

청양 칠갑산 일대 수계의 저서성대형무척추동물 군집

노 태 호 · 김 명 철*

한국환경정책평가연구원 · *SOKN생태보전연구소

Benthic Macroinvertebrate Community of Streams Located in Mt. Chilgap, Cheongyang

RO, Tae Ho · Myoung Chul KIM*

Korea Environment Institute · *SOKN

ABSTRACT

An ecological survey was conducted to examine the characteristics of benthic macroinvertebrate community inhabiting adjacent streams originated from Mt. Chilgap in November 2009.

The benthic macroinvertebrate taxa represented total 47 species belonging to 11 orders, 5 classes and 4 phyla from the qualitative and quantitative sampling. Among these, a total of 41 aquatic insect species (88%) were comprised of the major groups in all communities. The relative abundance of Ephemeroptera, Trichoptera, Plecoptera, and Diptera was 26%, 21%, 13%, and 13%, respectively.

According to results, ephemeropteran and caddisfly species were major dominant taxa. The primary dominant species was *Hydropsyche kozhantschikovi*(28.9%) followed by *Hydropsyche orientalis* (26.9%), *Ephemerella dentata*(20.4%), *Paraleptophlebia chocoata*(16.4%), and *Ephemera orientalis* (15.1%). The average values of dominant index(DI), diversity index(H'), evenness index(J'), and species richness index(R1) were 0.40(± 0.14), 3.55(± 0.60), 0.81(± 0.08), and 2.48(± 0.54), and the water quality of all sites was oligosaprobic in average.

Key words : benthic macroinvertebrate community, Mt. Chilgap, aquatic insects

서 론

담수는 인간생활에 필수적인 자원이다. 우리나라의 경우, 대부분의 담수자원을 지표수로부터 얻고 있으며, 천연 호소의 발달이 미흡한 관계로 거의 모든 지표수는 강과 하천으로 되어 있다. 담수생태계는 호수나 연못과 같은 정수생태계(lentic ecosystem)와 강과 하천과 같은 유수생태계(lotic ecosystem)로 대별되는데, 발원지, 시냇물, 산간계류, 평지하천, 대규모 강 등 다양한 크기와 종류의 유수생태계를 통칭 하천생태계(stream ecosystem)라 부른다(Allan, 1995; Horne & Goldman, 1994; Hynes, 1970; Minshall, 1988).

하천생태계(stream ecosystem)는 물이 흐르는 긴 수로를 따라 환경요인이 연속적으로 변하고 그 곳에 적응하여 서식하는 생물의 종류도 달라지는 독특한 생태계로(Allan, 1995; Horne & Goldman, 1994; Hynes, 1970; Vannote *et al.*, 1980), 생물 구성원과 비생물 구성원(환경)으로 이루어진다. 생물 구성원은 다시 생산자, 소비자 및 분해자로 구분할 수 있으며, 생산자는 조류(algae)와 대형식물(macrophyte), 소비자는 저서성대형무척추동물, 어류 및 양서류, 그리고 분해자는 박테리아와 곰팡이 같은 미생물로 대표된다. 이들 각 영양단계(trophic level)는 서로 유기적 관계로 연결되어 먹이사슬(food chain)을 이루고, 이들이 망처럼 얽혀서 먹이망(food web)을 형성한다. 먹이사슬은 하천생태계의 기능을 규명하기 위한 주요 관심 사항일 뿐만 아니라 하천생태계의 환경을 평가하는 지표가 되기도 한다(Allan, 1995; Hynes, 1970; Rosenberg & Resh, 1993; 윤 등, 1993).

이러한 먹이사슬을 구성하는 생물 중 저서성대형무척추동물은 매우 다양하고 풍부한 무리일 뿐만 아니라, 영양단계의 저차 소비자(1차 또는 2차 소비자가 대부분)의 역할을 하기 때문에 하천생태계의 구성원으로서 중요하다(Hynes, 1970; Ward, 1992; William & Feltmate, 1992). 또한, 이들은 하천생태계의 다양한 환경요인과 서식처에 따라 적응방식이 다양하고, 수질환경에 대하여 민감하게 반응하는 종이 많으므로 순수생태학적 연구뿐만 아니라, 지표종으로 이용되는 등 응용 연구에도 좋은 재료가 된다(Boon, 1988; Dudgeon, 1994, 1995; Minshall, 1988; Reice & Wolemberg, 1993; Rosenberg & Resh, 1993).

금번 조사는 칠갑산 일대 종합학술조사의 일환으로 칠갑산에서 발원하는 수계를 대상으로 저서성대형무척추동물 군집을 조사하였다. 칠갑산(561m)은 차령산맥 지맥의 하나로 충청남도를 크게 동서부와 서남부로 양분하며, 행정구역상 충청남도 청양군 대치면, 장평면, 남양면, 그리고 장산면에 포함되어 있다. 또한, 칠갑산은 장곡사의 장곡계곡, 천장리의 천장계곡 등이 위치하며, 그리고 공원구역 외에는 사천의 발원인 백운계곡이 칠갑산의 주계곡을 형성하고 있다. 본 조사를 통하여 칠갑산 일대 수계에 서식하고 있는 저서성대형무척추동물의 분류군 구성 및 분포를 확인하고, 수리적 군집 분석을 통하여 수환경 상태를 평가하고자 하였다. 조사 결과는 본 지역의 자연환경 관련 정책 수립시 기초자료로 활용되어질 것으로 기대한다.

조사 방법

1. 조사 시기 및 조사 지점

본 조사는 2009년 11월 5일에서 11월 6일까지 실시되었으며, 칠갑산 일대 수계 중 북사면에서 1개 지점, 남사면에서 1개 지점과 동사면에서 1개 지점의 총 3개 지점을 선정하였다. 각 조사지점의 위치 및 행정구역명은 다음과 같다(Fig. 1).

<지천 수계>

- St. 1 : 충청남도 청양군 대치면 광대리 칠갑저수지상류
- St. 2 : 충청남도 청양군 정산면 천장리
- St. 3 : 충청남도 청양군 대치면 작천리

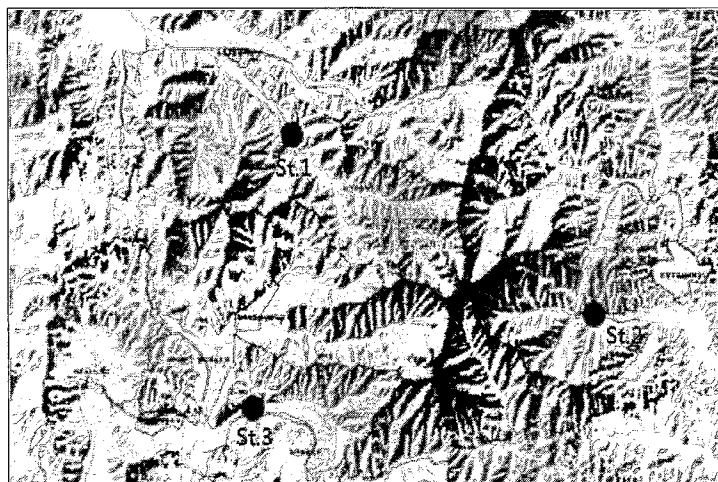


Fig. 1. Sampling sites in survey area, Mt. Chilgap.

2. 채집 방법

저서성대형무척추동물의 채집은 계류형 정량채집망인 서버넷(surber net, 30cm×30cm)을 이용하여 각 조사지점에서 2회씩 정량채집을 하였으며, 또한 각 지점의 정확한 저서성대형무척추동물상을 파악하기 위하여 뜰채(scoop net)를 사용하여 다양한 미소 서식처(riffle-run-pool sequence)에 대하여 정성 채집을 병행하였다. 채집된 저서성대형무척추동물 시료는 현장에서 500ml 플라스틱 용기(plastic vial)에 넣어서 95% 에탄올로 고정하여 실험실로 운반하였으며, 고르기(sorting) 및 동정(identification)한 후 80% 에탄올에 옮겨 보존하였다.

3. 동 정

저서성대형무척추동물의 각 분류군 중 수서곤충의 경우는 윤(1988, 1995), McCafferty(1981), Kawai (1985), Merritt & Cummins(1984, 1996) 및 Peckarsky *et al.* (1990) 등을 참고로 하여 동정하였다. 특히 곤충류 중 꼬마하루살이류는 배 등(1998)을 참고하였고, 깔다구류는 Wiederholm(1983)을 이용하여 외부 형태, 특히 체장, 체색, 구기 형태, abdominal tube의 유무, 강모의 형태 등의 특징을 고려하여 임의로 과 수준(family level)에서 동정하였다. 또한, 연체동물류는 권오길(1990) 및 권 등(1993)을, 갑각류 및 환형동물류 등은 岡田要(1965a, 1965b, 1965c), Pennak(1989) 및 Peckarsky *et al.*(1990)을 이용하여 동정하였다. 동정된 학명의 체계 및 국명은 한국곤충명집(한국곤충학회, 1994)과 한국동물명집(한국동물분류학회, 1997)에 의거하여 작성하였다.

4. 측 정

현지 조사 시 기온 및 수온은 봉상온도계를 이용하였고, 수심은 채집시 각 조사 지점마다 길이 0.5m의 쇠자를 이용하여 측정하였으며, 유속은 쇠자를 하천의 유하 방향과 직각방향으로 세워 물이 부딪혀 올라오는 높이와 수심을 측정할 때 얻어진 값 사이의 높이 차를 측정하여 Craig method에 따라 계산하였다.

Craig method: $U = \sqrt{2g(D2-D1)}$

U : Water velocity (cm/sec)

g : Force due to gravity

$D1$: Water height when ruler parallel to the flow

$D2$: Water height when ruler right angle to the flow

5. 군집구조 분석

조사지점별로 정량적으로 채집된 자료로부터 출현한 분류군의 수를 비교하여 출현개체수, 우점종, 우점도지수(DI), 다양도지수(H'), 종풍부도지수(RI) 및 균등도지수(J')를 산출하였다. 한편, 출현종수의 경우에는 정성적으로 얻어진 자료를 포함하여 산출하였다. 총출현개체수를 N , i 종의 개체수를 N_i , 총 출현종수를 S , 제1우점종의 개체수를 N_1 , 제2우점종의 개체수를 N_2 라 할 때, 아래의 식으로 표현할 수 있다. 군집지수 분석에는 정량채집을 통하여 얻어진 자료만을 이용하였다.

$$DI = \frac{N_1 + N_2}{N} \quad \text{McNaughton(1967)}$$

$$H' = -\sum_{i=1}^S p_i \log_2 p_i, \quad [p_i = \frac{N_i}{N}] \quad \text{Shannon-Weaver(1949)}$$

$$RI = \frac{S-1}{\ln N} \quad \text{Margalef(1958)}$$

$$J' = \frac{H'}{\log_2 S} \quad \text{Pielou(1975)}$$

결과 및 고찰

1. 서식 환경



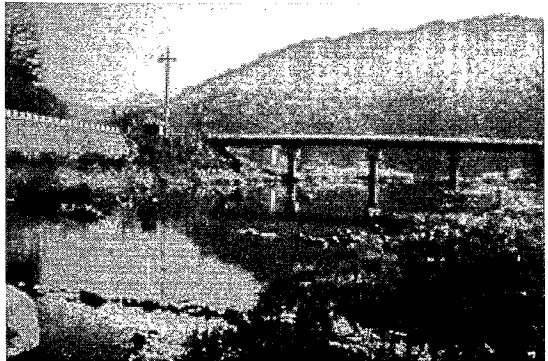
칠갑산 일대 수계는 잘 발달되어 있지 못하나 복사면으로 칠갑저수지가 형성되어 있으며, 남사면으로 장곡사 수계를 형성한다. 칠갑산 일대 수계의 유역환경은 대체로 농경지, 과수원 및 주거지로 활용되고 있으며, 각 조사지점의 서식환경은 다음과 같으며, 수환경은 Table 1에 정리하였다.

2. 분포 현황

1) 저서성대형무척추동물상

충청남도 청양군 소재의 칠갑산 일대 수계에 서식하고 있는 저서성대형무척추동물의 총 분류군은 4문 5강 11목 29과 47종으로 나타났다(Table 2). 출현한 저서성대형무척추동물 중에서 비곤충류는 편형동물문 1종, 연체동물문 3종, 환형동물문 2종, 절지동물문 중 곤충류는 하루살이목 12종, 잠자리목 3종, 강도래목 6종, 뱀잠자리목 1종, 딱정벌레목 3종, 파리목 6종, 날도래목 10종으로 총 41종이었다. 전체 출현종 중에서 비곤충류는 약 12%를, 곤충류는 88%를 점유하는 것으로 나타났다. 이러한 결

Table 1. Water environment conditions at each survey site

Study sites	Physical characteristics	Photos
S1 N36°25'34" E126°51'35"	<ul style="list-style-type: none"> ○ Water width: 1~2m, Stream width: 10~13m ○ Gravel+pebble+cobble+boulder ○ Natural bank ○ Mountainous district ○ Water transparency: high ○ Drainage basin : tillage 	
S2 N36°24'23" E126°54'32"	<ul style="list-style-type: none"> ○ Water width: 1~2m, Stream width: 7~10m ○ Gravel+pebble+cobble ○ Water transparency: high ○ Drainage basin : tillage 	
S3 N36°23'41" E126°50'35"	<ul style="list-style-type: none"> ○ Water width: 25~30m, Stream width: 30~50m ○ Sand+gravel+pebble+cobble +boulder ○ Biofilm & detritus abundant ○ Drainage basin : pleasure ground 	

과는 하천의 발달이 다소 미약한 구조적 특징에도 불구하고 수서곤충이 본 조사대상 하천생태계 내에서 물질순환 및 에너지 흐름 등에 있어 중요한 역할을 담당하고 있음을 간접적으로 시사하는 것이다.

2) 출현 종수

전체 분류군 중에서 하루살이목이 전체 출현종수의 약 26%로 가장 높은 출현율을 보였으며, 그 다음으로 날도래목이 21%, 강도래류와 파리류가 각각 6종으로 13%를 차지하였다(Fig. 2). 양호한 하천

Table 2. Species list of benthic macroinvertebrates occurring at survey areas

Species name	Common name
Phylum Platyhelminthes	편형동물문
Class Turbellaria	와충강
Order Tricladida	삼기장목
Family Planariidae	플라나리아과
1. <i>Dugesia</i> sp.	플라나리아류
Phylum Mollusca	연체동물문
Class Gastropoda	복족강
Order Mesogastropoda	중복족목
Family Pleuroceridae	다슬기과
2. <i>Semisulcospira libertina</i>	다슬기
3. <i>Semisulcospira coreana</i>	참다슬기
Class Bivalvia	이매패강
Order Veneroida	백합목
Family Corbiculidae	재첩과
4. <i>Corbicula fluminea</i>	재첩
Phylum Annelida	환형동물문
Class Oligochaeta	빈모강
Order Archioloigocheata	물지렁이목
Family Naididae	물지렁이과
5. <i>Chaetogaster limnaei</i>	물지렁이
Family Tubificidae	실지렁이과
6. <i>Limnodrilus gotoi</i>	실지렁이
Class Insecta	곤충강
Order Ephemeroptera	하루살이목
Family Baetidae	꼬마하루살이과
7. <i>Baetis ursinus</i>	방울하루살이
8. <i>Cloeon dipterum</i>	두날개하루살이
Family Heptageniidae	납작하루살이과
9. <i>Ecdyonurus kibunensis</i>	두점하루살이
10. <i>Ecdyonurus bajkovae</i>	몽땅하루살이
11. <i>Ecdyonurus levis</i>	네점하루살이
12. <i>Epeorus pellucidus</i>	부채하루살이
Family Leptophlebiidae	갈래하루살이과
13. <i>Paraleptophlebia chocorata</i>	두갈래하루살이
Family Ephemeridae	하루살이과
14. <i>Ephemera orientalis</i>	동양하루살이
15. <i>Ephemera strigata</i>	무늬하루살이
Family Ephemerellidae	알락하루살이과
16. <i>Drunella aculea</i>	빨하루살이
17. <i>Uracanthella rufa</i>	등줄하루살이
18. <i>Ephemerella dentata</i>	알락하루살이
Order Odonata	잠자리목
Family Gomphidae	부채장수잠자리과
19. <i>Davidius lunatus</i>	쇠촉범잠자리
20. <i>Nihonogomphus</i> KUa	고려촉범잠자리 KUa
21. <i>Sieboldius albardae</i>	어리장수잠자리
Order Plecoptera	강도래목
Family Taeniopterygidae	메추리강도래과

Table 2. Continued

Species name	Common name
22. <i>Taenionema</i> KUa	메추리강도래 KUa
Family Nemouridae	민강도래과
23. <i>Amphinemura coreana</i>	총채민강도래
Family Leuctridae	꼬마강도래과
24. <i>Rhopalopsale mahunkai</i>	꼬마강도래
Family Perlidae	강도래과
25. <i>Kamimuria coreana</i>	한국강도래
26. <i>Oyamia nigribasis</i>	진강도래
Family Chloroperlidae	녹색강도래과
27. <i>Sweltsa nikkoensis</i>	녹색강도래
Order Megaloptera	뱀잡자리목
Family Corydalidae	뱀잡자리과
28. <i>Parachauliodes continentalis</i>	대륙뱀잡자리
Order Coleoptera	딱정벌레목
Family Elmidae	여울벌레과
29. <i>Zaitzevia nitida</i>	애여울벌레
Family Helodidae	알꽃벼룩과
30. <i>Helodidae</i> sp.	알꽃벼룩류
Family Psephenidae	물삿갓벌레과
31. <i>Eubrianax</i> KUa	둥근물삿갓벌레 KUa
Order Diptera	파리목
Family Tipulidae	각다귀과
32. <i>Antocha</i> KUa	명주각다귀 KUa
33. <i>Tipula</i> KUa	각다귀 KUa
34. <i>Tipula</i> KUd	각다귀 KUd
Family Simuliidae	먹파리과
35. <i>Simulium</i> sp.	먹파리류
Family Chironomidae	갈따구과
36. <i>Orthocladiinae</i> sp.	깃갈따구류
37. <i>Tanypodinae</i> sp.	늪갈따구류
Order Trichoptera	날도래목
Family Rhyacophilidae	물날도래과
38. <i>Rhyacophila shikotsuensis</i>	민무늬물날도래
39. <i>Rhyacophila nigrocephala</i>	검은머리물날도래
40. <i>Apsilochorema</i> KUa	긴발톱물날도래 KUa
Family Ecnomidae	별날도래과
41. <i>Ecnomus tenellus</i>	별날도래
Family Hydropsychidae	줄날도래과
42. <i>Hydropsyche kozhantschikovi</i>	줄날도래
43. <i>Hydropsyche orientalis</i>	동양줄날도래
Family Glossosomatidae	광택날도래과
44. <i>Glossosoma</i> KUa	광택날도래 KUa
Family Limnephilidae	우묵날도래과
45. <i>Goera japonica</i>	가시날도래
Family Lepidostomatidae	네모집날도래과
46. <i>Lepidostoma</i> KUa	네모집날도래 KUa
Family Leptoceridae	나비날도래과
47. <i>Mystacides</i> KUa	청나비날도래 KUa
Total species number	47

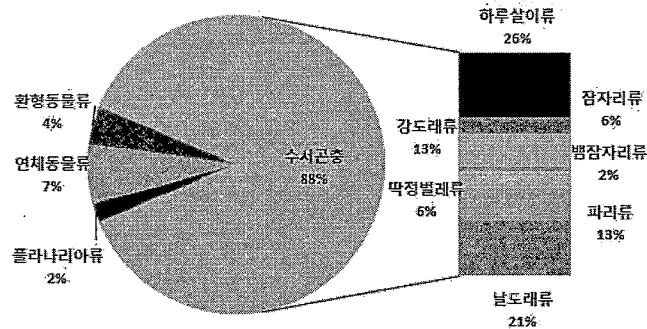


Fig. 2. Species composition of major taxa inhabiting at survey area.

생태계의 대표 분류군이라 할 수 있는 하루살이목·강도래목·날도래목의 점유율은 전체 출현종의 약 59.6%로 나타났다.

칠갑산의 총 3개 조사지점의 평균 출현종수는 26종이었으며, 조사지점 간 미소 서식 환경의 차이에 의한 편차(± 1.73)는 크지 않은 것으로 나타났다. 각 조사지점별 출현종 수를 살펴보면, St. 1 지점과 St. 2 지점에서 상대적으로 풍부한 27종이 출현하였으나, 수계가 넓고 유기물 오염에 다소 영향을 받고 있는 St. 3 지점에서는 24종이 출현하였으며, 평지하천으로 유량이 풍부하고 여울·흐름을 중심으로 저서생물의 미소 서식처가 형성되어 있는 St. 3지점에서는 상대적으로 적은 종(24종)이 출현하였다. St. 3 지점의 경우, 여름 시즌 등에 유원지로서의 수변부가 활용되어지는 것으로 판단되며, 그에 따라 biofilm 및 유기물이 형성되어 있었다(Table 3, Appendix 1).

각 조사지점별 주요 분류군의 백분을 출현종수를 비교하여 보면, 전체적으로 하루살이목·파리목·날도래목의 출현율이 매우 높음을 알 수 있다(Fig. 2). 이러한 분류군의 대부분은 하상에 퇴적된 유기물을 주워 먹거나 흐름을 따라 운반되는 유기입자를 걸러 먹는 섭식기능군(functional feeding group)이다. 칠갑산 일대 유역환경이 농경지와 과수원, 유원지 등이 대부분임을 감안할 때의 출현 결과이며, 농경지를 관류하는 하천의 일반적인 생태적 특성을 잘 반영한 것이다.

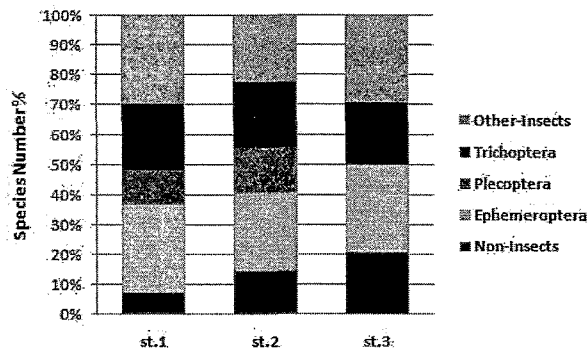
3) 개체수 현존량

칠갑산 일대 수계에서 출현한 저서성대형무척추동물의 주요 분류군별 개체수 현존량의 점유율을 비교하여 보면 전체적으로 하루살이목이 전체 개체수의 약 41%로 가장 풍부한 것으로 나타났으며, 그 다음으로 날도래목이 35%, 기타 곤충류가 17%, 비곤충류 4%, 그리고 강도래류가 3% 등의 점유율로 나타났다(Fig. 4).

모든 조사지점의 평균 개체수 현존량은 $1,047.2(\pm 282.8)$ 개체/ m^2 로 조사되었으며, 각 조사지점 중에서 St. 3이 $1,369.5$ 개체/ m^2 로 가장 높은 개체수 현존량을 보인 반면, St. 2는 836 개체/ m^2 로 가장 낮은 개체수 현존량을 보였다(Table 4, Appendix 1). 이처럼 편차가 크다는 것은 출현종 수에서와 마찬가지로 조사지점 간의 서식처의 환경차가 크다는 것을 의미한다. 한편, 전체 출현종이 24종(정량조사 16종출현)으로 비교적 적게 나타났던 St. 3 지점의 경우, 단위면적당 개체수 현존량이 가장 높은 곳으로 조

Table 3. Species numbers of benthic macroinvertebrates at each survey site

Taxa / Site		St. 1	St. 2	St. 3	Total
Platyhelminthes		1	1	1	1
Mollusca		1	1	3	3
Annelida		-	2	1	2
Insecta	Ephemeroptera	8	7	7	12
	Odonata	1	2	1	3
	Plecoptera	3	4	-	6
	Megaloptera	1	1	-	1
	Coleoptera	-	1	2	3
	Diptera	6	2	4	6
	Trichoptezra	6	6	5	11
	Total	25	23	19	44
Total		27	27	24	48

**Fig. 3.** Species frequency of major taxa at each survey site.

사되었으며, 특히 줄날도래(*Hydropsyche kozhantschikovi*)와 동양줄하루살이(*Hydropsyche orientalis*) 두 종이 차지하는 개체수 점유율이 약 55.8% 정도로 매우 높았다.

또한 각 조사지점에서의 주요 분류군이 점유하는 백분율 개체수 현존량을 살펴보면, 대체로 하루살이목·파리목·날도래목의 점유율이 매우 높았으며, 전체적으로 비곤충류의 개체수 현존량은 다소 낮게 평가되었다.

4) 우점종 및 우점율

칠갑산의 모든 조사지점에서 저서성대형무척추동물의 총 개체수 현존량 중에서 St. 1에서 동양하루살이(*Ephemera orientalis*)가 약 15.1%, St. 2에서는 알락하루살이(*Ephemerella dentata*)가 20.4%, St. 3에서는 날도래류인 줄날도래(*Hydropsyche kozhantschikovi*)가 28.9%를 차지하였으며, 아우점종으로 St. 1에서 명주각다귀 KUa(*Antocha* KUa)가 약 13.4%, St. 2에서는 두갈래하루살이(*Paraleptophlebia chocorata*)가 16.4%, St. 3에서는 날도래류인 동양줄날도래(*Hydropsyche orientalis*)가 26.9%를 나타내었다(Table 5).

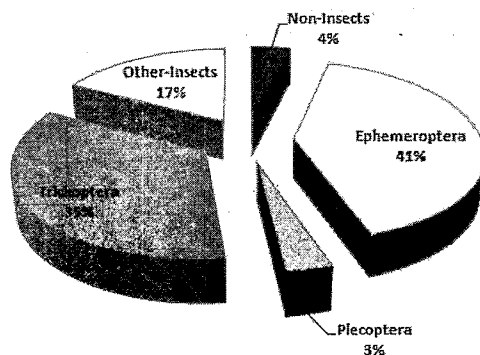


Fig. 4. Percentage of individual numbers of major taxa in survey area.

Table 4. Individual numbers of major taxa at each survey site (inds./m²)

Taxa / Site		St. 1	St. 2	St. 3	평균
Platyhelminthes		5.5	5.5	5.5	5.5
Mollusca		11	55	16.5	27.5
Annelida		-	16.5	11	9.2
Insecta	Ephemeroptera	401.5	522.5	357.5	427.2
	Odonata	16.5	23	11	16.8
	Plecoptera	22	82.5	-	34.8
	Megaloptera	16.5	11	-	9.2
	Coleoptera	-	5.5	115.5	40.3
	Diptera	253	11	82.5	115.5
	Trichoptera	220	93.5	770	361.2
	Total	929.5	749	1,336.5	1005
Total		946	836	1,369.5	1,047.2

대부분의 조사지점에서 비교적 청정한 수계에서 주로 출현하는 하루살이목, 날도래목에 해당하는 종이 우점하고 있는 것으로 나타났으며, St. 1은 물 흐름이 적은 지점을 중심으로 많은 개체수를 확인하였고, St. 2지점과 St. 3로 갈수록 하천 폭이 증가하면서 그에 따른 줄날도래류의 점유율도 높은 것으로 조사되었다.

Table 5. Dominant species and dominant rates at each survey site

Site	Dominant species			
	1st dominant species	(%)	2nd dominant species	(%)
St. 1	<i>Ephemera orientalis</i>	15.1	<i>Antocha</i> KUa	13.4
St. 2	<i>Ephemerella dentata</i>	20.4	<i>Paraleptophlebia chocoata</i>	16.4
St. 3	<i>Hydropsyche kozhantschikovi</i>	28.9	<i>Hydropsyche orientalis</i>	26.9

Table 6. Community index at each survey site

Index / Site	St. 1	St. 2	St. 3	Mean
Dominance index(DI)	0.28	0.37	0.56	0.40(± 0.14)
Diversity index(H')	3.95	3.84	2.87	3.55(± 0.60)
Evenness index(J')	0.87	0.84	0.72	0.81(± 0.08)
Richness index(R1)	2.73	2.86	1.86	2.48(± 0.54)

3. 군집지수

칠갑산 일대의 각 조사지점별 군집지수는 Table 6과 같다. 모든 조사지점에서 산출된 평균 우점도 지수(DI)는 0.40(± 0.14), 평균 다양도지수(H')는 3.55(± 0.60), 평균 균등도지수(J')는 0.81(± 0.08), 평균 종 풍부도지수(R1)는 2.48(± 0.54)로 나타났다.

우점도지수(DI)는 가장 근본적이고 고전적인 군집지수로서 군집 내에서 총 개체수에 대하여 가장 높은 출현도를 보이는 두 종의 개체수의 상대적 구성비를 나타낸다. 지수값이 높을수록 특정종이 차지하는 비율이 높음을 의미하는데, 이는 환경이 소수 종에 유리한 단순한 상태를 간접적으로 알려주는 것이다. 우점도지수는 St. 3 지점이 0.56으로 가장 높은 반면, St. 1 지점은 0.28로 가장 낮았다 (Table 6).

다양도지수(H')는 출현한 각 종의 개체수와 전체 출현개체수의 상대적인 출현도를 나타내는 것으로 지수값이 높을수록 다양한 종이 안정적으로 서식하고 있음을 의미한다. 각 조사지점별로 분석된 다양도지수는 출현종수와 개체수 현존량이 가장 높았던 St. 1 지점에서 가장 높았고, St. 3 지점에서 상대적으로 가장 낮았다(Table 6). 그러나 모든 조사지점의 평균 다양도지수는 3.55로 높은 값이었다.

균등도지수(J')는 종 조성이 어느 정도 균일한가를 보여주는 것으로 안정적인 생태계에서는 높은 값을 나타낸다. 즉, 어느 장소에서 분포하는 종들이 완전히 균등하다면 그 값은 1이 되며, 이는 하천 생태계에 서식하고 있는 생물종이 이루고 있는 군집구조가 안정하다고 할 수 있다. 조사지점 중 St. 1 및 St. 2 지점에서 지수값이 높게 나타나 가장 안정적인 군집구조를 이루고 있다고 판단할 수 있다 (Table 6).

종 풍부도지수(R1)는 출현한 생물의 총 종수와 총 개체수를 고려하여 존재하는 종의 구성이 어느 정도 높은가(또는 어느 정도 풍부한가)를 가늠하는 척도가 되는 지수로 다양도지수와 마찬가지로 값이 높을수록 다양한 종이 안정적으로 서식하고 있음을 의미한다. 다양도지수와 비교할 때 민감도가 뛰어나 공간적으로 여러 곳에 위치하는 군집의 생물다양성을 상호 비교하는 데에 유용하다. 각 조사지점에서 분석된 결과를 살펴보면 St. 2 지점이 2.86으로 가장 높았으며, St. 3은 1.86으로 가장 낮았다(Table 6).

결론 및 요약

2009년 11월 5일부터 6일에 걸쳐 충청남도 청양군 대치면, 장평면, 남양면, 그리고 장산면에 걸쳐 있는 칠갑산(561m) 일대의 수계에서 총 3개 지점을 선정하여 저서성대형무척추동물에 대한 현장조

사를 실시하였다.

본 조사기간 중 출현한 저서성대형무척추동물의 총 분류군은 4문 5강 11목 29과 47종으로 나타났다. 출현한 저서성대형무척추동물 중에서 비곤충류는 편형동물문 1종, 연체동물문 3종, 환형동물문 2종, 절지동물문 중 곤충류는 하루살이목 12종, 잠자리목 3종, 강도래목 6종, 뱀잠자리목 1종, 딱정벌레목 2종, 파리목 6종, 날도래목 10종으로 총 41종이었다. 수서곤충류는 전체 출현종의 약 88%를 점유하는 것으로 조사되었다.

각 분류군 중에서는 하루살이목이 전체 출현종수의 약 26%로 가장 높은 출현율을 보였으며, 그 다음으로 날도래목이 21%, 강도래류와 파리류가 각각 6종으로 13%를 차지하였다. 양호한 하천 생태계의 대표 분류군이라 할 수 있는 하루살이목·강도래목·날도래목의 점유율은 전체 출현종의 약 59.6%로 나타났다. 각 조사지점별 출현종수를 살펴보면, St. 1 지점과 St. 2 지점에서 상대적으로 풍부한 27종이 출현하였으나, 수계가 넓고 유기물 오염에 다소 영향을 받고 있는 St. 3 지점에서는 24종이 출현하였다. 각 조사지점의 개체수 현존량은 종수의 결과와 달리 그 편차가 다소 큰 것으로 확인되었으며, St. 3 지점에서 줄날도래(*Hydropsyche kozhantschikovi*)와 동양줄하루살이(*Hydropsyche orientalis*) 두 종이 차지하는 개체수 점유율이 약 55.8% 정도로 매우 높은 점유율을 보였다.

모든 조사지점의 평균 우점도지수(DI)는 $0.40(\pm 0.14)$, 평균 다양도지수(H)는 $3.55(\pm 0.60)$, 평균 균등도지수(J)는 $0.81(\pm 0.08)$, 평균 종풍부도지수(R1)는 $2.48(\pm 0.54)$ 로 산출되었다. 다양도지수를 통한 오수 생물계열을 판정하였을 때 칠갑산 일대의 수계는 빈부수성(oligosaprobic) 수역으로 나타나 전반적으로 청정한 수환경 상태임을 보여주었다.

참고문헌

- Allan, J. D. 1995. Stream Ecology. Structure and Function of Running Waters. Chapman & Hall, London.
- Boon, P. J. 1988. The impact of river regulation on invertebrate communities in the U.K. Regulated Rivers. Research and Management. 2: 389-409.
- Dudgeon, D. 1994. 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.
- Dudgeon, D. 1995. 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.
- Horne, A. J. and C. R. Goldman. 1994. Limnology. McGraw-Hill. Inc. p. 576.
- Hynes, H. B. N. 1970. The Ecology of Running Waters. Liverpool Univ. Press, Liverpool, U. K.
- Kawai, T. 1985. An Illustrated Book of Aquatic Insects of Japan. 東海大學出版會.
- Margalef, R. 1958. Temporal succession and spatial heterogeneity in natural phytoplankton. In Perspectives in Marine Biology. Univ. of California Press. pp. 323-349.
- McCafferty, W. P. 1981. Aquatic Entomology. Jones and Bartlett, Boston. p. 448.
- McNaughton, S. J. 1967. Relationship among functional properties of California Grassland. Nature. 216: 168-169.

- Merritt, R. W. and K. W. Cummins. 1984. An Introduction to the Aquatic Insects of North America. 2nd. Ed. Kendall/Hunt Publ. Co., Dubuque, Iowa.
- Merritt, R. W. and K. W. Cummins. 1996. An Introduction to the Aquatic Insects of North America. 3rd. ed. Kendall/Hunt Publ. Co.
- Minshall, G. W. 1988. Stream ecosystem theory: a global perspective. J. N. Benthol. Soc. 7(4): 263-288.
- Peckarsky, B. L., P. R. Fraissinet, M. A. Penton, and D. J. Conklin, Jr. 1990. Freshwater Macroinvertebrates of Northeastern North America. Connell Univ. Press, Ithaca and London. p. 442.
- Pennak, R. W. 1989. Fresh-Water Invertebrates of the United States. Protozoa to Mollusca, John Wiley & Sons, Inc., p. 628.
- Pielou, E. C. 1975. Ecological Diversity. John Wiley and Sons, New York.
- Reice, S. R. and M. Wohleberg. 1993. 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.
- Rosenberg, D. M. and V. H. Resh. 1993. Freshwater Biomonitoring and Benthic Macroinvertebrates. Chapman and Hall, New York. p. 488.
- Shannon, C. E. and W. Weaver. 1949. The Mathematical Theory of Communication. University of Illinois Press, Urbana.
- Vannote, R. L., G. W. Minshall, K. W. Cummins, J. R. Sedell, and C. E. Cushing. 1980. The river continuum concept. Canadian J. Fish. Aquat. Sci. 37:130-137.
- Ward, J. V. 1992. Aquatic Insect Ecology. John Wiley & Sons, New York.
- Wiederholm, T. 1983. Chironomidae of the holarctic region keys and diagnose. Part I - Larvae. Ent. Scand. Suppl. 19. p. 457.
- Williams, D. D. and B. W. Feltmate. 1992. Aquatic Insects. C · A · B International. Wallingford, UK.
- 岡田要. 1965a. 신일본동물도감(상). 북류관. p. 679.
- 岡田要. 1965b. 신일본동물도감(중). 북류관. p. 803.
- 岡田要. 1965c. 신일본동물도감(하). 북류관. p. 763.
- 권오길. 1990. 한국동식물도감 제32권 동물편 (연체동물 I). 문교부. p. 446.
- 권오길, 박갑만, 이준상. 1993. 원색한국패류도감. 아카데미서적.
- 배연재, 박선영, 황정미. 1998. 감장하루살이(하루살이목: 꼬마하루살이과) 유충의 기재 및 한국산 꼬마하루살이과 유충의 검색표. 한국육수학회지 31(4): 282-286.
- 윤일병. 1988. 한국동식물도감. 제30권. 동물편(수서곤충류). 문교부.
- 윤일병. 1995. 수서곤충검색도설. 정행사. 서울.
- 윤일병, 배연재, 이현철, 이상조. 1993. 서울 근교 왕숙천의 유역 환경변화에 따른 수서곤충의 장기변동. 환경생물학회지. 11(2): 97-109.
- 한국곤충학회. 1994. 한국곤충명집. 한국곤충학회 건국대 출판부.
- 한국동물분류학회. 1997. 한국동물명집. 아카데미서적.

Appendix 1. Species and individual numbers of benthic macroinvertebrates collected at each study site in Mt. Chilgap (inds./m², •: occurrence in qualitative sampling)

Species name	St. 1	St. 2	St. 3
<i>Dugesia</i> sp.	5.5	5.5	5.5
<i>Semisulcospira libertina</i>	11	55	5.5
<i>Semisulcospira coreana</i>			•
<i>Corbicula fluminea</i>			11
<i>Chaetogaster limnaei</i>		5.5	
<i>Limnodrilus gotoi</i>		11	11
<i>Baetis ursinus</i>	16.5		16.5
<i>Cloeon dipterum</i>			•
<i>Ecdyonurus kibunensis</i>		•	
<i>Ecdyonurus bajkovae</i>	60.5		
<i>Ecdyonurus levis</i>	16.5	55	148.5
<i>Epeorus pellucidus</i>	99	66	16.5
<i>Paraleptophlebia chocorata</i>		137.5	38.5
<i>Ephemera orientalis</i>			16.5
<i>Ephemera strigata</i>	143	22	
<i>Drunella aculea</i>	16.6	71.5	
<i>Uracanthella rufa</i>	•		121
<i>Ephemerella dentata</i>	49.5	170.5	
<i>Davidius lunatus</i>	16.5	16.5	
<i>Nihonogomphus</i> KUa			11
<i>Sieboldius albardae</i>		16.5	
<i>Taenionema</i> KUa	16.5		
<i>Amphinemura coreana</i>		22	
<i>Rhopalopsale mahunkai</i>	5.5	•	
<i>Kamimuria coreana</i>		16.5	
<i>Oyamia nigribasis</i>		•	
<i>Sweltsa nikkoensis</i>	•	44	
<i>Parachauliodes continentalis</i>	16.5	11	
<i>Zaitzevia nitida</i>			115.5
<i>Helodidae</i> sp.		5.5	
<i>Eubrianax</i> KUa			•
<i>Antocha</i> KUa	126.5		82.5
<i>Tipula</i> KUa	•	5.5	•
<i>Tipula</i> KUd	60.5		•
<i>Simulium</i> sp.	11		
<i>Orthocladinae</i> sp.	44	5.5	•
<i>Tanypodinae</i> sp.	11		
<i>Rhyacophila shikotsuensis</i>	5.5	•	
<i>Rhyacophila nigrocephala</i>		27.5	
<i>Apsilochorema</i> KUa	33	5.5	
<i>Ecnomus tenellus</i>			5.5
<i>Hydropsyche kozhantschikovi</i>	88	16.5	396
<i>Hydropsyche orientalis</i>	33	22	368.5
<i>Glossosoma</i> KUa	60.5	22	
<i>Goera japonica</i>		•	
<i>Lepidostoma</i> KUa	•	•	•
<i>Mystacides</i> KUa			•
Species number	27	27	24
Individual number	946	836	1,369.5