

계류수의 음이온과 하상재료가 수서곤충에 미치는 영향*

서문원¹⁾ · 전근우²⁾

The Effect of Stream Anion and River-Bed Materials on Aquatic Insects*

Won Seomun¹⁾ and Kun-Woo Chun²⁾

요 약

산지계류에 서식하는 수서곤충의 종류와 서식조건에 대한 기초자료를 얻기 위해 강원대학교 산림과학대학 부속연습림내의 봉명천을 대상으로 수서곤충, 음이온 및 하상재료를 파악한 결과는 다음과 같다.

1. 각 지점별 수서곤충의 종다양도, 종풍부도 및 균등도는 사방댐의 상류역이 하류역보다 높게 나타났다.
2. 음이온은 A, B, C, D 및 E 지점 모두 유사하였지만 하류역인 F지점에서는 상류역에 비해 최소 1.5배에서 최대 89배 이상의 이온이 검출되었다.
3. 하상재료는 상류역이 하류역보다 입경이 크게 나타났으나, 사방댐 직하부는 사방댐에 의해 하류역보다 자갈의 구성도가 높게 나타났다.
4. 수서곤충의 수는 음이온 농도에 반비례하였고, 하상재료의 크기와는 정비례하였으며, 특히 호박들의 분포도에 크게 영향을 받은 것으로 나타났다.

ABSTRACT

This study was carried out to obtain basic data on the kinds of aquatic insects and their living conditions in the mountain stream. The investigation was done in Bongmyung stream, Experimental Forest, Kangwon National University on aquatic insects, anions and river-bed materials. The results are as follows.

1. At every plot surveyed, diversity index, richness index and evenness index of

1) 강원대학교 대학원 임학과 Department of Forestry, Graduate School, Kangwon National University, Chuncheon 200-701, Korea

2) 강원대학교 산림과학대학 산림자원학부 Division of Forest Resources, College of Forest Sciences, Kangwon National University, Chuncheon 200-701, Korea

* 이 논문은 농림수산특별연구과제 첨단기술개발사업에 의해 진행된 연구과제 「환경생태적 기준에 근거한 다목적 국유산림자원 관리 체계의 개발」의 세부과제인 「도시유역림의 수자원 관리 및 훼손지 방지를 위한 관리 대책」의 연구결과의 일부임

aquatic insects appeared higher at upper stream than at lower stream in erosion control dam.

2. Anion concentrations were almost the same in plots A, B, C, D and E, but plot F at the lower stream showed 1.5 to 89 times higher concentration than the others.
3. In river-bed materials analysed, particle diameter was bigger at the upper stream than at the lower stream. At the down stream of erosion control dam showed high pebble composition ratio.
4. The number of aquatic insects showed the negative relation with the anion concentration and the positive one with the size of river-bed materials. Especially, they were affected much by the distribution chart of boulder.

Key words : Aquatic Insects, Stream Anion, River-Bed Materials

I. 서 론

최근 산지내에서 진행되고 있는 무분별한 개발은 삼림의 다양한 기능을 저해하고 있으며, 특히 계류수질이나 계류생태계에 악영향을 미쳐 사회적으로 문제가 되고 있다. 그러나 이에 대한 연구는 계류수의 물리적·화학적 특성 파악과 계류생태계 조사가 별도로 진행되고 있을 뿐 이들 요인의 상호 관련성이나 이를 기초로 다자연형의 하천·사방사업에 필요한 합리적인 방안을 제시하지는 못하고 있는 실정이다(전근우 등, 1998).

지금까지 이 분야에 대해 우리나라에서 진행된 연구로는 수생생물을 오염의 판독지표로 활용한 저질도와 각종 인자의 생물학적 특성 분석(정문조, 1968 ; 김지식, 1986), 수생곤충을 이용한 내성 및 감수성 파악과 수질등급에 따른 지표종 연구(위인선, 1974 ; 나철호 등, 1986 ; 배경석과 유병태, 1993 ; 배경석, 1997), 하상과 산지의 다각적 특성에 따른 수서곤충의 분포양상 파악(정근, 1997) 등이 있다. 또한 수서곤충을 이용한 수질평가를 위해 환경처 등에서 자료를 제시하고 있으나, 산지계류에서 서식하고 있는 수서곤충에 대한 구체적인 종의 파악이나 분류는 거의 이루어지지 않고 있는 실정이다.

외국의 경우에는 수서곤충의 생활사와 종다양

성에 대한 특성을 파악하고, 산지내에서 이루어지고 있는 각종 개발행위에 따른 영향과 환경인에 대한 적응성 등의 연구가 이전부터 진행되어 왔으며(Williams와 Feltmate, 1972; Wiggins와 Mackay, 1978; 伴, 1982, 1986; 西村, 1991; Philip 등, 1995; Samuel, 1996; Savage와 Beaumont, 1997), 임업분야에서도 수변환경과 관련해서 사방댐이나 유역조건에 따른 수생동물의 생태적 특징을 파악하고, 또한 각각의 문제점을 해결하기 위해 산지하천에 서식하는 수서곤충의 섭식행위에 대한 연구(長坂와 柳井, 1996; 柳井 등, 1988; 竹門, 1997)가 활발히 진행되고 있다. 이외에도 유수형과 정수형 형태로 하천에 서식하는 생물지표로서 수질 판정등급을 선정하여 각각 오염물질에 대해 수서곤충이 반응하는 정도를 관찰하여 하천오염에 따른 수서곤충 변화를 모니터링하고 있다.

그러나 이상의 국·내외의 연구는 주로 중·대규모 하천을 중심으로 한 수서곤충의 생활사에 대한 평가가 주요 내용이며, 산지계류를 대상으로 한 연구는 진행되고 있지 못한 실정이다. 따라서 이 연구에서는 산지계류에 서식하고 있는 수서곤충과 그의 생육에 영향을 미치는 음이온과 하상재료 특성을 파악하고, 상호 관련성을 규명함으로써 합리적인 하천토목사업에 필요한 기초자료를 제공하고자 한다.

II. 연구대상지 및 연구방법

1. 연구대상지

연구대상지는 강원대학교 산림과학대학 부속연습림 봉명서원 주변의 봉명천으로 행정구역상 강원도 춘천시 동산면 봉명2리 일원에 소재한다. 조사지점은 4개의 지류가 합류하는 구간과 하류역으로 1995년도에 상류지역에 개설되고 있는 임도개설지로부터 유출되는 토사를 저사할 목적으로 콘크리트 사방댐이 축설되었다. 따라서 사방댐을 기준으로 상부에 3개소와 하부에 2개소의 조사지점을 선정하여 1997년부터 조사를 실시하고 있으며, 금년도부터는 하부지점에 1개소를 추가하여 현지조사를 실시하고 있다(그림 1).

2. 연구방법

산지계류에 분포하는 수서곤충과 서식조건에

대한 기초자료를 얻기 위해 하도특성과 사방시설의 개설 여부가 상이한 조사대상지 6개소를 선정하였다. 또한 각 조사지점에 있어서 시기별 수서곤충의 생육상황을 파악하기 위해 평수시의 생물학·화학적 및 물리적인 특성을 조사하였다. 즉 생물학적인 특성으로 수서곤충을 채집하였고, 화학적인 특성으로는 음이온을 분석하였으며, 물리적인 특성으로는 하상재료를 측정하여 각 인자별 관련성을 해석하였다(그림 2).

1) 수서곤충 채집 및 동정

수서곤충은 Grab과 정량채집망을 사용하여 조사지점별로 3회 이상 반복하여 채집하였다(그림 3). 현장에서 채집한 수서곤충은 포르말린 5%와 에틸알코올 70%로 고정된 후, 실험실로 운반하여 실체현미경을 이용하여 동정하였으며, 종다양성, 종풍부도 및 균등도를 파악하였다.



Fig. 1. Map showing sampling stations of experimental forest.

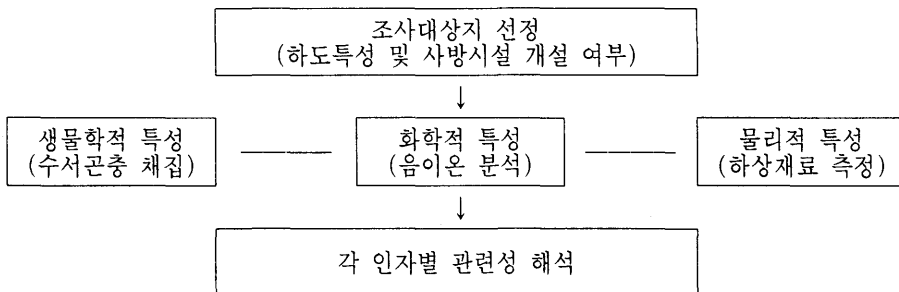
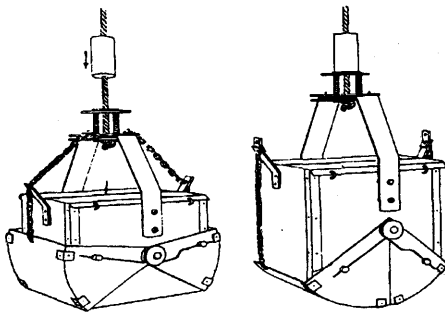
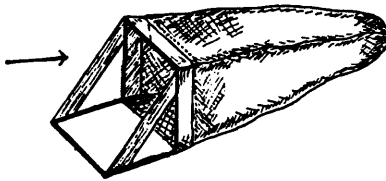


Fig. 2. Flow-chart of experiment used in this study.



(a)



(b)

Fig. 3. Collection tools of aquatic insect ((a): Grab, (b): Surber sampler).

2) 계류수의 음이온 분석

채수한 계류수의 화학적인 성질을 파악하기 위해 Dionex DX-120 Ion Chromatograph를 사용하여 F⁻, Cl⁻, NO₃²⁻ 및 SO₄²⁻등을 분석하였다.

3) 하상재료 특성 파악

하상재료는 조사지점별로 1m×1m의 플롯을 설정하여 측정하였으며, 호박돌(256mm이상), 주먹돌(256mm~64mm), 자갈(64mm~4mm)로 구분하여 해석하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 수서곤충 분석

산지계류에 생육하고 있는 수서곤충의 종류와 외부특성이 수서곤충의 서식에 미치는 영향을 파악하기 위해 1997년, 1998년 및 1999년에 각 조사지점별로 수서곤충을 채집하였다. 즉 표-1 및 그림 4에서 알 수 있듯이 전반적으로 조사지점 A, B, C지점의 종다양도와 종풍부도가 D, E 및 F지점보다 높게 관찰되었다. 그러나 균등도의 경우 A, B, C지점에서의 연도별, 월별 차이는 크게 보여지지 않은데 비해 D, E지점의 경우 일정한 경향이 나타나지 않았으며, 연도별, 월별로 차가 크게 나타났다. 특히 D지점의 경우 금년도에 최하단부의 F지점보다 전반적으로 수서곤충의 수치가 낮게 관찰되었는데, 이는 사방댐의 저사 기능에 의해 직하부의 생육환경이 영향을 받았기 때문인 것으로 판단되었다.

Table 1. Numerical index at sampling sites.

Plot	1997year						1998year						1999year		
	May			June			May			June			May		
	D.I.	R.I.	E.I.	D.I.	R.I.	E.I.	D.I.	R.I.	E.I.	D.I.	R.I.	E.I.	D.I.	R.I.	E.I.
A	0.84	6.80	0.93	0.68	5.54	0.97	0.56	3.12	0.93	0.63	2.99	0.90	0.87	3.78	1.24
B	0.58	6.42	0.83	0.58	5.14	0.96	0.57	4.42	0.95	0.68	5.00	0.97	1.00	5.14	1.18
C	0.55	4.73	0.92	0.54	3.84	0.90	0.54	3.32	0.90	0.53	3.67	0.88	0.58	4.48	0.83
D	0.30	2.57	1.00	0.28	4.19	0.92	0.29	3.02	0.48	0.20	1.25	0.68	0.37	1.92	1.07
E	0.30	3.14	0.62	0.44	2.12	0.91	0.29	2.05	0.62	0.30	1.85	1.00	0.38	3.85	0.79
F	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.38	3.85	0.79

(D.I.: Diversity Index, R.I.: Richness Index, E.I.: Evenness Index)

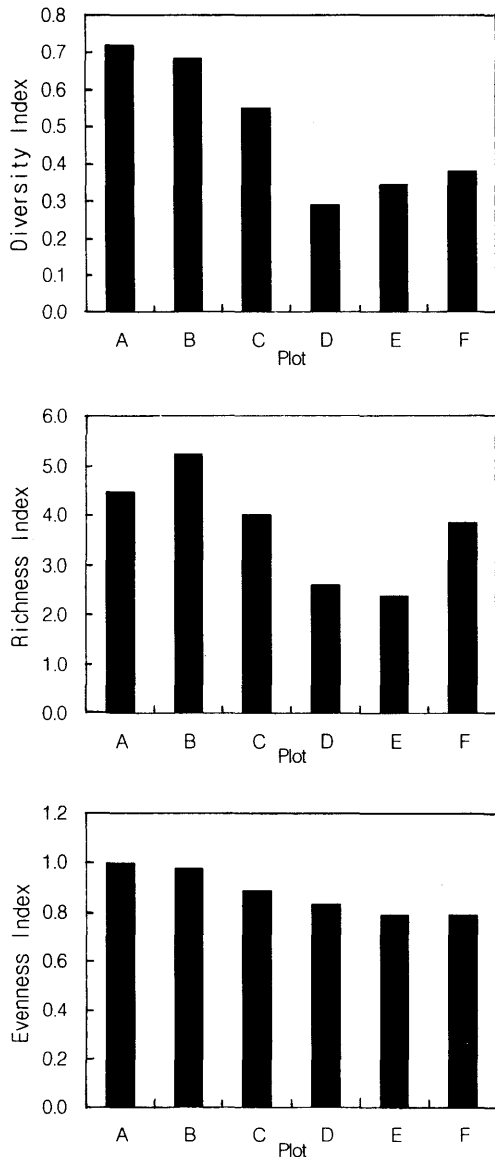


Fig. 4. Average of Numerical Index at each survey plot.

2. 계류수의 음이온 특성

조사구간중 상류역인 조사지점 A의 음이온은 F^- 0.02~0.58ppm, Cl^- 0.45~3.00ppm, NO_3^{2-} 2.10~7.09ppm, SO_4^{2-} 3.81~6.08ppm이 검출되었으며, 조사지점 B는 F^- 0.01~0.24ppm, Cl^- 1.00~4.16ppm, NO_3^{2-} 1.36~6.94ppm,

SO_4^{2-} 3.12~6.13ppm, 조사지점 C는 F^- 0.17~0.47ppm, Cl^- 0.47~2.16ppm, NO_3^{2-} 1.40~5.27ppm, SO_4^{2-} 2.82~4.19ppm이 각각 검출되었다. 또한 하류역인 조사지점 D는 F^- 0.03~0.51ppm, Cl^- 0.46~2.72ppm, NO_3^{2-} 3.67~8.27ppm, SO_4^{2-} 2.80~4.17ppm이 검출되었으며, 조사지점 E는 F^- 0.02~0.26ppm, Cl^- 0.90~2.20ppm, NO_3^{2-} 1.81~8.07ppm, SO_4^{2-} 3.68~4.11ppm, 그리고 금년에 추가한 조사지점 F는 F^- 0.89, Cl^- 18.55, NO_3^{2-} 24.13 및 SO_4^{2-} 이 22.26ppm이 검출되었다(표-2). 즉 각 음이온의 평균농도는 그림 5에서 알 수 있듯이 A, B, C, D 및 E지점에서는 큰 차이를 나타내지 않았으나, 1999년도에 추가 조사한 F지점의 경우 상부지점보다 최소 1.5배에서 최대 89배로 높게 이온이 검출되었다. 이는 조사지점 최하단부인 F지점 주변의 농가로부터 생활용수, 농업용수 및 축사폐수 등이 지속적으로 유입된 것에 기인하는 것으로 판단된다.

3. 하상재료의 분포 특성

일반적으로 하상재료는 암석, 자갈, 모래 및 점토 등과 같이 상이한 입경으로 구성되어 있으며, 이러한 하상재료는 수계의 하상형태 형성 및 수서곤충의 생육에 크게 영향을 미치고 있다. 각 조사지점별 하상재료의 분포는 표-3과 같이 호박돌의 경우 $B > A > E > C > D > F$ 지점 순으로, 주먹돌의 경우는 $F > A > E > C > B > D$, 자갈의 경우 $D > C > E > A > F > B$ 지점 순서로 각각 나타났다. 즉 호박돌은 A, B, C 및 E 지점의 주요 하상재료를 이루고 있으며, 주먹돌의 경우 A, B, C, E 및 F지점에서, 자갈의 경우는 D지점에서 그 분포가 두드러지게 관찰되었다. 특히 조사지점 D가 주로 자갈로 하상면이 구성된 것은 직상부에 축설된 사방댐의 저사기능에 의해 상류로부터 유입된 입경이 큰 토석이 저류되고, 입경이 작은 토사가 주로 유출되었기 때문인 것으로 사료된다.

Table 2. Seasonal change of anion at each survey plot(unit : ppm).

Plot	1997year								1998year								1999year			
	May				June				May				June				May			
	F ⁻	Cl ⁻	NO ₃ ²⁻	SO ₄ ²⁻	F ⁻	Cl ⁻	NO ₃ ²⁻	SO ₄ ²⁻	F ⁻	Cl ⁻	NO ₃ ²⁻	SO ₄ ²⁻	F ⁻	Cl ⁻	NO ₃ ²⁻	SO ₄ ²⁻	F ⁻	Cl ⁻	NO ₃ ²⁻	SO ₄ ²⁻
A	0.58	1.37	3.03	5.04	0.10	1.27	2.10	4.52	0.02	3.00	7.09	5.66	0.27	0.45	3.88	6.08	0.02	1.98	2.52	3.81
B	0.01	4.16	3.62	6.13	0.12	1.74	1.36	3.12	0.02	4.66	6.94	4.68	0.27	0.45	3.88	6.08	0.22	1.80	4.55	3.86
C	0.17	2.16	1.40	4.19	0.20	0.58	2.07	3.52	0.22	1.11	4.80	3.71	0.47	0.47	5.27	2.82	0.21	1.44	0.81	3.83
D	0.06	2.72	5.37	4.17	0.03	2.70	3.67	4.08	0.08	1.80	6.00	3.98	0.23	1.37	8.27	4.10	0.02	1.98	2.52	3.81
E	0.07	2.10	1.81	3.68	0.11	1.46	3.13	3.89	0.26	0.90	4.48	3.70	0.03	2.20	8.07	4.11	0.02	1.98	2.52	3.81
F	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.89	18.6	24.1	22.3

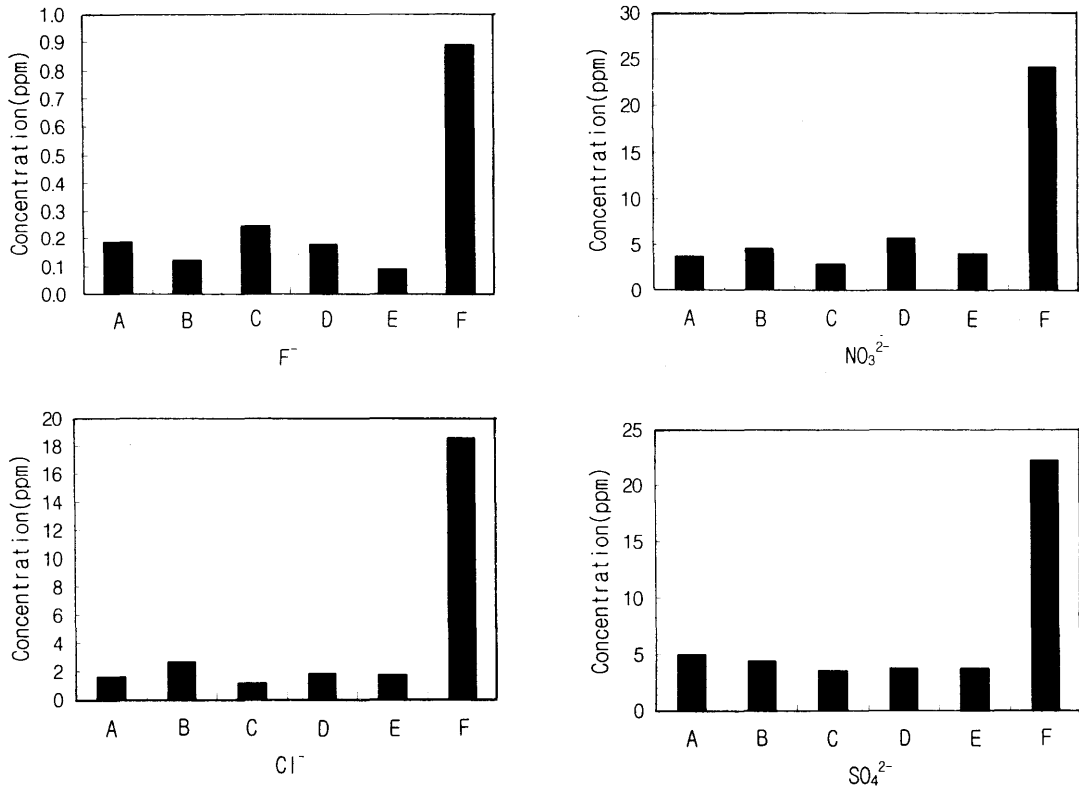


Fig. 5. Average of anion concentration at each survey plot.

Table 3. Stream-bed material at each survey plot.

Plot	Stream-bed material			Plot	Stream-bed material		
	Bo	Co	Pe		Bo	Co	Pe
A	0.19	0.36	0.45	D	0.04	0.12	0.84
B	0.32	0.27	0.41	E	0.19	0.33	0.48
C	0.14	0.30	0.56	F	0.01	0.56	0.43

*Bo: Boulder, Co: Cobble, Pe: Pebble

4. 음이온 및 하상재료와 수서곤충

1) 음이온과 수서곤충

각 조사지점별 수서곤충의 분포특성은 A, B, C, D 및 E지점의 경우 청정한 수역에 생활하는 날도래과, 하루살이과, 잠자리과 등의 수서곤충들이 관찰된 데에 비해 F지점의 경우 오염된 수역에서 생활하는 실지렁이류가 주로 채집되었다. 음이온과 수서곤충 분포특성과의 관계는 그림 5에서 알 수 있듯이 전반적으로 음이온 농도가 높아짐에 따라 수서곤충의 종다양도가 다소 감소하는 경향을 나타냈다. 이는 전술한 바와 같이 주변의 주택지나 농경지 및 우사에서 유기물이 유입되어 수질이 악화되므로서 수생곤충의 종뿐만 아니라 개체수에도 약간 영향을 미친 것으로 판단된다.

2) 하상재료와 수서곤충

하상재료와 수서곤충의 종다양도와와의 관계는 그림 6과 같이 호박돌의 분포도에 비례하여 수서곤충의 종다양도도 증가하였으며, 주먹돌의 경우는 점진적인 증가 추세를, 그리고 자갈의 경우에는 반대로 분포도에 반비례하는 경향을 나타냈다. 이는 하상재료의 크기가 서식에 영향을 미치는 것이 잘 반영된 것으로 하상재료의 입경이 클

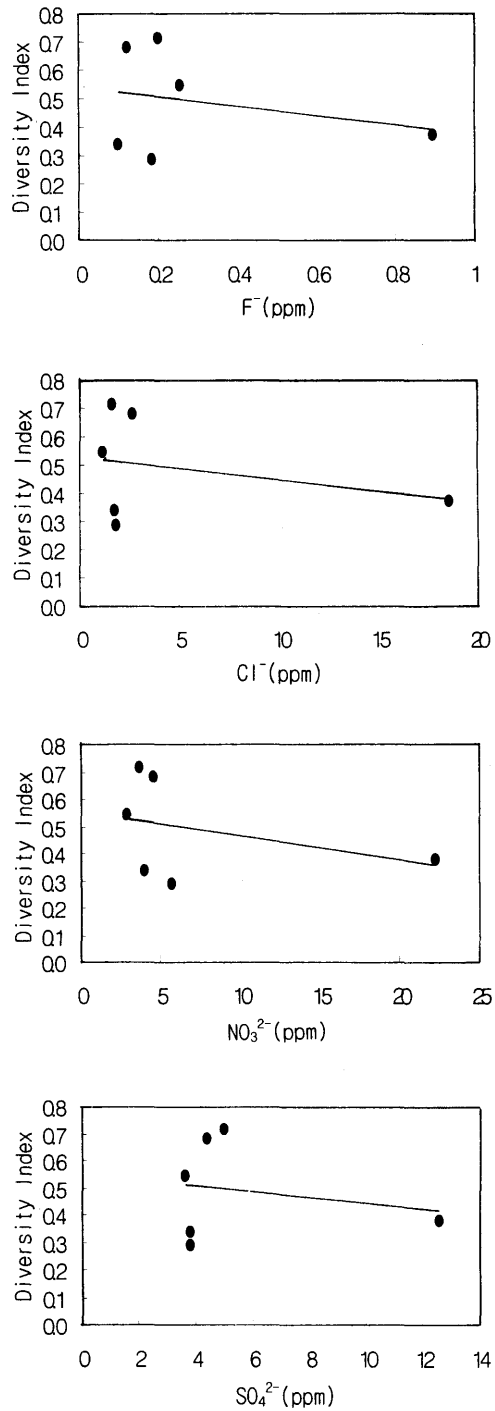


Fig. 5. Relation of anion concentration and Diversity Index.

수록 수서곤충의 생육공간을 제공할 뿐 아니라 상류로부터 이동하는 낙엽 및 유목과 같은 수서곤충의 먹이를 상대적으로 저류되는 기회가 증대되기 때문인 것으로 사료된다.

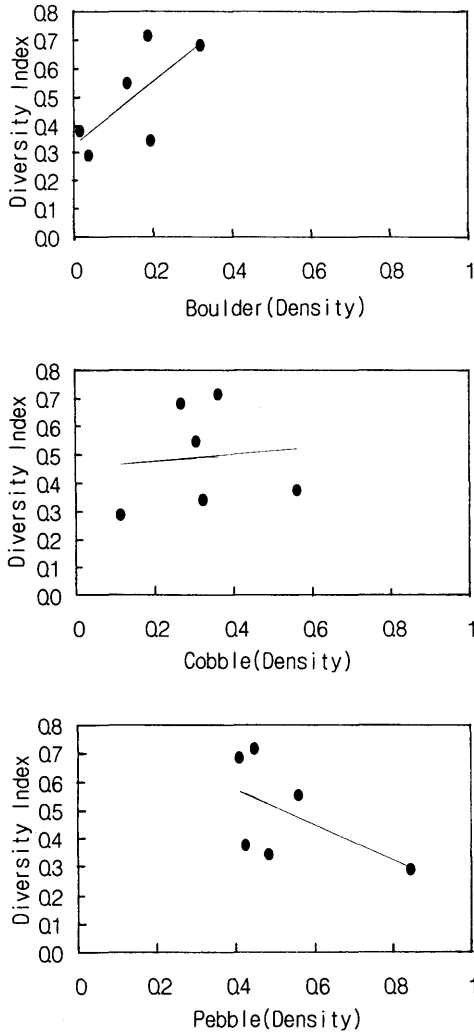


Fig. 6. Relationship between Stream-bed Material and Diversity Index.

IV. 결 론

지금까지는 계류 및 하천을 재해공간으로 생각하여 사방사업시에 하도를 수로변경공과 수로정

리공으로 정비하고 있으나 앞으로는 하천을 생태공간으로 인식할 필요가 있다. 즉 하천을 홍수와 토사재해로부터 재산과 인명을 보호하는 방재공간화 할 것이 아니라 하천생태계가 풍부하고 인간이 접근하기 용이한 친수공간으로 조성할 필요가 있다. 다행히 우리나라에서도 최근에 이에 대한 관심이 높아지고 있으나, 아직은 외국의 사례를 적용하는 단계일 뿐 각 하천 고유의 하도특성을 고려한 다자연형 하천조성에는 미흡한 점이 많이 있다.

따라서 이 연구에서는 하천의 수생곤충과 수질, 하상재료와의 관계를 중점적으로 파악하였으나 앞으로는 수생동물은 어류, 수생식물은 하천 주변부의 수변림으로 연구범위를 확대할 예정이다. 또한 하상미지형, 유로, 하상퇴적지 등의 하도특성과 환경친화형 사방시설물의 구조 및 재료에 대해서도 연구를 병행하여 지역특성에 적합한 다자연형 계류 및 하천조성에 대해 지속적으로 연구할 예정이다.

참 고 문 헌

1. 金智植. 1986. 潮間帶의 底棲動物의 攝食行爲가 底質土 環境에 미치는 影響. 육수학회지 19(1~2) : 19~27.
2. 羅鐵昊·崔忠吉·白筍基. 1986. 韓國産 水棲昆蟲의 環境汚染物質에 대한 耐性 및 感受性 研究. 육수학회지 19(1~2): 109~125.
3. 배경석·유병태. 1993. 우이천의 수환경과 수서동물 군집의 생태학적 동태. 육수학회지 26(3): 245~261.
4. 배경석. 1997. 서울(북한산) 우이천에서 하천휴식년이 수서동물 분포에 미치는 영향. 육수학회지 30(1): 55~66.
5. 魏仁善. 1974. 榮山江의 底生動物에 依한 生物學的 水質判定. 육수학회지 7(3~4): 29~35.
6. 全槿雨·金旻南·西門原·廉圭眞·江崎次夫. 1998. 環境과 조화한 砂防事業(Ⅱ) -日本에 있어서 水邊地域의 管理와 指針-. 森林科

- 學研究 14: 112-127.
7. 정근. 1997. 점봉산 소하천에 설치된 낙엽 주머니의 저서성 대형무척추동물과 낙엽분쇄. 육수학회지 30(1): 9~20.
 8. 鄭文朝. 1968. 安養川의 水質汚染과 水棲動物相. 육수학회지 1(1): 39~47.
 9. 伴幸成. 1982. 水生昆蟲の世界 (I) -流水と止水(2)-. 昆蟲と自然 17(8): 18~22.
 10. 伴幸成. 1986. 水生昆蟲の世界 (II) -止水(3)-. 昆蟲と自然 21(7): 12~15.
 11. 西村昌彦. 1991. 流れがもたらす動物の動きと分布様式 -河川における底生無脊椎動物の流下を中心に-. 生物科學 43(2): 63~69.
 12. 柳井清治・寺澤和彦・永田光博. 1996. 北海道南部山地溪流における流下昆蟲の動態とサクラマス幼魚(*Oncorhynchus masou* BREVOORT)の攝餌生態. 北海道林業試験場研究報告 33: 44~59.
 13. 長坂有・柳井清治・佐藤弘和. 1996. 河畔林から川への落下昆蟲とサクラマスの胃内容物の比較検討. 北海道林業試験場研究報告 33: 70~77.
 14. 竹門康弘. 1997. 溪流における水生昆蟲の棲み場所保全. 砂防學會誌 50(1): 52~60.
 15. A. A. Savage & Donna L. Beaumont. 1997. A comparison of the benthic macroinvertebrate communities of a lowland lake, Oak Mere, in 1980 and 1994. Arch. Hydrobiol. 139(2): 197~206.
 16. D. Dudley Williams and Blair W. Feltmate. 1997. Aquatic insects. 252~269.
 17. Glenn B. Wiggins and Rosemary J. Mackay. 1978. Some relationships between systematics and trophic ecology in nearctic aquatic insects, with special reference to trichoptera. Ecology 59(6): 1211~1220.
 18. Philip A. Brewin, Tiffany M. L. Newman and S. J. Ormerod. 1995. Patterns of macroinvertebrate distribution in relation to altitude, habitat structure and land use in streams of the Nepalese Himalaya. Arch. Hydrobiol. 135(1): 79~100.
 19. Samuel Vivian Matagi. 1997. The effect of pollution on benthic macroinvertebrates in a Ugandan stream. Arch. Hydrobiol. 137(4): 537~549.