H'	1.76	2.28	1.22	3.79	2.12	2.62	3.15	2.30	1.84
R1	1.98	1.84	1.43	3.96	2.27	2.25	3.09	2.41	1.30
J'	0.43	0.68	0.41	0.76	0.58	0.83	0.70	0.60	0.65

합류점은 말조개(*Unio douglasiae*), 밀잠자리붙이 (*Deielia phaon*) 등 총 5종, 본류지점 방게아재비 (*Ranatra unicolor*), 쇠측범잠자리(*Davidius lunatus*) 애물뎡뎡이(*Sternolophus rufipes*) 등 총 12종의 서식을 확인하였다. 전체 출현한 119종 중 29종이 모든 조사지점에서 공통적으로 서식하는 것을 확인하였다. 중류지점과 합류점에서 출현한 종은 총 107종으로 이 중 공통 서식종은 37종(34.6%)이었으며, 합류점과 낙동강 본류지점에서는 총 66종 중 34종(51.5%)이 공통적으로 서식하는 종으로 나타났다(Fig. 4). 지천의 중류지점에서 합류점 및 낙동강 본류지점으로 갈수록 공통 서식종의 비율이 높아짐을 확인하였으며, 이는 합류점과 낙동강 본류지점의 하상구조 유사성과 밀접한 관련이 있는 것으로 판단된다.

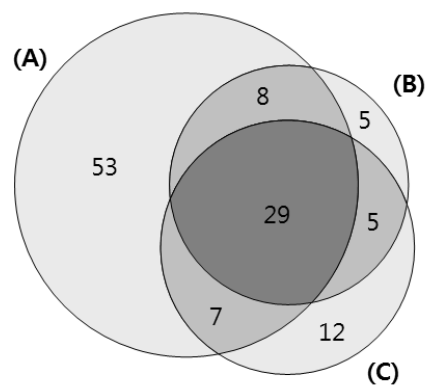


Fig. 4. The Venn diagram indicates that the number of species at tributary (A), confluence (B) and Nakdong River (C).

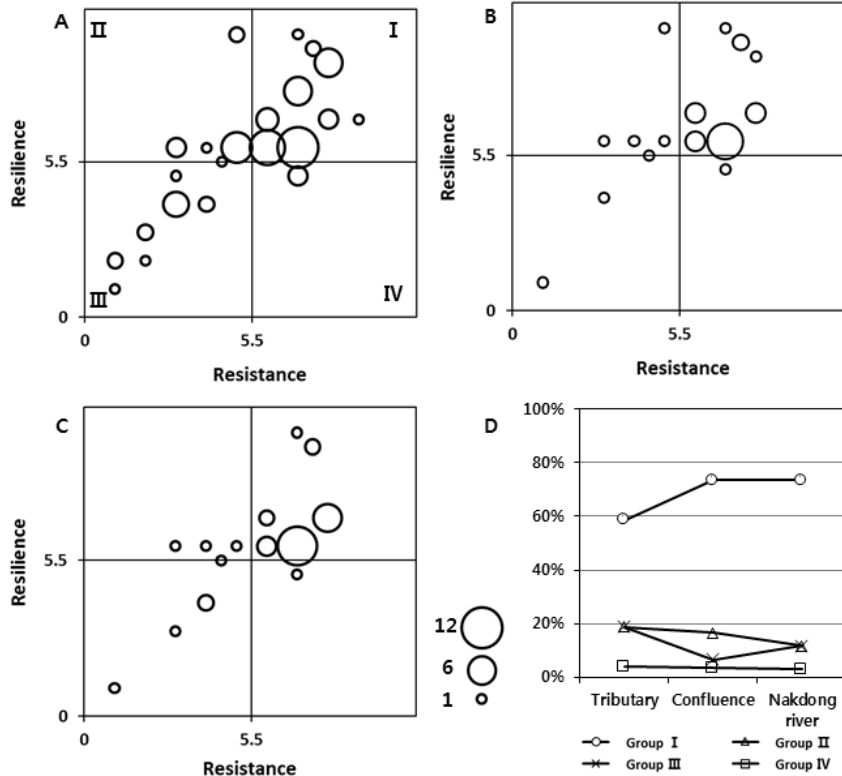


Fig. 5. Analysis of community stability by relative resistance and resilience (A; tributary, B; confluence, C; Nakdong River, D; ratio of species).

3.5. 군집안정성 분석

Ro(2002)는 저서성 대형무척추동물이 생태적으로 교란된 환경에 놓였을 경우 각 종이 갖는 저항력 및 회복력의 정도를 1부터 10까지의 수치로 표현하였다. 각각의 저항력 및 회복력 값을 갖는 종수를 그래프로 도식화할 경우 네 개의 group으로 구분이 가능하다. 이 경우, 저항력과 회복력이 모두 높은 분류군은 group I, 저항력은 낮고 회복력이 높은 분류군은 group II, 저항력과 회복력이 모두 낮은 분류군은 group III, 저항력은 높으나 회복력이 낮은 분류군은 group IV로 구분된다.

군집안정성 분석 결과, 인위적인 교란 및 간섭에 대해 상대적 저항력과 회복력이 뛰어난 group I에 속한 종의 비율이 지천의 중류지점에서 58.7%, 합류점 73.3%, 본류지점에서 73.5%으로 합류점 및 본류지점

으로 갈수록 증가하는 것으로 나타났다. 한편, 상대적 저항력과 회복력이 약하고 비교적 수환경이 안정적인 곳에서 서식하는 group III에 속하는 종은 지천의 중류지점에서 18.7%로 가장 높은 비중을 갖는 것으로 나타났다. 이는 우수성 환경인 지천의 중류지점은 여울과 소 그리고 다양한 하상구조로 형성되어 있으나, 합류점과 낙동강 본류지점으로 갈수록 하상구조가 점토나 모래 등으로 단순화 되는 것과 상관관계가 있는 것으로 나타났다(Fig. 5).

4. 고찰

달성보와 합천창녕보 사이 구간으로 합류되는 덕곡천, 현풍천, 회천이 낙동강 본류로 합류되기까지 저서성 대형무척추동물의 서식처 특성에 따른 군집구조

변화 양상을 파악하기 위하여 2015년 연 3회(4월, 7월, 9월) 조사를 실시하였다. 각 지천의 중류지점은 유수역으로, 여울(riffle) 및 소(pool)가 형성되어 있어 생물이 서식할 만한 다양한 미소서식처가 구성되어 있으며, 하상은 주로 pebble 이상으로 구성되어 있다. 합류점 및 낙동강 본류지점으로 갈수록 하상구조가 단순해지며 이는 본류지점으로 갈수록 우수성 환경을 선호하는 E.P.T 분류군에 속한 종의 서식이 감소하는 것에 영향을 미친 것으로 판단된다. 일반적으로 단순한 미소서식처를 가진 정수역에서는 깔따구류와 같은 소수의 분류군만이 분포하므로 유수역에 비하여 종 다양성이 낮다고 보고되었다(Brown and Brussock, 1991; Ward, 1992; Williams and Feltmate, 1992). 또한, Waters(1995)는 종풍부도는 하상구조와 밀접한 관련이 있다고 보고하였다. 본 연구에서도 합류점 및 낙동강 본류지점에서 깔따구류 등 특정종의 개체수 증가로 인해 우점도지수가 증가하고, 이에 따른 다양도지수가 감소하는 것으로 나타났다. 지천의 중류지점에서는 CL, 합류점 및 본류지점에서는 BU에 속한 종들의 서식이 증가하는 것으로 확인되었다. 서식처 이동성 분석결과, 지천의 중류와 합류점 34.6%, 합류점 및 낙동강 본류지점 51.5%로 공통 서식 종이 증가하는 것으로 나타났으며, 군집안정성 분석결과, 낙동강 본류지점으로 갈수록 Group I에 속한 종의 비율이 증가하는 것으로 나타났다.

유속과 서식처 특성은 저서성 대형무척추동물의 분포특성을 결정짓는 요인이 되며, 하류지점으로 갈수록 하상 구조 및 유속 감소와 서식지 단순화에 따라 저서성 대형무척추동물 군집구조가 변화한다는 선행 연구가 있었다(Edgington, 1968; Merritt and Cummins, 1984; Allan, 1995; Lee et al., 1996; Park, 2011). 본 연구결과에서도 유사하게 지천에서 합류점을 거쳐 본류로 이행하며 나타나는 하상구조 및 유속 등 물리적 환경변화가 저서성 대형무척추동물의 군집구조에 영향을 주는 것을 확인할 수 있었다. 본류와 지천의 각 구간에 관한 모니터링은 시행되고 있으나, 지천에서 낙동강 본류로 합류되어 저서성 대형무척추동물의 연속적인 분포특성에 관한 연구는 부족한 실정이므로 지속적인 연구가 요구된다.

감사의 글

본 연구는 국립환경과학원 ‘낙동강 중류 주요 유입 지류의 어류 및 저서동물 분포특성연구’ 연구사업에 의해 수행되었습니다.

REFERENCES

- Allan, D. J., 1995, Stream ecology : Structure and function of running waters, Chapman & Hall, London, 400.
- Brown, A. V., Brussock, P. P., 1991, Comparisons of benthic invertebrates between riffles and pools, *Hydrobiologia*, 220(2), 99-108.
- Edgington, J. M., 1968, Habitat preferences in net-spinning caddis larvae with special reference to the influence of water velocity, *Jour. Ani. Eco.*, 37, 675-692.
- Kim, M. C., Cheon, S. P., Lee, J. K., 2013, Invertebrates in Korean freshwater ecosystems, Geobook, Seoul, 483.
- Kwon, S. J., Jeon, Y. C., Park, J. H., 2013, Checklist of organisms in Korea 7, Benthic macroinvertebrates, *Eco and Nature*, Seoul, 791.
- Lee, J. W., Ryu, S. M., Cha, J. Y., 1996, Study on the biological evaluation of water quality by benthic macroinvertebrates in hoe stream, *Jour. Nat. Sci.*, 16, 277-298.
- 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.
- Merritt, R. W., Cummins, K. W., 1984, An Introduction to the aquatic insects of north america, 2nd ed, Kendall/Hunt Publishing Corporation, Dubuque, Iowa, 862.
- Merritt, R. W., Wallace, J. R., Higgins, M. J., Alexander, M. K., Berg, M. B., Morgan, W. T., Cummins, K. W., Bandeneeden, B., 1996, Procedures for the functional analysis of invertebrate communities of the Kissimmee River - Floodplain ecosystem, *Florida Scientist*, 59(4), 216-274.
- Park, Y. J., 2011, Study on the distribution and its prediction of benthic macroinvertebrate communities in the Geum river, University of Daejeon, Korea, 153.
- Pielou, E. C., 1975, Ecological diversity, John Wiley and Sons, New York, 165.

- Ro, T. H., Chun, D. J., 2004, Functional feeding group categorization of Korean immature aquatic insects and community stability analysis, *Kor. Jour. Lim.*, 37(2), 137-148.
- Shannon, C. E., Weaver, W., 1949, *The mathematical theory of communication*, University of Illinois Press, Urbana, 117.
- Vannote, R. L., Minshall, G. W., Cummins, K. W., Sedell, J. R., Cushing, C. E., 1980, The river continuum concept, *Can. Jour. Fish. Aqua. Sci.*, 37, 130-137.
- Ward, J. V., 1992, *Aquatic insect ecology*, John Wiley & Sons, New York, 438.
- Waters, T. F., 1995, *Sediment in streams : Sources, biological effects, and control*, Amer. Fish. Soc., Monograph 7, Bethesda, Maryland, 251.
- Williams, D. D., Feltmate, B. W., 1992, *Aquatic insects*, division of life sciences, Scarborough Campus, University of Toronto, CAB International, Canada, 358.
- Won, D. H., Kwon, S. J., Jeon, Y. C., 2005, *Aquatic insect of Korea*, Korea ecosystem service press, Seoul, 415.
- Yoon, I. B., 1988, *Illustrated encyclopedia of Fauna & Flora of Korea*, Aquatic insects, Ministry of Education, 30, 840.
- Yoon, I. B., 1995, *Explanatory diagrams of aquatic insects*, Jeongheangsa Press, Seoul, 262.
- Yoon, I. B., Kong, D. S., Ryu, J. K., 1992, Studies on the biological evaluation of water quality by benthic macroinvertebrates (1)-saprobic valency and indicative value, *Kor. Jour. Env. Bio.*, 10(1), 24-39.